珠海市海洋生态保护修复项目环境影响报告书

（送审稿）

建设单位：珠海市金湾区联港基础投资有限公司

编制单位：北京地海环保科技有限公司

二〇二三年一月

目 录

1 总论 1

1.1 评价任务由来与评价目的 1
1.2 报告书编制依据 4
1.3 环境功能区划 10
1.4 评价标准 25
1.5 评价等级与评价范围 29
1.6 评价内容与评价重点 34
1.7 环境保护目标和环境敏感目标 35

2 工程概况 44

2.1 项目建设内容 44
2.2 项目建设必要性 46
2.3 工程总平面布置 50
2.4 相关工程概况 54
2.5 修复工程内容 59
2.6 安全保障及自动监管工程 74
2.7 临时工程 83
2.8 施工方案 84
2.9 土石方平衡 92
2.10 项目占地情况 94

3 工程分析 96

3.1 生产工艺与过程分析 96
3.2 工程各阶段产污环节分析 101
3.3 污染源强分析 102
3.4 工程非污染环境影响分析 109
3.5 环境影响要素识别和评价因子筛选 110

4 区域环境概况 112

4.1 自然环境概况 112
4.2 海洋资源概况 142
4.3 项目所在海域用海权属情况 156
4.4 主要环境敏感目标概况 160

5 海洋环境质量现状调查与评价 165

5.1 水文动力环境现状调查与评价 165
5.2 地形地貌与冲淤环境现状调查与评价 188
5.3 海水水质现状调查及评价 193
5.4 海洋沉积物现状调查与评价 210
5.5 海洋生态现状调查与评价 216
5.6 海洋生物质量现状调查与评价 235
5.7 渔业资源现状调查及评价 238
5.8 项目区红树林现状调查 255
5.9 鸟类资源现状调查 283

6 环境影响预测分析与评价 291

6.1 水文动力环境影响预测与评价 291
6.2 地形地貌与冲淤环境影响预测与评价 305
6.3 水质环境影响预测与评价 312
6.4 海洋沉积物环境响预测与评价 318
6.5 海洋生态环境影响分析与评价 318
6.6 陆域环境影响分析 326
6.7 对环境敏感目标的影响分析 329
6.8 对周边海域开发活动的影响 338

7 环境风险分析与评价 340

7.1 评价目的及依据 340
7.2 风险识别及影响分析 340
7.3 事故概率与源项分析 342
7.4 溢油影响预测分析 344
7.5 风险防范及应急措施 373
7.6 风险事故应急预案 375
7.7 环境风险综合分析评价 385

8 总量控制 386

8.1 污染物总量控制原则 386
8.2 污染物总量控制方法 386
8.3 污染物排放总量控制指标的建议 387

9 环境保护对策措施 388

9.1 污染环境保护对策措施 388
9.2 生态保护对策措施 392

9.3 环境保护对策措施和设施一览表 395

10 环境保护的技术经济合理性 398

10.1 环保投资估算 398
10.2 环境损益分析 399
10.3 社会经济效益分析 401
10.4 环境经济损益综合分析 401

11 工程环境可行性分析 402

11.1 与产业政策符合性 402
11.2 项目与“三线一单”生态环境分区管控要求符合性分析 402
11.3 主体功能区规划 406
11.4 海洋功能区划的符合性 407
11.5 与生态保护红线符合性分析 409
11.6 与其他相关规划的符合性 415
11.7 项目与水利建设项目环评审批原则符合性分析 422
11.8 项目选址环境合理性分析 426

12 环境管理与环境监测 427

12.1 环境管理 427
12.2 环境监理 428
12.3 环境监测计划 430

13 环境影响评价结论 434

13.1 工程分析结论 434
13.2 环境现状调查结论 434
13.3 环境影响评价结论 439
13.4 环境风险分析与评价结论 440
13.5 环境保护措施的合理性、可行性结论 440
13.6 规划区划的符合性 440
13.7 公众参与结论 441
13.8 建设项目环境可行性结论 441

参考文献 442

1 总论

1.1 评价任务由来与评价目的

1.1.1 评价任务由来

珠海市区位优越，濒临南海，东与香港水路相距 36 海里，南与澳门陆地相连，港珠澳大桥竣工后，珠海成为内地唯一与香港、澳门同时陆路相连的城市。珠海是我国重要的口岸城市，设有拱北、横琴、珠澳跨境工业区 3 个陆运口岸，九洲港、湾仔港轮渡客运、珠海港、斗门港、万山港 5 个水运口岸，共 8 个国家一类口岸，是仅次于深圳的中国第二大口岸城市。截至 2020 年末，土地面积为 1736.45 平方公里；常住人口 244.96 万人，人口城镇化率 90.47％。2020 年，全市实现地区生产总值 3481.94 亿元，同比增长 3.0％。一般公共预算收入 379.13 亿元，比上年增长 10.1％。

金湾区地理位置十分优越，位于珠海市西南端、珠江鸡啼门至虎跳门出海口之间，东临三灶镇，与澳门隔海相望，东北接红旗镇、斗门区，东南、西南临南海，由高栏、南水两个半岛和三角山、荷包、大杧等 18 个海岛及黄茅海东部沿岸陆域和海域组成，开发总面积 380 平方公里；距离香港、澳门分别为 45 海里和 11 海里，最南端泊位距离国际主航道仅 1 海里。

2017 年 8 月 23 日强台风“天鸽”正面登陆珠海市，珠海市部分水文站点出现超历史最高潮位。“天鸽”不但带来极具破坏性的风力，而且其风暴潮叠加天文大潮更引致珠江口地区多处严重淹水，珠海的灾情尤其严峻，成为历史上最惨重的风灾。台风过后沿海低洼地区遭受不同程度海水倒灌、漫灌和水浸，直接经济损失达 200 亿元。8 月 27 日台风“帕卡”掠过珠海金湾区在台山市登陆，登陆中心附近最大风力 12 级，珠海市时隔 3 天再次发出台风红色预警信号和暴雨橙色预警信号；9 月 3 日晚台风“玛娃”在广东陆丰市登陆，台风过境期间，珠海市发出暴雨红色预警，9 月 4 日晨珠海市遭受严重城市内涝。短短 13 天内遭受 3 次台风连续袭击，珠海市各类市政基础设施、工农业生产等行业遭受严重损失破坏。2018 年 9 月 16 日，强台风“山竹”再次登陆广东，造成全省 21 个市 115 个县（市、区）835 个乡镇受灾，受灾人口

273.97 万人，直接经济损失 108.63 亿元。“山竹”强台风中心与珠海市距离较近，多个水文站点最高潮位突破了历史记录，由于 2017 年“天鸽”台风损毁的很多海堤尚在修复过程中，本次台风造成多处海堤受损，且多处海堤被海水漫灌。连续两年强台风均对珠海造成较大影响，充分暴露出珠海市现状海堤防潮减灾能力已经不能满足社会经济发展需要。因此，提高自然灾害防治能力，实施海岸带保护修复工程刻不容缓。

2020 年 2 月自然资源部、水利部、发展改革委、财政部共同制定了《海岸带保护修复工程工作方案》，贯彻落实习近平总书记 2018 年 10 月 10 日在中央财经委员会第三次会议上的讲话精神，切实推进海岸带保护修复工程，指导各临海省份落实实施。

2021 年 4 月，《珠海市海洋生态保护修复项目实施方案》（以下简称《实施方案》）编制完成，建设内容为对鸡啼门入海口的三段堤防（平沙东堤、烂柴角海堤和红旗堤）进行海堤生态化建设，包括潮间带、海堤结构带和陆域缓冲带三部分。2021 年 4 月 27 日中华人民共和国财政部下发了《财政部关于下达 2021 年海洋生态保护修复资金预算的通知》（财资环〔2021〕23 号），明确了对珠海市海洋生态保护修复项目的绩效考核目标。

2021 年 5 月，广东元信达能源技术服务有限公司编制完成本项目可行性研究报告， 2021 年 6 月，项目可研报告获珠金发改投【2021】44 号文批复。

2021 年 7 月，中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司中标该项目的勘察、工程设计、工程施工总承包、科学研究实验专题报告等，并于 2021 年 11 月编制完成《珠海市海洋生态保护修复项目初步设计报告（送审稿）》，设计工程内容为修复海岸带 11.575km，包括修复仿岩质潮间带生态海岸线、修复红树林-盐沼生态海岸线，同时建设安全保障及自动监管工程。

2021 年 12 月，水利部珠江水利委员会对本项目有关情况进行通报，明确“为保障鸡啼门水道河势稳定和泄洪纳潮安全，该项目应按不超出规划治导线进行布局”。经与珠委确认，烂柴角段海堤紧邻鸡啼门水道一段（长度约 1.5km）规划治导线基本与原现状防浪墙外侧重合，如在烂柴角段海堤实施修复工程则超出规划治导线。此外，原设计方案中平沙东堤侧红树林部分种植区域超出规划治导线。

2022 年 7 月 11 日，《金湾区市级海洋生态保护修复项目工作推进会议纪要》（区政府工作会议纪要〔2022〕158 号）“鉴于原实施方案超越鸡啼门水道防洪规划治导

线并受 2019 年新修测海岸线调整影响，需对部分红树林种植、仿岩质潮间带实施地点进行调整”，“对于拟在东大堤实施仿岩质潮间带修复的内容，珠海市金湾区联港基础投资有限公司要与珠江水利委充分沟通并取得同意后正式提出方案调整”。根据上述会议纪要，基本确定在东大堤外侧实施仿岩质潮间带。

同时，2022 年 8 月 8 日，《区农业农村水务工作专题会议纪要》（区政府工作会议纪要〔2022〕176 号）“会议原则同意取消实施南水镇外海堤加固工程提升工程（烂柴角和大箕湾堤段）”。

根据上述会议情况，本项目设计方案在原方案基础上进行了调整，调整后项目主要对鸡啼门入海口两侧堤防（平沙东堤、红旗堤）和珠海高栏港经济区西滩片区东大堤的堤前带进行生态修复，海堤堤身带的建设仍由其他工程实施。

本工程实施过程中涉及抛石、清淤及覆土垫高等涉水作业，项目实施后还可能对项目区现状冲淤环境产生一定的影响。根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令第 682 号）等法律的要求，本项目须执行环境影响评价制度。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 版），本项目属于“158 海洋生态修复工程——工程量在 10 万立方米及以上的清淤、滩涂垫高等工程”，且工程位于海洋生态保护红线范围，应编制环境影响报告书。

2021 年 7 月，受珠海市金湾区联港基础投资有限公司委托，我公司（即北京地海环保科技有限公司）承担了本项目的环境影响评价工作。接受委托后，我公司组织项目组成员进行了项目现场踏勘和资料收集，按照相关法律法规和技术导则要求，针对本项目原设计方案，在工程分析和环境影响识别的基础上，对工程实施环境影响开展了预测分析，并提出了有针对性的环境保护对策措施，并于 2022 年 2 月编制完成了基于原设计方案的《珠海市海洋生态保护修复项目环境影响报告书》（送审稿）。2022 年 3 月 3 日，珠海市生态环境技术中心在珠海市主持召开了《珠海市海洋生态保护修复项目环境影响报告书》专家评审会。会后，本项目设计方案在原方案基础上进行了调整，直至 2022 年 12 月，工程设计方案基本完成调整工作。

本次针对调整后工程设计方案，在原方案环境影响评估基础上进行必要补充评价，形成基于调整后设计方案的《珠海市海洋生态保护修复项目环境影响报告书》（送审稿），拟作为生态环境行政主管部门审批项目的依据。

1.1.2 评价目的

本次环境影响评价工作的目的是从保护海洋环境、维护海洋生态平衡、推进海洋生态文明建设及严格控制新污染的角度出发，分析工程建设期间的主要排污源及其对周围海洋环境可能造成的影响。通过海洋环境影响预测及评价，评估项目建设对所在海洋环境的影响程度，评估其对环境敏感目标的影响程度，提出相应的减轻不利影响的环保对策措施、环境管理与监测计划，同时针对工程建设过程中潜在的突发环境风险事故，提出风险防范措施及应急处置措施要求，明确环境影响的可行性结论，为生态环境主管部门审批该用海项目提出决策依据，从而力争把工程建设所带来的环境不利影响降到最低程度，提高修复工程实施全过程的生态效益。

1.1.3 评价对象

本报告环境影响评价对象为“珠海市海洋生态保护修复项目”，项目对鸡啼门入海口两侧堤防（平沙东堤、红旗堤）和珠海高栏港经济区西滩片区东大堤的堤前带进行生态修复。海堤堤身带的建设由其他工程实施，其他工程分别为“珠海市金湾区乾务赤坎大联围平沙段海堤百年一遇达标加固工程（平沙东堤）”、“小林联围金湾段百年一遇防潮洪提升工程（红旗段）”、“高栏港石化区东大堤百年一遇达标加固工程”。以上三个海堤的提升加固工程另行开展环评，不在本次评价范围内。

1.2 报告书编制依据

1.2.1 法律法规与部门规章

（1）《中华人民共和国环境保护法》，第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议通过修订，2015 年 1 月 1 日起施行；

（2）《中华人民共和国海洋环境保护法》，2017 年 11 月 4 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议修订；

（3）《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议修正；

（4）《中华人民共和国海域使用管理法》，第九届全国人民代表大会常务委员会第二十四次会议通过，2002 年 1 月 1 日起施行；

（5）《中华人民共和国防洪法》，2016 年 7 月 2 日第十二届全国人民代表大会常

务委员会第二十一次会议修正；

（6）《中华人民共和国渔业法》，2013 年 12 月 28 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第六次会议修订；

（7）《中华人民共和国海上交通安全法》，2016 年 11 月 7 日全国全国人民代表大会常务委员会修订；

（8）《中华人民共和国土地管理法》，2019 年 8 月 26 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第十二次会议修正，2020 年 1 月 1 日起施行；

（9）《中华人民共和国水污染防治法》，2017 年 6 月 27 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议修订；

（10）《中华人民共和国大气污染防治法》，2018 年 10 月 26 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第六次会议修改；

（11）《中华人民共和国环境噪声污染防治法》，2018 年 12 月 29 日，第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议修改；2021 年 8 月 17 日在第十三届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议修订；

（12）《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 4 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第十七次会议第二次修订，2020 年 9 月 1 日起施行；

（13）《中华人民共和国清洁生产促进法》，2012 年 2 月 29 日第十一届人大常委会第二十五次会议修订，2012 年 7 月 1 日起施行；

（14）《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，2021 年 12 月修改；

（15）《建设项目环境保护管理条例》，2017 年 6 月 21 日国务院第 177 次常务会议通过修订，2017 年 10 月 1 日起施行；

（16）《建设项目分类管理名录》（2021 版），生态环境部，部令第 16 号；

（17）《海岸线保护与利用管理办法》，国家海洋局，2017 年 3 月；

（18）《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 日修正；

（19）《中华人民共和国防治船舶污染海洋环境管理条例》，国务院，国务院令第 561 号，2010 年 3 月 1 日起施行，2017 年 3 月 1 日根据《国务院关于修改和废止部分行政法规的决定》第五次修订；

（20）《中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染海洋环境污染防治管理规

定》，交通运输部 2017 年 5 月 17 日经第 8 次会议修订；

（21）《中华人民共和国水上水下活动通航安全管理规定》，交通运输部 2016 年 8 月 31 日 19 次会议修订；

（22）《国务院关于印发中国水生生物资源养护行动纲要的通知》（国发[2006]9 号）；

（23）《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》，原环境保护部，环发〔2013〕86 号；

（24）广东省环境保护厅 广东省海洋与渔业局转发《环境保护部 农业部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》（粤环[2013]71 号）

（25）《中华人民共和国野生动物保护法》，2018 年 10 月 26 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第六次会议修正；

（26）《中华人民共和国防治陆源污染物污染损害海洋环境管理条例》，国务院，国务院令第 61 号，1990 年 8 月 1 日实施；

（27）《近岸海域环境功能区管理办法》，原国家环保总局，原国家环保总局第 8 号令，1999 年 12 月 10 日实施；

（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 日起施行；

（29）《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》，中共中央办公厅，国务院办公厅印发，2017 年 2 月 7 日；

（30）《关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见》（中办发〔2019〕48 号），2019 年 10 月 25 日印发；

（31）《自然资源部办公厅关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函〔222〕2207 号），2022 年 10 月 14 日印发；

（32）《关于船舶污染物接收处理作业有关事宜的通知》，粤海海事危〔2004〕8 号；

（33）《关于印发船舶大气污染物排放控制区实施方案的通知》，交通运输部，交海发〔2018〕168 号。

1.2.2 地方法规及规范性文件

（1）《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七次会议修改；

（2）《广东省实施〈中华人民共和国海洋环境保护法〉办法》， 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修改；

（3）《广东省海域使用管理条例》，广东省第十届人民代表大会常务委员会第二十九次会议通过，2007 年 3 月 1 日起施行；

（4）《广东省海域使用管理规定》，2021 年 9 月 29 日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第三十五次会议通过修改；

（5）《广东省湿地保护条例》2020 年 11 月 27 日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第二十六次会议修订；

（6）《广东省渔业管理条例》，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正；

（7）《广东省珠江三角洲大气污染防治办法》，广东省人民政府令第 134 号，自 2009 年 5 月 1 日起施行）；

（8）广东省实施《中华人民共和国环境噪声污染防治法》办法（2018 年 11 月 29 修订）；

（9）《广东省固体废物污染环境防治条例》（2019 年 3 月 1 日施行）；

（10）《广东省主体功能区产业发展指导目录（2014 年本）》；

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

（12）珠海市人民政府关于印发珠海市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知（珠府〔2021〕38 号）。

（13）《珠海经济特区生态文明建设促进条例》，广东省人大常务委员会；2020 年 3 月 31 日起实施；

（14）《珠海市产业发展导向目录（2020 年本）》；

（15）《珠海市环境保护条例》（2020 修正）；

（16）《珠海市防治扬尘污染管理办法》（自 2016 年 11 月 1 日起施行）；

（17）珠海市人民政府关于印发《珠海市打赢蓝天保卫战实施方案（2019-2020 年）》的通知（珠府函〔2019〕217 号）；

（18）珠海市金湾区人民政府印发《珠海市金湾区城市建筑垃圾管理暂行办法》的通知（珠金府办〔2008〕62号）。

1.2.3 功能区划与相关规划

（1）《全国主体功能区规划》，国务院，国发〔2010〕46号；

（2）《全国海洋主体功能区规划》，国务院，国发〔2015〕42号；

（3）《全国海洋功能区划（2011-2020年）》，国家海洋局，2012年4月；

（4）《“十四五”海洋生态环境保护规划》（环海洋〔2022〕4号），2022年1月7日印发；

（5）《粤港澳大湾区发展规划纲要》，中共中央、国务院，2019年2月；

（6）《珠江三角洲地区改革发展规划纲要（2008-2020）》；

（7）《珠三角地区水鸟生态廊道建设规划（2020-2025年）》，广东省林业局，2020年7月；

（8）《广东省主体功能区规划》，广东省人民政府，粤府〔2012〕120号；

（9）《广东省海洋主体功能区规划》，广东省人民政府，粤府函〔2017〕359号；

（10）《广东省海洋功能区划（2011-2020）》，广东省人民政府，粤府〔2013〕9号；

（11）《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68号）；

（12）《广东省地表水环境功能区划》（粤环〔2011〕14号）；

（13）《广东省环境保护规划纲要（2006-2020年）》；

（14）《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》，广东省人民政府、国家海洋局粤府[2017]120号；

（15）《广东省生态环境保护“十四五”规划》，广东省生态环境厅，粤环〔2021〕10号；

（16）《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》（粤环〔2022〕7号），2022年4月27日印发；

（17）《广东省沿海护林体系建设工程规划》（2016-2025年）；

（18）《广东省生态海堤建设“十四五”规划》；

（19）《珠海市城市总体规划（2001-2020）》；

（20）《珠海市主体功能区规划》；

（21）《珠海市海洋功能区划（2015-2020 年）》（粤府函〔2018〕96 号）；

（22）《珠海市环境空气质量功能区》（2011 年 11 月）；

（23）《珠海市声环境功能区区划》（2020 年 12 月）；

（24）《珠海市固体废物污染防治“十四五”规划》，（2021 年 8 月）；

（25）《珠海市碧道建设总体规划》（2020-2035 年）；

（26）《珠海市生态环境保护暨生态文明建设“十四五”规划》（珠府〔2022〕10 号）。

1.2.4 技术规范与标准

（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）《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）；

（4）《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ 2.3-2018）；

（5）《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）；

（6）《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2011）；

（7）《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ 169-2018)；

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

（9）《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》（2002 年 4 月）；

（10）《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（海洋出版社，1986 年 3 月 1 日）；

（11）《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）；

（12）《海洋调查规范》(GB12763-2007)；

（13）《海洋监测规范》(GB1738-2007)；

（14）《海水水质标准》（GB3097-1997）；

（15）《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）；

（16）《海洋生物质量》（GB18421-2001）；

（17）《船舶水污染物排放控制标准》（GB 3552-2018）；

（18）《船舶大气污染物排放控制区实施方案》；

（19）《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；

（20）《声环境质量标准》（GB3096-2008）；

（21）《大气污染物排放限值》（DB44/27-2001）；

（22）《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）；

（23）《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）；

（24）《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）。

1.2.5 工程技术文件

（1）《珠海市海洋生态保护修复项目初步设计报告》（送审稿），中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司，2021 年 11 月；

（2）《珠海市海洋生态保护修复项目方案调整报告》，中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司，2022 年 12 月；

（3）《珠海市金湾区乾务赤坎大联围平沙段海堤百年一遇达标加固工程（平沙东堤）初步设计报告》（报批稿），湖北省水利水电规划勘测设计院，2021 年 6 月；

（4）《小林联围金湾段百年一遇防潮洪提升工程（红旗段）初步设计报告（报批稿），广东省水利电力勘测设计研究院有限公司，2021 年 5 月；

（5）《珠海市海洋生态保护修复项目（初步设计阶段）岩土工程勘察报告》，中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司，2021 年 10 月；

（6）建设单位和设计单位提供的其他相关技术资料。

1.3 环境功能区划

1.3.1 海洋功能区划

1.3.1.1 广东省海洋功能区划

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，本项目所在海域的海洋功能区划为“鸡啼门保留区”，紧邻“大平湾工业与城镇用海区”。此外，评价范围内邻近海域的海洋功能区划包括 “木乃南工业与城镇用海区”、“三灶工业与城镇用海区”、“湛江-珠海近海农渔业区”及“高栏岛东部旅游休闲娱乐区”等。

项目所在海域海洋功能区划见图 1.3-1 所示。本项目所在及邻近海域的海洋功能区登记表见表 1.3-1 和表 1.3-2 。

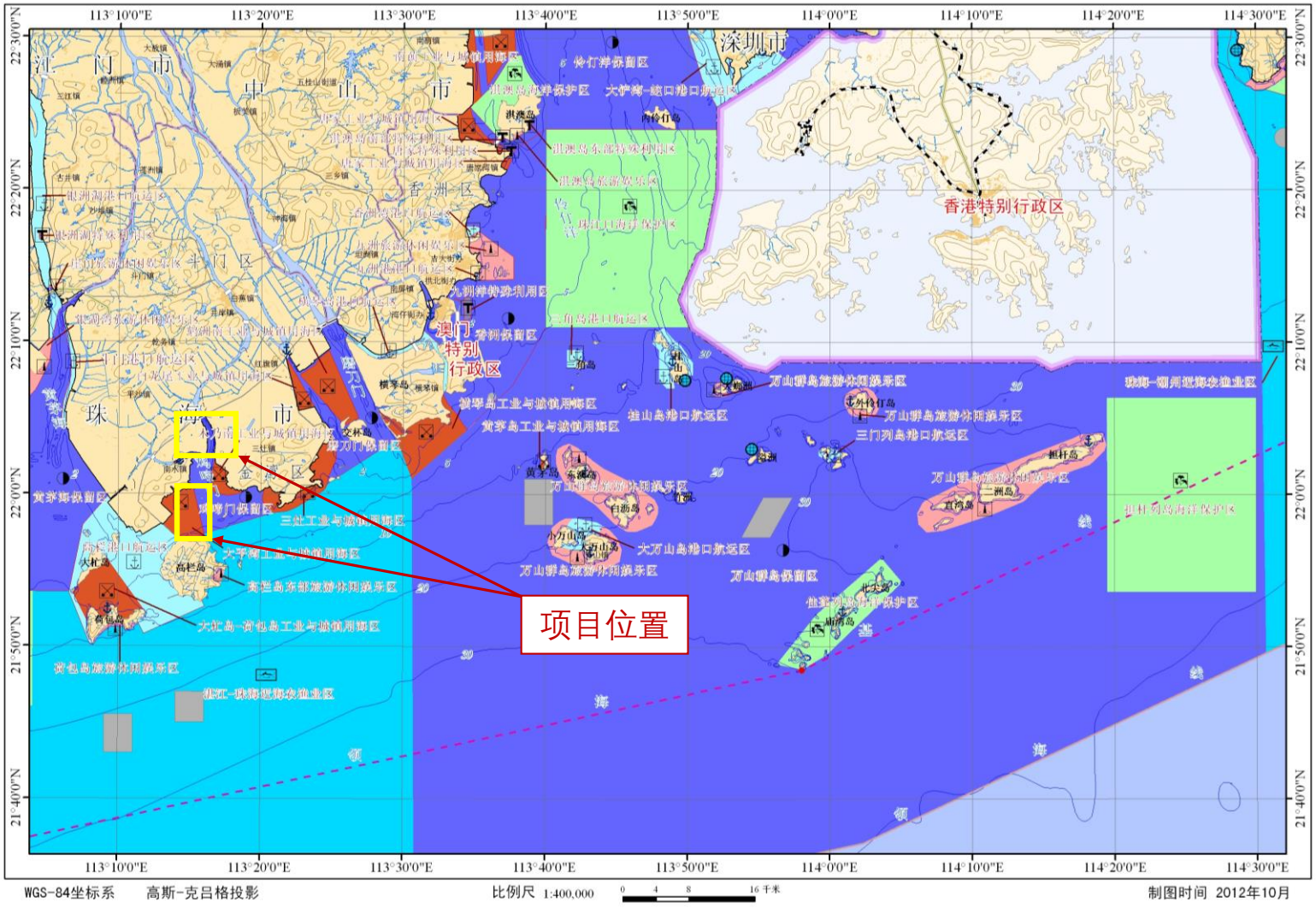


图 1.3-1 广东省海洋功能区划图—珠海

表 1.3-1 项目所在海域海洋功能区划登记表

序号	代码	功能区名称	地区	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
66	A8-7	鸡啼门保留区	珠海市	东至:113°20′54″ 西至:113°13′54″ 南至:21°57′23″ 北至:22°05′09″	保留区	4930 27737	1. 维护鸡啼门海域防洪纳潮功能，维护海上交通安全； 2. 通过严格论证，合理安排相关开发活动。	1. 保护鸡啼门生态环境； 2. 海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量等维持现状。

表 1.3-2 项目周边及邻近海域海洋功能区划登记表

序号	代码	功能区名称	地区	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
65	A3-12	大平湾工业与城镇用海区	珠海市	东至:113°16′04″ 西至:113°12′59″ 南至:21°56′51″ 北至:22°00′31″	工业与城镇用海区	2300 10464	1.相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海； 2.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； 3.维护鸡啼门海域防洪纳潮功能； 4.加强对围填海的动态监测和监管。	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。
67	A3-13	木乃南工业与城镇用海区	珠海市	东至:113°18′42″ 西至:113°16′31″ 南至:21°59′54″ 北至:22°02′22″	工业与城镇用海区	704 7465	1.相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海； 2.保障游艇产业园建设用海需求； 3.维护鸡啼门海域防洪纳潮功能； 4.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； 5.工程建设期间采取有效措施降低对周边功能区的影响； 6.加强对围填海的动态监测和监管。	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。
68	A3-14	三灶工	珠	东至:113°25′16″	工业与	2182 26401	1.相适宜的海域使用类型为造地工程用海、	执行海水水质三类标准、海洋沉

序号	代码	功能区名称	地区	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
		业与城镇用海区	海市	西至:113°20′07″ 南至:21°58′46″ 北至:22°03′51″	城镇用海区		工业用海； 2.保障航空产业园、防灾减灾体系建设用海需求； 3.适当保障金沙滩旅游娱乐用海需求； 4.保护金沙滩砂质海岸； 5.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； 6.工程建设期间采取有效措施降低对周边功能区的影响； 7.加强对围填海的动态监测和监管。	积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准。
202	B5-9	高栏岛东部旅游休闲娱乐区	珠海市	东至:113°17′30″ 西至:113°16′28″ 南至:21°54′00″ 北至:21°55′08″	旅游休闲娱乐区	188	1.相适宜的海域使用类型为旅游娱乐用海； 2.禁止炸岛等破坏性活动； 3.保护飞沙湾砂质海岸，禁止在海滩上建设永久性构筑物； 4.依据生态环境的承载力，合理控制旅游开发强度。	1.保护高栏岛东部海域生态环境； 2.生产废水、生活污水须达标排海； 3.执行海水水质二类标准、海岸沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。
160	B1-1	湛江-珠海近海农渔业区	珠海市	东至:113°30′50″ 西至:109°24′50″ 南至:20°07′01″ 北至:22°03′37″	农渔业区	3053896	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、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。

1.3.1.2 珠海市海洋功能区划

根据《珠海市海洋功能区划》（2015-2020 年），项目所在海域海洋功能区与广东省海洋功能区大致相同，本项目位于“鸡啼门保留区”，紧邻“大平湾工业与城镇用海区”，周边海域海洋功能区包括：“木乃南工业与城镇用海区”、“三灶工业与城镇用海区”及“珠海南部捕捞区”、“高栏岛东部文体休闲娱乐区”等，具体分布见图 1.3-2 。本项目所在及邻近海域的海洋功能区登记表见表 1.3-3 ~表 1.3-6。

珠海市海洋功能区划示意图

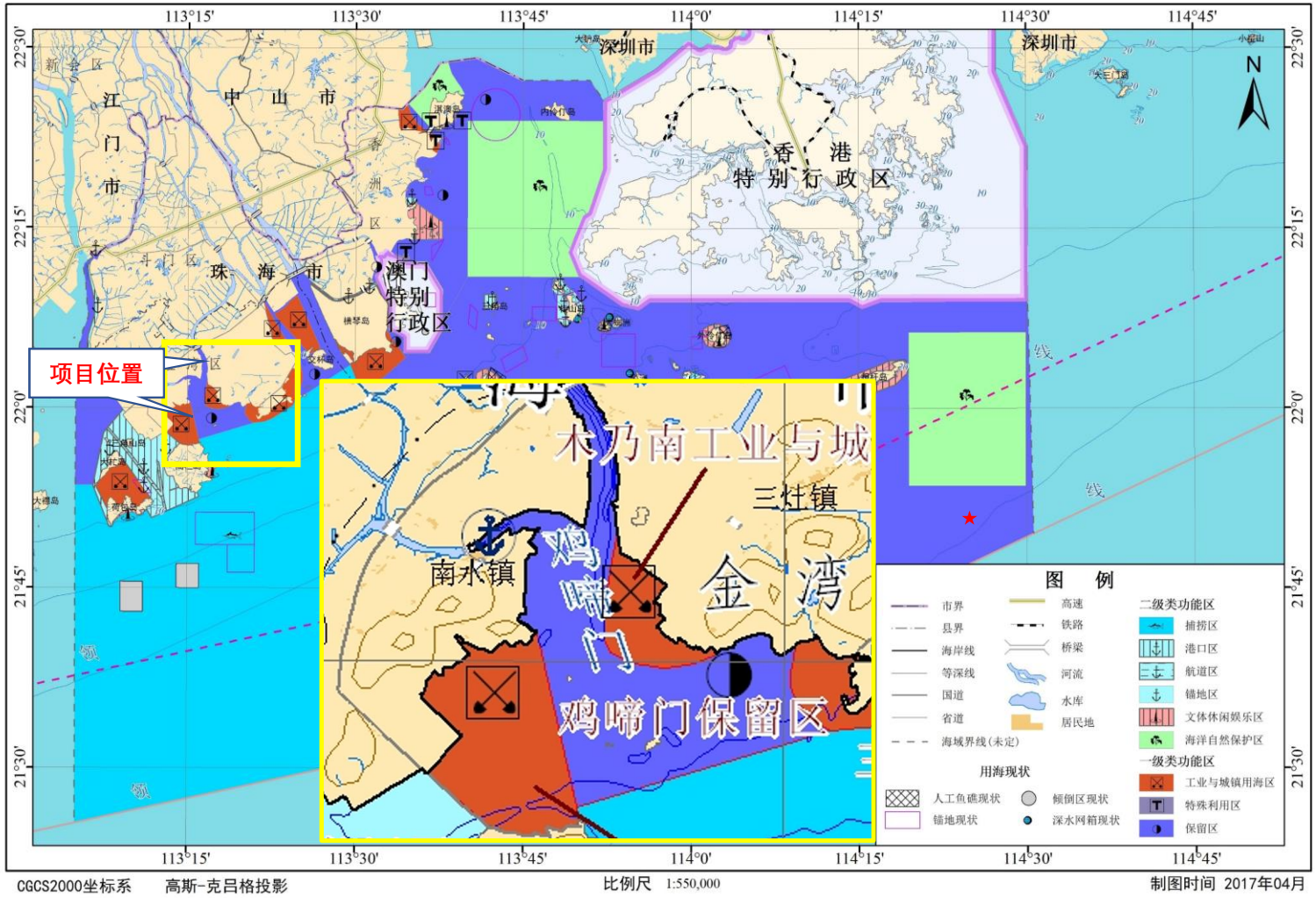


图 1.3-2 珠海市海洋功能区划图

表 1.3-3a 项目所在海域海洋功能区划登记表

功能区名称		鸡啼门保留区		
所属一级类功能区名称		鸡啼门保留区	一级类功能区代码	A8-7
地理范围		东至:113°20′54″ 西至:113°13′54″南至:21°57′23″ 北至:22°05′09″		
面积（公顷）		4930	岸线长度（米）	27737
开发利用现状		1. 北部建有鸡啼门大桥；		
		2. 鸡啼门大桥下游西侧沿岸分布有养殖，东侧建有粮库 500 吨自备码头；		
		3. 南水沥南部沿岸建有南水渔港，南水河沿岸分布有围海养殖；		
		4. 细箕湾至高栏岛北部海域有大面积牡蛎养殖；		
		5. 区内现有鸡啼门出海航道。		
海域管理要求	用途管制	1. 保障鸡啼门航道用海；		
		2. 通过论证合理安排相关开发活动。		
	用海方式控制	严格限制改变海域自然属性。		
	整治修复	综合整治鸡啼门河口海域水环境，清理侵占航道的养殖活动，改善和维持河口海域纳潮、排洪、通航等功能，整治修复岸线长度不少于 5 千米。		
海洋环境保护要求	生态保护重点目标	保护鸡啼门生态环境。		
	环境保护	海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量等维持现状。		
其他管理要求		维护鸡啼门海域防洪纳潮功能，维护海上交通安全。		

表 1.3-3b 项目紧邻及周边海域海洋功能区划登记表

功能区名称	大平湾工业与城镇用海区		
所属一级类功能区名称	大平湾工业与城镇用海区	一级类功能区代码	A3-12
地理范围	东至:113°16′04″ 西至:113°12′59″南至:21°56′51″ 北至:22°00′31″		
面积（公顷）	2300	岸线长度（米）	10464
开发利用现状	1. 海域西侧已建有高栏大堤连接高栏岛与大陆；		

		2. 本区海域已大部分围填成陆。
海域管理要求	用途管制	相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海。
	用海方式控制	1. 允许适度改变海域自然属性；
		2. 优化围填海平面布局，节约集约利用海域资源。
	整治修复	加强填海后堤岸的加固工作。
海洋环境保护要求	生态保护重点目标	
	环境保护	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。
其他管理要求		1. 维护鸡啼门海域防洪纳潮功能；
		2. 加强对围填海的动态监测和监管。

表 1.3-4 项目周边海域海洋功能区划登记表

功能区名称		木乃南工业与城镇用海区		
所属一级类功能区名称		木乃南工业与城镇用海区	一级类功能区代码	A3-13
地理范围		东至:113°18′42″ 西至:113°16′31″ 南至:21°59′54″ 北至:22°02′22″		
面积（公顷）		704	岸线长度（米）	7465
开发利用现状		1. 本区西侧已建小林联围；		
		2. 沿岸分布有围海养殖。		
海域管理要求	用途管制	相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海。		
	用海方式控制	1. 允许适度改变海域自然属性；		
		2. 优化围填海平面布局，节约集约利用海域资源。		
	整治修复	美化海岸带景观。		
海洋环境保护要求	生态保护重点目标			
	环境保护	1. 工程建设期间采取有效措施降低对周边功能区的影响； 2. 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。		
其他管理要求		1. 维护鸡啼门海域防洪纳潮功能；2. 加强对围填海的动态监测和监管。		

表 1.3-5 项目周边海域海洋功能区划登记表

功能区名称		三灶工业与城镇用海区		
所属一级类功能区名称		三灶工业与城镇用海区	一级类功能区代码	A3-14
地理范围		东至:113°25′16″ 西至:113°20′07″南至:21°58′46″ 北至:22°03′51″		
面积（公顷）		2182	岸线长度（米）	26401
开发利用现状		1. 黑沙湾东北侧已建有三灶渔港；		
		2. 近岸分布有浅海滩涂养殖；		
		3. 三灶南侧沙滩已建有旅游区。		
海域管理要求	用途管制	1. 相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海；		
		2. 保障航空产业园、防灾减灾体系建设用海需求，优先保障军事用海需求，不得对军事活动产生影响；		
		3. 适当保障金沙滩旅游娱乐用海需求。		
	用海方式控制	1. 允许适度改变海域自然属性；		
		2. 优化围填海平面布局，节约集约利用海域资源。		
	整治修复	清理沙滩垃圾，改善旅游环境，整治修复岸线长度不少于 2.5 千米。		
海洋环境保护要求	生态保护重点目标	保护金沙滩砂质海岸。		
	环境保护	1. 工程建设期间采取有效措施降低对周边功能区的影响； 2. 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。		
其他管理要求		加强对围填海的动态监测和监管。		

表 1.3-6 项目周边海域海洋功能区划登记表

功能区名称	珠海南部捕捞区		
所属一级类功能区名称	湛江-珠海近海农渔业区	一级类功能区代码	B1-1
地理范围	东至:113°30′50″ 西至:113°04′59″南至:21°25′22″ 北至:22°03′37″		
面积（公顷）	232076	岸线长度（米）	10464
开发利用现状	1. 区内西侧有高栏岛南海洋倾倒区和荷包岛南海洋倾倒区；		
	2. 区内中部有高栏港 1#锚地和高栏港区检疫锚地；		

		3. 区内北部有荷包岛南航道。
海域管理要求	用途管制	1. 相适宜的海域使用类型为渔业用海；
		2. 保障交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线、保护区等用海需求；
		3. 优先保障军事用海需求。
	用海方式控制	1. 严格限制改变海域自然属性；
		2. 禁止炸岛等破坏性活动。
	整治修复	
海洋环境保护要求	生态保护重点目标	保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道。
	环境保护	执行第一类海水水质标准、一类海洋沉积物质量标准和第一类海洋生物质量标准。
其他管理要求		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。

1.3.2 近岸海域环境功能区划

1999 年 7 月，广东省人民政府发布“印发《广东省近岸海域环境功能区划》的通知”，确定了区划的基本原则、功能区划分的分类和水质目标要求，要求全省各市依据国家和省的有关规定，制定辖区内更为详细的近岸海域环境功能区划。根据区划，广东省近岸海域共划定 188 个环境功能区。本工程平沙东堤和红旗堤段所在海域在“三灶、南水养殖功能区”（标识号 1007），该功能区水质目标为二类。东大堤段所在海域为“西区三类功能区”（ 标识号 1008），该功能区水质目标为三类。项目所在及周边海域近岸海域环境功能区划见表 1.3-7。

表 1.3-7 项目周边近岸海域功能区划

标识号	行政区	功能区名称	范 围	平均宽度(km)	长度(km)	主要功能	水质目标
1006	珠海市	三灶金沙滩旅游功能区	三灶岛大角头到马咀	3	3	海水浴场、旅游	二
1007	珠海市	三灶、南水海水养殖功能区	三灶岛西部到鸡啼门	3	20	海水养殖	二
1008	珠海市	西区三类功能区	鸡啼门以西至高栏岛东部海域	3	37	工业、景观	三
1009	珠海市	高栏飞沙滩旅游功能区	高栏岛东部飞沙湾	/	/	海水浴场、旅游	二
1010	珠海市	珠海港口功能区	高栏岛西部沿荷包岛北部、大忙岛东部海域	5	32	港口、工业	三

1.3.3 地表水环境功能区划

2011 年 2 月，广东省环境保护厅办公室发布<关于印发《广东省地表水环境功能区划》的通知>,区划按照《地表水环境质量标准（GB3838-2002）》，在广东省全省范围内对主要江河、湖库划分了地表水环境功能区。项目区所在鸡啼门水道自斗门白石至斗门鸡啼门长度 20 km 地表水水质目标划分为 III 类。

1.3.4 环境空气功能区划

根据《珠海市环境空气质量功能区》（2011 年），珠海市环境空气质量功能区划分为：一类区、二类区及三类区。2012 年 2 月，原国家环境保护部批准实施《环境空气质量标准》（GB3095-2012），将环境空气功能区分类进行了调整，将三类并入二类区。目前珠海市正在开展区域环境空气质量区划分调整工作。

参考《珠海市环境空气质量功能区》（2011 年）项目拟实施生态修复的平沙东堤

和红旗堤海堤后方陆域（包括临时施工布置区）属于环境空气二类区，东大堤后方属于环境空气三类区。见图 1.3-4。

1.3.5 声环境功能区划

根据《珠海市声环境功能区划》，本项目平沙东堤、红旗堤修复区位于 4a 类声环境功能区，平沙东堤北段、红旗堤北段及东大堤后方陆域及施工临建区位于 3 类声环境功能区，平沙东堤南段、红旗堤南段后方位于 2 类声环境功能区。见图 1.3-5。

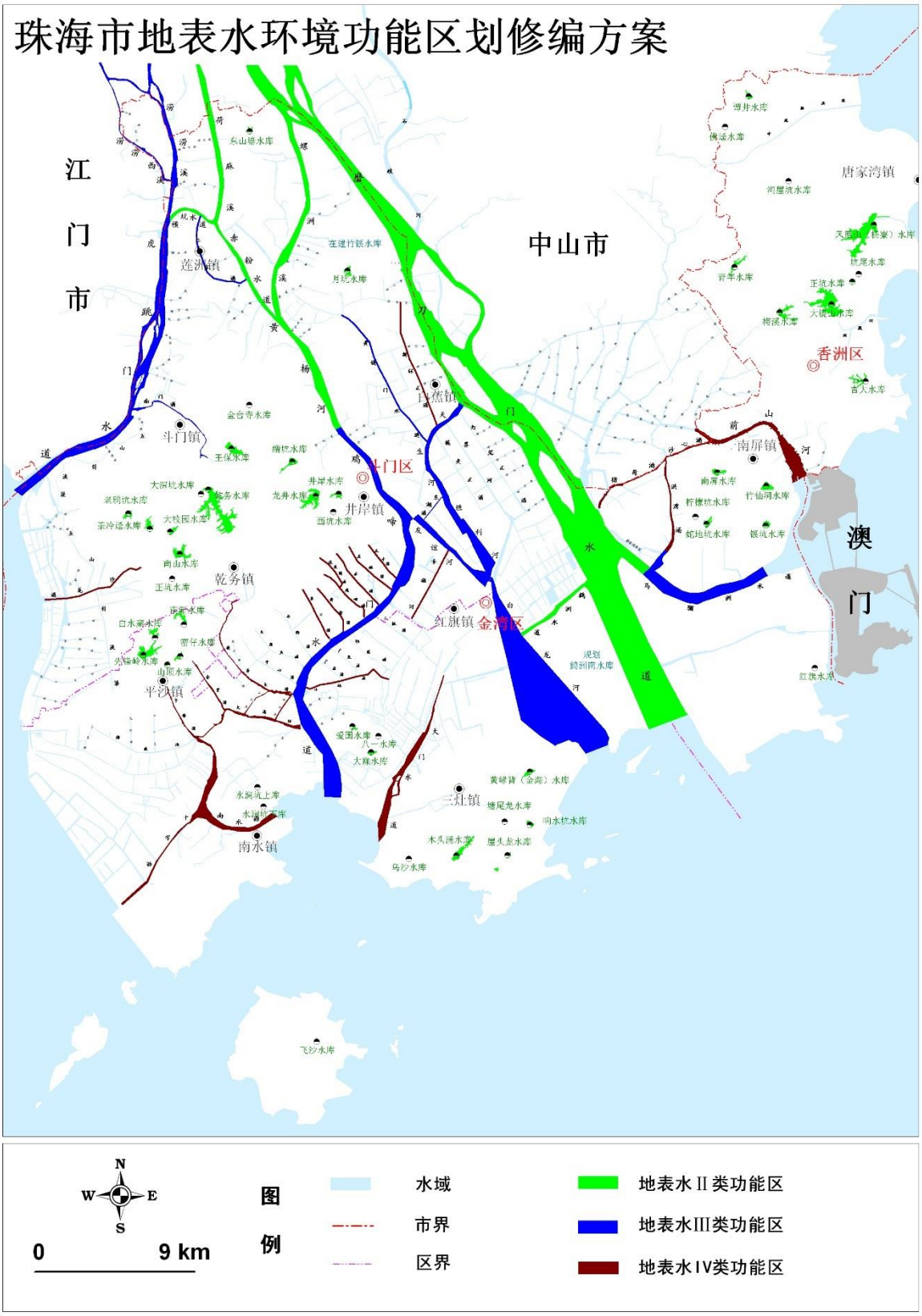


图 1.3-3 珠海市地表水环境功能区划图



注：2012 年 2 月，原国家环境保护部批准实施《环境空气质量标准》（GB3095-2012），将环境空气功能区分类进行了调整，将三类并入二类区。目前珠海市正在开展区域环境空气质量区划分调整工作。

图 1.3-4 珠海市环境空气质量功能区图

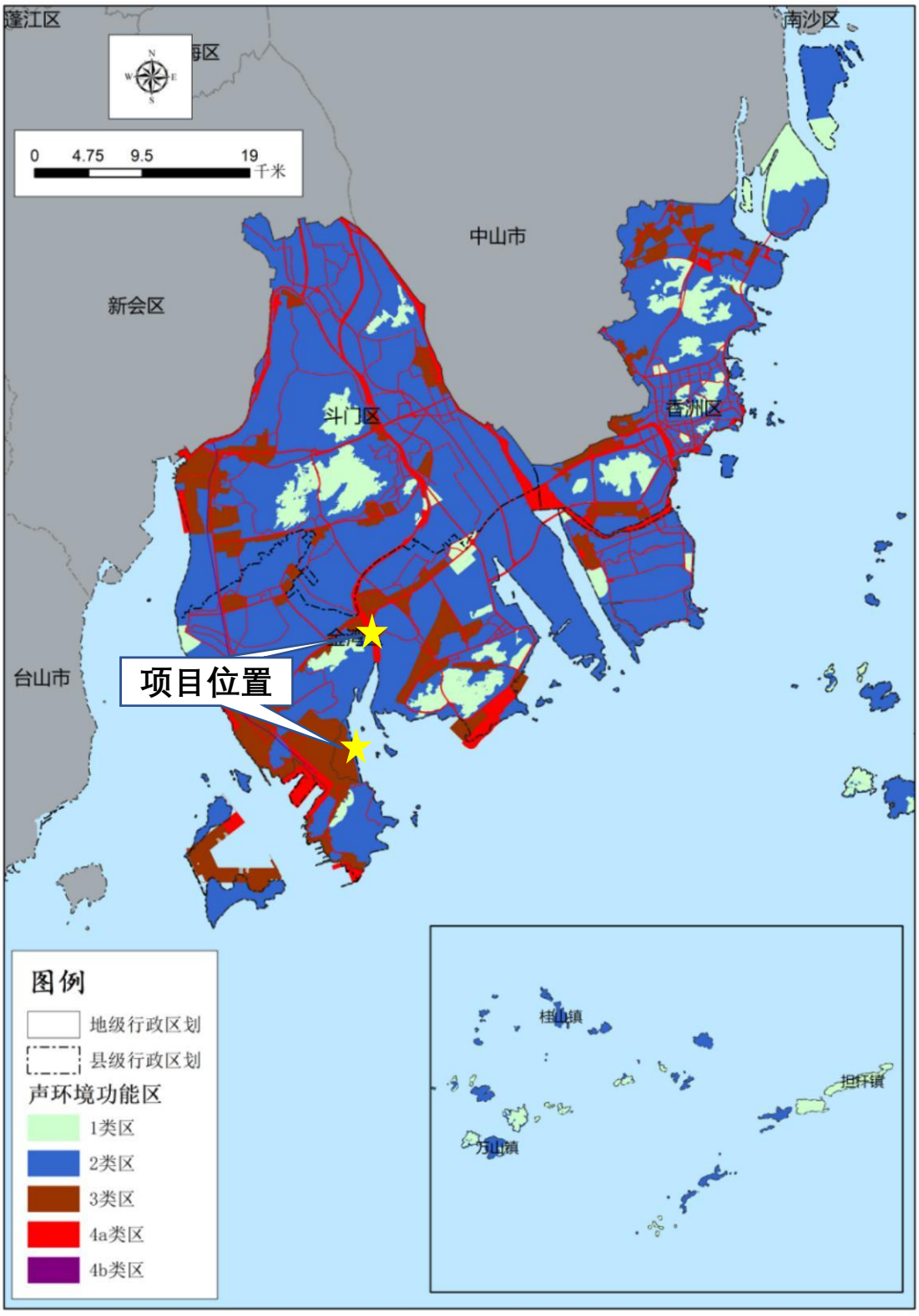


图 1.3-5 珠海市声环境功能区划图

1.3.6 项目所在地环境功能属性

项目所在区域的环境功能属性见表 1.3-8。

表 1.3-8 项目所在地环境功能属性表

序号	功能区类别	功能区分类及执行标准
1	海洋功能区划	项目所在海域的海洋功能区划为“鸡啼门保留区”和“大平湾工业与城镇用海区”
2	近岸海域环境功能区划	平沙东堤和红旗堤段位于“三灶、南水海水养殖功能区”；东大堤段位于“西区三类功能区”。
3	环境空气功能区	平沙东堤和红旗堤海堤后方陆域（包括临时施工布置区）属于环境空气二类区，东大堤后方属于环境空气三类区。
4	环境声功能区	平沙东堤、红旗堤修复区位于 4a 类声环境功能区，平沙东堤北段、红旗堤北段及东大堤后方陆域及施工临建区位于 3 类声环境功能区，平沙东堤南段、红旗堤南段后方位于 2 类声环境功能区。
5	是否基本农田保护区	否
6	是否风景名胜保护区	否
7	是否水库库区	否
8	是否饮用水水源地保护区	否

1.4 评价标准

1.4.1 环境质量标准

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）对确定环境质量评价标准的要求，结合评价海域所在的海洋环境功能区划及近岸海域环境功能区划要求，确定本工程周边水域海洋环境质量评价标准如下：

（1）水质

项目海域海水水质标准，根据《珠海市海洋功能区划（2015-2020 年）》（粤府函〔2018〕96 号）和《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办〔1999〕68 号），按照从严原则执行，具体按如下标准执行：“大平湾工业与城镇用海区”、“木乃南工业与城镇用海区”、 “三灶工业与城镇用海区”执行三类海水水质标准；“鸡啼门保留区”、“高栏岛东部文体休闲娱乐区” 执行二类海水水质标准；“珠海南部捕捞区”执行一类海水水质标准。

（2）沉积物

本次沉积物环境质量标准根据《珠海市海洋功能区划》（2015-2020 年）确定，“鸡啼门保留区”海洋沉积物质量要求维持现状；“大平湾工业与城镇用海区”、“木乃南工业与城镇用海区”、 “三灶工业与城镇用海区”执行二类海洋沉积物质量要求；“高栏岛东部文体休闲娱乐区” 及“珠海南部捕捞区”执行一类海洋沉积物质量标准要求。

（3）生物质量

本次海洋生物质量标准如下：

海洋贝类（双壳类）生物质量：根据《珠海市海洋功能区划》（2015-2020 年）确定，“鸡啼门保留区”按维持现状执行；“大平湾工业与城镇用海区”、“木乃南工业与城镇用海区”、“三灶工业与城镇用海区”执行《海洋生物质量》（GB18421-2001）二类标准；“高栏岛东部文体休闲娱乐区” 及“珠海南部捕捞区”执行《海洋生物质量》（GB18421-2001）一类标准。

非双壳类海洋生物：海洋生物体内污染物质（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。

相应标准限值见表 1.4-1~表 1.4-4。

表 1.4-1 海水水质标准 单位：mg/L

项目	第一类	第二类	第三类	第四类
SS	人为增加的量≤10		人为增加的量≤100	人为增加的量≤150
pH（无量纲）	7.8～8.5		6.8～8.8	
DO>	6	5	4	3
COD≤	2	3	4	5
无机氮≤	0.20	0.30	0.40	0.50
活性磷酸盐≤	0.015	0.030	0.030	0.045
Hg≤	0.00005	0.0002	0.0002	0.0005
Cd≤	0.001	0.005	0.01	0.01
Pb≤	0.001	0.005	0.010	0.050
Cu≤	0.005	0.010	0.050	0.050
Zn≤	0.020	0.050	0.10	0.50
As≤	0.020	0.030	0.050	
石油类≤	0.05	0.05	0.30	0.50
硫化物≤	0.02	0.05	0.10	0.25
挥发性酚≤	0.005		0.01	0.05

表 1.4-2 沉积物质量标准

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

表 1.4-3 海洋贝类生物（双壳）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	铬≤	0.5	2.0	6.0
5	砷≤	1.0	5.0	8.0
6	铜≤	10	25	50（牡蛎 100）
7	锌≤	20	50	100（牡蛎 500）
8	石油烃≤	15	50	80

表 1.4-4 非双壳贝类生物质量评价标准（鲜重）单位：mg/kg

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

1.4.2 污染物排放标准

1.4.2.1 施工期污染物排放标准

（1）废水污染物

施工期废水主要有施工船舶机舱油污水、施工人员生活污水及施工场地生产废水。

1）船舶机舱油污水、船舶作业生活污水执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB 3552-2018）相关要求，施工船舶含油污水、船舶生活污水委托有资质的单位回收处理，具体见表 1.4-5。

2）施工场地生产废水及生活污水处理后全部回用，执行《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020），具体见表 1.4-6。

表 1.4-5 船舶水污染物排放控制标准

污染类别	水域类别	船舶类别		排放控制要求
机器处所油污水	沿海	400 总吨及以上的船舶		自 2018 年 7 月 1 日起，按本标准 4.2 执行或收集并排入接收设施。
		400 总吨以下船舶	非渔业船舶	自 2018 年 7 月 1 日起，按本标准 4.2 执行或收集并排入接收设施。
			渔业船舶	自 2021 年 7 月 1 日起，按本标准 4.2 执行或收集并排入接收设施。
生活污水	距最近陆地 3 海里以内（含）	400 总吨及以上的船舶，以及 400 总吨以下且经核定许可载运 15 人及以上的船舶		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装置处理，达到本标准 5.2 规定要求后在航行中排放。

注：《船舶水污染物排放控制标准》（GB 3552-2018）4.2 规定：油污水处理装置出水口石油类浓度限值为 15mg/L。

表 1.4-6 施工场地污水排放标准 单位：mg/L

执行标准名称	主要指标	标准值		适用对象
		道路清扫、建筑施工、城市绿化、消防	冲厕、车辆冲洗	
《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）	pH	6~9		施工场地生产污水、生活污水
	浊度/NTU≤	10	5	
	五日生化需氧量≤	10	10	
	氨氮≤	8	5	
	溶解氧≥	2.0		

（2）废气污染物

本项目施工期产生的废气主要有施工船舶船机废气、施工场地扬尘及运输车辆尾气、施工机械烟气。

1）施工船舶产生的废气应满足《船舶大气污染物排放控制区实施方案》及《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法》（中国第一、二阶段）（GB15097-2016）中的第一类船机第一阶段限值要求。

2）陆域施工区大气污染物主要是车辆运输扬尘、机械烟气及汽车尾气等，废气排放执行广东省地方标准《大气环境污染物限值》（DB44/27-2001）第二时段二级标准。具体见表 1.4-7 所示。

表 1.4-7 施工场地大气污染物排放限值

污染物	最高允许排放浓度 mg/m^3	无组织排放监控浓度限值		标准来源
		监控点	浓度 mg/m^3	
颗粒物	120	周界外浓度最高	1.0	DB44/27-2001 第

污染物	最高允许排放浓度 mg/m³	无组织排放监控浓度限值		标准来源
		监控点	浓度 mg/m³	
CO	1000	点	8.0	二时段二级标准
NOx	500		0.12	
SO_2	120		0.40	
沥青烟	30	生产设备不得有明显无组织排放		

3）噪声

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

4）固体废物

本项目施工期固体废物主要有施工人员生活垃圾和施工场地生产垃圾。

施工场地生活垃圾统一收集后外运到城市垃圾处理厂处理；船舶生活垃圾执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB 3552-2018）中的相应要求，统一收集在船载收集箱内，待船舶靠岸后统一处理，严禁向水域直接倾倒。

施工场地生产垃圾主要是废弃木块、钢筋边角料等，属一般工业固体废物，其管理应遵照《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，优先回收利用，不能回收利用的临时贮存在施工场地，定期按管理要求外运处置。固体废物贮存过程应满足相应防渗漏、防雨淋、防扬尘等环境保护要求。

1.4.2.2 运营期污染物排放标准

本项目是对现状海堤进行生态修复，工程实施后无生产性工艺，仅对海岸带生态环境进行监测，同时对海洋风暴潮进行预警监测，海岸带生态环境及海洋预警监测主要通过各类自控及遥感设施完成，基本无污染物产生。仅在海上监测设备短时维护期间有少量的船舶水污染物产生，与施工期船舶污水执行相同的排放标准。

1.5 评价等级与评价范围

1.5.1 评价等级

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）,本项目属于海上堤防的维护工程，必选环境影响评价要素包括海洋水质环境、海洋沉积物环境、海洋生态和生物资源环境、海洋地形地貌与冲淤环境、海洋水文动力环境、环境风险。此外，考虑到陆域施工场地距离海洋生态红线区较近，且施工作业时对周围环境也会产生一定的不利影响，故本次评价将大气环境、声环境、陆域生态环境作为其他

环境影响要素一并纳入到本次评价中，作为施工临建区工程建设环境影响评价要素。

各要素评价等级确定过程如下：

（1）海洋水文动力、海洋水质、海洋沉积物、海洋生态和生物资源

本工程主要是对鸡啼门入海口两侧堤防（平沙东堤、红旗堤）和珠海高栏港经济区西滩片区东大堤的堤前带进行生态修复，属于海上堤防的维护工程，修复岸线长度大于 2km，项目所在海域为海洋生态红线管控范围，属生态环境敏感区。根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014），本工程各单项环境要素评价等级确定为：海洋水文动力 1 级、水质 1 级、沉积物 2 级、海洋生态和生物资源 1 级，详见表 1.5-1。

表 1.5-1 海洋水文动力、水质、沉积物和生态环境影响评价等级判据

海洋工程分类	工程类型和工程内容	工程规模	所在海域特征和生态环境类型	单项评价等级			
				水文动力	水质	沉积物	生态和生物资源
海上堤坝类工程	海上堤坝工程；海中筑坝、护岸、围堤（堰）、防波（浪）堤、导流堤（坝）、潜堤（坝）、引堤（坝）等；**海中堤防建设及维护工程**、促淤冲淤工程、海中建闸工程	**长度≥2km**	**生态环境敏感区**	**1**	**1**	**2**	**1**
			其他海域	2	2	2	2
		长度 2km~1km	生态环境敏感区	1	2	2	1
			其他海域	2	3	3	3
		长度 1km~0.5km	生态环境敏感区	2	2	2	2
			其他海域	3	3	3	3

（2）海洋地形地貌与冲淤环境

本项目属于其他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，海洋地形地貌与冲淤环境影响评价等级为 3 级。

表 1.5-2 海洋地形地貌与冲淤环境态环境影响评价等级判据

等级	工程类型和工程内容
3	面积 $30\times10^4m^2$~$20\times10^4m^2$ 的围海、填海、海湾改造工程，围海筑坝、防波堤、导流堤（长度 1km~0.5km)等工程；其他类型海洋工程中改变海岸线、滩涂、海床自然性状和产生较轻微冲刷、淤积的工程项目。

（3）环境风险

本项目施工区大部分位于鸡啼门水道，该水道于 2015 年开展了航道整治工程后，现满足 1000 吨级港澳航线船舶的通航标准。航道内过往的船舶类型多、数量

多，而施工作业水域范围有限，作业船舶来往频繁，距离航道近，交叉干扰大，水上作业期间存在一定的船舶碰撞风险。

本项目在鸡啼门水道最大施工船舶为 1000 吨级自航式平板驳，过往船舶最大按 1000 吨级货船考虑，总燃油量小于 1000t，根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018），计算危险物质数量与临界量比值 Q<1，环境风险潜势确定为 I 级，风险评价工作等级为简单分析。考虑到项目所在海域为河口区海洋水生态系统极其脆弱，一旦发生环境风险事故，将造成严重影响，故本次环境风险评价工作等级按照二级评价工作深度要求开展相关评价工作。

（4）大气

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018），大气环境影响评价工作等级根据项目污染源正常排放的主要废气污染物的最大浓度占标率确定。本项目陆上工程运营期本身正常工况无废气污染物。

因此，本次对施工期施工场地大气环境影响进行简要分析。

（5）陆域噪声

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009），声环境影响评价工作等级划分依据包括 a）建设项目所在区域的声环境功能区类别；b）建设项目建设前后所在区域的声环境质量变化程度；c）受建设项目影响人口的数量。

本项目施工场地位于 3 类声环境功能区，周边无声环境敏感目标。因此，本项目陆上工程噪声评价等级为三级。

（6）陆域生态

根据《环境影响评价技术导则—生态影响》（HJ19-2011）规定，依据影响区域的生态敏感性和评价项目的工程占地范围，包括永久占地和临时占地，将生态影响评价工作等级划分为一、二、三级。

本项目无新增永久占地，工程涉及临时占地主要为施工总布置区。临时占地的总面积为 8939m^2，≤2km^2；项目影响区域向海一侧属于重要生态敏感区，向陆一侧属于一般生态敏感区，根据导则中评价等级的划分原则，本项目陆域生态环境评价工作等级定为三级。

1.5.2 评价范围

（1）海洋水文动力、海洋水质、海洋沉积物、海洋生态和生物资源、海洋地形

地貌与冲淤环境

本次评价海域评价范围以项目实施可能影响到的范围为主，同时综合考虑工程特点、污染物特性、污染物种类以及承受的载体确定评价范围。考虑到安全保障及自动监管工程中的海洋防灾减灾预警工程施工内容简单，对海洋环境扰动较小，故本次环境影响评价范围重点考虑海堤修复工程。海堤修复施工期间，抛石作业将产生一定的入海悬沙，作业船舶可能发生碰撞事故从而引发燃料油泄漏污染风险，污染物在潮流、风作用下将向周边海域扩散。由于工程区为海洋生态红线管控区，现状生态承载能力一般，一旦受到不可控的污染影响，将对海域生态环境造成严重的恶劣影响。基于以上分析，参考同等规模工程影响范围经验值，结合《海洋工程环境影响评价技术导则》的相关规定，确定本项目环境影响评价范围为：向北延伸至鸡啼门大桥上游 1.5km，向南延伸至高栏岛外距离仿岩质潮间带修复工程南边届 8km，向东延伸至三灶岛金湾机场西侧，此范围内由现状海岸线围起的约 210 km^2 的法定海域作为评价范围。具体见图 1.5-1 所示。

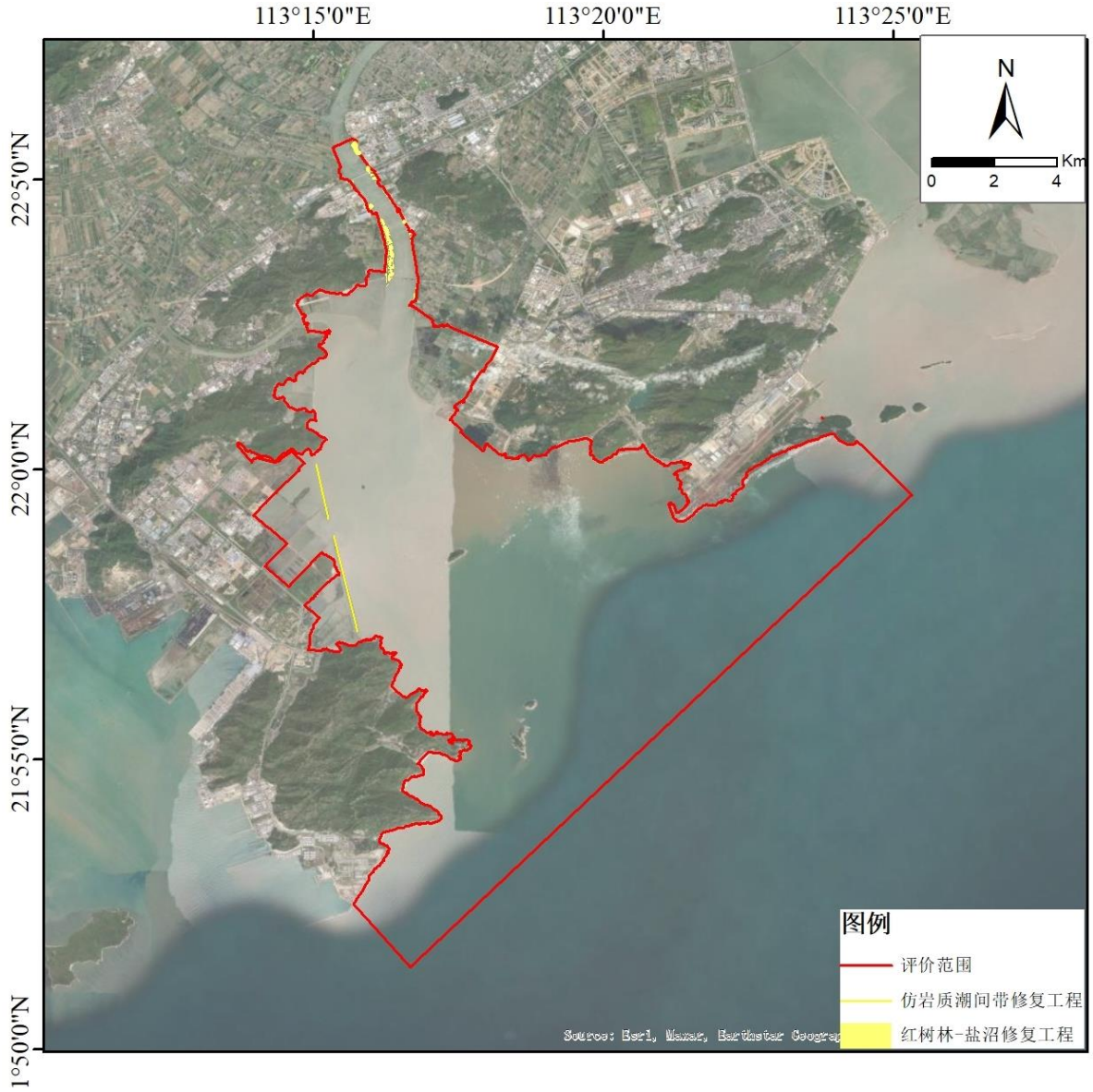


图 1.5-1 本项目海洋环境影响评价范围示意图

（2）声环境

依据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009），项目施工场地位于 3 类声环境功能区，周边无声环境敏感目标。评价范围为施工场地边界线向四周扩展 200m 后与法定海岸线圈闭范围。具体见图 1.5-2 所示。

（3）陆域生态

根据《环境影响评价技术导则生态影响》（HJ19-2011），生态影响评价应能够充分体现生态完整性，涵盖评价项目全部活动的直接影响区域和间接影响区域。评价范围因依据评价项目对生态因子的影响方式、影响程度和生态因子之间的相互影响和相互依存关系确定。本项目陆域施工场地生态环境影响评价范围确定为：施工场地场界

（四至范围边界）外扩 500m 后与法定海岸线圈闭范围。具体见图 1.5-2 所示。



图 1.5-2 本项目陆域声环境、生态环境影响评价范围示意图

1.6 评价内容与评价重点

1.6.1 评价内容

根据本项目的特性及项目所在海域的环境特征，确定本项目环境影响评价的主要评价内容包括：工程分析、海域环境质量现状调查与评价、海水水质和海洋生态环境影响预测与评价、海洋环境风险评价、工程环境可行性分析、污染防治措施分析、环境经济社会效益分析、环境监测等。

1.6.2 评价重点

根据建设项目所在海域海洋功能区划、工程建设内容及规模、建设过程的环境影响因素及环境影响特点，本次评价重点为：

1）工程建设对海洋水质、生态及渔业资源的影响；

2）工程建设对修复区潮滩海洋水动力和冲淤环境的影响分析；

3） 工程对环境敏感目标的影响分析及减缓措施的可行性；

4）工程施工期所采取的污染防治措施、生态保护措施的可行性分析；

5）工程施工期突发环境污染事故的影响、防范措施和应急处理措施可行性分析；

6）工程与“三线一单”、海洋生态保护红线、海洋功能区划等相关规划的符合性分析。

1.7 环境保护目标和环境敏感目标

1.7.1 环境保护目标

本项目为海洋生态修复项目，项目施工期作业活动会对周边海域环境形成一定的扰动，同时作业船舶在工程海域往来穿梭，对周边通航环境也有一定的不利影响。结合工程区环境质量现状特征、海域主导功能以及相应的准入要求和管控措施，确定本项目具体的环境保护目标如下：

（1）控制仿岩质潮间带抛石作业强度，控制海洋防灾减灾水文站打桩强度和作业时长，尽量减小施工期海域水质影响范围和影响程度，确保工程建成后项目所在的海洋生态红线区内海域水质、沉积物维持现状，不因工程建设而变劣。

（2）控制红树林人工抚育作业范围，防止对现有红树林造成破坏，防止淤塞防洪排涝设施及养殖换水的闸、窦等设施；

（3）控制监测栈道基础支护范围，控制监测铁塔基础、入海污染物监测站房占海面积，尽量减少对底质的占用面积；

（4）控制工程建设施工对工程周边海域海洋生态环境的影响，确保工程区域海洋生境条件不因本工程建设而发生明显变化；

（5）控制工程实施对工程及周边海域渔业资源的影响，尽量减少对幼鱼幼虾繁育保护期的扰动时间，保护幼鱼幼虾的繁育环境；

（6）控制施工期水上水下作业期间船舶安全，防止施工船舶之间及与周边过往船舶发生船舶碰撞引发溢油污染事故；

（7）控制工程施工对区域珍稀鸟类栖息生境的扰动强度，尽量维持工程区周边

珍稀鸟类的觅食、迁徙等正常生存活动行为以及栖息环境；

（8）控制工程施工对中华白海豚栖息空间的影响范围，不因本工程的建设对周边中华白海豚栖息环境造成影响。

1.7.2 环境敏感目标

通过现场勘查，结合项目海域功能区划、生态红线管控要求，并考虑项目影响范围，确定本次评价范围内的环境敏感目标主要包括：海洋生态红线区、自然岸线、海岛、通航水道、海堤沿线现有红树林、鸟类及中华白海豚、重要渔业水域及主要渔业资源种类“三场一通道”。详见表 1.7-1。

环境敏感目标的分布情况见图 1.7-1。

表 1.7-1 本工程环境敏感目标一览表

序号	敏感目标		位置关系				概况	保护目标/对象	备注
			与“红树林-盐沼修复区”		与“仿岩质潮间带修复区”				
	类型	名称	方位	最近距离（km）	方位	最近距离（km）			
1	海洋生态红线区	鸡啼门重要河口生态红线区	在其中	/	E	0.5km	广东省“三区三线”中确定的生态红线区	鸡啼门河口生态系统的生态功能	与《广东省海洋功能区划》中的“鸡啼门保留区”范围基本重合
2		高栏岛东部重要滩涂及浅海水域生态红线区	S	12.1	SE	1.8		滩涂及浅海水域	与《广东省海洋功能区划》中的“高栏岛东部旅游休闲娱乐区”范围基本重合
3	大陆自然岸线	鸡啼门河口岸线	紧邻	/	N	9.2	大陆自然岸线	岸线形态及潮滩环境	均为距离仿岩质潮间带修复工程范围
4		鸡啼门西基岩岸线	SW	2.5	N	3.2			
5		大箕湾基岩岸线	SW	4.6	N	0.9			
6		壁青湾基岩岸线	SE	6.2	E	6.3			

7	重要渔业水域及“三场一通道”	南海北部幼鱼繁育场保护区	在其中	/	在其中	/	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，保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日	幼鱼的繁育环境	详见图 1.7-1c
8		南海幼鱼幼虾保护区	在其中	/	在其中	/	南海北部及北部湾沿岸 40 米等深线、17 个基点连线以内水域，保护期为 1 月至 12 月	幼鱼的繁育环境	详见图 1.7-1d
9		中上层鱼类产卵区	在其中	/	在其中	/	蓝圆鲹产卵场，产卵期 12 月~翌年 3 月	保护蓝圆鲹产卵区内的水生态环境	
10	无居民海岛	圆洲岛	S	13.4	SE	5.4	无居民海岛	岸线形态	
11		小青洲岛	S	8.2	E	3.2			
12		蚊洲仔	S	13.8	SE	5.6			
13	养殖区		S	/	N	4.8	养殖区	养殖活动	
14	红树林		在其中	/	N	6.2	项目区红树林种类有 19 科 34 属 38 种，其中，真红树植物有 5 科 6 属 6 种，半红树植物有 2 科 2 属 2 种，伴生植物有 12 科 26 属 30 种。	红树林生长环境	详见图 1.7-1b

15	鸟类	/	/	/	/	项目区调查记录鸟类 9 目 23 科 42 种，包括雀形目 1、鸻形目 10 种、隼形目和雨燕目均为 3 种，其他的鹳鹬目、鹳形目、鹤形目、鸽形目和鹃形目分别有 1 种、7 种、2 种、1 种和 3 种。其中国家二级保护鸟类 4 种。	红隼、鹗、黑鸢和褐翅鸦鹃等鸟类的栖息环境	鸟类栖息生境无确定边界
16	中华白海豚	/	/	/	/	国家一级保护动物，在我国主要分布在东南部沿海。	中华白海豚栖息生境	中华白海豚栖息生境无确定边界
17	鸡啼门水道	E、W	0.08	/	/	内河III级航道，通航 1000 吨级港澳线船舶。	通航环境	



图 1.7-1a 本工程环境敏感目标分布图



图 1.7-1b 本工程环境敏感目标分布图

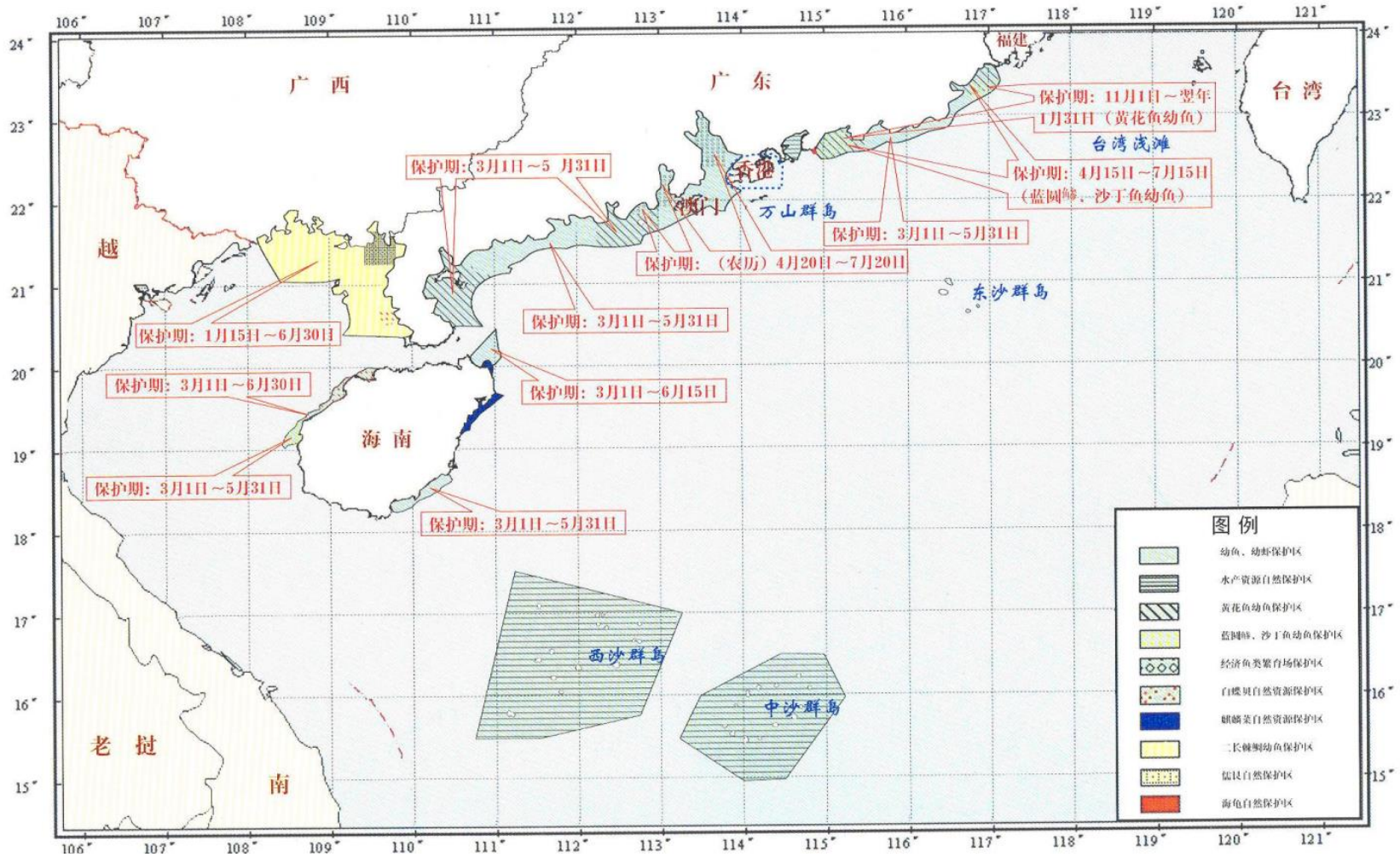


图 1.7-1c 南海国家级及省级保护区分布图

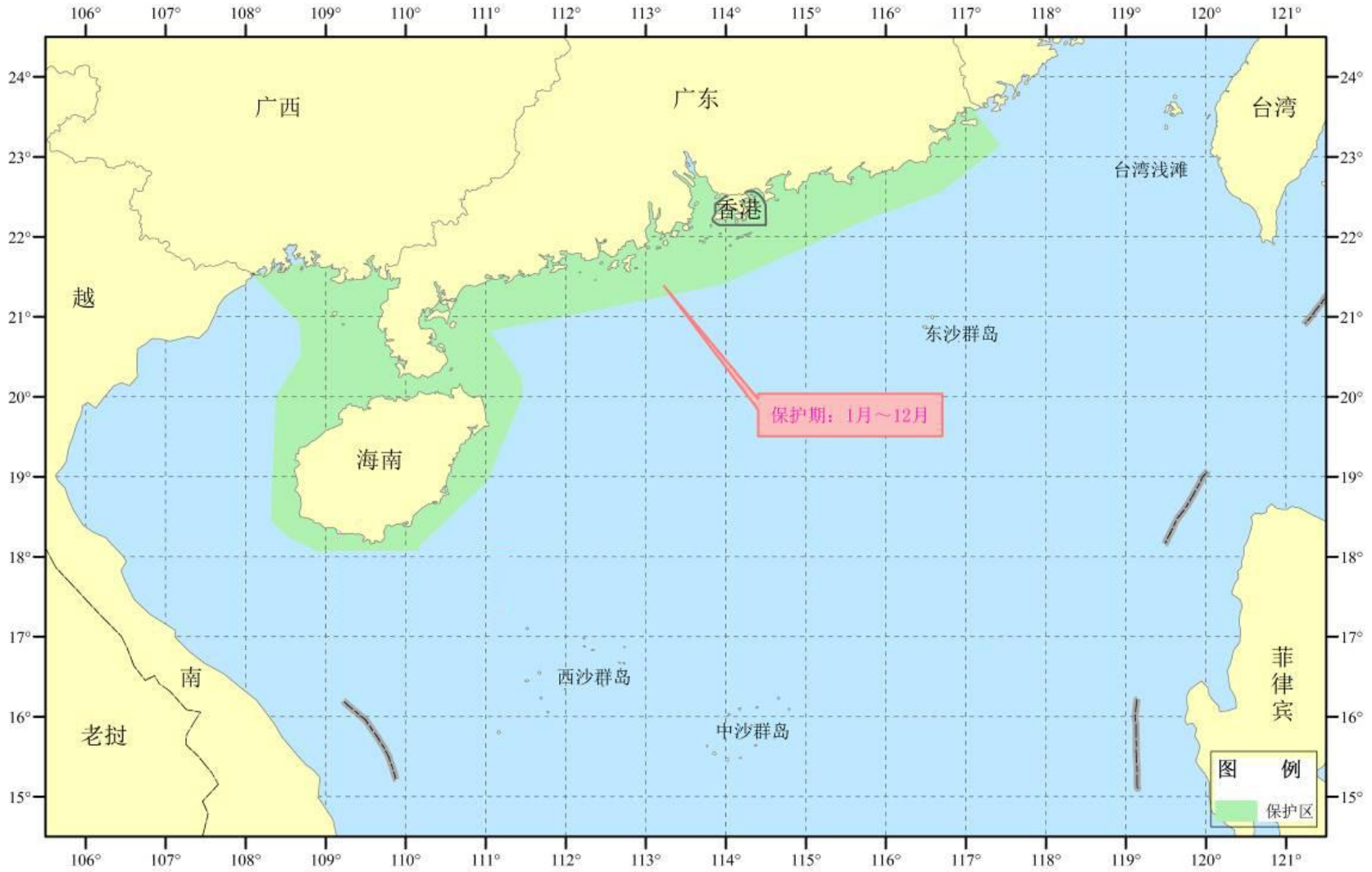


图 1.7-1d 南海北部幼鱼繁育场保护区分布图

2 工程概况

2.1 项目建设内容

项目名称：珠海市海洋生态保护修复项目

项目性质：新建

建设单位：珠海市金湾区联港基础投资有限公司

地理位置： 工程位于广东省珠海市，分为三个区域，其一位于鸡啼门水道右岸（西岸）平沙东堤范围段、鸡啼门大桥与南水沥水闸之间，地理位置在东经113°15′～113°16′，北纬 22°02′～22°03′之间，行政区分属珠海金湾区平沙镇；其二位于鸡啼门水道左岸（东岸），北起鸡啼门大桥上游约 300m，南至木乃山，地理位置在东经 113°26′～113°27′，北纬 22°08′～22°04′之间，行政区分属珠海金湾区红旗镇；其三位于高栏港石化区东侧，鸡啼门水道出口右岸浅海区东大堤，地理位置在东经113°15′~113°16′，北纬之间 21°56′~22°0′，行政区分属珠海市金湾区南水镇 。见图2.1-1。

建设内容：根据《珠海市海洋生态保护修复项目实施方案》，珠海市海洋生态保护修复项目建设内容包括建设红树林-盐沼生态海岸线、建设仿岩质潮间带、建设安全保障及自动监管工程和三段堤防（平沙东堤、烂柴角海堤、红旗堤）的提升改造工程。由于烂柴角海堤的提升改造工程已经区政府工作会议纪要（2022）176 号）确定取消，相应海堤堤前带仿岩质潮间带修复工程调整至东大堤。本工程的建设内容为：在平沙东堤和红旗堤堤前带建设红树林-盐沼生态海岸线，在东大堤堤前带建设仿岩质潮间带，并建设安全保障及自动监管工程。

建设规模：本工程拟对平沙东堤、红旗堤、东大堤的堤前带进行生态修复，其中东大堤堤前带建设仿岩质潮间带面积为 16.23 ha；平沙东堤和红旗堤堤前带建设红树林-盐沼生态海岸线，其中红树林修复面积 32.77 ha，盐沼修复面积 4.09ha。同时建设安全保障及自动监管工程。

投资及工期：本工程总投资估算 30219.7661 万元，其中环保投资约 441.22 万元，占总投资的 1.5%。计划施工期 150 天。



图 2.1-1 工程地理位置图

2.2 项目建设必要性

2.2.1 工程区现状存在问题

1、原海堤防潮洪标准偏低且多年沉降，结构安全存在隐患

平沙东堤始建于上世纪八、九十年代，堤身大多为砌石墙，按照 2002 省厅潮位标准完成了 50 年一遇达标建设。2017 年和 2018 年，珠海连续遭受强台风“天鸽”和“山竹”的袭击，造成多处海堤受损，且多处海堤被海水漫灌。由于堤防修建标准偏低，虽经多次临时修复，但堤身防洪墙砌石结构已经松散，抵御台风暴潮袭击能力差。且历经多年沉降，堤顶高程已经严重偏低，远低于 100 年一遇防潮洪标准要求，导致围内防潮洪安全得不到有效保护，严重威胁堤后企事业单位及村镇居民的生产生活安全。

红旗段海堤直面南海，特殊的地理位置导致该段海堤极易遭受风暴潮的侵害。而该段海堤自建成以来，现状海堤历经多次强台风袭击，特别是 2008 年“黑格比”、2017 年“天鸽”及 2018 年“山竹”等强台风导致该段海堤多处水毁，漫堤等，虽经临时修复，但堤身存在安全隐患， 且历经多年沉降，堤顶高程已经严重偏低，远低于新的 100 年一遇防潮洪标准要求，防潮减灾能力严重不足。这给围内人民生命财产安全和城市工业发展均带来严重威胁。

东大堤承担着保护高栏港石化区、广珠铁路及港区高端产业区发展的重任。本段海堤由于直面南海，建成十多年来，在台风季节多次遭受台风暴潮的正面袭击，受到不同程度的损毁，现状海堤缺少维护管理，未进行过的培修加固工作。如今局部防洪墙倾倒，堤外护坡多处破损，抛石流失，存在严重安全隐患，且历经多年沉降，堤顶高程已经严重偏低，实际防潮洪能力仅 20 年一遇，远低于规划的 100 年一遇防潮洪标准要求，且堤防中部缺口未封闭，导致围内防潮洪安全得不到有效保护，严重制约了本片区土地开发及经济发展，威胁堤后基础设施、企事业单位及人民的生产生活安全。

因此，对鸡啼门海岸带进行防潮减灾能力提升建设，是保障区域内内人民生命财产安全、实现城市又好又快发展的需要。

2、红树林滩地受损，环境自净能力减弱

鸡啼门原本拥有大量的红树林滩地，正是这些近岸的红树林与盐沼，对地表径流带入海洋的污染物进行沉淀与处理。在鸡啼门大面积的浅滩植物中，以红树植物

为主体的常绿灌木或乔木组成的潮间带生物群落，通过微生物代谢、植物吸收，以及植物吸收降解等过程，达到了环境自净，对入海污染物进行控制的目标。但是，由于近年来，垂直海堤改变了近岸沉积物的水动力，加剧了海岸侵蚀。鸡啼门航道水深较大，波浪在防波堤堤根处破碎，波浪破碎及反射均增强了对海底的作用力。因此，泥沙在波浪作用下起动，后被潮流运移至深水区沉降。由此形成“浅水冲深水淤”的态势。淤积滩地的减少阻断了红树林的生存空间，为了更好的恢复潮滩原本的生态自净功能，需要重新建设阶梯状台地种植红树林，发挥 “海堤+堤前红树林”的防护模式。

3、现有海堤无法与珠海城市经济发展需求相匹配

珠海经济技术开发区是珠海市依托华南沿海主枢纽港高栏港而设立的经济功能区，滨江临海，区位优越，2012 年 3 月升级为国家级经济技术开发区，定名为"珠海经济技术开发区"，成为珠江口西岸首个国家级经济技术开发区。根据规划，海港城包括珠海经济技术开发区、南水镇和平沙镇。规划定位为以现代装备制造业、港口产业和旅游度假产业为主导的现代化港口新区。其中，珠海经济技术开发区形成区域石化、能源和海洋工程装备制造基地，南水镇区重点发展临港生活配套，平沙镇重点发展游艇制造、旅游度假、生态休闲产业和港后生活配套。本项目的实施将会解决海堤沿线受风暴潮侵害的防洪安全问题，有利于营造良好的生产环境，增强企业入驻的信心，有力地支持开发区、工业园区的良性发展；同时，有利于打造沿海岸线的城市生态界面，实现“水清、岸绿、景美”的生态景观，吸引产业园区的高端人才要素的集聚，成为珠海市产业开发园区的典范，提升城市景观整体形象。

4、人工海堤割裂生态系统的完整性，海岸带生态价值缺失

随着珠海经济的发展，城市、港口、码头、航运等对滨海地区土地需求旺盛，大规模无序的填海行为。纯工程思维的海堤工程建设等人类强干扰活动，在带来巨大社会经济利益的同时，也对滨海湿地生态系统带来极为严重的破坏，现有海岸防护工程的生态功能尚未充分体现。一方面，人工海堤建设仍存在工程体系不完善、建设标准较低等问题，现状海堤工程痕迹明显，断面形式单一，海堤迎水侧抛石护脚传统抛填，生态空间未实现优化开发；另一方面，受认识所限，人工海堤往往注重工程安全，对周边环境协调性、生态友好性等方面综合考虑不足。尤其是在红树林、沙滩海岸、盐沼湿地等重要滨海湿地区建设的人工海堤，堤前风大浪急，海岸侵蚀严重，直接威胁堤脚安全，阻断了海岸带能量输送和物质交换，割裂了海岸生

态系统的完整性，严重影响了海岸带生态服务功能，未能充分发挥红树林等自然生态系统抵御海洋灾害的天然屏障作用。堤外鸡啼门水道为主要航道，船只在河道航行中产生船行波，对硬质人工堤岸有一定的冲蚀作用，破坏了沿线的泥沙动态平衡，造成该区域潮间带底栖生物的灭失和渔业资源的逃逸，海洋生物资源受到损失。

5、堤外海消浪设施不足，消浪能力较弱

现状海堤未能全面统筹生态与安全需求，传统海岸的“硬性”防护不能满足生态减灾协同运作。。纵观整段海堤，外临广袤的南海海面，台风吹程远，波浪爬高大，而现状海堤堤外又缺少消浪设施，堤内排水能力弱，导致大量的越堤水体无法及时排出。

6、潮间带生物多样性降低，滨海水质下降

现状平沙东堤和红旗堤段临海侧潮间带红树林及盐沼植物种类单一，部分滩地野草丛生，植被覆盖度低，少量滩地裸漏，缺乏海洋生物的庇护场所，海岸植被亟待修复。同时，现状植物群落存在入侵物种，亟待清除。部分堤段临海侧滩地被港池割裂，滩地破碎化导致水动力不足，水质进而下降。同时现状河口的围塘养殖对入海水质也存在一定影响，急需构建滨海生态缓冲带。

2.2.2 项目建设必要性

1、是贯彻《粤港澳大湾区发展规划纲要》，打造宜居珠海的需要

2019 年 2 月 18 日，中共中央、国务院印发了《粤港澳大湾区发展规划纲要》，纲要强调“极点带动。发挥香港－深圳、广州－佛山、澳门－珠海强强联合的引领带动作用，深化港深、澳珠合作，加快广佛同城化建设，提升整体实力和全球影响力，引领粤港澳大湾区深度参与国际合作。”珠海市是全国唯一与港澳陆地相连的湾区城市，作为粤港澳大湾区的重要节点城市，完善的防灾减灾措施是城市发展的基本保障，目前，本工程区域的防潮洪工程现状已不能满足珠海市新的发展要求，打造生态化海堤，提供良好滨海生态环境和休闲生活空间，是珠海融入粤港澳大湾区建设，打造宜居生活城市的必然需求。

2、是建设韧性海岸，提升防潮减灾能力、保障人民生命财产安全的需要

工程区现状防洪潮标准偏低，堤顶高程欠高较多，对工程区进行百年一遇防潮洪提升建设，形成封闭的防潮洪体系，是保障围内人民生命财产安全、实现城市又

好又快发展的需要。生态海堤基于自然生态理念，使用生物和工程相结合的防护措施替代或改造传统的海岸“硬性”防护，与生态减灾协同增效。生态海堤是在优先考虑防灾安全的基础上，通过采取自然恢复或人工修复的措施，保护修复海岸带生态系统，发挥防灾减灾服务功能，形成抵御海洋灾害的海岸带综合防护体系。红树林、盐沼湿地及仿岩质潮间带等海岸带生态系统可有效阻滞水流。通过对风、海浪、水流等的扰动而消耗能量，提供潜在的缓冲区，并降低水体挟沙力，稳固岸线结构，提高抗冲刷能力，是抵御台风、风暴潮等海洋灾害的天然生态安全屏障，在保障沿海人民生命财产安全免遭灾害损失方面发挥了极其重要的作用。

3、是营造多样化海洋生境，提升城市形象的需要

珠海西部中心城区承担着“粤港澳合作的产业集聚区，特区转型的新兴服务功能区，西岸崛起的生产性服务中心，区域示范性生态宜居新城”的职能。随着珠海市主城区城市用地的短缺和珠海市建设珠江口西岸核心城市的推进，加快了西部城市化建设步伐。目前西部工业化水平明显高于东部，但城市化水平远远低于东部，明显滞后于珠海城市化发展，西部城市形象和生活服务水平的提升成为珠海经济发展与推进城镇化的主战场。

海堤生态化建设有利于鸡啼门水道海洋生态系统恢复，促进该区域海洋生物资源的恢复和发展。通过潮间带的建设形成复合生境结构，促进海沙、淤泥落淤，构建红树林-盐沼生态系统，形成鸟类、鱼、虾、蟹、贝、水生动物栖息地和繁殖的优良生境。良好的滨海生态环境，将成为金湾区典范，提升城市景观整体形象。

4、是以海定陆，防止海岸线被侵占破坏的需要

生态保护红线已纳入国土空间规划，以海定陆，借助海堤生态化建设的契机，依据海洋自然属性以及资源和环境特点，统筹谋划海堤建设、城市产业更新、城市休闲生活相融合，因地制宜推动海岸线沿线退堤、景观和文化设施建设、交通和市政设施优化、城市更新、产业园区升级等，倒逼产业结构升级、用地结构集约、居住条件改善、城市功能升级。以生态边界来界定城市发展边界，为区域海洋生态保护与生态建设、优化区域开发与产业布局提供合理边界，实现人口、经济、资源、环境协调发展的海洋管理制度。

2.3 工程总平面布置

2.3.1 方案比选

本项目海洋生态保护修复方案根据潮流、冲淤特征以及近岸海域的滩涂地形，对不同的堤段的堤前带提出不同的工程措施。涉及拟定了仿岩质潮间带生态海岸线、红树林-盐沼生态海岸线、海滨盐沼生态缓冲带、砂质海岸生态缓冲带 4 种生态型岸线方案进行了比选。

方案一，仿岩质潮间带生态海岸线。

自然界基岩岸线潮间带受到海浪的不断侵蚀，通常具有丰富的孔隙和天然潮汐池，虽然缺少植被生长，但为诸多潮间带生物提供了良好的庇护场所，具有良好的生物多样性保护功能。仿岩质潮间带模仿自然界基岩岸线的礁石和潮汐池结构，建设岩质潮间带模块，保护海堤基础的同时兼顾近岸海域生物多样性保护的功能，适用于缺少浅滩，且冲刷相对强烈，水流较为复杂的堤段。

方案二，红树林生态海岸线。

红树植物的根系十分发达，盘根错节屹立于滩涂之中，红树林对海浪和潮汐的冲击有着很强的适应能力，可以护堤固滩、防风浪冲击、保护农田、降低盐害侵袭，对保护海岸起着重要的作用，为内陆的天然屏障，有“海岸卫士”之称，“海堤+堤前红树林”被认为是具有巨大生态、经济和社会效益的防护模式，受到了广泛的认可。同时，红树林也为许多海洋动物提供栖息和觅食的理想生境。

方案三，盐沼生态海岸带。

盐沼生态海岸带是以如芦苇、短叶江芏等为优势的耐盐植物群落，具有防潮消浪防污的功能。通过盐沼群落的恢复重建，建设生态海岸线，强化海岸防潮排涝能力。

方案四，砂质海岸生态缓冲带。

在生态受损、海洋灾害风险等级较高的岸段，实施后滨固沙植被修复、沙丘修复、潮间带补沙，水下沙坝构建等修复措施，提升砂质海岸生态系统的减灾功能。

表 2.3-1 方案比选表

序号	比选项目	方案一仿岩质潮间带生态海岸线	方案二红树林生态海岸线	方案三盐沼生态海岸线	方案四砂质生态海岸线

序号	比选项目	方案一仿岩质潮间带生态海岸线	方案二红树林生态海岸线	方案三盐沼生态海岸线	方案四砂质生态海岸线
1	适宜条件	水深、浪大、海流流向复杂的海岸带，可通过堤外的仿岩质潮间带结构强化消液功能，稳固海堤	泥沙淤积的海岸，红树林带形成绿色消浪屏障，实现抗击风浪的要求	现有盐沼基础及咸淡水交汇处，滩地地形平缓，通过栽植芦苇、左芷、阔苞菊等具有海岸带生态修复功能的盐沼植物，重建海岸生态环境	现状部分砂质岸线所处的水动力环境发生变化，阻断了陆海联系以及物质交换或减少了沙源供应，导致砂质岸线出现淤泥化或者受到侵蚀的岸线
2	外观	人工潮间带的岩质礁块布设介于高低潮水位之间，低潮时露出，高潮时淹没	构建海岸红树林生态群落，营造良好的滨海生态系统，美化滨海景观环境	构建多层次的盐沼群落，形成植被带，在保证生态功能的同时，营造优关的水岸景观	堤外以沙滩景观为主，具有旅游休闲功能
3	施工	利用原堤及已加固多年的根基，进行加固提升，施工难度适中，且有效节约工程投资	依托现有堤防，在堤外泥沙淤积的岸线种植红树林，施工难度较低	通过微地形塑造，形成适合盐沼植被生长条件，为植物生长提供基础	固沙植被修复，沙丘修复，潮间带补沙，水下沙坝构建。如果未解决水动力问题，后期维护成本较高
4	防护功能	防潮消浪功能强	防潮消浪功能强	防潮消浪功能中等	防潮消浪功能较强
5	生态功能	为海洋生物提供庇护场所，兼顾生物多样性保育功能	可净化海水,吸收污染物,降低海水富营养化程度,防止赤潮发生。在海滩上形成了一道樊篱,发达的支柱根加速了淤泥的沉积作用	构建健全的海岸生态链，改善滨海环境，形成健康良性循环的盐沼生态海岸线	能够形成稳定的生态结构,实现沙滩自然冲淤平衡,避免沙滩泥质化或被侵蚀

以上四种修复方案均具有不同的优势，由于本工程在平沙东堤和红旗堤区域范围内大部分堤段外部已有一定面积的红树林群落，考虑到以自然恢复为主的生态修复原则，这部分堤段直接采取红树林修复措施，工程设计推荐采取方案二。同时，平沙东堤和红旗堤部分堤段区域存在一定面积的盐沼群落，考虑到以自然恢复为主的生态修复原则，这部分堤段直接采取盐沼植被修复措施，即采取方案三。此外，本工程东大堤区域海堤直面南海，建成十多年来，在台风季节多次遭受台风暴潮的正面袭击，方案四虽然具有防潮消浪功能较强的特点，但是方案四不适宜在较大水

深处实施，且方案四的生态性不如方案一，因此对于这段海堤的生态修复推荐采用方案一。

2.3.2 工程总平面布置

本工程拟对三段海堤（平沙东堤、红旗堤、东大堤）的堤前带进行生态修复，修复总面积 60.575 ha。工程分段布置措施如表 2.3-2 所示。

表 2.3-2 工程分段布置情况

序号	位置	工程措施	面积（ha）
1	平沙东堤 PSD0+495~PSD2+400 规划治导线内侧	红树林生态修复	18.51
2	平沙东堤 PSD0+495~PSD2+400 规划治导线外侧	红树林生态修复	1.21
3	平沙东堤 PSD2+700~PSD2+880	盐沼湿地修复	2.57
4	平沙东堤 PSD3+700~PSD3+800	红树林生态修复	0.44
5	烂柴角堤 LCJ0+300~LCJ0+500	红树林生态修复	2.66
6	红旗堤 HQD10+200~HQD10+300	红树林生态修复	1.25
7	红旗堤 HQD10+400	盐沼湿地修复	1.52
8	红旗堤 HQD10+800~HQD13+000	红树林生态修复	4
9	红旗堤 HQD14+025~HQD14+800	红树林生态修复	2.89
10	红旗堤 HQD7+675~HQD10+100	红树林生态修复	1.81
11	东大堤 K0+700~K6+200	仿岩质潮间带修复	16.23

红树林修复区、盐沼修复区总面积 36.86，其中红树林修复面积 32.77 ha，盐沼修复面积 4.09ha。总平面布置示意图见图 2.3-1。

仿岩质潮间带修复区总面积为 16.23ha，布置在东大堤外侧，以东大堤拟建水闸为界分为南、北两段，建设范围分别为东大堤 K0+700 ~ K6+200（不含已确权用海范围），北段长度 1469.79m，南段长度 3304.22m，各段平均宽度均为 34m，总布置总平面布置示意图见图 2.3-2。



图 2.3-1 红树林-盐沼生态海岸线修复工程平面布置示意图



图 2.3-2 仿岩质潮间带平面布置示意图

2.4 相关工程概况

本工程是对三段堤防（包括平沙东堤、红旗堤、东大堤）的堤前带进行生态化修复，堤身带的建设由其他工程实施。其他工程分别为“珠海市金湾区乾务赤坎大联围平沙段海堤百年一遇达标加固工程（平沙东堤）”、 “小林联围金湾段百年一遇防潮洪提升工程（红旗段）”以及“高栏港石化区东大堤百年一遇达标加固工程”。

2.4.1 平沙东堤提升加固工程

（1）立项审批情况

2020 年 9 月，珠海经济技术开发区（高栏港经济区）管理委员会发展改革和财政金融局对“珠海市金湾区乾务赤坎大联围平沙段海堤百年一遇达标加固工程（平沙东堤）”项目可行性研究报告予以批复（珠港发改财投资可〔2020〕54 号）。2021 年 7 月，珠海市水务局对项目初步设计报告予以批复（珠水许字〔2021〕第 16 号）。

（2）设计标准

工程设计防潮（洪）标准采用 100 年一遇。工程等别为Ⅱ等，堤防级别为 2 级，主要建筑物等级为 2 级、次要建筑物为 3 级、临时建筑物为 4 级。

（3）建设内容

工程主要建设内容为：加固提升海堤 3.898km；对 2 座穿堤水闸（连湾八队闸、连湾水（船）闸）及 1 座穿堤涵窦（金斗窦）进行加固改造，对平沙水质净化厂排水涵进行拆除重建，对原金斗水闸进行拆除复堤，对 2 座排水涵管加固接长，完善 3 处交通闸口及 3 处港池防潮洪设施，完善工程管理机构和设施等。

