广东省揭阳市惠来县靖海湾东南侧海域
拟出让区海砂开采
海洋环境影响报告书
（征求意见稿）

建设单位：揭阳市自然资源局

编制单位：广东海兰图环境技术研究有限公司

2021 年 11 月

目 录

1 概述

1.1 建设项目背景

海砂是一种重要的矿产资源，作为建筑材料，可广泛用于大型工程项目建设和填海 造地。合理开发利用海砂能够使其服务于经济建设，促进海洋经济的发展，而盲目、非科学地开采则会导致资源的枯竭，破坏生态环境，乃至影响整个海域资源的可持续利用。

2020 年 5 月，为贯彻落实习近平总书记重要讲话和重要指示批示精神，加快实施粤港澳大湾区建设、支持深圳建设中国特色社会主义先行示范区等国家战略，为保障近三年粤港澳大湾区及我省国家战略重大项目建设海砂供应，广东省自然资源厅印发了广东省自然资源厅关于印发《广东省海砂开采三年行动计划（2020-2022 年）》的通知（粤自然资海域[2020]842 号），2021 计划开采海砂 9 片，总面积约 13.86 平方千米，初步估算海砂资源量（含泥）约 0.77 亿立方米，分布在湛江、阳江、珠海和汕尾海域。另外选划海砂开采储备区 8 片，总面积约 15.28 平方千米，海砂资源量（含泥）0.83 亿立方米，分布在湛江、珠海、揭阳和汕头海域。在海砂计划开采区无法满足需求时，可将海砂开采储备区作为备选出让区块有序组织开采。

本次评价的广东省揭阳市惠来县靖海湾东南侧海域拟出让区海砂开采项目位于广东揭阳市惠来县靖海湾东南侧，属于《广东省海砂开采三年行动计划（2020-2022 年）》的通知（粤自然资海域[2020]842 号）中 2021 年计划开采的储备区砂源海域。项目开采范围用海面积为 221.9970 公顷，用海类型为工业用海（一级类）中的固体矿产开采用海（二级类），用海方式为其它方式（一级类）中海砂等矿产开采（二级类）。

根据《中华人民共和国海洋环境保护法》和《中华人民共和国环境影响评价法》等 法律的要求，一切可能对海洋环境产生影响的新建、扩建或改建的海洋工程项目，必须进行海洋环境影响评价。

1.2 建设项目特点

本项目拟申请海砂开采区位于广东揭阳市惠来县靖海湾东南侧海域。调查区

海砂的矿物组成主要为石英，次要矿物为长石，其中石英含量（石英占轻矿物的质量百分比）在 86.36%～92.80%之间，重矿物含量（重矿物质量占分析质量的百分比） 在 0.05%～0.25%之间，全区加权后平均含泥量 14.06%。

根据《广东省揭阳市惠来县靖海湾东南侧海域矿区回填用海砂资源储量核实报告》（浙江华东建设工程有限公司，2021 年 10 月），[redacted]

项目开采范围用海面积为 221.9970 公顷，用海类型为工业用海（一级类）中的固体矿产开采用海（二级类），用海方式为其它方式（一级类）中海砂等矿产开采（二级类）。

1.3 环境影响评价工作过程

根据《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》以及《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规的有关规定，该项目需执行环境影响评价制度并编制环境影响报告书。

浙江华东建设工程有限公司是揭阳市自然资源局授权开展《揭阳市海砂开采挂牌出让前期工作项目》的单位，受浙江华东建设工程有限公司的委托，广东海兰图环境技术研究有限公司承担《广东省揭阳市惠来县靖海湾东南侧海域拟出让区海砂开采》的环境影响评价工作。环评单位在接受委托后，立即组织相关技术人员认真研究了建设单位提供的工程资料，收集了工程区附近海域环境质量现状资料，对拟建项目的建设内容和排污状况进行了资料调研和深入分析。在此基础上，按照国家相关环保法律、法规、污染防治技术政策的有关规定及环境影响评价技术导则要求，预测、分析项目实施过程对海洋环境、大气环境、声环境等可能造成的不良影响的范围和程度，提出防治污染、减轻项目建设带来的环境影响的措施与对策，并进行经济技术可行性论证，为项目建设合理性提供科学依据；提出项目建设环境可行性的结论，编制完成了《广东省揭阳市惠来县靖海湾东南侧海域拟出让区海砂开采海洋环境影响报告书》。

按照《海砂开采环境影响评价技术规范》和《环境影响评价技术导则-总纲》

（HJ2.1-2016）的要求，本项目环评工作程序见图 1.3-1。

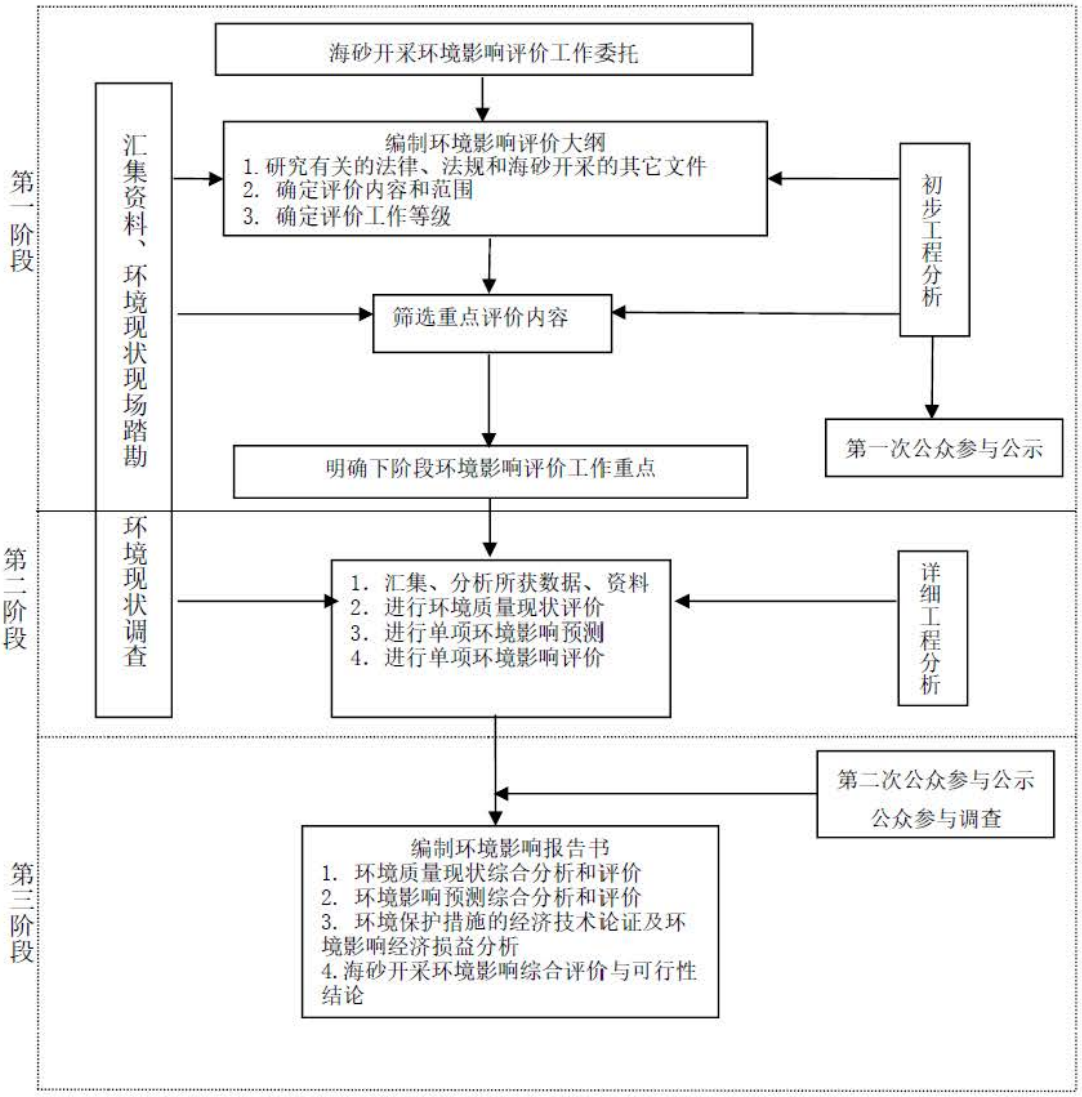


图 1.3-1 项目环境影响评价工作过程

1.4 分析判断有关情况

（1）与产业政策的相符性分析判断

本工程为海砂开采项目，根据国务院《产业结构调整指导目录（2019年本）》，本项目属于允许类，符合国家的产业政策要求。此外，根据《市场准入负面清单（2020年版）》，本项目不属于负面清单中所列的禁止准入类项目。

综合分析，本项目的建设符合产业政策要求。

（2）与海洋功能区划的符合性分析

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，本项目为海砂开采项目，不涉及炸岛及捕捞活动，不在海上建设永久性水工构筑物，不会影响珠海一潮州近海农渔业区的海域使用用途。本项目开采位置已经经过严格论证，无需占用航道、海底管线、保护区和军事等用海，对交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线、保护区和军事等用海需求影响较小。

本项目为海砂开采，海砂开采过程将对项目所在海洋功能区产生一定的影响，为了将项目可能对鱼类“三场一通道”产生的影响降至最低，项目每年的 3-7 月拟降低采砂强度，保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道。同时，在采砂过程中，项目将严格控制采砂范围，合理控制采砂强度，在采砂船溢流泄水口上安装拦污栅，施工船舶含油污水和生活污水均拟收集上岸交由有处理能力的单位处理，禁止排放入海；施工期拟对项目所在海域进行跟踪监测，同时项目也将对造成的海洋生态损失及时进行补偿，则可将项目可能造成的海洋环境影响降至最低。经采取一定的污染防护措施和生态环境保护措施后，项目的建设符合项目所在海洋功能区的环境保护要求。

（3）与海洋生态红线的符合性

根据《广东省海洋生态红线（2017年版）》《广东省人民政府关于印发广东省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》《揭阳市人民政府办公室关于印发揭阳市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，本项目不位于海洋生态红线区内，与海洋生态红线的距离均较远，不占用大陆自然岸线保有，不占用海岛自然岸线保有，项目的建设基本不会对海洋生态红线及自然岸线保有产生影响，符合《广东省海洋生态红线（2017年版）》的 管控要求。

（4）与其他规划的符合性分析

本项目无需占用岸线，与岸线的距离较远。本项目为海砂建设项目，本项目的建设可为建设项目提供海砂，有效解决“用砂难、用砂贵”的问题。因此，本项目的建设也符合《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》《广东省海洋生态环境保护规划（2017-2020 年）》《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》《揭阳市国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》《广东省海砂开采三年行动计划（2020—2022 年）》等相关规划的要求。

1.5 关注的主要环境问题及环境影响

海砂开采作业主要会导致水污染，主要为采砂过程产生的悬浮泥沙可能产生的影响，采砂过程部分细颗粒底质悬浮后未被抽砂管吸取随潮流扩散的悬浮泥沙对海洋水质环境的影响，进而会对浮游植物、浮游动物及渔业造成影响；采砂对底质的扰动也会破坏底栖生物生境。

海砂开采还会带来来自船舶施工作业的噪声污染和来自施工人员的生活垃圾和采砂过程中的碎石等固体废弃物。噪声污染会对海洋生物造成的影响较小，固体废弃物会收集上岸，不会对海洋环境造成影响。

采砂施工后形成采砂坑、采砂坑边坡坍塌导致海床地形地貌改变对水动力条件的影响；潮流场、波浪场改变对附近海域冲淤环境的影响。

海砂开采中的环境风险事故主要来自船舶碰撞而发生的溢油事故，溢油事故会对海洋水质和海洋生物等造成影响。

1.6 环境影响评价的主要结论

本项目建设符合国家产业政策，选址符合相关规划要求。海砂开采过程中产生的悬浮泥沙对水环境的影响是暂时的。开采过程中产生的污废水和固体废物会得到妥善处理处置。同时，针对本项目的工程特点和环境特征，提出了相应的环境保护和污染防治对策措施、风险防范对策措施。评价认为：在采砂单位切实执行国家有关法律法规、严格按照本报告书提出的开采范围、方式、时间和强度作业，并注意监测附近海底地形地貌变化，避免超界、超量、超强度开采，落实报告书中提出的各项污染防治、生态保护对策措施及风险防范措施的前提下，从环境保护角度考虑，广东省揭阳市惠来县靖海湾东南侧海域拟出让区海砂开采是可行的。

2 总则

2.1 编制依据

2.1.1 国家法律法规和部门规章

（1） 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日施行）；

（2） 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2017 年 11 月 4 日修正，2017 年 11 月 5 日施行）；

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

（4） 《中华人民共和国海域使用管理法》（2002 年 1 月 1 日施行）；

（5） 《中华人民共和国水污染防治法》（2017 年 6 月 27 日修正，2018 年 1 月 1 日实施）；

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

（7） 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年 4 月 29 日修订，2020 年 9 月 1 日施行）；

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

（9） 《中华人民共和国自然保护区条例》（2017 年 10 月 7 日修正并施行）；

（10） 《中华人民共和国渔业法》（2013 年 12 月 28 日修正并施行）；

（11） 《中华人民共和国港口法》（2018 年 12 月 29 日修正并施行）；

（12） 《中华人民共和国海上交通安全法》（2021 年 4 月 29 日修订，2021 年 9 月 1 日施行）；

（13） 《中华人民共和国航道法》（2016 年 7 月 2 日修正并施行）；

（14） 《中华人民共和国清洁生产促进法》（2012 年 2 月 29 日修正，2012 年 7 月 1 日施行）；

（15） 《中华人民共和国循环经济促进法》（2018 年 10 月 26 日修正并施

行）；

（16）《中华人民共和国节约能源法》（2018 年 10 月 26 日修正并施行）；

（17）《中华人民共和国野生动物保护法》（2018 年 10 月 26 日修正并施行）；

（18）《中国海洋渔业水域图（第一批）》（农业部公告第 189 号，2002 年 2 月 8 日）；

（19）《中华人民共和国水上水下作业和活动通航安全管理规定》（中华人民共和国交通运输部令，2021 年第 24 号）；

（20）《全国海洋经济发展规划纲要》（国发[2003]13 号）；

（21）《国务院关于进一步加强海洋管理工作若干问题的通知》（国发[2004]24 号）；

（22）《关于进一步加强水生生物资源保护 严格环境影响评价管理的通知》（环发[2013]86 号）；

（23）《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（2018 年 3 月 19 日修订）；

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

（25）《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发〔2018〕168 号）；

（26）《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 10 月 1 日施行）；

（27）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令第 16 号）；

（28）《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部部令第 4 号，2019 年 1 月 1 日）；

（29）《市场准入负面清单（2020 年版）》（发改体改规[2020]1880 号）；

（30）《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（国家发展和改革委员会 2019 年第 29 号令）；

（31）《船舶大气污染物排放控制区实施方案》，交海发［2018］168 号；

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

2.1.2 地方性法规

（1）《广东省实施<中华人民共和国海洋环境保护法>办法》（2015 年 12

月 30 日广东省第十二届人民代表大会常务委员会第二十二次会议修改）；

（2） 《广东省海域使用管理条例》（广东省人大常委会，2007 年 3 月 1 日施行）；

（3） 《广东省环境保护条例》（2019 年 11 月 29 日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第十五次会议修正）；

（4） 《广东省固体废物污染环境防治条例》（由广东省第十三届人民代表大会常务委员会第七次会议于 2018 年 11 月 29 日修订通过，自 2019 年 3 月 1 日起施行）；

（5） 《广东省大气污染防治条例》（根据 2018 年 11 月 29 日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第七次会议通过，2019 年 3 月 1 日施行）；

（6） 《广东省渔业管理条例》（广东省第十三届人民代表大会常务委员会第十四次会议第三次，2019 年 9 月 25 日修正）；

（7） 《广东省野生动物保护管理条例》（2020 年 3 月 31 日，广东省第十三届人民代表大会常务委员会第十九次会议修订）；

（8） 《广东省航道管理条例》（2006 年 1 月）；

（9） 《广东省海砂开采三年行动计划（2020-2022 年）》（广东省自然资源厅，2020 年 5 月 6 日）；

（10） 《广东省人民政府办公厅关于调整海砂开采海域使用权市场化出让方案批准有关事项的通知》（粤府办[2021]8 号）；

（11） 《广东省自然资源厅关于明确海砂开采海域使用权和采矿权“两权合一”出让有关事项的通知》（粤自然资函[2021]395 号）。

2.1.3 相关规划和区划

（1） 《全国海洋功能区划（2011~2020 年）》（2012 年）；

（2） 《全国海洋主体功能区规划》（国发[2015]42 号，2015 年 8 月 22 日）；

（3） 《全国海洋经济发展“十三五”规划》（国家发展改革委、国家海洋局，发改地区[2017]861 号）；

（4） 《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标》；

（5） 《广东省海洋功能区划（2011~2020 年）》；

（6） 《广东省环境保护规划纲要（2006-2020 年）》（粤府〔2006〕35 号）；

（7） 《广东海洋经济综合试验区发展规划》（2011 年 8 月）；

（8） 《广东省海洋生态文明建设行动计划（2016-2020）》（2016 年 11 月）；

（9） 《广东省海洋生态红线》（广东省人民政府，2017 年 9 月）；

（10） 《广东省海洋经济发展“十三五”规划》（广东省海洋与渔业厅、广东省发展和改革委员会，2017 年 4 月）；

（11） 《广东省环境保护“十三五”规划》（粤环[2016]51 号，2016 年 9 月 22 日）；

（12） 《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》（广东省人民政府、国家海洋局，2017 年 10 月）；

（13） 《广东省沿海经济带综合发展规划（2017-2030 年）》（广东省人民政府，2017 年 10 月 27 日）；

（14） 《广东省主体功能区规划》（粤府〔2012〕120 号）；

（15） 《广东省海洋主体功能区规划》（广东省海洋与渔业厅、广东省发展和改革委员会，2017 年 12 月）；

（16） 《广东省海洋生态环境保护规划（2017-2020 年）》（广东省海洋与渔业厅，2017 年）；

（17） 《广东省近岸海域环境功能区划》（广东省人民政府办公厅，1999 年 7 月 27 日）；

（18） 《广东省人民政府关于<调整揭阳市近岸海域环境功能区划>的复函》（粤办函〔2010〕473 号）；

（19） 《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》（粤府[2020]71 号）；

（20） 《揭阳市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》；

（21） 《揭阳市城市总体规划（2011-2030 年）》（2017 年修编）；

（22） 《揭阳市环境保护规划（2007-2020 年）》；

（23）《揭阳市“三线一单”生态环境分区管控方案》（揭府办〔2021〕25号）；

2.1.4 技术规范和标准

（1）《建设项目环境影响评价技术导则总纲》（HJ2.1-2016）；

（2）《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T 19485-2014）；

（3）《海砂开采环境影响评价技术规范》；

（4）《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2011）；

（5）《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）；

（6）《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）；

（7）《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）；

（8）《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）；

（9）《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ 964-2018）；

（10）《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）；

（11）《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）；

（12）《海洋监测规范》（GB17378-2007）；

（13）《海洋监测技术规程》（HY/T147-2013）；

（14）《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）；

（15）《海水水质标准》（GB3097-1997）；

（16）《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）；

（17）《海洋生物质量》（GB 18421-2001）；

（18）《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》；

（19）《第二次全国海洋污染基线调查技术规范》；

（20）《海洋生态损害评估技术指南（试行）》（国海环字[2013]583 号）；

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

（22）《用水定额 第 3 部分：生活》（DB44/T1461.3—2021）；

（23）《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）。

2.1.5 项目相关技术资料

（1） 建设单位委托书；

（2） 《揭阳市海砂开采挂牌出让前期工作项目详查作业通航安全保障方案（备案稿）》（广州嘉汶水上工程技术服务有限公司，2021 年 9 月）；

（3） 《揭阳港前詹作业区通用码头一期工程波浪数学模型研究》（河海大学，2019 年 9 月）；

（4） 《广东省揭阳市惠来县靖海湾东南侧海域矿区回填用海砂资源储量核实报告》（浙江华东建设工程有限公司，2021 年 10 月）；

（5） 《广东省揭阳市惠来县靖海湾东南侧海域矿区海砂矿产资源开发利用方案》（广东海兰图环境技术研究有限公司，2021 年 10 月）。

2.2 所在区域环境功能区划

2.2.1 海洋功能区划

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020）》，工程所在海域功能区划为珠海-潮州近海农渔业区，海域使用管理：①相适宜的海域使用类型为渔业用海；②禁止炸岛等破坏性活动；③40 米等深线向岸一侧实行凭证捕捞制度，维持渔业生产秩序；④经过严格论证，保障交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线及保护区等用海需求；⑤优先保障军事用海需求。海洋环境保护：①保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道；②执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。

根据《揭阳市海洋功能区划（2015-2020）》，工程所在海域功能区划为揭阳近海捕捞区，用途管制：①相适宜的海域使用类型为渔业用海；②经过科学论证，保障交通运输、旅游、核电、海上风电、矿产、倾废、海底管线、保护区等用海需求；③优先保障军事用海需求。用海方式控制：严格限制改变海域自然属性。环境保护：执行不低于第一类海水水质标准、第一类海洋沉积物质量和第一类海洋生物质量。其他管理要求：①40 米等深线向岸一侧实行凭证捕捞制度，维持渔业生产秩序；②维持航道畅通。

本项目所在海域海洋功能区划图见图 2.2.1-1 和图 2.2.1-2。

2.2.2 声环境功能区划

本项目所在区域未进行声环境功能区划。本项目为海砂开采，与陆域距离较远，周围无居民区分布，因此确定项目位于 3 类声环境功能区，执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）3 类标准。

2.2.3 生态环境功能区划

根据《广东省环境保护规划纲要》（2006-2020 年），本项目属于“E6-1 粤东沿海生态亚区”，生态功能区划见图 2.2.3-1。

根据《广东省人民政府关于印发广东省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，项目属于“海域环境管控单元”中的“一般管控单元”，详见图 2.2.3-2。

根据《揭阳市人民政府办公室关于印发揭阳市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（揭府办〔2021〕25 号），项目选址不涉及文件中规定的“自然保护地核心保护区”，属于“一般管控单元”中的“珠海-潮州近海农渔业区（揭阳范围）一般管控单元”（编码 HY44520030003），详见图 2.2.3-3。

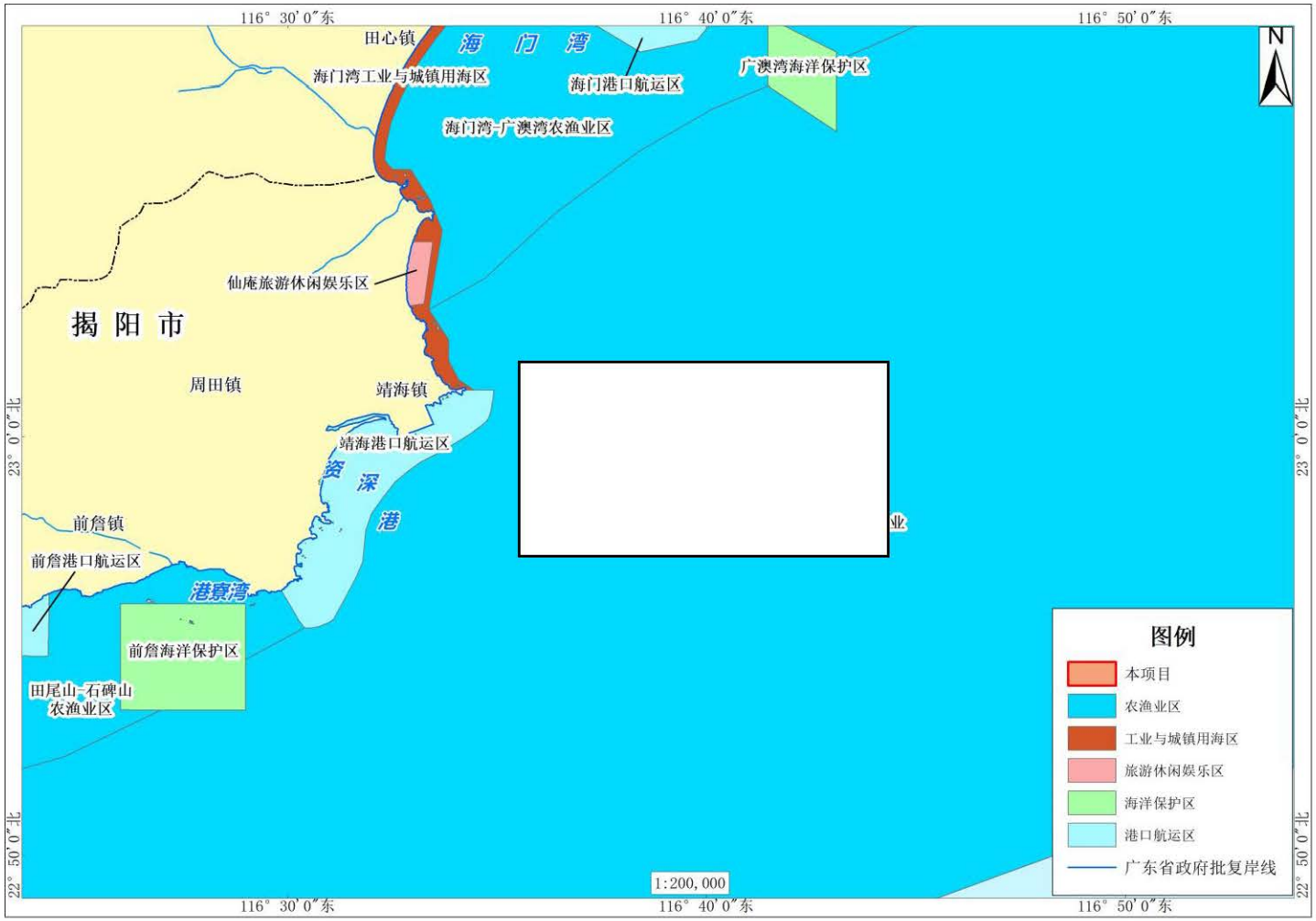


图 2.2.1-1 广东省海洋功能区划图

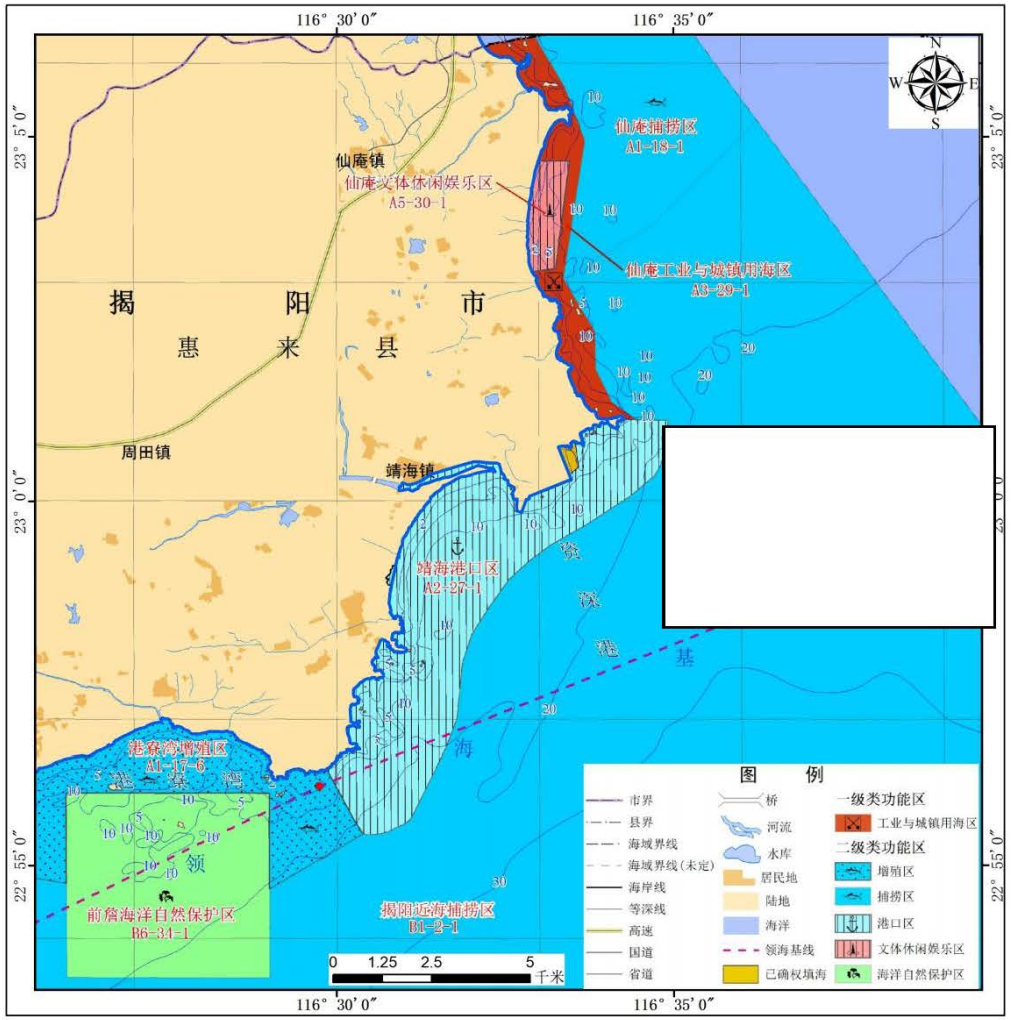


图 2.2.1-2 揭阳市海洋功能区划图

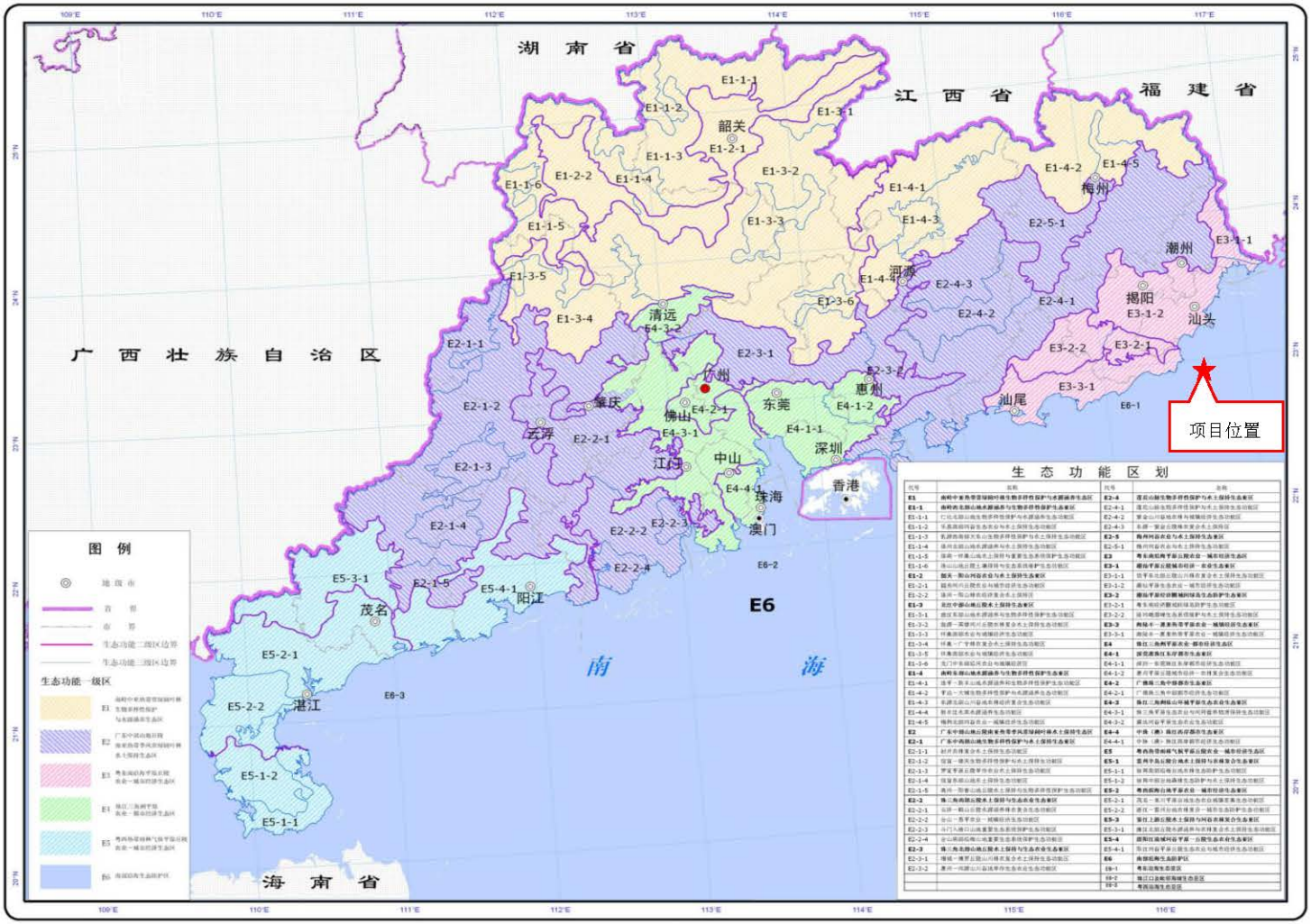


图 2.2.3-1 生态功能区划图

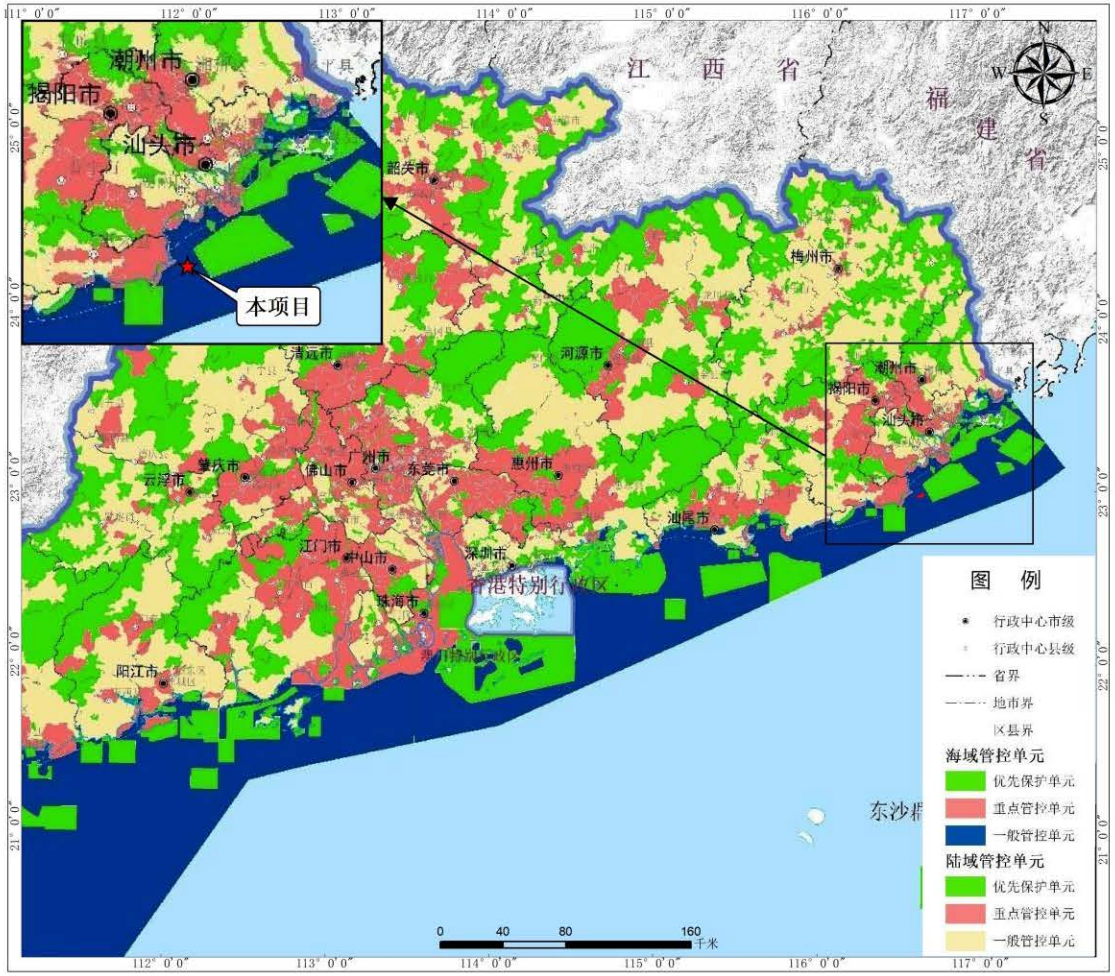


图 2.2.3-2 项目与广东省环境管控单位位置图

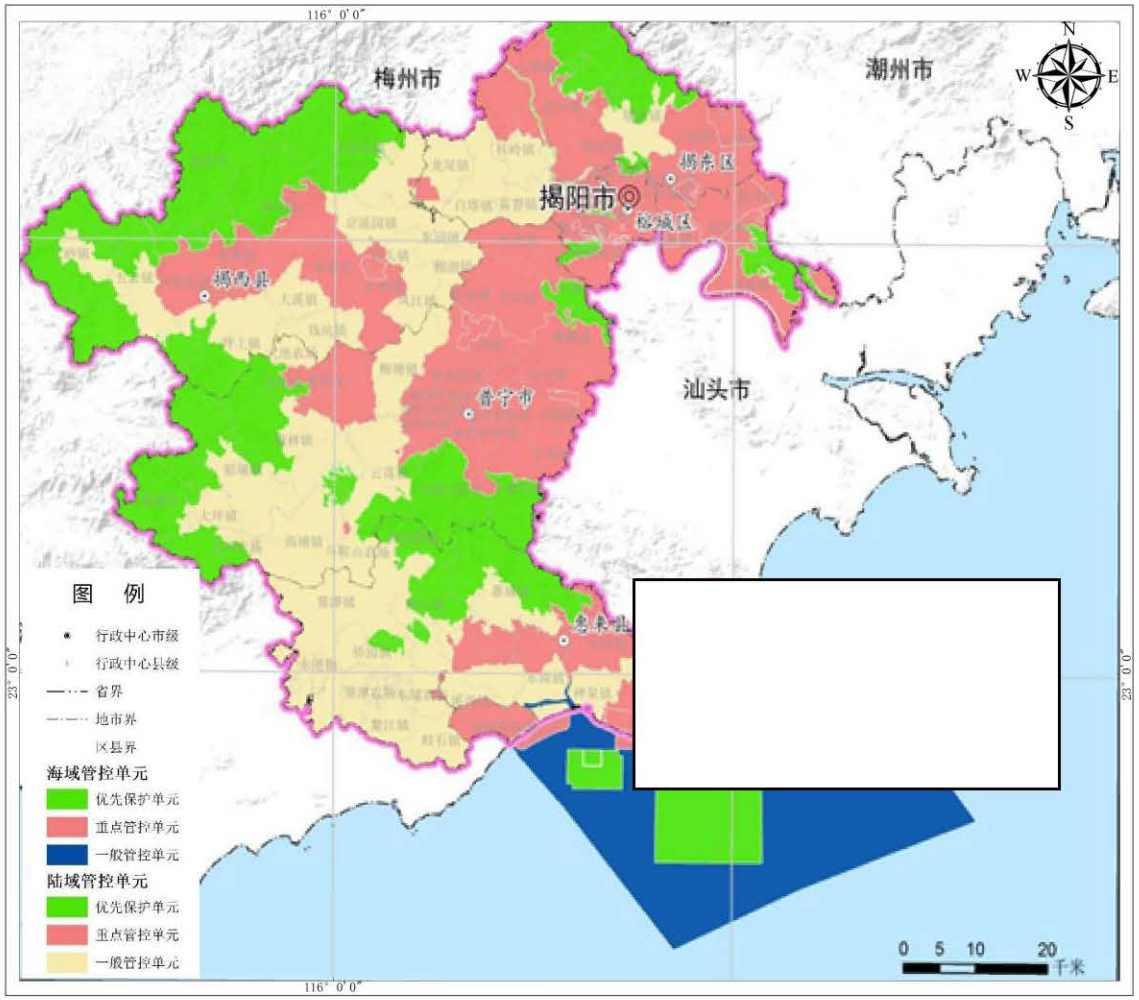


图 2.2.3-3 项目与揭阳市环境管控单位位置图

2.3 环境影响评价和环境质量标准

2.3.1 环境质量标准

2.3.1.1 海水水质

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020）》，工程所在海域功能区划为珠海-潮州近海农渔业区，执行海水水质一类标准。根据《揭阳市海洋功能区划（2015-2020）》，工程所在海域功能区划为揭阳近海捕捞区，执行海水水质一类标准。综上所述，工程所在区域执行海水水质一类标准。

具体标准值详见表 2.3.1-1。

表 2.3.1-1 海水水质标准（GB3097－1997）

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
水温	人为造成的海水温升夏季不超过当时当地 1℃，其它季节不超过 2℃		人为造成的海水温升不超过当时当地 4℃	
pH	7.8~8.5 同时不超出该海域正常变动范围的 0.2pH 单位		6.8~8.8 同时不超出该海域正常变动范围的 0.5pH 单位	
溶解氧＞	6	5	4	3
化学需氧量（COD）≤	2	3	4	5
无机氮≤（以 N 计）	0.20	0.30	0.40	0.50
活性磷酸盐≤(以 P 计)	0.015	0.030		0.045
汞≤	0.00005	0.0002		0.0005
镉≤	0.001	0.005	0.010	
铅≤	0.001	0.005	0.010	0.050
六价铬≤	0.005	0.010	0.020	0.050
总铬≤	0.05	0.10	0.20	0.50
砷≤	0.020	0.030	0.050	
铜≤	0.005	0.010	0.050	
锌≤	0.020	0.050	0.10	0.50
硫化物≤（以 S 计）	0.02	0.05	0.10	0.25
挥发性酚≤	0.005		0.010	0.050
石油类≤	0.05		0.30	0.50

2.3.1.2 海洋沉积物

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020）》，工程所在海域功能区划为珠海-潮州近海农渔业区，执行海洋沉积物一类标准。根据《揭阳市海洋功能区划

（2015-2020）》，工程所在海域功能区划为揭阳近海捕捞区，执行海洋沉积物一类标准。综上所述，工程所在区域执行海洋沉积物一类标准。

具体标准值见表 2.3.1-2。

表 2.3.1-2 海洋沉积物质量标准（GB 18668-2002）

序号	项目	第一类	第二类	第三类
1	汞（$\times10^{-6}$）≤	0.20	0.50	1.00
2	镉（$\times10^{-6}$）≤	0.50	1.50	5.00
3	铅（$\times10^{-6}$）≤	60.0	130.0	250.0
4	锌（$\times10^{-6}$）≤	150.0	350.0	600.0
5	铜（$\times10^{-6}$）≤	35.0	100.0	200.0
6	铬（$\times10^{-6}$）≤	80.0	150.0	270.0
7	砷（$\times10^{-6}$）≤	20.0	65.0	93.0
8	有机碳（$\times10^{-2}$）≤	2.0	3.0	4.0
9	硫化物（$\times10^{-6}$）≤	300.0	500.0	500.0
10	石油类（$\times10^{-6}$）≤	500.0	1000.0	1500.0

2.3.1.3 生物质量

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020）》，工程所在海域功能区划为珠海-潮州近海农渔业区，根据《揭阳市海洋功能区划（2015-2020）》，工程所在海域功能区划为揭阳近海捕捞区，因此，海洋生物质量（贝类）执行《海洋生物质量》（GB18421-2001）中的一类标准，软体类、甲壳类和鱼类的生物体内污染物质（除石油烃外）含量评价标准采用《全国海岸和海涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准。

具体标准值见表 2.3.1-3 和表 2.3.1-4。

表 2.3.1-3 海洋生物（贝类）质量标准值（鲜重）（单位：mg/kg）

序号	项目	第一类	第二类	第三类
1	总汞≤	0.05	0.10	0.30
2	镉≤	0.2	2.0	5.0
3	铅≤	0.1	2.0	6.0
4	砷≤	1.0	5.0	8.0
5	铜≤	10	25	50（牡蛎 100）
6	锌≤	20	50	100（牡蛎 500）
7	石油烃≤	15	50	80

表 2.3.1-4 生物体内污染物评价标准（鲜重：$\times10^{-6}$）

生物类别	总汞	铜	铅	镉	锌	砷	石油烃
软体动物≤	0.30	100	10.0	5.5	250	10	20
甲壳动物≤	0.20	100	2.0	2.0	150	8	20
鱼 类≤	0.30	20	2.0	0.6	40	5	20

2.3.1.4 环境空气质量

项目所在区域大气环境参照 2 类功能区，执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及 2018 年修改单中的二级标准，具体见表 2.3.1-5。

表 2.3.1-5 环境空气评价标准

污染物名称	取样时间	浓度限值	执行标准
SO_2	年平均	60μg/m³	《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单（生态环境部 2018 年第 29 号）的二级标准
	24 小时平均	150μg/m³	
	1 小时平均	500μg/m³	
NO_2	年平均	40μg/m³	
	24 小时平均	80μg/m³	
	1 小时平均	200μg/m³	
CO	24 小时平均	4mg/m³	
	1 小时平均	10 mg/m³	
O_3	日最大 8 小时平均	160μg/m³	
	1 小时平均	200μg/m³	
PM_{10}	年平均	70μg/m³	
	24 小时平均	150μg/m³	
$PM_{2.5}$	年平均	35μg/m³	
	24 小时平均	75μg/m³	

2.3.1.5 声环境质量

本项目所在区域未进行声环境功能区划，项目附近主要为海底电缆管道等开发利用项目，离居民区等较远，因此参照执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 3 类标准。环境质量标准摘录见表 2.3.1-6。

表 2.3.1-6 声环境质量标准（GB 3096-2008）（单位：等效声级 Lep[dB(A)]）

声环境功能区类别	昼间	夜间
3 类声环境功能区≤	65	55

2.3.2 污染物排放标准

2.3.2.1 船舶污染物排放标准

本工程作业船舶产生的舱底含油污水和生活污水应严格执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求，禁止直接向沿海海域排放油类污染物，进行收集后交给有能力的单位进行处理。船舶生活垃圾需收集至岸上统一处理，不得倾倒入海。

表 2.3.2-1 船舶水污染物排放控制标准（GB3552-2018）

<table>
<tr><th>污水类别</th><th colspan="2">船舶类别/排放水域</th><th>排放控制要求</th></tr>
<tr><td rowspan="2">机器处所含油污水</td><td>400 总吨及以上船舶</td><td rowspan="5">沿海</td><td>自 2018 年 7 月 1 日起，达标排放（油污水处理装置出水口处石油类≤15mg/L，排放在船舶航行中进行）或收集并排入接收设施。</td></tr>
<tr><td>400 总吨以下船舶</td><td>自 2018 年 7 月 1 日起，达标排放（油污水处理装置出水口处石油类≤15mg/L，排放在船舶航行中进行）或收集并排入接收设施。</td></tr>
<tr><td rowspan="2">含货油残余物的油污水</td><td>150 总吨及以上油船</td><td>自 2018 年 7 月 1 日起，收集并接入接收设施，或在达船舶航行中排放，并同时满足下列条件：（1）油船距最近陆地 50 海里以上；（2）排入海中油污水含油量瞬间排放率不超过 30 升/海里；（3）排入海中油污水含油量不得超过货油含量的 1/30000；（4）排油监控系统运转正常。</td></tr>
<tr><td>150 总吨以下油船</td><td>自 2018 年 7 月 1 日起，收集并接入接收设施</td></tr>
<tr><td rowspan="3">船舶生活污水</td><td rowspan="3">400 总吨及以上船舶，400 总吨以下且经核定许可载运 15 人及以上的船舶</td><td>距最近陆地 3 海里以内（含）的海域</td><td>自 2018 年 7 月 1 日起，应利用船载收集装置收集，排入接收设施或利用船载生活污水处理设施处理，根据船舶类别和安装生活污水处理装置的时间，处理达标排放。</td></tr>
<tr><td>3 海里＜与最近陆地间距离＜12 海里的海域</td><td>自 2018 年 7 月 1 日起，同时满足下列条件：（1）使用设备打碎固形物和消毒后排放；（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允许排放速率。</td></tr>
<tr><td>与最近陆地间距离＞12 海里的海域</td><td>自 2018 年 7 月 1 日起，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允许排放速率。</td></tr>
</table>

2.3.2.2 悬浮泥沙排放标准

本项目为海砂开采项目，属于采矿工业，且位于珠海-潮州近海农渔业区，属于海水一类功能区，因此，本项目悬浮泥沙排放应执行《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）第二时段一级排放标准，即悬浮泥沙排放浓度不得高于 70mg/L。

2.3.2.3 大气污染物排放标准

本项目废气主要为船舶排放的少量燃料废气，船舶无组织排放的污染物二氧化硫、氮氧化物和颗粒物执行《大气污染物排放限值》（DB44/27-2001）第二时段无组织排放监控浓度限值。

表 2.3.2-2 大气污染物排放标准

污染物	无组织排放监控浓度限值（mg/m³）	
二氧化硫	周界外浓度最高点	0.4
氮氧化物	周界外浓度最高点	0.12
颗粒物	周界外浓度最高点	1.0

2.3.2.4 噪声排放标准

1、厂界噪声

工程期间噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），噪声标准限值见表 2.3.2-3。

表 2.3.2-3 建筑施工场界环境噪声排放标准 单位：dB（A）

昼间标准限值	夜间标准限值
70	55

2、水下噪声

水下噪声排放标准采用美国国家海洋渔业局现行采用的（过渡性）保护门限值见表 2.3.2-4。

其中声源级高于 180 dB 的水下噪声为危险级，可能会对海豚的听觉系统造成伤害；声源级在 120~180 dB 范围的水下噪声为警告级，可能会对海豚行为产生影响；声源级低于 120 dB 的水下噪声强度基本接近海洋环境噪声，因此评定为安全级。本项目为海砂开采项目，无水下爆破、打桩等高噪声活动，施工期和运营期船舶噪声低于 120dB，基本接近于海洋环境背景噪声。

由于美国没有大黄鱼等对声音较为敏感的石首科鱼类，噪声对鱼类伤害的门限值定的比较松（如表 2.3.2-4 中的声压峰值 206 dB）。根据厦门大学对声音最为敏感的石首科鱼类—大黄鱼的相关研究，考虑到鱼群在海域中游动性，本次评价以 157dB 作为对石首鱼如叫姑鱼、白姑鱼等产生行为影响的阈值；以 153dB 作为石首鱼科幼鱼的影响阈值。

表 2.3.2-4 美国对海洋哺乳动物和鱼类的水下噪声（过渡性）门限值

海洋哺乳动物类		
门限等级	门限定义	门限值
A 级 (>180dB 危险级)	基于暂时性听力阈值提升(TTS)和保守估计的永久性听力阈值提升(PTS)伤害门限	鳍足类：190dB RMS 鲸豚类：180dB RMS
B 级 (120~180dB,警告级)	脉冲式噪声(如冲击打桩)可对动物产生行为妨害的门限	160dB RMS
B 级 (<120dB, 安全级)	非脉冲式噪声(如钻孔)可对动物产生行为妨害的门限	120dB RMS
鱼类		

伤害门限值	声压峰值(适用于所有鱼)：206dB	累积暴露级(Cumulative SEL)： 对质量大于等于 2 克的鱼体：187dB 对质量小于 2 克的鱼体：183dB

2.3.2.5 固体废物

一般工业固体废物执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）的有关规定；危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及其 2013 年修改单。

2.4 环境影响评价等级

2.4.1.1 海洋环境影响评价等级

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014），结合本项目的特点、规模及所在区域的环境状况，确定评价等级。

本工程为海砂开采项目，申请采砂区域的海洋功能区划主要为珠海-潮州近海农渔业区，属于环境敏感区，因此确定本工程海洋环境评价工作中水动力环境、水质环境、沉积物环境、生态和生物资源环境、地形地貌和冲淤环境影响评价等级均为 1 级，等级判断依据见表 2.4.1-1 和表 2.4.1-2。

表 2.4.1-1 海洋水文动力、水质、沉积物和生态环境影响评价等级判据一览表

海洋工程分类	工程类型和工程内容	工程规模	工程所在海域特征和生态环境类型	单项海洋环境影响评价等级			
				水文动力环境	水质环境	沉积物环境	生态和生物资源环境
海洋矿产资源勘探开发及其附属工程类	海洋（海底）矿产资源开发；天然气水合物勘探开发；**海砂勘探开采；**矿盐卤水勘探开发；浅（滨）海地下水库；海床底温泉开发；海底地下水开发等工程	所有规模	**生态环境敏感区**	**1**	**1**	**1**	**1**
			其他海域	2	1	2	1

表 2.4.1-2 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

评价等级	工程类型和工程内容
	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）×10^4m^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。
注：其它类型海洋工程的工程规模可按照导则内表 2 中工程规模的分档确定。	

2.4.1.2 地表水环境影响评价等级

根据《环境影响评价技术导则地表水环境》（HJ2.3-2018）的规定，本项目既属于水污染影响型，也属于水文要素影响型项目。水污染影响型建设项目影响评价等级按照影响类型、排放方式、排放量或影响情况、受纳水体质量现状、水环境保护目标等综合确定。评价等级按照表表 2.4.1-3 的分级判据进行划分。

表 2.4.1-3 评价等级判别表

评价等级	判定依据	
	排放方式	废水排放量 Q/（m^3/d）；水污染物当量数 W/（无量纲）
一级	直接排放	Q≥20000 或 W≥600000
二级	直接排放	其他
三级 A	直接排放	Q<200 且 W<6000
三级 B	间接排放	—

根据《环境影响评价技术导则——地表水环境》（HJ2.3-2018），船舶工作人员生活污水拟经船舶上的生活污水收集设施收集上岸后，由接收单位拉运处理，不得直接排放入海。舱底含油污水应严格按照《船舶水污染物排放控制标准）（GB3552-2018）的要求，禁止直接向沿海海域排放油类污染物，经收集上岸后应交由有能力的单位处理。根据《环境影响评价技术导则　地表水环境》（HJ2.3-2018），本项目水环境影响评价等级为三级 B 类，可不进行水环境影响预测。

项目选址位于《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》中的珠海—潮州近海农渔业区，以及《揭阳市海洋功能区划（2015-2020）》中的揭阳近海捕捞区，均属于一类海域，执行第一类海水水质标准。根据《环境影响评价技术导则——地表水环境》（HJ2.3-2018）表 2 的注 5“允许在一类海域建设的项目，评价等级为一级”，因此项目水文要素影响评价等级为一级。

项目水文要素影响型建设项目评价等级判定表见表 2.4.1-4。

表 2.4.1-4　水文要素影响型建设项目评价等级判定表

评价等级	水温	径流		受影响地表水域		
	年径流量与总库容之比 α	兴利库容占年径流量百分比 β/%	取水量占多年平均径流量百分比 γ/%	工程垂直投影面积及外扩范围 A_1/km^2；工程扰动水底面积 A_2/km^2；过水断面宽度占用比例或占用水域面积比例 R/%		工程垂直投影面积及外扩范围 A_1/km^2；工程扰动水底面积 A_2/km^2
				河流	湖库	入海河口、近岸海域
一级	α≤10；或稳定分层	β≥20；或完全年调节与多年调节	γ≥30	A_1≥0.3；或 A_2≥1.5；或 R≥10	A_1≥0.3；或 A_2≥1.5；或 R≥20	A_1≥0.5；或 A_2≥3
二级	20>α>10；或不稳定分层	20>β>10；或季调节与不完全年调节	30>γ>10	0.3>A_1>0.05；或 1.5>A_2>0.2；或 10>R>5	0.3>A_1>0.05；或 1.5>A_2>0.2；或 20>R>5	0.5>A_1>0.15；或 3>A_2>0.5
三级	α≥20；或混合型	β≤2，或无调节	γ≤10	A_1≤0.05；或 A_2≤0.2；或 R≤5	A_1≤0.05；或 A_2≤0.2；或 R≤5	A_1≤0.15；或 A_2≤0.5

注 1:影响范围涉及饮用水水源保护区、重点保护与珍稀水生生物的栖息地、重要水生生物的自然产卵场、自然保护区等保护目标，评价等级应不低于二级。
注 2:跨流域调水、引水式电站、可能受到大型河流感潮河段咸潮影响的建设项目，评价等级不低于二级。
注 3:造成入海河口（湾口）宽度束窄（束窄尺度达到原宽度的 5%以上)，评价等级应不低于二级。
注 4:对不透水的单方向建筑尺度较长的水工建筑物（如防波堤、导流堤等)，其与潮流或水流主流向切线垂直方向投影长度大于 2km 时，评价等级应不低于二级。
注 5:允许在一类海域建设的项目，评价等级为一级。
注 6:同时存在多个水文要素影响的建设项目，分别判定各水文要素影响评价等级，并取其中最高等级作为水文要素影响型建设项目评价等级。

2.4.1.3 大气环境影响评价等级

项目大气环境影响因素主要来自采砂船作业排放废气，排放量小，根据《环境影响评价技术导则大气环境》（HJ2.2-2018），本项目环境空气的评价等级为三级。

2.4.1.4 噪声环境影响评价等级

本项目主体工程位于海上，项目区周围 200m 范围内无声环境敏感目标，根据《环境影响评价技术导则声环境》(HJ2.4-2009)，“建设项目所处的声环境功能区为 GB3096 规定的 3 类、4 类地区，或建设项目建设前后评价范围内敏感目标噪声级增高量在 3dB(A)以下[不含 3dB(A)]，且受影响人口数量变化不大时，按三级评价。”本项目周边 200m 范围内无声环境敏感目标，噪声增高量在 3dB（A）以下，且受影响人口数量变化不大，确定本次噪声评价等级为三级。

2.4.1.5 地下水环境影响评价等级

根据《环境影响评价技术导则-地下水环境》（HJ610-2016）附录 A 中地下水环境影响评价行业分类表(摘录)，详见表 2.4.1-5。

本项目属于海砂开采项目，属于IV类建设项目，根据《环境影响评价技术导则-地下水环境》（HJ610-2016），IV类建设项目可不开展地下水环境影响评价。

表 2.4.1-5 地下水环境影响评价行业分类表（摘录）

环评类别 J、非金属矿采选及制品制造	报告书	报告表	地下水环境影响评价项目类别	
			报告书	报告表
54、土砂石开采	年采 10 万立方米及以上；海砂开采工程；涉及环境敏感区的	其他	IV类	IV类

2.4.1.6 土壤环境影响评价等级

根据《环境影响评价技术导则土壤环境（试行）》（HJ964-2018），附录 A 表 A.1 土壤环境影响评价项目类别，本项目不在表 A.1 所列行业类型之列，属于IV类建设项目，IV类建设项目可不开展土壤环境影响评价。

2.4.1.7 环境风险评价等级

本项目采砂船、运砂船均使用柴油做动力，根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018），环境风险评价工作等级划分为一级、二级、三级。根据建设项目涉及的物质及工艺系统危险性和所在地的环境敏感性确定环境风险潜势，按照表 2.4.1-7 确定评价工作等级。风险潜势为IV及以上，进行一级评价；风险潜势为III，进行二级评价；风险潜势为II进行三级评价；风险潜势为 I，可开展简单分析。

根据附录表 B.1 突发环境事件风险物质及临界量中 381 油类物质（矿物油类，如石油、汽油、柴油等；生物柴油等），临界量为 2500t。根据附录 C.1.1 危险物质数量及临界量比值（Q），当只涉及一种危险物质时，计算该物质的总量与其临界量比值，即为 Q。

本项目采砂区有 6 艘 1000m^3/h 的采砂船、16 艘仓容为 3000~5000m^3 的运沙船，2 艘补给船（吨位低于 500 吨级）。根据《船舶污染海洋环境风险评价技术规范（试行）》附录 4.1 中的规定，非油轮船舶燃油最大携带量也可用船舶总吨推算，根据船型不同，一般取船舶总吨的 8%~12%。采砂船总吨约为 600t，运砂

船总吨约为 1800t，补给船总吨取值 500t，按照 10%推算这两种作业船的燃油最大携带量，为（6×600+1800×16+2×500）×10%=3340 吨。

①危险物质及工艺系统危险性

a 危险物质数量与临界量比值（Q）

本项目以 3340 吨估算 Q 值（见表 2.4.1-6），为 3340/2500=1.34>1。

表 2.4.1-6 建设项目 Q 值确定表

序号	危险物质名称	CAS号	最大存在总量qn/t	临界量Qn/t	该种危险物质Q值
381	油类物质（矿物油类，如石油、汽油、柴油等 生物柴油等）	/	3340	2500	1.34
项目Q值Σ					1.34

b 行业及生产工艺（M）

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）附录 C 表 C.1，项目行业及生产工艺 M 值评分结果见表 2.4.1-7。

表 2.4.1-7 项目 M 值确定表

行业	生产装置/工艺	数量（套）	M分值
其他	涉及危险物质使用、贮存的项目	/	5

c 危险物质及工艺系统危险性（P）分级

根据危险物质数量与临界量比值 Q（1≦Q<10）和行业及生产工艺 M（M4），按照《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）附录 C 表 C.2 确定危险物质及工艺系统危险性等级（P），具体见表 2.4.1-8。项目 1≦Q<10，行业及生产工艺 M 值评分结果为 M4，因此项目 P 值判定结果为 P4。

表 2.4.1-8 项目 P 值判定表

危险物质数量与 临界量比值（Q）	行业及生产工艺（M）			
	M1	M2	M3	M4
Q≧100	P1	P1	P2	P3
10≦Q<100	P1	P2	P3	P4
1≦Q<10	P2	P3	P4	P4

②环境敏感程度（E）

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2018）附录 D 中环境敏感程度（E）的分级办法，判定大气环境敏感程度为 E3、地表水环境敏感程度为 E2、地下水敏感程度为 E3。因此环境敏感程度（E）的分级为 E2。

③建设项目环境风险潜势判断

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，确定项目环境风险潜势见表 2.4.1-9。

表 2.4.1-9 项目环境风险潜势划分一览表

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
本项目	物质及工艺系统危险性 P 值判定结果为 P4；项目大气环境、地下水环境、地表水环境敏感程度均为 E2，环境风险潜势为 II。**即本项目环境风险潜势综合等级确定为II。**			

表 2.4.1-10 评价等级划分

环境风险潜势	IV、IV^+	III	II	I
评价工作等级	一	二	三	简单分析[a]
a 是相对于详细评价工作内容而言，在描述危险物质、环境影响途径、环境危害后果、风险防范措施等方面给出定性的说明。				

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018），项目环境风险潜势为 II。因此，确定本项目的环境风险评价工作等级为三级。

2.4.1.8 生态环境评价等级

项目位于珠海-潮州近海农渔业区，属于重要生态敏感区，本项目占地 2.21997 亩 km^2，根据《环境影响评价技术导则生态影响》（HJ19-2011）生态影响评价工作等级划分表（见表 2.4.1-11），确定本项目生态评价工作等级为二级。

表 2.4.1-11 生态影响评价工作等级划分表

影响区域生态敏感性	工程占地（水域）范围		
	面积≥20km^2 或长度≥100km	面积 2km^2~20km^2 或长度 50km~100km	面积≤2km^2 或长度≤50km
特殊生态敏感区	一级	一级	一级
重要生态敏感区	一级	二级	三级
一般区域	二级	三级	三级

参照《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）表 2 要求，生态评价等级定为 1 级。

综上，本项目将生态环境影响评价等级定为 1 级。

项目各项海洋环境影响评价等级汇总见表 2.4.1-12。

表 2.4.1-12 本项目各单项环境影响评价工作等级

序号	环境类型	评价等级
1	水文动力环境	1
2	海洋水质环境	1
3	海洋沉积物环境	1

序号	环境类型	评价等级
4	海洋生态和生物资源环境	1
5	地形地貌与冲淤环境	1
6	地表水环境	一级（水污染影响）、一级（水文要素影响）
7	大气环境	三级
8	声环境	三级
9	地下水环境	不开展评价
10	土壤环境	不开展评价
11	环境风险	三级

2.5 环境影响评价范围与评价重点

2.5.1 评价范围

2.5.1.1 海洋环境影响评价范围

由 2.4 节的环境影响评价等级确定结果可知，本项目的水动力环境、水质环境、地形地貌与冲淤环境、沉积物环境、生态和生物资源评价等级均为 1 级，根据《海砂开采环境影响评价技术规范》的规定，海洋水文动力环境、水质环境和沉积物环境调查评价范围以海砂开采区外缘线为起点进行划定，1 级评价分别向外扩展不小于 15km。地形调查范围由采砂区外扩 2km 范围需进行现场调查；按垂直等深线走向平行布设主测线，采砂区及外扩 500m 范围内主测线间距以 50m 为宜，采砂区外扩 500 至 2km 范围内主测线间距宜为 100m；地貌调查测线布设与地形调查相同；评价范围横向（垂直于海砂开采项目所在海区中心点潮流主流向）距离一般不小于 5km；纵向（潮流主流向）距离不小于一个潮周期内水质点可能达到的最大水平距离的两倍。海洋生态环境的调查评价范围，主要依据被评价区域及周边区域的生态完整性确定，扩展距离一般以采砂区外缘线为起点进行划定，1 级评价分别向外扩展不小于 15km。

本项目评价范围以拟实施的采砂区整体的外缘线为起点，向东、南、西、北方向分别扩展 15km，评价范围经纬度见表 2.5.1-1，总面积约为 908.71km^2。

表 2.5.1-1 评价范围经纬度

序号	东经	北纬
1	22° 50' 37.612" N	116° 28' 23.296" E
2	22° 50' 35.878" N	116° 47' 40.217" E
3	23° 07' 45.203" N	116° 47' 43.241" E
4	23° 07' 46.791" N	116° 32' 16.320" E

序号	东经	北纬
5	22° 56' 50.191" N	116° 28' 23.509" E

2.5.1.2 地表水评价范围

按照《环境影响评价技术导则—地表水环境》（HJ 2.3-2018），本项目地表水环境评价等级为一级（水污染影响）和一级（水文要素影响），结合项目周边情况，确定评价范围与海洋环境评价范围一致。

2.5.1.3 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）关于评价范围的规定，三级评价项目不需设置大气环境影响评价范围。

2.5.1.4 声环境影响评价范围

根据《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2009)，声环境影响评价范围为拟采砂区外 200m。

2.5.1.5 地下水和土壤评价范围

本项目土壤和地下水均可不开展评价，不设置评价范围。

2.5.1.6 环境风险影响评价范围

由于本项目涉及的环境风险物质仅包括燃料油，其发生泄漏事故时，仅对海洋环境产生影响，基本不会对大气环境产生影响，因此，本项目环境风险影响评价范围应依据海水环境风险评价范围，即覆盖环境风险影响范围所及的水环境保护目标水域，与海洋环境影响评价范围一致。

2.5.1.7 生态环境评价范围

根据《环境影响评价技术导则生态影响》（HJ19-2011）生态影响评价工作等级划分表，确定本项目生态评价工作等级为二级。

参照《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）表 2，生态评价等级定为 1 级。综上，本项目将生态环境影响评价等级定为 1 级。评价范围与海洋环境评价范围一致，详见图 2.6.1-1。

建设项目评价范围一览表见表 2.5.1-2。

表 2.5.1-2 评价范围一览表

序号	类别	评价范围
1	海洋环境	项目边界向外扩约 15km
2	地表水环境	地表水环境评价范围与海洋环境评价范围一致，项目边界向外扩约 15km
3	环境空气	不需设置大气环境影响评价范围
4	声环境	项目边界外 200m 范围以内的区域
5	环境风险	环境风险评价范围与海洋环境评价范围一致，项目边界向外扩约 15km
6	生态环境	生态环境与海洋环境评价范围一致，项目边界向外扩约 15km

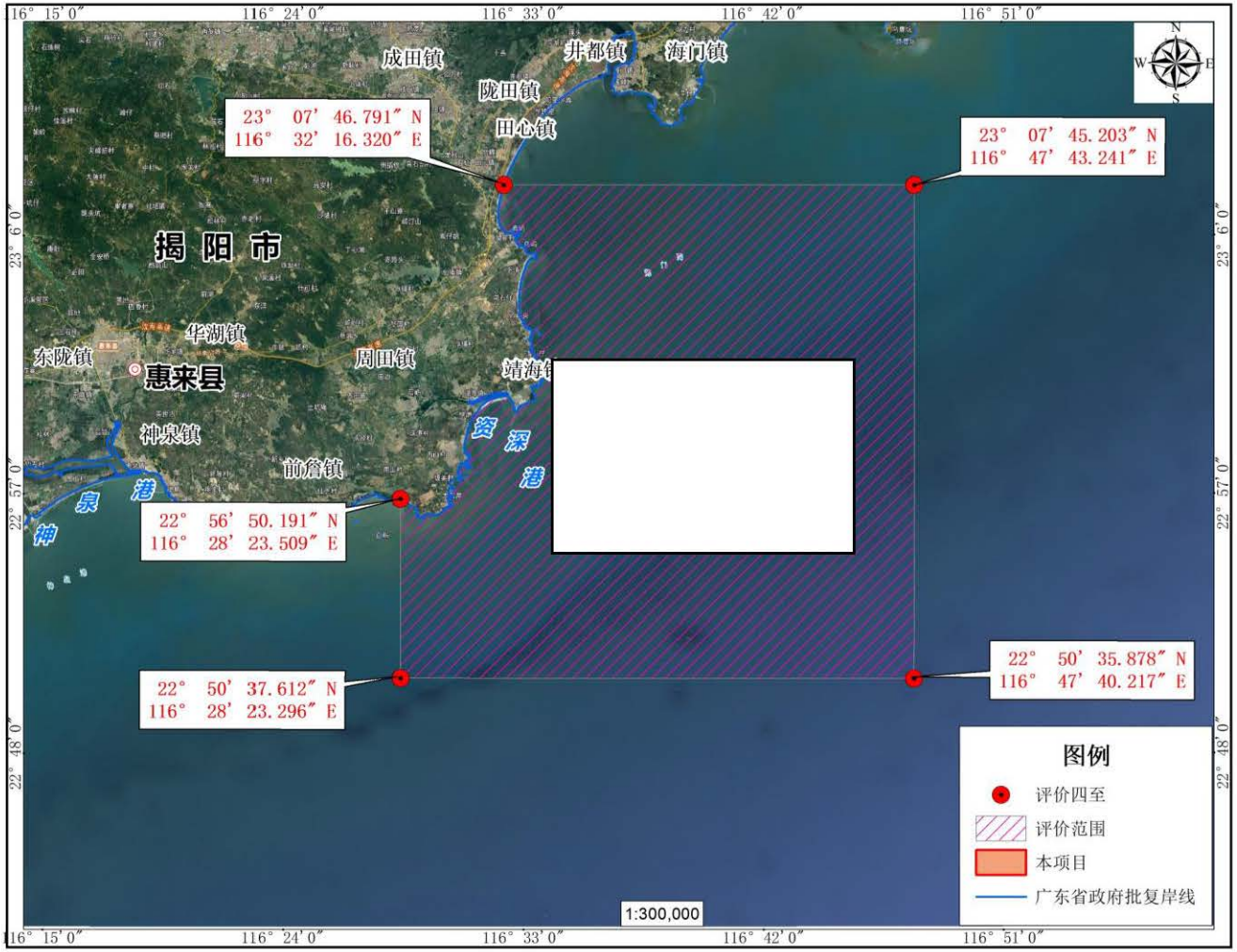


图 2.5.1-1 项目评价范围图

2.5.2 评价重点

根据本工程所在海域海洋功能特点及采砂对海洋环境影响特征，本工程的环境影响评价重点为：

（1）采砂工程所致悬浮泥沙对海水、海洋生态、渔业资源的污染影响；

（2）采砂工程所致海底地形变化对水动力环境影响与水动力变化对附近地形地貌和冲淤环境的影响；

（3）采砂作业对环境敏感目标的影响分析；

（4）采砂过程中采取的环境保护对策、措施；

（5）环境风险事故的影响及风险防范措施。

2.6 环境敏感区与环境保护目标

本项目无陆上工程，附近海洋环境敏感目标主要有：生态红线、海底电缆管道、南海北部幼鱼繁育场保护区、自然保护区等，各环境敏感目标的基本情况、与项目的最短距离及保护目标等见表 2.6-1，位置关系图见图 2.6-1 所示。

表 2.6-1 工程区域附近海洋环境敏感目标

序号	环境敏感点		位置关系	主要保护对象/级别
	类型	名称		
1	生态红线	212-前詹珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区	西南侧，约 10.6km	保护龙虾、海龟、鲎及其生境
2		213-鸡椒礁特别保护海岛禁止类红线区	西南侧，约 15.0km	石碑山角领海基点
3		214-鸡椒礁特别保护海岛限制类红线区	西南侧，约 12.5km	石碑山角领海基点
4		215-绿洲重要砂质岸线及邻近海域限制类红线区	西侧，约 8.9km	砂质岸线
5		216-客鸟尾自然景观与历史文化遗迹限制类红线区	西北侧，约 6.5km	石笋海蚀地貌
6		217-仙庵金海湾重要滨海旅游区限制类红线区	西北侧，约 10.1km	砂质岸线
7		219-龙头湾中华白海豚自然保护区禁止类红线区	东北侧，约 15.6km	中华白海豚及海域生态环境
8		237-汕头深水重要渔业海域限制类红线区	东侧，约 3.0km	重要渔业产品的产卵场、索饵场、越冬场及鱼类洄游通道
9		247-海门湾重要砂质岸线及邻近海域限制类红区	东北侧，约 15.8km	沙滩自然岸线、海洋水文动力
10	自然	196-港寮湾砂质岸线	西南侧，	自然岸线及潮滩

序号	环境敏感点		位置关系	主要保护对象/级别
	类型	名称		
	岸线		约 14.6km	
11		197-资深湾砂质岸线	西南侧，约 10.9km	自然岸线及潮滩
12		198-靖海内港粉砂淤泥质岸线	西侧，约 9.4km	自然岸线及潮滩
13		199-靖海港砂质岸线	西北侧，约 7.1km	自然岸线及潮滩
14	保护区	广澳湾海洋保护区	东北侧，约 15.6km	海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准
15		前詹海洋保护区	西南侧，约 15.1km	海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准
16		揭阳市海龟、鲎市级自然保护区	西南侧，约 10.8km	保护海龟、鲎及其生境
17		揭阳市龙虾市级自然保护区	西北侧，约 2.9km	保护龙虾及其生境
18		揭阳市神泉渔业市级自然保护区	西北侧，约 7.3km	海洋渔业资源、人工鱼礁礁体及海域生态环境
19		汕头市龙头湾中华白海豚自然保护区	东北侧，约 15.6km	保护中华白海豚及其生境
20		田心湾南方鲎自然保护区	西北侧，约 16.7km	保护鲎及其生境
21	养殖区	潮南区田心湾南方鲎保护区科研用海	西北侧，约 17km	保护鲎及其生境
22	海底电缆	亚太二号光缆汕头至分支 3 段	东侧，约 3.7km	水文动力环境、地形冲淤条件
23		亚太二号光缆汕头至淡水段	东侧，约 8.8km	水文动力环境、地形冲淤条件
24		亚欧光缆汕头至支路单元 7 段	东侧，约 13.5km	水文动力环境、地形冲淤条件
25		东南亚-日本海底光缆系统（SJC）中国段项目	东侧，约 15.9km	水文动力环境、地形冲淤条件
26	三场一通道	南海北部幼鱼繁育场保护区	项目占用	禁止在保护区内进行底拖网作业
27		幼鱼幼虾保护区	项目紧邻	海洋水质、沉积物、生态环境；幼鱼幼虾
28	锚地	潮阳港引航锚地	西北侧，约 12.7km	水文动力环境、地形冲淤条件
29		潮阳港华能海门电厂配套锚地	北侧，约 2.9km	水文动力环境、地形冲淤条件
30		靖海锚地	西南侧，约 6.4km	水文动力环境、地形冲淤条件

序号	环境敏感点		位置关系	主要保护对象/级别
	类型	名称		
31	航道	海甲航道（近海船舶习惯航路）	西侧，约4.44km	水深、地形冲淤条件
32		内航路	东侧，约0.56km	水深、地形冲淤条件
33	近岸海域国控监测站位	GDN22002	西北侧，约6.6km	近岸海域海水水质
34		GDN22005	西侧，约9.2km	近岸海域海水水质
35		GDN22006	东南侧，约16.6km	近岸海域海水水质
36		GDN04006	东北侧，约11.2km	近岸海域海水水质

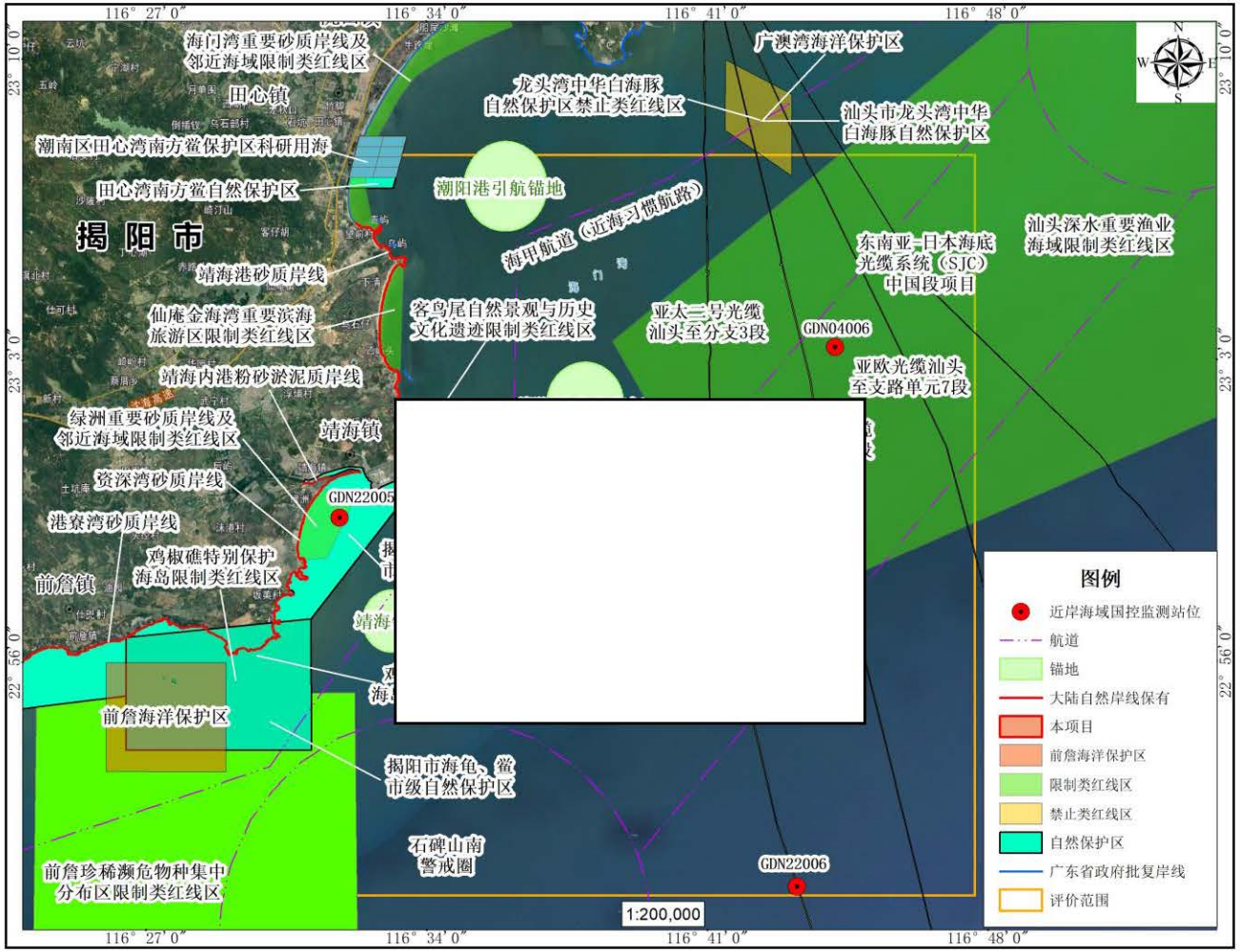


图 2.6-1 项目周边环境敏感区分布图

3 工程概况

3.1 海砂开采名称、性质及地理位置

3.1.1 海砂开采名称

广东省揭阳市惠来县靖海湾东南侧海域拟出让区海砂开采。

3.1.2 性质

新建项目。

3.1.3 地理位置

广东省揭阳市惠来县靖海湾东南侧海域拟出让区位于广东揭阳市惠来县靖海湾东南侧海域，[redacted]水深矿区平均水深为29.41～31.33m，行政区域属惠来县管辖。项目地理位置见图3.1.3-1所示。

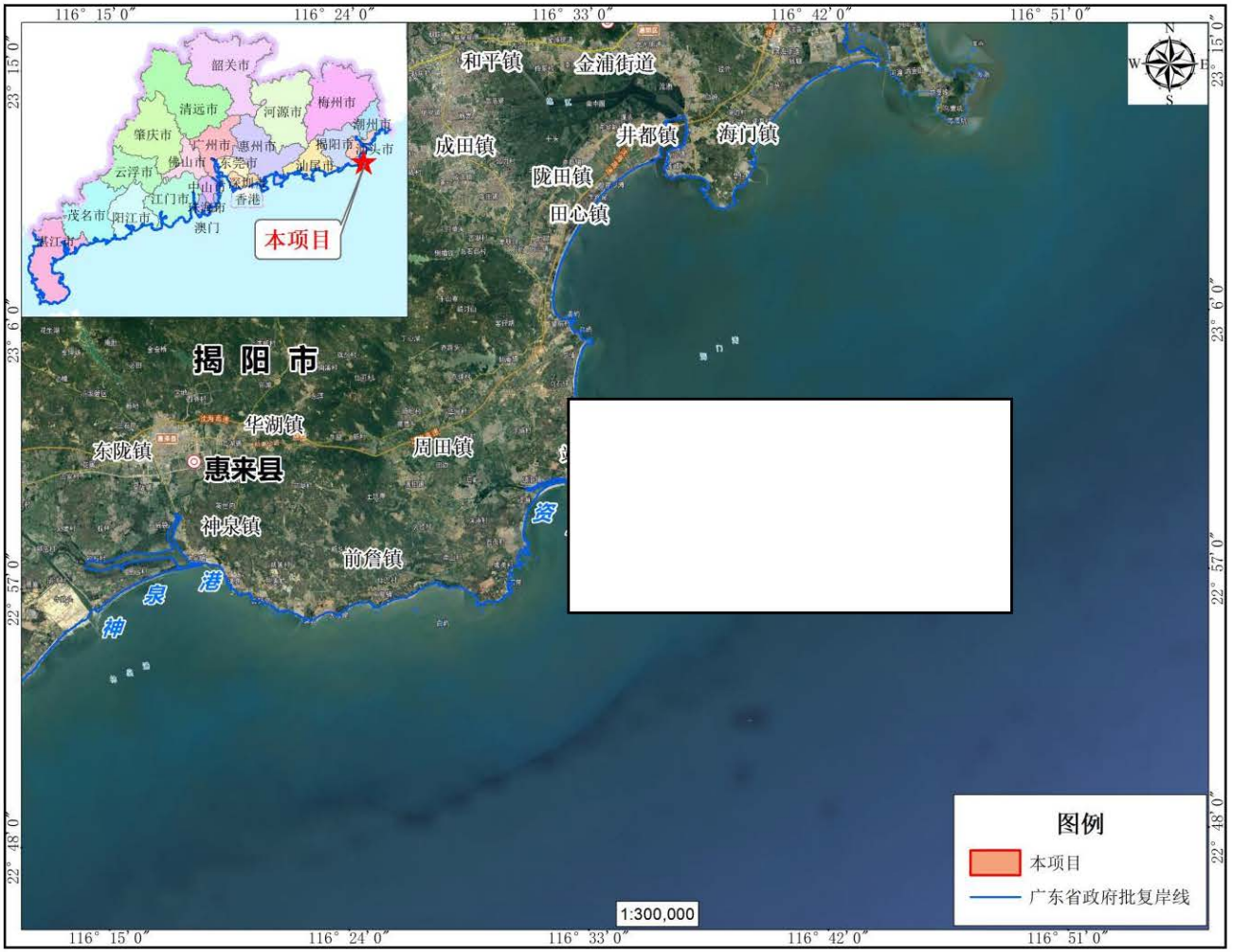


图 3.1.3-1 项目地理位置

3.2 砂源分析

本节主要引用《广东省揭阳市惠来县靖海湾东南侧海域矿区回填用海砂资源储量核实报告》（浙江华东建设工程有限公司，2021 年 10 月）中的相关资料进行论述分析。

3.2.1 申请采砂区的用海范围和面积

本项目海砂开采范围用海面积为221.9970公顷，用海类型为工业用海（一级类）中的固体矿产开采用海（二级类），用海方式为其它方式（一级类）中海砂等矿产开采（二级类）。本项目无需占用岸线及滩涂。用海范围界址点坐标见表3.2-1所示。项目宗海位置图见图3.2-1，宗海界址图见图3.2-2 所示。

表 3.2-1 本项目海砂开采范围宗海界址点坐标

区块编号	编号	界址点地理坐标		界址点直角坐标		面积（km^2）
		E（°′″）	N（°′″）	X（m）	Y（m）	
揭阳市惠来县靖海湾东南侧海域拟出让区海砂开采	1	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	2.21997
	2	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
	3	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
	4	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
	5	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	

备注：坐标系 CGCS2000，高斯克吕格投影 3 度带，中央经线 117° E。

广东省揭阳市海域拟出让区海砂开采宗海位置图

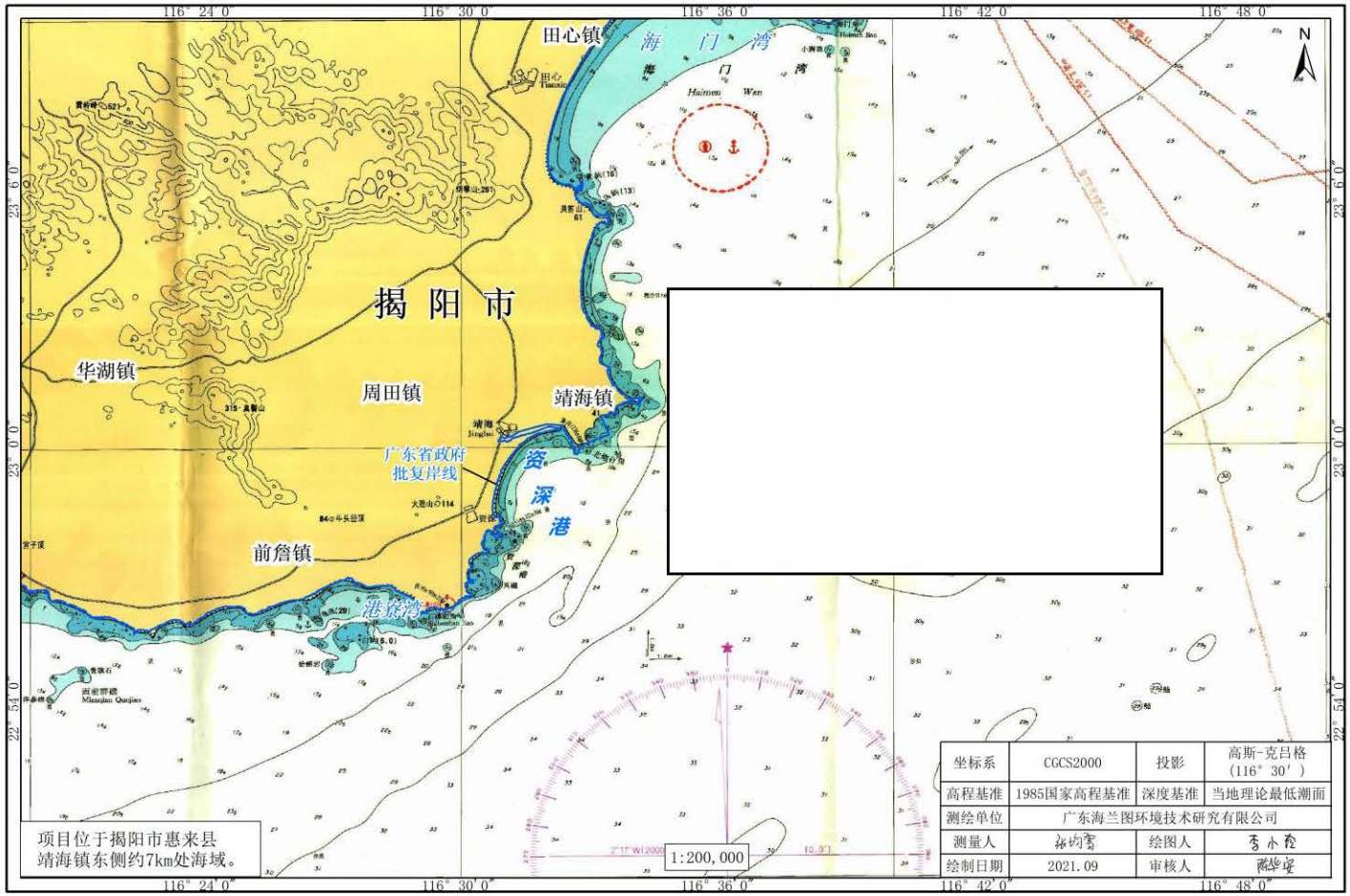
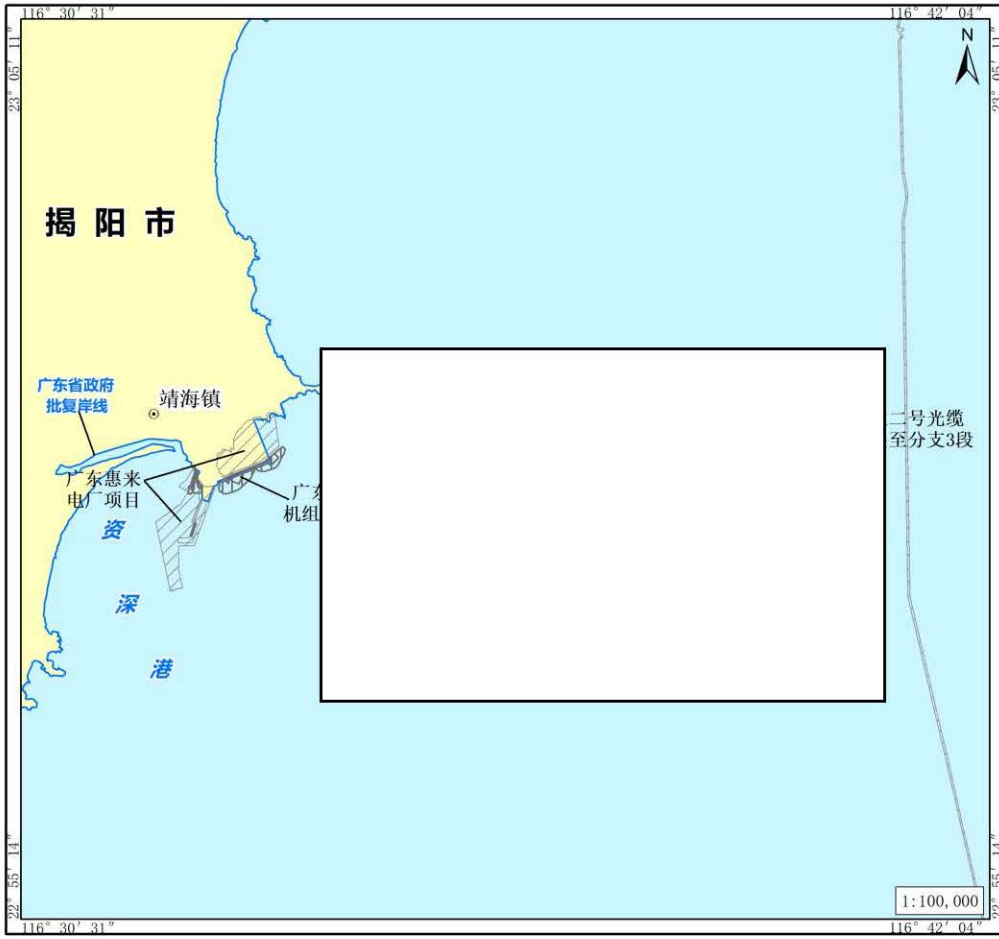


图 3.2-1 项目宗海位置图

广东省揭阳市海域拟出让区海砂开采宗海界址图



界址点编号及坐标（北纬	东经）	
1	22° 58′ 42.440″	116° 37′ 11.623″
2	22° 58′ 42.439″	116° 38′ 37.783″
3	22° 59′ 00.251″	116° 38′ 55.920″
4	22° 59′ 42.202″	116° 38′ 55.920″
5	22° 59′ 21.540″	116° 38′ 33.960″

内部单元	用海方式	界址线	面积(公顷)
海砂开采用海	海砂等矿产开采	1-2-3-4-5-1	221.9970
宗 海		1-2-3-4-5-1	221.9970

坐标系	CGCS2000	投影	高斯-克吕格（116° 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	广东海兰图环境技术研究有限公司		
测量人	[illegible]	绘图人	[illegible]
绘制日期	2021.09	审核人	[illegible]

图 3.2-2 项目宗海界址图

3.2.2 矿区砂源储量分析

3.2.2.1 矿体分布

勘查区发现两个海砂矿体，自上而下分别命名为 V1 和 V2，其平面分布见图 3.2-3 和图 3.2-4。勘查区范围面积 2.22km^2，由 18 个钻孔系统控制。

V1 矿体在中部缺失，钻孔 ZK01~ZK04、ZK07~ZK09、ZK14~ZK18 见矿，钻孔 ZK05、ZK06、ZK10~ZK13 未见矿，结合综合物探资料，V1 矿体仅在勘查区北部、中南部及中西部见矿，而在中部和中北部有留白。V1 矿体与全新统澄海组地层沉积物中的砂层相对应。V1 矿体大致分西部、东部 2 个部分。西部矿体呈不规则状，北东~南西向长 1515m，北西~南东向长 160~547m。中南部矿体呈“刀型”，以勘查区边界为“刀尖”指向南西向，其中“刀尖”缺失。东部矿体北东~南西向长 244~1830m，北西~南东向长 0~912m。中北部未见矿区呈“L 型”，北东~南西向长 374~1513m，北西~南东向长 378~664m。矿体形态较简单，呈层状，近水平方向延伸。勘查区范围内 V1 矿体面积 1313751m^2，矿体砂层厚度 1.0～8.7m，平均厚度 3.4 m。

V2 矿体基本上全区都有分布，区内 18 个钻孔皆见矿。V2 矿体与上更新统陆丰组地层沉积物中的砂层相对应。矿体呈不规则状，北东~南西方向长 3000m，北西~南东方向长 0~1010m。矿体形态较简单，呈层状，近水平方向延伸。勘查区范围内 V2 矿体面积 2183145m^2，矿体砂层厚度 5.4～30.7m，平均厚度 15.5m。

两个矿体主要赋存在第四系全新统澄海组和上更新统陆丰组地层中。

各个钻孔中矿层 V1 和 V2 的厚度、标高、埋深和盖层厚度具体见表 3.2-2。

3.2.2.2 矿层厚度

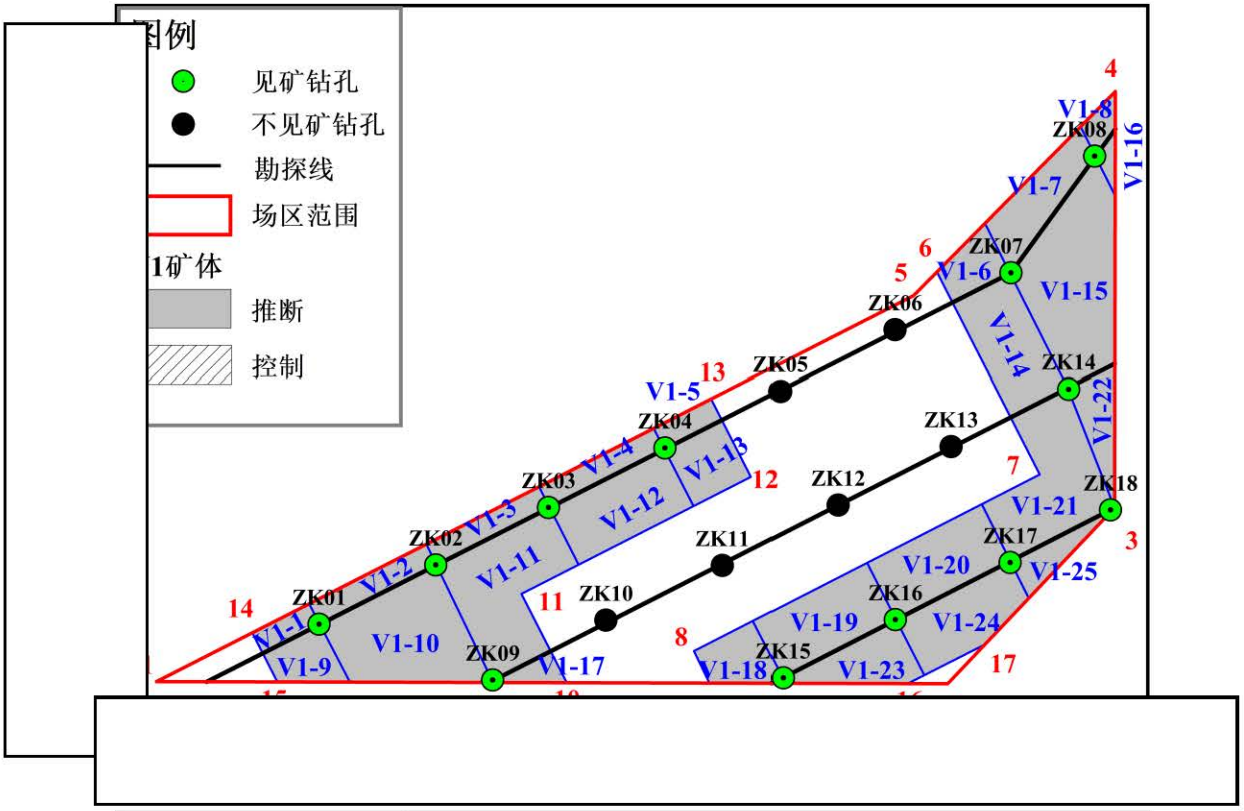
矿体 V1：该矿层厚度变化在 1.0~8.7m 之间，矿体厚度大致呈现北西部厚，东部和中部薄的趋势。其中 ZK18 孔矿体厚度最小，为 1.0m，ZK02 孔矿体厚度最大，为 8.7 m。矿层 V1 平均厚度 3.43m。矿体厚度变化系数为 62.32%。

矿体 V1：该矿层厚度变化在 1.0～8.7m 之间，矿体厚度大致呈现北西部厚，东部和中部薄的趋势。其中 ZK18 孔矿体厚度最小，为 1.0 m，ZK02 孔矿体厚度最大，为 8.7 m。矿层 V1 平均厚度 3.52m。矿体厚度变化系数为 63.25%。

矿体 V2：矿层厚度变化在 5.4～31.7m 之间，矿体厚度大体呈中南部厚而北东部和中北部薄的趋势。其中 ZK03 孔矿体厚度最小，为 5.4m，ZK10 孔矿体厚度最

大，为 31.7m。矿层 V2 平均厚度 15.36m，矿体厚度变化系数为 50.28%。

矿体 V1 和矿体 V2 叠加后的厚度变化在 7.3～31.9m 之间，平均值 17.71m，矿体厚度变化系数为 41.35%。



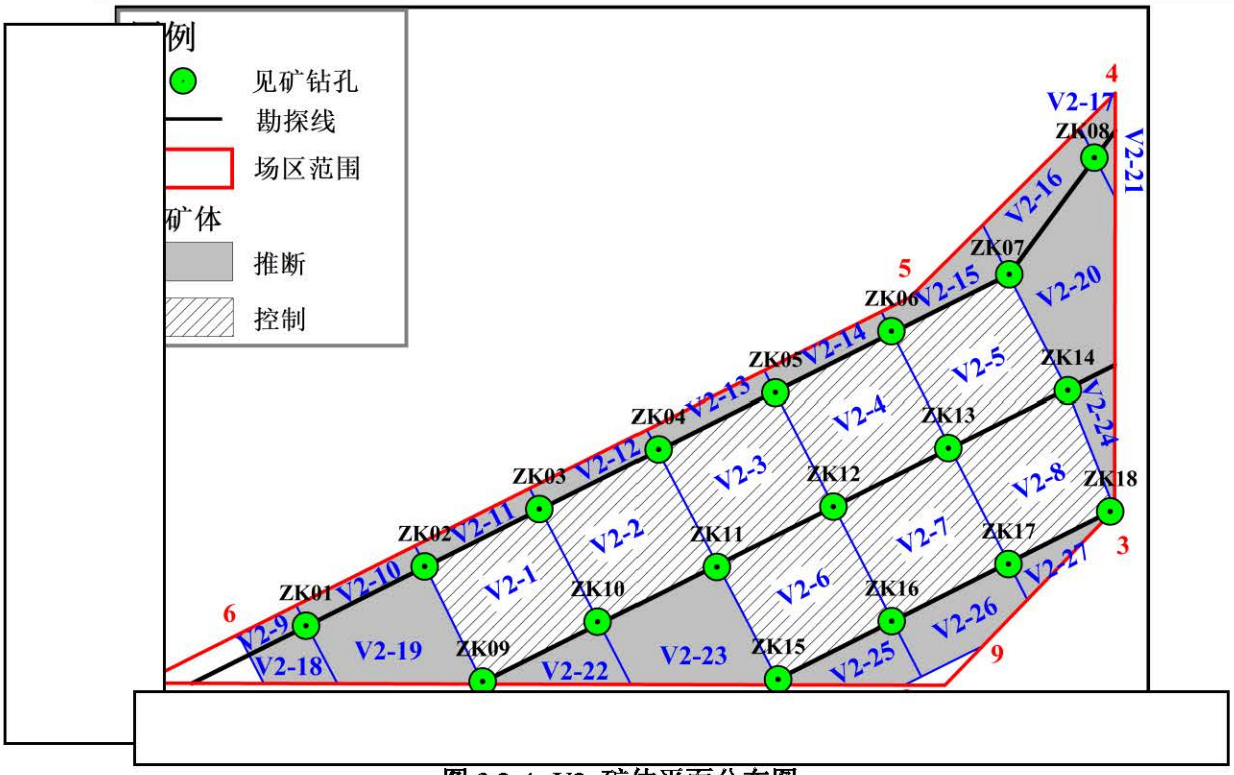


图 3.2-4 V2 矿体平面分布图

表 3.2-2　各钻孔 V1 和 V2 矿体标高、盖层和砂层厚度（单位：m）

孔号	孔口标高	V1 矿体顶板标高	V1 矿体底板标高	V2 矿体顶板标高	V2 矿体底板标高	V1 矿体厚度	V2 矿体厚度	V1 矿体盖层厚度	V2 矿体盖层厚度
ZK01	-30.60	-44.70	-46.40	-52.40	-69.40	1.7	16.0	14.10	21.80
ZK02	-30.60	-36.70	-45.40	-51.60	-60.60	8.7	9.0	6.10	21.00
ZK03	-30.45	-45.25	-47.25	-57.15	-63.55	2.0	5.4	14.80	26.70
ZK04	-30.30	-48.30	-51.30	-54.00	-60.30	3.0	6.3	18.00	23.70
ZK05	-30.20			-53.90	-61.20		7.3		23.70
ZK06	-30.00			-45.40	-60.30		14.9		15.40
ZK07	-29.90	-44.90	-46.60	-53.80	-70.40	1.7	15.6	15.00	23.90
ZK08	-29.70	-44.70	-48.10	-50.70	-59.70	3.4	9.0	15.00	21.00
ZK09	-30.80	-42.80	-48.10	-54.30	-70.80	5.3	16.5	12.00	23.50
ZK10	-30.75			-39.05	-70.75		31.7		8.30
ZK11	-30.60			-38.60	-63.60		25.0		8.00
ZK12	-30.65			-48.55	-70.65		20.0		17.90
ZK13	-30.55			-47.55	-70.55		23.0		17.00
ZK14	-30.40	-43.40	-46.70	-53.30	-66.20	3.3	12.9	13.00	22.90
ZK15	-31.10	-35.10	-39.20	-42.30	71.10	4.1	27.8	4.00	11.20
ZK16	-31.00	-46.00	-48.00	-55.00	-61.50	2.0	6.5	15.00	24.00
ZK17	-30.90	-42.10	-49.10	-51.10	-70.90	6.0	13.2	11.20	20.20
ZK18	-30.80	-41.60	-42.60	-44.60	-61.00	1.0	16.4	10.80	13.80

3.2.2.3 资源量估算

1、粒度分级标准

粒度分级采用伍登-温德沃斯等比制粒级标准分为三个级别：

A．＞2mm（＜-1Φ）为砾级；

B．2~0.063mm（-1Φ~4Φ）为砂级；

C．＜0.063 mm（＞4Φ）为泥。

2、圈矿指标

（1）含泥量＜50%（粒径＜0.063mm 的沉积物含量）；

（2）将细度模数≥0.7 的砂层圈定为矿体。

（3）非海砂层中出现的个别海砂样品不参与矿体圈定。

3、资源量类型确定

按照国标《固体矿产资源储量分类》（GB/T 17766-2020）的规定，本勘探区海砂资源量划分为控制资源量和推断资源量两类。各类资源量所具备的基本条件

如下：

控制资源量：是指在勘查工作程度已达到矿体工程控制网度为400m×400m的地段，地质可靠程度高。

推断资源量：是指控制资源量外推的矿体，或者在拟设置矿区范围内按基本工程间距外推二分之一（200m）的外推地段，地质可靠程度较低。

4、资源量估算方法

本矿床矿体呈近似层状展布，分布较连续，矿层厚度变化较稳定，工程分布较均匀，故本次资源量估算方法采用水平投影地质块段法估算海砂资源量。

根据矿床地质特点将矿体划分为若干小块段，将它们看作是理想板状体，板状体的体积为块段体积。

本报告海砂资源量以体积表示，地质块段法的资源量估算公式如下：

$$VR=S_i\times H_i$$

其中：VR 为海砂体积资源量；

S_i 为第 i 个块段的面积；

H_i 为块段的平均砂层厚度。

当使用基本工程间距的二分之一尖推时，地质块段法的资源量估算公式如下：

$$VR=1/2\times S_i\times H_i$$

其中：VR 为海砂体积资源量；

S_i 为第 i 个块段的面积；

H_i 为参加块段资源量估算的各工程海砂厚度的算术平均值。

5、海砂资源量估算结果

根据上述体积资源量估算方法，块段体积资源量为块段面积乘以块段平均厚度，单位为万 m^3。本勘查区海砂资源量估算信息详见表 3.2-3。

V1 矿体：

推断体积资源量：$VR_{V1\text{-}t}=\sum_{i=1}^{25}S_i\times H_i=250.03\times10^4\ m^3$；平均含泥量为 26.72 %；平均细度模数为 1.5。

V2 矿体：

控制体积资源量：$VR_{V2\text{-}k}=\sum_{i=1}^{8}S_i\times H_i=2095.67\times10^4\ m^3$；平均含泥量为 12.11 %；平均细度模数为 2.9。

推断体积资源量：$VR_{V2\text{-}t}=\sum_{i=9}^{27}S_i\times H_i=709.76\times10^4\ m^3$；平均含泥量为 15.38 %；

平均细度模数为 2.9。

勘查区：

[redacted]

[redacted]

[redacted]

表 3.2-3 海砂资源量计算表

矿体号	块段号	资源量类型	平均厚度（m）	面积 (m^2)	资源量 (10^4m^2)	加权平均含泥量(%)	加权平均细度模数
V1	V1-1	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	V1-2	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	V1-3	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	V1-4	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	V1-5	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	V1-6	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	V1-7	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	V1-8	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	V1-9	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	V1-10	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	V1-11	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	V1-12	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	V1-13	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	V1-14	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	V1-15	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	V1-16	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	V1-17	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	V1-18	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	V1-19	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	V1-20	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	V1-21	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	V1-22	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	V1-23	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	V1-24	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	V1-25	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	小计	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	合计	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
V2	V2-1	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	V2-2	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	V2-3	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	V2-4	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

矿体号	块段号	资源量类型	平均厚度（m）	面积 (m^2)	资源量 (10^4m^2)	加权平均含泥量(%)	加权平均细度模数
	V2-5						
	V2-6						
	V2-7						
	V2-8						
	V2-9						
	V2-10						
	V2-11						
	V2-12						
	V2-13						
	V2-14						
	V2-15						
	V2-16						
	V2-17						
	V2-18						
	V2-19						
	V2-20						
	V2-21						
	V2-22						
	V2-23						
	V2-24						
	V2-25						
	V2-26						
	V2-27						
	小计						
	合计						
全区合计							

3.2.3 矿石质量

3.2.3.1 矿石组成

根据勘查区钻孔组合样碎屑矿物分析结果，海砂的矿物组成主要为石英，次要矿物为长石，其中石英含量（石英占轻矿物的质量百分比）在 86.36%～92.80%之间，重矿物含量（重矿物质量占分析质量的百分比）在 0.05%～0.25%之间。

石英硬度为 7，性硬，无解理，贝壳状断口。

海砂粒级组成相差不大。V1 矿层内 0.063mm 以上粒级含量变化在 58.4%～84.4%之间，平均含量 75.16%，变化系数为 9.95%，差异性较小。

V2矿层内0.063mm以上粒级含量变化在52.0%～99.8%之间，平均含量86.96%，变化系数为10.90%，差异性较小。

3.2.3.2 含泥量

本节中泥是指泥和粘土的沉积物的合称，即：粒径小于 0.063mm 的颗粒含量。见矿工程含泥量为所取样品含泥量与相应的样长加权平均求得，块段的平均含泥量为块段中各见矿工程平均含泥量与相应的矿层厚度加权平均求得。

矿体 V1 中各样品含泥量在 15.6%～50.3%之间，加权平均值 26.72%。其中粉砂的含量在 7.0~27.7%之间，加权平均值为 16.56%，粘土的含量加权平均值为 10.16%。

矿体 V2 中各样品含泥量在 0.2%～48.0%之间，加权平均值 12.94%。其中粉砂的含量在 0.1~32.2%之间，加权平均值为 8.40%，粘土的含量加权平均值为 4.54%。

全区加权后平均含泥量14.06%。

3.2.3.3 含矿性分析

1、碎屑矿物

在矿区取了 6 个样品进行了碎屑矿物分析，共检出碎屑矿物有 27 种，包括陆源碎屑矿物、海洋自生矿物、内源生物碎屑矿物和火山源物质矿物。现按比重分为重矿物与轻矿物两类。

轻矿物主要为石英，长石次之，石英含量（石英占轻矿物的质量百分比）在 86.36%～92.80%之间（表 3.2-4）；重矿物含量（重矿物质量占分析质量的百分比）在 0.05%～0.25%之间。重矿物含量虽少，但种类较多，包括锆石、磷灰石、黄铁矿、金红石、锐钛矿、红柱石、蓝晶石、绿帘石、十字石、独居石、电气石、石榴子石、白钛石、蓝闪石、角闪石、辉石、铬铁矿、钛铁矿、赤褐铁矿、金属球粒和磁铁矿等。

表3.2-4 矿区碎屑矿物主要种类含量表

孔号	重矿物总含量(%)	单一重矿物含量(%)										单一轻矿物含量(%)				
		锆石	黄铁矿	金红石	锐钛矿	绿帘石	独居石	电气石	白钛石	钛铁矿	磁铁矿	石英	长石	绿泥石	白云母	蚀变矿物
ZK02	0.25	5.57	8.92	0.09	0.42	0.24	0.29	0.38	0.71	71.05	0.33	92.06	0.99	0.04	0.01	6.89
ZK08	0.12	6.67	20.8	0.53	0.13	4.91	0.08	0.62	0.99	52.23	2.16	86.36	3.02	1.17	0.21	9.22
ZK11	0.11	11.27	19.68	0.89	0.27	7.38	0.61	1.08	2.71	43.72	2.85	90.05	0.97	0.01	0.04	8.92
ZK13	0.05	14.66	18.49	0.88	0.81	20.01	0.51	3.02	3.58	25.37	1.27	89.44	1.97	0.15	0.11	8.32
ZK16	0.06	24.15	9.15	4.15	1.61	3.08	1.28	2.25	4.52	38.47	0.80	91.50	1.97	0.13	0.10	6.29
ZK18	0.14	10.24	23.1	0.12	0.39	1.69	0.29	2.97	1.06	47.82	2.17	92.80	0.50	0.01	0.02	6.66

2、重砂矿物品位

对勘查区 6 组砂质样品进行了重砂分析，检测出锆石、磷灰石、黄铁矿、金红石、锐钛矿、红柱石、蓝晶石、绿帘石、十字石、独居石、电气石、石榴子石、白钛石、角闪石、辉石、钛铁矿、尖晶石、铬铁矿、赤褐铁矿和磁铁矿等共计 20 种矿物，某些矿物的含量极少，未进行称重计量。

矿床评价指标方案使用《矿产地质勘查规范 金属砂矿类》（DZ/T 0208-2020）中的滨海浅水沉积中钛铁矿、锆石和滨海阶地沉积中金红石和独居石的一般工业指标具体见表3.2-5。

表 3.2-5 本次评价使用的矿床工业指标

工业指标项目	钛铁矿	锆石	金红石	独居石
边界品位（kg/m^3）	5	0.8	0.5	0.5
最低工业品位（kg/m^3）	8	1.3	0.8	0.8
最小可采厚度（m）	2	2	1	1
最小夹石剔除厚度（m）	3	3	2	2

3、品位计算以及评价

为了便于与使用的工业指标作比较，矿物含量单位 g/t 转换为kg/m^3，所用的砂土的干密度值为1.75g/cm^3。

表 3.2-6 钻孔中单样折算后品位

样品编号	重矿物品位（kg/ m^3）			
	钛铁矿	锆石	金红石	独居石
ZK01	0.3901	0.1462	0.0202	0.0076
ZK03	0.5002	0.2304	0.0122	0.0475
ZK07	0.2545	0.5122	0.0015	0.0066
ZK11	0.6134	0.2624	0.0081	0.0146
ZK13	0.2576	0.0639	0.0041	0.0072
ZK17	0.4359	0.1748	0.0172	0.0103

根据钻孔中单样重砂分析结果折算的品位，参照工业指标要求，勘查区主要的有用重矿物为钛铁矿和锆石，均未达到边界品位。

3.2.3.4 放射性分析

放射性测定是为研究海砂矿放射性强度，以评价其对环境和人体的危害程度。本次调查共取6个样品进行放射性测试结果见表3.2-7。

内照射指数为 0.1~0.2，外照射指数介于 0.1~0.2。海砂放射性物质照射指数

小于1，海砂的放射性比活度符合我国《建筑材料放射性核素限量》GB6566-2010的要求，对环境和人体无危害性。

表 3.2-7 钻孔样品放射性物质照射指数

样品原号	检测编号	内照射指数I_{Ra}	外照射指数I_r
ZK02	ZH21-299-1	0.1	0.2
ZK05	ZH21-288-5	0.1	0.2
ZK10	ZH21-288-1	0.1	0.1
ZK12	ZH21-288-4	0.1	0.2
ZK14	ZH21-288-2	0.1	0.1
ZK16	ZH21-288-3	0.2	0.2

3.2.3.5 有害物质分析

砂中如含有云母、轻物质、有机物、硫化物及硫酸盐、氯化物、贝壳，其限量应符合《建设用砂》（GB/T14684-2011）的要求，具体见 表 3.2-8。

表 3.2-8 有害物质物质限量

类别	I	II	III
云母（按质量计）/%	≤1.0	≤2.0	
轻物质（按质量计）/%	≤1.0		
有机物	合格		
硫化物及硫酸盐（按 SO_3 质量计）/%	≤0.5		
氯化物（以氯离子计）/%	≤0.01	≤0.02	≤0.06
贝壳（按质量计）/%	≤3.0	≤5.0	≤8.0
该指标仅适用于海砂，其他砂种不作要求			

根据矿区采集的18个钻孔的60件砂样组合样的有害物质分析和3个钻孔的18件原状样的有机物分析，云母含量0～0.13%，符合我国《建设用砂》（GB/T 14684-2011）的Ⅰ类≤1%的要求，合格率100%；轻物质含量0.02～0.27%，符合Ⅰ类建筑用砂≤1%的要求，合格率100%；20件砂岩组合样的有机物均合格，合格率100%；18件原状样的有机物分析中仅有两件有机物分析不合格，分别为ZK09钻孔10.00～10.25m的砂质泥和19.00～19.25m的泥，合格率88.88%，且ZK09钻孔的组合砂样有机物分析为合格，综合评价认为有机物合格；硫化物及硫酸盐含量0.09～0.37%，合格率100%，符合Ⅰ类建筑用砂≤0.50%的要求；贝壳含量0.14～0.84%，符合Ⅰ类建筑用砂≤3.0%的要求，合格率100%；氯化物含量0.09～0.27%，

大于0.06%，氯化物超标的主要原因为海水中氯化物（氯化钠）超标，经过淡冲洗后可有效降低氯化物含量；钻孔样品的有机物含量均符合质量要求；详见表3.2-9。

表 3.2-9 钻孔样品有害物质物质含量

样品编号	检 测 结 果 ω（%）					
	云母	轻物质	有机物	硫化物及硫酸盐	氯化物	贝壳
ZK01-氯化物					0.11	
ZK01-贝　壳						0.24
ZK01-云　母	0.09					
ZK01-轻物质		0.27				
ZK01-硫化物及硫酸盐				0.37		
ZK01-有机质			合格			
ZK02-硫化物及硫酸盐				0.21		
ZK02-有机质			合格			
ZK03-氯化物					0.16	
ZK03-贝　壳						0.7
ZK03-云　母	0.09					
ZK03-轻物质		0.08				
ZK03-有机质			合格			
ZK04-有机质			合格			
ZK05-有机质			合格			
ZK06-氯化物					0.09	
ZK06-贝　壳						0.14
ZK06-硫化物及硫酸盐				0.26		
ZK06-有机质			合格			
ZK07-氯化物					0.12	
ZK07-贝　壳						0.72
ZK07-云　母	0					
ZK07-轻物质		0.04				
ZK07-有机质			合格			
ZK08-硫化物及硫酸盐				0.3		
ZK08-有机质			合格			
ZK09-云　母	0.05					
ZK09-轻物质		0.02				
ZK09-有机质			合格			
ZK10-氯化物					0.23	
ZK10-贝　壳						0.84
ZK10-有机质 1			合格			
ZK10-有机质 2			合格			
ZK11-硫化物及硫酸盐				0.22		
ZK11-有机质			合格			
ZK12-云　母	0.09					
ZK12-轻物质		0.05				
ZK12-有机质			合格			

ZK13-硫化物及硫酸盐					0.09		
ZK13-有机质 1				合格			
ZK13-有机质 2				合格			
ZK14-氯化物						0.18	
ZK14-贝　壳							0.32
ZK14-有机质				合格			
ZK15-云　母		0.03					
ZK15-轻物质			0.09				
ZK15-有机质				合格			
ZK16-氯化物						0.22	
ZK16-贝　壳							0.16
ZK16-云　母		0.05					
ZK16-轻物质			0.09				
ZK16-硫化物及硫酸盐					0.28		
ZK16-有机质				合格			
ZK17-有机质				合格			
ZK18-氯化物						0.27	
ZK18-贝　壳							0.4
ZK18-云　母		0.13					
ZK18-轻物质			0.16				
ZK18-硫化物及硫酸盐					0.17		
ZK18-有机质				合格			
原状样	ZK3-01			合格			
	ZK3-02			合格			
	ZK3-03			合格			
	ZK6-01			合格			
	ZK6-02			合格			
	ZK6-03			合格			
	ZK7-03			合格			
	ZK9-01			合格			
	ZK9-02			**不合格**			
	ZK9-03			**不合格**			
	ZK12-01			合格			
	ZK12-02			合格			
	ZK12-03			合格			
	ZK15-01			合格			
	ZK17-03			合格			
	ZK18-01			合格			
	ZK18-02			合格			
	ZK18-03			合格			
有害物质评价	范围	0~0.13	0.02~0.27	合格	0.09~0.37	0.09~0.27	0.14~0.84
	评价	≤1.0	≤1.0	总体合格	≤0.5	**大于限量**	≤3
	合格率	100%	100%	94.74%	100%	0%	100%

3.2.4 勘查区海砂细度模数

（1）单工程平均细度模数：由工程中同一矿层各样品细度模数与相应的样长加权平均求得；

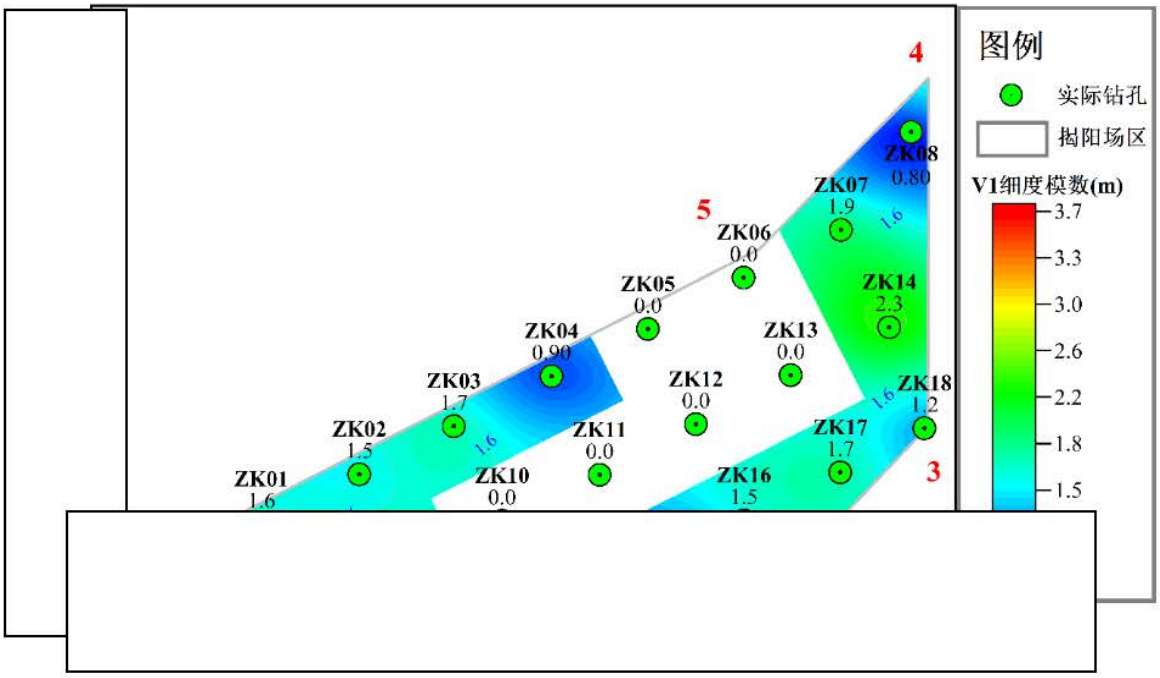
（2）块段平均细度模数：由块段中各见矿工程平均细度模数与相应的矿层厚度加权平均求得；

（3）矿体平均细度模数：由矿体中各块段平均细度模数与相应的块段体积加权平均求得。

矿体组分的砾含量、砂含量随深度逐渐增大，泥含量随深度逐渐减小。

由图 3.2.4-1、图 3.2.4-2 可得出，V1 矿体加权平均细度模数在 0.8～2.3m 之间，矿体大体呈南东部粒度较粗，西部次之，而中南部和中北部的粒度较细，北部角的粒度最细。V2 矿体平均细度模数变化在 2.2～3.6m 之间，整体呈中砂～粗砂级别，总体上 ZK13 钻孔的砂最粗，ZK04 钻孔的海砂最细。矿体大体呈中东部最粗，由南向北粒度有变细的趋势。

整体而言，矿体组分的砾含量、砂含量随深度逐渐增大，平面位置在中东部最大。泥含量随深度逐渐减小，平面位置在中东部最小。



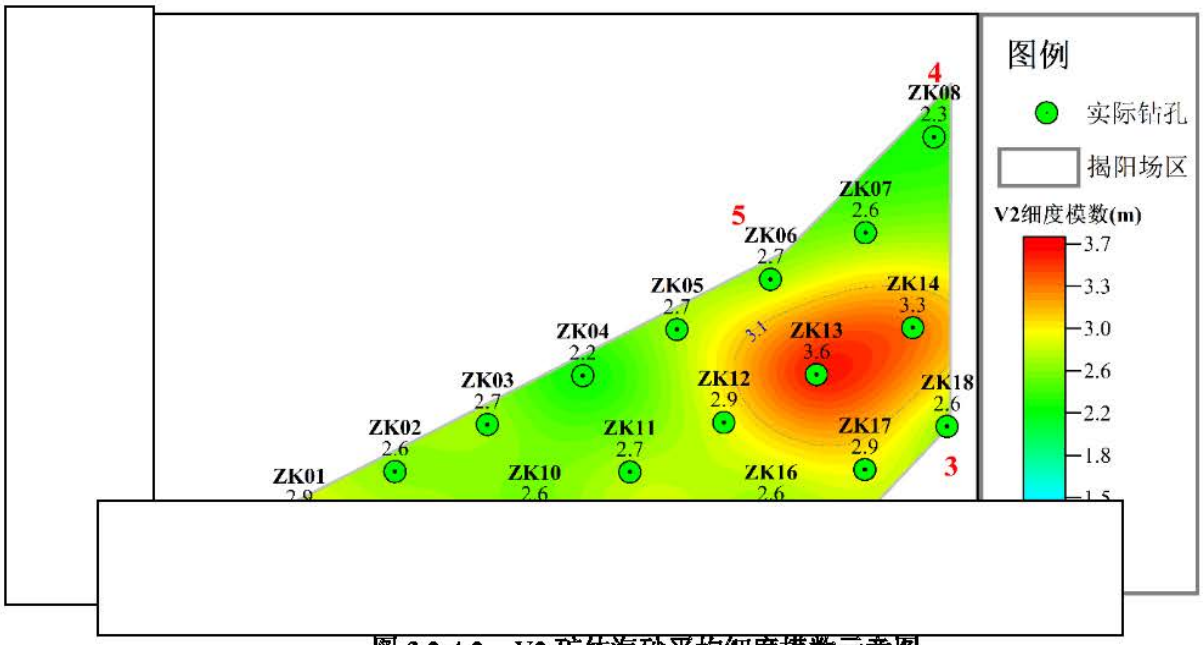


图 3.2.4-2　V2 矿体海砂平均细度模数示意图

3.3 海砂开采方案

本节内容根据《广东省揭阳市惠来县靖海湾东南侧海域矿区海砂矿产资源开发利用方案（广东海兰图环境技术研究有限公司）》（2021年10月）编写。

根据《核实报告》考虑各海砂层中砂和粉砂的比例，采用地质块段法估算揭阳海砂矿区海底以下30.2～41.0m以浅海砂资源量，[redacted]根据《自然资源部关于实施海砂采矿权和海域使用权“两权合一”招拍挂出让的通知》（自然资规〔2019〕5号）规定海砂采矿权和海域使用权出让一般不超过3年。此次拟开采海砂矿区的设计采矿生产能力（原矿）为2280万m^3/a。产品方案：年产回填海精矿（含泥量（<0.063mm物质）不大于20%）2021.91m^3/a，拟为建设项目提供海砂，有效解决“用砂难、用砂贵”的问题。

3.3.1 确定开采量

（1）备案的资源储量（Q）

[redacted]

（2）设计利用的资源储量（Q1）

根据中国矿业权评估协会制定的《矿业权出让收益评估应用指南（试行）》（2017年11月1日起实施），本设计取控制的、推断的可利用系数1.0，[redacted]

（3）确定的开采储量（Q2）

1）根据境界点平面直角坐标计算境界边长及周长，如图 3.3.1-1 所示。

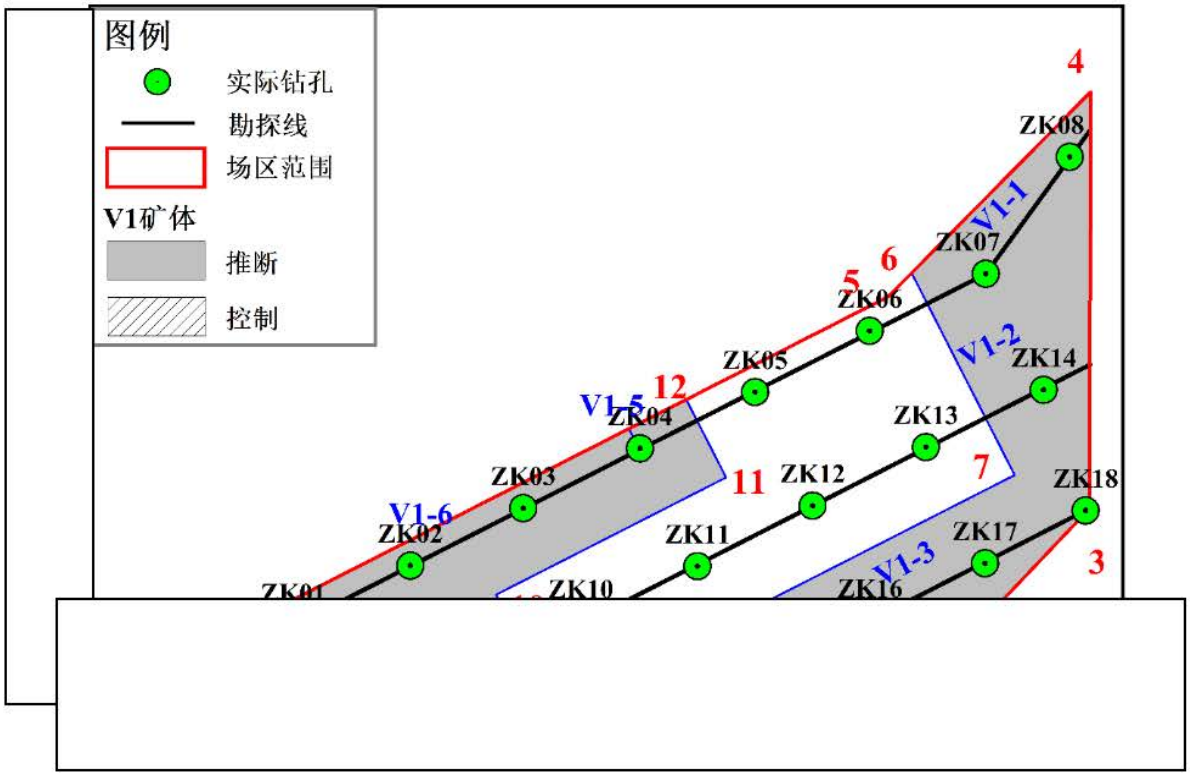


图 3.3.1-1　V1 矿体平面图

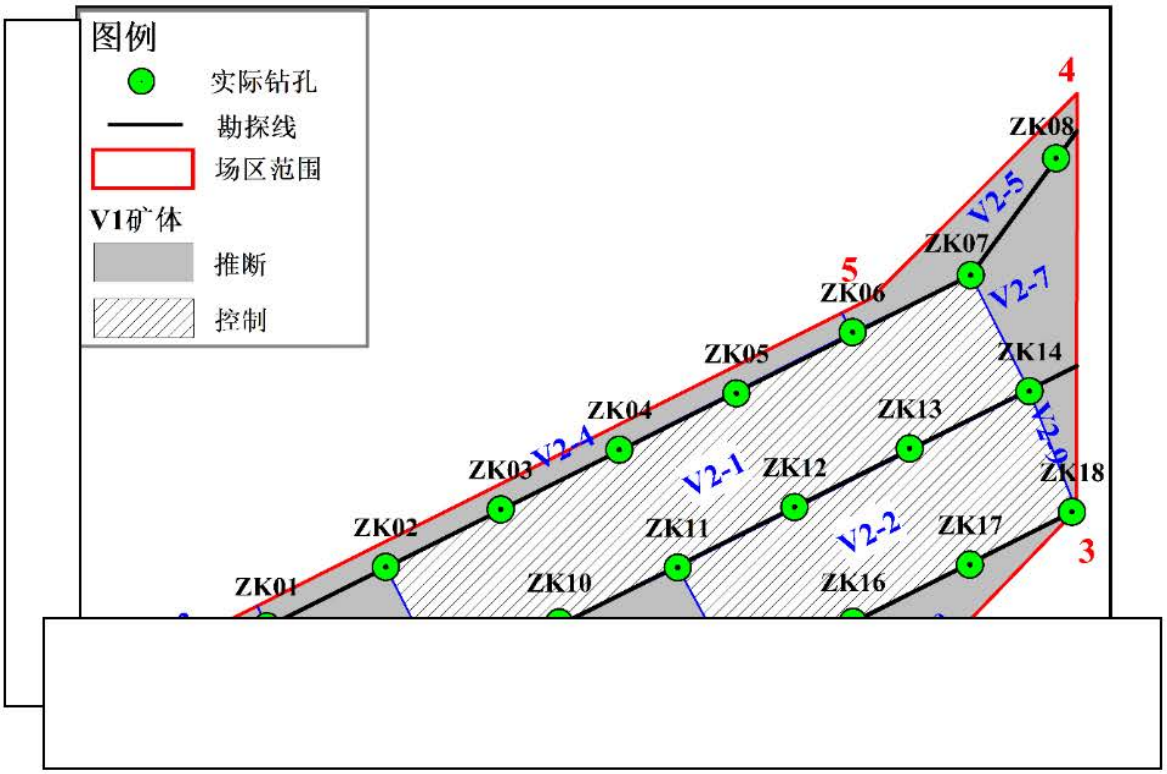


图 3.3.1-2　V2 矿体平面图

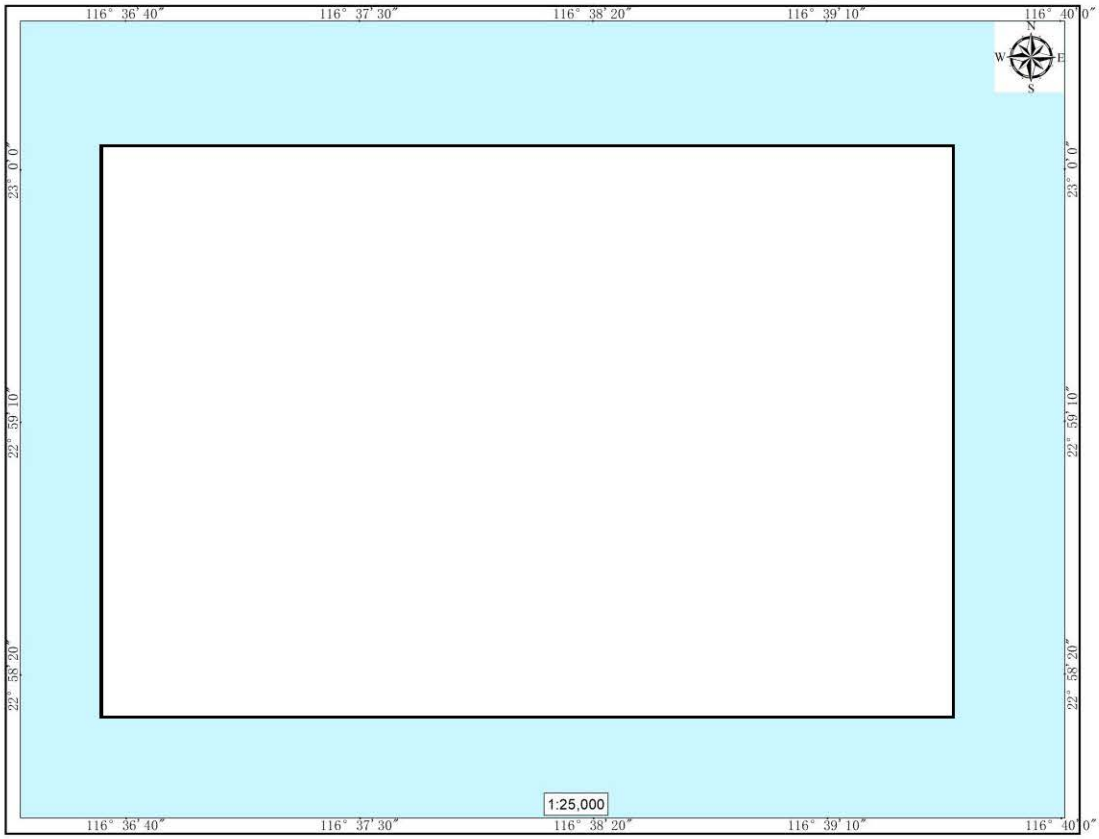


图 3.3.1-3　矿区平面图

根据图 3.3.1-1 和图 3.3.1-2 可得 V1 矿体边长：15-10 段境界约 894.43m，9-16 段境界约 670.82m，17-3 段境界约 573m，3-4 段境界 1290.5m，4-6 段境界约 791m，13-14 段境界约 1600m；

根据图 3.3.1-1 和图 3.3.1-2 可得 V2 矿体边长：7-8 段境界约 1954m，9-3 段境界 573m，3-4 段境界 1290.5m，4-5 段境界 891.72m，5-6 段境界 2280.57m。

V1 矿区境界周长：894.43+670.82+573+1290.5+791+1600=5819.75m

V2 矿区境界周长：1954+573+1290.5+891.72+2280.57=6989.79m

（2）根据《核实报告》中的地勘资料计算各土层不可开采区域的平均厚度。

V1 不可开采区域盖层平均厚度取 ZK01-ZK04、ZK07-ZK09、ZK14-ZK18 钻孔的平均盖层厚度，即 12.42m；V1 不可开采区域平均厚度取 V1-1～V1-11、的加权平均厚度，即 1.90m。

V2 不可开采区域盖层平均厚度取除 ZK12、ZK13 钻外的其余 16 个钻孔的平均盖层厚度，即 19.11m；V2 不可开采区域平均厚度取 V2-3 至 V2-10 的加权平均厚度，即 12.85m。

（3）以 30° 休止角由境界处 V1 顶面开始放坡，根据各土层不可开采区域

厚度计算放坡后各土层边界对应宽度，计算如图 3.3.1-4 所示。

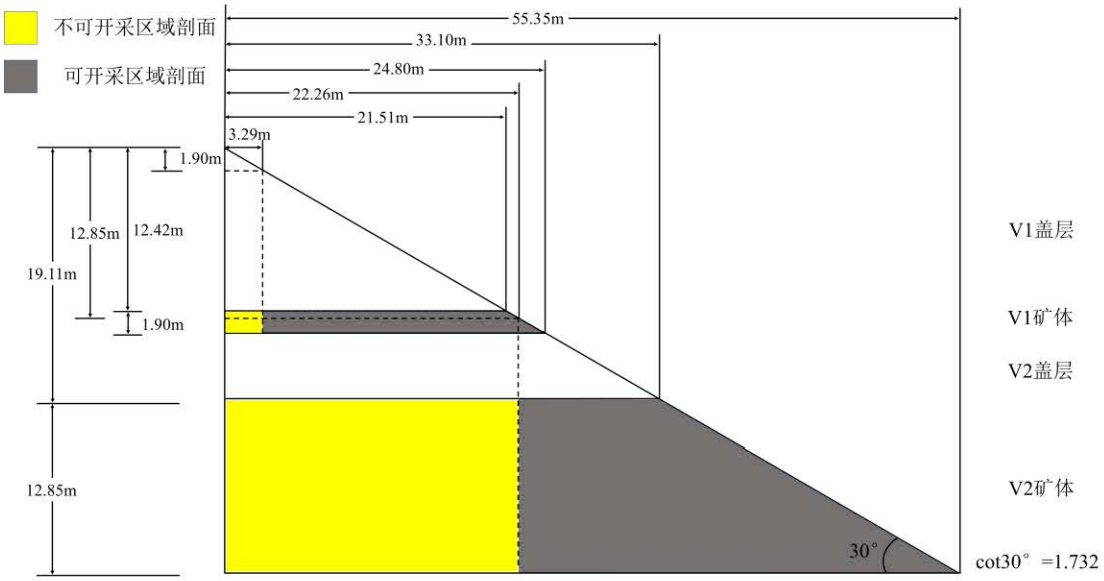


图 3.3.1-4　矿区开采剖面示意图

注：各土层厚度及取30°休止角作为放坡角对应的各土层宽度。

放坡后V1盖层下边界宽度为21.51m，V1下边界宽度为24.80m；V2盖层下边界宽为33.10m，V2下边界宽度为55.35m。

注释：以30°休止角由境界处V1顶面开始放坡，是为了避免海砂开采过程中土层垮塌超过矿区境界。休止角指在重力场中，粉料堆积体的自由表面处于平衡的极限状态时自由表面与水平面之间的角度。休止角一般与土体物理力学性质有关，为方便计算，各土层休止角均设为砂土常见休止角30°。

[redacted]

3.3.2 资源利用率

[redacted]

3.3.3 采出矿石量

[redacted]

3.3.4 控制开采指标

根据国土资发[2007]190 号文，我国对海砂开采实行开采总量严格控制制度，严禁超总量开采。同时，为了降低对本海砂开采区附近海洋环境和海洋生物等的 损害，本海砂开采区将严格控制开采总量，并落实采砂强度控制指标。

[redacted]充分开发利用出让海域海砂资源，同时最大程度保护附近敏感目标，特别是降低对海域海洋环境的不利影响，项目需根据科学安排采砂作业的时间和强度。由于本项目所在海域的鱼类主要是在春、夏两季（即4~7月）产卵、繁殖，同时项目附近的幼鱼幼虾保护区的保护期为每年的3月1日至5月31日，为了减轻采砂可能对鱼卵及幼鱼的发育生长的不利影响，在项目所在海域鱼类的主要产卵、繁殖期和幼鱼幼虾保护区的保护期期间，应控制采砂强度，适当降低采砂时间。

从海域使用可行性和海洋环境保护的角度考虑，确定本项目开采海砂的日最大开采量、日平均开采量、月最大开采量、月平均开采量、年开采控制总量等控制指标，具体如下：

（1）日最大开采量

[redacted]

（2）月最大开采量

考虑到每个月本海域的环境特征，在台风、大浪、大雾等不利条件下，应停

[redacted]

[redacted]

（3）年最大开采量

本项目所在海域的鱼类主要是在春、夏两季（即4~7月）产卵、繁殖，同时项目附近的幼鱼幼虾保护区的保护期为每年的3月1日至5月31日，为了减轻采砂可能对鱼卵及幼鱼的发育生长的不利影响，在项目所在海域鱼类的主要产卵、繁殖期和幼鱼幼虾保护区的保护期期间，应控制采砂强度，适当降低采砂时间。参照以往已批项目的情况，本报告书建议本项目在敏感期（3月至7月）采砂时间降为非敏感期的2/3，即敏感期每月采砂时间降至15天，每天采砂时间降至20×2/3小时。本项目拟采用6艘1000m^3/h的采砂船进行采砂作业，则敏感期日采砂量约为6.0万m^3，月采砂量约为90万m^3。则据此可计算出本项目的年最大开采量如下：

[redacted]

（4）日平均开采量

[redacted]

（5）月平均开采量

[redacted]

（6）预计开采年限

[redacted]

[redacted]

根据前述分析，本项目的采砂强度控制指标统计见表3.3-1 所示。

表 3.3-1 揭阳市海域拟出让区海砂开采计划拟定采砂强度控制指标

控制项目	开采量（万 m^3）	备注
非敏感期日最大开采量	[redacted]	6 艘采砂船，作业 20 时/天，8 月-次年2 月
敏感期日最大开采量	[redacted]	采强度降至 20×2/3 时/天，3 月-7 月
日均开采量	[redacted]	年作业天算平均按215 天
非敏感期月最大开采量	[redacted]	6 艘采砂船作业，20 小时/天，计20 天/月，8 月-次年2 月
敏感期月最大开采量	[redacted]	6 艘采砂船作业，20×2/3 小时/天，计15 天/月，3~7 月
月均开采量	[redacted]	1 月-12 月算数平均值
年均最大控制开采量	[redacted]	
采砂区内最大资源可开采量	[redacted]	《广东省揭阳市惠来县靖海湾东南侧海域矿区海砂矿产资源开发利用方案》
开采年限	[redacted]	年

（7）月控制开采量的控制的可操作性与可监管性

根据水质模拟结果，采砂施工导致的表层、中层和底层超第一、二类海水水质的海域面积分别为27.32km^2、55.30km^{2}和73.21km^2；超第三类海水水质的海域面积分别为0.0km^2、0.0km^{2}和26.37km^2，主要会对项目附近的南海北部幼鱼繁育场保护区、幼鱼幼虾保护区产生影响，因此，必须要降低鱼类主要繁育期（产卵、繁殖）、幼鱼幼虾保护区保护期内的采砂强度。

考虑到每个月本海域的环境特征，在台风、大浪、大雾等不利条件下，应

停止作业；同时从环境污染控制措施方面考虑，作业船只应每月回港进行船舶检修，清理船上的油污水及产生的固体垃圾，所以取最大可开采天数为每个月20天。为了便于监管，采砂时间应尽量在白天等监管条件较好的时间段内进行，因此，为便于监管，建议非敏感期每天的采砂时间为20小时，因此根据前述分析，非敏感期的月控制开采量为240万m^3，有利于非敏感期采砂的监管。而为了利于对敏感期采砂的监管，降低采砂对保护目标的影响，确保采砂基本均在白天进行，本评价建议敏感期的月采砂时间和日采砂时间均降为非敏感期的2/3，即敏感期的日采砂时间降为20×2/3小时，即敏感期的月控制开采量降低为120万m^3。

3.3.5 海砂用途及去向

海砂在城市建设使用十分广泛，海砂正成为仅次于石油、天然气的第二大海洋矿产。根据用途不同海砂又可分为海砂建筑、海砂工业、海砂重矿物提炼等，其中海砂约有 45%用于当做混凝土细骨材料、20%用于铺筑路基、20%用于填海造陆的填料，15%用于其他用途，主要用途见表 3.3.5-1。

表 3.3.5-1　海砂的主要用途

应用领域	类型	主要用途
海砂建筑	混凝土	当作混凝土细骨材使用
	铺筑路基	路基填料
	填海造陆	回填至海中拓展陆地面积
	其他用途	沥青混凝土、其他填料
海砂工业海砂	矽砂、钙质砂	产量虽仅约占总海砂使用量的一成，但用途却极为广泛
海砂重矿物提炼	钛铁、铁矿	从海砂中分选重矿物或其他金属矿物进行冶炼
海砂玻璃砂	石英砂	石英砂为制造玻璃用的主要原料
海砂铸造砂	铸模	用于制造钢铁及铸造铜、铅、铁的合金
海砂绝热砂	石英砂	常以石英岩为原料，用于制造矽砖与瓷砖
海砂研磨砂	石英砂	主要由石英砂组成，用于锯石、玻璃打磨、金属抛光及喷砂等

根据对广东省揭阳市矿区回填用海砂的勘查分析结果，该区海砂是适用于海砂建筑中的填海造陆的。

项目拟在矿区东北面的约 34km 处汕头港码头布置工业场地及办公区，各场地均布置于不被洪水、海水威胁到的地段，厂址选择应符合环境地质、环保、水

保等要求。

矿山露天水下开采采用射流式采砂船，采砂船将船舱中的洗好的海砂用传送带输送到泊在挖砂船旁边的运砂船上，运砂船将选好的砂运抵卸砂码头港池安全停靠后，皮带船通过皮带机将舱内砂输送至码头岸上，然后利用码头的装卸机械装砂进大船，再运送至目标回填区。

4、施工船舶配置

结合本项目实际情况，海砂开采计划使用 1000m^3/h 射流式采砂船采砂，采砂船满载吃水 2m，运砂船满载吃水 4.45m，采砂区域水域满足船舶的施工要求。本项目拟在广东省惠来县靖海镇以东海域矿区海砂矿采砂，由于项目还未出让，供砂对象和位置不确定，暂按运至汕头港广澳港区考虑，取砂区与卸砂区水路航线单程距离约 34km（18.4 海里），运砂船满载航行时间约 4.5 小时，皮带运砂船卸砂时间为 2 小时，卸砂后空载返回至采砂区时间约 3.5 小时，运砂船一航次运砂时间共计为 10 小时。同时，考虑航行中其他因素，根据当地水文条件，运砂船日施工能力为 2 航次。[redacted]针对本工程项目特点，拟计划投入 6 艘 1000m^3/h 射流式采砂船、16 条皮带运砂船以及一批配套辅助船舶，承担本工程的全部施工任务。根据工程施工进度情况和敏感期控制开采量，适时进行船舶设备调整补充，确保完成年终供砂工程量的任务，基本可满足项目的采砂及运输要求，工作及运输船舶的设置数量合理。

4 工程分析

4.1 生产工艺与过程分析

海砂射流开采工艺为：①射流泵将高压射流合成砂浆吸入吸砂管；②吸砂管把砂浆吸到洗砂船舱；③洗砂船洗砂分选；④成品砂运砂船运出。海砂开采的作业流程见图4.1-1。

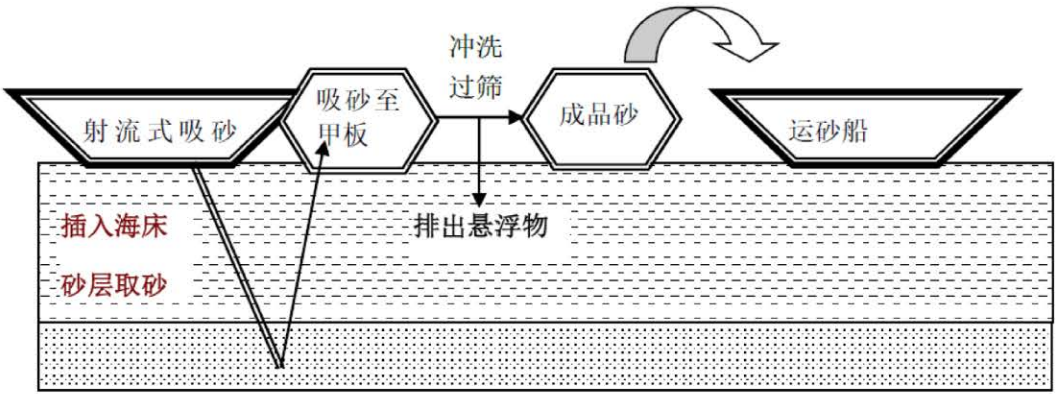


图 4.1-1 海砂开采作业流程示意图

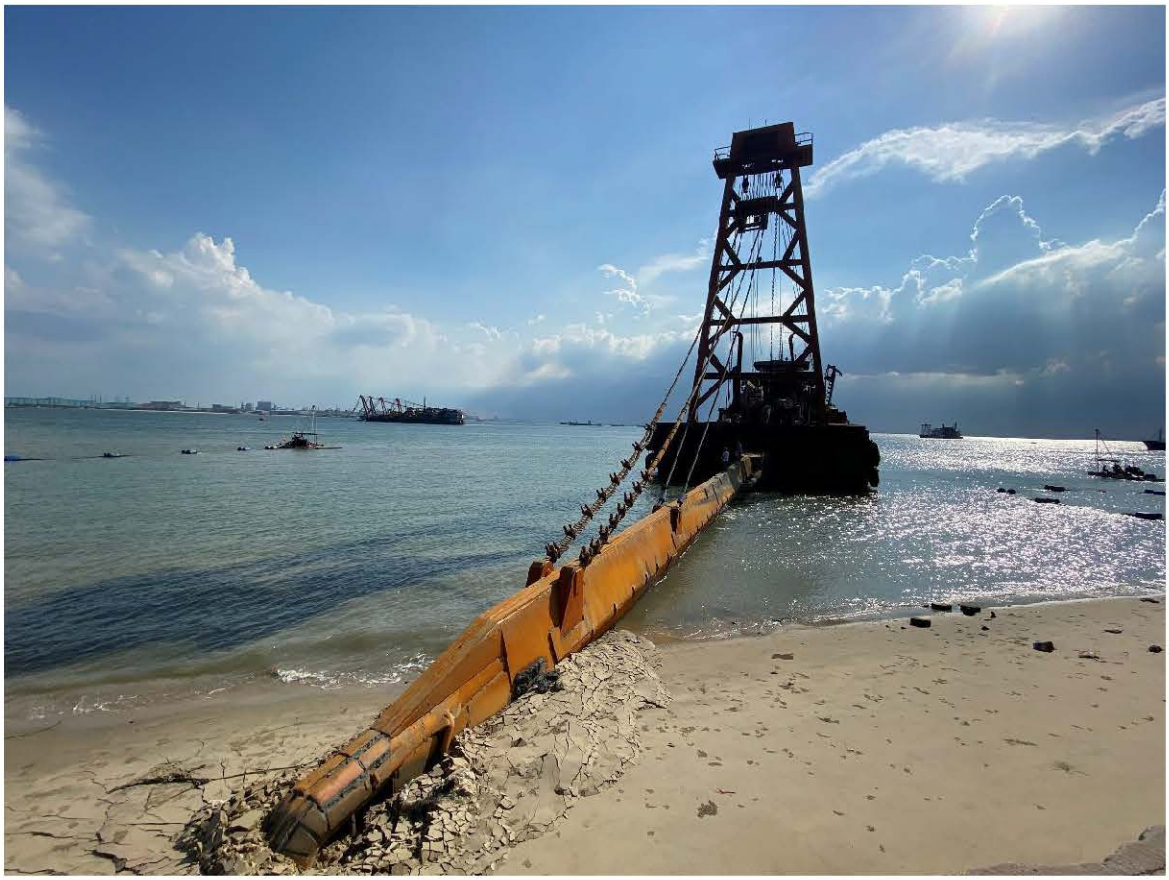


图 4.1-2 射流式采砂船

（1）射流泵采砂工作原理

射流式采砂船到达采砂水域后，启动吸砂泵，待吸砂泵机械运转正常达到一定参数后，在指定的海域内将吸砂管（长度一般为 20m～30m，直径为 24 寸）以 60°～70°左右角度插入海床，穿过水层和泥层到达理想砂层。

