# 厦门湾口（A区块）海砂开采项目
# 环境影响评价征求意见稿

# 第一章 概述

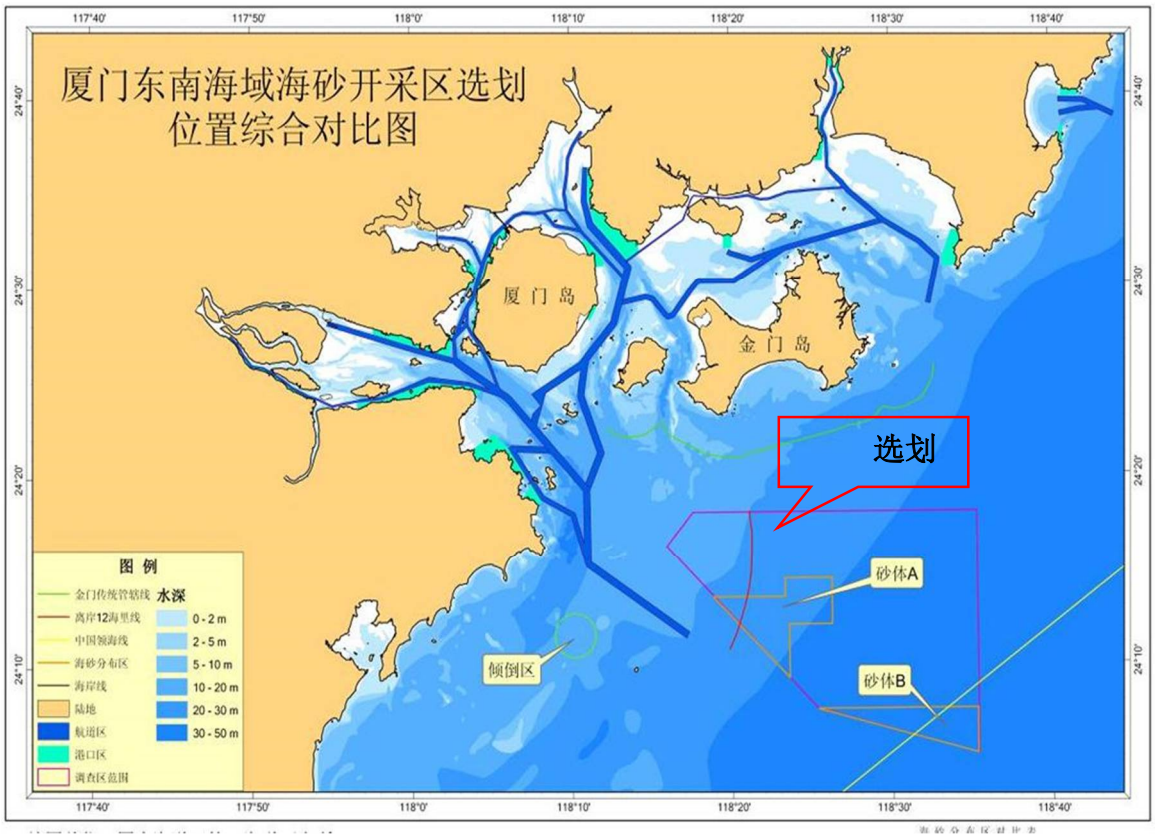
## 1.1 项目背景

厦门是我国首批实行对外开放的五个经济特区之一，海峡西岸重要的中心城市，现代化国际性港口风景旅游城市和改革开放的前沿阵地。随着全国民航和地区经济社会的发展，厦门高崎国际机场及区域内其它机场无法满足厦门及周边区域航空运输长远发展的需求。因此，在国家“十二五”规划纲要以及民航“十二五”规划中，均明确提出“研究建设厦门新机场”，厦门新机场已经在国家战略层面被提上议事日程。2007年，厦门市正式启动了新机场建设的前期工作；2011年，省委省政府确定推荐在大嶝场址建设厦门新机场；2013年《福建省人民政府关于加强城乡基础设施建设的实施意见》（闽政[2013] 38号）明确提出，开工建设厦门新机场等项目，并且把厦门新机场项目列入2013～2015年加强城乡基础设施建设“六项提升工程”重大项目。

拟建厦门新机场位于大嶝岛东南部，16km$^2$填海造地工程需砂1.31亿方。然而，厦门管辖海域以及整个厦门湾内的海砂资源量有限，且厦门湾内海砂开采已导致厦门及金门岸滩蚀退和崩塌、生态环境破坏、珍稀物种生境改变等严重问题。厦门市政府已于2010年通过立法，禁止在厦门管辖海域进行海砂开采。新机场建设填料砂方量需求巨大，单从市场购买难以满足需求。为此，需要在厦门湾以外海域另寻海砂开采区，方能满足目前较为迫切的新机场建设的海砂需求。

2007年，经厦门市政府和厦门市发改委批复，厦门市海洋与渔业局立项，并委托国家海洋局第三海洋研究所进行“厦门东南海域海砂开采区选划”项目的调查研究。经初步勘察，在调查区内选划出A、B两块海砂资源区（详见图1.1-1）。其中A砂源区距离厦门湾更近，同时海砂品质、水深条件和分布面积均优于B砂源区。为进一步探明砂体的准确分布以及资源量，并根据厦门市人民政府2011年9月29日印发的《厦门市人民政府关于开展新机场造地料源调查工作的专题会议纪要（[2011]253号）》的精神，2013年，国家海洋局第三海洋研究所（以下简称“海洋三所”）和中交第三航务工程勘察设计院有限公司（以下简称“三航院”）又对开发区海砂品质、水深条件和分布面积均较好的A砂源区作进一步测量、勘察和边界调整，并选定为厦门新机场建设用砂（详见图1.1-2）。2015年国家海洋局第三海洋研究所编制完成了《厦门湾口海域海砂开采工程海洋环境影响报告书》和《厦门湾口海域海砂开采工程海域使用论证报告书》。厦门湾口海域采砂区位

于厦门湾口外东南海域，领海基线以外至领海外部界限范围内，距离漳州市镇海角东南方向约30km，大金门岛以南约20km，东锭岛以东约11km，海砂开采范围约57.8km$^2$，采取分期取砂的方式（详见图1.1-3），厦门湾口海域采砂区分为7小块，其中201501海域、201601海域、201701海域已出让。2016年8月，由厦门住宅建设集团有限公司拍得厦门湾口201501海域海砂开采项目，用海面积6.94km$^2$；2017年，由厦门住宅建设集团有限公司拍得厦门湾口201601海域海砂开采工程项目，海域总面积6.47km$^2$；2018年5月，由厦门万翔同实业有限公司拍得厦门湾口201701海域海砂开采工程项目，海域总面积6.78km$^2$。剩余A、B、C、D区块未出让。本项目为A区块，其开采面积为6.20km$^2$，估算可采砂量约4544.6万m$^3$。




**1.1-1　2007 年厦门东南海域选划的海砂资源区位置图**

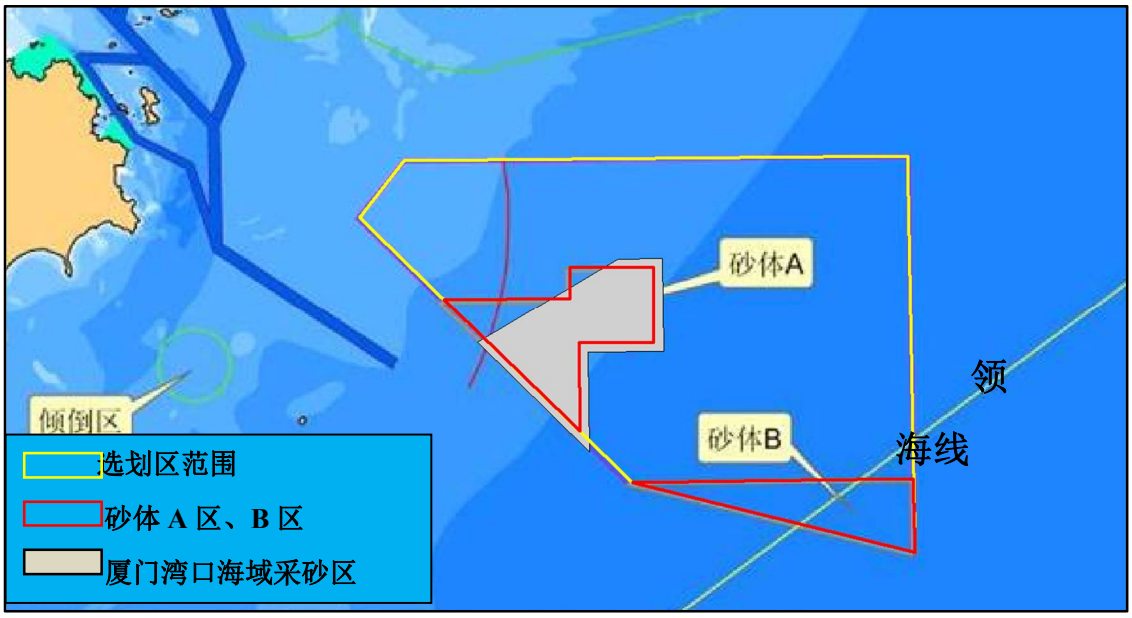



**图 1.1-2　本工程与 2007 年初步选划调查区的位置关系**

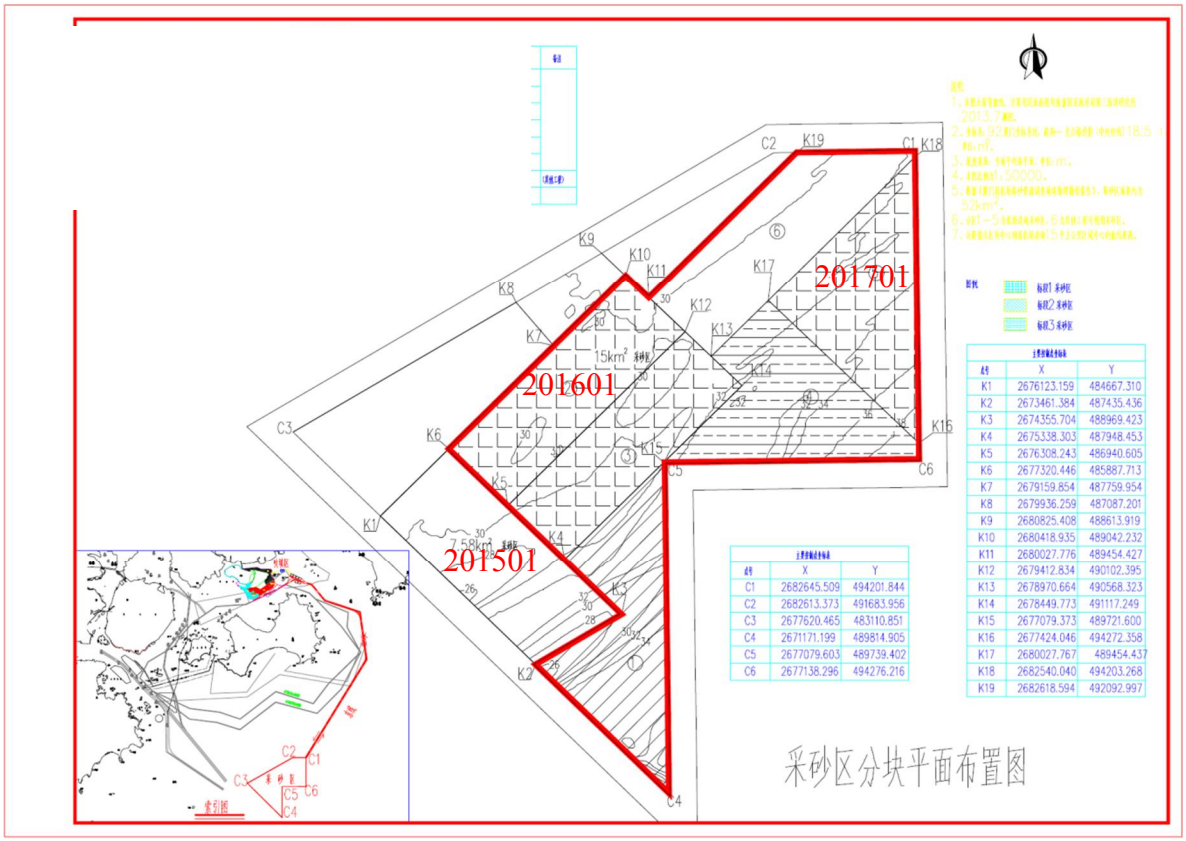



**图1.1-3　厦门湾口海域采砂区分区图**

根据厦门市机场片区指挥部2019年7月11日印发的《关于厦门湾口海域海砂出让协调会纪要（厦机指办[2019]51号）》（附件一），厦门路桥建设集团有限公司进行了厦门湾口剩余采砂区出让前期工作项目招标工作，国家海洋局第三海洋研究所作为中标方承担了“厦门湾口（A区块）海砂开采项目”环境影响报告书的编制工作（附件二，中标通知

书）。评价单位在踏勘现场、搜集相关资料的基础上，开展了现场调查、资料分析和数值模拟分析等工作，编制完成了本项目的海洋环境影响报告书。

## 1.2 建设项目特点

根据国家海洋局《关于全面实施以市场化方式出让海砂开采海域使用权的通知》（2012年12月）相关要求，海砂开采应以市场化方式出让海域使用权。本项目海砂开采海域使用权出让工作由厦门市海洋与渔业局主持，厦门市土地开发总公司负责在厦门市土地矿产资源交易市场实施具体出让工作。拍卖出让全过程由市公证处进行公证。本项目出让海域开采海砂全部定向用于厦门新机场建设填海造地。

结合机场造地吹填用砂计划，采砂区采取分期取砂的方式开采。拟建厦门新机场16km$^2$填海造地工程需砂1.31亿方，其中1.14亿方需由厦门湾口剩余采砂区A、B、C、D区块海砂开采区供砂。厦门湾口（A区块）海砂开采项目开采面积为6.20km$^2$，估算可采砂量约4544.6万m$^3$，主要用于厦门新机场工程的填海造地用砂。本项目开采深度-35m，采砂开采边坡定位1:10，采砂区砂的品质基本满足3类建筑用砂标准。设计开采期为20个月，考虑船舶2个月的修船期，实际施工18个月，其中考虑夏季施工8个月，冬季施工10个月，计划投入12艘万方耙吸挖泥船，取砂工艺采取分段、分带法及装舱溢流法。

本报告仅对A区块开采区内海砂开采工程的环境影响进行评价。海砂开采的依托工程储泥坑、航道开发等配套工程的环境影响评价均不在本报告评价范围内，需业主单位另行委托评价。

## 1.3 环境影响评价过程

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》及《厦门市环境保护条例》等法律法规的有关规定，2019 年 10 月 22 日，国家海洋局第三海洋研究所作为厦门湾口剩余采砂区出让前期工作项目中标方承担了“厦门湾口（A 区块）海砂开采项目”环境影响报告书的编制工作。

厦门湾口（A 区块）海砂开采项目主要建设内容为：海砂开采面积为 6.20km$^2$，开采深度-35m，估算可采砂量约 4544.6 万 m$^3$。根据《建设项目环境影响分类管理名录》（2017 年），“四十五、非金属矿采选业，137、土砂石、石材开采加工”中“涉及环境敏感区的”应当编制“环境影响报告书”，由于厦门湾口（A 区块）海砂开采项目的海域位于重要渔业水域（闽南渔场），涉及环境敏感区，应编制“环境影响报告书”。

我单位接受委托后，随即组成项目组，派员前往工程所在地进行现场踏勘，搜集资料与调研，按有关技术规范要求，针对工程情况和区域环境特征开展了环境现状调查、数值模拟分析、影响预测评价等工作，在此基础上完成了《厦门湾口（A 区块）海砂开采项目环境影响报告书（送审稿）》，供建设单位上报审查。本评价技术路线见图 1.3-1。

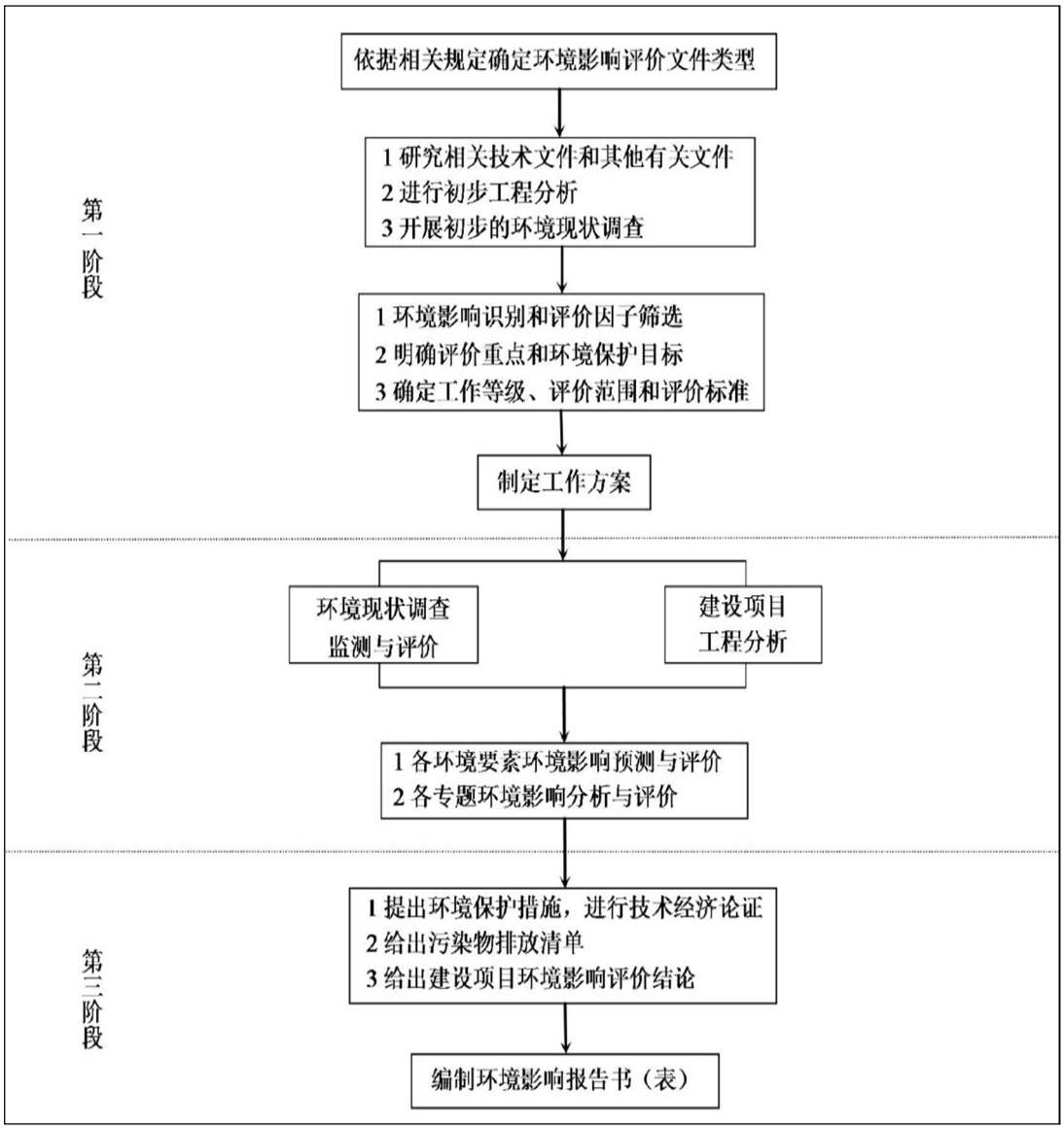



**图 1.3-1　评价技术路线框图**

## 1.4　分析判定相关情况

### 1.4.1　产业政策的符合性

对照《产业结构调整指导目录（2011 年本）（2013 修正）》，海砂开采项目不属于目录中的“限制类”或者“淘汰类”产业，因此，海砂开采项目是允许的。

目前厦门管辖海域以及整个厦门湾内的海砂资源量有限，且厦门湾内海砂开采已导致厦门及金门岸滩蚀退和崩塌、生态环境破坏、珍稀物种生境改变等严重问题。根据厦门市人民代表大会常务委员会第十四次会议批准的《厦门市海洋环境保护若干规定》第十五条指出“禁止在厦门海域开采海砂”，明确在厦门管辖海域禁止海砂开采。此外，《关于开展全市砂场专项整治工作的通知》（厦委办

[2017]23 号）要求严厉打击非法采砂、非法用海、非法经营砂场等违法行为，严格规范工程用砂市场，切实加强生态环境保护。本工程拟申请采砂区位于厦门湾口东南海域，距离金门岛约 20km ，位于规定的禁采区界线外，且砂源储藏相对集中，在不超过环境承受能力的条件下，适当合理开采海砂，在一定程度上解决了厦门建筑用砂的社会供需矛盾，因此，本工程符合厦门市海砂开采管理的相关政策。

### 1.4.2 生态红线符合性

根据《福建省海洋生态保护红线划定成果》（闽政文[2017]457 号），本项目申请海域未涉及到海洋生态保护红线。而项目附近主要有“东碇岛领海基点特殊保护海岛生态保护红线区”和“镇海角南侧重要渔业水域生态保护红线区”，本项目与上述两个生态保护红线的最近距离分别达到 11.24km、2.25km，未在上述生态保护红线区范围内，不与《福建省海洋生态保护红线划定成果》的划线区域冲突，符合建设要求。

同时，施工过程可能引起悬沙浓度增量为 10mg/L 的影响范围面积约为 84.14km$^2$，主要向东北和西南两个方向扩散，未到达“东碇岛领海基点特殊保护海岛生态保护红线区”，但“镇海角南侧重要渔业水域生态保护红线区”距离本项目较近，红线区内本项目施工过程可能引起海水悬浮泥沙增量超过 10mg/L 的影响范围为 18.68km$^2$，悬浮泥沙增量将会影响该生态红线区内的海水水质，同时将导致该海域游泳生物、底栖生物以及渔业资源不同程度受损。本项目为海砂开采项目，不涉及制造或运输污染和危险品，船舶含油污水、生活污水、船舶垃圾和生活垃圾等均收集上岸处理，不直接排海，本项目对周边海洋环境的影响主要为采砂过程的悬浮泥沙扩散。采砂施工导致一定海域的底质环境改变，以及悬浮泥沙扩散将对大黄鱼和蓝点马鲛的产卵环境产生一定影响，由于大黄鱼和蓝点马鲛具有一定的适应性或趋避能力，在一定程度上可适应工程施工导致的悬浮泥沙的扩散及海域表层沉积物类型的变化，同时通过尽量避开鱼类产卵盛期、采取生态补偿等可将影响控制在一定范围和程度内。另外，根据现状监测资料，在工程周边海域2019年秋季及2018年春季渔业资源调查中未获得大黄鱼和蓝点马鲛鱼样品。从工程施工情况来看，悬浮泥沙影响区域相对固定；从砂源调查选化结果看，工程区附近海域仍有较大面积底质类型相似的海域，鱼类本身

具有选择合适环境产卵的能力；从生物学角度来看，鱼类本身对悬浮泥沙有趋避能力。工程实施结束后，通过生态修复等措施使得工程所在海域生态环境得以逐步恢复。本工程在施工过程中应严格按照环评报告及相关行业要求中提出的环保措施，确保工程施工对海洋环境的影响程度降到最低。另外根据施工船舶溢油模拟分析，本项目施工船舶发生事故性溢油时，有可能会扩散至周边生态保护红线区和自然岸线，因此建设单位和施工单位应时刻采取船舶事故防范措施并建立溢油应急预案，将溢油风险和溢油影响程度降至最低。

综上，本工程实施完成后与《福建省海洋生态红线划定成果》（闽政文[2017]457 号）不矛盾。

### 1.4.3 环境质量底线符合性

根据现状调查，区域环境空气质量、声环境质量符合对应标准，海水水质除活性磷酸盐含量符合第二、第三类海水水质标准要求，无机氮含量符合第二类海水水质标准要求外，其余各调查因子基本符合或优于海域使用功能的要求。根据预测结果，通过采取各项环保措施，本工程施工期及营运期的环境影响均符合相应污染物排放标准，对周边环境保护目标影响在可接受范围内，不会突破现状环境质量底线。

### 1.4.4 资源利用上线符合性

本项目海砂的拟开采量、开采深度、开采分区以及开采进度等均根据厦门新机场填海造地工程的需求设计，开采的海砂均用于厦门新机场建设填海造地的物料用砂，不进入市场进行营利性经营。因此，本报告以机场造地吹填用砂的设计需求量做作为本工程开采总量的主要控制要素，本项目区砂源储藏相对集中，在不超过环境承受能力的条件下，适当合理开采海砂，不会突破资源利用上线。此外，本项目施工期采用目前厦门区域广泛采用的先进施工工艺及施工设备，施工产生的悬浮泥沙将在工程周边海域一段时间内产生影响，但其影响将随着施工期结束而消失，且施工结束后可通过生态补偿及修复措施恢复渔业资源，上述环境将会得到逐步恢复。因此，本项目建设满足资源利用上线的要求。

### 1.4.5 环境准入负面清单

根据《厦门市建设项目环保审批准入特别限制措施》（环保负面清单）（2018

年版），本工程不属于环境准入负面清单范围。根据《产业结构调整指导目录（2011年本）》（2013 年修正），本项目不属于目录中的“限制类”或者“淘汰类”产业。因此，本工程符合环境准入负面清单的要求。

## 1.5 关注的主要环境问题及环境影响

（1）采砂区海床塌陷对海底地形地貌和海床稳定性的影响；

（2）采砂结束后海床地形地貌改变对水动力条件的影响；

（3）潮流场改变对附近海域冲淤环境的影响；

（4）采砂作业对周边海域海洋生物生态的影响；

（5）采砂施工扰动底质、采砂船满仓溢流产生的悬浮泥沙对海洋水质环境的影响；

（6）施工船舶废水、施工人员产生的生活废水和生活垃圾可能对海洋环境的影响；

（7）采砂期间对周边敏感目标的影响。

## 1.6 环境影响报告书主要结论

### 1.6.1 海洋水动力环境影响评价结论

（1）数模预测结果表明，潮位基本不受采砂工程的影响，潮位过程变化极小，正负偏差小于 1cm，潮差不变，涨、落潮历时也没有变化。

（2）受采砂影响，流态发生一定变化，流态变化区域主要位于采砂区及其外缘海域。

（4）从涨、落潮平均流速来看，其流速变化区域基本局限在采砂区域及周边 1km 以内的范围。在采砂区内，涨落潮平均流速减小幅度在 0.01m/s~0.03m/s 之间。在采砂区外的东北和西南 1km 以内的海域最大有 0.01~0.03m/s 的流速增加，对其余海域的平均流速影响很小。

### 1.6.2 海洋冲淤环境影响评价结论

采砂工程实施后，在采砂区内产生一定程度的淤积，部分区域年淤积量在 1~5cm/a，部分区域年淤积量在 5cm/a~10cm/a。

基本不会对南碇岛海洋保护区、东锭岛领海基点海洋保护区、厦门湾外特殊利用区、漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区、浯屿旅游休闲娱乐区等造成影响。基本不会对漳州市海岸线、金门岛海岸线造成影响。基本不会对厦门港主航道造成影响。

泥沙冲淤影响范围有限，主要位于工程海域，对厦门湾其他区域基本没有影响。

### 1.6.3 海床稳定性评价结论

海沙开采结束后，海床自然塌陷影响范围为采砂坑边缘向北 52 m，向南 37 m，向西 56 m，向东 15 m；在海床向均衡剖面演化过程中，其影响范围为采砂坑边缘向北 1.4 km，向南 1.0 km，向西 2.7 km，向东 0.72 km；海沙开采活动对南碇岛海洋保护区、东锭岛领海基点海洋保护区、厦门湾外特殊利用区、漳州火山地质公园、浯屿旅游休闲娱乐区、厦门主航道、漳州海岸、金门海岸基本不产生影响。

### 1.6.4 海洋水质环境影响评价结论

（1）工程区水动力条件和水深条件都很理想，但由于悬浮泥沙入海源强较大，施工引起的悬浮泥沙浓度增量超10mg/L的包络面积为84.14km2，影响范围较大，但对周边敏感目标影响较小。

（2）对主要敏感目标的影响

(a) 东碇岛领海基点海洋保护区：东碇岛领海基点海洋保护区以及矿产能源保护区部分区域悬浮泥沙浓度增量小于 1mg/L，基本没有影响。

(b) 南碇岛海洋保护区：南碇岛海洋保护区悬浮泥沙浓度增量小于 1mg/L，基本没有影响。

(c) 浯屿旅游休闲娱乐区：浯屿旅游休闲娱乐区悬浮泥沙浓度增量小于 1mg/L，基本没有影响。

(d) 漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区：漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区悬浮泥沙浓度增量小于 1mg/L，基本没有影响。

(e) 中华白海豚保护区、厦门文昌鱼保护区、厦门东南部滨海旅游区、厦门（大屿）白鹭保护区、厦门（鸡屿）白鹭保护区、以及九龙江口红

树林自然保护区等均基本没有影响。

(f) 大佰岛旅游区、围头湾养殖区、石井滩涂养殖区等均基本没有影响。

(g)厦门港主航道、漳州市及金门岛海岸线、厦门~吴淞光及厦门~香港光缆、厦门湾外特殊利用区、厦门湾外矿产与能源区、外海习惯航线等基本没有影响。

### 1.6.5 海洋沉积物环境影响预测与评价

海砂开采可能会使周围海域沉积物发生迁移、分选，海砂开采之后，采砂区周边海域表层沉积物将主要表现为有周边海域向采砂区输运的趋势。施工产生的悬浮泥沙来源于本海域，没有外源污染物输入，并且海洋沉积物现状调查与评价结果表明所有海洋沉积物样品的有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷含量均符合第一类海洋沉积物质量标准，海洋沉积物质量状况良好，随着采砂的结束，悬浮泥沙将很快沉降、覆盖于采砂区及周边海域表层。因此，施工过程中产生的悬浮泥沙扩散和沉降不会对采砂区及周边海域沉积物质量产生较大的影响。采砂导致的有毒有害物质溶出对海水水质的影响较小。

### 1.6.6 海洋生态环境影响预测与评价

（1）对底栖生物的影响分析

海砂开采在一定程度上导致底栖生物栖息环境遭到破坏，对部分底栖生物的繁殖和生长造成影响，但具有行动能力的底栖生物则可能主动逃窜回避从而免遭受损。采砂作业过程中，该海域的底栖生物由于来不及逃离而被高压射流水击中死亡或被吸入船舱后被填埋。

大部分底栖生物的生长较缓慢，且开采区的底栖生物栖息环境受到破坏，其恢复需要较长时间，可能在几年内，开采区的底栖生物种类和生物量都偏于贫乏。采砂结束之后，可通过人工放养等方式促进底栖生境的恢复。

（2）对浮游生物的影响分析

采砂作业使得水中悬浮物质增多，提高海水的浑浊度，减弱水体的真光层厚度，从而降低海洋初级生产力，随之浮游植物生物量下降，进而影响以浮游植物为饵料的浮游动物，单位水体中的生物量也必然相应地减少。过量悬浮物质使浮

游动物食物过滤系统和消化器官受到阻塞，悬浮物质含量达到 300mg/L 以上时影响特别明显；高浓度增量甚至会导致其死亡，对浮游动物生长率、摄食率、丰度、生产量及群落结构等造成影响。

根据数模预测结果，采砂产生的悬沙增量多低于 100mg/L（超过 100mg/L 的面积约 13.25km$^2$），会对区内的浮游生物的生长繁殖产生一定的干扰，导致生物量下降。但采砂作业停止后，由于潮汐作用，会将外海的浮游动植物带入采砂区及其附近海域，使采砂区浮游动植物得以补充。因此，本项目采砂造成的入海悬浮泥沙对浮游生物不会产生长期显著不利影响。

（3）对底栖生态环境的影响分析

采砂施工结束后将在海床上形成大面积的采砂坑，海砂开采过程中，采砂坑周边泥沙随采砂坑深度增加而不断塌陷，整个开采区的海底地形处于动态变化过程中。根据数模预测结果，受采砂作业影响，采砂区的流速均有降低，泥沙回淤量增加；海砂开采之后会使采砂区水深加大，砂源大量丧失，底质类型及地形地貌改变，导致采砂区及其附近海域的底栖生态环境遭到破坏，影响该海域鱼类的生存、栖息环境。采砂结束后，通过增值放流、建设人工鱼礁等恢复和生态补偿措施，促进采砂坑的底栖生物群落恢复和新生。

（4）对渔业资源的影响分析

根据数模预测结果，本项目造成的入海悬浮泥沙增量大于 100mg/L 的面积约 13.25km$^2$，在此水域范围内，鱼卵、仔鱼因高浓度的含沙量会部分死亡，成鱼虽然可以回避，但幼体仍难逃厄运。因此，采砂产生的悬浮泥沙入海将对鱼类产生一定影响。项目施工虽然对鱼类的繁育产生一定影响，但在施工结束后及时采取生态补偿措施恢复渔业资源等措施，可将影响控制在一定范围和程度内。

### 1.6.7 海洋生物资源损害评估

根据本项目拟申请的采砂区面积、春秋两季调查的底栖生物平均生物量，估算各期采砂活动造成的底栖生物资源受损量合计 72.71t。

根据施工期悬浮泥沙增量扩散范围的数值模拟结果，各时期共造成的持续性损害受损量依次为浮游植物 $1.10\times10^{19}$cells、浮游动物 $4.25\times10^{13}$ind、鱼卵 $1.15\times10^{9}$ind、仔鱼 $7.97\times10^{9}$ind、游泳生物 $7.37\times10^{4}$kg。

本项目造成的海洋生物资源直接损失约为 511.21 万元。由于本项目实际施

工期为 18 个月，按《规程》要求应按 3 年进行补偿，则本项目的底栖生物损害补偿为 218.13 万元、鱼卵损害补偿为 11.53 万元、仔鱼损害补偿为 353.53 万元、游泳生物损害补偿为 221.10 万元，合计 804.29 万元。

### 1.6.8 大气环境影响结论

施工期间，本工程的主要大气污染源为耙吸式挖泥船产生的燃油废气等。耙吸式挖泥船将排放一定的大气污染物，主要是 $NO_x$、$SO_x$、$CO_x$、CH 等污染物。由于施工船舶数量较少，排放的污染气体很少，且本次施工区域开阔，空气交换条件较好，所以施工期间船舶对大气的影响尽管不可避免，但是局部的、较小的，能够随着施工过程的结束而停止。由于本项目位于厦门湾口外东南海域，漳州市镇海角东南方向约 30km，大金门岛以南约 20km，评价范围内无居民居住，可预计施工船舶机械尾气对环境空气质量的影响很小。

### 1.6.9 声环境影响结论

本工程在距离施工点 150m 外，施工场界噪声影响基本低于 65dB，可符合 GB12523-90《建筑施工场界噪声限值》，采砂区边界 200m 范围内没有噪声敏感目标，因此本项目噪声对周边环境影响很小。

### 1.6.10 固体废物影响结论

本项目实施过程所产生的主要固体废物为生活垃圾，施工船舶生活垃圾取 1.0kg/（人·d），生活垃圾产生量为 0.36t/d。施工船舶垃圾若随意丢入海中，将影响海水环境质量和视觉景观。生活垃圾不得随意倒入海域，施工船舶应配备垃圾收集装置，统一由有资质单位接收处理，建议施工船舶与经厦门海事部门认可的船舶垃圾接收处理单位签订协议，通过有偿服务，落实施工船舶垃圾接收处理。在采取上述措施情况下，施工船舶固体废物对海域环境基本不产生影响。

### 1.6.11 环境事故风险影响

（1）受潮流和风的共同作用，同样潮时泄漏，ENE（高潮泄露）和 NE（低潮泄露）风速下的影响范围最大，静风下最小。

（2）浓度增量超过 0.05mg/L 溢油油膜将污染到东锭岛领海基点海洋保护区和漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区娱乐区。其他区域，例如南碇岛海洋保护区、浯屿旅游休闲娱乐区、后石电厂取水口、双鱼岛海域、鼓浪屿旅游区、厦门岛东

南部旅游区和黄厝文昌鱼重点保护区、厦门（大屿）白鹭保护区和厦门（鸡屿）白鹭保护区基本不受影响。厦门白海豚核心区等其他敏感目标的溢油油膜浓度增量小于 0.01mg/L，基本没有影响，围头湾的敏感目标溢油油膜浓度增量小于 0.01mg/L，也基本没有影响。

（3）溢油油膜到达东锭岛领海基点海洋保护区的最短时间为 15 小时，到达漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区娱乐区的最短时间为 53 小时。

（4）溢油油膜基本不会对厦门湾及围头湾的敏感目标造成污染。

此外，项目施工还存在台风风暴潮、大雾、寒潮、风浪等恶劣天气导致船舶碰撞、砂船倾覆、海砂外溢等环境风险事故。施工船舶应做好各项通航安全保障措施，及时避风避浪，严格按海事部门的相关规定运营，消除事故隐患，坚决制止船舶超载运输，以免发生海损事故。

### 1.6.12 通航环境影响分析

本项目采砂区距离厦门港主航道入口约 8km，距离外海习惯航线约 3km，进出厦门港的船舶将从采砂区周边海域经过，采砂区附近的船舶数量较多，船舶通航密度较大。且外海海区受风浪影响比较明显，在一定程度不利于船舶的安全航行。该项目已编制《厦门新机场造地工程海砂运输工程通航安全影响论证报告》并获得批复，施工单位应按照上述论证报告的要求严格执行，确保采砂作业带来的通航风险在可控范围内。

### 1.6.13 环评总结论

厦门湾口（A区块）海砂开采项目开采面积为6.20km$^2$，估算可采砂量约4544.6万m$^3$，全部作为厦门新机场建设填海造地的填料用砂。项目建设符合海峡西岸经济区发展规划、厦门市城市总体规划等相关规划；符合厦门市关于厦门管辖海域采砂的相关政策，工程选址基本可行；项目完成后与《福建省海洋功能区划》、《福建省海洋环境保护规划》无矛盾。工程建设对海洋环境和海洋生态会产生一定的影响，在严格落实报告书提出的各项环境保护对策措施、生态补偿措施、风险防范对策措施，切实落实工程的环境监理和跟踪监测的前提下，从环境保护角度考虑，海砂开采可行。

# 第二章 总论

## 2.1 编制依据

### 2.1.1 法律和法规

(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2014 年 4 月 24 日修订；

(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日修订；

(3) 《中华人民共和国海洋环境保护法》，2017 年 11 月 4 日修订；

(4) 《中华人民共和国水污染防治法》，2017 年 6 月 27 日；

(5) 《中华人民共和国大气污染防治法》，2018 年 10 月 26 日修订；

(6) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》，2018 年 12 月 29 日修正；

(7) 《中华人民共和国水土保持法》，2011 年 3 月 1 日；

(8) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2016 年 11 月 7 日修订；

(9) 《中华人民共和国清洁生产促进法》，2012 年 2 月 29 日修订；

(10)《建设项目环境保护管理条例》，国务院 682 号令，2017 年 7 月 16 日；

(11)《中华人民共和国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；

(12) 《防治船舶污染海洋环境管理条例》,2018 年 3 月 19 日修正；

(13) 《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》，交海发［2007］165 号；

(14) 《建设项目环境保护分类管理名录》，2017 年 6 月 29 日；

(15) 《国家海域使用权管理规定》，国家海洋局，2006 年 10 月；

(16)《福建省海洋环境保护条例》，福建省人民代表大会常务委员会，2016 年 4 月 1 日；

(17) 《福建省海域使用管理条例》，2006 年 5 月 26 日；

(18) 《厦门市海洋环境保护若干规定》，2016 年 2 月 26 日修订；

(19) 《环境影响评价公众参与办法》，生态环境部，2018 年 7 月 16 日；

### 2.1.2 政策规定及相关功能区划、规划

(1)《国务院关于落实科技发展观加强环境保护的决定》，2005 年 12 月；

(2)《国务院关于支持福建省加快建设海峡西岸经济区的若干意见》，2009 年 5 月；

(3)《福建省建设海峡西岸经济区纲要（修编）》，2010 年 1 月；

(4)《关于加强海砂开采管理的通知》，国土资源部，国土资发[2007]190 号；

(5)《关于全面实施以市场化方式出让海砂开采海域使用权的通知》，国家海洋局，2012 年 12 月 28 日；

(6)《海底电缆管道保护规定》，国土资源部第 24 号令，2004 年 3 月 1 日施行；

(7)《关于加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》，环发[2005]152 号；

(8)《国家级水产种质资源保护区名录》（第一批～第七批），国家农业部；

(9)《福建省水产种质资源保护区规划》（2011-2020），福建省水产研究院，（2011 年 7 月送审稿）；

(10) 《全国海洋功能区划（2011-2020 年）》，2012 年 3 月；

(11) 《福建省海洋功能区划（2011-2020 年）》，福建省人民政府，2012 年 10 月；

(12) 《福建省海洋环境保护规划（2011-2020 年）》，闽政[2011]51 号，2011 年 6 月；

(13) 《福建省近岸海域环境功能区划（修编）》，闽政[2011]45 号，2011 年 6 月；

(14) 《福建省海洋生态保护红线划定成果》，闽政文[2017]457 号，2017 年 12 月；

(15) 《福建省海岸带保护与利用规划（2016-2020 年）》，闽发改区域〔2016〕559 号，2016 年 7 月；

(16) 《厦门市环境功能区划（第四次修订）》厦府[2018]280 号，2018 年 10 月；

(17) 《厦门市城市总体规划(2011-2020)》，国函[2016]35 号，2016 年 2 月；

(18) 《厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区总体规划》，闽政文[2016]40 号，2016 年 2 月；

### 2.1.3 技术导则及技术规范

(1) 《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T 19485-2014）；

(2) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；

(3) 《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ 2.3-2018）

(4) 《建设项目环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.1-2018）

(5) 《建设项目环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2009）

(6) 《建设项目环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2011）；

(7) 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T 169-2018）；

(8) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）；

(9) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》，2002 年 4 月；

(10) 《海洋调查规范》（GB12763-2007）；

(11) 《海洋监测规范》（GB17378-2007）。

(12) 《近岸海域环境监测规范》，HJ442-2008，国家环保部，2009 年 1 月 11 日起实施；

(13) 《厦门市海洋开发利用活动生态损害补偿标准（试行）》，2018 年 6 月。

(14) 《港口工程环境保护设计规范》，JTS 149-1-2007；

(15) 《疏浚与吹填工程设计规划》，JTS 181-5-2012；

(16) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》，国家海洋局，2002 年 4 月；

(17) 《海砂开采动态监测简明规范》（试行）国家海洋局，国海发[2000]11 号；

### 2.1.4 基础资料

(1)《厦门新机场建设海砂资源开采项目调查海砂开采工艺可行性研究报告（修订稿）》，中交上海航道勘察设计研究院有限公司、中交上海航道勘察设计研究院有限公司，2014 年 11 月；

(2)厦门新机场海砂资源调查报告（总报告），海洋三所，2013 年 12 月；

(3)厦门新机场海砂资源调查（地球物理）海洋三所，2013 年 12 月；

(4)厦门湾口采砂区潮汐潮流泥沙观测分析报告，福建省水产研究所，2019 年 11 月

(1)厦门新机场海砂资源开采项目调查海洋水文专题报告，海洋三所，2013 年 12 月；

(2)《厦门新机场海砂开采第一阶段工作水深测量专题报告》，海洋三所，2013 年 7 月；

(3)《厦门新机场建设海砂资源开采项目底床稳定性及冲淤变化研究报告》海洋三所，2013 年 10 月；

(4)《厦门湾口（A 区块）海砂开采项目数值模拟研究》海洋三所，2019 年 12 月；

(5)《厦门东南海域海砂开采区选划调查研究报告》海洋三所，2008 年 1 月；

(6)《厦门新机场造地工程海砂运输工程通航安全影响论证报告》（报批版)，集美大学，2014 年 6 月。

## 2.2 环境影响识别和评价因子筛选

### 2.2.1 环境影响要素识别

通过采砂工艺分析其对可能产生的污染源和其它环境问题分析，结合拟建工程区域的自然和社会环境特征，进行海洋环境影响要素识别和评价因子筛选，具体见表 2.2-1。

**表 2.2-1　海洋环境影响要素识别和评价因子筛选**

| 时段 | 环境要素 | 影响对象/因子 | 工程内容及表征 | 影响程度 |
|---|---|---|---|---|
| 施工期 | 海水水质、沉积物环境 | 水质为SPM、COD、石油类；沉积物为石油类、重金属等 | 采砂船施工过程中产生悬浮物 | -3 |
| | | | 施工船舶含油废水和施工人员生活污水 | -1 |
| | | | 施工船舶发生溢油等突发事故导致油类泄漏入海 | -2 |
| | 海洋生物生态 | 潮下带生物、浮游动植物、鱼卵、仔稚鱼、游泳生物等及其生境改变 | 施工区域内采砂活动直接破坏生物生境，施工过程导致悬浮泥沙增加引起海洋生物损失 | -3 |
| | 固体废物 | 船舶垃圾、生活垃圾 | 施工船舶固废和施工人员的生活垃圾 | -1 |
| | 施工废气 | 烟尘、$CO_2$、烃类 | 施工船舶尾气排放对周边大气影响 | -1 |
| | 施工噪声 | LAeq | 施工船舶噪声 | -1 |
| | 社会环境 | 海上通航安全 | 施工船舶施工过程影响其他船舶航行 | -1 |
| 施工结束 | 海洋水文动力环境及冲淤平衡 | 海域流场、海底地形地貌、海床发生变化 | 采砂工程导致局部海域潮流、冲淤平衡改变和海床稳定性变化 | -2 |

注：-1 表示环境要素所受负面影响程度为较小或轻微，进行影响描述；

-2 表示环境要素所受负面影响程度为中等，进行影响分析；+号表示正面影响；

-3 表示环境要素所受负面影响程度较大或较为敏感，进行重点评价。

### 2.2.2 评价因子的筛选

通过对本项目采砂期间和采砂结束后对环境造成的影响以及污染物排放状况的分析，同时考虑到在采砂期间可能发生的环境风险事故，进行评价因子的筛选，见表 2.2-2、表 2.2-3。

**表 2.2-2　现状评价因子**

| 环境要素 | 评价类别 | 现状监测因子 |
|---|---|---|
| 海水水质 | 现状评价 | 水温、盐度、pH、COD、溶解氧、悬浮物、硝酸盐、亚硝酸盐、铵盐、活性磷酸盐、重金属（铜、铅、镉、锌、总铬、汞、砷）、石油类、硫化物、挥发性酚 |
| 海洋沉积物质量 | 现状评价 | 有机碳、汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、石油类、硫化物 |
| 海洋生物质量 | 现状评价 | 总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、石油烃 |
| 海洋生态 | 现状评价 | 初级生产力、叶绿素 a、潮下带大型底栖生物、浮游植物、浮游动物、鱼卵、仔稚鱼、游泳生物 |
| 声环境 | 现状评价 | 等效连续 A 声级 $L_{eq}$ |
| 环境空气 | 现状评价 | 二氧化硫、二氧化氮、一氧化碳、细颗粒物、可吸入颗粒物 |
| 固体废物 | 现状评价 | 固废 |

**表 2.2-3 影响评价因子**

| 阶段 | 环境要素 | 评价类 | 评价因子 |
|---|---|---|---|

| | | 别 | |
|---|---|---|---|
| 施工期 | 海水水质 | 影响预测 | 悬浮泥沙 |
| | 沉积物 | 影响分析 | 沉积环境、金属溶出物 Cd |
| | 海洋生态 | 影响分析 | 悬浮泥沙、海洋生物 |
| | 环境风险 | 影响分析 | 石油类 |
| | 声环境 | 影响分析 | 等效连续 A 声级 $L_{eq}$ |
| | 环境空气 | 影响分析 | 烟尘、$NO_x$、烃类 |
| | 固体废物 | 影响分析 | 施工固废和生活垃圾 |
| 施工结束 | 海洋水文动力环境、冲淤环境和海床稳定性 | 影响预测 | 流态、流速、流向、回淤量、海床稳定性 |

## 2.3 工程区附近有关规划与区划

（1）福建省海洋功能区划

根据《福建省海洋功能区划》（2011~2020 年），本工程位于近海农渔业区，周边的海洋功能区主要有：厦门湾保留区、厦门湾港口航运区、厦门湾外矿产与能源区、厦门湾外特殊利用区、漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区、流会工业与城镇用海区、东碇岛领海基点海洋保护区、南碇岛海洋保护区，详见表 2.3-1 和图 2.3-1。

## 表 2.3-1 工程附近海域海洋功能区一览表

| 名称 | 用途管制 | 用海方式 | 海洋环境保护 |
|---|---|---|---|
| 近海农渔业区 | 严格限制改变海域自然属性，兼容新能源和海岛海洋保护区建设用海 | 保障国防和船舶通航安全用海，用于海洋渔业捕捞。 | 执行不劣于第一类海水水质标准、不劣于第一类海洋沉积物质量标准、不劣于第一类海洋生物质量标准 |
| 厦门湾保留区 | 保障渔业资源自然繁育空间 | 禁止改变海域自然属性 | 重点保护海洋生态环境和渔业苗种场、索饵场、洄游通道，执行不低于现状的海水水质标准,加强生态环境整治和改善 |
| 港口航运区 | 保障船舶停泊和通航用海 | 除进行必要的航道疏浚外，禁止其他改变海域自然属性和影响航行安全的开发活动。 | 保护航道、锚地资源，执行不低于现状的海水水质标准,加强生态环境整治和改善 |
| 厦门湾矿产与能源区 | 保障固体矿产开采工业用海，须经科学论证确定开发范围与规模 | 严格限制改变海域自然属性 | 执行不劣于第四类海水水质标准、不劣于第三类海洋沉积物质量标准、不劣于第三类海洋生物质量标准 |
| 厦门湾外特殊利用区 | 保障倾倒区用海，须进行专题论证确定其具体用海位置、范围，确保不影响毗邻海域功能区 | 严格限制改变海域自然属性 | 严格执行海洋倾倒区管理规定 |
| 漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区 | 保障旅游基础设施、游乐场用海 | 严格限制改变海域自然属性 | 保护海岛景观和地形地貌；执行不劣于第二类海水水质标准、不劣于第一类海洋沉积物质量标准、不劣于第一类海洋生物质量标准 |
| 流会工业与城镇用海区 | 保障工业与城镇建设用海，兼容不损害工业与城镇建设功能的用海 | 允许适度改变海域自然属性，优化人工岸线布局，尽量增加人工岸线曲折度和长度 | 维持海域自然环境质量现状，尽量避免和减小对周围海域自然环境的影响 |
| 东碇岛领海基点海洋保护区 | 保障国家权益和军事用海需求，保护海洋生态环境 | 禁止改变海域自然属性 | 重点保护海岛地质地貌及周围海域生态环境。严格执行海洋特别保护区管理要求。 |
| 南碇岛海洋保护区 | 保障海洋保护区用海，兼容观光旅游用海 | 禁止改变海域自然属性 | 重点保护海岛地质地貌及周围海域生态环境。严格执行海洋特别保护区管理要求。 |

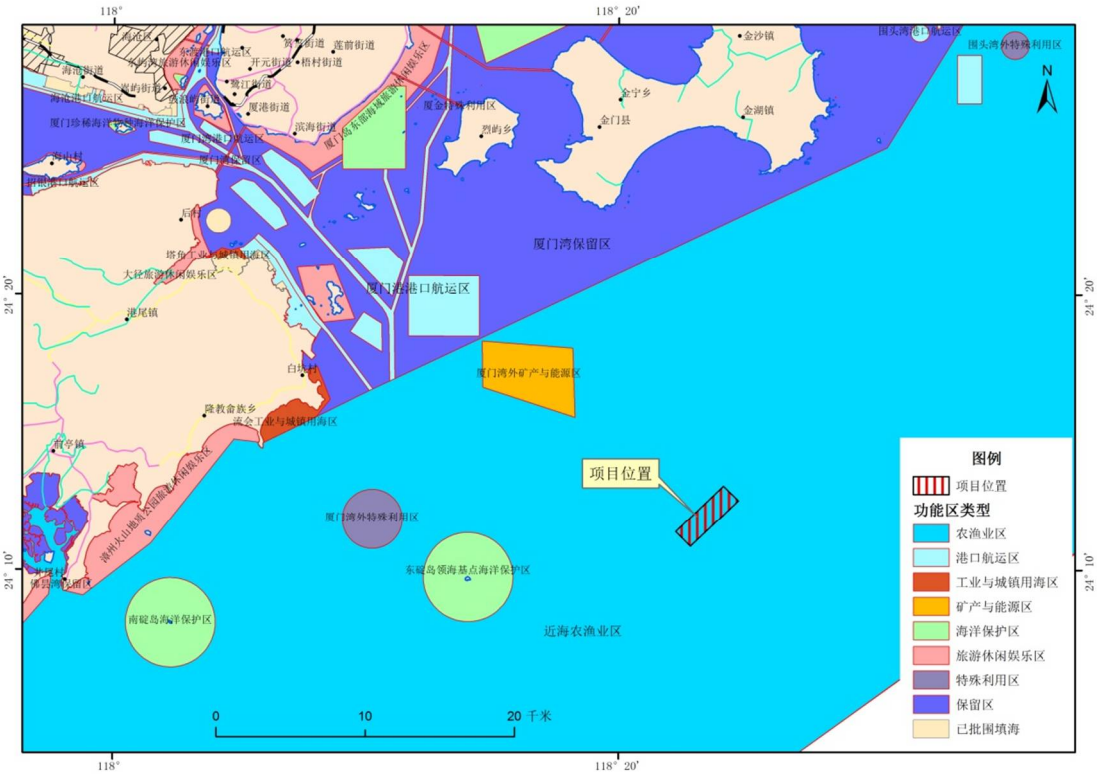



**图 2.3-1　工程附近海域海洋功能区划**

（2）福建省海洋环境保护规划

根据《福建省人民政府关于印发福建省海洋环境保护规划（2011～2020）的通知》（闽政〔2011〕51 号），本工程位于漳州东部外海渔业资源保护利用区，周边海域的海洋环境分级控制区包括：塔角-流会港口与工业开发监督区、东碇岛海洋倾废监督区、漳浦东部海域旅游环境保护利用区、东碇岛海岛生态系统重点保护区、南碇岛海岛生态系统重点保护区等，详见表 2.3-2 和图 2.3-2。海水水质目标执行《海水水质标准》（GB 3097-1997），海洋沉积物质量目标执行《海洋沉积物质量》（GB18668-2002），海洋生物质量目标执行《海洋生物质量》（GB18421-2001）。

**表 2.3-2　评价海域海洋环境分级控制区一览表**

| 分区名称 | 海水水质目标 | | 海洋沉积物质量目标 | | 海洋生物质量目标 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 近期 | 远期 | 近期 | 远期 | 近期 | 远期 |
| 漳州东部外海渔业资源保护利用区 | 一 | 一 | 一 | 一 | 一 | 一 |
| 塔角-流会港口与工业开发监督区 | 三 | 三 | 二 | 二 | 二 | 二 |
| 东碇岛海洋倾废监督区 | 三 | 三 | 二 | 二 | 二 | 二 |
| 漳浦东部海域旅游环境保护利用区 | 二 | 二 | 一 | 一 | 一 | 一 |
| 东碇岛海岛生态系统重点保护区 | 一 | 一 | 一 | 一 | 一 | 一 |
| 南碇岛海岛生态系统重点保护区 | 二 | 二 | 一 | 一 | 一 | 一 |
| 备注：近期为 2015 年，远期为 2020 年。 | | | | | | |

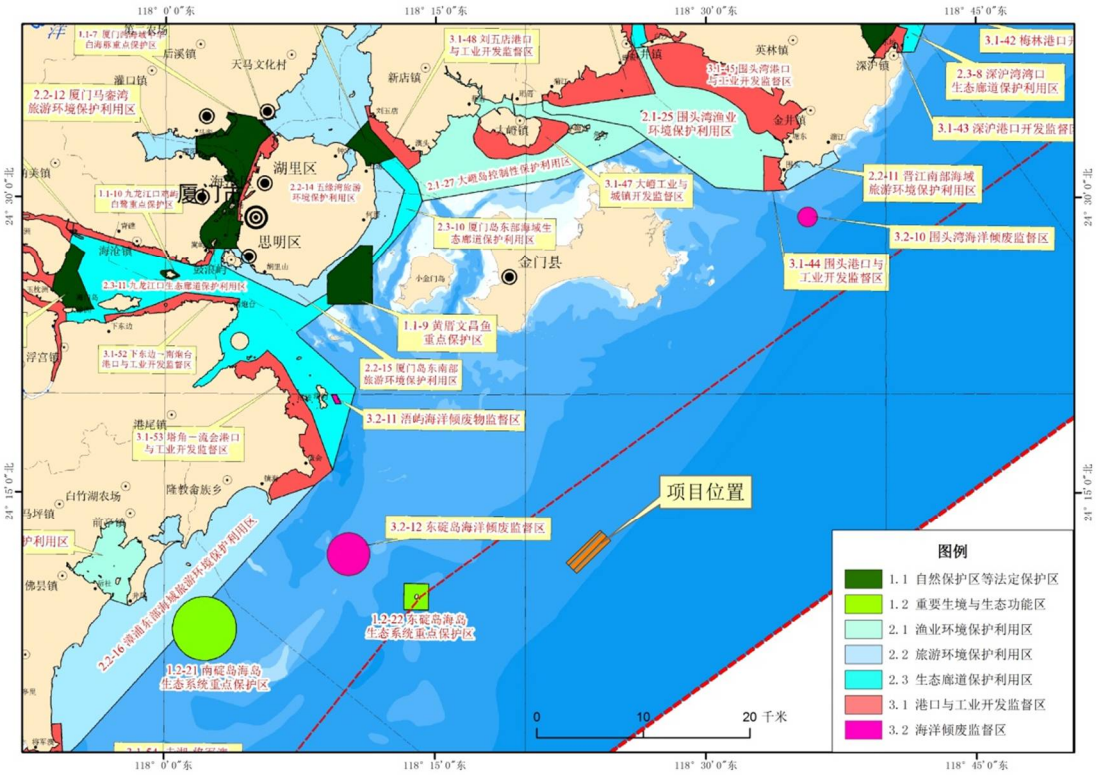



**图 2.3-2　工程附近海域海洋环境分级控制区**

## 2.4 评价标准

## 2.4.1 环境质量标准

（1）海水水质标准

根据《福建省人民政府关于印发福建省海洋环境保护规划（2011～2020）的通知》（闽政〔2011〕51 号），工程区所在海域海洋环境分级控制区为漳州东部外海渔业资源保护利用区，海水水质执行第一类海水水质标准，相应海水水质标准限值见表 2.4-1。

**表 2.4-1　海水水质评价标准（摘录）　单位：mg/L（pH 除外）**

| 项目 | 第一类 | 第二类 | 第三类 | 第四类 |
|---|---|---|---|---|
| 悬浮物质 | 人为增加的量≤10 | | 人为增加的量≤100 | 人为增加的量≤150 |
| pH | 7.8～8.5 | | 6.8~8.8 | |
| DO | >6 | >5 | >4 | >3 |
| COD | ≤2 | ≤3 | ≤4 | ≤5 |
| 无机氮 | ≤0.20 | ≤0.30 | ≤0.40 | ≤0.50 |
| 活性磷酸盐 | ≤0.015 | ≤0.030 | | ≤0.045 |
| 石油类 | ≤0.05 | | ≤0.30 | ≤0.50 |
| 挥发酚 | ≤0.005 | | ≤0.010 | ≤0.050 |
| 硫化物（以 S 计） | ≤0.02 | ≤0.05 | ≤0.10 | ≤0.25 |
| 铜 | ≤0.005 | ≤0.010 | ≤0.050 | |
| 铅 | ≤0.001 | ≤0.005 | ≤0.010 | ≤0.050 |
| 锌 | ≤0.020 | ≤0.050 | ≤0.10 | ≤0.50 |
| 镉 | ≤0.001 | ≤0.005 | ≤0.010 | |
| 汞 | ≤0.00005 | | ≤0.0002 | ≤0.0005 |
| 砷 | ≤0.020 | ≤0.030 | ≤0.050 | |
| 总铬 | ≤0.05 | ≤0.10 | ≤0.20 | ≤0.50 |

（2）海洋沉积物质量标准

根据《福建省人民政府关于印发福建省海洋环境保护规划（2011～2020）的通知》（闽政〔2011〕51 号），工程区所在海域海洋环境分级控制区为漳州东部外海渔业资源保护利用区，海洋沉积物执行一类海洋沉积物质量标准，相应的海洋沉积物质量标准见表 2.4-2。

**表 2.4-2　沉积物评价标准（单位：$10^{-6}$）**

| 项目 | 一类 | 二类 |
|---|---|---|

| 项目 | 一类 | 二类 |
| --- | --- | --- |
| 有机碳（$10^{-2}$） | ≤2.0 | ≤3.0 |
| 石油类 | ≤500.0 | ≤1000.0 |
| 硫化物 | ≤300.0 | ≤500.0 |
| 铜 | ≤35.0 | ≤100.0 |
| 铅 | ≤60.0 | ≤130.0 |
| 锌 | ≤150.0 | ≤350.0 |
| 镉 | ≤0.50 | ≤1.50 |
| 汞 | ≤0.20 | ≤0.50 |
| 砷 | ≤20.0 | ≤65.0 |
| 总铬 | ≤80.0 | ≤150.0 |

（3）海洋生物质量标准

双壳贝类海洋生物质量执行 GB18421-2001《海洋生物质量标准》第一类标准；相应的海洋生物质量标准见表 2.4-3；鱼类、甲壳类的铜、铅、锌、镉、总汞参照《全国海岛资源综合调查简明规程》的标准进行评价，详见表 2.4-4。

**表 2.4-3　海洋生物质量评价标准值（鲜重）　单位：mg/kg**

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

**注：贝类以去壳后的鲜重计。**

**表 2.4-4　全国海岛资源综合调查简明规程评价标准　单位：mg/kg**

| 种类名称 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 汞 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 鱼类 | 20 | 2.0 | 40 | 0.6 | 0.3 |
| 甲壳类 | 100 | 2.0 | 150 | 2 | 0.2 |

（4）大气环境

根据《厦门市环境功能区划（第四次修订）》，项目所在区大气质量执行GB3095-2012《环境空气质量标准》二级标准，见表2.4-5。

**表2.4-5　环境空气质量评价标准二级标准（单位：CO/ mg·m$^{-3}$，其他 μg·m$^{-3}$）**

| 项目 | 浓度限值 | | |
| --- | --- | --- | --- |
| | 1小时平均 | 24小时平均 | 年平均 |
| $SO_2$ | 500 | 150 | 60 |
| $NO_2$ | 200 | 80 | 40 |
| TSP | - | 200 | 300 |
| $PM_{10}$ | - | 150 | 70 |
| $PM_{2.5}$ | - | 75 | 35 |
| CO | 10 | 4 | - |

（5）声环境

按照声环境功能区划划分导则确定：工程区临近的陆域声环境规划为1类功能区，本工程区建议参照执行GB3096-2008《声环境质量标准》的1类标准，详表2.4-6。

**表2.4-6　噪声评价标准**

单位：dB

| 时段<br>厂界外声环境功能区类别 | 昼间 | 夜间 |
| --- | --- | --- |
| 0 | 50 | 40 |
| 1 | 55 | 45 |
| 2 | 60 | 50 |

| | | |
|---|---|---|
| 3 | 65 | 55 |
| 4 | 70 | 55 |

### 2.4.2 污染物排放标准

（1）船舶污染物排放标准

根据交通部海事局《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》（交海发[2007]165 号），“仅在港口水域范围内航行、作业的船舶”应实行铅封管理，禁止向沿海海域排放油类污染物.船舶产生的油类污染物。船舶所产生的油类污染物须定期排放至岸上或水上移动接收设施。除机舱通岸接头（接收出口）管系外，船舶的油污水系统的排放阀以及能够替代该系统工作的其它系统与油污管路直接相连的阀门应予以铅封。

施工船舶污水和船舶垃圾排放执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3553-2018）。

**表 2.4-7　船舶含油污水排放控制要求（沿海）**

<table>
<tr><th>污水分类</th><th colspan="2">船舶类别</th><th>排放控制要求</th></tr>
<tr><td rowspan="3">机器处所油污水</td><td colspan="2">400 总吨及以上船舶</td><td>油污水处理装置出水口石油类≤15(mg/l)或者收集并排入接收装置</td></tr>
<tr><td rowspan="2">400 总吨以下船舶</td><td>非渔业船舶</td><td>油污水处理装置出水口石油类≤15(mg/l)或者收集并排入接收装置</td></tr>
<tr><td>渔业船舶</td><td>（1）自 2018 年 7 月 1 日起至 2020 年 12 月 31 日，执行油污水处理装置出水口石油类≤15(mg/l)；<br>（2）自 2021 年 1 月 1 日起，执行油污水处理装置出水口石油类≤15(mg/l)或者收集并排入接收装置</td></tr>
<tr><td rowspan="2">含有货油残余物的油污水</td><td colspan="2">150 总吨及以上油船</td><td>自 2018 年 7 月 1 日起，收集并排入接收装置，或在船舶航行中排放，并同时满足下列条件：<br>（1）油船距离最近陆地 50 公里以上；<br>（2）排入海中油污水含油量瞬间排放率不超过 30 升/海里；<br>（3）排入海中油污水含油量不得超过货油总量的 1/3000；<br>（4）排油监控系统运转正常。</td></tr>
<tr><td colspan="2">150 总吨以下油船</td><td>自 2018 年 7 月 1 日起，收集并排入接收装置</td></tr>
</table>

**表 2.4-8　船舶生活污水排放要求及标准（海域）**

<table>
<tr><th>序号</th><th>排放区域</th><th>分类</th><th>主要污染物名称</th><th>标准限值</th></tr>
<tr><td rowspan="5">1</td><td rowspan="5">距最近陆地 3 海里以内海域（应采取下列方式之一，不得直接排入环境水体：a 利用船载收集装置收集，排入接收设施.b 利用船载生活污水处置，达到排放</td><td rowspan="3">2012 年 1 月 1 日以前安装（含更换）生活污水处置装置的船舶</td><td>COD</td><td>≤50(mg/l)</td></tr>
<tr><td>SS</td><td>≤150(mg/l)</td></tr>
<tr><td>耐热大肠菌群</td><td>≤250(个/ml)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2012 年 1 月 1 日以后安装（含更</td><td>$BOD_5$</td><td>≤25(mg/l)</td></tr>
<tr><td>SS</td><td>≤35(mg/l)</td></tr>
</table>

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 要求后在航行中排放） | 换）生活污水处置装置的船舶 | 耐热大肠菌群 | ≤1000(个/100ml) |
| | | | COD | ≤125(mg/l) |
| | | | PH | 6~8.5 |
| | | | 总氮 | ≤0.5(mg/l) |
| 2 | 3 海里<与最近陆地间距离≤12 海里 | 需同时满足:<br>(1)使用设备打碎固形物质和消毒后排放;<br>(2)船速不低于 4 节,且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放率 | | |
| 3 | 与最近陆地间距离>12 海里 | 船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放率 | | |

**表 2.4-9　船舶垃圾排放控制要求（海域）**

| 序号 | 分类 | 位置 | 排放要求 |
|---|---|---|---|
| 1 | 食品废弃物 | 距最近陆地≦3 海里 | 应收集并排入接收设施 |
| | | 3 海里<与最近陆地间距离≦12 海里 | 粉碎或磨碎至直径不大于 23 毫米后可排放 |
| | | 与最近陆地间距离 > 12 海里 | 可以排放 |
| 2 | 货物残留物 | 与最近陆地间距离≦12 海里 | 应收集并排入接收设施 |
| | | 与最近陆地间距离 > 12 海里 | 不含危害海洋环境物质的货物残留物可排放 |
| 3 | 动物尸体 | 与最近陆地间距离≦12 海里 | 应收集并排入接收设施 |
| | | 与最近陆地间距离 > 12 海里 | 可以排放 |
| 备注 | 任何海域，应将塑料废气物、废气食用油、生活废弃物、焚烧炉灰渣、废气渔具和电子垃圾收集并排入接收设施；<br>任何海域，对于货舱、甲板和外表面清洗水，其含有的清洁剂或添加剂不属于危害海洋环境的物质方可排放，其他操作废弃物应收集并排入接收设施；<br>任何海域，对于不同类别船舶垃圾的混合垃圾的排放控制，应同时满足所含每一类船舶垃圾的排放控制要求。 | | |

（2）噪声排放标准

施工噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），昼间70 dB（A），夜间55 dB（A）。

（3）大气污染物排放标准

大气污染物排放执行大气污染物《厦门市大气污染物排放标准》（DB35/323-2018）。

## 2.5 评价工作等级、评价范围

### 2.5.1 评价工作等级

（1）水文动力环境、水质环境、沉积物环境、生态和生物资源环境

本工程位于“近海农渔业区”内，属于生态环境敏感区，根据海洋工程环境影响评价技术导则（GB/T 19485-2014），确定水文动力环境一级评价，海水水质环境一级评价，海洋沉积物环境二级评价，海洋生态和生物资源环境一级评价（表2.5-1），由此判定本项目的环境影响评价等级为1级。

**表 2.5-1 海洋环境影响评价等级判定一览表**

| 工程内容 | 工程规模 | 工程所在海域特征和生态环境类型 | 单项海洋环境影响评价等级 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水文动力环境 | 水质环境 | 沉积物环境 | 生态和生物资源环境 |
| 海中取土（砂） | 开挖量 $4544.6\times10^4m^3$（属于 $300\times10^4m^3$以上） | 生态环境敏感区 | **1** | **1** | **2** | **1** |
| 评价等级判定 | | | **1** | **1** | **2** | **1** |

（2）海洋地形地貌与冲淤环境

依据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）中的海洋地形地貌与冲淤环境影响评价等级判据，确定本项目地形地貌与冲淤环境影响评价等级为 1 级，见表2.5-2。

**表 2.5-2 海洋地形地貌与冲淤环境影响评价等级判据一览表**

| 评价等级 | 工程类型和工程内容 |
|---|---|
| **1** | 面积 $50\times10^4m^2$ 以上的围海、填海、海湾改造工程，围海筑坝、防波堤、导流堤(长度等于和大于 2km)等工程；连片和单项海砂开采工程；其它类型海洋工程中不可逆改变或严重改变海岸线、滩涂、海床自然性状和产生较严重冲刷、淤积的工程项目。 |
| 2 | 面积$(50～30)\times10^4m^2$ 的围海、填海、海湾改造工程，围海筑坝、防波堤、导流堤(长度 2km～1km)等工程；其它类型海洋工程中较严重改变岸线、滩涂、海床自然性状和产生冲刷、淤积的工程项目。 |
| 3 | 面积$(30～20)\times10^4m^2$ 的围海、填海、海湾改造工程，围海筑坝、防波堤、导流堤(长度 1km～0.5km)等工程；其它类型海洋工程中改变海岸线、滩涂、海床自然性状和产生较轻微冲刷、淤积的工程项目。 |

（3）环境风险

本工程实施的环境风险主要是施工期发生船舶碰撞事故导致溢油，本工程位于近海农渔业区，属于生态环境敏感区，根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T 169-2018），确定评价等级为二级。

（4）大气、声环境评价等级

本项目施工期大气和声环境影响主要是施工船舶尾气排放和施工噪声对周边环境的影响。施工期的船舶尾气量较小，开采区位于厦门湾外，评价范围内无居民居住。因此，大气和声环境影响评价等级均为三级。

## 2.5.2 评价范围

### 2.5.2.1 海洋环境及环境风险评价范围

根据环境影响评价工作等级、工程可能影响的范围以及所在地区的环境特征，按照《海洋工程环境影响评价技术导则》、《环境影响评价技术导则》中对各要素环境调查和评价范围的基本要求，确定本工程各要素的环境影响评价范围。各要素环境影响评价范围见表 2.5-3。

本工程海域评价范围为采砂区四界分别向外扩展 15km 的海域，南北长约 42km，东西宽约 40km，面积约 1680km$^2$ 的海域，评价范围见图 2.5-1。

**表 2.5-3 本项目各要素评价范围确定情况一览表**

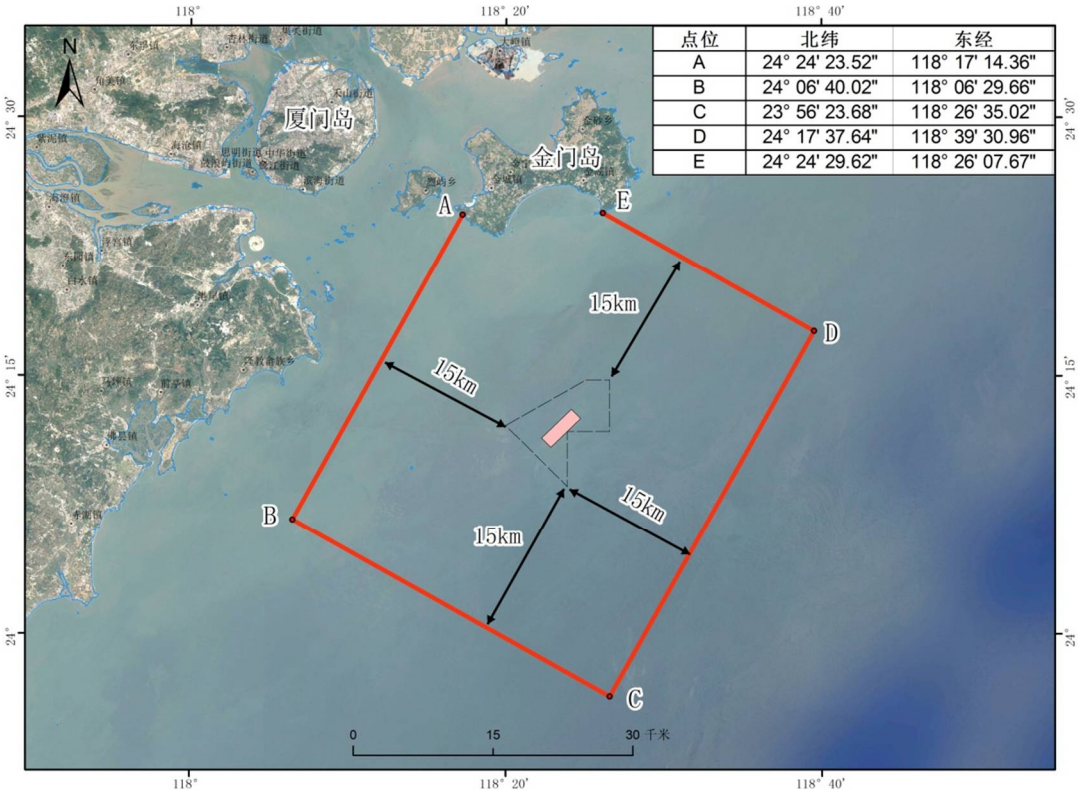
| 环境要素 | 评价范围 | 确定依据 |
| --- | --- | --- |
| 海洋环境 | 水文动力：垂向距离不小于 5km，纵向距离为不小于一个潮周期内水质点可能达到的最大水平距离的两倍<br>水质、沉积物、海洋生态三者的评价范围保持一致，要覆盖受影响的区域并能充分满足环境影响评价和预测的需求 | 《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014） |
| 环境风险 | 以场区为中心，以油粒子所能到达的最大<br>距离为半径的区域范围内 | 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2004）<br>《水上溢油环境风险评估技术导则》(JT/T1143-2017)<br>《船舶污染海洋环境风险评价技术规范（试行）》（海船舶[2011]588 号） |

#### 2.5.2.2 大气环境评价范围

根据《环境影响评价技术导则　大气环境》HJ2.2-2018，三级评价项目不需设置大气环境影响评价范围。

#### 2.5.2.3 声环境评价范围

声环境评价范围为采砂区及场界外 200m 的区域，本工程 200m 范围内无声环境敏感目标。




| 点位 | 北纬 | 东经 |
|---|---|---|
| A | 24° 24' 23.52" | 118° 17' 14.36" |
| B | 24° 06' 40.02" | 118° 06' 29.66" |
| C | 23° 56' 23.68" | 118° 26' 35.02" |
| D | 24° 17' 37.64" | 118° 39' 30.96" |
| E | 24° 24' 29.62" | 118° 26' 07.67" |

**图 2.5-1　海洋环境评价范围图**

## 2.6 环境敏感区与环境保护目标

按照本工程毗邻的海洋功能区划，充分考虑工程周边海域环境状况和工程建设特点，确定工程建设可能影响的环境敏感区及重点环境保护目标，详见表 2.6-1 和图 2.6-1。

**表 2.6-1 主要敏感保护目标**

| 序号 | 敏感目标名称 | 方位 | 与本项目最近距离 | 保护对象 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 外海习惯性航线 | 北、南 | 2.87km | 保护航道、锚地资源 |
| 2 | 厦门主航道 | 西北 | 8.02km | |
| 3 | 后石航道 | 西北 | 8.36km | |
| 4 | 海砂运输航道 | 东北 | 5.13km | |
| 5 | 1#锚地 | 西北 | 24.08km | |
| 6 | 镇海角南侧重要渔业水域生态保护红线区 | 东南 | 2.25 km | 主要经济虾、鳓鱼、蓝点马鲛、大黄鱼、无针乌贼的亲鱼及其繁育环境 |
| 7 | 重要渔业水域（闽南渔场） | 周边 | — | 水质、海洋生态环境、渔业产卵场、索饵场、越冬场、洄游通道 |
| 8 | 东碇岛（领海基点海洋保护区） | 西 | 11.24km | 领海基点海洋保护区，海岛岸线稳定及周围海域生态环境 |
| 9 | 厦门矿产能源区 | 北 | 10.19km | 海域自然属性 |
| 10 | 金门岛 | 北 | 20.19km | 自然岸线、沙滩 |
| 11 | 小金门岛 | 西北 | 26.91km | 自然岸线、沙滩 |
| 12 | 拟开采区内疑似管线 | 工程区内 | — | 海底管线安全 |

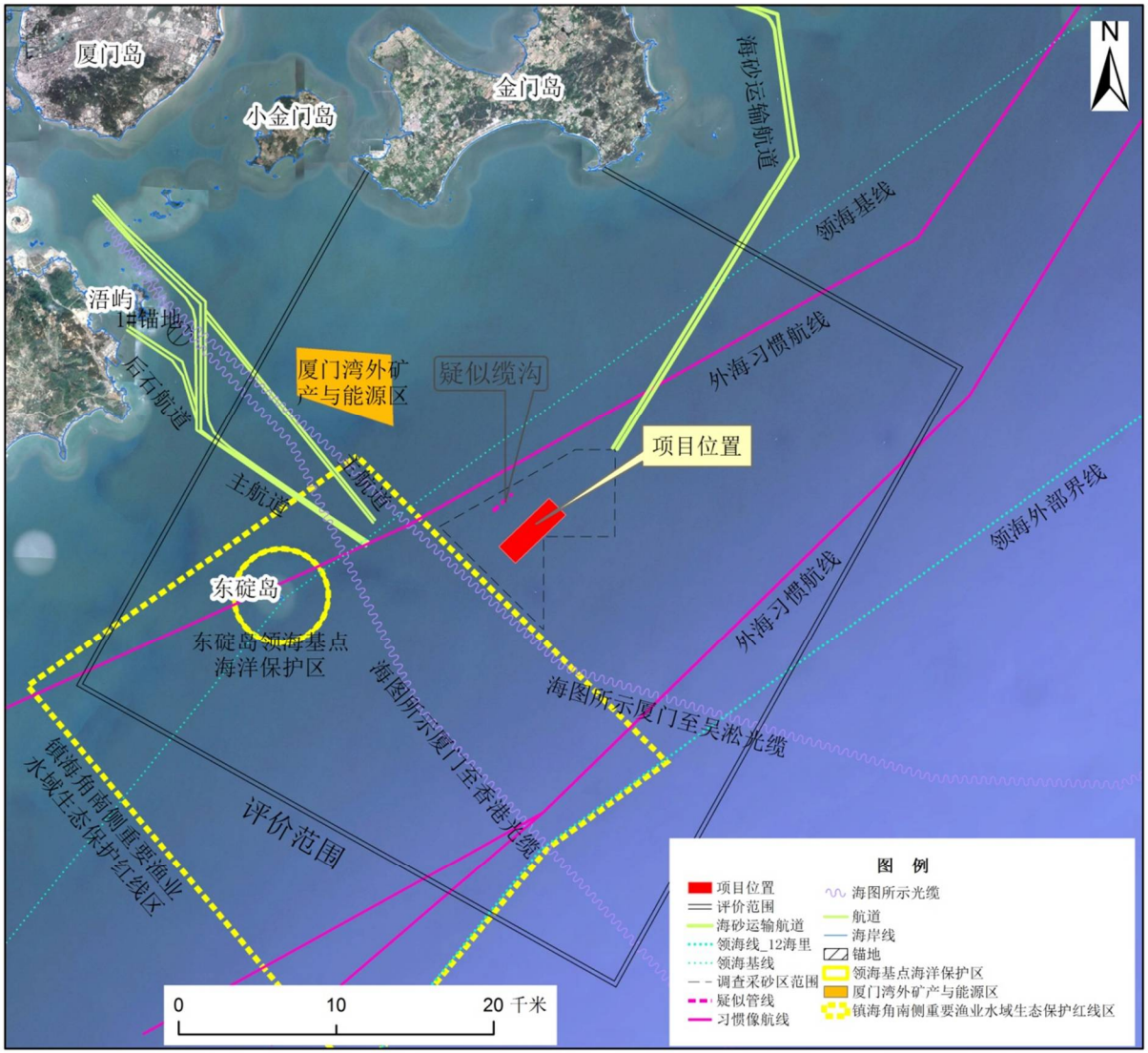



**图 2.6-1　工程区周边主要敏感目标分布图**

## 2.7 评价内容与评价重点

### 2.7.1 评价内容

本工程采砂主要作为厦门翔安机场的填海造地物料，与其配套的采砂专用航道、储沙坑和机场填海造地工程环境影响已另行委托评价。**本报告仅对海砂开采工程的海洋环境影响进行评价。**

本项目海砂开采面积为 6.20km$^2$，估算可采砂量约 4544.6 万 m$^3$，采用耙吸船取运砂施工，取砂工艺采取分段、分带法及装舱溢流法。结合工程特点及开采工艺，本项目评价内容如下：

（1）海洋水文动力环境影响

预测与评价海砂开采作业对采砂区及其附近海域水文动力环境的影响。

（2）海洋地形地貌、冲淤环境和海床稳定性影响

预测与评价海砂开采作业对所在海区地形地貌和冲淤环境的影响，主要为采砂施工引起的海底地形变化以及冲淤环境的改变。

（3）海洋水质、沉积物环境质量影响

以 SPM 等主要水污染物为评价因子，预测评价开采过程对工程海域水质及沉积物的影响，并提出相应的对策措施。

（4）海洋生态环境和生物资源的影响

预测悬浮物扩散和底床扰动对海洋生态环境的影响。主要包括海砂开采活动对底栖生态、底栖生物、浮游生物、游泳生物、渔业资源的影响。

（5）周边海域环境敏感目标的影响

（6）环境风险分析与风险防范对策措施

根据燃油泄漏事故源项分析及概率分析，提出泄漏事故防范措施，明确对船舶碰撞事故和采砂活动损坏海底管线的防范措施，明确采砂区与海底管线的安全距离，力求降低和防范事故风险。

（7）环境污染物防治对策措施及跟踪监测方案

给出减少入海悬浮泥沙产生量、降低悬浮泥沙浓度的对策措施，提出有效处置或削减施工船舶污染物的控制措施；提出降低开挖对海洋生态影响的措施，制定生态补偿或恢复方案。

针对海砂开采区所在的区域环境保护要求分别提出各环境要素的监测因子、监测范围、监测频率及监测实施单位的要求等。

（8）海砂开采量控制

根据海砂开采对周边水质环境、生态环境、水动力环境、地形地貌与冲淤环境、环境敏感目标等影响评价结果，提出合理的日最大开采量、日平均开采量、月最大开采量、月平均开采量，年开采控制总量等指标。

### 2.7.2 评价重点

（1） 对海底地形地貌与冲淤环境、海床稳定性的影响；

（2） 对海水水质、海洋生态环境和生物资源的影响；

（3） 对周边海域环境敏感目标的影响

（4） 环境风险评价分析及风险防范对策措施；

（5） 环境污染物防治对策措施；

（6） 工程的环境可行性分析；

# 第三章 工程概况

## 3.1 项目名称及地理位置

**（1）项目名称**

厦门湾口（A区块）海砂开采项目

**（2）地理位置**

本项目砂源开采区位于福建省厦门湾口外东南海域，领海基线以外至领海外部界限范围内，西距漳州市镇海角约30km，距东碇岛约11km，北距大金门岛约20km，与厦门新机场直线距离约32km，海域面积约6.20km$^2$，如图3.1-1所示。

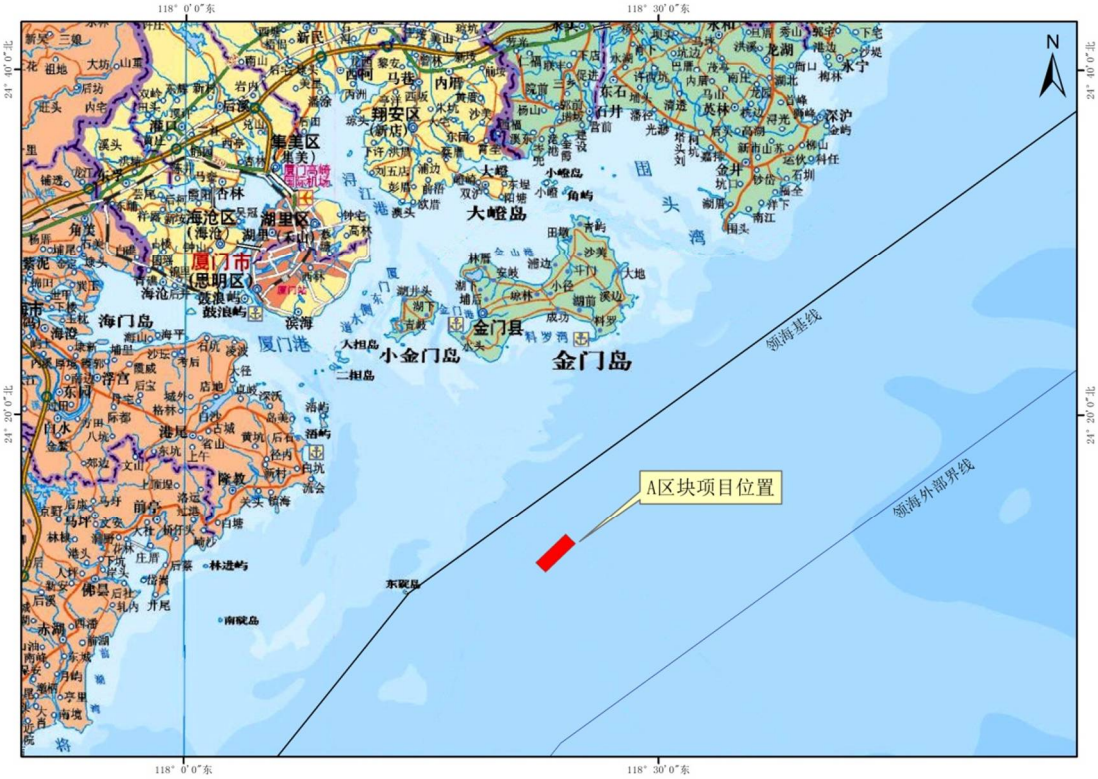



**图3.1-1 本项目地理位置图**

**（3）项目性质**

本项目为新建项目。

根据国家海洋局《关于全面实施以市场化方式出让海砂开采海域使用权的通知》（2012 年 12 月）相关要求，海砂开采应以市场化方式出让海域使用权。本项目海砂开采海域使用权出让工作由厦门市海洋与渔业局主持，厦门市土地开发总公司负责在厦门市土地矿产资源交易市场实施具体出让工作。拍卖出让全过程

由市公证处进行公证。本项目出让海域开采海砂全部定向用于厦门新机场建设填海造地。

**（4）工程规模**

厦门湾口（A区块）海砂开采项目开采面积为6.20km$^2$，估算可采砂量约4544.6万m$^3$，主要用于厦门新机场工程的填海造地用砂。本项目开采深度-35m，采砂开采边坡定位1:10，采砂区砂的品质基本满足3类建筑用砂标准。采用耙吸船取运砂施工，取砂工艺采取分段、分带法及装舱溢流法。本项目的总投资额为17亿元。

**（5）工期安排**

设计开采期为20个月，考虑船舶2个月的修船期，实际施工18个月，其中考虑夏季施工8个月，冬季施工10个月。

## 3.2 用海范围和面积

本项目采砂区的用海面积为 620.2188hm$^2$，宗海界址点见表 3.2-1，宗海位置图见图 3.2-2，宗海界址图见图 3.2-3。

**表 3.2-1　厦门湾口（A 区块）海砂开采项目宗海界址点坐标**

**（CGCS2000 坐标系，$L_0$=118°30′）**

| 序号 | 纬度 | 经度 | 序号 | 纬度 | 经度 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 24°11′25.598″ | 118°22′15.088″ | 4 | 24°12′33.389″ | 118°24′44.075″ |
| 2 | 24°10′53.646″ | 118°22′50.345″ | 5 | 24°12′50.557″ | 118°24′24.871″ |
| 3 | 24°11′48.569″ | 118°23′52.960″ | 6 | 24°13′05.129″ | 118°24′08.568″ |

| 单元 | 用海方式 | 界址线 | 面积（公顷） |
|---|---|---|---|
| 砂矿区 | 海砂等矿产开采 | 1-2-…-5-6-1 | 620.2188 |
| 宗海 | | 1-2-…-5-6-1 | 620.2188 |

厦门湾口（A区块）海砂开采项目宗海位置图

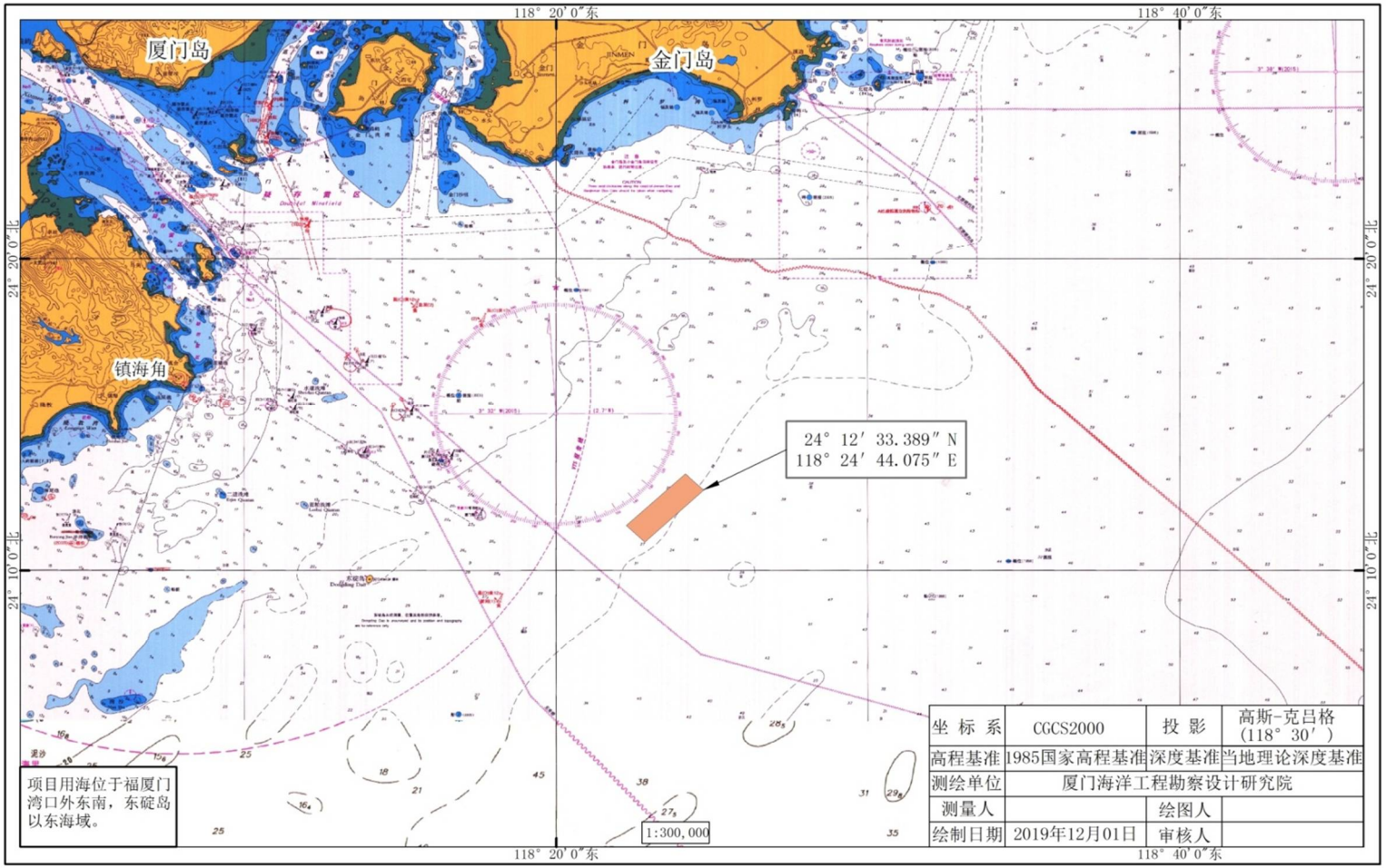
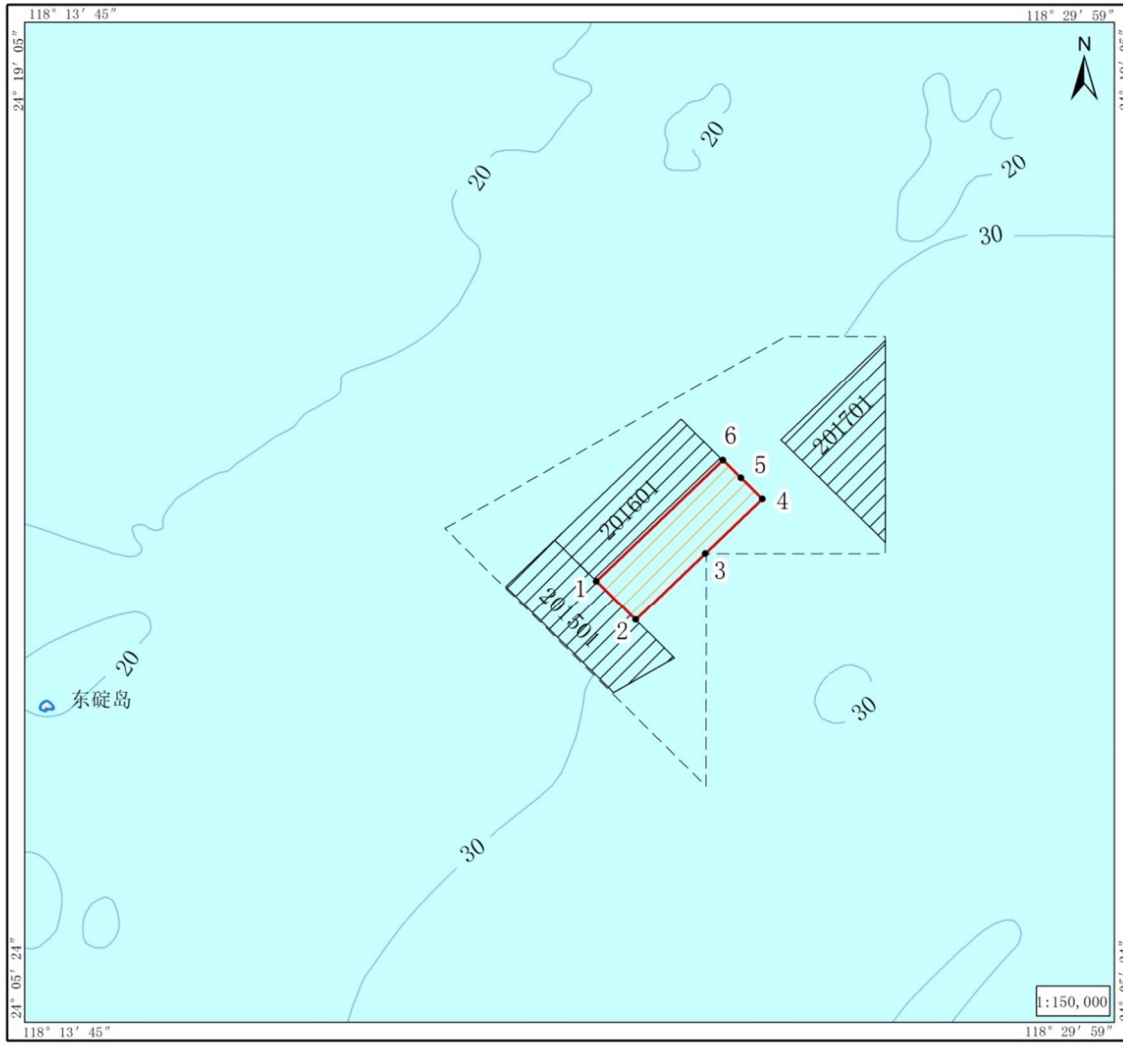



**图 3.2-2　宗海位置图**

# 厦门湾口（A区块）海砂开采项目宗海界址图




| 界址点编号及坐标(北纬丨东经) | | |
|---|---|---|
| 1 | 24° 11′ 25.598″ | 118° 22′ 15.088″ |
| 2 | 24° 10′ 53.646″ | 118° 22′ 50.345″ |
| 3 | 24° 11′ 48.569″ | 118° 23′ 52.960″ |
| 4 | 24° 12′ 33.389″ | 118° 24′ 44.075″ |
| 5 | 24° 12′ 50.557″ | 118° 24′ 24.871″ |
| 6 | 24° 13′ 05.129″ | 118° 24′ 08.568″ |

| 内部单元 | 用海方式 | 界址线 | 面积(公顷) |
|---|---|---|---|
| 砂矿区 | 海砂等矿产开采 | 1-2-…-5-6-1 | 620.2188 |
| | | | |
| 宗　海 | | 1-2-…-5-6-1 | 620.2188 |

| 坐标系 | CGCS2000 | 投　影 | 高斯-克吕格(118° 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 | 厦门海洋工程勘察设计研究院 | | |
| 测量人 | | 绘图人 | |
| 绘制日期 | 2019年12月01日 | 审核人 | |

**图 3.2-3　宗海界址图**

## 3.3 砂源分析

本节内容主要引用《厦门新机场海砂资源调查报告》（国家海洋局第三海洋研究所，2013年12月）等相关专题报告成果。

### 3.3.1 工程区地形地貌

该区域属于古河口三角洲，泥面标高为-22.9~-36.2m。据本项目水深测量专题成果，测区内水深大部分在 30m～40m，自西北向东南逐渐变深。其中测区中北部水深在 30m 左右，地形相对平坦；测区西侧中部见有两处地形起伏的砂垄，最浅处 25m；测区南部水深最浅 36m，东南角水深相对较深，水深多在 35m 以深，最深在 40m，见图 3.3-1。

测区北部见有多处的线性沟痕，在测区的西南角见有一条完整的大型沙波，波高 10m 以上，波长 2.5km，波向 124 度（见图 3.3-2），沙波剖面呈现非对称分布，北侧地形浅，水深在 36m 左右，南侧深，水深在 40m 以深，沙波顶部水深在 23.5～27.5m，此外在北侧并发育有多个级次的小型沙波。由于本次多波束测量范围略有扩大，故在测区外侧地形资料也见有一条同类的沙波平行排列（见图 3.3-3）。推测测区西南角存在多条大型沙波分布，呈西北东南向展布。

通过侧扫声纳调查，共发现了沙脊、拖痕、以及疑似管道等微地貌类型（图 3.3-4）。在声纳调查中整个地区海底地貌类型较为单一，除了区域西南角的沙脊外（高约 3m），其余以人工的拖痕为主，但值得注意的是在测区的北侧发现了一条延绵 1km 左右的疑似管道出露痕迹，在声图上表现为两侧低洼，中间隆起，宽度可达 3～5m，与一般的拖痕迥异，与在路由勘察中侧扫声呐发现的出露管道痕迹相似，由于该位置位于测区内部，需要进行进一步的论证研究工作（开采区内疑似管线的处理方案详见 3.1.3.2 小节）。

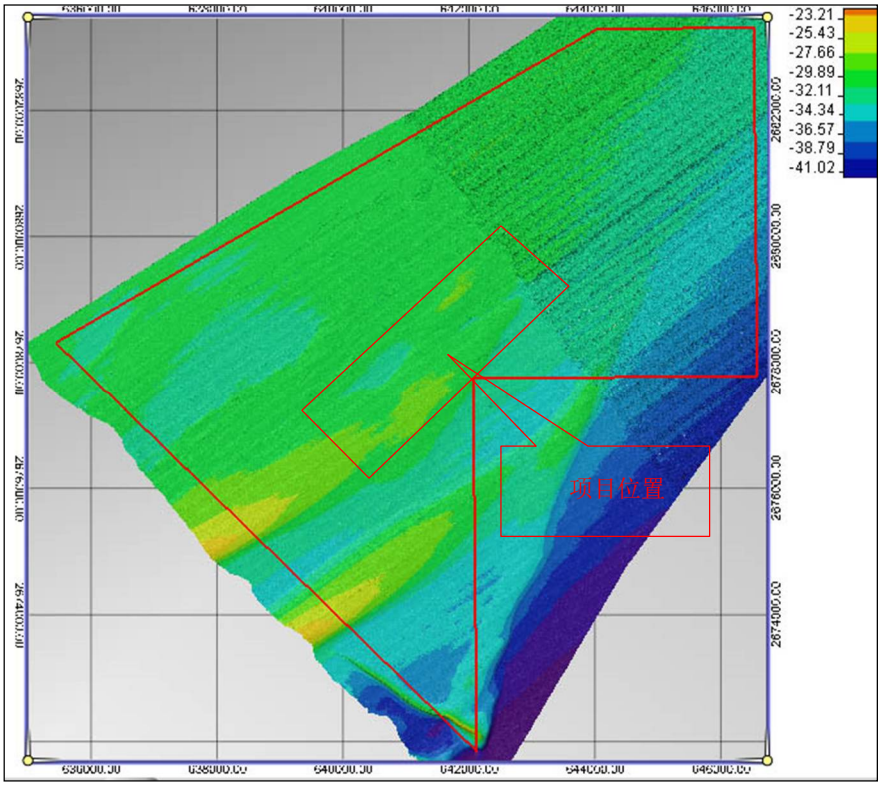
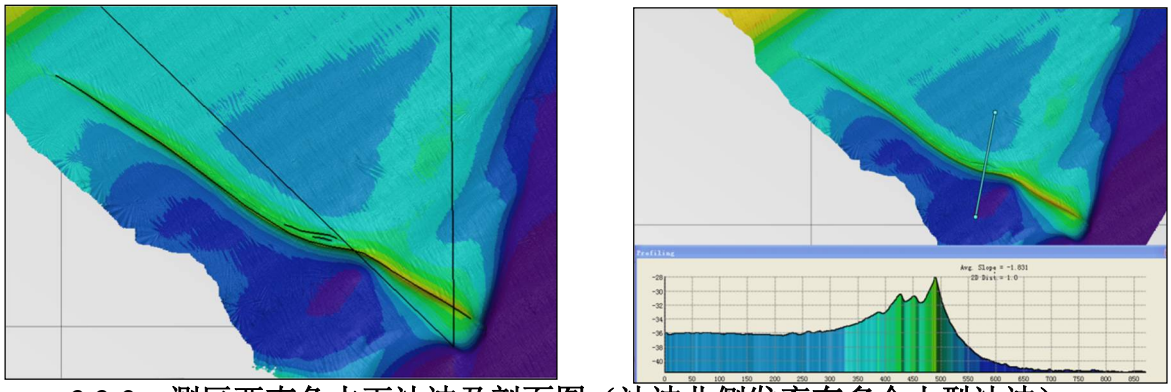



**图 3.3-1　测区地形等值线填色图**（深度基准：当地平均海平面）



**3.3-2　测区西南角水下沙波及剖面图（沙波北侧发育有多个小型沙波）**

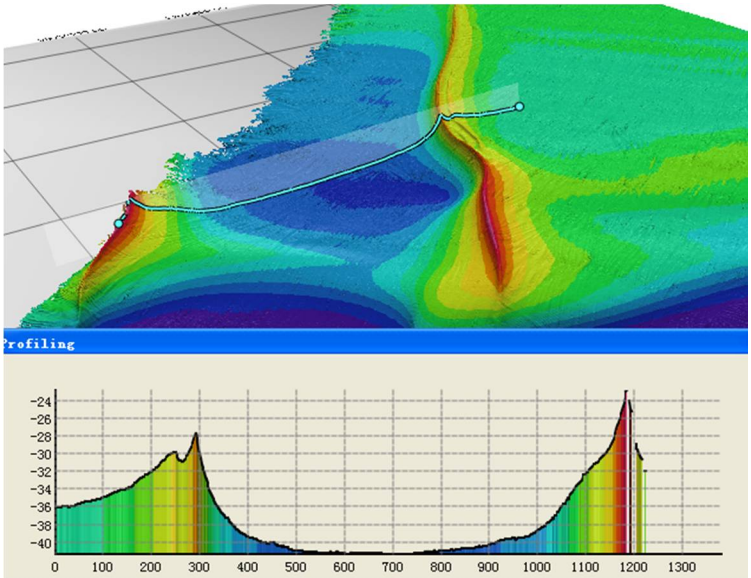



**图 3.3-3　测区西南角的地形图（三维沙波）**

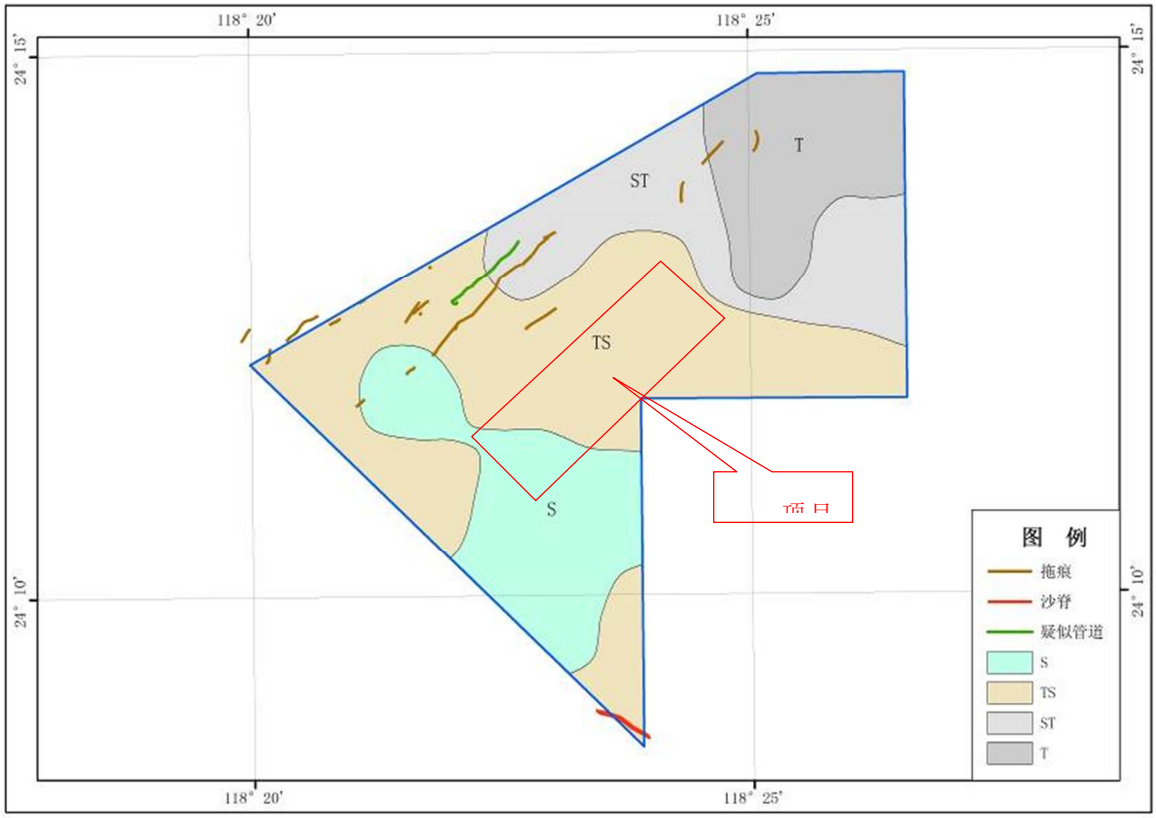



**图 3.3-4　地球物理调查微地貌图**

## 3.3.2 工程区海底表层沉积物特征

为了解拟建工程海区附近海域的底质状况和沉积环境，海洋三所于 2013 年 5 月在项目工程区及附近海域共布设 72 个表层沉积物，采样站位见图 3.3-5。

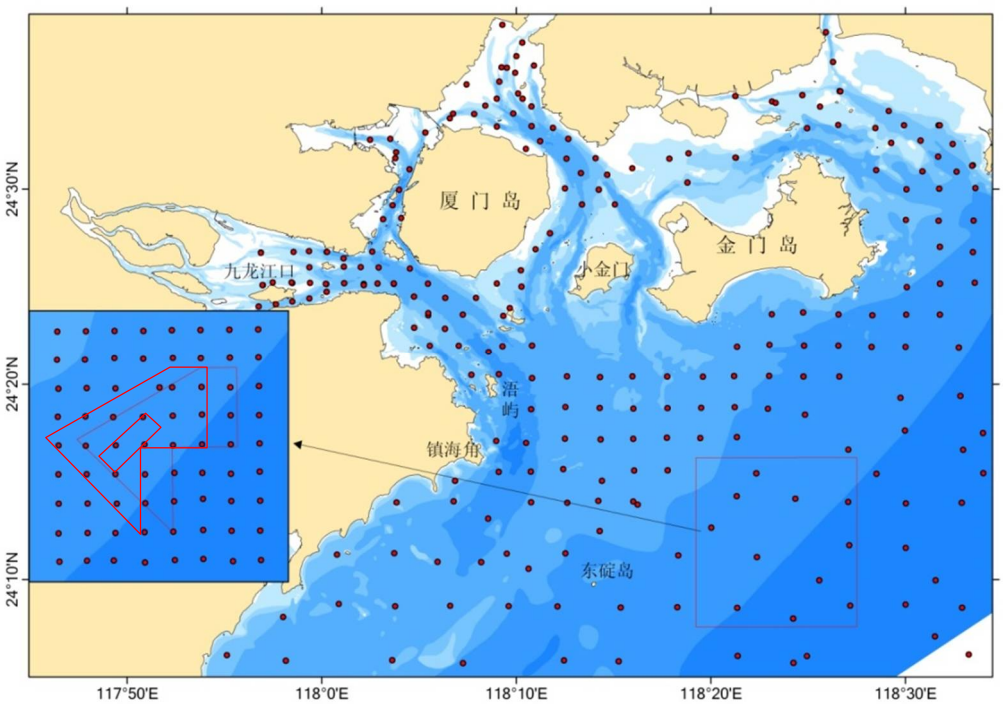



**图 3.3-5　工程区及附近海域海底表层沉积物采样站位**

**（1）工程海域表层沉积物粒度组分**

表层沉积物粒度分析结果表明，研究区沉积物砾石含量为 0~67.6%。在研究的大部分海域砾石含量小于 5%，航道区砾石含量小于 5%；镇海角以南附近海域是砾石的高值区，其值可大于 30%；大部分工程区内海域砾石含量小于 5%，在其中部及南部的海域大于 5%；金门岛南侧附近海域小于 5%，金门岛和工程区之间海域有个砾石的高值区，其值可大于 30%（图 3.3-6）。

沉积物砂含量为 0.3~100%。航道区砂含量集中在 10~40%，沿航道向台湾海峡方向逐渐升高；镇海角附近海域砂含量小于 40%，往南的湾内及其附近海域高于 60%；工程区内由东北部向西南部逐渐升高的特征，北部砂含量小于 30%，西南部高于 60%，工程区至东碇岛有一砂含量的高值区，这一高值区面积大，含量高于 60%，从工程区的西南部海域向西延伸至东碇岛与镇海角之间的中部海域，而且还向南延伸，向北可逐渐延伸至金门岛；金门岛南侧海域主要小于 30%，甚至小于 20%（图 3.3-7）。

沉积物粉砂含量为 0~90.6%，其分布规律与砂含量的分布相反。航道区粉砂含量为 50~70%，沿航道向台湾海峡方向逐渐降低；镇海角附近海域粉砂含量高于 40%，往南的湾内及其附近海域低于 30%；工程区内由东北部向西南部逐渐降低的特征，北部粉砂含量高于 40%，西南部小于 30%，工程区至东碇岛是粉砂含量的低值区，含量低于 40%，而且大部分低于 20%，从工程区的西南部海域向西延伸至东碇岛与镇海角之间的中部海域，向南继续延伸，向北可逐渐延伸至金门岛；金门岛南侧海域主要高于 50%（图 3.3-8）。

沉积物粘土含量为 0~32.5%，其分布特征与粉砂含量的分布相似。航道区粘土含量为 10~15%；镇海角附近海域粘土含量高于 10%，往南主要为 5~10%；工程区内由东北部向西南部逐渐降低的特征，北部粘土含量高于 10%，西南部小于 5%，工程区至东碇岛是粘土含量的低值区，含量低于 10%，而且大部分低于 5%，从工程区的西南部海域向西延伸至东碇岛与镇海角之间的中部海域，向南继续延伸，向北可逐渐延伸至金门岛；金门岛南侧海域粘土含量主要介于 10~15%之间，也存在高于 15%海域（图 3.3-9）。

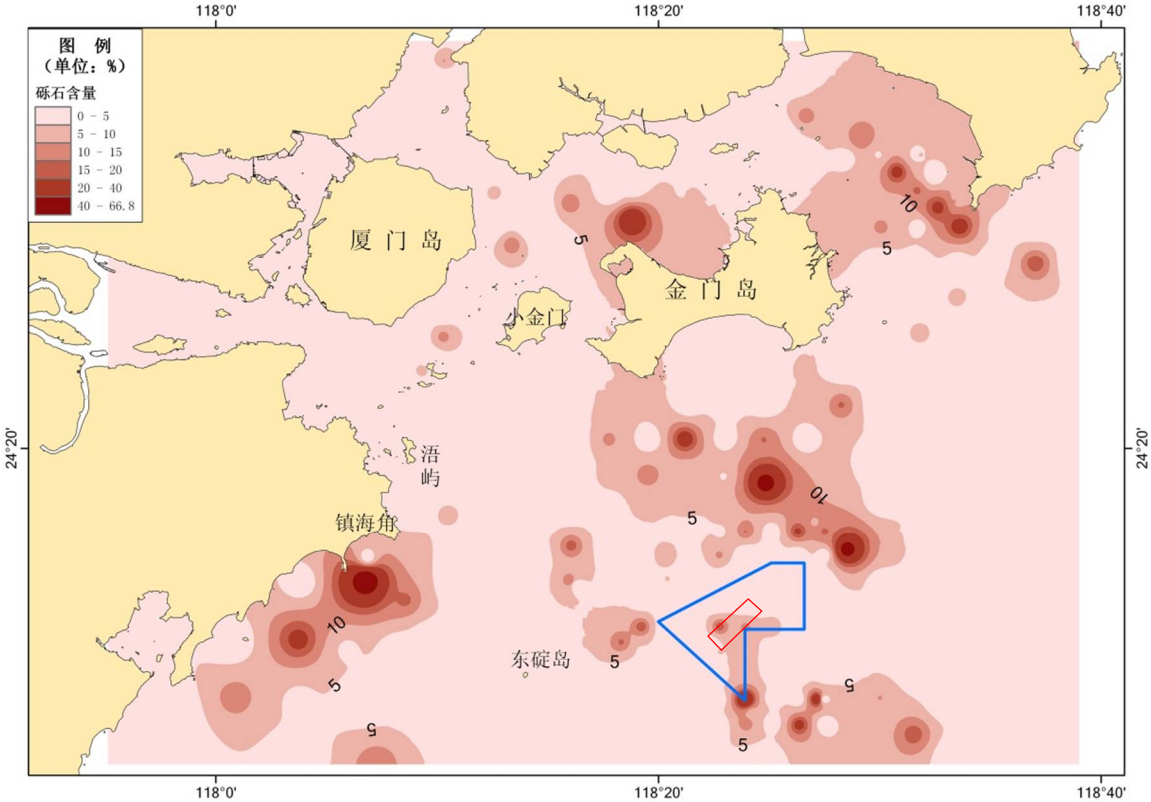



图 3.3-6　研究海域表层沉积物砾石含量分布

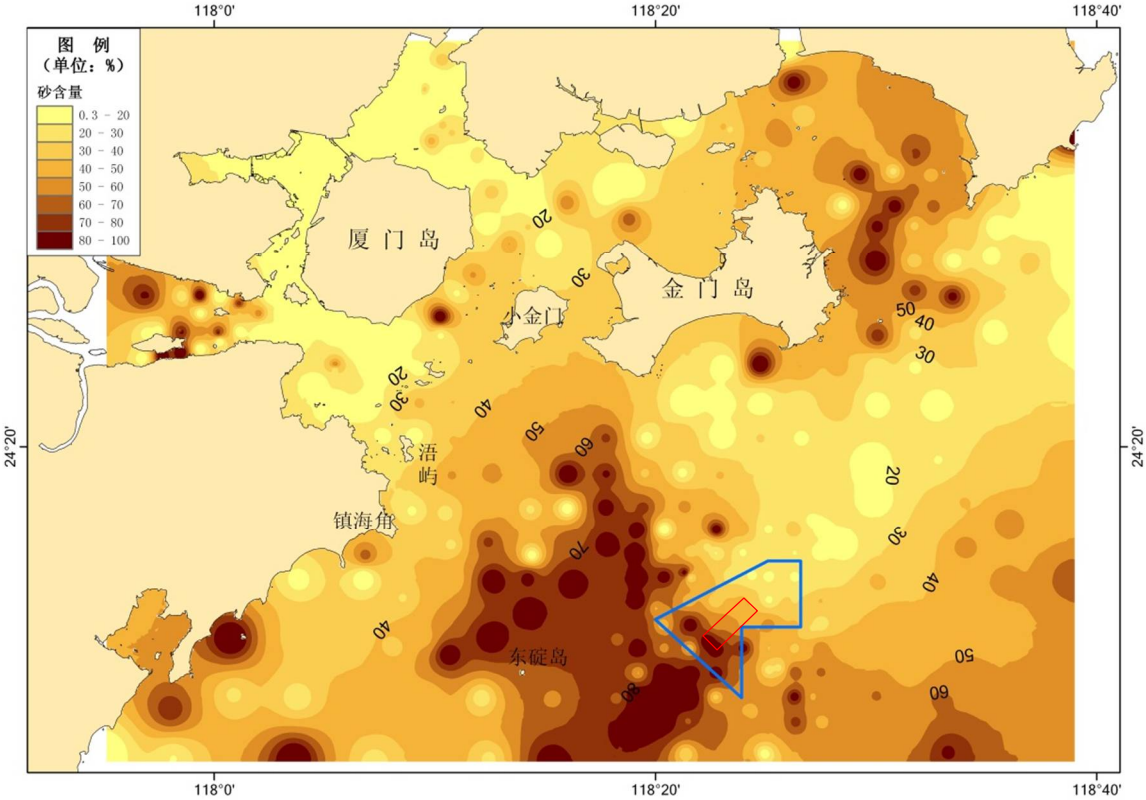



图 3.3-7　研究海域表层沉积物

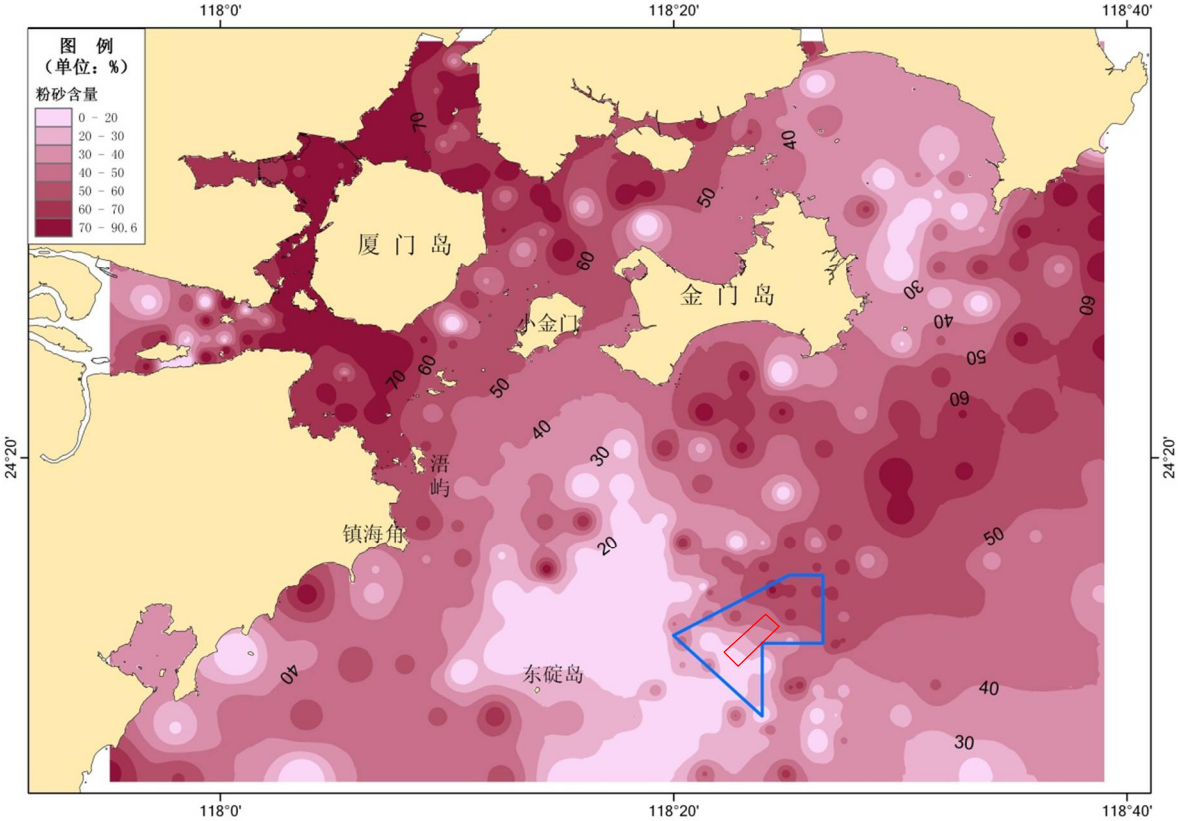



图 3.3-8 研究海域表层沉积物粉砂含量分布

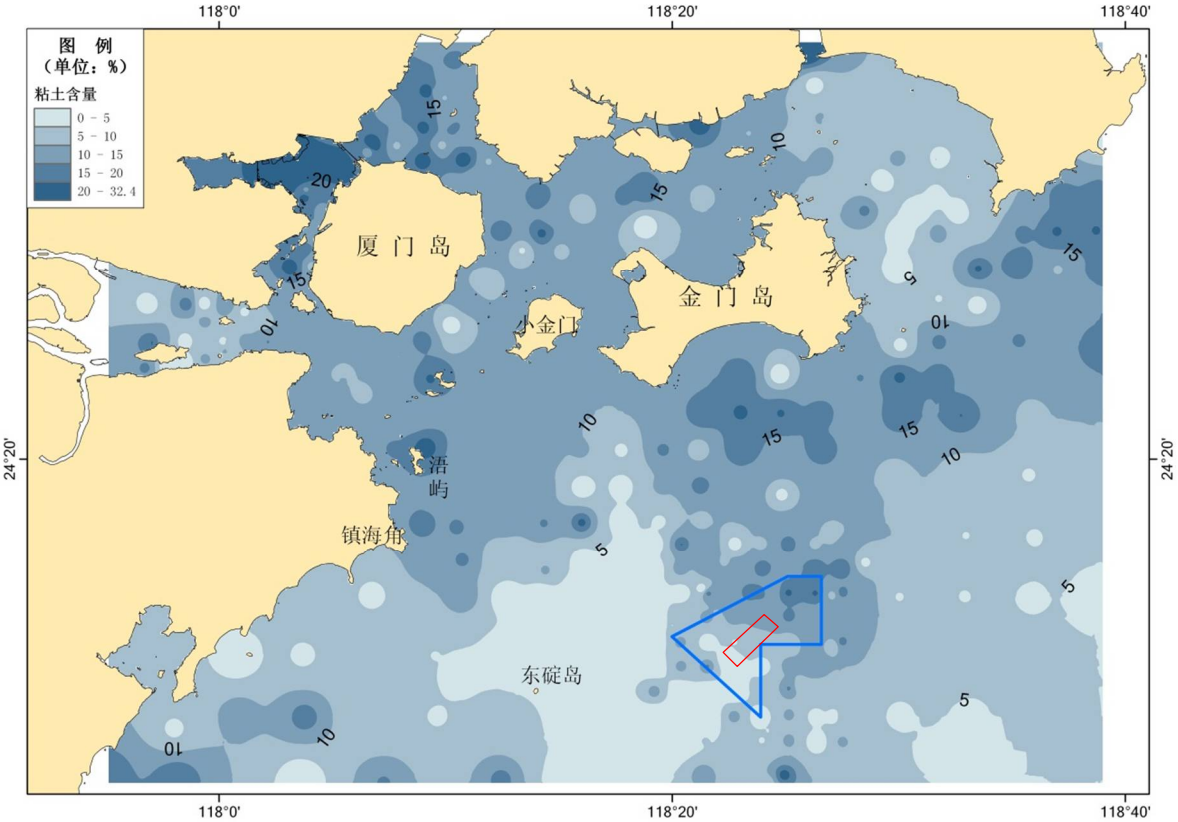



图 3.3-9 研究海域表层沉积物粘土含量分布

**（2）工程海域表层沉积物类型及其分布**

工程区及附近海域海底表层沉积物主要分为 8 种类型：泥（M）、含砾泥（（G）M）、含砾砂质泥（（G）SM）、砾质泥（GM）、含砾泥质砂（（G）MS）、砾-泥质砂（GMS）、含砾砂（（G）S）、泥砾（MG）。主要底质类型分布见图 3.3-10。

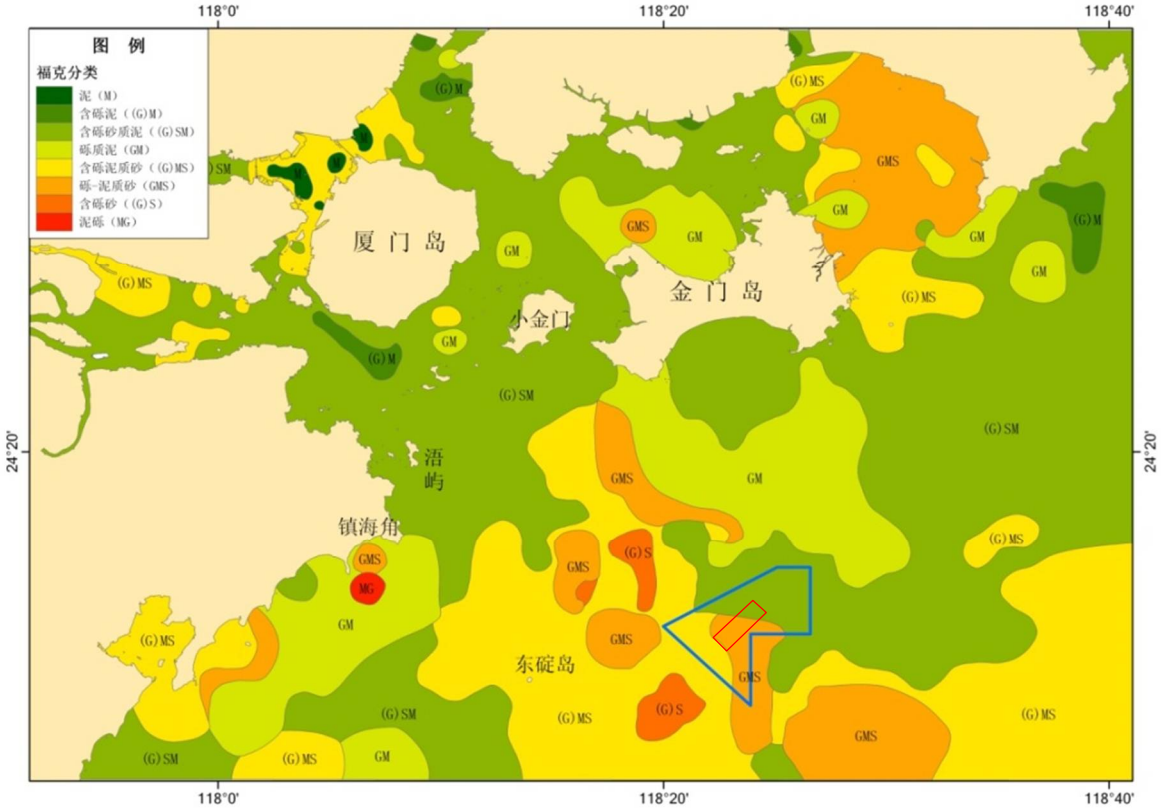



**图 3.3-10　调查区底质类型分布图**

按类型分布的面积来看，含砾砂质泥的分布面积最大，含砾泥质砂的分布面积次之，第三为砾质泥的分布，砾-泥质砂以相对小的面积斑块状镶嵌其间。

含砾砂质泥（（G）SM）：主要分布在九龙江口-厦门岛-金门岛-镇海角之间海域、厦门岛至镇海角航道区、紧靠金门岛南侧海域、东碇岛西侧海域、工程区的北部。

含砾泥质砂（（G）MS）：主要分布在工程区的西部与工程区外西侧，这两块连接在一起形成较大面积的分布区域，往西可至镇海角和东碇岛中间海域，往北可至接近金门岛海域；另外，工程区往东至台湾海峡较深水域，含砾泥质砂也广泛分布；再者，在镇海角以南海湾及金门岛以东附近海域亦有分布。

砾质泥（GM）：第一块分布在工程区外北侧至金门岛南侧之间海域；第二块分布在镇海角以南附近海域。

砾-泥质砂（GMS）：以相对小的面积斑状分布，工程区的中部至南部海域、工程区外以西-西北-北侧海域、工程区外东南侧海域。

## 3.3.3 工程区钻孔分布及特征

### 3.3.3.1 钻孔分布

调查海域共布置勘探孔33个（编号ZK1~ZK33），及相应浅剖，详见图3.3-11。勘探孔间距1.2km~2.3km，各孔需钻进20m，若20m以浅遇到基岩或揭露超过3m的可塑~硬塑状黏土层，即可终孔。钻孔标高采用海洋三所同期进行的海底地形测量数据。

### 3.3.3.2 土层特征

根据本次勘探资料，结合室内试验，在勘探深度范围内揭露的土层主要为第四纪全新统海积层、冲洪积层、更新统残积层等。调查区域勘探深度范围各地基土层的特征分述如下：

$III_{1-1}$ 灰~灰黄色淤泥

饱和，流塑。土质不均匀，夹少量粉砂或粉土薄层，局部呈团块状，含少量贝壳碎片。摇振见反应，干强度中等~高。该层仅在钻孔ZK6、ZK11处有揭示，厚度较薄。

$III_{1-2}$ 灰色淤泥混砂

饱和，流塑。土质不均匀，含少量贝壳碎片。该层分布较少，仅在调查区东南角有揭示，厚度较薄，顶板标高一般为-35.6m~-36.3m，局部为-39.4m。

$III_{1-3}$ 灰色砂混淤泥

饱和，松散。砂质不纯，以中砂为主，含少量粉细砂或粗砂，偶含少量砾砂，淤泥含量一般为20%~30%，含少量腐植物及贝壳碎片，局部贝壳含量较高。该层分布较为广泛，在整个调查海域大部分地区都有分布，顶板标高一般为-28.9m~-36.8m，但厚度不均匀，平均厚度为2.4m，最大厚度为9.5m。

$III_2$ 灰~灰黄色粉细砂

局部浅黄绿色，饱和，松散~稍密，局部中密~密实。砂质较纯，颗粒较均匀，夹少量黏性土薄层，层厚1.0cm~5.0cm，少量10.0cm~15.0cm。局部颗粒较粗，为

中细砂或中粗砂。偶夹少量有机质土，厚度20.0cm~40.0cm。该层分布较为广泛，顶板标高-26.1m~-37.9m，厚度一般为0.9m~9.0m。实测标准贯入击数一般为9~23击。

$III_{2t}$ 灰色砂质粉土

饱和，稍密。砂质较纯，颗粒较均匀。局部夹黏性土薄层，层厚为1.0cm~2.0cm，个别钻孔近砂质粉土与粉质黏土互层状或砂质粉土夹粉质黏土。局部黏性重，近黏质粉土。摇振反应迅速，干强度中等，韧性中等。该层分布不广泛，顶板标高一般为-29.9m~-41.3m，厚度为1.4m~8.4m。实测标准贯入击数一般为12击左右。

$III_{2j}$ 灰黑色有机质土

饱和，可塑偏软。土质不均匀，切面较粗糙，有臭味，含较多腐植物。该层在ZK1钻孔有揭示，顶板标高为-36.7m，层厚为1.5m。个别钻孔中偶见夹层，厚度一般小于40cm，不再单独划分土层。

$III_3$ 灰色淤泥质粉质黏土

饱和，流塑~软塑。土质较均匀，切面较光滑，夹少量粉砂或粉土薄层，层厚为0.2cm~0.3cm，局部为10.0cm。局部近粉质黏土。摇振略见反应，干强度中等~高，韧性中等~高。该层分布不稳定，仅在ZK31中有揭示，顶板标高为-32.4m，厚度为6.9m。

$IV_1$ 灰色粉质黏土

局部黄褐色，饱和，软塑，局部可塑偏软。土质较均匀，切面较光滑，局部夹少量粉砂或粉土薄层，层厚为0.1cm~3.0cm，局部夹层较厚，可达10.0cm~40.0cm。局部近粉质黏土夹砂或粉质黏土夹粉土。局部偶夹少量有机质土，厚约35.0cm。摇振无反应，干强度中等~高，韧性中等~高。该层分布较广，调查海域大部分地区都有分布；该层未揭穿，顶板标高一般-34.5~-44.9m，揭示厚度为0.9m~14.9m。

$IV_{1t}$ 灰色砂混黏性土

饱和，稍密~中密。以中砂为主，少量以细砂为主，黏性土含量为20~30%，局部呈薄层状，层厚为5.0cm~10.0cm，少量为20.0cm~30.0cm，局部黏性土含量少，为中细砂。含少量腐植物和少量贝壳碎片。该层主要分布在调查海域的东南角，顶板标高一般为-37.5m~-48.7m，厚度不均匀，一般为1.4m~8.2m。

$IV_2$ 灰~灰黄色中细砂

局部浅黄绿色，饱和，中密~密实。砂质较纯，颗粒不均匀，以中细砂为主，局部为粉细砂。夹少量黏性土薄层，层厚1.0cm~2.0cm，少量夹层较厚，可达10.0cm~20.0cm。偶夹有机质土，厚30.0cm。该层分布较少，主要分布在调查海域西北角，顶板标高为-37.2m~-48.4m，厚度未揭穿，揭示厚度不均匀，一般为2.2m~18.0m。

$Ⅳ_{2t}$ 灰色粉质黏土

饱和，软塑。土质较均匀，切面粗糙。摇振无反应，干强度中等~高，韧性中等~高。该层分布极少，仅在钻孔ZK3有揭示，顶板标高为-51.9m，厚度较薄，仅为0.9m。

$Ⅳ_3$ 灰黄~灰白色中粗砂

饱和，中密~密实。砂质较纯，颗粒不均匀，以中粗砂为主，局部为细砂。局部含少量褐黄色粉细砂团块或灰色细砂，见少量砾砂及卵石，粒径0.5cm~2.0cm。偶夹少量黏性土薄层，层厚约5.0cm。该层分布不均匀，顶板标高为-37.2m~-52.8m，厚度未揭穿，揭示厚度为2.2m~11.6m。

$Ⅳ_4$ 灰色砂质粉土

饱和，中密。砂质较纯，颗粒较均匀，上部黏性较重，近黏质粉土。局部砂性重，近粉砂。摇振反应中等，干强度中等，韧性中等。该层分布极少，仅在钻孔ZK21有揭示，顶板标高为-41.3m，厚度未揭穿，揭示厚度为6.0m。

$Ⅴ_{1-1}$ 兰灰色粉质黏土

局部黄褐色，饱和，可塑偏硬~硬塑。土质较均匀，切面较光滑，含氧化斑迹。摇振无反应，干强度高，韧性高。偶夹少量砂团或砂层，层厚为10.0cm~15.0cm。该层分布较少，仅在钻孔ZK1、ZK22有揭示，顶板标高为-51.7m~-54.0m，厚度未揭穿，揭示厚度为0.5m~4.5m。

$Ⅴ_{1-2}$ 蓝灰色黏土

饱和，可塑偏硬~硬塑。土质较均匀，切面较光滑，含少量氧化斑迹。摇振无反应，干强度高，韧性高。该层分布较少，仅在钻孔ZK15、ZK18、ZK22有揭示，顶板标高为-45.0m~52.2m，厚度未揭穿，揭示厚度为3.0m~3.4m。

各土层的空间分布发育规律详见图3.3-12工程地质剖面图、图3.3-13钻孔柱状图。

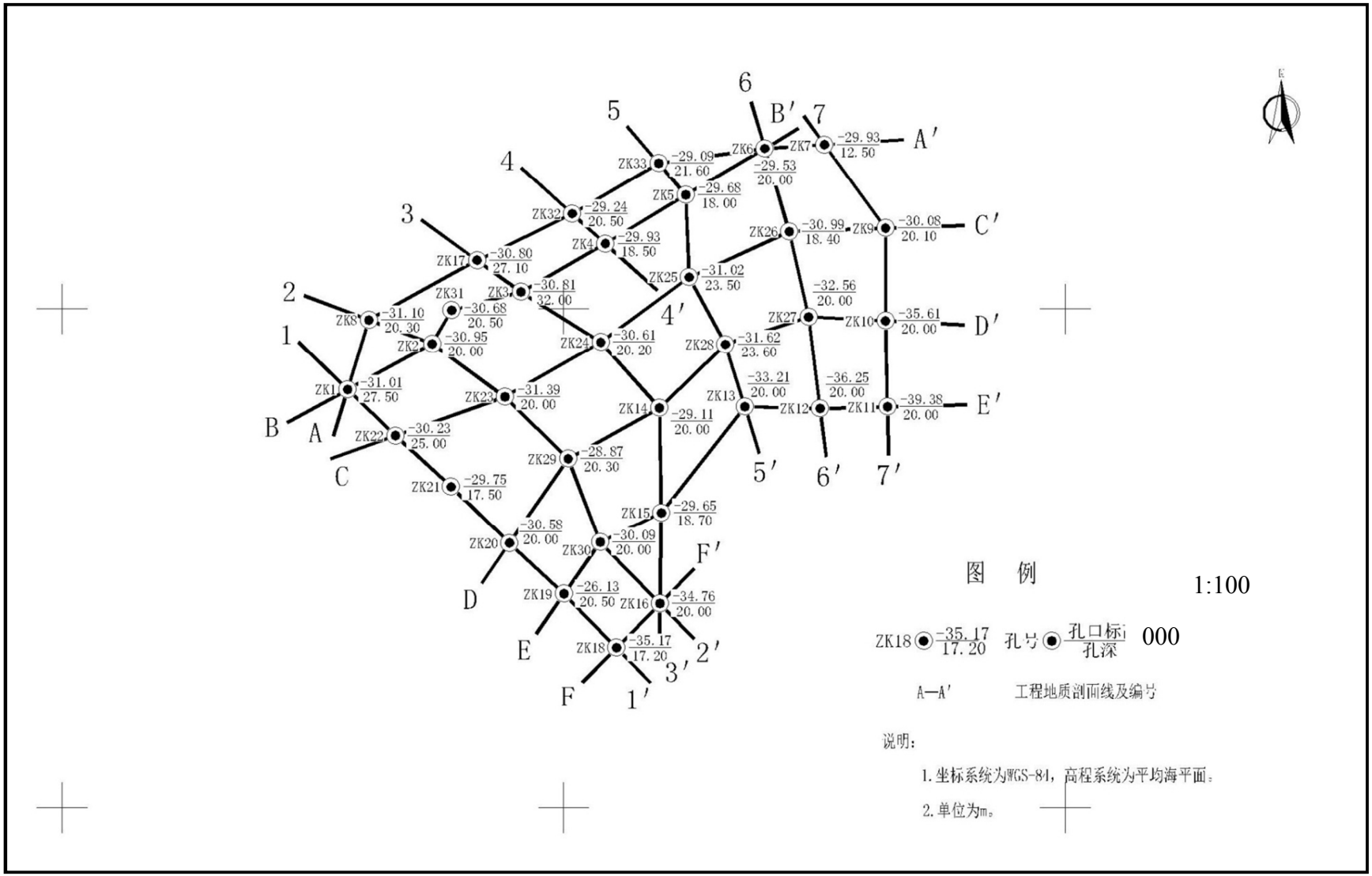



**图 3.3-11　取砂区钻孔及剖面位置图**

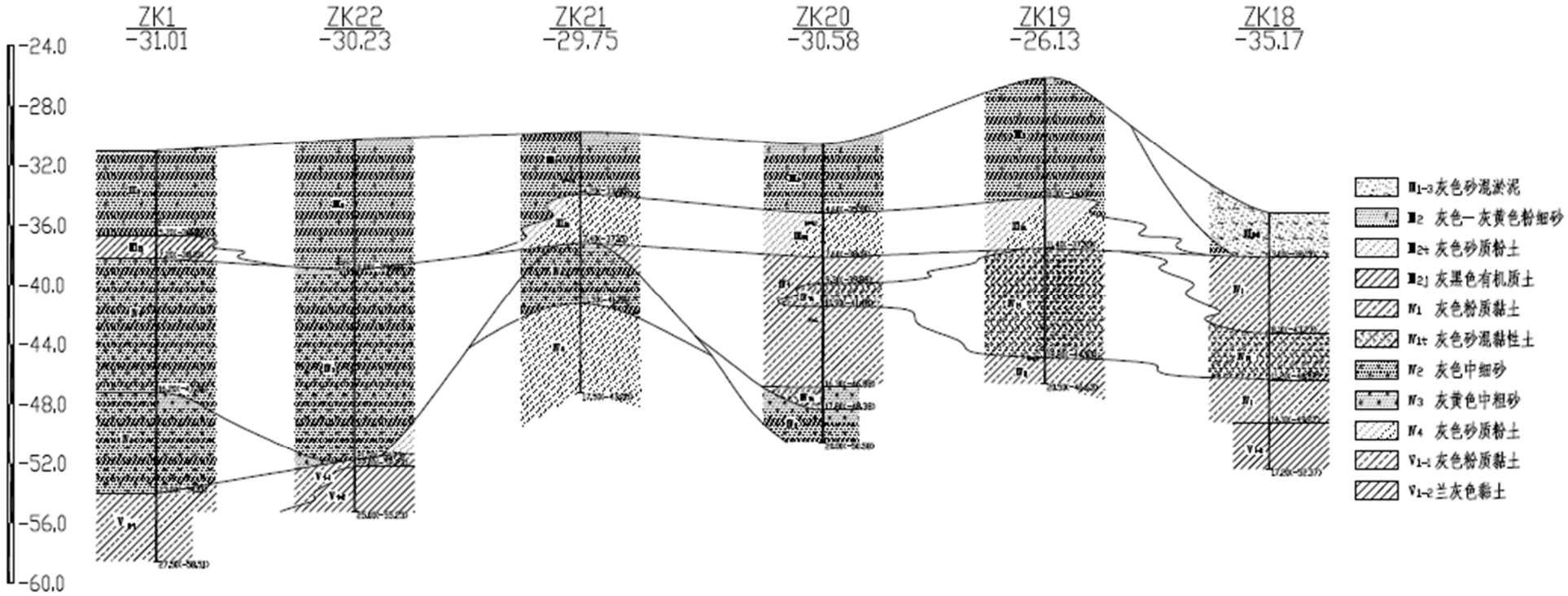



**图 3.3-12（a） 取砂区 1-1 剖面图（西部）**

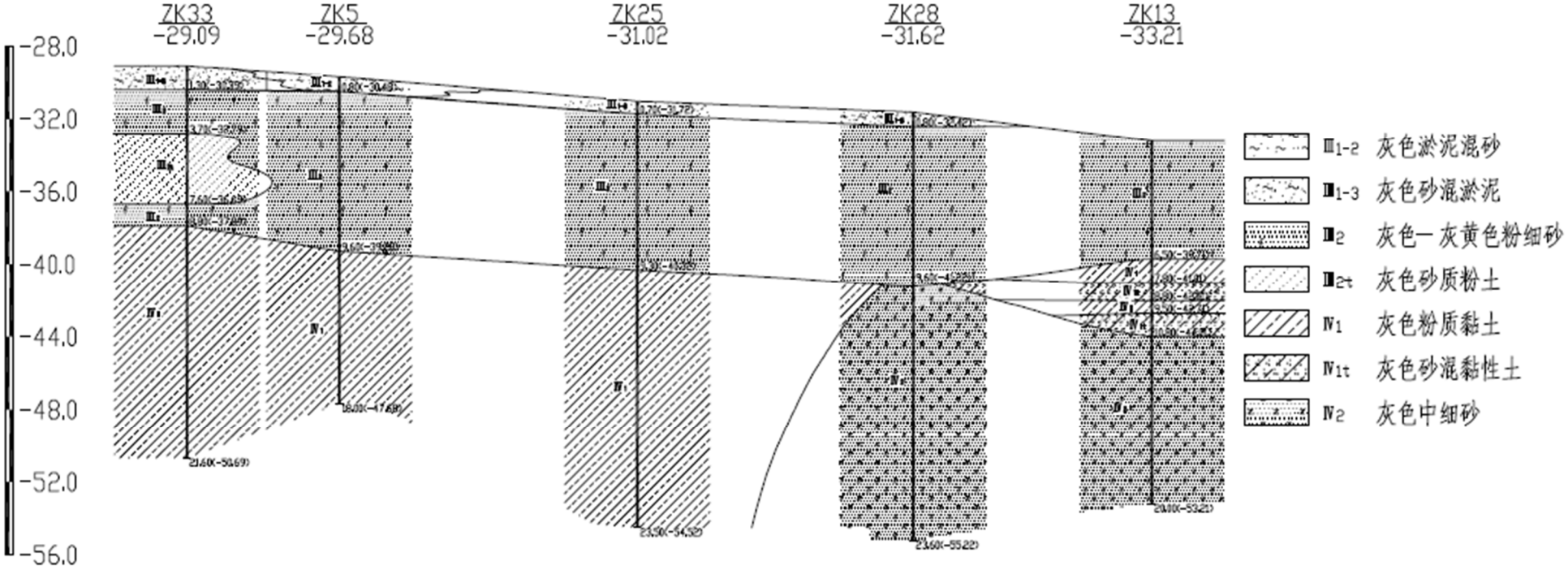



**图 3.3-12（b） 取砂区 5-5 剖面图（中部）**

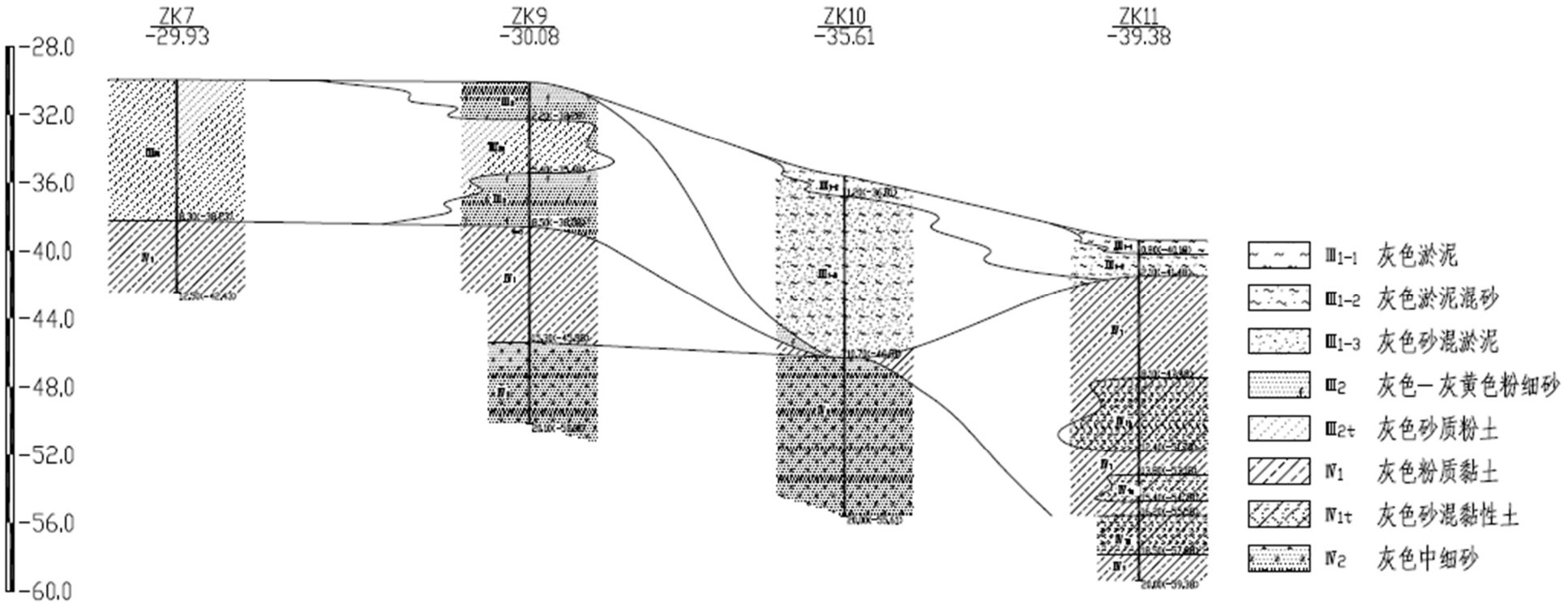



**图 3.3-12（c） 取砂区 7-7 剖面图（东部）**

# ZK25 号 钻 孔 柱 状 图

工程编号：2013-312　　编号：3-25

| 实测坐标 | X= 2680635.64 m | Y= 642501.17 m | 孔口标高 | -31.02 m | 稳定水位 | | 钻孔深度 | 23.50 m | 施工日期 | 2013.08.11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| 土层编号 | 土层名称 | 层底深度（m） | 层底标高（m） | 层厚（m） | 柱状图 1：200 | 土 层 描 述 | 试样、试验深度 ●原状 ○扰动 ▽标贯留样 编号 No. | 中点深度(m) 取样 | 标贯 | 标准贯入试验 xx击数 50/xx 50击打入xxcm 50/预xx 50击预打入xxcm (击) 0 10 20 30 40 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| III 1-3 | 砂混淤泥 | 0.70 | -31.72 | 0.70 | | 灰色，饱和，松散。土质不均匀，淤泥含量约20%。 | ○1 | 0.00 | | |
| III 2 | 粉细砂 | 9.30 | -40.32 | 8.60 | | 灰黄～浅灰绿色，饱和，中密。砂质较纯，颗粒较均匀。局部颗粒稍粗，近细砂。局部夹少量灰黑色有机质团块，无黏性。 | ○2<br>○3<br>○4<br>○5<br>○6<br>○7<br>○8<br>○9<br>○10 | 1.00<br>2.00<br>3.00<br>4.00<br>5.00<br>6.00<br>7.00<br>8.00<br>9.00 | | |
| IV 1 | 粉质黏土 | 23.50 | -54.52 | 14.20 | | 灰色，饱和，软塑。土质较均匀，切面较光滑，夹少量粉砂或粉土薄层，层厚0.2～0.5cm，局部砂层较厚，厚30～40cm，下部夹一段长35cm灰黑色有机质土，土体无黏性，有臭味。 | | | | |