（4）设计方案

根据初步设计报告，平沙东堤提升改造工程按照生态海堤进行打造，生态海堤断面类型定为自然生态型。生态景观设计为堤防沿线打造线型生态带，主要体现在堤外景观生态带、堤内护坡两个方面，并注意与沿线景观工程相结合。

堤外生态景观带：平沙东堤的堤外生态景观带由外到内分别为消浪反压平台、平铺式生态框格、砼栅栏板、防浪墙。消浪反压平台采用 9m 宽度平铺式生态框格，砼生态框格内表层填筑石子，下层为耕植土混合料，并选择适宜的品种进行景观绿化，既满足抗冲刷要求也兼顾景观需求。生态框格之外消浪反压平台采用抛石，便于海岸带保护修复工程进一步打造生态设施。海堤抗滑稳定优先采用反压平台解决

并考虑生态设计，其中桩号 PSD2+860～PSD3+394、PSD3+900～PSD4+060 堤外为码头、港池水道及船闸水道，无用地条件实施反压平台，设计采用桩式护岸固脚型式解决抗滑稳定问题。

堤内护坡：考虑便于管理、满足防冲护坡等要求，平沙东堤的堤内护坡采用草皮护坡满铺。

平沙东堤的典型断面如图 2.4-1、图 2.4-2 所示。

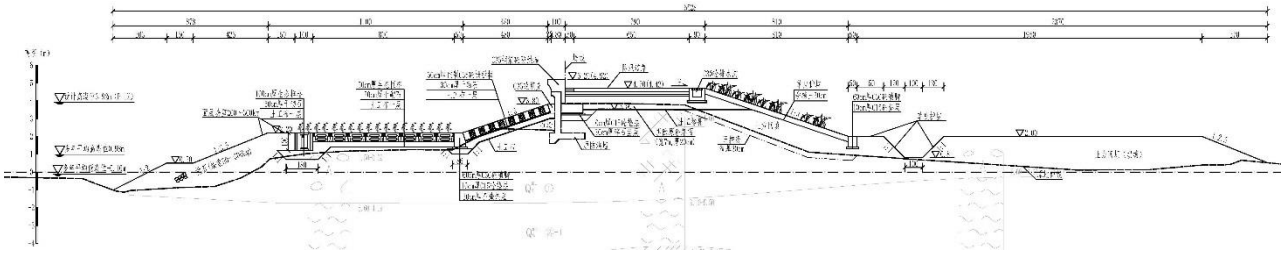


图 2.4-1 平沙东堤典型断面 1（PSD0+495~PSD2+500）

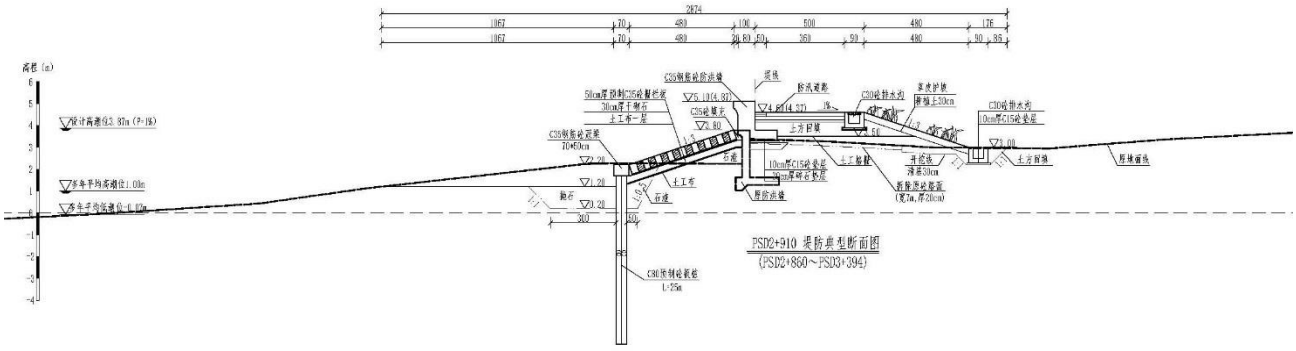


图 2.4-2 平沙东堤典型断面 2（PSD2+860~PSD3+394）

2.4.2 红旗堤提升加固工程

（1）立项审批情况

2021 年 8 月，珠海市金湾区发展和改革局对“小林联围金湾段百年一遇防潮洪提升工程（红旗段）”项目可行性研究报告予以批复（珠港发改财投资可〔2021〕5 号）。2021 年 6 月，珠海市水务局对项目初步设计报告予以批复（珠水许字〔2021〕第 11 号）。

（2）设计标准

工程设计防潮（洪）标准采用 100 年一遇。工程等别为Ⅱ等，堤防级别为 2 级，按 1 级堤防校核，主要建筑物等级为 2 级、次要建筑物为 3 级、临时建筑物为 4 级。

（3）建设内容

工程主要建设内容为：加固提升海堤 11.947km，重建小型水闸 3 座、加固提升穿堤水闸 10 座和泵闸 2 座，配套完善工程管理设施等。

（4）设计方案

根据初步设计报告，红旗堤各堤段的堤防断面型式如下：

1）桩号 HQD2+200～HQD7+650、HQD8+230～HQD10+150 段

本段现状海堤为传统堤防断面型式，堤前部分区域有一定宽度滩地，后侧主要为农业用地，局部堤后存在村落。根据景观设计方案，为了满足周边居民的休闲需求，本段设计采用复合式生态海堤断面型式。利用堤防现有防洪墙结构对其进行加高加固至设计防浪墙高程，满足 100 年一遇防潮(洪)标准。防浪墙前侧采用栅栏板+预制生态框进行消浪防冲设计，并考虑生态种植，使得堤防达到防冲效果的同时亦兼顾生态效果；堤后背水侧设置排水沟及 2m 宽堤防巡视便道，以隔断堤防结构与后侧地块，确保堤防用地范围，避免后期其他用地侵占堤防结构。设计典型断面型式如下图所示。

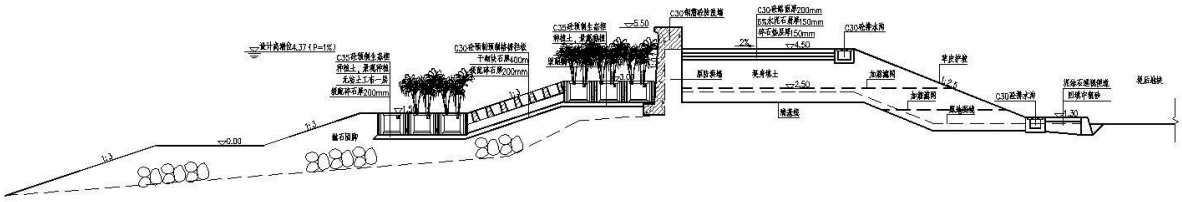


图 2.4-3 红旗堤堤防典型断面 1

2）桩号 HQD7+650～HQD8+230、HQD11+180～HQD11+475 及 HQD11+650～HQD11+780 段

本段现状海堤为传统堤防断面型式，堤防后侧主要为水泥厂区或工业区，堤前滩地已被厂区填高至 2.50m～3.0m 高程。本段设计充分利用现有地形进行生态防护设计，利用旧堤现有防洪墙结构对其进行加高至设计防浪墙高程，满足 100 年一遇防潮(洪)标准。防洪墙前侧浇筑生态种植框，于生态框内进行种植，实现满足消浪防冲基础上兼顾生态；堤后背水侧设置排水沟及 2m 宽巡视便道，以隔断堤防结构与后侧地块，确保堤防用地范围。设计典型断面型式如下图所示。

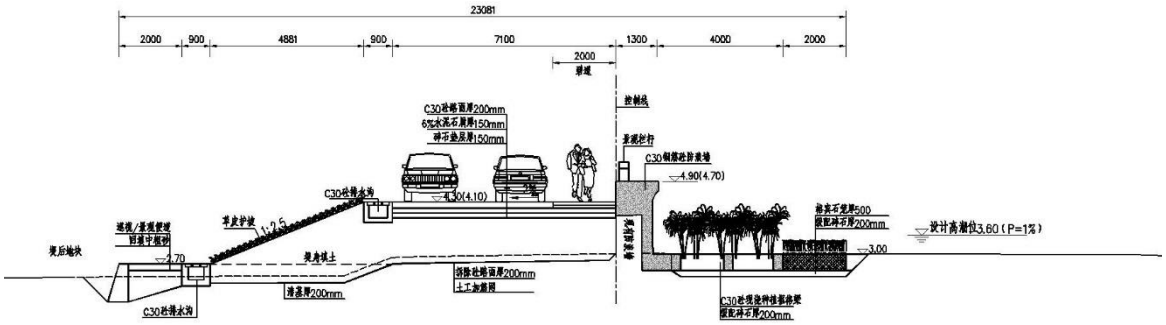


图 2.4-4 红旗堤堤防典型断面 2

3）桩号 HQD11+100～HQD11+180、HQD11+475～HQD11+650 和 HQD11+780～HQD13+515 段

本段现状海堤为传统堤防断面型式，靠近入海口，堤前侧滩地较窄，后侧主要为农业渔业用地。本段海堤外侧水域为海洋水域，堤防防冲需求较高，设计采用直斜复合式海堤断面型式。利用旧堤现有防洪墙结构对其进行加高加固至设计防浪墙高程，满足 100 年一遇防潮(洪)标准。防洪墙前侧设计采用栅栏板+四角空心块进行防冲消浪；堤后背水侧设置排水沟及 2m 宽巡视便道，以隔断堤防结构与后侧地块，确保堤防用地范围。设计典型断面型式如下图所示。

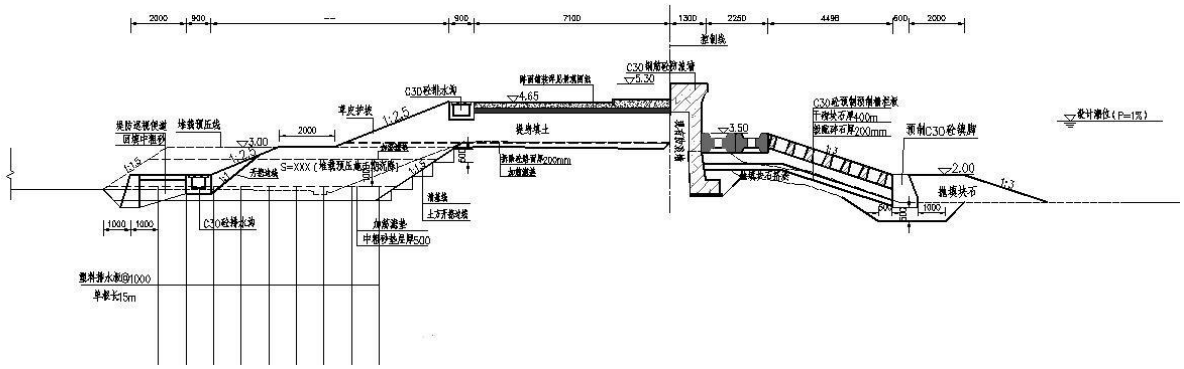
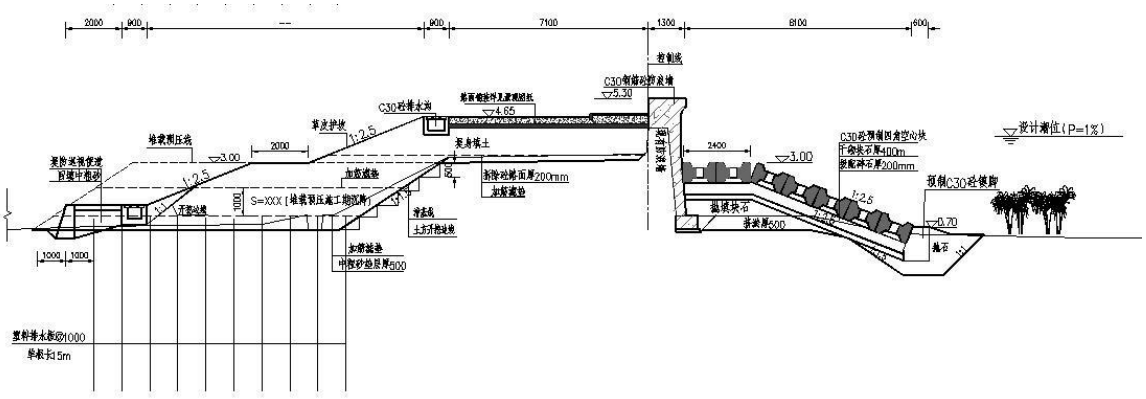


图 2.4-5 红旗堤堤防典型断面 3

4）HQD13+515～HQD14+875 段

本段现状海堤为传统堤防断面型式，靠近入海口，堤前侧滩地处有成片灌木红树林，现状红树林距离现状防浪墙约 6m～8m，堤防后侧主要为鱼塘养殖用地。该段设计利用现有防洪墙结构进行加高加固至设计防浪墙高程，满足 100 年一遇防潮(洪)标准。设计方案考虑对防浪墙外侧现有红树林进行保护，利用其作为植物消浪手段，于防浪墙前侧范围内设计采用四角空心块+预制砼固脚的方式防冲消浪；堤后背

水侧设置排水沟及 2m 宽巡视便道，以隔断堤防结构与后侧地块，确保堤防用地范围。设计典型断面型式如下图所示。


2000
900
900
7100
1300
8100
600
C30砼排水沟
单皮护坡
1:2.5
堤身填土
3.00
2000
1:2.5
1:2.5
1000
S=XXX（堤顶预压施工期间调整）
1000
1000
1:2.5
1:2.5
1:2.5

（3）建设内容

工程主要建设内容为：对东大堤按照百年一遇防潮洪标准进行达标加固建设,并配套建设防洪挡潮闸,目前尚在论证修建不同规模挡潮闸的可行方案阶段。

2.5 修复工程内容

2.5.1 设计防洪（潮）标准

本项目是在海堤堤前带进行生态修复，修复工程本身对防潮仅起到辅助作用，本节为拟修建的后方堤防提升加固工程设计防潮标准。

根据《珠海市水利发展“十三五”规划》、《珠海市雨水系统及防洪规划》（2006-2020）、《珠海市海堤防潮洪标准及能力提升建设方案》，平沙东堤、东大堤、红旗堤的设计防潮（洪）标准均为100年一遇，堤防级别为2级。

根据《水利水电工程等级划分及洪水标准》（SL252-2017）4.4.1 的相关规定，平沙东堤、东大堤和红旗堤的主要建筑物级别为2级，次要建筑物级别为3级，临时建筑物级别为4级。

根据《水利水电工程合理使用年限及耐久性设计规范》（SL654-2014）3.0.3 条的规定，平沙东堤、东大堤和红旗堤的合理使用年限为50年。

2.5.2 仿岩质潮间带生态海岸线

2.5.2.1 现状分析

东大堤位于鸡啼门水道出海口右岸的海滩上，北接南水岛、南接高栏岛。东大堤堤防为两水夹一堤型式，堤外直面广袤的南海，堤内为高栏港石化区吹填建设用地，部分未吹填水域，对防洪（潮）要求高。堤岸主要为南北走向，直面南海，与海流主方向垂直。长期面临风浪和船行波等冲击、冲刷和淘蚀，堤前带缺乏稳定岸滩，自然潮间带缺失，几乎无植被覆盖且生物多样性较低。本堤段位于规划的高端制造产业功能区内，远期规划用地为城市用地，规划的防潮（洪）标准为 100 年一遇。本段海堤除需要满足防潮（洪）的功能外，还需兼顾城市景观及生产生活需求。

2.5.2.2 设计理念

采用仿岩质潮间带生态海岸线对该段海堤进行生态化改造，通过堤外仿岩质潮

间带结构强化消浪功能，采用天然块石、牡蛎礁、多孔石笼、多孔砌块等材料，堆砌成高低起伏的消浪平台，稳固海堤，同时为海洋生物提供庇护场所，兼顾生物多样性保育的功能，以达到集消浪和生物庇护所功能于一体的目的。

仿岩质潮间带布设高程介于高低潮位之间，低潮时露出，高潮时淹没。现状堤外高程≥多年平均高潮位 0.99m 的区域，砌块保证不进行进一步填高；现状堤外高程＜0.99m 的区域，砌块高程控制在 0.99m 以下。单个砌块表面微凹陷，可留存海水，礁体为多孔结构，为潮间带生物提供庇护场所。礁块砌合形成的起伏表面亦可增加表面摩擦度，强化消浪效果，同时，在潮水消退时可临时存留海水，形成小型潮汐池，为潮间带生物提供栖息空间。潮间带生物的丰富亦会吸引以此为食的鸟类，提高海岸带生物多样性，使生态功能逐步恢复。

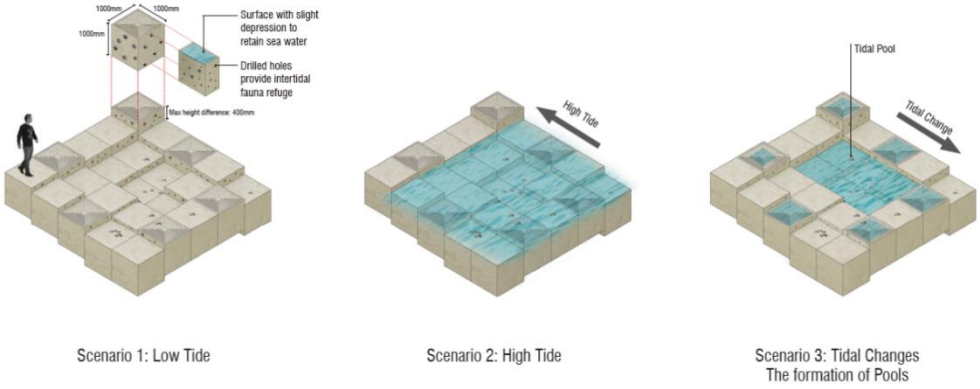


图 2.5-1 仿岩质潮间带结构示意图

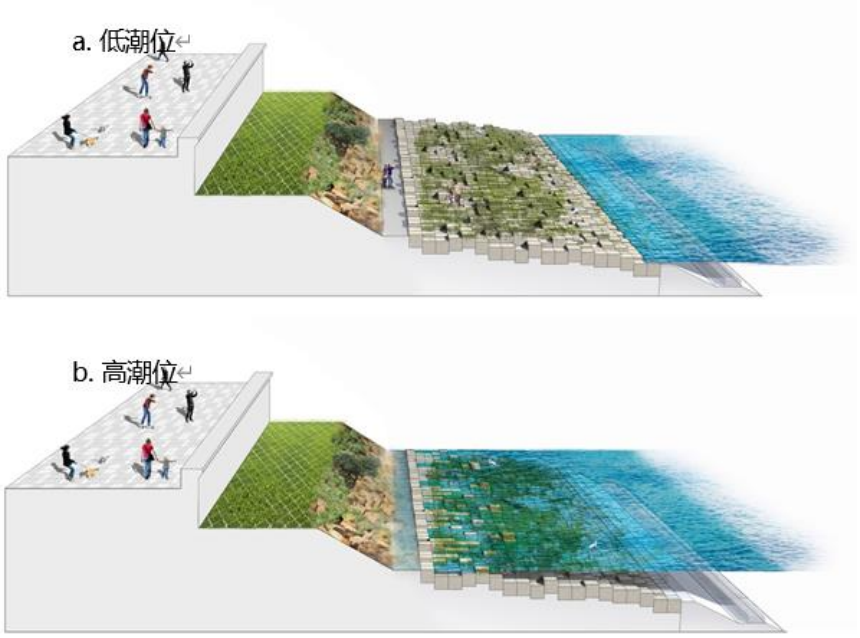


图 2.5-2 仿岩质潮间带生态海岸线在高、低潮位剖面示意图

2.5.2.3 横断面设计

仿岩质潮间带修复范围位于拟提标加固东大堤堤前带，实际实施范围为提标后海堤堤脚以外 26m 宽条带，将外侧 26m 宽以及堤脚 8m 宽抛石平台区域纳入仿岩质潮间带项目区域。其中 8m 宽抛石平台区域现状为旧堤抛石斜坡，现状高程约为 0.5m，属于潮间带高程范围，未实施抛石平台前作为潮池，抛石平台填筑后高程约为 1.5m，仍处于平均大潮高潮位高程以下，处于潮间带范围。抛石平台外侧依次为堤脚外伸区域、生态预制块条带以及格宾石笼形成的生态离岸堤。由于东大堤直面南海，海域宽阔，水泥流速较小，泥沙含量相对较低，能够充分发挥仿岩质潮间带生态预制块等构件的生态性，从而发挥仿岩质潮间带的生态效益。见图 2.5-3。

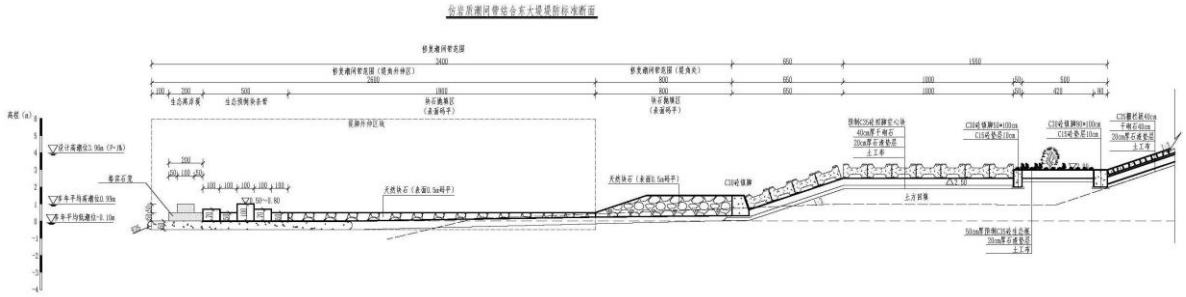


图 2.5-3 仿岩质潮间带典型横断面

2.5.3 红树林生态修复

2.5.3.1 前期调查及修复适宜性分析

（1）前期调查

前期调查显示，项目区除右岸靠近木乃山附近滩涂生长有狭长成片红树林外，其红树种类和数量相对较多；其他河段滩涂红树种类和数量较少。总体上，项目红树林物种多样性偏低，而且分布不均匀，受当地人类生产活动的直接影响较大。

此外，由项目海域现状调查结果来看， 工程区浮游动物物种多样性不高，底栖动物和潮间带生物的种类、密度和生物量均处于一般水平。西岸平沙东堤 PSD0+495~PSD2+400（红树林营造区）内布设水质调查站位 pH、无机氮、活性磷酸盐均超标，富营养化等级为重度富营养化，底栖动物生物多样性处于中等水平。该区潮间带生物多样性处于较差水平。

项目区河段滩涂湿地红树林环境胁迫因素主要是人为干扰，主要包括滩涂湿地的围垦，堤岸建设工程的实施以及附近区域内污水排放引起的水体污染。自然干扰

主要为蟛蜞菊等入侵物种以及目前场地上大量的茳芏等水生植物。

表 2.5-1 项目区红树林分布及生长情况

红树林分布段	红树林生长情况
平沙东堤南段	红树林物种多样性偏低，具备良好的改造恢复的条件
平沙东堤最北端 0.4ha，红旗堤北段 2ha	退围还海后的围塘自然恢复形成一定面积的芦苇、老鼠筋群落，红树林群落发育不够成熟
红旗堤鸡啼门大桥上游	与下游红树林区域邻接，生境条件类似，目前分布有老鼠簕、桐花等原生红树、入侵物种蟛蜞菊和水生植物茳芏等。
红旗堤最南段 2.6ha	应潮面红树林群落生长良好，近堤身区域的外滩受到陆生植物的侵入，需加强半红树与红树过渡区的恢复和保护

（2）可恢复性分析

通过对项目内的气候条件、滩涂地形条件、沉积物环境、水文条件、盐度、底质类型等生境条件的分析可知，鸡啼门水道的环境条件通过改造可成为红树林的良好生长提供条件。

表 2.5-2 红树林生态修复适宜性判定指标

指标类型	评价指标	适宜范围	本项目情况	改造可能性
生境条件	温度	最冷月平均气温≥9.3℃；最冷月平均气温≥10.6℃	年平均气温 22℃	可改造
	海水盐度	2~30	夏季时盐度约为 0.21～1.65；冬季时鸡啼门径流达最小，外海高盐水入侵，盐度可达 20～25	
	滩涂高程	平均海平面（或稍上）与回归潮平均高潮位之间	平均低潮位-0.1m，平均高潮位 0.98m，项目滩涂高程在基本处于潮间带	
	底质类型	淤泥、泥谈、泥沙等，以淤泥质滩涂为宜	淤泥质滩涂	

2.5.3.2 设计目标

在前期调查基础上，确定本项目红树林生态修复的目标如下：

（1）构建红树林生态群落，提升物种多样性

目前近岸海域部分区域由于常年淤积，缺少管理，本应生长红树林的潮间带被芦苇等禾本科植物占据。虽然芦苇也能形成耐盐群落，但是其在生态系统中的贡献，尤其是对滩涂生物多样性的贡献较低。因此亟需提升近岸红树林覆盖率的同时，去除芦苇等较低的滩地植物群落，有效提高岸滩生物多样性。同时通过红树林群落塑造多样的微环境，提升近岸海域海洋生物资源的保护与修复。

（2）构建红树林生态防线，实现生态减灾协同增效

通过红树林修复，结合加固后的海堤，构建生态韧性海岸，有效抵御风浪袭击，防风消浪、促淤保滩、固岸护堤、净化环境，实现生态减灾协同增效。

2.5.3.3 修复分区

根据工程区不同区域红树林的生态环境现状，确定修复分区及修复方式，见表2.5-3。

表 2.5-3 红树林生态修复分区及修复方式

修复分区	位置	修复方式	修复面积	备注
红树林营造区	PSD0+495~PSD2+400	生境修复、人工种植进行重建性修复	19.72 公顷	包括规划治导线外侧原生红树林 1.21 公顷
红树林修复区	PSD3+700-PSD3+800，HQD10+200~HQD10+300，HQD10+800~HQD13+000，HQD14+025~HQD14+800，HQD7+675~HQD10+100，LCJ0+00~LCJ0+500	自然恢复为主，人工种植辅助修复	13.05 公顷	

2.5.3.4 修复措施

针对现状红树林生境及污染生态胁迫的生态问题，本项目拟采取生境修复及红树林植被修复措施。

2.5.3.4.1 生境修复措施

生境修复的具体措施包括水动力条件修复和滩涂地形地貌修复，主要适用于红树林营造区。

（1）水动力条件修复

修复红树林营造区内的潮汐交换通道，开挖潮汐水道、开沟引流以恢复红树林自然生长需要的潮汐环境。对靠近堤岸侧 40m 宽的现状水道进行保留，修复的纵横潮汐水道宽度 5-15m 不等，保证南北行洪通道与东西潮汐水道的贯通。水道底设计高程低于多年平均低潮位（-0.10m），保证行洪要求同时提供海洋生物所需的生境水位，同时也保证高低潮时潮水可以进出,并以透水的松木桩作为红树林种植地的护岸，减少林地泥沙流失，同时减少对自然生态系统的影响。

（2）滩涂地形地貌修复

红树林修复区域，清除场地内水生植物杂草后，采取适当的覆土或移除表土以

恢复滩涂的高程条件，块状营造红树林种植地。针对项目内位于平均海面线以下的潮滩面，改造采用连片填土和局部堆高相结合的方式来恢复滩涂的高程条件。连片填土多用于平沙东堤沿岸区域，离岸部分，将挖掘出的沉积物堆填成小岛营造适宜红树林生长的空间，同时设计了一定的轻微坡度以促进排水，达到红树林宜林地要求，促进红树植物的自然更新。以项目范围内的东岸连片生长良好红树林系统作为参照生态系统，最终恢复区红树林种植的修复设计平均高程为+0.6m，局部地段因地就势，滩涂改造高程在 0.9m-2m 之间。此外，在项目区内提高滩涂高程的修复区域，修建木桩围堰避免潮水冲刷使滩涂上的沉积物流失，在红树林修复区域外围区域设置防护网进行有效消波和减少林地泥砂流失，同时防止漂浮垃圾进入。

2.5.3.4.2 植被修复措施

针对项目内红树林生境的现状问题，方案在修复红树林生境条件的基础上，通过人工种植的方式修复红树林植被，用于红树林营造区和红树林修复区。

红树林植被修复重点考虑红树林种植模式、物种选择、种植密度等关键技术要求。

（1）种植模式

红树林营造区：规划治导线以外的红树林营造区仅保留原生红树林，不进行人工种植。规划治导线以内的红树林营造区采取块状混交及带状混交相结合的方式，形成复杂多样、功能稳定的多层林分结构。同时项目红树林种植地避免了大面积连种，适当增加了斑块，预留人员下海通道。项目基底优先使用高度 1M 左右的 3 年苗，红树林大地印章区域使用高度 2M 左右的 5 年苗，利用乔灌木混交林种植的模式，从时间上与空间上，最终以人工种植加自然演替的方式形成稳定的红树林群落。

红树林修复区：保持现有地形的前提上，局部整理宜林地高程，在现有林窗间补植红树小苗高度 1M 左右的 3 年苗，速生树种与慢生树种结合，使其最终通过自然演替达到修复的效果。

（2）树种选择

在对现状红树林进行植被修复时，项目改造首选使用所在区域的原生物种进行修复。本项目进行红树林植被修复时，设计树种中主要以保留当地的原生物种和乡土物种为主，未引入新的物种。

红树林营造区：主要修复策略是针对规划治导线以内的红树林植被进行修复，

保持现有地形，在洼地区域补充耐盐碱植物芦苇，在现有林窗间补植真红树和半红树，速生树种与慢生树种结合，使其最终通过自然演替达到修复的效果，主要种植的红树品种有：秋茄、桐花、木榄、老鼠簕等。

红树林修复区：主要包括迎海界面、潮间带区域和堤顶路界面，分别针对不同区域种植不一样的植物，主要包括：桐花树、秋茄、木榄等。

（3）种植密度

根据潮滩的立地条件和树种生物生态学特性确定种植密度，淤泥深厚、风浪较小的潮滩或速生的树种适当降低造林密度，土壤贫脊、风浪较大的潮滩或慢生的树种适当提高造林密度。不同树种种植规格参考《红树林造林技术规程》（DB44 T 284-2005）中种植规格，具体见表 2.5-4。

表 2.5-4 红树林种植规格

树种	种植规格	备注
慢生树种	0.3m×0.5m-0.5m×1.0m	用胚轴直接插植的情况下要密植，用营养袋苗种植的情况下株行距可适当加大
速生树种	1.5m×1.5m-2m×3m	海桑、无瓣海桑、拉关木等树种在土壤硬实贫瘠、大米草分布的潮滩可以 1,m×1m 的规格种植，在淤泥深厚、避风的裸滩以 3m×3m 的规格种植。

注：表中数据仅作为慢生树种、速生树种种植密度参考之用。

2.5.3.5 配套设施

红树林设置配套设施主要包括 1.57km 长的监测栈道，1 个观鸟屋，7 个观测长廊。

（1）监测栈桥

1）平面布置

监测栈道架空穿梭于红树林之间，兼科普和红树林环境监测的作用。监测栈道总长 1.57km，设置在本项目红树林营造区规划治导线以内。

监测栈道布置见图 2.5-4、图 2.5-5。

2）结构尺度

结合建设场地潮位数据、红树林生长高度，栈道底部满足多年平均潮位（0.98m）要求，桥面高程按 3m 设计。

上部结构：桥梁上部结构均采用钢结构，顺桥向采用三根焊接 H 型钢，规格为：H300×250×12×14；横向设置横梁，横梁采用 H 型钢，规格为：

H150×150×8×10，分别在纵梁端部设置端横梁，中间横梁按 2.5m 间距布置。设计桥梁跨径选择 10m。

下部结构：下部结构桥墩采用 2 根 φ300 钢管桩，桥墩上设盖梁，盖梁采用焊接 H 型钢（250×200×12×14）。

桥梁基础：桥梁基础采用 C35 混凝土扩大基础，扩大基础高 0.9m，平面尺寸根据桥墩位置确定，中间墩、端部连续端处基础尺寸为 3.4×1.5m，端部简支端基础尺寸为 3.4×1m，平台端部基础尺寸为 6×1m。考虑到桥梁采用钢结构，上部结构荷载不大，栈道基础采用松木桩复合地基处理，松木桩长度 8m，间距 0.3m，要求处理后的复合地基承载力特征值不得小于 120kpa。

3）防腐工程

本项目位于海洋环境，根据海水环境混凝土及钢结构部位划分，桥梁上部结构、桥面铺装及栏杆位于大气区；下部结构（桥墩）位于浪溅区及水位变动区；桥梁基础位于水下区，据此确定桥梁涂装与防护方案如下：

上部结构：桥梁上部钢结构防腐采用钢结构表面涂层防腐，涂层采用环氧富锌底漆+环氧（云铁）漆+氟碳树脂漆+氟碳面漆的防护体系；

下部结构：桥墩采用环氧玻璃鳞片漆，涂刷 3 道，最低干膜厚度 450μm。

桥梁基础：普通钢筋及预应力钢筋的最小混凝土保护层厚度按《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362-2018 及《公路工程混凝土结构防腐蚀技术规范》（JTG/T B07-01-2006）执行；应对混凝土用骨料进行碱活性试验；高碱活性集料严禁用于桥梁混凝土结构。

4）附属工程

桥面铺装：结合桥梁整体景观效果，桥面铺装现阶段设计推荐采用（镀锌）钢格栅板，钢格栅板厚度 25mm，置于上部结构纵梁上。钢格板现代感强，与桥身（钢结构）融合度较高。

栈桥栏杆：为与桥梁桥身的钢结构融合，栈桥栏杆现阶段设计推荐采用钢结构材料。设计提取珠海首字母“ZH”作为栏杆的元素来表达地域特质。

监测栈道标准段横断面形式及立面布置图见**错误!未找到引用源。**。

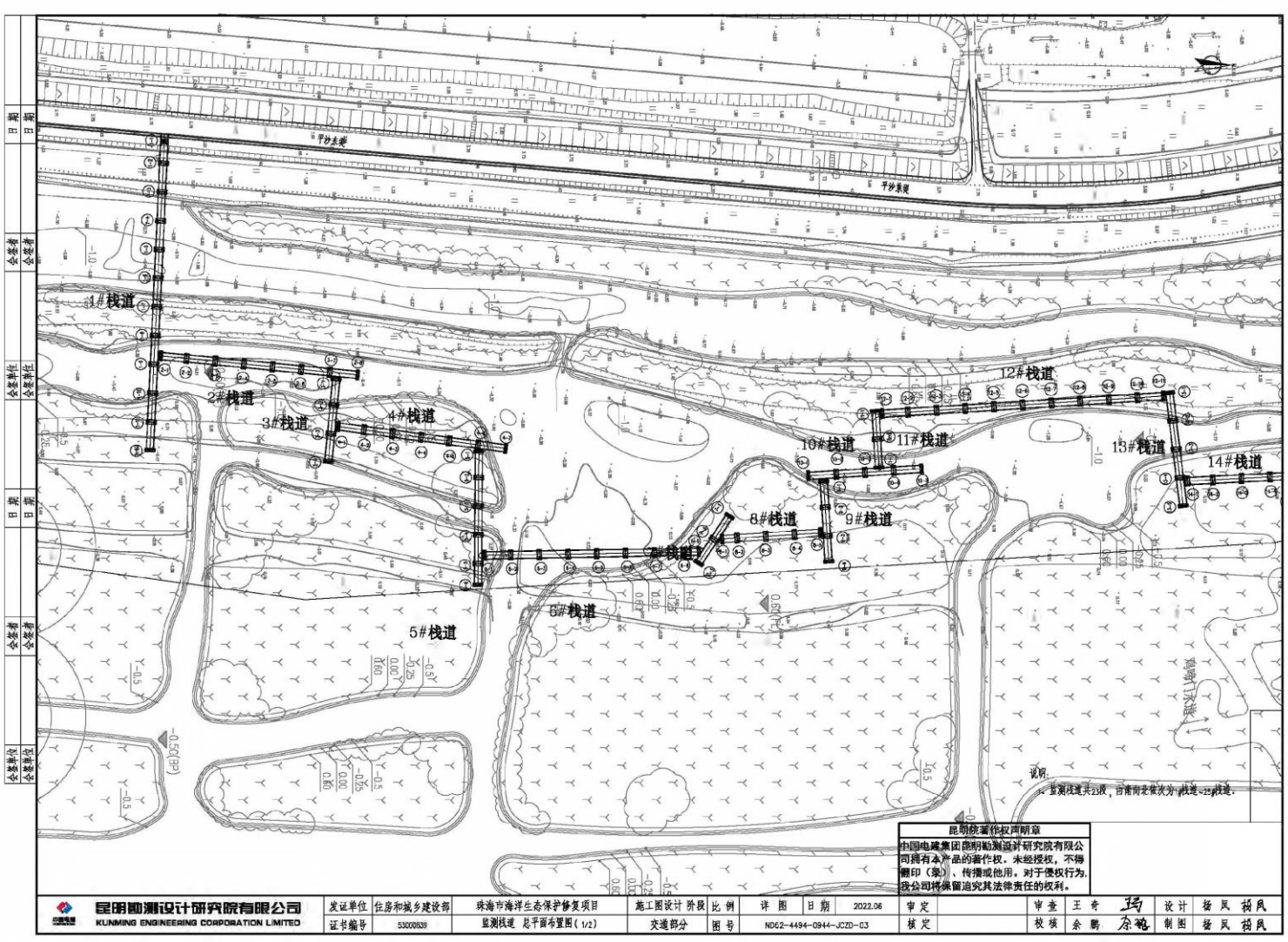


图 2.5-4 监测栈道平面分布图（1）

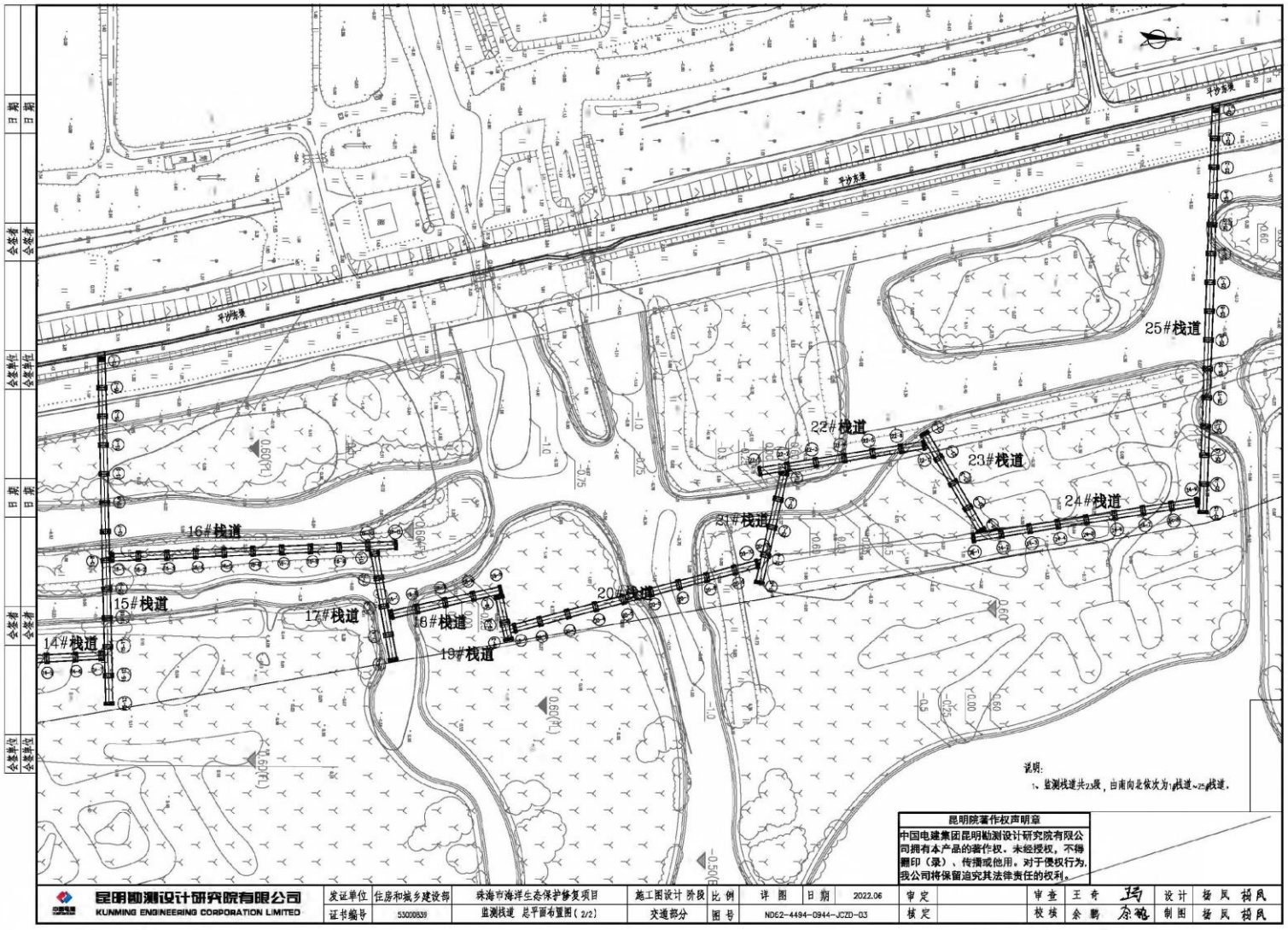


图 2.5-5 监测栈道平面分布图（2）

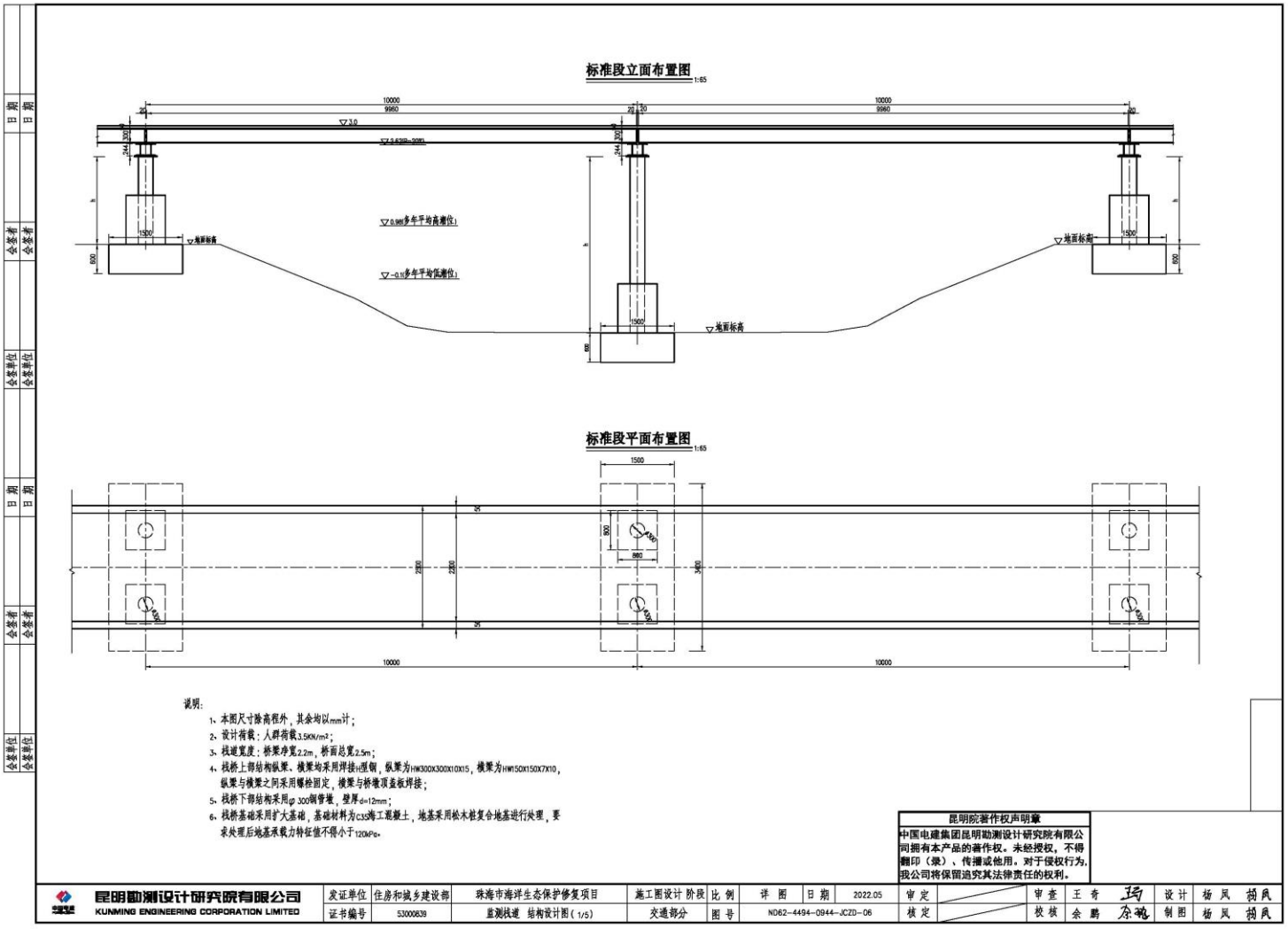


图 2.5-6 监测栈道标准横断面平立面图

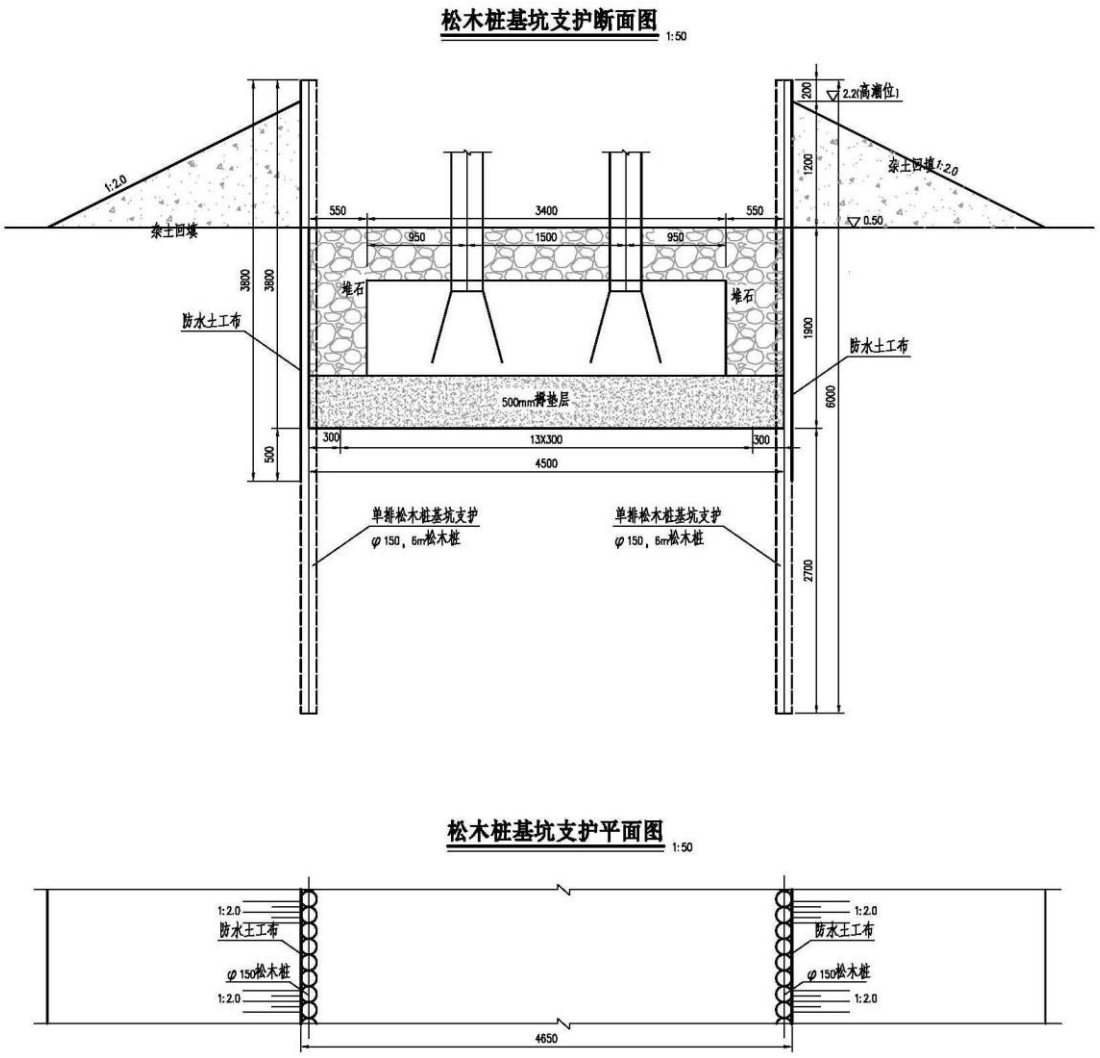


图 2.5-7 松木桩基坑支护平面图

（2）观鸟屋

在 PSD1+200~PSD1+300 段，沿海堤向红树林深入方向监测栈道终端设置 1 个观鸟屋，观鸟屋采用蛋壳形，整体以卵形的空间形态呈现，盘旋而上，顶端开阔，仿佛雏鸟破壳而出。外立面使用条状木质材料进行塑造，与红树林景观主题及环境相融合。

（3）观测长廊

为便于观鸟，在监测栈道设置了 7 处观测长廊，采取镂空钢结构设计，到访者可通过景观廊空隙观鸟，以防对鸟类造成干扰和惊扰。

2.5.4 盐沼生态修复

2.5.4.1 现状分析

前期调查显示，西岸（平沙东堤 PSD2+880）拟开展盐沼湿地修复的区域现状为平沙水质净化厂排水涵外的滩地，潮沟淤积堵塞，导致潮汐受阻。植物群落主要包括孪花蟛蜞菊、芦苇、水葱等水生植物，少量点缀桐花树、老鼠簕、苦郎树、海刀豆等红树；东岸（红旗堤 HQD10+400）拟开展修复的区域周边为工业区，现状为退塘还海后遗留的围塘埂，围塘一圈围垦滩涂上的临水区域自然生长有一定面积的芦苇群落和少量老鼠簕，植物群落主要包括芦苇、互花米草、蟛蜞菊等。总体来看，项目区拟开展盐沼修复区内受周边排污影响及生物入侵危害，盐沼植物多样性偏低，盐沼生境有一定程度的退化。

通过对项目内的滩涂地形条件、水文条件、底质类型等生境条件的调查可知，盐沼内部沉积环境为淤泥质滩涂，沉积物能够维持盐沼基本功能，且工程区水系能够为盐沼生态系统提供正常的维持和调节功能，具备改造条件。

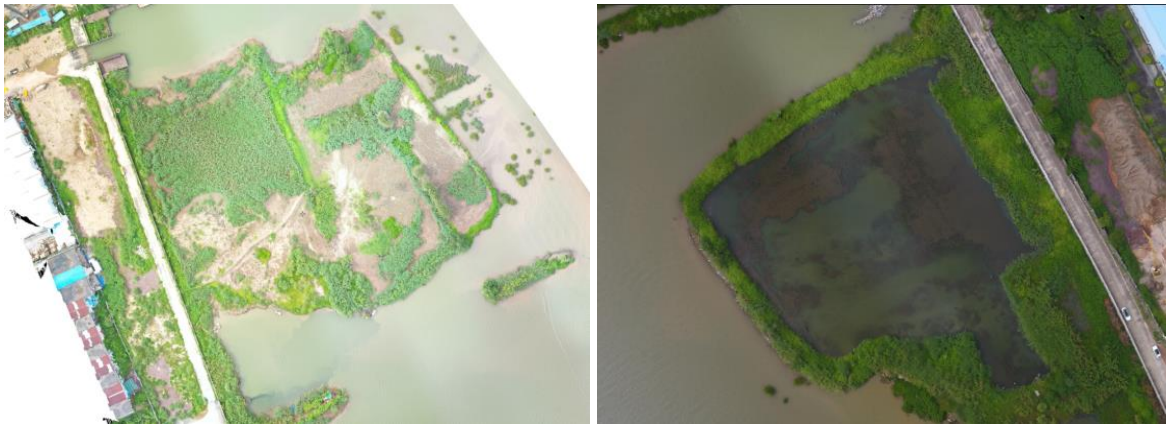


图 2.5-8 盐沼湿地修复区现状

2.5.4.2 设计理念

潮汐盐沼湿地是海岸与开放海域之间（潮间带）生长盐沼植物的潮滩区域，对于鸡啼门入海口而言，盐沼具有抵御风暴潮灾害、净化污染物、固沙促淤、为野生动植物提供适宜生境等多种重要的生态功能，针对现状基本为草本植物的盐沼滩涂，本修复方案通过对其地势的重新整理，重建鸡啼门滨海盐沼生态群落，恢复这一具有较高生态价值的海岸带生态系统，打造小微湿地。

2.5.4.3 修复措施

针对现状盐沼湿地生境退化、污染生态胁迫及外来物种入侵的主要生态问题，采取生境修复及盐沼植被修复作为本项目的修复措施。

2.5.4.3.1 生境修复措施

生境修复的具体措施包括湿地水文条件修复和湿地微地貌修复。

（1）湿地水文条件修复

水动力修复总体目标：通过盐沼滩地水动力修复，补充河道中过量消耗的溶解氧，增强河道水体的自净能力以水生植物对污水中的氮、磷及重金属的吸收作用，实现净化潮间带海水污染的功能。

1）滨海盐沼湿地水系连通技术

主要用于西岸（平沙东堤 PSD2+800）盐沼湿地。针对此区域，因地制宜疏通700m 长，约 10m 宽螺旋弯曲水道，水道底高程在 0.3m-0.5m 之间（现状盐沼湿地平均高程在 1m-1.5m 之间），使得池底最高处低于高潮位标高，保证在高潮位时，海水能顺利进入潮汐塘中，引入潮水，改善水系的连通性，打通海陆联系，同时延长水流在湿地中的滞留时间，达到一定的净化目的。

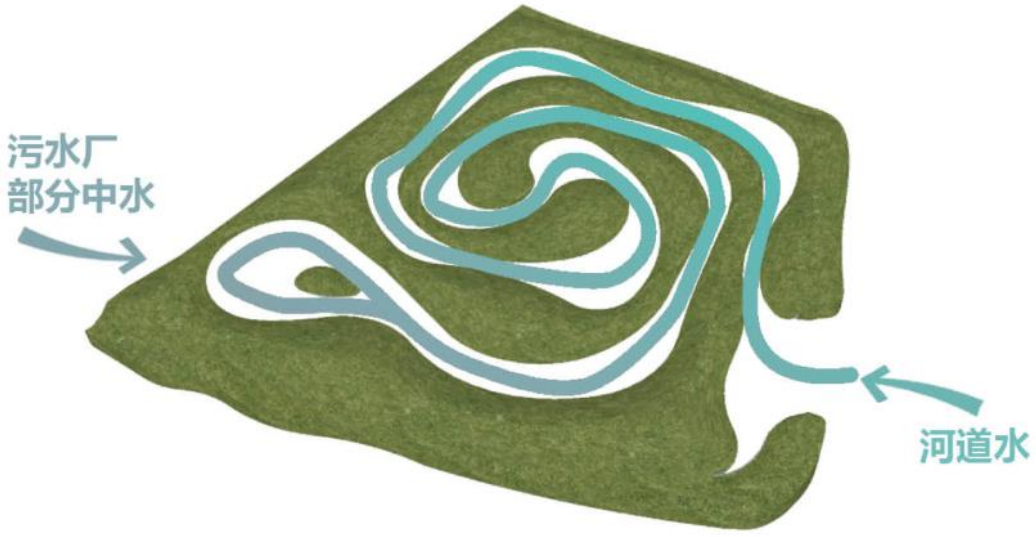


图 2.5-9 盐沼湿地水系连通图

2）滨海盐沼湿地消波护岸技术

用于西岸（平沙东堤 PSD2+800 ）和东岸（红旗堤 HQD10+400）的盐沼湿地。为防止较大风浪导致盐沼岸滩受到侵蚀，通过湿地边缘简易的格宾石笼进行有效消波和减少泥沙流失。

（2）湿地微地貌修复技术

主要用于西岸（平沙东堤 PSD2+800 ）盐沼湿地。在盐沼湿地水文联通的基础上，考虑到局部区域的地貌变化，实施湿地微地貌修复工程。将疏通开挖潮沟的土方用于改变部分区域的高程。现状盐沼湿地平均高程在 1m-1.5m 之间，微地貌整饰后的微地形高程在 1.5m-2m 之间，设计 3 个跌坎，对水流进行曝气增氧，最终达到以不同的微地貌类型来提高生境的异质性和稳定性的目的。

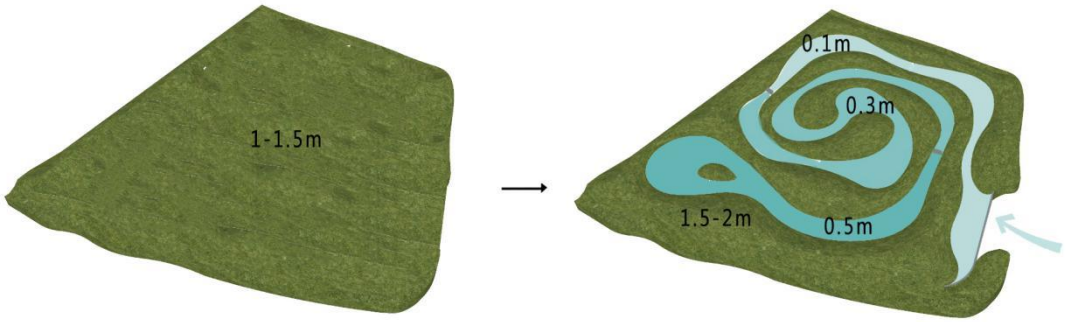


图 2.5-10 盐沼湿地微地貌修复图

2.5.4.3.2 盐沼植被修复

盐沼植被修复总体目标：盐沼植被群落的修复可丰富本土水生盐沼植物的种类，同时为水生植物及其共生的微生物、鱼类、鸟类等提供生物栖息地，综合提升该段项目内生物多样性指数。

针对项目内盐沼生境的退化现状，采取在去除入侵生物的基础上，以人工种植的方式进行盐沼植被修复。盐沼植被的人工种植坚持采用乡土物种的原则，结合弯曲的潮汐水道，选用抗污染能力强、具有一定净化功能、根系发达适宜咸淡水生长且具有良好环境适应能力的植物，净化水质的同时提升景观效果。其中重点考虑了物种选择关键技术要求。

西岸（平沙东堤 PSD2+800 ）盐沼湿地植物选择：柽柳、芦苇、阔苞菊、水葱、纸莎草、花叶芦竹、花菖蒲、粉美人蕉、水鸢尾、茳芏等。

东岸（红旗堤 HQD10+400）的盐沼湿地植物选择：芦苇、阔苞菊、水葱、纸莎草、花叶芦竹、花菖蒲、水鸢尾、茳芏等。

本项目进行盐沼植被修复时，设计树种中主要以保留当地的原生物种和乡土物种为主，植被修复中所使用的柽柳为余兴光、刘怀等人首次在华南沿海地区发现的规模性野生柽柳资源，为本地种，命名为金湾柽柳。经山东省林科院刘德玺研究员

初步鉴定珠海市金湾区柽柳为甘蒙柽柳，是该种在广东的新发现。较北方柽柳而言，金湾柽柳具有耐水湿能力更强、耐持续高温能力更强、耐空气高湿环境更强、生长速度快的优良特性，是华南地区不可多得的耐盐碱生态树种，填补了华南沿海高耐盐碱树种和海岸带生态绿化树种的空白。

2.6 安全保障及自动监管工程

安全保障及自动监管工程的建设任务由仿岩质潮间带生态修复实施安全保障工程、红树林-盐沼生态海岸线生态修复实施安全保障支撑工程、入海污染物自动监管工程及海洋防灾减灾预警工程、海岸带生态减灾修复效果评估五部分组成。

2.6.1 仿岩质潮间带生态修复实施安全保障工程

（1）监控目的与监控内容

本工程计划采用仿岩质潮间带生态海岸线建设方式对东大堤进行生态化改造。为保障现场作业安全，监控仿岩质潮间带生态化改造过程，多方位评估生态修复效果，本项目计划采用在仿岩质潮间带修复工程所在水域布设 2 套水上水下一体化监控系统的方式提升安全保障能力。

监控指标包括水上水下视频影像、水环境温度、电导率、pH、深度、溶解氧、浊度、气温、湿度、气压、风速风向等，提供现场作业过程和岩质潮间带生态环境演变过程监控。

（2）站点布设

为确保仿岩质潮间带生态海岸线监控数据的完整性，拟在仿岩质潮间带生态海岸线建设的各堤段选取代表性监控站点，监控区域基本覆盖仿岩质潮间带生态海岸线建设范围。分别在东大堤北段外侧水域（S2）布放 1 套水下监控系统，以及在东大堤南段外侧水域（S1）布放 1 套水上水下一体化监控系统。拟布设位置见下表。

表 2.6-1 建站站点坐标

编号	项目名称	东经	北纬
S1	水上水下一体化监控系统	113.266296°	21.966648°
S2	水下监控系统	113.260288°	21.994114°

（3）通讯与供电

浮标通过无线网桥、北斗通讯等无线系统完成数据通讯传输，同时预留 GPRS、

铱星通信和超短波通信接口。浮标系统在数据采集处理完成后，将观测数据和浮标状态参数通过无线系统实时传输到岸基数据接收处理系统接收处理。

为确保系统在较恶劣海况下连续、可靠地工作，电源系统由高容量、重量体积小、可充电的蓄电池和太阳能电池板组成。蓄电池放置在仪器舱内，太阳能电池板安装在浮标塔架周围。太阳能电池板为蓄电池充电，供电系统采用高效率太阳能板和免维护蓄电池组合供电方式，对浮标系统提供单一工作电压。供电系统在连续 30 天阴雨天（不出太阳）仍能向浮标观测系统正常供电。

（4）监测设备

水上观测平台浮标体由塔架和标体组成。塔架位于泡沫浮体甲板以上，由高强度防锈铝合金构成长方体基座，基座上部配有仪器安装平台，平台的四周可用于安装传感器、通讯天线、航标灯等。

水下工作平台采用框架式组合结构设计，由浮体、仪器舱、配重基座、绳舱和释放机构组成。总体上分成上下两部分，由释放机构连接。当释放机构执行释放动作后，仪器舱（安装各种仪器设备）在浮体带动下上浮水面，供水面船只回收，配重基座相当于一个锚块，使上浮部分不会随流飘走，可通过高强度绳索一并回收。

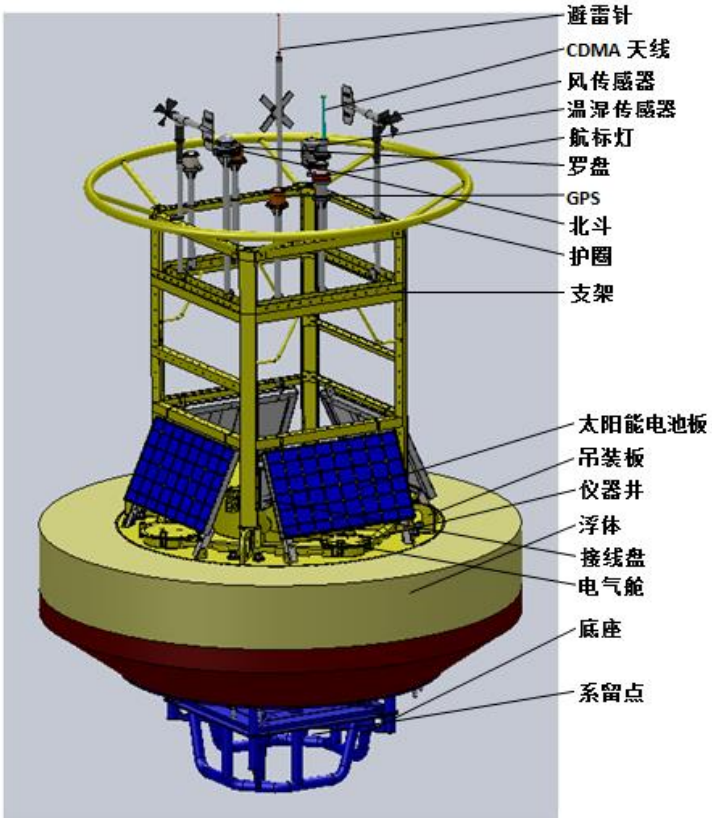


图 2.6-1 水上水下一体化监控系统示意图

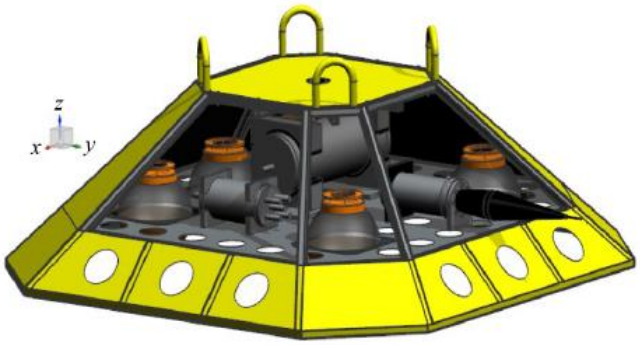


图 2.6-2 水上水下一体化监控系统示意图

2.6.2 红树林-盐沼生态海岸线生态修复实施安全保障支撑工程

（1）监控目的与监控内容

红树林岸段监测通过现场调查结合遥感调查实施，对人工岸线和砂砾质岸线等人行易通达的岸段进行现场调查，对基岩岸线等不易通达的岸段进行高分辨率遥感调查；岸基全自动监控工程包括高清摄像头组网、深入红树林内部的环境监控系统以及两个系统的数据处理存储与控制系统组成。

（2）站点布设

监控样地根据在样区内植被类型、人为活动干扰强度等进行确定。本工程拟分别在平沙东堤南侧区域（A1）和红旗堤北侧区域（A3）各布设 1 套岸基全自动监控系统，用以监控生态修复区域生态功能恢复情况；在红树林种植区域（A2）布设 1 套岸基全自动-碳通量监测系统，用以监控红树林生长以及碳源汇变化情况。拟布设位置见下表。

表 2.6-2 建站站点坐标

编号	项目名称	东经	北纬
A1	岸基全自动监控系统	113.269880°	22.057221°
A2	岸基全自动-碳通量监控系统	113.272176°	22.063943°
A3	岸基全自动监控系统	113.269365°	22.081801°

（3）通讯与供电

红树林-盐沼生态海岸线生态修复实施安全保障支撑工程的红树林监测系统具备视频数据采集功能，采用的是无线 4G 传输方式。智能环境监控模块内含 4G 通讯模块，视频监控数据通过硬盘录像机传输至智能环境监控模块，与光照、温湿度传感器数据统一传输至数据平台。

岸基全自动监控工程采用太阳能锂电供电系统。

（4）监测构筑物及监测设备

监测铁塔高 15m，塔体采用 Q235 型钢材，塔内钢材采用热镀锌防腐。该塔在 13.5m 处设一八角形平台，塔体设外爬梯。

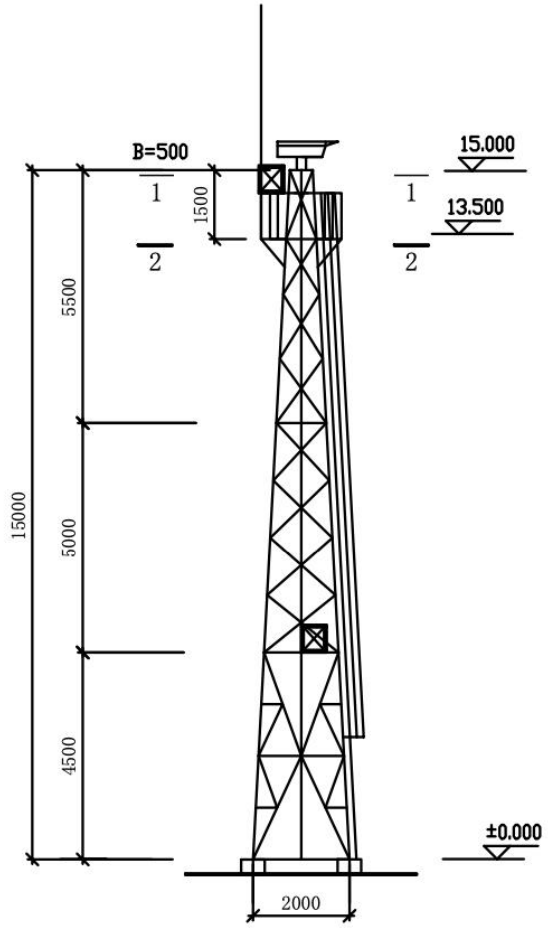


图 2.6-3 岸基自动监控工程设备剖面示意图

2.6.3 入海污染物自动监管工程

（1）监控目的与监控内容

随着本工程的实施，自然生态系统经过修复将恢复建设为红树林-盐沼群落。为了有效评价流经海岸带生态修复工程后的入海径流的水质污染变化及污染物通量情况，拟在修复工程上下游河道及入海河口区域建设入海污染物监控站。

本项目拟建设岸基入海污染物自动监控站，可以实现项目区域重点入海河流及入海水质通量的实时监控。监控指标包括溶解氧、电导率、浊度、pH、温度、叶绿素、蓝绿藻、高锰酸盐指数、总磷、氨氮、磷酸盐、总氮、硝氮、亚硝氮、流速

等。

（2）站点布设

项目计划在红树林生态修复区域上下游区域各建设 1 个入海污染物自动监控站，用于监测上下游区域污染物状况，其中上游站房布设在大海环水道和鸡啼门水道交汇处附近（P1），下游站房布设在鸡啼门水道与南水沥水道交汇处附近（P2），同时在红树林生态修复区域（P3）建设 1 个监测站。通过对比上下游的数据，评估流经红树林生态缓冲带的水质变化情况。拟布设位置见下表。

表 2.6-3 建站站点坐标

编号	项目名称	东经	北纬
P1	入海污染物自动监测站	113.257853°	22.083732°
P2		113.277782°	22.047275°
P3		113.270507°	22.064908°

（3）通讯与供电

入海污染物自动监管工程固定站房网络通信建设以 4G 网络传输为主，通信方式选择至少两家通信运营商，无线传输网络（固定 IP 优先）满足数据传输要求及视频远程查看要求。

本项目基于设备运行用电需求，结合现场环境和相关行业解决办法，计划红树林入海污染物防治工程 P1 和 P3 站设备采用市电供给，其他监测设备采用光伏发电或者风光互补发电的方式供给。

（4）监测构筑物及监测设备

站房采用定制走入式集成站房。走入式集成站房基于吊装式集装箱概念进行设计，站房面积约 5 平方米，满足在线仪表的安装、调试等水质自动监测系统布置要求，并预留空间便于增加监测因子。根据现场采水距离、水位落差配置相应功率的采水泵。根据现场具体情况建设适当地条件的采水管路，使用三型聚丙烯、硬聚氯乙烯等耐用、耐热、耐压、环保的材质。

站房主体采用镀锌定制成型的框架结构，满足一体化拼装和整体吊装和叉车的要求。站房四周采用镀锌定制成型做支撑柱子，顶部一周设置 75mm 上扣梁做框架梁，底座框架采用定制成型焊接整体而成，底座采用“田”字形结构。站房墙体企口型彩钢板拼装铆接而成。走入式按基站基础采用钢筋混凝土结构，基础拟设计尺寸为 3000×3000×300mm，站房四个角通过与基础预埋钢板焊接固定。站房四周安装优质

PVC 护栏，护栏高度 900mm。护栏网悬挂警示牌，护栏与基础通过膨胀螺栓连接。



图 2.6-4 小型箱式站房实物参考图

2.6.4 海洋防灾减灾预警工程

（1）监控目的

本项目计划以珠海鸡啼门海岸带为示范试点，进行海岸带防灾减灾网络建设。岸基观测与离岸观测手段相结合，实现对珠海市海洋生态保护修复工程海域海洋风暴潮灾害发生情况的监控，提供灾害智能监测预报评估和辅助决策信息支持。海洋防灾减灾预警工程建设主要由三部分组成，包括风暴潮预警网络建设、风暴潮预警与风险评估能力建设以及数据管理及可视化。其中，风暴潮预警网络将建设集海洋站、预警监测浮标于一体的风暴潮预警网络。

海洋站监测网络的建设目的主要是为洪水灾害和风暴潮灾害提供海域和河道水位信息，一方面为风暴潮漫滩和风险评估数据模拟系统提供水位验证数据，另一方面则在应急响应事件中提供实时水位数据，为应急处置响应时效计算提供数据支撑。

风暴潮预警监测浮标网络主要为风暴潮系统提供风暴潮潮位和气象预警监测信息。在近岸及河口范围，监控数据主要依靠海洋站监测网络获取，而在近岸外部海域，主要数据来源则为预警监测浮标。

（2）站点布设和监控内容

海洋站监测网络站点的布设主要参考《水位观测标准》（GB/T 50318-2010）和

《海洋观测规范 第 2 部分：海滨观测》（GB/T 14914.2-2019），按照河道每个测站水准控制范围 500m 计算，共在河道布设 3 套水文观测系统，计划在鸡啼门水道与南水沥交汇处附近布设一座具备气象、潮位、潮流、基础海洋数据获取和风暴潮警戒功能的海洋站（H3），监控岸线工程附近区域的实时水位及其他水文、气象数据；计划在湾口两侧处建设 2 座简易潮位站（H1、H2），能够形成潮基准面的最佳控制效果，确保数据模型验证结果的精确性。

本项目设计布设 3 个预警监测浮标，风布设拟在蚊洲岛西北海域（F1）、高栏港海管 12 号灯浮海域（F2）和高栏港海管 2 号灯浮海域（F3）各布放 1 个风暴潮海洋资料浮标，浮标布放兼顾了近岸海域和外海，提供有层次的气象和潮位信息，为优化改进风暴潮模型提供数据支撑。

海洋防灾减灾预警网络站位见下表。

表 2.6-4 建站站点坐标

编号	项目名称	东经	北纬
H1	简易潮位站	113.306079°	22.001549°
H2		113.280737°	21.936983°
H3	海洋站	113.277551°	22.047442°
F1	风暴潮海洋资料浮标	113.304749°	21.925278°
F2		113.362083°	21.856613°
F3		113.384056°	21.787262°

（3）通讯与供电

海洋站通信单元通过网络、3G 双通讯，预留第三种通讯（北斗）接口的通信方式实现设备的无线数据传输。使得设备数据兼容性、实用性和可靠性大大提高，能够满足多种工作环境下通信需求；浮标系统在数据采集处理完成后，将观测数据和浮标状态参数通过北斗（当北斗通讯异常时启动海事卫星）实时传输到岸基数据接收处理系统接收处理。

因浮标和海洋站均在海上，及时电池更换困难度高，为确保系统在较恶劣海况下连续、可靠地工作，供电系统采用高效率太阳能板和免维护蓄电池组合供电方式，对设备提供单一工作电压。

（4）水工构筑物及监测设备

H3 海洋站基础采用直径 1.2m 钢管桩，钢管桩内部灌注 C30 混凝土。验潮房采用二层验潮房，验潮房为正方形，一层验潮房 9×9m，二层验潮房 5.2m×5.2m。设

置两个验潮井，井底距离设计低水位 5.5m。外侧预留 2.0m 宽观景平台，整个平台宽 13m×13m。

H3 海洋站距离海堤约 180m，海洋站引桥在海洋站至海堤间设置连接栈桥，其跨径组合为 5×16m+6×16m，桥面宽度 4.5m。桥梁上部结构采用简支梁的结构形式，下部结构采用柱式桥台。桥台为桩基础柱式桥台，台后设 5m 搭板。桩基采用Φ700PHC 桩；桥台桩长 65m、桥墩桩长 70m。

海洋站自动监测系统由气象子系统、水文子系统、波浪子系统和数据处理控制子系统四部分组成。气象子系统由气象数据采集器、风速风向传感器、温湿传感器、气压传感器、雨量传感器、能见度仪组成；水文子系统由水文数据采集器、浮子升降传动机构和温盐传感器组成；测流子系统可根据需要选择声学多普勒测流仪设备；数据处理控制子系统由工业控制机、通信设备和数据处理软件组成。

浮标体由塔架和标体组成。塔架位于泡沫浮体甲板以上，由高强度防锈铝合金构成长方体基座，基座上部配有仪器安装平台；标体主要由仪器舱、泡沫浮体和底部支座组成。泡沫浮体为圆盘形，选用超低吸水率、耐腐蚀的弹性泡沫材料制造，仪器舱设在泡沫浮体的中间。为了增加浮标的稳性，在标体下方设计有底部支座，该支座的上半部分用于调节浮标配重，下半部分用于连接锚系系统。锚系选用单点系泊，结构形式为组合型，由转环、连接件及抓力锚组成。

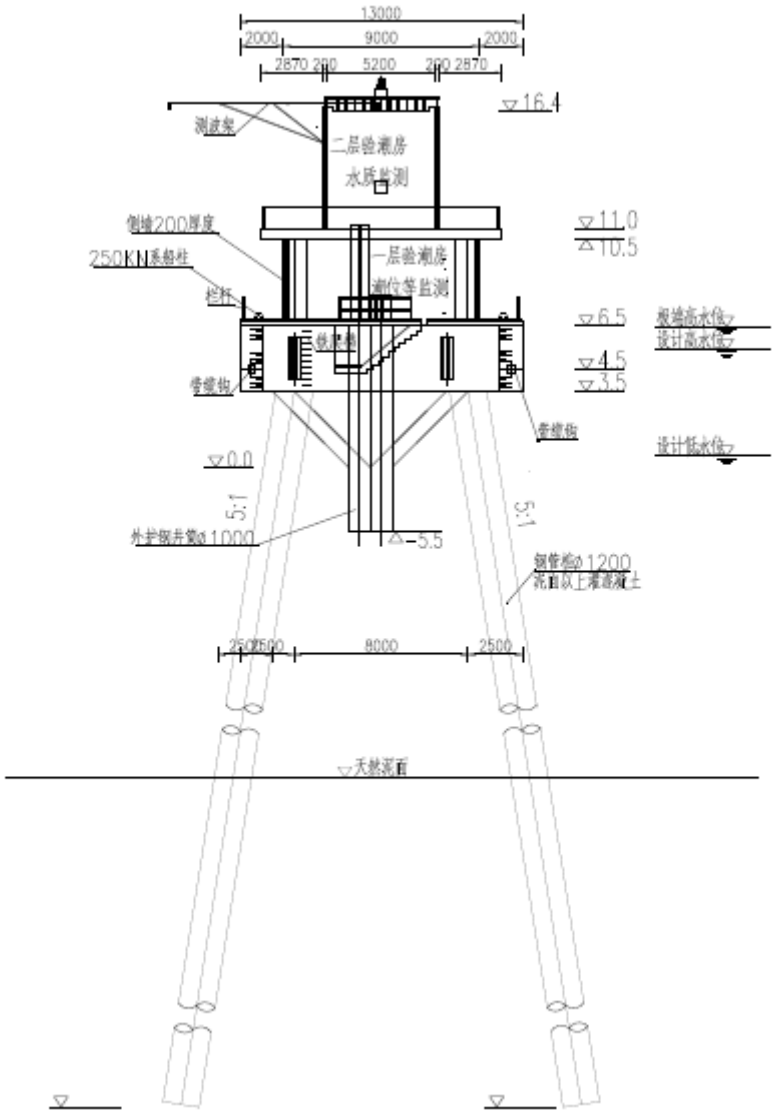


图 2.6-5 H3 海洋站侧视图

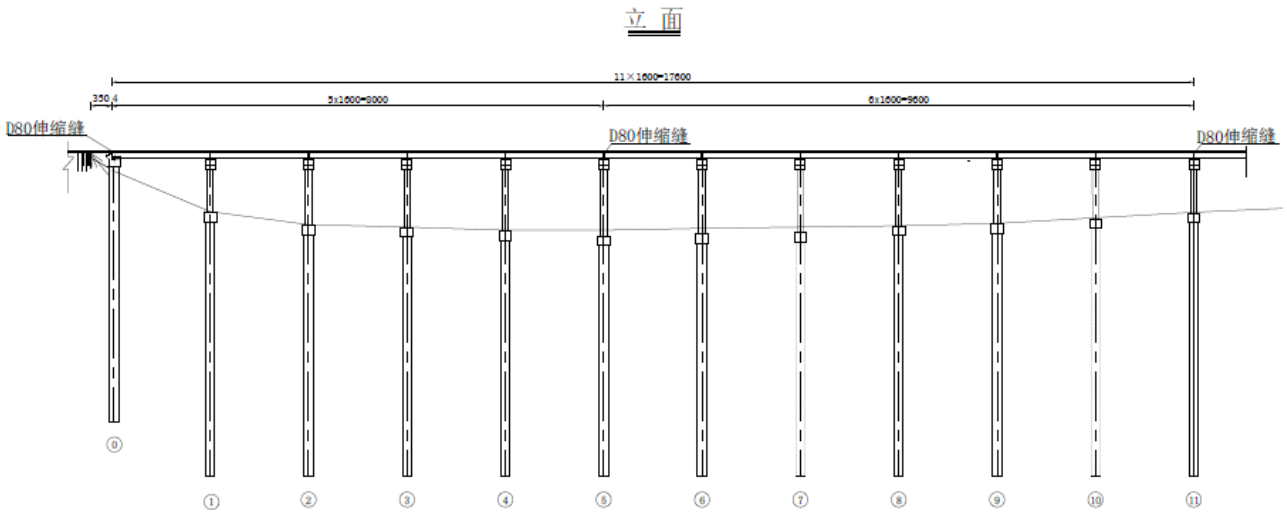


图 2.6-6 海洋站引桥立面图

2.6.5 海岸带生态减灾修复效果评估

基于工程目前、中、后期的现状本底调查、修复效果评估监测和在线监测数据，经济指标和功能指标等方面，构建人工海岸生态化改造及修复效果评价指标体系，编制生态修复工程效果评估方案，为科学、定量评价海岸线整治修复效果提供科学依据。

2.6.6 总平面布置

安全保障与自动监管工程监测站点总平面布置见图 2.6-7。

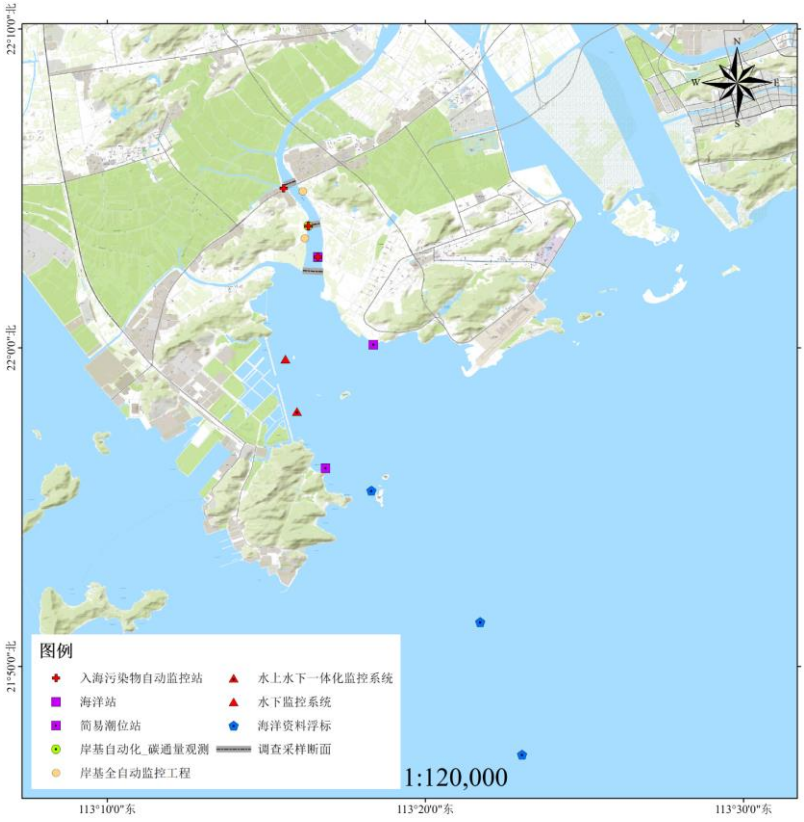


图 2.6-7 安全保障与自动监管工程总平面布置图

2.7 临时工程

2.7.1 临时工程布置

根据当前沿线开发现状，拟在鸡啼门水道西岸 PSD2+500 附近的堤后租用空地，布置 1 个总占地约 8939m²的施工总布置区。施工总布置区包括生活及办公用房、材料仓库、综合加工厂、机械停放场、施工供水供电、堆料场等。在红树林监测栈道施工作业带设置施工临时道路，施工便道为简易施工便桥。东大堤仿岩质潮间带修

复工程施工主要采用水上运输、安装，无需另设施工布置区。

施工布置区占地情况如表 2.7-1 所示。

表 2.7-1 施工布置区占地表

占地分项	占地面积（m^2）	建筑面积（m^2）
生活及办公用房	4839	3871.2
材料仓库	1000	800
机械停放场	1000	500
综合加工厂	800	600
堆料场	1000	/
施工供水供电	300	200
总计	8939	5971.2

2.7.2 施工场地设施

（1）砼拌和系统

工程所需混凝土采用外购商品混凝土。因此，工程区不设置砂石料加工系统和混凝土拌和系统。

（2）综合加工厂

为方便工程施工生产和施工管理，在施工布置区设置综合加工厂，承担钢筋、木材等材料的加工任务，钢材加工能力为 5t/班，木材加工能力为 5m^3/班。

（3）机械修配、汽车维修保养系统

鉴于本工程位于市区，区内有一定的机械设备修配、汽车维修能力，且施工工期不长，可充分利用市区的修配能力，工地不设大型机修厂，只设简易机修区域。

2.8 施工方案

2.8.1 施工导流与度汛

本工程海堤建设的主要内容为堤前带修复，建设仿岩质潮间带生态海岸线、红树林-盐沼生态海岸线，不需考虑施工导流措施。

由于工程工期较紧，初步确定为全年施工，因此海堤部分的施工应考虑度汛，临时度汛洪水标准采用 10 年一遇，根据本工程三灶水文站年最高潮位设计成果，施工度汛水位统一取 1.76m。

2.8.2 施工工艺

2.8.2.1 仿岩质潮间带施工

仿岩质潮间带的施工工序基本为从下到上，从内向外。施工工序为：铺设土工格栅→模袋砂施工→铺设编织土工布→砂肋软体排施工→天然块石仿岩质带施工预制块吊装→格宾石笼安装。

铺设土工格栅：在模袋砂施工前，在模袋砂底部由人工铺设一层土工格栅，土工格栅的作用为减少不均匀沉降。

模袋砂施工：模袋由人工铺设到指定位置后，着手进行模袋砂充填，充填料由船舶运至充填区，由高压水枪进行水力造浆，浆液浓度控制在 20%~45%之间；模袋按照充填→迸浆→二次充填的顺序进行，保证袋体充填饱满度不大于 85%，厚度控制在 400~500mm 之间，充填体干重度不小于 14.5kN/m；充填过程中在模袋上割小口、利用人工在模袋上不停的踩踏等措施，加速袋体排水固结，同时充填体在未脱水固结前，不得在其上充填另一只袋体，以免延长排水固结时间。

铺设编织土工布：模袋砂施工完后，在其上由人工铺设一层编织土工布，编织土工布的作用为防止块石抛填对模袋造成破坏。

砂肋软体排施工：为了防止冲刷，在仿岩质潮间带最外侧铺设一层砂肋软体排，首先由人工将软体排铺设到指定位置，运砂船运输砂料和泥浆泵在软体排一侧逐一对肋条进行灌砂。

天然块石仿岩质带抛石施工：在高潮位期间由船舶运输预制块至指定地点后，由船吊将块石吊至施工面，等海水退至低潮位后，再由人工辅助将块石码齐至设计高程。

生态预制块吊装和格宾石笼的沉放：由船舶运输预制块以及石笼至指定地点后，由船吊吊放至到指定位置。

2.8.2.2 红树林生态修复施工

红树林种植的一般施工顺序为：场地清表→监测栈道施工→布设外围防护网→布设内侧松木桩→种植地营造→苗木种植→养护管理。在施工场地不冲突的情况下，上述分项工程考虑同时进行。

场地清表：由于本工程红树林种植区域水下地形较浅，在施工前期可通过人工的方式对种植区域内的表层垃圾、杂草、外来植物等进行清理，并通过木筏、塑料

渔船等外运至指定地点。对于原生红树予以保留。

监测栈道施工：监测栈道的施工工序为：施工便桥架设→松木桩支护→松木桩复合地基施工→基础及下部结构施工→桥面系施工→桥面铺装及栏杆安装。监测栈道施工便桥采用架子管直接插入滩涂中，并铺设胶合板的方式。松木桩施工工艺同其他相关分项工程，松木桩围挡支护完成后，在内部直接进行浇筑混凝土垫层以及基础施工，上部结构、下部结构、附属设施施工采用浮吊。

布设外围防护网：松木桩在施工营地进行加工，并通过运输船运至施工场地，由水上挖掘机通过绳索栓住松木桩，工人下水扶直松木桩定好位后，再由水上挖掘机用抓斗的背部将松木桩缓慢平压下去。在红树林种植区域靠河道中心方向的最外侧每 1.8m 布设一根 8m 长 φ150mm 的松木桩，两根 8m 长松木桩之间密布 6m 长 φ150mm 松木桩，通过人工的方式将防护网安装于两根 8m 长松木桩之间。

布设内侧松木桩：在红树林种植区域内侧通过水上挖掘机采用同样的方法将松木桩打入定位点，松木桩 6m 长直径 φ150mm，密布排列。

种植地营造：工人下水采用锄头或铲子将种植场地整理为设计标高。

苗木种植：红树林苗木由运输汽车自苗圃基地运至施工现场，再由运输船转运至栽种区域。工人下水踩在淤泥上栽种苗木，将绑在竹竿上的苗木插入至指定栽种点，竹竿需插入淤泥中一定深度确保苗木不会移动。红树林种植间距以 6 株/㎡为宜。苗木栽种时潮水不能太高，以海水高出栽种面 20cm 左右为宜。苗木栽植后，在当天浇足定根水。

养护管理：苗木栽植以后进行定期浇水、病虫害防治、修剪以及施肥。

2.8.2.3 盐沼湿地修复施工

盐沼湿地修复的一般施工顺序为：场地清表→疏通开挖潮沟→安装消波设施→种植地营造→苗木种植→养护管理。

场地清表：在施工前期可通过人工的方式对种植区域内的表层垃圾、杂草、外来植物等进行清理，并通过木筏、塑料渔船等外运至指定地点。

疏通开挖潮沟：西岸盐沼湿地修复区疏通 700m 长，约 10m 宽螺旋弯曲水道，开挖至水道最高处低于高潮位标高。

安装消波设施：在西岸（平沙东堤 PSD2+800 ）和东岸（红旗堤 HQD10+400）位置，投放简易的格宾石笼。

种植地营造：工人下水采用锄头或铲子将种植场地整理为设计标高。

苗木种植：苗木由运输汽车自苗圃基地运至施工现场，再由运输船转运至栽种区域。工人下水踩在淤泥上栽种苗木，将绑在竹竿上的苗木插入至指定栽种点，竹竿需插入淤泥中一定深度确保苗木不会移动。

养护管理：苗木栽植以后进行定期浇水、病虫害防治、修剪以及施肥。

2.8.2.4 安全保障及自动监管工程施工

本工程监测设施大部分为一体化安装设备，不涉及较复杂的工艺流程，根据订制厂家提供的安装说明书进行安装。本小节重点说明浮标及水上水下观测平台、海洋站施工方案。

（1）水上水下观测平台、预警监测浮标安装施工

设备运输到现场后，首先进行质量自检，包括标体检查和传感器检查两个方面，然后根据设备说明书安装浮标及各类监测仪器，安装的顺序一般是从上到下，先安装锚灯、气象传感器、气压计及 GPS、天阳能等供电系统等，接着安装是温盐监测设备、声学多普勒海流计及波浪传感器等。仪器安装完成后，安装电缆走线，确保电缆走线是顺着支架；接着把电脑接到采集器机箱对应位置；再用专用电脑连接采集器与笔记本，最后给系统上电。当浮标一切正常之后，进行密封工作，确保浮标密封性。最后进行浮标和锚系的连接和起吊，然后进行浮标体的布放。

布放作业开始，清除固定浮标用的绳缆，将拖航用的上下拖缆进行拆解，对浮标体下端连接好且呈“S”形排列在甲板上的系留索分段进行拆解释放，每段锚链下滑入水过程，下滑速度会越来越快，随时注意甲板锚链运行轨迹。布放过程中应随时测量水深和船舶的漂移情况，以确定与预定站位的水深和位置偏差，尽可能接近预定的布放站位和设计水深；当所有锚链入水后，首先将抓力锚及连接链吊到船舷外侧下放入水，然后拆解重力锚止荡绳缆及钢丝绳，重力锚入水，锚下落带动系留索下沉，直至海底。

（2）海洋站施工工艺

本工程海洋站距离海堤约 180 米，靠近堤岸位置水深约 0.5m，海洋站水深约 4-5 米，拟计划由海岸向海中方向修建一座临时钢便桥，为打桩机、吊车等工程车辆提供作业平台，再进行海洋站施工。海洋站施工工序为：搭设临时钢便桥→海洋站引桥和海洋站桩基施工→海洋站基础承台及面板→钢筋混凝土结构设备房施工→施工

便桥拆除。

1）临时钢便桥施工

临时钢便桥采用钓鱼法从海岸边方向向海洋远端进行搭设，用 50t 履带吊吊装钢管桩，使用 90kw 振动锤沉桩至设计标高；再在第 1 段钢平台上用履带吊打设第 2 根桩钢护筒，搭设第 2 段钢平台；以此类推。平台钢管全部施工完毕后，架设水准仪放出标高，割平钢管桩，在其顶部焊接δ12mm 钢板作为承重横梁的支撑点，然后利用吊车配合进行平台上部结构的铺设，最后铺设平台工作面，加设安全栏杆。

2）海洋站及引桥桩基施工

海洋站引桥采用预应力高强混凝土管桩（PHC 桩），海洋站桩基采用钢管桩，内部灌 C30 混凝土。海洋站及引桥桩基施工拟计划采用柴油打桩机配合打桩船进行施工，靠近海岸浅水处采用打桩机进行，打桩机立于钢便桥上，通过钢便桥施工时预留桩孔位置进行施工。靠海深处海洋站位置采用打桩船进行，双向施工加快整体工程施工进度。

3）基础承台及面板

海洋站基础承台及面板采用钢筋混凝土结构。施工顺序为：桩顶处理→测量放线、承台反吊底模支承制作安装→承台底模安装→承台钢筋绑扎→承台侧模、验潮井安装→承台混凝土浇筑。

海洋站钢管桩完成后，先在桩上把桩顶设计标高放出，然后再人工凿平凿毛。承台底模支撑采用反吊工艺。承台混凝土浇筑采用混凝土泵直接入模的施工工艺。当混凝土强度达到设计强度的 70% 时即可拆除侧模，达到设计强度后方可拆除底模。

4）钢筋混凝土结构设备房

本工程主要采用商品砼。模板、钢筋绑扎安装好经验收后，再次检查楼面顶架的稳定性，符合要求才浇砼。砼输送采用泵送，浇砼前模板应先充分淋水湿润。在施工时遵循先梁后板，先大后小原则。砼浇捣好后应做好养护工作，在 12h 以内对砼进行浇水养护，养护时间一般不少于七昼夜。

5）施工便桥拆除

在栈桥使用期满后进行钢栈桥的拆除工作。栈桥的拆除工作同钢栈桥的搭设工作顺序根本相反，依次拆除桥面附属设施、桥面板、型钢分配梁、贝雷、桩顶分配梁及钢管桩，拆除方法根本与搭设方法相同，但同时要注意的是在钢管桩根底撤除

时，采用履带吊机配合振动沉拔桩机撤除。

2.8.3 施工船舶与机械

本工程所需主要机械设备见下表。

表 2.8-1 主要施工船舶与机械一览表

序号	设备名称	型号 规格	国别 产地	额定功率 （KW）	数量
1	自航式平板驳（加装吊机）	800T	天津	/	7
2	自航式平板驳（加装吊机）	1000T	福建	/	7
3	打桩船	800T		/	1
4	锚艇	406kw	天津	406kw	2
5	平板运输车	8T（10T）	江苏	/	20
6	长臂挖掘机	PC220-8	山东	162	4
7	挖掘机	CAT300	江苏	/	2
8	挖掘机	PC-200	山东	162	2
9	装载机	ZL-50	山东	47	4
10	装载机	ZL-20	江苏	50	2
11	推土机	TY120	江苏	74	1
12	自卸汽车	15T	江苏	196	15
13	汽车吊	QY25T	江苏	/	3
14	汽车吊	50T	江苏	/	2
15	履带吊机	70T	广东	/	10
16	洒水车	东风 153	河南	99	4
17	雾炮机	KCS400-31	广东	39	4
18	气割	/	广东	/	2
19	交流电焊机	BX1-400	广东	28	1
20	履带吊机	70T	广东	/	1
21	钢筋弯曲机	CD-40	广东	3	2
22	钢筋切断机	CJ5-40	广东	4	4

2.8.4 主要工程量

仿岩质潮间带修复工程部分工程量见表 2.8-2。

红树林-盐沼湿地生态海岸线（土建部分）工程量见表 2.8-3。

红树林-盐沼湿地生态海岸线（植物部分）工程量见表 2.8-4 。

表 2.8-2 仿岩质潮间带生态海岸线工程量表

序号	项目	单位	数量	备注
1	膜袋砂	m3	31518.49	1
2	生态预制块	块	27923	2
3	格宾石笼	m3	7849.92	3
4	天然块石	m3	78430.25	4

表 2.8-3 红树林-盐沼湿地生态海岸线工程量（土建部分）

项目	工程量	单位
监测栈道路面	4000	㎡
栈道栏杆	3200	m
观鸟台	1	个
监测长廊	7	个
科普牌	16	个
种植地松木桩护岸	461065	m
土工布	18104	m²
不锈钢钉	58399	颗
防护网	3114	m²
外围松木桩	10662	m
细铁丝	599	m
格宾石笼	172	m³
块石	705	m³
500*300*1000mm 芝麻灰花岗岩条石	21	m
红树林适宜地营造土方	89725	m³
现有入侵植物场地清理	88648	m³

表 2.8-4 红树林-盐沼湿地生态海岸线工程量（植物部分）

区域	类别	序号	品种	单位	数量	株数
红树林营造区	新增部分	1	桐花树 A	㎡	652.5	392
		2	秋茄 A	㎡	32521.41	19513
		3	木榄 A	㎡	17679.14	17679
		4	木榄 B	㎡	24496.4	14698
		5	老鼠簕	㎡	19426.31	174837
		6	桄柳	㎡	7298.13	29193
		7	芦苇	㎡	5179.22	82868
	保留部分	8	芦苇	㎡	3767.32	
	小计				111020.43	339178
潮汐塘区		1	桄柳	㎡	394.54	1455.48

区域	类别	序号	品种	单位	数量	株数
		2	芦苇	㎡	5962.79	
		3	阔苞菊	㎡	1939.28	
		4	水葱	㎡	3043.85	
		5	纸莎草	㎡	1499.82	
		6	花叶芦竹	㎡	3657.3	
		7	花菖蒲	㎡	2436.38	
		8	粉美人蕉	㎡	705.27	
		9	水鸢尾	㎡	3432.43	
	小计				22981.66	

2.8.5 施工条件及材料供应

（1）施工用风、水、电及通讯供应条件

建筑物施工用风量不大，可通过在现场设置移动式空压机解决。

施工过程中生活用水和施工用水均采用市政自来水，拟从当地自来水干线接叉管至各施工区，各施工区根据需要设置供水塔或供水池。

生活用电及施工用电考虑从附近的变电站（所）接线，由施工单位自备变压器向施工区供电。此外，施工单位还将自备柴油发电设备，以备临时停电等特殊情况下急用。

施工所有固定电话可接入市电讯网，并配备少量移动电话用于联络。

（2）主要建筑材料供应

工程所需主要建筑材料包括水泥、钢材、木材、油料、块石、碎石、砂、土料、土工合成材料等均从市场择优购买。

2.8.6 施工进度计划

本工程工期较紧，为加快施工进度，平沙东堤、红旗堤、东大堤计划分段进行施工。工程计划工期 150 天，计划 2023 年 6 月底完成施工。各施工作业项目工期具体见下表。

表 2.8-5 施工进度计划表

施工作业项目	施工工期
一、项目施工	150 d
红树林一（平沙东、烂柴角段）	92 d
1、生境营造	30d
2、红树林种植	45 d
3、监测栈道	90 d
红树林二（红旗段）	30 d
1、生境营造	20 d

施工作业项目	施工工期
2、红树林种植	20 d
仿岩质潮间带（东大堤）	150 d
1、膜袋砂施工	120 d
2、仿岩质潮间带抛石	135 d
安全保障及自动监管工程	105 d
1、 H1 海洋站	30 d
2、 H2 海洋站	30 d
3、 H3 海洋站	30 d
4、入海污染物监控工程	40 d
5、海洋站设备及安装工程	75 d
二、项目竣工验收	30 d

2.9 土石方平衡

2.9.1 土石方平衡计算

（1）土石方计算过程

1） 红树林种植场地设计标高确定原则

本工程水文数据采用三灶站数据，三灶站历史数据显示，本项目所在区域多年平均低潮位为-0.1m，多年平均高潮位为 0.98m，取潮位平均值 0.6m 为滩涂设计最佳高程。据项目海域红树林资料调查，以项目区鸡啼门东岸生长较好的红树林为参照生态系统，其平均高程也在 0.6m 左右。

项目设计时结合区域现状地形，综合考虑土方就地平衡与对自然滩涂最小扰动，对每片种植地进行了精细化设计，保证能够生态性与经济性并行，尽量不增加填土，具体原则如下：

①项目近岸处地势较高地块（2m 左右，集中在 PSD0+495-PSD1+400 近岸段），基本维持原地形，进行清表和地形平整，种植半红树。

②高程在 1m 左右的滩涂，通过地块内土方平衡，保证 0.6m 的滩涂设计高程；

项目连片种植处，高程在 0.6m 左右的地块，基本维持原地形，进行清表和地形平整。

③高程在 0.6m 以下的滩涂，因地就势，通过地块内土方调整，使滩涂高程在平均低潮位以上（初步设计高程为 0.3m 及 0.45m)，保证红树林的成活。

综上所述，项目设计时结合滩涂现状条件局部优化场地高处与低处的高差，以达到红树林片状种植与最佳滩涂设计高程的目标，保证红树林幼苗的生长。

2）土石方计算过程

本工程土石方计算区域有 3 个，分别为东潮汐塘、西潮汐塘和红树林营造区域，如图 2.9-1 所示，采用 Civil 3D 软件进行计算。计算时将原始地形导入 Civil 3D 软件后，生成原始地形曲面，然后将将东潮汐塘、西潮汐塘和红树林营造区的设计地形导入 Civil 3D 软件生成设计地形曲面，将设计地形曲面和原始地形曲面叠加后进行布尔运算，即得到各个区域的挖填方量。