射流船离心泵将一定压力的工作水经过喷嘴后，形成高速射流与空气之间产生卷吸作用，将射流泵混合室内的空气带走，在混合室形成负高压，将砂水混合物沿吸管吸入，高压水与砂水混合物在混合室内充分混合后进入扩散管，并逐渐降压后沿砂管排入砂舱。射流泵的工作原理见图 4.1-3。

海砂开采作业时，射流船的位置基本上固定不动，开采到的海砂输送到射流船两侧的自卸式皮带运砂船上，再由运砂船运载到各工地。

淘空砂层后，覆盖上面的淤泥层受重力作用而塌陷，由于高压射流扰动，淤泥层较为松动，刚性射流管和吸砂管随采砂船移动到别工作面。

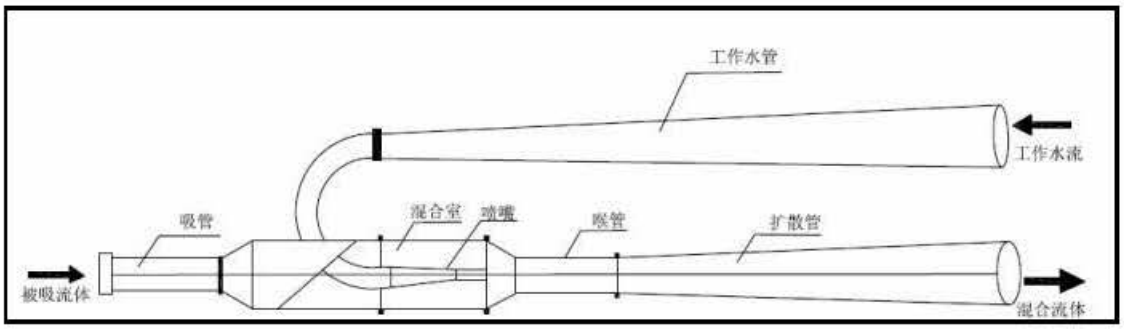


图 4.1-3 射流式采砂船采砂的原理示意图（逆向冲采）

（2）洗砂过程

射流泵将砂浆吸到洗砂船舱，通过安装在甲板上的筛网进行过滤，将石块、垃圾等滤在筛网上，海砂流入砂仓，经过水体清洗，砂粒沉入船舱底部，表面形成含泥余水，淤泥、粉砂则随水流经采砂船体底部的溢流口排出，采砂船舱中的海砂用传送带输送到泊在采砂船船舷两侧的运砂船上。一般来说，运用射流吸砂船的出砂率在 70%～85%之间。筛网洗砂原理见图 4.1-4。

采砂过程的碎石杂物暂存于船上，在采砂船靠岸检修时，清理到陆上用于建筑回填，不倾倒入海。

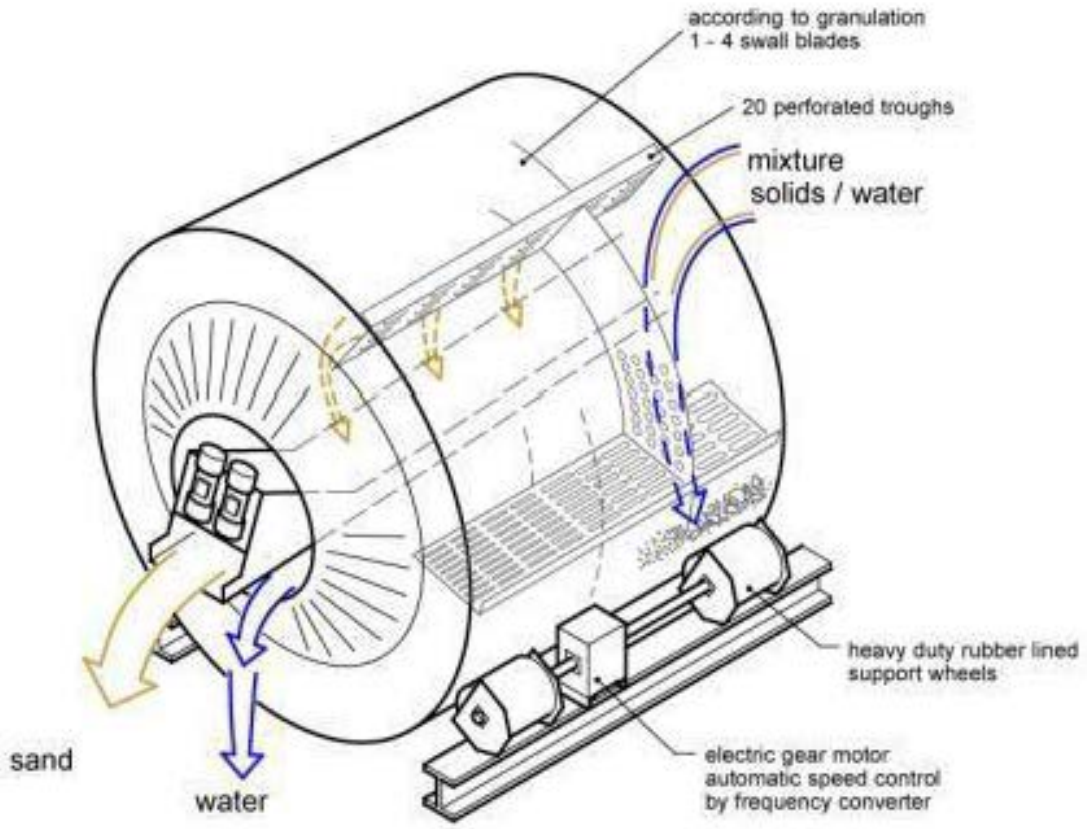


图 4.1-4 采砂船上筛网洗砂示意图

（3）溢流管水底排放工艺

溢流管水底排放工艺过程为：射流泵将混合液体泵入筛网进行过滤水洗，砂粒沉入船舱底部，余水流经船体底部溢流口排出。溢流口径约为 50cm。溢流管水底排放工艺示意图见图 4.1-5。

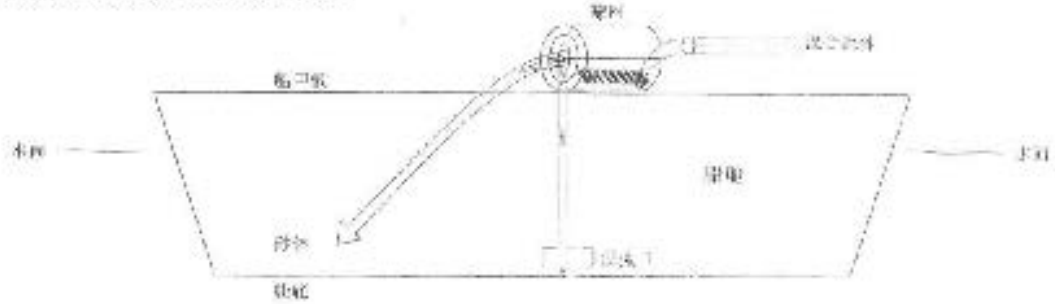


图 4.1-5 溢流管水底排放工艺示意图

（4）开采顺序

本方案设计采用的开采方式为露天水下开采，根据矿体的赋存情况、转运区位置矿山采矿生产能力要求，设计确定开采顺序从北向南，由东向西推进。可根据现场开采情况调整。本矿区矿体平面上呈似矩形，故矿体边界即为露天开采境界的边界。

由于矿区存在两个矿体，V1 矿体基本无盖层，V2 矿体有盖层。为避免 V2 矿体开采后，形成的采砂坑影响临近区域未开采的 V1 矿体，导致其发生边坡坍塌等，因此，根据项目开发利用方案，本项目 V1 矿体和 V2 矿体拟进行逐层开采，拟先开采 V1 矿体，待整个采砂区的 V1 矿体全部开采完毕后，再开采 V2 矿体。

其中，采砂船开采过程的前进方向为：采砂船以 60°～70°左右角度插入矿层，穿过水层和泥层到达理想砂层，吸砂管插入矿层后，先在水平方向移动前进，将整个采砂范围内每次吸沙管可吸深度范围内的矿砂吸出，后再按逐渐加深逐层开采，直至将矿体内矿砂开采完毕。

4.2 工程各阶段污染物排放状况

4.2.1 悬浮泥沙

采砂作业产生的悬浮泥沙主要来自于洗砂过程和吸砂过程。本项目拟采用采砂强度为 1000m^3/h 采沙船进行施工。

4.2.1.1 刚性射流管和吸砂管插入预定砂层过程产生的悬浮泥沙

采砂船利用船的推力和高压射流，把吸砂管插入海床并穿过覆盖层，整个过程约需 0.5 小时。按施工经验估算及广东省已批的《广东省湛江市徐闻东部海域 JH20-05 区块海砂开采海洋环境影响报告书（报批稿）》（广东三海环保科技有限公司，2020 年 11 月），1000m^3/h 高压射流产生的洞口平均约 8m^2。本项目矿体上的平均盖层厚度约为 17.71m，则刚性射流管和吸砂管插入矿体预定砂层过程排出泥沙体积约为 141.48m^3。参考广东省已批的《珠江口伶仃洋海域海砂开采项目海洋环境影响报告书（报批稿）》（中国科学院南海海洋研究所，2017 年 1 月）、《钦州湾外湾 B 区海砂开采海域使用权招拍挂项目海洋环境影响报告书（报批稿）》（浙江大学，2019 年 1 月）及射流式采砂船的实际工程实践经验，泥沙起悬按 15%估算，即 21.252m^3，泥质的干容重按 1.39t/m^3 计算，则单艘采砂船的源强为 16.41kg/s。由于刚性射流管和吸砂管插入预定砂层过程时间较短属于短暂源强，并且影响范围有限，因此悬沙扩散模拟时不考虑。

4.2.1.2 高压射流扰动砂层产生的悬浮泥沙未被吸到船上而随海流扩散的悬浮泥沙

本项目采砂船额定工作效率为 1000m^3/h，采砂过程中为生成充分的混合砂浆，射流功率约为吸砂功率的 1.2 倍左右，根据对采砂船的功率特性分析，高压射流时未被吸到船上的砂水混合物流量为 200m^3/h。

根据工程实践经验，高压射流扰动砂层产生悬浮泥沙量约为流量的5%左右，计算悬沙排放强度为10m^3/h，泥质的干容重按1.39t/m^{3}计算，则每艘采砂船射流扰动底质的源强为3.86kg/s。

4.2.1.3 洗砂环节产生的悬浮泥沙溢流

本工程所需的砂类为细中砂及中粗砂，粒径小于 0.063mm 的泥质在洗砂过程中将随溢流排入海。《广东省揭阳市惠来县靖海湾东南侧海域矿区回填用海砂资源储量核实报告》（浙江华东建设工程有限公司，2021年10月）中的勘测资料，本采砂区内的泥的平均含量约为14.06%。每艘船的毛砂工作效率约为 1000m^3/h 计算，按 80%的淤泥被洗掉，该采砂船洗砂泥质排放强度为112.48m^3/h，泥质的干容重按 1.39t/m^3 计算，则平均每艘采砂船泥质排放源强为43.43kg/s。

4.2.1.4 矿体盖层淤泥细砂崩塌产生的悬浮泥沙

吸沙管移动取沙作业时，矿体盖层淤泥细砂可能会发生崩塌，从而产生一定的悬浮泥沙，但由于本项目拟采用折返式移动回采路线进行采砂，逐层开采深度较小，因此矿体盖层下沉较缓慢，可能发生崩塌产生的悬浮泥沙源强也将较小，本次不进行定量计算。

4.2.1.5 悬浮物源强

根据前述计算结果，单艘施工船舶刚性射流管和吸砂管插入覆盖层过程产生的悬浮泥沙的源强最大约为 16.41kg/s，高压射流扰动砂层产生的悬浮泥沙未被吸到船上而随海流扩散的悬浮泥沙源强约 3.86kg/s，洗砂过程的悬浮泥沙源强为 43.43kg/s，其中由于刚性射流管和吸砂管插入预定砂层过程时间较短属于短暂源强，并且影响范围有限，因此悬沙扩散模拟时不考虑。其中由于刚性射流管和吸砂管插入预定砂层过程时间较短属于短暂源强，并且影响

范围有限，因此悬沙扩散模拟时不考虑。而由于吸砂与洗砂过程同步进行，因此本工程洗砂过程和吸砂过程单艘采砂船的悬浮物合计源强约为47.29kg/s。此外，本项目吸沙管移动取沙作业时，矿体盖层淤泥细砂也可能会发生崩塌，从而产生少量的悬浮泥沙。

4.2.2 船舶舱底含油污水

根据《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018）的船舶舱底油污水水量表，核算项目施工期船舶舱底油污水产生量，见表 4.2.2-1。

船舶油污水的含油浓度为 3000mg/L～6000mg/L 不等，本次评价计为5000mg/L。根据项目组成和施工组织计划，本工程拟采用 6 艘 1000m^3/h 射流式采砂船（单艘吨位 600 吨级）、16 艘 5000m^3/h 皮带运砂船（单艘吨位 1800 吨级）和 2 艘补给船（吨位低于 500 吨级）。其中 500 吨级船舶舱底油污水产生量为 0.14（t/d •艘）；500~1000 吨级船舶舱底油污水产生量为 0.14~0.27（t/d •艘）；500~1000 吨级船舶舱底油污水产生量为 0.27~0.81（t/d • 艘），则本项目施工船舶油污水最大产生量为 9.08t/d，油类污染物产生量为 45.4kg/d。

表 4.2.2-1　船舶油污水产生量

船舶吨级（t）	船舶数量（艘）	舱底油污水产生量（t/d污艘）	油污水产生总量（t/d）
500	2	0.14	0.28
500～1000	6	0.16	0.96
1000～3000	16	0.49	7.84
合计			9.08

施工船舶上设置油水分离器和油污水罐，含油污水及时接收上岸，委托有资质的单位接收处理，严禁向水域排放含油污水。舱底含油污水应严格按照《船舶水污染物排放控制标准）（GB3552-2018）的要求，禁止直接向沿海海域排放油类污染物，经收集上岸后应交由有能力的单位处理。

4.2.3 船舶生活污水

本项目拟投入6艘1000m³/h的采砂船进行采砂，每艘采砂船配备2~3艘3000m^3~5000m^{3}的皮带船（合计16艘）进行运输，根据项目附近采砂项目的实际调研，采砂船船员配置人数为20人/艘，运砂船作业人员配置人数为以10人/艘，补给船以5人/艘计，采砂区每天按6艘采砂船、16艘运砂船和2艘补给船共同作业计算，则本工程作业船舶共有作业人员约290人。参照《水运工程

环境保护设计规范》（JTS149-2018），船舶工作人员生活用水量按 100L/人·d，污水发生量按 85%计，则船舶工作人员生活污水产生量约为24.65m³/d。根据《排水工程》（下册）中典型生活污水中常浓度水质进行估算，则项目船舶工作人员生活污水各特征污染物的产生情况见表4.2-1所示。船舶工作人员生活污水拟经船舶上的生活污水收集设施收集上岸后，由接收单位拉运处理，不得直接排放入海。

表 4.2-1 项目船舶生活污水产生情况统计一览表

污染物	COD_{Cr}	BOD5	SS	氨氮	总磷
产生浓度（mg/L	400	200	220	25	8
产生量（kg/d）	9.86	4.93	5.423	0.616	0.197

4.2.4 大气

本项目施工过程中，产生的大气污染物主要来源于施工船舶产生的废气。本工程水上作业船舶主要为采砂船和皮带船等。这些船舶一般需配备柴油发电机等设施，柴油发电机运行过程中会产生废气等污染。但本项目施工船舶较少，拟申请采砂区处于相对开阔的海域，距离岸线较远，有利于污染物的扩散，因此，施工期船舶废气对周边环境影响有限。

4.2.5 固体废物

4.2.5.1 生活垃圾

本项目船舶工作人员合计约290人，参照《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018），船舶作业人员生活垃圾产生量按1.5kg/•d人计，则本项目船舶生活垃圾产生量为435kg/d。船舶人员船舶生活垃圾拟经分类收集上岸后，由环卫部门清运处理，不得排放入海。

4.2.5.2 碎石杂物

采砂过程的采集到的碎石杂物暂存于船上，在采砂船靠岸检修时由相关接收单位接收处理，不得倾倒入海。

4.2.6 噪声

本项目噪声主要来自船舶施工作业，具有噪声低和流动性的特点，工程处于相对开阔的海域，且近岸居民集中区较远，噪声对周边环境和岛民亦无

污染影响。

4.2.7 污染源强汇总

本项目采砂期间的污染源强汇总见表4.2-2。

表 4.2-2 本项目污染源强汇总表

种类	污染源	发生量	主要污染物	环保措施及排污去向
废水	插管	16.41kg/s	SS	控制采砂范围等
	采砂过程（含吸砂、洗砂）	47.29kg/s	SS	溢流泄水排放通过溢流管进行海底排放，安装拦污栅等
	船舶舱底航油污水	9.08t/d	石油类	经收集上岸后，交有处理能力的单接收处理
	船舶生活污水	24.65m³/d	CODCr:9.86kg/d BOD5：4.93kg/d SS:5.423kg/d 氨氮：0.616kg/d 总磷：0.197kg/d	经船舶生活污水收集设施收集上岸，后由接收单位拉运处理
固废	生活垃圾	435kg/d	卫生清扫物、废旧包装、瓶、罐等	分类收集上岸后，由城市环卫部门清运处理
	碎石杂物	一定量	碎石杂物	收集上岸由相关单位接收处理

4.3 工程各阶段非污染环境影响分析

采砂作业使得所在海区的地形地貌发生变化，进而会导致水动力条件的改变；改变海域的冲淤环境，破坏底栖生物的栖息环境，造成海洋生物群落尤其是底栖生物发生相应变化。根据本工程的特点，工程非污染环境影响主要是：

（1）采砂后采砂区的海床塌陷对海底地形地貌和海床边坡稳定的影响；

（2）对采砂区邻近岸滩地形地貌、岸线的影响；

（3）海床变化对水动力环境的影响；

（4）潮流场改变对附近海域冲淤环境的影响；

（5）采砂作业对海洋生态环境的影响；

（6）采砂作业对周边环境敏感区和主要环境保护目标的影响；

（7）采砂作业对航道稳定性和通航环境的影响等。

4.4 环境影响要素识别和评价因子筛选

4.4.1 环境影响要素的识别

通过对本项目污染物排放状况的分析，本工程海洋环境影响要素的识别判定见表 4.4-1。

表 4.4-1 环境影响要素和评价因子分析一览表

评价时段	环境影响要素	评价因子	工程内容及其表征	影响程度与分析评价深度	报告书中分析评价内容所在章节
施工期	海洋水文动力	潮流	采砂改变海域水文动力条件	+++	7.1
	地形地貌与冲淤环境	地貌演变及冲淤环境变化	采砂作业对作业区地形地貌和冲淤环境的影响	+++	7.3
	海水水质、沉积物	悬浮物	采砂作业过程产生的悬浮泥沙	+++	7.4.1、7.5
		生活污水	来自船舶作业人员	+	7.4.2
		船舶舱底含油污水	来自作业船舶	+	7.4.2
		固体废物	来自船舶作业人员生活垃圾和碎石杂物等	+	4.2.4、7.10
	海洋生态	底栖生物损	采砂作业破坏底栖生境	+++	7.6
		游泳生物	采砂作业产生的悬浮物损害海洋生物生存环境	+++	7.6
		鱼卵仔鱼		+++	7.6
	环境风险	油膜扩散	溢油事故风险	+++	8.5
	通航环境	通航环境及通	运输船舶对过往航道的通航	+	7.8

注 1：+表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为较小或轻微，需要进行简要的分析与影响预测；

注 2：++表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为中等，需要进行常规影响分析与影响预测；

注 3：+++环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为较大或敏感，需要进行重点的影响分析与影响预测。

4.4.2 评价因子筛选

根据本工程主要环境影响要素，所在海区的环境敏感区、环境敏感目标

和主 要环境保护对象，确定其污染要素主要评价因子为：

水质环境现状评价因子为：水温、盐度、pH、溶解氧、悬浮物、化学需氧量、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、活性磷酸盐、挥发酚、硫化物、石油类、铬、铅、镉、锌、铜、汞和砷等。

沉积物环境现状评价因子为：现场描述、粒度、类型、含水率、pH、有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、镉、锌、铬、总汞和砷。

生态环境质量现状分析因子为：叶绿素与初级生产力、浮游植物、浮游动 物、底栖生物、潮间带生物、鱼卵仔鱼、游泳生物、生物体质量（石油烃、铜、铅、镉、锌、铬、总汞和砷等）。

非污染要素主要环境影响预测与评价因子为：海洋生物的损失量、地形地貌之岸线与海底地形的改变、水动力环境之潮流场变化趋势、冲淤环境之泥沙淤积与冲刷趋势等。

5 区域自然环境和社会环境概况

5.1 区域自然环境概况

5.1.1 气象特征

本项目位于揭阳市惠来县，该区域地处亚热带，属亚热带季风性气候，冬半年盛行东北季风，夏半年盛行西南和东南季风，高温多雨。降雨量的年内分配很不均匀，4~9 月约占全年降雨量的 80%以上，夏季受台风影响降雨强度较大。

本次评价以国家气象信息中心提供的惠来县气象站 2001-2020 年气象观测资料统计分析区域气候条件。惠来气象站（59317）位于广东省揭阳市，地理坐标为东经 116.3014 度，北纬 22.9836 度，海拔高度 42 米，距项目最近约 32.7km。惠来气象站(59317）是距项目最近的国家气象站，始建于 1955 年并正式进行气象观测。

根据惠来国家基本气象站 2001-2020 年气象数据，该区域年平均气温 22.6℃，年平均地表温度 25.2℃，年平均气压 1011.2hPa，年平均相对湿度 78.91%，年均降雨量 1807.5mm，年平均风速 2.4m/s。惠来气象站多年平均统计见表 5.1.1-1。

表 5.1.1-1 惠来气象站观测资料统计表

项目		统计值	极值出现时间	极值
多年平均气温（℃）		22.6	/	/
累年极端最高气温（℃）		36.4	2005-07-18	38.4
累年极端最低气温（℃）		5.7	2016-01-25	1.5
多年平均气压（hPa）		1011.2	/	/
多年平均水汽压（hPa）		22.73	/	/
多年平均相对湿度（%）		78.91	/	/
多年平均降雨量（mm）		1807.5	2013-08-18	295.4
灾害天气统计	多年平均沙暴日数（d）	1.37	/	/
	多年平均雷暴日数（d）	45.8	/	/
	多年平均冰雹日数（d）	0	/	/
	多年平均大风日数（d）	2	/	/
多年实测极大风速（m/s）、相应风向		24.44	2013-09-22	37.1ENE
多年平均风速（m/s）		2.4	/	/
多年主导风向、风向频率（%）		ENE18.147	/	/

5.1.1.1 风向及风频统计

根据惠来气象站 2001-2020 年风向风速资料统计，惠来气象站 10 月平均风

速最大，08 月风最小。近 20 年资料统计的风向玫瑰图见图 5.1.1-1，惠来气象站主要风向为ENE 和 NE、E、NNE，占 55.6%，其中以 ENE 为主风向，占到全年 18.4%左右。

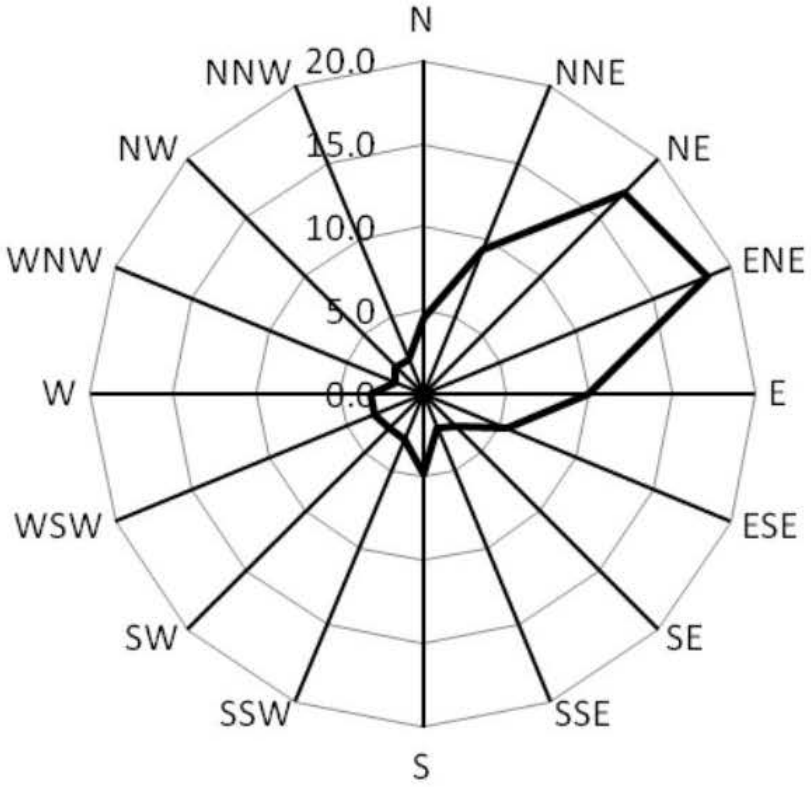


图 5.1.1-1 近 20 年风向频率玫瑰图（%）

5.1.1.2 月平均气温

惠来气象站 07 月气温最高(28.73℃)，01 月气温最低(15.03℃)，近 20 年极端最高气温出现在 2005 年 7 月 18 日(38.4℃)，近 20 年极端最低气温出现在 2016 年 1 月 25 日(1.5℃)。惠来月平均温度见表 5.1.1-2。

5.1.1.3 月降水量、相对湿度、日照时数

惠来气象站 6 月降水量最大(411.97 毫米)，1 月降水量最小(27.33 毫米)，近 20 年极端最大日降水出现在 2013 年 8 月 18 日(295.4 毫米)。惠来气象站 7 月日照最长(250.90 小时)，3 月日照最短(120.28 小时)。惠来气象站 6 月平均相对湿度最大（86%)，12 月平均相对湿度最小(70%)。累年各月降水量、相对湿度、日照时数统计见表 5.1.1-2。

表 5.1.1-2 惠来气象站累年月气象要素统计

月份	平均气温℃	降水量 mm	日照时数 h	相对湿度%
1	15.03	27.33	153.15	73.03
2	15.87	39.23	122.24	76.57
3	18.05	58.98	120.28	76.58
4	21.87	167.96	126.26	80.73
5	25.19	247.97	157.47	83.39
6	27.54	411.97	180.05	86.25
7	28.73	270.82	250.90	83.25
8	28.44	281.85	225.63	83.57
9	27.50	169.18	208.00	79.28
10	24.87	45.91	210.82	73.06
11	21.18	43.97	169.66	73.16
12	16.80	34.35	165.24	69.66

5.1.2 水文资源

惠来县区域河流众多，其中集水面积 100km^2 以上河流有 5 条，分别是龙江河、罗溪河、雷岭水、鳌江河及狮石湖水；100km^2 以下河流主要有 4 条，分别是铭湖溪、溪东溪、大潭河、赤沃水等，均为独流出海。

惠来县主要河流情况见表 5.1.2-1。

（1）龙江河

流经葵潭镇、溪西镇、隆江镇，境内集水面积 357.5km^2，河长 42km，平均坡降 1.63‰，多年平均径流量 15.84 亿立方米，平水年径流量 15.288 亿立方米，

枯水年径流量 9.237 亿立方米。流域内建有大中型水库龙潭、巷口、尖官陂和小型水库共 24 座，总库容 20917 万立方米。

（2）鳌江河

流经东港镇、鳌江镇、岐石镇，境内集水面积 180.5km^2，河长 42km，平均坡降 0.21‰，多年平均径流量 2.93 亿立方米，平水年径流量 2.68 亿立方米，枯水年径流量 1.42 亿立方米。流域内建有小型水库 18 座，总库容 4146 万立方米。

（3）雷岭水

雷岭河与盐岭河并称雷岭水。雷岭河流经华湖镇、神泉镇、东陇镇，境内集水面积 132.3km^2，河长 24.6km，平均坡降 0.37‰，多年平均径流量 4.21 亿立方米，平水年径流量 1.15 亿立方米，枯水年 0.61 亿立方米。

盐岭河流经惠城镇、华湖镇，集水面积 60.1km^2，平水年径流量 0.22 亿立方

米，枯水年径流量 0.18 亿立方米。

雷岭水流域内有中型水库蜈蚣岭、镇北和小型水库共 21 座，总库容 8663 万立方米。

（4）罗溪河

罗溪河流经隆江镇、惠城镇，集水面积 197km^2，河长 49.2km，平均坡降 3.54‰，多年平均径流量 2.02 亿立方米，平水年径流量 0.68 亿立方米，枯水年径流量 0.36 亿立方米。流域内建有大中型水库石榴潭、船桥及小型水库共 41 座，控制面积 208.18km^2，总库容 19963 万立方米。

（5）狮石湖水

流经靖海镇、周田镇、仙庵镇，集水面积 192.6km^2，河长 27.7km，多年平均流量 1.38 亿立方米，平水年径流量 1.04 亿立方米，枯水年径流量 0.55 亿立方米。流域上建有中型水库顶溪、葫芦潭和小型水库共 23 座，总库容 5766 万 m^3。

表 5.1.2-1 惠来县主要河流情况表

河流名称	流经镇	汇水面积（km^2）	主河道长度（km）	多年平均流量（m^3/s）	平均坡度（‰）
龙江河	葵潭镇、溪西镇、隆江镇	357.5	42	15.84	1.63
鳌江河	东港镇、鳌江镇、岐石镇	180.5	42	2.93	0.21
雷岭河	华湖镇、神泉镇、东陇镇、惠城镇	192.4	24.6	4.21	0.37
罗溪河	隆江镇、惠城镇	197	49.2	2.02	3.54
狮石湖水	靖海镇、周田镇、仙庵镇	192.6	27.7	1.38	

5.1.3 区域地质背景

勘查区位于粤东中部近海区域，构造上属华南准地台。在元古代震旦纪本区域是一片大海，寒武纪早期，北半球出露华夏古陆，本区域就位于华夏古陆的南端。到中生代侏罗纪与白垩纪之间，发生了剧烈的燕山期地壳运动，形成了大小不等的背斜褶皱和向斜褶皱，伴随着大规模的岩浆岩侵入，出露了以西东走向为主的山地和丘陵。本区域沿海地带也由原来的深海上升为浅海，在历经数百万年的冲积从而形成滨海平原。燕山运动的结果基本上构成了本区域现今的地层基础和地形概貌。

5.1.3.1 地层

本区域出露地层主要有中生界三叠系上统、侏罗系下统、侏罗系上统和新生

界第四系晚期沉积物；其地层由老到新分述如下：

上三叠统小坪组（T_3x）：海湾沼泽相，碎屑岩建造。出露于惠来县葵潭镇、青山乡及镇大山西北麓等的部分区域。岩性为粉砂质页岩与粉砂岩、砂岩互层夹薄煤层。具类复理石韵律，含植物化石和瓣鳃类化石。

下侏罗统金鸡组（J_1j）：以浅海为主碎屑岩建造，与上三叠统整合接触。按岩性、沉积韵律和化石群，划分为下、中、上亚组。①下亚组，分布广，主要出露在惠来县西部和揭西县灰寨等地。为厚层状粉砂、泥质粉砂岩、长石石英砂岩、粉砂质页岩，含植物化石碎片，偶夹薄煤层。②中亚组，仅见于惠来县石榴潭水库。为薄层～叶片状泥质粉砂岩、粉砂质泥岩夹厚层状细粒长石石英砂岩，含丰富动植物化石。③上亚组，出露与惠来县葵潭镇部分区域，地层岩性为石英砂岩与泥质粉砂岩互层，夹页岩或薄煤层。

中侏罗统漳平群（J_2z）：在惠来县石榴潭水库一带零星出露。为内陆河湖相的酸性火山碎屑岩～红色砂页岩沉积建造，与下伏金鸡组整合接触。

上侏罗统高基坪群（J_3gj_2）：属粤东沿海火山岩带的一部分，为陆相中酸性火山岩建造，呈喷发不整合於下伏地层之上，按岩性分上、下两段。①下段：出露于惠来县何林乡、青山乡等地，岩性为流纹斑岩、凝灰质流纹斑岩、熔凝灰岩、凝灰岩、凝灰角砾岩夹流纹英安质凝灰熔岩及熔接凝灰岩。②上段：广泛出露于潮安县、湘桥区和饶平县北部以及惠来县，普宁市一带，岩性复杂，主要由熔岩，火山碎屑岩互层，夹砂、页岩，含动植物化石。

白垩系下统官草湖群（Kg）：出露在揭西县官草湖～龙颈水库一带。以火山碎屑物为上的红色火山湖泊相的碎屑岩建造，厚 385 米以上，与下伏高基坪群不整合接触。

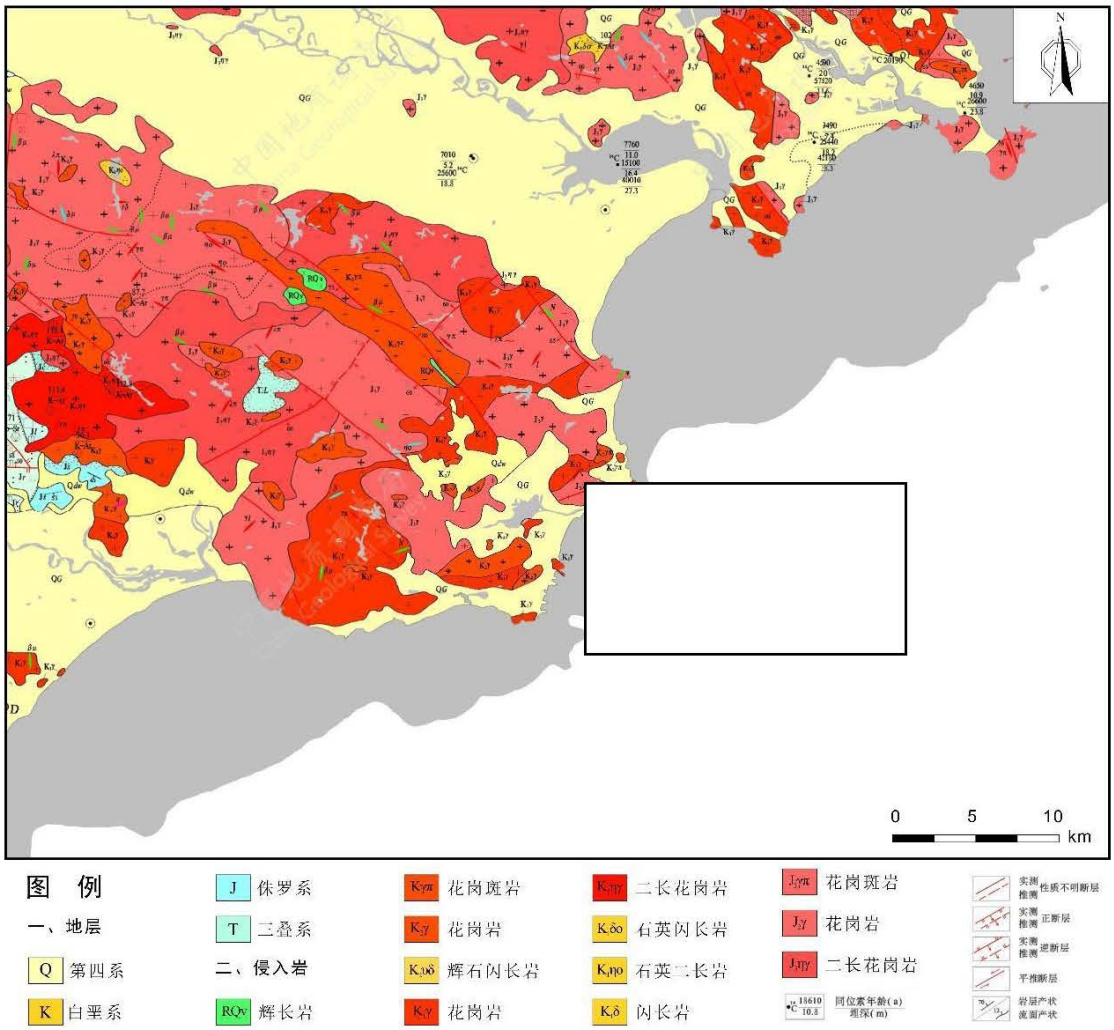


图 5.1.3-1 勘查区及其周围地区地质图（据广东省海岸带自然资源图集）

第四系更新统下组（Qb^{al}）：河流沉积物，分布于惠来县葵潭镇涂墙墩、土角寮村一带，主要为砾石和砾砂。

第四系更新统中组（Qc^{al}）：河流沉积物，分布于惠来县葵潭镇的灰寨村、祠堂村、葵潭与吉镇一带；东港镇的东港村、石门村、圆山村；以粘土质砂、砾石和砂砾为主。

第四系更新统上组（$Qd^{al+ml+mal(ma)}$）：主要以河流、潟湖、三角洲、港湾式、海相沉积物为主。其中河流沉积物分布于岐石镇、周田镇、仙庵镇、溪西镇、隆门镇、华湖镇等地；以砂质粘土、粘土质砂和砂砾为主。潟湖沉积物主要分布于东港镇、鳌江镇、岐石镇、神泉镇、前詹镇、周田镇、靖海镇、仙庵镇等地；并以砂质粘土、砂、砾砂为主。三角洲沉积物主要分布于神泉镇松柏岗西南面；并以砂质粘土、砂、砂砾夹泥炭土为主。港湾式沉积物分布于隆江镇、南海乡、东陇镇等地；并以粘土、砂质粘土、砂砾夹泥炭土为主。海相沉积物分布于南海乡

南侧沿海、前詹镇、靖海镇、仙庵镇等地沿海区域，以粘土和中细砂为主。

第四系全新统（$Qe^{ml+ma(aa)+eal}$）：潟湖、港湾式和风成沉积物；潟湖沉积物分 布于惠来县岐石村西南面及览表村；并以污泥、污泥粉砂为主。港湾式沉积物分 布于神泉镇、靖海镇等地，以污泥、细砂、砂夹泥炭土为主。风成沉积物分布于 南海乡、前詹镇、靖海镇、仙庵镇等地部分区域，沉积物以粉砂、细砂、中细砂 为主。

5.1.3.2 构造

（1）断裂构造

勘查区位于东亚新华夏系构造带第二复式隆起带的东南侧和南岭东西向构造带南部东段交接带的西南端。地质构造属华夏准地台，中生代以来，构造及岩浆活动强烈，构造线北东向、北西向构造强烈，共同组成断块构造格局。

莲花山断裂带（1）粤东沿海最大断裂带。北起大埔，南及深圳，呈北东近45°展布，在广东省内延伸 360km，宽 20~40km。该断裂带是一条强烈的挤压破碎带，由 120 多条断裂所组成。断裂切断由侏罗-白垩系组成的官草湖向斜，使上三叠统小坪组沿其分布并成为其构造破碎带。沿断裂有揭西汤埔热泉等地热点出露。

普宁~潮州断裂带（2）自饶平、潮州经揭阳、普宁、葵潭至海丰入南海，全长 210 公里，宽数公里。总体走向北东 40°~45°，汕尾以南，倾向南东，倾角55°~65°；揭阳~洪阳地段，倾向北西，倾角 45°。沿断裂带花岗岩强烈压碎，洪阳西侧糜棱岩化、硅化等，宽达数百米。

惠东~汕头断裂带（3）由钱东、汕头经惠城入南海，总长 140 公里。穿切揭阳市南东隅，走向北东 30°~50°，倾向南东，倾角 65°~75°，大部分被第四系覆盖。

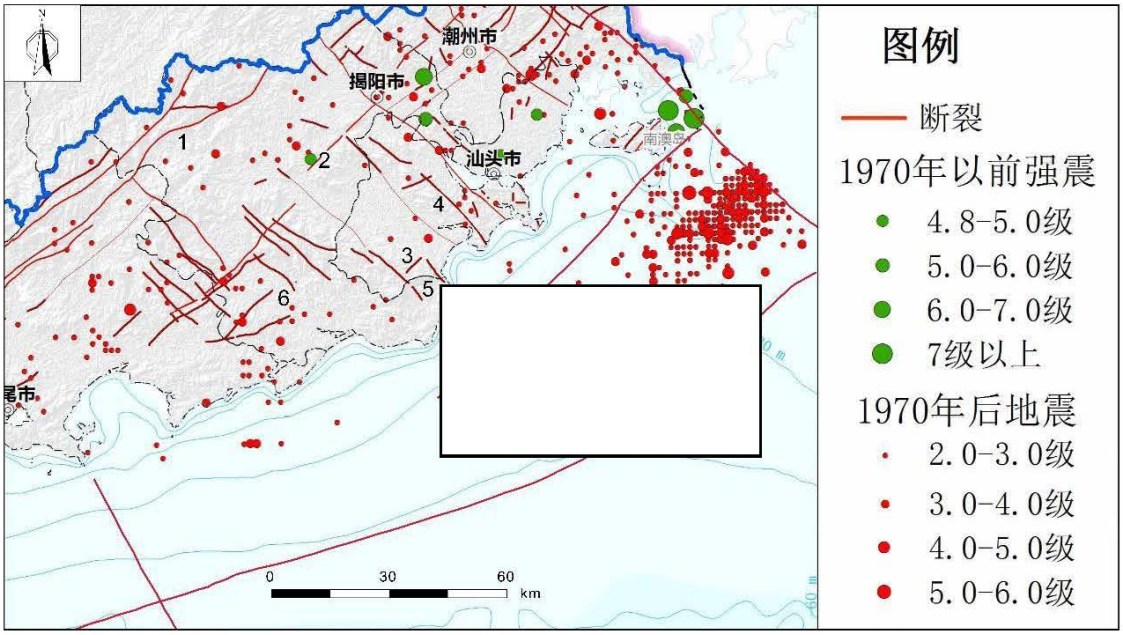


图 5.1.3-2 勘查区周围地区断裂构造和地震等级分布图（据广东省海岸带自然资源图集）

榕江断裂（4）由汕头牛田洋经榕城至汤坑，沿榕江河谷带发育，总长约 70 公里。走向北西 320°。沿断裂带有 11 处热泉出露，且呈北西线性分布。

练江断裂（5）分布于普宁、潮阳两英一带练江平原区，总体走向约北西 320°，其南西盘为同走向的低山丘陵带，其北西则为练江平原，地貌反差明显。下架山汤坑、果陇下尾及流沙人工钻井打出热泉水等一批热泉，大体沿断裂带分布，水温稳定于 46℃~49℃之间。

龙江断裂（6）沿惠来县南西边缘隆江、青山、汉塘一带分布，大体与龙江平行，呈北西 48°方向展布，倾向北东，倾角 65°，延伸约 35 公里，北东段断裂通过燕山晚期二长花岗岩，上侏罗统火山岩、下侏罗统砂页岩。南东段被第四系沉积层所覆盖。该断层与龙江平行，并且横切潮阳~普宁断裂以及钱东~汕头~惠来断裂，反时针方向扭动，平行距离约 0.5~1.8 公里。

南澳断裂（7）发育在勘查区北东侧，主干断裂南起广东惠来靖海、南澳，终至浙江沿海，全长约 500 公里；整体走向在北 50°~50°东，倾向东南，倾角 40°~70°。断裂的左旋压剪性特征明显，距本场区约约 6 公里。

滨海断裂（8）发育在南海北部滨海，自东北部的南澎列岛延伸至西南部的北部湾涠洲岛，大体上沿 30~50m 水深线展布，大致与东南沿海岸线平行。

（2）褶皱

在地质历史上，广东沿海和近海经历了多次构造运动的影响，场区所在的汕

头海区处在华南构造体系中，属于华南褶皱系（一级大地构造单元）的一部分。自加里东运动以来经历多期次强裂构造活动，区域性的褶皱断裂相当发育。

新丰～军埠～大南山复式褶皱：位于饶平～普宁一带，呈北东～北北東向断续延伸，由新丰向斜、尖石顶向斜，军埠向斜、大南山向斜等近 10 条短轴褶皱组成，单个褶皱长 10～35 公里，最长达 40 公里。形成时代为晚三叠世～侏罗纪。

潮安～饶平东西向褶皱：由开阔式不对称背斜和向斜组成，如赤凤向斜、平林背斜、田东河向斜和洋饶岭背斜等，单个长 10～20 公里，形成时代为晚三叠世～侏罗纪。

揭西官草湖断陷盆地：夹持于莲花山深断带东、西断裂束之间，北北东向延伸，面积近 300 平方公里。由下白垩纪官草湖群组成倾角平缓的简单向斜构造。

5.1.3.3 岩浆岩

勘查区周围岩浆活动十分活跃，侵入岩极为发育。中生代白垩纪期间，由于燕山运动，中部至东部有多处岩浆岩侵入；在新生代，喜山运动，又有一处岩浆岩侵入。

燕山期第三次侵入岩：主要为二长花岗岩，细粒、中粒或粗粒黑云母花岗岩和补充期细粒黑云母花岗岩。其中，二长花岗岩主要分布于惠来县溪西镇、东埔农场、华侨农场、鳌江镇、隆江镇、河林乡、惠城镇、东陇镇和华湖镇等地。细粒、中粒或粗粒黑云母花岗岩主要分布于青山乡、隆江镇、华湖镇、神泉镇、前詹镇、周田镇、仙庵镇、靖海镇及沿海的部分区域。补充期细粒黑云母花岗岩主要分布于河林乡至双过年山一带；惠城镇北山水库北侧延至老虎伸腰山，东侧延至华湖镇一带。

燕山期第四次侵入岩：主要为闪长岩、石英闪长岩、细、中、粗粒黑云母花岗岩、补充期细粒黑云母花岗岩。其中闪长岩主要出露于河林乡牛拖东部。石英闪长岩主要出露于华侨农场真武山南麓和周田镇杭美村一带。石英二长岩出露于周田镇葫芦潭水库与水磨潭水库之间；靖海镇和仙庵镇也有部分区域出露。细、中、粗粒黑云母花岗岩主要出露于葵潭镇、鳌江镇、岐石镇、东埔农场、溪西镇、隆江镇、东陇镇、前詹镇、周田镇、仙庵镇和靖海镇等地。而补充期细粒黑云母花岗岩主要出露于岐石镇、前詹镇、周田镇、靖海镇和仙庵镇等的部分区域。

燕山期第五次侵入岩：主要为花岗斑岩、花岗岩和石英斑岩。花岗斑岩主要

出露于葵潭镇、惠城镇、华湖镇、靖海镇、仙庵镇、周田镇等区域。花岗岩主要出露于葵潭镇、青山乡、东港镇、华湖镇、仙庵镇等的部分区域。石英斑岩主要出露于葵潭镇、河林乡和隆江镇等的部分区域。

新生代喜山期侵入岩：以辉长岩为主，分布于靖海镇笕箬山，岩体多为第四系沉积物所覆盖，基岩出露约 0.5 平方公里，隐伏部分较大。此外还有两个中生 代未分期的岩体：五龙山岩体，主要岩性为闪长玢岩，出露于东港镇的五龙佳山； 望前山岩体，岩性为辉长岩，外有时代不明的闪长玢岩，出露于仙庵镇排角港。

此外，勘察区地层中还有时代不明的花岗斑岩、石英斑岩、闪长玢岩及岩脉零星出露。

5.1.4 自然灾害

5.1.4.1 热带气旋

根据《台风年鉴》《热带气旋年鉴》及相关统计资料，1949~2017 年期间，登陆广东沿海的台风达 238 次，其中在惠来县登陆的有 14 个。热带气旋 8、9 月出现最多，1 月至 3 月没有热带气旋影响本海域，1949 年~2014 年期间，热带气旋登陆时达到超强台风的有 29 个，强台风 29 个，台风 37 个，强热带风暴 36 个。

1949~2017 年期间，对项目附近海域最具影响的热带气旋有 12 个，遮浪海洋站记录的风速均在 33m/s 以上，分别是 6903、7908、8819、9009、9509、0104、0313、0601、0812、1319、1622 和 1713 热带气旋。

7908 号台风是建国以来登陆广东省台风中较强的一次西太平洋台风，其特点是：风力强、范围广、移速快。1979 年 8 月 2 日 13～14 时，7908 号台风在广东省深圳市沿海登陆，登陆时中心风速达 55m/s，中心气压 925hPa（资料来自上海台风研究所），1979 年 8 月 1 日 24 时～2 日 12 时，神泉镇渔港海域平均风力 12 级以上（遮浪海洋站 1979 年 8 月 2 日实测风速 61m/s，风向东北），8 级以上大风时间持续 24 个小时，12 级大风时间持续 12 个小时。

0104 尤特(Utor)，于北京时间 2001 年 7 月 1 日 14 时生成于北纬 7.2 度,东经 138.5 度，生成时的中心风速 15 米/秒,中心气压 1000 百帕；3 日 8 时加强为强热带风暴，20 时加强为台风。该台风以较稳定的西北方向穿过巴林塘海峡进入南

海北部，最后于 7 月 6 日早上 7：50 在广东海丰至惠东之间沿海登陆。

1319 超强台风天兔（Usagi）是 2013 年全球最强热带气旋，气象部门均评定天兔接近中心最高持续风速达每小时 200 公里或以上；9 月 15 日，一个低压区在菲律宾东北部海面上形成。9 月 17 日早上升格为热带风暴，9 月 18 日，天兔将东南方的云带卷入中心附近，使得中心得以巩固。早上 8 时 45 分升格为强热带风暴。晚上 8 时升格为中度台风。9 月 19 日，天兔急剧增强，下午 1 时开始，天兔发展出一个完整而细小的风眼。下午 9 时 25 分把天兔进一步升为超强台风。9 月 20 日，天兔采取西北偏西路径，并加速至每小时 18 公里。天兔强度在上午达到颠峰，中午时分开始发展“双重眼壁”现象，导致天兔稍作减弱。9 月 21 日，天兔向西或西北偏西移动，穿越吕宋海峡，并进入南海东北部。22 日 19 时 40 分登陆广东汕尾。

1622 号强台风“海马”，2016 年 10 月 16 日下午 2 时由强热带风暴级加强为台风级，10 月 21 日 5 时台风海马位于惠东县南偏东方大约 230 公里的南海东北部海面上，21 日 12 时 40 分在汕尾市鲘门镇沿海地区登陆，登陆时中心附近最大风力 14 级（42m/s），受其影响广东全省倒塌房屋 327 间，严重损坏房屋 2749 间，农作物受灾面积 17．8 万公顷，惠州市渔业养殖场受损面积 6069 亩；汕尾市损坏堤防 59 处 8160 米，损坏护岸 51 处，损坏水闸 21 座，损坏水利设施 179 处。

1713 号超强台风“天鸽”，2017 年 8 月 20 日 14 时，在西北太平洋洋面上生成。之后强度不断加强，8 月 22 日 8 时加强为强热带风暴，15 时加强为台风。8 月 23 日 7 时加强为强台风，一天连跳两级，最强达 15 级(48m/s，年鉴中修改为 16 级，52m/s)，12 时 50 分前后以强台风级(14 级，45m/s)在中国广东省珠海市登陆。为 2017 年以来登陆中国的最强台风。

5.1.4.2 地震

勘察区按地震活动划分，属于东南沿海地震带。地震主要是发生在断裂构造带的交汇及拐弯部位。通过揭阳市的断裂构造主要有北东向的泉州~汕头断裂带、莲花山断裂带和北西向的汕头~兴宁断裂带、榕江断裂带等，榕江三角洲是地震极易发生地区。1992~2004 年的 13 年间，揭阳市境内发生有感地震 6 次。即 1994 年 9 月，台湾海峡（23.0°N，118.5°E）发生 7.3 级地震，波及勘察区。1995 年 8

月，梅州市五华县 4.2 级震群及 11 月丰顺县 4.7 级震群。1997 年 5 月，揭阳市龙潭镇（23.5°N，115.9°E）发生 3.8 级地震；同月，大南山华侨管理区发生 3.2 级地震。1999 年 9 月，台湾省南投县（23.7°N，121.1°E）发生 7.6 级地震。2000 年 9 月，揭东县砲台镇（23.4°N，116.53°E）发生 3.3 级地震。此外，2016 年 10 月 25 日，勘查区东南侧（22.98°N，116.65°E）发生 3.3 级地震，震源深度 21 公里，宏观震中烈度 44。

根据《中国地震烈度区划图》，勘察区邻近陆域为VII度区。据《中国地震动峰值加速度区划图》（GB18306-2001），工程区地震动峰值加速度为 0.40g，地震动反映谱特征周期为 0.15s，相应地震基本烈度为VII度。

5.2 区域海洋资源概况

5.2.1 港口资源

揭阳市所属港口分为榕江港口及惠来沿海港口。揭阳港现有各类泊位 48 个，目前仅惠来电厂的 1 个码头泊位为 7 万吨级，其他有 16 个 3000 吨级泊位，5 个 5000 吨级泊位，年吞吐能力 1040 万吨，码头使用岸线总长 3282m。惠来沿海港区大部分的外海优良岸线尚未有效开发，岸线资源闲置。

揭阳港的货物运输目前主要集中在榕江港区，约占揭阳港吞吐总量的 70%。有 3000-5000 吨级的小型油气码头泊位，主要包括炮台搬运码头、天鹅山油码头、青屿油库码头等，但布点分散，港口建设基本处于自发状态，规模小、设备落后，未能形成明显的分类港区。地都渔港是渔业专用港口，位于榕江潮道，呈东南—西北走向，港池面积 13 万 m^2，占用岸线 390m。

现揭阳市规划在惠来沿海建设南海作业区、神泉作业区、前詹作业区、资深作业区、靖海作业区等 5 个作业区。惠来县自 1984 年起就通行港澳的物资装卸点——靖海港、神泉港、澳角和资深等小型渔港，但由于港口规模小且分散、设施落后、船舶老旧等原因，未能有效发挥该区域的航运条件。这些渔港港池共可供避风渔船 3300 艘，在神泉渔港、靖海渔港和资深渔港港区附近共有修造船厂 12 家，机修厂 24 家，制网厂 13 个，此外，还配套有冷库和制冰厂等服务设施。

神泉渔港为国家一级渔港，是一个综合港，港池面积约 315 万 m^2，其中渔业港区面积 58 万 m^2。靖海渔港既是渔港又是对外装卸口岸，港池面积 48.8 万

m^2，岸线长度 7300m，分南北侧岸线，港区渔业生产及后勤区、油库区、城镇发展及公园绿化区，占地面积 27.5 万 m^2。资深渔港是渔业专用港，港地面积 7 万 m^2。近年来，资深港得到整治，其应有功能逐渐得到恢复。资深港区岸线东岸从东护岸向东 10m；北岸从北护岸向北 10m；西岸从西护岸向西 10m。水域范围包括港口南岸防浪堤、东防浪堤以内的全部水域。

5.2.2 航道资源

根据《揭阳港总体规划》，揭阳港惠来沿海港区航道规划有神泉作业区航道、前詹作业区航道和靖海作业区航道。

神泉作业区航道：规划进港航道到 2020 年通过航道整治使航道等级达到 5000 吨级航道，可通航 5000 吨级的船舶。航道设计尺度为：按单向航宽设计，宽度为 100m，通航水深为 8.8m，轴线方位角 000°～180°。

前詹作业区航道：西侧采用独立进港支航道，航道轴线走向 000°～180°，航道长 2340m，航道宽度 345m，通航水深 15.5m。东侧航道分为主航道和支航道。主航道是整个作业区的公共航道，方位角为 027°26′39"～207°26′39"，主航道分期实施，近期航道按满足 7 万吨级散货船单向进出港进行设计，航道宽度为 151m，通航水深为 16.0m；远期按满足 15 万吨级散货船单向进出港设计，航道宽度 204m，通航水深为 19.8m。进入东港池的支航道长 1465m，方位角为 054°51′55"～234°51′55"，设计参数与主航道相同。

靖海作业区航道：规划区域设两条航道。其中北港池（一、二期工程）航道规划近期按满足 10 万吨级散货船单向乘潮进出港设计，航道宽度 202m，通航水深为 16.3m，航道方位角 348°～168°。根据地质情况，港池水域疏浚至满足 15 万吨级船舶作业条件下，因此，北港池配套的航道按满足 15 万吨级散货船单向乘潮进出港进行规划，航道宽度 219m，通航水深为 20.0m。三期工程形成的南港池配套航道按满足 30 万吨级散货船单向乘潮进出港设计，航道宽度 273m，通航水深为 25.2m，方位角为 348°～168°。

5.2.3 锚地资源

根据《揭阳港总体规划》，揭阳港惠来沿海港口规划有 5 个锚地，分别为海门湾锚地、惠来石化锚地、靖海锚地、前詹锚地、澳角锚地，锚地见表 5.2.3-1。

表 5.2.3-1 惠来沿海港口锚地规划表

名称	地理范围	地理坐标		功能	设计水深（m）	底质	面积（km²）	备注
		东经	北纬					
海门湾锚地	坐标点为圆心，半径2km海域	116°36′50″	23°03′18″	候泊	18	淤泥、岩石底	12.56	保留
惠来石化锚地	北炮台西南部海域	东至：116°37′28″ 西至：116°35′05″	南至：23°01′55″ 北至：23°04′02″	候泊	18	淤泥、岩石底	12.56	新增
靖海锚地	坐标点为圆心，半径1.5km海域	116°33′11″	22°56′58″	候泊	27	泥底、沙底	7.06	新增
前詹锚地	坐标点为圆心，半径1.5km海域	116°24′33″	22°53′35″	候泊	18	泥底	7.06	新增
澳角锚地	坐标点为圆心，半径1.0km海域	116°19′21″	22°55′59″	候泊	9	沙底、岩石底	3.14	保留

注： 表格中坐标采用 1954 年北京坐标系。

中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程正在建设，规划有三个锚地，即中委 5000 吨级产品码头锚地、中委 5 万吨级产品码头锚地和中委 30 万吨原油码头锚地。

粤东液化天然气项目一期工程建设粤东 LNG 码头锚地；广东惠来电厂项目规划建设惠来电厂煤码头锚地。

5.2.4 海岸线资源

惠来沿海岸线长 109.5km，沿海岸线已建港口较少，主要有神泉、靖海作业区等。神泉湾像一个半月形的浅海湾，由于龙江河改道入海，神泉湾没有龙江河水冲刷，现在处于严重淤积状态；靖海湾呈半耳形海湾，等深线稳定，10m、20m 等深线都离岸线较近，水上少礁盘，但地质条件比较复杂，上部覆盖第四纪海相沉积物主要由淤泥、淤泥质土、粘性土、砂性土交互层，土层变化较大，层位与土层的性质不稳定，厚薄不均，土层连续性差。下部为燕山晚期入侵花岗岩残积土，花岗岩强风化层，岩面变化较大；惠来沿海岛屿众多，暗礁和浅滩零星分布，大部分岸线比较平顺，深水岸线较长且近岸，有多处是天然的避风港，是建港的优良海湾。沿海岸线大部分面向开敞的外海，如建港则需要建设防波堤，港寮湾

及附近岸线虽有掩护，但礁石也较多，如果建港需勘察好地形，合理清礁。

根据《揭阳港总体规划》，揭阳港惠来沿海岸线从西到东，从南到北，利用规划如下：

1.南海段岸线，长 7.0km。本段岸线顺直，岸线未开发，陆域宽阔平坦，少居民区，10m 等深线离岸近，后方可建设工业园区，该段岸线主要用途是建设临海工业码头、通用泊位和油品码头。规划为港口岸线。

2.上村到盐岭河口段岸线，长 3.9km。该段岸线的水域有澳角锚地，岸线顺直，岸线未开发，可建造码头作为南海段岸线的功能延长线。留作港口预留岸线。

3.盐岭河下游右岸段岸线，其岸线长 1.3km，该段岸线河面较有限，规划为自然岸线。

4.盐岭河下游左岸段岸线，长 2.8km，该段岸线未开发。本段处于神泉湾内，目前有淤积，但以后有条件改善水深，可建设通用泊位、散杂泊位，规划作为港口预留岸线。

5.神泉作业区段岸线，长 2.5km。其中已利用岸线 81m，所处位置属优良天然避风港，可建设通用泊位、散杂泊位，规划为港口岸线。

6.神泉作业区外堤段岸线，长 2.7km。因为该段岸线已经建有防波堤，陆域狭窄，所以保留现状，留作自然岸线。

7.澳角段岸线，长 1.0km。岸线未开发，从远期码头发展考虑，本段岸线可作为神泉段码头的发展延长，并延续岸线功能，规划为港口预留岸线。

8.澳角至东坑仔段岸线，长 3.7km。根据城市景观发展需要，规划作城市景观岸线。

9.东坑仔至前詹段岸线，长 5.7km。该段岸线后方陆域平坦开阔，岸线未开发，水上风浪不大，水深足，水文条件较好，不失为建港的优良岸线，该段岸线主要功能是建设 LNG 泊位、通用泊位和散杂货泊位。规划为港口岸线。本项目位于该段岸线范围内。

10.前詹至港寮湾岸线，长 7.5km，该段岸线在港寮湾内及附近，有港寮湾作为天然的避风港，湾内有礁石，除此之外，该段岸线附近存在环境敏感区，故本段岸线规划为自然岸线。

11.石碑山至资深段岸线，长 5.2km。该段岸线未开发，岸线离深水 20m 等

深线较近，可建大型港口码头（如 10 万吨以上的集装箱码头、30 万吨以上的油码头），此外岸线功能还包括通用泊位，规划为港口岸线。

12.资深至靖海湾岸线，长 2.4km。该段岸线风景优美，海域开阔，海水基本没有污染，是旅游、休闲、度假的好地方，故规划为旅游岸线。

13.靖海湾西岸线，长 2.4km。该段岸线较顺直，岸线未开发，海域开阔，是位于靖海湾内的一段岸线，靖海湾属优良的天然港湾，本段岸线功能主要是通用泊位和散杂货泊位，规划为港口岸线。

14.靖海湾东岸线，长 5.0km，已开发利用岸线 415m，该段岸线水域水深条件好，局部岸线自然水深已达-10m，-10～-15m 等深线距岸线仅 1km，其水深条件、陆域及集疏运条件较好，建港地质条件良好，是深水良港的理想港址。现惠来电厂一期 7 万吨级码头已建成投产，本段岸线功能主要是通用泊位和散杂货泊位，此段岸规划线规划为港口岸线。

15.客鸟尾北段岸线，长 6.2km。该段岸线顺直，岸线未开发，少礁石，水深大于 10m 的海域离岸线近，属于深水岸线，可供建设深水码头。《揭阳市海域开发利用总体规划》在该处规划有靖海作业区预留区，故本段规划为岸线港口预留岸线。

16.客鸟尾以北至乌屿段岸线，长 3.3km。本段岸线顺直，自然环境优美。受风浪影响比较大。故规划本段岸线为自然岸线，并保留原有的水产养殖区。

17.仙庵南段岸线，长 1.4km。本段岸线陆域宽阔平坦，岸线未开发，已建和规划中有多条高速公路和公路干道，道路交通四通八达，货物运输方便、快捷，可为港口的发展提供有利的条件。水深条件好，深水等深线近岸，并且有一定的天然的掩护，是优良的港口岸线，本段岸线的主要功能是货运码头为主兼顾通用泊位。故本段岸线规划作港口岸线。

18.仙庵北段岸线，长 1.5km。本段岸线地势平坦，规划作为自然岸线。

5.2.5 矿产资源

揭阳市已找到的矿产 35 种，矿产地 237 处，其中地质勘查程度较高的，有一定探明储量的矿产 29 种：能源矿产 2 种，矿产地 17 处；金属矿产 13 种，矿产地 65 处；非金属矿产 12 种，矿产地 78 处；水气矿产 2 种，矿产地 16 处。储量规模达中、大型的矿产 9 种，矿产地 19 处。矿产地的储量规模以小型为主，

规模达到中型以上的有 13 处。

金属矿产：有开采价值的主要有钛铁矿、铜、铅、锌、锡、稀土等，其中稀土矿和铜矿属本市优势矿产，稀土矿有矿产地 2 处，主要分布在揭西县五经富镇和产业园区龙尾镇、揭东区新亨镇，其中规模达大型 1 处，中型 1 处，探明总资源储量 18.9 万吨（重稀土氧化物），约占全省的 22.34%；铜矿矿产地 10 处，主要分布在揭西县、惠来县和普宁市等地，探明资源储量 13.5 万吨。

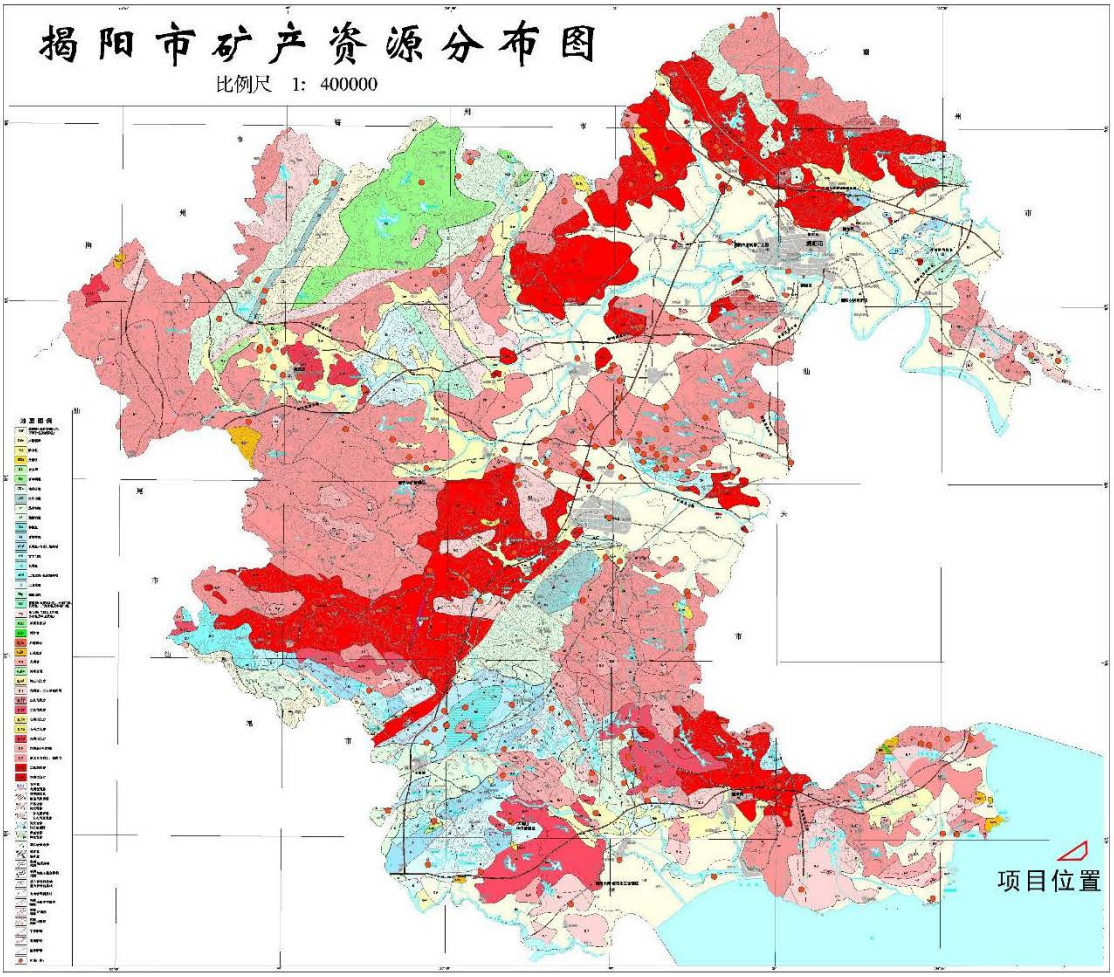


图 5.2.5-1 揭阳市矿产资源分布图

非金属矿产：开采价值较大的主要有建筑用花岗岩、饰面用花岗岩、钾长石等。建筑用花岗岩分布广、资源丰富，矿产地 29 处，累计探明资源储量 1.19 亿立方米。揭东区莲花山饰面用花岗岩，探明资源储量 1789 万立方米，规模大型，属中、低档饰面板材。矿泉水水源地 7 处，其中规模达中型的 1 处，小型的 6 处，分布在榕城区、揭东区、揭西县和普宁市等地。

勘查区近岸惠来县矿产资料种类较少，截止 2019 年底，全县辖区范围内，矿产 18 种，其中金属矿有金、银、铜、锡、铝、锌、钨、钴、铬镍、钛铁矿、

锆英石；非金属矿有黄铁矿、毒砂矿、高岭土、花岗岩、饰面花岗岩；能源矿有煤、泥炭。惠城镇后洋村钟丘洋有含铜多的金属矿，探明铜矿资源量 11.3 万吨，伴有铅锌矿和银矿，可以综合回收利用，是优势矿产之一。神泉图田村一带锆英石、钛铁矿有一定规模储量。全县范围内建筑用花岗岩储量比较大。惠来县沿海一带有丰富的矿产资源，其中花岗岩、瓷土、高岭土、钨锆砂、石英砂等，都具有开采价值。其中，靖海海湾石钛铁矿为滨海沉积钛铁砂矿床，钛铁矿含量达到 24-88kg/m^3，同时独居石、锆英石含量均达到工业要求，矿床分布广，沿海岸带分布延长 10 千米以上。

5.2.6 自然保护区

（1）揭阳市海龟、鲎市级自然保护区

“揭阳市海龟、鲎市级自然保护区”位于惠来县附近海域。保护区地理坐标为 116°26′0″E/22°55′59″N ， 116°29′0″E/22°56′0″N ， 116°26′0″E/22°54′26″ ， 116°29′0″E/22°55′35″N 的四点连线范围。保护区总面积约为 934.6 公顷。保护对象为海龟、鲎及其生境，为市级野生动物海洋保护区。项目最近距该保护区约 10.8km。

（2）揭阳市龙虾市级自然保护区

“揭阳市龙虾市级自然保护区”位于惠来县附近海域。其地理坐标为 116°26′1″E/22°53′59″N ， 116°29′1″E/22°55′18″N ， 116°26′1″E/22°53′24″ ， 116°29′1″E/22°53′25″N 的四点连线范围。保护区总面积约为 1172.0 公顷。保护对象为龙虾及其生境，为市级野生动物海洋保护区。项目最近距该保护区约 2.9km。

（3）揭阳市神泉渔业市级自然保护区

“揭阳市神泉渔业市级自然保护区”位于惠来县附近海域，其地理坐标为 116°18′47″E/22°54′46″N ， 116°20′12″E/22°54′46″N ， 116°18′48″E/22°53′36″ ， 116°20′12″E/22°53′37″N 的四点连线范围。保护区总面积约为 513.7 公顷。保护对象为海洋渔业资源，为市级海洋海岸保护区。项目最近距该保护区约 7.3km。

（4）汕头市龙头湾中华白海豚自然保护区

2003 年 9 月经汕头市人民政府批准设立“汕头市龙头湾中华白海豚自然保护区”于（汕府函〔2003〕116 号）。该自然保护区属于野生生物类的野物动物类型自然保护区。中华白海豚是国家一级保护野生动物，该保护区的主要保护对象

为“中华白海豚及其生境”。

保护区范围为 116°41′28″E，23°10′00″N，116°43′06″E，23°09′11″N，116°43′06″E，23°07′18″N，16°41′28″E，23°08′23″N，总面积为 976 公顷。项目最近距该保护区约 15.6km。

龙头湾水深 4~12m，沙底，以有滩沙岸为主，间有岩石滩。有濠江于湾顶注入，且紧邻练江和榕江出海口，有大量淡水注入，营养物质丰富，饵料丰富，常有中华白海豚觅食嬉戏。

5.2.7 珍稀海洋生物

（1）鲎

鲎隶属于节肢动物门、肢口纲、剑尾目、鲎科、鲎属，俗称三刺鲎、两公婆、海怪、马蹄蟹、鲎鱼、中国鲎、王蟹、六月鲎。鲎起源甚早，被称为活化石。最早的鲎化石见于奥陶纪（5.05 亿～4.38 亿年前），形态与现代鲎相似的鲎化石出现于侏罗纪（2.08 亿～1.44 亿年前）。中国鲎在国内主要分布于广东、广西、福建沿海海域，国外分布于日本、菲律宾等地。南方鲎，分布于印度、越南、新加坡、印度尼西亚、马来西亚。圆尾鲎，分布于印度、孟加拉。泰国、印度尼西亚，中国广西钦州、北海、海南儋州、临高、澄迈、海口地区沿海也有分布。幼体鲎食物以单胞藻、轮虫、丰年虫幼体、桡足类为主，成体可以食虾和小鱼。食用后容易发生机体过敏和中毒性休克等，由于鲎具有的特殊生理毒理性质，一直以来极少被人们捕杀，但近些年来，因有些人还没有真正认识到吃鲎对身体健康的危害性，一些小商贩在其经济利益的驱动下，在进行盲目炒作和蓄意误导，致使这种古生物鲎资源遭到严重破坏。中国鲎与南方鲎为省重点保护动物，《中国物种红色名录》为濒危级别；圆尾鲎为省重点保护动物，《中国物种红色名录》为易危级别。2021 年 4 月和 2018 年 12 月在本水域调查中未发现鲎。

（2）龙虾

揭阳市海域重要的保护龙虾种类有中国龙虾、锦绣龙虾等，2021 年 4 月和 2018 年 12 月在本水域调查中未发现龙虾。现将其生活习性分别介绍如下：

①中国龙虾

中国龙虾为甲壳纲、龙虾科、龙虾属。体长 200mm～300mm，头胸部略呈圆筒状，腹部较为扁平，尾扇柔软而半透明，橄榄色。额板具 2 对短粗大棘和分

散小棘。头胸甲背面密布大大小小的棘。腹部第 2 至第 6 节背面左右各有一较宽的横凹陷，其中密布短毛。体呈橄榄绿或绿中带褐色。腹部背甲上带有白色小点。为中国特有种，分布于中国南海和东海南部近岸海区，栖息于几米、十几米深的岩礁缝隙、石堆和珊瑚丛中。昼伏夜出，杂食性，多以小型双壳贝类、多毛类、小蟹、藤壶等底栖生物为食，可用小鱼作饵诱捕。体外受精，抱卵发育孵化。10 龄可达性成熟。生殖期 3~9 月，盛期为 5~7 月，产卵量高达数十万至百万多粒中国龙虾行动迟缓，不善游泳，依靠步足爬行。触角反应较灵敏，遇有敌害就转动第 2 触角，由摩擦发音器发出吱吱声响，用以惊吓对方。白天常潜伏于洞内，仅显露 2 对触角和头部，第 2 触鞭常向前摆动或呈八字分开，用于感触外部动向。夜间活动觅食，食量大，耐饥能力强。喜群栖，喜厮斗。受惊时，常屈腹弹跳，引体向后。夏季多活动在浅水处，秋冬移向较深海区，生殖时又返回浅水。

②锦绣龙虾

锦绣龙虾为无螯下目，龙虾科，龙虾属的一种，俗称青龙虾、花龙虾、山虾、大和虾、沙虾等。体长可达 60 厘米，是龙虾属中体型最大者。腹部、第一触角和步足有黑褐色和黄色相间的斑纹。触角的基部有四对疣刺，后面的一对较小。体色多彩明亮。分布范围：从东非到日本、澳洲和斐济群岛，甚至从红海进入地中海地区。为印度-西太平洋区的重要品种。在中国主要分布于南海和台湾海域。生活在珊瑚外围的斜面至较深的泥沙质地。通常栖息在水深 1 至 10 米处，最深记录为 145 米，以岩礁及礁斜面之静水处为多，有时也可在河口附近水质较混浊之泥底处发现。

昼伏夜出，白天藏匿洞中，仅显露两对触角和头部用以感触洞外动向，夜间外出觅食。主要摄食小鱼、虾蟹类、小贝类、海胆、藤壶、多毛类、藻类等。龙虾依靠步足爬行，不喜游泳，行动迟缓。触角灵敏，遇敌时转动第二触角摩擦发音器发出吱吱声响以惊吓对方。受惊时常屈腹弹跳，引体向后。喜厮斗，常以俯冲方式攻击对方，有群栖习性，虾群区域性明显，常因季节水温变化和索饵、生殖等因素发生迁移，通常夏季栖于浅水处，秋冬移向较深海区，繁殖时复又到浅海处。锦绣龙虾在 5 个月内繁殖 2 次，胚胎发育分为 11 个时期:受精卵、卵裂期、囊胚期、原肠期、膜内无节幼体期、七对附肢期、九对附肢期、十一对附肢期、复眼色素形成期、准备孵化期和孵化期。

（3）海龟

海龟隶属龟鳖目、海龟科、海龟属。广布于大西洋、太平洋和印度洋。中国海龟北起山东、南至北部湾近海均有分布。长可达 1 米多，寿命最大为 150 岁左右。头顶有一对前额鳞。四肢如桨，前肢长于后肢，内侧各有一爪。头、颈和四肢不能缩入甲内。为国家二级保护动物。海龟适应在水中生活，四肢变成鳍状，利于游泳。一般仅在繁殖季节离水上岸。雌龟将卵产在掘于沙滩的洞穴中。海龟以鱼类、头足纲、甲壳纲动物及海藻为食。4~10 月为繁殖季节，雌、雄海龟常在礁盘或沿岸水域交配，交尾时间长达 3~4 小时，交配后雌龟于晚间爬上岸边沙滩

掘坑产卵，先以前肢挖一个深度与体高相当的大坑，伏于坑内，再藉后肢交替动作挖一个口径 20cm、深 50cm 左右的“卵坑”，产卵于坑内，产卵一般在夜晚 10 时至翌晨 3 时进行，卵产毕后，将卵坑用沙覆盖后离滩返海。每年可产卵 23 次，每产 91~157 枚，多可达 238 枚。卵白色，圆球形，卵壳革质而韧软，卵径 35~58mm。孵化期 30~90 天，通常 45~60 天，幼龟自出壳即爬归海水中生活。我国广东省惠东、海南的西沙群岛沿岸均为海龟产卵繁殖地。2021 年 4 月和 2018 年 12 月在本水域调查中未发现海龟。

（4）中华白海豚

中华白海豚（*Sousa chinensis*），又名印度太平洋驼背豚,属哺乳纲、鲸目、海豚科、驼背豚属、中华白海豚种。在 1988 年颁布的《中华人民共和国野生动物保护法》中，中华白海豚被列为国家一级保护动物。在 1991 年颁布的《濒危野生动植物国际贸易公约》附录I中，中华白海豚被列为严格禁止贸易活动的物种。在 2006 年的国际自然保护联盟濒危物种红色名录（或称 IUCN 红色名录）中，中华白海豚被列为濒危物种。2021 年 4 月和 2018 年 12 月在本水域调查中未发现中华白海豚。

主要食物、活动特性：中华白海豚主食鱼类，虽在不同地区食性会有所变化，但都以浅滩底栖河口鱼类为主。中华白海豚的繁殖、觅食、社群活动等均在相对固定的港湾内进行，但具有明显的季节移动（Jefferson，2000；Karczmarski 等，2000；贾晓平等，2000；刘文华和黄宗国，2000）。

生境选择：中华白海豚对生境具有选择性，喜欢在近岸水域，一般在离岸

400m 以内的浅水域（水深一般小于 20m）内活动（Preen，2004；Liu 和 Hills，1997；Karczmarski，2000；Karczmarski 等，2000），近岸的暗礁区是中华白海豚的关键生境（Keith 等，2002；贾晓平等，2000）。但是其对水深要求的极限，Karczmarski 等（2000）认为是 25m，水深可能成为各亚种群之间基因交流的障碍。中华白海豚对水的透明度没有明显的偏好（Jefferson，2000；Bowater 等，2003）。

繁殖：Jefferson（2000）认为雌性 9-10 岁就可达到性成熟，雄性要晚一些，在 12 岁左右（Cockcroft，1989）。5-7 月份是中华白海豚的交配高峰期。妊娠期可达 11 个月；全年都可产仔，大多数在 1-8 月份产仔（Jefferson，2000），因此春夏季就成为了分娩高峰。每胎一仔，未发现有两仔。出生幼仔在 1m 左右，体重约 20-40kg（王丕烈，1999）。幼体的体长在第一年内增长非常快，而以后增长相对较缓，12 岁前呈较快的指数增长，在 12 岁之后增长的幅度相当小（Jefferson，2000）。体长与体重也具有相关性（Jefferson，2000），随着体长的增大体重也呈指数增长，而且体长越长，体重的增长幅度越大。

5.2.8 主要经济鱼种“三场一通”分布

根据农业部公告第 189 号《中国海洋渔业水域图》（第一批）南海区渔业水域图（第一批），南海区渔业水域及项目所在海域“三场一通”情况如下。

（1）南海鱼类产卵场

南海鱼类产卵场分布见图 5.2.8-1 和图 5.2.8-2，本工程海域不在南海中上层鱼类产卵场内，也不在南海底层、近底层鱼类产卵场内。

（2）南海北部幼鱼繁育场保护区

南海北部幼鱼繁育场保护区位于南海北部及北部湾沿岸 40m 等深线水域（图 5.2.8-3），管理要求为禁止在保护区内进行底拖网作业。本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区内。

（3）南海区幼鱼、幼虾保护区

广东省沿岸由粤东的南澳岛至粤西的雷州半岛徐闻县外罗港沿海 20 米水深以内的海域均为南海区幼鱼、幼虾保护区，保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日。本项不位于南海区幼鱼、幼虾保护区内。

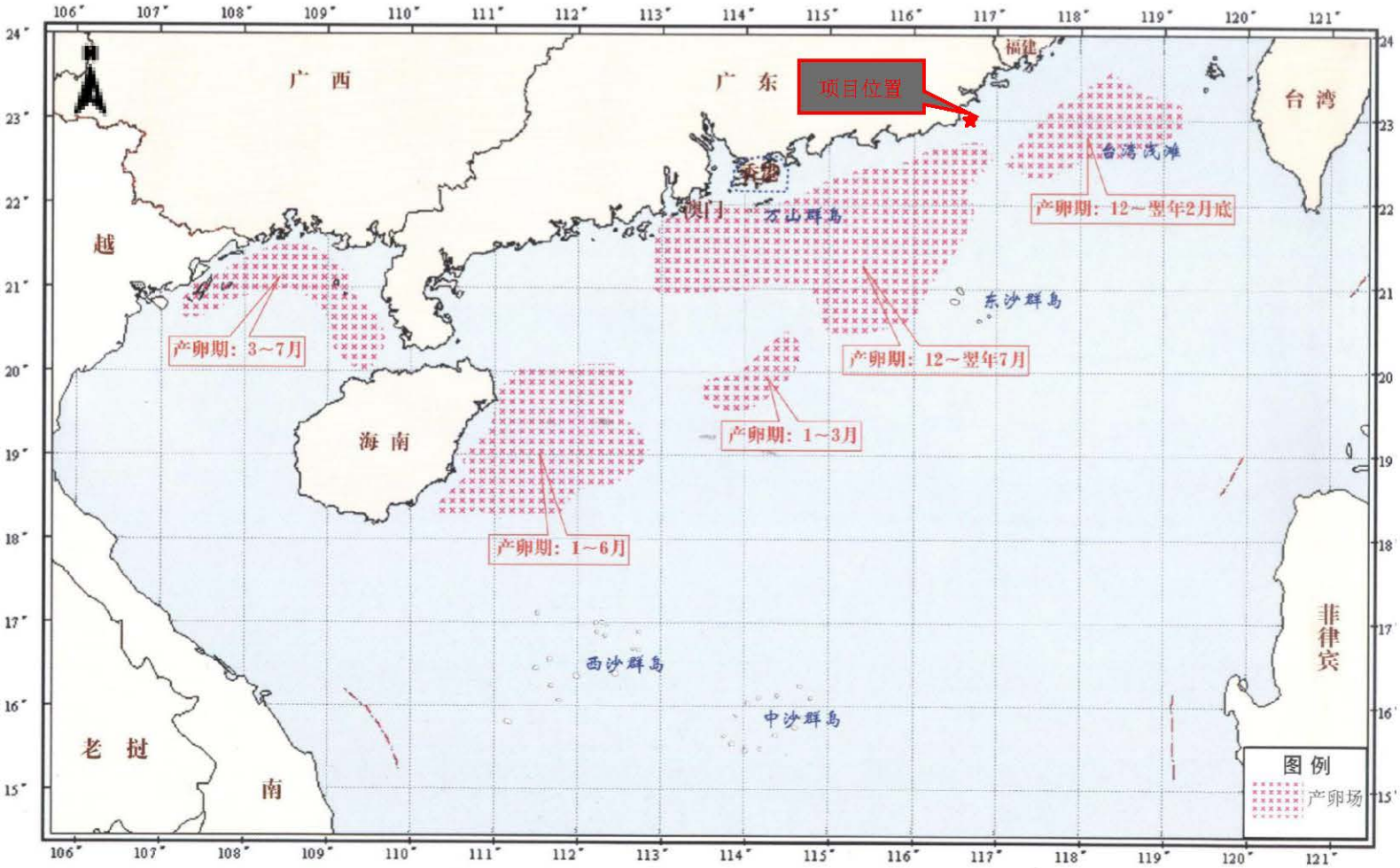


图 5.2.8-1 南海中上层鱼类产卵场示意图

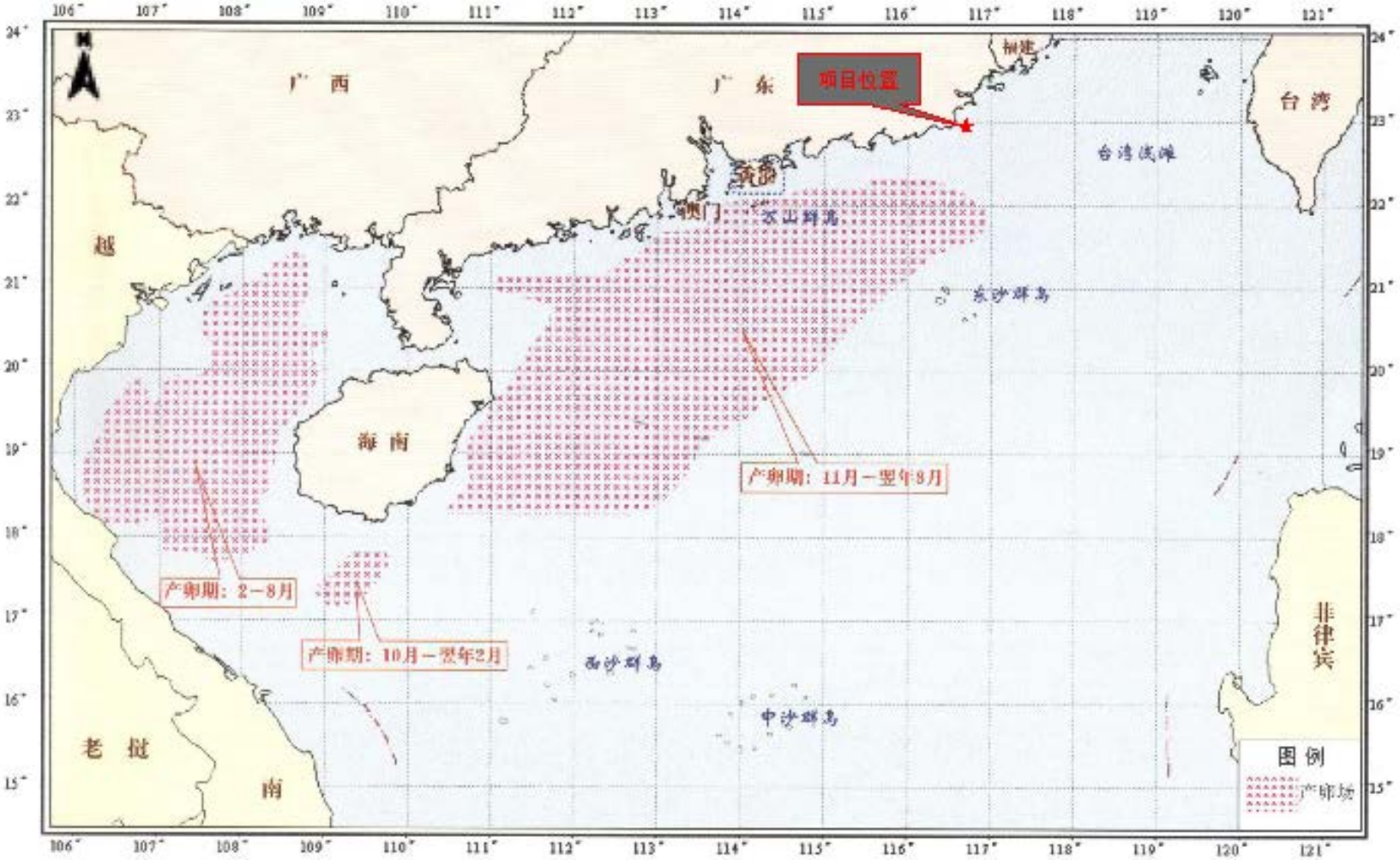


图 5.2.8-2 南海底层、近底层鱼类产卵场示意图

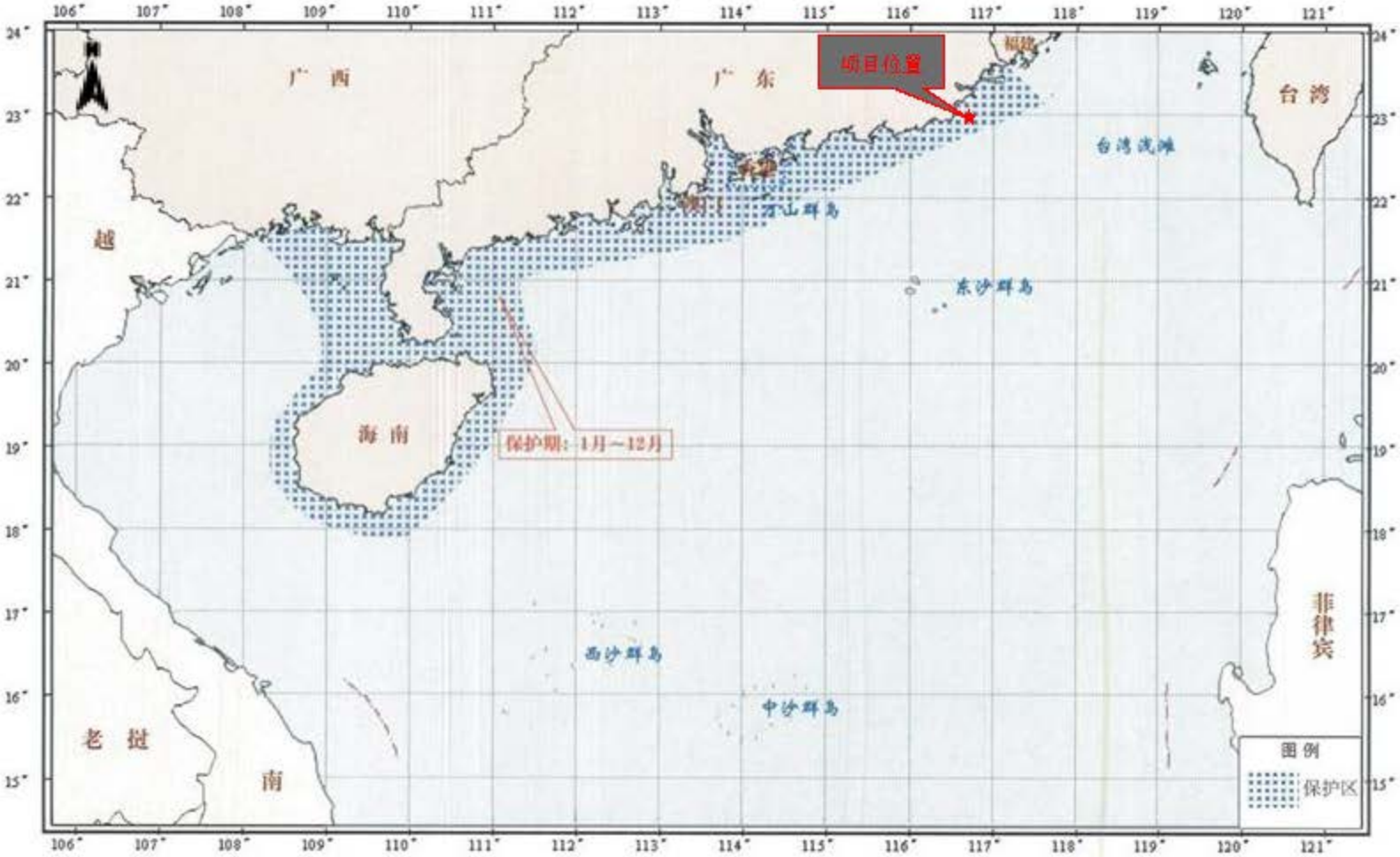


图 5.2.8-3 南海北部幼鱼繁育场保护区范围示意图

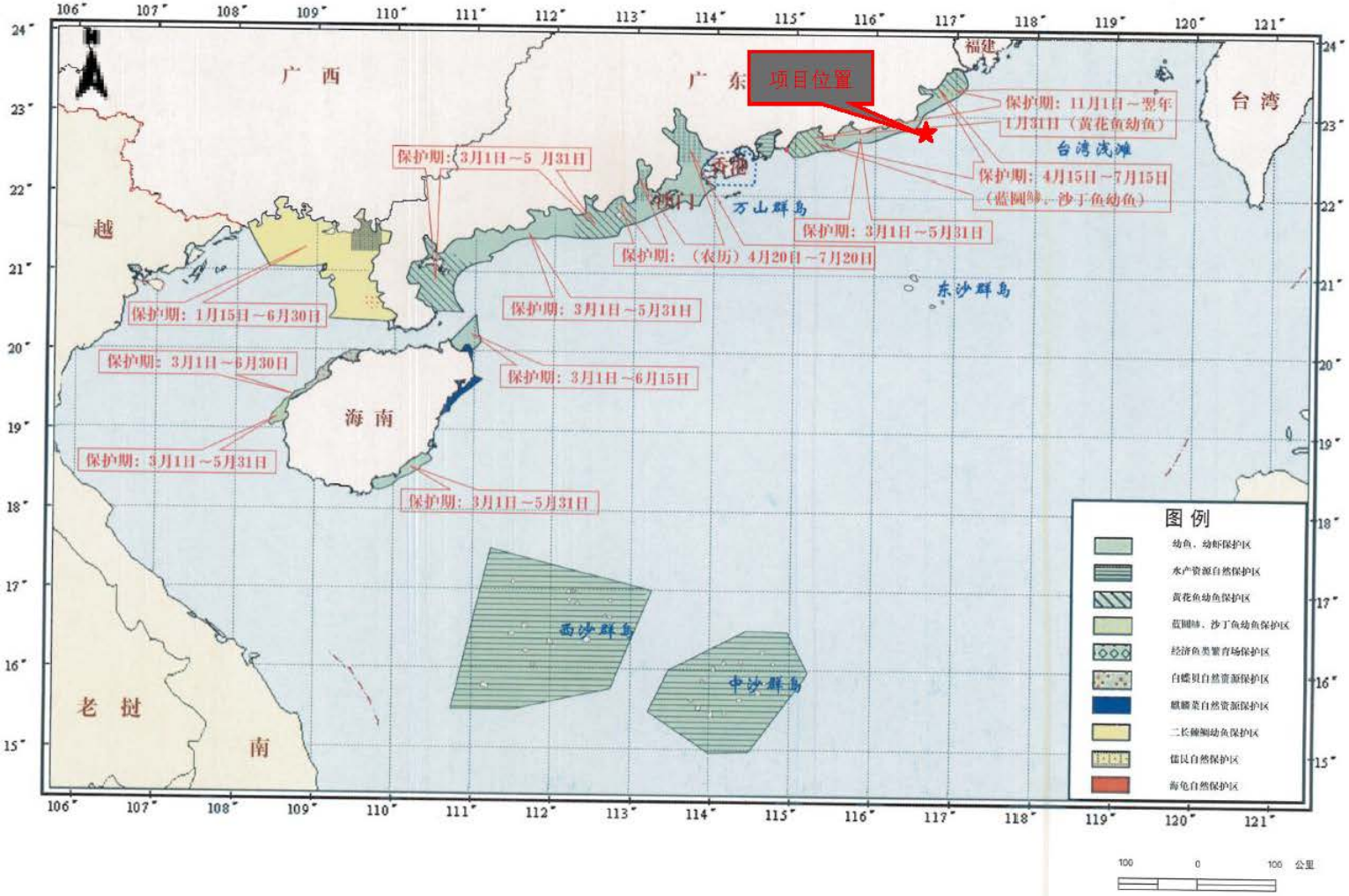


图 5.2.8-4　幼鱼幼虾保护区范围示意图

5.3 海域开发利用现状

5.3.1 海域开发利用现状

根据资料收集，本项目附近的开发利用项目主要包括海底电缆管道、电力工业用海等，各开发利用项目与本项目的位置关系见表 5.3.1-1，开发利用项目的分布见图 5.3.1-1 所示。

表 5.3.1-1 项目附近开发利用现状统计表

序号	项目名称	方位/距离	用海类型
1	潮南区田心湾南方鲎保护区科研用海	西北侧，约 17km	海洋保护区用海
2	广东粤电惠来电厂 3-4 号机组“上大压小”扩建工程	西侧，约 6.9km	电力工业用海
3	广东惠来电厂项目	西侧，约 7.1km	电力工业用海
4	中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程调整用海	西南侧，约 11.8km	其他工业用海
5	亚太二号光缆汕头至分支 3 段	东侧，约 3.7km	电缆管道用海
6	亚太二号光缆汕头至淡水段	东侧，约 8.8km	电缆管道用海
7	亚欧光缆汕头至支路单元 7 段	东侧，约 13.5km	电缆管道用海
8	东南亚-日本海底光缆系统（SJC）中国段项目	东侧，约 15.9km	电缆管道用海
9	潮阳港引航锚地	西北侧，约 12.7km	锚地
10	潮阳港华能海门电厂配套锚地	北侧，约 2.9km	锚地
11	靖海锚地	西南侧，约 6.4km	锚地
12	海甲航道（近海船舶习惯航路）	西侧，约 4.44km	航路
13	内航路	东侧，约 0.56km	航路

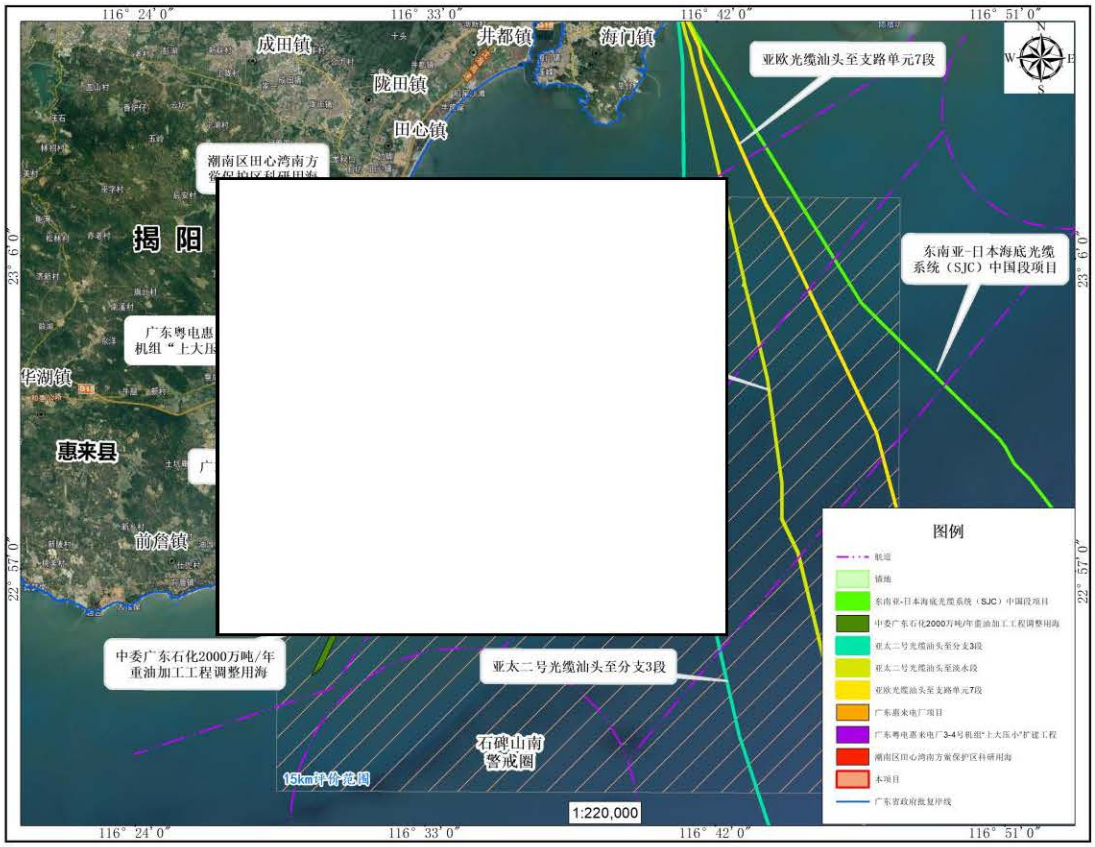


图 5.3.1-1 开发利用现状图

（1）潮南区田心湾南方蛏保护区科研用海

2004 年 2 月 1 日，汕头市建立了潮南区田心湾南方蛏保护区，2007 年 1 月 18 日获得海域使用权证书。南方蛏有着重要的食用和药用价值，尤其是蛏试剂目前已成为国际上价格昂贵又十分热门的商品，保护区建立后，通过保护管理和科学研究使南方蛏资源恢复，既有利于海洋自然生态系统的保护，又可适度开发利用取得较好的经济效益。海域使用权人为汕头市潮南区水产技术推广站。

（2）广东惠来电厂项目及广东粤电惠来电厂 3-4 号机组“上大压小”扩建工程

广东惠来电厂项目于 2007 年 5 月 31 日获得海域使用权证书，广东粤电惠来电厂 3-4 号机组“上大压小”扩建工程于 2014 年 12 月 29 日获得海域使用权证书。

（3）中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程调整用海

中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程调整用海于 2013 年 8 月 20 日获得海域使用权证书。

（4）国际海底电缆

项目东侧评价范围内海域布设有国际海底光缆 4 条，分别为东南亚-日本海底光缆系统（SJC）中国段、亚欧光缆汕头至支路单元 7 段、亚太二号光缆汕头至淡水段、亚太二号光缆汕头至分支 3 段。东南亚-日本海底光缆系统（SJC）中国段项目于 2014 年 11 月 20 日获得海域使用权证书，其余光缆均于 2003 年 1 月 1 日获得海域使用权证书。

5.3.2 海域使用权属现状

根据收集到的资料，与本项目相邻的已确权用海项目目前主要是潮南区田心湾南方鲎保护区科研用海、广东粤电惠来电厂 3-4 号机组“上大压小”扩建工程、广东惠来电厂项目、中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程调整用海、亚太二号光缆汕头至分支 3 段、亚太二号光缆汕头至淡水段、亚欧光缆汕头至支路单元 7 段、东南亚-日本海底光缆系统（SJC）中国段项目。详见表 5.3.2-2。

表 5.3.2-2 项目周边海域使用权属现状

序号	项目名称	海域使用权人	海域使用权证	用海起止期限	项目性质	用海类型（一级）	用海类型（二级）	用海方式	总用海面积（公顷）	
1	潮南区田心湾南方鲎保护区科研用海	汕头市潮南区水产技术推广站	074405012	2007/1/18-2047/1/17	公益性	特殊用海	海洋保护区用海	开放式养殖	44.059	350.90
			074405013						42.414	
			074405011						44.141	
			074405014						42.335	
			074405010						44.785	
			074405015						43.896	
			074405009						45.126	
			074405016						44.144	
2	广东粤电惠来电厂 3-4 号机组“上大压小”扩建工程	广东粤电靖海发电有限公司	2014A44522401151	2014/12/29-2047/12/29	经营性	工业用海	电力工业用海	取、排水口	4.2934	27.3206
			2014A44522401167	2014/12/29-2037/12/29	经营性	工业用海	电力工业用海	透水构筑物	0.7544	
			2014A44522401182	2014/12/29-2047/12/29	经营性	工业用海	电力工业用海	专用航道、锚地及其他开放式	13.9935	
			2014A44522401174	2014/12/29-2037/12/29	经营性	工业用海	电力工业用海	专用航道、锚地及其他开放式	8.2793	
3	广东惠来电厂项目	广东粤电靖海发电有限公司	071100032	2007/5/31-2057/5/31	经营性	工业用海	电力工业用海	取、排水口	5.45	211.77
			071100031			工业用海	电力工业用海	非透水构筑物	115.29	
			071100030			工业用海	电力工业用海	建设填海造地	91.03	

序号	项目名称	海域使用权人	海域使用权证	用海起止期限	项目性质	用海类型（一级）	用海类型（二级）	用海方式	总用海面积（公顷）	
4	中委广东石化2000万吨/年重油加工工程调整用海	中国石油天然气股份有限公司广东石化分公司	2020A44522400548	2013/8/20-2063/8/20	经营性	工业用海	其他工业用海	专用航道、锚地及其他开放式	106.5413	121.429
			2020A44522400532	2013/8/20-2063/8/20	经营性	工业用海	其他工业用海	非透水构筑物	14.8877	
5	亚太二号光缆汕头至分支3段	中国电信集团公司	031100011	2003/1/1-2026/11/30	经营性	海底工程用海	电缆管道用海	海底电缆管道	205.01	
6	亚太二号光缆汕头至淡水段	中国电信集团公司	031100008	2003/1/1-2026/11/30	经营性	海底工程用海	电缆管道用海	海底电缆管道	183	
7	亚欧光缆汕头至支路单元7段	中国电信集团公司	031100016	2003/1/1-2024/8/31	经营性	海底工程用海	电缆管道用海	海底电缆管道	180.3	
8	东南亚-日本海底光缆系统（SJC）中国段项目	中国电信集团公司	2014A44051200999	2014/11/20-2039/11/20	经营性	海底工程用海	电缆管道用海	海底电缆管道	93.0565	

6 环境质量现状调查与评价

6.1 水文动力环境

项目委托广州海兰图检测技术有限公司分别于2021年4月和2021年9月在项目附近海域进行水文观测。

6.1.1 调查概况

6.1.1.1 2021年4月

广州海兰图检测技术有限公司于2021年4月26号到2021年4月27号，在项目附近海域进行大潮水文观测。布设连续观测站6个，站位号为JHL1~JHL6，观测内容包括温度、盐度、深度、海流（流速、流向）、含沙量、风速和风向、海况等，同时布设临时潮位观测站2个（26小时）。站点布设示意图见图6.1.1-1，水文观测站坐标和观测内容见表6.1.1-1。

表6.1.1-1 2021年4月水文观测站坐标和观测内容

	序号	站号	经度（E）	纬度（N）	观测要素				
					潮位	海流	悬沙	温度、盐度	风速风向
海流悬沙观测站	1	JHL1	[redacted]	[redacted]		√	√	√	
	2	JHL2	[redacted]	[redacted]		√	√	√	√
	3	JHL3	[redacted]	[redacted]		√	√	√	
	4	JHL4	[redacted]	[redacted]		√	√	√	
	5	JHL5	[redacted]	[redacted]		√	√	√	√
	6	JHL6	[redacted]	[redacted]		√	√	√	
潮位	7	JHC1	[redacted]	[redacted]	√				
	8	JHC2	[redacted]	[redacted]	√				

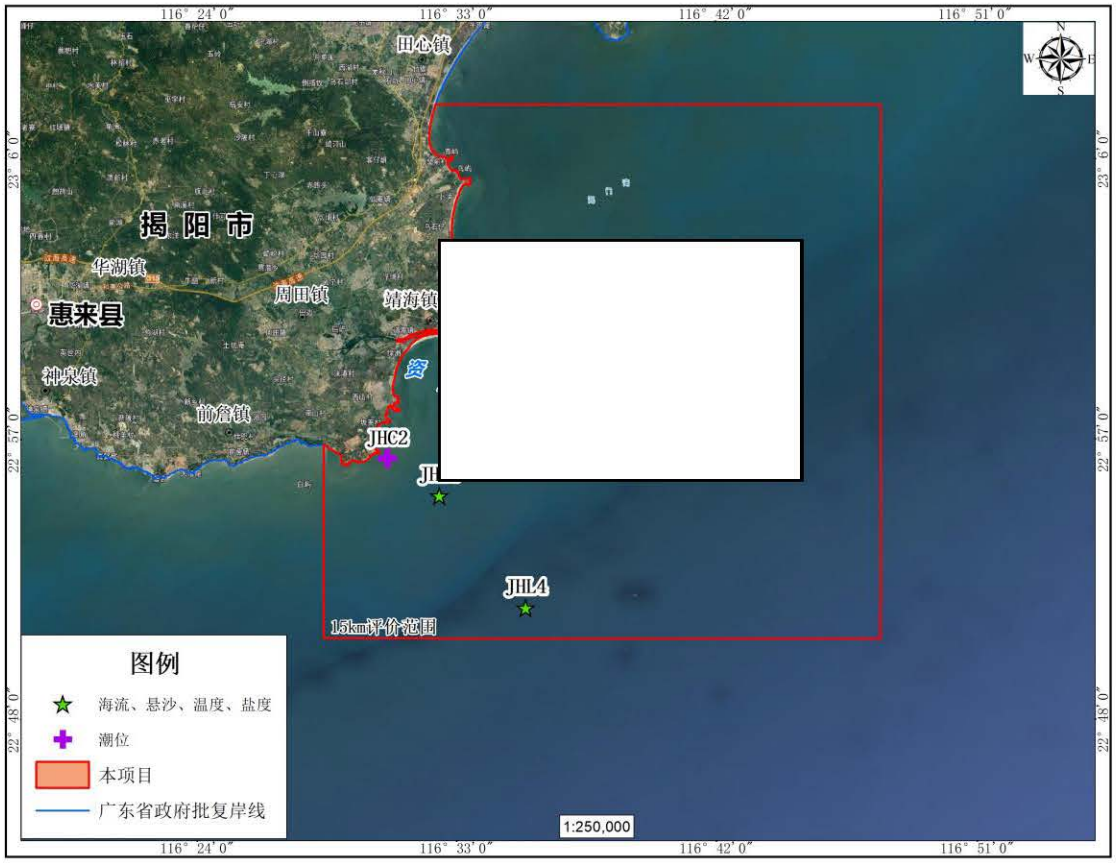


图 6.1.1-1 2021 年 4 月水文监测站位布设示意图

6.1.1.2 2021 年 9 月

广州海兰图检测技术有限公司于 2021 年 9 月 8 号到 2021 年 9 月 9 号，在项目附近海域进行大潮水文观测。共布设 6 个水文站位（JHL1、JHL2、JHL3、JHL4、JHL5 和 JHL6 站）和 2 个潮位观测站位（JHC1、JHC2.站位），位置如图.6.1.1-2 所示，站位坐标以及观测内容见表 6.1.1-2。调查内容包括：温度、盐度、深度、海流（流速、流向）、含沙量、风速和风向、海况、潮位等。

表 6.1.1-2 2021 年 9 月水文观测站坐标和观测内容

	序号	站号	经度（E）	纬度（N）	观测要素				
					潮位	海流	悬沙	温、盐	风速风向
海流悬沙观测站	1	JHL1	[redacted]	[redacted]		√	√	√	
	2	JHL2	[redacted]	[redacted]		√	√	√	√
	3	JHL3	[redacted]	[redacted]		√	√	√	
	4	JHL4	[redacted]	[redacted]		√	√	√	
	5	JHL5	[redacted]	[redacted]		√	√	√	√
	6	JHL6	[redacted]	[redacted]		√	√	√	
潮位	7	JHC1	[redacted]	[redacted]	√				
	8	JHC2	[redacted]	[redacted]	√				

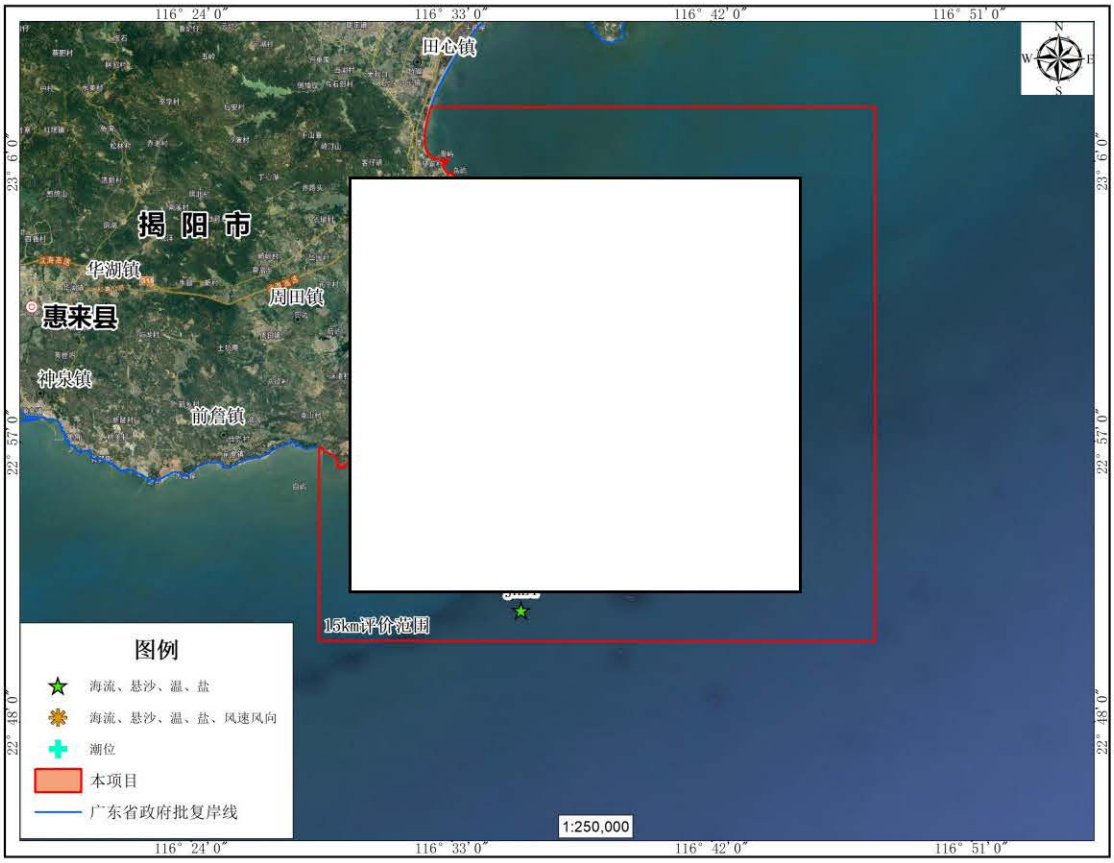


图 6.1.1-2 2021 年 9 月水文监测站位布设示意图

6.1.2 基面关系

当地理论最低潮面、黄海基准面及平均海平面之间的关系如下图 6.1.2-1 所示。

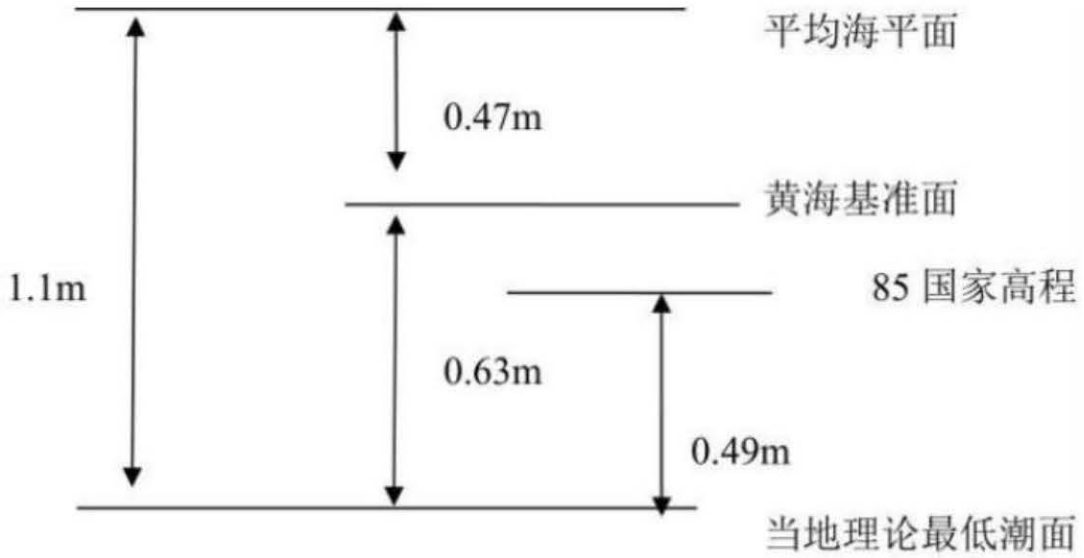


图 6.1.2-1 基面关系图

本项目海区主要潮位特征值如下：

最高天文潮潮位：1.92m（当地理论最低潮面起算，下同）

最低天文潮潮位：0.00m

平均海平面：1.13m

平均高潮位：1.47m

平均低潮位：0.60m

最大潮差：1.66m

有关设计水位值如下：

极端高水位（50 年一遇）：3.12m

设计高水位：1.87m

设计低水位：0.30m

极端低水位（50 年一遇）：-0.16m

100 年一遇高水位：3.32m

乘潮水位如下：

历时 2 小时，90%保证率乘潮水位：1.31m

历时 3 小时，90%保证率乘潮水位：1.26m

历时 4 小时，90%保证率乘潮水位：1.21m

历时 5 小时，90%保证率乘潮水位：1.15m

历时 6 小时，90%保证率乘潮水位：1.09m

6.1.3 潮汐

6.1.3.1 2021 年 4 月

（1）实测潮位统计分析

本次水文观测期间，风向以正南以及东北为主，风速在 0~1.5m/s。各站点风速以及风向变化不大。海况均为 1 级。

根据 JHC1 、JHC2 潮位观测站的潮位资料绘制潮位过程曲线，其中 JHC 站资料时间为 2021 年 4 月 26 日 0 时至 4 月 28 日 23 时（72 小时），如图 6.1.3-1 至 6.1.3-2 所示。

由图表可知，两个站位的潮汐基本一样，在一天之中多出现两个高潮和两个低潮，且相邻两个高（低）潮潮高不等，潮汐不等现象显著。

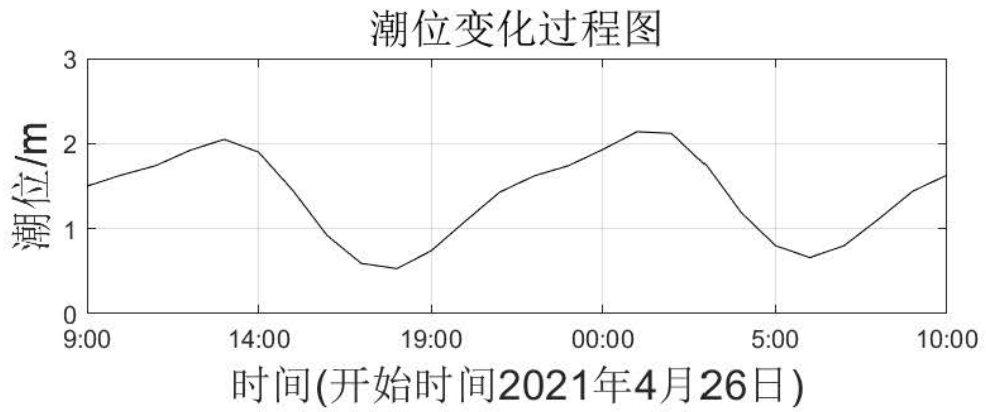


图 6.1.3-1 JHC1 站潮位过程曲线

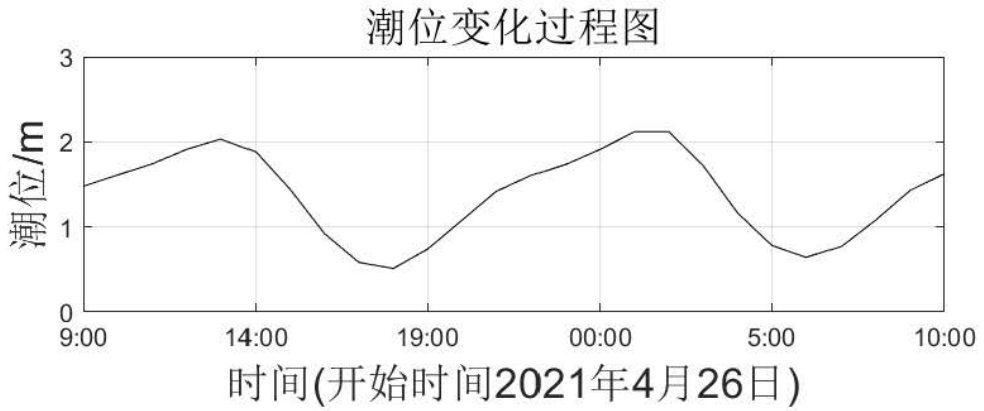


图 6.1.3-2 JHC1 站潮位过程曲线

（2）潮汐调和分析

本报告根据收集的 JHC1 、JHC2 连续 72 小时潮位资料，采用最小二乘法原理计算得到各站各分潮的调和常数，表 6.1.3-1 列出了各站六个主要分潮的振幅和迟角。

表 6.1.3-1 靖海湾区域调和常数统计分析（基于 72 小时）

分潮	JHC1		JHC2	
	振幅(cm)	迟角(°)	振幅(cm)	迟角(°)
O_1	12.22	208.85	12.12	208.58
K_1	7.76	170.65	7.69	170.38
M_2	60.78	154.25	60.90	154.27
S_2	12.11	230.65	12.13	230.67
M_4	9.16	61.71	9.08	62.62
MS_4	6.96	110.11	6.90	111.02

由表可知，分潮中 M_2 分潮振幅最大，其振幅为约为 60.90cm，迟角约为 154.27°。

（3）潮汐性质和潮汐特征值

采用主要日分潮振幅与主要半日分潮振幅的比值 $F=\left(H_{O_1}+H_{k_1}\right)/H_{M_2}$ 作为划分潮汐性质的判据：

$F<0.5$ 正规半日潮

$0.5 \le F < 2.0$　　不正规半日潮

$2.0 \le F < 4.0$　　不正规全日潮

$4.0 \le F$　　正规全日潮

对 JHC1、JHC2 潮位站实测潮位资料进行统计和潮汐调和分析，结果如表 6.1.3-2 所示，两个站位的潮汐性质系数 F 值分别为 0.33 和 0.33，说明调查海区的潮汐类型为正规半日潮，各分潮中半日分潮占主导地位，由表可知，观测期间调查海区最高潮位为 2.14m，最低潮位为 0.51m，最大涨潮潮差为 1.61m，最大落潮潮差为 1.52m。

表 6.1.3-2 靖海湾潮位站潮汐特征值统计

特征值	JHC1	JHC2
最高潮位（m）	2.14	2.12
最低潮位（m）	0.53	0.51
全潮平均海面（m）	1.4	1.39
最大涨潮潮差（m）	1.61	1.61
最大落潮潮差（m）	1.52	1.52
平均涨潮历时（h）	15	15
平均落潮历时（h）	10	10
潮汐性质系数 F	0.33	0.33
潮汐类型	正规半日潮	正规半日潮

6.1.3.2 2021 年 9 月

（1）实测潮位统计分析

本次水文观测期间，风向以西南为主，风速在 3~5.1m/s。各站点风速以及风向变化不大。海况均为 2 级。

根据 JHC1 、JHC2 潮位观测站的潮位资料绘制潮位过程曲线，其中 JHC 站资料时间为 2021 年 9 月 8 日 0 时至 8 月 10 日 23 时（72 小时），如图 6.1.3-3 至 6.1.3-4 所示。

由图表可知，两个站位的潮汐基本一样，在一天之中多出现两个高潮和两个低潮，且相邻两个高（低）潮潮高不等，潮汐不等现象显著。

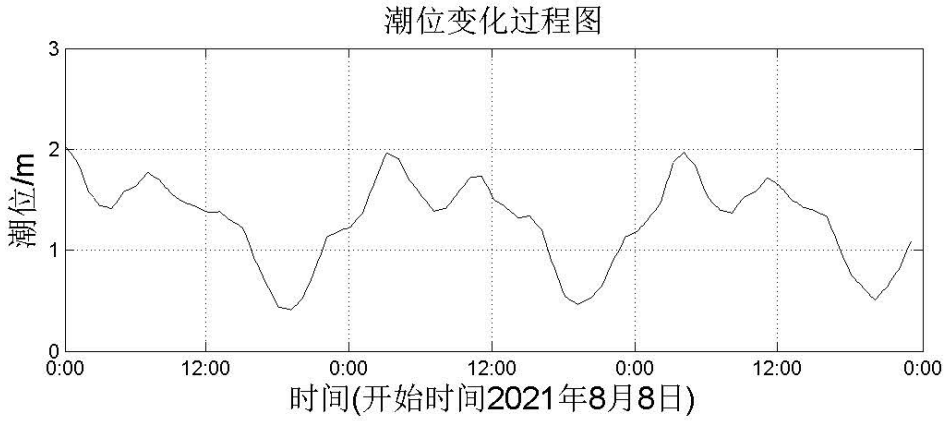


图 6.1.3-3 JHC1 站潮位过程曲线

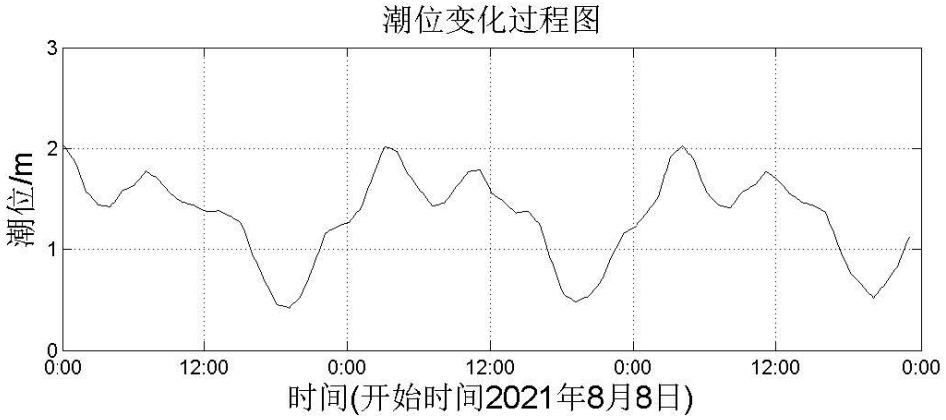


图 6.1.3-4 JHC2 站潮位过程曲线

（2）潮汐调和分析

潮汐调和常数是进行潮汐预报和潮汐特性分析的基本参数，它的准确性十分重要。本报告根据收集的 JHC1 、JHC2 连续 72 小时潮位资料，为了获得较准确的潮汐调和常数，我们采用引入差比数的最小二乘法对潮位进行调和分析，分析之前潮位进行了气压订正。采用最小二乘法原理计算得到各站各分潮的调和常数，表 6.1.3-3 列出了各站六个主要分潮的振幅和迟角。

表 6.1.3-3 靖海湾区域调和常数统计分析（基于 72 小时）

分潮	JHC1		JHC2	
	振幅(cm)	迟角(°)	振幅(cm)	迟角(°)
O_1	21.8	136.44	22.0	136.57
K_1	25.7	185.44	26.0	185.57
M_2	20.5	158.17	21.0	158.52
S_2	8.0	198.17	8.2	198.52
M_4	7.0	96.05	7.4	96.2
MS_4	5.5	136.05	5.8	136.2

由表可知，分潮中 K_1 分潮振幅最大，其振幅为约为 26.0cm，迟角约为 185.57°。

（3）潮汐性质和潮汐特征值

对 JHC1、JHC2 潮位站实测潮位资料进行统计和潮汐调和分析，结果如表

6.1.3-4 所示，两个站位的潮汐性质系数 F 值分别为 2.31 和 2.28，说明调查海区的潮汐类型为不正规全日潮，各分潮中全日分潮占主导地位，由表可知，观测期间调查海区最高潮位为 2.02m，最低潮位为 0.41m，最大涨潮潮差为 1.6m，最大落潮潮差为 1.37m。

表 6.1.3-4 靖海湾潮位站潮汐特征值统计

特征值	JHC1	JHC2
最高潮位（m）	1.96	2.02
最低潮位（m）	0.41	0.42
全潮平均海面（m）	1.3	1.33
最大涨潮潮差（m）	1.55	1.6
最大落潮潮差（m）	1.33	1.37
平均涨潮历时（h）	12	12
平均落潮历时（h）	14	14
潮汐性质系数 F	2.31	2.28
潮汐类型	不正规全日潮	不正规全日潮

6.1.4 实测海流

6.1.4.1 2021 年 4 月

本次水文观测各观测站不同层次海流平面分布矢量图如图 6.1.4-1 至图 6.1.4-3 所示，图 6.1.4-4 至图 6.1.4-9 为各海流观测站不同层次海流过程矢量图。表 6.1.4-1 为涨、落潮流统计表。

从海流的流态来看，观测期内各站点海流的整体流向为西南方向，且与岸线平行。

从各站海流过程矢量图可以看出，各观测站表层、中层、底层潮流方向基本一致，涨潮流主轴主要偏向 EN，落潮流偏向 WS。

观测期间最大涨潮流速为 93.97cm/s，最大落潮流速为 87.32cm/s，分别出现在 JHL2 站中层和 JHL3 站表层。最大涨潮和落潮平均流速分别为 59.91cm/s 和 56.53cm/s，分别出现在 JHL6 的底层和 JHL3 站表层。在垂向结构上，各站点流速从上向下比较稳定；在水平上，海流的方向主要与岸线平行，各测站之间流速变化不大。

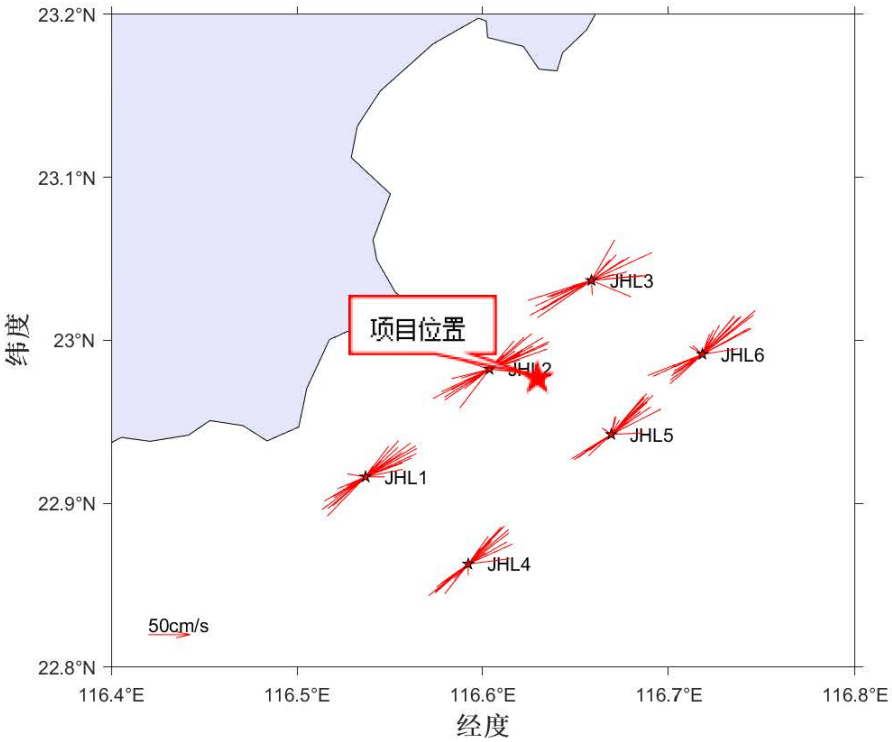


图 6.1.4-1 表层海流平面分布矢量图

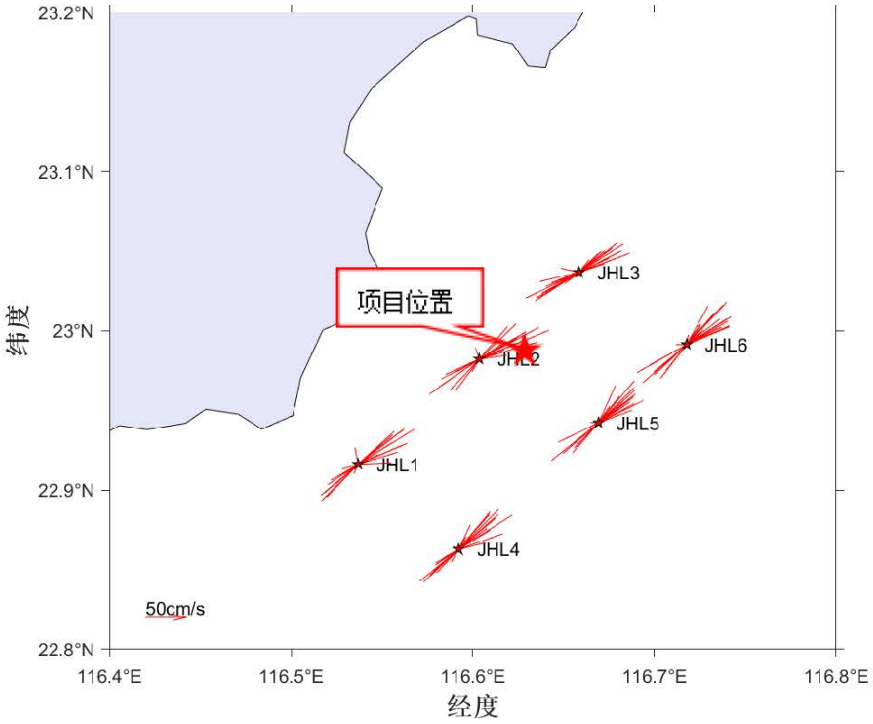


图 6.1.4-2 中层海流平面分布矢量图

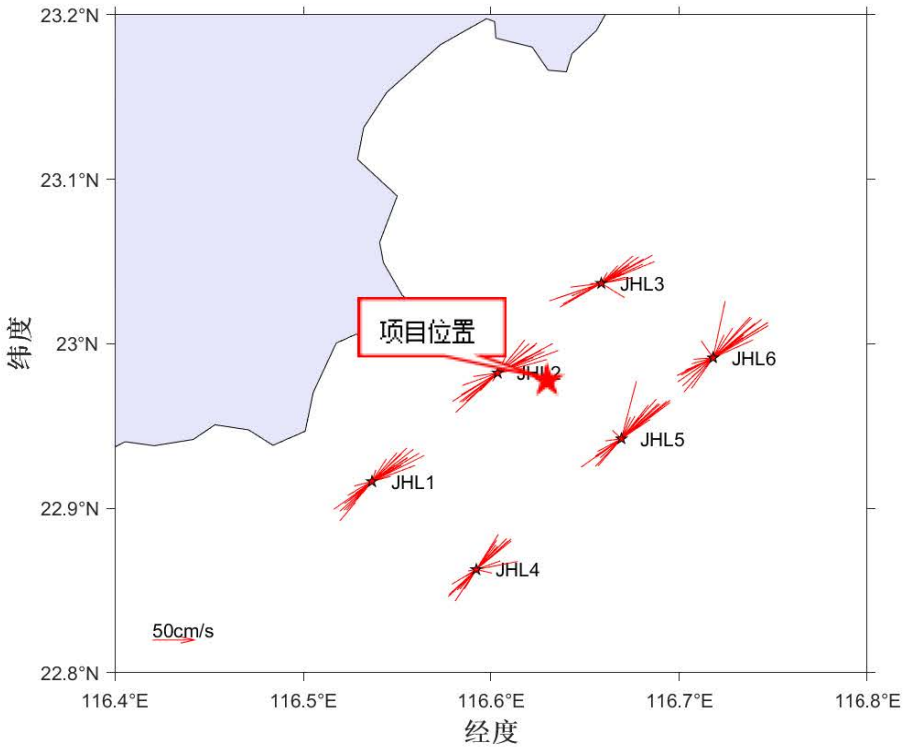


图 6.1.4-3 底层海流平面分布矢量图

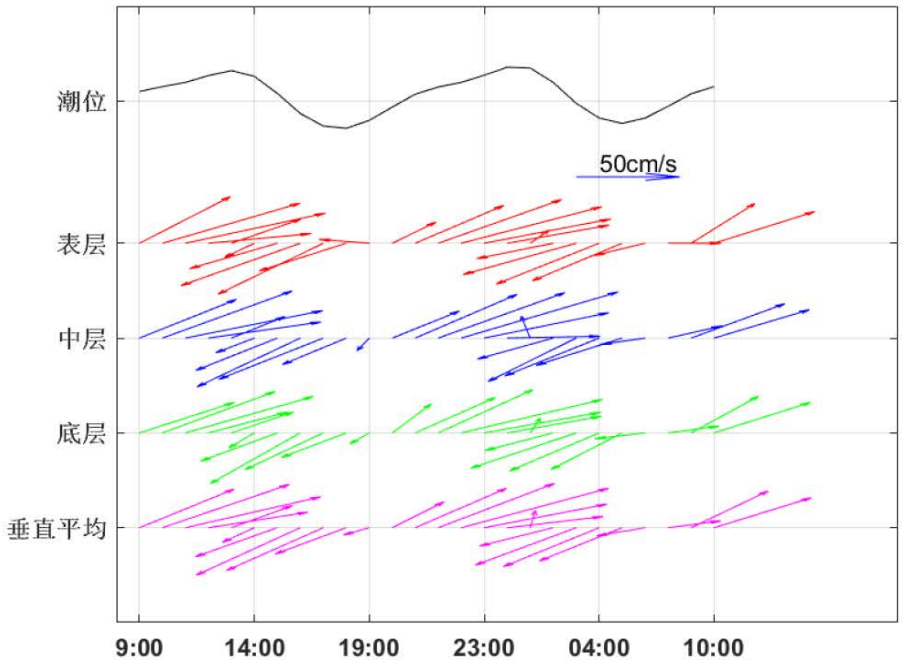


图 6.1.4-4 JHL1 站海流矢量图

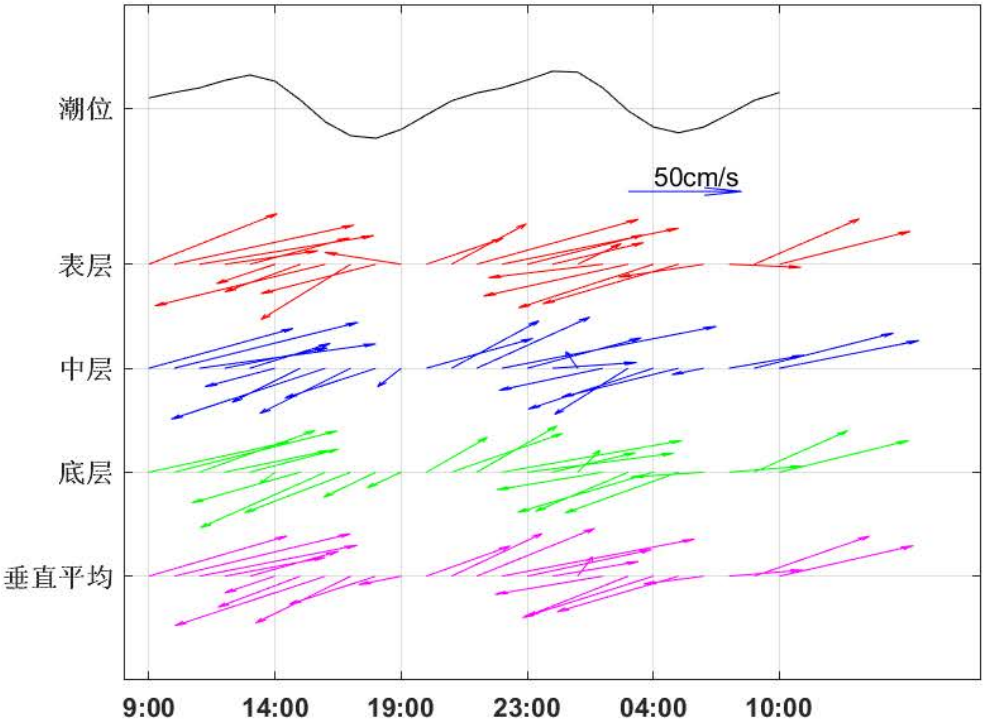


图 6.1.4-5 JHL2 站海流矢量图

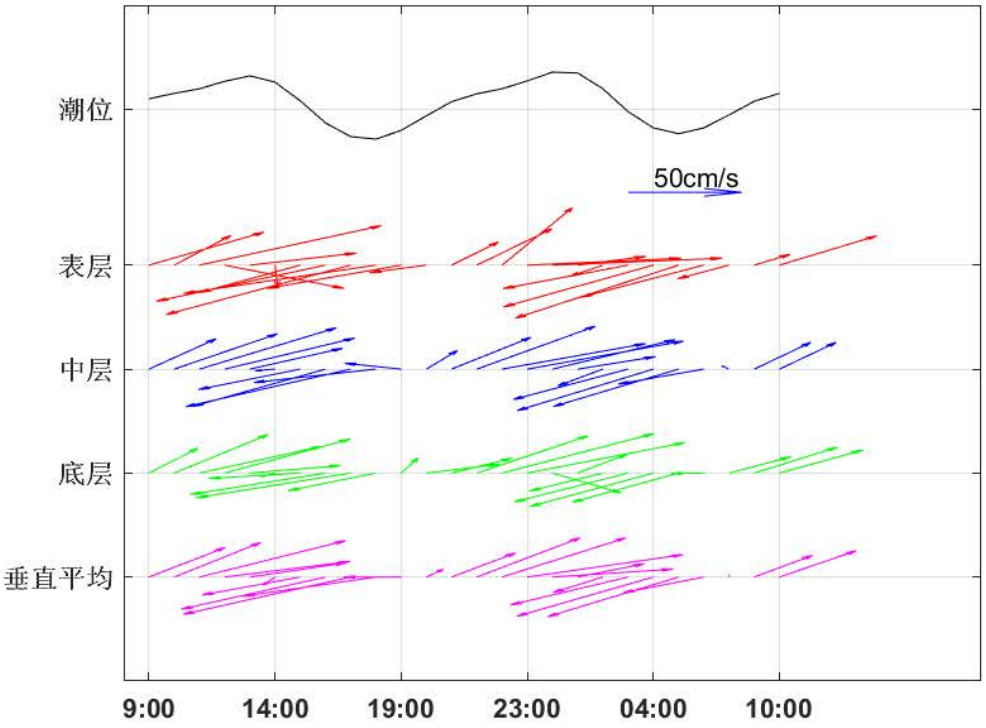


图 6.1.4-6 JHL3 站海流矢量图

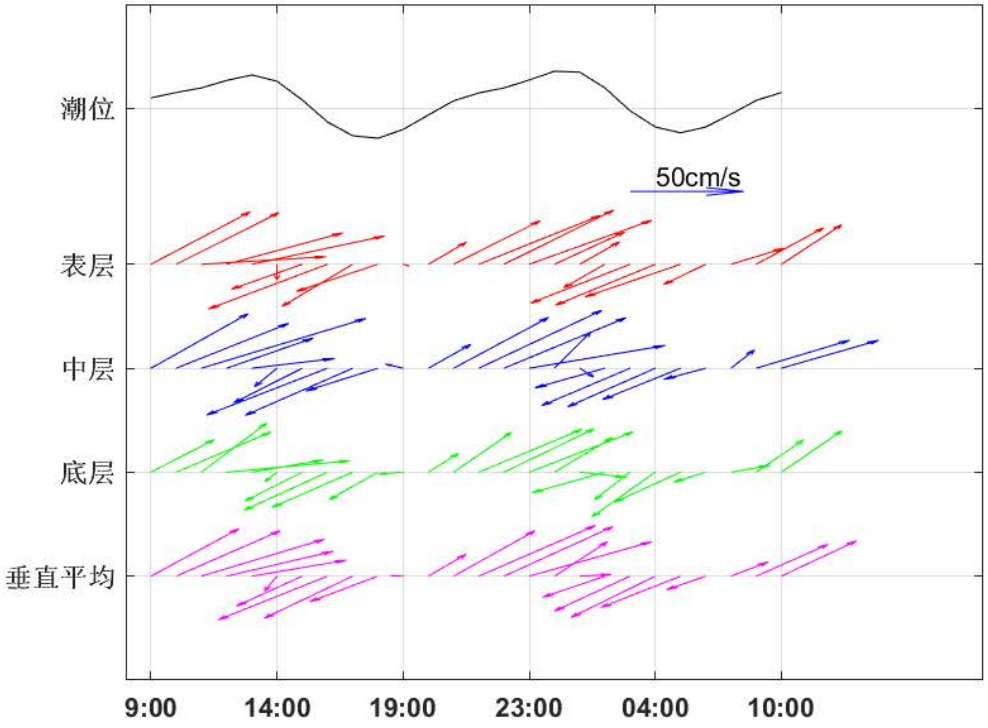


图 6.1.4-7 JHL4 站海流矢量图

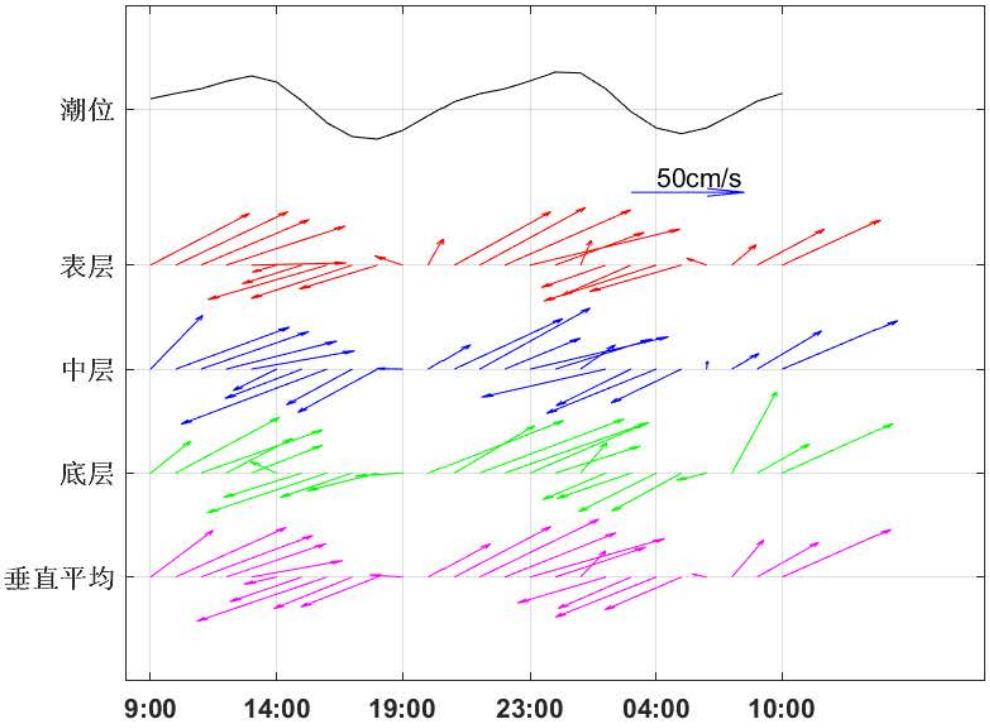


图 6.1.4-8 JHL5 站海流矢量图

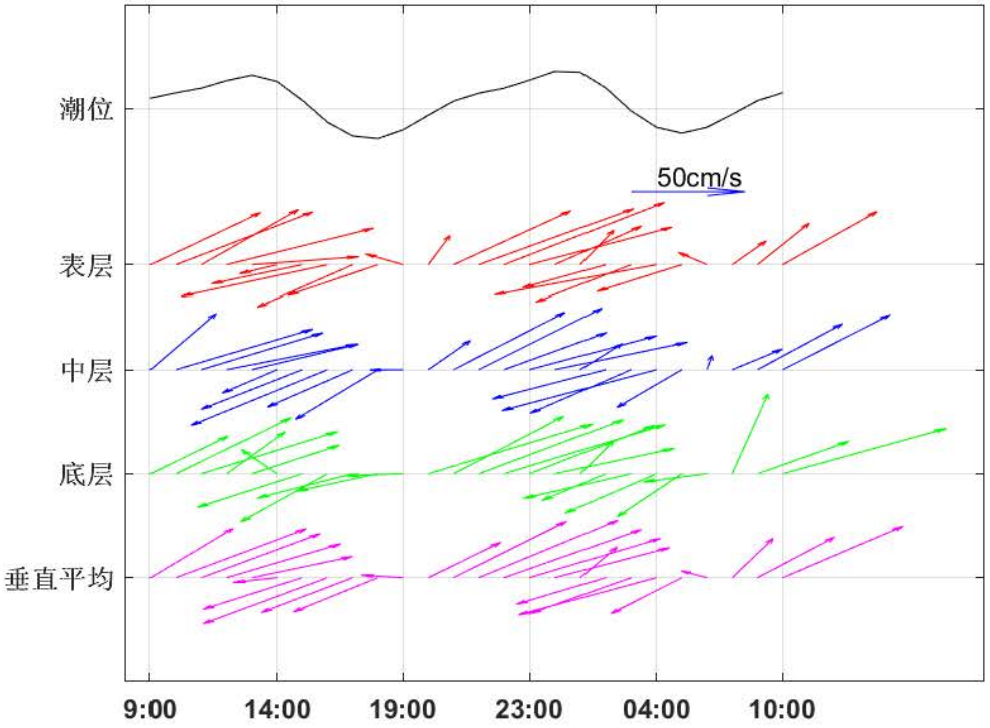


图 6.1.4-9 JHL6 站海流矢量图

表 6.1.4-1 大潮期涨、落潮流对比统计表

层次	站位	流速（cm/s）、流向（°）							
		涨潮最大流速	对应时刻流向	涨潮平均流速	平均流向	落潮最大流速	对应时刻流向	落潮平均流速	平均流向
表层	JHL1	73.32	54.84	50.21	81.47	70.54	220.43	48.36	209.99
	JHL2	80.65	62.17	54.34	85.59	78.7	239.42	53.85	215.48
	JHL3	81.48	62.29	47.77	106.45	87.32	236.98	56.53	215.96
	JHL4	67.78	39.9	47.34	62.52	63.81	227.65	42.07	201.7
	JHL5	73.05	43.2	49.24	76.48	57.68	235.02	38.77	209.83
	JHL6	86.84	46.66	54.3	77.01	69.99	245.8	46.3	214.29
中层	JHL1	83.81	54.54	50.91	77.29	68.18	221.15	46.97	239.04
	JHL2	93.97	64.69	53.88	80.25	78.33	231.31	48.93	241
	JHL3	67.52	66.52	44.22	95.06	74.63	241.06	48.1	223.59
	JHL4	80.9	53.73	47.26	74.02	65.75	226.8	41.48	216.46
	JHL5	73.34	36.73	45.95	56.68	78.44	227.58	47.61	204.69
	JHL6	76.13	39.53	51.37	58.45	76.13	225.26	52.74	206.06
底层	JHL1	70.91	60.2	46.35	75.28	66.27	216.24	43.66	203.6
	JHL2	77.57	66.87	50.75	79.68	72.93	222.9	47.36	207.3
	JHL3	71.26	57.78	41.43	73.35	65.68	248.8	42.83	224.08
	JHL4	58.02	44.79	39.47	69.35	49.69	210.34	34.77	206.96
	JHL5	80.17	12.78	53.11	66.64	61.1	231.19	38.49	216.13
	JHL6	80.68	53.58	59.91	71.97	57.67	216.67	43.81	218.09
垂线平均	JHL1	76.39	57.05	48.95	78.27	67.45	222.17	46.17	205.03
	JHL2	84.24	65	52.43	82.34	76.35	231.41	49.43	210.04
	JHL3	67.69	58.9	41.05	78.27	75.51	241.66	48.61	219.72
	JHL4	67.12	43.52	44.28	71.58	60.26	225.89	38.92	207.76
	JHL5	73.15	40.34	48.48	73.69	66.92	230.49	41.55	208.46
	JHL6	77.78	44.82	53.78	76.21	66.32	228.06	46.89	211.34