国家海洋局第三海洋研究所
中交第三航务工程勘察设计院有限公司　　审核：　　工程负责人：　　日期:2013年10月26日

**图 3.3-13（a）　工程区 ZK25 号钻孔柱状图**

# ZK16 号 钻 孔 柱 状 图

编号：3-16

| 实测坐标 | X= 2674092.85 m | Y= 641920.19 m | 孔口标高 | -34.76 m | 稳定水位 | | 钻孔深度 | 20.00 m | 施工日期 | 2013.06.21 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| 土层编号 | 土层名称 | 层底深度（m） | 层底标高（m） | 层厚（m） | 柱状图 1：200 | 土 层 描 述 | 试样、试验深度 ●原状 ○扰动 ▽标贯留样 编号 No. | 中点深度(m) 取样 | 标贯 | 标准贯入试验 xx击数 50/xx 50击打入xxcm 50/预xx 50击预打入xxcm (击) 0 10 20 30 40 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| III 1-3 | 砂混淤泥 | 1.60 | -36.36 | 1.60 | | 灰色，饱和，松散。土质不均匀，颗粒不均匀，淤泥含量约25%，含少量贝壳碎片。 | O1<br>O2 | 0.00<br>1.00 | | |
| III 2 | 中砂 | 2.80 | -37.56 | 1.20 | | 灰色，饱和，松散。砂质较纯，颗粒较均匀，夹少量薄层黏性土，层厚0.5～1.0cm，局部5～10cm。 | O3 | 2.00 | | |
| IV 1 | 粉质黏土夹砂 | 4.60 | -39.36 | 1.80 | | 灰色，饱和，软塑。土质不均匀，切面较粗糙，粉砂含量约35%，局部近互层状。 | O4<br>O5 | 3.00<br>4.00 | | |
| IV 1 | 粉质黏土 | 10.00 | -44.76 | 5.40 | | 灰色，饱和，软塑。土质较均匀，切面较粗糙，夹少量薄层粉砂或粉土，层厚0.5～1.5cm。 | O6<br>O7<br>O8<br>O9<br>O10 | 5.00<br>6.00<br>7.00<br>8.00<br>9.00 | | |
| IV 1t | 砂混黏性土 | 12.90 | -47.66 | 2.90 | | 灰黄色，饱和，中密。砂质较纯，颗粒不均匀，黏性土含量约35%。 | O11<br>O12<br>O13 | 10.00<br>11.00<br>12.00 | | |
| IV 1 | 粉质黏土夹砂 | 17.80 | -52.56 | 4.90 | | 灰色，饱和，软塑。土质不均匀，切面较光滑，粉砂含量约25%，层厚1～2cm，局部10～15cm。 | O14<br>O15<br>O16<br>O17<br>O18 | 13.00<br>14.00<br>15.00<br>16.00<br>17.00 | | |
| IV 3 | 中粗砂 | 20.00 | -54.76 | 2.20 | | 灰白色，饱和，中密。砂质较纯，颗粒不均匀。 | O19<br>O20<br>O21 | 18.00<br>19.00<br>20.00 | | |

国家海洋局第三海洋研究所
中交第三航务工程勘察设计院有限公司

审核：　　工程负责人：　　日期:2013年10月26日

**图 3.3-13（b）　工程区 ZK16 号钻孔柱状图**

#### 3.3.3.3 砂源分析与评价

通过勘察初步揭露，结合室内试验认为该地区发育的砂层成因类型主要为海积成因和冲洪积成因两类，其中浅部多为海积成因，而下部多为冲洪积成因。钻探揭露的砂土层主要有$III_{1-3}$灰色砂混淤泥、$III_2$灰~灰黄色粉细砂、$IV_{1t}$灰色砂混黏性土、$IV_2$灰~灰黄色中细砂和$IV_3$灰黄~灰白色中粗砂。

$III_{1-3}$灰色砂混淤泥和$IV_{1t}$灰色砂混黏性土层一般分布不稳定，厚度变化相对较大，且砂质不纯，淤泥或黏性土的含量可达20~30%，$IV_{1t}$灰色砂混黏性土层局部埋藏也有一定的深度。

$III_2$灰~灰黄色粉细砂、$IV_2$灰~灰黄色中细砂和$IV_3$灰黄~灰白色中粗砂层砂质相对较纯，且砂粒粒径也逐渐变粗，可作为砂源的材料来源，但仔细考虑可以看出，$IV_2$灰~灰黄色中细砂和$IV_3$灰黄~灰白色中粗砂层埋藏相对较深，且分布不稳定，尤其是$IV_3$灰黄~灰白色中粗砂层。

$III_2$灰~灰黄色粉细砂层总体分布广泛，埋藏深度相对较浅，为松散~稍密状，局部为中细砂或中粗砂。但应注意其局部相变为$III_{2t}$灰色砂质粉土层，对其开采有一定的影响；同时也应考虑到在砂源调查研究区的西北区域$IV_2$灰~灰黄色中细砂层较为发育且厚度较大，可以和$III_2$灰~灰黄色粉细砂层一起考虑作为较良好的砂源。

整体来看，钻孔ZK1~ZK3、ZK10、ZK13、ZK14、ZK17、ZK21~ZK23、ZK28区域（即调查区的中西部和中东部，见图3.3-15《砂层厚度等值线推测示意图》）砂层叠加厚度大，一般为15.0m~20.0m，开采价值较高，可集中开采；其余地区海砂资源的埋藏厚度都在10m以下，大部分地区超过5m，仅个别钻孔埋藏厚度在5m以下，开采价值视其储量、价值、施工条件而定。调查区海砂资源砂层厚度分布情况见图3.3-14砂层厚度等值线推测示意图。

### 3.3.4 工程区浅部地层特征

本区域海砂的分布在垂向上和平面上变化均较大，海砂类型主要有细砂、中细沙、中粗砂等。选取典型剖面进行解译如下（图 3.3-15）：

1－1’剖面：该剖面为测区西边界附近的一条剖面，剖面长约 2469m。海底坡度平缓，结合周边钻孔分析结果，砂层厚度较大。剖面北段砂层依次为中细砂，厚度 6 米左右，中砂，厚度 9 米左右，中粗砂，厚度 7 米左右，其中中细砂和中砂中间夹一厚度 1 米多的有机质土薄层；剖面南段以粉细砂为主，厚度 20 米左右，表层有 2 米左右的中砂层。整条剖面砂层以下为粉质粘土层。

2－2’剖面：该剖面位于测区西边界以东 2500 米附近，剖面长约 9242m。海底坡度平缓，沉积层厚度较大。结合周边钻孔分析结果，剖面北侧和南侧砂含量极少，并且多于粘土夹杂，沉积层主要为淤泥层和粉质粘土层；剖面距北端 1000m-3400m 处，砂层厚度较大，多大于 20m，沉积层以中砂为主，且砂质较纯；距北端 3400m-4500m 处表层为淤泥层，厚度约 4 米左右，淤泥层下面有一中粗砂层，厚度 3 米左右，中粗砂层下面为粉质粘土层，厚度较大；距北端 4500m-7300m 处表层为中砂，厚度 7 米左右，其下为粉质粘土层，厚度较大。

3－3’剖面：该剖面位于测区东边界以西约 4500 米附近，剖面长约 5142m。海底坡度平缓，沉积层厚度较大。结合周边钻孔分析结果，剖面距北端 0m-2300m 处表层为粉细砂，厚度 9m-10m，其下为粉质粘土层，厚度较大；剖面距北端 2300m-3600m 处砂层厚度较大，表层为中砂，厚度 9 米左右，其下为粉细砂和中细砂，总厚度大于 14m；距北端 3600m-5142m 处表层为粉砂，厚度 5 米左右；粉砂层下面为中粗砂层，厚度 1 米左右，中粗砂下面为粉质粘土层，厚度 4 米左右，粉质粘土层下面为中细砂层，厚度较大，多大于 9 米。

4－4’剖面：该剖面位于测区东边界以西约 1000 米附近，剖面长约 4480m。海底平缓，沉积层厚度较大。结合周边钻孔分析结果，剖面距北端 0m-1600m 处沉积层以粉土和粉质粘土为主，未见砂层；距北端 2600m-3000m 处表层为中细砂，厚度 2 米左右，其下依次为粉土层，厚度 3 米左右，粉砂层，厚度 3 米左右，粉质粘土层，厚度 7 米左右，中细砂层，厚度多大于 4 米；距北端 3000m-4480m 表层为淤泥层，厚度 9 米左右，其下为中砂层，厚度多大于 9 米。

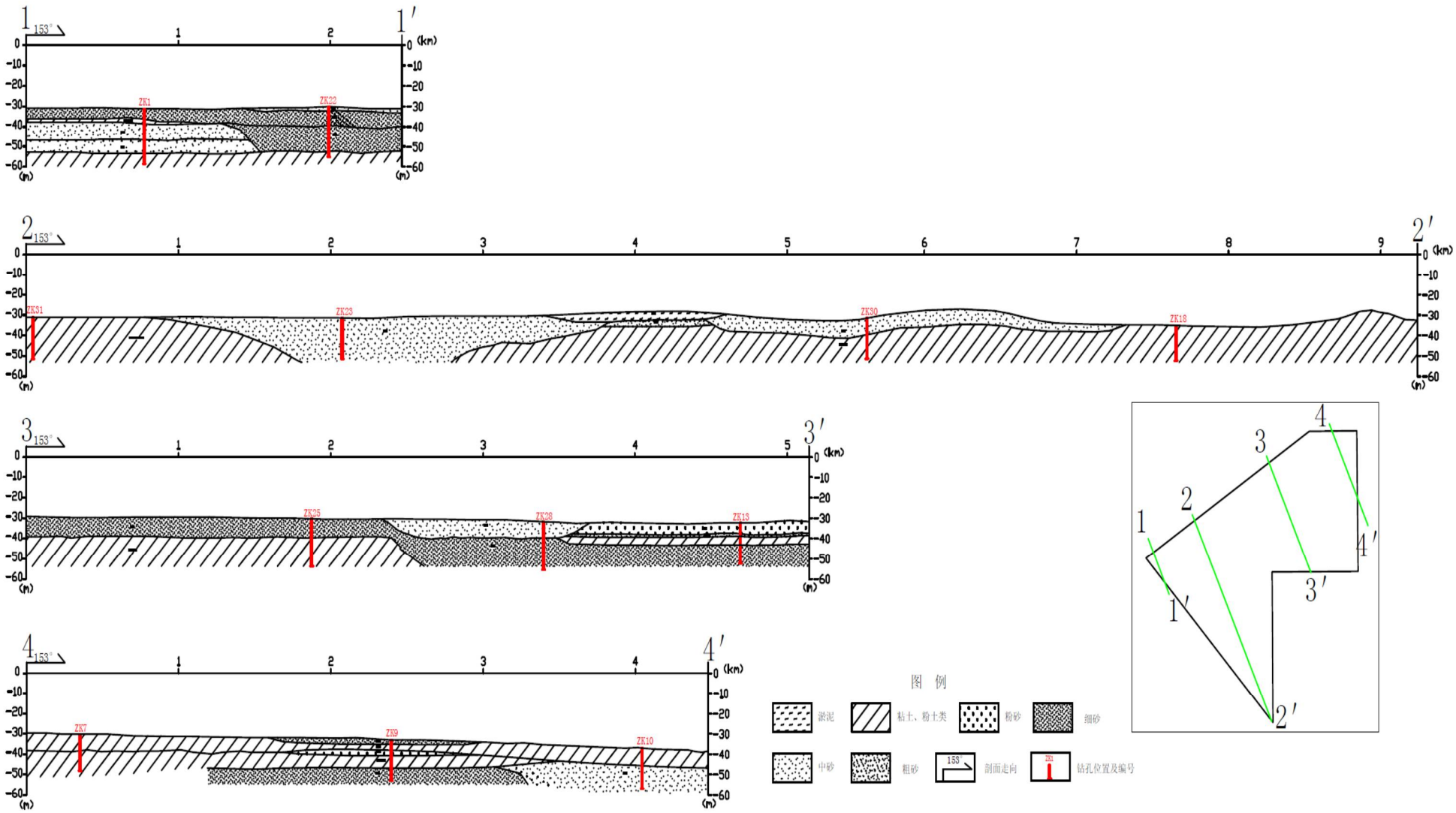



**图 3.3-15　典型剖面解译图**

## 3.3.5 海砂分布与特征

### 3.3.5.1 海砂厚度总体分布

整个调查区海底坡度平缓，水深约在 30～40m 之间，其中测区中北部水深在 30m 左右，地形相对平坦。从钻探以及浅地层剖面揭示的结果来看，砂层厚度变化较大（该处讲的砂层厚度包括了所有揭示的砂层，含有出露砂和埋藏砂，下同），厚的区域主要分布于测区的西北角以及测区中部偏南的区域，砂层厚度一般大于 15m。此外，东部尚分布有一小片砂层厚度在 10～15m 间的区域，北部的砂层厚度一般为 5～10m 之间，在南部砂层厚度一般小于 5m（图 3.3-16）。

粉砂的等厚度如图 3.3-17，该图显示，粉砂层普遍较薄，一般厚度小于 5m，仅在测区西北部、中部偏东侧部分区域大于 5m。

细沙（含粉细沙、中细沙）的等厚度如图 3.3-18，该图显示，细沙是本区砂层揭示分布范围较大的一块区域，其大于 20m 的分布区域主要集中在西北角以及测区中部偏南的区域，但测区西北角的厚砂层在细沙级类型中并没有相连接。此外，在测区北部尚分布有砂层厚度约为 5～10m 厚的细砂层。

中沙的等厚度如图 3.3-19，中砂主要分布在测区西北角，厚度可达 15m 以上，其余在测区西南、东部尚分布有小片中砂在 15m 以上的圈闭区域，在测区西北角有一条砂带往西南方向延伸，厚度有所变薄，一般约为 5～10m。在测区东部也有一条砂带呈东西方向分布，一直延伸到测区中部，厚度在 5～10m 之间。

粗沙（含中粗砂）的等厚度如图 3.3-20，该图显示，粗砂最厚的区域主要分布于测区西北侧的边缘，厚度可达 10m 以上，周边区域厚度变小，一般为 5～10m，其余区域钻孔揭示较少，揭示的厚度也一般低于 5m。

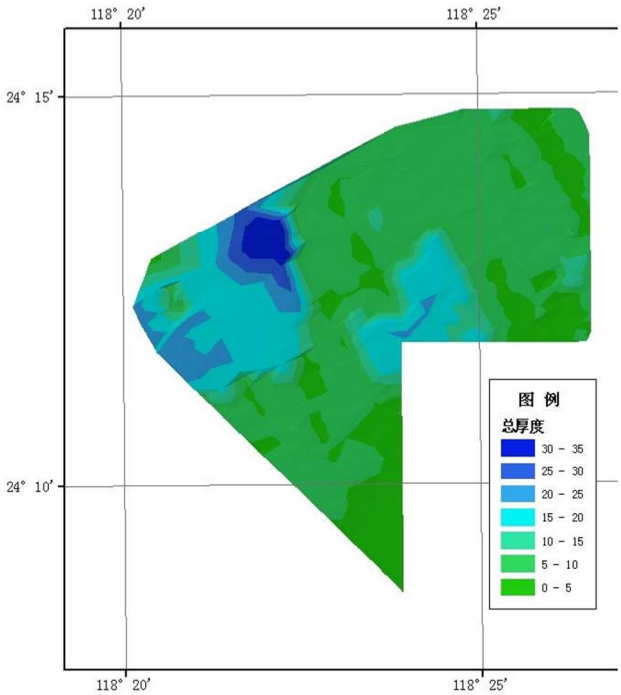



图 3.3-16　调查区砂层厚度图

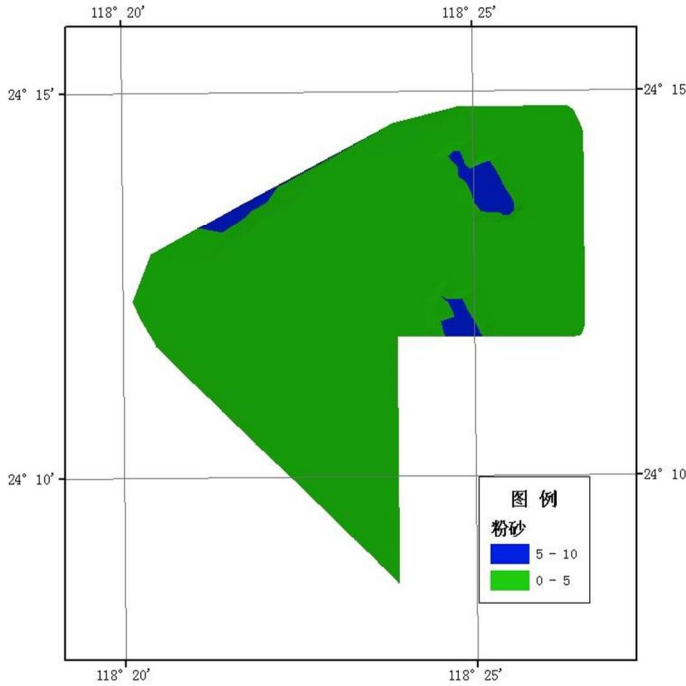



图 3.3-17　调查区粉砂层厚度图

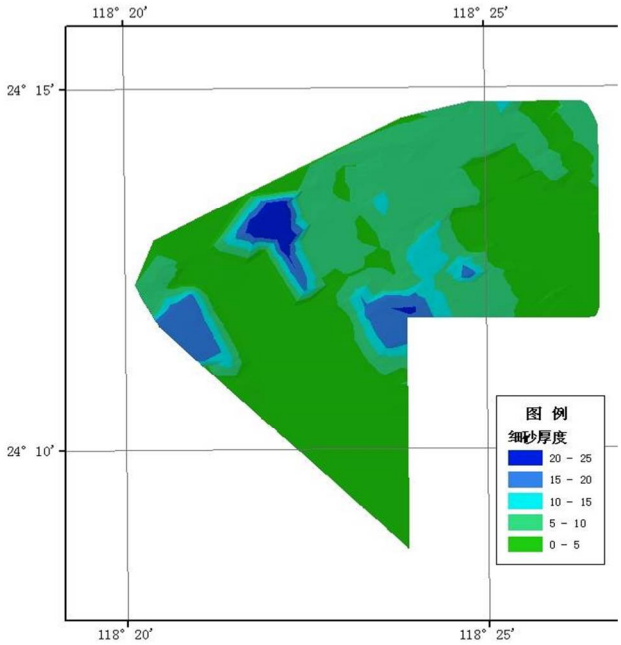



图 3.3-18　调查区细砂层厚度图

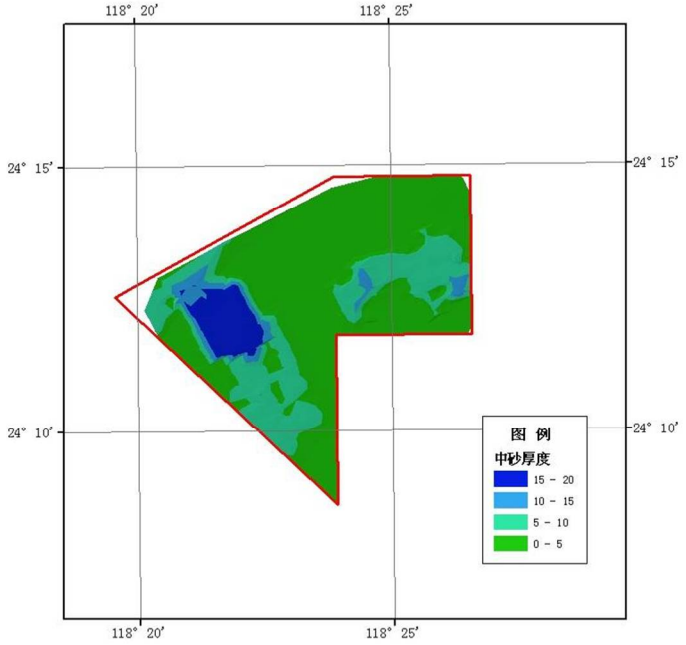



图 3.3-19　调查区中砂层厚度图

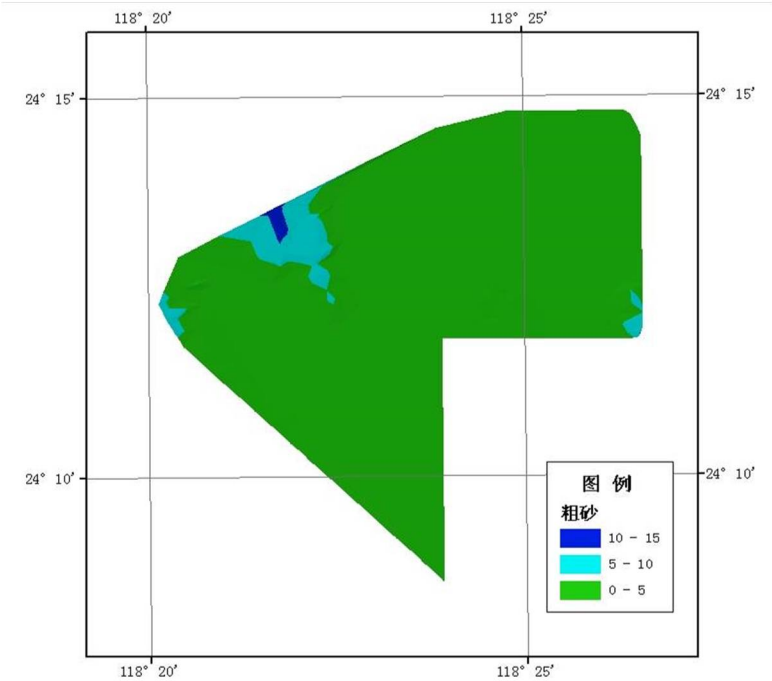



**图 3.3-20　调查区粗砂层厚度图**

### 3.3.5.2 出露海砂分布特征

出露海砂指的是出露于海底表面的海砂。海砂的出露范围从总体而言以测区的西北角以及测区中部偏东的区域较好，砂层厚度一般大于 15m（图 3.3-21）。此外，在测区西南侧尚分布有一小片砂层厚度在 10m 以上的区域。其余砂层厚度一般小于 5m，部分区域未出露砂层。

调查揭示的粉砂出露厚处（图 3.3-22）主要分布于调查区西北侧、中部南侧和中部偏东等区域，其厚度约在 5～10m，其余地区出露较薄、较少。

调查区出露的细沙较厚处主要分布于西南侧（图 3.3-23），尤以西南侧偏中揭示的出露细沙为最厚，可达 20m 以上，调查区的西南侧偏西出露的细沙厚度也可达 15m 以上，在调查区中部也可见一大片南北向分布的细沙出露区，厚度不小于 5m，往南局部变厚，可达 10m 以上。

调查区中砂的出露主要分布于区域的西南侧往南延伸一带（图 3.3-24），呈 NW-SE 向，尤以西南侧出露较厚，可达 15m 以上。在调查区东侧有一略呈东西向分布的中砂出露带，厚度约有 5m 以上，其余区域局部有零星出露。

调查区出露的粗砂最厚处主要分布于区域的西北侧（图 3.3-25），最厚处大于 10m 厚度，往周边递减，其余区域出露的厚度小于 5m。

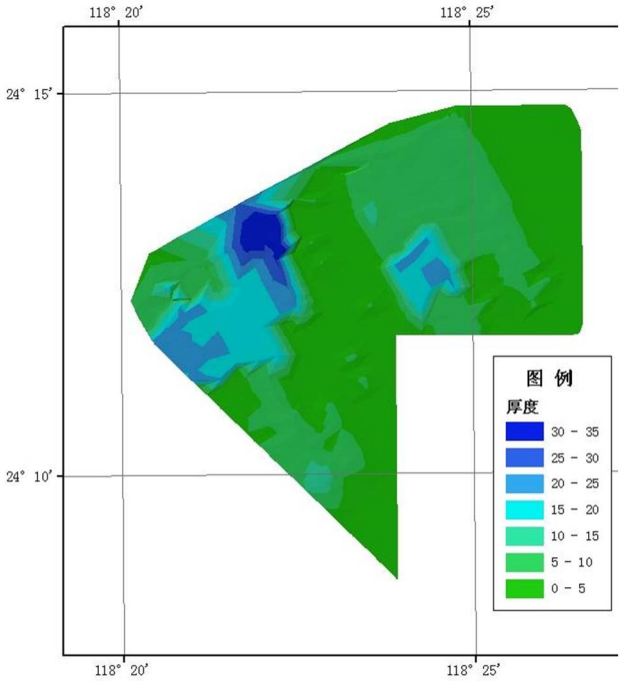



图 3.3-21　调查区出露砂层厚度分布图

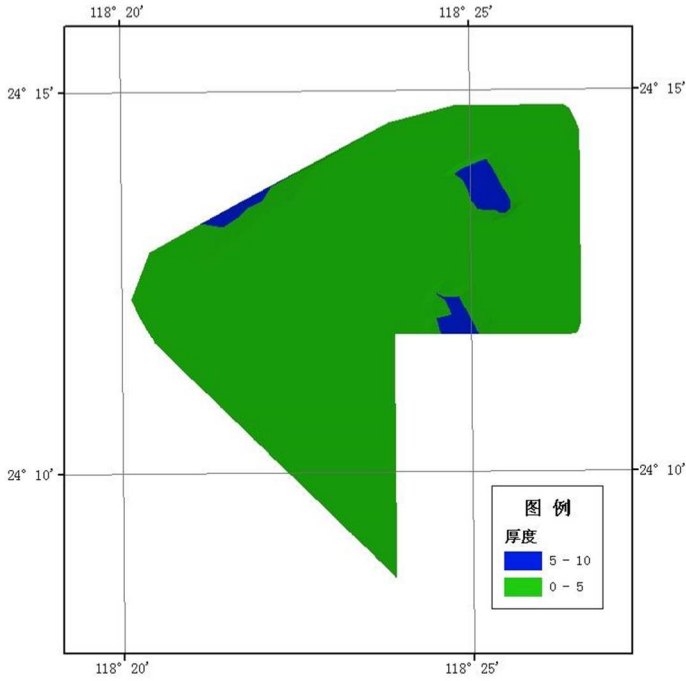



图 3.3-22　调查区出露粉砂层厚度图

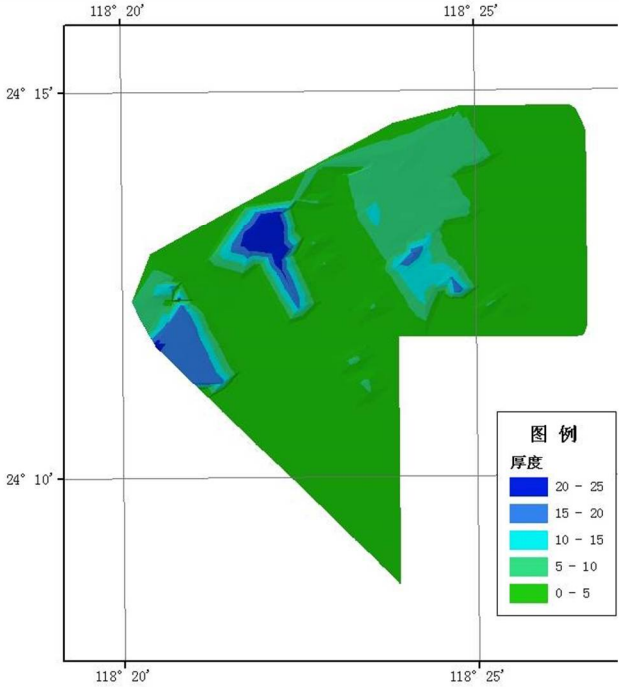



图 3.3-23　调查区出露细砂层厚度图

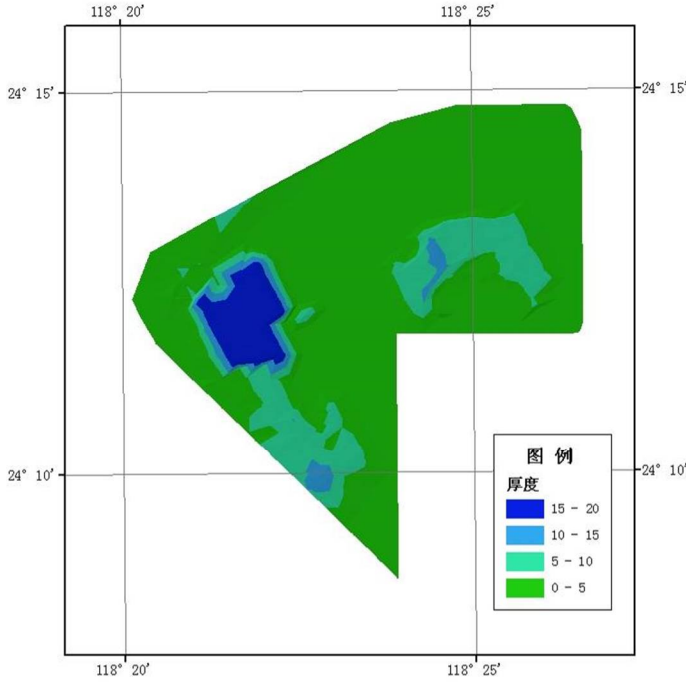



图 3.3-24　调查区出露中砂层厚度图

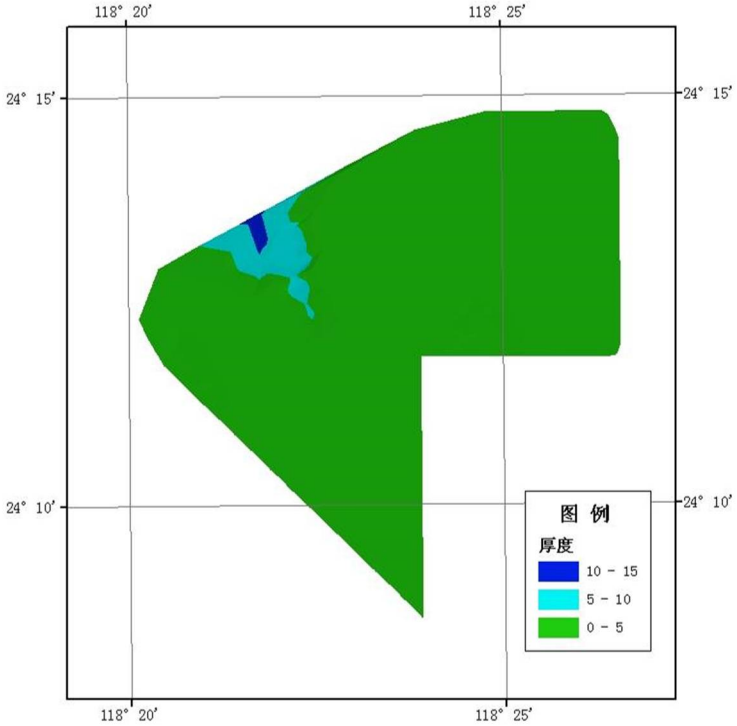



**图 3.3-25　调查区出露粗砂层厚度图**

（注：由于仪器分辨率的限制，对于盖层或者夹层少于 1m 的非海砂物质未单独计算，统一计入海砂进行厚度层计算。此外，对于钻孔中表层为不同底质类型砂而紧接着下部为另一种底质类型砂的层位不认为有覆盖层，譬如，表层出露为中砂，下部紧接着有细砂时，不认为细沙有覆盖层。因此，在具体到某一类型的砂出露时，并不代表表层正好是该类型的砂，仅表明该层砂如果不是直接出露，那么其上还分布有其它砂层或盖层小于 1m。）

## 3.4 相关工程情况

### 3.4.1 厦门新机场填海造地工程

厦门新机场的用地范围与大嶝岛陆域连接，另外三面环海，总用地面积约30.32km$^2$，其中填海造地面积约 25.57 km$^2$；填海造地工程主要由前期大嶝航空城、物流城等项目用海（19.1 km$^2$，已批复）、2012 年启动的厦门大嶝区域建设用海范围（6.32 km$^2$，已批复）和近期拟申请用海范围（16 km$^2$）组成。

目前，机场已吹填近 3km$^2$，完成吹填量约 6000 万 m$^3$，后期 16km$^2$ 填海造地工程需砂 1.31 亿 m$^3$ 的吹填物料。本项目开采海砂全部定向用于厦门新机场建设填海造地。为确保机场填海造地建设海砂供应的连续性，要在吹填施工前多储备海砂至临时中转坑，为吹填造地做好供砂准备。本报告仅对海砂开采工程的海洋环境影响进行评价，与其配套的采砂专用航道、储沙坑和机场填海造地工程环境影响另行委托评价。新机场填海造地的施工进度安排为：2015 年 11 月～2018 年 8 月。本工程采砂进度安排为：2015 年 9 月～2018 年 8 月。

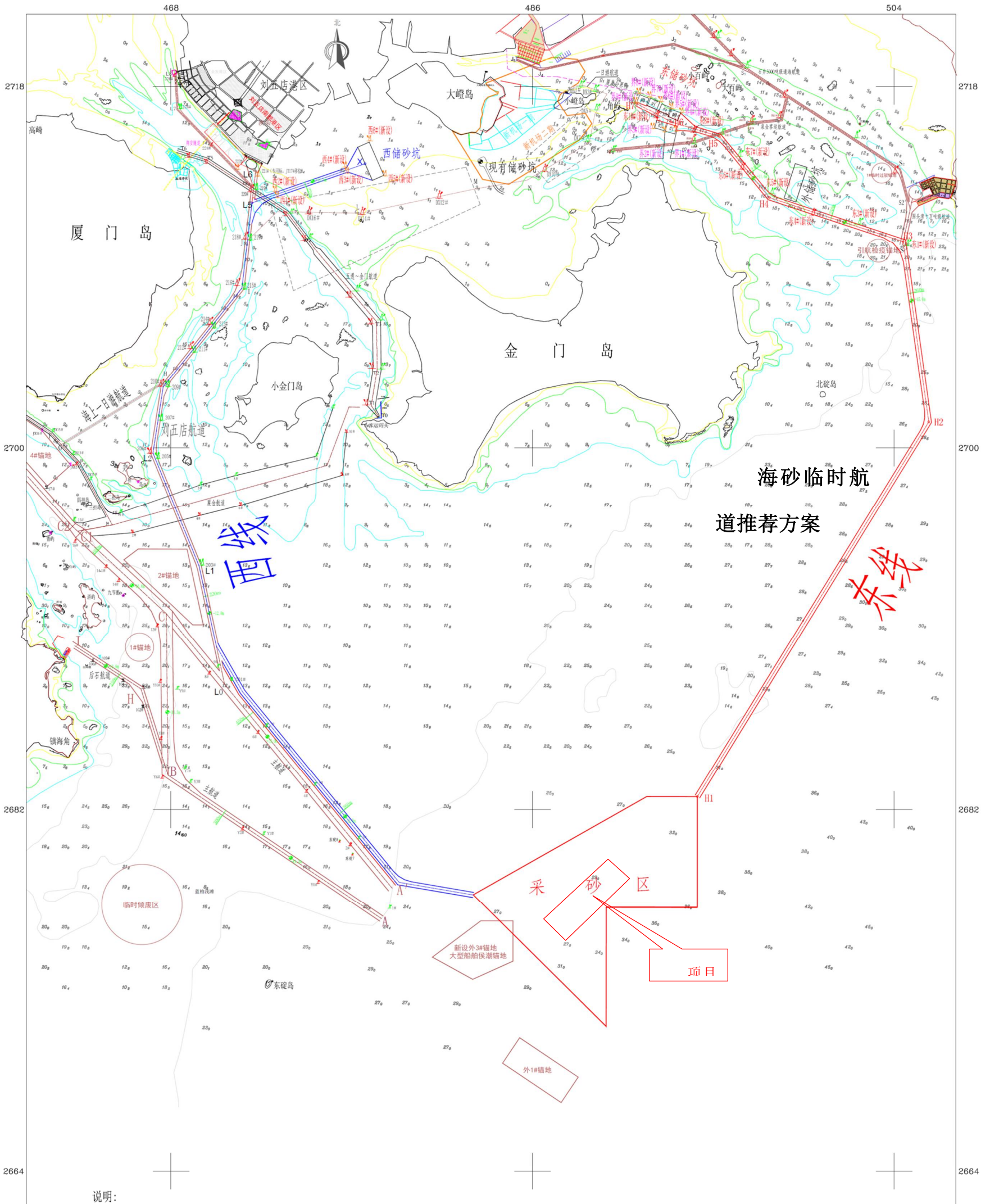
### 3.4.2 厦门新机场填海造地海砂运输航道工程

厦门新机场海砂运输航道工程位于厦门东部海域，从本工程采砂区西侧至大小嶝岛附近水域（中转坑），航道全长为 46.4km。该航道属厦门翔安机场造地工程专用临时运砂航道，是厦门翔安机场建设工程的重要组成部分，航道建设规模为万方级耙吸船双向航道，满足万方级耙吸船不乘潮双向通航要求。

根据采砂区、造地区和中转坑布置方案，设计了东、西两条航线方案进行比选：其中东线方案绕金门岛东部水域走围头湾水域，连接东中转坑，为新开辟航道；西线方案绕金门岛西部水域，利用厦门港主航道 A~C 航道右侧边缘水域以及刘五店航道，新开辟刘五店航道 L5 至西中转坑航道，具体布置详见图 3.4-1。

从经济、工程工艺、环境影响角度和通航条件等多方面进行综合比较分析，东线方案均优于西线方案；故东线方案为推荐方案。

厦门市土地开发总公司于 2013 年 12 月委托国家海洋局第三海洋研究所承担厦门新机场填海造地海砂运输航道工程海洋环境影响评价工作，2014 年 6 月该项目环评通过专家审查会评审，2015 年 1 月取得福建省海洋与渔业厅的批复。




说明：

1. 本图套用福建省港航管理局勘测中心2012年11月1:5000水深测图。
2. 平面控制：3°带，高斯投影，1954北京坐标系，中央子午线118.5°。
3. 深度基面：当地理论最低潮面。
4. 航道建设规模为万方耙吸船不乘潮双向通航航道。
5. 东线H1~H3航段航道有效宽度为260m，航道设计底高程-15.0m;H3~H7航段航道有效宽度为240m，航道设计底高程-11.6m。
6. 西线A′~L0航段航道有效宽度为260m，航道设计底高程-12.0m;
   L0~L5~X航段航道有效宽度为220m，航道设计底高程-11.5m。
7. 图示尺寸和高程均以米计。

| 福建省港航勘察设计研究院 | | | | 厦门翔安国际机场造地工程海砂运输航道工程 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 设计阶段 | 工可 | 图纸类别 | 总平 |
| 设　计 | | 审　核 | | 总平面布置图（东线、西线方案） | | 比　例 | 1:180000 |
| 校　核 | | 所　长 | | | | 日　期 | 2014.04 |
| 项目负责 | | 总工程师 | | | | 工程编号 | 2013-航 工01号 |
| 项目总负责 | | 院　长 | | | | 图　号 | 附图1 |

468　486　504

**图 3.4-1　厦门新机场海砂运输航道工程东、西线方案总平面布置图**

### 3.4.3 临时中转坑

吹填物料的临时中转坑布置在现有的文昌鱼保护区东侧、厦泉分界线南侧水域布置，该中转坑可适用于一期造地和二期造地，平均吹距约 7.5km，单个中转坑平面尺度见表 3.4-1，临时中转坑的设计底标高见表 3.4-2，中转坑位置详见图 3.4-2。临时中转坑工程与海砂运输航道工程同时施工，一并评价。

**表 3.4-1　临时中转坑平面尺度一览表**

| 临时中转坑 | 数量 | 长度（m） | 宽度（m） |
|---|---|---|---|
| 内中转坑 | 6 个 | 500 | 400 |

**表 3.4-2　临时中转坑设计底标高一览表（理论基面）**

| 临时中转坑方案 | 抛砂吹填区（m） | 调头区（m） |
|---|---|---|
| 内中转坑（推荐） | -14.0 | |

中转坑共分为三组，其中#1 和#2 为一组，#3 和#4 为一组，#5 和 6#为一组，管线布设如表 3.4-3，图 3.4-3 所示。

**表 3.4-3　推荐方案绞吸船吹距一览表　（单位：km）**

| 吹填分期 | 吹填区域 | 中转坑 | 平均吹距 | 最大吹距 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|
| 近期 | 近期西部 | #1、#2 | 10 | 12 | 每组坑均需加装接力泵 |
| | 近期中部 | #3、#4 | 7 | 8 | |
| | 近期北部 | #5、#6 | 8 | 10 | |
| 远期 | 远期南部 | #1、#2 | 7 | 10 | |
| | 远期北部 | #3、#4 | 5 | 6 | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 远期中部 | #5、#6 | 8 | 10 | |

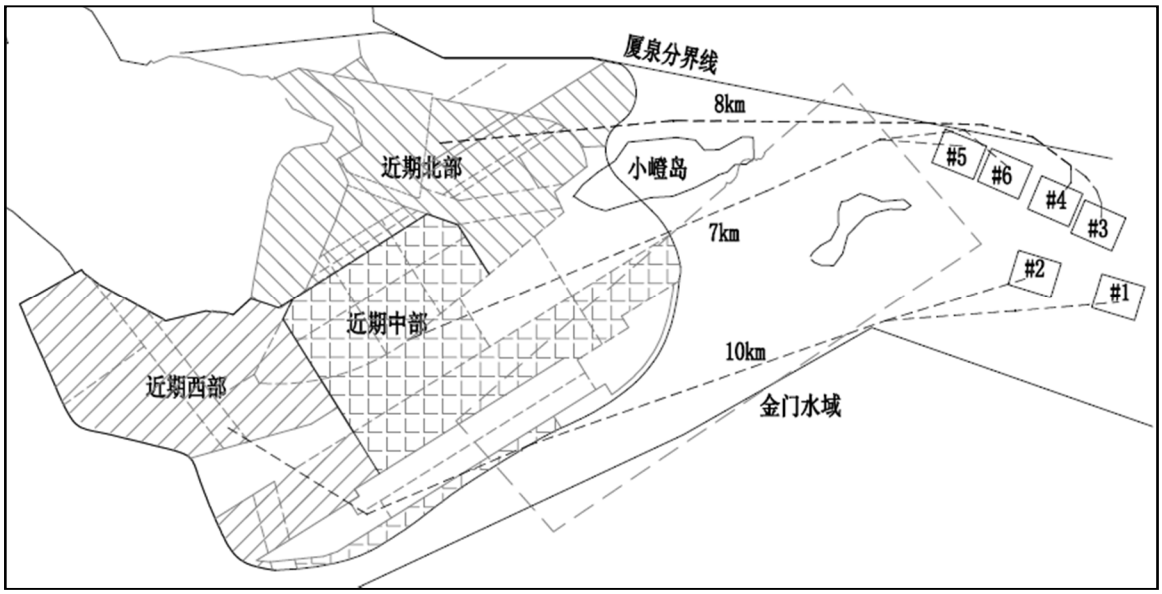



**图 3.4-2（a） 中转坑方案及近期绞吸船管线布置图**

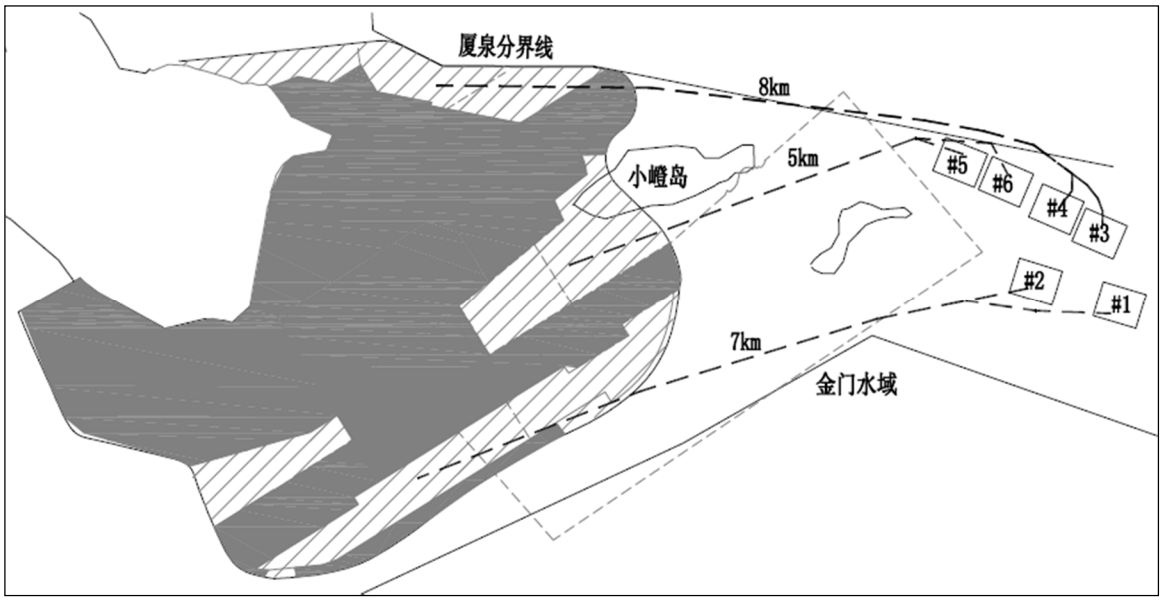



**图 3.4-2（b） 中转坑方案及远期绞吸船管线布置图**

### 3.4.4 本工程与周边工程的关系

本采砂工程是厦门翔安新机场填海造地的配套工程之一。本工程与厦门新机场造地工程、厦门新机场海砂运输航道工程、临时中转坑工程的位

置关系如图 3.4-3 所示。

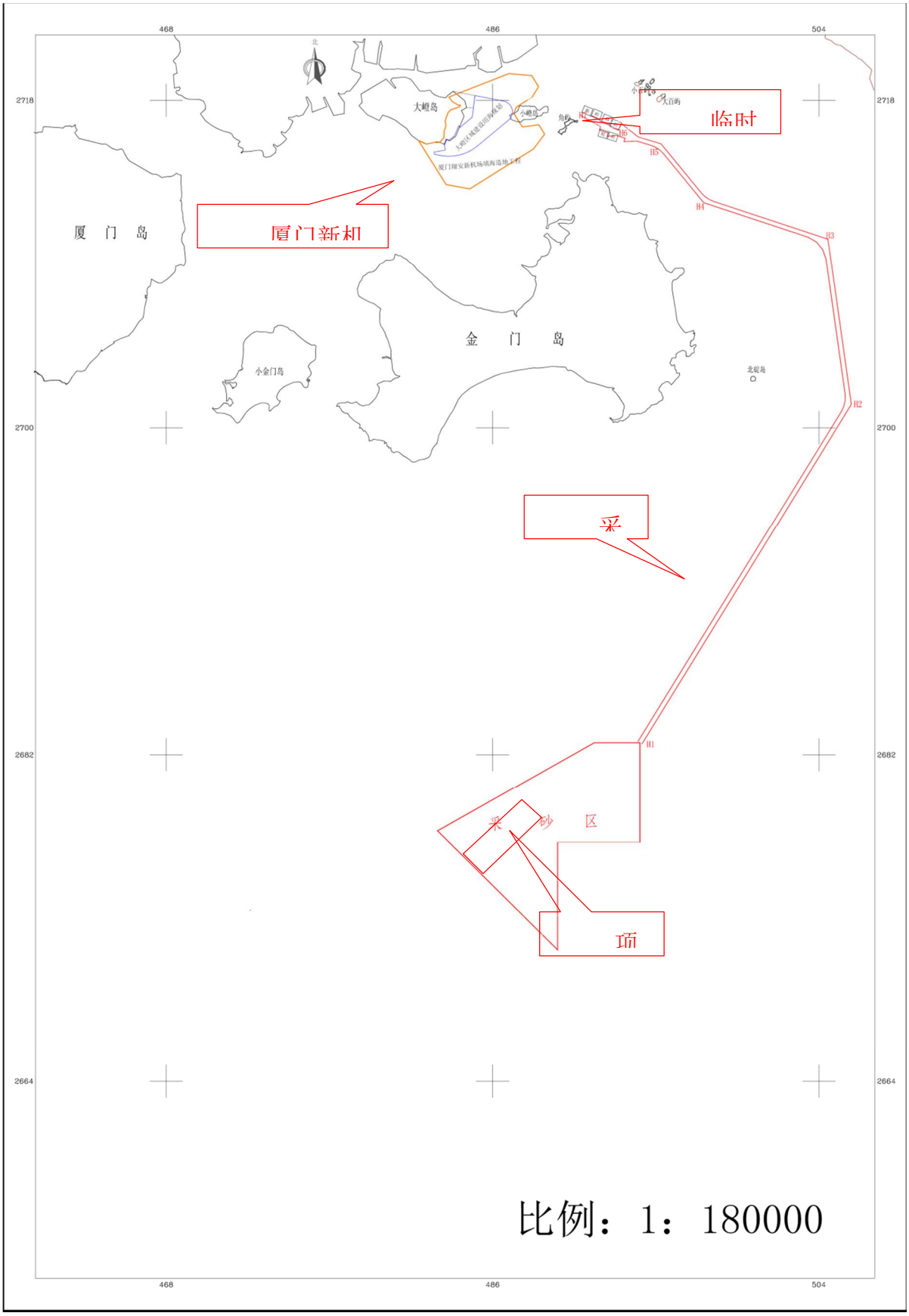

468
486
504
2718
2700
2682
2664
北
大嶝岛
小嶝岛
大嶝区域建设用海规划
厦门翔安新机场填海造地工程
角屿
小百屿
大百屿
临时
H7
H6
H5
H4
H3
H2
H1
厦门新机
厦　门　岛
金　门　岛
小金门岛
北碇岛
采
采　砂　区
项
比例：1：180000

图 3.4-3　本工程与周边工程的位置关系

### 3.4.5 工程周边采砂区的开采情况

厦门湾口海域采砂区采取分期取砂的方式（详见图3.4-4），厦门湾口海域采砂区分为7小块，其中201501海域、201601海域、201701海域已出让。

2016年8月，由厦门住宅建设集团有限公司拍得厦门湾口201501海域海砂开采项目，用海面积6.94km$^2$，海砂开采上限4400万m$^3$，现已完成开采。开采时间为2016年4月～2016年12月，累计开采量约3384万方，开采强度376万方/月。

2017年，由厦门住宅建设集团有限公司拍得厦门湾口201601海域海砂开采工程项目，海域总面积6.47km$^2$，该区块总储量约2800万方，自2018年5月开采至今，累计开采量约1500万方，开采强度75万方/月。

2018年5月，由厦门万翔同实业有限公司拍得厦门湾口201701海域海砂开采工程项目，海域总面积6.78km$^2$。

剩余A、B、C、D区块未出让。本项目为A区块，其开采面积为6.20km$^2$，估算可采砂量约4544.6万m$^3$。

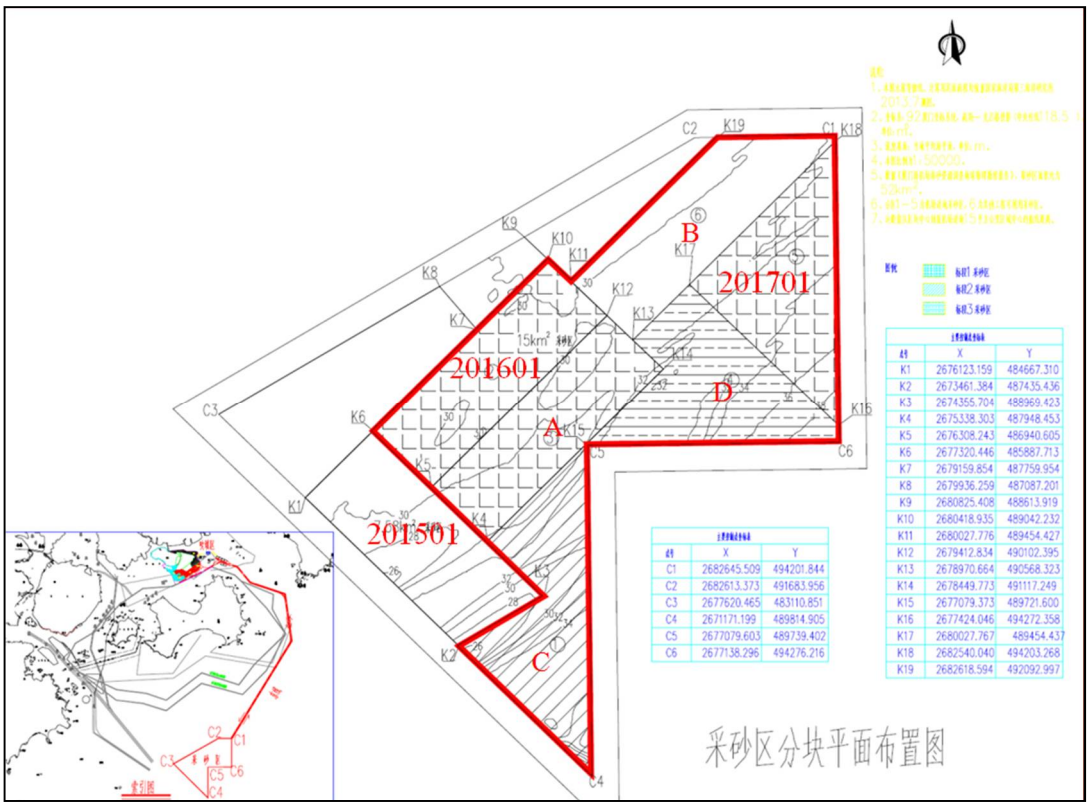



图 3.4-4　厦门湾口海域采砂区分区示意图

# 第四章 工程分析

## 4.1 采砂工艺及开采方案

### 4.1.1 采砂工艺流程

**耙吸式挖泥船：全年均可施工，正常工况下每天可作业 24 小时。**

耙吸船是一种装备有耙头挖掘机具和水力吸砂装备的大型自航、装舱式的挖砂船。在它的舷旁或艉部开槽或船舯的耙井里，安装有耙臂（吸砂管）。在耙臂的后端装有用于挖掘水下砂层的耙头，其前端以弯管与船上的砂泵吸入管相连接。耙臂可作上下升降运动，其后端能放入水下一定深度，是耙头与水下砂层的疏浚工作面相接触。通过船上的推进装置，使该挖砂船在航行中拖曳耙头前移，对水下砂层的泥沙进行耙松和挖掘。砂泵的抽吸作用从耙头的吸口吸入挖掘的泥沙与水流的混合体经耙臂、弯管等吸砂管进入砂泵，最后经砂泵排出端装入船自身设置的泥舱中。当泥舱满载砂后，即停止疏浚挖砂作业，提升耙臂和耙头出水，再航行至指定的临时抛砂点。


**图 4.1-1　耙吸船施工流程图**

**（1）耙吸挖泥船装舱溢流施工**

本工程耙吸船采砂采取装舱溢流法施工，该施工方法的一般施工过程是挖泥船进入指定的开挖带内，将耙管放至水平状态后启动泵机，根据当时潮位将耙头下放至泥面，将耙管内的清水直接排出舷外，待泥泵转速正常后再打开进舱闸阀装舱；当泥舱装满后仍继续泵吸泥浆进舱，使泥舱上层低浓度的浑水从溢流口上层溢出。根据不同土质控制溢流时间，尽可能使泥舱的装载量达到最大，然后停

泵起耙，把装载的泥砂运到指定抛砂位置。

泥舱前内安装了溢流井，用于泥舱内液位表面低浓度泥浆的排放。其构造为一个带堰口的钢质内筒在液压系统的驱动下，在一个固定的钢质外筒内做上下的垂直运动，外筒直接与船底相通，内筒和外筒之间安装了用于密封的橡皮圈。内筒的高低位置决定了泥舱内液位的高低及泥舱的装载量，由此直接涉及到挖泥船的排水量及吃水的大小。溢流井由驾驶室疏浚操作台根据施工水域条件进行遥控操作。

根据工程条件及特点，耙吸挖泥船均采用了新型挖掘型耙头且带有高压冲水，船舶都进行了技术更新改造，全部采用最新高效泥泵，提高挖泥效率； 对船舶加装推进器导流罩，增强船舶动力，通过提高平均航速，提高施工效率。当水力冲刷不能满足施工的需要，根据本工程土质不同的特点，为耙头配备不同的耙齿，采用具有强度大、拆装方便、掉齿率低等特点的标准化 T2 连接方式，用于 IHC 新型挖掘型耙头，以适应不同的土质，提高生产效率。

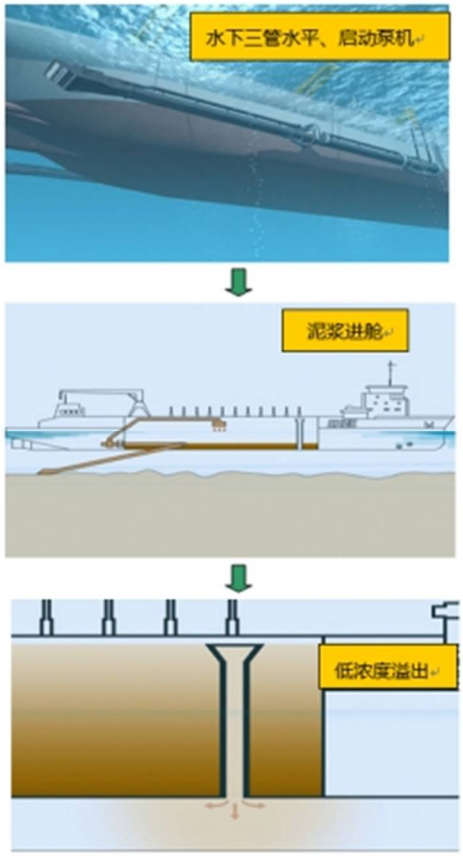



**图 4.1-2　装舱溢流法示意图**

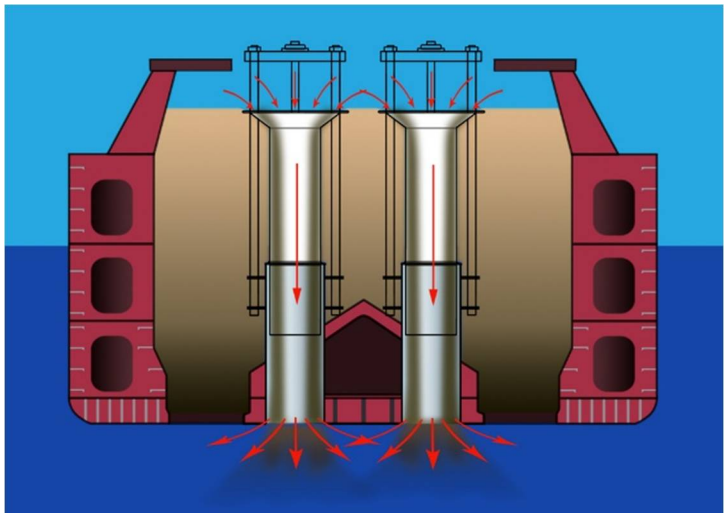


图 4.1-3　溢流井结构图

图 4.1-4　推进器导流罩

图 4.1-5：全新高效泥泵

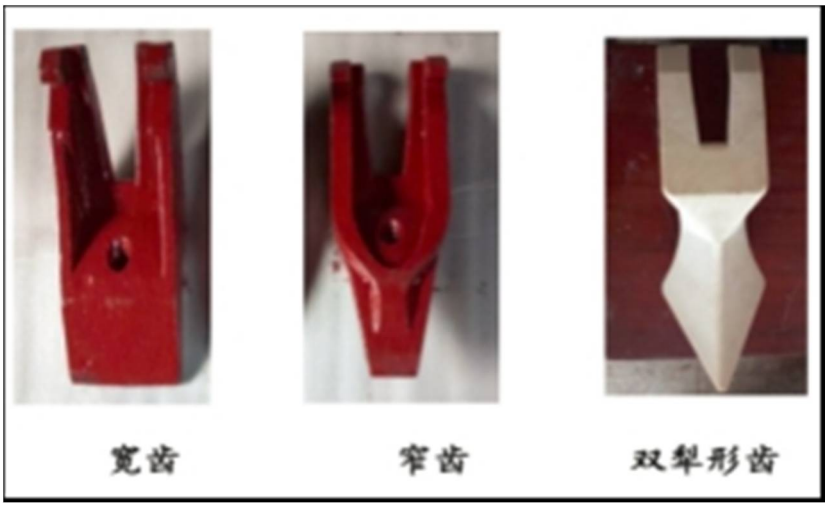



图 4.1-6　最新挖掘型耙头及不同类型的耙齿

图 4.1-7　最新挖掘型耙头及不同类型的耙齿

**（2）耙吸挖泥船分段、分带法施工**

自航耙吸挖泥船进行采砂施工时，通常根据具体施工区域的长度、宽度、挖深等确定分段、分带开挖。根据自航耙吸挖泥船的工艺特点，本工程施工时，将取砂区按照船舶航行区间及挖泥距离进行分段、分带。同时，要求在保证施工效率的前提下，做到取砂区均匀增深，避免生产垄沟影响后续施工效率。

根据万方耙吸挖泥船施工经验，耙吸挖泥船在砂质土质的施工环境下，最佳挖泥航速为 3～4 海里/小时，挖泥时间在 2 小时左右，最佳挖槽长度为 4km。把取砂区分成若干 4km×125m 区块，进行走航式挖泥。耙吸式挖泥船挖泥运转周期约为 7h，其中抛泥及航行时间约 5 小时，挖泥时间约 2 小时。12 艘耙吸式挖泥船分为 3 组，采用 4 艘耙吸船并进方式从采砂区域边界向另一侧推进的施工方

式。两船同时施工时的安全距离为 200-300 米左右。

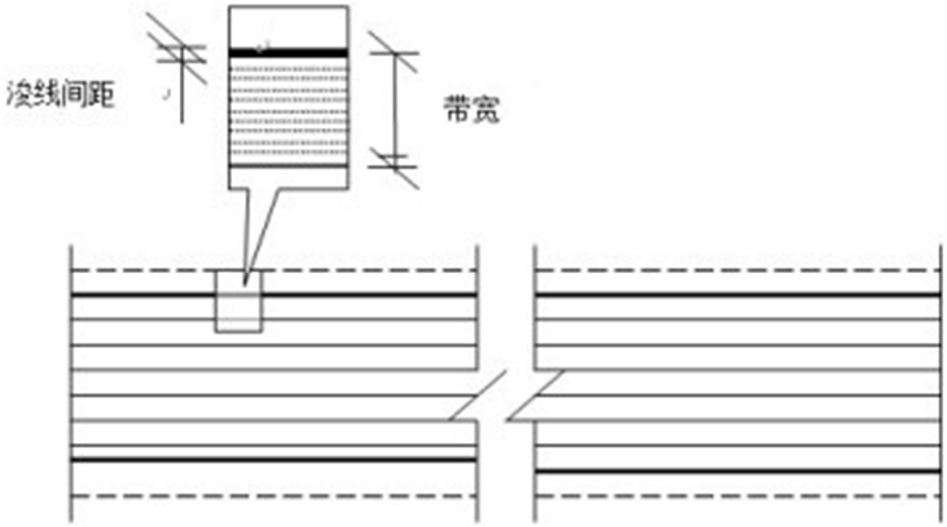



**图 4.1-3 分段分带法示意图**


**图 4.1-4 耙吸挖泥船挖泥运转周期示意图**

## 4.1.2 海砂开采方案

### 4.1.2.1 设计储量及工期安排

厦门湾口（A区块）海砂开采项目开采面积为6.20km$^2$，估算可采砂量约4544.6万m$^3$，主要用于厦门新机场工程的填海造地用砂。

设计开采期为20个月，考虑船舶2个月的修船期，实际施工18个月，其中考虑夏季施工8个月，冬季施工10个月，12艘耙吸船产量达到5023万m$^3$，大于开采砂量4544.6万m$^3$，满足取砂区采砂工期要求。

### 4.1.2.2 开采分区平面布置

厦门湾口海域采砂区采用分期开采，分区平面布置详见图1.1-3，其中201501海域、201601海域、201701海域已出让。2016年8月，由厦门住宅建设集团有限公司拍得厦门湾口201501海域海砂开采项目，用海面积6.94km$^2$；2017年，由厦门住宅建设集团有限公司拍得厦门湾口201601海域海砂开采工程项目，海域总面积6.47km$^2$；2018年5月，由厦门万翔同实业有限公司拍得厦门湾口201701海域海

砂开采工程项目，海域总面积6.78km$^2$。剩余A、B、C、D区块未出让。本项目为A区块，其开采面积为6.20km$^2$，估算可采砂量约4544.6万m$^3$。

#### 4.1.2.3 开采区内疑似管线处理方案

根据前期勘查的相关资料，在拟开采区内北侧探测显示有一疑似管线痕迹（图 2.6-1）。为确认拟开采区域内的管线状况并做好施工保护准备工作，厦门市机场建设指挥部于 2014 年 3 月召开了新机场海砂开采区管线调查协调会，经过海军厦门水警区、厦门警备区、中国移动厦门公司、中国联通厦门公司和中国铁通厦门公司等多家与会单位代表研究核实，初步确认拟开采区内没有所辖管线，

但是本次协调会议未邀请到金门相关部门，金门经过该海域的光缆情况不明。在不能完全排除无管线的情况下，为保障管线安全性，施工前期应对该区域进行实地勘查，如确有发现，应及时明确管线位置、走向、长度、用途、所属单位等，并及时上报海洋主管部门。管道业主应根据《海底电缆管道保护规定》，申请划定管线保护区范围。海底管线保护区范围内禁止进行海砂开采作业。

### 4.1.3 施工效率测算

#### 4.1.3.1 施工船舶效率

舱容万方耙吸船装舱溢流法的施工效率测算如下：

$$W = \frac{Q}{\frac{L_1}{V_1} + \frac{L_2}{V_2} + \frac{L_3}{V_3} + t}$$

式中：

W——耙吸挖泥船工作效率（m$^3$/h）；

Q——每船装载土方量（m$^3$）；

$L_1$——施工段平均抛泥运距（km）；

$V_1$——重载平均航速（km/h）；

$V_2$——重载平均航速（km/h）；

$L_2$——施工单元长度（km）；

$V_2$——平均挖泥航速（km/h）；

$t_1$、$t_2$——抛泥及施工中转头的时间（h）。

其效率计算见下表 4.1-1：

**表 4.1-1　施工效率测算一览表**

| 项目 | | | 东碇岛至储砂坑 |
|---|---|---|---|
| 舱容 | | $m^3$ | 10000 |
| 装舱量 Q | | $m^3$ | 5000 |
| 装舱时间 $L_2/V_2$ | | 小时 | 2.0 |
| 调头时间 $t_1$ | | 小时 | 0.3 |
| 卸泥时间 $t_2$ | | 小时 | 0.25 |
| 施工航速 | 重载 $V_2$ | km/h | 24 |
| | 轻载 $V_1$ | km/h | 26 |
| 运距 $L_1$ | | km | 55 |
| 重轻载航行时间 | | 小时 | 4.40 |
| 挖泥运转周期 | | 小时 | 6.95 |
| 小时生产能力 | | $m^3$ | 671 |
| 日生产效率 | | $m^3$ | 16104 |
| 夏季生产效率 | | 万 $m^3$/月 | 32.2 |
| 冬季生产效率 | | 万 $m^3$/月 | 16.1 |

#### 4.1.3.2 船机数量

计划投入 12 艘万方耙吸挖泥船，每船在编作业人数 30 人，总人数 360 人。

## 4.2 主要污染源与影响源分析

### 4.2.1 环境污染影响因素分析

根据工程特点，结合工程附近海域的环境特征，采砂施工期间主要环境影响主要体现在以下几方面：

（1）采砂扰动底质、采砂船满仓溢流产生的悬浮泥沙对海洋环境的影响；

（2）采砂作业人员产生的生活废水和生活垃圾可能对海洋环境的影响；

（3）采砂船舶产生的含油废水可能对海洋环境的影响。

### 4.2.2 环境生态影响因素分析

根据工程的特点，本采砂项目的环境生态影响因素主要是：

（1）采砂坑塌陷对海底地形地貌和海床稳定性的影响；

（2）采砂结束后海床地形地貌改变对水动力条件的影响；

（3）潮流场改变对附近海域冲淤环境的影响；

（4）采砂作业对周边海域海洋生物生态的影响；

（5）采砂期间对周边海域敏感目标的影响；

### 4.2.3 主要污染物源强分析

#### 4.2.3.1 水污染源

**（1）悬浮泥沙发生量估算**

自航耙吸式挖泥船挖沙时，泥沙入海主要发生在满舱溢流后，参照疏浚作业规范要求，满舱溢流时间控制在 1.5 小时之内。根据工可单位提供的设计资料，采用万方级耙吸式挖泥船疏浚时，泥浆泵的吸泥速度约为 50000$m^3$/h。溢流的泥沙量需根据现场情况（底质）而定。根据经验，溢流水中泥浆浓度一般在 1.05t/$m^3$，0.5 小时满舱，满舱溢流时间以 1.5 小时计，流量以 4$m^3$/s 计，海水浓度取 1.025t/$m^3$，湿性黏土比重一般在 1.8~2.0t/$m^3$，按 1.9t/$m^3$计，则耙吸式挖泥船的溢流泥沙入海源强为 217kg/s。

另外，在采砂施工中，当采砂位置移动时，需先将吸砂管抽出并离开海底表面后，再移动采砂船，为避免损坏吸砂管，不存在吸砂管位于砂层中就移动船只的情况，故在采砂位置移动时不会产生悬浮泥沙。

**（2）施工船舶污水源强**

根据工程资料，本项目共需配备 12 艘万方级自航耙吸式挖泥船，每船在编作业人数 30 人，总施工人数 360 人。

**1）含油污水：**根据《港口工程环境保护设计规范》，万方级自航吸式挖泥船的含油污水量约 2.8t/（d·艘），因此，施工船舶含油污水总计约为 2.8t/（d·艘）×12

艘=33.6t/d，含油量一般为 2000～20000mg/l。

**2）生活废水：**根据工可单位提供的资料，12 艘万方级自航耙吸式挖泥船配备施工人数为 360 人，每人每天生活用水按 100L，排污系数按 80%计，则每天施工船舶生活污水产生量为 28.8$m^3$/d。生活污水主要污染物为 SS≈200mg/L，CODcr≈350mg/L，氨氮≈30mg/L。

施工船舶的含油污水和生活污水禁止排海，均应由有资质的单位接受处理。

#### 4.2.3.2 固体废物

施工船舶上的固体废弃物主要为生活垃圾，若不及时收集清运，或随意堆砌、倾倒，也将对海洋环境造成不利影响。施工船舶生活垃圾取 1.0kg/（人·d），生活垃圾产生量为 0.36t/d。

本采砂项目施工船舶垃圾禁止投弃入海，应由有资质的单位接受处理。

#### 4.2.3.3 大气污染源

施工期大气污染源主要为施工船舶排放的大气污染物，包括船舶柴油机所排放的 NOx、SOx、COx、CH 化合物等污染物气体。目前国内关于船舶排放的大气污染物的定量的估算的报道较少。根据劳氏船级社提供的有关船用柴油机废气排放数据表明，船用低速柴油机每燃烧 1t 燃油要产生 84kg 的 NOx，产生的 SOx 为 2.1 倍于燃油的含硫量（典型的低、中硫船用燃料油含硫量为 0.17、0.82wt%）。

#### 4.2.3.4 噪声污染源

主要噪声污染源为施工船舶噪声，包括船舶发动机噪声，采砂过程中吸砂、耙砂等水下扰动噪音，将对工程区水底声环境造成一定的影响。

#### 4.2.3.5 施工船舶溢油风险

海砂开采运输过程中施工船舶若出现船舶碰撞等风险事故，可能造成燃料油溢流入海，从而对周边海域水环境、生态环境和渔业资源产生较大影响。

溢油事故方案设计：本工程的典型施工船型为万方级耙吸船，舱容为 13000$m^3$，油舱舱容约 2500$m^3$，一般分设 5 个油舱，每个油舱舱容约 500 $m^3$。油舱的实载率按 80%计算，单舱载油约 400$m^3$。假设其中一个油舱燃料油全部泄漏，因此，本报告船舶事故溢油的溢油量取 400t。本采砂区位于外海，采砂区西

侧靠近厦门主航道口门和外海习惯性航线，该区域发生船舶碰撞溢油事故的概率相对较高，因此在开采区西部的近岸侧布设一个溢油风险预测点（图 6.11-1）。

**表 4.2-1　施工期主要污染物排放情况**

| 种类 | 污染源 | 主要污染物 | 污染物源强 | 拟采取的排放方式 |
|---|---|---|---|---|
| 废水 | 采砂船采砂作业 | SPM（耙吸船，满仓溢流） | 326 kg/s | 自然排放 |
| | 施工船舶含油污水 | 石油类 | 33.6 t/d | 由有资质单位接收处理 |
| | 施工船舶生活污水 | COD、SS、氨氮 | 28.8 $m^3$/d | 由有资质单位接收处理 |
| 固废 | 施工船舶 | 生活垃圾等 | 360kg/d | 由有资质单位接收处理 |
| 大气 | 施工船舶燃油废气 | $SO_X$、$CO_X$、$NO_X$、CH | - | 自然排放 |
| 噪声 | 船舶施工噪声 | 噪声 | - | 自然传播 |

# 第五章 环境现状调查与评价

## 5.1 工程区域自然环境概况

### 5.1.1 地理位置

本工程区位于福建省厦门湾口外东南海域，漳州市镇海角东南方向约 30km，大金门岛以南约 20km，海域面积约 6.20 $km^2$。项目地理位置见图 3.1-1。

### 5.1.2 气候气象

厦门市是我国海湾型城市之一，属南亚热带海洋性季风气候，冬无严寒，夏无酷暑。

**（1）气温**

根据厦门市气象局提供近 30 年气象资料，厦门地区多年平均气温 20.7℃；极端最高气温 39.2℃，出现在 2007 年 7 月 20 日，极端最低气温 1.5℃，出现在 1991 年 12 月 29 日；近 30 年月平均气温变化统计结果见表 5.1-1，月平均温度变化曲线见图 5.1-1。

**表 5.1-1　厦门近 30 年月平均气温统计表**

| 月份 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 全年 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 平均气温(℃) | 12.7 | 13.0 | 15.0 | 19.1 | 22.9 | 25.9 | 28.0 | 27.8 | 26.3 | 23.2 | 19.3 | 14.8 | 20.7 |

**（2）降水**

厦门地区多年平均降水量 1335.8mm，降水主要集中在春、夏季；年降雨极小值 315.7mm，出现于 2000 年；年降雨量极大值为 1998.6mm，出现在 1990 年。

**（3）湿度**

厦门地区多年平均相对湿度为 77%。10～12 月最低，3～8 月最高。

**（4）日照**

厦门地区多年平均日照总时数为 1877.5 小时，7 月份日照时数最多，2 月份最少。

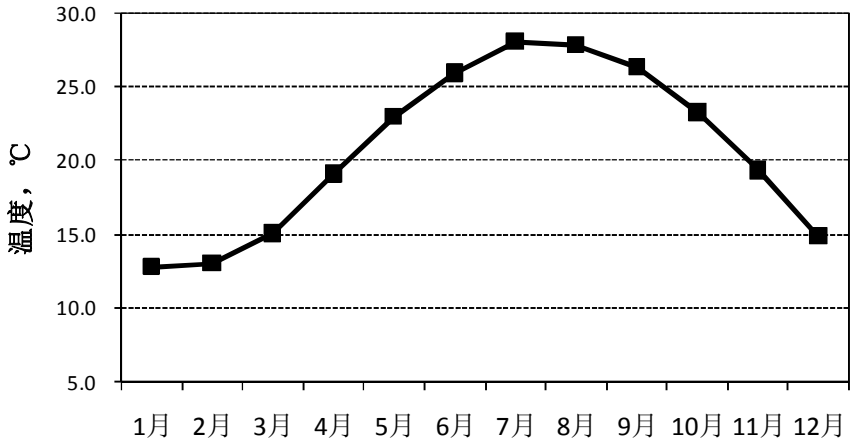



**图 5.1-1　厦门近 30 年月平均气温变化曲线图**

**（5）风况**

① 厦门海域

厦门地区风向季节性变化明显，全年风频最大的风向为偏东风，夏季多为偏南风，秋冬季盛行偏北风。各季中静风频率为 5～10.7%。多年平均风速 3m/s，月平均风速在 2.6-3.5m/s 之间。秋、冬两季的平均风速稍大于春、夏。

②采砂区

由于采砂区处于开阔海域，受到了外围风流区影响，湾外海况较差，冬季以北至东北风为主，风浪也以东向为主。每年 10 月至次年 4 月受东北季风影响，近年自 9 月开始就可能受冷空气影响。出现 6 级以上大风在 10 月至次年 3 月居多，8 级以上大风集中出现在 11 月至次年 2 月。

采砂区域主要为台湾海峡西南口至东沙群岛海域（南海东北部海域）。该海域自 10 月份开始，在台湾海峡西南方，东沙以东易出现 2m 上大浪中心，11 月、12 月其范围会进一步扩大，强度也加强，直至 2 月份都是强盛期，其中 11 月、12 月和 1 月最强为鼎盛期，出现 8 级以上大风和 3m 以上风浪的灾害性天气机率较大，给工地船舶安全和施工生产带来严重危害，抗风能力较差的船舶需离开工地或择地避风。

该海域 3 月至 9 月为相对较好的施工季节。每年 10 月（冷空气前期）开始，施工条件逐渐变差，每次实际风力和破坏力都有可能超预期，在安全监控中要特别注意。每年 3-4 月（冷空气后期）大风来得快去得也快，有

一定抗风能力的船舶可以谨慎施工。

**（6）雾**

厦门海域多年平均雾日数：29.3d（能见度≤1km）

多年最多雾日数：46d（2010 年）

多年最少雾日数：18d（2004 年）

每年雾日多集中在 2～4 月份，夏、秋两季很少出现。

**（7）灾害性天气**

①台风

厦门湾灾害性天气主要为台风天气，袭击或影响厦门的台风灾害出现在 5 月－11 月，频率为 5 月份 2%，6 月份 9%，7 月份 27%，8 月份 32%，9 月份 21%，10 月份 8%，11 月份 1%。1956 至 2016 年，厦门共遭受 223 个台风正面袭击或影响，平均每年 3～4 个。其中 6 个台风正面登陆厦门，平均 10 年 1 个。2016 年第 14 号台风“莫兰蒂”于 2016 年 9 月 15 日以超强台风级在中国福建省厦门市登陆，登陆时中心最大风力 52m/s，其导致厦门市 65 万棵树倒伏，房屋损毁 17907 间，农作物受灾面积 10.5 万亩，直接经济损失 102 亿元。台风带来强风暴雨，将会导致低洼地带受淹、地质灾害、危旧房倒塌、海上航线停航、跨海大桥封闭、工地停工、学校停课、景点关闭、BRT 停运、停产、休市等，造成经济损失甚至人员伤亡，影响生产、生活秩序。

②雷暴

厦门地区全年都可能发生雷暴，每年平均 3～5 月发生雷暴较多，8 月份最多，平均 8.5d。

### 5.1.3 地形地貌

本节内容主要引用《厦门新机场海砂资源调查报告》（国家海洋局第三海洋研究所，2013年12月）等相关专题报告成果。

**（1）区域地形地貌概况**

该区域属于古河口三角洲，泥面标高为-22.9~-36.2m。根据水深测量专题报告，工程区及周边区域内水深大部分在 30m～40m，自西北向东南逐渐变深。其

中测区中北部水深在 30m 左右，地形相对平坦；测区中部西侧见有两处地形起伏的凸起，最浅 25m；测区南部水深最浅 36m，东南角水深相对较深，水深多在 35m 以深，最深在 40m，见图 5.1-2。

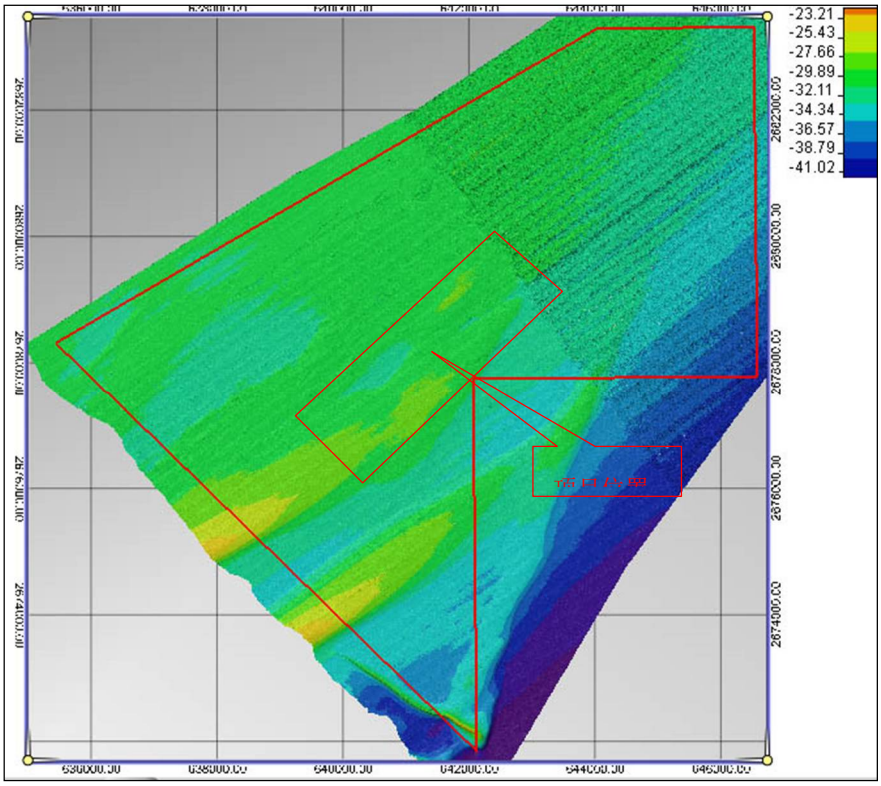



**图 5.1-2　工程区及周边地形等值线图**

通过侧扫声纳调查，共发现了沙脊、拖痕、以及疑似管道等微地貌类型（图5.1-3）。在声纳调查中整个地区海底地貌类型较为单一，除了区域西南角的沙脊外（高约3m），其余以人工的拖痕为主，但值得注意的是在测区的北侧发现了一条延绵1km左右的疑似管道出露痕迹，在声图上表现为两侧低洼，中间隆起，宽度可达3～5m，与一般的拖痕迥异，与在路由勘察中侧扫声呐发现的出露管道痕迹相似，由于该位置位于测区内部，需要进行进一步的论证研究工作。

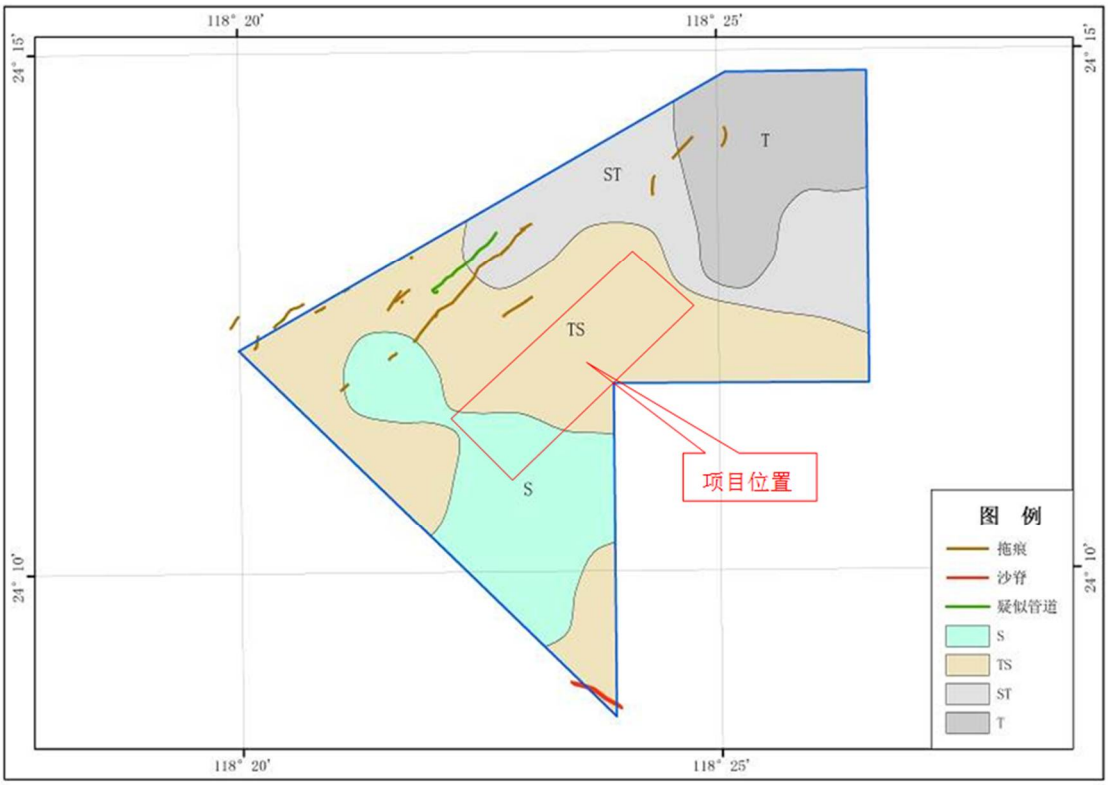



**图5.1-3　地球物理调查微地貌图**

**（2）工程地质**

工程区及周边海域共布置勘探孔33个（编号ZK1~ZK33），及相应浅剖，详见图5.1-4。勘探孔间距1.2km~2.3km，各孔需钻进20m，若20m以浅遇到基岩或揭露超过3m的可塑~硬塑状黏土层，即可终孔。钻孔标高采用海洋三所同期进行的海底地形测量数据。

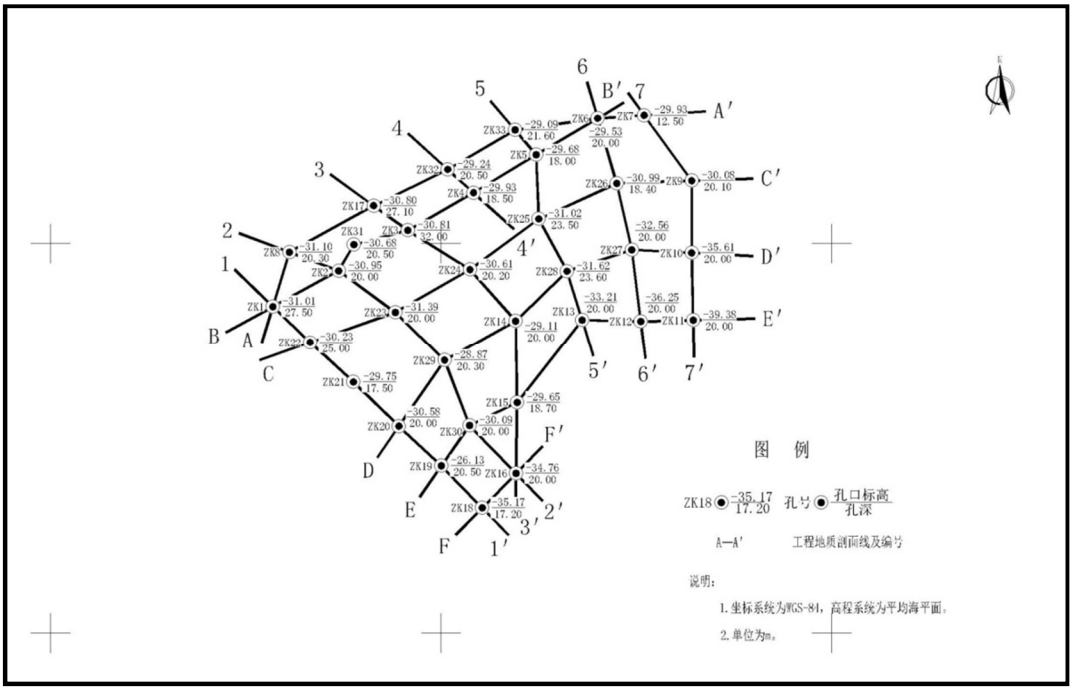



**图 5.1-4　取砂区钻孔及剖面位置图**

根据本次勘探资料，结合室内试验，在勘探深度范围内揭露的土层主要为第四纪全新统海积层、冲洪积层、更新统残积层等。调查区域勘探深度范围各地基土层的特征分述如下：

$III_{1-1}$ 灰~灰黄色淤泥

饱和，流塑。土质不均匀，夹少量粉砂或粉土薄层，局部呈团块状，含少量贝壳碎片。摇振见反应，干强度中等~高。该层仅在钻孔ZK6、ZK11处有揭示，厚度较薄。

$III_{1-2}$ 灰色淤泥混砂

饱和，流塑。土质不均匀，含少量贝壳碎片。该层分布较少，仅在调查区东南角有揭示，厚度较薄，顶板标高一般为-35.6m~-36.3m，局部为-39.4m。

$III_{1-3}$ 灰色砂混淤泥

饱和，松散。砂质不纯，以中砂为主，含少量粉细砂或粗砂，偶含少量砾砂，淤泥含量一般为20%~30%，含少量腐植物及贝壳碎片，局部贝壳含量较高。该层分布较为广泛，在整个调查海域大部分地区都有分布，顶板标高一般为-28.9m~-36.8m，但厚度不均匀，平均厚度为2.4m，最大厚度为9.5m。

$III_2$ 灰~灰黄色粉细砂

局部浅黄绿色，饱和，松散~稍密，局部中密~密实。砂质较纯，颗粒较均匀，

夹少量黏性土薄层，层厚1.0cm~5.0cm，少量10.0cm~15.0cm。局部颗粒较粗，为中细砂或中粗砂。偶夹少量有机质土，厚度20.0cm~40.0cm。该层分布较为广泛，顶板标高-26.1m~-37.9m，厚度一般为0.9m~9.0m。实测标准贯入击数一般为9~23击。

$III_{2t}$ 灰色砂质粉土

饱和，稍密。砂质较纯，颗粒较均匀。局部夹黏性土薄层，层厚为1.0cm~2.0cm，个别钻孔近砂质粉土与粉质黏土互层状或砂质粉土夹粉质黏土。局部黏性重，近黏质粉土。摇振反应迅速，干强度中等，韧性中等。该层分布不广泛，顶板标高一般为-29.9m~-41.3m，厚度为1.4m~8.4m。实测标准贯入击数一般为12击左右。

$III_{2j}$ 灰黑色有机质土

饱和，可塑偏软。土质不均匀，切面较粗糙，有臭味，含较多腐植物。该层在ZK1钻孔有揭示，顶板标高为-36.7m，层厚为1.5m。个别钻孔中偶见夹层，厚度一般小于40cm，不再单独划分土层。

$III_3$ 灰色淤泥质粉质黏土

饱和，流塑~软塑。土质较均匀，切面较光滑，夹少量粉砂或粉土薄层，层厚为0.2cm~0.3cm，局部为10.0cm。局部近粉质黏土。摇振略见反应，干强度中等~高，韧性中等~高。该层分布不稳定，仅在ZK31中有揭示，顶板标高为-32.4m，厚度为6.9m。

$IV_1$ 灰色粉质黏土

局部黄褐色，饱和，软塑，局部可塑偏软。土质较均匀，切面较光滑，局部夹少量粉砂或粉土薄层，层厚为0.1cm~3.0cm，局部夹层较厚，可达10.0cm~40.0cm。局部近粉质黏土夹砂或粉质黏土夹粉土。局部偶夹少量有机质土，厚约35.0cm。摇振无反应，干强度中等~高，韧性中等~高。该层分布较广，调查海域大部分地区都有分布；该层未揭穿，顶板标高一般-34.5~-44.9m，揭示厚度为0.9m~14.9m。

$IV_{1t}$ 灰色砂混黏性土

饱和，稍密~中密。以中砂为主，少量以细砂为主，黏性土含量为20~30%，局部呈薄层状，层厚为5.0cm~10.0cm，少量为20.0cm~30.0cm，局部黏性土含量少，为中细砂。含少量腐植物和少量贝壳碎片。该层主要分布在调查海域的东南角，顶板标高一般为-37.5m~-48.7m，厚度不均匀，一般为1.4m~8.2m。

$Ⅳ_2$ 灰~灰黄色中细砂

局部浅黄绿色，饱和，中密~密实。砂质较纯，颗粒不均匀，以中细砂为主，局部为粉细砂。夹少量黏性土薄层，层厚1.0cm~2.0cm，少量夹层较厚，可达10.0cm~20.0cm。偶夹有机质土，厚30.0cm。该层分布较少，主要分布在调查海域西北角，顶板标高为-37.2m~-48.4m，厚度未揭穿，揭示厚度不均匀，一般为2.2m~18.0m。

$Ⅳ_{2t}$ 灰色粉质黏土

饱和，软塑。土质较均匀，切面粗糙。摇振无反应，干强度中等~高，韧性中等~高。该层分布极少，仅在钻孔ZK3有揭示，顶板标高为-51.9m，厚度较薄，仅为0.9m。

$Ⅳ_3$ 灰黄~灰白色中粗砂

饱和，中密~密实。砂质较纯，颗粒不均匀，以中粗砂为主，局部为细砂。局部含少量褐黄色粉细砂团块或灰色细砂，见少量砾砂及卵石，粒径0.5cm~2.0cm。偶夹少量黏性土薄层，层厚约5.0cm。该层分布不均匀，顶板标高为-37.2m~-52.8m，厚度未揭穿，揭示厚度为2.2m~11.6m。

$Ⅳ_4$ 灰色砂质粉土

饱和，中密。砂质较纯，颗粒较均匀，上部黏性较重，近黏质粉土。局部砂性重，近粉砂。摇振反应中等，干强度中等，韧性中等。该层分布极少，仅在钻孔ZK21有揭示，顶板标高为-41.3m，厚度未揭穿，揭示厚度为6.0m。

$Ⅴ_{1-1}$ 兰灰色粉质黏土

局部黄褐色，饱和，可塑偏硬~硬塑。土质较均匀，切面较光滑，含氧化斑迹。摇振无反应，干强度高，韧性高。偶夹少量砂团或砂层，层厚为10.0cm~15.0cm。该层分布较少，仅在钻孔ZK1、ZK22有揭示，顶板标高为-51.7m~-54.0m，厚度未揭穿，揭示厚度为0.5m~4.5m。

$Ⅴ_{1-2}$ 蓝灰色黏土

饱和，可塑偏硬~硬塑。土质较均匀，切面较光滑，含少量氧化斑迹。摇振无反应，干强度高，韧性高。该层分布较少，仅在钻孔 ZK15、ZK18、ZK22 有揭示，顶板标高为-45.0m~52.2m，厚度未揭穿，揭示厚度为 3.0m~3.4m。

**（3）地震**

根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）及闽建设（2002）37 号文有关规定，拟建场地位于抗震设防烈度 7 度区，地震动峰值加速度为 0.15g，设计地震分组为第一组，场地特征周期为 0.35s，场地抗震类别为 II 类。

### 5.1.3 海域水文

本项目所在海域的水文动力环境概况等内容详见本报告书第五章“5.1 小节海域水文特征现状调查与评价”，本章节不做重复表述。

## 5.2 工程区域海洋资源概况

### 5.2.1 渔业资源

#### 5.2.1.1 闽南渔场

闽南渔场在台湾海峡南部，位于 23°00′～24°30′N 的台湾海峡区域，面积约为 13800 平方海里，水温年平均表层为 22.6～25.3℃，盐度年平均表层为 31.6～34.2，水深 5～70 米。本工程采砂区位于闽南渔场附近海域，见图 5.2-1。闽南渔场由于受制于黑潮支梢、南海暖流和闽浙沿岸水的影响，温度、盐度分布呈现东高西低，南高北低的格局，使渔场终年出现多种流隔，有利于捕捞。底质粉砂、砂。以 1998 年 10 月调查为例，闽南渔场游泳生物共计 42 种，鳗鲇占 34.07%，棕斑腹刺鲀占 13.68%，窄额带鱼占 6.34%，蓝圆鲹占 6.07%，花斑蛇鲻占 3.96%。以 1998 年 5 月调查为例，浮游动物共有 110 种，异尾宽水蚤占 16.90%，中华哲水蚤占 12.03%，柱形宽水蚤占 7.66%，中型莹虾占 6.72%，莹虾幼体占 5.53%。以 1999 年 6 月调查为例：共有 130 种浮游植物，柔弱菱形藻占 16.14%，念珠直链藻占 8.86%，范氏斜斑藻占 6.06%，细弱海链藻占 5.06%，翼根管藻占 4.80%。以 1998 年 5 月调查为例，底栖生物 133 种，粒致纹蚶占 74.25%，柔毛梭子蟹占 3.44%，东方刺尖锥虫占 1.79%，齿腕拟盲蟹占 1.54%，显著琼娜蟹占 1.42%。主要捕捞对象为金枪鱼、青干金枪鱼、舵鲣、脂眼鲱、绒纹单刺鲀、鲷类、蛇鲻、带鱼、金色小沙丁鱼、大眼鲷、白姑鱼、乌鲳、鳓鱼、蓝点马鲛、竹荚鱼、鲐鱼、蓝园鲹、四长棘鲷、中国枪乌贼和虾蟹类等。闽南渔场是多种经济鱼虾类产卵、索饵、越冬的良好场所，我国重要的中上层鱼类渔场之一，主要渔业作业类型为单拖、围网、流刺网、钓和灯光敷网。主要鱼期是等周年生产。

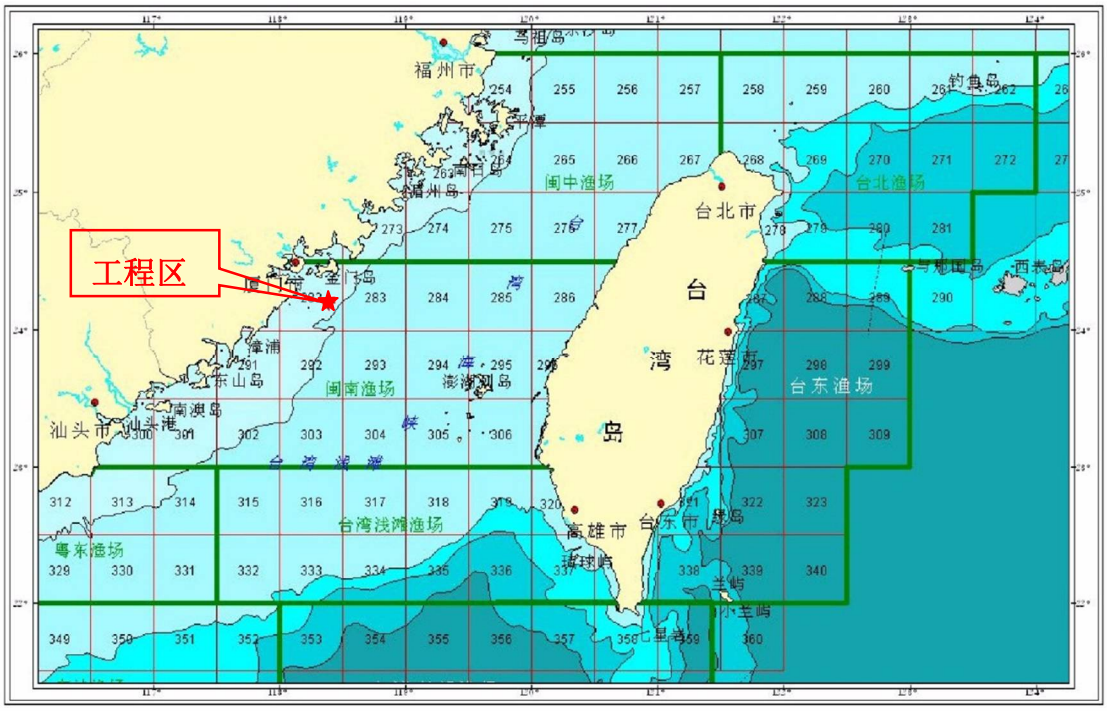



**图 5.2-1　闽南渔场地理位置图**

#### 5.2.1.2 渔业资源密度概况

根据福建省水产研究所 2000-2001 年的调查结果[1]，在台湾海峡及邻近海域共采集并鉴定的游泳生物有 497 种，其中鱼类居多，有 367 种，占总种数的 73.84%；其次为甲壳类，有 102 种，占总数的 20.52%；头足类较少，为 28 种，占总数的 5.63%；甲壳类中虾类 47 种，蟹类 46 种，分别占甲壳类总数的 46.08%和 45.10%。从闽南-台湾浅滩渔场渔业资源种类变化看，2000-2001 年与 1975-1978 年的调查结果比较，1975-1978 年鉴定鱼类 417 种，隶属 24 目，117 科，253 属（闽南渔场调查对，1980），2000-2001 年调查鱼类种类减少了 199 种。这虽然可能与调查的渔具不同有关，但更主要原因应与近十几年来捕捞强度的急剧加大，鱼类资源结构出现变动有关。

总体来看，闽中渔场和闽南渔场的种类分布数较多，四个季节平均达 100 种以上。其中，春季闽南渔场分布的种类数最多，达 108 种；夏季闽南渔场分布的种类数为 115 种；秋季闽南渔场分布的种类数达 123 种，冬季闽南渔场的种类数有 121 种。闽南渔场各调查站位四个季节渔获物平均资源密度指数各类群合计为 26.40kg/h，不同类群的平均资源密度指数详见表 5.2-1，不同季节渔获的平均

[1] 戴天元，苏永全，阮五崎，廖正信等. 台湾海峡及邻近海域渔业资源养护与管理[M]. 厦门：厦门大学出版社，2011.

资源密度指数详见表 5.2-2。根据 2000-2001 年的调查结果，闽南-台浅渔场月平均生物量密度较高，为 45.458kg/h；数量（尾数）月平均密度为 2302 ind/h，为闽东、闽中、闽南-台浅渔场中最高值。

**表5.2-1　2000-2001年闽南渔场渔业资源不同类群平均资源密度指数**

**单位：kg/h**

| 区域 | 鱼类 | 甲壳类 | 头足类 | 其他类 | 合计 |
|---|---|---|---|---|---|
| 闽南渔场 | 16.29 | 5.91 | 4.19 | -- | 26.40 |

**表5.2-2　2000-2001年闽南渔场不同季节渔业资源平均资源密度指数**

**单位：kg/h**

| 区域 | 春季 | 夏季 | 秋季 | 冬季 |
|---|---|---|---|---|
| 闽南渔场 | 15.34 | 34.97 | 26.05 | 29.64 |

1998-2000 年间闽中-闽南渔场四个季节调查出的渔业生物资源的平均指数结果如表 5.2-3 所示[2]。

**表5.2-3　1998-2000年闽中-闽南渔场四季渔业生物资源分布**

| 渔场 | 季节 | 调查总站位数 | 出现站 | | 资源重量 | | | 资源尾数 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 出现站数 | 出现站占调查站比例/% | 渔获重量/kg | 渔获重量范围/kg | 资源指数/（kg/h） | 渔获尾数/ind. | 渔获尾数范围/ind. | 资源尾数指数/（ind./h） |
| 闽中--闽南渔场 | 春季 | 17 | 15 | 88.24 | 345.71 | 0.45~116.30 | 20.34 | 12524 | 10~3612 | 737 |
| | 夏季 | 14 | 14 | 100 | 159.1 | 0.40~451.87 | 11.36 | 13003 | 21~6835 | 929 |
| | 秋季 | 21 | 21 | 100 | 475.64 | 0.51~232.2 | 22.65 | 10242 | 27~1655 | 488 |
| | 合计 | 52 | 50 | 96.15 | 980.45 | 0.40~451.87 | 18.85 | 35769 | 10~6835 | 688 |

从表 5.2-3 可以看出，该渔场的资源指数以秋季最高，其余依次为春季、夏季（冬季未调查），春、夏、秋季资源的分布比较均匀。带鱼是该海域最重要的优势种，以春季最高，夏季次之，秋季较低。

根据 1998-2000 年间的四季调查，“北斗”号调查船底拖网获取的单位小时渔获量资料，利用扫海面积法对各渔场的生物资源量进行估算，得出闽中-闽南渔场各季节生物资源量如下：

[2] 唐启升. 中国区域海洋学--渔业海洋学[M]. 北京：海洋出版社，2012.

① 春季：鱼类 $1.88\times10^4$t，虾蟹类 $0.01\times10^4$t，头足类 $0.06\times10^4$t，合计 $1.95\times10^4$t，其中，带鱼占 56.9%，路氏双髻鲨占 6.34%，蓝圆鲹占 5.4%，灰鲳占 3.6%；

② 夏季：鱼类 $1.12\times10^4$t，虾蟹类 $0.03\times10^4$t，头足类 $0.13\times10^4$t，合计 $1.28\times10^4$t，其中，带鱼占 44.2%，中国枪乌贼占 8.2%，发光鲷占 8.0%，脂眼凹肩鲹占 4.3%；

③ 秋季：鱼类 $0.97\times10^4$t，虾蟹类 $0.04\times10^4$t，头足类 $0.04\times10^4$t，合计 $1.05\times10^4$t，其中，高体鰤占 12.8%，带鱼占 12.4%，刺鲳占 9.7%，灰鲳占 7.3%，乌鲳占 7.0%，蓝圆鲹占 6.0%；

④ 冬季：未调查。

闽中-闽南渔场高资源量季节及年平均资源量的主要优势种如表 5.2-4 所示。

**表5.2-4　闽中-闽南渔场高资源量季节及年平均资源量的主要优势种**

| 渔场 | 高资源量季节及其资源量/（$\times10^4$t） | 主要优势种占年平均资源量比例/% |
|---|---|---|
| 闽中-闽南渔场 | 春、夏、秋季（1.96、1.27、1.05） | 带鱼占 42%，发光鲷占 4.0%，蓝圆鲹占 4.0%，灰鲳占 3.5%，高体若鲹占 3.0% |

底层鱼类是是东海捕捞业的主要捕捞对象，其产量占海区总产量的 70%左右，而在底拖网渔业中其比例更高。闽中-闽南渔场底层鱼类资源状况统计表见表 5.2-5 所示。

**表5.2-5　闽中-闽南渔场底层鱼类资源状况统计性描述**

| 渔场 | 四季平均资源量 | | 四季平均资源密度/（t/km$^2$） | 主要优势种占年平均资源量比例*/% |
|---|---|---|---|---|
| | 资源量/（$\times10^4$t） | 最高季节 | | |
| 闽中-闽南渔场 | 0.95 | 春季 | 0.12 | 带鱼占 63.2%（春季）；发光鲷占 6.0%（夏季）；路氏双髻鲨占 4.2%（春季）；花斑蛇鲻占 3.2%（春季）；麦氏犀鳕占 2.1%（春季）；黑斑双鳍电鳐占 1.6%（秋季） |

注*：括号内的季节表示该优势鱼种最高生物量出现的季节。

甲壳类为栖息于底层的生物资源，主要是桁杆拖网和蟹笼作业的捕捞对象，也是底拖网的兼捕对象，而头足类中的乌贼类和张玉磊栖息于底层，柔鱼类和枪乌贼类为具有昼夜垂直洄游的生物资源，是底拖网和灯光敷网的捕捞对象之一。闽中-闽南渔场甲壳类和头足类资源状况统计表见表 5.2-6 所示。

**表5.2-6　闽中-闽南渔场甲壳类和头足类资源状况统计描述**

| 渔场 | 四季平均资源量 | | 四季平均资源密度/（t/km$^2$） | 主要优势种占年平均资源量比例*/% |
|---|---|---|---|---|
| | 资源量/（$\times10^4$t） | 最高季节 | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 闽中-闽南渔场 | 0.09 | 夏季 | 0.01 | 头足类占 16.7%（春季）；枪乌贼属占 14.8%（秋季）；中国枪乌贼占 11.1%（夏季）；拟目乌贼占 7.4%（秋季）；须赤虾占 7.4%（秋季）；中华管鞭虾占 3.7%（夏季） |

注*：括号内的季节表示该优势鱼种最高生物量出现的季节。

#### 5.2.1.3 主要渔业资源种类概况

**（1）中上层鱼类**

福建省在台湾海峡及邻近海域开发的中上层鱼类资源主要有蓝圆鲹和鲐鱼。其主要捕捞渔具有灯光围网、光诱敷网、拖网、围缯、夏缯、鲲树缯和驶缯等，其中以灯光围网和疏目拖网作业捕捞效果最好，产量亦最高。灯光围网和拖网作业全年均可生产，其他作业为季节性捕捞渔具[1]。

据丘书院（1978 年）报道，福建沿海渔民早在 400 年前便有捕捞“鲲鳃鱼”（鲲指蓝圆鲹，鳃指金色小沙丁鱼，鲲鳃鱼为多种中上层鱼类的统称）的记录。光诱渔业也有近 50 年的历史，光源在 20 世纪 30 年代采用铁桶装木材烧火发光，而后改用棉纱蘸洋油燃烧，40 年代采用汽灯，50 年代末进一步改用电灯。限于当时小船小网且多在近岸作业，故渔获量不高，而且捕捞的群体大多数为幼鱼群体。50 年代一般年渔获量只有 5000t，主要是夏汛期间夏缯、鲲树缯、、驶缯、流网和地曳网等沿岸作业渔获的幼鱼群体，春汛延绳钓和流网作业及秋汛大围缯作业转浙江舟山渔场兼捕起水鱼群，均只有少量渔获。60 年代随着大围缯机帆化和推广应用探鱼仪，冬、春汛在闽中-闽东近海，秋汛在浙江舟山渔场，围捕起水鱼群和瞄准捕捞作业，渔获量倍增。1964 年以后，闽南地区灯光围网试验成功并迅速推广，中上层鱼类捕获量大幅度增长。此间一般年渔获量约 $3\times10^4$t。进入 70 年代，随着灯光围网渔业继续发展，作业逐渐向外和向南扩展，渔汛期由夏汛延长至秋冬汛和春汛乃至全年作业，年平均渔获量约 $5\times10^4$t，最高的 1978 年达到 $7.76\times10^4$t。80 年代以后，福建中上层鱼类进入大规模开发利用阶段，特别是 80 年代初开发利用了闽南-台湾浅滩渔场中上层鱼类以后，渔获量速飞猛进，捕捞网具以灯光围网为主。1987 年福建省仅灯光围网 1 种作业，渔获的中上层鱼类产量达到 132730t。20 世纪 90 年代福建省灯光围网作业渔获的中上层鱼类产量保持在 $8\times10^4$t~$10\times10^4$t。

进入 21 世纪，随着底层鱼类资源的衰退，中上层鱼类资源尤其鲐鲹鱼类，得到全面发展，全省各种作业渔获的鲐鲹鱼类产量及所占比例不断上升，占全省

海洋捕捞鱼类产量的比例从2001年的15.6%上升到2008年的23.18%，如图5.2-2所示。


**图5.2-2　2001-2008年福建省鲐鲹鱼类产量占海洋捕捞鱼类产量的比例（%）**

【资料来源：福建省海洋与渔业局（厅），福建省水产统计年鉴】

根据戴天元等[3]利用 Steele 模式对台湾海峡中北部、闽南--台湾浅滩渔场鲐鲹鱼类资源量进行估算和利用 Cadima 模式、剩余产量模式（Schaefer、Fox）对最大持续产量的评估结果，台湾海峡及邻近海域鲐鲹鱼类资源量为 $93.08\times10^4$t，最大持续产量为$50.26\times10^4$t。其中，台湾海峡中北部鲐鲹鱼类资源量为$55.97\times10^4$t，最大持续产量为 $27.70\times10^4$t；闽南--台湾浅滩渔场鲐鲹鱼类资源量为 $37.11\times10^4$t，最大持续产量为 $22.56\times10^4$t。

21 世纪以来，随着底层鱼类资源的衰退，鲐鲹鱼类得到全面开发，全省各种作业渔获的鲐鲹鱼类产量及所占比例不断上升，从 2001 年的 $24.92\times10^4$t 上升至 2008 年的 $33.09\times10^4$t，如图 5.3-2 所示。2002--2006 年台湾利用鲐鲹鱼类的产量为$5.8\times10^4$t~$9.2\times10^4$t，两岸合计利用鲐鲹鱼类的产量为$30.72\times10^4$t~$42.29\times10^4$t。鉴于台湾海峡的鲐鲹鱼类资源除了闽台渔民生产利用外，海峡北面有浙江省渔民生产，南面还有广东省渔民生产，若将浙粤 2 省的利用鲐鲹鱼类资源量按闽台利用量的 20%计算，则 10 年来，两岸生产利用海峡鲐鲹鱼类的产量约为 $36.86\times10^4$t~$50.74\times10^4$t，与评估的最大持续产量（$50.26\times10^4$t）持平。可见，从鲐鲹鱼类的资源量和开发利用量来看，基本平衡。

此外，调查还发现，开发利用的鱼类个体有变小趋势。2008 年调查捕获的

[3] 戴天元，卢振彬，冯森等.福建海区渔业资源生态容量和海洋捕捞业管理研究[M]. 北京：科学出版社，2004.

个体与 2004 年的相比，鲐鱼平均叉长减少了 9 mm，平均体重减少了 12.9g；蓝圆鲹的平均叉长减少了 5.3 mm，平均体重减少了 15.8g。优势叉长和优势体重组的范围和比例也有所减少，鲐鱼 2004 年的优势叉长范围为 190~210 mm，占全部测定样本的 37.2%，优势体重范围 100~140g，占全部测定样本的 41.0%；2008 年鲐鱼的优势叉长范围为 190~210 mm，占全部测定样本的 61.1%，优势体重范围 90~130g，占全部测定样本的 58.3%。蓝圆鲹 2004 年的优势叉长范围为 180~200 mm，占全部测定样本的 58.9%，优势体重范围 90~120g，占全部测定样本的 55.0%；2008 年鲐鱼的优势叉长范围为 170~200 mm，占全部测定样本的 83.9%，优势体重范围 70~100g，占全部测定样本的 87.9%。

以上分析表明，鲐鲹鱼类开发量与资源量基本平衡，但从鱼类生物学参数变动趋势看，鲐鲹鱼类资源已出现过度利用的迹象，值得渔业管理者和生产者重视。

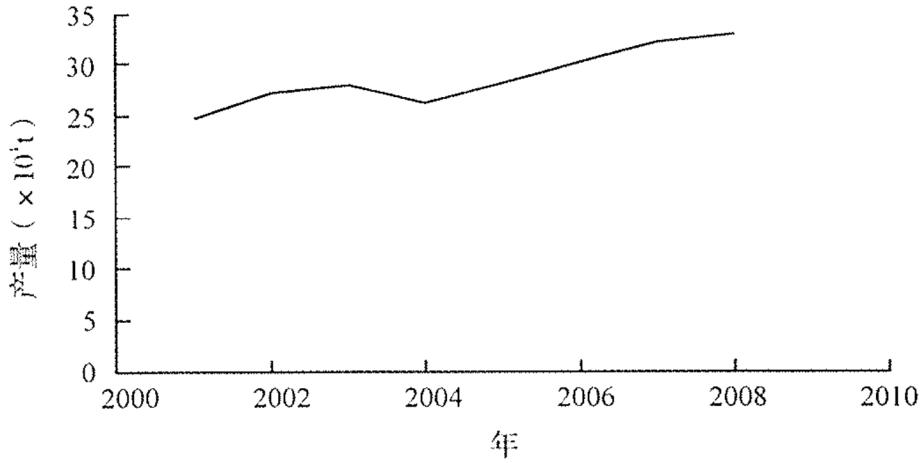



**图5.2-3　2001-2008年福建省鲐鲹鱼类产量变化**

【资料来源：福建省海洋与渔业局（厅），福建省水产统计年鉴】

**（2）枪乌贼**

**① 海峡中南部海域中国枪乌贼**

中国枪乌贼（*Loligo chinensis Gray*）隶属于枪形目、枪乌贼科、枪乌贼属，俗称“鱿鱼”。在中国主要分布于南海大陆架、台湾海峡中南部海域。该种类体大肉多，维美鲜嫩，经济价值很高，是名贵的海产珍品。

**Ⅰ 渔业状况**

台湾海峡中南部海域中国枪乌贼主要有福建省的钓具、拖网作业和光诱敷网作业捕捞，又灯光围网作业兼捕。根据福建省海洋与渔业局 1986-2007 年枪乌贼

产量统计资料，1990 年以前，福建省枪乌贼年产量大多在 $1.0\times10^4$t 以下。随着单拖作业的迅速发展，枪乌贼产量迅速增长，1993 年突破 $2.0\times10^4$t，1994 年高达 $4.69\times10^4$t，其后 1995-1999 年各年间渔获量波动较大，1998 年跌至 $2.5\times10^4$t，1999 年又上升至 $4.6\times10^4$t，2000-2002 年相对稳定在（3.0~3.8）$\times10^4$t,2003 年以后由于光诱敷网作业船数增加，产量明显增多，一直维持在（4.7~5.9）$\times10^4$t 高产、稳产的水平，如表 5.2-7、图 5.2-4 所示。

**表5.2-7　2000-2008年福建省枪乌贼渔获量统计**

| 年份 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 枪乌贼（t） | 37695 | 39491 | 31564 | 47560 | 57252 | 52817 | 59586 | 55630 | 51863 |
| 中国枪乌贼（t） | 30156 | 31593 | 25251 | 38048 | 45802 | 42254 | 47669 | 44504 | 41490 |

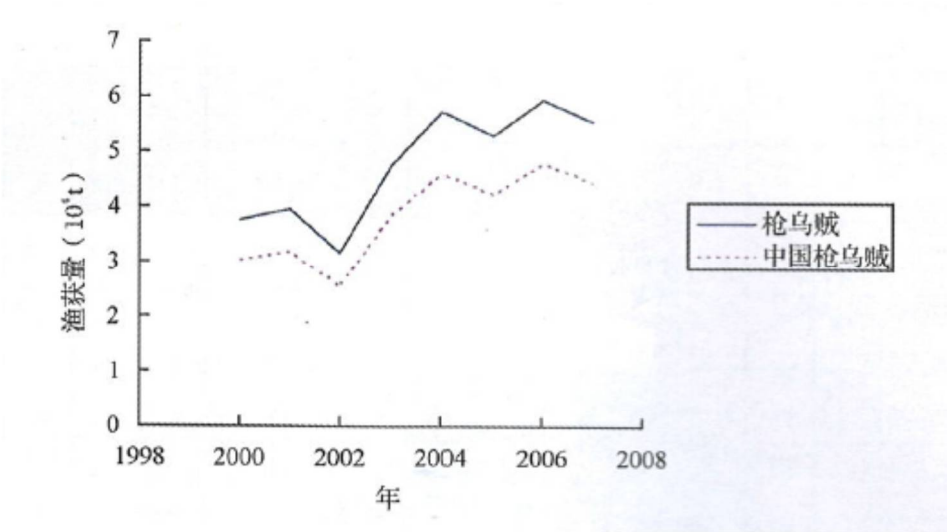



**图5.2-4 2000-2008年福建省枪乌贼渔获量**

台湾海峡的中国枪乌贼产量主要来自福建省单拖作业和光诱敷网作业。

单拖渔业方面，根据福建省水产研究所 2005-2008 年利用单拖开展渔业资源监测调查资料，单拖渔业在闽中、闽南和台湾浅滩渔场的生产船数为 1800~2000 艘，年捕捞枪乌贼（1.8~2.5）$\times10^4$t，约占单拖作业总产量的 6%~7%，其中 2005 年占 6.6%，2006 年占 6.0%，2007 年占 6.8%。每年 4-5 月和 8 月为旺汛，枪乌贼渔获产量所占比例较高，一般有 8%~10%，最高达 18.8%。由于渔场气象、水温、盐度等环境条件的变化，每年渔期的长短，渔获量高低各有不同。台湾浅滩渔场有 2 个作业汛期，一个是 4-5 月，主要捕捞春季产卵群体，另一个是 7-9 月，

主要捕捞夏秋季产卵群体，8 月为旺汛；闽南渔场的作业汛期为 7-9 月，以捕捞夏秋季产卵群体为主，8 月渔获量较高。

光诱鱿鱼敷网作业方面，福建省光诱敷网一般是作为定置网、拖网、流刺网等小型作业船的季节性兼轮作渔具。调查资料显示：目前全省光诱敷网作业规模已发展到 780 多艘，捕捞中国枪乌贼的作业渔船在闽南-台浅和闽中渔场。近年来在闽中渔场和闽南-台浅渔场生产的光诱敷网作业船数约为 450~500 艘，作业船只较小，主机功率多数为 180~200kW。2005~2008 年的主要作业渔场渔区有 273、274、275、276、282、283、284、291、292、293、294、302、304 等 13 个，而且各年的主要作业渔场基本相似，变化范围不大，如表 5.2-8、图 5.2-5 是所示。

**表5.2-8　　2005-2008年福建省枪光诱敷网渔船在台湾海峡捕捞中国枪乌贼的主要渔场**

| 年份 | 主要作业渔区 |
|---|---|
| 2005 | 266、274、283、284、285、292、293、294、304 |
| 2006 | 274、275、276、282、283、285、293、294 |
| 2007 | 273、274、275、282、283、284、293、294 |
| 2008 | 265、273、274、282、283、284、292、293、294 |

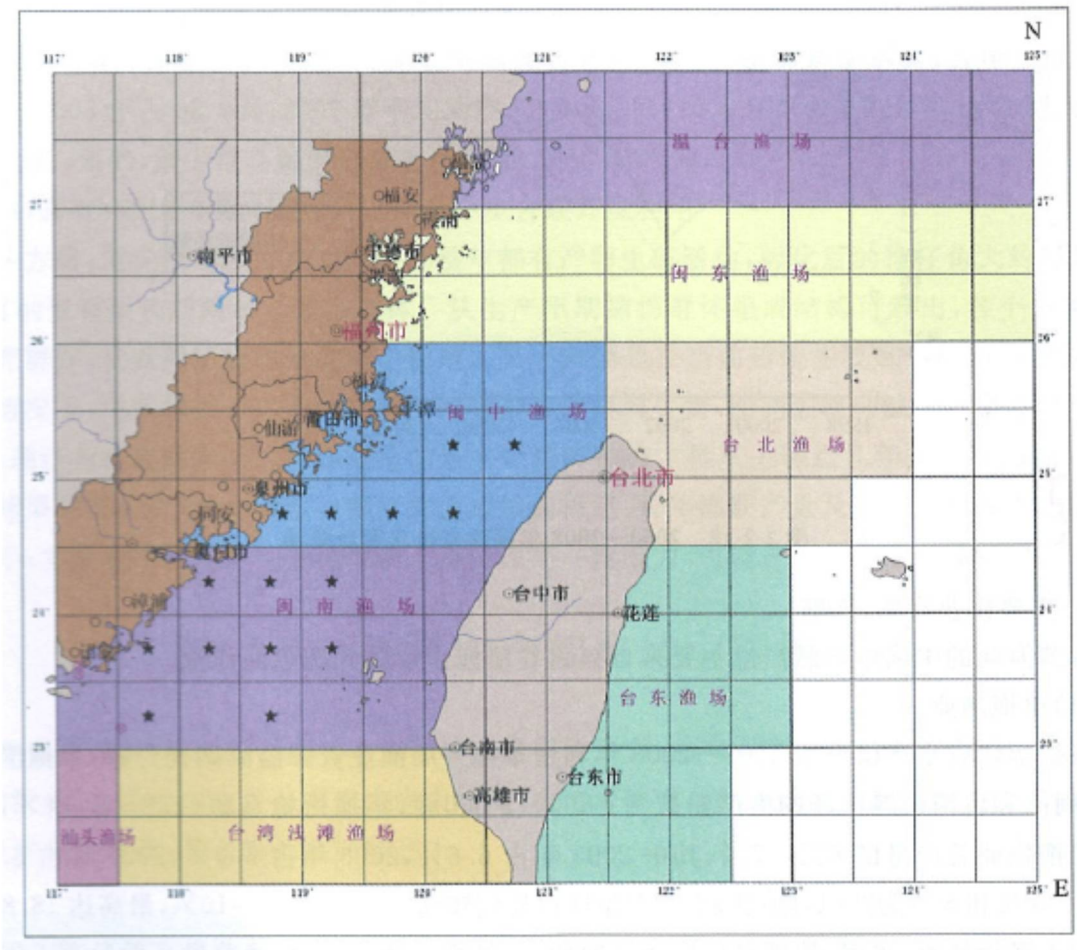



**图5.2-5　福建省光诱敷网渔船在台湾海峡捕捞中国枪乌贼的主要生产渔场**

鱿鱼钓业方面，闽南-台湾浅滩渔场的枪乌贼手钓作业历史悠久，至今已有100多年，渔汛期为4-9月，但20世纪80年代中期以后，由于拖网作业的迅速崛起，经济效益明显较好，导致劳力转移，钓船数量逐年减少，20世纪90年代中期以后，仅有惠安等地70余艘渔船投产，年产量为550~825t。

**Ⅱ 洄游分布**

中国枪乌贼属暖水性种，主要分布于闽中渔场、闽南渔场、台湾浅滩渔场和粤东近海，并随着季节的变化，呈内外、深浅移动，兼有短距离的南北洄游，一般不超过25°N，水深30~80m。闽中、闽南-台浅渔场捕获的中国枪乌贼群体主要为生殖-索饵混合体。春季3-4月，随着西南风频增多和南海水系势力的增强，中国枪乌贼开始分期、分批由南海大陆架较深水域向北进入台湾浅滩南部和西部海区，春末至夏初季节广泛分布于台湾浅滩周围及闽南、粤东近海进行繁殖-索饵洄游，在产卵活动中，群体聚集形成旺汛期，8月数量较高。到了10月以后，

随着东北风增多，中国枪乌贼由北向南，由浅水向深水移动，闽南-粤东近海冬季枪乌贼渔获数量迅速下降，但在台湾浅滩南部较深海区仍有较高数量分布。

**Ⅲ 数量分布**

从福建省水产研究所利用单拖调查的结果看，2005-2008 年，闽中、闽南渔场的枪乌贼的 CPUE 为 4.9~7.2kg/h，根据福建省水产研究所历年的调查资料，中国枪乌贼的产量约占枪乌贼产量的 80%，那么，2005-2008 年中国枪乌贼的生物量密度指数为 3.92~5.76 kg/h，见图 5.2-6。

从福建省水产研究所利用光诱敷网作业的调查结果看，2005~2008 年，中国枪乌贼的资源密度指数（kg/网）为 51.28~85.6 kg/网，其中，2006 年资源密度指数最高，而 2007 年和 2008 年资源密度指数差异很小，如图 5.2-7。

从 2 种作业调查的结果看，福建海区的中国枪乌贼资源密度指数处在稳定微升的状态，表明，中国枪乌贼资源还具有可持续利用潜力。

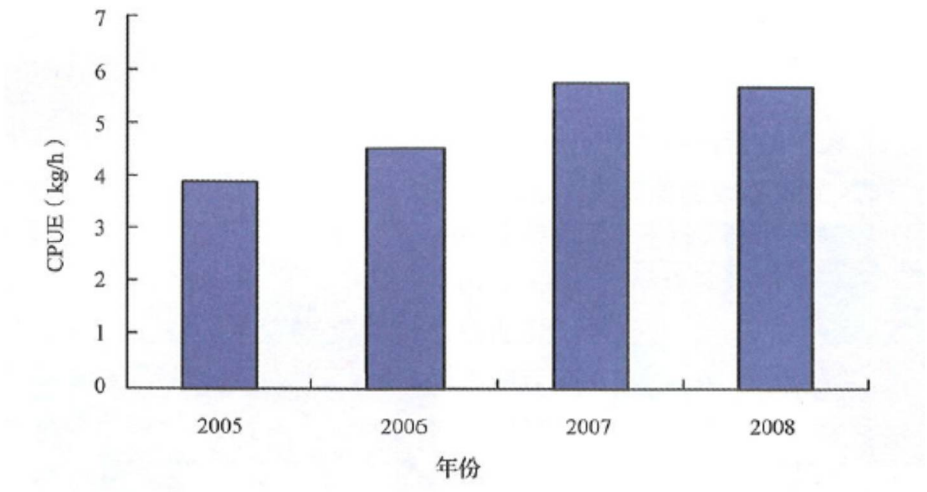



**图5.2-6　2005-2008年台湾海峡中南部海域单拖调查中国枪乌贼的资源密度指数**

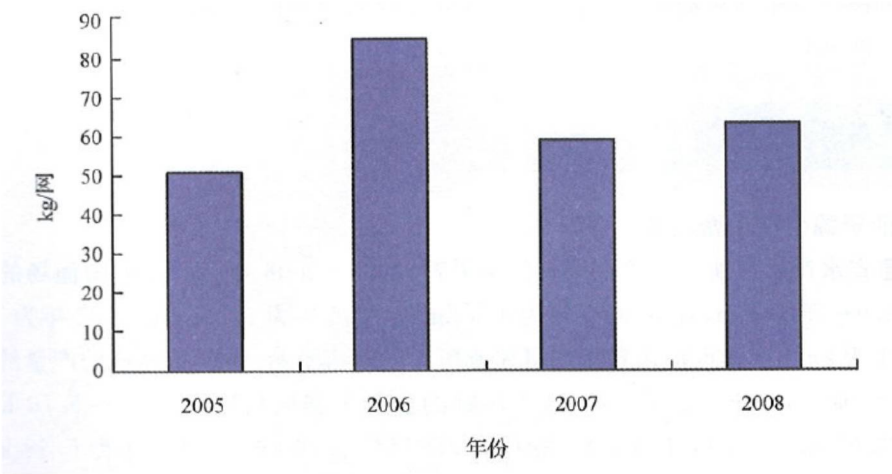



**图5.2-7　2005-2008年台湾海峡光诱敷网调查的中国枪乌贼资源密度指数**

2005 年和 2008 年，福建省水产研究所利用光诱敷网，分别在闽中、闽南和台湾浅滩渔场 10 个渔区和 14 个渔区进行渔业资源调查，结果为：2005 年中国枪乌贼的密度资源指数变化为 18.32~70.0 kg/网，283 渔区最低（18.32 kg/网），285 渔区最高（70 kg/网），10 个站位的评价资源密度指数为 47.9 kg/网。2008 年中国枪乌贼的资源密度指数变化为 3.36~108.32 kg/网，各渔区的资源密度指数悬殊较大，276 渔区最低（3.36 kg/网），255 渔区最高（108.32 kg/网），14 个站位的平均资源密度指数为 55.83 kg/网（如图 5.2-8 所示）。可见中国枪乌贼的资源密度指数 2008 年高于 2005 年，同样说明中国枪乌贼资源还未衰退，具有可持续利用潜力。

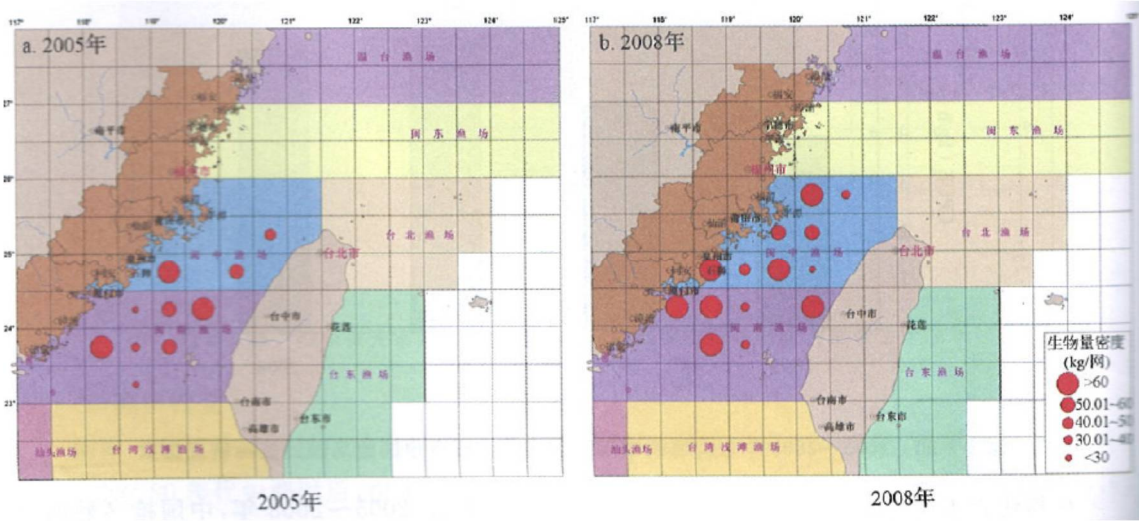



**图5.2-8 2005年和2008年台湾海峡光诱敷网调查中国枪乌贼的生物量密度分布**

Ⅳ 资源量评估

洪华生等利用单拖进行渔业资源调查，依面积法估算，闽南-台湾浅滩渔场的枪乌贼（5-9 月）资源量为 $3.1\times10^4$t，可捕量为 $2.1\times10^4$t。1995 年，福建省水产研究所利用单拖在“闽南、台湾浅滩渔场开展渔业资源调查和管理研究”中，以面积法估算，闽南-台湾浅滩渔场包括 25 个渔区（77173km$^2$）的枪乌贼资源量为 $3.9\times10^4$t，最适可捕量为 $2.7\times10^4$t。2008 年利用单拖进行渔业资源调查，以面积法估算，闽南-台湾浅滩渔场包括 25 个渔区的枪乌贼资源量为 $3.6\times10^4$t，最适可捕量为 $2.5\times10^4$t。3 次评估的结果相似，其资源量在（3.1~3.9）$\times10^4$t 之间，可捕量在（2.1~2.7）$\times10^4$t 之间；若以中国枪乌贼数量占枪乌贼的 80%计算，则闽南和台湾浅滩渔场的中国枪乌贼资源量在（2.4~3.12）$\times10^4$t 之间，可捕量在（1.68~2.16）$\times10^4$t 之间。

② 福建近海杜氏枪乌贼

杜氏枪乌贼（*Loliqo duvaucelii Orbiqny*）隶属于软体动物门头足纲，枪乌贼科，枪乌贼属，为浅海性小型种类。常栖息于水深 10~30m 海域，具有明显的趋光性，但畏强光。杜氏枪乌贼与中国枪乌贼一样属于寿命短的种类，具有分期、分批生殖的特点，6~9 月均有雌性性腺发育成熟度Ⅳ亲体出现。其生长速度较快，群体补充迅速，世代更新快，几乎每个月都有新的补充资源加入捕捞群体，从而保证资源量的相对稳定。

Ⅰ 渔业状况

杜氏枪乌贼主要有钓具作业、拖网作业和光诱敷网作业捕捞，还有由灯光围网作业兼捕。2005-2008 年，福建省单拖渔业在闽中、闽南和台湾浅滩渔场的生产船数为 1800~2000 艘，多年来闽东地区已经没有拖网作业。目前全省光诱敷网作业规模已发展到 780 多艘。在闽南-台湾浅滩渔场生产的光诱敷网作业船数约为 450~500 艘，作业船只较小，主机功率多数为 180~200kW。

杜氏枪乌贼主要分布在台湾海峡南北两翼，即闽中、闽南-台浅渔场，闽东渔场和温台渔场。根据福建省水产研究所的历次调查资料，闽中、闽南-台浅渔场的杜氏枪乌贼产量约占福建省枪乌贼产量的 20%，2001-2007 年，闽中、闽南-台浅渔场的枪乌贼产量为（3.62~4.46）$\times10^4$t，那么，闽中、闽南-台浅渔场的杜

氏枪乌贼则约为（0.79~1.11）×$10^4$t。

杜氏枪乌贼在闽中、闽南-台浅渔场主要与中国枪乌贼群居，多数被单拖和光诱敷网捕捞。由于渔场气象、水温、盐度等环境条件的变化，单拖每年渔期的长短，渔获量高低各有不同。闽南-台湾浅滩渔场有 2 个作业汛期，一个是 4~5 月，主要捕捞春季产卵群体，另一个是 7~9 月，主要捕捞夏秋季产卵群体，8 月为旺汛；闽南渔场的作业汛期为 7~9 月，以捕捞夏秋季产卵群体为主，8 月渔获量较高。光诱鱿鱼敷网作业方面，在闽南渔场和闽中渔场，主要作业渔场渔区有 265、266、273、274、275、276、282、283、284、291、292、293、294、302、304 等 13 个，而且各年的主要作业渔场基本相似、变化范围不大（图 5.2-9）。

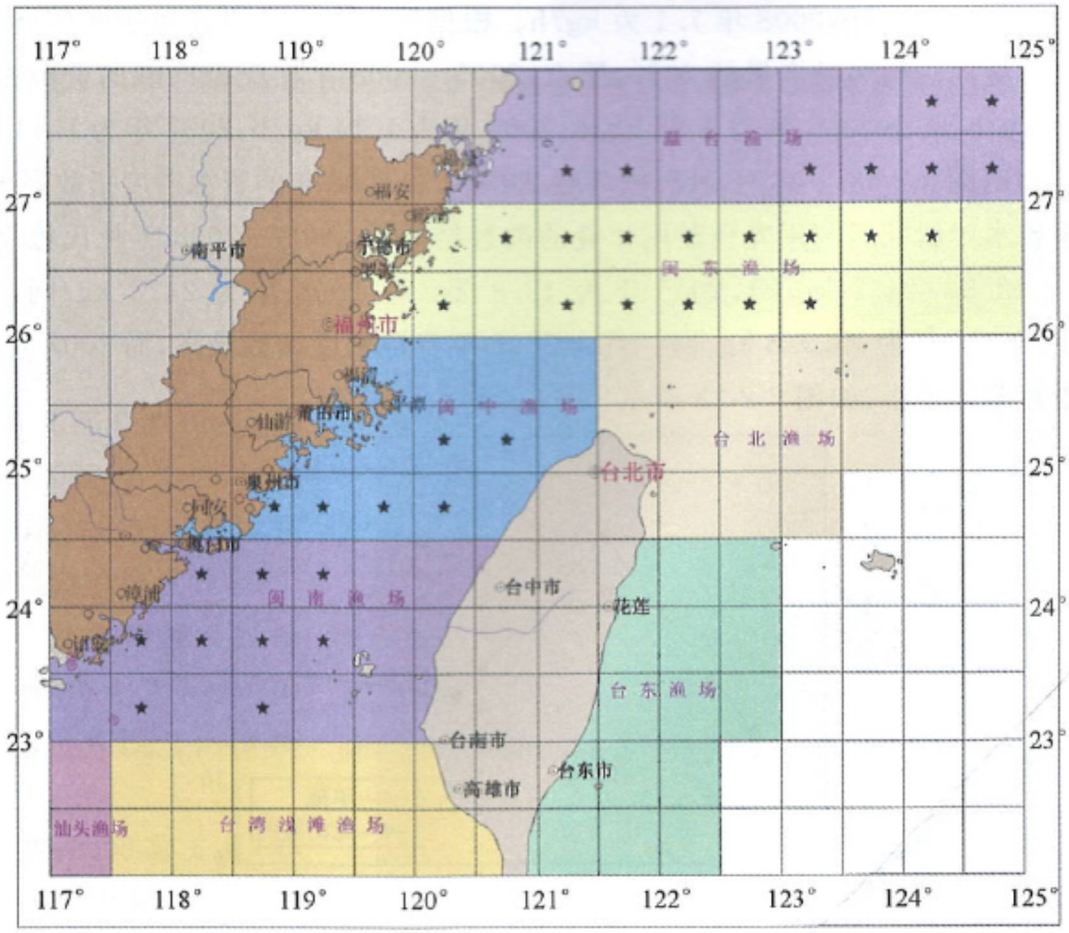



**图5.2-9　台湾海峡及邻近海域光诱网捕捞杜氏枪乌贼主要生产渔场**

### Ⅱ 洄游分布

杜氏枪乌贼在闽南海域与中国枪乌贼分布在同一渔场，在海峡北部海域与剑尖乌贼分布在同一渔场。

在闽中、闽南-台湾浅滩渔场，春季 3-4 月，随着西南风频率增多和南海水

系势力的增强，杜氏枪乌贼开始分期、分批由南海大陆架较深水域向北进入台湾浅滩南部和西部海区，春末至夏初季节广泛分布于台湾浅滩周围及闽南、粤东近海进行繁殖-索饵洄游，在产卵活动中，群体聚集形成旺汛期，8 月份数量较高。到了 10 月以后，随着东北风增多，杜氏枪乌贼由北向南，由浅水向深水移动，闽南-粤东近海冬季枪乌贼渔获数量迅速下降，但在台湾浅滩南部较深海区仍有较高数量分布。