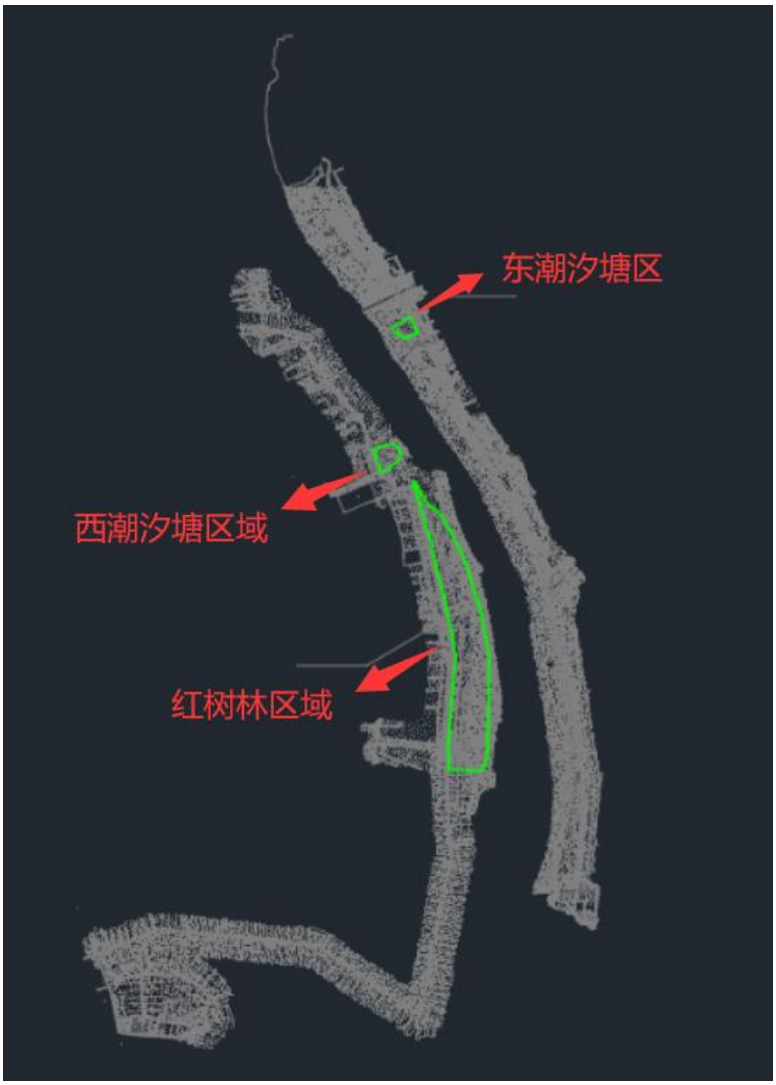


图 2.9-1 土石方计算区域

（2）土石方平衡计算结果

本工程的开挖土主要产生于红树林种植区域的场地清理，场地清理产生的开挖土就近填入红树林种植区域的地形低洼处，进行红树林适宜地营造。根据计算，红树林种植区需清淤挖方量 88647.55m³，红树林适宜地营造填方量为 109725.46m³，填方量大于挖方量，工程不产生弃土，不需要设置弃渣场。土方不足部分外购解决。

工程其他作业阶段所需块石、碎石、砂、土料等均从市场外购。

2.9.2 建筑材料来源

（1）石料

根据项目初步设计，现阶段推荐采用大岩口山咀石料场石料。大岩口山咀石料场位于金湾区高栏港大道以东太平湾 BP 化工厂东部的大岩口山，属平基开采工程。石料岩性以石英砂岩为主，开采点埋深超过 30m，以微风化为主，岩体结构以块状结构为主，岩体裂隙较少，完整性较好。现场采石区位于大岩口山咀的西侧，靠近 BP 化工厂，大岩口山咀的东侧为风化石碴及风化土开采区。

此外，推荐企人石山石料场作为备选石料场，该石料厂位于珠海市保税区以西、洪湾村以东，洪湾水闸以东 500m～1000m 范围的企人石山，隶属企人石采石场。该石场属于《珠海市取土点规划（2011-2015）》批准的土石开采点，至今尚未采完。石料岩性为花岗岩，出露岩体以微风化为主，岩体结构以块状结构为主，岩体裂隙较少，完整性较好。经过较长时间开采，现状为高度约 20m～30m 基岩残丘。

（2）沙料

距离本工程最近的大型沙石建材市场位于企人石山西南的洪湾码头区域，该处有不少于 5 家大型砂场，主要经营用河水清洗过的海砂（即洗水砂）及少量河砂。本项目堆填或反滤用砂可采用洗水砂（海砂），混凝土细骨料用砂可采用河砂，基本上通过在洪湾码头建材市场外购可解决用砂需求。

（3）土料

据调查，尚在开采的取土点是金湾区的三灶鹅仔山取土点，主要开采风化土及风化石，少量产出石块，主要给附近回填工程供应。该取土点土料的供应量不是很大，且距离本工程区陆路约 15km，无水路运输，目前推荐作为备选方案。根据本项目初步报告，土料推荐通过市场外购从水路运输解决。外购点可选择如三灶镇紫竹山附近特区生化制药厂以东的砂土建材码头区，水路运输方便。

2.10 项目占地情况

本工程无新增永久占地，工程涉及临时占地主要为施工总布置区，施工总布置区包括生活及办公用房、材料仓库、综合加工厂、机械停放场、施工供水供电、堆

料场等。临时占地的总面积为 8939m^2，占地类型为天然草地，临时用地范围内的土地性质为国有土地。临时占地区域无永久居民，不涉及移民安置。

3 工程分析

3.1 生产工艺与过程分析

3.1.1 施工期施工工艺与过程分析

本项目施工期主要施工内容包括：1）仿岩质潮间带施工 2）红树林-盐沼湿地生境营造及苗木种植；3）红树林修复区配套监测栈道施工；4）安全保障及自动监管工程水工构筑物（即海洋站）施工；5）陆上施工场地材料运输与材料加工活动。

3.1.1.1 仿岩质潮间带施工

根据海堤生态修复设计方案，仿岩质潮间带施工仅涉及东大堤。主要施工流程见图 3.1-1。

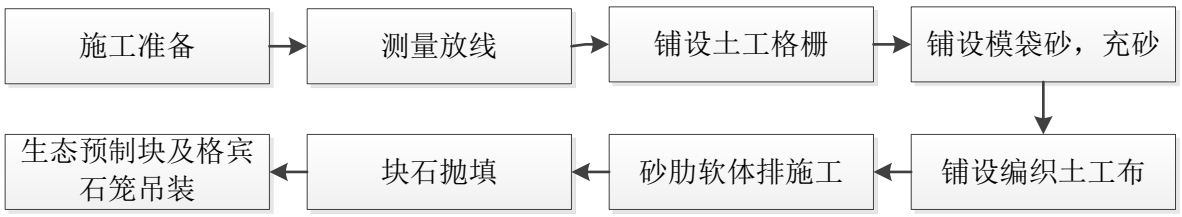


图 3.1-1 仿岩质潮间带施工流程图

从施工流程来看，主要水上作业内容有：

抛石作业时，在高潮位期间由船舶运输预制块至指定地点后，由船载吊机将块石吊至施工面，水上抛填块石时扰动底床会产生悬浮物，块石自身携带的泥土也会进入水体形成的悬浮物。

模袋砂充砂时，首先由人工将模袋铺设到指定位置后，再开始进行模袋砂充填，充填料由船舶运至充填区，由高压水枪进行水力造浆，充填过程中在模袋上割小口、利用人工踩踏措施，加速袋体排水固结。由于土工模袋是利用一种双层聚合化纤合成材料制成的连续的袋状产品，正常情况下不会产生充填料的外溢，人工踩踏造成的充填料的流失量很小。

采用砂肋软体排地基处理时，首先由人工将软体排铺设到指定位置，运砂船运输砂料和泥浆泵在软体排一侧逐一对肋条进行灌砂。砂肋软体排的排布上土工织物

一般为单一土工织物或复合土工织物，排布上缝制均布排列的加筋带和砂肋套，砂肋套中穿入土工织物长管袋，长管袋中充填砂料形成砂肋，正常情况下灌砂作业也不会产生充填料的泄漏流失。



图 3.1-2 仿岩质潮间带施工作业示意图

3.1.1.2 红树林-盐沼湿地生境营造及苗木种植

根据前述章节施工方案，红树林-盐沼湿地生境营造的具体措施包括水动力条件修复和滩涂地形地貌修复。

主要施工流程见图 3.1-3。

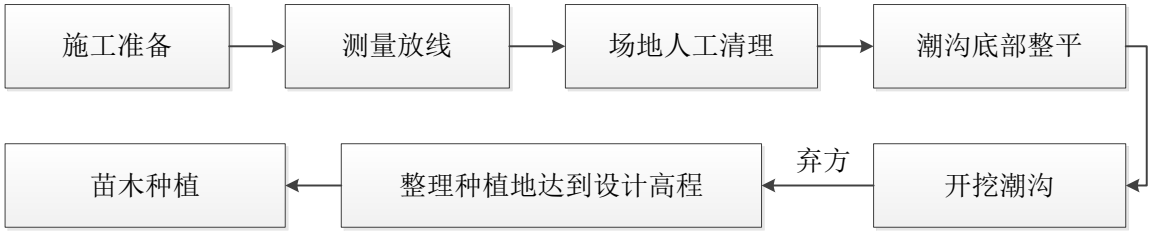


图 3.1-3 红树林-盐沼湿地施工流程图

水动力修复主要作业内容为开挖潮汐水道、开沟引流。平面上纵横潮汐水道宽度 5-15m 不等，保证南北行洪通道与东西潮汐水道的贯通；纵向上确保潮汐水道底设计高程低于工程区多年平均低潮位，同确保高低潮时潮水都可以进出。

滩涂地形地貌整饰主要作业内容为覆土，利用潮沟挖掘出的土方，块状营造红树林种植地，平均海面线以下的潮滩面，采用连片填土和局部堆高相结合的方式来恢复滩涂的高程条件：连片填土多用于平沙东堤沿岸区域，离岸部分，将挖掘出的沉积物堆填成小岛，以达到红树林宜林地要求。由工人下水采用锄头或铲子将种植场地整理为设计标高。



图 3.1-4 红树林-盐沼湿地改造前、后对比图



图 3.1-5 红树林-盐沼湿地典型施工作业示意图

3.1.1.3 红树林监测栈道施工

根据设计方案，红树林改造修复区新建 1 条 1.57km 长的监测栈道，1 个观鸟屋，7 个观测长廊。观鸟屋和观测长廊依托栈道桥面建设，无涉水施工。本节仅对监测栈道施工过程进行分析。监测栈道施工流程见图 3.1-6。

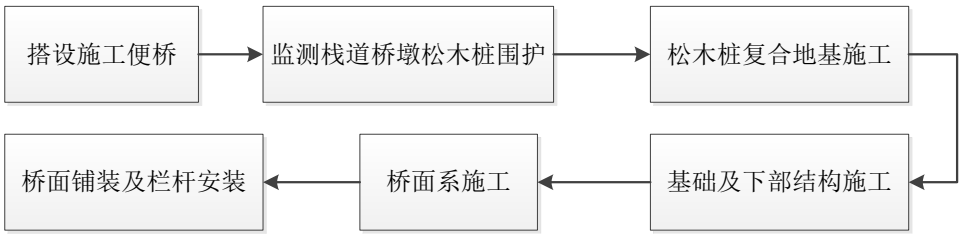


图 3.1-6 红树林-盐沼湿地施工流程图

监测栈道施工前需要搭设施工便桥，简易施工便桥可基本满足施工材料及小型机械设备的运输。施工便桥在低水位时采用架子管直接插入滩涂中，并铺设胶合板的方式，对底质扰动轻微。

监测栈道下部基础施工前采用单排松木桩进行围护，松木桩长 6m，桩径 φ300，外侧设防水土工布。施工前先进行打松木桩护土，由水上挖掘机通过绳索栓住松木桩，工人下水扶直松木桩定好位后，再由水上挖掘机用抓斗的背部将松木桩缓慢平压下去，对底质扰动轻微，基本无悬沙污染物产生。桩和桩之间连接成整体后锚固后，再进行内部基础及桥墩施工。

3.1.1.4 海洋站施工

海洋站施工过程中，对海洋环境的扰动主要发生在桩基施工过程。桩基施工前需首先搭设水上施工便桥，再施工海洋站及其引桥桩基，然后进行海洋站上部结构施工。

临时钢便桥采用钓鱼法沿引桥轴线方向从岸边向远端搭设施工平台，采用 50t 履带吊吊装钢管桩，使用 90kw 振动锤沉桩至设计标高。

海洋站引桥预应力高强混凝土管桩（PHC 桩），桩施工前，应根据施工桩长在匹配的工程桩身上划出以米为单位的长度标记，并按从下至上的顺序标明桩的长度。打桩机就位时，应对准桩位，保证垂直稳定，在施工中不发生倾斜、移动。启动吊车吊桩，桩尖插入桩位后，先用桩锤自重将桩插入地下 30-50cm，然后进行打桩。直至达到设计要求后终止锤击。

海洋站桩基计划采用打桩船进行施工，先施打钢管桩后，再泥面以上灌注 C30

混凝土。

施工便桥拆除时，首先拆除上部结构，包括桥面附属设施、桥面板、型钢分配梁等，在解除以上约束的同时安装好振动锤，待振动锤安装好后，用夹桩器夹住桩身后开始拔桩。拔桩时先让桩身振动 1~2min,使桩身周围的土坝液化后，再提升振动锤开始拔桩。拔钢管桩时一次完成，拔出后将钢管桩安放在存放地点或者直接运回后场。

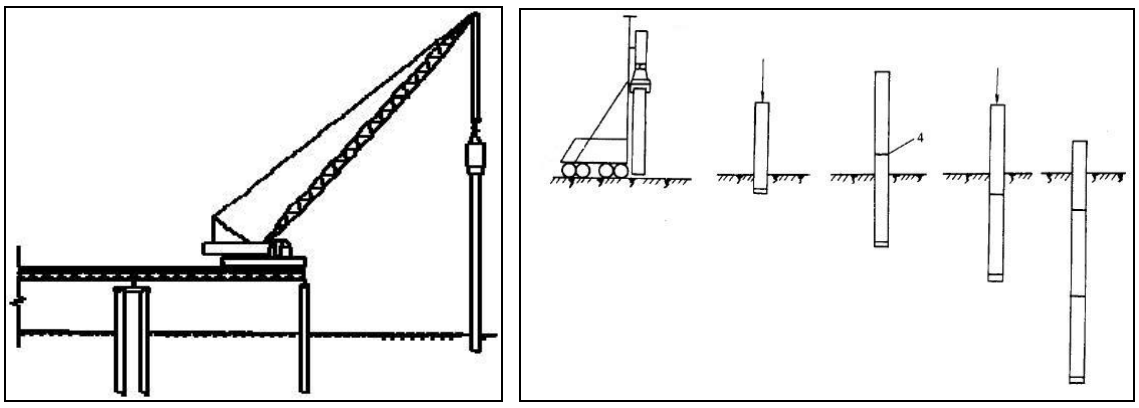


图 3.1-7 临时钢便桥及海洋站引桥桩基施工示意图

（左：履带吊振沉钢管桩；右预应力管桩施工）

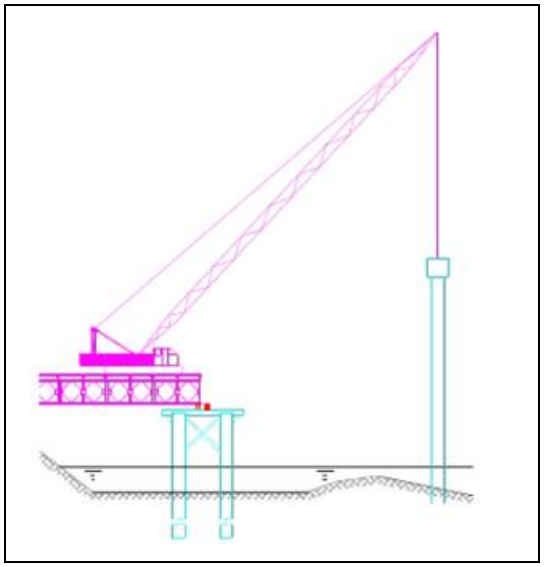


图 3.1-8 “钓鱼法”拔除钢管桩

从施工流程来看，海洋站桩基施工时可能对海洋环境扰动相对较大的作业环节主要发生在施工便桥钢管桩打设及拆除、海洋站及其引桥桩基打设过程。施打管桩下沉过程中，会对作业点周边表层淤泥产生冲击振动，产生少量的悬浮泥沙。临时钢便桥拆除时，需拔除钢管桩，此作业过程中，会带出少许悬浮泥沙，引起施工便桥周围海域悬浮物增加。

3.1.1.5 陆上施工场地作业过程

本项目陆上施工场地满足现场指挥、作业人员集宿、材料堆存及加工功能。

生活建筑物及生活构筑物按一般土建施工流程建设。

工程所需混凝土采用外购商品混凝土，工程区不设置砂石料加工系统和混凝土拌和系统。材料加工主要承担钢筋、木材的加工任务。

此外，工地不设大型机修厂，只设简易机修区域。

3.1.2 运营期生产工艺与过程分析

本项目为海洋生态修复项目，项目建设完成后，无生产工艺活动，仅对海岸带生态环境进行监测，同时对海洋风暴潮进行预警监测，海岸带生态环境及海洋预警监测主要通过各类自控及遥感设施完成，基本无污染物产生。

3.2 工程各阶段产污环节分析

3.2.1 施工期产污环节分析

结合施工期各分项施工作业过程分析，以环境要素为分析主线，确定施工期产污环节如下：

（1）仿岩质潮间带抛填块石悬浮沙；海洋站及引桥、施工便桥桩基施工及施工钢便桥拆除拔桩过程造成的入海悬浮沙；

（2）作业船舶施工期间将产生船舶含油污水和生活污水；施工场地作业人员日常工作生活过程将产生生活污水和生产废水；

（3）施工船舶运行过程中将产生柴油机废气，施工场地材料运输、装卸、加工期间将产生扬尘、机械烟气及汽车尾气等；

（4）水上及陆域施工活动会产生船舶轮机运行噪声、施工场地机械噪声及人员活动噪声；

（5）修复区场地清理将产生一定量的废弃物，包括侵占性植物、其他水下障碍物等，场地清理和潮沟开挖还将产生一定量的弃方；陆上施工场地施工人员日常工作及生活期间也将产生少量的生活垃圾和生产垃圾。

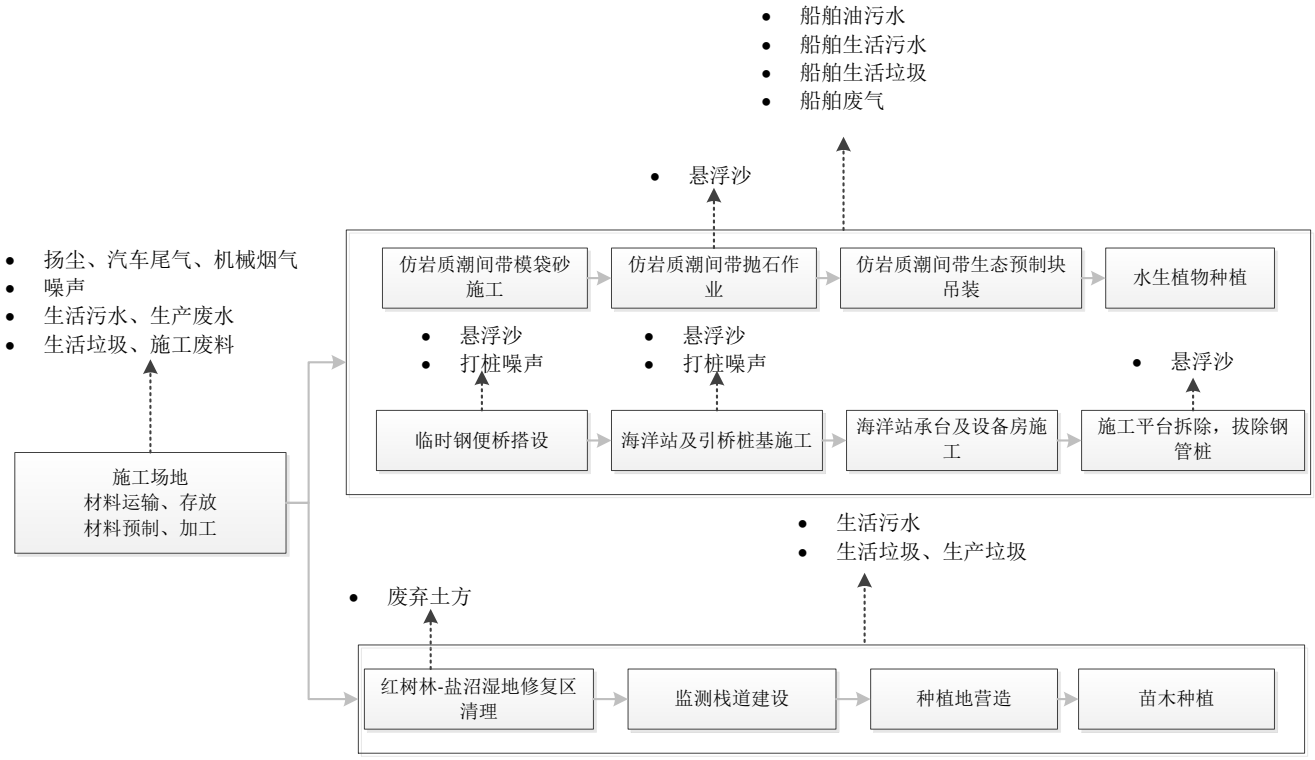


图 3.2-9 施工期产污节点图

3.2.2 运营期产污环节分析

本项目为海洋生态修复项目，非开发建设项目。营运期无生产性活动，主要通过各类自控及遥感设施对海岸带生态环境进行监测，现场监测工作量很小，基本无污染物产生。

3.3 污染源强分析

3.3.1 施工期污染影响分析

3.3.1.1 悬浮泥沙

（1）仿岩质潮间带抛填块石悬浮沙

施工期仿岩质潮间带生态岸线基底抛填天然块石过程中产生的悬浮物包括两部分，一部分为抛填块石时扰动底床产生的悬浮物，一部分为块石自身携带的泥土进入水体形成的悬浮物。工程仿岩质潮间带抛石量 78430.25 m^3。考虑到抛填材料主要为块石，块石中的泥土含量很低（含泥、砂<10%），以抛石体积的 2%计，该部分泥沙进入海水后形成悬浮泥沙的比率均以 10%计。

抛石挤淤形成的颗粒物悬浮源强按下公式计算：

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

式中：S1 为抛石挤淤的悬浮物源强（kg/s）；θ_1 为海底沉积物天然含水率（%）；ρ_1 为海底泥沙中颗粒物的天然湿密度（kg/m^3）；α_1 为泥沙悬浮颗粒物所占百分率（%）；P 为平均挤淤强度（m^3/s）。

根据本工程初步设计阶段勘察成果，表层淤泥天然状态性质指标如下：天然含水率平均值 θ_1=59.43%，天然湿密度 ρ_1=1660 kg/m^3。本评价按 α_1=20%取值，根据施工方案，仿岩质潮间带施工时间约 135d（包括理坡、自卸驳船装卸石料），平均日抛石作业时长取 6h，即抛石强度 P 为 0.03 m^3/s。据此估算抛石作业悬浮沙源强如下：

东大堤仿岩质潮间带抛石悬浮源强 S1=（1-59.43%）×1660×0.2×0.03≈4.04kg/s。

（2）海洋站施工平台钢管桩施打、引桥及海洋站桩基施打悬浮沙

临时钢便桥钢管桩采用履带吊配合振动锤沉桩工艺，海洋站桩基及引桥采用柴油打桩机配合打桩船进行施工，根据类似工程施工经验，管桩施打施工时悬浮物浓度不高，约为 0.05~0.10kg/s。

（3）施工平台钢管桩拔除悬浮沙

海洋站施工完成后，将拆除临时钢便桥，拔除钢管桩，钢管桩拔除过程中，会带出少许悬浮泥沙，引起施工栈桥周围海域悬浮物增加。

根据分析，钢管桩在拔除过程中产生的悬浮泥沙可采用下式进行计算：

$$Q=(\pi\times d\times h\times\varphi\times\rho)/t$$

式中：Q 为悬浮泥沙发生量（kg/s）；d 为桩直径，施工平台钢管桩径约为 0.72m；h 为桩的泥下深度，施工平台钢管桩深度平均取约 60m；φ 为钢管桩外壁附着泥层厚度，取 0.01m；ρ 为附着泥层密度，取 1660kg/m^3；t 为拔桩时间，本次计算中取 2.5h。经计算，本工程施工平台的钢管桩拔除产生的悬浮物源强约为 0.25kg/s。

3.3.1.2 废水污染物

由施工期产污环节分析可知，废水污染物主要有船舶油污水、船舶生活污水；施工场地生活污水及生产废水。

（1）船舶油污水

本项目涉水施工作业船舶主要是自航式驳船、打桩船及锚艇，根据《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018），各吨位船舶舱底含油污水产生量参考表 3.3-1。

表 3.3-1 船舶机舱含油污水产生量统计表

船舶载重吨（t）	舱底油污水产生量(t/d·艘)	船舶载重吨(t)	舱底油污水产生量(t/d·艘)
500	0.14	3000-7000	0.81-1.96
500-1000	0.14-0.27	7000-15000	1.96-4.20
1000-3000	0.27-0.81	15000-25000	4.20-7.00

本项目施工期间配备的 800t 和 1000t 自航式驳船各 7 艘，小型锚艇 2 艘，800t 打桩船 1 艘，舱底油污水产污强度在 0.14-0.27t/艘·d 之间，其主要污染因子为石油类，一般含油浓度在 2000~20000mg/L。本次评价驳船及打桩船含油污水产生量统一按 0.2t/艘·d 计，锚艇含油污水产生量按 0.14t/艘·d 计，石油类浓度取 10000 mg/L 计，船舶参与作业工期根据各分项施工计划确定，计算船舶油污水日产生量 3.28m^3/d，即驳船、锚艇施工期按 160d 计，打桩船施工期按 30d 计，石油类污染物产生量为 4.99t 。

表 3.3-2 船舶油污水产生量表

施工船舶	数量（艘）	产污强度(t/艘·d)	污水日产生量(t)	持续时长(d)	污染物浓度(mg/L)	污染物产生量(t)
驳船	14	0.2	2.8	160	10000	4.48
锚艇	2	0.14	0.28	160	10000	0.45
打桩船	1	0.2	0.2	30	10000	0.06
总计	17	/	3.28	/	/	4.99

本项目作业海域为珠江入海口海域，施工船舶油污水系统将按照《船舶水污染物排放控制标准》要求，排放至岸上或水上移动油污水接收设施，统一由施工单位交由有资质单位处理。

（2）船舶生活污水

施工人员在船舶上将排放一定量的生活污水，污水主要来自厨房与餐厅排出的厨房灰水，盥洗室、住舱洗脸盆、厕所、洗衣间等舱室排出的洗涤水与粪便污水，主要污染物包括 COD、BOD、SS 和大肠杆菌，生活污水若直接排入工程海域，将消耗水中溶解氧，产生难闻气味，危及水生生物生存。

参考《工程船舶劳动定员 第 2 部分：航道工程船舶》（JT/T 383.2-2008），同时结合本工程设计单位提供资料，500t~1000t 自航驳船最大定员约 15 人，锚艇定员按 5 人计，打桩船定员按 25 人计。根据工程经验，生活污水的产生量约 70L/人·d，生活污水日产生量约 17.15m^3，施工期间船舶产生生活污水总量共 2516.5m^3。见表 3.3-3。

表 3.3-3 船舶生活污水产生量表

施工船舶	数量（艘）	定员（人）	产污强度(t/人·d)	污水日产生量(t)	持续时长(d)	污水总量（t）
驳船	14	15	0.07	14.7	160	2352
锚艇	2	5	0.07	0.7	160	112
打桩船	1	25	0.07	1.75	30	52.5
总计	17	45	/	17.15	/	2516.5

本工程施工船舶作业人员产生的生活污水采用船上配备储污水箱进行收集和贮存，再由有资质单位统一接收上岸进行集中处理，严禁向海排放，对工程海域水体质量基本无影响。

（3）施工场地生产、生活污水

施工场地生产废水主要是汽车、机械设备冲洗废水。项目施工场地距离市区较近，市区内有一定的机械设备修配、汽车维修能力，且本项目施工工期不长，本阶段考虑充分利用市区的修配能力，工地不设大型机修厂，只设简易机修区域。机械冲洗水排放量很小。根据同类工程，汽车、机械冲洗水排放量约为 5m^3/d，污染物 COD 约 300mg/L，SS 约 300mg/L，污染物产生量为 COD：0.0015t/d、SS：0.0015t/d。

施工场地内作业人员高峰期约 300 人，其中 200 人在施工营地内食宿，产生的生活用水食宿按每人每天 100L 计，非食宿按每人每天 30L 计，产污系数按 0.8 计，则施工生活污水约 18.4m^3/d。

施工现场设临时沉砂池和简易隔油池处理生产废水，设置生活污水一体化处理设施，生产废水和生活污水处理达标后全部回用于场地抑尘用水、车辆冲洗以及运输道路洒水抑尘等用水，对水环境不会产生不利影响。

3.3.1.3 废气污染物

由施工期产污环节分析可知，废气污染物主要为车船废气及施工场地内材料运输、材料加工制作产生的扬尘和机械烟气。

（1）船舶废气

施工船舶多以柴油为燃料，在施工过程中会产生燃油燃放废气，主要污染物为 NO_x、SO_2 等，此类废气较为分散，且大多是流动源和暂时源，不会对环境造成明显的影响。

本项目施工船舶将严格按照《船舶大气污染物排放控制区实施方案》，按照沿海

控制区要求，使用低硫船用燃油，燃油硫含量不超过 0.5%，能够最大程度降低对环境空气的不利影响。

（2）施工场地废气

施工期废气主要来自汽车运输、材料装卸及加工过程中产生的扬尘、机械烟气和汽车尾气。

施工场地的扬尘主要来自于汽车行驶的扬尘、施工堆料场的风力扬尘。据有关调查表明，施工场地的扬尘中，以运输车辆的行驶引起的道路扬尘为主，约占扬尘总量的 60%。在同样路面清洁情况下，车速越快，扬尘量越大，而在同样车速情况下，路面清洁度越差，扬尘量也越大。一般情况下，施工工地、道路在自然风的作用下产生的扬尘所影响的范围在 100m 以内。在施工期间对车辆行驶的路面实施每日 4～5 次洒水抑尘措施后，可使扬尘减少 70%左右，将 TSP 污染距离缩小至 20～50m 范围内。

施工过程用到的施工机械，主要有挖掘机、装载机、切割机等机械，机械运作过程中以柴油作为燃料，会产生一定量废气，车辆运输也会产生少量的运输尾气。机械烟气和汽车尾气污染物主要为 CO、THC、NO_X 等，考虑其使用清洁柴油燃料，且施工机械及运输车一般为移动源，施工期又较短，废气对周边大气环境的影响可随着施工期的结束而消失。

3.3.1.4 噪声

（1）海域施工噪声源强

海上施工噪声主要来自于海洋站桩基打桩噪声。

工程海上施工作业对海洋环境有短时明显影响的是施工过程中的冲击打桩。水下冲击打桩是海洋工程中一种典型的强噪声源，其特点是高声源级，单次冲击表现为脉冲式宽频波形，而单根管桩需要多次冲击才能施打至设计深度，因此表现为连续多个脉冲的脉冲串。本次海洋站桩基采用冲击式打桩，打桩施工噪声源强取 220 dB/re 1μPa。

（2）陆上施工场地噪声源强

施工期噪声具有阶段性、临时性和不固定性的特点，本工程施工期主要机械噪声污染源强统计见表 3.3-4。在多台机械设备作业时，各台设备产生的噪声会互相叠加，根据类比调查，叠加后的噪声增值约 3～8dB(A)，一般不超过 10 dB(A)。

表 3.3-4 主要施工机械设备的噪声声压值

序号	施工船舶/机械	声压级 dB(A)	距离(m)
1	装载机	90	5
2	挖掘机	84	5
3	推土机	85	5
4	汽车吊	96	5
5	切割机	76	5
6	自卸车	90	5
7	钢筋切割机	90	1
8	柴油发电机	80	5
9	运输车辆	75	5

3.3.1.5 固体废弃物

施工固体废物主要包括：修复区场地清理和潮沟开挖产生的废弃物、施工场地生产垃圾和作业人员生活垃圾。

（1）生产垃圾

水域修复区清表废物：红树林-盐沼湿地修复区场地清理废物主要是杂草、外来植物和其他水下障碍物等，废物量难以估算，外运至指定地点集中拉运处理。

水域修复区潮沟开挖土方：潮沟开挖土方直接用于微地貌调整，由人工覆土至现状高程不满足红树林生长高程区域，场地清理产生的开挖土方量为 88647.55m³，红树林适宜地营造土方量为 89725.46m³，大于场地清理土方量，无弃方。

陆域施工场地生产垃圾：施工期间施工场地将产生少量的施工废物。

（2）生活垃圾

施工人员生活垃圾主要来自于水域施工船舶和陆域施工场地产生的生活垃圾，主要包括废弃食品袋、塑料制品、废包装袋、废弃食物、废弃卫生纸等固体废弃物。

施工期间生活垃圾按照每人日均产生量 0.5kg 估算，水域施工时，船舶定员按驳船 15 人，锚艇 5 人，打桩船 25 人计，施工场地内作业人员高峰期约 300 人，则生活垃圾产生量合计 0.27t/d。施工人员的生活垃圾集中收集，交由当地环卫部门处理。

3.3.1.6 源强产生情况汇总

施工过程中产生的主要污染物包括悬浮物、船舶油污水、船舶和施工场地作业人员日常生活产生的生活污水和生活垃圾等，项目施工期污染物排放情况统计见表

3.3-5。

表 3.3-5 施工期污染源强汇总表

污染源	污染物	产生情况		污染因子	排放/处理方式
悬浮沙	悬浮沙	仿岩质潮间带抛石	4.04kg/s	SS	自然扩散
		海洋站施工平台钢管桩沉桩及海洋站桩基施打	0.05~0.1kg/s		
		海洋站施工平台钢管桩拔除	0.25 kg/s		
废水	船舶污水	机舱含油污水	3.28m^3/d	石油类	排放至岸上或水上移动油污水接收设施，统一由施工单位交由有资质单位处理。
		生活污水	17.15m^3/d	COD、BOD、SS 和大肠杆菌	采用船上配备储污水箱进行收集和贮存，再由有资质单位统一接收上岸进行集中处理
	陆上施工场地污水	生活污水	18.4m^3/d		经一体化处理设施处理后回用
		生产废水	5m^3/d（高峰期）	石油类	经隔油、沉沙处理后回用
废气	燃料油废气	少量		NO_x、SO_2	采用低硫燃料油
	施工扬尘	/		TSP	洒水降尘
	机械烟气及汽车尾气	少量		NO_X、CO、HC	不连续排放
噪声	噪声	70～220dB(A)		噪声	自然衰减
固废	清表废物	视实际情况而定		杂草、外来植物和其他水下障碍物	船运上岸后统一处理
	修复区场地清淤、潮沟开挖淤泥土	88647.55m^3		淤泥	回用于红树林适宜地营造
	生活垃圾	0.27t/d		食品废弃物、食品包装等	交当地环卫部门处理

3.3.2 营运期污染源强分析

本项目营运期海堤修复区现场监测工作量很小，基本无污染物产生。海上监测设备短时维护期间会有少量的船舶水污染物产生，考虑到设备设施维护频次视实际使用情况而定，故本次不做污染源强核算。

3.4 工程非污染环境影响分析

3.4.1 施工期非污染环境影响分析

（1）对潮间带生物、底栖生物的影响

施工期间，仿岩质潮间带抛石作业时将破坏潮间带生物栖息环境，盐沼湿地潮沟开挖、地貌整饰也将覆盖潮间带生物栖息环境，海洋站桩基结构和红树林监测栈道桩基建设将彻底破坏占海范围内底栖生物原有的栖息环境。除少数活动能力强的潮间带生物和底栖生物将逃往别处外，大部分的潮间带生物和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。

（2）对浮游生物、游泳生物的影响

项目施工对浮游生物和游泳生物的影响主要来自是施工扰动海床搅起的悬浮沙影响。施工过程产生的悬浮物会引起局部海域水体浑浊，这将降低阳光的透射率，从而导致局部海域内海洋初级生产力下降，浮游生物将受到不同程度的影响，尤其是对进行光合作用的浮游植物和滤食性浮游动物的影响较大。海域水体混浊水质下降还会对渔业资源造成一定的影响。此外，海洋站桩基施工噪声将对鱼类生存活动造成不利影响。

（3）对鸟类栖息活动的影响

项目区内鸟类主要在小木乃山及烂柴角海堤一带栖息活动，施工期间对鸟类的影响主要来自两方面：一方面是施工噪声对鸟类的直接影响，包括施工船舶通航、石块、生态预制块的吊装、海洋站桩基施打等施工噪声对附近潮滩上觅食、停歇的鸟类的影响；另一方面是施工悬浮沙导致游泳生物资源量的减小和栖息场所的改变，间接引起的鸟类觅食活动范围的变化。

（4）对中华白海豚的影响

项目所在的珠江西部河口地区是我国中华白海豚主要分布地之一，虽然施工海域主要是在近岸地区，施工区水深较浅，正常情况下施工活动不会占用中华白海豚栖息空间，但由于其活动区域较大，仍有在项目周边海域活动的可能。此外，海洋站桩基施工噪声可能会对附近海域中华白海豚的栖息活动造成不利影响。

3.4.2 运营期非污染环境影响分析

3.4.2.1 对海洋水动力和冲淤环境的影响

本项目临堤而建，岸线修复位置为海堤的堤前带岸滩，处于区域海洋水动力流场的边界区域，不会改变大尺度范围水动力流场特征，但红树林、盐沼湿地建设改变了水深条件。可能造成修复区水动力减弱，进而对工程区自然状态下冲淤演变趋势造成一定的调整变化。

3.4.2.2 对海洋生态环境的正面影响

项目在平沙东堤和红旗堤堤前带采用红树林-盐沼湿地形式对岸滩进行修复，研究显示，红树林湿地生态系统能够为各类海岸带生物生存提供物质空间，是虾蟹贝类等海洋生物的天然的繁衍场所。同时，红树林湿地也是大量濒危珍稀水禽重要的栖息场所。项目在东大堤堤前带采用仿岩质潮间带形式对堤防进行修复，该处水泥流速较小，泥沙含量相对较低，即不影响鸡啼门水道行洪，又充分发挥仿岩质潮间带的生态性。可见，工程实施对恢复鸡啼门河口地区生态功能，从而逐步实现养护海洋生物资源、维护生物多样性方面有重要作用。

3.5 环境影响要素识别和评价因子筛选

根据上述生产工艺过程及产污环节，进行环境影响要素识别分析，根据影响情况筛选主要评价因子。施工期影响评价因子详见表 3.5-1 。

表 3.5-1 环境影响预测评价因子一览表

评价时段	环境影响要素	预测评价因子	工程内容及其表征	影响程度与分析评价深度	分析评价内容所在章节
施工期	水质环境	悬浮物	仿岩质潮间带抛石、海洋站及其引桥施工	+++	6.2
	沉积物环境	悬浮物	仿岩质潮间带抛石、海洋站及其引桥施工、红树林适宜林改造	++	6.3
	生态环境	浮游生物	仿岩质潮间带抛石、盐沼湿地潮沟开挖、海洋站及其引桥施工	+	6.4
		底栖生物、潮间带生物		+++	6.4
		鸟类	海堤修复施工及施工场地作业活动	+	6.6
		中华白海豚	海洋站及其引桥、钢便桥打桩施工	+	6.7

评价时段	环境影响要素	预测评价因子	工程内容及其表征	影响程度与分析评价深度	分析评价内容所在章节
	渔业资源环境	游泳生物、鱼卵和仔稚鱼	仿岩质潮间带抛石、海洋站及其引桥施工	++	6.4
	环境敏感区	悬浮物	仿岩质潮间带抛石、海洋站及其引桥施工	+	6.8
事故状态	水质、生态环境	船舶溢油	风险事故下的溢油	+++	7.4
	海上环境敏感区	船舶溢油	风险事故下的溢油	+++	7.4
	渔业资源环境	船舶溢油	风险事故下的溢油	+++	7.4

4 区域环境概况

4.1 自然环境概况

4.1.1 气候气象

珠海市属亚热带海洋性气候，受南亚热带季风影响，多雷雨，其中 4-8 月雨量集中，占全年降雨量的 7 成以上。全年温暖湿润，冬天不冷，夏天也不会特别热。每年的 5 月至 10 月是珠海的雨季，全年的雨水都集中在这个时期。灾害性天气主要是台风和暴雨，个别年份冬季受寒潮低温影响。台风出现的时间多在 6 月至 10 月，年平均 4 次左右。严重影响珠海市的台风平均每年 1 次，暴雨有 5 次左右。

珠海市主要气象观测站有珠海站、斗门气象站。其中斗门气象站是距离本项目最近的国家站网点，设立于 1967 年，观测项目有气温、降雨、湿度、日照、风速、风向等。2007 年前该气象站位于井岸镇，2007 年 1 月迁入斗门区白蕉联围内的白蕉镇连兴一路。

根据斗门气象站近 20 年（1997-2016 年）的气候统计资料，区域年平均气温 23℃，极端最高气温 38.5℃，出现在 2005 年 7 月 19 日；极端最低气温 1.9℃，出现在 2016 年 1 月 24 日。常年主导风向为 NE，其次为 E 和 S，年平均风速为 2.8m/s，最大风速为 22.8m/s，出现在 2012 年 7 月 24 日。月平均风速以 11 月份最大 8.9m/s，8 月份最小 3.3m/s。年平均降雨量 2285.0 毫米，年最大降雨量为 3156.0 毫米，出现在 2001 年；年最小降雨量为 1415.9 毫米，出现在 2011 年。年平均日照 1708.0 小时。

4.1.2 海洋水文

本项目位于西、北江三角洲南部，周边水道和海区设有多个水文站，本工程位于黄金站和三灶站之间，根据三灶站海洋水文观测资料，区域潮汐特征如下。

（1）潮汐特征

工程区处于“洪潮区”，即汛期洪、潮在这里相互作用和壅托。潮汐属不规则半日混合潮类型，在一个太阳日出现两次潮起潮落过程，历时约 24h50min，潮型一般以高高潮—低低潮—低高潮—高低潮的形式出现，大约经过 12d、13d，潮型变成低高

潮—高低潮—高高潮—低低潮。冬春之间高高潮多出现于夜间，低低潮多出现于白天，夏秋之间则相反。在一个太阳月中亦呈周期变化，一般朔、望日（初一、十五）后 2～3 天出现大潮，上、下弦日（初八、二十三）后 2～3 天发生小潮。每逢台风侵袭并遇上大潮时，则形成台风暴潮，口门附近河段潮位会出现下游高于上游的现象。年最高潮位一般多出现在汛期 6～9 月或风暴潮正面袭击时，年最低潮位多出现于枯季 1～3 月，一年中夏潮高于冬潮。

工程区属弱潮型河口，涨落潮差一般 1m 左右，最大潮差可达 4m，潮差的年际变化不大（详见表 4.1-1）。以三灶站为例，该站历年最高潮位为 3.96m（2018 年 9 月 16 日），多年平均高潮位 0.99m；历年最低低潮位为-1.38m（1968 年 12 月 22 日），多年平均低潮位-0.10m；多年平均涨潮潮差为 1.08m，历年最大涨潮差为 3.99m（2008 年 9 月 24 日），最大落潮差为 4m（2008 年 9 月 24 日）。潮历时特性一般为落潮历时大于涨潮历时，年内变化为涨潮历时枯水期较汛期长，而落潮历时汛期较枯水期长。平均涨潮历时 5:50，平均落潮历时 6:43。

珠海市常遭受强热带风暴和台风侵袭，由于剧烈的大气扰动导致海水异常升降，使临海潮位大大超过平常潮位，称之为风暴潮。风暴潮若恰好与天文潮高潮叠加，则将发生历史最高潮位，使其影响海域潮位暴涨。2018 年“山竹”台风是工程区域发生的暴潮水位为建站以来最高实测水位，三灶站最高潮位 3.96m。同时，考虑本次工程处于珠江河口区的洪、潮交汇区内，项目施工主要位于潮间带，采用处于外海的三灶站数据更为合理。

表 4.1-1 工程区潮汐要素特征值统计表（黄海高程）

测站名		三灶站
资料年限		1965-2018
高潮位	平均	0.99
	最高	3.96
	出现日期	2018/9/16
低潮位	平均	-0.1
	最低	-1.38
	出现日期	1968/12/22
涨潮差	平均	1.08
	最大	3.99
	出现日期	2008/9/24

落潮差	最大	4
	出现日期	2008/9/24

（2）波浪情况

珠江三角洲海域波浪常年观测站仅大万山站。万山海域全年多出现 ENE、SE、E 和 NE 风向，其中 NE 风向频率最大，达 23.5%，冬季吹东北风，夏季吹偏南风。大万山站常浪向 SE，频率为 39.9%；次常浪向为 ESE，频率为 30.3%和 10.4%；波型以涌浪为主的混合浪，频率为 95.7%，平均波高（H1/10 波高）1.2m，最大波高 4.0m，平均周期 4.6s，最大周期 8.8s。

4.1.3 河流水系

珠海市地处西江下游滨海地带，境内河流众多，有大、小河流 170 条，全长 2214 公里，西江诸分流水道与当地河涌纵横交织，属典型的三角洲河网区。在珠海市斗门区北部，西江分为磨刀门水道、螺洲溪、荷麻溪、涝涝溪、涝涝西溪等 5 支分流入境，进而分汇为磨刀门、鸡啼门、虎跳门等 3 支干流，由北向南纵贯全境，分口注入南海。干流沿程与众多侧向分流、汇流河道衔接，既有自然分流汇水，亦有闸引闸排。西江诸分流水道沿岸均已筑堤联围，水流受到有效制导，因而河道基本形成稳定的平面形态。

（1）磨刀门水系

磨刀门水道自斗门莲溪镇螺洲溪口入境，至横琴石栏洲入海，境内全长 42 公里，主槽河床标高-9.0～-11.0 米，局部-20.0 米，平均坡降 3.06‰。上游段（六乡螺洲山咀断面以上）水道比较顺直，弯曲系数约为 1.0～1.1，河宽 800～1200 米；中游（螺洲山咀至天生河口）水道形态较为复杂，左岸有中山神湾水道汇流，河宽增加至 4000 米，相继浮现大排沙、磨刀沙、竹排沙等江心洲；下游段河势又趋平顺，河宽保持在 2000 米左右，河中浮露二排沙、三排沙两个沙洲，左岸先后有前山水道、洪湾水道（马骝洲水道）分流入澳门水域，右岸有天生河、鹤洲水道分流入白龙河出海。

前山水道是珠海市主要的内河水运通道，起自磨刀门水道左岸中山市境内的联石湾水闸，终至石角咀水闸，下游接澳门濠江，河宽 50～300 米，河床标高-1.0～-2.4 米，沿程有申塘、茅湾、东坑等河涌排水汇入，中珠联围设闸引水灌溉。洪湾水

道河宽 500 米，可通航 1000 吨级船舶，是粤西各地通往港、澳的重要水道，分流水量约占磨刀门泄量的 28%。天生河首、末端均设有水闸控制，沿岸自流引水灌溉，并容泄田间排水。鹤洲水道在鹤洲南、北垦区之间，沟通磨刀门水道与白龙河，河宽约 100 米。

磨刀门是珠江的主要入海口门，其泄洪、排沙量居八大入海口门之首，多年平均径流量达 923 亿立方米，约占珠江入海泄量的 28.37%，多年平均输沙量为 2700 万吨，约为马口站输沙量的 37.2%。由于大量泥沙在河口沉积，口门一带滩涂逐年发展，并使竹银至灯笼山河段河床形成反坡，平均坡降-2.5‰。据珠江水利委员会实测资料，河口滩涂年淤高 1～3 厘米，每年向外延伸 120～150 米。

（2）鸡啼门水系

螺洲溪北起竹洲头，南至上横镇粉洲沙仔尾，全长 11.53 公里，弯曲系数 1.05，河宽 220～330 米，主槽河床标高-5.4～-9.7 米，平均坡降 0.1‰，总落差 1.0 米。

荷麻溪起于新会市大屿，于斗门莲溪围入境，至横坑水道东口，境内河段长 6.78 公里，河流弯曲系数 1.0，河宽 230～340 米，河床标高-3.9～-7.6 米，平均坡降 0.29‰，总落差 2.0 米。

赤粉水道上游起自横坑水道东口，承荷麻溪分流，下游至粉洲沙仔尾，与螺洲溪交汇并入黄杨河，全长 6.25 公里，弯曲系数 1.01，河宽 175～365 米，槽河床高程-2.7～-4.5 米，平均坡降-0.16‰，总落差 1.0 米。

黄杨河北起粉洲沙仔尾，承螺洲溪和赤粉水道径流，下至尖峰山鬼仔角，全长 13.69 公里，弯曲系数 1.02，河宽 300~550 米，主槽高程-4.4～-12.6 米，平均坡降-0.07‰，总落差 1.0 米。

鸡啼门水道于尖峰山鬼仔角上接黄杨河，下至红旗小木乃入海，全长 24.5 公里，弯曲系数 1.15，河宽 400～1800 米，主槽高程-6.0～-10.0 米，平均坡降-0.17‰，总落差 3.0 米。鸡啼门多年平均径流量 197 亿立方米，多年平均输沙量 380 万吨，口门每年向外延伸约 90 米。

鸡啼门左侧的大门水道原为磨刀门分流水道之一，三灶湾围垦后仅余留 6.5 公里河道，容泄沿岸围区各闸口排水入海。右岸南水沥长 6.5 公里，容泄平沙联围及南水镇排水入海。

（3）虎跳门水系

涝涝溪在新会市睦洲狗尾分流，从新会龙泉蟹洲流入斗门区境，下至横坑西口

入虎跳门水道，境内河段长 7.55 公里，弯曲系数 1.03，河宽 80～360 米，河槽高程-1.5～-8.4 米，平均坡降 0.26‰，总落差 2.0 米。

涝涝西溪与涝涝溪同源，起于蟹洲沙，由西面绕上横镇三沙岛后，汇合于横坑西口，河长 8.9 公里，弯曲系数 1.1，河宽 60～250 米，河槽高程-1.5～-8.0 米，平均坡降 0.12‰。

横坑水道是荷麻溪下游分流之一，自东向西汇流入虎跳门水道，全长 3.23 公里，弯曲系数 1.17，河宽 110～390 米，河槽高程-4.7～-11.2 米，平均坡降 0.31‰。

虎跳门水道是珠海斗门区与新会区的分界河道，北起横坑西口，上游承接涝涝溪、横坑水道，南至斗门镇小濠涌北围，下游接崖门水道，全长 18.44 公里，河宽 250～1100 米，主槽高程-5.0～-12.6 米，平均坡降 0.05‰，总落差 1.0 米。虎跳门多年平均径流量 202 亿立方米，多年平均输沙量 387 万吨。

（4）崖门水道

崖门水道北起小濠冲北围和崖门口，汇入虎跳门水道及新会银洲湖来水，南至平沙三虎山咀，全长 13.3 公里，境内堤岸长 15.65 公里，河道宽度 1800～4500 米，主槽迫近斗门雷蛛围岸侧，槽底高程-8.0～-12.9 米。出海口附近大面积浅海滩涂日益浮露，随着围垦逐步进展，河口宽度逐渐缩小。

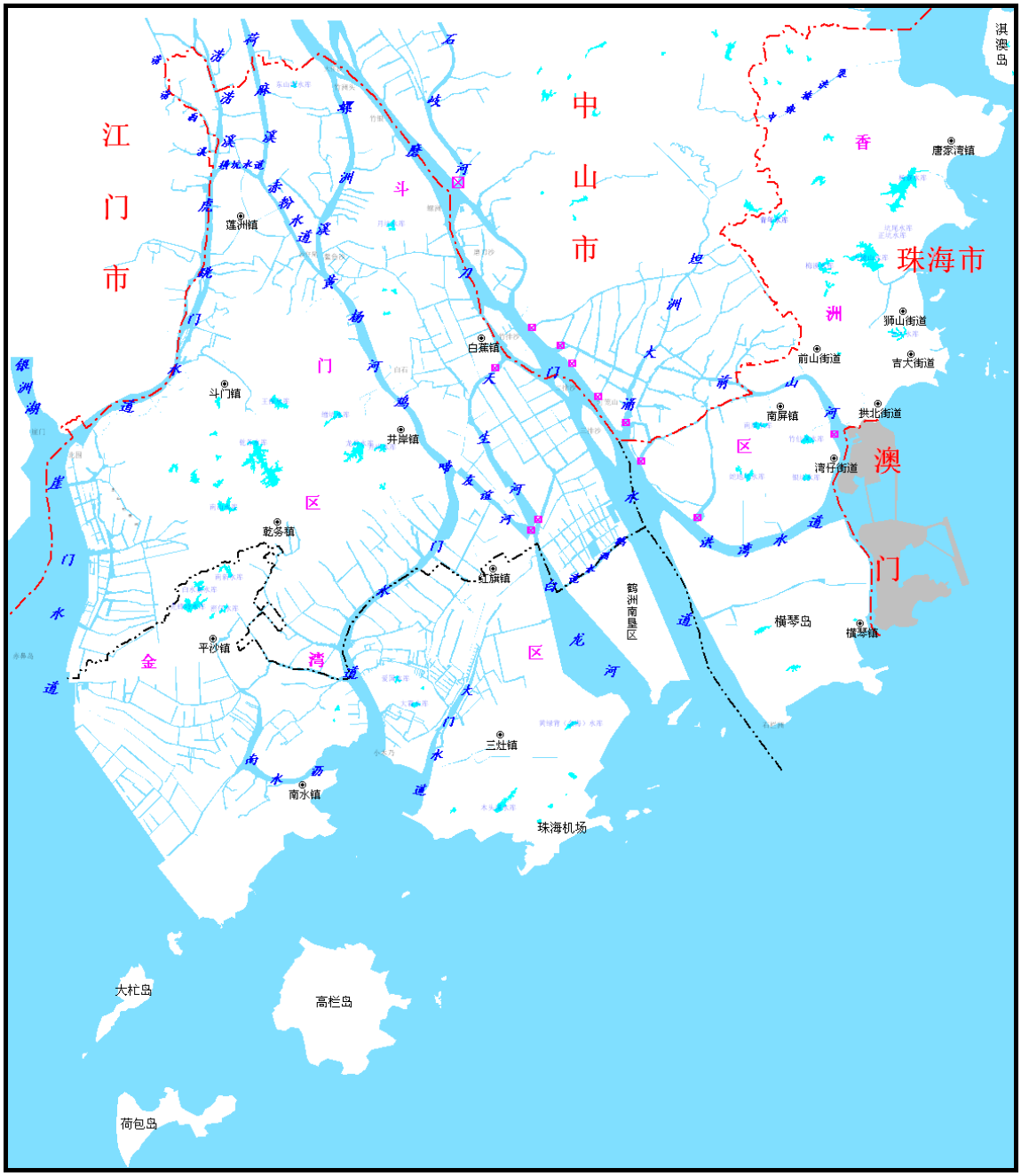


图 4.1-1 珠海市主要河道水系分布图

4.1.4 地形地貌

（1）区域地形地貌

金湾区地处滨海地带，地貌类型多样，有山地、平原、湖泊和海洋，当地原为浅海环境下的古海湾，随着时间的推移，西江水道携带的大量泥沙和滨海沉积物不断在此淤积，浅滩逐渐升高，岸线向海延伸，孤岛与平原相连接，形成现今低山丘陵与平原相间分布的地貌形态。

磨刀门水道与虎跳门水道之间地域广阔，西江在这里分流入境、分口出海，形

成大面积的三角洲冲积平原，并经历代人工围垦浅海滩涂而不断扩展，其间有孤丘、台地零星分布，河网密布。平原地势低平，起伏和缓，大体由西北向东南缓倾，形如箕斗，多辟为水田及桑基鱼塘。南部滨海地带有数列低山丘陵分立，形成口门。境内低山丘陵均呈东北～西南式走向，大多迫近海岸，峰峦突兀陡峭，坡度介于 20º～35º 之间。围垦区大部分为历代围海造田逐步联围形成，主要分布在鸡啼门水道两岸、泥湾门水道下游，濒临入海口，地势低平。

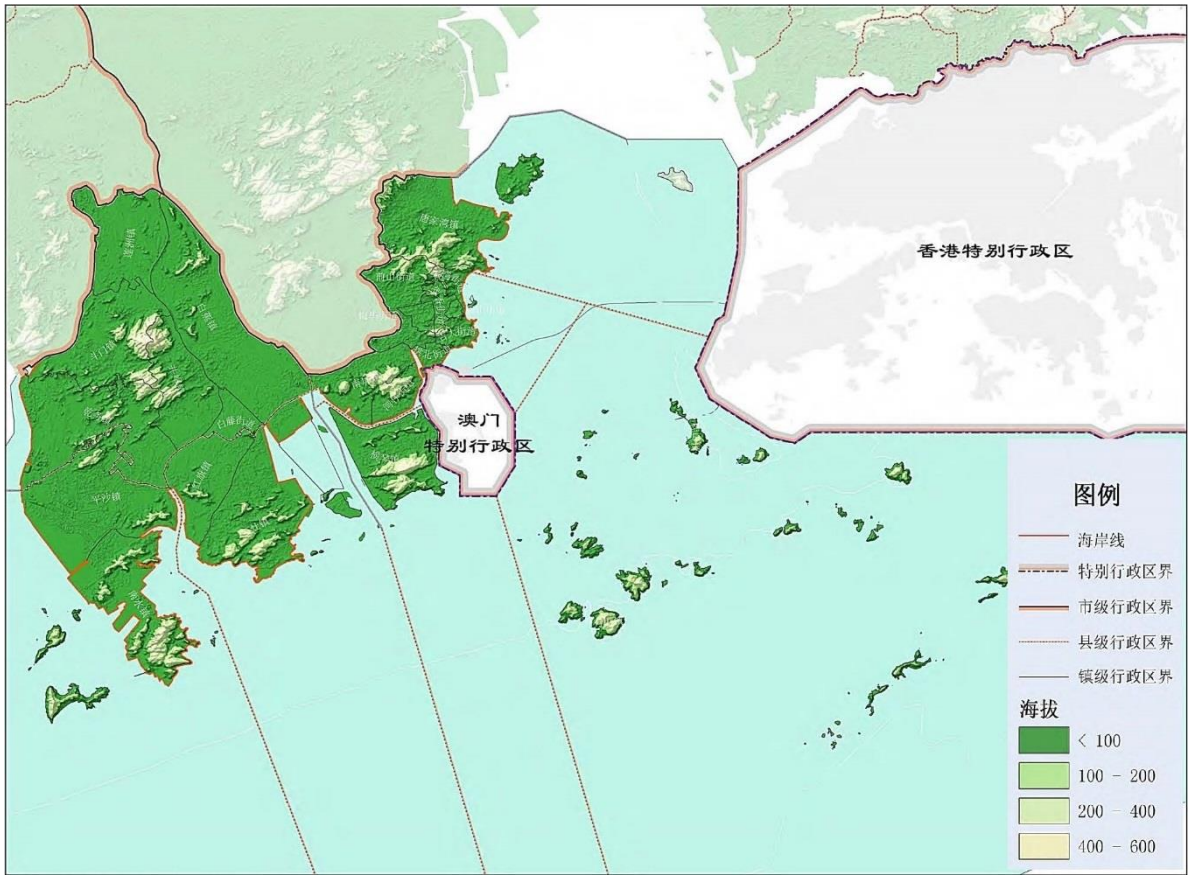


图 4.1-2 珠海市地形地貌图

（2）工程区场地地形地貌

项目场地位于珠海市西，鸡啼门水道鸡啼门大桥下游至入海口段，为典型的三角洲海陆交互相沉积地貌。原为珠江三角洲潮汐沼泽带，属海滨一级阶地，地势平坦，鱼塘沟渠纵横分布，河网密布，水系发育，堤内地面高程一般 1.30m～3.85m，鱼塘、沟底高程一般-0.10m～-2.00m。

项目场地区块 1、区块 2 根据海堤可分为左岸红旗段（HQD10+184~HQD14+865），右岸平沙东堤（PSD0+000~PSD3+788）。珠江鸡啼门水道从鸡啼门大桥位置（HQD10+184、PSD3+788）以约 SE60°顺流而下，至

PSD1+200（HQD13+165）附近转为近北向南流向后，于 LCJ1+900 处汇入海湾。总体上两岸地形平坦、鸡啼门水道两侧岸线顺直。其中，左岸红旗段，海堤堤外基本上无外滩或外滩较窄，堤外均采用了抛石护脚，抛石为中风化花岗岩，粒径一般 20~30cm，部分粒径大于 50cm，抛石宽度约 5~6m，平均厚度 2.10m，抛石护脚以外水下岸坡地形 2°~4°；右岸平沙东堤及烂柴角 LCJ0+000～LCJ0+515m 堤外一般有宽 50～60m（局部可达 130m）的外滩出露。

项目场地区块 3 位于珠海市金湾区南水镇高栏港西滩片区，地貌单元属海陆交互相沉积地貌、自然地面东北高，西南低。场地北侧为辘牛顶山，南侧为直辣山，西侧为高栏港化工区，东侧临海，东大堤内为人工填海形成的陆地及鱼塘。

4.1.5 工程地质

本节内容根据《珠海市海洋生态保护修复项目（初步设计阶段）岩土工程勘察报告》及《珠海经济技术开发区西滩片区生态修复工程岩土工程勘察报告》编制。

4.1.5.1 地质构造

本区在构造上位于北西向的西江断裂带和北东向五桂山南麓断裂的复合部位（见图 4.1-3）。

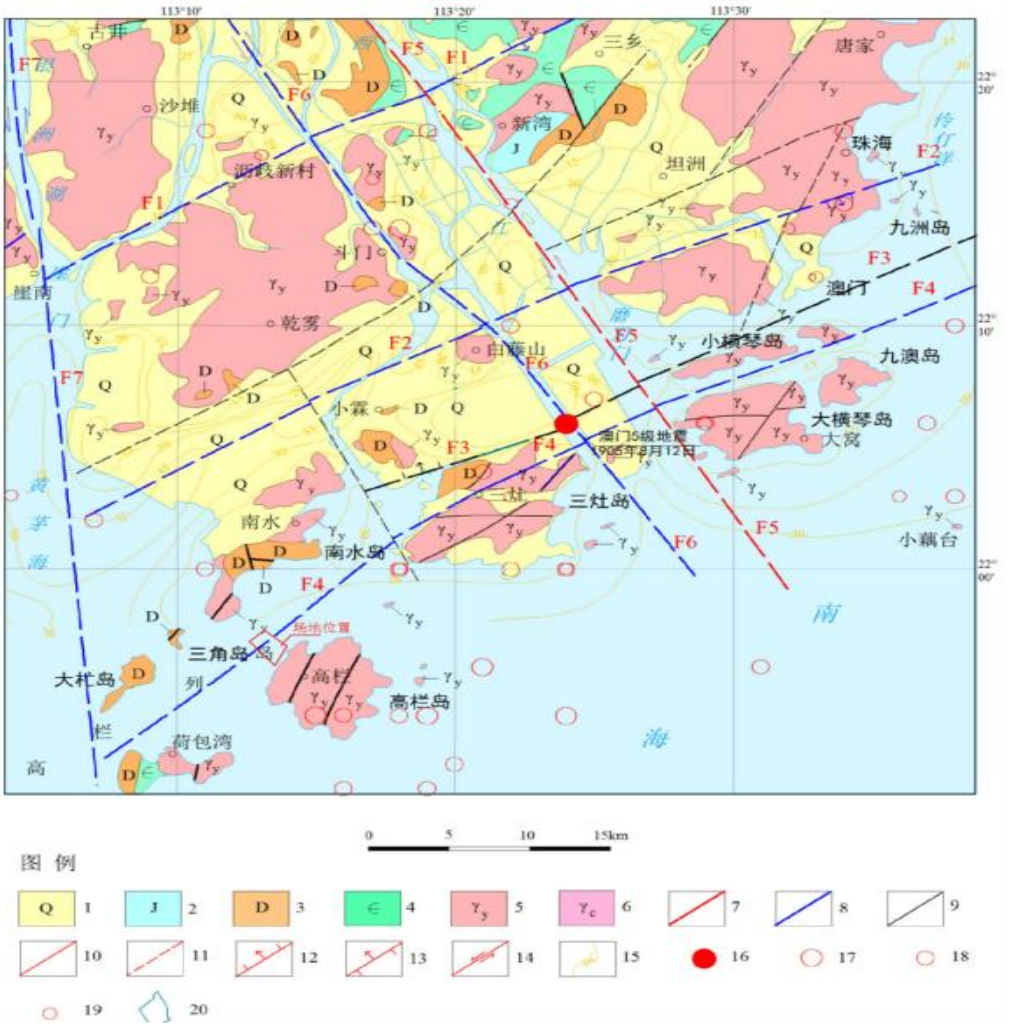
1）西江断裂带：西江断裂位于三灶以东海湾中，陆地上，断裂基本上是沿西江河谷地区发育。断裂总体走向北西 310°∽330°，倾角 75°∽85°，断层破碎带宽 45m∽50m。断裂带内存在多条高角度构造断面，组成叠瓦状构造。早期可能发生高角度挤压逆冲运动，中至后期则以拉张作用为主，磨刀门大桥断层样品热释光年龄测试显示，断裂活动年代距今 2.45±0.15 万年，相对年代在晚更新世末。断裂磨刀门水域 1905 年发生澳门 5 级地震，自 1970 年以来，该水域记录有小震发生。

2）五桂山南麓断裂：断裂位于三灶北五桂山地区，走向 50°∽60°，倾角南东 50°∽60°。逸仙水库处破碎带宽约 10m，断层碎屑热释光分析，断裂活动年龄 12.83±1.00 万年，既中更新世末期。历史上未发生过中强以上地震，有感地震也不多见。

3）场地内自更新世以来，发生过升降运动，但未发现全新活动断裂行迹。

总体上本区新构造运动不强烈，第四纪以来地壳处于弱形变或微形变过程，总

体处于相对稳定状态。历史上未发生 Ms>6.0 级地震，最大的是 1905 年 8 月 11 日发生于三灶东北海域的 5.5 级地震。



1. 第四系 2. 侏罗系 3. 泥盆系 4. 寒武系 5. 燕山期花岗岩 6. 加里东其侵入岩 7. 晚更新世活动断层 8. 早、中更新世活动断层 9. 前第四纪活动或时代不明断层 10. 实测断层 11. 隐伏断层或推测断层 12. 正断层 13. 逆断层 14. 走滑断层 15.第四系等厚度线 16. M_S5 级地震震中 17. M_L3.0-3.9 级地震震中 18. M_L 2.0-2.9 级地震震中 19. M_L1.5-1.9 级地震震中

图 4.1-3 项目区域构造地质图

工程区主要受平沙至吉大断裂、崖门口至翠亨断裂和西江断裂的影响与控制，此外，还有出露在黄杨山周围和六乡镇竹篙岭等地的次级断裂。

根据区域地质资料及已收集的勘察资料分析，工程区区域地质构造整体对工程建设无大的影响。

4.1.5.2 工程区场地地层岩性

（1）平沙东堤、红旗堤附近场地地层岩性

根据钻孔勘察，本次钻孔深度范围内揭露的地层主要有软土层（包括淤泥、淤泥质土）、淤泥质细砂层、粉质粘土层。在本次钻探揭示的深度范围及海堤提升加固工程勘探钻孔深度范围内，场地地层可分为 7 大层，地层从上而下分述如下：

①人工填土（Q_4^{ml}）：灰褐、黄褐、棕红色，干～稍湿，松散～稍密，主要由粉质黏土及粘性土混中细砂或花岗岩风化土组成，局部含碎石、块石。该层为堤防填土，揭露厚度 0.80～10.20m，底板高程-6.04～0.77m。

②淤泥（Q_4^{mc}）：第四系全新统海陆交互沉积层。灰黑色~青灰色，流塑状，饱和，不均匀，含有机质，具腥臭味，局部夹薄层粉砂和少量贝壳。本次勘探及引用勘探所有钻孔中均有揭露。揭露层厚 1.70m～28.30m，平均厚 10.91m；底板高程-27.88m～-2.92m，厚度变化较大。

③$_1$ 淤泥质土（$Q_4^{mc)}$）：第四系全新统海陆交互沉积层。灰黑色~青灰色，流塑~软塑状，饱和，含有机质，具腥臭味，局部夹薄层粉砂和少量贝壳。该层所有钻孔中均有揭露，局部地段以透镜体形式重复出现。层厚 0.60m～39.30m，平均厚 12.80m，底板高程-51.01m～-4.92m。

③$_2$ 淤泥质细砂（Q_4^{mc}）：第四系全新统海陆交互沉积层。灰黑色~青灰色、松散，饱和，主要成分为石英，分选性好，级配较差。呈透镜体状产出，揭露层厚 1.60m~7.00m，底板高程-45.82m~-20.27m，平均厚 4.30m。仅在 HQKY22、HQKY24、HQZK35、ZKBK18、ZKBK20、ZKBK24、ZKBK31、ZKBK32、ZKBK48 等 9 个钻孔揭露。

③$_3$ 中细砂（Q_4^{mc}）：第四系全新统海陆交互沉积层。青灰色~灰色，稍松散，饱和，主要为中细砂，局部含粉质黏土，含大量白色螺壳碎片，呈透镜状。揭露层厚 1.00m~5.30m，平均厚 2.65m，底板高程-40.49m~-18.43m。仅在 LCZK10、PSZK2~PSZK6、PSZK19、PSZK20、PSZK21、ZKBK13、ZKBK14 等 11 个钻孔揭露。

④粉质粘土（Q_4^{mc}）：第四系全新统海陆交互沉积层。褐黄色~灰褐色，可塑状，粉砂粒含量不均匀。层顶 2m~4m 为褐黄色，中至底层为灰褐色，层厚变化较大，揭露层厚 0.90m~35.70m，平均厚 10.12m，底板高程-66.54m~-20.15m。场地内多有分

布。

⑤中粗砂（Q_4^{mc}）：第四系全新统海陆交互沉积层。颗粒棱角分明，磨圆度差。以中粗砂、含砾中粗砂为主，局部上层分布有薄层粉细砂、粉土。层厚变化较大，揭露层厚 0.50m~25.00m，平均厚 5.85m，底板高程-61.60m~-20.88m，部分位置钻探未揭穿。该层在堤基中广泛分布，在本次堤外区域勘察中，仅 ZKBK13 孔揭露。

⑥残积土（Q_4^{el}）：黄褐色砾（砂）质粘性土，为花岗岩风化残积土，局部可见原岩结构，遇水易散，手捏易散，揭露层厚 1.40m~8.00m，平均厚 4.52m，底板高程-52.55m~-30.04m，少量引用钻孔有揭露，本次勘察未揭露。

⑦$_1$ 花岗岩（γ_y）：燕山期侵入岩，全风化~强风化，褐黄~肉红色大部分矿物已风化成粘土或矿物已显著风化。全风化岩芯原岩结构清晰，呈硬塑~坚硬土柱状；强风化节理裂隙极发育，岩芯呈半岩半土状、碎石状。揭露层厚 0.60m~28.50m，层顶高程-75.33~-29.30m，部分引用钻孔揭露到该层，本次勘察未揭露。

⑦$_2$ 花岗岩（γ_y）：燕山期侵入岩：中风化，肉红~麻灰色，裂隙较发育，岩体较完整，属较硬岩，岩芯呈短柱状、柱状。少量引用钻孔揭露，揭露厚度 1.10m~11.30m，层顶高程-75.33~-27.83m。

本工程在项目区沿线布设了 49 个钻孔，同时利用海堤加固工程完成的钻孔成果。本报告中选取平沙东堤和红旗堤代表性区段钻孔见图 4.1-4。钻孔柱状图见图 4.1-5。

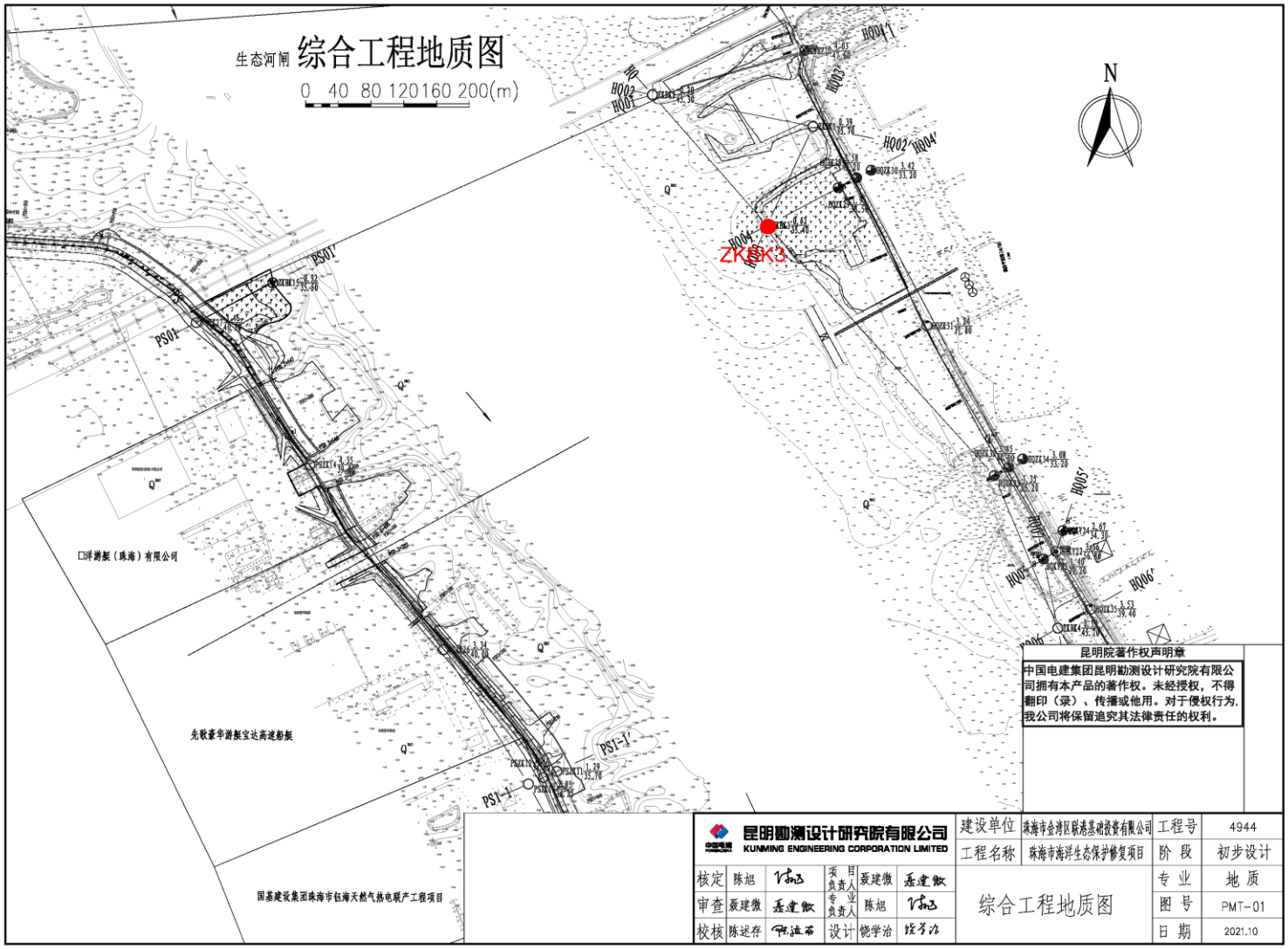


图 4.1-4a 平沙东堤和红旗堤附近钻孔平面布置图

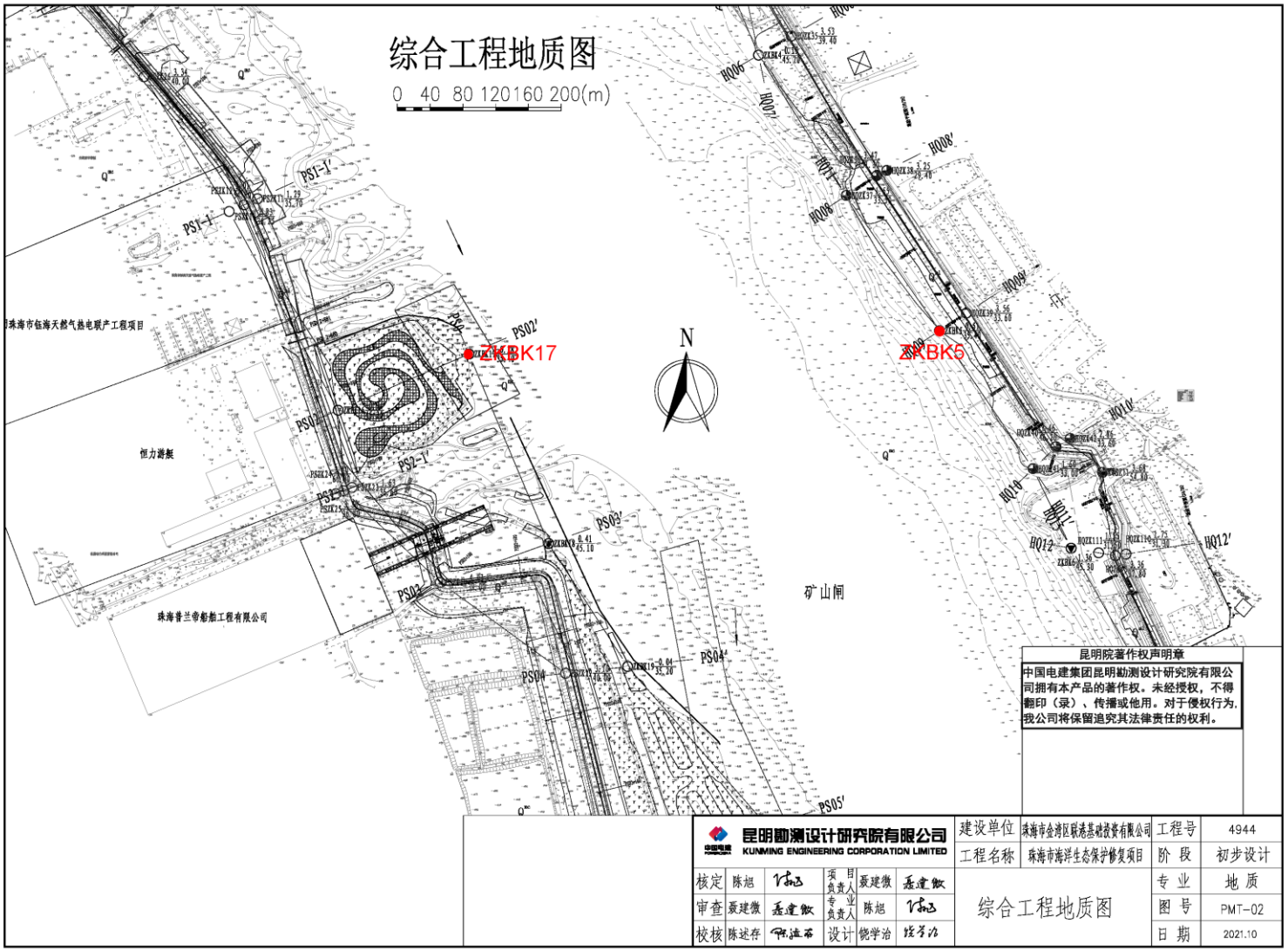


图 4.1-4b 平沙东堤和红旗堤附近钻孔平面布置图

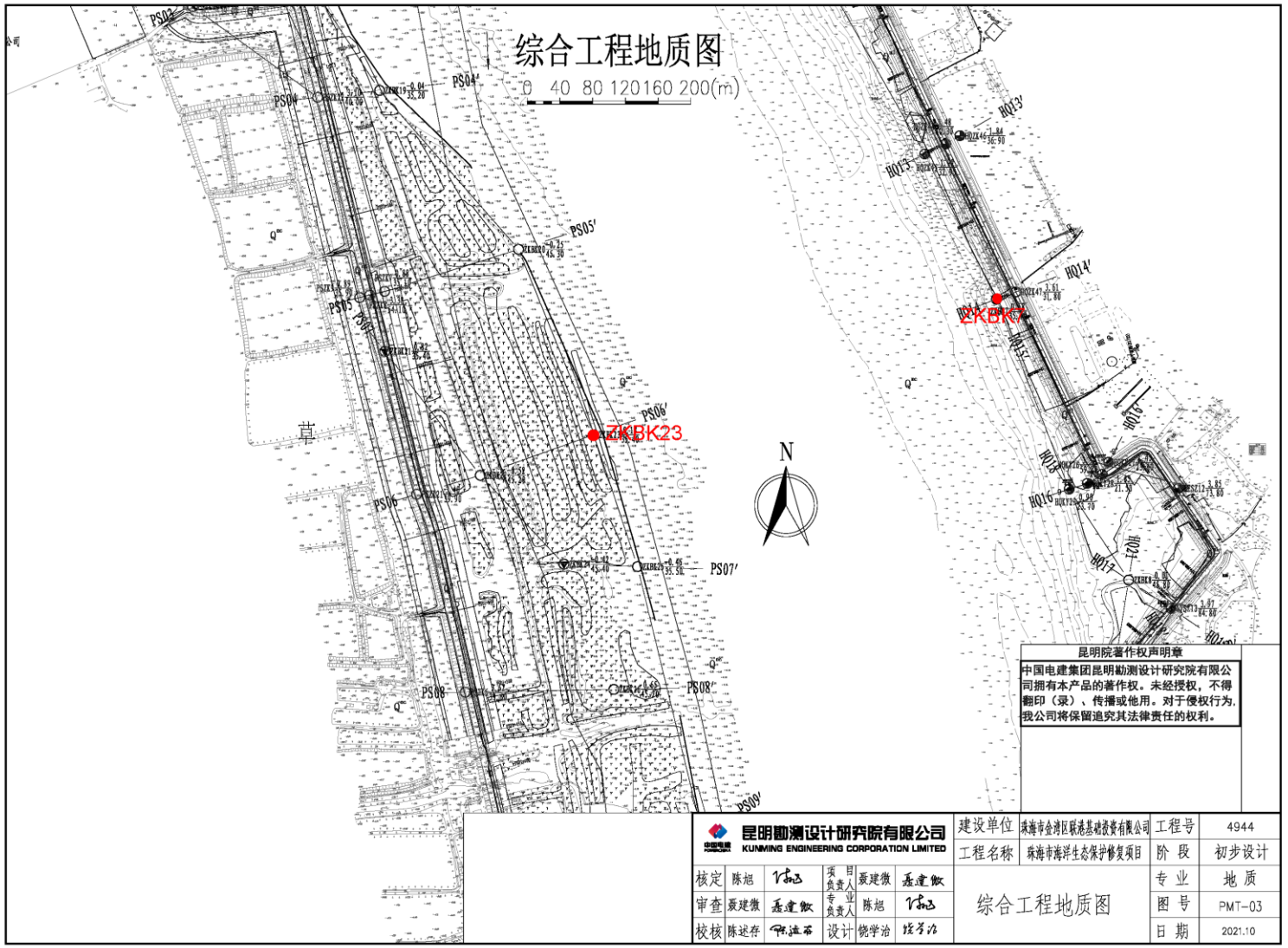


图 4.1-4c 平沙东堤和红旗堤附近钻孔平面布置图

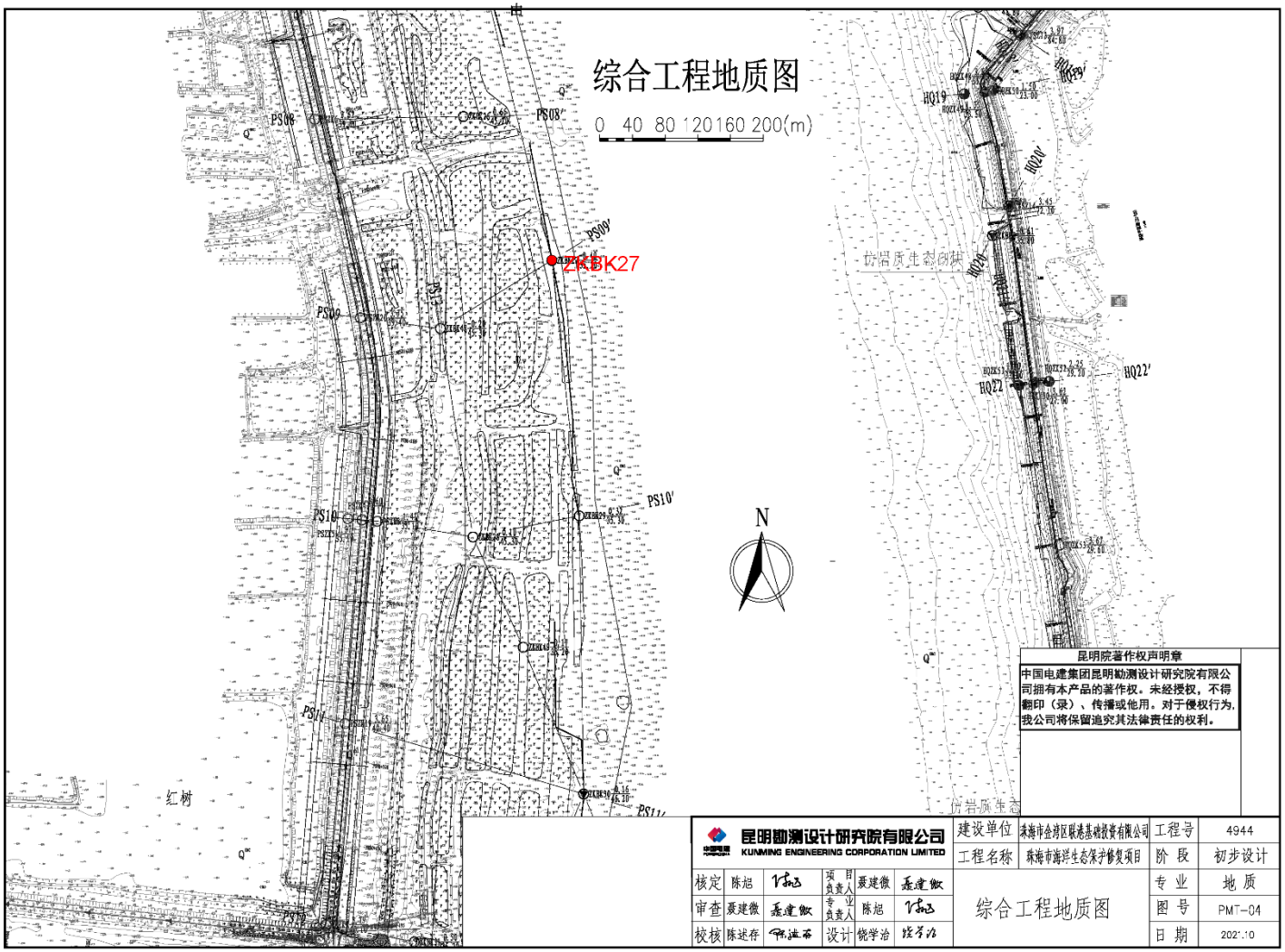


图 4.1-4d 平沙东堤和红旗堤附近钻孔平面布置图

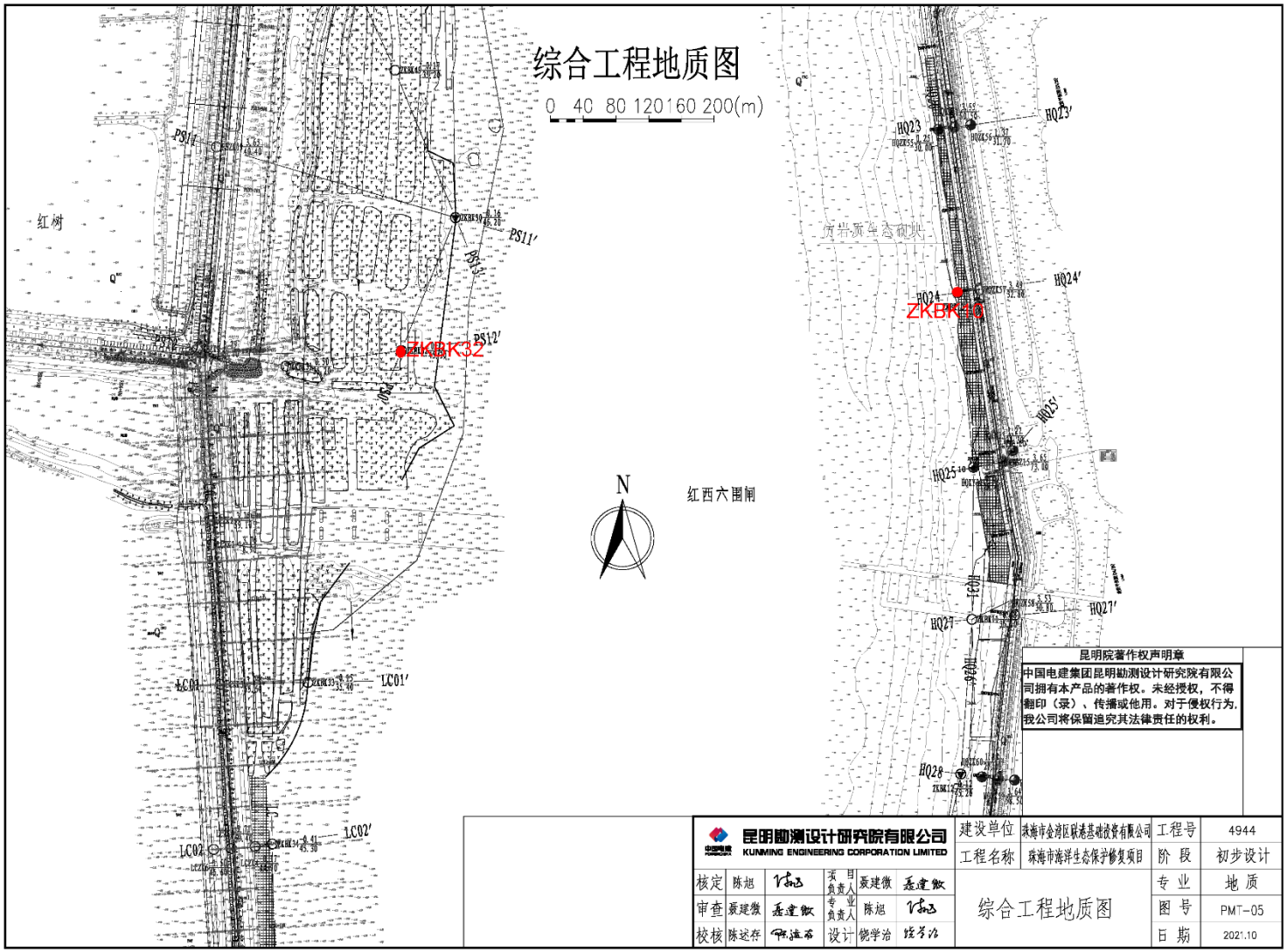


图 4.1-4e 平沙东堤和红旗堤附近钻孔平面布置图

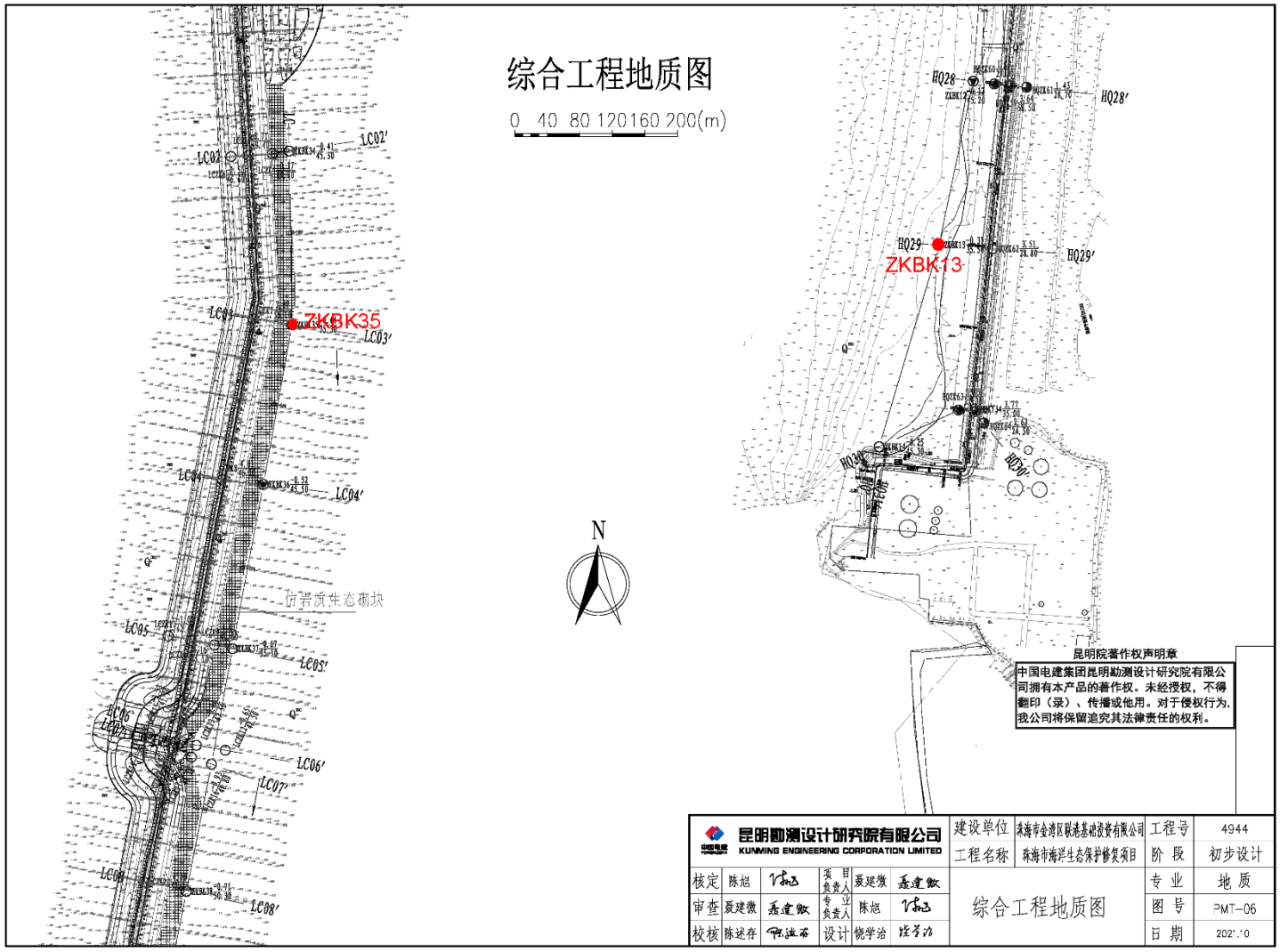


图 4.1-4f 平沙东堤和红旗堤附近钻孔平面布置图

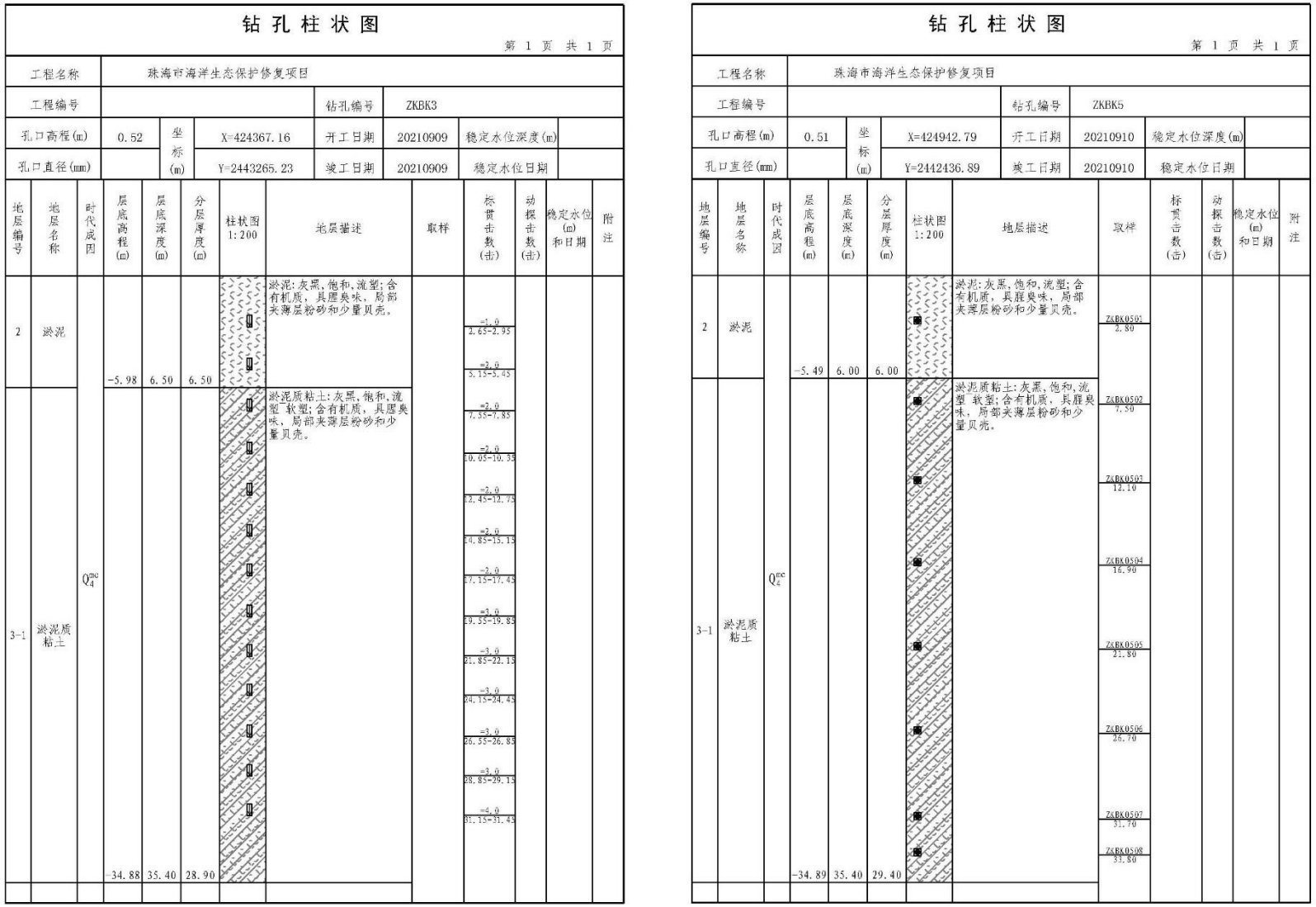
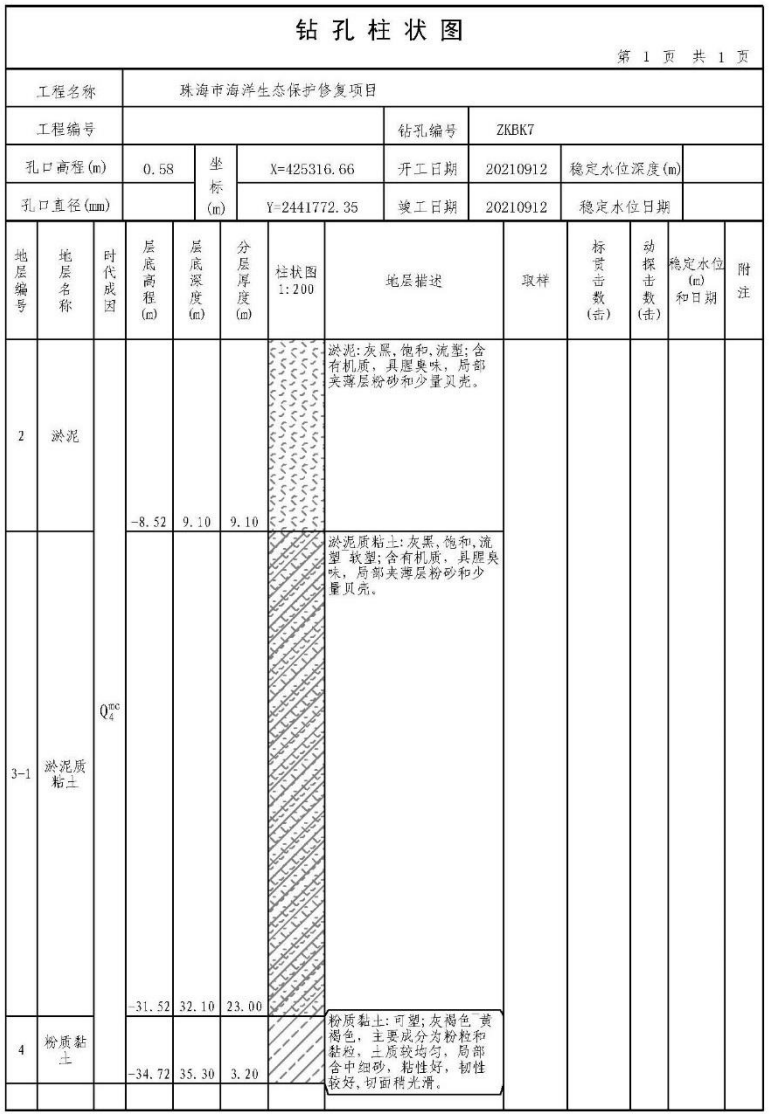