6.1.4.2 2021 年 9 月

本次水文观测各观测站不同层次海流平面分布矢量图如图 6.1.4-10 至图 6.1.4-12 所示，图 6.1.4-13 至图 6.1.4-18 为各海流观测站不同层次海流过程矢量图。表 6.1.4-2 为涨、落潮流统计表。

从海流的流态来看，观测期内各站点海流的整体流向为西南方向，且与岸线平行。

从各站海流过程矢量图可以看出，各观测站表层、中层、底层潮流方向基本一致，涨潮流主轴主要偏向 EN，落潮流偏向 WS。

观测期间最大涨潮流速为 86.52cm/s，最大落潮流速为 75.25cm/s，分别出现在 JHL5 站表层和 JHL1 站表层。最大涨潮和落潮平均流速分别为 51.15cm/s 和 42.22cm/s，分别出现在 JHL5 的表层和 JHL1 站中层。在垂向结构上，各站点流速从上向下比较稳定；在水平上，海流的方向主要与岸线平行，各测站之间流速变化不大。

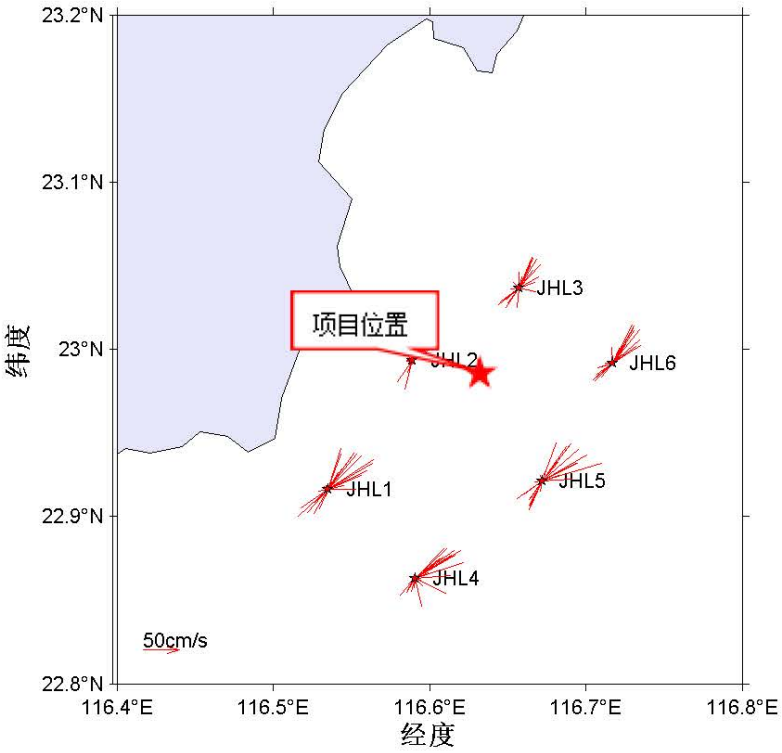


图 6.1.4-10 表层海流平面分布矢量图

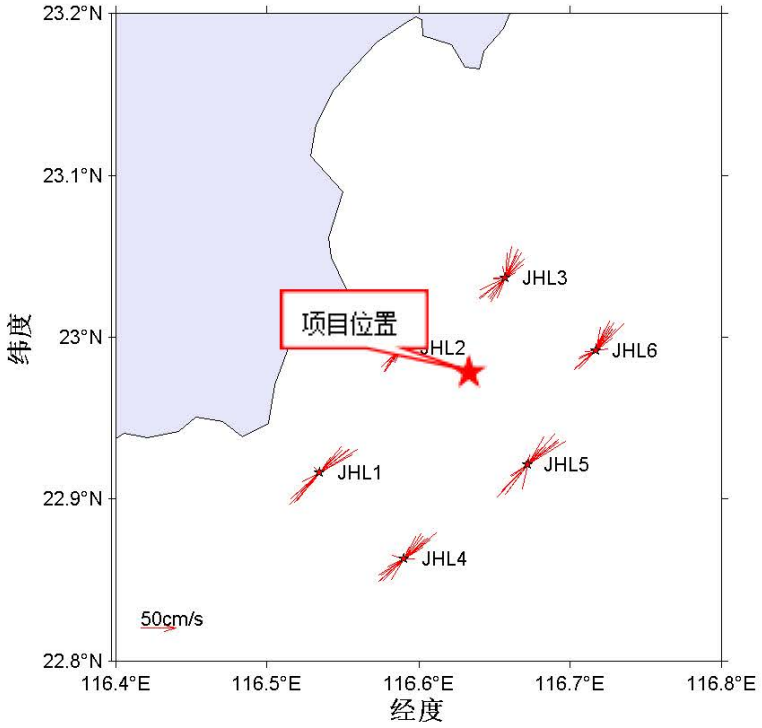


图 6.1.4-11 中层海流平面分布矢量图

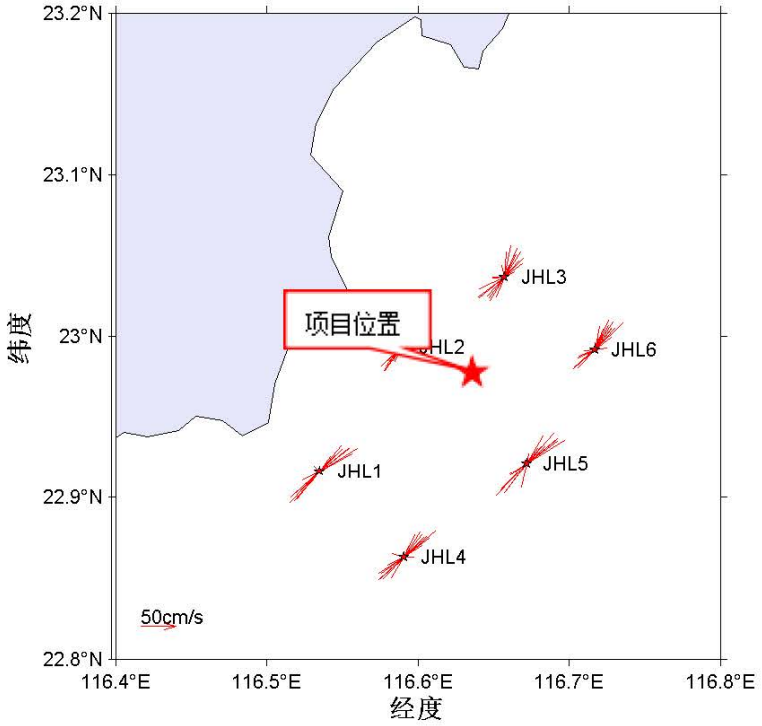


图 6.1.4-12 底层海流平面分布矢量图

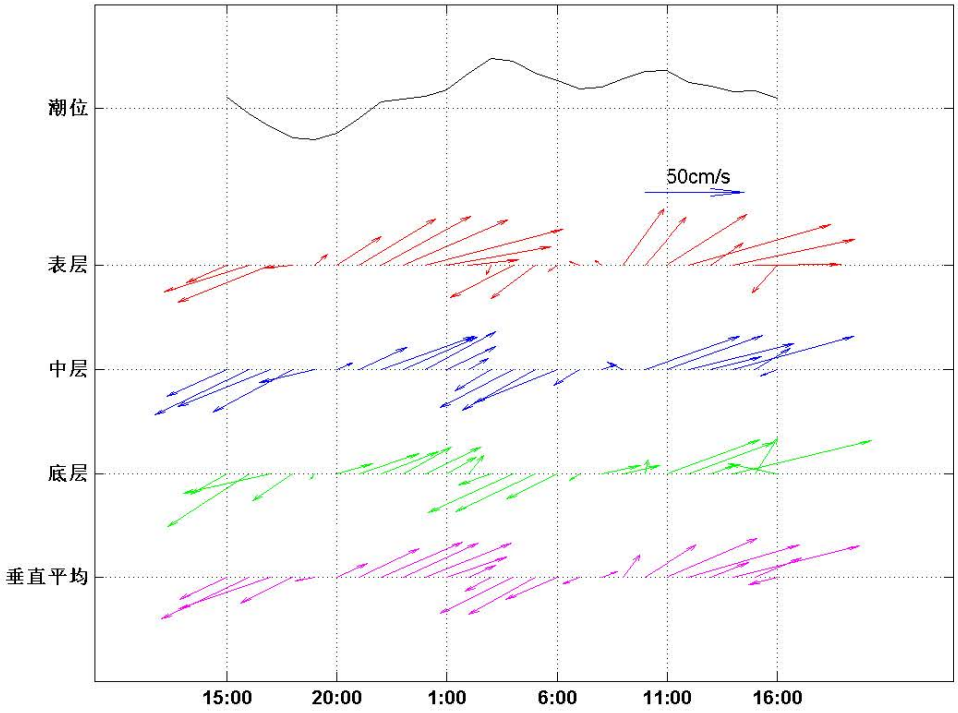


图 6.1.4-13 JHL1 站海流矢量图

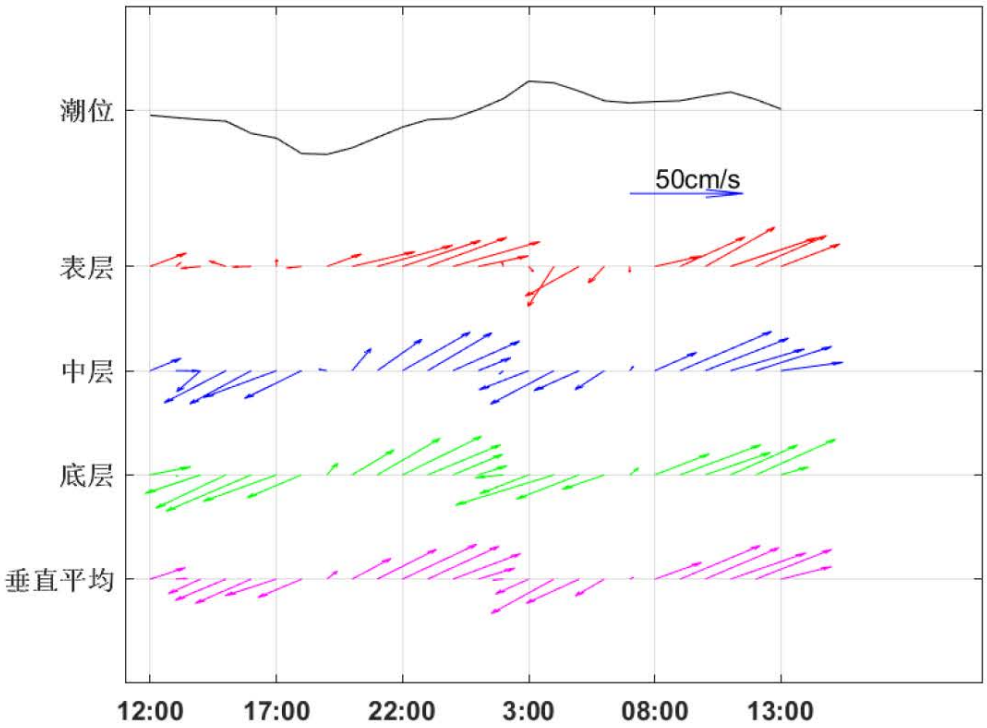


图 6.1.4-14 JHL2 站海流矢量图

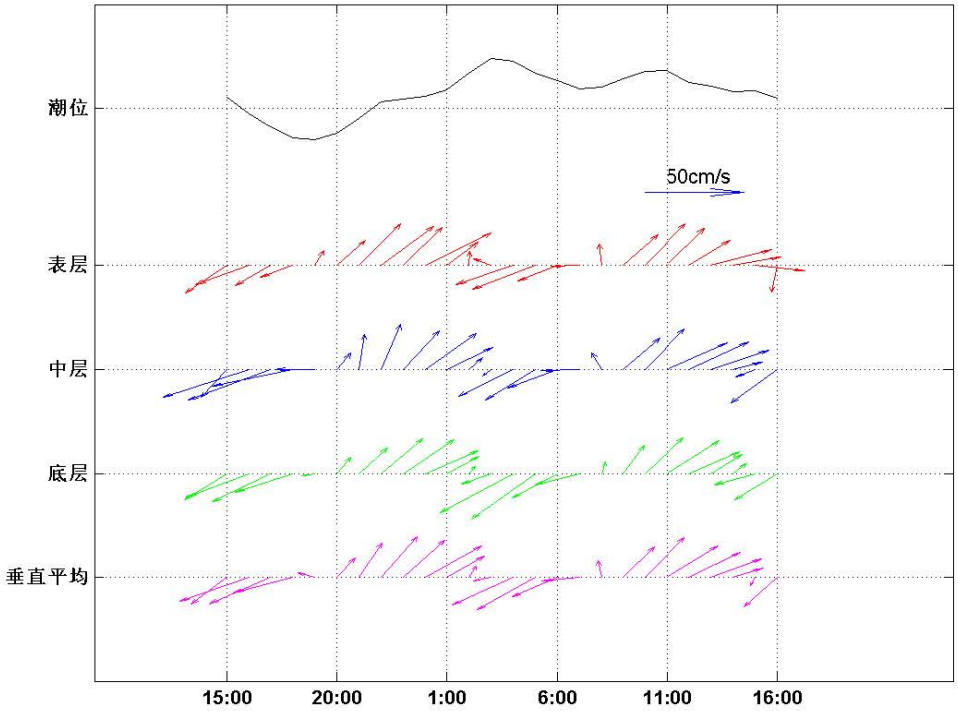


图 6.1.4-15 JHL3 站海流矢量图

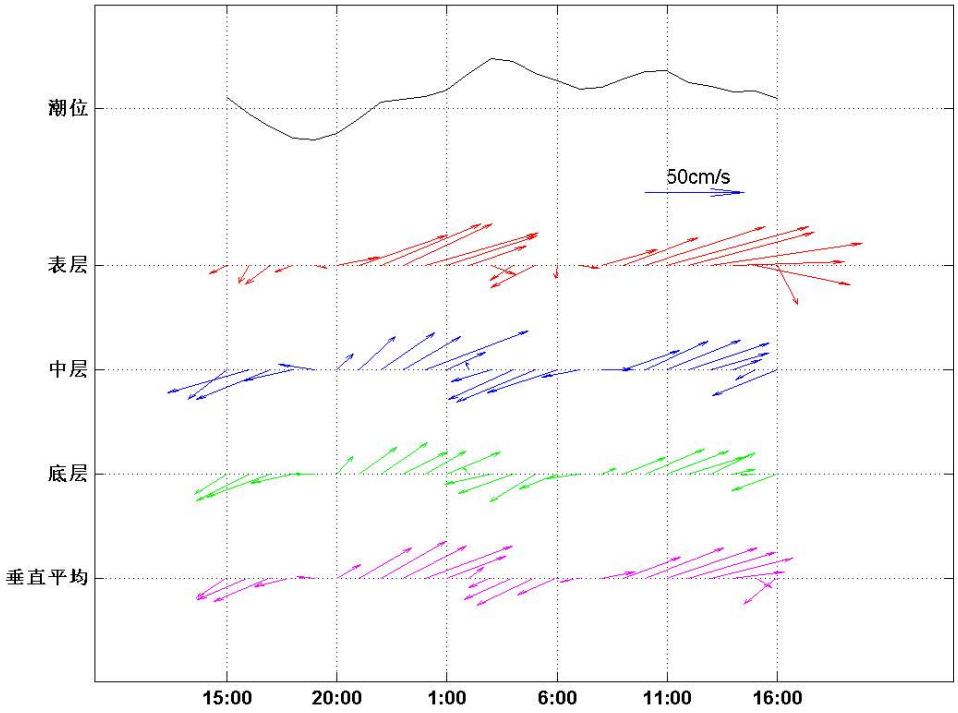


图 6.1.4-16 JHL4 站海流矢量图

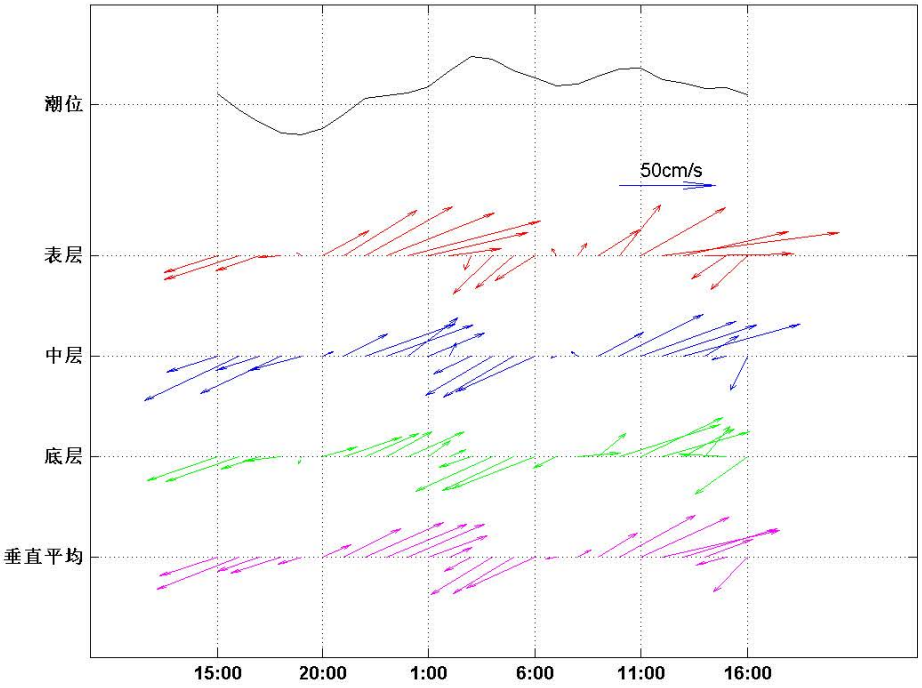


图 6.1.4-17 JHL5 站海流矢量图

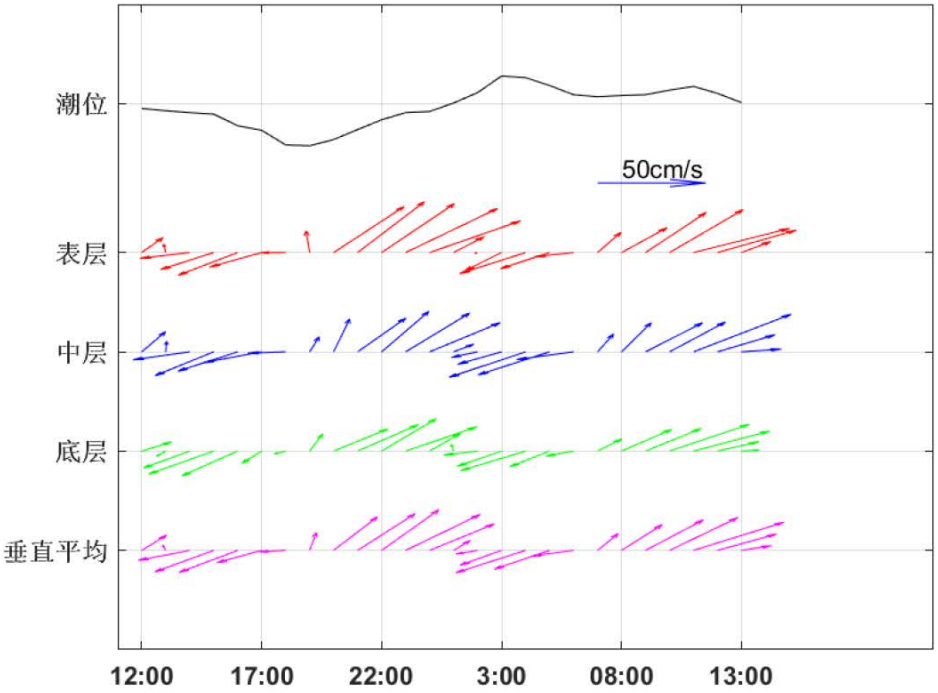


图 6.1.4-18 JHL6 站海流矢量图

表 6.1.4-2 大潮期涨、落潮流对比统计表

层次	站位	流速（cm/s）、流向（°）							
		涨潮最大流速	对应时刻流向	涨潮平均流速	平均流向	落潮最大流速	对应时刻流向	落潮平均流速	平均流向
表层	JHL1	71.13	61.33	42.63	87.39	75.25	58.88	35.08	177.83
	JHL2	46.61	36.23	30.77	86.33	40.76	43.44	17.86	149.96
	JHL3	44.42	32.66	32.67	94.06	33.27	27.87	24.02	162.89
	JHL4	74.15	60.12	46.98	94.21	50.83	86.02	25.49	135.6
	JHL5	86.52	74.85	51.15	96.53	42.35	235.51	25.45	185.37
	JHL6	58.61	40.81	41.91	70.4	39.78	55.62	23.14	200.55
中层	JHL1	54.34	53.51	32.85	106.29	63.56	60.06	42.22	168.58
	JHL2	52.33	43.9	32.73	69.38	40.79	218.15	25.9	165.63
	JHL3	43.83	11.92	32.97	86.06	47.44	231.96	27.72	195.94
	JHL4	59.47	51.88	36.95	120.47	44.38	229.77	26.02	177.7
	JHL5	63.56	60.06	45.54	95.89	62.74	225.03	26.18	190.31
	JHL6	55.5	47.07	34.68	68.33	40.86	231.14	25.09	152.34
底层	JHL1	53.61	225.81	26.74	83.03	70.42	63.58	37.31	169.7
	JHL2	48.55	40.2	32.3	77.01	48.59	233.37	28.03	155.77
	JHL3	52.22	213.77	32.19	88.85	37.97	224.02	23.96	161.91
	JHL4	36.24	35.23	28.83	119.22	36.94	232.48	19.83	177.08
	JHL5	56.86	55.88	37.56	99.39	45.06	212.89	26	171.21
	JHL6	42.84	50.98	29.82	103.68	35.59	229.46	19.15	165.11
垂线平均值	JHL1	64.66	62.83	41.11	109.24	56.61	224.29	29.46	137.08
	JHL2	45.32	44.63	31.52	77.42	41.34	216.98	22.95	149.4
	JHL3	41.1	219.77	29.11	103.34	41.98	25.16	27.9	167.05
	JHL4	50.32	54.9	34.03	111.03	46.24	51.26	26.22	147.99
	JHL5	61.1	64.59	42.01	108.54	54.23	40.8	29.3	151.75
	JHL6	47.78	40.64	35.08	71.2	36.78	232.21	22.29	175.42

6.1.5 潮流

6.1.5.1 2021 年 4 月

（1）潮流性质

潮流性质的划分采用潮流性质系数 $F=\left(W_{O_1}+W_{K_1}\right)/W_{M_2}$ 作为判别标准：

$F \le 0.5$ 正规半日潮流

$0.5 < F \le 2.0$ 不正规半日潮流

$2.0 < F \le 4.0$ 不正规全日潮流

$4.0 < F$ 正规全日潮流

其中 W_{O_1} 为主要太阴日分潮流 O1 的最大流速，W_{K_1} 为主要太阴太阳合成日分潮流 K1 的最大流速，W_{M2} 为主要太阴半日分潮流 M2 的最大流速。

各站各层潮流性质系数 F 值见表 6.1.5-1。根据潮流调和分析结果，各观测点均是正规半日潮流。由此可见，调查海区表层潮流类型主要表现为正规半日潮流。

表 6.1.5-1 潮流性质系数表

站位	层位	特征值 F	潮型
JHL1	表层	0.25	正规半日潮流
	中层	0.27	正规半日潮流
	底层	0.23	正规半日潮流
JHL2	表层	0.22	正规半日潮流
	中层	0.2	正规半日潮流
	底层	0.19	正规半日潮流
JHL3	表层	0.3	正规半日潮流
	中层	0.34	正规半日潮流
	底层	0.26	正规半日潮流
JHL4	表层	0.28	正规半日潮流
	中层	0.24	正规半日潮流
	底层	0.28	正规半日潮流
JHL5	表层	0.26	正规半日潮流
	中层	0.24	正规半日潮流
	底层	0.35	正规半日潮流
JHL6	表层	0.29	正规半日潮流
	中层	0.24	正规半日潮流
	底层	0.32	正规半日潮流

（2）潮流的运动形式及潮流椭圆要素

调查海区各站各层 M_2、S_2、K_1、O_1、M_4 和 MS_4 的潮流椭圆图如图 6.1.5-1 至图 6.1.5-7 所示，椭圆要素如表 6.1.5-2 所示。潮流运动可粗略分为往复流和旋转流，它可由潮流的椭圆旋转率 k 值来描述，k 值为潮流椭圆的短半轴与长半轴之比，其值介于-1～1 之间。k 的绝对值越小越接近往复流，越大越接近于旋转流。k 值的正、负号表示潮流旋转的方向，正号表示逆时针方向旋转，负号表示顺时针方向旋转。从结果可知：

本次观测所有站位各层次潮流主要表现为 M_2 分潮流占优，椭圆旋转率 k 绝对值小于 0.1，均表现为往复流的特征。最大 M_2 分潮流出现在 JHL2 站表层，流速为 65.24cm/s。

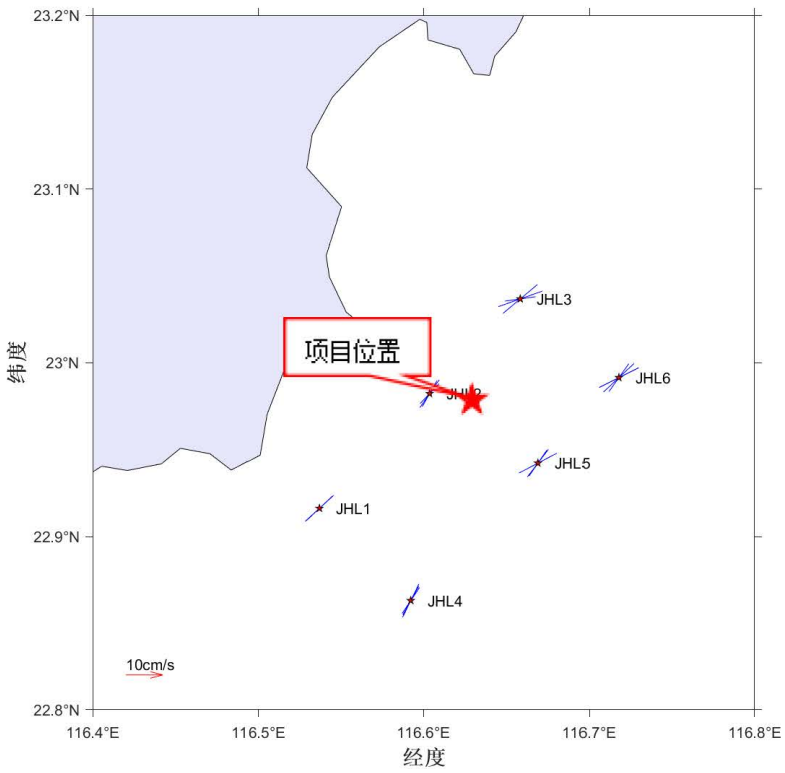


图 6.1.5-1 各站各层 O_1 分潮长轴分布图

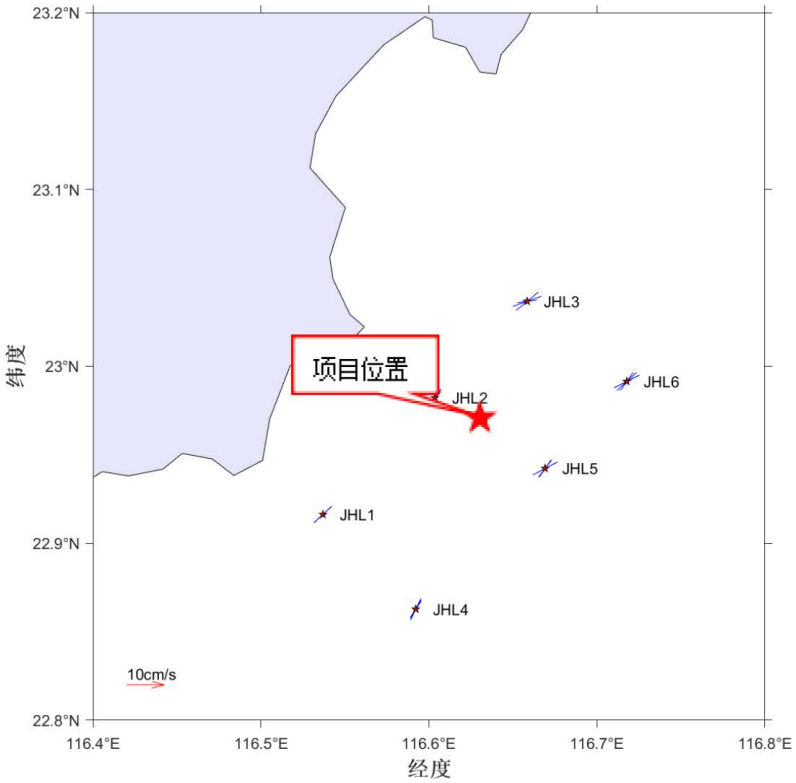


图 6.1.5-2 各站各层 K_1 分潮长轴分布图

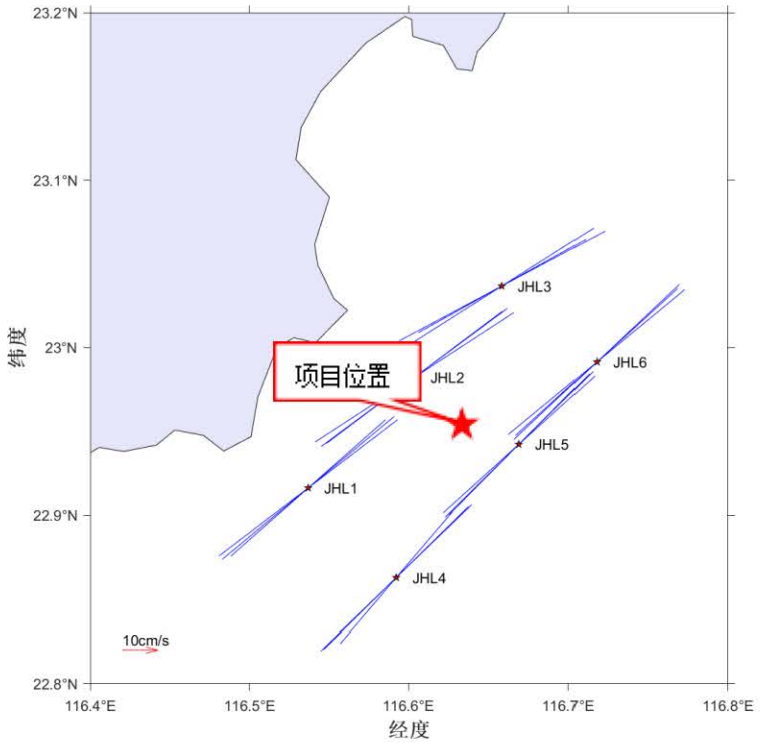


图 6.1.5-3 各站各层 M_2 分潮长轴分布图

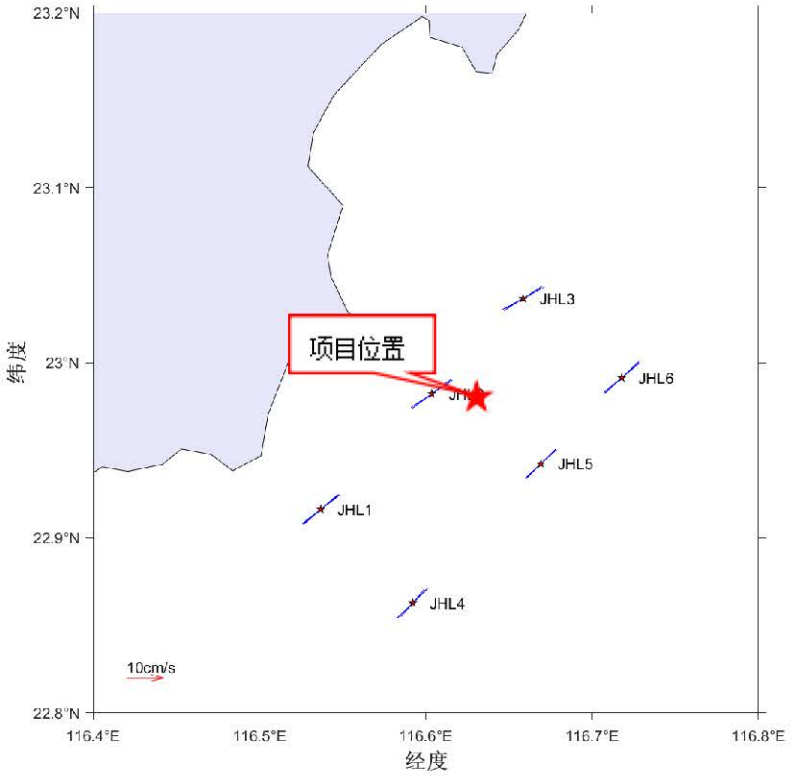


图 6.1.5-4 各站各层 S_2 分潮长轴分布图

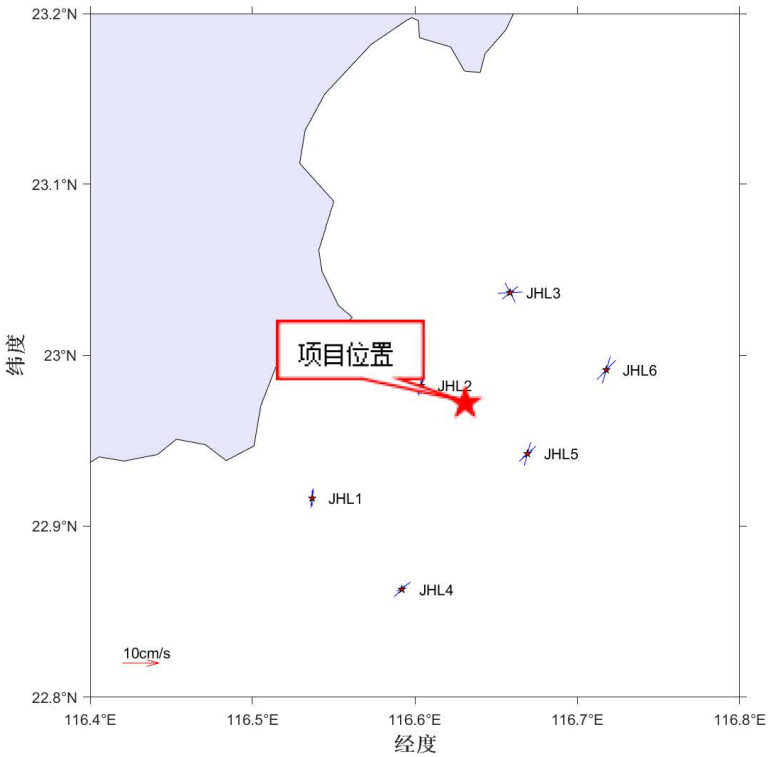


图 6.1.5-5 各站各层 M_4 分潮长轴分布图

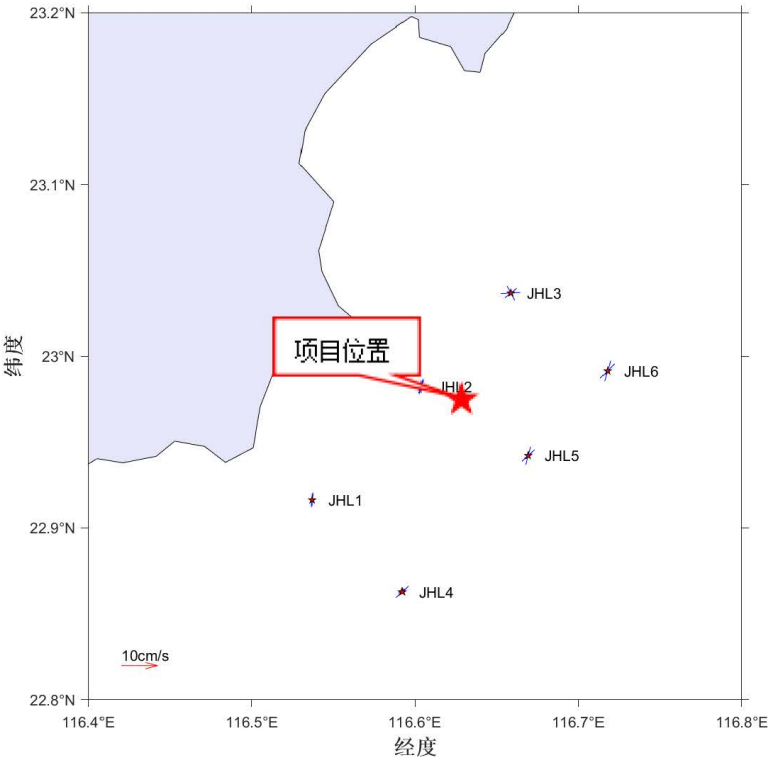


图 6.1.5-6 各站各层 MS_4 分潮长轴分布图

表 6.1.5-2 各站各层潮流椭圆要素

站位层次		最大潮流（cm/s）	最小潮流（cm/s）	椭圆率 k	最大潮流方向（°）
JHL1-表	O_1	9.45	0.63	-0.07	48.13
	K_1	6.00	0.40	-0.07	48.13
	M_2	61.64	4.07	-0.07	54.06
	S_2	12.28	0.81	-0.07	54.06
	M_4	5.07	2.45	0.48	6.35
	MS_4	3.85	1.86	0.48	6.35
JHL1-中	O_1	10.11	0.95	0.09	48.99
	K_1	6.42	0.61	0.09	48.99
	M_2	61.23	3.35	-0.05	51.72
	S_2	12.20	0.67	-0.05	51.72
	M_4	4.08	2.24	0.55	0.19
	MS_4	3.10	1.70	0.55	0.19
JHL1-底	O_1	7.97	0.36	0.05	48.37
	K_1	5.06	0.23	0.05	48.37
	M_2	56.31	3.28	-0.06	50.02
	S_2	11.22	0.65	-0.06	50.02
	M_4	3.81	2.25	0.59	9.72
	MS_4	2.89	1.71	0.59	9.72
JHL2-表	O_1	8.79	0.83	0.09	36.24
	K_1	5.58	0.53	0.09	36.24
	M_2	65.24	3.10	-0.05	58.24
	S_2	13.00	0.62	-0.05	58.24
	M_4	5.48	0.17	0.03	14.46
	MS_4	4.16	0.13	0.03	14.46
JHL2-中	O_1	7.77	0.22	0.03	30.91
	K_1	4.93	0.14	0.03	30.91
	M_2	63.58	1.31	-0.02	54.80
	S_2	12.67	0.26	-0.02	54.80
	M_4	4.34	0.77	0.18	359.21
	MS_4	3.30	0.59	0.18	359.21
JHL2-底	O_1	7.17	0.99	0.14	45.17
	K_1	4.55	0.63	0.14	45.17
	M_2	60.21	2.19	-0.04	54.47
	S_2	11.99	0.44	-0.04	54.47
	M_4	4.86	2.02	0.42	23.23
	MS_4	3.69	1.53	0.42	23.23
JHL3-表	O_1	11.76	5.28	-0.45	51.52
	K_1	7.47	3.35	-0.45	51.52
	M_2	64.17	8.80	-0.14	63.08
	S_2	12.78	1.75	-0.14	243.08
	M_4	5.75	3.57	0.62	330.84
	MS_4	4.37	2.72	0.62	150.84
JHL3-中	O_1	12.45	3.38	-0.27	71.43
	K_1	7.91	2.15	-0.27	71.43
	M_2	59.42	5.53	-0.09	58.90
	S_2	11.84	1.10	-0.09	238.90
	M_4	5.38	1.12	0.21	232.68
	MS_4	4.09	0.85	0.21	52.68
JHL3-底	O_1	8.29	3.24	-0.39	82.24
	K_1	5.26	2.06	-0.39	82.24
	M_2	52.65	3.30	-0.06	62.00
	S_2	10.49	0.66	-0.06	62.00

站位层次		最大潮流（cm/s）	最小潮流（cm/s）	椭圆率 k	最大潮流方向（°）
	M_4	6.77	0.97	0.14	267.16
	MS_4	5.15	0.74	0.14	87.16
JHL4-表	O_1	9.59	1.72	0.18	27.24
	K_1	6.09	1.10	0.18	27.24
	M_2	55.17	3.72	-0.07	46.98
	S_2	10.99	0.74	-0.07	46.98
	M_4	5.81	2.59	0.45	227.45
	MS_4	4.42	1.97	0.45	47.45
JHL4-中	O_1	8.50	0.05	-0.01	30.06
	K_1	5.40	0.03	-0.01	30.06
	M_2	57.20	5.07	-0.09	47.45
	S_2	11.39	1.01	-0.09	47.45
	M_4	2.45	1.59	0.65	215.25
	MS_4	1.86	1.21	0.65	35.25
JHL4-底	O_1	8.09	0.87	-0.11	35.10
	K_1	5.14	0.55	-0.11	35.10
	M_2	46.74	3.92	-0.08	41.97
	S_2	9.31	0.78	-0.08	41.97
	M_4	2.79	1.40	0.50	253.43
	MS_4	2.12	1.06	0.50	73.43
JHL5-表	O_1	8.95	0.65	-0.07	38.72
	K_1	5.68	0.41	-0.07	38.72
	M_2	55.64	6.44	-0.12	49.28
	S_2	11.08	1.28	-0.12	49.28
	M_4	3.35	2.52	0.75	234.36
	MS_4	2.55	1.92	0.75	54.36
JHL5-中	O_1	8.15	1.06	0.13	35.93
	K_1	5.17	0.67	0.13	35.93
	M_2	56.30	4.65	-0.08	46.75
	S_2	11.22	0.93	-0.08	46.75
	M_4	6.05	4.36	0.72	228.98
	MS_4	4.60	3.32	0.72	48.98
JHL5-底	O_1	11.40	0.83	-0.07	63.58
	K_1	7.24	0.52	-0.07	63.58
	M_2	54.00	2.47	-0.05	46.24
	S_2	10.76	0.49	-0.05	46.24
	M_4	6.38	1.83	0.29	15.54
	MS_4	4.85	1.39	0.29	15.54
JHL6-表	O_1	10.96	1.67	0.15	48.42
	K_1	6.96	1.06	0.15	48.42
	M_2	62.27	5.39	-0.09	51.88
	S_2	12.41	1.07	-0.09	51.88
	M_4	4.07	2.69	0.66	225.35
	MS_4	3.09	2.05	0.66	45.35
JHL6-中	O_1	8.96	0.97	0.11	36.82
	K_1	5.69	0.62	0.11	36.82
	M_2	61.73	5.98	-0.10	48.16
	S_2	12.30	1.19	-0.10	48.16
	M_4	7.07	4.29	0.61	225.42
	MS_4	5.38	3.26	0.61	45.42
JHL6-底	O_1	11.78	0.89	-0.08	64.57
	K_1	7.48	0.57	-0.08	64.57
	M_2	59.41	2.33	-0.04	49.09

站位层次		最大潮流（cm/s）	最小潮流（cm/s）	椭圆率 k	最大潮流方向（°）
	S_2	11.83	0.47	-0.04	49.09
	M_4	7.38	0.38	0.05	17.41
	MS_4	5.61	0.29	0.05	17.41

（3）理论最大可能潮流和水质点可能最大运移距离

根据《海港水文规范》（JTS145-2）规定，可利用分潮流椭圆要素计算全潮观测期间各站层的潮流可能最大流速和水质点可能最大运移距离。

潮流和风海流为主的近岸海区，海流可能最大流速可取潮流可能最大流速与风海流可能最大流速的矢量和。潮流的可能最大流速可按下列规定计算。

①对规则半日潮流海区可按下式计算：

$$\vec{V}_{\max} = 1.295\vec{W}_{M_2} + 1.245\vec{W}_{S_2} + \vec{W}_{K_1} + \vec{W}_{O_1} + \vec{W}_{M_4} + \vec{W}_{MS_4} \qquad (1)$$

②对规则全日潮流海区可按下式计算

$$\vec{V}_{\max} = \vec{W}_{M_2} + \vec{W}_{S_2} + 1.600\vec{W}_{K_1} + 1.450\vec{W}_{O_1} \qquad (2)$$

式中 $\vec{V}_{\max}$ —潮流的可能最大流速（流速：cm/s，流向：°）

$\vec{W}_{M_2}$ ——主太阴半日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速 ：cm/s，流向：°）

$\vec{W}_{S_2}$ ——主太阳半日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

$\vec{W}_{K_1}$ ——太阴太阳赤纬日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

$\vec{W}_{O_1}$ ——主太阴日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

$\vec{W}_{M_4}$ ——太阴四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

$\vec{W}_{MS_4}$ ——太阴—太阳四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

对于不规则半日潮流海区和不规则全日潮流海区，采用（1）和（2）中的大值。

潮流水质点的可能最大运移距离可按下述方法计算：

①规则半日潮流海区按下式计算：

$$\vec{L}_{\max} = 184.3\vec{W}_{M_2} + 171.2\vec{W}_{S_2} + 274.3\vec{W}_{K_1} + 295.9\vec{W}_{O_1} + 71.2\vec{W}_{M_4} + 69.9\vec{W}_{MS_4} \qquad (3)$$

②规则全日潮流海区按下式计算：

$$\vec{L}_{\max} = 142.3\vec{W}_{M_2} + 137.5\vec{W}_{S_2} + 438.9\vec{W}_{K_1} + 429.1\vec{W}_{O_1} \quad (4)$$

式中 $\vec{L}_{\max}$ ——潮流水质点的可能最大运移距离（距离：m，方向：°）

$\vec{W}_{M_2}$ ——主太阴半日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速 ：cm/s，流向：°）

$\vec{W}_{S_2}$ ——主太阳半日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

$\vec{W}_{MS_2}$ ——太阴太阳赤纬日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

$\vec{W}_{K_1}$ ——主太阴日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

$\vec{W}_{O_1}$ ——太阴四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

$\vec{W}_{MK_1}$ ——太阴—太阳四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

对于不规则半日潮流海区和不规则全日潮流海区，采用（3）和（4）中的大值。

根据各站层的潮流性质，按（1）-（4）及相关规定，计算了各层潮流可能最大流速和水质点可能最大运移距离，计算结果列入表 6.1.5-3 中，由表 6.1.5-3 可见，靖海湾附近潮流可能最大流速为 121.55cm/s，出现在 JHL2 站表层，各站层可能最大流速介于 80.93-121.55cm/s 之间，各站潮流的可能最大流速方向以北偏东向为主。水质点可能最大运移距离为 19117.89m（JHL6 站底层），各站层可能最大运移距离介于 13949.2-19117.89m 之间，方向与相应站层潮流可能最大流速的方向一致。

表 6.1.5-3 各站层潮流可能最大流速及水质点可能最大运移距离

站位	测层	可能最大流速		可能最大运移距离	
		流速（cm/s）	方向（度）	距离（m）	方向（度）
JHL1	表层	116.77	39.96	18329.9	38.83
	中层	115.64	41.46	18447.15	40.22
	底层	105.13	42.55	16409.03	41.43
JHL2	表层	121.55	37.45	18680.96	37.97
	中层	114.6	40.93	17633.83	41.46
	底层	111.96	38.77	17014	38.42
JHL3	表层	86.12	30.4	15614.26	33.05
	中层	80.93	27.87	15548.36	24.04
	底层	92.56	25.53	15097.48	23.08
JHL4	表层	98.63	46.1	16257.52	48.4
	中层	101.03	44.84	16306.16	46.72
	底层	84.7	49.34	13949.2	50.01
JHL5	表层	99.48	42.31	16246.75	43.46
	中层	98.54	44.74	15965.26	45.85

站位	测层	可能最大流速		可能最大运移距离	
		流速（cm/s）	方向（度）	距离（m）	方向（度）
	底层	110.76	43.85	17629.86	39.88
JHL6	表层	113.01	38.61	18672.37	39.05
	中层	107.95	43.33	17501.2	44.53
	底层	121.29	41.7	19117.89	37.92

注： 表中方向只为其一，±180°为另一方向。

6.1.5.2 2021 年 9 月

（1）潮流性质

各站各层潮流性质系数 F 值见表 6.1.5-4。根据潮流调和分析结果，各观测点均是正规半日潮流。由此可见，调查海区表层潮流类型主要表现为正规半日潮流。

表 6.1.5-4 潮流性质系数表

站位	层位	特征值 F	潮型
JHL1	表层	0.18	正规半日潮流
	中层	0.11	正规半日潮流
	底层	0.21	正规半日潮流
JHL2	表层	0.32	正规半日潮流
	中层	0.15	正规半日潮流
	底层	0.13	正规半日潮流
JHL3	表层	0.21	正规半日潮流
	中层	0.13	正规半日潮流
	底层	0.13	正规半日潮流
JHL4	表层	0.19	正规半日潮流
	中层	0.17	正规半日潮流
	底层	0.14	正规半日潮流
JHL5	表层	0.19	正规半日潮流
	中层	0.08	正规半日潮流
	底层	0.16	正规半日潮流
JHL6	表层	0.22	正规半日潮流
	中层	0.13	正规半日潮流
	底层	0.14	正规半日潮流

（2）潮流的运动形式及潮流椭圆要素

调查海区各站各层 M_2、S_2、K_1、O_1、M_4 和 MS_4 的潮流椭圆图如图 6.1.5-7 至图 6.1.5-11 所示，椭圆要素如表 6.1.5-5 所示。潮流运动可粗略分为往复流和旋转流，它可由潮流的椭圆旋转率 k 值来描述，k 值为潮流椭圆的短半轴与长半轴之比，其值介于-1～1 之间。k 的绝对值越小越接近往复流，越大越接近于旋转流。k 值的正、负号表示潮流旋转的方向，正号表示逆时针方向旋转，负号表示顺时针方向旋转。从结果可知：

本次观测所有站位各层次潮流主要表现为 M_2 分潮流占优，椭圆旋转率 k 绝对值小于 0.25，均表现为往复流的特征。最大 M_2 分潮流出现在 JHL5 站中层，流速

为 50.268cm/s。

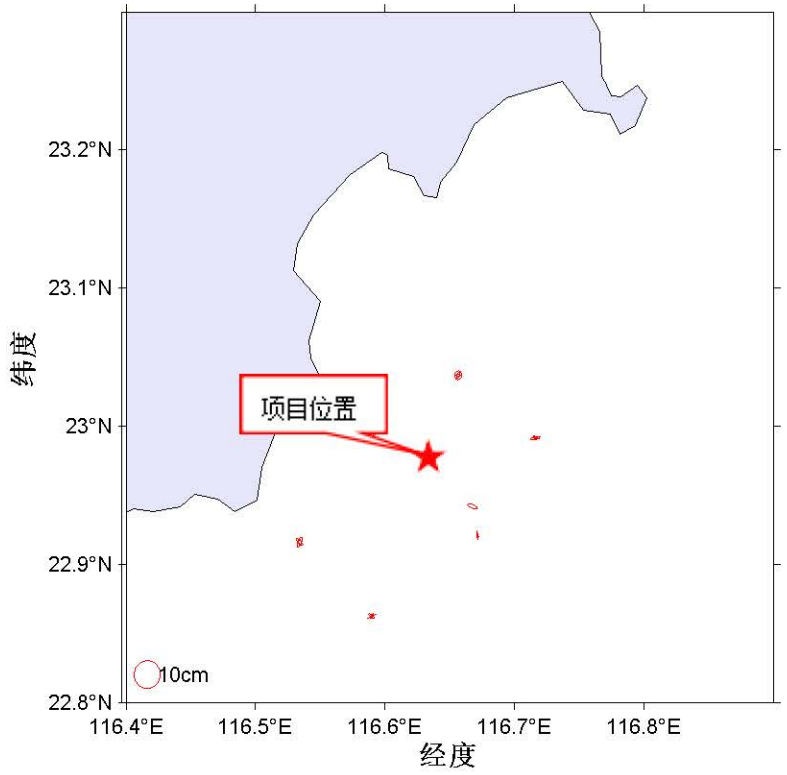


图 6.1.5-7 各站各层 O_1 分潮椭圆图

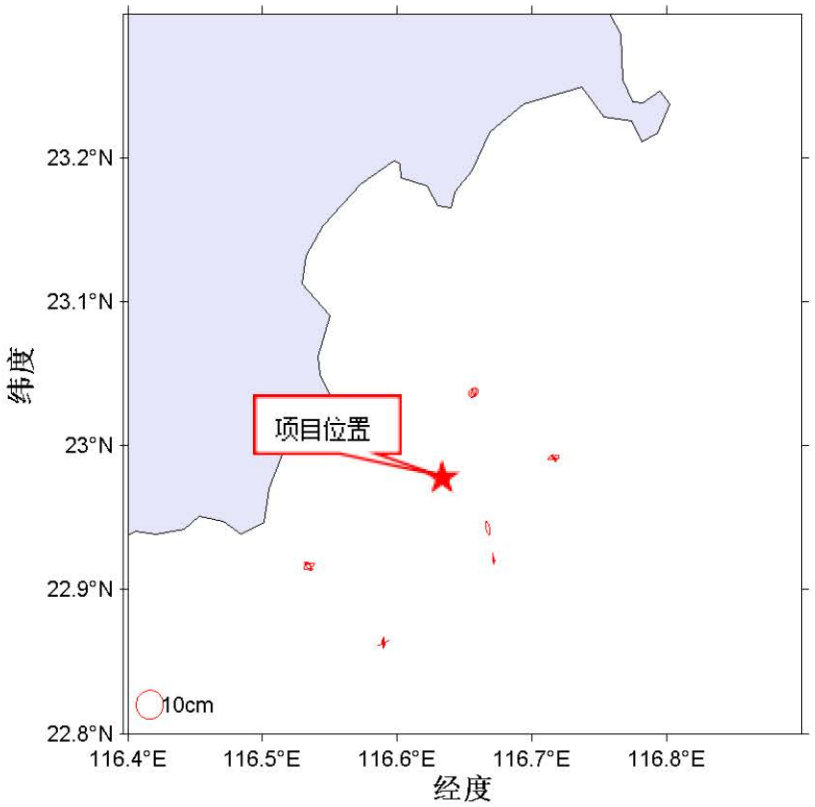


图 6.1.5-8 各站各层 K_1 分潮椭圆图

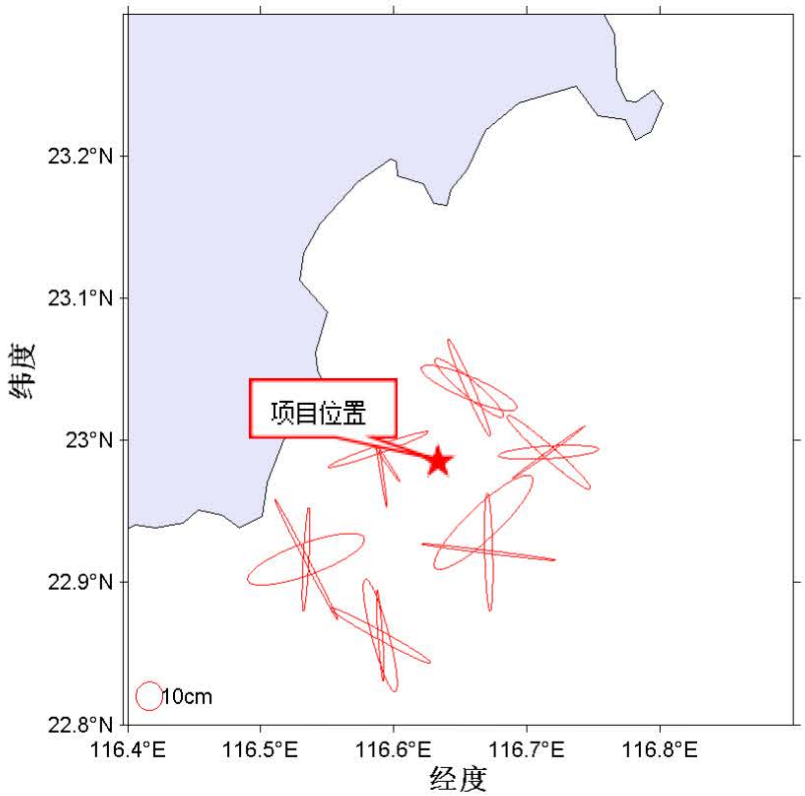


图 6.1.5-9 各站各层 M_2 分潮椭圆图

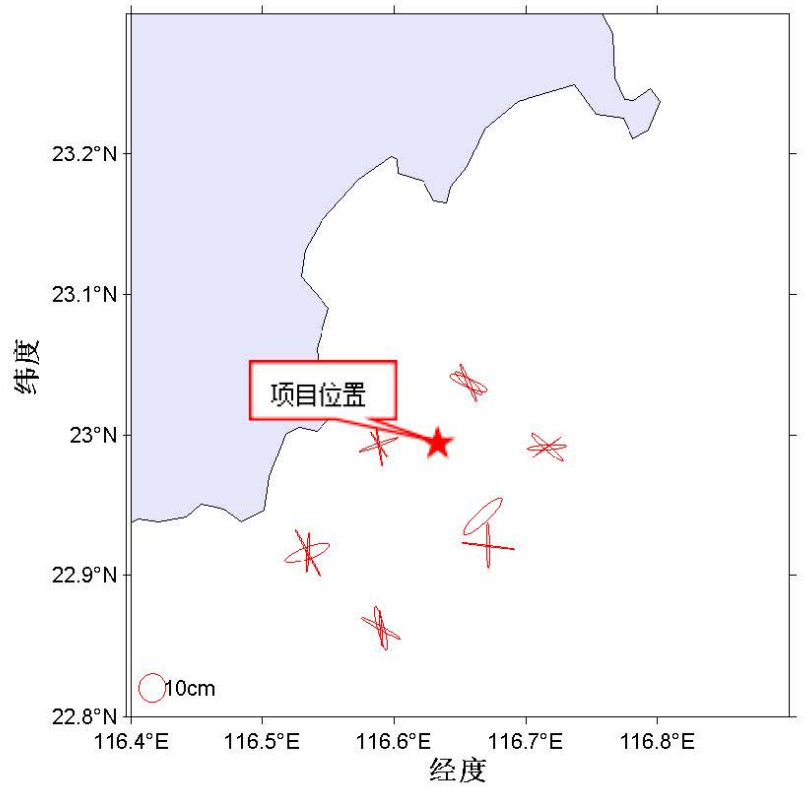


图 6.1.5-10 各站各层 S_2 分潮椭圆图

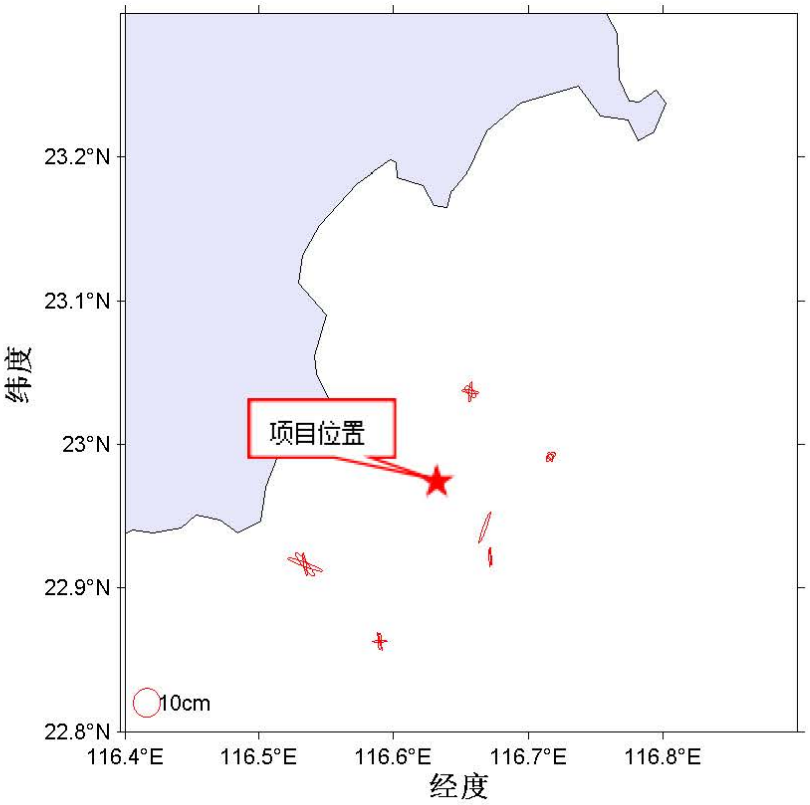


图 6.1.5-10 各站各层 M_4 分潮椭圆图

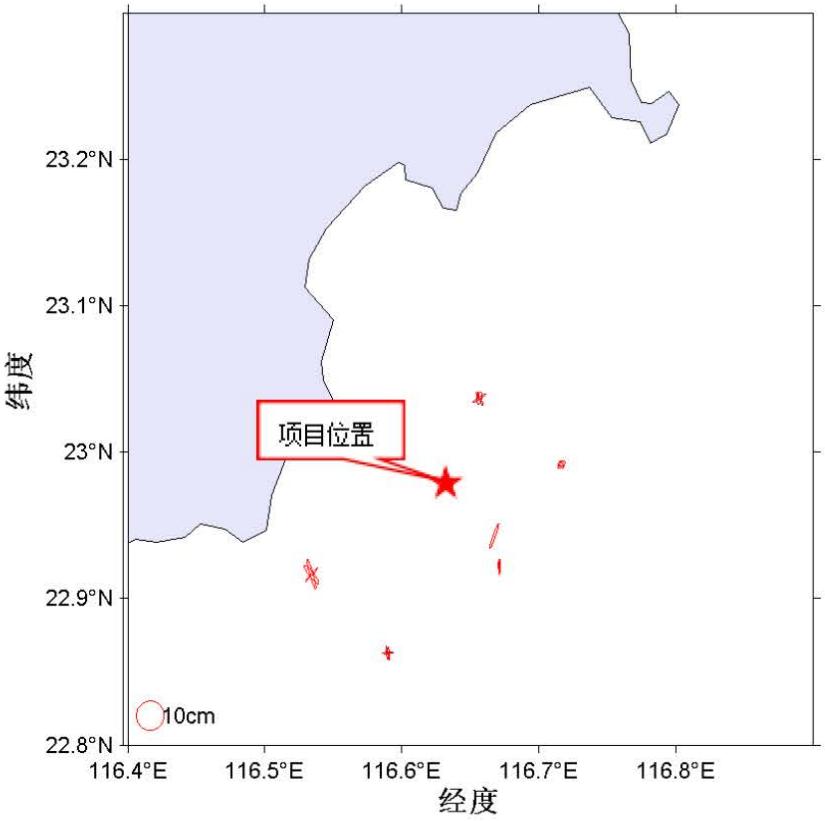


图 6.1.5-11 各站各层 MS_4 分潮椭圆图

表 6.1.5-5 各站各层潮流椭圆要素

站位层次		最大潮流（cm/s）	最小潮流（cm/s）	椭圆率 k	最大潮流方向（°）
JHL1-表	O_1	3.705	1.413	-0.3815	255.7
	K_1	4.372	1.668	-0.3815	75.7
	M_2	45.799	11.2	-0.2446	44.31
	S_2	17.861	4.368	-0.2446	44.31
	M_4	10.543	2	0.1897	247.32
	MS_4	8.223	1.56	0.1897	247.32
JHL1-中	O_1	2.388	1.114	0.4664	225.01
	K_1	2.818	1.314	0.4664	225.01
	M_2	48.233	1.588	-0.0329	49.2
	S_2	18.811	0.619	-0.0329	49.2
	M_4	8.087	0.86	0.1063	218.53
	MS_4	6.308	0.671	0.1063	38.53
JHL1-底	O_1	3.598	0.818	0.2274	228.61
	K_1	4.246	0.965	0.2274	228.61
	M_2	36.581	2.118	0.0579	48.64
	S_2	14.267	0.826	0.0579	48.64
	M_4	13.53	1.369	0.1012	238.42
	MS_4	10.553	1.068	0.1012	58.42
JHL2-表	O_1	4.031	2.016	-0.5001	201.34
	K_1	4.757	2.379	-0.5001	201.34
	M_2	27.27	1.117	0.041	46.17
	S_2	10.635	0.436	0.041	46.17
	M_4	1.581	0.219	0.1384	350.5
	MS_4	1.233	0.171	0.1384	350.5
JHL2-中	O_1	2.763	1.595	-0.5771	12.21
	K_1	3.26	1.882	-0.5771	12.21
	M_2	39.443	2.862	-0.0726	41.16
	S_2	15.383	1.116	-0.0726	41.16
	M_4	3.041	0.794	0.261	228.71
	MS_4	2.372	0.619	0.261	228.71
JHL2-底	O_1	2.417	0.306	-0.1267	23.05
	K_1	2.852	0.361	-0.1267	23.05
	M_2	41.049	1.173	-0.0286	45.71
	S_2	16.009	0.457	-0.0286	45.71
	M_4	4.974	0.514	0.1033	223.3
	MS_4	3.88	0.401	0.1033	223.3
JHL3-表	O_1	3.203	2.471	0.7716	252.81
	K_1	3.779	2.916	0.7716	72.81
	M_2	32.571	5.658	-0.1737	37.03
	S_2	12.703	2.207	-0.1737	37.03
	M_4	6.525	1.011	0.1549	235.46
	MS_4	5.089	0.788	0.1549	55.46
JHL3-中	O_1	2.343	1.312	-0.5599	349.99
	K_1	2.765	1.548	-0.5599	349.99
	M_2	38.326	7.802	-0.2036	40.46
	S_2	14.947	3.043	-0.2036	40.46
	M_4	6.739	1.093	0.1622	230.82
	MS_4	5.256	0.852	0.1622	50.82
JHL3-底	O_1	2.304	0.47	-0.2039	219.86
	K_1	2.719	0.554	-0.2039	39.86
	M_2	37.589	3.023	-0.0804	39.7
	S_2	14.66	1.179	-0.0804	39.7

站位层次		最大潮流（cm/s）	最小潮流（cm/s）	椭圆率 k	最大潮流方向（°）
	M_4	5.277	2.193	0.4156	212.84
	MS_4	4.116	1.711	0.4156	32.84
JHL4-表	O_1	3.511	0.228	0.065	305.17
	K_1	4.143	0.269	0.065	305.17
	M_2	40.894	6.352	-0.1553	48.97
	S_2	15.949	2.477	-0.1553	48.97
	M_4	5.608	1.143	-0.2038	256.06
	MS_4	4.374	0.892	-0.2038	256.06
JHL4-中	O_1	3.26	0.484	0.1484	181.54
	K_1	3.847	0.571	0.1484	1.54
	M_2	42.074	3.091	-0.0735	49.79
	S_2	16.409	1.205	-0.0735	49.79
	M_4	6.2	0.257	-0.0415	231.2
	MS_4	4.836	0.201	-0.0415	231.2
JHL4-底	O_1	2.009	0.725	0.3611	173.87
	K_1	2.371	0.856	0.3611	353.87
	M_2	32.017	1.687	-0.0527	48.77
	S_2	12.487	0.658	-0.0527	48.77
	M_4	5.353	0.581	0.1085	216.78
	MS_4	4.175	0.453	0.1085	216.78
JHL5-表	O_1	4.242	1.066	-0.2512	225.79
	K_1	5.006	1.258	-0.2512	45.79
	M_2	48.14	11.473	-0.2383	47.85
	S_2	18.774	4.474	-0.2383	47.85
	M_4	11.557	1.242	0.1074	258.82
	MS_4	9.014	0.968	0.1074	258.82
JHL5-中	O_1	1.741	0.42	0.2414	250.22
	K_1	2.054	0.496	0.2414	250.22
	M_2	50.268	1.079	-0.0215	47.01
	S_2	19.604	0.421	-0.0215	47.01
	M_4	5.964	0.948	0.159	196.43
	MS_4	4.652	0.74	0.159	196.43
JHL5-底	O_1	2.998	0.165	0.0549	215.31
	K_1	3.538	0.194	0.0549	215.31
	M_2	41.215	2.965	0.0719	48.72
	S_2	16.074	1.156	0.0719	48.72
	M_4	6.313	0.672	0.1065	221.48
	MS_4	4.924	0.524	0.1065	221.48
JHL6-表	O_1	3.992	1.096	-0.2745	34.7
	K_1	4.71	1.293	-0.2745	34.7
	M_2	40.325	4.613	-0.1144	43.29
	S_2	15.727	1.799	-0.1144	43.29
	M_4	3.967	2.229	0.5619	195.49
	MS_4	3.094	1.738	0.5619	195.49
JHL6-中	O_1	2.195	0.341	-0.1552	197.73
	K_1	2.59	0.402	-0.1552	17.73
	M_2	37.362	4.445	-0.119	44.04
	S_2	14.571	1.734	-0.119	44.04
	M_4	3.729	1.042	0.2793	231.4
	MS_4	2.909	0.812	0.2793	231.4
JHL6-底	O_1	2.121	0.531	0.2506	2.41
	K_1	2.502	0.627	0.2506	2.41
	M_2	32.702	0.982	-0.03	47.72

站位层次		最大潮流（cm/s）	最小潮流（cm/s）	椭圆率 k	最大潮流方向（°）
	S_2	12.754	0.383	-0.03	47.72
	M_4	2.522	1.848	0.7328	225.77
	MS_4	1.968	1.442	0.7328	225.77

（3）理论最大可能潮流

根据各站层的潮流性质（表 6.1.5-4），按相关规定，计算了各层潮流可能最大流速，计算结果列入表 6.1.5-6 中，由表 6.1.5-6 可见，靖海湾附近潮流可能最大流速为 78.94cm/s，出现在 JHL1 站中层，各站层可能最大流速介于 42.19-78.94cm/s 之间，各站潮流的可能最大流速方向以北偏东向为主。

表 6.1.5-6 各站层潮流可能最大流速

站位	测层	可能最大流速	
		流速（cm/s）	方向（度）
JHL1	表层	65.22	51.84
	中层	78.94	40.28
	底层	54.36	41.89
JHL2	表层	42.19	41.97
	中层	70.23	51.8
	底层	69.13	45.66
JHL3	表层	57.1	53.09
	中层	70.16	52.98
	底层	66.19	50.18
JHL4	表层	63.25	51.95
	中层	64.28	40.84
	底层	47.93	39.22
JHL5	表层	69.65	50.91
	中层	76.98	40.08
	底层	55.96	38.28
JHL6	表层	74.19	45.17
	中层	60.3	46.93
	底层	57.08	45.43

注： 表中方向只为其一，±180°为另一方向。

6.1.6 余流

6.1.6.1 2021 年 4 月

大潮期水文观测各站各层余流对比见表 6.1.6-1，大潮期余流的分布图见图 6.1.6-1。由图表可知，调查海区观测期间余流主要介于 4.51cm/s～17.84cm/s。最大余流为潮流 JHL5 站（底层，17.84cm/s，32.88°），最小余流为潮流 JHL3 站（表层，4.51cm/s，203.43°）。各个站点的余流方向主要平行海岸线北偏东方向。

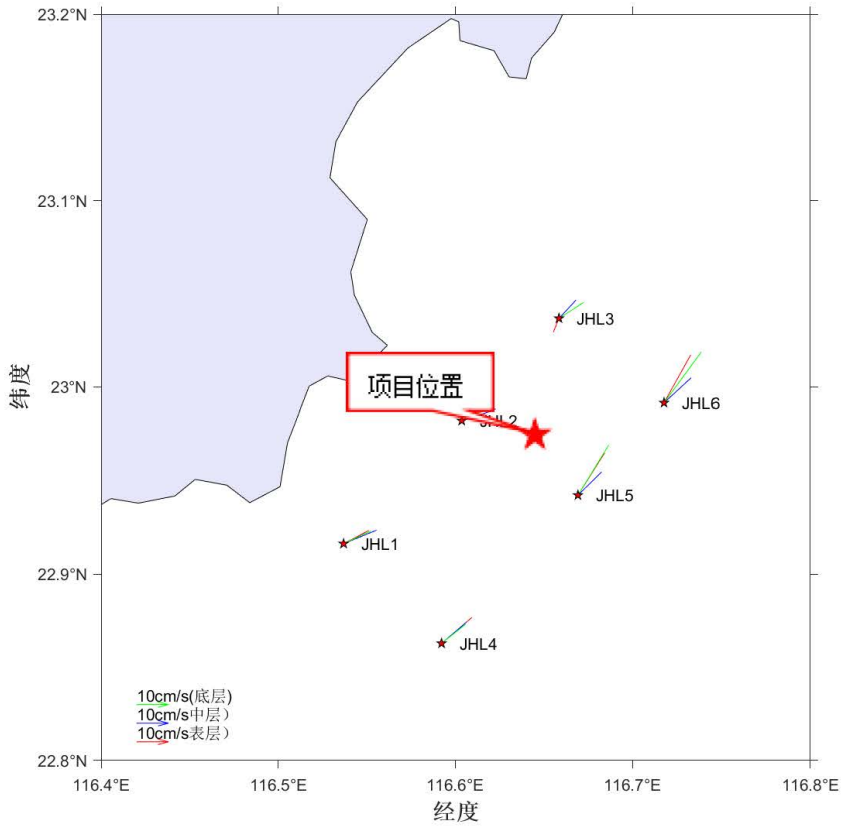


图 6.1.6-1 观测期各站余流图

表 6.1.6-1 观测期各站各层余流对比表

站位及层次	观测期间余流	
	流速（cm/s）	流向（°N）
JHL1-表	8.88	63.44
JHL1-中	11.07	68.62
JHL1-底	9.38	65.97
JHL2-表	8.28	54.02
JHL2-中	11.12	72.8
JHL2-底	9.64	66.32
JHL3-表	4.51	203.43
JHL3-中	7.65	44.39
JHL3-底	9.1	58.3
JHL4-表	12.27	50.83
JHL4-中	10.01	50.91
JHL4-底	9.46	52.73
JHL5-表	15.16	33.54
JHL5-中	10.19	46.88
JHL5-底	17.84	32.88
JHL6-表	16.58	30.37
JHL6-中	11.32	48.74
JHL6-底	19.1	37.65

6.1.6.2 2021 年 9 月

大潮期水文观测各站各层余流对比见表 6.1.6-2，大潮期余流的分布图见图

6.1.6-2。由图表可知，调查海区观测期间余流主要介于 4.15cm/s～27.98cm/s。最大余流为潮流 JHL4 站（表层，27.98cm/s，68.19°），最小余流为潮流 JHL3 站（底层，4.15cm/s，357.68°）。各个站点的余流方向主要平行海岸线北偏东方向。

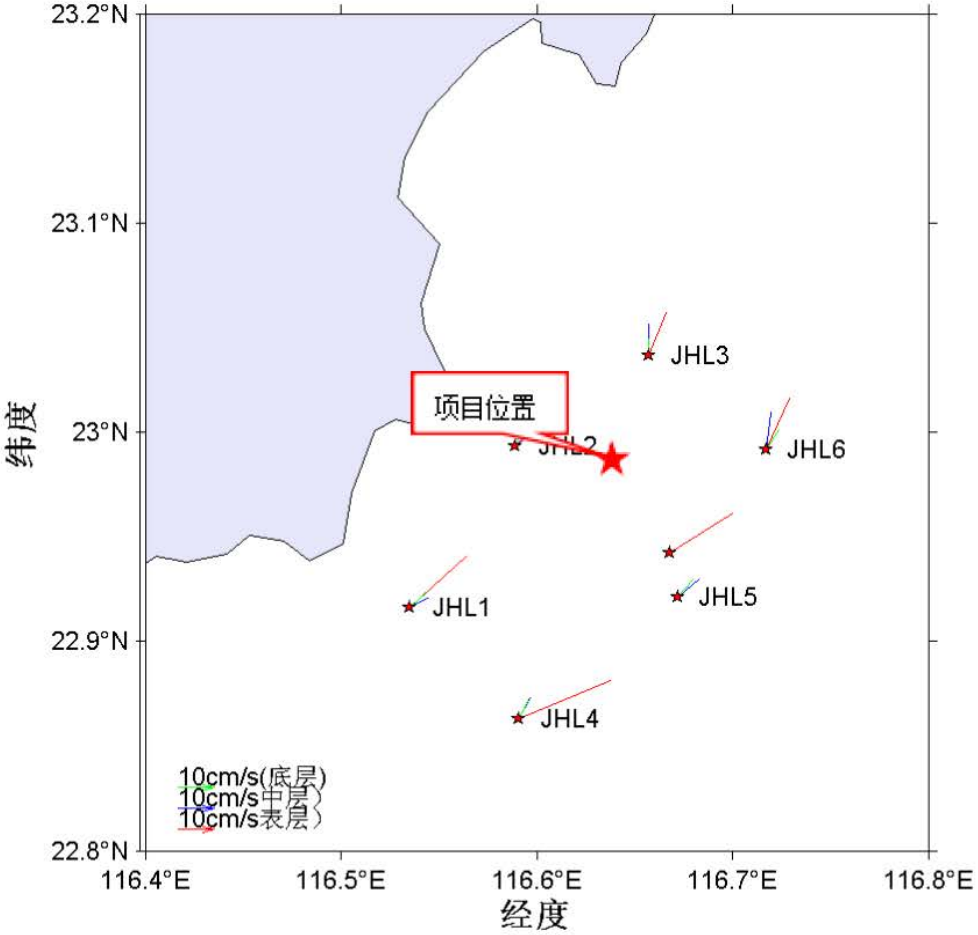


图 6.1.6-2 观测期各站余流图

表 6.1.6-2 观测期各站各层余流对比表

站位及层次	观测期间余流	
	流速（cm/s）	流向（°N）
JHL1-表	21.15	49.72
JHL1-中	5.8	65.57
JHL1-底	6.33	52.52
JHL2-表	13.73	54.97
JHL2-中	5.4	46.47
JHL2-底	4.26	26.54
JHL3-表	12.24	22.68
JHL3-中	8.15	359.52
JHL3-底	4.15	357.68
JHL4-表	27.98	68.19
JHL4-中	6.5	30.87
JHL4-底	5.6	28.34
JHL5-表	20.3	59.18
JHL5-中	7.47	53.54

站位及层次	观测期间余流	
	流速（cm/s）	流向（°N）
JHL5-底	6.17	43.55
JHL6-表	15.25	25.58
JHL6-中	9.88	6.92
JHL6-底	6.39	35.18

6.1.7 温度、盐度

6.1.7.1 2021 年 4 月

本次水文观测期间，温度、盐度时间过程曲线如图 6.1.7-1 至图 6.1.7-6 所示，温度、盐度统计如表 6.1.7-1 所示。

温度结果：调查期间调查海区测得的水温最大值为 23.28℃，出现在 JHL6 站表层；测得水温的最小值为 22.32℃，出现在 JHL1 站中层；各个调查站位表层、中层和底层，温度变化不大。

图 6.1.7-1 至图 6.1.7-6 中有各站表、中、底层温度的周日变化过程曲线，由图可以看出：各观测站位水温曲线平稳，水温垂向上温度变化不大，没有明显的分层现象。

盐度结果：调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.21，出现在 JHL3 的表层；测得盐度的最小值为 32.48，出现在 JHL1 站底层。统计结果表明，观测海区盐度稳定，变化不大。

图 6.1.7-1 至图 6.1.7-6 中有各站表、中、底层盐度的周日变化过程曲线，由图可以看出：观测期间大部分时刻都是盐度都比较稳定。

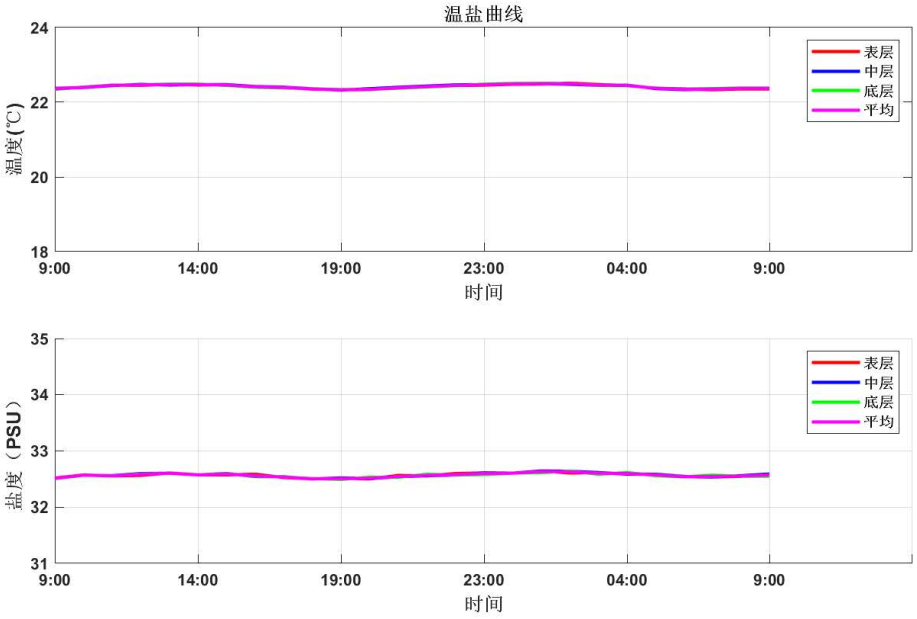


图 6.1.7-1 JHL1 站各层温度、盐度时间过程曲线

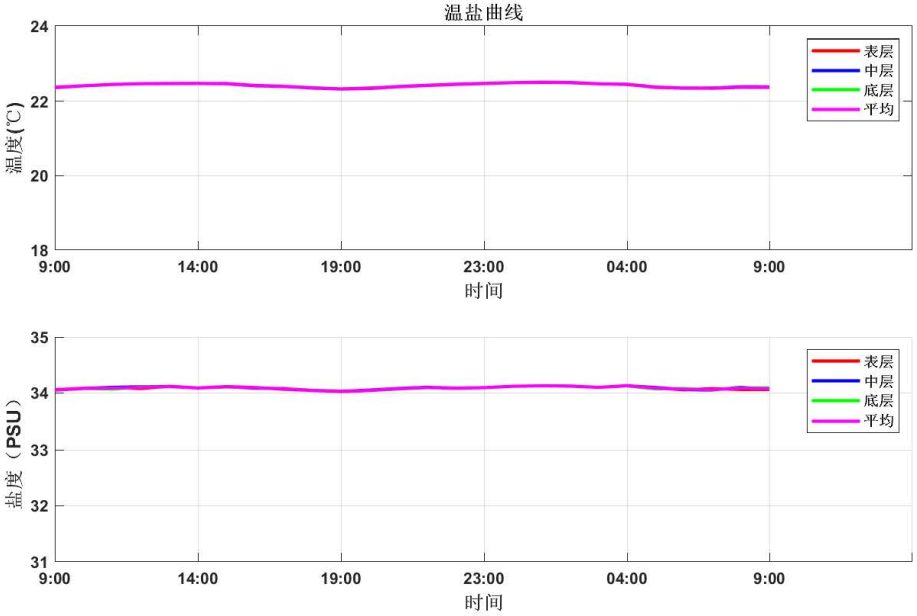


图 6.1.7-2 JHL2 站各层温度、盐度时间过程曲线

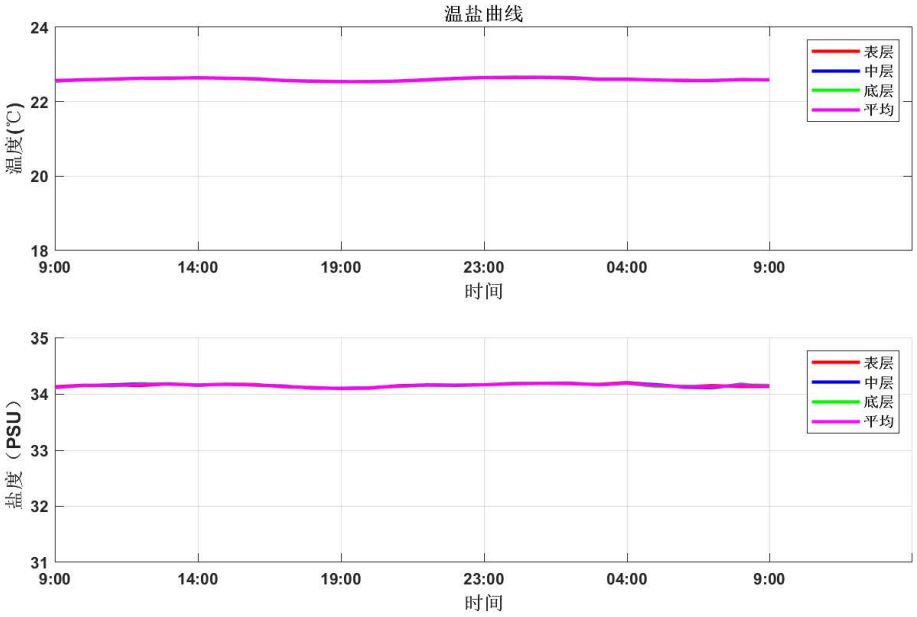


图 6.1.7-3 JHL3 站各层温度、盐度时间过程曲线

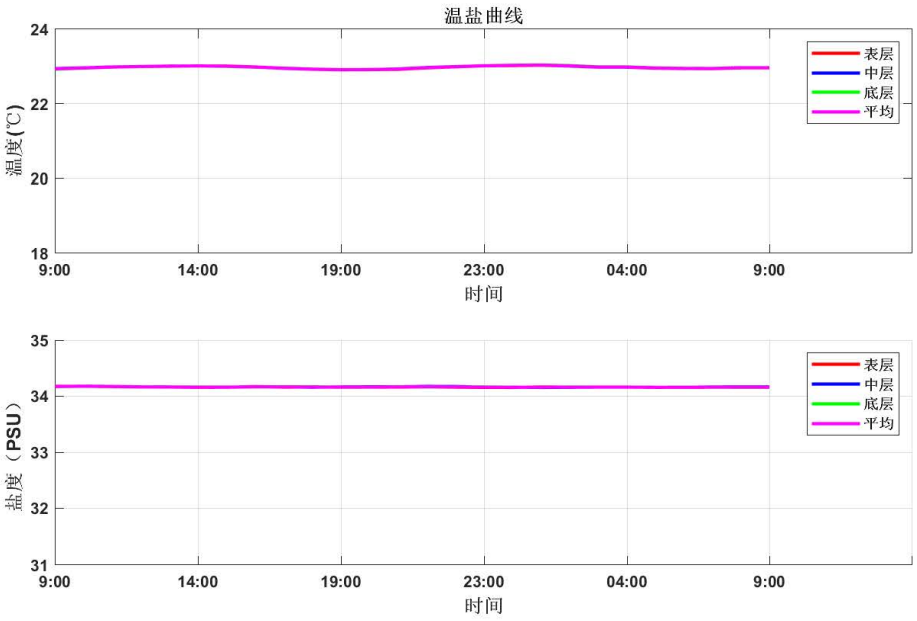


图 6.1.7-4 JHL4 站各层温度、盐度时间过程曲线

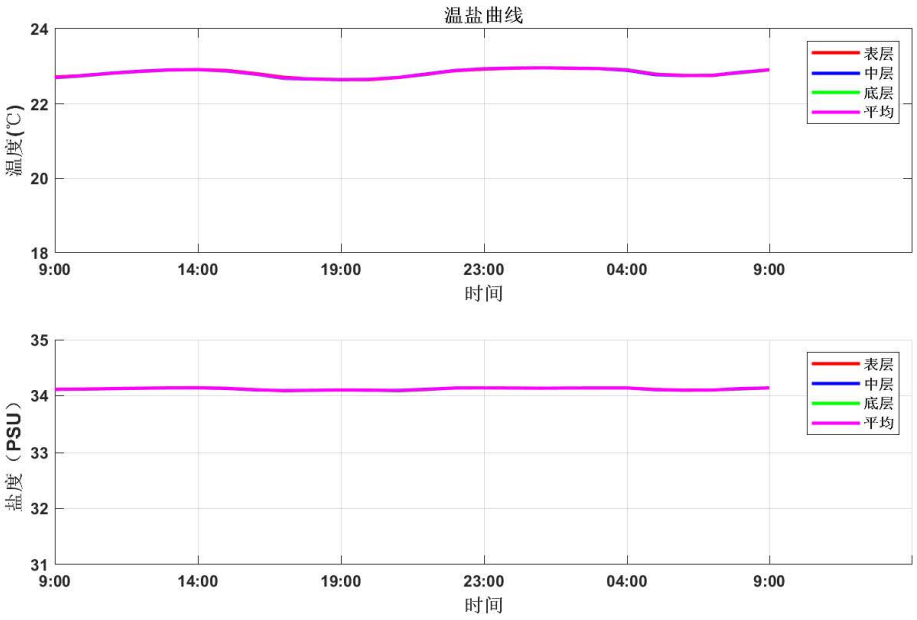


图 6.1.7-5 JHL5 站各层温度、盐度时间过程曲线

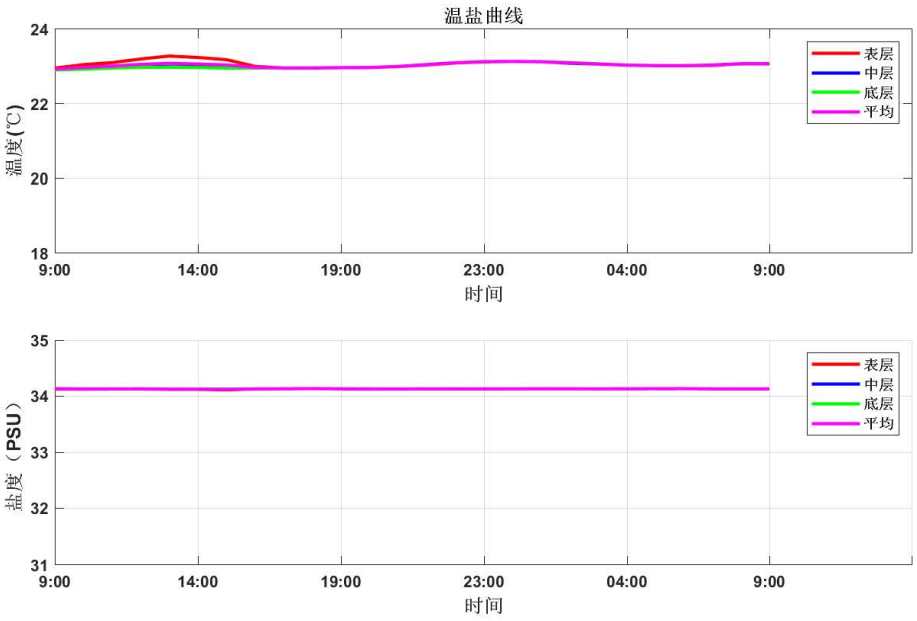


图 6.1.7-6 JHL6 站各层温度、盐度时间过程曲线

表 6.1.7-1 各站温度、盐度统计

站位	层次	温度（℃）			盐度		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均
JHL1	表层	22.51	22.33	22.41	32.64	32.49	32.56
	中层	22.49	22.32	22.41	32.64	32.49	32.56
	底层	22.5	22.33	22.41	32.63	32.48	32.56
JHL2	表层	22.51	22.33	22.42	34.13	34.03	34.09
	中层	22.51	22.33	22.42	34.13	34.03	34.09
	底层	22.52	22.33	22.42	34.13	34.03	34.09
JHL3	表层	22.65	22.54	22.6	34.21	34.1	34.16
	中层	22.66	22.54	22.6	34.2	34.11	34.16
	底层	22.66	22.54	22.6	34.2	34.1	34.16
JHL4	表层	23.03	22.91	22.97	34.18	34.16	34.16
	中层	23.04	22.91	22.98	34.18	34.16	34.17
	底层	23.04	22.92	22.98	34.18	34.16	34.17
JHL5	表层	22.97	22.65	22.83	34.14	34.09	34.12
	中层	22.97	22.65	22.83	34.14	34.09	34.12
	底层	22.97	22.66	22.83	34.14	34.09	34.12
JHL6	表层	23.28	22.96	23.07	34.14	34.11	34.13
	中层	23.13	22.92	23.02	34.14	34.12	34.13
	底层	23.13	22.91	23.02	34.14	34.13	34.13

6.1.7.2 2021 年 9 月

本次水文观测期间，温度、盐度时间过程曲线如图 6.1.7-7 至图 6.1.7-11 所示，温度、盐度统计如表 6.1.7-2 所示。

温度结果：调查期间调查海区测得的水温最大值为 30.58℃，出现在 JHL3 站表层；测得水温的最小值为 21.48℃，出现在 JHL4 站底层；各个调查站位表层、

中层和底层，温度从上到下逐渐减小。

图 6.1.7-7-图 6.1.7-11 中有各站表、中、底层温度的周日变化过程曲线，由图可以看出：各观测站位水温出现明显的分层现象。

盐度结果：调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.56，出现在 JHL5 的中层；测得盐度的最小值为 31.09，出现在 JHL3 站表层。统计结果表明，观测海区从表到底盐度逐渐增加。

图 6.1.7-7-图 6.1.7-11 中有各站表、中、底层盐度的周日变化过程曲线，由图可以看出：观测期间盐度出现明显分层现象。

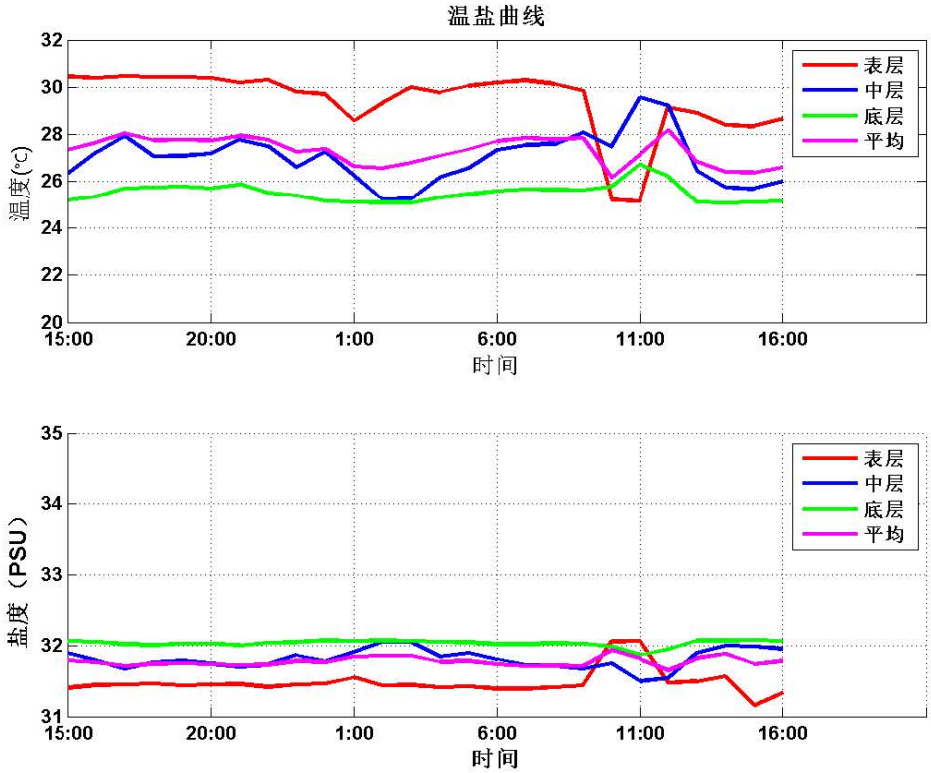


图 6.1.7-7 JHL1 站各层温度、盐度时间过程曲线

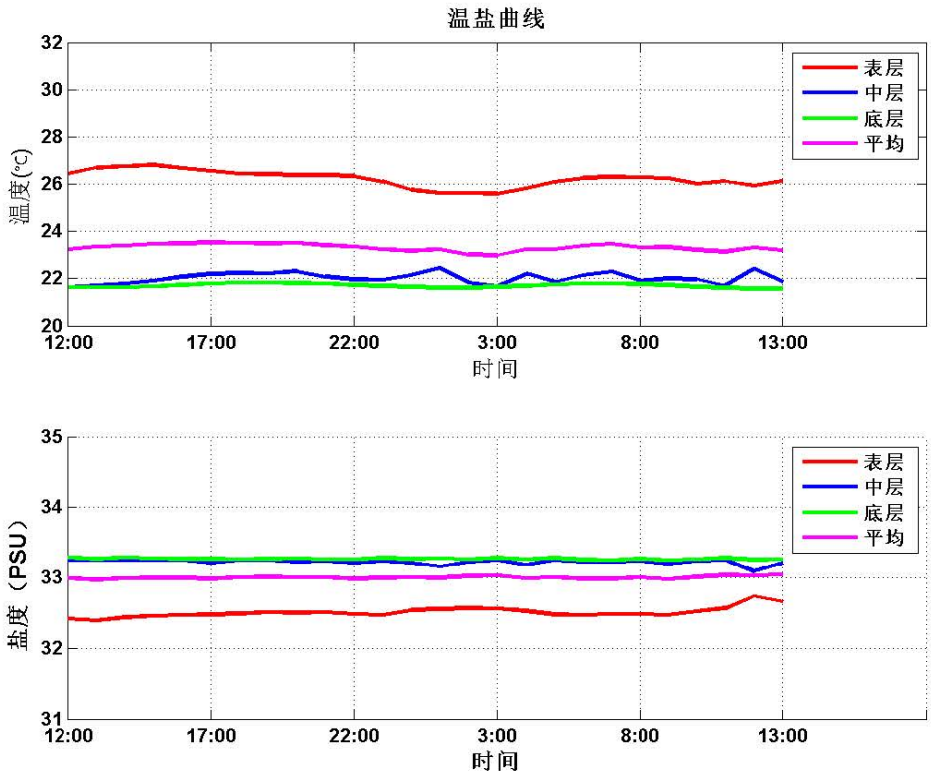


图 6.1.7-8 JHL2 站各层温度、盐度时间过程曲线

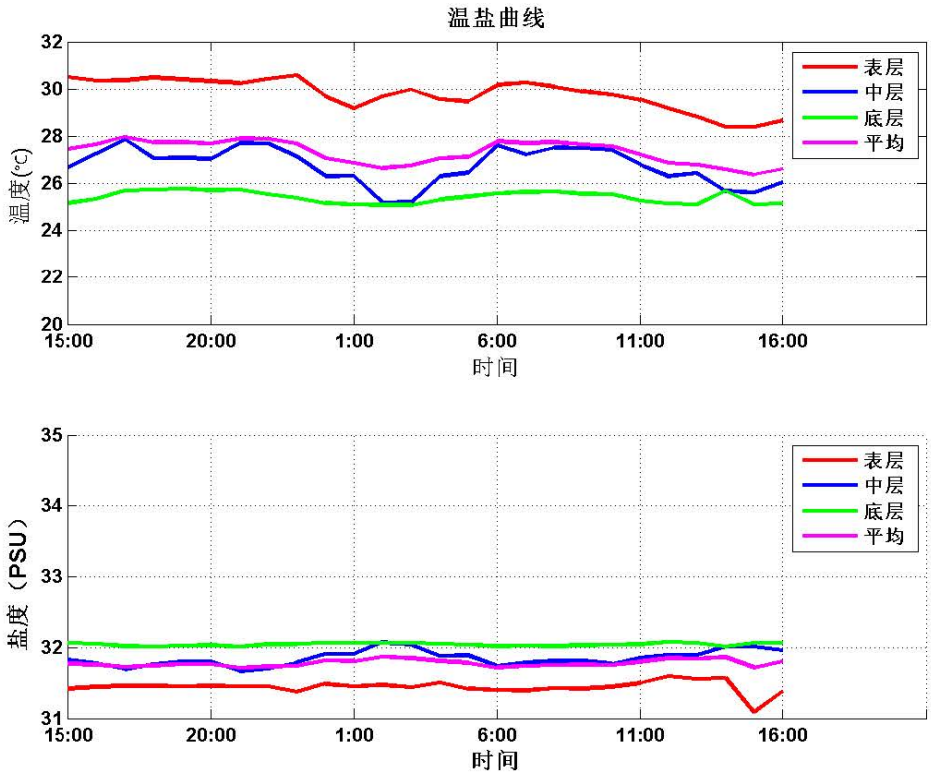


图 6.1.7-9 JHL3 站各层温度、盐度时间过程曲线

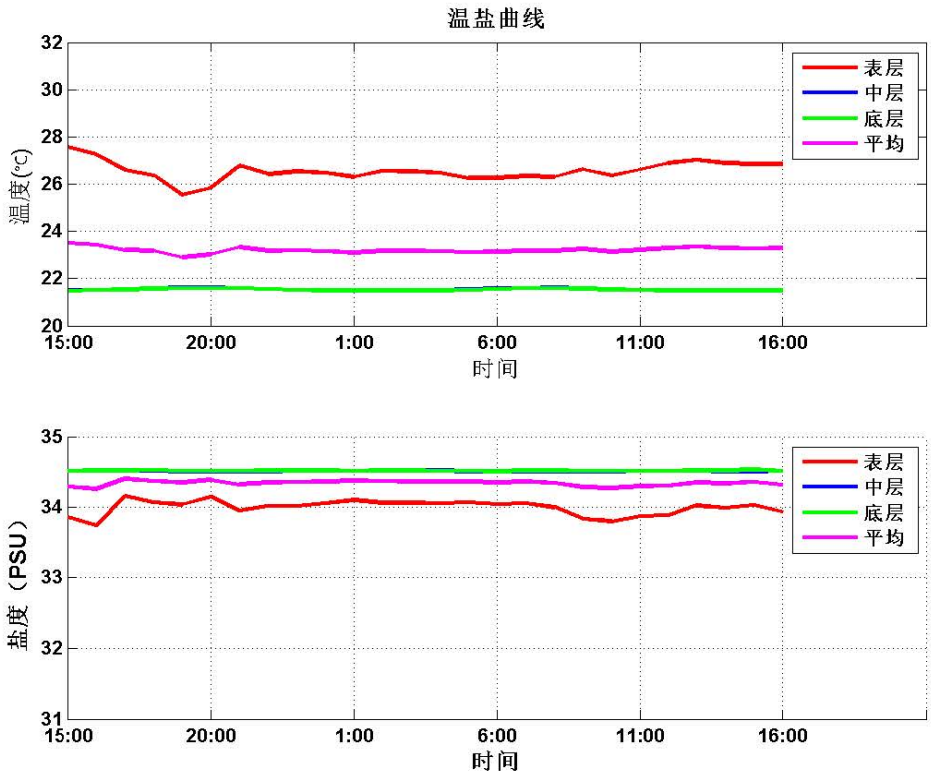


图 6.1.7-10 JHL4 站各层温度、盐度时间过程曲线

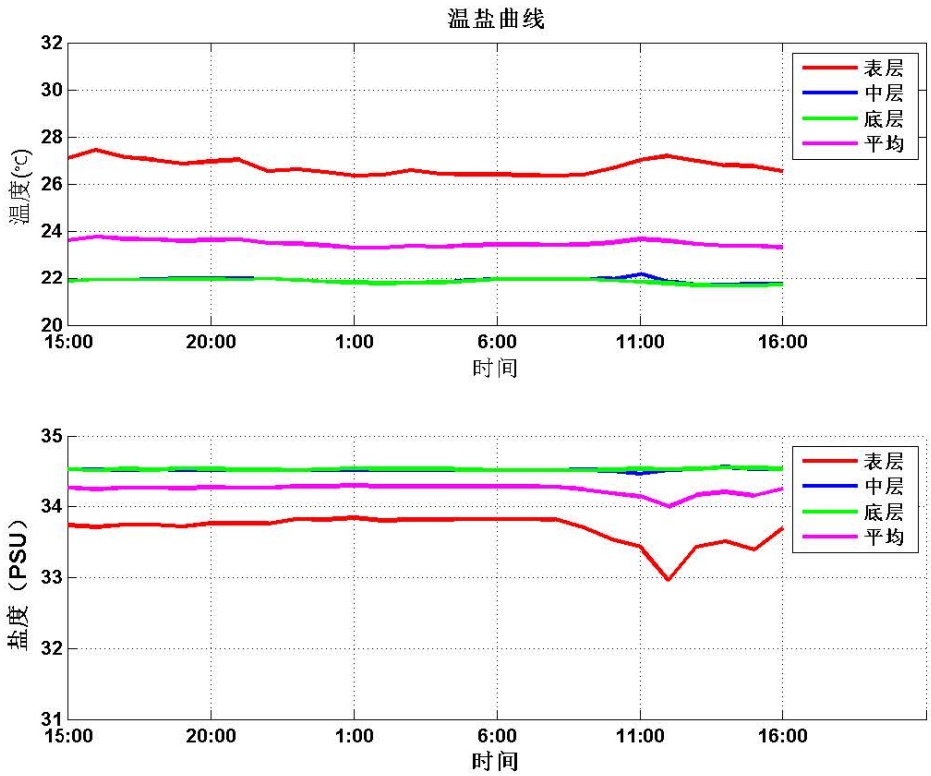


图 6.1.7-11 JHL5 站各层温度、盐度时间过程曲线

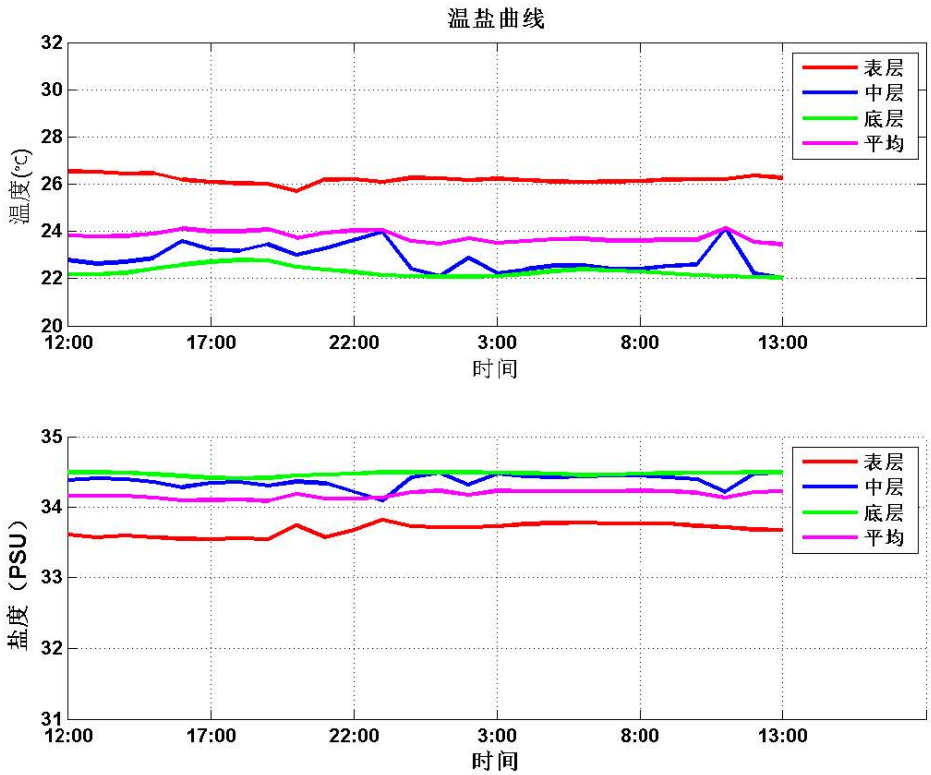


图 6.1.7-12 JHL6 站各层温度、盐度时间过程曲线

表 6.1.7-2 各站温度、盐度统计

站位	层次	温度（℃）			盐度		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均
JHL1	表层	30.47	25.14	29.41	32.07	31.16	31.48
	中层	29.55	25.21	27	32.05	31.5	31.81
	底层	26.74	25.08	25.5	32.08	31.86	32.03
JHL2	表层	26.81	25.6	26.22	32.74	32.39	32.51
	中层	22.45	21.64	22.02	33.26	33.09	33.23
	底层	21.83	21.57	21.7	33.29	33.25	33.27
JHL3	表层	30.58	28.4	29.79	31.59	31.09	31.44
	中层	27.86	25.2	26.75	32.07	31.67	31.85
	底层	25.77	25.1	25.41	32.08	32.01	32.04
JHL4	表层	27.57	25.54	26.56	34.17	33.74	34
	中层	21.62	21.48	21.54	34.52	34.5	34.51
	底层	21.6	21.48	21.53	34.53	34.51	34.52
JHL5	表层	27.46	26.36	26.74	33.84	32.96	33.69
	中层	22.2	21.7	21.91	34.56	34.46	34.52
	底层	21.97	21.67	21.87	34.55	34.52	34.53
JHL6	表层	26.53	25.69	26.2	33.82	33.55	33.68
	中层	24.12	22.04	22.83	34.5	34.1	34.38
	底层	22.78	22.05	22.29	34.5	34.41	34.47

6.1.8 悬浮泥沙

6.1.8.1 2021 年 4 月

（1）悬浮泥沙浓度

本次水文观测期间，各站悬沙浓度过程曲线如图 6.1.8-1 至图 6.1.8-6 所示，各站悬沙浓度范围如表 6.1.8-1 所示。

由图表结果可知：观测期间①调查海区悬沙浓度范围 0.0104Kg/m³~0.0557Kg/m³，JHL1 站底层悬沙浓度最大（0.0557Kg/m³），其次是 JHL2 站底层悬沙浓度（0.0556Kg/m³），JHL6 站表层悬沙浓度最小（0.0104Kg/m³）；②在垂向上，各站表层和底层悬沙浓度较为接近；③各站层次的悬沙浓度都比较稳定，变化不大。

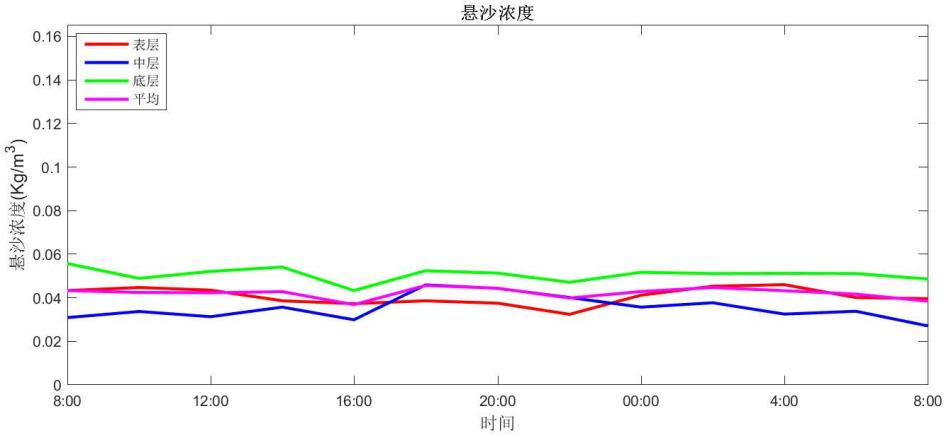


图 6.1.8-1 JHL1 站悬沙浓度时间过程曲线图

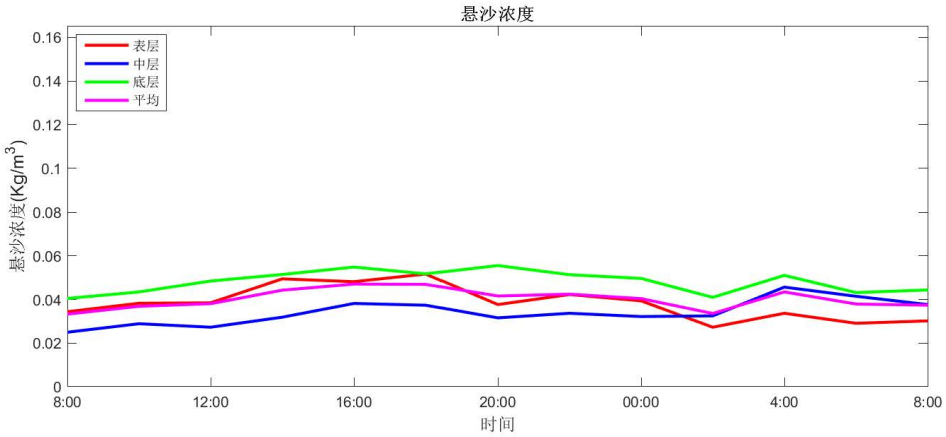


图 6.1.8-2 JHL2 站悬沙浓度时间过程曲线图

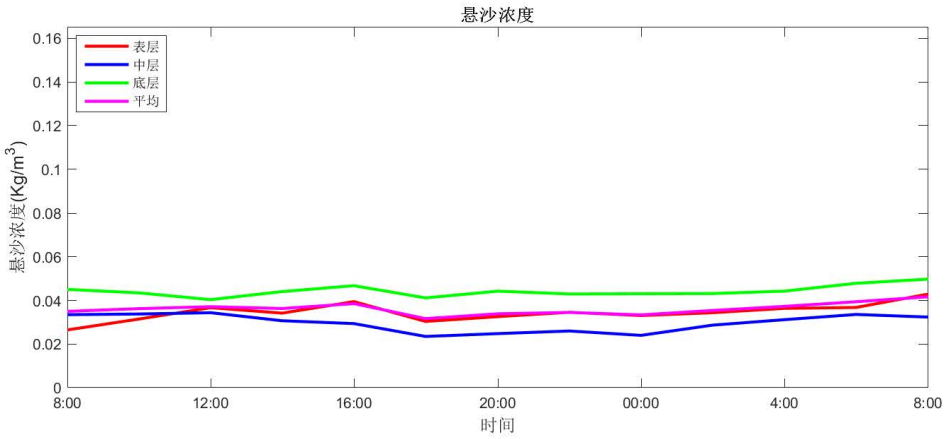


图 6.1.8-3 JHL3 站悬沙浓度时间过程曲线图

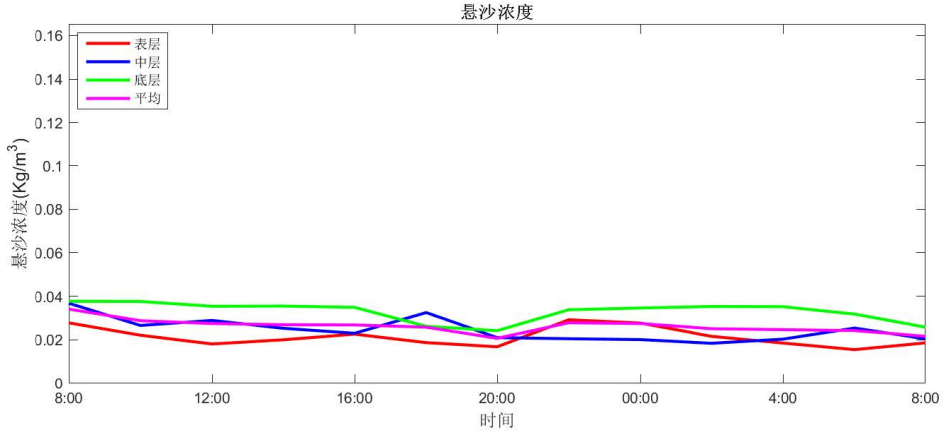


图 6.1.8-4 JHL4 站悬沙浓度时间过程曲线图

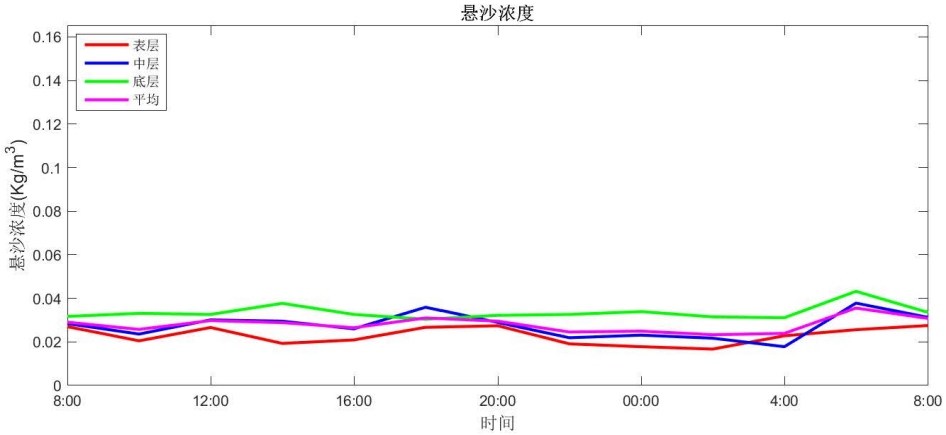


图 6.1.8-5 JHL5 站悬沙浓度时间过程曲线图

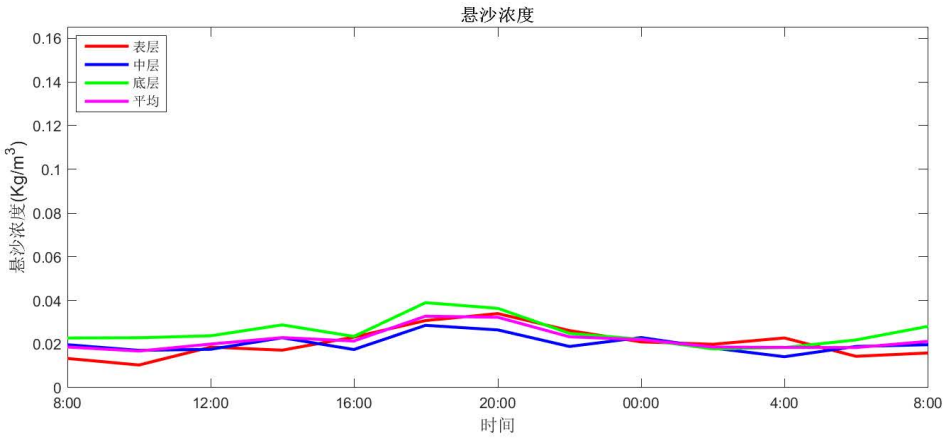


图 6.1.8-6 JHL6 站悬沙浓度时间过程曲线图

表 6.1.8-1 各站悬沙浓度范围

项目		悬沙浓度（Kg/m³）			
站位	层次	最大	最小	平均	全站平均
JHL1	表层	0.046	0.0324	0.0406	0.0422
	中层	0.0459	0.0271	0.0353	
	底层	0.0557	0.0433	0.0507	
JHL2	表层	0.0517	0.0273	0.0385	0.0403
	中层	0.0457	0.025	0.0341	
	底层	0.0556	0.0405	0.0482	
JHL3	表层	0.0429	0.0265	0.0346	0.0362
	中层	0.0344	0.0235	0.0297	
	底层	0.0498	0.0404	0.0444	
JHL4	表层	0.0292	0.0155	0.0213	0.0263
	中层	0.0368	0.0184	0.0246	
	底层	0.0377	0.0242	0.0329	
JHL5	表层	0.0275	0.0167	0.0229	0.028
	中层	0.0378	0.0178	0.0274	
	底层	0.0432	0.0304	0.0336	
JHL6	表层	0.034	0.0104	0.0206	0.0221
	中层	0.0286	0.0142	0.0202	
	底层	0.039	0.0178	0.0254	

（2）输沙量

影响悬沙运动的因素众多，有波浪、潮流、风等动力条件，此外悬沙运动与水质点的运动也不一致，为便于问题简化，在此仅讨论悬沙质量浓度与流速之间的关系。表 6.1.8-2 列出了根据现场观测流速、水深、含沙量参数计算出的大潮单宽输沙量统计结果，图 6.1.8-7 为各站净输沙示意图。

涨潮期最大单宽输沙量为 1.73t/m，方向 46.6°，出现在 JHL6 站；落潮期最大单宽输沙量为 1.06t/m，方向 218°，出现在 JHL2 站；最大单宽净输沙量为 0.94t/m，方向 54°，出现在 JHL6 站。净输沙主要方向为北偏东。

表 6.1.8-2 各站大潮单宽输沙量统计表

站位	涨潮		落潮		净输沙	
	输沙量（t/m）	方向（°）	输沙量（t/m）	方向（°）	输沙量（t/m）	方向（°）
JHL1	1.51	36.7	0.93	221.9	0.59	28.4
JHL2	1.49	32.9	1.06	218	0.44	20.5
JHL3	0.82	33.4	0.77	210.3	0.06	75.2
JHL4	1.53	44.5	0.83	228.1	0.7	40.4
JHL5	1.59	48.9	0.75	220.1	0.86	56.6
JHL6	1.73	46.6	0.8	217.9	0.94	54

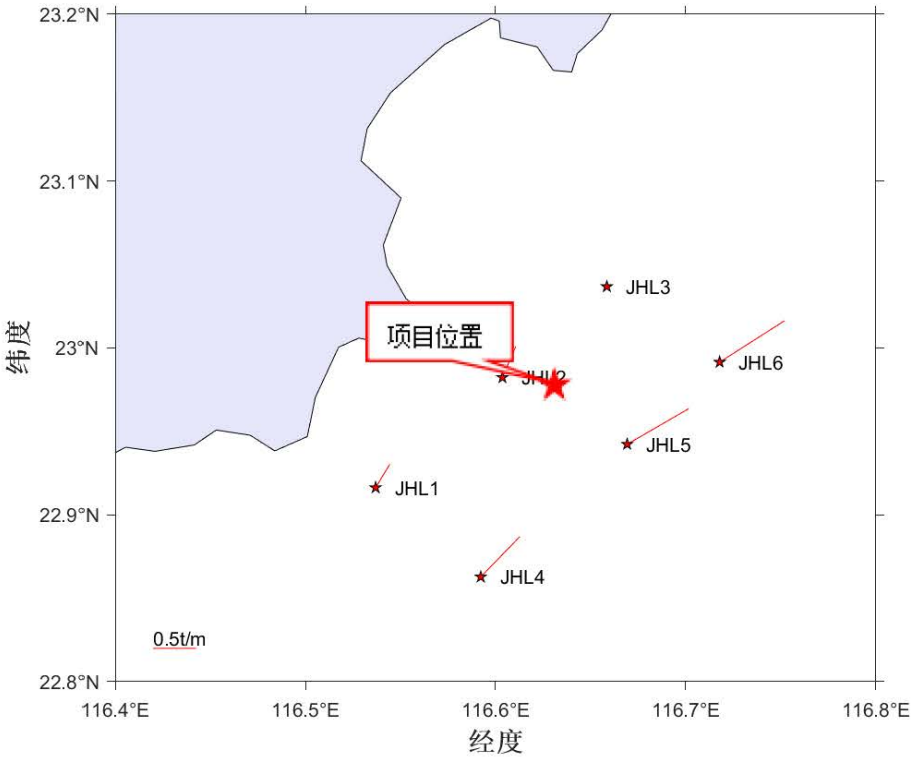


图 6.1.8-7 净输沙示意图

6.1.8.2 2021 年 9 月

（1）悬浮泥沙浓度

本次水文观测期间，各站悬沙浓度过程曲线如图 6.1.8-8 至图 6.1.8-13 所示，各站悬沙浓度范围如表 6.1.8-3 所示。

由图表结果可知：观测期间①调查海区悬沙浓度范围为 0.0102Kg/m³~0.0652 Kg/m³，JHL5 站底层悬沙浓度最大（0.0652Kg/m³），其次是 JHL5 站中层悬沙浓度（0.0594 Kg/m³）, JHL3 站表层悬沙浓度最小（0.0102Kg/m³）；②在垂向上，各站表层和底层悬沙浓度较为接近。③各站层次的悬沙浓度都比较稳定，变化不大。

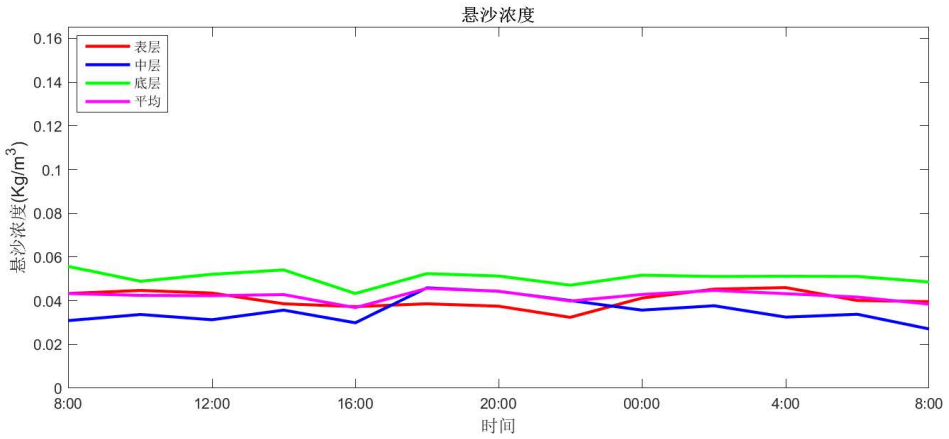


图 6.1.8-8 JHL1 站悬沙浓度时间过程曲线图

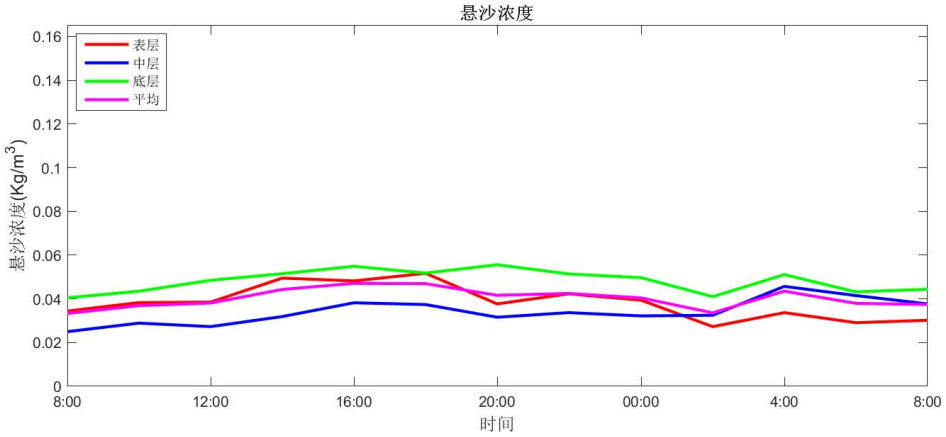


图 6.1.8-9 JHL2 站悬沙浓度时间过程曲线图

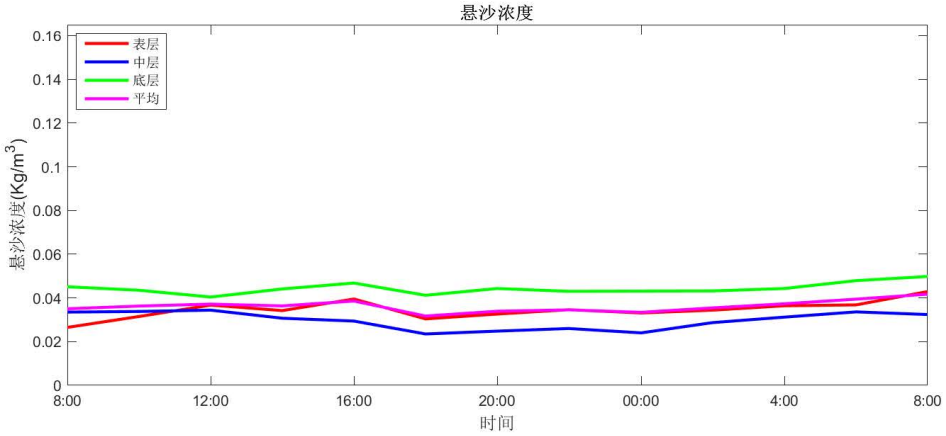


图 6.1.8-10 JHL3 站悬沙浓度时间过程曲线图

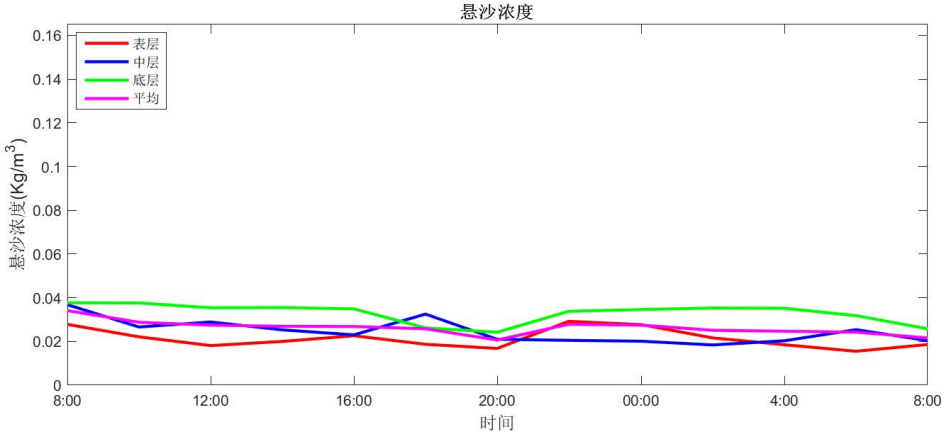


图 6.1.8-11 JHL4 站悬沙浓度时间过程曲线图

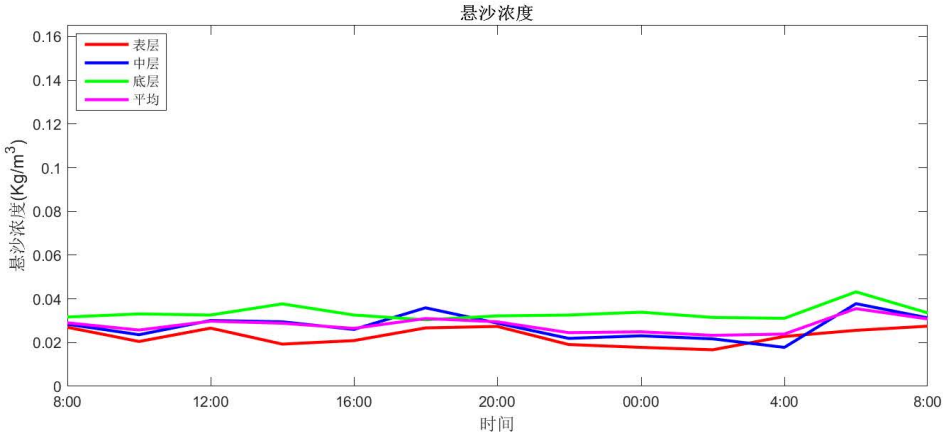


图 6.1.8-12 JHL5 站悬沙浓度时间过程曲线图

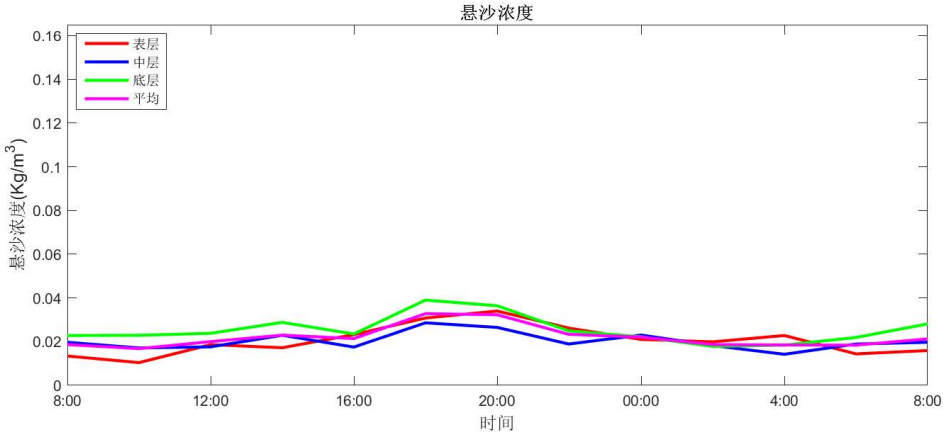


图 6.1.8-13 JHL6 站悬沙浓度时间过程曲线图

表 6.1.8-3 各站悬沙浓度范围

项目		悬沙浓度（Kg/m³）			
站位	层次	最大	最小	平均	全站平均
JHL1	表层	0.0267	0.0141	0.0196	0.0208
	中层	0.0348	0.0106	0.0221	
	底层	0.0383	0.0116	0.0207	
JHL2	表层	0.0587	0.0274	0.0388	0.0422
	中层	0.0567	0.0355	0.0429	
	底层	0.0557	0.0309	0.045	

项目		悬沙浓度（Kg/m³）			
站位	层次	最大	最小	平均	全站平均
JHL3	表层	0.0259	0.0111	0.0184	0.0193
	中层	0.0247	0.0127	0.0194	
	底层	0.0412	0.0102	0.0202	
JHL4	表层	0.0527	0.0233	0.0349	0.0352
	中层	0.0521	0.0208	0.0366	
	底层	0.0535	0.0229	0.0341	
JHL5	表层	0.054	0.032	0.0447	0.0464
	中层	0.0594	0.0324	0.0479	
	底层	0.0652	0.0339	0.0466	
JHL6	表层	0.0491	0.0226	0.0364	0.0379
	中层	0.0481	0.0282	0.0377	
	底层	0.0557	0.024	0.0395	

（2）输沙量

影响悬沙运动的因素众多，有波浪、潮流、风等动力条件，此外悬沙运动与水质点的运动也不一致，为便于问题简化，在此仅讨论悬沙质量浓度与流速之间的关系。表 6.1.8-4 列出了根据现场观测流速、水深、含沙量参数计算出的大潮单宽输沙量统计结果，图 6.1.8-14 为各站净输沙示意图。

涨潮期最大单宽输沙量为 1.1.44t/m，方向 33.8°，出现在 JHL5 站；落潮期最大单宽输沙量为 0.57t/m，方向 220.5°，出现在 JHL5 站；最大单宽净输沙量为 0.93t/m，方向 70°，出现在 JHL6 站。净输沙主要方向为北偏东。

表 6.1.8-4 各站大潮单宽输沙量统计表

站位	涨潮		落潮		净输沙	
	输沙量（t/m）	方向（°）	输沙量（t/m）	方向（°）	输沙量（t/m）	方向（°）
JHL1	0.49	47.7	0.17	237.4	0.32	42.4
JHL2	1.2	46.3	0.38	240.5	0.84	39.9
JHL3	0.23	63.8	0.2	208.5	0.14	122.7
JHL4	0.92	37.2	0.36	250.7	0.65	19.5
JHL5	1.44	33.8	0.57	220.5	0.88	29.5
JHL6	1.21	54.3	0.4	195.2	0.93	70

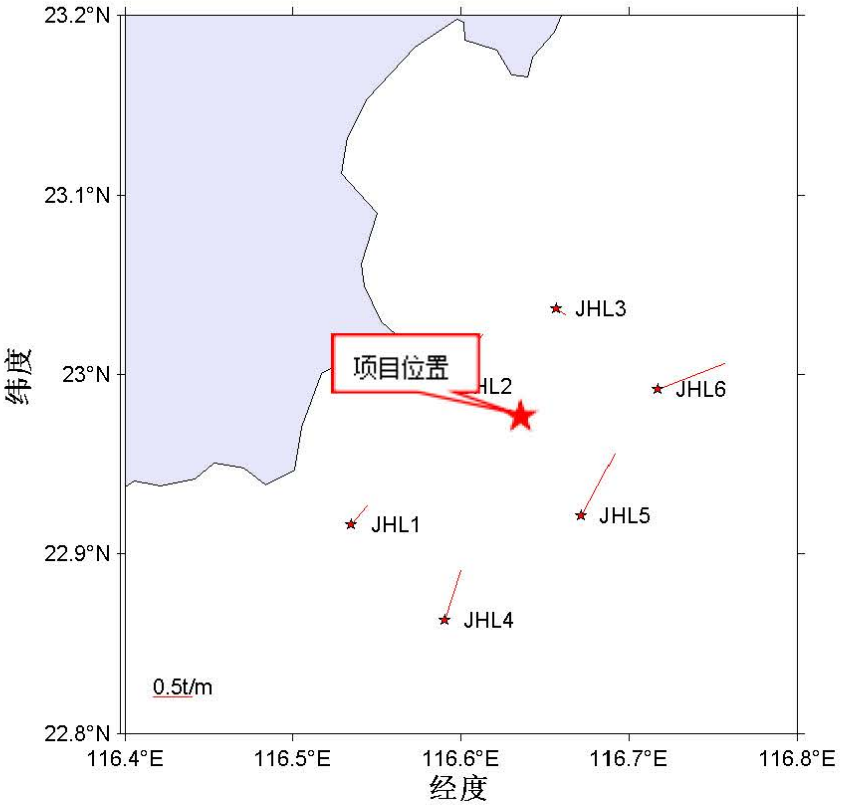


图 6.1.8-14 净输沙示意图

6.1.9 波浪

本节引用《揭阳港前詹作业区通用码头一期工程波浪数学模型研究》（河海大学，2019 年 9 月），由河海大学在项目附近海域进行的波浪数学模型研究数据。

6.1.9.1 波况

（1）惠来沟疏站

为掌握工程区外海平常年波浪条件，报告收集了惠来沟疏外海（地理位置见图 6.1.9-1，测站水深约为 20m）2008 年 7 月~2009 年 7 月整年波浪观测资料。

表 6.1.9-1 和表 6.1.9-2 基于该站整年波浪观测资料，给出了工程区外海各向有效波高的分级频率统计结果、以及平均波周期的分级统计结果。统计结果显示：

①工程外海的主要浪向为 E、ESE 和 SE 向，此三个方位内波浪的年出现频率高达 75.6%，其中常浪向为 ESE 向，年出现频率为 32.2%。SSE、S 和 SSW 方位内波浪的出现频率总体相当，此三方位内波浪出现的年频率合计 22.6%。其它方向（除 SW 向波浪频率略高，为 1.34%）波浪出现频率甚低，一般不足 0.4%。

②从各级波浪出现的频率上看，1.0m 级以上有效波高波浪的年频率高达

54.5%；1.5m 级以上有效波高波浪的年频率为 15.5%，3.0m 级以上波浪的年频率为 1.1%。全年实测最大有效波高为 6.82m，对应的平均波周期为 9.7s，平均波向 SSE，发生在 2008 年 8 月 22 日 16 时。

③从各向波浪平均波周期的强度上看，6.0s 以上平均波周期波浪的年频率为 7.6%，8.0s 以上的年频率为 0.8%。全年实测最大平均波周期为 10.5s，对应的有效波高为 6.73m，平均波向 SSE，发生在 2008 年 8 月 22 日 08 时。

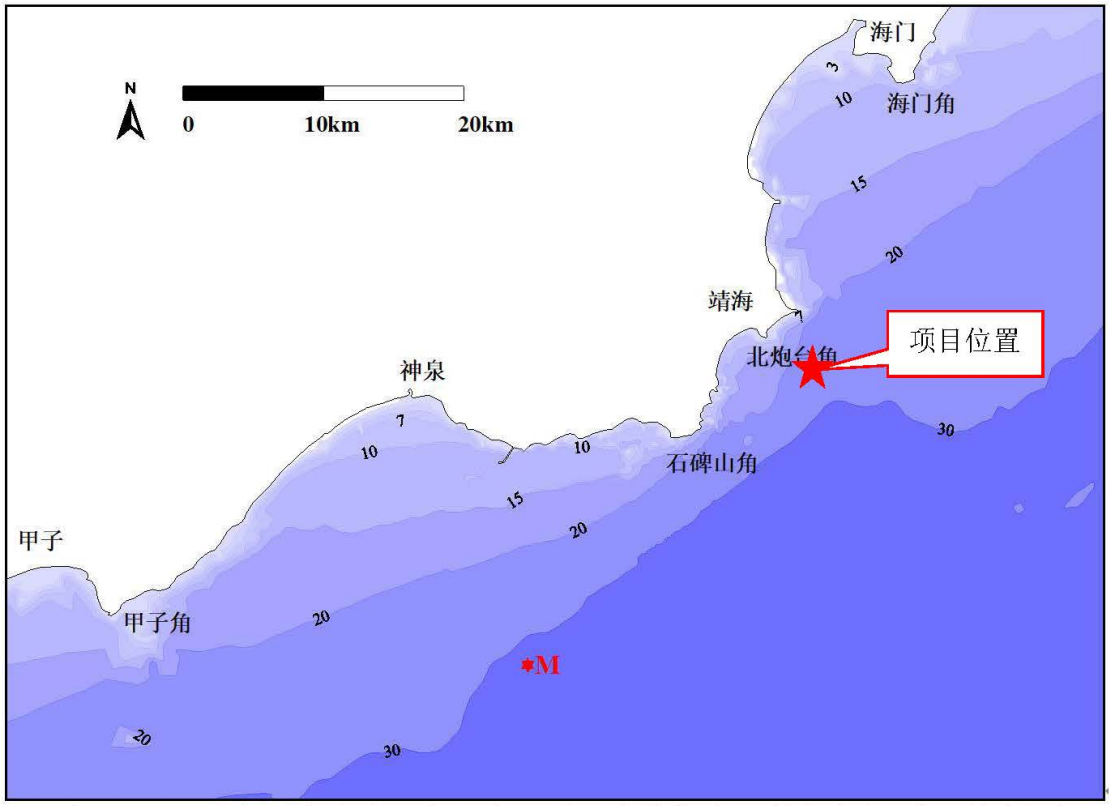


图 6.1.9-1 甲子角~海门角水下地形图（理论深度基准面）、外海波浪要素计算分析点（M 点）图

表 6.1.9-1 惠来沟疏站（20m 水深）各级平均波周期频率统计结果

平均波周期 T_m(s)	0.0~4.0	4.0~6.0	6.0~7.0	7.0~8.0	8.0~9.0	9.0~10.0	>=10.0	合计
频率（%）	9.12	83.34	5.40	1.39	0.53	0.18	0.05	100.0

注：资料时限：2008 年 7 月~2009 年 7 月。

表 6.1.9-2 惠来沟疏站（20m 水深）各向各级 Hs 波高出现频率统计结果（单位：%）

波向 \ H_s(m)	<0.5	0.5~1.0	1.0~1.5	1.5~2.0	2.0~3.0	>=3.0	合计
N	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NNE	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
NE	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
ENE	0.05	0.27	0.06	0.02	0.00	0.00	0.39
E	0.84	4.36	12.50	5.88	0.36	0.00	23.95
ESE	2.96	8.70	16.55	3.93	0.07	0.00	32.21
SE	2.70	8.76	6.30	1.05	0.30	0.34	19.45
SSE	1.76	3.31	0.54	0.42	0.28	0.35	6.65

波向 \ H_s(m)	<0.5	0.5~1.0	1.0~1.5	1.5~2.0	2.0~3.0	>=3.0	合计
S	1.20	3.72	1.78	1.02	0.46	0.36	8.54
SSW	1.21	4.47	1.05	0.36	0.21	0.06	7.36
SW	0.34	0.73	0.23	0.05	0.00	0.00	1.34
WSW	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
W	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
WNW	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NW	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
NNW	0.00	0.05	0.00	0.01	0.00	0.00	0.06
合计	11.06	34.40	39.02	12.74	1.68	1.11	100.0

注：资料时限：2008 年 7 月~2009 年 7 月。

（2）海门站

在 1984～1985 年，交通部四航院在马耳半岛南部水深约 13m 水深处用 956 测波仪观测了近一年的波浪（实测 230 天）。观测期间，遇到了 8504 号强台风，测到了该台风全过程的波浪资料，测得最大有效波高 7.1m（SE 波向），对应平均波周期 10 秒。

实测波浪资料的统计表明：①海域常、强浪向集中，主要为 E～S，此五个方位出现的波浪频率占总频率的 80.8%，其中 ESE 方向占 25.6%；②从波级分布来看，Hs≤1.5m 的频率占 84.1%，Hs≥2.5m 大浪出现频率为 2.4%，且主要集中在 ESE、SSE、S 向。图 6.1.9-2 给出了海门波浪观测站的波浪玫瑰图。

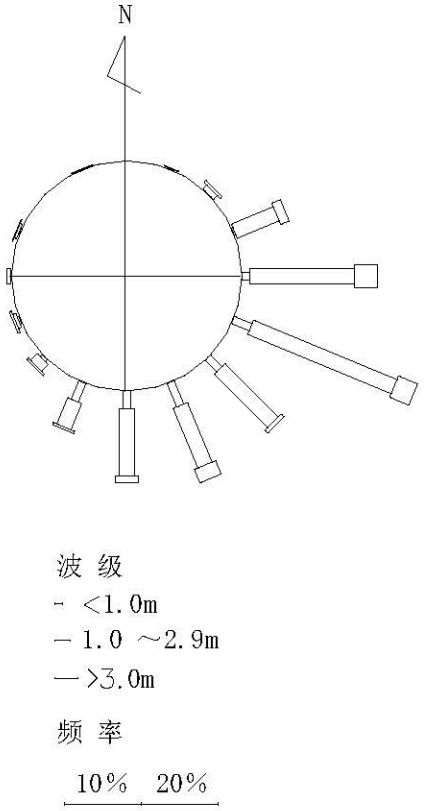


图 6.1.9-2 海门外海（13m 水深）各级波浪波向频率玫瑰图

6.1.9.2 基于台风浪后报数据的外海极值波浪条件分析

据河海大学 1979~2017 年共计 492 场台风浪后报资料，提取了惠来外海 30m 水深 M 站、历次台风浪期间各向最大有效波高、对应的平均波周期和平均波向，台风浪后报数据显示：在 1979~2017 年台风期，M 站 8.0m 级以上台风大浪共发生 9 次；其中 2016 年第 22 号超强台风“海马”为最强，最大有效波高为 10.9m，对应的平均波周期为 12.8s，波向 SE；其次是“7908”号超强台风“Hope”，有效波高为 10.4m，对应的平均波周期为 12.7s，波向 ESE；再次为“1319”号台风“天兔”（有效波高 9.1m，E 向）、“9509”号台风“肯特”（有效波高 9.0m，波向 E）、以及“1604”号台风“妮达”（有效波高 8.9m，波向 SE）。图 6.1.9-3 给出了上述五场台风的路径，可见：引起工程外海出现强浪的台风为西北太平洋台风，其共同特点是在西北太平洋生成后横穿菲律宾～吕宋海峡，然后以西北型或西北西型路径在粤西陆丰～惠州沿海登陆，在该类台风的影响下，工程区处于台风移行路径的右侧，受台风右侧向岸强风的影响，该类路径的台风大浪多发生在 ENE~SSE 向。

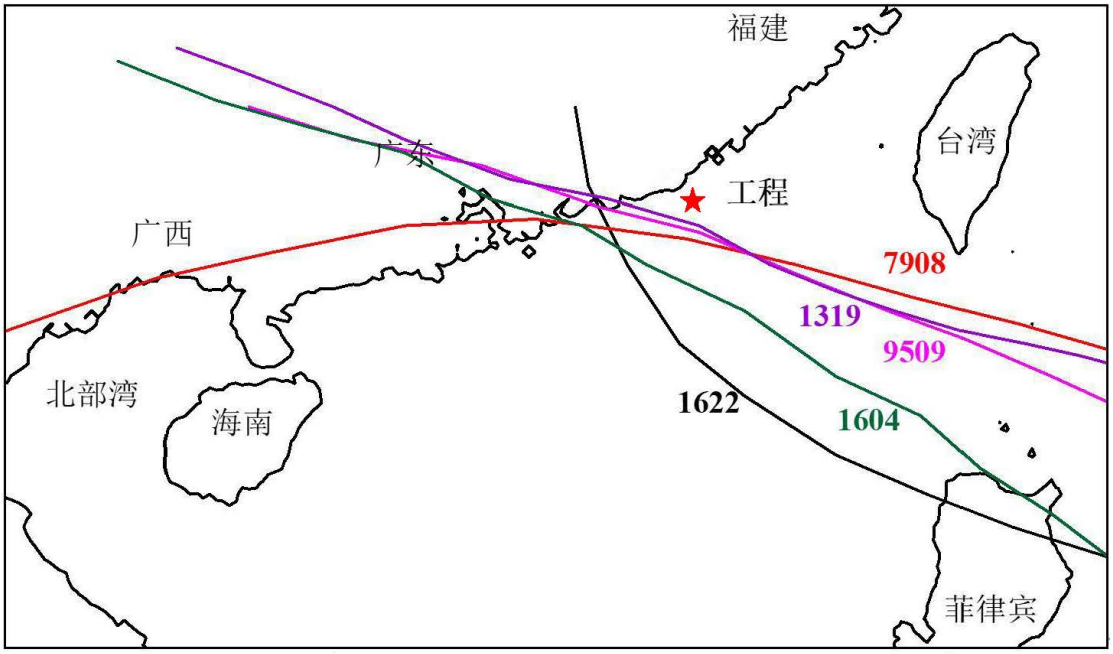


图 6.1.9-3 1979~2017 年间致珠江口外海 P30 站产生 8.0m 级以上有效波高的台风路径

图 6.1.9-4 给出了历次台风浪影响下 M 站的极值有效波高和对应的平均波周期散点分布，进一步采用最小二乘拟合给出了平均波周期（T_m）和有效波高（H_s）的幂指数关系式：

$$T_m=4.7H_s^{0.38}$$

为便于比较，该图亦将《规范》推荐之波高周期关系示于其中。据此可知：①对于 5.0m 以下波浪而言，其平均波周期的分布范围较宽，最大平均波周期可达

12.1s，这是远区台风涌浪影响所致；②对于 5.0m 以上大浪而言，平均波周期和有效波高具有较好的相关性，这说明了大浪的风浪特质；③关系式预测的波高周期关系对于 6.0m 以下波浪的预测结果较规范值略大，而对于 6.0m 以上大浪的预测结果较规范值略小。

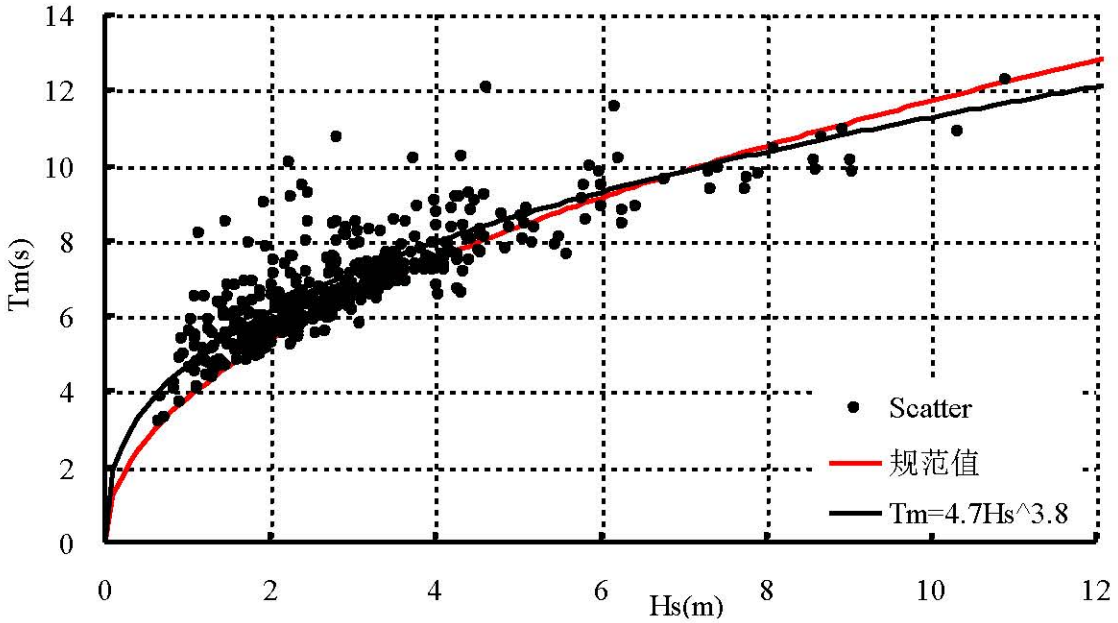


图 6.1.9-4 海门外海历次台风浪影响下的极值有效波高和平均波周期关系曲线

进一步，以历次台风浪期间各向最大有效波高系列数据为样本，采用“泊松—冈贝尔”复合极值分布，结合《规范》规定和工程区水陆形势，从工程安全因素角度出发，逆时针归并相邻方位，统计得到了 M 站以 45 度为间隔的、几个主要方向（W~WSW、SW~SSW 向、S~SSE、SE~ESE 以及 E~ENE）的设计波浪要素，如表 6.1.9-3 所列，表中亦给出了据波高周期关系计算得到的平均波周期。上述统计分析结果显示，在工程外海 M 站，强浪为 SE~ESE 向，S~SSE 向次之，然后是 E~ENE 向，此三方向 50 年一遇的有效波高分别为 10.1m、9.4m 和 8.8m，对应的平均波周期分别为 11.8s、11.4s 和 11.0s；2 年一遇的有效波高分别为 5.1m、4.9m 和 4.8m，对应的平均波周期分别为 8.7s、8.6s 和 8.5s。SW~SSW 向略强于 W~WSW 向，此两方向 50 年一遇的有效波高分别为 7.2m 和 6.5m，2 年一遇的有效波高分别为 3.4m 和 2.6。