**Ⅲ 数量分布**

在福建省水产研究所利用单拖的调查结果看，2005-2008 年，单拖在闽中、闽南-台湾浅滩渔场捕获枪乌贼的 CPUE 为 4.9~7.2kg/h，根据福建省水产研究所历年的调查资料，杜氏枪乌贼的产量约占枪乌贼产量的 20%，那么，2005-2008 年杜氏枪乌贼的生物量密度指数为 0.98~1.44 kg/h，见图 5.2-9。

从福建省水产研究所利用光诱敷网作业的调查结果看，2005~2008 年，杜氏枪乌贼的资源密度指数（kg/网）为 12.8~24.2 kg/网，其中，2006 年资源密度指数最高，而 2007 年和 2008 年资源密度指数差异很小，如图 5.2-10。

从 2 种作业调查的结果看，福建海区的杜氏枪乌贼生物量密度指数处在稳定微升的状态，表明杜氏枪乌贼资源还具有可持续利用能力。

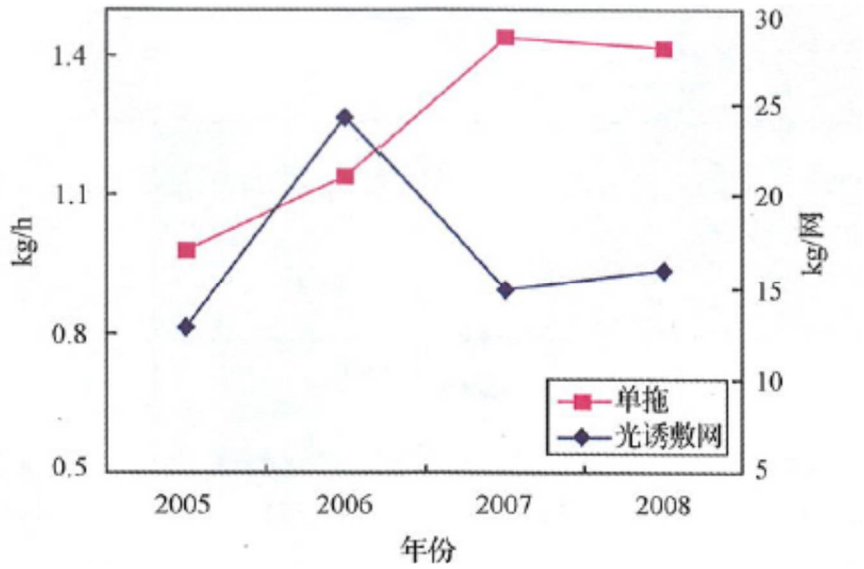
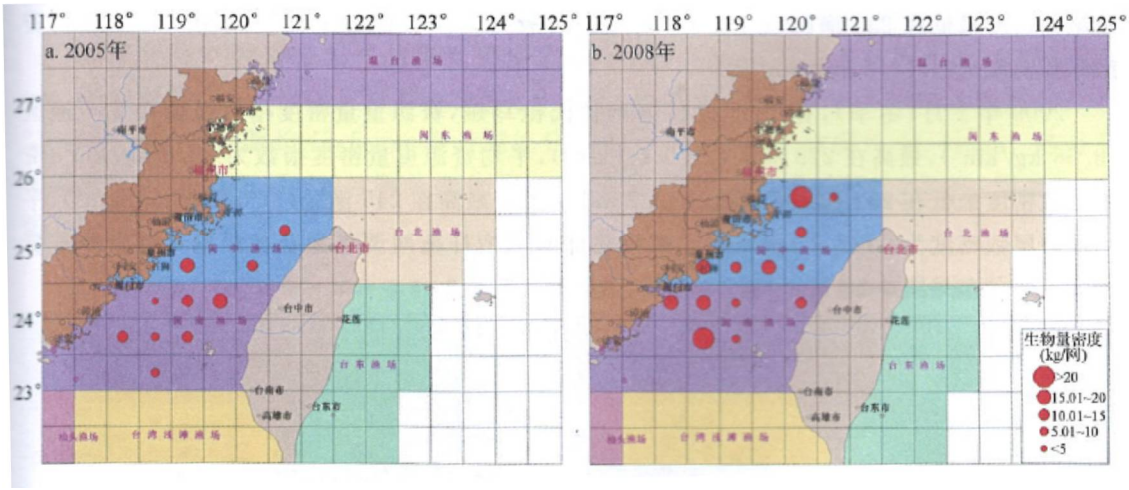



**图5.2-10　2005-2008年台湾海峡杜氏枪乌贼生物量密度指数**

2005 年和 2008 年，福建省水产研究所利用光诱敷网，分别在闽中、闽南和台湾浅滩渔场 10 个渔区和 14 个渔区进行渔业资源调查，调查结果为：2005 年

杜氏枪乌贼的密度资源指数变化为 4.58~17.5 kg/网，283 渔区最低（4.58 kg/网），285 渔区最高（17.5 kg/网），10 个站位的评价资源密度指数为 11.95 kg/网。2008 年杜氏枪乌贼的资源密度指数变化为 0.84~27.8 kg/网，各渔区的资源密度指数悬殊较大，276 渔区最低（0.84 kg/网），255 渔区最高（27.8 kg/网），14 个站位的平均资源密度指数为 13.96kg/网（如图 5.2-11 所示）。可见闽中、闽南渔场的杜氏枪乌贼的资源密度指数 2008 年高于 2005 年，同样说明该海域的杜氏枪乌贼




资源还具有可持续利用潜力。

**图5.2-11　2005年和2008年闽中、闽南渔场杜氏枪乌贼生物量密度指数分布**

**Ⅳ 资源量评估**

洪华生等（1991）、福建省水产研究所（1995、2008）分别利用单拖进行渔业资源调查，依面积法估算，闽南-台湾浅滩渔场的枪乌贼资源量在（3.1~3.9）×$10^4$t 之间，可捕量在（2.1~2.7）×$10^4$t 之间；若以福建省水产研究所调查结果，杜氏枪乌贼数量占枪乌贼的 20%计算，则闽南-台湾浅滩渔场的杜氏枪乌贼资源量在（0.62~0.76）×$10^4$t 之间，可捕量在（0.42~0.54）×$10^4$t 之间。

## 5.2.2 港口资源

厦门港自然条件优越，港区外岛屿星罗棋布，港内水域宽阔、水深浪小、不冻不淤，历史上就是我国东南沿海对外贸易的重要口岸。厦门港岸线总长 202.3 km，适于建港的岸线 60.5 km，锚地面积达 19 $km^2$。进港主航道全长约 42 km，水深达到-12 m，10 万吨级船舶可全天候进出港。

经过改革开放以来 30 多年的开发建设，厦门港已经拥有东渡港区、海沧港

区、嵩屿港区、翔安港区、招银港区、后石港区、石码港区、古雷港区、东山港区、云霄港区、诏安港区。

建成包括集装箱、煤炭、成品油、粮食等专业化泊位在内的生产性泊位 156 个，其中深水泊位 49 个，总通过能力 12650 万吨（含集装箱 724 万 TEU）、客运 1507 万人次和滚装 146 万辆次；其中集装箱深水专业化泊位 22 个、通过能力 724 万 TEU。

### 5.2.3 旅游资源

厦门是一座风姿绰约的“海上花园”，岛、礁、岩、寺、花、木相互映衬，风景秀丽，气候宜人，海水环绕，砂滩广阔，形成了厦门独特的自然景观。

厦门拥有国家 5A 级旅游景区——鼓浪屿风景名胜区；国家 4A 级旅游景区——万石植物园 、海沧大桥东岸旅游区、集美嘉庚纪念胜地、日月谷温泉度假村、天竺山森林公园、园博苑、同安影视城等。国家森林公园有莲花森林公园。

此外，厦门岛内还有虎溪岩、白鹿洞、中山路步行街、南普陀寺、厦门大学、五老峰、环岛路及其海滨浴场、台湾民俗村（景州乐园）、厦门国际会议展览中心、厦门五缘湾湿地公园、华侨亚热带植物引种园等旅游观光地；厦门岛外有海沧野生动物园、火烧屿生态乐园、陈嘉庚纪念馆等旅游景点。

## 5.3 工程区及周边海域开发利用现状

### 5.3.1 海域开发利用现状

工程区基本位于领海基线以外的领海范围内，周边海域的主要开发利用现状为渔业捕捞用海、海缆用海、海砂开采用海、倾倒区用海和港口航运用海（航道、锚地用海）等。海域开发利用现状图见图 5.3-1。

### 5.3.2 渔业捕捞

根据《福建省海洋功能区划》（2011-2020），工程区所在海域的海洋功能区划为“近海农渔业区”。 本工程采砂区处于闽南渔场附近海域，每年 3-5 月，有大批的生殖鱼群洄游到九龙江口产卵，而工程区海域是鱼群洄游所经之地。漳州和厦门沿海渔民在本工程及其附近海域有进行一定的渔业捕捞活动。根据《台湾海峡中、北部渔场图》（2003 年），工程区所在海域禁止拖网捕鱼，但根据《厦

门新机场海砂资源量调查报告》项目组成员向周边陆域的渔民调访得知，工程区海域通常见小渔船在海况较好时进行拖网捕鱼，此外，还有零星的定置网与流刺网进行捕鱼。

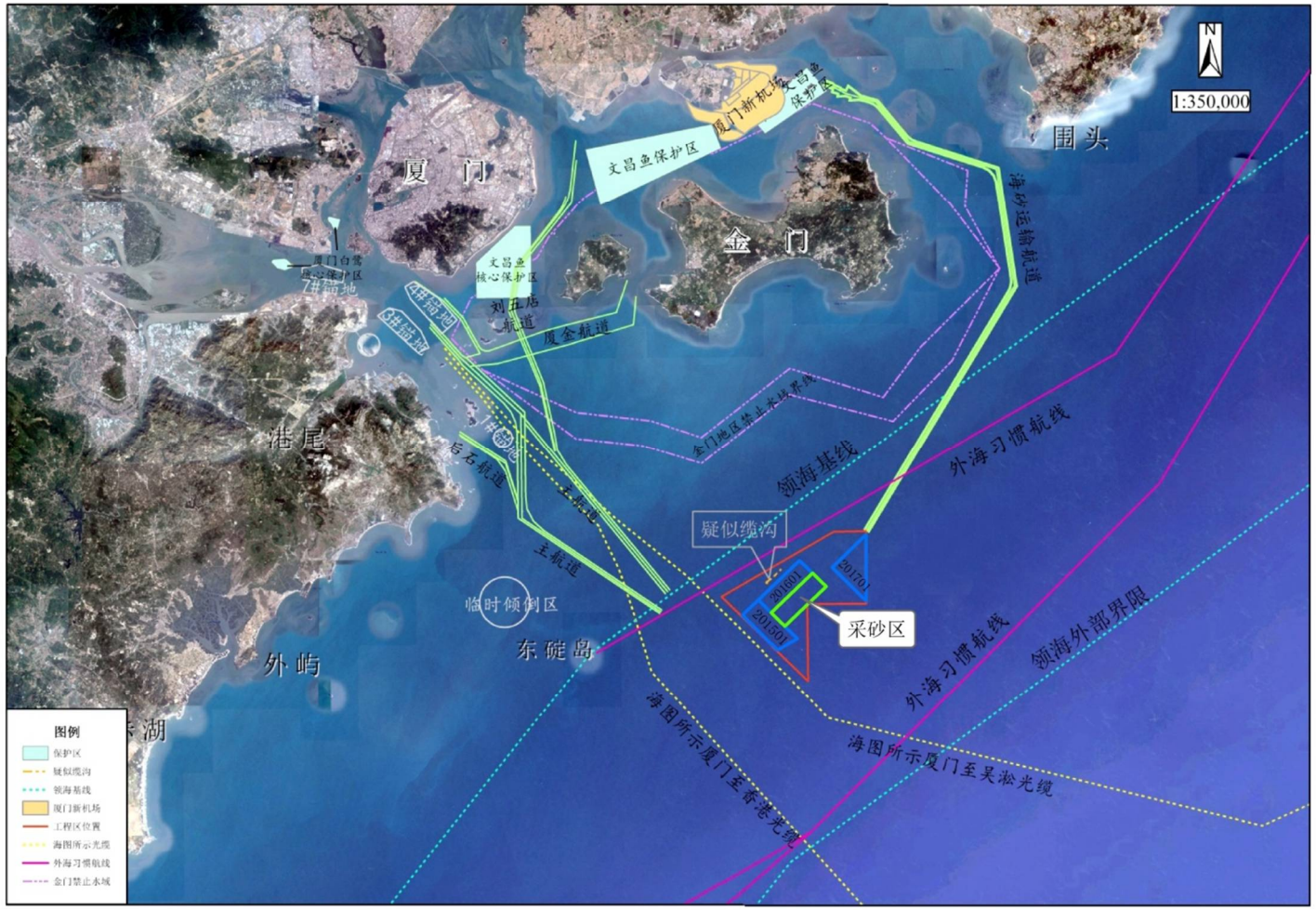



**图5.3-1　工程区及周边海域开发利用现状图**

### 5.3.3 航道、锚地概况

1. 航道

厦门湾内航道主要包括主航道、东渡航道、海沧航道、招银航道、石码航道、后石航道、刘五店航道、厦金航道、五通至金门航道、厦鼓航道、“海上海岛一日游”航道和外海习惯航线等以及将要建设的厦门新机场海砂运输航道，下面主要介绍与本工程有关的航道情况：

①主航道

厦门港主航道自厦门湾湾口 20m 等深线附近起，经青屿水道，至鼓浪屿西南海域 E 点（29#灯浮附近），分两汊进港，其中从 A 点进港全程约 39.1km，A～B～C 航段航道宽度为 300m、底标高为-14.5m，可满足实载吃水为 13.0m 的 10 万吨级集装箱船全潮通航要求（通航水位 0.72m），同时满足 10 万吨级油轮乘潮通航（通航保证率为 50％）；从 A’点进港航程 34.8km，建设规模为实载吃水 14.5m 的集装箱船双向全潮通航（通航水位 0.72m），同时兼顾 15 万吨级散货船（实载吃水 16.9m）和 15 万吨集装箱船（满载吃水 16.5m）乘潮通航要求，航道尺度为：A′～C 航段航道有效宽度 450m，设计底标高-16.0m，通航水深 15.6m；C～$C_1$ 航段航道有效宽度 600m，设计底标高-16.0m，通航水深 15.6m；$C_2$～D～E′航段，航道有效宽度 410m，设计底标高-15.5m，通航水深 15.1m。$C_1$～$C_2$ 航段为渐变段，航道有效宽度由 600m 渐变至 410m。该工程于 2013 年 11 月 29 日通过交工验收。

②外海习惯航线

根据《航路指南》，工程区海域处于客货轮船习惯航线上（图 4.4-1），从台湾海峡北部向西南航行的客货轮，若要进入厦门港，先要从工程区海域经过，然后沿位于工程区西南侧的航标的引导，进入厦门港，反之，从厦门港向北或从台湾海峡自南向北的客货轮，也通过从工程区海域经过。

通过收集的相关资料分析，台湾海峡习惯航线的分布受季节、海况影响较大，具体可划分为大中型（万吨级）船舶航线、中小型（千吨级）船舶航线和横穿台湾海峡航线。

A.大中型船舶航线

天气海况良好条件下，船舶一般选择外海航线通过台湾海峡，即选择与大陆外围岛屿连线平行的航线。外海航线主要分布在离岸 15~25 海里的范围内。天气海况比较恶劣时，在兄弟屿至乌丘屿之间选择离岸 8~10 海里的航线，并在距乌丘屿东侧 3 海里附近通过。

B.中小型船舶航线

天气海况良好时，船舶一般选择沿岸航线航行，该航线主要集中在离岸 10~15 海里的范围内。天气海况比较恶劣时，船舶选择沿岸航线的中线或内线航行，即取南澎岛内侧，距东碇岛 5 海里，经南日水道走内航线或距东甲岛 4 海里的中航线。

C．横穿台湾海峡航线

即福州、厦门至高雄、基隆间的直航航线。该航线与海峡中的主流成直角或大角度交叉。

厦门-高雄航线：在天气海况良好的航行条件下，厦门至高雄往返习惯航线为：青屿-东碇-花屿-七美屿-高雄；在天气海况较差时，特别是东北风大于 7 级以上时，选择穿越望安水道航行。

福州-高雄航线：在天气海况良好的航行条件下，经牛山岛驶航向 182°，通过澎湖水道至高雄港。冬季大风浪季节，可经望安水道西口至乌丘屿穿越海峡。

厦门-基隆：经金门驶航向 70°至富贵角再驶入基隆港。

福州-基隆：经马祖驶航向 112°至富贵角再驶入基隆港。

③厦门翔安机场海砂运输航道

目前厦门翔安机场海砂运输航道建设已完成前期的相关论证工作，并于 2015 年 1 月开始施工。该海砂运输航道工程建设规模为万方级耙吸船双向航道，满足万方级耙吸船不乘潮双向通航要求，从本工程采砂区至小嶝岛附近的储砂坑，全长为 46.4km，其中从采砂区至围头角航段属于外海海域，为天然航道，有效宽度设计为 260m，底标高取-15m，此航段长约 31.0km，而从围头角至储砂坑航段分布有浅于航道设计底标高的岩礁，且自然水深不满足航道设计尺度要

求，因此需要采取疏浚和炸礁工程，设计有效宽度为 240m，底标高取-11.6m，此航段长约 15.4km。

④刘五店航道

刘五店航道自主航道 A′～C 航段中部 $L_0$ 点接入，穿越金门水域，沿厦门东侧水道至刘五店散杂货泊位区（在建的 6#～8#泊位）调头区外沿 $L_6$ 点，全长约 27.6km，航道有效宽度 220m，底标高-12.0m。刘五店航道通航技术标准为：$L_0$～$L_6$ 航段按营运吃水 13.0m 的 7 万吨级散货船和 10 万吨级集装箱船单向乘潮通航要求控制。延伸段（$L_5$～$L_8$ 航段）航道建设规模按 3000 吨级油船单向乘潮通航要求建设，航道建设尺度为：航道有效宽度 95m，航道设计底标高-5.0m。刘五店航道厦门航段于 2013 年 10 月交工验收。

⑤后石航道

后石航道为 15 万吨级散货船乘潮单线航道，其中，航道口门起点至后石港区 3 号泊位回旋水域附近满足 15 万吨级散货船乘潮单线通航要求；至中利石化码头附近航道同时满足 5 万吨级油船（或化学品船）全潮单线通航要求。其中，A~B 段航道通航宽度为 300m，航道设计底高程-16.5m，B~H~I1 航段通航宽度为 280m，航道设计底高程为-16.5m，I1~J~K~L 航段航道通航宽度为 270m，航道设计底高程为-16.1m。航道总航程 28143m。

2.锚地

厦门港现公布的锚地有 1#、3#、4#、5#、7#共计 5 块锚地，锚地面积共 17.41km$^2$，锚地现状见表 5.3-1。其中距本工程较近的为 1#锚地，1#锚地距本工程区最近约为 24.08km。

**表 5.3-1　厦门港港口锚地现状表**

| 锚地名称 | 水域面积（km$^2$） | 功　　能 | 备　注 |
|---|---|---|---|
| 1#锚地 | 1.55 | 港外锚地 | 5～10 万吨级船舶锚地 |
| 3#锚地 | 5.97 | 临时防台、避风 | 万吨级以下船舶锚地 |
| 4#锚地 | 6.4 | 联检、引航 | 万吨级船舶锚地 |
| 5#锚地 | 0.3 | 港内锚地 | 千吨级船舶锚地 |
| 7#锚地 | 3.19 | 危险品船舶专用锚地 | 千吨级船舶锚地 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 合　计 | 17.41 | | |

### 5.3.4 海底电缆管道、海上构造物情况

根据 2011 年海图，工程区的南、北两侧有海底光缆分布，其中，金门岛至澎湖岛的海底光缆位于工程区的北侧约 18km，厦门至吴淞的光缆从工程区以南 1km 处通过，再往南约 7km，是厦门至香港的光缆，另外根据《厦门新机场海砂资源量调查报告》工程区北侧有一条延绵 1km 的疑似缆沟。厦门市机场建设指挥部于 2014 年 3 月召开厦门新机场海砂开采区管线调查协调会议（附件 5、6），会议召集海军厦门水警区、厦门警备区、中国移动厦门公司、中国电信集团公司、中国联通厦门公司和中国铁通厦门公司等相关部门代表，初步确认开采区内没有这些部门所管辖的管线分布，其中中国电信集团公司和中国联通厦门公司已确认在厦门出口海域参与建设的现役海缆仅有厦金海缆，距离工程区较远，约 25km，但是工程区及周边海域金门岛方面的海缆分布尚不清楚，在海砂开采工作实施前需进一步调查金门岛方面在工程区及周边海域的海缆分布情况，核实疑似缆沟。

根据调访和查阅相关资料，在解决疑似缆沟及工程区周边无海缆经过的情况下，工程区周边无海上构造物建设（包括对海洋权益有特殊意义的海上构造物、标志物）。

### 5.3.5 周边海砂开采项目

2015 年 7 月 10 日，厦门路桥建设集团委托海洋三所对厦门湾口海域海砂开采工程进行了海域使用论证，拟申请采砂面积 5787.8024hm$^2$，采砂区出露砂方量约 4.4 亿 m$^3$，实际可开采出露砂方量约为 3.1 亿 m$^3$，开采期限为三年。该海域采砂采取分块分期取砂的方式进行采砂用海。

2016 年 8 月，由厦门住宅建设集团有限公司拍得厦门湾口海域 201501 海砂开采工程项目（一期），用海面积 693.9662hm$^2$，海砂开采上限 4400 万 m$^3$（已完成开采）。

2017 年，由厦门住宅建设集团有限公司拍得厦门湾口 201601 海域（二期），海域总面积 620.0796hm$^2$，海砂开采上限 2800 万 m$^3$，开采期限为 2 年（未动工开采）。

2018 年，由厦门万翔同实业有限公司拍得厦门湾口 201701 海域海砂开采项目，用海面积 677.9430hm²，海砂开采上限 3250 万 m³，开采期限为 2 年（未动工开采）。

## 5.4 环境敏感目标分布及概况

### 5.4.1 经济鱼类的“三场一通道”

“三场一通道”即指鱼类的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道等关键繁育栖息场所。根据国家农业部农业科学数据库对闽南渔场“三场一通道”的历史资料，工程区周边海域可能涉及到其“三场一通道”的经济鱼类品种主要有：大黄鱼、蓝点马鲛、蓝圆鲹和带鱼四种，其中蓝圆鲹和带鱼的“三场一通道”距离工程区较远。

**（1）蓝圆鲹**

蓝圆鲹（*Deca pterus maruadsi*），隶属鲹科（Carngidae）、圆鲹属（*Deca pterus*）。体纺锤形，稍侧扁，脂眼睑发达，前后均达眼中部，仅瞳孔中央露出一长缝。上颌后端较钝圆。体被小圆鳞。有侧线，侧线直线部的全部或绝大部分上具棱鳞。胸鳍长与头长之比随鱼体的大小而异。背鳍前部上顶有一白斑。生命周期短，最大为 6 龄。生长快，1 龄就能产卵。卵生，卵浮性，具油球。自 12 月至翌年 4 月分群产卵。夏季在沿岸广泛出现幼鱼密集区。产卵后的群体和幼鱼分散到近海较深处，部分能到外海。

蓝圆鲹俗称巴浪、鲲鮎（福建）、黄占（浙江、上海、江苏），系近海暖水性中上层鱼类，具洄游习性，喜结群，我国南海、东海、黄海以及日本、朝鲜等海域均有分布。在东海主要分布于中国福建沿岸，以桡足因、介形类、萤虾、鳞虾、七星鱼等为食。蓝圆鲹是中国主要经济鱼类，东海和南海为其重要产区，尤以台湾海峡和浙江北部近海资源较丰富。

福建海域的蓝圆鲹也分属于 2 个不同的种群，即闽南-粤东近海地方种群和东海种群。闽南-粤东近海地方种群的蓝圆鲹主要分布于闽南-粤东近海和台湾浅滩。由于闽南-台湾浅滩渔场独特的生态环境，终年受到黑潮支梢影响，水温大于 20℃、盐度大于 33.5‰，因而蓝圆鲹一般不做长距离洄游。东海种群则与鲐

鱼一样具有长距离洄游习性。洄游路线大致是：秋季在浙江北部海区索饵，冬季自北而南精油闽东-闽中渔场到达台湾海峡中、南部越冬场越冬。春季随着性腺逐渐发育成熟，又自南而北边洄游边产卵。产卵过后的亲鱼继续北上浙江北部近海索饵，孵化出的仔幼鱼也随波逐流北上浙江近海。闽中-闽东渔场既是蓝圆鲹的越冬场又是其生殖场。

闽中、闽东蓝圆鲹东海种群每年 3 月开始，位于台湾海峡越冬的鱼群，随着性腺的逐渐发育，离开越冬场向西和向北方向作生殖洄游，在闽中、闽东近海的产卵，产卵期为 4～7 月，盛期为 5～6 月（图 5.4-1）。

蓝圆鲹东海种群产卵过后的亲鱼继续向北洄游，部分鱼群科达浙江中部沿海。孵化出来的仔幼鱼也随风、随流飘到浙江近海、舟山和长江口渔场索饵成长。蓝圆鲹东海种群有二个越冬场，一是在台湾海峡中南部（与闽南、粤东近海种群的分布有交错）；另一个是在台湾北部彭佳屿附近水深 100～150 米的海域。每年 3 月开始，位于台湾海峡越冬的鱼群，随着性腺的逐渐发育，离开越冬场向西和向北方向作生殖洄游，在闽中、闽东近海的产卵期为 4～7 月，盛期为 5～6 月。产卵过后的亲鱼继续向北洄游，部分鱼群可达浙江中部沿海。孵化出来的仔幼鱼也随风、随流飘到浙江近海索饵成长，到秋末随着水温的下降，亲体和幼鱼均返回越冬场越冬。彭佳屿越冬的鱼群，约于 3～4 月间分批向浙江近海作产卵洄游，进入产卵场的大致时间为：南、北亮近海为 4～5 月，鱼山、大陈近海为 5～6 月，舟山近海为 6～7 月，产卵期可延长至 9 月，盛期为 5～6 月。当年生幼鱼在产卵场附近索饵，有部分会逐步向北扩展，到夏末和秋季在舟山和长江口渔场，与当年生幼鱼混合成为秋汛捕捞鲐鲹鱼的汛期。秋末，随着水温的下降，亲体和当年生幼鱼陆续返回越冬场越冬（图 5.4-2）。

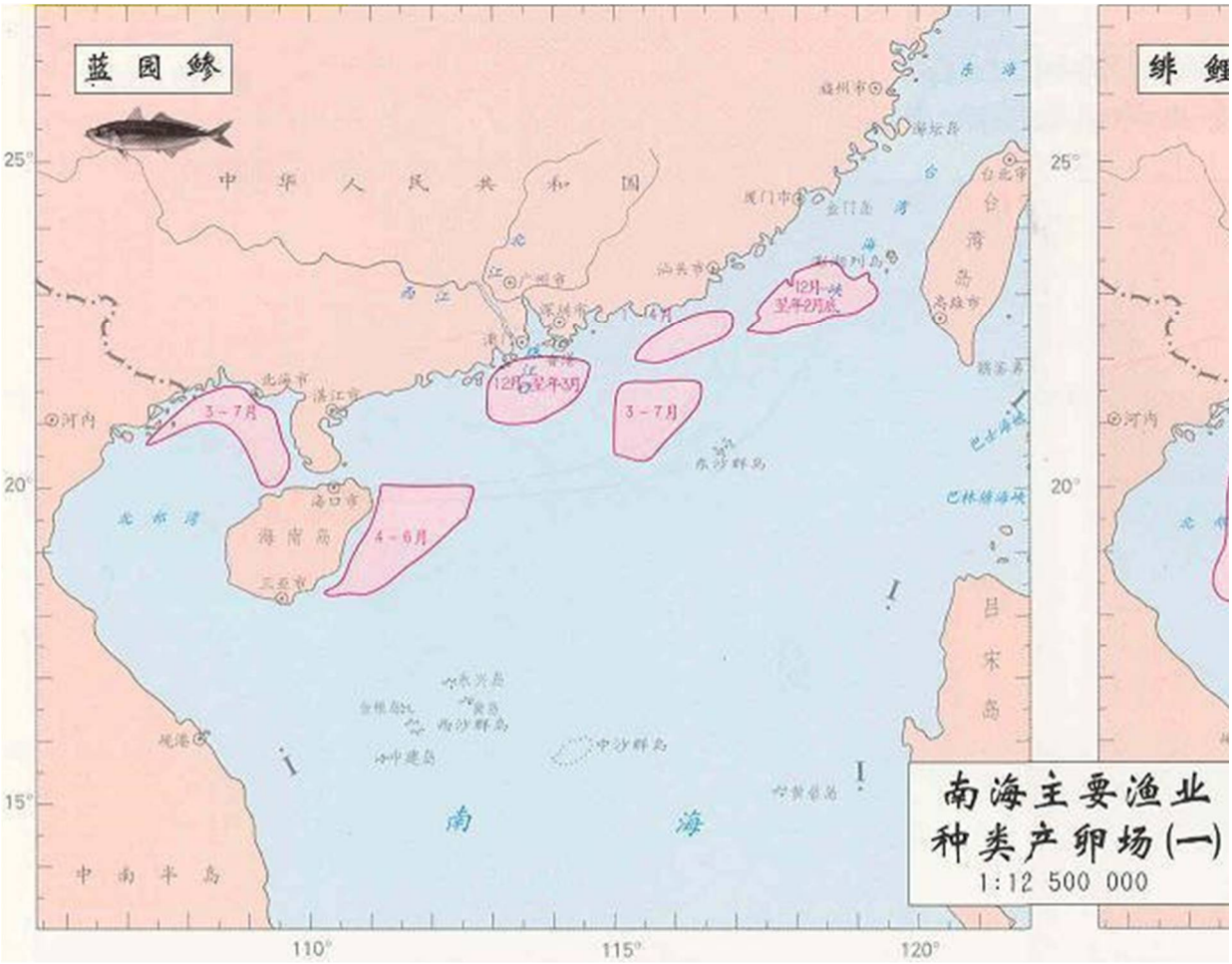



**图 5.4-1　闽中、闽东蓝圆鲹产卵场位置示意图**

（资料来源：农业科学数据共享中心）

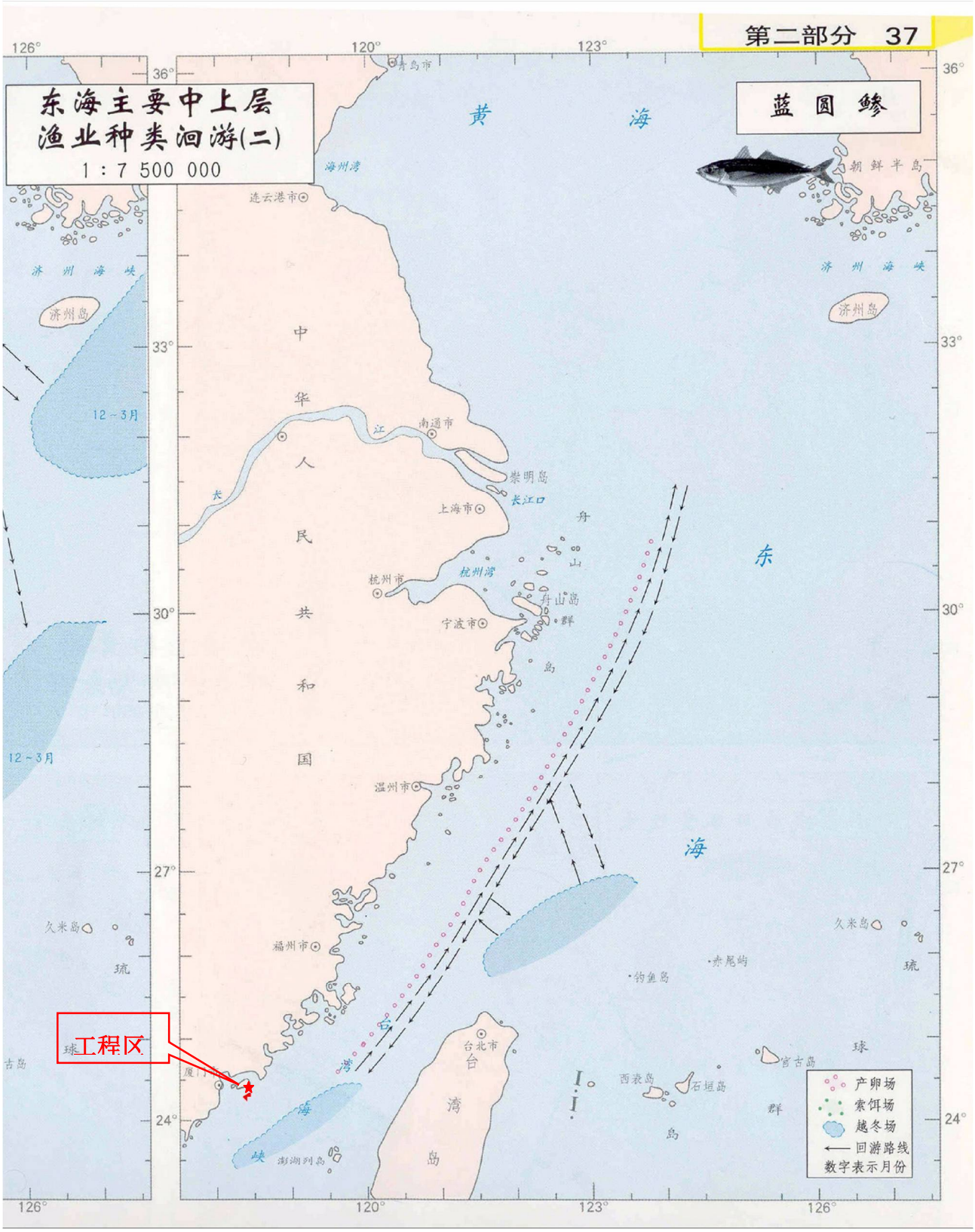



**图 5.4-2　蓝圆鲹索饵场、越冬场和洄游路线位置示意图**

（资料来源：农业科学数据共享中心）

**（2）带鱼**

带鱼（*Trichiurus japonicus*），隶属于鲈形目（*Perciformes*）、带鱼属（*Trichiurus*）。体型侧扁如带，呈银灰色，背鳍及胸鳍浅灰色，带有很细小的斑点，尾巴呈黑色，带鱼头尖口大，至尾部逐渐变细，身高为头长的 2 倍，全长 1 米左右。游泳能力差，白天浮在海水中层，晚上就降到海底。静止时头向上、身体呈垂直，只靠背鳍及胸鳍的挥动，眼睛注视头上的动静，若发现猎物时，背鳍就急速震动，身体弯曲，扑向食物。带鱼具有结群排队的特性，性凶猛，主要以毛虾、乌贼为食。主要分布于西太平洋和印度洋，在中国的黄海、东海、渤海一直到南海都有分布，和大黄鱼、小黄鱼及乌贼并称为中国的四大海产。

带鱼俗称：刀鱼、裙带鱼、白带鱼、鳞刀鱼等。它属于温暖性、游泳动物食性、大型近低层鱼类。广泛分布于我国、朝鲜、日本、印度尼西亚、菲律宾、印度、非洲东部等地的近海及红海。带鱼是我国重要的经济鱼类，在我国海洋渔业生产中具有重要地位。

中国沿海的带鱼可以分为南、北两大类，北方带鱼个体较南方带鱼大，在黄海南部越冬，春天游向渤海，形成春季鱼汛，秋天结群返回越冬地形成秋季鱼汛，南方带鱼每年沿东海西部边缘随季节不同作南北向移动，春季向北作生殖洄游，冬季向南作越冬洄游，东海带鱼有春汛和冬汛之分。带鱼产卵期很长，一般以 4 月～6 月为主，其次是 9 月～11 月，一次产卵量在 2.5 万粒～3.5 万粒之间，产卵适宜水温为 17℃～23℃。

分布在黄海的带鱼中，春季在浙江中南部外海越冬，分布在福建沿海的鱼群由南而北进行生殖洄游。在福建海区产卵期为3～5月，以4～5月为盛期，浙江中南部产卵期为4～6月，盛期在5～6月，浙江中北产卵期为5～8月，盛期在5～7月，另外在东海外海越冬的鱼群于春季以东南一西北方向洄游到浙江中北部沿海和海礁海域产卵。此时鱼群密度增大，主要产卵场在28°00′～31°30′N，122°00′～124°30′E海域。产过卵的鱼群一部份留在产卵场附近海区索饵，主群继续向长江口和黄海南部作索饵洄游，少数群体可达34°00′N海区。洄游到黄海的数量已明显减少。带鱼产卵场、索饵场、越冬场和洄游路线见图5.4-3。

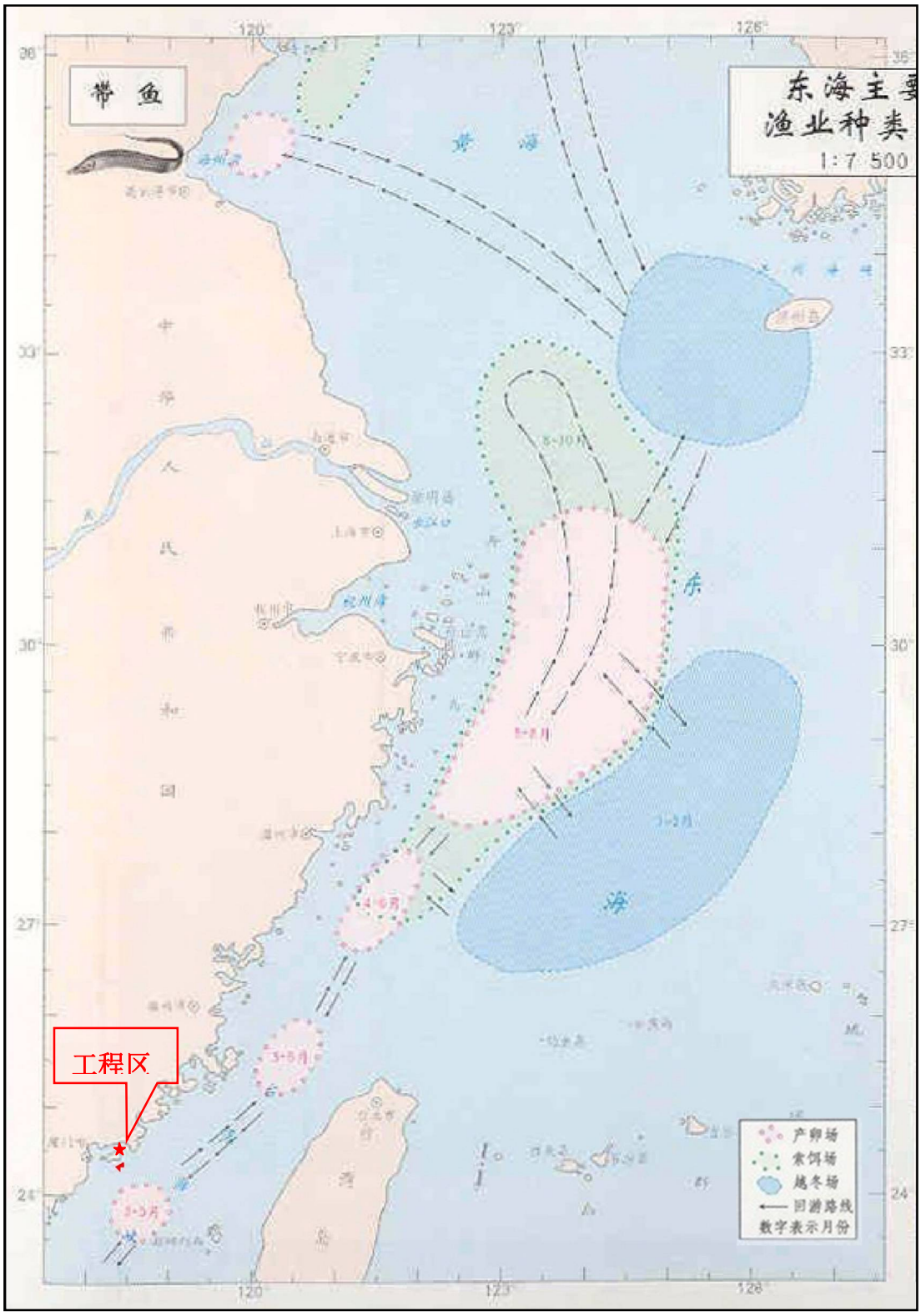



**图 5.4-3　带鱼索饵场、越冬场和洄游路线位置示意图**

（资料来源：农业科学数据共享中心）

**（3）大黄鱼**

大黄鱼（*Pseudosciaena crocea*），硬骨鱼纲，鲈形目（Perciformes），石首鱼科（Sciaeni-dae），黄鱼属，为传统“四大海产”（大黄鱼、小黄鱼、带鱼、乌贼）之一，我国近海主要经济鱼类。具生殖、越冬和索饵洄游习性。

大黄鱼为暖温性近海集群洄游鱼类，主要栖息于 80 米以内的沿岸和近海水域的中下层。产卵鱼群怕强光，喜逆流，好透明度较小的混浊水域。黎明、黄昏或大潮时多上浮，白昼或小潮时下沉。成鱼主要摄食各种小型鱼类及甲壳动物（虾、蟹、虾蛄类）。生殖盛期摄食强度显著降低；生殖结束后摄食强度增加。幼鱼主食桡足类、糠虾、磷虾等浮游动物。大黄鱼对溶解氧的要求较高，一般在 4mg/L 以上，幼鱼的溶解氧临界值为 3mg/L 左右，稚鱼则在 2mg/L 左右。

产卵场一般位于河口附近岛屿、内湾近岸低盐水域内的浅水区，水深一般在东海、黄海区不超过 20 米，在南海区不超过 30 米；水色混浊，透明度大都在 1 米以内，底质为软泥或泥质沙海区。大黄鱼一生能多次重复产卵，生殖期中一般排卵 2～3 次。怀卵量与个体大小成正比，由 10～275 万粒不等，一般为 20～50 万粒。卵浮性，球形，卵径 1.19～1.55 毫米，卵膜光滑，有一无色油球，直径为 0.35～0.46 毫米。受精卵在水温 18℃时约经 50 小时孵出仔鱼。

大黄鱼分布于黄海中部以南至琼州海峡以东的中国大陆近海及朝鲜西海岸。雷州半岛以西也偶有发现。中国沿海的大黄鱼可分为 3 个种群：①南黄海—东海地理种群（第一地理种群）。分布于黄海南部至东海中部，包括吕泗洋、岱衢洋、猫头洋、洞头洋至福建嵛山岛附近。②台湾海峡—粤东地理种群（第二地理种群）。主要分布在东海南部、台湾海峡和南海北部（嵛山岛以南至珠江口）。这一种群又分为北部和南部两大群体。③粤西地理群（第三地理种群）。主要分布于珠江口以西至琼州海峡的南海区。

闽、粤东群的北部群体主要在闽东渔场产卵，一路于 4 月下旬至 5 月中旬进入东引渔场产卵，另一路于 4 月下旬至 6 月中旬经白犬列岛、马祖岛等分 3～4 批进入三沙湾，于 5 月中旬至 6 月中旬每逢大潮在官井洋产卵。秋末冬初分散于各处索饵的鱼群开始在四礵列岛一带形成秋冬季大黄鱼汛。此后随水温下降，一

部分鱼群游向 60 米等深线暖水处越冬，一部分鱼群继续向四礵列岛以南游去。闽、粤东群的南部群体其生殖洄游在珠江口以东沿岸海区开始较早，1 月鱼群开始由外海集中到达汕尾，转向东北方向洄游，2～3 月抵甲子、神泉，3 月在南澳岛东北渔场和东南渔场形成渔汛，至 4 月结束。秋汛自 8 月开始，鱼群从福建南部沿海一带进入广东沿海，由东北向西南进行洄游。9 月抵达饶平近海和南澳岛西南沿岸，10 月出现于神泉、甲子，11 月到达汕尾，12 月在平海、澳头（大亚湾内外）附近，1 月份开始向外海逸散。

随着水温的上升，鱼群主要进入福建的东引、官井洋等海区产卵，分布偏北的鱼群也进入浙江的猫头洋等海区产卵，水温 16～24℃，盐度为 17～33，春季产卵期为 5～6 月，秋季大黄鱼的产卵期为 9～10 月（图 4.5-10）。

闽东、闽中海区大黄鱼越冬场位于 24°40′～28°00′N，120°00′～122°30′E 海域，水深 30~60 米，水文 9~11℃，盐度 33 左右，越冬期为 12 月至翌年 3 月。

越冬期后，随着水温的上升，越冬鱼群进入产卵洄游阶段。鱼群主要群体是向吕泗产卵场洄游的，4 月下旬到达吕泗产卵场的外围，5 月中旬前后相继进入吕泗洋产卵，有部分鱼群西游进入舟山群岛北部与在浙江沿海越冬的北上鱼群相混合，到达岱衡洋，大戢洋产卵；分布在浙江中南部越冬的鱼群，也向就近的岱衡洋、大目洋、猫头洋等沿海区洄游产卵；大黄鱼的产卵期为 9～10 月。产卵后的鱼群，就近分散在岛屿、河口及产卵场外围索饵，直到秋末近海水温下降时，索饵鱼群先后向东、东南和偏南方向做越冬洄游，12 月前后陆续回到越冬场越冬。如图 5.4-4（a）（本段文字资料来源：农业科学数据共享中心网站公布）。

大黄鱼属于底层洄游鱼类，通常栖息于水深 30-60m 以下的中下层，具集群习性及适稳性近岸或远岸的周期性迁徙习性。春季水温升高时，生殖群体有远岸深水区的越冬场向近岸产卵。大黄鱼的具体洄游路线大致是：1~3 月为大黄鱼的越冬期；4~6 月暖流势力增强，沿岸海区水温升高，鱼群从越冬海区集群游向近海产卵场做产卵洄游，其中在江外、舟外越冬场的鱼群主群大致从东南方游向长江口渔场北部和吕四渔场南部，支群从偏西方向进入岱衢、大戢海区产卵场，尚有部分鱼群北上进入大沙渔场，混同该越冬场鱼群进入吕四洋；在大沙越冬场的鱼群，除主要进入吕四洋外，尚有一定数量鱼群进入海州湾产卵场（图 5.4-4（b））。

此外，朝鲜西南部岩泰岛附近有大黄鱼的产卵场，推测其产卵鱼群主要来自大沙越冬场外侧及江外、舟外越冬场东北部；在浙南、闽东、闽中越冬场的鱼群则主要进入浙闽沿海产卵场，其中闽东渔场大黄鱼群主要进入官井洋和东引渔场，并有部分鱼群混同浙南越冬海区的鱼群北上，分布进入洞头洋、大目洋、猫头洋和岱衢洋产卵场。产卵期为 4~6 月。8~10 月，产卵后的亲鱼分散于岛屿、河口及产卵场外围海区索饵；10 月，近海水温下降，索饵群体开始进行越冬洄游，至 12 月先后到达各自的越冬场（孔祥雨等，1987）。（本段文字资料来源：东海大陆架生物资源与环境，郑元甲等著，2003）。

大黄鱼在 20 世纪 50-70 年代初期曾是我国东海和南海的重要经济鱼种，1975 年后由于近海产卵场先后遭到破坏，产量不断下降，目前除东海少数渔场有零星的产量外，其余海区的资源濒于枯竭。（本段文字资料来源：东海大陆架生物资源与环境，郑元甲等著，2003）。

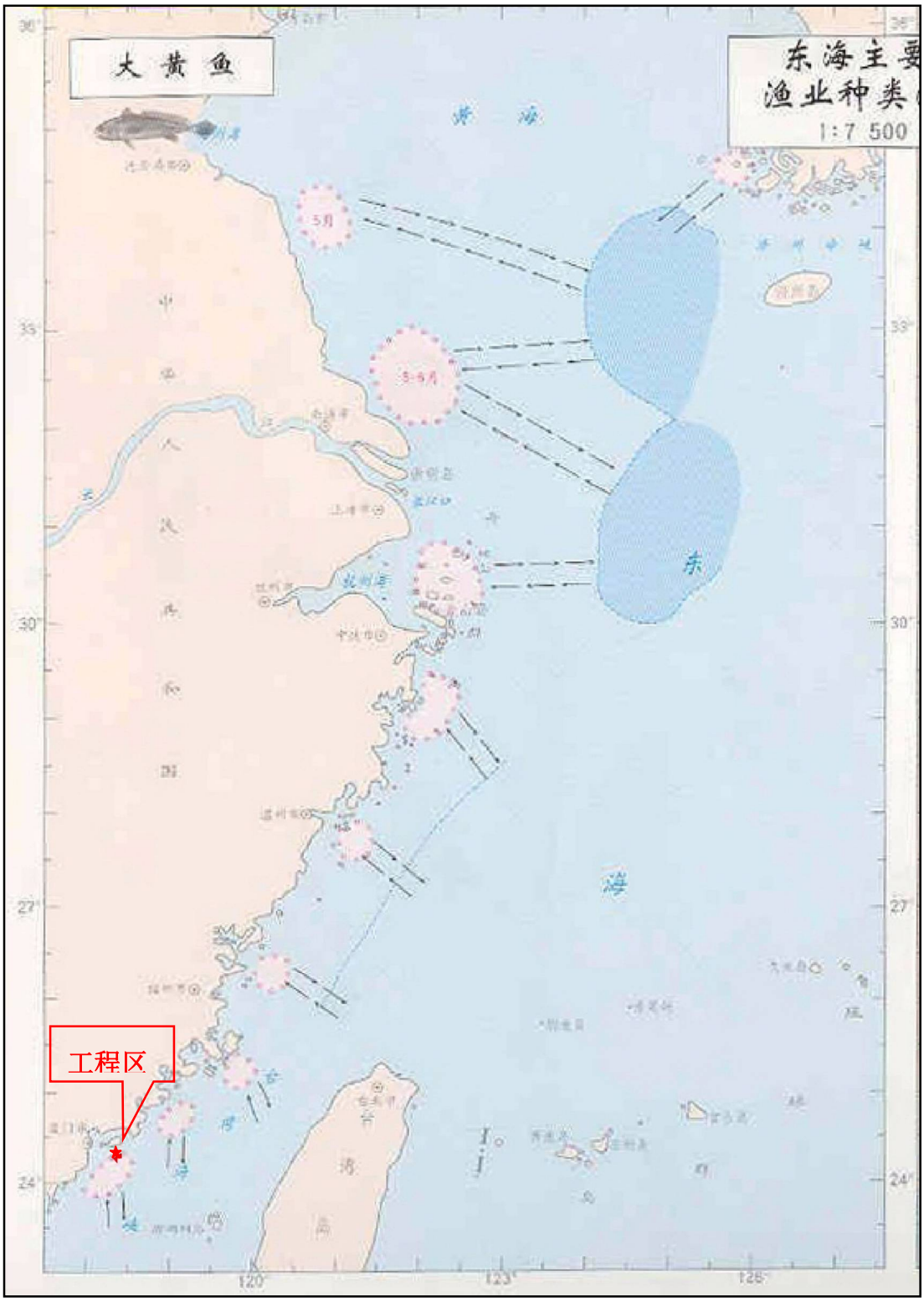



**图 5.4-4（a） 大黄鱼产卵场、越冬场和洄游路线位置示意图**

（来源：农业科学数据共享中心网站公布，2008）

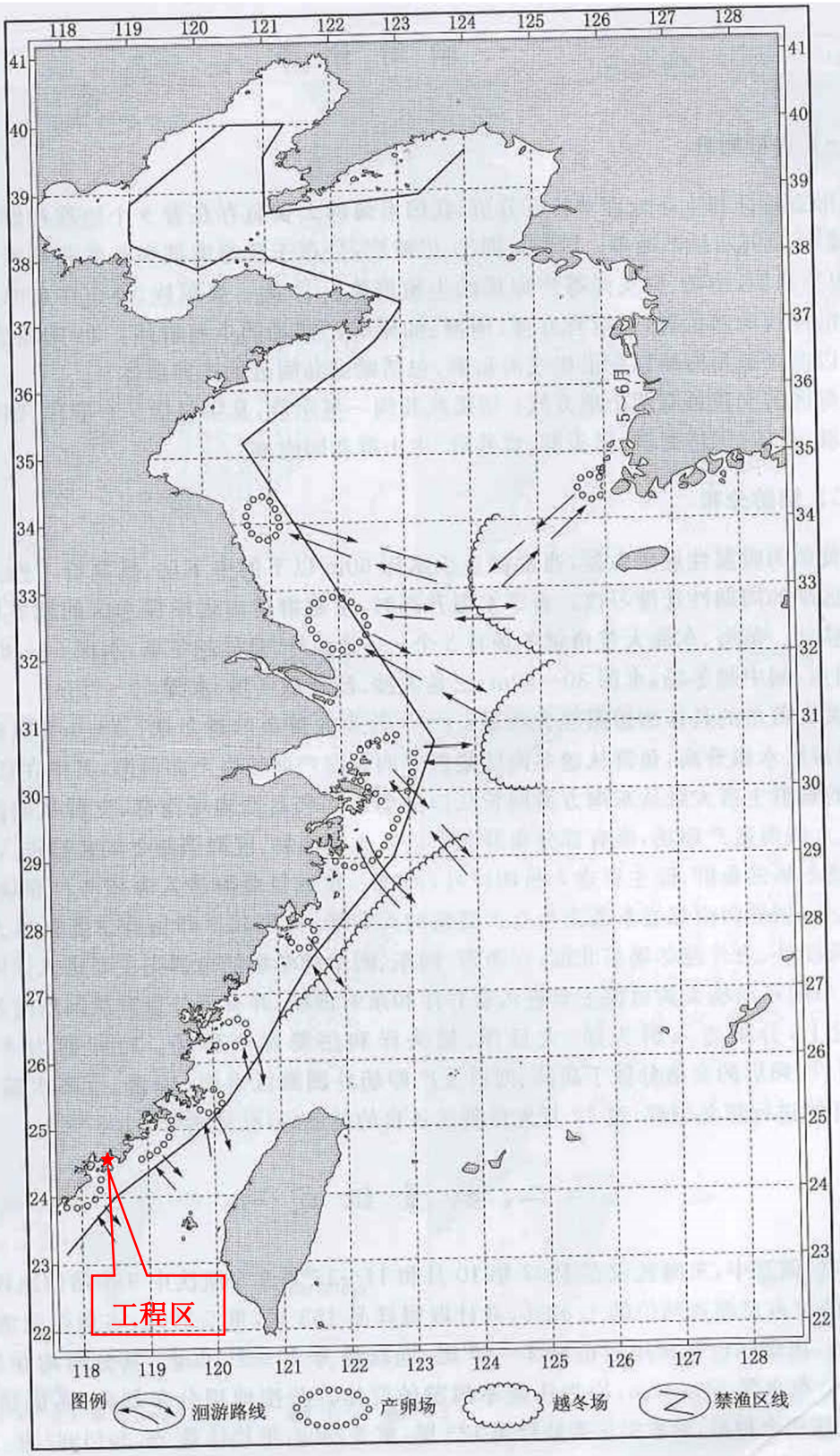



图 3-5-10　大黄鱼洄游示意

**图 5.4-4（b）　大黄鱼产卵场、越冬场和洄游路线位置示意图**

（来源：《东海大陆架生物资源与环境》，郑元甲等著，2003）

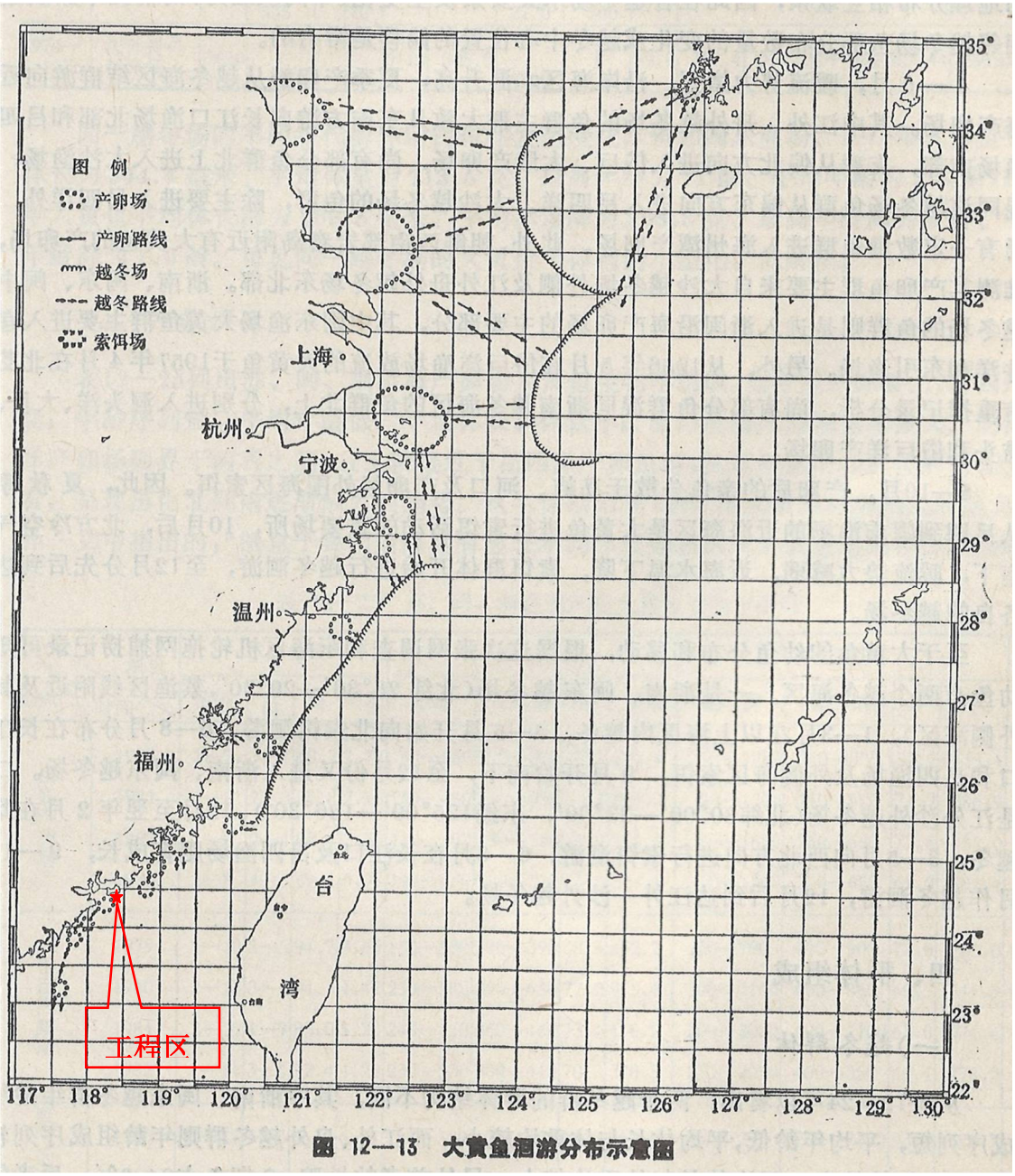



**图 5.4-4（c） 大黄鱼产卵场、越冬场和洄游路线位置示意图**

（来源：东海区渔业资源调查和区划》，农牧渔业部水产局编，1987）

上述资料表明，本工程区及其周边海域位于大黄鱼历史上的天然产卵场范围。

**（4）蓝点马鲛**

蓝点马鲛（*Scomberomorus niphonius*）隶属于鲈形目（*Perciformes*）、鲭科（*Scombridae*）、马鲛属（*Scomberomorus*）。俗称：鲅鱼（辽宁、河北、山东），马加、马鲛（福建、浙江、江苏），燕鱼（江苏以南）。鲅鱼体长而侧扁，体色银亮，背具暗色条纹或黑蓝斑点，口大，吻尖突，牙齿锋利，游泳迅速，性情凶猛，

生长迅速，一般体长 260-520 毫米，大者可达 1 米以上、重 20 千克以上。它属暖水性中上层鱼类，以中上层小鱼为食，常结群作远程洄游，为北方海区经济鱼之一。每年 4～6 月份为春汛，7～10 月份为秋汛，5～6 月份为盛渔期。具有分布广、生命周期场、生长较快，经济价值高等特点。它属于外海型洄游鱼类，分布在渤海、黄海、东海、南海，日本诸岛海域、朝鲜半岛南端群山至釜山外海，还出现于印度洋（中国区域海洋学-渔业科学[M]，唐启升，2012）。主要渔场有舟山、连云港外海及山东南部沿海。蓝点马鲛鱼系温、热带海洋性鱼属，对水温、水质要求较高，凡严重污染海域难见其踪。

蓝点马鲛卵子为球形浮性卵，在盐度 30‰左右时的静止海水中，活卵都悬浮于水面，油球位于卵子的最上方（植物极），胚盘则在下方（动物级）；随着胚胎发育的进展，接近孵化时期，卵子则下降到水层的中间或更下部。

闽南蓝点马鲛产卵场在福建省兄弟岛至厅门岛沿岸岛屿和海湾一带的海域，水深 20～30 米，盐度为 26～34，产卵期为 2～5 月，以 3 月中旬至 4 月中旬为盛期，底质为粉砂质砂、粘土质粉砂。

蓝点马鲛东海种群的越冬场在台湾海峡中（与闽南、粤东近海种群的分布有交错）。东海的蓝点马鲛的越冬场在沙外和江外渔场，洄游于黄渤海各个产卵场的蓝点马鲛鱼群为一个种群；越冬场在浙、闽外海渔场，洄游于浙、闽和南黄海近海产卵场的蓝点马鲛鱼群划为另一种群。前一种群从越冬场经大沙渔场，4 月下旬由东南抵达 33°00′～34°30′N、122°00′～123°00′E 范围的江苏射阳河口东部海域后，一支鱼群游向西北，进入海州湾和山东半岛南岸各产卵场，产卵期在 5～6 月。主群则沿 122°30′N 北上，首批鱼群四月底越过山东高角，向西进入烟威近海产卵场以及渤海的莱州湾、辽东湾、渤海湾及滦河口等主要产卵场，产卵期为 5～6 月。在山东高角处，从主群分出的另一支群体继续北上，抵达黄海北部的又一产卵场海洋岛，产卵期为 5 月中到 6 月初。每年 9 月上旬前后，鱼群开始陆续游离渤海，9 月中旬黄海索饵群体主要集中在烟威、海洋岛及连青石渔场，10 月上、中旬，主群向东南移动经海州湾外围海域，汇同海州湾内索饵鱼群在 11 月上旬迅速向东南洄游，经大沙渔场的西北部返回沙外及江外渔场越冬。

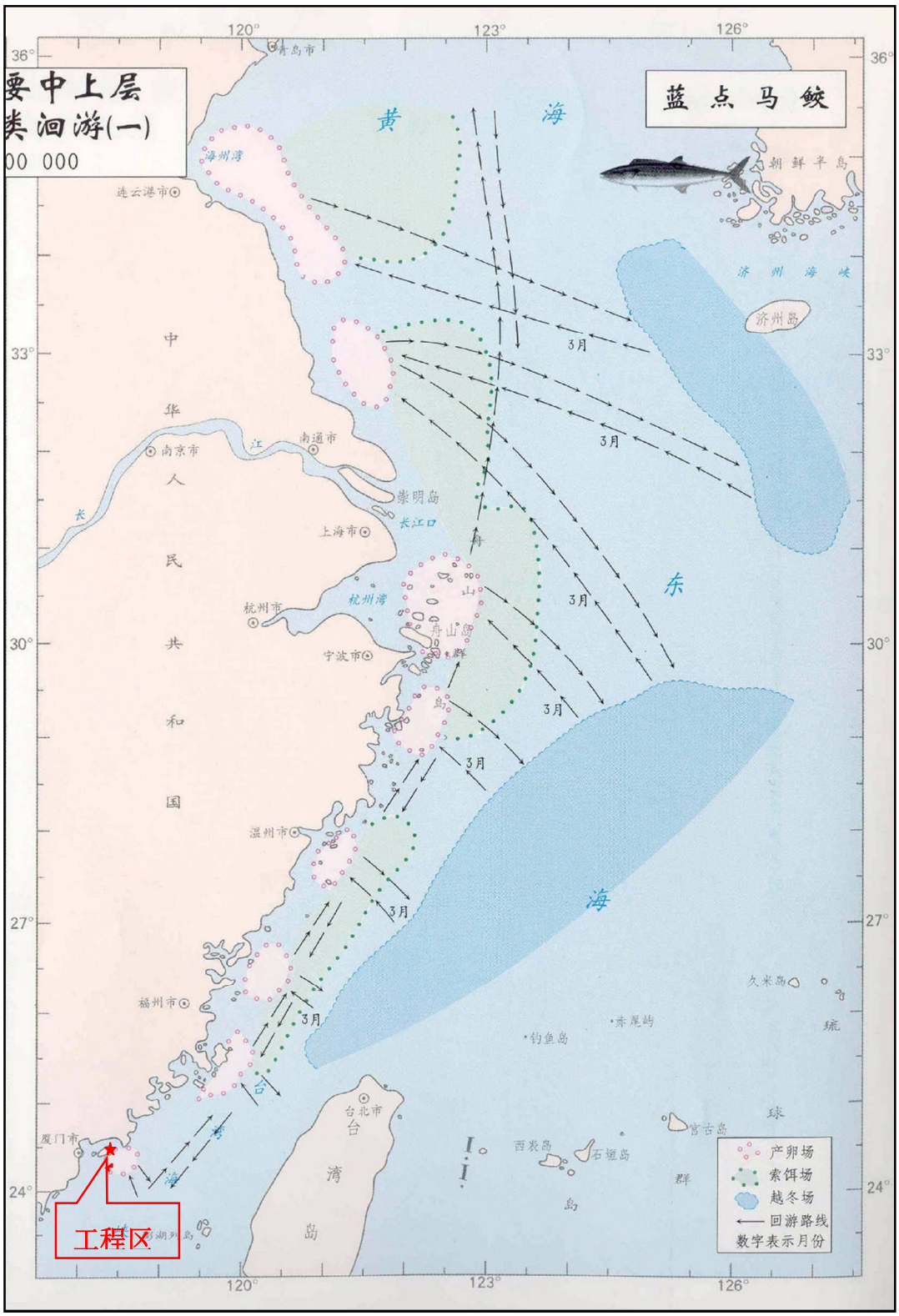



**图 5.4-5（a） 蓝点马鲛产卵场、越冬场和洄游路线位置示意图**

（来源：农业科学数据共享中心，2008）

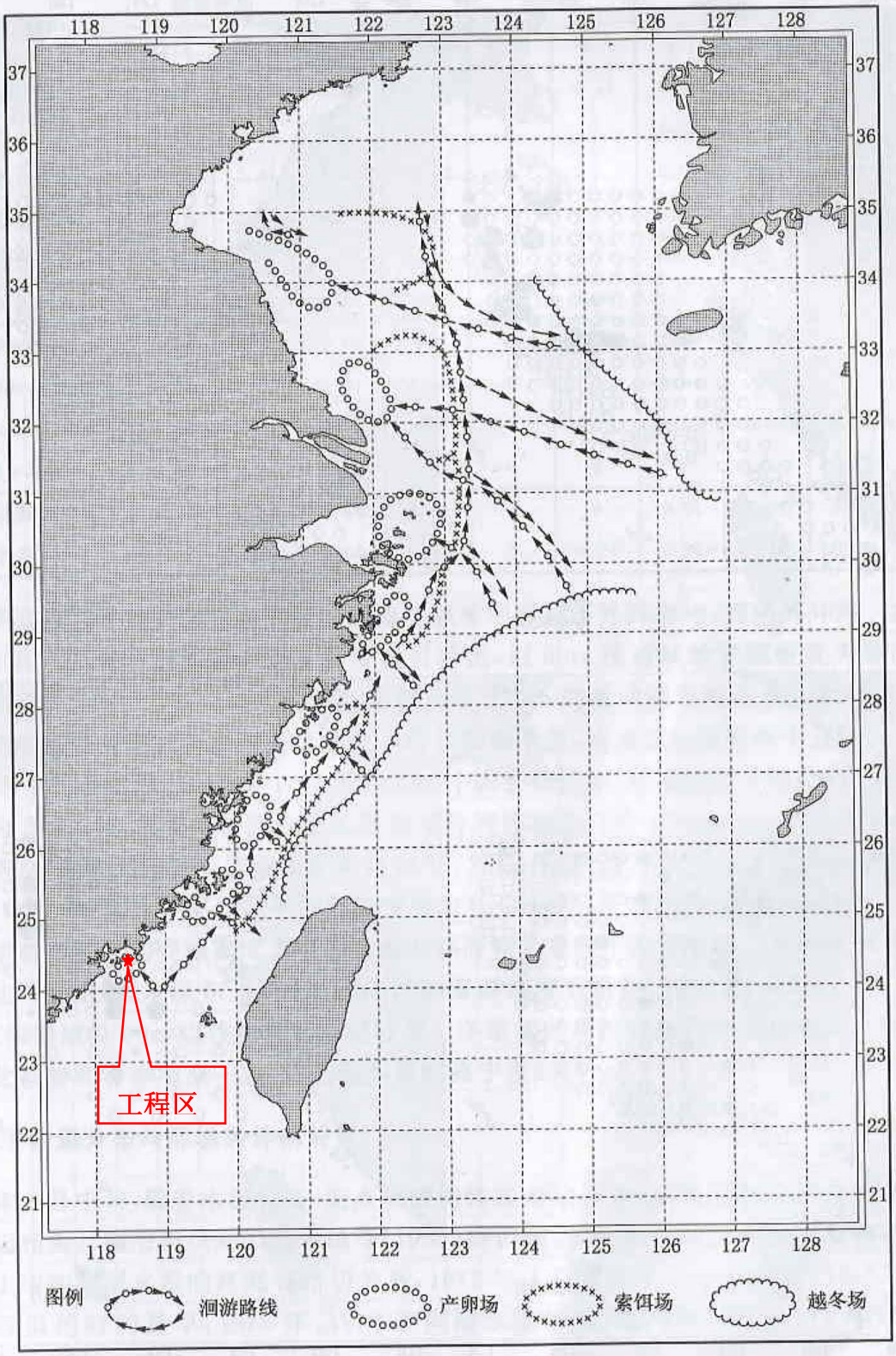



图 3-4-23　蓝点马鲛洄游示意

**图 5.4-5（b）　蓝点马鲛越冬场和洄游路线位置示意图**

（来源：东海大陆架生物资源与环境，郑元甲等著，2003）

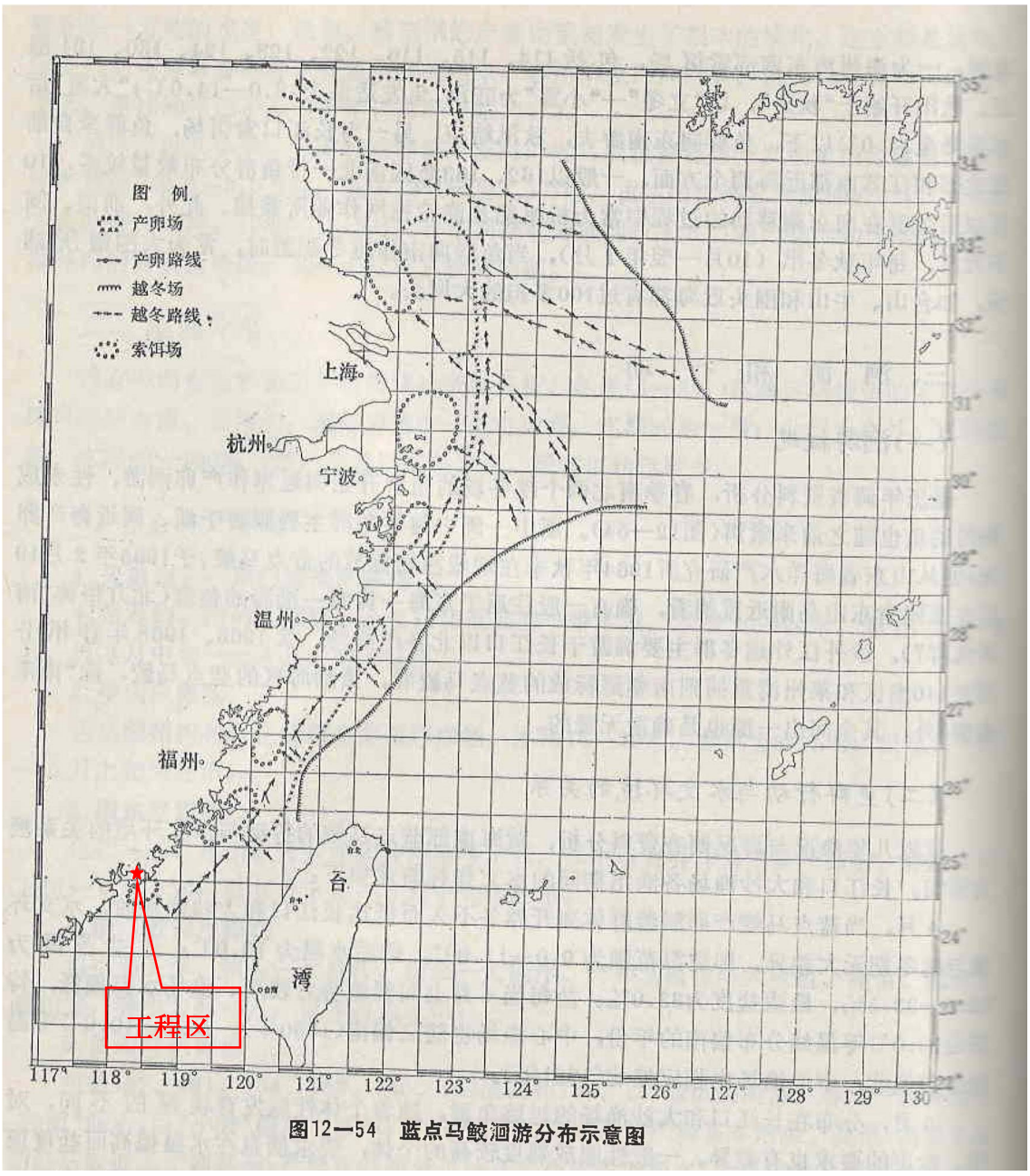



**图 5.4-5（c） 蓝点马鲛产卵场、越冬场和洄游路线位置示意图**

（来源：东海区渔业资源调查和区划），农牧渔业部水产局编，1987）

上述资料表明，本工程区及其周边海域位于蓝点马鲛鱼历史上的天然产卵场范围。

## 5.4.2 东碇岛领海基点海洋保护区

东碇岛位于小金门岛正南方向约 27km 处，中心地理坐标为 24°9'42"N、118°14'12"E ，面积为 0.016 平方公里，目前为台湾当局金门县金城镇管辖，以玄武岩海岸风貌闻名（图 5.4-6）。1958 年 9 月 4 日，我国政府发表关于领海的声

明宣布，东碇岛是中国领海基点之一。

根据《福建省海洋功能区划》（2011），东碇岛领海基点海洋保护区位于漳州龙海市东碇岛及周围海域，东至 118°15′49.0″ E、西至 118°12′16.2″ E、南至 24°8′08.4″ N、北至 24°11′22.6″ N ，面积约 2821 公顷。该区的用途管制为：保障国家权益和军事用海需求，保护海洋生态环境。该区的用海方式为：禁止改变海域自然属性；海岸整治方面要保护海岛自然岸线。该区的海洋环境保护要求是：重点保护海岛地质地貌及周围海域生态环境；严格执行海洋特别保护区管理要求。

本采砂区距离东碇岛领海基点海洋保护区约 11.24 km，距离东碇岛约 14.07km。


**图 5.4-6 东碇岛玄武岩海岸风貌**

### 5.4.7 厦门湾外矿产与能源区

根据《福建省海洋功能区划》（2011），厦门湾外矿产与能源区位于厦门岛以南 20km 海域，东至 118°18′16.1″ E、西至 118°14′35.5″ E、南至 24°15′34.6″ N、北至 24°18′19.8″ N ，面积约 2350 公顷。该区的用途管制为：保障固体矿产开采工业用海，须经科学论证确定开发范围与规模。该区的用海方式为：严格限制

改变海域自然属性。该区的海洋环境保护要求是：保护海域自然环境，开发过程中执行不劣于第四类海水水质标准、不劣于第三类海洋沉积物质量标准、不劣于第三类海洋生物质量标准。

本采砂区距离厦门湾外矿产与能源区约 10.19km。

### 5.4.8 金门岛

金门岛是厦门湾的岛屿，面积 151.65 平方公里，金门岛与厦门市距离约 10 公里，曾是一座前沿军事岛屿。

金门岛位于泉州市西南海域，孤悬于厦门岛东海外，扼厦港咽喉，为闽南屏障，东望台湾，西对厦门，明代曾筑城墙于岛上，据说当年郑成功曾起兵于此。

金门岛形似一只展翅的蝴蝶，中部狭窄，东西两端宽广，东翼面积大于西翼。全岛东西向约 20 公里。南北向最长处在东端，约 15.5 公里。中部狭窄处仅 3 公里。金门岛多丘陵、湾岸，烈屿在岛之西南隔海峡相望。金门本地质单纯，若以琼林--尚义连线为界，可将金门岛分为两大地质区，东半部明显露出大量花岗片麻岩，西半部则以红土层为主。金门岛的东北、东南海岸，都被海水侵蚀而成为海蚀崖或海蚀平台，且露出花岗片麻岩被岩脉侵入的景观。

金门岛矿产有花岗石、瓷土等，人工造林成效彰著，特产金门高粱闻名遐迩。金门岛境内历史最悠久的古迹是邱良功母节孝坊（1812），人口约 10.5 万人（2012 年）。

本工程区距离金门岛约 20.19km。

### 5.4.8 小金门岛

小金门岛，又称烈屿，地处北纬 24.431208 度，东经 118.241043 度。西距厦门石胄头 5.25 千米，东距大金门 1.75 千米。面积仅 14.6 平方公里。人口约 1.1 万人（2013 年）

小金门岛丘陵地约占全岛面积 70%；地势东北高西南低，北部和南部为起伏较大的丘陵地，中部低平，西部沿海地势低洼，为水网地区。主要高地有龙虎山、红山及大山顶，三足鼎立。龙虎山位于岛东北部，标高 100 米，为全岛之冠，其东、北侧坡度较陡，约 40 度；西、南侧坡度稍缓，一般在 20～25 度。红山位于岛西北部，标高 86 米，西、北坡濒海，坡度 30 度以上，多雨裂、梯田；东坡与

后宅高地相连；南坡坡度 20-25 度。大山顶位于岛南部，标高 63 米，山势由东向西倾斜，周边坡度 20 度以下。小金门岛的东北--东南海岸被海水侵蚀而成为海蚀崖或海蚀平台，且露出花岗片麻岩被岩脉侵入的景观。

本工程区距离小金门岛约 26.91km。

## 5.5 环境质量现状调查与评价

### 5.5.1 海域水文特征现状调查

#### 5.5.1.1潮汐

2013 年 6 月 8 日~7 月 8 日分别在围头和岛美同步进行一个月的全潮水文泥沙潮位观测。对 2 个潮位站一个月的潮位观测资料进行特征值统计，得到各站的潮汐特征值如所下表。

**表 5.5-1　水文测验观测站位表**

| 潮位站名称 | 纬　度 | 经　度 |
|---|---|---|
| 围头 T1 | N 24°31.125' | E 118°33.811' |
| 岛美 T2 | N 24°19.590' | E 118°07.145' |

根据一个月的潮位资料，计算得围头站和岛美站的理论最低潮面分别在其月平均潮位下 3.26m 和 2.95m，绘制出基面关系如**图 5.5-1** 所示。

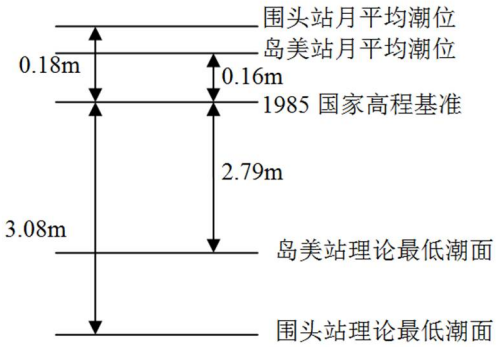



**图 5.5-1　基面关系图**

**表 5.5-2　各潮位站潮汐特征值统计表**

| 项目 | T1 围头站 | T2 岛美站 |
|---|---|---|
| 平均潮位(cm) | 18 | 16 |
| 最高潮位(cm) | 286 | 255 |
| 最低潮位(cm) | -318 | -293 |
| 平均高潮位(cm) | 225 | 199 |
| 平均低潮位(cm) | -175 | -154 |

| | | |
|---|---|---|
| 平均潮差(cm) | 400 | 353 |
| 最大潮差(cm) | 600 | 543 |
| 最小潮差(cm) | 271 | 229 |
| 平均涨潮历时 | 6:15 | 6:19 |
| 平均落潮历时 | 6:09 | 6:05 |
| 资料时间 | 2013-6-8~7-8 | |
| 潮位基面 | 1985 国家高程基准 | |

围头和岛美 2 个临时潮位站的潮型判别数值 $\frac{H_{K1}+H_{O1}}{H_{M2}}$ 均小于 0.5，分别为 0.313 和 0.364，属于正规半日潮，均为 $M_2$ 分潮起主导作用。该海域为大潮差海域，两站最大潮差分别为 600cm 和 543cm，围头站平均潮位比岛美站大 2cm，平均潮差围头比岛美大 47cm。

### 5.5.1.2海流

福建省水产研究所 2019 年 09 月在调查海域布设了 6 个站位进行大、小潮期连续 29 小时海流观测。

**（1）观测时间**

大潮：2019 年 09 月 13 日 09 时～2019 年 9 月 14 日 14 时（阴历八月十五~十六）。

小潮：小潮水文观测时间：2019 年 09 月 21 日 09 时～2019 年 9 月 22 日 14 时（阴历八月廿三～廿四）。

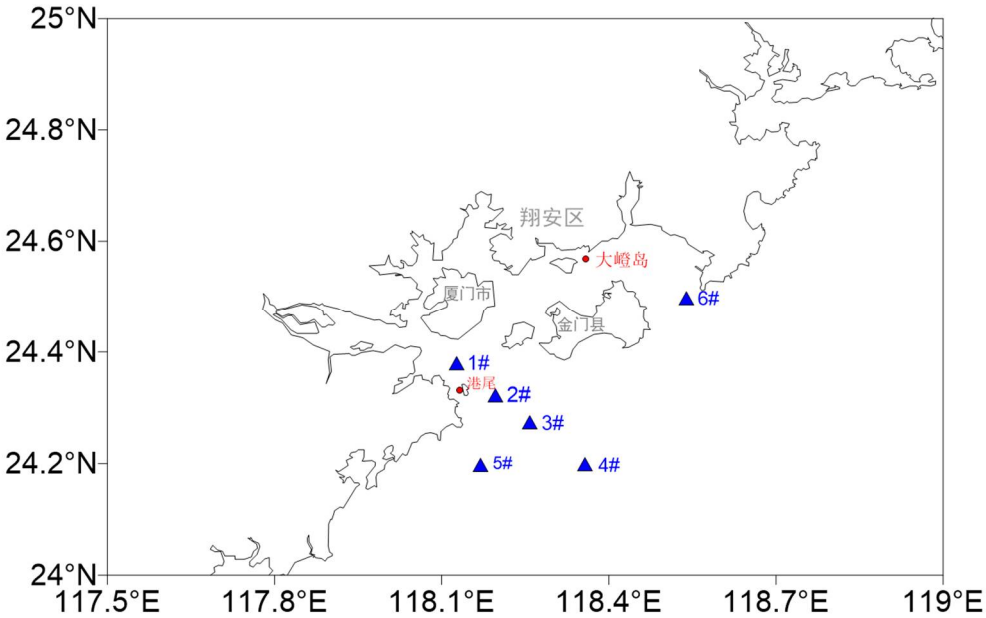



**图5.5-2　海流观测站位图**

（2）潮流运动

大、小潮期两次观测中，各站实测海流均表现为较强的往复性流动，各站涨潮流向为偏 NW 向，落潮流向为偏 SE 向，见图 5.5-3 和图 5.5-4。

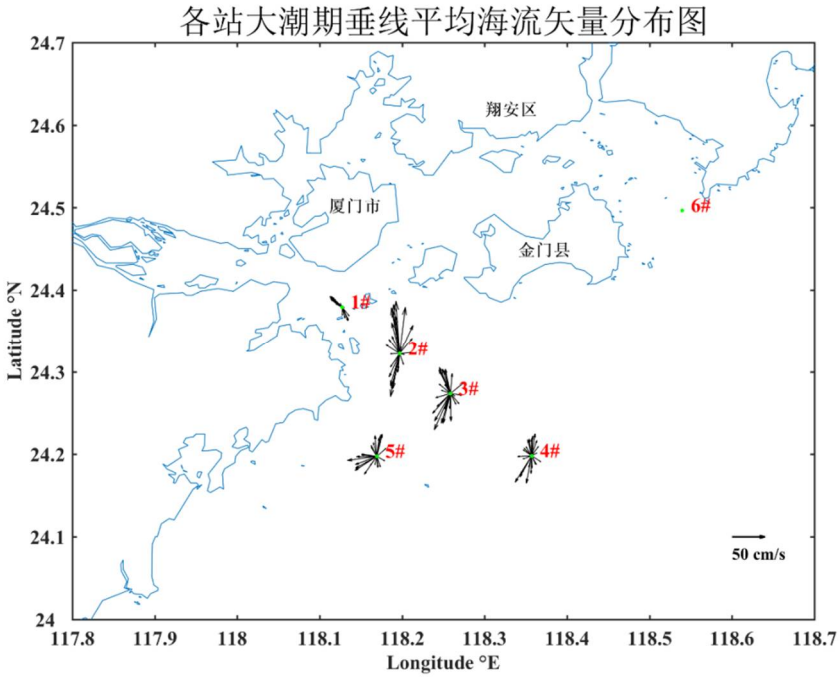



**图 5.5-3　大潮垂线平均流矢图**

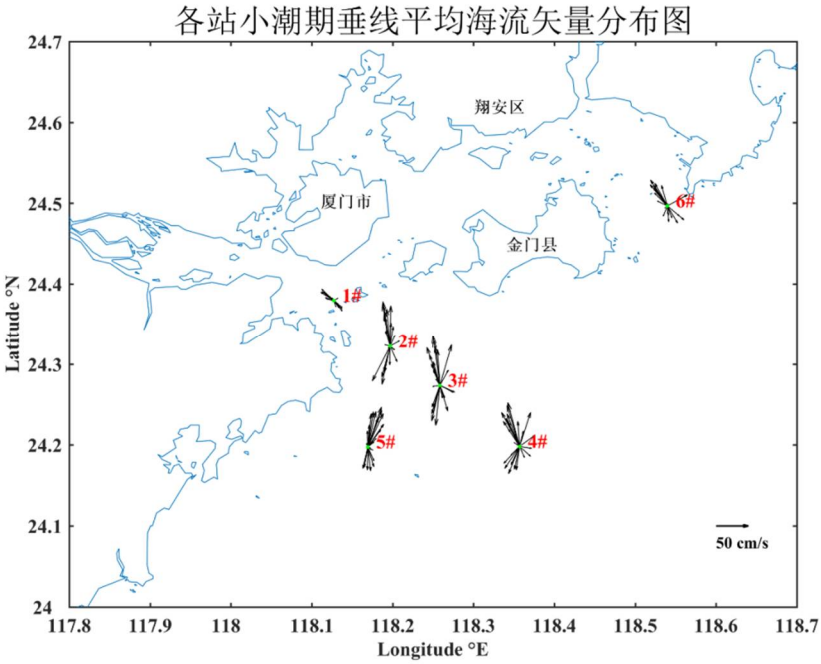



**图 5.5-4　小潮垂线平均流矢图**

**（3）实测最大流速**

各站整点逐时实测海流分层流速最大值统计表见**表 5.5-4**。

**流向：**大、小潮期间各站实测最大涨潮潮流主轴方向为北偏西向，最大落潮潮流主轴方向为南偏西向；大、小潮期间的各层次流向基本一致。

**流速：** 2#号测站最大流速最大（大潮期底层），1#站最大流速最小（小潮期 0.6H 层）。实测最大落潮流速 138cm/s，流向为 32°，出现在大潮期间 2#测站的底层，实测最大涨潮流出现 2#号站的 0.6H 层，为流速 102cm/s，流向为 359°；实测最小落潮流速 11cm/s，出现在小潮期间 1#测站的 0.6H 层，流向为 79°，实测最小涨潮流出现 1#号站的 0.4H 层，为流速 12cm/s，流向为 306°。

此外，通过对比大、小潮期各站位的涨落潮流速，可发现大、小潮期观测海域涨潮最大流速一般要略高于落潮流速。

在两次观测中，各站涨落潮最大流速大潮期最大，小潮期最小。

**表 5.5-3　冬季各站实测涨、落潮流最大流速 V（cm/s）及流向（°）**

| 项目 / 站位 层次 | | 大潮期 | | | | 小潮期 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 涨潮流 | | 落潮流 | | 涨潮流 | | 落潮流 | |
| | | 流速 | 流向 | 流速 | 流向 | 流速 | 流向 | 流速 | 流向 |
| 1 | 表层 | 96 | 314 | 88 | 157 | 94 | 315 | 73 | 149 |
| | 0.2H | 68 | 311 | 72 | 149 | 81 | 311 | 67 | 129 |
| | 0.4H | 12 | 306 | 48 | 325 | 46 | 345 | 50 | 311 |
| | 0.6H | 21 | 313 | 46 | 329 | 22 | 138 | 11 | 79 |
| | 0.8H | 58 | 179 | 107 | 186 | 26 | 145 | 16 | 306 |
| | 底层 | 20 | 268 | 42 | 159 | 21 | 147 | 15 | 141 |
| 2 | 表层 | 94 | 346 | 78 | 204 | 86 | 353 | 67 | 186 |
| | 0.2H | 97 | 350 | 77 | 198 | 93 | 360 | 63 | 179 |
| | 0.4H | 99 | 354 | 79 | 92 | 96 | 359 | 70 | 191 |
| | 0.6H | 102 | 359 | 82 | 84 | 88 | 358 | 74 | 190 |
| | 0.8H | 97 | 6 | 80 | 74 | 74 | 1 | 70 | 193 |
| | 底层 | 75 | 355 | 138 | 32 | 66 | 329 | 54 | 186 |
| 3 | 表层 | 57 | 333 | 79 | 203 | 77 | 337 | 67 | 196 |
| | 0.2H | 61 | 333 | 73 | 208 | 87 | 347 | 68 | 195 |
| | 0.4H | 70 | 353 | 70 | 204 | 91 | 354 | 77 | 187 |
| | 0.6H | 59 | 333 | 65 | 201 | 92 | 357 | 77 | 194 |
| | 0.8H | 40 | 337 | 62 | 201 | 86 | 350 | 72 | 195 |
| | 底层 | 24 | 325 | 23 | 155 | 78 | 352 | 67 | 200 |

| 站位 | 项目 / 层次 | 大潮期 | | | | 小潮期 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 涨潮流 | | 落潮流 | | 涨潮流 | | 落潮流 | |
| | | 流速 | 流向 | 流速 | 流向 | 流速 | 流向 | 流速 | 流向 |
| 4 | 表层 | 56 | 7 | 76 | 208 | 88 | 338 | 77 | 194 |
| | 0.2H | 60 | 9 | 70 | 214 | 99 | 350 | 74 | 188 |
| | 0.4H | 58 | 11 | 67 | 206 | 92 | 348 | 71 | 180 |
| | 0.6H | 40 | 260 | 52 | 184 | 79 | 347 | 70 | 213 |
| | 0.8H | 17 | 274 | 16 | 220 | 58 | 335 | 77 | 189 |
| | 底层 | 26 | 5 | 31 | 236 | 19 | 347 | 32 | 180 |
| 5 | 表层 | 61 | 353 | 71 | 248 | 97 | 24 | 70 | 171 |
| | 0.2H | 62 | 7 | 67 | 257 | 100 | 28 | 69 | 172 |
| | 0.4H | 50 | 10 | 69 | 235 | 87 | 29 | 67 | 173 |
| | 0.6H | 41 | 276 | 54 | 227 | 83 | 20 | 71 | 170 |
| | 0.8H | 26 | 332 | 18 | 263 | 60 | 29 | 57 | 174 |
| | 底层 | 31 | 278 | 35 | 18 | 20 | 359 | 37 | 126 |
| 6 | 表层 | * | * | * | * | 48 | 115 | 65 | 154 |
| | 0.2H | * | * | * | * | 55 | 324 | 55 | 156 |
| | 0.4H | * | * | * | * | 63 | 323 | 50 | 204 |
| | 0.6H | * | * | * | * | 75 | 319 | 44 | 222 |
| | 0.8H | * | * | * | * | 66 | 314 | 29 | 136 |
| | 底层 | * | * | * | * | 36 | 324 | 30 | 225 |

**（4）垂线平均流速、流向**

大、小潮期间各站垂线平均流速、流向的计算结果见**表 5.5-5**。

**流向：**大、小潮期间各站实测平均涨潮潮流主轴方向为北偏西向，平均落潮潮流主轴方向为南偏东向；大、小潮期间的各层次流向基本一致。

**流速：**4#号测站平均流速最大（小潮期 0.2H 层），1#站平均流速最小（小潮期 0.6H 层）。实测最大平均落潮流速 44cm/s，流向为 234°，出现在大潮期间 5#测站的表层，实测最大平均涨潮流出现 4#号站的表层，为流速 60cm/s，流向为 282°；实测最小落潮流速 3cm/s，出现在小潮期间 1#测站的 0.6H 层，流向为 167°，实测最小涨潮流出现 1#号站的底层，为流速 4cm/s，流向为 226°。

此外，通过对比大、小潮期各站位的涨落潮流速，可发现大、小潮期观测海域涨潮平均流速一般要略高于落潮流速。

在两次观测中，各站涨落潮平均流速大潮期最大，小潮期最小。

表 5.5-5　冬季各站实测涨、落潮流平均流速 V（cm/s）及流向（°）

| 站位 | 层次 \ 项目 | 大潮期 | | | | 小潮期 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 涨潮流 | | 落潮流 | | 涨潮流 | | 落潮流 | |
| | | 流速 | 流向 | 流速 | 流向 | 流速 | 流向 | 流速 | 流向 |
| 1 | 表层 | 55 | 313 | 39 | 159 | 54 | 310 | 32 | 175 |
| | 0.2H | 41 | 305 | 35 | 158 | 44 | 301 | 28 | 175 |
| | 0.4H | 4 | 226 | 5 | 192 | 6 | 236 | 6 | 184 |
| | 0.6H | 7 | 256 | 4 | 188 | 6 | 223 | 3 | 167 |
| | 0.8H | 7 | 225 | 9 | 214 | 7 | 221 | 5 | 171 |
| | 底层 | 5 | 223 | 7 | 241 | 5 | 185 | 4 | 180 |
| 2 | 表层 | 52 | 294 | 42 | 183 | 55 | 262 | 33 | 165 |
| | 0.2H | 53 | 295 | 38 | 173 | 57 | 247 | 32 | 150 |
| | 0.4H | 52 | 281 | 36 | 164 | 54 | 281 | 31 | 150 |
| | 0.6H | 50 | 263 | 34 | 158 | 49 | 294 | 30 | 147 |
| | 0.8H | 46 | 250 | 32 | 151 | 44 | 255 | 29 | 175 |
| | 底层 | 33 | 268 | 26 | 171 | 19 | 218 | 22 | 188 |
| 3 | 表层 | 33 | 269 | 44 | 202 | 48 | 272 | 35 | 186 |
| | 0.2H | 35 | 263 | 44 | 194 | 49 | 264 | 36 | 182 |
| | 0.4H | 37 | 251 | 41 | 184 | 51 | 253 | 35 | 161 |
| | 0.6H | 36 | 260 | 38 | 176 | 50 | 273 | 34 | 167 |
| | 0.8H | 20 | 263 | 28 | 178 | 49 | 272 | 30 | 177 |
| | 底层 | 10 | 213 | 10 | 184 | 45 | 276 | 28 | 188 |
| 4 | 表层 | 34 | 168 | 43 | 198 | 54 | 262 | 38 | 182 |
| | 0.2H | 37 | 166 | 41 | 189 | 60 | 282 | 34 | 177 |
| | 0.4H | 35 | 181 | 38 | 181 | 58 | 279 | 32 | 168 |
| | 0.6H | 19 | 237 | 26 | 181 | 50 | 271 | 30 | 177 |
| | 0.8H | 7 | 206 | 7 | 191 | 33 | 278 | 24 | 173 |
| | 底层 | 10 | 206 | 13 | 195 | 7 | 229 | 10 | 199 |
| 5 | 表层 | 37 | 179 | 44 | 234 | 55 | 63 | 35 | 154 |
| | 0.2H | 37 | 179 | 42 | 229 | 58 | 50 | 32 | 141 |
| | 0.4H | 34 | 218 | 39 | 223 | 55 | 59 | 30 | 148 |
| | 0.6H | 20 | 231 | 26 | 228 | 48 | 60 | 28 | 140 |
| | 0.8H | 8 | 167 | 7 | 229 | 35 | 72 | 26 | 158 |
| | 底层 | 13 | 195 | 13 | 229 | 7 | 165 | 13 | 205 |
| 6 | 表层 | * | * | * | * | 23 | 280 | 36 | 161 |
| | 0.2H | * | * | * | * | 28 | 293 | 28 | 170 |
| | 0.4H | * | * | * | * | 35 | 303 | 23 | 175 |
| | 0.6H | * | * | * | * | 39 | 304 | 19 | 187 |
| | 0.8H | * | * | * | * | 30 | 295 | 13 | 187 |
| | 底层 | * | * | * | * | 8 | 213 | 7 | 190 |

**（5）潮流调和分析**

（1）潮流类型

表 5.5-6 给出的各站各层大潮期潮流类型系数大多在 0.5~2.0 之间，其潮流性质主要表现为不规则半日潮流。

表 5.5-7 给出的各站各层小潮期潮流类型系数大多在小于 0.5，其潮流性质主要表现为规则半日潮流。

**表 5.5-6　各站大潮期潮流类型判别数 $(W_{O_1}+W_{K_1})/W_{M_2}$**

| 项目 \ 站位号 | | 1# | 2# | 3# | 4# | 5# |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $(W_{o1}+W_{k1})/W_{M2}$ | 表层 | 0.64 | 0.81 | 1.05 | 0.66 | 1.10 |
| | 0.2H | 0.89 | 0.84 | 1.24 | 1.02 | 2.02 |
| | 0.4H | 6.00 | 0.65 | 1.53 | 0.89 | 2.34 |
| | 0.6H | 0.73 | 0.61 | 0.85 | 1.11 | 2.43 |
| | 0.8H | 9.17 | 0.44 | 1.55 | 4.11 | 2.62 |
| | 底层 | 1.39 | 0.86 | 0.84 | 1.44 | 2.42 |

**表 5.5-7 各站小潮期潮流类型判别数 $(W_{O_1}+W_{K_1})/W_{M_2}$**

| 项目 \ 站位号 | | 1# | 2# | 3# | 4# | 5# | 6# |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $(W_{o1}+W_{k1})/W_{M2}$ | 表层 | 0.03 | 0.10 | 0.13 | 0.17 | 0.11 | 0.11 |
| | 0.2H | 0.07 | 0.09 | 0.10 | 0.13 | 0.09 | 0.09 |
| | 0.4H | 0.41 | 0.09 | 0.15 | 0.13 | 0.09 | 0.15 |
| | 0.6H | 0.21 | 0.11 | 0.16 | 0.16 | 0.10 | 0.15 |
| | 0.8H | 0.85 | 0.11 | 0.16 | 0.19 | 0.10 | 0.06 |
| | 底层 | 2.21 | 0.10 | 0.17 | 0.35 | 0.31 | 0.31 |

（2）潮流运动形式

由于观测海域大潮期为不规则半日潮流类型，小潮期为规则半日潮流类型因此，主要以 $M_2$ 分潮流的椭圆率来对潮流运动形式作近似分析。大、小潮期各分潮流椭圆率计算结果见表 5.5-8 和表 5.5-9。由表 5.5-8 可知，1#-4#的潮流椭圆率 $|K|$ 值较小，1#-4#站各层 $M_2$ 分潮流的 $|K|$ 值多在 0.02~0.4 之间，1#-4#站潮流运动形式以往复流为主。5#站 $|K|$ 值稍大，介于往复流与旋转流之间。由表 5.5-9

可知，各站的潮流椭圆率$|K|$值均较小，各站各层 $M_2$ 分潮流的$|K|$值在 0.00~0.2 之间，各站潮流运动形式以往复流为主。

**表 5.5-8　大潮期各站各层 $M_2$ 分潮流的 k 值表**

| 项目 | 表层 | 0.2H | 0.4H | 0.6H | 0.8H | 底层 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1#** | 0.02 | 0.22 | 0.31 | 0.33 | 0.42 | 0.02 |
| **2#** | 0.05 | 0.18 | 0.37 | 0.43 | 0.51 | 0.05 |
| **3#** | 0.24 | 0.17 | 0.41 | 0.47 | 0.59 | 0.24 |
| **4#** | -0.03 | 0.20 | 0.43 | 0.36 | 0.54 | -0.03 |
| **5#** | -0.65 | 0.24 | 0.44 | 0.36 | 0.34 | -0.65 |

**表 5.5-9　小潮期各站各层 $M_2$ 分潮流的 K 值表**

| 项目 | 表层 | 0.2H | 0.4H | 0.6H | 0.8H | 底层 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1#** | 0.03 | 0.17 | 0.23 | 0.31 | 0.20 | 0.03 |
| **2#** | -0.01 | 0.12 | 0.19 | 0.25 | 0.15 | 0.02 |
| **3#** | -0.11 | 0.12 | 0.13 | 0.22 | 0.12 | 0.06 |
| **4#** | -0.18 | 0.09 | 0.10 | 0.24 | 0.12 | 0.04 |
| **5#** | -0.13 | 0.09 | 0.09 | 0.25 | 0.06 | 0.05 |
| **5#** | -0.69 | 0.07 | 0.13 | 0.27 | -0.05 | -0.05 |

（3）可能最大潮流流速

从表 5.5-10 和表 5.5-11 可以看出，测区大潮期潮流最大可能流速在 2cm/s~142cm/s 之间。最大可能流速最大值为 142cm/s，出现在 3#站 0.4H 层。潮流最大可能流速的方向为171°。测区小潮期最大可能流速在2cm/s~92cm/s之间。最大可能流速最大值为 92cm/s，出现在 2#站 0.2H 层。潮流最大可能流速的方向为 281 °。

**表 5.5-4　大潮期可能最大流速和水质点可能最大运移距离**

| 项目 / 站位号 / 层次 | | 可能最大流速 | | 可能最大运移距离 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 流速(cm/s) | 方向(°) | 距离（m） | 方向(°) |
| **1#** | 表层 | 129 | 188 | 26430 | 189 |
| | 0.2H | 114 | 171 | 24634 | 166 |
| | 0.4H | 10 | 270 | 2980 | 273 |
| | 0.6H | 2 | 109 | 738 | 32 |
| | 0.8H | 16 | 308 | 4524 | 305 |
| | 底层 | 5 | 347 | 1467 | 328 |
| **2#** | 表层 | 128 | 173 | 27167 | 168 |

| 项 目<br>站位号 层次 | | 可能最大流速 | | 可能最大运移距离 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 流速(cm/s) | 方向(°) | 距离（m） | 方向(°) |
| | 0.2H | 134 | 180 | 28629 | 176 |
| | 0.4H | 117 | 187 | 23824 | 184 |
| | 0.6H | 107 | 190 | 21527 | 185 |
| | 0.8H | 47 | 171 | 7842 | 138 |
| | 底层 | 40 | 139 | 9997 | 107 |
| **3#** | 表层 | 111 | 185 | 24485 | 185 |
| | 0.2H | 126 | 176 | 28498 | 173 |
| | 0.4H | 142 | 171 | 33402 | 167 |
| | 0.6H | 95 | 186 | 20267 | 182 |
| | 0.8H | 72 | 156 | 17232 | 148 |
| | 底层 | 17 | 213 | 3694 | 219 |
| **4#** | 表层 | 92 | 178 | 18833 | 174 |
| | 0.2H | 113 | 181 | 24914 | 178 |
| | 0.4H | 96 | 196 | 20716 | 195 |
| | 0.6H | 55 | 155 | 12850 | 143 |
| | 0.8H | 27 | 214 | 7048 | 215 |
| | 底层 | 16 | 89 | 4875 | 68 |
| **5#** | 表层 | 104 | 197 | 23264 | 200 |
| | 0.2H | 128 | 141 | 32437 | 132 |
| | 0.4H | 125 | 136 | 32391 | 128 |
| | 0.6H | 90 | 172 | 22444 | 168 |
| | 0.8H | 23 | 181 | 5814 | 183 |
| | 底层 | 48 | 203 | 11861 | 205 |

**表 5.5-5　小潮期可能最大流速和水质点可能最大运移距离**

| 项 目<br>站位号 层次 | | 可能最大流速 | | 可能最大运移距离 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 流速(cm/s) | 方向(°) | 距离（m） | 方向(°) |
| **1#** | 表层 | 90 | 279 | 13017 | 280 |
| | 0.2H | 75 | 284 | 11250 | 287 |
| | 0.4H | 2 | 281 | 220 | 324 |
| | 0.6H | 5 | 242 | 794 | 231 |
| | 0.8H | 5 | 229 | 1184 | 217 |
| | 底层 | 5 | 234 | 1304 | 224 |
| **2#** | 表层 | 91 | 273 | 14378 | 274 |
| | 0.2H | 92 | 281 | 14065 | 284 |
| | 0.4H | 81 | 288 | 11391 | 295 |
| | 0.6H | 75 | 295 | 10561 | 302 |
| | 0.8H | 70 | 299 | 10121 | 306 |
| | 底层 | 32 | 282 | 3922 | 280 |

| 项 目<br>站位号 层次 | | 可能最大流速 | | 可能最大运移距离 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 流速(cm/s) | 方向(°) | 距离（m） | 方向(°) |
| **3#** | 表层 | 83 | 264 | 13140 | 260 |
| | 0.2H | 84 | 276 | 12918 | 280 |
| | 0.4H | 91 | 281 | 14383 | 287 |
| | 0.6H | 85 | 287 | 13324 | 294 |
| | 0.8H | 78 | 291 | 11862 | 300 |
| | 底层 | 71 | 294 | 10950 | 303 |
| **4#** | 表层 | 90 | 265 | 14854 | 262 |
| | 0.2H | 91 | 271 | 14695 | 270 |
| | 0.4H | 76 | 288 | 11035 | 297 |
| | 0.6H | 64 | 292 | 9245 | 303 |
| | 0.8H | 46 | 296 | 6956 | 308 |
| | 底层 | 11 | 300 | 2065 | 306 |
| **5#** | 表层 | 87 | 276 | 13699 | 277 |
| | 0.2H | 85 | 280 | 12961 | 284 |
| | 0.4H | 78 | 286 | 11397 | 291 |
| | 0.6H | 72 | 290 | 10917 | 295 |
| | 0.8H | 56 | 295 | 8221 | 301 |
| | 底层 | 16 | 301 | 2815 | 305 |
| **6#** | 表层 | 62 | 252 | 9615 | 256 |
| | 0.2H | 59 | 255 | 9144 | 257 |
| | 0.4H | 51 | 265 | 7063 | 276 |
| | 0.6H | 52 | 268 | 7538 | 278 |
| | 0.8H | 39 | 254 | 5671 | 257 |
| | 底层 | 10 | 198 | 1794 | 196 |

（4）水质点的最大可能运移距离

由表 5.5-10 和表 5.5-11 可知，测区大潮期水质点的最大可能运移距离在 738~33402m 之间。小潮期水质点的最大可能运移距离在 220~14695m 之间。水质点可能最大运移距离的远近与潮流最大可能流速的大小是相对应的，潮流最大可能流速越大，水质点最大可能运移距离就越远。

（5）余流

余流主要指从实测海流中消除周期性流(如潮流)后的剩余部分，其受诸多因素的影响。本次观测海域余流流速，大潮期各站各层余流流速在 1.04~219.05cm/s 之间，最大余流流速出现在 5#站表层，流向为 290.8°；小潮期各站各层余流流速在 0.72~19.43cm/s 之间，最大余流流速出现在 5#站的 0.2H 层，

流向为 44.34°。大、小潮期间，各站余流基本为涨潮流方向。垂向上各层余流流向基本一致。

**表 5.5-6　大潮期各站各层大、中、小潮期余流流速流向**

| 项目<br>站位号　层次 | | 大潮期 | | 小潮期 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 流速(cm/s) | 方向(°) | 流速(cm/s) | 方向(°) |
| **1#** | 表层 | 12.81 | 292.96 | 11.46 | 303.09 |
| | 0.2H | 8.03 | 288.83 | 9.69 | 304.29 |
| | 0.4H | 1.04 | 276.05 | 1.44 | 295.75 |
| | 0.6H | 2.88 | 295.58 | 0.79 | 252.12 |
| | 0.8H | 3.33 | 266.24 | 1.74 | 334.53 |
| | 底层 | 2.81 | 266.29 | 0.72 | 29.37 |
| **2#** | 表层 | 14.94 | 305.38 | 12.77 | 352.78 |
| | 0.2H | 14.66 | 324.60 | 13.67 | 4.24 |
| | 0.4H | 14.02 | 342.21 | 12.39 | 352.45 |
| | 0.6H | 14.01 | 348.68 | 11.35 | 337.86 |
| | 0.8H | 12.87 | 347.30 | 10.47 | 330.00 |
| | 底层 | 7.29 | 329.95 | 4.69 | 234.36 |
| **3#** | 表层 | 16.95 | 249.12 | 8.18 | 310.85 |
| | 0.2H | 13.81 | 249.38 | 7.66 | 333.42 |
| | 0.4H | 8.75 | 260.74 | 8.12 | 341.37 |
| | 0.6H | 7.33 | 270.69 | 9.11 | 325.32 |
| | 0.8H | 10.72 | 237.63 | 10.94 | 314.71 |
| | 底层 | 1.82 | 224.40 | 11.38 | 311.71 |
| **4#** | 表层 | 8.79 | 249.15 | 14.03 | 302.05 |
| | 0.2H | 5.42 | 249.60 | 16.61 | 327.54 |
| | 0.4H | 2.38 | 252.95 | 16.71 | 323.27 |
| | 0.6H | 7.16 | 237.83 | 14.07 | 318.33 |
| | 0.8H | 1.38 | 264.66 | 8.95 | 315.01 |
| | 底层 | 3.97 | 235.26 | 2.40 | 245.63 |
| **5#** | 表层 | 19.50 | 290.80 | 17.05 | 41.04 |
| | 0.2H | 17.17 | 289.90 | 19.43 | 44.34 |
| | 0.4H | 14.70 | 286.57 | 16.85 | 41.30 |
| | 0.6H | 14.34 | 282.86 | 14.42 | 35.22 |
| | 0.8H | 2.81 | 299.63 | 9.60 | 41.15 |
| | 底层 | 6.16 | 295.13 | 2.58 | 194.02 |
| **6#** | 表层 | 0.00 | 0.00 | 7.70 | 138.33 |
| | 0.2H | 0.00 | 0.00 | 1.99 | 265.95 |
| | 0.4H | 0.00 | 0.00 | 8.76 | 306.58 |
| | 0.6H | 0.00 | 0.00 | 13.67 | 308.71 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0.8H | 0.00 | 0.00 | 13.78 | 314.32 |
| | 底层 | 0.00 | 0.00 | 2.82 | 317.10 |

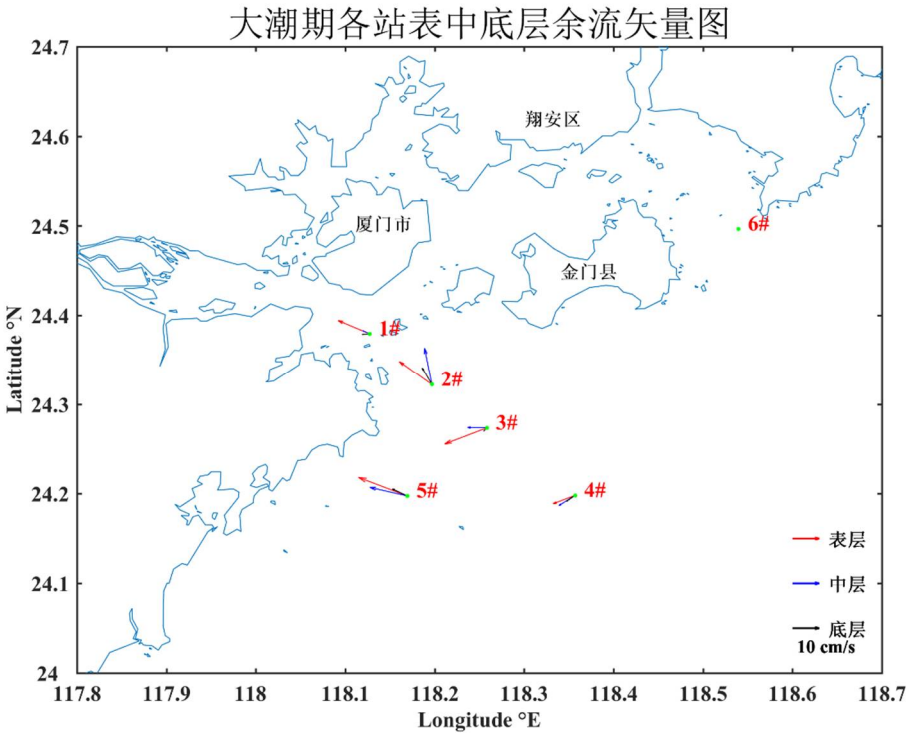



**图 5.5-5　大潮余流流矢图**

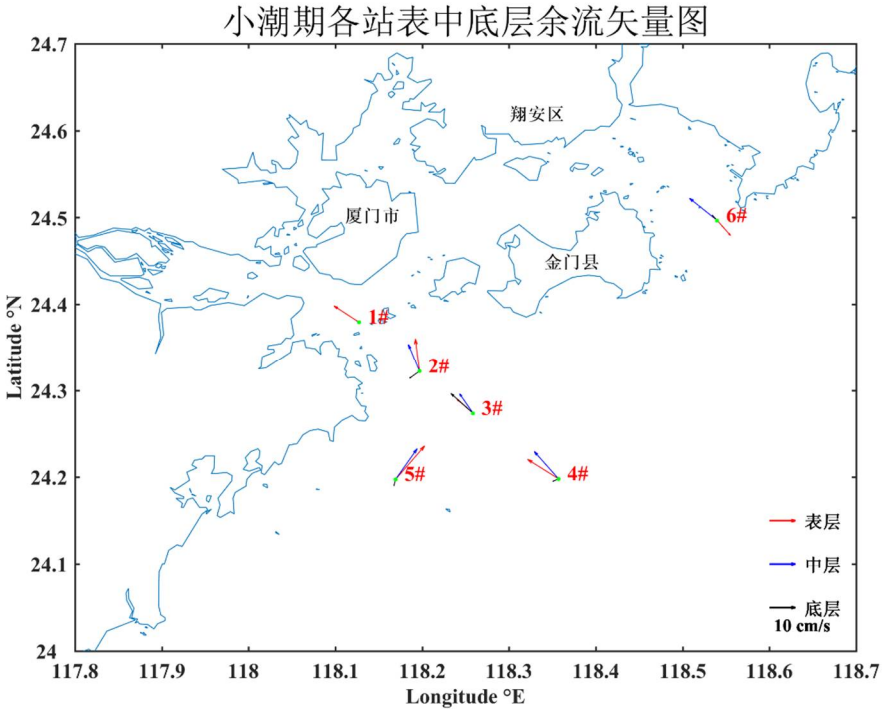



**图 5.5-6　小潮余流流矢图**

### 5.5.1.3波浪

1、厦门湾和围头湾

厦门海洋站和东山海洋站的测波点位置均位于湾内，受地形阻挡，不能代表选划的海砂开采区的波浪特征，故波浪特征分析主要参考围头测波站、流会测波站和六鳌临时测波站的实测波浪资料。

（1）围头、流会测波站

根据围头测波站、流会测波站 1961~1979 年分方向最大波高资料统计得到：最大波高均出现在 ESE、SE 向，围头测波站 ESE、SE 向最大波高分别为 7.0m、6.8m，流会测波站 ESE、SE 向最大波高分别为 6.7m、6.9m。

**表 5.5-7　分方向最大波高统计表（1961~1979）**

| 目 | N | NNE | NE | ENE | E | ESE | SE | SSE | S | SSW | SW | WSW | W | WNW | NW | NNW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 围头测波站 | 3.2 | 5.2 | 6.5 | 5.0 | 4.5 | 7.0 | 6.8 | 5.2 | 5.0 | 3.8 | 5.0 | 2.0 | 2.5 | 2.0 | 1.8 | 2.1 |
| 流会测波站 | 2.7 | 2.8 | 4.5 | 5.8 | 5.5 | 6.7 | 6.9 | 6.0 | 5.8 | 4.2 | 3.6 | 1.2 | 1.8 | 0.6 | 0.7 | 0.5 |

（2）六鳌临时测波站

根据六鳌临时测波站 2010 年 3 月~2011 年 2 月一年的实测波浪资料进行统计分析，一年观测期间，工程海域常浪向为 ENE 向，年出现频率为 28%，强浪向为 E 向，实测最大 $H_{max}$ 波高为 9.77m，$H_{1/10}$ 波高为 7.4m，出现在 1013“鲇鱼”台风期间。一年之中各向 $H_{1/10}$ 波高平均值最大为 1.7m，出现在 ENE 向；其次为 1.60m，出现在 NE 和 E 向。各向 $H_{1/10}$ 波高年最大值以 E 向最大，为 7.4m；其次为 ESE 向，为 6.6m。

**表 5.5-8　分方向波高统计表（六鳌 2010.03~2011.02）**

| 项目 | N | NNE | NE | ENE | E | ESE | SE | SSE | S | SSW | SW | WSW | W | WNW | NW | NNW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 最大波高（m） | 0 | 0 | 3.5 | 4.3 | 7.4 | 6.6 | 6.1 | 6.0 | 1.8 | 2.0 | 1.3 | 1.5 | 0.6 | 0 | 0 | 0 |
| 平均波高（m） | 0 | 0 | 1.6 | 1.7 | 1.6 | 1.2 | 0.8 | 0.7 | 0.7 | 0.8 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0 | 0 | 0 |
| 出现频率(%) | 0 | 0 | 6 | 28 | 21 | 16 | 11 | 7 | 7 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

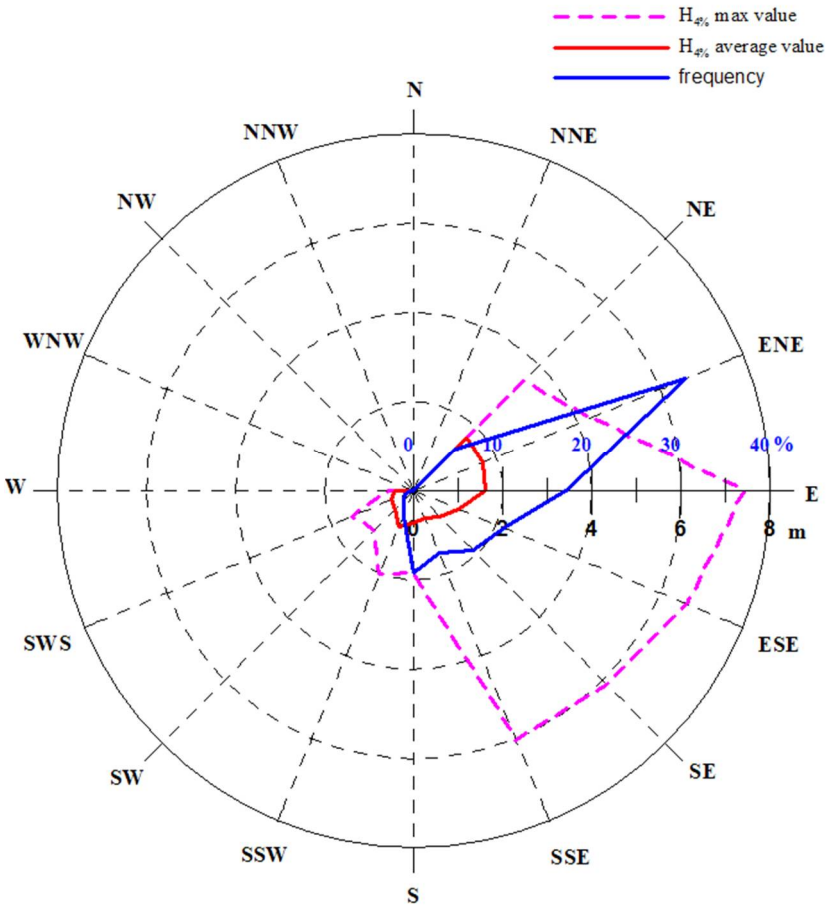



**图 5.5-7　全年波浪玫瑰图（六鳌临时测波站 2010.03 ~2011.02）**

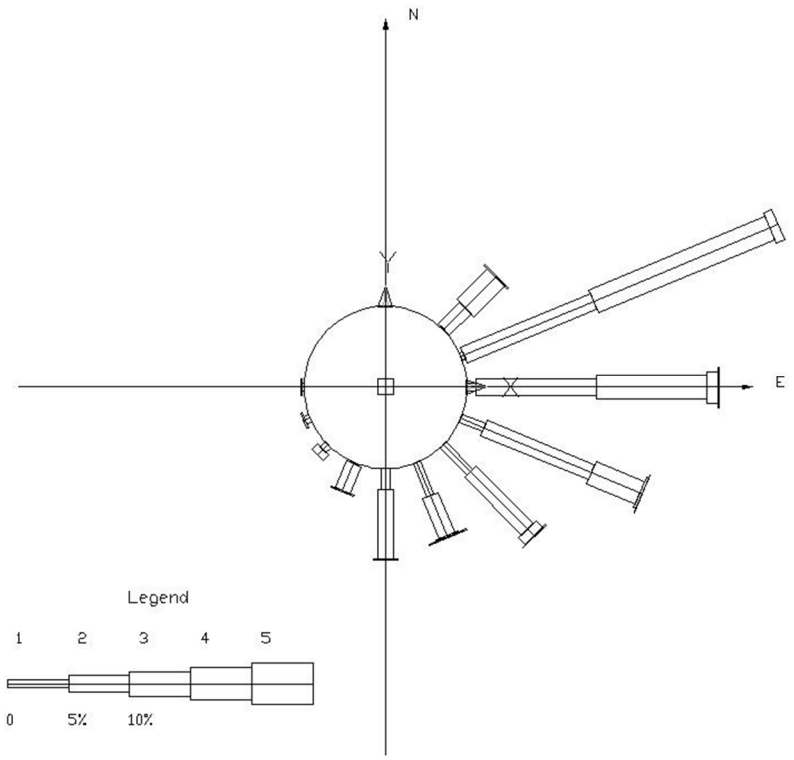



**图 5.5-8　全年波浪分向分级图（六鳌临时测波站 2010.03 ~2011.02）**

2、取砂区

根据国家海洋局第三海洋研究所 2013 年 8 月《厦门新机场海砂资源开采项目调查海洋水文专题报告》成果，选取拟开采砂体 A、B 点作为设计波要素推算点位置，见图 5.5-9。

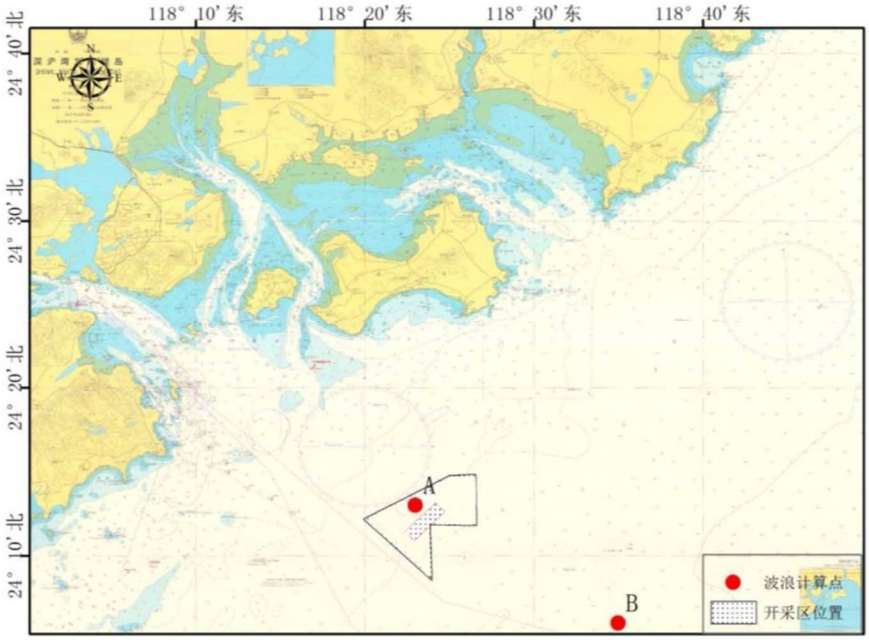



**图 5.5-9　取砂区设计波要素推算点**

(1)设计风速

取砂区海域没有长期实测波浪资料，故采用位于工程区 NW 向约 45km 处的厦门气象台 1956～2007 年的实测风速年极值资料，按照 P-Ⅲ型频率分析方法推算邻近海区各方向的设计风速值，见表 5.5-15。

**表 5.5-9　厦门站设计风速计算成果表**

| 重现期（年） | 风速（m/s） | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | NE(NNE) | E(ENE) | SE(ESE) | S(SSE) | SW(SSW) |
| 50 | 30.5 | 32.0 | 31.6 | 30.5 | 25.8 |
| 2 | 14.7 | 13.0 | 11.9 | 11.5 | 10.9 |

注：9 级风：22.6m/s；6 级风：12.3m/s。

(2)A、B 点设计波要素

**表 5.5-10　A 点设计波要素表**

| 计算点 | 方向 | 重现期(年) | 水位 | 计算点水深(m) | $H_{1\%}$ (m) | $H_{4\%}$ (m) | $H_{5\%}$ (m) | $H_{13\%}$ (m) | $\bar{H}$ (m) | $\bar{T}$ (s) | L (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | NE | 50 | 平均水位 | 30 | 7.35 | 6.27 | 6.05 | 5.11 | 3.28 | 9.3 | 123.31 |
| | | 2 | | 30 | 4.09 | 3.44 | 3.33 | 2.78 | 1.75 | 7.2 | 78.44 |
| | | 9 级风 | | 30 | 5.92 | 5.01 | 4.84 | 4.07 | 2.59 | 7.4 | 83.35 |
| | | 6 级风 | | 30 | 3.84 | 3.24 | 3.12 | 2.61 | 1.65 | 5.8 | 52.75 |
| | | 5 级风 | | 30 | 2.37 | 1.99 | 1.92 | 1.60 | 1.00 | 4.7 | 34.45 |
| | | 4 级风 | | 30 | 1.52 | 1.27 | 1.23 | 1.02 | 0.64 | 3.8 | 22.52 |
| | E | 50 | | 30 | 8.96 | 7.68 | 7.42 | 6.30 | 4.07 | 9.7 | 131.50 |
| | | 2 | | 30 | 3.77 | 3.18 | 3.06 | 2.56 | 1.61 | 6.2 | 58.99 |
| | | 9 级风 | | 30 | 6.65 | 5.65 | 5.46 | 4.60 | 2.94 | 8.2 | 100.96 |
| | | 6 级风 | | 30 | 4.03 | 3.40 | 3.28 | 2.74 | 1.73 | 6.4 | 62.97 |
| | | 5 级风 | | 30 | 2.51 | 2.10 | 2.03 | 1.69 | 1.06 | 5.1 | 40.56 |
| | | 4 级风 | | 30 | 1.55 | 1.30 | 1.25 | 1.04 | 0.65 | 4.1 | 26.22 |
| | SE | 50 | | 30 | 9.27 | 7.95 | 7.69 | 6.53 | 4.23 | 9.8 | 133.54 |
| | | 2 | | 30 | 3.44 | 2.89 | 2.79 | 2.33 | 1.47 | 5.9 | 54.19 |
| | | 9 级风 | | 30 | 6.87 | 5.85 | 5.65 | 4.76 | 3.04 | 8.4 | 103.45 |
| | | 6 级风 | | 30 | 4.10 | 3.46 | 3.34 | 2.79 | 1.76 | 6.4 | 64.13 |
| | | 5 级风 | | 30 | 2.52 | 2.12 | 2.04 | 1.70 | 1.07 | 5.1 | 40.56 |
| | | 4 级风 | | 30 | 1.55 | 1.30 | 1.25 | 1.04 | 0.65 | 4.1 | 26.22 |
| | S | 50 | | 30 | 9.11 | 7.81 | 7.55 | 6.41 | 4.15 | 9.7 | 131.30 |
| | | 2 | | 30 | 3.31 | 2.78 | 2.69 | 2.24 | 1.41 | 5.8 | 52.39 |
| | | 9 级风 | | 30 | 6.93 | 5.89 | 5.69 | 4.80 | 3.07 | 8.4 | 104.08 |
| | | 6 级风 | | 30 | 4.12 | 3.47 | 3.35 | 2.80 | 1.77 | 6.5 | 64.51 |
| | | 5 级风 | | 30 | 2.52 | 2.12 | 2.04 | 1.70 | 1.07 | 5.1 | 40.56 |
| | | 4 级风 | | 30 | 1.55 | 1.30 | 1.25 | 1.04 | 0.65 | 4.1 | 26.22 |
| | SW | 50 | | 30 | 6.25 | 5.30 | 5.12 | 4.31 | 2.75 | 8.3 | 101.17 |
| | | 2 | | 30 | 2.84 | 2.39 | 2.30 | 1.92 | 1.21 | 5.4 | 44.79 |
| | | 9 级风 | | 30 | 5.66 | 4.80 | 4.63 | 3.89 | 2.47 | 7.8 | 91.20 |
| | | 6 级风 | | 30 | 3.66 | 3.08 | 2.97 | 2.48 | 1.56 | 6.1 | 57.68 |
| | | 5 级风 | | 30 | 2.37 | 1.99 | 1.92 | 1.60 | 1.00 | 4.9 | 37.45 |
| | | 4 级风 | | 30 | 1.52 | 1.27 | 1.23 | 1.02 | 0.64 | 4.0 | 24.96 |

**表 5.5-11　B 点设计波要素表**

| 计算点 | 方向 | 重现期(年) | 水位 | 计算点水深(m) | $H_{1\%}$ (m) | $H_{4\%}$ (m) | $H_{5\%}$ (m) | $H_{13\%}$ (m) | $\bar{H}$ (m) | $\bar{T}$ (s) | L (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B | NE | 50 | 平均水位 | 50 | 8.83 | 7.47 | 7.21 | 6.05 | 3.84 | 9.5 | 138.11 |
| | | 2 | | 50 | 4.37 | 3.67 | 3.54 | 2.95 | 1.85 | 6.6 | 67.93 |
| | | 9 级风 | | 50 | 6.77 | 5.70 | 5.50 | 4.60 | 2.90 | 8.2 | 105.36 |
| | | 6 级风 | | 50 | 4.07 | 3.41 | 3.29 | 2.74 | 1.72 | 6.4 | 63.28 |
| | | 5 级风 | | 50 | 2.52 | 2.11 | 2.04 | 1.69 | 1.06 | 5.1 | 40.57 |
| | | 4 级风 | | 50 | 1.56 | 1.30 | 1.26 | 1.04 | 0.65 | 4.1 | 26.22 |
| | E | 50 | | 50 | 9.32 | 7.89 | 7.62 | 6.40 | 4.07 | 9.7 | 143.69 |
| | | 2 | | 50 | 3.76 | 3.15 | 3.04 | 2.53 | 1.58 | 6.1 | 58.61 |
| | | 9 级风 | | 50 | 6.78 | 5.71 | 5.51 | 4.61 | 2.91 | 8.2 | 104.86 |
| | | 6 级风 | | 50 | 4.02 | 3.37 | 3.26 | 2.71 | 1.70 | 6.3 | 62.69 |
| | | 5 级风 | | 50 | 2.48 | 2.07 | 2.00 | 1.66 | 1.04 | 5.0 | 38.99 |
| | | 4 级风 | | 50 | 1.53 | 1.28 | 1.23 | 1.02 | 0.64 | 4.0 | 24.96 |
| | SE | 50 | | 50 | 9.90 | 8.39 | 8.10 | 6.81 | 4.34 | 10.0 | 150.36 |
| | | 2 | | 50 | 3.51 | 2.94 | 2.84 | 2.36 | 1.48 | 6.0 | 55.22 |
| | | 9 级风 | | 50 | 7.20 | 6.07 | 5.86 | 4.90 | 3.10 | 8.5 | 110.86 |
| | | 6 级风 | | 50 | 4.20 | 3.52 | 3.40 | 2.83 | 1.77 | 6.5 | 65.69 |
| | | 5 级风 | | 50 | 2.55 | 2.13 | 2.06 | 1.71 | 1.07 | 5.1 | 40.57 |
| | | 4 级风 | | 50 | 1.56 | 1.30 | 1.26 | 1.04 | 0.65 | 4.1 | 26.22 |
| | S | 50 | | 50 | 9.80 | 8.30 | 8.02 | 6.74 | 4.29 | 9.9 | 148.49 |
| | | 2 | | 50 | 3.38 | 2.83 | 2.73 | 2.27 | 1.42 | 5.9 | 53.56 |
| | | 9 级风 | | 50 | 7.31 | 6.17 | 5.95 | 4.98 | 3.15 | 8.5 | 112.63 |
| | | 6 级风 | | 50 | 4.23 | 3.55 | 3.42 | 2.85 | 1.79 | 6.5 | 66.50 |
| | | 5 级风 | | 50 | 2.56 | 2.15 | 2.07 | 1.72 | 1.07 | 5.1 | 40.57 |
| | | 4 级风 | | 50 | 1.56 | 1.30 | 1.26 | 1.04 | 0.65 | 4.1 | 26.22 |
| | SW | 50 | | 50 | 7.18 | 6.06 | 5.85 | 4.89 | 3.09 | 8.6 | 114.41 |
| | | 2 | | 50 | 3.01 | 2.52 | 2.43 | 2.02 | 1.26 | 5.5 | 47.01 |
| | | 9 级风 | | 50 | 6.41 | 5.39 | 5.21 | 4.35 | 2.74 | 8.1 | 101.17 |
| | | 6 级风 | | 50 | 3.95 | 3.31 | 3.20 | 2.66 | 1.67 | 6.3 | 61.31 |
| | | 5 级风 | | 50 | 2.48 | 2.07 | 2.00 | 1.66 | 1.04 | 5.0 | 38.99 |
| | | 4 级风 | | 50 | 1.54 | 1.29 | 1.24 | 1.03 | 0.64 | 4.0 | 24.96 |

(3)季节变化

取砂区 3 月至 9 月的风浪相对较小。每年 10 月（冷空气前期）开始于台湾海峡西南方，东沙以东出现 2 米以上大浪的中心，11 月、12 月其范围进一步扩大，强度也加强，直至 2 月份都是强盛期，其中 11 月、12 月和 1 月最强，出现 3 米以上风浪的灾害性天气的机率较大。

### 5.5.1.4悬沙

2019 年 9 月，福建省水产研究所在海流观测的同时，进行大、小潮期悬浮泥沙观测，测站与海流观测站位一致，见图 5.5-2。

每次各站各层均在涨急和落急时取样，各站观测层次与海流观测一致。对所有水样均进行含沙量测试。含沙量的测定采用抽滤法，滤膜孔径显 0.45μm，1/10,000 克电子天平称重，根据抽滤前后滤膜重量的变化及水量得出含沙量（mg/L）。

根据现场观测和实验室分析，将全潮水文泥沙测验中各站水体含沙量值进行统计分析，列于表 5.5-18。

**表 5.5-18　冬季各站含沙量变化统计表　(mg/l)**

| 站位号 | 大潮 | | | 小潮 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 最大 | 最小 | 平均 | 最大 | 最小 | 平均 |
| **1** | 74.30 | 43.20 | 56.13 | 88.50 | 41.00 | 59.95 |
| **2** | 54.90 | 28.40 | 40.15 | 62.30 | 23.70 | 41.79 |
| **3** | 33.50 | 27.50 | 30.10 | 44.70 | 24.50 | 32.87 |
| **4** | 63.80 | 38.80 | 45.35 | 91.10 | 33.60 | 59.57 |
| **5** | 94.40 | 24.70 | 52.47 | 95.40 | 31.30 | 50.88 |
| **6** | 47.90 | 27.20 | 36.47 | 48.00 | 24.00 | 34.87 |

观测海区大潮期含沙量的变化范围为 27.2mg/l~94.4.00mg/l；小潮期含沙量的变化范围为 23.7mg/l~91.1mg/l。大潮期 5#站含沙量最大，1#站次之，3#站最小；小潮期 5#站平均含沙量最大，1#站次之，3#站最小。

本次测量含沙量的垂线分布基本符合悬沙分布的一般规律，即含沙量由表向底逐渐变大，受大潮期潮流相对较强的影响，各站小潮期悬沙均小于大潮期。

采用 GSL-101BI 激光粒度仪对大潮期各观测站位涨急、落急典型时刻的水样进行了粒度分析，得出工程海域水体悬沙粒度组成情况。大潮期间，各站涨急和落急时刻悬沙粒度组成差别不大，组成物质主要有砂质粉砂（ST）、粘土质粉砂（YT）两种类型，悬沙粒度组成中值粒径为 7.42-8.40ϕ。

1#站水体悬沙以粘土质粉砂（YT）为主，仅落急、落憩时刻底层为粉砂质粘土（TY）。2#站涨急、涨憩时刻水体悬沙粒度组成为粘土质粉砂（YT），落急时刻水体悬沙粒度组成为粉砂质粘土（TY）。3#站涨急、涨憩时刻水体悬沙粒度组成为粘土质粉砂（YT），落急时刻表层和落憩时刻水体悬沙粒度组成为粉砂质粘土（TY）。4#、6#站水体悬沙均为粘土质粉砂（YT）。5#各时刻水体悬沙粒度组成为以粉砂质粘土（TY）为主。

### 5.5.2 海域底床稳定性与冲淤现状调查

根据《厦门新机场建设海砂资源开采项目底床稳定性及冲淤变化研究报告》（国家海洋局第三海洋研究所，2013 年 12 月），分析海底冲淤变化的动力学过程及海底冲淤通量。

#### 5.5.2.1海域底床稳定性分析

根据沉积物粒度观测数据和水文泥沙观测资料，分析海底冲淤变化的动力学过程。根据以往和本次沉积物调查资料，本次水文泥沙观测站位底质类型粗颗粒组份含量很高（表 5.5-19），均属于非粘性沉积物，因此，在分析岸滩冲淤变化及计算侵蚀和沉降通量时需要采用适合非粘性沉积物侵蚀的计算公式。根据 1#~6#站所处的区域位置来看，区分为四个区块，即 1#~3#站位于航道区，4#站位于工程区，5#站位于镇海角和东碇岛之间海区，6#站位于金门岛东北向海区。

**表 5.5-19　水文观测站位附近海底沉积物特征及起动切应力 $\tau_{cr}$**

| 站位 | 砂含量(%) | 粉砂含量(%) | 粘土含量(%) | 沉积物类型 | 中值粒(μm) | $\tau_{cr}$(N/m$^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1# | 9.30 | 79.57 | 11.13 | T | 16.8 | 0.057 |
| 2# | 53.17 | 35.70 | 11.12 | TS | 85.1 | 0.135 |
| 3# | 69.02 | 11.33 | 1.69 | GMS | 955.3 | 0.457 |
| 4# | 99.31 | 0 | 0 | MCS | 675.0 | 0.326 |
| 5# | 45.50 | 49.67 | 4.84 | ST | 38.7 | 0.096 |
| 6# | 36.12 | 50.11 | 13.77 | ST | 18.6 | 0.061 |

（1）沉积物临界启动条件

海底沉积物临界起动对研究沉积物活动性、沉积物对水动力的响应特征、沉积物输运等都具有非常重要的影响。在衡量沉积物是否起动与沉降的两个非常必要的指标是临界侵蚀切应力和临界沉降切应力。临界侵蚀切应力是一个与沉积物含水量有关的参数，该区表层沉积物多为粗颗粒物质，属于非粘性砂质沉积物。

通过相关计算得出：航道区的 1#~3#站表层沉积物临界起动切应力分别为 0.057N/m$^2$、0.135N/m$^2$、0.457N/m$^2$，从内航道向外航道逐渐增大；工程区的 4#站表层沉积物临界起动切应力为 0.326N/m$^2$，起动切应力较大；镇海角和东碇岛之间海区的 5#站表层沉积物临界起动切应力为 0.096N/m$^2$，起动切应力较小；金门岛东北向海区的 6#站表层沉积物临界起动切应力为 0.061N/m$^2$，起动切应力较

小。

（2）海流对表层沉积物活动性的影响

各观测站位在大、小潮中的涨、落潮出现的海流底部切应力 $\tau_0$ 的最大值及其潮周期变化过程如表 5.5-20、图 5.5-9~图 5.5-11。大潮涨潮期间，航道区的 1#~3#站表层沉积物底部流的切应力分别为 0.588N/m$^2$、0.458N/m$^2$、0.344N/m$^2$，从内航道向外航道逐渐减小；工程区的 4#站表层沉积物底部流的切应力为 0.418N/m$^2$；镇海角和东碇岛之间海区的 5#站表层沉积物底部流的切应力为 0.521N/m$^2$；金门岛东北向海区的 6#站表层沉积物底部流的切应力为 0.869N/m$^2$，流的切应力较大。

**表 5.5-12　水文观测站位观测期间海流底部切应力 $\tau_0$ 统计特征**

| 站位 | 最大值(N/m$^2$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 大潮 | | 小潮 | |
| | 涨潮 | 落潮 | 涨潮 | 落潮 |
| 1# | 0.588 | 0.841 | 0.309 | 0.309 |
| 2# | 0.458 | 0.709 | 0.565 | 0.231 |
| 3# | 0.344 | 0.293 | 0.293 | 0.246 |
| 4# | 0.418 | 0.177 | 0.261 | 0.090 |
| 5# | 0.521 | 0.478 | 0.362 | 0.418 |
| 6# | 0.869 | 0.734 | 0.499 | 0.458 |

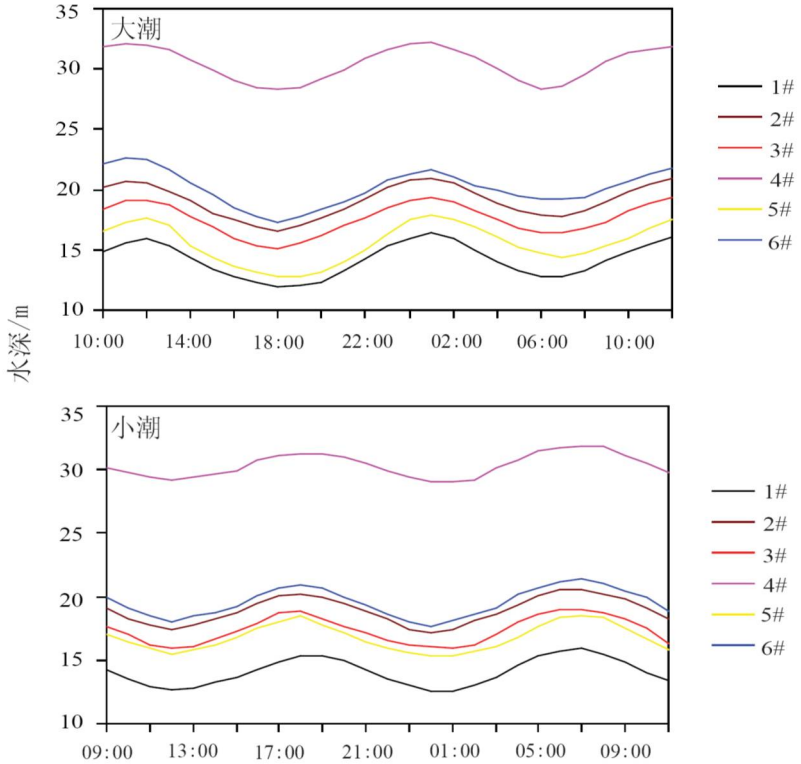



**图 5.5-9　水文调查站位潮周期水深变化**

（3）波浪对表层沉积物活动性的影响

**表 5.5-13　水文观测站位附近海底沉积物特征及波浪底部切应力 $\tau_w$**

| 站位 | H(m) | T(s) | L(m) | h(m) | 中值粒(μm) | $\tau_w$(N/m$^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1# | 1.76 | 6.4 | 64.13 | 16 | 16.8 | 0.150 |
| 2# | 1.76 | 6.4 | 64.13 | 19 | 85.1 | 0.220 |
| 3# | 1.76 | 6.4 | 64.13 | 18 | 955.3 | 0.901 |
| 4# | 1.76 | 6.4 | 64.13 | 30 | 675.0 | 0.127 |
| 5# | 1.76 | 6.4 | 64.13 | 16 | 38.7 | 0.232 |
| 6# | 1.76 | 6.41 | 64.13 | 20 | 18.6 | 0.086 |