图 4.1-5a 钻孔柱状图（ZKBK3、ZKBK5）

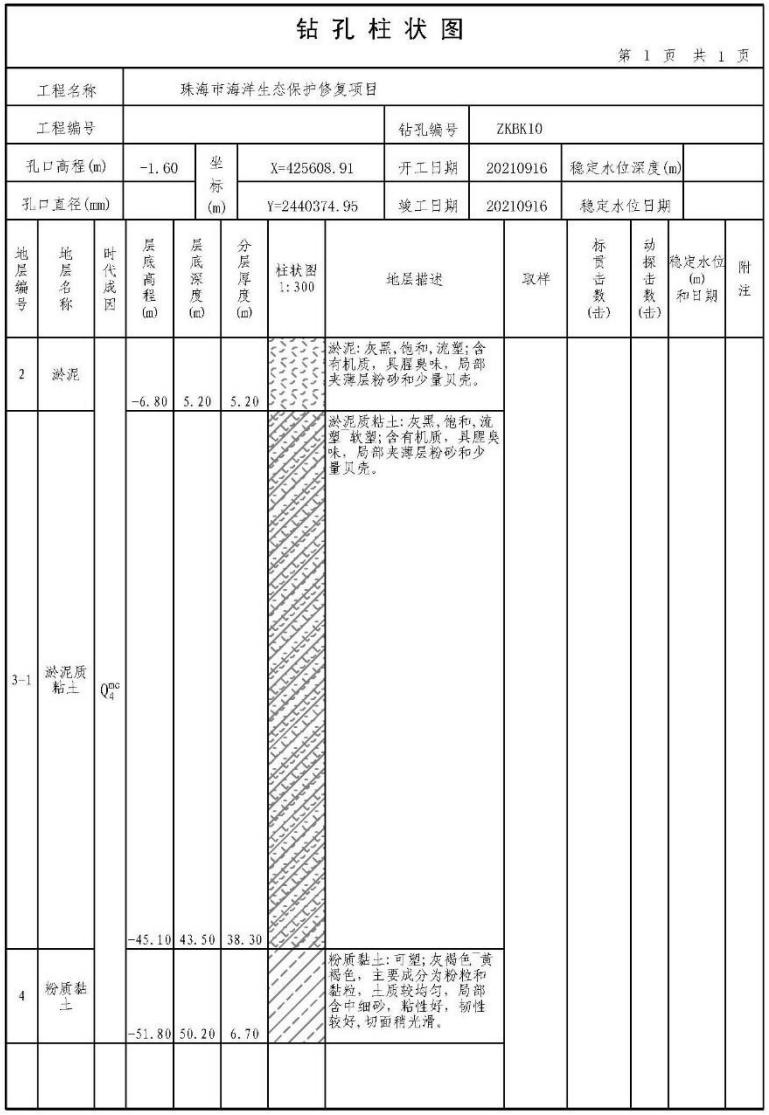


钻 孔 柱 状 图

第 1 页 共 1 页

工程名称	珠海市海洋生态保护修复项目						
工程编号				钻孔编号	ZKBK7		
孔口高程(m)	0.58	坐标(m)	X=425316.66	开工日期	20210912	稳定水位深度(m)	
孔口直径(mm)			Y=2441772.35	竣工日期	20210912	稳定水位日期	

地层编号	地层名称	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图 1:200	地层描述	取样	标贯击数(击)	动探击数(击)	稳定水位(m)和日期	附注
2	淤泥	Q_4^{mc}	-8.52	9.10	9.10		淤泥:灰黑,饱和,流塑;含有机质,具腥臭味,局部夹薄层粉砂和少量贝壳。					
3-1	淤泥质粘土		-31.52	32.10	23.00		淤泥质粘土:灰黑,饱和,流塑 软塑;含有机质,具腥臭味,局部夹薄层粉砂和少量贝壳。					
4	粉质黏土		-34.72	35.30	3.20		粉质黏土:可塑;灰褐色 黄褐色,主要成分为粉粒和黏粒,土质较均匀,局部含中细砂,粘性好,韧性较好,切面稍光滑。					



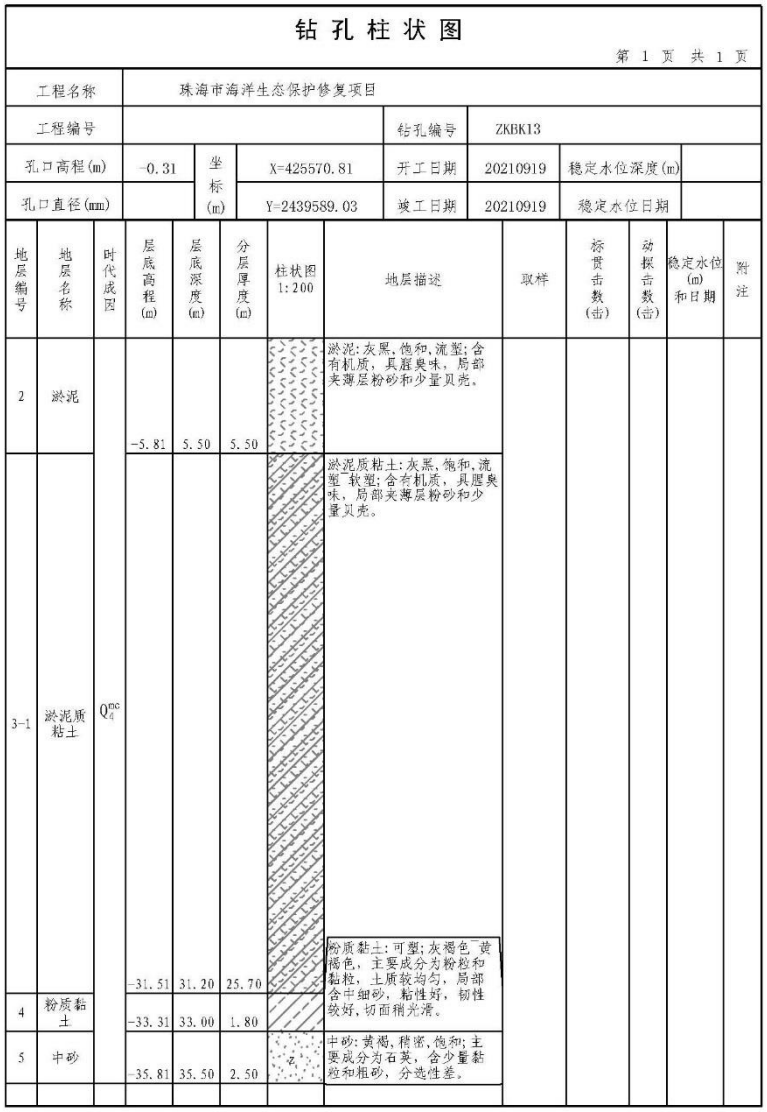
钻 孔 柱 状 图

第 1 页 共 1 页

工程名称	珠海市海洋生态保护修复项目						
工程编号				钻孔编号	ZKBK10		
孔口高程(m)	-1.60	坐标(m)	X=425608.91	开工日期	20210916	稳定水位深度(m)	
孔口直径(mm)			Y=2440374.95	竣工日期	20210916	稳定水位日期	

地层编号	地层名称	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图 1:300	地层描述	取样	标贯击数(击)	动探击数(击)	稳定水位(m)和日期	附注
2	淤泥	Q_4^{mc}	-6.80	5.20	5.20		淤泥:灰黑,饱和,流塑;含有机质,具腥臭味,局部夹薄层粉砂和少量贝壳。					
3-1	淤泥质粘土		-45.10	43.50	38.30		淤泥质粘土:灰黑,饱和,流塑 软塑;含有机质,具腥臭味,局部夹薄层粉砂和少量贝壳。					
4	粉质黏土		-51.80	50.20	6.70		粉质黏土:可塑;灰褐色 黄褐色,主要成分为粉粒和黏粒,土质较均匀,局部含中细砂,粘性好,韧性较好,切面稍光滑。					

图 4.1-5b 钻孔柱状图（ZKBK7、ZKBK10）

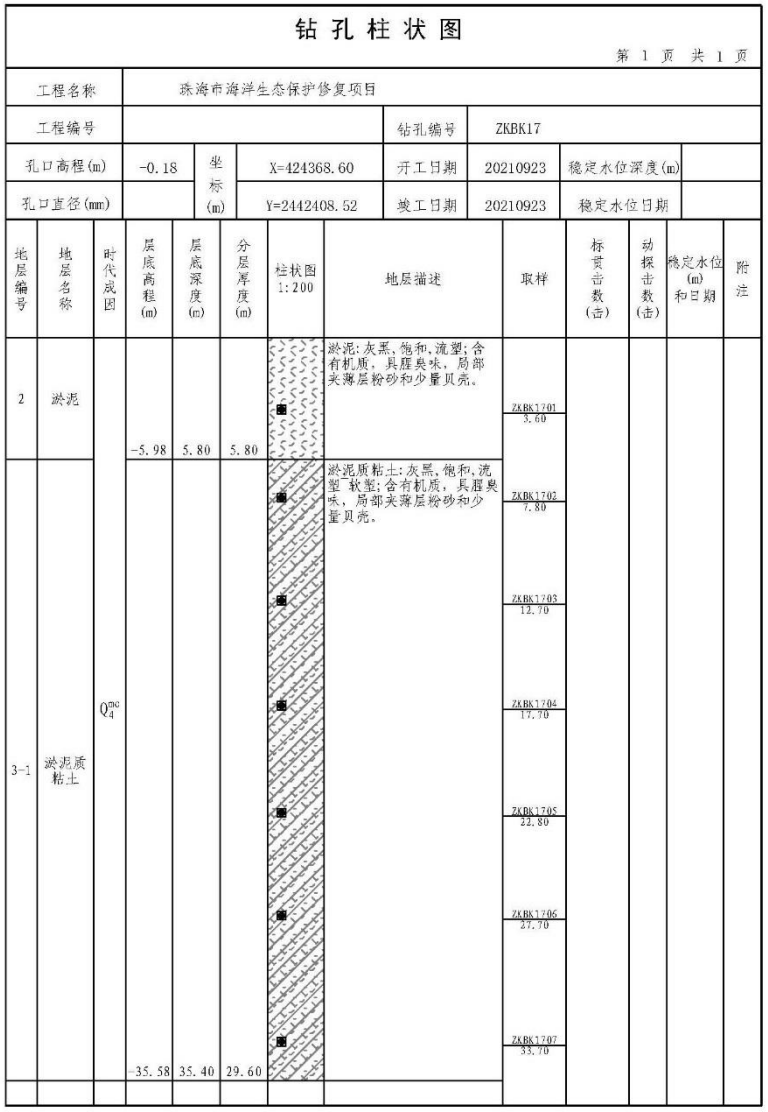


钻 孔 柱 状 图

第 1 页 共 1 页

工程名称	珠海市海洋生态保护修复项目						
工程编号				钻孔编号	ZKBK13		
孔口高程(m)	-0.31	坐标(m)	X=425570.81	开工日期	20210919	稳定水位深度(m)	
孔口直径(mm)			Y=2439589.03	竣工日期	20210919	稳定水位日期	

地层编号	地层名称	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图 1:200	地层描述	取样	标贯击数(击)	动探击数(击)	稳定水位(m)和日期	附注
2	淤泥		-5.81	5.50	5.50		淤泥：灰黑，饱和，流塑；含有机质，具腥臭味，局部夹薄层粉砂和少量贝壳。					
3-1	淤泥质粘土	Q_4^{MC}	-31.51	31.20	25.70		淤泥质粘土：灰黑，饱和，流塑~软塑；含有机质，具腥臭味，局部夹薄层粉砂和少量贝壳。					
4	粉质黏土		-33.31	33.00	1.80		粉质黏土：可塑；灰褐色~黄褐色，主要成分为粉粒和黏粒，土质较均匀，局部含中细砂，黏性好，韧性较好，切面稍光滑。					
5	中砂		-35.81	35.50	2.50		中砂：黄褐，稍密，饱和；主要成分为石英，含少量黏粒和粗砂，分选性差。					



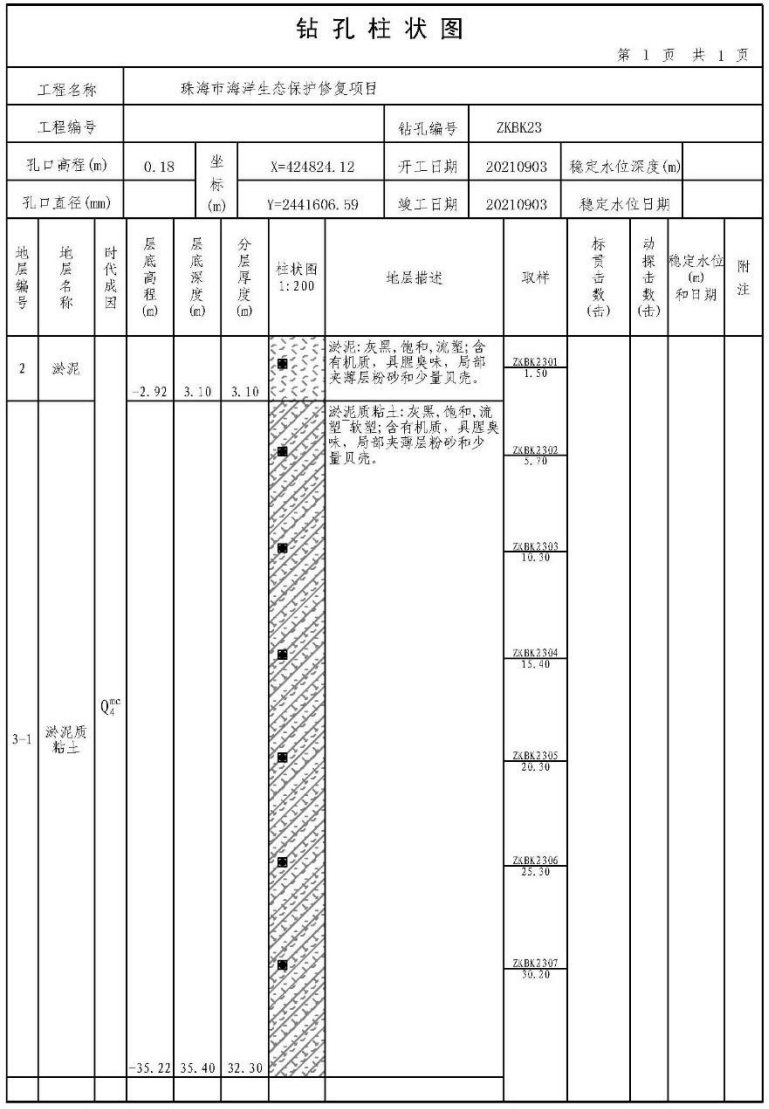
钻 孔 柱 状 图

第 1 页 共 1 页

工程名称	珠海市海洋生态保护修复项目						
工程编号				钻孔编号	ZKBK17		
孔口高程(m)	-0.18	坐标(m)	X=424368.60	开工日期	20210923	稳定水位深度(m)	
孔口直径(mm)			Y=2442408.52	竣工日期	20210923	稳定水位日期	

地层编号	地层名称	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图 1:200	地层描述	取样	标贯击数(击)	动探击数(击)	稳定水位(m)和日期	附注
2	淤泥		-5.98	5.80	5.80		淤泥：灰黑，饱和，流塑；含有机质，具腥臭味，局部夹薄层粉砂和少量贝壳。	ZKBK1701 3.60				
3-1	淤泥质粘土	Q_4^{MC}	-35.58	35.40	29.60		淤泥质粘土：灰黑，饱和，流塑~软塑；含有机质，具腥臭味，局部夹薄层粉砂和少量贝壳。	ZKBK1702 7.80 ZKBK1703 12.70 ZKBK1704 17.70 ZKBK1705 22.80 ZKBK1706 27.70 ZKBK1707 33.70				

图 4.1-5c 钻孔柱状图（ZKBK13、ZKBK17）

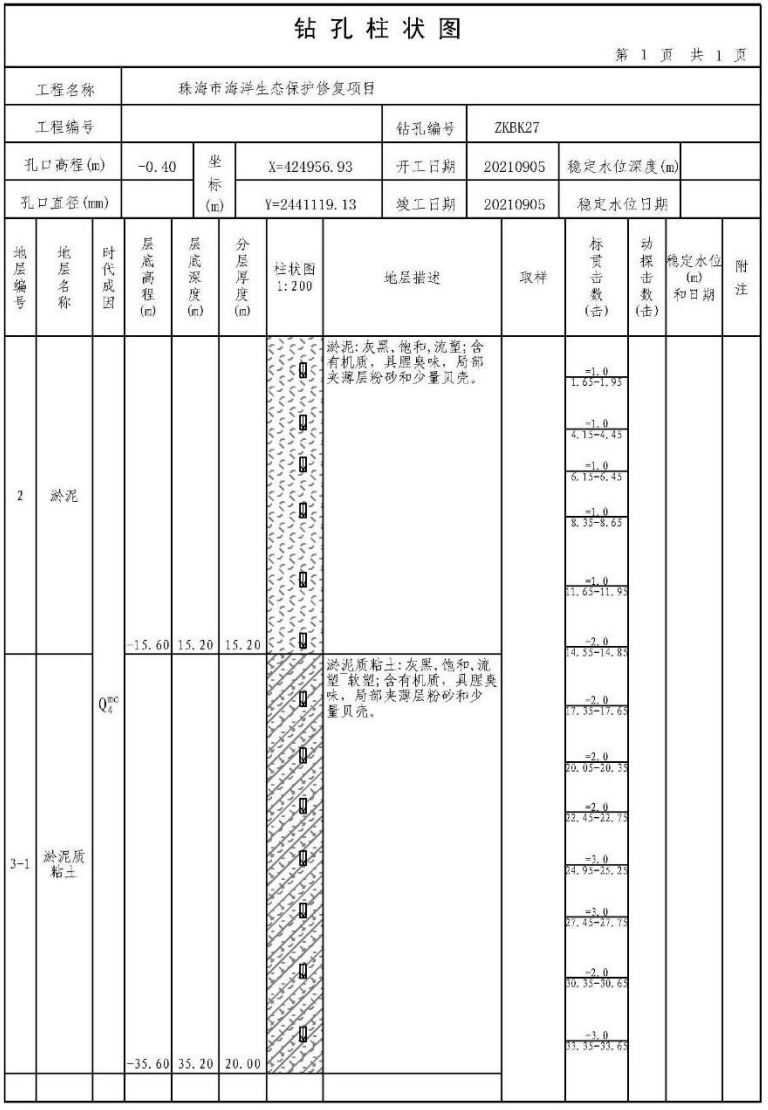


钻 孔 柱 状 图

第 1 页 共 1 页

工程名称	珠海市海洋生态保护修复项目					
工程编号			钻孔编号	ZKBK23		
孔口高程(m)	0.18	坐标(m)	X=424824.12	开工日期	20210903	稳定水位深度(m)	
孔口直径(mm)			Y=2441606.59	竣工日期	20210903	稳定水位日期	

地层编号	地层名称	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图 1:200	地层描述	取样	标贯击数(击)	动探击数(击)	稳定水位(m)和日期	附注
2	淤泥		-2.92	3.10	3.10		淤泥:灰黑,饱和,流塑;含有机质,具腥臭味,局部夹薄层粉砂和少量贝壳。	ZKBK2301 1.50				
3-1	淤泥质粘土	Q_4^{mc}	-35.22	35.40	32.30		淤泥质粘土:灰黑,饱和,流塑~软塑;含有机质,具腥臭味,局部夹薄层粉砂和少量贝壳。	ZKBK2302 5.70 ZKBK2303 10.30 ZKBK2304 15.40 ZKBK2305 20.30 ZKBK2306 25.30 ZKBK2307 30.20				



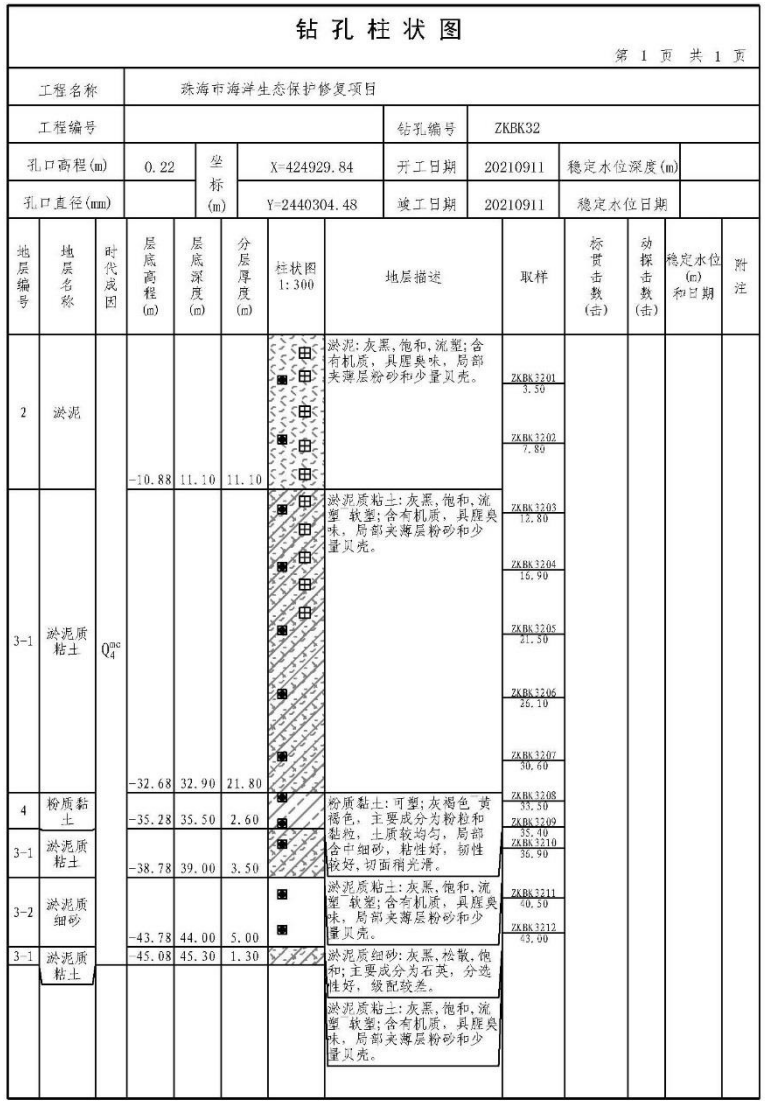
钻 孔 柱 状 图

第 1 页 共 1 页

工程名称	珠海市海洋生态保护修复项目					
工程编号			钻孔编号	ZKBK27		
孔口高程(m)	-0.40	坐标(m)	X=424956.93	开工日期	20210905	稳定水位深度(m)	
孔口直径(mm)			Y=2441119.13	竣工日期	20210905	稳定水位日期	

地层编号	地层名称	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图 1:200	地层描述	取样	标贯击数(击)	动探击数(击)	稳定水位(m)和日期	附注
2	淤泥		-15.60	15.20	15.20		淤泥:灰黑,饱和,流塑;含有机质,具腥臭味,局部夹薄层粉砂和少量贝壳。		=1.0 1.65-1.95 =1.0 4.15-4.45 =1.0 6.15-6.45 =1.0 8.35-8.65 =1.0 11.65-11.95 -2.0 14.55-14.85			
3-1	淤泥质粘土	Q_4^{mc}	-35.60	35.20	20.00		淤泥质粘土:灰黑,饱和,流塑~软塑;含有机质,具腥臭味,局部夹薄层粉砂和少量贝壳。		-2.0 17.35-17.65 -2.0 20.05-20.35 -2.0 22.45-22.75 -3.0 24.95-25.25 -3.0 27.45-27.75 -2.0 30.35-30.65 -3.0 33.35-33.65			

图 4.1-5d 钻孔柱状图（ZKBK23、ZKBK27）

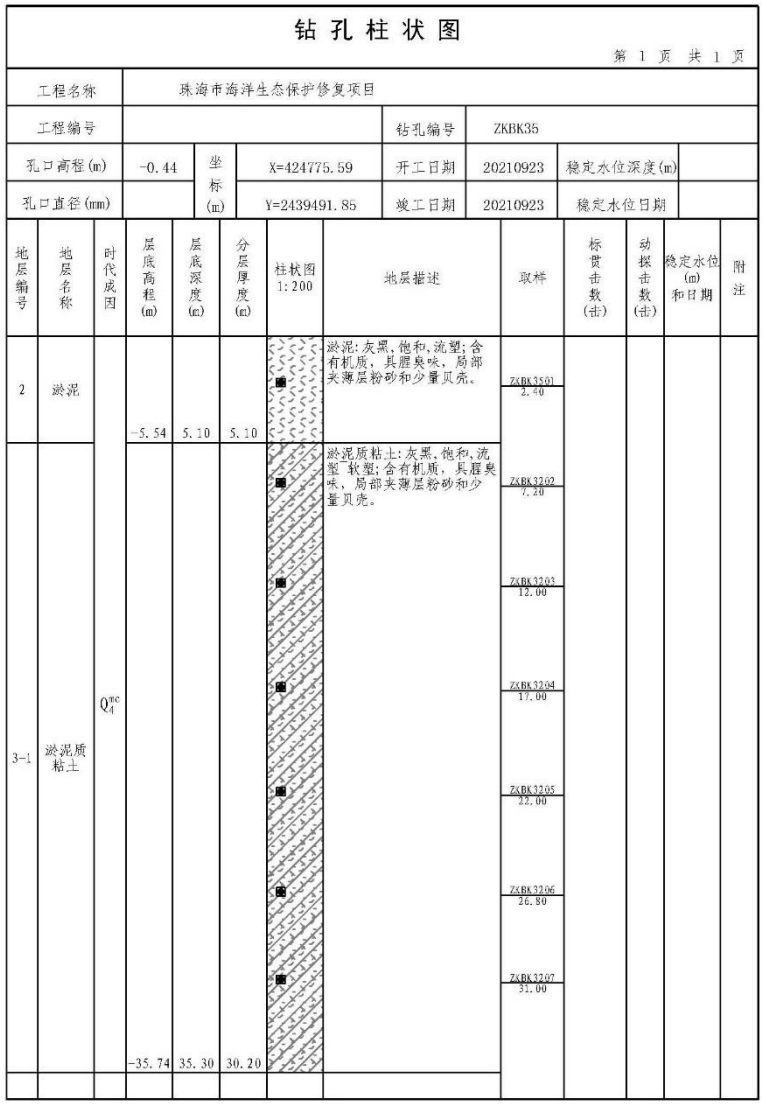


钻 孔 柱 状 图

第 1 页 共 1 页

工程名称	珠海市海洋生态保护修复项目				
工程编号		钻孔编号	ZKBK32		
孔口高程(m)	0.22	坐标(m)	X=424929.84	开工日期	20210911
孔口直径(mm)			Y=2440304.48	竣工日期	20210911
稳定水位深度(m)					
稳定水位日期					

地层编号	地层名称	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图 1:300	地层描述	取样	标贯击数(击)	动探击数(击)	稳定水位(m)和日期	附注
2	淤泥		-10.88	11.10	11.10		淤泥：灰黑，饱和，流塑；含有机质，具腥臭味，局部夹薄层粉砂和少量贝壳。	ZKBK3201 3.50 ZKBK3202 7.80				
3-1	淤泥质粘土	Q_4^{mc}	-32.68	32.90	21.80		淤泥质粘土：灰黑，饱和，流塑 软塑；含有机质，具腥臭味，局部夹薄层粉砂和少量贝壳。	ZKBK3203 12.80 ZKBK3204 16.90 ZKBK3205 21.50 ZKBK3206 26.10 ZKBK3207 30.60				
4	粉质黏土		-35.28	35.50	2.60		粉质黏土：可塑；灰褐色 黄褐色，主要成分为粉粒和黏粒，土质较均匀，局部含中细砂，粘性好，韧性较好，切面稍光滑。	ZKBK3208 33.10 ZKBK3209 35.40				
3-1	淤泥质粘土		-38.78	39.00	3.50			ZKBK3210 36.90				
3-2	淤泥质细砂		-43.78	44.00	5.00		淤泥质细砂：灰黑，松散，饱和；主要成分为石英，分选性好，级配较差。	ZKBK3211 40.50 ZKBK3212 43.00				
3-1	淤泥质粘土		-45.08	45.30	1.30		淤泥质粘土：灰黑，饱和，流塑 软塑；含有机质，具腥臭味，局部夹薄层粉砂和少量贝壳。					



钻 孔 柱 状 图

第 1 页 共 1 页

工程名称	珠海市海洋生态保护修复项目				
工程编号		钻孔编号	ZKBK35		
孔口高程(m)	-0.44	坐标(m)	X=424775.59	开工日期	20210923
孔口直径(mm)			Y=2439491.85	竣工日期	20210923
稳定水位深度(m)					
稳定水位日期					

地层编号	地层名称	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图 1:200	地层描述	取样	标贯击数(击)	动探击数(击)	稳定水位(m)和日期	附注
2	淤泥		-5.54	5.10	5.10		淤泥：灰黑，饱和，流塑；含有机质，具腥臭味，局部夹薄层粉砂和少量贝壳。	ZKBK3501 2.40				
3-1	淤泥质粘土	Q_4^{mc}	-35.74	35.30	30.20		淤泥质粘土：灰黑，饱和，流塑 软塑；含有机质，具腥臭味，局部夹薄层粉砂和少量贝壳。	ZKBK3202 7.20 ZKBK3203 12.00 ZKBK3204 17.00 ZKBK3205 22.00 ZKBK3206 26.80 ZKBK3207 31.00				

图 4.1-5e 钻孔柱状图（ZKBK32、ZKBK35）

（2）东大堤附近场地地层岩性

场地分布岩土层为：人工填土层、第四系海陆交互相沉积层、残积层，下伏基岩为泥盆系春湾组砂岩及燕山期花岗岩。

①$_1$ 块石土 1-1（Q^{ml}）：浅肉红、土灰色、土黄、青灰等色,主要由砂岩、花岗岩块石堆填而成,中间充填风化土,块石含量约为 50～80%,块径约 10-60cm,局部可达 1 米。湿～饱和，欠压实，该层堆填时间约 10～15 年。勘察钻孔揭露厚度 1.00~17.30m。

①$_2$ 素填土 1-2（Q^{ml}）：灰褐色，褐黄色,主要由黏性土夹砂、淤泥质等组成。 其密实程度不均匀，结构呈松散状态，开挖后易产生坍塌和失稳。钻孔揭露厚度 0.80~5.80m

②$_1$ 淤泥：灰黑色，含有机质，具臭味，呈饱和、流塑状态。层底埋藏深度介于 2.10~29.80m，相当于高程介于-28.76~-1.36m，钻孔揭露厚度 1.20~28.50m。

②$_2$ 粗砂：灰白色、深灰色，主要由为石英质粗砂组成，呈次棱角状，分选性一般，饱和，松散~中密状。层底埋藏深度介于 8.80～67.50m，相当于高程介于-64.75～-9.15m，钻孔揭露厚度 1.30～13.80m，平均厚度 5.54m。

②$_3$ 淤泥质土 2-3：深灰、灰黑色，含有机质，摇震反应缓慢，光泽反应有光泽，干强度及韧性较高，饱和流塑~软塑状态。层底埋藏深度介于 24.00~60.30m，相当于高程介于-57.54~-24.62m，钻孔揭露厚度 1.20~29.30m。平均厚度 9.32m。

②$_4$ 黏土 2-4：灰白色，褐黄色，摇震无反应，有光泽，干强度及韧性高，可塑状态。层底埋藏深度介于 14.10～77.10m，相当于高程介于-75.04～-13.24m，钻孔揭露厚度 1.50～21.40m，平均厚度 5.33m。

③$_1$ 全风化砂岩：褐黄、土黄色，坚硬土状，原岩结构基本破坏，但尚可辨认，岩芯多呈土柱状，岩体基本质量等级为V类，土质粗糙，遇水软化崩解，冲击钻进不易，回转钻进取芯困难。层底埋藏深度 5.20~68.00m，相当于高程-66.37~-4.46m，层厚 2.70～11.45m，平均厚度 5.26m。

③$_2$ 强风化砂岩：褐黄、土黄色，坚实土状，原岩结构大部分破坏，矿物已明显变化，岩芯多呈土状及土夹块状，岩体基本质量等级为V类，土质粗糙，遇水软化崩解，冲击钻进不易，回转钻进取芯困难。层顶埋藏深度 1.80~67.50m，相当于高程-64.75~0.85m，层厚 3.10～18.55m，平均厚度 7.62m。

③$_3$ 中风化砂岩：属较软岩，褐红、紫红色，可见风化痕迹，中粒砂状结构，块

状构造，节理裂隙较发育,岩芯呈短柱状，局部碎块状，金刚石钻具可钻进，岩体完整程度为较完整，岩体基本质量等级分类为IV类，岩芯多为短柱状，局部碎块状，金刚石钻具可钻进。受钻孔深度控制，层顶埋藏深度 13.30m，相当于高程-12.12m，钻孔揭露层厚 2.70m，层厚不详。

④$_1$ 全风化花岗岩：为极软岩，褐黄、灰白色，绝大部分矿物已风化成土状，可见残余结构，手捏有砂感，岩芯呈土柱状，合金钻具易钻进，岩体完整程度为极破碎，岩体基本质量等级为V级。层顶埋藏深度介于 8.80~77.10m，相当于高程介于-75.04~-9.15m，钻孔揭露厚度 1.40~11.70m，平均厚度 4.96m。

④$_2$ 强风化花岗岩：为软岩，褐黄、灰白色，大部分矿物已显著风化，节理裂隙极发育，岩芯呈土柱状，合金钻具易钻进，岩体完整程度为极破碎，岩体基本质量等级为V级。层顶埋藏深度介于 5.60~59.80m，相当于高程介于-57.76~0.21m，钻孔揭露厚度 3.00~5.90m，平均厚度 3.80m，层厚不详。

④3 中风化花岗岩 4-3：为较硬岩，锈黄色、灰白色、斑点状黑色，部分矿物风化明显，节理裂隙较发育，岩芯呈短柱状及碎块状，金刚石钻具可钻进，岩石较破碎~较完整，岩体基本质量等级为III~IV级。层顶埋藏深度介于 11.50~14.20m，相当于高程介于-8.17~-5.69m，受钻孔深度控制，揭露厚度 5.80~9.00m，层厚不详。

本报告选取东大堤附近代表性钻孔的平面布置图和钻孔柱状图见图 4.1-6、图 4.1-7。

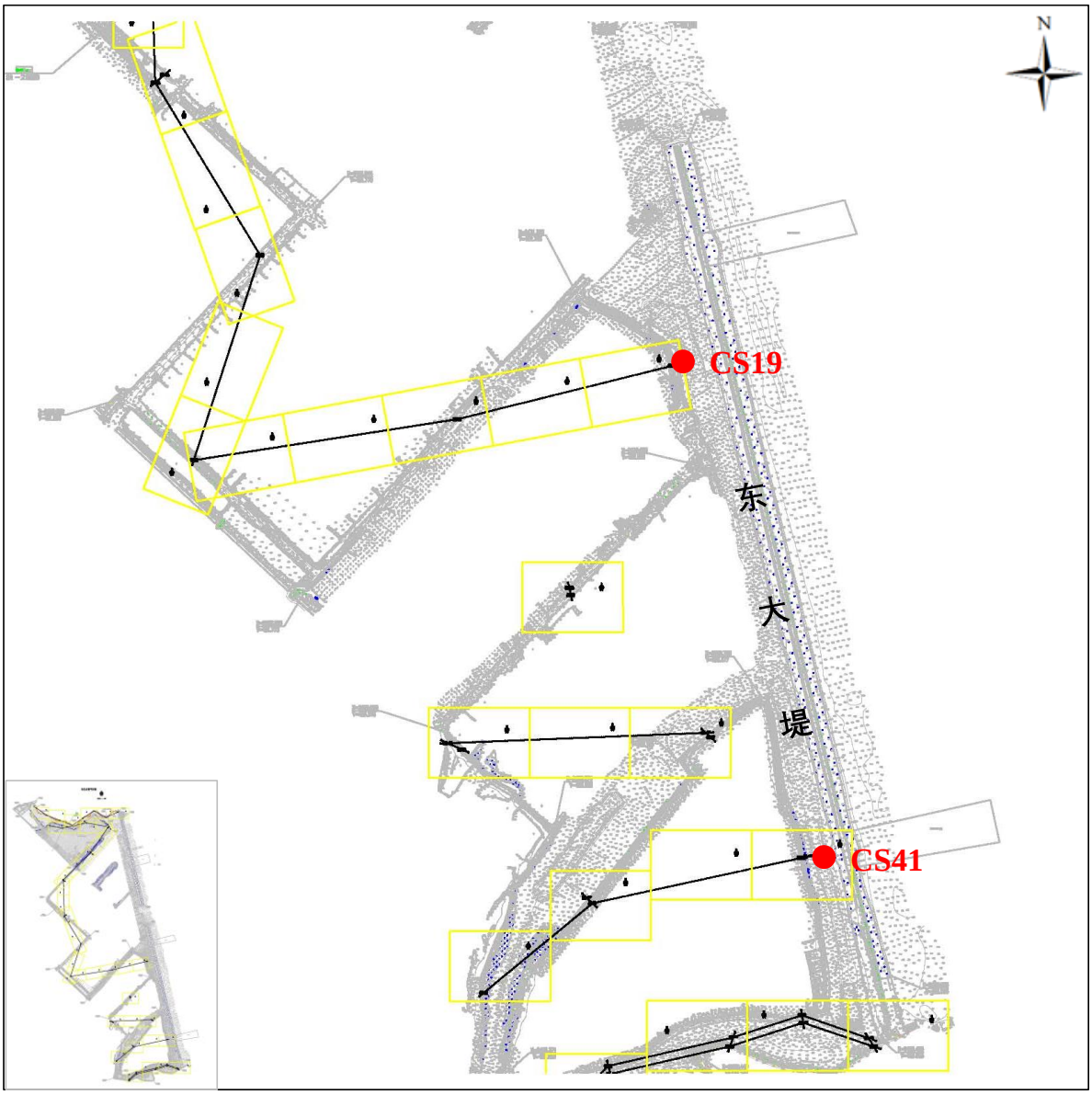
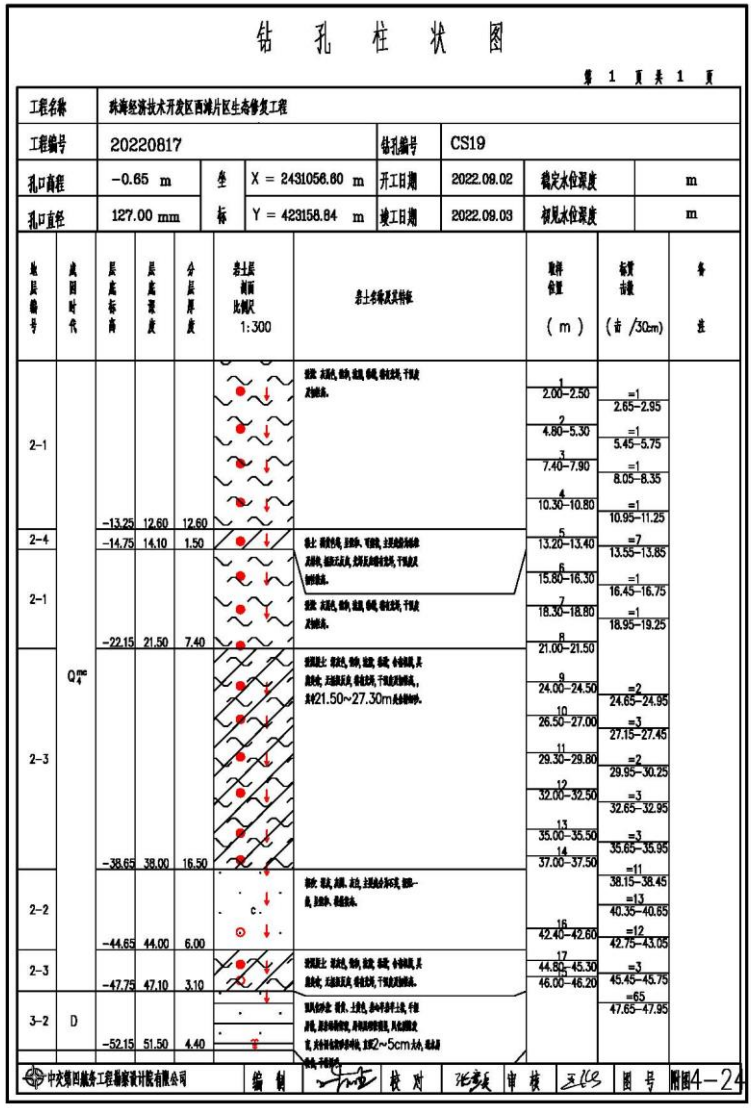


图 4.1-6 东大堤附近钻孔平面布置图



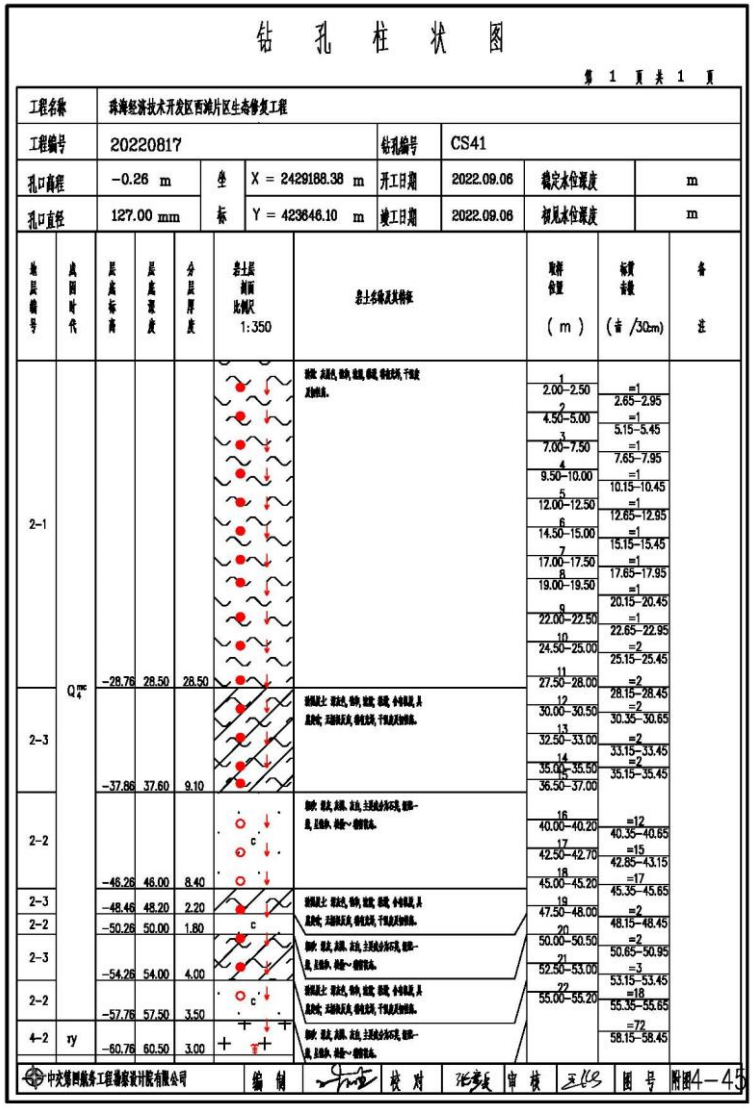


图 4.1-7 钻孔柱状图（CS19、CS41）

4.1.5.3 不良地质现象与地质灾害

鸡啼门河口水道区域附近未发现有影响场地稳定性的地质构造，也没有岩溶或土洞塌陷、地裂缝、大、中型滑坡体等不良地质作用或地质灾害隐患，同时未发现其它人工地下设施等对工程不利的埋藏物。

西滩片区东大堤内除地面在填土荷载或抽吸地下水引起水位或水压下降会造成大面积地面沉降外无发震断裂、全新活动断裂和老构造、岩溶、滑坡、危岩和崩塌、泥石流、采空区等不良地质作用及地质灾害分布，场地无埋藏河道、浜沟、池塘、墓穴、防空洞等对工程不利的埋藏物，场地稳定。

4.1.5.4 环境水腐蚀性评价

拟建项目场地环境水（地表水）对砼结构为弱腐蚀性；对钢筋砼结构中的钢筋在长期浸水环境下为微腐蚀性，在干湿交替环境时（潮水位影响部分）为弱腐蚀~中等腐蚀性；对钢结构具中等腐蚀性。

4.1.6 主要海洋灾害

影响本海域的主要海洋自然灾害为热带气旋、风暴潮和赤潮。

（1）热带气旋

珠江口沿岸海岛受热带气旋影响较频繁，根据 1949 年～2017 年期间的《台风年鉴》统计（以台风中心位置进入 21°N～23°N，113°E～115.5°E 区域内，热带气旋登陆或影响深圳沿岸海岛，即赤湾、港口及香港天文台实测风速达 6 级为标准），67 年间登陆或影响珠江口沿岸海岛的热带气旋共有 125 个，年平均 1.9 个，其中有 8 年没有热带气旋登陆或影响本海域（分别是：1965，1977，1982，1985，1989，1994，1998 和 2006 年），1949 年以来登陆珠海市的台风 17 个，未登陆但造成严重影响的有 38 个。年最多为 7 个，发生于 1964 年；每年 6～10 月份为热带气旋主要影响季节，其中 8 月最多。热带气旋登陆前达到超强台风的有 9 个，强台风 11 个，台风 24 个，强热带风暴 31 个，热带风暴 34 个。

从季节分布来看，热带气旋 8 月出现最多，占 27％，其次是 9 月占 22％，严重危害珠江口沿岸海岛的热带气旋多数也发生在 8 月和 9 月。热带气旋最早出现在 1999 年 5 月 2 日，是登陆广东惠东的 9902 号台风，中文名“利奥”台风；最晚出现在 1974 年 12 月 2 日，在台山登陆的 7427 号强台风，中文名“厄玛”（Irma）台风。其

中，在珠江口沿岸海岛登陆的 7908 号台风导致珠江口沿岸海岛出现 45m/s 的风速，是影响到珠江口沿岸海岛的六十年一遇的强台风。1 月至 3 月没有热带气旋影响珠江口沿岸海岛海域。

台风移近或到达此海区时，风应力中切线分量在台风前进风向向右侧使海水向岸堆积，造成增水，而在左侧，使海水离岸造成减水。一般在北纬 20 度以北，东经 114 度以西的海面，都会使本海区产生台风增水，从而导致潮水漫溢，海堤溃决，冲毁建筑设施，造成大量人员伤亡和财产损失。

（2）风暴潮

珠海平均每年受热带气旋影响 4 次，热带气旋在深圳宝安至阳江电白间沿海登陆，则珠海市境内会出现 8 级以上强风，伴随大暴雨，遇大潮则形成风暴潮，1980 年以来，严重影响珠海的台风有 5 次，均发生重大灾情，尤其 8908 号、9316 号、0814 号和 1208 号台风灾害最重。

1989 年 7 月 18 日 8908 号台风在珠海以西的阳江登陆，珠海最大风力达 11 级，8 级以上大风持续 24 小时，又适逢农历十六大潮，全市各地普遍出现特大值高潮位，黄金站 2.24m，超记录 0.33m，三灶站 2.6m，超记录 0.65m，所有堤防水位超过警戒水位 0.7～1.1m，漫顶堤段长 265km，崩坍决口 70.2km/1284 处，共有 37.6 万亩农田、鱼塘受淹，倒塌房屋 4894 间，死亡 13 人，经济损失 2.05 亿元。

1993 年 9 月 17 日 9316 号台风正面袭击珠海，阵风 12 级以上，最大风速 44.6m/s，时值农历初二大潮，各地普遍出现有历史记录以来的最高潮位（灯笼山 2.69m，广昌水闸 2.92m，三灶 3.14m，白藤大闸 3.4m）。三灶湾、鹤洲北海堤全部漫顶，堤围受损 45.08km，决口 14.56km/275 处，沉船 187 艘，30 多艘百吨以上的避风船被抛上堤岸，受淹农田 22.5 万亩，倒塌房屋 144 座/1.61 万 m2，死亡 12 人，受伤 400 多人，经济损失 6 亿多元。

2008 年第 14 号台风“黑格比”于 9 月 24 日 6:45 在广东省电白县陈村镇沿海登陆，登陆时中心最大风力有 15 级(48m/s)，这是今年登陆我国影响最大的台风，也是广东省多年来未遇到的强台风。强台风“黑格比”由于具有强度大、移速快、影响范围广等特点，给沿海地区造成了巨大的风暴潮增水，同时由于最大增水出现的时间基本与天文潮高潮时间同步，导致沿海地区部分风暴潮站不同程度地出现了超历史的最高水位。横门站 2008 年 9 月 24 日（2008 年第 14 号台风（黑格比）期间）出现历年最高潮位为 3.31m。“黑格比”期间，珠海市 4 个区（县）23 个乡镇，4.553 万人口

受灾，倒塌房屋 50 间，死亡人口 1 人，直接经济损失 4.98 亿元。其中，农作物受灾面积 1.304 万公顷，农林牧渔业直接经济损失 2.18 亿元；水利设施方面，损坏 45 处约长 46km 堤防、3 座水闸、2 座机电泵站，直接经济损失 0.838 亿元。

2012 年第 8 号台风“韦森特”于 7 月 24 日 04 时 15 分在台山市赤溪镇登陆，登陆时中心附近最大风力 13 级，达到 40 米/秒。“韦森特”强度强，影响范围广，风雨影响重。据珠海市气象台监测到，珠海市沿岸及海岛上阵风已达到 14-17 级，最大风速出现在珠海港区，最高达 60 米/秒，均破珠海气象史上纪录。据珠海市三防指挥部初步统计，珠海全市因灾死亡 2 人，失踪 3 人，9404 人受灾，转移人员 19390 人。全市约 21343 棵树木被吹毁，吹倒广告牌约 4420 平方米，房屋、工棚受损 692 间，农作物受淹约 66240 亩，水产养殖过水约 66186 亩，渔船、鱼排损毁 23 条，海堤受损约 237 米，供电线路损坏 77 条，电线杆(塔)吹倒 25 根(座)，压坏车辆 147 辆，经济损失约 1.4356 亿元。

2017 年第 13 号台风“天鸽”（强台风级）的中心已于 8 月 23 日 12 时 50 分前后在广东珠海南部沿海登陆，登陆时中心附近最大风力有 14 级（45 米/秒），中心最低气压 950 百帕。监测显示，珠海 12 点 10-15 分之间观测到 51.9 米/秒（16 级）的瞬时大风，打破当地风速纪录（原纪录为 1993 年 9 月 17 日 44.6 米/秒）。天鸽给珠海市带来狂风骤雨，陆地风力 12 级阵风 13-14 级，沿岸及海面风力 13-14 级阵风 16-17 级，台风天鸽造成珠海 2 人死亡，房屋倒塌 275 间，全市农作物受灾面积 3 万亩，大部分地区出现停水停电，部分道路因为树木倒伏通行受阻，直接经济总损失 55 亿元。

（3）暴雨内涝

珠海是暴雨多发地区，近几年大暴雨频繁出现。暴雨期间，由于高潮水位顶托，排水阻滞，即积涝成灾。

1994 年 7 月 22 日，全市普降特大暴雨，香洲气象站实测日降雨量达 560.4mm，至 24 日三天降雨量 754.2mm，域内多座水库达设计洪水位溢洪。市内大面积浸淹，多处山泥倾泻，交通受阻。全市受淹农田 18.42 万亩，斗门县受灾鱼塘 5.1 万亩，经济损失 1.2 亿元。

1996 年 5 月 6 日西部沿海地区发生大暴雨，三灶站最大 24 小时降雨量 477.7mm，是实测系列次大值。珠海机场附近山洪暴发，场区被淹；红旗、平沙围区因排水受阻而积涝成灾，大面积农田浸淹长达 5～9 天，八一围内 2500 亩甘蔗淹

死，450 处农户房屋浸水 1 米多深，灾情严重。

2008 年 9 月 24 日的“黑格比”强台风不仅造成了巨大的风暴潮增水，还带了强降雨过程，粤西沿海地区普降暴雨-特大暴雨，全省共有 4 个站实测 1h 雨量大于 100mm，珠海斗门镇最高 1h 雨量达到 194.6mm。“黑格比”期间，全市部分小学和幼儿园即开始停课；高新区珠海大桥中珠联围江堤因潮水漫顶导致 200 米江堤发生险情，高栏港经济区南水镇水淹二楼，留诗山 50 名群众被脚下凶猛的洪水围困在前方不到 100 米的自建民房内；香洲主城区严重水浸，其中香湾办海霞新村、湾仔旧城区、横琴镇海水倒灌，受浸严重。海霞新村水浸深达近 2 米，横琴中心沟西堤受台风暴雨影响几乎决堤。

2013 年 5 月 21 日晚至 22 日，珠海遭遇“二十年一遇”大暴雨，当天珠海全城大面积水浸，交通堵塞。据珠海市统计数据显示，全城最大降雨出现在吉大，录得雨量 407.3 毫米；拱北 357.4 毫米；香洲 318.9 毫米；西区最大降雨在金湾区机场录得雨量 258.8 毫米。多条公路变成河道，拱北莲花路水浸达到 1 米多深，不少小汽车直接被淹没；拱北口岸地下巴士站水淹至少 1.5 米深，商铺被淹；吉大九洲小学“一片汪洋”；金湾机场也因积水变成“海湾”；明珠路地下通道积水一度超过 5 米。

（4）赤潮

近 10 年来，广东省沿海年均发现赤潮事件约 10 起，但大规模、有危害的赤潮发生次数相对较少，汕头、汕尾、惠州、深圳、珠海和湛江海域是广东省赤潮灾害多发区。

1998 年 3 月至 4 月间，广东沿海及香港海域（包括珠海桂山岛），爆发了大规模的米氏裸甲藻赤潮。此次赤潮发生范围广，持续时间较长，给广东省及香港的海洋渔业造成巨大的损失。据统计，粤港两地经济损失达 3.5 亿元，其中广东省损失近 5000 万元。

根据历年广东省海洋环境状况公报，在最近 10 年里，2012 年广东省海洋赤潮发生次数最多，共计 16 次，累计面积 741 平方公里，主要集中在珠江口、大亚湾、大鹏湾和湛江港近岸海域。

2015 年，广东省沿海共发生赤潮 7 次，累计发生面积约 39 平方千米，为 1997 年以来累计发生面积最少的年份。其中珠海市香洲近岸海域 1 月份发生赤潮两次，面积分别为 0.01km^2 和 0.07km^2。

4.1.7 地震

按照《水工建筑抗震设计标准》（GB51247-2018），判定项目场地为 III 类场地。根据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），工程区 III 类场地地震峰值加速度为 0.125g；属三灶镇范围的东侧红旗段地震动加速度反应谱特征周期调整为 0.55s；属平沙、南水镇范围的西侧平沙东堤和烂柴角段地震动加速度反应谱特征周期调整为 0.45s。场地 5km 范围内无活动性断层，场址地震基本烈度为 VII 度；场地内地形平坦，开阔，基本不存在滑坡形成的地形条件，发生次生灾害的可能性较低，但海陆相交互沉积淤泥、淤泥质黏土等软土厚度大，且广泛分布，物理力学性质差，场地地基条件较差。

综上，根据《水工建筑抗震设计标准》（GB51247-2018）的相关规定综合判定，工程区场地属对建筑抗震不利地段。

4.2 海洋资源概况

4.2.1 港口资源

（1）珠海港概况

2006 年 9 月，《全国沿海港口布局规划》指出，沿海形成 5 大区域港口群，其中，珠江三角洲地区港口群体以珠海与广州、深圳等港口为主。珠海港市全国二十个沿海主枢纽港之一，目前珠海港已形成包括西部的高栏港区、东部的桂山港区以及九洲、香洲、唐家、洪湾、井岸、斗门等港区的港口格局。

珠海港的七个港区（高栏、万山、九洲、香洲、唐家、洪湾、斗门）按规划都有各自相应的重点功能。各港区的主要功能定位如下：

高栏港区：以油气化工品、矿石、煤炭等大宗散货、集装箱和杂货运输为主的综合性港区，并为发展临港工业和现代物流服务。

万山港区：以大宗散货转运为主，并为海岛物资运输和旅游客运服务。

九洲港区：重点发展珠海至香港、深圳的水上高速客运。

香洲港区：以陆岛运输和海岛旅游客运为主。

唐家港区：以客运及旅游服务为主。

洪湾港区：以集装箱、建筑材料和散杂货运输为主。

斗门港区：以集装箱、建筑材料、农副产品运输为主。

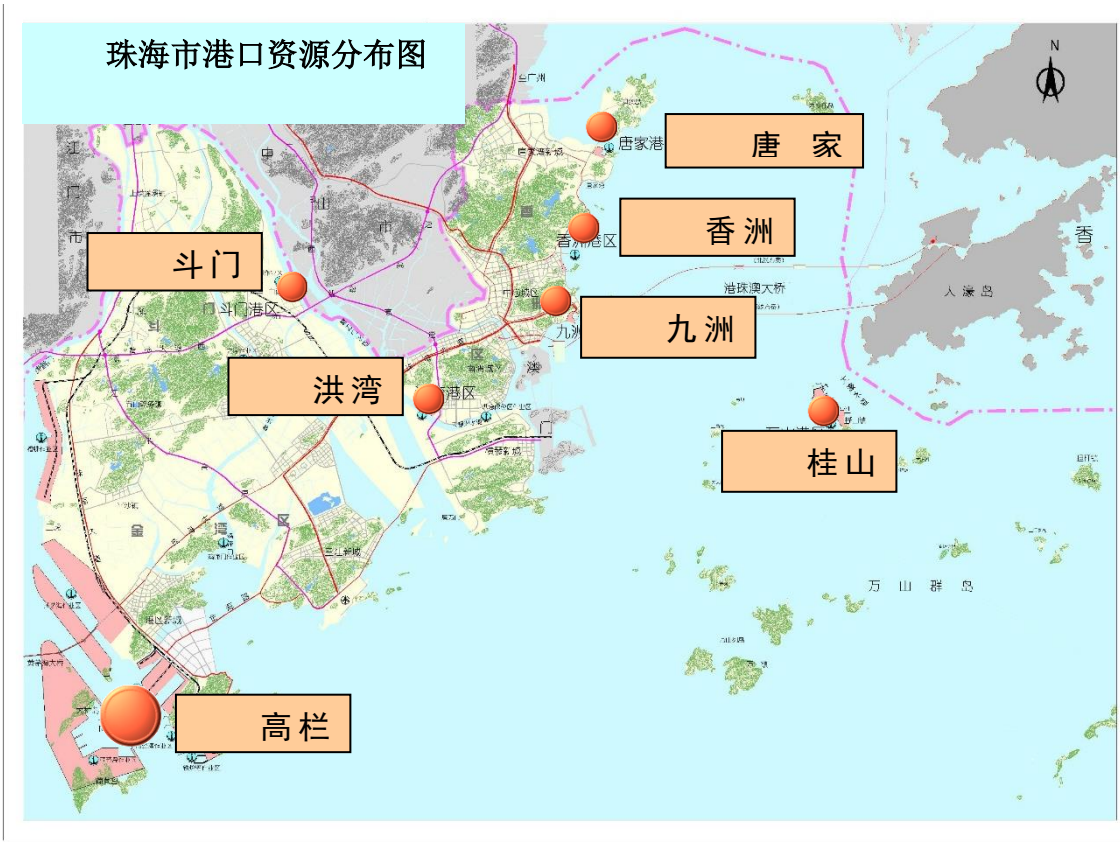


图 4.2-1 珠海市港口资源分布示意图

（2）高栏港区概况

高栏港区是珠海港的主体港区，由南迳湾、南水、黄茅海、荷包、镭蛛、鸡啼门六个作业区组成，其主要功能是：以油气化工品、矿石、煤炭等大宗散货、集装箱和杂货运输为主的综合性枢纽港区，并为发展临港工业和现代物流服务。高栏港区经过多年建设，南迳湾、南水作业区已初步成型，油气化工、大宗散货、集装箱和件杂货码头的吞吐能力已达到一定规模；黄茅海作业区东部以装备制造业专用码头为主，目前已有海油工程、茂盛海洋、珠江钢管、三一重工、武桥重大等企业入驻，作业区正在全面建设之中；荷包岛和镭蛛作业区正在准备开始建设。

（1）黄茅海作业区

该区规划为临港工业服务区。分为涌口以北作业区、大桥以南作业区、西区三部分。涌口以北作业区从涌口开始规划，占用岸线长度 5550m，为顺岸布置型式，作为通用泊位区，规划布置深水通用泊位 28 个，陆域纵深 1314m，主要为临港工业、建筑材料运输等服务。在黄茅海大桥以南布置 5 个深海通用泊位，港区规划陆域纵深 720m~1270m，布置有约 1.5 平方公里的物流园区。该物流园区除服务于大桥以南作业区的通用泊位外，也为南水作业区提供配套物流服务。现黄茅海作业区调

整为黄茅海装备制造作业区，多个装备制造企业已进驻，将形成以海洋工程为主的装备制造工业园区。

（2）南水作业区

南水作业区在连岛大堤的西侧，该作业区规划以集装箱、大宗散货、通用杂货为主的装卸作业区。南水作业区由两个港池、一个长突堤和二段顺岸岸线组成。一港池纵深较长，岸线总长 6506m，规划为集装箱码头岸线。南顺岸为近期建设的重点，从现有 2 个 2 万吨级集装箱码头往西布置 5~10 万吨级集装箱泊位 6 个。一港池北侧岸线规划 10 万吨级集装箱泊位 7 个。二港池南侧顺岸即长突堤北侧岸线长 2830m 为通用泊位岸线，二港池北侧为大宗散货作业区，岸线 2420m，自西向东为 3 个大型干散货码头、2 个深水通用泊位，其余为中小通用泊位。

（3）南迳湾作业区

南迳湾作业区由南迳湾和铁炉湾两部分组成。南迳湾作业区规划为以液体散货中转为主的专业化港区，目前有 1400m 的防波堤和新海能源、碧辟、华联、一德、恒基达鑫、中化格力等码头及仓储项目。本作业区总体规划以栈桥式码头为主，防波堤以北南迳湾作业区形成三个垂直岸线的栈桥码头，双侧靠船。防波堤内侧已建成的恒基达鑫化工码头以西预留为大型液体散货泊位。平排山以南回填区形成 3 个泊位，平排山以北规划大型码头 3 个，泊位 6 个。南迳湾防波堤内共规划泊位 30 多个。

铁炉湾规划为南迳湾作业区的远景预留作业区，由规划防波堤内的三个小港池组成，规划石油化工泊位，大多数为深水泊位。

高栏港港区规划见图 4.2-2。



图 4.2-2 珠海港高栏港区规划图

（3）工程区港口资源

工程区附近为规划的高栏港鸡啼门作业区，根据《珠海港总体规划》，珠海大道鸡啼门大桥下游左岸为粮库 500t 自备码头，该处 150m 岸线规划为企业专用码头岸线。粮库自备码头下游 500m 岸线为规划港口岸线，建设高栏港区鸡啼门作业区，供 1000 吨级以下内河运输船舶装卸建筑材料停靠。

目前工程区鸡啼门大桥下游左岸（东岸）约 300m 处为珠海储备粮库码头，粮库码头下游约 1.6km 处为永承建材码头，主要用于 1000 吨级内河建材运输船卸料至后方中转站；工程区鸡啼门大桥下游右岸（西岸）有 3 处游艇码头，分别为恒力游艇港池（桩号 PSD2+876）、先歌游艇港池（桩号 PSD3+394）、铎洋游艇港池（桩号 PSD 3+518）。

4.2.2 航道与锚地资源

4.2.2.1 航道资源

（1）珠海港航道资源

珠海港的航道分为西部、东部和市区三部分。西部高栏港区主航道可乘潮通航 15 万吨级船舶；东部桂山港区为天然深水航道；市区九洲港区原按乘潮通航万吨级船舶的标准设计，目前按乘潮通航 3000 吨级船舶的标准维护，香洲和唐家港区为天然水深航道。

表 4.2-1 珠海港进港航道现状表

序号	航道名称	长度（km）	宽度（m）	设计底标高（m）	备注（船舶吨级）	
					不乘潮	乘潮
1	高栏主航道	16.2	230～290	-19.0		150000
2	高栏起步工程支航道	2.35	145	-12.0		50000
3	珠海电厂支航道	1.95	160	-12.5		50000
4	九洲港区航道	9	100	-4.5		3000
5	香洲港区航道			-2.5	500	
6	唐家港区航道			-4		2000
7	桂山港区航道			-15		100000

注：高栏主航道黄茅海段为 5000 吨级件杂货航段。

（2）工程区航道资源

工程区位于鸡啼门水道两岸，鸡啼门水道北起鬼仔角（尖峰山），南至鸡啼口门出海，上游与泥湾门水道相接，流□小林、黄金、红旗、白藤等地，至南水出海，沟通了中山、新会、斗门、珠海等地的联系。过尖峰山后水道水域较为开阔，河面宽度 400～700m，航道深槽居中，航道深槽宽约 150～250m。鸡啼门大桥以下航道深槽稍偏向左岸。

2015 年广东省航道局开展了航道整治工程，进一步提高了泥湾门水道、鸡啼门水道及赤粉水道的通航标准，其中鸡啼门水道满足 1000 吨级港澳航线船舶的通航标准，鸡啼门水道尖峰大桥至小木乃 19km 航道建设标准为内河Ⅲ级航道，通航 1000

吨级港澳线船舶，航道尺度为 4.0m×80m×480m（水深×宽度×弯曲半径）。根据《广东省内河高等级航道维护标准》（2017），鸡啼门水道从小木廂至泥湾门口航道里程 19km，现状按四级航道进行维护管理，航道维护尺度为 2.0m×50m×330m（水深×宽度×弯曲半径）。

4.2.2.2 锚地资源

珠海市航道资源丰富，九洲、唐家港区利用头洲引航锚地、九州港澳小型船舶引航锚地、头洲侯潮和装卸锚地及桂山引航、检疫和装卸锚地等多处锚地。高栏港区现有的锚地如图 4.2-3 所示。

一号引航锚地：高栏港区一号锚地位于高栏岛观音山东南 6.3 海里处，即在 21°51′18″N、113°15′45″E；21°51′18′N、113°21′00″E；21°48′36″N、113°21′00″E；21°48′36″N、113°15′45″E 四点连线范围内，水深 12.5～28m，底质为淤泥。

检疫锚地：该锚地位于高栏岛观音山东南 9.1 海里处，即在 21°46′18″N～21°48′36″N，113°18′36″E～113°21′00″E 范围内，水深 21～28m，底质为淤泥。

二号引航锚地：该锚地位于荷包岛望洋台北偏西 1.4 海里处，即在 21°53′56″N、113°10′06″E；21°53′56″N、113°10′56″E；21°52′54″N、113°11′48″E；21°52′54″N、113°10′56″E 四点连线范围内，水深 4～8m，底质泥沙。由于荷包岛的阻挡，在该锚地可避 5～6 级西南风。

铁炉湾锚地：该湾位于高栏岛的南侧 21°53′18″N、113°15′00″E 处，湾口宽约 9 链，水深 3～9m，底泥质，无碍航物，但涌浪较大，可供船舶锚泊，能避一般的北及东北风。

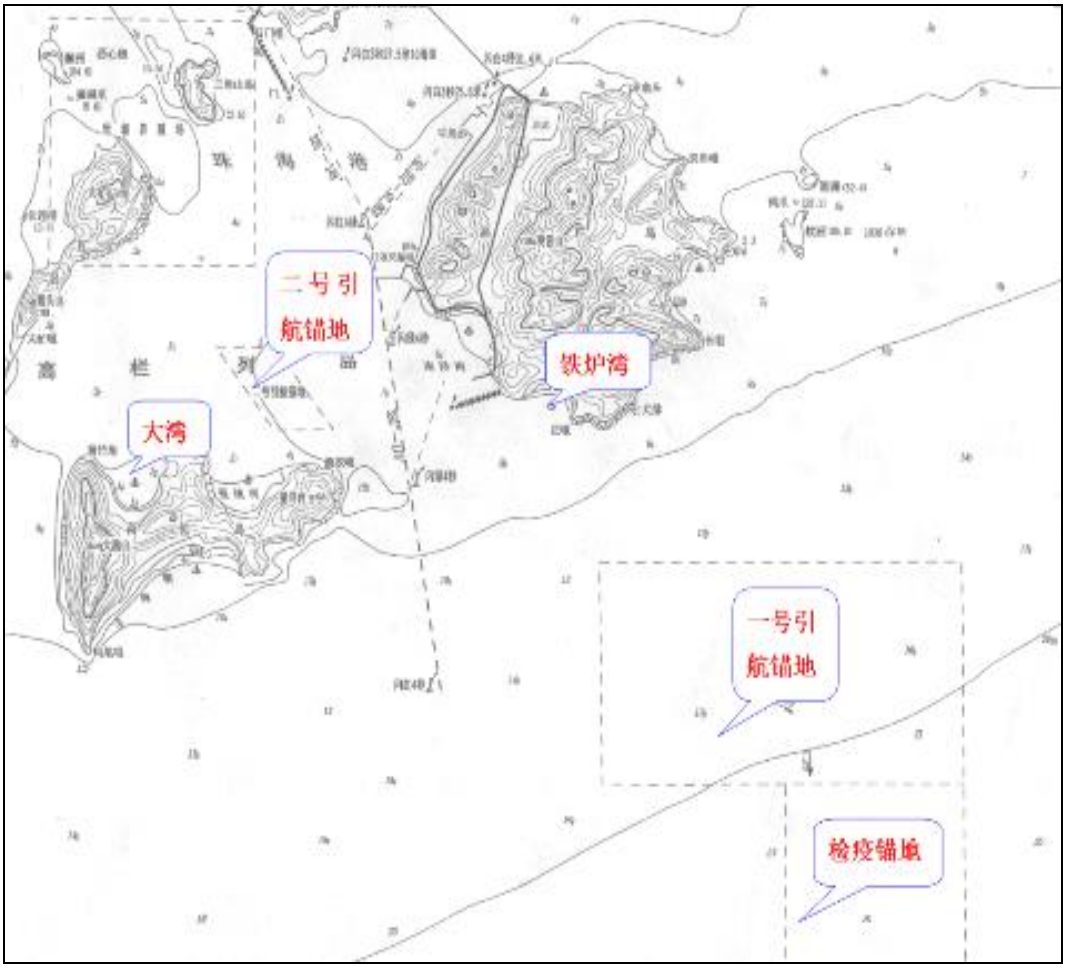


图 4.2-3 高栏港区锚地位置示意图

本工程选址处上下游无现状及规划锚地、水上作业区，距离最近的为高栏港区一号锚地和高栏港区检疫锚地，距离本工程均较远。

4.2.3 矿产资源

根据《珠海市矿产资源总体规划（2016-2020 年）》，截至 2020 年 12 月 31 日，珠海市已发现矿种 25 种，矿产地 150 处，其中能源矿产 2 种（泥炭、地热），矿产地 9 处；金属矿产 13 种（金矿、铅矿、锰矿、赤铁矿、磁铁矿、钛铁矿、钨矿、铋矿、锡矿、铍矿、锆石、稀土矿（重稀土、轻稀土）等），矿产地 28 处；非金属矿产 8 种（建筑用花岗岩、建筑用砂、玻璃石英砂、高岭土、钾长石、砖瓦用粘土、独居石等），矿产地 80 处；水气矿产 2 种（矿泉水、地下水），矿产地 33 处。珠海市矿产资源种类较少，大型矿床极少，金属矿产均为小型规模或为矿点、矿化点，优势矿产为滨海石英砂矿、建筑用花岗岩和地热、矿泉水。根据该规划，珠海市本地批准的建筑用花岗岩采矿区块主要分布有斗门区斗门镇的大环石场、竹仔岭石场、平糠顶

石场以及金湾区第一角山咀石场。

4.2.4 旅游资源

珠海市海洋旅游资源丰富，特色明显，拥有 147 个岛屿、还拥有众多的海湾、沙滩，连同陆上、岛上的娱乐区、生态区、文化科普区等旅游，形成别具风格的南亚热带海洋风光旅游胜地。南亚热带季风气候使这里没有严寒，没有酷热，得天独厚的自然生态环境，造就了这里的绿水青山、奇石异洞、红树林与珊瑚礁。

市内旅游资源主要有东澳岛的环岛游、东澳岛南沙湾泳场和游艇垂钓区、外伶仃岛和大万山岛游艇区和垂钓区、三灶岛金海滩泳场、高栏岛飞沙滩旅游度假区、荷包岛大南湾泳场、淇澳岛红树林保护区、九州东沙滩泳场，广州至万山群岛环海游、东海岛海上观光等。海渔女和情侣路是珠海市一道亮丽的风景线，香炉湾畔的珠海渔女雕像高 8.7m，重 10t，由 70 件巨型花岗岩石组合而成，渔女高举明珠向人们献宝已成为珠海市的象征。

距离工程区最近的海洋旅游资源为高栏岛的飞沙滩，该处沙滩湾长，沙滩宽大，沙质细白，海水清洁，背靠青山，溪水不断，有一定面积的平地，是建设度假旅游区较为理想的旅游资源区。

4.2.5 滩涂资源

珠海海域滩涂资源丰富，海域辽阔，北至珠江口、东和南至万山群岛、西至黄茅海，海岸线长达 604 公里。珠海市处于珠江口西岸，入海口冲来的泥沙，年平均量为 3389 万吨，因地球自转的离心力作用，其中 80%的泥沙沉积在珠海一侧，大量的泥沙使滩涂浅海发育迅速，形成众多的河口海湾。河网、滩涂、浅海及海湾，形成珠海市南部水域独特的地形，为发展水产养殖提供优越的自然条件。全市负 5 米等深线以上可用于发展养殖业的浅海滩涂面积达 9.73 万公顷，潮间带面积 0.894 万公顷。

珠海市陆地水域滩涂面积 380 平方公里，其中河流水域面积 54 平方公里，水库水域面积 12 平方公里，坑塘水面面积 284 平方公里，滩涂面积 6 平方公里,沟渠 24 平方公里。

4.2.6 渔业资源

珠海的咸淡水资源丰富，水质肥沃，入海径流带来大量的有机、无机营养物

质，为鱼、虾、蟹、贝类等海洋生物提供了充足的饵料，加上众多海岛、岩礁组成良好的栖息环境，与岛群外海域共同形成了著名的万山渔场。

据多年调查资料，河口区水域采集到鱼类 154 种，隶属于 15 目 57 科 87 属；浅海水域采集到鱼类 119 种，隶属于 11 目 50 科 84 属，两水域均以鲈形目和鲱形目种类占较大优势。根据海域的调查，捕获头足类 17 种，隶属于 3 目 4 科 6 属，其中枪形目占总种数的 41%；采获底栖生物 456 种，隶属于 150 科。渔业资源结构以地方性种群为主，种类多、个体小、群体不大，幼鱼幼虾为主体等特征。

海洋渔业资源中，具有捕捞价值的鱼类近 200 种，主要经济鱼类有 70 多种，常见的有：鱼类的鳗、棘头梅童鱼(黄皮)、矛尾虾虎鱼（白甲）、狼虾虎鱼（拉鱼）、七丝鲚(马齐)、中华青鳞(青鳞)、金色小沙丁(横泽)、长条蛇鳗(九棍)、金线鱼(红三)、黄带鲱鲤(红线)、鳓鱼(曹白)、鲥鱼(三黎)、四指马鲅(马鲅)、蓝圆鲹(池鱼)、带鱼(牙带)、银鲳（白鲳）、卵形鲳鲹、大黄鱼(黄花)、康氏马鲛(马鲛)、黄鳍鲷、短尾大眼鲷(大眼鸡)、红鳍笛鲷（红鱼）、中国枪乌贼（尤鱼）、宽体舌鳎(龙利)、大鳞舌鳎、半滑舌鳎、中华乌塘鳢(乌鱼)、大弹涂鱼（花鱼、泥鱼）等。主要经济虾类、蟹类及贝壳类有：刀额新对虾、中国对虾、墨吉对虾、日本对虾、长毛对虾、斑节对虾、锯缘青蟹、三疣梭子蟹、红星梭子蟹、中国龙虾、杂色龙虾、近江牡蛎、华贵栉孔扇贝、栉江珧、文蛤、泥蚶、毛蚶、波纹巴非蛤、缢蛏、蓝蛤、翡翠贻贝(青口螺、淡菜)等。

水产增养殖渔业资源中，较重要的海水品种包括：主要经济鱼类有鲈鱼、尖吻鲈、鳗、黄鳍鲷、金钱鱼、卵形鲳鲹、平鲷、黑鲷、赤点石斑鱼、青石斑鱼、鲑点石斑鱼、大鳞舌鳎、蓝子鱼（泥猛）、中华乌塘鳢；甲壳类有：南美白对虾、斑节对虾、刀额新对虾、中国对虾、墨吉对虾、近缘新对虾、日本对虾、以及锯缘青蟹；贝类有：近江牡蛎(蚝)、翡翠贻贝(青口螺、淡菜)、毛蚶(六蚶)、波纹巴非蛤、蓝蛤(白蚬)、文蛤等。

淡水养殖主要水产品种有：鲩鱼、鳙鱼、鲢鱼、鲤鱼、鲫鱼、鲮鱼、鲂.、罗非鱼、斑点叉尾鮰、淡水白鲳、胡子鲶、鳗鲡、斑鳢、鳜鱼、大口黑鲈、罗氏沼虾，以及经淡化养殖的南美白对虾、鲈鱼、尖吻鲈等。

4.2.7 岸线与岛礁资源

珠海海域滩涂资源丰富，海域辽阔，北至珠江口、东和南至万山群岛、西至黄

茅海，海岸线长达 604 公里。

珠海海岛资源丰富，是广东省的百岛之市，全市有海岛 261 个，面积共 249

平方公里，其中无居民海岛 251 个，面积 261.7 平方公里。海岛中面积大于 500 平方米的有 128 个，面积共 174.3 平方公里，海岛岸线长 498.8 公里。面积大于 1 平方公里以上的海岛有 23 个，其中三灶岛（80 平方公里）和横琴岛（52 平方公里）列入我省面积大于 50 平方公里的 9 个海岛之列。

全市有海湾 200 多处，分布在三灶岛、高栏岛、淇澳岛、桂山岛、万山岛、外伶仃岛、担杆岛、庙湾岛、东澳岛、三门岛等海岛。

4.2.8 珍稀海洋生物资源

项目所在的珠江河口地区是我国国内中华白海豚种群规模较大的地区。中华白海豚是沿岸河口定栖性小型齿鲸类，白海豚属，1988 年别国务院列为国家一级保护动物。2008 年国际自然及自然保护联盟（ IUCN）将中华白海豚定为近危等级物种。

（1）中华白海豚生态学特征及生活习性

中华白海豚身体修长呈纺锤型，喙突出狭长，刚出生的中华白海豚约 1 米长，性成熟个体体长 2.0~2.5m，最长达 2.7m，体重 200~250kg；背鳍突出，位于近中央处，呈后倾三角形；胸鳍较圆浑，基部较宽，运动极为灵活；尾鳍呈水平状，健壮有力。全身都呈象牙色或乳白色，背部散布有许多细小的灰黑色斑点，有的腹部略带粉红色，背鳍、胸鳍和尾鳍都是近似淡红色的棕灰色。

中华白海豚很少进入深度超过 25 m 的海域，主要栖息地为红树林水道、海湾、热带河流三角洲或沿岸的咸水中。在我国主要分布在东南部沿海，据文献记载，最北可达长江口，向南延伸至浙江、福建、台湾、广东和广西沿岸河口水域，有时也会进入江河。

中华白海豚不集结成大群，一般数头或单独游动，很少有十余头的群体，多雌雄或母仔豚一起并游，性活泼，经常在水面跳跃戏水，有时能跃出水面一米多高，活动敏捷游泳迅速，受惊时游泳速度可超过 12 海里。露出水面呼吸和潜水时间无一规律，短时间 3~5 秒呼吸一次，有时 10~20 秒呼吸一次，呼吸间隔有时长达 1~2 分钟。潜水时间长，露出水面后往往连续呼吸 2 次。逃跑时潜水时间长，可达 4~5 分钟。有跟随船只的习性，常尾随作业渔船之后捕食。

中华白海豚的寿命一般为 30~40 年，3~5 岁达到性成熟，每年主要在 6~7 月间在水中交配，雌兽的怀孕期为 10 个月左右，产仔于翌年 3~4 月份，每胎产一仔，幼豚体长接近 1 米，哺乳期 8~20 个月。整个哺乳过程母子形影不离，保护周到，幼豚的成活率明显高于其它水生动物。

（2）调查资料来源

本项目位于鸡啼门下游地区，属于珠江西部河口地区。项目周边区域中华白海豚资源及分布概况引用中国水产科学研究院南海水产研究所公开发表相关调查研究成果。该研究中将珠江河口区划分为东部和西部河口区，其中西部河口区包括磨刀门以西包括四大口门（磨刀门、鸡啼门、虎跳门、崖门）的影响区域。调查时间为 2007-2008 年及 2012 年。

2007-2008 年中华白海豚采用船基截线法每月在珠江西部河口进行调查。2012 年 2 月-12 月于丰水期（5 月和 8 月）和枯水期（2 月和 12 月）同样采用船基截线法进行调查。调查范围东起珠海市横琴岛西南，西至江门市下川岛以东，涵盖西部四大口门附近水域和广海湾。

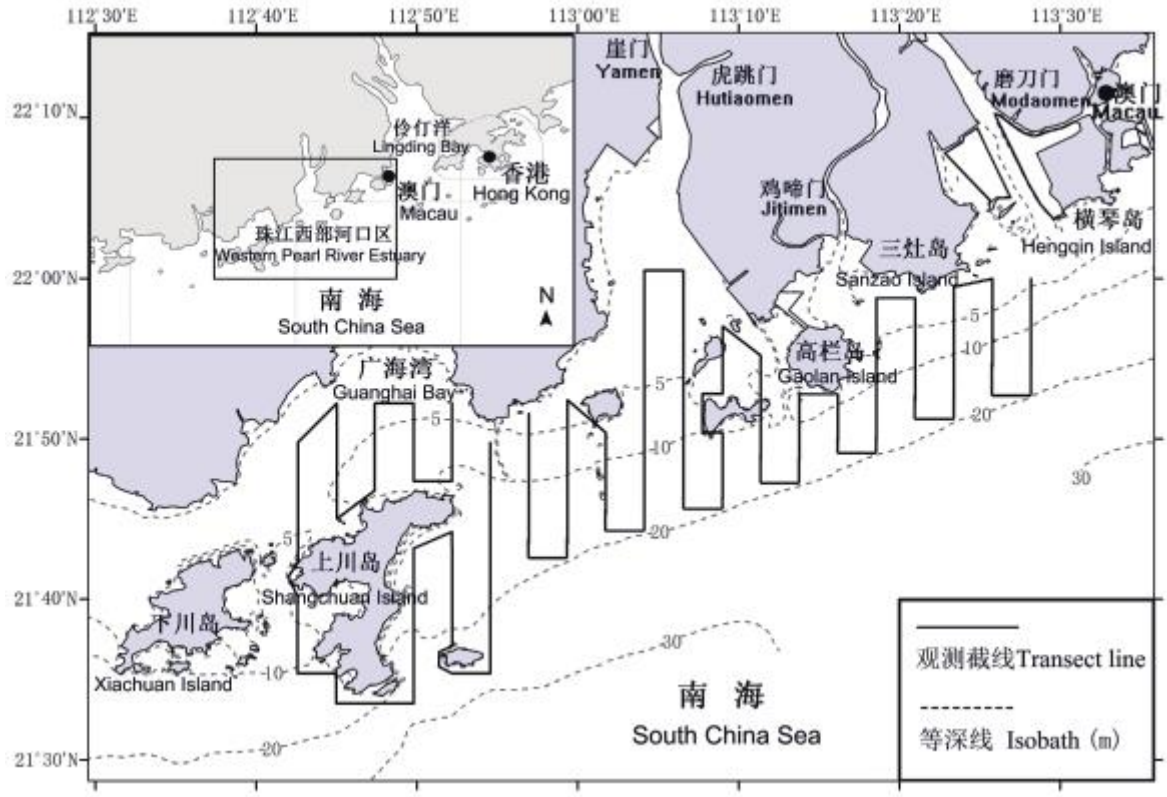


图 4.2-4 珠江西部河口中华白海豚调查区域及观测截线

（3）资源调查及研究结果

2007-2008 年周年调查共目击中华白海豚 153 群次，约 1035 头次。周年平均目击率为 3.2 群/100km 和 21.3 头/100km。其中，丰水期平均为 4.0 群/100km 和 28.5 头/100km；枯水期平均为 2.4 群/100km 和 14.2 头/100km。

从调查结果来看，珠江西部河口中华白海豚主要分布于从三灶岛南至大襟岛西侧水深<10m 的水域，20m 等深线可能为该水域中华白海豚离岸分布的界限，分布区在丰水期趋向河口北部浅水区，枯水期趋向离岸水域；中华白海豚目击率以丰水期较高，枯水期较低。

丰水期，中华白海豚主要分布在水深<10m 的水域，各水深区的分布比例由高到低依次为<5m（47%）、5~10m（42%）和 10~20m（11%）。从三灶岛南至大襟岛以西水域中华白海豚出现较为频繁，尤其是大杧岛周围、荷包岛以西和大襟岛周围水域。此外，上川岛与下川岛之间水域也有较多发现，但位于崖门入海口西侧的广海湾，中华白海豚的目击次数较少。在该季节，中华白海豚分布至大杧岛以北水域，20m 等深线附近水域未目击到中华白海豚，但目击到江豚。

枯水期，中华白海豚的分布趋向于离岸深水区，以 5~10m 水深区的目击次数最多（42%）；其次为 10~20m 水深区（32%）；<5m 水深区目击次数最少（26%），而且大杧岛以北水域没有中华白海豚出现。在该季节，中华白海豚频繁出现的区域不是很明显，上川岛与下川岛之间和广海湾水域的目击次数明显比丰水期少。20m 等深线附近水域没有中华白海豚出现。

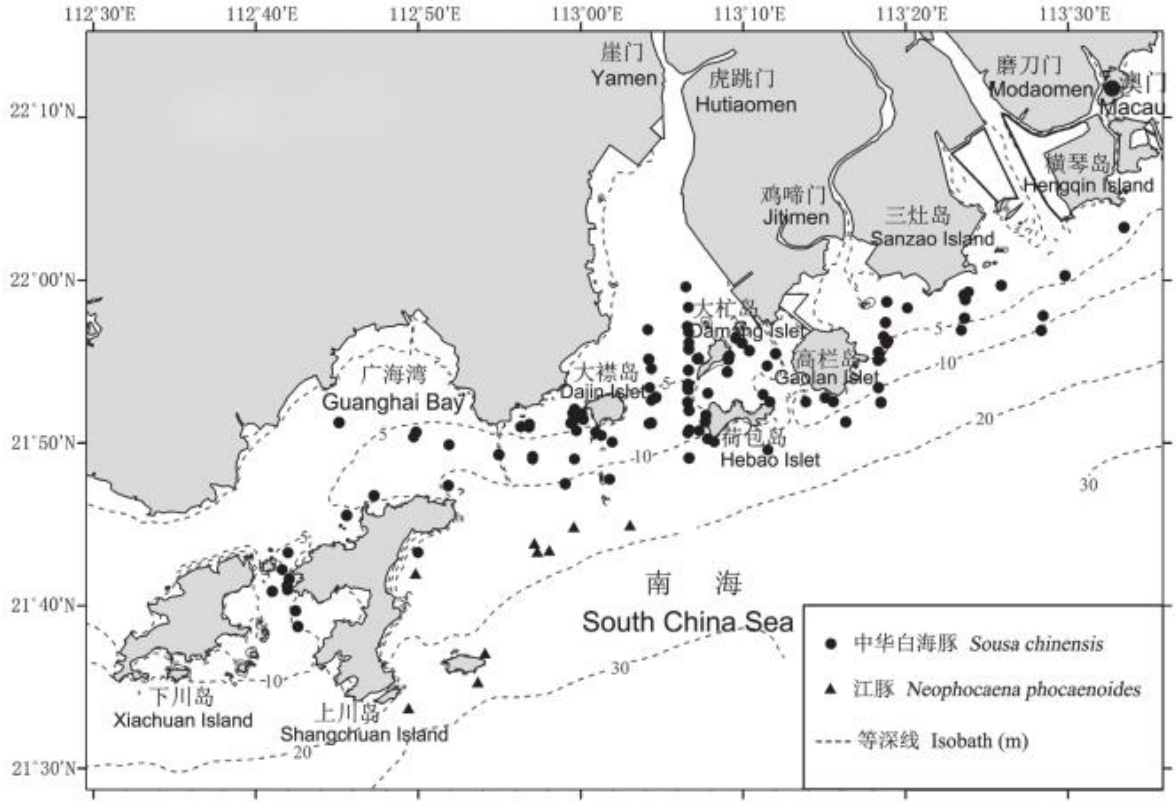
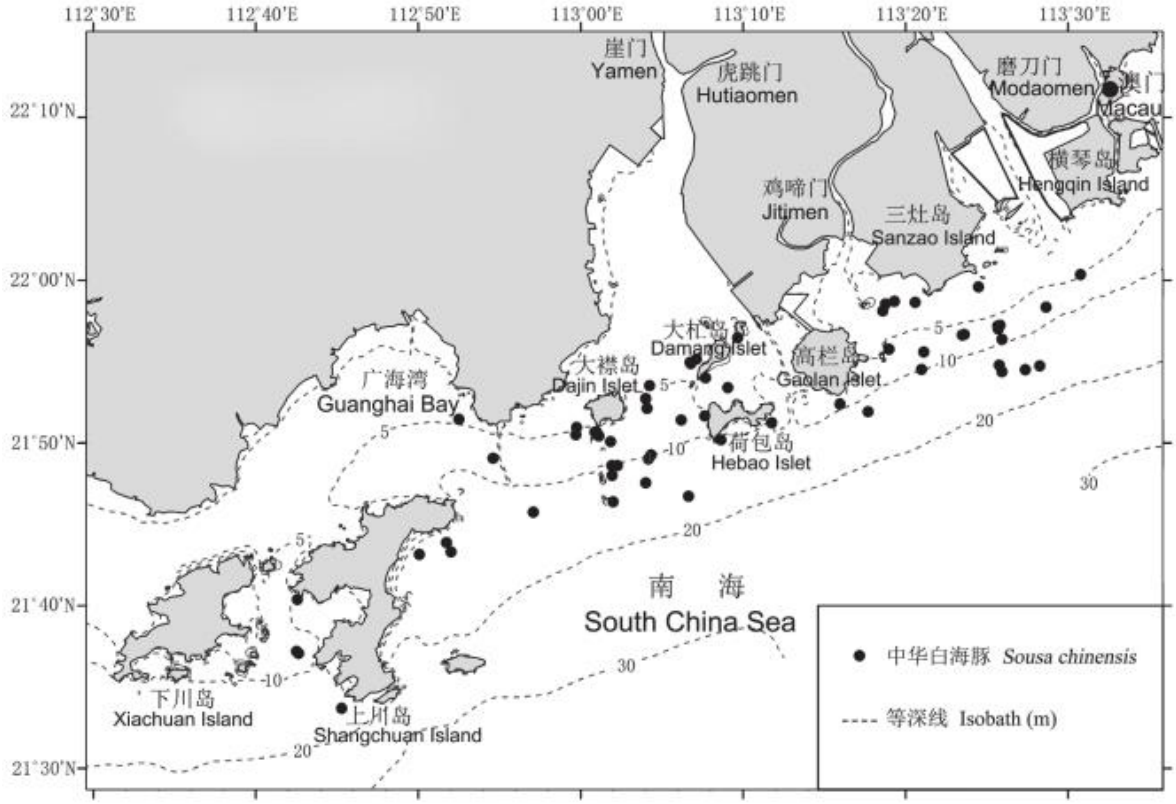


图 4.2-5 珠江西部河口中华白海豚及江豚的目击位置（丰水期）



续图 4.2-5 珠江西部河口中华白海豚及江豚的目击位置（枯水期）

（4）栖息地分布与环境因子的关系

研究模型选取了 6 个可能影响中华白海豚目击率的因子，包括水深、离岸距离、海况、底层水温、捕食种密度、游泳生物密度。研究显示：

与水深的关系：水深范围在 5~10m 变化时，随着水深的增加，中华白海豚目击率单调递增，当水深范围在 10~15m 变化时，中华白海豚目击率变化较小，但当水深大于 15m 后，中华白海豚目击率单调递减。不同调查年份中华白海豚分布对水深选择的变化不大。

与离岸距离的关系：当离岸距离范围在 0.1~3km 时，随着离岸距离增加，中华白海豚目击密度单调递增；当离岸距离大于 3km 时，中华白海豚目击率单调递减。说明珠江口的中华白海豚主要活动于离岸距离小于 3km 的近岸水域。

与底层水温的关系：当底层水温范围在 17~19.5℃时，曲线波动变化较小；当底层水温大于 19.5℃时，曲线递减明显，此处主要位于中华白海豚调查截线边缘，即处在 20m 等深线附近。研究认为水温变化可能对中华白海豚直接 影响不大，而主要是由于其捕食种鱼类对水温的变化较为敏感，进而影响到了中华白海豚的分布。

与海况的关系:随着海况增加，中华白海豚目击率单调递减，近似为直线。

与游泳生物密度的关系：当游泳生物密度为 850~1250kg/km^2 范围时，随着游泳生物密度增加，中华白海豚目击率单调递增；当游泳生物密度为 1250~2000kg/km^2 范围时，随着游泳生物密度增加，中华白海豚目击率单调递减；当游泳生物密度大于 2000kg/km^2 范围时，随着游泳生物密度增加，中华白海豚目击率单调递增。

与捕食种密度的关系：当捕食种密度范围在 38-250 kg/km^2 时，随着捕食种密度的增加，中华白海豚目击率单调递增，当捕食种密度大于 250 kg/km^2 时，曲线趋于平缓，变化较小。说明中华白海豚活动与捕食种密度密切相关。当水域食物来源不多时，中华白海豚需要花费较多时间在食物较多的水域觅食，而当水域的食物来源充足时，其只需花费较少的时间就能获得足够的食物。

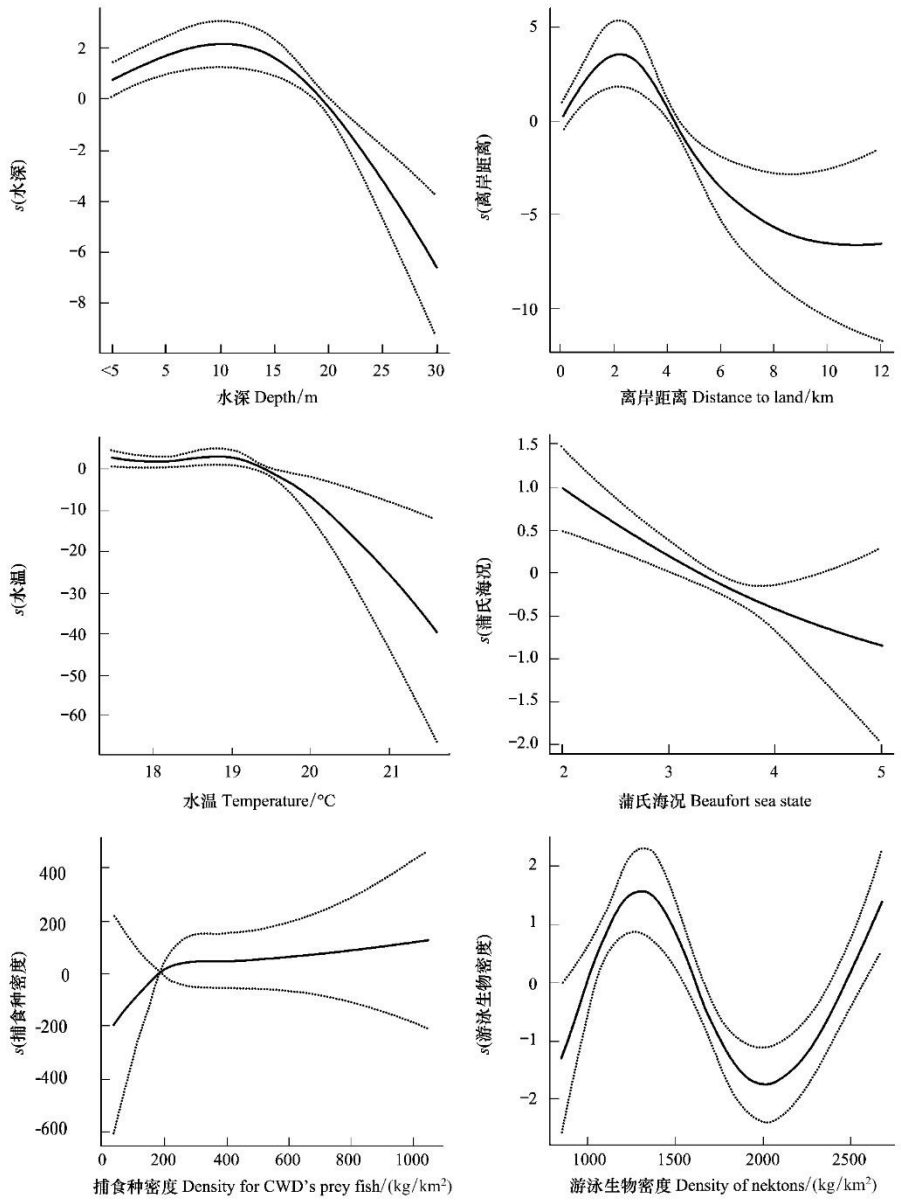


图 4.2-6 中华白海豚目击率与环境因子的相关性

4.3 项目所在海域用海权属情况

根据现场勘查及周边海域开发活动权属调查，截止至 2021 年 10 月，项目邻近海域共有 8 家单位申报海域使用项目 13 项，其中，船舶工业用海 2 项、港口用海 1 项、海岸防护工程用海 2 项、路桥用海 1 项，其它工业用海 6 项。目前，工程周边主要的开发利用项目权属、用海类型、用海时间、宗海面积、用海方式见表 4.3-1 和图 4.3-1。

表 4.3-1 周边海域使用权属现状

序号	海域管理号	项目名称	海域使用权人	用海类型	用海时间	宗海面积（hm^2）	用海方式	本项目与其位置关系
1	2020D44040000205	珠海太阳鸟游艇制造有限公司配套码头工程	珠海太阳鸟游艇制造有限公司	船舶工业用海	2020/1/8-2070/1/8	1.7208	透水构筑物、港池、蓄水等	毗邻
2	2018B44040400530	珠海市金湾游艇产业园研发及制造项目	珠海金围游艇俱乐部有限公司	船舶工业用海	2018/5/18-2068/5/17	4.2773	建设填海造地	0.5km
3	2015C44040001015	珠海先歌游艇船台滑道和舾装码头工程	珠海先歌游艇制造股份有限公司	港口用海	2014/11/26-2060/6/30	2.9077	港池、蓄水等	毗邻
4	2021D44040400538	珠海市小林联围加固达标工程木乃南堤大门口闸段工程施工用海	珠海市城乡防洪设施管理和技术审查中心	海岸防护工程用海	2021/1/21-2026/1/20	24.1114	透水构筑物、专用航道、锚地及其它开放式	3.0km
5	2018B44040400243	珠海市西区小林联围加固达标工程木乃南堤段应急工程项目	珠海市城乡防洪设施管理和技术审查中心	海岸防护工程用海	2016/10/18-2066/10/17	47.79	透水构筑物	0.9km
6	2019C44040001339	珠海市鹤洲至高栏港高速公路跨鸡啼门水道大桥工程	珠海鹤港高速公路有限公司	路桥用海	2019/7/10-2022/7/10	0.2972	透水构筑物、港池、蓄水、专用航道、锚地及其它开放式	毗邻
7	2019C44040001320	珠海市鹤洲至高栏港高速公路跨鸡啼门水道大桥工程	珠海鹤港高速公路有限公司	路桥用海	2019/7/10-2069/7/10	5.2144	跨海桥梁、海底隧道等	毗邻
8	2018B44040400548	年产 16 万吨丙烯酸及酯项目	珠海市振平投资控股有限公司	其它工业用海	2018/5/22-2068/5/21	39.9452	建设填海造地	8.3km

序号	海域管理号	项目名称	海域使用权人	用海类型	用海时间	宗海面积（hm^2）	用海方式	本项目与其位置关系
9	2018B44040000184	珠海高栏港经济区年产 63 万吨改性塑料及合金项目	珠海市振平投资控股有限公司	其它工业用海	2017/1/23-2067/1/22	40.9741	建设填海造地	6.2km
10	2015B44040401206	珠海高栏港年产 15 万吨合成橡胶项目	珠海经济特区南水企业集团公司	其它工业用海	2015/2/12-2065/2/11	46.0327	建设填海造地	6.9km
11	2015B44040401537	珠海高栏港年产 60 万吨差别化聚酯纺丝项目填海工程	珠海经济特区南水企业集团公司	其它工业用海	2015/8/21-2065/8/20	44.4822	建设填海造地	8.9km
12	2018B44040000199	珠海高栏港年产高性能环保涂料及配套精细化工产品 21 万吨项目	珠海经济特区南水企业集团公司	其它工业用海	2017/5/31-2067/5/30	28.2802	建设填海造地	5.8km
13	2018B44040400550	珠海高栏港有机硅生产装置建设项目	珠海汇华基础设施投资有限公司	其它工业用海	2018/5/22-2068/5/21	21.1288	建设填海造地	8.1km
14	2015B44040401622	珠海高栏港年产 45 万吨/年丙烷脱氢制丙烯及下游加工项目	珠海汇华基础设施投资有限公司	其它工业用海	2015/8/21-2065/8/20	44.884	建设填海造地	7.1km



图 4.3-1 周边海域使用权属现状

4.4 主要环境敏感目标概况

4.4.1 通航水道

鸡啼门水道北起鬼仔角（尖峰山），南至鸡啼口门出海，上游与泥湾门水道相接，流经小林、黄金、红旗、白藤等地，至南水出海，沟通了中山、新会、斗门、珠海等地的联系。过尖峰山后水道水域较为开阔，河面宽度 400～700m，航道深槽居中，航道深槽宽约 150～250m。鸡啼门大桥以下航道深槽稍偏向左岸。

2015 年广东省航道局开展了航道整治工程，进一步提高了泥湾门水道、鸡啼门水道及赤粉水道的通航标准，其中鸡啼门水道满足 1000 吨级港澳航线船舶的通航标准，鸡啼门水道尖峰大桥至小木乃 19km 航道建设标准为内河Ⅲ级航道，通航 1000 吨级港澳线船舶。

4.4.2 养殖区

项目区各段海堤后方均分布有养殖区，根据现场踏勘，平沙东堤现状海堤起点～原金斗闸（PSD0+000～PSD2+600）段、红旗堤红西五围闸～终点（HQD 12+800～HQD 14+866）海堤后方为大面积的农业用地和鱼塘养殖用地。烂柴角海堤段起点～终点围内是大面积的人工养殖区。

4.4.3 红线区、岸线及无居民海岛

4.4.3.1 鸡啼门河口生态系统红线区

根据广东省“三区三线”中海域生态保护红线矢量（2021），项目所在海域为鸡啼门重要河口生态红线区。该红线区所在的鸡啼门河口属于珠江河口地区。珠江河口地区处于海洋、淡水、陆地间的过渡区域，河道逐级分叉，形成“三江汇流，八口出海“的河网特色，是典型的生态环境脆弱区域，生态系统的脆弱性和不稳定性极为突出。珠江河口地区作为粤港澳大湾区的重要组成部分，其经济和社会的发展改变着河口的地形地貌及水文环境条件。此外，由于水环境污染、水产品的集中养殖和过度捕捞、水资源过度开发、河湖湿地空间萎缩、河口滩涂的无序围垦，以及各种海岸工程的建设等，导致区域各种水生态问题错综复杂。相关研究认为，近几十年来，珠江河口环境的变异通过诸多途径对生态环境产生了不利影响：包括工农业生产、生活污水的排放；滩涂围垦与水产养殖活动；河口海岸城市化等，造成了湿地