表 6.1.9-3 设计波浪要素

重现期 / 波要素		2 年	5 年	10 年	25 年	50 年	100 年
W~WSW	$H_{13\%}$(m)	2.6	3.6	4.6	5.7	6.5	7.3
	T_m(s)	6.7	7.7	8.4	9.1	9.6	10.0
SW~	$H_{13\%}$(m)	3.4	4.7	5.5	6.5	7.2	7.9

重现期 波要素		2 年	5 年	10 年	25 年	50 年	100 年
SSW	T_m(s)	7.5	8.4	9.0	9.6	10.0	10.5
S~SSE	$H_{13\%}$(m)	4.8	6.3	7.3	8.5	9.4	10.3
	T_m(s)	8.5	9.4	10.0	10.8	11.4	11.9
SE~ESE	$H_{13\%}$(m)	5.1	6.7	7.8	9.1	10.1	11.1
	T_m(s)	8.7	9.7	10.4	11.2	11.8	12.3
E~ENE	$H_{13\%}$(m)	4.9	6.2	7.0	8.1	8.8	9.6
	T_m(s)	8.6	9.4	9.9	10.5	11.0	11.5

6.1.9.3 与海门外海 20m 水深极值波浪条件分析成果的比较

南京水利科学研究院在《华能汕头海门电厂码头工程波浪整体数学模型》中，采用文圣常等提出的混合型海浪数值模式，计算了 1968 年～2002 年期间对工程附近有较大影响的 78 次台风浪过程，通过 Poisson 复合 P-III 分布，统计得到了汕头外海 20m 水深处几个主要方向、不同重现期的极值波浪条件，如表 6.1.9-4 所列。该项研究成果显示，海门外海 20m 水深处强浪为 SE~SSE 向，波浪强度向西南逐渐减弱。表 6.1.9-3 深水波浪条件强于该项分析成果，这一方面是本节分析的深水波要素更靠近外海，另一方面可能也与近期的强台风浪事件所致，如 2002 年后的 1622、1319、1604 号台风所致外海 30m 水深处的大浪有效波高均在 9.0m 级以上。

表 6.1.9-4 关于海门外海 20m 水深不同方向设计波浪要素分析结果

重现期（年）	SE~SSE		S~SSW		SW~WSW	
	Hs(m)	$\overline{T}$(s)	Hs(m)	$\overline{T}$(s)	Hs(m)	$\overline{T}$(s)
50	8.59	12.8	7.84	11.5	5.70	9.8
10	6.91	10.8	6.31	9.7	4.25	8.8
5	5.95	9.4	4.99	9.2	4.13	8.3
2	3.71	8.8	3.92	8.1	3.2	7.3

注：据 1968~2002 年 78 场台风浪后报资料分析得到。

6.1.9.4 极值风速条件分析

为分析工程区不同重现期的设计风速，现据 1979~2017 年的 492 场台风风场数据，提取了工程外海 M 站、不同方向的极值风速数据，并采用复合极值分布律，计算得到了 M 站不同方向、不同重现期的风速，结果如表 6.1.9-5 所列。结果显示：偏 SE 风向的极值风速强于偏 SW 向风，其中 S~SSE 向 50 年一遇风速最强，为 34.4m/s，SW~SSW 向 50 年一遇风速最弱，为 25.6m/s。

表 6.1.9-5 据台风浪后报资料分析得到的外海 M 站不同重现期风速（单位：m/s）

重现期 风向	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年	100 年
W-WSW	14.5	19.0	21.8	25.1	27.6	30.1
SW-SSW	14.2	18.1	20.5	23.5	25.6	27.7
S-SSE	17.3	23.1	26.7	31.2	34.4	37.7
SE-ESE	18.0	23.3	26.7	30.8	33.9	36.9

6.2 地形地貌及海床冲淤环境

6.2.1 水深地形

根据海底地形测量结果，勘查区整体水深为 29.41~31.33m，最大水深位于勘查区南东部海域，最小水深位于海域北部方位（图 6.2.1-1）。勘查区整体水深自北向南逐渐加深，水深等值线呈 NE-SW 走向，与海岸线大致平行。 海底地势相对平坦，整体呈北高南低的趋势。

本项目采砂实施后，采砂区内平均水深拟增加约 8.74m，采砂后水深地形见图 6.2.1-2 所示。

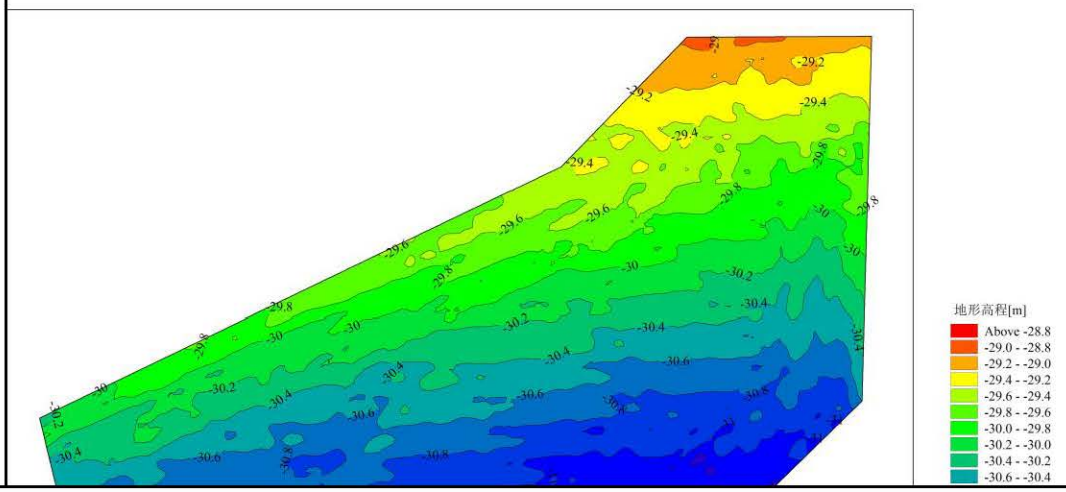


图 6.2.1-1 勘查区水深图（现状-采砂前）

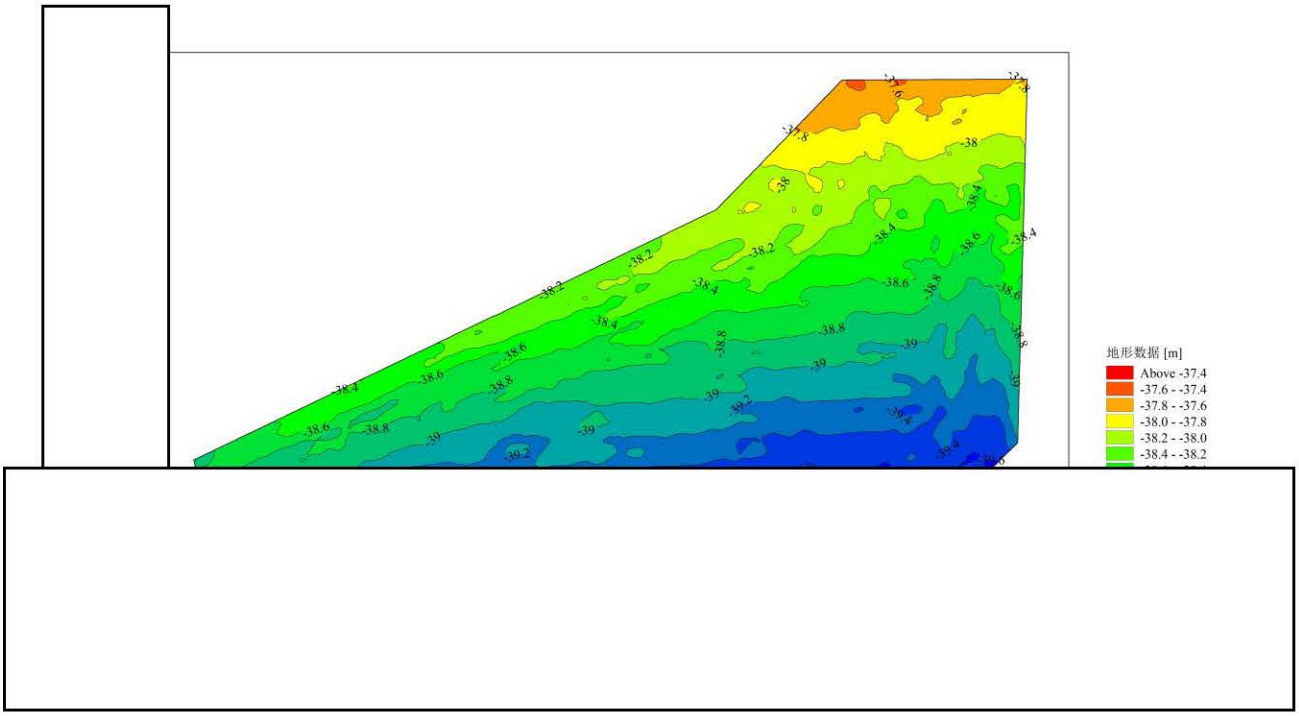


图 6.2.1-2 项目采砂实施后所在海域水深地形示意图

6.2.2 矿区地质

6.2.2.1 地层

根据本次钻探资料，对比前人研究成果，勘查区内钻探揭露的地层自上而下可以划分为全系统东里组、全系统澄海组、全系统潮州组、上更新统陆丰组、侏罗系（主要依据岩性特征和沉积环境）。

东里组（全新统晚期 Q_4^{mc}）：全新世晚期海陆交互相层，在珠江三角洲区域又称灯笼沙组。有下粗上细的韵律。上部主要为淡灰或灰黄色的饱和粘土、粉质粘土组成；下部主要为深灰色粉砂质淤泥及粉砂质粘土、黄色粉细砂，含贝壳及腐木。属全新世晚期海陆混合相沉积。

图 6.2.2-1　东里组粉质粘土沉积层（ZK03 进尺 3.0-5.0m）

澄海组（全新统中期 Q_4^m）：全新世中期海相层，又称万顷沙组，主要为灰黑色含贝壳淤泥质细砂、粉砂，饱和，稍密-中密状，分选性较好，局部含约 10%～20%的泥质和少量的贝壳碎屑、砂羌及腐木等，夹少量粘土、粗砂和含砾中砂等，有下粗上细的韵律。属全新世浅海相沉积。砂层和泥层厚度变化较大，其中砂层厚度变化在 0～5.3m。

潮州组（全新统早期 Q_4^m）：又称横栏组，主要由深灰色淤泥、淤泥质土、粉质粘土、粉土和含泥粉细砂夹薄层细砂等组成，富含咸水藻类、海绵骨针，为海相沉积。

陆丰组（上更新统 Q_3^{al+pl}+Q_3^m）：钻孔揭露的陆丰组厚度变化在 16.9~29.7m 之间。顶部由灰黄色、灰色的可塑泥层和砂质泥层组成，中下部主要由灰黄色、青灰色含泥砂砾、含粘土中粗砂、粘土和亚粘土等组成。沉积环境总体为滨海环境，推断其形成时代为晚更新世。砂层主要成分为石英砂，磨圆度较好，呈次圆~圆状。砂层和泥层厚度变化较大，其中砂层厚度变化在 5.4～31.7m。

图 6.2.2-2 澄海组浅海相砾质泥质砂层（ZK14 进尺 13.0-15.0 m）

图 6.2.2-3　潮州组海相粉质粘土层（ZK02 进尺 15.0-18.0m）

图 6.2.2-4　陆丰组海相砾质砂层（ZK99 进尺 20-25m）

6.2.2.2 构造

区域构造体系可归纳为：北东-南西向和北西-南东向展布的新华夏构造体系和东西向构造体系组成华南粤东沿海地区的构造格局。

矿区属海底第四纪近海沉积相，地形相对平坦，未发现向斜和背斜等褶皱构造，也未发现断层构造。

6.2.2.3 岩浆岩

矿区属第四纪近海沉积相，本次勘查未发现岩浆岩。

6.2.3 矿体地质

6.2.3.1 矿体质量

（1）坚固性

本次调查共取 8 个样品进行坚固性测试，根据《建设用砂》（GB/T 14684-2011）第 6.4 条，采用硫酸钠溶液法进行试验，砂的质量损失应符合表 6.2.3-1 规定。

根据 8 组混合砂样的坚固性试验结果，砂的质量损失介于 1.7~2.8%，均≤8%，满足《建设用砂》（GB/T14684-2011）要求。试验成果详见表 6.2.3-2。

表 6.2.3-1 钻孔样品坚固性指标

类别	I	II	III
质量损失/%	≤8		≤10

表 6.2.3-2 钻孔样品坚固性结果表

试样编号	坚固性
	%
ZK01-坚固性	2.2
ZK07-坚固性	2.6
ZK10-坚固性	2.8
ZK12-坚固性	2.5
ZK13-坚固性	2.4
ZK14-坚固性	2.0
ZK17-坚固性	1.7
ZK18-坚固性	2.0
质量损失	≤8

（2）表观密度和松散堆积密度与空隙率

根据《建设用砂》（GB/T14684-2011）第 6.5 条，砂表观密度、松散堆积密度应符合如下规定：

1）表观密度不小于 2500kg/m^3，即不小于 2.5g/m^3；

2）松散堆积密度不小于 1400kg/m^3，即不小于 1.4g/m^3；

3）空隙率不大于 44%。

根据 11 组混合砂样的表观密度、松散堆积密度和空隙率试验成果，表观密度 2530~2640kg/m^3，不小于 2500kg/m^3，满足要求；堆积密度 1320~1450kg/m^3，平均值 1390kg/m^3，小于 1400kg/m^3，空隙率 44.7~49.0%，大于 44%，不满足要求，回填用砂经过地基处理方式可满足要求。试验成果详见表 6.2.3-3。

表 6.2.3-3 钻孔样品表观密度、松散堆积密度和空隙率结果表

试样编号	堆积密度	表观密度	空隙率
	g/cm^3	g/cm^3	%
ZK02-堆积、表观	1.34	2.58	48.1
ZK04-堆积、表观	1.36	2.57	47.1
ZK05-堆积、表观	1.38	2.58	46.5
ZK07-堆积、表观	1.36	2.59	47.5
ZK08-堆积、表观	1.38	2.58	46.5
ZK09-堆积、表观	1.41	2.55	44.7
ZK11-堆积、表观	1.45	2.64	45.1
ZK12-堆积、表观	1.32	2.59	49.0
ZK13-堆积、表观	1.40	2.53	44.7
ZK15-堆积、表观	1.42	2.58	45.0
ZK17-堆积、表观	1.44	2.63	45.2
ZK18-堆积、表观	1.43	2.62	45.4
范围值	1.32～1.45	2.53～2.64	44.7～49.0
平均值	1.39	2.60	46.4
评价	小于 1.4	不小于 2.5	大于 44

（3）饱和面干吸水率

本次调查共取 8 个样品进行饱和面干吸水率测试，根据 8 组混合砂样的饱和面干吸水率试验成果，饱和面干吸水率在 1.7~5.3%之间，平均值 3.4%，试验结果详见表 6.2.3-4。

表 6.2.3-4 饱和面干吸水率成果表

试样编号	吸水率
	%
ZK01-吸水率	2.1
ZK04-吸水率	3.9
ZK07-吸水率	5.5
ZK10-吸水率	1.7
ZK12-吸水率	3.3
ZK14-吸水率	2.3
ZK15-吸水率	2.8
ZK17-吸水率	5.3
范围值	1.7~5.3
平均值	3.4

（4）碱集料反应

参照《建设用砂》（GB/T 14684-2011）第 7.16 条及附录 A，对 6 个钻孔进行了岩相法鉴定岩石种类及所含的活性矿物种类。鉴定结论均为具潜在碱硅活性，不具碱碳酸盐活性。具体成果见下表 6.2.3-5。

表 6.2.3-5 岩相法结果表

样品原号	碱活性骨料编号	碱活性骨料种类及含量（%）	主要矿物成分	碱活性矿物成分及含量（%）
ZK02	1	石英岩 70～75	石英和少量长石、铁泥质等	波状消光石英 20～25，隐-微晶石英 1～2
	2	砂岩 10	石英、长石、粘土质、铁质等	波状消光石英 5，隐-微晶石英 5～10
	3	硅质岩 1	石英和少量铁泥质等	隐-微晶石英 80
ZK05	1	石英岩 65～70	石英和少量长石、铁泥质等	波状消光石英 20～25，隐-微晶石英 2～3
	2	砂岩 15	石英、长石、粘土质、铁质等	波状消光石英 2～3，隐-微晶石英 5

样品原号	碱活性骨料编号	碱活性骨料种类及含量（%）	主要矿物成分	碱活性矿物成分及含量（%）
	3	硅质岩 1～2	石英和少量铁泥质等	隐-微晶石英 90
ZK08	1	砂岩 35～40	石英、长石、暗色矿物、铁泥质等	隐-微晶石英 3～5
	2	石英岩和花岗岩类 10～15	石英、长石、暗色矿物、铁泥质等	隐-微晶石英 1～3，波状消光石英 10～15
ZK10	1	石英岩 80～85	石英和少量长石、铁泥质等	波状消光石英 20～25，隐-微晶石英 1～2
	2	硅质岩 1～2	石英和少量铁泥质等	隐-微晶石英 80
ZK14	1	石英岩 80～85	石英和少量长石、铁泥质等	波状消光石英 20～25，隐-微晶石英 2～3
ZK16	1	砂岩 50～55	石英、长石、暗色矿物、铁泥质等	隐-微晶石英 3～5，波状消光石英 1～3
	2	石英岩和花岗岩类 5～10	石英、长石、暗色矿物、铁泥质等	隐-微晶石英 1～3，波状消光石英 10～15
ZK18	1	石英岩和花岗岩类 55～60	石英、长石和少量暗色矿物、云母、铁质等	波状消光石英 5～7，隐-微晶石英 1

（5）重金属溶出试验

重金属溶出试验是为研究海砂矿重金属含量，以评价其对环境和人体的危害程度。根据《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）3.2 条规定，海洋沉积物质量标准见下表 6.2.3-6。

本次调查共取 6 个样品进行重金属溶出试验，测试内容包括总汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷等的含量，结果见表 6.2.3-7。

表 6.2.3-6 海洋沉积物质量标准

序号	项目	指标		
		第一类	第二类	第三类
1	汞（$\times10^{-6}$）	0.2	0.5	1
2	镉（$\times10^{-6}$）	0.5	1.5	5
3	铅（$\times10^{-6}$）	60	130	250

序号	项目	指标		
		第一类	第二类	第三类
4	锌（$\times10^{-6}$）	150	350	600
5	铜（$\times10^{-6}$）	35	100	200
6	铬（$\times10^{-6}$）	80	150	270
7	砷（$\times10^{-6}$）	20	65	93

表 6.2.3-7 海砂重金属含量表

孔号	总汞	铜	铅	镉	锌	铬	砷
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
ZK02	<0.0002	<0.05	<0.02	<0.002	<0.10	<0.10	0.036
ZK08	<0.0002	<0.05	0.02	<0.002	<0.10	<0.10	0.063
ZK11	<0.0002	<0.05	<0.02	<0.002	<0.10	<0.10	0.007
ZK13	<0.0002	<0.05	0.05	<0.002	<0.10	<0.10	0.054
ZK16	0.0002	<0.05	<0.02	<0.002	<0.10	<0.10	0.031
ZK18	<0.0002	<0.05	<0.02	<0.002	<0.10	<0.10	0.024

（6）含泥量和泥块含量

根据《建设用砂》（GB/T 14684-2011）第 6.2 条，天然砂的含泥量和泥块含量应符合下表 4.3-12 规定。该规范规定的含泥量指的天然砂中粒径小于 75μm 的颗粒含量。泥块含量指砂中原粒径大于 1.18mm，经水浸洗、手捏后小于 600μm 的颗粒含量。本次调查共进行 313 组含泥量试验、12 组泥块含量试验。

表 6.2.3-8 含泥量和泥块含量指标

类别	I	II	III
含泥量（按质量计）/%	≤1.0	≤3.0	≤5.0
泥块含量（按质量计）/%	0	≤1.0	≤2.0

313 组含泥量试验中共有 75 个样品含泥量≤5.0%，详见表 4.4-13，其余均大于 5%。

表 6.2.3-9 含泥量≤5.0%所有样品

样品编号	取样深度	土分类名称	含泥量	样品编号	取样深度	土分类名称	含泥量
ZK8-12R	21.00-22.00	砾质砂	4.8	ZK13-9R	21.00-22.00	砾质砂	2.5
ZK14-5R	24.00-25.00	砾质砂	3.9	ZK13-10R	22.00-23.00	含泥砂	3.2
ZK14-6R	25.00-26.00	砾质砂	4.3	ZK13-11R	23.00-24.00	砾质砂	0.5
ZK14-7R	26.00-27.00	砾质砂	4.6	ZK13-12R	24.00-25.00	砾质砂	2.7
ZK14-8R	27.00-28.00	砾质砂	4.7	ZK13-13R	25.00-26.00	砾质砂	1.5
ZK14-12R	31.00-32.00	砾质砂	1.7	ZK13-14R	26.00-27.00	含泥砂	1.5
ZK14-11R	30.00-31.00	砾质砂	1.2	ZK13-15R	27.00-28.00	含泥砂	2
ZK14-9R	28.00-29.00	砾质砂	4.8	ZK13-16R	28.00-29.00	/	3
ZK14-14R	33.00-34.00	砾质砂	1	ZK13-17R	29.00-30.00	含泥砂	1.8
ZK14-13R	32.00-33.00	砾质砂	2.3	ZK13-18R	30.00-31.00	砾质泥质砂	3.8
ZK12-15R	30.90-31.90	砾质砂	4	ZK13-19R	31.00-32.00	砂质砾	1.6

ZK12-16R	31.90-32.90	砾质砂	4.3	ZK13-20R	32.00-33.00	砂质砾	2.6
ZK6-12R	22.40-23.40	含泥砂	3	ZK13-21R	33.00-34.00	砂质砾	2.2
ZK6-13R	23.40-24.40	砾质砂	3.9	ZK13-22R	34.00-35.00	泥质砂质砾	1.4
ZK7-13R	33.40-34.40	砾质砂	4.2	ZK13-23R	35.00-36.00	砂质砾	2.6
ZK7-14R	34.40-35.40	/	2.5	ZK13-24R	36.00-37.00	砂质砾	2.8
ZK7-15R	35.40-36.40	/	3.3	ZK13-25R	37.00-38.00	砂质砾	1.3
ZK7-16R	36.40-37.40	含泥砂	2.3	ZK13-27R	39.00-40.00	砂质砾	2.2
ZK18-8R	20.00-21.00	砾质砂	4.2	ZK15-10R	16.20-17.20	砂质砾	2.7
ZK18-9R	21.00-22.00	砾质砂	2.4	ZK15-11R	17.20-18.20	砾质砂	3.8
ZK18-11R	23.00-24.00	砾质砂	1.8	ZK15-19R	25.20-26.20	砾质砂	4.8
ZK18-12R	24.00-25.00	砾质砂	1.5	ZK15-21R	27.20-28.20	砾质砂	4.7
ZK18-13R	25.00-26.00	砾质砂	1.7	ZK15-24R	30.20-31.20	砾质砂	2.8
ZK6-15R	25.40-26.40	砂质砾	2.5	ZK15-25R	31.20-32.20	含泥砂	3.6
ZK6-16R	26.40-27.40	砾质泥质砂	2.3	ZK15-26R	32.20-33.20	砾质砂	2.4
ZK6-17R	27.40-28.40	砾质砂	4.1	ZK15-27R	33.20-34.20	砾质砂	2.8
ZK9-14R	27.50-28.50	泥质砂质砾	4.6	ZK15-28R	34.20-35.20	砾质砂	2.6
ZK10-18R	25.30-26.30	/	2.8	ZK15-29R	35.20-36.20	含泥砂	3
ZK10-19R	26.30-27.30	含泥砂	2.3	ZK15-30R	36.20-37.20	砾质砂	3
ZK10-20R	27.30-28.30	含泥砂	2.4	ZK15-31R	37.20-38.20	砾质砂	1.4
ZK10-21R	28.30-29.30	含泥砂	2.5	ZK15-32R	38.20-39.20	砾质砂	1
ZK10-28R	35.30-36.30	砾质砂	3.1	ZK15-33R	39.20-40.00	砾质砂	3.2
ZK10-29R	36.30-37.30	砾质砂	2.8	ZK16-10R	26.00-27.00	砾质砂	2
ZK10-30R	37.30-38.30	砾质砂	4.3	ZK16-12R	28.00-29.00	砾质砂	3.2
ZK10-31R	38.30-39.30	砾质砂	4.4	ZK16-13R	29.00-30.00	砾质砂	4.7
ZK11-9R	16.00-17.00	砾质砂	4	ZK17-21R	31.20-32.20	砂质砾	4.5
ZK11-16R	23.00-24.00	砾质砂	5				

根据泥块含量试验成果，泥块含量介于 4.0～10.8%，平均泥块含量 6.3%。试验成果详 见表 6.2.3-10。经过冲洗后可有效降低含泥量和泥块含量。

表 6.2.3-10 泥块含量试验成果表

试样编号	泥块含量（按质量计）/%
ZK01-泥块含量	4.4
ZK03-泥块含量	6.8
ZK04-泥块含量	5.9
ZK06-泥块含量	4.7
ZK07-泥块含量	6.8
ZK09-泥块含量	4.9
ZK11-泥块含量	4.0
ZK12-泥块含量	6.7
ZK13-泥块含量	5.5
ZK15-泥块含量	5.5
ZK17-泥块含量	10.0

ZK18-泥块含量	10.8
范围值	4~10.8
平均值	6.3
评价	不满足

6.2.3.2 共伴生矿产评价

（1）矿物光谱半定量分析

本次分别在 6 个钻孔共取 6 组试样做矿物光谱半定量分析试验。根据分析试验可知本次所调查的海砂主要成分为石英，6 组砂样的石英含量介于 89.2~90.9%，钾长石含量介于 2.7~8.9%，斜长石含量介于 1.0~1.8%，伊利石含量介于 1.6~3.3%，其余矿物为高岭石、白云石、石盐、方解石、绿泥石、黄铁矿、闪石等，含量较少，每种矿物含量不超过 2.2%。具体详见表 6.2.3-11。

表 6.2.3-11 钻孔样品矿物光谱半定量分析试验成果

样品原号	矿物名称或化学式						
	石英	斜长石	钾长石	伊利石	绿泥石	高岭石	黄铁矿
	w_B/%	w_B/%	w_B/%	w_B/%	w_B/%	w_B/%	w_B/%
ZK02-X 衍射	90.2	/	5.3	1.6	/	2.2	0.7
ZK08-X 衍射	90.2	1.8	2.7	3.3	2.0	/	/
ZK11-X 衍射	93.3	1.0	2.6	1.5	/	/	1.6
ZK13-X 衍射	89.2	1.4	3.8	2.7	1.6	/	0.4
ZK16-X 衍射	90.5	1.0	4.5	2.4	/	1.6	/
ZK18-X 衍射	90.9	/	5.4	/	/	/	0.3

（2）品位计算以及评价

根据钻孔中单样重砂分析结果折算的品位，参照工业指标要求，勘查区主要的有用重矿物为钛铁矿和锆石，均未达到边界品位。

6.2.4 勘察区工程地质特征

根据《广东省揭阳市惠来县靖海湾东南侧海域矿区回填用海砂资源储量核实报告》（揭阳市自然资源局，2021 年 10 月），揭阳市惠来县靖海镇以东海域勘查区地层相对简单，由砾质砂、含砾泥质砂、泥质砂、砂质泥、砾质泥、泥等组成，根据本次勘查和收集的钻孔资料，本次勘查孔包括 ZK01、ZK02、ZK03、ZK04、ZK05、ZK06、ZK07、ZK08、ZK09、ZK10、ZK11、ZK12、ZK13、ZK14、ZK15、ZK16、ZK17 和 ZK18 等 18 个钻孔，从上至下勘查区可分为 7 个工程地质层。

①-1 层 淤泥质粉质粘土（Q4）：灰色，流塑，夹少量贝壳碎屑。

①-a 层 粉质粘土（Q4）：灰色，软塑，夹少量粉砂。

②-1 层 粉砂（Q4）：灰色为主，局部灰黄色，饱和，稍密～中密，局部孔段变相为细砂，偶见贝壳碎屑。

②-a 层 粉质粘土：灰色，软塑~软可塑，夹少量薄层粉砂。

②-b 层 粉质粘土（Q4）：红褐色，软可塑～硬可塑，局部夹薄层状粉土粉砂，含少量贝壳碎屑。

③-1 层 粉砂（Q4）：灰色，局部灰黄色、灰白色，饱和，中密为主，局部密实，局部孔段变相为粉砂、细砂、粗砂。

③-a 层 粉质粘土（Q4）：红褐色、青灰色、黄褐色，硬可塑~硬塑，土质不均匀。

钻孔平面布置图详见图 6.2.4-1，工程地质剖面图详见 6.2.4-2，钻孔柱状图详见 6.2.4-3。

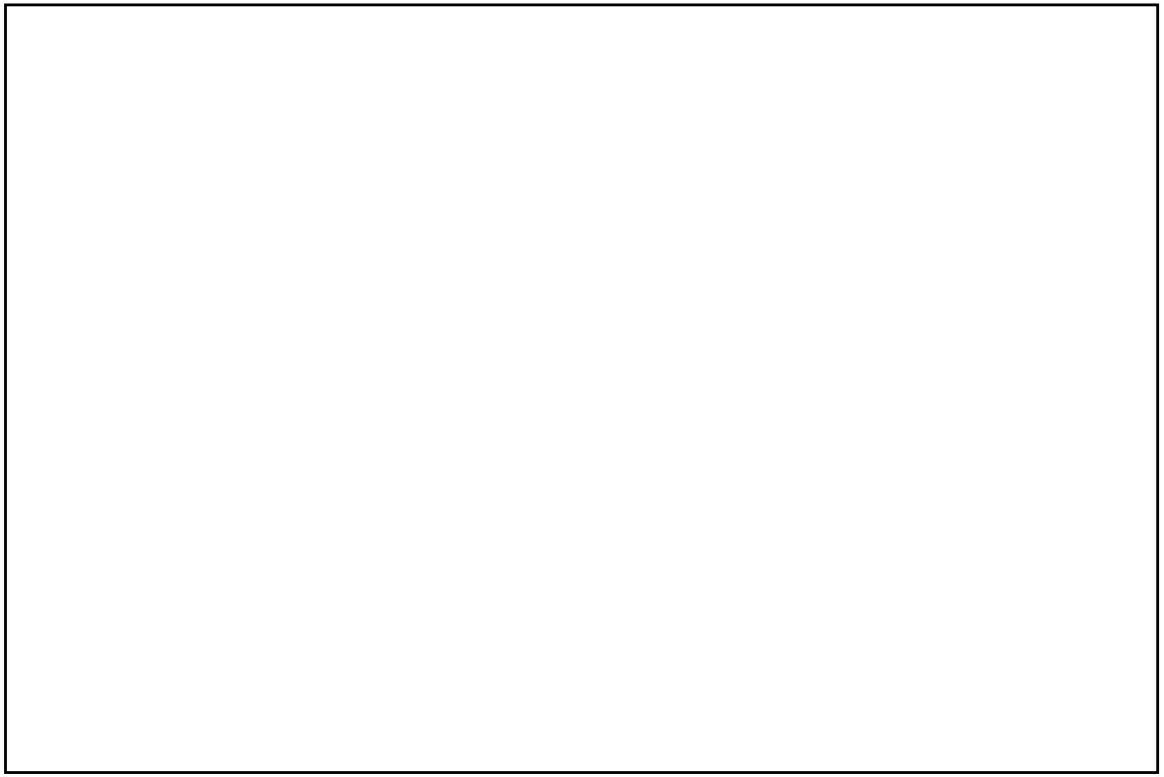


图 6.2.4-1 钻孔平面布置图

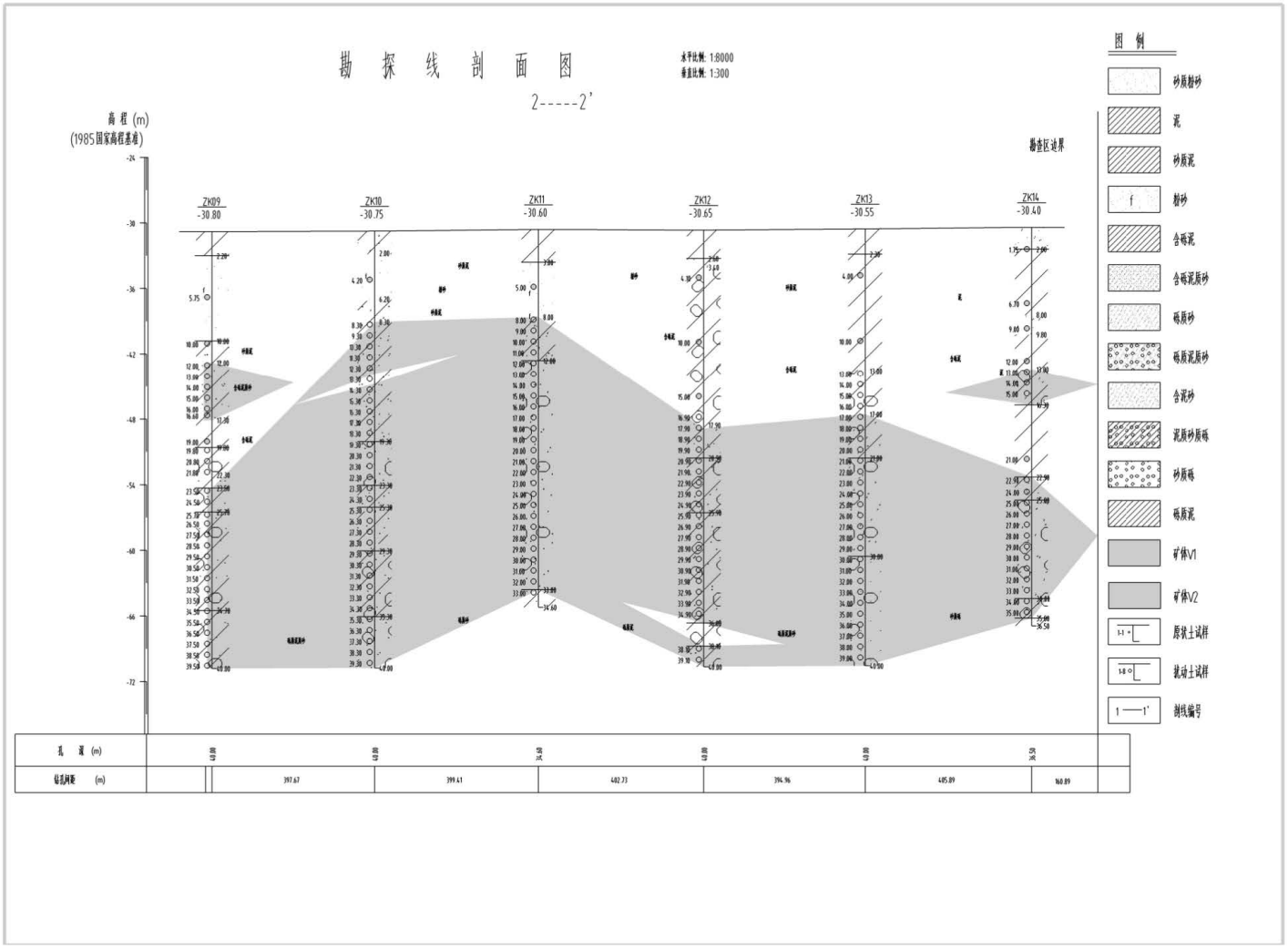


图 6.2.4-2 工程地质剖面图（2-2′）

钻 孔 柱 状 图

工程名称	揭阳市海砂开采挂牌出让前期工作项目							工程编号	WK21284
钻孔编号	ZK09	X坐标(m)	513338.23	Y坐标(m)	2542165.76	孔口高程(m)	-30.80	终孔深度(m)	40.00
开孔日期	2021-9-5	终孔日期	2021-9-5	水位深度(m)		开孔直径(m)	0.11	终孔直径(m)	0.11

地层编号	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图 1:250	岩土名称及其特征	取样	标贯击数(击)
①1	Q_4^m	-33.000	2.20	2.20		淤泥:灰;饱和;流塑;灰色,饱和,流塑,含有机质腐殖质,含少量贝壳碎屑,切面光滑。		=5.00
①2		-40.800	10.00	7.80		淤泥质粉质粘土:灰;饱和;软塑;灰色,饱和,流塑,含有机质腐殖质,含贝壳碎屑,局部夹少量薄层粉砂,切面较为光滑,干强度高,韧性强。	ZK09-1 5.75-6.00 ZK09-2 10.00-10.25	=9.00
①2		-42.800	12.00	2.00		粉质粘土夹粉砂:灰;饱和;软塑;灰色,饱和,软塑,以粉质粘土为主,夹粉砂,粉砂含量约为15-20%,含较多贝壳碎屑。	ZK09-4 12.00-13.00	
②1		-48.100	17.30	5.30	f	粉砂:灰;稍密~中密;饱和;黄色,中密,饱和,砂质较纯,颗粒不均,含少量团块状粉质粘土,含少量贝壳碎屑。	ZK09-5 13.00-14.00 ZK09-6 14.00-15.00 ZK09-7 15.00-16.00 ZK09-8 16.00-16.60 ZK09-9 16.60-17.30	=24.00
②2		-50.600	19.80	2.50		粉质粘土:灰;饱和;软塑~软可塑;灰色,饱和,软可塑,刀切面较为光滑,含腐殖质,局部夹少量粉砂,含量约为10-15%。	ZK09-3 19.00-19.80	
②1		-53.100	22.30	2.50		粉砂夹粉质粘土:灰;稍密~中密;饱和;灰白色,密实,饱和,以粉砂为主,混粉质粘土,粉质粘土含量约为20-25%,含少量贝壳碎屑。	ZK09-10 19.80-20.80 ZK09-11 20.80-21.80 ZK09-12 21.80-22.30	=34.00
②3		-54.300	23.50	1.20				
③1		-56.500	25.70	2.20	zc	粉质粘土:红褐;饱和;软可塑~硬可塑;灰白色,饱和,硬塑,刀切面较为光滑,含腐殖质,局部夹少量薄层粉砂。	ZK09-13 23.50-24.50 ZK09-14 24.50-25.50 ZK09-15 25.70-26.60	
③1		-65.500	34.70	9.00	c	中粗砂:灰;灰白色,密实,饱和,砂质不纯,颗粒不均,局部含有少量团块状粉质粘土,含贝壳碎屑。 粗砂:灰;灰色,密实,饱和,砂质较纯,颗粒不均~,局部夹少量团块状粉质粘土,含贝壳碎屑。	ZK09-16 26.60-27.50 ZK09-17 27.50-28.50 ZK09-18 28.50-29.50 ZK09-19 29.50-30.50 ZK09-20 30.50-31.50 ZK09-21 31.50-32.50 ZK09-22 32.50-33.50 ZK09-23 33.50-34.50 ZK09-24 34.50-35.50	>50.00
③1		-70.800	40.00	5.30		中粗砂混粉质粘土:灰;灰色,密实,饱和,以中粗砂为主,混粉质粘土,含量约为15-20%,含腐殖质、云母碎屑、贝壳碎屑。	ZK09-25 35.50-36.50 ZK09-26 36.50-37.50 ZK09-27 37.50-38.50 ZK09-28 38.50-39.50 ZK09-29 39.50-40.00	>50.00

浙江华东建设工程有限公司	审查	赵嘉文	校核	王振红	制图	罗成明	图号	3D2-27

图 6.2.4-3a 钻孔柱状图（ZK09）

钻 孔 柱 状 图

工程名称	揭阳市海砂开采挂牌出让前期工作项目							工程编号	WK21284
钻孔编号	ZK10	X坐标(m)	513689.28	Y坐标(m)	2542352.58	孔口高程(m)	-30.75	终孔深度(m)	40.00
开孔日期	2021-9-4	终孔日期	2021-9-4	水位深度(m)		开孔直径(m)	0.11	终孔直径(m)	0.11

地层编号	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图 1:250	岩土名称及其特征	取样	标贯击数(击)
①1		-32.750	2.00	2.00		淤泥:灰;饱和;流塑;灰色,饱和,流塑,含有机质腐殖质,切面光滑。		
①2		-36.950	6.20	4.20		淤泥质粉质粘土:灰;饱和;软塑;灰色,饱和,流塑,切面光滑,含有机质腐殖质,含贝壳碎屑,局部夹少量薄层粉砂,干强度高,韧性强。	ZK10-1 4.20-4.45	=6.00
②1		-39.050	8.30	2.10		粉土:灰;稍密~中密;饱和;灰黄色,饱和,硬塑,刀切面较为光滑,含有机质腐殖质,局部含有少量粉砂。	ZK10-2 8.30-9.30	=15.00
②1		-49.750	19.00	10.70	f	粉砂:灰;稍密~中密;饱和;黄色,中密,饱和,砂质较纯,颗粒较匀,含腐殖质,含少量贝壳碎屑,底部混少量中粗砂。	ZK10-3 9.38-10.30 ZK10-4 10.30-11.30 ZK10-5 11.30-12.30 ZK10-6 12.30-13.30 ZK10-7 13.30-14.30 ZK10-8 14.30-15.30 ZK10-9 15.30-16.30 ZK10-10 16.30-17.30 ZK10-11 17.30-18.30 ZK10-12 18.30-19.30 ZK10-13 19.30-20.30 ZK10-14 20.30-21.30 ZK10-15 21.30-22.30 ZK10-16 22.30-23.30 ZK10-17 23.30-23.80 ZK10-18 23.90-25.00 ZK10-19 25.30-26.30 ZK10-20 26.30-27.30 ZK10-21 27.30-28.30 ZK10-22 28.30-29.30 ZK10-23 29.30-30.00 ZK10-24 30.30-31.30 ZK10-25 31.30-32.30 ZK10-26 32.30-33.30 ZK10-27 33.30-34.30 ZK10-28 34.00-35.00 ZK10-29 35.30-36.30 ZK10-30 36.30-37.30 ZK10-31 37.30-38.30 ZK10-32 38.30-39.30 ZK10-33 39.30-40.00	=27.00
③1	Q_4^m	-53.750	23.00	4.00	c	粗砂:灰;灰色,密实,饱和,砂质不纯,颗粒不均匀,22.8-23.0m以粉质粘土为主,呈硬塑状。		>50.00
③2		-54.650	23.90	0.90		中粗砂混粘性土:灰;灰色,密实,饱和,砂质不均,主要以中粗砂为主,粘性土含量约15%-30%。		
③3		-55.750	25.00	1.10	fx	粉细砂:灰;灰黄色,饱和,硬塑,砂质较纯。		=39.00
③1		-60.750	30.00	5.00	z	中砂:灰;灰白色,密实,饱和,砂质较纯,颗粒较均匀。		=47.00
③1		-64.750	34.00	4.00	c	粗砂:灰;灰白色,密实,饱和,砂质不纯,颗粒不均匀,局部混较多粉质粘土,呈硬塑状。		
③3		-65.750	35.00	1.00	fx	粉细砂:灰;灰白色,密实,饱和,砂质较纯。		
③1		-70.750	40.00	5.00	zc	中粗砂:灰;灰白色,密实,饱和,砂质较纯,颗粒不均匀。		

浙江华东建设工程有限公司	审查	赵菊文	校核	王振红	制图	甲晓明	图号	3D2-28

图 6.2.4-3b 钻孔柱状图（ZK10）

钻 孔 柱 状 图

工程名称	揭阳市海砂开采挂牌出让前期工作项目							工程编号	WK21284
钻孔编号	ZK11	X坐标(m)	514050.16	Y坐标(m)	2542523.71	孔口高程(m)	-30.60	终孔深度(m)	34.60
开孔日期	2021-9-3	终孔日期	2021-9-3	水位深度(m)		开孔直径(m)	0.11	终孔直径(m)	0.11

地层编号	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图 1:200	岩土名称及其特征	取样	标贯击数(击)
①1	Q_4^m	-33.600	3.00	3.00		淤泥:灰;饱和;流塑;灰色,饱和,流塑,含有机质腐植质,切面光滑,局部夹少量粉砂,含贝壳碎屑。		=4.00
①22		-38.600	8.00	5.00		粉质粘土:灰;饱和;软塑;灰色,饱和,软塑,刀切面较为光滑,含腐植质,干强度高,韧性强,局部夹少量粉砂。	7K11-1 5.00-5.25 7K11-2	=17.00
②1		-42.600	12.00	4.00		粉砂混粉质粘土:灰;稍密~中密;饱和;灰色,稍密-中密,饱和,以粉砂为主,混粉质粘土,其中11.2-11.5米含粉质粘土较多,含量约为20-25%,含有机质腐植质。	8.00-9.00 7K11-3 9.00-10.00 7K11-4 10.00-11.00 7K11-5 11.00-12.00 7K11-6	=41.00
③1		-64.600	34.00	22.00	zc	中粗砂:灰;黄-灰黄色,密实,饱和,砂质不纯,且颗粒不均,含贝壳碎屑。	12.00-13.00 7K11-7 13.00-14.00 7K11-8 14.00-15.00 7K11-9 15.00-16.00 7K11-10 16.00-17.00 7K11-11 17.00-18.00 7K11-12 18.00-19.00 7K11-13 19.00-20.00 7K11-14 20.00-21.00 7K11-15 21.00-22.00 7K11-16 22.00-23.00 7K11-17 23.00-24.00 7K11-18 24.00-25.00 7K11-19 25.00-26.00 7K11-20 26.00-27.00 7K11-21 27.00-28.00 7K11-22 28.00-29.00 7K11-23 29.00-30.00 7K11-24 30.00-31.00 7K11-25 31.00-32.00 7K11-26 32.00-33.00 7K11-27 33.00-34.00	>50.00
③22		-65.200	34.60	0.60		粉质粘土:红褐-青灰-黄褐;饱和;硬可塑~硬塑;灰色,饱和,硬塑,刀切面较为光滑,干强度中等,韧性强。		

浙江华东建设工程有限公司	审查	赵菊文	校核	王振红	制图	罗晓明	图号	3D2-29

图 6.2.4-3c 钻孔柱状图（ZK11）

钻 孔 柱 状 图

工程名称	揭阳市海砂开采挂牌出让前期工作项目							工程编号	WK21284
钻孔编号	ZK12	X坐标(m)	514405.81	Y坐标(m)	2542712.68	孔口高程(m)	-30.65	终孔深度(m)	40.00
开孔日期	2021-8-30	终孔日期	2021-8-30	水位深度(m)		开孔直径(m)	0.11	终孔直径(m)	0.11

地层编号	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图 1:250	岩土名称及其特征	取样	标贯击数(击)
①$_1$		-33.250	2.60	2.60		淤泥:灰;饱和;流塑;灰色,饱和,流塑,含有机质腐植质,含贝壳碎屑,切面光滑。		=4.00
①$_2$		-34.050	3.40	0.80		淤泥质粉质粘土:灰;饱和;流塑;灰色,饱和,流塑,刀切面光滑,含贝壳碎屑,局部夹有较少量粉砂。	ZK12-1 4.30-4.35	
①$_{2a}$		-47.550	16.90	13.50		粉质粘土:灰;饱和;软塑;灰色,饱和,软塑,刀切面较光滑,干强度高,韧性强,含贝壳碎屑,局部夹有少量薄层粉砂。	ZK12-2 10.00-10.25 ZK12-3 15.00-15.25 ZK12-4 16.90-17.90	=23.00
②$_1$		-49.650	19.00	2.10		粉砂混粉质粘土:灰;稍密~中密;饱和;灰色,中密,饱和,以粉砂为主,混少量粉质粘土,粉质粘土含量约为5-10%,砂质较纯,含云母碎屑。	ZK12-5 17.90-18.90 ZK12-6 19.00-19.90	=37.00
③$_1$	Q_4^m	-52.650	22.00	3.00	fx	粉细砂:灰;灰黄色,密实,饱和,砂质较纯,颗粒较均匀,含云母碎屑。	ZK12-7 19.90-20.90 ZK12-8 20.90-21.90	=44.00
③$_1$		-66.650	36.00	14.00	V2 zc	泥质砂质砾/砾质砂:灰;黄-灰黄色,密实,饱和,砂质较纯,颗粒不均,局部含有少量团块状粉质粘土。	ZK12-9 22.90-23.90 ZK12-10 23.90-24.90 ZK12-11 24.90-25.90 ZK12-12 25.90-26.90 ZK12-13 26.90-27.90 ZK12-14 27.90-28.90 ZK12-15 28.90-29.90 ZK12-16 29.90-30.90 ZK12-17 30.90-31.90 ZK12-18 31.90-32.90 ZK12-19 32.90-33.90 ZK12-20 33.90-34.90 34.90-36.00	>50.00
③$_{2a}$		-68.750	38.10	2.10		粉土:红褐-青灰-黄褐;饱和;硬可塑~硬塑;灰色,饱和,硬塑,以粉土为主,局部含少量中粗砂,刀切面光滑,干强度低,含有机质腐植质。	ZK12-23 38.10-39.10	
③$_1$		-70.650	40.00	1.90	V2 zc	砾质泥质砂:灰;灰色,密实,饱和,砂质较纯,含少量粉质粘土,颗粒不均,含贝壳碎屑。	ZK12-24 39.10-40.00	

浙江华东建设工程有限公司	审查	赵蓟文	校核	王振红	制图	甲晓明	图号	3D2-30

图 6.2.4-3d 钻孔柱状图（ZK12）

钻 孔 柱 状 图

工程名称	揭阳市海砂开采挂牌出让前期工作项目							工程编号	WK21284
钻孔编号	ZK13	X坐标(m)	514756.13	Y坐标(m)	2542895.05	孔口高程(m)	-30.55	终孔深度(m)	40.00
开孔日期	2021-9-1	终孔日期	2021-9-1	水位深度(m)		开孔直径(m)	0.11	终孔直径(m)	0.11

地层编号	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图 1:250	岩土名称及其特征	取样	标贯击数(击)
①人	Q_4^{m}	-32.850	2.30	2.30		淤泥质粉质粘土:灰;饱和;流塑;灰黄色,饱和,流塑,含有机质腐殖质,有腐味,刀切面光滑,含较多贝壳碎屑。		=5.00
①$_{n2}$		-43.550	13.00	10.70		粉质粘土:灰;饱和;软塑;灰色,饱和,流塑-软塑,刀切面较为光滑,含贝壳碎屑,韧性较强,干强度高。	7K13-1 4.00-4.25 7K13-2 10.00-10.25 7K13-3	=10.00
②人		-47.550	17.00	4.00		粉砂混粉质粘土:灰;稍密~中密;饱和;灰色,中密,饱和,砂质不纯,以粉砂为主,含粉质粘土,粉质粘土含量约为30%,其中15.8-16.0m含粉质粘土较多,含贝壳碎屑。	13.00-14.00 7K13-4 14.00-15.00 7K13-5 15.00-16.00 7K13-6 16.00-17.00 7K13-7	=12.00
③人		-60.550	30.00	13.00	zc	中粗砂:灰;黄-灰黄色,密实,饱和,砂质较纯,且颗粒不均,17-20.5米含有少量粉质粘土,含量约为10%,17-20.5含有少量粉质粘土,含量约为10%,19-20.5m呈黄色,含贝壳碎屑。	17.00-18.00 7K13-8 18.00-19.00 7K13-9 19.00-20.00 7K13-10 20.00-21.00 7K13-11 21.00-22.00 7K13-12 22.00-23.00 7K13-13 23.00-24.00 7K13-14 24.00-25.00 7K13-15 25.00-26.00 7K13-16 26.00-27.00 7K13-17 27.00-28.00 7K13-18 28.00-29.00 7K13-19 29.00-30.00 7K13-20	=43.00
③$_1$		-70.550	40.00	10.00	c	粗砂:灰;灰色,密实,饱和,砂质较纯,颗粒较均,含贝壳碎屑。	30.00-31.00 7K13-21 31.00-32.00 7K13-22 32.00-33.00 7K13-23 33.00-34.00 7K13-24 34.00-35.00 7K13-25 35.00-36.00 7K13-26 36.00-37.00 7K13-27 37.00-38.00 7K13-28 38.00-39.00 7K13-29 39.00-40.00	>50.00

浙江华东建设工程有限公司	审查	赵蕾文	校核	王振红	制图	罗晓明	图号	3D2-31

图 6.2.4-3e 钻孔柱状图（ZK13）

钻 孔 柱 状 图

工程名称	揭阳市海砂开采挂牌出让前期工作项目							工程编号	WK21284
钻孔编号	ZK14	X坐标(m)	515120.50	Y坐标(m)	2543073.87	孔口高程(m)	-30.40	终孔深度(m)	36.50
开孔日期	2021-8-28	终孔日期	2021-8-28	水位深度(m)		开孔直径(m)	0.11	终孔直径(m)	0.11

地层编号	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图 1:200	岩土名称及其特征	取样	标贯击数(击)
①1		-32.400	2.00	2.00		淤泥:灰;饱和;流塑;灰色,饱和,流塑,夹少量团块状粉砂,含有机质腐植质,切面光滑,干强度高,韧性高。	ZK14-1 1.75-2.00	
①1		-38.400	8.00	6.00		淤泥质粉质粘土:灰;饱和;流塑;灰色,饱和,流塑,夹团块状粉砂,含少量贝壳碎屑,切面光滑,干强度高,韧性高。	ZK14-2 6.70-6.95	=7.00
①12		-40.200	9.80	1.80		粉质粘土:灰;饱和;软塑;灰色,饱和,软塑-可塑,土质较均匀,含腐植质,切面较光滑,干强度中等,韧性高。	ZK14-3 9.00-9.25	=15.00
②11		-43.400	13.00	3.20		粉质粘土:红褐;饱和;软可塑~硬可塑;灰黄色,饱和,硬塑,土质较均匀,夹薄层粉砂1-10mm,切面较光滑,干强度高,韧性中等。	ZK14-4 12.00-12.25 ZK14-6 13.00-14.00 ZK14-7 14.00-15.00 ZK14-8 15.00-16.00	=21.00
③1		V1 -46.700	16.30	3.30		砾质泥质砂:灰;灰黄色,密实,饱和,砂质不纯,以中粗砂为主,粘性土含量约为15%。		=35.00
③12	Q_4^m	-53.300	22.90	6.60		粉质粘土:红褐-黄灰-黄褐;饱和;硬可塑~硬塑;灰黄色,饱和,硬塑,土质较均匀,切面较光滑,摇振无反应,干强度高,韧性高。	ZK14-5 21.00-21.25	=27.00
③1		V2 -55.400	25.00	2.10	zc	含砾泥质砂/砾质砂:灰;灰色,密实,饱和,砂质不纯,砂质不均,局部含少量团块状粉质粘土,含贝壳碎屑。	ZK14-9 22.90-24.00 ZK14-10 24.00-25.00 ZK14-11	=44.00
③1		V2 -64.400	34.00	9.00	c	砾质砂:灰;灰-灰白色,密实,饱和,砂质较纯,颗粒不均,含贝壳碎屑,局部含少量团块状粉质粘土。	25.00-26.00 ZK14-12 26.00-27.00 ZK14-13 27.00-28.00 ZK14-14 28.00-29.00 ZK14-15 29.00-30.00 ZK14-16 30.00-31.00 ZK14-17 31.00-32.00 ZK14-18 32.00-33.00 ZK14-19 33.00-34.00 ZK14-20	>50.00
③1		V2 -66.200	35.80	1.80		砾质砂/砾质泥质砂:灰;灰色,密实,饱和,以中粗砂为主,含少量粉质粘土,粉质粘土含量约为10-15%,砂质不纯,颗粒不均,含贝壳碎屑。	34.00-35.00 ZK14-21 35.00-35.80	
③12		-66.900	36.50	0.70		粉质粘土:红褐-黄灰-黄褐;饱和;硬可塑~硬塑;灰色,饱和,硬可塑,刀切面较为光滑,土层结构较均匀,干强度高,韧性强。		

浙江华东建设工程有限公司	审查	赵嘉文	校核	王振红	制图	邓兆明	图号	3D2-32

图 6.2.4-3f 钻孔柱状图（ZK14）

6.2.5 地形冲淤变化

第四纪以来，全球性气候剧烈变化而引起世界洋面相应的升降变动，对华南东部陆架的形成和演变有着深刻的影响。华南沿岸分布的海拔 60-80m、0-50m、15-20m 和 3-5m 的四级海成阶地，以及海蚀遗迹的存在，说明南海北部沿岸至少有四次以上规模较大的海陆相对变迁（冯文科，黎维峰，1994）。

1 现代海岸线；2 -50 米古海岸线；3 沉溺的古海滩岩；4 树叶化石；
5 溺谷；6 砾石；7 红树抱粉；8 古潟湖；9 古连岛坝

图 6.2.5-1 南海北部陆架地貌沉积分类图

根据靖海港邻近海域 2007-2008 年测图地形与 2011 年测图地形等高线比较，等深线在 27m 以深海域的差别较小，海门湾邻近海域 2003 年测图地形与 2012 年测图地形等深线比较，等深线在 18m 以深海域的差别就已非常小，综合海域水动力条件可知，工程海域水深大，达到 32m，导致波浪和潮流作用下的泥沙运动动力条件较弱。由此初步判断，近 18 年来工程周边海域地形变化不大，海床基本稳定。

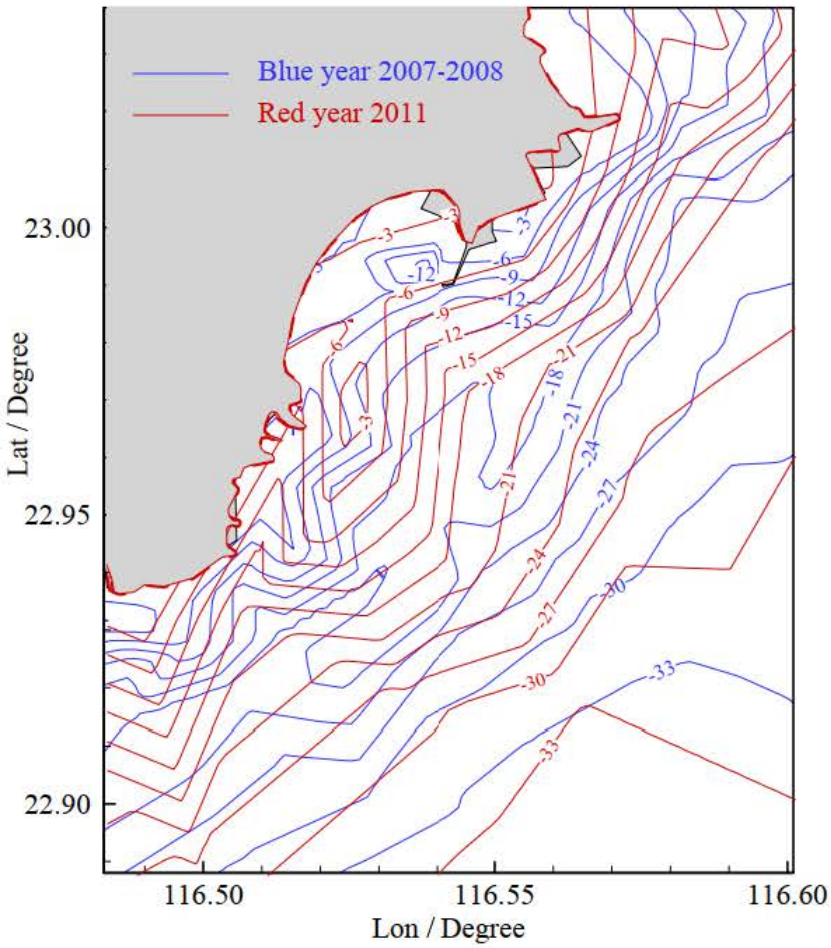


图 6.2.5-2 靖海港邻近海域不同年份海图地形比较

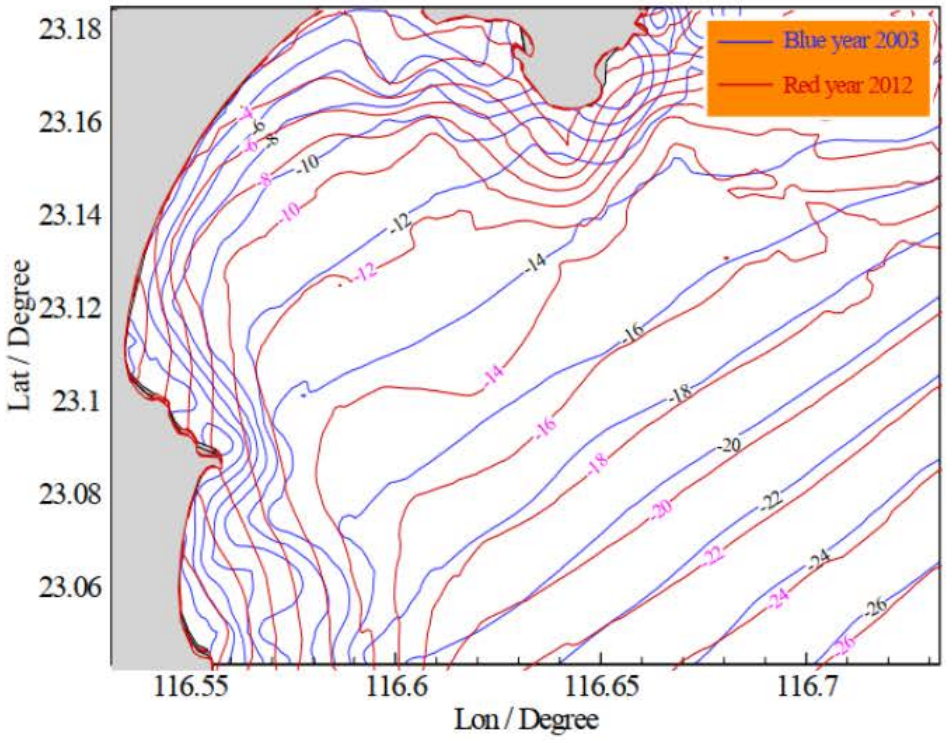


图 6.2.5-3 海门湾邻近海域不同年份海图地形比较

6.3 海水水质现状调查与评价

6.3.1 区域海水水质状况

根据揭阳市生态环境局发布的《2020 年度揭阳市环境质量报告书（公众版）》（http://www.jieyang.gov.cn/jyhbj/hjzl/hjgb/content/post_556384.html），2020 年揭阳市有 13 个监测点位，水质类别以一类海水为主，其中一类海水水质点位比例 76.9%，二类海水水质点位比例 23.1%，优良点位（一、二类）比例为 100%。经核对，编号 GDN22002、GDN22005、GDN22006 和 GDN04006 的 4 个站位在项目评价范围内。

表 6.3.1-1 评价范围内的近岸海域国控站位基本信息一览表

编号	经度°	纬度°	海洋功能区划	海水水质标准
GDN22002	116.579483	23.024633	珠海-潮州近海农渔业区	海水水质一类标准
GDN22005	116.530550	22.989433	靖海港口航运区	海水水质三类标准
GDN22006	116.72067	22.846917	珠海-潮州近海农渔业区	海水水质一类标准
GDN04006	116.736850	23.055083	珠海-潮州近海农渔业区	海水水质一类标准

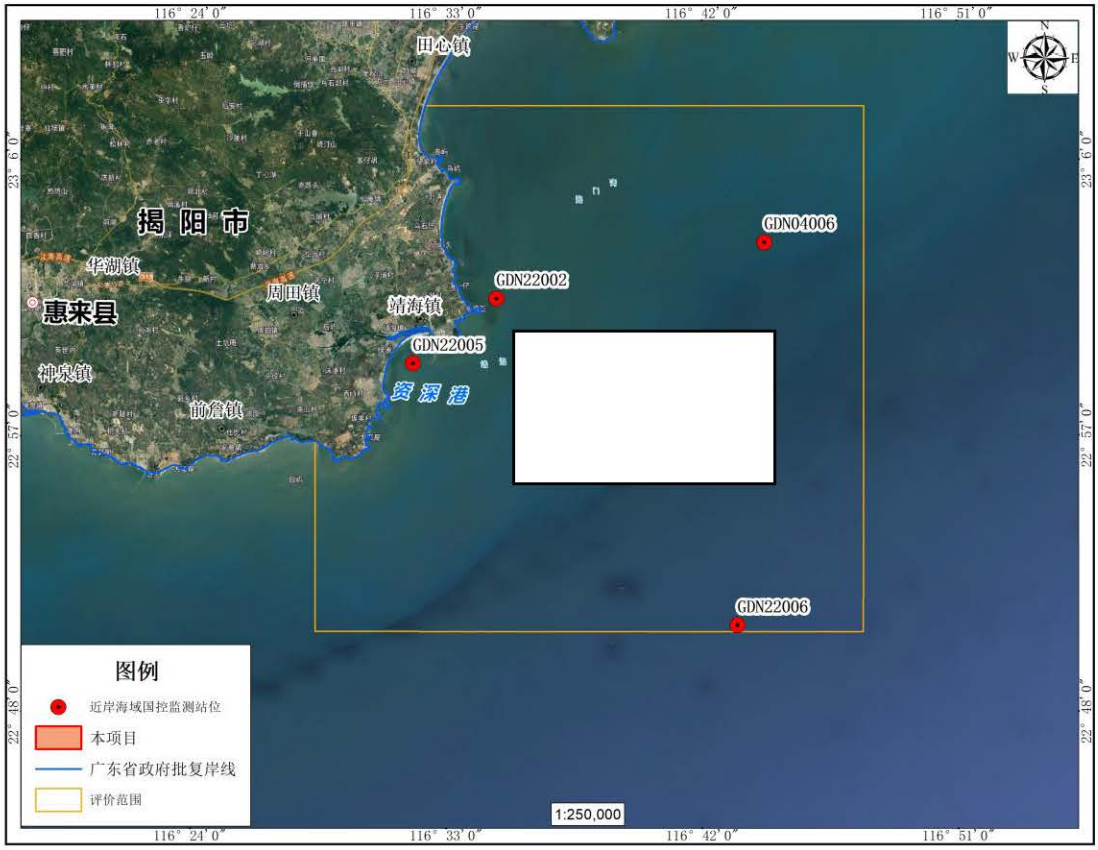


图 6.3.1-1 评价范围内的近岸海域国控站位图

本评价搜集了上述 4 个点位的 2020 年海水水质监测信息（表 6.3.1-1 和图 6.3.1-1），并采用《环境影响评价技术导则 地表水》（HJ 2.3-2018）推荐的标准指数法对上述点位 2020 年的统计数据进行了现状评价。4 个点位的 2020 年监测和统计结果见表 6.3.1-2 和表 6.3.1-3。

执行一类标准的站位：GDN22002、GDN22006 和 GDN04006。根据统计数据显示，无机氮在 2020 年 11 月的 GDN22002 和 GDN04006 站位超过一类水质标准，但均符合二类水质标准；活性磷酸盐在在 2020 年 11 月的 GDN22002 和 GDN04006 站位超过一类水质标准，其中 GDN22002 符合四类水质标准，GDN04006 符合二类水质标准；铅在 2020 年 5 月的 GDN04006 站位超过一类水质标准，但符合二类水质标准。其余指标均满足第一类海水水质标准。

执行三类标准的站位：GDN22005。根据统计数据显示，活性磷酸盐在 2020 年 11 月的 GDN22005 站位超过三类水质标准，但符合四类水质标准。其余指标均满足第三类海水水质标准。

综上所述，评价范围内近岸海域国控站位的无机氮、活性磷酸盐和铅在部分站位超过其所在功能区的标准限值，其余指标均符合。

表 6.3.1-2 评价范围内近岸海域国控站位监测数据一览表 单位：pH 无量纲，叶绿素 mg/m³，其余为 mg/L

监测日期	监测站位	悬浮物	叶绿素_A	pH	溶解氧	化学需氧量	氨_氮	硝酸盐_氮	亚硝酸盐_氮	无机氮	非离子氨	活性磷酸盐	石油类	总氮	总磷	铜	锌	总铬	汞	镉	铅	砷
2020-05-19	GDN22002	5.85	2.68	8.14	6.36	0.18	0.0160	0.0088	0.0051	0.0300	0.001139	0.0044	0.0300	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2020-05-19	GDN22005	7.85	3.41	8.11	6.35	0.18	0.0178	0.0068	0.0050	0.0295	0.001210	0.0051	0.0230	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2020-05-19	GDN22006	4.83	1.41	8.15	6.25	0.76	0.0128	0.0086	0.0062	0.0277	0.000954	0.0043	0.0385	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2020-05-19	GDN04006	5.80	2.43	8.16	6.48	0.35	0.0153	0.0035	0.0043	0.0210	0.001151	0.0033	0.0255	0.0943	0.0125	0.000537	0.004137	0.000383	0.000011	0.000024	0.001520	0.001733
2020-07-27	GDN22002	5.00	2.8	8.09	5.16	0.18	0.030	0.024	0.013	0.067	0.00221	0.013	0.006	0.283	0.015	0.00115	0.00179	0.00019	0.0000115	0.00002	0.00062	0.00175
2020-07-27	GDN22005	3.40	5.2	8.10	5.27	0.22	0.029	0.018	0.014	0.062	0.00216	0.011	0.007	0.316	0.003	0.00092	0.00206	0.00021	0.0000085	0.00002	0.00025	0.00175
2020-07-24	GDN22006	4.63	2.4	8.28	7.32	0.14	0.002	0.001	0.001	0.004	0.00025	0.002	0.013	0.305	0.009	0.00167	0.00587	0.00033	0.0000047	0.00002	0.00079	0.00110
2020-07-27	GDN04006	6.27	7.7	8.14	5.86	0.10	0.006	0.010	0.008	0.024	0.00045	0.009	0.007	0.209	0.053	0.00139	0.00155	0.00023	0.0000113	0.00002	0.00041	0.00180
2020-11-15	GDN22002	25.10	1.54	8.08	7.44	0.65	0.014	0.276	0.008	0.298	0.00058	0.032	0.023	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2020-11-15	GDN22005	18.60	0.71	8.09	7.48	0.15	0.019	0.288	0.007	0.313	0.00077	0.033	0.027	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2020-11-17	GDN22006	3.33	2.00	8.15	7.81	0.08	0.012	0.061	0.015	0.087	0.00058	0.004	0.013	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2020-11-15	GDN04006	25.73	0.65	8.15	7.50	0.26	0.020	0.232	0.003	0.255	0.00095	0.020	0.014	0.511	0.033	0.00126	0.00448	0.00037	0.000005	0.00004	0.00029	0.00177

注："—"代表无数据。数据来自广东省生态环境厅发布的《广东省 2020 年近岸海域海水水质监测信息》，来源 http://gdee.gd.gov.cn/attachment/0/410/410949/3179981.xls。

表 6.3.1-3a 评价范围内近岸海域国控站位监测数据的标准指数统计结果（执行一类标准）

监测日期	监测站位	pH	化学需氧量	无机氮	非离子氨	活性磷酸盐	石油类	铜	锌	总铬	汞	镉	铅	砷
2020-05-19	GDN22002	0.76	0.09	0.15	0.06	0.29	0.60	—	—	—	—	—	—	—
2020-05-19	GDN22006	0.77	0.38	0.14	0.05	0.29	0.77	—	—	—	—	—	—	—
2020-05-19	GDN04006	0.77	0.18	0.11	0.06	0.22	0.51	0.11	0.21	0.01	0.22	0.02	1.52	0.09
2020-07-27	GDN22002	0.73	0.09	0.34	0.11	0.87	0.12	0.23	0.09	0.00	0.23	0.02	0.62	0.09
2020-07-24	GDN22006	0.85	0.07	0.02	0.01	0.13	0.26	0.33	0.29	0.01	0.09	0.02	0.79	0.06
2020-07-27	GDN04006	0.76	0.05	0.12	0.02	0.60	0.14	0.28	0.08	0.00	0.23	0.02	0.41	0.09
2020-11-15	GDN22002	0.72	0.33	1.49	0.03	2.13	0.46	—	—	—	—	—	—	—
2020-11-17	GDN22006	0.77	0.04	0.44	0.03	0.27	0.26	—	—	—	—	—	—	—
2020-11-15	GDN04006	0.77	0.13	1.28	0.05	1.33	0.28	0.25	0.22	0.01	0.10	0.04	0.29	0.09
GB3097-1997 第一类标准≤		7.8~8.5	2	0.20	0.020	0.015	0.05	0.005	0.020	0.05	0.00005	0.001	0.001	0.020

注："—"代表无数据。

表 6.3.1-3b 评价范围内近岸海域国控站位监测数据的标准指数统计结果（执行三类标准）

监测日期	监测站位	pH	化学需氧量	无机氮	非离子氨	活性磷酸盐	石油类	铜	锌	总铬	汞	镉	铅	砷
2020-05-19	GDN22005	0.62	0.05	0.07	0.06	0.17	0.08	—	—	—	—	—	—	—
2020-07-27	GDN22005	0.61	0.06	0.16	0.11	0.37	0.02	0.02	0.02	0.00	0.04	0.00	0.03	0.04
2020-11-15	GDN22005	0.61	0.04	0.78	0.04	1.10	0.09	—	—	—	—	—	—	—
GB3097-1997 第三类标准≤		6.8~8.8	4	0.40	0.020	0.030	0.30	0.050	0.10	0.20	0.0002	0.010	0.010	0.050

注："—"代表无数据。

6.3.2 海洋环境调查概况

项目委托广州海兰图检测技术有限公司于2021年4月和2021年9月在项目附近海域进行海洋环境调查。

6.3.2.1 2021年4月

广州海兰图检测技术有限公司于2021年4月21日到2021年4月23日在项目附近海域进行海水水质现状调查。共布设 27 个站位，其中水质调查站位 24 个，海洋生态与渔业资源调查站位15个，沉积物调查站位12个，潮间带调查断面3条，具体调查站位详见表6.3.2-1和图6.3.2-1。

表 6.3.2-1 2021年4月海洋环境现状调查站位

序号	站位	经度（E）	纬度(N)	调查项目
1	JYJS01	[redacted]	[redacted]	水质
2	JYJS02	[redacted]	[redacted]	水质、生态
3	JYJS03	[redacted]	[redacted]	水质、沉积物、生态
4	JYJS04	[redacted]	[redacted]	水质
5	JYJS05	[redacted]	[redacted]	水质、沉积物、生态
6	JYJS06	[redacted]	[redacted]	水质
7	JYJS07	[redacted]	[redacted]	水质、沉积物、生态
8	JYJS08	[redacted]	[redacted]	水质
9	JYJS09	[redacted]	[redacted]	水质、沉积物、生态
10	JYJS10	[redacted]	[redacted]	水质、沉积物、生态
11	JYJS11	[redacted]	[redacted]	水质
12	JYJS12	[redacted]	[redacted]	水质、生态
13	JYJS13	[redacted]	[redacted]	水质、沉积物、生态
14	JYJS14	[redacted]	[redacted]	水质、沉积物、生态
15	JYJS15	[redacted]	[redacted]	水质
16	JYJS16	[redacted]	[redacted]	水质、沉积物、生态
17	JYJS17	[redacted]	[redacted]	水质
18	JYJS18	[redacted]	[redacted]	水质、沉积物、生态
19	JYJS19	[redacted]	[redacted]	水质
20	JYJS20	[redacted]	[redacted]	水质、沉积物、生态
21	JYJS21	[redacted]	[redacted]	水质、沉积物、生态
22	JYJS22	[redacted]	[redacted]	水质、沉积物、生态
23	JYJS23	[redacted]	[redacted]	水质、生态
24	JYJS24	[redacted]	[redacted]	水质
25	JYC1	[redacted]	[redacted]	潮间带
26	JYC2	[redacted]	[redacted]	潮间带
27	JYC3	[redacted]	[redacted]	潮间带
*潮间带垂直于岸线，布设高、中、低潮区采样断面				

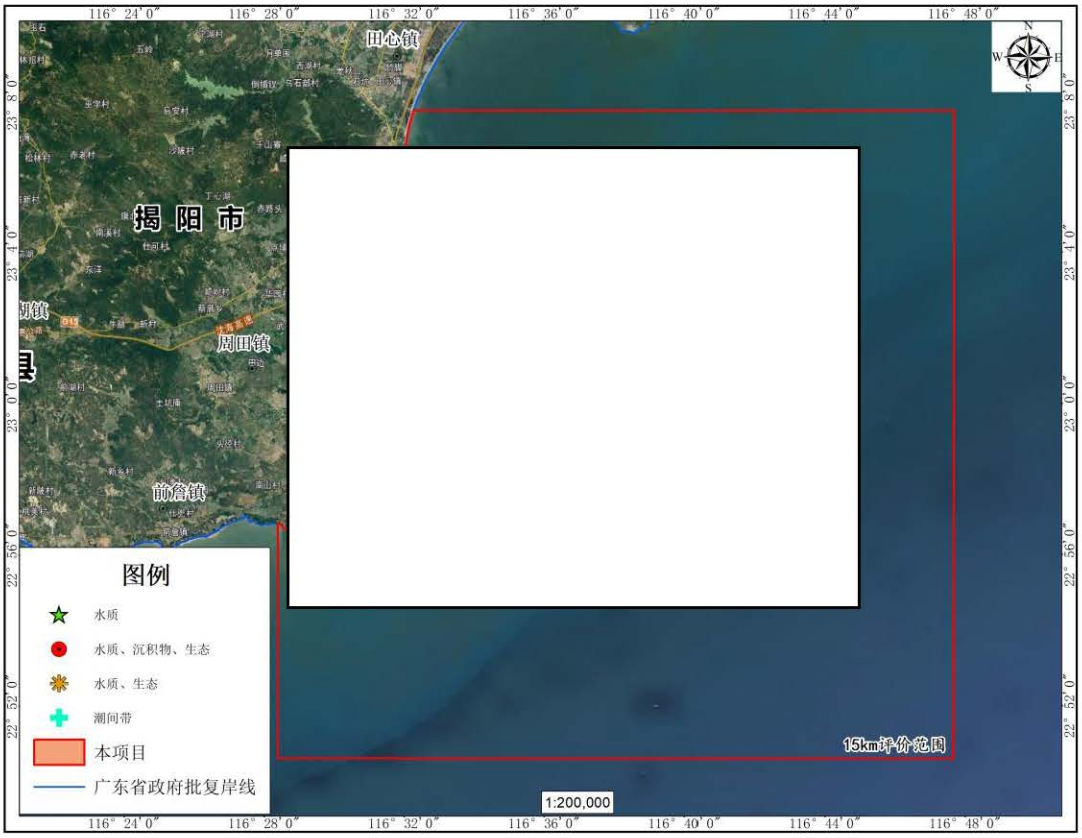


图 6.3.2-1 2021 年 4 月调查站位布置图

6.3.2.2 2021 年 9 月

广州海兰图检测技术有限公司于 2021 年 8 月 31 日到 2021 年 9 月 3 日在项目附近海域进行海水水质现状调查。本次调查共设水质调查站位 20 个，海洋生态与渔业资源调查站位 12 个，潮间带调查断面 3 条，具体调查站位详见表 6.3.2-2 和图 6.3.2-2。

表 6.3.2-2 2021 年 9 月海洋环境现状调查站位表

站位	经纬度		备注
	E（东经）	N（北纬）	
SJ1	[redacted]	[redacted]	水质
SJ2	[redacted]	[redacted]	水质、生态
SJ3	[redacted]	[redacted]	水质、生态
SJ4	[redacted]	[redacted]	水质
SJ5	[redacted]	[redacted]	水质、生态
SJ6	[redacted]	[redacted]	水质、生态
SJ7	[redacted]	[redacted]	水质、生态
SJ8	[redacted]	[redacted]	水质
SJ9	[redacted]	[redacted]	水质
SJ10	[redacted]	[redacted]	水质、生态
SJ11	[redacted]	[redacted]	水质
SJ12	[redacted]	[redacted]	水质、生态

站位	经纬度		备注
	E（东经）	N（北纬）	
SJ13	[redacted]	[redacted]	水质、生态
SJ14	[redacted]	[redacted]	水质、生态
SJ15	[redacted]	[redacted]	水质
SJ16	[redacted]	[redacted]	水质、生态
SJ17	[redacted]	[redacted]	水质
SJ18	[redacted]	[redacted]	水质、生态
SJ19	[redacted]	[redacted]	水质
SJ20	[redacted]	[redacted]	水质、生态
C3	[redacted]	[redacted]	潮间带
C4	[redacted]	[redacted]	潮间带
C5	[redacted]	[redacted]	潮间带
*潮间带垂直于岸线，布设高、中、低潮区采样断面			

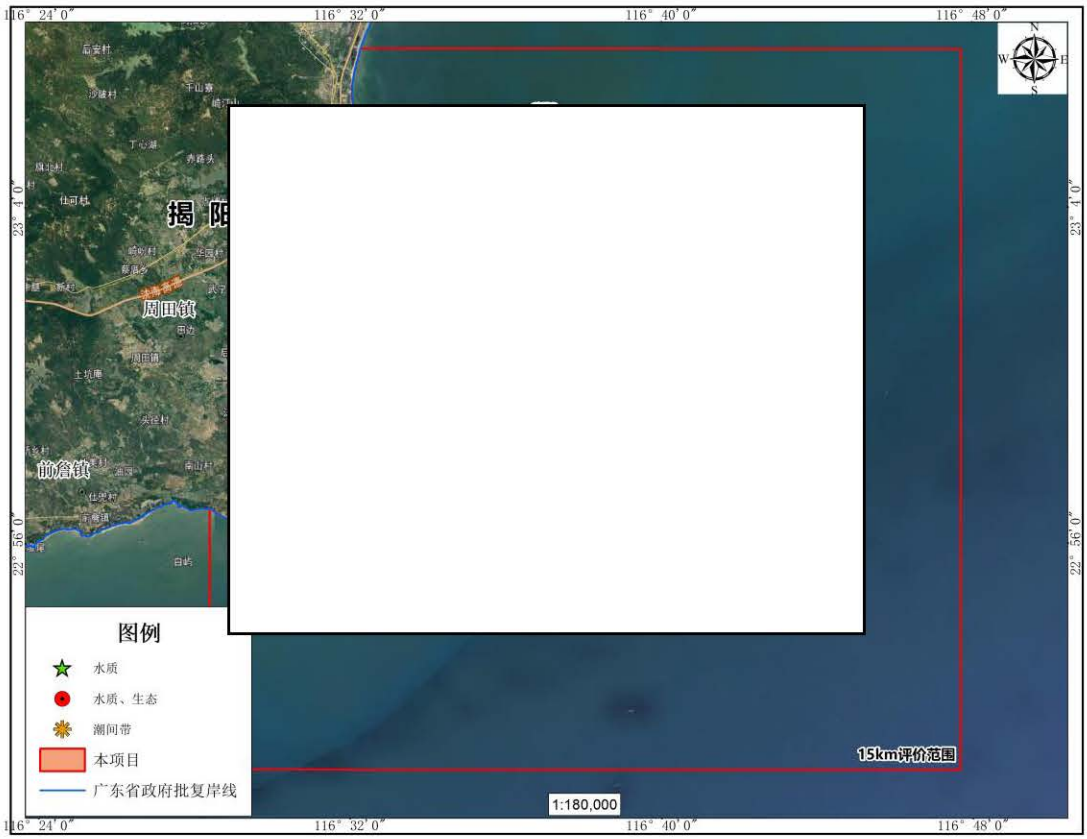


图 6.3.2-2 2021 年 9 月调查站位布置图

6.3.3 调查项目

水温、盐度、pH、溶解氧、悬浮物、化学需氧量、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、活性磷酸盐、挥发酚、硫化物、石油类、铬、铅、镉、锌、铜、汞和砷共计 20 项指标。

6.3.4 采样与分析方法

6.3.4.1 采样方法

调查监测项目采样及其预处理方法根据《海洋调查规范》(GB/T12763.4-2007)、《海洋监测规范》（GB17378－2007）进行。水质采样根据现场水深决定采样层次，当水深<10m 时，只采取表层样；当 10m≤水深<30m 时，采表层和底层水样。

6.3.4.2 分析方法

（1）2021 年 4 月

调查项目分析方法根据《海洋监测技术规程》（HY/T147-2013）、《海洋监测规范》（GB17378－2007）和《海洋调查规范》GB/T12763-2007 进行，具体分析方法见表 6.3.4-1。

表 6.3.4-1 水质调查分析方法

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
1	水温	《海洋调查规范 第 2 部分：海洋水文观测》GB/T 12763.2-2007/5.2.1	CTD 法	/
2	盐度	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/29.1	盐度计法	/
3	pH	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/26	pH 计法	/
4	溶解氧	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/31	碘量法	0.11mg/L
5	悬浮物	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/27	重量法	/
6	化学需氧量	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/32	碱性高锰酸钾法	0.13mg/L
7	硝酸盐	《海洋调查规范 第 4 部分：海水化学要素调查》GB/T 12763.4-2007/11	锌镉还原法	0.7μg/L
8	亚硝酸盐氮	《海洋调查规范 第 4 部分：海水化学要素调查》GB/T 12763.4-2007/10	重氮-偶氮法	0.3μg/L
9	氨氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/36.1	靛酚蓝分光光度法	0.4μg/L
10	活性磷酸盐	《海洋调查规范 第 4 部分：海水化学要素调查》GB/T 12763.4-2007/9	磷钼蓝分光光度法	0.7μg/L
11	挥发酚	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/19	4-氨基安替比林分光光度法	1.1μg/L
12	硫化物	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-200718.1	亚甲基蓝分光光度法	0.2μg/L
13	石油类	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378. 4-2007/13.2	紫外分光光度法	3.5μg/L

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
14	汞	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB 17378.4-2007/5.1	原子荧光法	0.007μg/L
15	砷	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB 17378.4-2007/11.1	原子荧光法	0.5μg/L
16	铜	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB 17378.4-2007/6.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.2μg/L
17	铅	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB 17378.4-2007/7.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.03μg/L
18	镉	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB 17378.4-2007/8.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.01μg/L
19	锌	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB 17378.4-2007/9.1	火焰原子吸收分光光度法	3.1μg/L
20	铬	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB 17378.4-2007/10.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.4μg/L

（2）2021年9月

样品的分析按照《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）和《海洋监测规范》（GB17378-2007）进行，具体分析方法见表6.3.4-2。

表6.3.4-2 水质调查分析方法

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
1	水温	《海洋调查规范 第2部分：海洋水文观测》GB/T 12763.2-2007/5.2.1	CTD法	/
2	pH	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》GB 17378.4-2007/26	pH 计法	/
3	盐度	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》GB 17378.4-2007/29.1	盐度计法	/
4	溶解氧	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》GB 17378.4-2007/31	碘量法	0.11mg/L
5	悬浮物	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》GB 17378.4-2007/27	重量法	/
6	化学需氧量	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》GB 17378.4-2007/32	碱性高锰酸钾法	0.13mg/L
7	硝酸盐氮	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》GB 17378.4-2007/38.1	镉柱还原法	0.7μg/L
8	亚硝酸盐氮	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》GB 17378.4-2007/37	萘乙二胺分光光度法	0.3μg/L
9	氨氮	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》GB 17378.4-2007/36.1	靛酚蓝分光光度法	0.4μg/L
10	活性磷酸盐	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》GB 17378.4-2007/39.1	磷钼蓝分光光度法	0.7μg/L
11	挥发酚	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》GB 17378.4-2007/19	4-氨基安替比林分光光度法	1.1μg/L
12	硫化物	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》GB 17378.4-2007/18.1	亚甲基蓝分光光度法	0.2μg/L
13	油类	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》GB 17378. 4-2007/13.2	紫外分光光度法	3.5μg/L
14	汞	《海洋监测规范 第4部分:海水分析》	原子荧光法	0.007μg/L

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
		GB 17378.4-2007/5.1		
15	砷	《海洋监测规范 第 4 部分:海水分析》GB 17378.4-2007/11.1	原子荧光法	0.5μg/L
16	铜	《海洋监测规范 第 4 部分:海水分析》GB 17378.4-2007/6.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.2μg/L
17	铅	《海洋监测规范 第 4 部分:海水分析》GB 17378.4-2007/7.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.03μg/L
18	镉	《海洋监测规范 第 4 部分:海水分析》GB 17378.4-2007/8.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.01μg/L
19	锌	《海洋监测规范 第 4 部分:海水分析》GB 17378.4-2007/9.1	火焰原子吸收分光光度法	3.1μg/L
20	铬	《海洋监测规范 第 4 部分:海水分析》GB 17378.4-2007/10.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.4μg/L

6.3.5 评价方法与评价标准

6.3.5.1 评价方法

采用单因子污染指数法（标准指数法）进行评价。

其中：单项水质评价因子(参数)i 在第 j 点的标准指数：

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

$S_{i,j}$ ——评价因子 i 的水质指数，大于 1 表明该水质内容因子超标；

$C_{i,j}$ ——评价因子 i 在 j 点的实测统计代表值，mg/L；

$C_{i,o}$——评价因子 i 的水质评价标准限值，mg/L。

对于溶解氧，DO 的标准指数为：

$$S_{DO,j}=DO_s/DO_j \qquad DO_j \le DO_f$$

$$S_{DO,j}=\frac{|DO_f-DO_j|}{DO_f-DO_s} \qquad DO_j \ge DO_f$$

式中：$S_{Do,j}$—溶解氧的标准指数，大于 1 表明该水质因子超标；

DO_j—溶解氧在 j 点的实测统计代表值，mg/L;

DO_s—溶解氧的水质评价标准限制，mg/L；

DO_f—饱和溶解氧浓度，mg/L，DO_f=（491-2.65S）/（33.5+T）

S—实用盐度符号，量纲一；

T——水温，℃。

pH 的标准指数为：

$$S_{pH}=\frac{7.0-pH}{7.0-pH_{sd}}, pH\le 7.0；\quad S_{pH}=\frac{pH-7.0}{pH_{su}-7.0}, pH>7.0$$

式中：$S_{pH,j}$—pH 值的指数，大于 1 表明该水质因子超标；

pH_j—pH 值实测统计代表值；

pH_{su}—pH 评价标准的上限值；

pH_{sd}—pH 评价标准的下限值；

水质评价因子的标准指数＞1，则表明该项水质已超过了规定的水质标准。

6.3.5.2 评价标准

（1）2021 年 4 月

按照《广东省海洋功能区划（2011－2020 年）》规定，各调查站位所在功能区执行的海洋环境评价标准见表 6.3.5-1 和图 6.3.5-1。

表 6.3.5-1 2021 年 4 月调查站位在广东省海洋功能区的执行标准

站位	所在海洋功能区	执行的环境评价标准
JYJS03、JYJS04、JYJS05、JYJS06、JYJS07、JYJS08、JYJS09、JYJS10、JYJS11、JYJS12、JYJS13、JYJS14、JYJS15、JYJS17、JYJS18、JYJS19、JYJS20	珠海-潮州近海农渔业区	执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准
JYJS01、JYJ02	海门湾-广澳湾农渔业区	执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准
JYJS16、JYJS21、JYJS22、JYJS23、JYJS24	靖海港口航运区	执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准

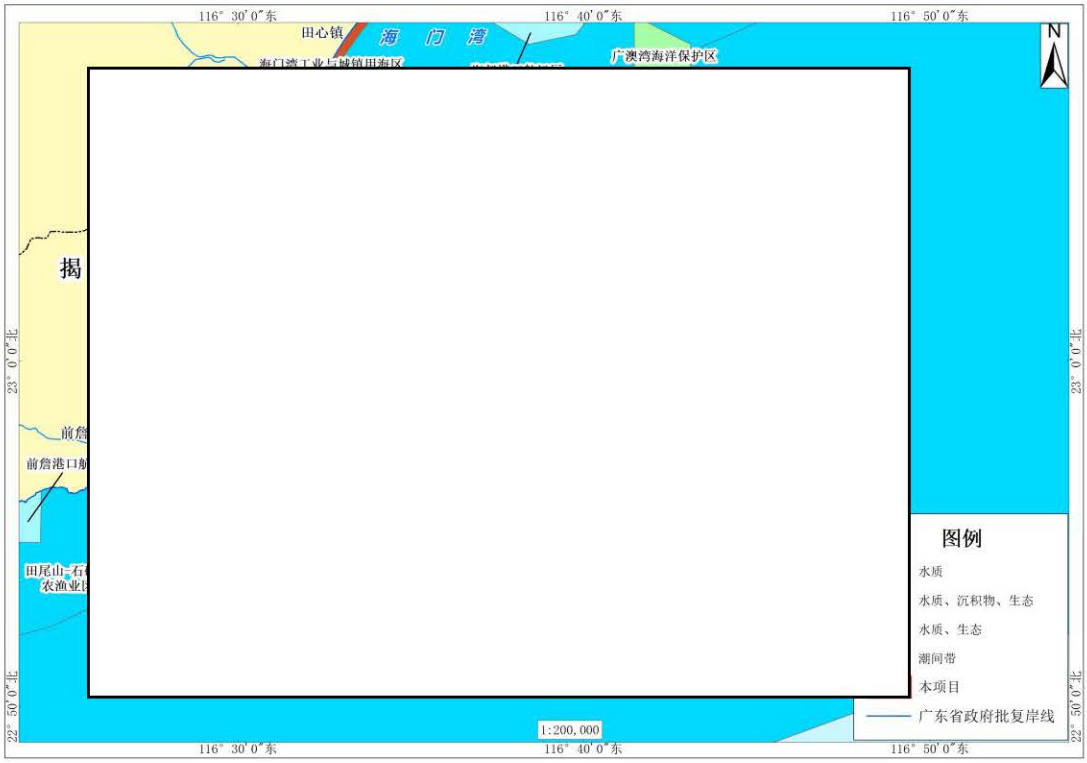


图 6.3.5-1 2021 年 4 月调查站位所处广东省海洋功能区示意图

由于部分调查站位位于汕头市附近海域，因此按照《揭阳市海洋功能区划（2015-2020 年）》和《汕头市海洋功能区划（2013-2020 年）》规定，各调查站位所在功能区执行的海洋环境评价标准见表 6.3.5-2 和图 6.3.5-2。

表 6.3.5-2 2021 年 4 月调查站位在揭阳市和汕头市海洋功能区的执行标准

站位	海洋功能区	行政区	环境评价执行标准
JYJS01	仙庵捕捞区	揭阳市	执行第一类海水水质标准、第一类海洋沉积物质量和第一类海洋生物质量
JYJS06、JYJS07、JYJS08、JYJS09、JYJS10、JYJS13、JYJS14、JYJS15、JYJS17、JYJS18、JYJS19、JYJS20	揭阳近海捕捞区	揭阳市	执行第一类海水水质标准、第一类海洋沉积物质量和第一类海洋生物质量
JYJS02	海门湾-企望湾增值区	汕头市	执行第二类海水水质，第一类海洋沉积物质量和第一类海洋生物质量
JYJS03、JYJS04、JYJS05、JYJS011、JYJS12	汕头近海捕捞区	汕头市	执行第二类海水水质标准、第一类海洋沉积物质量和第一类海洋生物质量
JYJS16、JYJS21、JYJS22、JYJS23、JYJS24	靖海港口区	揭阳市	执行第三类海水水质标准、第二类海洋沉积物质量标准和第二类海洋生物质量标准

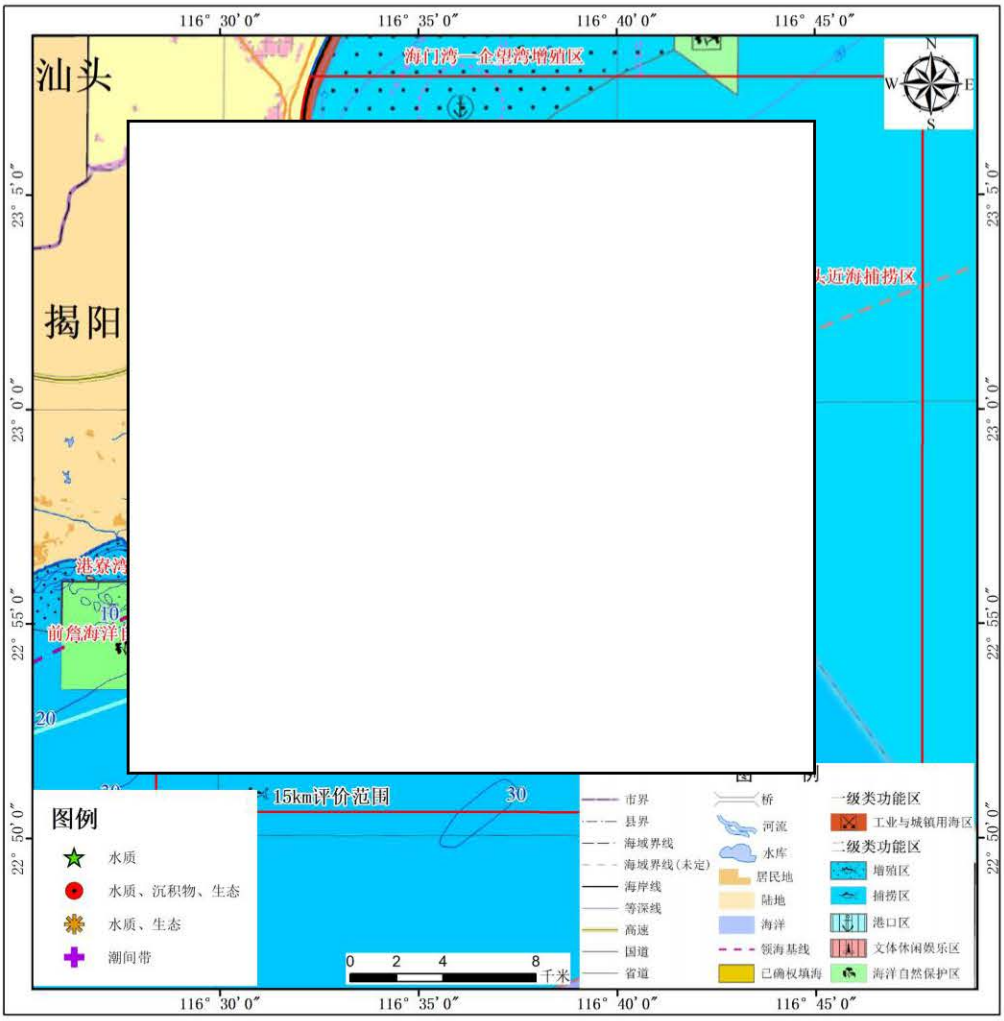


图 6.3.5-2 2021 年 4 月调查站位所处揭阳市和汕头市海洋功能区示意图

根据《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办[1999]68 号）和《关于调整揭阳市近岸海域环境功能区划的复函》（粤办函[2010]473 号文），各调查站位执行水质标准见图 6.3.5-3 和表 6.3.5-3。

表 6.3.5-3 2021 年 4 月调查站位所处广东省近岸海域水质执行标准

站位	执行水质标准
JYJS02、JYJS07、JYJS16、JYJS23、JYJS24	一类水质目标
JYJS08	二类水质目标
JYJS01、JYJS21、JYJS22	三类水质目标

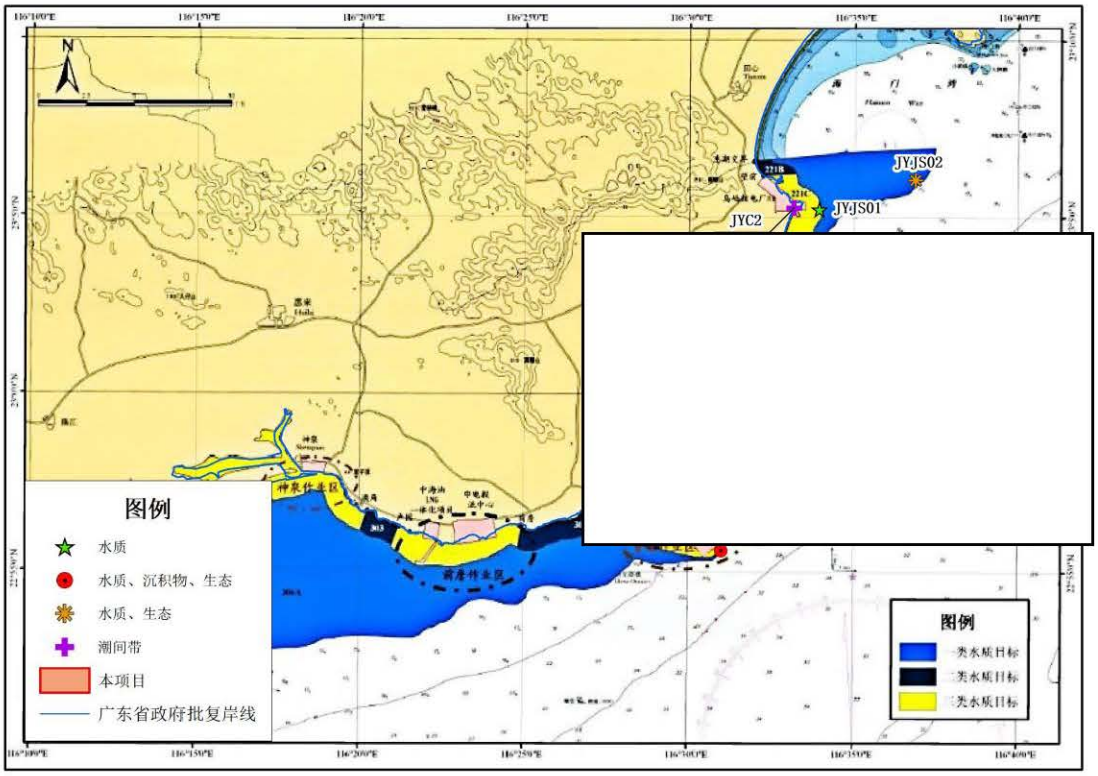


图 6.3.5-3 2021 年 4 月调查站位所处广东省近岸海域功能区示意图

综上所述，项目附近海域水质按照《广东省海洋功能区划（2011－2020 年）》《揭阳市海洋功能区划（2015-2020 年）》《汕头市海洋功能区划（2013-2020 年）》《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府[1999]68 号）和《关于调整揭阳市近岸海域环境功能区划的复函》（粤办函[2010]473 号文）规定，以海水水质较严者执行，各调查站位水质执行标准详见表 6.3.5-4。

表 6.3.5-4 2021 年 4 月各站位执行的水质标准要求一览表

站位	执行的水质标准
JYJS01、JYJS02、JYJS03、JYJS04、JYJS05、JYJS06、JYJS07、JYJS08、JYJS09、JYJS10、JYJS11、JYJS12、JYJS13、JYJS14、JYJS15、JYJS16、JYJS17、JYJS18、JYJS19、JYJS20、JYJS23、JYJS24	执行海水水质一类标准
JYJS21、JYJS22	执行海水水质三类标准

（2）2021 年 9 月

按照《广东省海洋功能区划（2011－2020 年）》规定，各调查站位所在功能区执行的海洋环境评价标准见表 6.3.5-5 和图 6.3.5-4。

表 6.3.5-5 2021 年 9 月调查站位在广东省海洋功能区的执行标准

站位	所在海洋功能区	执行的环境评价标准
SJ3、SJ4、SJ5、SJ6、SJ7、SJ8、SJ9、SJ10、SJ11、SJ12、SJ13、SJ14、SJ15、SJ17、SJ18、SJ19、SJ20	珠海-潮州近海农渔业区	执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。
SJ1、SJ2	海门湾-广澳湾农渔业区	执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。
SJ16	靖海港口航运区	执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准。

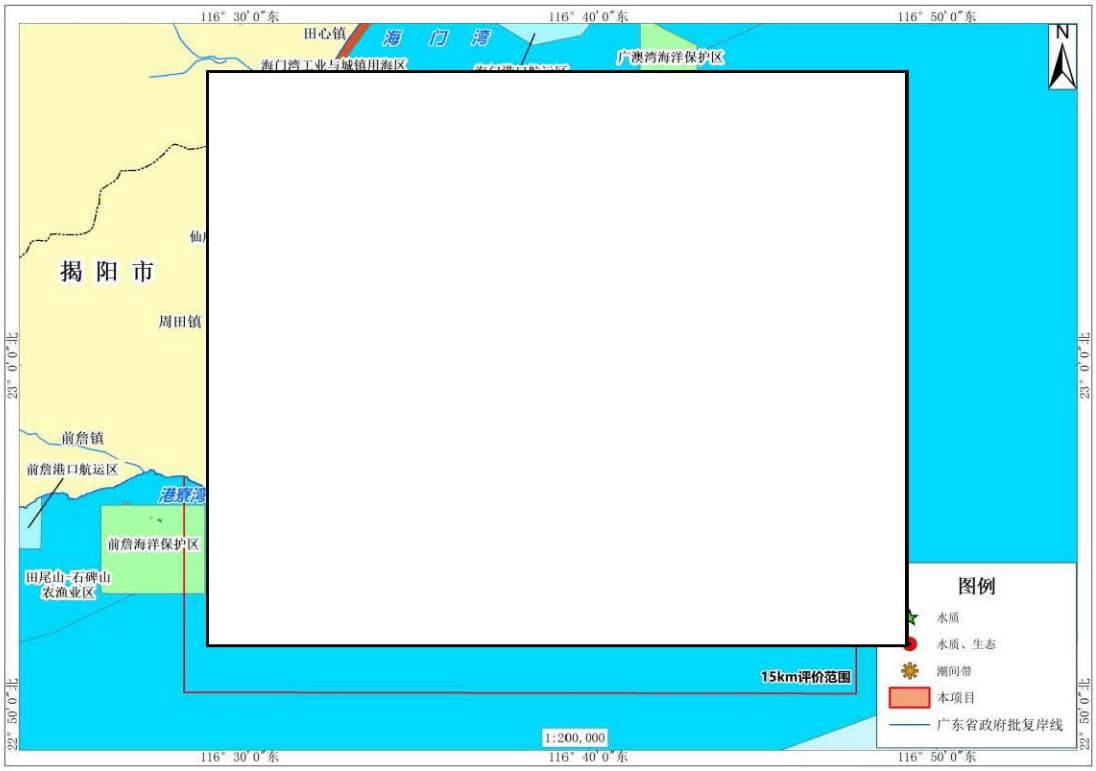


图 6.3.5-4 2021 年 9 月调查站位所处广东省海洋功能区示意图

由于部分调查站位位于汕头市附近海域，因此按照《揭阳市海洋功能区划（2015-2020 年）》和《汕头市海洋功能区划（2013-2020 年）》规定，各调查站位所在功能区执行的海洋环境评价标准见表 6.3.5-6 和图 6.3.5-5。

表 6.3.5-6 2021 年 9 月调查站位在揭阳市和汕头市海洋功能区的执行标准

站位	海洋功能区	行政区	环境评价执行标准
SJ1	仙庵捕捞区	揭阳市	执行第一类海水水质标准、第一类海洋沉积物质量和第一类海洋生物质量
SJ6、SJ7、SJ8、SJ9、SJ10、SJ13、SJ14、SJ15、SJ17、SJ18、SJ19、SJ20	揭阳近海捕捞区	揭阳市	
SJ3、SJ4、SJ5、SJ11、SJ12	汕头近海捕捞区	汕头市	
SJ2	海门湾—企望湾增殖区	汕头市	执行第二类海水水质标准、第一类海洋沉积物质量和第一类海洋生物质量

站位	海洋功能区	行政区	环境评价执行标准
SJ16	靖海港口区	揭阳市	执行第三类海水水质标准、第二类海洋沉积物质量和第二类海洋生物质量

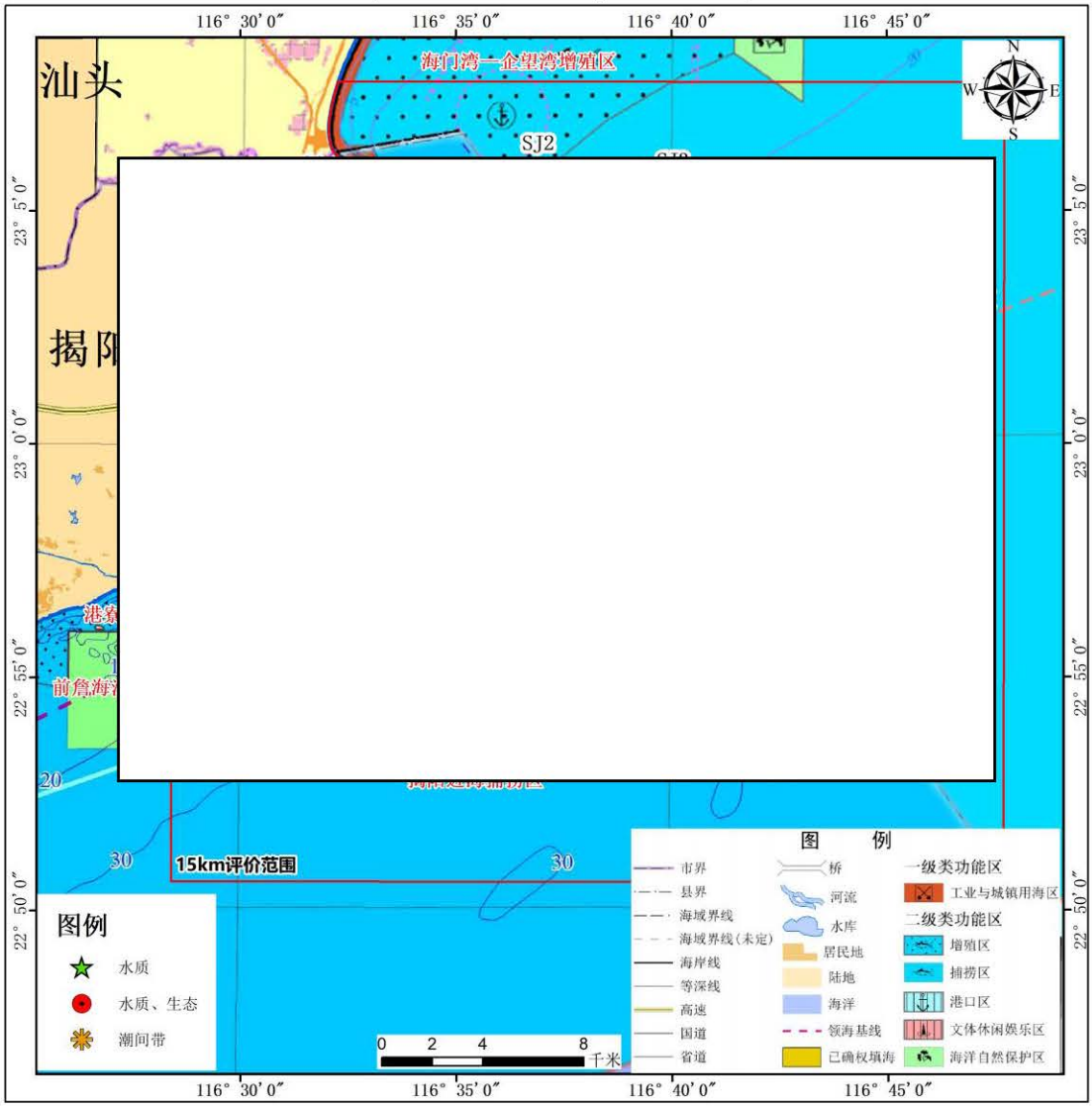


图 6.3.5-5 2021 年 9 月调查站位所处揭阳市和汕头市海洋功能区示意图

根据《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办[1999]68 号）和《关于调整揭阳市近岸海域环境功能区划的复函》（粤办函[2010]473 号文），各调查站位执行水质标准见表 6.3.5-7 和图 6.3.5-6。

表 6.3.5-7 2021 年 9 月调查站位所处广东省近岸海域水质执行标准

站位	执行水质标准
SJ8	二类水质目标
SJ1	三类水质目标

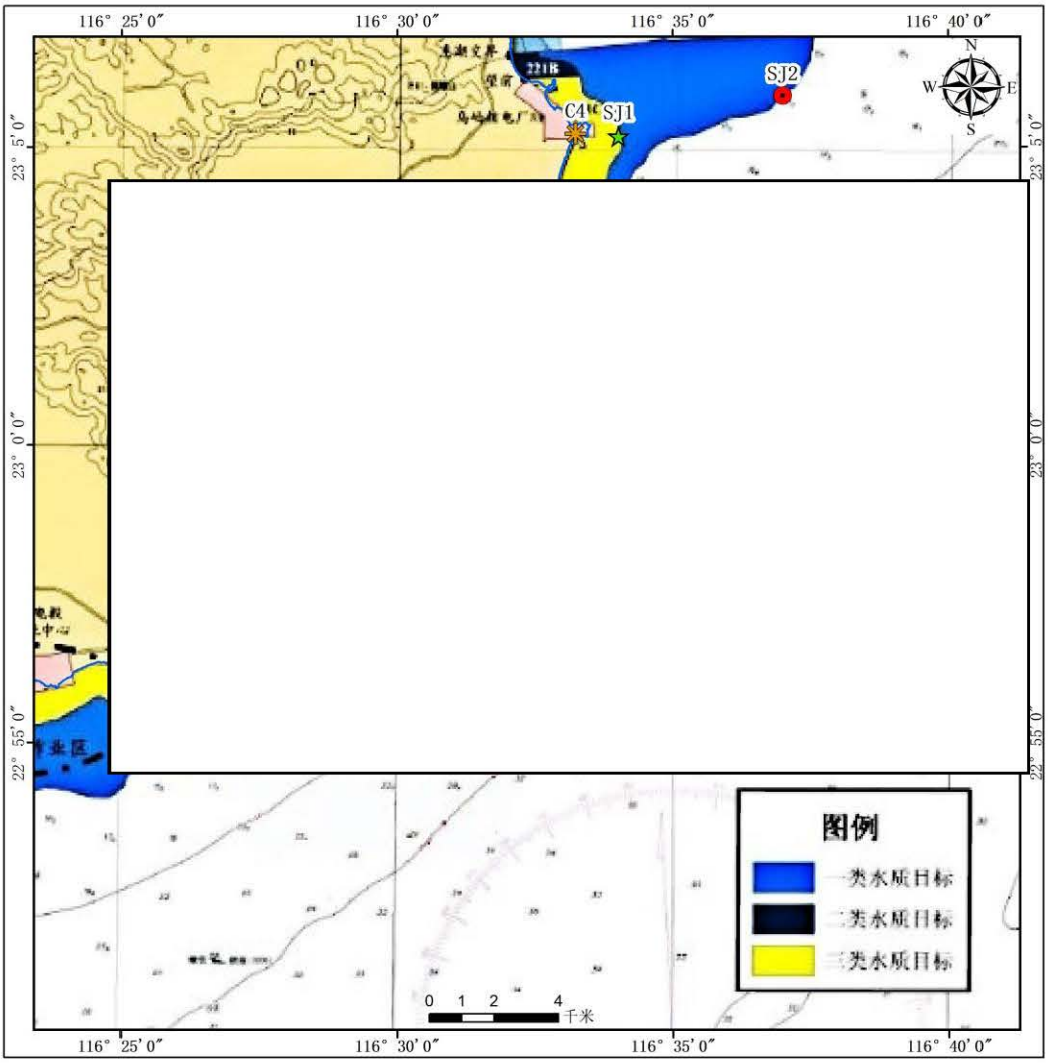


图 6.3.5-6 2021 年 9 月调查站位所处广东省近岸海域功能区示意图

综上所述，项目附近海域水质按照《广东省海洋功能区划（2011－2020 年）》《揭阳市海洋功能区划（2015-2020 年）》《汕头市海洋功能区划（2013-2020 年）》《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府[1999]68 号）和《关于调整揭阳市近岸海域环境功能区划的复函》（粤办函[2010]473 号文）规定，以海水水质较严者执行，各调查站位水质执行标准详见表 6.3.5-8。

表 6.3.5-8 2021 年 9 月各站位执行的水质标准要求一览表

站位	执行的水质标准
SJ1、SJ3、SJ4、SJ5、SJ6、SJ7、SJ8、SJ9、SJ10、SJ11、SJ12、SJ13、SJ14、SJ15、SJ17、SJ18、SJ19、SJ20	执行海水水质一类标准
SJ2	执行海水水质二类标准
SJ16	执行海水水质三类标准

海域水质现状评价依据标准《海水水质标准》（GB3097-1997），见表 6.3.5-9。

表 6.3.5-9 海水水质标准　　单位：mg/L（pH 除外）

水质指标	第一类	第二类	第三类	第四类
悬浮物	人为增加的量≤10	人为增加的量≤10	人为增加的量≤100	人为增加的量≤150
pH	7.8~8.5		6.8~8.8	
化学需氧量≤（COD）	2	3	4	5
溶解氧＞	6	5	4	3
生化需氧量≤（BOD_5）	1	3	4	5
活性磷酸盐≤（以 P 计）	0.015	0.030	0.030	0.045
无机氮≤（以 N 计）	0.20	0.30	0.40	0.50
石油类≤	0.05	0.05	0.30	0.50
铜（Cu）≤	0.005	0.010	0.050	0.050
铅（Pb）≤	0.001	0.005	0.010	0.050
锌（Zn）≤	0.020	0.050	0.100	0.500
镉（Cd）≤	0.001	0.005	0.010	0.010
汞（Hg）≤	0.00005	0.0002	0.0002	0.0005
砷（As）≤	0.020	0.030	0.050	0.050
铬（Cr）≤	0.05	0.10	0.20	0.50
粪大肠菌群（个/L）	2000	2000	2000	—
硫化物≤(以硫计)	0.02	0.05	0.10	0.25
挥发性酚≤	0.005	0.005	0.010	0.050

6.3.6 海水水质调查结果与评价

6.3.6.1 调查结果

（1）2021 年 4 月

2021 年 4 月各站位水质监测结果见表 6.3.6-1。

（2）2021 年 9 月

2021 年 9 月各站位水质监测结果见表 6.3.6-2。

6.3.6.2 评价结果

（1）2021 年 4 月

采用上述单项指数评价法，对本次现状监测结果进行标准指数计算，各监测点水质评价因子的标准指数见表 6.3.6-3~表 6.3.6-4。

①执行海水水质第一类标准

执行第一类海水水质标准的站位有 JYJS01~JYJS20、JYJS23、JYJS24。由监测结果及标准指数表结果可知：主要超标监测因子为化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐、挥发酚、锌、铜，超标率分别为 18.18%、30.30%、27.27%、12.12%、9.09%和 9.09%。

JYJS08、JYJS16、JYJS23~JYJS24 调查站位的化学需氧量不符合海水水质第一类标准要求，但均符合海水水质第二类标准要求；JYJS01、JYJS02、JYJS07、JYJS08、JYJS16、JYJS23、JYJS24 的无机氮含量不符合海水水质第一类标准要求，但 JYJS01 符合海水水质第四类标准要求，JYJS02 底层符合海水水质第三类标准要求，JYJS02 表层符合海水水质第四类标准要求，JYJS07、JSJS08、JYJS16、JYJS23、JYJS24 均劣于海水水质第四类标准要求；JSJS01、JYJS2、JYJS07、JYJS08、JYJS16、JYJS23、JYJS24 表层调查站位的活性磷酸盐含量不符合海水水质第一类标准要求，但 JSJS01、JYJS02、JYJS07、JYJS08、JYJS16、JYJS24 表层符合海水水质第二类标准要求、JYJS23 符合海水水质第四类标准要求；JYJS16 和 JYJS24 的挥发酚含量不符合海水水质第一类标准要求，但均符合海水水质第三类标准；JYJS16 表层、JYJS23、JYJS24 表层调查站位的锌含量不符合海水水质第一类标准要求，但 JYJS24 表层符合第二类海水水质标准、JYJS16 表层和 JYJS23 符合第三类海水水质标准；JYJS16、JYJS24 表层调查站位的铜含量不符合海水水质第一类标准，但 JYJS16 底层符合第二类海水水质标准、JYJS16 表层和 JYJS24 表层符合第三类海水水质标准。其余监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

②执行海水水质第三类标准

执行第三类海水水质标准的站位有 JYJS21、JYJS22。由监测结果及标准指数表结果可知：主要超标监测因子为无机氮和活性磷酸盐，超标率分别为 100.0% 和 100.0%。

所有调查站位的无机氮含量均不符合海水水质第三类标准要求，且均劣于海水水质第四类标准要求；JYJS21、JYJS22 调查站位的活性磷酸盐含量不符合海水水质第三类标准要求，但符合海水水质第四类标准要求。其余监测因子均符合海水水质三类标准。

综上所述，2021 年 4 月调查附近海域部分站位的化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐、挥发酚、锌、铜超过其相对应功能区的标准限值，其余站位的监测因子均符合。

（2）2021 年 9 月

采用上述单项指数评价法，对本次现状监测结果进行标准指数计算，各监测

点水质评价因子的标准指数见表 6.3.6-5 至表 6.3.6-7。

①执行海水水质第一类标准

执行第一类海水水质标准的站位有 SJ1、SJ3~SJ15、SJ17~SJ20 号站位。由监测结果及标准指数表结果可知：主要超标监测因子为无机氮、活性磷酸盐，超标率分别为 2.94%和 5.88%。

SJ8 站位的无机氮含量不符合海水水质第一类标准要求，但 SJ8 符合海水水质第二类标准要求；SJ14 站位的活性磷酸盐含量不符合海水水质第一类标准要求，但均符合海水水质第二类标准要求。其余监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

②执行海水水质第二类标准

执行第二类海水水质标准的站位有 SJ2 站位。由监测结果及标准指数表结果可知，该站位所有监测因子均符合海水水质第二类标准要求。

③执行海水水质第三类标准

执行第三类海水水质标准的站位有 SJ16 站位。由监测结果及标准指数表结果可知：该站位所有监测因子均符合海水水质第三类标准要求。

综上所述，2021 年 9 月调查附近海域部分站位的无机氮、活性磷酸盐超过其相对应功能区的标准限值，其余站位的监测因子均符合。

表 6.3.6-1 2021 年 4 月海水水质调查结果统计表

站位	水深	水温	盐度	pH	悬浮物	溶解氧	化学需氧量	氨氮	亚硝酸盐氮	硝酸盐氮	无机氮	活性磷酸盐	挥发酚	石油类	锌	硫化物	铜	铅	镉	铬	汞	砷
	m	℃	‰	/	mg/L											μg/L						
JYJS01	9.9	23.1	32.977	8.09	7.8	6.63	1.45	0.076	0.043	0.293	0.412	0.021	0.0024	0.024	0.010	0.6	0.7	0.24	0.08	<0.4	0.028	1.0
JYJS02 表	13.0	23.6	33.505	8.16	43.4	7.54	1.65	0.087	0.048	0.280	0.415	0.026	0.0028	0.012	0.009	<0.2	4.4	0.08	0.12	<0.4	0.043	0.9
JYJS02 底	——	22.8	33.298	8.16	7.0	7.54	1.40	0.082	0.043	0.249	0.374	0.026	0.0020	——	0.007	<0.2	0.6	<0.03	0.22	<0.4	0.029	0.9
JYJS03 表	17.8	22.6	33.123	8.17	6.8	7.22	1.40	0.027	0.010	0.099	0.136	0.014	0.0028	0.039	0.012	0.3	0.8	0.65	0.26	<0.4	0.024	1.0
JYJS03 底	——	22.3	33.230	8.17	11.8	7.15	1.07	0.025	0.008	0.095	0.128	0.008	0.0031	——	0.012	0.2	4.1	0.30	0.24	<0.4	0.025	1.0
JYJS04 表	20.9	22.4	33.142	8.23	1.6	7.55	0.96	0.025	0.011	0.112	0.148	0.009	0.0038	0.031	0.012	0.2	0.7	0.39	0.26	<0.4	0.026	0.9
JYJS04 底	——	22.2	33.367	8.23	9.8	7.34	0.66	0.024	0.009	0.078	0.111	0.013	0.0036	——	0.012	<0.2	0.9	0.17	0.27	<0.4	0.023	0.9
JYJS05 表	24.0	22.4	33.221	8.19	10.0	7.25	0.82	0.025	0.010	0.127	0.162	0.013	0.0018	0.031	0.014	0.5	0.5	0.46	0.07	<0.4	0.021	1.0
JYJS05 底	——	22.3	33.873	8.16	5.0	7.23	1.06	0.024	0.009	0.093	0.126	0.009	0.0017	——	0.010	0.3	1.0	0.46	0.03	<0.4	0.021	1.0
JYJS06 表	15.8	22.5	33.104	8.16	9.8	7.54	1.08	0.028	0.010	0.121	0.159	0.013	0.0029	0.036	0.013	0.6	1.2	0.37	0.14	<0.4	0.025	1.0
JYJS06 底	——	22.3	33.323	8.16	11.8	7.54	0.84	0.026	0.010	0.108	0.144	0.008	0.0018	——	0.015	0.6	3.0	0.89	0.16	<0.4	0.025	1.0
JYJS07	9.9	23.1	33.062	7.99	4.8	6.98	1.74	0.086	0.051	0.613	0.750	0.026	0.0011	0.021	0.015	0.5	0.3	0.41	0.19	<0.4	0.031	1.0
JYJS08	6.9	23.0	32.979	7.78	5.2	7.03	2.24	0.080	0.051	0.633	0.764	0.026	<0.0011	0.033	0.015	0.7	0.3	0.04	0.21	<0.4	0.028	1.0
JYJS09 表	19.3	22.5	33.236	8.19	6.9	7.73	0.86	0.024	0.008	0.126	0.158	0.008	0.0022	0.026	0.011	<0.2	2.2	0.04	0.01	1.4	0.026	1.0
JYJS09 底	/	21.3	33.441	8.19	4.0	8.1	0.86	0.025	0.050	0.076	0.151	0.007	0.0017	——	0.012	<0.2	1.1	0.70	0.24	0.5	0.028	1.0
JYJS10 表	25.3	22.6	33.498	8.19	8.6	7.67	1.46	0.025	0.009	0.140	0.174	0.013	0.0040	0.022	0.012	0.8	1.4	0.65	0.12	<0.4	0.021	0.9
JYJS10 底	——	21.9	33.561	8.19	4.4	8.34	0.94	0.027	0.009	0.107	0.143	0.008	0.0041	——	0.012	0.7	1.6	0.43	0.23	0.4	0.021	1.0
JYJS11 表	29.8	22.7	33.240	8.02	3.2	7.21	0.92	0.025	0.015	0.134	0.174	0.008	0.0019	0.022	0.012	0.4	1.7	0.28	0.30	1.0	0.019	0.9
JYJS11 底	——	22.3	33.446	8.01	7.4	7.31	1.22	0.024	0.014	0.127	0.165	0.011	0.0018	——	0.011	0.4	0.6	0.32	0.09	<0.4	0.019	0.9
JYJS12 表	29.5	22.6	33.104	8.24	48.8	7.68	0.78	0.033	0.012	0.091	0.136	0.010	0.0016	0.026	0.016	0.5	1.1	0.78	0.23	0.4	0.013	0.9
JYJS12 底	——	22.3	33.427	8.24	6.8	7.45	0.66	0.025	0.010	0.118	0.153	0.010	0.0011	——	0.013	0.4	0.7	0.63	0.11	<0.4	0.038	0.9
JYJS13 表	29.3	22.4	33.110	8.28	9.8	7.68	0.96	0.024	0.010	0.108	0.142	0.010	0.0025	0.030	0.014	0.8	2.2	0.48	0.47	0.4	0.012	0.9
JYJS13 底	——	22.2	33.393	8.23	8.0	7.98	0.83	0.025	0.010	0.127	0.162	0.012	0.0034	——	0.013	0.7	1.5	0.26	0.39	0.8	0.023	0.9
JYJS14 表	29.8	22.6	33.140	7.92	10.4	7.23	0.55	0.023	0.012	0.136	0.171	0.005	0.0026	0.027	0.007	0.8	1.6	0.26	0.53	0.9	<0.007	1.0
JYJS14 底	——	22.1	33.756	7.68	6.8	7.23	1.08	0.023	0.010	0.133	0.166	0.012	0.0024	——	0.008	0.7	2.4	0.43	0.15	0.7	<0.007	0.9
JYJS15 表	29.2	22.8	33.043	7.43	10.2	7.66	0.77	0.023	0.015	0.110	0.148	0.009	0.0036	0.023	0.010	0.6	3.2	0.39	0.33	<0.4	0.049	0.9
JYJS15 底	——	22.3	33.258	7.53	11.0	7.66	1.15	0.024	0.012	0.139	0.175	0.011	0.0037	——	0.012	<0.2	0.6	0.35	0.40	0.6	0.010	0.9
JYJS16 表	20.3	23.6	32.795	8.10	16.4	7.63	2.38	0.055	0.036	0.569	0.660	0.017	0.0070	0.031	0.053	0.5	10.4	0.41	0.52	1.7	<0.007	0.9
JYJS16 底	——	23.0	33.082	7.92	12.6	7.79	2.12	0.048	0.027	0.485	0.560	0.016	0.0059	——	0.011	0.3	7.5	0.15	0.58	1.1	<0.007	0.9
JYJS17 表	29.0	22.3	33.112	7.43	10.4	7.45	0.57	0.025	0.012	0.115	0.152	0.014	0.0039	0.035	0.011	0.3	<0.2	<0.03	0.50	0.5	0.017	0.9
JYJS17 底	——	21.9	33.651	7.43	8.8	7.68	0.53	0.024	0.010	0.132	0.166	0.014	0.0039	——	0.007	0.3	1.5	0.74	0.74	<0.4	<0.007	0.9
JYJS18 表	29.6	22.5	33.117	7.28	3.8	7.66	0.74	0.025	0.010	0.122	0.157	0.011	0.0027	0.035	0.006	0.7	3.6	0.04	0.23	<0.4	0.010	0.9
JYJS18 底	——	22.0	33.416	7.43	10.0	7.45	1.44	0.023	0.008	0.146	0.177	0.010	0.0040	——	0.012	0.6	3.0	0.41	0.05	0.8	0.014	0.9
JYJS19 表	29.5	22.3	33.059	7.92	11.8	7.68	1.39	0.024	0.012	0.111	0.147	0.014	0.0036	0.037	0.012	0.8	1.2	0.30	0.44	<0.4	0.011	0.9
JYJS19 底	——	22.1	33.359	7.68	14.0	7.45	1.05	0.031	0.012	0.128	0.171	0.013	0.0022	——	0.015	0.7	1.0	0.02	0.16	0.8	0.016	1.0
JYJS20 表	29.9	22.2	33.348	7.98	10.0	7.43	0.86	0.028	0.013	0.144	0.185	0.010	0.0025	0.020	0.010	0.8	0.6	0.48	0.23	0.4	0.016	0.9

站位	水深	水温	盐度	pH	悬浮物	溶解氧	化学需氧量	氨氮	亚硝酸盐氮	硝酸盐氮	无机氮	活性磷酸盐	挥发酚	石油类	锌	硫化物	铜	铅	镉	铬	汞	砷
	m	℃	‰	/	mg/L											μg/L						
JYJS20 底	——	21.8	33.656	8.01	9.8	7.33	1.12	0.023	0.011	0.141	0.175	0.014	0.0018	——	0.012	1.0	1.3	0.65	0.14	<0.4	0.022	0.9
JYJS21	4.4	23.1	31.670	7.87	10.8	6.65	2.65	0.090	0.056	0.625	0.771	0.036	0.0033	0.030	0.081	<0.2	8.2	1.68	0.19	0.5	0.032	1.0
JYJS22	2.0	23.1	28.648	8.33	11.0	6.14	2.18	0.087	0.054	0.625	0.766	0.033	0.0021	0.024	0.080	0.6	5.1	0.39	0.37	<0.4	0.033	1.0
JYJS23	5.6	23.1	31.447	7.76	5.8	7.22	2.64	0.098	0.059	0.614	0.771	0.037	0.0020	0.034	0.074	<0.2	0.4	0.78	0.11	0.5	0.029	1.0
JYJS24 表	28.9	22.6	33.158	7.86	10.2	7.54	2.30	0.055	0.032	0.631	0.718	0.017	0.0073	0.022	0.029	0.3	13.4	0.11	0.35	1.5	<0.007	0.9
JYJS24 底	——	21.8	33.233	7.86	7.8	7.66	2.36	0.050	0.026	0.647	0.723	0.012	0.0060	——	0.012	0.5	3.1	0.39	0.75	0.8	<0.007	1.0
最小值	2.0	21.3	28.648	7.28	1.6	6.14	0.53	0.023	0.008	0.076	0.111	0.005	<0.0011	0.012	0.006	<0.2	<0.2	<0.03	0.01	<0.4	<0.007	0.9
最大值	29.9	23.6	33.873	8.33	48.8	8.34	2.65	0.098	0.059	0.647	0.771	0.037	0.0073	0.039	0.081	1.0	13.4	1.68	0.75	1.7	0.049	1.0
平均值	20.4	22.5	33.086	7.973	10.340	7.434	1.280	0.039	0.021	0.234	0.294	0.015	0.003	0.028	0.018	0.5	2.4	0.41	0.267	0.5	0.0203	0.9

注：①表中低于检出限项目参与计算平均值时视为其检出限值的一半。②无机氮为氨氮、亚硝酸盐氮和硝酸盐氮的总和。②“——” 表示未检指标。④“<”表示低于检出限。

表 6.3.6-2 2021 年 9 月海水水质调查结果统计表

站位	水深	水温	盐度	pH	悬浮物	溶解氧	化学需氧量	氨氮	亚硝酸盐氮	硝酸盐氮	无机氮	活性磷酸盐	石油类	锌	挥发酚	硫化物	铜	铅	镉	铬	汞	砷
	m	℃	‰	/	mg/L										μg/L							
SJ1	9.0	29.5	32.059	8.27	13.2	6.45	1.60	0.0124	0.0011	0.140	0.154	0.0111	0.0073	0.0044	2.2	0.7	4.2	0.28	0.18	0.9	0.016	0.9
SJ2B	14.0	27.9	32.443	8.29	11.2	6.80	0.79	0.0043	0.0019	0.0861	0.0923	0.0111	0.0044	0.0044	1.7	0.7	1.1	0.63	0.14	1.2	0.017	0.9
SJ2D	/	27.4	32.881	8.26	9.2	6.65	0.56	0.0055	0.0017	0.0906	0.0978	0.0130	/	0.0092	1.3	0.7	1.0	0.23	0.10	1.7	0.013	0.5L
SJ3B	15.0	27.6	32.943	7.95	7.6	6.97	0.64	0.0047	0.0024	0.0807	0.0878	0.0067	0.0073	0.0100	1.8	0.5	4.3	0.72	0.15	1.1	0.025	0.9
SJ3D	/	23.8	34.182	8.07	8.4	6.25	1.44	0.0031	0.0044	0.0761	0.0836	0.0058	/	0.0070	1.2	0.3	2.9	0.26	0.15	1.0	0.012	1.0
SJ4B	26.0	28.2	31.656	7.74	4.8	6.61	0.80	0.0050	0.0020	0.112	0.119	0.0025	0.0056	0.0079	1.8	0.5	1.3	0.07	0.24	2.4	0.011	1.0
SJ4D	/	26.8	32.308	7.81	3.9	6.02	0.96	0.0012	0.0017	0.104	0.107	0.0056	/	0.0096	1.5	0.2	1.0	0.41	0.20	4.0	0.024	1.1
SJ5B	20.0	28.0	31.702	7.90	9.7	6.06	0.48	0.0050	0.0018	0.0577	0.0645	0.0058	0.0139	0.0092	2.1	0.7	3.2	0.15	0.15	1.0	0.007L	0.9
SJ5D	/	26.6	32.116	8.01	18.3	6.04	0.72	0.0098	0.0024	0.0641	0.0763	0.0061	/	0.0053	1.5	0.6	4.0	0.96	0.10	0.5	0.007L	0.9
SJ6B	20.0	28.1	31.821	7.95	7.7	6.77	1.36	0.0109	0.0028	0.0908	0.104	0.0099	0.0063	0.0178	1.2	0.4	3.8	0.12	0.14	1.0	0.032	0.8
SJ6D	/	22.1	34.274	7.85	15.1	6.39	0.48	0.0053	0.0052	0.0962	0.107	0.0043	/	0.0061	1.1	0.5	3.8	0.20	0.10	0.9	0.007L	0.9
SJ7	9.0	27.1	32.260	8.00	6.4	6.01	1.04	0.0018	0.0021	0.131	0.135	0.0114	0.0047	0.0079	1.3	0.6	3.8	0.93	0.17	1.0	0.008	0.9
SJ8	8.0	27.1	33.058	8.06	8.3	6.26	1.04	0.0060	0.0021	0.284	0.292	0.0121	0.0048	0.0074	1.2	0.9	4.5	0.55	0.12	0.8	0.017	0.9
SJ9B	26.0	28.2	31.799	8.02	6.4	6.25	1.28	0.0234	0.0025	0.0942	0.120	0.0119	0.0332	0.0170	1.4	0.8	1.7	0.26	0.34	4.1	0.007L	1.1
SJ9D	/	27.6	32.108	8.12	6.3	6.05	0.88	0.0122	0.0030	0.0851	0.100	0.0125	/	0.0100	1.1L	0.9	1.6	0.14	0.29	2.4	0.019	1.1
SJ10B	29.1	28.2	31.726	8.16	6.3	6.19	1.44	0.0049	0.0026	0.0658	0.0733	0.0117	0.0092	0.0083	1.8	0.7	0.2	0.15	0.35	1.1	0.007L	1.4
SJ10D	/	26.5	32.278	7.78	6.8	6.06	1.36	0.0209	0.0043	0.0559	0.0811	0.0120	/	0.0074	1.1	0.8	2.1	0.10	0.26	5.0	0.016	1.3
SJ11B	29.0	28.4	31.782	8.07	5.6	6.20	1.20	0.0022	0.0023	0.0643	0.0688	0.0080	0.0053	0.0183	1.7	0.4	1.1	0.75	0.19	2.9	0.007L	1.1
SJ11D	/	27.5	32.059	8.14	4.9	6.09	0.96	0.0295	0.0016	0.0443	0.0754	0.0110	/	0.0070	1.5	0.5	0.3	0.35	0.24	0.8	0.007L	1.2
SJ12B	29.9	28.6	31.543	7.90	4.2	6.49	0.96	0.0045	0.0020	0.0864	0.0929	0.0056	0.0065	0.0079	2.3	0.5	0.8	0.17	0.23	0.5	0.045	1.1
SJ12D	/	27.3	31.598	8.02	3.8	6.08	0.56	0.0024	0.0023	0.0922	0.0969	0.0080	/	0.0096	2.1	0.6	1.3	0.24	0.21	0.5	0.032	1.1
SJ13B	29.0	28.1	31.748	7.96	7.2	6.66	0.72	0.0078	0.0039	0.0806	0.0923	0.0134	0.0053	0.0066	1.5	0.6	0.2L	0.56	0.23	0.9	0.007L	1.4
SJ13D	/	26.4	32.368	7.86	7.6	6.07	0.88	0.0057	0.0018	0.0882	0.0957	0.0131	/	0.0109	1.2	0.7	0.4	0.24	0.27	0.8	0.007L	1.2
SJ14B	28.0	28.3	31.806	7.98	6.8	7.10	0.72	0.0092	0.0043	0.127	0.140	0.0207	0.0064	0.0031L	1.7	0.6	1.7	0.23	0.31	5.6	0.007L	1.1
SJ14D	/	27.9	31.774	8.00	7.1	6.22	0.64	0.0130	0.0046	0.139	0.157	0.0219	/	0.0031L	1.5	0.8	1.4	0.07	0.26	4.8	0.007L	1.1
SJ15B	28.0	28.0	31.842	7.98	7.3	6.62	0.80	0.0050	0.0039	0.0844	0.0933	0.0101	0.0140	0.0113	1.4	0.7	2.3	0.18	0.23	2.9	0.007L	1.1
SJ15D	/	27.9	31.816	8.14	7.3	6.15	1.20	0.0289	0.0051	0.0770	0.111	0.0119	/	0.0079	1.1	0.9	4.3	0.41	0.28	6.0	0.019	1.2
SJ16B	18.0	28.1	31.914	8.05	5.9	6.51	0.96	0.0076	0.0039	0.318	0.330	0.0222	0.0072	0.0122	4.0	0.5	0.6	0.14	0.23	2.7	0.007L	1.3
SJ16D	/	26.3	32.467	8.03	7.9	6.17	1.30	0.0170	0.0059	0.293	0.316	0.0256	/	0.0122	3.3	0.8	0.5	0.06	0.25	1.5	0.007L	1.5
SJ17B	27.0	28.3	31.918	8.04	4.2	7.09	0.72	0.0076	0.0020	0.111	0.121	0.0106	0.0065	0.0187	1.8	0.5	1.5	0.07	0.28	2.4	0.016	1.2

站位	水深	水温	盐度	pH	悬浮物	溶解氧	化学需氧量	氨氮	亚硝酸盐氮	硝酸盐氮	无机氮	活性磷酸盐	石油类	锌	挥发酚	硫化物	铜	铅	镉	铬	汞	砷
	m	℃	‰	/	mg/L										μg/L							
SJ17D	/	27.2	32.211	8.17	5.2	6.26	0.48	0.0105	0.0030	0.104	0.118	0.0115	/	0.0187	1.4	0.6	0.4	0.32	0.25	1.0	0.007L	1.4
SJ18B	33.0	28.2	31.674	8.02	4.9	6.47	1.20	0.0032	0.0034	0.0794	0.0860	0.0095	0.0052	0.0126	2.1	0.5	1.0	0.10	0.23	3.2	0.029	1.1
SJ18D	/	21.9	34.221	7.79	6.8	6.04	0.64	0.0032	0.0152	0.0706	0.0890	0.0134	/	0.0070	1.3	0.6	0.2L	0.09	0.33	1.1	0.007L	1.2
SJ18Z	/	21.9	34.177	7.82	4.4	6.32	0.72	0.0071	0.0180	0.0693	0.0944	0.0099	/	0.0079	1.6	0.6	0.6	0.33	0.22	3.1	0.007L	1.2
SJ19B	29.9	28.4	31.582	8.00	3.8	6.35	0.96	0.0096	0.0043	0.0912	0.105	0.0069	0.0130	0.0070	1.3	0.6	0.2	0.89	0.20	2.9	0.007L	1.2
SJ19D	/	27.2	32.583	8.19	3.3	6.12	1.04	0.0069	0.0044	0.0868	0.0981	0.0086	/	0.0087	1.1	0.5	1.9	0.06	0.24	0.8	0.007L	1.2
SJ20B	29.8	28.5	31.702	8.00	4.8	6.06	0.28	0.0079	0.0016	0.0874	0.0969	0.0070	0.0074	0.0096	1.9	0.4	0.8	0.89	0.22	0.6	0.022	1.1
SJ20D	/	27.0	32.243	7.87	3.3	6.05	1.12	0.0023	0.0026	0.101	0.106	0.0022	/	0.0074	1.5	0.4	2.1	0.42	0.29	2.2	0.007L	1.1
最小值	8.0	21.9	31.543	7.74	3.3	6.01	0.28	0.0012	0.0011	0.0443	0.0645	0.0022	0.0044	0.0031L	1.1L	0.2	0.2L	0.06	0.10	0.5	0.007L	0.5L
最大值	33.0	29.5	34.274	8.29	18.3	7.10	1.60	0.0295	0.0180	0.330	0.330	0.0256	0.0332	0.0187	4.0	0.9	4.5	0.96	0.35	6.0	0.045	1.5
平均值	22.9	27.2	32.280	8.01	7.0	6.34	0.92	0.0086	0.0037	0.106	0.118	0.0106	0.0087	0.0093	1.6	0.6	1.8	0.34	0.22	2.0	0.012	1.1

注：①表中低于检出限项目参与计算平均值时视为其检出限值的一半。②无机氮为氨氮、亚硝酸盐氮和硝酸盐氮的总和。 ③“/” 表示未检指标。④“L”表示低于检出限。

表 6.3.6-3 2021 年 04 月份水质监测站位（执行第一类海水水质标准）各要素的质量指数

站位	pH	溶解氧	化学需氧量	无机氮	活性磷酸盐	挥发酚	石油类	锌	铜	铅	镉	铬	汞	砷	硫化物
JYJS01	0.73	0.84	0.73	2.06	1.40	0.48	0.48	0.50	0.14	0.24	0.08	0.00	0.56	0.05	0.03
JYJS02 表	0.77	0.48	0.83	2.08	1.73	0.56	0.24	0.45	0.88	0.08	0.12	0.00	0.86	0.05	0.01
JYJS02 底	0.77	0.33	0.70	1.87	1.73	0.40	——	0.35	0.12	0.02	0.22	0.00	0.58	0.05	0.01
JYJS03 表	0.78	0.03	0.70	0.68	0.93	0.56	0.78	0.60	0.16	0.65	0.26	0.00	0.48	0.05	0.02
JYJS03 底	0.78	0.83	0.54	0.64	0.53	0.62	——	0.60	0.82	0.30	0.24	0.00	0.50	0.05	0.01
JYJS04 表	0.82	0.28	0.48	0.74	0.60	0.76	0.62	0.60	0.14	0.39	0.26	0.00	0.52	0.05	0.01
JYJS04 底	0.82	0.09	0.33	0.56	0.87	0.72	——	0.60	0.18	0.17	0.27	0.00	0.46	0.05	0.01
JYJS05 表	0.79	0.03	0.41	0.81	0.87	0.36	0.62	0.70	0.10	0.46	0.07	0.00	0.42	0.05	0.03
JYJS05 底	0.77	0.03	0.53	0.63	0.60	0.34	——	0.50	0.20	0.46	0.03	0.00	0.42	0.05	0.02
JYJS06 表	0.77	0.28	0.54	0.80	0.87	0.58	0.72	0.65	0.24	0.37	0.14	0.00	0.50	0.05	0.03
JYJS06 底	0.77	0.27	0.42	0.72	0.53	0.36	——	0.75	0.60	0.89	0.16	0.00	0.50	0.05	0.03
JYJS07	0.66	0.84	0.87	3.75	1.73	0.22	0.42	0.75	0.06	0.41	0.19	0.00	0.62	0.05	0.03
JYJS08	0.52	0.84	1.12	3.82	1.73	0.11	0.66	0.75	0.06	0.04	0.21	0.00	0.56	0.05	0.04
JYJS09 表	0.79	0.45	0.43	0.79	0.53	0.44	0.52	0.55	0.44	0.04	0.01	0.03	0.52	0.05	0.01
JYJS09 底	0.79	0.56	0.43	0.76	0.47	0.34	——	0.60	0.22	0.70	0.24	0.01	0.56	0.05	0.01
JYJS10 表	0.79	0.43	0.73	0.87	0.87	0.80	0.44	0.60	0.28	0.65	0.12	0.00	0.42	0.05	0.04
JYJS10 底	0.79	0.86	0.47	0.72	0.53	0.82	——	0.60	0.32	0.43	0.23	0.01	0.42	0.05	0.04
JYJS11 表	0.68	0.03	0.46	0.87	0.53	0.38	0.44	0.60	0.34	0.28	0.3	0.02	0.38	0.05	0.02
JYJS11 底	0.67	0.08	0.61	0.83	0.73	0.36	——	0.55	0.12	0.32	0.09	0.00	0.38	0.05	0.02
JYJS12 表	0.83	0.41	0.39	0.68	0.67	0.32	0.52	0.80	0.22	0.78	0.23	0.01	0.26	0.05	0.03
JYJS12 底	0.83	0.20	0.33	0.77	0.67	0.22	——	0.65	0.14	0.63	0.11	0.00	0.76	0.05	0.02
JYJS13 表	0.85	0.38	0.48	0.71	0.67	0.50	0.60	0.70	0.44	0.48	0.47	0.01	0.24	0.05	0.04
JYJS13 底	0.82	0.61	0.42	0.81	0.80	0.68	——	0.65	0.30	0.26	0.39	0.02	0.46	0.05	0.04
JYJS14 表	0.61	0.04	0.28	0.86	0.33	0.52	0.54	0.35	0.32	0.26	0.53	0.02	0.07	0.05	0.04
JYJS14 底	0.45	0.01	0.54	0.83	0.80	0.48	——	0.40	0.48	0.43	0.15	0.01	0.07	0.05	0.04
JYJS15 表	0.29	0.42	0.39	0.74	0.60	0.72	0.46	0.50	0.64	0.39	0.33	0.00	0.98	0.05	0.03
JYJS15 底	0.35	0.36	0.58	0.88	0.73	0.74	——	0.60	0.12	0.35	0.4	0.01	0.20	0.05	0.01
JYJS16 表	0.73	0.51	1.19	3.30	1.13	1.40	0.62	2.65	2.08	0.04	0.05	0.01	0.07	0.02	0.03
JYJS16 底	0.61	0.57	1.06	2.80	1.07	1.18	——	0.55	1.50	0.02	0.06	0.01	0.07	0.02	0.02

站位	pH	溶解氧	化学需氧量	无机氮	活性磷酸盐	挥发酚	石油类	锌	铜	铅	镉	铬	汞	砷	硫化物
JYJS17 表	0.29	0.18	0.29	0.76	0.93	0.78	0.70	0.55	0.02	0.02	0.5	0.01	0.34	0.05	0.02
JYJS17 底	0.29	0.34	0.27	0.83	0.93	0.78	——	0.35	0.30	0.74	0.74	0.00	0.07	0.05	0.02
JYJS18 表	0.19	0.38	0.37	0.79	0.73	0.54	0.70	0.30	0.72	0.04	0.23	0.00	0.20	0.05	0.04
JYJS18 底	0.29	0.16	0.72	0.89	0.67	0.80	——	0.60	0.60	0.41	0.05	0.02	0.28	0.05	0.03
JYJS19 表	0.61	0.37	0.70	0.74	0.93	0.72	0.74	0.60	0.24	0.30	0.44	0.00	0.22	0.05	0.04
JYJS19 底	0.45	0.17	0.53	0.86	0.87	0.44	——	0.75	0.20	0.02	0.16	0.02	0.32	0.05	0.04
JYJS20 表	0.65	0.16	0.43	0.93	0.67	0.50	0.40	0.50	0.12	0.48	0.23	0.01	0.32	0.05	0.04
JYJS20 底	0.67	0.05	0.56	0.88	0.93	0.36	——	0.60	0.26	0.65	0.14	0.00	0.44	0.05	0.05
JYJS23	0.51	0.01	1.32	3.86	2.47	0.40	0.034	3.70	0.08	0.78	0.01	0.00	0.58	0.02	0.01
JYJS24 表	0.57	0.30	1.15	3.59	1.13	1.46	0.022	1.45	2.68	0.11	0.04	0.01	0.07	0.02	0.02
JYJS24 底	0.57	0.29	1.18	3.62	0.80	1.20	——	0.60	0.62	0.39	0.08	0.00	0.07	0.02	0.03
超标率%	0.00	0.00	18.18	30.30	27.27	12.12	0.00	9.09	9.09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0

注：①“——”表示未检指标的标准指数。②低于检出限的项目计算标准指数时以检出限的一半计算。

表 6.3.6-4 2021 年 04 月份水质监测站位（执行第三类海水水质标准）各要素的质量指数

站位	pH	溶解氧	化学需氧量	无机氮	活性磷酸盐	挥发酚	石油类	锌	铜	铅	镉	铬	汞	砷	硫化物
JYJS21	0.48	0.56	0.66	1.93	1.20	0.33	0.10	0.81	0.16	0.17	0.02	0.00	0.16	0.02	0.02
JYJS22	0.74	0.55	0.55	1.92	1.10	0.21	0.08	0.80	0.10	0.04	0.04	0.00	0.17	0.02	0.02
超标率%	0.00	0.00	0.00	100.0	100%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：低于检出限的项目计算标准指数时以检出限的一半计算。