各观测站的波浪底部切应力 $\tau_w$ 如**表 5.5-21**。航道区的 1#~3#站表层沉积物底部波浪切应力分别为 0.150N/m$^2$、0.220N/m$^2$、0.901N/m$^2$，从内航道向外航道逐渐增大；工程区的 4#站表层沉积物底部波浪切应力为 0.127N/m$^2$，波浪切应力较小；镇海角和东碇岛之间海区的 5#站表层沉积物底部波浪切应力为 0.232N/m$^2$；金门岛东北向海区的 6#站表层沉积物底部波浪切应力为 0.086N/m$^2$，波浪切应力较小。3#站值最大，6#最小。

（4）波流共同作用对表层沉积物活动性的影响

底部切应力受到流和波共同影响，考虑将流的底部切应力和波的底部切应力进行叠加。

**表 5.5-14　水文观测站位观测期间的各底部切应力**

| 站位 | 大潮 | | | | 小潮 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 海流底部切应力 | 波浪底部切应力 | 海流叠加波浪底部切应力 | 起动切应力 | 海流底部切应力 | 波浪底部切应力 | 海流叠加波浪底部切应力 | 起动切应力 |
| 1# | 0.002~0.840 | 0.141~0.292 | 0.024~1.066 | 0.057 | 0.003~0.316 | 0.150~0.263 | 0.013~0.507 | 0.057 |
| 2# | 0.014~0.709 | 0.165~0.318 | 0.058~0.917 | 0.135 | 0.027~0.565 | 0.173~0.295 | 0.058~0.917 | 0.135 |
| 3# | 0.058~0.344 | 0.728~1.421 | 0.543~1.589 | 0.457 | 0.032~0.293 | 0.773~1.251 | 0.446~1.485 | 0.457 |
| 4# | 0.014~0.418 | 0.092~0.163 | 0.027~0.423 | 0.326 | 0.006~0.261 | 0.096~0.145 | 0.019~0.262 | 0.326 |
| 5# | 0.004~0.521 | 0.175~0.396 | 0.055~0.611 | 0.096 | 0.008~0.418 | 0.159~0.260 | 0.054~0.405 | 0.096 |
| 6# | 0.039~0.869 | 0.058~0.131 | 0.009~0.826 | 0.061 | 0.058~0.489 | 0.070~0.122 | 0.060~0.554 | 0.061 |

计算结果如表 5.5-22、图 5.5-9~图 5.5-11 所示。

①大潮期间

航道区：1#站位底部流的切应力范围 0.002~0.840N/m$^2$，底部波的切应力范围 0.141~0.292N/m$^2$，流和波叠加后的底部切应力范围 0.024~1.066N/m$^2$，对比起

动切应力 0.057N/m$^2$，流、波以及叠加后的底部切应力绝大部分时刻大于起动切应力，表明该站位大潮期间发生侵蚀。2#站位底部流的切应力范围 0.014~0.709N/m$^2$，底部波的切应力范围 0.165~0.318N/m$^2$，流和波叠加后的底部切应力范围 0.058~0.917N/m$^2$，对比起动切应力 0.135N/m$^2$，流、波以及叠加后的底部切应力绝大部分时刻大于起动切应力，流的底部切应力仅在低平潮和高平潮时刻小于起动切应力，表明该站位大潮期间发生侵蚀。3#站位底部流的切应力范围 0.058~0.344N/m$^2$，底部波的切应力范围 0.728~1.421N/m$^2$，流和波叠加后的底部切应力范围 0.543~1.589N/m$^2$，对比起动切应力 0.457N/m$^2$，底部流的切应力均小于起动切应力，波和叠加后的底部切应力均大于起动切应力，表明该站位大潮期间发生侵蚀。

镇海角与东碇岛之间海区：5#站位底部流的切应力范围 0.004~0.521N/m$^2$，底部波的切应力范围 0.175~0.396N/m$^2$，流和波叠加后的底部切应力范围 0.055~0.611N/m$^2$，对比起动切应力 0.096N/m$^2$，流、波以及叠加后的底部切应力绝大部分时刻大于起动切应力，底部流的切应力仅在落急时刻小于起动切应力，表明该站位大潮期间发生侵蚀。

工程区：4#站位底部流的切应力范围 0.014~0.418N/m$^2$，底部波的切应力范围 0.092~0.163N/m$^2$，流和波叠加后的底部切应力范围 0.027~0.423N/m$^2$，对比起动切应力 0.326N/m$^2$，流、波以及叠加后的底部切应力绝大部分时刻小于起动切应力，流和叠加后的底部切应力仅在落急和涨急时刻大于起动切应力，表明该站位大潮期间发生淤积。

金门岛东北向海区：6#站位底部流的切应力范围 0.039~0.869N/m$^2$，底部波的切应力范围 0.058~0.131N/m$^2$，流和波叠加后的底部切应力范围 0.009~0.826N/m$^2$，对比起动切应力 0.061N/m$^2$，流、波以及叠加后的底部切应力绝大部分时刻大于起动切应力，仅在低平潮和高平潮时刻小于起动切应力，表明该站位大潮期间发生侵蚀。

②小潮期间

航道区：1#站位底部流的切应力范围 0.003~0.316N/m$^2$，底部波的切应力范围 0.150~0.263N/m$^2$，流和波叠加后的底部切应力范围 0.013~0.507N/m$^2$，对比起

动切应力 0.057N/m$^2$，流、波以及叠加后的底部切应力绝大部分时刻大于起动切应力，底部流的切应力在低平潮和高平潮时刻小于起动切应力，表明该站位大潮期间发生侵蚀。2#站位底部流的切应力范围 0.027~0.565N/m$^2$，底部波的切应力范围 0.173~0.295N/m$^2$，流和波叠加后的底部切应力范围 0.058~0.917N/m$^2$，对比起动切应力 0.135N/m$^2$，流、波以及叠加后的底部切应力绝大部分时刻大于起动切应力，底部流的切应力仅在低平潮和高平潮时刻小于起动切应力，表明该站位大潮期间发生侵蚀。3#站位底部流的切应力范围 0.032~0.293N/m$^2$，底部波的切应力范围 0.773~1.251N/m$^2$，流和波叠加后的底部切应力范围 0.446~1.485N/m$^2$，对比起动切应力 0.457N/m$^2$，底部流的切应力均小于起动切应力，波和叠加后的底部切应力均大于起动切应力，表明该站位大潮期间发生侵蚀。

镇海角与东碇岛之间海区：5#站位底部流的切应力范围 0.008~0.418N/m$^2$，底部波的切应力范围 0.159~0.260N/m$^2$，流和波叠加后的底部切应力范围 0.054~0.405N/m$^2$，对比起动切应力 0.096N/m$^2$，流、波以及叠加后的底部切应力绝大部分时刻大于起动切应力，底部流的切应力仅在落急时刻小于起动切应力，表明该站位大潮期间发生侵蚀。

工程区：4#站位底部流的切应力范围 0.006~0.261N/m$^2$，底部波的切应力范围 0.096~0.145N/m$^2$，流和波叠加后的底部切应力范围 0.019~0.262N/m$^2$，对比起动切应力 0.326N/m$^2$，流、波以及叠加后的底部切应力均小于起动切应力，表明该站位大潮期间发生淤积。

金门岛东北向海区：6#站位底部流的切应力范围 0.058~0.489N/m$^2$，底部波的切应力范围 0.070~0.122N/m$^2$，流和波叠加后的底部切应力范围 0.060~0.554N/m$^2$，对比起动切应力 0.061N/m$^2$，流、波以及叠加后的底部切应力绝大部分时刻大于起动切应力，表明该站位大潮期间发生侵蚀。

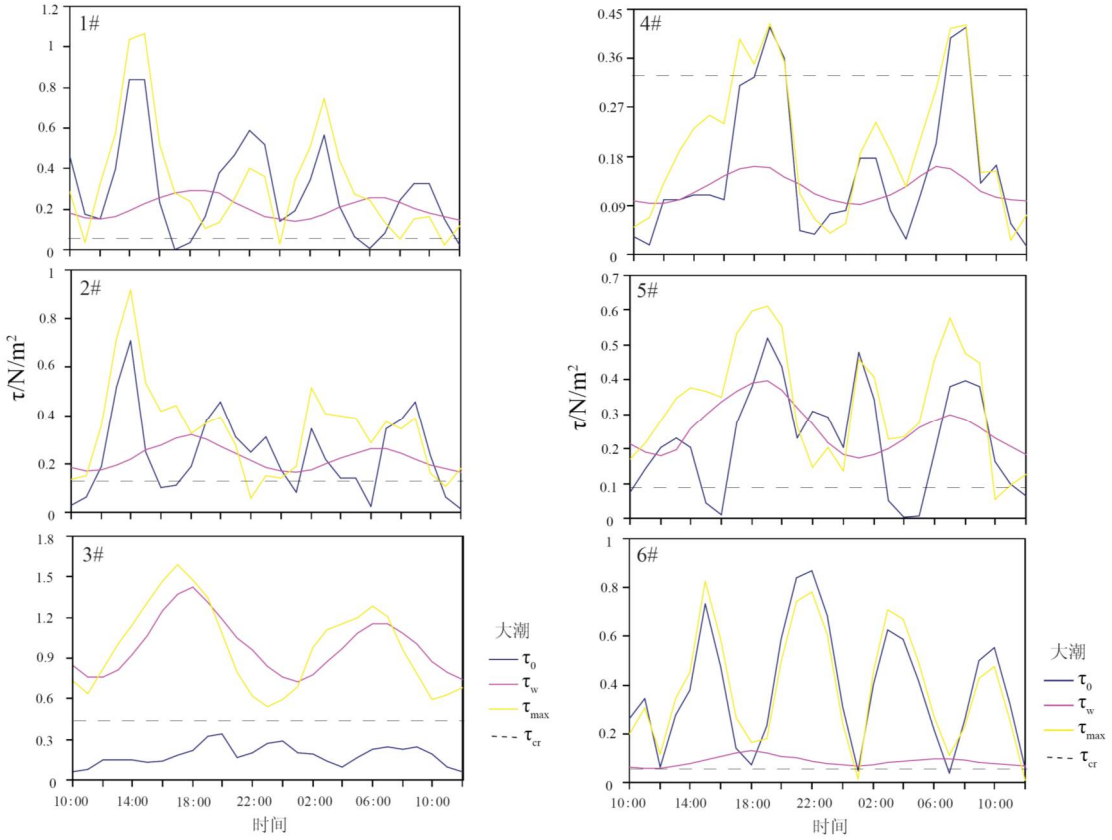



**图 5.5-10　水文观测 1#~6#站大潮期间底部切应力**

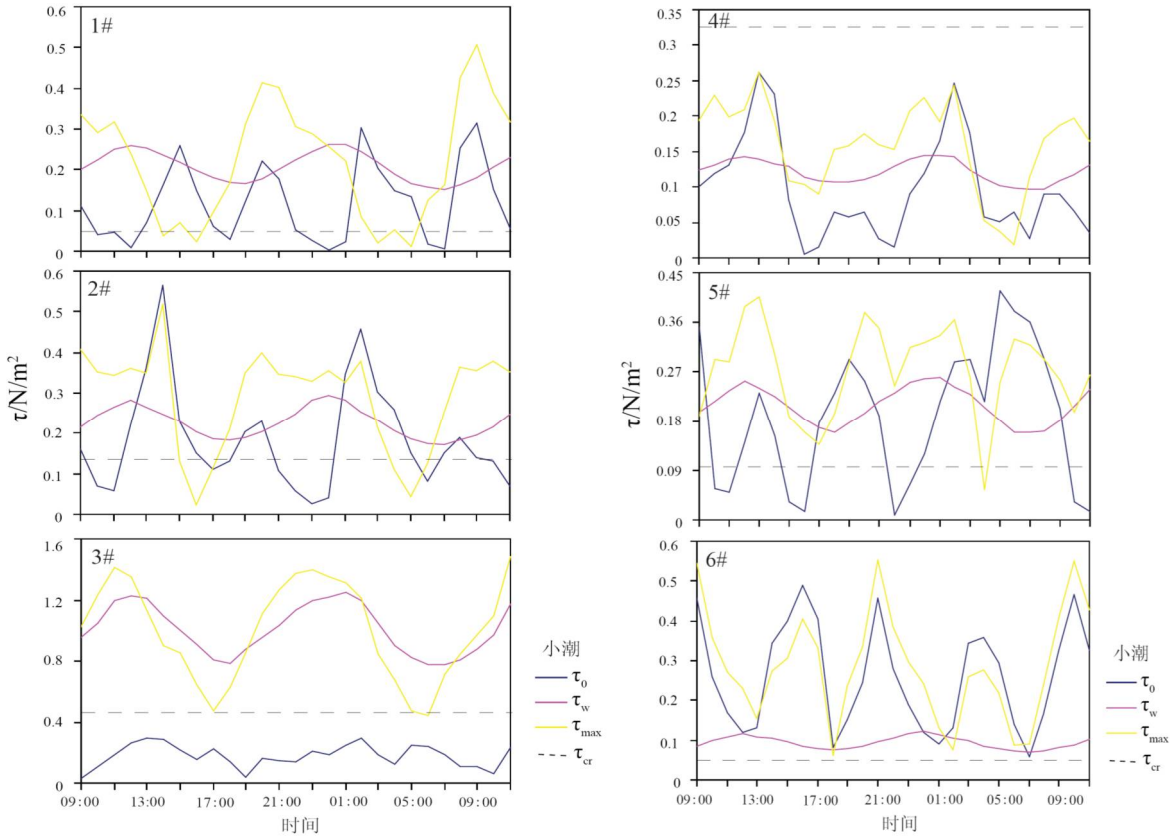



**图 5.5-11　水文观测 1#~6#站小潮期间底部切应力**

### 5.5.2.2海床冲淤演变分析

对 1950 年至 2010 年间出版的海图进行数据提取。1958 版、1986 版、2008 版海图的比例尺为 1：10 万，1958 版海图图名为东碇岛至深沪湾，代号 1362，1986 版和 2008 版海图图名深沪湾至东碇岛，代号 14240。对比不同年份间的水深资料，分航道区（图 5.5-12~图 5.5-14）、镇海角区（图 5.5-15~图 5.5-17）、工程区（图 5.5-18~图 5.5-20）、金门岛南侧区（**图 5.5-21~图 5.5-23**）四个区块进行分析。

（1）航道区

对航道区来说，我们主要分析 10m 和 20m 等深线的变化。1958 版和 1986 版海图进行对比（图 5.5-12）。对于 10m 等深线，靠近龙海的这条 10m 等深线，测量时间为 1937-1938 年、1968-1969 年，等深线向海方向移动，表现为淤积；浯屿岛南侧的 10m 等深线，测量时间为 1937-1938 年、1968-1969 年，等深线向南移动；浯屿岛北侧的 10m 等深线，测量时间为 1937-1938 年、旧版海图（具体年代不详），等深线向海方向移动，表现为淤积；大担岛-二担岛岛链周边的 10m 等深线，测量时间为 1937-1938 年、旧版海图，相对大担岛-二担岛岛链，等深线向岛的四周扩散。对于 20m 等深线，测量时间为 1937-1938 年、旧版海图，整个水槽向两侧扩散，尤其向东方向扩散，体现出侵蚀。

1986 版和 2008 版海图进行对比（图 5.5-13）。对于 10m 等深线，靠近龙海的这条 10m 等深线，测量时间为 1968-1969 年、2001-2008 年，等深线向岸方向移动，但变化不大，表现为侵蚀；浯屿岛北侧的 10m 等深线，测量时间为 1968-1969 年和旧版海图（具体年代不详）、2001-2008 年，等深线向海方向移动，表现为淤积；大担岛-二担岛岛链周边的 10m 等深线，测量时间为旧版海图、2001-2008 年，相对大担岛-二担岛岛链，等深线向岛的四周扩散，三担岛周边尤其明显。对于 20m 等深线，测量时间为旧版海图和 1968-1969 年，水槽面积变化不大，整体向海移动，水槽东侧表现为冲刷，水槽西侧表现为淤积。

1958 版和 2008 版海图进行对比，测量时间分别为 1937-1938 年和 2001-2008 年（图 5.5-14）。对于 10m 等深线，靠近龙海的这条 10m 等深线，向海方向移动，

表现为淤积；浯屿岛南侧的 10m 等深线，等深线向南移动；浯屿岛北侧的 10m 等深线，向海方向移动，表现为淤积；大担岛-二担岛岛链周边的 10m 等深线，向岛的四周扩散。对于 20m 等深线，整个水槽向东方向移动，面积有所增大，体现出侵蚀。

（2）镇海角区

1958 版和 1986 版海图进行对比（图 5.5-15）。对于 0m 等深线，镇海角北侧 0m 等深线，测量时间为 1937-1938 年、1968-1969 年，等深线向海方向移动，表现为淤积。对于 5 m 等深线，镇海角北侧 5m 等深线，测量时间为 1937-1938 年、1968-1969 年，等深线向海方向移动，表现为淤积。对于 10m 等深线，测量时间为 1937-1938 年、1968-1969 年和 1980-1982 年，等深线向海方向移动，表现为淤积。对于 20m 等深线，测量时间为 1937-1938 年、1968-1969 年和 1980-1982 年以及旧版海图，整体水槽面积增大，向水槽两侧扩散，表现出冲刷，在靠近镇海角以东的海域，水槽表现为淤积。

1986 版和 2008 版海图进行对比（图 5.5-16）。对于 0m 等深线，测量时间为 1968-1969 年、2005-2007 年，镇海角北侧 0m 等深线向海方向移动，移动距离很小，表现为弱的淤积；镇海角南侧 0m 等深线向海和向岸移动交替出现，存在淤积和冲刷的现象，现象不明显。对于 5 m 等深线，测量时间为 1968-1969 年和 1980-1982 年、2005-2007 年，整体来看，等深线向岸移动，表现为冲刷。对于 10m 等深线，测量时间为 1968-1969 年和 1980-1982 年、2005-2007 年，在镇海角北侧及南侧的一段海域，等深线向岸移动，体现为冲刷。对于 20m 等深线，测量时间为 1968-1969 年和 1980-1982 年以及旧版海图、2005-2007 年，整体水槽面积变化不大，水槽西侧表现为冲刷。

1958 版和 2008 版海图进行对比，测量时间分别为 1937-1938 年和 2005-2007 年（图 5.5-17）。对于 0m 等深线，镇海角北侧 0m 等深线向海方向移动，表现为淤积。对于 5 m 等深线，镇海角北侧 5m 等深线向海方向移动，表现为淤积。对于 10m 等深线向海方向移动，表现为淤积。对于 20m 等深线，整体水槽面积增大，向水槽两侧扩散，表现出冲刷，在靠近镇海角以东的海域，水槽表现为淤积。

（3）工程区

1958 版和 1986 版海图进行对比（图 5.5-18）。1958 版海图没有 30m 等深线数据,有 20m 等深线数据，1986 版 30m 等深线贯穿整个工程区，20m 等深线在工程区的西北向。测量时间为 1937-1938 年、旧版海图（具体年代不详）。对于 20m 等深线，分为两段来看，工程区西北向海域，等深线向海移动，表现弱的淤积；工程区西南向海域，等深线向岸移动，移动大，表现为强的冲刷。

1986 版和 2008 版海图进行对比（图 5.5-19）。测量时间为旧版海图（具体年代不详）、2001-2005 年。2008 版海图中也含部分旧版海图。对于 20m 等深线，在工程区的西北向至北向海域，从西往东，分别表现为向岸方向移动、范围缩小、向岸方向移动，体现为侵蚀、淤积、侵蚀；其他 20m 等深线都用旧版海图数据，无法对比。贯穿工程区的 30m 等深线，工程区的东北向海域，等深线向岸移动，表现为侵蚀；其他 30m 等深线用旧版海图数据，无法对比。

1958 版和 2008 版海图进行对比，测量时间分别为 1937-1938 年、旧版海图（具体年代不详）、2001-2005 年（图 5.5-20）。对于 20m 等深线，分为两段来看，工程区西北向海域，等深线向海移动，表现弱的淤积；工程区西南向海域，等深线向岸移动，移动大，表现为强的冲刷。

（4）金门岛南侧区

1958 版和 1986 版海图进行对比（图 5.5-21）。测量时间为 1937-1938 年、旧版海图（具体年代不详）。对于 0m 等深线，等深线向海方向移动；对于 5m 等深线，等深线整体向海方向移动，部分海区有变化；对于 10m 等深线，等深线向海方向移动，等深线变化较大；0m、5m、10m 等深线变化均表现为淤积现象。对于 20m 等深线，整体来看，等深线向岸方向移动，表现为侵蚀，20m 等深线的变化分为两段，北半段变化小，南半段变化明显。

1986 版和 2008 版海图进行对比（图 5.5-22）。测量时间为旧版海图（具体年代不详）、2001 年。对于 0m 等深线，等深线向岸方向移动；对于 5m 等深线，等深线整体向岸方向移动，部分海区有变化；对于 10m 等深线，等深线整体向海方向移动，部分海区有变化，等深线变化较大；对于 20m 等深线，等深线整体向海方向移动，部分海区有变化。0m、5m、10m、20m 等深线的变化均表现为侵蚀。

1958 版和 2008 版海图进行对比，测量时间为 1937-1938 年、2001 年（图 5.5-23）。对于 0m 等深线，等深线向海方向移动；对于 5m 等深线，等深线整体向海方向移动，部分海区有变化；对于 10m 等深线，等深线向海方向移动，等深线变化较大；对于 20m 等深线，等深线向海方向移动；0m、5m、10m、20m 等深线变化均表现为淤积现象。

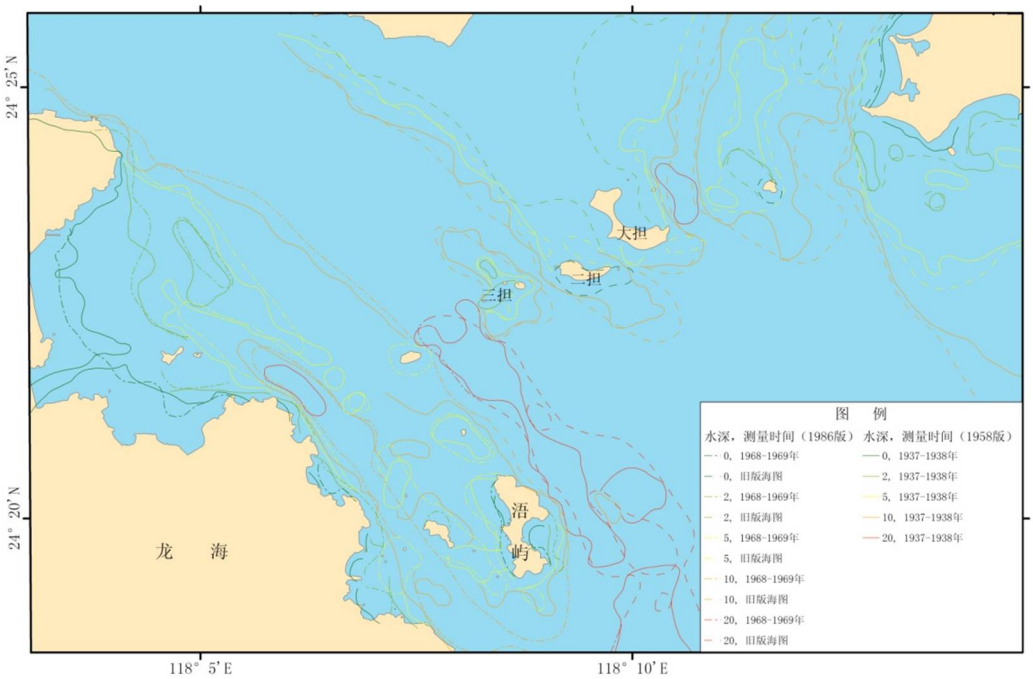



**图 5.5-12　航道区 1958~1986 年间的水深变化**

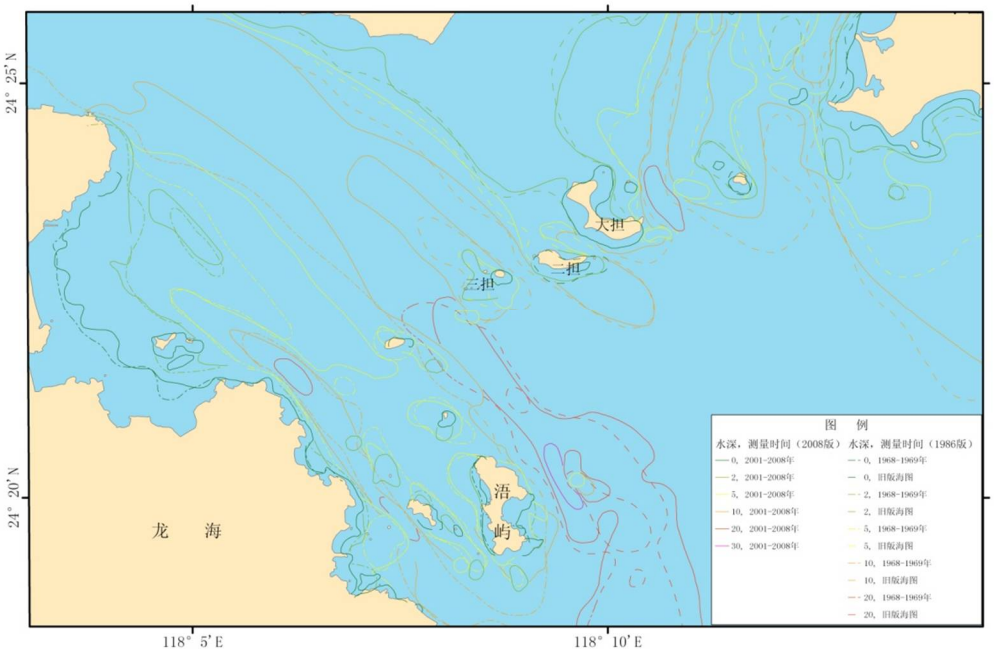



**图 5.5-13　航道区 1986~2008 年间的水深变化**

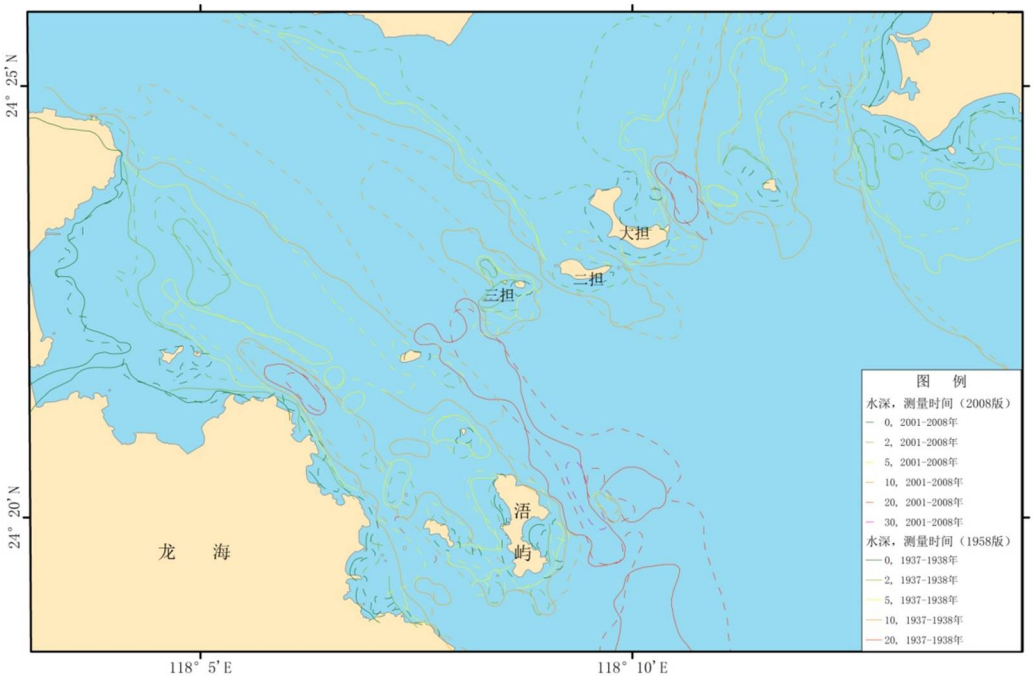



**图 5.5-14　航道区 1958~2008 年间的水深变化**

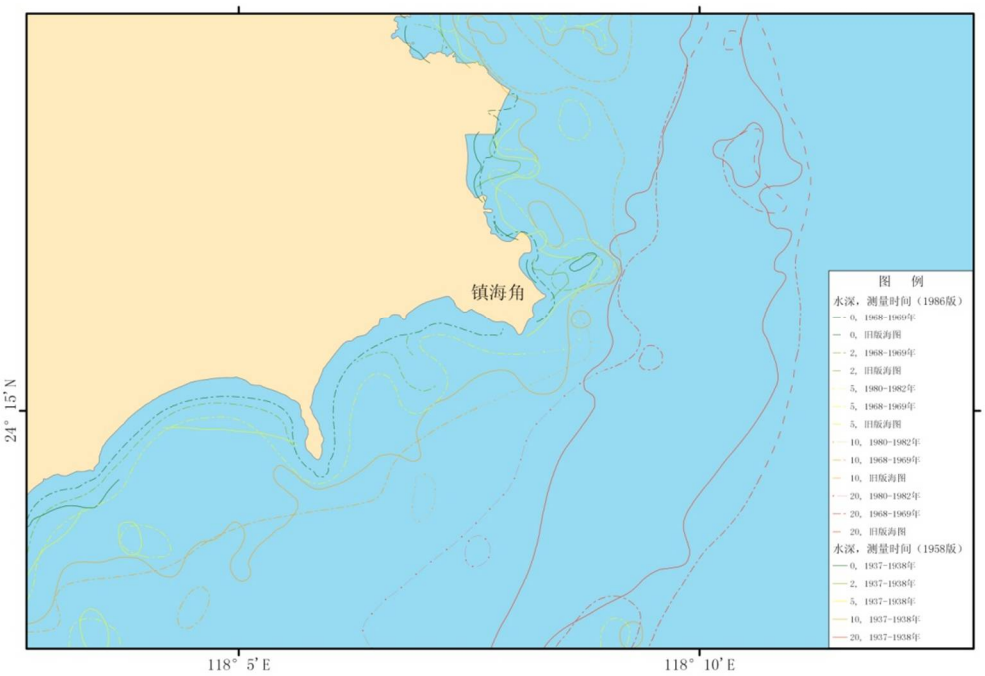



**图 5.5-15　镇海角区 1958~1986 年间的水深变化**

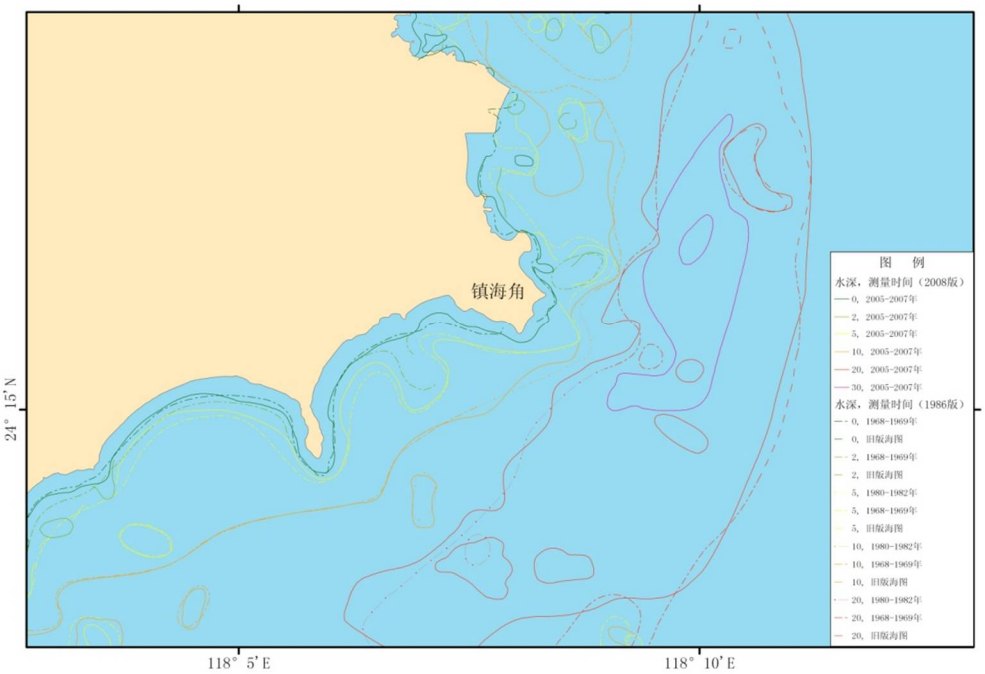



**图 5.5-16　镇海角区 1986~2008 年间的水深变化**

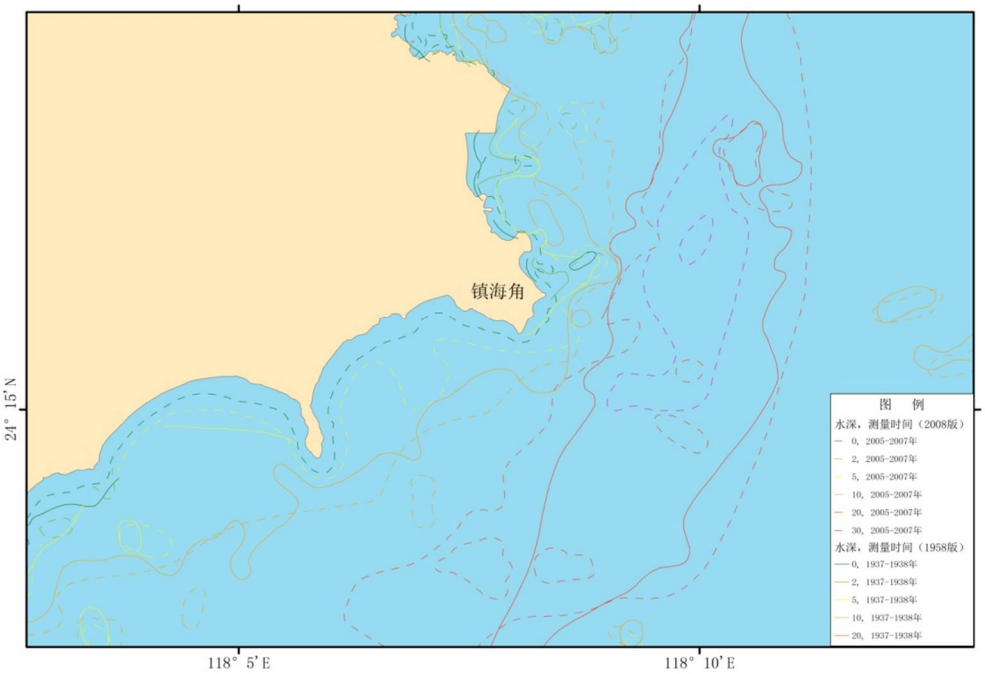



**图 5.5-17　镇海角区 1958~2008 年间的水深变化**

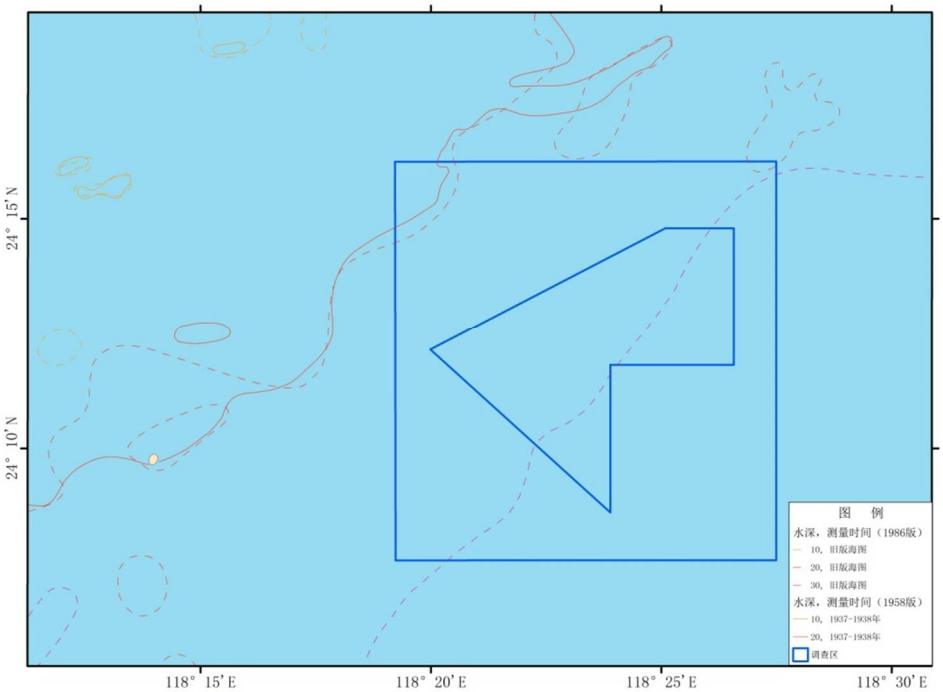



**图 5.5-18　工程区 1958~1986 年间的水深变化**

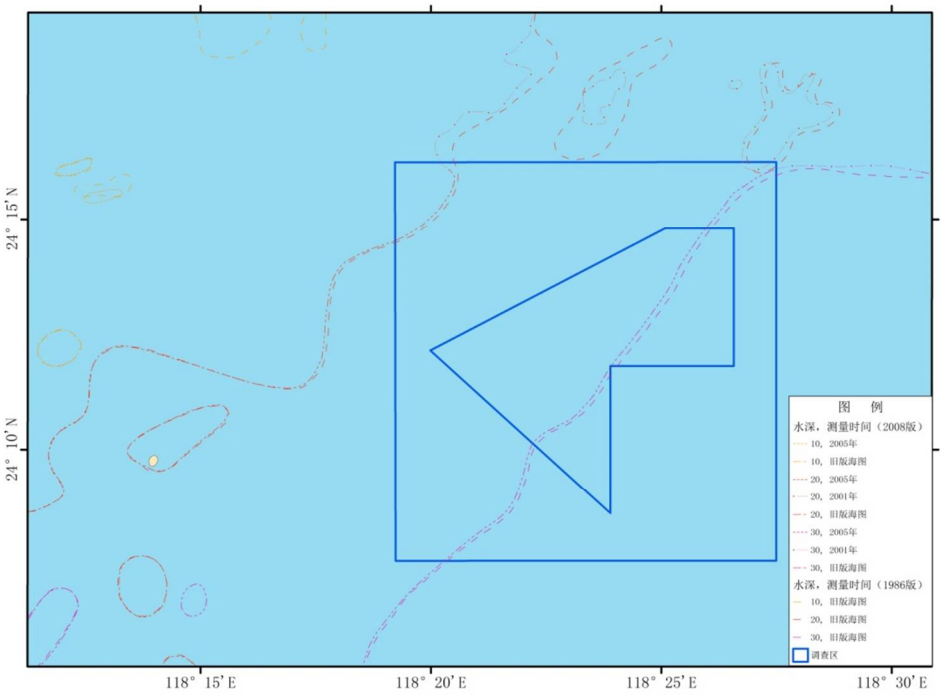



**图 5.5-19　工程区 1986~2008 年间的水深变化**

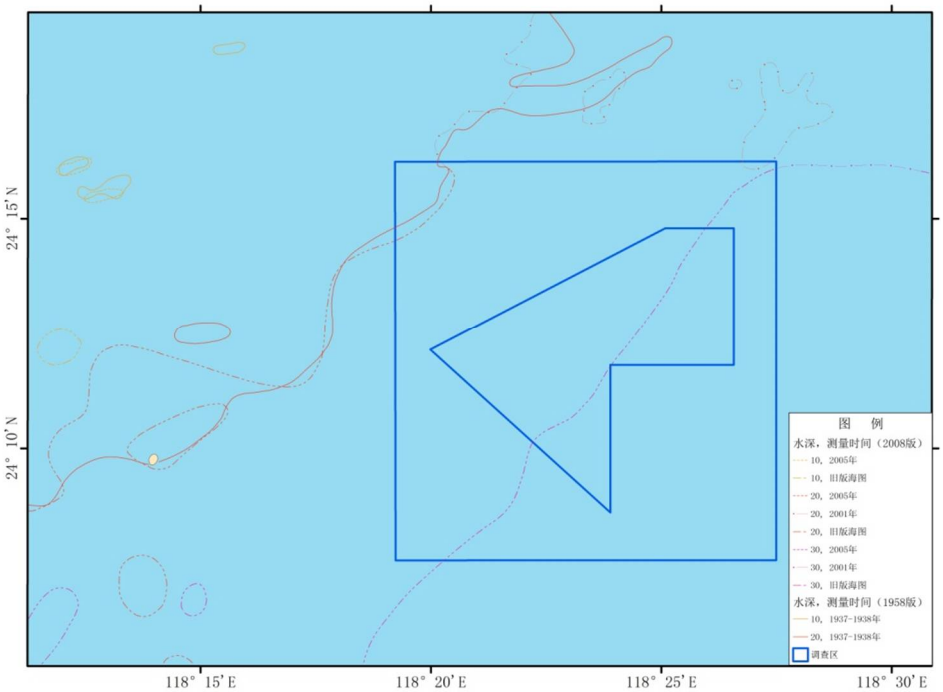



**图 5.5-20　工程区 1958~2008 年间的水深变化**

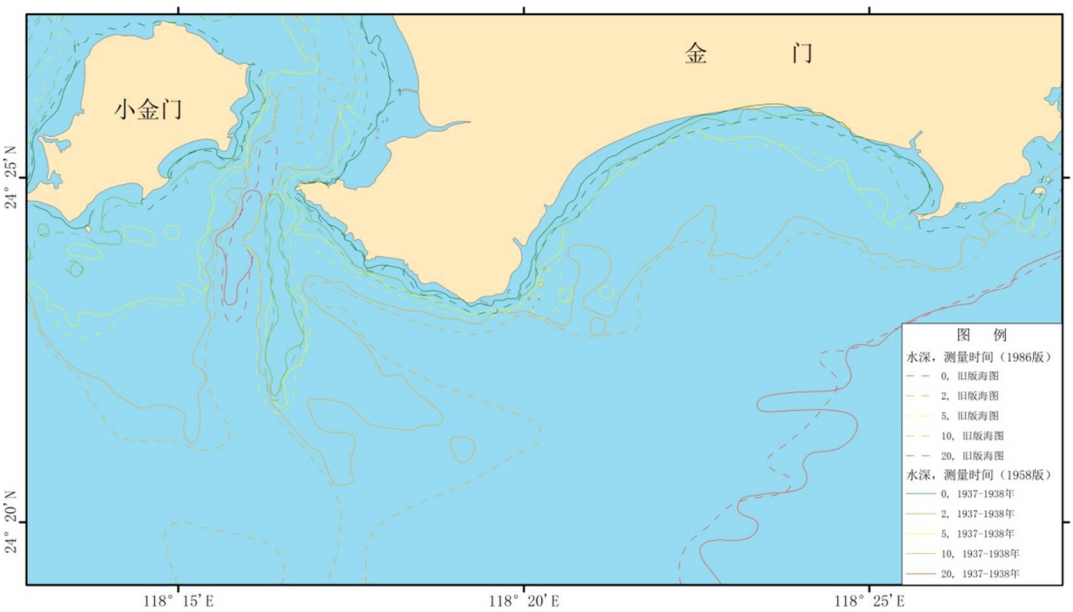



**图 5.5-21　金门岛南侧区 1958~1986 年间的水深变化**

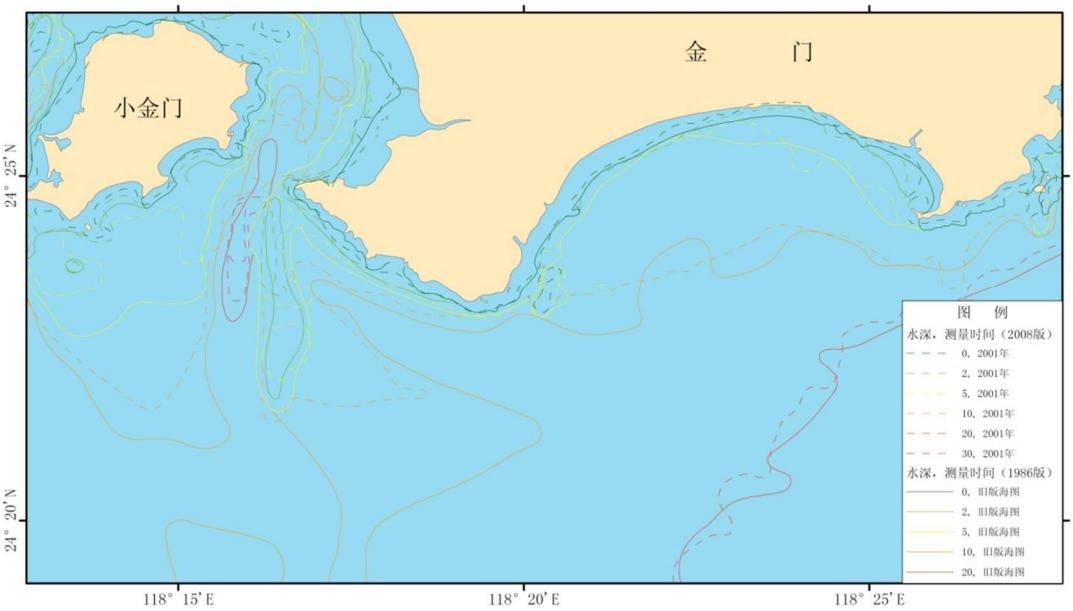



**图 5.5-22　金门岛南侧区 1986~2008 年间的水深变化**

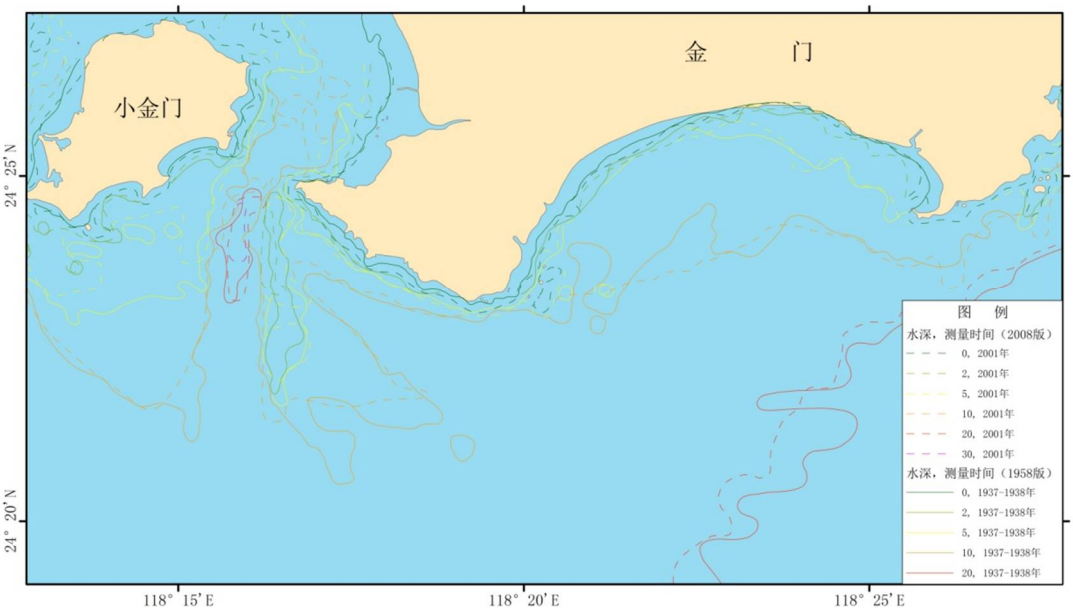



**图 5.5-23　金门岛南侧区 1958~2008 年间的水深变化**

（2）沉积速率分析

为了解本项目周边海域的沉积特征和沉积过程，收集了离本项目最近的 2 根柱状样数据 C1 和 C2，分别位于金门南向 5km 和金门东南向 7km，站位如**图 5.5-24** 所示。

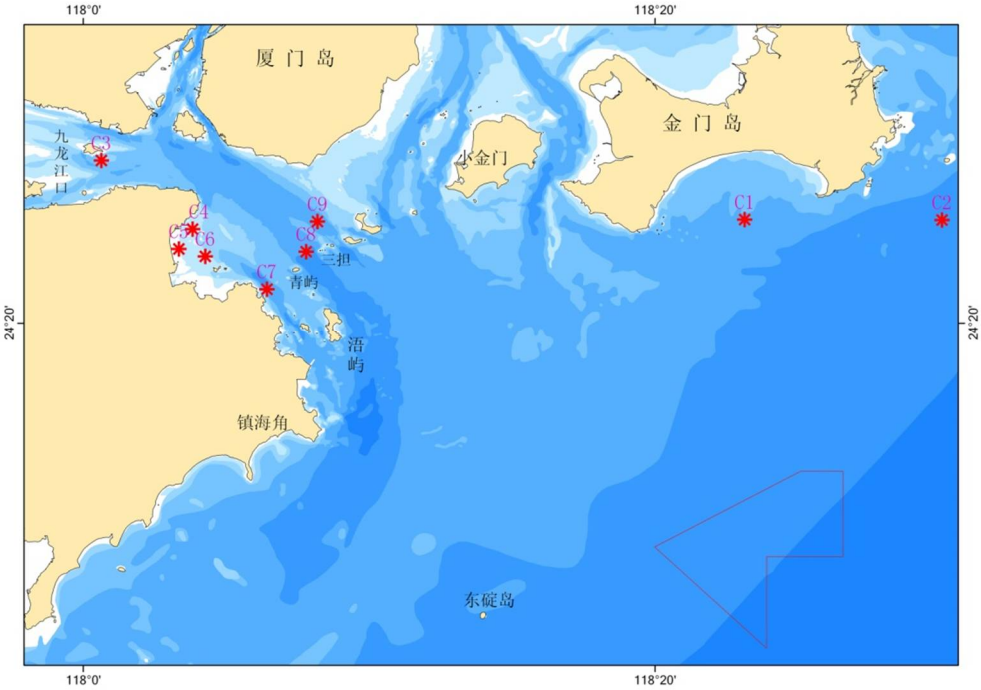



**图 5.5-24　沉积物柱状样站位分布图**

采样化学分离 $^{210}$Pb 的第二代子体 $^{210}$Po、Po 自沉积制源、α 能谱测量的 $^{210}$Pb 测年方法。

各柱状状样品 $^{210}$Pb 垂直剖面分布如**图 5.5-25**，图中的黑圆点（●）表示实测的 $^{210}$Pb 总放射性 $A_T$，空圆心（○）表示扣去本底后各被测层段的过剩 $^{210}$Pb 比活度 *Aex*。

C1 站的总的 $^{210}$Pb$A_T$ 剖面分布呈现出三个层段。1)在 0-23cm 段，$^{210}$Pb 呈增加的趋势，用 $^{210}$Pb-$^{210}$Po 法分析时经常会发现这种分布，这可能和柱样上部一些层次的 $^{210}$Pb 与 $^{210}$Po 的不平衡及混合层有关；2)在 23cm 至 89cm 之间，总 $^{210}$Pb$A_T$ 呈衰减趋势，显然是衰减层；3)从 89cm 后为水平分布，应为本底区，其 $^{210}$Pb$A_T$ 约为 1.00dpm/g。

C2 站的总的 $^{210}$Pb$A_T$ 剖面分布呈现出两个层段。1)在 0-27cm 段，总 $^{210}$Pb$A_T$ 呈衰减趋势，显然是衰减层；2)从 27cm 后为水平分布，应为本底区，其 $^{210}$Pb$A_T$ 约为 0.99dpm/g。

C1 站的 lgAex 对深度的坐标系中，以最小二乘法拟合衰减区 Aex 分布点的直线方程，得其斜率 $K$=－0.0233。根据 K 值和 $^{210}$Pb 的衰变常数（λ=0.0311），

按沉积速率 $S_R$=－$\lambda$/2.303$K$，求得该站位的沉积速率为 0.58cm/a。同理，C2 站的 $K$=－0.0253，沉积速率为 0.53cm/a。

前人对相关海域进行了研究（站位如**图 5.5-28**），如南京大学汪亚平教授 2012 年的成果，在九龙江河口区采集柱状样的 $^{210}$Pb 分析结果表明河口区的沉积速率为 2.62cm/a；南京大学潘少明教授在厦门外港靠近青屿的主航道、三担岛与厦门岛之间主航道采集两根柱样，用 $^{137}$Cs 方法分析，其沉积速率分别为 0.84cm/a 和 0.75cm/a。海洋三所陈锋教授在镇海角北侧漳州开发区人工岛附近的海域采集三根柱样，$^{210}$Pb 测试结果表明沉积速率分别为 0.26cm/a、0.31cm/a、0.14cm/a。海洋三所李东义等人对镇海角后石电厂附近海域一根柱样 $^{210}$Pb 进行分析，结果表明沉积速率为 0.13cm/a。

总结收集到相关海域沉积速率的资料，表明九龙江口航道中沉积速率较高，为 2.62cm/a，厦门外港的主航道中沉积速率也较高，其值高于 0.70cm/a，主要由于这两个区域悬沙来源较丰富，沉积物以细颗粒为主，水动力较弱，便于沉积。金门岛南侧沉积速率在 0.50cm/a 左右，沉积速率也较高。镇海角北侧近岸海域，沉积速率在 0.1~0.3cm/a 之间，沉积速率相对较小，主要与沉积物以粗颗粒为主和水动力较强有关。工程区沉积物以粗颗粒为主，推测其沉积速率相对较小。

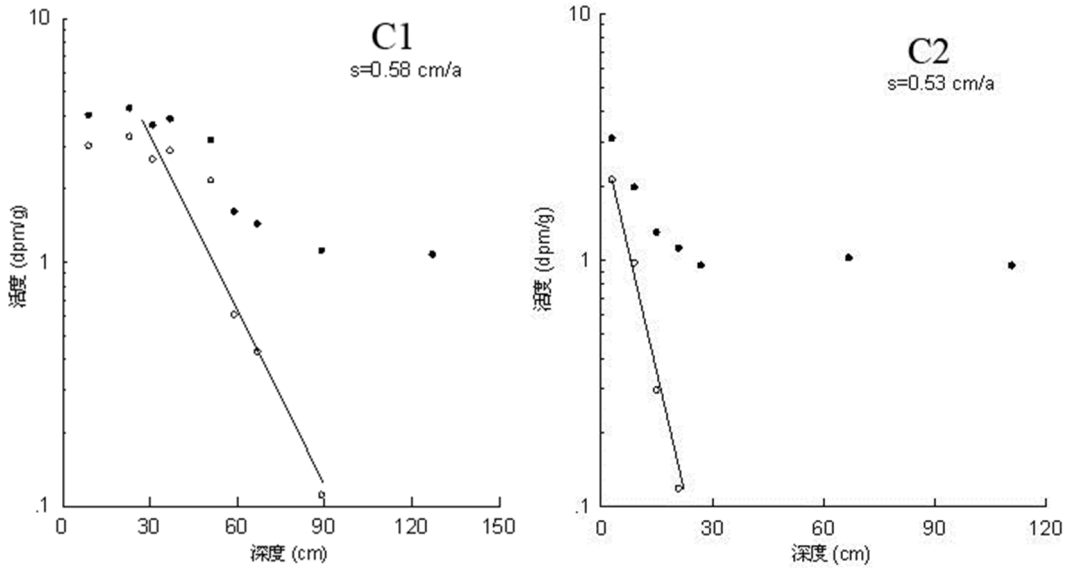



**图 5.5-25　$^{210}$Pb 垂直剖面分布**

#### 5.5.2.3小结

综合表层沉积物特征及输运趋势、悬浮泥沙输运、水动力过程、海图对比、放射性年代学等资料，可以得到如下结论：（1）厦门湾内航道区，受河流悬沙和沉积物输入的影响，在水动力的综合作用下，航道东侧总体表现为侵蚀、淤积交替出现，西侧总体表现为淤积，淤积速率约为 0.7 cm/a，而深水（>20 m）航道面积变化较小，总体表现为弱侵蚀趋势。（2）在镇海角周边海域，10 m 等深线以浅海域总体表现为淤积趋势，淤积速率约为 0.1~0.3 cm/a，20 m 以深海域总体表现为侵蚀；但在出镇海角后，由于受河流泥沙输入及外海泥沙向岸输运的影响，该海域 20 m 等深线以深海域总体表现为淤积，但在口门外的深水航道附近及镇海角附近，受水动力的影响，海底总体表现为侵蚀。（3）金门岛南侧海域，由于受河流入海泥沙的影响，10 m 浅水海域总体表现为淤积趋势，淤积速率约为 0.58 cm/a，而 20 m 以深海域由于受外海水动力作用较强，总体表现为侵蚀趋势。（4）工程区 4#站位附近仅在大潮涨急和落急时刻会发生侵蚀，沉积物的输运趋势不显著，输运强度较小，表明该观测站附近海底表现为侵蚀、淤积交替作用；西北向海域由于受九龙江河流输沙的影响，多年来总体表现为弱的淤积趋势，细颗粒沉积物在此堆积；工程区西南向海域表现为较强的冲刷，导致该海域表层沉积物较粗。（5）采用适合非粘性沉积物侵蚀的计算公式，表明观测站起动切应力介于 0.057 $N/m^2$~0.457 $N/m^2$ 之间。起动切应力最大值在位于航道区的 3#站，位于工程区的 4#站的起动切应力也较大，为 0.326 $N/m^2$。除 4#外，其他站位波和浪叠加后的底部切应力在大潮和小潮期间几乎都大于起动切应力，表现为侵蚀状态，对于 4#站叠加后的底部切应力绝大部分时刻小于起动切应力，表明该站位观测期间发生淤积。

### 5.5.3 海水水质现状调查与评价

为了解评价海域海水水质现状，海洋三所于 2019 年 11 月进行了秋季大小潮海域环境现状调查，同时，收集了厦门中集信检测技术有限公司编制的《厦门湾口 201701 海域海砂采砂项目海洋环境现状调查报告（春季）》的 2018 年 4 月春季调查资料。现据此对其环境质量现状作出评价。

### 5.5.3.1调查范围与技术方法

（1）调查站位布置

2018 年春季和 2019 年秋季均在项目附近海域共布置 20 个海水水质调查站位，如图 5.5-26 和图 5.5-27 所示，经纬度见表 5.5-23 和表 5.5-24。

**表 5.5-15　2018 年春季调查站位坐标**

| 调查站位 | 实测经度（E） | 实测纬度（N） | 工作内容 |
|---|---|---|---|
| 1 | 24°09′04.45″ | 118°12′26.17″ | 水质、沉积物、浮游生物、潮下带底栖、鱼卵仔鱼、渔业资源、生物质量 |
| 2 | 24°04′29.89″ | 118°16′13.55″ | 水质、沉积物、浮游生物、潮下带底栖、鱼卵仔鱼、渔业资源、生物质量 |
| 3 | 24°00′03.59″ | 118°20′32.10″ | 水质 |
| 4 | 24°10′23.63″ | 118°15′40.51″ | 水质、沉积物、浮游生物、潮下带底栖、鱼卵仔鱼、渔业资源 |
| 5 | 24°06′47.90″ | 118°18′43.67″ | 水质 |
| 6 | 24°02′48.44″ | 118°22′31.65″ | 水质、沉积物、浮游生物、潮下带底栖、鱼卵仔鱼、渔业资源 |
| 7 | 24°15′43.08″ | 118°17′37.16″ | 水质、沉积物、浮游生物、潮下带底栖、鱼卵仔鱼、渔业资源 |
| 8 | 24°12′31.30″ | 118°21′37.39″ | 水质 |
| 9 | 24°11′01.22″ | 118°23′19.60″ | 水质、沉积物、浮游生物、潮下带底栖、鱼卵仔鱼、渔业资源、生物质量 |
| 10 | 24°07′53.93″ | 118°26′26.65″ | 水质、沉积物、浮游生物、潮下带底栖、鱼卵仔鱼、渔业资源 |
| 11 | 24°21′28.55″ | 118°17′25.60″ | 水质、沉积物、浮游生物、潮下带底栖、鱼卵仔鱼、渔业资源 |
| 12 | 24°17′40.24″ | 118°21′37.60″ | 水质 |
| 13 | 24°14′31.83″ | 118°25′08.73″ | 水质 |
| 14 | 24°13′08.95″ | 118°26′14.76″ | 水质、沉积物、浮游生物、潮下带底栖、鱼卵仔鱼、渔业资源 |
| 15 | 24°10′42.00″ | 118°28′34.47″ | 水质、沉积物、浮游生物、潮下带底栖、鱼卵仔鱼、渔业资源 |
| 16 | 24°21′16.77″ | 118°23′05.00″ | 水质 |
| 17 | 24°17′34.10″ | 118°24′45.70″ | 水质 |
| 18 | 24°15′28.40″ | 118°28′09.80″ | 水质、沉积物、浮游生物、潮下带底栖、鱼卵仔鱼、渔业资源 |
| 19 | 24°14′34.77″ | 118°31′40.12″ | 水质 |
| 20 | 24°13′27.40″ | 118°23′32.90″ | 水质、浮游生物、潮下带底栖、鱼卵仔鱼、渔业资源 |

**表 5.5-16　2019 年秋季调查站位坐标**

| 站位编号 | 纬度 | 经度 | 调查内容 |
|---|---|---|---|

| 站位编号 | 纬度 | 经度 | 调查内容 |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 24°09′04.45″ | 118°12′26.17″ | 水质、沉积物、生物质量 |
| 2 | 24°04′29.89″ | 118°16′13.55″ | 水质、沉积物、生物质量 |
| 3 | 24°00′03.59″ | 118°20′32.10″ | 水质 |
| 4 | 24°10′23.63″ | 118°15′40.51″ | 水质、沉积物、生物质量 |
| 5 | 24°06′47.90″ | 118°18′43.67″ | 水质 |
| 6 | 24°02′48.44″ | 118°22′31.65″ | 水质、沉积物、生物质量 |
| 7 | 24°15′43.08″ | 118°17′37.16″ | 水质、生物质量 |
| 8 | 24°12′31.30″ | 118°21′37.39″ | 水质、沉积物 |
| 9 | 24°11′01.22″ | 118°23′19.60″ | 水质、沉积物、生物质量 |
| 10 | 24°07′53.93″ | 118°26′26.65″ | 水质、沉积物、生物质量 |
| 11 | 24°21′28.55″ | 118°17′25.60″ | 水质、生物质量 |
| 12 | 24°17′40.24″ | 118°21′37.60″ | 水质 |
| 13 | 24°14′31.83″ | 118°25′08.73″ | 水质、沉积物 |
| 14 | 24°13′08.95″ | 118°26′14.76″ | 水质、沉积物、生物质量 |
| 15 | 24°10′42.00″ | 118°28′34.47″ | 水质、生物质量 |
| 16 | 24°21′16.77″ | 118°23′05.00″ | 水质 |
| 17 | 24°17′34.10″ | 118°24′45.70″ | 水质 |
| 18 | 24°15′28.40″ | 118°28′09.80″ | 水质、生物质量 |
| 19 | 24°14′34.77″ | 118°31′40.12″ | 水质 |
| 20 | 24°13′27.40″ | 118°23′32.90″ | 水质、沉积物、生物质量 |

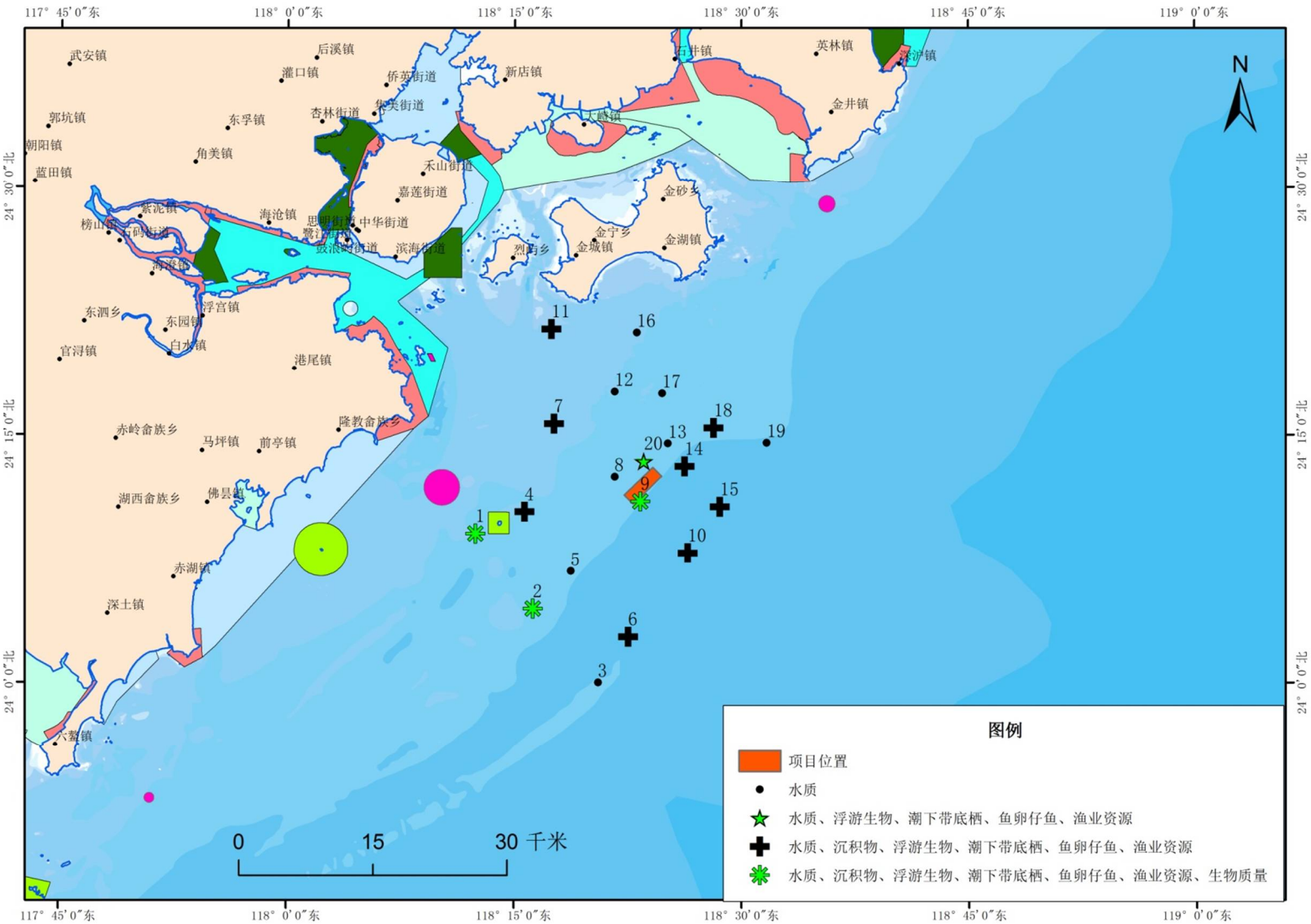



**图 5.5-26　2018 年春季现状调查站位图**

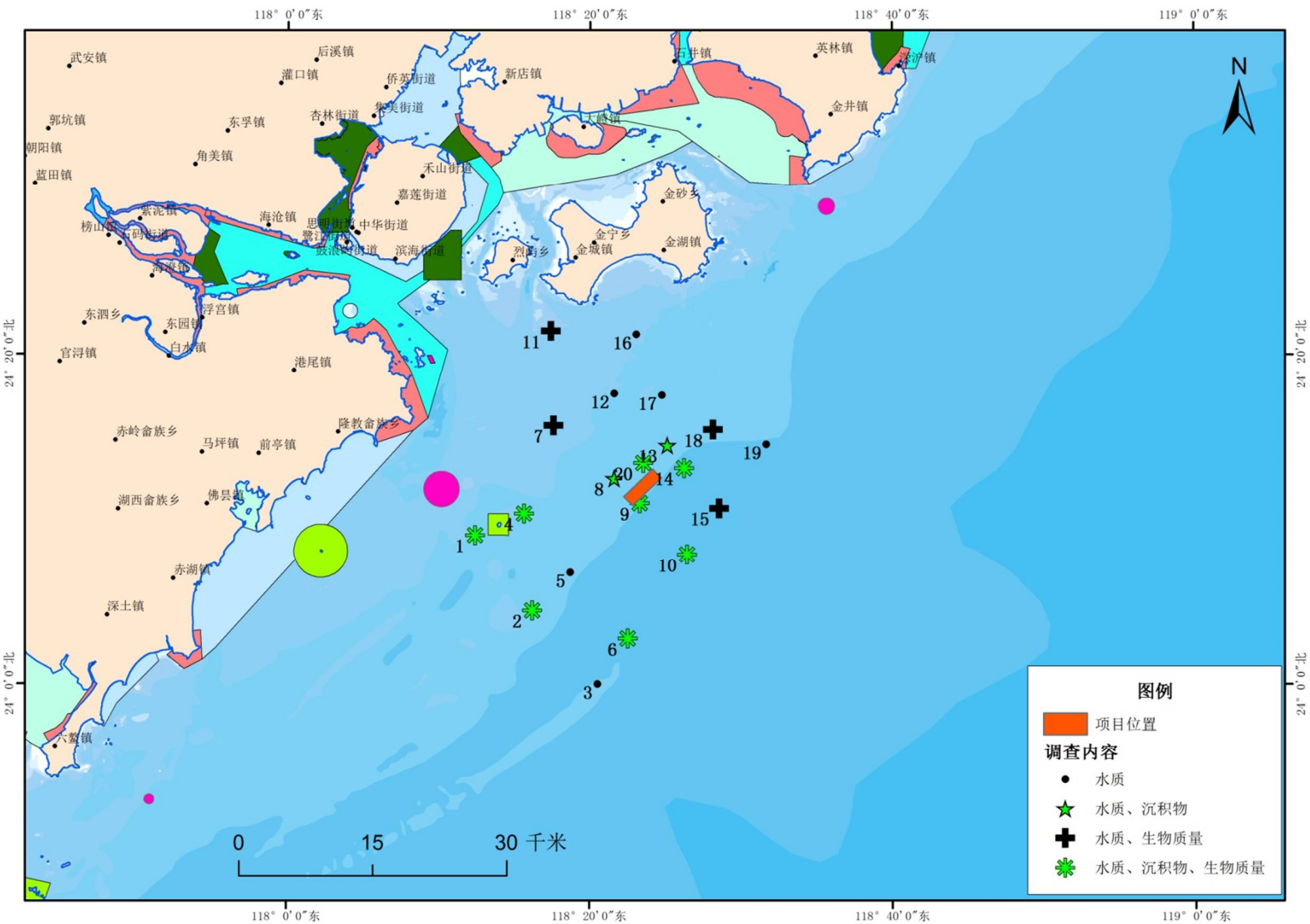



图 5.5-27　2019 年秋季现状调查站位图

（2）调查项目

调查项目有：水深、水温、盐度、透明度、悬浮物、pH、溶解氧、COD、硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮、活性磷酸盐、铜、铅、锌、镉、汞、砷、铬、石油类、硫化物和挥发性酚，共 22 项。

（3）采样要求与分析方法

各项目样品采集、保存和分析分别按 GB/T12763-2007《海洋调查规范》和 GB17378-2007《海洋监测规范》中规定的有关方法进行。

### 5.5.3.2水文要素观测结果

秋季调查水温介于 22.9℃～23.5℃，平均值为 23.2℃；盐度介于 32.251～32.592，平均值为 32.429。

春季各测站海水水温测值范围在 19.4 ℃～20.6 ℃之间，平均值为 20.0 ℃；各测站海水盐度测值范围在 30.0～32.2 之间，平均值为 31.1。

### 5.5.3.3水质要素调查与评价结果

（1）海水水质评价方法

采用单项标准指数加超标率法，即第 i 项标准指数 $P_i=C_i/C_s$ ；式中 $C_i$ 为第 i 项监测值，$C_s$ 为第 i 项标准值。$P_i>1$，表明该水质超过规定的水质标准。

DO 的评价指数形式：

$$P_i=\frac{\left|DO_f-DO_i\right|}{DO_f-DO_s}\left(DO_i\geq DO_s\right)，P_i=10-9\times\frac{DO_i}{DO_s}\left(DO_i<DO_s\right)，DO_f=\frac{468}{31.6+T}$$

式中：$P_i$ 为 $i$ 站点的 DO 的污染指数；$DO_f$ 为饱和 DO 浓度；$T$ 为水温(℃)；$DO_i$ 为 $i$ 点的 DO 浓度；$DO_s$ 为 DO 的评价标准。

pH 的评价指数形式：

$$P_i=|pH_i-pH_{SM}|/D_s，\quad pH_{SM}=(pH_{su}+pH_{sd})/2，\quad D_S=(pH_{su}-pH_{sd})/2$$

式中：$P_i$ 为 $i$ 点的 pH 的污染指数；$pH_i$ 为 $i$ 点的 pH 监测值；$pH_{sd}$ 为评价标准中规定的 pH 下限；$pH_{su}$ 为评价标准中规定的 pH 上限。

（2）海水水质评价标准

根据《福建省海洋环境保护规划（2011-2020）》，各站位于“2.1-34 漳州东部外海渔业资源保护利用区”，执行第一类海水水质标准。

（3）海水水质调查和评价结果

海水水质调查结果见表 5.5-25~表 5.5-26，评价结果见表 5.5-27~表 5.5-28。

(1)溶解氧：秋季航次调查海水中溶解氧含量介于 6.82 mg/L~7.58 mg/L，平均值为 7.07 mg/L。春季各测站海水中溶解氧测值范围在 8.75 mg/L～9.75 mg/L 之间，平均值为 9.36 mg/L。

秋季 $P_i$ 值范围为 0.45～0.71，春季 $P_i$ 值范围为 0.02～0.50，各测站海水中溶解氧含量均符合第一类海水水质标准。

(2)化学需氧量：秋季调查中化学需氧量（COD）含量介于 0.67 mg/L~1.61 mg/L，平均值为 1.33 mg/L。春季各测站海水中化学需氧量测值范围在 0.37 mg/L～0.76 mg/L 之间，平均值为 0.55 mg/L。

秋季 $P_i$ 值范围为 0.34～0.81，春季 $P_i$ 值范围为 0.19～0.38，各测站海水中化学需氧量含量均符合第一类海水水质标准。

(3)无机氮：秋季航次调查海区无机氮含量介于 0.151 mg/L ~0.294mg/L，平均值为 0.212 mg/L。春季无机氮测值范围在 0.079 mg/L～0.283 mg/L 之间，平均值为 0.208 mg/L。

秋季无机氮含量超过海水水质一类标准的站位有 30 个，超标率为 50%，最大超标倍数为 0.47；超标站位的无机氮含量符合海水水质二类标准。

春季无机氮 4#、13#、14#、15#、17#和 19#测站海水中无机氮含量符合第一类海水水质标准，超标率为 70%，最大超标倍数为 0.42，超标站位的无机氮含量符合海水水质二类标准。

(4)活性磷酸盐：秋季活性磷酸盐含量介于 0.017 mg/L~0.030 mg/L，平均值为 0.023 mg/L。春季各测站海水中活性磷酸盐测值范围在 0.001 mg/L～0.005 mg/L，平均值为 0.002 mg/L。

秋季所有站位的活性磷酸盐含量均超过第一类海水水质标准，超标率 100%，最大超标倍数为 1.0，所有站位活性磷酸盐含量符合第二、第三类海水水质标准。

春季各测站海水中活性磷酸盐含量均符合第一类海水水质标准。

(5)悬浮颗粒物：秋季悬浮颗粒物含量介于 11.8 mg/L~123.0 mg/L，平均值为 54.9 mg/L。春季各测站海水中悬浮物测值范围在 13.1 mg/L～24.5 mg/L 之间，平均值为 19.6 mg/L。

(6)pH：秋季 pH 值介于 8.16~8.24，平均值为 8.20。春季各测站海水 pH 测值范围在 8.14～8.32 之间，平均值为 8.24。

秋季 $P_i$ 值范围为 0.03～0.26，春季 $P_i$ 值范围为 0.03～0.49，各测站海水 pH 值均符合第一类海水水质标准。

(7)石油类：秋季石油类含量介于 0.015g/L～0.023 mg/L，平均值为 0.019mg/L。春季各测站海水中石油类测值范围在 0.004 mg/L～0.021 mg/L 之间，平均值为 0.009 mg/L。

秋季 $P_i$ 值范围为 0.31～0.46，春季 $P_i$ 值范围为 0.07～0.42，各测站海水中石油类含量均符合第一类海水水质标准。

(8)铜：秋季铜含量介于 0.359 μg/L～4.48 μg/L，平均值为 1.55 μg/L。春季各测站海水中铜含量测值范围在 0.42 μg/L～1.54 μg/L 之间，平均值为 0.86 μg/L。各测站海水中铜含量均符合第一类海水水质标准。

(9)铅：秋季铅含量介于 0.109 μg/L～0.990 μg/L，平均值为 0.431 μg/L。春季各测站海水中铅测值范围在 0.04 μg/L～0.28 μg/L 之间，平均值为 0.16 μg/L。各测站海水中铅含量均符合第一类海水水质标准。

(10)锌：秋季锌含量介于 0.300 μg/L～14.4 μg/L，平均值为 3.16 μg/L。春季各测站海水中锌测值范围在 3.6 μg/L～11.7 μg/L 之间，平均值为 7.4 μg/L。各测站海水中锌含量均符合第一类海水水质标准。

(11)镉：秋季镉含量介于未检出～0.110 μg/L，检出站平均值为 0.056 μg/L。春季各测站海水中镉测值范围在 0.015 μg/L～0.120 μg/L 之间，平均值为 0.049 μg/L。各测站海水中镉含量均符合第一类海水水质标准。

(12)汞：秋季汞含量介于 0.017 μg/L～0.046 μg/L，平均值为 0.030 μg/L。春季各测站海水中汞测值范围在 0.0071 μg/L～0.0365 μg/L 之间，平均值为 0.0245 μg/L。各测站海水中汞含量均符合第一类海水水质标准。

(13)总铬：秋季铬含量介于 0.500～0.840μg/L，平均值为 0.620μg/L。春季各测站海水中铬测值范围在 0.40 μg/L～0.82 μg/L 之间，平均值为 0.52 μg/L。各测站海水中铬含量均符合第一类海水水质标准。

(14)砷：秋季砷含量介于 1.60 μg/L～2.30μg/L，平均值为 1.96μg/L。春季各测站海水中砷测值范围在 0.34 μg/L～0.60 μg/L 之间，平均值为 0.44 μg/L。各测站海水中砷含量均符合第一类海水水质标准。

(15)硫化物：秋季调查中硫化物含量介于未检出 ~4.09μg/L，检出站平均值为 0.89μg/L。春季各测站海水中硫化物测值范围在未检出～0.44 μg/L 之间，平均值为 0.20 μg/L。各测站海水中硫化物含量均符合第一类海水水质标准。

(16)挥发酚：秋季 20 个站位中共有 17 个站位海水中挥发性酚均未检出，3 个站位有检出，检出站位挥发性酚含量为 1.12μg/L ~1.50μg/L。春季挥发酚均未检出。

### 5.5.3.4小结

评价结果表明：秋季调查中溶解氧、COD、硫化物、挥发性酚、石油类、铜、锌、镉、铬、汞、砷含量符合第一类海水水质标准。秋季无机氮含量超过海水水质一类标准的站位有 30 个，超标率为 50%，最大超标倍数为 0.47；超标站位的无机氮含量符合海水水质二类标准。秋季所有站位的活性磷酸盐含量均超过第一类海水水质标准，超标率 100%，最大超标倍数为 1.0，所有站位活性磷酸盐含量符合第二、第三类海水水质标准。春季调查海域各测站海水中 pH 值、溶解氧、化学需氧量、活性磷酸盐、铜、铅、锌、镉、汞、砷、铬、石油类、挥发性酚和硫化物含量均符合第一类海水水质标准；春季无机氮 4#、13#、14#、15#、17#和 19#测站海水中无机氮含量符合第一类海水水质标准，超标站位有 14 个，超标率为 70%，最大超标倍数为 0.42，超标站位的无机氮含量符合海水水质二类标准。

## 表 5.5-25　2018 年春季评价海域水质调查结果

| 站位 | 水深 | 水温 | 盐度 | 透明度 | pH | 悬浮物 | DO | COD | 硝酸盐 | 亚硝酸盐 | 氨氮 | 无机氮 | 活性磷酸盐 | 石油类 | 硫化物 | 挥发性酚 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 汞 | 砷 | 铬 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | （m） | (℃) | | （m） | | mg/L | | | | | | | mg/L | | μg/L | | | | | | | | |
| 1 | 22.0 | 19.9 | 30.4 | 2.10 | 8.28 | 13.1 | 9.13 | 0.59 | 0.177 | 0.008 | 0.011 | 0.197 | 0.001 | 0.017 | 0.44 | ND | 1.54 | 0.22 | 5.8 | 0.062 | 0.0343 | 0.42 | 0.62 |
| 2 | 29.0 | 20.0 | 30.9 | 2.50 | 8.22 | 18.6 | 9.22 | 0.52 | 0.225 | 0.009 | 0.018 | 0.253 | 0.001 | 0.021 | 0.36 | ND | 0.84 | 0.24 | 3.8 | 0.104 | 0.0223 | 0.41 | 0.82 |
| 3 | 38.0 | 19.5 | 31.4 | 2.60 | 8.20 | 18.7 | 8.75 | 0.68 | 0.214 | 0.010 | 0.020 | 0.244 | 0.005 | 0.013 | ND | ND | 0.94 | 0.22 | 8.8 | 0.032 | 0.0365 | 0.40 | 0.42 |
| 4 | 20.0 | 20.0 | 30.6 | 2.20 | 8.25 | 19.9 | 9.67 | 0.75 | 0.172 | 0.010 | 0.008 | 0.190 | 0.001 | 0.007 | 0.27 | ND | 0.92 | 0.14 | 8.4 | 0.068 | 0.0223 | 0.45 | 0.48 |
| 5 | 27.0 | 20.0 | 30.8 | 2.30 | 8.23 | 19.2 | 9.08 | 0.61 | 0.214 | 0.011 | 0.021 | 0.246 | 0.003 | 0.007 | ND | ND | 0.82 | 0.10 | 8.2 | 0.120 | 0.0191 | 0.34 | 0.40 |
| 6 | 42.0 | 19.4 | 31.3 | 2.70 | 8.24 | 18.5 | 9.37 | 0.76 | 0.249 | 0.011 | 0.023 | 0.283 | 0.001 | 0.015 | ND | ND | 0.86 | 0.12 | 5.0 | 0.110 | 0.0202 | 0.34 | 0.52 |
| 7 | 17.0 | 19.8 | 31.0 | 2.10 | 8.14 | 17.4 | 9.09 | 0.59 | 0.238 | 0.012 | 0.021 | 0.271 | 0.003 | 0.007 | ND | ND | 1.08 | 0.12 | 6.2 | 0.038 | 0.0234 | 0.37 | 0.52 |
| 8 | 24.0 | 19.7 | 31.0 | 2.50 | 8.27 | 20.8 | 9.49 | 0.53 | 0.193 | 0.010 | 0.016 | 0.219 | 0.003 | 0.012 | ND | ND | 0.72 | 0.16 | 10.2 | 0.026 | 0.0223 | 0.44 | 0.54 |
| 9 | 29.0 | 19.8 | 31.2 | 2.70 | 8.20 | 19.6 | 9.44 | 0.59 | 0.212 | 0.010 | 0.018 | 0.240 | 0.001 | 0.006 | 0.24 | ND | 0.68 | 0.14 | 3.6 | 0.068 | 0.0245 | 0.43 | 0.54 |
| 10 | 41.0 | 19.7 | 31.2 | 2.80 | 8.24 | 22.3 | 8.87 | 0.60 | 0.195 | 0.010 | 0.015 | 0.220 | 0.003 | 0.007 | 0.30 | ND | 0.77 | 0.09 | 11.7 | 0.050 | 0.0234 | 0.51 | 0.45 |
| 11 | 11.0 | 20.6 | 30.0 | 2.00 | 8.19 | 21.1 | 9.59 | 0.51 | 0.244 | 0.011 | 0.018 | 0.273 | 0.005 | 0.014 | 0.27 | ND | 0.90 | 0.10 | 8.8 | 0.054 | 0.0147 | 0.46 | 0.44 |
| 12 | 22.0 | 20.2 | 30.8 | 3.50 | 8.24 | 21.5 | 9.15 | 0.46 | 0.224 | 0.010 | 0.016 | 0.250 | 0.003 | 0.004 | 0.24 | ND | 1.04 | 0.24 | 4.4 | 0.040 | 0.0213 | 0.52 | 0.44 |
| 13 | 28.0 | 20.0 | 31.6 | 3.20 | 8.30 | 14.8 | 9.48 | 0.49 | 0.110 | 0.006 | 0.026 | 0.142 | 0.001 | 0.016 | 0.24 | ND | 0.90 | 0.22 | 11.4 | 0.024 | 0.0332 | 0.44 | 0.82 |
| 14 | 29.0 | 20.0 | 31.8 | 3.50 | 8.32 | 16.1 | 9.75 | 0.43 | 0.088 | 0.005 | 0.014 | 0.108 | 0.001 | 0.009 | ND | ND | 0.46 | 0.06 | 10.8 | 0.042 | 0.0311 | 0.44 | 0.40 |
| 15 | 38.0 | 20.6 | 32.1 | 4.60 | 8.27 | 21.0 | 9.74 | 0.55 | 0.066 | 0.004 | 0.022 | 0.091 | 0.001 | 0.012 | ND | ND | 0.66 | 0.04 | 4.6 | 0.018 | 0.0322 | 0.45 | 0.50 |
| 16 | 20.0 | 20.0 | 30.5 | 3.10 | 8.20 | 24.5 | 9.62 | 0.52 | 0.208 | 0.009 | 0.025 | 0.241 | 0.001 | 0.004 | 0.21 | ND | 0.94 | 0.28 | 5.4 | 0.024 | 0.0332 | 0.46 | 0.48 |
| 17 | 27.0 | 20.0 | 31.0 | 4.30 | 8.25 | 21.4 | 9.67 | 0.42 | 0.108 | 0.007 | 0.015 | 0.130 | 0.001 | 0.005 | ND | ND | 0.96 | 0.20 | 8.4 | 0.036 | 0.0071 | 0.49 | 0.48 |
| 18 | 30.0 | 19.8 | 31.2 | 4.50 | 8.21 | 20.2 | 9.08 | 0.43 | 0.234 | 0.009 | 0.027 | 0.270 | 0.003 | 0.004 | 0.30 | ND | 0.70 | 0.16 | 6.6 | 0.018 | 0.0082 | 0.60 | 0.44 |

| 站位 | 水深 | 水温 | 盐度 | 透明度 | pH | 悬浮物 | DO | COD | 硝酸盐 | 亚硝酸盐 | 氨氮 | 无机氮 | 活性磷酸盐 | 石油类 | 硫化物 | 挥发性酚 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 汞 | 砷 | 铬 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | （m） | (℃) | | （m） | | mg/L | | | | | | | mg/L | | μg/L | | | | | | | | |
| 19 | 40.0 | 20.4 | 32.2 | 4.70 | 8.24 | 20.7 | 9.56 | 0.37 | 0.061 | 0.004 | 0.015 | 0.079 | 0.001 | 0.005 | 0.24 | ND | 0.42 | 0.06 | 10.6 | 0.024 | 0.0300 | 0.46 | 0.60 |
| 20 | 27.0 | 20.2 | 31.0 | 2.30 | 8.24 | 22.1 | 9.38 | 0.64 | 0.187 | 0.009 | 0.017 | 0.213 | 0.001 | 0.004 | ND | ND | 1.10 | 0.26 | 6.2 | 0.015 | 0.0311 | 0.45 | 0.44 |

**表 5.5-26　2019 年秋季评价海域水质调查结果**

| 序号 | 站号 | 层次 | 水温 | 盐度 | pH | 溶解氧 | COD | 悬浮物 | 无机氮 | 活性磷酸盐 | 硫化物 | 挥发酚 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 铬 | 汞 | 砷 | 石油类 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | /m | /℃ | | | mg/L | | | | | μg/L | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0.5 | 22.9 | 32.412 | 8.19 | 7.03 | 1.14 | 111.1 | 0.258 | 0.023 | 0.41 | 1.21 | 0.504 | 0.233 | 7.73 | <0.03 | 0.6 | 0.021 | 2.01 | 22.9 |
| 2 | 1 | 10 | 22.9 | 32.41 | 8.19 | 7.04 | 1.36 | 46.1 | 0.246 | 0.024 | 0.77 | 1.12 | 1.04 | 0.348 | 3.47 | 0.066 | 0.652 | 0.017 | 1.9 | |
| 3 | 1 | 19 | 22.9 | 32.407 | 8.18 | 7.04 | 1.41 | 83.1 | 0.229 | 0.026 | 0.4 | 1.33 | 0.613 | 0.358 | 2.88 | 0.0411 | 0.654 | 0.029 | 2.17 | |
| 4 | 2 | 0.5 | 23.2 | 32.429 | 8.18 | 6.94 | 1.61 | 114.4 | 0.187 | 0.021 | 0.66 | <1.1 | 0.385 | 0.173 | 1.09 | <0.03 | 0.554 | 0.02 | 2 | 16 |
| 5 | 2 | 10 | 23.2 | 32.406 | 8.17 | 7.05 | 1.57 | 57.9 | 0.189 | 0.021 | 未检出 | <1.1 | 0.691 | 0.286 | 1.82 | 0.0718 | 0.555 | 0.017 | 1.88 | |
| 6 | 2 | 24 | 23.1 | 32.452 | 8.17 | 6.99 | 1.53 | 53.6 | 0.181 | 0.021 | 0.3 | <1.1 | 2.44 | 0.782 | 2.95 | <0.03 | 0.622 | 0.03 | 2.08 | |
| 7 | 3 | 0.5 | 23.3 | 32.419 | 8.16 | 6.91 | 1.39 | 36.9 | 0.199 | 0.018 | 0.41 | <1.1 | 1.09 | 0.388 | 2.31 | 0.0449 | 0.519 | 0.019 | 1.86 | 16.8 |
| 8 | 3 | 10 | 23.2 | 32.405 | 8.17 | 7.08 | 1.43 | 42.7 | 0.158 | 0.018 | 0.36 | <1.1 | 0.616 | 0.336 | 0.416 | 0.0507 | 0.639 | 0.045 | 1.98 | |
| 9 | 3 | 29 | 23.2 | 32.403 | 8.17 | 7.04 | 1.45 | 65 | 0.167 | 0.019 | 0.26 | <1.1 | 2.34 | 0.513 | 2.23 | <0.03 | 0.552 | 0.022 | 2.05 | |
| 10 | 4 | 0.5 | 23.2 | 32.456 | 8.21 | 7.11 | 1.03 | 44.8 | 0.167 | 0.018 | 0.8 | <1.1 | 2.39 | 0.298 | 4.25 | <0.03 | 0.557 | 0.018 | 1.91 | 18.6 |

| 序号 | 站号 | 层次 | 水温 | 盐度 | pH | 溶解氧 | COD | 悬浮物 | 无机氮 | 活性磷酸盐 | 硫化物 | 挥发酚 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 铬 | 汞 | 砷 | 石油类 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | /m | /℃ | | | mg/L | | | | | μg/L | | | | | | | | | |
| 11 | 4 | 10 | 23.2 | 32.46 | 8.21 | 6.93 | 1.1 | 95.5 | 0.185 | 0.018 | 1.03 | <1.1 | 3.17 | 0.569 | 3.13 | 0.0603 | 0.551 | 0.023 | 1.88 | |
| 12 | 4 | 20 | 23.1 | 32.508 | 8.2 | 6.94 | 1.16 | 44.4 | 0.173 | 0.021 | 1.85 | <1.1 | 4.38 | 0.604 | 4.55 | 0.0353 | 0.651 | 0.025 | 1.88 | |
| 13 | 5 | 0.5 | 23.2 | 32.446 | 8.19 | 7.17 | 1.29 | 31.8 | 0.2 | 0.017 | 0.96 | <1.1 | 3.74 | 0.921 | 10.4 | 0.068 | 0.843 | 0.027 | 2.24 | 19.4 |
| 14 | 5 | 10 | 23.1 | 32.447 | 8.21 | 6.89 | 1.32 | 93.6 | 0.182 | 0.018 | 0.55 | <1.1 | 1.73 | 0.926 | 2.64 | 0.0757 | 0.536 | 0.025 | 1.85 | |
| 15 | 5 | 24 | 23.1 | 32.474 | 8.2 | 6.98 | 1.34 | 36.2 | 0.151 | 0.018 | 3.58 | <1.1 | 3.18 | 0.994 | 5.52 | 0.0603 | 0.719 | 0.026 | 2.02 | |
| 16 | 6 | 0.5 | 23.3 | 32.411 | 8.18 | 6.98 | 0.81 | 35.8 | 0.182 | 0.017 | 未检出 | <1.1 | 3.75 | 0.697 | 5.46 | 0.0641 | 0.636 | 0.022 | 1.81 | 18.1 |
| 17 | 6 | 10 | 23.2 | 32.407 | 8.19 | 7.06 | 0.84 | 37.2 | 0.159 | 0.017 | 0.49 | <1.1 | 1.43 | 0.44 | 1.43 | 0.0833 | 0.53 | 0.022 | 1.98 | |
| 18 | 6 | 28 | 23.2 | 32.415 | 8.18 | 7.06 | 0.85 | 108.1 | 0.169 | 0.017 | 0.32 | <1.1 | 0.794 | 0.83 | 1.45 | 0.0526 | 0.608 | 0.025 | 1.72 | |
| 19 | 7 | 0.5 | 23.2 | 32.445 | 8.21 | 7.34 | 1.57 | 40.4 | 0.219 | 0.021 | 0.79 | 1.41 | 4.48 | 0.558 | 5.81 | 0.0757 | 0.655 | 0.021 | 1.86 | 21.7 |
| 20 | 7 | 10 | 23.2 | 32.451 | 8.21 | 7.01 | 1.51 | 40 | 0.22 | 0.021 | 0.67 | 1.5 | 3.56 | 0.595 | 8.17 | 0.066 | 0.651 | 0.025 | 2.07 | |
| 21 | 7 | 17 | 23.1 | 32.535 | 8.22 | 6.99 | 1.53 | 115 | 0.165 | 0.021 | 0.44 | 1.25 | 3.43 | 0.719 | 8.31 | 0.0468 | 0.612 | 0.024 | 1.9 | |
| 22 | 8 | 0.5 | 23.4 | 32.592 | 8.18 | 7.14 | 0.87 | 36 | 0.188 | 0.024 | 0.56 | <1.1 | 3.98 | 0.645 | 9.49 | 0.0564 | 0.643 | 0.024 | 2.2 | 16.7 |
| 23 | 8 | 10 | 23.4 | 32.577 | 8.18 | 7.08 | 0.97 | 101.6 | 0.206 | 0.025 | 0.07 | <1.1 | 3.85 | 0.595 | 10.8 | 0.0641 | 0.616 | 0.02 | 1.79 | |
| 24 | 8 | 21 | 23.2 | 32.576 | 8.19 | 7.21 | 0.94 | 33.6 | 0.206 | 0.025 | 0.57 | <1.1 | 3.46 | 0.961 | 3.62 | 0.0468 | 0.655 | 0.02 | 1.73 | |

| 序号 | 站号 | 层次 | 水温 | 盐度 | pH | 溶解氧 | COD | 悬浮物 | 无机氮 | 活性磷酸盐 | 硫化物 | 挥发酚 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 铬 | 汞 | 砷 | 石油类 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | /m | /℃ | | | mg/L | | | | | μg/L | | | | | | | | | |
| 25 | 9 | 0.5 | 23.4 | 32.345 | 8.21 | 7.08 | 1.24 | 19.5 | 0.201 | 0.023 | 0.32 | ＜1.1 | 1.35 | 0.227 | 0.425 | 0.0949 | 0.533 | 0.021 | 1.95 | 15.4 |
| 26 | 9 | 10 | 23.2 | 32.364 | 8.21 | 7.17 | 1.29 | 36.9 | 0.197 | 0.022 | 未检出 | ＜1.1 | 1.13 | 0.172 | 0.445 | 0.0449 | 0.541 | 0.03 | 1.92 | |
| 27 | 9 | 22 | 23.2 | 32.334 | 8.22 | 7.18 | 1.33 | 48.5 | 0.203 | 0.023 | 0.78 | ＜1.1 | 1.04 | 0.319 | 0.307 | 0.0468 | 0.577 | 0.036 | 2.04 | |
| 28 | 10 | 0.5 | 23.2 | 32.429 | 8.21 | 7.03 | 1.49 | 51.5 | 0.193 | 0.024 | 0.78 | ＜1.1 | 0.908 | 0.324 | 0.297 | 0.0507 | 0.541 | 0.029 | 1.94 | 17.1 |
| 29 | 10 | 10 | 23.2 | 32.406 | 8.21 | 7.08 | 1.56 | 36.4 | 0.214 | 0.023 | 0.68 | ＜1.1 | 1.27 | 0.369 | 0.534 | <0.03 | 0.538 | 0.04 | 1.79 | |
| 30 | 10 | 27 | 23.2 | 32.402 | 8.21 | 7.06 | 1.6 | 43.2 | 0.192 | 0.024 | 未检出 | ＜1.1 | 1.03 | 0.221 | 0.445 | 0.0353 | 0.646 | 0.039 | 1.76 | |
| 31 | 11 | 0.5 | 23.5 | 32.364 | 8.21 | 7.05 | 1.38 | 42.9 | 0.257 | 0.027 | 0.81 | <1.1 | 0.593 | 0.109 | 0.829 | <0.03 | 0.67 | 0.033 | 1.99 | |
| 32 | 11 | 10 | 23.3 | 32.438 | 8.18 | 7.11 | 1.43 | 43 | 0.262 | 0.027 | 4.09 | <1.1 | 0.635 | 0.161 | 0.79 | 0.0545 | 0.558 | 0.033 | 1.81 | 21.9 |
| 33 | 11 | 14 | 23.3 | 32.432 | 8.18 | 7.09 | 1.38 | 64.1 | 0.263 | 0.027 | 0.61 | <1.1 | 0.659 | 0.487 | 1.78 | 0.0487 | 0.628 | 0.037 | 1.84 | |
| 34 | 12 | 0.5 | 23.2 | 32.251 | 8.19 | 6.98 | 1.48 | 13.2 | 0.266 | 0.026 | 0.78 | <1.1 | 0.489 | 0.902 | 1.63 | 0.0334 | 0.595 | 0.025 | 1.98 | 17.6 |
| 35 | 12 | 10 | 23.3 | 32.34 | 8.18 | 7.08 | 1.57 | 45.7 | 0.294 | 0.029 | 未检出 | <1.1 | 0.653 | 0.469 | 11.1 | 0.0314 | 0.69 | 0.04 | 1.87 | |
| 36 | 12 | 20 | 23.2 | 32.334 | 8.21 | 6.82 | 1.51 | 31.3 | 0.287 | 0.029 | 未检出 | <1.1 | 1.51 | 0.459 | 7.23 | 0.0949 | 0.66 | 0.036 | 2.06 | |
| 37 | 13 | 0.5 | 23.4 | 32.461 | 8.21 | 6.98 | 1.49 | 38.5 | 0.189 | 0.02 | 0.5 | ＜1.1 | 0.493 | 0.183 | 0.711 | 0.0411 | 0.552 | 0.025 | 1.74 | 16.6 |
| 38 | 13 | 10 | 23.4 | 32.581 | 8.2 | 7.18 | 1.45 | 39.9 | 0.26 | 0.029 | 未检出 | ＜1.1 | 0.563 | 0.254 | 0.563 | 0.0372 | 0.665 | 0.036 | 2.2 | |

| 序号 | 站号 | 层次 | 水温 | 盐度 | pH | 溶解氧 | COD | 悬浮物 | 无机氮 | 活性磷酸盐 | 硫化物 | 挥发酚 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 铬 | 汞 | 砷 | 石油类 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | /m | /℃ | | | mg/L | | | | | μg/L | | | | | | | | | |
| 39 | 13 | 26 | 23.2 | 32.561 | 8.16 | 7.17 | 1.48 | 41.3 | 0.282 | 0.029 | 未检出 | ＜1.1 | 0.598 | 0.483 | 0.721 | 0.0411 | 0.646 | 0.036 | 1.94 | |
| 40 | 14 | 0.5 | 23.2 | 32.432 | 8.23 | 7.13 | 1.5 | 42.5 | 0.191 | 0.02 | 未检出 | ＜1.1 | 0.617 | 0.407 | 1.4 | 0.043 | 0.695 | 0.032 | 1.91 | 16.8 |
| 41 | 14 | 10 | 23.2 | 32.451 | 8.24 | 7.26 | 1.47 | 123 | 0.252 | 0.027 | 0.41 | ＜1.1 | 2.03 | 0.273 | 1.29 | 0.0545 | 0.635 | 0.038 | 2.06 | |
| 42 | 14 | 26 | 23.1 | 32.514 | 8.22 | 6.98 | 1.57 | 40.9 | 0.252 | 0.027 | 未检出 | ＜1.1 | 0.37 | 0.471 | 0.327 | 0.0507 | 0.554 | 0.046 | 1.82 | |
| 43 | 15 | 0.5 | 23.2 | 32.455 | 8.2 | 7.18 | 1.51 | 72.7 | 0.23 | 0.022 | 0.45 | ＜1.1 | 1.11 | 0.29 | 2.37 | <0.03 | 0.708 | 0.033 | 2.23 | 19 |
| 44 | 15 | 10 | 23.2 | 32.404 | 8.22 | 7.13 | 1.52 | 43.4 | 0.199 | 0.022 | 0.62 | ＜1.1 | 0.942 | 0.296 | 0.869 | 0.11 | 0.555 | 0.039 | 2.3 | |
| 45 | 15 | 31 | 23.2 | 32.415 | 8.21 | 7.03 | 1.34 | 71.8 | 0.203 | 0.024 | 0.21 | ＜1.1 | 0.93 | 0.223 | 0.987 | <0.03 | 0.554 | 0.038 | 1.93 | |
| 46 | 16 | 0.5 | 23.4 | 32.35 | 8.17 | 7.01 | 1.36 | 115.7 | 0.244 | 0.026 | 3.01 | 1.29 | 1.06 | 0.282 | 2.79 | 0.093 | 0.6 | 0.029 | 2.23 | 19.5 |
| 47 | 16 | 10 | 23.3 | 32.428 | 8.21 | 7.58 | 1.34 | 44.4 | 0.27 | 0.029 | 2.01 | 1.41 | 0.909 | 0.207 | 2.4 | 0.0718 | 0.644 | 0.039 | 2.12 | |
| 48 | 16 | 16 | 23.3 | 32.447 | 8.18 | 6.98 | 1.39 | 43.2 | 0.254 | 0.028 | 1.93 | 1.21 | 0.77 | 0.302 | 1.95 | 0.0411 | 0.639 | 0.037 | 2.01 | |
| 49 | 17 | 0.5 | 23.1 | 32.439 | 8.18 | 7.03 | 1.43 | 70.9 | 0.258 | 0.027 | 0.42 | ＜1.1 | 0.445 | 0.149 | 1.46 | 0.0641 | 0.636 | 0.023 | 2.05 | 19.7 |
| 50 | 17 | 10 | 23 | 32.329 | 8.18 | 7.17 | 1.48 | 75 | 0.27 | 0.03 | 未检出 | ＜1.1 | 0.55 | 0.316 | 2.8 | 0.0391 | 0.657 | 0.034 | 2.07 | |
| 51 | 17 | 20 | 23 | 32.353 | 8.18 | 6.94 | 1.46 | 66.5 | 0.255 | 0.028 | 未检出 | <1.1 | 0.441 | 0.2 | 1.24 | 0.0507 | 0.681 | 0.033 | 2.07 | |
| 52 | 18 | 0.5 | 23.2 | 32.375 | 8.21 | 6.97 | 1.43 | 11.8 | 0.198 | 0.019 | 0.26 | ＜1.1 | 0.699 | 0.348 | 6.15 | 0.0507 | 0.628 | 0.033 | 1.76 | 18.9 |

| 序号 | 站号 | 层次 | 水温 | 盐度 | pH | 溶解氧 | COD | 悬浮物 | 无机氮 | 活性磷酸盐 | 硫化物 | 挥发酚 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 铬 | 汞 | 砷 | 石油类 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | /m | /℃ | | | mg/L | | | | | μg/L | | | | | | | | | |
| 53 | 18 | 10 | 23.2 | 32.453 | 8.22 | 7.01 | 1.53 | 57.1 | 0.173 | 0.019 | 0.55 | ＜1.1 | 0.359 | 0.33 | 0.534 | 0.0372 | 0.698 | 0.041 | 2.19 | |
| 54 | 18 | 28 | 23.1 | 32.515 | 8.23 | 6.89 | 1.5 | 36.4 | 0.172 | 0.021 | 4.05 | ＜1.1 | 0.57 | 0.415 | 1.07 | 0.0545 | 0.606 | 0.041 | 2.1 | |
| 55 | 19 | 0.5 | 23.2 | 32.434 | 8.23 | 7.19 | 1.38 | 40.9 | 0.176 | 0.019 | 0.26 | ＜1.1 | 0.867 | 0.367 | 2.59 | 0.0487 | 0.649 | 0.032 | 1.6 | 20.7 |
| 56 | 19 | 10 | 23.1 | 32.431 | 8.23 | 7.19 | 1.41 | 41.1 | 0.173 | 0.019 | 0.26 | ＜1.1 | 0.779 | 0.332 | 1.33 | 0.0584 | 0.622 | 0.038 | 1.84 | |
| 57 | 19 | 28 | 23.1 | 32.467 | 8.23 | 7.04 | 1.45 | 43.7 | 0.186 | 0.019 | 0.68 | ＜1.1 | 0.902 | 0.356 | 2.11 | 0.0603 | 0.552 | 0.04 | 1.85 | |
| 58 | 20 | 0.5 | 23.2 | 32.365 | 8.2 | 6.98 | 0.71 | 38.1 | 0.213 | 0.023 | 0.73 | <1.1 | 3.05 | 0.594 | 2.04 | 0.0372 | 0.731 | 0.019 | 1.81 | 16.1 |
| 59 | 20 | 10 | 23 | 32.359 | 8.2 | 7.08 | 0.67 | 33.6 | 0.204 | 0.023 | 0.59 | ＜1.1 | 3.41 | 0.488 | 14.4 | 0.0391 | 0.497 | 0.036 | 2.09 | |
| 60 | 20 | 21 | 23 | 32.337 | 8.2 | 7.09 | 0.78 | 79.9 | 0.2 | 0.024 | 未检出 | ＜1.1 | 2.03 | 0.313 | 1.63 | 0.0584 | 0.638 | 0.036 | 1.98 | |

**表 5.5-27　2018 年春季水质调查结果评价指数 Pi 值表**

| 站位 | pH | DO | COD | 无机氮 | | 活性磷酸盐 | 石油类 | 硫化物 | 挥发性酚 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 汞 | 砷 | 铬 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 一类 | 二类 | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0.37 | 0.16 | 0.30 | 0.98 | - | 0.08 | 0.34 | 0.022 | 0.06 | 0.31 | 0.22 | 0.29 | 0.062 | 0.69 | 0.021 | 0.012 |
| 2 | 0.20 | 0.22 | 0.26 | **1.27** | 0.84 | 0.08 | 0.42 | 0.018 | 0.06 | 0.17 | 0.24 | 0.19 | 0.104 | 0.45 | 0.021 | 0.016 |
| 3 | 0.14 | 0.02 | 0.34 | **1.22** | 0.81 | 0.36 | 0.25 | 0.005 | 0.06 | 0.19 | 0.22 | 0.44 | 0.032 | 0.73 | 0.020 | 0.008 |
| 4 | 0.29 | 0.38 | 0.38 | 0.95 | - | 0.08 | 0.13 | 0.014 | 0.06 | 0.18 | 0.14 | 0.42 | 0.068 | 0.45 | 0.022 | 0.010 |
| 5 | 0.23 | 0.16 | 0.30 | **1.23** | 0.82 | 0.17 | 0.13 | 0.005 | 0.06 | 0.16 | 0.10 | 0.41 | 0.120 | 0.38 | 0.017 | 0.008 |
| 6 | 0.26 | 0.24 | 0.38 | **1.42** | 0.94 | 0.08 | 0.30 | 0.005 | 0.06 | 0.17 | 0.12 | 0.25 | 0.110 | 0.40 | 0.017 | 0.010 |
| 7 | 0.03 | 0.15 | 0.29 | **1.36** | 0.90 | 0.17 | 0.15 | 0.005 | 0.06 | 0.22 | 0.12 | 0.31 | 0.038 | 0.47 | 0.019 | 0.010 |
| 8 | 0.34 | 0.30 | 0.27 | **1.10** | 0.73 | 0.17 | 0.23 | 0.005 | 0.06 | 0.14 | 0.16 | 0.51 | 0.026 | 0.45 | 0.022 | 0.011 |
| 9 | 0.14 | 0.29 | 0.30 | **1.20** | 0.80 | 0.08 | 0.12 | 0.012 | 0.06 | 0.14 | 0.14 | 0.18 | 0.068 | 0.49 | 0.022 | 0.011 |
| 10 | 0.26 | 0.07 | 0.30 | **1.10** | 0.73 | 0.17 | 0.14 | 0.015 | 0.06 | 0.15 | 0.09 | 0.59 | 0.050 | 0.47 | 0.025 | 0.009 |
| 11 | 0.11 | 0.38 | 0.26 | **1.37** | 0.91 | 0.36 | 0.29 | 0.014 | 0.06 | 0.18 | 0.10 | 0.44 | 0.054 | 0.29 | 0.023 | 0.009 |
| 12 | 0.26 | 0.20 | 0.23 | **1.25** | 0.83 | 0.17 | 0.07 | 0.012 | 0.06 | 0.21 | 0.24 | 0.22 | 0.040 | 0.43 | 0.026 | 0.009 |
| 13 | 0.43 | 0.33 | 0.24 | 0.71 | - | 0.08 | 0.33 | 0.012 | 0.06 | 0.18 | 0.22 | 0.57 | 0.024 | 0.66 | 0.022 | 0.016 |
| 14 | 0.49 | 0.44 | 0.22 | 0.54 | - | 0.08 | 0.19 | 0.005 | 0.06 | 0.09 | 0.06 | 0.54 | 0.042 | 0.62 | 0.022 | 0.008 |
| 15 | 0.34 | 0.50 | 0.28 | 0.46 | - | 0.08 | 0.23 | 0.005 | 0.06 | 0.13 | 0.04 | 0.23 | 0.018 | 0.64 | 0.023 | 0.010 |
| 16 | 0.14 | 0.36 | 0.26 | **1.21** | 0.80 | 0.08 | 0.08 | 0.011 | 0.06 | 0.19 | 0.28 | 0.27 | 0.024 | 0.66 | 0.023 | 0.010 |
| 17 | 0.29 | 0.39 | 0.21 | 0.65 | - | 0.08 | 0.09 | 0.005 | 0.06 | 0.19 | 0.20 | 0.42 | 0.036 | 0.14 | 0.025 | 0.010 |
| 18 | 0.17 | 0.16 | 0.22 | **1.35** | 0.90 | 0.17 | 0.09 | 0.015 | 0.06 | 0.14 | 0.16 | 0.33 | 0.018 | 0.16 | 0.030 | 0.009 |
| 19 | 0.26 | 0.41 | 0.19 | 0.40 | - | 0.08 | 0.11 | 0.012 | 0.06 | 0.08 | 0.06 | 0.53 | 0.024 | 0.60 | 0.023 | 0.012 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 0.26 | 0.29 | 0.32 | **1.07** | 0.71 | 0.08 | 0.08 | 0.005 | 0.06 | 0.22 | 0.26 | 0.31 | 0.015 | 0.62 | 0.022 | 0.009 |

**表 5.5-28　2019 年秋季水质调查结果评价指数 Pi 值表**

| 序号 | 站号 | pH | 溶解氧 | COD | 无机氮 | | 活性磷酸盐 | | 硫化物 | 挥发酚 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 铬 | 汞 | 砷 | 石油类 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 一类 | 二类 | 一类 | 二、三类 | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0.11 | 0.65 | 0.57 | **1.29** | 0.86 | **1.53** | 0.77 | 0.02 | 0.24 | 0.10 | 0.23 | 0.39 | / | 0.01 | 0.42 | 0.10 | 0.46 |
| 2 | 1 | 0.11 | 0.64 | 0.68 | **1.23** | 0.82 | **1.60** | 0.80 | 0.04 | 0.22 | 0.21 | 0.35 | 0.17 | 0.07 | 0.01 | 0.34 | 0.10 | / |
| 3 | 1 | 0.09 | 0.64 | 0.71 | **1.15** | 0.76 | **1.73** | 0.87 | 0.02 | 0.27 | 0.12 | 0.36 | 0.14 | 0.04 | 0.01 | 0.58 | 0.11 | / |
| 4 | 2 | 0.09 | 0.67 | 0.81 | 0.94 | - | **1.40** | 0.70 | 0.03 | / | 0.08 | 0.17 | 0.05 | / | 0.01 | 0.40 | 0.10 | 0.32 |
| 5 | 2 | 0.06 | 0.63 | 0.79 | 0.95 | - | **1.40** | 0.70 | / | / | 0.14 | 0.29 | 0.09 | 0.07 | 0.01 | 0.34 | 0.09 | / |
| 6 | 2 | 0.06 | 0.66 | 0.77 | 0.91 | - | **1.40** | 0.70 | 0.02 | / | 0.49 | 0.78 | 0.15 | / | 0.01 | 0.60 | 0.10 | / |
| 7 | 3 | 0.03 | 0.68 | 0.70 | 1.00 | - | **1.20** | 0.60 | 0.02 | / | 0.22 | 0.39 | 0.12 | 0.04 | 0.01 | 0.38 | 0.09 | 0.34 |
| 8 | 3 | 0.06 | 0.62 | 0.72 | 0.79 | - | **1.20** | 0.60 | 0.02 | / | 0.12 | 0.34 | 0.02 | 0.05 | 0.01 | 0.90 | 0.10 | / |
| 9 | 3 | 0.06 | 0.64 | 0.73 | 0.84 | - | **1.27** | 0.63 | 0.01 | / | 0.47 | 0.51 | 0.11 | / | 0.01 | 0.44 | 0.10 | / |
| 10 | 4 | 0.17 | 0.61 | 0.52 | 0.84 | - | **1.20** | 0.60 | 0.04 | / | 0.48 | 0.30 | 0.21 | / | 0.01 | 0.36 | 0.10 | 0.37 |
| 11 | 4 | 0.17 | 0.68 | 0.55 | 0.93 | - | **1.20** | 0.60 | 0.05 | / | 0.63 | 0.57 | 0.16 | 0.06 | 0.01 | 0.46 | 0.09 | / |
| 12 | 4 | 0.14 | 0.67 | 0.58 | 0.87 | - | **1.40** | 0.70 | 0.09 | / | 0.88 | 0.60 | 0.23 | 0.04 | 0.01 | 0.50 | 0.09 | / |
| 13 | 5 | 0.11 | 0.59 | 0.65 | 1.00 | - | **1.13** | 0.57 | 0.05 | / | 0.75 | 0.92 | 0.52 | 0.07 | 0.02 | 0.54 | 0.11 | 0.39 |
| 14 | 5 | 0.17 | 0.69 | 0.66 | 0.91 | - | **1.20** | 0.60 | 0.03 | / | 0.35 | 0.93 | 0.13 | 0.08 | 0.01 | 0.50 | 0.09 | / |
| 15 | 5 | 0.14 | 0.66 | 0.67 | 0.76 | - | **1.20** | 0.60 | 0.18 | / | 0.64 | 0.99 | 0.28 | 0.06 | 0.01 | 0.52 | 0.10 | / |
| 16 | 6 | 0.09 | 0.66 | 0.41 | 0.91 | - | **1.13** | 0.57 | / | / | 0.75 | 0.70 | 0.27 | 0.06 | 0.01 | 0.44 | 0.09 | 0.36 |
| 17 | 6 | 0.11 | 0.63 | 0.42 | 0.80 | - | **1.13** | 0.57 | 0.02 | / | 0.29 | 0.44 | 0.07 | 0.08 | 0.01 | 0.44 | 0.10 | / |
| 18 | 6 | 0.09 | 0.63 | 0.43 | 0.85 | - | **1.13** | 0.57 | 0.02 | / | 0.16 | 0.83 | 0.07 | 0.05 | 0.01 | 0.50 | 0.09 | / |
| 19 | 7 | 0.17 | 0.53 | 0.79 | **1.10** | 0.73 | **1.40** | 0.70 | 0.04 | 0.28 | 0.90 | 0.56 | 0.29 | 0.08 | 0.01 | 0.42 | 0.09 | 0.43 |

| 序号 | 站号 | pH | 溶解氧 | COD | 无机氮 | | 活性磷酸盐 | | 硫化物 | 挥发酚 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 铬 | 汞 | 砷 | 石油类 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 一类 | 二类 | 一类 | 二、三类 | | | | | | | | | | |
| 20 | 7 | 0.17 | 0.65 | 0.76 | **1.10** | 0.73 | **1.40** | 0.70 | 0.03 | 0.30 | 0.71 | 0.60 | 0.41 | 0.07 | 0.01 | 0.50 | 0.10 | / |
| 21 | 7 | 0.20 | 0.66 | 0.77 | 0.83 | - | **1.40** | 0.70 | 0.02 | 0.25 | 0.69 | 0.72 | 0.42 | 0.05 | 0.01 | 0.48 | 0.10 | / |
| 22 | 8 | 0.09 | 0.60 | 0.44 | 0.94 | - | **1.60** | 0.80 | 0.03 | / | 0.80 | 0.65 | 0.47 | 0.06 | 0.01 | 0.48 | 0.11 | 0.33 |
| 23 | 8 | 0.09 | 0.62 | 0.49 | **1.03** | 0.69 | **1.67** | 0.83 | 0.00 | / | 0.77 | 0.60 | 0.54 | 0.06 | 0.01 | 0.40 | 0.09 | / |
| 24 | 8 | 0.11 | 0.58 | 0.47 | **1.03** | 0.69 | **1.67** | 0.83 | 0.03 | / | 0.69 | 0.96 | 0.18 | 0.05 | 0.01 | 0.40 | 0.09 | / |
| 25 | 9 | 0.17 | 0.62 | 0.62 | **1.01** | 0.67 | **1.53** | 0.77 | 0.02 | / | 0.27 | 0.23 | 0.02 | 0.09 | 0.01 | 0.42 | 0.10 | 0.31 |
| 26 | 9 | 0.17 | 0.59 | 0.65 | 0.99 | - | **1.47** | 0.73 | / | / | 0.23 | 0.17 | 0.02 | 0.04 | 0.01 | 0.60 | 0.10 | / |
| 27 | 9 | 0.20 | 0.59 | 0.67 | **1.02** | 0.68 | **1.53** | 0.77 | 0.04 | / | 0.21 | 0.32 | 0.02 | 0.05 | 0.01 | 0.72 | 0.10 | / |
| 28 | 10 | 0.17 | 0.64 | 0.75 | 0.97 | - | **1.60** | 0.80 | 0.04 | / | 0.18 | 0.32 | 0.01 | 0.05 | 0.01 | 0.58 | 0.10 | 0.34 |
| 29 | 10 | 0.17 | 0.62 | 0.78 | **1.07** | 0.71 | **1.53** | 0.77 | 0.03 | / | 0.25 | 0.37 | 0.03 | / | 0.01 | 0.80 | 0.09 | / |
| 30 | 10 | 0.17 | 0.63 | 0.80 | 0.96 | - | **1.60** | 0.80 | / | / | 0.21 | 0.22 | 0.02 | 0.04 | 0.01 | 0.78 | 0.09 | / |
| 31 | 11 | 0.17 | 0.63 | 0.69 | **1.29** | 0.86 | **1.80** | 0.90 | 0.04 | / | 0.12 | 0.11 | 0.04 | / | 0.01 | 0.66 | 0.10 | / |
| 32 | 11 | 0.09 | 0.61 | 0.72 | **1.31** | 0.87 | **1.80** | 0.90 | 0.20 | / | 0.13 | 0.16 | 0.04 | 0.05 | 0.01 | 0.66 | 0.09 | 0.44 |
| 33 | 11 | 0.09 | 0.62 | 0.69 | **1.32** | 0.88 | **1.80** | 0.90 | 0.03 | / | 0.13 | 0.49 | 0.09 | 0.05 | 0.01 | 0.74 | 0.09 | / |
| 34 | 12 | 0.11 | 0.66 | 0.74 | **1.33** | 0.89 | **1.73** | 0.87 | 0.04 | / | 0.10 | 0.90 | 0.08 | 0.03 | 0.01 | 0.50 | 0.10 | 0.35 |
| 35 | 12 | 0.09 | 0.62 | 0.79 | **1.47** | 0.98 | **1.93** | 0.97 | / | / | 0.13 | 0.47 | 0.56 | 0.03 | 0.01 | 0.80 | 0.09 | / |
| 36 | 12 | 0.17 | 0.71 | 0.76 | **1.44** | 0.96 | **1.93** | 0.97 | / | / | 0.30 | 0.46 | 0.36 | 0.09 | 0.01 | 0.72 | 0.10 | / |
| 37 | 13 | 0.17 | 0.65 | 0.75 | 0.95 | - | **1.33** | 0.67 | 0.03 | / | 0.10 | 0.18 | 0.04 | 0.04 | 0.01 | 0.50 | 0.09 | 0.33 |
| 38 | 13 | 0.14 | 0.58 | 0.73 | **1.30** | 0.87 | **1.93** | 0.97 | / | / | 0.11 | 0.25 | 0.03 | 0.04 | 0.01 | 0.72 | 0.11 | / |
| 39 | 13 | 0.03 | 0.59 | 0.74 | **1.41** | 0.94 | **1.93** | 0.97 | / | / | 0.12 | 0.48 | 0.04 | 0.04 | 0.01 | 0.72 | 0.10 | / |
| 40 | 14 | 0.23 | 0.61 | 0.75 | 0.96 | - | **1.33** | 0.67 | / | / | 0.12 | 0.41 | 0.07 | 0.04 | 0.01 | 0.64 | 0.10 | 0.34 |

| 序号 | 站号 | pH | 溶解氧 | COD | 无机氮 | | 活性磷酸盐 | | 硫化物 | 挥发酚 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 铬 | 汞 | 砷 | 石油类 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 一类 | 二类 | 一类 | 二、三类 | | | | | | | | | | |
| 41 | 14 | 0.26 | 0.56 | 0.74 | **1.26** | 0.84 | **1.80** | 0.90 | 0.02 | / | 0.41 | 0.27 | 0.06 | 0.05 | 0.01 | 0.76 | 0.10 | / |
| 42 | 14 | 0.20 | 0.66 | 0.79 | **1.26** | 0.84 | **1.80** | 0.90 | / | / | 0.07 | 0.47 | 0.02 | 0.05 | 0.01 | 0.92 | 0.09 | / |
| 43 | 15 | 0.14 | 0.59 | 0.76 | **1.15** | 0.77 | **1.47** | 0.73 | 0.02 | / | 0.22 | 0.29 | 0.12 | / | 0.01 | 0.66 | 0.11 | 0.38 |
| 44 | 15 | 0.20 | 0.61 | 0.76 | 1.00 | - | **1.47** | 0.73 | 0.03 | / | 0.19 | 0.30 | 0.04 | 0.11 | 0.01 | 0.78 | 0.12 | / |
| 45 | 15 | 0.17 | 0.64 | 0.67 | **1.02** | 0.68 | **1.60** | 0.80 | 0.01 | / | 0.19 | 0.22 | 0.05 | / | 0.01 | 0.76 | 0.10 | / |
| 46 | 16 | 0.06 | 0.64 | 0.68 | **1.22** | 0.81 | **1.73** | 0.87 | 0.15 | 0.26 | 0.21 | 0.28 | 0.14 | 0.09 | 0.01 | 0.58 | 0.11 | 0.39 |
| 47 | 16 | 0.17 | 0.45 | 0.67 | **1.35** | 0.90 | **1.93** | 0.97 | 0.10 | 0.28 | 0.18 | 0.21 | 0.12 | 0.07 | 0.01 | 0.78 | 0.11 | / |
| 48 | 16 | 0.09 | 0.66 | 0.70 | **1.27** | 0.85 | **1.87** | 0.93 | 0.10 | 0.24 | 0.15 | 0.30 | 0.10 | 0.04 | 0.01 | 0.74 | 0.10 | / |
| 49 | 17 | 0.09 | 0.64 | 0.72 | **1.29** | 0.86 | **1.80** | 0.90 | 0.02 | / | 0.09 | 0.15 | 0.07 | 0.06 | 0.01 | 0.46 | 0.10 | 0.39 |
| 50 | 17 | 0.09 | 0.60 | 0.74 | **1.35** | 0.90 | **2.00** | 1.00 | / | / | 0.11 | 0.32 | 0.14 | 0.04 | 0.01 | 0.68 | 0.10 | / |
| 51 | 17 | 0.09 | 0.68 | 0.73 | **1.28** | 0.85 | **1.87** | 0.93 | / | / | 0.09 | 0.20 | 0.06 | 0.05 | 0.01 | 0.66 | 0.10 | / |
| 52 | 18 | 0.17 | 0.66 | 0.72 | 0.99 | - | **1.27** | 0.63 | 0.01 | / | 0.14 | 0.35 | 0.31 | 0.05 | 0.01 | 0.66 | 0.09 | 0.38 |
| 53 | 18 | 0.20 | 0.65 | 0.77 | 0.87 | - | **1.27** | 0.63 | 0.03 | / | 0.07 | 0.33 | 0.03 | 0.04 | 0.01 | 0.82 | 0.11 | / |
| 54 | 18 | 0.23 | 0.69 | 0.75 | 0.86 | - | **1.40** | 0.70 | 0.20 | / | 0.11 | 0.42 | 0.05 | 0.05 | 0.01 | 0.82 | 0.11 | / |
| 55 | 19 | 0.23 | 0.59 | 0.69 | 0.88 | - | **1.27** | 0.63 | 0.01 | / | 0.17 | 0.37 | 0.13 | 0.05 | 0.01 | 0.64 | 0.08 | 0.41 |
| 56 | 19 | 0.23 | 0.59 | 0.71 | 0.87 | - | **1.27** | 0.63 | 0.01 | / | 0.16 | 0.33 | 0.07 | 0.06 | 0.01 | 0.76 | 0.09 | / |
| 57 | 19 | 0.23 | 0.64 | 0.73 | 0.93 | - | **1.27** | 0.63 | 0.03 | / | 0.18 | 0.36 | 0.11 | 0.06 | 0.01 | 0.80 | 0.09 | / |
| 58 | 20 | 0.14 | 0.66 | 0.36 | **1.07** | 0.71 | **1.53** | 0.77 | 0.04 | / | 0.61 | 0.59 | 0.10 | 0.04 | 0.01 | 0.38 | 0.09 | 0.32 |
| 59 | 20 | 0.14 | 0.63 | 0.34 | **1.02** | 0.68 | **1.53** | 0.77 | 0.03 | / | 0.68 | 0.49 | 0.72 | 0.04 | 0.01 | 0.72 | 0.10 | / |
| 60 | 20 | 0.14 | 0.62 | 0.39 | 1.00 | - | **1.60** | 0.80 | / | / | 0.41 | 0.31 | 0.08 | 0.06 | 0.01 | 0.72 | 0.10 | / |

### 5.5.4 海洋沉积物质量现状调查与评价

#### 5.5.4.1调查范围与技术方法

（1）调查站位布置

2018 年春季在项目周边海域共布置 12 个海洋沉积物质量调查站位，2019 年秋季在项目周边海域布设了 10 个海洋沉积物质量调查站位，如图 5.5-26 和图 5.5-27 所示，经纬度见表 5.5-23 和表 5.5-24。

（2）调查项目

根据项目特点及其所在海域的自然环境特征等状况确定监测的特征参数，具体为有机碳、硫化物、铜、铅、锌、镉、汞、砷、铬和油类，共 10 项。

（3）采样要求和分析方法

调查取样与分析方法按 GB/T12763-2007《海洋调查规范》和 GB17378-2007《海洋监测规范》执行。取底质表层 0～2cm 沉积物样品。

（4）时间和频次

进行春季和秋季 2 个航次的调查。

#### 5.5.4.2调查与评价结果

（1）评价标准

根据《福建省海洋环境保护规划（2011-2020）》，各站位于“2.1-34 漳州东部外海渔业资源保护利用区”，执行第一类海洋沉积物质量标准(GB18668-2002)。

（2）调查和评价结果

2018 年 4 月春季和 2019 年 11 月秋季航次的海洋沉积物质量调查统计与评价结果如表 5.5-29~表 5.5-32。各调查项目均符合第一类海洋沉积物质量标准。

**表 5.5-29　2018 年春季海洋沉积物质量监测结果**

| 站位 | 有机碳 | 硫化物 | 石油类 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 汞 | 砷 | 铬 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $10^{-2}$ | $10^{-6}$ | | | | | | | | |
| 1 | 0.37 | 9.6 | 12.4 | 7.37 | 52.0 | 61.7 | 0.047 | 0.134 | 11.1 | 64.5 |
| 2 | 0.03 | 1.2 | ND | 1.82 | 15.9 | 12.4 | 0.060 | 0.031 | 6.4 | 51.3 |
| 4 | 0.40 | 8.4 | 20.7 | 6.99 | 23.5 | 67.2 | 0.049 | 0.118 | 8.4 | 78.1 |
| 6 | 0.03 | ND | ND | 1.69 | 14.6 | 8.63 | 0.018 | 0.030 | 6.5 | 56.7 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 0.03 | ND | ND | 1.71 | 16.3 | 18.9 | 0.012 | 0.037 | 6.5 | 65.6 |
| 9 | 0.04 | ND | ND | 2.80 | 12.3 | 9.86 | 0.033 | 0.031 | 4.7 | 79.4 |
| 10 | 0.01 | ND | ND | 1.18 | 10.8 | 7.07 | 0.018 | 0.035 | 5.5 | 50.0 |
| 11 | 0.35 | 2.3 | 10.5 | 8.83 | 23.1 | 77.7 | 0.058 | 0.130 | 8.4 | 68.9 |
| 14 | 0.57 | 1.4 | 11.7 | 9.37 | 24.0 | 85.1 | 0.056 | 0.134 | 10.2 | 78.3 |
| 15 | 0.55 | 1.5 | 10.4 | 9.83 | 26.1 | 83.3 | 0.051 | 0.112 | 10.6 | 66.1 |
| 18 | 0.58 | 23.0 | 18.8 | 10.40 | 25.7 | 87.2 | 0.055 | 0.115 | 12.0 | 69.5 |
| 20 | 0.38 | 19.3 | 14.5 | 7.73 | 24.1 | 62.8 | 0.051 | 0.098 | 8.9 | 66.3 |

**表 5.5-30　2019 年秋季海洋沉积物质量监测结果**

| 序号 | 站号 | 硫化物 /$10^{-6}$ | 铜 /$10^{-6}$ | 铅 /$10^{-6}$ | 锌 /$10^{-6}$ | 镉 /$10^{-6}$ | 铬 /$10^{-6}$ | 石油类 /$10^{-6}$ | 砷 /$10^{-6}$ | 汞 /$10^{-6}$ | 有机碳 /$10^{-2}$ | 有机质 /$10^{-2}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 51.7 | 10.8 | 17.6 | 47.3 | 0.0292 | 14.4 | 39.8 | 5.77 | 0.043 | 0.42 | 0.73 |
| 2 | 2 | 11.1 | 7.46 | 10.8 | 32.8 | 0.0356 | 10.9 | 25.5 | 2.80 | 0.041 | 0.33 | 0.57 |
| 3 | 4 | 82.6 | 10.3 | 15.5 | 47.8 | 0.0472 | 24.5 | 29.2 | 4.12 | 0.034 | 0.59 | 1.03 |
| 4 | 6 | 22.4 | 7.37 | 10.7 | 32.5 | 0.0294 | 17.4 | 21.5 | 2.39 | 0.024 | 0.35 | 0.60 |
| 5 | 8 | 86.5 | 15.9 | 18.0 | 47.5 | 0.0320 | 18.3 | 22.1 | 5.90 | 0.036 | 0.54 | 0.93 |
| 6 | 9 | 未检出 | 3.48 | 12.0 | 10.3 | 0.0166 | 5.17 | 9.9 | 10.1 | 0.038 | 0.02 | 0.04 |
| 7 | 10 | 未检出 | 4.84 | 12.9 | 13.0 | 0.0164 | 4.40 | 11.2 | 8.96 | 0.013 | 未检出 | 未检出 |
| 8 | 13 | 148 | 14.0 | 24.6 | 69.6 | 0.0515 | 28.3 | 18.8 | 6.54 | 0.043 | 0.62 | 1.07 |
| 9 | 14 | 138 | 12.1 | 20.1 | 60.7 | 0.0405 | 22.4 | 21.6 | 6.30 | 0.080 | 0.61 | 1.05 |
| 10 | 20 | 24.3 | 4.93 | 14.3 | 22.5 | 0.0170 | 6.94 | 23.3 | 5.85 | 0.029 | 0.14 | 0.25 |

**表 5.5-31　2018 年春季海洋沉积物质量评价结果(Pi)**

| 站位 | 有机碳 | 硫化物 | 石油类 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 汞 | 砷 | 铬 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.18 | 0.03 | 0.02 | 0.21 | 0.87 | 0.41 | 0.09 | 0.67 | 0.56 | 0.81 |
| 2 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 0.27 | 0.08 | 0.12 | 0.16 | 0.32 | 0.64 |
| 4 | 0.20 | 0.03 | 0.04 | 0.20 | 0.39 | 0.45 | 0.10 | 0.59 | 0.42 | 0.98 |
| 6 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 0.24 | 0.06 | 0.04 | 0.15 | 0.32 | 0.71 |
| 7 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 0.27 | 0.13 | 0.02 | 0.18 | 0.32 | 0.82 |
| 9 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.08 | 0.21 | 0.07 | 0.07 | 0.16 | 0.23 | 0.99 |
| 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.18 | 0.05 | 0.04 | 0.17 | 0.28 | 0.63 |
| 11 | 0.17 | 0.01 | 0.02 | 0.25 | 0.39 | 0.52 | 0.12 | 0.65 | 0.42 | 0.86 |
| 14 | 0.29 | 0.00 | 0.02 | 0.27 | 0.40 | 0.57 | 0.11 | 0.67 | 0.51 | 0.98 |
| 15 | 0.27 | 0.01 | 0.02 | 0.28 | 0.44 | 0.56 | 0.10 | 0.56 | 0.53 | 0.83 |
| 18 | 0.29 | 0.08 | 0.04 | 0.30 | 0.43 | 0.58 | 0.11 | 0.58 | 0.60 | 0.87 |
| 20 | 0.19 | 0.06 | 0.03 | 0.22 | 0.40 | 0.42 | 0.10 | 0.49 | 0.45 | 0.83 |

**表 5.5-32　2019 年秋季海洋沉积物质量评价结果(Pi)**

| 序号 | 站号 | 硫化物 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 铬 | 石油类 | 砷 | 汞 | 有机碳 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0.17 | 0.31 | 0.29 | 0.32 | 0.06 | 0.18 | 0.08 | 0.29 | 0.22 | 0.21 |
| 2 | 2 | 0.04 | 0.21 | 0.18 | 0.22 | 0.07 | 0.14 | 0.05 | 0.14 | 0.21 | 0.17 |
| 3 | 4 | 0.28 | 0.29 | 0.26 | 0.32 | 0.09 | 0.31 | 0.06 | 0.21 | 0.17 | 0.30 |
| 4 | 6 | 0.07 | 0.21 | 0.18 | 0.22 | 0.06 | 0.22 | 0.04 | 0.12 | 0.12 | 0.18 |

| 序号 | 站号 | 硫化物 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 铬 | 石油类 | 砷 | 汞 | 有机碳 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 8 | 0.29 | 0.45 | 0.30 | 0.32 | 0.06 | 0.23 | 0.04 | 0.30 | 0.18 | 0.27 |
| 6 | 9 | / | 0.10 | 0.20 | 0.07 | 0.03 | 0.06 | 0.02 | 0.51 | 0.19 | 0.01 |
| 7 | 10 | / | 0.14 | 0.22 | 0.09 | 0.03 | 0.06 | 0.02 | 0.45 | 0.07 | / |
| 8 | 13 | 0.49 | 0.40 | 0.41 | 0.46 | 0.10 | 0.35 | 0.04 | 0.33 | 0.22 | 0.31 |
| 9 | 14 | 0.46 | 0.35 | 0.34 | 0.40 | 0.08 | 0.28 | 0.04 | 0.32 | 0.40 | 0.31 |
| 10 | 20 | 0.08 | 0.14 | 0.24 | 0.15 | 0.03 | 0.09 | 0.05 | 0.29 | 0.15 | 0.07 |

#### 5.5.4.3小结

评价结果表明：春季和秋季所有海洋沉积物样品的有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷含量均符合第一类海洋沉积物质量标准，海洋沉积物质量状况良好。

### 5.5.5 海洋生物质量调查与评价

#### 5.5.5.1调查范围与技术方法

（1）调查站位布置

2018 年春季在项目周边海域各布置 3 个海洋生物质量调查站位，2019 年秋季在项目周边海域各布置 12 个海洋生物质量调查站位，如图 5.5-26 和图 5.5-27 所示，经纬度见表 5.5-23 和表 5.5-24。

（2）调查项目

根据项目特点及其所在海域的自然环境特征等状况确定监测的特征参数，具体为铜、铅、锌、镉、汞、砷、铬和石油烃，共 8 项。

（3）采样要求和分析方法

调查取样与分析方法按 GB/T12763-2007《海洋调查规范》和 GB17378-2007《海洋监测规范》执行。（鱼类取样部位为肌肉，虾类为去头后取肌肉）

（4）时间和频次

进行春季、秋季 2 个航次的调查。

#### 5.5.5.2调查与评价结果

（1）评价标准

海洋生物质量（双壳贝类）调查结果采用 GB 18421-2001《海洋生物质量》

进行评价。

（2）调查和评价结果

石油烃：**春季**调查海域各测站密鳞牡蛎、魁蚶体内石油烃含量范围为5.6mg/kg～8.6mg/kg，均值为7.0mg/kg，各测站密鳞牡蛎、魁蚶体内石油烃含量均符合第一类海洋生物质量标准；**秋季**调查海区叫姑鱼、孔虾虎鱼、条纹斑竺鲨、大鳞舌鳎、中国团扇鳐、龙头鱼、带鱼、中华管鞭虾、口虾姑和小管枪乌贼石油烃含量范围为3.9mg/kg～9.7mg/kg，均值为5.32mg/kg，所有生物体内石油烃含量均符合《全国海岛资源综合调查简明规程》中相应的标准值。

铜：**春季**调查海域各测站密鳞牡蛎、魁蚶体内铜含量范围为 0.9mg/kg～24.2mg/kg，均值为16.0 mg/kg，1#和2#测站密鳞牡蛎体内铜含量符合第二类海洋生物质量标准，9#测站魁蚶体内铜含量符合第一类海洋生物质量标准；**秋季**调查海区叫姑鱼、孔虾虎鱼、条纹斑竺鲨、大鳞舌鳎、中国团扇鳐、龙头鱼、带鱼、中华管鞭虾、口虾姑和小管枪乌贼铜含量范围为 0.164mg/kg～6.49mg/kg，均值为1.26mg/kg，所有生物体内铜含量均符合《全国海岛资源综合调查简明规程》中相应的标准值。

铅：**春季**调查海域各测站密鳞牡蛎、魁蚶体内铅含量范围为 0.16 mg/kg～0.43mg/kg，均值为0.28mg/kg，各测站密鳞牡蛎、魁蚶体内铅含量均符合第二类海洋生物质量标准；**秋季**调查海区叫姑鱼、孔虾虎鱼、条纹斑竺鲨、大鳞舌鳎、中国团扇鳐、龙头鱼、带鱼、中华管鞭虾、口虾姑和小管枪乌贼铅含量范围为0.0236mg/kg～0.894mg/kg，均值为0.174mg/kg，所有生物体内铅含量均符合《全国海岛资源综合调查简明规程》中相应的标准值。

锌：**春季**调查海域各测站密鳞牡蛎、魁蚶体内锌含量范围为 23.5 mg/kg～420.5 mg/kg，均值为259.6mg/kg，1#和2#测站密鳞牡蛎体内锌含量符合第三类海洋生物质量标准，9#测站魁蚶体内锌含量符合第二类海洋生物质量标准；**秋季**调查海区叫姑鱼、孔虾虎鱼、条纹斑竺鲨、大鳞舌鳎、中国团扇鳐、龙头鱼、带鱼、中华管鞭虾、口虾姑和小管枪乌贼锌含量范围为2.19mg/kg～15.8mg/kg，均值为5.86mg/kg，所有生物体内锌含量均符合《全国海岛资源综合调查简明规程》中相应的标准值。

镉：**春季**调查海域各测站密鳞牡蛎、魁蚶体内镉含量范围为 2.10 mg/kg～

2.94mg/kg，均值为 2.38mg/kg，各测站密鳞牡蛎、魁蚶体内镉含量均符合第三类海洋生物质量标准；**秋季**调查海区叫姑鱼、孔虾虎鱼、条纹斑竺鲨、大鳞舌鳎、中国团扇鳐、龙头鱼、带鱼、中华管鞭虾、口虾姑和小管枪乌贼镉含量范围为未检出～0.0173mg/kg，检出站位的均值为 0.0108mg/kg，所有生物体内镉含量均符合《全国海岛资源综合调查简明规程》中相应的标准值。

汞：**春季**调查海域各测站密鳞牡蛎、魁蚶体内汞含量范围为0.045mg/kg～0.073mg/kg，均值为0.062mg/kg，1#测站密鳞牡蛎和9#测魁蚶站体内汞含量符合第二类海洋生物质量标准，2#测站密鳞牡蛎体内汞含量符合第一类海洋生物质量标准；**秋季**调查海区叫姑鱼、孔虾虎鱼、条纹斑竺鲨、大鳞舌鳎、中国团扇鳐、龙头鱼、带鱼、中华管鞭虾、口虾姑和小管枪乌贼汞含量范围为0.0088 mg/kg～0.029mg/kg，均值为0.020mg/kg，所有生物体内汞含量均符合《全国海岛资源综合调查简明规程》中相应的标准值。

砷：**春季**调查海域各测站密鳞牡蛎、魁蚶体内砷含量范围为0.31mg/kg～0.41mg/kg，均值为0.37mg/kg，各测站密鳞牡蛎、魁蚶体内砷含量均符合第一类海洋生物质量标准；**秋季**调查海区叫姑鱼、孔虾虎鱼、条纹斑竺鲨、大鳞舌鳎、中国团扇鳐、龙头鱼、带鱼、中华管鞭虾、口虾姑和小管枪乌贼砷含量范围为0.33 mg/kg～5.13mg/kg，均值为1.12mg/kg。

铬：**春季**调查海域各测站密鳞牡蛎、魁蚶体内铬含量范围为0.35 mg/kg～0.89 mg/kg，均值为0.53 mg/kg，1#测站密鳞牡蛎和9#测站魁蚶体内铬含量符合第一类海洋生物质量标准，2#测站密鳞牡蛎体内铬含量符合第二类海洋生物质量标准。**秋季**调查海区叫姑鱼、孔虾虎鱼、条纹斑竺鲨、大鳞舌鳎、中国团扇鳐、龙头鱼、带鱼、中华管鞭虾、口虾姑和小管枪乌贼铬含量范围为0.481 mg/kg～1.3mg/kg，均值为0.677mg/kg。

**表 5.5-33　2019 年秋季海洋生物质量调查结果**

| 站位 | 名称 | 铜/mg/kg | 铅/mg/kg | 锌/mg/kg | 镉/mg/kg | 铬/mg/kg | 汞/mg/kg | 砷/mg/kg | 石油烃/mg/kg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2、6 | 叫姑鱼 | 0.297 | 0.04 | 3.65 | 未检出 | 0.779 | 0.029 | 0.869 | 6.1 |
| 1 | 孔虾虎鱼 | 0.308 | 0.0974 | 5.62 | 未检出 | 0.783 | 0.029 | 0.909 | 6.7 |
| 9 | 条纹斑竺鲨 | 0.433 | 0.894 | 5.73 | 0.0166 | 0.946 | 0.024 | 1.08 | 9.7 |
| 10 | 大鳞舌鳎 | 0.164 | 0.12 | 2.89 | 未检出 | 0.769 | 0.022 | 0.99 | 9.1 |
| 11 | 中国团扇鳐 | 0.290 | 0.401 | 5.81 | 未检出 | 1.3 | 0.027 | 1.76 | 4.4 |
| 4、7 | 龙头鱼 | 0.224 | 0.0733 | 2.19 | 未检出 | 0.481 | 0.008 | 0.398 | 8.6 |

| 站位 | 名称 | 铜/mg/kg | 铅/mg/kg | 锌/mg/kg | 镉/mg/kg | 铬/mg/kg | 汞/mg/kg | 砷/mg/kg | 石油烃/mg/kg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | 8 | | |
| 6 | 带鱼 | 0.216 | 0.046 | 2.76 | 未检出 | 0.833 | 0.029 | 0.33 | 4.9 |
| 14 | 小管枪乌贼 | 6.49 | 0.364 | 15.8 | 0.0902 | 0.622 | 0.022 | 5.13 | 5.2 |
| 18 | 中华管鞭虾 | 5.18 | 0.0251 | 14.3 | 0.0173 | 0.935 | 0.029 | 1.35 | 3.9 |
| 15、20 | 口虾姑 | 1.46 | 0.0236 | 11.6 | 0.0057 | 0.674 | 0.023 | 0.578 | 5.2 |

**表 5.5-34　2018 年春季海洋生物质量调查结果**

| 站位 | 样品名称 | 调查结果（mg/kg） | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 石油烃 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 汞 | 砷 | 铬 |
| 1 | 密鳞牡蛎 | 6.7 | 24.2 | 0.16 | 334.9 | 2.10 | 0.073 | 0.31 | 0.35 |
| 2 | 密鳞牡蛎 | 5.6 | 22.8 | 0.43 | 420.5 | 2.94 | 0.045 | 0.41 | 0.89 |
| 9 | 魁蚶 | 8.6 | 0.9 | 0.24 | 23.5 | 2.10 | 0.067 | 0.40 | 0.35 |

**表 5.5-35　2019 年秋季海洋生物质量评价结果**

| 站位 | 名称 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 汞 | 石油烃 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2、6 | 叫姑鱼 | 0.01 | 0.02 | 0.09 | / | 0.10 | 0.31 |
| 1 | 孔虾虎鱼 | 0.02 | 0.05 | 0.14 | / | 0.10 | 0.34 |
| 9 | 条纹斑竺鲨 | 0.02 | 0.45 | 0.14 | 0.03 | 0.08 | 0.49 |
| 10 | 大鳞舌鳎 | 0.01 | 0.06 | 0.07 | / | 0.07 | 0.46 |
| 11 | 中国团扇鳐 | 0.01 | 0.20 | 0.15 | / | 0.09 | 0.22 |
| 4、7 | 龙头鱼 | 0.01 | 0.04 | 0.05 | / | 0.03 | 0.43 |
| 6 | 带鱼 | 0.01 | 0.02 | 0.07 | / | 0.10 | 0.25 |
| 14 | 小管枪乌贼 | 0.06 | 0.04 | 0.06 | 0.02 | 0.07 | 0.26 |
| 18 | 中华管鞭虾 | 0.05 | 0.01 | 0.10 | 0.01 | 0.15 | 0.20 |
| 15、20 | 口虾姑 | 0.01 | 0.01 | 0.08 | 0.00 | 0.12 | 0.26 |

**表 5.5-36　2018 年春季海洋生物质量评价结果**

| 站位 | 样品名称 | 石油烃 | 铜 | | 铅 | | 锌 | | | 镉 | | | 汞 | | 砷 | 铬 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 密鳞牡蛎 | 0.45 | **2.42** | 0.97 | **1.60** | 0.08 | **16.75** | **6.70** | 0.67 | **10.50** | **1.05** | 0.42 | **1.46** | 0.73 | 0.31 | 0.70 | 0.18 |
| 2 | 密鳞牡蛎 | 0.37 | **2.28** | 0.91 | **4.30** | 0.22 | **21.03** | **8.41** | 0.84 | **14.70** | **1.47** | 0.59 | 0.90 | 0.450 | 0.41 | **1.78** | 0.45 |
| 9 | 魁蚶 | 0.57 | 0.09 | 0.04 | **2.40** | 0.12 | **1.18** | 0.47 | 0.05 | **10.50** | **1.05** | 0.42 | **1.34** | 0.67 | 0.40 | 0.70 | 0.18 |

#### 5.5.5.3小结

评价结果表明：**春季** 1#测站密鳞牡蛎体内石油烃、砷和铬含量符合第一类海洋生物质量标准，铜、铅和汞含量符合第二类海洋生物质量标准，锌和镉含量符合第三类海洋生物质量标准；2#测站密鳞牡蛎体内石油烃、汞和砷含量符合第一类海洋生物质量标准，铜、铅、和铬含量符合第二类海洋生物质量标准，锌和镉含量符合第三类海洋生物质量标准；9#测站魁蚶体内石油烃、铜、砷和铬含量符合第一类海洋生物质量标准，铅、锌和汞含量符合第二类海洋生物质量标准，镉含量符合第三类海洋生物质量标准。**秋季**调查海区叫姑鱼、孔虾虎鱼、条纹斑竺鲨、大鳞舌鳎、中国团扇鳐、龙头鱼、带鱼、中华管鞭虾、口虾姑和小管枪乌贼的石油烃、铜、铅、锌、镉、汞含量均符合《全国海岛资源综合调查简明规程》中相应的标准值。

### 5.5.6 海洋生态环境现状调查与评价

为了解评价海域海洋生态环境现状，海洋三所于 2019 年 11 月进行了秋季 12 个站位的海洋生态环境现状调查，同时，报告收集了厦门中集信检测技术有限公司编制的《厦门湾口 201701 海域海砂采砂项目海洋环境现状调查报告（春季）》的 2018 年 4 月春季调查资料。现据此对其海洋生态环境现状作出评价。

#### 5.5.6.1调查范围与技术方法

##### 5.5.6.1.1 调查站位和调查时间

2019 年 11 月 3-4 日（秋季航次）和 2018 年 4 月 1-3 日（春季航次）在项目附近海域各布置 12 个海洋生态大面调查站点。两季的调查站位布设如图 5.5-28 所示，经纬度见表 5.5-37。

**表 5.5-37　秋季调查海域海洋生物调查站位信息**

| 站号 | 经度 | 纬度 |
|---|---|---|
| 1 | 118°12'26" | 24°09'04" |
| 2 | 118°16'14" | 24°04'30" |
| 4 | 118°15'41" | 24°10'24" |
| 6 | 118°22'32" | 24°02'48" |
| 7 | 118°17'37" | 24°15'43" |
| 9 | 118°23'20" | 24°11'01" |

| | | |
|---|---|---|
| 10 | 118°26'27" | 24°07'54" |
| 11 | 118°17'26" | 24°21'29" |
| 14 | 118°26'15" | 24°13'09" |
| 15 | 118°28'34" | 24°10'42" |
| 18 | 118°28'10" | 24°15'28" |
| 20 | 118°23'33" | 24°13'27" |

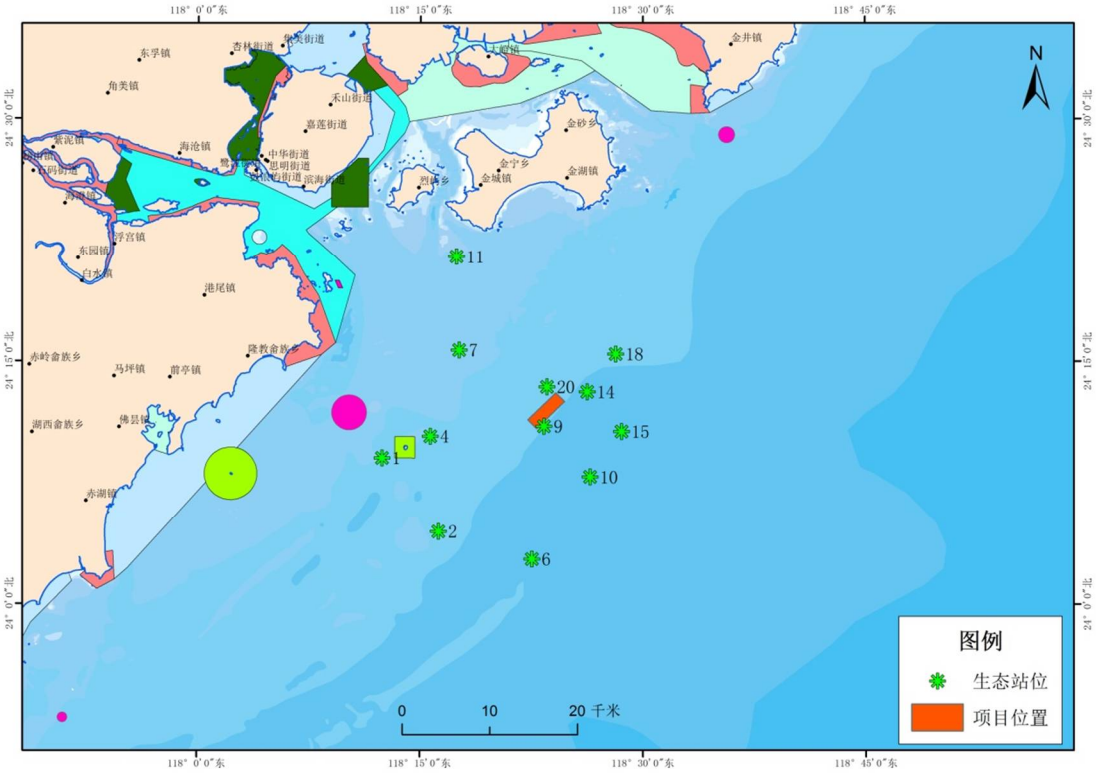



**图 5.5-28 海洋生物调查站位**

**5.5.6.1.2 调查项目**

2019 年 11 月秋季和 2018 年 4 月春季调查项目有：叶绿素 a 及初级生产力、浮游植物、浮游动物、潮下带底栖生物、游泳动物、鱼卵和仔稚鱼。

**5.5.6.1.3 各专项调查方法**

**（一）2019 年秋季的调查方法**

（1）叶绿素 a 和初级生产力

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《海洋调查规范》的要求进行。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。

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两种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：选取调查海域具有环境代表性的 1/5 站位（6 个）作为研究对象，采样和测定过程按照《海洋调查规范》的要求进行。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)。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 $NaH^{14}CO_3$ 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。

叶绿素同化指数法：同化指数是指单位叶绿素 *a* 在单位时间内合成的有机碳量。Ryther 和 Yanthsch 最早提出叶绿素同化指数法以估算海域初级生产力(Ryther and Yanthsch，1957)，其原理是根据在一定条件下，同一海区浮游植物细胞内叶绿素含量和光合作用产量之间存在一定的相关性，从而根据叶绿素 *a*、真光层深度和同化指数(Q)来计算初级生产力。该法目前被国内外广泛认可并一直将此法沿用至今用以估算初级生产力（沈国英，海洋生态学第三版，2010）。该方法适用于调查海区面积较小，物理和化学等参数条件相近的海洋环境，其优点是在某一调查区域调查时，不需要每个站位都采用 $^{14}C$ 示踪法，因而比较节省人力、物力和财力。本调查海域的客观环境条件完全满足同化指数法测定初级生产力的适用范围，因此决定采用。

本次调查中，一共选取调查海域剩余的站位（23 个），利用现场荧光法测定的叶绿素 *a* 和现场 $^{14}C$ 示踪法获取的同化指数，计算初级生产力。

（2）浮游植物

浮游植物样品采集分为网采和水采。浮游植物网采样品采用方法系浅水 III 型网（网口直径 37cm，网长 140cm，筛绢孔径 0.077cm）从底至表垂直拖曳；

水采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/$dm^3$ 表达。

结果包括浮游植物种类和密度，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 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($ni/N$)。

详情见《海洋调查规范》第6部分第7节。

（3）浮游动物

用浅水 I 型浮游生物网（网长 145cm，网口直径 50cm，筛绢孔宽 0.505mm），从底至表垂直拖取样品，所获浮游动物样品均于现场用样品体积量 5%的中性甲醛溶液固定。

用电子天平（感量 0.001g）和真空泵（30$dm^3$/min）等器具进行样品湿重生物量的测定，先将样品抽滤去除水份后称出样品的湿重，然后换算成 mg/$m^3$。样品的鉴定与计数则是借助于浮游动物计数框、体视显微镜和普通光学显微镜等将全部样品进行种类鉴定并按种计个体数，然后换算成个体密度（个/$m^3$）。

种类多样性指数（$H'$）、均匀度（$J'$）采用的公式同浮游植物，优势度（$Y$）采用以下计算公式：$Y=\frac{n_i}{N}fi$；

式中 $n_i$ 为第 $i$ 种的个体数，$fi$ 是第 $i$ 种的测站出现率，$N$ 为每个种出现的个体数的总和。

详情见《海洋调查规范》第 6 部分第 8 节。

（4）潮下带大型底栖生物

使用 0.05$m^2$ 抓斗式采泥器，每站连续取样不少于 4 次（合计采样面积 0.2$m^2$），，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（*Y*）分析采获物种在群落中所占的优势程度，当 *Y*>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：

$$D=\sum_{i=1}^{s}(\mathrm{P}_i)^2$$

式中 *S* 为采泥样品中的种类总数，*Pi* 为第 *i* 种的个体数与样品中的总个体数的比值(*ni/N*)。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。

（5）鱼卵、仔稚鱼

A、网速及时间

鱼卵仔稚鱼样品采集分别用浅水 I 型网和大型浮游生物网（内径 80cm，长 270cm，孔径 0.505mm）获取，其中浅水 I 型网的采集是由底至表垂直拖取，大型浮游生物网采集是网口系流量计在航速 1.5kn/时左右水平拖曳 10min 获取。样品固定和分析均按《海洋调查规范》的方法进行。

B、样品采集

把网升至适当高度，用冲水设备自上而下反复冲洗网衣外表面，使黏附于网上的标本集中于网底管内；将网收入甲板，开启网底管阀门，把标本装入标本瓶，再关闭网底管阀门，用洗耳球吸水冲洗筛绢套，如此反复多次，直至残留标本全部收入标本瓶中，按样品体积 5％的量加入福尔马林溶液固定。

C、样品鉴定、计数

在显微镜下，鉴定样品中鱼卵、仔、稚鱼的种类组成和数量。

D、密度计算

根据网口面积、拖速、拖网持续时间和鉴定的鱼卵、仔稚鱼数量，单位面积或单位体积鱼卵、仔稚鱼分布密度按下式计算：

$$\mathrm{V}=\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{S}\times L}$$

式中：V—鱼卵、仔稚鱼分布密度（粒/$m^3$，尾数：尾/$m^3$）；

N—每网鱼卵、仔稚鱼数量（粒或尾数）；

S—网口面积（$m^2$）；

L—拖网距离（m）。

具体方法按《海洋调查规范》第 6 部分第 9 节。

（6）游泳动物

A、调查网具

网具为桁杆底拖网，其网口扫海宽度为 7.2m，网囊网目为 15mm。每个试捕站，以 3 节左右的拖速拖曳 30 分钟左右。拖网时间计算从拖网曳纲停止投放和拖网着底，曳纲拉紧受力时起至起网绞车开始收曳纲时止，样品处理按照《海洋调查规范（GB 12763.6-2007）》的要求进行。

B、样品采集

从每网渔获物中先将较大的不同种类单独挑出，然后随机取样采集约 20kg 渔获样品供进一步分析，不足 20kg 时，全部取样。

C、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。

D、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：

$IRI = (W\%+N\%)\times F\%$ …… (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。

优势种划分标准[4]：$IRI\geq1000$，该鱼种为优势种；$1000>IRI\geq500$，该鱼种为常见种；$500>IRI\geq100$，该鱼种为一般种；$IRI<100$，该鱼种为少见种。

2）相对资源密度估算

[4] 邓小艳，刘建国，郭朋军等. 小洋山临近海域主要游泳动物生态位及中间联结性. 海洋学报, 2018, 40（1）: 96-105.