生态系统功能退化，即生物多样性减少，初级生产力下降，赤潮频繁、滩涂纳污容量降低，污染物自净能力差等。

本项目位于珠江河口地区鸡啼门河口地区，该区域河口生态系统形成发展过程与整个珠江河口地区近年来的发展过程基本一致。鸡啼门原非珠江八大口门之一，1958 年白藤堵海工程实施，原泥湾门水道经白藤湖向西南自鸡啼门出海，1971 年鸡啼门上游围垦工程使白藤湖与河道分离后，河口纳潮量减小，潮汐动力减弱。1990 年开始建设高栏—南水连岛大堤，连岛大堤的建设切断了东西向的沿岸流通道，减弱了鸡啼门水域的动力条件。至 1999 年，三灶岛西南侧已基本围垦成陆，来自大门水道的径流动力也完全消失。此后在南水岛东侧、北侧、大木乃南及连岛大堤北部又进行了围垦。与此同时，口门上游社会经济发展迅速和城市化，人口不断增长，生活生产污废水排放量增长很快，加上围垦养殖排放“肥水”，围垦农药化肥使用等，给河口水域带来有机污染和重金属污染风险。

鸡啼门河口区大规模的滩涂围垦不仅直接占用了底栖生物的栖息空间，改变了口门水动力条件，阻断了河口生态系统的物质循环和能量循环通道，造成潮滩生物的栖息生境的破坏，鱼类、鸟类等滩涂湿地动植物生境受损，红树林特殊植物资源量下降， 近岸海域纳污自净能力差，水生态环境恶化，生态系统退化。

近年来，随着生态环境保护工作的持续深化开展，近岸海域生态环境总体有所缓解，但受陆源污染影响较大的河口和近岸海域水质仍较差，主要以无机氮污染为主。根据广东省生态环境厅发布的入海河流水质监测数据，鸡啼门大桥监测断面 2016-2019 年期间，TN 均超标，Hg 在 2019 年污染指数急速上升，染指数达到水质标准的 1.6 倍，TP 和 NH_3-N 稳定且不超标，COD 和 BOD_5 逐年下降且不超标，除 Hg 外的其他重金属指标全部达到控制标准要求。

4.4.3.2 大陆自然岸线

根据《广东省生态红线》，评价范围内大陆自然岸线情况见表 4.4-1。

表 4.4-1 评价范围内大陆自然岸线情况

序号	主体岸线类型	名称	岸线长度	生态保护目标	管控措施
91	基岩岸线	大箕湾	2006	自然岸线及潮滩	维持岸线自然属性，保持自然岸线形态，保护岸线原有生态功能，加强对受损自然岸线的整治与修复
90	基岩岸线	鸡啼门西	1805	自然岸线及潮滩	

93	基岩岸线	壁青湾	4058	自然岸线及潮滩	
92	河口岸线	鸡啼门	640	自然岸线及潮滩	维持河口区域自然属性，保持河口基本形态稳定，保障河口行洪和航道通行。允许开展航道疏浚工程，禁止新增围填海、采挖海砂及其他可能破坏河口生态系统功能的开发活动，保障海洋生物洄游通道。

大箕湾、鸡啼门西及壁青湾岸线本体均尚未开发，大箕湾基岩岸线北接南水镇外海堤打银咀段，通过大箕湾段海堤与鸡啼门西基岩岸线相连。壁青湾岸线西段为开阔岸滩，再向东为基岩岸线。岸滩后方为珠海市金湾区阳光沙滩生态园及珠海机场西路。鸡啼门河口岸线现为鸡啼门大桥，双孔通航，跨径 90m，净宽 79，净高 10m。

4.4.3.3 无居民海岛

项目评价范围内无居民海岛有两处，分别为圆洲岛、小青洲岛及蚊洲仔。

根据《广东省生态红线》，草排鞋岛隶属于珠海市，属于面积小于 20000 平方米的无居民海岛，保有自然岸线长度为 1017.8m；小青洲岛属于珠海市，属于面积大于 20000 平方米的无居民海岛。其地理位置为北纬 21°58′31.3″，东经 113°17′26.6″，整岛划定为保有自然岸线，保有自然岸线长度 1703.6m。蚊洲仔保有自然岸线长度 703.7m。

4.4.4 重要渔业水域

（1）渔业资源保护区

根据 2002 年 2 月农业部 189 号公告发布的《中国海洋渔业水域图（第一批）》，本工程评价水域位于其中的“幼鱼、幼虾保护区”和 “南海北部幼鱼繁育场保护区”内，见图 1.7-1c 和图 1.7-1d，两个渔业水域保护目标的范围及保护要求如下：

幼鱼、幼虾保护区：位于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，保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日。

南海北部幼鱼繁育场保护区：位于南海北部及北部湾沿岸 40 米等深线、17 个基点连线以内水域，保护期为 1 月至 12 月。

表 4.4-2 幼鱼繁育区 17 个基点地理位置表

基点编号	东经	北纬	基点编号	东经	北纬

基点编号	东经	北纬	基点编号	东经	北纬
第一基点	117°40'	23°10'	第十基点	109°00'	18°00'
第二基点	117°25'	23°00'	第十一基点	108°30'	18°20'
第三基点	115°10'	22°05'	第十二基点	108°20'	18°45'
第四基点	114°50'	22°05'	第十三基点	108°20'	19°20'
第五基点	114°00'	21°30'	第十四基点	109°00'	20°00'
第六基点	111°20'	21°00'	第十五基点	108°50'	20°50'
第七基点	111°35'	20°00'	第十六基点	108°30'	21°00'
第八基点	110°40'	18°30'	第十七基点	108°30'	21°31'
第九基点	109°50'	17°50'			

（2）“三场一通道”

根据农业部公告第 189 号《中国海洋渔业水域图》（第一批），南海中上层鱼类产卵场主要包括蓝圆鲹、鲐鱼和竹荚鱼产卵场。

蓝圆鲹产卵场。包括：（1）粤东外海区，东经 115°～116°30′，北纬 20°30′～22°35′，水深 70～180m，产卵期 3～7 月；（2）粤西外海区，位于东经 110°30′～112°40′，北纬 18°15′～20°05′，水深 70～180m，产卵期 4～6 月；（3）珠江口近海区，约为东经 112°50′～114°30′，北纬 21°～22°，水深 60m 以内，产卵期 12～3 月；（4）北部湾产卵场；（5）粤东近海区，约为东经 115°20′～117°，北纬 21°55′～22°15′，水深 40～75m，产卵期 1～4 月；（6）台湾浅滩产卵场。

鲐鱼产卵场。包括（1）珠江口近海区，位于东经 113°15′～116°20′，北纬 21°～22°25′，水深 30～80m，产卵期 1～3 月；（2）粤西外海区；位于东经 110°15′～113°50′，北纬 18°15′～19°20′，水深 90～200m，产卵期 1～6 月；（3）粤东外海区，约东经 115°10′～116°15′，北纬 20°33′～22°10′，水深 90～200m，产卵期 2～4 月；（4）珠江口外海区，约东经 113°30′～114°40′，北纬 19°30′～20°26′，水深 90～200m，产卵期 1～3 月。

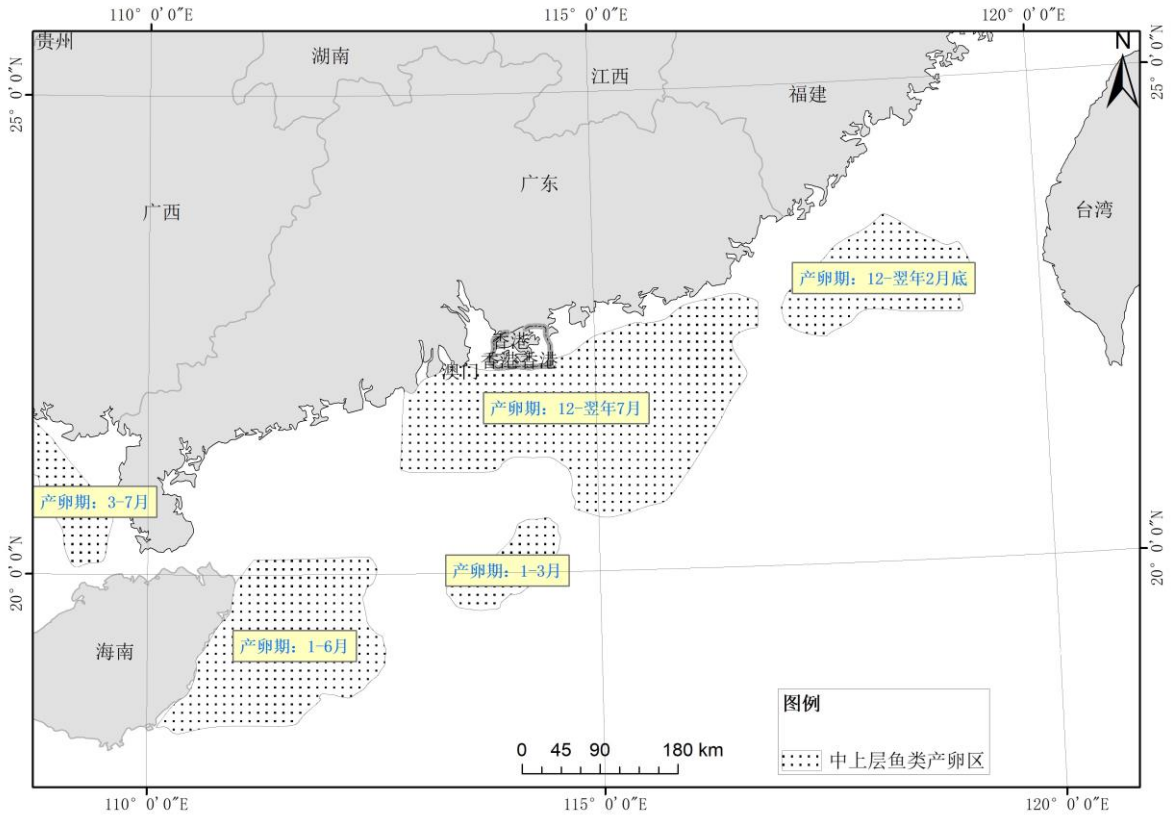


图 4.4-1 南海区中山层鱼类产卵场示意图

5 海洋环境质量现状调查与评价

5.1 水文动力环境现状调查与评价

本次水文动力现状调查采用建设单位委托福州市华测品标检测有限公司在鸡啼门海域附近开展的水文动力现场调查数据，调查时间为2021年9月和2022年3月，数据时效性符合技术导则要求。

5.1.1 调查概况

2022年3月水动力调查在鸡啼门河口湾区海域设水文测站6个，分别为L1~L6号站；潮位站2个，分别为SW1站和SW2站。潮流观测时间为2022年3月17日11时～18日时。具体位置见表5.1-1及图5.1-1所示。

2021年9月水动力调查在鸡啼门河口湾区海域设水文测站6个，分别为L1~L6号站；潮位站2个，分别为T1站和T2站。潮流观测时间为2021年9月22日11时～23日12时，潮位观测时间为2021年9月22日0时-10月21日14时。具体位置见表5.1-2及图5.1-2所示 。

表5.1-1 2022年3月水文调查各测站坐标和观测项目

站位	坐标点		观测项目
	经度（E）	纬度 （N）	
Ll	22°05'14.10"	113°15'43.02"	海流、泥沙、温盐
L2	22°03'41.64"	113°16'38.58"	海流、泥沙、温盐
L3	22°01'30.66"	113°16'18.48"	海流、泥沙、温盐
L4	21°58'55.26"	113°16'14.58"	海流、泥沙、温盐
L5	21°56'40.38"	113°17'27.96"	海流、泥沙、温盐
L6	21°57'04.02"	113°20'38.16"	海流、泥沙、温盐
SW1	113°16'03.58"	22°04'29.43"	潮位
SW2	113°15'55.48"	21°057'3.59"	潮位

表5.1-2 2021年9月水文调查各测站坐标和观测项目

站位	坐标点		观测项目
	经度（E）	纬度 （N）	
L1	113°15′57.42″	22°04′57.84″	潮流、水温、含沙量
L2	113°16′35.94″	22°03′41.52″	
L3	113°16′17.81″	22°01′30.65″	
L4	113°16′14.46″	21°58′55.38″	

站位	坐标点		观测项目
	经度（E）	纬度 （N）	
L5	113°17′25.50″	21°56′40.38″	
L6	113°20′39.96″	21°57′03.60″	
T1	113°15′45.64″	22°04′48.66″	潮位
T2	113°15′55.48″	21°057′3.59″	



图 5.1-1　2022 年 3 月调查海域水文调查站位图



图 5.1-2　2021 年调查海域水文调查站位图

5.1.2 潮汐特征

地球上的海水，受到月球和太阳的作用产生的一种规律性的上升下降运动称为潮汐。南海的潮汐主要是由太平洋潮波传入引起的协振潮。由引潮力产生的潮汐振动不大。

在大部分港口和海区， K_1、O_1、M_2 和 S_2 是四个振幅最大的主要分潮。这四个分潮的振幅值通常用来对潮汐运动形态进行分类。在我国，通常采用比值 $F=(H_{K1}+H_{O1})/H_{M2}$ 来进行潮汐类型的判别，其中 H 表示分潮的振幅。当 $F \leq 0.5$，潮汐为正规半日潮或规则半日潮；当 $0.5 < F \leq 2.0$，潮汐为不规则半日潮或不规则半日潮混合潮；$2.0 < F \leq 4.0$，潮汐为不规则日潮或不规则日潮混合潮；当 $F > 4.0$，潮汐为正规日潮或规则日潮。

潮汐类型和调和常数：由于此次潮位观测的潮位资料时间只有 26 小时左右，为了获得较准确的潮汐调和常数，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。差比数取自邻近的长期验潮站内伶仃岛站的调和常数。分析得出的主要分潮的调和常数参见表 5.1-3、表 5.1-4。据此调和常数，计算了潮位的特征值见表 5.1-3、表 5.1-4。可见，海区属于不规则半日潮。

不规则半日潮的特点是在一个太阴日中有两次高潮和两次低潮，两次高潮或低

潮的潮高不等，涨潮时和落潮时也不等。从图 5.1-3~图 5.1-5 的潮位过程曲线可以看到，珠海海域的潮汐日不等现象是显著的。

表 5.1-3　2022 年 3 月调查海域主要分潮的调和常数

分潮	SW1		SW2	
	振幅（cm）	迟角	振幅（cm）	迟角
O1	28.98	260	31.26	252
K1	24.62	310	26.46	301
M2	40.62	292	44.77	278
S1	23.87	326	25.91	310
M4	3.26	72	4.57	27
MS4	4.12	146	3.82	98
M6	0.75	267	0.39	223
MS6	1.3	323	0.48	298
F	1.32		1.29	

表 5.1-4　2021 年 9 月调查海域主要分潮的调和常数

测站	T1		T2	
	振幅 H（cm）	迟角 g（o）	振幅 H（cm）	迟角 g（o）
O1	0.24	262	0.27	256
K1	0.24	303	0.26	297
M2	0.39	293	0.42	278
S2	0.23	313	0.24	299
M4	0.02	81	0.03	28
MS4	0.03	137	0.03	97
F	1.22		1.24	

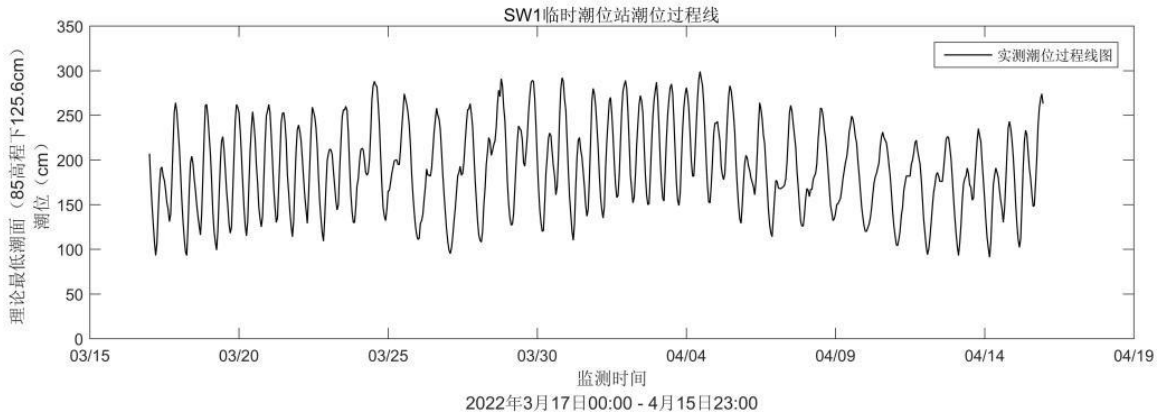


图 5.1-3　2022 年 3 月调查海域 SW1 的潮位过程曲线

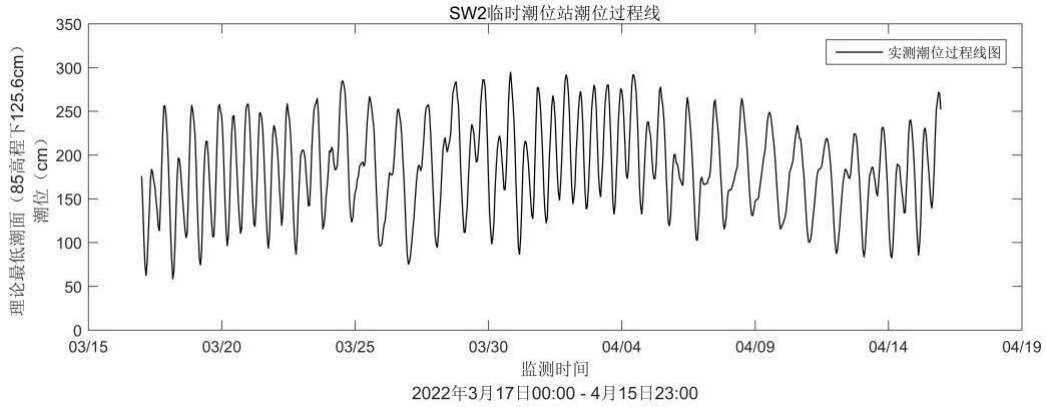


图 5.1-4　2022 年 3 月调查海域 SW2 的潮位过程曲线

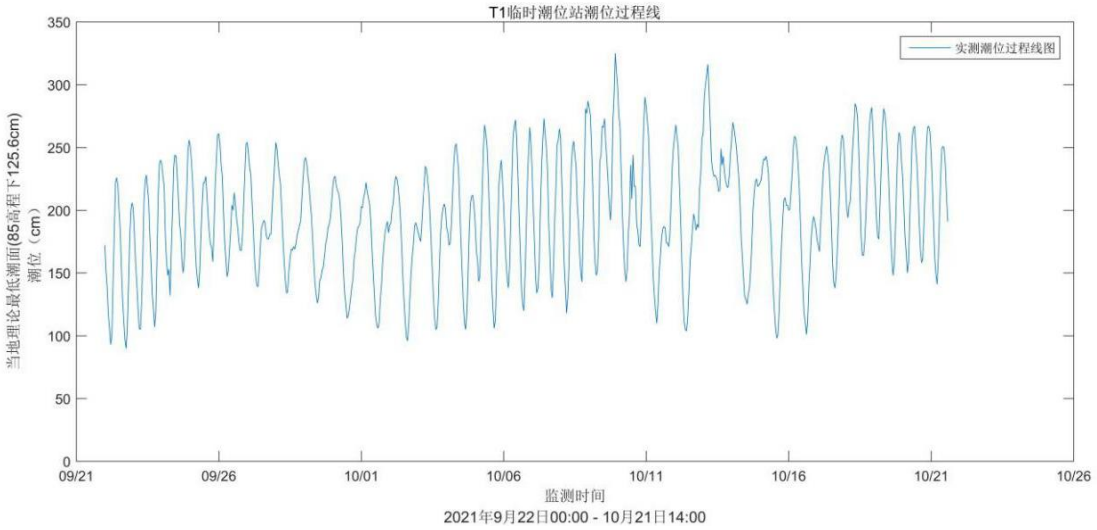


图 5.1-5　2021 年 9 月调查海域 T1 站的潮位过程曲线

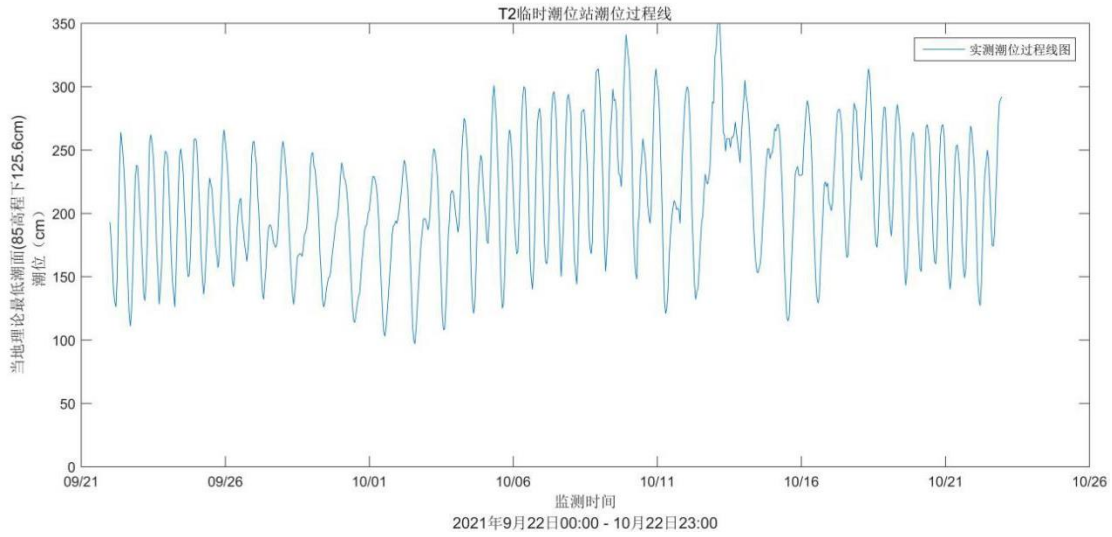


图 5.1-6　2021 年 9 月调查海域 T2 站的潮位过程曲线

5.1.3 海流特征

5.1.3.1 实测流场分析

（1）2022 年 3 月实测流场分析

大潮期海流观测于 2022 年 3 月 17 日 11 时～2022 年 3 月 18 日 12 时期间进行。实测海流的涨落潮流统计结果见表 5.1-5，实测海流平面分布玫瑰图见图 5.1-6。根据上述图表分析如下：

调查期间各测站实测海流以潮流为主，涨潮流流向偏北，落潮流流向偏南，部分站位受岸线影响涨潮流向西北，落潮流向东南。各测站表、中、底流向比较一致。L1~L3 站受岸线约束，潮流呈往复型，L4~L6 站受岸线约束减弱，为带旋转的往复流，其中 L6 站旋转流最为明显。

根据涨落潮的统计结果，调查海域各测站流速平均值在 11~50cm/s 之间，最大涨潮流流速的平均值为 54cm/s，方向为 330°，最大落潮流的平均值为 103cm/s，方向为 144°，出现在 L1 站的表层。

从各站流速看，位于鸡啼门水道的 L1、L2、L3 流速较大，落急明显大于涨急，说明受径流影响较大。鸡啼门外的 L4、L5、L6 流速相对较小，受径流影响不明显。

表 5.1-5　调查海域各测站涨潮流、落潮流统计表

站位	测层	落急流速		涨急流速		
		V	D	V	D	V
L1	表层	103	144	54	330	49
	中层	-	-	-	-	-
	底层	85	148	44	332	40
L2	表层	91	184	54	0	43
	中层	83	184	49	354	40
	底层	75	186	44	35	36
L3	表层	65	209	34	31	31
	中层	59	208	31	19	27
	底层	53	209	28	24	26
L4	表层	37	178	26	316	20
	中层	34	179	24	352	18
	底层	31	178	22	321	16
L5	表层	33	178	19	318	16
	中层	30	148	17	336	15
	底层	27	148	15	328	13

L6	表层	21	156	22	314	14
	中层	19	160	20	308	12
	底层	17	110	18	296	11

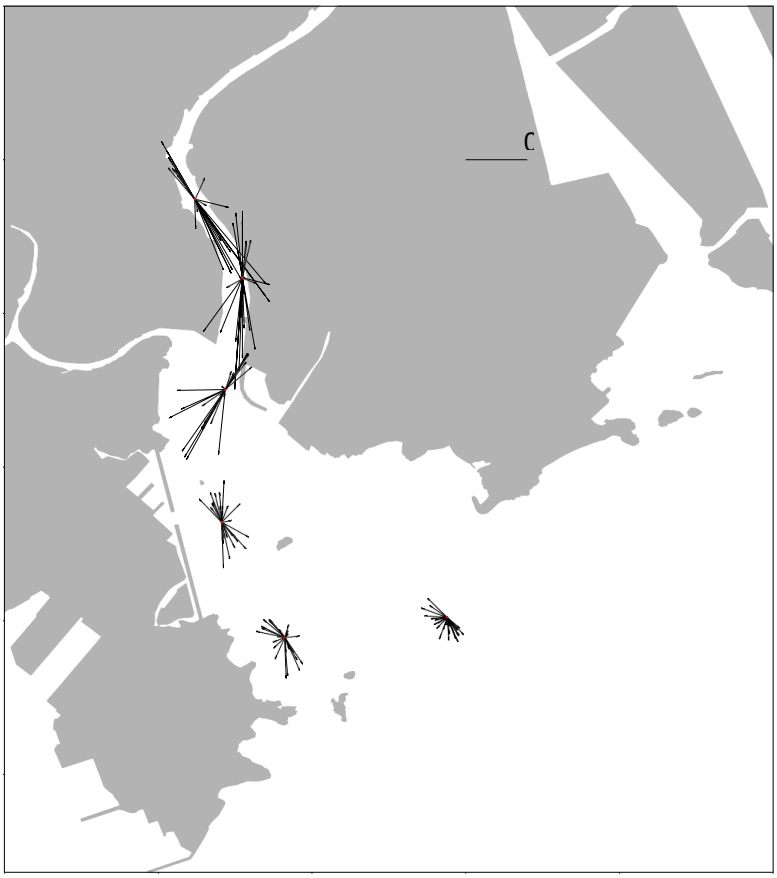
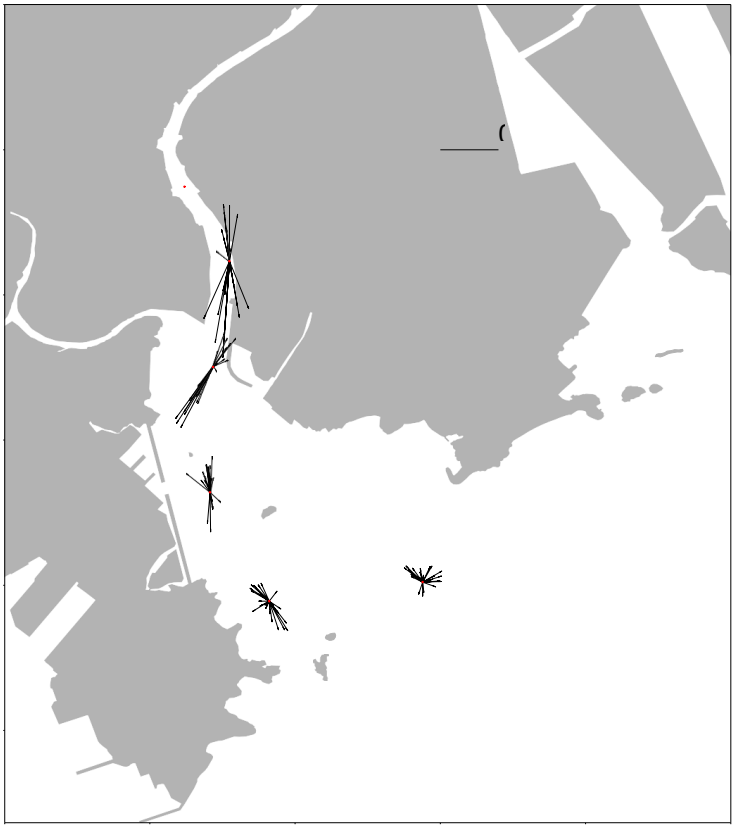
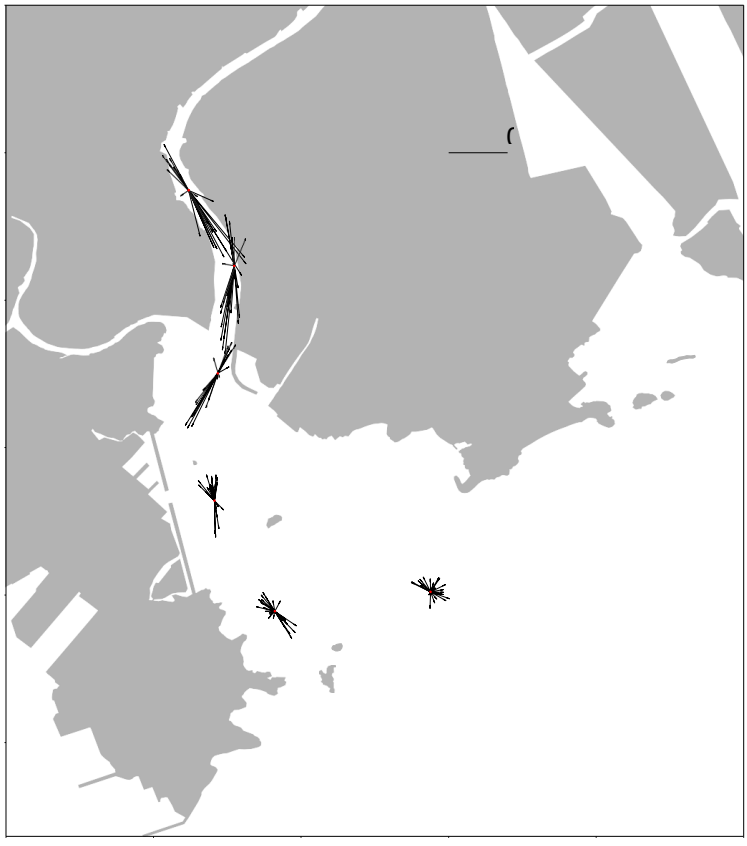


图 5.1-7a 2022 年调查海域实测海流玫瑰图（表层）



错误!未找到引用源。**b 2022 年调查海域实测海流玫瑰图（中层）**



错误!未找到引用源。**c 2022 年调查海域实测海流玫瑰图（底层）**

（2）2021 年 9 月实测流场分析

大潮期海流观测于 2021 年 9 月 22 日 11 时～2021 年 9 月 23 日 12 时期间进行。实测海流的涨落潮流统计结果见表 5.1-6，实测海流平面分布玫瑰图见图 5.1-7。根据上述图表分析如下：

可见，测区各站位潮流运动形式以往复流为主。从层次来看，测区普遍上层流速>中层>底层流速。

从站位上看，L1、L2、L3、L4 站位附近潮流较强，且各站点涨落潮方向与鸡鸣门水道方向具有一致性，由于处于鸡鸣门水道，其喇叭形河口使得潮流在向河口内部运动的时候流速抬升，因此流速随河道变窄流速大幅增加。L5 站位处流速相对较小，以 NW-SE 方向为主；L6 站位处于河道外侧，受地形影响，流速相对较小，涨落潮方向均表现为 SW 方向为主。

潮流实测最大值为 116cm/s，方向为 218°，发生在 L3 表层落潮方向。

表 5.1-6 调查海域各测站涨潮流、落潮流统计表

站位	测层	实测流速	涨潮流（小时、 cm/s、 °）			落潮流（小时、 cm/s、 °）		
			T	V	D	T	V	D
L1	表层	Max	17:00	56	112	8:00	82	320
		Min	19:00	7	96	7:00	1	354
	底层	Max	14:00	51	152	8:00	79	328
		Min	19:00	1	226	0:00	0	318
L2	表层	Max	15:00	111	186	9:00	89	350
		Min	19:00	2	152	12:00	4	338
	中层	Max	15:00	100	74	9:00	88	356
		Min	12:00	12	200	0:00	2	202
	底层	Max	15:00	74	170	9:00	79	354
		Min	12:00	2	202	0:00	21	328
L3	表层	Max	15:00	116	218	9:00	87	14
		Min	19:00	2	202	11:00	2	298
	底层	Max	15:00	68	196	21:00	50	12
		Min	12:00	4	140	0:00	4	136
L4	表层	Max	16:00	95	186	8:00	70	348
		Min	6:00	6	176	12:00	6	148
	底层	Max	16:00	75	188	20:00	52	8
		Min	6:00	7	226	11:00	3	240
L5	表层	Max	14:00	40	154	11:00	27	352
		Min	12:00	6	264	0:00	12	198
	底层	Max	14:00	36	132	8:00	33	260
		Min	17:00	4	330	21:00	7	274
L6	表层	Max	6:00	47	262	8:00	61	254
		Min	17:00	7	168	11:00	19	210
	中层	Max	6:00	47	254	7:00	52	260
		Min	12:00	7	140	21:00	5	302

站位	测层	实测流速	涨潮流（小时、 cm/s、 °）			落潮流（小时、 cm/s、 °）		
			T	V	D	T	V	D
	底层	Max	5:00	36	252	8:00	36	296
		Min	16:00	7	204	21:00	7	306

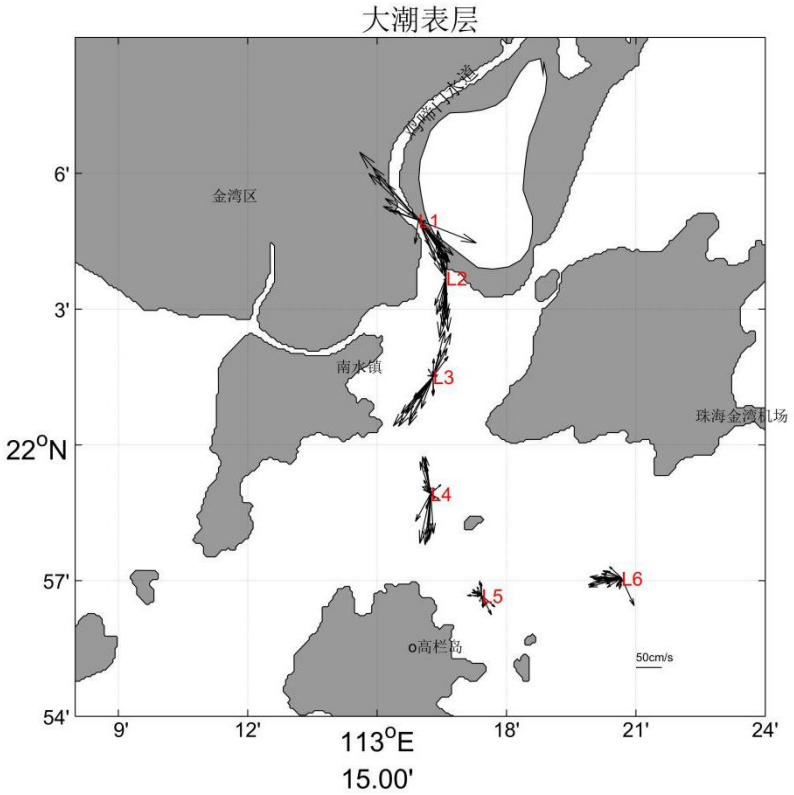
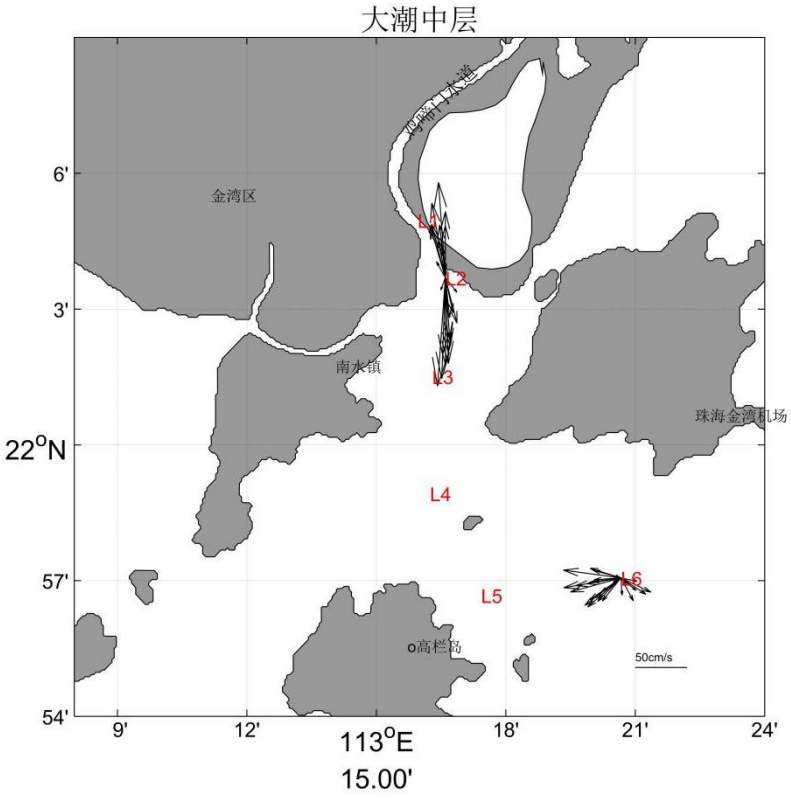
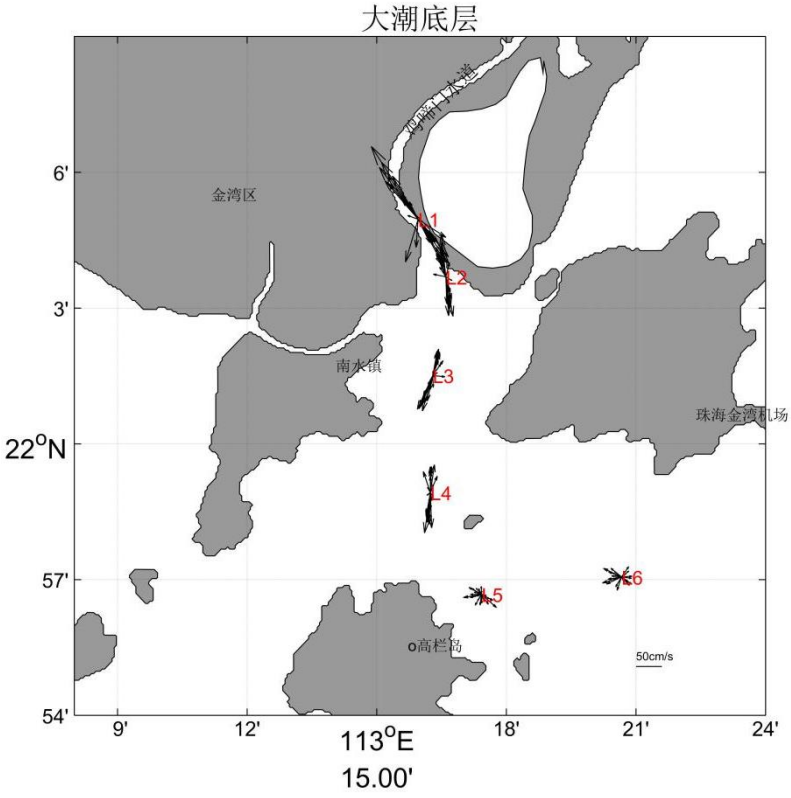


图 5.1-8a 2021 年调查海域实测海流玫瑰图（表层）



错误!未找到引用源。**a 2021 年调查海域实测海流玫瑰图（中层）**



错误!未找到引用源。**a 2021 年调查海域实测海流玫瑰图（底层）**

5.1.3.2 潮流的运动形式及椭圆要素

根据《海洋调查规范》，选用“引入差比关系的准调和分析方法”对珠海海域各站层海流观测资料进行分析计算，得出观测期间各站层的余流和 O_1（主要太阴全日分潮）、K_1（太阴太阳合成全日分潮）、M_2（主要太阴半日分潮）、S_2（主要太阳半日分潮）、M_4（M_2 分潮的倍潮）和 MS_4（M_2 和 S_2 的复合分潮）等 6 个主要分潮流的调和常数以及它们的椭圆要素等潮流特征值。

（1）2022 年水动力调查潮流的运动形式及椭圆要素

表 5.1-7 给出了 2022 年海洋水动力调查海域各站层主要分潮流的椭圆要素值。

表 5.1-7 调查海域各站主要分潮流及椭圆率（单位：cm/s，°）

大潮		M2					S2					Kl				
		W	w	K	θ	inc	W	w	K	θ	inc	W	w	K	θ	inc
L1	表	59.8	0.7	0.01	69	301	35.3	0.4	0.01	90	301	16.0l	-0.1	-0.01	343	130
	底	53.5	0.7	0.01	68	301	31.5	0.4	0.01	99	301	15.0|	-0.6	-0.04	336	133
	垂	56.7	0.7	0.01	69	301	33.4	0.4	0.01	99	301	15.5	0.4	-0.02	340	132
L2	表	77.7	-1.6	-0.02	71	266	45.9	-0.9	-0.02	271	86	24.6	2.9	0.12	325	98
	0.2H	77.5	-0.1	0	71	268	45.7	-0.1	0.o0	272	88	24.2	0.4	0.02	322	92
	0.4H	74.5	-1.4	-0.02	71	269	44	-0.8	-0.02	272	89	23.1	0.7	0.03	321	91
	0.6H	67.8	0.7	0.01	71	271	40	0.4	0.01	272	91	22.5	0.7	0.03	329	8l
	0.8H	64.2	-0.8	-0.01	72	270	37.9	-0.5	-0.01	272	90	20.3	0.9	0.04	333	84
	底	52.7	-3.1	-0.06	70	270	31.1	-1.8	-0.06	271	90	14.9	1.6	0.11	304	n7
	垂	75.1	-1.1	-0.01	71	269	44.3	-0.6	-0.01	272	89	23.1	1.2	0.05	323	87
L3	表	69.4	1.8	0.03	247	53	40.9	1	0.03	267	53	39.7	2	0.05	320	78
	0.6H	64.4	-1.3	-0.02	250	58	38	-0.8	-0.02	271	58	24.9	2.2	0.09	318	63
	底	56.6	-1.8	-0.03	253	60	33.4	-1	-0.03	273	60	20.4	3.1	0.15	317	63
	垂	63.3	-0.3	-0.01	250	57	37.4	-0.2	-0.01	270	57	28.1	2.5	0.09	319	70
L4	表	54.3	-9.3	-0.17	54	287	32	-5.5	-0.17	75	287	8.5	3.3	0.38	268	80
	0.6H	40.3	0	0	80	277	23.8	0	0	281	97	21.6	0.2	-0.01	310	90
	底	37.8	2.1	0.06	68	276	22.3	1.2	0.06	89	276	28.1	5.7	0.2	314	98
	垂	43.2	-3	-0.07	67	280	25.5	-1.8	-0.07	87	280	18.8	3.1	0.17	306	94
L5	表	20.1	0.4	0.02	40	311	11.8	0.2	0.02	60	311	14.9	1.9	0.13	315	108
	0.6H	24.1	1	0.04	20	312	14.2	0.6	0.04	41	312	11.7	-3.1	-0.26	99	302
	底	14.9	1.3	0.09	8	321	8.8	0.8	0.09	28	321	7.4	-1	-0.14	92	302
	垂	19.1	0.6	0.03	24	314	11.3	0.4	0.03	44	314	10.6	-1.2	-0.11	295	112
L6	表	8.2	0.9	0.11	321	274	4.8	0.5	0.11	342	274	19.4	-3.4	0.17	328	145
	0.2H	16.6	-2	-0.12	44	320	9.8	-12	-0.12	65	320	6.2	2.5	0.41	318	260
	0.4H	12.1	-1.2	-0.1	21	325	7.1	-0.7	-0.1	41	325	10.1	2.2	0.21	313	262
	0.6H	18.6	0.3	0.01	16	325	11	0.2	0.01	37	325	8.7	4.4	-0.51	118	47
	0.8H	24	-1.2	-0.05	1	325	14.1	-0.7	-0.05	21	325	5.3	-1.6	-0.29	291	259
	底	15	-1.9	-0.12	359	326	8.8	-1.1	-0.12	20	326	3	0.9	-0.29	23	231
	垂	16.9	-0.8	-0.05	13	324	10	-0.5	-0.05	34	324	5.9	-1	-0.17	125	52

错误!未找到引用源。**（续表）海域各站主要分潮流及椭圆率（单位：cm/s，°）**

大潮		O1					M4					MS4				
		W	w	K	0	inc	W	w	K	0	inc	W	w	K	0	inc
L1	表	16.6	-0.1	-0.01	122	310	22.7	0.1	0.01	300	300	31.8	0.2	0.01	357	300
	底	15.6	-0.6	-0.04	115	313	18.2	0.8	0.04	295	301	25.4	1.1	0.04	352	301
	垂	16.1	-0.4	-0.02	118	312	20.4	0.4	0.02	298	300	28.6	0.6	0.02	355	300
L2	表	25.6	3	0.12	284	98	20.2	2.1	0.1	296	280	28.3	2.9	0.1	352	280
	0.2H	25.2	0.5	0.02	281	92	17.2	-1.1	-0.06	294	272	24.1	-1.6	-0.06	351	272
	0.4H	24	0.8	0.03	280	91	16.3	-0.8	-0.05	292	273	22.8	-1.1	-0.05	349	273
	0.6H	23.4	0.8	0.03	288	81	15.9	-2.2	-0.14	295	269	22.3	-3	-0.14	352	269
	0.8H	21.1	0.9	0.04	292	84	14.2	-4.2l	-0.3	290	272	19.9	-5.9	-0.3	347	272
	底	15.5	1.7	0.11	263	77	12.1	0.2	0.02	66	95	16.9	0.3	0.02	303	275
	垂	24	1.3	0.05	282	87	16.5	-1.5	-0.09	287	274	23.1	-2.1	-0.09	344	274
L3	表	41.4	2.1	0.05	279	78	19.6	0.2	0.01	73	69	27.4	0.2	0.01	309	249
	0.6H	25.9	2.3	0.09	277	63	15.1	2.3	0.15	54	64	21.2	3.2	0.15	111	64
	底	21.2	3.3	0.15	276	63	15.6	0.6	0.04	45	58	21.9	0.9	0.04	102	58
	垂	29.2	2.6	0.09	278	70	16.4	1.3	0.08	59	64	22.9	1.8	0.08	115	64
	表	8.9	3.4	0.38	46	260	32.5	4.1	0.13	9	91	45.5	5.7	0.13	66	91
	0.6H	22.5	-0.2	-o.01	89	270	28.7	-0.2	-0.01	24	102	40.1	-0.3	-0.01	261	282
	底	29.3	5.9	0.2	93	278	21.1	-0.3	-0.02	26	100	29.5	-0.5	-0.02	263	280
	垂	19.6	3.2	0.17	85	274	27.1	1.5	0.05	19	98	37.9	2.1	0.05	76	98
L5	表	15.5	2	0.13	94	288	6.7	1.7	0.26	236	359	9.4	2.4	0.26	293	359
	0.6H	12.2	-3.2	-0.26	58	302	2.1	-0.4	-0.21	39	85	3	-0.6	-0.21	276	265
	底	7.8	-1.1	-0.14	51	302	2.6	0.8	0.29	16	33	3.7	1.1	0.29	73	33
	垂	11.1	-1.2	-0.11	74	292	2	1	0.5	230	321	2.9	1.4	0.5	287	321
L6	表	20.3	-3.5	-0.17	107	325	7.7	1.4	0.18	6	146	10.8	1.9	0.18	243	326
	0.2H	6.5	2.6	0.41	97	80	5.5	4.6	0.84	31	148	7.7	6.5	0.84	268	328
	0.4H	10.5	2.2	0.21	92	82	7	1.5	0.21	24	154	9.8	2	0.21	261	334
	0.6H	9.1	-4.6	-0.51	77	47	8.9	1.5	0.17	214	340	12.4	2.1	0.17	271	340
	0.8H	5.6	-1.6	-o.29	69	79	7.7	-1.1	-0.15	211	358	10.8	-1.6	-o.15	268	358
	底	3.2	-0.9	-0.29	342	231	6.4	-2.3	-0.35	250	329	9.o	-3.2	-o.35	307	329
	垂	6.2	-1	-0.17	84	52	7.5	1	0.13	216	342	10.4	1.4	0.13	273	342

（2）2021 年水动力调查潮流的运动形式及椭圆要素

表 5.1-8 给出了 2021 年海洋水动力调查海域各站层主要分潮流的椭圆要素值。

表 5.1-8 各测站各层潮流椭圆要素（W、w：cm/s； inc：°）

站位		M2					S2					K1				
		W	w	K	θ	inc	W	w	K	θ	inc	W	w	K	θ	inc
L1	表	59.6	6.9	0.12	65	310	18.5	2.1	0.12	86	310	9.6	0.7	0.08	30	146
	底	55.6	0.1	0.00	63	302	17.2	0.0	0.00	83	302	6.6	2.8	0.42	47	123
	垂	57.4	3.6	0.06	64	306	17.8	1.1	0.06	84	306	7.8	1.5	0.19	39	136
L2	表	84.0	2.0	0.02	66	273	26.0	0.6	0.02	87	273	13.9	-0.7	-0.05	352	95
	中	78.2	-0.2	0.00	69	273	24.2	-0.1	0.00	90	273	15.0	-0.5	-0.03	8	84
	底	64.3	0.0	0.00	73	279	19.9	0.0	0.00	93	279	12.4	0.2	0.02	353	102

站位		M2					S2					K1				
		W	w	K	θ	inc	W	w	K	θ	inc	W	w	K	θ	inc
	垂	48.7	2.0	0.04	70	275	15.1	0.6	0.04	91	275	8.6	-0.4	-0.04	352	98
L3	表	79.9	-4.1	-0.05	249	63	24.8	-1.3	-0.05	270	63	7.1	0.4	0.05	355	33
	底	53.2	-5.0	-0.09	69	251	16.5	-1.5	-0.09	270	71	10.3	-1.1	-0.10	349	74
	垂	66.4	-4.5	-0.07	249	66	20.6	-1.4	-0.07	270	66	8.1	-0.5	-0.06	353	57
L4	表	60.7	-5.6	-0.09	66	269	18.8	-1.7	-0.09	87	269	15.1	-4.8	-0.32	322	98
	底	50.5	-1.2	-0.02	57	266	15.7	-0.4	-0.02	78	266	7.8	3.7	0.48	329	92
	垂	55.4	-3.3	-0.06	62	268	17.2	-1.0	-0.06	83	268	11.4	-0.6	-0.05	326	94
L5	表	22.7	-1.0	-0.04	52	304	7.0	-0.3	-0.04	73	304	5.0	-3.0	-0.60	136	25
	底	18.5	-0.4	-0.02	31	327	5.7	-0.1	-0.02	51	327	9.7	-1.1	-0.12	152	25
	垂	19.9	-1.4	-0.07	42	315	6.2	-0.4	-0.07	63	315	7.3	-2.0	-0.28	147	23
L6	表	14.9	1.6	0.11	25	335	4.6	0.5	0.11	45	335	20.2	11.0	0.54	151	357
	中	17.9	-0.9	-0.05	39	329	5.5	-0.3	-0.05	59	329	25.3	0.5	0.02	146	8
	底	20.1	-10.5	-0.52	332	349	6.2	-3.2	-0.52	353	349	10.2	-1.2	-0.11	347	200
	垂	15.8	-3.7	-0.23	14	329	4.9	-1.1	-0.23	35	329	18.2	3.6	0.20	154	7

注： W（cm/s）为对应分潮最大流速，即分潮流半长轴；w（cm/s）为对应分潮最小流速，即分潮流短半轴；k 为分潮流偏心率，半短轴与半长轴的比值，其负值表示椭圆沿顺时针方向移动； θ 为相位角；inc 为倾角，半长轴和 X 轴之间的角度。

错误!未找到引用源。**（续表）海域各站主要分潮流及椭圆率（单位：cm/s，°）**

大潮		O1					M4					MS4				
		W	w	K	θ	inc	W	w	K	θ	inc	W	w	K	θ	inc
L1	表	10.0	0.8	0.08	349	146	17.2	0.9	0.05	294	313	24.1	1.2	0.05	351	313
	底	6.9	2.9	0.42	6	123	13.8	3.2	0.23	303	301	19.3	4.4	0.23	360	301
	垂	8.1	1.5	0.19	358	136	15.4	1.9	0.12	298	308	21.5	2.6	0.12	355	308
L2	表	14.5	-0.7	-0.05	311	95	10.3	-3.6	-0.35	276	295	14.4	-5.0	-0.35	333	295
	中	15.7	-0.5	-0.03	327	84	7.3	3.1	0.43	287	292	10.3	4.4	0.43	344	292
	底	12.9	0.3	0.02	312	102	9.1	1.7	0.19	273	270	12.7	2.4	0.19	330	270
	垂	8.9	-0.4	-0.04	311	98	6.6	-1.2	-0.18	271	287	9.3	-1.7	-0.18	328	287
L3	表	7.4	0.4	0.05	314	33	20.3	5.3	0.26	41	54	28.4	7.4	0.26	98	54
	底	10.7	-1.1	-0.10	308	74	12.8	1.3	0.10	48	80	17.9	1.8	0.10	285	260
	垂	8.5	-0.5	-0.06	312	57	16.1	3.4	0.21	45	65	22.6	4.8	0.21	102	65
L4	表	15.8	-5.0	-0.32	281	98	30.6	6.1	0.20	21	92	42.9	8.6	0.20	78	92
	底	8.1	3.9	0.48	288	92	15.6	0.6	0.04	25	89	21.9	0.9	0.04	82	89
	垂	11.9	-0.6	-0.05	285	94	23.1	3.4	0.15	23	91	32.3	4.7	0.15	79	91
L5	表	5.2	-3.1	-0.60	95	25	5.2	4.7	0.90	355	227	7.3	6.6	0.90	232	47
	底	10.1	-1.2	-0.12	111	25	3.7	0.4	0.12	306	118	5.1	0.6	0.12	3	118
	垂	7.6	-2.1	-0.28	106	23	3.8	2.5	0.64	107	322	5.4	3.4	0.64	343	142
L6	表	21.0	11.5	0.54	110	357	8.4	1.8	0.22	249	333	11.8	2.5	0.22	305	333
	中	26.4	0.5	0.02	105	8	6.9	-1.5	-0.22	343	140	9.7	-2.1	-0.22	39	140
	底	10.7	-1.2	-0.11	126	20	3.9	3.2	0.83	243	11	5.4	4.5	0.83	299	11
	垂	19.0	3.8	0.20	113	7	4.9	1.6	0.33	26	141	6.9	2.3	0.33	263	321

注： W（cm/s）为对应分潮最大流速，即分潮流半长轴；w（cm/s）为对应分潮最小流速，即分潮流短半轴；k 为分潮流偏心率，半短轴与半长轴的比值，其负值表示椭圆沿顺时针方向移动； θ 为相位角；inc 为倾角，半长轴和 X 轴之间的角度。

5.1.3.3 潮流性质

在我国通常采用主要分潮流的椭圆长半轴之比 F 作为划分潮流性质的依据。

（1）2022 年调查海域潮流性质

表 5.1-9 列出了 2022 年各测站各层表征潮流性质的特征值 $F=(W_{O1}+W_{K1})/W_{M2}$，式中 W 为分潮流椭圆长半轴。可见，L1~L6 测站的各层次 F 值除 L4 表层和 L6 表、0.8H、底层外，F 比值均大于 0.5 小于 2，表现为不正规半日潮流；L4 测站表层和 L6 测站 0.8H、底层 F 值在 0～0.5 之间，表现为正规半日潮流；L6 表层 F 值大于 4，表现为正规全日潮流。可以认为，测验海区受地形影响，不正规半日潮流占优，正规半日潮及正规全日潮次之。

表 5.1-9 2022 年调查海域各测流站潮流性质的特征值 F

站位	层次	F
L1	表	0.55
	底	0.57
	垂	0.56
L2	表	0.65
	0.2H	0.64
	0.4H	0.63
	0.6H	0.68
	0.8H	0.64
	底	0.58
	垂	0.63
L3	表	1.17
	0.6H	0.79
	底	0.74
	垂	0.91
L4	表	0.32
	0.6H	1.09
	底	1.52
	垂	0.89
L5	表	1.52
	0.6H	0.99
	底	1.02
	垂	1.13
L6	表	4.83
	0.2H	0.77
	0.4H	1.7
	0.6H	0.96
	0.8H	0.46
	底	0.41
	垂	0.71

（2）2021 年调查海域潮流性质

表 5.1-10 列出了各测站各层表征潮流性质的特征值 $F=(W_{O1}+W_{K1})/W_{M2}$，式中 W 为分潮流椭圆长半轴。

可见，调查海域内 L1~L4 测站的各层次 F 值在 0.2～0.5 之间，均为规则半日潮流；L5 有部分层次的 F 比值大于 0.5 小于 2，为不正规半日潮流；L6 测站除底层外各层次 F 值在 2～4 之间，为不正规全日潮流；可以认为，测验海区受地形影响，正规半日潮流占优，不正规半日潮及不正规全日潮次之。总体而论，本水域的潮流性质受地形影响严重，应属于不规则半日潮流。

表 5.1-10 2021 年调查海域各测流站潮流性质的特征值 F

站位	层次	F
L1	表	0.3
	底	0.2
	垂	0.3
L2	表	0.3
	中	0.4
	底	0.4
	垂	0.4
L3	表	0.2
	底	0.4
	垂	0.2
L4	表	0.5
	底	0.3
	垂	0.4
L5	表	0.4
	底	1.1
	垂	0.7
L6	表	2.8
	中	2.9
	底	1.0
	垂	2.4

5.1.3.4 可能最大流速和水质点可能最大运移距离

（1）2022 年水动力调查海域潮流可能最大流速和水质点可能最大运移距离

根据各站层的潮流性质，按相关规定，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 5.1-11 中。

L3 测站表层潮流可能最大流速最大，流速值为 228.52cm/s，对应流向为 24°；L6 测站表层的潮流可能最大流速最小，流速值为 19.33cm/s，对应流向 167°。测区六个测站各层次潮流可能最大流速对应流向偏落潮流方向。

表 5.1-11 2022 年调查海域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	层次	可能最大流速		可能最大运移距离	
		流速（cm/s）	方向（°）	距离（m）	方向（°）
L1	表	176.61	149	21.45	149
	底	152.7	149	18.82	149
	垂	164.6	149	20.13	149
L2	表	45.79	345	17.18	349
	0.2H	43.71	355	16.74	357
	0.4H	41.16	358	15.86	359
	0.6H	42.85	16	15.85	12
	0.8H	36.97	11	14.06	8
	底	25.69	24	10.06	17
	垂	40.1	5	15.85	4
L3	表	228.52	24	49.7	20
	0.6H	217.5	30	36.37	29
	底	193.8	30	30.68	29
	垂	224.03	29	38.78	25
L4	表	85.6	162	12.18	163
	0.6H	34.93	172	4.85	173
	底	86.31	173	12.3	173
	垂	67.06	170	9.81	170
L5	表	53.24	126	6.97	134
	0.6H	74.35	143	15.67	144
	底	46.58	128	9.8	142
	垂	44.15	135	6.14	137
L6	表	19.33	167	2.96	162
	0.2H	35.7	129	4.77	128
	0.4H	27.17	123	3.5	119
	0.6H	64.9	104	9.22	69
	0.8H	64.83	116	7.9	118
	底	45.57	131	5.48	142
	垂	54.69	108	7.24	94

（2）2021 年水动力调查海域潮流可能最大流速和水质点可能最大运移距离

根据各站层的潮流性质，按相关规定，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 5.1-12 中。L3 测站表层潮流可能最大流速最大，流速值为 195.44cm/s，对应流向分别为 31°和 146°；L3 测站底层的潮流可能最

大流速最小，流速值为 32.5cm/s，对应流向 199°。测区各测站各层次潮流可能最大流速对应流向偏落潮流方向。

表 5.1-12 2021 年调查海域各站层潮流可能最大流速

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）
L1	表	122.65	142	11.75	147
	底	113.14	148	11.69	149
	垂	117.76	145	11.77	147
L2	表	136.07	174	13.48	176
	中	118.41	172	11.26	167
	底	104.47	173	9.59	174
	垂	80.09	174	7.68	175
L3	表	195.44	31	26.05	33
	底	32.5	199	3.82	11
	垂	166.78	25	23.18	26
L4	表	33.7	193	2.84	317
	底	42.23	187	4.89	190
	垂	37.52	188	2.81	201
L5	表	41.08	129	6.54	104
	底	47.79	90	10.81	81
	垂	40.27	104	8.51	91
L6	表	84.72	105	20.47	96
	中	98.08	91	25.09	87
	底	43.01	96	5.7	96
	垂	74.15	93	18.55	88

5.1.4 余流分析

（1）2022 年调查海域各测站余流分析

表 5.1-13 为大潮期间各测站的余流，图 5.1-9 是各站余流分布图。

由此可见：测区大潮余流相对较大，整个测验期间的大潮平均余流为 2.66cm/s，对应流向 202°。最大余流出现在大潮汛时 L3 测站表层，流速值为 16.66cm/s，对应流向 215.27º。此次测验期间，测区 L1~L6 六个测站的余流流向整体偏落潮流方向。

表 5.1-13 调查海域各站大潮余流(单位：cm/s，°)

站位	层次	流速（cm/s）	方向（°N）
L1	表	6.45	149.33
	底	6.42	158.12
	垂	6.42	153.72
L2	表	14.63	191.83
	0.2H	14.45	192.89
	0.4H	13.4	198.23

站位	层次	流速（cm/s）	方向（°N）
	0.6H	11.28	198.26
	0.8H	10.57	206.91
	底	12.29	204.58
	垂	13.8	198.89
L3	表	16.66	215.27
	0.6H	16.28	208.69
	底	11.54	225.54
	垂	14.81	212.21
L4	表	6.36	144.85
	0.6H	4.72	357.62
	底	6.87	357.49
	垂	2.37	26.39
L5	表	4.28	241.51
	0.6H	4.32	245.53
	底	3.44	163.39
	垂	3.26	223.29
L6	表	9.83	194.55
	0.2H	4.56	252.28
	0.4H	4	309.28
	0.6H	6.02	355.96
	0.8H	6.46	25.02
	底	4.05	38.27
	垂	2.41	341.33

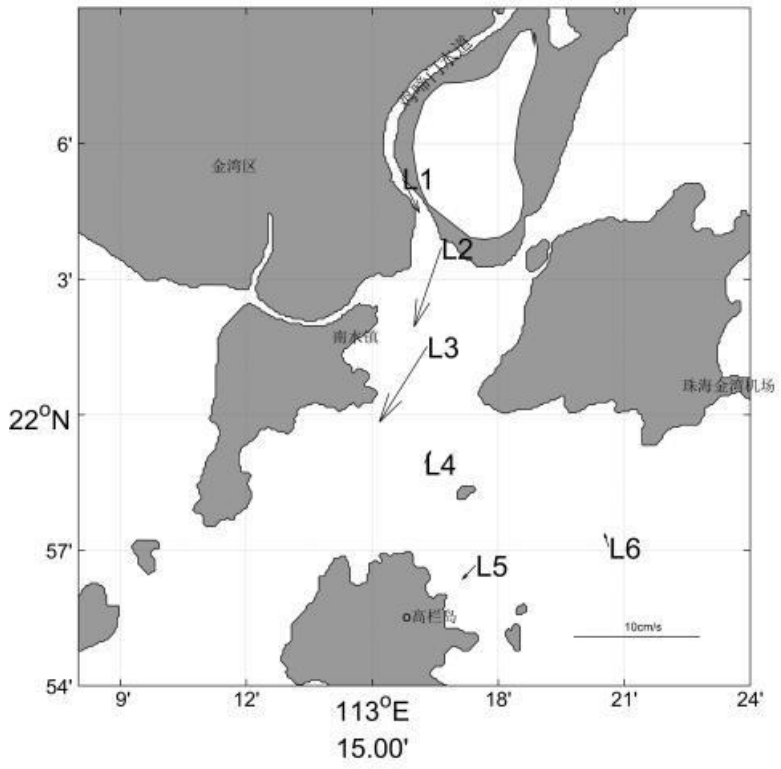


图 5.1-9 各站余流分布图

（2）2021 年调查海域各测站余流分析

表 5.1-14 为大潮期间各测站的余流，图 5.1-10 是各站余流分布图。从图表中可知，调查海域余流相对较大，整个测期间内平均余流为 9.19cm/s，对应流向 222°。最大余流出现在 L6 测站表层，流速值为 27.63cm/s，对应流向 257º。测区 L1~L6 六个测站的余流流向整体偏落潮流方向。

表 5.1-14 调查海域各站大潮余流(单位：cm/s，°)

站位	测层	流速	流向
L1	表层	3.76	209.69
	底层	3.35	293.51
	垂线	2.65	248.59
L2	表层	17.66	203.00
	0.6H	11.78	186.49
	底层	3.85	201.79
	垂线	10.99	197.04
L3	表层	20.32	220.99
	底层	6.48	189.14
	垂线	13.03	213.45
L4	表层	11.68	202.45
	底层	6.44	193.35
	垂线	9.03	199.22
L5	表层	4.12	235.45
	底层	5.21	226.47
	垂线	4.65	230.43
L6	表层	27.63	256.55
	0.6H	18.50	238.33
	底层	4.22	237.92
	垂线	16.57	248.30

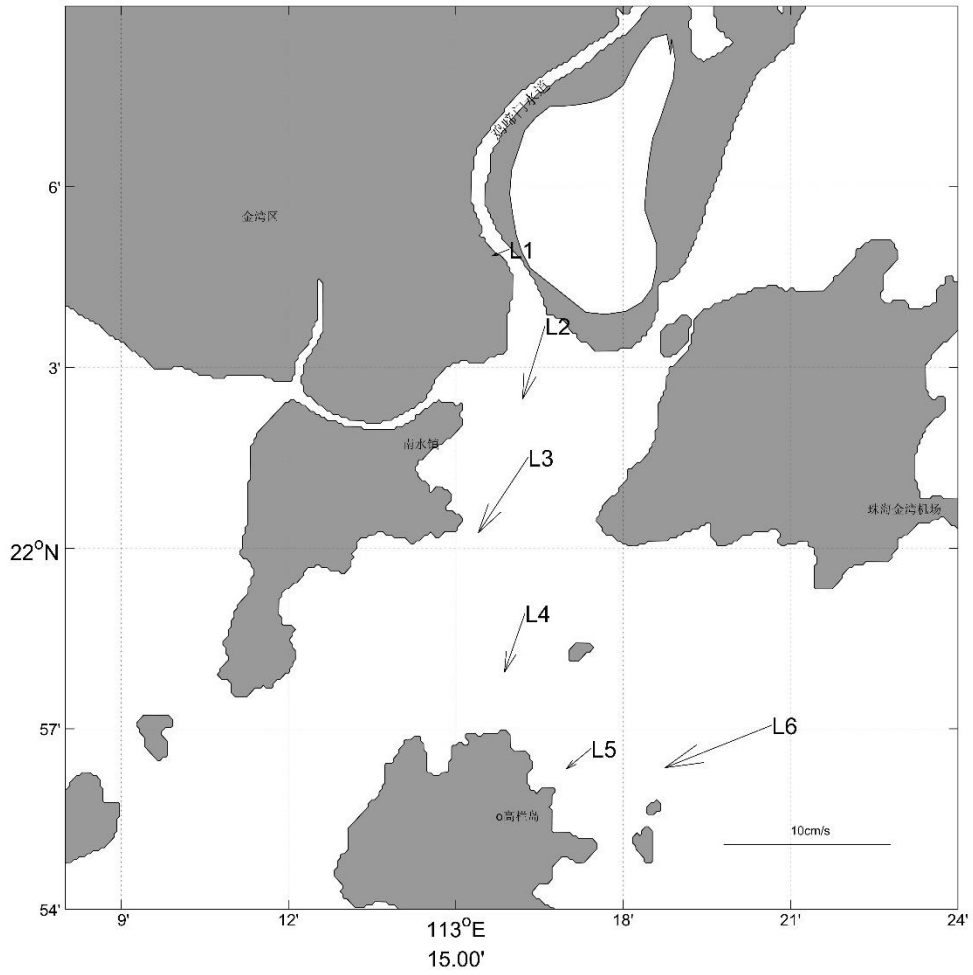


图 5.1-10 各站余流分布图

5.1.5 悬浮泥沙

（1）2022 年调查海域各测站悬浮沙分析

表 5.1-15 统计了各站悬浮泥沙浓度的特征值情况。从含沙量特征值统计表来看，L1~L6 站垂线平均含沙量分别为 24.1 mg/L、30.5 mg/L、26.8 mg/L、46.1 mg/L、56.3 mg/L 和 35.6 mg/L，整体上 6 个站位差异较大，越靠近鸡鸣山水道出口浓度越大； 在垂向上，含沙量基本呈现表层<中层<底层的趋势；在空间上，整体呈现内海>外海的特点。

表 5.1-15 各站含沙量特征值统计表（kg/m^3）

站位	层次	最大	最小	平均值
Ll	表	43.2	10.5	23.3
	底	37.2	14.9	24.9
	垂	39.4	15	24.1
L2	表	44.4	17.9	31.1

站位	层次	最大	最小	平均值
	0.2H	81.9	15.7	35
	0.4H	48.2	17.6	29.9
	0.6H	46.6	14.6	27.7
	0.8H	45.8	14.6	29
	底	50.8	16.8	30.4
	垂	46.4	19.7	30.5
L3	表	43.5	15.7	25.8
	0.6H	39.9	18.1	28
	底	42.6	16.8	26.7
	垂	34.7	20.9	26.8
L4	表	88.6	20.2	47.1
	0.6H	91.2	18	50.3
	底	88.1	13.5	41
	垂	78	20	46.1
L5	表	82.6	36.7	56.1
	0.6H	97.8	31.4	61
	底	76.7	1.2	51.7
	垂	82.6	30.6	56.3
L6	表	69.4	23.3	37
	0.2H	79.1	23.6	39.9
	0.4H	49.9	21.3	34.2
	0.6H	66.1	21.4	33.3
	0.8H	56.7	10.4	34.7
	底	52.1	21.6	34.4
	垂	57.2	24.7	35.6

（2）2021 年调查海域各测站悬浮沙分析

表 5.1-16 统计了各站悬浮泥沙浓度的特征值情况。根据统计结果可知： L1~L6 站垂线平均含沙量分别为 46.3mg/L、27.7mg/L 、23.3mg/L、26.2mg/L、19.6mg/L、16.2mg/L，整体上 6 个站位的均较小；在垂向上，含沙量基本呈现表层<中层<底层的趋势。

表 5.1-16 各站含沙量特征值统计表（kg/m^3）

站位	层次	最大	最小	平均值
L1	表层	128.0	13.5	39.6
	底层	110.0	18.3	53.0
	垂线	116.5	19.8	46.3
L2	表层	63.7	14.9	24.4
	0.6H	54.5	11.8	28.6
	底层	66.8	9.0	30.1
	垂线	60.8	16.7	27.7

站位	层次	最大	最小	平均值
L3	表层	49.9	10.6	19.9
	底层	64.7	12.3	26.6
	垂线	57.3	12.0	23.3
L4	表层	40.3	10.1	22.5
	底层	58.1	14.8	29.9
	垂线	45.3	13.1	26.2
L5	表层	42.0	7.1	16.6
	底层	50.3	7.5	22.5
	垂线	46.2	7.3	19.6
L6	表层	20.2	4.7	13.5
	0.6H	23.5	6.6	14.2
	底层	53.9	12.1	20.9
	垂线	23.1	11.1	16.2

（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 5.1-17、表 5.1-18 列出了根据现场观测流速、水深、含沙量参数计算出的全潮单宽输沙量统计结果。

2022 年观测期间最大涨潮输沙量出现于 L2 站，为 7.17t/m，方向为 185°，其次为 L3 站，为 3.16t/m，方向为 213°；最大落潮输沙量也出现在 L2 站，为 5.16t/m，方向为 355°。

2021 年观测期间最大涨潮输沙量出现于 L2 站，为 4.31 t/m，方向为 350°，其次为 L1 站，为 2.86 t/m，方向为 319 °；最大落潮输沙量也出现在 L2 站，为 4.08 t/m，方向为 178°。

整体而言，净输沙方向以西向为主。

表 5.1-17 各站全潮单宽输沙量统计表（2022 年）

站位	涨潮		落潮		净输沙	
	输沙量	方向	输沙量	方向	输沙量	方向
	（t/m）	（°）	（t/m）	（°）	（t/m）	（°）
Ll	1.69	15o	1.55	327	0.15	174
L2	7.17	185	5.16	355	2.27	209
L3	3.16	213	1.96	33	1.2	213
L4	2.3	168	2.27	352	0.14	89
L5	0.96	160	1.14	295	0.82	239
L6	0.38	122	0.8	311	0.42	318

表 5.1-18 各站全潮单宽输沙量统计表（2021 年）

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（°）
L1	2.86	319	2.96	148	0.46	221
L2	4.31	350	4.08	178	0.66	284
L3	2.13	19	2.49	207	0.49	246
L4	1.57	356	2.15	186	0.67	212
L5	0.48	305	0.47	177	0.42	241
L6	1.07	262	0.73	232	1.74	250

5.2 地形地貌与冲淤环境现状调查与评价

5.2.1 区域地貌与淤积趋势

珠江三角洲地区是河流泥沙不断充填古海湾、切过古海湾内北东向展布的岭地而形成的，迄今尚未填满这个古海湾，万山群岛仍屹立海中。三角洲平原上河网纵横，间有岛状丘陵，岸外岛屿大多呈岛群状 NE 向分布。珠江流域上游主要由西江、北江和东江三大水系组成，其中西江水沙量居主导地位。珠江下游经崖门、虎跳门、鸡啼门、磨刀门、横门、洪奇门、蕉门和虎门共八大口门注入南海。在口外形成黄茅海水域、鸡啼门水域、磨刀门水域和伶仃洋水域. 黄茅海水域位于珠江河口西南部，是崖门和虎跳门口外的喇叭形河口湾。鸡啼门水域位于黄茅海东侧，其鸡啼门是珠江八大出海口门中较小的一个，且其径流量在珠江八大口门中所占比例也很小。磨刀门的入海水沙通量在珠江口八大口门中均居首位，磨刀门水道也是珠江三角洲的首要泄洪通道和输沙出海通道。伶仃洋水域位于珠江口东部，上游来水包括西江、北江大部分径流和东江的全部径流，分别自横门、洪奇门、蕉门和虎门入海。珠江丰水少沙，多年平均入海径流量 $3260\times10^8m^3$、悬移质泥沙 7098×10^4t，各口门入海水沙分配不均，但均在口门附近形成拦门浅滩，同时形成 SW 向的沿岸泥沙流，发育了宽阔的珠江口西滩。高栏海区入海口门有磨刀门、鸡啼门、虎跳门和崖门，合计年入海水量 1518 亿 m^3、悬移质泥沙 3709 万 t。

项目所在的高栏海区第四系沉积可分为二个地层，即上部海相层和下部陆相层。第四纪沉积环境变迁主要是由全球范围的冰川性海面变动引起的，晚更新世以来，华南和珠江三角洲地区均发生了二次大范围的海侵，这二次海侵过程引起了高栏海区的沉积环境演变。大约 1～3 万年前，高栏海域仍为陆地，通过 7000～10000 年前及 2500～7000 年前的二次海侵（海面上升），高栏海区沦为深水海湾，距今

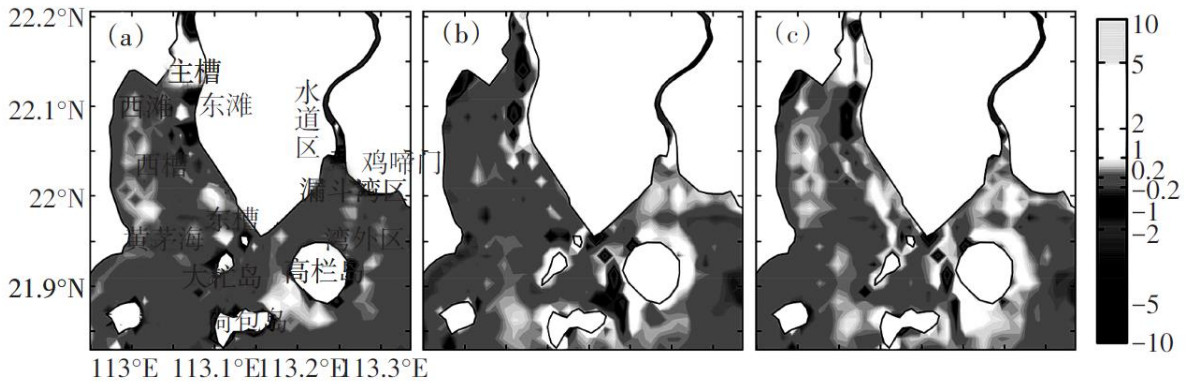
2500 年以来，由于河流作用明显加强，珠江鸡啼门、磨刀门及崖门诸河口向海推进，高栏海区向河口湾转化。在南水岛和高栏岛之间的海域，由于鸡啼门及其以东的珠江河口推进较快，接受泥沙较多，滩涂淤积较快。

高栏港区附近海水下地形由四槽二滩所构成。四槽是：①纵向穿越三角山－大杧峡口和荷包－高栏峡口，呈 W～SE 走向，宽 1.2～4.5 km，水深 3～9 m。由潮流（主要是涨潮流）冲刷而成；②纵向穿越三角山～南水峡口，呈 NW－SE 向，宽 1.5～6 km，水深 2～5 m，亦是由涨潮流冲刷而成；③横向穿越南水－高栏之间呈 NE－SW 向，水深 2～3 m；④横向穿越大杧峡口及荷包－高栏峡口 NW-SE 向深槽为主槽，其宽度和深度均较其它三槽为大。二滩是：①南水半岛－高栏岛之间的岛影浅滩；②大杧岛～荷包岛之间的岛影浅滩。

5.2.2 鸡啼门水域冲淤演变

根据胡煌昊等人对珠江河口水下三角洲冲淤演变分析，鸡啼门水域地貌结构较为简单，从上到下依次是水道区，漏斗湾区和湾外区，有一条南向主槽。整个区域在 20 世纪 90 年代后发生了大规模的淤积（图 5.2-1）。水道区主槽在 20 世纪 90 年代前有所冲刷，但在 20 世纪 90 年代后淤积超过 2m 。在漏斗湾区内，2000 年左右时主槽所在的位置以东，原 60~70 年代时主槽所在的位置表现为 1~2 m 的淤积，说明了主槽有向西岸移动的变化趋势。漏斗湾水域在 90 年代基本上表现为冲转淤或者淤积增强的状态。湾外区拦门沙在 20 世纪 90 年代前表现为 0~0.5 m 的淤积，而在 20 世纪 90 年代的十年间表现为 0.2~2 m 的淤积，淤积增强。20 世纪 90 年代高栏岛沿岸有 0~2 m 的淤积，越向岸边淤积越强。总体上湾外区表现为淤积增强的状态。

经分析，鸡啼门水域淤积渐强的原因可能是多方面共同作用引起的。一方面，鸡啼门上游围垦工程使白藤湖与河道分离后，河口纳潮量减小，潮汐动力减弱，为河口淤积创造了条件，加之高栏—南水连岛大堤建成后切断了东西向的沿岸流通道，进一步减弱了鸡啼门水域的动力条件，尤其是高栏岛以北区域，泥沙更易淤积。此外，三灶岛北部围垦堵控大门水道后，来自大门水道的径流动力完全消失，造成鸡啼门水域漏斗湾东部淤积增强。



3–a 1960年代－1990年代 3–b 1990年代－2000年代 3–c 1960年代－2000年代

图 5.2-1 黄茅海和鸡啼门水域冲淤变化（后一时期水深减去前一时期水深）

5.2.3 项目区域河床演变

项目厂区河床演变分析工作按照分析局部区域历史资料+现场调查补充的方法开展。

（1）工程区局部区域河床演变

本次收集到项目区鸡啼门水道右岸建材码头（位于鸡啼门大桥下游 1.9km）及鹤港高速跨鸡啼门水道大桥两个局部区域水深地形历史调查成果。

1）建材码头附近区域

本次收集到建材码头上游 400m~下游 400m 范围 2008 年、2018 年的水深地形图，将该段划分为 5 个断面，断面间距 200m，各断面冲淤比较图见图 5.2-2，各断面水道特性参数见表 5.2-1。

表 5.2-1 断面河道特性变化统计表（绘图水位）

断面位置	河宽		最大水深	
	2008 年	2018 年	2008 年	2018 年
1#	812	815	7.1	7.2
2#	908	909	6.5	6.7
3#	900	901	7.2	7.3
4#	881	883	6.8	6.9
5#	849	851	7.1	7.4

河宽变化：按绘图水位下的断面相应的水面宽度进行计算分析，2008 年河宽在 812~908m 范围，2018 年河宽在 815~909m 范围，受两岸堤围的约束，两个年份的河宽变化不大。

断面水深变化：各断面的平均水深变化较小，2008 年最大水深在 6.5~7.2m 范围内，2018 年最大水深在 6.7~7.4m 范围内，各断面水深变化不大，河床基本保持稳

定。

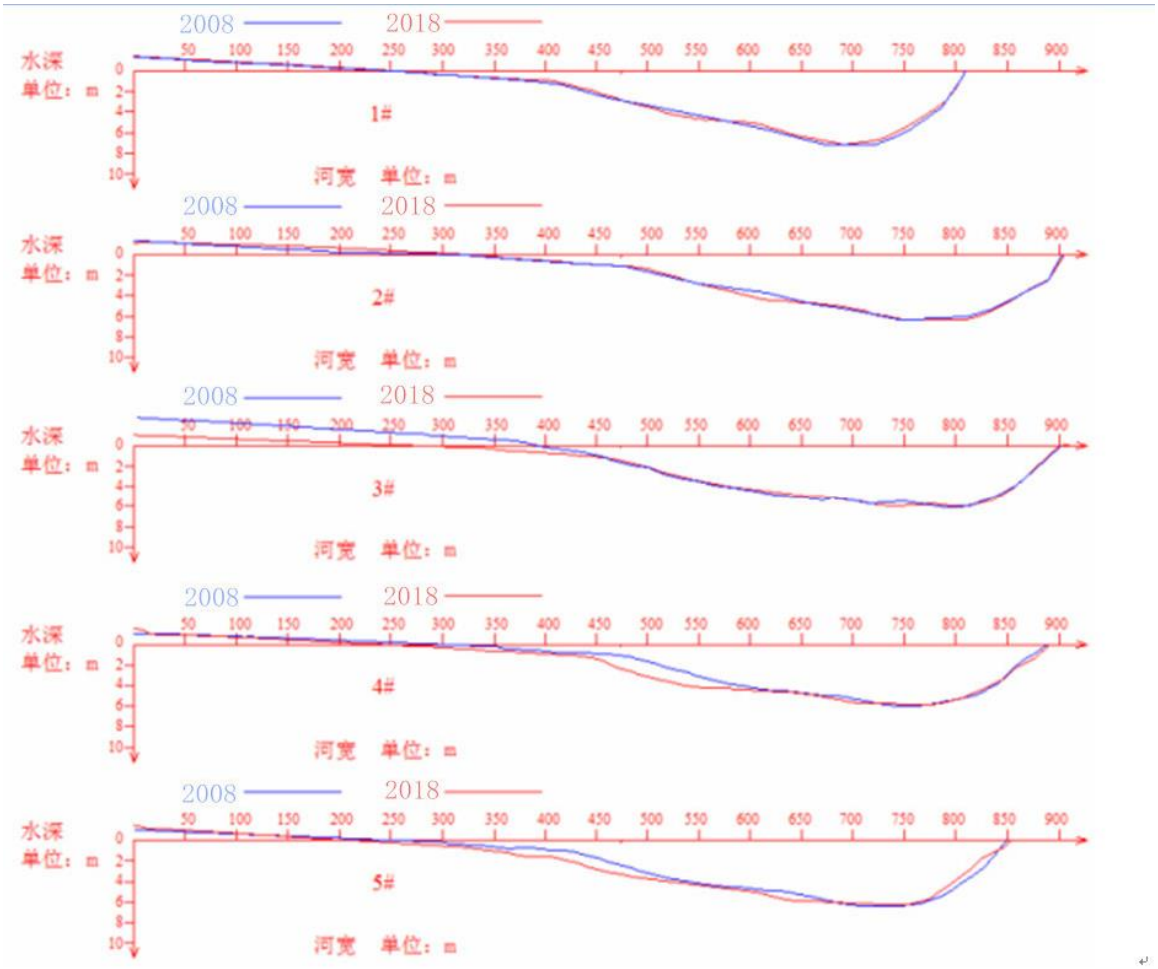


图 5.2-2 断面冲淤分析比较图

2）鹤港高速跨鸡啼门水道大桥附近区域

本次收集到鹤港高速跨鸡啼门水道大桥上游 500m~下游 500m 范围 2008 年、2014 年测量的水道水深地形图，将该段划分为 5 个断面，断面间距 200m，各断面冲淤比较图见图 5.2-3，各断面水道特性参数见表 5.2-2。

表 5.2-2 断面河道特性变化统计表（绘图水位）

断面位置	河宽		最大水深	
	2008 年	2014 年	2008 年	2014 年
1#	842	845	7.2	7.9
2#	941	944	7.5	8.2
3#	926	923	7.5	8.3
4#	881	885	7.0	7.9
5#	849	857	6.5	7.2

河宽变化：按绘图水位下的断面相应的水面宽度进行计算分析，2008 年河宽在

842~926m 范围，2014 年河宽在 845~944m 范围，由以上两个年份的测图可知，桥址河段两岸已建有挡水墙和石砌堤岸，由于河堤的约束作用河宽变化较小。

面水深变化：2008 年各断面的最大水深为 6.5 ~7.5m 范围内，2014 年各断面的最大水深在 7.2~8.3m 范围内，总体上河床有所下切，但水深变化不大，河床深泓线基本保持稳定。

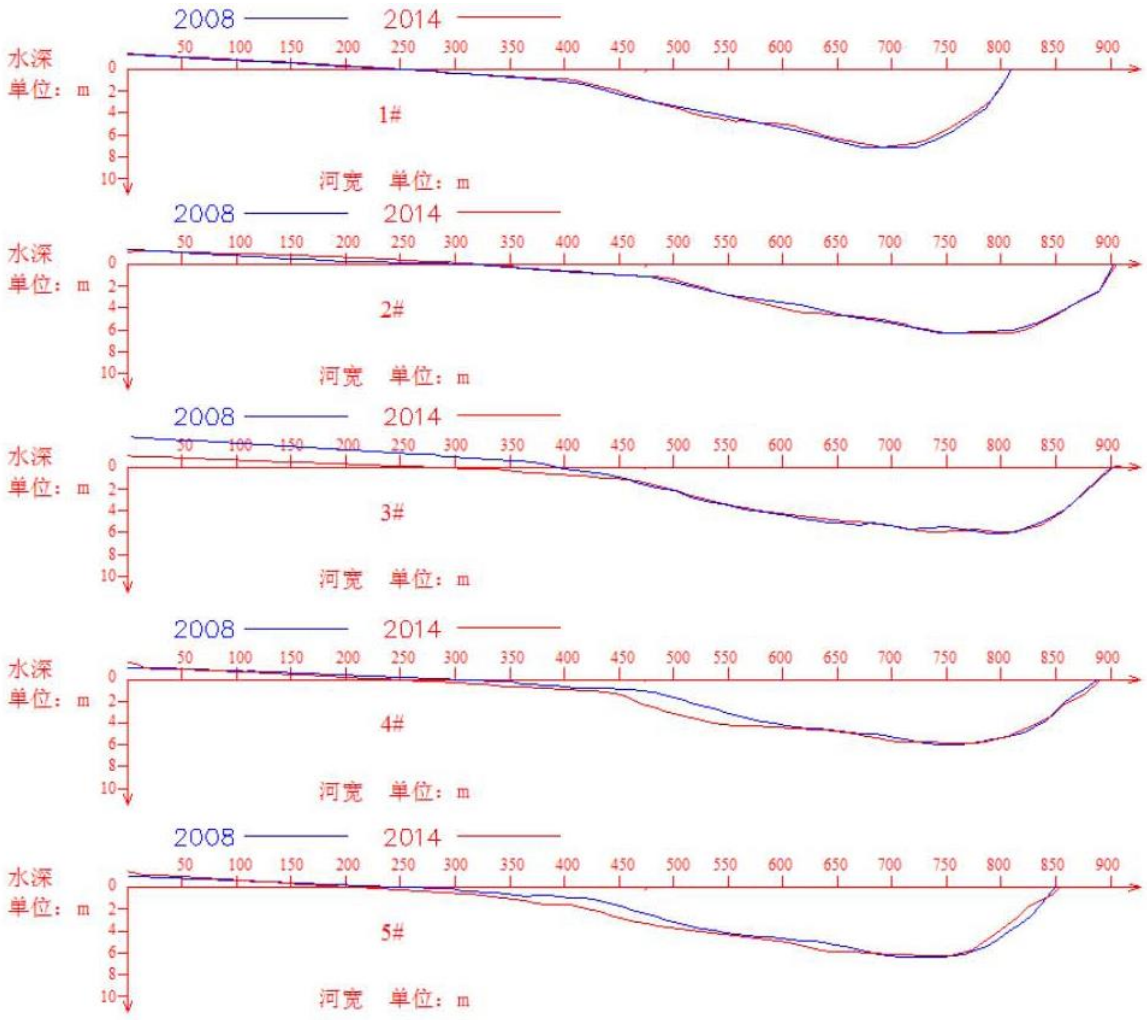


图 5.2-3 断面冲淤分析比较图

（2）工程区河床冲淤现状调查

平沙东堤段：PSD0+495 至 PSD2+880 段：现状堤段临海侧因淤积形成大片淤泥质岸滩，平均宽度在 200m~300m，滩面有轻微冲刷，岸滩稳定时间在 1~2 年之间。堤段临海侧与现状滩面之间存在小面积坑塘滩涂；PSD2+880 至 PSD3+788 段：现状堤段临海侧有宽度约 80m～200m 的淤泥岸滩，滩面破碎化，且有轻微冲刷，岸滩的稳定时间在 2 年左右。目前滩面上分布有少量植被，滩地间的水域水体流动性不佳。

红旗堤：红旗堤段因处于凹岸，受鸡啼门水道水流冲刷，冲刷强度相对右岸平沙东堤高，因此无外滩或外滩狭窄。从鸡啼门大桥开始至鹤港高速段，堤外现状主要为少量自然生长的红树林与盐沼滩涂，宽度在 20m~50m 不等。鹤港高速至小木乃山段受上游下泄河水冲刷作用减小，且有小木乃遮挡，滩涂 20m~100m 不等，分布有带状红树林群落。

总体来看，工程厂区冲淤现状特点如下：

1）项目场地地基土多为海陆交互相沉积成因淤泥与淤泥质黏土，土层软弱，抗冲刷能力较差；

2）沿鸡啼门水道纵向，项目厂区烂柴角海堤段处于鸡啼门水域水道区和漏斗湾区过度区，受上溯潮流迎流顶冲作用强，易受冲刷；红旗堤从鸡啼门大桥开始至鹤港高速段，处于水道凹岸，受鸡啼门水道下泄水流冲刷；平沙东堤段呈轻微冲刷，且滩地破碎，水动力不足；

3）沿鸡啼门水道横向，由于近年来，垂直海堤改变了近岸沉积物的水动力环境条件，加剧了海岸侵蚀。鸡啼门航道水深较大，波浪在防波堤堤根处破碎，波浪破碎及反射均增强了对海底的作用力。因此，泥沙在波浪作用下起动，后被潮流运移至深水区沉降。由此形成“浅水冲深水淤”的态势，即防波堤外侧海域在近岸为冲刷态势。受水道形态、表层地基土土质、及潮流、波浪及入海水流等动力条件作用，鸡啼门大桥以下航道深槽稍偏向左岸（东岸）。

5.3 海水水质现状调查及评价

本项目海水水质评价工作等级确定为一级，需开展至少春、秋两季海水环境质量调查工作。建设单位委托福州市华测品标检测有限公司开展了项目附近海域海洋环境现状调查，调查时间为 2021 年 9 月和 2022 年 4 月。

5.3.1 调查概况

2021 年 9 月、2022 年 4 月调查均布设 20 个水质调查站位，12 个沉积物站位，12 个海洋生态环境调查站位，6 个潮间带断面。调查站位见表 5.3-1 及图 5.3-1。

表 5.3-1　2021 年 9 月、2022 年 4 月调查站位及内容

站位	经度（E）	纬度（N）	调查内容
D1	113°15′29.00″	22°5′46.00″	水质、沉积物、生态

站位	经度（E）	纬度（N）	调查内容
D2	113°15′47.00″	22°5′12.00″	水质
D3	113°16′12.00″	22°4′34.00″	水质、沉积物、生态
D4	113°16′26.00″	22°3′58.00″	水质、沉积物、生态
D5	113°16′30.00″	22°3′15.00″	水质
D6	113°16′30.00″	22°2′35.00″	水质、沉积物、生态
D7	113°15′47.00″	22°1′53.00″	水质、沉积物、生态
D8	113°16′44.00″	22°1′54.00″	水质
D9	113°15′18.00″	22°0′55.00″	水质
D10	113°17′13.00″	22°0′59.00″	水质、沉积物、生态
D11	113°16′16.00″	21°59′50.00″	水质、沉积物、生态
D12	113°18′58.00″	21°59′50.00″	水质
D13	113°16′56.65″	21°58′35.17″	水质
D14	113°19′58.79″	21°58′44.97″	水质、沉积物、生态
D15	113°16′49.89″	21°57′8.05″	水质、沉积物、生态
D16	113°19′49.80″	21°57′27.34″	水质
D17	113°22′49.89″	21°58′16.36″	水质、沉积物、生态
D18	113°17′51.86″	21°54′24.31″	水质、沉积物、生态
D19	113°20′13.36″	21°55′18.42″	水质
D20	113°21′53.61″	21°56′32.79″	水质、沉积物、生态
C1	113°16′1.00″	22°4′36.00″	潮间带生物
C2	113°16′34.00″	22°4′11.00″	
C3	113°16′19.00″	22°3′39.00″	
C4	113°16′44.00″	22°3′13.00″	
C5	113°16′19.00″	22°2′59.00″	
C6	113°15′40.00″	22°2′21.00″	

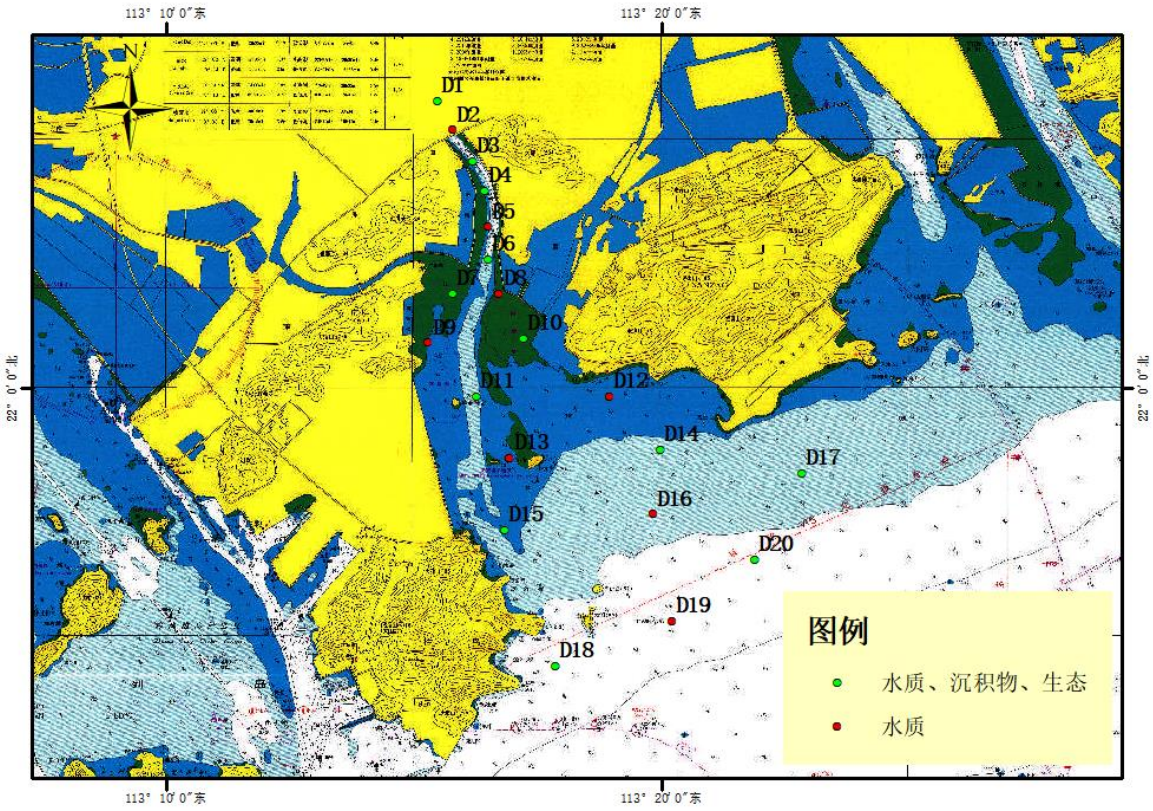


图 5.3-1a 调查站位图（水质、沉积物、海洋生态）

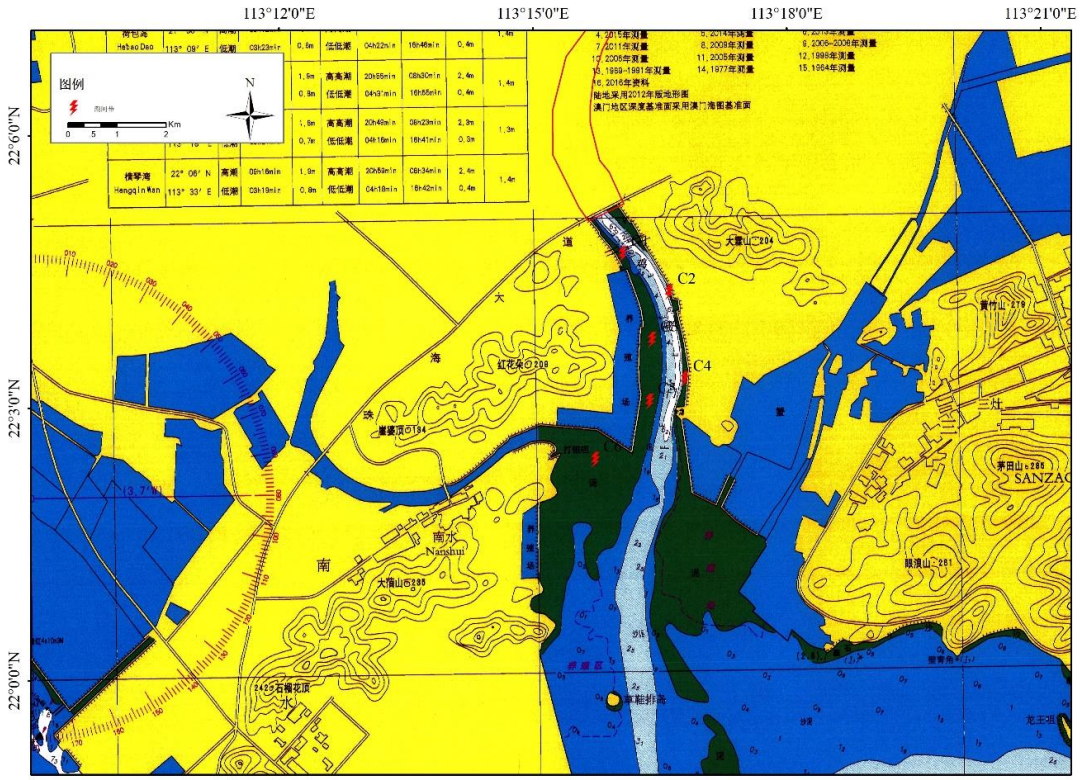


图 5.3-1b 调查站位图（潮间带生物）

5.3.2 调查与分析方法

（1）调查项目

调查项目包括：温度、pH、溶解氧、盐度、化学需氧量（COD）、悬浮物（SS）、亚硝酸盐、硝酸盐、氨、活性磷酸盐、铜（Cu）、铅（Pb）、镉（Cd）、锌（Zn）、砷（As）、总汞（Hg）、总铬（Cr）、石油类、硫化物、挥发酚共计 19 项。

（2）样品采集、贮存和运输

所用调查船只进入预定站位，使用 GPS 进行定位，测量水深。根据实测水深，进行透明度、水色等现场观测，并按照《海洋监测规范》、《海洋调查规范》和《近岸海域环境监测规范》中的相关要求进行。采样时严禁船舶排污，采样位置应远离船舶排污口，并严格按照相关规定程序和操作要求进行样品的分装、预处理、编号记录、贮存和运输。

（3）分析方法

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，超出的项目参照其他行业标准测试，各项目的分析方法如表 5.3-2。

表 5.3-2 样品采集、分析方法一览表

序号	监测项目	样品采集、预处理及保存方法	测定方法	检出限
1	pH	现场测定	GB17378.4/26-2007 pH 计法	——
2	温度	现场测定	GB 17378.4-2007（25.1）温度计	——
3	盐度	现场测定	GB/T12763.2/6.2.1-2007（温盐深仪） CTD	——
4	悬浮物	0.45 μm， φ 60 mm 微孔滤膜现场过滤	GB17378.4/27-2007 重量法	——
5	溶解氧 (DO)	加 1 mLMnCl2 和 1 mL KI-NaOH 溶液固定，现场测定	GB17378.4/31-2007 碘量法	0.028mg/L
6	化学需氧量（CODMn）	现场测定	GB17378.4/32-2007 碱性高锰酸钾法	0.096mg/L
7	氨盐	现场用 0.45μm， φ 60mm 微孔滤膜过滤、现场测定或过滤后 -20℃冷冻保存	GB17378.4/36.2-2007 次溴酸钠氧化法	0.2ug/L
8	硝酸盐		GB17378.4/38.1-2007 镉柱还原法	1.27ug/L
9	亚硝酸盐		GB17378.4/37-2007 萘乙二胺分光光度法	0.32ug/L
10	活性磷酸盐		GB17378.4/39.1-2007 磷钼蓝分光光度法	1.0ug/L

11	石油类	正己烷萃取	GB17378.4/13.2-2007 紫外分光光度法	3.5ug/L
12	挥发酚	加 H2PO4 至 pH<4，每升水样加 2g 硫酸铜	GB17378.4/19-2007 4-氨基安替比林分光光度法	1.1
13	硫化物	亚甲基蓝分光光度法	紫外可见分光光度计 T6 新世纪	0.2μg/L
14	铜（ Cu）	用 0.45μm，φ60mm 微孔滤膜过滤加 HNO3 至 pH<2 低温冷藏	GB17378.4/6.1-2007 无火焰原子吸收分光光度法	0.2ug/L
15	铅（ Pb）		GB17378.4/7.1-2007 无火焰原子吸收分光光度法	0.03ug/L
16	镉（ Cd）		GB17378.4/8.1-2007 无火焰原子吸收分光光度法	0.01ug/L
17	锌（ Zn）		GB17378.4/9.1-2007 火焰原子吸收分光光度法	3.1ug/L
18	汞（ Hg）	加 H_2SO4 至 pH<2	GB17378.4/5.1-2007 原子荧光法	0.007ug/L
19	总铬（ Cr）	加 H2SO4 至 pH<2 低温冷藏	GB17378.4/10.1-2007 无火焰原子吸收分光光度法	0.4ug/L