表 6.3.6-5 2021 年 9 月份水质监测站位（执行第一类海水水质标准）各要素的质量指数

站位	pH	溶解氧	化学需氧量	无机盐	活性磷酸盐	石油类	挥发酚	锌	硫化物	铜	铅	镉	铬	汞	砷
SJ1	0.847	0.011	0.800	0.770	0.740	0.146	0.440	0.220	0.035	0.840	0.280	0.180	0.018	0.320	0.045
SJ3B	0.633	0.597	0.320	0.439	0.447	0.146	0.360	0.500	0.025	0.860	0.720	0.150	0.022	0.500	0.045
SJ3D	0.713	0.960	0.720	0.418	0.387	/	0.240	0.350	0.015	0.580	0.260	0.150	0.020	0.240	0.050
SJ4B	0.493	0.020	0.400	0.595	0.167	0.112	0.360	0.395	0.025	0.260	0.070	0.240	0.048	0.220	0.050
SJ4D	0.540	0.997	0.480	0.535	0.373	/	0.300	0.480	0.010	0.200	0.410	0.200	0.080	0.480	0.055
SJ5B	0.600	0.990	0.240	0.323	0.387	0.278	0.420	0.460	0.035	0.640	0.150	0.150	0.020	0.070	0.045
SJ5D	0.673	0.993	0.360	0.382	0.407	/	0.300	0.265	0.030	0.800	0.960	0.100	0.010	0.070	0.045
SJ6B	0.633	0.279	0.680	0.520	0.660	0.126	0.240	0.890	0.020	0.760	0.120	0.140	0.020	0.640	0.040
SJ6D	0.567	0.939	0.240	0.535	0.287	/	0.220	0.305	0.025	0.760	0.200	0.100	0.018	0.070	0.045
SJ7	0.667	0.998	0.520	0.675	0.760	0.094	0.260	0.395	0.030	0.760	0.930	0.170	0.020	0.160	0.045
SJ8	0.707	0.958	0.520	1.460	0.807	0.096	0.240	0.370	0.045	0.900	0.550	0.120	0.016	0.340	0.045
SJ9B	0.680	0.960	0.640	0.600	0.793	0.664	0.280	0.850	0.040	0.340	0.260	0.340	0.082	0.070	0.055
SJ9D	0.747	0.992	0.440	0.500	0.833	/	0.110	0.500	0.045	0.320	0.140	0.290	0.048	0.380	0.055
SJ10B	0.773	0.969	0.720	0.367	0.780	0.184	0.360	0.415	0.035	0.040	0.150	0.350	0.022	0.070	0.070
SJ10D	0.520	0.990	0.680	0.406	0.800	/	0.220	0.370	0.040	0.420	0.100	0.260	0.100	0.320	0.065
SJ11B	0.713	0.968	0.600	0.344	0.533	0.106	0.340	0.915	0.020	0.220	0.750	0.190	0.058	0.070	0.055
SJ11D	0.760	0.985	0.480	0.377	0.733	/	0.300	0.350	0.025	0.060	0.350	0.240	0.016	0.070	0.060
SJ12B	0.600	0.924	0.480	0.465	0.373	0.130	0.460	0.395	0.025	0.160	0.170	0.230	0.010	0.900	0.055
SJ12D	0.680	0.987	0.280	0.485	0.533	/	0.420	0.480	0.030	0.260	0.240	0.210	0.010	0.640	0.055
SJ13B	0.640	0.091	0.360	0.462	0.893	0.106	0.300	0.330	0.030	0.020	0.560	0.230	0.018	0.070	0.070
SJ13D	0.573	0.988	0.440	0.479	0.873	/	0.240	0.545	0.035	0.080	0.240	0.270	0.016	0.070	0.060
SJ14B	0.653	0.893	0.360	0.700	1.380	0.128	0.340	0.078	0.030	0.340	0.230	0.310	0.112	0.070	0.055

站位	pH	溶解氧	化学需氧量	无机盐	活性磷酸盐	石油类	挥发酚	锌	硫化物	铜	铅	镉	铬	汞	砷
SJ14D	0.667	0.965	0.320	0.785	1.460	/	0.300	0.078	0.040	0.280	0.070	0.260	0.096	0.070	0.055
SJ15B	0.653	0.014	0.400	0.467	0.673	0.280	0.280	0.565	0.035	0.460	0.180	0.230	0.058	0.070	0.055
SJ15D	0.760	0.976	0.600	0.555	0.793	/	0.220	0.395	0.045	0.860	0.410	0.280	0.120	0.380	0.060
SJ17B	0.693	0.891	0.360	0.605	0.707	0.130	0.360	0.935	0.025	0.300	0.070	0.280	0.048	0.320	0.060
SJ17D	0.780	0.958	0.240	0.590	0.767	/	0.280	0.935	0.030	0.080	0.320	0.250	0.020	0.070	0.070
SJ18B	0.680	0.927	0.600	0.430	0.633	0.104	0.420	0.630	0.025	0.200	0.100	0.230	0.064	0.580	0.055
SJ18D	0.527	0.993	0.320	0.445	0.893	/	0.260	0.350	0.030	0.020	0.090	0.330	0.022	0.070	0.060
SJ18Z	0.547	0.949	0.360	0.472	0.660	/	0.320	0.395	0.030	0.120	0.330	0.220	0.062	0.070	0.060
SJ19B	0.667	0.945	0.480	0.525	0.460	0.260	0.260	0.350	0.030	0.040	0.890	0.200	0.058	0.070	0.060
SJ19D	0.793	0.980	0.520	0.491	0.573	/	0.220	0.435	0.025	0.380	0.060	0.240	0.016	0.070	0.060
SJ20B	0.667	0.990	0.140	0.485	0.467	0.148	0.380	0.480	0.020	0.160	0.890	0.220	0.012	0.440	0.055
SJ20D	0.580	0.992	0.560	0.530	0.147	/	0.300	0.370	0.020	0.420	0.420	0.290	0.044	0.070	0.055
超标率%	0	0	0	2.94	5.88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

注：①“/”表示未检指标的标准指数。②低于检出限的项目计算标准指数时以检出限的一半计算。

表 6.3.6-6　2021 年 9 月份水质监测站位（执行第二类海水水质标准）各要素的质量指数

站位	pH	溶解氧	化学需氧量	无机盐	活性磷酸盐	石油类	挥发酚	锌	硫化物	铜	铅	镉	铬	汞	砷
SJ2B	0.860	0.127	0.263	0.308	0.370	0.088	0.340	0.088	0.014	0.110	0.126	0.028	0.012	0.085	0.030
SJ2D	0.840	0.011	0.187	0.326	0.433	/	0.260	0.184	0.014	0.100	0.046	0.020	0.017	0.065	0.008
超标率%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

注：①“/”表示未检指标的标准指数。②低于检出限的项目计算标准指数时以检出限的一半计算。

表 6.3.6-7　2021 年 9 月份水质监测站位（执行第三类海水水质标准）各要素的质量指数

站位	pH	溶解氧	化学需氧量	无机盐	活性磷酸盐	石油类	挥发酚	锌	硫化物	铜	铅	镉	铬	汞	砷
SJ16B	0.583	0.614	0.240	0.825	0.740	0.024	0.400	0.122	0.005	0.012	0.014	0.023	0.014	0.018	0.026
SJ16D	0.572	0.648	0.325	0.790	0.853	/	0.330	0.122	0.008	0.010	0.006	0.025	0.008	0.018	0.030
超标率%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

注：①“/”表示未检指标的标准指数。②低于检出限的项目计算标准指数时以检出限的一半计算。

6.4 海洋沉积物环境质量现状调查与评价

项目委托广州海兰图检测技术有限公司于 2021 年 4 月在项目附近海域进行海洋环境调查。具体站位详见 6.3.2 节。

6.4.1 调查项目

含水率、pH、有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、镉、锌、铬、总汞和砷。

6.4.2 采样与分析方法

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

样品的分析按照《海洋监测规范》（GB 17378.5-2007）进行，各项目的分析方法见表 6.4.2-1。

表 6.4.2-1 沉积物调查分析方法

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
1	pH	《海洋调查规范第 8 部分：海洋地质地球物理调查》GB 12763.8-2007/6.7.2	电位法	/
2	含水率	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/19	重量法	/
3	有机碳	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/18.1	重铬酸钾氧化-还原容量法	0.02%
4	石油类	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/13.1	荧光分光光度法	1.0mg/kg
5	硫化物	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/17.1	亚甲基蓝分光光度法	0.3mg/kg
6	铜	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/6.2	火焰原子吸收分光光度法	2.0mg/kg
7	铅	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/7.2	火焰原子吸收分光光度法	3.0mg/kg
8	镉	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/8.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.04mg/kg
9	锌	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/9.1	火焰原子吸收分光光度法	6.0mg/kg
10	汞	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/5.1	原子荧光法	0.002mg/kg
11	铬	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/10.1	无火焰原子吸收分光光度法	2.0mg/kg
12	砷	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/11.1	原子荧光法	0.06mg/kg

6.4.3 评价方法与评价标准

6.4.3.1 评价方法

沉积物质量评价采用单项分指数法，即 $S_{i,j}=C_{i,j}/C_{s,i}$ 。

6.4.3.2 评价标准

采用现状评价依据标准《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）进行评价，见表 6.4.3-1。

表 6.4.3-1 沉积物质量标准

沉积物质量指标	第一类	第二类	第三类
有机碳（$\times10^{-2}$）≤	2.0	3.0	4.0
硫化物（$\times10^{-6}$）≤	300.0	500.0	600.0
石油类（$\times10^{-6}$）≤	500.0	1000.0	1500.0
铜（$\times10^{-6}$）≤	35.0	100.0	200.0
铅（$\times10^{-6}$）≤	60.0	130.0	250.0
锌（$\times10^{-6}$）≤	150.0	350.0	600.0
镉（$\times10^{-6}$）≤	0.50	1.50	5.00
汞（$\times10^{-6}$）≤	0.20	0.50	1.00
砷（$\times10^{-6}$）≤	20.0	65.0	93.0
铬（$\times10^{-6}$）≤	80.0	150.0	270.0

沉积物按照《广东省海洋功能区划（2011－2020 年）》《揭阳市海洋功能区划（2015-2020 年）》《汕头市海洋功能区划（2013-2020 年）》规定，以较严者执行，各调查站位沉积物执行标准见表 6.4.3-2。

表 6.4.3-2 2021 年 4 月各站位执行的沉积物质量标准要求一览表

站位	执行的水质标准
JYJS03、JYJS05、JYJS07、JYJS09、JYJS10、JYJS13、JYJS14、JYJS18、JYJS20	执行海洋沉积物一类标准
JYJS16、JYJS21、JYJS22	执行海洋沉积物二类标准

6.4.4 海洋沉积物调查结果与评价

6.4.4.1 调查结果

海洋沉积物调查结果分别见表 6.4.4-1。

6.4.4.2 评价结果

根据单项标准指数法计算出的表层沉积物各评价因子的标准指数以及超标率的统计结果列于表 6.4.4-2 和表 6.4.4-3。

由 2021 年 4 月监测结果及标准指数表结果可知：所有监测站位的各项调查

指标均能符合所在功能区要求执行的海洋沉积物质量标准。

表 6.4.4-1 2021 年 04 月海洋沉积物质量调查结果

站位	风干样含水率	湿样含水率	pH	有机碳	硫化物	石油类	铜	铅	镉	锌	铬	总汞	砷
	$\times10^{-2}$		/	$\times10^{-6}$									
JYJS03	0.58	29.49	8.44	0.73	48.6	288.2	4.4	7.5	0.05	79.5	8.1	0.049	15.46
JYJS05	0.41	34.56	7.99	0.75	8.8	192.7	3.1	56.2	<0.04	77.1	8.4	0.036	12.22
JYJS07	1.69	26.17	8.26	0.88	14.9	147.8	4.7	6.6	0.06	88.8	5.2	0.053	15.84
JYJS09	9.56	25.95	7.87	0.79	31.6	238.7	13.4	58.4	0.05	78.7	53.5	0.046	12.57
JYJS10	0.52	21.73	8.04	0.70	25.1	121.1	3.8	52.6	0.04	77.1	7.2	0.041	11.58
JYJS13	1.43	22.55	8.48	0.26	20.9	130.2	3.0	57.9	<0.04	61.7	23.7	0.022	5.91
JYJS14	10.29	40.71	8.55	0.87	32.9	283.9	11.2	59.3	<0.04	83.0	9.4	0.054	11.62
JYJS16	5.22	27.21	8.46	0.71	21.2	191.9	3.8	122.4	0.05	69.9	7.3	0.059	20.22
JYJS18	0.57	23.59	8.54	0.25	3.2	257.5	5.1	59.1	<0.04	69.7	17.9	0.032	6.72
JYJS20	2.99	17.24	8.32	0.32	1.5	221.3	6.4	59.7	<0.04	59.8	60.6	0.020	5.68
JYJS21	5.11	48.31	8.12	0.99	214.0	167.9	3.9	9.6	0.04	87.9	3.4	0.051	13.39
JYJS22	4.07	35.47	7.62	1.04	171.8	196.5	5.4	25.6	0.05	94.3	10.0	0.050	15.72
最小值	0.41	17.24	7.62	0.25	1.5	121.1	3.0	6.6	<0.04	59.8	3.4	0.020	5.68
最大值	10.29	48.31	8.55	1.04	214.0	288.2	13.4	122.4	0.06	94.3	60.6	0.059	20.22
平均值	3.54	29.41	8.22	0.69	49.5	203.1	5.7	47.9	0.04	77.3	17.9	0.043	12.24

注：①表中低于检出限项目参与计算平均值时视为其检出限值的一半；②“<”表示低于检出限。

表 6.4.4-2 2021 年 04 月份沉积物监测站位（执行第一类海洋沉积物质量）各要素标准指数

站位	有机碳	硫化物	石油类	铜	铅	镉	锌	铬	总汞	砷
JYJS03	0.37	0.16	0.58	0.13	0.13	0.10	0.53	0.10	0.25	0.77
JYJS05	0.38	0.03	0.39	0.09	0.94	0.04	0.51	0.11	0.18	0.61
JYJS07	0.44	0.05	0.30	0.13	0.11	0.12	0.59	0.07	0.27	0.79
JYJS09	0.40	0.11	0.48	0.38	0.97	0.10	0.52	0.67	0.23	0.63
JYJS10	0.35	0.08	0.24	0.11	0.88	0.08	0.51	0.09	0.21	0.58
JYJS13	0.13	0.07	0.26	0.09	0.97	0.04	0.41	0.30	0.11	0.30
JYJS14	0.44	0.11	0.57	0.32	0.99	0.04	0.55	0.12	0.27	0.58
JYJS18	0.13	0.01	0.51	0.15	0.99	0.04	0.46	0.22	0.16	0.34

站位	有机碳	硫化物	石油类	铜	铅	镉	锌	铬	总汞	砷
JYJS20	0.16	0.01	0.44	0.18	1.00	0.04	0.40	0.76	0.10	0.28
超标率%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00

注：①低于检出限的项目计算标准指数时以检出限的一半计算。

表 6.4.4-3 2021 年 04 月份沉积物监测站位（执行第二类海洋沉积物质量）各要素标准指数

站位	有机碳	硫化物	石油类	铜	铅	镉	锌	铬	总汞	砷
JYJS16	0.24	0.04	0.19	0.04	0.94	0.03	0.20	0.05	0.12	0.31
JYJS21	0.33	0.43	0.17	0.04	0.07	0.03	0.25	0.02	0.10	0.21
JYJS22	0.35	0.34	0.20	0.05	0.20	0.03	0.27	0.07	0.10	0.24
超标率%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

6.5 海洋生物体质量现状调查与评价

项目委托广州海兰图检测技术有限公司于2021年4月和2021年9月在项目附近海域进行海洋生物体质量现状调查。具体站位详见6.3.2节。

6.5.1 调查项目

石油烃、铜、铅、镉、锌、铬、总汞和砷共8项指标。

6.5.2 采样与分析方法

6.5.2.1 采样方法

①贝类样品的采集

用清洁刮刀从其附着物上采集贝类样品，选取足够数量的完好贝类存于高密度塑料袋中，压出袋内空气，将袋口打结或热封，将此袋和样品标签一起放入聚乙烯袋中并封口，存于冷冻箱中。

②虾与中小型鱼样采集

按要求选取足够数量的完好生物样，放入干净的聚乙烯袋中，应防止袋子被刺破。挤出袋内空气，将袋口打结或热封，将此袋和样品标签一起放入另一聚乙烯袋中，封口，于低温冰箱中贮存。若保存时间不太长（热天不超过48h），可用冰箱或冷冻箱贮放样品。

③大型鱼类采集

测量并记下鱼样的体长、体重。用清洁的金属刀切下至少100g肌肉组织，厚度至少5cm，样品处理时，切除玷污或内脏部分。存于清洁的聚乙烯袋中，挤出空气并封口，将此袋和样品标签一起放入另一聚乙烯袋中，封口，于低温冰箱中贮存。若保存时间不太长（热天不超过48h），可用冰箱或冷冻箱贮放样品。

6.5.2.2 分析方法

样品的预处理和分析方法遵照《海洋监测规范》（GB 17378.6-2007）进行，各项目的分析方法见表6.5.2-1。

表6.5.2-1 海洋生物质量调查分析方法

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
1	石油	《海洋监测规范 第6部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/13	荧光分光光度法	0.2mg/kg

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
	烃			
2	铜	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/6.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.4mg/kg
3	铅	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/7.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.04mg/kg
4	镉	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/8.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.005mg/kg
5	汞	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/5.1	原子荧光法	0.002mg/kg
6	砷	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB17378.6-2007/11.1	原子荧光法	0.2mg/kg
7	锌	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/9.1	火焰原子吸收分光光度法	0.4mg/kg
8	铬	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB17378.6-2007/10.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.04mg/kg

6.5.3 评价方法与评价标准

6.5.3.1 评价方法

采用单项参数标准指数法计算生物的质量指数，即应用公式 $P_i=C_i/C_{si}$。

式中：P_i 为第 i 种评价因子的质量指数；

C_i 为第 i 种评价因子的实测值；

C_{si} 为第 i 种评价因子的标准值。

生物评价因子的标准指数＞1，则表明该项指标已超过规定的生物质量标准。

6.5.3.2 评价标准

本次生物体（贝类）质量采用《海洋生物质量》(GB18421-2001)进行评价，甲壳类、鱼类与软体类生物质量标准参考《全国海岸和海涂资源综合调查简明规程》与《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）。海洋生物体质量标准限值见表 6.5.3-1 和表 6.5.3-2。

表 6.5.3-1 海洋生物（贝类）质量（GB18421-2001） 单位：mg/kg

标准名称		生物类别	铜	铅	镉	锌	总汞	砷	石油烃
海洋生物质量(GB18421-2001)	一类标准	贝类	10	0.1	0.2	20	0.05	1.0	15
	二类标准	贝类	25	2.0	2.0	50	0.1	5.0	50
	三类标准	贝类	50	6.0	5.0	100	0.30	8.0	80

表 6.5.3-2 海岸带调查标准最高限值（mg/kg，湿重）

标准名称	生物类别	铜	铅	镉	锌	总汞	砷	石油烃
海岸带标准	软体类	100	10.0	5.5	250	0.3	10.0	20*
	鱼类	20	2.0	0.6	40	0.3	5.0	20*
	甲壳类	100	2.0	2.0	150	0.2	8.0	20*

注：*海岸带生物调查标准中无 TPHs 限量规定，在此石油烃的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准。

（1）2021 年 4 月

海洋生物质量按照《广东省海洋功能区划（2011－2020 年）》《揭阳市海洋功能区划（2013-2020 年）》和《汕头市海洋功能区划（2013-2020 年）》规定海洋生物质量标准从严执行，各监测站位执行的海洋生物质量标准见表 6.5.3-3。

表 6.5.3-3 2021 年 4 月各站位执行的海洋生物质量标准

站位	执行的水质标准
JYJ02、JYJS03、JYJS05、JYJS07、JYJS09、JYJS10、JYJS12、JYJS13、JYJS14、JYJS18、JYJS20	执行海洋生物质量一类标准
JYJS16、JYJS21、JYJS22、JYJS23	执行海洋生物质量二类标准

（2）2021 年 9 月

海洋生物质量按照《广东省海洋功能区划（2011－2020 年）》《揭阳市海洋功能区划（2013-2020 年）》和《汕头市海洋功能区划（2013-2020 年）》规定海洋生物质量标准从严执行，各监测站位执行的海洋生物质量标准见表 6.5.3-4。

表 6.5.3-4 2021 年 9 月各站位执行的海洋生物质量标准

站位	执行的水质标准
SJ2、SJ3、SJ5、SJ6、SJ7、SJ10、SJ12、SJ13、SJ14、SJ18、SJ20	执行海洋生物质量一类标准
SJ16	执行海洋生物质量二类标准

6.5.4 海洋生物体质量调查结果及评价

6.5.4.1 调查结果

（1）2021 年 4 月

海洋生物质量现状调查结果见表 6.5.4-1。

表 6.5.4-1 2021 年 4 月海洋生物质量现状调查结果（单位：mg/kg）

站位	种类	品种	石油烃	铜	铅	镉	锌	铬	汞	砷
JYJS02	甲壳类	须赤虾	11.1	2.3	0.12	0.014	12.1	0.43	0.006	0.5
JYJS03	鱼类	刺鲳	15.8	0.7	0.33	0.006	4.6	0.43	0.005	<0.2
JYJS05	鱼类	带鱼	11.0	0.8	0.53	0.011	5.2	0.37	0.020	<0.2
JYJS07	鱼类	半滑舌鳎	10.3	0.8	0.59	<0.005	4.5	0.38	0.015	0.3
JYJS09	鱼类	龙头鱼	11.2	0.7	0.29	0.008	2.4	0.38	0.006	<0.2
JYJS10	鱼类	鳐鱼	11.5	0.6	0.14	<0.005	4.3	0.41	0.039	1.5
JYJS12	甲壳类	口虾蛄	13.3	13.8	0.74	0.123	20.0	0.12	0.022	0.5

站位	种类	品种	石油烃	铜	铅	镉	锌	铬	汞	砷
JYJS13	甲壳类	哈氏仿对虾	10.8	5.7	0.24	0.014	16.7	0.34	0.010	0.3
JYJS14	鱼类	团口叫姑鱼	7.6	0.6	0.09	<0.005	5.9	0.27	0.016	<0.2
JYJS16	鱼类	团口叫姑鱼	7.7	0.7	0.43	0.005	5.6	0.36	0.019	<0.2
JYJS18	鱼类	孔虾虎鱼	1.8	0.6	0.20	0.007	8.2	0.40	0.023	0.2
JYJS20	软体类	金乌贼	12.9	3.9	0.42	0.112	10.8	0.74	0.014	0.3
JYJS21	鱼类	团口叫姑鱼	7.7	0.8	0.40	0.006	5.7	0.67	0.016	<0.2
JYJS22	鱼类	团口叫姑鱼	7.7	0.7	0.48	<0.005	6.0	0.43	0.017	<0.2
JYJS23	鱼类	团口叫姑鱼	7.6	0.7	0.38	0.006	7.3	0.38	0.019	<0.2
最小值			1.8	0.6	0.09	<0.005	2.4	0.12	0.005	<0.2
最大值			15.8	13.8	0.74	0.123	20.0	0.74	0.039	1.5
平均值			9.8	2.2	0.36	0.021	8.0	0.41	0.017	0.3

注：①表中低于检出限项目参与计算平均值时视为其检出限值的一半；②“<”表示低于检出限。

（2）2021 年 9 月

海洋生物质量调查结果见表 6.5.4-2。

表 6.5.4-2 2021 年 9 月海洋生物质量现状调查结果 （单位：mg/kg）

站位	种类	品种	石油烃	铜	铅	镉	锌	铬	汞	砷
SJ2	鱼类	二长棘鲷	9.1	0.4L	0.13	0.005L	8.8	0.08	0.009	0.2L
SJ3	鱼类	多齿蛇鲻	12.1	0.4L	0.04L	0.005	4.0	0.04L	0.016	0.2L
SJ5	甲壳类	日本蟳	7.2	11.1	0.04L	0.029	29.9	0.11	0.018	0.8
SJ6	甲壳类	中国明对虾	11.6	4.9	0.08	0.009	11.7	0.22	0.007	0.4
SJ7	贝类	波纹巴非蛤	10.0	2.0	0.09	0.087	7.7	0.18	0.005	0.4
SJ10	软体类	短蛸	13.5	7.8	0.12	0.010	18.4	0.27	0.012	0.9
SJ12	鱼类	斑鰭大眼鲷	12.6	0.4L	0.07	0.005L	3.9	0.25	0.006	0.2L
SJ13	甲壳类	周氏新对虾	11.7	5.6	0.08	0.010	14.1	0.22	0.008	0.5
SJ14	鱼类	鹿斑鲻	10.5	0.4L	0.04L	0.005L	14.5	0.11	0.023	0.2L
SJ16	鱼类	丽叶鲹	9.7	0.5	0.07	0.005L	16.8	0.10	0.016	0.2L
SJ18	鱼类	截尾白姑鱼	7.8	0.4L	0.04L	0.005L	4.3	0.06	0.010	0.2L
SJ20	甲壳类	日本猛虾蛄	10.0	12.1	0.04	0.094	22.1	0.33	0.016	0.9
最小值			7.2	0.4L	0.04L	0.005L	3.9	0.04L	0.005	0.2L
最大值			13.5	12.1	0.13	0.094	29.9	0.33	0.023	0.9
平均值			10.5	3.8	0.06	0.021	13.0	0.16	0.012	0.4

注：①包含 “L”的检测结果表示其检测结果低于方法检出限，其中数值为方法检出限值，参与计算平均值和标准指数时按其检出限值的一半进行运算。

6.5.4.2 评价结果

（1）2021 年 4 月

海洋生物质量指数见表 6.5.4-3。

结果显示，所有调查站位内采集到的生物体无贝类，采集到的鱼类、甲壳类及软体类生物体内各项评价因子的单项标准指数均小于 1，满足《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）和《全国海岸和海涂资源综合监测简明规程》中规定的生物质量标准要求，无超标现象。

表 6.5.4-3 2021 年 04 月份生物监测站位各要素标准指数

站位	种类	品种	石油烃	铜	铅	镉	锌	汞	砷
JYJS02	甲壳类	须赤虾	0.56	0.02	0.06	0.01	0.08	0.03	0.06
JYJS03	鱼类	刺鲳	0.79	0.04	0.17	0.01	0.12	0.02	0.02
JYJS05	鱼类	带鱼	0.55	0.04	0.27	0.02	0.13	0.07	0.02
JYJS07	鱼类	半滑舌鳎	0.52	0.04	0.30	0.00	0.11	0.05	0.06
JYJS09	鱼类	龙头鱼	0.56	0.04	0.15	0.01	0.06	0.02	0.02
JYJS10	鱼类	鳐鱼	0.58	0.03	0.07	0.00	0.11	0.13	0.30
JYJS12	甲壳类	口虾蛄	0.67	0.14	0.37	0.06	0.13	0.11	0.06
JYJS13	甲壳类	哈氏仿对虾	0.54	0.06	0.12	0.01	0.11	0.05	0.04
JYJS14	鱼类	团口叫姑鱼	0.38	0.03	0.05	0.00	0.15	0.05	0.02
JYJS16	鱼类	团口叫姑鱼	0.39	0.04	0.22	0.01	0.14	0.06	0.02
JYJS18	鱼类	孔虾虎鱼	0.09	0.03	0.10	0.01	0.21	0.08	0.04
JYJS20	软体类	金乌贼	0.65	0.04	0.04	0.02	0.04	0.05	0.03
JYJS21	鱼类	团口叫姑鱼	0.39	0.04	0.20	0.01	0.14	0.05	0.02
JYJS22	鱼类	团口叫姑鱼	0.39	0.04	0.24	0.00	0.15	0.06	0.02
JYJS23	鱼类	团口叫姑鱼	0.38	0.04	0.19	0.01	0.18	0.06	0.02
超标率%			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：①低于检出限的项目计算标准指数时以检出限的一半计算。

（2）2021 年 9 月

海洋生物质量指数见表 6.5.4-4。

①农渔业区

调查海域农渔业区包括有海门湾-广澳湾农渔业区和珠海-潮州近海农渔业区。海门湾-广澳湾农渔业区有 1 个调查站位：SJ2；珠海-潮州近海农渔业区有 10 个调查站位：SJ3、SJ5、SJ6、SJ7、SJ10、SJ12、SJ13、SJ14、SJ18 和 SJ20。其中 SJ7 调查站位内采集到的生物体贝类执行海洋生物质量一类标准，其它调查站位采集到的鱼类、甲壳类和软体类重金属含量执行《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中规定的相应标准，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的相应标准。

由监测结果及标准指数表结果可知：农渔业区包含 11 个调查站位，海洋生物质量整体超标率为 0，没有出现超标现象。

②港口航运区

调查海域港口航运区包括有靖海港口航运区。靖海港口航运区有 1 个调查站位：SJ16。其调查站位内采集到的鱼类重金属含量执行《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中规定的相应标准，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的相应标准。

由监测结果及标准指数表结果可知：港口航运区包含 1 个调查站位，海洋生物质量整体超标率为 0，没有出现超标现象。

表 6.5.4-4 2021 年 9 月份生物监测站位各要素标准指数

站位	种类	品种	石油烃	铜	铅	镉	锌	汞	砷	铬
SJ2	鱼类	二长棘鲷	0.46	0.01	0.07	0.00	0.22	0.03	0.02	/
SJ3	鱼类	多齿蛇鲻	0.61	0.01	0.01	0.01	0.10	0.05	0.02	/
SJ5	甲壳类	日本蟳	0.36	0.11	0.01	0.01	0.20	0.09	0.10	/
SJ6	甲壳类	中国明对虾	0.58	0.05	0.04	0.00	0.08	0.04	0.05	/
SJ7	贝类	波纹巴非蛤	0.67	0.20	0.90	0.44	0.39	0.10	0.40	0.36
SJ10	软体类	短蛸	/	0.08	0.01	0.00	0.07	0.04	0.09	/
SJ12	鱼类	斑鰶大眼鲷	0.63	0.01	0.04	0.00	0.10	0.02	0.02	/
SJ13	甲壳类	周氏新对虾	0.59	0.06	0.04	0.01	0.09	0.04	0.06	/
SJ14	鱼类	鹿斑鲻	0.53	0.01	0.01	0.00	0.36	0.08	0.02	/
SJ16	鱼类	丽叶鲹	0.49	0.03	0.04	0.00	0.42	0.05	0.02	/
SJ18	鱼类	截尾白姑鱼	0.39	0.01	0.01	0.00	0.11	0.03	0.02	/
SJ20	甲壳类	日本猛虾蛄	0.50	0.12	0.02	0.05	0.15	0.08	0.11	/
超标率%			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

注：① “/”表示指标的质量标准未作限值要求的标准指数。

6.6 海洋生态环境现状调查

6.6.1 调查概况

项目委托广州海兰图检测技术有限公司于2021年4月和2021年9月在项目附近海域进行海洋生态环境调查。具体站位详见6.3.2节。调查项目包括叶绿素a及初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物和潮间带生物。

6.6.2 采样与分析方法

6.6.2.1 采样方法

①叶绿素a和初级生产力

与水质采样相同，用采水器采集表层水样(水深—0.5m处)500毫升，经GF/F玻璃纤维滤膜过滤（过滤时抽气负压小于50kPa）后，将滤膜对折，用铝箔包好，存放于液氮罐中，带回实验室分析。

②浮游植物

用浅水III型浮游生物网自底至表层作垂直拖网进行采集。拖网时，落网速度为0.5m/s，起网为0.5m/s～0.8m/s。样品用缓冲甲醛溶液固定，加入量为样品体积的5%。

③浮游动物

用浅水II型浮游生物网从底层至表层垂直拖曳采集。采得的样品在现场用中性甲醛溶液固定，加入量为样品的5%。

④底栖生物

定量样品采用0.05m^2采泥器，在每站位连续采集平行样品5次，经孔径为0.50mm的筛网筛洗干净，剩余物用体积分数为5%-7%的中性甲醛溶液暂时保存。

⑤潮间带生物

在各断面周围随机采取；定量样品则用大小为25cm×25cm（或50cm×50cm）的取样框随机抛投，样框内所获底栖生物样品用5%的中性福尔马林溶液固定保存。

6.6.2.2 分析方法

样品的分析采用《海洋监测规范 第7部分：近海污染生态调查和生物监测》

（GB17378.7 -2007）和《海洋调查规范 第 6 部分：海洋生物调查》（GB/T 12763.6）进行，各项目的分析方法如表 6.6.2-1。

表 6.6.2-1 海洋生态调查分析方法

序号	检测指标	检测依据	分析方法
1	浮游植物	《海洋监测规范 第 7 部分：近海污染生态调查和生物监测》GB17378.7-2007/5	浓缩计数法
2	浮游动物	《海洋监测规范 第 7 部分：近海污染生态调查和生物监测》GB17378.7-2007/5	浓缩计数法
3	大型底栖生物	《海洋监测规范 第 7 部分：近海污染生态调查和生物监测》GB17378.7-2007/6	镜检法
4	潮间带生物	《海洋监测规范 第 7 部分：近海污染生态调查和生物监测》GB17378.7-2007/7	镜检法
5	叶绿素 a	《海洋监测规范 第 7 部分：近海污染生态调查和生物监测》GB17378.7-2007/8.2	紫外分光光度法

6.6.3 计算方法

（1） 初级生产力

初级生产力采用叶绿素 a 法，按照 Cadee 和 Hegeman（1974）提出的简化公式估算：

$$P = C_a QLt / 2$$

P ——初级生产力（mg·C/m^2·d）；

Ca ——表层叶绿素 a 含量（mg/m^3）；

Q ——同化系数（mg·C/(mgChl-a·h)），根据南海海洋研究所以往调查结果，这里取 3.7；

L ——真光层的深度（m）；

t ——白昼时间（h），11h。

（2） 优势度

优势度（Y）应用以下公式计算：

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

式中：ni 为第 i 种的个体数；fi 是该种在各站中出现的频率；N 为所有站每个种出现的总个体数。

（3） 多样性指数

Shannon-Wiener 指数计算公式为：

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

式中：H'——种类多样性指数；

S——样品中的种类总数；

Pi——第 i 种的个体数与总个体数的比值。

（4） 均匀度

Pielou 均匀度公式为：

$$J = H' / \log_2 S$$

式中：J——均匀度；

H′——种类多样性指数；

S——样品中的种类总数。

6.6.4 海洋生态现状调查结果

6.6.4.1 叶绿素 a 与初级生产力

（1）2021 年 4 月

本次调查海区表层水体叶绿素 *a* 含量的变化范围为 0.32~3.276mg/m^3，平均值为 6.249mg/m^3，其中 JYJS21 号站位含量最高；JYJS22 号站位次之。

调查海域初级生产力的变化范围为 29.495~246.586mg·C/(m^2·d)，平均值为 123.850mg·C/（m^2·d），其中 JYJS14 号站初级生产力水平最高，JYJS22 号站最低。

表 6.6.4-1 （2021 年 4 月）叶绿素 a 和初级生产力测定结果

站位	透明度（m）	叶绿素 a（mg/m^3）	初级生产力（mg·C/(m^2·d)）
JYJS02	4.5	2.146	173.826
JYJS03	6.5	0.650	76.050
JYJS05	9	0.573	92.826
JYJS07	4	1.495	107.640
JYJS09	5.5	2.017	199.683
JYJS10	8	0.819	117.936
JYJS12	12.5	0.840	189.000
JYJS13	13	0.597	139.698
JYJS14	9.6	1.427	246.586
JYJS16	3.5	0.878	55.314
JYJS18	12.3	0.541	119.777
JYJS20	13	0.320	74.880
JYJS21	2.8	3.276	165.110
JYJS22	0.6	2.731	29.495

站位	透明度（m）	叶绿素 a（mg/m³）	初级生产力（mg·C/(m²·d)）
JYJS23	3.5	1.110	69.930
范围	0.6~13.0	0.32~3.276	29.495~246.586
平均值	7.2	6.249	123.850

（2）2021 年 9 月

本次调查海区表层水体叶绿素 *a* 含量的变化范围为（0.317~2.470）mg/m³，平均值为 1.245 mg/m³，其中 SJ2 号站位含量最高。

调查海域初级生产力的变化范围为（44.370~200.070）mg·C/(m²·d)，平均值为 103.171mg·C/（m²·d），其中 SJ2 号站初级生产力水平最高，SJ13 号站最低。

表 6.6.4-2 （2021 年 9 月）叶绿素 *a* 和初级生产力测定结果

站位	透明度（m）	叶绿素 a（mg/m³）	初级生产力（mg·C/(m²·d)）
SJ2	4.5	2.470	200.070
SJ3	3.0	1.540	83.160
SJ5	4.0	1.340	96.480
SJ6	5.0	1.190	107.100
SJ7	4.0	2.380	171.360
SJ10	5.9	0.733	77.845
SJ12	9.4	0.317	53.636
SJ13	5.8	0.425	44.370
SJ14	5.0	1.300	117.000
SJ16	3.3	1.900	112.860
SJ18	6.4	0.957	110.246
SJ20	9.2	0.386	63.922
平均值	5.5	1.245	103.171
变化范围	3.0~9.4	0.317~2.470	44.370~200.070

6.6.4.2 浮游植物

（1）2021 年 4 月

①种类组成和优势种

本次调查共记录浮游植物 5 门 142 种（含变型 4 种、变种 2 种）。其中以硅藻门出现的种类为最多，为 108 种，占总种类数的 76.06%；甲藻门出现 29 种，占总种类数的 20.42%；另外还存在金藻、蓝藻各 2 种、绿藻 1 种。

本次调查浮游植物种类空间分布如图 6.6.4-1 所示，总体来看浮游植物在各站位空间分布较为不均。其中 JYJS21 号站位最多，为 66 种，硅藻占绝大多数为 43 种，JYJS18 号站位最少，为 18 种，其余站位浮游植物种类数介于 29～62 之间。

图 6.6.4-1 调查海域浮游植物种类空间分布

表 6.6.4-3 （2021 年 4 月）浮游植物种类组成

类群	种类数	种类组成比例（%）
硅藻	108	76.06
甲藻	29	20.42
金藻	2	1.41
蓝藻	2	1.41
绿藻	1	0.7
合计	142	100.00

以优势度 Y 大于 0.02 为判断标准，本次调查的浮游植物优势种出现 8 种，为薄壁几内亚藻（*Guinardia flaccida*）、丹麦角毛藻（*Chaetoceros danicus*）、具槽帕拉藻（*Paralia sulcata*）、叉状角藻（*Ceratium furca*）、具尾鳍藻（*Dinophysis caudata*）、三角角藻（*Ceratium tripos*）、梭形多甲藻（*Peridinium fusus*）和颤藻（*Oscillatoria* sp.），优势度最大的为颤藻（*Oscillatoria sp.*），优势度为 0.071，其在 15 个调查站位中出现了 8 个站位，其他优势种见表 6.6.4-4。

表 6.6.4-4 （2021 年 4 月）浮游植物优势种及优势度

类群	中文名	英文名	优势度
硅藻	薄壁几内亚藻	*Guinardia flaccida*	0.04
硅藻	丹麦角毛藻	*Chaetoceros danicus*	0.037
硅藻	具槽帕拉藻	*Paralia sulcata*	0.064
甲藻	叉状角藻	*Ceratium furca*	0.059
甲藻	具尾鳍藻	*Dinophysis caudata*	0.03
甲藻	三角角藻	*Ceratium tripos*	0.066
甲藻	梭形多甲藻	*Peridinium fusus*	0.035
蓝藻	颤藻	*Oscillatoria sp.*	0.071

②丰度组成

本次调查结果表明，调查海区浮游植物丰度变化范围为（1236.66~4208.12）×10^3cells/m^3，平均为 2245.30×10^3 cells/m^3。不同站位的丰度差异较大，最高丰度出现在 JYJS07 号站；JYJS12 号站次之，其丰度为 3465.68×10^3 cells/m^3；最低丰度则出现在 JYJS18 号站。

浮游植物丰度组成以硅藻占优势，其丰度占各站总丰度的 30.47% ~93.96%，平均为 2070.18×10^3 cells/m^3，硅藻在 12 个测站中均有出现；甲藻次之，在各站丰度中的所占比例为 3.21%~ 69.53%，平均为 561.01×10^3 cells/m^3，甲藻在 12 个站位中全部出现；其他藻类较少，占各站总丰度的 0%～40.23%，平均为 343.90×10^3 cells/m^3。

表 6.6.4-5 （2021 年 4 月）浮游植物丰度（×10^3cells/m^3）及其百分比值（%）

站位	总丰度	硅藻		甲藻		其他	
		丰度	百分比%	丰度	百分比%	丰度	百分比%
JYJS02	1322.57	402.93	30.47	919.64	69.53	0	0
JYJS03	1536.94	931.37	60.6	62.53	4.07	543.04	35.33
JYJS05	2240.11	1789.1	79.87	134.19	5.99	316.82	14.14
JYJS07	4208.12	2085.3	49.55	1687.12	40.09	435.7	10.35
JYJS09	1560.67	710.96	45.55	635.84	40.74	213.87	13.7
JYJS10	2025.86	1392.12	68.72	473.31	23.36	160.43	7.92
JYJS12	3465.68	2322.11	67	360.37	10.4	783.2	22.6
JYJS13	2951.10	1039.82	35.23	724.03	24.53	1187.25	40.23
JYJS14	1628.16	1529.74	93.96	52.23	3.21	46.19	2.84
JYJS16	1935.25	1144.2	59.12	791.05	40.88	0	0
JYJS18	1236.66	944.12	76.34	292.54	23.66	0	0
JYJS20	2841.11	1644.47	57.88	246.32	8.67	950.32	33.45
JYJS21	3420.67	2464.73	72.05	629.48	18.4	326.46	9.54
JYJS22	1560.21	914.24	58.6	533.36	34.19	112.61	7.22
JYJS23	1746.35	790.52	45.27	873.16	50	82.67	4.73
平均值	2245.30	2070.18	60.01	561.01	26.51	343.90	13.47
变化范围	1236.66~4208.12	402.93~2464.73	30.47~93.96	52.23~1687.12	3.21~69.53	0~1187.25	0~40.23

③多样性水平

本次调查，各站位浮游植物种数变化范围 18～66 种，平均 39 种。*Shannon-wiener* 多样性指数范围为 3.039～4.727，平均为 3.968，多样性指数以 JYJS21 号站位最高，JYJS12 号站最低，各站多样性水平差异不大，平均多样性指数属于较好的水平；*Pielou* 均匀度指数范围为 0.602～0.901，平均为 0.761，其中 JYJS18 号站均匀度指数最高，JYJS12 号站最低。

表 6.6.4-6 （2021 年 4 月）浮游植物的多样性及均匀度指数

站位	种类数	多样性指数(H′)	均匀度（J)
JYJS02	30	3.895	0.794

站位	种类数	多样性指数(H′)	均匀度（J)
JYJS03	36	3.841	0.743
JYJS05	38	3.852	0.734
JYJS07	46	4.352	0.788
JYJS09	35	4.216	0.822
JYJS10	54	4.499	0.782
JYJS12	33	3.039	0.602
JYJS13	29	3.195	0.658
JYJS14	63	3.802	0.636
JYJS16	36	4.466	0.864
JYJS18	18	3.759	0.901
JYJS20	33	3.22	0.638
JYJS21	66	4.727	0.782
JYJS22	36	4.333	0.838
JYJS23	37	4.318	0.829
平均	39	3.968	0.761
范围	18～66	3.039～4.727	0.602～0.901

④小结

2021 年 4 月调查海域共记录浮游植物 5 门 142 种（含变型 4 种、变种 2 种）。其中以硅藻门出现的种类为最多；本次调查的浮游植物优势种出现 8 种，为薄壁几内亚藻（*Guinardia flaccida*）、丹麦角毛藻（*Chaetoceros danicus*）、具槽帕拉藻（*Paralia sulcata*）、叉状角藻（*Ceratium furca*）、具尾鳍藻（*Dinophysis caudata*）、三角角藻（*Ceratium tripos*）、梭形多甲藻（*Peridinium fusus*）和颤藻（*Oscillatoria* sp.）；调查海区浮游植物丰度变化范围为 1236.66×10^4cells/m^3～1159.83×10^4cells/m^3，平均为 2245.30×10^3cells/m^3；调查海区各站位浮游植物种数变化范围 18~66 种，平均 39 种；多样性指数范围为 3.039～4.727，平均为 3.968；均匀度指数范围为 0.602～0.901，平均为 0.761，各站位生物量种间分布较为均匀。

（2）2021 年 9 月

①种类组成和优势种

本次调查共记录浮游植物 4 门 80 种（含变型 2 种、变种 3 种、变形 1 种）。其中以硅藻门出现的种类为最多，为 56 种，占总种类数的 70.00%；甲藻门出现 21 种，占总种类数的 26.25%；另外出现蓝藻 2 种、金藻 1 种。

本次调查浮游植物种类空间分布如图所示，总体来看浮游植物在各站位空间分布差异较大。各站位浮游植物种类数介于 22～45 之间。

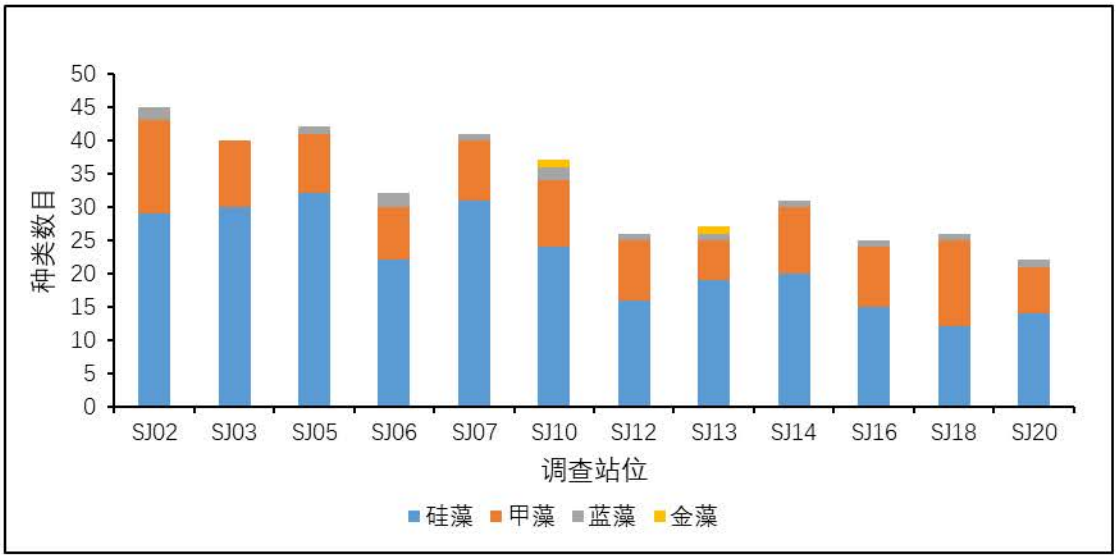


图 6.6.4-2 调查海域浮游植物种类空间分布

表 6.6.4-7 （2021 年 9 月）浮游植物种类组成

类群	种类数	种类组成比例（%）
硅藻	56	70.00
甲藻	21	26.25
蓝藻	2	2.50
金藻	1	1.25
合计	80	100

以优势度 Y 大于 0.02 为判断标准，本次调查的浮游植物优势种出现 8 种，优势度最大的为的庞氏颤藻（*Oscillatoria bonnemaisonii*），优势度为 0.296，其他优势种见表 6.6.4-8。

表 6.6.4-8 （2021 年 9 月）浮游植物优势种及优势度

类群	中文名	英文名	优势度
硅藻	圆柱角毛藻	*Chaetoceros teres*	0.025
硅藻	辐射列圆筛藻	*Coscinodiscus radiatus*	0.026
硅藻	薄壁几内亚藻	*Guinardia flaccida*	0.041
硅藻	佛氏海线藻	*Thalassionema frauen feldii*	0.026
硅藻	菱形海线藻	*Thalassionema nitzschioides*	0.060
硅藻	尖刺伪菱形藻	*Pseudo-nitzschia pungens*	0.039
硅藻	拟柔弱伪菱形藻	*Pseudo-nitzschia delicatissima*	0.044
蓝藻	庞氏颤藻	*Oscillatoria bonnemaisonii*	0.296

②丰度组成

本次调查结果表明，调查海区浮游植物丰度变化范围为 13.94~869.16×10^3cells/m^3，平均丰度为 233.20×10^3 cells/m^3。不同站位的丰度差异较大，最高丰度出现在 SJ2 号站；SJ7 号站次之，其丰度为 576.42×10^3 cells/m^3；最低丰度则出现在 SJ12 号站。

浮游植物丰度组成以硅藻占优势，硅藻在所有测站中均出现，其丰度占各站总丰度的 55.99%，平均丰度为 130.57×10^3 cells/m^3；蓝藻次之，其丰度占各站总丰度的 34.97%，平均丰度为 81.56×10^3 cells/m^3；其他藻类较少，占各站总丰度的 0.04%～9.00%，甲藻平均丰度为 20.99×10^3 cells/m^3，金藻平均丰度为 0.09×10^3 cells/m^3。

表 6.6.4-9 （2020 年 9 月）浮游植物丰度（×10^3cells/m^3）及其百分比值（%）

站位	总丰度	硅藻		甲藻		蓝藻		金藻	
		丰度	百分比	丰度	百分比	丰度	百分比	丰度	百分比
SJ2	869.16	456.26	52.49	52.49	6.04	360.41	41.47	0	0
SJ3	361.55	352.61	97.53	8.94	2.47	0	0	0	0
SJ5	248.37	175.28	70.57	17.82	7.17	55.27	22.25	0	0
SJ6	43.88	23.19	52.85	4.69	10.69	16.00	36.46	0	0
SJ7	576.42	361.42	62.70	42.14	7.31	172.86	29.99	0	0
SJ10	142.65	33.33	23.36	10.06	7.05	98.52	69.06	0.74	0.52
SJ12	13.94	5.65	40.53	5.33	38.24	2.96	21.23	0	0
SJ13	30.80	17.24	55.97	4.05	13.15	9.23	29.97	0.28	0.91
SJ14	345.06	89.38	25.90	76.30	22.11	179.38	51.99	0	0
SJ16	50.67	24.40	48.15	9.71	19.16	16.56	32.68	0	0
SJ18	61.06	20.14	32.98	13.57	22.22	27.35	44.79	0	0
SJ20	54.87	7.93	14.45	6.75	12.30	40.19	73.25	0	0
平均值	233.20	130.57	55.99	20.99	9.00	81.56	34.97	0.09	0.00
变化范围	13.94 ~869.16	5.65 ~456.26	14.45 ~97.53	4.05 ~76.30	2.47 ~38.24	0 ~360.41	0 ~73.25	0 ~0.74	0 ~0.91

③多样性水平

本次调查，各站位浮游植物种数变化范围 22～45 种，平均 33 种。*Shannon-wiener* 多样性指数范围为 1.895～4.204，平均为 3.392，多样性指数以 SJ5 号站位最高，SJ20 号站最低，各站多样性水平差异较大，平均多样性指数属于较好的水平；*Pielou* 均匀度指数范围为 0.425～0.832，平均为 0.678，其中 SJ12 号站均匀度指数最高，SJ20 号站最低。

表 6.6.4-10 （2021 年 9 月）浮游植物的多样性及均匀度指数

站位	种类数	多样性指数(H′)	均匀度指数（*J*）
SJ2	45	3.582	0.652
SJ3	40	3.920	0.737
SJ5	42	4.204	0.780
SJ6	32	3.987	0.797
SJ7	41	3.852	0.719
SJ10	37	2.363	0.454
SJ12	26	3.909	0.832
SJ13	27	3.363	0.707
SJ14	31	2.801	0.565
SJ16	25	3.770	0.812
SJ18	26	3.059	0.651

站位	种类数	多样性指数(H′)	均匀度指数（*J*）
SJ20	22	1.895	0.425
平均值	33	3.392	0.678
范围	22～45	1.895～4.204	0.425～0.832

④小结

2021 年 9 月调查海域共记录浮游植物 4 门 80 种（含变型 2 种、变种 3 种、变形 1 种）；浮游植物优势种出现 8 种。调查海区浮游植物丰度变化范围为 13.94×10^3cells/m^3~869.16×10^3cells/m^3，平均为 233.20×10^3cells/m^3。调查海区各站位浮游植物种数变化范围 22~45 种，平均 33 种。多样性指数范围为 1.895~4.204，平均为 3.392；均匀度指数范围为 0.425~0.832，平均为 0.678，各站位生物量种间分布较为均匀。

6.6.4.3 浮游动物

（1）2021 年 4 月

①种类组成

本次调查共记录浮游动物 10 个生物类群 92 种，其中桡足类 40 种，浮游幼体类 8 种、刺胞动物 8 种、软甲纲类 9 种、毛颚类 14 种、原生动物 5 种、介形类 3 种、尾索动物和枝角类各 2 种、端足类 1 种。

②生物量、密度及其分布

本次调查结果显示，各采样站浮游动物湿重生物量变化幅度为 72.318~1590.278mg/m^3，平均生物量为 379.909mg/m^3。在整个调查区中，生物量最高出现在 JYJS23 号站位，最低出现在 JYJS10 号站位。在个体数量分布方面，浮游动物密度变化幅度为 155.77～2928.32ind/m^3，平均密度 904.78ind/m^3。浮游动物最高密度出现在 JYJS09 号站位，最低密度则出现在 JYJS10 号站位。

表 6.6.4-11 （2021 年 4 月）浮游动物的生物量及密度

调查站位	密度（ind/m^3）	生物量（mg/m^3）
JYJS02	625.64	399.091
JYJS03	631.31	212.975
JYJS05	350.91	120.682
JYJS07	693.04	501.899
JYJS09	2928.32	760.983
JYJS10	155.77	72.318
JYJS12	1570.17	307.818
JYJS13	329.32	120.696
JYJS14	409.56	106.655
JYJS16	324.58	119.126
JYJS18	1255.4	301.449
JYJS20	1048.02	315.233

调查站位	密度（ind/m³）	生物量（mg/m³）
JYJS21	814.2	263.270
JYJS22	1650.71	506.161
JYJS23	784.72	1590.278
平均值	904.78	379.909
范围	155.77～2928.32	72.318 ~1590.278

③主要类群分布

1）桡足类

桡足类在全部 15 个调查站位中均有出现，其密度变化范围为 10.23～954.17ind/m³，平均密度为 291.75ind/m³，占浮游动物总密度的 32.25%。其中最高密度出现在 JYJS12 号站位，JYJS02 号站位密度最低。

2）软甲纲类

软甲纲类在全部 15 个调查站位中全部出现，其密度变化范围为 4.11～261.61ind/m³，平均密度为 79.99ind/m³，占浮游动物总密度的 8.84%。其中最高密度出现于 JYJS22 号站。

3）毛颚动物

毛颚动物在全部 15 个调查站位中有出现 13 个站位，其密度变化范围为 0～388.57ind/m³，平均密度为 106.75ind/m³，占浮游动物总密度的 11.8%，其中最高密度出现于 JYJS18 号站。

4）其他种类

浮游动物的其他类群有端足类、原生动物、介形类、枝角类、尾索动物、浮游幼体等，它们大部分属于我国沿岸和近岸区系的广分布种，但在调查的海域内也较为广泛分布，占据此次调查浮游动物总密度的 47.12%。

④优势种及其分布

以优势度≥0.02 为判断标准，本调查海域在调查期间浮游动物的优势种仅有 1 种，为刺胞动物的不列颠鲍氏水母（*Bougainvillia britannica*）。

表 6.6.4-12 （2021 年 4 月）浮游动物的优势种及优势度

中文名	拉丁文	优势度
不列颠鲍氏水母	*Bougainvillia britannica*	0.094

⑤生物多样性指数及均匀度

本次调查海域各测站的浮游动物平均出现种类为 16 种；种类多样性指数范围为 1.114～4.368 之间，平均为 3.123，多样性指数最高出现在 JYJS18 号站位，最低则出现在 JYJS03 号站位，多样性水平属于较高水平；种类均匀度指数变化

范围在 0.313～0.982 之间，平均为 0.781，最高出现在 JYJS10 号站位，最低出现在 JYJS09 号站位，各站物种均匀度指数较高。

表 6.6.4-13 （2021 年 4 月）浮游动物的多样性指数及均匀度

站位	种类数	多样性指数(H′)	均匀度（J）
JYJS02	13	1.326	0.358
JYJS03	10	1.114	0.335
JYJS05	28	2.760	0.574
JYJS07	17	3.750	0.917
JYJS09	14	1.190	0.313
JYJS10	17	4.015	0.982
JYJS12	20	3.825	0.885
JYJS13	23	4.054	0.896
JYJS14	14	3.675	0.965
JYJS16	12	3.392	0.946
JYJS18	24	4.368	0.953
JYJS20	20	4.200	0.972
JYJS21	11	2.909	0.841
JYJS22	11	2.997	0.866
JYJS23	12	3.276	0.914
平均值	16	3.123	0.781
范围	10～28	1.114～4.368	0.313～0.982

⑥小结

2021 年 4 月调查海域共记录浮游动物 10 个生物类群 92 种；各采样站浮游动物湿重生物量变化幅度为 72.318~1590.278mg/m^3，平均生物量为 379.909mg/m^3；在个体数量分布方面，浮游动物密度变化幅度为 155.77～2928.32ind/m^3，平均密度 904.78ind/m^3；浮游动物的优势种仅有 1 种，为刺胞动物的不列颠鲍氏水母；各测站的浮游动物平均出现种类为 16 种；种类多样性指数范围为 1.114～4.368 之间，平均为 3.123；种类均匀度指数变化范围在 0.313～0.982 之间，平均为 0.781。

（2）2021 年 9 月

①种类组成

本次调查共记录浮游动物 13 个生物类群 53 种，其中桡足类 16 种、刺胞动物 6 种、尾索动物和浮游幼体各 5 种，软甲纲类、端足类、枝角类和翼足类各 4 种，毛颚动物、半索动物、介形类、环节动物和节肢动物各 1 种。

②生物量、密度及其分布

本次调查结果显示，各调查站位浮游动物湿重生物量变化范围为 120.556~467.857 mg/m^3，平均生物量为 259.549 mg/m^3。在整个调查区中，生物量最高出现在 SJ7 号站位，最低出现在 SJ20 号站位。在个体数量分布方面，浮

游动物密度变化范围为 633.31~8312.50ind/m^3，密度均值为 3422.62ind/m^3，最高密度出现在 SJ2 号站位，最低密度则出现在 SJ20 号站位。

表 6.6.4-14 （2021 年 9 月）浮游动物生物量及密度

调查站位	密度（ind/m^3）	生物量（mg/m^3）
SJ2	8312.50	407.500
SJ3	842.32	135.769
SJ5	5727.25	283.182
SJ6	3233.31	158.056
SJ7	4025.00	467.857
SJ10	3091.67	459.964
SJ12	925.90	159.074
SJ13	2674.99	324.354
SJ14	3076.95	158.462
SJ16	5225.00	170.625
SJ18	3303.19	269.194
SJ20	633.31	120.556
平均值	3422.62	259.549
范围	633.31～8312.50	120.556~467.857

③浮游动物主要类群分布

1）桡足类

桡足类在所有站位中均出现，其密度变化范围为 69.23～4791.66ind/m^3，平均密度为 1742.81ind/m^3，占浮游动物总密度的 50.92%。其中最高密度出现在 SJ2 号站位，SJ3 号站位密度最低。

2）枝角类

枝角类在全部调查站位中均有出现，其密度变化范围为 44.44~3125.00ind/m^3，平均密度为 1021.79ind/m^3，占浮游动物总密度的 29.85%，其中最高密度出现于 SJ7 号站，SJ12 号站位密度最低。

3）尾索动物

尾索动物在全部调查站位中均有出现，其密度变化范围为 25.00~738.64ind/m^3，平均密度为 288.18ind/m^3，占浮游动物总密度的 8.42%，其中最高密度出现于 SJ5 号站。

4）其他种类

其他动物包括刺胞动物、软甲纲类、端足类、翼足类、浮游幼体、毛颚动物、半索动物、介形类、环节动物和节肢动物，大部分属于我国沿岸和近岸区系的广分布种，但在调查的海域内也较为广泛分布，占浮游动物总密度的 10.81%。

④多样性指数及均匀度

本次调查海域各调查站位的浮游动物平均出现种类为 17（10～26 种）；种类多样性指数范围为 1.633～3.503 之间，平均为 2.755，多样性指数最高出现在 SJ6 号站位，最低则出现在 SJ7 号站位，各调查站位多样性水平波动较大；种类均匀度指数变化范围为 0.408～0.750，平均为 0.668，最高出现在 SJ20 号站位，最低出现在 SJ7 号站位

表 6.6.4-15 （2021 年 9 月）浮游动物的多样性指数及均匀度

站位	种类数	多样性指数(H′)	均匀度指数（*J*）
SJ2	16	3.051	0.732
SJ3	10	1.929	0.581
SJ5	26	3.495	0.719
SJ6	25	3.503	0.737
SJ7	15	1.633	0.408
SJ10	16	2.362	0.578
SJ12	14	2.888	0.739
SJ13	18	3.004	0.695
SJ14	17	3.004	0.707
SJ16	14	2.618	0.688
SJ18	21	2.985	0.680
SJ20	11	2.593	0.750
平均	17	2.755	0.668
范围	10～26	1.633～3.503	0.408～0.750

⑤优势种及其分布

以优势度≥0.02 为判断标准，本调查海域在调查期间浮游动物的优势种有 8 种，优势度最高的物种是枝角类的鸟喙尖头溞（*Penilia avirostris*），为 0.247。

表 6.6.4-16 （2021 年 9 月）浮游动物的优势种及优势度

中文名	拉丁文	优势度
火腿许水蚤	*Schmackeriapoplesia*	0.070
中华哲水蚤	*Calanussinicus*	0.041
锥形宽水蚤	*Temoraturbinata*	0.199
太平洋纺锤水蚤	*Acartiapacifica*	0.021
尖额谐猛水蚤	*Euterpeacutifrons*	0.023
鸟喙尖头溞	*Peniliaavirostris*	0.247
诺氏三角溞	*Evadnenordmanni*	0.037
软拟海樽	*Doliolettagegenbauri*	0.072

⑥小结

2021 年 9 月调查海域共记录浮游动物 13 个生物类群 53 种；各采样站浮游动物湿重生物量变化幅度为 120.556mg/m^3~467.857mg/m^3，平均生物量为 259.549mg/m^3。在个体数量分布方面，浮游动物密度变化幅度为 633.31ind/m^3~8312.50nd/m^3，平均密度 3422.62ind/m^3。本调查海域在调查期间浮游动物的优势种有 8；本次调查海域各测站的浮游动物平均出现种类为 17 种；

种类多样性指数范围为 1.633~3.503 之间，平均为 2.755。种类均匀度变化范围在 0.408~0.750 之间，平均为 0.668。

6.6.4.4 底栖生物

（1）2021 年 4 月

①种类组成

本次调查共记录大型底栖动物30种，其中环节动物13种、软体动物6种、棘皮动物5种、甲壳类动物3种、蟛虫动物2种、纽形动物1种。软体动物、环节动物和棘皮动物分别占总种数的43.33%、20%和16.67%，环节动物是本次调查的主要类群。

②底栖生物栖息密度和生物量

定量采泥样品分析结果表明，调查海区大型底栖生物平均栖息密度为38ind/m^2，其中以环节动物的平均栖息密度最高，为19ind/m^2，占总密度的50%；而棘皮动物次之，平均栖息密度为7.33ind/m^2，占总平均密度的19.29%；软体动物的平均栖息密度为6.67ind/m^2，占总平均密度的17.55%。

底栖生物的平均生物量为32.064g/m^2，以软体动物居首位，该种类的平均生物量之和为10.777g/m^2，占总平均生物量的33.61%；其次为环节动物，平均生物量为7.291g/m^2，占总平均生物量的22.74%；棘皮动物的平均生物量为5.254g/m^2，占平均生物量的16.39%。

表 6.6.4-17 （2021 年 4 月）底栖生物各类群的栖息密度（ind/m^2）

站位	合计	环节动物	软体动物	甲壳类动物	棘皮动物	其他动物
JYJS02	40	15	15	5	0	5
JYJS03	30	0	30	0	0	0
JYJS05	20	0	5	15	0	0
JYJS07	20	15	5	0	0	0
JYJS09	40	30	0	10	0	0
JYJS10	40	40	0	0	0	0
JYJS12	75	45	0	0	30	0
JYJS13	55	10	20	0	25	0
JYJS14	40	15	5	0	0	20
JYJS16	40	25	0	0	0	15
JYJS18	40	15	0	5	20	0
JYJS20	45	10	0	0	35	0
JYJS21	25	25	0	0	0	0
JYJS22	40	40	0	0	0	0
JYJS23	20	0	20	0	0	0
平均值	38	19.00	6.67	2.33	7.33	2.67
范围	20-75	0-45	0-30	0-15	0-35	0-20

表 6.6.4-18 （2021 年 4 月）底栖生物各类群的生物量（mg/m³）

站位	合计	环节动物	软体动物	甲壳类动物	棘皮动物	其他动物
JYJS02	78.905	4.455	34.965	11.705	0	27.78
JYJS03	50.090	0	50.090	0	0	0
JYJS05	40.640	0	15.575	25.065	0	0
JYJS07	16.745	5.93	10.815	0	0	0
JYJS09	32.010	15.12	0	16.89	0	0
JYJS10	16.155	16.155	0	0	0	0
JYJS12	55.230	19.5	0	0	35.730	0
JYJS13	35.725	10.66	11.220	0	13.845	0
JYJS14	17.490	5.97	5.280	0	0	6.24
JYJS16	41.595	8.44	0	0	0	33.155
JYJS18	24.930	4.86	0	10.29	9.780	0
JYJS20	24.670	5.21	0	0	19.460	0
JYJS21	0.504	0.504	0	0	0	0
JYJS22	12.555	12.555	0	0	0	0
JYJS23	33.710	0	33.710	0	0	0
平均值	32.064	7.291	10.777	4.263	5.254	4.478
范围	0.504-78.905	0-19.5	0-50.09	0-25.065	0-35.73	0-33.155

本次调查结果表明，各采样站位的底栖生物栖息密度分布不均匀，变化范围从20～75ind/m²，其中最高值在JYJS12站位，最低的站位为JYJS05站位。

本次调查海域的底栖生物的生物量平面分布也不均匀，变化范围从0.504～78.905g/m²，其中最高值在JYJS02站位，最低值在JYJS21站位。

环节动物在调查海区的平均密度为19ind/m²，在调查海区15个站位中12个站出现，出现频率为80%。密度分布范围为0～45ind/m²；平均生物量为7.291g/m²，生物量分布范围为0～19.5g/m²。

软体动物在调查海区的平均密度为6.67ind/m²，在15个站位中7个站有出现，出现频率为46.67%。密度分布范围为0～30ind/m²；平均生物量为10.777g/m²，生物量分布范围为0～50.09g/m²。

甲壳类动物在调查海区的平均密度为2.33ind/m²，在15个站位中4个站有出现，出现频率为26.67%。密度分布范围为0～15ind/m²；平均生物量为4.263g/m²，生物量分布范围为0.00～25.065g/m²。

③种类优势种和经济种类

大型底栖动物种类若按其优势度 Y≥0.02 时即被认定为优势种，那么本次调查海区的底栖生物优势种仅有双齿围沙蚕（*Perinereis aibuhitensis*），其优势度为 0.038。

④底栖生物物种多样性指数.

调查海域的各定量采样站位大型底栖生物出现种数变化的范围在 2~6 种/站，

平均 3 种/站。多样性指数（*H′*）变化范围在 0.811~2.523 之间，平均值为 1.51。多样性指数最高出现在 JYJS14 站位；最低则为 JYJS21 站位，调查海域底栖生物各站的多样性指数差别较大，平均多样性指数属于中等偏下水平。均匀度指数范围在 0.811~1 之间，平均值为 0.937，最高出现在 JYJS02 号站位，最低出现 JYJS21 号站位。

表 6.6.4-19 （2021 年 4 月）底栖生物的物种多样性指数

站位	种类数	多样性指数(H′)	均匀度（J）
JYJS02	2	1	1
JYJS03	3	1.561	0.985
JYJS05	2	0.971	0.971
JYJS07	4	1.837	0.919
JYJS09	3	1.406	0.887
JYJS10	4	1.906	0.953
JYJS12	3	1.406	0.887
JYJS13	4	1.936	0.968
JYJS14	6	2.523	0.976
JYJS16	3	1.561	0.985
JYJS18	3	1.5	0.946
JYJS20	3	1.5	0.946
JYJS21	2	0.811	0.811
JYJS22	2	0.918	0.918
JYJS23	4	1.811	0.906
平均值	3	1.510	0.937
范围	2~6	0.811~2.523	0.811~1

⑤小结

2021 年 4 月调查海域共记录大型底栖动物 30 种；调查海区大型底栖生物平均栖息密度为 38ind/m^2，平均生物量为 32.064g/m^2；本次调查海区的底栖生物优势种仅有双齿围沙蚕（*Perinereis aibuhitensis*）；调查海域的各定量采样站位大型底栖生物出现种数变化的范围在 2~6 种/站，平均 3 种/站；多样性指数（H′）变化范围在 0.811~2.523 之间，平均值为 1.51；均匀度指数范围在 0.811~1 之间，平均值为 0.937。

（2）2021 年 9 月

①种类组成

本次调查共记录大型底栖动物 27 种，其中环节动物 13 种；节肢动物 6 种；软体动物 5 种；棘皮动物 2 种；螠虫动物 1 种。环节动物占总种数的 48.15%，节肢动物和软体动物分别占总种数的 22.22%和 18.52%，棘皮动物占总种数的 7.41%，螠虫动物占总种数的 3.70%，环节动物是本次调查的主要类群。

②大型底栖生物栖息密度和生物量

大型底栖生物定量采泥样品分析结果表明，调查海区大型底栖生物平均栖息密度为 70.00ind/m^2，其中环节动物的平均栖息密度最高，为 35.83ind/m^2，占总密度的 51.19%；节肢动物次之，平均栖息密度为 12.92ind/m^2，占总平均密度的 18.45%；软体动物的平均栖息密度为 10.83ind/m^2，占总平均密度的 15.48%；棘皮动物的平均栖息密度之和为 9.58ind/m^2，占总平均栖息密度的 13.69%；蠕虫动物的平均栖息密度之和为 0.83ind/m^2，占总平均栖息密度的 1.19%

表 6.6.4-20（2021 年 9 月）底栖生物各类群的栖息密度分布（ind/m^2）

站位	环节动物	节肢动物	软体动物	棘皮动物	蠕虫动物	合计
SJ2	30	15	35	25	0	105
SJ3	70	20	30	0	10	130
SJ5	55	0	0	0	0	55
SJ6	35	15	40	0	0	90
SJ7	25	30	0	20	0	75
SJ10	60	20	15	0	0	95
SJ12	0	20	0	55	0	75
SJ13	35	0	0	15	0	50
SJ14	45	15	0	0	0	60
SJ16	15	0	10	0	0	25
SJ18	20	20	0	0	0	40
SJ20	40	0	0	0	0	40
平均值	35.83	12.92	10.83	9.58	0.83	70.00
范围	0~70	0~30	0~40	0~55	0~10	25~130

表 6.6.4-21（2021 年 9 月）底栖生物各类群的生物量分布（g/m^2）

站位	环节动物	节肢动物	软体动物	棘皮动物	软体动物	合计
SJ2	23.457	12.521	55.421	37.098	0	128.497
SJ3	169.581	42.056	52.545	0	42.318	306.500
SJ5	61.625	0	0	0	0	61.625
SJ6	29.152	18.731	175.514	0	0	223.397
SJ7	20.873	66.875	0	29.876	0	117.624
SJ10	42.364	42.658	29.970	0	0	114.992
SJ12	0.000	5.800	0	227.505	0	233.305
SJ13	6.194	0	0	17.603	0	23.797
SJ14	21.813	52.308	0	0	0	74.121
SJ16	16.853	0	8.349	0	0	25.202
SJ18	8.347	62.723	0.000	0.000	0.000	71.070
SJ20	15.444	0.000	0.000	0.000	0.000	15.444
平均值	34.642	25.306	26.817	26.007	3.527	116.298
范围	0~169.581	0~66.875	0~175.514	0~227.505	0~42.318	15.444~306.500

大型底栖生物的平均生物量为 116.298g/m^2，以环节动物居首位，该类群的平均生物量为 34.642g/m^2，占总平均生物量的 29.79%；其次为软体动物，平均生物量为 26.817g/m^2，占总平均生物量的 23.06%；棘皮动物的平均生物量为 26.007g/m^2，占平均生物量的 22.36%；节肢动物的平均生物量为 25.306g/m^2,占

平均生物量的 21.76%；蠕虫动物的平均生物量为 3.527g/m^2,占总平均生物量的 3.03%。

本次调查结果表明，各采样站位的底栖生物栖息密度分布程度不均匀，变化范围为（25～130）ind/m^2，其中最高值在 SJ3 站位，最低的站位为 SJ16 站位。

本次调查海域的底栖生物的生物量平面分布极不均匀，变化范围为（15.444～306.500）g/m^2，其中最高值在 SJ3 站位，最低值在 SJ20 站位。

环节动物在调查海区的平均密度为 34.83ind/m^2，在调查海区 11 个调查站位中出现，出现频率为 91.67%。密度分布范围为 0～70.00ind/m^2；平均生物量为 36.642g/m^2，生物量分布范围为 0～169.581g/m^2。

节肢动物在调查海区的平均密度为 13.92ind/m^2，在 8 个调查站位中出现，出现频率为 66.67%。密度分布范围为 0～30.00ind/m^2；平均生物量为 23.306g/m^2，生物量分布范围为 0～66.875g/m^2。

软体动物在调查海区的平均密度为 10.83ind/m^2，在 5 个调查站位中有出现，出现频率为 41.67%。密度分布范围为 0～40.00ind/m^2；平均生物量为 26.817g/m^2，生物量分布范围为 0～175.514g/m^2。

棘皮动物在调查海区的平均密度为 9.58ind/m^2，在 4 个调查站位中有出现，出现频率为 33.33%。密度分布范围为 0～55.00ind/m^2；平均生物量为 26.007g/m^2，生物量分布范围为 0～227.505g/m^2。

蠕虫动物在调查海区的平均密度为 0.83ind/m^2，仅在 1 个调查站位出现，出现频率为 8.33%。密度分布范围为 0～10.00ind/m^2；平均生物量为 3.527g/m^2，生物量分布范围为 0～42.318g/m^2。

③大型底栖生物种类优势种和经济种类

大型底栖动物种类若按其优势度 Y≥0.02 时即被认定为优势种，那么本次调查海区的底栖生物有 3 个优势种，分别为节肢动物的鲜明鼓虾（*Alpheus distinguendus*）；软体动物的细长白樱蛤（*Praetextellina praetexta*）；棘皮动物的滩栖阳遂足（*Amphiura vadicola*），其优势度分别为 0.028、0.024、0.022。鲜明鼓虾在 12 个站位中的 4 个站位出现，为该调查海区的第一优势种；细长白樱蛤在 12 个站位中的 4 个站位出现，为该调查海区的第二优势种，其他优势种见表 6.6.4-22。

表 6.6.4-22 （2021 年 9 月）底栖动物优势种及优势度

优势种	类群	优势度（*Y*）
节肢动物	鲜明鼓虾	0.028
软体动物	细长白樱蛤	0.024
棘皮动物	滩栖阳遂足	0.022

④大型底栖生物物种多样性指数

调查海域的各定量采样站位大型底栖生物出现种数变化的范围在 2~7 种/站，平均 4 种/站。多样性指数（*H′*）变化范围在 0.954~2.705 之间，平均值为 1.692。多样性指数最高出现在 SJ3 站位；最低值为 SJ20 站位，大型底栖生物各站的多样性指数差别较大。平均多样性指数属于中下等水平，均匀度指数变化范围为 0.937~0.988，平均值为 0.964，最高出现在 SJ12 号站位，最低出现 SJ13 号站位

表 6.6.4-23 （2021 年 9 月）底栖生物的物种多样性指数

站位	种类数	多样性指数(H′)	均匀度
SJ2	5	2.267	0.976
SJ3	7	2.705	0.964
SJ5	3	1.495	0.943
SJ6	4	1.905	0.953
SJ7	4	1.966	0.983
SJ10	4	1.931	0.966
SJ12	3	1.566	0.988
SJ13	3	1.485	0.937
SJ14	3	1.555	0.981
SJ16	2	0.971	0.971
SJ18	3	1.500	0.946
SJ20	2	0.954	0.954
平均值	4	1.692	0.964
范围	2~7	0.954~2.705	0.937~0.988

⑤小结

2021 年 9 月调查海域共记录大型底栖动物 27 种；调查海区大型底栖生物平均栖息密度为 70.00ind/m^2，平均生物量为 116.298g/m^2；本次调查海区的底栖生物仅有 3 个优势种，分别为节肢动物的鲜明鼓虾（*Alpheus distinguendus*）；软体动物的细长白樱蛤（*Praetextellina praetexta*）；棘皮动物的滩栖阳遂足（*Amphiura vadicola*）。调查海域的各定量采样站位大型底栖生物出现种数变化的范围 2～7 种/站，平均 4 种/站；多样性指数（H′）变化范围在 0.954~2.705 之间，平均值为 1.692；均匀度范围在 0.937~0.988 之间，平均值为 0.964。

6.6.4.5 潮间带生物

（1）2021 年 4 月

①种类组成

本次调查记录潮间带生物共18种，其中环节动1种、甲壳类动物10种、软体动物7种。环节动物和软体动物分别占总种数的55.56%和38.89%，甲壳类动物为该区域主要类群。

3个断面按沉积物的类型，C1为泥沙相，C2、C3调查断面沉积物为沙相。

1）生物量及栖息密度的组成

调查断面潮间带平均生物量为 383.975g/m^2，平均栖息密度为 180.67ind/m^2。

在潮间带平均生物量的组成中，以甲壳类动物居首位，平均生物量为 317.447g/m^2，占总平均生物量的 82.67%；其次为软体动物，其平均生物量为 47.072g/m^2，占总生物量的 12.26%；环节动物的平均生物量为 19.456g/m^2，占总生物量的 5.07%。

在平均栖息密度方面，甲壳类动物占首位，为141.11ind/m^2，其次为软体动物，其平均密度为21.11ind/m^2，环节动物平均密度为18.44ind/m^2。

表 6.6.4-23 （2021 年 4 月）潮间带平均生物量及栖息密度的组成

类　别	合 计	环节动物	软体动物	甲壳类动物
生物量（g/m^2）	383.975	19.456	47.072	317.447
栖息密度（ind/m^2）	180.67	18.44	21.11	141.11

2）生物量及栖息密度的水平分布

调查断面的底栖生物平均生物量和平均栖息密度的水平分布方面，平均栖息密度表现为 C3 断面>C2 断面>C1 断面；平均生物量表现为 C3 断面>C2 断面>C1 断面。

表 6.6.2-24 （2021 年 4 月）潮间带生物量及栖息密度的水平分布

断面名称	项 目	合 计	环节动物	软体动物	甲壳类动物
C1	栖息密度（ind/m^2）	118.67	0	8	110.67
	生物量（g/m^2）	258.309	0	14.864	243.445
C2	栖息密度（ind/m^2）	187.34	0	40.67	146.67
	生物量（g/m^2）	430.316	0	95.976	334.34
C3	栖息密度（ind/m^2）	236	55.33	14.67	166
	生物量（g/m^2）	463.299	58.367	30.376	374.556

3）生物量及栖息密度的垂直分布

在垂直分布上，潮间带生物的平均生物量表现为低潮区最高，中潮区居中，高潮带最低；平均栖息密度的垂直分布表现为低潮区>中潮区>高潮区。

表 6.6.4-25 （2021 年 4 月）潮间带生物量及栖息密度的垂直分布

潮带	项　目	合 计	环节动物	软体动物	甲壳类动物
高	栖息密度（ind/m^2）	46	2	18	26
	生物量（g/m^2）	71.706	2.222	29.324	40.16

中	栖息密度（ind/m²）	76.01	17.33	25.34	33.34
	生物量（g/m²）	139.03	22.269	45.672	71.089
低	栖息密度（ind/m²）	420	36	20	364
	生物量（g/m²）	941.188	33.876	66.22	841.092

②潮间带生物多样性指数

结果显示，3 条调查断面出现的种类数平均 8 种/站，多样性指数（H'）平均值为 2.857。多样性指数最高出现在 C1 调查断面。种类均匀度平均值为 0.951，最高出现在 C2 调查断面。

表 6.6.4-26 （2021 年 4 月）潮间带生物多样性指数及均匀度

断面名称	种类数	多样性指数(H′)	均匀度(J)
C1	9	3.011	0.950
C2	7	2.672	0.952
C3	8	2.857	0.952
平均值	8	2.857	0.951

③小结

2021 年 4 月调查海域共记录潮间带生物 18 种；调查断面潮间带生物平均生物量为 383.975g/m²，平均栖息密度为 180.67ind/m²。水平分布方面，平均栖息密度表现为 C3 断面>C2 断面>C1 断面；平均生物量表现为 C3 断面>C2 断面>C1 断面。在垂直分布上，潮间带生物的平均生物量表现为低潮区最高，中潮区居中，高潮带最低；平均栖息密度的垂直分布表现为低潮区>中潮区>高潮区。3 条调查断面出现的种类数平均 8 种/站，多样性指数（H′）平均值为 2.857。种类均匀度平均值为 0.951。

（2）2021 年 9 月

①种类组成

本次调查记录潮间带生物共 17 种，其中节肢动物 9 种、软体动物 8 种。节肢动物和软体动物分别占总种数的 52.94%和 47.06%，节肢动物是本次调查的主要类群。

3 个断面按沉积物的类型， C3、C4、C5 调查断面沉积物均为沙岩相。

②生物量及栖息密度

1）生物量及栖息密度的组成

调查断面潮间带平均生物量 75.105 g/m²，各潮间带平均栖息密度为 48.43 ind/m²。

在潮间带平均生物量的组成中，以软体动物居首位，平均生物量为40.686g/m^2，占总平均生物量的54.17%；其次为节肢动物，其平均生物量为34.419 g/m^2，占总生物量的45.83%。

在平均栖息密度方面，总平均栖息密度为 48.43ind/m^2。其中软体动物占首位，为28.73ind/m^2，其次为节肢动物，其平均密度为19.70ind/m^2

表 6.6.4-28 （2021 年 9 月）潮间带平均生物量及平均栖息密度的组成

类别	节肢动物	软体动物	合计
生物量（g/m^2）	34.419	40.686	75.105
栖息密度（ind/m^2）	19.70	28.73	48.43

2）平均生物量及平均栖息密度的水平分布

调查断面的潮间带生物断面生物量和栖息密度的水平分布方面，断面栖息密度表现为 C3 断面>C4 断面>C5 断面；断面生物量表现为 C3 断面>C5 断面>C4 断面。

表 6.6.4-29 （2021 年 9 月）潮间带平均生物量及平均栖息密度的水平分布

断面名称	项目	合计	节肢动物	软体动物
C3	栖息密度（ind/m^2）	213.87	40.62	173.26
	生物量（g/m^2）	334.71	98.061	236.648
C4	栖息密度（ind/m^2）	128.00	62.67	65.33
	生物量（g/m^2）	140.29	67.488	72.806
C5	栖息密度（ind/m^2）	94.00	74.00	20.00
	生物量（g/m^2）	200.94	144.222	56.720

3）平均生物量及平均栖息密度的垂直分布

在垂直分布上，潮间带生物的潮区生物量表现为低潮区最高，中潮区居中，高潮带最低；平均栖息密度的垂直分布表现为低潮区>中潮区>高潮区。

表 6.6.4-30 （2021 年 9 月）潮间带平均生物量及平均栖息密度的垂直分布

潮区	项目	合计	节肢动物	软体动物
高	栖息密度（ind/m^2）	32.00	32.00	0.00
	生物量（g/m^2）	75.28	75.282	0.000
中	栖息密度（ind/m^2）	111.87	65.28	46.59
	生物量（g/m^2）	143.20	65.225	77.970
低	栖息密度（ind/m^2）	292.00	80.00	212.00
	生物量（g/m^2）	457.47	169.264	288.205

②潮间带生物多样性指数

结果显示，3 条调查断面出现的种类数平均 10 种/站，多样性指数（H'）变化范围在 1.771～2.528 之间，平均值为 2.255，多样性指数最高值为 C4 断面。

种类均匀度指数变化范围在 0.631～0.742 之间，平均为 0.693，最高值出现在 C5 调查断面。

表 6.6.4-31 （2021 年 9 月）潮间带生物多样性指数及均匀度

断面名称	样方内出现的种类数	多样性指数(H′)	均匀度(J′)
C3	7	1.771	0.631
C4	12	2.528	0.705
C5	10	2.465	0.742
平均值	10	2.255	0.693

③小结

2021 年 9 月调查海域共记录潮间带生物 17 种；调查断面潮间带生物平均生物量为 75.105g/m^2，平均栖息密度为 48.43ind/m^2。水平分布方面，平均栖息密度表现为 C3 断面>C4 断面>C5 断面；断面生物量表现为 C3 断面>C5 断面>C4 断面。在垂直分布上，潮间带生物的平均生物量表现为低潮区最高，中潮区居中，高潮带最低，平均栖息密度的垂直分布表现为低潮区>中潮区>高潮区。3 条调查断面出现的种类数平均 10 种/站，调查断面潮间带多样性指数（H'）变化范围在 1.771～2.528 之间，平均值为 2.255，均匀度指数平均为 0.786。

6.7 渔业资源现状调查

6.7.1 调查概况

项目委托广州海兰图检测技术有限公司于 2021 年 4 月和 2021 年 9 月在项目附近海域进行渔业资源调查。具体站位详见 6.3.2 节。调查项目包括鱼卵仔稚鱼和游泳生物。

6.7.2 采样与分析方法

6.7.2.1 采样方法

按《海洋监测规范》（GB17378-2007）和《海洋调查规范—海洋生物调查》（GB/T 12763.6-2007）中规定的方法进行。

6.7.2.2 分析方法

样品的分析采用《海洋监测规范 第 7 部分：近海污染生态调查和生物监测》（GB17378.7 -2007）和《海洋调查规范 第 6 部分：海洋生物调查》（GB/T 12763.6）进行，各项目的分析方法如表 6.7.2-1。

表 6.7.2-1 渔业资源调查分析方法

序号	检测指标	检测依据	分析方法
1	游泳生物	《海洋调查规范 第 6 部分：海洋生物调查》GB/T 12763.6-2007/14	目测法
2	鱼卵仔稚鱼	《海洋调查规范 第 6 部分：海洋生物调查》GB/T 12763.6-2007/9	镜检法

6.7.3 计算方法

（1）鱼卵仔鱼

密度以采获的总个体数除以滤水量计算：

$$V=N/(S\times L)$$

式中：V—鱼卵仔鱼的分布密度，单位为 ind/m^3；

N—每网鱼卵仔鱼数量，单位为 ind；

S—网口面积，单位为 m^2；

L—拖网距离，单位为 m。

（2）游泳生物

资源数量的评估根据底拖网扫海面积法（密度指数法），来估算评价区的资源重量密度和生物个体密度。

$$S=(y)/a(1-E)$$

式中：S—重量密度（kg/km^2）或个体密度（ind/km^2）；

a—底拖网每小时的扫海面积（扫海宽度取浮纲长度的 2/3）；

y—平均重量渔获率（kg/h）或平均个体渔获率（ind/h）；

E—逃逸率（取 0.5）。

根据渔获物中个体大小悬殊的特点，选用 Pinkas 等提出的相对重要性指数 IRI，来分析渔获物在群体数量组成中其生态的地位，依此确定优势种。

$$IRI=（N+W）F$$

式中：N—某一种类的 ind 数占渔获总 ind 数的百分比；

W—某一种类的重量占渔获总重量的百分比；

F—某一种类的出现的断面数占调查总断面数的百分比。

6.7.4 渔业资源调查结果

6.7.4.1 鱼卵仔稚鱼

（1）2021 年 4 月

①种类组成

2021 年 4 月调查海域至少共出现了鱼卵仔鱼 11 种，仔鱼 6 种。

表 6.7.4-1 （2021 年 4 月）调查海区鱼卵仔鱼种类组成

种类		拉文名	鱼卵	仔鱼
鲱形目	鳀科	Engraulidae	+	
鲱形目	棱鳀属	*Thryssa* sp.	+	+
鲱形目	鲱科	Clupea	+	+
鲱形目	小公鱼属	*Stolephorus* sp.	+	
鲈形目	鱚科	Sillaginidae	+	
鲈形目	石首鱼科	Sciaenidae	+	+
鲈形目	鲟科	Sphyraenidae	+	+
鲈形目	金线鱼科	Nemipteridae	+	+
鲈形目	笛鲷科	Lutjanidae	+	
鲽形目	鳎科	Soleidae	+	
灯笼鱼目	狗母鱼科	Synodontidae	+	+

②数量分布

本次调查共采到鱼卵 468 粒，仔鱼 39 尾。调查海区的鱼卵平均密度为 19.50 粒/100m^3，采获鱼卵数量密度最高为 JYJS16 号站位，为 32.50 粒/100m^3，调查期间 15 个调查站位中均采到鱼卵，鱼卵出现率为 100.00%，鱼卵密度变化范围在 5.63～32.50 粒/100m^3。

仔鱼在 15 个调查站位中有 14 个调查站位被采到，出现率为 93.33%，仔鱼的平均密度为 1.63 尾/100m^3。

表 6.7.4-2 （2021 年 4 月）鱼类浮游生物密度及其分布

站位	鱼卵发育期	
	鱼卵（个/100m^3）	仔鱼（尾/100m^3）
JYJS02	5.63	0
JYJS03	25.00	2.50
JYJS05	26.88	1.88
JYJS07	19.38	2.50
JYJS09	23.13	3.13
JYJS10	19.00	2.00

站位	鱼卵发育期	
	鱼卵（个/100m³）	仔鱼（尾/100m³）
JYJS12	25.00	4.00
JYJS13	21.00	1.00
JYJS14	14.38	1.88
JYJS16	32.50	0.63
JYJS18	12.50	1.25
JYJS20	11.25	0.63
JYJS21	23.13	1.25
JYJS22	27.50	1.25
JYJS23	6.25	0.63
均值	19.50	1.63

③主要种类及数量分布

狗母鱼科是本次调查的主要种类，在本次调查中该种鱼卵出现有一定数量，其鱼卵密度在 0～10.0 粒/100m³ 之间，其鱼卵有在 7 个调查站中出现，出现频率为 46.67%，其中鱼卵密度最高出现在 JYJS12、JYJS16 站位。

本次调查中仔稚鱼出现有一定数量，但种类分布的较为分散。主要种类为鲱科，调查海域密度为 1.88 尾/100m³，占总密度的 35.90%。

④小结

2021 年 4 月调查海域至少共出现了鱼卵仔鱼 11 种，仔鱼 6 种。本次调查共采到鱼卵 468 粒，仔鱼 39 尾。调查海区的鱼卵平均密度为 19.50 粒/100m³，鱼卵密度变化范围在 5.63～32.50 粒/100m³。仔鱼的平均密度为 1.63 尾/100m³。

（2）2021 年 9 月

①种类组成

2021 年 9 月调查海域至少共出现了鱼卵仔鱼 11 种，仔鱼 10 种。

表 6.7.4-3 （2021 年 9 月）调查海区鱼卵、仔鱼种类组成

纲目类群	品种	拉文种名	鱼卵	仔稚鱼
灯笼鱼目	狗母鱼科	Synodontidae	+	+
鲱形目	鳀科	Engraulidae	+	
鲱形目	鲱科	Clupeidae	+	+
鲱形目	凤鲚	*Coilia mystus*	+	+
鲱形目	棱鳀属	*Thryssa* sp.	+	+
鲈形目	鲬属	*Lepidotrigla* sp.	+	
鲈形目	鲷科	Sparidae	+	+
鲈形目	鱚科	Sillaginidae	+	+
鲈形目	鲷科	Blenniidae	+	+
鲈形目	鲟科	Sphyraenidae	+	+
鲈形目	金线鱼科	Nemipteridae		+
鲻形目	鲻科	Mugilidae	+	+

②数量分布

本次调查共采到鱼卵 149 粒，仔稚鱼 36 尾。调查海区的鱼卵平均密度为 7.76 粒/100m^3，采获鱼卵数量密度最高为 SJ12 号站位，为 8.75 粒/100m^3，调查期间 12 个调查站中均采到鱼卵，鱼卵出现率为 100%，鱼卵密度变化范围在 2.50～15.00 粒/100m^3。

仔稚鱼在 12 个调查站中均有采到，出现率为 100%，仔稚鱼的平均密度为 1.88 尾/100m^3。

表 6.7.4-4 （2021 年 9 月）鱼类浮游生物密度及其分布

站位	鱼卵发育期	
	鱼卵（个/100m^3）	仔鱼（尾/100m^3）
SJ2	2.50	1.25
SJ3	4.00	2.00
SJ5	4.00	1.00
SJ6	10.00	5.00
SJ7	9.38	1.25
SJ10	8.75	1.25
SJ12	15.00	1.88
SJ13	3.75	1.88
SJ14	10.63	1.25
SJ16	10.00	0.63
SJ18	6.25	0.63
SJ20	9.38	4.38
均值	7.76	1.88

③主要种类及数量分布

鲱科是本次鱼卵调查的主要种类，在本次调查中该种鱼卵出现有一定数量，鲱科的鱼卵密度在 0～9.38 粒/100m^3 之间，其鱼卵有在 12 个调查站中有出现 5 个站位，出现频率为 41.67%，其中鱼卵密度最高出现在 SJ20 站位。其占本次调查鱼卵总数的 33.56%。

本次调查中仔稚鱼出现有一定数量，但种类分布的较为分散。主要种类为鲱科，调查海域密度为 10.63 尾/100m^3，占总密度的 47.22%。

④小结

2021 年 9 月调查海域至少共出现了鱼卵仔鱼 11 种，仔鱼 10 种。本次调查共采到鱼卵 149 粒，仔稚鱼 36 尾。调查海区的鱼卵平均密度为 7.76 粒/100m^3，鱼卵密度变化范围在 2.50～15.00 粒/100m^3。仔稚鱼的平均密度为 1.88 尾/100m^3。

6.7.4.2 游泳生物

（1）2021 年 4 月

①种类组成

本次调查，共捕获游泳生物 46 种，其中：鱼类动物 20 种，甲壳类动物 16 种，软体类动物 10 种。

本次调查，各站位出现种类情况见表 6.7.4-7。由表可知，各断面种类数量差别不大，JYJS20、JYJS21 站断面种类数最多，为 13 种，JYJS22 站断面的种数最少，为 10 种。

表 6.7.4-7 （2021 年 4 月）各断面游泳生物出现种类统计结果

断面站位	鱼类动物	甲壳类动物	软体类动物	合计
JYJS02	6	4	2	12
JYJS03	6	4	2	12
JYJS05	7	1	3	11
JYJS07	6	4	1	11
JYJS09	7	4	0	11
JYJS10	6	4	1	11
JYJS12	3	6	2	11
JYJS13	6	4	2	12
JYJS14	7	3	2	12
JYJS16	3	5	4	12
JYJS18	6	3	2	11
JYJS20	7	3	3	13
JYJS21	5	5	3	13
JYJS22	4	5	1	10
JYJS23	7	1	3	11
平均值	6	4	2	12

②渔获率

渔业资源的平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 11655.002g/h 和 400.67ind/h，其中：鱼类动物的平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 7181.805g/h 和 218.47ind/h，占平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 61.21%和 54.87%；甲壳类动物的平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 2696.171g/h 和 114.93ind/h，占平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 24.02%和 28.51%；软体类动物的平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 1777.027g/h 和 67.27ind/h，占平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 14.77%和 16.62%。

表 6.7.4-8 （2021 年 4 月）各断面重量渔获率和个体渔获率及各类群百分比

断面	总个体渔获率 ind/h	总重量渔获率 g/h	类群			类群		
			鱼类	甲壳类	软体类	鱼类	甲壳类	软体类
			个体渔获率(ind/h)			重量渔获率(g/h)		
			个体渔获比例(%)			重量渔获比例(%)		
JYJS02	380	11411.922	193	104	83	5895.985	2728.662	2787.275
			50.79	27.37	21.84	51.67	23.91	24.42
JYJS03	455	12493.058	319	81	55	8762.027	2863.341	867.69
			70.11	17.80	12.09	70.14	22.92	6.95

断面	总个体渔获率 ind/h	总重量渔获率 g/h	类群			类群		
			鱼类	甲壳类	软体类	鱼类	甲壳类	软体类
			个体渔获率(ind/h)			重量渔获率(g/h)		
			个体渔获比例(%)			重量渔获比例(%)		
JYJS05	411	15828.655	252	27	132	11136.698	576.018	4115.939
			61.31	6.57	32.12	70.36	3.64	26.00
JYJS07	394	12666.025	143	106	145	6136.204	1710.601	4819.22
			36.29	26.90	36.80	48.45	13.51	38.05
JYJS09	403	12808.761	181	222	0	8658.817	4149.944	0
			44.91	55.09	0.00	67.60	32.40	0.00
JYJS10	342	14702.028	197	101	44	10321.132	2918.512	1462.384
			57.60	29.53	12.87	70.20	19.85	9.95
JYJS12	434	9919.322	197	189	48	3996.99	4826.568	1095.764
			45.39	43.55	11.06	40.29	48.66	11.05
JYJS13	463	10347.792	173	232	58	5116.998	4367.438	863.356
			37.37	50.11	12.53	49.45	42.21	8.34
JYJS14	223	8653.104	159	28	36	5699.041	1217.153	1736.91
			71.30	12.56	16.14	65.86	14.07	20.07
JYJS16	575	12940.254	270	167	138	6681.842	4134.028	2124.384
			46.96	29.04	24.00	51.64	31.95	16.42
JYJS18	326	10898.684	186	104	36	7653.553	2666.95	578.181
			57.06	31.90	11.04	70.22	24.47	5.31
JYJS20	276	12180.09	144	77	55	7504.968	1446.408	3228.714
			52.17	27.90	19.93	61.62	11.88	26.51
JYJS21	522	11345.661	293	146	83	6875.643	2864.248	1605.77
			56.13	27.97	15.90	60.60	25.25	14.15
JYJS22	315	8617.101	172	113	30	4520.457	3668.754	427.89
			54.60	35.87	9.52	52.46	42.58	4.97
JYJS23	491	10012.574	398	27	66	8766.713	303.939	941.922
			81.06	5.50	13.44	87.56	3.04	9.41
平均值	400.67	11655.002	218.47	114.93	67.27	7181.805	2696.171	1777.027
			54.87	28.51	16.62	61.21	24.02	14.77

本次调查，各断面幼体个体渔获率及所占比例见表 6.7.4-9。各断面幼体个体渔获率，鱼类最高，虾类次之，蟹类最低，平均幼体个体总渔获率为 190.07ind/h。各断面幼体个体数占所有渔业资源个体数的比例，虾类幼体所占比例最高，其次是蟹类，而鱼类最少，总幼体渔获比例为 56.79%。

表 6.7.4-9 （2021 年 4 月）各断面幼体个体渔获率(ind/h)及所占比例(%)

断面	总幼体渔获率 ind/h	总幼体渔获比例 %	幼体类群			幼体所占比例		
			鱼类	虾类	蟹类	鱼类	虾类	蟹类
			个体渔获率(ind/h)			个体渔获比例(%)		
JYJS02	169	56.9	103	45	21	53.17	64.59	60.26
JYJS03	242	60.5	191	18	33	59.85	66.94	61.61
JYJS05	148	53.05	130	18	0	51.54	65.57	60.05
JYJS07	136	54.62	75	57	4	52.34	57.2	52.04
JYJS09	249	61.79	113	123	13	62.36	61.74	57.93
JYJS10	161	54.03	98	17	46	49.89	66.42	61.95
JYJS12	244	63.21	120	89	35	60.66	67.19	61.11
JYJS13	249	61.48	101	143	5	58.18	63.7	59.49
JYJS14	102	54.55	86	0	16	54.02	61.83	57.68
JYJS16	236	54	141	65	30	52.35	57.92	54.22

断面	总幼体渔获率 ind/h	总幼体渔获比例 %	幼体类群			幼体所占比例		
			鱼类	虾类	蟹类	鱼类	虾类	蟹类
			个体渔获率(ind/h)			个体渔获比例(%)		
JYJS18	176	60.69	101	75	0	54.05	72.02	64.8
JYJS20	124	56.11	78	0	46	53.98	60.02	59.49
JYJS21	236	53.76	153	39	44	52.35	57.2	57.68
JYJS22	155	54.39	90	27	38	52.35	57.2	57.68
JYJS23	224	52.71	208	0	16	52.35	57.2	57.68
平均值	190.07	56.79	119.20	47.73	23.13	54.63	62.45	58.91

③资源密度

本次调查渔业资源平均重量密度为 880.913kg/km^2，JYJS5 号站断面最高，JYJS22 号站断面最低，范围为 656.541～1205.993kg/km^2；平均个体密度为 30.53×10^{3}ind/km^2，范围为（16.99～43.81）×10^{3}ind/km^2，个体密度最高的断面为 JYJS16 号站断面，最低为 JYJS14 号站断面。

表 6.7.4-10 （2021 年 4 月）各断面渔业资源资源密度

断面站位	重量密度 (kg/km^2)	个体密度(×10^{3}ind/km^2)
JYJS02	869.48	28.95
JYJS03	951.852	34.67
JYJS05	1205.993	31.31
JYJS07	965.03	30.02
JYJS09	975.906	30.7
JYJS10	1120.155	26.06
JYJS12	755.758	33.07
JYJS13	788.403	35.28
JYJS14	659.284	16.99
JYJS16	985.924	43.81
JYJS18	830.376	24.84
JYJS20	928.007	21.03
JYJS21	864.431	39.77
JYJS22	656.541	24
JYJS23	762.863	37.41
平均值	880.913	30.53

④鱼类资源状况

1）种类组成

本次调查捕获的鱼类动物 20 种。生物类群中大多数种类为我国沿岸、浅海渔业的兼捕对象。大多属于印度洋、太平洋区系，并以栖息于底层、近底层的暖水性的种类占优势。

2）资源密度估算

本次调查，鱼类动物的资源密度见表 6.7.4-11。由表可知，其平均重量密度和平均个体密度分别为 522.958kg/km^2 和 16.64×10^{3}ind/km^2。在 15 个站位断面中，生物重量密度分布中，JYJS05 站位断面最高为 848.51kg/km^2；生物个体密度分

布中，JYJS23 号站断面最高为 30.32×10³ind/km²。

表 6.7.4-11 （2021 年 4 月）鱼类动物资源密度

断面站位	重量密度(kg/km²)	个体密度(×10³ind/km²)
JYJS02	449.218	14.7
JYJS03	667.583	24.3
JYJS05	848.51	19.2
JYJS07	467.52	10.9
JYJS09	659.719	13.79
JYJS10	786.372	15.01
JYJS12	304.533	15.01
JYJS13	389.867	13.18
JYJS14	434.213	12.11
JYJS16	509.093	20.57
JYJS18	583.128	14.17
JYJS20	571.807	10.97
JYJS21	523.859	22.32
JYJS22	344.416	13.1
JYJS23	304.533	30.32
平均值	522.958	16.64

3）优势种

将鱼类动物 IRI 指数列于表 6.7.4-12。由表可知，鱼类动物 IRI 值在 1000 以上的有 1 种，为团头叫姑鱼（*Johnius amblycephalus*）。其重量渔获率为 16029.084g/h，占总重量渔获率的 16.2%，其个体渔获率为 919ind/h，占总个体渔获率的 28.04%。

表 6.7.4-12 （2021 年 4 月）鱼类动物的 IRI 指数

种类	出现频率（%）	重量渔获率		个体渔获率		IRI
		（g/h）	（%）	（ind/h）	（%）	
多鳞鱚	46.67	10279.073	10.39	217	6.62	794
团头叫姑鱼	66.67	16029.084	16.2	919	28.04	2949
斜带髭鲷	33.33	6437.112	6.5	347	10.59	570
刺鲳	26.67	6322.036	6.39	164	5	304
焦氏舌鳎	13.33	1093.126	1.1	29	0.88	26
细蛇鲻	40	6174.266	6.24	191	5.83	483
拟矛尾鰕虎鱼	26.67	2439.728	2.47	174	5.31	207
孔虾虎鱼	46.67	4986.628	5.04	281	8.57	635
带鱼	13.33	4731.532	4.78	76	2.32	95
日本鲭	13.33	2178.288	2.2	72	2.2	59
日本燕魟	13.33	2003.64	2.02	10	0.31	31
龙头鱼	40	16088.335	16.26	223	6.81	923
银鲳	40	2869.542	2.9	117	3.57	259
日本须鳎	26.67	2060.619	2.08	123	3.75	155
金线鱼	40	3119.382	3.15	131	4	286
六带鲻	26.67	1401.174	1.42	68	2.08	93
褐菖鲉	13.33	479.985	0.49	33	1.01	20
汤氏团扇鳐	26.67	8713.32	8.8	20	0.61	251
六丝矛尾虾虎鱼	13.33	296.712	0.3	53	1.62	26

种类	出现频率（%）	重量渔获率		个体渔获率		IRI
		（g/h）	（%）	（ind/h）	（%）	
齐头鳗	6.67	1256.773	1.27	29	0.88	14

⑤甲壳类资源状况

1）种类组成

本次调查，共捕获的甲壳类动物，经鉴定共 16 种，其中：虾类 4 种，蟹类 10 种，虾蛄类 2 种。

2）资源密度估算

本次调查，甲壳类动物的资源密度见表 6.7.4-13。由表可知，其平均重量密度和平均个体密度分别为 206.805kg/km^2 和 8.76×10^{3}ind/km^2。其中，重量密度范围为 43.887～367.739kg/km^2，JYJS5 站断面最低，JYJS12 站位断面最高；个体密度分布范围为 2.06～17.68×10^{3}ind/km^2，JYJS05 站位断面最低，JYJS13 站位断面最高。

表 6.7.4-13 （2021 年 4 月）甲壳类动物资源密度

断面站位	重量密度(kg/km^2)	个体密度(×10^{3}ind/km^2)
JYJS02	207.898	7.92
JYJS03	218.159	6.17
JYJS05	43.887	2.06
JYJS07	130.332	8.08
JYJS09	316.186	16.91
JYJS10	222.363	7.7
JYJS12	367.739	14.4
JYJS13	332.757	17.68
JYJS14	92.735	2.13
JYJS16	314.974	12.72
JYJS18	203.196	7.92
JYJS20	110.203	5.87
JYJS21	218.228	11.12
JYJS22	279.524	8.61
JYJS23	43.887	2.06
平均值	206.805	8.76

3）优势种

甲壳类动物 IRI 指数列见表 6.7.4-14，甲壳类动物 IRI 值＞1000 仅有 1 种，为哈氏仿对虾（*Parapenaeopsis hardwickii*）。其重量渔获率为 6323.616g/h，占总重量渔获率的 15.75%，其个体渔获率为 432ind/h，占总个体渔获率的 25.06%。

表 6.7.4-14 （2021 年 4 月）甲壳类动物的 IRI 指数

种类	出现频率（%）	重量渔获率		个体渔获率		IRI
		（g/h）	（%）	（ind/h）	（%）	
须赤虾	26.67	1683.034	4.19	118	6.84	294
哈氏仿对虾	40	6323.616	15.75	432	25.06	1632

种类	出现频率（%）	重量渔获率		个体渔获率		IRI
		（g/h）	（%）	（ind/h）	（%）	
黑斑口虾蛄	40	3356.635	8.36	95	5.51	555
墨吉对虾	33.33	4061.988	10.12	182	10.56	689
口虾蛄	33.33	5098.826	12.7	239	13.86	885
南美白对虾	13.33	2066.61	5.15	70	4.06	123
锈斑蟳	13.33	2562.891	6.39	57	3.31	129
直额蟳	26.67	990.352	2.47	88	5.1	202
远海梭子蟹	20	3461.572	8.62	76	4.41	261
武士蟳	26.67	4258.404	10.61	111	6.44	455
豆形拳蟹	20	592.327	1.48	41	2.38	77
隆线强蟹	20	1591.053	3.96	59	3.42	148
三疣梭子蟹	13.33	202.626	0.5	45	2.61	41
强壮菱蟹	20	1258.836	3.14	46	2.67	116
矛形梭子蟹	20	2431.15	6.06	50	2.9	179
看守长眼蟹	6.67	198.705	0.5	15	0.87	9

⑥软体类资源状况

1）种类组成

本次调查，共捕获的软体类动物，经鉴定共 10 种。

2）资源密度估算

本次调查，软体类动物的资源密度见表 6.7.4-15。由表可知，其平均重量密度和平均个体密度分别为 135.393kg/km^2 和 5.12×10^{3}ind/km^2。其中，重量密度范围为 0～367.179kg/km^2，JYJS07 站位断面最高；个体密度分布范围为(0～11.05)×10^{3}ind/km^2，JYJS07 站位断面最高。

表 6.7.4-15 （2021 年 4 月）软体类动物资源密度

断面站位	重量密度(kg/km^2)	个体密度(×10^{3}ind/km^2)
JYJS02	212.364	6.32
JYJS03	66.11	4.19
JYJS05	313.595	10.06
JYJS07	367.179	11.05
JYJS09	0	0
JYJS10	111.42	3.35
JYJS12	83.487	3.66
JYJS13	65.78	4.42
JYJS14	132.336	2.74
JYJS16	161.858	10.51
JYJS18	44.052	2.74
JYJS20	245.997	4.19
JYJS21	122.344	6.32
JYJS22	32.601	2.29
JYJS23	71.765	5.03
平均值	135.393	5.12

3）优势种

软体类动物的 IRI 指数列见表 6.7.4-16，软体类动物 IRI 值皆在 1000 以下，

波纹巴非蛤（*Paphia undulata*）为最大值，其重量渔获率为 2267.817g/h，占软体类动物总重量渔获率（25713.477g/h）的 8.82%；其个体渔获率为 189ind/h，占软体类动物总个体渔获率（1009ind/h）的 18.73%。

表 6.7.4-16 （2021 年 4 月）软体类动物的 IRI 指数

种类	出现频率（%）	重量渔获率		个体渔获率		IRI
		（g/h）	（%）	（ind/h）	（%）	
波纹巴非蛤	40	2267.817	8.82	189	18.73	1102
毛蚶	13.33	2713.473	10.55	49	4.86	205
浅缝骨螺	13.33	839.052	3.26	51	5.05	111
小结节滨螺	33.33	2129.276	8.28	148	14.67	765
条纹隔贻贝	26.67	2450.352	9.53	142	14.07	629
金乌贼	13.33	4890.994	19.02	31	3.07	294
半滑舌鳎	20	6979.56	27.14	210	20.81	959
可变波螺	6.67	1694.121	6.59	33	3.27	66
带偏顶蛤	20	721.278	2.81	75	7.43	205
节织纹螺	20	1027.554	4	81	8.03	241

⑦小结

2021 年 4 月调查海域共记录游泳生物 46 种，其中：鱼类动物 20 种，甲壳类动物 16 种，软体类动物 10 种。渔业资源的平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 11655.002g/h 和 400.67ind/h，平均重量密度为 880.913kg/km^2。

（2）2021 年 9 月

①种类组成

本次调查，共捕获游泳生物 55 种，其中：鱼类 26 种，甲壳类 23 种，软体动物 6 种。

由表可知，各断面出现的物种数量变化不大，SJ10 和 SJ12 站断面出现的种类数最多，有 17 种，SJ16 站断面的出现的物种数最少，为 11 种。

表 6.7.4-17 （2021 年 9 月）各站位游泳生物出现种类统计结果

断面站位	鱼类	甲壳类	软体动物	总计
SJ2	9	3	0	12
SJ3	8	5	1	14
SJ5	10	6	0	16
SJ6	6	8	1	15
SJ7	3	9	3	15
SJ10	8	6	3	17
SJ12	8	8	1	17
SJ13	4	8	1	13
SJ14	7	7	1	15
SJ16	6	4	1	11
SJ18	7	5	2	14
SJ20	7	4	1	12

断面站位	鱼类	甲壳类	软体动物	总计
平均值	7	6	1	14

②渔获率

1）总个体渔获率

本次调查该海区的渔业资源平均总个体渔获率为142ind/h。其中，鱼类平均个体渔获率为68ind/h，占平均总个体渔获率的47.89%；甲壳类平均个体渔获率为 63ind/h，占平均总个体渔获率的 44.37%；软体动物的平均个体渔获率为11ind/h，占平均总个体渔获率分别的7.75%。

表 6.7.4-18 （2021 年 9 月）各断面类群个体渔获率及所占比例

断面	总个体渔获率（ind/h）	个体渔获率（ind/h）			渔获率占比（%）		
		鱼类	甲壳类	软体类	鱼类	甲壳类	软体类
SJ2	228	175	53	0	76.75	23.25	0
SJ3	139	75	59	5	53.96	42.45	3.60
SJ5	179	76	103	0	42.46	57.54	0
SJ6	150	67	81	2	44.67	54.00	1.33
SJ7	170	41	82	47	24.12	48.24	27.65
SJ10	108	48	30	30	44.44	27.78	27.78
SJ12	108	45	62	1	41.67	57.41	0.93
SJ13	137	42	94	1	30.66	68.61	0.73
SJ14	136	71	62	3	52.21	45.59	2.21
SJ16	153	111	36	6	72.55	23.53	3.92
SJ18	119	42	44	33	35.29	36.97	27.73
SJ20	71	24	45	2	33.80	63.38	2.82
平均值	142	68	63	11	47.89	44.37	7.75

2）总重量渔获率

本次调查该海区的渔业资源平均总重量渔获率为3401.57 g/h。其中，鱼类平均个体渔获率为1928.27 g/h，占平均总个体渔获率的56.69 %；甲壳类平均个体渔获率为1185.46 g/h，占平均总个体渔获率的34.85 %；软体动物的平均个体渔获率为287.84 g/h，占平均总个体渔获率分别的8.46 %。

表 6.7.4-19 （2021 年 9 月）各断面类群个体渔获率及所占比例

断面	总重量渔获率（g/h）	重量渔获率（g/h）			渔获率占比（%）		
		鱼类	甲壳类	软体类	鱼类	甲壳类	软体类
SJ2	5110.96	4197.30	913.66	0	82.12	17.88	0
SJ3	2864.35	2269.51	551.65	43.19	79.23	19.26	1.51
SJ5	5715.48	3155.77	2559.71	0	55.21	44.79	0
SJ6	4230.90	3005.91	1024.61	200.38	71.05	24.22	4.74
SJ7	2993.40	1085.75	1414.38	493.27	36.27	47.25	16.48
SJ10	3761.86	1731.55	1075.19	955.12	46.03	28.58	25.39
SJ12	3364.38	1600.45	1687.01	76.92	47.57	50.14	2.29
SJ13	2530.06	750.43	1724.93	54.70	29.66	68.18	2.16
SJ14	3088.14	1784.70	1005.17	298.27	57.79	32.55	9.66

断面	总重量渔获率（g/h）	重量渔获率（g/h）			渔获率占比（%）		
		鱼类	甲壳类	软体类	鱼类	甲壳类	软体类
SJ16	2850.03	1756.52	535.08	558.43	61.63	18.77	19.59
SJ18	2392.70	1032.57	732.35	627.78	43.16	30.61	26.24
SJ20	1916.57	768.79	1001.76	146.02	40.11	52.27	7.62
平均值	3401.57	1928.27	1185.46	287.84	56.69	34.85	8.46

3）幼体渔获率

本次调查各断面幼体个体渔获率及所占比例见表 6.7.4-18。计算时，虾蛄类并入虾类。调查断面的平均总幼体渔获率为 86ind/h，总幼体渔获量占断面总渔获量比例的平均值为 62.20%。各断面不同类群幼体个体渔获量平均值显示，调查海区幼体渔获量中鱼类幼体个体渔获量最高，各断面不同类群幼体渔获占比平均值显示，本次调查渔获中鱼类幼体所占比例最高，虾类次之，蟹类最少。

表 6.7.4-20 （2021 年 9 月）各断面幼体个体渔获率及所占比例

断面	总幼体渔获率 ind/h	总幼体渔获占比%	幼体渔获率（ind/h）			幼体渔获占比（%）		
			鱼类	虾类	蟹类	鱼类	虾类	蟹类
SJ2	154	67.54	120	24	10	68.57	64.86	62.50
SJ3	93	69.40	55	24	14	73.33	66.67	60.87
SJ5	123	68.72	50	31	42	65.79	64.58	76.36
SJ6	98	65.33	42	51	5	60.87	69.86	62.50
SJ7	82	65.60	31	39	12	72.09	61.90	63.16
SJ10	64	73.56	46	12	6	80.70	60.00	60.00
SJ12	64	59.26	31	24	9	67.39	60.00	40.91
SJ13	84	61.31	28	51	5	65.12	66.23	29.41
SJ14	92	67.65	51	34	7	68.92	69.39	53.85
SJ16	74	48.37	54	19	1	46.15	67.86	12.50
SJ18	70	58.82	48	14	8	64.00	48.28	53.33
SJ20	29	40.85	14	13	2	53.85	36.11	22.22
平均值	86	62.20	48	28	10	65.57	61.31	49.80

③资源密度

本次调查渔业资源平均重量密度为 259.167kg/km^2，SJ5 号站断面最高，SJ20 号站断面最低，范围为 146.024～435.465kg/km^2；平均个体密度为 10.781×10^{3}ind/km^2，范围为（5.410～17.371）×10^{3}ind/km^2，个体密度最高的断面为 SJ2 号站位断面，最低值出现在 SJ20 号站位断面。

表 6.7.4-21 （2021 年 9 月）各断面渔业资源资源密度

断面站位	重量密度(kg/km^2)	个体密度(×10^{3}ind/km^2)
SJ2	389.406	17.371
SJ3	218.236	10.590
SJ5	435.465	13.638
SJ6	322.354	11.429
SJ7	228.069	12.952
SJ10	286.618	8.229
SJ12	256.334	8.229

断面站位	重量密度(kg/km²)	个体密度(×10³ind/km²)
SJ13	192.766	10.438
SJ14	235.287	10.362
SJ16	217.145	11.657
SJ18	182.301	9.067
SJ20	146.024	5.410
平均值	259.167	10.781

④鱼类资源状况

1）种类组成

本次调查捕获的鱼类 26 种。生物类群中大多数种类为我国沿海渔业的兼捕对象。大多属于印度洋、太平洋区系，并以栖息于底层、近底层的暖水性的种类占优势。

2）资源密度估算

本次调查，鱼类的资源密度见表 6.7.4-22。由表可知，捕获的鱼类平均重量密度和平均个体密度分别为 146.916 kg/km² 和 5.187×10³ind/km²。在本次调查的 12 个站位断面中，鱼类生物重量密度和个体密度资源最大值均出现在站位 SJ2 断面，断面重量密度和个体密度估算资源量分别为 319.794 kg/km² 和 13.333×10³ind/km²。

表 6.7.4-22 （2021 年 9 月）鱼类资源密度

断面站位	重量密度(kg/km²)	个体密度(×10³ind/km²)
SJ2	319.794	13.333
SJ3	172.915	5.714
SJ5	240.440	5.790
SJ6	229.022	5.105
SJ7	82.724	3.124
SJ10	131.928	3.657
SJ12	121.939	3.429
SJ13	57.176	3.200
SJ14	135.977	5.410
SJ16	133.830	8.457
SJ18	78.672	3.200
SJ20	58.574	1.829
平均值	146.916	5.187

3）优势种

将鱼类 IRI 指数列于表 6.7.4-23。从表可得出，鱼类 IRI 值在 1000 以上的有 3 种，分别为二长棘鲷（*Paerargyrops edita*），丽叶鲹（*Caranx kallas*）和鹿斑鲻（*Secutor ruconius*），二长棘鲷（IRI=2754.39）为本次调查的鱼类第一优势种，其总生物渔获重量为 9064.08 g，占鱼类总渔获重量的 39.17 %。总个体渔获量为 220 ind，占鱼类总渔获个体数的 26.93 %。

表 6.7.4-23 （2021 年 9 月）鱼类的 IRI 指数

种类	出现频率（%）	总个体渔获量		总渔获重量		IRI
		（ind）	（%）	（g）	（%）	
刺鲳	33.33	12	1.47	298.95	1.29	91.99
丽叶鲹	41.67	153	18.73	1918.95	8.29	1125.92
截尾白姑鱼	41.67	33	4.04	817.85	3.53	315.44
杜氏叫姑鱼	41.67	24	2.94	530.54	2.29	217.93
长颌棱鳀	16.67	12	1.47	140.86	0.61	34.67
中颌棱鳀	16.67	8	0.98	62.60	0.27	20.84
斑鰶	16.67	4	0.49	362.29	1.57	34.34
鹿斑鲻	50.00	136	16.65	3715.65	16.06	1635.50
短尾大眼鲷	16.67	13	1.59	453.97	1.96	59.18
二长棘鲷	41.67	220	26.93	9064.08	39.17	2754.39
黄鳍棘鲷	16.67	5	0.61	441.60	1.91	42.01
斑鳍大眼鲷	16.67	36	4.41	1145.83	4.95	156.03
中线天竺鲷	16.67	9	1.10	87.20	0.38	24.67
多齿蛇鲻	25.00	8	0.98	483.78	2.09	76.75
青鳞小沙丁鱼	16.67	28	3.43	740.06	3.20	110.52
黄带副绯鲤	16.67	4	0.49	112.96	0.49	16.34
孔鰕虎鱼	33.33	9	1.10	67.58	0.29	46.33
钝鲟	33.33	8	0.98	498.16	2.15	104.32
小带鱼	33.33	5	0.61	204.03	0.88	49.66
竹荚鱼	16.67	16	1.96	552.38	2.39	72.51
细纹鲻	58.33	53	6.49	479.26	2.07	499.30
棕斑腹刺鲀	8.33	1	0.12	64.44	0.28	3.33
褐菖鲉	8.33	4	0.49	142.34	0.62	9.25
黑边天竺鲷	33.33	8	0.98	109.26	0.47	48.33
长条蛇鲻	33.33	7	0.86	562.10	2.43	109.66
沙带鱼	8.33	1	0.12	82.53	0.36	4.00

⑤甲壳类资源状况

1）种类组成

本次调查，共捕获的甲壳类，经鉴定共 23 种，其中：虾类 5 种，蟹类 12 种，虾蛄类 6 种。

2）优势种

将甲壳类 IRI 指数列于表 6.7.4-24。从表可得出，甲壳类 IRI 值在 1000 以上的有 2 种，分别为中国明对虾（*Fenneropenaeus chinensis*）和周氏新对虾（*Metapenaeus joyneri*），两者的总生物渔获重量分为 1436.07g 和 2444.12g，分别占甲壳类总渔获重量（14225.50g）的 10.10%和 17.18%，总个体渔获量分别为 115ind 和 200ind，分别占甲壳类总渔获个体数（751ind）的 15.31%和 26.63%。

表 6.7.4-24 （2021 年 9 月）甲壳类的 IRI 指数

种类	出现频率	个体渔获数	渔获重量	IRI

	（%）	（ind）	（%）	（g）	（%）	
斑节对虾	16.67	2	0.27	29.64	0.21	8.00
中国明对虾	58.33	115	15.31	1436.07	10.10	1482.17
周氏新对虾	50.00	200	26.63	2444.12	17.18	2190.50
鹰爪虾	8.33	18	2.40	58.18	0.41	23.41
中华管鞭虾	25.00	15	2.00	55.40	0.39	59.75
条尾近虾蛄	16.67	6	0.80	53.82	0.38	19.67
日本猛虾蛄	50.00	42	5.59	1256.07	8.83	721.00
长叉三宅虾蛄	16.67	11	1.46	471.16	3.31	79.52
猛虾蛄	8.33	19	2.53	448.09	3.15	47.31
伍氏平虾蛄	33.33	91	12.12	1557.36	10.95	768.92
断脊小口虾蛄	33.33	17	2.26	254.85	1.79	134.99
晶莹蟳	16.67	3	0.40	184.78	1.30	28.34
锈斑蟳	33.33	20	2.66	772.12	5.43	269.64
日本蟳	33.33	61	8.12	2187.07	15.37	782.92
武士蟳	25.00	44	5.86	805.55	5.66	288.00
光掌蟳	8.33	1	0.13	19.56	0.14	2.25
红星梭子蟹	33.33	15	2.00	1082.16	7.61	320.30
远海梭子蟹	16.67	2	0.27	223.23	1.57	30.67
矛形梭子蟹	8.33	8	1.07	23.63	0.17	10.33
阿氏强蟹	58.33	41	5.46	361.64	2.54	466.64
厦门银杏蟹	8.33	1	0.13	9.94	0.07	1.67
日本关公蟹	16.67	4	0.53	50.56	0.36	14.84
颗粒关公蟹	33.33	15	2.00	440.50	3.10	169.98

3）甲壳类资源密度评估

本次调查，甲壳类的资源密度见表 6.7.4-23。由表可知，甲壳类平均重量密度和平均个体密度分别为 90.321kg/km^2 和 4.768×10^{3}ind/km^2。其中，重量密度变化范围为（40.768～195.026）kg/km^2，个体密度分布范围为（2.286～7.848）×10^{3}ind/km^2，SJ5 站位断面捕获甲壳类的重量和个体估算资源密度最高。

表 6.7.4-25 （2021 年 9 月）甲壳类资源密度

断面	重量密度（kg/km^2）	个体密度（ind/km^2）
SJ2	69.612	4.038
SJ3	42.030	4.495
SJ5	195.026	7.848
SJ6	78.066	6.171
SJ7	107.762	6.248
SJ10	81.919	2.286
SJ12	128.534	4.724
SJ13	131.423	7.162
SJ14	76.584	4.724
SJ16	40.768	2.743
SJ18	55.798	3.352
SJ20	76.325	3.429
平均值	90.321	4.768

⑥软体类资源状况

1）种类组成

本次调查，共捕获的软体类，经鉴定共 6 种。

2）资源密度评估

本次调查，软体类的资源密度见表 6.7.4-26。由表可知，其平均重量密度和平均个体密度分别为 21.931kg/km^2 和 0.825×10^{3}ind/km^2。其中，重量密度范围为 0～72.771kg/km^2，个体密度分布范围为（0～3.581）×10^{3}ind/km^2，软体动物重量密度资源最大估算值出现在 SJ10 号站位断面，个体密度资源最大估算值出现在 SJ7 号站位断面。

表 6.7.4-26 （2021 年 9 月）软体类资源密度

断面	重量密度（kg/km^2）	个体密度（ind/km^2）
SJ2	0	0
SJ3	3.291	0.381
SJ5	0	0
SJ6	15.267	0.152
SJ7	37.582	3.581
SJ10	72.771	2.286
SJ12	5.861	0.076
SJ13	4.168	0.076
SJ14	22.725	0.229
SJ16	42.547	0.457
SJ18	47.831	2.514
SJ20	11.125	0.152
平均值	21.931	0.825

⑦小结

2021 年 9 月调查海域共捕获游泳生物 55 种，其中：鱼类 26 种，甲壳类 23 种和软体类 6 种。渔业资源的平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 3401.57g/h 和 142ind/h，平均重量密度为 259.167kg/km^2，平均个体密度为 10.781×10^{3}ind/km^2。

7 环境影响预测与评价

7.1 水动力环境影响预测与评价

拟申请采砂区位于揭阳市海域，平均采砂深度为 8.74m，工程所在海域潮流动力较强，采砂施工使得区域地形发生变化，潮汐动力应受到一定影响，产生的悬浮泥沙随海流输运扩散，对采砂区及附近海域水质产生一定影响。根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T 19485-2014）的要求，建立评价海域三维潮流模型，预测工程对海洋环境的影响。

7.1.1 潮流模型

7.1.1.1 控制方程

①连续方程

$$\frac{\partial h}{\partial t}+\frac{\partial h\bar{u}}{\partial x}+\frac{\partial h\bar{v}}{\partial y}+\frac{\partial h\bar{\omega}}{\partial \sigma}=0$$

②动量方程

$$\frac{\partial h\bar{u}}{\partial t}+\frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x}+\frac{\partial h\overline{vu}}{\partial y}+\frac{\partial h\overline{\omega u}}{\partial \sigma}=f\bar{v}h-\mathrm{g}h\frac{\partial \eta}{\partial x}-\frac{\mathrm{g}h}{\rho_0}\int_z^{\eta}\frac{\partial \rho}{\partial x}dz+hF_u+\frac{\partial}{\partial \sigma}\left(\frac{v_t}{h}\frac{\partial \bar{u}}{\partial \sigma}\right)$$

$$\frac{\partial h\bar{v}}{\partial t}+\frac{\partial h\overline{uv}}{\partial x}+\frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial y}+\frac{\partial h\overline{\omega v}}{\partial \sigma}=-f\bar{u}h-\mathrm{g}h\frac{\partial \eta}{\partial y}-\frac{\mathrm{g}h}{\rho_0}\int_z^{\eta}\frac{\partial \rho}{\partial y}dz+hF_v+\frac{\partial}{\partial \sigma}\left(\frac{v_t}{h}\frac{\partial \bar{v}}{\partial \sigma}\right)$$

$$hF_u=\frac{\partial}{\partial x}\left(2hA\frac{\partial u}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(hA\left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial y}+\frac{\partial \bar{v}}{\partial x}\right)\right)$$

$$hF_v=\frac{\partial}{\partial y}\left(2hA\frac{\partial v}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left(hA\left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial y}+\frac{\partial \bar{v}}{\partial x}\right)\right)$$

式中：

x、y、z——坐标系三个分量；

h——总水深，$h=d+\eta$，d为给定基面下水深，为η为基面起算水位；

$\bar{u}$、$\bar{v}$、$\bar{w}$—x、y、z 方向流速；

t——时间；

f——科氏参数；

g——重力加速度；

ρ_0——参考密度；

ρ——水体密度；

A——水平涡动粘滞系数；采用 Smagorinsky 公式计算。

③温盐输运扩散方程

$$\frac{\partial hT}{\partial t}+\frac{\partial h\bar{u}T}{\partial x}+\frac{\partial h\bar{v}T}{\partial y}+\frac{\partial h\bar{\omega}T}{\partial \sigma}=hF_T+\frac{\partial}{\partial \sigma}\left(\frac{D_v}{h}\frac{\partial T}{\partial \sigma}\right)+hH$$

$$\frac{\partial hs}{\partial t}+\frac{\partial h\bar{u}s}{\partial x}+\frac{\partial h\bar{v}s}{\partial y}+\frac{\partial h\bar{\omega}s}{\partial \sigma}=hF_s+\frac{\partial}{\partial \sigma}\left(\frac{D_v}{h}\frac{\partial s}{\partial \sigma}\right)$$

$$hF_T=\frac{\partial}{\partial x}\left(hD_h\frac{\partial T}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(hD_h\frac{\partial T}{\partial y}\right)$$

$$hF_s=\frac{\partial}{\partial x}\left(hD_h\frac{\partial s}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(hD_h\frac{\partial s}{\partial y}\right)$$

式中：

T——海水温度；

s——海水盐度；

D_h、D_v——温度、盐度在水平和垂向上的扩散系数。

7.1.1.2 定解条件

在自由水面和床底的边界条件为：

在自由水面$\sigma=1$

$$\omega=0,\ \left(\frac{\partial u}{\partial \sigma},\ \frac{\partial v}{\partial \sigma}\right)=\frac{h}{\rho_0 v_t}(\tau_{sx},\ \tau_{sy})$$

式中，τ_{sx}，τ_{sy}分别为风应力在 x、y 方向的分量；

在自由水面$\sigma = 0$

$$\omega = 0，\left(\frac{\partial u}{\partial \sigma}，\frac{\partial v}{\partial \sigma}\right) = \frac{h}{\rho_0 v_t}(\tau_{bx}，\tau_{by})$$

在固壁边界上给定滑移边界条件，即：

$$\vec{V} \cdot \vec{n} = 0，grad\Delta T \cdot \vec{n} = 0$$

式中$\vec{V}$为流速矢量，$\vec{n}$为边界法向单位矢量。

在开边界上给定潮位过程$\eta = \eta_0(t)$，开边界的潮位过程从调和分潮预测的潮汐结果中提取。

7.1.1.3 计算范围及网格划分

本项目为采砂工程，所在水域位于揭阳市对外海域，潮汐动力较强，受外海潮流影响，水流运动较为复杂。根据项目海洋环境影响预测的需要，确定工程潮流模型计算范围如图7.1.1-1。模型采用三角形网格划进行离散，网格单元数40051个，节点数20395个，外海网格尺寸为1500m，对工程附近区域进行网格局部加密处理，工程区域网格空间步长50m，项目附近海域网格划分见图7.1.1-2。

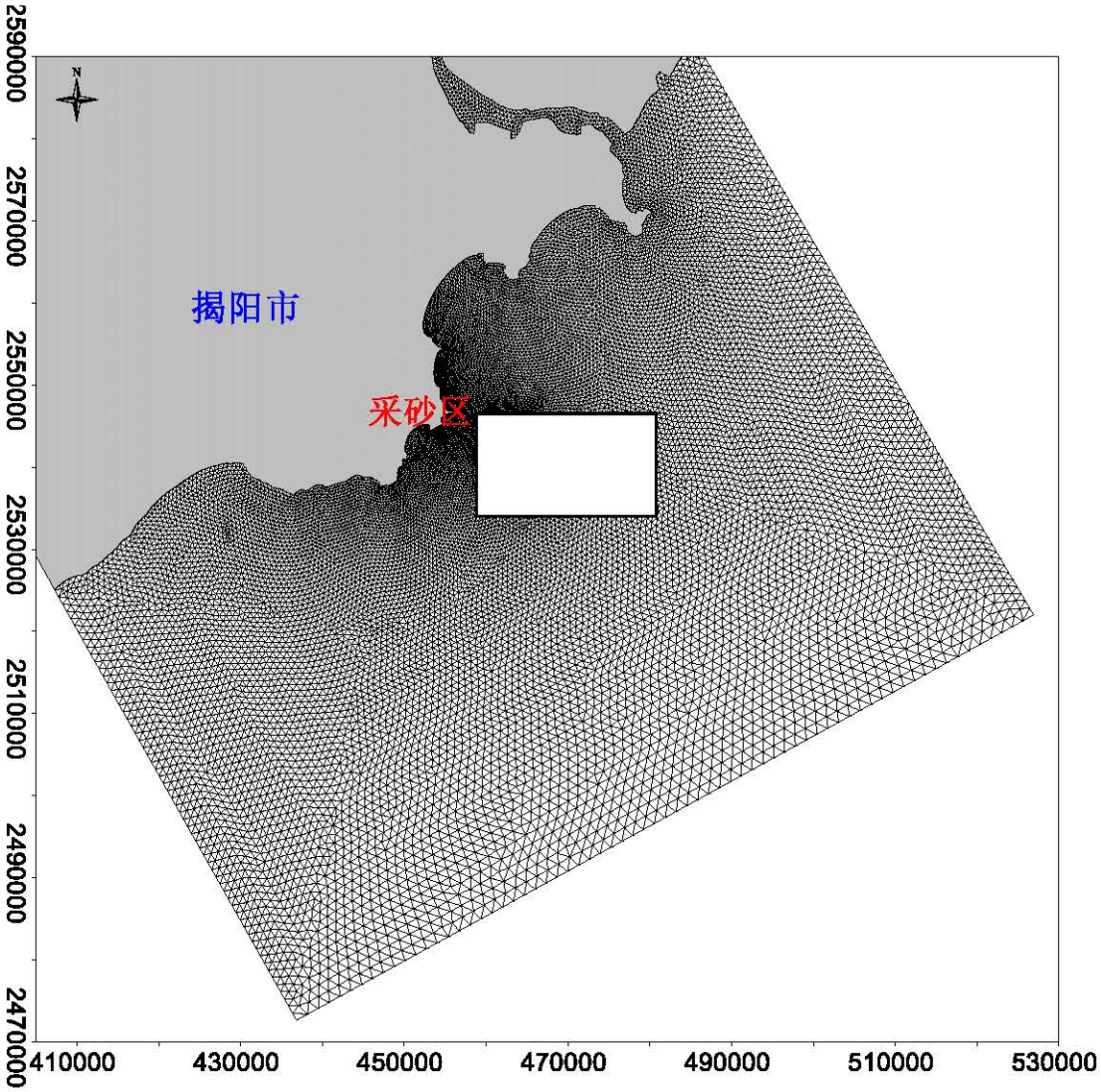


图 7.1.1-1　模型计算范围

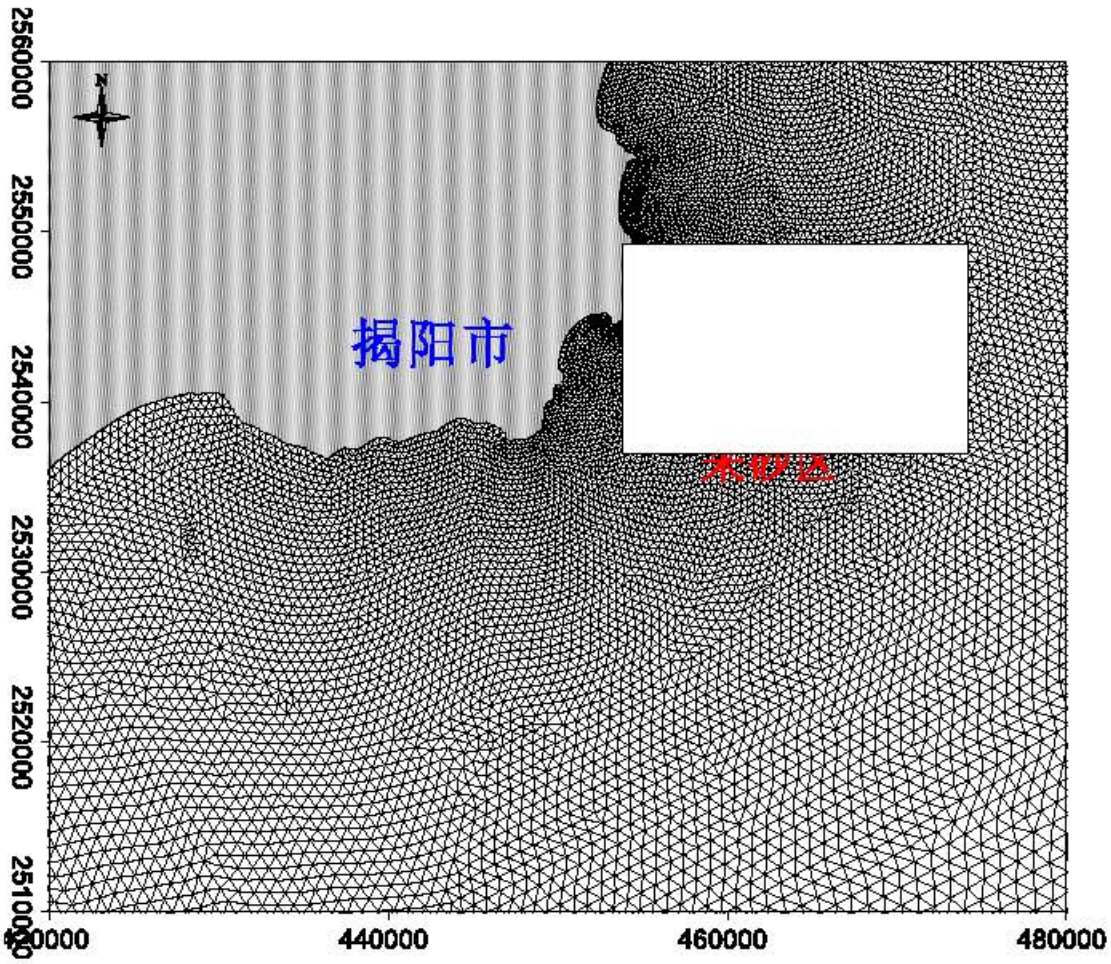


图 7.1.1-2　采砂工程附近海域网格

7.1.1.4 模型验证

采用工程附近海域实测潮位和潮流对本模型进行验证，各观测站点分布见图 7.1.1-3。潮位站 T1 和 T2 观测时间为 2021 年 9 月 8 日 13：00~8 月 10 日 23:00，潮流站 S1~S6 观测时间为 2021 年 9 月 8 日 12:00~2021 年 9 月 10 日 16:00，其中 S2 和 S6 潮流站观测时间为 2021 年 9 月 8 日 12:00~8 月 9 日 13:00，S1、S3、S4 和 S5 潮流站观测时间为 2021 年 9 月 9 日 15:00~8 月 10 日 16:00。

模拟结果表明，T1 和 T2 潮位观测模拟潮位过程与实测潮位过程吻合较好，高低潮位计算值与实测值基本一致；潮流观测 S1~S6 站模拟流速、流向变化趋势和实测流速、流向变化大体一致，计算流速最大值与实测流速最大值基本符合，计算流向和实测流向变化趋势基本一致。总体上，本模型潮位和流速、流向验证效果较好，计算结果具有一定的可靠性，可运用于本项目相关预测工作。

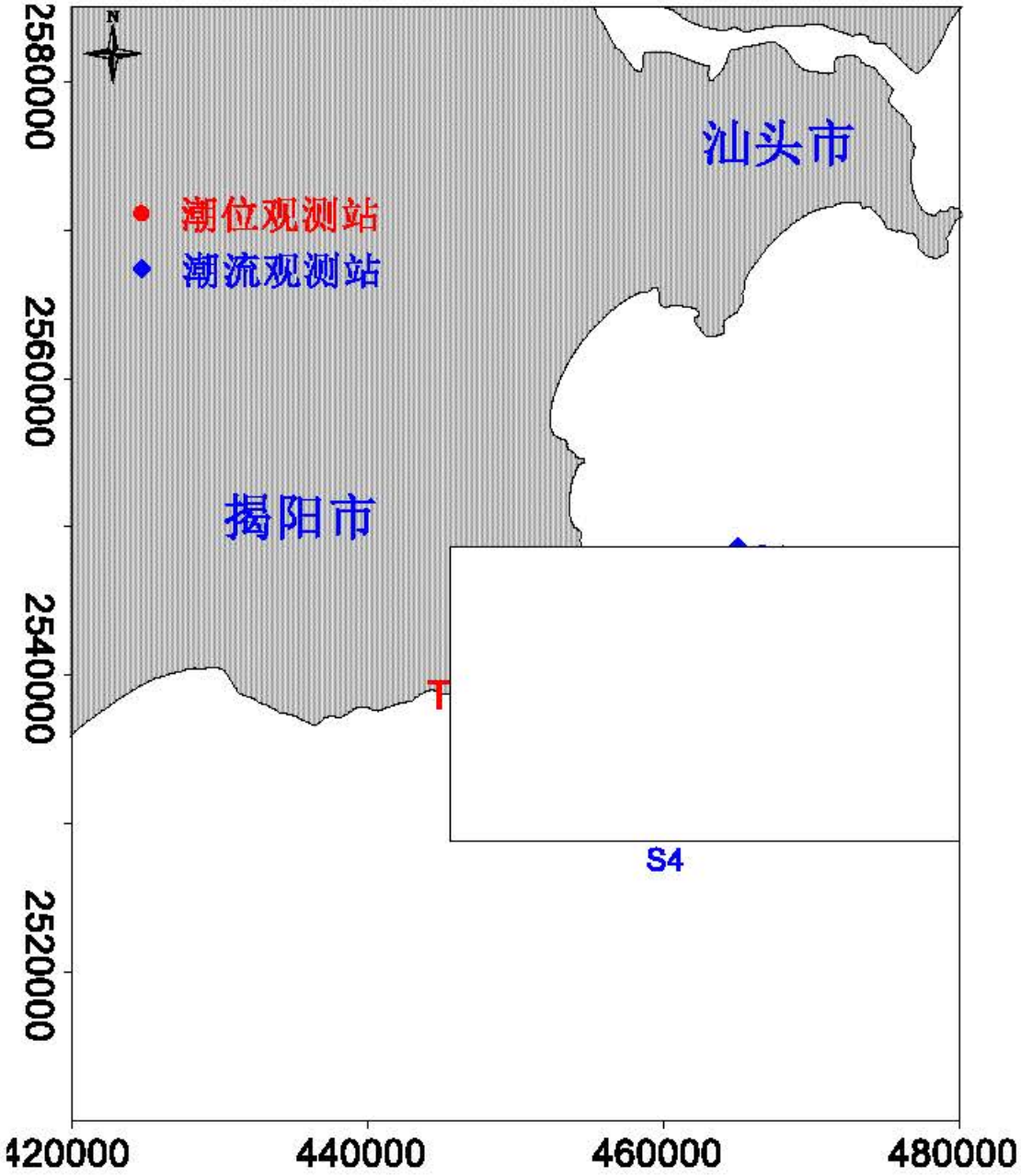
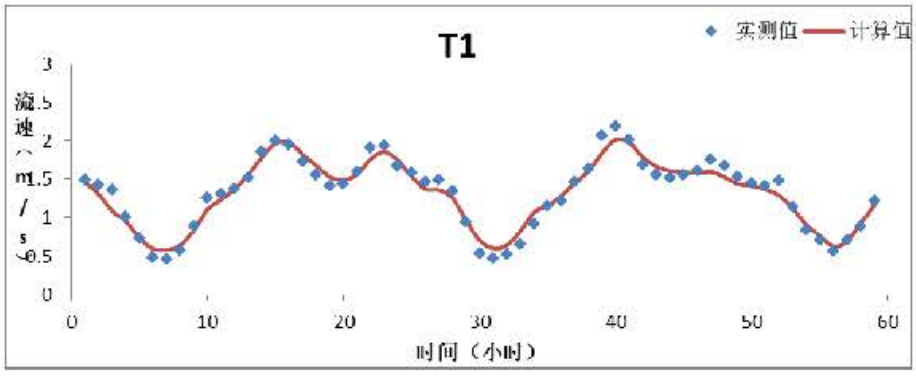


图 7.1.1-3　验证站位分布图



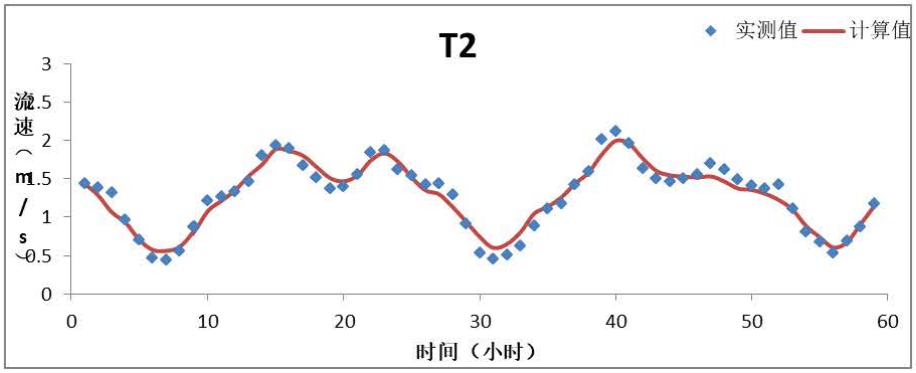
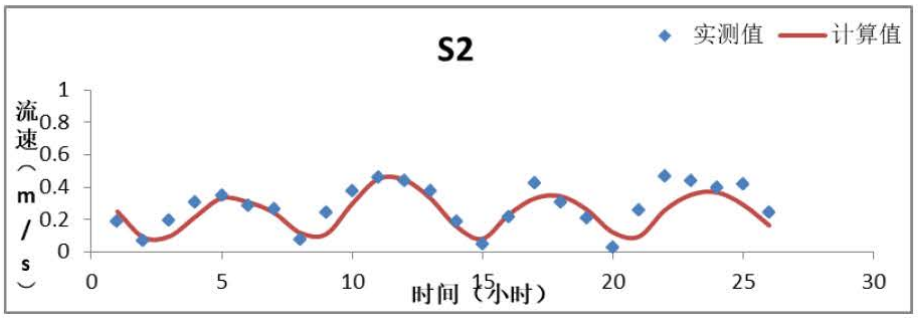


图 7.1.1-4　潮位验证（2018 年 1 月 18 日 0:00 起）



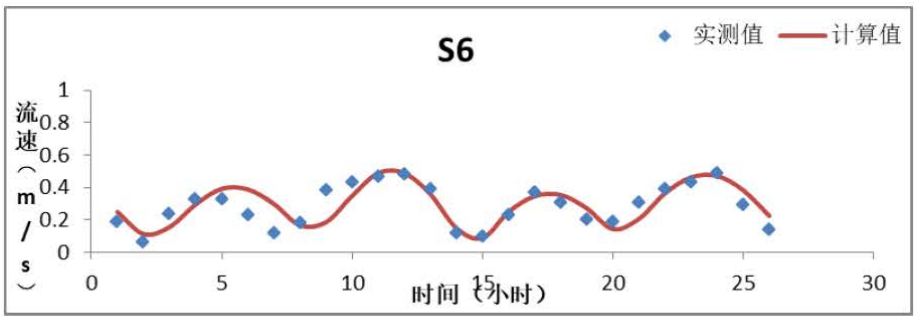
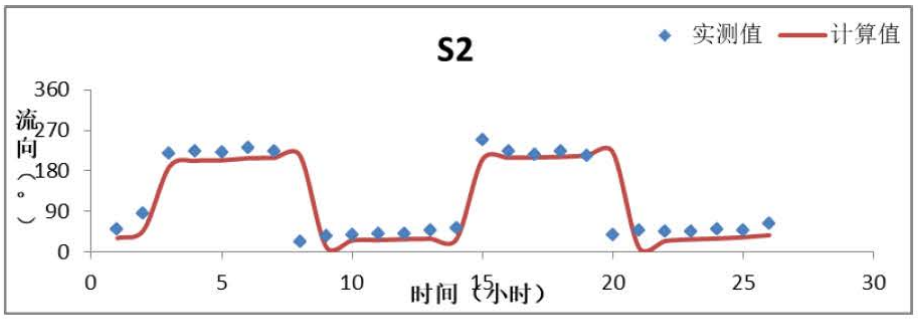


图 7.1.1-5a　S2 和 S6 站潮流验证（流速，2021 年 9 月 8 日 13:00 起）



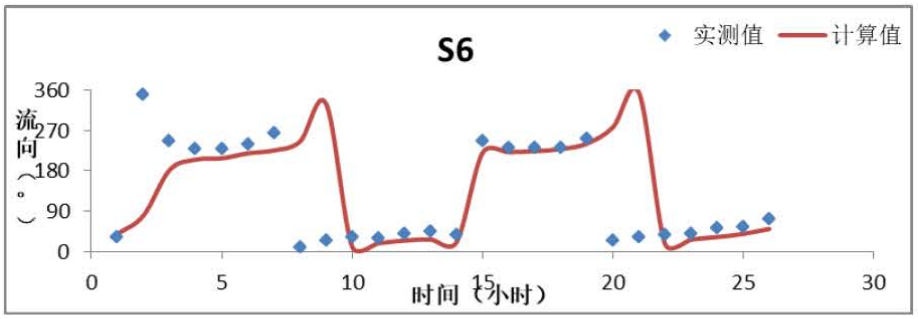
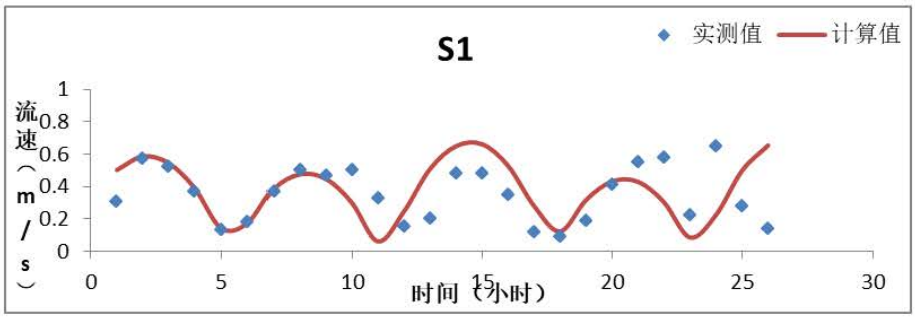
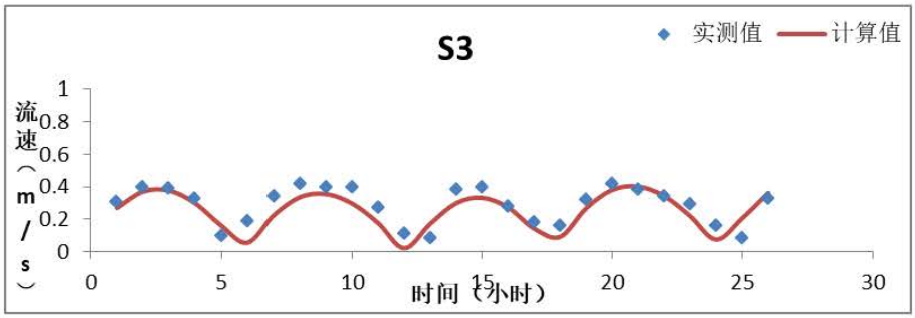
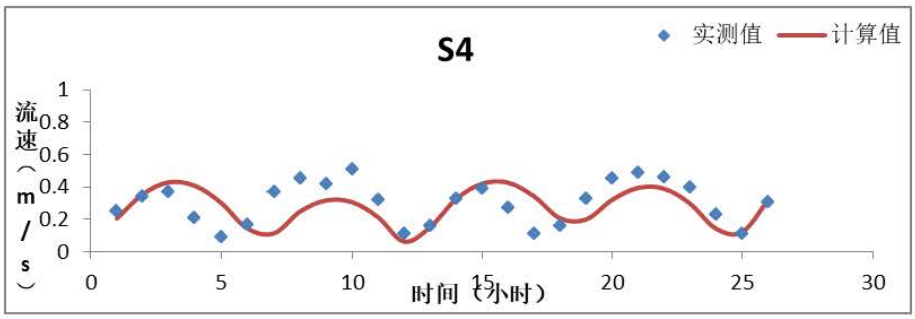