拖网调查海域的资源密度（尾数和重量）按公式(2)计算：

$$D=\frac{C}{q\times A} \quad \cdots\cdots(2)$$

式中：$D$—相对资源密度(重量：kg/km$^2$，尾数：ind./km$^2$)

$C$—每小时取样面积内的渔获量(kg)或尾数(ind.)

$q$—网具捕获率，$q$ 取 0.5

$A$—为网具每小时扫海面积(km$^2$)。

3）游泳动物多样性分析

生物多样性各指数计算如下（均以 e 为底）：

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

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

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

（3）～（5）式中 S 为种类数，N 为尾数，$P_i$ 为第 i 种鱼渔获重量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，因此采用渔获重量来计算种类多样性指数，这种结果更接近种类间能量的分布。

**（二）2018 年春季的调查方法**

（1）浮游生物样品采集

浮游植物样品：水深在 15.0 m 以内各采集表、底层水样 500 mL，水深大于 15.0 m 各采集表、中、底层水样 500 mL，鲁哥氏液固定；沉降浓缩后各层样品混合，然后鉴定计数分析。

浮游动物样品：采用浅水Ⅰ型和浅水Ⅱ型浮游生物网进行由底至表层垂直拖网，并按照《海洋监测规范》（GB17378.7-2007）的要求进行样品处理、分析鉴定及数据计算分析。浅水Ⅱ型浮游生物网采集的浮游动物样品用于浮游动物种类及个体密度等的分析计算，浅水Ⅰ型浮游生物网采集的浮游动物样品用于物种数量的补充。

鱼卵仔稚鱼样品：采用浅水Ⅰ型浮游生物网由底至表层进行垂直拖网，并按照《海洋监测规范》（GB17378.7-2007）的要求进行样品处理、分析鉴定及数据

计算分析。

（2）底栖生物样品采集

潮下带大型底栖生物：定量采样用面积为 0.05 $m^2$ 抓斗式采泥器，每站连续采集沉积物4次，然后4次沉积物样合并在一起进行淘洗。沉积物样品经淘洗后，用网目为0.5 mm的套筛分选，分离出底栖生物标本。

（3）游泳动物的样品采集

游泳动物资源调查利用当地渔船“闽龙渔62578”进行底层单拖作业定点探捕调查，使用的网具规格为：网衣长度15.0 m，横杆长28.0 m（扫海宽度）、网囊网目3.0 cm；实际平均拖速约2.0 kn，每一网次拖曳时间为30 min。将每一站位的渔获物用冰保鲜带回实验室进行渔获物组成的分类、鉴定、计数和称重，并对数量较多的经济种类进行生物学测定，主要包含体长、体重等项目。

**5.5.6.2叶绿素a和初级生产力**

**（1）2019年秋季**

秋季调查结果表明：表层叶绿素 *a* 含量的平均值为0.82 mg/$m^3$，变化范围介于0.63～1.01 mg/$m^3$之间；底层叶绿素 *a* 含量的平均值为0.82 mg/$m^3$，变化范围介于0.56～1.00 mg/$m^3$之间；表层叶绿素 *a* 含量高于0.90 mg/$m^3$以上的相对高值站共有4个，分别是9号站、11号站、14号站和20号站，其中叶绿素 *a* 含量最高的是11号站，达1.01 mg/$m^3$；低于0.75 mg/$m^3$的叶绿素 *a* 相对低值站共有4个，分别是2号站、6号站、15号站和18号站，其中最低的是18号站，叶绿素 *a* 含量仅有0.63 mg/$m^3$；底层叶绿素 *a* 含量高于0.90 mg/$m^3$以上的相对高值站共有5个，分别是1号站、9号站、11号站、14号站和20号站，其中叶绿素 *a* 含量最高的是14号站，达1.00 mg/$m^3$；低于0.75 mg/$m^3$的叶绿素 *a* 相对低值站共有4个，分别是2号站、4号站、6号站和10号站，其中最低的是6号站，其叶绿素 *a* 含量仅有0.56 mg/$m^3$。总体来说，调查海域表层和底层叶绿素 *a* 含量分布较为均匀。

调查海域初级生产力的平均值为13.16 mgC/（$m^2$·h），变化范围在8.07～20.46 mgC/（$m^2$·h）之间，变化幅度较小。高于15.00 mgC/（$m^2$·h）的相对高值站共有4个，分别为7号站、11号站、14号站和20号站，其中最高的是20号站，其初级生产力达20.46 mgC/（$m^2$·h）；低于10.00 mgC/（$m^2$·h）的相对低值站共有3个，分别为2号站、4号站和6号站，其中最低的是2号站，其初级生产力仅8.07

mgC/（$m^2$·h）。

总体来看，调查海域大部分站位的初级生产力含量在 5.00～15.00 mgC/（$m^2$·h）之间，平面分布与叶绿素 *a* 的分布较为一致。

从平均含量上看，表、底层叶绿素 *a* 的数值是相同的；但分开站位来看，调查海域的所有站位中有 7 个站位表现为底层叶绿素 *a* 含量高于表层，占站位总数的 7/12，其中变化最为剧烈的是 6 号站，表层叶绿素 *a* 含量为底层的 1.3 倍；变化最小的是 14 号站，底层叶绿素 *a* 含量为表层的 1.02 倍（图 5.5-29）。

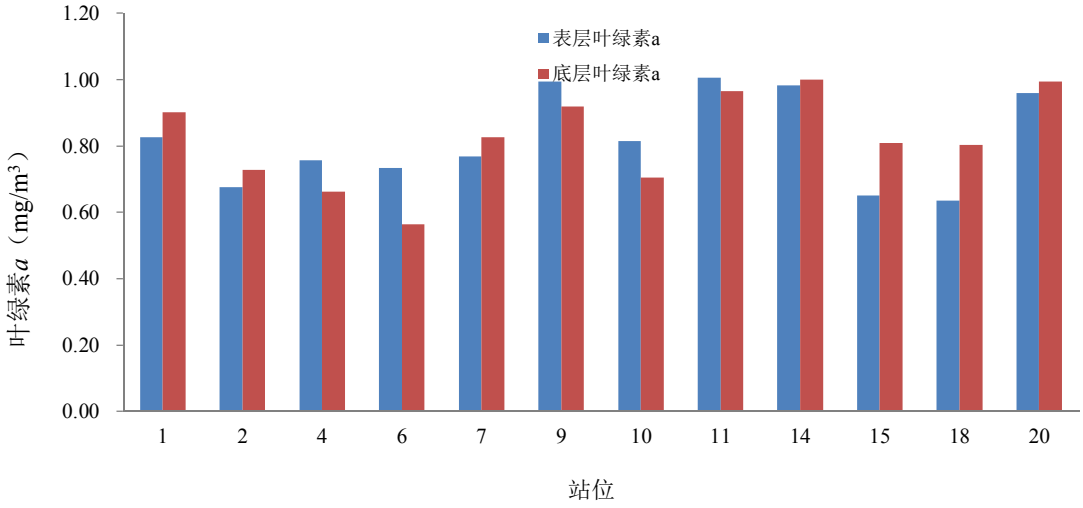



**图 5.5-29 秋季调查海域表层和底层叶绿素 *a* 含量比较图**

**（2）2018 年春季**

根据《福建省海岛资源综合调查研究报告》资料，以紫泥岛春季数据为基准：叶绿素 a（C）平均值 6.22 mg/$m^3$、透明度平均值 0.50 m、平均日照时间(D) 12.7 h、初级生产力平均值（P）11.3 mgC/（$m^2$·h），计算得出同化系数 Q=1.907。

调查期间，各测站叶绿素-a 含量范围在 2.70 mg/$m^3$～7.60 mg/$m^3$ 之间，平均值为 4.97 mg/$m^3$；初级生产力变化范围在 19.6 mgC/（$m^2$·h）～83.1 mgC/（$m^2$·h）之间，平均值为 49.8 mgC/（$m^2$·h）。叶绿素-a 含量的高值区出现在 1#测站海水中，低值区出现在 11#测站海水中；初级生产力含量的高值区出现在 15#测站，低值区出现在 11#测站。调查结果详见表 5.5-38。

表 5.5-38 叶绿素-a 及初级生产力调查结果一览表

| 站位 | 透明度（m） | 叶绿素 a(mg/$m^3$) | 初级生产力 mgC/（$m^2$·h） |
|---|---|---|---|
| 1 | 2.10 | 7.60 | 58.0 |
| 2 | 2.50 | 4.87 | 44.2 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 | 2.20 | 5.33 | 42.6 |
| 6 | 2.70 | 4.52 | 44.3 |
| 7 | 2.10 | 4.99 | 38.1 |
| 9 | 2.70 | 7.38 | 72.4 |
| 10 | 2.80 | 7.50 | 76.3 |
| 11 | 2.00 | 2.70 | 19.6 |
| 14 | 3.50 | 3.05 | 38.8 |
| 15 | 4.60 | 4.97 | 83.1 |
| 18 | 4.50 | 3.04 | 49.7 |
| 20 | 2.30 | 3.63 | 30.3 |

（3）小结

**秋季**调查海域表层和底层叶绿素 a 平均值一致。表层叶绿素 *a* 含量的平均值为 0.82 mg/m$^3$，变化范围介于 0.63～1.01 mg/m$^3$ 之间；底层叶绿素 *a* 含量的平均值为 0.82 mg/m$^3$，变化范围介于 0.56～1.00 mg/m$^3$ 之间，其中表层叶绿素 *a* 含量最高的为 11 号站，最低的为 18 号站，底层叶绿素 *a* 含量最高的为 14 号站，最低的为 6 号站。调查海域表层和底层叶绿素 *a* 含量分布较为均匀。**春季**各测站叶绿素-a 含量范围在 2.70 mg/m$^3$～7.60 mg/m$^3$ 之间，平均值为 4.97 mg/m$^3$；叶绿素-a 含量的高值区出现在 1#测站海水中，低值区出现在 11#测站海水中。

**秋季**调查海域初级生产力的平均值为 13.16 mgC/（m$^2$·h），变化范围在 8.07～20.46 mgC/（m$^2$·h）之间，变化幅度较小。所有调查站位中，20 号站的初级生产力最高，2 号站最低；总体来看，初级生产力的平面分布与叶绿素 *a* 的分布较为一致，大部分站位的初级生产力含量在 5.00～15.00 mgC/（m$^2$·h）之间。**春季**初级生产力变化范围在 19.6 mgC/（m$^2$·h）～83.1 mgC/（m$^2$·h）之间，平均值为 49.8 mgC/（m$^2$·h）；初级生产力含量的高值区出现在 15#测站，低值区出现在 11#测站。

**5.5.6.3浮游植物**

**（1）2019 年秋季**

A、种类组成

秋季调查共记录浮游植物 4 门 21 属 35 种 (附录 1)，其中硅藻 16 属 27 种，甲藻 3 属 6 种，蓝藻 1 属 1 种，定鞭藻 1 属 1 种。优势种主要有铁氏束毛藻(*Trichodesmium thiebautii*)和劳氏角毛藻(*Chaetoceros lorenzianus*)。

B、密度平面分布

调查海区浮游植物平均密度为 518.93×$10^6$ cells/L。最高值出现在 20 号测站，密度达 2365.33×$10^6$ cells/ L，次高值出现在 7 号测站，数值为 1804.44×$10^6$ cells/ L，最低值为 4.19×$10^6$ cells/ L，出现在 2 号测站(图 5.5-30)。

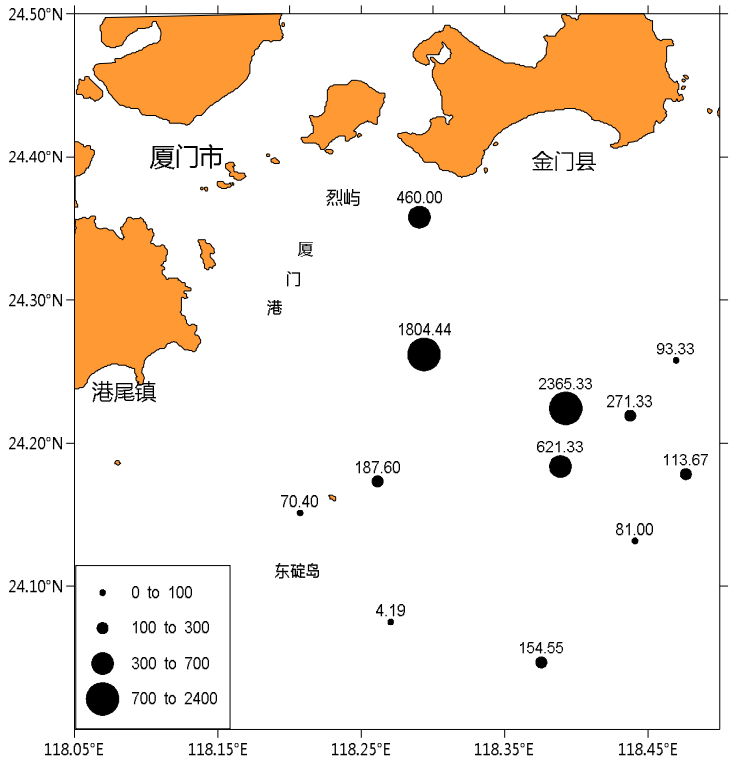



**图 5.5-30 网采浮游植物细胞密度分布（单位: $10^3$ cells/m³）**

C、主要优势种的分布

监测海区各监测站位已鉴定到种的浮游植物，取优势度（*Y*）≥0.02 的物种为优势种，共有 2 种，分别为铁氏束毛藻和劳氏角毛藻。各优势物种出现率和优势度见表 5.5-39。各监测站位铁氏束毛藻平面分布见图 5.5-34。

**表 5.5-39 浮游植物优势种及优势度（*Y*）**

| 拉丁种名 | 中文种名 | 出现频率(%) | 优势度(*Y*) |
|---|---|---|---|
| *Trichodesmium thiebautii* | 铁氏束毛藻 | 83 | 0.763 |
| *Chaetoceros lorenzianus* | 劳氏角毛藻 | 100 | 0.025 |

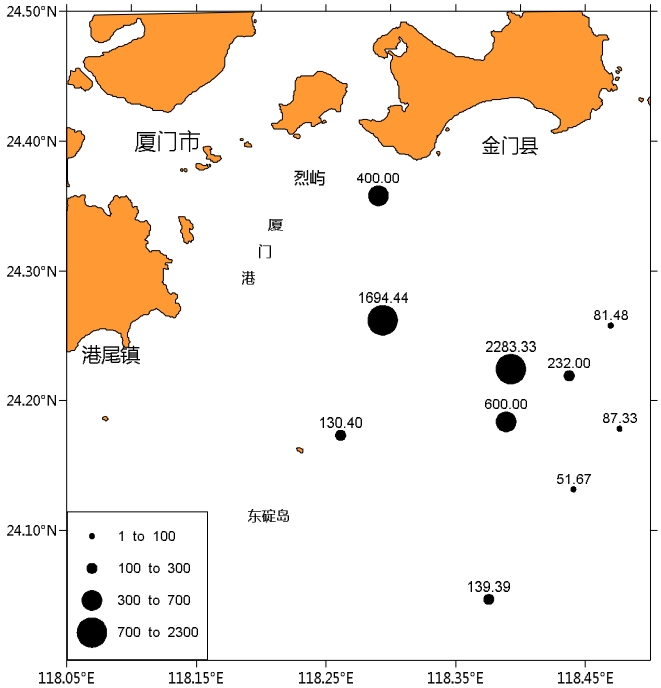



**图 5.5-31 优势种铁氏束毛藻分布图（单位: $10^3$ cells/m³）**

D、群落指标

监测海区种类丰富度（*d*）、均匀度（*J'*）和多样性指数（*H'*）分析如下(表 5.5-40)：调查海区浮游植物的种类丰富度范围为 0.25-0.87。最高值出现在 1 号测站，最低值在 2 号测站。浮游植物的均匀度范围为 0.08-0.81。最高值出现在 2 号测站，最低值在 20 号测站。浮游植物的多样性指数范围为 0.28-3.08。最高值出现在 1 号测站，最低值在 9 号测站。

**表 5.5-40 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**

| | 2019 年秋季 | | | 2018 年春季 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 站位 | *d* | *J* | *H'* | *H'* | *J* |
| 1 | 0.87 | 0.79 | 3.08 | 2.894 | 0.596 |
| 2 | 0.25 | 0.81 | 1.61 | 2.715 | 0.538 |
| 4 | 0.80 | 0.41 | 1.59 | 2.931 | 0.581 |
| 6 | 0.70 | 0.20 | 0.72 | 2.599 | 0.553 |
| 7 | 0.87 | 0.12 | 0.53 | 2.512 | 0.502 |
| 9 | 0.47 | 0.09 | 0.28 | 2.651 | 0.552 |
| 10 | 0.67 | 0.57 | 2.03 | 2.500 | 0.515 |
| 11 | 0.58 | 0.24 | 0.86 | 2.590 | 0.558 |
| 14 | 0.55 | 0.30 | 1.03 | 2.097 | 0.470 |
| 15 | 0.65 | 0.40 | 1.42 | 1.347 | 0.290 |
| 18 | 0.42 | 0.28 | 0.85 | 2.903 | 0.611 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 0.66 | 0.08 | 0.31 | 3.007 | 0.625 |

**（2）2018 年春季**

A、种类组成

本次调查，鉴定记录浮游植物 3 门 35 属 57 种，其中硅藻门 25 属 44 种，甲藻门 8 属 10 种，金藻门 2 属 3 种（图 5.5-32）。种名录见附录 2。

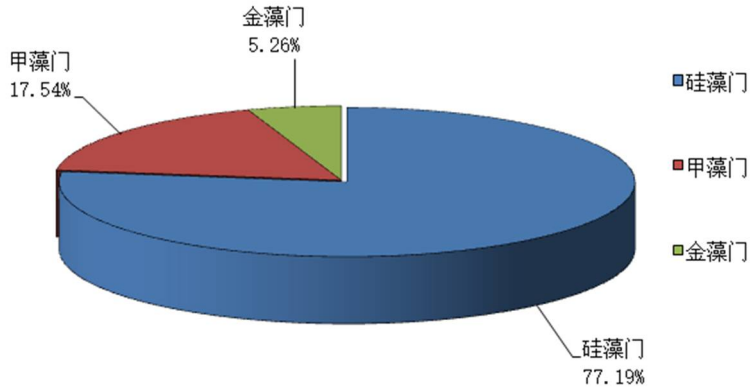



图 5.5-32　浮游植物种类组成

本次调查各测站浮游植物种类数(水样)在 22～33 种之间，均值 28。种类数最大值出现在 2#和 4#站位，为 33 种；最小值出现在 14#站位，为 22 种。硅藻种类占优势。种类分布见图 5.5-33。

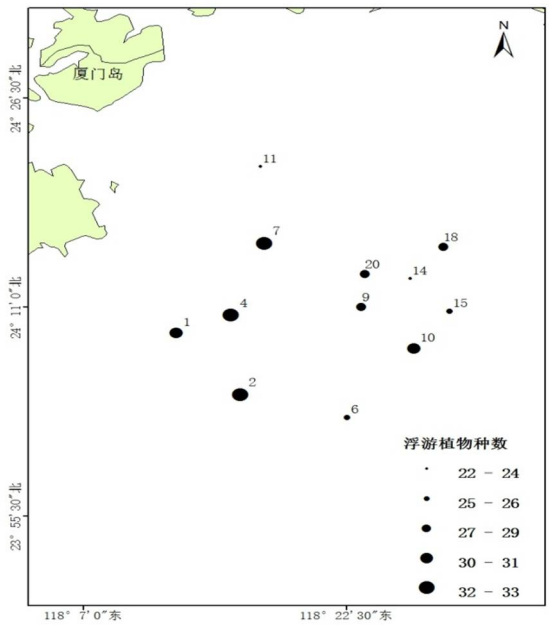



图 5.5-33　各测站浮游植物种类数分布

B、 数量分布

1） 细胞总数量分布

本次调查各测站浮游植物(水样)细胞总数变化范围为50000 cells/L～480900 cells/L，均值为210567 cells/L。各站浮游植物细胞总数分布较不均匀，变化幅度较大，其中，15#站位细胞总数量最高，为 480900 cells/L，18#站位细胞总数量最低，为50000 cells/L。细胞总数量的分布见图5.5-34。

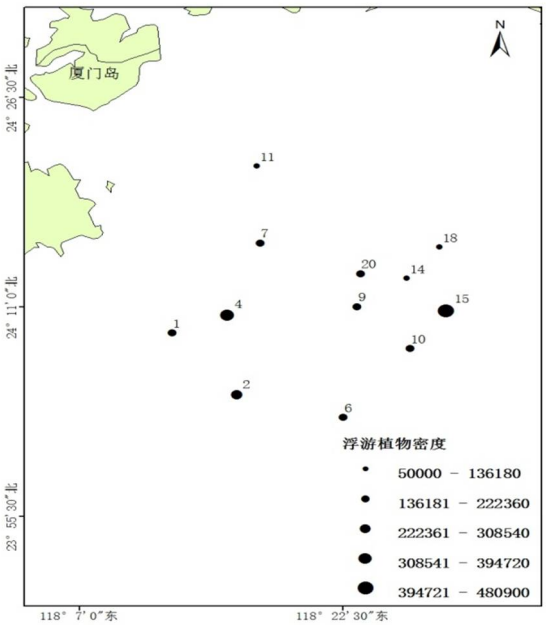



图5.5-34 各测站浮游植物细胞总数量分布（单位：cells/L）

2）主要优势种（属）

本次调查浮游植物数量优势种类为短角弯角藻、旋链角毛藻、尖刺菱形藻、聚生角毛藻、丹麦红柱藻。各测站浮游植物数量优势种类见（表5.5-41）。

表5.5-41 各测站浮游植物主要优势种及其比例

| 站位 | 主要优势种（属） |
|---|---|
| 1 | 聚生角毛藻（33.83%）；短角弯角藻（22.55%） |
| 2 | 短角弯角藻（37.35%）；旋链角毛藻（18.83%） |
| 4 | 旋链角毛藻（29.90%）；短角弯角藻（21.90%） |
| 6 | 旋链角毛藻（34.76%）；短角弯角藻（24.32%） |
| 7 | 短角弯角藻（36.59%）；尖刺菱形藻（34.00%） |
| 9 | 聚生角毛藻（40.17%）；短角弯角藻（20.92%） |
| 10 | 短角弯角藻（41.69%）；尖刺菱形藻（23.76%） |
| 11 | 短角弯角藻（34.09%）；尖刺菱形藻（25.30%） |

| | |
|---|---|
| 14 | 旋链角毛藻（57.87%）；丹麦红柱藻（14.10%） |
| 15 | 聚生角毛藻（73.94%）；旋链角毛藻（16.30%） |
| 18 | 丹麦红柱藻（46.00%）；短角弯角藻（15.00%） |
| 20 | 短角弯角藻（23.75%）；旋链角毛藻（20.88%） |

C、 多样性指数和均匀度

本次调查各测站浮游植物多样性指数（*H'*）范围为 1.347～3.007，均值 2.562；均匀度（*J*）范围为 0.290～0.625，均值 0.533（表 5.5-40）。20#站位浮游植物多样性指数大于 3，均匀度高，表明该测站浮游植物多样性好，种间分布均匀；15#站位浮游植物多样性指数介于 1 和 2 之间，均匀度较低，表明该测站浮游植物多样性较差，种间分布较不均匀；其他站位浮游植物多样性指数介于 2 和 3 之间，均匀度一般，表明这些测站浮游植物多样性较好，种间分布较均匀。

**（3）小结**

**秋季**共记录浮游植物 4 门 21 属 35 种，其中硅藻 16 属 27 种，甲藻 3 属 6 种，蓝藻 1 属 1 种，定鞭藻 1 属 1 种。优势种主要有铁氏束毛藻和劳氏角毛藻。浮游植物平均密度为 518.93×$10^6$ cells/L。最高值出现在 20 号测站，密度达 2365.33×$10^6$ cells/ L，次高值出现在 7 号测站，数值为 1804.44×$10^6$ cells/L，最低值为 4.19×$10^6$ cells/ L，出现在 2 号测站。调查海区除了个别站位铁氏束毛藻细胞密度较高，占绝对优势之外，大部分站位浮游植物物种多，种间个体数量分配均匀，群落结构较稳定。

**春季**鉴定记录浮游植物 3 门 35 属 57 种，其中硅藻门 25 属 44 种，甲藻门 8 属 10 种，金藻门 2 属 3 种。各测站浮游植物种类数(水样)在 22～33 种之间，均值 28，硅藻种类占优势。各测站浮游植物（水样）细胞总数变化范围为 50000 cells/L～480900 cells/L，均值为 210566.67 cell/L。各测站浮游植物多样性指数（*H'*）范围为 1.347～3.007，均值 2.562；均匀度（*J*）范围为 0.290～0.625，均值 0.533。

**5.5.6.4浮游动物**

**（1）2019 年秋季**

A、种类组成

本次调查共记录 40 种浮游动物种类及 12 类阶段性浮游幼虫(见附录 3)。种类数量上以桡足类占绝对优势共计 22 种（占总种数 55.00%)，水母类第二（占比 12.50%），糠虾类第三（占比 7.50%）其余类别所占份量较小(图 5.5-35)。

根据自身的生态属性与分布特点，本区浮游动物可大致分为 2 种生态类群：

1）近岸类群

主要由近岸暖水种和近岸广温种组成，代表种有百陶箭虫（*Sagitta bedoti*）、双生水母（*Diphyes chamissonis*）、拟细浅室水母（*Lensia subtiloides*）、太平洋纺锤水蚤(*Acartia pacifica*)和微刺哲水蚤(*Canthocalaanus pauper*)等种类及近岸广温种如太平洋纺锤水蚤(*Acartia pacifica*) 、锥形宽水蚤(*Temora turbinata*)等种类。其中肥胖箭虫和球型侧腕水母是本调查区优势度较高的主要种类。

2）外海类群

均由广盐暖水种组成，出现的种类多，数量也高，如肥胖箭虫（*Sagitta enflata*）、亚强次真哲水蚤(*Subeucalanus subcrassus*)等。其中肥胖箭虫是本次调查的优势种类。

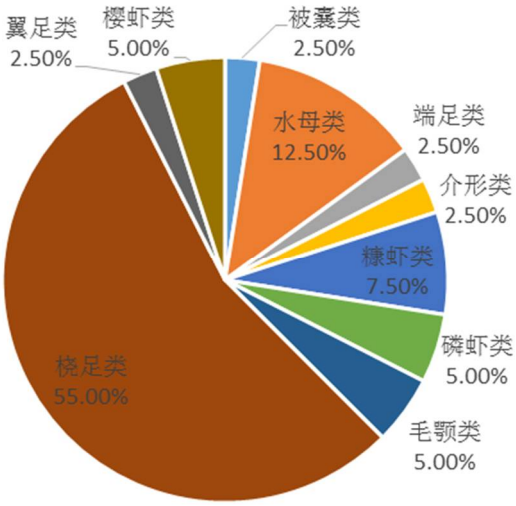



**图 5.5-35 主要类别物种数的百分组成**

B、总生物量（湿重）的分布

调查中浮游动物生物量平均为 52.88 mg/m$^3$。在平面分布（22.33～96.94 mg/m$^3$）上，总体分布较为均匀，测区中部 9 号和 11 号以及东部 14 号站位密度较低（<30.00 mg/m$^3$），最高和最低值分别见于测区中部 7 站位和东南部的 15 号测站（图 5.5-36）。

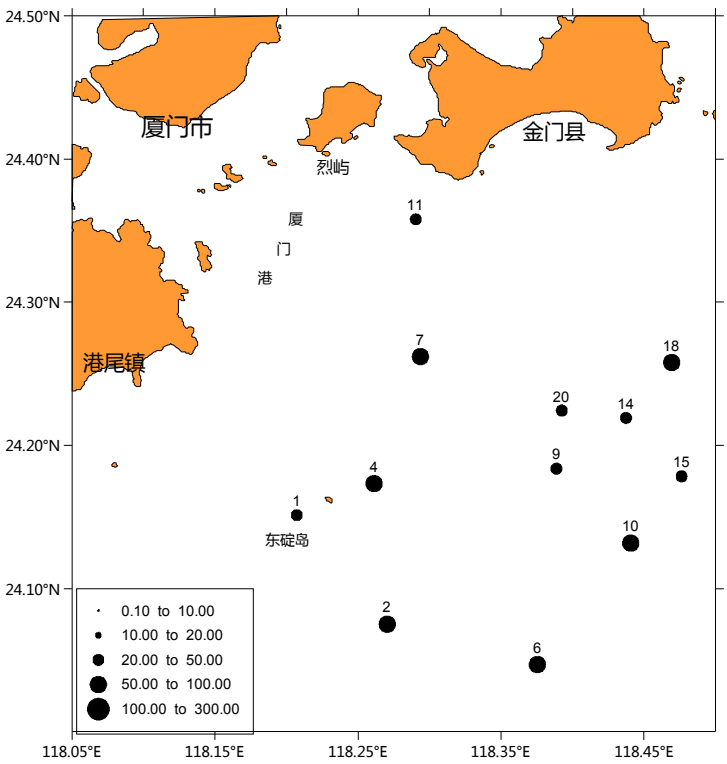



**图 5.5-36　总生物量的平面分布（mg/m$^3$）**

C、总个体密度的分布

本区浮游动物总个体密度均值为 54.29 ind/m$^3$，在密度百分比中，以桡足类（23%）占绝对优势，毛颚类第二（占比 15.81%），阶段性浮游幼虫第三（占比 14.97%），十足类和磷虾类所占比例也较高，其余类别占比较小（图 5.5-37）。

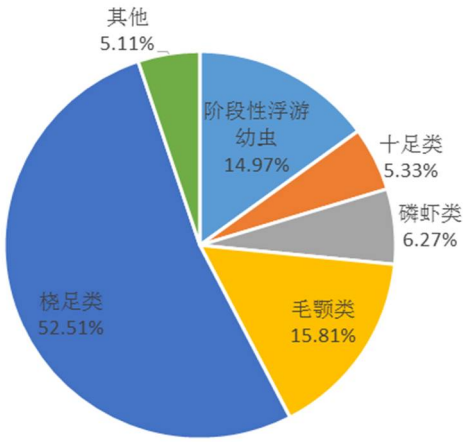



**图 5.5-37　浮游动物主要类别数量的百分组成**

总个体密度的区间变化范围为 12.33～261.77 ind/m$^3$，在平面分布上，西南部 2 号站位水域形成数量>200 ind/m$^3$ 密集区,这一密集区的形成主要是小毛猛水蚤、针刺拟哲水蚤和大量的阶段性浮游幼虫密集出现所致。与生物量分布相一致，

其他站位数值均匀 (<100 ind/m$^3$) (图 5.5-38)。

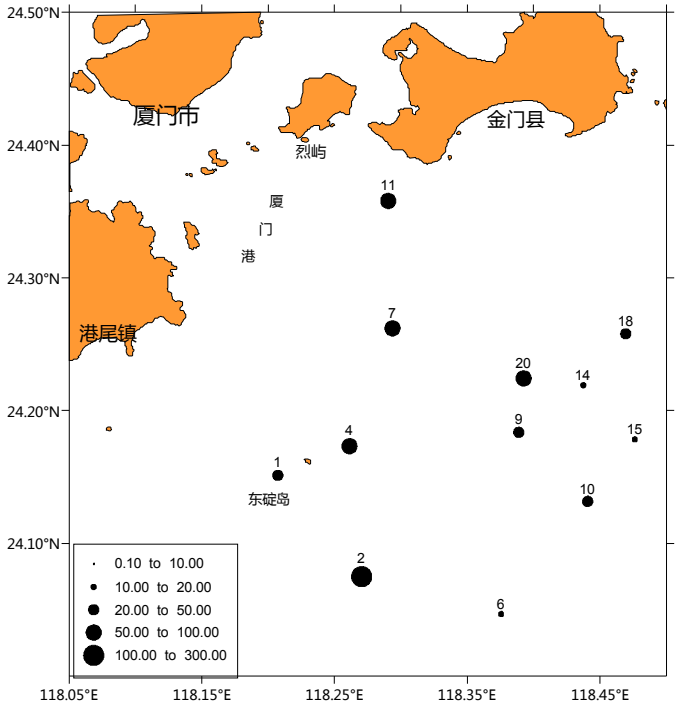



**图 5.5-38　总个体密度的平面分布（ind/m$^3$）**

D、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'*（2.97～3.73）和均匀度 *J'*（0.68～0.86）的均值分别为 3.50 和 0.77。从表 5.5-42 可见，　在测区中部水域的 15 号站多样性指数最低，这与该站位出现的物种较少，均匀度全海区最低；而在 18 号站最高，这主要得益于该站为该海区较多的物种数量以及相对较高的均匀度（图 5.5-39）。

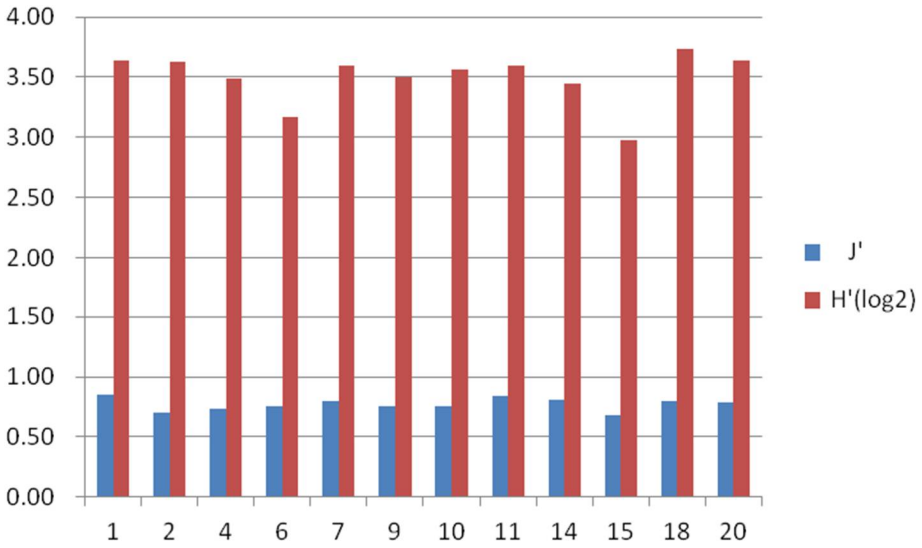



**图 5.5-39　浮游动物物种多样性指数和均匀度平面分布**

**表 5.5-42 浮游动物各站位多样性指数（*H′*）与均匀度（*J*）**

| | 2019 年秋季 | | 2018 年春季 | |
|---|---|---|---|---|
| 站位 | *J′* | *H′*(log$_2$) | *H′* | *J* |
| 1 | 0.86 | 3.63 | 3.00 | 0.653 |
| 2 | 0.70 | 3.63 | 3.16 | 0.709 |
| 4 | 0.73 | 3.49 | 2.96 | 0.673 |
| 6 | 0.76 | 3.16 | 3.10 | 0.677 |
| 7 | 0.79 | 3.59 | 2.85 | 0.640 |
| 9 | 0.75 | 3.50 | 2.89 | 0.622 |
| 10 | 0.76 | 3.57 | 3.20 | 0.666 |
| 11 | 0.85 | 3.59 | 2.81 | 0.613 |
| 14 | 0.81 | 3.45 | 3.00 | 0.694 |
| 15 | 0.68 | 2.97 | 3.07 | 0.654 |
| 18 | 0.79 | 3.73 | 3.20 | 0.665 |
| 20 | 0.78 | 3.64 | 2.88 | 0.629 |

E、主要种的优势度及其分布

在已记录到种的浮游动物中，优势度（*Y*）大于 0.02 的有 6 种，分别为肥胖箭虫、小毛猛水蚤、短角长腹剑水蚤、亚强次真哲水蚤、中型莹虾和百陶箭虫，其中肥胖箭虫优势度最高，而亚强次真哲水蚤出现频率最高，在全海区各站位均有分布（表 5.5-43~5.5-44）。在平面分布上，这两个种稍有差异。肥胖箭虫平均个体密度为 7.23 ind/m$^{3,}$，测区西部外海 4 号站位最高，测区东部 18 号站位达次高值，中部 9 号站位最低（图 5.5-40）；而亚强次真哲水蚤平均个体密度仅为 2.76 ind/m$^3$ 同，同样在 4 号站位出现高密集区，但其他站位密度均较低，最低值出现在中部外海 9 号站位（图 5.5-41）。

**表 5.5-43　本海区浮游动物优势种**

| 中文名 | 拉丁文 | 频率 | 优势度 |
|---|---|---|---|
| 肥胖箭虫 | *Sagitta enflata* | 91.67% | 0.11 |
| 小毛猛水蚤 | *Microsetella norvegica* | 58.33% | 0.06 |
| 短角长腹剑水蚤 | *Oithona brevicornis* | 83.33% | 0.06 |
| 亚强次真哲水蚤 | *Subeucalanus subcrassus* | 100.00% | 0.05 |
| 中型莹虾 | *Lucifer intermedius* | 91.67% | 0.04 |
| 百陶箭虫 | *Sagitta bedoti* | 75.00% | 0.02 |

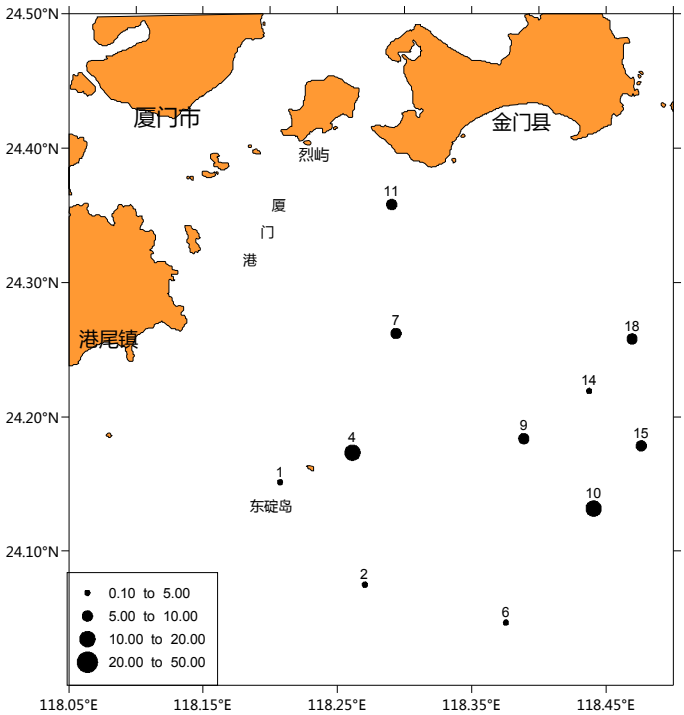



**图 5.5-40　肥胖箭虫个体密度的平面分布（ind/m$^3$）**

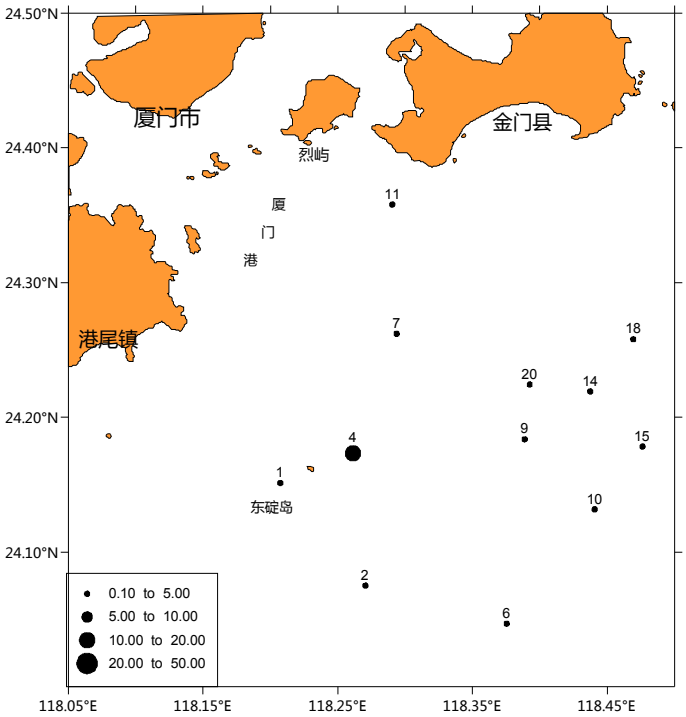



**图 5.5-41　亚强次真哲水蚤个体密度的平面分布（ind/m$^3$）**

**表 5.5-44　浮游动物个体密度、生物量及主要代表优势种各站位数值**

| 站位 | 个体密度 | 生物量 | 亚强次真哲水蚤 | 肥胖箭虫 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 21.20 | 30.60 | 1.40 | 3.40 |
| 2 | 261.77 | 70.32 | 1.61 | 4.84 |
| 4 | 50.60 | 88.60 | 13.00 | 12.80 |
| 6 | 15.45 | 64.24 | 4.24 | 3.79 |
| 7 | 52.78 | 96.94 | 3.33 | 6.94 |
| 9 | 25.33 | 27.83 | 0.17 | 6.33 |
| 10 | 35.00 | 85.83 | 3.67 | 12.67 |
| 11 | 54.67 | 27.00 | 1.33 | 8.00 |
| 14 | 12.33 | 24.83 | 0.67 | 4.00 |
| 15 | 14.83 | 22.33 | 0.17 | 7.17 |
| 18 | 41.85 | 55.74 | 1.48 | 9.63 |
| 20 | 65.67 | 40.33 | 2.00 | - |

**（2）2018 年春季**

A、种类组成及分布

本次调查，鉴定记录浮游动物共 41 种，其中甲壳类 17 种，被囊类 2 种，水母类 19 种，毛颚类 2 种，多毛类 1 种；阶段性浮游幼虫及鱼卵仔鱼 21 类（图 5.5-42）。种名录见附录 4（其中 11#、14#和 18#站位采获到文昌鱼仔鱼）。

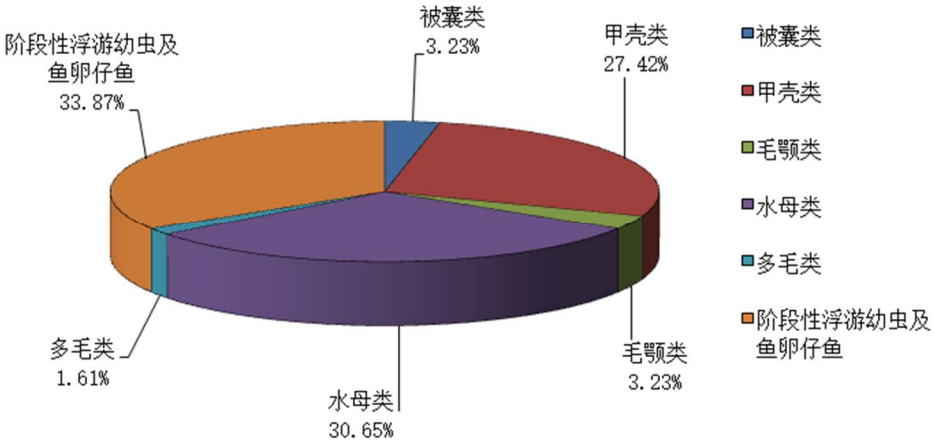



**图 5.5-42　浮游动物种类组成**

本次调查各测站浮游动物种类数在 20～28 种之间，均值为 24.0。种类数最大值出现在 10#和 18#站位，均为 28 种；最小值出现在 14#站位，为 20 种。各测站分布不均匀，甲壳类占优势。种类分布见图 5.5-43。

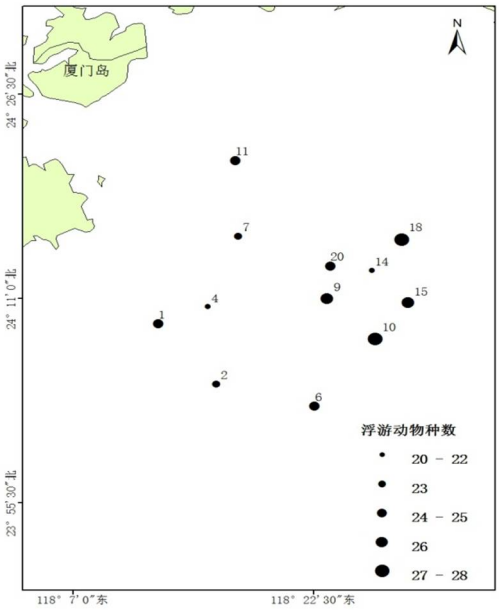



**图 5.5-43　各测站浮游动物种类数分布**

B、 数量分布

1）总生物量（湿重）的分布

本次调查，各测站浮游动物总生物量（湿重）变化范围为 222.6 mg/m$^3$～832.1 mg/m$^3$，均值为 349.2 mg/m$^3$。各测站浮游动物生物量分布不均匀，最大值出现在 11#站位，为 832.1mg/m$^3$；最小值出现在 14#站位，为 222.6 mg/m$^3$。总生物量的分布见图 5.5-44。

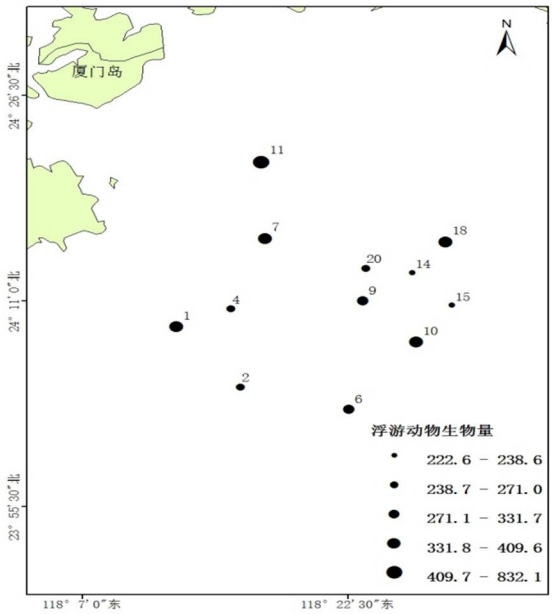



**图 5.5-44　各测站浮游动物总生物量分布（单位：mg/m$^3$）**

2）总个体密度的分布

本次调查各测站浮游动物总个体密度变化范围为 1480 ind /m$^3$～6239 ind /m$^3$，均值为 2768 ind /m$^3$。各测站浮游动物个体密度分布较不均匀，变化幅度较大，最大值出现在 11#站位，为 6239 ind /m$^3$，最小值出现在 6#站位，为 1480 ind /m$^3$。总个体密度的分布见图 5.5-45。

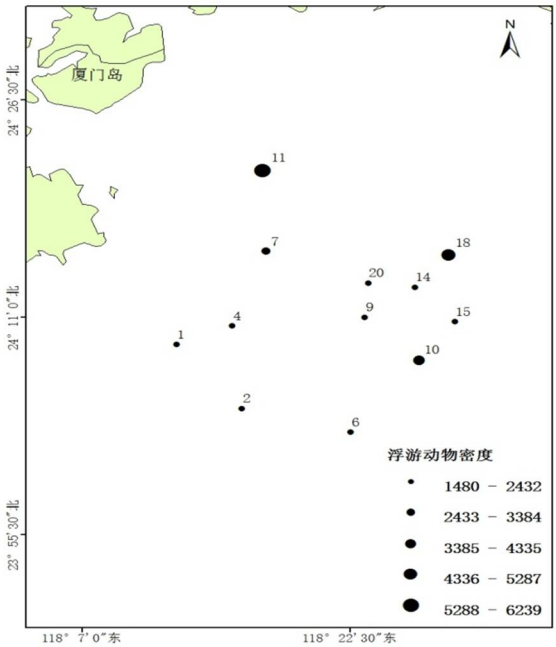



**图 5.5-45　浮游动物总个体密度的分布（单位：个/m$^3$）**

3）优势种类

本次调查，浮游动物定量样品根据物种优势度（Y）公式计算结果，根据有关资料，当物种优势度（Y）值＞0.020 时，该种即为优势种。监测区域浮游动物优势度（Y）值大于 0.020 的有 9 种，其中甲壳类 4 种，分别为小拟哲水蚤（*Paracalanus parvus*）、拟长腹剑水蚤（*Oithona similis*）、近缘大眼剑水蚤（*Corycaeus affinis*）和中华哲水蚤（*Calanus sinicus*）；被囊类 1 种，为异体住囊虫 （*Oikopleura dioica*）；水母类 1 种，为五角水母（*Muggiaea atlantica*）；阶段性浮游幼虫 3 种，分别为桡足类六肢幼虫（Copepoda nauplius）、多毛类幼虫（Polychaeta larva）和纽虫类帽状幼虫（Pilidium larva）（表 5.5-45）。各测站浮游动物优势种及所占比例见表 5.5-46。

**表 5.5-45　调查海域浮游动物优势种**

| 序号 | 物　种　名　录 | 优势度（*Y*） |
|---|---|---|
| 1 | 小拟哲水蚤 *Paracalanus parvus* | 0.312 |
| 2 | 桡足类六肢幼虫 Copepoda nauplius | 0.205 |
| 3 | 异体住囊虫 *Oikopleura dioica* | 0.131 |
| 4 | 拟长腹剑水蚤 *Oithona similis* | 0.081 |
| 5 | 近缘大眼剑水蚤 *Corycaeus affinis* | 0.051 |
| 6 | 五角水母 *Muggiaea atlantica* | 0.038 |
| 7 | 多毛类幼虫 Polychaeta larva | 0.032 |
| 8 | 纽虫类帽状幼虫 Pilidium larva | 0.027 |
| 9 | 中华哲水蚤 *Calanus sinicus* | 0.026 |

**表 5.5-46　各测站浮游动物优势种及所占比例**

| 站位 | 优势种 | 密度（个/$m^3$） | 所占比例 |
|---|---|---|---|
| 1 | 小拟哲水蚤 | 669 | 35.55% |
| 2 | 小拟哲水蚤 | 470 | 25.39% |
| 4 | 桡足类六肢幼虫 | 597 | 29.08% |
| 6 | 小拟哲水蚤 | 548 | 37.01% |
| 7 | 小拟哲水蚤 | 1125 | 34.54% |
| 9 | 小拟哲水蚤 | 869 | 36.92% |
| 10 | 小拟哲水蚤 | 1036 | 30.55% |
| 11 | 小拟哲水蚤 | 2097 | 33.62% |
| 14 | 小拟哲水蚤 | 542 | 31.05% |
| 15 | 小拟哲水蚤 | 613 | 28.01% |
| 18 | 小拟哲水蚤 | 1524 | 30.61% |
| 20 | 桡足类六肢幼虫 | 631 | 35.04% |

C、多样性指数和均匀度的分布

本次调查各测站浮游动物多样性指数（*H'*）范围为 2.81～3.20，均值为 3.01，均匀度（*J*）范围为 0.613～0.709，均值 0.658（表 5.5-42）。4#、7#、9#、11#和 20#站位多样性指数介于 2 和 3 之间，均匀度较好；其他站位多样性指数均大于 3，均匀度好。

**（3）小结**

**秋季**共记录到种的浮游动物 40 种，同时记录了 12 类阶段性浮游幼虫。物种数以桡足类占绝对优势，水母类和糠虾类物种数也较高。主要优势近岸类群，个

体密度以桡足类、毛颚类和阶段性浮游幼虫为主 ；单一物种则以肥胖箭虫、小毛猛水蚤、短角长腹剑水蚤、亚强次真哲水蚤、中型莹虾和百陶箭虫占主要优势。浮游动物总生物量（22.33～96.94 mg/m$^3$）和总个体密度（12.33～261.77ind/m$^3$）的均值分别为 52.88 mg/m$^3$ 和 54.29 ind/m$^3$，在平面分布上，二者总体分布较为均匀，生物量最高和最低值分别见于测区中部 7 站位和东南部的 15 号测站，而个体密度在西南部 2 号站位水域形成数量>200 ind/m$^3$ 密集区,其他站位数值较小。这一密集区的形成主要是小毛猛水蚤、针刺拟哲水蚤和大量的阶段性浮游幼虫密集出现所致。浮游动物物种多样性指数 *H'*（ 2.97～3.73）和均匀度 *J'*（0.68～0.86）的均值分别为 3.50 和 0.77。物种多样性指数值的区间变化与各局部水域出现的物种数的多寡以及各物种间个体数量分配的均匀程度密切相关。

**春季**鉴定记录浮游动物共 41 种，其中甲壳类 17 种，被囊类 2 种，水母类 19 种，毛颚类 2 种，多毛类 1 种；阶段性浮游幼虫及鱼卵仔鱼共 21 类。各测站浮游动物种类数在 20～28 种之间，均值为 24.0。浮游动物甲壳类占优势，主要优势种类共 9 种，有小拟哲水蚤（*Paracalanus parvus*）、桡足类六肢幼虫（Copepoda nauplius）、异体住囊虫 （*Oikopleura dioica*）、拟长腹剑水蚤（*Oithona similis*）、近缘大眼剑水蚤（*Corycaeus affinis*）、五角水母（*Muggiaea atlantica*）、多毛类幼虫（Polychaeta larva）、纽虫类帽状幼虫（Pilidium larva）和中华哲水蚤（*Calanus sinicus*）。各测站浮游动物总生物量变化范围为 222.6 mg/m$^3$～832.1 mg/m$^3$，均值为 349.2 mg/m$^3$；总个体密度变化范围为 1480 ind /m$^3$～6239 ind /m$^3$，均值为 2768 ind /m$^3$。浮游动物多样性指数（*H'*）范围为 2.81～3.20，均值为 3.01，均匀度（*J*）范围为 0.613～0.709，均值 0.658。4#、7#、9#、11#和 20#站位多样性指数介于 2 和 3 之间，均匀度较好；其他站位多样性指数均大于 3，均匀度好。

**5.5.6.5潮下带底栖动物**

**（1）2019 年秋季**

A、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 73 科 116 种（见附录 5）。其中以环节动物最多，节肢动物和软体动物次之（图 5.5-46，表 5.5-47）。综合分析，该海域以环节动物、软体动物和节肢动物为主要贡献类群，占总种数 91.37%。

**表 5.5-47　大型底栖生物种类数**

| 站位 | 环节动物 | 软体动物 | 节肢动物 | 棘皮动物 | 其它动物 | 总种数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 01 | 21 | 9 | 12 | 1 | 1 | 44 |
| 02 | 20 | 6 | 3 | 0 | 1 | 30 |
| 04 | 14 | 2 | 6 | 0 | 2 | 24 |
| 06 | 16 | 2 | 4 | 0 | 0 | 22 |
| 07 | 14 | 5 | 7 | 0 | 1 | 27 |
| 09 | 9 | 3 | 1 | 0 | 1 | 14 |
| 10 | 7 | 1 | 0 | 0 | 1 | 9 |
| 11 | 7 | 2 | 6 | 1 | 1 | 17 |
| 14 | 18 | 4 | 9 | 1 | 1 | 33 |
| 15 | 4 | 1 | 2 | 1 | 1 | 9 |
| 18 | 13 | 1 | 9 | 1 | 2 | 26 |
| 20 | 10 | 1 | 1 | 0 | 1 | 13 |
| 种数 | 59 | 21 | 26 | 3 | 7 | 116 |

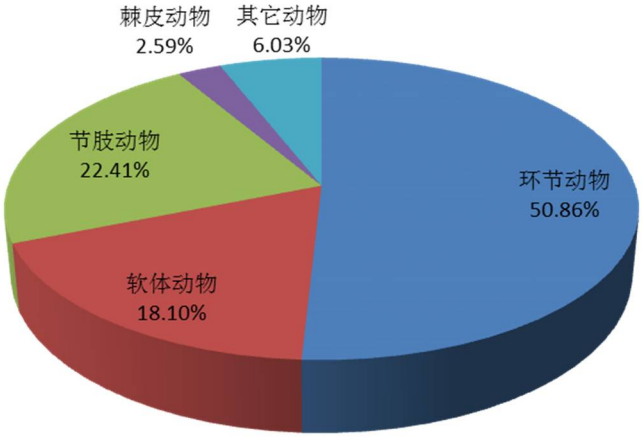



**图 5.5-46　大型底栖生物种类数百分比图**

本次调查各站的物种数介于 9~44 种之间，平均每站有大型底栖生物 22 种。其中，超过 17 种的站位有 6 个，各站均以环节动物占优势。大型底栖生物物种数在 10 号和 15 号站种数最低，在 1 号站最高。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 4~21 种之间，软体动物物种数介于 1~9 种之间；节肢动物物种数介于 0~12 种；三者物种数均在 1 号站最高。棘皮动物分别在 1 号、11 号、14 号、15 号及 18 号站均采集到 1 种，物种数为 3 种。其它动物的物种数介于 0~2 种。物种数无明显分布规律（图 5.5-47）。

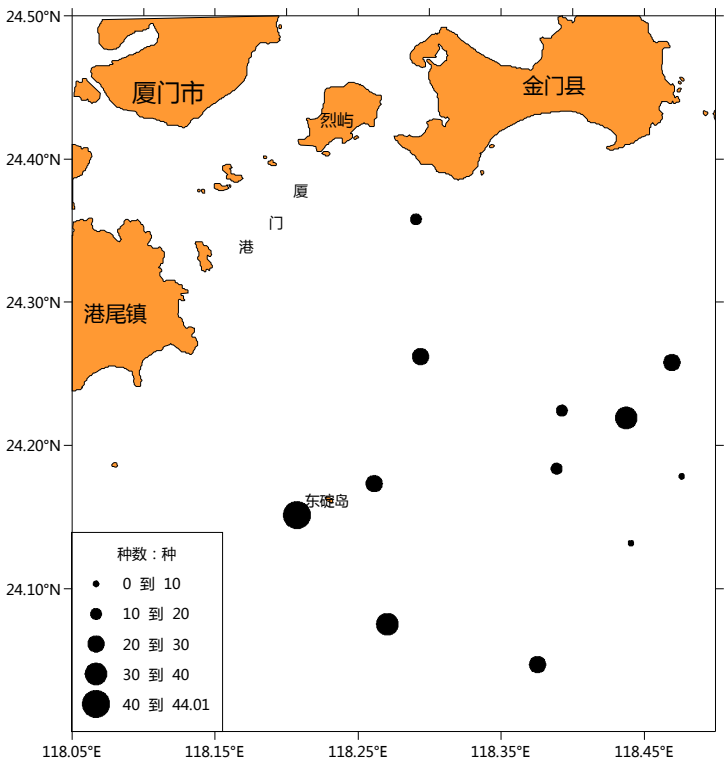



**图 5.5-47　大型底栖生物定量种数分布**

B、栖息密度组成与分布

大型底栖生物的平均总密度为246 ind/m$^2$。其中，环节动物最高，为136 ind/m$^2$，占平均总密度的 55.42%。节肢动物次之，为 65 ind/m$^2$ 占平均总密度 26.27%，软体动物为 30 ind/m$^2$，棘皮动物和其它动物的平均密度较低，分别为 5 ind/m$^2$ 和 10 ind/m$^2$（图 5.5-48）。

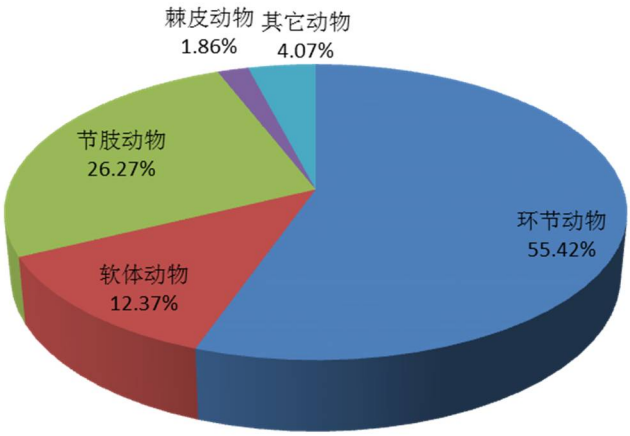



**图 5.5-48　主要类群栖息密度百分比**

各站栖息密度介于 80~545 ind/m$^2$，其中，栖息密度超过平均总密度的站位共有 5 个，15 号站栖息密度最低，1 站生物栖息密度最高，各站位以环节动物、

软体动物和节肢动物为主要贡献者。在各采样站位中，环节动物栖息密度介于35~290 ind/m$^2$之间，在 14 号站最高。软体动物介于 5~90 ind/m$^2$之间，在 1 号栖息密度最高。节肢动物介于 0~195 ind/m$^2$之间，在 1 号站最高。棘皮动物栖息密度最高在 14 号站，为 20 ind/m$^2$。其它动物栖息密度在 9 号站最高，为 45 ind/m$^2$（图 5.5-49）。东碇岛附近海域的栖息密度较高于其他站位。

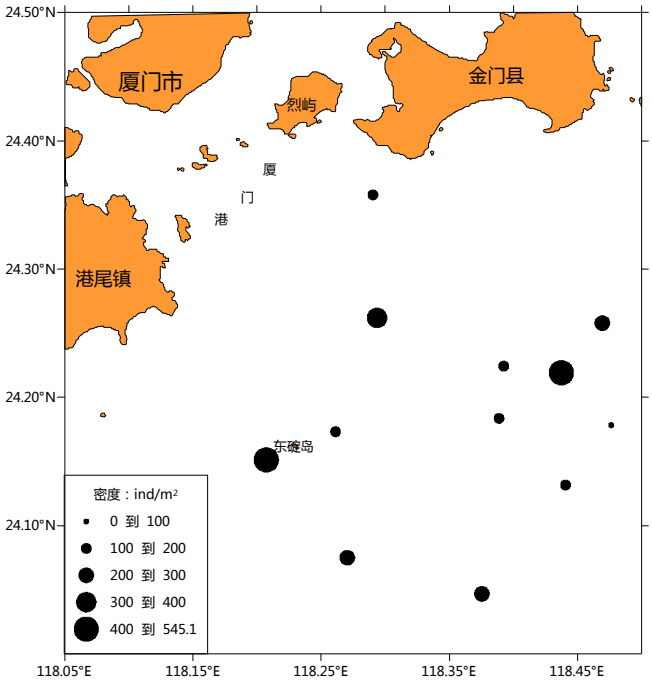



**图 5.5-49　大型底栖生物密度组成及分布**

C、生物量组成与分布

大型底栖生物的平均总生物量为 12.53 g/m$^2$，平均生物量以环节动物、软体动物、节肢动物和其它动物占优势，平均生物量相差较小，占平均总生物量97.31%。棘皮动物生物量较低于其他类别，为 0.34 g/m$^2$（图 5.5-50）。

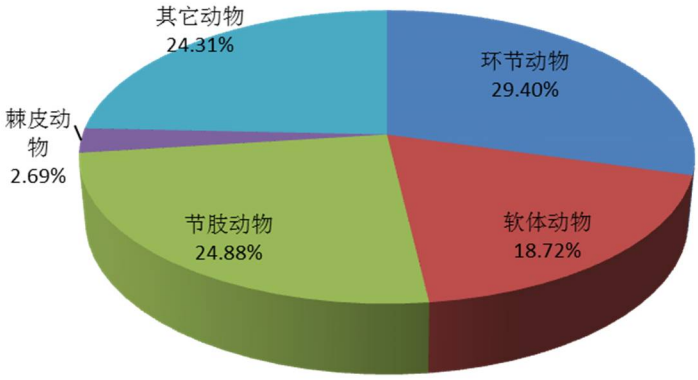



**图 5.5-50　主要类群生物量的百分比**

各站生物量分布差异比较大，介于 2.55~40.20 g/m$^2$ 之间，生物量大于平均生物量的站位有 5 站，15 号站平均生物量最低，2 号站平均生物量最高。环节动物平均生物量介于 0.35~10.00 g/m$^2$ 之间，在 1 号站最高。软体动物平均生物量介于 0.05~11.00 g/m$^2$ 之间，在 1 号站最高。节肢动物平均生物量介于 0~10.25 g/m$^2$ 之间，在 18 号站最高。棘皮动物平均生物量在 14 号站最高，为 3.00 g/m$^2$ 之间。其它动物的平均生物量在 2 号站最高，为 30.60 g/m$^2$（图 5.5-51）。

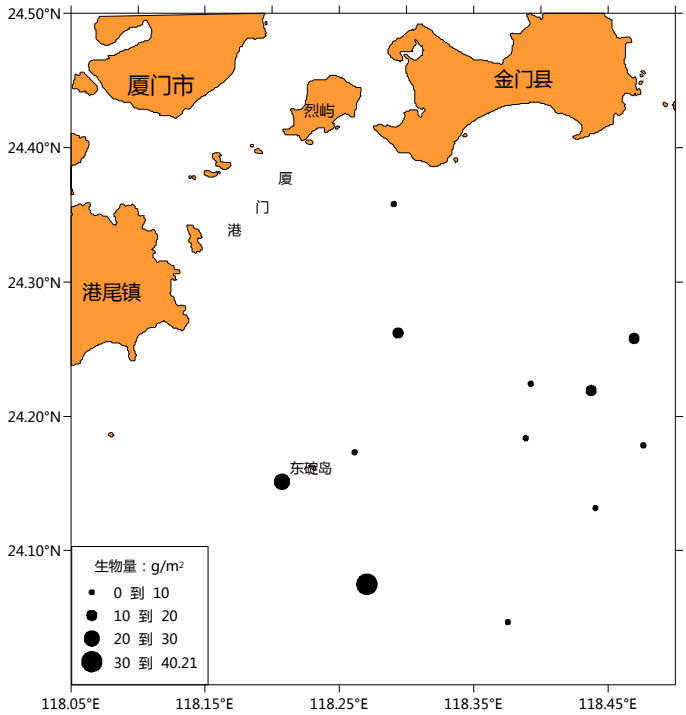



**图 5.5-51　大型底栖生物生物量分布**

D、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和主要种有：丝鳃稚齿虫（*Prionospio malmgreni*）、拟特须虫（*Paralacydonia paradoxa*）、长吻吻沙蚕（*Glycera chirori*）、日本拟背尾水虱（*Paranthura japonica*）、日本和美虾（*Nihonotrypaea japonica*）（表 5.5-48）。

**表 5.5-48　优势种优势度指数值**

| 物种数 | 优势度 |
|---|---|
| 丝鳃稚齿虫 *Prionospio malmgreni* | 0.078 |
| 拟特须虫 *Paralacydonia paradoxa* | 0.021 |
| 日本和美虾 *Nihonotrypaea japonica* | 0.021 |
| 长吻吻沙蚕 *Glycera chirori* | 0.038 |

| | |
|---|---|
| 日本拟背尾水虱　*Paranthura japonica* | 0.034 |

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 2 个生物群落：

群落Ⅰ：丝鳃稚齿虫—长吻吻沙蚕—日本拟背尾水虱群落。该群落在下图 5.5-52 中所示站位的栖息密度较高，以环节动物为主要优势种。该群落重要种还包括拟特须虫（*Paralacydonia paradoxa*）、齿纹拟盲蟹（*Typhlocarcinops denticarpus*）、小亮樱蛤（*Nitidotellina minuta*）等。

群落Ⅱ：丝鳃稚齿虫—模糊新短眼蟹群落，该群落在图 5.5-53 采样站中栖息密度高，主要以环节动物和节肢动物为主要优势种。该站重要种包括齿纹拟盲蟹、裂虫（*Syllis* sp.）、秀异篮蛤（*Anisocorbula modesta*）等。

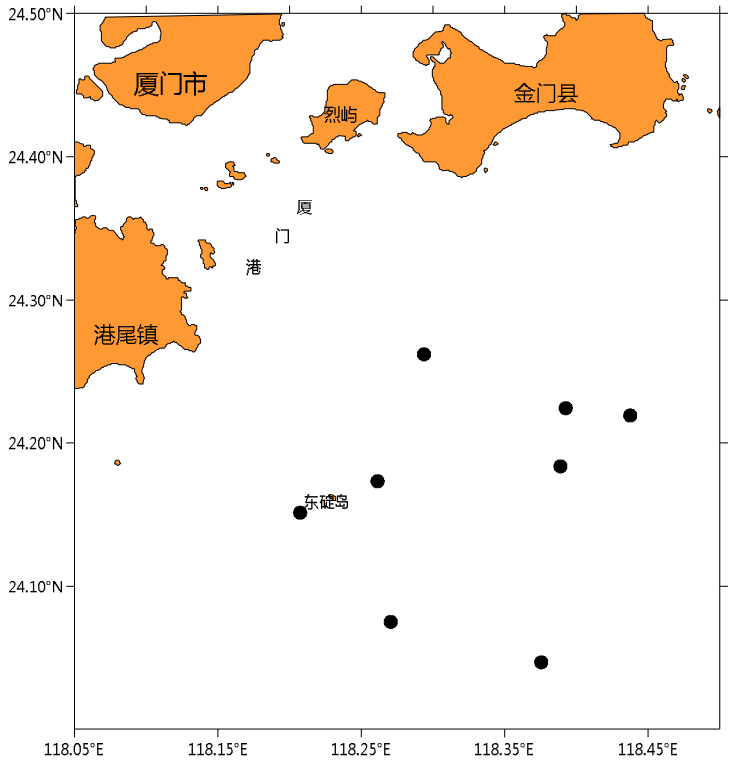



图 5.5-52 群落Ⅰ分布站位图

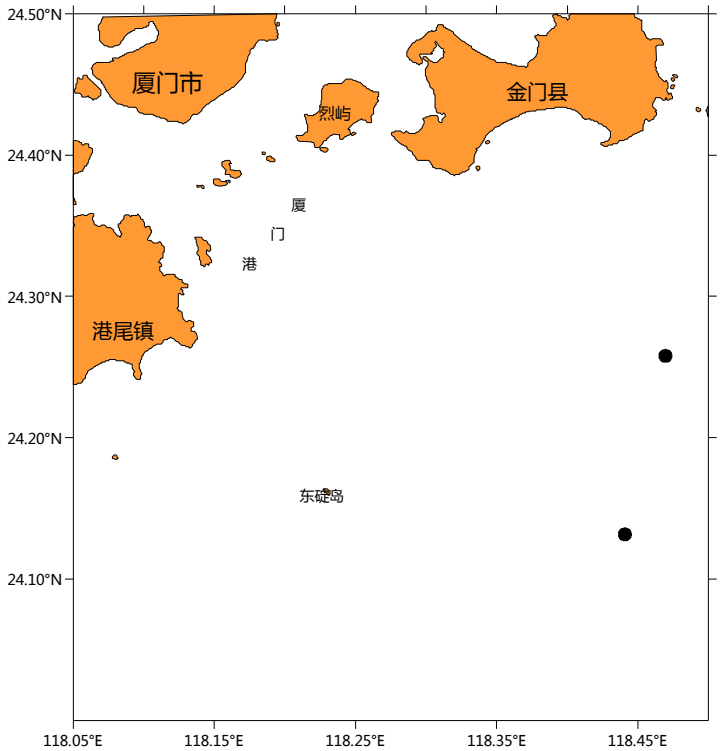



图 5.5-53 群落Ⅱ分布站位图

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 3.94，介于 2.91~5.05 之间，*H'*值低于 3.00 的站位有 10 个，生物多样性指数较高；Pielou 物种均匀度指数 *J'*的平均值为 0.91，介于 0.84~0.97 之间；Margalef 种类丰度指数 *d* 的平均值为 3.85，介于 1.69~6.83 之间；Simpson 优势度指数 *D* 的平均值为 0.10，介于 0.04~0.16 之间，优势度指数低于 0.10 的站位有 6 个站位（表 5.5-49）。

**表 5.5-49 大型底栖生物多样性分析**

| 站号 | *d* | *J'* | *H'*（*log2*） | *D* |
|---|---|---|---|---|
| HS01 | 6.83 | 0.93 | 5.05 | 0.04 |
| HS02 | 5.25 | 0.94 | 4.60 | 0.05 |
| HS04 | 4.36 | 0.97 | 4.43 | 0.05 |
| HS06 | 3.85 | 0.85 | 3.79 | 0.12 |
| HS07 | 4.35 | 0.91 | 4.32 | 0.06 |
| HS09 | 2.63 | 0.87 | 3.31 | 0.15 |
| HS10 | 1.69 | 0.92 | 2.91 | 0.15 |
| HS11 | 3.26 | 0.84 | 3.45 | 0.16 |
| HS14 | 5.18 | 0.92 | 4.62 | 0.05 |
| HS15 | 1.83 | 0.94 | 2.98 | 0.14 |
| HS18 | 4.51 | 0.93 | 4.38 | 0.06 |
| HS20 | 2.49 | 0.93 | 3.43 | 0.11 |
| 平均值 | 3.85 | 0.91 | 3.94 | 0.10 |

**（2）2018 年春季**

A、种类组成与分布

本次调查，鉴定记录潮下带底栖动物 37 种，种类组成中（图 5.5-54），环节动物 16 种，节肢动物 8 种，软体动物 7 种，棘皮动物 2 种，纽形动物 2 种，螠虫动物 1 种，脊索动物 1 种（其中 2#、6#、9#和 10#站位共采获到 5 条白氏文昌鱼）。种名录见附录 6。

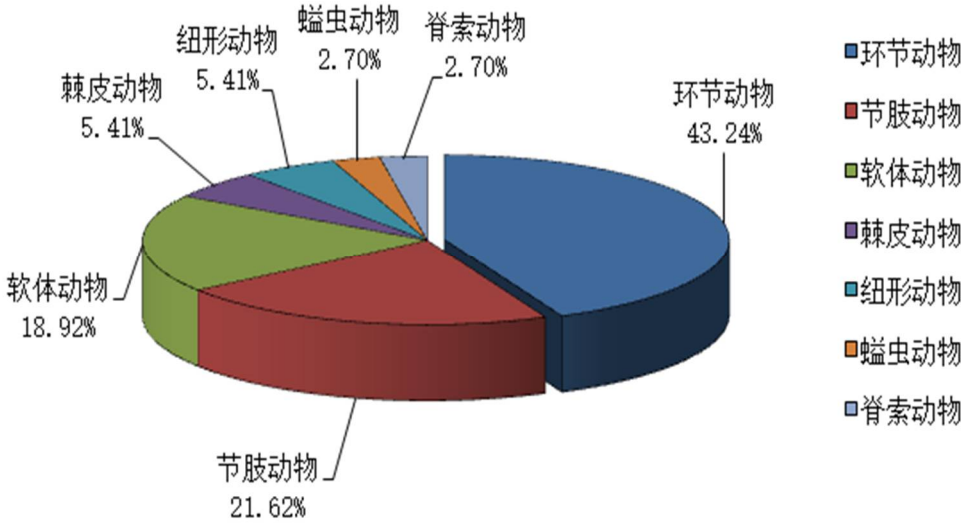



**图 5.5-54 潮下带底栖动物种类组成**

本次调查，各测站底栖动物种类数在 4~11 种之间，平均每个站位采获底栖动物 7.4 种。种类数最多的是 4#站位，为 11 种；种类数最少的是 2#站位，仅采获到 4 种。种类分布见图 5.5-55。

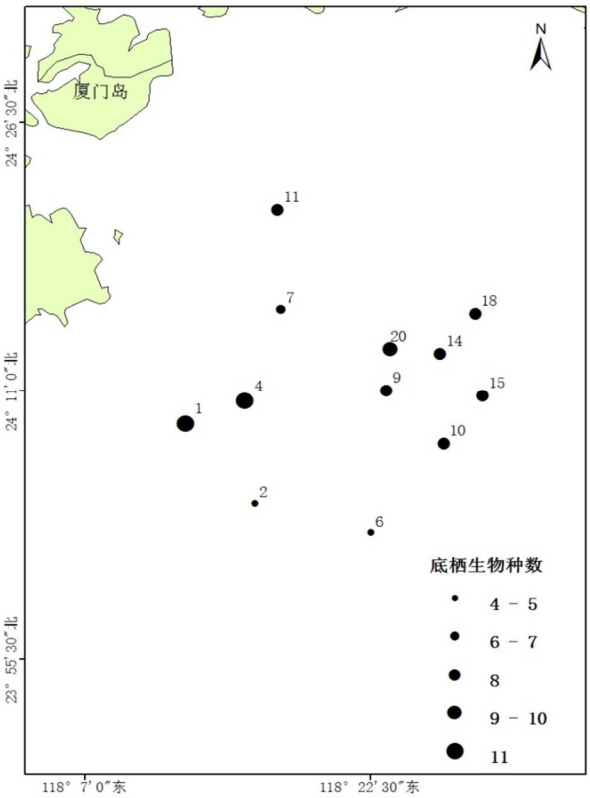



**图 5.5-55 调查海域潮下带底栖动物种类分布**

B、生物量组成与分布

1）种类生物量组成与分布

本次调查潮下带底栖动物种类生物量组成中平均总生物量为 10.926 g/m$^2$，生物量组成：环节动物 0.380g/m$^2$，节肢动物 0.791g/m$^2$，软体动物 9.389 g/m$^2$，棘皮动物 0.156 g/m$^2$，纽形动物 0.040 g/m$^2$，螠虫动物 0.126g/m$^2$，脊索动物 0.045 g/m$^2$。生物量组成见图 5.5-56。

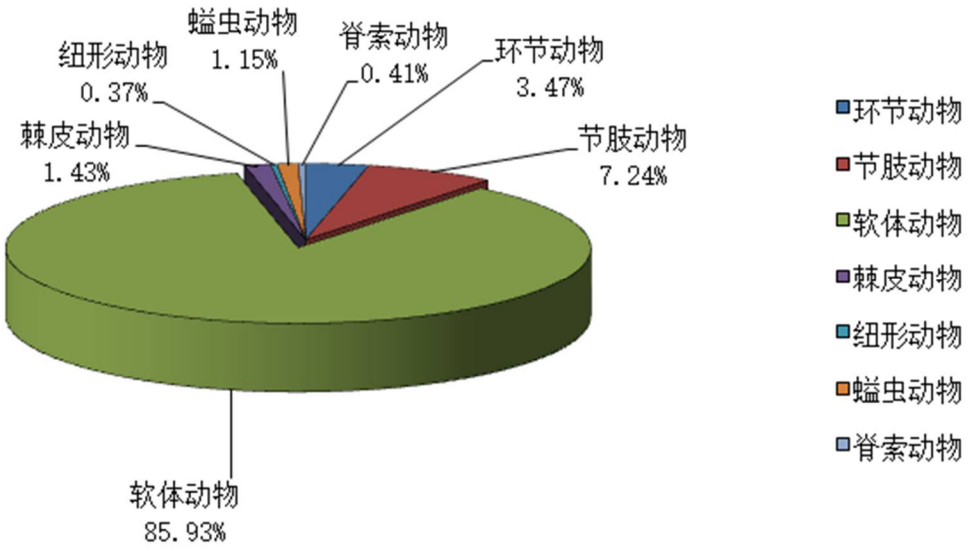



**图 5.5-56 调查区域潮下带底栖动物生物量组成图**

2）站位生物量组成与分布

本次调查各测站潮下带底栖动物生物量均值为 10.926 g/m$^2$，变化范围为 0.360 g/m$^2$～57.570 g/m$^2$。最大值出现在 20#站位，为 57.570 g/m$^2$；最小值出现在 2#站位，为 0.360 g/m$^2$。生物量分布见图 5.5-57。

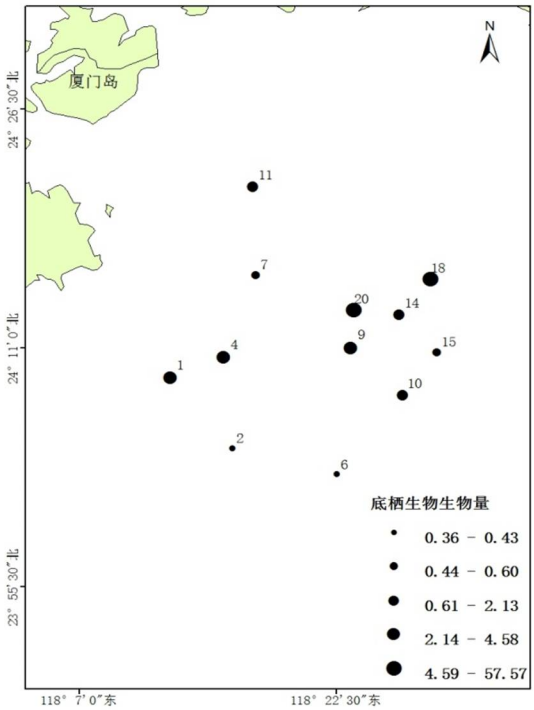



**图 5.5-57 调查区域潮下带底栖动物生物量分布（单位：g/m$^2$）**

C、栖息密度组成与分布

1）种类栖息密度组成与分布

本次调查潮下带底栖动物种类密度组成中平均栖息密度为 51.3 ind/$m^2$，栖息密度组成：环节动物 30.8 ind/$m^2$，节肢动物 9.2 ind/$m^2$，软体动物 4.2 ind/$m^2$，棘皮动物 1.7 ind/$m^2$，纽形动物 2.1 ind/$m^2$，螠虫动物 1.3 ind/$m^2$，脊索动物 2.1 ind/$m^2$。密度组成见图 5.5-58。

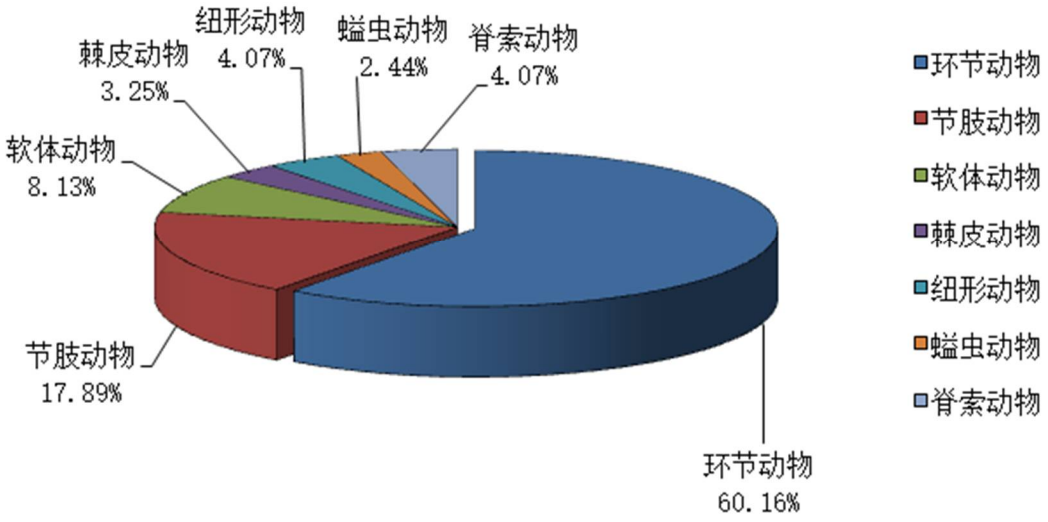



**图 5.5-58　调查区域潮下带底栖动物密度组成图**

2）站位栖息密度组成与分布

本次调查各测站底栖动物栖息密度均值为 51.3 ind/$m^2$，变化范围为 25 ind/$m^2$～95 ind/$m^2$。最大值出现在 4#站位，为 95 ind/$m^2$；最小值出现在 2#站位，为 25 ind/$m^2$。潮下带底栖动物栖息密度分布见图 5.5-59。

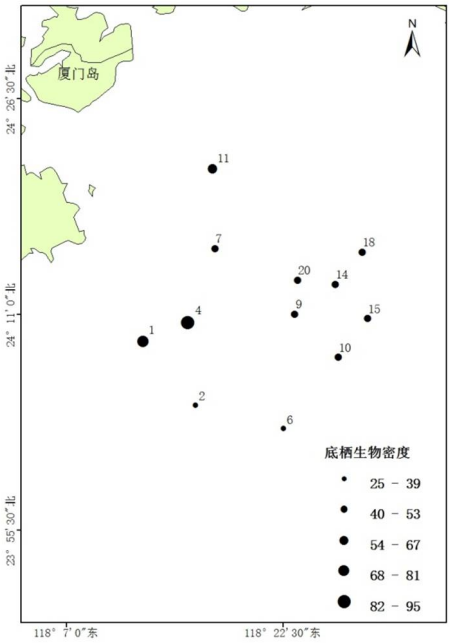



**图 5.5-59 调查区域潮下带底栖动物栖息密度分布（单位：ind/m$^2$）**

D、优势种类

本次调查，底栖动物定量样品根据物种优势度（ *Y*）公式计算结果，根据有关资料，当物种优势度（ *Y*）值＞0.020 时，该种即为优势种。监测区域大型底栖动物优势种（ *Y*>0.020）有 5 种，环节动物 4 种，分别为丝鳃虫（*Cirratulus cirratus*）、线沙蚕（*Drilonereis* sp.）、持真节虫（*Euclymene annandalei*）和昆士兰稚齿虫（*Prionospio queenslandica*）；节肢动物 1 种，为中华豆蟹（*Pinnotheres slnensis*）（表 5.5-50）。

**表 5.5-50　调查海域潮下带大型底栖动物优势种**

| 序号 | 物　种　名　录 | 优势度（*Y*） |
|---|---|---|
| 1 | 丝鳃虫 *Cirratulus cirratus* | 0.061 |
| 2 | 线沙蚕 *Drilonereis* sp. | 0.034 |
| 3 | 持真节虫 *Euclymene annandalei* | 0.030 |
| 4 | 中华豆蟹 *Pinnotheres slnensis* | 0.024 |
| 5 | 昆士兰稚齿虫 *Prionospio queenslandica* | 0.020 |

E、底栖动物物种多样性指数

本次调查，各测站潮下带底栖动物多样性指数结果见表 5.5-51。底栖动物多样性指数（*H′*）范围为 1.922～3.287，均值为 2.718；均匀度（*J*）范围为 0.898～

0.985，均值为 0.957；丰度（$d$）范围为 1.292～2.408，均值为 1.924；优势度（$D_2$）范围为 0.300～0.600，均值为 0.441。2#站位物种丰富度指数、物种多样性指数以及物种均匀度指数相对较低，物种优势度指数较高；3#、4#和 20#站位物种丰富度指数、物种多样性指数以及物种均匀度指数相对高，物种优势度指数较低；其他站位物种丰富度指数、物种多样性指数以及物种均匀度指数相对较高，物种优势度指数较低。

**表 5.5-51 调查海区潮下带底栖动物多样性指数、均匀度、丰度和优势度**

| 站位 | 多样性（$H'$） | 均匀度（$J$） | 丰富度（$d$） | 优势度（$D_2$） |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 3.125 | 0.941 | 2.250 | 0.375 |
| 2 | 1.922 | 0.961 | 1.292 | 0.600 |
| 4 | 3.287 | 0.950 | 2.354 | 0.316 |
| 6 | 2.236 | 0.963 | 1.425 | 0.571 |
| 7 | 2.406 | 0.931 | 1.667 | 0.500 |
| 9 | 2.750 | 0.980 | 2.000 | 0.375 |
| 10 | 2.922 | 0.974 | 2.107 | 0.400 |
| 11 | 2.522 | 0.898 | 1.674 | 0.583 |
| 14 | 2.922 | 0.974 | 2.107 | 0.400 |
| 15 | 2.646 | 0.943 | 1.806 | 0.500 |
| 18 | 2.750 | 0.980 | 2.000 | 0.375 |
| 20 | 3.122 | 0.985 | 2.408 | 0.300 |
| 平均值 | 2.718 | 0.957 | 1.924 | 0.441 |

**（3）小结**

A、2019 年秋季

秋季调查所获样品经鉴定共有大型底栖生物 8 门 73 科 116 种。以环节动物、软体动物和节肢动物为主要贡献类群，占总种数 91.37%。平均总密度为 246 ind/m$^2$，以环节动物最高，节肢动物次之；各站栖息密度介于 80~545 ind/m$^2$，在 15 号站栖息密度最低，1 号站生物栖息密度最高，各站位以环节动物、软体动物和节肢动物为主要贡献者，东碇岛附近海域的栖息密度较高于其他站位。平均总生物量为 12.53 g/m$^2$，以环节动物、软体动物、节肢动物和其它动物占优势，占平均总生物量 97.31%。各站生物量介于 2.55~40.20 g/m$^2$ 之间，生物量在 15 号站最低，2 号站最高。

该海域大型底栖生物群落中的优势种和主要种有：丝鳃稚齿虫（*Prionospio malmgreni*）、拟特须虫（*Paralacydonia paradoxa*）、长吻吻沙蚕（*Glycera chirori*）、

日本拟背尾水虱（*Paranthura japonica*）、日本和美虾（*Nihonotrypaea japonica*）。

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 2 个生物群落：群落Ⅰ：丝鳃稚齿虫—长吻吻沙蚕—日本拟背尾水虱群落；群落Ⅱ：丝鳃稚齿虫—模糊新短眼蟹群落。

大型底栖生物 Shannon-wiener 物种多样性指数 *H'*的平均值为 3.94，介于 2.91~5.05 之间；Pielou 物种均匀度指数 *J'*的平均值为 0.91，介于 0.84~0.97 之间；Margalef 种类丰度指数 *d* 的平均值为 3.85，介于 1.69~6.83 之间；Simpson 优势度指数 *D* 的平均值为 0.10，介于 0.04~0.16 之间。

B、2018 年春季

春季调查共记录潮下带底栖动物 37 种，其中环节动物 16 种，节肢动物 8 种，软体动物 7 种、棘皮动物 2 种，纽形动物 2 种，螠虫动物 1 种，脊索动物 1 种。大型底栖动物优势种有 5 种，分别为丝鳃虫（*Cirratulus cirratus*）、线沙蚕（*Drilonereis* sp.）、持真节虫（*Euclymene annandalei*）、中华豆蟹（*Pinnotheres slnensis*）和昆士兰稚齿虫（*Prionospio queenslandica*）。各测站底栖动物种类数在 4~11 种之间，平均每个站位采获底栖动物 7.4 种；潮下带大型底栖动物生物量均值为 10.926 g/m$^2$，变化范围为 0.360g/m$^2$～57.570 g/m$^2$；大型底栖动物栖息密度均值为 51.3 ind/m$^2$，变化范围为 25 ind/m$^2$～95 ind/m$^2$。底栖动物多样性指数（*H'*）范围为 1.922～3.287，均值为 2.718；均匀度（*J*）范围为 0.898～0.985，均值为 0.957；丰度（*d*）范围为 1.292～2.408，均值为 1.924；优势度（$D_2$）范围为 0.300～0.600，均值为 0.441。

**5.5.6.6鱼卵和仔稚鱼**

**（1）2019 年秋季**

A、种类组成

本调查共记录浮性鱼卵和仔稚鱼 9 科 10 属 12 种（含末定种），种类上以石首鱼科种类最多为 3 种（含末定种），其次是鲷科为 2 种（含末定种），其它各科仅出现 1 种（附录 7）。

B、鱼卵和仔稚鱼的数量和分布

调查期间，本海区鱼卵和仔稚鱼数量较低，平均分别为 0.042ind/m$^3$ 和 0.005ind/m$^3$．数量上，鱼卵以真鲷占较大优势，约占鱼卵总量 40%、黄鳍鲷居二

(30%) 、黄姑鱼属居三(12%)；其它类别如舌鳎和鲻种类所占的比例较低。仔稚鱼以美肩鳃鳚居首(占仔稚鱼总量 42%) 、其次鰕虎鱼(14%) 、东方鲀(13%)和大黄鱼 (12%)居三; 其它类别如小公鱼、绒纹线鳞鲀和黄姑鱼属等种类仔稚鱼所占的份量均小（图 5.5-60）。

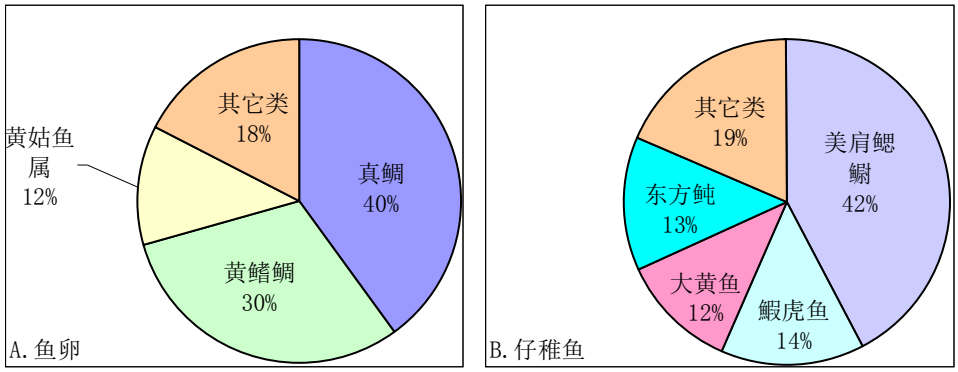



**图 5.5-60 鱼卵和仔稚鱼数量的百分比组成**

在平面分布上，鱼卵（0~0.239. ind/$m^3$）全区数量低，仅调查区南部(6 号站)和东部(18 号站)水域数量较高大于 0.1 ind/$m^3$，其它水域数量均低或未见分布（表 5.5-52，图 5.5-61）。

仔稚鱼(0 ~0.019ind/$m^3$)全区数量更低，仅调查区北部和东部水域丰度(>0.011 ind/$m^3$)略高，其余大部份水域仔稚鱼仅零星出现或完全绝迹（表 5.5-52，图 5.5-62）。

**表 5.5-52 鱼卵和仔稚鱼及优势种数量的分布 单位：ind/$m^3$**

| 站位 | 鱼卵 | 仔鱼 |
|---|---|---|
| 1 | 0.000 | 0.003 |
| 2 | 0.056 | 0.004 |
| 4 | 0.000 | 0.000 |
| 6 | 0.157 | 0.000 |
| 7 | 0.005 | 0.005 |
| 9 | 0.006 | 0.000 |
| 10 | 0.000 | 0.019 |
| 11 | 0.013 | 0.013 |
| 14 | 0.008 | 0.013 |
| 15 | 0.017 | 0.000 |
| 18 | 0.239 | 0.007 |
| 20 | 0.000 | 0.000 |

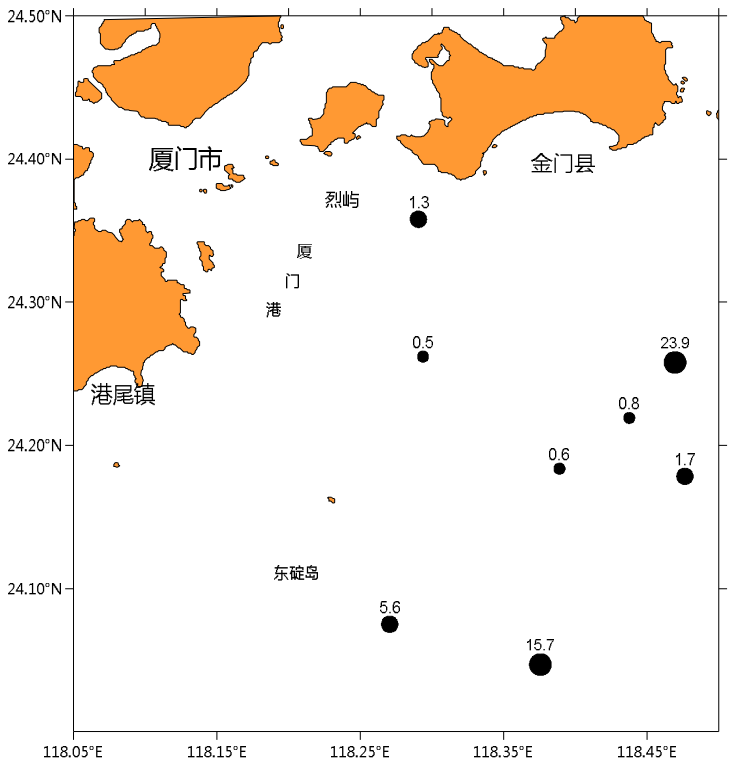



**图 5.5-61　鱼卵数量的分布(ind/m$^3$)**

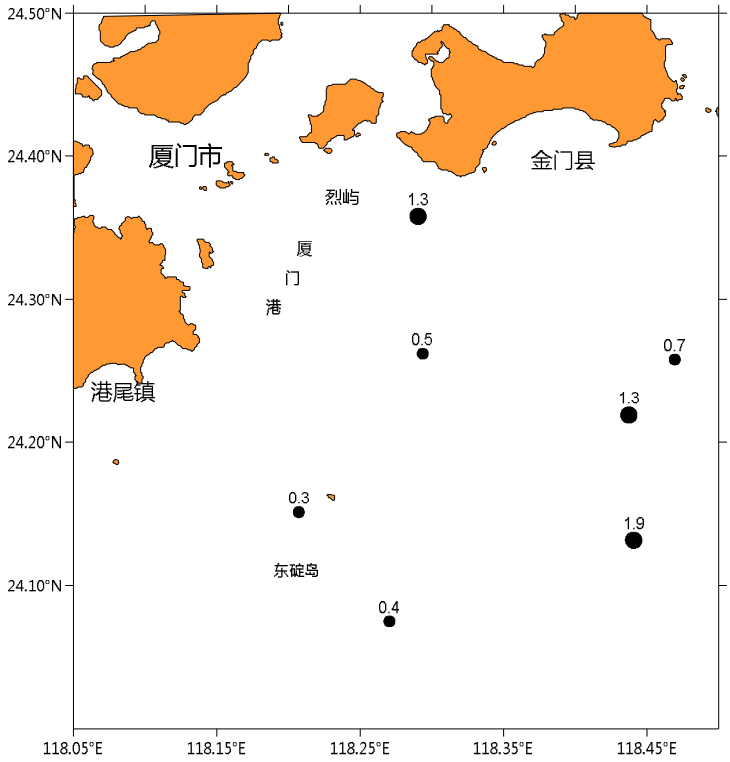



**图 5.5-62　仔稚鱼数量的分布(ind/m$^3$)**

**（2）2018 年春季**

A、种类组成

本次调查，垂直拖网 12 个站位，水平拖网 2 个站位共采获到鱼卵 16 粒，采获仔稚鱼 10 尾。经分析鉴定，鱼卵 8 种，为鲉科（Scorpaenidae）、隆头鱼科（Labridae）、鮨科（Serranidae）、鲱科（Clupeidae）、二齿鲀科（Diodontidae）、羊鱼科（Mullidae）、鲷科（Sparidae）和舌鳎科（Cynoglossidae）(图 5.5-63)；仔稚鱼 4 种，为舌鳎科（Cynoglossidae）、鲬（*Platycephalus indicus*）、鲆科（Bothidae）和花鲈（*Lateolabrax japonicus*）(图 5.5-67)。种名录见附录 8。

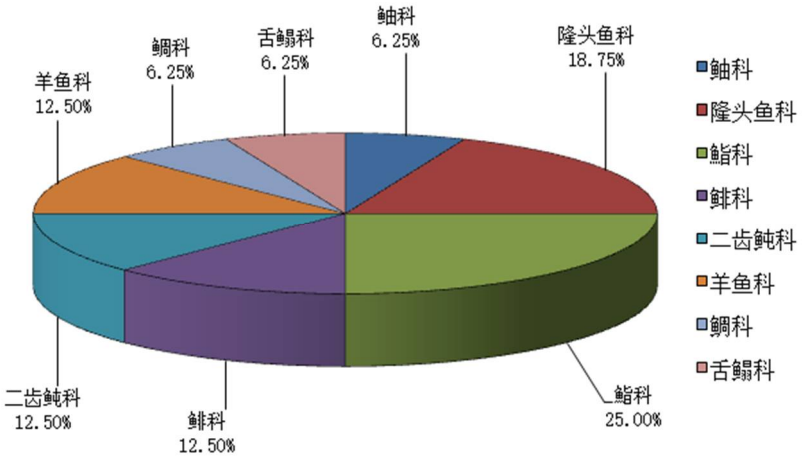



**图 5.5-63 鱼卵种类数量组成百分比**

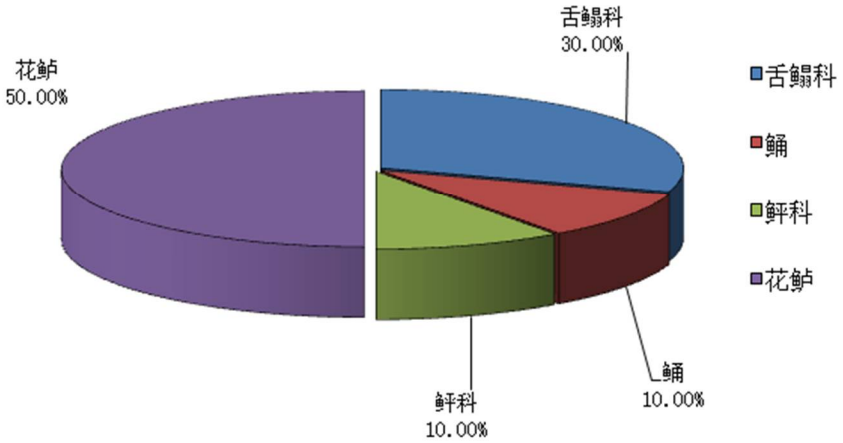



**图 5.5-64 仔稚鱼种类数量组成百分比**

B、数量分布

1）垂直拖网

本次垂直拖网 12 个站位采获到鱼卵 8 粒，平均密度为 0.195 ind/m$^3$，变化范围为 0～0.833 ind/m$^3$，除 4#、9#、11#和 18#站位外，其余站位均未采获鱼卵（图 5.5-65）；共采到仔稚鱼 3 尾，平均密度为 0.086 ind/m$^3$，变化范围为 0～0.556 ind/m$^3$，除 10#、11#和 14#站位外，其余站位均未采获仔稚鱼（图 5.5-66）。

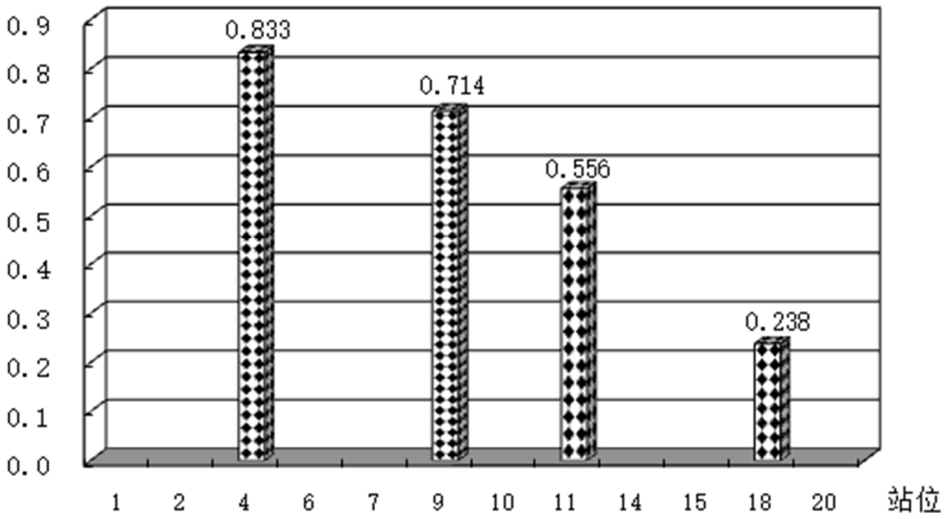



**图 5.5-65　各测站鱼卵密度分布（单位：ind/m$^3$）**

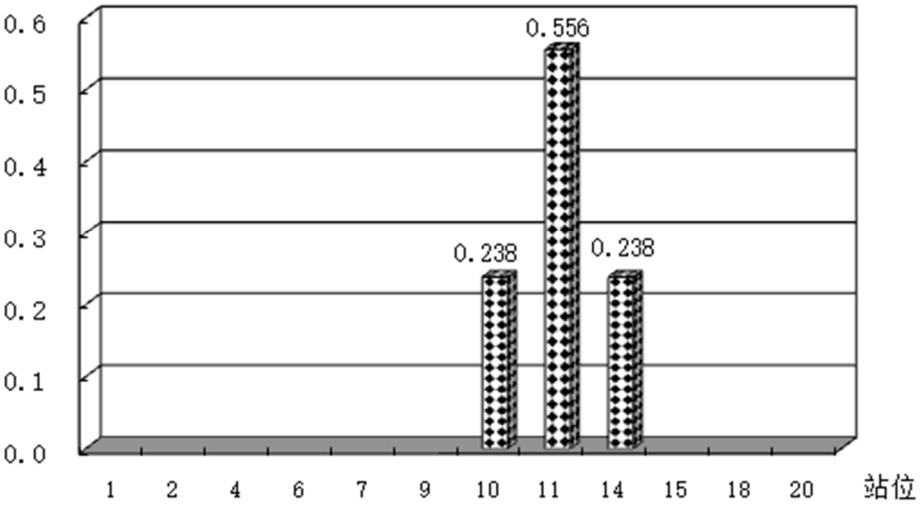



**图 5.5-66　各测站仔稚鱼密度分布（单位：ind/m$^3$）**

2）水平拖网

本次水平拖网 2 个站位共采获鱼卵 8 粒，采获仔稚鱼 7 尾。

C、主要优势种

本次调查采获到的鱼卵和仔稚鱼数量较少，所以无明显的优势种。

**（3）小结**

**秋季**本次调查共记录浮性鱼卵和仔稚鱼 12 种（含未定种），其中数量较高的种类为鲷属鱼卵及美肩鳃鳚仔稚鱼。数量上，鱼卵平均为 0.042 ind/$m^3$．仔稚鱼平均为 0.005 ind/$m^3$。分布上，鱼卵（0~0.239 ind/$m^3$）以调查区北部和东部水域丰度较高；仔稚鱼(0~0.019ind/$m^3$))主要分布在调查区东部水域。由此说明，本海区有一些鱼类在此栖居和繁殖，但种类和数量均较低，这与调查期间正处于鱼类繁殖低谷有关。

**春季**调查，共采获到鱼卵 16 粒，采获仔稚鱼 10 尾。其中鱼卵 8 种，为鲉科（Scorpaenidae）、隆头鱼科（Labridae）、鮨科（Serranidae）、鲱科（Clupeidae）、二齿鲀科（Diodontidae）、羊鱼科（Mullidae）、鲷科（Sparidae）和舌鳎科（Cynoglossidae）(图 5.5-63)；仔稚鱼 4 种，为舌鳎科（Cynoglossidae）、鲆（*Platycephalus indicus*）、鲆科（Bothidae）和花鲈（*Lateolabrax japonicus*）。采获的鱼卵和仔稚鱼数量较少，无明显优势种。垂直拖网 12 个站位采获到鱼卵 8 粒，平均密度为 0.195 ind/$m^3$，变化范围为 0～0.833 ind/$m^3$，仔稚鱼平均密度为 0.086 ind/$m^3$，变化范围为 0～0.556 ind/$m^3$。

**5.5.6.7游泳动物**

**（1）2019 年秋季**

A、游泳动物种类组成及平面分布

2019 年 11 月拖网调查鉴定游泳动物 107 种（附录 9），其中鱼类 53 种，占拖网总种数的 49.53%，虾类 16 种，占 14.95%，蟹类 23 种，占 21.50%，虾蛄类 10 种，占 9.35%，头足类 5 种，占 4.67%（表 5.5-53）。

从种类数平面分布上来看，各站位间种类数存在差异，各站位出现种类数在 18~33 之间，2#站最多，10#站最少，有 5 个站位的种类数在 25 种以上，占总站位数的 41.67%（图 5.5-67）。

**表 5.5-53　拖网调查游泳动物种类数及其百分比组成**

| 类群 | 种数 | 百分比(%) |
|---|---|---|
| 鱼类 | 53 | 49.53 |
| 虾类 | 16 | 14.95 |
| 蟹类 | 23 | 21.5 |

| | | |
|---|---|---|
| 虾蛄类 | 10 | 9.35 |
| 头足类 | 5 | 4.67 |
| 合计 | 107 | 100 |

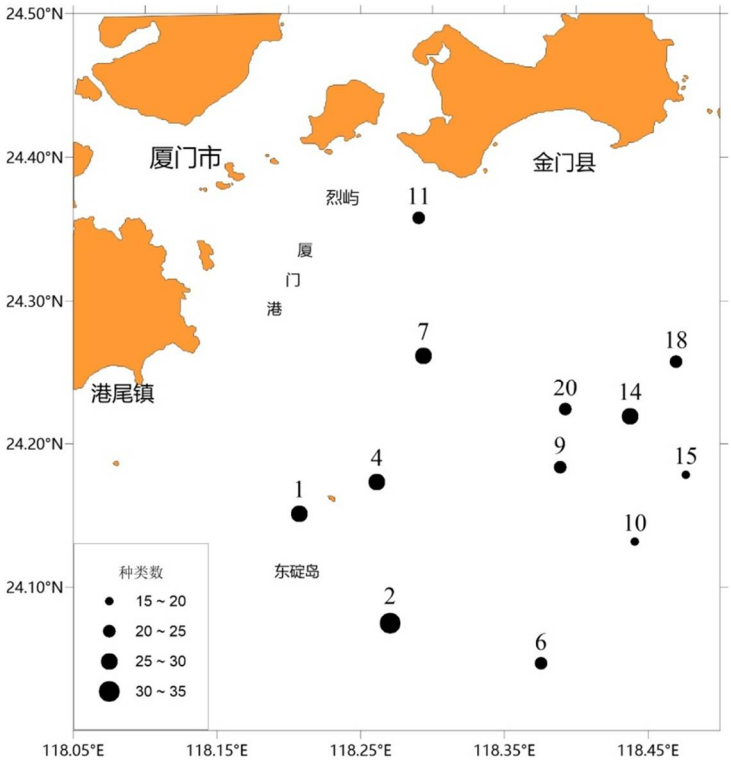



**图 5.5-67　游泳动物调查各站位种类数分布**

B、渔获物（重量、尾数）分类群组成

2019 年 11 月调查渔获物中鱼类、虾类、蟹类、虾蛄类、头足类重量分类群百分比分别占 57.12%、10.97%、14.72%、12.16%和 5.03%，尾数分类群百分比分别为 31.91%、28.15%、22.84%、14.57%和 2.54%（表 **5.5-54**）。

**表 5.5-54　渔获物（重量、尾数）分类群百分比组成**

| 类群 | 重量(%) | 尾数(%) |
|---|---|---|
| 鱼类 | 57.12 | 31.91 |
| 虾类 | 10.97 | 28.15 |
| 蟹类 | 14.72 | 22.84 |
| 虾蛄类 | 12.16 | 14.57 |
| 头足类 | 5.03 | 2.54 |

C、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 198.96kg/km$^2$ 和 16349ind./km$^2$（表 5.5-55）。其中，鱼类为 87.93kg/km$^2$、3708 ind./km$^2$，虾类为 27.81kg/km$^2$、7683 ind./km$^2$，蟹类为 60.96kg/km$^2$、3033 ind./km$^2$，虾蛄类为 17.57kg/km$^2$、1750ind./km$^2$，

头足类为 4.68kg/km$^2$、175 ind./km$^2$。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（表 5.5-56，图 5.5-68），重量密度最大值出现在 7#站，为 376.43kg/km$^2$；重量密度最小值出现在 1#站，仅为 85.54kg/km$^2$。尾数密度最大值出现在 6#站，为 36497 ind./km$^2$，最小值出现在 4#站，仅 6300 ind./km$^2$。

**表 5.5-55 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$^2$) | 尾数相对资源密度(ind./km$^2$) |
|---|---|---|
| 鱼类 | 87.93 | 3708 |
| 虾类 | 27.81 | 7683 |
| 蟹类 | 60.96 | 3033 |
| 虾蛄 | 17.57 | 1750 |
| 头足类 | 4.68 | 175 |
| 游泳动物 | 198.96 | 16349 |

**表 5.5-56 拖网调查游泳动物各站位资源密度分布情况**

| 站位 | 重量密度(kg/km$^2$) | 尾数密度(ind./km$^2$) |
|---|---|---|
| 1 | 85.54 | 9599 |
| 2 | 247.11 | 19399 |
| 4 | 114.96 | 6300 |
| 7 | 376.43 | 25498 |
| 6 | 346.37 | 36497 |
| 9 | 236.93 | 13799 |
| 10 | 121.19 | 10399 |
| 11 | 171.22 | 26498 |
| 14 | 152.47 | 15299 |
| 15 | 127.48 | 10899 |
| 18 | 257.07 | 11699 |
| 20 | 150.71 | 10299 |

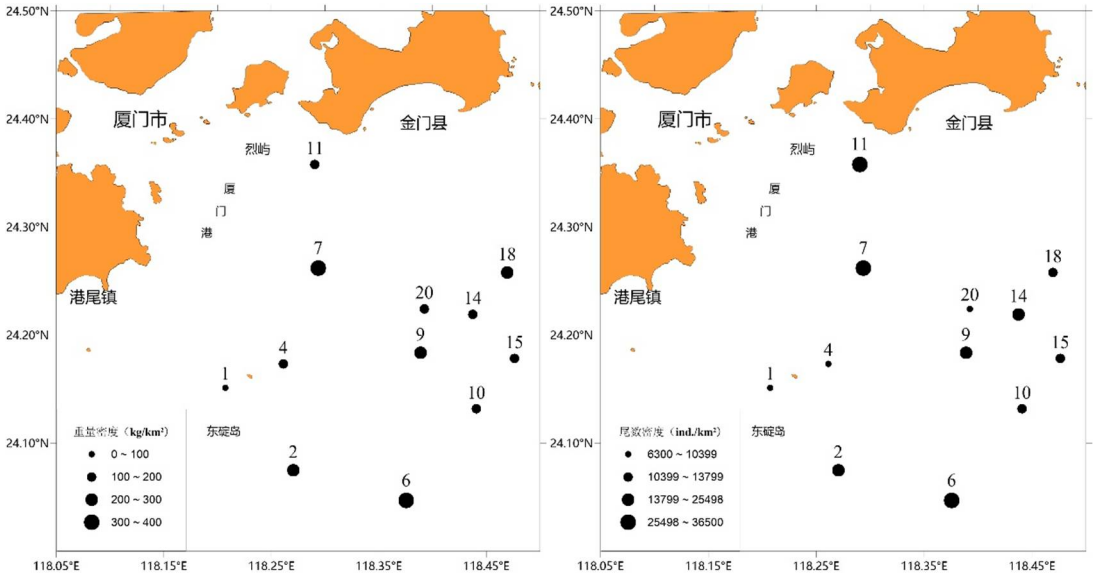



**图 5.5-68　游泳动物调查各站位密度分布**

D、渔获物优势种

本次调查各类群渔获物优势种及其相对重要性指数如表 5.5-57 所示。调查中渔获物的优势度差异非常明显，鱼类中叫姑鱼的 *IRI* 指数最高，为 896.66，其次是褐龙头鱼，为 489.47；虾类 *IRI* 指数以哈氏仿对虾最高，为 1869.07，是本次调查最优势的种类，其次是中华管鞭虾，为 802.87，其它种类都在 500 一下；蟹类中以日本蟳 *IRI* 指数最高，为 1695.40，其次是锈斑蟳，为 227.36；虾蛄类中，口虾蛄的 *IRI* 指数为 942.34，头足类在本次调查中渔获较少，因此 *IRI* 指数均小于 500。

**表 5.5-57 各类群渔获物优势种及其相对重要性指数**

| 类群 | 种类 | *W%* | *N%* | *F%* | *IRI* |
|---|---|---|---|---|---|
| 鱼类 | 叫姑鱼 | 4.99 | 3.98 | 100.00 | 896.66 |
| | 龙头鱼 | 4.59 | 2.75 | 66.67 | 489.47 |
| | 中华海鲶 | 7.23 | 2.50 | 33.33 | 324.38 |
| | 凤鲚 | 1.31 | 2.70 | 58.33 | 234.19 |
| 虾类 | 哈氏仿对虾 | 4.90 | 17.53 | 83.33 | 1869.07 |
| | 中华管鞭虾 | 1.47 | 7.29 | 91.67 | 802.87 |
| | 须赤虾 | 0.50 | 5.50 | 58.33 | 349.98 |
| | 脊尾白虾 | 1.90 | 8.05 | 33.33 | 331.72 |
| | 鹰爪虾 | 1.17 | 2.91 | 66.67 | 271.77 |
| 蟹类 | 日本蟳 | 15.11 | 7.49 | 75.00 | 1695.40 |
| | 锈斑蟳 | 2.49 | 0.92 | 66.67 | 227.36 |
| | 矛形梭子蟹 | 0.54 | 2.19 | 50.00 | 136.51 |
| | 日本关公蟹 | 0.59 | 1.43 | 50.00 | 100.96 |
| 虾蛄类 | 口虾蛄 | 4.67 | 5.61 | 91.67 | 942.34 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 窝纹网虾蛄 | 1.06 | 1.63 | 41.67 | 111.95 |
| 头足类 | 短蛸 | 1.04 | 0.46 | 50.00 | 74.89 |

哈氏仿对虾（*Parapenaeopsis hardwickii*）：属十足目对虾科仿对虾属，为亚热带、热带暖水种。栖息于水深 70m 以内不同地质的海底，30 m 以内的沿岸水域分布较密集。中国黄海南部和东海北部均有分布，国外分布于巴基斯坦、印度、新加坡、马来西亚等国。该虾种每年 11 月至翌年 5 月成为舟山近海拖虾作业渔船的主要捕捞对象，哈氏仿对虾产量占全年拖虾总产量的六分之一左右。所捕产品多数加工成为虾仁出口到海外。

日本蟳（*Charybdis japonica*）：属十足目梭子蟹科蟳属，分布于日本、马来西亚、红海、台湾岛以及中国大陆的广东、福建、浙江、山东半岛等地，生活环境为海水，一般生活于低潮线、有水草或泥沙的水底以及或潜伏于石块下。

叫姑鱼（*Johnius belengerii*）：鲈形目石首鱼科叫姑鱼属，为近内海中下层小型鱼类，喜栖息于水深 20 米以内的泥沙底质和岩礁附近海域，有昼夜垂直移动的习性。摄食虾蟹类、多毛类、带鱼幼鱼等，生殖期在 4-7 月。为常见小型食用鱼类，全年可捕获。

E、渔获物幼体比例

本次调查调查海域渔获物总的幼体比例为 66.80%，其中鱼类的幼鱼比例为 43.61%，虾类为 48.76%，虾蛄类为 75.63%，蟹类为 85.06%，头足类幼鱼比例为 63.89%。鱼类平均体重 23.71(0.60~533.7) g，虾类 3.62 (3.1~24.21) g，蟹类 20.10 (3.03~150.45) g，虾蛄类 10.04 (0.30~63.30) g，头足类 26.76 (5.10~28.68) g（表 5.5-58）。

**表 5.5-58 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 | 幼体比例/% |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 叫姑鱼 | 60 | 191 | 3 | 90.1 | 15.28 | 6.50 |
| 龙头鱼 | 80 | 234 | 2.2 | 121.6 | 20.29 | 94.45 |
| 中华海鲶 | 55 | 195 | 2 | 117.4 | 35.72 | 23.22 |
| 凤鲚 | 57 | 207 | 0.5 | 48.5 | 5.92 | 62.34 |
| 六指马鲛 | 52 | 103 | 2.6 | 29.4 | 14.94 | 75.65 |
| 尖嘴魟 | 142 | 229 | 118.3 | 339.3 | 182.6 | 100.00 |
| 孔虾虎鱼 | 70 | 160 | 1 | 19.6 | 10.6 | 25.76 |
| 条纹斑竺鲨 | 289 | 310 | 65.5 | 99.5 | 82.5 | 100.00 |

| 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 | 幼体比例/% |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 大鳞舌鳎 | 101 | 223 | 4.5 | 56.2 | 30.54 | 87.61 |
| 棘线鲬 | 80 | 220 | 2 | 74.9 | 17.46 | 28.57 |
| 中国团扇鳐 | 453 | 453 | 533.7 | 533.7 | 533.7 | 0.00 |
| 横纹东方鲀 | 61 | 115 | 10.3 | 58 | 22.7 | 79.13 |
| 髭鰕虎鱼 | 56 | 85 | 1 | 7.7 | 6.46 | 100.00 |
| 哈氏仿对虾 | 33 | 103 | 0.2 | 50.2 | 3.4 | 65.78 |
| 中华管鞭虾 | 34 | 100 | 0.8 | 9.7 | 3.1 | 30.36 |
| 须赤虾 | 32 | 80 | 0.6 | 4.5 | 1.09 | 85.55 |
| 脊尾白虾 | 40 | 79 | 0.5 | 5.8 | 2.87 | 0.00 |
| 鹰爪虾 | 60 | 102 | 2.9 | 15.1 | 4.91 | 21.25 |
| 近缘新对虾 | 78 | 123 | 3.7 | 60.1 | 15.65 | 0.00 |
| 长毛明对虾 | 93 | 147 | 9.3 | 40.3 | 24.21 | 25.00 |
| 刀额新对虾 | 76 | 130 | 3.5 | 20.1 | 10.09 | 55.24 |
| 刀额仿对虾 | 42 | 119 | 0.9 | 20 | 4.2 | 100.00 |
| 周氏新对虾 | 51 | 118 | 1.3 | 18.2 | 5.5 | 83.33 |
| 鲜明鼓虾 | 25 | 56 | 0.5 | 4 | 1.29 | 45.65 |
| 日本蟳 | 12 | 69 | 0.9 | 185.9 | 23.11 | 72.98 |
| 锈斑蟳 | 18 | 92 | 3.7 | 194 | 33.07 | 65.34 |
| 矛形梭子蟹 | 11 | 26 | 1.1 | 7.1 | 2.99 | 85.21 |
| 日本关公蟹 | 13 | 25 | 1 | 13.7 | 5.05 | 100.00 |
| 红星梭子蟹 | 24 | 58 | 8.2 | 77.2 | 25.51 | 25.00 |
| 隆线强蟹 | 18 | 40 | 2.1 | 7.1 | 3.75 | 85.56 |
| 双斑蟳 | 17 | 27 | 1.8 | 4.9 | 3.03 | 100.00 |
| 双刺静蟹 | 39 | 72 | 21.6 | 190.1 | 82.5 | 50.00 |
| 直额蟳 | 15 | 24 | 1 | 9.5 | 4.65 | 100.00 |
| 锯缘青蟹 | 35 | 77 | 25.6 | 275.3 | 150.45 | 50.00 |
| 羊毛绒球蟹 | 50 | 72 | 129.6 | 130.5 | 130.05 | 100.00 |
| 中华虎头蟹 | 47 | 65 | 18.3 | 73.6 | 20.31 | 66.67 |
| 口虾蛄 | 53 | 155 | 1.1 | 44.8 | 10.14 | 51.34 |
| 窝纹网虾蛄 | 60 | 115 | 2.8 | 15.9 | 7.88 | 76.66 |
| 断脊小口虾蛄 | 61 | 126 | 2.4 | 28.7 | 9.21 | 68.76 |
| 短蛸 | 30 | 180 | 13.1 | 47.7 | 27.57 | 44.44 |
| 小管枪乌贼 | 54 | 102 | 12.8 | 128.4 | 28.68 | 83.33 |

F、渔获物物种多样性分析

2019 年 11 月渔获物重量多样性指数($H'$)均值为 2.48(1.64~2.87)，丰富度指数($D$)均值为 2.80 (2.18~3.76)，均匀度指数($J'$)为 0.78 (0.52~0.89)；尾数多样性指数($H'$)均值为 2.53 (2.11~2.88)，丰富度指数($D$)均值为 4.07 (3.18~5.58)，均匀度指数($J'$)为 0.80 (0.67~0.91) （表 5.5-59，图 5.5-69）。

**表 5.5-59　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 | 3.22 | 0.89 | 2.86 | 4.56 | 0.89 | 2.87 |
| 2 | 3.76 | 0.81 | 2.83 | 5.37 | 0.75 | 2.62 |
| 4 | 3.49 | 0.86 | 2.87 | 5.58 | 0.86 | 2.87 |
| 7 | 2.80 | 0.63 | 2.06 | 4.01 | 0.72 | 2.35 |
| 6 | 2.49 | 0.81 | 2.53 | 3.34 | 0.67 | 2.11 |
| 9 | 2.72 | 0.52 | 1.64 | 4.09 | 0.82 | 2.59 |
| 10 | 2.18 | 0.73 | 2.12 | 3.18 | 0.85 | 2.45 |
| 11 | 2.58 | 0.81 | 2.50 | 3.35 | 0.77 | 2.39 |
| 14 | 2.99 | 0.81 | 2.60 | 4.19 | 0.79 | 2.55 |
| 15 | 2.29 | 0.84 | 2.48 | 3.34 | 0.81 | 2.40 |
| 18 | 2.69 | 0.88 | 2.79 | 4.22 | 0.91 | 2.88 |
| 20 | 2.37 | 0.81 | 2.43 | 3.57 | 0.77 | 2.32 |
| 均值 | 2.8 | 0.78 | 2.48 | 4.07 | 0.8 | 2.53 |
| 范围 | 2.18~3.76 | 0.52~0.89 | 1.64~2.87 | 3.18~5.58 | 0.67~0.91 | 2.11~2.88 |

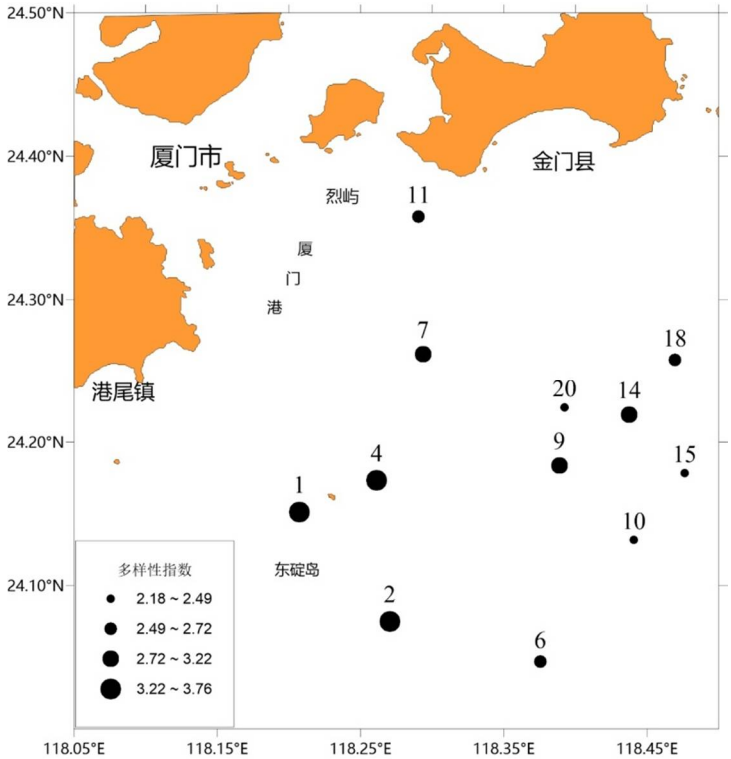



**图 5.5-69　游泳动物调查各展站位多样性指数分布**

**（2）2018 年春季**

A、游泳动物种类组成及平面分布

4 月（春季）拖网定点调查作业渔获的游泳动物种类共有 89 种，其中鱼类为 49 种，占总种数的 55.06%；虾类 11 种，占 12.36%；蟹类 18 种，占 20.22%；

口足类 6 种，占 6.74%；头足类 5 种，占 5.62%（图 5.5-70）。种名录见附录 10。

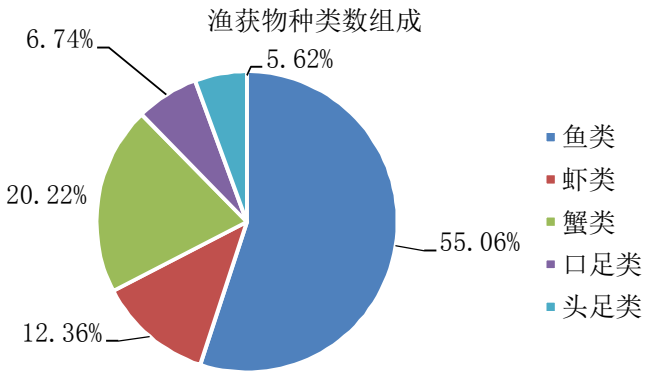



图 5.5-70　春季拖网作业各类别渔获种类数组成

2018 年 4 月渔获量为 64.3140 kg/km$^2$，渔获个体数量为 6055 ind/km$^2$。从各调查站位渔获重量和渔获数量的分布情况看，其空间分布存在一定的差异。渔获重量以 9#站位居首位，为 8.6720 kg/km$^2$；7#站位次之，为 8.2005 kg/km$^2$；18#站位最少，为 2.2940 kg/km$^2$。渔获数量也以 9#站位最高，为 1768 ind/km$^2$；7#站位次之，为 809 ind/km$^2$；18#站位最少，为 196 ind/km$^2$（表 5.5-60）。

**表 5.5-60　春季拖网作业各站位渔获情况**

| 调查站位 | 作业时间（h） | 渔获量 | |
|---|---|---|---|
| | | 重量（g/km$^2$） | 尾数(ind/km$^2$) |
| 1 | 0.50 | 6671.0 | 382 |
| 2 | 0.50 | 4369.0 | 230 |
| 4 | 0.50 | 4976.0 | 421 |
| 6 | 0.50 | 6513.5 | 408 |
| 7 | 0.50 | 8200.5 | 809 |
| 9 | 0.50 | 8672.0 | 1768 |
| 10 | 0.50 | 6376.0 | 673 |
| 11 | 0.50 | 4737.5 | 257 |
| 14 | 0.50 | 4996.0 | 362 |
| 15 | 0.50 | 3043.0 | 274 |
| 18 | 0.50 | 2294.0 | 196 |
| 20 | 0.50 | 3465.5 | 275 |
| 合计 | 6.00 | 64314.0 | 6055 |

B、渔获物（重量、尾数）分类群组成

2018 年 4 月调查渔获物中鱼类、虾类、蟹类、口足类、头足类重量分类群百分比分别占 54.25%、16.04%、14.99%、13.20%和 1.51%，尾数分类群百分比

分别为35.64%、41.59%、6.71%、15.57%和0.50%（表5.5-61）。

**表5.5-61 渔获物（重量、尾数）分类群百分比组成**

| 类群 | 重量(%) | 尾数(%) |
|---|---|---|
| 鱼类 | 54.25 | 35.64 |
| 虾类 | 16.04 | 41.59 |
| 蟹类 | 14.99 | 6.71 |
| 虾蛄类 | 13.20 | 15.57 |
| 头足类 | 1.50 | 0.50 |