5.3.3 调查与评价结果

5.3.3.1 调查结果

2021 年 9 月海水水质调查结果见表 5.3-3。

2022 年 4 月海水水质调查结果见表 5.3-4。

表 5.3-3　2021 年 9 月海水水质调查结果

站位	水温	pH 值	盐度	SS	石油类	DO	COD	无机氮	无机磷	硫化物	挥发酚	Cu	Pb	Cd	Zn	Hg	Cr	As
	（℃）	/	‰	(mg/L)								μg/L						
D1	33	7.48	2.072	19	0.165	6.28	1.78	2.36	0.032	0.001	ND	1.9	0.08	0.04	9.7	0.028	ND	2.2
D2	32.9	7.46	2.33	6.4	0.136	6.06	1.32	2.14	0.0331	0.0012	ND	2.6	0.16	0.04	11.8	0.03	ND	2.4
D3	32.9	7.49	1.788	17	0.0878	6.32	1.35	2.31	0.0342	0.0009	ND	2	0.31	0.04	19	0.029	ND	2.1
D4	32.9	7.56	3.024	18.3	0.166	6.48	1	1.49	0.0368	0.0011	ND	4.4	0.2	0.05	10.1	0.029	ND	2.2
D5	33	7.57	5.326	31.5	0.272	6.12	0.87	1.61	0.0406	0.0005	ND	8.7	0.33	0.06	10.2	0.029	0.5	2
D6	32.4	7.63	5.112	19.8	0.118	6.59	1.9	1.65	0.0341	0.0003	ND	3	0.07	0.07	14.7	0.036	ND	2
D7	31.4	7.52	9.572	16.5	0.128	6.24	1.04	1.33	0.0366	0.0016	ND	9.3	0.22	0.12	10.8	0.028	ND	2.8
D8	30.9	7.52	10.514	8.8	0.121	6.26	0.92	1.17	0.0377	0.0029	ND	8.1	0.17	0.1	11.5	0.036	ND	2.4
D9	31.4	7.61	12.494	9.5	0.0322	6.2	2.17	1.42	0.0341	0.0023	ND	2.2	0.13	0.11	9.4	0.022	ND	2.5
D10	30.9	7.68	20.439	9.2	0.0556	6.59	1.92	0.56	0.0175	0.0013	ND	4.4	0.09	0.14	11.3	0.031	ND	2.3
D11	32.1	7.43	14.862	50.6	0.187	6.51	2.01	0.802	0.0311	0.0003	ND	9.5	0.17	0.13	11.1	0.012	ND	2.1
D12	30.8	7.56	18.366	13	0.0558	6.72	2.36	0.752	0.0187	0.0014	ND	1.3	0.05	0.13	18.3	0.024	ND	2.2
D13	30.5	7.59	20.152	15.2	0.0442	7.26	4.37	1.76	0.02	0.0003	ND	8.6	0.14	0.16	12.1	0.011	ND	2.1
D14	31.8	7.96	19.986	7.2	0.0152	7.51	1.11	0.78	0.0177	0.0018	ND	3.3	0.41	0.16	7.1	0.025	ND	2.1
D15	30.8	7.79	20.525	6	0.103	7.3	1.06	0.717	0.0207	0.0023	ND	8.2	0.1	0.07	10.4	0.026	ND	2.2
D16	31.7	7.62	21.174	7.5	0.0194	7.7	1.21	0.723	0.0142	0.0034	ND	3.7	0.28	0.25	10.2	0.026	ND	2.3
D17	31.3	7.71	20.224	7.3	0.0314	7.65	1.1	0.762	0.018	0.0031	ND	7	0.28	0.08	13.9	0.029	ND	3.3
D18	31.3	7.76	20.796	9.8	0.0288	7.56	1.07	0.618	0.0128	0.0022	ND	5.7	0.24	0.09	13.4	0.029	ND	2.3
D19	31.7	7.9	23.854	24.4	0.0123	7.36	0.92	0.549	0.0223	0.0009	ND	2.6	0.3	0.07	15.2	0.029	ND	2.3
D20	31.3	7.97	23.712	5.8	0.027	7.48	0.74	0.586	0.0237	0.0033	ND	2.4	0.38	0.11	13.9	0.029	ND	2.2

表 5.3-4　2022 年 4 月海水水质调查结果

站位	pH 值	水温	盐度	SS	DO	COD	无机氮	无机磷	石油类	硫化物	挥发性酚	As	Hg	Cr	Cu	Pb	Cd	Zn
	/	℃	%	mg/L								μg/L						
D1	8.07	24.9	0.296	45.6	8.23	0.99	1.69	0.0122	0.013	0.0007	ND	0.6	0.015	ND	1.8	0.3	0.04	6.9
D2	8.1	24.9	0.216	39.9	8.32	1.42	1.79	0.0146	0.012	0.0012	ND	0.6	0.011	ND	1.8	0.07	0.03	17.1
D3	8.11	24.7	0.232	35.3	7.7	0.68	1.67	0.0164	0.0116	0.0004	ND	0.8	0.013	0.7	1.6	0.04	0.04	10.5
D4	7.96	25.1	0.278	44.5	7.81	0.65	1.77	0.0189	0.0168	0.0011	ND	0.7	0.012	2.4	1.8	0.11	0.04	11.2
D5	8.06	26	0.299	54	7.51	0.9	1.73	0.0186	0.0164	0.001	ND	0.6	0.035	3.3	2.4	0.2	0.02	10.9
D6	8	24.9	0.322	49.4	8.03	0.95	1.7	0.0205	0.0398	0.001	ND	0.6	0.019	1	1.8	0.14	0.02	6.6
D7	8.06	24.9	0.285	47.2	7.49	0.77	1.75	0.0189	0.0398	0.0012	ND	0.6	0.035	6.8	3.5	0.66	0.02	6.5
D8	8.07	25	0.284	45.6	8.31	1.85	1.7	0.0211	0.0365	0.0006	ND	0.6	0.025	0.7	1.7	0.09	0.04	9.1
D9	8.07	25.8	1.135	34.6	7.6	0.88	1.53	0.0348	0.0138	0.0003	ND	0.6	0.023	1.6	3.7	0.08	0.04	4.1
D10	8.42	27	8.09	24.2	8.76	1.89	1.99	0.0394	0.0463	0.003	ND	0.6	0.027	2.3	2.4	0.45	0.07	7
D11	8.1	26.2	6.398	17.1	8.32	1.14	1.82	0.034	0.0088	0.0017	ND	0.6	0.02	2.8	4.4	0.42	0.06	10.6
D12	8.35	27.6	13.392	69.7	8.51	1.32	1.76	0.0373	0.0214	0.0027	ND	0.8	0.016	7.1	2.2	0.13	0.12	5.7
D13	8.35	26.8	12.821	7.6	8.06	1.22	1.23	0.0285	0.0078	0.0011	ND	0.7	0.022	1.4	2.6	0.4	0.12	6.3
D14	8.35	27.1	15.053	49.7	7.98	1.1	0.981	0.0233	0.0144	0.0017	ND	0.8	0.031	1	1.3	0.47	0.08	5.9
D15	8.18	25.7	13.059	10.9	8.15	1.54	1.31	0.0321	0.012	0.0016	ND	0.7	0.04	1.7	1.6	0.25	0.1	11
D16	8.36	26.4	16.605	29.9	8.25	1.18	0.688	0.0148	0.0136	0.0012	ND	0.8	0.021	0.6	2.5	0.14	0.06	5
D17	8.46	27.3	16.109	4.9	8.21	1.03	0.718	0.0178	0.0155	0.0021	ND	0.8	0.037	0.7	1.4	0.27	0.1	4.2
D18	8.2	25.7	13.557	8.1	8.2	1.11	0.878	0.0256	0.0194	0.0022	ND	0.8	0.037	1.4	2.7	0.12	0.11	9
D19	8.32	25.6	18.269	5	8.23	1.12	0.767	0.0106	0.0174	0.0012	ND	0.7	0.044	0.9	2.4	0.18	0.06	8.2
D20	8.49	26.2	17.114	4.7	8.25	1.29	0.671	0.0145	0.0194	0.0014	ND	0.7	0.027	ND	1.7	0.05	0.07	6.2

5.3.3.2 评价标准与评价方法

（1）评价因子

选取 pH、DO、COD、无机氮、活性磷酸盐、石油类、Cu、Pb、Zn、Cd、Cr、Hg、As、挥发酚、硫化物共 15 项作为评价因子。

（2）评价标准

调查范围内鸡啼门大桥以下根据《珠海市海洋功能区划》（2015-2020 年）和《广东省近岸海域环境功能区划》确定的质量标准，按照从严原则执行；考虑到鸡啼门大桥上游两个调查站位距离鸡啼门大桥较近，仍受到一定的潮流动力作用，具有海水水质特征，故参照距离最近的调查站位执行标准进行评价。

各调查站位水质执行标准情况见表 5.3-5 及图 5.3-2、图 5.3-3。

表 5.3-5 2021 年 9 月、2022 年 4 月各站位水质执行标准

监测点位	所在海洋功能区	所在近岸海域功能区	执行海水水质标准类别
D16 、D17	珠海南部捕捞区	三灶、南水海水养殖功能区	一类
D15、D18	珠海南部捕捞区	西区三类功能区	
D19、D20	珠海南部捕捞区	/	
D3、D4、D5、D6、D8、D12、D14	鸡啼门保留区	三灶、南水海水养殖功能区	二类
D7、D9、D11、D13	鸡啼门保留区	西区三类功能区	三类
D10	木乃南工业与城镇用海区	/	

注：D1、D2 执行标准参照距离最近的点位 D3 站位执行标准。

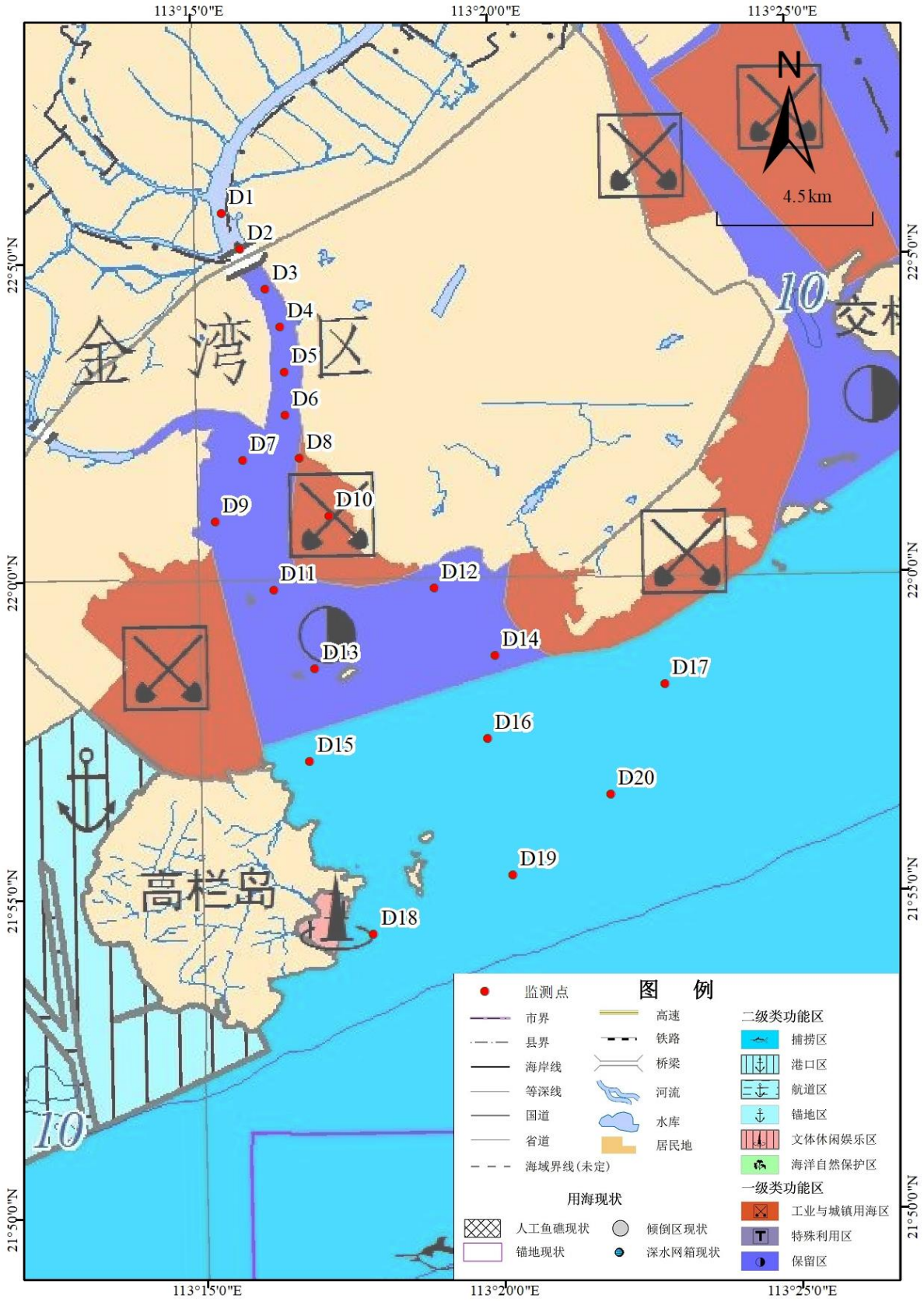


图 5.3-2　现状调查站位与海洋功能区划叠加图

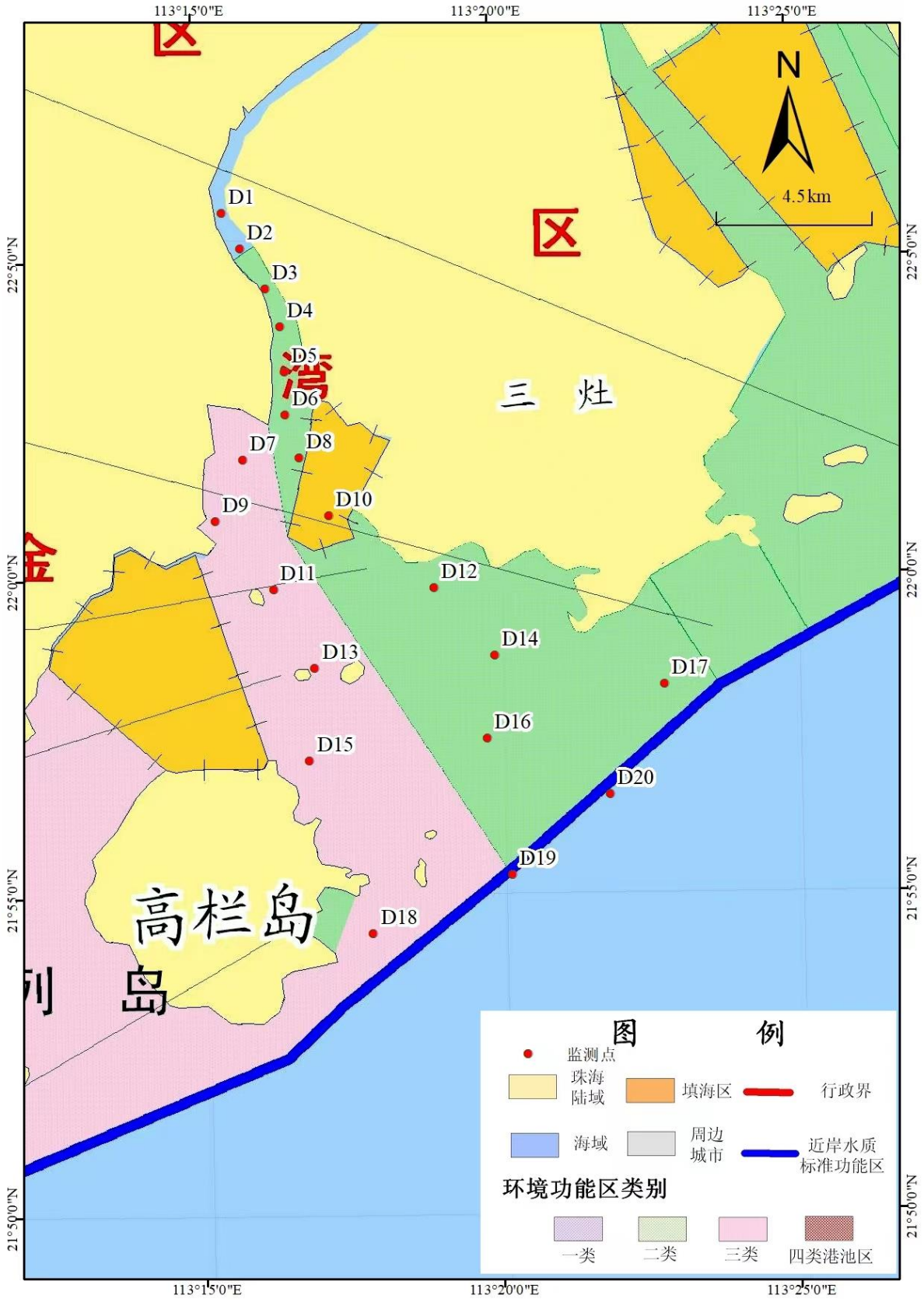


图 5.3-3　现状调查站位与近岸海域功能区划叠加图

（3）评价方法

评价方法采用标准指数法，当标准指数 P_i 值大于 1 时，表示第 i 项因子超出了其相应的评价标准，即表明该因子不能满足评价海域水质标准要求。标准指数法的计算方法如下：

1）一般污染物

$$P_i = \frac{C_i}{C_o}$$

式中：P_i —第 i 种污染物的污染指数；C_i —第 i 种污染物的实测浓度值（mg/L）；C_o —第 i 种污染物的评价标准限值（mg/L）。

2）pH

$$P_i = 7.0 - pH_i / 7.0 - pH_x \quad pH_i \le 7.0$$

$$P_i = pH_i - 7.0 / pH_s - 7.0 \quad pH_i > 7.0$$

式中：P_i —pH 的污染指数；pH_i —pH 的实测浓度值；pH_x —评价标准中 pH 值下限；pH_s —评价标准中 pH 值上限。

3）DO

$$P_j = \left|DO_f - DO_j\right| / (DO_f - DO_s) \quad DO_j \ge DO_s$$

$$P_j = 10 - 9\,DO_j / DO_s \quad DO_j < DO_s$$

$$DO_f = 468 / (31.6 + T)$$

式中：P_j —DO 的污染指数；DO_f —饱和溶解氧浓度（mg/L）；DO_s —溶解氧的水质标准（mg/L）；DO_j —溶解氧的实测值（mg/L）。

5.3.3.3 评价结果

（1）2021 年 9 月评价结果

水质评价结果见表 5.3-6。评价 结果显示：

执行一类海水水质标准的站位（D15、D16、D17、D18、D19、D20）中，无机氮、活性磷酸盐、铜、石油类出现超标。其中，无机氮和活性磷酸盐最大超一类水质标准的超标倍数分别为 2.9 倍、0.58 倍，样品超标率分别为 100%、66.7%；铜在 3 个站位出现超标，最大超一类水质标准的超标倍数分别为 0.64 倍，样品超标率分别为 50%；石油类在 1 个站位出现超标，超标 1.06 倍。其他所有指标均能够符合一类海水水质标准。

执行二类海水水质标准的站位（D1、D2、D3、D4、D5、D6、D8、D12、D14），无机氮、活性磷酸盐、COD、石油类出现超标。其中，无机氮最大超标 6.87 倍，且不满足四类标准要求；活性磷酸盐最大超标 0.35 倍，但满足四类标准要求；石油类超二类水质标准 4.44 倍，但满足三类水质标准；COD 仅一个站位略微超标。其他因子均能够满足二类水质标准要求。

执行三类海水水质标准的站位（D7、D9、D10、D11、D13）中，无机氮、活性磷酸盐出现超标，最大超三类水质标准的超标倍数分别为 3.40 倍、0.22 倍，样品超标率分别为 100%、60%，且无机氮不满足四类标准要求，但活动磷酸盐全部满足四类标准要求；其他所有评价因子均满足三类水质标准要求，其中 DO、硫化物、挥发酚、锌、铅、镉、铬、汞、砷满足一类海水水质标准要求，铜满足二类水质标准要求。

（2）2022 年 4 月评价结果

水质评价结果见表 5.3-7。评价 结果显示：

执行一类海水水质标准的站位（D15、D16、D17、D18、D19、D20）中，无机氮、活性磷酸盐出现超标。其中，无机氮和活性磷酸盐最大超一类水质标准的超标倍数分别为 5.55 倍、1.14 倍，样品超标率分别为 100%、50%；其他所有指标均能够符合一类海水水质标准。

执行二类海水水质标准的站位（D1、D2、D3、D4、D5、D6、D8、D12、D14），无机氮、活性磷酸盐出现超标。其中，无机氮最大超标 4.97 倍，且不满足四类标准要求；活性磷酸盐最大超标 0.24 倍，样品超标率分别为 100%、11.1%，但满足四类标准要求。其他因子均能够满足二类水质标准要求，其中 DO、COD、DO、石油类、硫化物、挥发酚、Cu、Zn、Pb、Cd、Cr、Hg、As 满足一类水质标准要求。

执行三类海水水质标准的站位（D7、D9、D10、D11、D13）中，无机氮、活性磷酸盐出现超标，最大超三类水质标准的超标倍数分别为 3.98 倍、0.31 倍，样品超标率分别为 100%、60%，且无机氮不满足四类标准要求，但活动磷酸盐全部满足四类标准要求；其他所有评价因子均满足三类水质标准要求。其中 pH、COD 、DO、石油类、硫化物、挥发酚、Cu、Zn、Pb、Cd、Cr、Hg、As 满足一类水质标准要求。

表 5.3-6　2021 年 9 月各站位海水水质标准指数表（执行一类标准站位）

站位	pH	COD	DO	无机氮	活性磷酸盐	石油类	硫化物	挥发酚	Cu	Zn	Pb	Cd	Cr	Hg	As
D15	0.53	0.44	0.13	3.59	1.38	2.06	0.12	<0.22	1.64	0.52	0.1	0.07	<0.01	0.52	0.11
D16	0.41	0.46	0.22	3.62	0.95	0.39	0.17	<0.22	0.74	0.51	0.28	0.25	<0.01	0.52	0.12
D17	0.47	0.36	0.15	3.81	1.2	0.63	0.16	<0.22	1.4	0.7	0.28	0.08	<0.01	0.58	0.17
D18	0.51	0.36	0.08	3.09	0.85	0.58	0.11	<0.22	1.14	0.67	0.24	0.09	<0.01	0.58	0.12
D19	0.60	0.28	0.02	2.75	1.49	0.25	0.05	<0.22	0.52	0.76	0.3	0.07	<0.01	0.58	0.12
D20	0.65	0.26	0.03	2.93	1.58	0.54	0.17	<0.22	0.48	0.7	0.38	0.11	<0.01	0.58	0.11
超标率（%）	0	0	0	100	66.7	16.7	0	0	50.0	0	0	0	0	0	0

续错误!未找到引用源。　**2021 年 9 月各站位海水水质标准指数表（执行二类标准站位）**

站位	pH		COD			DO	无机氮				活性磷酸盐		
	一、二类	三、四类	一类	二类	三类	一类	一类	二类	三类	四类	一类	二类、三类	四类
D1	0.32	0.27	0.77	0.51	0.38	0.78	**11.8**	**7.87**	**5.9**	**4.72**	**2.13**	**1.07**	0.71
D2	0.31	0.26	0.76	0.5	0.38	0.95	**10.7**	**7.13**	**5.35**	**4.28**	**2.21**	**1.10**	0.74
D3	0.33	0.27	1.52	**1.01**	0.76	0.75	**11.55**	**7.7**	**5.78**	**4.62**	**2.28**	**1.14**	0.76
D4	0.37	0.31	0.83	0.55	0.41	0.62	**7.45**	**4.97**	**3.73**	**2.98**	**2.45**	**1.23**	0.82
D5	0.38	0.32	0.88	0.58	0.44	0.9	**8.05**	**5.37**	**4.03**	**3.22**	**2.71**	**1.35**	0.9
D6	0.42	0.35	0.68	0.45	0.34	0.55	**8.25**	**5.5**	**4.13**	**3.3**	**2.27**	**1.14**	0.76
D8	0.35	0.29	0.71	0.47	0.36	0.83	**5.85**	**3.9**	**2.93**	**2.34**	**2.51**	**1.26**	0.84
D12	0.37	0.31	0.6	0.4	0.3	0.52	**3.76**	**2.51**	**1.88**	**1.5**	1.25	0.62	0.42
D14	0.64	0.53	0.36	0.24	0.18	0.09	**3.9**	**2.60**	**1.95**	**1.56**	**1.18**	0.59	0.39
超标率	0		11.1			0	**100**				77.8		

续错误!未找到引用源。 **2021 年 9 月各站位海水水质标准指数（执行二类标准站位）**

站位	石油类		硫化物	挥发酚	Cu		Zn	Pb	Cd	Cr	Hg	As
	一、二类	三类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
D1	**3.3**	0.55	0.05	<0.22	0.38	0.19	0.49	0.08	0.04	<0.01	0.56	0.11
D2	**2.72**	0.45	0.06	<0.22	0.52	0.26	0.59	0.16	0.04	<0.01	0.6	0.12
D3	**1.76**	0.29	0.05	<0.22	0.4	0.2	0.95	0.31	0.04	<0.01	0.58	0.11
D4	**3.32**	0.55	0.06	<0.22	0.88	0.44	0.51	0.2	0.05	<0.01	0.58	0.11
D5	**5.44**	0.91	0.03	<0.22	1.74	0.87	0.51	0.33	0.06	0.01	0.58	0.1
D6	**2.36**	0.39	0.02	<0.22	0.6	0.3	0.74	0.07	0.07	<0.01	0.72	0.1
D8	**2.42**	0.4	0.15	<0.22	1.62	0.81	0.58	0.17	0.1	<0.01	0.72	0.12
D12	**1.12**	0.19	0.07	<0.22	0.26	0.13	0.92	0.05	0.13	<0.01	0.48	0.11
D14	0.3	0.05	0.09	<0.22	0.66	0.33	0.36	0.41	0.16	<0.01	0.5	0.01
超标率	88.9		0	0	0		0	0	0	0	0	0

续错误!未找到引用源。 **2021 年 9 月各站位海水水质标准指数（执行三类标准站位）**

站位	pH		COD			DO	无机氮				活性磷酸盐		
	一、二类	三、四类	一类	二类	三类	一类	一类	二类	三类	四类	一类	二、三类	四类
D7	0.35	0.29	0.71	0.47	0.35	0.83	**6.65**	**4.43**	**3.33**	**2.66**	**2.44**	**1.22**	0.81
D9	0.41	0.34	0.78	0.52	0.39	0.86	**7.1**	**4.73**	**3.55**	**2.84**	**2.27**	**1.14**	0.76
D10	0.45	0.38	0.44	0.29	0.22	0.6	**2.8**	**1.87**	**1.4**	**1.12**	**1.17**	0.58	0.39
D11	0.29	0.24	0.81	0.54	0.4	0.62	**4.01**	**2.67**	**2.01**	**1.6**	**2.07**	**1.04**	0.69
D13	0.39	0.33	0.49	0.33	0.25	0.18	**8.8**	**5.87**	**4.40**	**3.52**	**1.33**	0.67	0.44
超标率（%）	0		0			0	100				60		

续错误!未找到引用源。 **2021 年 9 月各站位海水水质标准指数表（执行三类标准站位）**

站位	石油类		硫化物	挥发酚	Cu		Zn	Pb	Cd	Cr	Hg	As
	一类、二类	三类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
D7	2.56	0.43	0.08	<0.22	1.86	0.93	0.54	0.22	0.12	<0.01	0.56	0.14
D9	0.64	0.11	0.12	<0.22	0.44	0.22	0.47	0.13	0.11	<0.01	0.44	0.13
D10	1.11	0.19	0.07	<0.22	0.88	0.44	0.57	0.09	0.14	<0.01	0.62	0.12
D11	3.74	0.62	0.02	<0.22	1.9	0.95	0.56	0.17	0.13	<0.01	0.24	0.11
D13	0.88	0.15	0.02	<0.22	1.72	0.86	0.61	0.14	0.16	<0.01	0.22	0.11
超标率（%）	0		0	0	0		0	0	0	0	0	0

表 5.3-7 2022 年 4 月各站位海水水质标准指数表（执行一类标准站位）

站位	pH	COD	DO	无机氮	活性磷酸盐	石油类	硫化物	挥发酚	Cu	Zn	Pb	Cd	Cr	Hg	As
D15	0.09	0.94	0.01	**6.55**	**2.14**	0.24	0.08	<0.22	0.32	0.55	0.25	0.10	0.03	0.80	0.04
D16	0.60	0.67	0.09	**3.44**	0.99	0.27	0.06	<0.22	0.50	0.25	0.14	0.06	0.01	0.42	0.04
D17	0.89	0.63	0.14	**3.59**	**1.19**	0.31	0.11	<0.22	0.28	0.21	0.27	0.10	0.01	0.74	0.04
D18	0.14	0.86	0.01	**4.39**	**1.71**	0.39	0.11	<0.22	0.54	0.45	0.12	0.11	0.03	0.74	0.04
D19	0.49	0.66	0.02	**3.84**	0.71	0.35	0.06	<0.22	0.48	0.41	0.18	0.06	0.02	0.88	0.04
D20	0.97	0.72	0.07	**3.36**	0.97	0.39	0.07	<0.22	0.34	0.31	0.05	0.07	<0.01	0.54	0.04
超标率（%）	0	0	0	100	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

续表 5.3-7　2022 年 4 月各站位海水水质标准指数表（执行二类标准站位）

站位	pH	COD		DO	无机氮				活性磷酸盐			
	一类	一类	二类	一类	一类	二类	三类	四类	一类	二类	三类	四类
D1	0.71	0.50	0.33	0.02	**8.45**	**5.63**	**4.23**	**3.38**	**0.81**	0.41	0.41	0.27
D2	0.73	0.71	0.47	0.02	**8.95**	**5.97**	**4.48**	**3.58**	**0.97**	0.49	0.49	0.32
D3	0.11	0.63	0.42	0.26	**8.35**	**5.57**	**4.18**	**3.34**	**1.09**	0.55	0.55	0.36
D4	0.54	0.67	0.44	0.20	**8.85**	**5.90**	**4.43**	**3.54**	**1.26**	0.63	0.63	0.42
D5	0.26	0.76	0.51	0.29	**8.65**	**5.77**	**4.33**	**3.46**	**1.24**	0.62	0.62	0.41
D6	0.43	0.69	0.46	0.11	**8.50**	**5.67**	**4.25**	**3.40**	**1.37**	0.68	0.68	0.46
D8	0.23	0.60	0.40	0.02	**8.50**	**5.67**	**4.25**	**3.40**	**1.41**	0.70	0.70	0.47
D12	0.57	0.98	0.65	0.32	**8.80**	**5.87**	**4.40**	**3.52**	**2.49**	**1.24**	**1.24**	0.83
D14	0.57	0.78	0.52	0.00	**4.91**	**3.27**	**2.45**	**1.96**	**1.55**	0.78	0.78	0.52
超标率（%）	0	0		0	**100**				11.1			

续表 5.3-7　2022 年 4 月各站位海水水质标准指数表（执行二类标准站位）

站位	石油类	硫化物	挥发酚	Cu	Zn	Pb	Cd	Cr	Hg	As
	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
D1	0.26	0.04	<0.22	0.36	0.35	0.30	0.04	<0.01	0.30	0.03
D2	0.24	0.06	<0.22	0.36	0.86	0.07	0.03	<0.01	0.22	0.03
D3	0.23	0.02	<0.22	0.32	0.53	0.04	0.04	0.01	0.26	0.04
D4	0.34	0.06	<0.22	0.36	0.56	0.11	0.04	0.05	0.24	0.04
D5	0.33	0.05	<0.22	0.48	0.55	0.20	0.02	0.07	0.70	0.03
D6	0.80	0.05	<0.22	0.36	0.33	0.14	0.02	0.02	0.38	0.03
D8	0.73	0.03	<0.22	0.34	0.46	0.09	0.04	0.01	0.50	0.03
D12	0.43	0.14	<0.22	0.44	0.29	0.13	0.12	0.14	0.32	0.04
D14	0.29	0.09	<0.22	0.26	0.30	0.47	0.08	0.02	0.62	0.01
超标率（%）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

续表 5.3-7　2022 年 4 月各站位海水水质标准指数（执行三类标准站位）

站位	pH	COD		DO	无机氮				活性磷酸盐			
	一类	一类	二类	一类	一类	二类	三类	四类	一类	二类	三类	四类
D7	0.26	0.74	0.49	0.35	**8.75**	**5.83**	**4.38**	**3.50**	**1.26**	0.63	0.63	0.42
D9	0.23	0.60	0.40	0.26	**7.65**	**5.10**	**3.83**	**3.06**	**2.32**	**1.16**	**1.16**	0.77
D10	0.77	**1.15**	0.76	0.39	**9.95**	**6.63**	**4.98**	**3.98**	**2.63**	**1.31**	**1.31**	0.88
D11	0.14	0.83	0.55	0.11	**9.10**	**6.07**	**4.55**	**3.64**	**2.27**	**1.13**	**1.13**	0.76
D13	0.57	0.78	0.52	0.02	**6.15**	**4.10**	**3.08**	**2.46**	**1.90**	0.95	0.95	0.63
超标率（%）	0	0		0	100				60			

续表 5.3-7　2022 年 4 月各站位海水水质标准指数表（执行三类标准站位）

站位	石油类	硫化物	挥发酚	Cu	Zn	Pb	Cd	Cr	Hg	As
	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
D7	0.80	0.06	<0.22	0.70	0.33	0.66	0.02	0.14	0.70	0.03
D9	0.28	0.02	<0.22	0.74	0.21	0.08	0.04	0.03	0.46	0.03
D10	0.93	0.15	<0.22	0.48	0.35	0.45	0.07	0.05	0.54	0.03
D11	0.18	0.09	<0.22	0.88	0.53	0.42	0.06	0.06	0.40	0.03
D13	0.16	0.06	<0.22	0.52	0.32	0.40	0.12	0.03	0.44	0.04
超标率（%）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

5.3.3.4 水质超标原因分析

从本次调查评价结果来看，2 调查海域水质超标因子主要是无机氮、活性磷酸盐。

根据 2017 年~2020 年《广东省生态环境状况公报》，全省近岸海域劣四类海水水质面积比例分别达 12.5%、11.7%、6.3%、5.7%，主要分布在珠江口、汕头港、湛江港等河口海湾，主要超标因子为无机氮和活性磷酸盐，与本次调查结果评价结果一致。

调查海域位于珠江西江流域鸡啼门，口门以上承接了大量的生活、工业排污，由于陆源污废水中含有大量的营养盐物质，尤以硝酸盐为主。此外，根据广东省生态环境厅发布的入海河流水质监测数据，2016-2019 年期间，鸡啼门大桥监测断面 TN 均超标，TP 和 NH_3-N 稳定且不超标。另外，从 2021 年 7 月调查结果来看，工程所在海域海水水体及排水口水体在监测调查期间均为重度富营养化，且排水口水体富营养化指数远高于海水水体，说明陆域排水对海水水质存在一定的负面影响。据此，推测调查海域无机氮、活性磷酸盐超标可能与陆源排污有关。

5.4 海洋沉积物现状调查与评价

5.4.1 调查内容与调查方法

（1）调查项目

沉积物监测项目主要有石油类、有机碳、硫化物、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷。

（2）样品采集、贮存和运输

样品的采集、预处理、分析均按《海洋监测规范》和《海洋调查规范》中的相关要求进行。

沉积物样品用抓斗式采泥器进行样品采集，用竹刀将样品盛于洁净的聚乙烯袋内，供重金属项目检测用；样品盛于广口瓶，供硫化物、油类和有机碳项目分析用。样品风干后用玛瑙研钵碾细，过筛（油类、有机物过金属筛；重金属项目用尼龙筛），待进一步消解处理。样品保存按《近岸海域环境监测规范》中的相关要求进行，

（3）分析方法

沉积物分析方法按照《海洋监测规范》中的相关要求进行。

5.4.2 调查与评价结果

5.4.2.1 调查结果

2021 年 9 月海洋沉积物调查结果见表 5.4-1。

2022 年 4 月海洋沉积物调查结果见表 5.4-2。

表 5.4-1 2021 年 9 月调查海洋沉积物主要污染物含量状况（×10^{-6}）

项目 站位	砷	汞	铜	锌	铅	镉	铬	硫化物	有机碳	油类
D1	19.7	0.118	34.1	102	19.7	0.46	40.3	32.5	0.580	40.4
D3	19.1	0.128	54.3	107	28.6	0.48	60.6	476	0.762	985
D4	20.8	0.117	48.5	105	29.4	0.38	60.4	192	0.530	699
D6	18.8	0.111	58.0	123	31.6	0.64	67.0	36.8	0.694	231
D7	18.4	0.130	59.8	122	40.2	0.82	69.0	34.5	0.744	134
D10	24.8	0.123	59.8	130	34.5	0.54	48.6	34.6	0.936	122
D11	15.5	0.119	40.3	100	5.2	0.20	53.5	51.1	0.872	98.8
D14	15.6	0.120	23.3	97.4	27.5	0.20	40.9	3.7	0.094	13.2
D15	15.5	0.158	57.1	161	9.3	0.49	64.8	96.0	1.40	224
D17	23.8	0.152	61.9	135	39.4	0.49	43.0	215	0.794	718
D18	44.0	0.257	75.6	278	102	0.81	132	461	0.987	704
D20	14.7	0.168	34.8	124	43.8	0.24	46.0	8.0	0.556	156

表 5.4-2 2022 年 4 月调查海洋沉积物中主要污染物含量状况（×10^{-6}）

项目 站位	砷	汞	铜	锌	铅	镉	铬	硫化物	有机碳	油类
D1	7.73	0.072	29.8	102	35.3	0.61	44.8	122	0.779	130
D3	9.13	0.139	80.2	135	54.8	0.61	67.3	152	1.26	696
D4	8.91	0.111	71.3	160	59.0	0.59	69.0	72.9	1.30	102
D6	7.44	0.056	44.8	129	44.4	0.54	59.3	18.6	0.878	132
D7	7.99	0.068	71.0	139	46.2	0.80	54.8	5.8	0.884	28.8
D10	7.97	0.063	57.9	142	54.4	0.47	60.8	22.0	1.27	199
D11	9.13	0.068	54.9	142	51.6	0.56	60.3	185	1.21	180
D14	8.07	0.058	39.2	134	52.8	0.24	49.4	10.3	1.14	10.9

项目 站位	砷	汞	铜	锌	铅	镉	铬	硫化物	有机碳	油类
D15	8.28	0.040	16.6	76.7	35.0	0.15	35.6	4.1	0.375	107
D17	7.98	0.087	35.3	119	45.6	0.44	47.5	286	0.992	515
D18	7.92	0.050	28.0	94.5	38.0	0.16	43.5	14.2	0.842	16.2
D20	8.04	0.059	31.4	104	42.0	0.26	46.0	82.7	0.869	110

5.4.2.2 评价标准与评价方法

（1）评价因子

选取石油类、有机碳、硫化物、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷共 10 项作为评价因子。

（2）评价标准

根据《珠海市海洋功能区划》（2015-2020 年）确定海洋沉积物评价标准如下。各站位海洋沉积物质量评价执行标准见表 5.4-3。

表 5.4-3 各站位沉积物质量评价执行标准

监测点位	所在海洋功能区	执行标准
D1、D3、D4、、D6、D7、D11	鸡啼门保留区	维持现状
D10	木乃南工业与城镇用海区	二类
D14、D15、D17、D18、D19	珠海南部捕捞区	一类

（3）评价方法

沉积物单参数评价均采用单因子评价法，其计算公式参照水质一般污染物评价方法。

5.4.2.3 评价结果

（1）2021 年 9 月评价结果

本次调查海洋沉积物质量评价结果见表 5.4-4 。评价结果显示：

执行一类沉积物标准的站位（D14、D15、D17、D18、D19）中，D18 号站位中的铜、锌、铅、镉、铬、汞、砷均超标，D15、D17 站位中的铜、锌也出现超标，但能够符合二类沉积物标准。其他站位各评价因子均符合一类沉积物质量标准。

执行二类沉积物标准的站位（D10），所有评价因子均能够符合二类沉积物标

准。

沉积物质量要求维持现状的区域中的站位（D1、D3、D4、、D6、D7、D11），铜、镉、砷、石油类、硫化物能够满足二类海洋沉积物质量标准要求，其他评价因子均能够满足一类沉积物质量标准要求。

（2）2022 年 4 月评价结果

本次调查海洋沉积物质量评价结果见表 5.4-5 。评价结果显示：

执行一类沉积物标准的站位（D14、D15、D17、D18、D19）中，D14 号站位中的铜和 D17 号石油类超标，但均能够符合二类沉积物标准。

执行二类沉积物标准的站位（D10），所有评价因子均能够符合二类沉积物标准。

沉积物质量要求维持现状的区域中的站位（D1、D3、D4、、D6、D7、D11），铜、镉、石油类能够满足二类海洋沉积物质量标准要求，其他评价因子均能够满足一类沉积物质量标准要求。

表 5.4-4　2021 年 9 月海洋沉积物评价因子指数统计表

执行物标准类别	站位	铜		锌		铅		镉		铬		汞		砷		有机碳	油类		硫化物	
		一类	二类	一类	二类	一类	二类	一类	二类	一类	二类	一类	二类	一类	二类	一类	一类	二类	一类	二类
维持现状	D1	0.97	0.34	0.68	0.29	0.33	0.15	0.92	0.31	0.5	0.27	0.59	0.24	0.99	0.3	0.29	0.08	0.04	0.11	0.07
	D3	1.55	0.54	0.71	0.31	0.48	0.22	0.96	0.32	0.76	0.4	0.64	0.26	0.96	0.29	0.38	1.97	0.99	1.59	0.95
	D4	1.39	0.49	0.7	0.3	0.49	0.23	0.76	0.25	0.76	0.4	0.59	0.23	1.04	0.32	0.27	1.4	0.7	0.64	0.38
	D6	1.66	0.58	0.82	0.35	0.53	0.24	1.28	0.43	0.84	0.45	0.56	0.22	0.94	0.29	0.35	0.46	0.23	0.12	0.07
	D7	1.71	0.6	0.81	0.35	0.67	0.31	1.64	0.55	0.86	0.46	0.65	0.26	0.92	0.28	0.37	0.27	0.13	0.12	0.07
	D11	1.15	0.4	0.67	0.29	0.09	0.04	0.4	0.13	0.67	0.36	0.6	0.24	0.78	0.24	0.44	0.2	0.1	0.17	0.1
二类	D10	1.71	0.6	0.87	0.37	0.58	0.27	1.08	0.36	0.61	0.32	0.62	0.25	1.24	0.38	0.47	0.24	0.12	0.12	0.07
一类	D14	0.67	0.23	0.65	0.28	0.46	0.21	0.4	0.13	0.51	0.27	0.6	0.24	0.78	0.24	0.05	0.03	0.01	0.01	0.01
	D15	1.63	0.57	1.07	0.46	0.16	0.07	0.98	0.33	0.81	0.43	0.79	0.32	0.78	0.24	0.7	0.45	0.22	0.32	0.19
	D17	1.77	0.62	0.9	0.39	0.66	0.3	0.98	0.33	0.54	0.29	0.76	0.3	1.19	0.37	0.4	1.44	0.72	0.72	0.43
	D18	2.16	0.76	1.85	0.79	1.7	0.78	1.62	0.54	1.65	0.88	1.29	0.51	2.2	0.68	0.49	1.41	0.7	1.54	0.92
	D20	0.99	0.35	0.83	0.35	0.73	0.34	0.48	0.16	0.58	0.31	0.84	0.34	0.74	0.23	0.28	0.31	0.16	0.03	0.02

表 5.4-5　2022 年 4 月海洋沉积物评价因子指数统计表

执行标准类别	站位	铜		锌		铅	镉		铬	汞	砷	有机碳	油类		硫化物
		一类	二类	一类	二类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类
维持现状	D1	0.85	0.3	0.68	0.29	0.59	1.22	0.41	0.56	0.36	0.39	0.39	0.26	0.13	0.41
	D3	2.29	0.8	0.9	0.39	0.91	1.22	0.41	0.84	0.7	0.46	0.63	**1.39**	0.7	0.51
	D4	2.04	0.71	1.07	0.46	0.98	1.18	0.39	0.86	0.56	0.45	0.65	0.2	0.1	0.24
	D6	1.28	0.45	0.86	0.37	0.74	1.08	0.36	0.74	0.28	0.37	0.44	0.26	0.13	0.06
	D7	2.03	0.71	0.93	0.4	0.77	1.6	0.53	0.69	0.34	0.4	0.44	0.06	0.03	0.02
	D11	1.57	0.55	0.95	0.41	0.86	1.12	0.37	0.75	0.34	0.46	0.61	0.36	0.18	0.62
二类	D10	1.65	0.58	0.95	0.41	0.91	0.94	0.31	0.76	0.32	0.4	0.64	0.4	0.2	0.07
一类	D14	**1.12**	0.39	0.89	0.38	0.88	0.48	0.16	0.62	0.29	0.4	0.57	0.02	0.01	0.03
	D15	0.47	0.17	0.51	0.22	0.58	0.3	0.1	0.45	0.2	0.41	0.19	0.21	0.11	0.01
	D17	1.01	0.35	0.79	0.34	0.76	0.88	0.29	0.59	0.44	0.4	0.5	**1.03**	0.52	0.95
	D18	0.8	0.28	0.63	0.27	0.63	0.32	0.11	0.54	0.25	0.4	0.42	0.03	0.02	0.05
	D20	0.9	0.31	0.69	0.3	0.7	0.52	0.17	0.58	0.3	0.4	0.43	0.22	0.11	0.28

5.5 海洋生态现状调查与评价

本项目海洋生态环境评价工作等级确定为一级，需开展至少春、秋两季海水环境质量调查工作。本次评价海洋生态现状调查资料来源同海水水质，具体见 5.3 小节。

5.5.1 调查与统计方法

（1）调查内容

海洋生态调查项目包括叶绿素和初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物。

（2）样品采集方法

叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物均依据《海洋监测规范 第 7 部分：近海污染生态调查和生物监测》（GB 17378.7-2007）和海洋调查规范 第 6 部分：海洋生物调查（GBT 12763.6-2007）进行样品采集、分析。

1） 各监测项目样品采样按照 GB 17378.7、GBT 12763.6 准备和采集；

2） 采样前的准备：根据调查项目、点位、层次，配备足量的样品瓶、固定剂及其他器材；选用合适的监测用船，采样操作必须在船舶停稳以后才能进行，根据当时的气象及海流条件可适当调整采样的方位，以保证采样的方便、安全；

3） 叶绿素 a 样品采集后要立即过滤，然后用铝箔将滤膜包裹起来，在-20℃条件下干燥保存待测；

4） 浮游生物采样使用浅水Ⅰ、Ⅲ型浮游生物网，下网不超过 1 m/s；起网约 0.5 m/s；

5） 浮游植物样品采集为网采。网采用浅水Ⅲ型浮游生物网自水底至水面拖网采集浮游植物。采集到的浮游植物样品用终浓度 5%甲醛固定保存。浮游植物样品经过静置、沉淀、浓缩后换入贮存瓶并编号，处理后的样品使用光学显微镜采用个体计数法进行种类鉴定和数量统计。

6） 浮游动物样品系用浅水Ⅰ型浮游生物网自底至表垂直拖取采集。所获样品用 5%的甲醛固定保存。浮游动物样品分析采用个体计数法鉴定计数，分样计数后换算成全网数量（ind./m^3）。

7） 大型底栖生物定量采样使用 0.05 m^2 的采泥器，采集三次。大型底栖生物样品采集后经现场海水冲洗干净， 暂时性保存用体积分数为 5%～7%中性甲醛溶液，永久性保存用体积分数为 75%丙三醇乙醇溶液或体积分数为 75%乙醇固定；固定的样品，超过两个月未进行分离鉴定的，应更换一次固定液。

8） 潮间带定量取样：在高、中和低潮区进行采样，滩涂定量取样用定量采样器，样方 4 数每站通常取 8 个（合计 0.5 m^2） ；若滩面沉积物类型较一致、生物分布较均匀，可考虑取 4 个样方；岩石岸定量取样一般用 25 cm×25 cm 的定量框，每站取 2 个样方；若生物栖息密度很高，且分布较均匀，可考虑采用 10 cm×10 cm 的定量框；

9） 潮间带定性取样：每站定量取样的同时，应尽可能将该站附近出现的动植物种类收集齐全，以作分析时参考，但定性样品务必与定量样品分装，不可混淆。

（3）分析方法

生态样品的分析采用《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）进行，超出范围，参照其他行业标准而行，各项目的分析方法见表 5.5-1。

表 5.5-1 样品采集与分析方法

序号	监测项目	样品预处理及保存方法	样品测定方法
1	叶绿素 a	滤膜过滤冷冻	GB/T12763.6/5.2.1-2007 萃取荧光法（叶绿素 a）
2	浮游植物	5%甲醛溶液固定	GB/T12763.6/7-2007 浓缩计数法鉴定和计数
3	浮游动物	5%甲醛溶液固定	GB/T12763.6/8-2007 计数框计数；体视显微镜鉴定；湿重测定生物量
4	底栖生物	底栖动物用 5%甲醛溶液固定；大型藻类用 6%甲醛溶液固定	GB/T12763.6/10-2007 人工鉴定种类、计数、测定生物量
5	潮间带生物	取样后用聚乙烯袋分类装好冷冻保存	GB/T12763.6/12-2007 人工鉴定种类、计数、生物学测定

（4）统计方法

依据《海洋监测规范 第 7 部分：近海污染生态调查和生物监测》（GB 1737

8.7-2007）附录 B“污染生态调查资料常用评述方法”中方法，进行如下参数计算与统计。

1）多样性指数

$$H' = -\sum_{i=1}^{n} PiLog_2 Pi$$

式中：H′——种类多样性指数；

n——样品中的种类总数；

Pi——第 i 种的个体数（ni）与总个体数（N）的比值（$\frac{n_i}{N}$或$\frac{w_i}{W}$）。

2）均匀度

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

式中：J——表示均匀度；

H′——种类多样性指数值；

Hmax——为$\log_2 S$，表示多样性指数的最大值，S 为样品中总种类数。

3）丰度

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

式中：d—表示丰度；

S—样品中的种类总数；

N—样品中的生物个体数。

4）初级生产力

初级生产力依据 Cadée 等 (1974)提出的简化公式进行估算：

$$IPP=AI\times\rho(\text{Chl a})\times D\times E/2$$

式中：

IPP 为水柱初级生产力（单位: mg C·m^{-2}·d^{-1}）；

D 为昼长时间(单位: h), 本文取 12h；

E 为真光层深度 (单位: m), 取海水透明度的 3 倍(Holmes, 1970), 真光层深度超过水深时按水深深度计算，本文取 0.5m。

AI 为碳同化系数[单位: mg C·(mg Chl a) $^{-1}$·h^{-1}],本文取 6.75。

ρ(Chl a)为叶绿素 a 浓度(单位: mg·m^{-3})。

5）物种优势度、相对重要指数

物种优势度：$Y=（n_i / NT）\times f_i$

相对重要指数：$IRI=（N\%+W\%）\times F\%$

其中，n_i为第 i 种的丰度，NT 为样品的总丰度，f_i为出现率。$N\%$为该物种尾数所占总尾数的百分数，$W\%$为该物种重量所占总重的百分数，$F\%$为该物种出现频率。

5.5.2 叶绿素 a 和初级生产力

5.5.2.1 2021 年 9 月调查结果

（1）叶绿素

本次监测叶绿素 a 含量变化范围在 5.24~21.7 μg/L，平均值为 11.54 μg/L。叶绿素 a 最高值出现在 D17-表站位，叶绿素含量为 21.7 μg/L，最低值出现在 D10-表层站位，叶绿素含量为 5.24 μg/L。

（2）初级生产力

初级生产力变化范围在 106.18~440.22mg•C/(m^2•d)。最高值出现在 D17-表站位，初级生产力为 440.22 mg•C/(m^2•d)，最低值出现在 D10-表层站位，初级生产力为 106.18 mg•C/(m^2•d)。各站位叶绿素及初级生产力结果详见表 5.5-2。

表 5.5-2 叶绿素 a 及初级生产力分析结果

站位	叶绿素 a（μg/L）	初级生产力（mg•C/(m^2•d)）
D1-表	13.8	279.17
D3-表	15.6	316.20
D3-底	12.5	/
D4-表	15.0	303.56
D4-底	9.57	/
D6-表	9.45	191.44
D6-底	6.71	/
D7-表	5.24	106.18
D10-表	11.7	236.81
D11-表	5.79	117.21
D14-表	7.26	147.10

站位	叶绿素 a（μg/L）	初级生产力（mg•C/(m²•d)）
D15-表	21.2	428.35
D15-底	15.0	/
D17-表	21.7	440.22
D17-底	15.7	/
D18-表	7.50	151.90
D18-底	12.0	/
D20-表	7.72	156.38
D20-底	5.80	/
平均值	11.54	/
最小值	5.24	106.18
最大值	21.7	440.22

5.5.2.2 2022 年 4 月调查结果

（1）叶绿素

本次监测叶绿素 a 含量变化范围在 0.56~1.87 μg/L，平均值为 0.93 μg/L。叶绿素 a 最高值出现在 D18-底站位，叶绿素含量为 1.87 μg/L，最低值出现在 D17-表层站位，叶绿素含量为 0.56 μg/L。

（2）初级生产力

初级生产力变化范围在 10.1~22.7mg•C/(m²•d)。最高值出现在 D20-表站位，初级生产力为 22.7 mg•C/(m²•d)，最低值出现在 D17-表层站位，初级生产力为 10.1 mg•C/(m²•d)。各站位叶绿素及初级生产力结果详见表 6.5-3。

表 5.5-3 叶绿素 a 及初级生产力分析结果

站位	叶绿素 a（μg/L）	初级生产力（mg•C/(m²•d)）
D1-表	1.11	20
D1-底	0.92	/
D3-表	0.93	16.9
D3-底	1.12	/
D4-表	0.87	15.7
D6-表	0.7	12.6
D6-底	1.02	/
D7-表	0.68	12.3
D10-表	0.87	15.7
D11-表	0.68	12.3
D14-表	0.87	15.7
D15-表	0.65	11.7

D17-表	0.56	10.1
D17-底	0.78	/
D18-表	0.9	16.3
D18-底	1.87	/
D20-表	1.26	22.7
D20-底	1.03	/
平均值	0.93	/
最小值	0.56	10.1
最大值	1.87	22.7

5.5.3 浮游植物

5.5.3.1 2021 年 9 月调查结果

（1）种类组成

本次监测共鉴定浮游植物 79 种，其中硅藻门 55 种，甲藻门 11 种，蓝藻门 5 种，裸藻门 1 种，绿藻门 7 种。

（2）优势种

本次监测中浮游植物优势种主要为柔弱拟菱形藻 *Pseudo-nitzschia delicatissima*、中肋骨条藻 *Skeletonema costatum* 和拟旋链角毛藻 *Chaetoceros pseudocurvisetus*。

表 5.5-4 浮游植物种类优势度 Y

种类名	拉丁名	出现频次%	优势度 Y
拟旋链角毛藻	*Chaetoceros pseudocurvisetus*	100%	0.039
柔弱拟菱形藻	*Pseudo-nitzschia delicatissima*	100%	0.038
中肋骨条藻	*Skeletonema costatum*	100%	0.832

（2）密度及分布

本次监测中浮游植物生物密度平均为 113814.6×10^3 个/m^3，其中最高生物密度出现在 D10 站位（916333.5×10^3 个/m^3），最小生物密度出现在 D6 站位（14462.1×10^3 个/m^3）。详见表 5.5-5。

表 5.5-5 浮游植物生物密度

采样站位	生物密度（10^3 个/m^3）	采样站位	生物密度（10^3 个/m3）
D1	27964.6	D11	41875.0
D3	16526.6	D14	59682.1
D4	15575.0	D15	143906.8
D6	14462.1	D17	32744.1
D7	38375.4	D18	33602.5
D10	916333.5	D20	24727.7

（4）群落特征

本次监测中浮游植物种类数最多出现在 D17 位（37 种），最少出现在 D7 站位（21 种）。浮游植物物种多样性指数（*H′*）平均值为 1.70，均匀度指数（*J*）平均值为 0.36，丰富度指数（*d*）平均值为 1.70。

各采样站位群落特征监测结果详见表 5.5-6。

表 5.5-6　浮游植物群落特征

采样站位	种类数	多样性指数 *H′*	均匀度 *J*	丰富度 *d*
D1	24	1.98	0.43	1.56
D3	23	1.91	0.42	1.57
D4	24	1.92	0.42	1.65
D6	25	1.95	0.42	1.74
D7	21	0.98	0.22	1.31
D10	26	0.88	0.19	1.26
D11	27	1.60	0.34	1.69
D14	23	1.65	0.36	1.39
D15	32	1.40	0.28	1.81
D17	37	2.41	0.46	2.40
D18	30	1.24	0.25	1.93
D20	32	2.53	0.51	2.12

5.5.3.2　2022 年 4 月调查结果

（1）种类组成

本次监测共鉴定浮游植物 69 种，其中硅藻门 46 种，甲藻门 13 种，蓝藻门 2 种，裸藻门 1 种，绿藻门 7 种。

（2）优势种

本次监测中浮游植物优势种主要为颗粒直链藻 *Melosira granulata* 和中肋骨条藻 *Skeletonema costatum*。详见表 5.5-7。

表 5.5-7　浮游植物种类优势度 Y

种类名	拉丁名	出现频次%	优势度 Y
颗粒直链藻	*Melosira granulata*	66.7	0.444
中肋骨条藻	*Skeletonema costatum*	100.0	0.316

（3）生物密度

本次监测中浮游植物生物密度平均为 169031.1×10^3 个/m^3，其中最高生物密度出现在 D1 站位（339341.4×10^3 个/m^3），最小生物密度出现在 D10 站位（31070×10^3 个/m^3）。详见表 5.5-8。

表 5.5-8　浮游植物生物密度

采样站位	生物密度（10^3 个/m^3）	采样站位	生物密度（10^3 个/m^3）
D1	339341.4	D11	22842.2
D3	137048.8	D14	166327
D4	454025	D15	112514.1
D6	154720.2	D17	79819.1
D7	316666.8	D18	153156.1
D10	31070	D20	60841.9

（4）群落特征

本次监测中浮游植物种类数最多出现在 D17 位（26 种），最少出现在 D7 站位（12 种）。浮游植物物种多样性指数（*H′*）平均值为 0.244，均匀度指数（*J*）平均值为 0.058。各采样站位群落特征监测结果详见表 5.5-9。

表 5.5-9　浮游植物群落特征

采样站位	种类数	多样性指数 *H′*	均匀度 *J*	分级描述
D1	15	0.078	0.02	极差
D3	21	0.229	0.052	极差
D4	18	0.182	0.044	极差
D6	13	0.093	0.025	极差
D7	12	0.659	0.184	极差
D10	17	0.213	0.052	极差
D11	17	0.28	0.068	极差
D14	24	0.143	0.031	极差
D15	25	0.434	0.093	极差
D17	26	0.462	0.098	极差
D18	17	0.06	0.015	极差
D20	17	0.096	0.023	极差

5.5.4 浮游动物

5.5.4.1　2021 年 9 月调查结果

（1）种类组成

本次监测共鉴定大中型浮游动物 39 种（类），其中被囊类 1 种，浮游幼体 13 种，毛颚类 2 种，桡足类 17 种，枝角类 5 种，栉水母 1 种。

（2）优势种

本次监测中大中型浮游动物优势种主要为鸟喙尖头溞 *Penilia avirostris*、短尾类溞状幼体 Brachyura zoea、裸腹溞 *Moina* sp.、拟长腹剑水蚤 *Oithona similis*、强额孔雀水蚤 *Parvocalanus crassirostris* 和长尾类幼体 Macrura larvae。详见表 5.5-10。

表 5.5-10　浮游动物种类优势度 Y

种类名	拉丁名	出现频次%	优势度 Y
短尾类溞状幼体	Brachyura zoea	75.00%	0.023
裸腹溞	*Moina sp.*	41.67%	0.041
拟长腹剑水蚤	*Oithona similis*	75.00%	0.025
鸟喙尖头溞	*Penilia avirostris*	75.00%	0.334
强额孔雀水蚤	*Parvocalanus crassirostris*	75.00%	0.057
长尾类幼体	Macrura larvae	83.33%	0.089

（3） 生物密度与生物量

本次监测大中型浮游动物，平均生物密度为 365.4 个/m^3，其中，最高生物密度 D15 站位（1356.7 个/m^3），最低生物密度 D7 站位（50.0 个/m^3）。

大中型浮游动物生物量平均为 302.63 mg/m^3，其中，最高生物量出现在 D10 站位（816.67 mg/m^3），最低生物量出现在 D6 站位（83.96 mg/m^3）详见表 5.5-11。

表 5.5-11　大中型浮游动物生物密度与生物量

采样站位	生物密度（个/m^3）	生物量（mg/m^3）	采样站位	生物密度（个/m^3）	生物量（mg/m^3）
D1	105.5	260.71	D11	65.0	450.00
D3	98.5	248.68	D14	72.7	381.82
D4	61.5	110.00	D15	1356.7	379.69
D6	76.1	83.96	D17	57.2	204.88
D7	50.0	191.67	D18	608.3	153.42
D10	366.9	816.67	D20	1466.9	350.00

（4）群落特征

本次监测中浮游动物种类数最多出现在 D20 站位（17 种），最少出现在 D7 站位（均为 4 种）。浮游动物物种多样性指数（H'）平均值为 2.61，均匀度指数（J）平均值为 0.78，丰富度指数（d）平均值为 1.43。

各采样站位大中型浮游动物群落特征监测结果详见表 5.5-12。

表 5.5-12　大中型浮游动物群落特征

采样站位	种类数	多样性指数 H'	均匀度 J	丰富度 d
D1	13	3.41	0.92	1.79
D3	17	3.46	0.85	2.42
D4	8	2.1	0.7	1.18
D6	15	2.94	0.75	2.24
D7	4	1.92	0.96	0.53
D10	8	2.44	0.81	0.82
D11	7	2.38	0.85	1

采样站位	种类数	多样性指数 H'	均匀度 J	丰富度 d
D14	9	2.9	0.91	1.29
D15	14	2.26	0.59	1.25
D17	12	3.03	0.84	1.88
D18	12	2.35	0.66	1.19
D20	17	2.16	0.53	1.52

5.5.4.2 2022 年 4 月调查结果

（1）种类组成

本次监测共鉴定大中型浮游动物 51 种（类），其中被囊类 2 种，端足类 1 种，浮游幼体 10 种，毛颚类 2 种，介形类 1 种，桡足类 20 种，十足类 3 种，枝角类 6 种，水螅水母类 4 种，原生动物 1 种，栉水母 1 种。

（2）优势种

本次监测中大中型浮游动物优势种主要为蔓足类无节幼体 *Cirripedia nauplius*、桡足类幼体 *Copepoda larvae*、长额象鼻溞 *Bosmina longirostris*、鸟喙尖头溞 *Penilia avirostris*、双壳类幼体 *Bivalve larvae*、长日华哲水蚤 *Sinocalanus solstitialis* 和强额孔雀水蚤 *Parvocalanus crassirostris*。见表 5.5-23。

表 5.5-13 浮游动物种类优势度 Y

种类名	拉丁名	出现频次%	优势度 Y
蔓足类无节幼体	*Cirripedia nauplius*	100	0.261
桡足类幼体	*Copepoda larvae*	100	0.123
长额象鼻溞	*Bosmina longirostris*	41.6	0.082
鸟喙尖头溞	*Penilia avirostris*	66.6	0.042
双壳类幼体	*Bivalve larvae*	41.6	0.036
长日华哲水蚤	*Sinocalanus solstitialis*	58.3	0.036
强额孔雀水蚤	*Parvocalanus crassirostris*	83.3	0.027

（3）生物密度与生物量

本次监测大中型浮游动物，平均生物密度为 3755.3 个/m^3，其中，最高生物密度 D7 站位（14100.0 个/m^3），最低生物密度 D15 站位（622.3 个/m^3）。

大中型浮游动物生物量平均为 183.98 mg/m^3，其中，最高生物量出现在 D4 站位（555 mg/m^3），最低生物量出现在 D20 站位（57.02mg/m^3）。详见表 5.5-24。

表 5.5-14 大中型浮游动物生物密度与生物量

采样站位	生物密度（个/m³）	生物量（mg/m³）	采样站位	生物密度（个/m³）	生物量（mg/m³）
D1	9102.3	164.63	D11	1871.1	107.89
D3	1174.5	60.98	D14	868	95.45
D4	9320	555	D15	622.3	147.22
D6	1378	72.88	D17	1220.6	75
D7	14100	550	D18	3644.4	211.72
D10	815	110	D20	947.6	57.02

（4）群落特征

本次监测中浮游动物种类数最多出现在 D6 站位（23 种），最少出现在 D15 站位（均为 14 种）。浮游动物物种多样性指数（*H′*）平均值为 2.768，均匀度指数（*J*）平均值为 0.661。各采样站位大中型浮游动物群落特征监测结果详见表 5.5-25。

表 5.5-15　大中型浮游动物群落特征

采样站位	种类数	多样性指数 *H′*	均匀度 *J*
D1	21	2.472	0.563
D3	19	2.893	0.681
D4	19	2.597	0.611
D6	23	3.14	0.694
D7	19	1.982	0.467
D10	19	3.495	0.823
D11	15	2.561	0.655
D14	16	3.12	0.78
D15	14	2.919	0.767
D17	19	3.121	0.735
D18	21	2.191	0.499
D20	18	2.728	0.654

5.5.5 底栖生物

5.5.5.1　2021 年 9 月调查结果

（1）种类组成

本次监测共鉴定大型底栖生物 24 种，其中环节动物门 13 种，刺胞动物门 2 种，节肢动物门 3 种，纽形动物门 1 种，软体动物门 4 种，螠虫动物门 1 种。

（2） 优势种

本次监测中大中型浮游动物优势种为奇异稚齿虫 *Paraprionospio pinnata*、

丝异须虫 *Heteromastus filiforms* 和中华内卷齿蚕 *Aglaophamus sinensis*。见表 5.5-16。

表 5.5-16　大型底栖生物种类优势度 Y

种类名	拉丁名	出现频次%	优势度 Y
奇异稚齿虫	*Paraprionospio pinnata*	41.67%	0.231
丝异须虫	*Heteromastus filiforms*	66.67%	0.147
中华内卷齿蚕	*Aglaophamus sinensis*	58.33%	0.025

（3）生物密度与生物量

本次监测中，大型底栖生物生物密度平均为 711.7 个/m^2，其中，最高生物密度出现在 D18 站位（2780.0 个/m^2），最低生物密度出现在 D15 站位（46.7 个/m^2）。大型底栖生物生物量平均为 5.78 g/m^2，其中最高生物量出现在站位 D18（22.26 g/m^2），最低生物量出现在 D11 站位（0.16 g/m^2）。详见表 5.5-17。

表 5.5-17　大型底栖生物生物密度与生物量

采样站位	生物密度（个/m^2）	生物量（g/m^2）	采样站位	生物密度（个/m^2）	生物量（g/m^2）
D1	160.0	1.62	D11	60.1	0.16
D3	133.4	0.95	D14	1060.1	0.86
D4	73.4	0.26	D15	46.7	11.15
D6	373.3	0.30	D17	1920.1	1.01
D7	306.7	1.45	D18	2780.0	22.26
D10	986.7	10.11	D20	640.1	19.25

（4）群落特征

本次监测中最多底栖生物种类出现在 D3 站位（7 种），最少底栖生物种类出现在站位 D18（2 种）。大型底栖生物物种多样性指数（*H′*）平均值为 1.32，均匀度指数（*J*）平均值为 0.59，丰富度指数（*d*）平均值为 0.46。

各采样站位大型底栖生物群落特征监测结果详见表 5.5-18。

表 5.5-18　大型底栖生物群落特征

采样站位	种类数	多样性指数 *H′*	均匀度 *J*	丰富度 *d*
D1	3	0.79	0.5	0.27
D3	7	2.3	0.82	0.85
D4	4	1.62	0.81	0.48
D6	6	1.59	0.62	0.59
D7	6	2.16	0.84	0.61
D10	5	1.63	0.7	0.4
D11	7	2.73	0.97	1.02

D14	4	0.17	0.08	0.3
D15	3	1.15	0.73	0.36
D17	3	0.88	0.55	0.18
D18	2	0.02	0.02	0.09
D20	4	0.81	0.41	0.32

5.5.5.2 2022 年 4 月调查结果

（1）种类组成

本次监测共鉴定大型底栖生物 7 门 31 种，其中环节动物门 16 种占 51.61%，节肢动物门 7 种占 22.58%，软体动物门 4 种占 12.90%，刺胞动物门 1 种占 3.23%，棘皮动物门 1 种占 3.23%，纽形动物门 1 种占 3.23%，螠虫动物门 1 种占 3.23%。

（2）优势种

本次监测中大中型浮游动物优势种为水丝蚓(*Limnodrilus* sp.),其次为钩虾（Gammaridea und.）见表 5.5-19。

表 5.5-19 大型底栖生物种类优势度 Y

种类名	拉丁名	出现频次%	优势度 Y
水丝蚓	*Limnodrilus* sp.	42.00%	0.312
钩虾	Gammaridea und.	42.00%	0.029

（3）生物密度与生物量

本次监测中，大型底栖生物生物密度平均为 636.7 个/m^2，其中，最高生物密度出现在 D15 站位（4913.3 个/m^2），最低生物密度出现在 D17 站位（40.0/m^2）。大型底栖生物生物量平均为 29.14 g/m^2，其中最高生物量出现在站位 D20（179.86 g/m^2），最低生物量出现在 D1 站位（0.32 g/m^2）。详见表 5.5-20。

表 5.5-20 大型底栖生物生物密度与生物量

采样站位	生物密度（个/m^2）	生物量（g/m^2）	采样站位	生物密度（个/m^2）	生物量（g/m^2）
D1	40.1	0.32	D11	133.3	0.39
D3	673.5	65.89	D14	60	0.35
D4	113.4	2.84	D15	4913.3	14.48
D6	433.3	0.84	D17	40	1.86
D7	113.4	5.97	D18	486.8	75.81
D10	260	1.08	D20	373.4	179.86

（4）群落特征

本次监测中最多底栖生物种类出现在 D18 站位，共 11 种，最少底栖生物种类出现在站位 D14 和 D17 均为 3 种。大型底栖生物物种多样性指数（*H′*）平均值为 1.52，均匀度指数（*J*）平均值为 0.67，丰富度指数（*d*）平均值为 0.92。

各采样站位大型底栖生物群落特征监测结果详见表 5.5-21。

表 5.5-21　大型底栖生物群落特征

采样站位	种类数	多样性指数 *H′*	均匀度 *J*	丰富度 *d*
D1	4	1.79	0.9	1.16
D3	10	1.93	0.58	1.35
D4	6	2.15	0.83	1.22
D6	5	1.48	0.64	0.66
D7	5	2.15	0.92	0.98
D10	4	0.84	0.42	0.57
D11	5	1.82	0.78	0.93
D14	3	1.53	0.97	0.63
D15	4	0.07	0.03	0.31
D17	3	1.46	0.92	0.77
D18	11	1.45	0.42	1.62
D20	6	1.58	0.61	0.86

5.5.6 潮间带生物

5.5.6.1 2021 年 9 月调查结果

（1）种类组成

本次调查共鉴定潮间带生物 28 种，其中软体动物门 7 种，节肢动物门 13 种，环节动物 6 种，脊索动物门 1 种，纽形动物门 1 种。详见表 5.5-22。

表 5.5-22　潮间带生物种类组成

门类	种类数	种类数占比（%）
软体动物门	7	25
节肢动物门	13	46.4
环节动物门	6	21.4
脊索动物门	1	3.6
纽形动物门	1	3.6

（2）潮间带栖息密度及生物量分布

a.栖息密度及生物量的组成

调查断面潮间带生物平均生物密度为 600.63 ind./m^2，平均生物量为 92.21

g/m^2。

生物密度组成中，环节动物门最高，平均生物密度为 441.55 ind./m^2，占总平均生物密度的 73.5%；其次为节肢动物门，平均生物密度为 140.57 ind./m^2，占总平均生物密度的 23.4%；软体动物门平均生物密度为 17.20 ind./m^2，占总平均生物密度的 2.9%；其他门类生物包括脊索动物门和纽形动物门平均生物密度为 1.32 ind./m^2，占总平均生物密度的 0.2%；

生物量组成中，软体动物门最高，平均生物量为 87.04 g/m^2，占总平均生物量的 94.4%；其次为环节动物门，平均生物量为 2.72 g/m^2，占总平均生物量的 2.9%；节肢动物门，平均生物量为 2.21 g/m^2，占总平均生物量的 2.4%；其他门类生物脊索动物门和纽形动物门平均生物量为 0.24 g/m^2，占总平均生物量的 0.3%；详见表 5.5-23。

表 5.5-23　潮间带生物平均生物密度与平均生物量组成

项目	合计	节肢动物门	环节动物门	软体动物门	其他
生物密度(ind./m^2)	600.63	140.57	441.55	17.20	1.32
生物量(g/m^2)	92.21	2.21	2.72	87.04	0.24

b.栖息密度与生物量的水平分布

调查断面的潮间带生物平均生物密度和平均生物量的水平分布方面，平均生物密度表现为 C3 断面 > C1 断面 > C6 断面 > C5 断面 > C4 断面 > C2 断面；平均生物量表现为为 C5 断面 > C4 断面 > C3 断面 > C2 断面 > C1 断面 > C6 断面。详见表表 5.5-24。

表 5.5-24　潮间带生物平均生物密度及平均生物量水平分布

断面	项目	合计	节肢动物门	环节动物门	软体动物门	其他
C1	生物密度(ind./m^2)	109.12	44.35	63.67	0	1.1
	生物量(g/m^2)	1.79	1	0.56	0	0.23
C2	生物密度(ind./m^2)	39.98	10.12	28.55	1.1	0.22
	平均生物量(g/m^2)	9.75	0.37	0.15	9.23	0
C3	生物密度(ind./m^2)	237.67	0	237.22	0.45	0
	生物量(g/m^2)	13.96	0	1.45	12.52	0
C4	生物密度(ind./m^2)	42.32	9.55	29	3.77	0
	生物量(g/m^2)	32.43	0.33	0.15	31.95	0

断面	项目	合计	节肢动物门	环节动物门	软体动物门	其他
C5	生物密度(ind./m^2)	73.45	0.45	61.78	11.22	0
	生物量(g/m^2)	33.47	0	0.35	33.12	0
C6	生物密度(ind./m^2)	98.1	76.1	21.33	0.67	0
	生物量(g/m^2)	0.81	0.52	0.07	0.22	0

c.栖息密度及生物量的垂直分布

调查断面的潮间带生物平均生物密度和平均生物量的垂直分布方面，平均生物密度表现为低潮区 > 中潮区 > 高潮区；平均生物量表现为中潮区 > 低潮区 > 高潮区。详见表 5.5-25。

表 5.5-25　潮间带生物平均生物密度及平均生物量垂直分布

潮区	项目	合计	节肢动物门	环节动物门	软体动物门	其他
高	生物密度(ind./m^2)	124	47.33	54.67	22	0
	生物量(g/m^2)	30.7	1.75	0.86	28.09	0
中	生物密度(ind./m^2)	307.93	67.13	232.43	7.07	1.3
	生物量(g/m^2)	95.8	2.11	2.91	90.32	0.46
低	生物密度(ind./m^2)	769.33	166.67	596	5.33	1.33
	生物量(g/m^2)	57.91	0.57	1.67	55.66	0.01

（3）生物多样性指数及均匀度

调查结果显示，6 条断面出现的种类数范围为 10~23 种，平均为 15 种，其中种类数最高的断面为 C1 断面，种类数最低为 C6 断面。

潮间带生物物种多样性指数（H'）平均值为 1.37。其中多样性指数最高值（1.95）出现在 C1 断面，最低值（0.58）出现在 C3 断面。

潮间带生物物种均匀度指数（J）平均值为 0.63。其中最高值（0.77）出现在 C6 断面，最低值（0.34）出现在 C3 断面。

各断面潮间带生物群落特征调查结果详见表 5.5-26。

表 5.5-26　各断面潮间带生物群落特征

段面	种类数	多样性指数 H'	均匀度 J
C1	23	1.95	0.69
C2	17	1.75	0.75
C3	10	0.58	0.34
C4	16	1.34	0.57

段面	种类数	多样性指数 H'	均匀度 J
C5	13	1.31	0.64
C6	11	1.31	0.77
最大值	23	1.95	0.77
最小值	10	0.58	0.34
平均值	15	1.37	0.63

5.5.6.2 2022 年 4 月调查结果

（1）种类组成

本次调查共鉴定潮间带生物 37 种，其中环节动物门 13 种占 35.14%，软体动物门 11 种占 29.73%，节肢动物门动物 10 种占 27.03，纽形动物门、脊索动物门、扁形动物门各 1 种，占 2.7%。详见表 5.5-26。

表 5.5-27 潮间带生物种类组成

门类	种类数	种类数占比（%）
环节动物门	13	35.14
软体动物门	11	29.73
节肢动物门	10	27.03
纽形动物门	1	2.70
脊索动物门	1	2.70
扁形动物门	1	2.70

（2）潮间带栖息密度及生物量分布

a.栖息密度及生物量的组成

调查断面潮间带生物平均生物密度为 78.1 ind./m^2，平均生物量为 18.57 g/m^2。

生物密度组成中，环节动物门最高，平均生物密度为 67.7 ind./m^2，占总平均生物密度的 86.7%；其次为节肢动物门，平均生物密度为 6.7 ind./m^2，占总平均生物密度的 8.6%；软体动物门平均生物密度为 3.4 ind./m^2，占总平均生物密度的 4.4%；纽形动物门和扁形动物门平均生物密度为均为 0.1 ind./m^2，各占总平均生物密度的 0.1%；

生物量组成中，软体动物门最高，平均生物量为 14.07 g/m^2，占总平均生物量的 75.8%；其次为环节动物门，平均生物量为 2.83 g/m^2，占总平均生物量

的 15.2%；节肢动物门，平均生物量为 1.65 g/m^2，占总平均生物量的 8.9%；其他门类生物纽形动物门和扁形动物门平均生物量共 0.02 g/m^2，共占 0.1%；详见表 5.5-28。

表 5.5-28　潮间带生物平均生物密度与平均生物量组成

项目	合计	节肢动物门	环节动物门	软体动物门	其他
平均生物密度(ind./m^2)	78.1	6.7	67.7	3.4	0.2
平均生物量(g/m^2)	18.57	1.65	2.83	14.07	0.02

b.栖息密度与生物量的水平分布

调查断面的潮间带生物平均生物密度和平均生物量的水平分布方面，平均生物密度表现为 C4 断面 > C3 断面 > C2 断面 > C1 断面 > C5 断面 > C6 断面；平均生物量表现为为 C6 断面 > C3 断面 > C4 断面 > C5 断面 > C1 断面 > C2 断面。详见表 5.5-29。

表 5.5-29　潮间带生物平均生物密度及平均生物量水平分布

断面	项目	合计	环节动物门	节肢动物门	软体动物门	其他
C1	平均生物密度(ind./m^2)	68.2	56.4	11.8	0.0	0.0
	平均生物量(g/m^2)	7.37	4.96	2.41	0.00	0.00
C2	平均生物密度(ind./m^2)	78.0	73.1	1.5	2.7	0.7
	平均生物量(g/m^2)	5.18	0.52	0.18	5.18	0.02
C3	平均生物密度(ind./m^2)	88.2	76.9	8.4	2.9	0.0
	平均生物量(g/m^2)	20.27	1.85	1.85	16.56	0.00
C4	平均生物密度(ind./m^2)	174.4	167.5	1.3	5.5	0.0
	平均生物量(g/m^2)	8.98	4.28	0.26	4.45	0.00
C5	平均生物密度(ind./m^2)	30.2	14.7	10.7	4.9	0.00
	平均生物量(g/m^2)	7.89	0.12	4.26	3.51	0.00
C6	平均生物密度(ind./m^2)	29.5	17.8	6.7	4.7	0.4
	平均生物量(g/m^2)	60.99	0.59	0.60	59.75	0.05

c.平均生物密度及平均生物量垂直分布

调查断面的潮间带生物平均生物密度和平均生物量的垂直分布方面，平均

生物密度表现为低潮区 > 中潮区 > 高潮区；平均生物量表现为低潮区 > 中潮区 > 高潮区。详见表 5.5-30。

表 5.5-30　潮间带生物平均生物密度及平均生物量垂直分布

潮区	项目	合计	节肢动物门	环节动物门	软体动物门	其他
高	平均生物密度(ind./m^2)	26.3	17	6	3	0.3
	平均生物量(g/m^2)	5.16	0.98	1.36	2.81	0.01
中	平均生物密度(ind./m^2)	50.6	36.2	11.5	2.6	0.2
	平均生物量(g/m^2)	15.7	2.16	3.42	10.09	0.03
低	平均生物密度(ind./m^2)	157.3	150	2.7	4.7	0
	平均生物量(g/m^2)	34.84	5.35	0.17	29.32	0

（3）生物多样性指数及均匀度

调查结果显示，6 条断面出现的种类数范围为 8~22 种，平均为 14 种，其中种类数最高的断面为 C3 断面，种类数最低为 C5 断面。

潮间带生物物种多样性指数（*H′*）平均值为 1.60。其中多样性指数最高值（2.18）出现在 C6 断面，最低值（0.86）出现在 C5 断面。

潮间带生物物种均匀度指数（*J*）平均值为 0.71。其中最高值（0.86）出现在 C6 断面，最低值（0.48）出现在 C5 断面。

各断面潮间带生物群落特征调查结果详见表 5.5-31。

表 5.5-31　各断面潮间带生物群落特征

断面	种类数	多样性指数 *H′*	均匀度 *J*
C1	12	1.31	0.65
C2	11	1.26	0.67
C3	22	2.11	0.73
C4	19	1.80	0.81
C5	8	0.86	0.48
C6	13	2.18	0.86
最大值	22	2.18	0.86
最小值	8	0.86	0.48
平均值	14	1.60	0.71

5.6 海洋生物质量现状调查与评价

2021 年 9 月海洋生物质量调查与渔业资源调查同步，布设了 12 个调查站位，见表 5.7-1。

5.6.1 调查内容与调查方法

（1）调查项目

生物质量调查项目：重金属（Cu、Pb、Cd、Zn、Hg、Cr、As）及石油烃。

（2）调查方法

样品的采集、处理、分析均按《海洋监测规范》中的相关要求进行。采样现场拖网调查，在到站前 2 海里处放网，拖速控制在 2-3 节。拖网取样时间以拖网着底或曳纲拉紧时为起始时间，拖网中尽可能保持拖网方向至起朝着标准站位，结束时间以起网收纲时计算。监测在白天进行，每站拖网时间为 10-20 min。

①虾与中小型鱼样采集

按要求选取足够数量（约 1.5 kg）的完好生物样，放入干净的聚乙烯袋中，应防止刺破袋子。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，低温冷藏。若贮存期不太长时（热天不超过 48 h），可用冰箱或冷冻箱存放样品。

②大型鱼样采集

测量并记录鱼样的叉长、体重和性别。用清洁的金属刀切下至少 100 g 肌肉组织，厚度至少 5 cm，样品处理时，切除沾污和内脏部分。存于清洁的聚乙烯袋中，挤出袋内空气，并封口，将此袋和样品标签一起放入另一聚乙烯袋中，封口，将此袋和样品标签一起放入另一聚乙烯袋中，封口，低温冷藏。若贮存期不太长（热天不超过 48 h），可用冰箱或冷冻箱存放样品。

样品的保存按《近岸海域环境监测规范》中的相关要求进行。

5.6.2 调查与评价结果

5.6.2.1 调查结果

2021 年 9 月调查区海洋生物质量样品中各要素的分析测试结果列于表 5.6-1

中。

2022 年 4 月调查区海洋生物质量样品中各要素的分析测试结果列于表 5.6-2 中

表 5.6-1　2021 年 9 月海洋生物质量调查要素的分析结果（湿重） 单位：mg/kg

站位	样品名称	类别	砷	镉	铜	总汞	铅	锌	铬	石油烃
Y1	海南华鳊	鱼类	0.2	ND	ND	0.006	ND	3.6	0.07	2.5
Y2	丝鲹海鲇	鱼类	ND	ND	ND	0.011	ND	14.2	0.08	1.8
Y3	凡纳滨对虾	甲壳类	1.6	0.016	3.6	0.008	ND	8.4	0.08	1.6
Y4	凡纳滨对虾	甲壳类	0.9	0.02	6.4	0.009	ND	10.9	0.12	1.9
Y5	凡纳滨对虾	甲壳类	ND	0.015	4.6	0.011	ND	13.9	0.1	1.6
Y6	凡纳滨对虾	甲壳类	ND	0.026	2.9	0.014	0.06	12.1	0.09	1.4
Y7	凡纳滨对虾	甲壳类	ND	0.016	2.4	0.008	0.08	9.1	0.07	1.8
Y8	凡纳滨对虾	甲壳类	ND	0.013	2.7	0.006	ND	10.9	0.07	2
Y9	亨氏仿对虾	甲壳类	ND	0.014	2	0.011	0.06	11.8	0.07	1.8
Y10	亨氏仿对虾	甲壳类	0.3	0.01	3.9	0.01	ND	11.7	0.07	1.3
Y11	斑鰶	鱼类	ND	0.006	1.3	0.014	ND	7.4	0.06	3.5
Y12	鰡	鱼类	ND	ND	ND	0.006	ND	4.1	0.09	3.6

注： ND 表示未检出。

表 5.6-2　2022 年 4 月海洋生物质量调查要素的分析结果（湿重） 单位：mg/kg

站位	样品名称	类别	砷	镉	铜	总汞	铅	锌	铬	石油烃
Y1	近缘新对虾	甲壳类	ND	0.015	0.9	0.011	0.06	8.4	0.09	16.7
Y2	大鳞舌鳎	鱼类	ND	0.041	0.7	0.004	0.08	4.7	0.08	10.1
Y3	大鳞舌鳎	鱼类	ND	0.021	0.7	0.007	0.05	6.4	0.14	5.6
Y4	口虾蛄	甲壳类	ND	0.053	9.6	0.004	0.06	13	0.11	7
Y5	口虾蛄）	甲壳类	ND	1.08	10.5	0.003	0.05	17.1	0.06	5.2
Y6	近缘新对虾	甲壳类	ND	0.061	9	0.003	0.11	12.4	0.12	8.7
Y7	口虾蛄	甲壳类	ND	6.8	15	0.013	0.08	17.8	0.08	15.2
Y8	口虾蛄	甲壳类	ND	1.41	21	0.006	ND	18.8	0.08	7.7
Y9	大鳞舌鳎	鱼类	ND	0.021	0.7	0.003	0.12	7.9	0.09	9.2
Y10	曼氏无针乌贼	软体类	ND	0.014	2.9	0.023	0.06	12.2	0.1	4.9
Y11	口虾蛄	甲壳类	ND	1.92	36.7	0.004	0.2	24.2	0.07	15
Y12	口虾蛄	甲壳类	ND	ND	0.5	0.005	ND	4.4	0.1	5.4

5.6.2.2 评价标准与评价方法

（1）评价标准

贝类（双壳类）生物体内污染物质含量的评价标准根据《珠海市海洋功能区划》（2015-2020 年）确定，各调查站位海水水质执行《海水水质标准》标准情况见表 5.6-3。其它甲壳类和鱼类生物体内污染物质（Cu、Pb、Zn、Cd、Hg）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，砷、铬和鱼类生物体内石油烃含量采用《第二次全国海洋污染物基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准。

表 5.6-3 各站位贝类生物体内污染物评价执行标准

调查站位	所在海洋功能区名称	执行标准类别
Y1、Y2、Y3、Y4、Y7	鸡啼门保留区	维持现状
Y5	木乃南工业与城镇用海区	二类
Y6	三灶工业与城镇用海区	
Y8、Y9、Y10、Y11 、Y12	湛江-珠海近海农渔业区	一类

（2）评价方法

生物质量评价均采用单因子评价法，其计算公式参照水质一般污染物评价方法。

（2）评价结果

1）2021 年 9 月评价结果

2021 年 9 月调查期间海洋生物质量评价结果表 5.6-4 。所有站位鱼类、甲壳类生物体污染物质含量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》和《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，未出现超标现象。

表 5.6-4 2021 年 9 月调查海区海洋生物质量标准指数统计结果

站位	样品名称	类别	铜	铅	镉	锌	总汞	石油烃
Y1	海南华鳊	鱼类	0.01	0.01	0.00	0.09	0.02	0.13
Y2	丝鲹海鲇	鱼类	0.01	0.01	0.00	0.36	0.04	0.09
Y3	凡纳滨对虾	甲壳类	0.18	0.01	0.03	0.21	0.03	/
Y4	凡纳滨对虾	甲壳类	0.32	0.01	0.03	0.27	0.03	/
Y5	凡纳滨对虾	甲壳类	0.23	0.01	0.03	0.35	0.04	/
Y6	凡纳滨对虾	甲壳类	0.15	0.03	0.04	0.30	0.05	/
Y7	凡纳滨对虾	甲壳类	0.12	0.04	0.03	0.23	0.03	/
Y8	凡纳滨对虾	甲壳类	0.14	0.01	0.02	0.27	0.02	/
Y9	亨氏仿对虾	甲壳类	0.10	0.03	0.02	0.30	0.04	/
Y10	亨氏仿对虾	甲壳类	0.20	0.01	0.02	0.29	0.03	/

Y11	斑鰶	鱼类	0.07	0.01	0.01	0.19	0.05	0.18
Y12	鰡	鱼类	0.01	0.01	0.00	0.10	0.02	0.18

2）2022 年 4 月评价结果

2022 年 4 月调查期间海洋生物质量评价结果表 5.6-5 。所有站位检测项目 Cu、Pb、Zn、总汞和石油烃含量均未超过《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。镉除了 Y7 站位甲壳类（口虾蛄）超过《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外，其他站位镉均未超过《全国海岸和海涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准。

表 5.6-5　2022 年 4 月调查海区海洋生物质量标准指数统计结果

采样站位	样品类别	总汞	镉	铅	铜	锌	石油烃
Y1	甲壳类（近缘新对虾）	0.06	0.01	0.03	0.01	0.06	0.84
Y2	鱼类（大鳞舌鳎）	0.01	0.07	0.04	0.04	0.12	0.51
Y3	鱼类（大鳞舌鳎）	0.02	0.04	0.03	0.04	0.16	0.28
Y4	甲壳类（口虾蛄）	0.02	0.03	0.03	0.10	0.09	0.35
Y5	甲壳类（口虾蛄）	0.02	0.54	0.03	0.11	0.11	0.26
Y6	甲壳类（近缘新对虾）	0.02	0.03	0.06	0.09	0.08	0.44
Y7	甲壳类（口虾蛄）	0.07	**3.40**	0.04	0.15	0.12	0.76
Y8	甲壳类（口虾蛄）	0.03	0.71	0.01	0.21	0.13	0.39
Y9	鱼类（大鳞舌鳎）	0.01	0.04	0.06	0.04	0.20	0.46
Y10	软体类（曼氏无针乌贼）	0.08	0.00	0.01	0.03	0.05	0.25
Y11	甲壳类（口虾蛄）	0.02	0.96	0.10	0.37	0.16	0.75
Y12	甲壳类（口虾蛄）	0.03	0.00	0.01	0.01	0.03	0.27

5.7 渔业资源现状调查及评价

本次委托福州市华测品标检测有限公司开展了渔业资源调查，调查时间为 2021 年 9 月、2022 年 4 月，两次调查期间均布设了 12 个渔业资源调查站位，见表 5.7-1。

表 5.7-1　渔业资源调查站位

站位	经度	纬度	调查内容
y1	113°15′54.00000″	22°4′54.00000″	渔业资源、生物质量
y2	113°16′37.00000″	22°3′44.00000″	渔业资源、生物质量
y3	113°16′23.00000″	22°2′3.00000″	渔业资源、生物质量
y4	113°16′3.96625″	21°59′47.68548″	渔业资源、生物质量
y5	113°18′14.16846″	21°59′38.79779″	渔业资源、生物质量
y6	113°20′12.21065″	21°59′41.70789″	渔业资源、生物质量

站位	经度	纬度	调查内容
y7	113°16′24.14475″	21°57′51.81889″	渔业资源、生物质量
y8	113°18′52.14606″	21°57′59.92145″	渔业资源、生物质量
y9	113°21′16.76404″	21°58′14.71924″	渔业资源、生物质量
y10	113°17′29.43817″	21°56′4.57870″	渔业资源、生物质量
y11	113°19′45.58975″	21°56′21.46640″	渔业资源、生物质量
y12	113°22′8.63455″	21°56′47.40472″	渔业资源、生物质量

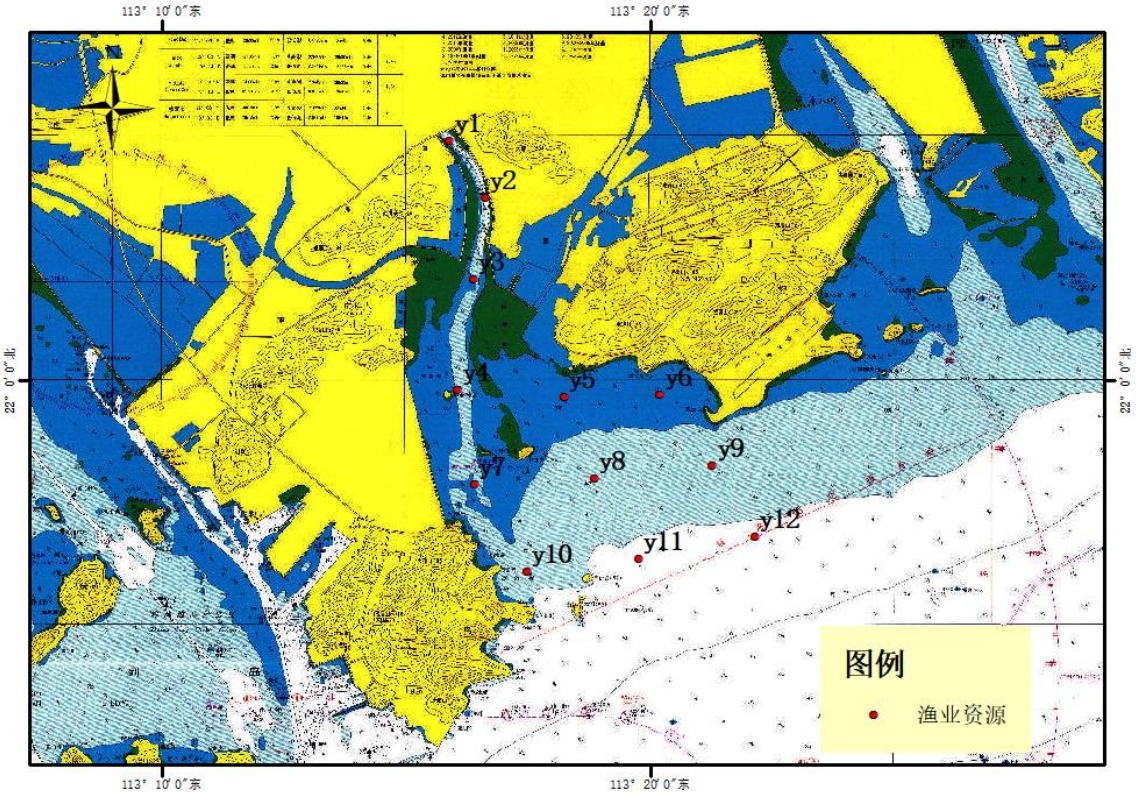


图 5.7-1　渔业资源调查站位图（2021 年 9 月）

5.7.1 调查内容与调查方法

（1）调查内容

海洋生态调查项目包括鱼卵仔稚鱼和游泳动物。

（2）调查方法

1）鱼类浮游生物（鱼卵、仔稚鱼）定性采样一般在海水表层(0 m~3 m)或其他水层进行水平拖网 10 min~15 min,船速为 1 kn~2 kn。鱼类浮游生物（鱼卵、仔稚鱼）定量采样由海底至海面垂直或倾斜拖网。落网速度为 0.5 m/s,起网速度为 0.5 m/s~0.8 m/s。网具使用浅水Ⅰ型浮游生物网，网口面积为 0.2 m^2。

2） 游泳动物为单拖网，拖网时间为 1 h，拖网中要尽可能保持拖网方向朝着标准站位,记录鱼群映象出现的水层、经、纬度和拖网速度的改变情况,要注意周围船只动态和调查船的拖网是否正常等,若出现不正常拖网时，视其情况改变

拖向或立即起网。临起网前必须准确测定船位，起网过程中两船的卷网速度一致，起网时间以起网机开始卷收曳纲的时间为准。渔获物样品分析鉴定到种，记录各种类的名称、样品质量、尾数，样品中最小、最大体长（肛长、胴长或全长等，mm）和最小、最大体重（g）。

5.7.2 鱼卵仔稚鱼

5.7.2.1 2021 年 9 月调查结果

（1）种类组成

在采集的 24 个定量及定性样品中，经鉴定，共出现了鱼卵仔稚鱼 7 种，其中鲈形目鉴定出 5 种，鲱形目鉴定出 1 种，刺鱼目鉴定出 1 种。详见表 5.7-2。

表 5.7-2 调查海区鱼卵、仔稚鱼种类组成

种类		拉丁种名	鱼卵	仔稚鱼
鲈形目	金线鱼	*Nemipterus* sp.	+	+
	鲹科	Carangidae sp.	+	+
	石首鱼科	Sciaenidae sp.	+	-
	鰳	*Ilisha elongata*	-	+
	鲻科	Mugilidae sp.	+	+
刺鱼目	尖海龙	*Syngnathus acus*	-	+
鲱形目	鳀	*Engraulis* sp.	+	+

（2）垂直拉网定量分析

在本次调查的垂直采样的定量样品中，共采到鱼卵 69.54 粒。调查海区的鱼卵平均密度为 5.80 粒/m^3，采获鱼卵数量密度最高为 Y12 站位，为 25.00 粒/m^3，调查期间 12 个测站中有 6 个站位采到鱼卵，鱼卵出现率为 50.00%，鱼卵密度变化范围在 0 粒/m^3~25.00 粒/m^3。

在本次调查的垂直采样的定量样品中，共采到仔稚鱼 73.44 尾。调查海区的仔稚鱼平均密度为 6.12 尾/m^3，采获仔稚鱼数量密度最高为 Y12 站位，为 23.21 尾/m^3，调查期间 12 个测站中有有 7 个站位出现，出现率为 58.33%，仔稚鱼密度变化范围在 0 尾/m^3~23.21 尾/m^3。详见表 5.7-3。

表 5.7-3 定量样品中鱼类浮游生物密度及其分布

站位	鱼卵发育期	
	鱼卵（粒/m^3）	仔鱼（尾/m^3）

站位	鱼卵发育期	
	鱼卵（粒/m^3）	仔鱼（尾/m^3）
Y1	0	0
Y2	0	5.46
Y3	18.33	8.33
Y4	0	14.59
Y5	0	0
Y6	18.19	0
Y7	1.85	1.85
Y8	0	10
Y9	4	10
Y10	0	0
Y11	2.17	0
Y12	25	23.21
总计	69.54	73.44
平均值	5.8	6.12

（3）水平拖网定量分析

在本次调查的水平采样的定性样品中，共采到鱼卵 488 粒。调查海区的鱼卵平均密度为 40.67 粒/网（0.32 粒/m^3），采获鱼卵数量密度最高为 Y12 站位，为 303 粒/网（2.45 粒/m^3），调查期间 12 个测站中有 10 个站位采到鱼卵，鱼卵出现率为 83.33%，鱼卵密度变化范围在 0~303 粒/网（0~2.45 粒/m^3）。

在本次调查的水平采样的定性样品中，共采到仔稚鱼 166 尾。调查海区的仔稚鱼平均密度为 13.83 尾/网（0.11 尾/m^3），采获仔稚鱼数量密度最高为 Y12 站位，为 39 尾/网（0.32 尾/m^3），调查期间 12 个测站中有 10 个站位采到仔稚鱼，仔稚鱼出现率为 83.33%，仔稚鱼密度变化范围在 0~39 粒/网（0~0.32 尾/m^3）。详见表 5.7-4。

表 5.7-4　定性样品中鱼类浮游生物密度及其分布

站位	鱼卵发育期			
	鱼卵		仔鱼	
	粒/网	粒/m^3	尾/网	尾/m^3
Y1	0	0	0	0
Y2	7	0.05	7	0.05
Y3	7	0.06	46	0.37
Y4	5	0.04	11	0.08
Y5	5	0.04	10	0.08
Y6	13	0.1	0	0
Y7	22	0.18	8	0.06

Y8	52	0.42	24	0.19
Y9	61	0.45	6	0.04
Y10	13	0.1	14	0.11
Y11	0	0	1	0.01
Y12	303	2.45	39	0.32
总计	488	3.89	166	1.32
平均值	40.67	0.32	13.83	0.11

5.7.2.2 2022 年 4 月调查结果

（1）种类组成

在采集的 24 个定量及定性样品中，经鉴定，共出现了鱼卵仔稚鱼 14 种，其中鲽形目 1 种，鲱形目 5 种，鲈形目鉴定出 5 种，鲀形目、仙女鱼目、鲉形目、鲻形目分别鉴定出 1 种。详见表 5.7-5。

表 5.7-5 调查海区鱼卵、仔稚鱼种类组成

种类		拉丁种名	鱼卵	仔稚鱼
鲽形目	舌鳎	*Cynoglossus* sp.	-	+
鲱形目	无齿鳀	*Anodontostoma chacunda*	+	-
	鲱科	Clupeidae und.	+	+
	鳀科	Engraulidae und.	+	+
	斑鰶	*Konosirus punctatus*	+	-
鲈形目	鲹科	Carangidae und.	+	+
	鰕虎鱼科	Gobiidae und.	-	+
	金线鱼	*Nemipterus* sp.	-	+
	石首鱼科	Sciaenidae und.	+	+
	鲷	*Terapon theraps*	-	+
鲀形目	单角鲀科	Monacanthidae und.	-	+
仙女鱼目	狗母鱼科	Synodidae und.	+	-
鲉形目	鲬科	Platycephalidae und.	-	+
鲻形目	鲻科	Mugilidae und.	+	+

（2）垂直拉网定量分析

在本次调查的垂直采样的定量样品中，鱼卵总生物密度为 111.14 粒/m^3。调查海区的鱼卵平均密度为 9.26 粒/m^3，采获鱼卵数量密度最高为 Y11 站位，为 39.06 粒/m^3，调查期间 12 个测站中有 8 个站位采到鱼卵，鱼卵出现率为 66.67%，鱼卵密度变化范围在（0~39.06） 粒/m^3。

在本次调查的垂直采样的定量样品中，仔稚鱼总生物密度为 389.91 尾/m^3。调查海区的仔稚鱼平均密度为 32.49 尾/m^3，采获仔稚鱼数量密度最高为 Y6 站位，为 200.00 尾/m^3，调查期间 12 个测站中有 11 个站位出现，出现率为