图 7.1.1-5b　S2 和 S6 站潮流验证（流向，2021 年 9 月 8 日 13:00 起）







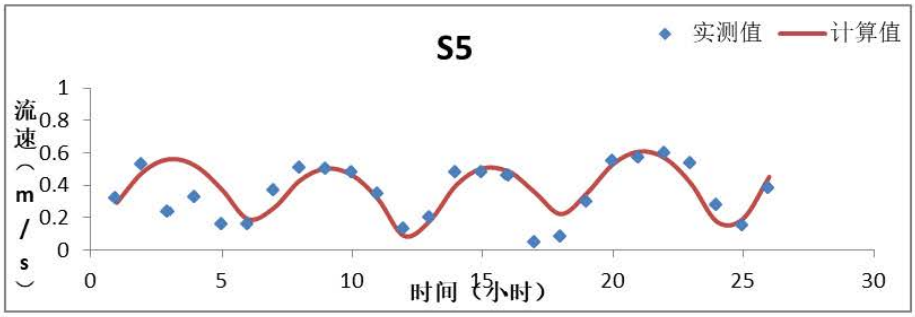
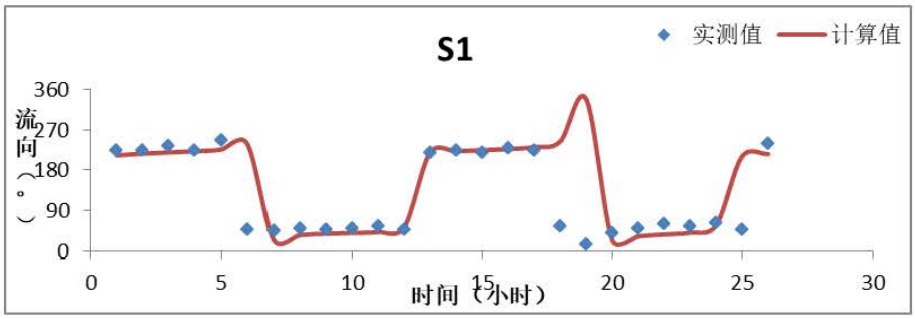


图 7.1.1-6a　S1、S3~S5 站潮流验证（流速，2021 年 9 月 9 日 15:00 起）



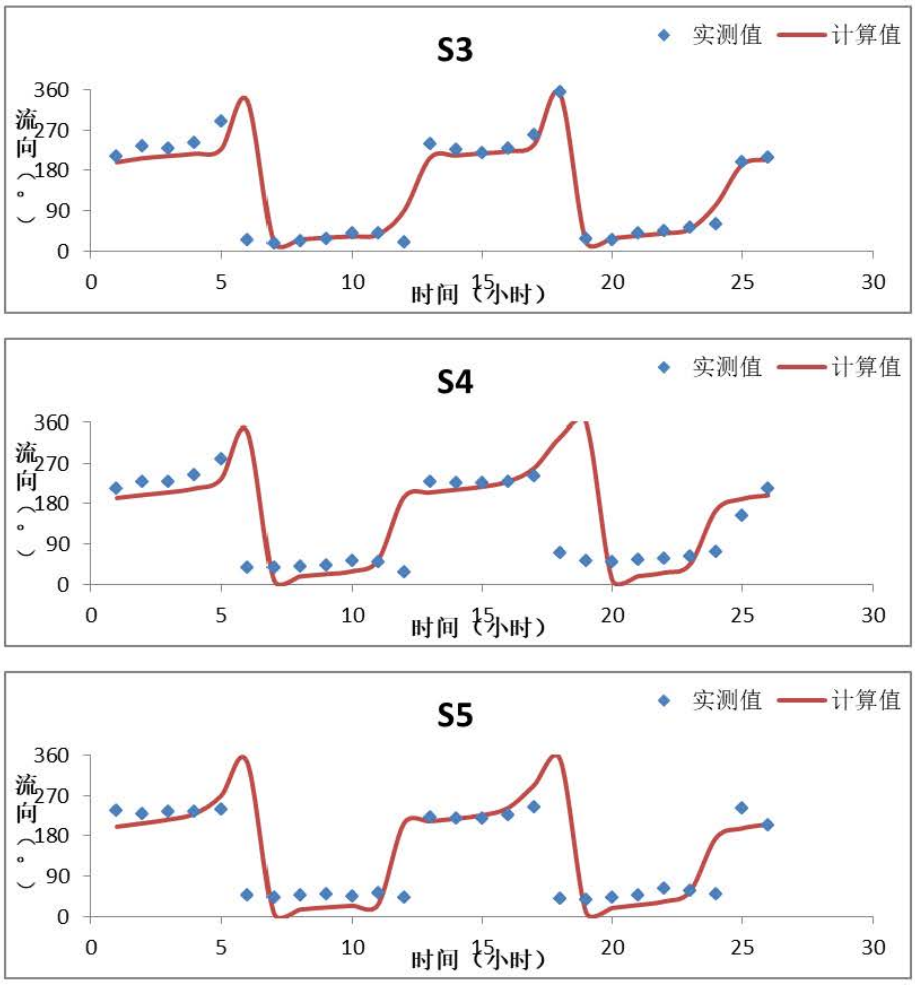


图 7.1.1-6b　S1、S3~S5 站潮流验证（流向，2021 年 9 月 9 日 15:00 起）

7.1.2 工程前潮汐动力特征分析

揭阳采砂区位于鹿角礁对外海域，距离岸线约 7km，该区域受外海潮流影响明显，揭阳市海域大潮涨、落急流场见图 7.1.2-1 和图 7.1.2-2。模拟结果显示，项目所在海域潮流运动受外海潮流动力和岸线走向共同作用，涨急时刻外海潮流总体流向 N，近岸潮流沿岸线从 W 流向 NE，表层流速为 0.13~0.56m/s，最大流速出现在鹿角礁附近，流速为 0.56m/s；底层流速为 0.11~0.45m/s，最大流速出现在鹿角礁附近，流速为 0.45m/s。落急时刻外海潮流总体流向 SW，近岸潮流沿岸线从 NE 流向 W，表层流速为 0.11~0.48m/s，最大流速出现在鹿角礁附近，流速为 0.48m/s；底层流速为 0.10~0.42m/s，最大流速出现在鹿角礁附近，流速为 0.42m/s。

工程所在区域大潮涨、落急流场见图 7.1.2-3 和图 7.1.2-4。项目所在区域为鹿角礁对外约 7km 开阔海域，该区域潮流运动表现为 NE-SW 向往复流，涨急时

刻潮流流向 NE，表层流速为 0.38~0.56m/s，底层流速为 0.30~0.45m/s，近岸潮流主要以沿岸流为主，受鹿角礁凸出岸线影响，背流向出现逆时针涡流。落急时刻潮流流向 SW，表层流速为 0.31~0.42m/s，底层流速为 0.24~0.36m/s，近岸潮流主要以沿岸流为主，受鹿角礁凸出岸线影响，背流向出现顺时针涡流。

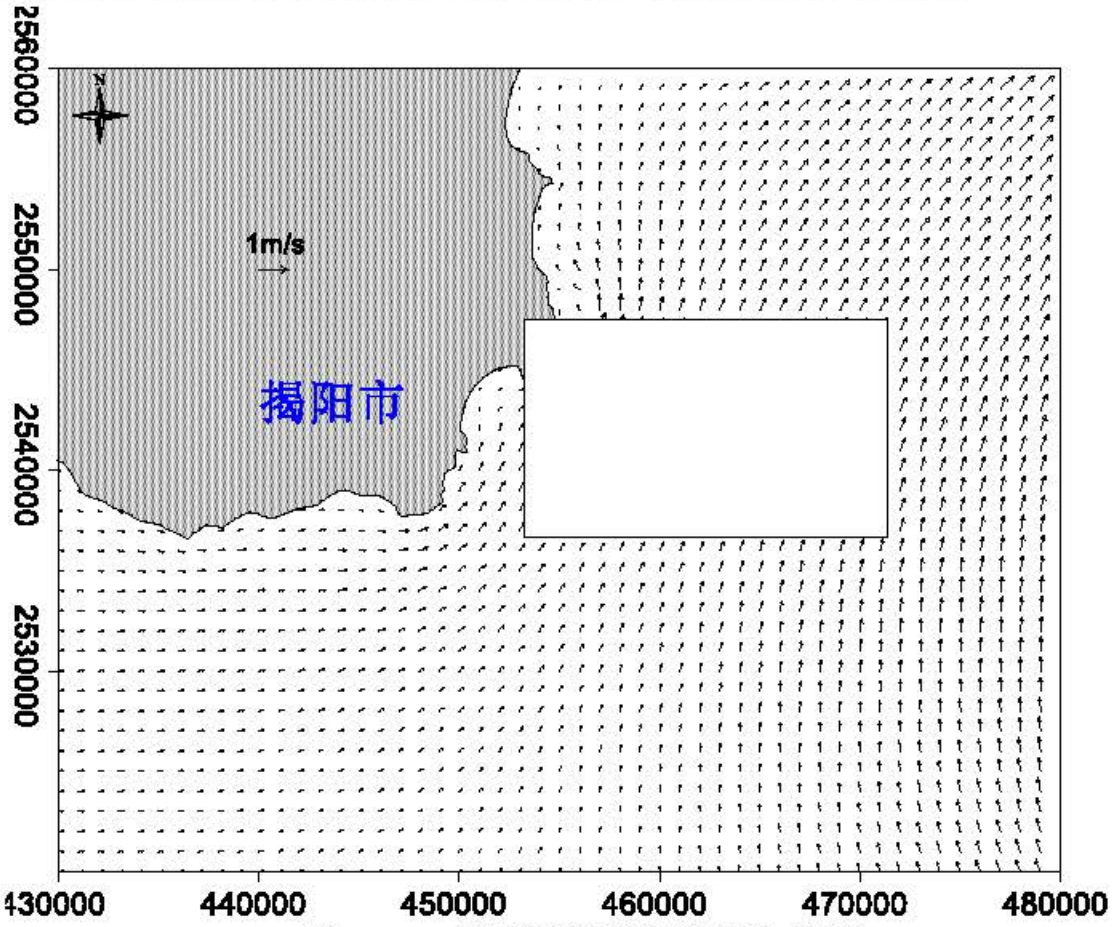


图 7.1.2-1a　揭阳市海域大潮涨急流场（表层）

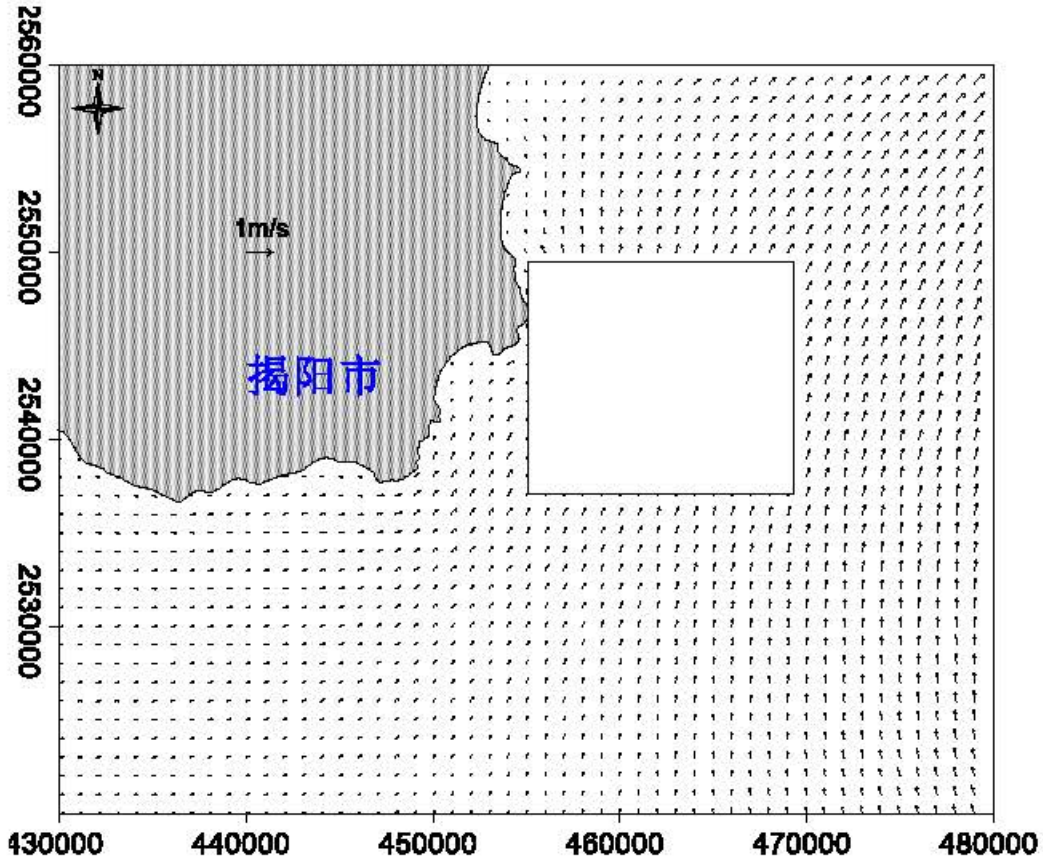


图 7.1.2-1b　揭阳市海域大潮涨急流场（底层）

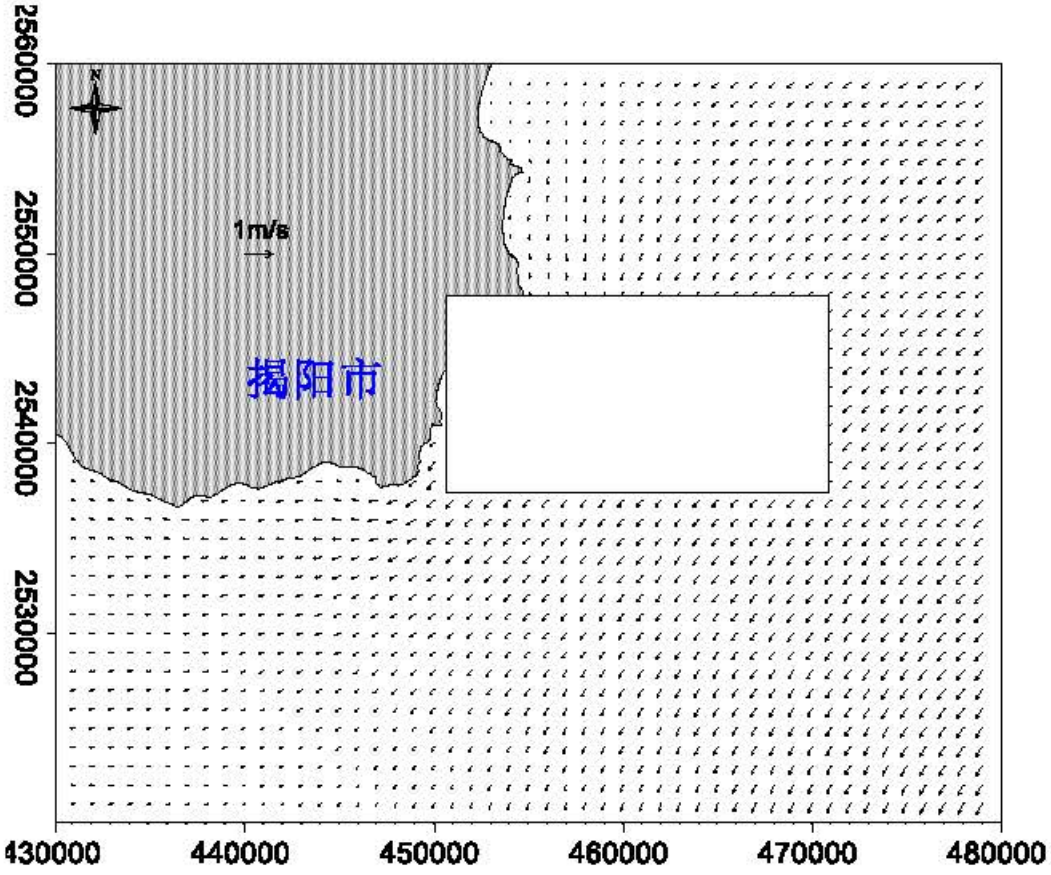


图 7.1.2-2a　揭阳市海域大潮落急流场（表层）

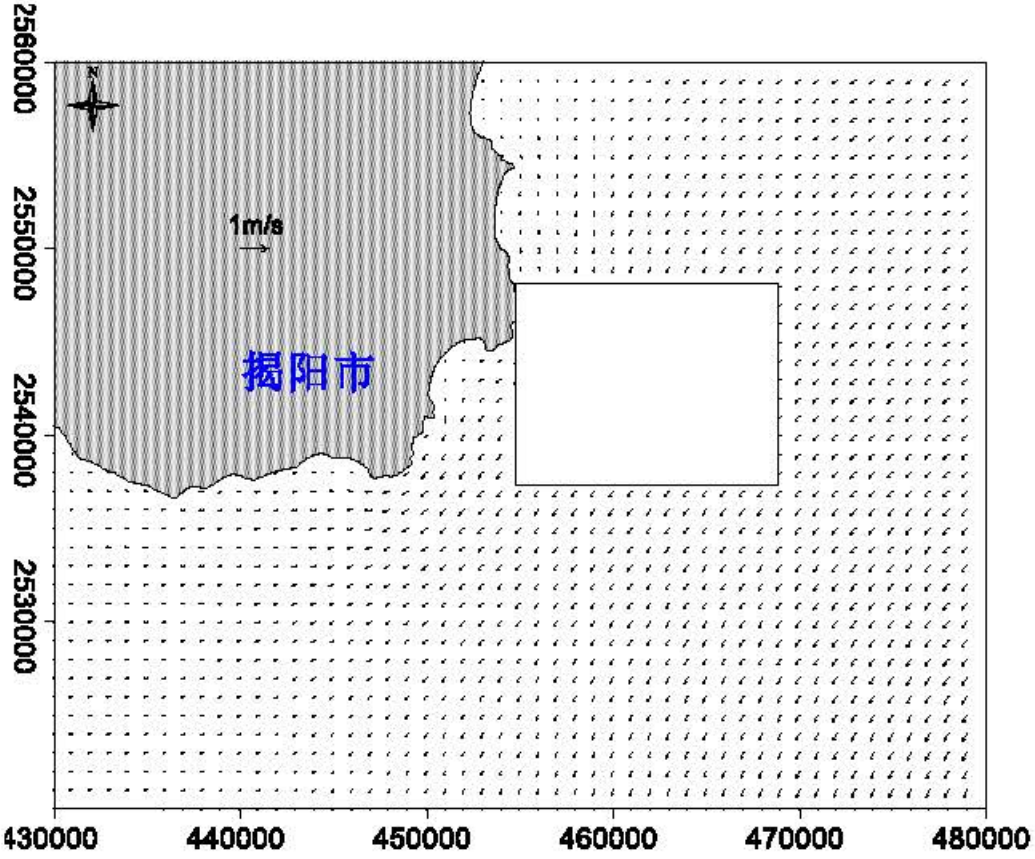


图 7.1.2-2a　揭阳市海域大潮落急流场（底层）

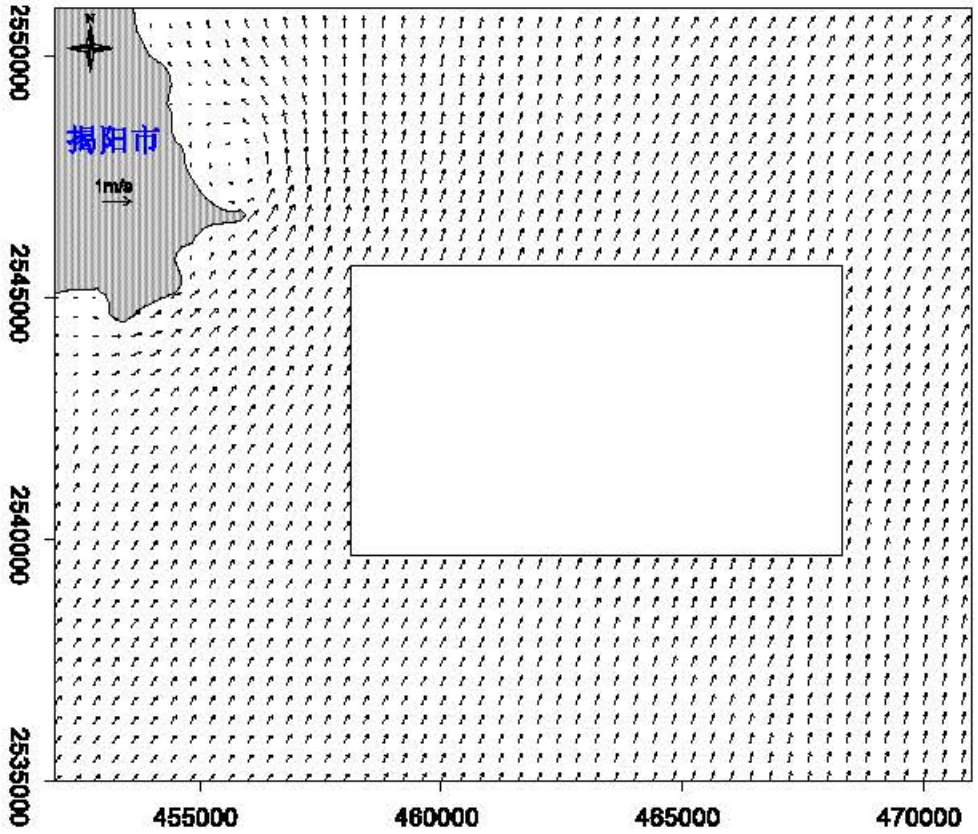


图 7.1.2-3a　采砂区附近区域大潮涨急流场（表层）

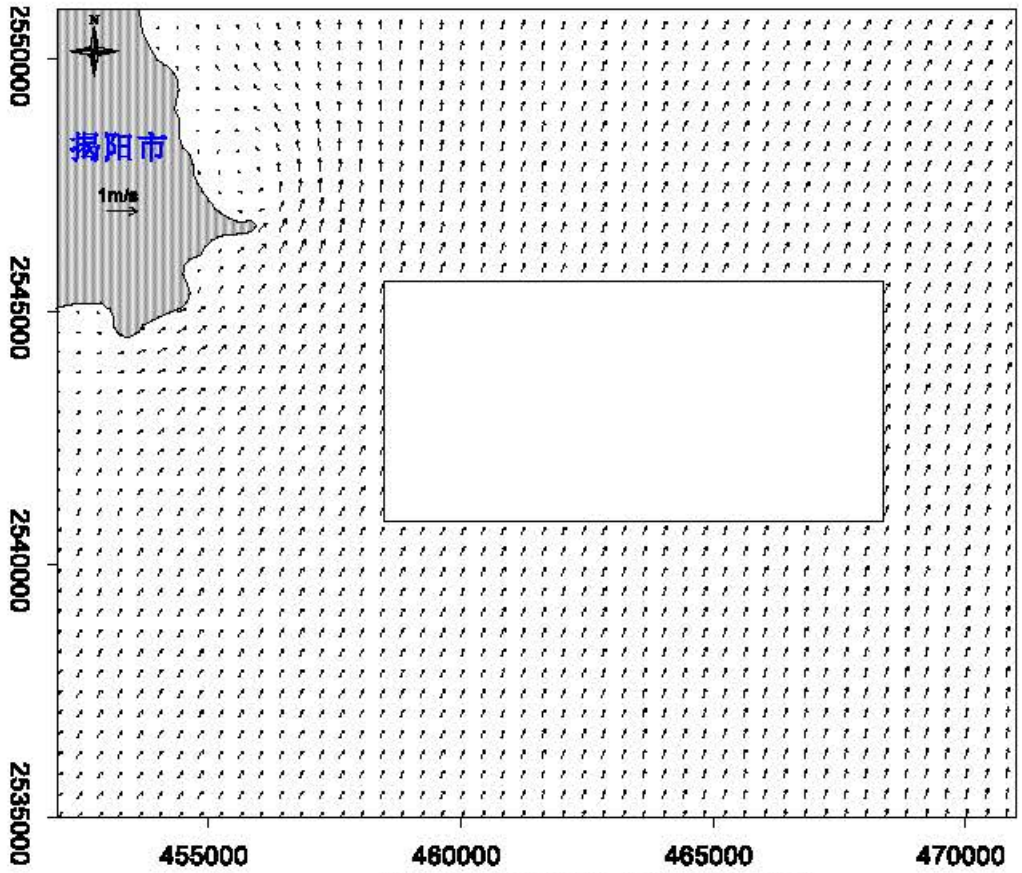


图 7.1.2-3b　采砂区附近区域大潮涨急流场（底层）

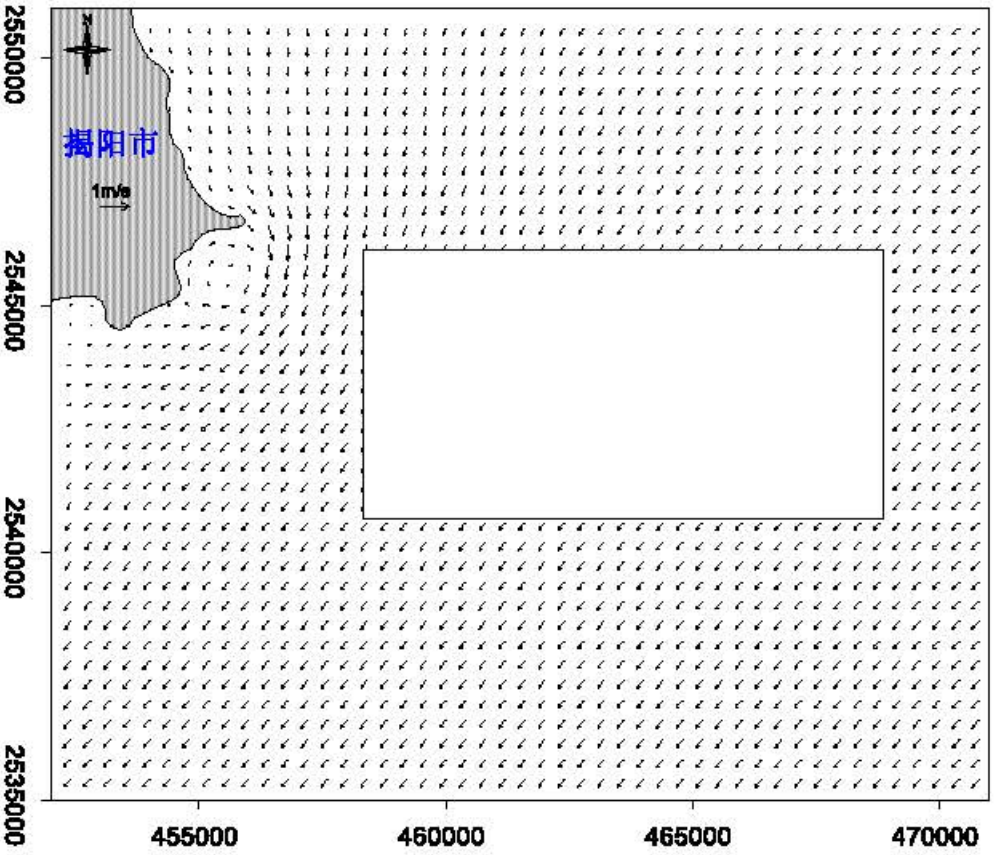


图 7.1.2-4a　采砂区附近区域大潮落急流场（表层）

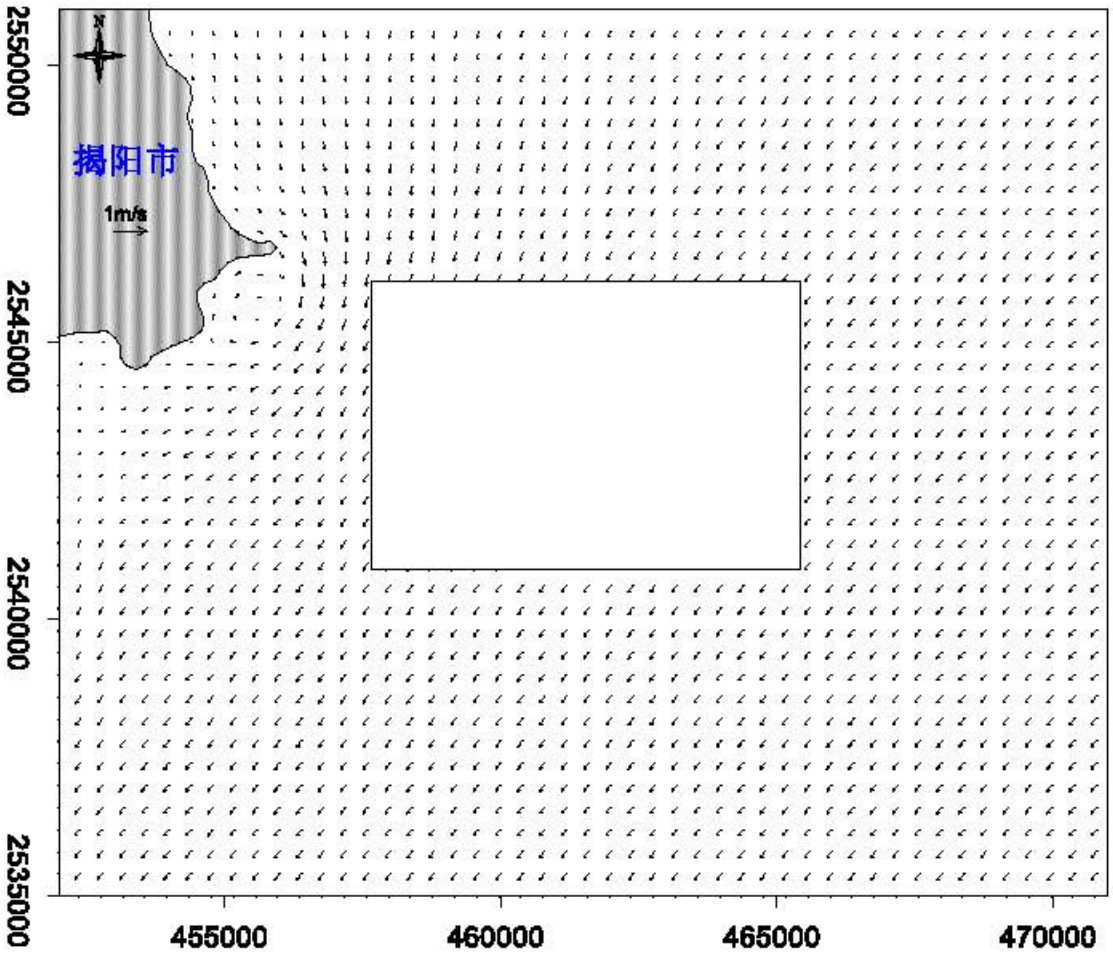


图 7.1.2-4a　采砂区附近区域大潮落急流场（底层）

7.1.3 工程后潮汐动力影响评价

为了研究本工程建设对附近海域潮汐动力环境的影响，本报告对工程前后项目附近海域的潮流变化情况进行对比分析。在工程周边水域选取 20 个代表点分别对比工程前和工程后两种工况涨急和落急潮流流速、流向变化情况，各代表点分布见图 7.1.3-1。分别绘制工程前后涨急流场对比图、落急流场对比图、工程前后涨急流速变化等值线图和落急流速变化等值线图，对比分析工程前后水动力变化。

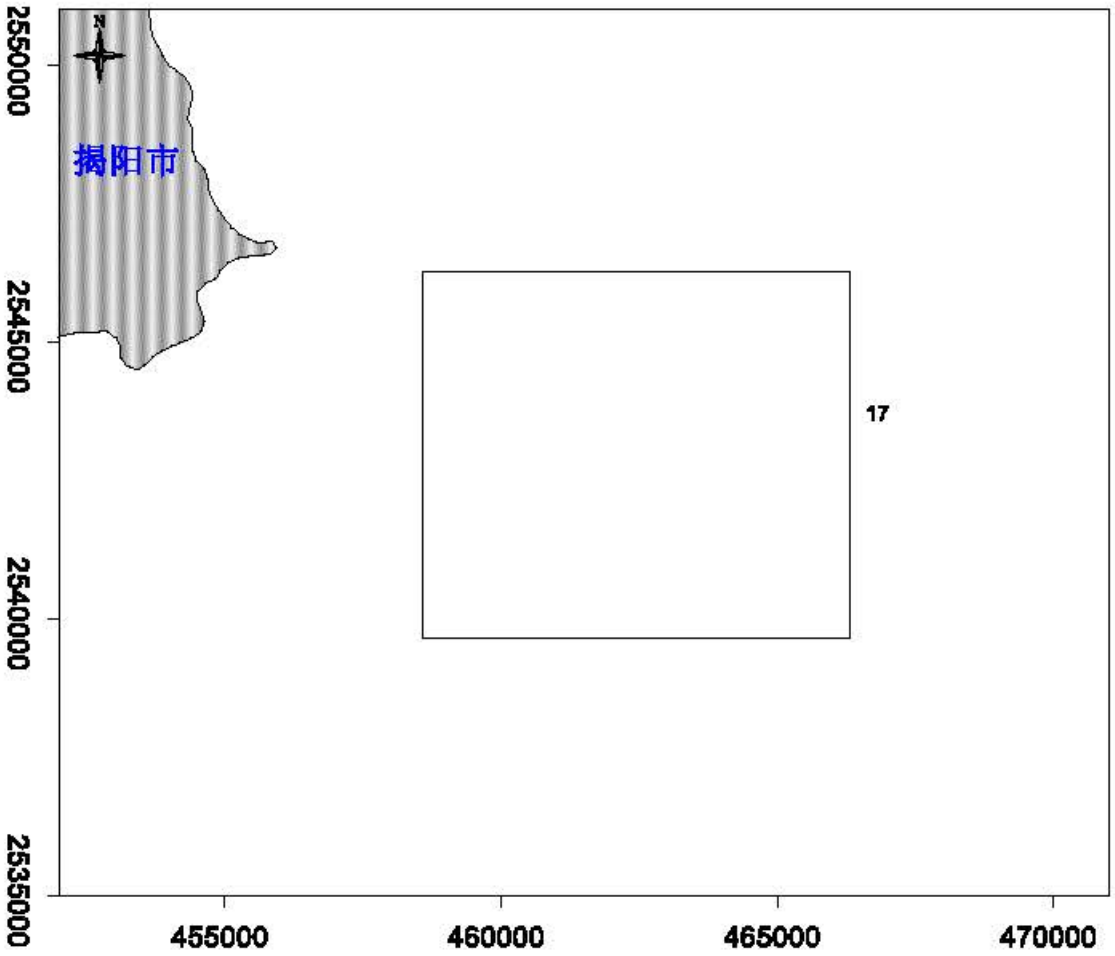


图 7.1.3-1　采砂区附近代表点位置分布图

采砂区位于开阔海域，潮流以 NE-SW 往复流为主，工程前后流速流向对比结果见表 7.1.3-1 和表 7.1.3-2。工程前后涨急流场对比见图 7.1.2-2，工程前后落急流场对比见图 7.1.2-3，以黑色矢量箭头表示工程前流场，蓝色矢量箭头表示工程后流场。工程前后涨急流速变化等值线图见图 7.1.2-4，工程前后落急流速变化等值线图见图 7.1.2-5，以正值表示流速增加，负值表示流速降低。

预测结果表明，采砂区所在区域#1~#6 号代表点的涨落急表层流速和流向出现不同程度的变化，采砂区范围内各代表点涨急表层流速出现不同程度减缓，#1~#6 代表点涨急时刻表层流速为 0.37~0.39m/s，工程后表层流速变化量为-0.05~-0.02m/s；工程后表层流向基本不变，各代表点表层流向变化量均不超过 7°。采砂区附近#7~20 号代表点表层涨急时刻流速为 0.35~0.41m/s，工程后表层流速为 0.35~0.41m/s，表层流速变化量为-0.01~0.01m/s；该区域表层流向变化不明显，流向最大变化量为 2°。

采砂区所在区域#1~#6 号代表点的涨落急底层流速和流向出现不同程度的

变化，采砂区范围内各代表点涨急底层流速出现不同程度减缓，#1~#6 代表点涨急时刻底层流速为 0.29~0.31m/s，工程后底层流速变化量为-0.04~0.00m/s；工程后底层流向基本不变，各代表点底层流向变化量均不超过 7°。采砂区附近#7~20 号代表点底层涨急时刻流速为 0.28~0.32m/s，工程后底层流速为 0.28~0.32m/s，底层流速变化量为-0.01~0.01m/s；该区域底层流向变化不明显，流向最大变化量为 2°。

采砂区范围内各代表点落急流速出现不同程度减缓，#1~#6 代表点落急时刻表层流速均为 0.32m/s，工程后表层流速变化量为-0.04~-0.03m/s；工程后表层流向基本不变，各代表点表层流向变化量均不超过 6°。采砂区附近#7~20 号代表点落急时刻表层流速为 0.31~0.35m/s，工程后表层流速为 0.31~0.35m/s，表层流速变化量为-0.01~0.01m/s；该区域表层流向变化不明显，流向最大变化量为 2°。

采砂区范围内各代表点落急流速出现不同程度减缓，#1~#6 代表点落急时刻底层流速均为 0.24m/s，工程后底层流速变化量为-0.03~-0.02m/s；工程后底层流向基本不变，各代表点底层流向变化量均不超过 6°。采砂区附近#7~20 号代表点落急时刻底层流速为 0.23~0.26m/s，工程后底层流速为 0.23~0.26m/s，底层流速变化量为-0.01~0.01m/s；该区域底层流向变化不明显，流向最大变化量为 3°。

综上所述，工程实施后采砂区水深增加，该区域流速出现一定程度减缓，流向变化不明显，采砂区周边潮汐动力变化不大，可见工程实施对潮汐动力影响主要出现在采砂区域，影响程度不明显。

表 7.1.3-1a　工程前后各代表点涨急流速流向变化（表层）

代表点	流速（m/s）			流向（°）		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
1	0.37	0.32	-0.05	27	34	7
2	0.38	0.33	-0.05	26	31	5
3	0.39	0.35	-0.04	26	29	2
4	0.39	0.37	-0.02	26	25	-1
5	0.38	0.33	-0.05	26	27	1
6	0.38	0.34	-0.04	26	28	2
7	0.37	0.37	0.00	28	29	1
8	0.38	0.37	-0.01	27	27	0
9	0.40	0.40	-0.01	27	25	-2
10	0.40	0.41	0.01	26	26	0
11	0.40	0.39	-0.01	26	27	2
12	0.38	0.38	-0.01	26	25	-1

13	0.37	0.38	0.01	26	25	-1
14	0.37	0.37	0.01	27	28	1
15	0.41	0.40	0.00	26	26	0
16	0.40	0.39	0.00	24	23	-1
17	0.41	0.41	0.00	26	27	1
18	0.39	0.38	0.00	24	24	0
19	0.37	0.37	0.00	25	25	0
20	0.35	0.35	0.00	28	29	0

表 7.1.3-1b　工程前后各代表点涨急流速流向变化（底层）

代表点	流速（m/s）			流向（°）		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
1	0.29	0.25	-0.04	26	33	7
2	0.30	0.26	-0.04	25	30	5
3	0.30	0.28	-0.02	25	28	2
4	0.31	0.30	0.00	25	24	-1
5	0.30	0.26	-0.04	25	26	1
6	0.30	0.26	-0.04	25	27	2
7	0.29	0.29	0.00	27	28	1
8	0.30	0.29	-0.01	26	26	0
9	0.31	0.31	0.00	26	24	-2
10	0.31	0.32	0.01	26	25	0
11	0.31	0.31	0.00	25	27	2
12	0.30	0.29	-0.01	25	24	-1
13	0.29	0.30	0.01	25	24	-1
14	0.29	0.29	0.00	26	27	1
15	0.32	0.31	0.00	25	25	0
16	0.31	0.31	0.00	23	22	-1
17	0.32	0.32	0.00	26	26	1
18	0.30	0.30	0.00	24	24	0
19	0.29	0.29	0.00	25	24	0
20	0.28	0.28	0.00	27	28	0

表 7.1.3-2a　工程前后各代表点落急流速流向变化（表层）

代表点	流速（m/s）			流向（°）		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
1	0.32	0.29	-0.03	218	223	6
2	0.32	0.29	-0.03	218	222	3
3	0.32	0.29	-0.03	219	221	2
4	0.32	0.30	-0.02	219	218	-2
5	0.32	0.29	-0.03	220	221	1
6	0.32	0.28	-0.04	219	221	1
7	0.33	0.33	0.00	216	216	0
8	0.32	0.32	-0.01	216	217	0

9	0.33	0.32	0.00	218	216	-1
10	0.32	0.32	0.00	219	218	-1
11	0.32	0.32	0.00	221	223	2
12	0.32	0.31	-0.01	221	221	0
13	0.32	0.32	0.00	219	217	-2
14	0.33	0.33	0.01	218	218	0
15	0.35	0.35	0.00	211	211	0
16	0.31	0.31	0.00	213	213	0
17	0.32	0.32	0.00	223	223	1
18	0.33	0.32	0.00	222	222	0
19	0.33	0.33	0.00	219	219	-1
20	0.34	0.34	0.00	218	218	0

表 7.1.3-2b　工程前后各代表点落急流速流向变化（底层）

代表点	流速（m/s）			流向（°）		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
1	0.24	0.22	-0.02	216	222	6
2	0.24	0.22	-0.02	217	221	3
3	0.24	0.22	-0.02	218	219	2
4	0.24	0.22	-0.02	218	216	-2
5	0.24	0.21	-0.03	218	219	1
6	0.24	0.21	-0.03	218	219	1
7	0.25	0.25	0.00	215	215	0
8	0.24	0.24	-0.01	215	216	1
9	0.25	0.24	0.00	216	215	-1
10	0.24	0.24	0.00	217	217	-1
11	0.24	0.24	0.00	219	222	3
12	0.24	0.23	-0.01	220	219	-1
13	0.24	0.25	0.01	218	216	-2
14	0.25	0.25	0.01	217	217	0
15	0.26	0.26	0.00	210	211	0
16	0.23	0.23	0.00	212	211	-1
17	0.24	0.24	0.00	221	222	1
18	0.24	0.24	0.00	221	221	0
19	0.25	0.25	0.00	218	217	-1
20	0.25	0.25	0.00	217	217	0

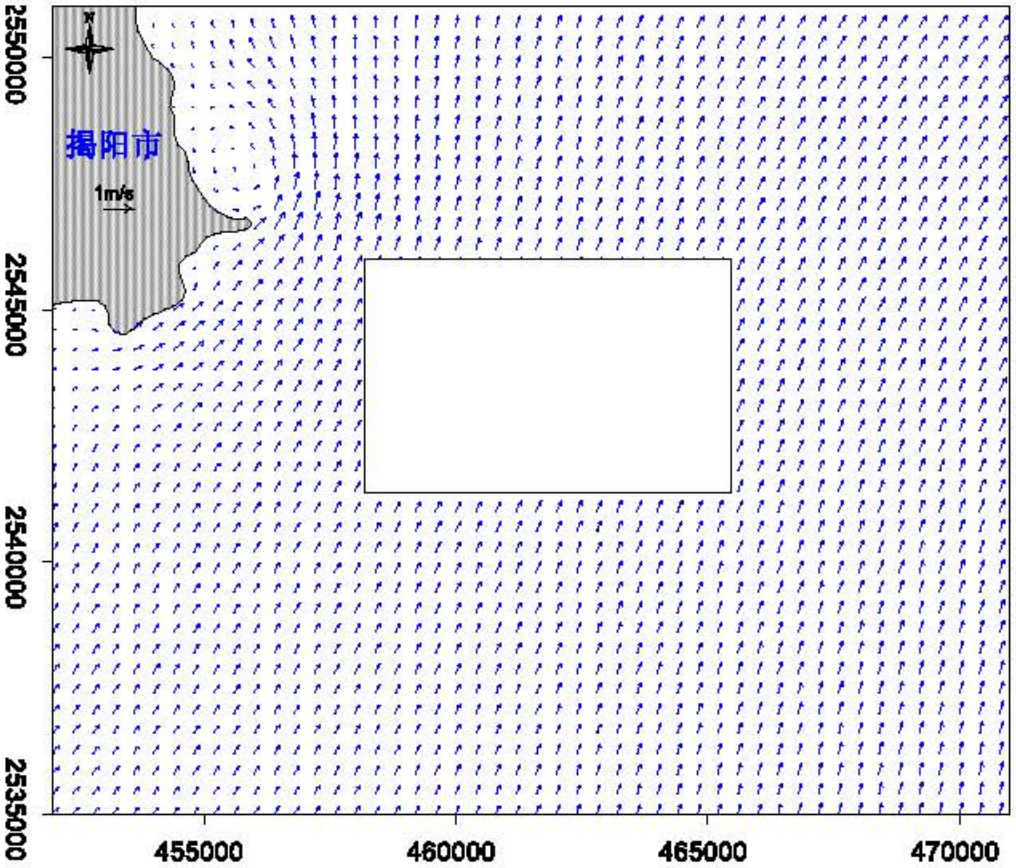


图 7.1.2-2a　涨急时刻采砂前后流场对比图（表层）

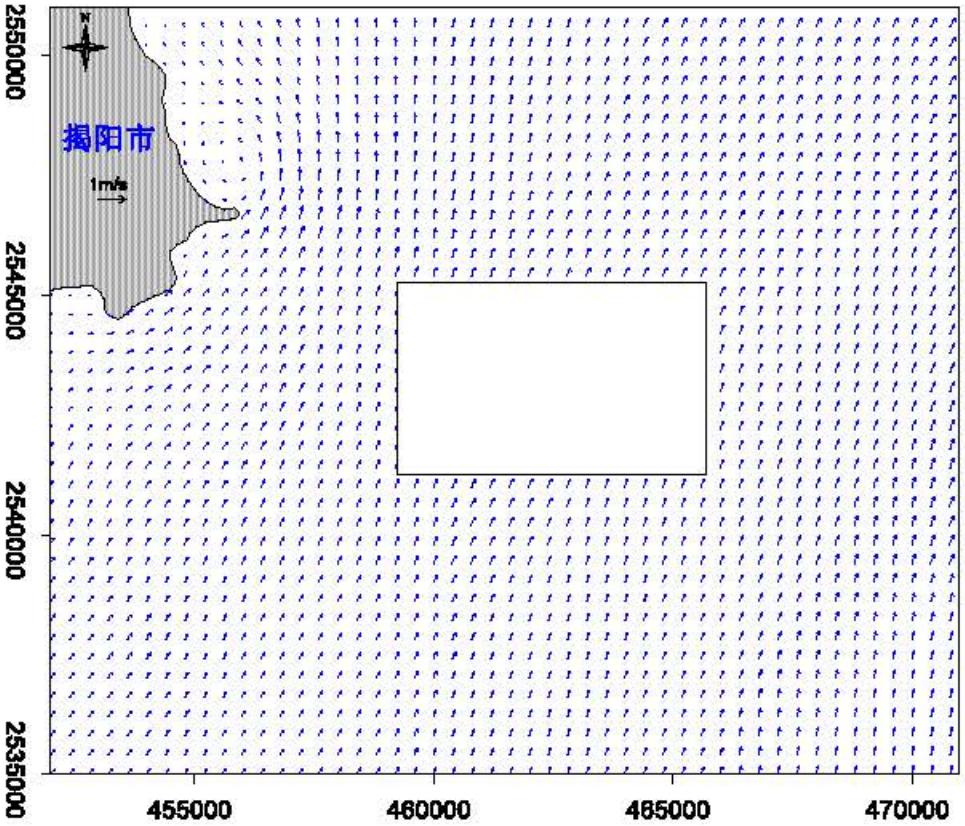


图 7.1.2-2b　涨急时刻采砂前后流场对比图（底层）

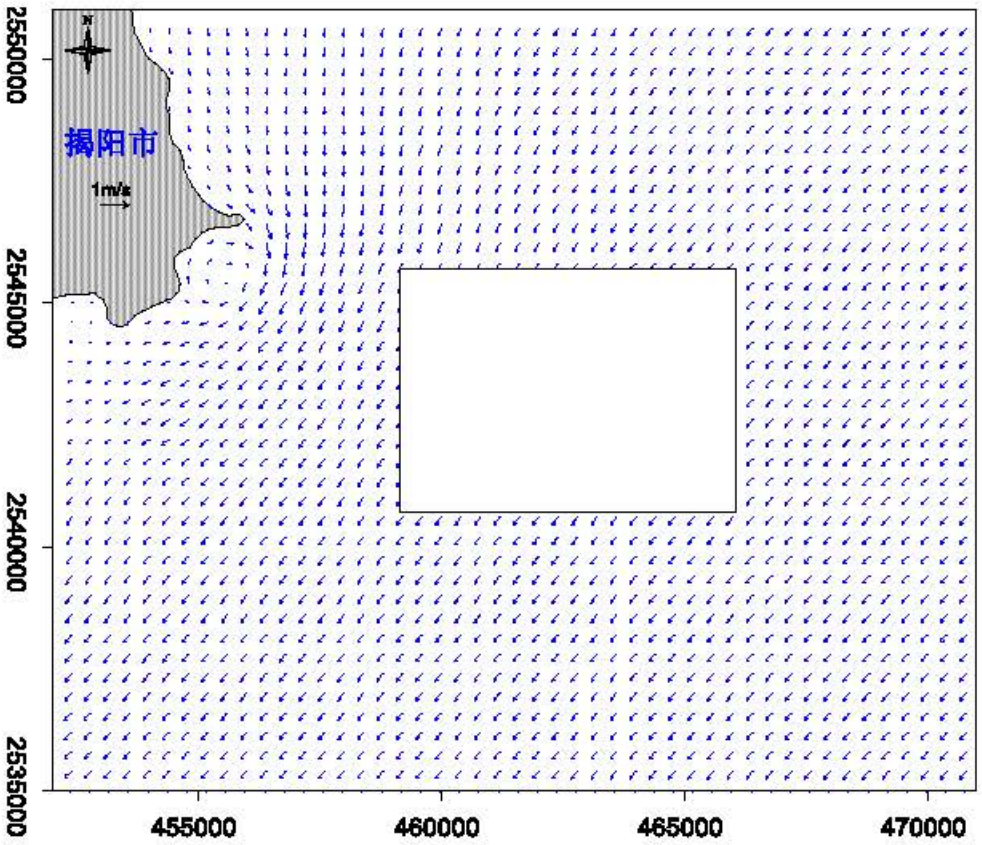


图 7.1.2-3a　落急时刻采砂前后流场对比图（表层）

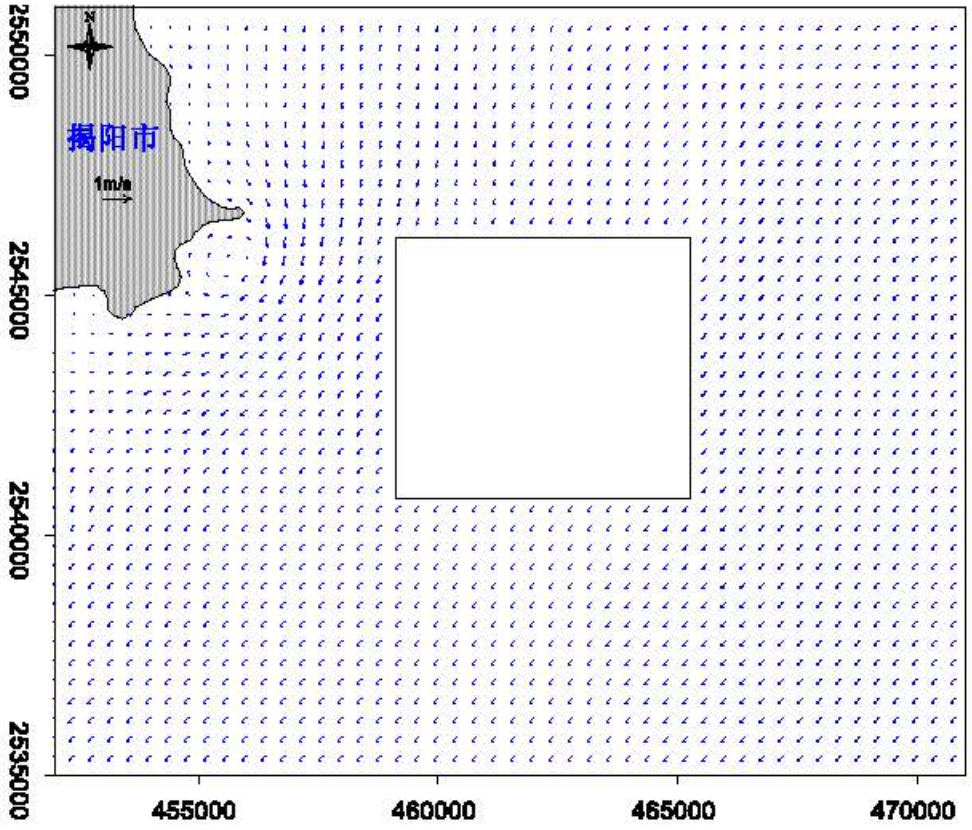


图 7.1.2-3b　落急时刻采砂前后流场对比图（底层）

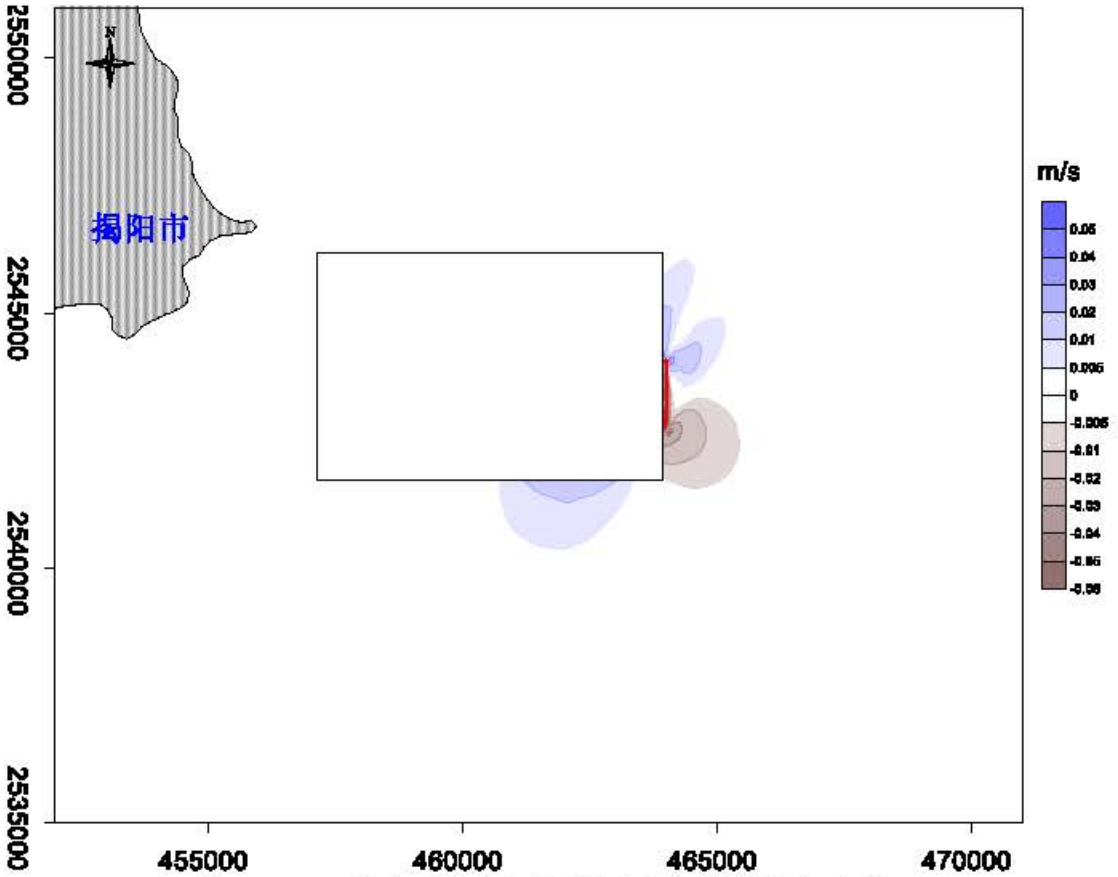


图 7.1.2-4a　涨急时刻采砂前后流速变化等值线图（表层）

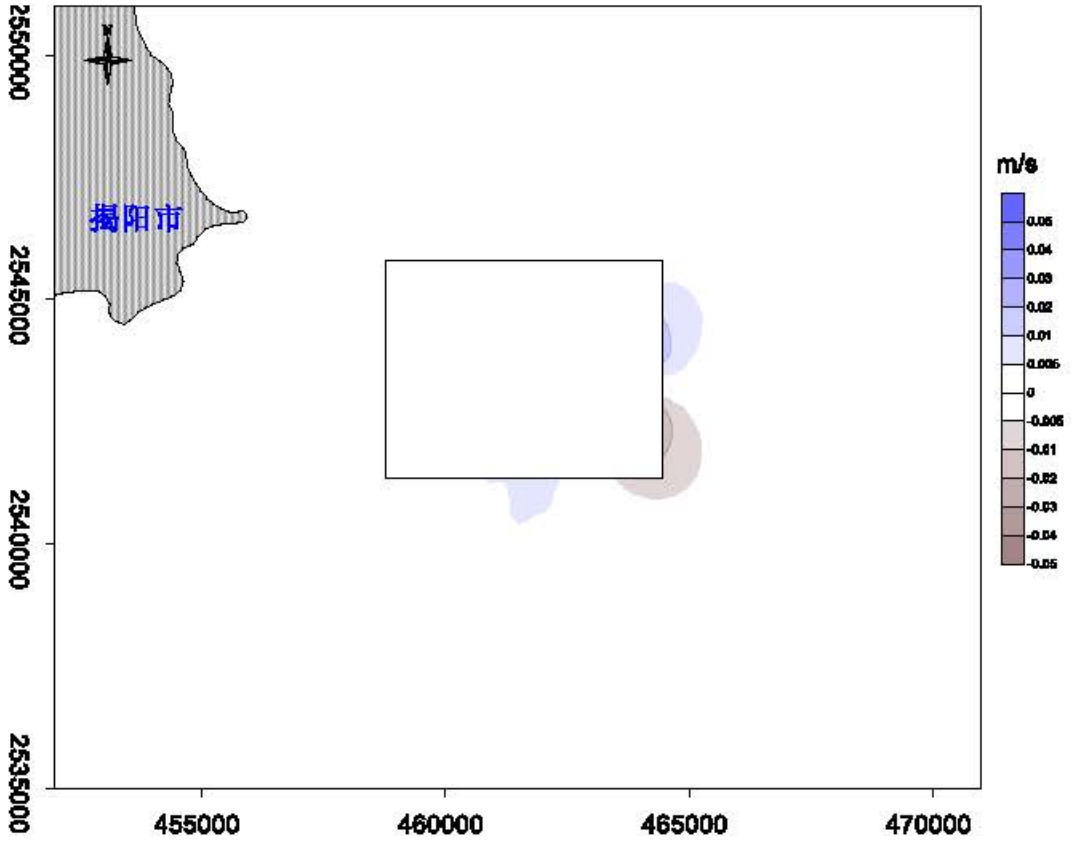


图 7.1.2-4b　涨急时刻采砂前后流速变化等值线图（底层）

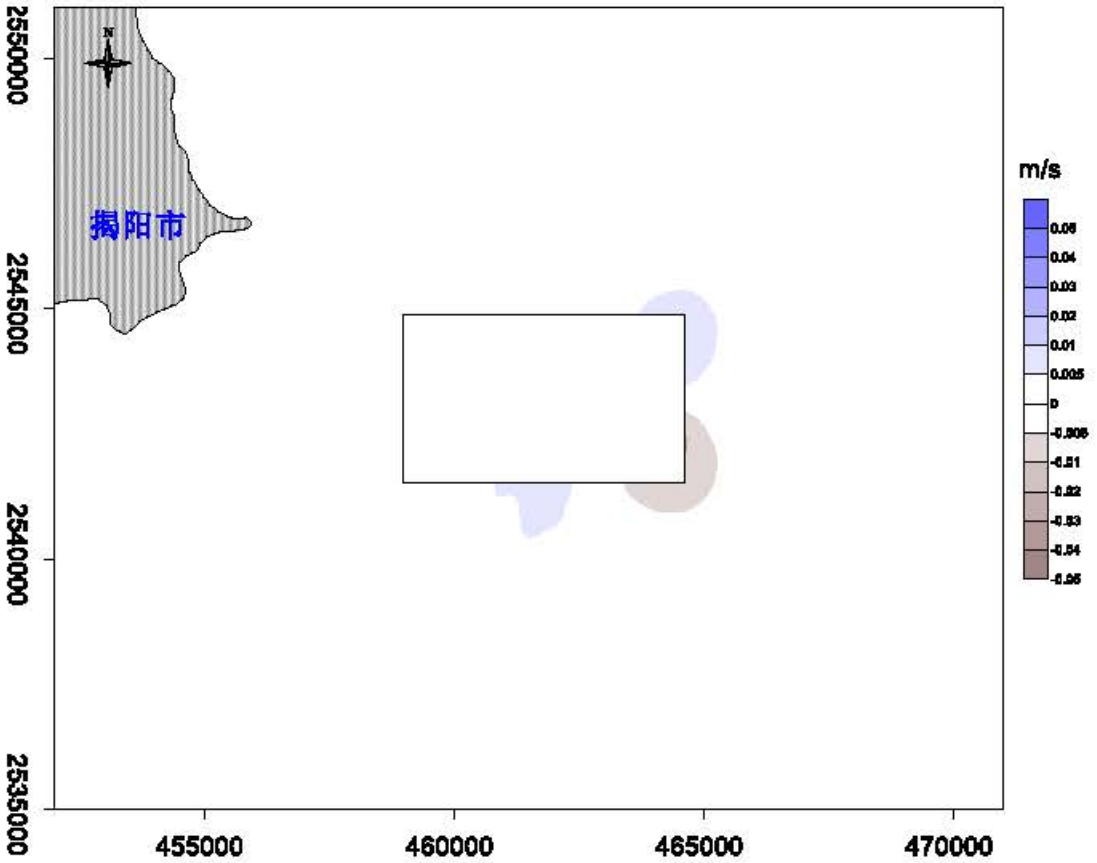


图 7.1.2-5a　落急时刻采砂前后流速变化等值线图（表层）

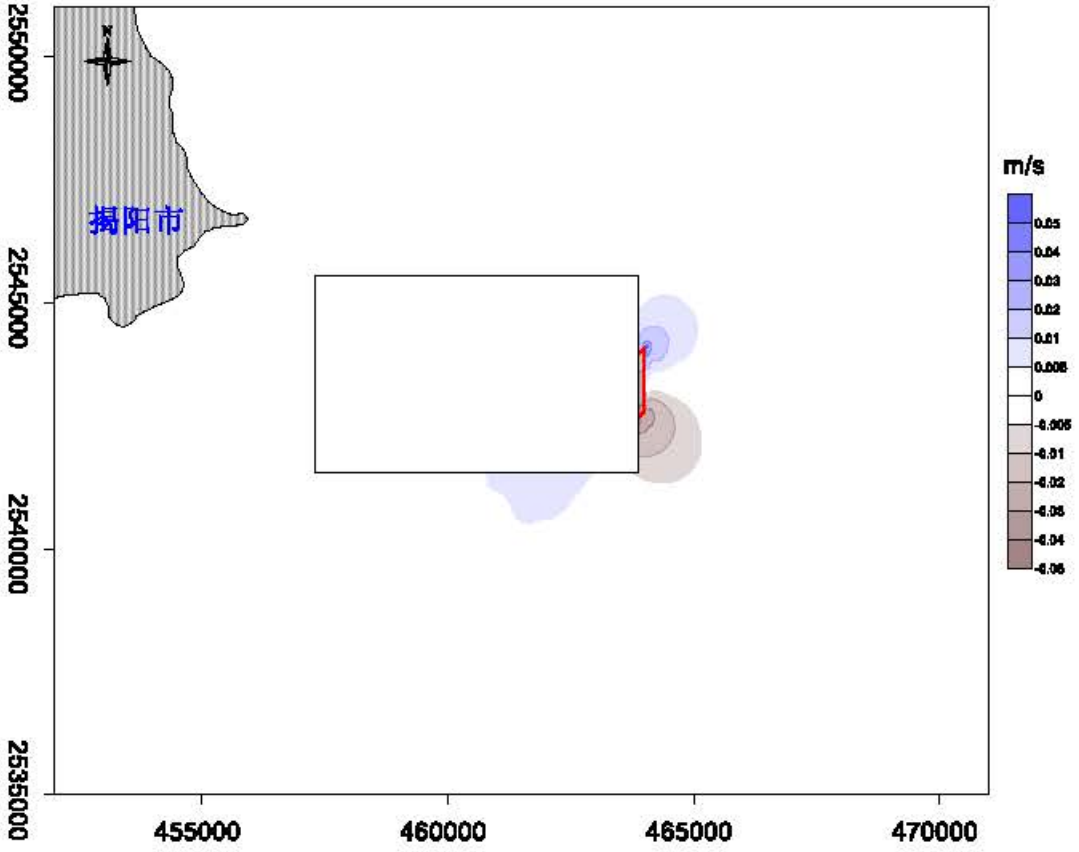


图 7.1.2-5b　落急时刻采砂前后流速变化等值线图（底层）

7.2 波浪环境影响分析

7.2.1 波浪模型

SW 模型控制方程为：

$$\frac{\partial N}{\partial t}+\nabla\cdot(\vec{v}N)=\frac{S}{\sigma}$$

$$(c_x,c_y)=\frac{d\vec{x}}{dt}=\vec{c}_g+\vec{U}$$

$$c_\sigma=\frac{d\sigma}{dt}=\frac{\partial\sigma}{\partial d}\left[\frac{\partial d}{\partial t}+\vec{U}\cdot\nabla_x d\right]-c_g\vec{k}\cdot\frac{\partial\vec{U}}{\partial s}$$

$$c_\theta=\frac{d\theta}{dt}=-\frac{1}{k}\left[\frac{\partial\sigma}{\partial d}\frac{\partial d}{\partial m}+\vec{k}\cdot\frac{\partial\vec{U}}{\partial m}\right]$$

式中：N 为动谱密度，t 为时间，$\vec{x}$ 为笛卡尔坐标系，$\vec{v}$ 为波群速度，∇ 为微分算子，s 为波浪的传播方向，θ 和 m 为垂直于 s 的方向，$\nabla_{\vec{x}}$ 为在 $\vec{x}$ 空间上的二维微分算子，S 为能量平衡方程中的源项，其中包括风能输入、非线性波波相互作用、白浪、底摩阻及破碎耗散项。

风能输入项形式为：

$$S_{wind}(f,\theta)=\gamma E(f,\theta)$$

$$\gamma=\begin{cases}\left(\frac{\rho_a}{\rho_w}\right)\left(\frac{1.2}{\kappa^2}\mu(\ln\mu)^4\right)\sigma\left[\left(\frac{u_*}{c}+0.011\right)\cos(\theta-\theta_w)\right]^2 & \mu\le 1\\ 0 & \mu>1\end{cases}$$

$$\mu=kz_0e^{\kappa/x}$$

$$x=\left(\frac{u_*}{c}+0.011\right)\cos(\theta-\theta_w)$$

其中 θ、θ_w 分别为波向角和风向角，u_* 为风速，ρ_a、ρ_w 分别为空气的密度和水的密度，$\kappa=0.41$，z_0 为粗糙度长度。

本工程面临开敞浪向主要位于 SW 向和 S 向，采砂区位于开阔海域，结合近岸岸线走向，重点考虑 SW 向和 S 向外海来浪的作用。

采用表 7.2.1-1 中惠来外海 30m 水深 50 年重现期波浪特征要素，模拟计算采砂前后波浪变化情况。

表 7.2.1-1 惠来外海 30m 水深设计波浪要素

波向	重现期（年）	有效波高（m）	周期（s）
SW	50	7.2	10.0
S	50	9.4	11.4

7.2.2 工程前波浪场分析

结合采砂区所在海域波浪特征，选取 S 向和 SW 向 50 年一遇波浪分析该海域波浪情况。外海和采砂区所在海域 50 年一遇 S 向波浪特征见图 7.2.2-1 和图 7.2.2-2，外海和采砂区所在海域 50 年一遇 SW 向波浪特征见图 7.2.2-3 和图 7.2.2-4。

计算结果表明，外海 S 向波浪传播至近岸，受水深变浅影响，能量逐渐消耗，波高变小，从外海的 9.4m 降低为近岸区域 2.0m 内，近岸海域受岸线走向影响波向发生一定程度偏转；采砂区所在区域位于开阔海域，波高为 6.3~6.5m，波浪不受岸线影响，均为 S 向。外海 SW 向波浪传播至近岸，受水深变浅影响，能量逐渐消耗，波高变小，从外海的 7.2m 降低为近岸区域 1.0m 内，近岸海域受岸线走向影响波向发生一定程度偏转；采砂区所在区域位于开阔海域，波高为 4.6~4.4m，波浪不受岸线影响，均为 SW 向。

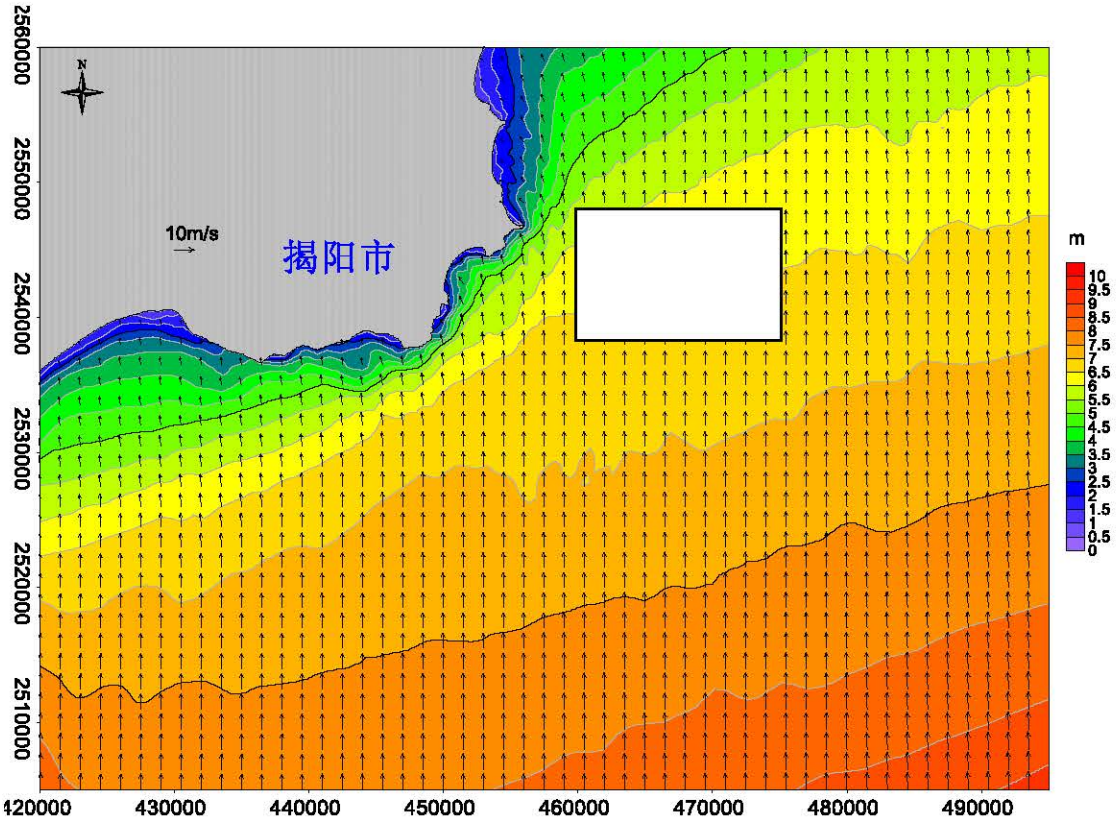


图 7.2.2-1 外海 50 年一遇 S 向波浪分布图

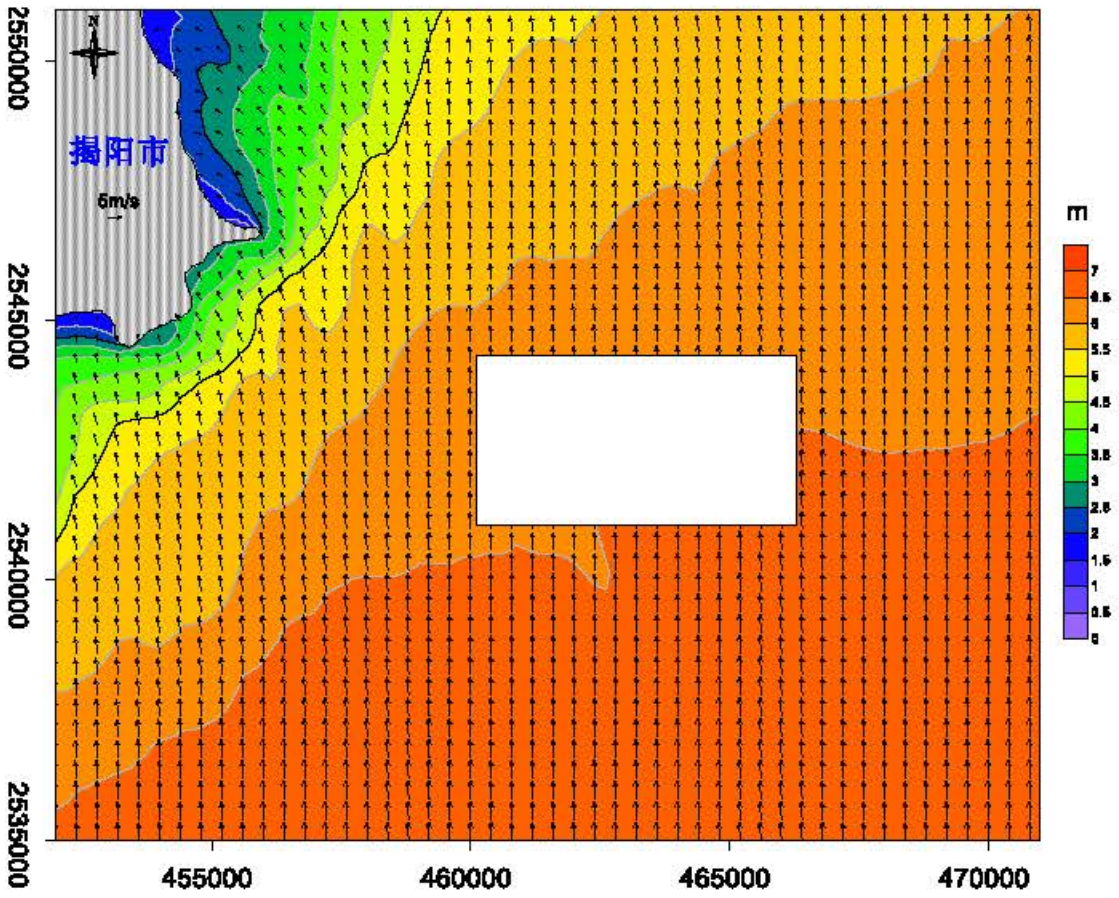


图 7.2.2-2　采砂区所在海域 50 年一遇 S 向波浪分布图

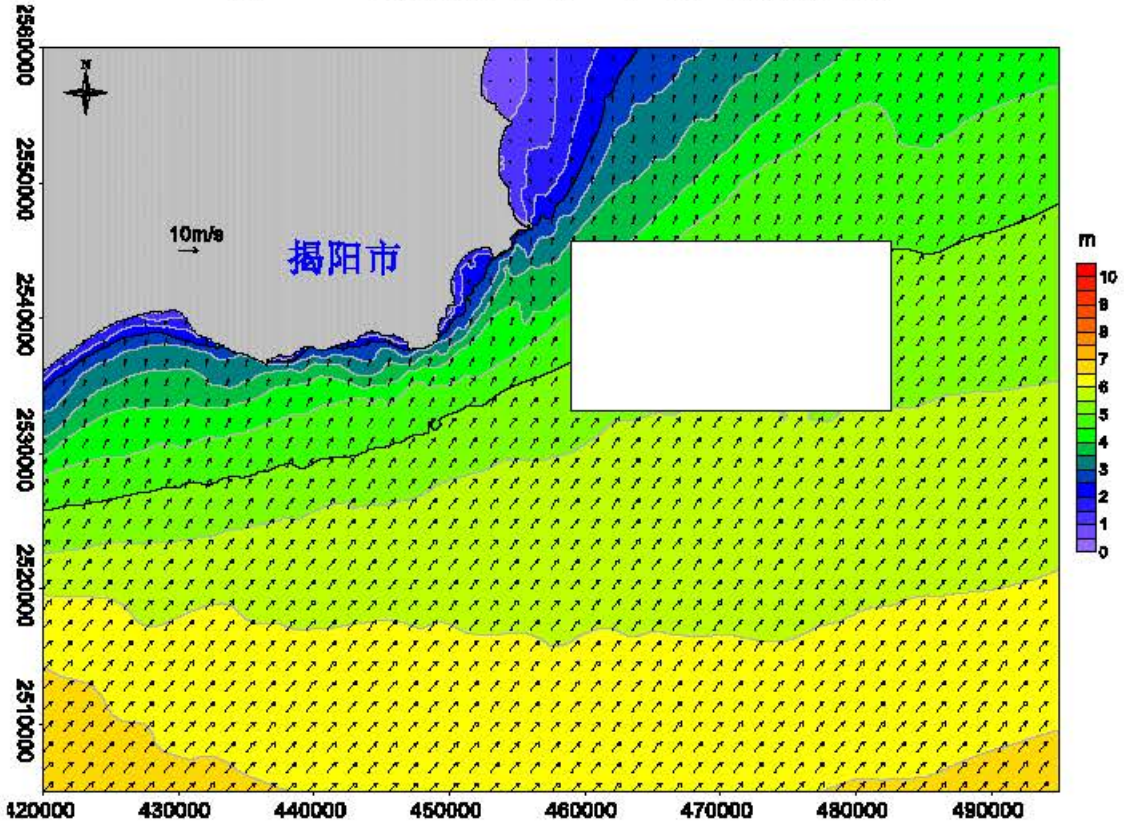


图 7.2.2-3　外海 50 年一遇 SW 向波浪分布图

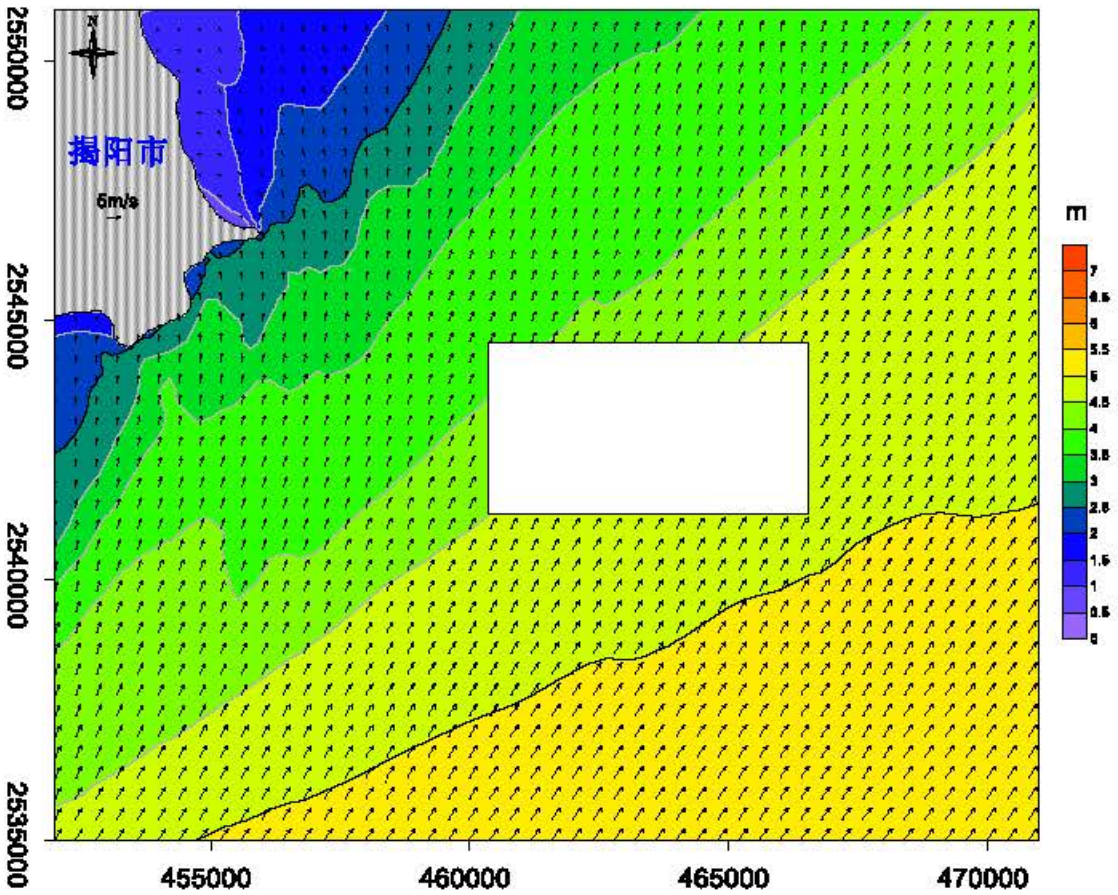


图 7.2.2-4　采砂区所在海域 50 年一遇 SW 向波浪分布图

7.2.3 波浪动力变化分析

为了研究本项目实施对附近海域潮汐动力环境的影响，本报告对实施前后项目附近海域的波浪变化情况进行对比分析。在工程周边海域选取 20 个代表点分别对比实施前后 50 年一遇 S 向和 SW 向波浪变化情况，各代表点分布见图 7.2.3-1。

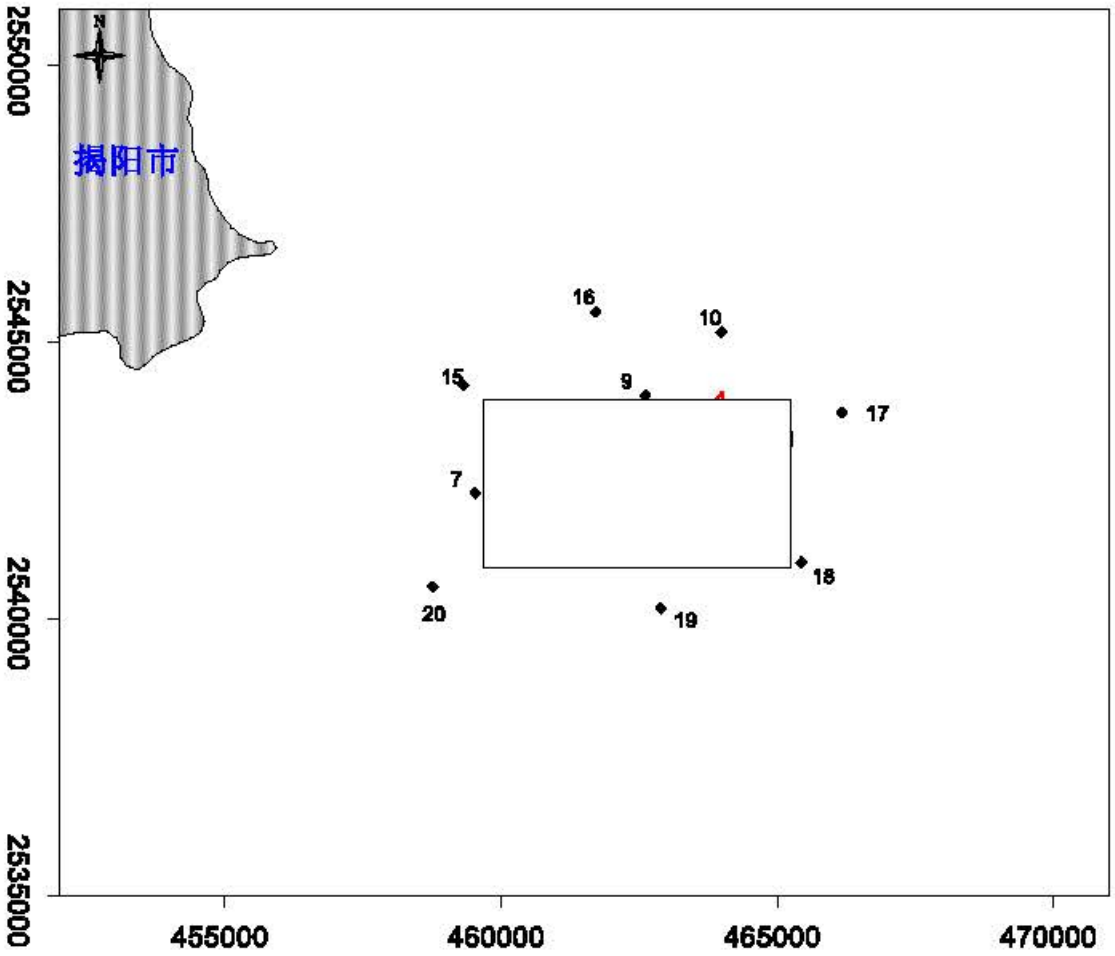


图 7.2.3-1　采砂区附近代表点位置分布图

采砂区位于开阔海域，采砂实施前后波高和周期对比结果见表 7.2.3-1 和表 7.2.3-2，工程后 50 年一遇 S 向波浪分布见图 7.2.3-2，工程后 50 年一遇 SW 向波浪分布见图 7.2.3-3。

预测结果表明，采砂区所在区域#1~#6 号代表点 50 年一遇 S 向波浪的出现不同程度的变化，采砂区范围内各代表点波浪波高出现不同程度抬升，#1~#6 代表点波高为 6.29~6.39m/s，工程后波高变化量为 0.05~-0.22m；工程后波向基本不变，各代表点波向变化量均不超过 2°。采砂区附近#7~20 号代表点波高为 6.02~6.53m/s，工程后波高为 6.01~6.54m/s，波高变化量为-0.19~0.08m/s；该区域波向变化不明显，流向最大变化量为 1°。

采砂区所在区域#1~#6 号代表点 50 年一遇 SW 向波浪的出现不同程度的变化，采砂区范围内各代表点波浪波高出现不同程度抬升，#1~#6 代表点波高为 4.43~4.59m/s，工程后波高变化量为 0.08~-0.16m；工程后波向基本不变，各代表点波向变化量均不超过 2°。采砂区附近#7~20 号代表点波高为 3.76~4.84m/s，工

程后波高为 3.76~4.85m/s，波高变化量为-0.13~0.13m/s；该区域波向变化不明显，流向最大变化量为 2°。

综上所述，工程实施后采砂区水深增加，该区域波高出现一定程度增加，波向变化不明显，采砂区周边波浪动力变化不大，可见工程实施对波浪动力影响主要出现在采砂区域，影响程度不明显。

表 7.2.3-1　采砂前后各代表点 50 年一遇 S 向波高波向变化

代表点	波高（m）			波向（°）		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
1	6.34	6.56	0.22	178	177	0
2	6.37	6.55	0.19	177	178	0
3	6.34	6.45	0.11	177	179	1
4	6.29	6.34	0.05	177	180	2
5	6.38	6.51	0.13	178	179	2
6	6.39	6.52	0.13	178	179	1
7	6.32	6.32	0.01	177	177	0
8	6.29	6.33	0.04	177	176	-1
9	6.30	6.21	-0.09	178	177	-1
10	6.20	6.01	-0.19	178	177	-1
11	6.39	6.47	0.08	179	180	1
12	6.53	6.54	0.01	179	179	0
13	6.46	6.46	0.00	178	178	0
14	6.40	6.41	0.01	178	178	0
15	6.02	6.06	0.04	174	174	-1
16	6.04	6.01	-0.02	175	175	0
17	6.39	6.46	0.06	178	179	1
18	6.53	6.53	0.01	179	179	0
19	6.50	6.50	0.00	179	179	0
20	6.42	6.43	0.01	177	177	0

表 7.2.3-2　采砂前后各代表点 50 年一遇 SW 向波高波向变化

代表点	波高（m）			波向（°）		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
1	4.43	4.57	0.14	208	210	1
2	4.48	4.63	0.15	209	210	1
3	4.48	4.61	0.12	209	210	1
4	4.45	4.53	0.08	209	210	0
5	4.58	4.68	0.11	210	212	2
6	4.59	4.75	0.16	210	212	2
7	4.11	4.11	0.00	206	206	0
8	4.26	4.30	0.03	207	206	-1

代表点	波高（m）			波向（°）		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
9	4.29	4.27	-0.02	207	206	-1
10	4.25	4.12	-0.13	208	207	0
11	4.59	4.72	0.13	211	213	2
12	4.71	4.73	0.01	212	212	0
13	4.69	4.69	0.00	211	211	0
14	4.51	4.51	0.00	210	210	0
15	3.76	3.76	0.00	202	202	0
16	3.85	3.88	0.04	202	201	-1
17	4.64	4.78	0.14	211	213	2
18	4.84	4.85	0.01	212	213	0
19	4.75	4.75	0.00	212	212	0
20	4.36	4.36	0.00	209	209	0

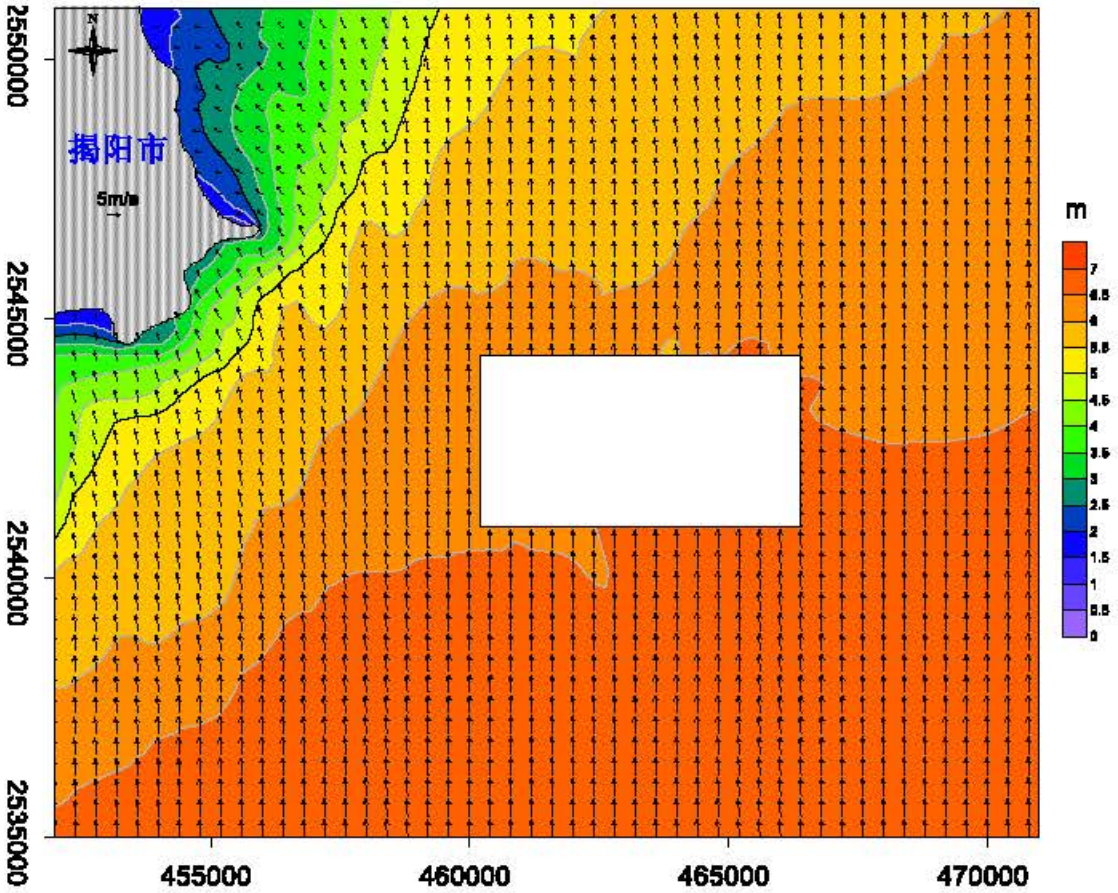


图 7.2.3-2　工程后 50 年一遇 S 向波浪分布图

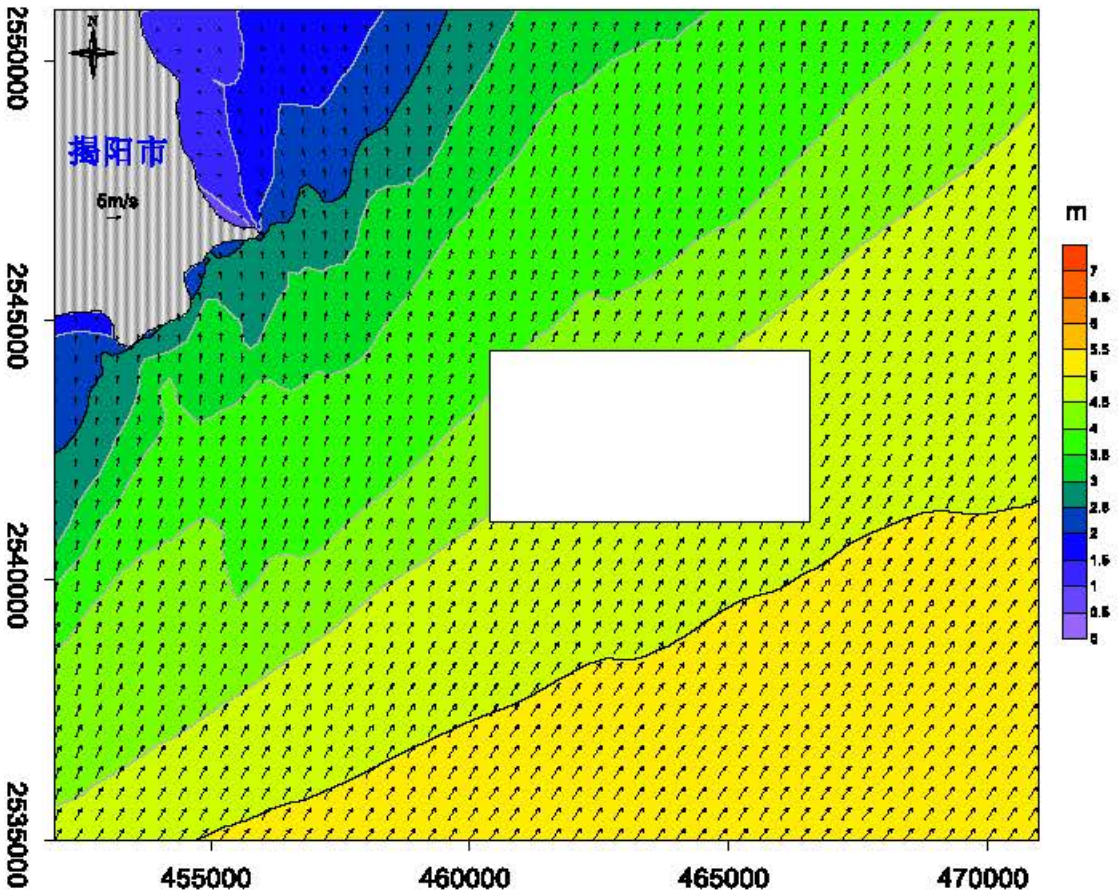


图 7.2.3-3　工程后 50 年一遇 SW 向波浪分布图

7.3　冲淤环境影响预测与评价

7.3.1 冲淤变化分析

工程建设后对工程所在区域和周边冲淤强度的计算采用以下经验公式进行计算：

$$P=\frac{\alpha s\omega t}{\gamma_0}\left[1-\left(\frac{V2}{V1}\right)^2\left(\frac{H_1}{H_2}\right)\right]$$

式中，

P——冲淤量；

ω——泥沙沉速，单位 m/s；

α——沉降几率，取值 0.67；

t——年淤积历时，单位取秒（S）；

S——水体平均悬沙含量，单位 kg/m^3；

γ_0——泥沙干容重，$\gamma_0 = 1750D_{50}^{0.183}$；

V1，*V2* ——工程前、工程后全潮平均流速，单位为 m/s；

H1，*H2* ——工程前、工程后的水深，m；

采砂区附近海域潮流运动以向往复流为主。工程建设后，使得局部水流条件稍有改变，从而引起海床冲淤变化。变化主要出现在工程周边水域，图 7.3.1-1 为工程后的冲淤分布图。预测结果表明，在采砂实施后采砂区范围内水生增加，潮流动力减弱，采砂后出现一定程度淤积，上述区域淤积最大速度出现在采砂区南部水域，最大淤积速度为 0.08m/a；采砂区 NE 方和 SW 方区域项目实施后潮流动力增强，该区域出现轻微冲刷情况，最大冲刷速度出现在采砂区 NE 角区域，大部分区域冲刷速率不超过 0.06m/a。

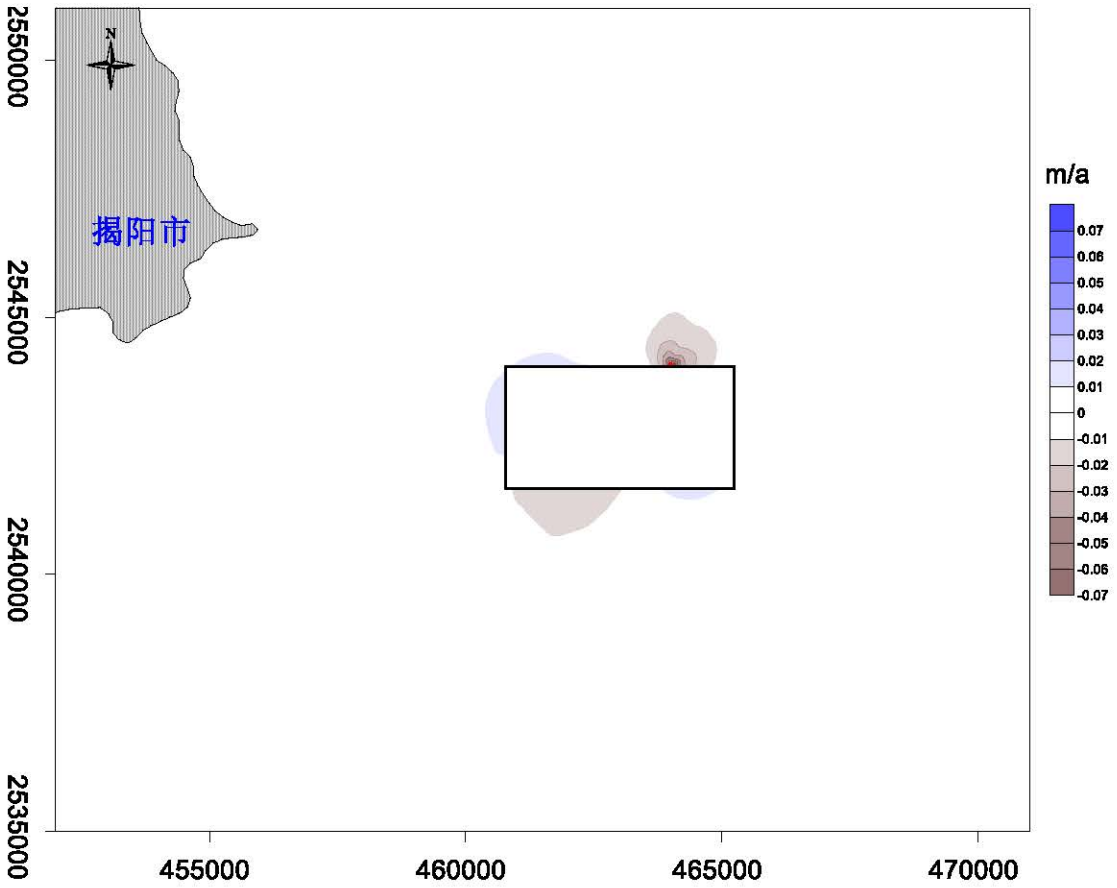


图 7.3.1-1　冲淤分布图（正值为淤积，负值为冲刷）

7.3.2 骤淤计算分析

实测结果表明，经过采砂区附近海域最大台风最大风速达 52m/s。本报告计

算在上述风况作用 5 天下产生的骤淤。骤淤计算公式如下：

$$P = P_b + P_f + P_s$$

式中，P为泥沙骤淤强度，P_b为底沙淤积强度，P_f为浮泥淤积强度，P_s为悬沙淤积强度。

极端天气条件下采砂区底沙、浮泥和悬沙的淤积量分别按以下公式计算：

（1）底沙淤积

$$P_b = \frac{K_b}{C^2}\frac{\gamma_s\gamma_0 t}{(\gamma_s-\gamma_0)\gamma_b}(U_{bmax} - U_c)\frac{U_b^2 V_m}{\omega}$$

式中：

K_b——综合系数，$K_b = 0.18d^{0.365}$，其中d为底沙中值粒径；

C——Chezy 系数；

γ_s——底沙湿重，2650；

γ_0——水的容重；

γ_b——底沙干容重；

t——淤积历时；

U_b——波浪轨道速度，$U_b = \frac{2h}{T}\left[1 + 4.263\left(\frac{H}{L}\right)^{1.692}\right]\frac{1}{\sinh\frac{2\pi H}{L}}$，其中$h$为波高，$T$为波浪周期，$H$为水深，$L$为波长；

U_{bmax}——波浪最大轨道速度，$U_{bmax} = 1.57U_b$；

U_c——底沙起动流速，$U_c = \left(\frac{H}{d}\right)^{0.14}\left(17.6\frac{\gamma_s-\gamma_0}{\gamma_0}d + 6.05\times10^{-7}\frac{10+H}{d^{0.72}}\right)^{0.5}$；

V_m——潮流流速、风吹流速度和波浪传质速度的合成速度，$V_m = |U_d| + |U_t| + |U_w|$，$U_t = 0.5\pi\frac{h^2}{LT}\left[1 + 57.4\left(\frac{H}{L}\right)^{2.21}\right]\frac{1}{\sinh^2\left(\frac{2\pi H}{L}\right)}$，$U_w = 0.03W$，其中$U_d$为潮流流速，$U_t$为波浪传质速度，$U_w$为风吹流速度，$W$为风速；

ω——底沙沉速，$\omega=\left[\left(13.95\frac{\upsilon}{d}\right)^2+1.09\frac{\gamma_s-\gamma_0}{\gamma_0}gd\right]^{0.5}-13.95\frac{\upsilon}{d}$，其中$\upsilon$为水粘滞系数，$g$为重力加速度。

（2）浮泥淤积

$$P_f=M_c\left(\frac{U_{bmax}^2}{U_c^2}-1\right)\frac{V_m}{U_b}\frac{t}{\gamma_c B}$$

式中：

M_c——冲刷系数，$M_c=1.669\times10^{-3}\left(\frac{\gamma_0}{\gamma_w}\right)^9$，其中$\gamma_w$为淤泥的湿重；

U_c——浮泥起动流速，$U_c=0.0119\left(\frac{\gamma_w}{\gamma_0}\right)^{13.3}$；

γ_c——悬沙干容重，$\gamma_c=\frac{2}{3}\gamma_s\left(\frac{d}{d_0}\right)^{0.183}$

B——航道宽度。

（3）悬沙淤积

$$P_s=\frac{\alpha\omega_f S_s t}{\gamma_c}\left[1-\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2\frac{H_1}{H_2}\right]$$

式中：

α——悬沙沉降几率；

ω_f——悬沙絮凝沉速；

S_s——悬沙平均浓度

t——淤积历时；

V_1、V_2——工程前后平均流速；

H_1、H_2——工程前后平均水深。

根据上述公式，在极端条件（52m/s 的风速）下，计算得到工程后采砂区骤淤厚度约为 0.13。

7.3.3 采砂对岸滩稳定性影响分析

采砂区位于揭阳市惠来县靖海镇东侧约 7km 处海域，本项目影响岸滩稳定的主要因素为动力场和泥沙来源。

（1）泥沙来源

本项目所在海域泥沙来源主要为沿岸输沙。而沿岸输沙的改变主要是由动力场的变化引起的。

（2）项目建设对岸线附近动力场的影响

①流场

采砂区施工前后，根据采砂区附近海域潮分布、对应潮时以及工程前后的流速变化分析可知，采砂前后的潮流场变化主要局限在采砂区附近，本工程采砂船同时采砂的最不利条件下，工程前后涨急流速变化幅度基本在 0.41m/s 以下，落急流速变化幅度基本在 0.35m/s 以下。而本项目与附近岸线的最近距离约为 9.4km，距离较远，因此，本项目的实施基本不会改变附近岸滩的流场。

②波浪场

根据波浪场计算结果可知：工程实施后采砂区水深增加，该区域波高出现一定程度增加，波向变化不明显，采砂区周边波浪动力变化不大，可见工程实施对波浪动力影响主要出现在采砂区域，影响程度不明显。

根据上面计算分析结果可知，由于采砂区距离岸线较远，项目建设引起的岸边附近的潮流场、波浪场的变化有限。因此采砂对岸滩稳定性的影响甚微。

7.3.4 边坡坍塌影响

较大的水面波动，为采砂作业带来风险。另外，当采砂区位于水深变化较大的区域，采砂较深引起的水动力对沉积物压实作用的差异性容易引起沉积层的侧向流动，从而引发边坡坍塌灾害。

参考中国科学院南海海洋研究所的物理模拟实验结果，中国科学院南海海洋研究所设置不同的采砂深度进行对比试验，实验模型水平和高度均采用 1:100 的比例。控制实验初始模型长度为 35cm，根据实际需求设置实验深度分别为 8cm，11cm，14cm 和 17cm 进行开挖实验（图 7.3.6-1）。实验记录了采砂引起边坡垮塌后边坡的延伸长度

（

图 7.3.6-2、图 7.3.4-3）。

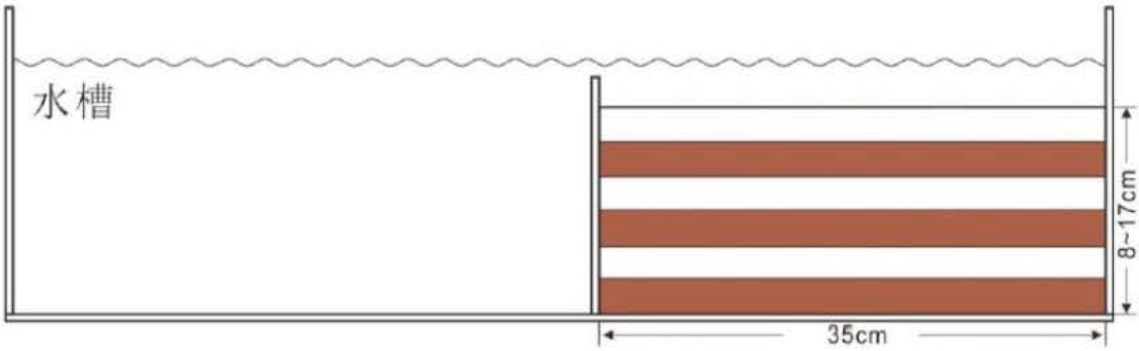


图 7.3.6-1 采砂深度分析实验模型设置

图 7.3.6-2a 采砂深度 8cm 实验照片

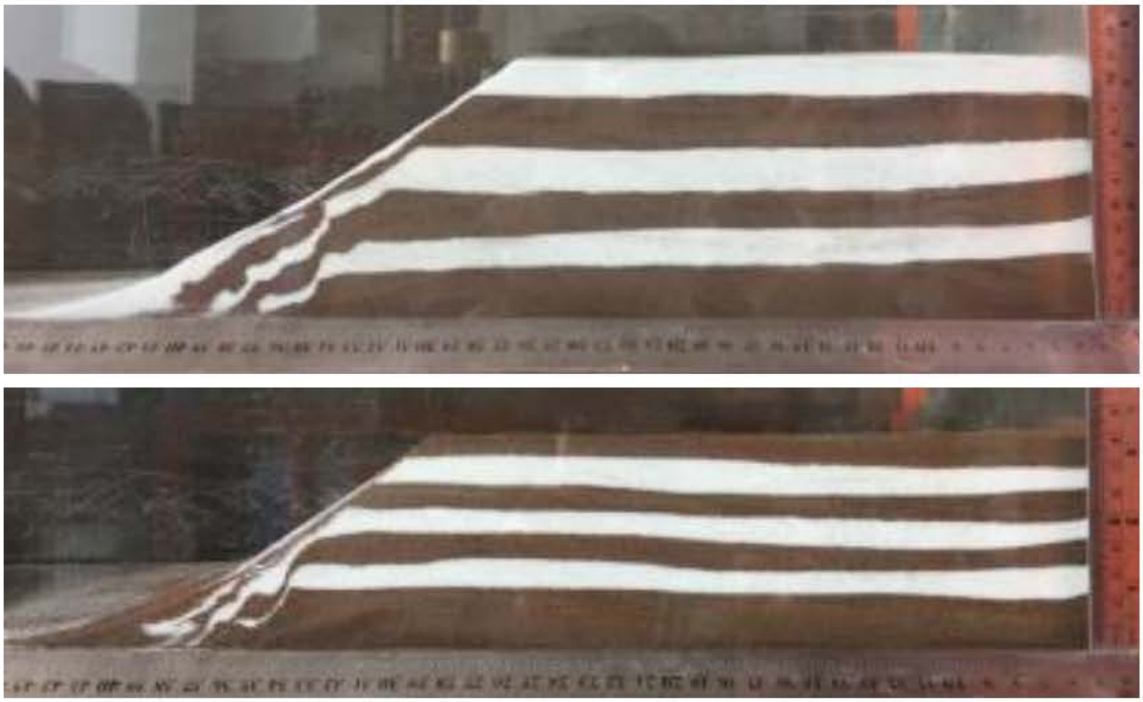


图 7.3.6-2b 采砂深度 11cm 实验照片

图 7.3.6-2c 采砂深度 14cm 实验照片

图 7.3.6-2d 采砂深度 17cm 实验照片

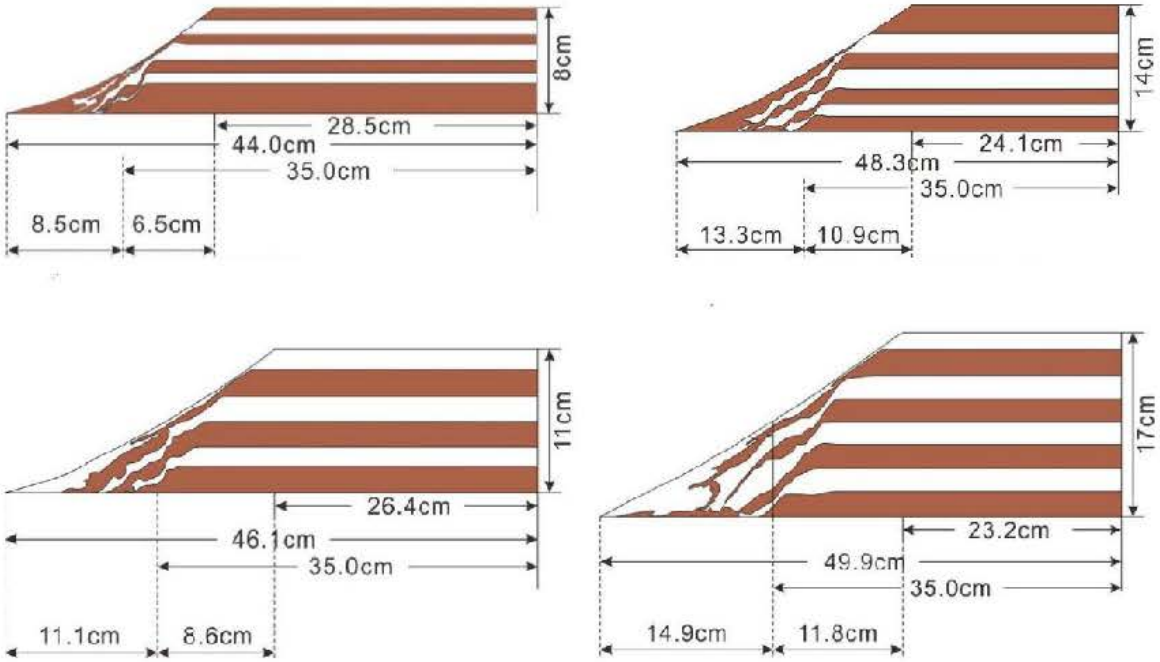


图 7.3.4-3 采砂深度分析实验数据示意图

由于采砂区砂体以中细砂为主，含泥量较少，结构松散，质地基本均一，因此采砂坑边坡可以近似作为无粘性土坡，以考虑其稳定性。另外，可将采砂区边界沿砂脊等深线设置，使采砂工程后砂坑边缘保有浅滩区域的最浅水深，确保砂

坑边坡无外来砂源可引起持续滑塌。此时边坡稳定性近似满足：

$$K=\frac{T_f}{T}=\frac{G\cos\beta\tan\varphi}{G\sin\beta}=\frac{\tan\varphi}{\tan\beta}$$

式中 K 为稳定安全系数，G 为单元体自重，β 为坡角，φ 为内摩擦角。当采砂坑如图 7.3.6-2 自然形成时，可近似认为砂坑边坡的抗滑力 T_f 和滑动力 T 相互平衡，此时坡角与内摩擦角相等，边坡处于极限平衡状态，其稳定安全系数 K=1。极限平衡状态时的坡角称为自然休止角，由图 7.3.4-3 中的数据可计算得到当采砂深度分别为 8m、11m、14m、17m 时，自然休止角的正切值、角度，以及边坡坍塌宽度（表 7.3.4-1）。

工程建设中为保证土坡具有足够安全储备，通常取 K 在 1.3~1.5 之间，为进一步确保安全，可取安全系数 K=4，此时可计算得到砂坑边坡坍塌引起的坡顶后退距离（表 7.3.4-1），以此为参考，在选定采砂区边界时可使砂坑边缘远离水深更浅的砂脊。

表 7.3.4-1 安全系数 K=1，K=4 时边坡的参数

深度（m）	K=1				K=4			
	坡角 β(自然休止角)	tanβ	边坡宽度（m）	坡顶后退距离（m）	坡角 β（自然休止角）	tanβ	边坡宽度（m）	坡顶后退距离（m）
8	27.9	0.53	15.0	6.5	7.4	0.13	61.5	＜53.0
11	29.2	0.56	19.7	8.6	8.0	0.14	78.6	＜67.5
14	30.1	0.58	24.2	10.9	8.5	0.15	93.3	＜80.0
17	32.6	0.64	26.7	11.8	9.1	0.16	106.3	＜91.4

本项目全矿区平均细度模数为 2.8，整体为中砂级别，平均采砂深度约为 8.74m，参照中国科学院南海海洋研究所的前述数值模拟结果，本项目采砂区预计可能形成的边坡宽度距离约为 50m。边坡坍塌可能会使表层沉积物和底栖生物被掩埋，造成一定的生物量损失，同时也会对所在海域的地形地貌等造成一定的影响。为确保本项目采砂后形成的边坡处于平衡状态，采砂时的自然休止角应控制在 30°以内，即采砂时的吸砂管应以 60°以上角度插入矿层，以形成较缓的边坡，降低边坡影响。

7.4 水质环境影响预测与评价

7.4.1 悬浮物扩散影响分析

7.4.1.1 模型介绍

本项目采用三维泥沙模型预测施工期对水质环境的影响。模型泥沙控制方程为：

$$\frac{\partial s}{\partial t}+u\frac{\partial s}{\partial x}+v\frac{\partial s}{\partial y}+w\frac{\partial S}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial x}\left(D_x\frac{\partial s}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(D_y\frac{\partial s}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(D_z\frac{\partial s}{\partial z}\right)-kc+\sigma$$

式中：

s——悬沙浓度；

x、y、z——空间水平坐标轴；

u、v、w——x、y、z 轴向流速；

D_x、D_y、D_z——x、y、z方向的悬沙紊动扩散系数；

σ——污染源强度；

$k=\alpha\omega$，α——沉降系数，ω——沉速。

7.4.1.2 悬沙预测方案

根据工程分析成果，采砂施工单艘施工船舶刚性射流管和吸砂管插入覆盖层过程产生的悬浮泥沙的源强最大约为 16.41kg/s，高压射流扰动砂层产生的悬浮泥沙未被吸到船上而随海流扩散的悬浮泥沙源强约 3.86kg/s，洗砂过程的悬浮泥沙源强为 43.43kg/s，本工程洗砂过程和吸砂过程单艘采砂船的悬浮物合计源强约为 47.29kg/s，源强概化为连续排放点源，采砂区概化源强 22 个，源强间距约 400m，源强见图 7.4.1-1。

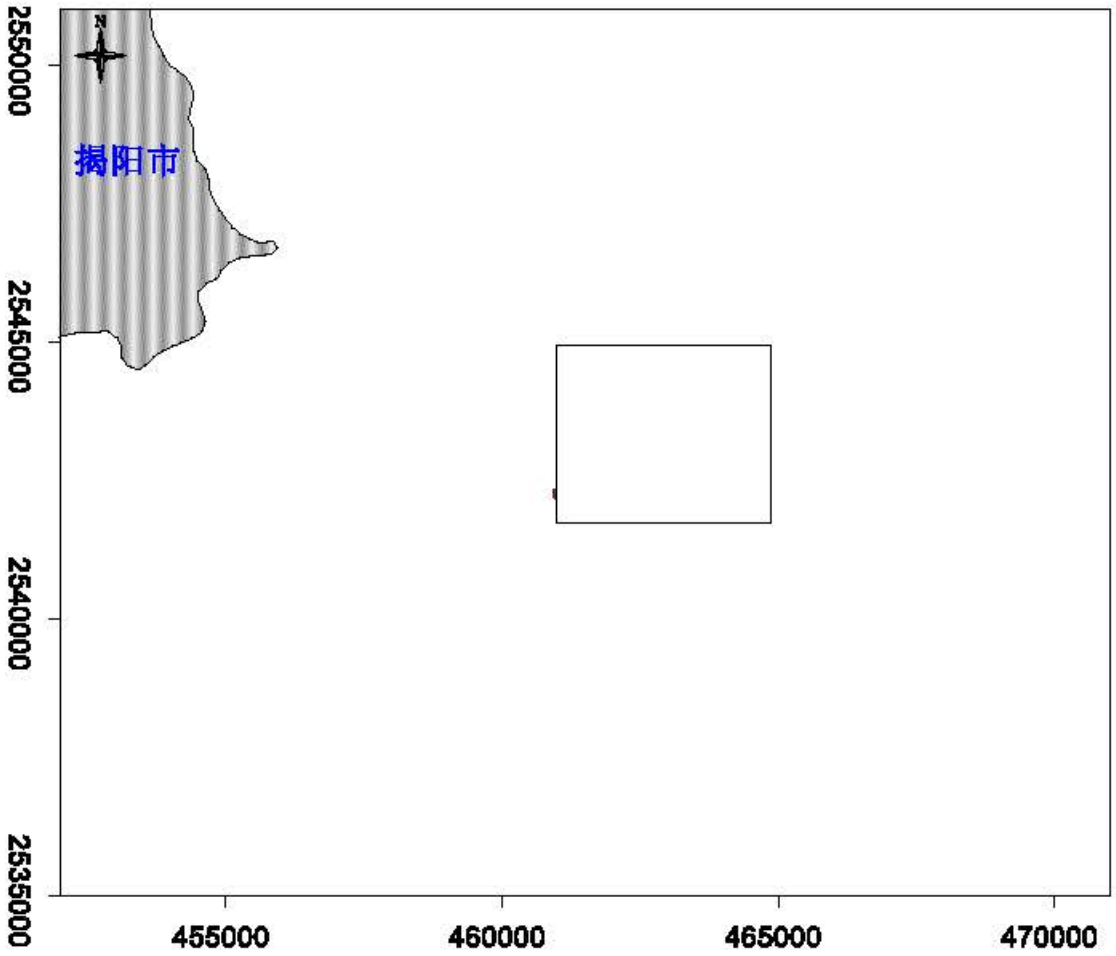


图 7.4.1-1　采砂区施工悬沙源示意图

7.4.1.3 悬浮泥沙预测结果

采砂施工引起的悬浮泥沙增量面积统计情况见表 7.4.1-1，对应的包络线见图 7.4.1-1~7.4.1-3。悬浮泥沙预测结果表明，悬浮泥沙主要随涨落潮流向采砂区附近海域扩散，扩散方向为 NE~SW 向，表层、中层和底层 10mg/L 包络线向 NE 扩散最远距离分别为 5.85 km、6.51 km、7.20 km，向 SW 扩散最远距离分别为 5.41 km、6.25 km、6.84 km。采砂施工导致的表层、中层和底层超第一、二类海水水质的海域面积分别为 27.32km^2、55.30km^2 和 73.21km^2；超第三类海水水质的海域面积分别为 0.0km^2、0.0km^2 和 26.37km^2。由此可见，采砂施工引起的悬浮泥沙对工程所在区域水质产生一定影响，这种影响主要在采砂过程出现，一旦施工完毕，工程所在区域周边水质环境可在较短时间内恢复。

表 7.4.1-1　采砂施工引起的悬浮泥沙增量面积

悬浮泥沙浓度增量	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L
表层包络线面积（km^2）	27.32	41.57	—	—
中层包络线面积（km^2）	55.30	40.89	20.38	—

底层包络线面积（km²）	73.21	59.33	39.65	26.73
平均包络线面积（km²）	51.94	47.26	20.01	8.91

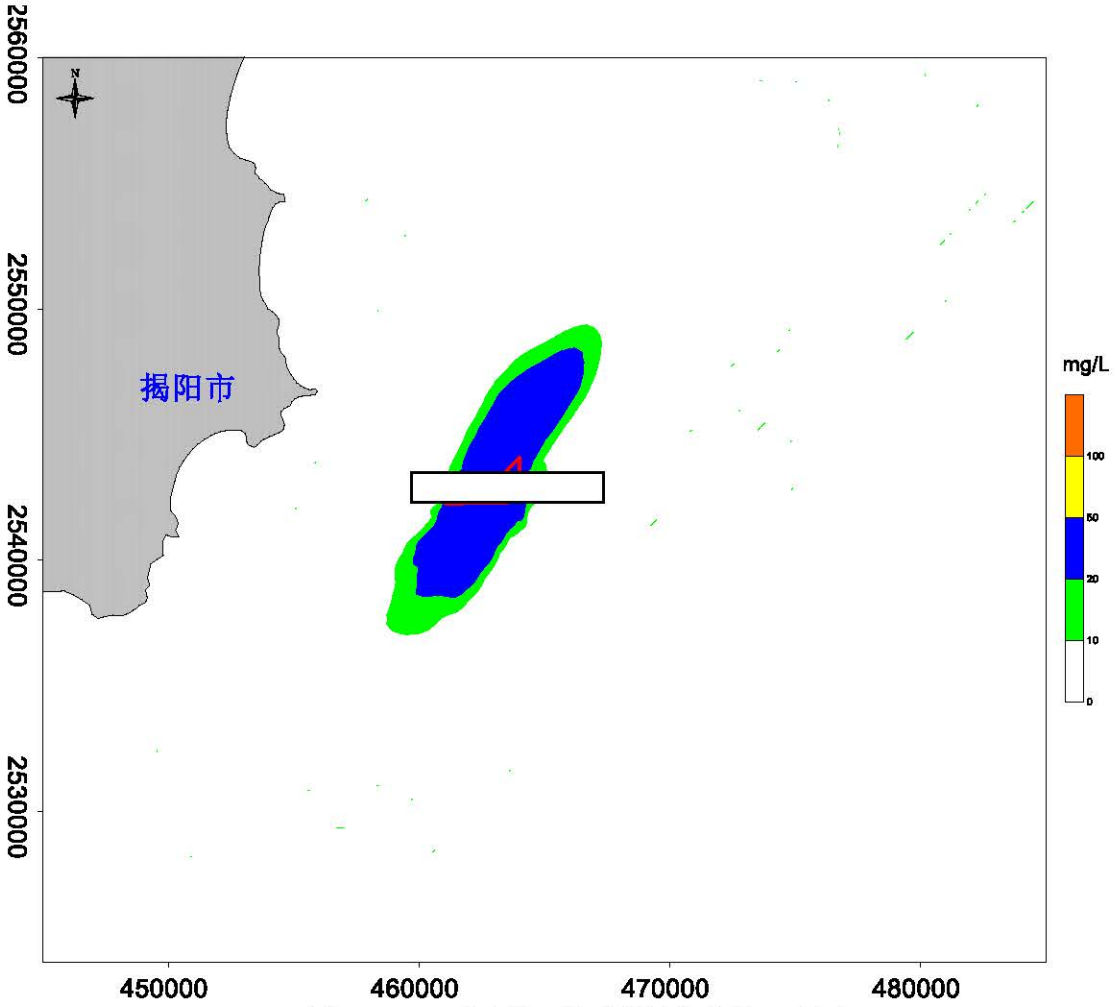


图 7.4.1-1　采砂施工悬沙增量包络线（表层）

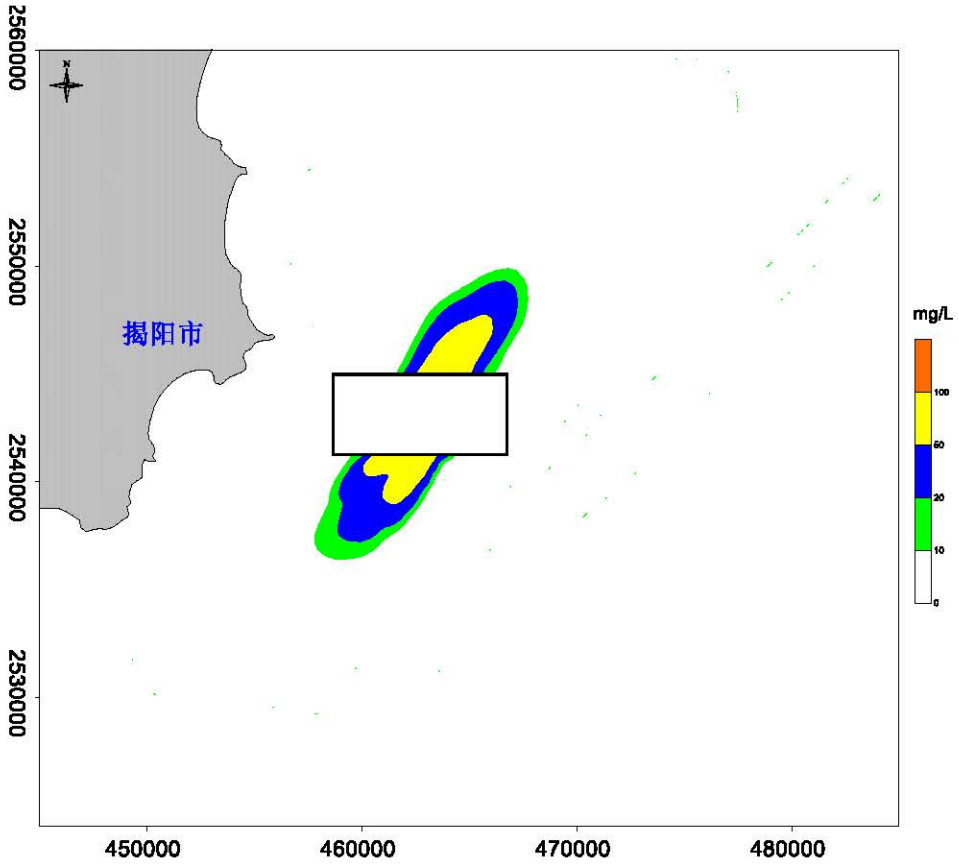


图 7.4.1-2　采砂施工悬沙增量包络线（中层）

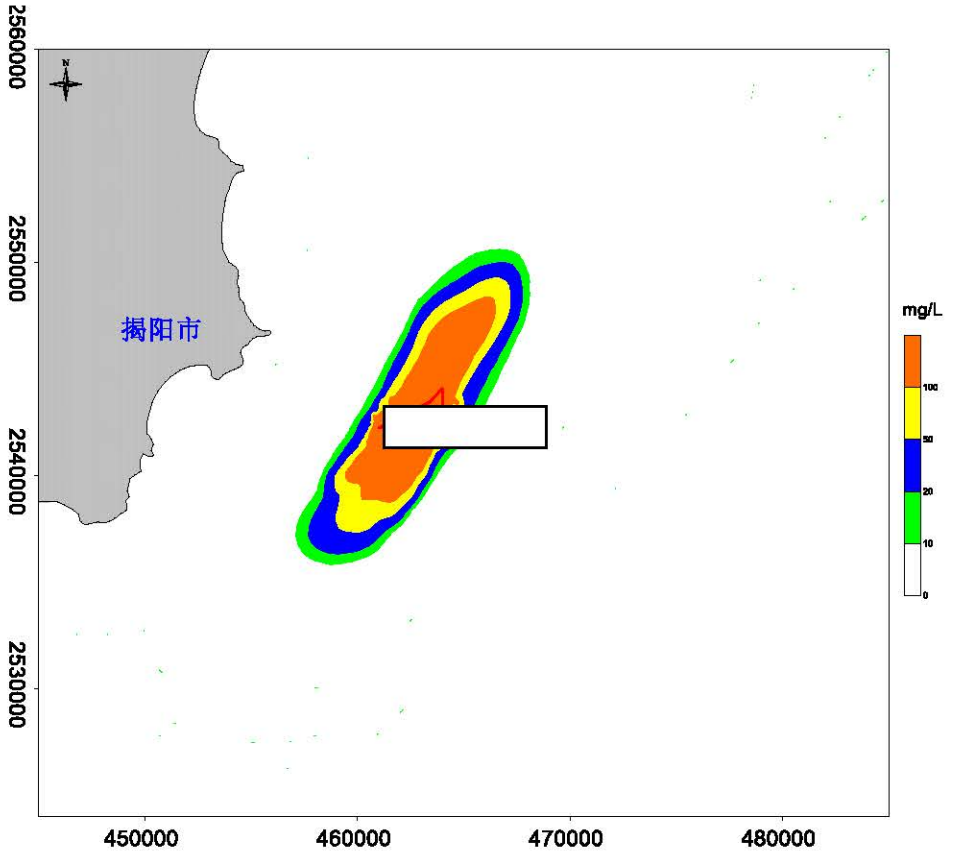


图 7.4.1-3　采砂施工悬沙增量包络线（底层）

7.4.2 施工污废水

根据工程分析，本工程采砂施工除了采砂作业产生的悬浮物影响外，还包括船舶生活污水、船舶含油污水等。

本工程采砂作业期间，船舶生活污水产生量约为 24.65t/d，主要污染物为 COD、BOD_5、NH_3-N 等；船舶含油污水约为 9.08t/d，主要污染物为 COD 和石油类等。上述污废水若随意排放，会对工程海域海水水质环境带来不利影响，进而对海域生态环境也带来一定的不利影响。因此，采砂作业期间的船舶生活污水和船舶油污水应运至陆域，交由有处理能力单位进行统一处理。

本项目地表水环境影响评价自查表详见表 7.4.2-1。

表 7.4.2-1 地表水环境影响评价自查表

<table>
<tr><th colspan="2">工作内容</th><th colspan="3">自查项目</th></tr>
<tr><td rowspan="5">影响识别</td><td>影响类型</td><td colspan="3">水污染影响型☑；水文要素影响型☑</td></tr>
<tr><td>水环境保护目标</td><td colspan="3">饮用水水源保护区□；饮用水取水□；涉水的自然保护区□；重要湿地□；重点保护与珍稀水生生物的栖息地□；重要水生生物的自然产卵场及索饵场、越冬场和洄游通道、天然渔场等渔业水体☑；涉水的风景名胜区□；其他☑</td></tr>
<tr><td rowspan="2">影响途径</td><td colspan="2">水污染影响型</td><td>水文要素影响型</td></tr>
<tr><td colspan="2">直接排放□；间接排放□；其他□</td><td>水温□；径流□；水域面积□</td></tr>
<tr><td>影响因子</td><td colspan="2">持久性污染物□；有毒有害污染物□；非持久性污染物☑□；pH 值□；热污染□；富营养化□；其他□</td><td>水温□；水位（水深）□；流速□；流量□；其他☑</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">评价等级</td><td colspan="2">水污染影响型</td><td>水文要素影响型</td></tr>
<tr><td colspan="2">一级□；二级□；三级 A□；三级 B☑</td><td>一级 ☑；二级□；三级□</td></tr>
<tr><td rowspan="7">现状调查</td><td rowspan="2">区域污染源</td><td colspan="2">调查项目</td><td>数据来源</td></tr>
<tr><td>已建□；在建□；拟建□；其他□</td><td>拟替代的污染源□</td><td>排污许可证□；环评□；环保验收□；既有实测□；现场监测□；入河排放口数据□；其他□</td></tr>
<tr><td rowspan="2">受影响水体水环境质量</td><td colspan="2">调查时期</td><td>数据来源</td></tr>
<tr><td colspan="2">丰水期□；平水期□；枯水期□；冰封期□
春季 ☑；夏季 ☑；秋季 ☑；冬季 ☑</td><td>生态环境保护主管部门 ☑；补充监测☑；其他□</td></tr>
<tr><td>区域水资源开发利用状况</td><td colspan="3">未开发□；开发量 40%以下□；开发量 40%以上□</td></tr>
<tr><td rowspan="2">水文情势调查</td><td colspan="2">调查时期</td><td>数据来源</td></tr>
<tr><td colspan="2">丰水期 ☑；平水期□；枯水期□；冰封期
春季 ☑；夏季☑；秋季□；冬季□</td><td>水行政主管部门□；补充监测☑；其他□</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">工作内容</th><th colspan="3">自查项目</th></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">补充监测</td><td>监测时期</td><td>监测因子</td><td>监测断面或点位</td></tr>
<tr><td>丰水期□；平水期☑；枯水期☑；冰封期□
春季□；夏季□；秋季□；冬季□</td><td>（/）</td><td>监测断面或点位个数（24）个</td></tr>
<tr><td rowspan="6">现状评价</td><td>评价范围</td><td colspan="3">河流：长度（/）km；湖库、河口及近岸海域：面积（908.71）km²</td></tr>
<tr><td>评价因子</td><td colspan="3">pH、悬浮物、溶解氧、化学需氧量、氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、无机氮、活性磷酸盐、挥发酚、石油类、锌、硫化物、铜、铅、镉、铬、汞、砷</td></tr>
<tr><td>评价标准</td><td colspan="3">河流、湖库、河口：I类□；II类□；III类□；IV类□；V类□
规划年评价标准（）；
近岸海域：第一类 ☑；第二类□；第三类□；第四类□
规划年评价标准（）</td></tr>
<tr><td>评价时期</td><td colspan="3">丰水期□；平水期☑；枯水期☑；冰封期□
春季☑；夏季□；秋季 ☑；冬季□</td></tr>
<tr><td>评价结论</td><td colspan="2">水环境功能区或水功能区、近岸海域环境功能区水质达标状况☑：达标□；不达标☑
水环境控制单元或断面水质达标状况□：达标□；不达标□
水环境保护目标质量状况□：达标□；不达标□
对照断面、控制断面等代表性断面的水质状况□：达标□；不达标□
底泥污染评价□
水资源与开发利用程度及其水文情势评价□
水环境质量回顾评价□
流域（区域）水资源（包括水能资源）与开发利用总体状况、生态流量管理要求与现状满足程度、建设项目占用水域空间的水流状况与河湖演变状况□</td><td>达标区□
不达标区☑</td></tr>
<tr><td rowspan="5">影响预测</td><td>预测范围</td><td colspan="3">河流：长度（/）km；湖库、河口及近岸海域：面积（908.71）km²</td></tr>
<tr><td>预测因子</td><td colspan="3">（SS）</td></tr>
<tr><td>预测时期</td><td colspan="3">丰水期☑；平水期□；枯水期□；冰封期□；春季□；夏季□；秋季□；冬季□；设计水文条件□</td></tr>
<tr><td>预测情景</td><td colspan="3">建设期☑；生产运行期□；服务期满后□；正常工况☑；非正常工况□
污染控制和减缓措施方案□；区（流）域环境质量改善目标要求情景☑</td></tr>
<tr><td>预测方法</td><td colspan="3">数值解□：解析解□；其他□；导则推荐模式☑：其他□</td></tr>
<tr><td rowspan="2">影响评价</td><td>水污染控制和水环境影响减缓措施有效性评价</td><td colspan="3">区（流）域水环境质量改善目标☑；替代削减源□</td></tr>
<tr><td>水环境影响评价</td><td colspan="3">排放口混合区外满足水环境管理要求□
水环境功能区或水功能区、近岸海域环境功能区水质达标☑
满足水环境保护目标水域水环境质量要求□
水环境控制单元或断面水质达标□
满足重点水污染物排放总量控制指标要求，重点行业建设项目，主要污染物排放满足等量或减量替代要求□
满足区（流）域水环境质量改善目标要求☑</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">工作内容</th><th colspan="5">自查项目</th></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="9"></td><td colspan="5">水文要素影响型建设项目同时应包括水文情势变化评价、主要水文特征值影响评价、生态流量符合性评价□
对于新设或调整入河（湖库、近岸海域）排放口的建设项目，应包括排放口设置的环境合理性评价□
满足生态保护红线、水环境质量底线、资源利用上线和环境准入清单管理要求□</td></tr>
<tr><td rowspan="2">污染源排放量核算</td><td>污染物名称</td><td colspan="2">本项目排放量/（t/a）</td><td colspan="2">排放浓度/（mg/L）</td></tr>
<tr><td>/</td><td colspan="2">/</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td rowspan="2">替代源排放情况</td><td>污染源名称</td><td>排污许可证编号</td><td>污染物名称</td><td>排放量/（t/a）</td><td>排放浓度/（mg/L）</td></tr>
<tr><td>（/）</td><td>（/）</td><td>（/）</td><td>（/）</td><td>（/）</td></tr>
<tr><td>生态流量确定</td><td colspan="5">生态流量：一般水期（）m^3/s；鱼类繁殖期（）m^3/s；其他（）m^3/s
生态水位：一般水期（）m；鱼类繁殖期（）m；其他（）m</td></tr>
<tr><td rowspan="6">防治措施</td><td>环保措施</td><td colspan="5">污水处理设施□；水文减缓设施□；生态流量保障设施□；区域削减□；依托其他工程措施□；其他□</td></tr>
<tr><td rowspan="4">监测计划</td><td></td><td colspan="2">环境质量</td><td colspan="2">污染源</td></tr>
<tr><td>监测方式</td><td colspan="2">手动☑；自动□；无监测□</td><td colspan="2">手动□；自动□；无监测☑</td></tr>
<tr><td>监测点位</td><td colspan="2">（/）</td><td colspan="2">（/）</td></tr>
<tr><td>监测因子</td><td colspan="2">（/）</td><td colspan="2">（/）</td></tr>
<tr><td>污染物排放清单</td><td colspan="5">□</td></tr>
<tr><td colspan="2">评价结论</td><td colspan="5">可以接受☑；不可以接受□</td></tr>
<tr><td colspan="7">注：“□”为勾选项，可√；“（）”为内容填写项；“备注”为其他补充内容。</td></tr>
</table>

7.5 沉积物环境影响预测与评价

（1）表层沉积物质量对砂源的污染影响分析

根据 2018 年 12 月沉积物质量调查结果显示，各项调查指标均符合《海洋沉积物质量》中的第一类标准要求。2021 年 4 月沉积物质量调查结果显示，各项调查指标均符合《海洋沉积物质量》中的第一类、第二类标准要求。沉积物质量状况良好。另外，采砂施工产生的悬浮泥沙来源于本海域，不会使本海域沉积物的理化性质产生影响，并且本海域沉积物的环境质量不会发生明显的变化。

（2）采砂作业对沉积物污染扩散的影响分析

由射流式采砂船采砂工艺来看，高压射流管插入砂层的速度比较快，射流管引起表层沉积物扰动很小，射流管插入底质过程中产生的悬浮泥沙较小，远小于洗砂环节产生的悬浮泥沙的量。根据洗砂过程中产生的悬浮泥沙扩散预测结果，

悬浮泥沙增量>100mg/L 的包络面积为 8.91km^2；并且采砂溢流产生的悬浮物浓度增量仅在采砂区与本底浓度值为同一数量级，而在其余海域相对海水本底浓度值来讲很小，基本不会改变其悬浮物浓度，采砂作业不会使本海域沉积物的环境质量发生明显的变化。

采砂作业对底质的影响主要是当采砂区的砂源砂层掏空，覆盖上面的淤泥层在重力作用下发生坍塌，则表层沉积物可能将被掩埋。采砂作业结束后，采砂区将通过相当长的一段时间重新建立新的相对稳定的沉积物环境。

另外可能造成沉积物质量下降的是采砂施工过程排放的船舶含油污水、生活污水和生活垃圾。采砂作业产生的各类废水使沉积物中的有机质和石油类含量增加，从而影响沉积物表面物理性质和化学成份。对沉积物的挖掘和抛洒会导致吸附其上或其内的污染物（如有机炭、Cu、Pb、Zn、Cd、As、Cr、Hg、石油类）以及驻留营养物的溶出，可能使被污染底质因再悬浮而污染水质并沉降到未受污染的底层，导致二次污染。

7.6 生态环境影响预测与评价

7.6.1 采砂活动对浮游生物的影响

采砂将产生一定量的悬浮泥沙。从水生生态角度来看，施工水域内的局部海水悬浮物增加，水体透明度下降，从而使溶解氧降低，对水生生物产生诸多的负面影响。最直接的影响是削弱了水体的真光层厚度，对浮游植物的光合作用产生不利影响，进而妨碍浮游植物的细胞分裂和生长，降低单位水体内浮游植物数量，导致局部水域内初级生产力水平降低，使浮游植物生物量降低。在水生食物链中，除了初级生产者——浮游藻类以外，其它营养级上的生物既是消费者，也是上一营养级生物的饵料。因此，浮游植物生物量的减少，会使以浮游植物为饵料的浮游动物在单位水体中拥有的生物量也相应地减少，那么再以这些浮游生物为食的一些鱼类等由于饵料的贫乏而导致资源量下降。而且，以捕食鱼类为生的一些高级消费者，也会由于低营养级生物数量的减少而难以觅食。可见，水体中悬浮物质含量的增加，对整个水生生态食物链的影响是多环节的。

同时，浮游动物也将因阳光的透射率下降而迁移别处，浮游动物将受到不同程度的影响。此外，据有关资料，水中悬浮物质含量的增加，对浮游桡足类动物

的存活和繁殖有明显的印制作用。过量的悬浮物质会堵塞浮游桡足类动物的食物过滤系统和消化器官，尤其在悬浮物含量达到 300mg/L 以上时，这种危害特别明显。在悬浮物质中，又以粘性淤泥的危害最大，泥土及细砂泥次之。

浮游生物由于经济价值较难进行量化，因此，不进行损失量的估算。

7.6.2 采砂活动对渔业资源的影响

渔业资源主要包括游泳生物（主要为鱼、虾、蟹）和鱼卵仔鱼。对部分游泳生物来讲，采砂产生的悬浮物影响是比较显著的。悬浮物可以粘附在动物身体表面干扰动物的感觉功能，有些粘附甚至可引起动物表皮组织的溃烂；通过动物呼吸，悬浮物可以阻塞鱼类的鳃组织，造成呼吸困难；某些滤食性动物，只有分辨颗粒大小的能力，只要粒径合适就可吸入体内，如果吸入的是泥沙，那么动物有可能因饥饿而死亡；水体的浑浊还会降低水中溶解氧含量，进而对游泳生物和浮游动物产生不利影响，甚至引起死亡。但鱼类等游泳生物都比较容易适应水环境的缓慢变化，但对骤变的环境，它们反应则是敏感的，悬浮物质含量变化其过程呈跳跃式和脉冲式，这必然引起鱼类等其他游泳生物行动的改变，他们将避开这一点源混浊区，产生“驱散效应”。

根据有关研究资料，水体中 SS 浓度大于 100mg/L 时，水体浑浊度将比较高，透明度明显降低，若高浓度持续时间较长，将影响水生动、植物的生长，尤其对幼鱼苗的生长有明显的阻碍，而且可导致死亡。悬浮物对鱼卵的影响也很大，水体中若含有过量的悬浮固体，细微颗粒会粘附在鱼卵的表面，妨碍鱼卵呼吸，不利于鱼卵的孵化，从而影响鱼类繁殖。据研究，当悬浮固体物质含量达到 1000mg/L 以上，鱼类的鱼卵能够存活的时间将很短。

采砂时有一定范围的 SS 浓度增量超过 10mg/L，但游泳生物会由于施工影响范围内的 SS 增加而游离该范围，施工作业完成后，SS 的影响也将消失，鱼类等水生生物又可游回，这种影响持续时间在施工结束后比较短，是暂时性的，一般不会对该水域的渔业资源造成长期的不良影响，但短期内会造成一定量的损失。

7.6.3 采砂活动对附近海域水生生态系统的影响

挖砂致使底栖生物大部分丧失，同时挖砂时产生的大量悬浮泥沙和噪音将影

响工程附近海域浮游生物、游泳生物和鱼卵仔鱼的生存环境，浮游动、植物的生长受到影响，游泳生物被驱散，产卵海域受损，同时，生物洄游路线也将在施工期间发生改变，将避开采砂区。因此，工程附近海域水生生物多样性、均匀度和生物密度将有所下降。

因此，工程附近海域的水生生态系统将受到较大的影响。因此，对于采砂引起的工程附近海域水生生态系统的损耗应在保护区内进行增殖放流。待施工结束，水质恢复、噪声平静后，这些品种的水生生物便会重新进入工程附近海域，使得工程附近海域的生物量恢复至工程前的水平。

7.6.4 项目造成海洋生物资源损失量的分析

7.6.4.1 采砂活动对底栖生物的影响

采砂活动淘空底层砂后，覆盖上面的淤泥层受重力作用而塌陷，采砂区的底栖生物种类将被掩埋、覆盖，除少数能够存活外，绝大多数将死亡，导致生物资源损失。参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（简称《规程》），海床底土坍塌覆盖，彻底破坏底栖生物的生境，按下述公式进行计算：

$Wi = Di \times Si$

式中：

Wi —第 i 种生物资源受损量，单位为尾或个或千克（kg），在这里为底栖生物资源受损量。

Di —评估区域内第 i 种生物资源密度，单位为尾（个）每平方千米[尾（个）/km^2]、尾（个）每立方千米[尾（个）/km^3]或千克每平方千米（kg/）。在此为底栖生物密度。

Si —第 i 种生物占用的渔业水域面积或体积，单位为平方千米（km^2）或立方千米（km^3）。在此为海砂开采面积。

根据生态调查，2021 年 4 月春季平均生物量为 32.064g/m^2，2021 年 10 月秋季项目所在海域的底栖生物量平均值为 116.298g/m^2，取该两季的底栖生物生物量平均值 74.181g/m^2 进行计算，采沙区面积约为 221.997 公顷，同时考虑采砂区周边塌陷区外扩 50m，则对底栖生物的影响面积约为 262.9 公顷，本次采砂活动引起的底栖生物直接损失量为：$74.181\times10^{-6}\times262.9\times10^{4}=195.02$t。

大部分底栖生物的生长较缓慢，开采区抽沙作业后沉积物环境受到破坏，其生态环境的恢复需要较长时间，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。在采砂行为结束后底栖生物才能得到逐渐恢复。

7.6.4.2 悬浮物对海洋生物资源影响的评价方法

1.计算公式

本项目计划年采砂天数为 215 天，超过 15 天，按照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程（SC/T 9110-2007）》（以下简称《规程》），采砂工程在悬浮物扩散范围内对海洋生物产生的持续性损害，按以下公式计算：

$Mi = Wi \times T$

$$W_i = \sum_{j=1}^{n} D_{ij} \times S_i \times K_{ij}$$

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；

Dij 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。

2.取值依据

上述公式中，各参数的取值依据如下：

①污染物浓度增量区面积（Si）和分区总数（n）

根据第 7.4 节的水环境影响预测与评价结果，结合《规程》对污染物超标倍数的分类，下面给出本项目在最不利条件和最大开采强度作业时，15 天内造成的 SS 增量以及最大包络面积（表 7.6.4-1）。

表 7.6.4-1　采砂区不同超标倍数的 SS 增量整体包络线面积汇总

污染物 i 的超标倍数 Bi	对应的 SS 浓度范围（mg/L）	SS 增量各浓度分区平均最大包络面积（km^2）
Bi≤1 倍	10＜Bi≤20	4.68
1＜Bi≤4 倍	20＜Bi≤50	27.25

4＜Bi≤9 倍	50＜B_i≤100	11.1
Bi＞9 倍	B_i>100	8.91

从上表可以看出，本项目采砂引起的悬浮物 SS 浓度超标倍数 Bi≤1 倍的平均面积为 4.68km^2，1＜Bi≤4 范围内的平均面积为 27.25km^2，在 4＜Bi≤9 范围内的平均面积为 11.1km^2，超过第三类海水水质标准（B＞9 倍）的平均面积为 8.91km^2，其余水域 SS 增量<10 mg/L。

根据上述 SS 的影响面积对浮游生物（尤其是鱼卵和仔稚鱼）和游泳生物造成的影响进行分析。

②生物资源损失率（*Kij*）

根据《规程》，污染物对各类生物损失率根据污染物的超标倍数来确定（见表 7.6.4-2）。本次评价主要对浮游生物和游泳生物及鱼卵、仔稚鱼造成的影响进行分析。

表 7.6.4-2 《规程》中对污染物对各类生物损失率的规定

污染物 i 的超标倍数（Bi）	各类生物损失率（%）			
	鱼卵和仔稚鱼	成体	浮游动物	浮游植物
Bi≤1 倍	5	＜1	5	5
1＜Bi≤4 倍	5～30	1～10	10～30	10～30
4＜Bi ≤9 倍	30～50	10～20	30～50	30～50
Bi ≥9 倍	≥50	≥20	≥50	≥50

注：
1、本表列出污染物 *i* 的超标倍数(*Bi*)，指超《渔业水质标准》或超II类《海水水质标准》的倍数，对标准中未列的污染物，可参考相关标准或按实际污染物种类的毒性试验数据确定；当多种污染物同时存在，以超标准倍数最大的污染物为评价依据。
2、损失率是指考虑污染物对生物繁殖、生长或造成死亡，以及生物质量下降等影响因素的综合系数。
3、本表列出的对各类生物损失率作为工程对海洋生物损害评估的参考值。工程产生各类污染物对海洋生物的损失率可按实际污染物种类，毒性试验数据作相应调整。

本次评价按《规程》中的“污染物对各类生物损失率”范围值的中值确定本工程增量区的各类生物损失率（详见表 7.6.4-3）。

表 7.6.4-3 本工程悬浮物对各类生物资源损失率 Kij

污染物 i 的超标倍数（Bi）	各类生物资源损失率 Kij（%）			
	鱼卵和仔稚鱼	成体	浮游动物	浮游植物
Bi≤1 倍	5	0.5	5	5
1＜Bi≤4 倍	15	5	20	20

4<Bi ≤9 倍	40	15	40	40
Bi ≥9 倍	50	20	50	50

③ 持续周期数（T）和计算区超标范围的水层平均厚度

根据项目采砂进度计划，本项目每年采砂时间约 215 天，则每年的污染物浓度增量影响的持续周期数为 14.33（15 天为 1 个周期），根据工程海域水深测量资料，本项目采砂区平均水深约为 30.37m。

④ 生物资源密度（Dij）

根据海洋生物春季和秋季的调查结果，取调查海区的平均值。

1）浮游植物和浮游动物的生物资源密度

春秋季：2021 年 4 月和 2021 年 9 月调查海域浮游植物的资源密度平均值分别为 224.53×10^4cells/m^3 和 223.2×10^3cells/m^3，两次调查的平均值为 123.425×10^4cells/m^3；浮游动物的资源密度平均值分别为 904.78ind/m^3 和 3422.62ind./m^3，两次调查的平均值为 2163.7ind/m^3。