**C、资源密度（重量、尾数）**

从各调查站位游泳动物资源质量密度的分布情况看，调查海域平均质量密度为206.707 kg/km$^2$。其中，9#站位质量密度最高，为334.465 kg/km$^2$；其次是7#站，质量密度为316.280 kg/km$^2$；18#站位质量密度最低，为88.476 kg/km$^2$。从各调查站位游泳动物数量密度分布看，调查海域平均数量密度为19461 ind/km$^2$。其中，9#站位数量密度最高，为68189 ind/km$^2$；其次是7#站，数量密度为31202 ind/km$^2$；18#站位数量密度最低，为7559 ind/km$^2$。详见表5.5-62。

调查海域春季游泳动物各类别质量密度为：鱼类为112.145 kg/km$^2$，虾类33.166 kg/km$^2$，蟹类27.287 kg/km$^2$，口足类30.990 kg/km$^2$，头足类3.119 kg/km$^2$。数量密度为：鱼类6936 ind/km$^2$，虾类8093 ind/km$^2$，蟹类1305 ind/km$^2$，口足类3031 ind/km$^2$，头足类96 ind/km$^2$（表5.5-63）。

可以看出调查海域春季游泳动物的质量密度是以鱼类最高，虾类其次，口足类再次，蟹类第四，头足类最低；数量密度以虾类最高，鱼类次之，口足类再次，蟹类第四，头足类最低。

**表5.5-62 春季各站位游泳动物相对资源量**

| 站位 | 质量密度（kg/km$^2$） | 数量密度（ind/km$^2$） |
|---|---|---|
| 1 | 257.289 | 14733 |
| 2 | 168.505 | 8871 |
| 4 | 191.916 | 16237 |
| 6 | 251.215 | 15736 |
| 7 | 316.280 | 31202 |
| 9 | 334.465 | 68189 |
| 10 | 245.912 | 25956 |
| 11 | 182.718 | 9912 |
| 14 | 192.687 | 13962 |
| 15 | 117.363 | 10568 |

| | | |
|---|---|---|
| 18 | 88.476 | 7559 |
| 20 | 133.659 | 10606 |
| 合计 | 206.707 | 19461 |

**表 5.5-63　春季各类别游泳动物相对资源量**

| 类别 | 质量密度（kg/km$^2$） | 数量密度（ind/km$^2$） |
|---|---|---|
| 鱼类 | 112.145 | 6936 |
| 虾类 | 33.166 | 8093 |
| 蟹类 | 27.287 | 1305 |
| 口足类 | 30.990 | 3031 |
| 头足类 | 3.119 | 96 |
| 合计 | 206.707 | 19461 |

D、渔获物优势种

春季调查的主要渔获种类重量组成和渔获物数量组成见表 5.5-64，春季调查海域游泳动物优势种类有龙头鱼、中华管鞭虾、口虾蛄等 6 种，其重量比例合占 64.44%，数量比例合占 83.07%（表 5.5-65）。

**表 5.5-64　春季拖网作业渔获物种类的重量组成和数量组成**

| 种　类 | 重量组成 | | 种　类 | 数量组成 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | g | % | | ind | % |
| 龙头鱼 | 18628.0 | 28.96 | 中华管鞭虾 | 1726 | 28.51 |
| 口虾蛄 | 8625.0 | 13.41 | 龙头鱼 | 1415 | 23.37 |
| 中华管鞭虾 | 6322.5 | 9.83 | 口虾蛄 | 834 | 13.77 |
| 哈氏仿对虾 | 3513.0 | 5.46 | 哈氏仿对虾 | 696 | 11.49 |
| 三疣梭子蟹 | 2586.5 | 4.02 | 黄鲫 | 217 | 3.58 |
| 赤魟 | 2394.0 | 3.72 | 凤鲚 | 142 | 2.35 |
| 黄鲫 | 2209.0 | 3.43 | 矛形梭子蟹 | 110 | 1.82 |
| 凤鲚 | 2155.0 | 3.35 | 双斑蟳 | 98 | 1.62 |
| 林氏团扇鳐 | 1205.5 | 1.87 | 断脊小口虾蛄 | 78 | 1.29 |
| 日本蟳 | 1132.5 | 1.76 | 其他 | 739 | 12.20 |
| 短吻三线舌鳎 | 814.5 | 1.27 | 合 计 | 6055 | 100.00 |
| 羊毛绒球蟹 | 729.0 | 1.13 | | | |
| 银鲳 | 717.5 | 1.12 | | | |
| 鳞斑蟹 | 705.0 | 1.10 | | | |
| 其他 | 12577.0 | 19.57 | | | |
| 合 计 | 64314.0 | 100.00 | | | |

**表 5.5-65　春季调查海域游泳动物相对重要性指数**

| 种名 | 数量比例（ind%） | 重量比例（g%） | 出现频率（f%） | IRI 值 | 重要性 |
|---|---|---|---|---|---|
| 龙头鱼 | 23.37 | 28.96 | 75.00 | 3925.0 | 优势种 |
| 中华管鞭虾 | 28.51 | 9.83 | 66.67 | 2555.7 | 优势种 |
| 口虾蛄 | 13.77 | 13.41 | 75.00 | 2038.8 | 优势种 |
| 哈氏仿对虾 | 11.49 | 5.46 | 91.67 | 1554.4 | 优势种 |
| 黄鲫 | 3.58 | 3.43 | 83.33 | 584.9 | 优势种 |
| 凤鲚 | 2.35 | 3.35 | 100.00 | 569.6 | 优势种 |

注：IRI 值大于 500 的种类为优势种，500～100 的为常见种，100～10 的为一般种，10～1 的为少见种，小于 1 的为稀有种。

E、主要物种群体结构

拖网作业渔获种类个体平均体重为 10.6 g。其中鱼类为 16.2 g，虾类为 4.1 g，蟹类为 20.9 g，口足类为 10.2 g，头足类为 32.4 g。从千克重尾数来看，鱼类为 62 ind，虾类为 244 ind，蟹类为 48 ind，口足类为 98 ind，头足类为 31 ind。除了个别魟鳐类外，游泳生物渔获个体均以小型种类及幼鱼幼体为主。

表 5.5-66　春季拖网作业渔获种类的个体大小

| 种名 | 渔获数量（ind） | 渔获重量（g） | 体长范围（mm） | 体重范围（g） | 平均体重（g） | 千克重尾数（ind/kg） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 褐菖鲉 | 3 | 74.0 | 74-112 | 14.0-46.5 | 24.7 | 41 |
| 暗纹东方鲀 | 2 | 111.0 | 112-120 | 46.0-65.0 | 55.5 | 18 |
| 白姑鱼 | 5 | 46.0 | 65-80 | 6.5-12.0 | 9.2 | 109 |
| 赤鼻棱鳀 | 12 | 84.0 | 60-95 | 3.0-10.0 | 7.0 | 143 |
| 赤魟 | 7 | 2394.0 | 142-190 | 223.5-440.0 | 342.0 | 3 |
| 大鳞舌鳎 | 7 | 243.5 | 140-214 | 15.5-55.0 | 34.8 | 29 |
| 带鱼 | 8 | 230.5 | 70-200 | 5.0-25.0 | 28.8 | 35 |
| 短吻三线舌鳎 | 11 | 814.5 | 145-302 | 18.0-155.0 | 74.0 | 14 |
| 二长棘鲷 | 2 | 6.5 | 43-45 | 2.5-4.0 | 3.3 | 308 |
| 凤鲚 | 142 | 2155.0 | 110-210 | 3.0-38.0 | 15.2 | 66 |
| 海鳗 | 1 | 85.0 | 162 | 85.0 | 85.0 | 12 |
| 褐菖鲉 | 2 | 59.0 | 95-98 | 27.0-32.0 | 29.5 | 34 |
| 褐篮子鱼 | 6 | 114.5 | 68-110 | 5.0-32.0 | 19.1 | 52 |
| 横纹东方鲀 | 21 | 586.0 | 85-105 | 21.0-40.0 | 27.9 | 36 |
| 黄鲫 | 217 | 2209.0 | 70-135 | 3.0-30.0 | 10.2 | 98 |
| 棘头梅童鱼 | 3 | 134.5 | 136-140 | 40.0-50.0 | 44.8 | 22 |
| 尖尾鳗 | 2 | 55.0 | 80-84 | 24.0-31.0 | 27.5 | 36 |
| 叫姑鱼 | 29 | 393.0 | 55-145 | 4.0-65.0 | 13.6 | 74 |
| 孔鰕虎鱼 | 16 | 165.0 | 65-152 | 2.0-18.0 | 10.3 | 97 |
| 鳓 | 2 | 49.0 | 140-142 | 23.0-26.0 | 24.5 | 41 |
| 李氏鮠 | 2 | 16.5 | 82-85 | 7.5-9.0 | 8.3 | 121 |
| 粒突鳞鲬 | 17 | 471.0 | 95-215 | 5.0-81.5 | 27.7 | 36 |

| 种名 | 渔获数量（ind） | 渔获重量（g） | 体长范围（mm） | 体重范围（g） | 平均体重（g） | 千克重尾数（ind/kg） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 林氏团扇鳐 | 3 | 1205.5 | 104-210 | 55.0-739.5 | 401.8 | 2 |
| 六丝矛尾鰕虎鱼 | 12 | 47.0 | 60-78 | 3.0-6.0 | 3.9 | 255 |
| 六指马鲛 | 14 | 421.5 | 50-120 | 5.0-49.0 | 30.1 | 33 |
| 龙头鱼 | 1415 | 18628.0 | 85-200 | 3.5-69.0 | 13.2 | 76 |
| 鹿斑鲻 | 6 | 27.0 | 45-65 | 2.5-8.0 | 4.5 | 222 |
| 绿鳍鱼 | 26 | 72.5 | 30-70 | 1.0-6.0 | 2.8 | 359 |
| 鳗鲶 | 4 | 182.5 | 150-210 | 30.0-86.5 | 45.6 | 22 |
| 木叶鲽 | 45 | 322.0 | 40-95 | 1.5-21.0 | 7.2 | 140 |
| 拟矛尾鰕虎鱼 | 4 | 21.0 | 70-74 | 4.0-7.0 | 5.3 | 190 |
| 披肩騰 | 3 | 63.0 | 75-80 | 18.0-24.0 | 21.0 | 48 |
| 铅点东方鲀 | 2 | 88.0 | 90-105 | 23.0-65.0 | 44.0 | 23 |
| 青石斑鱼 | 2 | 56.5 | 98-100 | 27.5-29.0 | 28.3 | 35 |
| 日本单鳍电鳐 | 4 | 468.0 | 75-104 | 60.0-152.0 | 117.0 | 9 |
| 少牙斑鲆 | 10 | 98.0 | 45-195 | 1.5-79.0 | 9.8 | 102 |
| 食蟹豆齿鳗 | 1 | 120.0 | 230 | 120.0 | 120.0 | 8 |
| 四线天竺鲷 | 6 | 36.5 | 48-65 | 4.0-8.0 | 6.1 | 164 |
| 条鲟 | 4 | 263.0 | 126-230 | 17.0-155.0 | 65.8 | 15 |
| 条纹斑竹鲨 | 3 | 149.5 | 80-96 | 35.5-60.0 | 49.8 | 20 |
| 网纹裸胸鳝 | 2 | 260.0 | 212-220 | 120.0-140.0 | 130.0 | 8 |
| 斜带髭鲷 | 2 | 7.0 | 38-50 | 2.0-5.0 | 3.5 | 286 |
| 银鲳 | 51 | 717.5 | 45-208 | 3.0-426.0 | 14.1 | 71 |
| 鲬 | 6 | 329.5 | 150-250 | 22.0-140.0 | 54.9 | 18 |
| 中国鲳 | 2 | 17.0 | 56-60 | 8.0-10.0 | 8.5 | 118 |
| 中国团扇鳐 | 2 | 478.5 | 50-165 | 13.5-465.0 | 239.3 | 4 |
| 中颌棱鳀 | 7 | 114.5 | 105-114 | 12.0-21.0 | 16.4 | 61 |
| 中华海鲶 | 3 | 155.0 | 140-148 | 45.0-60.0 | 51.7 | 19 |
| 鲻 | 2 | 47.5 | 108-124 | 16.5-31.0 | 23.8 | 42 |
| 鱼类小计 | 2158 | 34892.5 | | | 16.2 | 62 |
| 刀额新对虾 | 13 | 52.5 | 50-90 | 2.0-14.0 | 4.0 | 248 |
| 短脊鼓虾 | 1 | 2.5 | 50 | 2.5 | 2.5 | 400 |
| 哈氏仿对虾 | 696 | 3513.0 | 50-105 | 3.0-14.0 | 5.0 | 198 |
| 红条鞭腕虾 | 8 | 14.0 | 25-34 | 1.0-3.0 | 1.8 | 571 |
| 角突仿对虾 | 19 | 78.0 | 50-85 | 1.5-8.0 | 4.1 | 244 |
| 鲜明鼓虾 | 8 | 16.0 | 32-55 | 1.0-5.5 | 2.0 | 500 |
| 须赤虾 | 11 | 27.5 | 40-64 | 2.0-3.5 | 2.5 | 400 |
| 鹰爪虾 | 12 | 70.0 | 40-80 | 3.0-9.0 | 5.8 | 171 |
| 中华管鞭虾 | 1726 | 6322.5 | 45-88 | 1.5-9.0 | 3.7 | 273 |
| 周氏新对虾 | 20 | 107.0 | 52-95 | 2.0-9.0 | 5.4 | 187 |
| 长毛明对虾 | 4 | 116.0 | 127-146 | 26.0-34.0 | 29.0 | 34 |
| 虾类小计 | 2518 | 10319.0 | | | 4.1 | 244 |
| 干练平壳蟹 | 12 | 149.0 | 20-32 | 4.0-14.5 | 12.4 | 81 |

| 种名 | 渔获数量（ind） | 渔获重量（g） | 体长范围（mm） | 体重范围（g） | 平均体重（g） | 千克重尾数（ind/kg） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 红星梭子蟹 | 9 | 204.0 | 36-87 | 3.0-44.5 | 22.7 | 44 |
| 鳞斑蟹 | 10 | 705.0 | 46-74 | 29.5-149.5 | 70.5 | 14 |
| 隆线强蟹 | 30 | 517.5 | 20-41 | 5.0-30.0 | 17.3 | 58 |
| 矛形梭子蟹 | 110 | 466.0 | 30-48 | 1.0-8.0 | 4.2 | 236 |
| 绵蟹 | 1 | 144.0 | 70 | 144.0 | 144.0 | 7 |
| 彭氏黎明蟹 | 26 | 174.0 | 24-42 | 2.5-15.0 | 6.7 | 149 |
| 强壮菱蟹 | 8 | 231.5 | 25-50 | 4.5-42.0 | 28.9 | 35 |
| 日本蟳 | 20 | 1132.5 | 54-78 | 20.0-87.0 | 56.6 | 18 |
| 三疣梭子蟹 | 36 | 2586.5 | 56-135 | 11.5-140.5 | 71.8 | 14 |
| 双斑蟳 | 98 | 567.0 | 20-42 | 1.5-9.0 | 5.8 | 173 |
| 太阳强蟹 | 1 | 3.5 | 20 | 3.5 | 3.5 | 286 |
| 顽强黎明蟹 | 1 | 18.0 | 51 | 18.0 | 18.0 | 56 |
| 纤手梭子蟹 | 23 | 327.0 | 38-72 | 10.0-24.5 | 14.2 | 70 |
| 锈斑蟳 | 3 | 262.0 | 55-120 | 30.0-190.0 | 87.3 | 11 |
| 羊毛绒球蟹 | 8 | 729.0 | 50-66 | 62.0-138.0 | 91.1 | 11 |
| 远海梭子蟹 | 2 | 203.0 | 112-116 | 94.0-109.0 | 101.5 | 10 |
| 直额蟳 | 8 | 70.5 | 30-36 | 7.0-13.0 | 8.8 | 113 |
| 蟹类小计 | 406 | 8490.0 | | | 20.9 | 48 |
| 断脊小口虾蛄 | 78 | 50-120 | 2.0-22.0 | 8.1 | 124 | 50-120 |
| 黑斑口虾蛄 | 3 | 68-88 | 4.5-9.0 | 6.5 | 154 | 68-88 |
| 脊条褶虾蛄 | 4 | 80-82 | 6.5-7.5 | 7.1 | 140 | 80-82 |
| 口虾蛄 | 834 | 60-132 | 3.0-30.0 | 10.3 | 97 | 60-132 |
| 猛虾蛄 | 18 | 92-130 | 8.5-22.0 | 15.5 | 64 | 92-130 |
| 窝纹网虾蛄 | 6 | 80-107 | 7.0-15.0 | 10.0 | 100 | 80-107 |
| 口足类小计 | 943 | 9642.0 | | | 10.2 | 98 |
| 长蛸 | 8 | 538.0 | | 16.5-349.0 | 67.3 | 15 |
| 短蛸 | 2 | 76.0 | | 29.5-46.5 | 38.0 | 26 |
| 条纹蛸 | 1 | 37.0 | | 37.0 | 37.0 | 27 |
| 曼氏无针乌贼 | 2 | 178.5 | 80-90 | 78.5-100.0 | 89.3 | 11 |
| 火枪乌贼 | 17 | 141.0 | 22-70 | 3.0-30.0 | 8.3 | 121 |
| 头足类小计 | 30 | 970.5 | | | 32.4 | 31 |

F、 渔获物物种多样性分析

对调查海域春季游泳动物进行群落多样性分析，结果显示 Margalef 丰富度指数($D$)范围为 3.611 ~5.461，平均值为 4.611，其中 4#站最高，11#站其次，9#站最小；Shannon-Wiener 多样性指数（$H'$）范围为 1.625~2.710，平均值为 2.164，其中 15#站最高，20#站其次，9#站最小；Pielou 均匀度指数（$J'$）范围为 0.453~0.805，平均值为 0.648，其中 15#站最高，20#站其次，6#站最小（表 5.5-67）。

表 5.5-67　春季游泳动物群落多样性分析

| 站位 | Margalef 丰富度指数 (*D*) | Shannon-Wiener 多样性指数（*H′*） | Pielou 均匀度指数（*J′*） |
|---|---|---|---|
| 1 | 4.878 | 1.976 | 0.581 |
| 2 | 4.229 | 2.305 | 0.725 |
| 4 | 5.461 | 2.407 | 0.683 |
| 6 | 4.824 | 1.540 | 0.453 |
| 7 | 4.779 | 2.055 | 0.588 |
| 9 | 3.611 | 1.625 | 0.488 |
| 10 | 4.453 | 2.383 | 0.701 |
| 11 | 5.046 | 1.950 | 0.579 |
| 14 | 4.243 | 2.126 | 0.652 |
| 15 | 4.988 | 2.710 | 0.805 |
| 18 | 4.547 | 2.371 | 0.737 |
| 20 | 4.273 | 2.523 | 0.784 |
| 均值 | 4.611 | 2.164 | 0.648 |

**（3）小结**

A、2019 年秋季

秋季拖网调查鉴定游泳动物 107 种，其中鱼类 53 种，占拖网总种数的 49.53%，虾类 16 种，占 14.95%，蟹类 23 种，占 21.50%，虾蛄类 10 种，占 9.35%，头足类 5 种，占 4.67%。

渔获物中鱼类、虾类、蟹类、虾蛄类、头足类重量分类群百分比分别占 57.12%、10.97%、14.72%、12.16%和 5.03%，尾数分类群百分比分别为 31.91%、28.15%、22.84%、14.57%和 2.54%。

调查海域渔业资源重量和尾数密度分别为 198.96kg/km$^2$ 和 16349ind./km$^2$。其中，鱼类为 87.93kg/km$^2$、3708ind./km$^2$，虾类为 27.81kg/km$^2$、7683ind./km$^2$，蟹类为 60.96kg/km$^2$、3033ind./km$^2$，虾蛄类为 17.57kg/km$^2$、1750ind./km$^2$，头足类为 4.68kg/km$^2$、175ind./km$^2$。

调查中渔获物的优势度差异非常明显，鱼类中叫姑鱼的 *IRI* 指数最高，为 896.66，其次是褐龙头鱼，为 489.47；虾类 *IRI* 指数以哈氏仿对虾最高，为 1869.07，是本次调查最优势的种类，其次是中华管鞭虾，为 802.87，其它种类都在 500 一下；蟹类中以日本蟳 *IRI* 指数最高，为 1695.40，其次是锈斑蟳，为 227.36；虾蛄类中，口虾蛄的 *IRI* 指数为 942.34，头足类在本次调查中渔获较少，因此 *IRI* 指数均小于 500。

本次调查调查海域渔获物总的幼体比例为 66.80%，其中鱼类的幼鱼比例为

43.61%，虾类为 48.76%，虾蛄类为 75.63%，蟹类为 85.06%，头足类幼鱼比例为 63.89%。

渔获物重量多样性指数(*H'*)均值为 2.48(1.64~2.87)，丰富度指数(*D*)均值为 2.80 (2.18~3.76)，均匀度指数(*J'*)为 0.78 (0.52~0.89)；尾数多样性指数(*H'*)均值为 2.53 (2.11~2.88)，丰富度指数(*D*)均值为 4.07 (3.18~5.58)，均匀度指数(*J'*)为 0.80 (0.67~0.91)。

B、2018 年春季

春季拖网定点调查作业渔获的游泳动物共计 89 种，64.3140 kg/km$^2$，6055 ind/km$^2$。其中鱼类 49 种，34.8925 kg/km$^2$，2158 ind/km$^2$；虾类 11 种，10.3190 kg/km$^2$，2518 ind/km$^2$；蟹类 18 种，8.4900 kg/km$^2$，406 ind/km$^2$；口足类 6 种，9.6420 kg/km$^2$，943 ind/km$^2$；头足类 5 种，0.9705 kg/km$^2$，30 ind/km$^2$。优势种类有龙头鱼、中华管鞭虾、口虾蛄等 6 种，常见种类有三疣梭子蟹、双斑蟳、赤魟等 5 种，一般种有银鲳、断脊小口虾蛄、木叶鲽等 32 种，少见种有刀额新对虾、鳗鲶、直额蟳等 37 种，稀有种有鳓、拟矛尾鰕虎鱼、条纹蛸等 9 种。渔获种类个体平均体重为 10.6 g，其中鱼类 16.2 g，虾类 4.1 g，蟹类 20.9 g，口足类 10.2 g，头足类 32.4 g；千克重尾数：鱼类 62 ind，虾类 244 ind，蟹类 48 ind，口足类 98 ind，头足类 31 ind。各站位 Margalef 丰富度指数(*D*)范围为 3.611 ~5.461，平均值为 4.611；Shannon-Wiener 多样性指数（*H'*）范围为 1.625~2.710，平均值为 2.164；Pielou 均匀度指数（*J'*）范围为 0.453~0.805，平均值为 0.648。各站位平均质量密度为 206.707 kg/km$^2$，各站位平均数量密度为 19461 ind/km$^2$。各类别质量密度为：鱼类为 112.145 kg/km$^2$，虾类 33.166 kg/km$^2$，蟹类 27.287 kg/km$^2$，口足类 30.990 kg/km$^2$，头足类 3.119 kg/km$^2$。各类别数量密度为：鱼类 6936 ind/km$^2$，虾类 8093 ind/km$^2$，蟹类 1305 ind/km$^2$，口足类 3031 ind/km$^2$，头足类 96 ind/km$^2$。

### 5.5.7 环境空气质量现状

根据《2018 年厦门市环境质量公报》，厦门市环境空气质量综合指数 3.31，六项主要污染物浓度均优于国家环境空气质量二级标准，其中 $SO_2$、$NO_2$、CO 符合一级标准要求，$PM_{2.5}$ 平均浓度 25 μg/m$^3$ 达到世界卫生组织《空气质量准则》过渡时期第二阶段目标，$O_3$ 平均浓度 127 μg/m$^3$，环境空气质量继续保持全省、全国前列。

按照空气质量指数（AQI）进行评价，2018 年全市空气质量优的天数为 171 天，良的天数为 189 天，轻度污染的天数 5 天（首要污染物为 $O_3$3 天、$NO_2$1 天、$PM_{2.5}$1 天）。空气质量优良率为 98.6%，优级率为 46.9%，与 2017 年相比分别下降 0.6 个百分点和 5.5 个百分点。环境空气质量综合指数 3.31，较 2017 年改善 0.06。

厦门市六项主要污染物年均浓度值分别为：二氧化硫（$SO_2$）0.009 mg/m$^3$、二氧化氮（$NO_2$）0.031 mg/m$^3$、可吸入颗粒物（$PM_{10}$）0.046 mg/m$^3$、细颗粒物（$PM_{2.5}$）0.025 mg/m$^3$、一氧化碳（CO）95 百分位浓度值 0.9 mg/m$^3$、臭氧（$O_3$）90 百分位浓度值 0.127 mg/m$^3$。

根据厦门市环境空气质量功能区划，本项目所在区域执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准。根据表 5.5-67，六项基本污染物 $SO_2$、$NO_2$、CO、$PM_{2.5}$、$O_3$、$PM_{10}$ 全部达标，因此，本项目所在区域属于环境空气质量达标区。

**表 5.5-67　区域空气质量现状评价表**

| 污染物 | 年评价指标 | 现状浓度 mg/m$^3$ | 标准值 mg/m$^3$ | 占标率 % | 达标情况 |
|---|---|---|---|---|---|
| $SO_2$ | 年平均质量浓度 | 0.009 | 0.06 | 15 | 达标 |
| $NO_2$ | 年平均质量浓度 | 0.031 | 0.04 | 78 | 达标 |
| $PM_{2.5}$ | 年平均质量浓度 | 0.025 | 0.035 | 71 | 达标 |
| $PM_{10}$ | 年平均质量浓度 | 0.046 | 0.07 | 66 | 达标 |
| CO | 95%日平均质量浓度 | 0.9 | 4.0 | 23 | 达标 |
| $O_3$ | 90% 8 小时平均质量浓度 | 0.127 | 0.16 | 79 | 达标 |

### 5.5.8 声环境质量现状

根据《2018 年厦门市环境质量公报》，厦门市区域环境噪声质量一般，声级范围在 47.2dB(A)~63.7 dB(A)，平均等效声级为 55.3 dB(A)，污染程度同比略有下降。昼间道路交通噪声质量较好，平均等效声级为 66.4 dB(A)，与 2017 年相比，城市昼间道路交通污染程度略有下降。城市功能区噪声质量总体良好，昼、夜间达标率分别为 100%、77.5%，同比昼间达标率略有上升，夜间达标率略有上升。

# 第六章　环境影响预测与评价

## 6.1 水文动力影响预测与评价

### 6.1.1 数学模型

#### 6.1.1.1 潮流场基本方程

正交曲线坐标系下的平面二维潮流数学模型基本方程为：

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t}+\frac{1}{C_\xi C_\eta}\left[\frac{\partial}{\partial \xi}\left(DuC_\eta\right)+\frac{\partial}{\partial \eta}\left(DvC_\xi\right)\right]=0 \tag{6.1-1}$$

$$\begin{aligned}&\frac{\partial u}{\partial t}+\frac{u}{C_\xi}\frac{\partial u}{\partial \xi}+\frac{v}{C_\eta}\frac{\partial u}{\partial \eta}+\frac{uv}{C_\xi C_\eta}\frac{\partial C_\xi}{\partial \eta}-\frac{v^2}{C_\xi C_\eta}\frac{\partial C_\eta}{\partial \xi}=\\&fv-\frac{g}{C_\xi}\frac{\partial \zeta}{\partial \xi}+E_\xi\left(\frac{1}{C_\xi}\frac{\partial A}{\partial \xi}-\frac{1}{C_\eta}\frac{\partial B}{\partial \eta}\right)-\frac{gu}{C^2D}\sqrt{u^2+v^2}\end{aligned} \tag{6.1-2}$$

$$\begin{aligned}&\frac{\partial v}{\partial t}+\frac{u}{C_\xi}\frac{\partial v}{\partial \xi}+\frac{v}{C_\eta}\frac{\partial v}{\partial \eta}+\frac{uv}{C_\xi C_\eta}\frac{\partial C_\eta}{\partial \xi}-\frac{u^2}{C_\xi C_\eta}\frac{\partial C_\xi}{\partial \eta}=\\&-fu-\frac{g}{C_\eta}\frac{\partial \zeta}{\partial \eta}+E_\eta\left(\frac{1}{C_\xi}\frac{\partial B}{\partial \xi}+\frac{1}{C_\eta}\frac{\partial A}{\partial \eta}\right)-\frac{gv}{C^2D}\sqrt{u^2+v^2}\end{aligned} \tag{6.1-3}$$

式中：

$$A=\frac{1}{C_\xi C_\eta}\left[\frac{\partial}{\partial \xi}\left(uC_\eta\right)+\frac{\partial}{\partial \eta}\left(vC_\xi\right)\right]$$

$$B=\frac{1}{C_\xi C_\eta}\left[\frac{\partial}{\partial \xi}\left(vC_\eta\right)-\frac{\partial}{\partial \eta}\left(uC_\xi\right)\right]$$

$D$ 为总水深，$D=\zeta+h$，$\zeta$ 为水位，$h$ 为水深；$\xi$、$\eta$ 分别为正交贴体坐标的纵横向计算网格方向；$u$、$v$ 分别为沿 $\xi$、$\eta$ 方向的水流速度分量；$C_\xi$、$C_\eta$ 为为拉梅系数（即 $\xi$、$\eta$ 方向曲线网格的长度），$C_\xi=\left(x_\xi^2+y_\xi^2\right)^{1/2}$，$C_\eta=\left(x_\eta^2+y_\eta^2\right)^{1/2}$；$f=2\omega\sin\varphi$ 为科氏力系数（$\omega$ 为地球自转角速度，$\varphi$ 为工程所在地区地球纬度）；$E$ 为水平涡粘扩散系数；C 为谢才系数，$C=\frac{1}{n}\left(h+\zeta\right)^{\frac{1}{6}}$，$n$ 为曼宁系数；$g$ 为重

力加速度。

### 6.1.1.2 定解条件

①初始条件

$$\begin{cases} u(t,x,y)\big|_{t=0} = u_0(x,y) \\ v(t,x,y)\big|_{t=0} = v_0(x,y) \\ \zeta(t,x,y)\big|_{t=0} = \zeta_0(x,y) \end{cases}$$

其中：$u_0$、$v_0$、$\zeta_0$分别为初始流速、潮位，潮位、流速初始值通常取常数，$t_0$为起始计算时间。

②边界条件

开边界$\Gamma_0$采用水位边界：$\zeta\big|_{\Gamma_0} = \zeta_a(t,x,y)$

式中：$\zeta_a$均为根据现场观测资料确定的已知量，用潮位过程控制。

闭边界$\Gamma_c$采用不可入条件，即$V_n = 0$，法向流速为 0，$n$ 为边界的外法向。

### 6.1.1.3 计算方法

微分方程离散时，时间采用前差分格式，空间采用交错网格的中心差分格式。

二维数值计算采用 ADI 法，把时间步长分成两步进行，前半步隐式计算$\xi$方向的流速分量及潮位，显式计算$\eta$方向的流速分量；后半步隐式计算$\eta$方向的流速分量及潮位，显式计算$\xi$方向的流速分量。该方法理论成熟、计算效率高、稳定性好，在工程数值模拟计算中得到了广泛应用。

### 6.1.1.4 扩大厦门湾潮流数学模型建立

（1）模型范围选取及地形处理

考虑到本海区复杂的地貌特征和水环境特点，为客观反映工程海域附近的水动力特征，模型研究范围涵盖了厦门湾、安海湾、围头湾、浮头湾等海域，南起漳州市古雷头（117°35′E，24°43′N），北至泉州市深沪镇（118°40′E，24°37′N），见图6.1-1。外海开边界的南侧取在漳州市的古雷镇，东侧取在泉州市的深沪镇。计算域南北长约100km，东西宽约105km。

模型计算所需的水深资料通过相关海图获得，海图主要包括海军航保部海图和近期工程区局部测图，同时结合近期厦门湾局部海域水深测图进行修正，模型计算基面统一至当地理论最低潮面。采用的海图资料主要有：

图名：大嶝航道至集美，图号：14261（2001年，比尺1：25 000）

图名：料罗湾及附近，图号：14271（2001年，比尺 1：25 000）

图名：厦门东侧及金门水道，图号：14281（2001年，比尺1：25 000）

图名：厦门港及附近，图号：14291（2002 年，比尺 1：30 000）

图名：九龙江口，图号：14295（2003 年，比尺 1：25 000）

图名：深沪湾至东碇岛，图号：14240（2002 年，比尺 1：100 000）

厦门同安湾海域采用 2008 年实测地形，围头湾海域采用 2010 年实测地形，海砂开采区采用 2013 年实测地形。

模型计算域见图 6.1-1（图中 AB、BC 分别为模型计算的南开边界和东开边界）。

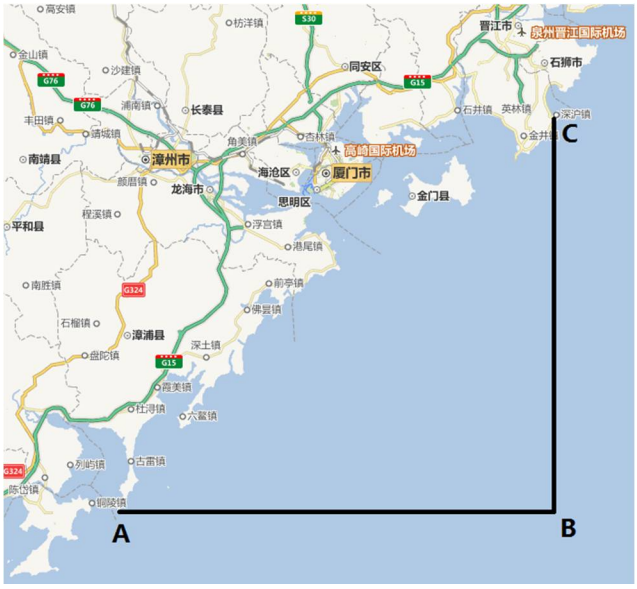



图 6.1-1 模型计算范围

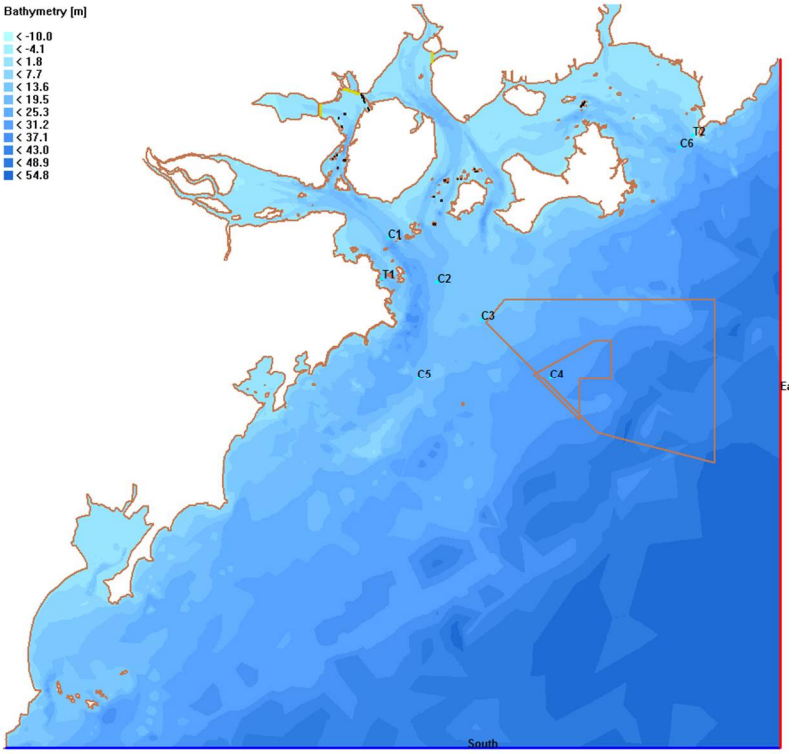



图 6.1-2 计算域地形（当地理论最低潮面）（单位：m）

（2）网格剖分及计算参数

采用正交曲线网格剖分，网格数为 749×749，工程区局部网格加密，空间最小步长约 50m，外海网格较疏，空间步长约为 150m（见图 6.1-3）。工程区局部加密网格见图 6.1-4。

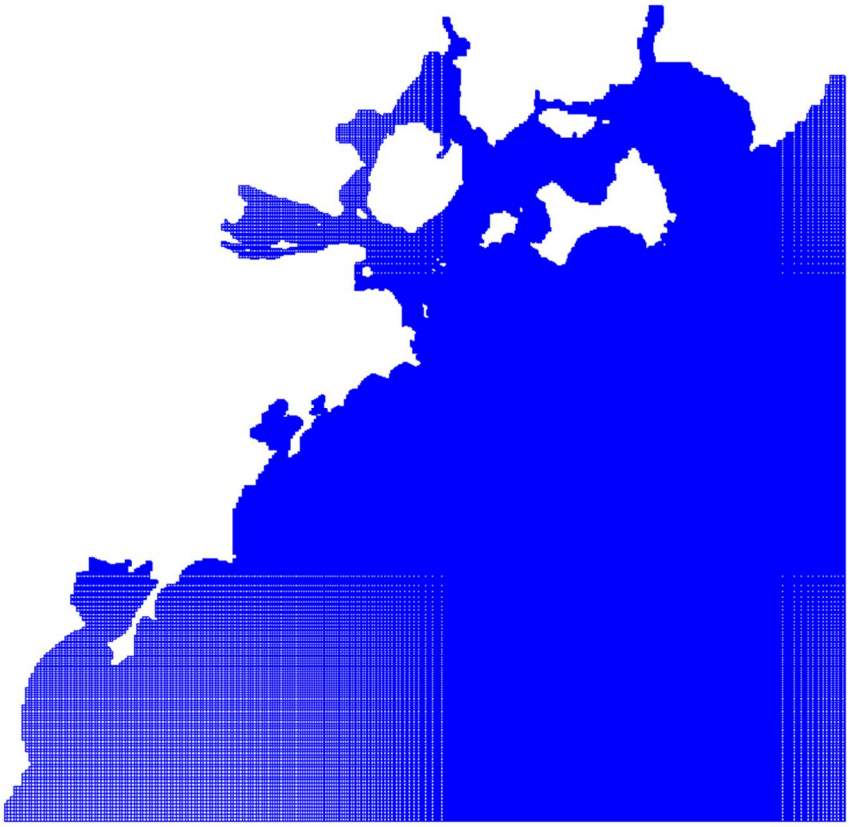


图 6.1-3 模型计算网格剖分（坐标单位：m）

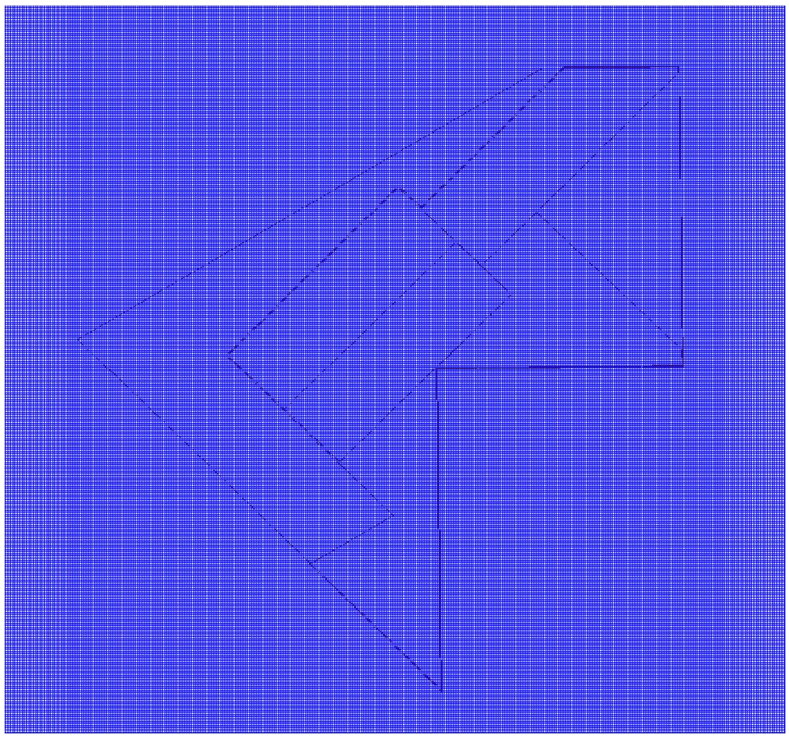


图 6.1-4 工程区局部网格加密处理

模型主要参数见表 6.1-1。

表 6.1-1 模型主要参数

| 参数名称 | 参数取值 |
| --- | --- |
| 网格单元数 | 749×749 |
| 空间步长 | 50m～150m |
| 时间步长 | 30s |
| 动边界水深 | 0.05m |
| 糙率 | 0.015~0.025m |
| 水平涡粘扩散系数 | $20m^2/s$ |

（3）初始条件

$$\begin{cases} u(t,x,y)\big|_{t=0}=0 \\ v(t,x,y)\big|_{t=0}=0 \\ \zeta(t,x,y)\big|_{t=0}=\zeta_0(x,y) \end{cases}$$

其中：$\zeta_0$ 为初始潮位值，参考外海开边界初始潮位值给定。

（4）控制边界条件

①河流径流边界条件

计算域中包含九龙江、同安湾东溪、西溪、九溪、石井江等入海河流，在数学模型计算中加入各溪流的平均流量作为入海河流的径流边界条件。

②外海开边界条件

外海开边界分为南开边界和东开边界（见图 6.1-1 中的 A-B 段和 B-C 段），采用水位过程作为开边界条件。由中国近海潮波模型提供 A、B、C 三点的水位过程，通过线性插值分别得到南、东两个开边界上中间各网格点的水位过程。

③固壁条件

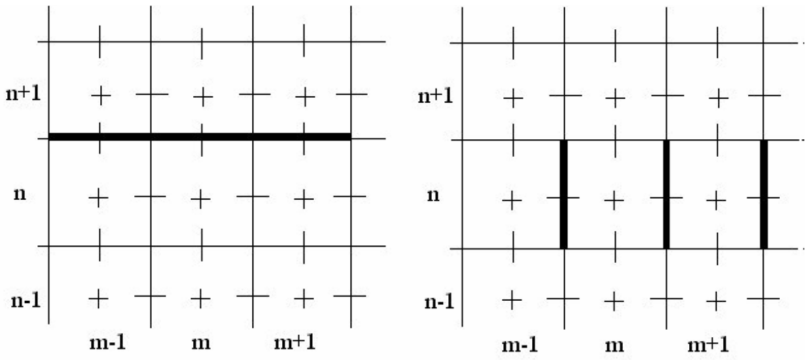
流速采用无滑动条件，$u=v=0$。

④动边界处理

计算海域有较大范围浅滩，高潮时淹没低潮时出露，计算过程中要求正确反映浅滩的淹没与干出（干湿）特征，需采用适当的动边界处理技术。

动边界处理方法有多种，本项目研究中采用冻结法，根据节点的水深判断是否露滩，当水深小于某一控制水深时，节点潮位“冻结”不变，要进行下一时刻计算前，被冻结的节点水深由周边节点水深修正，如水深大于控制水深则参与计算。为避免水量和动量的过分冻结引起失真，动边界控制水深采用 5cm。

⑤Thin-Dam（薄坝）技术




（*a*） *v* 向　　（*b*） *u* 向

图 6.1-6 Thin-Dam 使用示意图

因厦门湾高集、集杏等海堤的宽度约为 20m 左右，而模型所用网格最小为 50m 左右，为更好地模拟潮流场变化，模型计算中采用 Thin-Dam（薄坝）技术。Thin-Dam 是在流速点上定义的一种狭长形的结构物，它可以阻碍相邻计算网格之间的水流交换，但不影响水域面积和水体体积。小型结构物如防波堤、水闸、坝类等，尺度较小但足以影响水流结构。Thin-Dam 分割了水流，但不改变两侧网格的地形。

本研究中厦门湾各海堤均采用该技术加以处理。

## 6.1.2 潮流场数学模型验证

为检验潮流场数学模型的可靠性，对现状岸线及地形条件下的潮流场进行潮位、潮流的验证。

（1）验证资料来源

福建省水产所于 2019 年 09 月 13 日 09 时～2019 年 9 月 14 日 14 时（阴历八月十五~十六）和 2019 年 09 月 21 日 09 时～2019 年 9 月 22 日 14 时（阴历八月廿三～廿四）进行了大小潮的水文观测，潮位、潮流站布设见图 6.1-7。

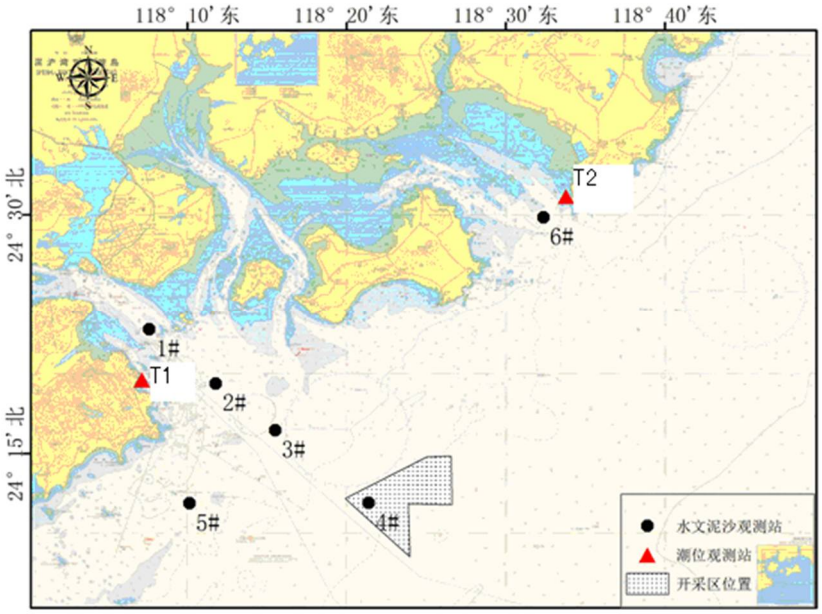
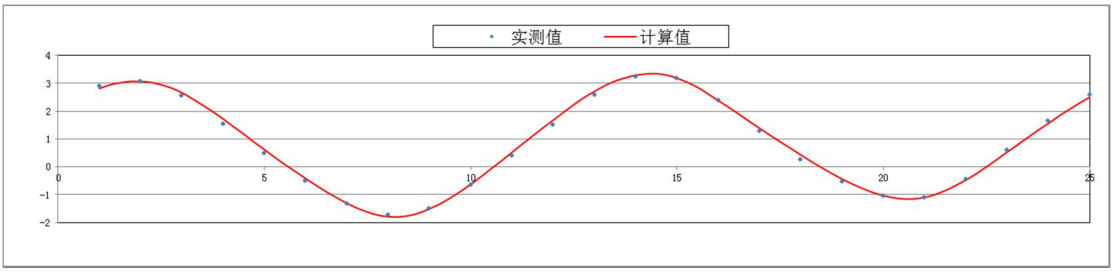



图 6.1-7 潮位、潮流站位布设图

（2）数学模型验证

①潮位验证

图 6.1-8 为实测大潮位与数学模型的计算潮位的对比。可以看出计算潮位与实测潮位吻合程度较好，相位基本一致，潮位误差在 15cm 之内，高低潮位相差最大为 10cm，基本满足潮流泥沙数值模拟研究规范的要求。



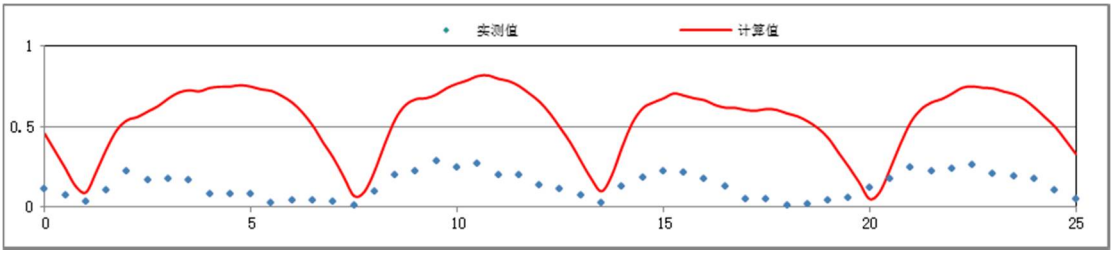

（*a*）大嶝站

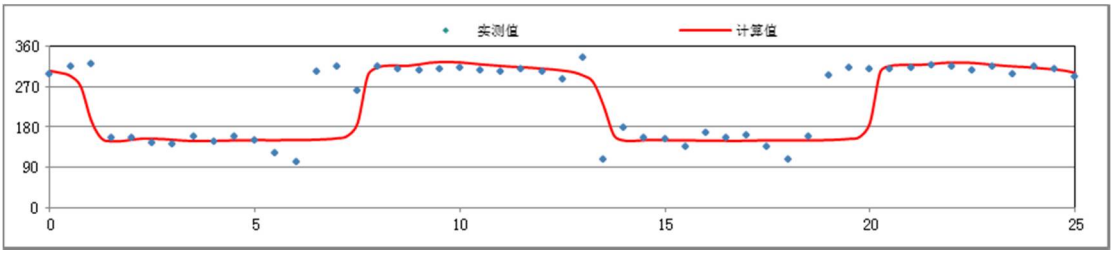
图 6.1-8 潮位验证图（大潮）

②潮流验证

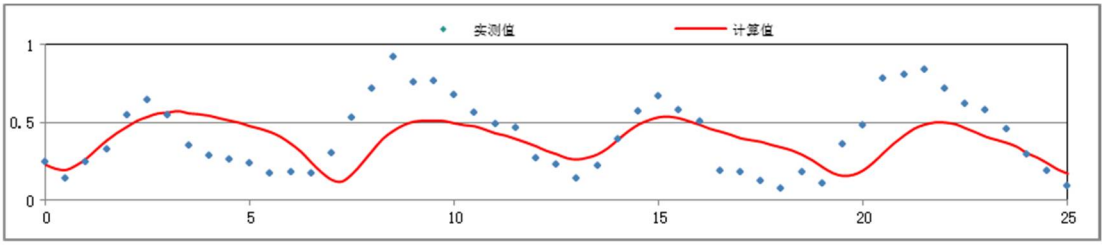
对 2019 年 09 月的实测大潮的流速、流向进行了验证，给出的验证对比图见图 6.1-9。

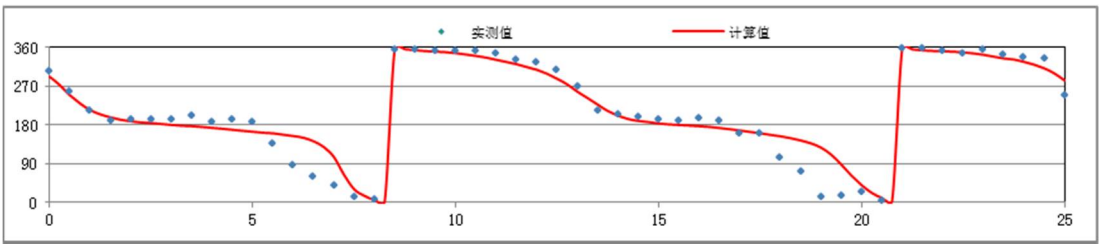
可以看出，除了 C1 站的计算流速较实测流速偏大外，其余各站的流速流向曲线吻合良好，流速大小基本一致，流向基本相同，基本能潮流泥沙数值模拟研究规范的要求。


实测值
计算值
1
0.5
0
0
5
10
15
20
25

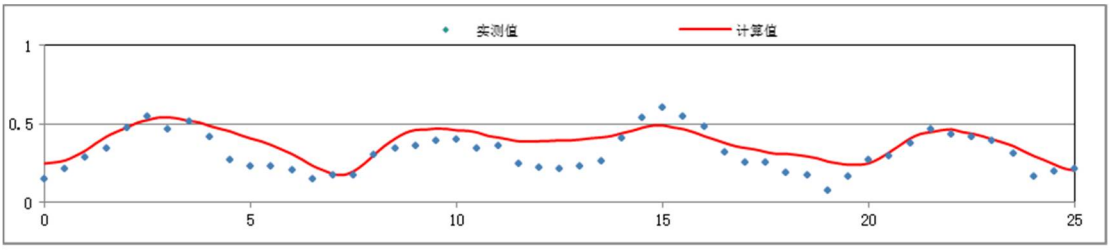

实测值
计算值
360
270
180
90
0
0
5
10
15
20
25

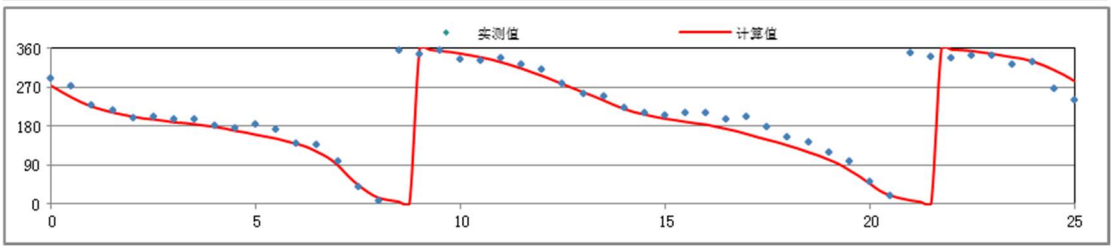
C1 站


实测值
计算值
1
0.5
0
0
5
10
15
20
25

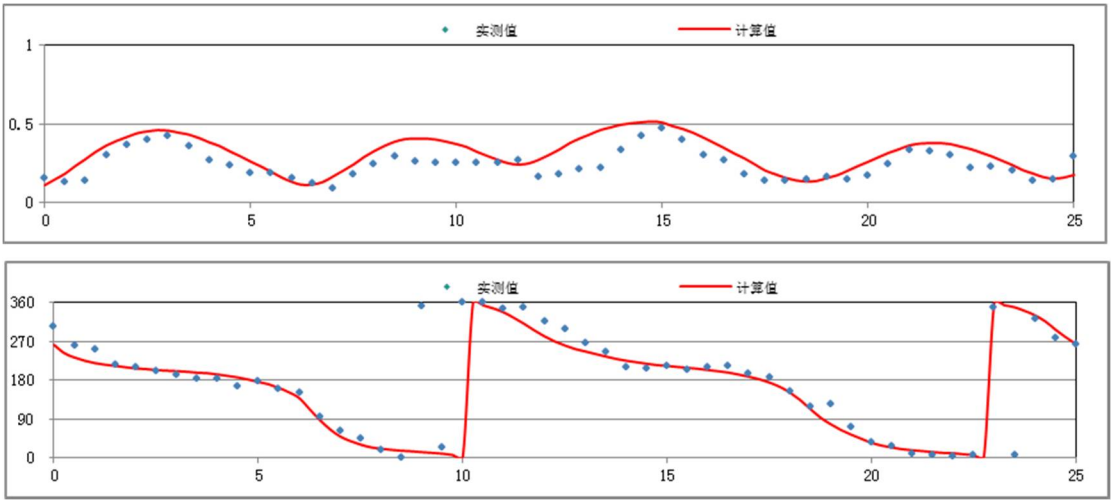

实测值
计算值
360
270
180
90
0
0
5
10
15
20
25

C2 站

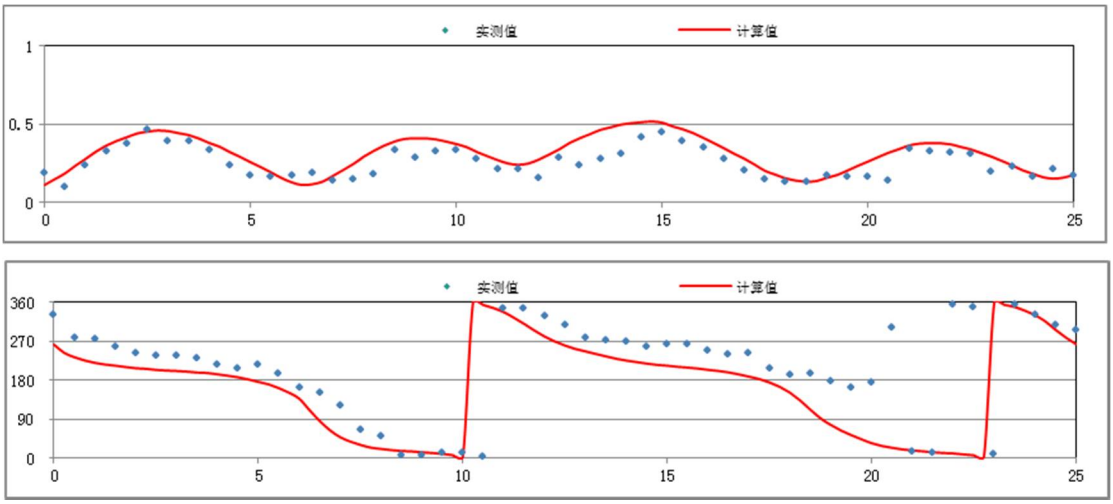

实测值
计算值
1
0.5
0
0
5
10
15
20
25


实测值
计算值
360
270
180
90
0
0
5
10
15
20
25

C3 站




C4 站




C5 站

图 6.1-9 实测垂线平均流速/流向与模拟计算流速/流向的比较（验证大潮）

从模型验证结果看，计算潮位、流速、流向过程与实测过程符合程度较好，基本满足《海岸与河口潮流泥沙模拟规程》（JTJ/T 231-2-1010）要求。说明模型采用的边界控制条件是正确的，模型确定的水流阻力参数是合理的，能较好地复演天然流场，可用于工程方案实施后的潮流场计算研究。。

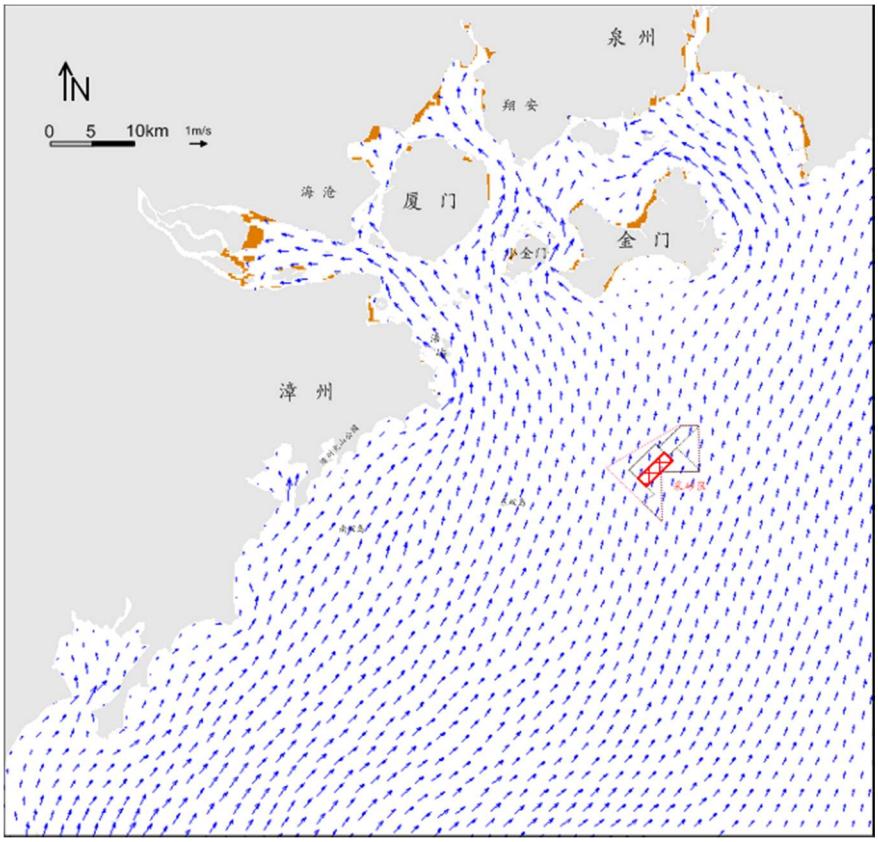
## 6.1.3 工程前后潮流场变化与分析

### 6.1.3.1 工程前潮流场

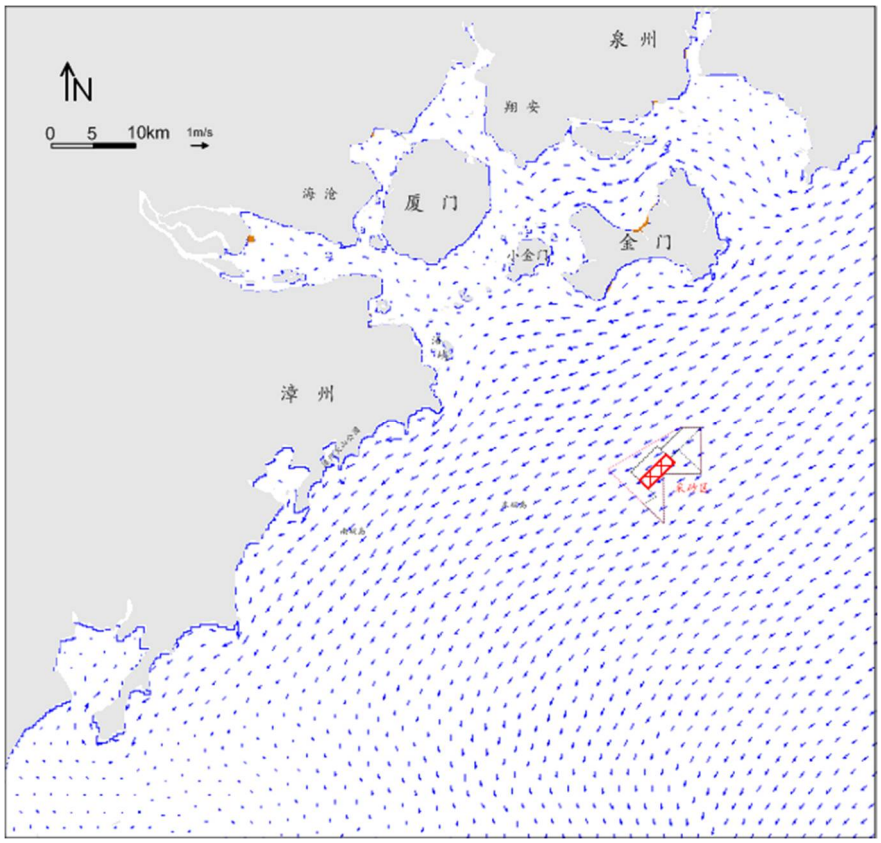
图6.1-10为典型时刻计算海域工程前潮流流场图，图6.1-11为典型时刻采砂区局部海域的工程前潮流流场图，图6.1-12为计算海域的潮流矢量图。

整体上，涨潮流沿着海岸线由西南向东北涨潮，在采砂区附近海域，涨潮流一部分进入厦门湾，一部分继续向东北方向流动。落潮流的方向与涨潮流相反，沿着海岸线由东北向西南落潮。从涨、落急流速大小来看，采砂区的涨潮、落潮最大流速在0.3m/s~0.5m/s以及0.3m/s~0.7m/s之间。

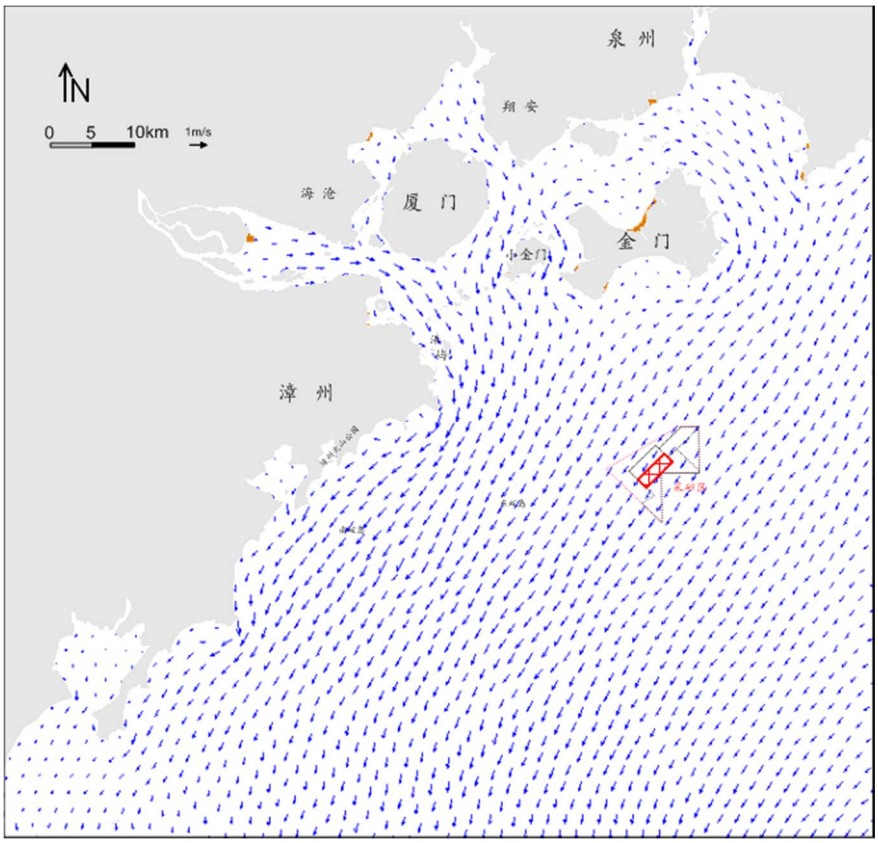
在采砂区及附近海域，涨潮流流向为西南~东北，而落潮流流向正好相反，为东北~西南，流态较为平顺，流矢基本平行，流矢大小基本相等。



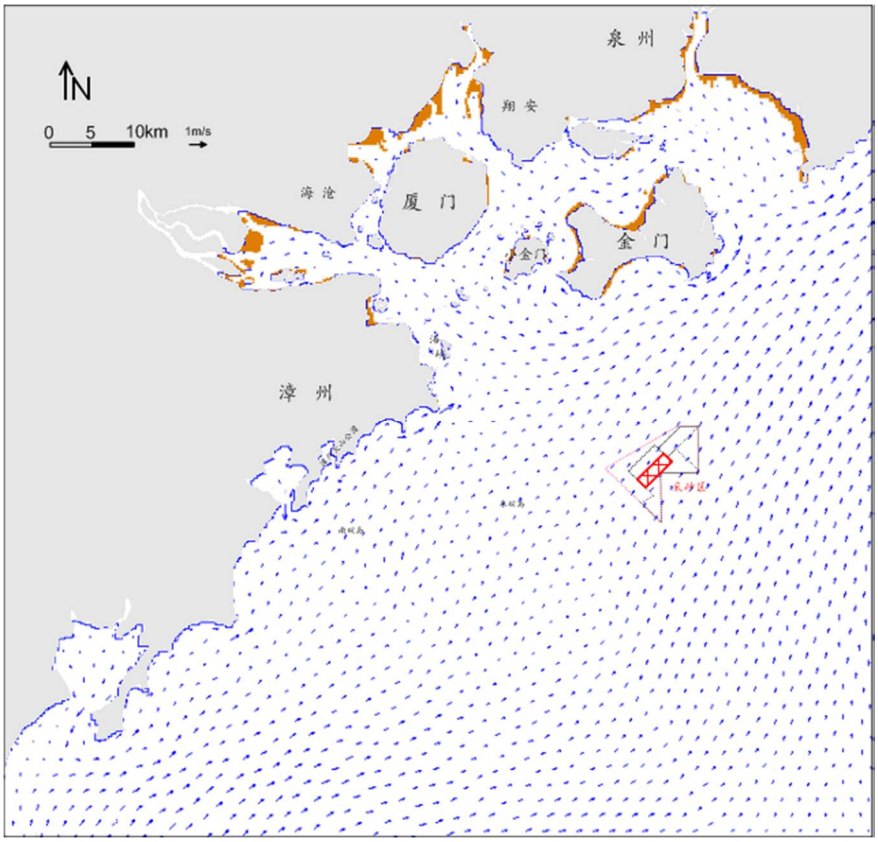

（*a*）涨急


N
0 5 10km
1m/s
泉 州
翔 安
海 沧
厦 门
小金门
金 门
漳 州

（*b*）高潮

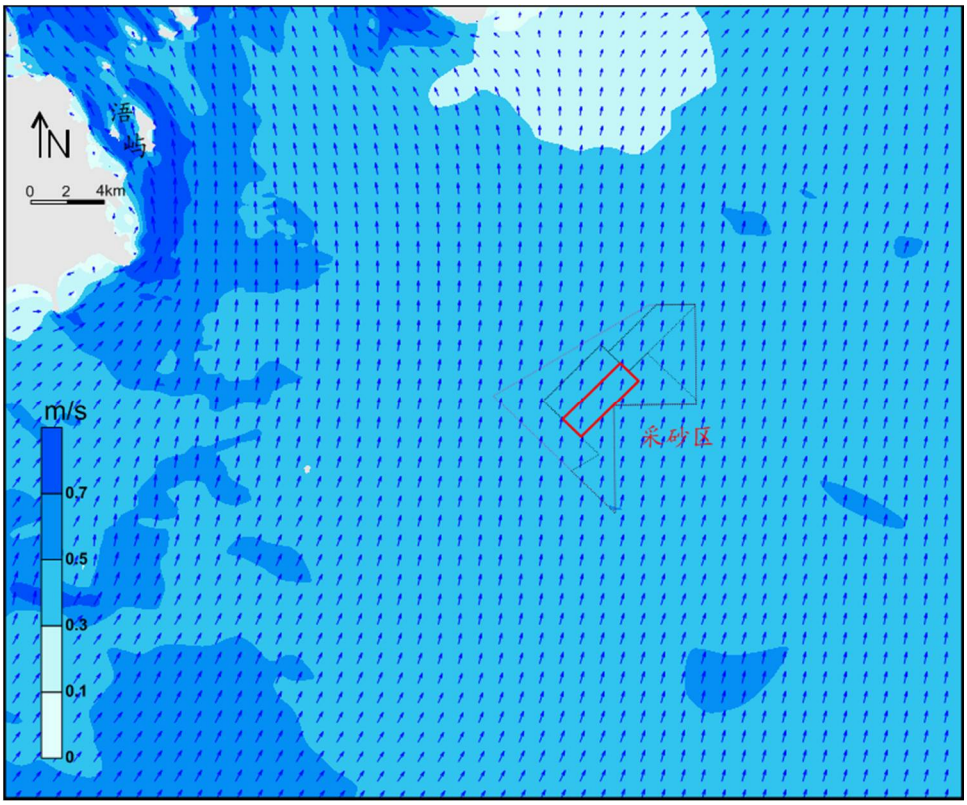

N
0 5 10km
1m/s
泉 州
翔 安
海 沧
厦 门
小金门
金 门
漳 州

（*c*）落急

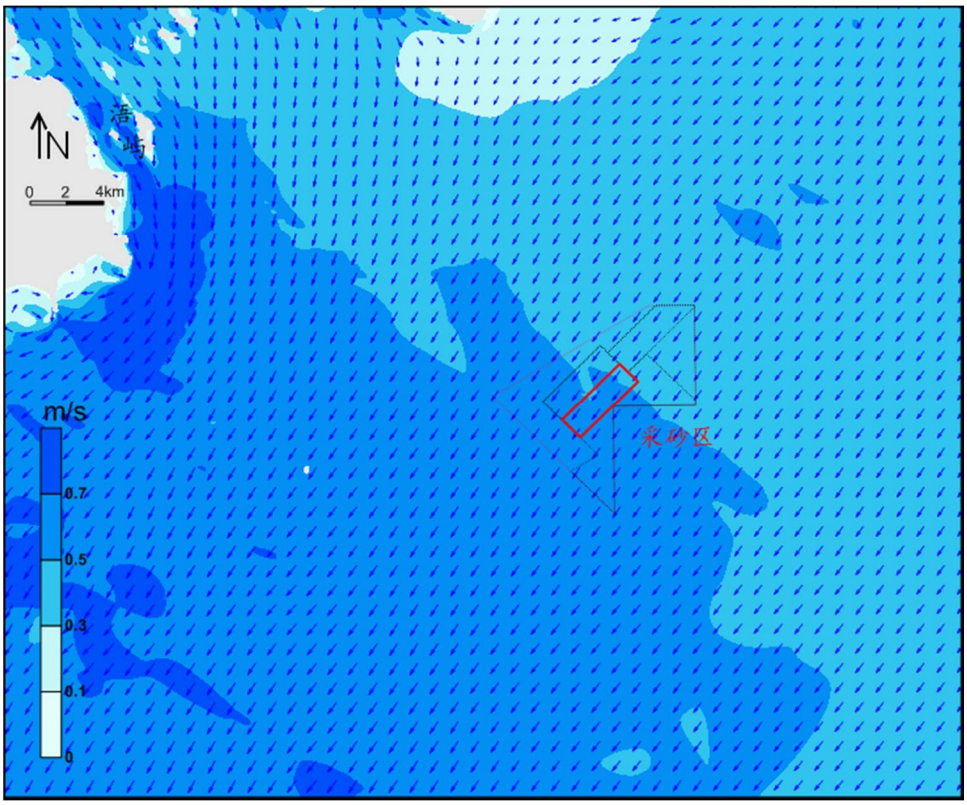



（*d*）低潮

图 6.1-10 典型时刻计算海域的潮流形态（大潮）




（*a*）涨急




（c）落急

图 6.1-11 采砂区附近典型时刻计算海域的潮流形态（大潮）

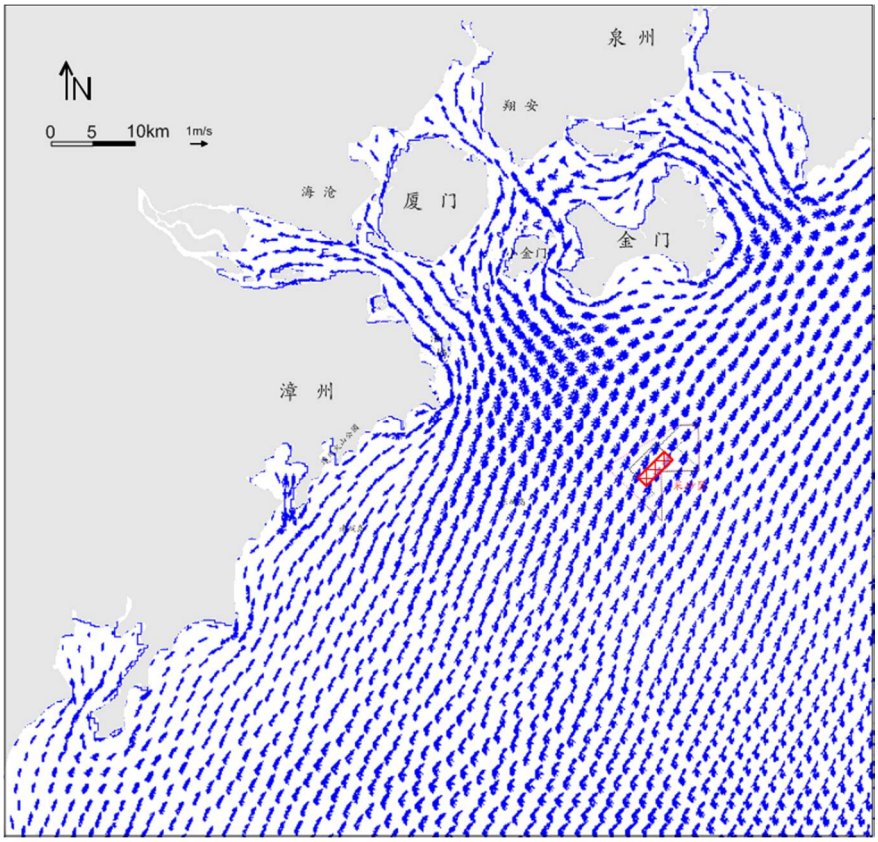
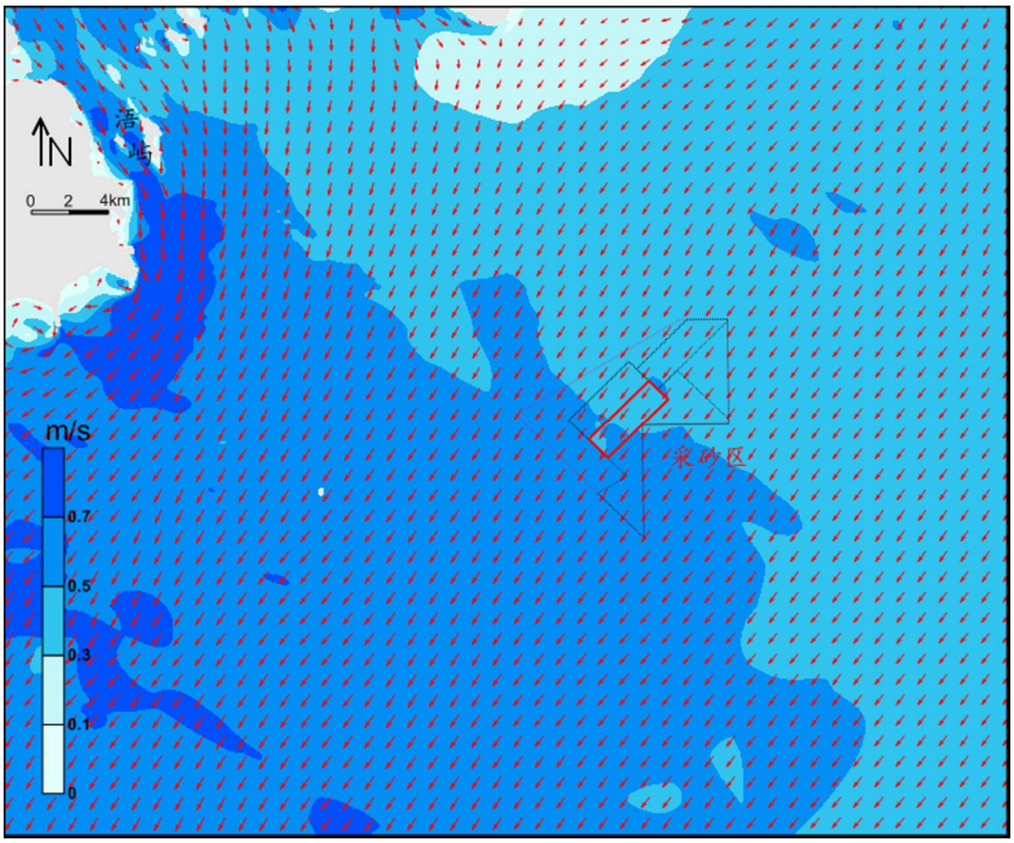


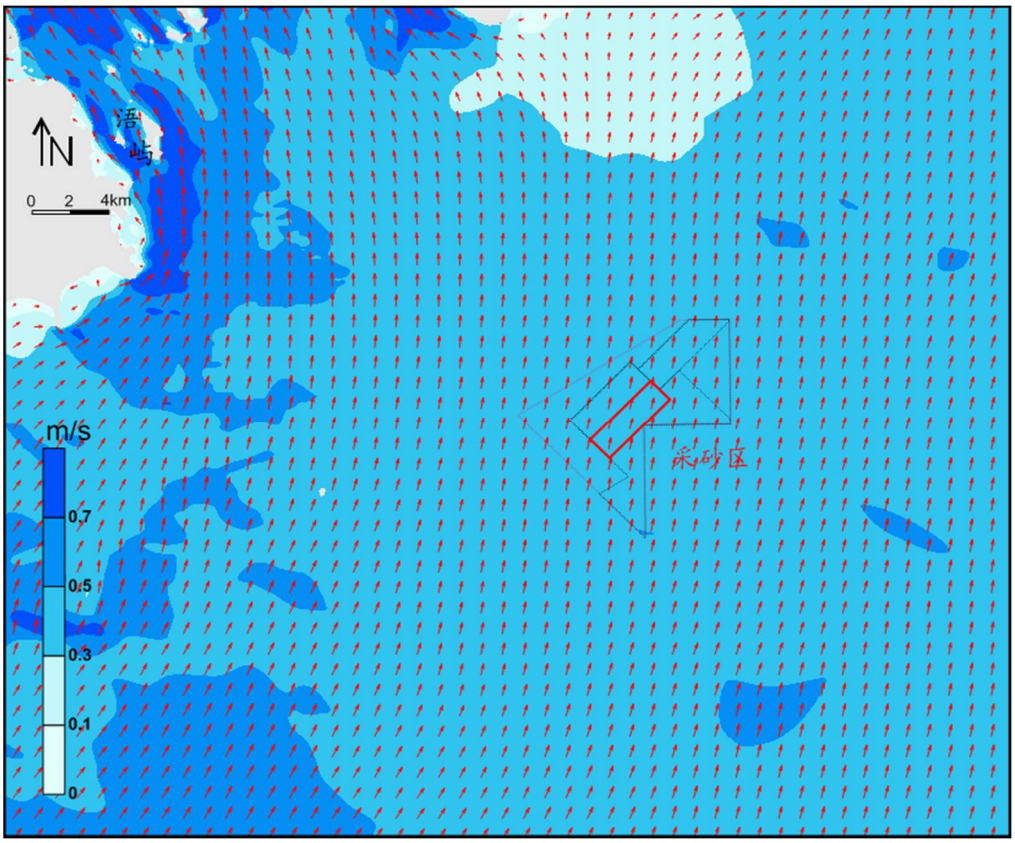

图 6.1-12 计算海域的潮流矢量图（大潮）

### 6.1.3.2 工程后潮流场

图 6.1-13 为工程后典型时刻潮流场。图 6.1-14 为工程前后潮流形态对比图。可以看出，大部分海域的潮流形态没有发生改变。工程区及附近的周边海域尽管有采砂工程实施，潮流形态发生改变较小，工程前后的流矢基本重合。

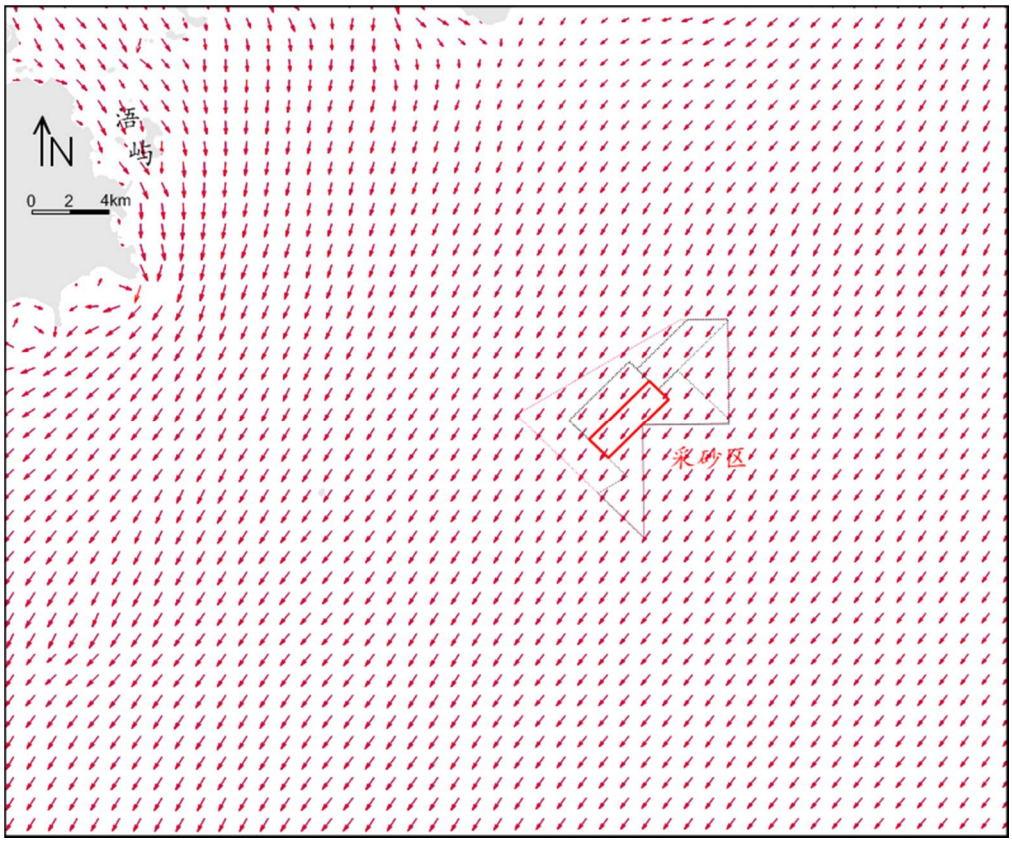



（*b*）落急

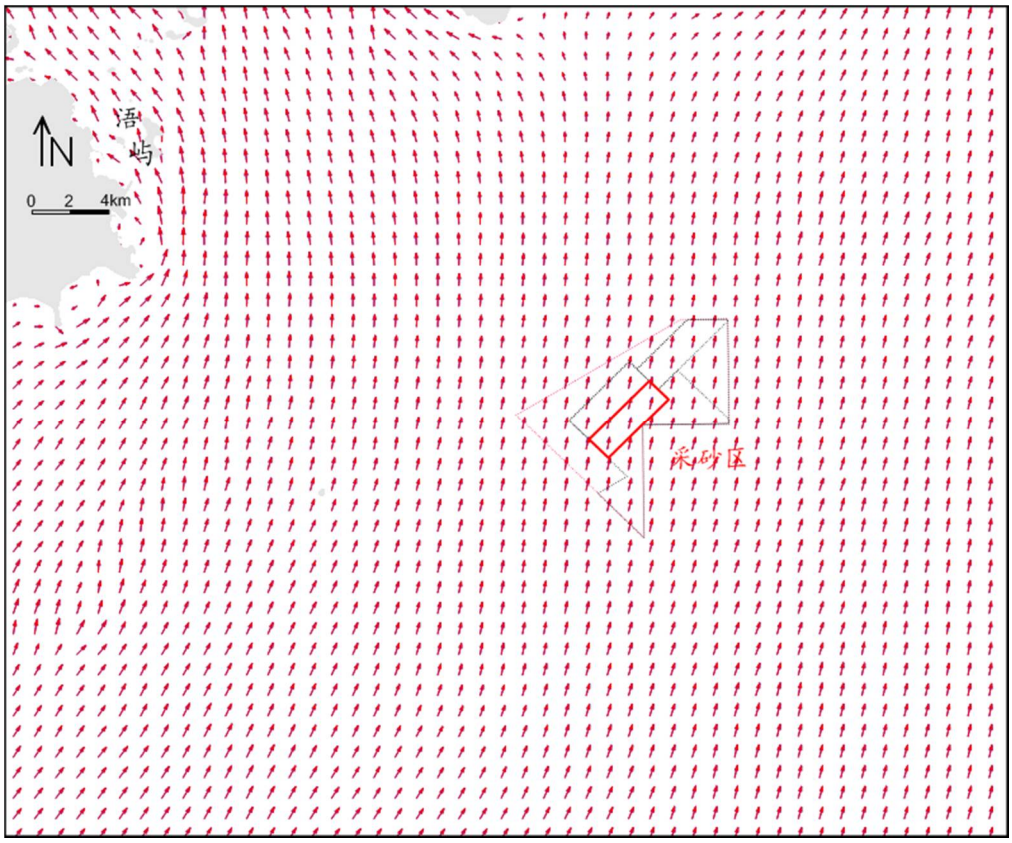



（*d*）涨急

图 6.1-13 工程后典型时刻潮流场



（*a*）落急




（*b*）涨急

图 6.1-14 工程前后潮流形态对比（黑：工程前，红：工程后）

### 6.1.3.3 潮位变化分析

以位于采砂区中心区的 S4 点的潮位变化过程作为代表，分析采砂工程对潮位过程的影响。潮位过程对比见图 6.1-15。

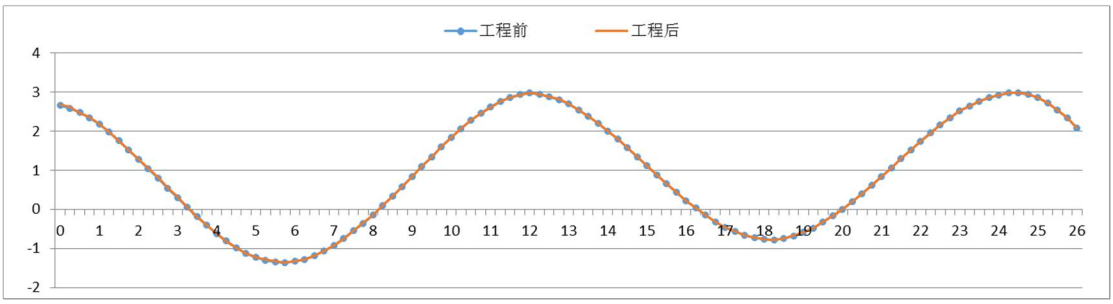


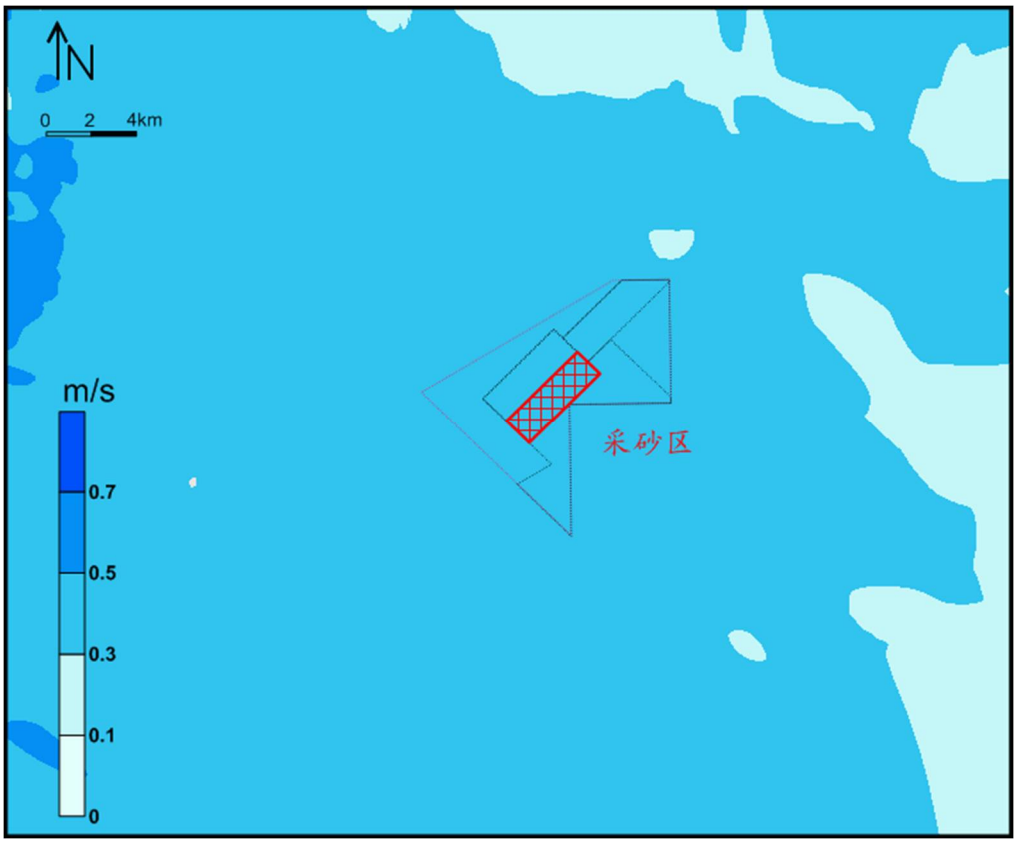

图 6.1-15 工程前后采砂区 S4 点潮位变化过程对比（1985 国家高程基准）

计算结果表明，潮位基本不受采砂工程的影响，潮位过程变化极小，正负偏差小于 1cm，潮差不变，涨、落潮历时也没有变化。

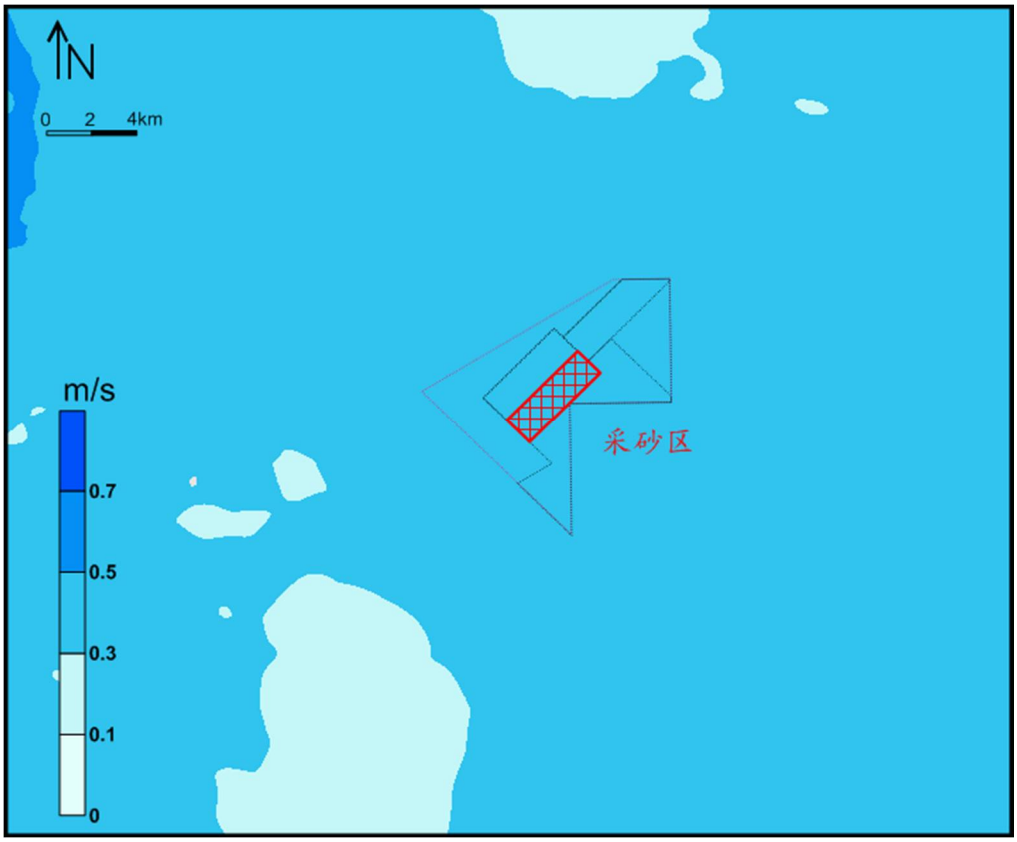
### 6.1.3.4 工程前后区域流速变化

图 6.1-16 为工程前、工程后涨潮、落潮平均流速，图 6.1-17 为工程前后平均流速的变化（涨潮、落潮）。

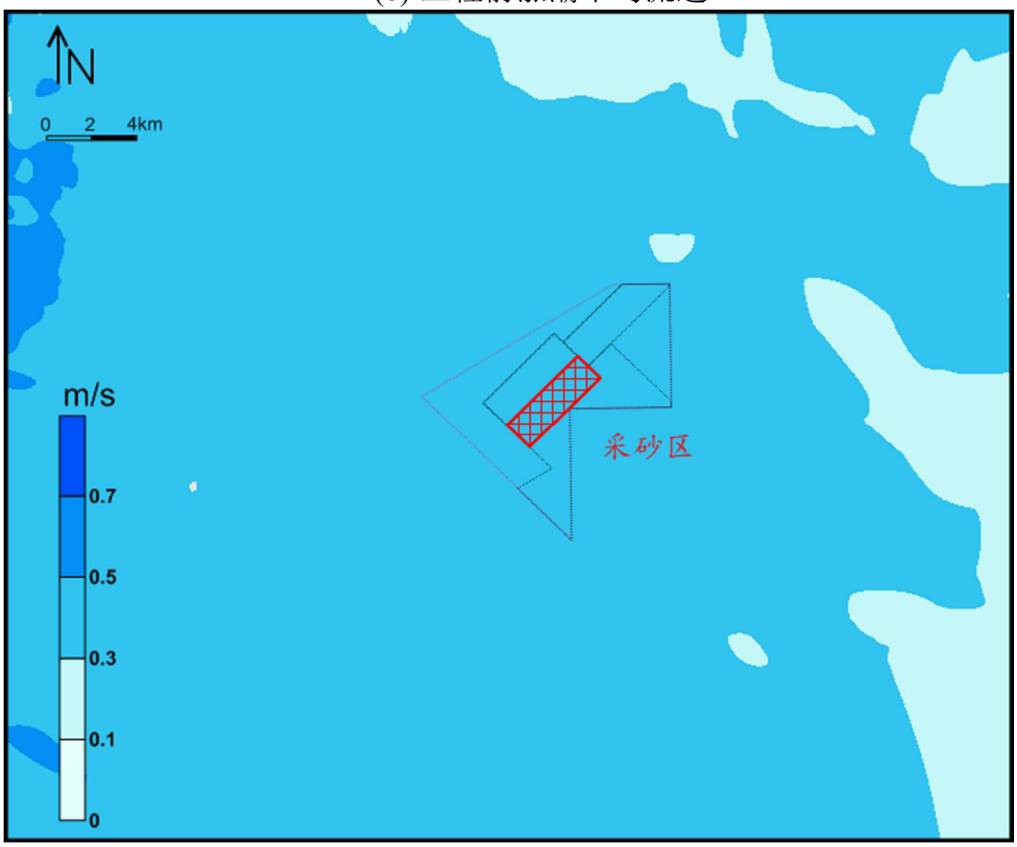
从涨、落潮平均流速来看，其流速变化区域基本局限在采砂区域及周边 1km 以内的范围。在采砂区内，涨落潮平均流速减小幅度在 0.01m/s~0.03m/s 之间。在采砂区外的东北和西南 1km 以内的海域最大有 0.01~0.03m/s 的流速增加，对其余海域的平均流速影响很小。



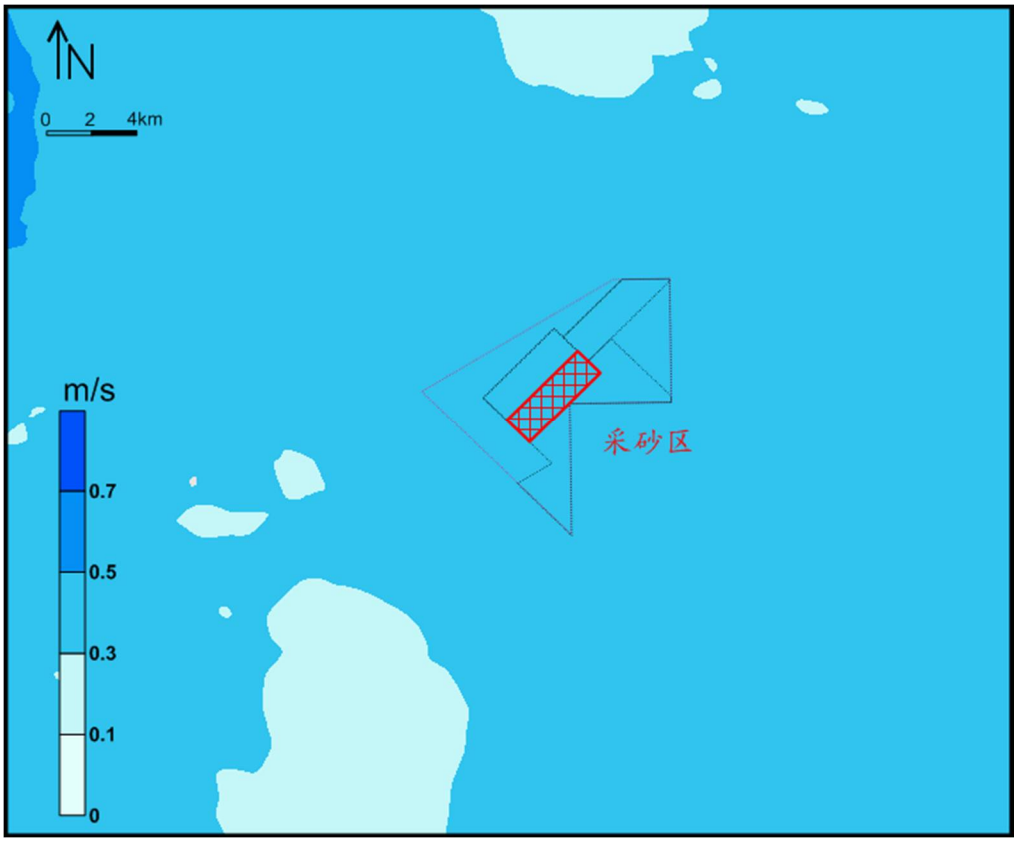

(a) 工程前落潮平均流速




(b) 工程前涨潮平均流速

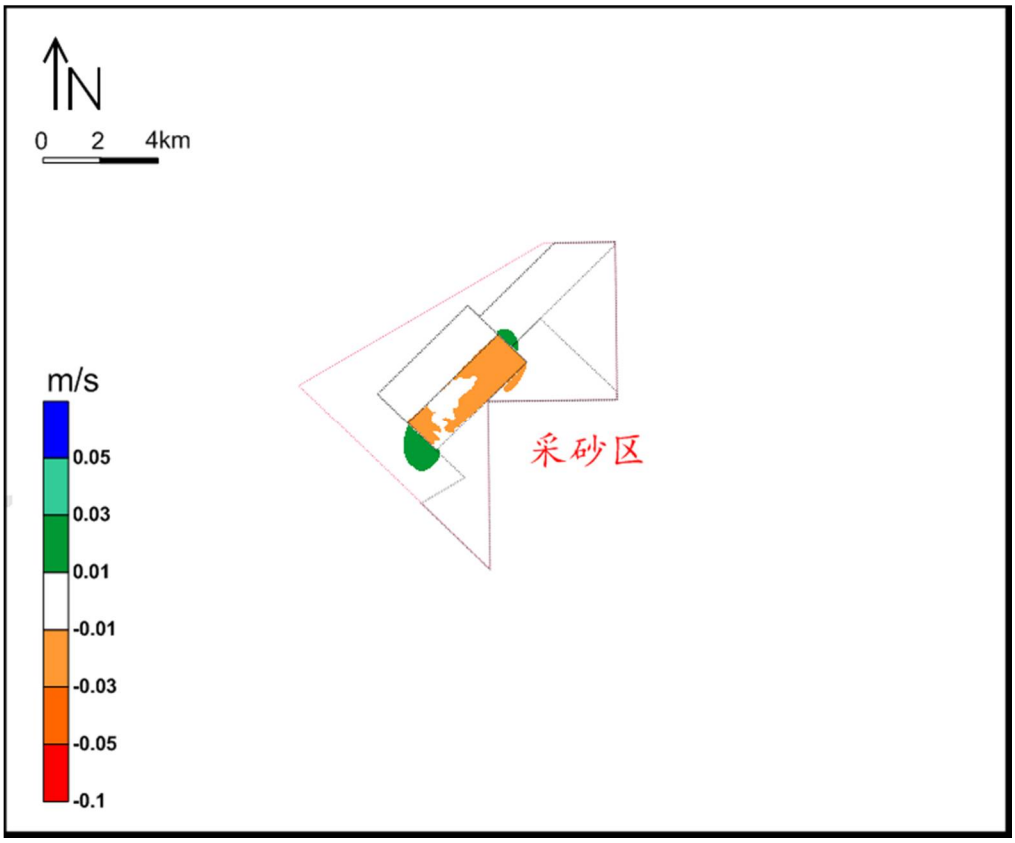



(c) 工程后落潮平均流速

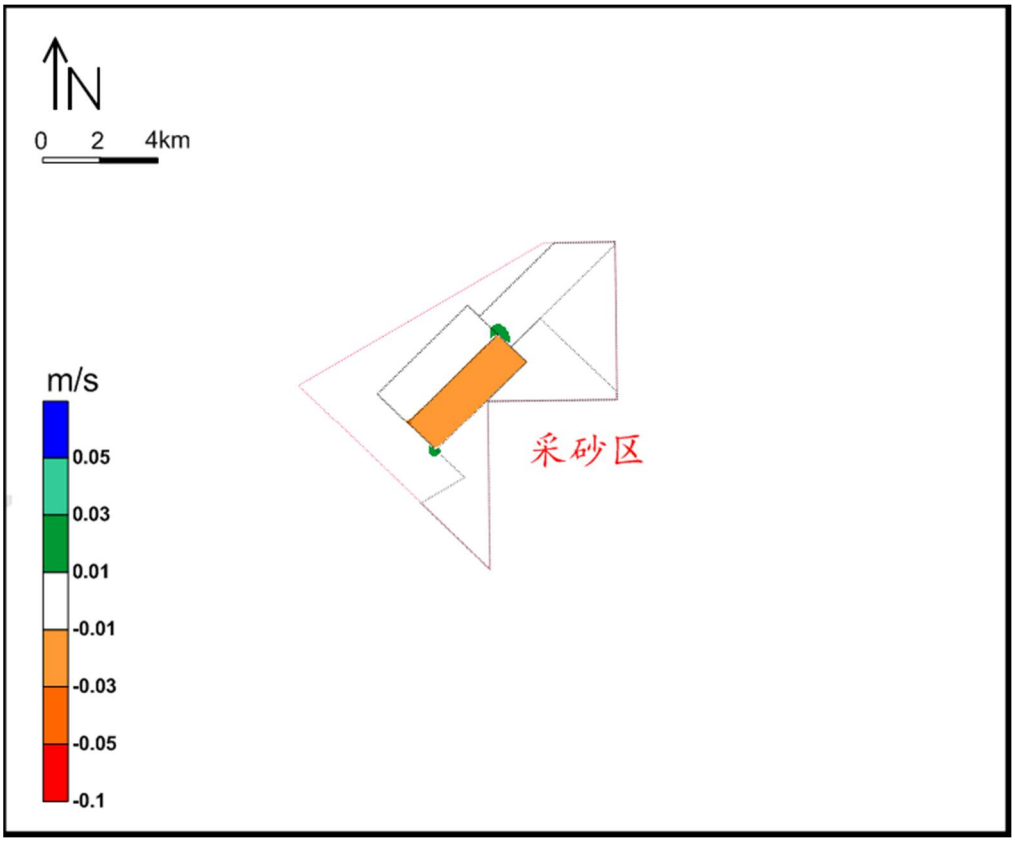



(d) 工程后涨潮平均流速

图 6.1-16 工程前、后平均流速




（*a*）落潮平均流速变化

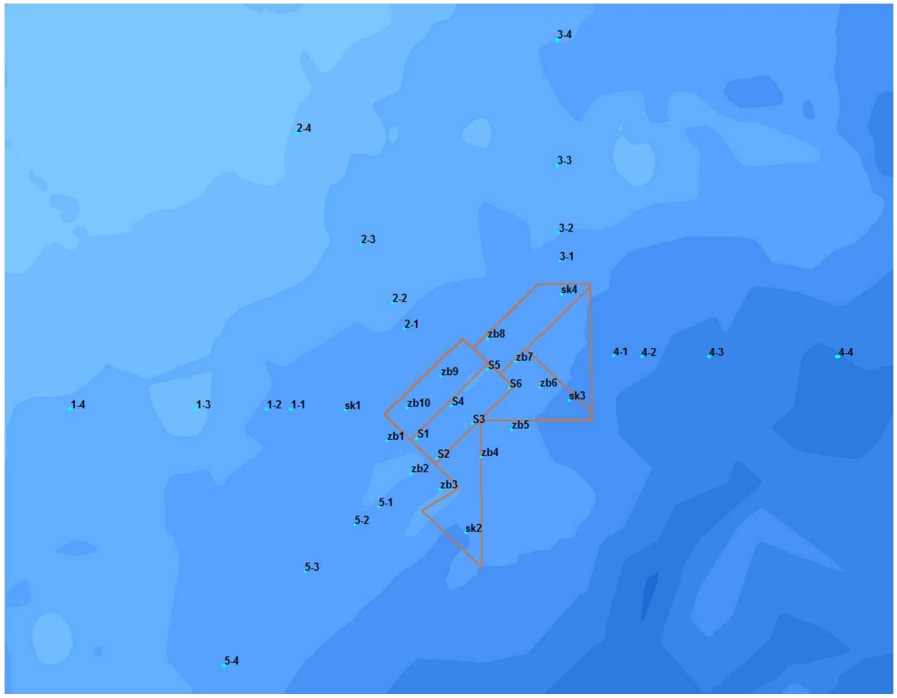



（*b*）涨潮平均流速变化

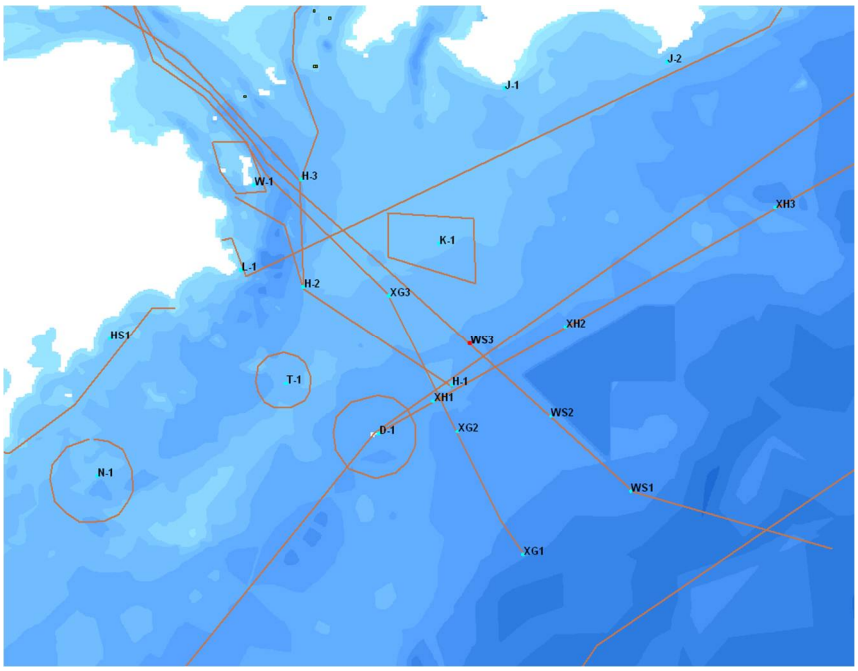
图 6.1-17 工程前后流速变化

### 6.1.3.5 特征点流速变化

为分析工程导致的潮流变化，在数学模型计算中设置 51 个流速对比点，分别为采砂区及周边海域流速对比点、敏感目标或保护目标流速对比点，用于对比工程前后的流速大小变化，见图 6.1-18。采砂区及周边共布设 30 个对比点，其中采砂区布设 5 个流速对比点（S01~S05），周边布设 25 个对比点，分别距采砂区为 1km（1-1~5-1）、2km（1-2~5-2）、5km（1-3~5-3）、10km（1-4~5-1）、。主要敏感目或保护目标布设 21 个对比点，其中东碇岛领海基点海洋保护区 D-1、南碇岛海洋保护区 N-1、漳州火山地质公园旅游休闲游乐区 HS1、浯屿旅游休闲娱乐区 W-1、厦门湾特殊利用区 T-1、厦门湾外矿产与能源区 K-1、厦门湾主航道 H-1~H-3、厦门至吴淞口光缆 WS1~WS3、至香港光缆 XG1~XG3、外海习惯航道 XH1~XH3、金门岛 J-1~J-2、流会 L-1。表 6.1-2 为采砂区近区的对比点流速变化，表 6.1-3 为采砂区外围周边海域对比点的流速变化对比，表 6.1-4 为主要敏感目标海域对比点的流速变化对比。




（*a*）采砂区及周边对比点




（*b*）主要敏感目标或保护目标对比点

图 6.1-18 流速对比点位置图

从对比点流速变化来看，位于采砂区的 S01~S06 点的流速均有降低，降低幅度小于 3cm/s，位于采砂区外围的对比点，随离开采砂区距离的增大，流速变化幅度逐渐降低，其中 1km-5km 位置的部分点流速变化幅度为-1cm/s ~1cm/s，10km 位置的点流速基本不变。

从敏感目标对比点可以看出，位于南碇岛海洋保护区的 N-1 点、东锭岛领海

基点海洋保护区的 D-1 点、厦门湾外特殊利用区的 T-1 点、漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区的 HS1 点、浯屿旅游休闲娱乐区的 W-1 点的流速基本没有变化；位于漳州市海岸线的 L-1 点、金门岛海岸线的 J-1 和 J-2 点的流速也基本没有变化，位于厦门港主航道上的 H1~H3 点的流速基本没有变化；位于厦门~吴淞光缆上的 WS1、WS2 流速发生变化，变化幅度在-1cm/s~ 1cm/s；位于厦门~香港光缆的 XG1~XG3 流速没有变化，基本不会造成影响；位于外海习惯航线 XH1~XH3 点的流速发生一定变化，但基本不会对航道的使用造成明显影响；位于厦门湾外特殊利用区的 T-1 点、位于厦门湾外矿产与能源区的 K-1 点的流速基本没有变化。

表 6.1-2 工程前后流速变化-采砂区及周边

| | 涨潮 | | | | | | 落潮 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 方案 0 | | 方案 1 | | | | 方案 0 | | 方案 1 | | | |
| | 流速 | 流向 | 流速 | 增减 | 流向 | 增减 | 流速 | 流向 | 流速 | 增减 | 流向 | 增减 |
| S1 | 43 | 240 | 42 | -1 | 240 | 0 | 51 | 215 | 49 | -2 | 217 | 2 |
| S2 | 44 | 10 | 43 | -1 | 11 | 1 | 52 | 214 | 51 | -1 | 212 | -2 |
| S3 | 45 | 241 | 42 | -3 | 239 | -2 | 51 | 217 | 49 | -2 | 218 | 1 |
| S4 | 43 | 240 | 43 | 0 | 239 | -1 | 50 | 217 | 50 | 0 | 223 | 6 |
| S5 | 44 | 242 | 41 | -3 | 240 | -2 | 49 | 224 | 47 | -2 | 223 | -1 |
| S6 | 44 | 241 | 43 | -1 | 243 | 2 | 50 | 220 | 48 | -2 | 227 | 7 |
| zb1 | 43 | 240 | 44 | 1 | 240 | 0 | 52 | 215 | 52 | 0 | 216 | 1 |
| zb2 | 46 | 10 | 47 | 1 | 11 | 1 | 55 | 213 | 56 | 1 | 213 | 0 |
| zb3 | 45 | 10 | 46 | 1 | 11 | 1 | 54 | 214 | 54 | 0 | 213 | -1 |
| zb4 | 44 | 14 | 44 | 0 | 15 | 1 | 53 | 216 | 52 | -1 | 216 | 0 |
| zb5 | 44 | 240 | 43 | -1 | 241 | 1 | 51 | 218 | 50 | -1 | 224 | 6 |
| zb6 | 43 | 241 | 44 | 1 | 242 | 1 | 49 | 220 | 49 | 0 | 225 | 5 |
| zb7 | 43 | 242 | 44 | 1 | 241 | -1 | 47 | 224 | 49 | 2 | 224 | 0 |
| zb8 | 44 | 243 | 43 | -1 | 241 | -2 | 48 | 224 | 48 | 0 | 224 | 0 |
| zb9 | 43 | 240 | 43 | 0 | 241 | 1 | 50 | 216 | 49 | -1 | 222 | 6 |
| zb10 | 43 | 240 | 43 | 0 | 241 | 1 | 51 | 216 | 50 | -1 | 216 | 0 |

表 6.1-3 工程前后流速变化-全局

| | 涨潮 | | | | | | 落潮 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 方案 0 | | 方案 1 | | | | 方案 0 | | 方案 1 | | | |
| | 流速 | 流向 | 流速 | 增减 | 流向 | 增减 | 流速 | 流向 | 流速 | 增减 | 流向 | 增减 |
| 1-1 | 42 | 239 | 42 | 0 | 239 | 0 | 53 | 213 | 53 | 0 | 213 | 0 |
| 1-2 | 43 | 239 | 42 | -1 | 239 | 0 | 54 | 213 | 54 | 0 | 213 | 0 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1-3 | 45 | 243 | 44 | -1 | 243 | 0 | 56 | 213 | 56 | 0 | 213 | 0 |
| 1-4 | 44 | 12 | 44 | 0 | 10 | -2 | 57 | 212 | 57 | 0 | 212 | 0 |
| 2-1 | 45 | 241 | 44 | -1 | 241 | 0 | 50 | 219 | 49 | -1 | 218 | -1 |
| 2-2 | 45 | 241 | 44 | -1 | 241 | 0 | 49 | 218 | 49 | 0 | 218 | 0 |
| 2-3 | 44 | 240 | 43 | -1 | 240 | 0 | 49 | 209 | 48 | -1 | 213 | 4 |
| 2-4 | 47 | 255 | 47 | 0 | 254 | -1 | 45 | 242 | 45 | 0 | 242 | 0 |
| 3-1 | 42 | 244 | 42 | 0 | 244 | 0 | 44 | 228 | 44 | 0 | 228 | 0 |
| 3-2 | 41 | 243 | 41 | 0 | 243 | 0 | 42 | 225 | 42 | 0 | 225 | 0 |
| 3-3 | 43 | 12 | 44 | 1 | 11 | -1 | 46 | 213 | 46 | 0 | 213 | 0 |
| 3-4 | 46 | 244 | 46 | 0 | 244 | 0 | 46 | 242 | 46 | 0 | 242 | 0 |
| 4-1 | 40 | 239 | 41 | 1 | 239 | 0 | 46 | 218 | 46 | 0 | 222 | 4 |
| 4-2 | 41 | 13 | 41 | 0 | 13 | 0 | 45 | 219 | 46 | 1 | 223 | 4 |
| 4-3 | 42 | 14 | 42 | 0 | 14 | 0 | 44 | 223 | 44 | 0 | 224 | 1 |
| 4-4 | 44 | 16 | 44 | 0 | 16 | 0 | 44 | 223 | 44 | 0 | 223 | 0 |
| 5-1 | 44 | 10 | 44 | 0 | 11 | 1 | 54 | 215 | 54 | 0 | 215 | 0 |
| 5-2 | 43 | 9 | 43 | 0 | 9 | 0 | 53 | 214 | 53 | 0 | 214 | 0 |
| 5-3 | 42 | 10 | 42 | 0 | 10 | 0 | 54 | 213 | 54 | 0 | 212 | -1 |
| 5-4 | 41 | 233 | 40 | -1 | 233 | 0 | 56 | 213 | 56 | 0 | 213 | 0 |

表 6.1-4 工程前后流速变化-敏感目标或保护目标

| | 涨潮 | | | | | | 落潮 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 方案 0 | | 方案 1 | | | | 方案 0 | | 方案 1 | | | |
| | 流速 | 流向 | 流速 | 增减 | 流向 | 增减 | 流速 | 流向 | 流速 | 增减 | 流向 | 增减 |
| D-1 | 47 | 16 | 47 | 0 | 16 | 0 | 61 | 214 | 61 | 0 | 213 | -1 |
| N-1 | 54 | 31 | 54 | 0 | 31 | 0 | 71 | 217 | 71 | 0 | 217 | 0 |
| W-1 | 33 | 222 | 33 | 0 | 222 | 0 | 37 | 219 | 37 | 0 | 219 | 0 |
| HS1 | 69 | 355 | 69 | 0 | 355 | 0 | 52 | 176 | 52 | 0 | 176 | 0 |
| T-1 | 45 | 16 | 45 | 0 | 16 | 0 | 59 | 214 | 59 | 0 | 214 | 0 |
| K-1 | 45 | 352 | 45 | 0 | 356 | 4 | 46 | 203 | 46 | 0 | 202 | -1 |
| J-1 | 79 | 262 | 79 | 0 | 262 | 0 | 55 | 84 | 55 | 0 | 84 | 0 |
| J-2 | 57 | 265 | 57 | 0 | 266 | 1 | 53 | 265 | 53 | 0 | 265 | 0 |
| L-1 | 120 | 31 | 120 | 0 | 31 | 0 | 111 | 199 | 111 | 0 | 199 | 0 |
| H-1 | 46 | 241 | 45 | -1 | 241 | 0 | 58 | 213 | 58 | 0 | 213 | 0 |
| H-2 | 56 | 3 | 56 | 0 | 3 | 0 | 65 | 195 | 65 | 0 | 195 | 0 |
| H-3 | 45 | 243 | 45 | 0 | 243 | 0 | 55 | 213 | 55 | 0 | 213 | 0 |
| H-4 | 53 | 353 | 53 | 0 | 353 | 0 | 53 | 192 | 53 | 0 | 192 | 0 |
| H-5 | 56 | 351 | 56 | 0 | 351 | 0 | 60 | 178 | 60 | 0 | 178 | 0 |
| WS1 | 45 | 15 | 45 | 0 | 15 | 0 | 53 | 218 | 52 | -1 | 218 | 0 |
| WS2 | 46 | 9 | 46 | 0 | 10 | 1 | 54 | 214 | 55 | 1 | 214 | 0 |
| WS3 | 43 | 244 | 43 | 0 | 244 | 0 | 50 | 213 | 50 | 0 | 213 | 0 |
| XG1 | 41 | 11 | 41 | 0 | 11 | 0 | 57 | 215 | 57 | 0 | 215 | 0 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| XG2 | 42 | 240 | 42 | 0 | 240 | 0 | 54 | 215 | 54 | 0 | 215 | 0 |
| XG3 | 48 | 359 | 48 | 0 | 359 | 0 | 53 | 204 | 53 | 0 | 204 | 0 |
| XH1 | 44 | 240 | 44 | 0 | 240 | 0 | 56 | 213 | 56 | 0 | 213 | 0 |
| XH2 | 45 | 242 | 44 | -1 | 241 | -1 | 48 | 227 | 48 | 0 | 224 | -3 |
| XH3 | 44 | 18 | 44 | 0 | 18 | 0 | 45 | 220 | 45 | 0 | 220 | 0 |

### 6.1.3.6 小结

（1）计算结果表明，潮位基本不受采砂工程的影响，潮位过程变化极小，正负偏差小于 1cm，潮差不变，涨、落潮历时也没有变化。

（2）受采砂影响，流态发生一定变化，流态变化区域主要位于采砂区及其外缘海域。

（4）从涨、落潮平均流速来看，其流速变化区域基本局限在采砂区域及周边 1km 以内的范围。在采砂区内，涨落潮平均流速减小幅度在 0.01m/s~0.03m/s 之间。在采砂区外的东北和西南 1km 以内的海域最大有 0.01~0.03m/s 的流速增加，对其余海域的平均流速影响很小。

## 6.2 地形地貌与冲淤变化预测与评价

（1）泥沙冲淤计算公式

采砂工程实施后，由于水深和流速大小发生变化，导致水体挟沙能力发生改变，进而影响到泥沙的悬浮与落淤，使海床冲淤强度发生变化。采用刘家驹泥沙冲淤经验公式对工程引起海床冲淤变化进行计算。

$$P=(1+\psi)\frac{K_1\omega S_1 t}{\gamma_0}\left[1-\frac{V_2}{V_1}\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2\right] \qquad (6.2\text{-}1)$$

式中：$P$ 为一年的淤积强度；$V_1$、$V_2$ 和 $d_1$、$d_2$ 分别为工程前后的流速和水深；$S_1$ 为波浪和潮流共同作用下，浅滩水体的平均含沙量；$\omega$ 为泥沙沉降速度，对海区淤泥质泥沙，$\omega$ 取絮凝沉速 0.0004～0.0005m/s，当海区为其他泥沙时，取单颗粒沉速，本次计算取 0.0005m/s；$\gamma_0$ 为淤积物干容重，$\gamma_0=1750d_{50}^{0.138}$；$\psi$ 为推移质淤积占悬移质淤积的份额；$K_1$ 为横流淤积系数，$K_1=0.35$；$t$ 为一年时间（以秒计）。

（2）参数选取

①含沙量

当没有可用的实测资料时，$S_1$ 可按 $S_1 = 0.045\frac{\gamma_S\gamma}{\gamma_S-\gamma}\frac{\left(|V_1|+|V_2|\right)^2}{gd}\square F^{1/F}$ 计算，式中 $F$ 为泥沙因子，$V_1$ 为潮流时空平均流速，$V_2$ 为按波要素公式计算的平均波动流速，$d$ 为海域测点水深，$\gamma_S$ 为泥沙颗粒密度，$\gamma$ 为海水密度；风暴潮时，可按 $S_1 = 0.045\frac{\gamma_S\gamma}{\gamma_S-\gamma}\frac{\left(|V_{1b}|+|V_{2b}|\right)^2}{gd_b}\square F^{1/F}$ 计算，式中 $V_{1b}$ 为风暴潮的平均流速，$V_{2b}$ 为破波平均流速，$d_b$ 为破波水深，其余符号同前。

通过 2019 年 09 月 13 日 09 时～2019 年 9 月 14 日 14 时（阴历八月十五~十六）的大潮观测和 2019 年 09 月 21 日 09 时～2019 年 9 月 22 日 14 时（阴历八月廿三～廿四）的小潮观测数据，将该海域各站水体含沙量值进行统计分析，列于表 6.2-1。

表 6.2-1 冬季各站含沙量变化统计表 (mg/l)

| 站位号 | 大潮 | | | 小潮 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 最大 | 最小 | 平均 | 最大 | 最小 | 平均 |
| **1** | 74.30 | 43.20 | 56.13 | 88.50 | 41.00 | 59.95 |
| **2** | 54.90 | 28.40 | 40.15 | 62.30 | 23.70 | 41.79 |
| **3** | 33.50 | 27.50 | 30.10 | 44.70 | 24.50 | 32.87 |
| **4** | 63.80 | 38.80 | 45.35 | 91.10 | 33.60 | 59.57 |
| **5** | 94.40 | 24.70 | 52.47 | 95.40 | 31.30 | 50.88 |
| **6** | 47.90 | 27.20 | 36.47 | 48.00 | 24.00 | 34.87 |

观测海区大潮期含沙量的变化范围为 27.2mg/l~94.4.00mg/l；小潮期含沙量的变化范围为 23.7mg/l~91.1mg/l。大潮期 5#站含沙量最大，1#站次之，3#站最小；小潮期 5#站平均含沙量最大，1#站次之，3#站最小。

②推移质淤积

资料表明，在海岸泥沙运动中，悬移质输沙起主体作用，粒径小于 0.2mm 的泥沙，推移质输沙不足总输沙量的 1%，粒径逾粗所占比例愈大，在工程界 $\psi$ 最大可按 10%考虑，其结果是安全的（刘家驹）。

根据该海区的实测资料表明，悬沙的 $d_{50}$ 在 0.0127mm～0.0482mm 范围内，平均为 0.0250mm；为保守起见，本报告中推移质输沙按总输沙量的 10%考虑。

③平均波高

由于取砂区处于开阔海域，受到了外围风流区影响，湾外海况较差，冬季以北至东北风为主，风浪也以东向为主。每年 10 月至次年 4 月受东北季风影响，近年自 9 月开始就可能受冷空气影响。出现 6 级以上大风在 10 月至次年 3 月居多，8 级以上大风集中出现在 11 月至次年 2 月。

由于采砂区水深较深（最浅处约 27m、最深处约 37m），不同风向下重现期 2 年的波长为 45m~84m，属于深水波和有限水深波，波浪难以掀起海底泥沙。

式（6.2-1）对于开挖和不开挖海域都可使用。有开挖时 $d_1 < d_2$，无开挖时 $d_1 = d_2$，但由于平均流速可能出现变化，因此仍可能出现淤积（当 $V_2 < V_1$ 时）或者冲刷（当 $V_2 > V_1$ 时），且有可能出现不冲不淤（当 $V_2 = V_1$ 时）。

（3）泥沙冲淤计算结果

工程区附近底沙平均中值粒径为 0.250mm，属于粉砂淤泥质，主要由悬移质泥沙运移为主。采用公式(6.2-1)对采砂工程实施前后的泥沙冲淤变化进行计算，结果见图 6.2-1。

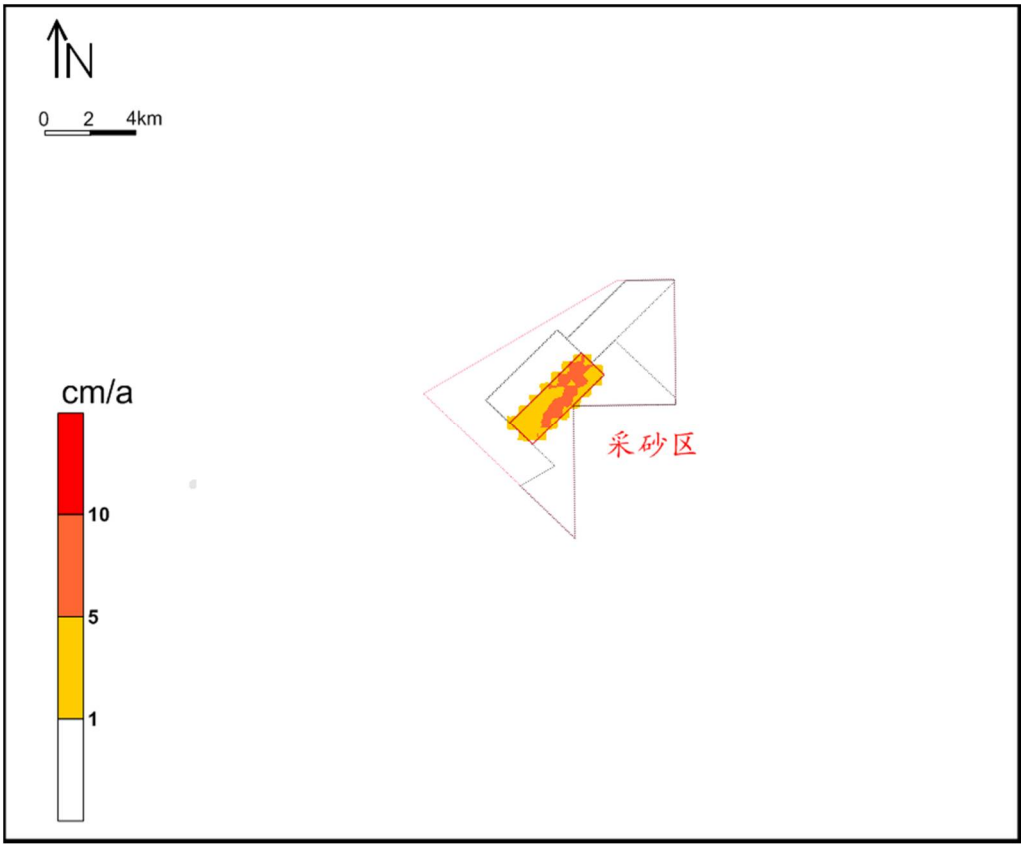



图 6.2-1 采砂工程实施后泥沙冲淤变化（cm/a）

采砂工程实施后，在采砂区内产生一定程度的淤积，部分区域年淤积量在

1~5cm/a，部分区域年淤积量在 5cm/a~10cm/a。

基本不会对南碇岛海洋保护区、东锭岛领海基点海洋保护区、厦门湾外特殊利用区、漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区、浯屿旅游休闲娱乐区等造成影响。基本不会对漳州市海岸线、金门岛海岸线造成影响。基本不会对厦门港主航道造成影响。

泥沙冲淤影响范围有限，主要位于工程海域，对厦门湾其他区域基本没有影响。

## 6.3 采砂后工程区及周边海域海床稳定性分析

海砂开采过程中，由于自然重力作用以及周边水动力影响，采砂坑周边泥沙随采砂坑深度增加而不断塌陷；而在采砂结束后，在水动力的长期作用下，采砂坑附近岸滩剖面逐渐调整，并最终达到均衡。

为了分析海沙开采后工程区及周边海域海床稳定性，设置了两条剖面（图 6.3-1），其中 P1 断面由镇海角南侧海岸向东延伸并穿过采砂区，断面长度 41.2km；P2 断面由大金门南侧海岸向南延伸并穿过采砂区，断面长度 38.4km。两条断面地形剖面结果见图 6.3-2。

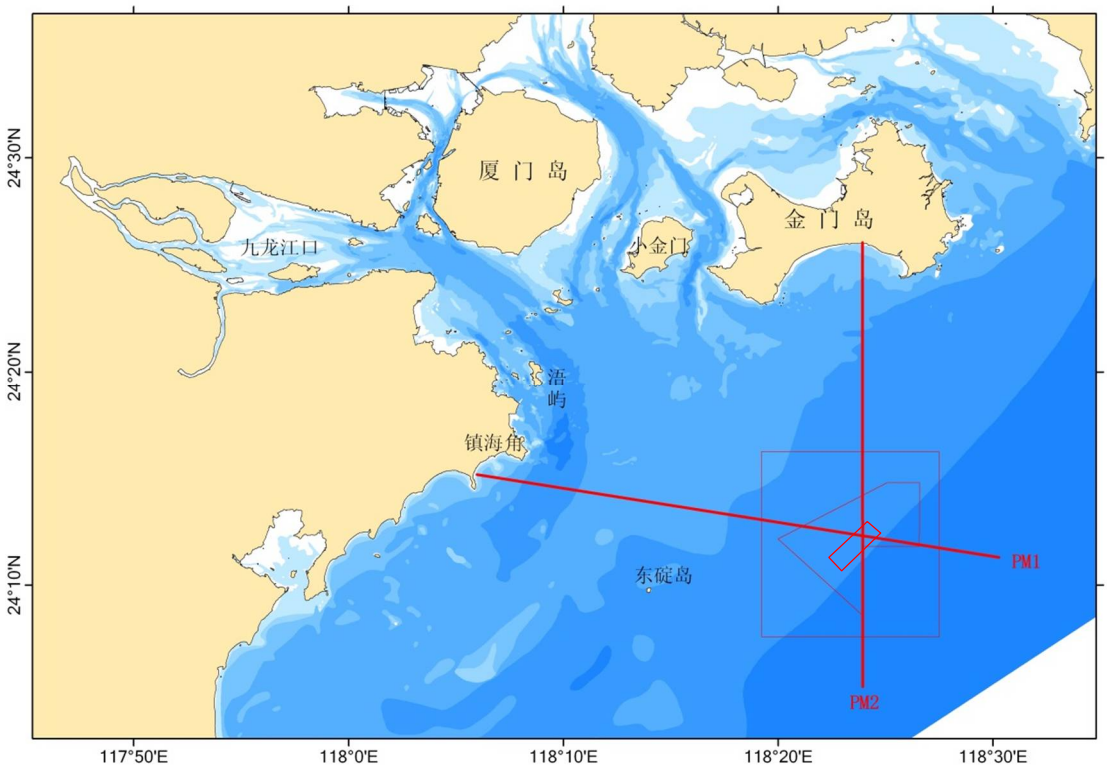



**图 6.3-1　采砂后海床冲淤分析断面位置示意图**

采砂深度采用数模计算边界，即采砂区设计采砂深度为-35 m。海沙开采过程中，显著改变海床坡度，当坡度达到一定程度时，斜坡上的沉积物在重力切向分力和垂向分力的作用下发生塌陷。在没有外力影响的自然理想情况下，当坡度大于沉积物的自然休止角时，沉积物重力的切向分力能够克服摩擦阻力而向下移动。一般干沙的休止角为 35º~40º，细颗粒沉积物含量越高，休止角越大。在海底，由于沉积物中含有较多水分，因此其休止角要小于自然情况下的休止角。在本项研究中，为保守起见，采用休止角为 15º，则在采砂深度达到-35 m 时，PM2 向北方向的塌陷宽度为 52 m，向南方向塌陷宽度为 37 m；PM1 向西方向的塌陷宽度为 56 m，向东方向塌陷宽度为 15 m。即采砂坑周边上述范围内的海床将会随着采砂过程中不断塌陷（图 6.8-2）。在海床坡度达到休止角后，海床塌陷基本不再出现（极端海况除外，如台风、大浪等），海床在水动力及沉积物供应的影响下，逐渐向稳定剖面演化，并且海床坡度与沉积物粒径有关，最终演化到均衡态，海床基本达到冲淤平衡。自 1970 年以来，国际上许多研究者根据一定动力条件下岸线进退和泥沙运动趋势对岸滩的冲淤类型和界限进行了较多研究工作。其中 Hattori & Kawamata（1980）在 Dean 的推理模式基础上，补充考虑了岸滩坡度因子（tgβ）的影响，提出了既可以用于现场也可以用于实验室条件、物理图像更为清晰的岸滩冲淤类型判断指标关系式：

$[(H_0/L_0)\times tg\beta] / (\omega/gT) < 0.5$　　淤积型剖面，向岸输沙未知

$[(H_0/L_0)\times tg\beta] / (\omega/gT) = 0.5$　　平衡型剖面，冲淤幅度均较小且平衡

$[(H_0/L_0)\times tg\beta] / (\omega/gT) > 0.5$　　侵蚀型剖面，离岸输沙为主

其中，$H_0$、$L_0$ 和 T 分别为深水波高、深水波长及波周期，本文取平均波高为 1.76 m，波长为 64.13 m，平均周期为 6.4 s（表 5.2-3）；ω 为沉积物对应的沉降速率，g 为重力加速度。

当海床剖面与当地水动力环境处于相互适应的状态时，即达到平衡剖面。根据采砂区表层沉积物粒度中值粒径分布，取采砂区剖面上各站位沉积物中值粒径平均值进行计算。计算结果显示（图 6.8-2），PM1 断面达到平衡剖面的海床坡度为 1/160，为保守起见，采用 1/180 作为平衡剖面的海床坡度，则 PM1 断面在演化至平衡剖面时向岸方向最远影响距离为采砂坑边缘向西 2.7 km，向海方向最远影响距离为采砂坑边缘向东 0.72 km；PM2 断面达到平衡剖面的海床坡度为 1/89，

为保守起见，采用 1/100 作为平衡剖面的海床坡度，则 PM2 断面在演化至平衡剖面时向岸方向最远影响距离为采砂坑边缘向北 1.4 km，向海方向最远影响距离为采砂坑边缘向南 1.0 km。上述距离为海沙开采后的采砂坑在正常海况情况下恢复过程所能影响到的最远距离，亦即超过该距离，海床演化受海沙开采影响很小。而数值模拟结果显示，海沙开采后对周边海域水动力影响很小，在采砂坑西北方向约为 8km、东南方向约为 7km、西南方向约为 7km、东北方向约为 6km 的流速变化幅度大于 0.02m/s，离采砂区边缘 8km 以外的其他海域的流速基本不受影响。南碇岛海洋保护区、东锭岛领海基点海洋保护区、厦门湾外特殊利用区、漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区、浯屿旅游休闲娱乐区等距离采砂区较远，采砂活动基本不会对这些地区的海床演化产生影响；厦门主航道也距采砂区较远，其海床演化基本不受采砂活动影响；漳州海岸、金门海岸演化基本不受采砂活动影响。

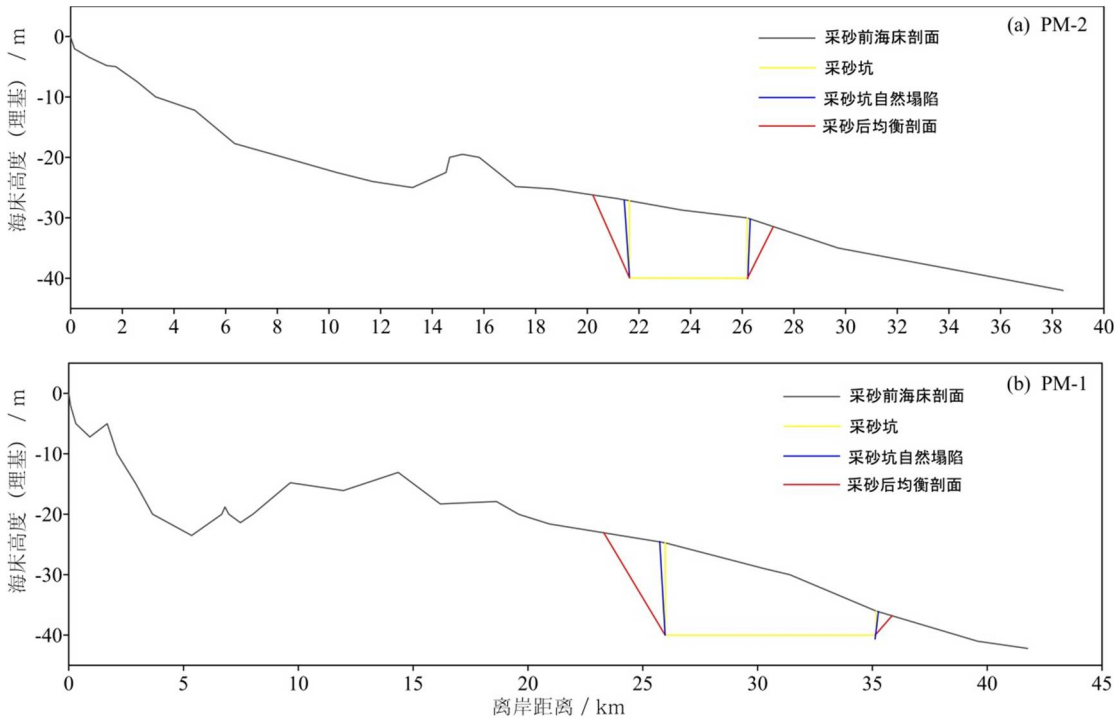



**图 6.3-2　采砂活动对海床演化影响分析示意图**

综上，海沙开采结束后，海床自然塌陷影响范围为采砂坑边缘向北 52 m，向南 37 m，向西 56 m，向东 15 m；在海床向均衡剖面演化过程中，其影响范围为采砂坑边缘向北 1.4 km，向南 1.0 km，向西 2.7 km，向东 0.72 km；海沙开采活动对南碇岛海洋保护区、东锭岛领海基点海洋保护区、厦门湾外特殊利用区、

漳州火山地质公园、浯屿旅游休闲娱乐区、厦门主航道、漳州海岸、金门海岸基本不产生影响。

## 6.4 海水水质影响预测与评价

### 6.4.1 施工期悬浮泥沙影响预测与评价

#### 6.4.1.1 数学模型

泥沙在海水中的沉降、迁移、扩散过程，可由二维对流、扩散方程表示：

$$\frac{\partial S}{\partial t}+\frac{1}{C_\xi}u\frac{\partial S}{\partial \xi}+\frac{1}{C_\eta}v\frac{\partial S}{\partial \eta}= \frac{1}{D}\left\{\frac{1}{C_\eta}\frac{\partial}{\partial \xi}\left[K_{\xi\xi}\frac{D}{C_\eta}\frac{\partial S}{\partial \xi}+K_{\xi\eta}\frac{D}{C_\xi}\frac{\partial S}{\partial \eta}\right]+\frac{1}{C_\xi}\frac{\partial}{\partial \eta}\left[K_{\eta\eta}\frac{D}{C_\xi}\frac{\partial S}{\partial \eta}+K_{\xi\eta}\frac{D}{C_\eta}\frac{\partial S}{\partial \xi}\right]\right\}-\alpha\omega S+Q \quad (6.4\text{-}1)$$

式中：$S$ 为含沙量；$Q$ 为悬浮泥沙输入源强；$\alpha$ 为泥沙沉降概率；其他符号同前。

**（1）初始条件**

不考虑本底值，均置为 0，仅考虑悬沙浓度增量。

**（2）边界条件**

①陆边界

陆地边界条件采用通量为0的条件，即：$\frac{\partial S}{\partial n}=0$，其中 $n$ 为陆地边界法线方向。

②开边界

在计算海域的开边界条件时，浓度计算按流入、流出的情况分别处理。在开边界处满足：$\frac{\partial S}{\partial t}+V_n\frac{\partial S}{\partial n}=0$

#### 6.4.1.2 源强

本工程拟采用万方级大型耙吸船进行海砂开采，根据工程分析，万方级耙吸挖泥船入海源强为 217kg/s，溢流时间为 1.5 小时。每次有四艘船同时溢流，单艘船源强为 4m$^3$，入海泥沙量为 217kg/s。共有十二艘船，分为三组，每组船往返周期为 8 小时，因此一组船一天可以采砂三次，三组船一天可以采砂九次。

### 6.4.1.3 计算方案

根据采砂施工工艺特点，确定计算方案如下：

1、计算点共计12个，分三组，其中1-4号点位于东北部边界，5-8号点位于采砂区中部，9-12号点位于采砂区西南部边界S1~S10。

2、按（1.5 小时溢流+0.5 小时间隔）×3 次+2 小时间隔+（1.5 小时溢流+0.5 小时间隔）×3 次+2 小时间隔+（1.5 小时溢流+0.5 小时间隔）×3 次+2 小时间隔，24 小时内共 8 个 1.5 小时溢流、8 个 0.5 小时间隔。计算时长也为 5 天，基本到达稳定状态。

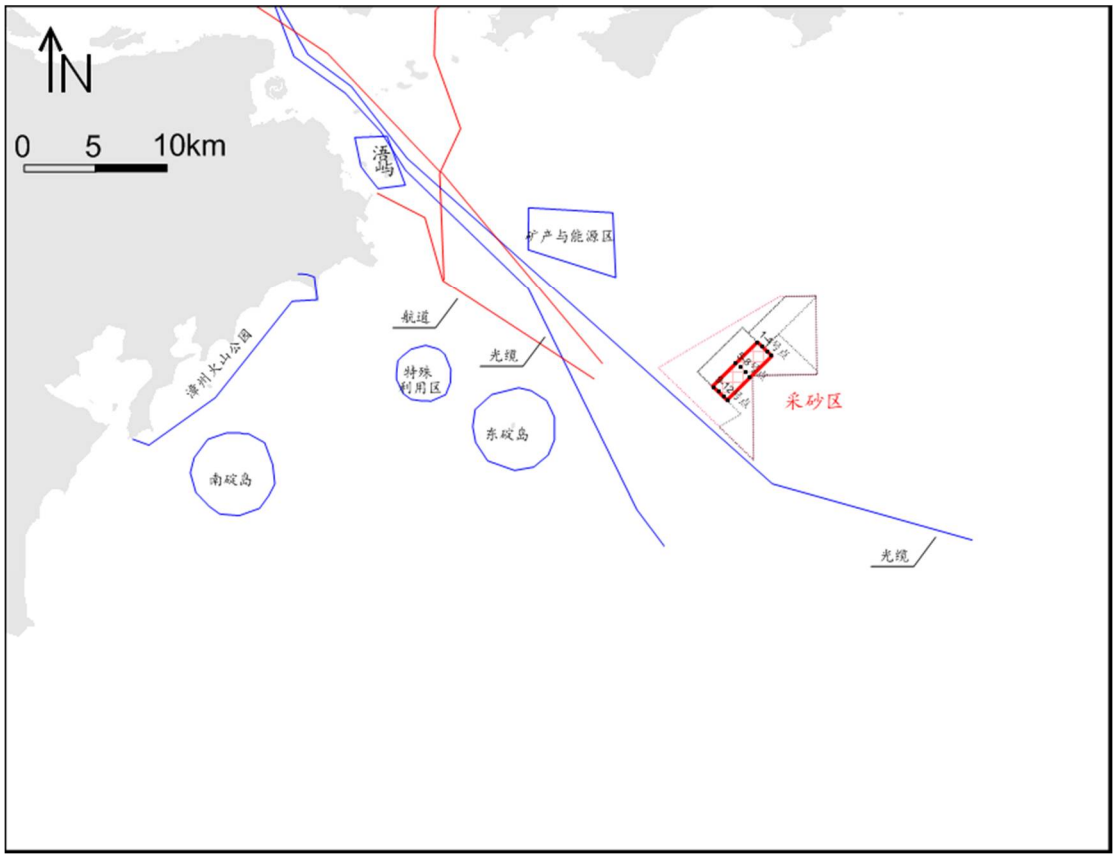



图 6.4-1 泥沙入海计算点位置图

### 6.4.1.4 悬沙迁移扩散模拟结果

图6.4-2~图6.4-4分别为3组计算点施工引起的悬浮泥沙增量影响范围，图6.4-5为施工期悬浮泥沙增量包络图。不同浓度等值线影响范围见表6.4-1。计算结果表明，工程区水动力条件和水深条件较好，悬沙颗粒较大，沉降速度也较大，

但由于悬浮泥沙入海源强较大，悬浮泥沙影响范围相对较大。三个工况浓度增量超过10mg/L的影响面积分别为46.75km$^2$、48.82km$^2$和51.19km$^2$，浓度增量超过10mg/L的包络面积为84.14km$^2$。

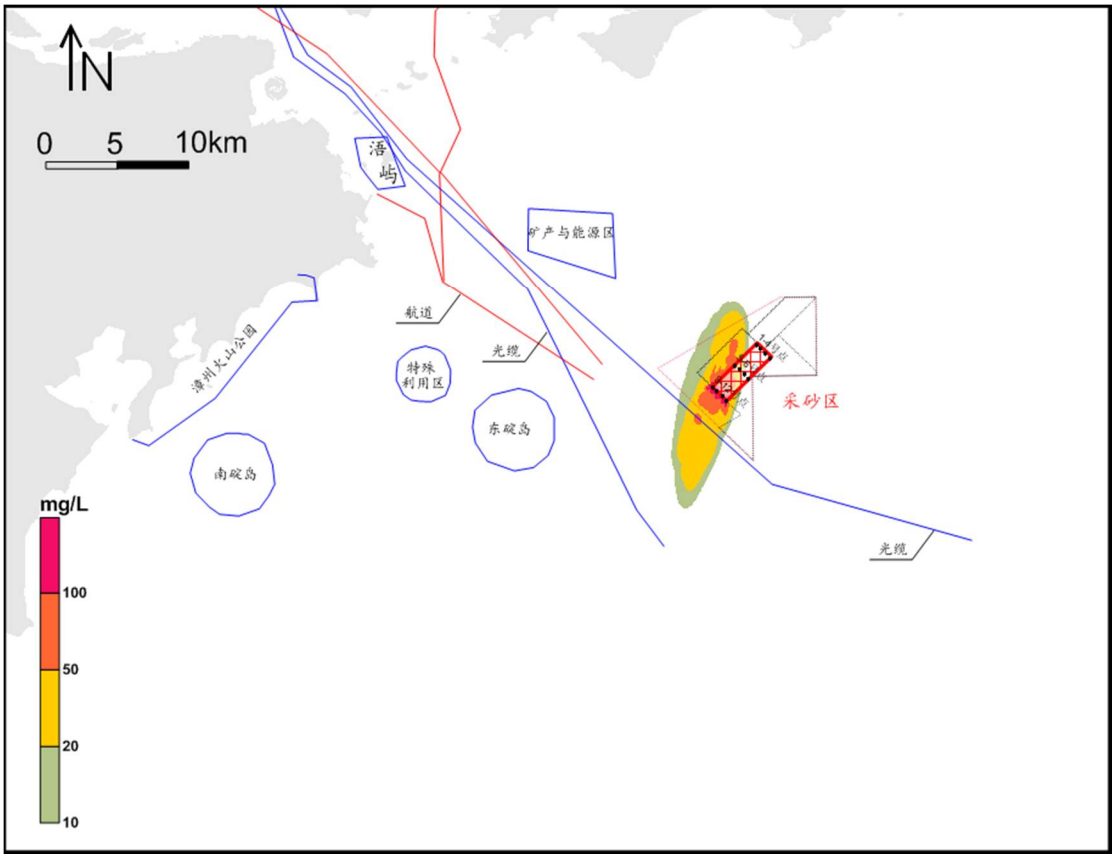



图6.4-2 1-4号点悬浮泥沙的影响范围

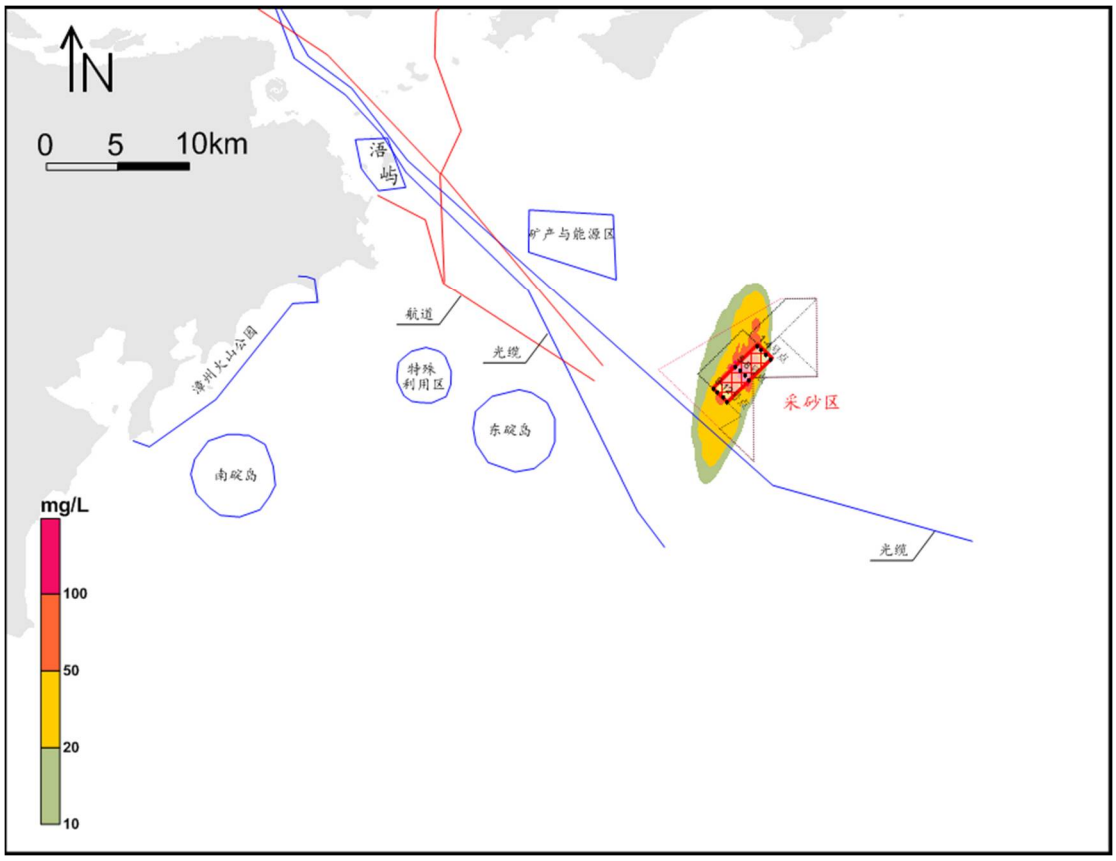



图6.4-3 5-8号点悬浮泥沙的影响范围

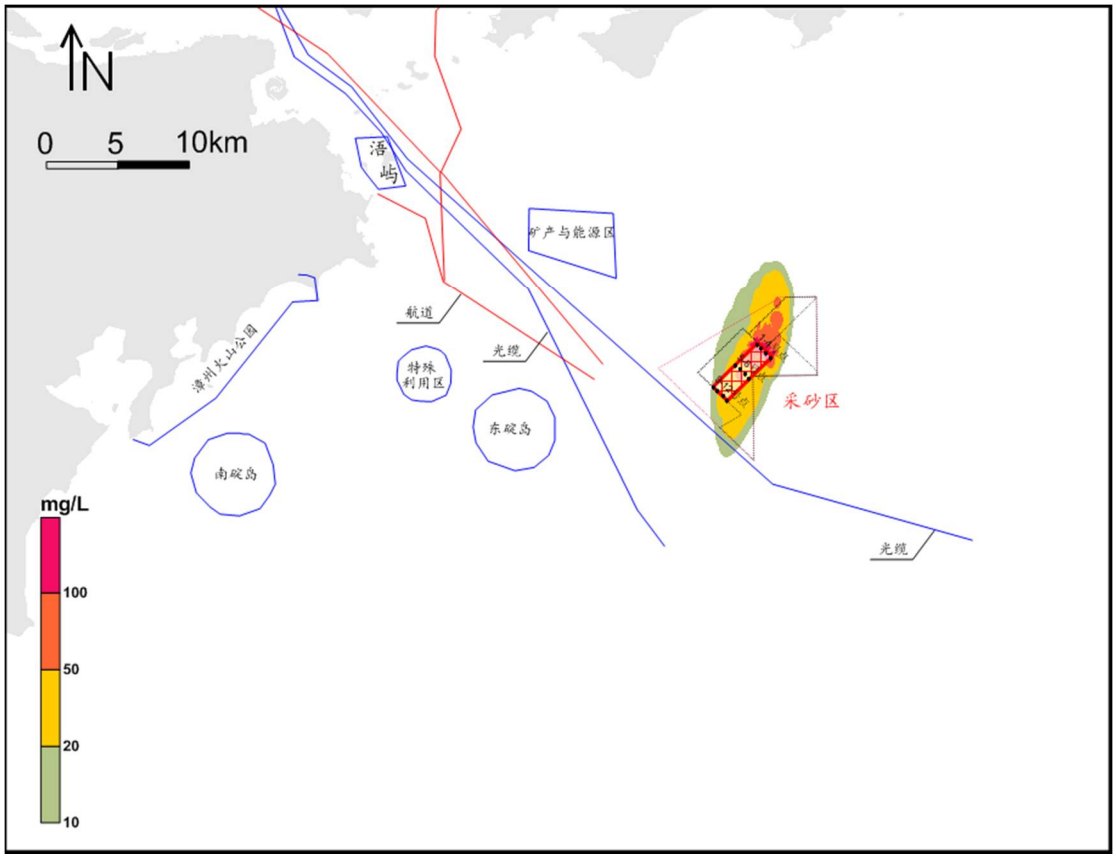



图6.4-4 9-12号点悬浮泥沙的影响范围

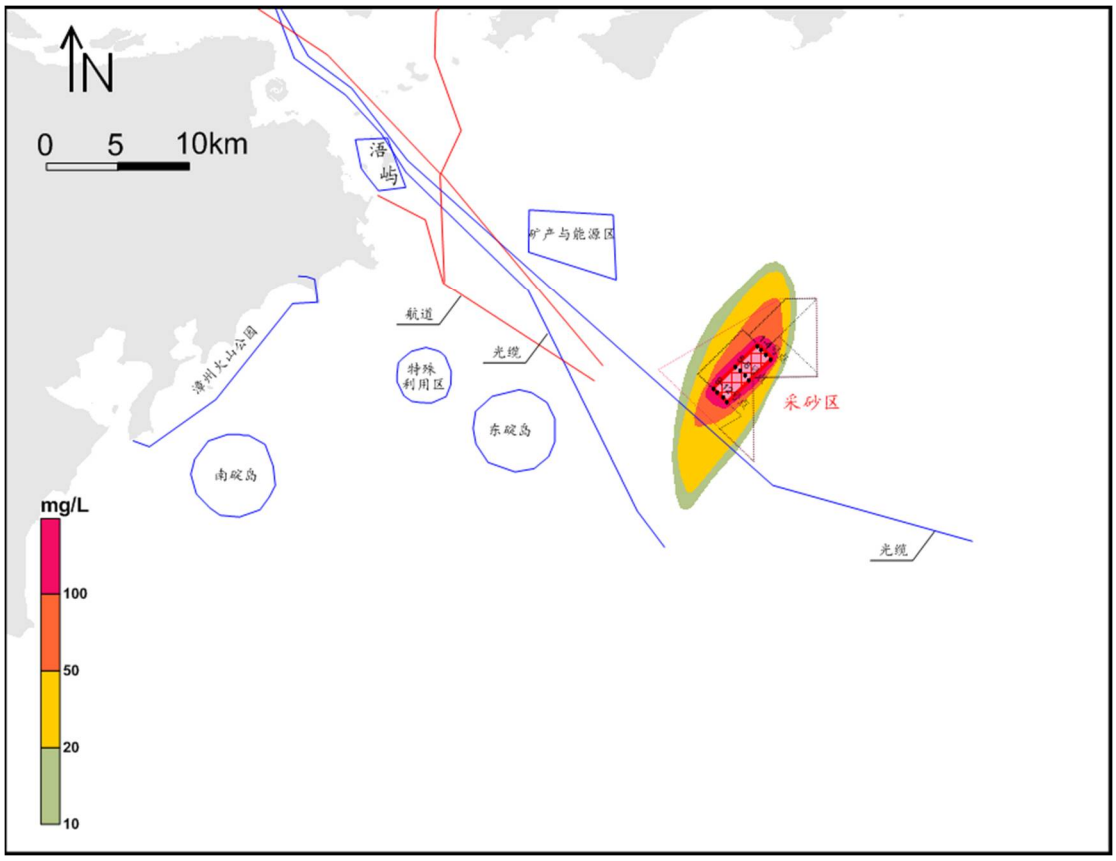



图6.4-5 采砂工程悬浮泥沙总影响范围包络图

表 6.4-1 施工期悬浮泥沙影响范围（$km^2$）

| 工况 | >10mg/L | >20mg/L | >50mg/L | >100mg/L |
|---|---|---|---|---|
| 1-4 号点采砂 | 46.76 | 29.99 | 7.51 | 0.93 |
| 5-8 号点采砂 | 48.82 | 30.96 | 7.97 | 1.06 |
| 9-12 号点采砂 | 51.19 | 31.46 | 7.62 | 1.14 |
| 整个采砂工程 | 84.14 | 62.87 | 27.68 | 13.25 |

### 6.4.1.5 对主要敏感目标的影响

（1）东碇岛领海基点海洋保护区：东碇岛领海基点海洋保护区以及矿产能源保护区部分区域悬浮泥沙浓度增量小于 1mg/L，基本没有影响。

（2）南碇岛海洋保护区：南碇岛海洋保护区悬浮泥沙浓度增量小于 1mg/L，基本没有影响。

（3）涠屿旅游休闲娱乐区：涠屿旅游休闲娱乐区悬浮泥沙浓度增量小于

1mg/L，基本没有影响。

（4）漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区：漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区悬浮泥沙浓度增量小于 1mg/L，基本没有影响。

（5）中华白海豚保护区、厦门文昌鱼保护区、厦门东南部滨海旅游区、厦门（大屿）白鹭保护区、厦门（鸡屿）白鹭保护区、以及九龙江口红树林自然保护区等均基本没有影响。

（6）大佰岛旅游区、围头湾养殖区、石井滩涂养殖区等均基本没有影响。

（7）厦门港主航道、漳州市及金门岛海岸线、厦门~吴淞光及厦门~香港光缆、厦门湾外特殊利用区、厦门湾外矿产与能源区、外海习惯航线等基本没有影响。

#### 6.4.1.5 小结

施工引起的悬浮泥沙浓度增量超 10mg/L 的包络面积为 84.14km2，影响范围较大，但对周边敏感目标影响较小。

## 6.5 海洋沉积物环境影响分析

（1）采砂对海域表层沉积物特征的影响

根据 2013 年 5 月在采砂区及附近海域布设的 72 个表层沉积物采样站位的调查结果，采砂区内的东北部主要为粉砂（T）、粉砂质砂（TS），西北部主要为砂质粉砂（ST），西南部主要为中粗砂（MCS）、粗砂（CS），中部主要为粉砂（T）；采砂区东北外侧主要为粉砂（T），东、南、西、西北外侧主要为砂质粉砂（ST），西南外侧主要为中粗砂（MCS）；采砂区海域表层沉积物平均粒径（$Mz_{\varphi}$）为 -0.84~6.63Φ，平均粒径由西南至东北逐渐减小。

海砂开采之后会使采砂区周边海域表层沉积物发生迁移、分选。根据采砂区及附近海域表层沉积物现状输运趋势的计算结果，厦门湾外近岸海域表层沉积物主要表现为由海岸向深水输运的趋势，台湾海峡深水区表层沉积物表现出向岸输运的格局，采砂区所在海域粒径趋势分析显著性较弱。由此可见，海砂开采之后，采砂区周边海域表层沉积物将主要表现为有周边海域向采砂区输运的趋势。因此，采砂区内的东北部将由粉砂（T）、粉砂质砂（TS）变为以粉砂（T）为主；西北部变化不大，仍主要为砂质粉砂（ST）；西南部将由中粗砂（MCS）、粗砂（CS）

变为砂质粉砂（ST）、中粗砂（MCS）；中部将由粉砂（T）变为砂质粉砂（ST）；采砂区东北部海域表层沉积物平均粒径将有所增大，西南部及中部海域表层沉积物平均粒径将略有减小，平均粒径由西南至东北递减的梯度将变缓。

（2）采砂产生的悬浮泥沙扩散和沉降对海域沉积物质量的影响

根据施工方式和悬浮泥沙对海水水质影响的数值模拟结果，不同时期的海水悬浮泥沙超过 10mg/L 的影响范围为 46.75km$^2$~51.19km$^2$，浓度增量超过 10mg/L 的最大包络面积为 84.14km$^2$；悬浮泥沙浓度增量>50mg/L（超海水第三类标准）的影响范围为 7.51km$^2$~7.97km$^2$，浓度增量超过 50mg/L 的最大包络面积为 27.68km$^2$；悬浮泥沙浓度增量>100mg/L（超海水第三类标准）的影响范围为 0.93km$^2$~1.14km$^2$，浓度增量超过 50mg/L 的最大包络面积为 13.25km$^2$。海砂开采产生的悬浮泥沙来源于本海域，没有外源污染物输入，并且海洋沉积物现状调查与评价结果表明春季和秋季所有海洋沉积物样品的有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷含量均符合第一类海洋沉积物质量标准，海洋沉积物质量状况良好，随着采砂的结束，悬浮泥沙将很快沉降、覆盖于采砂区及周边海域表层沉积物。因此，施工过程中产生的悬浮泥沙扩散和沉降不会对采砂区及周边海域沉积物质量产生较大的影响。

（3）采砂导致的有毒有害物质溶出对海水水质的影响

曾秀山等[5](1991)应用围隔海水实验技术研究了厦门港疏浚物倾倒入海后其中主要有害物质的释放影响。实验结果表明，厦门东渡港区疏浚物倾入围隔海水水体之后，在自然沉降情况下，石油类、六六六、DDT、Hg 和 Pb 没有净释出，疏浚物的加入对水体某些有害物质，如 DDT、Hg 和 Pb 还可能有清除作用。Cu 有微量释出，Cd 的释放程度较高。廖文卓[6](2000)随后对疏浚物中镉(Cd)的释放条件进行了研究。研究结果表明，疏浚物中的 Cd 释放行为较为明显(释放率在 40％-96％之间)，释放速度也较快。

2018 年 4 月、2019 年 11 月分别进行的春季、秋季海域环境现状调查结果表明，采砂区及其附近海域沉积物 Cd 含量最高值为 0.060mg/kg，符合第一类海洋

---

[5] 曾秀山,傅天宝,陈松.厦门港疏浚物海洋倾废评价试验研究 I-主要有害物质在围隔海水中的释放[J].海洋通报,1991,10(1):73-78.