91.67%，仔稚鱼密度变化范围在（0~200.00）尾/m^3。详见表 5.7-6。

表 5.7-6　定量样品中鱼类浮游生物密度及其分布

站位	鱼卵发育期	
	鱼卵（粒/m^3）	仔鱼（尾/m^3）
Y1	1.56	6.25
Y2	0	33.73
Y3	0	21.43
Y4	0	16.67
Y5	25	75
Y6	0	200
Y7	2.5	0
Y8	10	4
Y9	2.86	5.72
Y10	15	1.67
Y11	39.06	3.12
Y12	15.16	22.32
总计	111.14	389.91
平均值	9.26	32.49

（3）水平拖网定量分析

在本次调查的水平采样的定性样品中，共采到鱼卵 125 粒。调查海区的鱼卵平均密度为 10.42 粒/网（0.08 粒/m^3），采获鱼卵数量密度最高为 Y1 站位，为 65 粒/网（0.50 粒/m^3），调查期间 12 个测站中有 7 个站位采到鱼卵，鱼卵出现率为 58.33%，鱼卵密度变化范围在 0~65 粒/网（0~0.09 粒/m^3）。

在本次调查的水平采样的定性样品中，共采到仔稚鱼 1773 尾。调查海区的仔稚鱼平均密度为 147.75 尾/网（1.11 尾/m^3），采获仔稚鱼数量密度最高为 Y3 站位，为 871 尾/网（6.41 尾/m^3），调查期间 12 个测站中有 12 个站位采到仔稚鱼，仔稚鱼出现率为 100.00%，仔稚鱼密度变化范围在 5~871 粒/网（0.01~1.18 尾/m^3）。详见表 5.7-7。

表 5.7-7　定性样品中鱼类浮游生物密度及其分布

站位	鱼卵发育期			
	鱼卵		仔稚鱼	
	粒/网	粒/m^3	尾/网	尾/m^3
Y1	65	0.50	291	2.24
Y2	22	0.16	78	0.57
Y3	11	0.08	871	6.41
Y4	3	0.02	107	0.83
Y5	13	0.10	137	1.00
Y6	0	0	164	1.27

Y7	0	0	22	0.16
Y8	8	0.07	62	0.48
Y9	3	0.03	21	0.18
Y10	0	0	7	0.05
Y11	0	0	8	0.07
Y12	0	0	5	0.05
总计	125	0.96	1773	13.31
平均值	10.42	0.08	147.75	1.11

5.7.3 游泳生物

5.7.3.1 2021 年 9 月调查结果

（1）种类组成与分布

本次游泳动物监测共计布设 12 个监测断面，共发现游泳动物 4 类 52 种，其中鱼类 40 种，占总种数的 76.9%；蟹类 4 种，占总种数的 7.7%；虾类 7 种，占总种数的 13.5%；头足类 1 种，占总种数的 1.9%。

表 5.7-8 各断面出现种类统计结果

站位	鱼类	虾类	蟹类	头足类	总计
Y1	10	0	0	0	10
Y2	7	0	0	0	7
Y3	17	3	1	0	21
Y4	21	5	1	0	27
Y5	18	5	2	0	25
Y6	17	4	2	0	23
Y7	15	3	2	0	20
Y8	10	4	2	0	16
Y9	15	4	3	0	22
Y10	11	3	2	1	17
Y11	7	2	2	0	11
Y12	14	4	2	0	20

（2）渔获率

本次调查游泳动物平均个体渔获率和重量渔获率分别为 518.92 ind./h 和 4.873 kg/h。头足类游泳动物平均个体渔获率和重量渔获率分别为 0.08 ind./h 和 0.001 kg/h，分别占游泳动物总平均个体渔获率的 0.02%和总平均重量渔获率的 0.01%；蟹类游泳动物平均个体渔获率和重量渔获率分别为 12.42 ind./h 和 0.060 kg/h，分别占游泳动物总平均个体渔获率的 2.39%和总平均重量渔获率的 1.23%；虾类游泳动物平均个体渔获率和重量渔获率分别为 169.17 ind./h 和 0.665 kg/h，分别占游泳动物总平均个体渔获率的 32.60%和总平均重量渔获率的 13.66%；鱼类游泳动物平均个体渔获率和重量渔获率分别为 337.25 ind./h 和

4.147 kg/h，分别占游泳动物总平均个体渔获率的 64.99%和总平均重量渔获率的 85.10%。

平均个体渔获率由大到小排序为：鱼类游泳动物>虾类游泳动物>蟹类游泳动物>头足类游泳动物；平均重量渔获率由大到小排序为：鱼类游泳动物>虾类游泳动物>蟹类游泳动物>头足类游泳动物。

表 5.7-9　游泳动物个体渔获率（ind./h）

站位	总个体渔获率	鱼类	虾类	蟹类	头足类
Y1	40	40	0	0	0
Y2	29	29	0	0	0
Y3	279	261	17	1	0
Y4	689	442	239	8	0
Y5	846	540	276	30	0
Y6	281	161	109	11	0
Y7	349	292	48	9	0
Y8	374	271	100	3	0
Y9	799	644	144	11	0
Y10	1595	658	895	41	1
Y11	475	335	114	26	0
Y12	471	374	88	9	0
总计	6227	4047	2030	149	1
平均值	518.92	337.25	169.17	12.42	0.08
占比（%）	/	64.99	32.60	2.39	0.02

表 5.7-10　游泳动物重量渔获率（kg/h）

站位	总重量渔获率	鱼类	虾类	蟹类	头足类
Y1	3.900	3.900	0.000	0.000	0.000
Y2	2.593	2.593	0.000	0.000	0.000
Y3	4.837	4.778	0.049	0.010	0.000
Y4	4.710	3.890	0.739	0.081	0.000
Y5	5.269	4.077	0.991	0.201	0.000
Y6	2.252	1.801	0.371	0.080	0.000
Y7	5.057	4.802	0.180	0.075	0.000
Y8	4.640	4.269	0.338	0.033	0.000
Y9	9.813	9.187	0.527	0.099	0.000
Y10	6.388	2.252	4.089	0.039	0.008
Y11	2.113	1.753	0.332	0.028	0.000
Y12	6.904	6.460	0.369	0.075	0.000
总计	58.476	49.762	7.985	0.721	0.008
平均值	4.873	4.147	0.665	0.060	0.001
占比（%）	/	85.10	13.66	1.23	0.01

（3）资源密度

各站位渔业资源密度分布见表 5.7-11。平均重量密度为 1377.320 kg/ km^2，

Y9 断面最高，Y11 断面最低，范围为 635.892 kg/km^2~2559.621 kg/km^2；平均个体密度为 146633.529 ind./km^2，个体密度最高的断面为 Y10 断面，其值为 445771.791ind./km^2，最低为 Y2 断面，其个体密度为 8405.125 ind./km^2。

表 5.7-11　调查站位的渔业资源密度

站位	重量密度(kg/km^2)	个体密度(ind./km^2)
Y1	1089.874	11179.231
Y2	751.7	8405.125
Y3	1351.544	77975.126
Y4	1316.122	192562.23
Y5	1471.888	236440.71
Y6	677.583	84575.178
Y7	1465.324	101151.33
Y8	1345.022	108397.13
Y9	2559.621	208418.11
Y10	1785.074	445771.79
Y11	635.892	142965.15
Y12	2078.194	141761.24
平均值	1377.32	146633.53

（4）鱼类资源状况

1）种类组成

本次调查捕获的鱼类 40 种。鱼类中大多数种类为我国沿岸、浅海渔业的捕捞对象。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）鱼类资源密度估算

本次调查，鱼类的资源密度见表 5.7-12。从表 7.8.2-1 可得出其平均重量密度和平均个体密度分别为 1172.532 kg/km^2 和 95324.261 ind./km^2。在 12 个断面中，鱼类重量密度分布中，Y9 断面最高为 2396.436 kg/km^2，Y11 断面最低为 527.727 kg/km^2；鱼类个体密度分布中，Y10 断面最高为 183898.330 ind./km^2，Y2 断面最低为 8405.125 ind./km^2。

表 5.7-12　鱼类资源密度

站位	重量密度(kg/km^2)	个体密度(ind./km^2)
Y1	1089.874	11179.231
Y2	751.7	8405.125
Y3	1334.844	72944.473
Y4	1087.154	123530.49
Y5	1138.861	150919.6

站位	重量密度(kg/km^2)	个体密度(ind./km^2)
Y6	541.549	48457.665
Y7	1391.328	84630.913
Y8	1237.541	78544.442
Y9	2396.436	167986.56
Y10	628.995	183898.33
Y11	527.727	100828.05
Y12	1944.375	112566.25
平均值	1172.532	95324.261

3）鱼类优势种

鱼类 IRI 值在 1000 以上的有 4 种，为：鲻 *Mugil cephalus*、眶棘双边鱼 *Ambassis gymnocephalus*、丝鳍海鲇 *Arius arius* 和皮氏叫姑鱼 *Johnius belangerii*。这 4 种鱼类的重量渔获率之和为 34.321 kg/h，占鱼类总重量渔获率（49.762kg/h）的 68.97%；这 4 种鱼类的个体渔获率之和为 3336 ind./h，占鱼类总个体渔获率（4047 ind./h）的 82.43%。由此确定这 4 种为鱼类的优势种。

（5）虾类资源状况

1）虾类种类组成

本次调查，共捕获的虾类，经鉴定共 7 种。

2）虾类资源密度评估

本次调查，虾类的资源密度见表 5.7-13。从表得出其平均重量密度和平均个体密度分别为 187.539 kg/km^2 和 47740.076 ind./km^2。其中，重量密度范围为 0 kg/km^2 ~ 1142.887 kg/km^2，Y1、Y2 断面最低，Y12 断面最高；个体密度分布范围为 0 ind./km^2~250135.269 ind./km^2，Y1、Y2 断面最低，Y12 断面最高。

表 5.7-13 虾类资源密度

站位	重量密度(kg/km^2)	个体密度(ind./km^2)
Y1	0	0
Y2	0	0
Y3	13.793	4751.172
Y4	206.274	66795.898
Y5	276.941	77136.685
Y6	111.829	32806.741
Y7	52.311	13911.931
Y8	97.902	28983.189
Y9	137.358	37562.213
Y10	1142.887	250135.27
Y11	99.928	34311.636
Y12	111.239	26486.175

平均值	187.539	47740.076

3）虾类优势种

虾类 IRI 值在 1000 以上的有 2 种，分别为近缘新对虾 *Metapenaeus affinis* 和凡纳滨对虾 *Litopenaeus vannamei*。这 2 种虾类的重量渔获率之和为 7.086 kg/h，占虾类总重量渔获率（7.985kg/h）的 88.74%；这 2 种虾类的个体渔获率之和为 1687 ind./h，占虾类总个体渔获率（2030 ind./h）的 83.10%。由此确定这 2 种为虾类的优势种。

（6）蟹类资源状况

1）蟹种类组成

本次调查，共捕获的蟹类，经鉴定共 4 种。

2）蟹类资源密度

本次调查，蟹类的资源密度见表 5.7-14。从表得出其平均重量密度和平均个体密度分别为 17.062 kg/km^2 和 3545.902 ind./km^2。其中，重量密度范围为 0 kg/km^2 ~56.086 kg/km^2，Y1、Y2 断面最低，Y5 断面最高；个体密度分布范围为 0 ind./km^2~11458.711 ind./km^2，Y1、Y2 断面最低，Y10 断面最高。

表 5.7-14　蟹类资源密度

站位	重量密度(kg/km^2)	个体密度(ind./km^2)
Y1	0	0
Y2	0	0
Y3	2.907	279.481
Y4	22.694	2235.846
Y5	56.086	8384.422
Y6	24.205	3310.772
Y7	21.685	2608.487
Y8	9.579	869.496
Y9	25.827	2869.336
Y10	10.942	11458.711
Y11	8.237	7825.461
Y12	22.58	2708.814
平均值	17.062	3545.902

3）蟹类优势种

蟹类 IRI 值在 1000 以上的有 2 种，分别为日本蟳 *Charybdis japonica* 和红星梭子蟹 *Portunus sanguinolentus*。这 2 种蟹类的重量渔获率之和为 0.683 kg/h，

占蟹类总重量渔获率（0.721 kg/h）的 94.73%；这 2 种蟹类的个体渔获率之和为 132 ind./h，占蟹类总个体渔获率（149 ind./h）的 88.59%。由此确定这 2 种为蟹类的优势种。

（7）头足类资源状况

1）头足种类组成

本次调查，共捕获的头足类，经鉴定共 1 种。

2）资源密度评估

本次调查，仅 Y10 捕获到头足类，Y10 断面头足类重量密度为 2.250 kg/km^2，个体密度为 279.481 ind./km^2。调查区平均重量密度和平均个体密度分别为 0.188 kg/km^2 和 23.290 ind./km^2。

3）头足类优势种

头足类 IRI 值在 1000 以上的有 1 种，为曼氏无针乌贼 *Sepiella maindroni*。

5.7.3.2 2022 年 4 月调查结果

（1）种类组成与分布

本次游泳动物监测共计布设 12 个监测断面，共发现游泳动物 4 类 39 种，其中鱼类 20 种，占总种数的 51.28%；虾类 7 种，占总种数的 17.95%；蟹类 10 种，占总种数的 25.64%；头足类 2 种，占总种数的 5.13%。

表 5.7-15 各断面出现种类统计结果

站位	鱼类	虾类	蟹类	头足类	总计
Y1	8	4	2	0	14
Y2	8	3	4	1	16
Y3	6	2	5	0	13
Y4	7	3	7	1	18
Y5	9	4	4	1	18
Y6	4	3	3	0	10
Y7	9	5	5	0	19
Y8	3	3	1	0	7
Y9	3	0	1	0	4
Y10	4	3	2	0	9
Y11	4	1	5	1	11
Y12	3	1	2	0	6

（2）渔获率

本次调查游泳动物平均个体渔获率和重量渔获率分别为 193.42 ind./h 和

1.351 kg/h；头足类游泳动物平均个体渔获率和重量渔获率分别为 0.33 ind./h 和 0.004 kg/h，分别占游泳动物总平均个体渔获率的 0.17%和总平均重量渔获率的 0.33%；蟹类游泳动物平均个体渔获率和重量渔获率分别为 19.17 ind./h 和 0.231 kg/h，分别占游泳动物总平均个体渔获率的 9.91%和总平均重量渔获率的 17.11%；虾类游泳动物平均个体渔获率和重量渔获率分别为 52.25 ind./h 和 0.540 kg/h，分别占游泳动物总平均个体渔获率的 27.01%和总平均重量渔获率的 39.94%；鱼类游泳动物平均个体渔获率和重量渔获率分别为 121.67 ind./h 和 0.576 kg/h，分别占游泳动物总平均个体渔获率的 62.90%和总平均重量渔获率的 42.62%。

平均个体渔获率由大到小排序为：鱼类>虾类>蟹类>头足类；平均重量渔获率由大到小排序为：鱼类>虾类>蟹类>头足类。

表 5.7-16　游泳动物个体渔获率（ind./h）

站位	总个体渔获率	鱼类	虾类	蟹类	头足类
Y1	76	14	12	50	0
Y2	302	239	45	17	1
Y3	238	189	34	15	0
Y4	199	35	126	37	1
Y5	649	550	76	22	1
Y6	65	10	48	7	0
Y7	380	294	61	25	0
Y8	37	8	28	1	0
Y9	11	10	0	1	0
Y10	134	67	58	9	0
Y11	216	34	138	43	1
Y12	14	10	1	3	0
总计	2321	1460	627	230	4
平均值	193.42	121.67	52.25	19.17	0.33
占比（%）	/	62.9	27.01	9.91	0.17

表 5.7-17　游泳动物重量渔获率（kg/h）

站位	总重量渔获率	鱼类	虾类	蟹类	头足类
Y1	0.82	0.204	0.062	0.554	0
Y2	1.808	1.142	0.42	0.235	0.011
Y3	1.231	0.622	0.447	0.162	0
Y4	2.987	0.778	1.622	0.576	0.011
Y5	2.952	1.999	0.762	0.181	0.01
Y6	0.552	0.1	0.38	0.072	0
Y7	2.105	1.291	0.598	0.216	0
Y8	0.241	0.061	0.162	0.018	0

Y9	0.033	0.029	0	0.004	0
Y10	0.923	0.29	0.554	0.079	0
Y11	2.469	0.338	1.467	0.643	0.021
Y12	0.088	0.054	0	0.034	0
总计	16.209	6.908	6.474	2.774	0.053
平均值	1.351	0.576	0.54	0.231	0.004
占比（%）	/	42.62	39.94	17.11	0.33

（3）资源密度

各站位渔业资源密度分布见表 5.7-18。平均重量密度为 468.74 kg/ km^2，Y4 断面最高，Y9 断面最低，范围为（11.81~1024.00） kg/km^2；平均个体密度为 67.20×10^3 $ind./km^2$，个体密度最高的断面为 Y5 断面，其值为 222.50×10^3 $ind./km^2$，最低为 Y9 断面，其个体密度为 3.96×10^3 $ind./km^2$。

表 5.7-18　调查站位的渔业资源密度

站位	重量密度(kg/km^2)	个体密度($10^3 ind./km^2$)
Y1	295.28	27.36
Y2	651.16	108.71
Y3	443.46	85.67
Y4	1024	68.22
Y5	1012.22	222.5
Y6	189.2	22.28
Y7	721.79	130.28
Y8	82.63	12.68
Y9	11.81	3.96
Y10	316.24	45.94
Y11	846.65	74.05
Y12	30.38	4.8
平均值	468.74	67.2

（4）鱼类资源状况

1）种类组成

本次调查捕获的鱼类 20 种。鱼类中大多数种类为我国沿岸、浅海渔业的捕捞对象。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 5.7-19。从表可得出其平均重量密度和平均个体密度分别为 200.28 kg/km^2 和 42.36×10^3 $ind./km^2$。在 12 个断面中，鱼类重量密度分布中，Y5 断面最高为 685.21 kg/km^2，Y9 断面最低为 10.44 kg/km^2；鱼类个体密度分布中，Y5 断面最高为 188.56×10^3 $ind./km^2$，Y8 断面最

低为 2.74×10^3 ind./km^2。

表 5.7-19　鱼类资源密度

站位	重量密度(kg/km^2)	个体密度(10^3 ind./km^2)
Y1	73.56	5.04
Y2	411.52	86.03
Y3	224.31	68.03
Y4	266.5	12
Y5	685.21	188.56
Y6	34.14	3.43
Y7	442.67	100.79
Y8	20.92	2.74
Y9	10.44	3.6
Y10	99.3	22.97
Y11	116.23	11.66
Y12	18.58	3.43
平均值	200.28	42.36

3）鱼类优势种

鱼类 IRI 值在 1000 以上的有 2 种，为：眶棘双边鱼 *Ambassis gymnocephalus* 及鯔 *Miichthys miiuy*。这 2 种鱼类的重量渔获率之和为 4.610 kg/h，占鱼类总重量渔获率（6.908kg/h）的 66.73%；这 2 种鱼类的个体渔获率之和为 1343.00 ind./h，占鱼类总个体渔获率（1460.00 ind./h）的 91.99%。由此确定这 2 种为鱼类的优势种。

（5）虾类资源状况

1）种类组成

本次调查，共捕获的虾类，经鉴定共 7 种。

2）资源密度评估

本次调查，虾类的资源密度见表 5.7-20。从表得出其平均重量密度和平均个体密度分别为 186.31 kg/km^2 和 18.04×10^3 ind./km^2。其中，重量密度范围为（0~556.15）kg/km^2，Y9 断面最低，Y4 断面最高；个体密度分布范围为（0~47.31）$\times10^3$ ind./km^2，Y9 断面最低，Y11 断面最高。

表 5.7-20　虾类资源密度

站位	重量密度(kg/km^2)	个体密度($\times10^3$ind./km^2)
Y1	22.29	4.32
Y2	151.25	16.2
Y3	160.94	12.24

Y4	556.15	43.2
Y5	261.5	26.06
Y6	130.42	16.46
Y7	205.04	20.91
Y8	55.46	9.6
Y9	0	0
Y10	189.65	19.88
Y11	502.88	47.31
Y12	0.1	0.34
平均值	186.31	18.04

3）虾类优势种

虾类 IRI 值在 1000 以上的有 1 种，为口虾蛄 *Oratosquilla oratoria*。口虾蛄的重量渔获率为 6.000 kg/h，占虾类总重量渔获率（6.474kg/h）的 92.68%；个体渔获率为 553.00 ind./h，占虾类总个体渔获率（627.00 ind./h）的 88.20%。由此确定口虾蛄为虾类的优势种。

（6）蟹类资源状况

1）蟹种类组成

本次调查，共捕获的蟹类，经鉴定共 10 种。

2）蟹类资源密度评估

本次调查，蟹类的资源密度见

表 5.7-21。从表得出其平均重量密度和平均个体密度分别为 80.64 kg/km^2 和 6.69×10^3 ind./km^2。其中，重量密度范围为（1.37~220.30）kg/km^2，Y9 断面最低，Y11 断面最高；个体密度分布范围为（0.34~18.00）×10^3 ind./km^2，Y8 断面最低，Y1 断面最高。

表 5.7-21　蟹类资源密度

站位	重量密度(kg/km^2)	个体密度(×10^{3}ind./km^2)
Y1	199.43	18
Y2	84.49	6.12
Y3	58.21	5.4
Y4	197.7	12.68
Y5	62.25	7.54
Y6	24.65	2.4
Y7	74.08	8.57
Y8	6.25	0.34
Y9	1.37	0.36
Y10	27.29	3.09
Y11	220.3	14.74

Y12	11.69	1.03
平均值	80.64	6.69

3）蟹类优势种

蟹类 IRI 值在 1000 以上的有 4 种，分别为日本蟳 *Charybdis japonica*、红星梭子蟹 *Portunus sanguinolentus*、隆线强蟹 *Eucrate crenata* 及豆形拳蟹 *Pyrhila pisum*。这 4 种蟹类的重量渔获率之和为 2.309 kg/h，占蟹类总重量渔获率（2.774 kg/h）的 83.24%；这 4 种蟹类的个体渔获率之和为 193.00 ind./h，占蟹类总个体渔获率（230.00 ind./h）的 83.91%。由此确定这 4 种为蟹类的优势种。

（7）头足类资源状况

1）头足种类组成

本次调查，共捕获的头足类，经鉴定共 2 种。

2）头足类资源密度评估

本次调查，头足类的资源密度见表 5.7-22，从表得出其平均重量密度和平均个体密度分别为 1.51 kg/km^2 和 0.12×10^3 ind./km^2。其中，重量密度范围为（0~7.24） kg/km^2；个体密度分布范围为（0~0.36）×10^3 ind./km^2。

表 5.7-22　头足类资源密度

站位	重量密度(kg/km^2)	个体密度(×10^{3}ind./km^2)
Y1	0	0
Y2	3.91	0.36
Y3	0	0
Y4	3.65	0.34
Y5	3.26	0.34
Y6	0	0
Y7	0	0
Y8	0	0
Y9	0	0
Y10	0	0
Y11	7.24	0.34
Y12	0	0
平均值	1.51	0.12

3）头足类优势种

本次发现的 2 种头足类 IRI 值均在 1000 以上。

5.8 项目区红树林现状调查

5.8.1 红树林分布情况

利用项目海域影像资料，同时结合现场勘察，统计项目海域现状红树林分布及面积情况见表 5.8-1。

表 5.8-1 项目区现状红树林分布及面积一览表

序号	位置	红树林面积（ha）	备注
1	平沙东堤 PSD0+495~PSD2+400	24.09	含林间潮汐水道面积
2	平沙东堤 PSD2+700~PSD2+880	2.57	
3	平沙东堤 PSD2+880~PSD3+378	1.15	
4	平沙东堤 PSD3+400~PSD3+800	1.19	
5	烂柴角堤 LCJ0+000~LCJ0+500	1.07	含林间潮汐水道面积
6	烂柴角堤 LCJ0+514.3~LCJ4+115.2	0	
7	红旗堤 HQD10+200~HQD10+300	1.25	
8	红旗堤 HQD10+400	0.85	
9	红旗堤 HQD10+400~HQD13+000	3.81	
10	红旗堤 HQD13+006.8~HQD14+023.5	1.29	
11	红旗堤 HQD14+025~HQD14+800	2.60	

5.8.2 红树林生态系统现状调查

5.8.2.1 调查内容

调查鸡啼门水道鸡啼门大桥分别至小木乃山段和南水沥水闸段约 11.575km 海堤段潮间带区域红树林生态系统现状，包括红树林植被、群落特征、生境条件（海水盐度、底质类型、水环境质量、水动力条件、滩涂高程、冲淤环境）和环境胁迫因素等。

5.8.2.2 样地布设

采取路线调查与重点调查想结合的方法。本次调查参照《海岸带生态系统现状调查与评估技术导则（第 3 部分红树林）》（T/CAOE20.3-2020）和《红树林生态监测技术规程》（HY/T081-2005），在实地踏勘的基础上，确定红树林群落地段，采用我国生态地植物样地记录法进行群落调查。

样地面积取决于树木的密度，可根据红树林密度扩大或缩小样地大小。一般来说，每一样地不能小于 100m^2（10m×10m），应有 40～100 棵树木。

对于乔木型植被调查，一般设置 10m×10m 的调查样方，调查样方内成年植株和幼树（株高大于 1m、小于 2m，胸径小于 5cm）的物种、数量、株高、

胸径；在样方中，布设 1m×1m 嵌套样方，记录样方内的幼苗（株高小于等于1m）和附生草本植物的物种、数量、株高。

对灌木型植被调查，设置 5m×5m 的调查样方，如植被茂密，设置 2m×2m 调查样方，调查参数及调查方法同乔木型植被调查方法；

本项目红树林仅在部分河段分布有狭窄条状带，在确定样地时，会根据全面性和代表性原则在堤围外潮间带选择布设样地。考虑到本项目要通过种植红树林修复潮间带生态结构，为充分了解红树林群落现状特征，在调查时，适当增加了样地布设。

2021 年 7 月 16 日，珠江水利科学研究院组织开展项目区红树林现状调查，本次调查共布设样地 23 处，具体如表 5.8-2、图 5.8-1 和图 5.8-2 所示。

表 5.8-2 红树林调查样地布设一览表

调查区域	调查样地	经纬度
河道左岸	样地 1	113°16′41.34″E；22°2′52.61″N
	样地 2	113°16′46.23″E；22°2′59.13″N
	样地 3	113°16′46.78″E；22°3′3.84″N
	样地 4	113°16′46.87″E；22°3′5.39″N
	样地 5	113°16′45.74″E；22°3′18.80″N
	样地 6	113°16′45.49″E；22°3′26.58″N
	样地 7	113°16′39.68″E；22°4′0.86″N
	样地 8	113°16′26.25″E；22°4′31.19″N
	样地 9	113°16′25.93″E；22°4′31.66″N
	样地 10	113°15′57.79″E；22°5′7.63″N
	样地 11	113°15′3.03″E；22°5′7.07″N
	样地 12	113°15′59.57″E；22°5′7.23″N
河道右岸	样地 13	113°15′40.26″E；22°4′56.33″N
	样地 14	113°15′46.70″E；22°4′50.74″N
	样地 15	113°16′2.73″E；22°4′31.19″N
	样地 16	113°16′12.10″E；22°4′16.99″N
	样地 17	113°16′18.39″E；22°4′4.35″N
	样地 18	113°16′22.09″E；22°3′57.12″N
	样地 19	113°16′16.74″E；22°3′55.53″N
	样地 20	113°16′16.67″E；22°3′37.31″N
	样地 21	113°16′23.34″E；22°3′33.58″N
	样地 22	113°16′21.97″E；22°3′23.38″N
	样地 23	113°16′16.67″E；22°3′24.84″N



图 5.8-1 红树林调查样地布设示意图



（a）样地 1～样地 4



（b）样地 5 和样地 6



（c）样地 7



（d）样地 8 和样地 9



（e）样地 10～样地 12



（f）样地 13 和样地 14



（g）样地 15 和样地 16



（h）样地 17～样地 23

图 5.8-2 红树林调查样地布设航拍实景照片（a～h）

5.8.2.3 调查方法

（1）植物胸径、株高测量

用 2m 玻璃纤维尺测量周长大于 4cm 的树木基干周长。测量在肩高位置进行，大约在地面以上 1.5m 处。一些红树林树木的形状和生长形态导致难以测量其树木基干周长，则采用下述方法测量：

①若树木在胸部高度以下分叉，或在近地面或地面上的基部单向萌芽，则将每一分支看做单独的茎干加以测量。在记录中，将主茎干记为“1”，其他分支记为“2”。

②若茎干具有支撑根系或下部树干呈现凹槽型（红树科植物），则在根茎上部 20cm 处测量树木基干周长。

③若在测量点茎干具有隆起、枝条或畸形，则把测量树木基干周长的位置稍微上移或下移。

测量树木基干周长的同时测量每株红树林树木的高度（地面至植株的最高点）。

胸径按公式（1-1）计算：

$$DBH=C/\pi \quad (1\text{-}1)$$

式中，DBH 表示胸径，单位 cm；C 表示树木基干周长，单位为 cm。

（2）植物种类组成、密度

鉴定样地内所有红树植物种类，按以下 3 类记录不同植株数量：

①大树：DBH>4cm；

②小树：1cm<DBH≤4cm，且株高>1m；

③幼树：株高≤1m。

红树林的密度按公式（1-2）计算：

$$D=n/s\times10 \quad (1\text{-}2)$$

式中，d 表示红树林植株密度（每 $10m^2$ 内红树植物的植株数）；n 表示样地内红树植物的植株数；s 表示样地面积，单位为 m^2。

（3）物种多样性分析

物种多样性是把物种数的均匀度混合起来的一个统计量。一个群落中如果有许多物种，且它们的多度非常均匀，则该群落就有较高的多样性；反之，如果群落中物种数较少，并且它们的多度不均匀，则说明群落有较低的多样性。测度物种多样性常用以下几个指数：

①Simpson 多样性指数：该指数是基于概率论提出的，其意义是当从包含 N 个个体 S 个种的样方中随机抽取 2 个个体并且不再放回，如果这 2 个个体属于相同种的概率大，则认为样方的多样性低，反之则高。公式如下：

$$S_p=N(N-1)/\sum_{i=1}^{n}n_i(n_i-1) \quad (1\text{-}3)$$

式中，S_p 表示 Simpson 多样性指数；N 表示群落个体总数；n_i 表示第 i 个种的个体数；S 为物种数。

②Shannon-Wiener 多样性指数：该指数是以信息论范畴的 Shannon-Wiener 函数为基础，用以测度从群落中随机排出一定个体的种的平均不定度，当种的数目增加或已存在的物种的个体分布越来越均匀时，此不定度增加。其公式如下：

$$H'=-\sum_{i=1}^{S}P_i\times\log_2 P_i \quad (1\text{-}4)$$

式中，H' 表示 Shannon-Wiener 多样性指数；S 为物种数；P_i 为第 i 种占个体总数的比例。

③均匀度：群落均匀度是指群落中各个物种的多度的均匀度，是通过多样性指数值和该样地物种数、个体总数不变的情况下理论上具有的最大多样性数值的比值

来量度的。这个理论值实际上是在假定群落中所有种的多度分布是均匀的这个基础上来确定的。

基于 Simpson 多样性指数的物种均匀度的计算式为：

$$J_{Sp} = S_p / S_{p_{max}} \quad (1\text{-}5)$$

其中，

$$S_{p_{max}} = S(N-1)/(N-S) \quad (1\text{-}6)$$

基于 Shannon-Wiener 多样性指数的物种均匀度的计算式为：

$$J' = H' / H'_{max} \quad (1\text{-}7)$$

其中，

$$H'_{max} = \log_2 S \quad (1\text{-}8)$$

5.8.2.4 调查结果

本次调查发现植物种类有 19 科 34 属 38 种，其中，真红树植物有 5 科 6 属 6 种，半红树植物有 2 科 2 属 2 种，伴生植物有 12 科 26 属 30 种（见表 5.8-3）。

表 5.8-3 红树林植物调查名录

样地		种名		科	属	大树				小树		幼树	
		中文名	拉丁文			数量（株）	胸径（cm）	株高（cm）	密度（株/10m2）	数量（株）	密度（株/10m2）	数量（株）	密度（株/10m2）
样地1	10m×10m	无瓣海桑	*Sonneratia apetala*	无瓣海桑科	无瓣海桑属	4	15-40	200-800	0.2	3	0.3	2	0.2
		秋茄	*Kandeliac andel*	红树科	秋茄树属	2	15-30	200-600	0.3	2	0.2		
		桐花树	*Aegiceras corniculatum*	紫金牛科	蜡烛果属	8	5-20	200-400	0.8	3	0.3	2	0.2
	1m×1m	莎草	*Cyperus rotundus*	莎草科	莎草属	3		20-40					
		沿阶草	*Sonneratia apetala*	无瓣海桑科	无瓣海桑属	2		10-30					
		龙葵	*Solanum nigrum*	茄科	茄属	1		60					
样地2	10m×10m	秋茄	*Kandeliac andel*	红树科	秋茄树属	12	5-30	200-400	1.2	6	0.6	3	0.3
		桐花树	*Aegiceras corniculatum*	紫金牛科	蜡烛果属	24	5-30	200-400	2.4	11	1.1	4	0.4
		白骨壤	*Avicennia marina*	马鞭草科	海榄雌属	3	5-25	200-300	0.3	3	0.3	2	0.2
		老鼠簕	*Acanthus ilicifolius*	爵床科	老鼠簕属	85		50-150					
		海刀豆	*Canavalia rosea*	豆科	刀豆属	3		100-400					

样地		种名		科	属	大树				小树		幼树	
		中文名	拉丁文			数量（株）	胸径（cm）	株高（cm）	密度（株/10m2）	数量（株）	密度（株/10m2）	数量（株）	密度（株/10m2）
	1m×1m	蔗草	*Scirpus triqueter*	莎草科	蔗草属	1		30					
		孪花蟛蜞菊	*Wedelia biflora*	菊科	蟛蜞菊属	3		50-120					
样地3	5m×5m	桐花树	*Aegiceras corniculatum*	紫金牛科	蜡烛果属	22	5-30	200-400	8.8	8	3.2	6	2.4
		秋茄	*Kandelia candel*	红树科	秋茄树属	5	5-30	250-400	2.0	3	1.2	5	2.0
		白骨壤	*Avicennia marina*	马鞭草科	海榄雌属	4	5-25	200-300	1.6	2	0.8	1	0.4
		苦郎树	*Clerodendrum inerme*	马鞭草科	大青属	10		150-350					
		卤蕨	*Acrostichum aureum*	卤蕨科	卤蕨属	3		100-200					
		海刀豆	*Canavalia rosea*	豆科	刀豆属	5		100-300					
	1m×1m	蔗草	*Scirpus triqueter*	莎草科	蔗草属	2		30-50					
		文殊兰	*Crinum asiaticum*	石蒜科	文殊兰属	2		100-150					
样地4	10m×10m	桐花树	*Aegiceras corniculatum*	紫金牛科	蜡烛果属	15	5-30	200-300	1.5	9	0.9	4	0.4
		秋茄	*Kandelia candel*	红树科	秋茄树属	5	5-30	200-400	0.5	4	0.4	2	0.2

样地		种名		科	属	大树				小树		幼树	
		中文名	拉丁文			数量（株）	胸径（cm）	株高（cm）	密度（株/10m2）	数量（株）	密度（株/10m2）	数量（株）	密度（株/10m2）
		白骨壤	*Avicennia marina*	马鞭草科	海榄雌属	2	5-20	200-350	0.2	1	0.1	2	0.2
		老鼠簕	*Acanthus ilicifolius*	爵床科	老鼠簕属	14		50-120					
		海刀豆	*Canavalia rosea*	豆科	刀豆属	3		100-400					
	1m×1m	臭鸡矢藤	*Paederia foetida*	茜草科	鸡矢藤属	1		300					
		阔苞菊	*Pluchea indica*	菊科	阔苞菊属	2		1-1.5					
		孪花蟛蜞菊	*Wedelia biflora*	菊科	蟛蜞菊属	3		100-150					
		白花鬼针草	*Bidens alba*	菊科	鬼针草属	2		50-150					
		田菁	*Scirpus validus*	莎草科	蔗草属	1		150					
样地5	10m×10m	桐花树	*Aegiceras corniculatum*	紫金牛科	蜡烛果属	7	5-25	100-350	0.7	5	0.5	3	0.3
		无瓣海桑	*Sonneratia apetala*	无瓣海桑科	无瓣海桑属	6	5-35	200-1000	0.6	5	0.5	4	0.4
		老鼠簕	*Acanthus ilicifolius*	爵床科	老鼠簕属	35		50-150					
		海刀豆	*Canavalia rosea*	豆科	刀豆属	6		100-400					
	1m×1m	水葱	*Scirpus validus*	莎草科	蔗草属	80		50-150					

样地		种名		科	属	大树				小树		幼树	
		中文名	拉丁文			数量（株）	胸径（cm）	株高（cm）	密度（株/10m2）	数量（株）	密度（株/10m2）	数量（株）	密度（株/10m2）
		芦苇	*Phragmites australis*	禾本科	芦苇属	30		150-350					
样地6	10m×10m	无瓣海桑	*Sonneratia apetala*	无瓣海桑科	无瓣海桑属	8	5-40	200-1000	0.8	7	0.7	5	0.5
		桐花树	*Aegiceras corniculatum*	紫金牛科	蜡烛果属	12	5-20	200-400	1.2	8	0.8	3	0.3
		老鼠簕	*Acanthus ilicifolius*	爵床科	老鼠簕属	15		50-120					
	1m×1m	水葱	*Scirpus validus*	莎草科	蔗草属	20		50-120					
		芦苇	*Phragmites australis*	禾本科	芦苇属	30		100-250					
样地7	10m×10m	无瓣海桑	*Sonneratia apetala*	无瓣海桑科	无瓣海桑属	10	5-35	200-800	1	3	0.3	2	0.2
		桐花树	*Aegiceras corniculatum*	紫金牛科	蜡烛果属	5	5-20	200-400	0.5	3	0.3	2	0.2
		红海榄	*Rhizophora stylosa*	红树科	红树属	2	5-25	200-500	0.2	2	0.2		
		苦郎树	*Clerodendrum inerme*	马鞭草科	大青属	5	2-10	100-250					
		老鼠簕	*Acanthus ilicifolius*	爵床科	老鼠簕属	25		50-150					
		海刀豆	*Canavalia rosea*	豆科	刀豆属	8		200-500					
	1m×1m	芦苇	*Phragmites australis*	禾本科	芦苇属	20		150-250					

样地		种名		科	属	大树				小树		幼树	
		中文名	拉丁文			数量（株）	胸径（cm）	株高（cm）	密度（株/10m2）	数量（株）	密度（株/10m2）	数量（株）	密度（株/10m2）
样地8	5m×5m	老鼠簕	*Acanthus ilicifolius*	爵床科	老鼠簕属	55		50-150					
		海刀豆	*Canavalia rosea*	豆科	刀豆属	7		250-400					
		朴树	*Celtis sinensis*	榆科	朴属	1	30	500					
		绿黄葛树	*Ficus virens Aiton*	桑科	榕属	1	35	800					
		光荚含羞草	*Mimosasepiaria*	豆科	含羞草属	3	10	100-300					
	1m×1m	孪花蟛蜞菊	*Wedelia biflora*	菊科	蟛蜞菊属	12		50-120					
		芦苇	*Phragmites australis*	禾本科	芦苇属	45		50-150					
		水葱	*Scirpus validus*	莎草科	蔗草属	35		50-150					
		田菁	*Sesbania cannabina*	豆科	田菁属	1		120					
		白茅	*Imperata cylindrica*	禾本科	白茅属	2		50-150					
样地9	10m×10m	卤蕨	*Acrostichum aureum*	卤蕨科	卤蕨属	3		50-150					
		海刀豆	*Canavalia rosea*	豆科	刀豆属	5		150-250					
		竹子	*Bambusoideae*	禾本科	竹属	3	2-8	100-500					

样地		种名		科	属	大树				小树		幼树	
		中文名	拉丁文			数量（株）	胸径（cm）	株高（cm）	密度（株/10m2）	数量（株）	密度（株/10m2）	数量（株）	密度（株/10m2）
		桉树	*Eucalyptus robusta*	桃金娘科	桉属	6	5-25	200-600					
	1m×1m	阔苞菊	*Pluchea indica*	菊科	阔苞菊属	3		50-150					
		芦苇	*Phragmites australis*	禾本科	芦苇属	12		50-250					
		鸡冠刺桐	*Erythrina crista-galli*	豆科	刺桐属	1		150					
		互米花草	*Spartina alterniflora*	禾本科	米草属	5		50-150					
样地10	10m×10m	桐花树	*Aegiceras corniculatum*	紫金牛科	蜡烛果属	16	5-20	150-300	1.6	5	0.5	3	0.3
		老鼠簕	*Acanthus ilicifolius*	爵床科	老鼠簕属	45		50-150					
		白骨壤	*Avicennia marina*	马鞭草科	海榄雌属					1	0.1	2	0.2
		海刀豆	*Canavalia rosea*	豆科	刀豆属	3		50-200					
样地11	10m×10m	桉树	*Eucalyptus robusta*	桃金娘科	桉属	8	5-20	300-1000					
		老鼠簕	*Acanthus ilicifolius*	爵床科	老鼠簕属	40		50-150					
		卤蕨	*Acrostichum aureum*	卤蕨科	卤蕨属	5		50-150					

样地		种名		科	属	大树				小树		幼树	
		中文名	拉丁文			数量（株）	胸径（cm）	株高（cm）	密度（株/10m2）	数量（株）	密度（株/10m2）	数量（株）	密度（株/10m2）
		海刀豆	*Canavalia rosea*	豆科	刀豆属	3		200-500					
	1m×1m	孪花蟛蜞菊	*Wedelia biflora*	菊科	蟛蜞菊属	3		50-150					
		芦苇	*Phragmites australis*	禾本科	芦苇属	5		150-300					
		芒（芭茅）	*Miscanthus floridulus*	禾本科	芒属	3		50-250					
		马缨丹	*Lantana camara*	马鞭草科	马缨丹属	5		50-200					
		白茅	*Imperata cylindrica*	禾本科	白茅属	3		50-200					
样地12	5m×5m	老鼠簕	*Acanthus ilicifolius*	爵床科	老鼠簕属	55		50-150					
		卤蕨	*Acrostichum aureum*	卤蕨科	卤蕨属	3		50-150					
		苦郎树	*Clerodendrum inerme*	马鞭草科	大青属	8	2-5	100-150					
		海刀豆	*Canavalia rosea*	豆科	刀豆属	4		50-200					
		楝树	*Melia azedarach*	楝科	楝属	2	10-35	300-800					
	1m×1m	孪花蟛蜞菊	*Wedelia biflora*	菊科	蟛蜞菊属	3		50-120					
		芦苇	*Phragmites australis*	禾本科	芦苇属	4		100-250					

样地		种名		科	属	大树				小树		幼树	
		中文名	拉丁文			数量（株）	胸径（cm）	株高（cm）	密度（株/10m2）	数量（株）	密度（株/10m2）	数量（株）	密度（株/10m2）
		类芦	*Neyraudiareynaudiana*	禾本科	类芦属	3		50-120					
		蟛蜞菊	*Sphagneticola calendulacea*	菊科	泽菊属	2		20-120					
样地13	5m×5m	苦郎树	*Clerodendrum inerme*	马鞭草科	大青属	3	2-5	50-150					
		海刀豆	*Canavalia rosea*	豆科	刀豆属	2		50-150					
		楝树	*Melia azedarach*	楝科	楝属	1	40	800					
	1m×1m	水葱	*Scirpus validus*	莎草科	蔗草属	4	50-150	50-150					
		芦苇	*Phragmites australis*	禾本科	芦苇属	5		150-250					
		孪花蟛蜞菊	*Wedelia biflora*	菊科	蟛蜞菊属	2		50-150					
		蟛蜞菊	*Sphagneticola calendulacea*	菊科	泽菊属	2		20-100					
		芒（芭茅）	*Miscanthus floridulus*	禾本科	芒属	2		50-250					
样地14	5m×5m	桐花树	*Aegiceras corniculatum*	紫金牛科	蜡烛果属	3	2-15	100-200	0.3	3	0.3	2	0.2
		老鼠簕	*Acanthus ilicifolius*	爵床科	老鼠簕属	35		50-150					
		苦郎树	*Clerodendrum inerme*	马鞭草科	大青属	12	2-5	50-150					

样地		种名		科	属	大树				小树		幼树	
		中文名	拉丁文			数量（株）	胸径（cm）	株高（cm）	密度（株/10m2）	数量（株）	密度（株/10m2）	数量（株）	密度（株/10m2）
		海刀豆	*Canavalia rosea*	豆科	刀豆属	3		50-150					
	1m×1m	芦苇	*Phragmites australis*	禾本科	芦苇属	5		100-250					
		芒（芭茅）	*Miscanthus floridulus*	禾本科	芒属	2		50-150					
		孪花蟛蜞菊	*Wedelia biflora*	菊科	蟛蜞菊属	3		50-120					
		水葱	*Scirpus validus*	莎草科	蔗草属	15		50-120					
样地15	5m×5m	桐花树	*Aegiceras corniculatum*	紫金牛科	蜡烛果属	3	2-15	80-150	2.4			1	0.8
		老鼠簕	*Acanthus ilicifolius*	爵床科	老鼠簕属	25		50-120					
		苦郎树	*Clerodendrum inerme*	马鞭草科	大青属	7		50-120					
		海刀豆	*Canavalia rosea*	豆科	刀豆属	3		50-120					
	1m×1m	孪花蟛蜞菊	*Wedelia biflora*	菊科	蟛蜞菊属	2		50-120					
		芦苇	*Phragmites australis*	禾本科	芦苇属	6		150-250					
		水葱	*Scirpus validus*	莎草科	蔗草属	12		50-120					
		香蕉	*Musa nana*	芭蕉科	芭蕉属	1		100-250					

样地		种名		科	属	大树				小树		幼树	
		中文名	拉丁文			数量（株）	胸径（cm）	株高（cm）	密度（株/10m2）	数量（株）	密度（株/10m2）	数量（株）	密度（株/10m2）
		文殊兰	*Crinum asiaticum*	石蒜科	文殊兰属	1		50-100					
样地16	5m×5m	桐花树	*Aegiceras corniculatum*	紫金牛科	蜡烛果属	7	5-15	100-200	2.8	2	0.8	1	0.4
		老鼠簕	*Acanthus ilicifolius*	爵床科	老鼠簕属	40		50-120					
		海刀豆	*Canavalia rosea*	豆科	刀豆属	2		50-120					
		卤蕨	*Acrostichum aureum*	卤蕨科	卤蕨属	2		50-120					
	1m×1m	水葱	*Scirpus validus*	莎草科	蔗草属	15		50-120					
		芦苇	*Phragmites australis*	禾本科	芦苇属	8		100-250					
		孪花蟛蜞菊	*Wedelia biflora*	菊科	蟛蜞菊属	2		50-120					
样地17	5m×5m	桐花树	*Aegiceras corniculatum*	紫金牛科	蜡烛果属	5	5-15	100-200	2.0			2	0.8
		无瓣海桑	*Sonneratia apetala*	无瓣海桑科	无瓣海桑属	3	5-20	200-500	0.3	1	0.1	2	0.2
		白骨壤	*Avicennia marina*	马鞭草科	海榄雌属					3	1.2	1	0.4
		老鼠簕	*Acanthus ilicifolius*	爵床科	老鼠簕属	25		50-120					
		苦郎树	*Clerodendrum inerme*	马鞭草科	大青属	3		50-100					

样地		种名		科	属	大树				小树		幼树	
		中文名	拉丁文			数量（株）	胸径（cm）	株高（cm）	密度（株/10m2）	数量（株）	密度（株/10m2）	数量（株）	密度（株/10m2）
	1m×1m	水葱	*Scirpus validus*	莎草科	蔗草属	15		50-120					
样地18	10m×10m	无瓣海桑	*Sonneratia apetala*	无瓣海桑科	无瓣海桑属	3	5-20	200-600	0.3	2	0.2	1	0.1
		桐花树	*Aegiceras corniculatum*	紫金牛科	蜡烛果属	8	5-20	100-250	0.8	2	0.2		
		白骨壤	*Avicennia marina*	马鞭草科	海榄雌属					1	0.1		
		海刀豆	*Canavalia rosea*	豆科	刀豆属	3		100-200					
	1m×1m	水葱	*Scirpus validus*	莎草科	蔗草属	20		50-120					
		芦苇	*Phragmites australis*	禾本科	芦苇属	12		100-300					
		孪花蟛蜞菊	*Wedelia biflora*	菊科	蟛蜞菊属	2		100-150					
样地19	5m×5m	无瓣海桑	*Sonneratia apetala*	无瓣海桑科	无瓣海桑属	3	5-20	200-400	1.2	2	0.8	3	1.2
		老鼠簕	*Acanthus ilicifolius*	爵床科	老鼠簕属	15		50-120					
		海刀豆	*Canavalia rosea*	豆科	刀豆属	2		100-150					
	1m×1m	孪花蟛蜞菊	*Wedelia biflora*	菊科	蟛蜞菊属	3		50-150					
		蔗草	*Scirpus triqueter*	莎草科	蔗草属	2		30-50					

样地		种名		科	属	大树				小树		幼树	
		中文名	拉丁文			数量（株）	胸径（cm）	株高（cm）	密度（株/10m2）	数量（株）	密度（株/10m2）	数量（株）	密度（株/10m2）
		芦苇	*Phragmites australis*	禾本科	芦苇属	10		100-300					
样地20	5m×5m	无瓣海桑	*Sonneratia apetala*	无瓣海桑科	无瓣海桑属	5	5-20	200-500	2.0	2	0.8	1	0.4
		桐花树	*Aegiceras corniculatum*	紫金牛科	蜡烛果属	3	5-15	150-200	1.2	3	1.2	2	0.8
		海刀豆	*Canavalia rosea*	豆科	刀豆属	3		100-200					
		老鼠簕	*Acanthus ilicifolius*	爵床科	老鼠簕属	15		50-120					
	1m×1m	空心莲子草	*Alternanthera philoxeroides*	苋科	莲子草属	1		20					
		水葱	*Scirpus validus*	莎草科	蔗草属	10		50-120					
		茳芏	*Cyperus malaccensis*	莎草科	莎草属	2		20-80					
样地21	5m×5m	无瓣海桑	*Sonneratia apetala*	无瓣海桑科	无瓣海桑属	2	5-25	200-500	0.8	2	0.8	3	1.2
		白骨壤	*Avicennia marina*	马鞭草科	海榄雌属							2	0.8
		桐花树	*Aegiceras corniculatum*	紫金牛科	蜡烛果属	3	5-10	50-120	1.2	2	0.8		
		老鼠簕	*Acanthus ilicifolius*	爵床科	老鼠簕属	10		50-120					
		海刀豆	*Canavalia rosea*	豆科	刀豆属	2		50-120					

样地		种名		科	属	大树				小树		幼树	
		中文名	拉丁文			数量（株）	胸径（cm）	株高（cm）	密度（株/10m2）	数量（株）	密度（株/10m2）	数量（株）	密度（株/10m2）
	1m×1m	水葱	*Scirpus validus*	莎草科	蔗草属	15		50-120					
样地22	2m×2m	老鼠簕	*Acanthus ilicifolius*	爵床科	老鼠簕属	20		50-120					
	1m×1m	水葱	*Scirpus validus*	莎草科	蔗草属	15		50-120					
		互米花草	*Spartina alterniflora*	禾本科	米草属	5		50-150					
样地23	2m×2m	无瓣海桑	*Sonneratia apetala*	无瓣海桑科	无瓣海桑属	2	2-5	100-150	5	1	0.5	2	1.0
		老鼠簕	*Acanthus ilicifolius*	爵床科	老鼠簕属	15		50-120					
		海刀豆	*Canavalia rosea*	豆科	刀豆属	2		50-120					
		卤蕨	*Acrostichum aureum*	卤蕨科	卤蕨属	1		100					
	1m×1m	孪花蟛蜞菊	*Wedelia biflora*	菊科	蟛蜞菊属	3		50-100					
		水葱	*Scirpus validus*	莎草科	蔗草属	10		50-120					
		茳芏	*Cyperus malaccensis*	莎草科	莎草属	2		20-80					

5.8.2.5 红树林植物群落特征分析

（1）群落类型多样性

通过对项目区红树林 23 个样地植物群落的调查，共统计红树林植物样地 17 个，群落类型见表 5.8-4。依据群落优势种的情况，项目区红树林植物群落有 2 个优势种群落，即桐花树群落和无瓣海桑群落；项目区红树林群落类型多样性一般，群落物种数较少。项目区红树林群落发育不够成熟，受当地人类生产活动的直接影响较大。

表 5.8-4 项目区红树林群落类型

序号	群落类型	物种数	样地编号	样地个数
1	桐花树+无瓣海桑群落	3	样地 1	7
2	桐花树+无瓣海桑群落	2	样地 5	
3	桐花树+无瓣海桑群落	2	样地 6	
4	桐花树+无瓣海桑群落	3	样地 17	
5	桐花树+无瓣海桑群落	3	样地 18	
6	桐花树+无瓣海桑群落	2	样地 20	
7	桐花树+无瓣海桑群落	3	样地 21	
8	桐花树+秋茄+白骨壤群落	3	样地 2	3
9	桐花树+秋茄+白骨壤群落	3	样地 3	
10	桐花树+秋茄+白骨壤群落	4	样地 4	
11	桐花树群落	2	样地 10	4
12	桐花树群落	1	样地 14	
13	桐花树群落	1	样地 15	
14	桐花树群落	2	样地 16	
15	无瓣海桑群落	3	样地 7	3
16	无瓣海桑群落	1	样地 19	
17	无瓣海桑群落	1	样地 23	

（2）优势种群落物种多样性分析

依据对优势种群落的划分，采用 Simpson 多样性指数（S_p）、Shannon-Wiener 多样性指数（H'）及相应的均匀度指数分析方法，对各优势种群落的物种多样性进行分析具体结果见表 5.8-5。

表 5.8-5 项目区红树林优势种群落多样性

优势种群落	S_p	J_{Sp}	H'	J'
桐花树群落	2.37	0.59	1.56	0.78
无瓣海桑群落	2.33	0.46	1.42	0.61

结果表明，在多样性指数方面，*Sp* 和 *H'*表现出一致性，桐花树群落指数值高于无瓣海桑群落的指数值，说明桐花树群落多样性相比无瓣海桑群落物种多样性较高。在均匀度方面，桐花树群落的均匀度 *Jsp* 和 *J'*均高于无瓣海桑的均匀度，说明桐花树群落分布较均匀。

总体上，项目区红树林物种多样性偏低，而且分布不均匀。项目区中间河道左岸较靠近木乃山附近大约 600m 长河道潮间带（样地 2～样地 4）分布有狭长片红树林群落外，其他河道潮间带红树林均呈零星散布。从河道生境来看，项目区大部分河道，特别是右岸平沙东堤（PSD0+495～PSD3+788）和烂柴角段海堤（LCJ0+000～LCJ4+400）河道，其潮间带均较适于红树林生长，但由于受人类生产活动影响较大，红树林种类和数量均较少，急需建设和恢复。

（3）典型断面红树林分布特征

项目区植被生态系列如图 5.8-3 所示。由图 5.8-3 所示，由陆向河道断面方向，地形上依次为丘陵、山地、台地、阶地、滩涂地和珠江河口，从植被分布相应地依次为乔木林、灌丛、灌草丛、农作地、人工鱼塘、芦苇茳芏、红树林等。

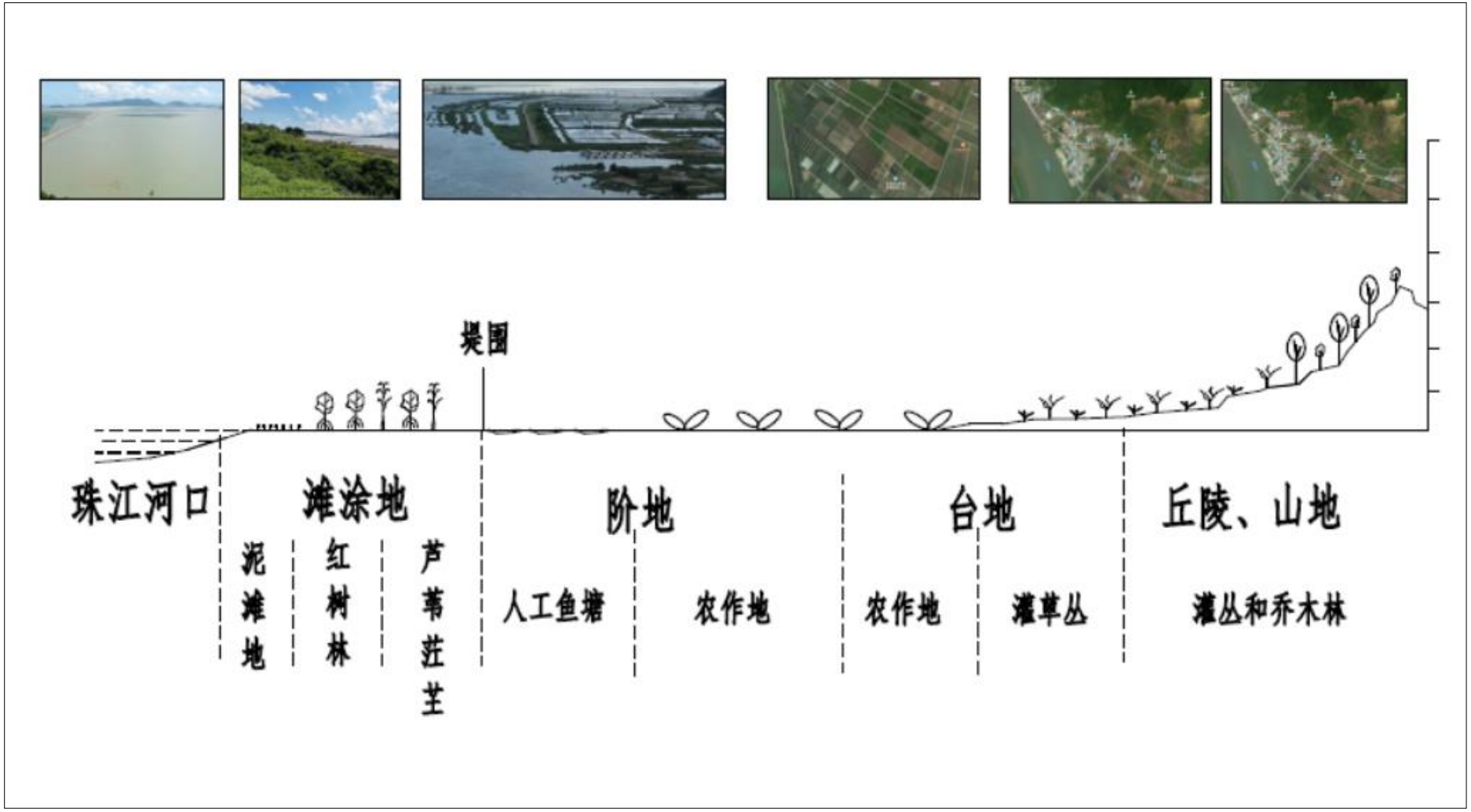


图 5.8-3 项目区植被生态系列示意图

红树林主要分布于潮间带。潮间带主要为高潮线与低潮线之间淤泥质沉积的滩涂地带。由于该带介于陆域和水域间，交替地受到空气和水体淹没的影响，且常有明显的昼夜、月和年度的周期性变化，因而其生物具有两栖性（表现为广温性、广盐性、耐干旱性和耐缺氧性等）、节律性（一般生物的活动高峰与高潮期相一致）和分带性（因不同生物适应的干湿条件不同而引起的分带分布现象）等生态特征。由于群落演替阶段特点，红树林分布常呈与河口海岸平行带。最基本有 3 个地带：

低潮积水带：位于低潮线下、并仍有少量浅水的坡岸上部。这里一般海洋生物较多、土壤不暴露，盐度相对较高，是红树林先锋植物种类生长的地带。高潮时，红树植物几乎全淹没或仅有树冠外露。低潮时，树干基部仍浸于水中。这里有白骨壤、桐花树等。

中潮带：位于低潮线以上，高潮线以下的中间地带，盐度中等，因各地条件、滩涂宽度大者达几公里、狭者仅几米或几十米。退潮时地面暴露，淤泥深厚高潮时，树干几淹一半左右，是红树植物生长繁盛地带。一般是红茄苳、红海榄、红树、秋茄、桐花树、海莲等生长的地带。

高潮带或特大高潮带：该地带土壤经常暴露，表面比较硬实。特大高潮区有较干实的土壤，是红树林带向陆岸过渡地带。土壤盐度受淡水冲洗影响以致比较低。主要出现过渡性的红树植物，如水椰、卤藏、海漆、木榄等。

对于潮间带前缘的河滩地，由于常受水流和水浪冲击，沙粒流动，一般为荒滩地。

根据现场调查，项目区河段典型断面红树林分布如图 5.8-4 所示。从空间分布上，堤外河道断面由岸带逐渐向潮间带和水域过渡；从生态植被上，由乔木林地逐渐向灌木林地、草地滩涂、水生植物和沉水植物过渡；从红树植物种类上，逐渐由乔木类海桑、秋茄、红海榄等逐渐向灌木类桐花树、秋茄、红海榄、老鼠簕、白骨壤和草本类卤蕨等过渡。乔木林地和灌木林地常见伴生植物光荚含羞草、海刀豆、臭鸡矢藤、田菁、蟛蜞菊和类芦等。

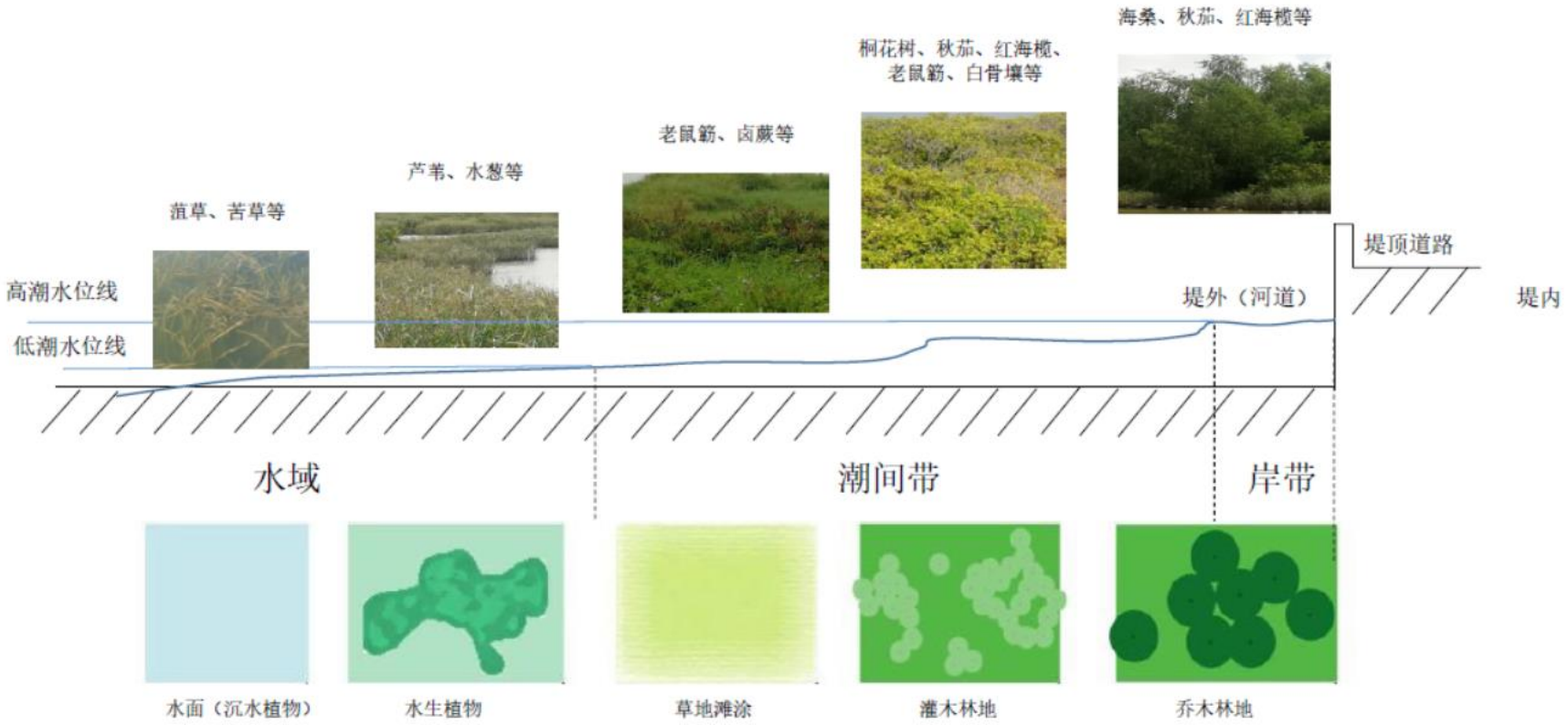


图 5.8-4 典型断面红树林分布示意图

5.8.2.6 小结

本次调查发现植物种类有 19 科 34 属 38 种，其中，真红树植物有 5 科 6 属 6 种，半红树植物有 2 科 2 属 2 种，伴生植物有 12 科 26 属 30 种。根据现场调查，项目区红树林群落类型多样性一般，群落物种数较少。其中，桐花树群落和无瓣海桑群落为 2 个优势种群落。项目区红树林群落发育不够成熟，受当地人类生产活动的直接影响较大。总体上，红树林物种多样性偏低，而且分布不均匀。从项目区河段滩涂湿地生境来看，项目区部分河段潮间带由于受滩涂湿地围垦、大型建设工程和水环境污染等人类生产生活等活动影响较大，会直接或间接影响红树林正常生长或再生。

5.9 鸟类资源现状调查

本次项目海域鸟类资源概况引用由珠江水利委员会科学研究院编制完成的《珠海市海洋生态保护修复项目生态环境现状调查报告》中的鸟类调查资料。

5.9.1 调查时间与调查内容

调查时间为2021年7月28日至7月31日；每天调查一次，连续调查4天。

调查内容为项目区域内的鸟类种类和数量，以了解掌握区域内鸟类的种类组成、分布和种群动态，并评价其生境质量。

5.9.2 调查方法

①样线（带）法

本次调查主要使用样线法。在项目区河道两边左岸和右岸道路设置两条调查线路，按事前规划好的样线分布图在调查区域内前进，至边界坐标时折返，最后以到达边界端点结束；完整地记录样线两侧所见鸟种、数量等。调查样线如图 5.9-1 黄线所示。调查时，行进速度控制在为1.5～3 km/h。

②样点法

采用样点法作为样线法的补充，在项目调查区域内选取固定的观察点进行观察计数，根据调查区域内生境异质性选择沙滩、泥滩、红树林、农田等类型设置观测点，用望远镜开展调查。样点布设如图5.9-1所示。



图 5.9-1 鸟类调查样线及样点布设示意图

5.9.3 调查结果

本次调查共记录鸟类 9 目 23 科 42 种 438 只次，所调查鸟类统计如表 5.9-1、图 5.9-2 所示。经对调查数据进行分析，项目调查区域以雀形目鸟类最多，有 10 科 12 种，占记录鸟类总物种数的 28.57%，其次为鸻形目，有 3 科 10 种，占记录鸟类总物种数的 23.81%；隼形目和雨燕目分别有 3 科 3 种和 2 科 3 种，均占记录鸟类总物种数的 7.14%；其他的鹳鹮目、鹳形目、鹤形目、鸽形目和鹃形目均有 1 科，分别有 1 种、7 种、2 种、1 种和 3 种，分别占记录鸟类总物种数的 2.38%、16.67%、4.76%、2.38%和 7.14%。本期调查记录的鸟类名录见表 5.9-2。

表 5.9-1 项目调查区域鸟类分类阶元

分类	鹱鹳目	鹳形目	隼形目	鹤形目	鸻形目	鸽形目	鹃形目	雨燕目	雀形目
科	1	1	3	1	3	1	1	2	10
种	1	7	3	2	10	1	3	3	12
物种百分比（%）	2.38	16.67	7.14	4.76	23.81	2.38	7.14	7.14	28.57

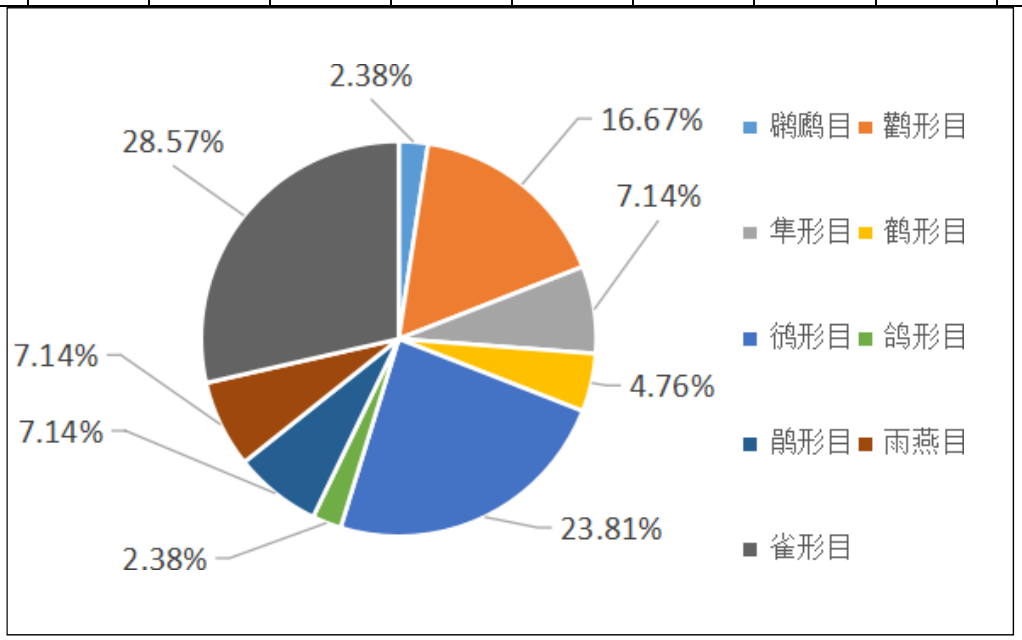


图 5.9-2 调查鸟类分类物种百分比

表 5.9-2 项目鸟类现状调查名录

序号	种	学名	居留型	省	三有	国重	红皮书	IUCN	CITES	中日	中澳	总计	数量比例	优势度
I	鸊鹈目	PODICIPEDIFORMES												
一	鸊鹈科	*Podicipedidae*												
1	小鸊鹈	*Tachybaptus ruficollis*	R		三有							6	1.37	++
II	鹳形目	CICONIIFORMES												
二	鹭科	*Ardeidae*												
2	大白鹭	*Ardea alba*	R,P,W	S	三有					CJ	CA	112	25.57	+++
3	白鹭	*Egretta garzetta*	R,W	S	三有							96	21.92	+++
4	黄嘴白鹭	*Egretta eulophotes*	R,W	S	三有	Ⅰ	NT	NT				5	1.14	++
5	牛背鹭	*Bubulcus ibis*	R,W	S	三有					CJ	CA	9	2.05	++
6	池鹭	*Ardeola bacchus*	R,W	S	三有							14	3.20	++
7	夜鹭	*Nycticorax nycticorax*	R	S	三有					CJ		6	1.37	++
8	黄斑苇鳽	*Ixobrychus sinensis*	S,R	S	三有					CJ	CA	2	0.46	+
III	隼形目	FALCONIFORMES												
三	隼科	*Falconidae*												
9	红隼	*Falco tinnunculus*	R			Ⅱ			Ⅱ			2	0.46	+
四	鹗科	*Pandionidae*												
10	鹗	*Pandion haliaetus*	R			Ⅱ	NT		Ⅱ			1	0.23	+
五	鹰科	*Accipitridae*												
11	黑鸢	*Milvus migrans*	R			Ⅱ			Ⅱ			1	0.23	+
IV	鹤形目	GRUIFORMES												
六	秧鸡科	*Rallidae*												
12	白胸苦恶鸟	*Amaurornis phoenicurus*	R		三有							3	0.68	+
13	黑水鸡	*Gallinula chloropus*	R	S	三有					CJ		1	0.23	+
V	鸻形目	CHARADRIIFORMES												
七	鸻科	*Charadriidae*												

序号	种	学名	居留型	省	三有	国重	红皮书	IUCN	CITES	中日	中澳	总计	数量比例	优势度
14	金眶鸻	*Charadrius dubius*	W		三有						CA	2	0.46	+
15	环颈鸻	*Charadrius alexandrinus*	W,P		三有							5	1.14	++
16	铁嘴沙鸻	*Charadrius leschenaultii*	P		三有					CJ	CA	9	2.05	++
17	蒙古沙鸻	*Charadrius mongolus*	P		三有					CJ	CA	4	0.91	+
八	鹬科	*Scolopacidae*												
18	中杓鹬	*Numenius phaeopus*	W	S	三有					CJ	CA	5	1.14	++
19	翘嘴鹬	*Xenus cinereus*	P		三有					CJ	CA	3	0.68	++
20	矶鹬	*Actitis hypoleucos*	W,P		三有					CJ	CA	6	1.37	++
九	燕鸥科	*Sternidae*												
21	黑枕燕鸥	*Sterna sumatrana*	S	S	三有					CJ	CA	3	0.68	+
22	白额燕鸥	*Sterna albifrons*	S,W,P	S	三有					CJ	CA	7	1.60	++
23	褐翅燕鸥	*Sterna anaethetus*	S	S	三有					CJ	CA	6	1.37	++
VI	鸽形目	COLUMBIFORMES												
十	鸠鸽科	*Columbidae*												
24	珠颈斑鸠	*Streptopelia chinensis*	R		三有							4	0.91	+
VII	鹃形目	CUCULIFORMES												
十一	杜鹃科	*Cuculidae*												
25	八声杜鹃	*Cacomantis merulinus*	S		三有							2	0.46	+
26	噪鹃	*Eudynamys scolopaceus*	R		三有							17	3.88	++
27	褐翅鸦鹃	*Centropus sinensis*	R			II						1	0.23	+
VIII	雨燕目	APODIFORMES												
十二	雨燕科	*Apodidae*												
28	小白腰雨燕	*Apus nipalensis*	S		三有					CJ		5	1.14	++
十三	翠鸟科	*Alcedinidae*												
29	普通翠鸟	*Alcedo atthis*	R		三有							3	0.68	+
30	白胸翡翠	*Halcyon smyrnensis*	R									1	0.23	+

序号	种	学名	居留型	省	三有	国重	红皮书	IUCN	CITES	中日	中澳	总计	数量比例	优势度
IX	雀形目	PASSERIFORMES												
十四	燕科	*Hirundinidae*												
31	家燕	*Hirundo rustica*	S,P		三有					CJ	CA	51	11.64	+++
十五	鹡鸰科	*Motacillidae*												
32	白鹡鸰	*Motacilla alba*	R		三有					CJ	CA	6	1.37	++
十六	鹎科	*Pycnonotidae*												
33	红耳鹎	*Pycnonotus jocosus*	R		三有							5	1.14	++
34	白头鹎	*Pycnonotus sinensis*	R		三有							11	2.51	++
十七	伯劳科	*Laniidae*												
35	棕背伯劳	*Lanius schach*	R		三有							4	0.91	+
十八	卷尾科	*Dicruridae*												
36	黑卷尾	*Dicrurus macrocercus*	S		三有							2	0.46	+
十九	椋鸟科	*Sturnidae*												
37	八哥	*Acridotheres cristatellus*	R		三有							3	0.68	+
38	灰背椋鸟	*Sturnia sinensis*	R,S,W		三有							1	0.23	+
二十	鸫科	*Turdidae*												
39	鹊鸲	*Copsychus saularis*	R		三有							2	0.46	+
二十一	绣眼鸟科	*Zosteropidae*												
40	暗绿绣眼鸟	*Zosterops japonicus*	R,S,W,P		三有							2	0.46	+
二十二	山雀科	*Paridae*												
41	大山雀	*Parus major*	R		三有							5		
二十三	雀科	*Passeridae*												
42	麻雀	*Passer montanus*	R		三有							15	3.42	++

5.9.4 调查数据分析

（1）鸟类群落特征分析

根据调查，项目区鸟类优势类群为雀形目，有 12 个鸟类物种，其次为鸻形目，有 10 鸟类物种。本期调查，鸟类优势种有大白鹭、白鹭和家燕。常见种为噪鹃、麻雀、池鹭、白头鹎和牛背鹭等 19 种，共占当季调查数量的 31.28%。调查结果显示，调查范围内鸟类物种多样性较高。

（2）鸟类数量特征分析

本期调查共记录鸟类 438 只次。其中鹭科鸟类数量最多，占总数量的 55.71%。优势种有大白鹭、白鹭和家燕 3 种，分别观察到 112、96 和 51 只次，占总调查数量的 25.57%、21.92%和 11.64%。常见种（超过总数量 1%~10%）有 18 种，包括噪鹃、麻雀、池鹭、白头鹎、牛背鹭、铁嘴沙鸻和白额燕鸥等，常见种数量合共占总数量的 32.42%。居留型方面，留鸟和夏候鸟的数量相对较多 ，分别占总调查数量的 76.71%和 17.81%，冬候鸟和过境迁徙鸟分别占总调查数量的 4.11%和 3.65%。

（3）居留型特征分析

本次现状调查物种数最多为留鸟，共有 26 种在本地区有留鸟种群，候鸟有 15 种，其中夏候鸟 8 种，冬候鸟 4 种，迁徙过境鸟有 3 种，部分种类在本地区有多个居留型种群。

本次调查，时间上比较接近夏季，却在调查中发现有冬候鸟出现。经咨询与查阅资料，主要原因有：（1）度夏冬季候鸟在项目区所选择的区域都是食物充足、生态环境较好的；（2）有一些冬季候鸟并没有到繁殖的年龄，不必飞往北方，就直接留了下来；（3）存在跟随大队伍迁徙过程中掉队的情形。

（4）保护物种

列入各类保护名录的珍稀濒危保护物种共有 40 种，其中属于广东省重点保护陆生野生动物的有 12 种，主要包括大白鹭、白鹭、池鹭、牛背鹭、白额燕鸥、夜鹭、褐翅燕鸥、黄嘴白鹭、中杓鹬、黑枕燕鸥、黄斑苇鳽和黑水鸡。国家重点保护陆生动物中的一级保护动物 1 种，为黄嘴白鹭；二级保护动物的有 4 种，包括红隼、鹞、黑鸢和褐翅鸦鹃。列入国家保护的有益或者有重要经济、科学研究价值的陆生野生动物 36 种；列入国家保护动物红色名录的物种有 2 种，为鹞和黄嘴白鹭，为 NT（近危）级别。列入 IUCN 红皮书的物种有黄嘴白鹭 1 种，为 NT（近危）级别。

列入 CITES 附录的物种 3 种，包括黑鸢、红隼和鹞；属于《中华人民共和国政府和日本国政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录内的物种共有 16 种。列入《中国政府和澳大利亚政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录的物种共有 14 种。

6 环境影响预测分析与评价

6.1 水文动力环境影响预测与评价

6.1.1 水动力模型简介

采用丹麦水力学研究所研制的平面二维数值模型 MIKE21FM 来研究工程海域的潮流场运动及海域污染物扩散影响，该模型采用非结构三角网格剖分计算域，三角网格能较好的拟合陆边界，网格设计灵活且可随意控制网格疏密，该软件具有算法可靠、计算稳定、界面友好、前后处理功能强大等优点，已在全球 70 多个国家得到应用，有上百例成功算例，计算结果可靠，为国际所公认。MIKE21FM 采用标准 Galerkin 有限元法进行水平空间离散，在时间上，采用显式迎风差分格式离散动量方程与输运方程。

（1）模型控制方程

质量守恒方程：

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}(hu)+\frac{\partial}{\partial y}(hv)=0$$

动量方程：

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}-\frac{\partial}{\partial x}\left(\varepsilon_x\frac{\partial u}{\partial x}\right)-\frac{\partial}{\partial y}\left(\varepsilon_x\frac{\partial u}{\partial y}\right)-fv+\frac{gu\sqrt{u^2+v^2}}{C_Z{}^2H}=-g\frac{\partial \zeta}{\partial x}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t}+u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}-\frac{\partial}{\partial x}\left(\varepsilon_x\frac{\partial v}{\partial x}\right)-\frac{\partial}{\partial y}\left(\varepsilon_y\frac{\partial v}{\partial y}\right)+fu+\frac{gv\sqrt{u^2+v^2}}{C_Z{}^2H}=-g\frac{\partial \zeta}{\partial y}$$

式中：

ζ —水位；

h—净水深；

H —总水深，$H=h+\zeta$；

u—x向垂向平均流速；

v—y方向垂向平均流速；

g—重力加速度；

f —科氏力参数（$f=2\omega\sin\varphi$，φ为计算海域所处地理纬度）；

C_z—谢才系数，$C_z=\frac{1}{n}H^{\frac{1}{6}}$，$n$为曼宁系数；

ε_x、ε_y—x、y方向水平涡动粘滞系数。

（2）定解条件

初始条件：

$$\begin{cases}\zeta(x,y,t)|_{t=t_0}=\zeta(x,y,t_0)=0\\ u(x,y,t)|_{t=t_0}=v(x,y,t)|_{t=t_0}=0\end{cases}$$

6.1.2 计算域和网格设置

（1）计算域设置

本项目所建立的海域数学模型计算域范围见图 6.1-1。模拟采用三角网格，用动边界的方法对干、湿网格进行处理。整个模拟区域内由 5920 个节点和 10676 个三角单元组成。数值模拟计算海域网格分布见图 6.1-1。为了能清楚了解本工程附近海域的潮流状况，将本工程附近海域进行局部多次加密，加密后空间步长约为 10m，加密区域见图 6.1-2a。

（2）水深和岸界

水深：采用海图和工程附近的水深数据

岸界：采用海图岸线。

（3）大海域模型水边界输入

开边界：引用 MIKE21 自带调和分析求得的 M2、S2、K1 和 O1 四个主要分潮调和常数值输入计算。

$$\zeta=\sum_{i=1}^{N}\{f_iH_i\cos[\sigma_it+(V_{oi}+V_i)-G_i]\}$$

式中：

f_i、σ_i—第i个分潮（这里共取四分潮：M_2、S_2、O_1和K_1）的交点因子和角速度；

H_i和G_i是调和常数，分别为分潮的振幅和迟角；

$V_{oi}+V_i$—分潮的幅角。

闭边界：以大海域和工程周边岸线作为闭边界。

流量：在河道上游设置两处流量边界，流量为 600m^3/s，位置见图 6.1-2b。

（4）计算时间步长和底床糙率

模型计算时间步长根据 CFL 条件进行动态调整，确保模型计算稳定进行，最小时间步长 1s。底床糙率通过曼宁系数进行控制，曼宁系数 n 取 60~80m 1/3/s。

（5）水平涡动粘滞系数

采用考虑亚尺度网格效应的 Smagorinsky（1963）公式计算水平涡粘系数，表达式如下：

$$A = c_s^2 l^2 \sqrt{2 S_{ij} S_{ij}}$$

式中：

c_s—常数；

l—特征混合长度，由 $S_{ij} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right)$（$i, j = 1, 2$）计算得到。

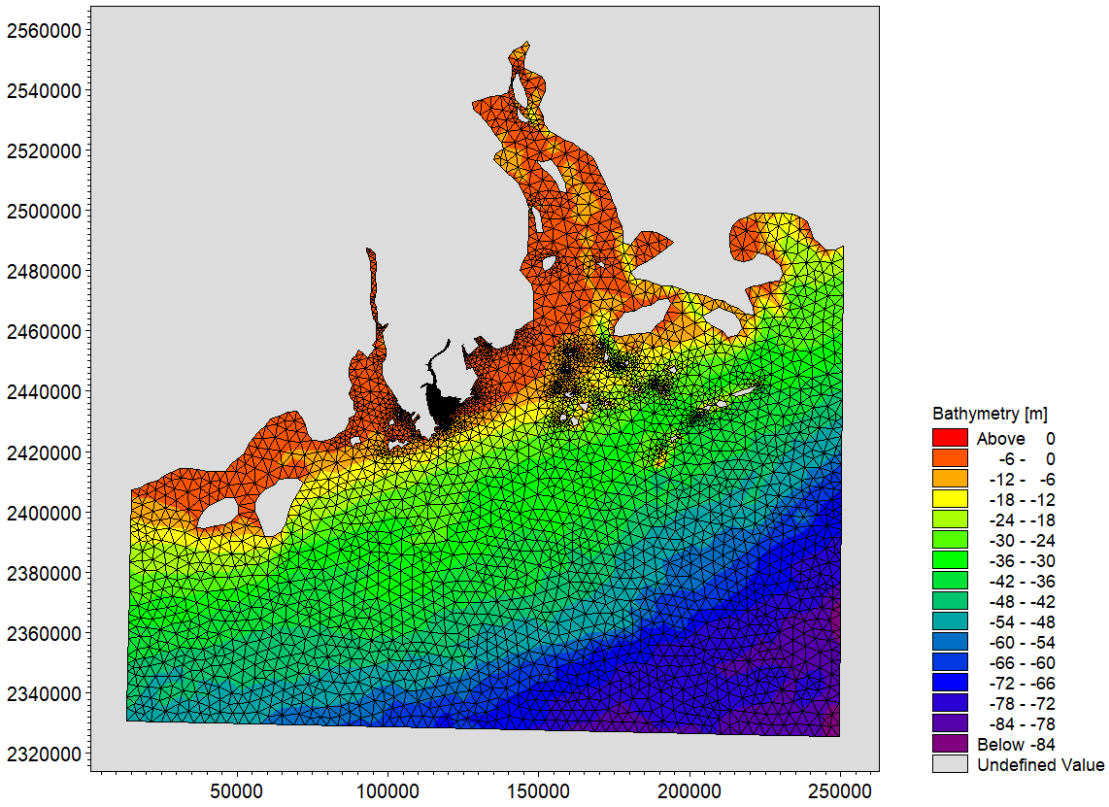


图 6.1-1 数值模拟计算域网格分布及潮位验证点位置图

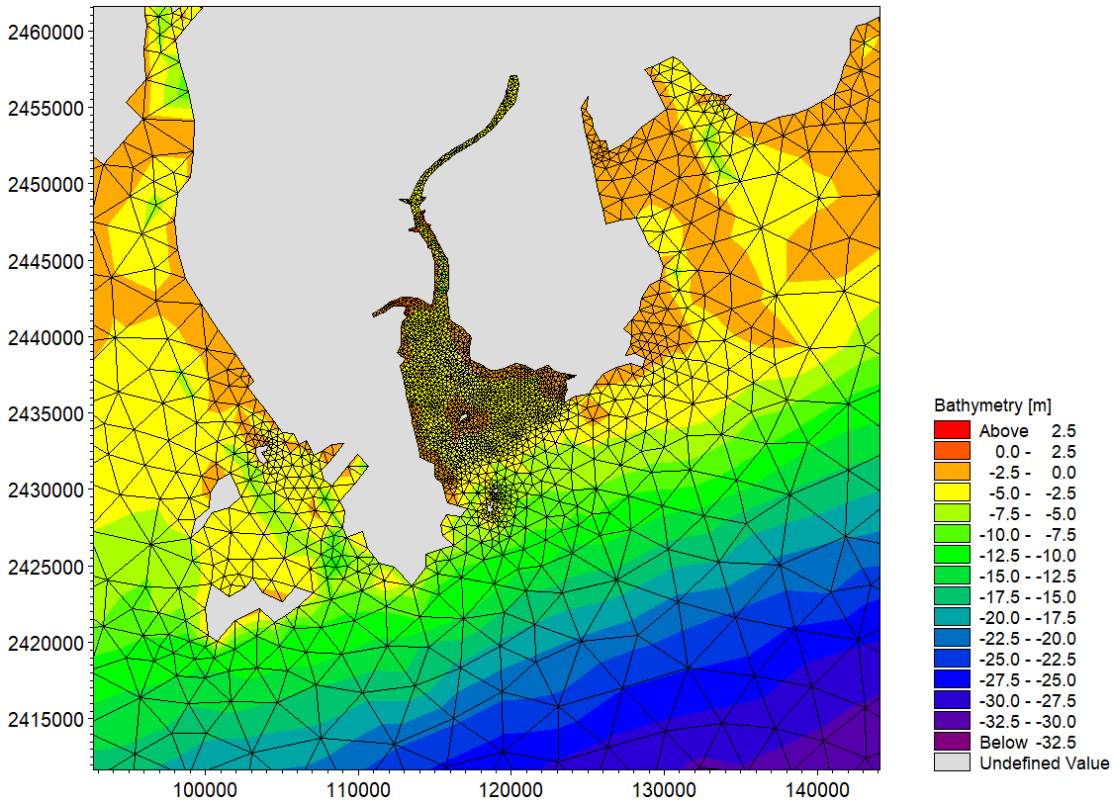


图 6.1-2a 加密区域网格分布

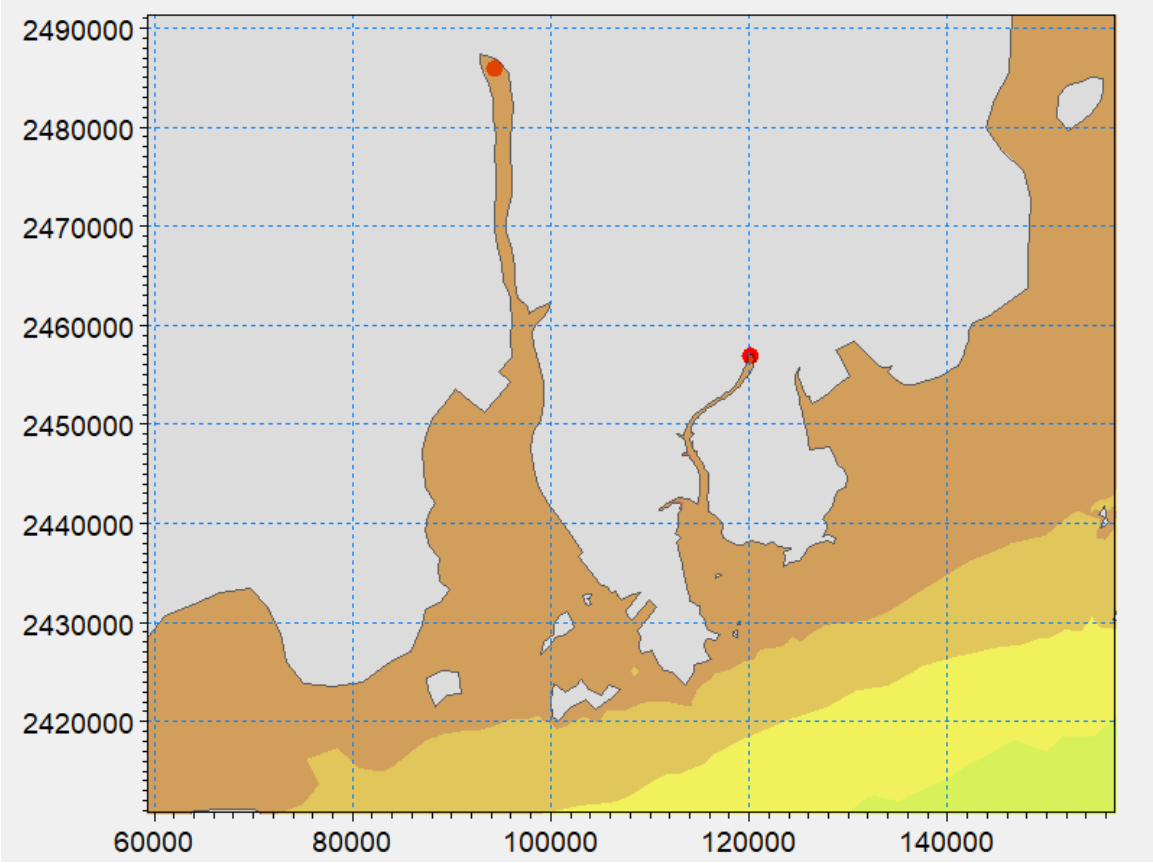


图 6.1-2b 计算域内流量边界

6.1.3 潮流数值模型及验证

（1）潮位验证

利用珠海美蓝游艇码头 SW1 临时站和珠海赤鱼头码头 SW2 临时站 2 个潮位站观测资料，与计算结果进行验证。模拟区内潮位验证点见表 6.1-1，潮位验证曲线见图 6.1-3。

表 6.1-1 潮位、潮流验证点坐标

验证点	北纬	东经	验证点类型
SW1 临时站	22°04′48.66″	113°15′45.64″	潮位
SW2 临时站	21°57′3.59″	113°15′55.48″	潮位
L1	22°04′57.84″	113°15′57.42″	潮流
L2	22°03′41.52″,	113°16′35.94″	潮流
L3	22°01′30.65″	113°16′17.81″	潮流
L4	21°58.925'	113°14.241'	潮流
L5	21°56′40.38″	113°17′25.50″	潮流
L6	21°34′14.16″	113°12′23.976″	潮流

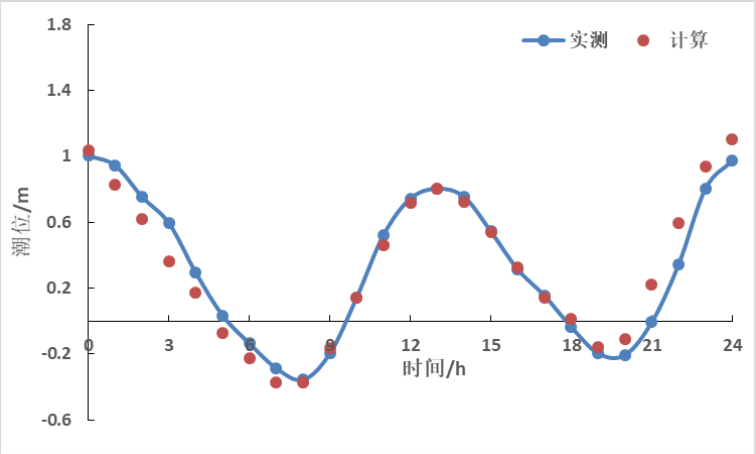


图 6.1-3a 潮位验证曲线（SW1）

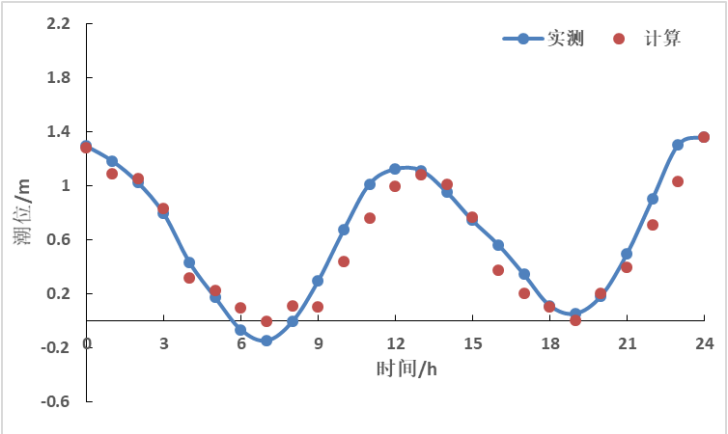


图 6.1-3b 潮位验证曲线（SW2）

（2）潮流验证

潮流采用 2021 年 9 月 22 日～23 日期间（大潮）6 个站位观测数据（L1-L6）进行验证。潮流验证点见图 6.1-4 和表 6.1-1，潮流验证曲线见图 6.1-5 所示。潮流验证结果表明，对应观测点上模拟得到的潮流流速、流向与实测潮流基本吻合，能够较好地反映工程周边海域潮流状况。

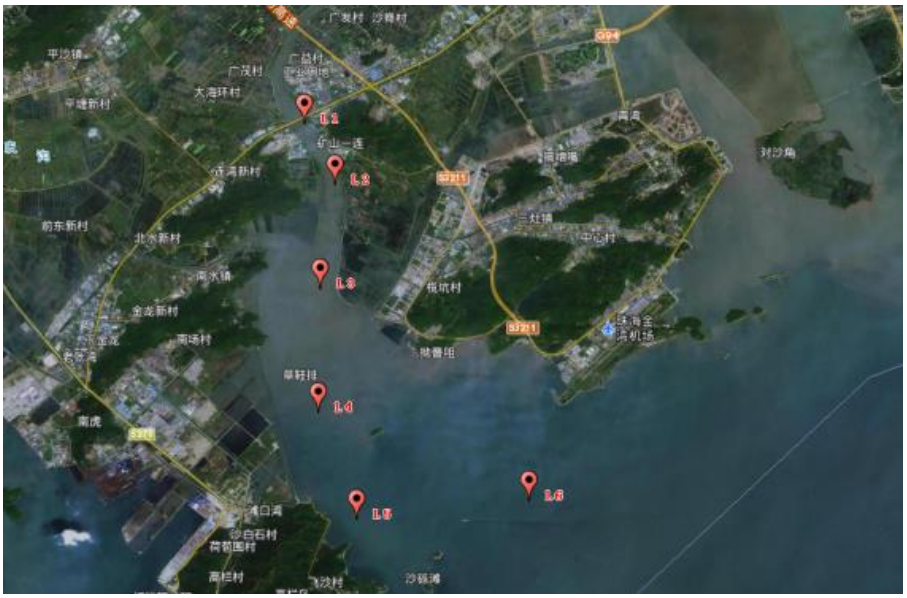
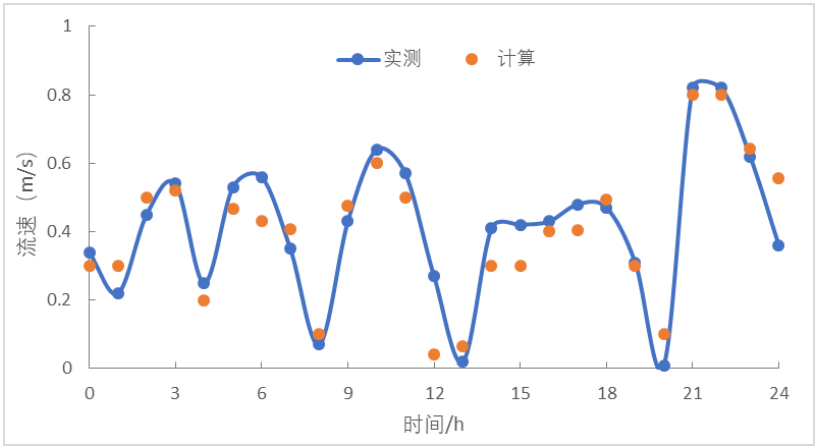