2）游泳生物（以鱼类为主）的生物资源密度

春秋季：2021 年 4 月和 2021 年 9 月调查海域游泳动物的资源密度平均值分别为 880.913kg/km^2 和 259.167kg/km^2。两次调查的平均值为 570.04kg/km^2。

3）鱼卵和仔稚鱼的资源密度取值方法

春秋季（鱼卵）：2021 年 4 月和 2021 年 9 月调查海域鱼卵的资源密度平均值分别为 0.195 粒/m^3 和 0.076 粒/m^3。两次调查的平均值为 0.1355 粒/m^3。

春秋季（仔稚鱼）：2021 年 4 月和 2021 年 9 月调查海域仔稚鱼的资源密度平均值分别为 0.0163 尾/m^3 和 0.0188 尾/m^3。两次调查的平均值为 0.0176 尾/m^3。

7.6.4.3 海洋生物资源损失量计算结果

春秋季浮游生物和游泳生物损失量：

浮游生物损失量 M =污染物浓度增量区面积 S×生物资源损失率 K×超标范围水层平均厚度 H×生物资源密度 D×影响的持续周期数 T

浮游植物损失量 =（4.68×0.05+27.25×0.20+11.1×0.40+8.91×0.50）$\times10^6\times30.37\times123.425\times10^4\times15=8.197\times10^{15}$cells

浮游动物损失量 =（4.68×0.05+27.25×0.20+11.1×0.40+8.91×0.50）$\times10^6\times30.37\times2163.7\times15=1.437\times10^{13}$ind

鱼卵仔稚鱼损失量 M =污染物浓度增量区面积 S×生物资源损失率 K×超标范围水层平均厚度 H×生物资源密度 D×影响的持续周期数 T

鱼卵损失量=（4.68×0.05+27.25×0.15+11.1×0.40+8.91×0.50）$\times10^6\times30.37\times0.1355\times15=8.158\times10^8$ 粒

仔稚鱼损失量=（4.68×0.05+27.25×0.15+11.1×0.40+8.91×0.50）$\times10^6\times30.37\times0.0176\times15=1.057\times10^8$ 尾

游泳生物损失量 M =污染物浓度增量区面积 S×生物资源损失率 K×生物资源密度 D×影响的持续周期数 T

游泳生物（鱼类）损失=（4.68×0.005+27.25×0.05+11.1×0.15+8.91×0.20）×570.04×15=41324kg

通过计算，本工程采砂导致底栖生物直接损失量为 195.02t；浮游植物的损失量为 8.197×10^{15}cells；浮游动物的损失量为 1.437×10^{13}ind；鱼卵 8.158×10^8 粒、仔稚鱼 1.057×10^8 尾；游泳生物(鱼类)的损失量为 41324kg。

7.6.4.4 海洋生物资源直接经济损失

在本项目施工过程造成的各类海洋生物资源损失量中，由于浮游植物和浮游动物的价值量较低，不计算其直接经济损失额。

根据《规程》的要求，考虑到海洋生物资源调查的内容，各类生物资源的经济损失额的计算方法如下：

底栖生物：

底栖生物均按成体生物处理，计算公式为：

M = W ×E

式中：M 为经济损失额，元；

W 为生物资源一次性损失总量，千克（kg）； E 为生物资源的价格，元/kg；底栖生物按成体生物处理，商品价格按照经济贝类市场价格计算（15 元/kg），则底栖生物直接经济损失额为 $195.02\times10^3\times15/10000$＝292.53 万元。

鱼卵和仔稚鱼、游泳生物：

鱼卵和仔稚鱼的经济价值应折算成鱼苗进行计算，计算公式为：

M = W ×P×V

式中：M 为鱼卵和仔稚鱼的经济损失金额，元；W 为鱼卵和仔稚鱼损失量，

尾或个；

P 为鱼卵和仔稚鱼折算为鱼苗的换算比例，鱼卵生长到商品鱼苗按 1%成活率计算，仔稚鱼生长到商品鱼苗按 5%成活率计算，%；V 为鱼苗的商品价格，按揭阳市主要鱼类苗种的平均价格计算，1.0 元/尾。

参考揭阳市 2019 年主要鱼类苗种价格，鱼卵和仔稚鱼拆算为鱼苗后的价格取 1.0 元/尾。游泳生物按 2019 年揭阳市市场平均海鱼价格 20 元/kg 计算。

鱼卵直接经济损失 $=8.158\times10^{8}\times0.01\times1.0\times10^{-4}=815.82$ 万元

仔鱼直接经济损失 $=1.057\times10^{8}\times0.05\times1.0\times10^{-4}=528.32$ 万元

游泳生物直接经济损失额$=41324\times20\times10^{-4}=82.65$ 万元

7.6.4.5 海洋生物资源损害赔偿额

依据《规程》的规定，占用海洋水域的生物资源损害补偿，占用年限低于 3 年的，按照 3 年补偿；本项目按 3 年进行补偿计算。本项目的建设需作出生态补偿的总金额为 5157.96 万元。

表 7.6.4-4 海洋生物资源损失汇总表

生物资源		直接损失量	单价	直接经济损失额（万元）	补偿年限（年）	经济补偿额（万元）
采砂	底栖生物	195.02t	15 元/kg	292.53	3	877.60
	游泳生物	41324kg	20 元/kg	82.65	3	247.95
	鱼卵（粒）	8.158×10^{8}	1.0 元/尾	815.82	3	2447.45
	仔鱼（尾）	1.057×10^{8}	1.0 元/尾	528.32	3	1584.97
总计				1719.32	/	5157.96

7.6.5 船舶噪声对海洋生态环境影响分析

项目采砂作业船舶通行时将产生一定的噪声，海域中某些海洋生物对噪声较敏感，如鱼类可能因高强度噪声产生的震动能量而受到较大影响甚至死亡。参照国家海洋局第三海洋研究所编制的《厦门北通道公铁两用桥工程环境影响评价报告》，海域船舶通行等所造成的水下噪声谱级相比原来的水下背景噪声提高仅约 4dB，噪声经海底沉积物的吸收，将很快衰减，影响范围将仅仅局限在工程附近海域，不会对所在海域的海洋生态环境产生明显的不良影响。

7.6.6 对“三场一通道”的影响分析

根据农业部公告第 189 号《中国海洋渔业水域图》（第一批）南海区渔业水

域图（第一批），本项目不在南海中上层鱼类产卵场内，也不在南海底层、近底层鱼类产卵场内，项目施工过程产生的悬浮泥沙不会扩散至南海中上层鱼类产卵场和底层、近底层鱼类产卵场内，不会对其产生影响。

项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区范围内，该保护区的保护期为 1-12 月，管理要求为禁止在保护区内进行底拖网作业。此外，本项目也与幼鱼幼虾保护区距离较近，幼鱼幼虾保护区保护期均为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日。

本项目采砂产生的悬浮泥沙将引起工程区及周边水域水质混浊，使海水光线透射率下降，溶解氧降低，对南海北部幼鱼繁育场、幼鱼幼虾保护区中的幼鱼、幼虾等的生存环境将造成一定的影响，从而造成一定的海洋生物量损失。但本项目不涉及底拖网作业，且本项目为临时工程，随着本项目采砂的结束，采砂点附近海域水质和生态环境会逐渐恢复，对南海北部幼鱼繁育场保护区、幼鱼幼虾保护区的影响也将逐渐消失。因此，本项目不会对南海北部幼鱼繁育场保护区、幼鱼幼虾保护区产生长远的不良影响，但项目应采取控制采砂范围，严禁超总量开采，控制采砂强度，在南海幼鱼幼虾保护区内降低采砂强度，加强采砂期间的跟踪监测等措施，将项目采砂过程可能对南海北部幼鱼繁育场保护区和幼鱼幼虾保护区的影响降至最低。

7.6.7 对中华白海豚的影响分析

本项目采砂作业过程中产生的污水和固体废物均拟收集上岸处理，不得排放入海，因此，本项目可能对中华白海豚产生影响的主要为悬浮泥沙和船舶采砂作业噪声。

7.6.7.1 悬浮泥沙对中华白海豚的影响分析

本项目采砂作业过程中会产生悬浮泥沙，可引起局部海水浑浊，使周围海水水质污染。根据数值模拟结果，项目采砂作业时，对东北侧的最大影响距离约为 7.2km。中华白海豚的活动区域主要分布于采砂区的东北侧，与本项目的最近距离约为 15.6km，因此，本项目采砂过程中产生的悬浮泥沙，基本不会扩散至中华白海豚的活动区域。且从生理结构上来说，中华白海豚是用肺呼吸的水生哺乳动物，这有别于用鳃呼吸的鱼类，它呼吸时头部露出水面直接呼吸空气，浑浊的水体对其呼吸影响不大；从行为学上来说，中华白海豚长期的进化也使其对外界

环境变化具有一定的趋避能力，假设海水中的悬浮泥沙明显影响了白海豚的正常活动，白海豚将会选择逃避来减少受到的伤害；从生态习性来说，中华白海豚长期生活在河口海域，而通常河口海域的水体通常较浑浊，说明中华白海豚对浑浊水体具有一定的适应性。因此，本项目施工产生的悬浮泥沙基本不会对中华白海豚产生影响。

7.6.7.2 水下噪声对中华白海豚的影响

本项目水下噪音主要来源于船舶采砂作业，一般噪音强度在噪声源强为80~100dB，可一定程度上提高背景噪声。声波在水下传播具有随距离逐步衰减的规律，引起声波在介质中传播损失的原因，可以归纳为四个方面：

1）扩展损失：由于声波波阵面在传播过程中不断扩展而引起的声强衰减（几何衰减）；

2）吸收损失：指在均匀介质中，由于介质粘滞、热传导以及其它驰豫过程引起的声强衰减；

3）散射：在海洋介质中，存在泥沙、气泡、浮游生物等悬浮粒子以及介质不均匀性引起的声波散射和声强衰减；

4）边界损失：包括海水上下界面对声波的吸收和反射损失。

厦门大学进行了相关研究。采用射线声学模型从计算机仿真得到的声信号随距离的变化关系（海深 40m，声源处于水下 3m，接收机处于水下 5m），见图7.6.7-1。

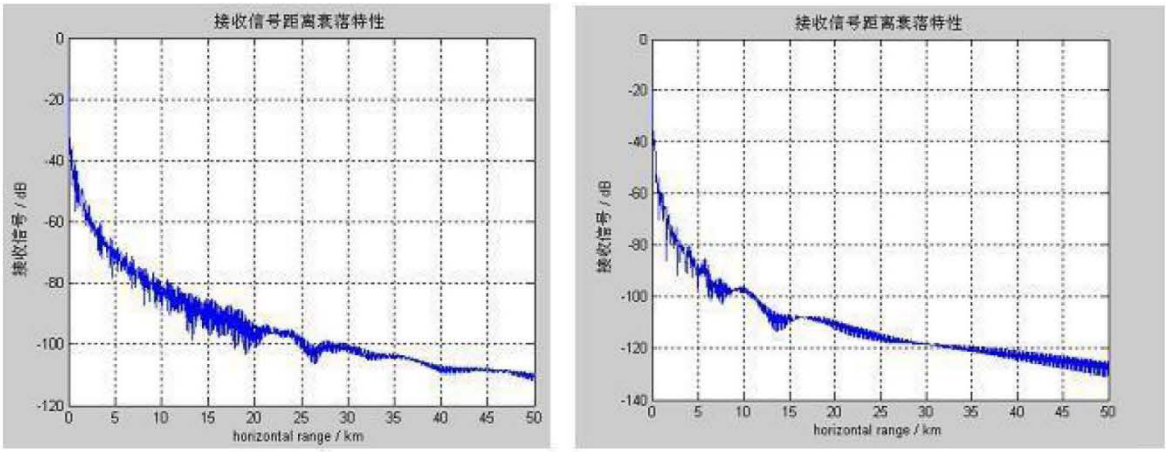


图 7.6.7-1 海况分别为 1 级和 3 级时的传播损失（载频 5kHz）

由图 7.6.7-1 可以看出，声波随距离的衰减曲线可以分成三部分，一部分是近距离处的平坦衰减，比较符合平方反比衰减规律；第二部分是近距离处的起伏

衰落，其适用距离的上限可达 20km，这中间存在很大的衰落起伏，但这一部分的衰减也近似符合平方反比规律；第三部分则是处于较远距离，其衰减较为平坦，大致符合反比规律；更远处的衰落则更加平坦，在不同海况下，传播损失的差别很大。

类比《厦门北通道公铁两用桥工程水下噪声对中华白海豚及渔业资源环境影响综合论证》可知，项目采砂作业噪声源对背景噪音提高的不会太多（4dB），即使提高 10dB，总的噪声级别仍远低于美国国家海洋渔业机构 2000 年颁布的鲸类最大可承受声压标准 180dB。而且船舶作业噪声有间歇性，声波在水中的传播随距离的增加成反平方规律衰减，因此影响的范围非常有限。

中华白海豚一般利用较高频率的声音（大于 10kHz）进行觅食及沟通（Gooldand Jefferson 2004），厦门海域中华白海豚的 click 声信号频率范围分别为 30~130kHz，20kHz~～140kHz。而重型机器操作及采砂所产生的噪音大都是 1kHz 以下的低频率，因此我们相信这对中华白海豚的滋扰将不太显著，其它地方的研究亦指出固定的挖掘工程对小型鲸豚的影响有限（RichardsonandWirsig1997）。

综上，本工程水下噪音随距离呈现反平方规律衰减，随着水深的增加下降较快，而且工程施工产生的频率不在白海豚觅食及沟通的频率之内，因此，工程水下施工的影响范围是比较有限的，且本项目与中华白海豚的活动水域的最近距离达到了 15.6km，距离较远，另外，中华白海豚通常可在喧闹的海洋环境噪声下嬉戏、生存，具有一定的抗水下环境噪声干扰的能力，项目船舶采砂作业噪声对中华白海豚活动水域的影响在可接受范围内。

7.7 采砂活动对敏感目标和海洋功能区的影响分析

7.7.1 对主要环境敏感区的环境影响评价

7.7.1.1 对保护区的的影响分析

本项目附近的保护区主要有广澳湾海洋保护区（东北侧约 15.6km）、前詹海洋保护区（西南侧约 15.1km）、揭阳市海龟、鲎市级自然保护区（西南侧约 10.8km）、揭阳市龙虾市级自然保护区（西北侧约 2.9km）、揭阳市神泉渔业市级自然保护区（西北侧约 7.3km）、汕头市龙头湾中华白海豚自然保护区（东北侧，约 15.6km）和田心湾南方鲎自然保护区（西北侧约 16.7km），本项目与附近保护区的距离均较远。根据“图 7.7.1-1 采砂区采砂时悬浮泥沙增量超过 10mg/L 包络线与环境敏感点叠加图”，项目采砂过程产生的悬浮泥沙基本不会扩散至保护区范围内，因此，本项目基本不会对海洋保护区产生影响。

7.7.1.2 对限制类红线区的影响分析

本项目附近的限制类红线区主要有 237-汕头深水重要渔业海域限制类红线区（东侧约 3.0km）、216-客鸟尾自然景观与历史文化遗迹限制类红线区（西北侧约 6.5km）、215-绿洲重要砂质岸线及邻近海域限制类红线区（西侧约 8.9km）、217-仙庵金海湾重要滨海旅游区限制类红线区（西北侧约 10.1km）、212-前詹珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区（西南侧约 10.6km）、214-鸡椒礁特别保护海岛限制类红线区（西南侧，约 12.5km）、213-鸡椒礁特别保护海岛禁止类红线区（西南侧约 15.0km）。根据“图 7.7.1-1 采砂区采砂时悬浮泥沙增量超过 10mg/L 包络线与环境敏感点叠加图”，项目采砂过程产生的悬浮泥沙会扩散至汕头深水重要渔业海域限制类红线区。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。

“汕头深水重要渔业海域限制类红线区”的生态保护目标是：重要渔业产品的产卵场、索饵场、越冬场及鱼类洄游通道。管控措施：禁止炸鱼等违法捕鱼活动；40 米等深线向岸一侧海域实行凭证捕捞制度，实行禁渔期制度。本项目为海砂开采项目，无炸鱼等违法捕鱼行为，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周边重要渔业产品的产卵、索饵、越冬环境产生一定影响，由于从工程施工情况来看，悬浮泥沙影响区域相对固定，同时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。施工结束后，应通过生态补偿及修复措施恢复渔业资源，将影响控制在一定范围和程度内。本工程在施工过程中应合理安排工期，尽量避开鱼类产卵盛期，同时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。

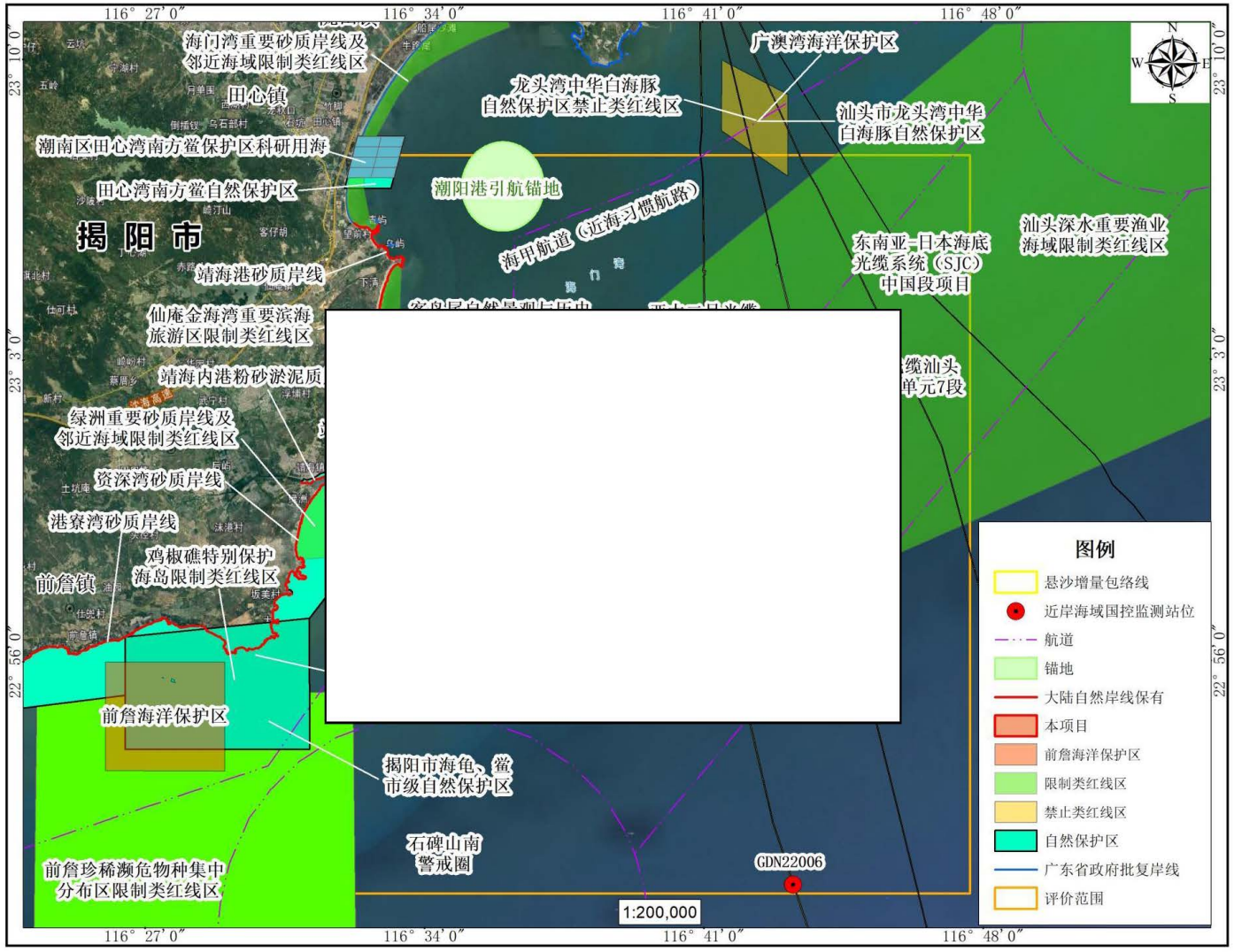


图7.7.1-1 采砂区采砂时悬浮泥沙增量超过 10mg/L 包络线与环境敏感点叠加图

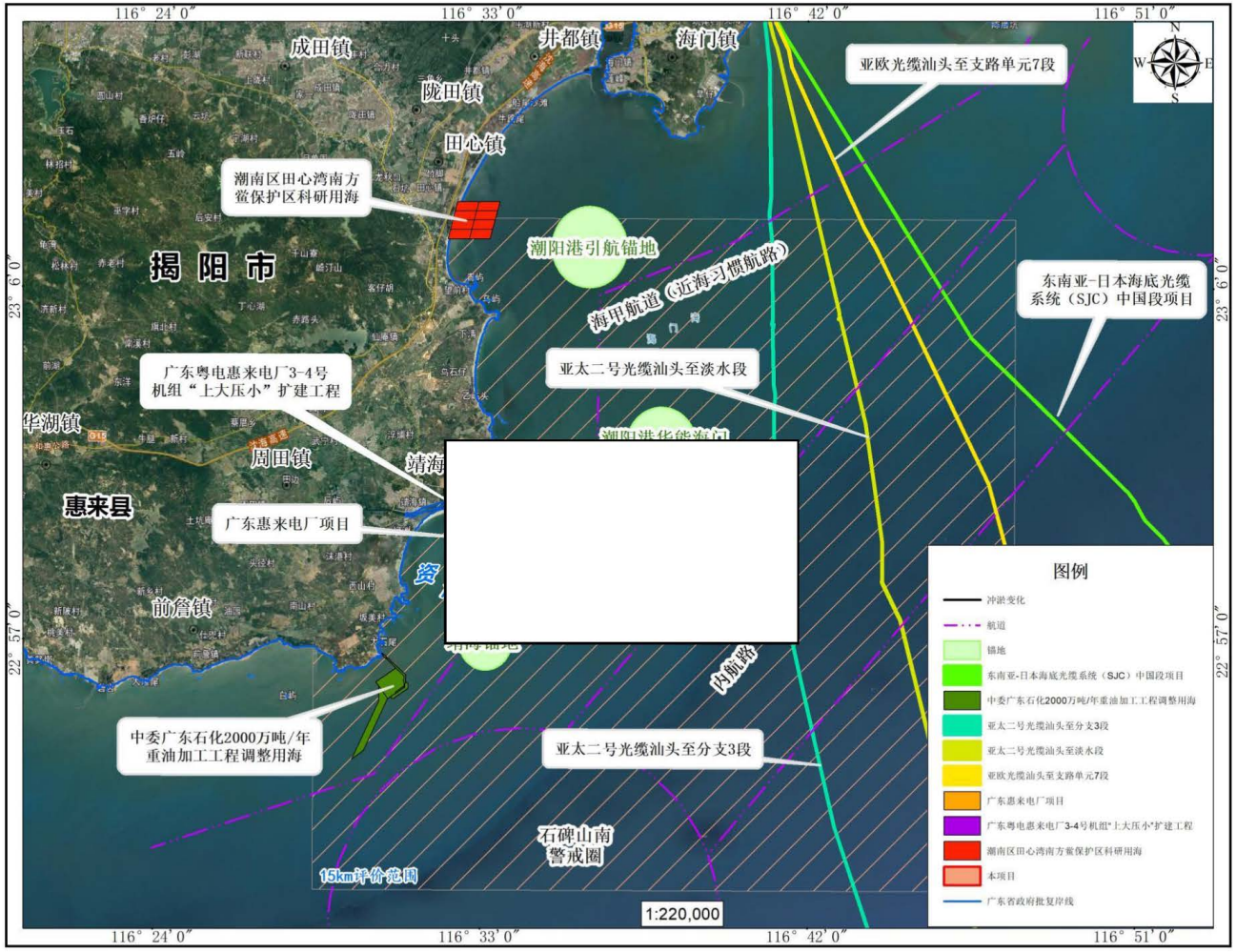


图 7.7.1-2　采砂区采砂时冲淤变化范围与开发利用叠加图

7.7.1.3 对海底光缆管道的影响分析

本项目附近海域有亚太二号光缆汕头至分支 3 段（东侧约 3.7km）、亚太二号光缆汕头至淡水段（东侧约 8.8km）、亚欧光缆汕头至支路单元 7 段（东侧约 13.5km）、东南亚-日本海底光缆系统（SJC）中国段项目（东侧约 15.9km）等 4 个海底电缆管道。根据《海底电缆管道保护规定》，沿海开阔海域的海底电缆管道保护区范围为两侧各 500m，本项目不在该 4 个海底电缆管道的保护区范围内。

项目附近风电场海底电缆管道均位于本项目的东侧，根据数值模拟结果可知，本项目实施后，采砂区内及采砂区西北-东南侧（主流向两侧）以淤积为主，采砂区东北-西南侧（主流向的前后侧）则以冲刷为主。根据“图 7.7.1-2　采砂区采砂时冲淤变化范围与开发利用叠加图”可知，亚太二号光缆汕头至分支 3 段、亚太二号光缆汕头至淡水段、亚欧光缆汕头至支路单元 7 段、东南亚-日本海底光缆系统（SJC）中国段均不在本项目冲淤变化范围内，因此，本项目基本不会对海底光缆管道地形地貌和冲淤环境产生影响。

综合分析，本项目实施后，基本不会对周边海底电缆管道所在海域的冲淤环境造成影响，但项目仍应严格执行《海底电缆管道保护规定》的要求，严格控制施工范围，避免超范围施工，严禁超总量采砂，以将项目可能对附近的风电场的影响降至最低。

7.7.1.4 对航道的影响分析

本项目附近有海甲航道（近海船舶习惯航路）（西侧约4.44km）、内航路（东侧约 0.56km），其中与本项目最近的为内航路。

本项目无需占用通航航道，但本项目运砂船舶将海砂运输上岸过程中，将会增加附近航道的通航密度，从而可能对附近的航道的通航环境造成一定的影响，本项目应采取不得随意穿越出海航道、在取得发水上水下施工作业许可证和通航公警告才能正式进场作业、采砂船和运砂船悬挂正确的旗号和号灯等措施，以将项目可能对附近航道的通航环境影响降至最低。此外，由冲淤环境影响预测结果可知，本项目实施后，主要可能对最近的内航路的冲淤环境产生影响，主要以淤积为主，但影响幅度在0.08m/a以内，影响较小。此外，由于本项目与其他航道的距离较远，因此，本项目基本不会对海甲航道（近海船舶

习惯航路）、内航路的冲淤产生影响。

综合分析，本项目采砂过程中，可能对距离项目较近的内航路的冲淤环境、通航环境和通航安全产生一定的影响，但经采取一定的通航安全保障措施后，对其影响在可接受范围内。

7.7.1.5 对锚地的影响分析

本项目附近有潮阳港引航锚地（西北侧，约12.7km）、潮阳港华能海门电厂配套锚地（北侧，约2.9km），靖海锚地（西南侧，约6.4km），距离项目最近的为潮阳港华能海门电厂配套锚地。此外，由冲淤环境影响预测结果可知，本项目实施后，主要可能对最近的潮阳港华能海门电厂配套锚地的冲淤环境产生影响，主要以冲刷为主，但影响幅度在0.06m/a以内，影响较小。此外，由于本项目与其他锚地的距离较远，因此，本项目周边锚地的冲淤产生影响。

7.7.2 对海洋功能区的影响分析

根据《广东省海洋功能区划（2011—2020 年）》，本项目所在的海洋功能区为珠海-潮州近海农渔业，周边海域海洋功能区有：广澳湾海洋保护区、海门港口航运区、海门湾-广澳湾农渔业区、海门湾工业与城镇用海区、仙庵旅游休闲娱乐区、靖海港口航运区、前詹海洋保护区、田尾山-石碑山农渔业区、前詹港口航运区。

表 7.7.2-1 项目所在海域及周边海域海洋功能区分布表

序号	省海洋功能区划名称	与本项目相对位置	功能区
1	广澳湾海洋保护区	东北侧，约 15.7km	海洋保护区
2	海门港口航运区	北侧，约 17.5km	航运区
3	海门湾-广澳湾农渔业区	北侧，约 10.3km	农渔业区
4	海门湾工业与城镇用海区	西北侧，约 6.5km	工业与城镇用海区
5	仙庵旅游休闲娱乐区	西北侧，约 11.0km	旅游休闲娱乐区
6	靖海港口航运区	西侧，约 5.2km	港口航运区
7	前詹海洋保护区	西南侧，约 15.1km	海洋保护区
8	田尾山-石碑山农渔业区	西南侧，约 13.1km	农渔业区
9	前詹港口航运区	西南侧，约 22.5km	航运区
10	珠海-潮州近海农渔业	在项目范围内	农渔业区

7.7.2.1 对农渔业区的影响分析

本项目位于珠海-潮州近海农渔业，周边分布有海门湾-广澳湾农渔业区、田尾山-石碑山农渔业区，本工程采砂期间引起的悬浮泥沙会对项目所在的珠海-潮州近海农渔业一定范围内的水质和海洋生态环境造成一定的影响，造成一定的生物量损失，但本工程采砂产生的悬浮泥沙对周围海域的影响是暂时性的，在项目采取严格控制施工范围、合理控制采砂强度，在采砂船溢流泄水口上安装拦污栅，施工船舶含油污水和生活污水均收集上岸交由有处理能力的单位处理，在施工期对项目所在海域进行跟踪监测，同时对造成的海洋生态损失进行补偿等措施后，可将本项目对所在海洋功能区的影响降至最低，不会对其产生长远的不良影响。海门湾-广澳湾农渔业区、田尾山-石碑山农渔业区与本项目最近距离为10.3km，10mg/L 悬浮泥沙增量包络线未扩散至这两个区域（见图7.2.1-1），因此对其影响很小。

7.7.2.2 对仙庵旅游休闲娱乐区的影响分析

本项目与仙庵旅游休闲娱乐区的最近距离约为11.0km，由数值模拟结果可知，本项目建设产生的悬浮泥沙扩散主要集中在工程附近海域，10mg/L 悬浮泥沙增量包络线未扩散至仙庵旅游休闲娱乐区（见图7.2.1-1），而且这些悬浮物增量会随着海砂开采施工结束很快沉降分散，因此本项目建设对项目附近的该休闲娱乐区基本无影响。且本项目采砂期间产生的生活垃圾、生活污水和船舶含油污水也将由有能力单位收集处理，禁止直接排放入海。因此，本项目的建设不会对仙庵旅游休闲娱乐区产生影响。

7.7.2.3 对航运区的影响分析

本项目北侧约17.5km 为海门港口航运区、西侧约5.2km为靖海港口航运区。本项目除了海砂开采施工外，没有其他用海方式和施工方式，不会对靖海港口航运区、海门港口航运区的主导功能产生不利影响。本项目海砂开采期间会产生悬浮物增量，对海域的生态环境产生影响，但本项目采砂产生的悬浮泥沙扩散主要集中在工程附近海域，10mg/L悬浮泥沙增量包络线未扩散至靖海港口航运区、海门港口航运区（见图7.2.1-1），而且这些悬浮物增量

会随着海砂开采施工结束很快沉降分散，对此功能区的生态环境几乎无影响。此外，本项目海砂开采期间将增加附近水域和航道的船舶数量，对通航环境有一定影响，但距离靖海港口航运区、海门港口航运区较远，且施工期间将严格遵守海事航道部门的指挥和调度。因此，本项目的建设符合不会对海门港口航运区产生明显的不良影响。

7.7.2.4 对海门湾工业与城镇用海区的影响分析

本项目西北侧约6.5km为海门湾工业与城镇用海区。本项目除了海砂开采施工外，没有其他用海方式和施工方式，不会对海门湾工业与城镇用海区的主导功能产生不利影响。由“图 7.7.2-1 采砂时悬浮泥沙增量超过 10mg/L包络线与海洋功能区划叠加图”可知，本项目采砂过程中，产生增量超过10mg/L的悬浮泥不会扩散至项目附近的海洋功能区，基本不会对附近的海洋功能区产生影响。但项目应采取严格控制施工范围、合理控制采砂强度，在采砂船溢流泄水口上安装拦污栅，施工船舶含油污水和生活污水均收集上岸交由有处理能力的单位处理，在施工期对项目所在海域进行跟踪监测，同时对造成的海洋生态损失进行补偿等措施，将本项目对附近环境功能区的影响降至最低。

7.7.2.5 对海洋保护区的影响分析

本项目东北侧约15.7km为广澳湾海洋保护区、西南侧约15.1km为前詹海洋保护区。本项目除了海砂开采施工外，没有其他用海方式和施工方式，不会对海洋保护区的主导功能产生不利影响。由“图 7.7.2-1 采砂区采砂时悬浮泥沙增量超过 10mg/L包络线与海洋功能区划叠加图”可知，本项目采砂过程中产生增量超过 10mg/L的悬浮泥不会扩散至广澳湾海洋保护区、前詹海洋保护区，基本不会对附近的海洋功能区产生影响。但项目应采取严格控制施工范围、合理控制采砂强度，在采砂船溢流泄水口上安装拦污栅，施工船舶含油污水和生活污水均收集上岸交由有处理能力的单位处理，在施工期对项目所在海域进行跟踪监测，同时对造成的海洋生态损失进行补偿等措施，将本项目对附近环境功能区的影响降至最低。

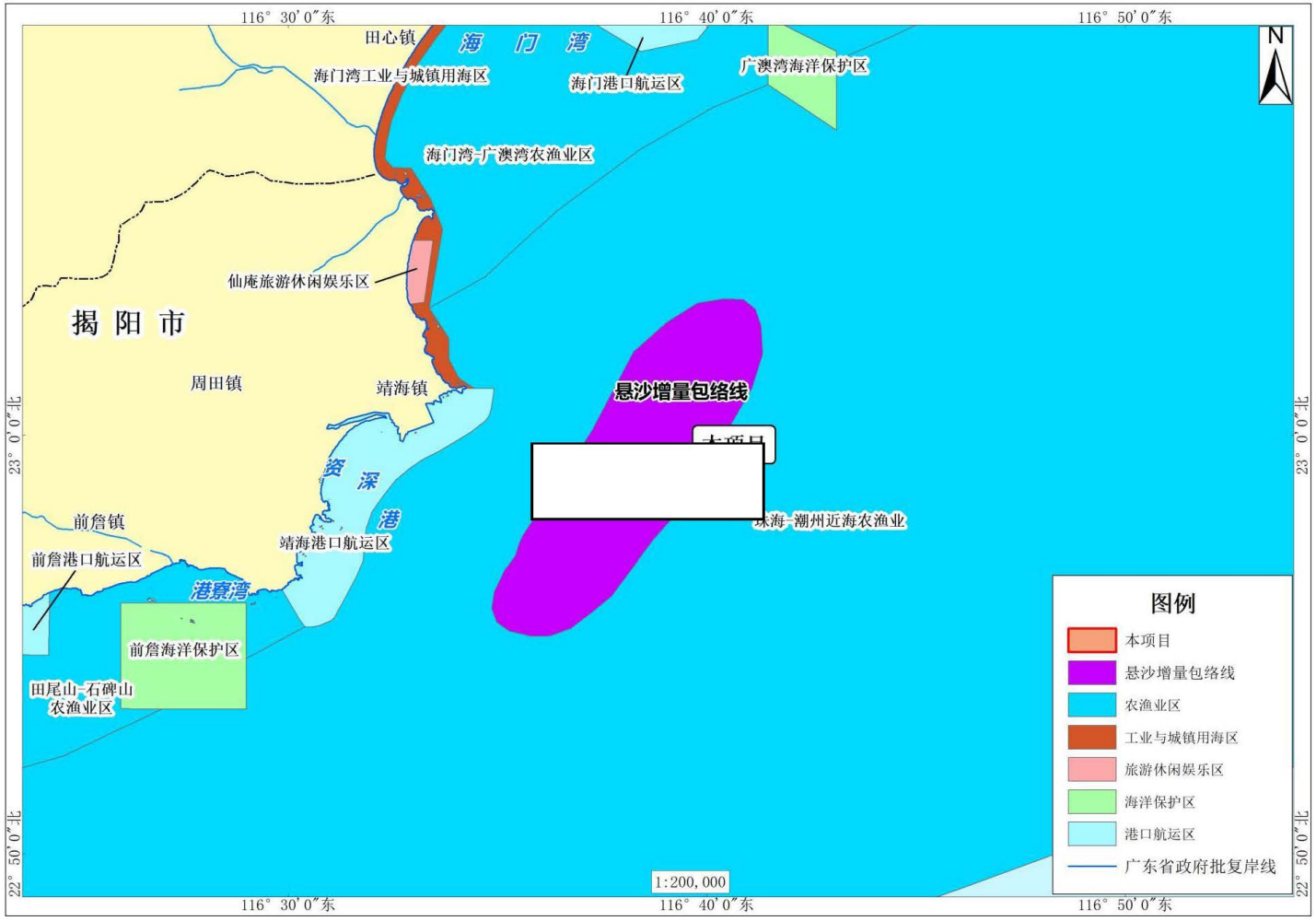


图 7.7.2-1 采砂区采砂时悬浮泥沙增量超过 10mg/L 包络线与海洋功能区划叠加图

7.7.3 对近岸海域国控监测站位的影响分析

本项目附近有近岸海域国控监测站位GDN22002（西北侧，约6.6km）、国控监测站位GDN22005（西侧，约9.2km）、国控监测站位GDN22006（东南侧，约16.6km）、国控监测站位GDN04006（东北侧，约11.2km），近岸海域国控监测站位主要为近岸海域海水水质监测，距离项目最近的为国控监测站位GDN22002。根据“图 7.7.1-1 采砂区采砂时悬浮泥沙增量超过10mg/L包络线与环境敏感点叠加图”，项目采砂过程产生的悬浮泥沙基本不会扩散至国控监测站位，不影响监测站位水质，因此，本项目基本不会对国控监测站位产生影响。

7.8 对通航环境的影响分析

本项目无需占用通航航道，可能对通航环境产生影响的主要为运砂船舶的影响。本项目运砂船舶将海砂运输上岸过程中，将会增加附近航道的通航密度，而且船舶可能与过往船舶发生碰撞事故，增加海事部门的管理难度和强 度。而且本项目实施后，将在一定程度声改变所在海域的局部水深和冲淤环境等，可能对附近航道的水深和冲淤环境等造成一定的影响。

因此，本项目应采取严格控制采砂范围，安排警戒船舶、设置施工期航标等措施，将项目施工期可能产生的通航环境影响降至最低。

7.9 大气环境影响分析

本项目施工过程中，产生的大气污染物主要来源于施工船舶产生的废气。本工程水上作业船舶主要为采砂船和皮带船等。这些船舶一般需配备柴油发电机等设施，柴油发电机运行过程中会产生废气等污染。但本项目施工船舶较少，拟申请采砂区处于相对开阔的海域，距离岸线较远，有利于污染物的扩散，且评价范围内没有敏感点，因此，施工期船舶废气对周边环境影响有限。

本项目大气环境影响评价自查表详见表7.9-1。

表 7.9-1 建设项目大气环境影响评价自查表

<table>
<tr><td colspan="2">工作内容</td><td colspan="6">自查项目</td></tr>
<tr><td rowspan="2">评价等级与范围</td><td>评价等级</td><td colspan="2">一级□</td><td colspan="2">二级□</td><td colspan="2">三级☑</td></tr>
<tr><td>评价范围</td><td colspan="2">边长=50km□</td><td colspan="2">边长5～50km□</td><td colspan="2">边长=5 km□</td></tr>
<tr><td rowspan="2">评价因子</td><td>SO2 +NOx 排放量</td><td colspan="2">≥ 2000t/a□</td><td colspan="2">500～2000t/a□</td><td colspan="2">＜500 t/a☑</td></tr>
<tr><td>评价因子</td><td colspan="2">基本污染物 ：(CO、O_3、SO_2，NO_x，PM_{10}，$PM_{2.5}$)
其他污染物：(/)</td><td colspan="4">包括二次 PM2.5□
不包括二次 PM2.5☑</td></tr>
<tr><td>评价标准</td><td>评价标准</td><td colspan="2">国家标准☑</td><td colspan="2">地方标准 □</td><td colspan="2">附录 D □ 其他标准□</td></tr>
<tr><td rowspan="4">现状评价</td><td>环境功能区</td><td colspan="2">一类区□</td><td colspan="2">二类区☑</td><td colspan="2">一类区和二类区□</td></tr>
<tr><td>评价基准年</td><td colspan="6">（2020）年</td></tr>
<tr><td>环境空气质量 现状调查数据来源</td><td colspan="2">长期例行监测数据□</td><td colspan="2">主管部门发布的数据☑</td><td colspan="2">现状补充监测□</td></tr>
<tr><td>现状评价</td><td colspan="2">达标区☑</td><td colspan="4">不达标区□</td></tr>
<tr><td>污染源调查</td><td>调查内容</td><td colspan="2">本项目正常排放源□
本项目非正常排放源□
现有污染源□</td><td colspan="2">拟替代的污染源□</td><td colspan="2">其他在建、拟建项目污染源□ 区域污染源□</td></tr>
<tr><td rowspan="8">大气环境影响预测与评价</td><td>预测模型</td><td colspan="2">AERMOD□ ADMS□</td><td colspan="2">AUSTAL2000□ EDMS/AEDT□</td><td colspan="2">CALPUFF□ 网格模型□ 其他□</td></tr>
<tr><td>预测范围</td><td colspan="2">边长≥ 50km□</td><td colspan="2">边长 5～50km □</td><td colspan="2">边长 = 5 km □</td></tr>
<tr><td>预测因子</td><td colspan="4">预测因子(/)</td><td colspan="2">包括二次 PM2.5 □
不包括二次 PM2.5□</td></tr>
<tr><td>正常排放短期浓度贡献值</td><td colspan="4">$C_{本项目}$最大占标率≤100%□</td><td colspan="2">$C_{本项目}$最大占标率＞100% □</td></tr>
<tr><td rowspan="2">正常排放年均浓度贡献值</td><td>一类区</td><td colspan="3">$C_{本项目}$最大占标率≤10%□</td><td colspan="2">$C_{本项目}$最大标率＞10% □</td></tr>
<tr><td>二类区</td><td colspan="3">$C_{本项目}$最大占标率≤30%□</td><td colspan="2">$C_{项目}$最大占标率＞30%□</td></tr>
<tr><td>非正常排放 1h 浓度贡献值</td><td>非正常持续时长（/）h</td><td colspan="3">$C_{非正常}$占标率≤100% □</td><td colspan="2">$C_{非正常}$占标率＞100%□</td></tr>
<tr><td>保证率日平均浓度和年平均浓度叠加值</td><td colspan="4">$C_{叠加}$达标□</td><td colspan="2">$C_{叠加}$不达标 □</td></tr>
<tr><td>区域环境质量的整体变化情况</td><td colspan="4">k ≤-20% □</td><td colspan="2">k ＞-20% □</td></tr>
<tr><td rowspan="2">环境监测计划</td><td>污染源监测</td><td colspan="4">监测因子：()</td><td>有组织废气监测□
无组织废气监测□</td><td>无监测☑</td></tr>
<tr><td>环境质量监测</td><td colspan="4">监测因子：()</td><td>监测点位数（/）</td><td>无监测☑</td></tr>
<tr><td rowspan="3">评价结论</td><td>环境影响</td><td colspan="2">可以接受☑</td><td colspan="4">不可以接受 □</td></tr>
<tr><td>大气环境防护距离</td><td colspan="6">距（ / ）厂界最远（ / ）m</td></tr>
<tr><td>污染源年排放量</td><td colspan="2">SO_2:（/）t/a</td><td colspan="2">NOx:（/）t/a</td><td colspan="2">颗粒物:（/）t/a VOCs:（/）t/a</td></tr>
<tr><td colspan="8">注："□"为勾选项 ，填"√"；"（ ）" 为内容填写项</td></tr>
</table>

7.10 固体废物环境影响分析

本项目产生的固体废物主要包括船舶生活垃圾和碎石杂物。由工程分析结果可知，本项目生活垃圾产生量约为 435kg/d，生活垃圾主要为有机物，包括剩饭、剩菜，如不对其采取有效的处理措施，将对工程海域海水水质、生态环境等造成影响，因此船舶人员船舶生活垃圾拟经分类收集上岸后，由环卫部门清运处理，不得排放入海。此外，本项目采砂过程也会产生一定量碎石杂物，在采砂船靠岸

检修时由相关接收单位接收处理，不得倾倒入海，不会对所在海域环境造成二次污染影响。

8 环境事故风险分析与评价

8.1 环境风险评价等级

（1）风险调查

本项目为采砂工程，根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）附录中附录 B 及《重大危险源辨识》（GB18218-2018），本项目不属于高风险行业，不涉及高风险工艺。

（2）风险潜势判断及等级判断

根据 2.4 节的环境风险评价等级判断结果，本项目环境风险潜势为 II 。因此，确定本项目的环境风险评价工作等级为三级。

8.2 环境敏感目标

本项目环境敏感目标主要为有生态红线、海底电缆管道、南海北部幼鱼繁育场保护区、自然保护区等，见表 2.6-1。

8.3 环境风险识别

本项目为采砂项目，不涉及水工构筑物的建设，采砂过程需使用船舶进行采砂和海砂运输，因此，本项目的环境风险主要为船舶溢油产生的环境污染风险。

8.4 环境风险事故分析

8.4.1 通航事故风险

由于本工程不涉及港口航运等功能，因此本工程建设涉及的通航环境风险主要集中在海上采砂作业期间。工程海上施工需动用采砂船、运输船、指挥艇等各类施工船舶，采砂期间各类船舶往返穿越航道及锚地，对海域通航环境会造成一定影响，从而存在发生船舶碰撞等事故的可能。此外工程采砂作业若碰到海况条件较恶劣时，可能对施工船舶自身航行安全带来危险。

8.4.2 船舶溢油事故风险

8.4.2.1 船舶溢油事故概率

（1）国际船舶溢油事故统计

国际油轮船东防污染委员会按不同溢油等级和事故原因统计了 1974～2005 年间 9309 起油轮、大型油轮和驳船溢油事故资料，见表 8.4-1。

表 8.4-1 国际 1974-2005 船舶溢油事故统计分析

事故类型	小于 7t	7~700t	大于 700t	总数	大于 700t 事故比率(%)
装卸	2820	328	30	3178	8.7
加装燃油	548	26	0	574	0.0
其他操作	1178	56	1	1235	0.3
碰撞	171	294	97	562	28.3
搁浅	233	219	118	570	34.4
船体破损	576	89	43	708	12.5
火灾和爆炸	88	14	30	132	8.7
其他原因	2180	146	24	2350	7.0
总计	7794	1172	343	9309	1

从上表统计结果可以看出，装卸、加装燃油等操作性溢油事故中，91%的溢油量小于 7 吨，而相比对于溢油量大于 700 吨的溢油事故，碰撞、搁浅等导致的溢油事故占到事故总数的 84%。从表最后一栏可以看出：单次溢油量超过 700 吨的污染事故中，由于搁浅造成的占 34.4%，碰撞造成的占 28.3%，船壳损伤占 12.5%，火灾和爆炸造成的占 8.7%，因此得出结论碰撞、搁浅等海损事故是船舶溢油事故的主要危险源。

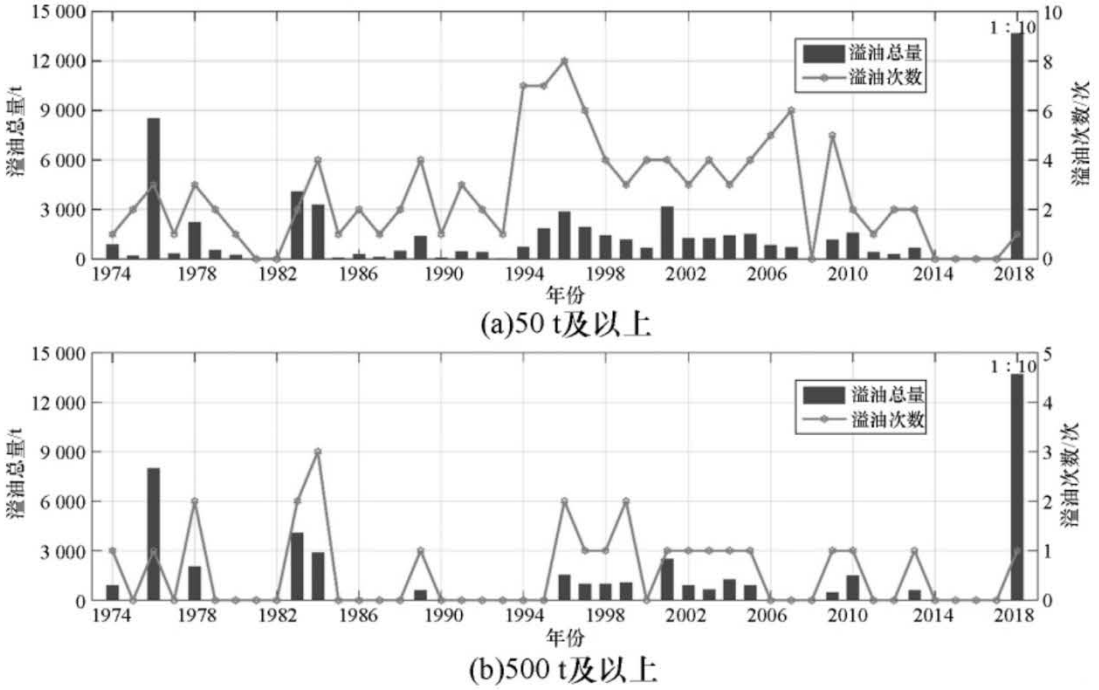
（2）国内船舶溢油事故统计

从 1974～2018 年近 30 年以来，我国近海 50t 及以上海洋溢油事故共计 117 次，其中 50t 及以上溢油事故 92 次、500t 及以上溢油事故 24 次、3.4 万 t 及以上溢油事故 1 次；共造成油品损失 186105t。3 类溢油事故的年际变化如图 4.3.1-1 所示。

在溢油事故次数方面：①1974～2018 年我国近海 50t 及以上海洋溢油事故次数总体呈先增后减的态势。1993～1994 年事故次数明显增加，1994～1997 年为事故高发期，其中 1996 年最高达到 8 次；2009 年后事故次数明显减少，2010～

2018 年为事故低发期，其中 2014～2017 年事故次数为 0。②1974～2018 年我国近海 500t 及以上海洋溢油事故中，1984 年最高达到 3 次，1985～1995 年和 2006～2018 年事故次数较少。

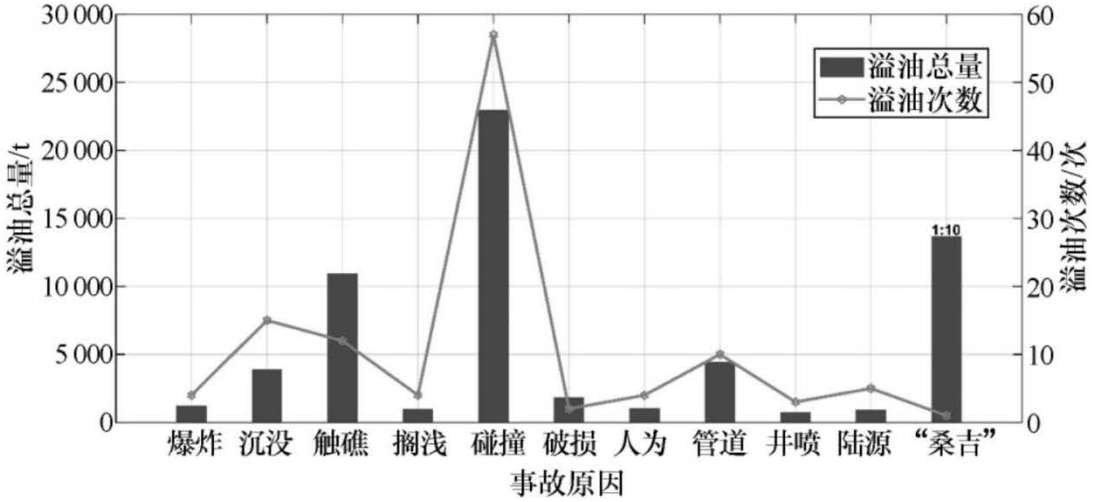
在溢油总量方面：①连续大规模溢油事故出现在 1996～2005 年；②2018 年“桑吉”号溢油事故以高达 137000t 的溢油总量占历年溢油总量的 74%，成为我国历史上首次也是唯一一次灾难性海洋溢油污染事故（3.4 万 t 以上）；③500t 及以上溢油事故的溢油总量占比为 17%，50t 及以上溢油事故的溢油总量占比仅为 9%。



注：2018 年的溢油总量已按 1：10 的比例缩减展示

图 8.4-11974～2018 年我国海洋溢油事故次数与溢油总量的年际变化

发生海洋溢油事故的原因多种多样，1974～2018 年我国 50t 及以上海洋溢油事故发生原因主要是船舶在航行、靠离码头时，由于碰撞、触礁、搁浅、爆炸、船体破损、管道断裂、井喷等事故造成溢油。



注：“桑吉”号溢油事故属于碰撞事故，其溢油总量已按 1:10 的比例缩减单独展示。

图 8.4-2 1974～2018 年我国 50t 及以上海洋溢油事故的原因

经统计分析，我国海域发生的重大溢油事故中，船舶碰撞是我国海洋溢油事故发生的主要原因，触礁和沉没也是船舶溢油事故发生的常见原因，其中碰撞事故导致的溢油总量最大，触礁次之。其中，碰撞是导致海洋溢油事故次数最多（58 次）和溢油总量最大（159987t）的因素；触礁导致海洋溢油事故的溢油总量达到 10967t，仅次于碰撞；沉没和管道导致海洋溢油事故次数分别达到 15 次和 10 次，但溢油总量较小，分别为 3903t 和 4465t。

据国内外溢油事故统计资料表明，船舶碰撞发生溢油事故最主要的原因是船舶突遇恶劣天气，风大、流急、浪高，加之轮机失控，造成船舶触礁和搁浅，引发重大溢油事故发生，事故发生地点主要在河口、港湾、沿海等近岸水域。

（3）广东省内船舶溢油事故统计

收集广东省海事局 2007～2011 年度 5 年的溢油资料作类比分析，统计见表 8.4-2。

表 8.4-2 广东辖区 2007～2011 年船舶水上污染事故分析表

事故次数 统计年份		2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	合计
事故类型	操作性事故	12	4	2	5	1	24
	海损性事故	6	4	5	4		19
	其他/未知		1				1
	小计	18	9	7	9	1	44
事故地点	港内	13	6	4	5		28
	航道						
	锚地	2					

	近海	3	2	2	2	1	10
	其他/未知		1	1	1		3
	小计	18	9	7	9	1	44
溢油量	小于 10t	17	8	4	6	1	36
	10～49t		1	1	1		3
	50～99t	1		1	1		3
	100～499t						0
	500～999t			1			1
	1000～9999t				1		1
	10000t 以上						0
	未知						0
	小计	18	9	7	9	1	44
海损性事故类型	碰撞	1		1	3		5
	搁浅			1			1
	触礁	1	1				2
	触损	1			1		2
	沉没	1	3	2			6
	火灾/爆炸	1					1
	船体破损	1		1			2
	其他/未知						0
	小计	6	4	5	4	0	19

统计结果显示，这五年，广东省共发生船舶污染事故 44 起，其中操作性事故 24 起（包括加油事故、装卸事故和误排机舱水事故），海损性事故 19 起，其他事故 1 起。

事故发生在港内的居多，占 63.6%；其次为近海，占 22.7%；发生在锚地和其他区域的各 3 起。溢油量以小于 10t 的居多，共 36 起，占 81.8%；10～50t、100～500t 的各 3 起，各占 6.8%；500～1000t、1000～10000t 的各 1 起，各占 2.3%。其中海损性事故（共 19 起）中，沉没 6 起，占 31.6%；碰撞 5 起，占 26.3%；触礁、触损和船体破损各 2 起，各占 10.5%；搁浅、火灾爆炸各 1 起，各占 5.3%。操作性事故中（24 起），由装卸作业导致的共 15 起，加油作业导致的 2 起，其他作业导致的 7 起，分别占 62.5%、8.3%、29.2%。

已知溢油量的海损性事故，溢油量为 0.003～1755t（包括化学品泄漏事故），平均溢油量 142.5t。操作性事故溢油量为 0.006～3t（包括化学品泄漏事故），平均 0.5t。

统计结果显示，广东省溢油污染事故发生概率为 8.8 次/年，其中 10t 以下的事故发生概率为 7.2 次/年，10～50t、100～500t、500～1000t、1000～10000t 事

故发生概率分别为 0.6 次/年（约 1 年一遇）、0.6 次/年（约 1 年一遇）、0.2 次/年（5 年一遇）、0.2（5 年一遇）次/年。事故主要涉及湛江港、广州港、珠海港、惠州港、汕头港，则平均事故发生概率为 1.8 次/年（1 年 2 次），10t 以下、10～50t、100～500t、500～1000t、1000～10000t 事故发生概率分别为 1.44（1 年 2 次）、0.12 次/年（约 10 年一遇）、0.12 次/年（约 10 年一遇）、0.04 次/年（25 年一遇）、0.04 次/年（25 年一遇）。

可见取广东省平均事故发生概率类比较为可信。根据众多溢油污染事故统计分析，一般发生重大溢油污染事故的原因主要是船舶突遇恶劣天气，风大、流急、浪高、轮机失控，造成触礁、碰撞、搁浅而引起的。

8.4.2.2 本工程溢油事故概率

（1）本工程溢油事故发生概率

参考国际油气生产商协会(OGP)编制的《风险评估数据指南》（2010 年 3 月版），船舶发生重大事故的概率为 1.1×10^{-6} 次/年。本项目附近海域航行的船舶主要为鱼船和少量的施工船舶，船舶交通量小。根据本工程施工组织设计，本工程施工船舶平均按 22 艘计，则本工程发生船舶碰撞事故的概率为 2.42×10^{-5} 次/年。发是碰撞事故后，再发生溢油事故的概率按 50%计算，则本工程发生船舶碰撞溢油风险的概率为 1.21×10^{-5} 次/年。

（2）最大可信事故预测

最大可信事故指在所有预测的概率不为 0 的事故中，对环境（或健康）危害最严重的重大事故。根据本工程所处的环境特点及周边敏感目标分析可知，本工程所处区域船流密度较大，考虑施工期周围船舶在采砂区内与施工船舶碰撞引起溢油污染事故为最大可信事故，即需要对施工区域进行船舶交通事故的溢油预测。

8.5 溢油事故影响预测分析

8.5.1 预测模式

海上的溢油行为受气象条件和潮流特性等环境条件以及溢油本身化学性质的影响，会经历十分复杂的物理化学变化过程。溢油运动包括自身扩展、漂移和风化。油膜的扩展过程是由于其自身的重力、惯性力、粘性力以及表面张力相互

作用的结果，可按主导作用力的不同将其划分为三个阶段。漂移运动是指溢油在风、潮流等环境因素作用下的对流过程和紊动扩散。风化作用包括了溢油的蒸发、乳化和溶解等生化反应。本溢油模型根据模拟得到的水动力基础数据建立项目所在海域溢油扩散预测模型。模拟溢油在海上的扩展、漂移和风化过程。

根据经过验证的水动力模型建立溢油扩散数学模型。采用拉格朗日随机走动法计算溢油漂移轨迹的“油粒子”模式，模拟溢油在海上的扩展、漂移和风化过程。

（1）控制方程

在潮流场计算的基础上，采用拉格郎日法计算溢油漂移扩散影响范围，控制方程如下：

$$X = x_0 + \left(U + \alpha w_{10} \cos A + r \cos B\right)\Delta t$$

$$Y = y_0 + \left(V + \alpha w_{10} \cos A + r \cos B\right)\Delta t$$

式中：

x_0、y_0——某质点初始坐标（m）；

U、V——流速（m/s）；

w_{10}——风速（m/s）；

A——风向；

α——修正系数；

R——随机扩散项，$r=RE$，R 为 0～1 之间的随机数；

E——扩散系数；

B——随机扩散方向。

模型同时还考虑了包括蒸发、溶解和形成乳化物等过程，在这些过程中油粒子的组分发生改变，但其水平位置没有发生变化。

1）蒸发

油膜蒸发受油分、气温和水温、溢油面积、风速、太阳辐射和油膜厚度等因素的影响。假定在油膜内部扩散不受限制（气温高于 0 度以及油膜厚度低于 10cm 时基本如此）,油膜完全混合,油组分在大气中的分压与蒸气压相比可忽略不计。

蒸发率可由下式表示：

$$N_i^e = k_{ei} \cdot \frac{P_i^{SAT}}{RT} \cdot \frac{M_i}{\rho_i} \cdot X$$

式中: N_i^e——蒸发率；k_{ei}——物质输移系数；P_i^{SAT}——蒸汽压；R——气体常数；T——温度；M——分子量；ρ——油组分的密度；X——摩尔分数；i——代表各种油组分。

$\boldsymbol{k_{ei}}$ 由下式估算：

$$k_{ei} = k \cdot A_{oil}^{0.045} \cdot Sc^{\frac{-2}{3}} \cdot U_w^{0.78}$$

式中：

k——蒸发系数(通过率定设为 0.029)；

Sc_i——组分 i 的蒸气 Schmidts 数。

2）溶解

油在水中的溶解率用下式表示：

$$\frac{dV_{oil}}{dt} = K_{si} \cdot C_i^{SAT} \cdot X_{mol_i} \cdot \frac{M_i}{\rho_i} \cdot A_{oil}$$

式中：

V_{oil}——油膜体积；

C_i^{SAT}——组分 i 的溶解度；

X_{mol_i}——组分 i 的摩尔分数；

M_i——组分 i 的摩尔质量；

k_{si}——溶解传质系数（ k_{si}=2.36 $\cdot 10^{-6}$ $_{ei}$）；

3）乳化

乳化是一种液体以微小液滴均匀地分散在互不相溶的另一种液体中的作用。油向水体中的运动包括扩散、溶解和沉淀等。从油膜扩散到水体中的油分损失量 D 为：

$$D = D_a \cdot D_b$$

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

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

式中：

D_a——进入到水体的分量；

D_b——进入到水体后没有返回的分量；

U_w——风速；

μ_{oil}——油粘度；

h_s——油膜厚度；

γ_{ow}——油-水界面张力。

油滴返回油膜的速率为：

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

油中含水率变化可由下式平衡方程表示：

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

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

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

式中：y_w——实际含水率；

R_1、R_2——分别为水的吸收速率和释出速率；

As——油中沥青含量；

Wax——油中石蜡含量；

K_1、K_2——分别为吸收系数和释放系数。

（2）溢油源强

施工船只发生事故为单油仓泄露，溢油点位于采砂区，详见图 8.5.1-1。采砂施工拟采用 6 艘 1000m^3/h 的采砂船和 16 艘 3000m^3~5000m^3 的皮带船，最大施工船舶吨位约为 1800t，根据《水上溢油环境风险评估技术导则（JT/T1143-2017）》

和《船舶污染海洋环境风险评价技术规范（试行）》，非油轮船舶燃油量最大携带量可用船舶总吨位推算，根据船型的不同，一般取船舶总吨的 8~12%。本项目皮带船总吨位约为 1800t，非油轮船舶一般设有 10 个左右油舱，燃油量最大携带量取船舶总吨的 10%。考虑燃油泄露量取一个油舱的油量，则溢油量约为 18t。

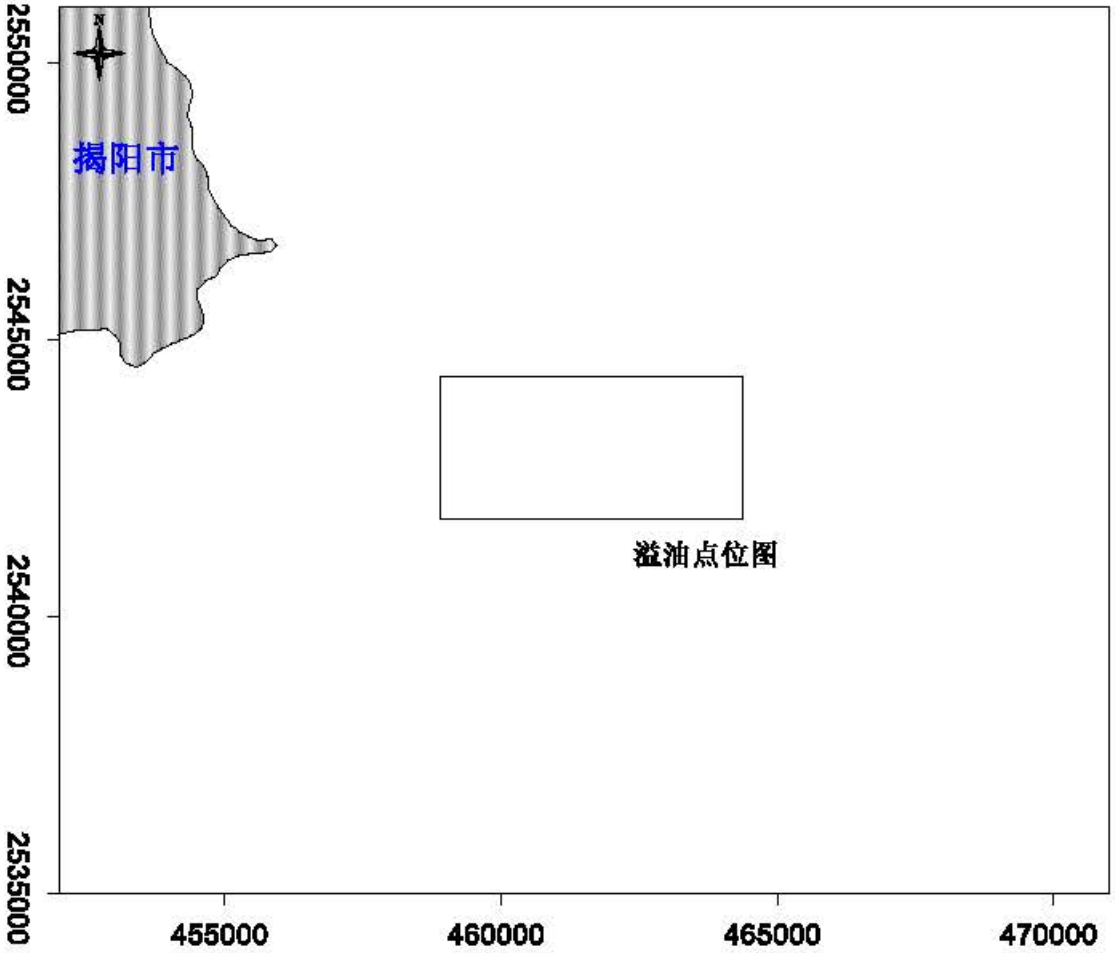


图 8.5.1-1　溢油位置图

8.5.2 预测结果与分析

8.5.2.1 工况设置

根据导则要求，溢油风险考虑夏季主导风平均风速、秋季主导风平均风速和不利风向不利风速等工况，结合工程所在位置及敏感保护目标分布情况，选取最不利风向为 NW，结合工程当地气象条件，考虑大潮涨潮和落潮情况，溢油风险预测工况见表 8.5.2-1，预测时间为 72 小时。

表 8.5.2-1　溢油预测工况

工况	溢油量（t）	风向	风速（m/s）	潮型
1	18	NE（冬季主导风）	2.7	涨潮

2				落潮
3		SW（夏季主导风）	2.7	涨潮
4				落潮
5		NEE（不利风向）	13.8	涨潮
6				落潮

8.5.2.2 预测结果分析

（1）总体影响分析

溢油预测结果表明，施工船舶发生溢油事故后，油膜主要随涨落潮流向采砂区附近海域扩散。在冬季主导风（NE向风，2.7m/s）条件下，受涨潮潮汐动力作用，泄漏的油品随潮流向采砂区附近海域NE~SW往复迁移，并向逐渐向岸边迁移，溢油发生24小时、48小时和72小时油膜扫海面积分别为10.12 km^2、29.97 km^2和51.19 km^2；受落潮潮汐动力作用，泄漏的油品随潮流向采砂区附近海域NE~SW往复迁移，并逐渐迁移往采砂区SW方，溢油发生24小时、48小时和72小时油膜扫海面积分别为14.85 km^2、38.36 km^2和65.20 km^2。在夏季主导风（SW向风，2.7m/s）条件下，受涨潮潮汐动力作用，泄漏的油品随潮流向采砂区附近海域NE~SW往复迁移，溢油发生24小时、48小时和72小时油膜扫海面积分别为9.59 km^2、22.04 km^2和36.91 km^2；受落潮潮汐动力作用，泄漏的油品随潮流向采砂区附近海域NE~SW往复迁移，并逐渐迁移往岸边迁移，溢油发生24小时、48小时和72小时油膜扫海面积分别为8.30 km^2、22.63 km^2和36.51 km^2。在不利风（NEE向风，13.8m/s）条件下，受涨潮潮汐动力作用，泄漏的油品随潮流向采砂区附近海域NE~SW往复迁移，并逐渐迁移靠岸并沿岸线往SW向迁移，溢油发生24小时、48小时和72小时油膜扫海面积分别为20.11 km^2、20.53 km^2和31.86 km^2；受落潮潮汐动力作用，泄漏的油品随潮流向采砂区附近海域NE~SW往复迁移，并逐渐迁移靠岸并沿岸线往SWW向迁移，溢油发生24小时、48小时和72小时油膜扫海面积分别为16.65 km^2、65.10 km^2和115.63 km^2。

表 8.5.2-2a　冬季主导风作用下各计算工况溢油扫海面积统计

溢油时间（h）	扫海面积（km^2）	
	涨潮（NE 向风，2.7m/s）	落潮（NE 向风，2.7m/s）
6	1.40	1.33
12	4.12	6.07
24	10.12	14.85
48	29.97	38.36
72	51.19	65.20

表 8.5.2-2b　夏季主导风作用下各计算工况溢油扫海面积统计

溢油时间（h）	扫海面积（km²）	
	涨潮（SW 向风，2.7m/s）	落潮（SW 向风，2.7m/s）
6	0.89	0.93
12	2.60	3.00
24	9.59	8.30
48	22.04	22.63
72	36.91	36.51

表 8.5.2-2c　不利风作用下各计算工况溢油扫海面积统计

溢油时间（h）	扫海面积（km²）	
	涨潮（NEE 向风，13.8m/s）	落潮（NEE 向风，13.8m/s）
6	4.13	3.76
12	16.44	13.15
24	20.11	16.65
48	20.53	65.10
72	31.86	115.63

（2）对敏感保护目标的影响

结合工程附近敏感点分布情况，分析不同风险工况下对各敏感点的影响，本项目敏感点分布情况见表8.5.2-3和图8.5.2-1。溢油事故对各敏感保护目标的影响如表8.5.2-4~8.5.2-7和图8.5.2-2~8.5.2-4，溢油点位于采砂区范围内。

在冬季主导风（NE向风，2.7m/s）条件下，泄漏的油品受潮汐动力作用，泄漏的油品随潮流向采砂区附近海域NE~SW往复迁移，并向逐渐向岸边迁移，前詹珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区、鸡椒礁特别保护海岛禁止类红线区、鸡椒礁特别保护海岛限制类红线区、绿洲重要砂质岸线及邻近海域限制类红线区、前詹海洋保护区、揭阳市海龟、鲎市级自然保护区、揭阳市龙虾市级自然保护区、揭阳市神泉渔业市级自然保护区、南海北部幼鱼繁育场保护区、幼鱼幼虾保护区、靖海锚地和海甲航道（近海船舶习惯航路）等12个敏感点受影响，涨潮发生溢油事故，油品到达上述敏感点的时间分别为不影响、60h、不影响、53h、62h、49h、30h、47h、0h、1h、37h和27h；落潮发生溢油事故，油品到达上述敏感点的时间分别为41h、51h、40h、不影响、52h、40h、不影响、不影响、0h、1h、27h和28h。

在夏季主导风（SW向风，2.7m/s）条件下，受潮汐作用，泄漏的油品随潮流向采砂区附近海域NE~SW往复迁移，汕头深水重要渔业海域限制类红线区、亚太二号光缆汕头至分支3段、亚太二号光缆汕头至淡水段、亚欧光缆汕头至支

路单元7段、南海北部幼鱼繁育场保护区、幼鱼幼虾保护区和内航路等7个敏感点受影响，涨潮发生溢油事故，油品到达上述敏感点的时间分别为16h、19h、65h、67h、0h、1h和23h；落潮发生溢油事故，油品到达上述敏感点的时间分别为36h、59h、不影响、不影响、0h、1h和15h。

在不利风（NE向风，14.0m/s）条件下，受潮汐动力作用，泄漏的油品随潮流向采砂区附近海域NE~SW往复迁移，并逐渐迁移靠岸并沿岸线往SW向迁移，前詹珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区、鸡椒礁特别保护海岛禁止类红线区、绿洲重要砂质岸线及邻近海域限制类红线区、前詹海洋保护区、揭阳市海龟、鲎市级自然保护区、揭阳市龙虾市级自然保护区、揭阳市神泉渔业市级自然保护区、靖海锚地和海甲航道（近海船舶习惯航路）等9个敏感点受影响，涨潮发生溢油事故，油品到达上述敏感点的时间分别为不影响、58h、10h、59h、57h、5h、10h、不影响和6h；落潮发生溢油事故，油品到达上述敏感点的时间分别为29h、26h、12h、27h、16h、不影响、10h、5h和6h。

表 8.5.2-4　工程附近敏感点统计

序号	环境敏感点		位置关系
	类型	名称	
1	生态红线	212-前詹珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区	西南侧，约 10.6km
2		213-鸡椒礁特别保护海岛禁止类红线区	西南侧，约 15.0km
3		214-鸡椒礁特别保护海岛限制类红线区	西南侧，约 12.5km
4		215-绿洲重要砂质岸线及邻近海域限制类红线区	西侧，约 8.9km
5		216-客鸟尾自然景观与历史文化遗迹限制类红线区	西北侧，约 6.5km
6		217-仙庵金海湾重要滨海旅游区限制类红线区	西北侧，约 10.1km
7		219-龙头湾中华白海豚自然保护区禁止类红线区	东北侧，约 15.6km
8		237-汕头深水重要渔业海域限制类红线区	东侧，约 3.0km
9		247-海门湾重要砂质岸线及邻近海域限制类红区	东北侧，约 15.8km
10	自然岸线	196-港寮湾砂质岸线	西南侧，约 14.6km
11		197-资深湾砂质岸线	西南侧，约 10.9km
12		198-靖海内港粉砂淤泥质岸线	西侧，约 9.4km
13		199-靖海港砂质岸线	西北侧，约 7.1km
14	保护区	广澳湾海洋保护区	东北侧，约 15.6km
15		前詹海洋保护区	西南侧，约 15.1km
16		揭阳市海龟、鲎市级自然保护区	西南侧，约 10.8km
17		揭阳市龙虾市级自然保护区	西北侧，约 2.9km
18		揭阳市神泉渔业市级自然保护区	西北侧，约 7.3km
19		汕头市龙头湾中华白海豚自然保护区	东北侧，约 15.6km
20		田心湾南方鲎自然保护区	西北侧，约 16.7km
21	养殖区	潮南区田心湾南方鲎保护区科研用海	西北侧，约 17km

序号	环境敏感点		位置关系
	类型	名称	
22	海底电缆	亚太二号光缆汕头至分支 3 段	东侧，约 3.7km
23		亚太二号光缆汕头至淡水段	东侧，约 8.8km
24		亚欧光缆汕头至支路单元 7 段	东侧，约 13.5km
25		东南亚-日本海底光缆系统（SJC）中国段项目	东侧，约 15.9km
26	三场一通道	南海北部幼鱼繁育场保护区	项目占用
27		幼鱼幼虾保护区	项目紧邻
28	锚地	潮阳港引航锚地	西北侧，约 12.7km
29		潮阳港华能海门电厂配套锚地	北侧，约 2.9km
30		靖海锚地	西南侧，约 6.4km
31	航道	海甲航道（近海船舶习惯航路）	西侧，约 4.44km
32		内航路	东侧，约 0.56km
33	近岸海域国控监测站位	GDN22002	西北侧，约 6.6km
34		GDN22005	西侧，约 9.2km
35		GDN22006	东南侧，约 16.6km
36		GDN04006	东北侧，约 11.2km

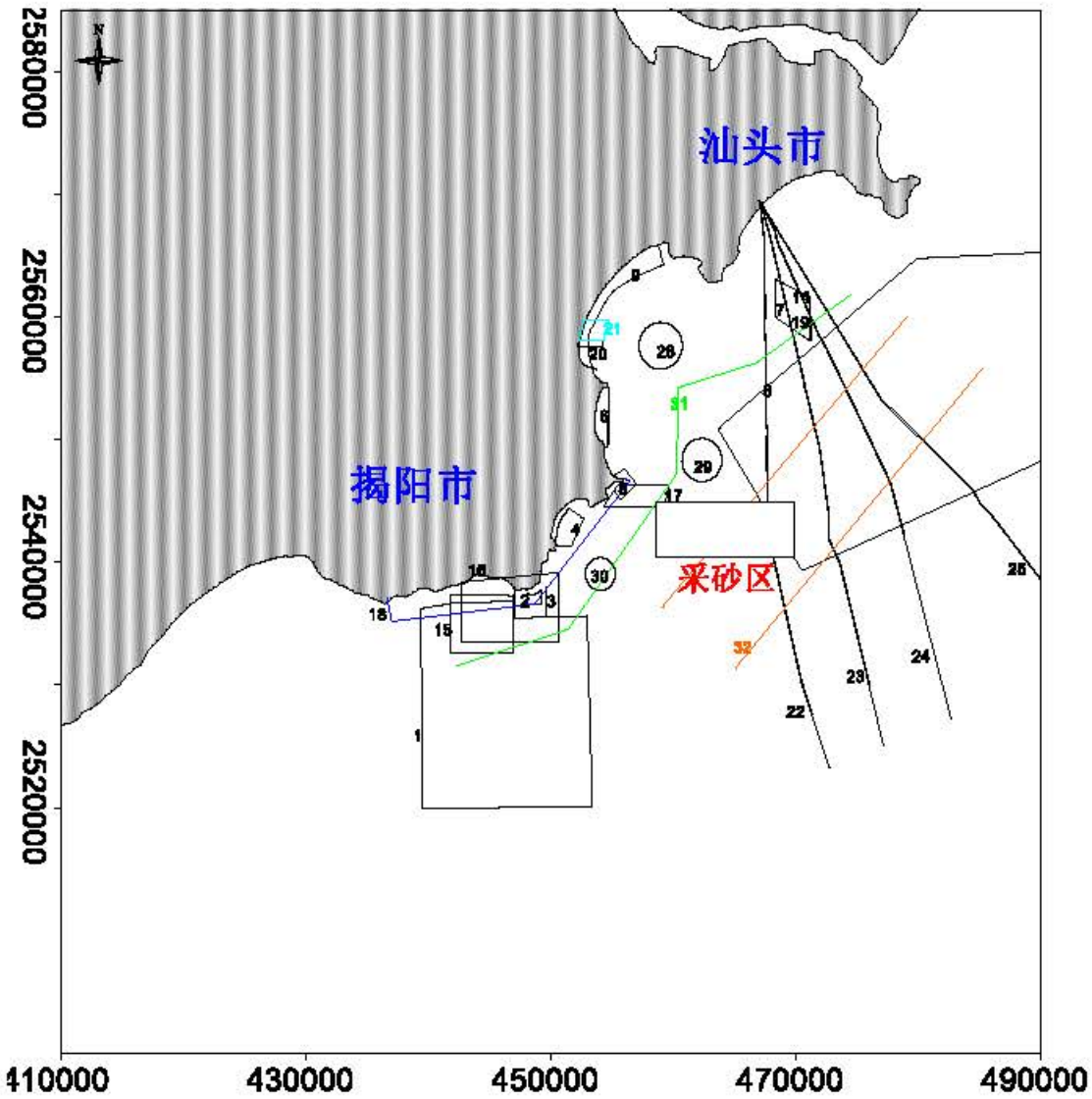


表 8.5.2-1　采砂区附近海域敏感点分布图

表 8.5.2-5　冬季主导风作用下工程附近敏感点影响情况

序号	环境敏感点		到达时间	
	类型	名称	涨潮	落潮
1	生态红线	212-前詹珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区	——	41
2		213-鸡椒礁特别保护海岛禁止类红线区	60	51
3		214-鸡椒礁特别保护海岛限制类红线区	——	40
4		215-绿洲重要砂质岸线及邻近海域限制类红线区	53	——
5		216-客鸟尾自然景观与历史文化遗迹限制类红线区	——	——
6		217-仙庵金海湾重要滨海旅游区限制类红线区	——	——
7		219-龙头湾中华白海豚自然保护区禁止类红线区	——	——
8		237-汕头深水重要渔业海域限制类红线区	——	——
9		247-海门湾重要砂质岸线及邻近海域限制类红区	——	——
10	自然岸线	196-港寮湾砂质岸线	——	——
11		197-资深湾砂质岸线	——	——
12		198-靖海内港粉砂淤泥质岸线	——	——
13		199-靖海港砂质岸线	——	——

序号	环境敏感点		到达时间	
	类型	名称	涨潮	落潮
14	保护区	广澳湾海洋保护区	——	——
15		前詹海洋保护区	62	52
16		揭阳市海龟、鲎市级自然保护区	49	40
17		揭阳市龙虾市级自然保护区	30	——
18		揭阳市神泉渔业市级自然保护区	47	——
19		汕头市龙头湾中华白海豚自然保护区	——	——
20		田心湾南方鲎自然保护区	——	——
21	养殖区	潮南区田心湾南方鲎保护区科研用海	——	——
22	海底电缆	亚太二号光缆汕头至分支 3 段	——	——
23		亚太二号光缆汕头至淡水段	——	——
24		亚欧光缆汕头至支路单元 7 段	——	——
25		东南亚-日本海底光缆系统（SJC）中国段项目	——	——
26	三场一通道	南海北部幼鱼繁育场保护区	0	0
27		幼鱼幼虾保护区	1	1
28	锚地	潮阳港引航锚地	——	——
29		潮阳港华能海门电厂配套锚地	——	——
30		靖海锚地	37	27
31	航道	海甲航道（近海船舶习惯航路）	27	28
32		内航路	——	——

表 8.5.2-6　夏季主导风作用下工程附近敏感点影响情况

序号	环境敏感点		到达时间	
	类型	名称	涨潮	落潮
1	生态红线	212-前詹珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区	——	——
2		213-鸡椒礁特别保护海岛禁止类红线区	——	——
3		214-鸡椒礁特别保护海岛限制类红线区	——	——
4		215-绿洲重要砂质岸线及邻近海域限制类红线区	——	——
5		216-客鸟尾自然景观与历史文化遗迹限制类红线区	——	——
6		217-仙庵金海湾重要滨海旅游区限制类红线区	——	——
7		219-龙头湾中华白海豚自然保护区禁止类红线区	——	——
8		237-汕头深水重要渔业海域限制类红线区	16	36
9		247-海门湾重要砂质岸线及邻近海域限制类红区	——	——
10	自然岸线	196-港寮湾砂质岸线	——	——
11		197-资深湾砂质岸线	——	——
12		198-靖海内港粉砂淤泥质岸线	——	——
13		199-靖海港砂质岸线	——	——
14	保护区	广澳湾海洋保护区	——	——
15		前詹海洋保护区	——	——
16		揭阳市海龟、鲎市级自然保护区	——	——
17		揭阳市龙虾市级自然保护区	——	——
18		揭阳市神泉渔业市级自然保护区	——	——
19		汕头市龙头湾中华白海豚自然保护区	——	——
20		田心湾南方鲎自然保护区	——	——
21	养殖区	潮南区田心湾南方鲎保护区科研用海	——	——
22	海底电缆	亚太二号光缆汕头至分支 3 段	19	59
23		亚太二号光缆汕头至淡水段	65	——
24		亚欧光缆汕头至支路单元 7 段	67	——

序号	环境敏感点		到达时间	
	类型	名称	涨潮	落潮
25		东南亚-日本海底光缆系统（SJC）中国段项目	——	——
26	三场一通道	南海北部幼鱼繁育场保护区	0	0
27		幼鱼幼虾保护区	1	1
28	锚地	潮阳港引航锚地	——	——
29		潮阳港华能海门电厂配套锚地	——	——
30		靖海锚地	——	——
31	航道	海甲航道（近海船舶习惯航路）	——	——
32		内航路	23	15

表 8.5.2-7　不利风作用下工程附近敏感点影响情况

序号	环境敏感点		到达时间	
	类型	名称	涨潮	落潮
1	生态红线	212-前詹珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区	——	29
2		213-鸡椒礁特别保护海岛禁止类红线区	58	26
3		214-鸡椒礁特别保护海岛限制类红线区	——	——
4		215-绿洲重要砂质岸线及邻近海域限制类红线区	10	12
5		216-客鸟尾自然景观与历史文化遗迹限制类红线区	——	——
6		217-仙庵金海湾重要滨海旅游区限制类红线区	——	——
7		219-龙头湾中华白海豚自然保护区禁止类红线区	——	——
8		237-汕头深水重要渔业海域限制类红线区	——	——
9		247-海门湾重要砂质岸线及邻近海域限制类红区	——	——
10	自然岸线	196-港寮湾砂质岸线	——	——
11		197-资深湾砂质岸线	——	——
12		198-靖海内港粉砂淤泥质岸线	——	——
13		199-靖海港砂质岸线	——	——
14	保护区	广澳湾海洋保护区	——	——
15		前詹海洋保护区	59	27
16		揭阳市海龟、鲎市级自然保护区	57	16
17		揭阳市龙虾市级自然保护区	5	——
18		揭阳市神泉渔业市级自然保护区	10	10
19		汕头市龙头湾中华白海豚自然保护区	——	——
20		田心湾南方鲎自然保护区	——	——
21	养殖区	潮南区田心湾南方鲎保护区科研用海	——	——
22	海底电缆	亚太二号光缆汕头至分支 3 段	——	——
23		亚太二号光缆汕头至淡水段	——	——
24		亚欧光缆汕头至支路单元 7 段	——	——
25		东南亚-日本海底光缆系统（SJC）中国段项目	——	——
26	三场一通道	南海北部幼鱼繁育场保护区	——	——
27		幼鱼幼虾保护区	——	——
28	锚地	潮阳港引航锚地	——	——
29		潮阳港华能海门电厂配套锚地	——	——
30		靖海锚地	——	5
31	航道	海甲航道（近海船舶习惯航路）	6	6
32		内航路	——	——

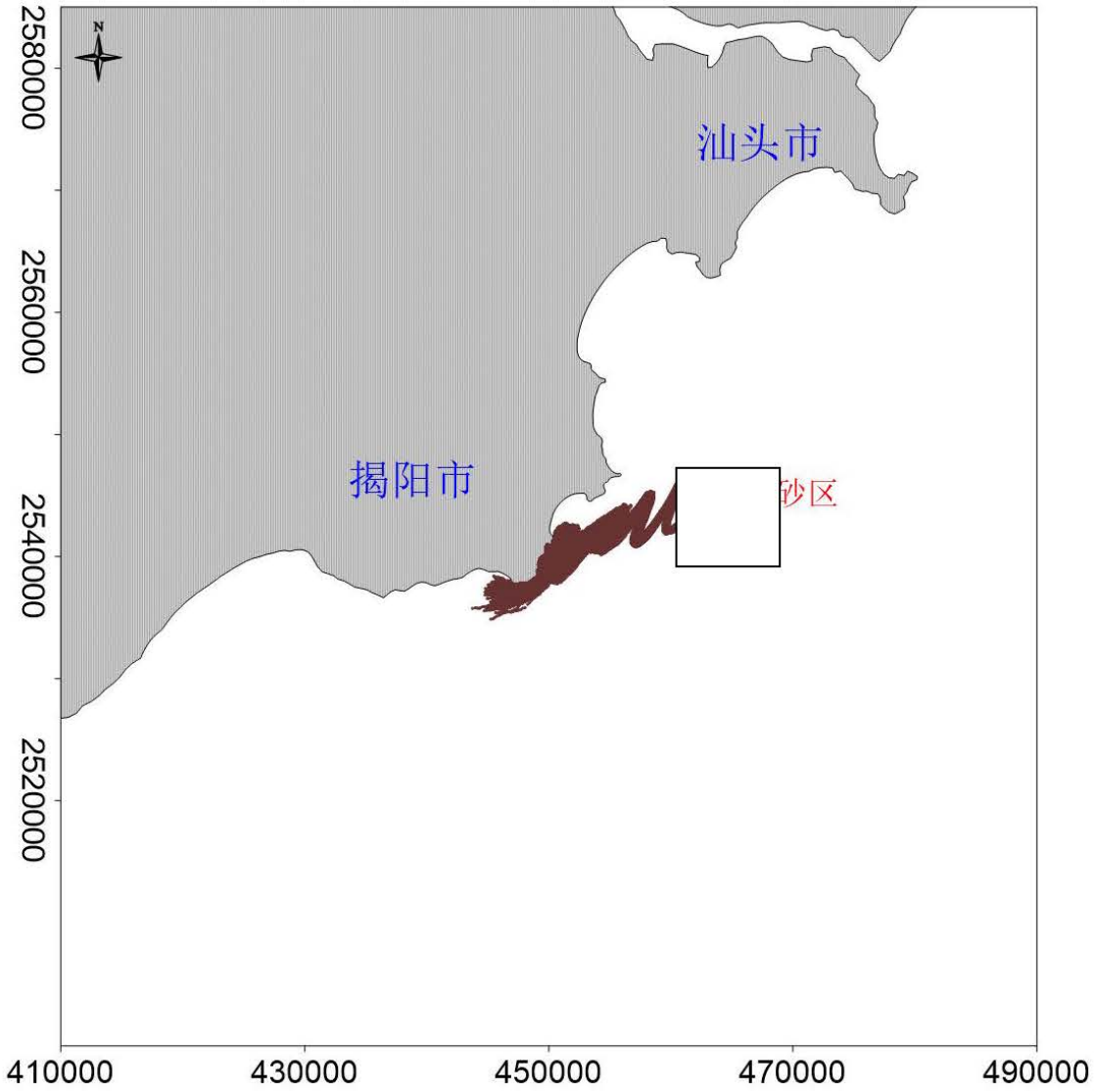


图 8.5.2-2a　冬季主导风涨潮溢油 72 小时扫海范围（NE 向风 2.7m/s）

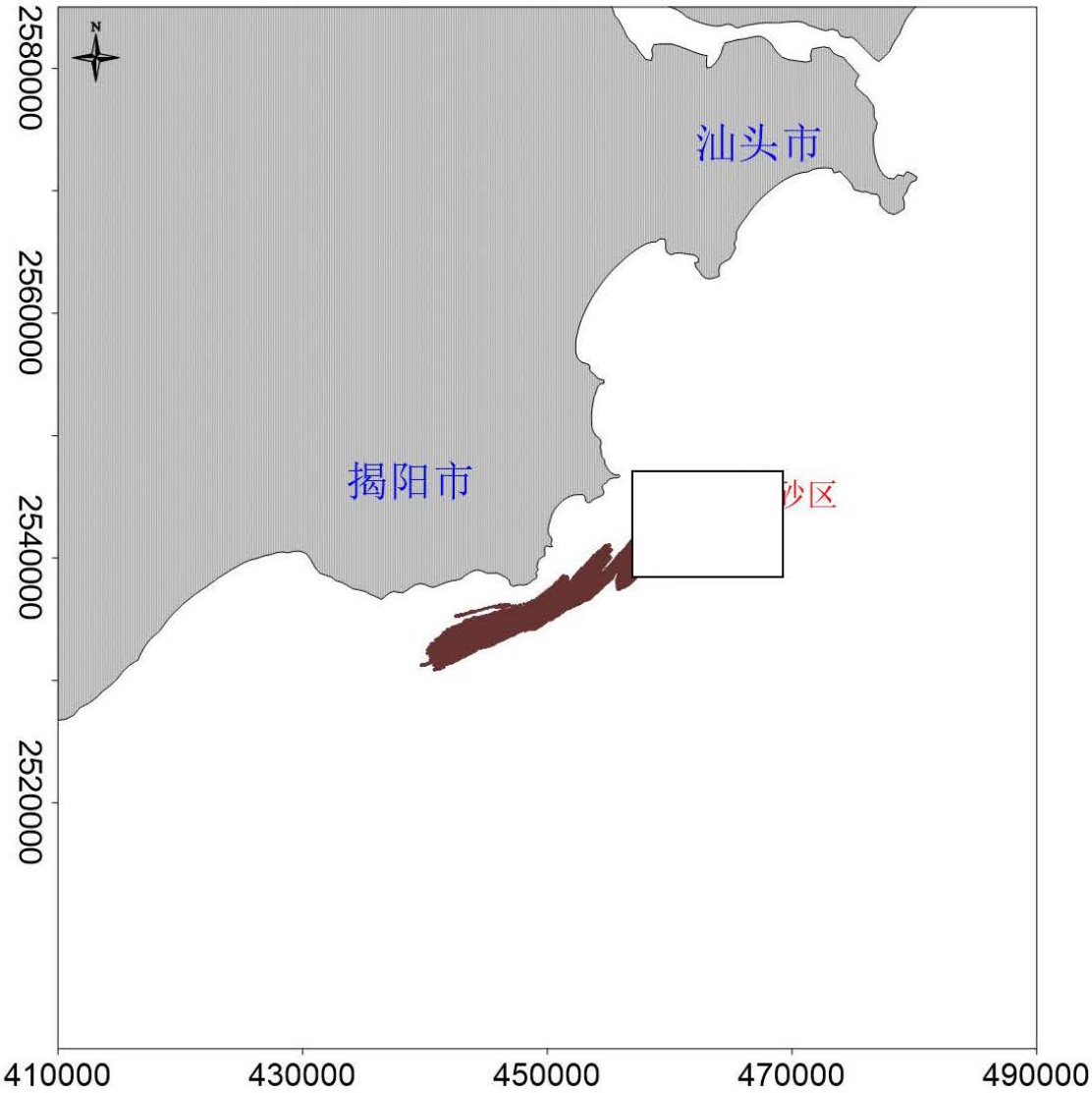


图 8.5.2-2b　冬季主导风落潮溢油 72 小时扫海范围（NE 向风 2.7m/s）

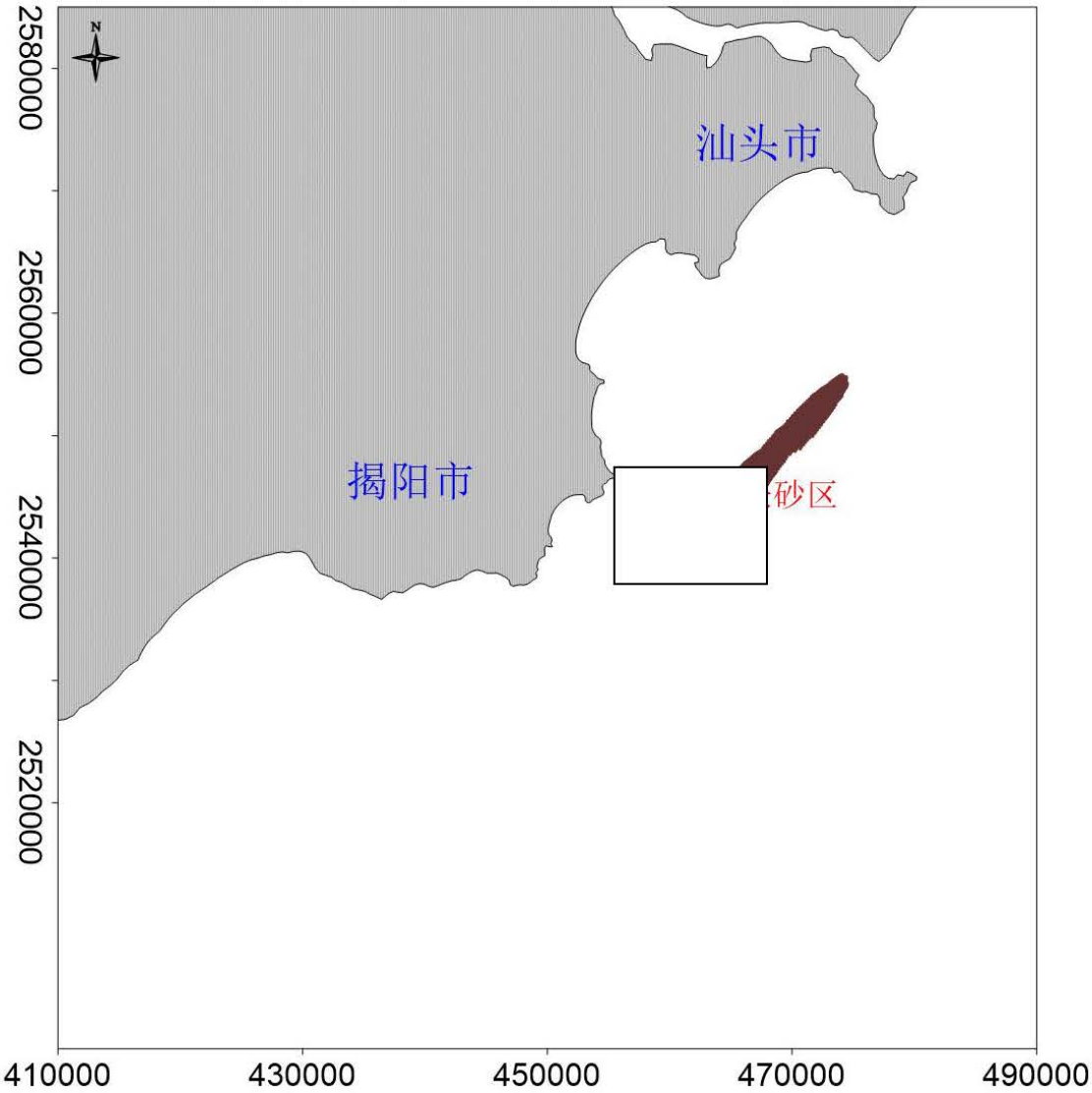


图 8.5.2-3a　夏季主导风涨潮溢油 72 小时扫海范围（SW 向风 2.7m/s）

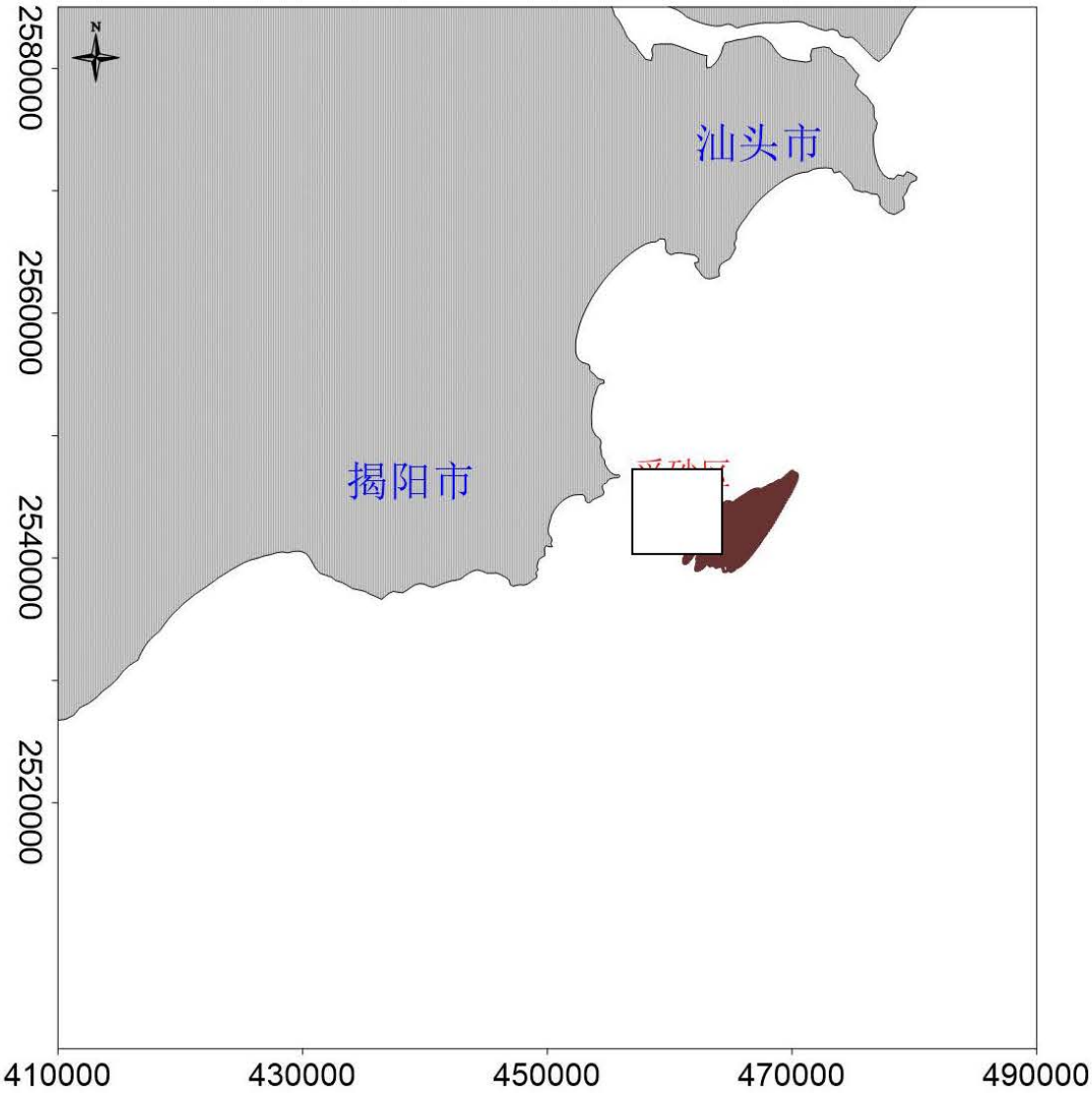


图 8.5.2-3b　夏季主导风落潮溢油 72 小时扫海范围（SW 向风 2.7m/s）

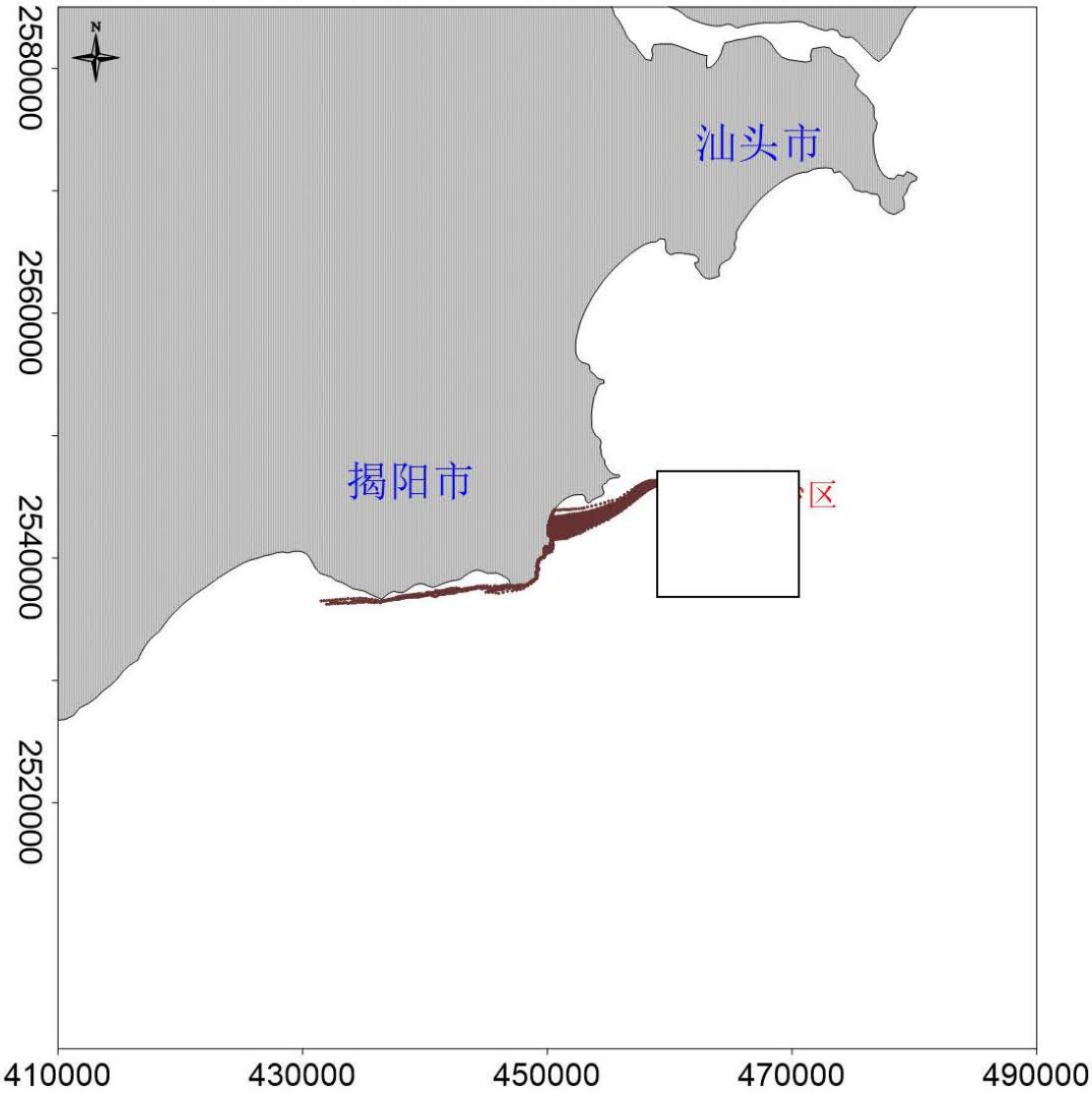


图 8.5.2-4a　不利风况下涨潮溢油 72 小时扫海范围（NEE 向风 13.8m/s）

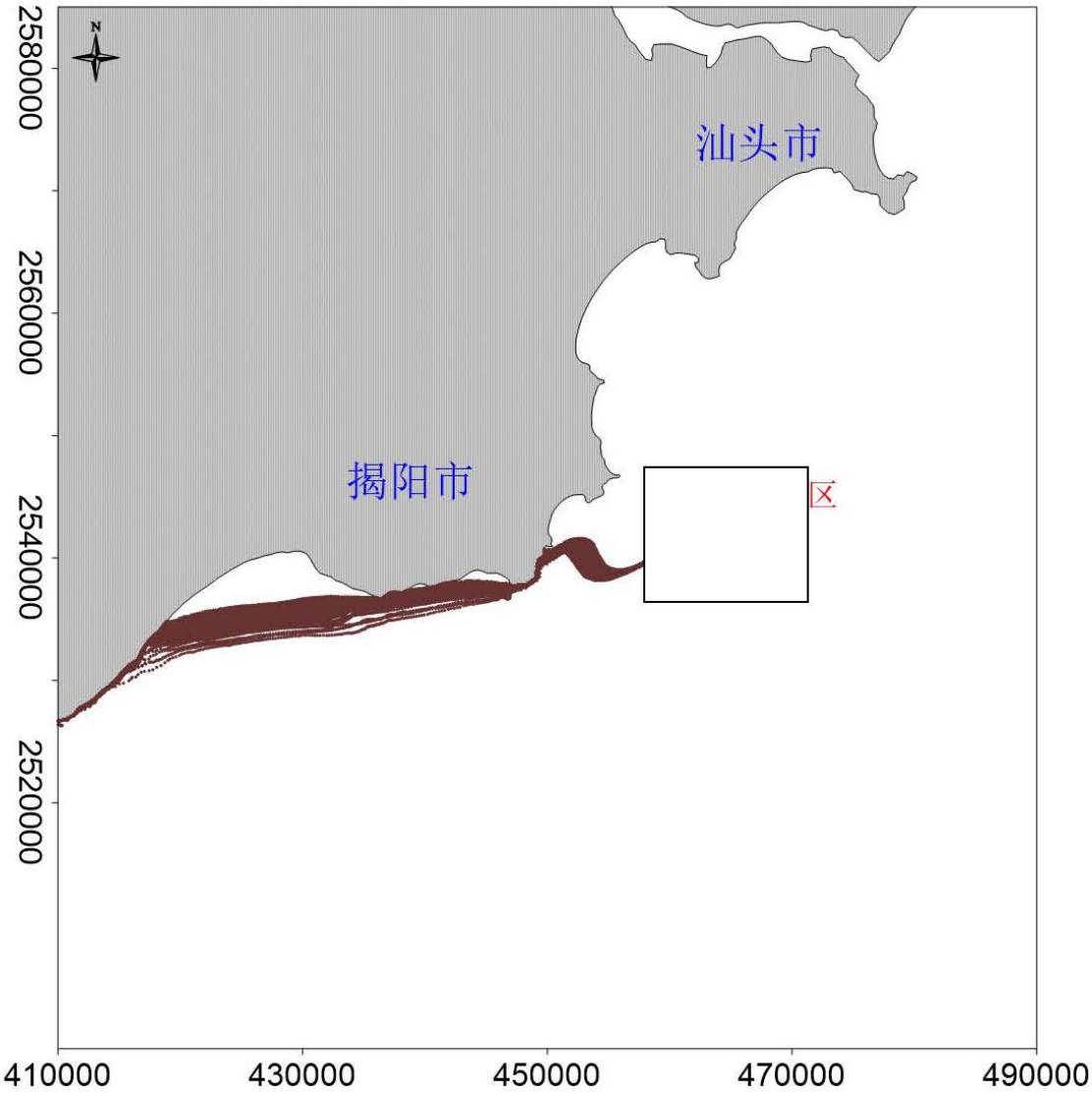


图 8.5.2-4b　不利风况下落潮溢油 72 小时扫海范围（NEE 向风 13.8m/s）

8.5.3 溢油环境影响分析

8.5.3.1 溢油对海洋生态环境及海洋生物的影响分析

发生溢油时，大部分溢油浮于水面并扩散成油膜，油膜在海面的停留将影响海水与大气之间的物质交流和热交换，使海水中的含氧量、温度等因素发生较大的变化，促使浮游动物窒息死亡，并降低透光率，影响浮游植物的光合作用。当油污染较轻时，许多海洋生物虽不会立即被伤害，但它们的正常生理功能受到影响，使其捕食能力和生长速度下降，那些对污染抵抗性弱的种类将会减少或消失，从而破坏生态平衡。

a）对浮游植物的影响

实验证明，石油会破坏浮游植物细胞，损坏叶绿素及干扰气体交换，从而妨

碍它们的光合作用。这种破坏作用的程度取决于石油的类型、浓度及浮游植物的种类。国内外许多毒性实验结果表明，浮游植物作为鱼虾类饵料的基础，其对各类油类的耐受能力均很低，浮游植物石油急性中毒致死浓度为 0.1~10mg/L，一般为 1mg/L。对于更敏感的生物种类，即使油浓度低于 0.1mg/L 也会妨碍其细胞的分裂和生长的速率。

b）对底栖生物的影响

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

c）对鱼类的影响

国内外许多研究均表明，高浓度的石油会使鱼卵、仔幼鱼短时间内中毒死亡，而低浓度石油所引起的长期亚急性毒性可干扰鱼类摄食和繁殖，其毒性随石油组分的不同而有差异。

d）对渔业资源的影响

船舶发生溢油事故后，进入海洋环境的燃料油，在发生湍流扰动下形成乳化水滴进入水体，直接危害鱼虾的早期发育。据黄海水产研究所对虾活体实验，油浓度低于 3.2mg/L 时，无节幼体变态率与人工育苗的变态率基本一致；但当油浓度大于 10mg/L 时，无节幼体因受油污染影响变态率则明显上升。对虾的蚤状幼体对石油毒性最为敏感，浓度低于 0.1mg/L 时，蚤状幼体的成活率和变态率基本一致，即无明显影响；当浓度达到 1.0mg/L 时，蚤状幼体便不能成活，96h L50 值为（0.62~0.86）mg/L，即安全浓度为（0.062~0.086）mg/L；浓度大于 3.2mg/L 时，可致幼体在 48 小时内死亡。 溢油对鱼类的影响是多方面的，首先燃油会引起鱼类摄食方式、洄游路线、种群繁殖的改变或个体失衡。在鱼类的不同发育阶段其影响程度也不相同，其中对早期发育阶段的鱼类危害最大。油污染对早期发育鱼类的毒性效应，主要表现在滞缓胚胎发育，影响孵化，降低生理功能，导致

畸变死亡。以对鲱鱼的实验为例，当石油浓度为 3mg/L 时，其胚胎发育便受到影响，在 3.1~11.9mg/L 浓度下， 孵出的大部分仔鱼多为畸形，并在一天内死亡。对真鲷 和牙鲆鱼也有类似结果。当海水油含量为 3.2mg/L 时，真鲷胚胎畸变率较对照组高 2.3 倍；牙鲆孵化仔鱼死亡率达 22.7%，当含油浓度增到 18mg/L 时，孵化仔鱼死亡率达 84.4%，畸变率达 96.6%。燃油中可溶性芳香烃的麻醉作用导致鱼类胚胎活力减弱，代谢低下，当胚胎发育到破膜时，由于能量不足引起初孵仔鱼体形畸变。此外，溢油漂移期间，渔区和捕捞作业会受到很大的影响。成龄鱼类为回避油污而逃离渔场，渔场遭到破坏导致渔获减少；捕获的鱼类也可因沾染 油污而降低市场价值。 燃料油对鱼卵的危害主要体现在延缓胚胎发育，致使孵化率下降，并导致 孵化仔鱼为畸形，严重时直接致使仔鱼死亡。燃油同样也会对仔鱼造成显著的影响，主要是因为仔鱼游泳能力差，回避能力不足，燃油一旦扩散到一定浓度，将导致仔鱼死亡，但是燃料油与原油相比挥发更快，在一定时间内就会挥发大部分，因此燃料油泄露对海洋生物资源的影响要低于原油。

e）溢油事故对海岸带贝类的危害

溢油一旦搁滩，在大量燃油覆盖的滩面，固着性生物，如贝类、甲壳类生物和藻类会窒息死亡。在油膜蔓延的滩面上，幼贝发育不良，产量下降，成年贝会因沾染油臭而降低市场价值。在潮间带的养殖贝类，也会受到严重的油污染。这些滤食性双壳类、在摄食时也同时摄入海水中的悬浊油分（乳化油滴）。进入蛤类胃中的乳化油滴破乳后结合成更大的油滴，并在体内积累，引起某些生理功能障碍，终因胃中油积累过多不能排泄而死亡。据 Cilfillan 实验，当油浓度达到 1.0mg/L 时，可使贝类产生呼吸加快，捕食减少的致死效应。沉积在底质孔隙中的油浓度过高，会引起贝类大量死亡。此外，由于做为对虾饵料的贝类大量减少，对虾即便不直接中毒致死也会因缺乏饵料而影响生长发育，降低产量。值得注意的是，溢油对贝类的危害不是暂时性的。漫滩的污油会随潮汐涨落在附近周期性摆动，面积逐渐扩大，在波浪扰动下部分被掩埋进入沉积环境；潮间带溢油也会由于风化和吸附沉降进入沉积环境。这些进入底泥中的油类靠化学降解作用去除需数月之久。使贝类幼体或中毒发育不良或窒息死亡，使急性污染变成沉积环境的长期污染。

8.5.3.2 溢油对岸线的影响分析

溢油发生后，一旦水面上的浮油在风浪和潮汐等因素作用下，浮上岸边，便会堆积在高潮线附近，粘附在岸边岩土表面，渗入上层的砂子里，这将对岸线生态环境造成严重影响。

8.5.3.3 溢油对和环境敏感区的影响分析

由前述影响分析结果可知，由于本项目占用南海北部幼鱼繁育场保护区，与幼鱼幼虾保护区较近，且初步判断的运输路线与东侧内航路的距离较近，因此发生溢油环境风险事故时，将对离项目及运输路线较近的该敏感点产生影响，若不采取有效措施，油膜将较短时间内到达距离项目较近的环境敏感点。油污染海洋水环境给养殖场带来的损害是多方面的，首先污染能引起当时水域的鱼虾回避或引起鱼类死亡，使渔场破坏，造成养殖场捕捞渔获量的直接减产，其次表现为产值损失，即由于商业水产品的品质下降及市场供求关系的改变，将导致市场价格下降。另外，油品泄露事故发生的时间和位置不同，渔业损失相当悬殊。如果油污染发生在产卵盛期和污染区正处于产卵中心，因鱼类早期生命发育阶段的胚胎和仔鱼是整个生命周期中对各种污染物最为敏感的阶段，油污染使产卵成活率低、孵化仔鱼的畸形率和死亡率高，所以能影响种群资源延续，造成资源补充量明显下降。发生溢油事故对航道的影响主要为发生溢油时，抢险除油船舶等的投入，将增加附近航道的通航密度，从而对航道的通航环境、通航安全产生一定的影响。

此外，本项目附近海域分布有较多的海洋保护区，虽然本项目与海洋保护区的距离均较远，但本项目本项目占用南海北部幼鱼繁育场保护区，与幼鱼幼虾保护区较近，若在本项目发生溢油事故后，若未能及时对油膜等进行控制，也将可能对附近的海洋保护产生影响，从而可能对保护区内的幼鱼幼虾产生一定的影响。综上所述，溢油事故一旦发生将对海洋生态系统造成极大的影响。回顾溢油事故实际案例，1999 年珠江口水域发生的“3.24 特大溢油事故”，事故溢油量 超过 500t，事故发生当年事故海域的海洋生态系统变化显著，直到事故第二年生态系统才开始逐步恢复，次年的鱼类资源和捕捞量损失约 40%，此后的 3、4 年渔业资源和捕捞量仍明显劣于事故前，直到事故后 7 年渔业资源方恢复到原有水平。可见溢油事故对海洋生态系统、渔业资源的影响是显著的、长期的。鉴于海

上溢油事故无论是溢油量、风条件以及溢油时间均有较大的随机性，因此，一旦发生溢油事故需尽快启动相应应急预案进行处理。溢油事故对生态环境影响巨大，需对溢油事故严加防范、杜绝发生，避免造成经济损失和环境污染。

8.6 环境风险防范对策措施和应急预案

8.6.1 风险防范措施

为减少溢油等环境事故对环境的影响，对于溢油等环境事故风险必须具有高度的认识与戒备，切实贯彻“以防为主，防治结合”的方针，制定切实可行的管理措施。此外，若发生溢油事故，必须采取相应的应急处理措施，以尽量减轻其所产生的危害。

采砂单位应加强与海事主管部门沟通，服从海事主管部门的管理，落实采砂期船舶通航安全保障措施，避免船舶碰撞事故的发生。防范采砂期船舶风险事故导致的溢油事故发生。

①采砂单位应按规定办理水上水下施工作业手续，申请划定施工水域和安全作业区域。采砂期间所有作业和运输船舶必须按照交通部信号管理规定悬挂信号灯，在采砂区现场设置必要的警示装置，并确保作业船舶及人员的适航、适任。

②在采砂前发布航行公告，严禁无关船舶进入采砂区作业水域。注意采砂期间对进出附近水域船舶的影响，加强对作业船舶的监管。过往船舶确要经过本采砂区水域时，应加强了望，谨慎操作，缓速行驶，并与作业船舶保持适当的安全距离。

③采砂单位在采砂前应与海事部门等充分沟通协调，及时了解项目采砂海域附近船舶进出情况，以便尽早采取避让措施，避免采砂作业船舶与进出船舶发生碰撞事故。

④ 采砂单位应当认真考虑采砂作业船舶和人员的安全问题，制定应急预案，及时了解掌握天气情况，避免在恶劣天气条件下进行施工作业。严格执行安全计划，加强值班了望，配备必要的救生设施、通讯器材，确保施工安全。采砂作业船舶在发生紧急事故时，应立即采取必要的措施，同时向海上交管中心报告。

⑤配备一套完整的溢油处理系统对于溢油污染控制是十分必要的。目前，国际上较多采用的溢油处理方法是物理清除法和化学清除法。物理清除法主要机械

设备是围油栏和回收设备，首先是利用围油栏将溢油围在一定的区域内，然后采用回收装置回收溢油；化学清除法则是向浮油喷洒化学药剂—消油剂，使溢油分解消散，一般是在物理清除法不能使用的情况下使用。防止海上溢油扩散常见措施见表 8.6-1 所示。

表 8.6-1 海上溢油防止扩散措施

措施类别	措施内容
围油栅及撇油设备	帘式、围墙式拦油栅
活塞膜化学药剂	化学药剂迅速扩散围住漏油周边，把油推向集油设备
喷洒油聚集剂硫磺	直升机喷洒
药剂反应捕提	喷洒聚异氰酸酯和聚酰胺，与油产生聚合物，形成胶冻，防止油扩散
空气帘	空气通入穿孔水龙带或管道，组成气泡屏障

8.6.2 风险控制措施

溢油事故一旦发生，将对海洋生态环境和生物资源造成严重危害，如若处理不及时还会发生爆炸，危及人身财产安全。为保护工程海域生态环境和生物资源，保障生命财产安全，最大程度的降低溢油事故发生对的危害，溢油事故发生后应采取以下应急措施：

（1）启动分级应急响应程序

发现泄漏事故后，应立即通知船长及相关操作人员，并采取一切办法切断事故源。船长作出判断，启动分级应急响应程序，发出警报，迅速通知港区海域船舶污染应急指挥部、当地海事部门和环保部门等主管部门。现场抢险组等各组在组长指挥下立即按各自的职责实施事故救援，各专业救援队伍迅速赶往事故现场。

（2）消除泄漏的措施方法

迅速查明事故发生的源点、泄漏部位和原因。初步判断船舶（或油管）破损情况，组织堵漏和将残油转移。当肇事船舶作业有困难时，可按以下几点协助进行。作业要求如下：

①必要时，由救捞人员进行水下探摸。采取各种可能的方法，尽力封堵破损口。

②将残油驳至其他货舱或可接收油的油轮；油驳及油囊中。过驳时须严格遵守安全和防污染操作规程，注意不断调整各舱油量，保持船体平稳上升。需另备移动式泵系设备，以防船上货油泵系不能使用。

③为保证两船安全并靠，应在两船船舷之间设置足够的碰垫，并准备移动式球形碰垫。过驳时派专人随时调整和加固缆绳，密切监视输油管及油舱状况。

（3）溢油的围控

①当船舶在码头前沿溢油时，在事故码头周围布设一道或多道围油栏进行围控。如果发生汽油等易燃油品泄漏时，还应增设防火围油栏，调用消防船待命，采取防火与防爆措施。

②船舶在锚地、航道上溢油时，事故现场的海况（波高、流速、风速等）符合围油栏的作业条件许可时，采用围油栏在海上进行定位围控。

③在现场围油不可能的情况下，可用围油栏将溢油诱导至利于进行清除作业且对环境敏感区影响较小的水域，再进行清除作业。

④当溢油受风和流的影响有可能向环境敏感区漂移时，需在敏感区周围布设围油栏，减少污染损害。

无论是围油栏围油，还是撇油器回收溢油，都受到海况的制约，因此，定期对海域环境参数进行监测，设置溢油漂移路径数值模拟实时预报系统，对准确而迅速地布置围油栏，控制油污染以及保护海洋环境十分有益。

（4）海域海岸溢油清除

溢油被限制在一定的水域之后，应及时对其进行回收、处理，根据溢油量的大小，油的扩散方向、气象及海况条件，迅速高速围油方向和面积，缩小围圈，用吸油船最大限度地回收流失的油，然后加分散剂进行分散乳化处理，破坏油膜，减轻其对海域的污染。水面溢油回收后的应急储存也很关键，除了利用当地储油设施和调动油船外，还应使用水上应急储油装置如浮动油囊，陆岸应急储油装置如轻便储油软罐等，以顺利完成水面溢油回收后的处理。

（5）溢油分散剂的使用

《溢油分散剂使用准则》（GB18188.2—2000）规定：溢油发生在对水产资源有重大影响的区域时，限制使用溢油分散剂。因此本项目发生溢油事故时，应及时上报海事部门，一般情况下不提倡使用消油剂，若要使用消油剂，消油剂的

使用品种型号、使用时间、使用方法、使用剂量、使用区域等均应征得海事部门同意后方可使用。

8.6.3 应急预案

8.6.3.1 本项目应急预案

风险事故发生后，能否迅速而有效地作出应急反应，对于控制污染，减少污染损失以及消除污染等都起着关键性的作用。为使本工程对于一旦发生的溢油事故能快速作出反应，最大限度地减少事故污染对工程海域的灾害性损失，建设单位应建立应付突发性事故的抢险指挥系统，组织制定一份可操作的风险应急行动计划，定期进行演习。

（1）应急计划区

本工程应急计划区主要为采砂区及运输路线沿线。应急事件包括船舶碰撞、倾翻等突发性海上溢油事故。

（2）应急指挥组织

项目公司成立船舶污染预防及事故应急指挥部（以下简称应急指挥部），下设运行监督办公室，负责风电场日常运行安全监管及船舶污染事故上报、应急反应、支持保障和善后处理等工作。运行监督办公室设在项目公司中控室，应急指挥部应服从揭阳海事局。

应急指挥部按各自职责设立溢油应急处置小组：通信组、工艺组、溢油清理组、现场救护组、警戒组、后勤保障组、防火组、油污处理组。各小组主要职责包括：

通信组：负责应急指挥与事故现场的通信联络，确保应急救援指令的下达和现场各种信息的反馈及通信的畅通。

工艺组：及时关闭相关阀门，控制溢油源，防止事故进一步扩大。

溢油清理组：做好溢油堵截围控工作，回收泄漏油品，对溢油现场进行清理。现场救护组：做好伤病员的接受和医疗，提供现场进行救护等。

警戒组：保持交通畅通，注意现场警戒，实行隔离，注意溢油漂移动向，并及时向指挥部报告。

后勤保障组：提供应急所需的器材、材料及生活用品，保障应急电力供给，

负责应急设备的维修。

防火组：防止火灾发生，一旦发生火灾立即实施灭火应急计划。

油污处理组：负责处置油污物的工作，防止二次污染。

应急响应通知程序当船舶发生碰撞导致油泄漏事故时，应及时向应急值班报告，同时向海事主管部门汇报。并立即将事故简要报告上级主管领导、生产指挥系统，通知当地公安、消防部门、环保部门和港监部门。

（3）应急通讯系统

项目所具备的现代化通讯设备，能够满足溢油应急通讯的需要，无须另行设置新的专门通讯系统。

（4）预警和报告

运行监督办公室应通过监视系统及时收集掌握在采砂区海域发生的船舶污染事故信息，发现或接报污染事故后立即向应急指挥中心报告，通知应急指挥部的成员到达事故现场。总指挥到达事故现场后，立即成立现场指挥部，总指挥根据现场情况预测可能造成的后果和污染危害程度、紧急程度、发展事态，判断环境污染事件危险性，将预警信息向揭阳海事局水上安全指挥中心逐级上报，由安全指挥中心确定预警等级。

预警信息包括突发事故的类别、起始时间、可能影响范围、警示事项、应采取的措施和发布机关。预警信息的发布、调整和接触可通过广播、电视、报刊、通信、信息网络、警报器等方式进行。

特别重大或者重大突发事故发生后，要立即报告，通报有关地区和部门，应急处置过程中，要及时续报有关情况。

运行监督办公室在中控室监视发现污染事故发生后应立即向应急指挥部报告，由应急指挥部向揭阳海事局水上安全指挥分中心报告，最多不超过 5 分钟。报告内容应包括：发现污染事故的时间、地点，船名，污染物品名，污染范围，当时海况等。

同时应急指挥部通知项目周边的企业单位进行应急准备，调配其应急设施。

（5）应急响应及行动

船舶溢油污染事故发生后，应急处置中心应在第一时间获取事故的相关信息， 并立即向海事局水上安全指挥中心、海上搜救中心或防汛指挥中心报告，

应急决策部门根据事件信息和监测数据，开展应急评估，进行综合分析，确定应急等级。根据海上船舶污染事故专项应急预案及海上管理相关文件确定应急响应等级。

应急决策部门在确定应急响应等级后，立即实施相应的应急计划，迅速开展具体的应急行动，包括人员组织和应急处置资源调配、现场的控制和清理、水上交通管制、应急监测、信息公开发布等。风险事故应急反应程序如图 8.6-2。

（6）应急措施程序

一旦船舶发生碰撞造成燃油泄漏时，要及时在泄漏点四周布设围油栏，用最快的办法将船舱内的油品用泵输送、转移到另一艘油船中去。当溢油发生后，应根据溢出量的大小、油的扩散方向、气象以及海况条件，迅速估算出围油方向和面积，缩小围圈，用吸油船最大限度地回收流失的油，然后加消油剂进行分散乳化处理，破坏油膜，减轻其对海域的污染。组织织抢险队和救护队迅速奔赴现场，抢救伤员，同时采取防止事故蔓延或扩大的措施。在现场领导小组的统一组织指挥下，按照制定的抢修方案和安全技术措施，周密组织，分工负责，在确保安全的前提下进行抢修。有关回收油和油污废弃物处置的方案，具体处置方法和技术可参照《南海海区溢油应急计划附件 G》执行。

（7）应急器材设备

除了充分利用项目所在区域目前已有的溢油应急设施、器材外，本项目采砂船也应配备一定数量的应急设备和器材，以便能够及时应对溢油风险。同时，本项目采砂船自身配备一定数量的溢油应急设施和器材，还能够应对跑、冒、滴、漏油等大概率事件发生。建议配备的应急器材数量见表 8.6-2。

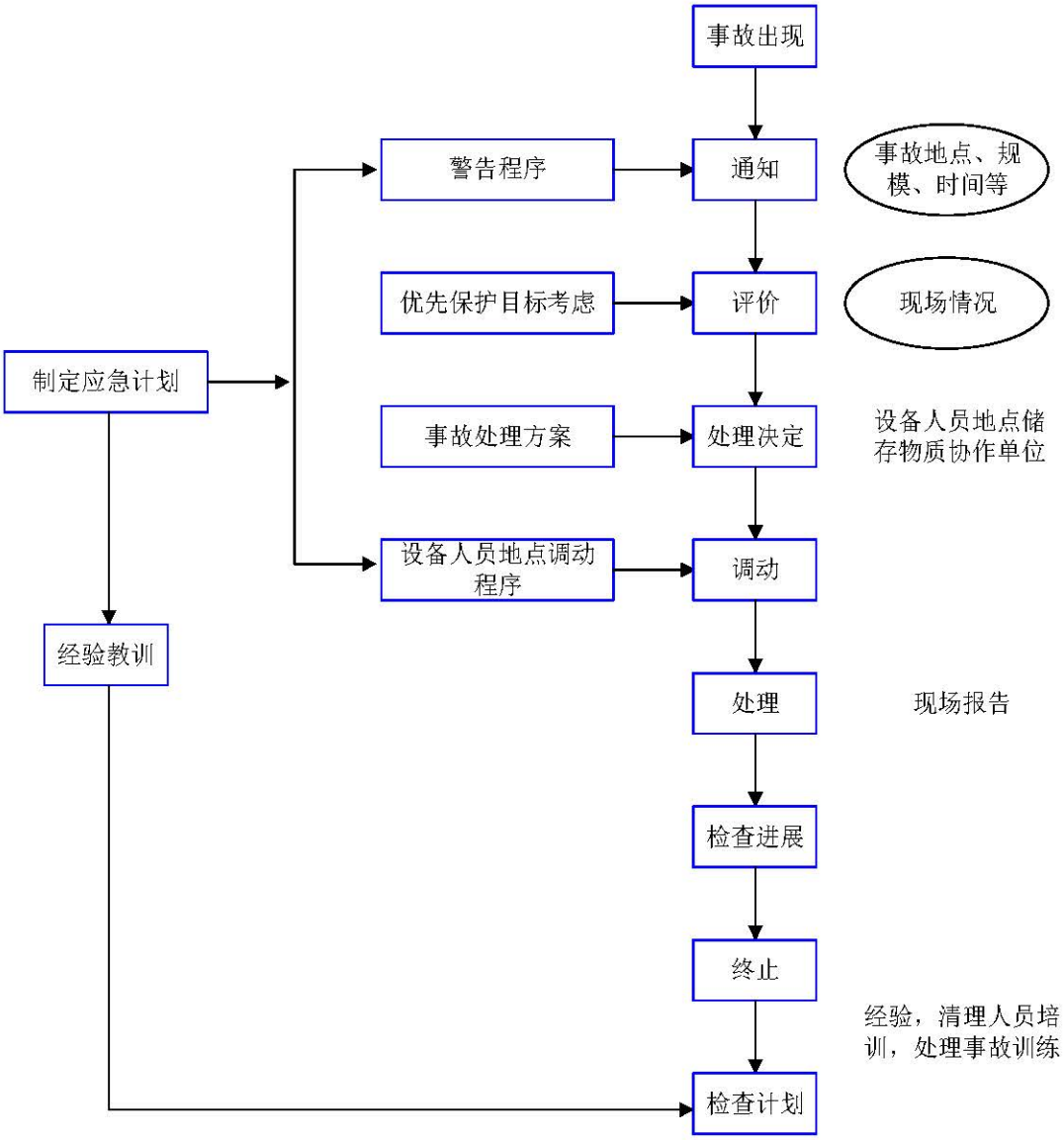


图 8.6-2 风险事故应急反应程序

表 8.6-2 应急器材设置一览表

设备及器材来源	应急设备和器材	数量
本项目采砂船配备的防污应急设施和器材	手提式灭火器	20 个
	吸油毡	300kg
	围油栏	400m
有资质的单位提供的防污应急设施	防污染工作船	1 艘
	围油栏	400m
	吸油毡	300kg
	手提式灭火器	10 个

	推车式灭火器	2 辆
	锚、缆绳和垃圾袋等	若干

8.6.3.2 区域溢油应急计划及应急设备

2000 年 3 月，国家海事行政主管部门颁布并实施了《中国海上船舶溢油应急计划》和《南海海区溢油应急计划》。2009 年 8 月，广东省海事局发布并实施《广东海事局水上交通应急反应预案》。2010 年 4 月，揭阳市人民政府制订并实施了《揭阳市处置船舶污染事故应急预案》（揭府函〔2010〕67 号），并设立“船舶污染事故应急反应中心”，负责日常应急值班和船舶污染事故应急反应的通信联络工作，具体实施全市船舶污染事故控制的业务指导、组织管理、监督检查、信息沟通等项工作和较大、一般水运污染事故应急反应现场指挥协调工作；于 2013 年 01 月实施了《揭阳市港口水域溢油污染应急设施及物资储备建设方案》（揭府办〔2013〕9 号）。综上所述，项目所处港区已建立了区域、辖区、企业级的三级船舶溢油事故应急体系，为保障进出港船舶航行安全、防止船舶污染事故发生，以及突发事故的应急救援奠定了坚实的基础。

（1）海域船舶溢油事故应急反应程序见图 8.6-3 所示；

（2）应急预案主要内容

溢油风险事故发生后，能否迅速而有效地作出溢油应急反应，对于控制污染、减少污染损失以及消除污染等都起着关健性的作用。

应制订本项目及港区船舶溢油应急预案，建立溢油事故的应急响应体系，以尽可能减小事故发生的规模和所其造成的损失与危害。应急预案应报备相关海事部门，其主要内容有：

①对可能发生溢油事故的风险环节及风险因素进行识别，划定应急计划区；

②建立应急组织机构，明确分工、职责；

③制定溢油应急响应程序，并进行相关的培训、演练；

④配备应急装备及通讯、交通等必要装备；

⑤应急救护及污染控制、削减的措施；

⑥应急监测及事故后评估；

⑦风险事故的善后处理措施；

⑧事故过程的记录及报告。

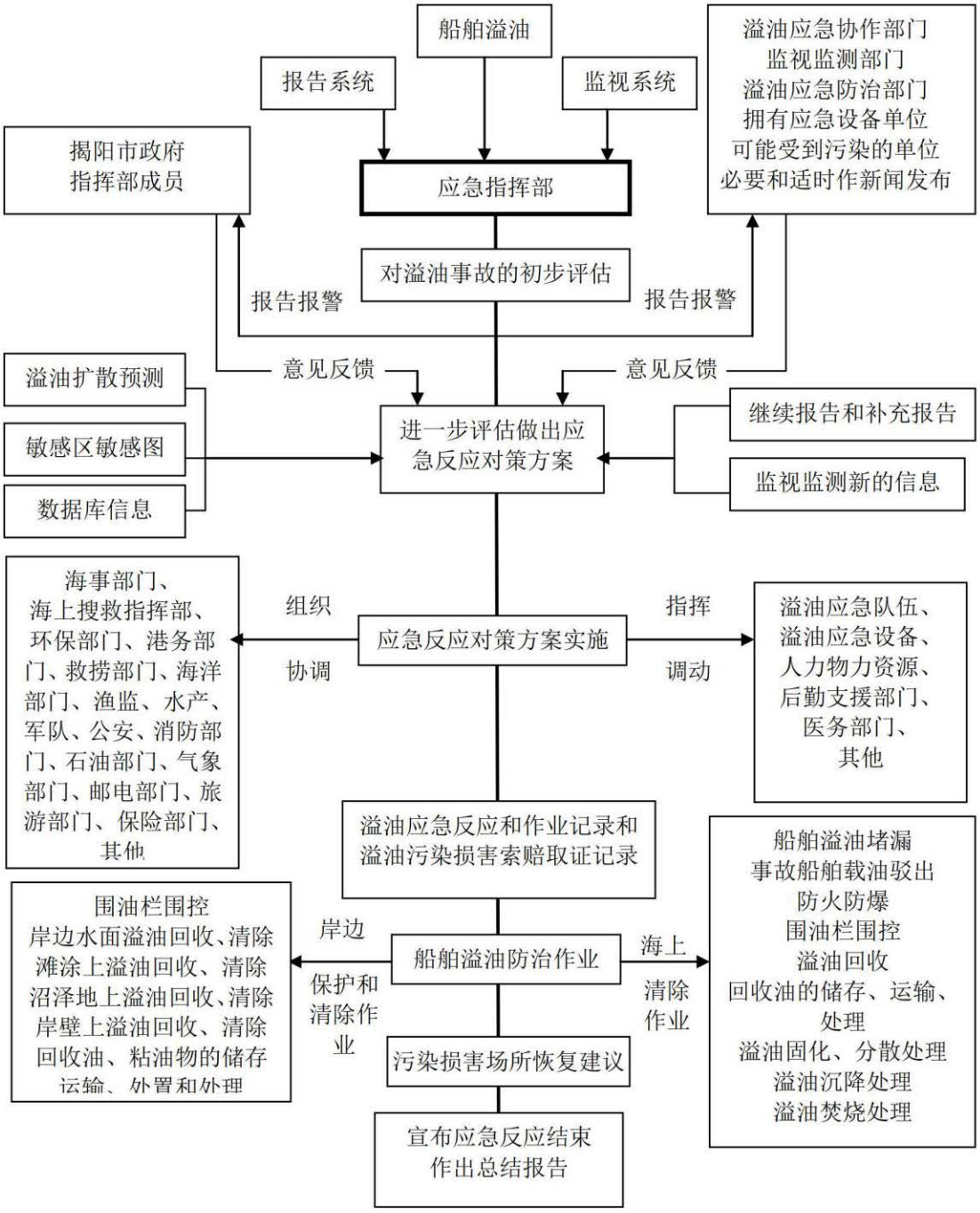


图 8.6-3 海域船舶溢油事故应急反应程序图

（3）溢油事故初始评估与溢油应急初步行动

揭阳海事局接到溢油事故报告后，应对溢油事故进行初始评估，以确定报警部门。组成溢油应急现场指挥部并采取溢油应急初步行动。

初始评估主要内容包括：

①评估可能的最大溢油量。

②评估溢油的可能去向。

③根据溢油的种类和性质，确定基本处理方法。

④确定可能受到威胁的环境敏感资源及需报警的部门。

溢油应急初步行动：

①采取必要的海域或陆域交通管制措施。

②溢油油品是闭杯闪点小于等于 61℃时，要求采取防火与防爆措施。

③采取防止油品继续泄漏的措施，以弥补船舶实施《船上油污应急计划》或码头实施《码头溢油应急计划》的不足。

④决定是否需要对溢油事故做“进一步评估”。当溢油事故较小时，可不做“进一步评估”，直接由现场指挥部采取“溢油应急行动”及以下几个应急行动步骤。当溢油事故为大中型事故时，指挥部需做“进一步评估”及采取进一步行动。

（4）溢油跟踪监视

溢油应急指挥部接到溢油事故报告之后，应立即组织人员对海上溢油进行跟踪监视，监视海上溢油油膜的扩散与飘移状况，估算溢油量及污染面积；监视滩涂与岸边油污染状况，估算溢油量及污染面积。直至此次溢油应急行动结束为止。

（5）制订溢油应急反应决策方案

指挥部根据溢油事故的进一步评估，制订溢油应急反应决策方案，并指定该方案的实施者。溢油应急决策方案的主要内容：

①加强初步行动时采取的措施；

②对溢油的监视及必要的监测措施；

③油舱堵漏和油转移措施；

④海上溢油围控措施；

⑤海上溢油清除措施；

⑥对环境敏感资源的防护措施；

⑦岸上溢油清除措施；

⑧调动应急队伍；应急船舶；应急设备与器材及必要的后勤支援；

⑨组织协调相关部门投入应急行动；

⑩海上溢油事故可能危及码头海域时，通知码头启动《码头溢油应急计划》；

⑪确定是否需要请求相邻海域应急力量的支援；

⑫确定回收油与油污物的运输方式及处置方法；

⑬做出时间安排和费用估算明细表；

⑭安排索赔取证记录。

9 总量控制

总量控制是指控制和调整特定地区污染物的排放总量，使其不超特定地区环境目标值的情况下该地区所能够接受的纳污量；在符合国家和地方各种有关法律、法规的前提下，要求该地区内的各污染源控制各自的污染物排放总量，以实现这一地区范围内的总量控制目标。实行污染物总量控制是强化环境管理、实现区域环境质量标准的有效办法。将总量控制分析纳入环境影响评价中，将使对单个污染项目的评价和管理转变为对功能区和整个城市或区域环境质量的评价和管 理，将使环境管理思想从点源微观管理向区域宏观管理进行转变，从而使环境影 响评价制度在环境管理中发挥更大的作用。

9.1 污染物总量控制原则

实施污染物排放总量控制是保证实现环境保护总体目标的需要。为了实现环 境保护总体目标，必须严格控制污染物排放总量。

对污染物排放总量进行控制的原则是，将给定区域内污染源的污染物排放负 荷控制在一定数量之内，使环境质量可以达到规定的环境目标。污染物总量控制 方案的确定，在考虑污染物种类、污染源影响范围、区域环境质量、环境功能以 及环境管理要求等因素的基础上，结合项目实际条件和控制措施的经济技术可行 性进行，提出污染物总量控制思路：

（1）按管理部门批准的区域进行施工作业。

（2）采用全方位总量控制思想，引进先进技术，实现清洁生产，降低污染物的排放水平，实现达标排放。

（3）满足地方环境管理要求，参照区域总量控制规划，使项目造成的环境影响低于项目所在地区的环境保护目标控制水平。

9.2 污染物总量控制方法

总量控制分析应以当地环境容量为基础，以增加的污染物排放量不影响当地 环境保护目标的实现、不对周围地区环境造成有害影响为原则。确定某个项目的 污染物总量控制指标，一般来说，应按照下面的方法来判断：

（1）所在地区的环境保护目标控制值和污染物环境本底值。

（2）有关部门给出的污染物排放量分配值。

（3）项目需要控制的污染物排放浓度和排放量。

9.3 污染物总量控制方法方案与建议

纳入“十三五”规定的总量控制指标为化学需氧量、氨氮。 本项目为海砂开采项目，作业船舶产生的生活污水和舱底含油污水均拟收集上岸处理，均不排放入海，因此，本项目不设置水污染物排放总量控制指标。

10 清洁生产与污染防治对策

10.1 清洁生产分析

10.1.1清洁生产的要求

清洁生产是通过控制整个生产过程来削减污染，即通过工艺技术的改进和管 理水平的提高来实现污染削减。清洁生产的主要内容包括清洁的能源、清洁的生产过程和清洁的产品。2002 年我国颁布实施了《中华人民共和国清洁生产促进 法》，于 2003 年 1 月 1 日施行，从法律的高度要求企业实施清洁生产是为了促进 清洁生产，提高资源利用效率，减少和避免污染物的产生，保护和改善环境，保障人体健康，促进经济与社会可持续发展而制定。《清洁生产促进法》的公布实施， 标志着我国污染治理模式的重大变革，对实现经济和社会可持续发展必将产生积极的影响。

采砂项目属于海洋矿产资源开发项目，矿产资源开发与利用涉及的环境问题 十分广泛，必须从多方面进行有关的防治与保护，而且要运用清洁生产的原理和方法来解决环境与资源保护问题。因此，该项目应坚持实行污染防治和生态保护并重的指导方针，文明施工与作业，合理选择污染小的施工方法，即运用先进技术、工艺和设备，减少污染物的排放，降低排放浓度，从源头上控制污染物的产生，同时加大生态建设和环保治理投入，确保生态环保设施建设与主体工程同时设计、施工和使用。

10.1.2本项目清洁生产分析

本项目拟采用射流抽吸式采砂船配自卸皮带式运砂船，射流抽吸式采砂船是目前采用较多的采砂方式。

海底沉积物的粗砂层一般被很厚的淤泥层所覆盖，用一般链斗式、抓斗式和吸扬式挖砂船开采，其成本高，而且开挖深度受限制，不能开采水下深层砂。目前可用于深水采砂的设备有潜水泵式、气动泵式和射流式等装置。潜水泵式采砂装置水下部分，特别是潜水电机的密封装置容易磨损，工作可靠性差。气动泵式采砂装置单位能耗高。射流式采砂装置由于它在水下无转动部件、结构简单、耐磨损、工作可靠，它的水下开挖深度大，单位能耗比气动泵式采砂装置低，因此是一种比较理想的水下采砂装备。

射流式采砂装备由工作水泵、射流泥浆泵、冲砂器、管道及闸阀等部分组成。它的工作原理是利用工作水泵产生压力工作水，通过管道压送到冲砂器及射流泥浆泵。利用冲砂器喷嘴的高压水射流破土，使它穿越水下淤泥覆盖层。通过调节它的射流流速及流向，将所需级配的沙砾通过射流泥浆泵将其吸入，提升至水面。

射流抽吸式采砂船可以直接穿透覆盖层，进入藏砂区，不需要开挖表层的淤泥，减少表层淤泥开挖过程中悬沙的排放。采砂船将泥层下的砂层开采后，泥层塌陷有利于采砂坑的回淤。射流抽吸式采砂船溢流泄水排放，通过溢流管在采砂坑内进行水底排放的形式，有利于悬浮物沉降。

本项目采用采砂船与运砂船分离，采砂船抽砂、洗砂均采用专业设备，船舶定位、采砂路线、采砂层次均得到控制，同样的采砂效率下，可有效地减少抽 砂、洗砂过程中的悬浮泥沙排放及对水质的影响。项目作业船舶所产生的生活污水、固体废弃物及含油污水将收集上岸由有处理能力的单位进行统一收集上岸进行处理，作业船舶基本不会向项目所在海域排放污染物。

可见，项目的作业船舶排污能够满足清洁生产的要求。综上所述，本工程的采砂工艺是相对清洁的生产工艺。

10.1.3本项目清洁生产建议

本采砂项目将制定采砂计划并报相关部门备案，合理安排采砂期，尽可能缩短采砂期，减少由于采砂活动对周围环境造成的不利影响。建议根据采砂总量、采砂深度、采砂期限及气象条件将整个作业区分成若干个区块。每个区块内限制作业天数及作业强度，作业结束后采砂船移至下一区块进行作业。禁止无序开采，作业区内采取有效的采砂计划后可减少对环境的影响范围和程度，同时减少开采成本。

（1）加强管理

政府有关部门应加强矿产资源开采的环境监管力度，严格执行矿产开发项目的环境影响评价制度和清洁生产审核制度，要把这两项法律制度作为采矿许可证 发放的重要前提。加强对采砂船的环境监理工作，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，并及时通知海洋监测部门，查明原因。

（2）选用合适的施工方案

根据本采砂项目，制定合适的采砂作业计划，包括施工工艺、采砂船型、作业方案等方面，并严格按照采砂计划进行海砂开采，尽可能缩短施工期，减少由 于采砂活动对周围环境造成的不利影响。在进行采砂过程中，采砂单位应合理安 排施工船舶数量、位置，射流功率和抽砂泵功率应相配合，以尽量减少抽砂作业流失的悬浮物。

（3）制定安全、合理的防污措施

采砂单位应制定合理的防污措施，尽量减少采砂过程中产生的污染物，如避开台风和风暴潮时期作业等。采砂单位还应制定一系列应急措施来应对采砂过程中出现的突发事件，避免或减少对水质、沉积物、生态环境的影响，有效控制和规避污染风险。

10.1.4 节能减排的要求

采砂过程中产生的主要污染物质为悬浮物，根据前面分析，采砂工艺是相对清洁的生产工艺。船舶产生的生活污水中含COD，这部分污染物按照要求不允许直接排入海水中，需带回陆地交由有处理能力单位进行处理后达标排放。这种处置方式符合节能减排的要求。

10.1.5 本项目清洁生产结论

根据上述分析，本项目生产设备的选择合理，所采用的采砂工艺是相对清洁的生产工艺，生产船舶排污能够满足清洁生产的要求。本工程采砂工艺清洁生产水平可达国内先进水平。

10.2 污染防治对策分析

10.2.1 采砂作业及船舶防污措施

10.2.1.1 采砂作业悬浮泥沙污染防治措施

（1）在进行采砂施工中，采砂单位应合理安排采砂船舶位置，射流功率和抽砂泵功率应相配合，以尽量减少抽砂作业流失的悬浮物。避免所有采砂船集中在一个点位采砂，尽量减少不同采砂船的悬浮泥沙叠加影响。

（2）采砂船溢流泄水排放通过溢流管进行海底排放，以利于悬浮物沉降，减少悬浮泥沙对表层水体的影响。

（3）采砂应尽可能选择在大潮和中潮期，利用潮流动力扩散悬浮物，减低悬浮物浓度。同时减少在底栖生物、鱼类的产卵期、浮游动物的快速生长期及鱼卵、仔鱼、幼鱼的高密度季节（4-7月）的作业强度，主要原因是幼年生物对采砂施工造成的污染和干扰敏感性较低。在南海幼鱼幼虾保护期（3月1日至5月31日），尽量避免在南海幼鱼幼虾保护区保护期施工。

（4）在采砂过程中应做好采砂设备的日常维修和检查工作，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。

（5）采砂船溢流泄水口上安装拦污栅，阻挡漂浮物排出，控制溢流口排放的悬浮物浓度。

（6）运砂船装载量不得过量，装砂过程应严格按照作业规程进行，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沙外溢。

（7）海砂开采作业必须严格控制在已批准的海域作业，严禁越界开采。采砂作业应有计划的进行，分层分片，可将采砂区分成若干小区，均匀进行采孔，这样能够防止形成大面积的深坑而造成上部淤泥层的坍塌，既便于管理，又能够使泥沙污水扩散范围缩小，进而减少海洋生物资源的损失。

（8）委托相关的具有相应监测能力的环境监测单位对采砂区周边环境进行监测，对发现的具体问题采取必要的措施。

10.2.1.2 船舶污染防治措施

（1）采砂船舶和运输船舶必须配备生活污水收集设施，将船舶工作人员在船舶上产生的生活污水收集上岸后，再由接收单位拉运处理，禁止直接排放入海。

（2）采砂船舶和运输船舶必须配备舱底含油污水收集设施，将船舶产生的舱底含油污水收集上岸后，委托有处理能力的单位处理，禁止直接排放入海。船舶要配备适量的化学消油剂、吸油剂等物资，船舶的溢油事故一旦发生，立即采取措施，收集溢油，缩小溢油的污染范围。

（3）船舶作业过程中，应加强对船舶的检修，避免船舶发生漏油事故。

（4）采砂船舶和运输船舶维修时产生的油污应经收集上岸后由有处理能力

的单位接收处理，不得直接排放。

（5）船舶作业人员产生的生活垃圾，应经收集上岸后，由环卫部门统一清运处理，不得直接排放入海。

10.2.2采砂过程中岸滩稳定性防治

本工程为在拟申请海砂开采区内采砂，可能造成的环境影响是施工作业产生的入海悬沙对海洋生态环境和周围的环境敏感区的影响，以及海砂开采改变采砂区水下地形，从而造成附近水动力环境和冲淤环境发生变化，对周围的海底电缆管道等环境敏感目标造成影响。因此，本项目实施工程中应注意控制海砂开采强度和开采范围，防止越界开采和超强度开采，保护岸滩的稳定性。同时对采砂工艺和使用船型也应按照本报告预测使用的船型和工艺进行控制，避免采砂作业影响超过本报告的预测范围。