[6] 廖文卓.疏浚物中镉释放的影响条件[J].台湾海峡,2000,19(2):170-176.

沉积物质量标准(≤0.50mg/kg)，海域沉积物中的 Cd 含量本底值低。施工期采砂导致的 Cd 释放率按最高释放率 96％计，海域沉积物 Cd 含量本底值按最高值 0.060mg/kg 保守估计，则采砂过程悬浮泥沙增量超过 100mg/L 范围内的水体中的 Cd 增量为 0.006μg/L，即使是悬浮泥沙增量超过 1000mg/L 范围内(相当于采砂船溢流口的悬浮泥沙浓度)的水体中的 Cd 增量为 0.060μg/L，叠加海水中 Cd 的本底浓度 0.120μg/L（评价海域的现状最高浓度）之后，为 0.180μg/L，仍远小于第一类海水水质标准(1μg/L)。因此，采砂导致的有毒有害物质溶出对海水水质的影响较小。

此外，采砂施工过程的船舶含油污水、生活污水和生活垃圾若处置不当也将会对海域沉积物质量产生一定影响。因此，船舶含油污水、生活污水和生活垃圾应严格按照本报告第七章提出的污染防治对策措施进行妥善处理。

## 6.6 海洋生态环境影响分析

### 6.6.1 工程建设对海洋生物生态的影响分析

**（1）对底栖生物的影响分析**

海砂开采在一定程度上导致底栖生物栖息环境遭到破坏，对部分底栖生物的繁殖和生长造成影响，但具有行动能力的底栖生物则可能主动逃窜回避从而免遭受损。采砂作业过程中，该海域的底栖生物由于来不及逃离而被高压射流水击中死亡或被吸入船舱后被填埋。

大部分底栖生物的生长较缓慢，且开采区的底栖生物栖息环境受到破坏，其恢复需要较长时间，可能在几年内，开采区的底栖生物种类和生物量都偏于贫乏。采砂结束之后，可通过人工放养等方式促进底栖生境的恢复。

**（2）对浮游生物的影响分析**

采砂作业使得水中悬浮物质增多，提高海水的浑浊度，减弱水体的真光层厚度，从而降低海洋初级生产力，随之浮游植物生物量下降，进而影响以浮游植物为饵料的浮游动物，单位水体中的生物量也必然相应地减少。过量悬浮物质使浮游动物食物过滤系统和消化器官受到阻塞，悬浮物质含量达到 300mg/L 以上时影响特别明显；高浓度增量甚至会导致其死亡，对浮游动物生长率、摄食率、丰

度、生产量及群落结构等造成影响。

根据数模预测结果，采砂产生的悬沙增量多低于 100mg/L（超过 100mg/L 的面积约 13.25km$^2$），会对区内的浮游生物的生长繁殖产生一定的干扰，导致生物量下降。但采砂作业停止后，由于潮汐作用，会将外海的浮游动植物带入采砂区及其附近海域，使采砂区浮游动植物得以补充。因此，本项目采砂造成的入海悬浮泥沙对浮游生物不会产生长期显著不利影响。

**（3）对底栖生态环境的影响分析**

采砂施工结束后将在海床上形成大面积的采砂坑，海砂开采过程中，采砂坑周边泥沙随采砂坑深度增加而不断塌陷，整个开采区的海底地形处于动态变化过程中。根据数模预测结果，受采砂作业影响，采砂区的流速均有降低，泥沙回淤量增加；海砂开采之后会使采砂区水深加大，砂源大量丧失，底质类型及地形地貌改变，导致采砂区及其附近海域的底栖生态环境遭到破坏，影响该海域鱼类的生存、栖息环境。采砂结束后，通过增值放流、建设人工鱼礁等恢复和生态补偿措施，促进采砂坑的底栖生物群落恢复和新生。

**（4）对渔业资源的影响分析**

不同种类的海洋生物对悬浮物浓度的忍受限度不同，海水中悬浮物对虾蟹类的影响较小，但对鱼类会产生多方面的影响。一般地，仔幼体对悬浮物浓度的忍受限度比成鱼低得多，施工入海的悬浮物将在一定范围内形成高浓度扩散场，悬浮颗粒将直接对仔幼体造成伤害，主要表现为影响胚胎、鱼卵和仔鱼发育、堵塞生物的鳃部造成窒息死亡、造成水体严重缺氧而导致生物死亡、有害物质二次污染造成生物死亡等。

首先，悬浮微粒过多时，不利于天然饵料的繁殖生长。其次，水中大量存在的悬浮物微粒会随鱼类的呼吸进入其鳃部，损伤鳃组织，隔断气体交换，影响鱼类的存活和生长。细颗粒也会粘附在鱼卵的表面，妨碍鱼卵的呼吸与水体之间的氧和二氧化碳的交换，从而影响鱼类的繁殖。有关实验表明，悬浮物质在 8000mg/L 的含量水平，鱼类最多只能忍耐一天；在 6000mg/L 含量水平，最多只能忍耐一周；若每天作短时间搅拌，使沉淀淤泥起悬，悬浮物质含量达到 2300mg/L，则鱼类仅能存活 3～4 周。通常认为悬浮物质含量在 200mg/L 以下及影响较短时，不会导致鱼类直接死亡，但过高的悬浮物质浓度即使未能引起鱼类

死亡，其腮部也会严重受损，从而影响鱼类今后的存活和生长。此外，悬浮物扩散场、采砂作业产生的挠动、噪声等会导致鱼类的回避反应，产生“驱散效应”。

根据数模预测结果，本项目造成的入海悬浮泥沙增量大于 100mg/L 的面积约 13.25km$^2$，在此水域范围内，鱼卵、仔鱼因高浓度的含沙量会部分死亡，成鱼虽然可以回避，但幼体仍难逃厄运。因此，采砂产生的悬浮泥沙入海将对鱼类产生一定影响。

## 6.6.2 海洋生物资源损害评估

海洋生态环境影响范围与对象详见表 6.6-1：

**表 6.6-1　海洋生态环境影响范围与对象**

| 项目 | 影响面积(km$^2$) | 影响对象 |
|---|---|---|
| 采砂临时用海 | 6.20 | 底栖生物 |
| 采砂作业悬浮物质扩散 | 10~100mg/L:　70.89 | 浮游植物、浮游动物、鱼卵仔鱼、游泳生物 |
| | >100mg/L:　13.25 | |

（1）占海对底栖生物的影响

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程（SC/T9110-2007）》（以下简称《规程》），采砂造成的底栖生物资源受损量按以下公式进行计算：

$$Wi=D_i\times S_i$$

式中：$W_i$ 为第 i 种生物资源受损量，单位为尾、个或千克（kg），此处仅考虑底栖生物资源受损量；

$D_i$ 为评估区域内的第 i 种生物资源密度，单位为尾/km$^2$ 或个/km$^2$ 或千克（kg）/km$^2$，此处为底栖生物的平均生物量；

$S_i$ 为第 i 种生物占用的渔业资源水域面积，单位为 km$^2$，此处为采砂面积。

根据本项目拟申请的各期采砂区面积为 6.20 km$^2$、春秋两季调查的底栖生物平均生物量为 11.728 g/m$^2$，估算各期采砂活动造成的底栖生物资源受损量 72.71t。

（2）悬浮物质增量扩散对浮游生物、鱼卵、仔鱼、游泳生物的影响

根据《规程》，采砂产生的悬浮物质增量扩散范围内的海洋生物产生的持续性损害按以下公式进行计算：

$$Mi=W_i\times T$$

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

式中：*Mi* 为第 *i* 种生物资源累计损害量，尾、个或千克（kg）；

*Wi* 为第 *i* 种生物资源一次性平均损失量，尾、个或千克（kg）；

*T* 为污染物浓度增量影响的持续周期数（以年实际影响天数除以 15），个；

$D_{ij}$ 为某一污染物第 *j* 类浓度增量区第 *i* 种类生物资源密度，尾/$km^2$ 或个/$km^2$ 或千克（kg）/$km^2$；

*Si* 为某一污染物第 j 类浓度增量区面积，$km^2$；

*Kij* 为某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源损失率，%；

n 为某一污染物浓度增量分区总数。

本项目拟采砂天数约为 18 个月，持续周期数 *T* 为 36。根据海域测量资料，本项目附近海域的平均水深约为 30m。根据春秋两季调查的海洋生物平均生物量，浮游植物、浮游动物、鱼卵、仔鱼、游泳生物的生物资源密度（*Dij*）依次为 $3.65\times10^5$cells/L、1411.1ind/$m^3$、0.1185ind/$m^3$、0.0455ind/$m^3$、202.83kg/$km^2$。各海洋生物在不同悬浮泥沙增量范围内的生物资源损失率（*Kij*）按照《规程》中的数值进行内插。

根据施工期悬浮泥沙增量扩散范围的数值模拟结果，各时期的浮游植物、浮游动物、鱼卵、仔鱼、游泳生物的一次性平均损失量和持续性损害受损量如表 6.6-2，各时期共造成的持续性损害受损量依次为浮游植物 $1.10\times10^{19}$cells、浮游动物 $4.25\times10^{13}$ind、鱼卵 $1.30\times10^{9}$ind、仔鱼 $1.11\times10^{9}$ind、游泳生物 $7.37\times10^{4}$kg。

**表 6.6-2　悬浮物质增量扩散范围内的海洋生物资源损害评估**

| 项目 | 悬浮物质浓度增量 (mg/L) | 影响面积 ($km^2$) | 影响对象 | 生物资源密度 | 损失率 (%) | 平均水深 (m) | 一次性平均损失量 | 持续周期数 (个) | 持续性损害受损量 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 采砂悬浮物质浓度增量扩散 | 10~100 | 70.89 | 浮游植物 | 3.65E+05 cells/L | 30 | 30 | 2.33E+17 cell | 36 | 8.38E+18 cel |
| | >100 | 13.25 | | | 50 | | 7.25E+16 cell | | 2.61E+18 cel |
| | 10~100 | 70.89 | 浮游动物 | 1411.1 ind/$m^3$ | 30 | 30 | 9.00E+11 ind | | 3.24E+13 ind |
| | >100 | 13.25 | | | 50 | | 2.80E+11 ind | | 1.01E+13 ind |
| | 10~100 | 70.89 | 鱼卵 | 0.1185 ind/$m^3$ | 5 | 30 | 1.26E+07 ind | | 4.54E+08 ind |
| | >100 | 13.25 | | | 50 | | 2.36E+07 ind | | 8.48E+08 ind |
| | 10~100 | 70.89 | 仔鱼 | 0.0455 ind/$m^3$ | 22.5 | 30 | 2.18E+07 ind | | 7.84E+08 ind |
| | >100 | 13.25 | | | 50 | | 9.04E+06 ind | | 3.26E+08 ind |
| | 10~100 | 70.89 | 游泳生物 | 202.83 kg/$km^2$ | 10.5 | - | 1.51E+03 kg | | 5.44E+04 kg |
| | >100 | 13.25 | | | 20 | | 5.37E+02 kg | | 1.93E+04 kg |
| 合计 | | | 浮游植物 | | | | 3.05E+17 cell | | 1.10E+19 cel |

| 项目 | 悬浮物质浓度增量 (mg/L) | 影响面积 ($km^2$) | 影响对象 | 生物资源密度 | 损失率 (%) | 平均水深 (m) | 一次性平均损失量 | 持续周期数 (个) | 持续性损害受损量 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 浮游动物 | | | | 1.18E+12 ind | | 4.25E+13 ind |
| | | | 鱼卵 | | | | 3.62E+07 ind | | 1.30E+09 ind |
| | | | 仔鱼 | | | | 3.08E+07 ind | | 1.11E+09 ind |
| | | | 游泳生物 | | | | 2.05E+03 kg | | 7.37E+04 kg |

### 6.6.3 海洋生物资源损失金额

为了减少工程施工对海域生物和渔业资源造成的损失，建设单位应按照农业部的有关规定支付海洋生物资源补偿费用。

各种海洋生物资源的损失量计算详见表 6.6-2 内容，损失金额详细计算如下：

**（1）生态资源经济损失核算**

底栖生物、游泳生物均按成体生物处理，经济价值的计算公式为：

$$M=W\times E$$

式中：$M$ 为经济损失额，元；

$W$ 为生物资源损失量，千克（kg）；

$E$ 为生物资源的价格，元/kg；

参考 2013 年厦门经济特区年鉴，游泳生物的价格取 15 元/kg，底栖生物的价格取 10 元/kg。

鱼卵和仔鱼的经济价值应折算成鱼苗进行计算，计算公式为：

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

式中：$M$ 为鱼卵和仔稚鱼的经济损失金额，元；

$W$ 为鱼卵和仔稚鱼损失量，尾或个；

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

$V$ 为鱼苗的商品价格，按当地主要鱼类苗种的平均价格计算，元/尾。

参考“2014 年福建海洋生态·渔业资源保护十大专项行动”的增殖放流苗种的价格，鱼卵和仔鱼折算为鱼苗后的价格取 0.005 元/ind。

根据上述方法和参数计算各类海洋生物资源的直接损失，结果见表 6.6-2，本项目造成的海洋生物资源直接损失约为 362.92 万元。

**（2）补偿金额**

根据《SC/T 9110-2007 建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》的相关规定，进行生物资源损害赔偿时，应根据补偿年限对直接经济损失总额度进行校正。《规程》要求，持续性生物资源损害的补偿分 3 种情形，实际影响年限低于 3 年的，按 3 年补偿；实际影响年限为 3 年-20 年的，按实际影响年限补偿；影响持续时间 20 年以上的，补偿计算时间不应低于 20 年。

本项目实际施工期为 18 个月，按《规程》要求应按 3 年进行补偿，则本项目的底栖生物损害补偿为 218.13 万元、鱼卵损害补偿为 13.01 万元、仔鱼损害补偿为 55.47 万元、游泳生物损害补偿为 221.10 万元，合计 507.72 万元，详见表 6.6-3。

**表 6.6-3　项目建设对海洋生物资源损害评估汇总**

| 项目 | 直接损失 | | | | | 损害补偿 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 影响对象 | 生物资源受损量 | 生长到商品鱼苗的成活率 | 单价 | 损失金额(万元) | 补偿金额(万元) |
| 采砂临时用海 | 底栖生物 | 72.71t | - | 10 元/kg | 72.71 | 218.13 |
| 采砂悬浮物质浓度增量扩散 | 鱼卵 | $1.30\times10^{9}$ ind | 1% | 0.005 元/ind | 6.51 | 13.01 |
| | 仔鱼 | $1.11\times10^{9}$ ind | 5% | 0.005 元/ind | 27.73 | 55.47 |
| | 游泳生物 | $7.37\times10^{4}$ kg | - | 15 元/kg | 110.55 | 221.10 |
| 合计 | - | | | | 362.92 | 507.72 |

## 6.7 主要敏感目标的影响分析

### 6.7.1 对周边生态保护红线区、海洋保护区、邻近海洋海洋功能区的影响

（1）对项目周边生态保护红线区的影响

根据《福建省海洋生态保护红线划定成果》，本项目采砂区不在生态保护红线区范围内，本项目距离“东碇岛领海基点特殊保护海岛生态保护红线区”和“镇海角南侧重要渔业水域生态保护红线区”两个生态保护红线的最近距离分别为：11.24km、2.25km。项目周边生态保护红线区管控措施见表 6.7-1。

根据上述章节数值模拟分析结果可知：项目实施后，流速流态无明显变化，泥沙冲淤无明显变化，因此对周边生态保护红线区内的地形地貌、海域自然属性、岸线形态等基本没有影响。

本工程为采砂工程，开采面积为 6.20km$^2$。施工过程采用耙吸挖泥船开采，并未阻隔渔业资源洄游通道，开采过程会对采砂区范围内的海底生境造成破坏，海底扰动导致悬沙含量增高，悬浮泥沙在水流的作用下，高浓度水体（>150mg/L）主要集中在施工区域周边，而后浓度迅速降低。根据数模预测结果，施工过程可能引起悬沙浓度增量为 10mg/L 的影响范围面积约为 84.14km$^2$，主要向东北和西南两个方向扩散，未到达“东碇岛领海基点特殊保护海岛生态保护红线区”，但“镇海角南侧重要渔业水域生态保护红线区”距离本项目较近，红线区内本项目施工过程可能引起海水悬浮泥沙增量超过 10mg/L 的影响范围为 18.68km$^2$，悬浮泥沙浓度增量超过 20mg/L 的影响范围为 11.92km$^2$，悬浮泥沙浓度增量超过 50mg/L 的影响范围为 0.34km$^2$。悬浮泥沙增量将会影响该生态红线区内的海水水质，同时将导致该海域游泳生物、底栖生物以及渔业资源不同程度受损。

“镇海角南侧重要渔业水域生态保护红线区”的**生态保护目标**是：主要经济虾、鳓鱼、蓝点马鲛、大黄鱼、无针乌贼的亲鱼及其繁育环境。**管控措施**：维持海域自然属性，保护渔业资源产卵场、育幼场、索饵场和洄游通道。禁止围填海、截断洄游通道、水下爆破施工等的开发活动，禁止破坏性捕捞方式，严格执行禁渔期、禁渔区制度以及渔具渔法规定。开展增殖放流活动，保护和恢复水产资源。

**环境保护要求：**按照海洋环境保护法律法规及相关规划要求进行管理，禁止排放有害有毒的污水、油类、油性混合物、热污染物及其他污染物和废弃物，禁止新设污染物集中排放口，禁止倾废，改善海洋环境质量。本项目为海砂开采项目，不涉及制造或运输污染和危险品，船舶含油污水、生活污水、船舶垃圾和生活垃圾等均收集上岸处理，不直接排海，本项目对周边海洋环境的影响主要为采砂过程的悬浮泥沙扩散。采砂施工导致一定海域的底质环境改变，以及悬浮泥沙扩散将对大黄鱼和蓝点马鲛的产卵环境产生一定影响，由于大黄鱼和蓝点马鲛具有一定的适应性或趋避能力，在一定程度上可适应工程施工导致的悬浮泥沙的扩散及海域表层沉积物类型的变化，同时通过尽量避开鱼类产卵盛期、采取生态补偿等可将影响控制在一定范围和程度内。另外，根据现状监测资料，在工程周边海域2019年秋季及2018年春季渔业资源调查中未获得大黄鱼和蓝点马鲛鱼样品。从工程施工情况来看，悬浮泥沙影响区域相对固定；从砂源调查选化结果看，工程区附近海域仍有较大面积底质类型相似的海域，鱼类本身具有选择合适环境产卵的能力；从生物学角度来看，鱼类本身对悬浮泥沙有趋避能力。工程实施结束后，通过生态修复等措施使得工程所在海域生态环境得以逐步恢复。本工程在施工过程中应严格按照环评报告及相关行业要求中提出的环保措施，确保工程施工对海洋环境的影响程度降到最低。

另外根据施工船舶溢油模拟分析，本项目施工船舶发生事故性溢油时，有可能会扩散至周边生态保护红线区和自然岸线，因此建设单位和施工单位应时刻采取船舶事故防范措施并建立溢油应急预案，将溢油风险和溢油影响程度降至最低。

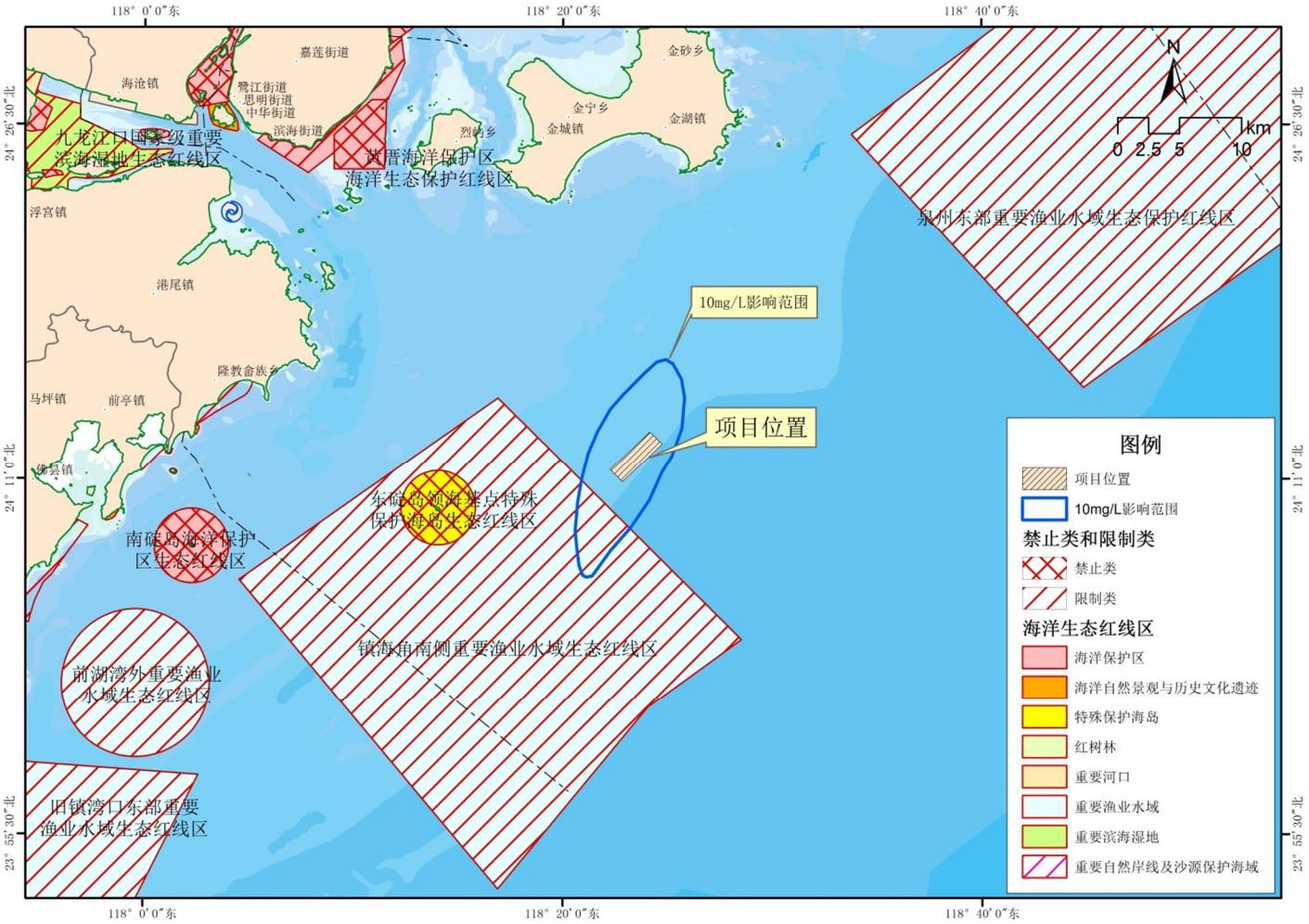



图 **6.7-1** 悬浮泥沙扩散对生态红线保护区的影响图

**表 6.7-1 项目周边生态保护红线区管控措施一览表**

| 名称 | 管控类别 | 覆盖区域面积（$km^2$） | 生态保护目标 | 管控措施 |
|---|---|---|---|---|
| 镇海角南侧重要渔业水域生态保护红线区 | 限制类 | 753.61 | 主要经济虾、鳓鱼、蓝点马鲛、大黄鱼、无针乌贼的亲鱼及其繁育环境 | 管控措施：维持海域自然属性，保护渔业资源产卵场、育幼场、索饵场和洄游通道。禁止围填海、截断洄游通道、水下爆破施工等的开发活动，禁止破坏性捕捞方式，严格执行禁渔期、禁渔区制度以及渔具渔法规定。<br>开展增殖放流活动，保护和恢复水产资源。确需在生态保护红线区内进行航道锚地、海底管线、能源等公益或公共基础设施建设的，要经严格科学论证并经相关主管部门审批后实施。<br>环境保护要求：按照海洋环境保护法律法规及相关规划要求进行管理，禁止排放有害有毒的污水、油类、油性混合物、热污染物及其他污染物和废弃物，禁止新设污染物集中排放口，禁止倾废，改善海洋环境质量。 |
| 东锭岛领海基点特殊保护海岛生态保护红线区 | 禁止类 | 28.2 | 岛地形地貌和周围海域海洋生态环境 | 管控措施：维护主权权益，严格保护海岛自然地形、地貌，禁止炸岛、海岛采石、采挖海砂、破坏植被等可能危害主权权益及破坏海岛生态系统的开发活动；加强主权权益设施建设。维持海域自然属性，保护渔业资源产卵场、育幼场、索饵场和洄游通道，禁止截断洄游通道、水下爆破施工等开发活动；禁止破坏性捕捞方式，合理有序开展捕捞作业；严格执行禁渔期、禁渔区制度以及渔具渔法规定；开展增殖放流活动，保护和恢复水产资源。<br>环境保护要求：按照海洋环境保护法律法规及相关规划要求进行管理，禁止排放有害有毒的污水、油类、油性混合物、热污染物及其他污染物和废弃物，禁止新设污染物集中排放口，禁止倾废，改善海洋环境质量。 |

（2）东碇岛领海基点海洋保护区

根据《福建省海洋功能区划（2011~2020 年）》，东碇岛领海基点海洋保护区的海洋环境保护要求是：重点保护海岛地质地貌及周围海域生态环境。严格执行海洋特别保护区管理要求。

东碇岛领海基点海洋保护区位于本项目西面约 11km，根据上述章节数值模拟分析结果可知：项目实施后，其周边海域的悬浮泥沙浓度增量约为 1mg/L，流速无明显变化，泥沙冲淤无明显变化，工程实施对东碇岛海域地质地貌及周围海域生态环境基本没有影响，因此工程实施对东碇岛领海基点海洋保护区的影响较小。

（3）厦门湾外矿产与能源区

厦门湾外矿产与能源区位于本项目西北面 10km，项目实施后，流速基本不变，泥沙冲淤无明显变化，工程实施对该功能区基本没有影响。

### 6.7.2 对岛屿、岸线的影响

漳州海岸线位于本项目西面约 30km、金门岛海岸线位于本项目北面约 20km，项目实施后，该海域流速基本没有变化，泥沙冲淤无明显变化，海床自然塌陷对漳州海岸、金门海岸基本不产生影响。

### 6.7.3 对航道、锚地的影响

（1）厦门港主航道、后石航道、采砂航道

厦门港主航道、后石航道位于本项目北面最近约 8km，项目实施后，其流速基本没有变化，泥沙冲淤无明显变化，工程实施对该区域基本没有影响。

采砂航道与本工程区相连，位于流速增大区域，在采砂区外的东北 1km 以内的海域最大有 0.01~0.03m/s 的流速增加，其余海域的平均流速影响很小，泥沙淤积强度减小或不变，泥沙冲淤影响范围主要位于工程海域，基本不会对采砂航道的水深维持造成影响。

（2）1#锚地

1#锚地位于本项目西北面 24km 以外，工程实施后其水文动力及泥沙冲淤基本没有变化，基本不会 1#锚地造成不利影响。

（3）外海习惯航线

外海习惯航线位于本项目北面 2.9km，其所在海域的流速发生一定变化，但基本不会对航道的使用造成明显影响，泥沙冲淤影响范围主要位于工程海域，对外海习惯航线基本没有影响，因而采砂工程基本不会对外海习惯航线造成影响。

## 6.7.4 对渔业捕捞的影响

根据对漳州龙海沿海村镇、浯屿村、厦门大嶝等地渔民的调访得知，漳州和厦门沿海渔民在拟申请的开采海域有一定的渔业捕捞活动，由于该海域处于外海海域，风浪较大，一般需较大型的渔船才能到此进行捕捞作业。同时，施工船舶的最佳作业时段也是渔业捕捞较为集中季节，采砂施工及船舶的出入将对当地渔民的渔业捕捞产生一定影响。施工单位及时发布采砂作业区的位置及作业时间，保证施工船舶、捕捞船和其他航行船舶的安全通航。对于进入采砂区附近海域的渔业捕捞船而言，应对施工船舶进行避让。

## 6.7.5 对重要渔业水域的影响

### 6.7.5.1 对经济鱼类“三场一通道”的影响

本工程采砂区处于闽南渔场附近海域，如图 5.2-1。闽南渔场由于受制于黑潮支梢、南海暖流和闽浙沿岸水的影响，温度、盐度分布呈现东高西低，南高北低的格局，使渔场终年出现多种流隔，有利于捕捞。主要捕捞对象为金枪鱼、青干金枪鱼、舵鲣、脂眼鲱、绒纹单刺鲀、鲷类、蛇鲻、带鱼、金色小沙丁鱼、大眼鲷、白姑鱼、乌鲳、鳓鱼、蓝点马鲛、竹荚鱼、鲐鱼、蓝园鲹、四长棘鲷、中国枪乌贼和虾蟹类等。闽南渔场是多种经济鱼虾类产卵、索饵、越冬的良好场所，是我国重要的中上层鱼类渔场之一。

根据国家农业部农业科学数据库对闽南渔场“三场一通道”的历史资料，工程区周边海域可能涉及到其“三场一通道”的经济鱼类品种主要有：大黄鱼、蓝点马鲛、蓝圆鲹和带鱼四种，其中蓝圆鲹和带鱼的“三场一通道”距离工程区较远。

**① 蓝圆鲹**

蓝圆鲹（*Decapterus maruadsi*），鲈形目鲹科圆鲹属的一种，又称池鱼，巴浪鱼。蓝圆鲹为暖水性中上层鱼类，具洄游习性，喜结群；卵生，卵浮性，具油

球。蓝圆鲹在我国南海、东海、黄海以及日本、朝鲜等海域均有分布。在东海主要分布于中国福建沿岸，是中国主要经济鱼类，东海和南海为其重要产区，尤以台湾海峡和浙江北部近海资源较丰富。

每年 3 月开始，位于台湾海峡越冬的鱼群，随着性腺的逐渐发育，离开越冬场向西和向北方向作生殖洄游，在闽中、闽东近海的产卵期为 4～7 月，盛期为 5～6 月。产卵过后的亲鱼继续向北洄游，部分鱼群可达浙江中部沿海。孵化出来的仔幼鱼也随风、随流飘到浙江近海索饵成长，到秋末随着水温的下降，亲体和幼鱼均返回越冬场越冬。

采砂区距离蓝圆鲹在台湾海峡中南部海域的越冬场、产卵场、索饵场、洄游通道约最近约有 44km，如图 6.7-2、图 6.7-3 所示，采砂作业产生的悬浮泥沙浓度增量超过 10mg/L 的包络范围距其约 39km，距离较远，且蓝圆鲹在中国近海分布广泛、分群产卵，工程实施基本不会对蓝圆鲹的生产繁殖产生影响。

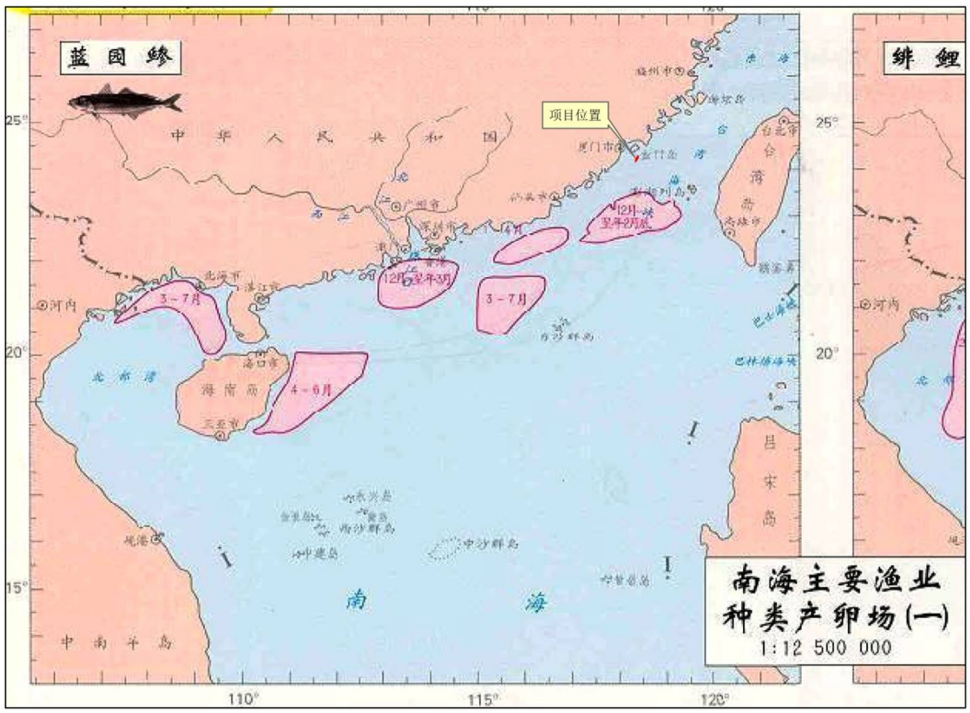



**图 6.7-2　悬浮泥沙扩散对闽中、闽东蓝圆鲹产卵场影响示意图**

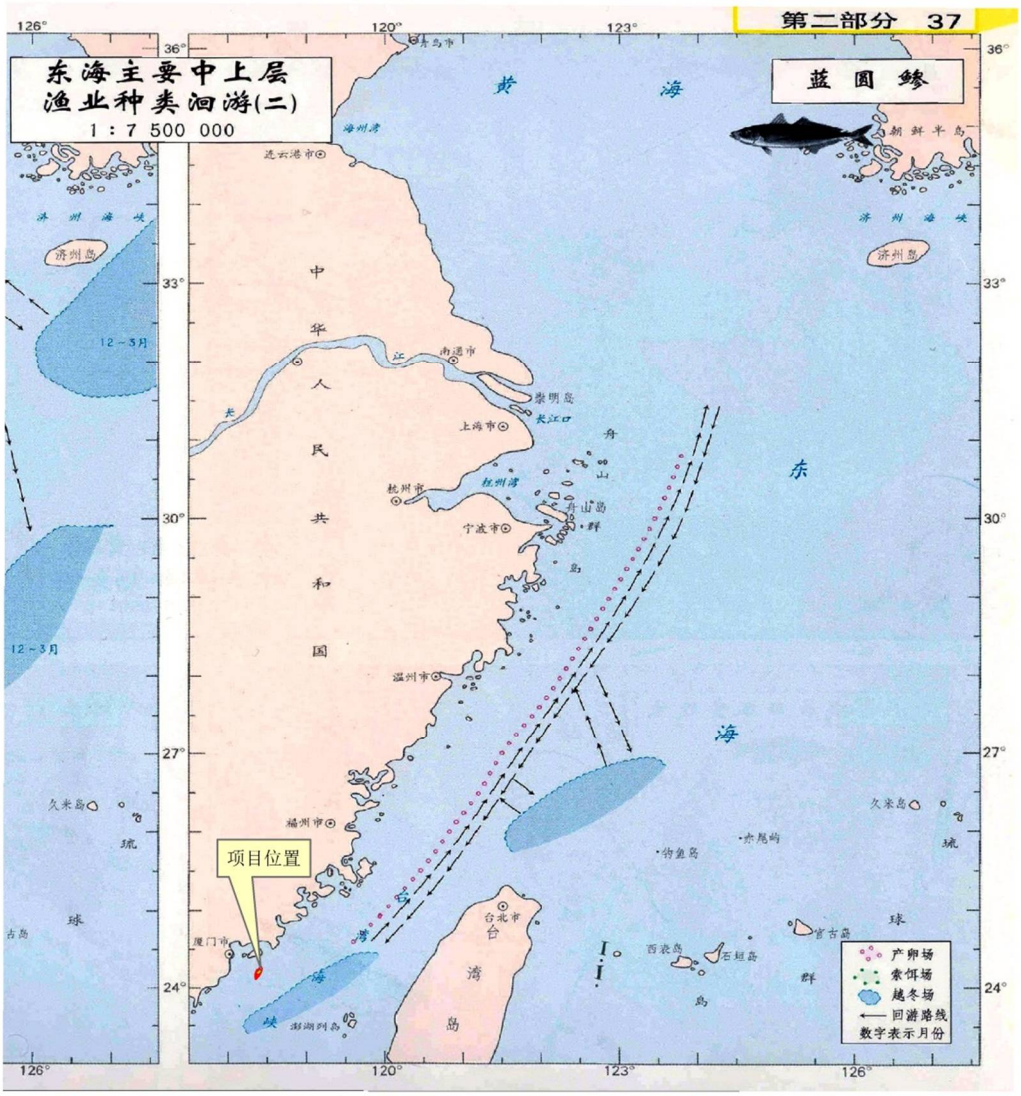



**图 6.7-3　悬浮泥沙扩散对蓝圆鲹索饵场、越冬场和洄游路线影响示意图**

**② 带鱼**

带鱼（*Trichiurus japonicus*），隶属于鲈形目（*Perciformes*）、带鱼属（*Trichiurus*）。带鱼属于温暖性、游泳动物食性、大型近低层鱼类，具有结群排队的特性，性凶猛，主要以毛虾、乌贼为食。主要分布于西太平洋和印度洋，在中国的黄海、东海、渤海一直到南海都有分布，和大黄鱼、小黄鱼及乌贼并称为中国的四大海产。带鱼是我国重要的经济鱼类，在我国海洋渔业生产中具有重要地位。

带鱼产卵期很长，一般以 4 月～6 月为主，其次是 9 月～11 月，一次产卵量在 2.5 万粒～3.5 万粒之间，产卵适宜水温为 17℃～23℃。在福建、广东东部近海的鱼群由南而北进行生殖洄游，产卵期为 3～5 月，以 4～5 月为盛期。

本项目采砂区距离带鱼在工程区附近海域的产卵场、索饵场、越冬场以及洄游路线最近约有 8km，如图 6.7-4。采砂作业产生的悬浮泥沙浓度增量超过 10mg/L 的包络范围距其约 5km，距离较远，且带鱼种群分布比较广，中国沿海各省均可见到，因此本工程实施基本不会对带鱼的生产繁殖产生影响。

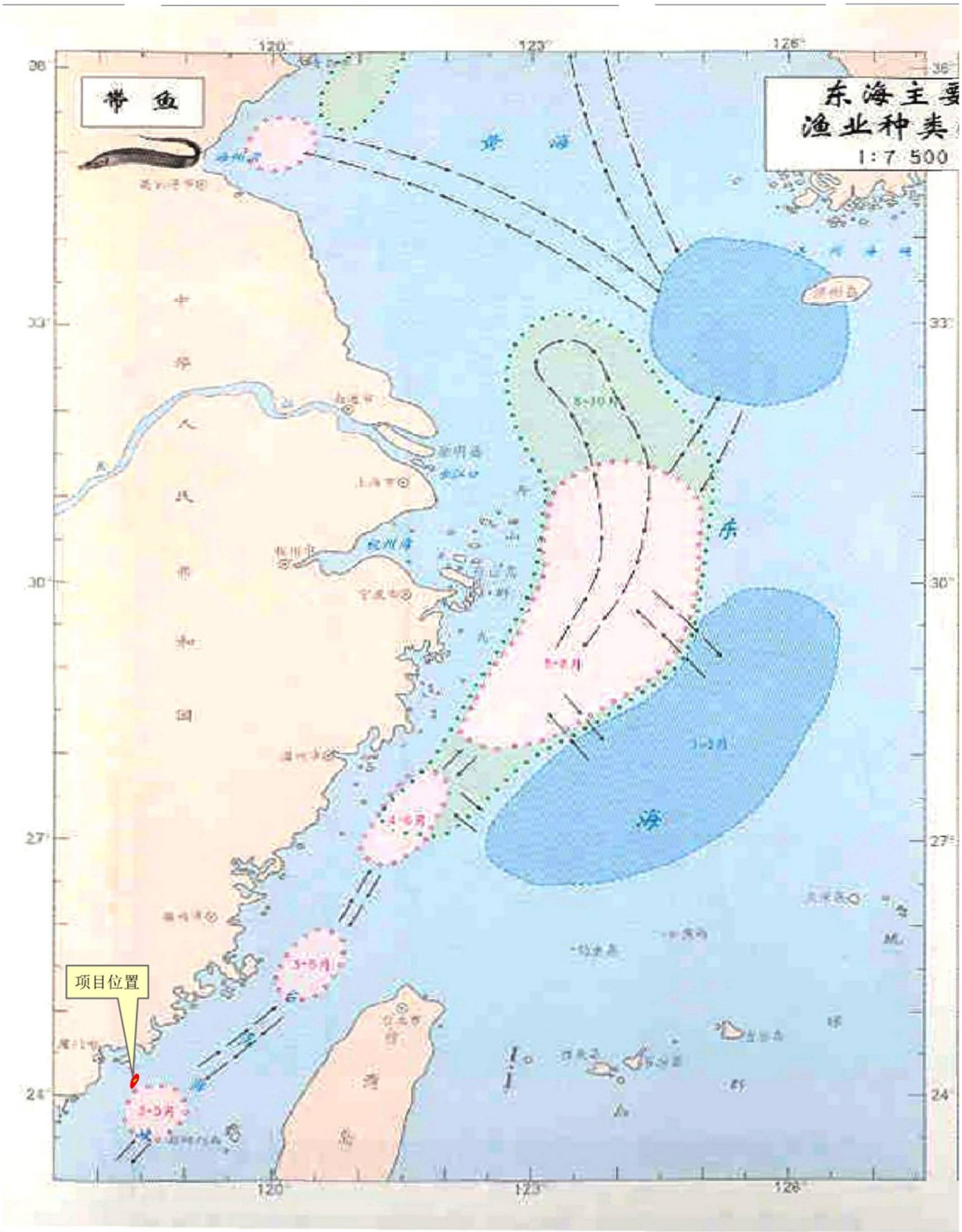



**图 6.7-3　悬浮泥沙扩散对带鱼索饵场、越冬场和洄游路线影响示意图**

③ 大黄鱼

大黄鱼（*Pseudosciaena crocea*）隶属石首鱼科(*Sciaenidae*)，福建俗称“黄鱼”、

“黄瓜鱼”、“红瓜”等，为传统“四大海产”（大黄鱼、小黄鱼、带鱼、乌贼）之一，我国近海主要经济鱼类。大黄鱼为暖温性集群洄游鱼类，栖息于水深 60 m 以内的近海中下层。产卵鱼群怕强光，喜逆流，好透明度较小的混浊水域。黎明、黄昏或大潮时多上浮，白昼或小潮时下沉。生殖盛期摄食强度显着降低；生殖结束后摄食强度增加。大黄鱼一生能多次重复产卵，生殖期中一般排卵 2～3 次。卵浮性，球形。大黄鱼对溶解氧的要求较高，一般在 4mg/L 以上，幼鱼的溶解氧临界值为 3mg/L 左右，稚鱼则在 2mg/L 左右。

福建近海越冬鱼群，自 4 月始由闽东的台山，东引和闽中的牛山至厦门沿岸外侧水深 30～80 米左右的弧形带的越冬场，游向东引、牛山、泉州、围头、厦门等产卵场，5 月有部分鱼群经东冲水道、三沙湾口深入官井洋产卵场。每年 5～6 月的大潮汛期间，闽江口及其邻近海域的成熟大黄鱼亲鱼就进入官井洋产卵场，并于农历三十至初三及十五至十八的退潮流急时开始产卵。另外，有的年份的 10～11 月大潮汛期间，官井洋及附近海区的成熟的大黄鱼也会在官井洋中产卵。

大黄鱼在一年内有 2 次繁殖，第 1 次出现在春夏季（春宗）；第 2 次出现于秋季（秋宗），黄海和东海鱼群以春夏生殖为主，秋季生殖为次，南海鱼群则反之。大黄鱼产卵场位于河口附近、港湾和海岛之间的近岸浅海区，水深一般在 30m 之内。水色浑浊，透明度不超过 1m。流速较大，一般为 1.02～2．04 m/s,最高可达 3.06 m/s。海底平坦，以软泥或泥质沙海区为主。由于产卵场所处纬度不同，产卵汛期和鱼群的适温也不一样，春夏季（4～6 月）大黄鱼产卵场的水温一般为 16～22℃，最高可达 24℃，秋季（9～10 月）生殖鱼群的繁殖适温范围一般为 22～25℃，最高和最低繁殖温度可达 27℃和 21℃。

我国沿海较明显的大黄鱼产卵场有 9 处以上，其中在福建有 2 处：福建北部官井洋和福建南部厦门外海。此外还有江苏南部吕泗洋；浙江北部岱巨洋；浙江中部猫头洋；浙江南部洞头洋；广东东部南澳近海；广东东部汕尾外海和广东西部硇洲近海（图 5.4-4）。以上产卵场中以吕泗洋、岱巨洋和猫头洋产卵场最大。福建省除官井洋和厦门外海二处产卵场外，还有东引、牛山、湄洲湾、泉州湾和围头等处也均有大黄鱼的产卵场。

根据 5.4.1 小节的资料分析，本工程区位于历史上的大黄鱼福建南部厦门外海产卵场区域，如图 5.4-4（a，b，c），从图中可以看出，不同历史时期调查所

绘制的产卵场范围略有差异。本工程采砂作业产生的悬浮泥沙影响范围较大，将对该海域大黄鱼的产卵环境产生一定影响。由于鱼类天然产卵场会随着各种环境因素的改变发生动态变化，因此较难明确对该区域产卵场的影响范围。

根据预测分析结果，采砂前后工程区附近海域表层沉积物类型变化不大，主要由粉砂、粉砂质砂、砂质粉砂、中粗砂、粗砂变为粉砂、砂质粉砂、中粗砂。大黄鱼产卵鱼群怕强光，喜逆流，喜好透明度较小的混浊水域，透明度不超过1m，产卵底质以软泥或泥质沙海区为主，其鱼卵浮性，因此大黄鱼在一定程度上可适应工程施工导致的悬浮泥沙的扩散及海域表层沉积物类型的变化。

**④ 蓝点马鲛**

蓝点马鲛（*Scomberomorus niphonius*）隶属于鲈形目（*Perciformes*）、鲭科（*Scombridae*）、马鲛属（*Scomberomorus*）。蓝点马鲛鱼系温、热带海洋性鱼属，对水温、水质要求较高，凡严重污染海域难见其踪影。

蓝点马鲛广泛分布于北太平洋西部，中国东海、黄海、渤海，我国主要渔场有舟山、连云港外海及山东南部沿海，为北方海区经济鱼之一。每年 4～6 月份为春汛，7～10 月份为秋汛，5～6 月份为盛渔期。

闽南蓝点马鲛产卵场在福建省兄弟岛至厅门岛沿岸岛屿和海湾一带的海域，水深 20～30 米，盐度为 26～34，产卵期为 2～5 月，以 3 月中旬至 4 月中旬为盛期，底质为粉砂质砂、粘土质粉砂。

根据 5.4.1 小节的资料分析，本工程区及其周边海域位于历史上的闽南蓝点马鲛鱼产卵场区域，如图 5.4-5（a，b，c），从图中可以看出，不同历史时期调查所绘制的产卵场范围略有差异。本工程采砂作业产生的悬浮泥沙影响范围较大，将对该海域蓝点马鲛的产卵环境产生一定影响。由于鱼类天然产卵场会随着各种环境因素的改变发生动态变化，因此较难明确对该区域产卵场的影响范围。

蓝点马鲛对水温、水质要求较高，产卵底质为粉砂质砂、粘土质粉砂，因此，采砂施工导致一定海域的底质环境改变，以及悬浮泥沙扩散将对蓝点马鲛的产卵环境产生一定影响。

本采砂工程施工产生的悬浮泥沙影响区域相对固定，且从砂源调查选化结果看，工程区附近海域仍有较大面积底质类型相似的海域，从生物学角度来看，鱼类本身具有选择合适环境产卵的能力，对悬浮泥沙也有一定的

趋避能力。项目施工虽然对鱼类的繁育产生一定影响，但可通过尽量避开鱼类产卵盛期，施工结束后及时采取生态补偿措施恢复渔业资源等措施，将影响控制在一定范围和程度内。

#### 6.7.5.2 工程选址与水产种质资源保护区的关系

根据《水产种质资源保护区管理暂行办法》（中华人民共和国农业部 2011 年第 1 号），“水产种质资源保护区”是指为保护水产种质资源及其生存环境，在具有较高经济价值和遗传育种价值的水产种质资源的主要生长繁育区域，依法划定并予以特殊保护和管理的水域、滩涂及其毗邻的岛礁、陆域。水产种质资源保护区分为国家级水产种质资源保护区和省级水产种质资源保护区。

《办法》规定，下列区域应当设立水产种质资源保护区：

（1）国家和地方规定的重点保护水生生物物种的主要生长繁育区域；

（2）我国特有或者地方特有水产种质资源的主要生长繁育区域；

（3）重要水产养殖对象的原种、苗种的主要天然生长繁育区域；

（4）其他具有较高经济价值和遗传育种价值的水产种质资源的主要生长繁育区域。

农业部《国家级水产种质资源保护区名录》（第一批～第七批）发布的水产种质资源保护区未包括海砂开采区所在海区。由福建省海洋与渔业厅牵头组织福建省水产技术推广总站、福建省水产研究所和福建省淡水水产研究所进行联合编制的《福建省水产种质资源保护区规划》（2011-2020 年，送审稿），对福建省所辖海域具备作为水产种质资源保护的海域进行调查论证，该规划也未将本工程所在海域划入。综上，本项目拟申请海砂开采海域及周边邻近海域未划定为国家级以及福建省的水产种质资源保护区。目前，福建省的大黄鱼保护海域是位于三沙湾的官井洋大黄鱼国家级水产种质资源保护区。

#### 6.7.5.3 工程区周边海域大黄鱼和蓝点马鲛渔业资源现状

为了解工程所在海域的渔业资源状况，海洋三所于 2019 年 11 月进行了秋季 12 个站位的海洋生态环境现状和渔业资源现状调查，同时，收集了厦门中集信检测技术有限公司编制的《厦门湾口 201701 海域海砂采砂项目海洋环境现状调查报告（春季）》的 2018 年 4 月春季调查资料。

（1）鱼卵和仔稚鱼

根据 2019 年秋季调查期间所获的鱼卵和仔稚鱼的样品分析，本海区共记录浮性鱼卵和仔稚鱼 9 科 10 属 12 种（含末定种），其中数量较高的种类为鲷属鱼卵及美肩鳃鳚仔稚鱼。2018 年春季垂直拖网 12 个站位，水平拖网 2 个站位共采获到鱼卵 16 粒，采获仔稚鱼 10 尾，本次调查采获到的鱼卵和仔稚鱼数量较少，所以无明显的优势种。从两航次调查从所获的鱼卵和仔稚鱼的种类看，大部份种类为浅海小型鱼类。2019 年秋季及 2018 年春季各站位调查均未获得大黄鱼和蓝点马鲛鱼的鱼卵和仔稚鱼样品（鱼卵和仔稚鱼种类名录详见附录 7 和附录 8）。

（2）游泳动物（鱼类）

根据2019年秋季和2018年春季在本采砂项目及邻近海域的游泳生物调查结果，2019 年 11 月拖网调查鉴定游泳动物 107 种，春季拖网定点调查作业渔获的游泳动物共计 89 种，所获得的鱼类种类区系组成以暖水性和暖温性为主，生态类型以底层和近底层种类为主。2019 年秋季和 2018 年春季各站位调查均未获得大黄鱼和蓝点马鲛鱼样品（游泳动物种类名录详见附录 9 和附录 10）。

另外，根据卢振彬等人的研究结果[7]：厦门沿岸的浯屿、青屿、二担、三担和九节礁之间海域是闽南大黄鱼(*peudosciaena crocea*)春季的产卵场之一。1956 和 1957 年闽南春汛大黄鱼渔获量达 307lt 和 434lt。60 年代初，由于敲舫作业,严重破坏了大黄鱼资源，直至 70 年代末才有所恢复。据统计，1978～1982 年闽南春汛大黄鱼渔获量为 988～3370t，平均 2164t。然而，由于投入的捕捞力量过大，大黄鱼资源再次遭受破坏，群体结构发生了较大的变化，出现了生物学捕捞过度，1983 年渔获量急剧下降到 25t，1985 年以来已形不成渔汛，性成熟最小体长由 1982 年的 260mm，提前到 1990 年的 153mm。

厦门沿岸的浯屿、何厝、五通、金门等海域是蓝点马鲛(*Scombermorus Niphoius*)的产卵场，每年 3～4 月在厦门沿岸海域形成渔汛。厦门市 80 年代马鲛类(主要是蓝点马鲛)年渔获量为 196～719t，平均 432t。90 年代以来年渔获量下降到 60～150t，平均 87t。从厦门的马鲛渔获量的变化可看出，蓝点马鲛资源也处于下降状态。

**6.7.5.4 小结**

---

7 卢振彬，颜尤明，杜琦. 厦门沿岸海域渔业资源变化和最适捕捞力量的估算[J]. 台湾海峡，1998.

综上所述，根据农业部农业科学数据共享中心 2008 年更新并公开发布的数据资料，以及《东海大陆架生物资源与环境》（郑元甲等著，2003）、《东海区渔业资源调查和区划》（农牧渔业部水产局编，1987）等渔业资源调查专著文献，工程区及其周边海域在历史上属于大黄鱼和蓝点马鲛鱼的产卵场区域，不同历史时期调查所得的产卵场分布范围略有差异。鱼类天然产卵场与人为划定的保护区不同，其范围、大小可能会随时间的迁移以及水温、水流、水质、光线及附着物等各种环境因素的改变发生动态变化，因此较难明确目前该区域产卵场的具体范围。本工程的实施产生的悬浮泥沙将对该海域大黄鱼和蓝点马鲛鱼的产卵场产生一定影响。

根据国家级水产种质资源保护区的划定，以及福建省水产种质资源保护区规划研究，本项目所在海域及其周边海域未列入国家级水产种质资源保护区和福建省水产种质资源保护区范围；大黄鱼春季产卵期为 5～6 月，秋季的产卵期为 9～10 月；蓝点马鲛产卵期为 2～5 月，以 3 月中旬至 4 月中旬为盛期。从 2019 年秋季和 2018 年春季两个航次的海洋生态调查结果来看，调查区在大黄鱼和蓝点马鲛鱼的主要产卵期未获取到这两种经济鱼类的鱼卵、仔稚鱼或成鱼样品。厦门沿岸海域是闽南大黄鱼和蓝点马鲛的产卵场之一，由于近岸海域环境的恶化及过度捕捞，大黄鱼和蓝点马鲛资源遭受严重破坏；大黄鱼 1985 年以来已形不成渔汛，蓝点马鲛资源也处于下降状态。

本项目采砂区处于闽南渔场，该海域是多种经济鱼虾类产卵、索饵、越冬的良好场所。在此区域采砂施工将影响洄游性鱼类资源的产卵和繁殖，使该区域的产卵海域受到损害。项目施工虽然对鱼类的繁育产生一定影响，但可通过在施工结束后及时采取增值放流等生态补偿措施恢复渔业资源等措施，将影响控制在一定范围和程度内。

## 6.8 大气环境影响评价

施工期间，本工程的主要大气污染源为耙吸式挖泥船产生的燃油废气等。耙吸式挖泥船将排放一定的大气污染物，主要是 $NO_x$、$SO_x$、$CO_x$、CH 等污染物。由于施工船舶数量较少，排放的污染气体很少，且本次施工区域开阔，空气交换条件较好，所以施工期间船舶对大气的影响尽管不可避免，但是局部的、较小的，能够随着施工过程的结束而停止。由于本项目位于厦门湾口外东南海域，漳州市镇海角东南方向约 30km，大金门岛以南约 20km，评价范围内无居民居住，可预计施工船舶机械尾气对环境空气质量的影响很小。

## 6.9 声环境影响评价

(1) 施工机械噪声源

本项目为海砂开采工程，施工过程中，施工噪声主要来自耙吸式挖泥船，噪声值一般在 80～85dB（A）。施工阶段主要噪声源及强度见表 6.9-1。

**表 6.9-1　施工阶段主要噪声源及噪声强度　dB(A)**

| 噪声源 | 监测距离(m) | 噪声级 dB(A) |
|---|---|---|
| 船舶作业噪声 | 5m | 80-90 |

(3) 施工机械噪声影响预测模式分析

施工机械声源当作点声源，在半自由声场点声源影响预测模式为

$$L_{施} = L_{po} - 20\lg\frac{r}{r_o}$$

式中：Lpo----距离声源 ro(m)处测点的施工机械噪声级，dB；

r---预测点与施工机械之间的距离(m)。

② 多台机械同时作业时预测点总声压级

$$L_p = 10\lg(\sum_{i=1}^{n} 10^{0.1} L_{Pi})$$

③ 预测点昼间或夜间的环境噪声预测值的计算公式为：

$$L_{预} = 10\lg(10^{0.1L_{施}} + 10\lg^{0.1L_{背}})$$

式中：L 背---预测点的环境噪声背景值，dB。

(4) 预测结果

由施工机械噪声源的噪声级和点声源预测模式进行计算，与噪声源不同距离的受声点的噪声影响值见表 6.9-2。

**表 6.9-2　施工噪声影响预测结果　dB(A)**

| 噪声源强度(dB) | 与噪声源的距离(m) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10 | 30 | 50 | 80 | 100 | 150 | 200 | 300 |
| 90 | 87.0 | 77.4 | 73.0 | 68.8 | 67.0 | 63.4 | 61.0 | 57.4 |

(5) 噪声环境影响评价

在距离施工点 150m 外，施工场界噪声影响基本低于 65dB，可符合

GB12523-90《建筑施工场界噪声限值》，采砂区边界 200m 范围内没有噪声敏感目标，因此本项目噪声对周边环境影响很小。

## 6.10 固体废物影响评价

本项目实施过程所产生的主要固体废物为生活垃圾，施工船舶生活垃圾取1.0kg/（人·d），生活垃圾产生量为0.36t/d。施工船舶垃圾若随意丢入海中，将影响海水环境质量和视觉景观。生活垃圾不得随意倒入海域，施工船舶应配备垃圾收集装置，统一由有资质单位接收处理，建议施工船舶与经厦门海事部门认可的船舶垃圾接收处理单位签订协议，通过有偿服务，落实施工船舶垃圾接收处理。在采取上述措施情况下，施工船舶固体废物对海域环境基本不产生影响。

## 6.11 环境风险评价

### 6.11.1 风险调查

#### 6.11.1.1 风险源调查

根据本项目施工特点，本项目危险物质为燃料油，风险源为施工船舶，所采用的耙吸船舱容为13000m$^3$，载油量为2500m$^3$，共5个油舱，单舱载油量为500m$^3$。

#### 6.11.1.2 环境敏感目标调查

工程周边的东碇岛领海基点海洋保护区、南碇岛海洋保护区、后石电厂取水口，双鱼岛，鼓浪屿，厦门岛东南部旅游区，文昌鱼保护区，白海豚保护区、厦门（大屿）白鹭保护区，厦门（鸡屿）白鹭保护区、漳州火山地质公园、浯屿旅游休闲娱乐区、大佰岛旅游区、石井滩涂养殖区、围头湾养殖区等，见图 6.11-1。

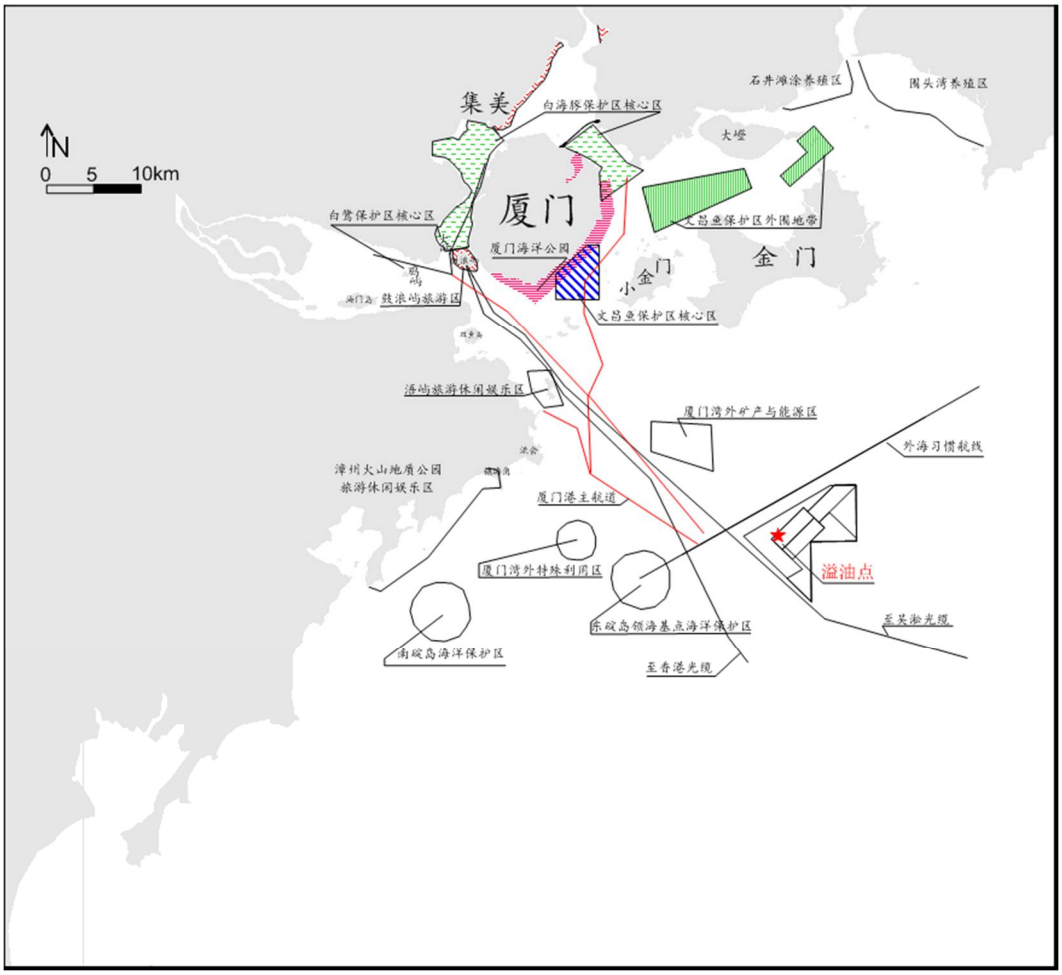



图 6.11-1 敏感目标分布图及溢油点位置（图中红色★所示）

## 6.11.2 环境风险潜势及评价等级判定

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018），根据建设项目涉及的物质和工艺系统的危险性及其所在地的环境敏感程度，结合事故情形下环境影响途径，建设项目环境风险潜势划分为 I、II、III、IV/IV$^{+}$级。具体划分见表 6.11-1。

表 6.11-1 建设项目环境风险潜势划分

| 环境敏感程度（E） | 危险物质及工艺系统危险性（P） | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 极高危害（P1） | 高度危害（P2） | 中度危害（P3） | 轻度危害（P4） |
| 环境高度敏感区（E1） | IV$^{+}$ | IV | III | III |
| 环境中度敏感区（E2） | IV | III | III | II |
| 环境低度敏感区（E3） | III | III | II | I |
| 注：IV$^{+}$为极高环境风险。 | | | | |

按照 HJ169-2018 附录 C，本项目危险物质及工艺系统危险性等级为 P4；按照 HJ169-2018 附录 D，本项目环境敏感程度为 E1，因此本项目环境风险潜势为 III。

风险潜势为 III 时，风险评价等级为二级。

### 6.11.3 环境事故风险识别

本工程施工船舶主要船型为耙吸式挖泥船，船舶发生碰撞事故后可能导致船舶燃料油外泄。因此，本项目以燃料油为风险因子。船舶燃料油是由各种烷烃、环烷烃和芳香烃组成的混合物，大部分为液态烃，伴有气态烃和固态烃，所含基本元素是碳和氢，两种元素的总含量平均为 97～98%，同时含有少量的硫、氧、氮等，其化学组分因产地不同而有所差异。燃料油的理化性质见表 6.11-2。

**表 6.11-2 燃料油的理化性质**

| 项 目 | 特 性 | 项 目 | 特 性 |
|---|---|---|---|
| 外观及气味 | 黑色粘稠有气味的液体 | 凝固点（℃） | <26 |
| 液体相对密度 | 0.92～1.07 | 粘度（pas） | <180 |
| 沸点（℃） | >398.9 | 水溶性 | 微溶 |
| 20℃时蒸汽压（kpa） | 很低 | 自燃温度（℃） | 407.2 |
| 雷德蒸汽压（kpa） | 0.3（50℃时） | 挥发性 | 挥发 |
| 闪点（℃） | 65.6～221.1 | 灭火方法 | 二氧化碳、干粉、泡沫 |
| 易燃性 | 不易燃 | 危险性 | 必须加热才能持续燃烧 |
| 爆炸极限 | 1%～5% | 主要用途 | 船用燃料 |

基于 GESAMP（海洋污染专家组）的研究报告，燃料油的污染特性分类为石油类，执行 MARPOL 73/78 公约附则 I。燃料油一旦溢漏入海，海域水环境、生态环境等将受到严重影响和破坏。燃料油为微溶性物质，发生事故性泄漏后，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之间的正常水气交换，限制了日光向水体的透入，使水质和水体自净化功能变差，破坏了水生生态系统的光合作用及其物质和能量流，对于海洋哺乳类动物、海鸟等动物的生理功能均有很大的伤害；随着溢出物在海面的漂移扩散，溶解或分散于水体中的溢出物量会逐渐增多，其环境影响主要体现在污染水质并毒害水生生物；当溢出物上岸，可造成对岸线及其环境资源的严重污染损害。

施工期间，如发生船舶碰撞、极端天气影响等导致采砂船发生倾覆，砂体外

泄入海，悬浮泥沙瞬时突增造成海洋环境损害。

## 6.11.4 事故概率及源项分析

### 6.11.4.1 国内外船舶溢油事故统计分析

（1）全球船舶溢油事故统计分析

随着海运事业的发展，世界各地陆续发生了各种原因引起的数以千计的溢油事故，造成严重的石油污染。从众多溢油污染事故统计分析，一般发生重大溢油事故的原因主要是油轮突于恶劣天气，风大、流急、浪高，加之轮机失控，造成油轮触礁、碰撞、搁浅、引起重大溢油污染事故。国际油轮船东防污染委员会（简称 ITOPF）按不同溢油等级和事故原因统计了 1974 年至 2009 年 9522 起油轮、大型油轮和驳船溢油事故次数，见表 6.11-3。

**表 6.11-3　1974～2009 年全球油轮溢油事故统计**

| 事故原因 | <7t | 7－700t | >700t | 合计 |
|---|---|---|---|---|
| 装卸作业 | 3155 | 383 | 36 | 3574 |
| 加装燃料 | 560 | 32 | 0 | 593 |
| 其它操作 | 1221 | 62 | 5 | 1305 |
| 碰撞 | 176 | 334 | 129 | 640 |
| 搁浅 | 236 | 265 | 161 | 662 |
| 船体破损 | 205 | 57 | 55 | 316 |
| 设备故障 | 206 | 39 | 4 | 249 |
| 火灾、爆炸 | 87 | 33 | 32 | 152 |
| 其它/不明原因 | 1983 | 44 | 22 | 2049 |
| 合计 | 7829 | 1249 | 444 | 9522 |

① 溢油量小于 7 吨的事故共 7829 起，其中操作性事故 4936 起，占 7829 起事故的 63%，海损事故 910 起，占 7829 起事故的 12%。

② 溢油量 7 至 700 吨的事故共 1249 起，其中海上船舶操作性事故 477 起，占 1185 起事故的 38%，海损事故 728 起，占 1249 起事故的 58%。

③ 溢油量大于 700 吨的事故 444 起，其中操作性事故 41 起，占 444 起事故的 9%，海损事故 381 起，占 444 起事故的 86%。这说明随着溢油量等级的加大，海损事故次数增加，而大于 700 吨的特大溢油事故一般是海损事故造成。

（2）我国船舶溢油事故统计分析

①溢油事故类型与规模

1973~2008 年的 36 年间，我国沿海共有 704 起船舶溢油事故。

按照事故原因进行分类统计，704 起船舶溢油事故中，操作性事故 346 起，占事故总数的 49%，海损性事故 259 起，占事故总数的 37%，其他/未知类事故 99 起，占 14%，表明操作性和海损性事故是我国船舶溢油事故的主要原因。

按不同溢油量等级进行统计，溢油量小于 9 吨的事故共 582 起，占 82.7%，而 700 吨以上的特大溢油事故 12 起，占 1.7%，且都为海损性事故。这表明我国沿海船舶溢油事故以小型事故为主，多为操作性事故；大型、特大溢油事故所占比例较小，多为海损性事故，这与 ITOPF 的统计规律相一致。

②溢油量与事故原因

溢油事故原因按照操作性事故和海损性事故以及 ITOPF 统计方法进行划分，操作性事故原因包括装卸货油、加燃油、其他作业，海损性事故原因包括碰撞、搁浅、船体损坏、火灾爆炸。

我国沿海船舶溢油事故，尤其 10 吨以上的中型、大型、特大事故，以碰撞为主要原因。其中，10~49 吨的溢油事故中，碰撞事故占到总事故的 55%，50~699 吨的溢油事故中，碰撞事故占到 69%，700 吨以上的溢油事故中，碰撞事故占到 42%。这表明我国沿海危害性比较大的溢油事故主要是由船舶碰撞引起的。

### 6.11.4.2 福建省船舶溢油事故统计分析

根据《福建海事局泉州溢油应急设备库工程可行性研究报告》（2008 年）中对福建海事局各辖区船舶溢油事故的统计资料，1995～2007 年福建海事局各辖区发生船舶溢油和潜在溢油事故共 36 起；其中溢油事故 19 起，占 53%。

① 未溢油事故中，海损性事故有 12 起，占 71%；

② 溢油量小于 10 吨的事故共 10 起，其中操作性事故 5 起，海损性事故 5 起，各占 50%；

③ 溢油量 10 至 50 吨的事故 0 起；

④ 溢油量 50 至 700 吨的 7 起，其中海损性事故 6 起，占 86%；

⑤ 溢油量大于 700 吨的事故共 2 起，全部是海损性事故。

船舶事故中以海损性事故为主，主要原因有碰撞、触礁/触损。

### 6.11.4.3 厦门海域船舶溢油事故统计分析

（1）操作性溢油事故

2001~2010 年，厦门海事局辖区海域发生 11 起操作性溢油事故。

**表 6.11-4　2001~2010 年厦门海事局辖区操作性溢油事故统计表**

| 序号 | 事故时间 | 事故地点 | 肇事船舶 | 溢油量 | 事故原因 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2003.3.29 | 翔鹭码头 | 克岚海洋 | 2 千克燃料油 | 操作性溢油 |
| 2 | 2004.12.24 | 漳州华阳电厂码头 | 鸿亚 | 2 吨 0#柴油 | 装货期间翻沉 |
| 3 | 2005.6.9 | 海沧 10＃泊位(翔鹭化工码头) | 宝航 1208 | 4 千克燃料油入海 | 卸货作业完毕时，拆卸油管操作不当 |
| 4 | 2006.3.1 | 东渡码头 2＃泊位 | 牵牛星 | 0.015 吨 | 操作性溢油 |
| 5 | 2006.7.31 | 东渡码头 3＃泊位 | 河北好运/闽厦门油 0009 | 0.1 吨 | 操作性溢油 |
| 6 | 2006.8.16 | 海沧 9＃泊位 | 吉达 58 | 0.1 吨 | 船体漏洞 |
| 7 | 2006.8.20 | 东渡码头 3＃泊位 | 丰康山 | 0.01 吨 | 操作性溢油 |
| 8 | 2008.10.8 | 东渡码头 | 华航 1 | 含油污水 20 千克 | 操作性溢油 |
| 9 | 2009.10.4 | 3 号锚地 | 新海旺 | 0.1 吨燃料油 | 操作性溢油 |
| 10 | 2009.11.15 | 东渡国贸码头 | 闽厦门水 0005 | 排污量约 20 升 | 操作性溢油 |
| 11 | 2009.12.17 | 后石电煤码头 | 卡华提 | 燃油(重油 380cst)泄漏量约 0.15 立方(0.14 吨) | 操作性溢油(漳州局辖区) |

（2）海损性溢油事故

2001~2010 年，厦门海事局辖区海域发生 6 起海损性溢油事故。

**表 6.11-5　2001～2010 年厦门海事局辖区海损性溢油事故统计表**

| 序号 | 事故时间 | 事故地点 | 肇事船舶 | 溢油量 | 事故原因 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2001.9.20 | 厦门港主航道 | 运鸿 | 90 吨 0#柴油 | 海难性溢油 |
| 2 | 2002.7.26 | 刘五店码头 | 天祥 | 100 千克污油 | 海难性溢油 |
| 3 | 2003.5.25 | 东渡 1#泊位 | 华顶山 | 5 吨燃油及机舱污油 | 海难性溢油 |
| 4 | 2004.10.2 | 台湾海峡 | 卫昌 | 1.3 吨燃料油 | 搁浅后 NO.3 燃油舱破损 |
| 5 | 2007.1.15 | 马銮湾 | 渚扬 2 | 3 吨燃料油 | 海难性溢油 |
| 6 | 2010.11.27 | 厦门港海天 10 号码头附近 | “千和 12”油轮、“厦港拖 3”拖轮 | 约 5 立方含油污水流入海域，并在海浪作用下污染至厦门港部分海面 | 海损溢油事故 |

由上述统计可知，厦门港大部分的船舶污染事故主要发生在港口装卸作业期间，事故多为跑冒滴漏，溢出量较小，一般溢出量在 10kg 以下。进港主航道上船舶污染事故发生次数很少，但溢油量一般较大，主要为航道航行碰撞。

1995 年以来，厦门海事局辖区海域大型船舶污染事故主要有三起：

（1）1995 年 5 月 20 日在东碇岛附近发生熊岳城号货船与 Accord 货船碰撞，溢油 153 吨；

（2）1996 年 3 月 6 日在兄弟屿东侧发生中化一号油轮与 MARITIME 货船碰撞，溢油 900 吨；

（3）2001 年 9 月 20 日在厦门港主航道运鸿油轮与爱丁堡集装箱船舶发生碰撞沉没，碰撞事故造成了约 90 吨 0#柴油外漏。

厦门海事局自从 2004 年 9 月启动厦门船舶交通管理系统(VTS)对于船舶的安全通航、减少航道交通事故起到较好的保驾护航作用。

## 6.11.5 施工船舶风险事故溢油影响预测

### 6.11.5.1 计算参数

（1）采砂区施工船舶燃油一次泄漏量为 400t。

（2）溢油风险预测点位于开采区近岸侧，如图 6.11-1 所示。

（3）计算风况：静风，常年主导风，次主导风，不利风向，各风向的平均风速，见表 6.11-6。

表 6.11-6 溢油计算风速及风向

| | 常年主导风 | 次主导风 | 不利风向 | 不利风向 |
|---|---|---|---|---|
| | ENE | NE | SE | SSW |
| 平均风速 | 7.0 m/s | 6.3 m/s | 2.9 m/s | 4.3m/s |

（4）潮型为实测大潮。

（5）溢油泄漏持续时间 30 分钟，溢油计算时长为 72 小时。

（6）根据本海区调查数据，本底浓度取为 0.02mg/L。

## 6.11.5.2 船舶事故溢油预测方法

相比陆地溢油事故，海上溢油事故更为复杂，溢油事故发生后，溢油会随着海流、海风等动力因素而不断漂移。溢油进入海水中，会发生一系列的物理、化学和生物变化过程，包括铺展、蒸发、溶解、乳化、分散、吸附沉降、生物降解、光化学氧化、蜡吸和蜡富集等过程，统称风化。

油轻于水，不易溶于水，溢油入海后即漂浮于水面，迅速扩散成油膜，并随风逐流飘移。随着油膜的扩散变薄以及易挥发物质的逸出，油膜厚度减至一定值后（平均为 0.0005m 左右），连续的油膜将被撕裂成许多碎片，向四处飘散，形成更大的污染区。其扩展过程可分为连续扩展、形成碎片和碎片漂散三个阶段。

图 6.11-2 给出了海上溢油的各不同过程的发生、地位以及时间跨度等。

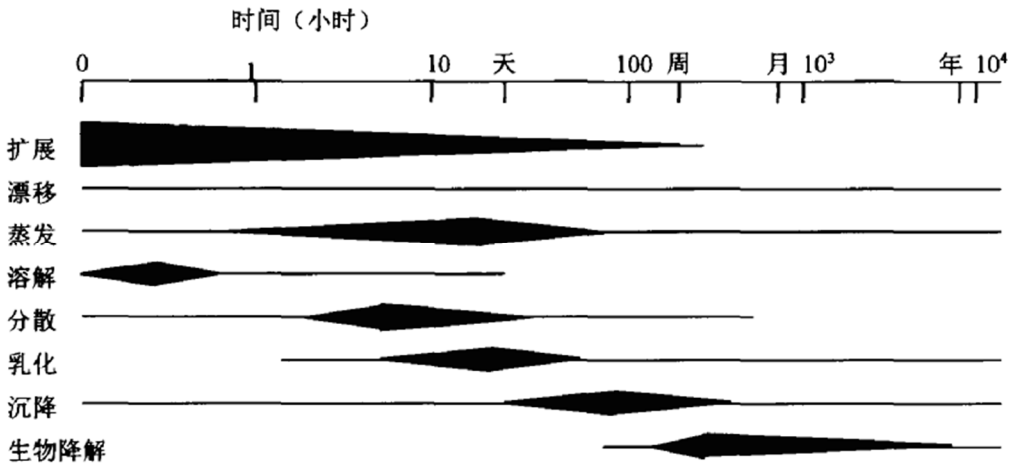



图 6.11-2 海上溢油变化过程的发生、地位和时间跨度

**（1）海上溢油的行为归宿**

1）动力学过程

动力学过程包括：扩散、漂移。

溢油在水体中的运动主要表现为在平流作用下的整体位移和在紊流作用下的扩散。溢油自身的表面扩展过程持续时间很短，而平流输运和紊流扩散持续时间较长。这两种运动机制分别受制于平流和紊流，实际上，它们是同时进行的，也就是通常所说的“对流-扩散问题”。

扩散作用主要受惯性力、重力、粘性力和表面张力控制。在实际海况下，海水表面油层的运动在风和波浪的作用下，具有明显的紊流性质，同时具有明显的

各向异性特征，即在主风向上油膜被拉长，在油膜的迎风面上形成堆积等。漂移又称溢油平流，是油膜在外界动力场（如风应力、油水界面切应力等）驱动下的整体运动。油膜平流是拉格朗日（*Lagrange*）漂移过程，其主要依赖海面风场和流场。其中流场可以认为是由风生流场、潮流、密度流、压力梯度以及冲淡水流的合成矢量场。在近海海域，潮流和风生海流是决定溢油漂移的最重要的因素，特别是在海湾，潮流的作用更为重要。

2）非动力过程

非动力过程包括：蒸发、溶解、分散、乳化、沉降、生物降解。

蒸发是溢油风华的主要过程，主要受溢油的组分、表面积及物理特性、风速、海气温度、海况以及太阳辐射强度等决定；实测表面，含量占 0~40%的低烃类在溢油后 24 小时内就会蒸发掉。溶解是一种由浮油到水体的烃类位置的交换，溶解量和速度取决于石油的组成和物理性质、油膜扩展度、水温和海水的紊流度以及油的乳化和分散程度。分散是很小的油滴掺混于海水中的现象，溢油发生后 10 小时左右的分散作用最大，可持续到 1000 小时以后；破碎波形成的紊流在分散中起着最主要的作用。乳化是一个“油包水”的过程，一般在溢油发生后几小时才开始，乳化过程后果是不仅增加了原来溢油的体积（有时可达 3~4 倍），更使油的粘性和密度增大；乳化油含水范围为 10~80%，最大可达 90%；海况对乳化速度有影响，但最终的乳化量仅取决于乳化剂的含量。油的密度随风化过程而增大，当油滴的比重变得大于海水的比重时，就会发生沉降，沉降过程在近岸浅水浑浊区较为显著。生物降解过程是起作用较晚的过程，与微生物群的种类、数量有关，另外还与海水温度、含氧量、无机营养含量有关，当然也与油品的组分有关。

**（2）油粒子模型**

“油粒子”模型是一种随机模型，与水动力等模型不同。“油粒子”方法是把溢油分成许多离散的小油滴来模拟溢油在海水中的漂移扩散过程，而不是去直接求解扩散方程。

油粒子运移距离为潮流场、风场和紊流扩散共同作用下的运移距离。不考虑紊流扩散时，可在潮流场数学模型计算的基础上，用拉格朗日方法跟踪质点的漂移过程，求得质点在潮流（含风生流）作用下的轨迹。

1）油粒子

“粒子扩散”是把浓度场看成由大量粒子组成的“云团”，其中每一粒子携带一定质量的污染物质。每一粒子模型在背景流场中发生平移，在重力和浮力作用下发生垂直方向的位移，即平流或对流。

油粒子的实质定义是一些很小的圆球，一般根据实际情况确定粒子数量。油粒子数量由下式估算得到：

$$Corc(\min) = \frac{M}{n \times A_{cell} \times h_{layer}} \tag{6.11-1}$$

其中$Corc(\min)$为计算的最小浓度（kg/m$^3$），$M$为溢油量（kg），$n$为油粒子数量，$A_{cell}$为最小网格单元面积（m$^2$），$h_{layer}$为层厚（m）。考虑到计算时间的经济性以及计算精度的要求，本次数值模拟的油粒子个数取为400万个，即一个油粒子代表的油量为0.1kg。

采用附加体积参数的方法来实现对油粒子特征的模拟。这些体积参数定义为：考虑特定粒子，其直径为$d$，则这个油粒子的真正体积为：

$$V_i = \frac{\pi}{6}\left(d_i\right)^3 \tag{6.11-2}$$

它所占油膜总体积的百分比$f_i$为：

$$f_i = \frac{\frac{\pi}{6}\left(d_i\right)^3}{\sum_{j=1}^{n}\frac{\pi}{6}\left(d_i\right)^3} \tag{6.11-3}$$

由此定义每个油粒子的特征体积为:

$$V_i = f_i \cdot V_0 \tag{6.11-4}$$

其中：$V_0$为已有的初始体积。这样，每个油粒子就代表已有体积的一部分，这部分体积与总粒子群中它所代表的那部分体积成比例。

2）溢油的模拟算法

①漂移

粒子模型方法将运动过程分为两个主要的部分，即平流过程和扩散过程。

每个粒子在$\Delta t$时间内的空间位置变化可以表达为：

$$\Delta\gamma = U_i\Delta t + W_i\Delta t + \gamma_i^{'} \tag{6.11-5}$$

其中矢量$\gamma_i$代表第$i$个粒子的位置，矢量$U_i$代表在时间步长内开始时的粒子

位置处得平流速度，矢量$W_i$代表垂直沉降速度。随即变量$\gamma_i^{'}$为随即走动距离。

输移介质的平流是潮流、风海流、地转流和密度流、淡水冲淡流等的合成流。平流所引起的每个油粒子的位移便可以求得：

$$\begin{cases} dx = u \cdot dt \\ dy = v \cdot dt \end{cases} \tag{6.11-6}$$

其中$u$、$v$分别为$x$、$y$方向的水平流速，$dt$为时间步长。

表面油膜的漂移是由于风生流与潮流的共同作用。风对海面上的溢油的作用除去风生流外，还有一部分是风应力直接作用在油膜上。风对溢油输移的直接作用可表示为：

$$U_w = f \cdot W \tag{6.11-7}$$

其中$W$为风速矢量，$f$为风因子，风导因子一般取风速的 2.5~4.4%，均值为 3.5%。

②扩散

油粒子的扩散分水平扩散和垂向扩散两部分，其中水平扩散系数取为时间的函数：

$$D_{xy} = at^b \tag{6.11-8}$$

$a$、$b$为参数，一般需要通过试验率定。

垂向扩散系数由$k-l$紊动模型计算。

③蒸发

蒸发将使溢油量减少，同时改变溢油的密度和粘性等物理性质。油的蒸发作为一级衰减过程考虑，衰减部分可以通过衰减常数来定义。

$$\frac{dm}{dt} = -k_E t \tag{6.11-9}$$

这里$k_E$为蒸发率（1/d），$t$为天数（d）。

④油粒子扩散边界条件的处理

油粒子在运动过程中，也有可能会粘附在岸上或水底。每个油粒子随机取一个介于 0 到 1 之间的数，当这个数小于给定的概率数值时，该油粒子则粘附于岸边或水底。油粒子粘附后则不再参与运移，所以这里粘附是一个累积过程。

### 6.11.5.3 船舶事故溢油预测分析

**（1）主要敏感目标分布**

在厦门湾海域，敏感目标主要有中华白海豚保护区、厦门文昌鱼保护区、厦门东南部滨海旅游区、厦门（大屿）白鹭保护区、厦门（鸡屿）白鹭保护区以及九龙江口红树林自然保护区等。

在围头湾海域，敏感目标主要有大佰岛旅游区、围头湾养殖区、石井滩涂养殖区等。

在工程周边海域，敏感目标主要有东碇岛领海基点海洋保护区、南碇岛海洋保护区、浯屿旅游休闲娱乐区、厦门港主航道、漳州市及金门岛海岸线、厦门~吴淞光及厦门~香港光缆、厦门湾外特殊利用区、厦门湾外矿产与能源区、漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区、外海习惯航线等。厦门湾及工程周边海域主要敏感目标分布见图 6.11-3。

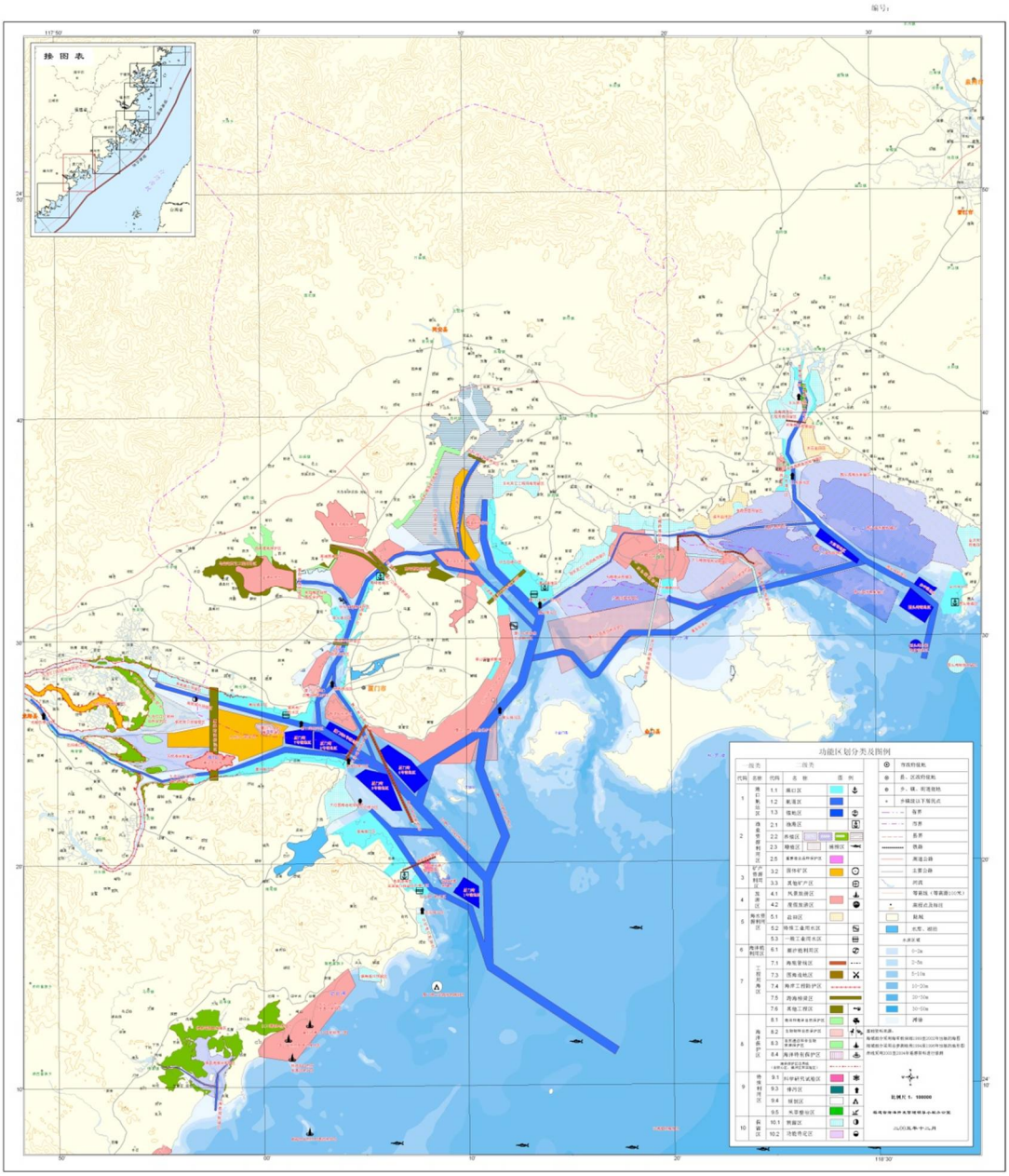


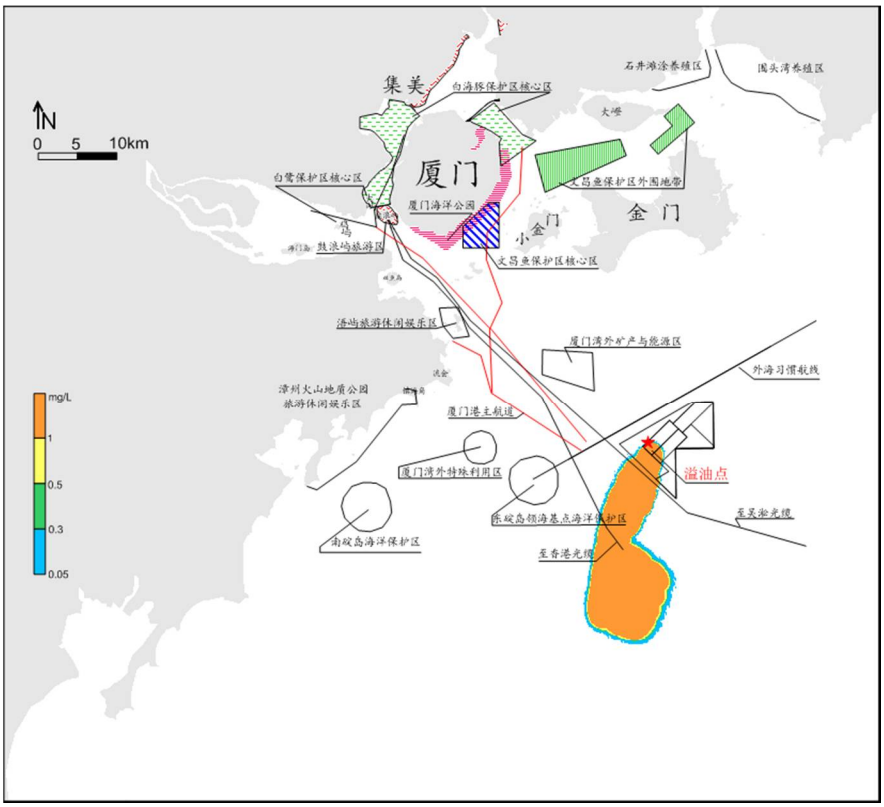

图 6.11-3 福建省海洋功能区划图（厦门湾）

**（2）溢油污染影响预测分析**

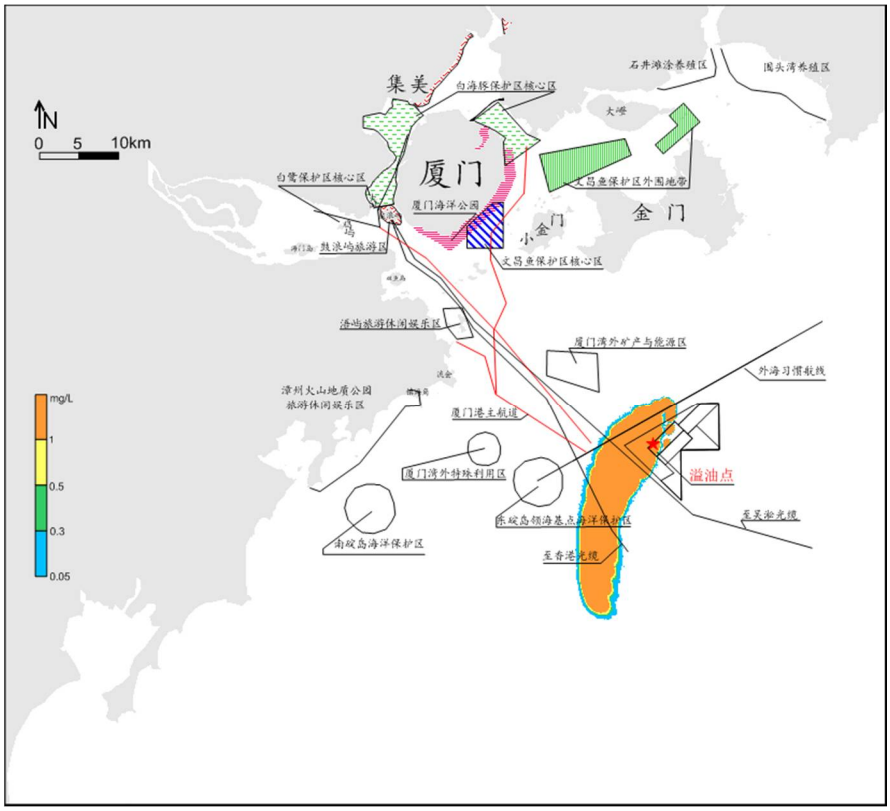
1）静风条件下泄漏

在静风条件下，高潮及低潮时刻发生溢油泄漏后 72 小时影响范围见图 6.11-4（≥0.05mg/L），总影响面积分别为 163.67km$^2$ 和 152.45km$^2$。

从图 6.11-4 可以看出，静风条件下高潮及低潮时刻发生溢油泄漏后，东碇岛领海基点海洋保护区、南碇岛海洋保护区、浯屿旅游休闲娱乐区、漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区的溢油浓度均小于 0.05mg/L，基本没有影响。基本不会对厦门湾、围头湾敏感目标或保护目标造成污染。




（*a*）高潮时刻泄漏




（*b*）低潮时刻泄漏

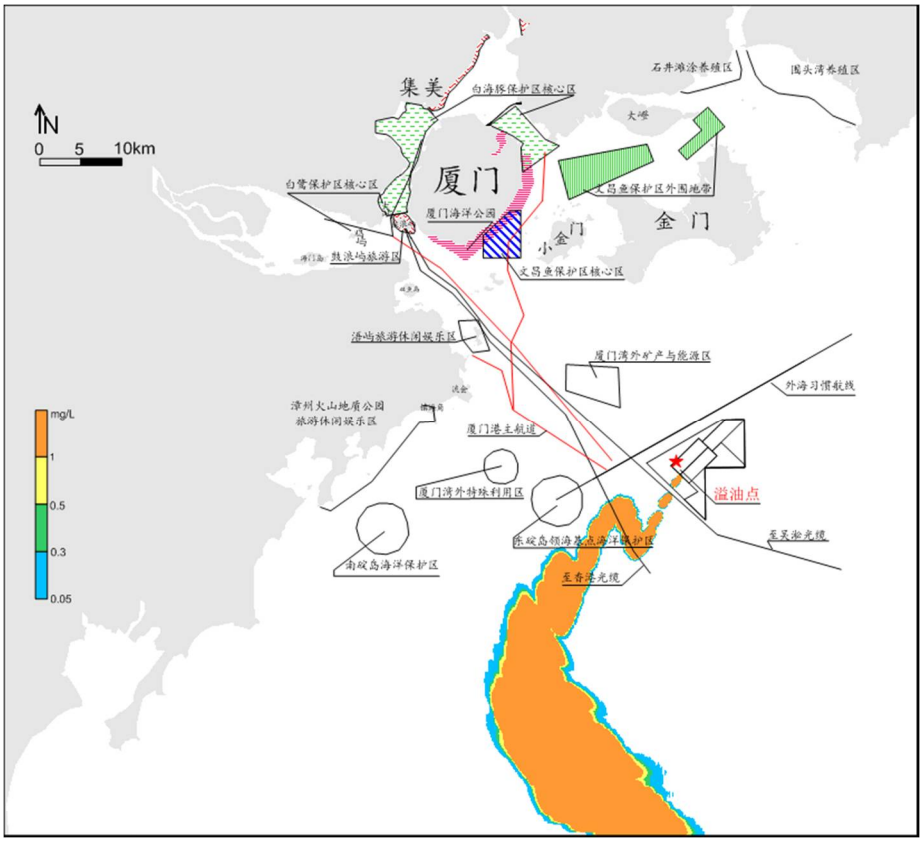
图 6.11-4 静风下发生溢油泄漏的影响范围

2）ENE 风条件下泄漏

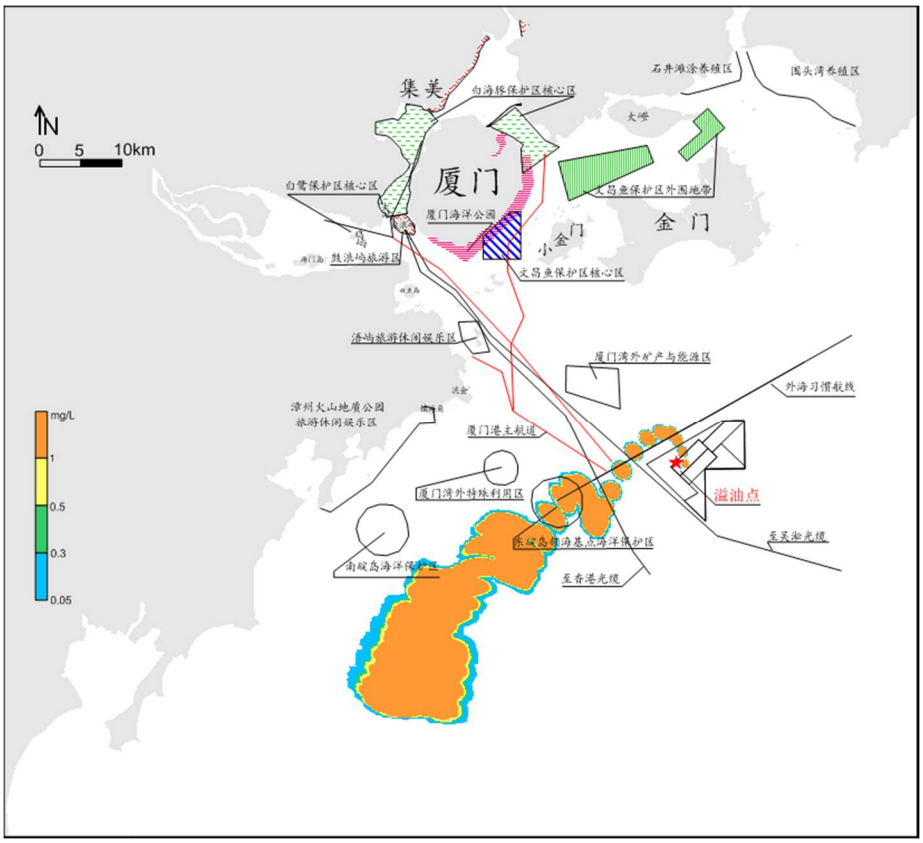
在 ENE 向平均风速（7.0m/s）条件下，高潮及低潮时刻发生溢油泄漏后 72 小时影响范围见图 6.11-5（≥0.05mg/L），总影响面积较静风下大，影响面积分别为 445.43km$^2$ 和 341.38km$^2$。

从图 6.11-5 可以看出，在 ENE 风作用下，溢油基本上向南方向扩散。低潮工况中，东碇岛领海基点海洋保护区的溢油浓度超过 0.05mg/L，受到溢油的污染。南碇岛海洋保护区、浯屿旅游休闲娱乐区、漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区的溢油浓度均小于 0.05mg/L，基本没有影响。基本不会对厦门湾、围头湾敏感目标或保护目标造成污染。

低潮时刻溢油到达东碇岛领海基点海洋保护区的时间为溢油后第 15 小时（低潮）。




（*a*）高潮时刻泄漏



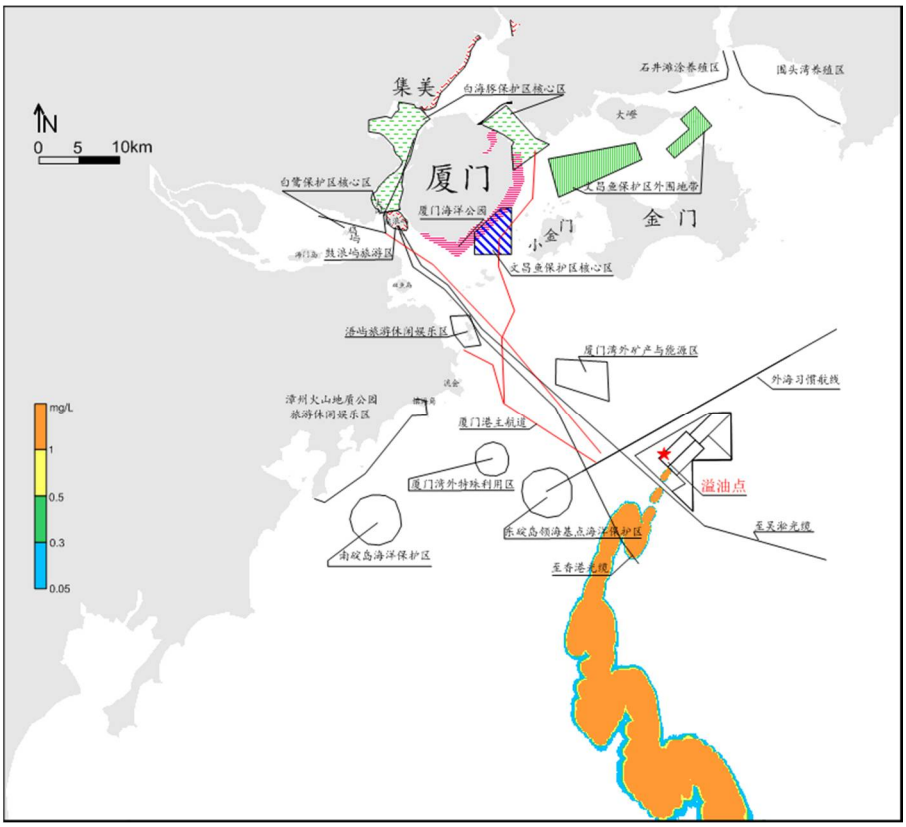

（*b*）低潮时刻泄漏

图 6.11-5 ENE 平均风速（7.0m/s）下发生溢油泄漏的影响范围

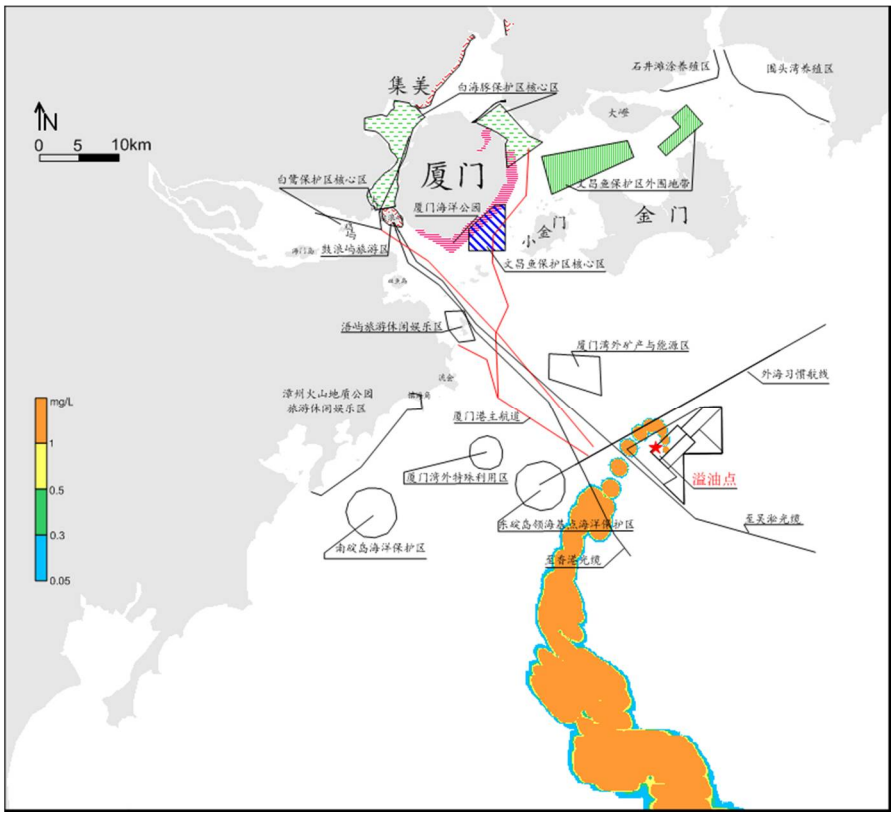
3）NE 风条件下泄漏

在 NE 向平均风速（6.3m/s）条件下，高潮及低潮时刻发生溢油泄漏后 72 小时影响范围见图 6.11-6（≥0.05mg/L），影响面积分别为 376.90km$^2$ 和 446.63km$^2$。

从图 6.11-6 可以看出，在 NE 向 6.3m/s 风作用下，溢油基本上向南方扩散。东碇岛领海基点海洋保护区、南碇岛海洋保护区、浯屿旅游休闲娱乐区、漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区的溢油浓度均小于 0.05mg/L，基本没有影响。基本不会对厦门湾、围头湾敏感目标或保护目标造成污染。




（*a*）高潮时刻泄漏




（*b*）低潮时刻泄漏

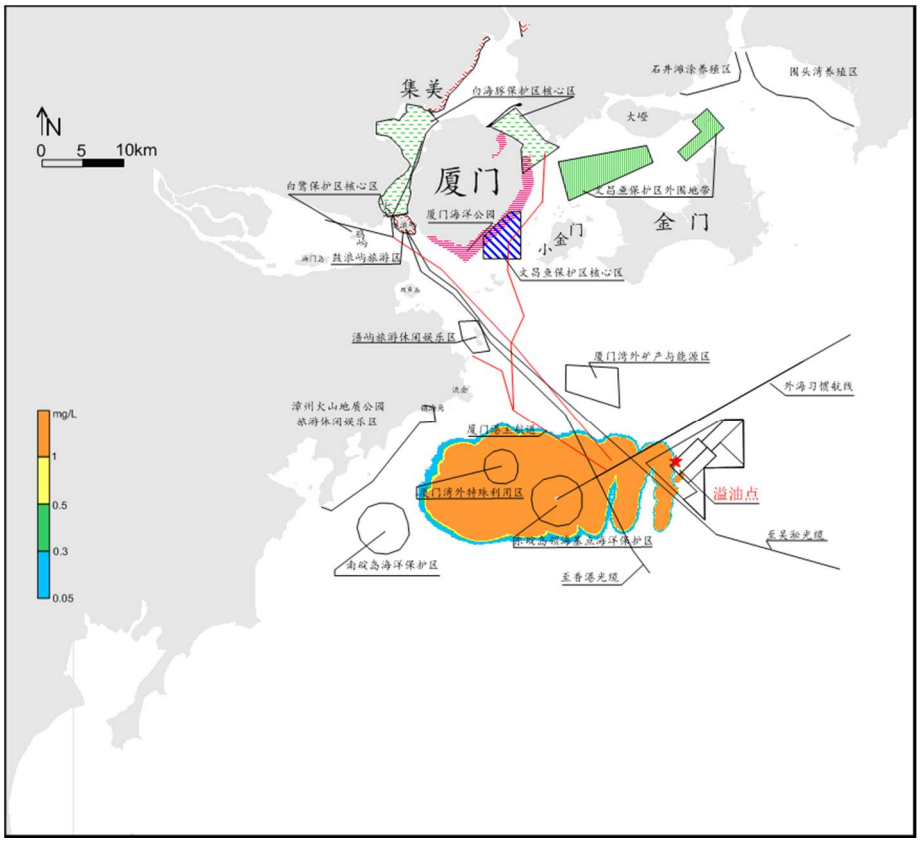
图 6.11-6 NE 平均风速（6.3 m/s）下发生溢油泄漏的影响范围

4）SE 风条件下泄漏

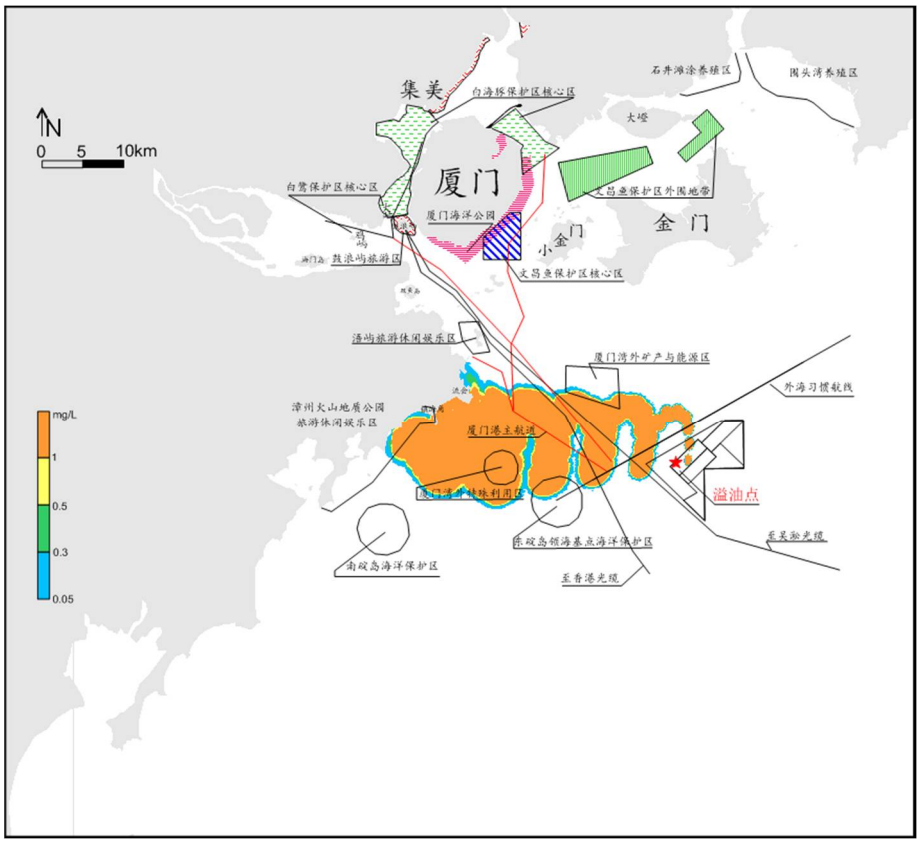
在 SE 向平均风速（2.9m/s）条件下，高潮及低潮时刻发生溢油泄漏后 72 小时影响范围见图 6.11-7（≥0.05mg/L），影响面积分别为 313.68km$^2$ 和 335.08km$^2$。

从图 6.11-7 可以看出，溢油主要向西扩散。高潮时溢油发生泄露，则东碇岛领海基点海洋保护区、厦门湾外特殊利用区的溢油浓度超过 0.05mg/L，受到溢油的污染。低潮时溢油发生泄露，则东碇岛领海基点海洋保护区、厦门湾外特殊利用区、漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区的溢油浓度超过 0.05mg/L。基本不会对厦门湾、围头湾敏感目标或保护目标造成污染。

溢油到达东碇岛领海基点海洋保护区和厦门湾外特殊利用区的时间为溢油后第 32 小时和 52 小时（高潮）。溢油到达东碇岛领海基点海洋保护区、厦门湾外特殊利用区和漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区的时间为溢油后第 35 小时、44 小时和 53 小时（低潮）。




（*a*）高潮时刻泄漏



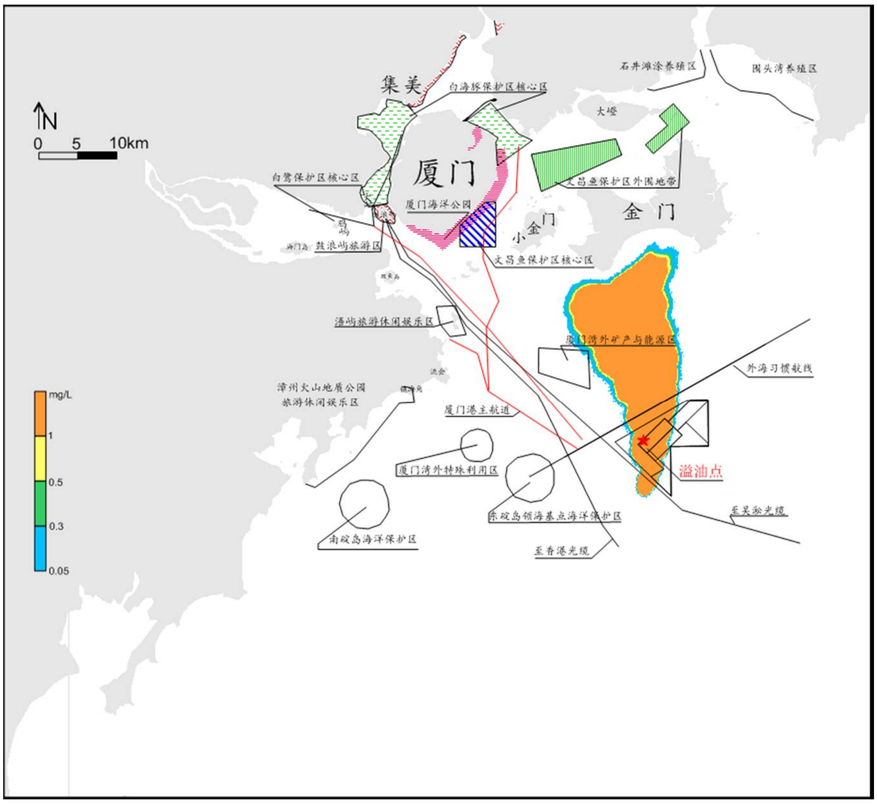

（*b*）低潮时刻泄漏

图 6.11-7 SE 平均风速（2.9m/s）下发生溢油泄漏的影响范围

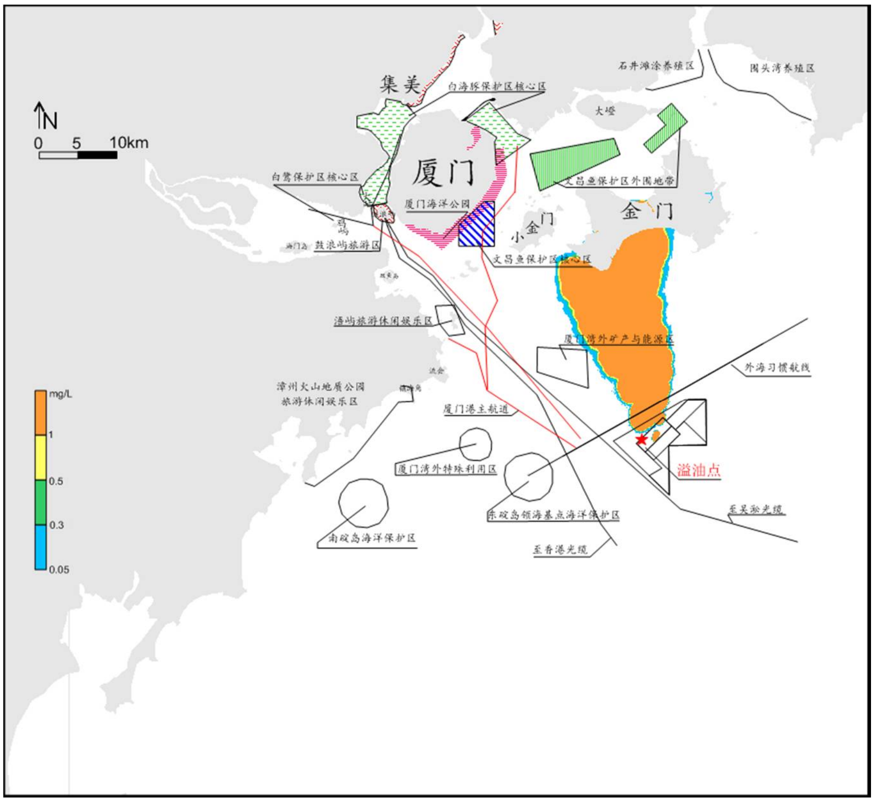
5）SSW 风条件下泄漏

在 SSW 向平均风速（2.9m/s）条件下，高潮及低潮时刻发生溢油泄漏后 72 小时影响范围见图 6.11-8（≥0.05mg/L），影响面积分别为 236.71km$^2$ 和 225.52km$^2$。

从图 6.11-8 可以看出，在 SSW 向平均风速（2.9m/s）下，溢油油膜基本向溢油点的北方扩散，东碇岛领海基点海洋保护区等保护目标的溢油浓度均小于 0.05mg/L，基本没有影响。基本不会对厦门湾、围头湾敏感目标或保护目标造成污染。



（*a*）高潮时刻泄漏



（*b*）低潮时刻泄漏

图 6.11-8　SSW 平均风速（4.3m/s）下发生溢油泄漏的影响范围

表 6.11-7 溢油泄漏时影响主要敏感目标的时间

| 风向及风速 | 潮时 | 东锭岛领海基点海洋保护区 | 南碇岛海洋保护区 | 漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区娱乐区 | 后石电厂取水口 | 双鱼岛 | 鼓浪屿旅游区 | 厦门岛东南部旅游区和文昌鱼保护区 | 厦门（大屿）白鹭保护区 | 厦门（鸡屿）白鹭保护区 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 静风 | 高潮 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 低潮 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ENE | 高潮 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | 低潮 | 15h | - | - | - | - | - | - | - | |
| NE | 高潮 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | 低潮 | - | - | | | | | | | |
| SE | 高潮 | 32h | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 低潮 | 35h | - | 53h | - | - | - | - | - | - |
| SSW | 高潮 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 低潮 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

说明：“-”表示在 72 小时内尚未受到影响。

### 6.11.5.4 小结

（1）受潮流和风的共同作用，同样潮时泄漏，ENE（高潮泄露）和 NE（低潮泄露）风速下的影响范围最大，静风下最小。

（2）浓度增量超过 0.05mg/L 溢油油膜将污染到东锭岛领海基点海洋保护区和漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区娱乐区。其他区域，例如南碇岛海洋保护区、浯屿旅游休闲娱乐区、后石电厂取水口、双鱼岛海域、鼓浪屿旅游区、厦门岛东南部旅游区和黄厝文昌鱼重点保护区、厦门（大屿）白鹭保护区和厦门（鸡屿）白鹭保护区基本不受影响。厦门白海豚核心区等其他敏感目标的溢油油膜浓度小于 0.01mg/L，基本没有影响，围头湾的敏感目标溢油油膜浓度增量小于 0.01mg/L，也基本没有影响。

（3）溢油油膜到达东锭岛领海基点海洋保护区的最短时间为 15 小时，到达漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区娱乐区的最短时间为 53 小时。

（4）溢油油膜基本不会对厦门湾及围头湾的敏感目标造成污染。

## 6.12 通航安全影响

本项目采砂区距离厦门港主航道入口约 8km，距离外海习惯航线约 3km，进出厦门港的船舶将从采砂区周边海域经过，采砂区附近的船舶数量较多，船舶通航密度较大。且外海海区受风浪影响比较明显，在一定程度不利于船舶的安全航行。

该项目已编制《厦门新机场造地工程海砂运输工程通航安全影响论证报告》并获得批复，施工单位应按照上述论证报告的要求严格执行，确保采砂作业带来的通航风险在可控范围内。

# 第七章　环境保护措施及其可行性论证

## 7.1 环境保护对策措施

本工程施工时间长，施工船舶船型较大，数量较多，应采取有效的污染防治措施减少施工作业对海洋环境的影响。

### 7.1.1 采砂作业的环境保护措施

(1) 严格按批准的采砂区范围采砂，对采砂作业准确定位、详细记录其过程，防止越界开采、超量开采、超强度开采。施工船舶须在开采边界预留一定距离，形成约 1:10 开采边坡，以保证开采完毕后，采砂坑塌范围不会超过申请用海的区域范围。

(2) 采砂作业应分片、有计划的进行开采。采砂作业时可将采砂区分成若干小区，均匀采孔，防止形成大面积的深坑而造成上部淤泥层的坍塌，这样既便于管理，又能够使悬浮泥沙扩散范围缩小，进而减小对海洋环境的影响。

(3) 在采砂过程中做好采砂设备的日常维修检查工作，保持抽砂设备的良好运行和密闭性，发生故障后应及时予以修复；检修后的含油废料禁止随意向海抛弃，应统一收集后运至陆地后处理。

(4) 海砂装载过程应严格按照作业规程进行，不得超载，防止在风浪作用下或因装砂重心倾斜导致运砂船发生倾覆或海砂外溢。

(5) 在采砂过程中合理安排施工船舶数量、各施工船舶之间的航距，保证施工安全距离，防止发生船舶碰撞、倾覆导致海砂外溢或燃油泄漏；不同类型的采、运砂船舶相互配合，提高施工效率，缩短施工工期。

(6) 挖泥船满舱溢流时间应控制在 1.5 小时内，以减少悬浮泥沙入海量。

(7) 应在气象条件允许的条件下进行作业。根据通航船型的情况，万吨级以上船舶抗风等级为 6 级，在风力大于 6 级或能见度不良时，作业船舶应禁止出海作业。

(8) 加强对采砂施工人员的环保意识教育，提高其对环境保护重要性的认识，自觉做好环境保护，做到文明施工。

### 7.1.2 采砂船舶的污染防治措施

（1）海上施工船舶的生活污水应收集在船上的生活污水集污仓中，统一收集上岸交由有资质的单位接收处理（施工前应与资质单位签订船舶污染物接收处理协议）。

（2）海上施工船舶的固体废弃物应集中收集管理，定时把收集到的垃圾交由有资质的单位运回陆地进行处理。

（3）施工应按照海事局的要求，实施船舶污水的铅封管理。船舶产生的油类、油性混合物及其他污水，船舶垃圾、废弃物和其他有毒有害物质收集后上岸处理，严禁排放入海。加强舱底检查，防止舱底漏水。

（4）严禁施工船舶向施工海域排放废油、残油等污染物；不得在施工区域清洗油舱和有污染物质的容器。

（5）在开工前应对所有的施工设备，尤其是采砂船舶泥舱门进行严格检查，发现有可能泄漏污染物（包括船用油和开挖泥沙）的必须先修复后才能施工；在施工过程中应密切注意有无泄漏污染物的现象，如有发生立即采取措施。

（6）施工船舶应加强管理，经常检查机械设备性能完好情况，对跑、冒、滴、漏严重的船只严禁参加作业，以防止发生机油溢漏事故。甲板上机械出现设备漏冒油时，立即停机处理，使用吸油棉及时吸取，并迅速堵塞泄水口，防止油水流入海中。

（7）采砂船舶应配备适量的化学消油剂、吸油毡等物资，以防不测。一旦发生溢油事故，立即采取措施，收集溢油，缩小溢油的污染范围。

（8）采砂船必须严格接受海上交通部门的统一管理，作业过程随时注意过往船舶通行情况，避免出现溢油等海上交通安全事故发生。一旦发生事故，立即报告船舶污染管理部门，启动应急预案，减小溢油污染影响。

### 7.1.3 采砂期生态影响减缓措施

根据采砂作业环境影响分析，采砂对环境影响的主要因素是采砂、运砂环节中引起的悬浮物，其次是船舶污水以及溢油等影响。为进一步维护当地海域的生态安全，最大程度的减少采砂对海洋生态环境带来的不良影响，必须落实以下海

洋生态及渔业资源的环境保护措施：

（1）控制采砂船的满舱溢流时间以减少悬浮泥沙入海量，减少对海洋生物和渔业资源的影响。

（2）施工单位应开展施工作业的监管和海砂开采动态跟踪监测，密切注意采砂区及其周边海域的水质变化，发现问题及时报告并立即采取措施，必要时可短暂停工。

（3）施工船舶应主动接受并积极配合生态环境主管部门的监督和管理；切实落实海砂开采动态监测，密切关注海砂开采对海洋资源、生态环境、海洋设施以及海岸、海底地形的影响。依据污染状况调整作业方案，如改变采砂强度和采砂船只数量和作业时间。

（4）采砂作业应预先制定合理的施工计划，防止超出采砂区范围及不可恢复的破坏性开采，减少对底质环境的扰动强度和范围，减少对海洋生态环境的影响。

（5）对海洋生物和渔业资源造成的损失，应参照本报告书的估算损失额进行相应的生态补偿；在当地渔业行政主管部门的指导下，结合当地的增值放流计划，采取人工增殖放流、底播放养、栖息地修复等生态补偿措施，促进海洋生态环境的恢复。

（6）委托有资质的单位进行海洋生态补偿方案制定、论证和资源研究，并将增殖放流方案上报生态环境主管部门，在主管部门的监督下，科学、合理的对海洋生态环境和资源数量进行修复。

（7）对于施工过程中可能出现的大型野生生物（如中华白海豚、宽吻海豚），建设单位应做好施工前的宣传教育活动，严禁施工人员捕猎，遇有这些大型野生动物进入施工海域时应停止施工，待这些野生生物离开工程海域后再施工。