10.2.3采砂期生态影响防治对策

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洗沙等环节中引起的悬浮物，其次是船舶污水以及溢油等影响。为最大程度的减少项目采砂对海洋生态环境带来的不良影响，建议采砂单位采取以下防治对策：

（1）我国对海砂实行开采总量控制制度，严禁超总量开采。同时，为了降低对附近海洋环境和经济鱼类等的损害，本项目应落实采砂强度指标，非敏感期采砂量应控制在 12 万 m^3/d，敏感期采砂量应控制在 $8m^3/d$。

（2）采砂过程中须密切注意采砂区及其周边海域的水质变化。如发现因抽砂施工引起水质变化而对周围海域海洋生物产生不良影响，则应立即采取措施，必要时可短暂停工。

（3）降低在底栖生物、鱼类的产卵期、浮游动物的快速生长期及鱼卵、仔鱼、幼鱼的高密度季节的采砂强度，主要原因是幼体生物对采砂作业造成的污染和干扰敏感性较高。

（4）合理安排采砂强度，注意保护环境敏感目标。本项目所在海域的鱼类主要是在春、夏两季（即 4～7 月）产卵、繁殖，为了减轻采砂可能对鱼卵及幼鱼的发育生长产生的不利影响，在此期间应控制采砂强度，适当降低采砂时间，建议采砂时间降至非敏感期的 2/3。此外，本项目位于南海幼鱼幼虾保护区，保

护期为3月1日至5月31日，因此该保护期内，项目采砂应适当降低采砂时间，建议日采砂时间和月采砂时间均降至非敏感期的2/3，必要时停止采砂作业。

（5）本项目附近海域有白海豚出没，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。在采砂过程中，如发现有白海豚出没，运砂船与采砂船须减速，并尽量减少施工机器的开动量，以减轻施工噪音对海豚的干扰。船行的速度限制在10节以下，可以有效防治航船撞击海豚和降低噪音滋扰，因此如果有海豚出现在航道上，运砂船应减速或暂停以避让海豚，直到海豚游离航道后方可施工，以避免海豚被机器或船只螺旋桨撞伤。任何单位和个人发现受伤、搁浅而被困的中华白海豚时，应当及时采取紧急救护措施并报告市渔政管理机构处理。

（6）采砂作业导致的悬浮物及噪音等会对水生生物栖息地造成破坏，对水生生物的生存和健康生长造成危害。因此，采砂作业应预先制定合理的施工计划，确定合适的采砂范围，减少对底质环境的扰动强度和范围，防止造成不可恢复的破坏和影响。

（7）采取一定措施，控制悬浮物再悬浮的范围和强度，减少对浮游生物和渔业资源的影响。

（8）采砂将对水下工程区域内的底栖生物和渔业资源造成一定程度的破坏，业主应采取增殖放流等一系列生态补偿措施对海洋生物资源的损失进行补偿。建议采砂单位按照本报告海洋生态损失的计算结果，对受损的海洋生态环境作出补偿，在当地渔业行政主管部门的指导下，于珠海—潮州近海农渔业区或者周边的其他农渔业区采取人工增殖流放、底播放养、栖息地修复等生态修复措施，促进海洋生态环境的恢复。

（9）海砂开采实行动态监测制度，海砂开采后每6个月必须监测一次，以分析海砂开采对海洋资源、生态环境、海洋设施以及海底地形变化等影响，并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。

10.2.4防止超界、超量、超时开采的管控措施

（1）开采作业前，应对采砂作业人员进行培训，宣传超界、超量、超时开采可能存在的安全隐患及对海洋环境的不利影响。

（2）开采活动中，必须严格按照批复的开采量进行作业，严格控制开采范

围，采砂船采用精确的定位系统（如 DGPS），从技术上实现不超界开采。

（3）采砂作业期间应详细记录开采过程，开采记录应交由相关部门定期检查并存档，对超量、超强度、超时开采的行为进行批评教育或作出相应处罚，从而杜绝超量开采、超强度开采、超载等违规行为。

（4）运砂船装载量不得过量，装砂过程应严格按照作业规程进行，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）严格管控海砂开采时间，非敏感期（8 月至次年 2 月）每天工作在 15 小时内，底栖生物、鱼类的产卵期、浮游动物的快速生长期及鱼卵、仔鱼、幼鱼的高密度季节（3-7 月）适当降低采砂时间，建议日采砂时间和月采砂时间均降至非敏感期的 2/3，由环境监理单位对海砂开采时间进行监督。

10.2.5海洋生态补偿方案

本项目造成的生态资源损失主要包括底栖生物和渔业资源的损失，造成的生态损失总赔偿额约为 5157.96 万元，纳入本项目的环保投资。对于建设项目施工对海洋生物资源造成的损失，项目建设单位应与主管部门协商，就工程建设造成生物资源损失制定合理的补偿计划。补偿金直接上缴财政，专款用于海洋渔业资源与生态环境的恢复。

主要生态补偿措施包括：资源增殖放流、人工鱼礁建设、底播增殖、保护区建设等。具体补偿方案与相关部门协商确定。根据项目所在海域情况，建议项目主要可采取增殖放流的生态补偿措施。

国内外长期从事渔业资源研究的专家研究证实，在渔业资源衰退或受损的情况下，除了降低捕捞强度和减少海洋环境污染及生境破坏之外，从根本上恢复渔业资源、改良资源结构、增加渔业生产，进行渔业资源的人工增殖流放是重要、快捷的有效措施。通过增殖流放，可以迅速弥补本项目施工等因素对海洋渔业资源造成的损失。

（1）增殖流放品种选择原则

本地原种或子一代的苗种或亲体；能大批量人工育苗；品质优良（属优质经济鱼、虾类、贝类）；适应工程附近海域生态环境且生势良好；工程附近海域自然生态状况中曾经拥有的种类，确需放流其他苗种的，应当通过省级以上渔业行政主管部门组织的专家论证；鱼类品种以恋礁性鱼类、适合转产转业和发展游钓

休闲渔业品种为主，或在资源结构中明显低于自然生态状况中的比例，资源衰退难以自然恢复；禁止使用外来种、杂交种、转基因种以及其他不符合生态要求的水生生物物种进行增殖流放。

（2）增殖流放备选品种

项目海区适宜增殖流放的备选品种包括：石斑鱼、红笛鲷、黄鳍鲷、斑节对虾、黑鲷、、沙蚕、毛蚶、蛤类等。

（3）增殖流放苗种规格质量

鱼苗体长应在 5cm 以上；虾苗体长应在 2.5cm 以上；贝苗壳长应在 0.5cm 以上。放流苗种应当来自有处理能力的生产单位、检验机构认可。

（4）增殖流放计划

在施工期间根据实际情况开始实施海洋生物增殖流放，增殖流放的期限为 5 年，每年 1 次。每年的增殖流放工作安排在南海区伏季休渔期间内的 5 月下旬至 7 月上旬，以避开高强度捕捞压力时间，提高增殖流放效果。

（5）增殖流放前后的管理

放流前后的现场管理主要由渔政管理部门承担。放流前清理放流区域的作业，并划出一定范围的临时保护区，放流后加强巡逻管理。

10.2.6通航安全保障措施

考虑到本采砂项目在作业期间，会长期占用运砂船频繁进出采砂区与用砂施工点，对通航和交通安全会造成一定影响，建议采取如下通航安全保障措施。

表 10.2-1　通航安全措施保障一览表

名称	交通安全保障措施	备注
采砂区交通安全	获发水上水下施工作业许可证和通航公警告才能正式进场作业	
	采砂船和运砂船应悬挂正确的旗号和号灯	
	开采区应设置明显的标志，加强同上游企业的沟通	
运砂船交通安全	严格按海事部门的相关规定运营，严禁运砂船超载	
	安装 AIS 船舶自动识别系统	
恶劣天气情况下的交通安全	防范台风、风暴潮以及雷雨大风的袭击	风力超过 6 级，波浪超过 1.5 级，能见度小于 1000m，停止作业

	悬挂黄色热带气旋警报时，所有船舶择地避风	
航道安全	本项目离航道较近，应对航道水深、流场变化及边坡稳定性进行跟踪监测，并严格控制采砂船只的活动范围和数量	一旦发现影响通航安全的问题，立刻停止开采，并通报海事等相关部门及时解决问题
	严禁往航道抛淤泥和石块	
	船舶夜间作业时显示的灯光应实行管制，防止出现影响船舶在出海航道正常航行的背景亮光	
	运砂船不得随意穿越出海航道，如穿越航道，应主动避让大船，并尽量垂直航道穿越	

10.2.7大气污染防治措施

海砂开采对大气环境的污染主要是采砂船、运砂船的船舶废气，因此大气环境的保护措施包括两方面：一方面是控制污染源的减排措施，包括采用清洁能源动力船舶、换用低硫油等措施；另一方面是污染物接收处理的措施，如油气回收等。

10.2.8声环境污染防治措施

海砂开采的噪声主要来自采砂船、运砂船和多功能船等作业船舶。噪声防治的措施主要是对船舶做好管理、保养和维护，维持作业船舶的良好运行状态降低运行噪音。

10.3 环保措施技术、经济可行性分析

本项目采砂设备的选择合理，所采用的采砂工艺是相对清洁的生产工艺，采砂船舶排污能够满足清洁生产的要求。本工程采砂工艺清洁生产水平可达国内先进水平，从源头减少采砂作业对环境的污染。针对采砂过程中可能出现的污染提出防治对策，对可能造成的环境污染提出针对性措施进行生态补偿，将可有效防止采砂作业对环境造成的影响。从可持续发展角度考虑，本工程环保投资产生的环境效益将远大于环保投资费用本身。因此，本文所提出的环保措施在技术上和经济上都是切实可行的，并将收到显著的效果，具有技术、经济可行性，应在项目的施工全过程加以落实。

本项目拟采取的污染防治对策措施、生态保护对策措施统计见表 10.3-1 所

示。

表 10.3-1　项目污染防治对策措施、生态保护对策措施一览表

项目	环境保护对策	具体内容
悬沙控制措施	加强管理	合理规划采砂分区，控制采砂范围、采砂时间和采砂强度等
	洗砂溢流水控制	溢流管进行海底排放，采砂船溢流泄水口上安装拦污栅
污水处理	船舶生活污水	由船舶生活污水收集设施收集上岸后，由有处理能力的单位接收处理
	舱底含油废水	由含油污水收集设施收集上岸后，由有处理能力的单位接收处理
固体废弃物处置	生活垃圾处置	收集上岸后，由环卫部门统一清运处理
海洋生态保护	落实采砂强度指标	落实采砂强度指标，控制采砂强度
	合理规划采砂工期	鱼类资源快速生产期内降低采砂强度，选择在大潮和中潮期进行采砂作业等
	动态监测制度	海砂开采后 6 个月内必须监测一次
	白海豚保护	发现有海洋哺乳动物（中华白海豚）活动应降低施工强度，减小施工船速，对其进行避让等
	生态损失补偿	采用增殖放流等方式进行补偿
大气污染防治	控制污染源	采用清洁能源动力船舶
声环境污染防治	加强维护管理	对船舶做好管理、保养和维护

11 海砂开采量控制

11.1 开采方式的控制

本海砂矿床为揭阳市惠来县靖海湾东南侧海域拟出让区块，揭阳市惠来县靖海湾东南侧海域拟出让区的[redacted]本项目拟采用工作效率为 1000m^3/h 的射流抽吸式采砂船作业，非敏感时期保持每天有 6 艘采砂船进行连续作业 20 小时，采砂强度为 12 万 m^3/d。另外，在南海幼鱼、幼虾保护区保护期和鱼类产卵、繁殖等快速生长期（3 至 7 月）内，降低采砂强度，每月采砂时间和每日采砂时间均降至非敏感期的 2/3。本项目控制开采方式如下：

表 11.1-1 采砂船舶规模和工艺控制要求一览表

控制对象	控制内容	具体要求	预期效果
施工工艺	采砂船作业平面布置合理，事先制定开采计划，采用清洁的生产工艺	作业船舶将分散作业	降低采砂作业产生的入海悬沙源强
		吸砂功率与洗砂功率相匹配	节约能耗，提高开采效率，降低未吸上船舱的悬沙量
		减缓射流船穿透海底淤泥层的速率	减少此过程中的悬沙扩散
		洗砂水通过接到船底的软管溢流回采砂坑内	采砂坑内水底排放能降低悬沙扩散
		提高洗砂效率和出砂率	节约能耗，提高开采效率
		过滤的杂物和石块要回收岸上处理	减少对海域水质污染和生态破坏
采砂船型	控制作业船舶数量、船型	6 艘射流抽吸式采砂船配 16 艘 3000～5000m^3 自卸皮带运砂船	根据采砂船数量合理配置运砂船，提高运砂船作业效率的同时，降低交通量
		每艘采砂船的采砂效率控制在 1000m^3/h	满足开采强度和开采量控制要求
		采砂船每年都需要年检，注意使用的船舶检验证书必须在有效期内	保证施工船舶排污、设备配备、设施安全等达标

11.2 开采强度的分析

从保护海洋环境的角度出发，考虑项目所在海域的海洋环境容量和承受能

力，并考虑本项目采砂船的采砂能力和企业的经济效益，确定了本项目开采海砂的日最大开采量、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、开采年限等控制指标，具体见表 11.2-1。根据项目所在海域的生态承载力、环境承载力和资源承载力，保证本项目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、叠加效应等影响在可接受范围内，建议本项目采取以上开采方式和开采强度进行作业，并严格按照《本项目海砂开采控制指标表》（表 11.2-1）中规定的日最大开采量、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、开采年限等指标进行海砂开采。

表 11.2-1　海砂开采目标控制一览表

控制参数		控制量	控制条件
日开采量	日最大开采量	[redacted]	6 艘采砂船，作业 20 时/天，8 月-次年 2 月
	日平均开采量	[redacted]	年作业天算数平均按 215 天
月开采量	月最大开采量	[redacted]	6 艘采砂船作业，20 小时/天，计 20 天/月，8 月-次年 2 月
	月平均开采量	[redacted]	1 月-12 月算数平均值
敏感期控制开采量	日最大开采量	[redacted]	采强度降至 20×2/3 时/天，6 艘船作业，3 月-7 月
	月平均开采量	[redacted]	6 艘采砂船作业 20×2/3 时/天，计 15 天/月，3 月-7 月
开采总量	年开采量	[redacted]	以 6 艘船开采 215 天计
	资源总储存量	[redacted]	
	控制总开采量	[redacted]	
开采范围	采砂区范围	[redacted]	根据地质结构，砂源储量分布，海砂可开采环境条件
可开采年限		[redacted]	

12 环境经济损益分析

环境经济损益分析也称为环境影响的经济评价，是建设项目环境影响评价的一项重要内容，其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。环境经济损益分析就是要估算某一项目、规划或政策所引起环境影响的经济价值，并将环境影响的价值纳入项目、规划或政策的经济分析中去，以判断这些环境影响对该项目、规划或政策的可行性产生的影响。对本工程进行环境影响经济损益分析的目的是评价项目的社会、经济、环境损益。

12.1 环境经济损益分析方法

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。

费用-效益分析是最常用的项目环境损益分析方法和政策方法。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

12.2 社会效益分析

（1）有效缓解建设用砂的供需矛盾，促进揭阳地区社会经济发展

随着经济的发展，城市建设步伐也不断加快，沿海基础工程建设如港口开发、临海工业等大型项目不断增加，工程项目对建设用砂的需求日益显著，导致目前市场的建设用砂供不应求，供需矛盾十分突出。

拟申请海砂开采项目位于揭阳市海域，砂源储藏相对集中，水路运输畅通便捷，开发利用的价值较高，本项目在不超过环境承受能力的条件下，合理合法开采海砂，为建设项目提供海砂，有效解决“用砂难、用砂贵”的问题。

（2）有利于缓解海洋执法管理压力，实现国家海砂资源所有权

目前，由于全国地区海砂需求量大，供需矛盾突出，经常有非法采砂船，其采砂秩序混乱，严重扰乱海上安全并造成社会资源无序开发，增加了海洋执法监督部门的执法成本和压力。本采砂区的出让，有利于进一步规划海砂开采活动，

可以对非法采砂活动有效遏制，对加强采砂管理、保护航道、保护水利设施和海上设施起到积极的推动作用。

另外，国家作为海洋资源的所有者，加强海砂开采管理，规范海砂资源制度，并按照规定收取海域使用金，既有利于实现国家在海洋资源领域的所有权，又有利于海洋资源效益最大化和可持续利用的实现。

（3）有利于引导海砂产业持续健康发展

海砂是一种普通又难于替代的建筑材料。随着经济的发展，城乡建设、交通和水利等基础设施建设都需要大量海砂。在不影响生态环境得前提下，适当划出部分海域作为采砂区，有利于规范海砂开采秩序，从而为实现合理配置海砂资源、提高资源利用效率，引导海砂市场规范化运营有重要意义。

（4）增加就业机会

本项目的建设不仅可以促进揭阳地区的经济发展，间接地创造许多就业机会，而且项目本身也可以提供一定数量的就业，可在一定程度上维护社会稳定、减轻社会就业压力、提高居民生活水平。

综上所述，本项目建设能够产生明显的社会效益。

12.3 经济效益分析

近年来，由于广东省经济的迅速发展，海砂的需求量有增无减。而且从去年开始广东省响应中央、国务院号召，配合陆续出台积极的“扩内需，促发展”的有关政策，特别是加快了广东省的建设步伐。目前市场上的砂量需求很大的。

根据近年调查资料分析统计，由于海砂属不可再生的海洋矿产资源，海砂的价格比以前有所提高，利润较高；而海砂开采前期投资成本较低，同时海砂开采区距离周围工程项目地点较近，海砂运输成本较低，总体经济效益非常显著。

根据 2015 年 12 月颁布实施的《广东省海洋与渔业局关于海砂开采海域使用管理的暂行办法》，广东省海砂开采海域使用权一律通过招标、拍卖、挂牌等市场化方式进行出让。通过招标、拍卖、挂牌等市场化方式进行海砂开采权出让更有利于海砂资源的长效管理利用。

根据目前海砂市场价格分析，采砂开采既能给企业带来一定的经济效益，又能向国家交纳一定数额的资源费和营业税，可促进当地海洋产业的发展，有着良好的经济效益。

12.4 环境保护投资估算

项目用于环境保护的投资主要包括环境管理和监测生态补偿以及采砂期船舶污油水、生活垃圾等处理设施。对建设项目拟采取的污染防治和生态保护措施进行投资估算，结果见表 12.4-1。本项目主要环保工程投资估计约 5627.96 万元，环保投资额较大，可以较好地满足环境保护的需要，环保投资数额合理。

表 12.4-1 本项目环保投资估算一览表

项目	任务	内容	环保投资估算（万元）
施工期环境监理	合理安排施工进度，严格掌握采砂设施性能、控制悬浮泥沙扩散影响范围	环保监理人员 2 人（工程监理可兼任）	100
施工期环境监测	掌握施工期污染物排放状况，为施工管理提供依据	详见监测计划	150
生态补偿	补偿施工期造成的生态损失	采取增殖放流等措施	5157.96
悬浮泥沙污染防治	控制悬浮泥沙扩散影响范围和程度	溢流泄水排放通过溢流管进行海底排放，安装拦污栅等	10
船舶油污水、垃圾接收处理	施工船舶产生的生活污水、油污水及船舶垃圾严禁向海域排放	由有资质单位接收处理	10
溢油应急费用	施工船舶发生溢油事故时，采取的应急措施	配备溢油事故设备库	100
预留	事故状态下的环境跟踪监测 等不可预见费		100
合计			5627.96

12.5 环境经济损益分析

（1）环境直接、间接经济损失估算

环境经济损失是指采取相应环保措施后，工程项目可能仍然造成的环境损失，对于本项目来说，对海洋环境造成的损失主要表现在两个方面：一是海砂开

采造成底栖生物的损失；二是在采砂施工过程中导致工程海域悬沙浓度增大，对附近的海洋生物及渔业资源会产生影响。

采砂作业过程中，栖息于开采区内的底栖生物将死亡。经估算本项目采砂造成的底栖生物损失量约为 195.02t，由于大部分底栖生物的生长较缓慢，在采砂结束后较长时间内底栖生物才能得到逐渐恢复。本项目在采砂作业中将产生一定量的悬沙，造成附近局部海域的混浊度增加，降低水体的透明度，对游泳生物和浮游动物产生不利影响，若悬沙浓度过大，甚至会引起死亡。同样，采砂施工产生的悬沙对鱼类也会产生一定的影响。

据估算，本工程采砂导致底栖生物直接损失量为 195.02t；浮游植物的损失量为 8.197×10^{15}cells；浮游动物的损失量为 1.437×10^{13}ind；鱼卵 8.158×10^{8} 粒、仔稚鱼 1.057×10^{8} 尾；游泳生物(鱼类)的损失量为 41324kg。造成底栖生物和渔业资源的直接经济损失额约为 1719.32 万元。

依据《规程》的规定，占用海洋水域的生物资源损害补偿，占用年限低于 3 年的，按照 3 年补偿；本项目按 3 年进行补偿计算。本项目的建设需作出生态补偿的总金额为 5157.96 万元。

（2）环境直接、间接经济收益估算

环境经济收益是指在采取环境保护措施后所得到的直接和间接效益。直接效益为资源、能源的回收利用所产生的收益；间接效益为由于污染物的适当排出所削减的环境经济损失。对本建设工程来说，环境经济效益只由间接效益组成。

根据本报告前述章节的相关分析可知，在不采取任何环保措施的情况下，工程环境污染的范围和程度将成倍增大，资源的损失和环境污染损失也同样以倍数增加；在采取环境保护措施后，可以使建设项目产生的环境影响被控制在最小范围和最低程度，进而也能在一定程度上减少资源的损失。因此，建设项目污染防治措施的环境经济效益还是比较明显的。

12.6 环境经济损益综合分析与评价

本项目各项环保措施，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：通过各项环保措施的落实，减小项目建设过程中各环境污染因子产生的强度，并进行必要的生态防护，使工程区附近海域水环

境和生态环境得到有效保护，降低对保护区特殊生境的影响，将本项目建设可能产生的环境影响降到最低，从而确实有效的保护生态环境，实现社会经济建设和环境资源保护的协调发展，即环境保护和经济建设的双赢。

通过采取各项的环保措施，加强环境保护工作，可有效减少项目建设造成的负面环境影响，将项目建设可能造成的环境经济损失降到最低，是适应工程建设与环境保护、海洋生态环境保护实际需要。经过比较分析，该工程项目能取得较好的社会经济效益，在采砂过程中采取环境保护措施后，能在一定程度上减少海洋生态环境资源的损失。可见，本项目的环境保护措施是合理的，环境污染导致的生态效益损失可以协调补偿解决。

本建设项目是可行的。从可持续发展角度考虑，本工程环保投资产生的环境效益将远大于环保投资费用本身，应在项目的施工全过程加以落实。

13 海洋工程环境可行性

13.1 与《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》的符合性

1、项目所在海域及周边海域海洋功能区划

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，本项目所在的海洋功能区为珠海—潮州近海农渔业区，周边海域海洋功能区有：靖海港口航运区、海门湾工业与城镇用海区、海门湾—广澳湾农渔业区、仙庵旅游休闲娱乐区和田尾山—石碑山农渔业区。项目与各功能区的位置关系详见图 13.1-1 及表 13.1-1，海洋功能区登记表见表 13.1-2。

表 13.1-1 项目周围海域海洋功能区分布状况

编号	海洋功能区名称	与本项目的方位关系及最短距离	功能区
1	珠海—潮州近海农渔业区	项目所在功能区	农渔业区
2	靖海港口航运区	项目西侧约 5.2km	港口航运区
3	海门湾工业与城镇用海区	项目西北侧约 6.5km	工业与城镇用海区
4	海门湾—广澳湾农渔业区	项目北侧约 10.3km	农渔业区
5	仙庵旅游休闲娱乐区	项目西北侧约 11.0km	休闲娱乐区
6	田尾山—石碑山农渔业区	项目西南侧约 13.1km	农渔业区

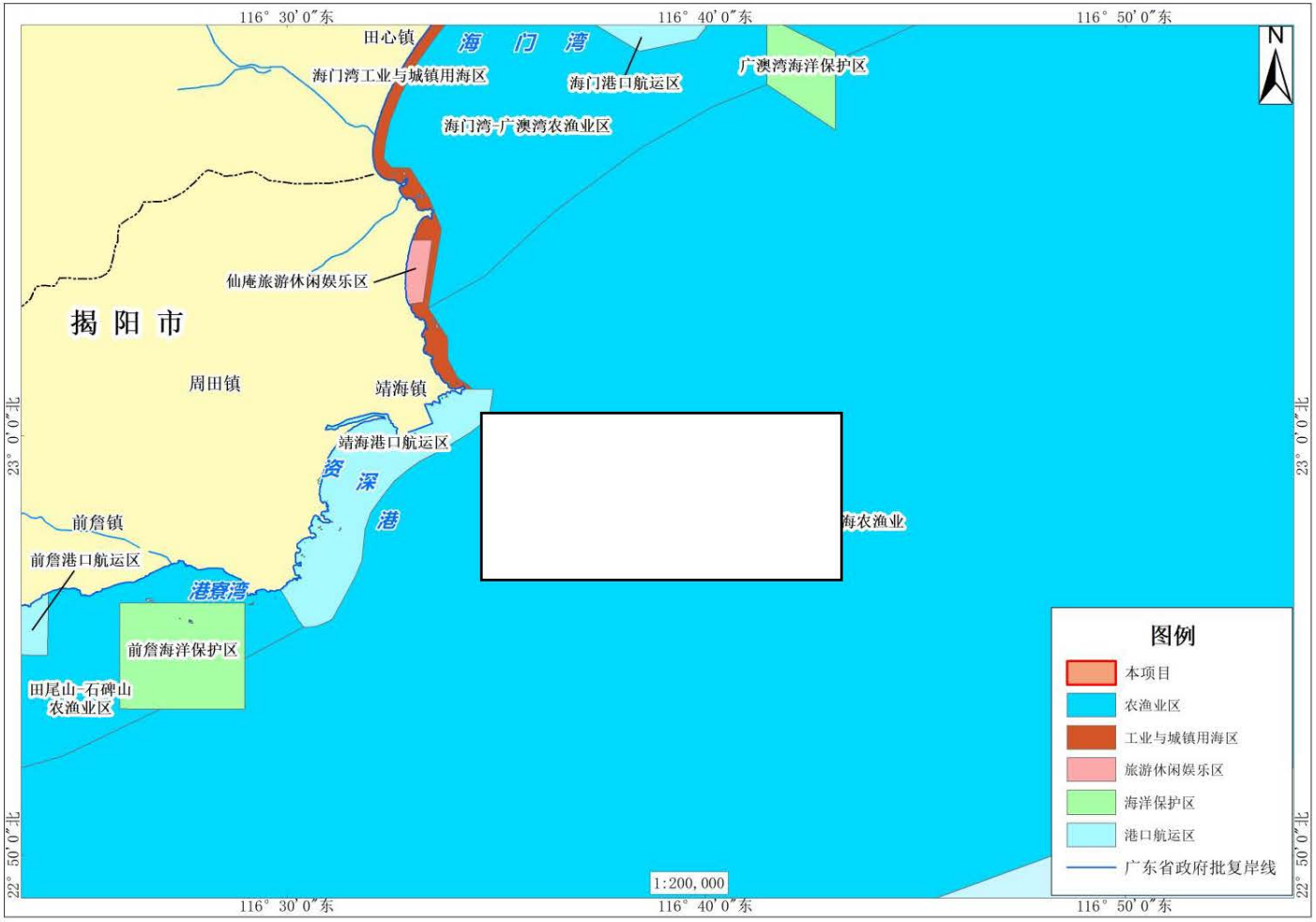


图 13.1-1 项目所在海域及周边海域海洋功能区分布示意图

表 13.1-2 项目周边海洋功能区登记表

序号	代码	功能区名称	地理范围（东经、北纬）	功能区类型	面积（公顷）岸段长度（米）	管理要求	
						海域使用管理	海洋环境保护
220	B1-2	珠海—潮州近海农渔业区	东至：117°31′36″ 西至：114°26′02″ 南至：21°49′34″ 北至：23°35′10″	农渔业区	1272845	1. 相适宜的海域使用类型为渔业用海； 2. 禁止炸岛等破坏性活动； 3. 40 米等深线向岸一侧实行凭证捕捞制度，维持渔业生产秩序； 4. 经过严格论证，保障交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线及保护区等用海需求； 5. 优先保障军事用海需求。	1.保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道； 2.执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。
134	A2-27	靖海港口航运区	东至：116°34′55″ 西至：116°29′51″ 南至：22°55′25″ 北至：23°01′07″	港口航运区	2894 28036	1. 相适宜的海域使用类型为交通运输用海； 2. 保障资深渔港、靖海渔港、防灾减灾体系建设用海需求，适当保障临海能源的用海需求； 3. 保护砂质海岸、基岩海岸，避免破坏海岸防护林； 4.维持航道畅通，维护海上交通安全； 5.围填海须严格论证，严格控制在靖海港内围填海，优化围填海平面布局，节约集约利用海域资源； 6. 工程建设期间采取有效措施，严禁对石碑山角领海基点造成影响，降低对前詹人工鱼礁区的影响，改善水动力条件和泥沙冲淤环境； 7. 加强用海动态监测和监管； 8. 优先保障军事用海需求。	1.严格保护客鸟尾石笋等海蚀地貌； 2.加强渔港、港区环境污染治理，生产废水、生活污水须达标排海；加强海洋环境监测，建立完善的溢油事故处理等应急体系； 3.执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准。

135	A3-29	海门湾工业与城镇用海区	东至：116°35′57″ 西至：116°32′03″ 南至：23°01′07″ 北至：23°11′30″	工业与城镇用海区	1136 25661	1. 相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海； 2. 保障防灾减灾体系建设用海需求，在基本功能未利用前，保留增养殖等渔业用海； 3. 围填海须严格论证，优化围填海平面布局，节约集约利用海域资源； 4. 工程建设期间采取有效措施降低对周边功能区的影响； 5. 加强对围填海的动态监测和监管。	1.保护海门湾生态环境； 2.基本功能未利用前，执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准； 3.工程建设期间及建设完成后，执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准。
137	A1-18	海门湾一广澳湾农渔业区	东至：116°45′59″ 西至：116°32′18″ 南至：23°03′02″ 北至：23°13′20″	农渔业区	15616 11328	1. 相适宜的海域使用类型为渔业用海； 2. 保障巡航执法基地的用海需求； 3. 严格控制练江河口海域围填海，维护河口海域防洪纳潮功能； 4. 维持航道畅通，维护海上交通安全； 5. 合理控制增养殖规模和密度； 6. 优先保障军事用海需求，禁止设置有碍军事安全的渔网、渔栅等。	1.保护西施舌珍稀渔业品种及其生境； 2.严格控制养殖自身污染和水体富营养化，防止外来物种入侵； 3.执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。
136	A5-30	仙庵旅游休闲娱乐区	东至：116°33′27″ 西至：116°32′49″ 南至：23°03′08″ 北至：23°04′39″	休闲娱乐区	229 2910	1.相适宜的海域使用类型为旅游娱乐用海； 2.保护砂质海岸，禁止在沙滩上建设永久性构筑物； 3.依据生态环境的承载力，合理控制旅游开发强度。	1.生产废水、生活污水须达标排海； 2.执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。
130	A1-17	田尾山一石碑山农	东至：116°30′23″ 西至：115°49′43″ 南至：22°43′05″ 北至：22°59′33″	农渔业区	44281 128331	1. 相适宜的海域使用类型为渔业用海； 2. 严格保护石碑山角领海基点； 3. 保障神泉渔港、澳角渔港、甲子渔港、	1.保护甲子屿、港寮湾礁盘生态系统，保护龙虾、鲍、鲎、海龟、海胆等重要渔业品种； 2.严格控制养殖自身污染和水体

		渔业区				湖东渔港、深水网箱养殖、人工鱼礁用海需求，保障防灾减灾体系建设用海需求； 4.适当保障后湖、石碑山角等旅游娱乐用海需求； 5.适当保障港口航运用海需求； 6.经严格论证后，适当保障海上风电用海需求； 7. 严禁在曲清河、瀛江、隆江等河口海域围填海，维护防洪纳潮功能，维持航道畅通； 8.合理控制养殖规模和密度； 9.保障国防安全用海需求。	富营养化，防止外来物种入侵； 3.加强渔港环境污染治理，生产废水、生活污水须达标排海； 4.执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。

注：引自《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》（2012 年）

2、与广东省海洋功能区划的符合性分析

由图 13.1-1 可知，本项目位于珠海—潮州近海农渔业区，项目与《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》的相符性见表 13.1-3。本项目为海砂开采项目，不涉及炸岛及捕捞活动，不在海上建设永久性水工构筑物，不会影响珠海—潮州近海农渔业区的海域使用用途。本项目开采位置已经经过严格论证，无需占用航道、海底管线、保护区和军事等用海，不会影响交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线、保护区和军事等用海需求。

本项目为海砂开采，海砂开采过程将对项目所在海洋功能区产生一定的影响，为了将项目可能对鱼类“三场一通道”产生的影响降至最低，项目每年的 3-7 月拟降低采砂强度，保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道。同时，在采砂过程中，项目将严格控制采砂范围，合理控制采砂强度，在采砂船溢流泄水口上安装拦污栅，施工船舶含油污水和生活污水均拟收集上岸交由有处理能力的单位处理，禁止排放入海；施工期拟对项目所在海域进行跟踪监测，同时项目也将对造成的海洋生态损失及时进行补偿，则可将项目可能造成的海洋环境影响降至最低。经采取一定的污染防护措施和生态环境保护措施后，项目的建设符合项目所在海洋功能区的环境保护要求。

此外，由 7.7 节分析结果可知，本项目与附近的靖海港口航运区、海门湾工业与城镇用海区、海门湾—广澳湾农渔业区、仙庵旅游休闲娱乐区和田尾山—石碑山农渔业区的距离均较远，项目对附近海洋功能区可能产生的影响较小。综合分析，本项目的建设符合《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》。

表 13.1-3　项目用海与功能区划的符合性分析一览表

功能区名称	管理要求		符合性分析	是否符合
珠海—潮州近海农渔业区	海域使用管理	1.相适宜的海域使用类型为渔业用海；	本项目为海砂开采项目，不在海上建设永久水工构筑物，不会影响渔业用海。	不冲突
		2.禁止炸岛等破坏性活动；	本项目没有炸岛行为。	符合
		3. 40 米等深线向岸一侧实行凭证捕捞制度，维持渔业生产秩序；	本项目不涉及捕捞活动。	符合
		4. 经过严格论证，保障交通运输、旅游、核电、海洋能、	本项目为海砂矿产开采项目，开采位置已征求了各相关部门的意	符合

功能区名称	管理要求		符合性分析	是否符合
		矿产、倾废、海底管线及保护区等用海需求；	见， 并根据各部门意见对选址进行优化， 无需占用航道、海底管线、保护区等用海，不会影响交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线、保护区等用海需求。	
		5. 优先保障军事用海需求。	本项目不会占用军事用海范围。	符合
	海洋环境保护	1.保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道； 2.执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。	1.为将项目可能对鱼类“三场一通道”产生的影响降至最低，项目每年的 3 月－7 月拟降低采砂强度，必要时停止采砂，保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道。 2.在采砂过程中，项目将严格控制采砂范围，合理控制采砂强度，在采砂船溢流泄水口上安装拦污栅，施工船舶含油污水和生活污水均拟收集上岸交由有处理能力的单位处理，在施工期对项目所在海域进行跟踪监测，同时项目也应对造成的海洋生态损失进行补偿，将项目可能造成的海洋环境影响降至最低。	符合

13.2 与《揭阳市海洋功能区划（2013-2020 年）》的符合性分析

根据《揭阳省海洋功能区划（2013-2020 年）》，本项目所在的海洋功能区为揭阳近海捕捞区，周边海域海洋功能区有：靖海港口航运区、仙庵文体休闲娱乐区、仙庵捕捞区、仙庵工业与城镇用海区和港寮湾增值区。项目与各功能区的位置关系详见图 13.2-1 及表 13.2-1。

表 13.2-1 项目周围海域海洋功能区分布状况（揭阳市）

编号	海洋功能区名称	与本项目的方位关系及最短距离	功能区
1	揭阳近海捕捞区	项目所在功能区	农渔业区
2	靖海港口航运区	项目西侧约 5.2km	港口航运区
3	仙庵文体休闲娱乐区	项目西北侧约 6.5km	文体休闲娱乐区
4	仙庵捕捞区	项目西北侧约 10.4km	捕捞区
5	仙庵工业与城镇用海区	项目西北侧约 11.0 km	工业与城镇用海区
6	港寮湾增值区	项目西南侧约 13.1km	增值区

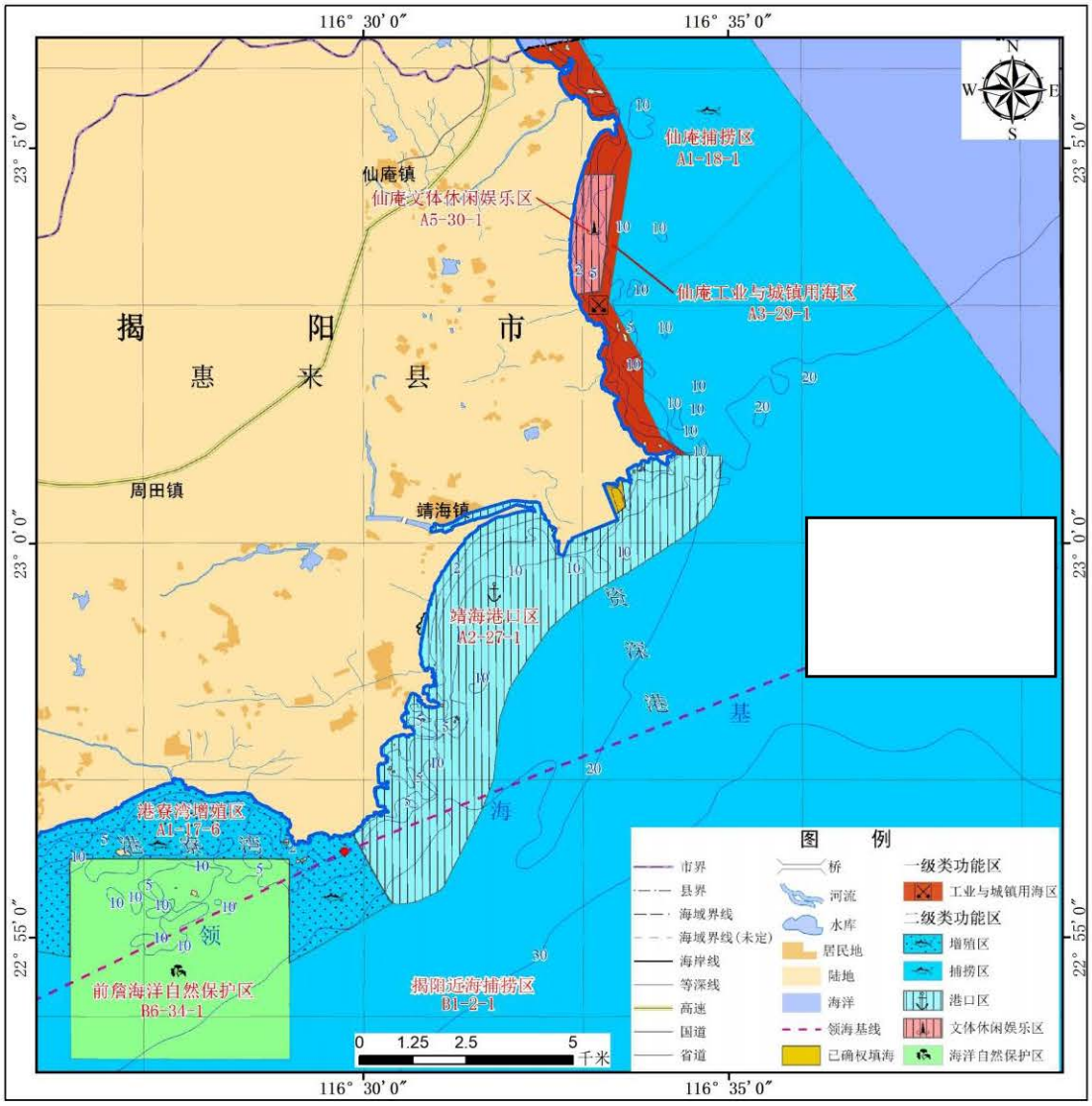


图 13.2-1 项目所在海域及周边海域海洋功能区分布示意图（揭阳市）

根据前述分析，本项目为海砂开采项目，不涉及炸岛及捕捞活动，不在海上建设永久性水工构筑物，不会影响揭阳近海捕捞区渔业用海功能。本项目开采位

置已经经过严格论证，无需占用航道、海底管线、保护区和军事等用海，不会影响交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线、保护区和军事等用海需求。在采砂过程中，项目将严格控制采砂范围，合理控制采砂强度，在采砂船溢流泄水口上安装拦污栅，施工船舶含油污水和生活污水均拟收集上岸交由有处理能力的单位处理，在施工期对项目所在海域进行跟踪监测，同时项目也应对造成的海洋生态损失进行补偿，将项目可能造成的海洋环境影响降至最低。

本项目与周边市一级海洋功能区的距离均较远，项目建设对周边市一级海洋功能区可能产生的影响较小。因此，项目符合《揭阳市海洋功能区划（2013-2020年）》。

13.3 与《广东省近岸海域环境功能区划》的符合性分析

为了保护和改善广东省海洋生态环境，防止海洋环境污染，保证沿海地区经济发展战略的实施和社会、经济、环境协调发展及海洋资源的永续利用，广东省1999年制定了《广东省近岸海域环境功能区划》，该功能区划主要适用于广东省管辖的近岸海域。2010年项目所在的揭阳市近岸海域环境功能区划进行了进一步的调整。根据《广东省人民政府关于〈调整揭阳市近岸海域环境功能区划〉的复函》（粤办函〔2010〕473号），本项目不位于近岸海域，与附近近岸海域功能区的距离均较远，基本不会对附近的近岸海域功能区产生影响，因此，本项目的建设符合《广东省近岸海域环境功能区划》。

13.4 与《广东省海洋主体功能区规划》的符合性分析

2017年12月，广东省人民政府正式批复《广东省海洋主体功能区规划》，广东省海洋主体功能区按开发内容可分为产业与城镇建设、农渔业生产、生态环境服务三种功能。依据主体功能，将海洋空间划分为优化开发区域、重点开发区域、限制开发区域和禁止开发区域。

本项目位于限制开发区域中的海洋渔业保障区，（图13.4-1）。根据《广东省海洋主体功能区规划》，限制开发区可在科学分析资源环境承载力基础上，选择沿海部分地区实施点状开发，控制开发强度。

本项目为海砂开采项目，项目在科学勘探、分析资源环境承载力基础上确定开发利用方案，也将控制开采强度，确保项目的实施不会对海域资源环境造成明显的不良影响。此外，本项目的建设可为建设项目提供海砂，有效解决“用砂难、用砂贵”的问题。因此，本项目的建设符合《广东省海洋主体功能区规划》的要求。

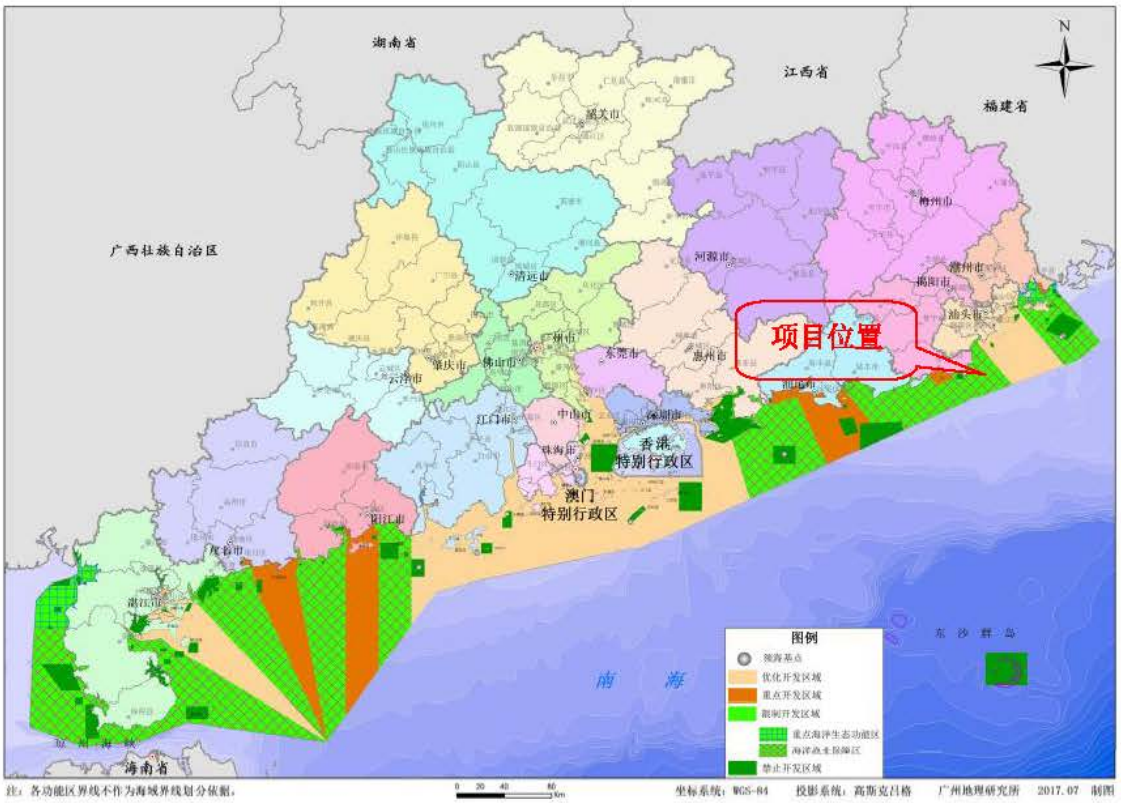


图 13.4-1 项目所在海洋主体功能区划

13.5 与海洋生态红线的符合性

1、项目周边海洋生态红线

根据《广东省海洋生态红线》，本项目不位于海洋生态红线区内，与海洋生态红线的距离均较远。项目周边海洋生态红线分布情况见表 13.5-1 和图 13.5-1），各生态红线管控要求见表 13.5-2。本项目也没有占用大陆自然岸线保有和海岛自然岸线保有，见图 13.5-2。

表 13.5-1 项目与周边海洋生态红线位置关系

序号	红线区	与本项目的方位关系及距离

1	237－汕头深水重要渔业海域限制类红线区	项目东侧，约 3.0km
2	216－客鸟尾自然景观与历史文化遗迹限制类红线区	项目西北侧，约 6.5km
3	215－绿洲重要砂质岸线及邻近海域限制类红线区	项目西侧，约 8.9km
4	217－仙庵金海湾重要滨海旅游区限制类红线区	项目西北侧，约 10.1km
5	212－前詹珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区	项目西南侧，约 10.6km

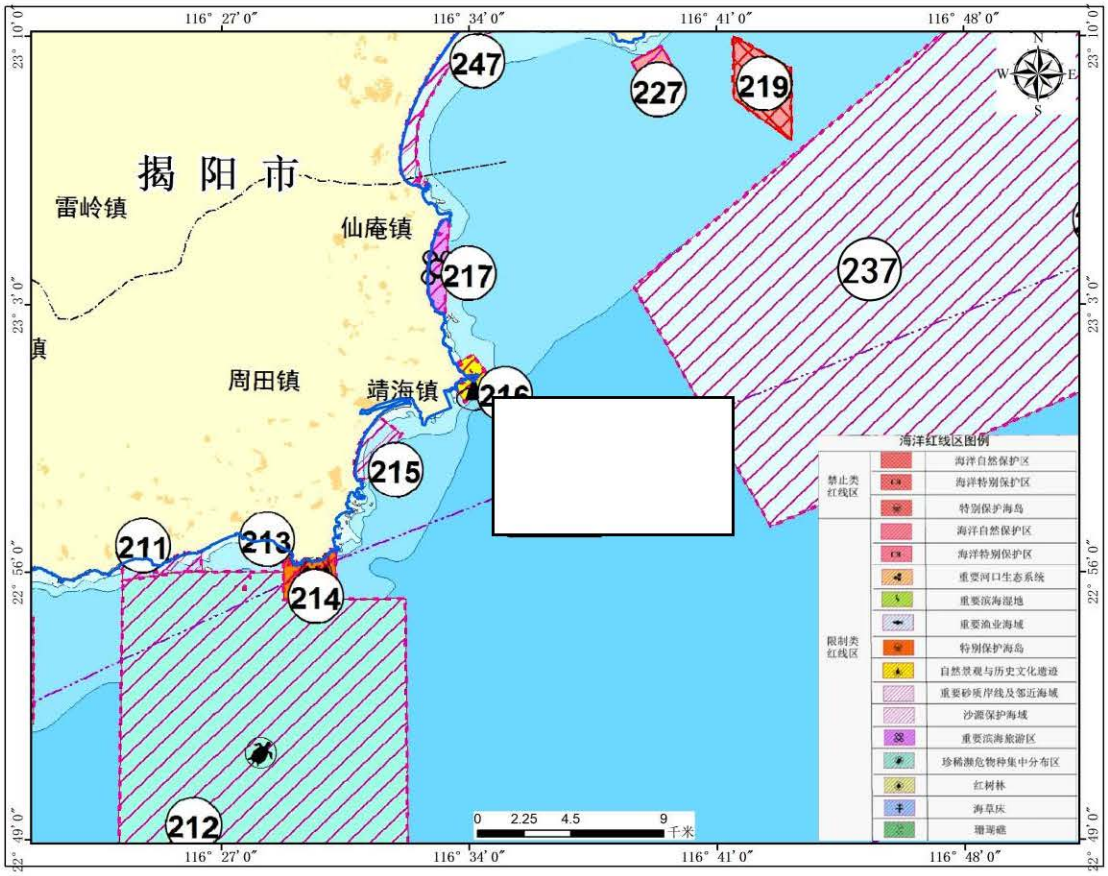


图 13.5-1 项目周边海洋生态红线分布情况

表 13.5-2 项目周边海洋生态红线登记表（摘自《广东省海洋生态红线》（2016-2020 年））

序号	管控类别	类型	名称	地理位置（四至）	覆盖区域		生态保护目标	管控措施
					面积（km²）	海岸线长度（km）		
237	限制类	重要渔业海域	汕头深水重要渔业海域限制类红线区	116°38′38.2″-117°12′42.25″E;23°57′12.87″-23°10′51.86″N	751.61	0	重要渔业产品的产卵场、索饵场、越冬场及鱼类洄游通道。	管控措施：禁止炸鱼等违法捕鱼活动：40 米等深线向岸一侧海域实行凭证捕捞制度，实行禁渔期制度。 环境保护要求：执行海水水质第一类标准、海洋沉积物质量第一类标准和海洋生物质量第一类标准。
216	限制类	自然景观与历史文化遗迹	客鸟尾自然景观与历史文化遗迹限制类红线区	116°33′36.63″-116°34′41.52″E;23°0′27.65″-23°1′42.72″N	2.20	3.59	石笋海蚀地貌	管控措施：禁止围填海、填海连岛、实体坝连岛、建造永久构筑物、采挖海砂及其他可能破坏海岛生态系统或改变海岛自然地形地貌的行为，加强对受损海岛生态系统的整治与修复。禁止设置直排排污口、爆破作业等危及文化遗迹安全的，有损海洋自然景观的开发活动，保护历史文化遗迹、海岛地质地貌景观，控制旅游开发强度。核电项目温排水温升范围应按照核电项目温排水管控要求执行，用海企业应采取有效措施，严格控制温排水扩散范围。 环境保护要求：生产废水、生活污水须达标排放；加强海域生态环境监测。
215	限制类	重要砂质岸线及邻近海域	绿洲重要砂质岸线及邻近海域限制类红线区	116°30′46.46″-116°32′6.61″E;22°58′25.03″-23°0′3	4.19	3.45	砂质岸线	管控措施：禁止实施可能改变或影响沙滩自然属性的开发建设活动。设立砂质海岸退缩线，禁止在高潮线向陆一侧 500 米或第一个永久性构筑物或防护林以内构建永久性建筑和围填海活动。在砂质海岸向海一侧禁止采挖海砂、围填海、倾废等可能诱发沙滩蚀退的开发活动加强对受损砂质岸

序号	管控类别	类型	名称	地理位置（四至）	覆盖区域		生态保护目标	管控措施
					面积（km²）	海岸线长度（km）		
				.21″N				线的修复加强海漂和海岸垃圾整治，加强沿海防护林建设和养护。核电项目温排水温升范围应按照核电项目温排水管控要求执行，用海企业应采取有效措施，严格控制温排水扩散范围。 环境保护要求：海水水质、海洋生物质量、沉积物等维持现状，对沙滩资源破坏较严重的区域进行整治修复，保持海洋水文动力维持原状。
217	限制类	重要滨海旅游区	仙庵金海湾重要滨海旅游区限制类红线区	116°32′49.62″ -116°33′26.24″ E;23°2′45.3″ -23°5′14.4″N	3.34	5.62	砂质岸线	管控措施：禁止围填海，依据海域生态环境承载力，控制旅游区开发强度。实行海洋垃圾巡查清理制度，有效清理海洋垃圾。禁止从事可能改变和影响滨海旅游的开发建设活动，对受损海岸生态环境进行修复。严格保护砂质海岸与基岩海岸。核电项目温排水温升范围应按照核电项目温排水管控要求执行,用海企业应采取有效措施，严格控制温排水扩散范围。 环境保护要求：生产废水、生活污水须达标排放；加强海域生态环境监测；海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准。
212	限制类	珍稀濒危物种集中分布区	前詹珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区	116°24′10.63″ -116°32′18.22″ E;22°46′55″ -22°55′59.84″N	221.75	0	保护龙虾、海龟、鲎及其生境	管控措施：禁止实施对濒危物种有影响的开发建设活动。维持海域自然属性，维持促进珍稀濒危物种栖息和索饵的渔业资源。禁止排放有害有毒的污水、油类、油性混合物、热污染物和其他废弃物，防止船舶污水、溢油及化学品泄漏等对渔业水域水质造成不利影响，改善海洋环境质量。 环境保护要求：禁止新设污染物集中排放口，禁止

序号	管控类别	类型	名称	地理位置（四至）	覆盖区域		生态保护目标	管控措施
					面积（km^2）	海岸线长度（km）		
								倾倒废物或排放有毒、有害物质，海水水质、海洋生物质量、沉积物等维持现状，保持海洋水文动力维持原状。

2、项目用海对海洋生态红线的影响分析

本项目不占用海洋生态红线区，与周边海洋生态红线区的最近距离均在3.0km 以上，悬浮泥沙不会扩散至项目附近的海洋生态红线区。本项目施工过程产生的船舶舱底含油污水、生活污水、生活垃圾等也均拟收集上岸处理，施工过程产生的船舶生活污水、船舶舱底含油污水和船舶生活垃圾等均不直接排放入海，不会对附近的海洋生态红线产生影响。虽然本项目基本不会对海洋生态红线区产生影响，但项目仍应采取严格控制采砂范围，控制采砂强度，合理规划采砂工期，及时对造成的海洋生态损失进行补偿等措施，将项目可能对海洋生态环境产生的影响降至最低。

3、对大陆自然岸线保有的影响

本项目不占用大陆自然岸线保有，与大陆自然岸线的距离均较远，相对位置见图采砂活动不会改变大陆自然岸线的自然属性和生态功能，对大陆自然岸线保有的没有影响。项目与附近自然岸线保有相对位置见表 13.5-3，分布情况见图13.5-2。

表 13.5-3 项目与周边海洋生态红线位置关系

序号	自然岸线	与本项目相对位置
1	196－港寮湾砂质岸线	西南侧，约 14.6km
2	197－资深湾砂质岸线	西南侧，约 10.9km
3	198－靖海内港粉砂淤泥质岸线	西侧，约 9.4km
4	199－靖海港砂质岸线	西北侧，约 7.1km

图 13.5-2 项目周边大陆自然岸线保有分布情况

3）对海岛自然岸线保有的影响

本项目不在海岛自然岸线保有范围之内，与海岛自然岸线的距离均较远，不会改变海岛自然岸线的自然属性和生态功能，对海岛自然岸线保有没有影响。

综上分析，本项目的建设符合《广东省海洋生态红线（2016-2020）年》的要求。

13.6 与相关规划相符性分析

13.6.1 与《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》的相符性分析

2017 年 10 月 27 日发布的《广东省人民政府 国家海洋局关于印发〈广东省海岸带综合保护与利用总体规划〉的通知》（粤府[2017]120 号）中，为了严格海岸线管控和构建海岸带基础空间布局，划定了海域“三线”和海域“三区”。其中

海域“三线”分为严格保护岸线、限制开发岸线和优化利用岸线等，海域“三区”为海洋生态空间、海洋生物资源利用空间和建设用海空间。

经分析，本项目无需占用岸线，与岸线的距离较远，基本不会对岸线的基本属性、物质组成和生态功能等产生影响。 本项目位于海洋生产空间（建设用海空间）（见图 13.6.1-1），建设用海空间应重点保障重大基础设施、国防工程、重大民生工程和国家重大战略规划用海，优先支持海洋战略性新兴产业、绿色环保产业、循环经济产业发展和海洋特色产业园区建设用海。

本项目为海砂开采项目，本项目的建设可为建设项目提供海砂，有效解决“用砂难、用砂贵”的问题，因此，本项目的建设符合海洋生产空间（建设用海空间）的要求。

综上，本项目的建设满足海域“三线”、“三区”的管控要求，符合《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》。

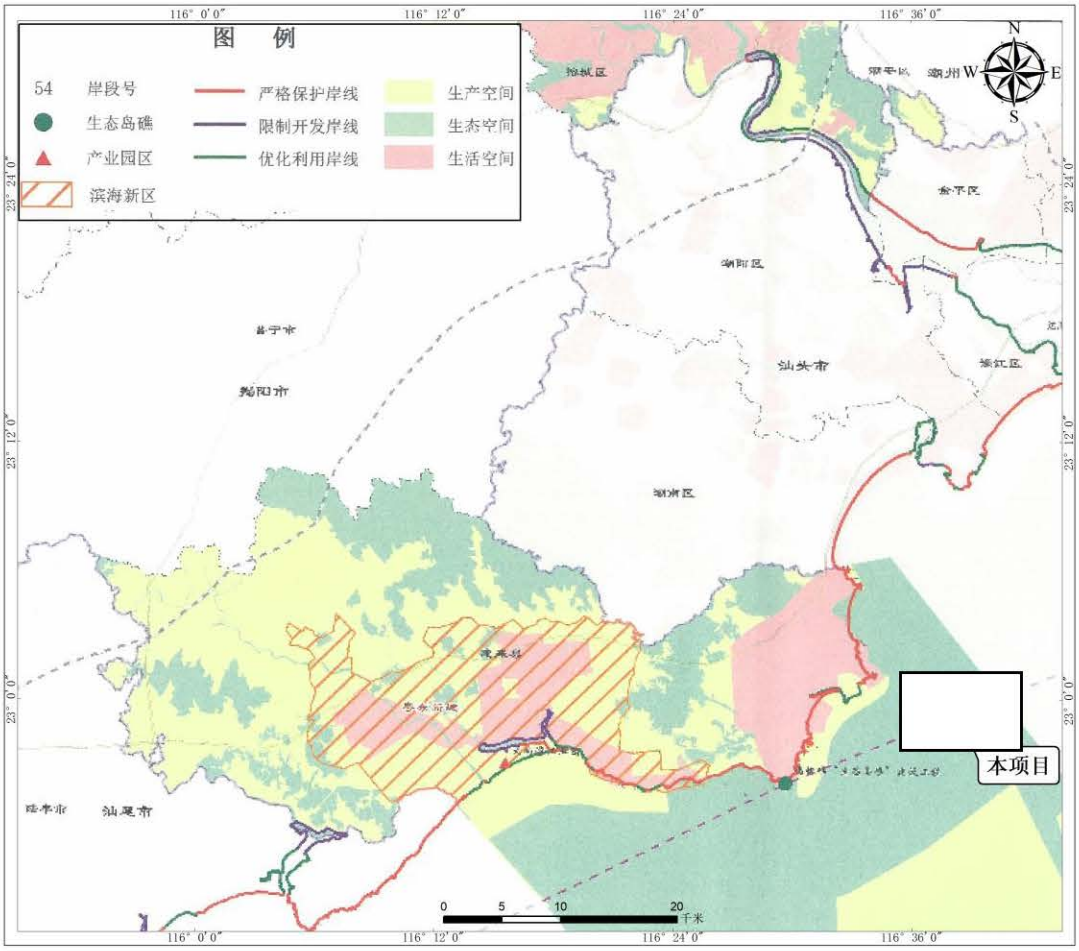


图 13.6.1-1 本项目与海岸带规划关系图

13.6.2与《广东省海洋生态环境保护规划（2017-2020年）》的符合性分析

《广东省海洋生态环境保护规划（2017-2020 年）》提出了："（1）全面落实主体功能区和海洋功能区划。强化主体功能区规划在海洋空间开发保护中的基础作用，推动形成海洋主体功能区布局……（2）实施海洋生态保护红线。划定全省海洋生态保护红线，全面实施海洋生态红线制度，制定海洋生态红线监督管理办法……（3）加强海岸带综合保护与利用。全面落实《海岸线保护与利用管理办法》和《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》，坚持海陆统筹、实施基于生态系统的海岸带综合管理，优化海岸带生产、生活、生态空间架构，强化海岸线分类分段管控，严守自然岸线保有率，筑牢生态安全屏障。基于广东海岸带自然资源禀赋、生态环境容量、产业基础和发展潜力，以海岸线为轴，构建"一线管控、两域对接，三生协调、生态优先，多规融合、湾区发展"的海岸带保护与利用总体格局……（4）加大保护力度，强化海洋生物资源养护。①加强海洋保护区规范化建设；②保护海洋生物多样性。……"

本项目为海砂开采项目，根据前述相关规划分析结果可知，本项目的建设符合项目所在海域的海洋功能区划的海域使用及环境保护要求，不会对附近海洋生态红线产生明显的不良影响，符合海洋生态红线的管控要求。项目的建设仅会对工程附近一定范围内的海域产生一定的影响，项目施工及营运过程将严格采取相应的污染防治和海洋生态环境保护措施，影响在环境可接受范围内。

因此，项目的建设符合《广东省海洋生态环境保护规划（2017-2020 年）》的要求。

13.6.3与《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》符合性分析

为深入贯彻习近平总书记对广东系列重要讲话和重要指示批示精神，2021年1月26日省十三届人大四次会议审议批准《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》（以下简称《省十四五规划》），重点明确"十四五"时期（2021—2025年）广东经济社会发展的指导思想、基本原则、发展目标、发展要求，谋划重大战略，部署重大任务，并对2035年远景目

标进行展望，是战略性、宏观性、政策性规划，是政府履行经济调节、市场监管、社会管理、公共服务和生态环境保护职能的重要依据，是未来五年广东省经济社会发展的宏伟蓝图和全省人民共同的行动纲领。

《省十四五规划》要求，统筹岸线近海深远海开发利用。优化“六湾区一半岛”海洋空间功能布局，推动集中集约用海，促进海岛分类保护利用，引导海洋产业集聚发展。聚焦近海向陆区域，合理开展能源开发和资源利用，重点发展现代海洋渔业、滨海旅游、海洋油气、海洋交通运输等产业，加大海洋矿产和珠江口盆地油气资源勘探和开采力度。大力拓展深远海空间，加大深海油气资源勘探开发力度和深海矿产资源勘查，建设深海矿产资源基地及南海开发保障基地。推行资源有偿使用和生态保护补偿机制。完善资源环境价格机制，将生态环境成本纳入经济运行成本。完善土地、矿产资源、海域海岛等自然资源有偿使用制度，强化环境保护、节能减排降碳约束性指标管理，推进用水权、用能权、排污权、碳排放权市场化交易。

根据《省十四五规划》，“十四五”时期安排新型基础设施、重大产业集群、现代服务业、综合交通运输、现代能源、现代水利、新型城镇化与区域融合发展、农业农村、生态文明、民生保障等十大领域重大项目工程包，“十四五”期间投资5万亿元左右。这些项目建设需要大量的海砂资源，本项目拟开采的海砂为深海矿产资源，科学、合理、合法的海砂开采项目的开展能有利于支援十四五期间粤东地区的建设和城市总体建设，就近提供海砂资源，满足建设项目的砂石需求，而且可以减少海砂私采、盗采、乱采活动，实现海砂资源的可持续利用。在对海砂进行合理开采的前提下，本项目的实施在社会供需矛盾、社会能源危机和采砂规范化管理等一系列社会问题的解决上具有不同程度的促进作用，且对自然资源的开发带来可观的经济价值。

因此，项目建设符合《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》关于统筹岸线近海深远海开发利用，加大海洋矿产开采力度的规划目标。

13.6.4 与《揭阳市国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》符合性分析

2021年2月1日揭阳市六届人大七次会议审议批准《揭阳市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》（以下简称《市十四五规划》），重点明确“十四五”时期（2021-2025年）揭阳经济社会发展的指导思想、基本原则、发展目标、发展要求，谋划重大战略，部署重大任务，并对二〇三五年远景目标进行展望，是战略性、宏观性、政策性规划，是政府履行经济调节、市场监管、社会管理、公共服务和生态环境保护职能的重要依据，是未来五年揭阳市经济社会发展的宏伟蓝图和全市人民共同的行动纲领。

根据《市十四五规划》，在十四五期间，先进制造业、现代服务业、文化旅游业、现代农业协调发展的产业体系初步形成，战略性新兴产业加快发展，实现老城蝶变、新城崛起，供与需、内与外、城与乡以及全市各区域发展更趋平衡更加协调，发展质量和效益明显提升，增长潜力进一步提高，内需潜力进一步释放，经济结构进一步优化，创新能力进一步提升。

围绕产业强市，谋划储备实施一批支撑重大战略、推动经济发展、引领转型升级的重大产业项目，推动产业集聚集约集群发展。聚焦打基础、利长远、惠民生、补短板，加快启动一批交通基础设施项目，着力提升集机场、铁路、港口、公路为一体的综合交通建设和服务水平。围绕建设活力古城、滨海新城，加快实施新型基础设施、新型城镇化等重点工程，加强城乡基础设施和公共服务设施建设，支持有利于城乡区域协调发展的重大项目建设，提升群众生活品质。以榕江、练江、龙江等流域为重点，加快推进水环境综合整治、水库除险加固、防洪提升等工程建设，加快补齐生态环境基础设施短板。实施新一轮城市更新改造和老旧小区改造计划，提高住房保障水平。2025年，固定资产投资达到1902亿元。

综上分析，揭阳市在十四五期间开展的各项建设项目都需要大量的海砂资源，科学、合理、合法的海砂开采项目的开展能有利于支援十四五期间揭阳地区的建设和城市总体建设，就近提供海砂资源，满足建设项目的砂石需求。因此，项目建设符合《揭阳市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》的规划目标。

13.7 工程生态用海方案分析

13.7.1产业准入与区域管控要求

（1）产业准入符合性

本工程为海砂开采项目，根据国务院《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，本项目属于允许类，符合国家的产业政策要求。

（2）区域管控要求符合性

本项目位于《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》中的珠海—潮州近海农渔业区，项目建设不影响珠海—潮州近海农渔业区的主导功能，满足周边功能区的海域使用管理和环境保护要求，项目用海对周边功能区的影响很小，因此，项目用海符合所在海域海洋功能区划的海域使用管理和海洋环境保护要求。

13.7.2岸线利用与保护

本项目无需占用岸线，与岸线的距离较远，因此，本项目的建设不会对岸线的利用与保护产生影响。

13.7.3污染排放与控制

本工程施工期产生的船舶生活污水、生活垃圾和机舱底含油污水均拟收集上岸交相关单位接收处理，不直接排放海域。综上所述，本工程施工期对废水、固废等污染物均将采取有效的措施进行收集处理，严格进行污染物排放与控制，工程建设符合生态用海的要求。

13.7.4生态补偿与修复

（1）生态补偿方案

根据工程建设方案，工程采挖海砂等将破坏底栖生物的栖息环境，且工程施工过程中产生的悬浮物影响也会减弱浮游植物光合作用能力，在一定程度上影响水域的初级生产能力，并导致海域中浮游动物数量的减少，以及造成渔业资源的损失。

为了缓解和减轻工程对所在海洋生态环境水生生物的不利影响，建设单位应根据农业部《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）的有关规定，对项目附近水域的生物资源恢复作出经济补偿。由 6.6.4 节可知，

本工程采砂导致底栖生物直接损失量为 195.02t；浮游植物的损失量为 8.197×10^{15}cells；浮游动物的损失量为 1.437×10^{13}ind；鱼卵 8.158×10^{8}粒、仔稚鱼 1.057×10^{8}尾；游泳生物(鱼类)的损失量为 41324kg。

（2）生态修复方案

对受到破坏的海洋生境进行恢复与重建，可通过增殖放流等生态修复措施，促进海洋生态系统的恢复。结合工程周边海域状况，建议本工程实施以增殖放流为主的生态修复措施，具体生态修复措施由建设单位与主管部门协商确定。

人工增殖放流是在对野生鱼、虾、蟹、贝类等进行人工繁殖、养殖或捕捞天然苗种在人工条件下培育后，释放到渔业资源出现衰退的天然水域中，使其自然种群得以恢复，再进行合理捕捞的渔业方式。人工增殖放流可以补充经济水产生物幼体和饵料基础，提高规划区周围海域渔业资源的数量和底栖生物量，修复和改善工程周围海域渔业生物种群结构。

从已有的渔业资源的人工增殖放流的成功经验来看，在本工程海域附近有选择的实施人工增殖的生态恢复措施在技术上还是资金投入上均是可行的。具体放流时间及放流品种应按照当地农业部门的增殖放流计划予以确定。

13.7.5跟踪监测能力建设

为了解工程建设对工程海域海洋水质、沉积物和海洋生态环境的影响，监测施工过程中悬浮物影响程度和范围，为施工期和今后长期环境监管提供依据，本工程拟对工程施工期进行跟踪监测，并根据跟踪监测的结果进一步采取相应的保护措施。跟踪监测的内容主要包括水环境质量、海洋生态环境监测、渔业资源调查等内容，具体可见 14.2 章节。

在工程建设期间，建设单位应委托有相应监测能力的监测单位，按照本报告相关要求，开展上述跟踪监测工作，并编制跟踪监测报告。

14 环境管理与监测计划

14.1 环境管理计划

为了做好海砂开采期的环境保护工作，减轻本项目外排污染物对海洋环境的影响程度，海砂开采单位应高度重视环境保护工作，制定相应的污染防治和保护措施，明确环境管理程序，建立环境监督机制，成立专门机构进行环境保护管理。

14.1.1 环境管理体制

环境管理是环境保护的重要组成部分。通过严格的环境管理，可以有效地预防和控制生态破坏和环境污染，保护人们生产和生活健康有序地进行，保障社会经济可持续发展。目前，环境管理已逐渐形成一项制度，任何一个可能造成较大环境影响的建设项目或一个可能造成较大环境影响的单位，都应设置一个环境管理机构，建立一套有效的环境管理办法，负责实施该项目或该单位的环境管理和监督。环境管理应当实行项目总经理负责制。因此，海砂开采期应由沙石土有限公司采砂项目总经理负责，并设置环境管理专职人员，总经理作为环境管理第一责任人。

14.1.2 海砂开采单位环境管理机构设置

海砂开采单位应设立内部环境保护管理机构，主要由海砂开采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，负责各个海砂开采工序的环境管理工作，保证海砂开采期环保设施的正常进行，各项环境保护措施的落实。

海砂开采单位的管理内容主要为：

（1）制定出切实可行的环境污染防治办法和措施；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定；

（2）加强海砂开采的环境管理，严格执行本报告提出的污染防治措施和对策；

（3）定期对作业船舶进行维护和保养，特别是油水分离器的正常运行，防止污染事故的发生，采砂产生的杂物进行陆域处理，严禁排海；

（4）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；

（5）及时向生态环境保护主管机构或向单位负责人汇报与本项目海砂开采有关的污染因素、存在问题、采取的污染控制对策、实施情况等，提出改进建议；

（6）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；

（7）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。

14.1.3采砂的环境管理措施

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、位置，射流功率和抽沙泵功率应相配合，以尽量减少抽砂作业流失的悬浮物；

（2）采砂应尽可能选择在大潮和中潮期，利用潮流动力扩散悬浮物，减低悬浮物浓度；同时降低采砂强度；

（3）加强对施工船舶的环境监理工作，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；

（4）在未来的开采活动中，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。

14.2 环境监测计划

为及时、准确地了解和掌握海砂开采区及其附近海域的生态、环境等要素的变化情况，防止海砂开采活动对海洋资源、生态环境、海洋设施以及海岸、海底地形等造成损害，根据相关法律法规要求，在海砂开采期间应进行动态监测。根据《海砂开采动态监测简明规范（试行）》《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》，编制海砂开采动态监测方案。

在监测过程中，从海岸动力、沉积地貌方面发现海砂开采造成或加剧海岸侵蚀时，则应报告主管部门，要求业主立即停止开采；影响程度在资源和环境允许的范围内时，应提出减轻有害影响的对策建议，并提请采砂业主采取相应措施。

结合工程特点和项目周围的环境敏感保护目标，海砂动态监测方案如下：

14.2.1水下地形监测

（1）监测内容：海砂开采期间，定期进行海底地形、水深测量，并给出海砂开采前后的地形定量变化数据。

（2）监测范围：海砂开采区沿主流向向两侧各延伸 3km，垂直主流向向两侧各延伸 1km 范围。

（3）监测频率：海砂开采后每 6 个月进行一次。

（4）平面控制及深度基准：平面控制采用 CGCS2000 坐标系、高斯投影，深度基准采用当地理论深度基准面。

（5）测量比例尺：海砂开采区 1:5000，向外延伸区 1:10000。

（6）测线及测点布设：测线垂直等深线平行布设，测线间距为 100m，测点间距为 50m；垂直主测线布设适量检查线，检查线间隔 500m。

14.2.2水下地貌监测

（1）监测范围：从海砂开采区起向岸延伸 5km 或至岸滩低潮位止的区域。由于水下地貌调查受水深限制影响较大，根据规范，侧扫的工作条件要求水深大于 3.0m，因此只在水深大于 3.0m 的海区范围进行地貌侧扫工作。

（2）监测频率：海砂开采后每 6 个月进行一次。

（3）平面控制：平面控制采用 CGCS2000 坐标系、高斯投影。

（4）测量比例尺：1:5000。

（5）测线布设：同水下地形测量。

14.2.3环境质量监测

（1）监测站位布设：按照《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》和《海砂开采动态监测简明规范》（试行）的要求，海砂开采过程中，在工程区域附近设置 6 个监测站位进行监测，其中水质监测布设 6 个站位，沉积物布设 3

个站位，生物监测布设 4 个站位。

水质监测点可考虑布设在 2021 年现状监测点位的 9、11、12、14、18、19 号点位，沉积物考虑布设在 9、14、18 号点位，生物考虑布设在 9、12、14、18 号点位。监测站位布设情况见表 14.2-1 及图 14.2-1。

（2）监测周期：采砂期内每个潮汐年的春、秋季各进行一次监测。

（3）监测项目

①水文：水色、透明度；

②水质：化学需氧量、石油类、溶解氧、悬浮泥沙等；

③沉积物：粒度、有机质、石油类等；

④生物：叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、渔业资源、鱼卵仔鱼、底栖生物等。

14.2.4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国家海洋管理部门和其它相关部门，确保及时了解由于海砂开采对附近海域造成的影响。

表 14.2-1 监测站位布设表

序号	现状监测站位	经度（E）	纬度(N)	调查项目
Z1	JYJS09	116°37.11'	23°0.73'	水质、沉积物、生态
Z2	JYJS11	116°43.6'	23°1.03'	水质
Z3	JYJS12	116°43.6'	22°58.28'	水质、生态
Z4	JYJS14	116°34.5'	22°58.19'	水质、沉积物、生态
Z5	JYJS18	116°37.07'	22°55.19'	水质、沉积物、生态
Z6	JYJS19	116°40.53'	22°55.19'	水质

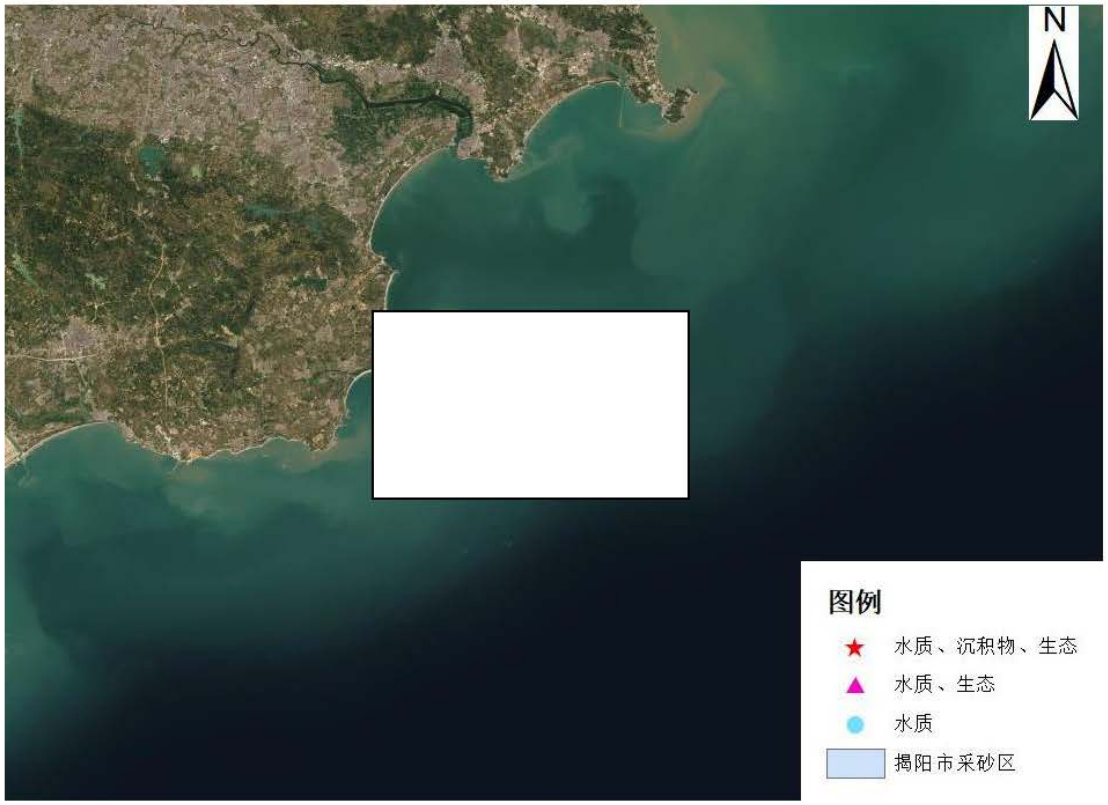


图 14.2-1 环境监测站位布置图

15 环境影响综合评价结论及对策建议

15.1 工程概况

广东省揭阳市惠来县靖海湾东南侧海域拟出让区位于广东揭阳市惠来县靖海湾东南侧海域，场区中心西北侧距离北炮台约10km，水深矿区平均水深为29.41～31.33m，行政区域属惠来县管辖。2021年揭阳海砂资源拟出让区块共为1块，面积为221.9970公顷。[redacted]

15.2 工程分析结论

1、采砂生产各阶段污染环境影响分析

根据工程特点，结合本项目附近海域的环境特征，采砂施工期间主要环境影响体现在以下几方面：

（1）刚性射流管和吸砂管插入预定砂层过程产生的悬浮泥沙

采砂船利用船的推力和高压射流，把吸砂管插入海床并穿过覆盖层，整个过程约需0.5小时。按施工经验估算及广东省已批的《广东省湛江市徐闻东部海域JH20-05区块海砂开采海洋环境影响报告书（报批稿）》（广东三海环保科技有限公司，2020年11月），1000m^3/h 高压射流产生的洞口平均约8m^2。本项目矿体上的平均盖层厚度约为17.71m，则刚性射流管和吸砂管插入矿体预定砂层过程排出泥沙体积约为141.48m^3。参考广东省已批的《珠江口伶仃洋海域海砂开采项目海洋环境影响报告书（报批稿）》（中国科学院南海海洋研究所，2017 年 1 月）、《钦州湾外湾 B 区海砂开采海域使用权招拍挂项目海洋环境影响报告书（报批稿）》（浙江大学，2019 年 1 月）及射流式采砂船的实际工程实践经验，泥沙起悬按 15％估算，即21.252m^3，泥质的干容重按 1.39t/m^3计算，则单艘采砂船的源强为16.41kg/s。由于刚性射流管和吸砂管插入预定砂层过程时间较短属于短暂源强，并且影响范围有限，因此悬沙扩散模拟时不考虑。

（2）高压射流扰动砂层产生的悬浮泥沙未被吸到船上而随海流扩散的悬浮泥沙

本项目采砂船额定工作效率为 1000m^3/h，采砂过程中为生成充分的混合砂浆，射流功率约为吸砂功率的 1.2 倍左右，根据对采砂船的功率特性分析，高压射流时未被吸到船上的砂水混合物流量为 200m^3/h。

根据工程实践经验，高压射流扰动砂层产生悬浮泥沙量约为流量的5%左右，计算悬沙排放强度为10m^3/h，泥质的干容重按1.39t/m^{3}计算，则每艘采砂船射流扰动底质的源强为3.86kg/s。

（3）洗砂环节产生的悬浮泥沙溢流

本工程所需的砂类为细中砂及中粗砂，粒径小于 0.063mm 的泥质在洗砂过程中将随溢流排入海。《广东省揭阳市惠来县靖海湾东南侧海域矿区回填用海砂资源储量核实报告》（浙江华东建设工程有限公司，2021年10月）中的勘测资料，本采砂区内的泥的平均含量约为14.06%。每艘船的毛砂工作效率约为1000m^3/h 计算，按 80%的淤泥被洗掉，该采砂船洗砂泥质排放强度为112.48m^3/h，泥质的干容重按 1.39t/m^3 计算，则平均每艘采砂船泥质排放源强为43.43kg/s。

（4）矿体盖层淤泥细砂崩塌产生的悬浮泥沙

吸沙管移动取沙作业时，矿体盖层淤泥细砂可能会发生崩塌，从而产生一定的悬浮泥沙，但由于本项目拟采用折返式移动回采路线进行采砂，逐层开采深度较小，因此矿体盖层下沉较缓慢，可能发生崩塌产生的悬浮泥沙源强也将较小，本次不进行定量计算。

（5）船舶舱底含油污水

本工程拟采用6艘1000m^3/h射流式采砂船（单艘吨位600吨级）、16艘5000m^3/h皮带运砂船（单艘吨位1800吨级）和2艘补给船（吨位低于500吨级）。其中500吨级船舶舱底油污水产生量为0.14（t/d·艘）；500~1000吨级船舶舱底油污水产生量为0.14~0.27（t/d·艘）；500~1000吨级船舶舱底油污水产生量为0.27~0.81（t/d·艘），则本项目施工船舶油污水最大产生量为9.08t/d，油类污染物产生量为45.4kg/d。

舱底含油污水应严格按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求，禁止直接向沿海海域排放油类污染物，拟经收集上岸后应交由有处理能力的单位处理。

（6）船舶生活污水

本项目拟投入6艘1000m³/h的采砂船进行采砂，每艘采砂船配备2~3艘3000t~5000t的皮带船（合计16艘）进行运输，根据项目附近采砂项目的实际调研，采砂船船员配置人数为20人/艘，运砂船作业人员配置人数为以10人/艘，补给船以5人/艘计，采砂区每天按6艘采砂船、16艘运砂船和2艘补给船共同作业计算，则本工程作业船舶共有作业人员约290人。参照《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018），船舶工作人员生活用水量按 100L/人·d，污水发生量按 85%计，则船舶工作人员生活污水产生量约为24.65m³/d。根据《排水工程》（下册）中典型生活污水中常浓度水质进行估算，则项目船舶工作人员生活污水各特征污染物的产生情况见表4.2-1所示。船舶工作人员生活污水拟经船舶上的生活污水收集设施收集上岸后，由接收单位拉运处理，不得直接排放入海。

2、采砂非污染因素环境影响分析

采砂作业使得所在海区的地形地貌发生变化，进而会导致水动力条件的改变；改变海域的冲淤环境，破坏底栖生物的栖息环境，造成海洋生物群落尤其是底栖生物发生相应变化。

根据本工程的特点，工程非污染环境影响主要是：

（1）采砂后采砂区的海床塌陷对海底地形地貌和海床边坡稳定的影响；

（2）对采砂区邻近岸滩地形地貌、岸线的影响；

（3）海床变化对水动力环境的影响；

（4）潮流场改变对附近海域冲淤环境的影响；

（5）采砂作业对海洋生态环境的影响；

（6）采砂作业对周边环境敏感区和主要环境保护目标的影响；

（7）采砂作业对航道稳定性和通航环境的影响等。

15.3 环境质量现状综合分析与评价结论

15.3.1水文动力环境现状调查与评价

1、潮汐

（1）2021 年 4 月潮汐：两个站位的潮汐性质系数 F 值分别为 0.33 和 0.33，说明调查海区的潮汐类型为正规半日潮，各分潮中半日分潮占主导地位，由表可

知，观测期间调查海区最高潮位为 2.14m，最低潮位为 0.51m，最大涨潮潮差为 1.61m，最大落潮潮差为 1.52m。

（2）2021 年 9 月潮汐：两个站位的潮汐性质系数 F 值分别为 2.31 和 2.28，说明调查海区的潮汐类型为不正规全日潮，各分潮中全日分潮占主导地位，由表可知，观测期间调查海区最高潮位为 2.02m，最低潮位为 0.41m，最大涨潮潮差为 1.6m，最大落潮潮差为 1.37m。

2、海流

（1）2021 年 4 月海流：观测期间最大涨潮流速为 93.97cm/s，最大落潮流速为 87.32cm/s，分别出现在 JHL2 站中层和 JHL3 站表层。最大涨潮和落潮平均流速分别为 59.91cm/s 和 56.53cm/s，分别出现在 JHL6 的底层和 JHL3 站表层。在垂向结构上，各站点流速从上向下比较稳定；在水平上，海流的方向主要与岸线平行，各测站之间流速变化不大。

（2）2021 年 9 月海流：观测期间最大涨潮流速为 86.52cm/s，最大落潮流速为 75.25cm/s，分别出现在 JHL5 站表层和 JHL1 站表层。最大涨潮和落潮平均流速分别为 51.15cm/s 和 42.22cm/s，分别出现在 JHL5 的表层和 JHL1 站中层。在垂向结构上，各站点流速从上向下比较稳定；在水平上，海流的方向主要与岸线平行，各测站之间流速变化不大。

3、潮流

（1）2021 年 4 月潮流：潮流运动可粗略分为往复流和旋转流，它可由潮流的椭圆旋转率 k 值来描述，k 值为潮流椭圆的短半轴与长半轴之比，其值介于-1～1 之间。k 的绝对值越小越接近往复流，越大越接近于旋转流。k 值的正、负号表示潮流旋转的方向，正号表示逆时针方向旋转，负号表示顺时针方向旋转。从结果可知：

本次观测所有站位各层次潮流主要表现为 M2 分潮流占优，椭圆旋转率 k 绝对值小于 0.1，均表现为往复流的特征。最大 M2 分潮流出现在 JHL2 站表层，流速为 65.24cm/s。

（2）2021 年 9 月潮流：潮流运动可粗略分为往复流和旋转流，它可由潮流的椭圆旋转率 k 值来描述，k 值为潮流椭圆的短半轴与长半轴之比，其值介于-1～1 之间。k 的绝对值越小越接近往复流，越大越接近于旋转流。k 值的正、负号

表示潮流旋转的方向，正号表示逆时针方向旋转，负号表示顺时针方向旋转。从结果可知：

本次观测所有站位各层次潮流主要表现为 M_2 分潮流占优，椭圆旋转率 k 绝对值小于 0.25，均表现为往复流的特征。最大 M_2 分潮流出现在 JHL5 站中层，流速为 50.268cm/s。

4、余流：

（1）2021 年 4 月余流：调查海区观测期间余流主要介于 4.51cm/s～17.84cm/s。最大余流为潮流 JHL5 站（底层，17.84cm/s，32.88°），最小余流为潮流 JHL3 站（表层，4.51cm/s，203.43°）。各个站点的余流方向主要平行海岸线北偏东方向。

（2）2021 年 9 月余流：调查海区观测期间余流主要介于 4.15cm/s～27.98cm/s。最大余流为潮流 JHL4 站（表层，27.98cm/s，68.19°），最小余流为潮流 JHL3 站（底层，4.15cm/s，357.68°）。各个站点的余流方向主要平行海岸线北偏东方向。

5、温度、盐度

（1）2021 年 4 月温度、盐度：调查期间调查海区测得的水温最大值为 23.28℃，出现在 JHL6 站表层；测得水温的最小值为 22.32℃，出现在 JHL1 站中层；各个调查站位表层、中层和底层，温度变化不大。调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.21，出现在 JHL3 的表层；测得盐度的最小值为 32.48，出现在 JHL1 站底层。统计结果表明，观测海区盐度稳定，变化不大。

（2）2021 年 9 月温度、盐度：调查期间调查海区测得的水温最大值为 30.58℃，出现在 JHL3 站表层；测得水温的最小值为 21.48℃，出现在 JHL4 站底层；各个调查站位表层、中层和底层，温度从上到下逐渐减小。调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.56，出现在 JHL5 的中层；测得盐度的最小值为 31.09，出现在 JHL3 站表层。统计结果表明，观测海区从表到底盐度逐渐增加。

6、悬浮泥沙

（1）2021 年 4 月悬浮泥沙：观测期间①调查海区悬沙浓度范围 0.0104Kg/m³~0.0557Kg/m³，JHL1 站底层悬沙浓度最大（0.0557Kg/m³），其次是 JHL2 站底层悬沙浓度（0.0556Kg/m³），JHL6 站表层悬沙浓度最小（0.0104Kg/m³）；

②在垂向上，各站表层和底层悬沙浓度较为接近；③各站层次的悬沙浓度都比较稳定，变化不大。涨潮期最大单宽输沙量为 1.73t/m，方向 46.6°，出现在 JHL6 站；落潮期最大单宽输沙量为 1.06t/m，方向 218°，出现在 JHL2 站；最大单宽净输沙量为 0.94t/m，方向 54°，出现在 JHL6 站。净输沙主要方向为北偏东。

（2）2021 年 9 月悬浮泥沙：观测期间①调查海区悬沙浓度范围为 0.0102Kg/m³~0.0652 Kg/m³，JHL5 站底层悬沙浓度最大（0.0652Kg/m³），其次是 JHL5 站中层悬沙浓度（0.0594 Kg/m³），JHL3 站表层悬沙浓度最小（0.0102Kg/m³）；②在垂向上，各站表层和底层悬沙浓度较为接近。③各站层次的悬沙浓度都比较稳定，变化不大。

7、波浪：

①工程外海的主要浪向为 E、ESE 和 SE 向，此三个方位内波浪的年出现频率高达 75.6%，其中常浪向为 ESE 向，年出现频率为 32.2%。SSE、S 和 SSW 方位内波浪的出现频率总体相当，此三方位内波浪出现的年频率合计 22.6%。其它方向（除 SW 向波浪频率略高，为 1.34%）波浪出现频率甚低，一般不足 0.4%。

②从各级波浪出现的频率上看，1.0m 级以上有效波高波浪的年频率高达 54.5%；1.5m 级以上有效波高波浪的年频率为 15.5%，3.0m 级以上波浪的年频率为 1.1%。全年实测最大有效波高为 6.82m，对应的平均波周期为 9.7s，平均波向 SSE，发生在 2008 年 8 月 22 日 16 时。

③从各向波浪平均波周期的强度上看，6.0s 以上平均波周期波浪的年频率为 7.6%，8.0s 以上的年频率为 0.8%。全年实测最大平均波周期为 10.5s，对应的有效波高为 6.73m，平均波向 SSE，发生在 2008 年 8 月 22 日 08 时。

15.3.2地形地貌与冲淤环境现状调查与评价

勘查区整体水深为29.41~31.33m，最大水深位于勘查区南东部海域，最小水深位于海域北部方位（图6.2.1-1）。勘查区整体水深自北向南逐渐加深，水深等值线呈NE-SW 走向，与海岸线大致平行。 海底地势相对平坦，整体呈北高南低的趋势。近18年来工程周边海域地形变化不大，海床基本稳定。

15.3.3水质环境质量现状调查与评价

2021年4月调查附近海域部分站位的化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐、挥

发酚、锌、铜超过其相对应功能区的标准限值，其余站位的监测因子均符合。

2021年9月调查附近海域部分站位的无机氮、活性磷酸盐超过其相对应功能区的标准限值，其余站位的监测因子均符合。

15.3.4沉积物环境质量现状调查与评价

2021 年 4 月监测结果及标准指数表结果可知：所有监测站位的各项调查指标均能符合所在功能区要求执行的海洋沉积物质量标准。

15.3.5海洋生态体质量现状调查与评价

2021 年 4 月调查结果显示：鱼类、甲壳类及软体类生物体内各项评价因子的单项标准指数均小于 1，满足《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）和《全国海岸和海涂资源综合监测简明规程》中规定的生物质量标准要求，无超标现象。

2021 年 9 月调查结果显示：鱼类、贝类、甲壳类及软体类生物体内各项评价因子的单项标准指数均小于 1，满足《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）和《全国海岸和海涂资源综合监测简明规程》中规定的生物质量标准要求，无超标现象。

15.3.6海洋生态环境现状调查与评价

1、叶绿素 a 和初级生产力

（1）2021 年 4 月：本次调查海区表层水体叶绿素 *a* 含量的变化范围为 0.32~3.276mg/m^3，平均值为 6.249mg/m^3。调查海域初级生产力的变化范围为 29.495~246.586mg·C/(m^2·d)，平均值为 123.850mg·C/（m^2·d）。

（2）2021 年 9 月：本次调查海区表层水体叶绿素 *a* 含量的变化范围为（0.317~2.470）mg/m^3，平均值为 1.245 mg/m^3。初级生产力的变化范围为（44.370~200.070）mg·C/(m^2·d)，平均值为 103.171mg·C/（m^2·d）。

2、浮游植物

（1）2021 年 4 月调查海域共记录浮游植物 5 门 142 种（含变型 4 种、变种 2 种）。其中以硅藻门出现的种类为最多；本次调查的浮游植物优势种出现 8 种，为薄壁几内亚藻（*Guinardia flaccida*）、丹麦角毛藻（*Chaetoceros danicus*）、具槽帕拉藻（*Paralia sulcata*）、叉状角藻（*Ceratium furca*）、具尾鳍藻（*Dinophysis*

caudata）、三角角藻（*Ceratium tripos*）、梭形多甲藻（*Peridinium fusus*）和颤藻（*Oscillatoria* sp.）；调查海区浮游植物丰度变化范围为1236.66×10^4cells/m^3~1159.83×10^4cells/m^3，平均为2245.30×10^3cells/m^3；调查海区各站位浮游植物种数变化范围18~66种，平均39种；多样性指数范围为3.039～4.727，平均为3.968；均匀度指数范围为0.602～0.901，平均为0.761，各站位生物量种间分布较为均匀。

（2）2021年9月调查海域共记录浮游植物4门80种（含变型2种、变种3种、变形1种）；浮游植物优势种出现8种。调查海区浮游植物丰度变化范围为13.94×10^3cells/m^3~869.16×10^3cells/m^3，平均为233.20×10^3cells/m^3。调查海区各站位浮游植物种数变化范围22~45种，平均33种。多样性指数范围为1.895~4.204，平均为3.392；均匀度指数范围为0.425~0.832，平均为0.678，各站位生物量种间分布较为均匀。

3、浮游动物

2021年4月调查海域共记录浮游动物10个生物类群92种；各采样站浮游动物湿重生物量变化幅度为72.318~1590.278mg/m^3，平均生物量为379.909mg/m^3；在个体数量分布方面，浮游动物密度变化幅度为155.77～2928.32ind/m^3，平均密度904.78ind/m^3；浮游动物的优势种仅有1种，为刺胞动物的不列颠鲍氏水母；各测站的浮游动物平均出现种类为16种；种类多样性指数范围为1.114～4.368之间，平均为3.123；种类均匀度指数变化范围在0.313～0.982之间，平均为0.781。

2021年9月调查海域共记录浮游动物13个生物类群53种；各采样站浮游动物湿重生物量变化幅度为120.556mg/m^3~467.857mg/m^3，平均生物量为259.549mg/m^3。在个体数量分布方面，浮游动物密度变化幅度为633.31ind/m^3~8312.50nd/m^3，平均密度3422.62ind/m^3。本调查海域在调查期间浮游动物的优势种有8；本次调查海域各测站的浮游动物平均出现种类为17种；种类多样性指数范围为1.633~3.503之间，平均为2.755。种类均匀度变化范围在0.408~0.750之间，平均为0.668。

4、底栖生物

（1）2021年4月调查海域共记录大型底栖动物30种；调查海区大型底栖

生物平均栖息密度为 38ind/m^2，平均生物量为 32.064g/m^2；本次调查海区的底栖生物优势种仅有双齿围沙蚕（*Perinereis aibuhitensis*）；调查海域的各定量采样站位大型底栖生物出现种数变化的范围在 2~6 种/站，平均 3 种/站；多样性指数（H′）变化范围在 0.811~2.523 之间，平均值为 1.51；均匀度指数范围在 0.811~1 之间，平均值为 0.937。

（2）2021 年 9 月调查海域共记录大型底栖动物 27 种；调查海区大型底栖生物平均栖息密度为 70.00ind/m^2，平均生物量为 116.298g/m^2；本次调查海区的底栖生物仅有 3 个优势种，分别为节肢动物的鲜明鼓虾（*Alpheus distinguendus*）；软体动物的细长白樱蛤（*Praetextellina praetexta*）；棘皮动物的滩栖阳遂足（*Amphiura vadicola*）。调查海域的各定量采样站位大型底栖生物出现种数变化的范围 2～7 种/站，平均 4 种/站；多样性指数（H′）变化范围在 0.954~2.705 之间，平均值为 1.692；均匀度范围在 0.937~0.988 之间，平均值为 0.964。

5、潮间带生物

（1）2021 年 4 月调查海域共记录潮间带生物 18 种；调查断面潮间带生物平均生物量为 383.975g/m^2，平均栖息密度为 180.67ind/m^2。水平分布方面，平均栖息密度表现为 C3 断面>C2 断面>C1 断面；平均生物量表现为 C3 断面>C2 断面>C1 断面。在垂直分布上，潮间带生物的平均生物量表现为低潮区最高，中潮区居中，高潮带最低；平均栖息密度的垂直分布表现为低潮区>中潮区>高潮区。3 条调查断面出现的种类数平均 8 种/站，多样性指数（H′）平均值为 2.857。种类均匀度平均值为 0.951。

（2）2021 年 9 月调查海域共记录潮间带生物 17 种；调查断面潮间带生物平均生物量为 75.105g/m^2，平均栖息密度为 48.43ind/m^2。水平分布方面，平均栖息密度表现为 C3 断面>C4 断面>C5 断面；断面生物量表现为 C3 断面>C5 断面>C4 断面。在垂直分布上，潮间带生物的平均生物量表现为低潮区最高，中潮区居中，高潮带最低，平均栖息密度的垂直分布表现为低潮区>中潮区>高潮区。3 条调查断面出现的种类数平均 10 种/站，调查断面潮间带多样性指数（*H′*）变化范围在 1.771～2.528 之间，平均值为 2.255，均匀度指数平均为 0.786。

6、渔业资源

（一）鱼卵仔鱼

（1）2021 年 4 月调查海域至少共出现了鱼卵仔鱼 11 种，仔鱼 6 种。本次调查共采到鱼卵 468 粒，仔鱼 39 尾。调查海区的鱼卵平均密度为 19.50 粒/100m^3，鱼卵密度变化范围在 5.63～32.50 粒/100m^3。仔鱼的平均密度为 1.63 尾/100m^3。

（2）2021 年 9 月调查海域至少共出现了鱼卵仔鱼 11 种，仔鱼 10 种。本次调查共采到鱼卵 149 粒，仔稚鱼 36 尾。调查海区的鱼卵平均密度为 7.76 粒/100m^3，鱼卵密度变化范围在 2.50～15.00 粒/100m^3。仔稚鱼的平均密度为 1.88 尾/100m^3。

（二）游泳生物

（1）2021 年 4 月调查海域共记录游泳生物 46 种，其中：鱼类动物 20 种，甲壳类动物 16 种，软体类动物 10 种。渔业资源的平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 11655.002g/h 和 400.67ind/h，平均重量密度为 880.913kg/km^2。

（2）2021 年 9 月调查海域共捕获游泳生物 55 种，其中：鱼类 26 种，甲壳类 23 种和软体类 6 种。渔业资源的平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 3401.57g/h 和 142ind/h，平均重量密度为 259.167kg/km^2，平均个体密度为 10.781×10^{3}ind/km^2。

15.4 环境影响预测综合分析与评价结论

15.4.1 水文动力环境影响预测与评价

预测结果表明，工程实施后采砂区水深增加，该区域流速出现一定程度减缓，流向变化不明显，采砂区周边潮汐动力变化不大，可见工程实施对潮汐动力影响主要出现在采砂区域，影响程度不明显。

15.4.2 波浪环境影响预测与评价

预测结果表明，工程实施后采砂区水深增加，该区域波高出现一定程度增加，波向变化不明显，采砂区周边波浪动力变化不大，可见工程实施对波浪动力影响主要出现在采砂区域，影响程度不明显。

15.4.3 地形地貌与冲淤环境影响预测与评价

预测结果表明，在采砂实施后采砂区范围内水生增加，潮流动力减弱，采砂后出现一定程度淤积，上述区域淤积最大速度出现在采砂区南部水域，最大淤积速度为 0.08m/a；采砂区 NE 方和 SW 方区域项目实施后潮流动力增强，该区域

出现轻微冲刷情况，最大冲刷速度出现在采砂区 NE 角区域，大部分区域冲刷速率不超过 0.06m/a。

本项目全矿区平均细度模数为 2.8，整体为中砂级别，平均采砂深度约为 8.74m，参照中国科学院南海海洋研究所的前述数值模拟结果，本项目采砂区预计可能形成的边坡宽度距离约为 50m。边坡坍塌可能会使表层沉积物和底栖生物被掩埋，造成一定的生物量损失，同时也会对所在海域的地形地貌等造成一定的影响。为确保本项目采砂后形成的边坡处于平衡状态，采砂时的自然休止角应控制在 30°以内，即采砂时的吸砂管应以 60°以上角度插入矿层，以形成较缓的边坡，降低边坡影响。

15.4.4水质环境影响预测与评价

悬浮泥沙预测结果表明，悬浮泥沙主要随涨落潮流向采砂区附近海域扩散，扩散方向为 NE~SW 向，表层、中层和底层 10mg/L 包络线向 NE 扩散最远距离分别为 5.85 km、6.51 km、7.20 km，向 SW 扩散最远距离分别为 5.41 km、6.25 km、6.84 km。采砂施工导致的表层、中层和底层超第一、二类海水水质的海域面积分别为 27.32km^2、55.30km^2 和 73.21km^2；超第三类海水水质的海域面积分别为 0.0km^2、0.0km^2 和 26.37km^2。由此可见，采砂施工引起的悬浮泥沙对工程所在区域水质产生一定影响，这种影响主要在采砂过程出现，一旦施工完毕，工程所在区域周边水质环境可在较短时间内恢复。

本工程采砂作业期间，船舶生活污水产生量约为 24.65t/d，主要污染物为 COD、BOD_5、NH_3-N 等；船舶含油污水约为 9.08t/d，主要污染物为 COD 和石油类等。上述污废水若随意排放，会对工程海域海水水质环境带来不利影响，进而对海域生态环境也带来一定的不利影响。因此，采砂作业期间的船舶生活污水和船舶油污水应运至陆域，交由有处理能力单位进行统一处理。通过上述措施后，项目对周围环境影响较小。

15.4.5沉积物环境影响预测与评价

根据沉积物调查结果显示，沉积物质量状况良好。另外，采砂施工产生的悬浮泥沙来源于本海域，不会使本海域沉积物的理化性质产生影响，并且本海域沉积物的环境质量不会发生明显的变化，采砂作业不会使本海域沉积物的环境质量

发生明显的变化。

采砂作业对底质的影响主要是当采砂区的砂源砂层掏空，覆盖上面的淤泥层在重力作用下发生坍塌，则表层沉积物可能将被掩埋。采砂作业结束后，采砂区将通过相当长的一段时间重新建立新的相对稳定的沉积物环境。可能造成沉积物质量下降的是采砂施工过程排放的船舶含油污水、生活污水和生活垃圾经过妥善处理后，对周围环境影响较小。

15.4.6生态环境影响预测与评价

项目采砂将造成栖息于此的底栖生物生物量的损失，部分游泳能力差的底栖生物如底栖鱼类、虾类也将因为躲避不及而被损伤或掩埋。采砂和洗沙过程产生的悬浮物对浮游生物、游泳生物和鱼卵仔鱼也将产生一定的影响。本工程采砂导致底栖生物直接损失量为 195.02t；浮游植物的损失量为 8.197×10^{15}cells；浮游动物的损失量为 1.437×10^{13}ind；鱼卵 8.158×10^{8} 粒、仔稚鱼 1.057×10^{8} 尾；游泳生物(鱼类)的损失量为 41324kg。项目应采取一定的生态补偿措施，对项目施工期造成的生物损失补偿，将其可能产生的生态环境影响降至最低。

15.5 环境事故影响综合分析与评价结论

施工期间在工程海域发生溢油事故后，油膜在较短的时间内可到达周边敏感目标，溢油事故的应急处置工作难度较大。因此，应严格加强施工期施工船舶的安全管理，杜绝事故的发生。同时要加强灾发事故的风险防范和应急处置能力建设，一旦发生溢油事故，应尽快采取阻拦措施，并组织人员进行油品的回收工作，尽量减小污染。

本工程施工具有一定的通航环境风险，从而存在一定油料泄漏的风险，为保证工程施工安全，防止油污事故发生，施工单位必须有水上施工经验，施工过程中需科学合理安排施工工序，周密考虑工程施工期间的安全措施。

15.6 污染物排放总量控制

根据水质模拟预测结果，悬浮物增加对水质的影响属于短期、可恢复性质。另外，采砂船要严格控制船员生活污水的排放，严禁向开采海域排放含油机舱废水和生活污水及生活垃圾。采砂活动结束后，不存在污染物的排放问题。

15.7 清洁生产分析

本项目提出的清洁生产和污染防治措施比较清楚、具体和有效，能够达到环境保护的要求。在实施环境保护措施情况下进行海砂开采，其产生的海洋环境影响达到最小，海区渔业资源和环境敏感目标所受损害相对较小，采砂期产生的主要污染物质采取相应的污染防治措施，可以得到妥善处理。因此，木项目的环境保护措施在技术上和经济上是可行的。

15.8 环境经济损益分析

根据本报告书的分析可知，在对海砂进行合理开采的前提下，本项目的实施在社会供需矛盾、社会能源危机和采砂规范化管理等一系列社会问题的解决上具有不同程度的促进作用，且对自然资源的开发带来了可观的经济价值。因此，无论从社会发展的角度还是经济发展的角度来看，其综合效益是显著的。相比之下，环境污染经济损失是可以承受的。

15.9 环境监测计划的可行性结论

本项目通过跟踪监测，结合采砂施工特点和项目周围的环境敏感保护目标，重点监测开采活动对海底地形、水质悬浮物等方面的影响，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，采砂期和采砂结束后海洋环境监测方案，能够及时了解和掌握项目实施过程中对海洋水质、沉积物和生物的影响，以便对可能产生明显环境影响的关键环节事先制定监测，使可能造成环境影响的因素得以及时发现，妥善处理。因此，本项目的环境监测计划是可行的。

15.10海砂开采的环境影响综合评价与可行性结论

项目符合《广东省海洋功能区划（2011-2020 年)》及相关规划的要求，在申请海域进行适当的海砂开采不会影响该海域海洋主导功能的发挥，符合相关规划的要求。项目实施的自然和社会条件适宜，项目的采砂工艺和设备基本符合清洁生产要求。采砂过程中会对环境产生一定的影响，将暂时改变开采区海底地貌和破坏底栖环境，但在采取相应的环保措施后，其对环境的影响是可以接受的，且采砂作业结束后，对周围环境的影响短期内可以结束;采砂活动对周边的海洋开

发活动、功能区和环境敏感目标影响较小;项目的风险主要是作业船舶事故引起的溢油风险。

如该项目能落实本报告书所提出的环保措施和建议，从环境保护可行性角度衡量，不会危及相邻岸线稳定、不会影响采砂区周围海底管线的安全、对附近航道的回淤强度影响较小、产生的悬浮物也不会对周围的环境敏感目标造成重大影响。

综上所述，本项目区海砂开采不会对海洋环境产生重大不利影响，对于海洋环境的影响是可以接受的，项目是可行的。

15.11海砂开采的环境保护对策与建议

本项目环境保护对策与建议主要是针对采砂施工期而言，海洋环境保护对策与建议主要包括：

（1）合理安排采砂船舶位置，射流功率和抽砂泵功率应相配合，以尽量减少抽砂作业流失的悬浮物。

（2）为减少采砂过程中产生的污染物，采砂单位须按照本报告书的建议落实采砂船舶规模和工艺控制要求、采砂过程的污染防治措施和环保投资，并贯彻执行，避免或减少对水质及生态环境的影响。

（3）采砂船溢流排放从海面漫流状况改为通过溢流管进行水底排放的形式，采砂船溢流口上应安装拦污栅。

（4）采砂应尽可能选择在大潮和中潮期，利用潮流动力扩散悬浮物，减低悬浮物浓度；同时在鱼类的产卵、繁殖期降低采砂强度。

（5）加强对施工船舶的环境监理工作，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，以保护海域的生态环境和航道，并及时通知海洋监测部门，查明原因。

（6）采砂中标单位应该严格按批准的采砂区范围和本报告书建议的开采强度和开采总量依法采砂，不得在申请区域外采砂或随意扩大采砂范围。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。作业前采砂区应设置警示标志。

（7）进行采砂总量控制，做到从源头控制悬浮物扩散总量。

（8）采砂中标单位应建立健全安全管理机制，加强对采、运砂船上人员的

安全教育和安全管理，认真落实有关安全措施，尽量减少对通航环境的不利影响，保障施工作业和过往船舶的安全。

（9）项目所在海域处于珠海—潮州近海农渔业区，建议采砂单位在渔业主管部门的指导下，积极采取有效的生态补偿和生态恢复措施，补偿对渔业资源的损失。

（10）建议海砂开采责任人合理安排采砂工作及运砂路线，并积极与航道、海事主管部门进行沟通协调，针对作业船舶和来往船舶的通航安全做好安全保障措施方案。

（11）控制采砂船作业数量作为采砂区块出让的条件，建议在采砂招拍挂出让文件中的船舶数量与环评报告保持一致。

附录

附录I 浮游植物名录

2021 年 4 月		
序号	中文名	拉丁文
硅藻门 *Bacillariophyta*		
1	矮小短棘藻	*Detonula pumila*
2	爱氏辐环藻	*Actinocyclus ehrenbergii*
3	爱氏角毛藻	*Chaetoceros eigenii*
4	奥氏角毛藻	*Chaetoceros aurivillii*
5	佰氏根管藻	*Rhizosolenia bergonii*
6	薄壁几内亚藻	*Guinardia flaccida*
7	北方角毛藻	*Chaetoceros borealis*
8	北方劳德藻	*Lauderia borealis*
9	笔尖形根管藻	*Rhizosolenia styliformis*
10	变异辐杆藻	*Bacteriastrum varians*
11	并基角毛藻	*Chaetoceros decipiens*
12	波罗的海布纹藻	*Gyrosigma balticum*
13	波状石丝藻	*Lithodesmium undulatus*
14	伯氏根管藻	*Rhizosolenia berganii*
15	叉状辐杆藻	*Bacteriastrum furcatum*
16	齿角毛藻瘦胞变型	*Chaetoceros denticulatus f. angusta*
17	丛毛辐杆藻	*Bacteriastrum comosum*
18	丛毛辐杆藻刚刺变种	*Bacteriastrum comosum var.hispida*
19	粗根管藻	*Rhizosolenia robusta*
20	粗股角毛藻	*Chaetoceros femur*
21	脆杆藻	*Fragilaria sp.*
22	大星芒藻	*Asterolampara vanheurckii*
23	丹麦角毛藻	*Chaetoceros danicus*
24	丹麦细柱藻	*Leptocylindrus danicus*
25	短孢角毛藻	*Chaetoceros brevis*
26	短角弯角藻	*Eucampia zoodiacus*
27	范氏角毛藻	*Chaetoceros van heurckii*
28	蜂窝三角藻	*Triceratium favus*
29	蜂腰双壁藻	*Diploneis bombus*
30	辐射列圆筛藻	*Coscinodiscus radiatus*
31	刚毛根管藻	*Rhizosolenia setigera*
32	格氏圆筛藻	*Coscinodiscus granii*
33	弓束圆筛藻	*Coscinodiscus curvatulus*
34	哈德半盘藻	*Hemidiscus hardmannianus*
35	海洋曲舟藻	*Pieurosigma pelagicum*
36	海洋斜纹藻	*Pleurosigma pelagicum*
37	豪猪棘冠藻	*Corethron criophilum*
38	虹彩圆筛藻	*Coscinodiscus oculus-iridis*
39	环纹娄氏藻	*Lauderia annulata*
40	尖刺拟菱形藻	*Pseudo-nitzschia pungens*

2021 年 4 月		
序号	中文名	拉丁文
41	角毛藻	*Chaetoceros sp.*
42	紧挤角毛藻	*Chaetoceros coarctatus*
43	近缘斜纹藻	*Pleurosigma affine*
44	巨圆筛藻	*Coscinodiscus granii*
45	具槽帕拉藻	*Paralia sulcata*
46	具槽直链藻	*Melosira sulcata*
47	距端根管藻	*Rhizosolenia calcar avis*
48	卡氏根管藻	*rhizosolenia castracanei*
49	卡氏角毛藻	*Chaetoceros castracanei*
50	宽梯形藻	*Climacodium frauenfeldianum*
51	劳氏角毛藻	*Chaetoceros lorenzianus*
52	菱形海线藻	*Thalassionema nitzschioides*
53	菱形藻	*Nitzschia sp.*
54	螺端根管藻	*Rhizosolenia cochlea*
55	洛氏菱形藻	*Nitzschia lorenziana*
56	秘鲁角毛藻	*Chaetoceros peruvianus*
57	密连角毛藻	*Chaetoceros densus*
58	冕孢角毛藻	*Chaetoceros subsecundus*
59	膜质半管藻	*Hemiaulua membranaceus*
60	拟旋链角毛藻	*Chartoceros pseudocurvisetus*
61	扭链角毛藻	*Chaetoceros tortissimus*
62	派格棍形藻	*Bacillaria paxillifera*
63	偏心圆筛藻	*Coscinodiscus excentricus*
64	桥弯藻	*Cymbella sp.*
65	琼氏圆筛藻	*Coscinodiscus jonesianus*
66	曲舟藻	*Pleurosigma sp.*
67	日本角毛藻	*Chaetoceros nipponica*
68	三角藻	*Triceratim sp.*
69	扇形星脐藻	*Asteromphalus cleveanus*
70	蛇目圆筛藻	*Coscinodiscus argus*
71	双孢角毛藻	*Chaetoceros didymus*
72	双菱藻	*Surirellaceae sp.*
73	斯氏根管藻	*Rhizosolenia stolterfothii*
74	斯氏几内亚藻	*Guinardia striata*
75	梭角藻	*Ceratium fusus*
76	塔形冠盖藻	*Stephanopyxis turris*
77	太阳漂流藻	*Planktoniella sol*
78	泰晤士扭鞘藻	*Streptotheca tamesis*
79	透明辐杆藻	*Bacteriastrum hyalinum*
80	威氏圆筛藻	*Coscinodiscus wailesii*
81	细齿角毛藻	*Chaetoceros denticulatus*
82	细弱圆筛藻	*Coscinodiscus subtilis*
83	线形圆筛藻	*Coscinodiscus lineatus*
84	小辐杆藻	*Bacteriastrum minus*
85	小细柱藻	*Leptocylindrus minimus*
86	星脐圆筛藻	*Coscinodiscus asteromphalus*
87	旋链角毛藻	*Chaetoceros curvisetus*

2021 年 4 月		
序号	中文名	拉丁文
88	亚得里亚海杆线藻	*Rhabdonema adriaticum*
89	翼根管藻	*Rhizosolenia alata*
90	翼根管藻纤细变型	*Rhizosolenia alata f. gracillima*
91	翼根管藻印度变型	*Rhizosolenia alata f. indica*
92	优美旭氏藻矮小变型	*Schrderella delicatula f. schrderi*
93	有翼圆筛藻	*Coscinodiscus bipartitus*
94	羽纹藻	*Pinnularia sp.*
95	圆筛藻	*Coscinodiscus sp.*
96	圆柱角毛藻	*Chaetoceros teres*
97	窄隙角毛藻	*Chaetoceros affinis*
98	长海毛藻	*Thalassiothrix longissima*
99	长角弯角藻	*Eucampia cornuta*
100	长菱形藻	*Nitzschia longissima*
101	掌状冠盖藻	*Stephanopyxis palmeriana*
102	针杆藻	*Synedra sp.*
103	整齐圆筛藻	*Coscinodiscus concinnus*
104	中华齿状藻	*Odontella sinensis*
105	中华盒形藻	*Bidduphia sinensis*
106	中肋骨条藻	*Skeletonema costatum*
107	舟形斜纹藻	*Pleurosigma naviculaceum*
108	舟形藻	*Navicula sp.*
甲藻门 *Dinophyta*		
109	扁平原多甲藻	*Protoperidinuim depressum*
110	叉分原多甲藻	*Protoperidinium divergens*
111	叉状角藻	*Ceratium furca*
112	大角角藻	*Ceratium macroceros*
113	短角角藻	*Ceratium breve*
114	方鸟尾藻	*Ornithocercus quadratus*
115	海洋原多甲藻	*Protoperidinium oceanicum*
116	脚膜原多甲藻	*Protoperodinium fatulipes*
117	具尾鳍藻	*Dinophysis caudata*
118	镰角藻	*Ceratium falcatum*
119	链状裸甲藻	*Gymnodinium catenatum*
120	马西里亚角藻	*Ceratium massiliense*
121	马西利斯角藻	*Ceratium trichoceros*
122	美丽角藻	*Ceratium pulchellum*
123	歧分角藻	*Ceratium carriense*
124	球形原多甲藻	*Protoperidinium globulus*
125	三叉角藻	*Ceratium trichoceors*
126	三角角藻	*Ceratium tripos*
127	梭梨甲藻	*Pyrocystis fusiformis*
128	梭形多甲藻	*Peridinium fusus*
129	透明原多甲藻	*Protoperidinium pellucidum*
130	驼背角藻	*Ceratium gibberum*
131	微小原甲藻	*Prorocentrum minimum*
132	五角原多甲藻	*Protoperidinium pentagonum*
133	兀鹰角藻	*Ceratium vultur*

2021 年 4 月		
序号	中文名	拉丁文
134	线形角藻	*Ceratium lineatum*
135	夜光藻	*Noctiluca scintillans*
136	锥形原多甲藻	*Protoperdinium conicum*
137	锥状斯克里普藻	*Scrippsiella trochoidea*
蓝藻门 *Cyanophyta*		
138	颤藻	*Oscillatoria sp.*
139	铁氏束毛藻	*Trichodesmium thiebautii*
绿藻门 *Chlorophyta*		
140	二角盘星藻	*Pediastrum duplex*
金藻门 *Chrysophyta*		
141	六异刺硅鞭藻八角变种	*Distephanus speculum var. octonarium*
142	小等刺硅鞭藻	*Dictyocha fibula*

2021 年 9 月		
序号	中文名	拉丁名
硅藻门 *Bacillariophyta*		
1	笔尖形根管藻粗径变种	*Rhizosolenia styliformis v.latissirna*
2	笔尖形根管藻	*Rhizosolenia styliformis*
3	翼根管藻	*Rhizosolenia alata*
4	翼根管藻纤细变型	*Rhizosolenia alata f. gracillima*
5	刚毛根管藻	*Rhizosolenia setigera*
6	厚刺根管藻	*Rhizosolenia crassipina*
7	距端根管藻	*Rhizosolenia calcaravis*
8	卡氏根管藻	*Rhizosolenia castracanei*
9	冕孢角毛藻	*Chaetoceros diadema*
10	异角毛藻	*Chaetoceros diversus*
11	圆柱角毛藻	*Chaetoceros teres*
12	洛氏角毛藻	*Chaetoceros lorenzianus*
13	秘鲁角毛藻	*Chaetoceros peruvianus*
14	北方角毛藻	*Chaetoceros borealis*
15	并基角毛藻细胞变形	*Chaetoceros decipiens f. singularis*
16	细弱圆筛藻	*Coscinodiscus subtilis v.subtilis*
17	格氏圆筛藻	*Coscinodiscus granii*
18	辐射列圆筛藻	*Coscinodiscus radiatus*
19	虹彩圆筛藻	*Coscinodiscus oculusiridis*
20	巨圆筛藻	*Coscinodiscus gigas*
21	蛇目圆筛藻	*Coscinodiscus argus*
22	琼氏圆筛藻	*Coscinodiscus jonesianus*
23	斯氏几内亚藻	*Guinardia striata*
24	薄壁几内亚藻	*Guinardia flaccida*
25	小辐杆藻	*Bacteriastrum minus*
26	透明辐杆藻	*Bacteriastrum hyalinum v. hyalinum*
27	丛毛辐杆藻	*Bacteriastrum comosum v. comosum*
28	优美旭氏藻	*Schroderella delicatula*
29	优美旭氏藻矮小变型	*Schroderella delicatula f. schrodern*
30	佛氏海线藻	*Thalassionema frauen feldii*
31	菱形海线藻	*Thalassionema nitzschioides*

2021 年 9 月		
序号	中文名	拉丁名
32	活动齿状藻	*Odontella mobiliensis*
33	中华齿状藻	*Odontella sinensis*
34	尖刺伪菱形藻	*Pseudo-nitzschia pungens*
35	拟柔弱伪菱形藻	*Pseudo-nitzschia delicatissima*
36	布氏双尾藻	*Ditylum brightwellii*
37	霍氏半管藻	*Hemiaulus hauckii*
38	大洋角管藻	*Cerataulina pelagica*
39	短角弯角藻	*Eucampia zoodiacus*
40	冰河拟星杆藻	*Asterionellopsis glacialis*
41	泰晤士旋鞘藻	*Helicotheca tamesis*
42	环纹娄氏藻	*Lauderia annulata*
43	掌状冠盖藻	*Stephanopyxis palmeriana*
44	塔玛亚历山大藻	*Alexandrium tamarense*
45	派格棍形藻	*Bacillaria paxillifera*
46	哈德掌状藻	*Hemidiscus hardmannianus*
47	楔形藻	*Licmophora abbreviata*
48	条纹小环藻	*Cyclotella striata v. striata*
49	膜状缪氏藻	*Meuniera membranacea*
50	短柄曲壳藻	*Achnanthes brevipes*
51	大星芒藻	*Asterolampra vanheurckii*
52	蜂窝三角藻	*Triceratium favus*
53	曲舟藻	*Pleurosigma spp.*
54	脆杆藻	*Fragilaria spp.*
55	中肋骨条藻	*Skeletonema costatum*
56	舟形藻	*Navicula spp.*
甲藻门 ***Dinophyta***		
57	勇士鳍藻	*Dinophysis miles*
58	具尾鳍藻	*Dinophysis caudata*
59	三叉角藻	*Ceratium trichoceros*
60	镰角藻	*Ceratium furca*
61	脑形角藻	*Protoperidinium oceanicum*
62	奇长角藻	*Ceratium extensum*
63	叉角藻	*Ceratium furca*
64	短角角藻	*Ceratium breve*
65	弓形角藻	*Ceratium euarcuatum*
66	网文角藻反曲变种	*Ceratium hexacanthum v.contortum*
67	海洋原多甲藻	*Protoperidinium elegans*
68	优美原多甲藻	*Gonyaulax verior*
69	五角原多甲藻	*Protoperidinium pentagon*
70	春膝沟藻	*Gonyaulax verior*
71	反曲原甲藻	*Prorocentrum sigmoides*
72	扁形原甲藻	*Prorocentrum compressum*
73	拟夜光梨甲藻	*Pyrocystis pseudonoctiluca*
74	浅弧梨甲藻	*Pyrocystis gerbautii*
75	钩梨甲藻	*Pyrocystis hamulus*
76	菱形梨甲藻	*Pyrocystis rhomboides*
77	夜光藻	*Noctiluca scintillans*

2021 年 9 月		
序号	中文名	拉丁名
57	勇士鳍藻	*Dinophysis miles*
58	具尾鳍藻	*Dinophysis caudata*
59	三叉角藻	*Ceratium trichoceros*
60	镰角藻	*Ceratium furca*
61	脑形角藻	*Protoperidinium oceanicum*
62	奇长角藻	*Ceratium extensum*
63	叉角藻	*Ceratium furca*
64	短角角藻	*Ceratium breve*
65	弓形角藻	*Ceratium euarcuatum*
66	网文角藻反曲变种	*Ceratium hexacanthum v.contortum*
67	海洋原多甲藻	*Protoperidinium elegans*
68	优美原多甲藻	*Gonyaulax verior*
69	五角原多甲藻	*Protoperidinium pentagon*
70	春膝沟藻	*Gonyaulax verior*
71	反曲原甲藻	*Prorocentrum sigmoides*
72	扁形原甲藻	*Prorocentrum compressum*
73	拟夜光梨甲藻	*Pyrocystis pseudonoctiluca*
74	浅弧梨甲藻	*Pyrocystis gerbautii*
75	钩梨甲藻	*Pyrocystis hamulus*
76	菱形梨甲藻	*Pyrocystis rhomboides*
77	夜光藻	*Noctiluca scintillans*
蓝藻门 *Cyanophyta*		
78	庞氏颤藻	*Oscillatoria bonnemaisonii*
79	多变鱼腥藻	*Anabaena variabilis*
金藻门 *Chrysophyta*		
80	六刺硅鞭藻八角变种	*Dictychphyceae speculum* v.*octonarium*

附录II 浮游动物名录

2021 年 4 月		
序号	中文名	拉丁文
尾索动物 *Urochordata*		
1	异体住囊虫	*Oikopleura dioica*
2	软拟海樽	*Dolioletta gegenbauri*
刺胞动物 *Cnidaria*		
3	半口壮丽水母	*Aglaura hemistoma*
4	不列颠鲍氏水母	*Bougainvillia britannica*
5	灯塔水母	*Turritopsis nutricula*
6	海月水母	*Aurelia aurita*
7	拟细浅室水母	*Lensia subtiloides*
8	扭形爪室水母	*Chelophye contorta*
9	四手触丝水母	*Lovenella assimilis*
10	小介螅水母	*Podocoryne minima*
浮游幼体 *planktonic larva*		
11	短尾类溞状幼体	*Brachyura zoea*
12	短尾类幼体	*Brachyura larvae*
13	糠虾幼体	*Mysidacea larvae*
14	蔓足类幼体	*Cirripedia nauplius*
15	桡足类无节幼体	*Copepoda nauplius*
16	莹虾幼体	*Lucifer larvae*
17	鱼卵	*Fish eggs*
18	仔鱼	*Fish larvae*
毛颚类 *Chaetognatha*		
19	矮状箭虫	*Sagittabedfordii*
20	百陶箭虫	*Sagitta bedoti*
21	大头箭虫	*Sagitta macrocephala*
22	多变箭虫	*Sagitta decipiens*
23	多毛类幼体	*Polychaeta Larva*
24	肥胖箭虫	*Sagitta enflata*
25	六鳍箭虫	*Sagitta hexaptera*
26	龙翼箭虫	*Pterosagitta draco*
27	美丽箭虫	*Sagitta pulchra*
28	漂浮箭虫	*Sagitta planctonis*
29	琴形箭虫	*Sagitta lyra*
30	太平洋箭虫	*Sagitta pacifica*
31	新多变箭虫	*Sagitta neodecipiens*
32	正型滨箭虫	*Aidanosagitta regularris*
桡足类 *Copepods*		
33	背针胸刺水蚤	*Centropages dorsispinatus*
34	波氏袖水蚤	*Chiridius poppei*
35	伯氏平头水蚤	*Candacia bradyi*
36	叉胸刺水蚤	*Centropages furcatus*
37	大塚纺锤水蚤	*Acartia ohtsukai*
38	丹氏纺锤水蚤	*Acartia danae*
39	红纺锤水蚤	*Acartia erythraca*
40	黄角光水蚤	*Lucicutia flavicornis*

2021 年 4 月		
序号	中文名	拉丁文
41	尖额次真哲水蚤	*Subeucalanus mucronatus*
42	角三锥水蚤	*Triconia conifera*
43	近缘大眼剑水蚤	*Corycaeus affinis*
44	精致真刺水蚤	*Euchaeta concinna*
45	帽形次真哲水蚤	*Subeucalanus pileatus*
46	拟长腹剑水蚤	*Oithona similes*
47	普通波水蚤	*Undinula vulgaris*
48	强刺真哲水蚤	*Subeucalanus crassus*
49	日本猛水蚤	*Harpacticus nipponicus*
50	瘦拟哲水蚤	*Paracalanus gracilis*
51	瘦乳点水蚤	*Pleuromamma gracilis*
52	瘦歪水蚤	*Tortanus gracilis*
53	瘦新哲水蚤	*Neocalanus gracilis*
54	太平洋纺锤水蚤	*Acartia pacifica*
55	驼背隆哲水蚤	*Acrocalanus gibber*
56	椭形长足水蚤	*Calanopia elliptica*
57	弯尾叶水蚤	*Sapphirina sinuicauda*
58	微刺哲水蚤	*Canthocalanus pauper*
59	微胖大眼水蚤	*Corycaeus crassiusculus*
60	小纺锤水蚤	*Acartia negligens*
61	小枪水蚤	*Gaetanus minor*
62	小哲水蚤	*Nannocalanus minor*
63	异尾纺锤水蚤	*Acartia discaudata*
64	异尾宽水蚤	*Temora discaudata*
65	右突歪水蚤	*Tortanusdex trilobatus*
66	羽小角水蚤	*Pontellina plumata*
67	羽长腹剑水蚤	*Oithona plumifera*
68	长角隆哲水蚤	*Acrocalanus longicornis*
69	指状伪镖水蚤	*Pseudodiaptomus inopinus*
70	中华异水蚤	*Acartiella sinensis*
71	中华哲水蚤	*Calanus sinicus*
72	锥形宽水蚤	*Temora turbinata*
软甲纲类 *Malacostraca*		
73	粗糙东刺糠虾	*Orientomysis aspera*
74	亨生莹虾	*Lucifer hanseni*
75	太平洋磷虾	*Euphausia pacifica*
76	小红糠虾	*Erythrops minuta*
77	小型磷虾	*Euphausia nana*
78	长额刺糠虾	*Acanthomysis longirostris*
79	正型莹虾	*Lucifer typus*
80	中华节糠虾	*Siriella sinensis*
81	中型莹虾	*Lucifer intermedius*
枝角类 *Cladocera*		
82	鸟喙尖头溞	*Penilia avirostris*
83	长肢秀体溞	*Diaphanosoma leuchtenbergianum*
端足类 *Amphipoda*		
84	西巴似泉虫戎	*Hyperioides sibaginis*

2021 年 4 月		
序号	中文名	拉丁文
原生动物 *Protozoan*		
85	艾氏网纹虫	*Favella ehrenbergii*
86	根氏麻玲虫	*Tintinnopsis radix*
87	根状拟玲虫	*Tintinnopsis radix*
88	胶体虫	*Collozoum inerme*
89	诺氏麻玲虫	*Leprotintinnus nordquisti*
介形类 *Ostracoda*		
90	齿形海萤	*Cypridina dentata*
91	尖突海萤	*Cypridina acuminata*
92	细长真浮萤	*Euconchoecia elongata*

2021 年 9 月		
序号	中文名	拉丁名
桡足类 *Copepods*		
1	火腿许水蚤	*Schmackeriapoplesia*
2	中华哲水蚤	*Calanussinicus*
3	锥形宽水蚤	*Temoraturbinata*
4	瘦拟哲水蚤	*Paracalanusgracilis*
5	异尾平头水蚤	*Candaciadiscaudata*
6	真刺唇角水蚤	*Labidoceraeuchaeta*
7	太平洋纺锤水蚤	*Acartiapacifica*
8	丹氏纺锤水蚤	*Acartiadanae*
9	新纺锤水蚤	*Acantiasinjiensis*
10	羽状长腹剑水蚤	*Oithonaplumifera*
11	大同长腹剑水蚤	*Oithonasimilis*
12	短角长腹剑水蚤	*Oithonabrevicornis*
13	挪威小毛猛水蚤	*Microsetellanorvegica*
14	红小毛猛水蚤	*Microsetellarosea*
15	小毛猛水蚤	*Microsetellanorvegica*
16	尖额谐猛水蚤	*Euterpeacutifrons*
刺胞动物 *Cnidaria*		
17	拟浅细室水母	*Lensiasubtiloides*
18	狭室五角水母	*Muggiaeadelsmani*
19	杜氏外肋水母	*Ecopleuradumortieri*
20	耳状囊水母	*Euphysaaurata*
21	巴斯水母	*Bassiabassensis*
22	芽口枝管水母	*Proboscidactylastellata*
软甲纲类 *Cnidaria*		
23	亨生莹虾	*Luciferhanseni*
24	中型莹虾	*Luciferintermedius*
25	中华假磷虾	*Pseudeuphausiasinica*
27	长额刺糠虾	*Acanthomysislongirostris*
端足类 *Amphipoda*		
26	中华原钩虾	*Eogammarusposssjeticus*
28	游片[虫戎]	*Vibiliaviatrix*
29	棒头[虫戎]	*Rhabdosomalilljeborgi*

2021 年 9 月		
序号	中文名	拉丁名
30	裂颚蛮[虫戎]	*Lestrigonusschizogeneios*
枝角类 *Cladocera*		
31	鸟喙尖头溞	*Peniliaavirostris*
32	诺氏三角溞	*Evadnenordmanni*
33	肥胖三角溞	*Evadnetergestina*
34	长额象鼻溞	*Bosminalongirostris*
尾索动物 *Urochordata*		
35	异体住囊虫	*Oikopleuradioica*
36	小型住囊虫	*Oikopleuraparva*
37	小齿海樽	*Doliolumdenticulatum*
38	软拟海樽	*Doliolettagegenbauri*
39	悉尼海鞘	*Ascidiasydneiensis*
翼足类 *Pteropoda*		
40	蝴蝶螺	*Desmopteruspapiliochun*
41	玻杯螺	*Hyalocylixstriata*
42	锥笔帽螺	*Creseisconica*
43	角明螺	*Oxygyruskeraudreni*
浮游幼体 *planktoniclarva*		
44	仔鱼	Fishlarvae
45	短尾类溞状幼虫	Brachyurazoea
46	桡足类无节幼体	Copepodanauplius
47	蟹奴	Sacculinacarcini
48	虾蛄	Oratosquillaoratoria
毛颚动物 *Chaetognatha*		
49	肥胖箭虫	*Sagittaenflata*
	介形类	Ostracoda
50	尖尾海萤	*Cypridinaacuminata*
半索动物 *Hemichordata*		
51	多鳃孔舌形虫	*Glossobalanuspolybranchioporus*
环节动物 *Annelida*		
52	眼蚕	*Alciopinaparasitica*
节肢动物 *Arthropoda*		
53	海黾	*Halobates*sp.

附录III 大型底栖生物名录

2021 年 4 月		
序号	中文名	拉丁文
环节动物 *Annelida*		
1	寡鳃齿吻沙蚕	*Neohtys oligobranchia*
2	中华异稚虫	*Heterospio sinica*
3	丝异须虫	*Heteromastus filiformis*
4	无疣齿吻沙蚕	*Inermonephtys inermis*
5	中华内卷齿蚕	*Aglaophamus sinensis*
6	日本角吻沙蚕	*Goniada japonica*
7	盾管星虫	*Aspidosiphon sp.*
8	日本索沙蚕	*Lumbrineris japonica*
9	双齿围沙蚕	*Perinereis aibuhitensis*
10	环纹纵沟纽虫	*Lineus geniculatus*
11	长吻沙蚕	*Glycera chirori*
12	异足索沙蚕	*Lumbricomereis heeropoda*
13	不倒翁虫	*Sternaspis scutata*
软体动物 *Granulifusus kiranus*		
14	斜纹心蛤	*Cardita leana*
15	褐蚶	*Didimacar tenebrica*
16	毛蚶	*Scapharca subcrenata*
17	彩榧螺	*Oliva lspidula*
18	节织纹螺	*Nassarius hepaticus*
19	珠带拟蟹守螺	*Cerithidea cingulata*
甲壳类动物 *Arthropoda*		
20	裸盲蟹	*Typhlocarcinus nudus*
21	泥脚隆背蟹	*Carcinoplax vestita*
22	日本大眼蟹	*Macrophthalmus japonicus*
螠虫动物 *Echiura*		
23	多皱天吻螠	*Arhynchite rugosum*
24	短吻铲荚螠	*Listriolobus brevirostris*
	纽形动物	*Nemertinea*
25	环纹纵沟纽虫	*Lineus geniculatus*
棘皮动物 *Echinodermata*		
26	中华陪棘蛇尾	*Amphioplus sincus*
27	光亮倍棘蛇尾	*Amphioplus lucidus*
28	雷氏饼海胆	*Peronella lesueuri*
29	滩栖阳遂足	*Amphiura vadicola*
30	十角饼干海胆	*Laganidae decagonale*
序号	中文名	*拉丁名*
	环节动物	*Annelida*
1	拟节虫	*Praxillella Verrill*
2	缨鳃虫	*Sabella pemicillus*
3	苏羽鳃栉虫	*Listriolobus brevirostris*
4	琥珀刺沙蚕	*Neanthes succinea*
5	长须沙蚕	*Nereis longior*
6	独齿围沙蚕	*Perinereis cultrifera*
7	双齿围沙蚕	*Perineris aibuhitensis*

2021 年 4 月		
序号	中文名	拉丁文
8	独齿围沙蚕	*Peinereis cultrifera*
9	中华内卷齿蚕	*Aglaophamus sinensis*
10	日本刺沙蚕	*Neanthes japonica*
11	寡鳃齿吻沙蚕	*Nephtys oligobranchia*
12	长吻沙蚕	*Glycera chirori*
13	双唇索沙蚕	*Lumbrineris cruzensis*
	软体动物	*Granulifusus kiranus*
14	细长白樱蛤	*Praetextellina praetexta*
15	满月蛤	*Lucina edentula*
16	西格织纹螺	*Nassarius siquijorensis*
17	豆形胡桃蛤	*Leionucula faba*
18	异毛蚶	*Scapharca anomala*
	节肢动物	*Arthropoda*
19	隆线强蟹	*Eucrate crenata de Haan*
20	鲜明鼓虾	*Alpheus distinguendus*
21	泥脚隆背蟹	*Carcinoplax vestita*
22	阿氏强蟹	*Eucrate alcocki*
23	豆形短眼蟹	*Xenophthalmus pinnotheroides*
24	伍氏蝼蛄虾	*Mud shrimp*
	螠虫动物	*Echiuran*
25	短吻铲荚螠	*Listriolobus brevirostris*
	棘皮动物	*Echinodermata*
26	日本倍棘蛇尾	*Amphioplus japonicas*
27	滩栖阳遂足	*Amphiura vadicola*

2021 年 9 月		
序号	中文名	拉丁名
环节动物 *Annelida*		
1	拟节虫	*Praxillella Verrill*
2	缨鳃虫	*Sabella pemicillus*
3	苏羽鳃栉虫	*Listriolobus brevirostris*
4	琥珀刺沙蚕	*Neanthes succinea*
5	长须沙蚕	*Nereis longior*
6	独齿围沙蚕	*Perinereis cultrifera*
7	双齿围沙蚕	*Perineris aibuhitensis*
8	独齿围沙蚕	*Peinereis cultrifera*
9	中华内卷齿蚕	*Aglaophamus sinensis*
10	日本刺沙蚕	*Neanthes japonica*
11	寡鳃齿吻沙蚕	*Nephtys oligobranchia*
12	长吻沙蚕	*Glycera chirori*
13	双唇索沙蚕	*Lumbrineris cruzensis*
软体动物 *Granulifusus kiranus*		
14	细长白樱蛤	*Praetextellina praetexta*
15	满月蛤	*Lucina edentula*
16	西格织纹螺	*Nassarius siquijorensis*
17	豆形胡桃蛤	*Leionucula faba*

2021 年 9 月		
序号	中文名	拉丁名
18	异毛蚶	*Scapharca anomala*
节肢动物 *Arthropoda*		
19	隆线强蟹	*Eucrate crenata de Haan*
20	鲜明鼓虾	*Alpheus distinguendus*
21	泥脚隆背蟹	*Carcinoplax vestita*
22	阿氏强蟹	*Eucrate alcocki*
23	豆形短眼蟹	*Xenophthalmus pinnotheroides*
24	伍氏蝼蛄虾	*Mud shrimp*
螠虫动物 *Echiuran*		
25	短吻铲荚螠	*Listriolobus brevirostris*
棘皮动物 *Echinodermata*		
26	日本倍棘蛇尾	*Amphioplus japonicas*
27	滩栖阳遂足	*Amphiura vadicola*

附录IV 潮间带生物名录

2021 年 4 月					
序号	中文名	拉丁文	高潮带	中潮带	低潮带
环节动物 *Annelida*					
1	线沙蚕	*Drilonereis filum*		+	
甲壳类动物 *Arthropoda*					
2	隆背大眼蟹	*Macrophthalmus convexus*	+		
3	豆形短眼蟹	*Xenophthalmus pinnotheroides*	+	+	+
4	痕掌沙蟹	*Ocypoda stimpsoni Ortmann*	+	+	+
5	豆形拳蟹	*Pyrhila pisum*			+
6	角眼沙蟹	*Ocypoda ceratophthalma*			+
7	海蟑螂	*Ligia oceanica*	+	+	+
8	褶痕相手蟹	*Sesarma plicata*	+	+	
9	小相手蟹	*Nanosesarma minutum*	+	+	+
10	锯缘青蟹	*Scylla serrata*		+	+
11	秉氏厚蟹	*Helice pingi*		+	+
软体动物 *Granulifusus kiranus*					
12	中间拟滨螺	*Littorinopsis intermedia*	+		+
13	黄边糙鸟蛤	*Trachycardium flavum*	+		+
14	中国小铃螺	*Minolia chinensis*		+	+
15	双带楯桑椹螺	*Clypemorus bifasciatus*		+	+
16	鳞杓拿蛤	*Anomalocliscus squamosus*		+	+
17	帝汶樱蛤	*Tellina timorensis*			+
18	凸壳肌蛤	*Musculus senhousia*			+

2021 年 9 月					
序号	中文名	拉丁文	高潮带	中潮带	低潮带
节肢动物 *Arthropoda*					
1	少刺短桨蟹	*Thalamita danae*	+		
2	痕掌沙蟹	*Ocypode stimpsoni*	+	+	
3	厚壳龟藤壶	*Chelonibia testudinaria*		+	+
4	鹅颈藤壶	*Lepas anatifera*		++	+
5	隆线强蟹	*Eucrate crenata*	+		
6	角眼沙蟹	*Ocypode ceratophthalmus*	+		
7	海蟑螂	*Ligia exotica*		+	
8	蓝绿细螯寄居蟹	*Clibanarius irescens*		+	
9	平背蜞	*Gaetice depressus*		+	
软体动物 *Granulifusus kiranus*					
10	条纹隔贻贝	*Septifer virgatus*		+	+
11	星状帽贝	*Patella stellaeformis*		+	+
12	斑玉螺	*Natica tigrina*		+	
13	渔舟蜒螺	*Nerita albicilla*		+	
14	翡翠贻贝	*Perna uiridis*		+	
15	黑凹螺	*Chlorostioma nnigerrima*			+
16	咬齿牡蛎	*Ostrea mordax*		+	
17	红条毛肤石鳖	*Acanthochiton rubrolineatus*			+

附录V 游泳生物名录

2021 年 4 月			
中文名			拉丁文
甲壳纲 CRUSTACEAN			
	口足目 STOMATOPODA		
		口虾蛄	*Oratosquilla oratoria*
		猛虾蛄	*Harpiosquilla harpax*
		指虾蛄	*Hemisquilla* spp.
	十足目 DECAPODA		
		对虾科 Penaeidae	
		鹰爪虾	*Trachypenaeus curvirostris*
		中国对虾	*Fenneropenaeus chinensis*
		关公蟹科 Dorippidae	
		关公蟹	*Dorippe* spp.
		管鞭虾科 Solenoceridae	
		管鞭虾	*Solenocera crassicornis*
		馒头蟹科 Calappidae	
		逍遥馒头蟹	*Calappa philargius*
		蟳蛑科 Portunidae	
		日本蟳	*Charybdis japonica*
		锈斑蟳	*Charybdis feriatus*
		梭子蟹科 Portunidae	
		光掌蟳	*Charybdis riversandersoni*
		红星梭子蟹	*Portunus sanguinolentus*
		矛形梭子蟹	*Portunus hastatoides*
		远洋梭子蟹	*Portunus pelagicus*
		长脚蟹科 Goneplacidae	
		隆线强蟹	*Eucrate crenata*
软体类纲 CEPHALOPODA			
	八腕目 OCTOPODA		
		蛸科 Octopodidae	
		短蛸	*Octopus ocellatus*
	管鱿目 TEUTHIDA		
		枪乌贼科 Loliginidae	
		枪乌贼	*Loligo chinensis*
	乌贼目 TEUTHOIDEA		
		乌贼科 Sepiidae	
		金乌贼	*Sepia esculenta*
鱼类 FISHES			
	灯笼鱼目 MYCTOPHIFORMES		
		狗母鱼科 Synodontidae	
		多齿蛇鲻	*Saurida tumbil*
	鲽形目 PLEURONECTIFORMES		
		鳎科 Soleidae	
		卵鳎	*Solea ovata*
	鲱形目 CLUPEIFORMES		
		鳀科 Engraulidae	
		杜氏棱鳀	*Thryssa dussumieri*

2021 年 4 月	
中文名	拉丁文
中颌棱鳀	*Thryssa mystax*
鲈形目 PERCIFORMES	
鳚科 Leiognathidae	
鹿斑鳚	*Leiognathus ruconius*
带鱼科 Trichiuridae	
小带鱼	*Eupleurogrammus muticus*
鲷科 Sparide	
二长棘鲷	*Paerargyrops edita*
平鲷	*Rhabdosargus sarba*
蓝子鱼科 Siganidae	
黄斑蓝子鱼	*Siganus oramin*
鲈科 Percoidea	
细鳞鲗	*Terapon jarbua*
鲹科 Carangidae	
竹筴鱼	*Trachurus japonicus*
石首鱼科 Sciaenidae	
白姑鱼	*Argyrosomus argentatus*
皮氏叫姑鱼	*Johnius belengeri*
网纹鮸	*Miichthys miiuy*
天竺鲷科 Apogonidae	
四线天竺鲷	*Tenualosa reevesii*
细条天竺鲷	*Apogon lineatus*
鳕科 Sillaginidae	
多鳞鱚	*Sillago sihama*
鰕虎鱼科 Gobiidae	
斑尾虾虎鱼	*Amblychaeturichthys sciistius*
拉氏狼牙虾虎鱼	*Odontamblyopus rubicundus*
小头栉孔虾虎鱼	*Ctenotrypauchen chinensis*
衔鱼科 Callionymidae	
美尾衔	*Calliurichthys japonicus*
须鲷科 Mullidae	
条纹鲱鲤	*Pseudupeneus fraterculus*
鳗鲡目 ANGUILLIFORMES	
海鳝科 Muraenidae	
网纹裸胸鳝	*Gymnothorax reticularis*
康吉鳗科 Congridae	
黑尾吻鳗	*Rhynchoconger ectenurus*
鲀形目 TETRAODONTIFORMES	
鲀科 Tetraodontidae	
黄鳍马面鲀	*Thamnaconus hypargyreus*
棕斑兔头鲀	*Lagocephalus spadiceus*
鳐形目 RAJIFORMES	
团扇鳐科 Platyrhinidae	
团扇鳐	*Platyrhina sinensis*
鲉形目 SCORPAENIFORMES	
毒鲉科 Synanceiidae	
单指虎鲉	*Minous coccineus*

2021 年 4 月	
中文名	**拉丁文**
角鱼科 Triglidae	
琉球角鲂鲬	*Pterygotrigla ryukyuensis*
鲆科 Platycephalidae	
大鳞鳞鲆	*Onigocia macrolepis*
鲆	*Platycephalus indicus*
鲉科 Scorpaenidae	
鲉	*Scorpaenidae* sp.

2021 年 9 月		
序号	中文名	拉丁名
鱼类 *piscium*		
1	刺鲳	*Psenopsis anomal*
2	丽叶鲹	*Caranx kalla*
3	截尾白姑鱼	*Pennahia anea*
4	杜氏叫姑鱼	*Johnius dussumieri*
5	长颌棱鳀	*Thrissa setirostris*
6	中颌棱鳀	*Thryssa mystax*
7	斑鰶	*Konosirus punctatus*
8	鹿斑鲾	*Secutor ruconius*
9	短尾大眼鲷	*Priacanthus macracanthus*
10	二长棘鲷	*Paerargyrops edita*
11	黄鳍棘鲷	*Acanthopagrus latus*
12	斑鳍大眼鲷	*Priacanthus cruentatus*
13	中线天竺鲷	*Apogon kallopterus*
14	多齿蛇鲻	*Saurida tumbil*
15	青鳞小沙丁鱼	*Sardinella zunas*
16	黄带副绯鲤	*Parupeneus chrysopleuron*
17	孔鰕虎鱼	*Trypauchen vagina*
18	钝鲟	*Sphyraena obtusata*
19	小带鱼	*Eupleurogrammus muticus*
20	竹荚鱼	*Trachurus japonicus*
21	细纹鲾	*Leiognathus berbis*
22	棕斑腹刺鲀	*Gastrophysus spadiceus*
23	褐菖鲉	*Sebastiscus marmoratus*
24	黑边天竺鲷	*Apogon ellioti*
25	长条蛇鲻	*Saurida elongata*
26	沙带鱼	*Lepturacanthus savala*
甲壳类 *Crustacea*		
27	斑节对虾	*Penaeus monodon*
28	中国明对虾	*Fenneropenaeus chinensis*
29	周氏新对虾	*Metapenaeus joyneri*
30	鹰爪虾	*Trachypenaeus curvirostris*
31	中华管鞭虾	*Solenocera crassicornis*
32	条尾近虾蛄	*Anchisquilla fasciata*
33	日本猛虾蛄	*Harpiosquilla japonica*
34	长叉三宅虾蛄	*Miyakea holoschista*

2021 年 9 月		
序号	中文名	拉丁名
35	猛虾蛄	*Harpiosquilla harpax*
36	伍氏平虾蛄	*Erugosquilla grahami*
37	断脊小口虾蛄	*Oratosquilla fabricii*
38	晶莹蟳	*Charybdis lucifera*
39	锈斑蟳	*Charybdis feriatus*
40	日本蟳	*Charybdis japonica*
41	武士蟳	*Charybdis miles*
42	光掌蟳	*Charybdis riversandersoni*
43	红星梭子蟹	*Portunus sanguinolentus*
44	远海梭子蟹	*Portunus pelagicus*
45	矛形梭子蟹	*Portunus hastatoides*
46	阿氏强蟹	*Eucrate alcocki*
47	厦门银杏蟹	*Actaea amoyensis*
48	日本关公蟹	*Dorippe japonica*
49	颗粒关公蟹	*Dorippe granulata*
软体动物 *Granulifusus kiranus*		
50	短蛸	*Octopus ocellatus*
51	日本枪乌贼	*Loligo japonica*
52	太平洋褶柔鱼	*Todarodes pacificus*
53	波纹巴非蛤	*Paphia undulata*
54	翡翠贻贝	*Perna viridis*
55	毛蚶	*Scapharca subcrenata*