对上述主要污染防治措施进行列表总结，见表 7.1-1。

**表 7.1-1　环境保护设施和对策措施一览表**

| 序号 | 环境保护对策措施 | 具体内容 | 规模及数量 | 预期效果 | 实施地点及投入使用时间 | 责任主体及运行机制 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 一、污水处理 | 船舶含油污水处理 | 含有污水收集和处理 | 含油污水产生量 33.6t/d | 不得排海 | 环保服务船舶 | 委托有资质的接受处理单位，负责回收和处理本项目的船舶污水 |
| | 船舶生活污水处理 | 生活污水收集和处理 | 生活污水产生量为 28.8t/d | 不得排海 | 环保服务船舶 | |
| 二、环境风险防控 | 事故应急 | 应急设施及预案 | 应急船舶，围油栏，吸油材料，化油剂，溢油分散剂，吸油机，收油机，储油罐等；环境污染事故应急预案 | 预防、处理船舶事故性污染 | 厦门海事局、漳州海事局 | 业主单位负责建立应急预案，通报厦门海事局、漳州海事局 |
| 三、海洋生态和生物资源保护 | 生态补偿 | 按照“三同时”原则落实，采用增殖放流方法补偿 | 需进行生态补偿的数额为 804.29 万元。 | 按照主管部门要求，按时完成增殖放流的品种、数量 | 工程附近海域，增殖放流自采砂结束后分三年实施。 | 业主单位负责组织落实，委托专业单位完成 |
| 四、其他环境保护对策措施 | 固体废弃物处理 | 回收和处理船舶产生的固体废弃物 | 施工生活垃圾产生量为 2.92t/d | 不排海 | 环保服务船舶 | 委托有资质的接受处理单位负责回收和处理本项目的固体废弃物 |
| | 船舶作业防污措施 | 减少悬浮物的影响 | 海砂装载不得超载，防止在风浪作用下或因装砂重心倾斜导致运砂船发生倾覆或海砂外溢 | 减少海砂外溢水体的影响 | 采砂船 | 具体施工单位负责组织落实 |
| | 施工船舶、机械的管理 | 减少噪声、大气污染 | 使用低硫分的燃油、加强对船舶柴油机运行管理，优先选用性能良好的低噪声施工设备 | 减少噪声、$S0_2$ 排放 | 采砂船及其他施工机械 | 具体施工单位负责组织落实 |

### 7.1.4 通航安全保障措施

本项目已编制《厦门新机场造地工程海砂运输工程通航安全影响论证报告》并获得批复，施工单位应按照论证报告的要求严格执行，保障船舶通航安全。

（1）施工单位须在获得当地海事局颁发的水上水下施工作业许可证和通航公告后再正式进场进行采砂作业。同时向海事部门申请派巡逻船加强现场监管工作。

（2）业主单位应及时向海事主管机关申请发布航行警告，及时发布采砂作业区的位置及作业时间，最大限度保证船舶的安全通航。

（3）船舶航行时需谨慎驾驶，严格遵守交通管理规定，严格遵守航行通（警）告，采砂作业船作业过程中应保持密切瞭望，任何时候均应使用安全航速航行。对于过于靠近本船的船舶应及早沟通，注意其动态，避免碰撞事故发生。

（4）必须严格管理船舶的抛锚和作业，并将周边的主要敏感目标坐标通知到作业船舶，采砂船舶只能在采砂区周边 500m 的范围内抛锚。

（5）应协调、调度好采砂船和运砂船与锚地的协同工作。

（6）根据通航船型的情况，万吨级以上船舶抗风等级为 6 级，在风力大于 6 级或能见度不良时，作业船舶应禁止出海作业。

（7）该海域多年平均雾日数 29.3 天(能见度≤1km)。在能见度≤1km 时，应严格遵守港内禁止航行的安全规定。在能见度不良时航行，应充分发挥雷达作用，施放雾号，加强和过往船舶的联系，并保持足够会遇距离；同时，远离浅滩及其它碍航物，保证船舶安全。

（8）在采砂区内进行挖砂作业时，严格控制采砂船只的活动范围，保障船只航行安全距离，避免影响水上交通运输。

（9）采砂作业和运输应认真严格执行《海上交通安全法》，严格落实采砂现场安全措施。

（10）严禁运沙船超载，严格按海事部门的相关规定运营，以免发生海损事故。

（11）采砂船和运砂船安装 AIS 船舶自动识别系统，以确保航运安全。

（12）采砂船和运砂船应悬挂正确的旗号和号灯，以确保航运安全。

（13）因施工船舶较多，业主将督促施工单位根据实际情况，成立总调度室，统一协调船舶进出抛砂区，制订通航安全专项应急预案，保证通航安全。同时，施工单位应制订一系列应急预案，如防火、防油污、防人员落水等预案，经审批后报送海事局，业主将严格监管，并督促施工单位做好各项应急演练，防患于未然。

### 7.1.6 事故风险防范措施

(1) 业主和施工方应按规定办理施工作业手续，申请划定施工水域和安全作业区域。业主应督促施工方落实施工期间的监管措施和施工安全保障措施，在施工现场设置必要的警示装置，并确保施工船舶及人员的适航、适任。业主和施工方应和海事主管部门建立有效联系，请求对施工水域的有效监管，包括申请安全作业区和警戒区、发布航行通告、设置有关标志、申请通航维护及巡航工作等。

(2) 施工作业船舶和设施，应尽量避免影响正常航行船舶的通航安全，在有影响时应征得海事主管部门的同意。施工船舶应按规定显示有关信号，派专人守听指定的 VHF 频道，保证船舶间的避让协调通讯及接受海事主管机关的询问。航行船舶与施工船舶均应严格遵守《国际海上避碰规则》及海事主管机关制定的交通管理措施。过往船舶航经施工区域时，应加强瞭望，缓速航行，并与施工船舶保持足够的安全距离。

(3) 施工船舶应严格执行《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国防止船舶污染海域管理条例》等相关法律法规，制定施工期间的防污染应急预案，并定期组织演练。施工方应备有足够的防止污染器材和设备，水上、水下船舶施工应采取预防措施，防止油类、油性混合物和其他废弃物污染海域。

(4) 船舶驾驶员的业务技术应符合要求。按《防治船舶污染海洋环境管理条例（2009）》，对所用船舶及其人员应提出严格的书面管理要求及所应承担的防止船舶溢油责任和义务，并落实本条例规定的防治污染有关措施。船员对可能出现事故溢油的人为原因与自然因素应学习、了解，提高溢油危害的认识及安全运输的责任感和责任心。

(5) 船舶必须接受厦门海事和港口管理部门的协调、监督和管理，施工单位应配备必要的人员、海上安全保障设施，负责海上通信联系、船舶导航、引航、

助航、航标指示、海事警报、气象海况预报等安全监督业务。

(6) 船舶应实施值班、瞭望制度。船舶应遵守施工管理制度，船长必须正确、周密地分析和估计航程中的天气动态及其对本船的影响，采取针对性的防范措施。对于灾害性天气，应及时规避。施工作业船舶应加强与气象部门的联系，获得早期的气象资料，时刻注意天气的变换，避免在恶劣天气条件下施工作业。实时关注风向风速，特别应注意大风大浪等不利条件的预警。

(7) 对施工设备定时检查和监控，对设备的安全隐患要及时整改，确保设备技术性能良好。

(8) 除依托厦门港溢油应急系统外，施工单位还应与有资质的船舶污染清除作业单位签订污染清除作业协议，明确双方在发生船舶污染事故后污染清除的权利和义务，以便在溢油事故发生时能及时有效的清除油污。

(9) 施工单位应根据厦门港溢油应急计划要求编制施工船舶事故应急预案，报有关部门批准。一旦出现溢油事故，立即启动应急预案。

①应急预案内容包括：

A. 总则，包括编制目的、编制依据、适用范围和工作原则等；

B. 应急组织指挥体系与职责，包括领导机构、工作机构、地方机构或者现场指挥机构、环境应急专家组等；

C. 预防与预警机制，包括应急准备措施、环境风险隐患排查和整治措施、预警分级指标、预警发布或者解除程序、预警相应措施等；

D. 应急处置，包括应急预案启动条件、信息报告、先期处置、分级响应、指挥与协调、信息发布、应急终止等程序和措施；

E. 后期处置，包括善后处置、调查与评估、恢复重建等；

F. 应急保障，包括人力资源保障、财力保障、物资保障、医疗卫生保障、交通运输保障、治安维护、通信保障、科技支撑等；

G. 监督管理，包括应急预案演练、宣教培训、责任与奖惩等；

H. 本项目的概况、周边环境状况、环境敏感点等；

I. 本项目的环境危险源情况分析，主要包括环境危险源的基本情况以及可能产生的危害后果及严重程度；

J. 应急物资储备情况，针对单位危险源数量和性质应储备的应急物资品名和基本储量等；

K. 附则，包括名词术语、预案解释、修订情况和实施日期等；

L. 附件，包括相关单位和人员通讯录、标准化格式文本、工作流程图、应急物资储备清单等。

②组织指挥

为保证快速反应，应组成本项目溢油应急指挥部，接受厦门海域船舶污染应急指挥部的领导，负责组建本项目的应急队伍、培训与演习等。在发生溢油事故时，作为应急现场指挥部的成员。

③应急培训与队伍建设

建立溢油防范教育和培训制度。全体施工人员都应接受溢油应急培训，了解溢油行动计划的有关常识，掌握应急设备器材的使用方法。同时，要求每条施工船舶和采砂船舶必须配备兼职的应急队伍。按《防治船舶污染海洋环境管理条例》，港区对所用船舶及其人员应承担的防止船舶溢油责任和义务，并落实本条例规定的防治污染有关措施。人的不安全行为是事故因果链中引发事故的直接原因，规范船员操作行为能直接阻止事故的发生。

④应急通讯

施工船舶应配备必要的移动电话、VHF 等海上安全保障设施，负责海上通信联系、助航、航标指示、海事警报、气象海况预报等安全监督业务。施工船舶应备有通讯联络器材设备，当出现事故时，能顺畅地与厦门海事局及相关应急队伍联络上，并积极配合厦门海事局和环保部门、渔业部门、自然保护区主管部门做好相关应急工作。

⑤事故报告程序和报告内容

发生污染事故时应及时报告，应立即向厦门海域溢油应急指挥部报告，厦门海域溢油应急指挥部办公室实行 24 小时值班，具体联系包括以下：

值班电话：0592－6895117，6895123，110，12395

传真：0592－6895262

VHF：12、16 频道

事故报告内容包括：事故源名称（发生溢油事故的船舶、设施等）、时间和地点、事故类型或发生事故的原因、溢出油的部位、进一步溢油的可能性、发生事故处的气象与水文状况、溢油油膜漂移方向及受溢油污染威胁的区域、已采取

和准备采取的溢油污染防治措施、报告人的姓名、单位、地址、日期和联系方式等。

此外，发生船舶溢油事故时，必要时需请求相邻单位（漳州海事局）予以控制污染等方面的协助。

⑥应急设备

目前厦门港已有较完善的海上溢油应急设施和施救队伍，建议拟建项目船舶事故应急处理可依托厦门港已有应急处理设施，与具有事故处理能力的单位签订事故处理合作协议。

⑦对主要环境敏感目标的溢油围控及清除

在船舶水域发生溢油事故后，除立即向指挥部报告外，还应立即通知中华白海豚自然保护区、文昌鱼自然保护区等环境敏感目标的管理部门，采取预防溢油污染措施。

若溢油事故发生，需在事故发生水域布设浮子式围油栏与吸油拖栏，阻止溢油向附近海域特别是环境敏感目标扩散，并予以回收。

⑧应急状态终止与恢复措施

事故现场得到控制，溢油污染无继发可能，溢油污染损害索赔取证记录已完成等，进入索赔准备后，经环境、消防、卫生等有关主管部门批准，确认终止时机。应急状态终止后，应根据上级有关部门的指示和实际情况，继续进行环境监测和评价工作，直至自然过程或其他补救措施无需继续进行为止。

⑨其他措施

船舶应实施值班、瞭望制度。尽管产生船舶事故的原因及不确定因素较复杂，但人为因素、尤其失去警惕是造成船舶事故的主要原因。因此，船舶加强值班、瞭望工作是减少船舶事故发生可能性的重要措施。

及时收听气象预报，如遇有台风，船只应自觉早进港、早防范，确保各种安全防范措施落实到位。停港避风的船只要做好防撞等安保措施。

### 7.1.7 其他环境保护对策措施与建议

加强施工船舶、机械的管理。保证船只的各项条件符合有关控制空气污染的法规要求。加强对船舶柴油机运行管理，使各项性能参数和运行工况均处于最佳

状态，从而减少柴油机的排放污染，尽量使用低硫分的燃油，以减少 $S0_2$ 的排放。优先选用性能良好的低噪声施工设备，日常应注意对施工设备的维修保养，使各种施工机械保持良好的运行状态。

## 7.2 环境保护措施经济技术合理性

本项目环保投资约 1245.86 万元，具体费用估算详见表 7.2-1 至 7.2-3。主要包括船舶污水和船舶垃圾接收处理费用、环境跟踪监测费用、海洋生物资源补偿费用等，各项直接投资的环保设施均为适应工程建设与环境保护、海洋生态环境保护实际需要而提出来的，具有普遍适用性和可操作性。

（1）船舶污水和船舶垃圾接收处理投资估算

根据工程分析，本工程船舶含油污水产生量约 33.6t/d，生活污水约 28.8t/d，施工船舶生活垃圾约 0.36t/d。工程实际施工期 18 个月，则产生的含油污水约 18144t、生活污水 15552t、船舶生活垃圾 194.4t，参照目前厦门市生活污水和生活垃圾处理标准，预计船舶污水和船舶垃圾接收处理费约为 15.44 万元，详见表 7.2-1。

（2）环境跟踪监测费用估算

本项目施工期和施工结束后重点监测开采活动对海底地形、海水水质和沉积物、海洋生物生态等方面的影响，本项目环境监测费用估算为 721.9 万元，详见表 7.2-2。

（3）环保总投资额估算

通过估算，本项目环保总投资额约需 1245.86 万元，主要用于船上环保及职业安全卫生工程费用、施工船舶污水和船舶垃圾接收处理费用、环境监测费用、海洋生态环境补偿费用等（详见表 7.2-3）。

**表 7.2-1 船舶含油污水及船舶垃圾接收处理费估算一览表**

| 序号 | 费用类别 | 投资估算（万元） | 估算方法 |
|---|---|---|---|
| 1 | 船舶含油污水接收处理费 | 5.4 | 目前厦门地区接收的的含油污水可卖给回收公司，抵扣处理费。只计算接收费用。按每天接收一次，每次 100 元计，则 30×18×100 元=5.4 万元。 |
| 2 | 船舶生活污水接收处理费 | 7.12 | 根据厦门水务集团 2005-2007 年的污水处理加权平均保本费为 1.1055 元 / 吨，则 15552×1.1055 元=1.72 万元；另按每天收集一次，收集费 100 元计，则 30×18×100=5.4 万元；综上，船舶生活污水接收处理费合计 7.12 万元。 |
| 3 | 船舶生活垃圾接收处理费 | 2.92 | 根据厦门市 2006 年 4 月 1 日实施的厦门市生活垃圾处理费收费标准（征收标准约为垃圾运输、处理成本的 50%），海上作业、运输船舶等产生的生活垃圾：（1）管理单位自运到清洁楼和海上环卫码头（或环卫部门指定点）的每吨征收 60 元；（2）委托环卫专业单位等到管理单位岸上垃圾存放点收集的每吨征收 75 元。加上从施工船收集运输到指定地点的费用，每吨按 150 元估算：194.4×150=2.92 万元。 |
| 合计 | | 15.44 | |

**表 7.2-2 环境监测费用估算一览表**

| 序号 | 监测类别 | 投资估算（万元） | 估算方法 |
|---|---|---|---|
| 1 | 水深和水动力（流速、流态） | 619.7 | 根据厦价服[2007]35 号《厦门市物价局关于海洋信息、咨询服务费收费标准的批复》中的海底地形测量工作收费基价表，比例尺为 1:5000 的复杂地形每 $km^2$ 收费基价为 14757 元，比例尺为 1:10000 的复杂地形每 $km^2$ 收费基价为 8295 元。本项目计划海底地形的监测范围约为 $100km^2$，其中本采砂区面积约为 6.2 $km^2$，按该区域采用 1:5000 比例尺，则采砂区内 1 次海底地形监测费用为 14757 元/$km^2$×6.2 $km^2$=9.15 万元；向外延伸区面积约为 93.8 $km^2$，则向外延伸区 1 次海底地形监测费用为 8295 元×93.8=77.8 万元；顾监测范围内 1 次海底地形监测费用约为 86.95 万元。<br>本项目海砂开采后每 6 个月监测一次。开采结束后两年内每年进行一次后评估监测。故累计进行 5 次海底地形测量。则本项目累计海底地形监测费用为 86.95 万元×5=434.75 万元。 |
| 2 | 海水水质、沉积物监测 | 32.9 | 根据厦价服[2007]35 号《厦门市物价局关于海洋信息、咨询服务费收费标准的批复》水化学（标准层取样）每个站位收费基价为 1954 元，水深小于 50m 的沉积物化学取样每个站位收费基价为 2192 元，加收技术 |

| 序号 | 监测类别 | 投资估算（万元） | 估算方法 |
| --- | --- | --- | --- |
| | | | 工作费 22%。另每次加租船费 2000 元。<br>本项目水质监测站位 9 个，监测周期为 6 个月，春季、秋季各监测一次，每期进行大潮和小潮期监测。开采结束后两年内进行一次后评估监测。累计 10 次×9 站=90 站次监测。水质监测费用为 1954 元/站×90 站次×（1+22%）+2000 元×10 次=23.5 万元。<br>沉积物监测站位 7 个，监测周期 6 个月，每期进行一次监测。开采结束后两年内进行一次后评估监测。累计 5 次×7 站=35 站次监测。沉积物监测费用为 2192 元/站×35 站次×（1+22%）=9.4 万元。 |
| 3 | 海洋生物生态监测 | 69.3 | 根据国家海洋局于 2003 年 3 月发布的《海域使用论证收费标准（试行）》中海洋生物取样与实验室分析收费基价表，每站次的叶绿素 a、初级生产力、浮游生物、底栖生物、游泳动物等调查项目的取样分析收费基价分别为 900 元、900 元、2500 元、3000 元、4500 元、8000 元。<br>本项目海洋生物生态监测站位 7 个，监测周期为 6 个月，春季、秋季各监测一次。开采结束后两年内进行一次后评估监测。故累计进行 5 次×7 站=35 站次水质监测。海洋生物生态监测费用为 35 站次×（900+900+2500+3000+4500+8000）元=69.3 万元 |
| 小计 | | 721.9 | - |

**表 7.2-3　本项目环保投资一览表**

| 环保投资项目 | 预计投资额（万元） | 占环保投资比例（%） |
| --- | --- | --- |
| 船上环保及职业安全卫生工程费用 | 5 | 0.40 |
| 船舶污水和船舶垃圾接收处理费用 | 15.44 | 1.24 |
| 环境监测费用 | 721.9 | 57.61 |
| 海洋生态环境补偿费用 | 507.72 | 40.75 |
| 总　计 | 1245.86 | 100 |

# 第 8 章 环境经济损益分析

## 8.1 环境经济损益分析方法

环境经济损益分析主要任务是估算建设项目需要投入的环保投资和所能收到的环境保护效果。因此，在环境经济损益分析中除需计算用于控制污染所需投资的费用外，还要同时核算可能收到的环境与经济实效。然而，经济效益比较直观，很容易用货币直接计算，而污染影响带来的损失一般是间接的，很难用货币直接计算。因而，环境影响经济具体定量化分析，目前难度还是较大的，多数是采用定性与半定量相结合的方法进行讨论。

本报告书以资料分析为主，在详细了解项目的工程概况及各环节污染物影响的程度和范围的基础上，运用费用-效益分析方法进行定性分析评价。利用此方法对建设项目进行分析将有利于正确分析项目的可行性。费用是总投资的一部分，而效益包括经济、社会和环境效益。关系为：

费用=生产成本+社会代价+环境损害

效益=经济效益+社会效益+环境效益

## 8.2 社会效益分析

本海砂开采区位于大嶝岛东南部海域，是厦门新机场填海造地建设的配套工程之一。厦门新机场建设是海西战略的需要、是适应航空业务量持续快速增长的需要、是机场与城市协调发展的需要、是区域社会经济发展的需要、是统筹规划闽南区域航空运输业布局的需要。填海造地的建设是新机场建设的先导工程，将加快新机场建设的速度，本海砂开采项目作为新机场填海造地建设的配套工程之一，对厦门新机场建设将起到积极的推进作用，对地区的经济发展具有积极的贡献。

由于目前厦门管辖海域以及整个厦门湾内的海砂资源量有限，且厦门湾内海砂开采已导致岸滩蚀退和崩塌、珍惜物种生境改变、海砂的无序开采和盗采影响和金门的关系等问题。厦门市政府已通过立法，禁止在厦门管辖海域进行海砂开

采。因此，厦门新机场填海造地工程需要在厦门湾以外海域另寻海砂开采区，以满足厦门新机场建设用砂的需求。本采砂区位于厦门湾口外东南海域，砂源储藏相对集中，在不超过环境承受能力的条件下，适当合理开采海砂，在一定程度上解决了厦门新机场工程建设用砂的社会供需矛盾。

我国的海砂资源分布不均，海砂资源主要分布在台湾海峡、珠江口及琼州海峡两侧，北部沿海地区严重缺砂。有天津企业甚至从平潭海峡采砂运往渤海湾，闽江口的海砂也大量输往台湾。如果借厦门新机场建设的契机，在厦门附近海域进行海砂资源勘探，并进行相关的海砂开采工艺研究与设计、相关权证报批所需的环境影响评价、海域使用论证等工作，除立足机场建设填海造地用砂外，发展厦门的海砂产业，形成海砂产业链，对厦门市社会经济建设起保障作用。

综上所述，本项目的社会效益显著。

## 8.3 经济效益分析

本项目砂源勘察的钻孔资料显示，本采砂区的海砂品质较优，是填海的理想用料。厦门新机场填海造地工程对砂的需求量大且将持续较长的时间，加之海砂开采前期投资成本相对较低，同时相比于其他砂源区域，本海砂开采区距离厦门新机场填海造地工程项目较近，且已开通海砂运输专用航道，海砂运输成本相对较低。

购砂与外海采砂的优劣比较分析如下：

**（1）购砂存在的问题**

① 合法性

随着厦门市政府通过立法，禁止在厦门管辖海域进行海砂开采，因此，同安湾和围头湾部分区域作为外购砂来源，开采的合法性将受到质疑，随着法律的完善，若本工程采取外购砂的形式，很大程度将受到影响。

② 保有量

根据建设需求，机场工程需约 1.31 亿 $m^3$ 砂，而近海海湾与入海河流河口砂源市场保有量每年不超过 4500 万 $m^3$（见表 8.3-1），不能满足该地区建设用砂要求。

**表 8.3-1　海湾海砂来源目前年开采量调查**

| 序号 | 来源 | 距离本工程（km） | 年开采量（万 $m^3$） |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 围头湾 | 15 | 1500 |
| 2 | 泉州湾 | 70 | 1000 |
| 3 | 湄州湾 | 120 | 1000 |
| 4 | 同安湾 | 20 | 500 |
| 5 | 东山湾 | 120 | 500 |

③ 价格稳定性

外购砂价格有优势的主要原因为取砂区水深适宜、运距短，但海砂的需求、工期与市场价格密切相关，在新机场建设需求 1.31 亿 $m^3$ 的需求下，由于外购砂量有限，必然将导致目前砂市场行情价格上升，无法体现价格优势。

④ 环境影响

湾内海砂开采已导致厦门及金门岸滩侵蚀和崩塌、生态环境破坏、珍惜物种生态环境改变等严重问题。本工程若采用外购砂形式，必将对环境造成更大影响。

**（2）外海取砂优点**

① 砂源储备充足

根据海洋三所《厦门新机场海砂资源调查报告》等相关专题报告成果，目前选划出的海砂资源区，初步估算砂源储备量能满足本工程需求。

② 市场价格有保障

本工程只需保证船机配备到位，即可完成目标，价格受市场因素较小。根据调研，目前三大航道局万方以上耙吸船目前有 30 余艘，并且仍有数艘在建，且三大航道局有多年类似施工经验。

③ 新工艺能有效降低远期费用

挖运抛吹新工艺在一期工程中开展试挖，使之在远期工程的大规模使用提供支撑。若施工效果好，可大幅降低工程费用。

④ 长远考虑仍有潜在经济优势

虽然从目前市场行情看，外购砂的单价比外海取砂成本低，但根据国内类似工程实践经验，外海取砂很有可能体现其经济性，且外海取砂在储量、市场价格稳定性和保障性、对生态环境影响等方面具有明显的优势。

综上分析，长远角度来看，本项目的实施将有较好的经济效益。

## 8.4 环境效益分析

本项目施工期各项环保工程措施，包括直接投资的环保设施和属于管理范畴的工程措施，其环境经济效益主要体现在：通过各项环保工程措施的落实，使清洁生产的整体预防战略在建设施工期全过程得到有效贯彻，从而确实有效保护生态环境，达到社会经济建设和环境资源保护的协调发展。

通过施工期各项环保措施，减小工程各施工建设环节中各环境污染因子产生的强度，并进行必要的污染治理，使工程区附近海域水环境和生态环境得到有效保护。

本项目环保投资环保投资约 1245.86 万元。各项直接投资的环保设施以及属于管理范畴的工程措施，均是适应工程建设与环境保护、海洋生态环境保护实际需要而提出来的。从区域可持续发展考虑，本工程环保设施的投资具有较好的环境效益，应在项目的建设施工全过程加以落实。

## 8.5 环境经济损益综合分析与评价

（1）环境损失值

本项目环境损失值费用为 507.72 万元，项目投资收益虽暂时无法估算，但根据本报告 8.3 节经济效益分析，项目实施从长远角度分析仍将有较好的经济效益。

（2）环境代价

项目实施将会在资源利用、市场需求以及本地经济发展等方面产生正面效益，而导致的环境方面的负面影响如果确实按照计划进行并采取措施是能够降低到最小的，以现有的认识水平和环境学、经济理论来衡量，本项目造成的环境方面的负面效应可以由其产生的社会效益和经济效益弥补。

综上，本项目采砂期间将应严格执行采砂工艺，切实落实各项环境保护措施来降低环境污染。海砂开采会给项目所在海域环境带来一定的负面影响，鉴于对海洋生态环境带来一定的资源损失，建议业主对生态资源损害进行适当的补偿。在采砂过程中采取环境保护措施和补偿措施后，项目建设产生的环境污染导致的生态效益损失是可以协调补偿解决。海砂开采对促进当地社会经济的发展，满足

厦门新机场建设的需要具有重要的意义。经比较分析，该项目能取得较好的社会经济效益。

# 第9章 环境可行性及开采控制

## 9.1 与海洋功能区划和海洋环境保护规划的符合性

### 9.1.1 与福建省海洋功能区划的符合性

根据《福建省海洋功能区划》（2011~2020 年），本项目开采区位于“近海农渔业区”内，其周边的海洋功能区主要有：厦门湾保留区、港口航运区、厦门湾外矿产与能源区、厦门湾外特殊利用区、漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区、东碇岛领海基点海洋保护区、南碇岛海洋保护区等。具体见表 9.1-1 和图 9.1-1。

“近海农渔业区”的用途管制为“严格限制改变海域自然属性，兼容新能源和海岛海洋保护区建设用海”。海砂开采项目，属于非永久改变海域属性的时段性工程，项目实施后不会对工程区及周边海域的底床稳定性造成影响，因此不会改变海域的自然属性，符合其用途管制要求。

“近海农渔业区”的用海方式为“保障国防和船舶通航安全用海，用于海洋渔业捕捞”。本项目的用海方式为固体矿产开采，施工船舶与进出厦门港及外海习惯航线的船舶会形成一定的交汇，船舶通航密度较大，相互之间存在一定的影响，项目实施过程中需加强施工船舶的管理，做好船舶安全协调工作，避免发生船舶碰撞事故；项目开采过程会影响工程区及周边海域的底质及生态环境，影响海洋渔业捕捞，因此，项目实施期间不符合“近海农渔业区”用海方式的要求，但开采结束后，通过生态修复等措施将使得工程及周边海域的海洋生态环境逐步恢复，项目完成后基本不会影响该海洋功能区主导功能的发挥。

“近海农渔业区”的海洋环境保护要求为“执行不劣于第一类海水水质标准、不劣于第一类海洋沉积物质量标准、不劣于第一类海洋生物质量标准”。本项目施工范围较大、时间较长，施工产生的悬浮泥沙将在工程周边海域一段时间内产生影响。根据悬浮泥沙的影响预测结果，本项目施工过程产生的悬浮泥沙增量>10mg/L 总的影响范围为 84.14km$^2$（超过第一、第二类海水水质标准），将会影响该海域的海水水质，同时将导致该海域游泳生物、底栖生物以及渔业资源不同程度受损。因此，本工程在开采期间与“近海农渔业区”的海洋环境保护要

求相矛盾；但是由于施工期影响是暂时性的，其对海域自然环境的影响将随着施工期结束而消失，同时施工结束后可通过生态补偿及修复措施恢复渔业资源，上述环境将得到逐步恢复。本工程在施工过程中应严格按照环评报告及相关行业要求中提出的环保措施，确保工程施工对海洋环境的影响程度降到最低。在此基础上，项目完成后与“近海农渔业区”的海洋环境保护要求无矛盾。

另外，本项目距离“厦门湾外矿产与能源区”约 10.19km、距离“东碇岛领海基点海洋保护区”约 11.24km，由于距离较远，根据数值模拟结果，项目实施基本不会对周边海域功能区产生影响。

综上，本项目用海位于“近海农渔业区”，项目用海是对海域砂矿资源的有效利用。项目完成后不影响“近海农渔业区”主导功能的发挥，距离周边“厦门湾外矿产与能源区”、“厦门湾外特殊利用区”、“东碇岛领海基点海洋保护区”等功能区较远，项目实施不会影响这些功能区的发挥。

**表 9.1-1 工程附近海域海洋功能区一览表**

| 名称 | 用途管制 | 用海方式 | 海洋环境保护 |
|---|---|---|---|
| 近海农渔业区 | 严格限制改变海域自然属性，兼容新能源和海岛海洋保护区建设用海 | 保障国防和船舶通航安全用海，用于海洋渔业捕捞。 | 执行不劣于第一类海水水质标准、不劣于第一类海洋沉积物质量标准、不劣于第一类海洋生物质量标准 |
| 厦门湾保留区 | 保障渔业资源自然繁育空间 | 禁止改变海域自然属性 | 重点保护海洋生态环境和渔业苗种场、索饵场、洄游通道，执行不低于现状的海水水质标准,加强生态环境整治和改善 |
| 港口航运区 | 保障船舶停泊和通航用海 | 除进行必要的航道疏浚外，禁止其他改变海域自然属性和影响航行安全的开发活动。 | 保护航道、锚地资源，执行不低于现状的海水水质标准,加强生态环境整治和改善 |
| 厦门湾矿产与能源区 | 保障固体矿产开采工业用海，须经科学论证确定开发范围与规模 | 严格限制改变海域自然属性 | 执行不劣于第四类海水水质标准、不劣于第三类海洋沉积物质量标准、不劣于第三类海洋生物质量标准 |
| 厦门湾外特殊利用区 | 保障倾倒区用海，须进行专题论证确定其具体用海位置、范围，确保不影响毗邻海域功能区 | 严格限制改变海域自然属性 | 严格执行海洋倾倒区管理规定 |
| 漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区 | 保障旅游基础设施、游乐场用海 | 严格限制改变海域自然属性 | 保护海岛景观和地形地貌；执行不劣于第二类海水水质标准、不劣于第一类海洋沉积物质量标准、不劣于第一类海洋生物质量标准 |
| 东碇岛领海基点海洋保护区 | 保障国家权益和军事用海需求，保护海洋生态环境 | 禁止改变海域自然属性 | 重点保护海岛地质地貌及周围海域生态环境。严格执行海洋特别保护区管理要求。 |
| 南碇岛海洋保护区 | 保障海洋保护区用海，兼容观光旅游用海 | 禁止改变海域自然属性 | 重点保护海岛地质地貌及周围海域生态环境。严格执行海洋特别保护区管理要求。 |

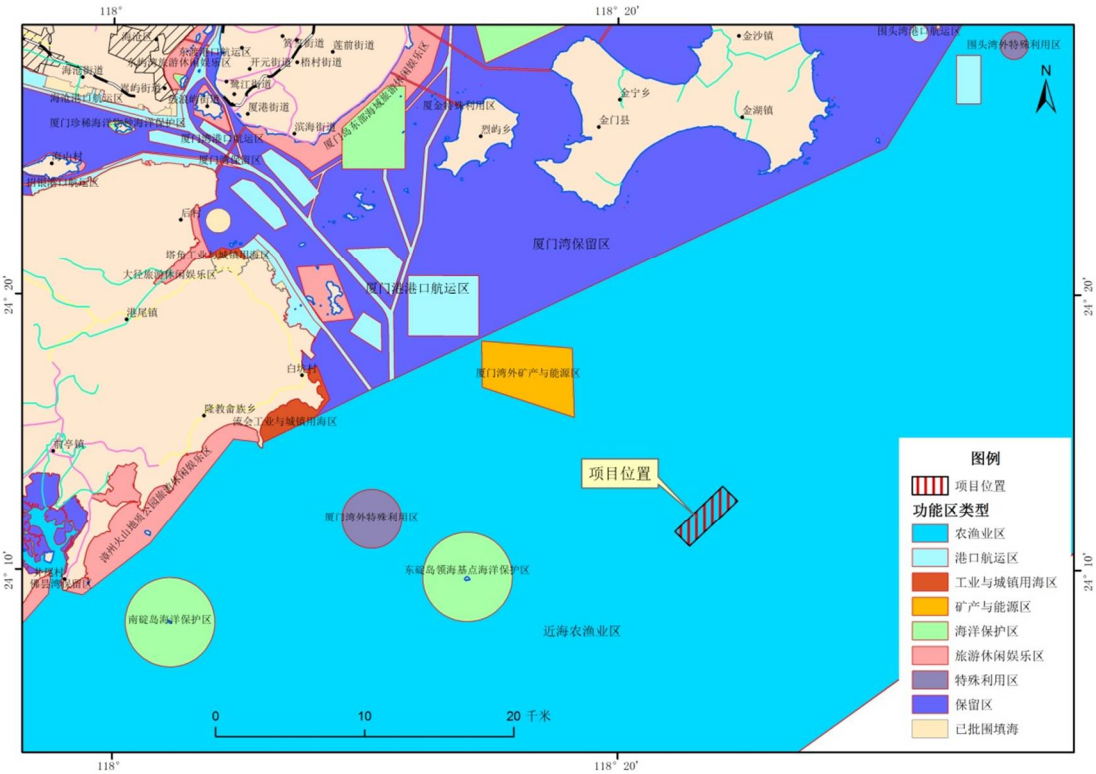


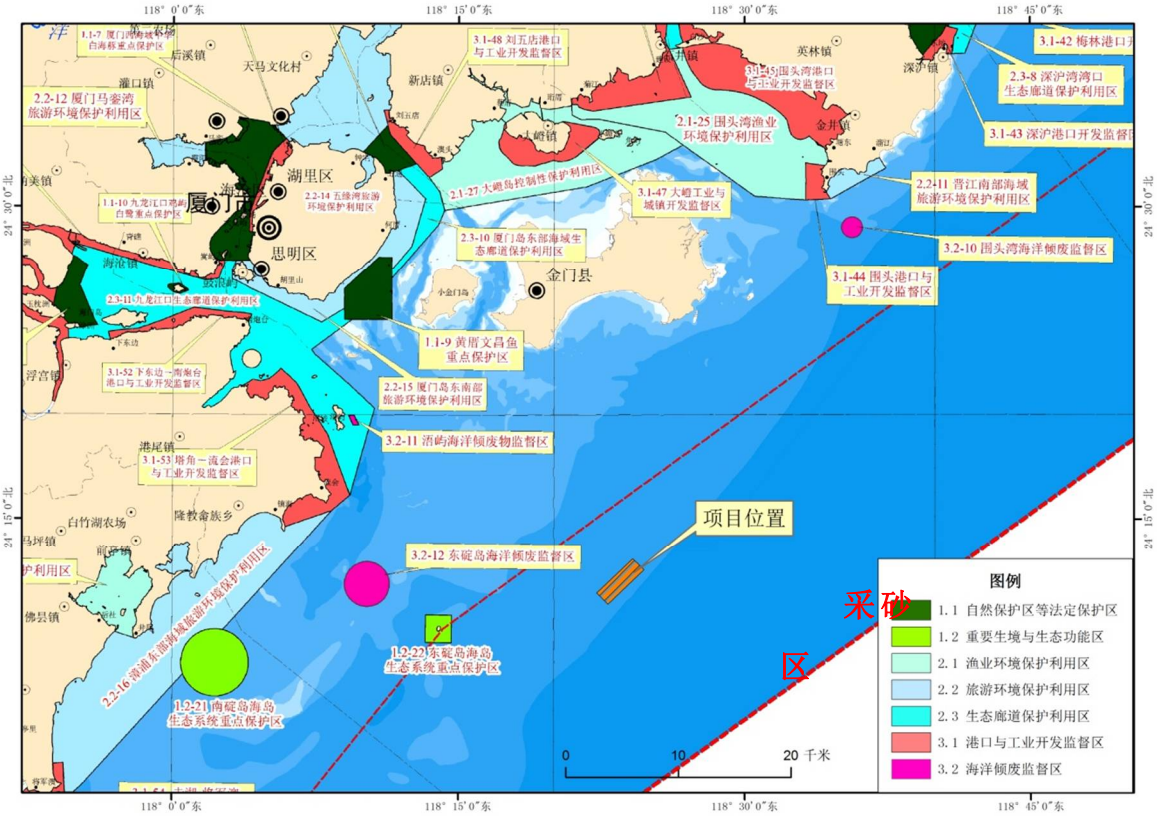

**图 9.1-1　福建省海洋功能区划（2011~2020 年）图**

## 9.1.2 与福建省海洋环境保护规划的符合性

根据《福建省人民政府关于印发福建省海洋环境保护规划（2011～2020）的通知》（闽政〔2011〕51 号），工程区所在海域的海洋环境分级控制区为漳州东部外海渔业资源保护利用区，其周边海域的海洋环境分级控制区包括：塔角-流会港口与工业开发监督区、东碇岛海洋倾废监督区、漳浦东部海域旅游环境保护利用区、东碇岛海岛生态系统重点保护区、南碇岛海岛生态系统重点保护区。具体见表 9.1-2 和图 9.1-2。

## 表 9.1-2　评价海域海洋环境分级控制区一览表

| 分区名称 | 海水水质目标 | | 海洋沉积物质量目标 | | 海洋生物质量目标 | | 环境保护管理要求 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 近期 | 远期 | 近期 | 远期 | 近期 | 远期 | |
| 漳州东部外海渔业资源保护利用区 | 一 | 一 | 一 | 一 | 一 | 一 | 加强对鱼虾类的产卵场、索饵场、洄游通道等渔业水域的保护，控制捕捞强度。 |
| 塔角-流会港口与工业开发监督区 | 三 | 三 | 二 | 二 | 二 | 二 | 控制工业、城镇与港口污染，加强溢油和化学品泄漏风险防范，控制围填海。 |
| 东碇岛海洋倾废监督区 | 三 | 三 | 二 | 二 | 二 | 二 | 加强对海洋倾倒活动的监视和监督，严格按照倾废许可证注明的倾废物种类、数量和倾倒方式等进行倾倒；定期开展环境监测与跟踪评价。临时倾废区使用期满予以关闭，如需要延长使用期限，应提前向主管部门审查批准。 |
| 漳浦东部海域旅游环境保护利用区 | 二 | 二 | 一 | 一 | 一 | 一 | 保护海岸景观和沙滩资源，控制周边陆源污染物排放。 |
| 东碇岛海岛生态系统重点保护区 | 一 | 一 | 一 | 一 | 一 | 一 | 加强对海岛生态系统的保护，禁止在领海基点保护范围内进行工程建设以及其他可能改变该区域地形、地貌的活动。 |
| 南碇岛海岛生态系统重点保护区 | 二 | 二 | 一 | 一 | 一 | 一 | 加强对海岛生态系统和周边海域环境的保护。 |




## 图 9.1-2　工程附近海域海洋环境分级控制区规划图

本项目所在海域属于“漳州东部外海渔业资源保护利用区”，该区域环

境保护管理要求是："加强对鱼虾类的产卵场、索饵场、洄游通道等渔业水域的保护，控制捕捞强度"。

工程区所在海域位于闽南渔场范围，该海域属于历史上的大黄鱼和蓝点马鲛鱼产卵场。由于鱼类天然产卵场范围、大小随时间的迁移以及水温、水流、水质、光线及附着物等各种环境因素的改变发生动态变化，难以明确该区域产卵场的具体范围。由于近岸海域环境的恶化及过度捕捞，大黄鱼和蓝点马鲛资源遭受严重破坏；大黄鱼 1985 年以来已形不成渔汛，蓝点马鲛资源也处于下降状态。另外，根据现状监测资料，在工程周边海域 2019 年秋季及 2018 年春季渔业资源调查中未获得大黄鱼和蓝点马鲛鱼样品。从工程用海面积上来看，工程区面积只占该海域的一小部分；从工程施工情况来看，悬浮泥沙影响区域相对固定；从砂源调查选化结果看，工程区附近海域仍有较大面积底质类型相似的海域，鱼类本身具有选择合适环境产卵的能力；从生物学角度来看，鱼类本身对悬浮泥沙有趋避能力。本工程施工范围较大、时间较长，引起悬浮泥沙扩散将影响到该保护利用区的海水水质质量，且破坏所在区域的底质环境，从而影响鱼类"三场一通道"的生态环境，不符合"漳州东部外海渔业资源保护利用区"的保护管理要求，但是工程实施结束后，通过生态修复等措施使得工程所在海域生态环境得以逐步恢复。

另外，本海砂开采区距离"东碇岛海岛生态系统重点保护区"11.2km，距离"东碇岛海洋倾废监督区"16km，距离其他厦门沿岸海洋环境保护区超过 15km。根据对工程区及周边海域的水文动力、冲淤环境、悬浮泥沙迁移扩散等预测结果，工程实施前后的水文动力和泥沙冲淤变化均较小，对周边东碇岛海岛生态系统重点保护区、南碇岛海岛生态系统重点保护区、漳浦东部海域旅游环境保护利用区的海域岸线、地形地貌没有明显影响。采砂施工会产生悬浮泥沙含量增加，对周边海域的水质和海域生态造成一定影响，但是这种影响是暂时的，随着施工期结束影响将会消失，并可通过采取相应的环境保护措施和生态补偿措施对海域生态进行恢复，使影响得以减轻。

本项目为采砂工程，不涉及制造或运输污染和危险品，船舶含油污水、生活污水、船舶垃圾和生活垃圾等均收集上岸处理，不直接排海，本项目对周边海洋环境的影响主要为采砂过程的悬浮泥沙扩散。根据第六章环境影响预测与评价可

知，本项目悬浮泥沙扩散最大包络范围距离蓝圆鲹和带鱼的产卵场、索饵场、越冬场以及洄游路线距离较远，对蓝圆鲹和带鱼的繁殖影响不大。采砂施工导致一定海域的底质环境改变，以及悬浮泥沙扩散将对大黄鱼和蓝点马鲛的产卵环境产生一定影响，由于大黄鱼和蓝点马鲛具有一定的适应性或趋避能力，在一定程度上可适应工程施工导致的悬浮泥沙的扩散及海域表层沉积物类型的变化，同时通过尽量避开鱼类产卵盛期、采取生态补偿等可将影响控制在一定范围和程度内。

因此，本工程实施完成后与《福建省海洋环境保护规划》（2011~2020 年）不矛盾。

## 9.2 与区域规划的符合性

### 9.2.1 与海峡西岸经济区发展规划的符合性

2011 年，国务院批准《海峡西岸经济区发展规划》，规划明确了福建省在海峡西岸经济区中的主体地位，在对台交流合作中发挥着重要作用，提出“构建服务两岸的客运枢纽，加快完善两岸直接“三通”基础条件，提升对台开放合作整体功能。……完善厦门、福州等机场两岸空中直航的设施条件，增加航线、航班，打造两岸空中快线”；同时明确提出“按照两岸空中直航发展需要，抓紧完善机场发展布局和设施配套，建设部分支线机场，加快形成以厦门、福州国际机场为主，中小机场为辅，干支线机场相结合的空港布局。抓紧厦门（新）、武夷山、上饶、衢州等机场建设工程前期工作。积极引进基地航空公司，开辟国内外新航线……”。

厦门新机场定位为对台交流的主要机场，能够作为加快两岸直接“三通”基础条件，充分发挥海西经济区中心的区位优势对台连接的便利性，围绕厦门新机场形成两岸直接往来的综合枢纽，促进对台的交流合作；厦门新机场建设符合《海峡西岸经济区发展规划》的指导思想。

本项目是厦门新机场填海造地工程的配套工程之一，对厦门翔安机场建设工程前期工作的开展起着关键性的作用，因此本项目实施符合《海峡西岸经济区发展规划》的相关要求。

### 9.2.2 与福建省国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要的符合性分析

根据《福建省国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》（2011 年 1 月 18 日省十一届人大四次会议批准），十二五期间需围绕大港口、大通道、大物流，加快建设以大型海、空港、综合运输枢纽为依托，以快速铁路、高速公路和普通国省干线公路为骨架的“两纵三横”综合交通格局，打造服务周边和中西部地区发展、拓展两岸交流合作现代综合交通运输体系。其中加快民航发展，统筹规划建设现代化民航基础设施，完成 5 个既有机场扩能工程，加快推进厦门新机场、三明沙县机场、福州机场二期、武夷山机场迁建等项目建设，规划建设宁德、莆田、漳州机场军民合用工程，认真开展平潭机场前期研究，形成以福州、厦门国际机场为主的干支结合的空港布局，逐步实现各设区市均有一个机场。

因此，本项目海砂开采用以满足厦门新机场建设填砂料的需求，项目开展能够推动厦门翔安机场建设实施，因此本项目符合《福建省国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》。

### 9.2.3 与厦门市城市总体规划的符合性

根据《厦门市城市总体规划（2010-2020 年）》，第三十七条航空规划，“……规划期内建设厦门第二机场（翔安机场），位于厦门市和泉州市交界，作为厦泉漳大都市区的枢纽机场。马巷机场远期规划作为旅游服务或个人商务活动用的小型机场。……翔安机场规划等级为 4E 级，按国家重要枢纽机场、东南沿海地区重要的门户枢纽机场和国际货运口岸机场等要求进行建设。”

厦门新机场符合《厦门市城市总体规划（2010-2020 年）》对航运物流主导功能区的功能定位。本采砂工程是厦门新机场填海造地工程的配套工程之一，因此，本工程符合厦门市城市总体规划的相关要求。

## 9.3 与《福建省海洋生态保护红线划定成果》的关系

根据《福建省海洋生态保护红线划定成果》（闽政文[2017]457 号），海洋生态保护红线是指依法在重要海洋生态功能区、海洋生态敏感区和海洋生态脆弱

区等区域划定的边界线以及管理指标控制线，是海洋生态安全的底线。根据福建省海域生态环境特征，海洋生态保护红线区分为海洋保护区、海洋自然景观与历史文化遗迹、特殊保护海岛、珍稀濒危海洋物种集中分布区重要河口、重要滨海湿地、重要自然岸线及沙源保护海域、红树林区、造礁珊瑚区十种类型，每种类型根据保护级别又分为Ⅰ级区和Ⅱ级区，实行差别化管控措施。除此之外，大陆和海岛自然岸线保有率也列入海洋生态保护红线管控指标之一。

由图 9.3-1 可以看出，项目附近主要有“东碇岛领海基点特殊保护海岛生态保护红线区”和“镇海角南侧重要渔业水域生态保护红线区”，本项目与上述两个生态保护红线的最近距离分别为 11.24km、2.2km，未在上述生态保护红线区范围内，不与《福建省海洋生态保护红线划定成果》的划线区域冲突。施工过程可能引起悬沙浓度增量为 10mg/L 的影响范围面积约为 84.14km$^2$，主要向东北和西南两个方向扩散，未到达“东碇岛领海基点特殊保护海岛生态保护红线区”，但“镇海角南侧重要渔业水域生态保护红线区”距离本项目较近，悬浮泥沙增量将会影响该生态红线区内的海水水质，同时将导致该海域游泳生物、底栖生物以及渔业资源不同程度受损。

“镇海角南侧重要渔业水域生态保护红线区”的**生态保护目标**是：主要经济虾、鳓鱼、蓝点马鲛、大黄鱼、无针乌贼的亲鱼及其繁育环境。**管控措施**：维持海域自然属性，保护渔业资源产卵场、育幼场、索饵场和洄游通道。禁止围填海、截断洄游通道、水下爆破施工等的开发活动，禁止破坏性捕捞方式，严格执行禁渔期、禁渔区制度以及渔具渔法规定。开展增殖放流活动，保护和恢复水产资源。**环境保护要求**：按照海洋环境保护法律法规及相关规划要求进行管理，禁止排放有害有毒的污水、油类、油性混合物、热污染物及其他污染物和废弃物，禁止新设污染物集中排放口，禁止倾废，改善海洋环境质量。本项目为海砂开采项目，不涉及制造或运输污染和危险品，船舶含油污水、生活污水、船舶垃圾和生活垃圾等均收集上岸处理，不直接排海，本项目对周边海洋环境的影响主要为采砂过程的悬浮泥沙扩散。根据第六章环境影响预测与评价可知，本项目悬浮泥沙扩散最大包络范围距离蓝圆鲹和带鱼的产卵场、索饵场、越冬场以及洄游路线距离较远，对蓝圆鲹和带鱼的繁殖影响不大。采砂施工导致一定海域的底质环境改变，以及悬浮泥沙扩散将对大黄鱼和蓝点马鲛的产卵环境产生一定影响，由于大黄鱼

和蓝点马鲛具有一定的适应性或趋避能力，在一定程度上可适应工程施工导致的悬浮泥沙的扩散及海域表层沉积物类型的变化，同时通过尽量避开鱼类产卵盛期、采取生态补偿等可将影响控制在一定范围和程度内。另外，根据现状监测资料，在工程周边海域2019年秋季及2018年春季渔业资源调查中未获得大黄鱼和蓝点马鲛鱼样品。从工程施工情况来看，悬浮泥沙影响区域相对固定；从砂源调查选化结果看，工程区附近海域仍有较大面积底质类型相似的海域，鱼类本身具有选择合适环境产卵的能力；从生物学角度来看，鱼类本身对悬浮泥沙有趋避能力。工程实施结束后，通过生态修复等措施使得工程所在海域生态环境得以逐步恢复。

本工程在开采期间与“镇海角南侧重要渔业水域生态保护红线区”环境保护要求相矛盾；但是由于施工期影响是暂时性的，其对海域自然环境的影响将随着施工期结束而消失，同时施工结束后可通过生态补偿及修复措施恢复渔业资源，上述环境将得到逐步恢复。本工程在施工过程中应严格按照环评报告及相关行业要求中提出的环保措施，确保工程施工对海洋环境的影响程度降到最低。在此基础上，项目完成后与“镇海角南侧重要渔业水域生态保护红线区”环境保护要求无矛盾。

因此，本工程实施完成后与《福建省海洋生态红线划定成果》（闽政文[2017]457号）不矛盾。

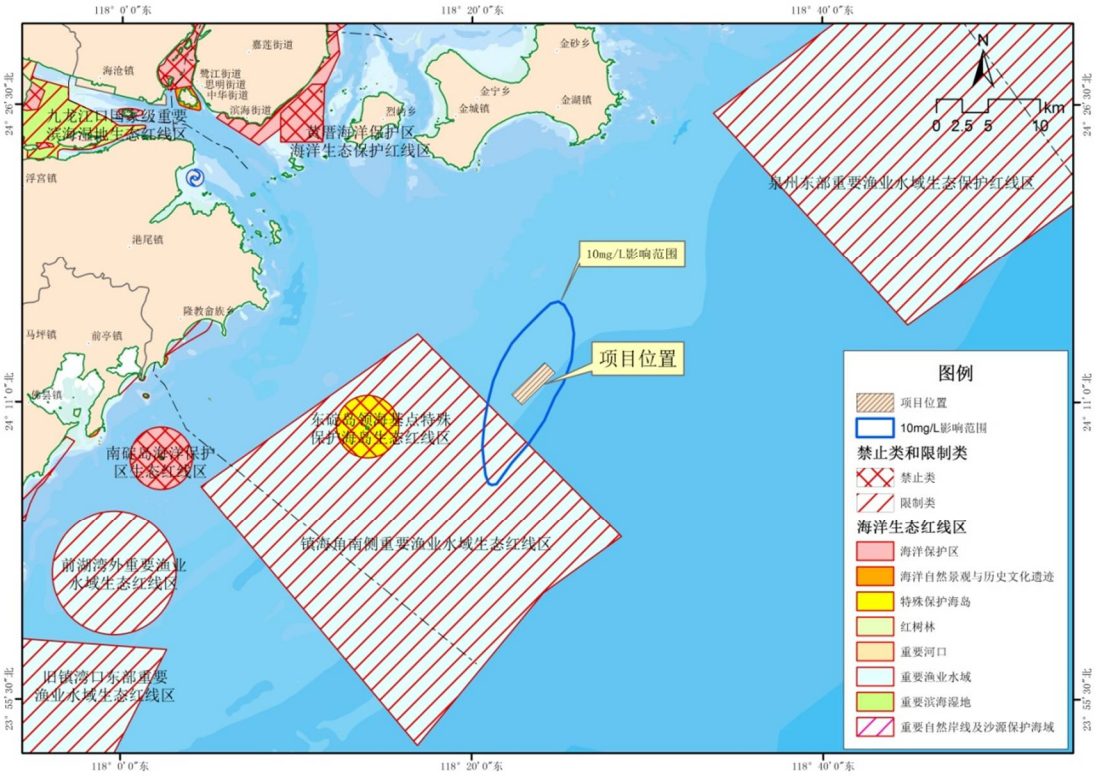



**图 9.3-1　福建省海洋生态保护红线区分布图**

## 9.4 产业政策的符合性分析

（1）与产业政策的符合性

根据国家发展和改革委员会令第 21 号《产业结构调整指导目录》（2011 年本，2013 年修订），海砂开采项目不属于目录中的“限制类”或者“淘汰类”产业，因此，海砂开采项目是允许的。

目前厦门管辖海域以及整个厦门湾内的海砂资源量有限，且厦门湾内海砂开采已导致岸滩蚀退和崩塌、珍惜物种生境改变、海砂的无序开采和盗采影响和金门的关系等问题。根据厦门市人民代表大会常务委员会第十四次会议批准的《厦门市海洋环境保护若干规定》第十五条指出“禁止在厦门海域开采海砂”，明确在厦门管辖海域禁止海砂开采。此外，《关于开展全市砂场专项整治工作的通知》（厦委办[2017]23 号）要求严厉打击非法采砂、非法用海、非法经营砂场等违法行为，严格规范工程用砂市场，切实加强生态环境保护。本工程竞得单位为特许经营国有砂石公司。拟申请采砂区位于厦门湾口东南海域，距离金门岛约 18km，位于规定的禁采区界线外，且砂源储藏相对集中，在不超过环境承受能力的条件下，适当合理开采海砂，在一定程度上解决了厦门建筑用砂的社会供需矛盾，因

此，本工程符合厦门市海砂开采管理的相关政策。

（2）与《国家海洋局关于全面实施以市场化方式出让海砂开采海域使用权的通知》的符合性分析

2012 年 12 月 28 日，国家海洋局印发了《关于全面实施以市场化方式出让海砂开采海域使用权的通知》（以下简称“通知”），明确了全面实施海砂开采海域使用权市场化配置工作的各项工作要求，决定 2013 年 1 月 1 日起，在全国范围内实施以拍卖挂牌等市场化配置方式出让海砂开采海域使用权。《通知》规定，海砂开采海域使用权由沿海省（区、市）海洋行政主管部门以拍卖挂牌等市场化方式依法出让；海砂开采海域使用权一次性出让，年限最长不超过 3 年；同时规定需科学选划海砂开采用海区域，在海洋自然保护区、军事用海区、海底电缆管道保护区、航道锚地、船舶定线制海区和重要的海洋生物产卵场、索饵场、越冬场及栖息地等区域禁止实施海砂开采用海活动。在可能危及跨海桥梁、海底隧道、海堤、海底电缆管道、海上油气开采等涉海工程安全的海域，以及可能对海岸线、海岸防护林带造成侵蚀危害的海域，严格限制海砂开采用海活动。鼓励和引导发展深海海砂开采技术，促进海砂开采区向深远海区域发展。

本海砂开采范围位于离岸 12 海里以外领海基线至领海外部界限范围内的海域，符合“鼓励和引导发展深海海砂开采技术，促进海砂开采区向深远海区域发展”的要求，能够对保护近岸海砂资源起到积极作用；申请用海期限 2 年，符合“海砂开采海域使用权一次性出让，年限最长不超过 3 年”的要求。

## 9.5 工程选址的合理性

### 9.5.1 砂源区综合比选

厦门新机场建设吹填需砂量大、工期紧，而整个厦门湾内的海砂资源量有限，且厦门湾内海砂开采已导致厦门及金门岸滩蚀退和崩塌、生态环境破坏等严重问题，厦门市政府已于 2010 年通过立法禁止在厦门管辖海域进行海砂开采。因此，厦门新机场建设需要在厦门湾以外海域另寻海砂开采区，以满足其建设用砂的需求。2007 年，厦门市海洋与渔业局根据厦门目前的海砂开采的实际情况，以及海砂将在厦门海域全面禁采的趋势，依据有堵有疏的原则，委托海洋三所在厦门东南海域进行海砂资源选划。通过初步调查发现在调查区的中西部和南部 2 个区

域分布厚层的砂体，分别称为砂体 A 和砂体 B。其中 A 区面积 52.9km$^2$，柱状采样均发现浅表层品质优良的海砂，初步估算的资源量为 0.87 亿方。另一海砂资源区（B 区）面积 36.7km$^2$，初步估算的资源量为 0.86 亿方。详见图 9.5-1。

这 2 块砂体均具备可开采性，且调查区海域的海况条件一致，但 2 块砂体的分布面积、海砂品质、水深条件、距离厦门的远近等不同。

（1）**海砂品质：**调查区内砂体 A 和砂体 B 的重矿物和放射性含量均很低，如果进行开采，作为填料砂或建筑砂，不存在资源浪费的问题，也不存在海砂放射性含量太高对人体造成危害的风险。但是，砂体 A 和砂体 B 的色泽有明显的差异，砂体 A 的海砂色泽多为黄褐色，说明该区块海砂基本不含泥和有机质，该区块海砂的潜在用途较广，除作为填料砂外，经过洗盐，可作为建筑用砂，此外，该黄褐色的海砂也是沙滩维护和人造沙滩的优良砂源。调查区内砂体 B 的海砂的色泽多为灰白色或浅灰色，说明砂中含泥或有机质，此外，个别柱样中夹有黑色的腐植质层，或和海砂相混染，因此，从色泽和有机质含量方面来说，砂体 B 的品质略差。

（2）**开采条件：**水深对采砂船的要求和采砂效率影响较大，砂体 A 所在海域的水深在 25-30m±，而砂体 B 所在海域的水深多在 35-45m±，水深加大，则需要更大功率的水泵或消耗更多的电力，才能将海砂吸到采砂船上，从这个角度来说，在砂体 A 区采砂，采砂成本较低。

（3）**运输成本：**海砂作为一种低附加值的资源，其价格和利润更多体现在运输成本上。而运输成本与运输距离密切相关。调查区内砂体 A 和砂体 B 的中心位置相距约 18km，运砂船往返一次，则砂体 B 区较砂体 A 区要多消耗约 36km 的燃料和将近 2 个小时的运输时间。通过经济可行性的评估，以目前厦门市场的海砂价格而言，只有在砂体 A 区块内采砂，在经济上采可行。因此，从运输成本和时间效益上来说，砂体 A 区占优势。

（4）**资源量：**砂体 A 区的面积面积为 52.9km$^2$，而砂体 B 区的面积为 36.7km$^2$，就分布范围而言，砂体 A 区的资源量或许大于砂体 B 区的。

（5）**施工安全：**砂体 A 区位于客货轮习惯航线上，往来船舶较多，增大了在砂体 A 区采砂的安全风险。但是，由于采砂区水域水深在 20m 以上，往来船舶有足够的空间进行规避。只要做好相关的安全措施，完全可以避免撞船事故。

基于上述砂体 A 区和砂体 B 区的海砂资源储量、海砂品质、开采条件、运

输成本、施工难易程度等因素的比较，认为砂体 A 区（本工程所在区）比砂体 B 更具有开采价值。

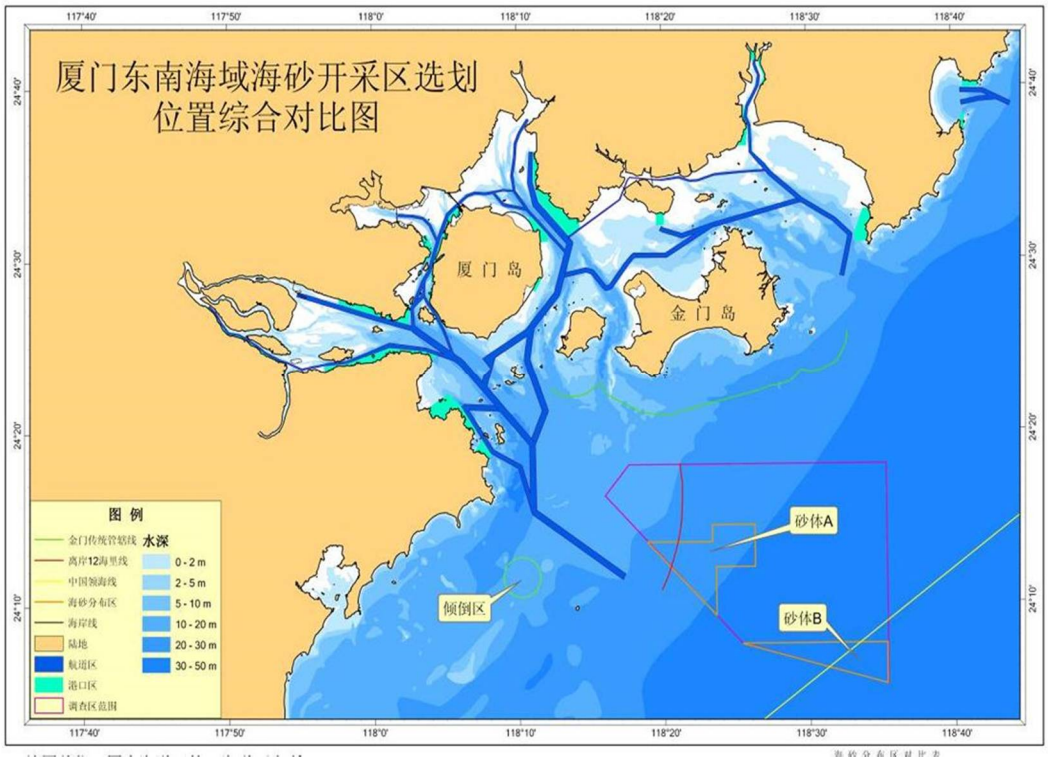



**图 9.5-1　厦门东南海域选划的海砂资源区位置**

## 9.5.2 海砂储量及品质

随着厦门新机场项目前期工作的进一步推进，2013 年厦门路桥建设集团委托海洋三所启动厦门新机场海砂资源量调查项目。海洋三所项目组在 2007 年《厦门东南海域海砂开采区选划》项目的基础上继续深化调查。根据 2007 年的勘探结果表明，砂体 A-A 的海砂资源量在 52.9km$^2$ 的面积上达到 0.87 亿 m$^3$，如果砂体 A-A 的平均砂层厚达 3m，则砂体 A-A 范围内的海砂资源量能够达到 1.5 亿 m$^3$，不能满足厦门新机场用砂料 2.10 亿 m$^3$ 的需求。为了确保在厦门东南海域找到足够的海砂资源以满足厦门新机场建设的用砂需求，需适当增加勘探面积。从台湾海峡的海砂历史资料来看，同时考虑到 2007 年的勘探程度较低，砂体有可能往外展布。以台湾浅滩的大型砂脊为例，其巨型砂波波长一般可达 1km 长，如果以波长的一半即在砂体 A-A 周边往外扩展 500m，可以进一步控制砂体的走向，确定砂体的分布范围。同时考虑工程区通过外海习惯航线，而外海通航船舶数量的不确定性及受风、流作用下的漂移较大，因此最终确定以习惯航线外中心

往两侧扩 1km 的平行线作为安全保护带的界限，因此最终确定海砂资源调查范围如图 9.5-1 所示，调查面积约 57.8 $km^2$。 根据调查分析，厦门新机场建设用砂总需求量约 2.1 亿 $m^3$，对最终确定海砂资源调查范围采取分块分期取砂的方式（见图 9.5-2）。2015 年 7 月 10 日，海洋三所受厦门路桥建设集团委托对厦门湾口海域海砂开采工程进行了海域使用论证，拟申请采砂面积 5787.8024$hm^2$（见图 9.5-3），采砂区出露砂方量约 4.4 亿 $m^3$，实际可开采出露砂方量约为 3.1 亿 $m^3$，开采期限为三年。


**图 9.5-2　2013 年厦门新机场海砂资源量调查区位置**

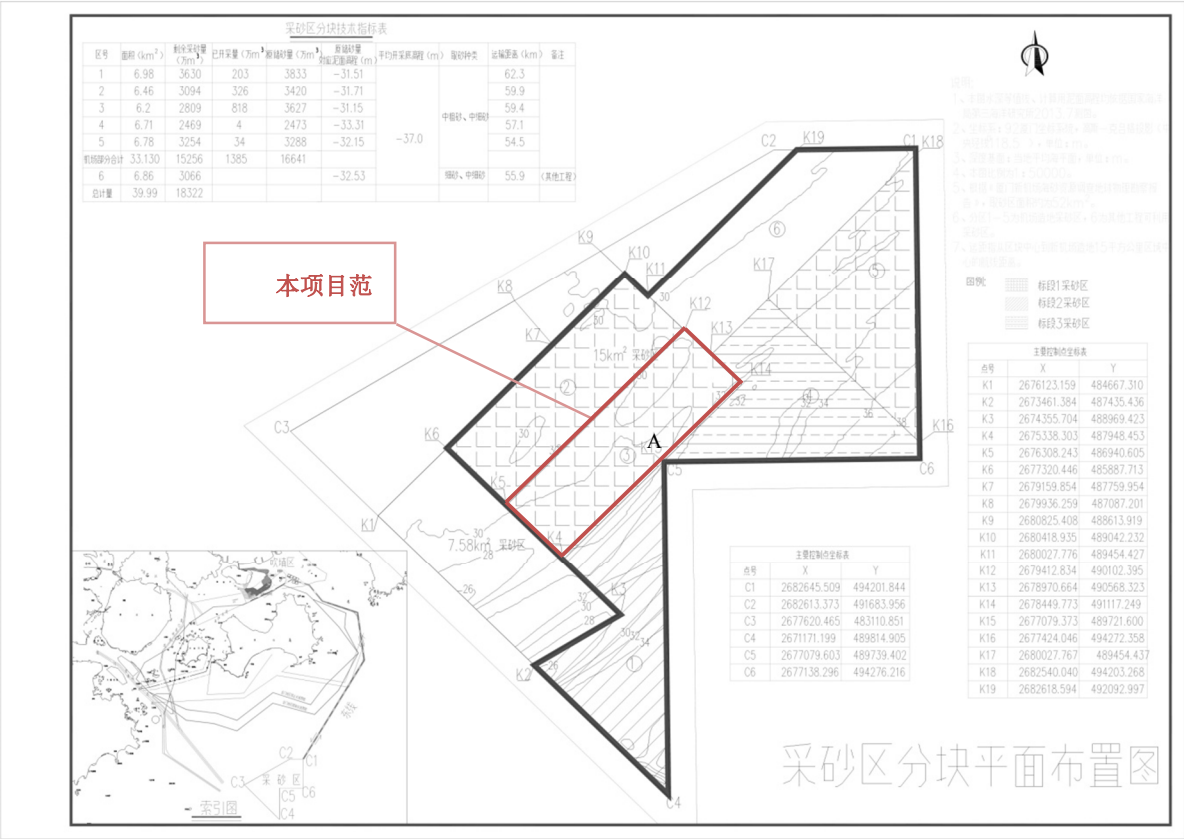



**图 9.5-3　　调查采砂区分块平面布置图**

## 9.5.3 工程区水动力条件适宜性

水文动力：数模预测结果表明，潮位基本不受采砂工程的影响，潮位过程变化极小，正负偏差小于 1cm，潮差不变，涨、落潮历时也没有变化。受采砂影响，流态发生一定变化，流态变化区域主要位于采砂区及其外缘海域。从涨、落潮平均流速来看，其流速变化区域基本局限在采砂区域及周边 1km 以内的范围。在采砂区内，涨落潮平均流速减小幅度在 0.01m/s~0.03m/s 之间。在采砂区外的东北和西南 1km 以内的海域最大有 0.01~0.03m/s 的流速增加，对其余海域的平均流速影响很小。

冲淤环境：采砂工程实施后，在采砂区内产生一定程度的淤积，部分区域年淤积量在 1~5cm/a，部分区域年淤积量在 5cm/a~10cm/a。基本不会对南碇岛海洋保护区、东锭岛领海基点海洋保护区、厦门湾外特殊利用区、漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区、浯屿旅游休闲娱乐区等造成影响。基本不会对漳州市海岸线、金门岛海岸线造成影响。基本不会对厦门港主航道造成影响。泥沙冲淤影响范围有限，主要位于工程海域，对厦门湾其他区域基本没有影响。

悬浮泥沙扩散：项目所在海域的水深条件、潮流和波浪作用较好，悬沙等污染物扩散条件较好。施工引起的悬浮泥沙浓度增量超10mg/L的包络面积为84.14km$^2$，影响范围较大，但对周边敏感目标影响较小。

总体而言，海沙开采活动对南碇岛海洋保护区、东锭岛领海基点海洋保护区、厦门湾外特殊利用区、漳州火山地质公园、浯屿旅游休闲娱乐区、厦门主航道、漳州海岸、金门海岸等敏感目标基本不会造成明显影响。

### 9.5.4 政策管理要求相符性

根据厦门市人民代表大会常务委员会第十四次会议批准的《厦门市海洋环境保护若干规定》第十五条指出“禁止在厦门海域开采海砂”，拟申请采砂区位于厦门湾口外东南海域，距离金门岛约 20.19km，从离岸距离等环境保护限定条件看，本项目位于禁采区界线外，符合厦门市海砂开采管理要求。

### 9.5.5 工程区施工条件

工程区水深大部分在 30m～40m，潮差大，施工条件受季节变化影响明显，同时考虑到外海取砂区风浪的影响，拟采用大型耙吸船挖运工艺为推荐开采方案；同时为了充分开采覆盖层下方和深层的优质海砂，拟采用吸砂王挖砂工艺作为夏季的辅助船型施工，两种施工工艺结合，在保障船舶施工安全的情况下，又具有较高的施工效率。同时，本工程已配套建设海砂运输专用航道，施工条件更为便利。

### 9.5.6 小结

综合考虑上述海砂资源储量、海砂品质、开采条件、施工难易程度等因素并结合海砂开采的政策、规划符合性和海洋环境影响等各方面的考虑，认为本工程的选址基本合理。

## 9.6 环境影响的可接受性

### 9.6.1 海砂开采环境容量分析

水体对不同污染物的自净能力不同，不同污染物对水生生物的毒性作用及对人体健康的影响程度不同，允许存在于水体中的污染物量也不同。因此，对于不同的污染物有不同的环境容量。本报告结合采砂工程特点及其对海洋环境的影响特征，以悬浮泥沙为环境影响指标，以周边环境敏感目标、海域使用开发现状为影响制约条件，来分析本项目海域采砂活动的环境容量及项目实施的环境可行性。

影响本项目海砂开采环境容量的因素有以下几点：海砂资源储量及其分布情况、开采施工对附近海域的航道锚地、海底管线等开发利用现状以及岛屿岸线、邻近海域的海域功能区、环境敏感目标等的影响程度。

（1）海砂资源储量及其分布情况

项目所在海域距离福建省第二大河流九龙江河口的距离 30 多公里，河流每年携带大量的泥沙进入河口、海湾及其河口外的陆架区。由于河流水动力挟沙不断入海补充，项目所在海区的海砂资源不但贮量丰富，砂源储藏相对集中，而且品位和可开发利用的价值较高。根据勘查报告初步估算，调查区砂总储量约 6.8 亿 $m^3$，以 70%作为资源量的估算值，调查海域海砂的总资源量约有 $4.4\times10^8m^3$。其中底标高在-40m 以上，且覆盖层厚度小于 1m 的储量约 3.31 亿 $m^3$。根据钻探揭露，在调查区域内的钻孔中基本上都存在有砂体，以细砂和中砂为主，其中细沙大于 20m 的分布区域主要集中在西北角以及测区中部偏南的区域，测区北部尚分布有砂层厚度约为 5～10m 厚的细砂层。中砂主要分布在测区西北角，厚度可达 15m 以上，其余区域分布厚度在 5～10m 之间。粗砂最厚的区域主要分布于测区西北侧的边缘，厚度可达 10m 以上，周边区域厚度变小，一般为 5～10m。而且区域出露海砂的方量较大，项目施工作业难度相对较小；同时开辟了新的临时采砂专用航道，有便捷的海上运输条件。

（2）航道

本项目采砂区北侧 2.87km 处为外海习惯性航线，西北侧 8.02km 为厦门港主航道入口，进出厦门港的船舶会航经此处，船舶通航密度较大。业主单位应根据采砂区的施工作业方案和开采计划，尽快委托有资质的单位编制开采区的通航安

全论证工作，保障海上交通安全。本项目采砂作业船舶应避上述航线和航道水域，严格控制采砂船和运砂船的交通线路和时间，并服从交通主管部门的安排。

（3）海底管线

根据勘察结果，开采区北侧探测有一疑似管线痕迹，虽然已经过各有关单位进行无管线确认，但由于未获取金门方面的海缆信息，不能完全排除管线存在的可能，因此，为保障开采区内疑似管线的安全，有必要在施工前期做好探查工作。

（4）岛屿岸线

开采区位于金门岛南岸约 20.19 公里，西侧 11.24km 处为东碇岛领海基点海洋保护区，西侧 31km 处为南碇岛海洋保护区，西侧 33km 为漳州火山地质公园，由于距离开采区较远，根据本报告模拟预测结果，开采作业基本不会对上述海岛岸线的稳定性产生影响。

（5）邻近海域海洋功能区

由于工程施工范围较大、时间较长，施工产生的悬浮泥沙将在工程周边海域一段时间内产生影响，但其影响将随着施工期结束而消失，且施工结束后可通过生态补偿及修复措施恢复渔业资源，上述环境将会得到逐步恢复。总体来说，本工程实施完成后不影响“近海农渔业区”主导功能的发挥，对周边相邻海洋功能区没有明显影响。

**表 9.1-1　海砂开采环境容量分析表**

| | 影响因子 | 具体内容 | 环境容量分析 |
|---|---|---|---|
| 有利条件 | 海砂资源储量及其分布情况 | 拟开采海域的海砂资源丰富，分布较集中，主要为细砂和中砂 | 满足开采要求 |
| | 海洋水动力条件 | 项目所在海域的水深条件、潮流和波浪作用较好，悬沙等污染物扩散条件较好 | 满足开采要求 |
| | 海洋冲淤环境 | 泥沙来源充足，具有良好的回砂条件 | 满足开采要求 |
| 制约因素 | 航道 | 会在一定程度上增加船舶密度，影响外海习惯性航道及厦门港主航道的通航安全 | 开采活动范围与航道保持安全距离，并应编制通航安全报告，加强船舶通航控制和管理，服从主管部门管理，防止对通航船舶造成不利影响 |
| | 开采区内疑似管道 | 开采区内北部探测显示有一疑似管线痕迹 | 施工前应进行实地勘查，如确有发现，应及时上报海洋主管部门，做好施工保护准备 |
| | 领海基点岛 | 不能危及东碇岛领海基点岛屿岸线的稳定 | 满足开采要求 |
| | 邻近岛屿岸线 | 不能危及邻近岛屿岸线的稳定（金门岛、浯屿、漳州火山岛、南碇岛等） | 满足开采要求 |
| | 邻近海域海洋功能区 | 不能影响临近海域功能区的使用，并保证功能区相应的海洋保护管理要求 | 基本满足开采要求；对开采活动造成的海洋生态破坏和渔业资源损失，应按相关规定采取相应的生态补偿措施 |

## 9.6.2 环境可行性分析

本开采区位于禁采区界线外，且砂源储藏相对集中，在不超过环境承受能力的条件下，适当合理开采海砂，在一定程度上解决了厦门新机场工程建设用砂的社会供需矛盾。根据工程特点，以下对工程实施产生的各类环境问题做简要综述：

海砂开采项目所在海域的悬浮泥沙环境容量与该海域的海洋水动力条件、海洋冲淤环境、渔业开发利用现状等因素有关。首先，拟开采海域的水深条件和水动力条件较好，使得采砂过程中产生的悬浮泥沙在较短时间内得以扩散；其次，从冲淤环境上来说，拟开采海域因接受大量的河流、潮流、波浪输沙，泥沙来源充足，同时较好的动力条件可使得悬移质、推移质砂搬运到采砂坑内回填，具有良好的回砂条件。因此，从动力条件、冲淤环境角度考虑，拟开采海域具有较为

良好的开采条件。

从水动力影响情况来看，海沙开采后对周边海域水动力影响很小。潮位基本不受采砂工程的影响，潮位过程变化极小，正负偏差小于 1cm，潮差不变，涨、落潮历时也没有变化。受采砂影响，流态发生一定变化，流态变化区域主要位于采砂区及其外缘海域。从涨、落潮平均流速来看，其流速变化区域基本局限在采砂区域及周边 1km 以内的范围。在采砂区内，涨落潮平均流速减小幅度在 0.01m/s~0.03m/s 之间。在采砂区外的东北和西南 1km 以内的海域最大有 0.01~0.03m/s 的流速增加，对其余海域的平均流速影响很小。

从泥沙冲淤影响情况来看，采砂工程实施后，在采砂区内产生一定程度的淤积，部分区域年淤积量在 1~5cm/a，部分区域年淤积量在 5cm/a~10cm/a。基本不会对南碇岛海洋保护区、东锭岛领海基点海洋保护区、厦门湾外特殊利用区、漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区、浯屿旅游休闲娱乐区等造成影响。基本不会对漳州市海岸线、金门岛海岸线造成影响。基本不会对厦门港主航道造成影响。泥沙冲淤影响范围有限，主要位于工程海域，对厦门湾其他区域基本没有影响。

从施工悬浮泥沙对水质的影响来看，工程区水动力条件和水深条件都很理想，但由于悬浮泥沙入海源强较大，悬浮泥沙增量影响范围也较大，整个采砂区施工导致浓度增量超过 10mg/L 的总的影响范围为 84.14km$^2$。通过叠加环境敏感保护目标分析结果，本采砂区作业引起的悬浮泥沙浓度增量超过 10mg/L 最大包络线除近海农渔业区外不会影响到其他邻近海洋功能区。由于采砂区处于近海农渔业区，悬浮泥沙增量将对海洋渔业资源造成一定的损失，根据数模预测结果，本项目造成的入海悬浮泥沙增量大于 100mg/L 的面积约 13.25km$^2$，在此水域范围内，鱼卵、仔鱼因高浓度的含沙量会部分死亡，成鱼虽然可以回避，但幼体仍难逃厄运。因此，采砂产生的悬浮泥沙入海将对鱼类产生一定影响。为了减少工程施工和运营过程中对海域生物和渔业资源造成的损失，建设单位应当按照农业部的有关规定采取海洋资源生态补偿措施，具体补偿金额和补偿方式分别见 6.6.3 节和 7.1.3 节相关内容。总体上说，从采砂造成的悬浮泥沙扩散的影响程度来看，本项目实施对环境的影响是可以接受的。

根据以上分析结果，制约本项目海砂开采的因素主要是项目周边海域的环境敏感目标和海域使用开发现状，对应的影响海砂开采环境容量的主要因素为海砂开采区周边航道的船舶通航安全、开采区内疑似管道、以及开采活动造成的项目

所在海域的海洋生态破坏和渔业资源损失。在做好环境保护和安全措施的情况下，本采砂项目可行。

# 第十章　环境管理与监测计划

## 10.1 环境管理

### 10.1.1 环境管理机构及管理内容

建设单位应设立内部环境保护管理机构，主要由建设单位主要负责人及专业技术人员组成，专人负责环境保护工作，实行定岗定员，岗位责任制，负责各个作业工序的环境管理工作，保证作业期环保设施的正常进行，各项环境保护措施的落实。

本工程环境管理的内容主要为：

（1）将采砂区域限定在申请范围内，不得在申请区域外采砂或随意扩大采砂范围。

（2）负责制定、监督、落实有关环境保护管理规章制度，负责实施环境保护控制措施、管理污染治理设施，并进行详细的记录，以备检查。

（3）及时向环境保护主管机构或向单位负责人汇报与本项目作业有关的污染因素、存在问题、采取的污染控制对策、实施情况等，提出改进建议。

（4）按本报告提出的各项环境保护措施，编制详细海砂开采期环境保护措施落实计划，明确各海砂开采工序的环境影响、环境保护措施、落实责任机构（人）等，并将该环境计划以书面形式发放给相关人员，以便于各项措施的有效落实。

（5）负责执行、监督、落实有关环境保护管理规章制度，负责实施环境保护控制措施、管理污染防治设施，并进行详细的记录，以备检查；

（6）所有的检查计划、检查情况和处理情况都应当有现场的文字记录，并应及时通报给各有关部门。记录应定期汇总、归档。

（7）做好环境教育和宣传工作，提高各级管理人员和操作人员的环境保护意识，加强员工对环境污染防治的责任心，自觉遵守和执行各项环境保护的规章制度。

（8）加强与环保管理部门的沟通和联系，主动接受主管部门的管理、监督和指导。

### 10.2.2 环境管理措施

本项目环境保护对策与建议主要是针对采砂施工期而言，海洋环境管理措施主要包括：

（1）合理安排施工船舶数量，保障施工安全距离，以尽量减少采砂作业流失的悬浮物和事故风险。

（2）加强对施工船舶的环境监理，密切监视海上环境变化，如发现异常现象，应采取必要的措施，如暂停施工等，并及时通知海洋监测部门，查明原因。

（3）在开采活动中，必须严格控制开采范围，采砂船舶采用精确的定位系统（如 DGPS），不超界开采，严格按照批复的开采量进行作业，做到不超量开采，不超强度开采，不超载，保持均匀开采、平整瘀浅丘带等。

（4）运砂船舶应依照航海有关规定航行，小心避让附近进出港船舶。

（5）采砂船长期停泊在采砂区内，船上人员生活垃圾、生活污水应集中处理，减少对海洋环境的影响。

（6）采砂作业和运输应重视生产安全，避免发生溢油事故，一旦发生溢油事故，须及时向海事部门报告，并迅速采取有效措施防止溢油扩散。

（7）应对整个采砂过程进行合理规划，尽量缩短工期，以减轻采砂可能带来的海洋生态环境影响。

## 10.2 海砂开采环境监测计划

根据《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》，结合项目特点及所在海域自然环境特征，重点监测开采活动对海底地形、海水水质、沉积物、海洋生物生态等方面的影响，根据不同监测内容确定相应监测范围、布设监测站位和设计监测频率等。建设单位应委托有资质的监测部门实施跟踪监测。

根据《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》要求，监测范围：

纵向：距离建设项目所处海域外缘两侧分别不小于一个潮程。经计算，本项目顺潮流方向约为 7km。

横向：距离建设项目所处海域外缘两侧（海岸建设项目为向海一侧）分别不小于 1km。本项目垂直潮流方向范围定为 1km。

**（1）水深地形监测**

1）监测内容

定期进行海底地形、水深测量，监测海砂开采造成海底地形的定量变化。

2）监测范围

海底地形水深测量范围为海砂开采区边界向外延伸 3km。

3）监测比例尺

监测比例尺：海砂开采区 1：5000，向外延伸区 1：10000。

4）监测技术要求

按照《海洋工程地形测量规范》GB17501-1998 执行。

5）监测频率

海砂开采后每 6 个月监测一次。开采结束后两年内每年进行一次后评估监测。

**（2）环境质量监测**

1）监测内容

水质监测：监测项目为悬浮泥沙、油类、PH、溶解氧。根据现场特点，可以适当增加相关项目。

沉积物监测：监测项目为硫化物、有机质、油类、重金属。根据现场特点，可以适当增加相关项目。

2）监测范围

根据规程要求，水质监测项目的站位布设应主断面上设连续测站 1 个，其他断面是否设连续测站视具体情况而定；每个断面设大面测站不少于 3 个。站的间距应自建设项目所处海域中心点向外由密到疏。沉积物和生物监测项目的站位布设可在每个水质断面中选取 1～3 个测站。采砂区内布设站位，共设 9 个水质监测站位，7 个沉积物站位。监测站位见图 10.2-1。

3）监测频率

监测周期为 6 个月，春季、秋季各监测一次。水质监测每期原则上要求进行大潮和小潮期监测。开采结束后两年内进行一次后评估监测。

4）技术要求

按《海洋调查规范》（GB12763-2007）和《海洋监测规范》（GB17378-2007）的有关要求执行。

**（3）采砂区周边海洋生态监测**

1）监测内容

叶绿素 a 和初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物。

2）监测范围

监测范围同水质监测范围，监测站位见图 10.2-1。

3）监测频率

监测周期为 6 个月，春季、秋季各监测一次。

**（4）渔业资源监测**

1）监测内容

渔业资源种类及分布；渔业资源量估算；主要经济鱼幼体种类及其分布；渔业生产现状：包括浅海捕捞、浅海养殖、渔业作业方式、渔业经济。

2）调查方式

对海砂开采海域附近海洋水产部门及当地渔民进行调访，亦可对历史资料进行收集、对比分析。

3）调研周期

海砂开采期及结束后一年内，每年一次。

4）资料时间

对于渔业资源时间应尽可能反映海洋生物产卵期和索饵期特征。

如遇采砂作业期间出现特殊情况（如出现大范围的悬浮扩散等）应及时进行临时跟踪监测。

**（5）质量控制与保证**

本项目调查主要按照《海洋调查规范》（GB12763-2007）、《海洋监测规范》（GB17378-2007）中的海洋水文气象、海洋化学要素、海洋地质和海洋生物部分调查技术执行；

进行跟踪监测的单位应通过国家级的计量认证，使用的仪器必须是经过国家法定计量机构检定的；

在完成一个航次的跟踪监测后应及时将监测结果报海洋主管部门和建设单位及其它相关部门，确保及时了解由于工程施工对附近海域造成的影响，发现异常情况及时处理。

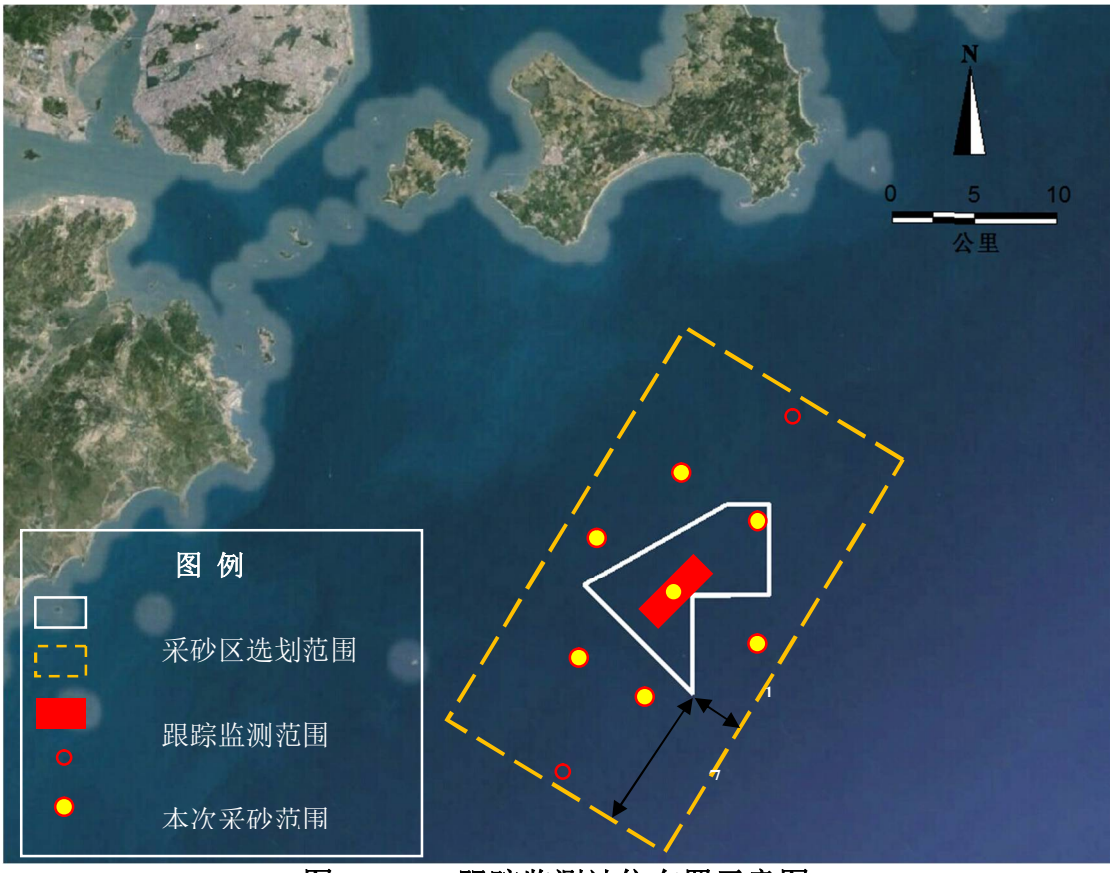



图 10.2-1　跟踪监测站位布置示意图

## 10.3 环境监理

### 10.3.1 环境监理的目标

项目实施环境监理的目标主要为确保承包人按设计文件、环境影响报告书及其批复意见落实相关环境保护措施，工程区海域、大气、声环境符合工程所在区环境功能区划要求，废水、废气、噪声、废渣等排放达到排放标准的要求并符合污染控制目标，区域生态环境符合生态恢复目标要求，施工期不发生环境污染事故和生态破坏事故，工程通过主管部门的竣工环境保护验收。

### 10.3.2 环境监理机构及构成人员职责

环境监理单位具有相应的资质，接受建设单位委托后从事本项目的环境监理工作，构建本项目的环境监理机构，机构下设总监理工程师、监理工程师。

（1）环境监理单位的主要职责是：

① 贯彻执行国家和省、市、区环保部门制定的有关法规、政策、条例、协调海砂开采和环境保护的问题。

② 加强对海砂开采期间的监督管理，查处环境污染问题群众投诉，主要加强水上施工等的监督管理。

③ 配合上级生态环境主管部门监督、检查污染治理措施的落实情况。

④ 按要求对海砂开采所在区域的环境质量进行日常监测和污染事故的临时监测。如发现异常，应采取必要的措施，暂停采砂，并及时通知海洋监测部门，查明原因。

（2）各级监理人员的岗位职责

A. 总监理工程师

① 审定环境监理部内部各项工作管理规定，确定环境监理部人员的分工和岗位职责，全面负责监理部工作。

② 主持编写本项目环境监理实施方案、试运行阶段环境监理报告和环境监理总结报告。

③ 作为环境监理部安全工作第一负责人，负责监理部环境因素和危险源的辨别、评价和风险控制工作，并应加强安全教育和管理。

④ 协调与建设单位、承包单位和设计单位之间的关系。

⑤ 主持环境监理工作会议，签发环境监理部的各种文件和指令。

⑥ 定期巡视工程现场，指导项目环境保护工作开展。

⑦ 审查施工承包商提交的环保措施方案及各类环境保护工作报告。

⑧ 当施工现场发生环境污染和居民投诉事件时，第一时间到达工程现场参与环境污染事故和居民投诉事件处理。

⑨ 对环境监理工程师提出的环保工程停工要求做进一步的现场调研，对确实存在重大环保隐患的问题，下发停工令。

⑩ 主持工程环境监理资料的归档工作。

B. 监理工程师

(1) 在总监的领导下，按照监理部职责分工，努力做好本职工作。

(2) 向总监汇报监理工作情况，并负责编写环境监理巡视记录表和环境监理检查通报。

(3) 深入现场调研，听取多方意见，根据环境污染事故的严重程度和处理、

处置措施的合理性、有效性，向总监申请下发停工令；对施工单位提出的复工要求须在 24 小时内连同对复工的意见一并上报总监。

(4) 在总监指导下，负责编写环境监理月报和年报。

(5) 负责项目环境保护资料的收集、整理及汇总。

(6) 在总监不在现场时，代其参加建设单位或工程监理单位组织的相关会议，并在会后及时将会议精神向总监汇报。

(7) 完成总监安排的其他相关工作。

### 10.3.3 本项目环境监理的具体内容

本项目环境监理的具体内容包括：

**（1）海砂开采强度和开采范围的控制**

环境监理人员需驻场对下列内容进行监理：

① 检查采砂日志的记录情况：采砂日志的记录内容应包括采砂作业的船名船号、作业范围、采砂量、采砂作业人员和采砂作业状态，防止超强度开采。

② 检查采砂工艺和使用船型、采砂船数量等是否与设计和环评保持一致。

③ 对采砂作业区进行准确定位，确保按批准的采砂区范围依法采砂，防治超范围开采。

④ 若发现海砂越界开采、过量开采、高强度开采时，应及时上报行政主管部门。

⑤ 监督施工单位严格按照施工规划和设计，规范施工活动的范围和施工方式。

**（2）采砂船的环境监理**

环境监理人员需驻场对下列内容进行监理：

① 检查海砂运输过程中的装载情况，不得装载过满，以免发生满舱溢流；

② 检查采砂船油污排放情况，监督施工船舶污染物是否严格按照有关协议，由有资质的接受单位统一收集上岸处理；检查船舶维修需清理油舱、机舱残油时，是否获得港监部门批准，是否带回陆地交由有资质单位进行处理；

③ 检查采砂船化学消油剂、吸油剂等物资的配备情况，是否按照环评要求进行配备；是否编制应急预案。

**（3）生态保护措施的环境监理**

环境监理人员采取检查与巡视（每周不少于 1 次）相结合的方法对下列内容进行环境监理：

① 监督检查项目施工过程中对保护区、海底缆线、航道等敏感目标保护措施的落实情况。

② 监督检查对生态补偿措施的落实情况；是否委托有资质的单位编制生态补偿方案。

**（4）调查、协调和处理环境污染事故、环境污染纠纷**

① 环境监理机构发现环境污染事故或接受举报后，将根据污染事故报告制度及时向环保行政主管部门报告，实地调查和记录环境污染或事故现场状况，进行取证，并采取应急措施控制污染，必要时通报周围单位或疏散群众。

② 环境监理人员应参与污染事故的处理。环境监理机构要对当事人参加的协调会提出调解处理意见，制作会议纪要。

③ 环境监理人员应协调海砂开采中因环境问题产生的纠纷，参加每周的工程例会，根据现场监理的情况及时编报环境监理周报、月报。

④ 环境监理人员在进行现场检查时，要填写现场监理单，对异常情况要制作《询问调查笔录》，必要时采样取证并按规定采取相应处理措施。

⑤ 接受公众意见投诉并进行相应的处理。

**（5）监督受委托监测单位是否按环境监测计划实施海砂开采跟踪监测。**

## 10.4 竣工环境保护验收

根据《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》、《建设项目竣工环境保护验收管理办法》的有关规定，工程结束后，建设单位应当向审批该建设项目环境影响评价报告书的行政主管部门申请环境保护竣工验收。

本工程的主要环保措施和竣工环保验收的主要内容见表 10.4-1。

**表 10.4-1　竣工环境保护验收项目一览表**

| 序号 | 项目 | 主要环保措施内容 | 竣工验收要求 |
|---|---|---|---|
| 1 | 船舶含油污水、固体废物处置 | 施工船舶的含油污水、固体废物禁止排入海域，由有资质的单位进行接收处置。 | 验收环保措施是否落实（有完整的接收合同、接收方资质证明、 |

| 序号 | 项目 | 主要环保措施内容 | 竣工验收要求 |
| --- | --- | --- | --- |
| | | | 接收记录等）。 |
| 2 | 风险防范 | 应落实施工船舶的管理制度，防止船舶风险事故的发生，切实贯彻“以防为主，防治结合”的方针，提高对船舶溢油风险的应急反应和处理能力。 | 验收应急方案和有关措施的落实情况。 |
| 3 | 生态补偿 | 应预留生态补偿款，委托有资质的单位进行生态补偿方案的制定、论证和资源研究，采取有效、合适的方式来进行生态补偿。 | 验收环保措施是否落实。 |
| 4 | 环境管理和环境监理 | 建设单位与施工单位是否设置环境管理职能机构，并配备有专职人员；是否落实施工环境监理要求；建设单位与施工环境监理单位签订的相关合同文件；施工期环境监理的相关记录文件等。 | |
| 5 | 环境监测 | 跟踪监测的落实情况。 | |

# 第十一章　环境影响评价结论

## 11.1　建设项目概况

厦门湾口（A 区块）海砂开采项目开采面积为 6.20km$^2$，估算可采砂量约 4544.6 万 m$^3$，主要用于厦门新机场工程的填海造地用砂。本项目开采深度-35m，采砂开采边坡定位 1:10，采砂区砂的品质基本满足 3 类建筑用砂标准。

本工程总投资估算为 170000 万元，设计开采期为 20 个月，计划投入 12 艘万方耙吸挖泥船，取砂工艺采取分段、分带法及装舱溢流法。

## 11.2　环境现状

### 11.2.1 海域水文环境特征

根据2019年09月在调查海域布设了6个站位进行大、小潮期连续29小时海流观测结果，观测海域大潮期为不规则半日潮流类型，小潮期为规则半日潮流类型，各站潮流运动形式以往复流为主。测区大潮期潮流最大可能流速在2cm/s~142cm/s之间。最大可能流速最大值为142cm/s。测区小潮期最大可能流速在2cm/s~92cm/s之间。最大可能流速最大值为92cm/s。测区大潮期水质点的最大可能运移距离在738~33402m之间。小潮期水质点的最大可能运移距离在220~14695m之间。取砂区3月至9月的风浪相对较小。每年10月（冷空气前期）开始于台湾海峡西南方，东沙以东出现2米以上大浪的中心，其中11月、12月和1月最强，出现3米以上风浪的灾害性天气的机率较大。观测海区大潮期含沙量的变化范围为27.2mg/l~94.4.00mg/l；小潮期含沙量的变化范围为23.7mg/l~91.1mg/l。本次测量含沙量的垂线分布基本符合悬沙分布的一般规律，即含沙量由表向底逐渐变大，受大潮期潮流相对较强的影响，各站小潮期悬沙均小于大潮期。大潮期间，各站涨急和落急时刻悬沙粒度组成差别不大，组成物质主要有砂质粉砂（ST）、粘土质粉砂（YT）两种类型，悬沙粒度组成中值粒径为7.42-8.40ϕ。

### 11.2.2 海域底床稳定性与冲淤现状评价

综合表层沉积物特征及输运趋势、悬浮泥沙输运、水动力过程、海图对比、放射性年代学等资料，可以得到如下结论：（1）厦门湾内航道区，受河流悬沙和

沉积物输入的影响，在水动力的综合作用下，航道东侧总体表现为侵蚀、淤积交替出现，西侧总体表现为淤积，淤积速率约为 0.7 cm/a，而深水（>20 m）航道面积变化较小，总体表现为弱侵蚀趋势。（2）在镇海角周边海域，10 m 等深线以浅海域总体表现为淤积趋势，淤积速率约为 0.1~0.3 cm/a，20 m 以深海域总体表现为侵蚀；但在出镇海角后，由于受河流泥沙输入及外海泥沙向岸输运的影响，该海域 20 m 等深线以深海域总体表现为淤积，但在口门外的深水航道附近及镇海角附近，受水动力的影响，海底总体表现为侵蚀。（3）金门岛南侧海域，由于受河流入海泥沙的影响，10 m 浅水海域总体表现为淤积趋势，淤积速率约为 0.58 cm/a，而 20 m 以深海域由于受外海水动力作用较强，总体表现为侵蚀趋势。（4）工程区 4#站位附近仅在大潮涨急和落急时刻会发生侵蚀，沉积物的输运趋势不显著，输运强度较小，表明该观测站附近海底表现为侵蚀、淤积交替作用；西北向海域由于受九龙江河流输沙的影响，多年来总体表现为弱的淤积趋势，细颗粒沉积物在此堆积；工程区西南向海域表现为较强的冲刷，导致该海域表层沉积物较粗。（5）采用适合非粘性沉积物侵蚀的计算公式，表明观测站起动切应力介于 0.057 $N/m^2$~0.457 $N/m^2$ 之间。起动切应力最大值在位于航道区的 3#站，位于工程区的 4#站的起动切应力也较大，为 0.326 $N/m^2$。除 4#外，其他站位波和浪叠加后的底部切应力在大潮和小潮期间几乎都大于起动切应力，表现为侵蚀状态，对于 4#站叠加后的底部切应力绝大部分时刻小于起动切应力，表明该站位观测期间发生淤积。

### 11.2.3 海域水环境现状调查与评价

**秋季**调查中溶解氧、COD、硫化物、挥发性酚、石油类、铜、锌、镉、铬、汞、砷含量符合第一类海水水质标准。秋季无机氮含量超过海水水质一类标准的站位有 30 个，超标率为 50%，最大超标倍数为 0.47；超标站位的无机氮含量符合海水水质二类标准。秋季所有站位的活性磷酸盐含量均超过第一类海水水质标准，超标率 100%，最大超标倍数为 1.0，所有站位活性磷酸盐含量符合第二、第三类海水水质标准。**春季**调查海域各测站海水中 pH 值、溶解氧、化学需氧量、活性磷酸盐、铜、铅、锌、镉、汞、砷、铬、石油类、挥发性酚和硫化物含量均符合第一类海水水质标准；春季无机氮 4#、13#、14#、15#、17#和 19#测站海水中无机氮含量符合第一类海水水质标准，超标站位有 14 个，超标率为 70%，最

大超标倍数为0.42，超标站位的无机氮含量符合海水水质二类标准。

### 11.2.4 海域沉积物质量现状调查与评价

春季和秋季所有海洋沉积物样品的有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷含量均符合第一类海洋沉积物质量标准，海洋沉积物质量状况良好。

### 11.2.5 海洋生物质量现状调查与评价

**春季** 1#测站密鳞牡蛎体内石油烃、砷和铬含量符合第一类海洋生物质量标准，铜、铅和汞含量符合第二类海洋生物质量标准，锌和镉含量符合第三类海洋生物质量标准；2#测站密鳞牡蛎体内石油烃、汞和砷含量符合第一类海洋生物质量标准，铜、铅、和铬含量符合第二类海洋生物质量标准，锌和镉含量符合第三类海洋生物质量标准；9#测站魁蚶体内石油烃、铜、砷和铬含量符合第一类海洋生物质量标准，铅、锌和汞含量符合第二类海洋生物质量标准，镉含量符合第三类海洋生物质量标准。**秋季**调查海区叫姑鱼、孔虾虎鱼、条纹斑竺鲨、大鳞舌鳎、中国团扇鳐、龙头鱼、带鱼、中华管鞭虾、口虾姑和小管枪乌贼的石油烃、铜、铅、锌、镉、汞含量均符合《全国海岛资源综合调查简明规程》中相应的标准值。

### 11.2.6 海域生态环境现状调查与评价

（1）叶绿素和初级生产力

**秋季**调查海域表层和底层叶绿素a平均值一致。表层叶绿素*a*含量的平均值为0.82 mg/m$^3$，变化范围介于0.63～1.01 mg/m$^3$之间；底层叶绿素*a*含量的平均值为0.82 mg/m$^3$，变化范围介于0.56～1.00 mg/m$^3$之间，其中表层叶绿素*a*含量最高的为11号站，最低的为18号站，底层叶绿素*a*含量最高的为14号站，最低的为6号站。调查海域表层和底层叶绿素*a*含量分布较为均匀。**春季**各测站叶绿素-a含量范围在2.70 mg/m$^3$～7.60 mg/m$^3$之间，平均值为4.97 mg/m$^3$；叶绿素-a含量的高值区出现在1#测站海水中，低值区出现在11#测站海水中。

**秋季**调查海域初级生产力的平均值为13.16 mgC/（m$^2$·h），变化范围在8.07～20.46 mgC/（m$^2$·h）之间，变化幅度较小。所有调查站位中，20号站的初级生产力最高，2号站最低；总体来看，初级生产力的平面分布与叶绿素*a*的分布较为一致，大部分站位的初级生产力含量在5.00～15.00 mgC/（m$^2$·h）之间。**春季**初

级生产力变化范围在 19.6 mgC/（$m^2$·h）～83.1 mgC/（$m^2$·h）之间，平均值为 49.8 mgC/（$m^2$·h）；初级生产力含量的高值区出现在 15#测站，低值区出现在 11#测站。

（2）浮游植物

**秋季**共记录浮游植物 4 门 21 属 35 种，其中硅藻 16 属 27 种，甲藻 3 属 6 种，蓝藻 1 属 1 种，定鞭藻 1 属 1 种。优势种主要有铁氏束毛藻和劳氏角毛藻。浮游植物平均密度为 518.93×$10^6$ cells/L。最高值出现在 20 号测站，密度达 2365.33×$10^6$ cells/ L，次高值出现在 7 号测站，数值为 1804.44×$10^6$ cells/L，最低值为 4.19×$10^6$ cells/ L，出现在 2 号测站。调查海区除了个别站位铁氏束毛藻细胞密度较高，占绝对优势之外，大部分站位浮游植物物种多，种间个体数量分配均匀，群落结构较稳定。

**春季**鉴定记录浮游植物 3 门 35 属 57 种，其中硅藻门 25 属 44 种，甲藻门 8 属 10 种，金藻门 2 属 3 种。各测站浮游植物种类数(水样)在 22～33 种之间，均值 28，硅藻种类占优势。各测站浮游植物（水样）细胞总数变化范围为 50000 cells/L～480900 cells/L，均值为 210566.67 cell/L。各测站浮游植物多样性指数（*H'*）范围为 1.347～3.007，均值 2.562；均匀度（*J*）范围为 0.290～0.625，均值 0.533。

（3）浮游动物

**秋季**共记录到种的浮游动物 40 种，同时记录了 12 类阶段性浮游幼虫。物种数以桡足类占绝对优势，水母类和糠虾类物种数也较高。主要优势近岸类群，个体密度以桡足类、毛颚类和阶段性浮游幼虫为主 ；单一物种则以肥胖箭虫、小毛猛水蚤、短角长腹剑水蚤、亚强次真哲水蚤、中型莹虾和百陶箭虫占主要优势。浮游动物总生物量（22.33～96.94 mg/$m^3$）和总个体密度（12.33～261.77ind/$m^3$）的均值分别为 52.88 mg/$m^3$ 和 54.29 ind/$m^3$，在平面分布上，二者总体分布较为均匀，生物量最高和最低值分别见于测区中部 7 站位和东南部的 15 号测站，而个体密度在西南部 2 号站位水域形成数量>200 ind/$m^3$ 密集区,其他站位数值较小。这一密集区的形成主要是小毛猛水蚤、针刺拟哲水蚤和大量的阶段性浮游幼虫密集出现所致。浮游动物物种多样性指数 *H'*（ 2.97～3.73）和均匀度 *J'*（0.68～0.86）的均值分别为 3.50 和 0.77。物种多样性指数值的区间变化与各局部水域出现的物种数的多寡以及各物种间个体数量分配的均匀程度密切相关。

春季鉴定记录浮游动物共 41 种，其中甲壳类 17 种，被囊类 2 种，水母类 19 种，毛颚类 2 种，多毛类 1 种；阶段性浮游幼虫及鱼卵仔鱼共 21 类。各测站浮游动物种类数在 20～28 种之间，均值为 24.0。浮游动物甲壳类占优势，主要优势种类共 9 种，有小拟哲水蚤（*Paracalanus parvus*）、桡足类六肢幼虫（Copepoda nauplius）、异体住囊虫 （*Oikopleura dioica*）、拟长腹剑水蚤（*Oithona similis*）、近缘大眼剑水蚤（*Corycaeus affinis*）、五角水母（*Muggiaea atlantica*）、多毛类幼虫（Polychaeta larva）、纽虫类帽状幼虫（Pilidium larva）和中华哲水蚤（*Calanus sinicus*）。各测站浮游动物总生物量变化范围为 222.6 mg/m$^3$～832.1 mg/m$^3$，均值为 349.2 mg/m$^3$；总个体密度变化范围为 1480 ind /m$^3$～6239 ind /m$^3$，均值为 2768 ind /m$^3$。浮游动物多样性指数（*H'*）范围为 2.81～3.20，均值为 3.01，均匀度（*J*）范围为 0.613～0.709，均值 0.658。4#、7#、9#、11#和 20#站位多样性指数介于 2 和 3 之间，均匀度较好；其他站位多样性指数均大于 3，均匀度好。

（4）潮下带底栖生物

秋季调查所获样品经鉴定共有大型底栖生物 8 门 73 科 116 种。以环节动物、软体动物和节肢动物为主要贡献类群，占总种数 91.37%。平均总密度为 246 ind/m$^2$，以环节动物最高，节肢动物次之；各站栖息密度介于 80~545 ind/m$^2$，在 15 号站栖息密度最低，1 号站生物栖息密度最高，各站位以环节动物、软体动物和节肢动物为主要贡献者，东碇岛附近海域的栖息密度较高于其他站位。平均总生物量为 12.53 g/m$^2$，以环节动物、软体动物、节肢动物和其它动物占优势，占平均总生物量 97.31%。各站生物量介于 2.55~40.20 g/m$^2$ 之间，生物量在 15 号站最低，2 号站最高。

该海域大型底栖生物群落中的优势种和主要种有：丝鳃稚齿虫（*Prionospio malmgreni*）、拟特须虫（*Paralacydonia paradoxa*）、长吻吻沙蚕（*Glycera chirori*）、日本拟背尾水虱（*Paranthura japonica*）、日本和美虾（*Nihonotrypaea japonica*）。

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 2 个生物群落：群落Ⅰ：丝鳃稚齿虫—长吻吻沙蚕—日本拟背尾水虱群落；群落Ⅱ：丝鳃稚齿虫—模糊新短眼蟹群落。

大型底栖生物 Shannon-wiener 物种多样性指数 *H'*的平均值为 3.94，介于 2.91~5.05 之间；Pielou 物种均匀度指数 *J'*的平均值为 0.91，介于 0.84~0.97 之间；

Margalef 种类丰度指数 *d* 的平均值为 3.85，介于 1.69~6.83 之间；Simpson 优势度指数 *D* 的平均值为 0.10，介于 0.04~0.16 之间。

春季调查共记录潮下带底栖动物 37 种，其中环节动物 16 种，节肢动物 8 种，软体动物 7 种、棘皮动物 2 种，纽形动物 2 种，螠虫动物 1 种，脊索动物 1 种。大型底栖动物优势种有 5 种，分别为丝鳃虫（*Cirratulus cirratus*）、线沙蚕（*Drilonereis* sp.）、持真节虫（*Euclymene annandalei*）、中华豆蟹（*Pinnotheres slnensis*）和昆士兰稚齿虫（*Prionospio queenslandica*）。各测站底栖动物种类数在 4~11 种之间，平均每个站位采获底栖动物 7.4 种；潮下带大型底栖动物生物量均值为 10.926 g/m$^2$，变化范围为 0.360g/m$^2$～57.570 g/m$^2$；大型底栖动物栖息密度均值为 51.3 ind/m$^2$，变化范围为 25 ind/m$^2$～95 ind/m$^2$。底栖动物多样性指数（*H'*）范围为 1.922～3.287，均值为 2.718；均匀度（*J*）范围为 0.898～0.985，均值为 0.957；丰度（*d*）范围为 1.292～2.408，均值为 1.924；优势度（$D_2$）范围为 0.300～0.600，均值为 0.441。

（5）鱼卵、仔稚鱼

秋季本次调查共记录浮性鱼卵和仔稚鱼 12 种（含未定种），其中数量较高的种类为鲷属鱼卵及美肩鳃鳚仔稚鱼。数量上，鱼卵平均为 0.042 ind/m$^3$. 仔稚鱼平均为 0.005 ind/m$^3$。分布上，鱼卵（0~0.239 ind/m$^3$）以调查区北部和东部水域丰度较高；仔稚鱼(0~0.019ind/m$^3$))主要分布在调查区东部水域。由此说明，本海区有一些鱼类在此栖居和繁殖，但种类和数量均较低，这与调查期间正处于鱼类繁殖低谷有关。

春季调查，共采获到鱼卵 16 粒，采获仔稚鱼 10 尾。其中鱼卵 8 种，为鲉科（Scorpaenidae）、隆头鱼科（Labridae）、鮨科（Serranidae）、鲱科（Clupeidae）、二齿鲀科（Diodontidae）、羊鱼科（Mullidae）、鲷科（Sparidae）和舌鳎科（Cynoglossidae）(图 5.5-63)；仔稚鱼 4 种，为舌鳎科（Cynoglossidae）、鲆（*Platycephalus indicus*）、鲆科（Bothidae）和花鲈（*Lateolabrax japonicus*）。采获的鱼卵和仔稚鱼数量较少，无明显优势种。垂直拖网 12 个站位采获到鱼卵 8 粒，平均密度为 0.195 ind/m$^3$，变化范围为 0～0.833 ind/m$^3$，仔稚鱼平均密度为 0.086 ind/m$^3$，变化范围为 0～0.556 ind/m$^3$。

（7）游泳动物

秋季拖网调查鉴定游泳动物 107 种，其中鱼类 53 种，占拖网总种数的 49.53%，虾类 16 种，占 14.95%，蟹类 23 种，占 21.50%，虾蛄类 10 种，占 9.35%，头足类 5 种，占 4.67%。

渔获物中鱼类、虾类、蟹类、虾蛄类、头足类重量分类群百分比分别占 57.12%、10.97%、14.72%、12.16%和 5.03%，尾数分类群百分比分别为 31.91%、28.15%、22.84%、14.57%和 2.54%。

调查海域渔业资源重量和尾数密度分别为 198.96kg/km$^2$ 和 16349ind./km$^2$。其中，鱼类为 87.93kg/km$^2$、3708ind./km$^2$，虾类为 27.81kg/km$^2$、7683ind./km$^2$，蟹类为 60.96kg/km$^2$、3033ind./km$^2$，虾蛄类为 17.57kg/km$^2$、1750ind./km$^2$，头足类为 4.68kg/km$^2$、175ind./km$^2$。

调查中渔获物的优势度差异非常明显，鱼类中叫姑鱼的 *IRI* 指数最高，为 896.66，其次是褐龙头鱼，为 489.47；虾类 *IRI* 指数以哈氏仿对虾最高，为 1869.07，是本次调查最优势的种类，其次是中华管鞭虾，为 802.87，其它种类都在 500 一下；蟹类中以日本蟳 *IRI* 指数最高，为 1695.40，其次是锈斑蟳，为 227.36；虾蛄类中，口虾蛄的 *IRI* 指数为 942.34，头足类在本次调查中渔获较少，因此 *IRI* 指数均小于 500。

本次调查调查海域渔获物总的幼体比例为 66.80%，其中鱼类的幼鱼比例为 43.61%，虾类为 48.76%，虾蛄类为 75.63%，蟹类为 85.06%，头足类幼鱼比例为 63.89%。

渔获物重量多样性指数($H'$)均值为 2.48(1.64~2.87)，丰富度指数($D$)均值为 2.80 (2.18~3.76)，均匀度指数($J'$)为 0.78 (0.52~0.89)；尾数多样性指数($H'$)均值为 2.53 (2.11~2.88)，丰富度指数($D$)均值为 4.07 (3.18~5.58)，均匀度指数($J'$)为 0.80 (0.67~0.91)。

春季拖网定点调查作业渔获的游泳动物共计 89 种，64.3140 kg/km$^2$，6055 ind/km$^2$。其中鱼类 49 种，34.8925 kg/km$^2$，2158 ind/km$^2$；虾类 11 种，10.3190 kg/km$^2$，2518 ind/km$^2$；蟹类 18 种，8.4900 kg/km$^2$，406 ind/km$^2$；口足类 6 种，9.6420 kg/km$^2$，943 ind/km$^2$；头足类 5 种，0.9705 kg/km$^2$，30 ind/km$^2$。优势种类有龙头鱼、中华管鞭虾、口虾蛄等 6 种，常见种类有三疣梭子蟹、双斑蟳、赤魟等 5 种，一般种有银鲳、断脊小口虾蛄、木叶鲽等 32 种，少见种有刀额新对虾、鳗鲶、直额

蟳等 37 种，稀有种有鳓、拟矛尾鰕虎鱼、条纹蛸等 9 种。渔获种类个体平均体重为 10.6 g，其中鱼类 16.2 g，虾类 4.1 g，蟹类 20.9 g，口足类 10.2 g，头足类 32.4 g；千克重尾数：鱼类 62 ind，虾类 244 ind，蟹类 48 ind，口足类 98 ind，头足类 31 ind。各站位 Margalef 丰富度指数(*D*)范围为 3.611 ~5.461，平均值为 4.611；Shannon-Wiener 多样性指数（*H′*）范围为 1.625~2.710，平均值为 2.164；Pielou 均匀度指数（*J′*）范围为 0.453~0.805，平均值为 0.648。各站位平均质量密度为 206.707 kg/km$^2$，各站位平均数量密度为 19461 ind/km$^2$。各类别质量密度为：鱼类为 112.145 kg/km$^2$，虾类 33.166 kg/km$^2$，蟹类 27.287 kg/km$^2$，口足类 30.990 kg/km$^2$，头足类 3.119 kg/km$^2$。各类别数量密度为：鱼类 6936 ind/km$^2$，虾类 8093 ind/km$^2$，蟹类 1305 ind/km$^2$，口足类 3031 ind/km$^2$，头足类 96 ind/km$^2$。

### 11.2.7 环境空气质量现状评价

根据厦门市环境保护局《2018 年厦门市环境质量公报》的监测结果，按《厦门市环境功能区划（第四次修订）》，本项目所在区域执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准，监测表明该区域六项基本污染物 $SO_2$、$NO_2$、CO、$PM_{2.5}$、$O_3$、$PM_{10}$ 全部达标，因此，本项目所在区域属于环境空气质量达标区。

## 11.3 主要环境影响评价结论

### 11.3.1 海洋水动力环境影响评价结论

（1）数模预测结果表明，潮位基本不受采砂工程的影响，潮位过程变化极小，正负偏差小于 1cm，潮差不变，涨、落潮历时也没有变化。

（2）受采砂影响，流态发生一定变化，流态变化区域主要位于采砂区及其外缘海域。

（4）从涨、落潮平均流速来看，其流速变化区域基本局限在采砂区域及周边 1km 以内的范围。在采砂区内，涨落潮平均流速减小幅度在 0.01m/s~0.03m/s 之间。在采砂区外的东北和西南 1km 以内的海域最大有 0.01~0.03m/s 的流速增加，对其余海域的平均流速影响很小。

### 11.3.2 海洋冲淤环境影响评价结论

采砂工程实施后，在采砂区内产生一定程度的淤积，部分区域年淤积量在1~5cm/a，部分区域年淤积量在5cm/a~10cm/a。

基本不会对南碇岛海洋保护区、东锭岛领海基点海洋保护区、厦门湾外特殊利用区、漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区、浯屿旅游休闲娱乐区等造成影响。基本不会对漳州市海岸线、金门岛海岸线造成影响。基本不会对厦门港主航道造成影响。

泥沙冲淤影响范围有限，主要位于工程海域，对厦门湾其他区域基本没有影响。

### 11.3.3 海床稳定性评价结论

海沙开采结束后，海床自然塌陷影响范围为采砂坑边缘向北 52 m，向南 37 m，向西 56 m，向东 15 m；在海床向均衡剖面演化过程中，其影响范围为采砂坑边缘向北 1.4 km，向南 1.0 km，向西 2.7 km，向东 0.72 km；海沙开采活动对南碇岛海洋保护区、东锭岛领海基点海洋保护区、厦门湾外特殊利用区、漳州火山地质公园、浯屿旅游休闲娱乐区、厦门主航道、漳州海岸、金门海岸基本不产生影响。

### 11.3.4 海洋水质环境影响评价结论

（1）工程区水动力条件和水深条件都很理想，但由于悬浮泥沙入海源强较大，施工引起的悬浮泥沙浓度增量超10mg/L的包络面积为84.14km2，影响范围较大，但对周边敏感目标影响较小。

（2）对主要敏感目标的影响

(h) 东碇岛领海基点海洋保护区：东碇岛领海基点海洋保护区以及矿产能源保护区部分区域悬浮泥沙浓度增量小于 1mg/L，基本没有影响。
(i) 南碇岛海洋保护区：南碇岛海洋保护区悬浮泥沙浓度增量小于 1mg/L，基本没有影响。
(j) 浯屿旅游休闲娱乐区：浯屿旅游休闲娱乐区悬浮泥沙浓度增量小于 1mg/L，基本没有影响。
(k) 漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区：漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区

悬浮泥沙浓度增量小于 1mg/L，基本没有影响。

(l) 中华白海豚保护区、厦门文昌鱼保护区、厦门东南部滨海旅游区、厦门（大屿）白鹭保护区、厦门（鸡屿）白鹭保护区、以及九龙江口红树林自然保护区等均基本没有影响。

(m) 大佰岛旅游区、围头湾养殖区、石井滩涂养殖区等均基本没有影响。

(n) 厦门港主航道、漳州市及金门岛海岸线、厦门~吴淞光及厦门~香港光缆、厦门湾外特殊利用区、厦门湾外矿产与能源区、外海习惯航线等基本没有影响。

### 11.3.5 海洋沉积物环境影响预测与评价

海砂开采可能会使周围海域沉积物发生迁移、分选，海砂开采之后，采砂区周边海域表层沉积物将主要表现为有周边海域向采砂区输运的趋势。施工产生的悬浮泥沙来源于本海域，没有外源污染物输入，并且海洋沉积物现状调查与评价结果表明所有海洋沉积物样品的有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷含量均符合第一类海洋沉积物质量标准，海洋沉积物质量状况良好，随着采砂的结束，悬浮泥沙将很快沉降、覆盖于采砂区及周边海域表层。因此，施工过程中产生的悬浮泥沙扩散和沉降不会对采砂区及周边海域沉积物质量产生较大的影响。采砂导致的有毒有害物质溶出对海水水质的影响较小。

### 11.3.6 海洋生态环境影响预测与评价

（1）对底栖生物的影响分析

海砂开采在一定程度上导致底栖生物栖息环境遭到破坏，对部分底栖生物的繁殖和生长造成影响，但具有行动能力的底栖生物则可能主动逃窜回避从而免遭受损。采砂作业过程中，该海域的底栖生物由于来不及逃离而被高压射流水击中死亡或被吸入船舱后被填埋。

大部分底栖生物的生长较缓慢，且开采区的底栖生物栖息环境受到破坏，其恢复需要较长时间，可能在几年内，开采区的底栖生物种类和生物量都偏于贫乏。采砂结束之后，可通过人工放养等方式促进底栖生境的恢复。

（2）对浮游生物的影响分析

采砂作业使得水中悬浮物质增多，提高海水的浑浊度，减弱水体的真光层厚度，从而降低海洋初级生产力，随之浮游植物生物量下降，进而影响以浮游植物

为饵料的浮游动物，单位水体中的生物量也必然相应地减少。过量悬浮物质使浮游动物食物过滤系统和消化器官受到阻塞，悬浮物质含量达到 300mg/L 以上时影响特别明显；高浓度增量甚至会导致其死亡，对浮游动物生长率、摄食率、丰度、生产量及群落结构等造成影响。

根据数模预测结果，采砂产生的悬沙增量多低于 100mg/L（超过 100mg/L 的面积约 13.25km$^2$），会对区内的浮游生物的生长繁殖产生一定的干扰，导致生物量下降。但采砂作业停止后，由于潮汐作用，会将外海的浮游动植物带入采砂区及其附近海域，使采砂区浮游动植物得以补充。因此，本项目采砂造成的入海悬浮泥沙对浮游生物不会产生长期显著不利影响。

（3）对底栖生态环境的影响分析

采砂施工结束后将在海床上形成大面积的采砂坑，海砂开采过程中，采砂坑周边泥沙随采砂坑深度增加而不断塌陷，整个开采区的海底地形处于动态变化过程中。根据数模预测结果，受采砂作业影响，采砂区的流速均有降低，泥沙回淤量增加；海砂开采之后会使采砂区水深加大，砂源大量丧失，底质类型及地形地貌改变，导致采砂区及其附近海域的底栖生态环境遭到破坏，影响该海域鱼类的生存、栖息环境。采砂结束后，通过增值放流、建设人工鱼礁等恢复和生态补偿措施，促进采砂坑的底栖生物群落恢复和新生。

（4）对渔业资源的影响分析

根据数模预测结果，本项目造成的入海悬浮泥沙增量大于 100mg/L 的面积约 13.25km$^2$，在此水域范围内，鱼卵、仔鱼因高浓度的含沙量会部分死亡，成鱼虽然可以回避，但幼体仍难逃厄运。因此，采砂产生的悬浮泥沙入海将对鱼类产生一定影响。项目施工虽然对鱼类的繁育产生一定影响，但在施工结束后及时采取生态补偿措施恢复渔业资源等措施，可将影响控制在一定范围和程度内。

### 11.3.7 海洋生物资源损害评估

根据本项目拟申请的采砂区面积、春秋两季调查的底栖生物平均生物量，估算各期采砂活动造成的底栖生物资源受损量合计 72.71t。

根据施工期悬浮泥沙增量扩散范围的数值模拟结果，各时期共造成的持续性损害受损量依次为浮游植物 $1.10\times10^{19}$cells、浮游动物 $4.25\times10^{13}$ind、鱼卵

$1.15\times10^9$ind、仔鱼 $7.97\times10^9$ind、游泳生物 $7.37\times10^4$kg。

本项目造成的海洋生物资源直接损失约为 511.21 万元。由于本项目实际施工期为 18 个月，按《规程》要求应按 3 年进行补偿，则本项目的底栖生物损害补偿为 218.13 万元、鱼卵损害补偿为 11.53 万元、仔鱼损害补偿为 353.53 万元、游泳生物损害补偿为 221.10 万元，合计 804.29 万元。

### 11.3.8 大气环境影响结论

施工期间，本工程的主要大气污染源为耙吸式挖泥船产生的燃油废气等。耙吸式挖泥船将排放一定的大气污染物，主要是 $NO_x$、$SO_x$、$CO_x$、CH 等污染物。由于施工船舶数量较少，排放的污染气体很少，且本次施工区域开阔，空气交换条件较好，所以施工期间船舶对大气的影响尽管不可避免，但是局部的、较小的，能够随着施工过程的结束而停止。由于本项目位于厦门湾口外东南海域，漳州市镇海角东南方向约 30km，大金门岛以南约 20km，评价范围内无居民居住，可预计施工船舶机械尾气对环境空气质量的影响很小。

### 11.3.9 声环境影响结论

本工程在距离施工点 150m 外，施工场界噪声影响基本低于 65dB，可符合 GB12523-90《建筑施工场界噪声限值》，采砂区边界 200m 范围内没有噪声敏感目标，因此本项目噪声对周边环境影响很小。

### 11.3.10 固体废物影响结论

本项目实施过程所产生的主要固体废物为生活垃圾，施工船舶生活垃圾取 1.0kg/（人·d），生活垃圾产生量为 0.36t/d。施工船舶垃圾若随意丢入海中，将影响海水环境质量和视觉景观。生活垃圾不得随意倒入海域，施工船舶应配备垃圾收集装置，统一由有资质单位接收处理，建议施工船舶与经厦门海事部门认可的船舶垃圾接收处理单位签订协议，通过有偿服务，落实施工船舶垃圾接收处理。在采取上述措施情况下，施工船舶固体废物对海域环境基本不产生影响。

### 11.3.11 环境事故风险影响

（1）受潮流和风的共同作用，同样潮时泄漏，ENE（高潮泄露）和 NE（低潮泄露）风速下的影响范围最大，静风下最小。

（2）浓度增量超过 0.05mg/L 溢油油膜将污染到东锭岛领海基点海洋保护区和漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区娱乐区。其他区域，例如南碇岛海洋保护区、浯屿旅游休闲娱乐区、后石电厂取水口、双鱼岛海域、鼓浪屿旅游区、厦门岛东南部旅游区和黄厝文昌鱼重点保护区、厦门（大屿）白鹭保护区和厦门（鸡屿）白鹭保护区基本不受影响。厦门白海豚核心区等其他敏感目标的溢油油膜浓度增量小于 0.01mg/L，基本没有影响，围头湾的敏感目标溢油油膜浓度增量小于 0.01mg/L，也基本没有影响。

（3）溢油油膜到达东锭岛领海基点海洋保护区的最短时间为 15 小时，到达漳州火山地质公园旅游休闲娱乐区娱乐区的最短时间为 53 小时。

（4）溢油油膜基本不会对厦门湾及围头湾的敏感目标造成污染。

此外，项目施工还存在台风风暴潮、大雾、寒潮、风浪等恶劣天气导致船舶碰撞、砂船倾覆、海砂外溢等环境风险事故。施工船舶应做好各项通航安全保障措施，及时避风避浪，严格按海事部门的相关规定运营，消除事故隐患，坚决制止船舶超载运输，以免发生海损事故。

### 11.3.12 通航环境影响分析

本项目采砂区距离厦门港主航道入口约 8km，距离外海习惯航线约 3km，进出厦门港的船舶将从采砂区周边海域经过，采砂区附近的船舶数量较多，船舶通航密度较大。且外海海区受风浪影响比较明显，在一定程度不利于船舶的安全航行。该项目已编制《厦门新机场造地工程海砂运输工程通航安全影响论证报告》并获得批复，施工单位应按照上述论证报告的要求严格执行，确保采砂作业带来的通航风险在可控范围内。

## 11.4 公众意见采纳

建设单位按照《环境影响评价公众参与办法》要求，以网络平台、报纸刊登、现场张贴公告等方式为主，共进行了两个阶段公众参与调查。

项目于 2019 年 11 月 25 日进行首次环评信息公示，于 2019 年 12 月 16 日、2019 年 12 月 23 日进行项目环境影响报告书征求意见稿公示，项目公示期间，均未收到公众意见和建议。

## 11.5 环境保护措施

### 11.5.1 采砂作业的环境保护措施

(9) 严格按批准的采砂区范围采砂，对采砂作业准确定位、详细记录其过程，防止越界开采、超量开采、超强度开采。施工船舶须在开采边界预留一定距离，形成约 1:10 开采边坡，以保证开采完毕后，采砂坑塌范围不会超过申请用海的区域范围。

(10) 采砂作业应分片、有计划的进行开采。采砂作业时可将采砂区分成若干小区，均匀采孔，防止形成大面积的深坑而造成上部淤泥层的坍塌，这样既便于管理，又能够使悬浮泥沙扩散范围缩小，进而减小对海洋环境的影响。

(11) 在采砂过程中做好采砂设备的日常维修检查工作，保持抽砂设备的良好运行和密闭性，发生故障后应及时予以修复；检修后的含油废料禁止随意向海抛弃，应统一收集后运至陆地后处理。

(12) 海砂装载过程应严格按照作业规程进行，不得超载，防止在风浪作用下或因装砂重心倾斜导致运砂船发生倾覆或海砂外溢。

(13) 在采砂过程中合理安排施工船舶数量、各施工船舶之间的航距，保证施工安全距离，防止发生船舶碰撞、倾覆导致海砂外溢或燃油泄漏；不同类型的采、运砂船舶相互配合，提高施工效率，缩短施工工期。

(14) 挖泥船满舱溢流时间应控制在 1.5 小时内，以减少悬浮泥沙入海量。

(15) 应在气象条件允许的条件下进行作业。根据通航船型的情况，万吨级以上船舶抗风等级为 6 级，在风力大于 6 级或能见度不良时，作业船舶应禁止出海作业。

(16) 加强对采砂施工人员的环保意识教育，提高其对环境保护重要性的认识，自觉做好环境保护，做到文明施工。

### 11.5.2 采砂船舶的污染防治措施

（1）海上施工船舶的生活污水应收集在船上的生活污水集污仓中，统一收集上岸交由有资质的单位接收处理（施工前应与资质单位签订船舶污染物接收处理协议）。

（2）海上施工船舶的固体废弃物应集中收集管理，定时把收集到的垃圾交由有资质的单位运回陆地进行处理。

（3）施工应按照海事局的要求，实施船舶污水的铅封管理。船舶产生的油类、油性混合物及其他污水，船舶垃圾、废弃物和其他有毒有害物质收集后上岸处理，严禁排放入海。加强舱底检查，防止舱底漏水。

（4）严禁施工船舶向施工海域排放废油、残油等污染物；不得在施工区域清洗油舱和有污染物质的容器。

（5）在开工前应对所有的施工设备，尤其是采砂船舶泥舱门进行严格检查，

发现有可能泄漏污染物（包括船用油和开挖泥沙）的必须先修复后才能施工；在施工过程中应密切注意有无泄漏污染物的现象，如有发生立即采取措施。

（6）施工船舶应加强管理，经常检查机械设备性能完好情况，对跑、冒、滴、漏严重的船只严禁参加作业，以防止发生机油溢漏事故。甲板上机械出现设备漏冒油时，立即停机处理，使用吸油棉及时吸取，并迅速堵塞泄水口，防止油水流入海中。

（7）采砂船舶应配备适量的化学消油剂、吸油毡等物资，以防不测。一旦发生溢油事故，立即采取措施，收集溢油，缩小溢油的污染范围。

（8）采砂船必须严格接受海上交通部门的统一管理，作业过程随时注意过往船舶通行情况，避免出现溢油等海上交通安全事故发生。一旦发生事故，立即报告船舶污染管理部门，启动应急预案，减小溢油污染影响。

### 11.5.3 采砂期生态影响减缓措施

根据采砂作业环境影响分析，采砂对环境影响的主要因素是采砂、运砂环节中引起的悬浮物，其次是船舶污水以及溢油等影响。为进一步维护当地海域的生态安全，最大程度的减少采砂对海洋生态环境带来的不良影响，必须落实以下海洋生态及渔业资源的环境保护措施：

（1）控制采砂船的满舱溢流时间以减少悬浮泥沙入海量，减少对海洋生物和渔业资源的影响。

（2）施工单位应开展施工作业的监管和海砂开采动态跟踪监测，密切注意采砂区及其周边海域的水质变化，发现问题及时报告并立即采取措施，必要时可短暂停工。

（3）施工船舶应主动接受并积极配合生态环境主管部门的监督和管理；切实落实海砂开采动态监测，密切关注海砂开采对海洋资源、生态环境、海洋设施以及海岸、海底地形的影响。依据污染状况调整作业方案，如改变采砂强度和采砂船只数量和作业时间。

（4）采砂作业应预先制定合理的施工计划，防止超出采砂区范围及不可恢复的破坏性开采，减少对底质环境的扰动强度和范围，减少对海洋生态环境的影响。

（5）对海洋生物和渔业资源造成的损失，应参照本报告书的估算损失额进

行相应的生态补偿；在当地渔业行政主管部门的指导下，结合当地的增值放流计划，采取人工增殖放流、底播放养、栖息地修复等生态补偿措施，促进海洋生态环境的恢复。

（6）委托有资质的单位进行海洋生态补偿方案制定、论证和资源研究，并将增殖放流方案上报生态环境主管部门，在主管部门的监督下，科学、合理的对海洋生态环境和资源数量进行修复。

（7）对于施工过程中可能出现的大型野生生物（如中华白海豚、宽吻海豚），建设单位应做好施工前的宣传教育活动，严禁施工人员捕猎，遇有这些大型野生动物进入施工海域时应停止施工，待这些野生生物离开工程海域后再施工。

### 11.5.4 通航安全保障措施

（1）施工单位须在获得当地海事局颁发的水上水下施工作业许可证和通航公告后再正式进场进行采砂作业。同时向海事部门申请派巡逻船加强现场监管工作。

（2）业主单位应及时向海事主管机关申请发布航行警告，及时发布采砂作业区的位置及作业时间，最大限度保证船舶的安全通航。

（3）船舶航行时需谨慎驾驶，严格遵守交通管理规定，严格遵守航行通（警）告，采砂作业船作业过程中应保持密切瞭望，任何时候均应使用安全航速航行。对于过于靠近本船的船舶应及早沟通，注意其动态，避免碰撞事故发生。

（4）必须严格管理船舶的抛锚和作业，并将周边的主要敏感目标坐标通知到作业船舶，采砂船舶只能在采砂区周边 500m 的范围内抛锚。

（5）应协调、调度好采砂船和运砂船与锚地的协同工作。

（6）根据通航船型的情况，万吨级以上船舶抗风等级为 6 级，在风力大于 6 级或能见度不良时，作业船舶应禁止出海作业。

（7）该海域多年平均雾日数 29.3 天(能见度≤1km)。在能见度≤1km 时，应严格遵守港内禁止航行的安全规定。在能见度不良时航行，应充分发挥雷达作用，施放雾号，加强和过往船舶的联系，并保持足够会遇距离；同时，远离浅滩及其它碍航物，保证船舶安全。

（8）在采砂区内进行挖砂作业时，严格控制采砂船只的活动范围，保障船只航行安全距离，避免影响水上交通运输。

（9）采砂作业和运输应认真严格执行《海上交通安全法》，严格落实采砂现场安全措施。

（10）严禁运沙船超载，严格按海事部门的相关规定运营，以免发生海损事故。

（11）采砂船和运砂船安装 AIS 船舶自动识别系统，以确保航运安全。

（12）采砂船和运砂船应悬挂正确的旗号和号灯，以确保航运安全。

（13）因施工船舶较多，业主将督促施工单位根据实际情况，成立总调度室，统一协调船舶进出抛砂区，制订通航安全专项应急预案，保证通航安全。

### 11.5.5 事故风险防范措施

业主和施工方应按规定办理施工作业手续，申请划定施工水域和安全作业区域。业主应督促施工方落实施工期间的监管措施和施工安全保障措施，在施工现场设置必要的警示装置，并确保施工船舶及人员的适航、适任。业主和施工方应和海事主管部门建立有效联系，请求对施工水域的有效监管，包括申请安全作业区和警戒区、发布航行通告、设置有关标志、申请通航维护及巡航工作等。

施工作业船舶和设施，应尽量避免影响正常航行船舶的通航安全，在有影响时应征得海事主管部门的同意。施工船舶应按规定显示有关信号，派专人守听指定的 VHF 频道，保证船舶间的避让协调通讯及接受海事主管机关的询问。航行船舶与施工船舶均应严格遵守《国际海上避碰规则》及海事主管机关制定的交通管理措施。过往船舶航经施工区域时，应加强瞭望，缓速航行，并与施工船舶保持足够的安全距离。

施工船舶应严格执行《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国防止船舶污染海域管理条例》等相关法律法规，制定施工期间的防污染应急预案，并定期组织演练。施工方应备有足够的防止污染器材和设备，水上、水下船舶施工应采取预防措施，防止油类、油性混合物和其他废弃物污染海域。

船舶驾驶员的业务技术应符合要求。按《防治船舶污染海洋环境管理条例（2009）》，对所用船舶及其人员应提出严格的书面管理要求及所应承担的防止船舶溢油责任和义务，并落实本条例规定的防治污染有关措施。船员

对可能出现事故溢油的人为原因与自然因素应学习、了解，提高溢油危害的认识及安全运输的责任感和责任心。

船舶必须接受厦门海事和港口管理部门的协调、监督和管理，施工单位应配备必要的人员、海上安全保障设施，负责海上通信联系、船舶导航、引航、助航、航标指示、海事警报、气象海况预报等安全监督业务。

船舶应实施值班、瞭望制度。船舶应遵守施工管理制度，船长必须正确、周密地分析和估计航程中的天气动态及其对本船的影响，采取针对性的防范措施。对于灾害性天气，应及时规避。施工作业船舶应加强与气象部门的联系，获得早期的气象资料，时刻注意天气的变换，避免在恶劣天气条件下施工作业。实时关注风向风速，特别应注意大风大浪等不利条件的预警。

对施工设备定时检查和监控，对设备的安全隐患要及时整改，确保设备技术性能良好。

除依托厦门港溢油应急系统外，施工单位还应与有资质的船舶污染清除作业单位签订污染清除作业协议，明确双方在发生船舶污染事故后污染清除的权利和义务，以便在溢油事故发生时能及时有效的清除油污。

施工单位应根据厦门港溢油应急计划要求编制施工船舶事故应急预案，报有关部门批准。一旦出现溢油事故，立即启动应急预案。

### 11.5.6 其他环境保护对策措施与建议

加强施工船舶、机械的管理。保证船只的各项条件符合有关控制空气污染的法规要求。加强对船舶柴油机运行管理，使各项性能参数和运行工况均处于最佳状态，从而减少柴油机的排放污染，尽量使用低硫分的燃油，以减少 S02 的排放。优先选用性能良好的低噪声施工设备，日常应注意对施工设备的维修保养，使各种施工机械保持良好的运行状态。

## 11.6 工程建设的环境可行性

### 11.6.1 工程选址合理性

本项目建设综合考虑了海砂资源储量、海砂品质、开采条件、施工难易程度等因素，同时符合国家相关法律法规，工程选址总体符合海峡西岸经济区发展规划、厦门市城市总体规划等相关规划；符合厦门市关于厦门管辖海域采砂的相关政策，工程选址基本可行；项目完成后与《福建省海洋功能区划》、《福建省海

洋环境保护规划》无矛盾，具有环境合理性。

### 11.6.2 产业政策符合性

对照《产业结构调整指导目录（2011 年本）（2013 修正）》，海砂开采项目不属于目录中的“限制类”或者“淘汰类”产业，因此，海砂开采项目是允许的。根据厦门市人民代表大会常务委员会第十四次会议批准的《厦门市海洋环境保护若干规定》第十五条指出“禁止在厦门海域开采海砂”，拟申请采砂区位于厦门湾口外东南海域，距离金门岛约 20.19km，位于规定的禁采区界线外，且砂源储藏相对集中，在不超过环境承受能力的条件下，适当合理开采海砂，在一定程度上解决了厦门建筑用砂的社会供需矛盾，因此，本工程符合厦门市海砂开采管理的相关政策。

### 11.6.3 清洁生产

本项目施工设备和施工工艺等方面基本符合清洁生产的要求。建设单位若按照本报告提出的环保措施严格施工，能够将对环境的影响降低到最低。

### 11.6.4 环境功能可达性

在落实本报告书提出的各项环保措施后，本项目对环境的影响可得到有效控制，可实现污染物达标排放，不会改变现有的环境功能现状，可实现各环境功能区达标要求。

### 11.6.5 总量控制

本项目为生态影响型项目，不执行总量控制。

## 11.7 环境管理与监测计划

根据《中华人民共和国环境保护法》和《企业法》的精神，企、事业单位在生产和经营中防止污染、保护环境应是其重要职责之一。本工程区附近水域进出港船舶通航密度较大，为减少采砂期间对其他通航船舶的干扰和影响，确保施工的安全、有序，应严格按照航行安全制度和规范操作，成立施工现场管理机构，必须同时重视本项目的环境管理工作，控制环境污染，保护好项目周围的生态环境，以保证环境管理工作的顺利开展。

根据《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》要求，为了及时了解和掌握建设项目在其施工期间对海洋水质、沉积物和生态环境的影响，以便对可能产

生明显环境影响的关键环节事先进行制度性的监测，使可能造成环境影响的因素得以及时发现，需要对建设项目采砂期间对海洋环境产生的影响进行跟踪监测。跟踪监测的目的是通过对本项目采砂对海洋环境产生的影响的跟踪监测，了解和掌握建设项目在其施工期和运行期对海洋水文动力、水质、沉积物和生物的影响，评价其影响范围和影响程度。本项目的环境监测主要由项目建设单位委托有资质的环境监测部门按照制订的计划进行监测。

## 11.8 结论与建议

### 11.8.1 结论

厦门湾口（A 区块）海砂开采项目开采面积为 6.20km$^2$，估算可采砂量约 4544.6 万 m$^3$，全部作为厦门新机场建设填海造地的填料用砂。项目建设符合海峡西岸经济区发展规划、厦门市城市总体规划等相关规划；符合厦门市关于厦门管辖海域采砂的相关政策，工程选址基本可行；项目完成后与《福建省海洋功能区划》、《福建省海洋环境保护规划》无矛盾。工程建设对海洋环境和海洋生态会产生一定的影响，在严格落实报告书提出的各项环境保护对策措施、生态补偿措施、风险防范对策措施，切实落实工程的环境监理和跟踪监测的前提下，从环境保护角度考虑，海砂开采可行。

### 10.8.2 建议

（1）建设单位加强采砂过程的环境监控，施工承包合同中应包括有关环境保护条款，施工单位应严格实施。

（2）建设单位应努力配合相关部门加强区域船舶污染事故的应急能力建设，最大限度减轻突发性船舶污染事故可能对海洋生态和环境造成的影响。

（3）本项目采砂对海洋生物和渔业资源造成的损失，建设单位应参照本报告书的估算损失额进行相应的生态补偿；在当地渔业行政主管部门的指导下，结合当地的增值放流计划，采取人工增殖放流、底播放养、栖息地修复等生态补偿措施，促进海洋生态环境的恢复。