图 6.1-4 潮流验证点位置图



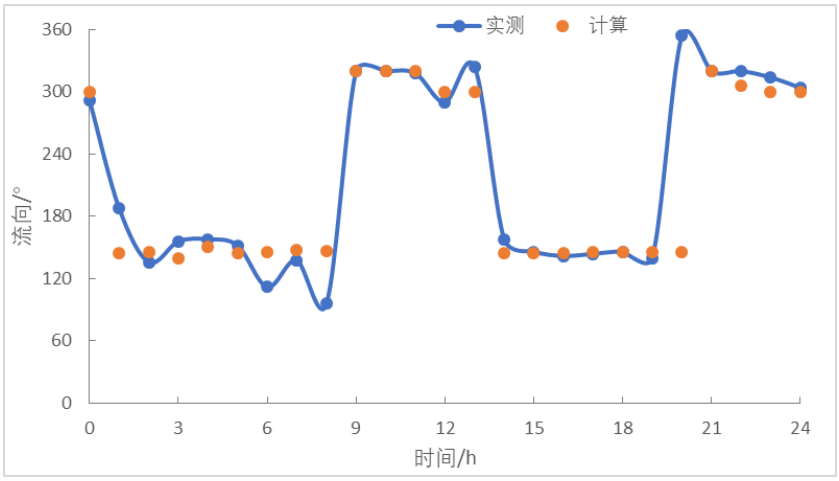


图 6.1-5a L1 潮流流向、流速验证曲线

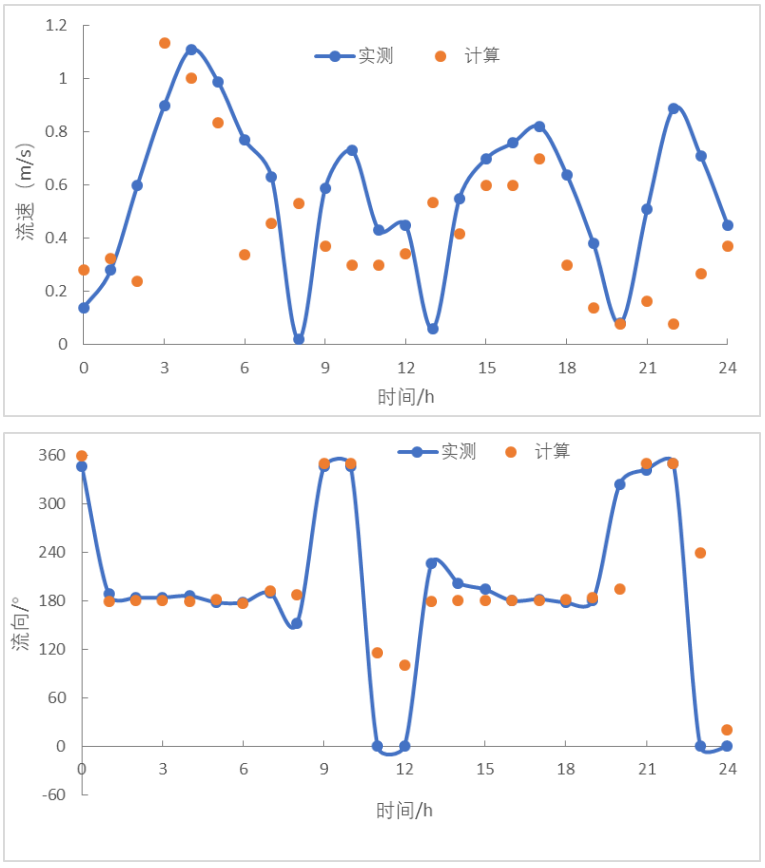


图 6.1-5b L2 潮流流向、流速验证曲线

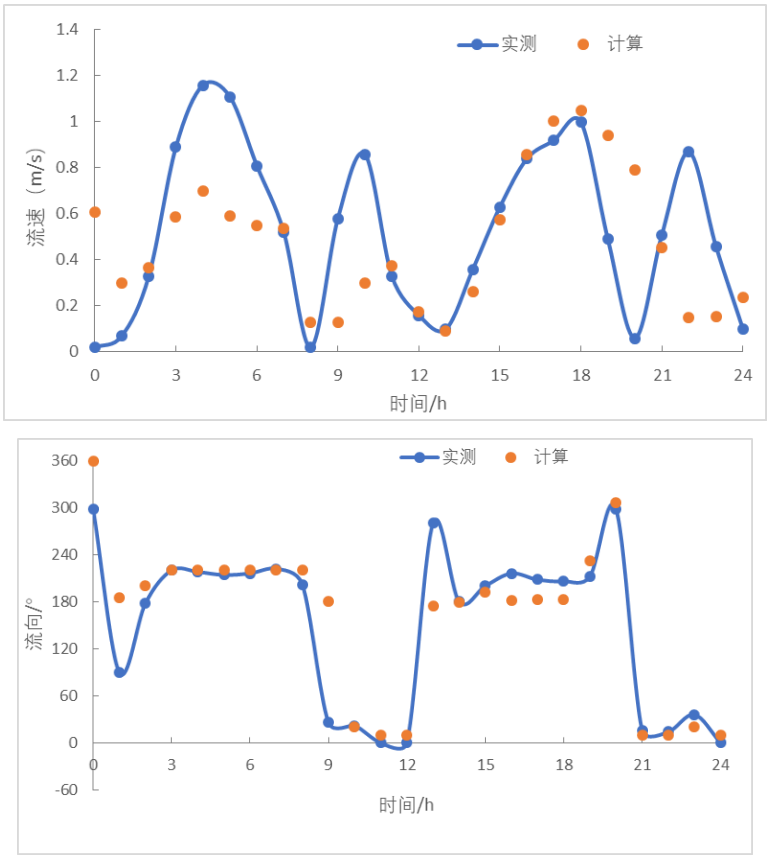


图 6.1-5c L3 潮流流向、流速验证曲线

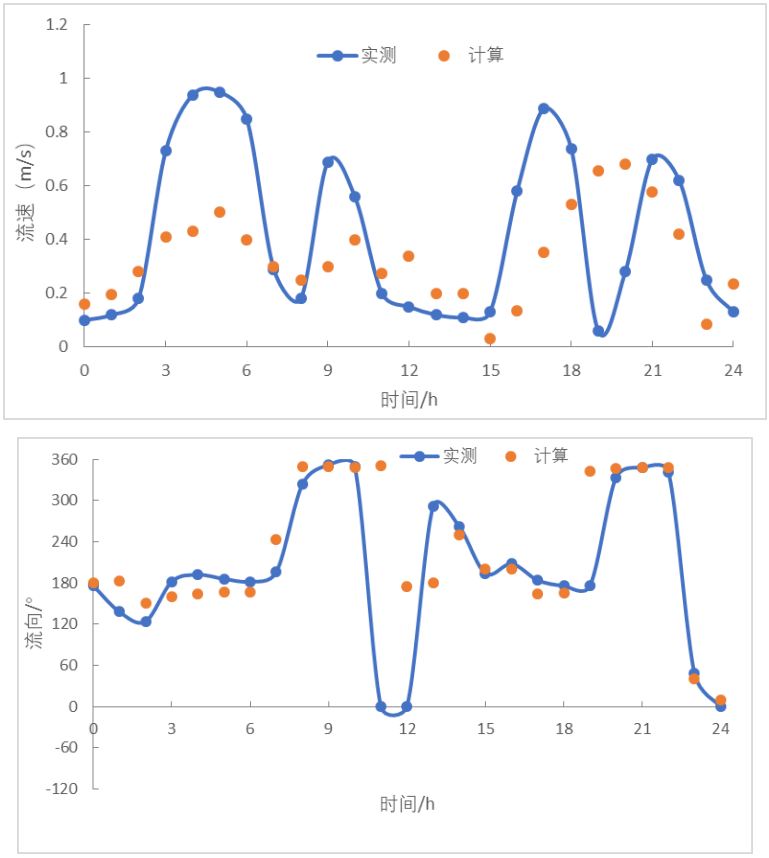


图 6.1-5d L4 潮流流向、流速验证曲线

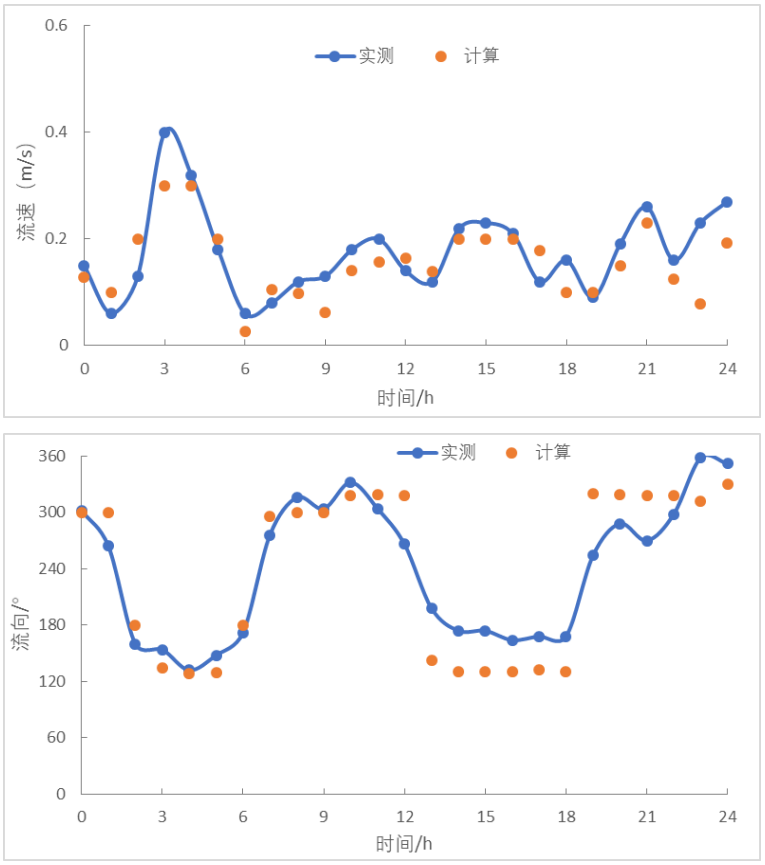


图 6.1-5e L5 潮流流向、流速验证曲线

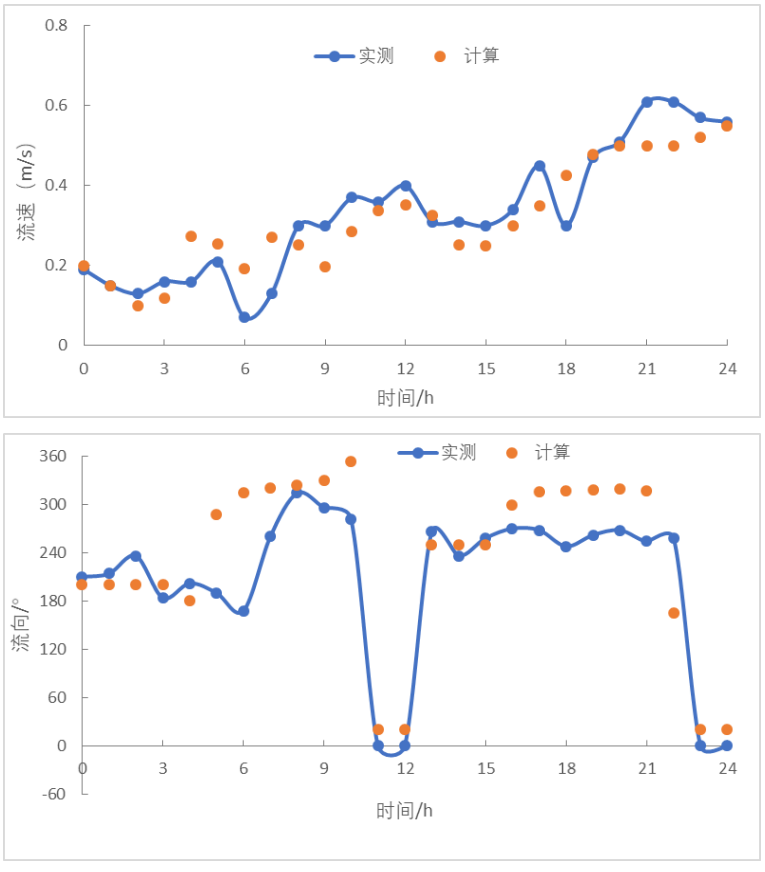


图 6.1-5f L6 潮流流向、流速验证曲线

6.1.4 潮流计算结果分析

（1）大海域潮流场数值模拟

本报告以工程海域的大潮涨、落急时刻为基准，绘制大范围涨、落急时刻流场图，分别见图 6.1-6a 和图 6.1-6b。由图可以看出，整个大范围流态与以往的研究成果一致，即模拟的流场基本能够正确反映实际的流场特征。涨潮过程中计算域内基本上西北向流动，落潮流基本上是东南向流动。

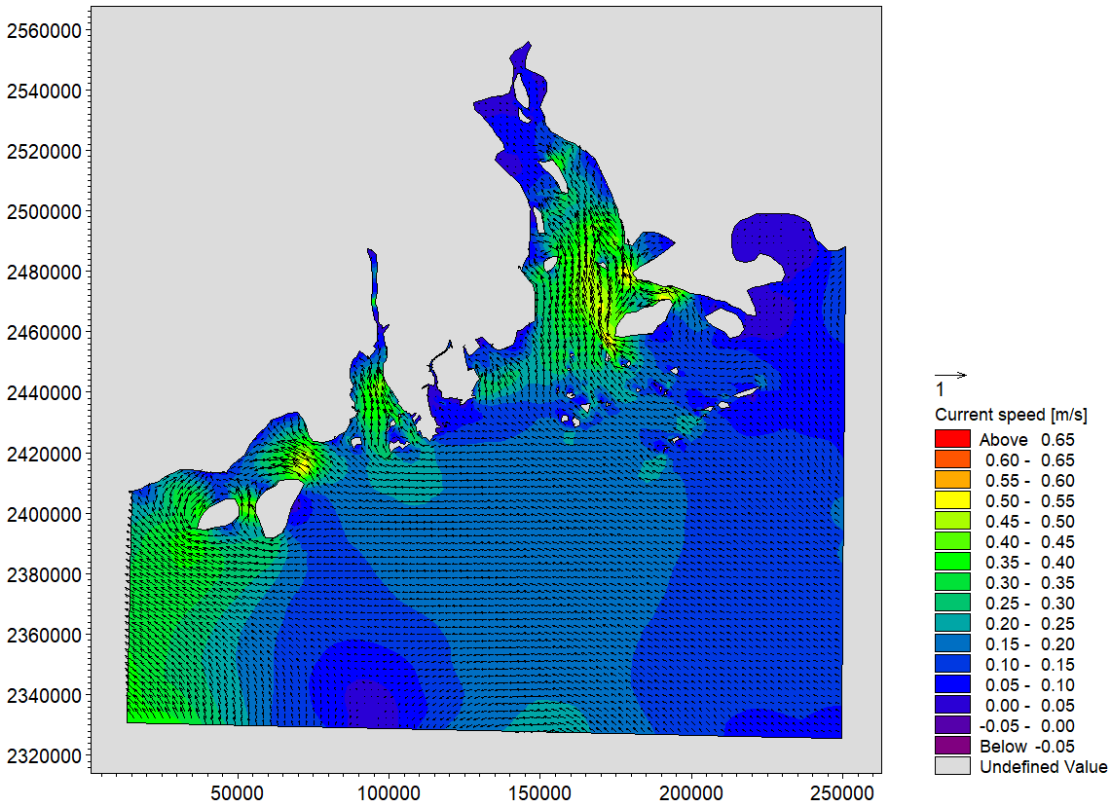


图 6.1-6a 大海域计算潮流场（涨急时，大潮期）

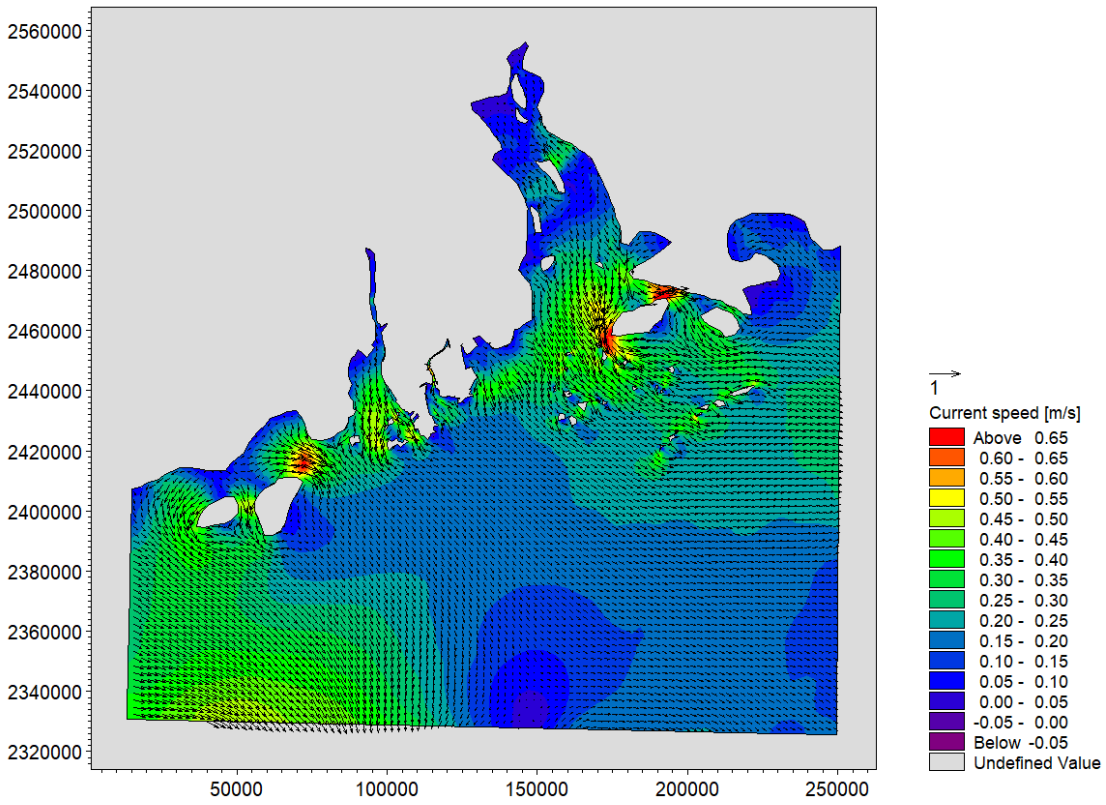


图 6.1-6b 大海域计算潮流场（落急时，大潮期）

（2）工程海域潮流场现状数值模拟

涨急时刻潮流由南部海域分别涌入崖门和鸡啼门水道，潮流流向受岸线约束而变化，潮流流速航道轴线、口门处达到最大，落急时刻潮流由崖门和鸡啼门水道流出，潮流流速同样以航道轴线、口门处达到最大，受径流影响，落急大于涨急流速，以鸡啼门水道最为明显。工程区流速主要在 0.20-0.75m/s 之间变化。工程区海域涨落急潮流场见图 6.1-7。

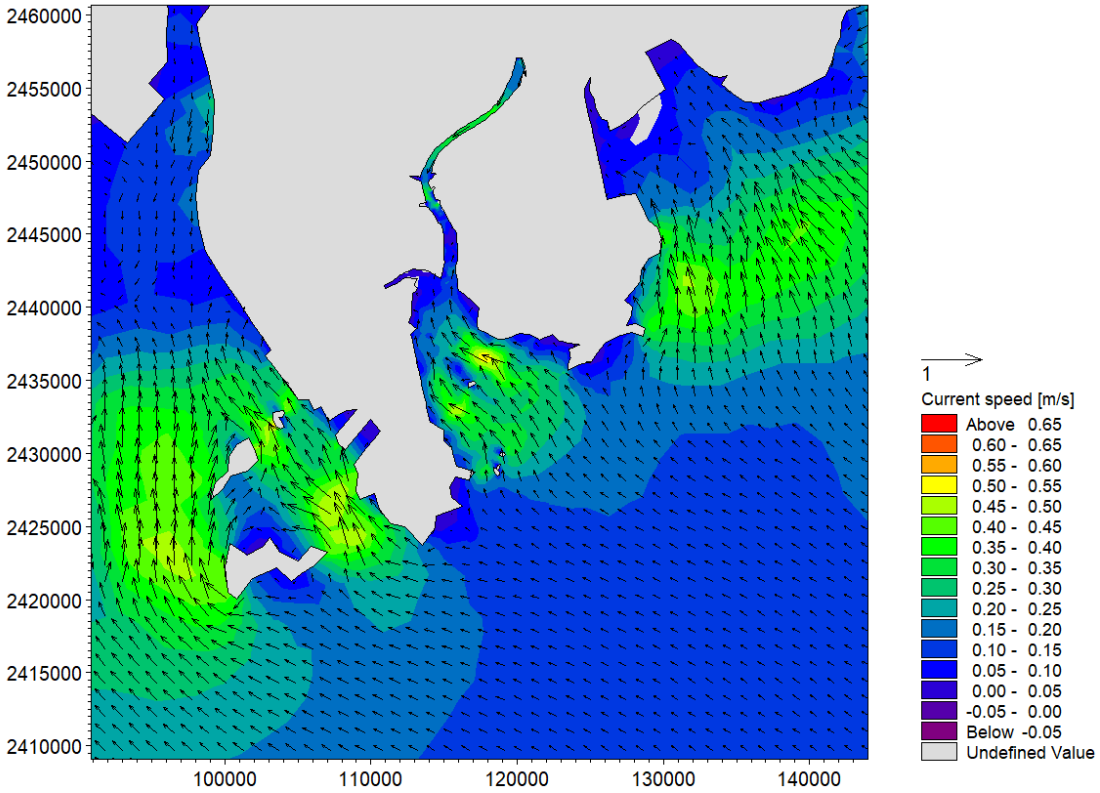


图 6.1-7a　工程海域现状潮流场（涨急时）

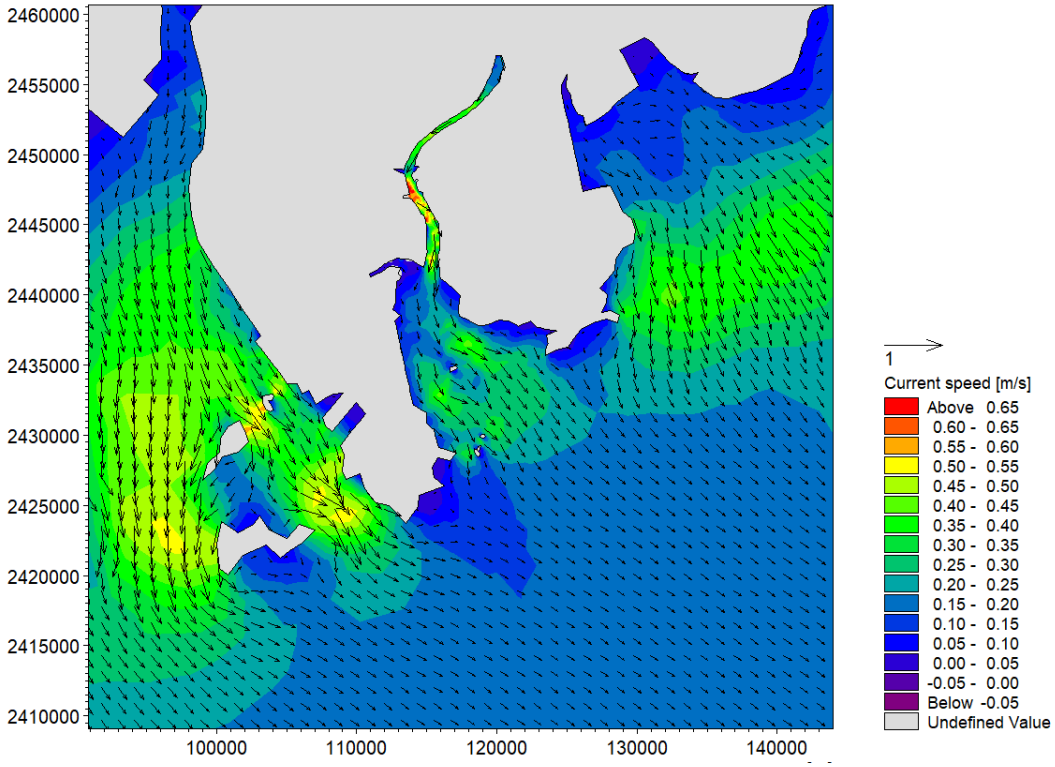


图 6.1-7b　工程海域现状潮流场（落急时）

（3）工程后潮流场数值模拟

工程后潮流场同与工程前基本一致，工程后涨落急潮流场见图 6.1-8 。

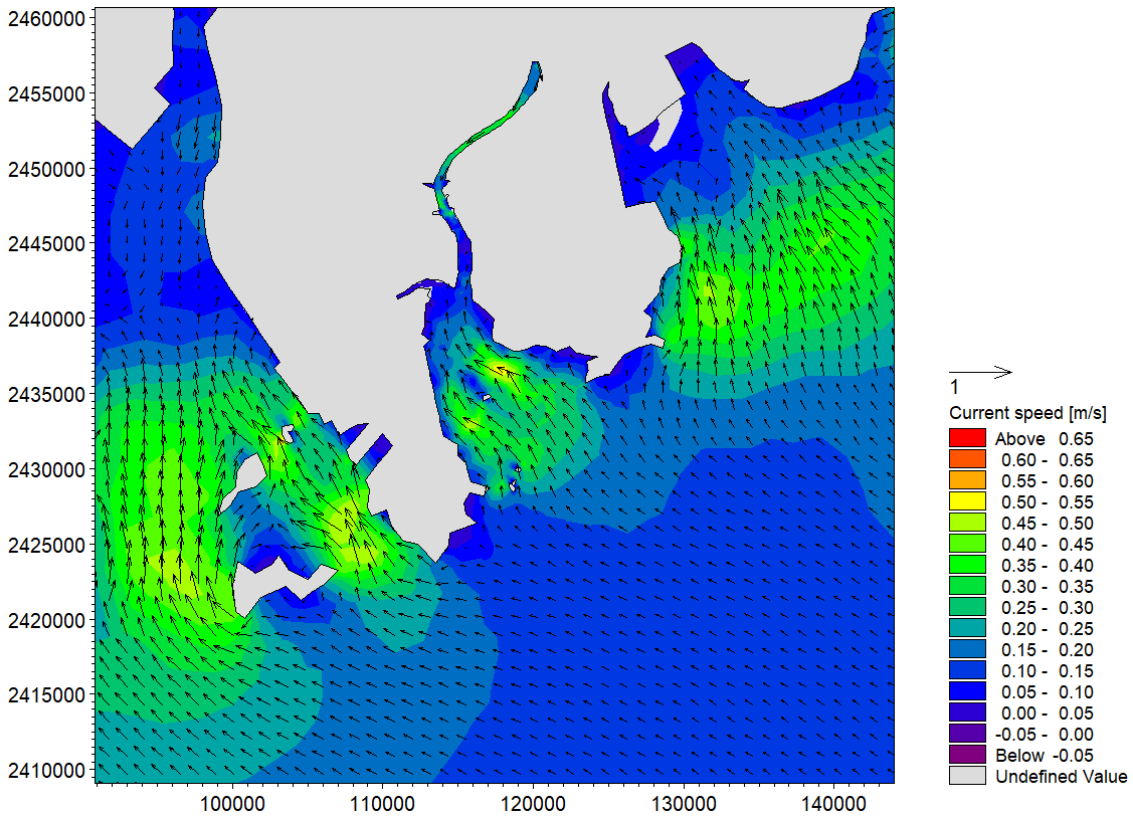


图 6.1-8a　工程海域工程后潮流场（涨急时）

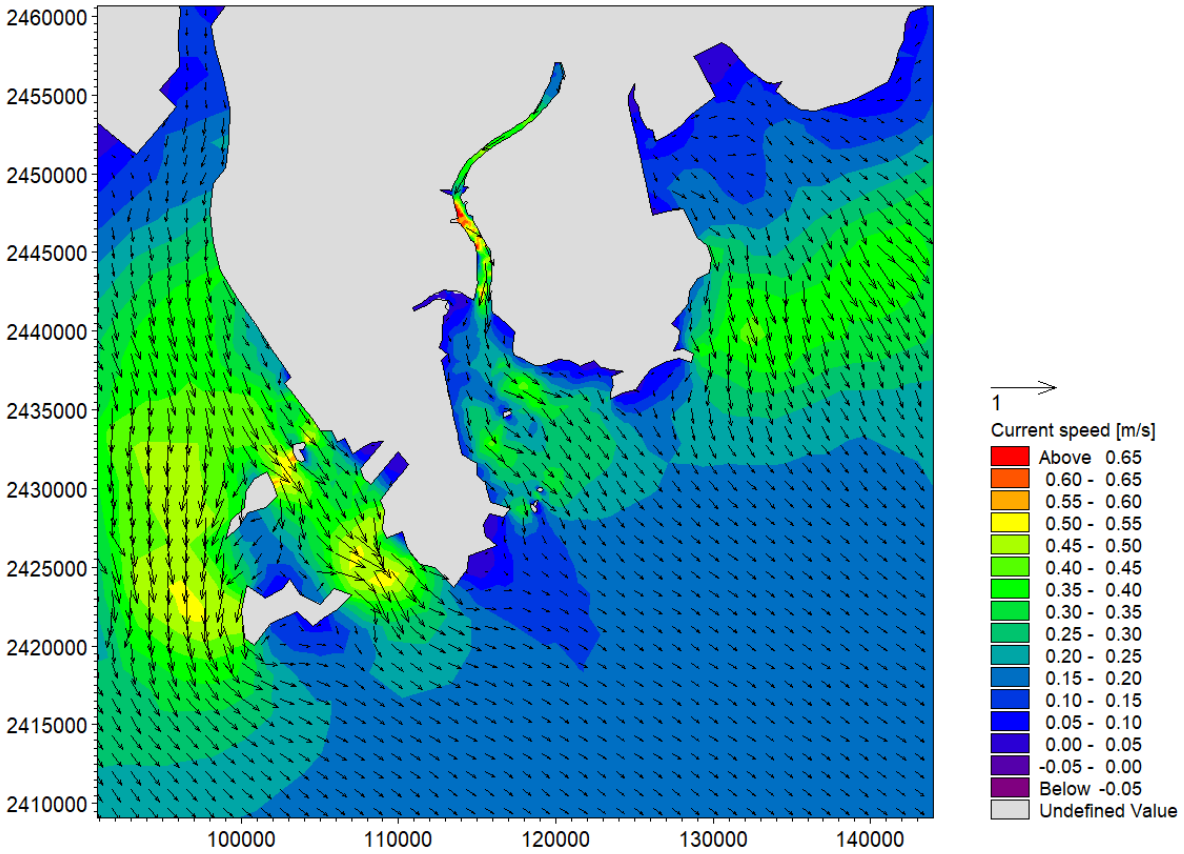


图 6.1-8b　工程海域工程后潮流场（落急时）

为进一步了解建成后对附近海域潮流场的影响，选取工程区和周边 13 个点，通过工程建设前后代表点的潮流计算结果和预测结果对比，说明该工程附近海域潮流场的变化，对比点位置见图 6.1-9。表 6.1-2、图 6.1-10 给出了工程建成前后代表点大小潮最大流速发生时刻的流速、流向及其差值。从代表点与工程的位置来看，工程建设使其工程周边流速基本没有变化。因此总体上工程建设对周边海域流速和流向基本上影响小。

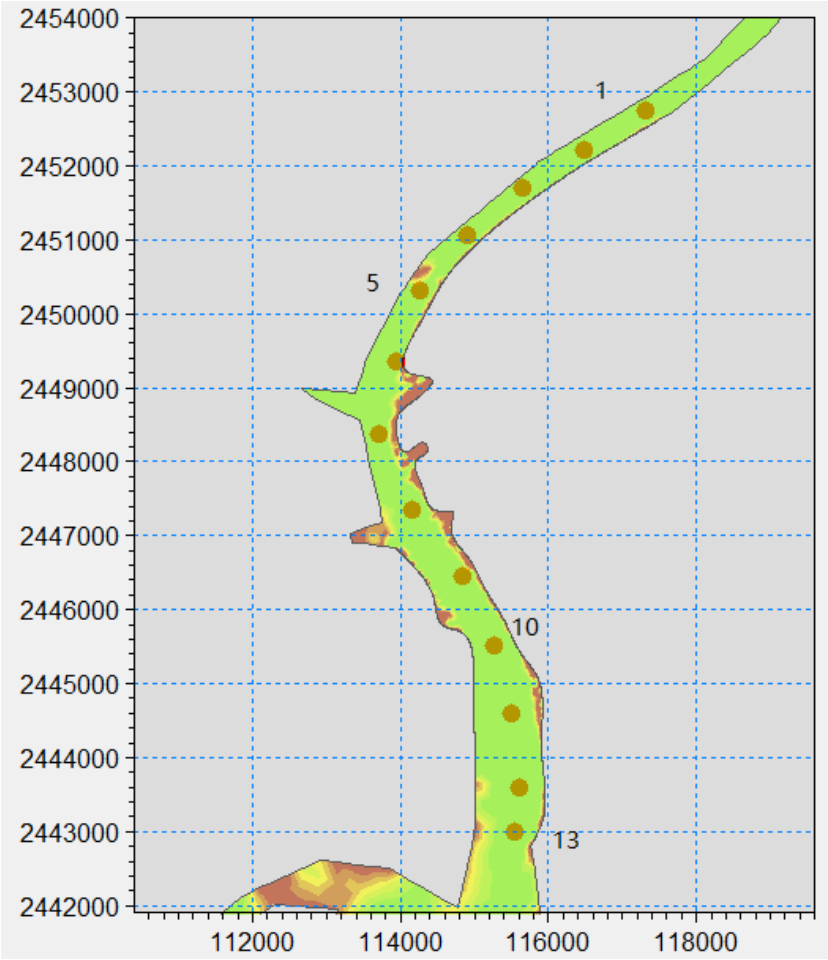


图 6.1-9 对比点位置图

表 6.1-2 距工程不同距离处最大流速及对应流向对比统计表

点号	最大流速(cm/s)				最大流速对应流向(°)		
	工程前	工程后	差值	百分比	工程前	工程后	差值
1	37.55	37.66	0.11	0.29	235.2	235.4	0.3
2	33.40	33.54	0.14	0.41	238.9	238.9	0.0
3	38.72	38.74	0.03	0.07	232.2	232.2	0.0
4	38.25	38.17	-0.08	-0.22	226.3	226.2	0.0
5	67.40	67.33	-0.07	-0.11	222.3	222.3	0.0
6	39.53	39.43	-0.09	-0.24	196.8	196.4	-0.3
7	60.96	60.95	-0.01	-0.02	173.3	173.3	0.0
8	56.57	56.49	-0.08	-0.14	154.7	154.7	0.0

点号	最大流速(cm/s)				最大流速对应流向(°)		
	工程前	工程后	差值	百分比	工程前	工程后	差值
9	40.32	40.25	-0.07	-0.17	136.1	136.1	0.0
10	51.72	50.83	-0.89	-1.73	143.9	145.4	1.5
11	48.08	48.64	0.56	1.17	169.7	170.5	0.7
12	53.03	53.10	0.07	0.14	188.4	188.4	-0.1
13	61.06	61.13	0.08	0.13	187.9	187.8	-0.1

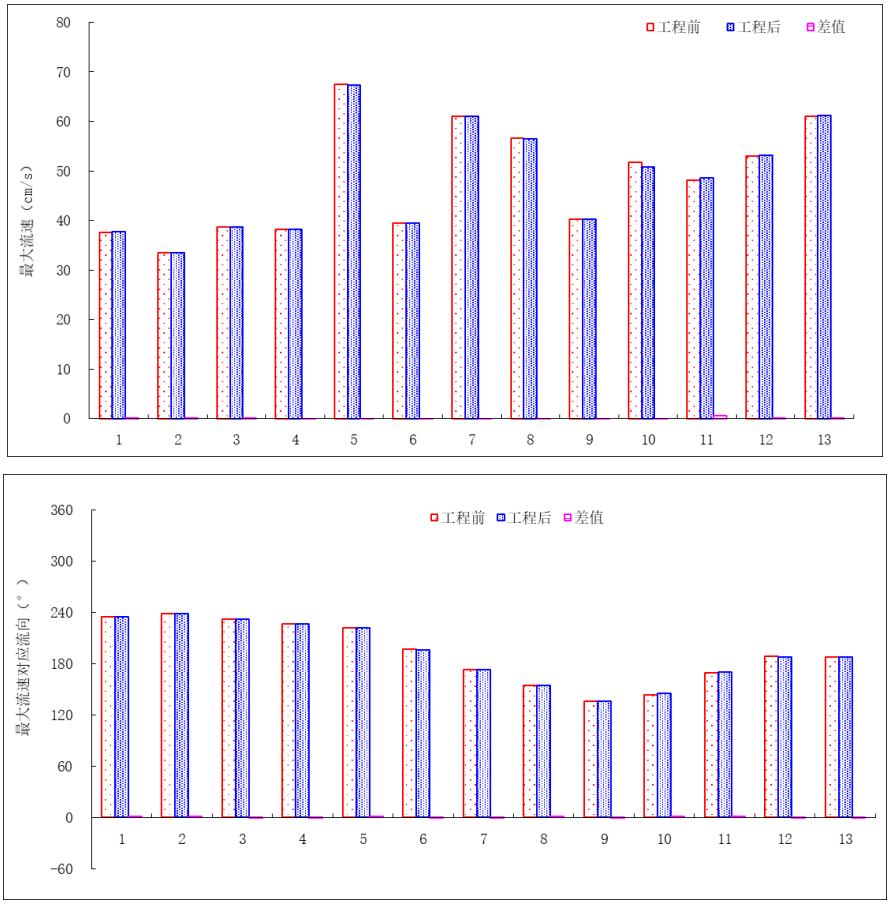


图 6.1-10　距工程不同距离处最大流速及对应流向对比图

6.2　地形地貌与冲淤环境影响预测与评价

研究利用沉积物取样分析、海流观测等方法，结合水深地形、工程地质、风速资料，运用冲淤模型模拟潮流作用条件下工程周围海域海底地形的演化。

6.2.1　泥沙运动控制方程

采用标准 Galerkin 有限元法进行水平空间离散，在时间上，采用显式迎风差分格式离散动量方程与输运方程。

泥沙控制方程为：

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t}+u\frac{\partial \bar{c}}{\partial x}+v\frac{\partial \bar{c}}{\partial y}=\frac{1}{h}\frac{\partial}{\partial x}\left(hD_x\frac{\partial \bar{c}}{\partial x}\right)+\frac{1}{h}\frac{\partial}{\partial y}\left(hD_y\frac{\partial \bar{c}}{\partial y}\right)+Q_L C_L\frac{1}{h}-S$$

式中：

$\bar{c}$——水深平均悬浮泥沙浓度（g/m^3）；

u，v——水深平均流速（m/s）；

D_x，D_y——分散系数（m^2/s）；

h——水深（m）；

S——沉积/侵蚀源汇项（g/m^3/s）；

Q_L——单位水平区域内点源排放量（m^3/s/m^2）；

C_L——点源排放浓度（g/m^3）。

6.2.2 沉积物沉积和侵蚀计算公式

（1）粘性土沉积和侵蚀

1）沉积速率

根据 Krone (1962)等提出的方法计算粘性土沉积，公式如下：

$$S_D=w_s c_b p_d$$

式中：

S_D——沉积速率；

w_s——沉降速度（m/s）；

c_b——底层悬浮泥沙浓度（kg/m^3）；

p_d——沉降概率；

沉降速度计算公式：

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

式中：

c——体积浓度；

k,γ——系数，γ取值介于 1～2 之间；

$w_{s,r}$——沉降速度系数；

$w_{s,n}$——组分能量常数；

c_{gel}——泥沙絮凝点。

沉降概率公式：

$$P_1=\begin{cases}1-\dfrac{\tau_b}{\tau_{cd}},\tau_b\le\tau_{cd}\\ 0,\tau_b>\tau_{cd}\end{cases}$$

τ_b——海底剪应力（N/m^2）；

τ_{cd}——沉积临界剪应力（N/m^2）。

2）泥沙浓度分布

泥沙浓度分布计算包括 2 种方法：

①Teeter 公式

$$c_b=\bar{c}\beta$$

式中：

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

$$p_e=\frac{w_s h}{D_z}=\frac{6w_s}{kU_f}$$

k——Von Karman 常数（0.4）；

U_f——摩擦速度，$\sqrt{\tau_b/\rho}$。

②Rouse 公式

$$-\varepsilon\frac{dC}{dz}=w_sC\ \varepsilon=kU_fz\left(1-\frac{z}{h}\right)\ C=C_a\left[\frac{a}{h-a}\frac{h-z}{z}\right]^R,a\le z\le h$$

$$R=\frac{w_s}{kU_f}$$

底层悬浮泥沙浓度公式：

$$c_b=\frac{\bar{c}}{RC}$$

式中：

ε——扩散系数；

C——悬浮泥沙浓度；

z——垂向笛卡尔坐标。

h——水深；

C_a——深度基准面处的悬浮泥沙浓度；

a——深度基准面；

$\bar{c}$——水深平均浓度；

R——Rouse 参数。

3）底床侵蚀

根据底床密实程度，侵蚀计算可以分为 2 种方式：

①密实、固结底床侵蚀计算公式

$$S_E = E\left(\frac{\tau_b}{\tau_{ce}} - 1\right)^n, \tau_b > \tau_{ce}$$

式中：

E——底床侵蚀度（$kg/m^2/s$）；

τ_b——底床剪切力（N/m^2）；

τ_{ce}——侵蚀临界剪切力（N/m^2）；

n——侵蚀能力。

②软、部分固结底床侵蚀计算公式

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

α——参考系数。

（2）非粘性土沉积和侵蚀

1）无量纲颗粒参数的确定

根据 Van Rijn (1984)等提出的方法计算非粘性土再悬浮，公式如下：

$$d^* = d_{50}\left[\frac{(s-1)g}{\nu^2}\right]^{\frac{1}{3}}$$

式中：

S——颗粒比重；

G——重力加速度；

v——粘滞系数；

d_{50}——中值粒经。

2）底床临界起动流速

泥沙悬浮的判定通过实际摩擦流速 U_f 和临界摩擦流速 $U_{f,cr}$ 的比较得以实现。其

主要通过两种方式，一种是利用泥沙运移阶段参数 T；另一种是利用临界摩擦流速 $U_{f,cr}$ 和沉降速度的比值。

①泥沙运移阶段参数 T

$$T=\begin{cases}\left(\dfrac{U_f}{U_{f,cr}}\right)-1, U_f>U_{f,cr}\\ 0, U_f\le U_{f,cr}\end{cases}$$

$$U_f=\sqrt{ghI}=\frac{\sqrt{g}}{C_z}\left|\vec{V}\right|$$

式中：

I——能量梯度；

C_z——谢才系数（$m^{1/2}/s$）（=18ln（$4h/d_{90}$））；

$\left|\vec{V}\right|$——流速（m/s）。

②临界摩擦流速 $U_{f,cr}$ 和沉降速度的比值

$$\frac{U_{f,cr}}{w_s}=\begin{cases}\dfrac{4}{d^*}, 1<d^*\le 10\\ 0.4, d^*>10\end{cases}$$

3）沉降速度

非粘性土沉降速度公式：

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

式中：

d——非粘性土颗粒粒径；

s——非粘性土密度；

v——粘滞度；

g——重力加速度。

4）悬移质运移

悬移质泥沙平衡浓度计算公式：

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

式中：

$\bar{u}$——水深平均流速（m/s）；

q_s——悬移质运移量（kg/m/s）；

c——距离底床 y（m）处的悬浮泥沙浓度（kg/m^3）；

u——距离底床 y（m）处的流速（m/s）；

h——水深（m）；

a——底床分层厚度（m）；

k_s——等效粗糙高度（m）；

d_{50}——中值粒径。

5）非粘性土浓度分布

非粘性土浓度分布主要取决于湍流扩散系数ε_s和沉降速度w_s。

①湍流扩散系数计算公式为：

$$\varepsilon_s = \beta \Phi \varepsilon_f$$

$$\beta = \begin{cases} 1+\left(\frac{w_s}{U_f}\right)^2, \frac{w_s}{U_f} < 0.5 \\ 1, 0.5 \le \frac{w_s}{U_f} < 0.25 \\ 不悬浮, \frac{w_s}{U_f} \ge 2.5 \end{cases}$$

式中：

β——扩散因子；

Φ——阻尼系数。

②非粘性土浓度分布

非粘性土浓度分布由 Peclet 系数 P_e 确定：

$$P_e = \frac{C_{rc}}{C_{rd}}$$

式中：

C_{rc}——Courant 对流系数（$= w_s \Delta t / h$）；

C_{rd}——Courant 扩散系数（$= \varepsilon_f \Delta t / h^2$）；

ε_f——水深平均流体扩散系数。

6）非粘性土沉积

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

$$t_s = \frac{h_s}{w_s}$$

$$\bar{c}_e = 10^6 \cdot F \cdot C_a \cdot s$$

$$F = c / c_a$$

式中：

$\bar{c}_e$——平衡浓度；

s——相对密度，取 2.65。

7）非粘性土侵蚀

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

6.2.3 输入参数确定

沉积物类型、粒度特征参数根据该区近期和历史表层沉积物调查资料选取。

6.2.4 工程建设后对地形地貌环境的影响分析

根据预测，工程后工程海域冲淤变化见图 6.2-1。工程附近冲淤变化主要是由于红树林、监测栈道、盐沼湿地建设造成的影响，由于工程建设改变了水深条件。由模拟结果可知：近岸带由于水动力减弱在近岸附近呈现微淤积状态，淤积量约 1-5cm/a，在水道中心处由于处在主潮汐通道上，处于冲刷状态，冲刷量大约在 3-10 cm/a，局部在 15-20cm/a 以上。

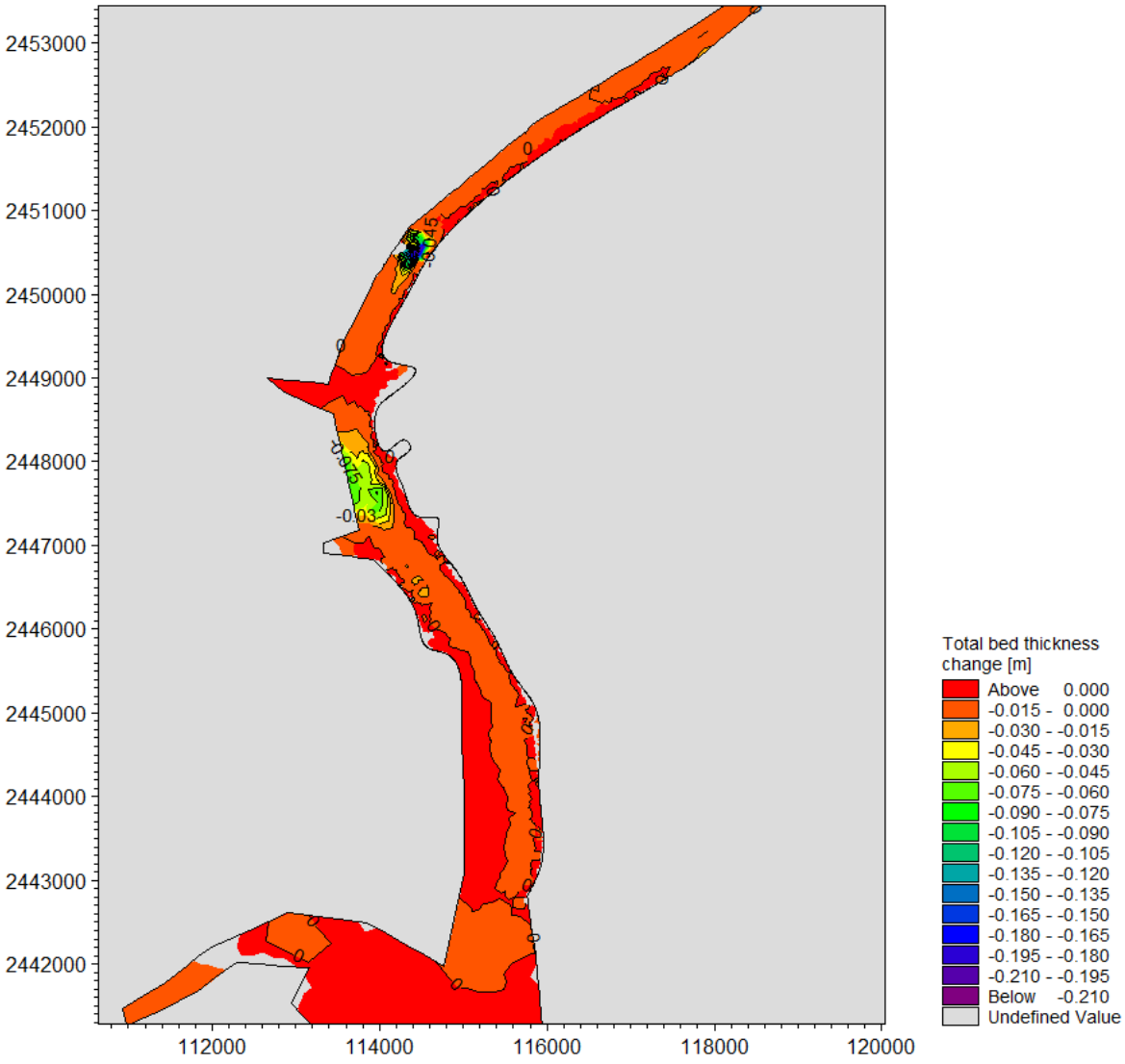


图 6.2-1 本工程建设后工程区域年冲淤变化

6.3 水质环境影响预测与评价

施工期仿岩质潮间带抛石、海洋站桩基施工建设时将不可避免的会对海床沉积物造成扰动，引起沉积物再悬浮并随潮流扩散迁移，使水体浑浊，对作业区及周边一定水域范围水环境造成不利影响。对此，本节采用数值模拟计算主要施工阶段引起的悬浮物的扩散范围及增量浓度。

6.3.1 水质预测模型

潮流是海域污染物进行稀释扩散的主要动力因素，在获得可靠的潮流场基础上，通过添加水质预测模块（平面二维非恒定的对流—扩散模型），可进行水质预测计算。

（1）二维水质对流扩散控制方程：

$$\frac{\partial}{\partial t}(hc)+\frac{\partial}{\partial x}(uhc)+\frac{\partial}{\partial y}(vhc)=\frac{\partial}{\partial x}(h\cdot D_x\cdot\frac{\partial c}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}(h\cdot D_y\cdot\frac{\partial c}{\partial y})-F\cdot h\cdot c+s$$

$$s=Q_sC_s$$

式中

D_x、D_y—x、y方向的扩散系数；

c—污染物浓度；

F—衰减系数，模型中取$F=0$；

s—污染物源强，

Q_s—排放量，

C_s—浓度。

（2）边界条件

1）岸边界条件：浓度通量为零；

2）开边界条件：

入流：

$$c\,|\,\Gamma=c_0$$

式中：

Γ—水边界；

c_0—边界浓度，模型仅计算增量影响，取c_0=0。

出流：

$$\frac{\partial C}{\partial t}+U_n\frac{\partial C}{\partial n^w}=0$$

式中：

U_n—边界法向流速，n为法向。

（3）初始条件

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

6.3.2 悬浮泥沙源强及发生点位置

6.3.2.1 悬浮沙源强及发生点位置

根据源强计算章节，悬浮沙预测情景方案见表 6.3-1，源强位置见图 6.3-1。

表 6.3-1 悬浮沙预测方案设定

工况	施工过程	源强 kg/s	源强位置			备注
			范围	起点	终点	
工况一	东大堤仿岩质潮间带抛石	4.04	东大堤北段约 1469.79m 范围	113°15′5.874″，21°59′50.168″	113°15′14.354″，21°59′14.448″	沿起点~终点线性间隔一定距离设置
			东大堤南段约 3304.22m 范围	113°15′21.036″，21°58′52.347″	113°15′47.762″，21°57′10.068″	
工况二	海洋站施工钢便桥钢管桩拔除	0.25	海堤至海洋站约 185m 范围	113°16′44.85，22°2′37.725″	113°16′38.255″，22°2′38.175″	沿起点~终点线性间隔一定距离设置

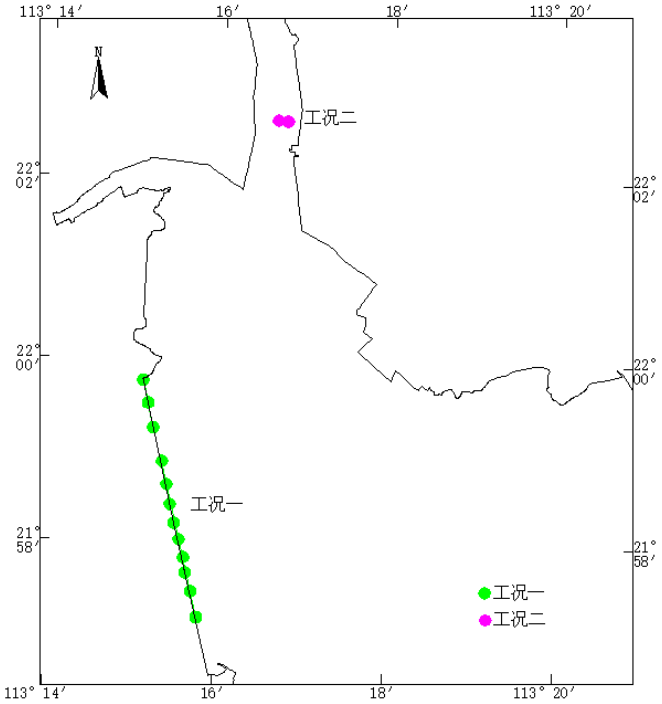


图 6.3-1 泥沙发生点位置图

6.3.3 预测悬浮泥沙浓度增量分布

根据模型运行结果，求取单个泥沙增量发生点周边各个网格点一个潮周期（24 小时）内悬浮泥沙浓度的最大值，根据每个网格点悬沙浓度的最大值进行内差，形成等值线图，即该泥沙发生点悬浮泥沙扩散影响的最大范围包络线，根据多个泥沙发生点的影响范围包络线，将包络线外边缘线进行连接，即可形成整个施工过程造

成的最大影响范围。

根据模型运行结果，求取单个泥沙增量发生点周边各个网格点一个潮周期（24小时）内悬浮泥沙浓度的最大值，根据每个网格点悬沙浓度的最大值进行内差，形成等值线图，即该泥沙发生点悬浮泥沙扩散影响的最大范围包络线，根据多个泥沙发生点的影响范围包络线，将包络线外边缘线进行连接，即可形成整个施工过程造成的最大影响范围。

图 6.3-2 为抛石投放期间搅动的悬浮泥沙最大可能增量范围包络图，悬沙主要是在主潮流方向扩散，搅动产生的悬浮泥沙增量为超二类水质标准面积为 3.22 km^2，超三类水质标准面积为 1.01km^2，超四类水质标准面积为 0.84km^2。10mg/L 浓度增量悬浮泥沙向最大可能扩散距离约 0.7km，影响鸡啼门重要河口生态红线区的面积为 0.62 km^2。同时随着施工的结束，悬浮泥沙污染会很快消失。

图 6.3-3 为海洋站拔桩期间搅动的悬浮泥沙最大可能增量范围包络图，悬沙主要是在主潮流方向扩散，搅动产生的悬浮泥沙增量为超二类水质标准面积为 0.07km^2，超三类水质标准面积为 0.02km^2，不产生超四类水质。10mg/L 浓度增量悬浮泥沙向最大可能扩散距离约 0.2km，影响鸡啼门重要河口生态红线区的面积为 0.07km^2。同时随着施工的结束，悬浮泥沙污染会很快消失。

图 6.3-4 为整个工程施工期间搅动的悬浮泥沙最大可能增量范围包络图，悬沙主要是在主潮流方向扩散，搅动产生的悬浮泥沙增量为超二类水质标准面积为 3.29km^2，超三类水质标准面积为 1.03m^2，超四类水质标准面积为 0.84km^2。10mg/L 浓度增量悬浮泥沙向最大可能扩散距离约 0.7km，影响鸡啼门重要河口生态红线区的面积为 0.69 km^2。同时随着施工的结束，悬浮泥沙污染会很快消失。

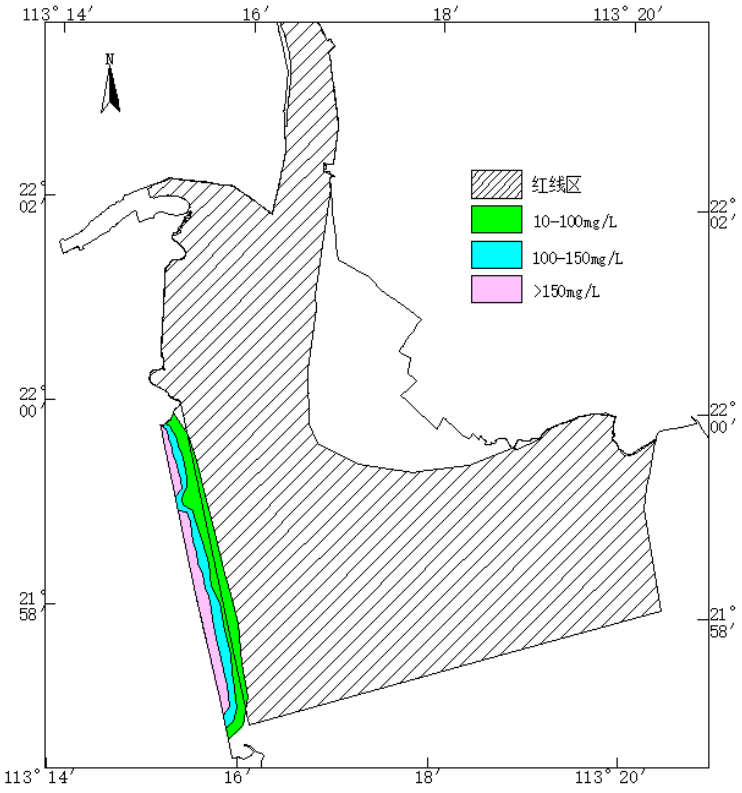


图 6.3-2 抛石悬浮泥沙增量范围图

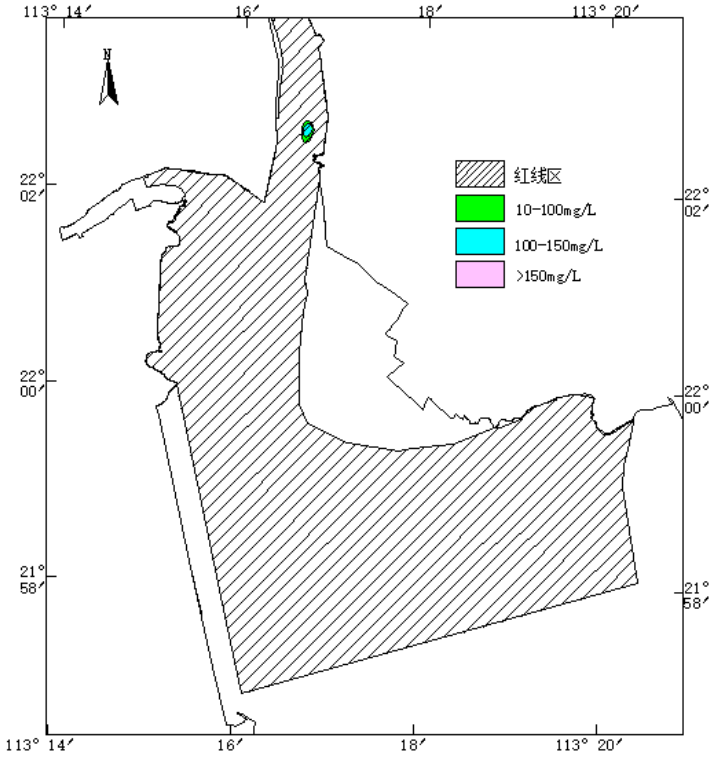


图 6.3-3 海洋站施工便桥桩拔悬浮泥沙增量范围图

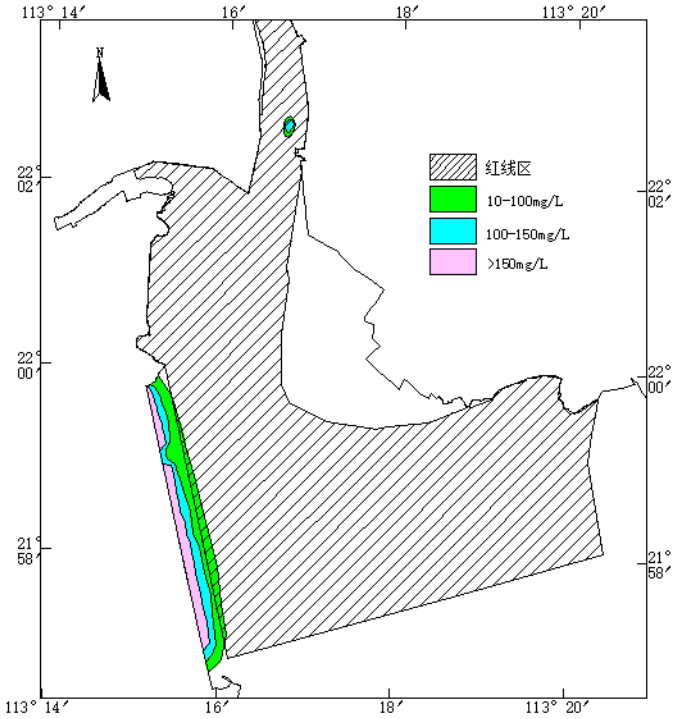


图 6.3-4 工程总悬浮泥沙增量范围图

6.3.4 悬浮沙预测结果汇总

将工况一、工况二、工况三及工况四悬浮沙影响增量影响的水域面积情况进行汇总统计见表 6.3-2。悬浮沙不同超标倍数包络线面积情况见表 6.3-3。

表 6.3-2 施工期间悬浮物预测结果统计

施工阶段 水质		工况一	工况二
超一（二）类	最大外包络线面积（km^2）	3.22	0.07
	离工程边界的最远距离（m）	0.7	0.2
超三类	最大外包络线面积（km^2）	1.01	0.02
	离工程边界的最远距离（m）	0.5	0.1
超四类	最大外包络线面积（km^2）	0.84	—
	离工程边界的最远距离（m）	0.2	—

表 6.3-3 悬浮泥沙不同超标倍数包络线面积统计（km^2）

Bi	Bi≤1	1＜Bi≤4	4＜Bi≤9	Bi>9
工况一	0.85	0.74	0.62	1.01
工况二	0.02	0.02	0.01	0.02

6.4 海洋沉积物环境响预测与评价

6.4.1 施工期沉积物环境影响分析

施工期对海洋沉积物的影响主要是原位扰动海床造成泥沙悬浮再沉积影响，发生在仿岩质潮间带抛石、海洋站桩基施工建设过程。根据二维悬沙数模预测，施工期悬沙超一（二）类海水水质标准的最大扩散距离为 0.7km ，扩散距离有限，且作业过程中无外来污染物，无废料废渣入海，均为施工扰动海区产生的悬浮物再次沉降，因此对本海区表层沉积物理化性质不会产生明显影响，沉积物质量仍将基本保持现有水平。此外，施工期作业船舶含油污水、生活污水和生活垃圾利用船载收集装置收集，船舶靠岸后交由有资质单位进行接收处理，不向施工海域排放污染物，也不会对工程海域的沉积物环境产生影响。

此外，红树林-盐沼湿地生境修复时将通过人工作业改造滩涂地高程，微地貌整饰高程差约 0.5m 左右，相对于工程区表层深厚的海相淤泥沉积层而言，滩涂地貌改造范围小，整饰前后变幅不大，对沉积物环境基本无影响。

6.4.2 营运期沉积物环境影响分析

项目营运期无污染物产生、排入水体，不会对沉积物质量造成影响。

6.5 海洋生态环境影响分析与评价

6.5.1 对底栖生物和潮间带生物的影响分析

6.5.1.1 对底栖生物和潮间带生物的影响分析

（1）红树林-盐沼湿地生态岸线修复对潮间带生物影响分析

根据修复方案，工程将对西岸平沙东堤生长不良的红树林进行宜林地改造，改造将开挖潮汐水道、并进行覆土或移除表土作业，以使滩涂达到块状营造红树林种植地的高程条件。施工时的开挖、填土活动将对潮间带生物造成侵害。此外，红树林监测栈道桥墩占海，将彻底破坏或改变生物原有潮滩生物的栖息环境。施工时，除少数活动能力强的生物将逃往别处得以继续存活，大部分潮间带生物将被掩埋致死，导致潮间带生物资源损失。

此外，西岸平沙东堤盐沼生态岸线修复区，也是通过开挖潮汐水沟改变水力条件，以及地形地貌的调整予以修复的。施工时的开挖、挖土、填土活动将对潮间带

生物造成的侵害影响与红树林宜林地改造相同对潮间带生物造成的侵害影响作用机制相同。

红树林-盐沼修复实施后，红树林种植地及潮汐塘内也将重新构建以修复后底质类型相适宜的潮间带生物栖息环境，逐渐形成新的潮间带生物群落。

（2）仿岩质潮间带修复工程对潮间带生物影响分析

在施工期间，由于仿岩质潮间带占海将彻底破坏或改变原有潮滩生物的栖息环境，少数活动能力强的生物将逃往别处，大部分潮间带生物和底栖生物将被掩埋、覆盖，导致潮间带生物和底栖生物资源损失。

仿岩质潮间带建设后，修复工程范围内将重新构建起与人工潮汐池底质类型相适宜的潮间带生物栖息环境，从而改变项目海域潮滩生物的种类、数量、优势种等生态学特征。

（3）安全保障工程对底栖生物影响分析

在施工期间，由于海洋站桩基占海，将彻底破坏或改变生物原有底栖生物的栖息环境，大部分底栖生物将被掩埋死亡，导致底栖生物资源损失，且桩基建设对底栖生物栖息环境的破坏作用是永久性的、不可恢复的。

6.5.1.2 底栖生物和潮间带生物损失量计算

按照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）（以下简称《规程》），潮间带生物资源和底栖生物资源损害量按如下公式计算：

$$W=D\times S$$

式中：

W—潮间带生物/底栖生物资源受损量，单位为 kg；

D—评估区域内潮间带生物/底栖生物资源密度，单位 kg/m^2；

S—潮间带生物/底栖生物占用的水域面积，单位为 m^2。

仿岩质潮间带建设占海面积约 16.23ha，红树林监测栈道桥墩基础占海面积约 2248.47 m^2，海洋站桩基（含引桥）占海面积约 13.2743 m^2。红树林营造区占海面积约 19.72ha，盐沼区占海面积约 4.09ha 。

根据本次现状调查，2021 年 9 月调查潮间带生物、底栖生物平均生物量分别为 92.21g/m^2、5.78 g/m^2，2022 年 4 月调查潮间带生物、底栖生物平均生物量分别为 18.57g/m^2、29.14 g/m^2，取两次调查平均值，即潮间带生物平均生物量 55.39 g/m^2，

底栖生物平均生物量 17.46 g/m^2。

则本项目施工引起的底栖生物和潮间带生物直接损失量为：

仿岩质潮间带建设造成潮间带生物损失量：$55.39\times162300\times10^{-6}=8.99t$

红树林监测栈道占海造成潮间带生物损失量：$55.39\times2248.47\times10^{-6}=0.12t$

海洋站桩基占海造成底栖生物损失量：$17.46\times10^{-6}\times13.2743=0.23\times10^{-3}t$

红树林营造区、盐沼修复区造成潮间带生物损失量：$55.39\times（197200+40900）\times10^{-6}=13.19t$

综上，本项目建设共造成潮间带生物和底栖生物损失 22.30t。

6.5.2 对浮游生物的影响分析

仿岩质潮间带抛石、海洋站桩基施工时将产生少量的悬浮泥沙，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，对浮游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。

此外，据有关资料，水中悬浮物质含量的增加，对浮游桡足类动物的存活和繁殖有明显的抑制作用。过量的悬浮物质会堵塞浮游桡足类动物的食物过滤系统和消化器官，尤其在悬浮物含量达到 300mg/L 以上时，这种危害特别明显。

从本项目施工悬浮沙扩散预测结果来看，项目施工期悬浮沙扩散距离有限，受悬浮沙影响的浮游植物及以其为食料的浮游动物影响范围有限。抛石及桩基作业时悬浮沙扩散范围基本集中在施工点周边很小的范围内，且水体浊度上升对浮游生物的影响是短期的，可恢复的。根据水质预测结果，施工悬浮沙增量大于 10mg/L 的扩散最远距离项目区为 0.7km，施工结束后短时间内即可恢复原状水质。生态修复工程实施完成后，将成为潮滩生物良好的栖息场所，施工悬浮沙对浮游生物的短时影响可以通过后期海洋生态的自身修复得以缓解。

6.5.3 对渔业资源的影响分析

（1）施工产生的悬浮沙对渔业资源的影响分析

施工期仿岩质潮间带抛石、海洋站桩基施工建设时将不可避免的造成悬浮泥沙入海并随潮流扩散迁移，使水体浑浊。研究显示，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，那么动物有可能因吞食适当粒径的悬浮颗粒，造成内部消化系统紊乱并最终导致死亡。悬浮物对渔业资源的影响除可产生直接致死效应外，还存在间接、慢性的影响，例如：造成生物栖息环境的改变或破坏，引起食物链和生态结构的逐步变化，导致生物多样性和生物丰度下降；造成水体中溶解氧、透光度和可视性下降，使光合作用强度和初级生产力发生变化，进而影响水生动物的生长和发育；混浊的水体使某些种类的游动、觅食、躲避致害、抵抗疾病和繁殖的能力下降，降低生物群体的更新能力等。

此外，施工对渔业的影响还体现在浮游动物与浮游植物食物供应所受到的影响上。浮游植物和浮游动物是海洋生物的初级和次级生产力，施工过程会对浮游植物和浮游动物的生长产生不利影响，严重时甚至会导致死亡。部分鱼类是以浮游植物为食，而且这些种类多为定置性种类，活动能力较弱，工程施工期就会对其生长产生不利影响。因此，从食物链的角度考虑，施工不可避免对鱼类和虾类的存活与生长产生明显的抑制作用，对渔业资源带来一定负面影响。

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。

根据水质预测结果，仿岩质潮间带抛石作业悬浮沙大于 100mg/L 的影响面积为 1.01km^2，海洋站桩基施工未出现悬浮沙大于 100mg/L 的增量范围。

（2）施工噪声对鱼类的影响分析

项目海洋站冲击打桩阶段的高强噪声，会对鱼类生存活动产生影响。目前普遍认为，石首科鱼类因特殊的耳石结构，对声音的敏感性较其他科的鱼种较高，容易受到水下强噪声的影响，目前我国对石首鱼科大黄鱼研究较多，本报告主要以大黄鱼作为代表分析工程建设对石首鱼科的影响。

大黄鱼幼苗的敏感频率在 800Hz，声压级约 140dB 时仔稚幼鱼对声波即有明显反应，当声压级达到 172dB 时有些仔稚幼鱼直接死亡；大黄鱼小鱼的声敏感频率转移至 600Hz，当声强达到 150dB 以上小鱼有主动避开声源的行为，当声压级达到 187dB，在声源正上方的小鱼开始变得十分迟钝进而死亡；大黄鱼成鱼的声敏感频率也在 600Hz 附近，当声压级达到 192dB 时，鱼群受惊吓明显，反应迟钝，虽未产生直接死亡，但在其后行为发生明显变化，出现不进食等现象，并在后续的半个月时间中出现 90%的死亡。

研究表明强噪声对鱼类的影响途径有：1）改变鱼的行为模式，包括：摄食、捕获，规避和离开某个区域；遮蔽效应和听力损失；行为模式改变；紧张等。2）损害物种的听觉细胞。施工期水下噪声当超过一定强度后，将损害物种的听觉细胞，影响大黄鱼之间的交流。

本项目海洋站桩基打桩源强约为 220dB，大大超过了以大黄鱼为代表的石首科鱼类的听阈范围，本次评价要求海洋站桩基施工时采用软启动的作业方式，即开始轻打几下，让潜在的水生动物有时间逃离回避，再逐步增强施工强度，以减轻施工噪声对鱼类的影响。

（3）渔业资源的损失量估算

施工期悬浮泥沙对渔业资源的损失按照《规程》中的相关公式计算。具体公式如下：

$$M_i = W_i \times T$$

$$W_i = \sum_{j=1}^{n} D_{ij} \times S_j \times K_{ij}$$

式中：

M_i——第 i 种类生物资源累计损害量，单位为尾、个或千克（kg）；

W_i——第 i 种类生物资源一次性平均损失量，单位为尾或个或千克(kg)；

T——污染物浓度增量影响的持续周期数（以实际影响天数除以 15），单位为个。

D_{ij}——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源密度，单位为尾平方千米（尾/km^2）、个平方千米（个/km^2）或千克平方千米（kg/km^2）；

S_j——某一污染物第 j 类浓度增量区面积，单位为平方千米（km^2）；

K_{ij}——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源损失率，单位为百分之（%）；

n——某一污染物浓度增量分区总数。

渔业资源密度（D_{ij}）：根据本次现状调查，2021 年 9 月调查游泳生物平均资源密度为 1377.32kg/km^2，鱼卵平均密度为 0.32 粒/m^3，仔鱼平均密度为 0.11 尾/m^3。2022 年 4 月调查游泳生物平均资源密度为 468.74kg/km^2，鱼卵平均密度为 0.08 粒/m^3，仔鱼平均密度为 1.11 尾/m^3。取两次调查平均值，即游泳生物平均资源密度为 923.03kg/km^2，鱼卵平均密度为 0.20 粒/m^3，仔鱼平均密度为 0.61 尾/m^3。

浓度增量分区数及各区面积（n，S_j）：根据《规程》附录 B，悬浮物浓度增量分区数为 4 个，分别对应悬浮沙浓度>10mg/L、20~50mg/L、50~100mg/L、>100mg/L 范围。根据前节悬沙扩散预测结果，各工况施工引起的悬浮沙浓度增量 10~20mg/L、20~50mg/L、50~100mg/L、>100mg/L 范围包络线面积见表 6.3-3。

生物资源损失率（K_{ij}）：根据《规程》中“污染物对各类生物损失率”（附录 B），作业过程中悬浮泥沙增量超标倍数及其对应的浓度分区、超标面积和在区内各类生物损失率如表 6.5-1 所示，生物损失率按《规程》中的数值进行内插，小于 10mg/L 增量浓度范围内的海域近似认为悬浮泥沙对海洋生物不产生影响。

增量影响的持续周期数（T）：本项目工况一（东大堤仿岩质潮间带抛石）施工时间约 135d，工况三（海洋站施工便桥拔桩）施工时间约 15d，相应的悬浮物增量影响的持续周期数分别为 9、1。

海域水深：仿岩质潮间带施工悬浮物扩散范围内海域平均过程水深取 2.0m，海洋站施工悬浮物扩散范围内海域平均过程水深取 4.0m。

表 6.5-1 各工况施工悬浮物对各类生物损失率

分区	悬浮物浓度增量范围（mg/L）	各污染区的面积（km^2）		污染物的超标倍数（Bi）	各类生物损失率（%）	
		工况一	工况二		鱼卵和仔稚鱼	成体
Ⅰ区	10~20mg/ L	0.85	0.02	Bi≤1 倍	5	0.5
Ⅱ区	20~50mg/ L	0.74	0.02	1＜Bi≤4 倍	17.5	5
III 区	50~100mg/ L	0.62	0.01	4＜Bi≤9 倍	40	15
IV 区	＞100 mg/ L	1.01	0.02	Bi＞9 倍	75	60

据此计算各工况施工悬浮沙造成的渔业资源损失量为：

工况一 施工悬浮沙对渔业资源损失：

游泳生物：923.03×0.85×0.5%×9+ 923.03×0.74×5%×9+

923.03×0.62×15%×9+ 923.03×1.01×60%×9

=6149.46kg

鱼卵： $0.20\times0.85\times10^6\times2.0\times5\%\times9+0.20\times0.74\times10^6\times2.0\times17.5\%\times9+$

$0.20\times0.62\times10^6\times2.0\times40\%\times9 + 0.20\times1.01\times10^6\times2.0\times75\%\times9$

$=4.24\times10^6$ 粒

仔鱼： $0.61\times0.85\times10^6\times2.0\times5\%\times9 + 0.61\times0.74\times10^6\times2.0\times17.5\%\times9$

$+0.61\times0.62\times10^6\times2.0\times40\%\times9+0.61\times1.01\times10^6\times2.0\times75\%\times9$

$=1.30\times10^7$ 尾

工况二 施工悬浮沙对渔业资源损失：：

游泳生物：923.03×0.02×0.5%×1+ 923.03×0.02×5%×1+

923.03×0.01×15%×1+ 923.03×0.02×60%×1

=13.48kg

鱼卵： $0.20\times0.02\times10^6\times4.0\times5\%\times1+ 0.20\times0.02\times10^6\times4.0\times17.5\%\times1+$

$0.20\times0.01\times10^6\times4.0\times40\%\times1+ 0.20\times0.02\times10^6\times4.0\times75\%\times1$

$=1.88\times10^4$ 粒

仔鱼： $0.61\times0.02\times10^6\times4.0\times5\%\times1+ 0.61\times0.02\times10^6\times4.0\times17.5\%\times1$

$+ 0.61\times0.01\times10^6\times4.0\times40\%\times1+ 0.61\times0.02\times10^6\times4.0\times75\%\times1$

$=5.73\times10^4$ 尾

由以上估算结果来看，仿岩质潮间带施工产生的悬浮泥沙共造成游泳生物6149.46kg，鱼卵 4.24×10^6 粒，仔鱼 1.30×10^7 尾受损；海洋站桩基施工共造成游泳生物 13.48kg，鱼卵 1.88×10^4 粒，仔鱼 5.73×10^4 尾受损。

6.5.4 工程总生物损失量及生态赔偿额

通过以上分析，本工程总生物损失量如下：本项目占海造成潮间带生物和底栖生物受损量为 22.30t ；仿岩质潮间带施工产生的悬浮泥沙共造成游泳生物6149.46kg，鱼卵 4.24×10^6 粒，仔鱼 1.30×10^7 尾受损；海洋站桩基施工共造成游泳生物 13.48kg，鱼卵 1.88×10^4 粒，仔鱼 5.73×10^4 尾受损。

底栖生物和潮间带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）。

游泳生物按成体生物处理，价格按海鱼的平均价格计算（15 元/kg）。

仔鱼折算成商品鱼苗进行计算，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。商品鱼苗价格取市场价为 0.7 元/尾。

各种海洋生物的直接经济损失额见表 6.5-2，本工程海洋生物直接经济损失额为 91.13 万元。

按照《规程》，当进行生物资源损害赔偿时，应根据补偿年限对直接经济损失总额进行校正。本项目监测栈道基础和海洋站桩基占用生态资源空间对生物造成了不可逆影响，生物资源损害的补偿年限应不低于 20 年，按 20 年进行赔偿。仿岩质潮间带和红树林营造及盐沼修复占海破坏底质，但工程实施完成后，将重建构建与人工修复后底质类型相适宜的新的潮间带生物和底栖生物的栖息场所，故按 3 年进行补偿。此外，悬浮泥沙对海洋生物损害是短期的，也按 3 年进行补偿。

由此计算，本工程造成的生态损失总赔偿额为 217.22 万元。

表 6.5-2 海洋生物资源损失汇总及生态赔偿额估算

影响因素		生物资源	直接损失量		单价	直接经济损失额（万元）	补偿年限	经济补偿额（万元）
占用海域	仿岩质潮间带占海	潮间带生物（t）	8.99		15 元/kg	13.48	3	44.19
	红树林营造区-盐沼修复区占海		13.19		15 元/kg	19.7825		
	监测栈道基础占海		0.12		15 元/kg	0.19	20	
	海洋站桩基占海	底栖生物（kg）	0.23		15 元/kg	0.0003		
施工悬浮沙	仿岩质潮间带抛石	游泳生物（kg）	6149.46		15 元/kg	9.22	3	172.71
		鱼卵（粒）	4.24E+06	6.89E+05 尾	0.7 元/尾	48.22		
		仔鱼（尾）	1.29E+07					
	海洋站桩基施工	游泳生物（kg）	13.48		15 元/kg	0.020		
		鱼卵（粒）	1.88E+04	3.06E+03	0.7 元/尾	0.11		
		仔鱼（尾）	5.73E+04	尾				
合计						91.13	/	217.22

6.5.5 对生态系统的积极效应

项目设计方案采用红树林-盐沼湿地形式对岸滩进行修复，红树林素有“海岸卫士”“海洋绿肺”美誉，在维护生物多样性、消浪护岸、净化海水、吸碳减排等方面有极其重要的功能。目前，国内外研究普遍认为，红树林-盐沼湿地对河口地区生态系统发挥以上各项功能的作用机制如下：

维护生物多样性—与其他生态系统相比较，红树林湿地系统的生物种类较多，

是海岸带生态系统物种最丰富的区域。红树林湿地生态系统通常具有物质循环周期短，能量流动速度快等特征，能够为各类海岸带生物生存提供物质空间，虾蟹贝类等海洋生物的繁衍场所，同时，红树林湿地也是大量濒危珍稀水禽重要的栖息场所特别是对于候鸟而言，红树林湿地广阔的滩涂、丰富的底栖生物，为候鸟中转歇脚觅食、恢复体力提供了良好的额保障。

消浪护岸—暴风浪是海岸及堤防遭到冲击的主要因素，红树林是一道抵抗海浪的防护墙。红树根系发达，有着纵横交错的根系网络,它牢牢扎根于滩涂，在海岸边形成了一道严密的栅栏，能够减小海浪的流速，从而起到消浪防风的作用。研究表明，当红树林覆盖度大于 40%及林带宽度在 100 米以上时,其能够消除 85%的海浪,能够将 10 级大风刮起的巨浪化为平波，有效保护海堤免于冲击,减少海岸沿线区域的经济损失。

净化海水、吸碳减排—红树植物和其他的绿色植物一样，是二氧化碳的消耗者和氧气的释放者。红树林是常绿的阔叶林，研究显示，每公顷的阔叶林在生长季节可以消耗二氧化碳 1000 千克，释放氧气 730 千克。另外，红树林淤泥下的硫化氢含量较高，滩涂中大量的厌氧菌在光照的条件下利用硫化氢作为还原剂，从而将二氧化碳还原为有机物，而陆地上的森林并无这样的能力。红树林还能够通过多种方式将重金属污染物固定在滩涂沉积物当中，进而能够起到净化海湾河口的功能。此外，被红树植物所吸收的重金属主要分布于其根茎等部位，这些部位通常不易被海洋生物啃食，从而保证了其固定的重金属污染物无法通过食物链转移。有部分红树植物如木榄、老鼠簕等的幼苗还能够大量集聚放射性物质，从而有效减少放射性物质对海洋生态造成的污染。

促淤造陆—红树林可以通过根系聚集碎屑的方式来促进土壤沉积物形成。红树林滩涂淤积的速度是一般滩涂的 2～3 倍，能够有效聚集半径小于 0.01 毫米的碎屑，并能够使自身的枯枝落叶也参与沉积。因此，红树林可以推进滩涂增高并不断向海中间延伸，进而扩大海滩的面积以及抬高海滩的高度，对保护海堤起到较好的作用。

6.6 陆域环境影响分析

本项目建设内容全部位于海上，后方陆域施工区仅存在施工期环境不利影响，

施工结束后即可消除，故本节仅分析陆域施工期环境影响。

6.6.1 水环境影响分析

陆上施工场地污废水主要有生产废水和施工人员生活污水。

（1）生产废水

施工场地生产废水主要是汽车、机械设备冲洗及维修废水，主要污染物有 SS、COD 等。施工时在各工区设置沉砂池和简易隔油池，施工机械和车辆的维修和冲洗废水经处理后全部用作场地抑尘用水、车辆冲洗以及运输道路洒水抑尘等用水，经采取以上措施后，能够确保施工场地生产废水得到合理处置，不会对周边环境造成不利影响。

（2）生活污水

根据工程分析，施工期间生活污水包括施工人员的日常生活用水、食堂下水和厕所冲洗水。施工工区内作业人员高峰期约 300 人，其中 200 人在施工营地内食宿，高峰期施工人员生活污水产生量为 18.4m^3/d。根据本项目初设文件，拟在施工区设置生活污水一体化处理设施，生活污水处理达标后全部回用于厂区洒水降尘、车辆冲洗以及运输道路洒水抑尘等用水，不外排，对水环境基本不会产生不利影响。

综上，项目施工期间陆域施工场地各类污废水均能够得到合理处理，不会对周边水环境造成不利影响。

6.6.2 环境空气影响分析

陆上施工场地施工期废气主要来自汽车运输、材料装卸及加工过程中产生的扬尘、机械烟气和汽车尾气。施工所需混凝土采用商品砼，工区内不设混凝土拌合气，无拌合废气。从施工作业特征来看，汽车运输所导致的扬尘和汽车尾气为线性排放，施工机械烟气在场地内呈间歇性排放。由于施工场地周边主要为空地，较为空旷，有利于扬尘随空气扩散，同时施工场地周边 200m 范围内无居民居住，且废气排放也是短期的、局部的，施工完成后就会消失。此外，施工时建设单位还将对承包商提出使用清洁柴油燃料要求，总的来看，施工对大气环境的影响是有限的。

6.6.3 声环境影响分析

施工噪声主要来源于包括施工现场的各类机械设备、物料运输交通噪音以及施工人员的活动噪声，各施工阶段的主要噪声源及其声级见表 3.3-4。由于施工机械噪

声主要属中低频噪声，故施工期噪声对周边环境的影响只考虑扩散衰减，而不考虑遮挡、空气吸收等因素的影响。施工机械视为固定点声源，声源随距离增加引起衰减的。

预测模式如下：

$$L_2 = L_1 - 20\log(r_2/r_1)$$

式中： r_1、r_2 —距离声源的距离，m；

L_1、L_2—距离声源 r_1、r_2 处的噪声声级，dB(A)。

取表 3.3-4 中各噪声源噪声值上限，估算出的噪声值与距离的衰减关系以及施工机械的噪声影响见表 6.6-1。

表 6.6-1 不同距离施工机械的噪声影响　　单位: Leq dB(A)

序号	机械类型	噪声预测值					
		10m	20m	40m	50m	100m	200m
1	装载机	83.98	77.96	71.94	70.00	63.98	57.96
2	挖掘机	77.98	71.96	65.94	64.00	57.98	51.96
3	推土机	78.98	72.96	66.94	65.00	58.98	52.96
4	汽车吊	89.98	83.96	77.94	76.00	69.98	63.96
5	切割机	69.98	63.96	57.94	56.00	49.98	43.96
6	自卸车	83.98	77.96	71.94	70.00	63.98	57.96
7	钢筋切割机	70．00	63.98	57.96	56.02	50.00.	43.98
8	柴油发电机	73.98	67.96	61.94	60.00	53.98	47.96
10	运输车辆	68.98	62.96	56.94	55.00	48.98	42.96

由以上分析可知：除汽车吊外，其他所有施工机械产生的噪声经 50m 后即可衰减至《建筑施工场界环境噪声排放标准》昼间标准要求。从施工场地布置情况来看，施工区较为空旷，周边主要是工业企业，无声环境敏感目标，且施工噪声大多为不连续性的，其影响也是暂时的，随着施工作业的结束而消除，不会对周边声环境产生持续性影响，项目施工噪声影响是可接受的。

6.6.4 固体废物环境影响分析

施工固体废物主要包括：修复区场地清理废弃物，潮沟开挖淤泥土、施工场地生产垃圾和作业人员生活垃圾。

（1）生产垃圾

红树林-盐沼湿地修复区场地清理废弃物主要是杂草、外来植物和其他水下障碍物等，废弃物由小型渔船外运至指定地点集中拉运处理。

红树林-盐沼湿地潮沟开挖土方直接用于修复区微地貌整饰，场地清理产生的开

挖土方量约为 88647.55m³，由人工覆土至现状高程不满足红树林生长高程区域。

陆域施工场地生产垃圾主要是场地整平土方、废弃包装材料、废木块、泡沫等，优先资源化回收利用，不能回收利用的统一收集后拉运至主管部门指定的建筑垃圾消纳场。

（2）生活垃圾

施工人员生活垃圾主要来自于水域施工船舶和陆域施工场地产生的生活垃圾，生活垃圾集中收集，交由当地环卫部门处理。

6.6.5 生态影响分析

项目建设过程中对陆域施工布置区范围内生态环境影响主要体现在施工过程对临时用地区域的植被破坏。据调查及施工场地区域踏勘，施工临时用地区域占地类型为天然草地，现状该区地表植被稀少，地表裸露面积大，植被覆盖率较低。施工时，施工场地将采取水土流失防治措施。施工结束后对地面附着物进行清理，并进行土地平整及植被恢复。项目建设对场地内地表植被影响不大。

6.7 对环境敏感目标的影响分析

6.7.1 对鸟类及其生境的影响分析

根据项目周边区域鸟类资源的调查和现场踏勘，施工区鸟类主要集中出现在金湾木乃红树林区域，

（1）施工期对鸟类的影响分析

本项目建设对鸟类的影响主要发生在施工期，包括海堤修复工程施工和海洋站桩基施工产生噪声和施工场地灯光等因素对鸟类造成的影响。

金湾木乃红树林区域现状生态环境整体良好，作为本项目红树林修复区，采取人工辅助修复和自然恢复相结合的方式，进行少量补植红树林苗木，工程量较小，对该区域鸟类栖息地的人为干扰很小。

海洋站桩基施工采用冲击沉桩，冲击沉桩噪声较大，开始沉桩时会对附近鸟类产生不利影响，迫使其远离施工区域，造成工程海域鸟类数量暂时性减少。项目区地处鸡啼门水道区及河口湾区，施工区周边滩地条件相似，鸟类可暂时迁飞至周边替代生境栖息活动。

总体来看，项目施工期不可避免的会对鸟类产生一定的负面影响，减少了其觅

食、活动地域空间，但相对而言，受影响的物种及其数量比较有限，且项目区周边可以容纳其继续生存，且施工期对鸟类造成的影响属于短期影响，随着施工的结束，不利影响即可消除。因此，施工期的短期影响是可接受的。

（2）运营期对鸟类的影响分析

项目实施后，营运期内海堤修复区将为潮滩生物重新营造出新的栖息生境，红树林-盐沼湿地内也将逐渐成为鱼虾蟹类天然的良好栖息场所，为鸟类提供丰富的食物来源，从而吸引水鸟至此觅食、栖息，成为鸟类的理想的栖息活动场所，有利于保护区域鸟类资源。

6.7.2 对珍稀海洋生物中华白海豚的影响分析

根据中国水产科学研究院南海水产研究所于 2007-2008 以及 2012 年间对珠江西部河口地区中华白海豚资源及其栖息地环境影响因素的调查研究，珠江西部河口中华白海豚主要分布于从三灶岛南至大襟岛西侧水深<10m 的水域，分布区在丰水期趋向河口北部浅水区，枯水期趋向离岸水域。枯水期以 5~10m 水深区的目击次数最多，其次为 10~20m 水深区，<5m 水深区目击次数最少。中华白海豚分布与水深、离岸距离、底层水温、游泳生物资源密度等因素有关。

本项目涉水作业内容主要是海岸带修复和安全保障工程设备设施的安装。海岸带修复主要是在堤前带作业，安全保障工程也主要是在近岸地区，一般来说中华白海豚活动区域在是水深 5m 左右，正常情况下一般不会在近岸水深较小的区域活动，本项目海堤修复及安全保障工程大部分工程作业内容集中在鸡啼门水道两侧堤岸和西滩东大堤堤前带，施工区水深较浅，未有发现中华白海豚的相关报告，但由于其活动区域较大，仍有在项目周边海域活动的可能。此外，海洋站桩基施工噪声可能会对附近海域中华白海豚的栖息活动造成不利影响。因此，本节在重点进行施工打桩噪声对中华白海豚的影响分析。

6.7.2.1 中华白海豚声信号研究

（1）发声系统

中华白海豚作为鲸豚类中的一个物种，同样也具有回声定位及声信号通信的能力。其发出的声信号大致可分为三类：定位信号（click 信号）、通讯信号（whistles）、应急信号（burst pulses）。其中，定位信号属于高频窄脉冲，集中在宽频带的超声范围，持续时间短，用来定位、探测等，在中高频（2k~220kHz）时成为

识别 clicks，可清晰识别物种种类特性，而低频（250Hz~1kHz）时成为定位 clicks，可收集环境地形、探索粗略性的信息；whistle 信号是一种时间连续信号，持续时间从十几之几秒到几秒，频率分布集中在声频范围内，一般几千到十几千赫兹之间，主要用来通讯交流；burst pulses 为与 clicks 相似，但脉冲间隔较短，属于应急、突发信息，中华白海豚生气、害怕、懊恼、沮丧时，会发出此类信号。

（2）接收系统

由于中华白海豚难于圈养，截止到 2012 年对中华白海豚的听觉敏感性研究仍属于空白。2012 年，中科院水生所的李松海等人首次对一直由于搁浅而被广西南宁动物园收留的雄性中华白海豚进行了“吸盘电位法”的听阈测试。该测试采用吸杯将能够感应中华白海豚体内神经弱垫及脑电波的传感器吸附于中华白海豚身体脊背的三个地方，然后由换能器在水中发出声波，中华白海豚由于感知到不同强弱声音而脑电波产生不同的变化，经由传感器录入计算机中，换算为听阈值。测量结果表明中华白海豚的听力曲线呈现出了典型的 U 形（图 6.7-1），在 45kHz 时达到最低阈值，为 47dB；5.6k~45kHz 范围，中华白海豚听阈值约以 11 dB 每倍频程的幅度递减；32k~108kHz 范围，属于中华白海豚高敏感区，其听阈值在 70 dB 以下；108k~152kHz 范围，其听阈值约以 130dB 每倍频程的幅度迅速增加，在 152kHz 时听力阈值达到了 127dB。

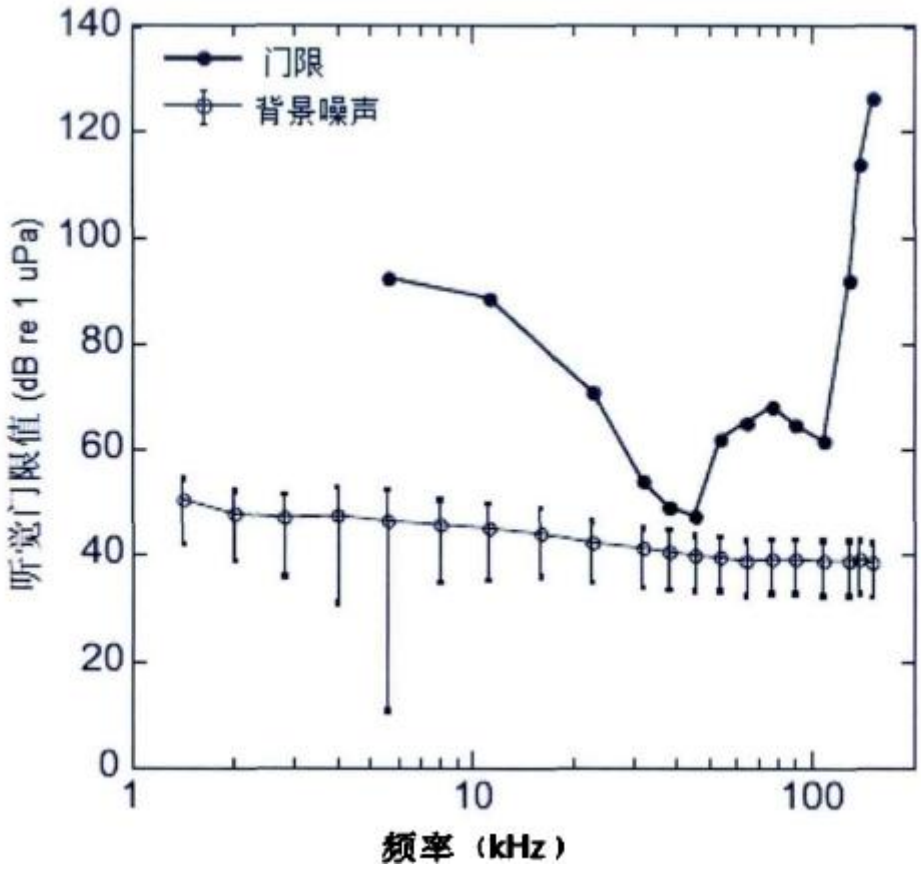


图 6.7-1 中华白海豚听阈曲线

6.7.2.2 水下噪声对中华白海豚的保护阈值

1997 年，美国高能源地质勘探组织组织了一些专家，针对海洋哺乳动物可能遭到海上地质勘探空气枪所发出的脉冲所伤害进行了噪声暴露的估测分析，最后认定为 180dB/re 1μP 为“超过该声级则可能具有行为、生理及听力影响的潜在危害”；小组声明该阈值可能有 10dB 上下的浮动，要视不同的动物而变化。而后，美国国家海洋渔业局继续采用该门限值作为“不可逾越”的最高声级。下表为美国国家海洋渔业局现行采用的海洋哺乳动物类过渡性保护门限值。

表 6.7-1 美国对海洋哺乳动物的水下噪声（过渡性）门限值

门限等级	门限定义	门限值
A 级	基于暂时性听力阈值提升而保守估计的永久性听力阈值提升伤害门限	鳍足类：190 dB 鲸豚类：180dB
B 级	脉冲式噪声（如冲击打桩）可对动物产生行为干扰的门限	160dB
B 级	非脉冲式噪声（如钻孔）可对动物产生行为干扰的门限	120dB

6.7.2.3 施工噪声对中华白海豚的影响分析

（1）噪声的传播途径

水下冲击打桩是海洋工程中一种典型的强噪声源，其特点为高声源级，单次冲击表现为脉冲式宽频波形，而对于一根桩柱需要多次冲击才能完成作业，因此表现为连续多个脉冲的脉冲串即其具有频次性的特点。

水下冲击打桩的噪声传播路径如图 6.7-2 所示。图中第 1 径为海面反射路径，撞锤冲击桩体产生的噪声经过海面反射后传至噪声接收端；第 2 径为水下直达路径，桩体产生的噪声通过该路径直接传至接收端；第 3 径为海底反射路径，噪声经过海底反射后传至接收端；第 4 径为海底传播路径，撞锤冲击桩体对海底施加冲击力产生压缩波和切变波在海底传播，其中部分噪声能量将传入水中。

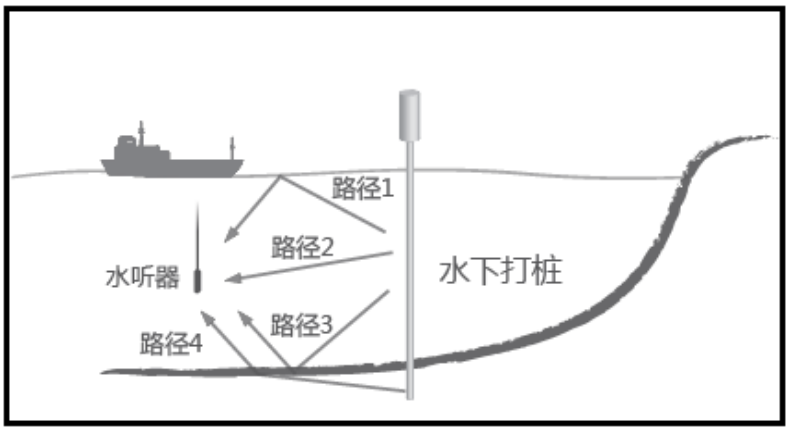


图 6.7-2 水下冲击打桩的噪声传播路径

（2）施工噪声影响分析

施工期间打桩噪声对中华白海豚的影响主要表现为对其发声信号的掩蔽作用及对其听觉的损害。

参考厦门五缘湾游艇码头工程打桩期间监测的打桩噪声监测记录结果，该工程中采用直径 70cm、长约 25m 的钢芯桩柱进行冲击式打桩，测点距离打桩船 40m，监测到的打桩噪声峰值升压级为 183.3 dB/re 1μP。通过该工程中打桩噪声与中华白海豚的发声信号频谱特征比较分析可知，该工程中冲击式打桩噪声主要能量分布在中华白海豚声信号能量较低的低频段，对于 clicks 回声探测信号的掩蔽性较弱，能对 burst pulse 声信号的相当一部分能量造成掩蔽，而对于 whistle 而言打桩噪声的掩蔽性较强，几乎可以将 whistle 的主要声频完全覆盖。冲击打桩噪声与 click 声信号同为脉冲型声信号，click 声信号的峰值频率远高于打被脉冲的主要声能频段，且中华白海

豚发出的 click 的频次远高于冲击打桩的速度，因而对 click 的干扰是最小的；其主要干扰仍是对 whistle 和 burst pulse 信号的掩蔽作用；对于 burst pulse，这是一个频率信息和幅度信总都十分丰富的信号，如果在 burst pulse 中间出现了打桩峰，则该 burst pulse 信号的信息无法正确传达；而 whistle 信号本身就属于海脉发出的低频通讯信号，极易被打桩噪声所掩蔽，造成中华白海豚个体之间的交流遭到较严重的阻碍。

此外，从听阈曲线比较的角度来看，对于中华白海豚，打桩噪声理论上也是完全可闻的，但中华白海豚的低频听阈不如鳍足类等两栖类哺乳动物，所以打桩噪声峰值频段对于中华白海豚而言干扰性相对较低，但打桩噪声对中华白海豚依然能够造成极大伤害，短期内这些噪音会增加它们的压力及改变它们的行为，而长期则可能令它们迁离原本的栖身地、甚至令它们受伤甚至死亡。

本项目海洋站水深相对较浅，桩径大，本次按打桩噪声为 220 dB/re 1μP 估算，如果施工水域周边有中华白海豚活动，将对其听觉造成损伤，并在一定程度上掩蔽其发声信号，从而干扰区其正常的生存活动。

（3）打桩噪声的中华白海豚的安全距离

噪声在声源发出后经过传播后由于能量的不断耗散而在远处逐渐消失，这个过程就是传播衰减。当已知声源级以及海洋生物的听力阈值后，若能通过损失量计算出声波达到海洋生物所处位置的距离，并以此作为海洋生物的安全距离。

$$SL=RL+TL$$

式中 SL 为声源级，RL 为声接收级，即对声源进行测量计算得到的测量所在位置的声级，此处取中华白海豚听力阈值；TL 为传播损失。

根据美国国家海洋渔业管理局和美国鱼类及野生动物管理局所采用的传播损失计算模型，估算打桩施工时中华白海豚的安全距离范围。该模型计算公式如下：

$$TL=F\lg(D_1/D_2)$$

式中：TL 为传播损失，为声源级减去目标声级值（即保护阈值）的差，单位为 dB；D_1 为目标声级值所在的位置与声源的距离，单位为 m；R 为计算传播损失时的参考距离（根据声源级计算点与声源本身的距离而定）；F 是衰减因子，其值基于不同的环境改变，包括水深、桩型、桩长度、底质类型以及其他一些因素。衰减常数可以在 5~30 之间。基于厦门大学对莆田平海湾一期打桩施工的监测结果，以及港珠

澳大桥打桩水下噪声源传播衰减和厦门五缘湾打桩噪声传播衰减，本项目评估中的衰减因子 F 取 22，该衰减因子适用于浅海声传播的较近距离的球面扩展损失。

本项目海洋站桩基打桩源强以 220dB（5m 处）来估算，估算其打桩施工时的影响范围。通过公式可算出在保护阈值为 180dB 时，海洋站桩基施工时所对应的中华白海豚的噪声影响安全距离约为 330m。施工前如不采取相应的生态保护措施，项目施工可能对中华白海豚造成影响。

6.7.2.4 小结

项目施工选择避汛施工，于枯水期完成水上作业，相对于丰水期施工来说对中华白海豚的影响相对小。根据相关资源调查研究，工程海域中华白海豚以出现在 5m 水深附近居多，本项目施工区集中在近岸堤前带，施工区水深较浅，未有发现中华白海豚的相关报告，但由于其活动区域较大，仍有在项目周边海域活动的可能。根据相关研究结果表明，当中华白海豚听觉系统所接收到水下噪声的有效声压级超过 180dB 时，其听觉系统有可能会出现听力损失。本项目海洋站桩基打桩强源强按 220dB 估算，计算打桩施工噪声对中华白海豚的听觉影响范围为施工源点附近 330m 内的海域。对此，本报告提出施工噪声对中华白海豚影响的减缓措施，要求打桩施工前，必须确保施工海域周边没有中华白海豚活动的迹象后，方能开始打桩作业，并在打桩期间，指派专人，对施工区周边中华白海豚活动情况实施监测，一旦发现有中华白海豚在周边活动，立即停止打桩，待其游离至安全距离以外后再施工。

6.7.3 对“幼鱼、幼虾保护区”和 “南海北部幼鱼繁育场保护区”的影响分析

1）施工期不利影响分析

根据农业部发布的《中国海洋渔业水域图（第一批）》，本项目位于“幼鱼幼虾保护区”和“南海北部幼鱼繁育场保护区”。

幼鱼、幼虾保护区：位于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，保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日。

南海北部幼鱼繁育场保护区：位于南海北部及北部湾沿岸 40 米等深线、17 个基点连线以内水域，保护期为 1 月至 12 月。

根据前述分析，仿岩质潮间带抛石作业和海洋站桩基施工建设将产生入海悬浮泥沙。根据有关研究资料，水体中 SS 浓度大于 100mg/L 时，对幼鱼苗的生长有明显

的阻碍，而且可能导致死亡。从水质影响预测结果，施工引起的入海悬浮沙大于100mg/L 的浓度区域局限在作业区周边，且施工期有限，施工结束后即可消除。此外，施工期产生的船舶油污水和生活污水上岸处理，不向海域排放，因此，施工期对南海北部“幼鱼幼虾保护区”和“南海北部幼鱼繁育场保护区”内的水质环境影响较小。

基于以上分析，本报告要求合理优化施工进度，具体到单个工作日施工时段及作业面范围、作业强度，采用环保高效的作业设备，选择施工高效的作业队伍，将施工对保护区的不利影响降至最低。

2）项目建成后的有利影响分析

红树林生态系统具有高度的空间异质性、复杂性和丰富的物种多样性，较高的生产力水平。大量研究表明，红树林在为林区生物提供饵料场、栖息地和避难所等方面发挥了重要作用。对幼鱼幼虾而言，其呼吸根、支柱根、树干、倒落的枝条和残骸等，与沉积物形成的松软基质为幼鱼幼虾提供栖息地，根部结构间的空隙成为虾类、蟹类和鱼类等游泳动物的天然避难所。红树林凋落物以碎屑形式进入食物网，连同浮游植物、浮生藻类和底栖微藻等，为幼鱼等水生动物提供了丰富的食物来源。

可见，项目沿海堤前沿区建设红树林-盐沼生态海岸，修复工程实施后，将为幼鱼幼虾提供丰富的食物来源和良好的隐蔽空间，提高其存活率，从而成为幼鱼幼虾良好的繁育场所。

6.7.4 对生态红线区、大陆自然岸线及无居民海岛的影响分析

1）对生态红线区的影响分析

根据广东省“三区三线”中海域生态保护红线矢量（2021），项目所在海域为鸡啼门重要河口生态红线区。本项目为海岸生态修复工程，在该红线区内施工内容主要为红树林的营造和盐沼湿地的修复。修复项目实施后，能够为潮滩生物营造良好的栖息生境，同时净化上游入海雨污水，改善鸡啼门河口水生态环境，促进鸡啼门河口生态系统的整治和修复，有利于逐步恢复和提升该海域河口的生态功能。此外，项目仿岩质潮间带距离该红线区 0.5km，施工期作业过程会有少量的悬浮沙入海，悬浮沙浓度水平较低，扩散范围有限，主要沿南北向扩散，未到达该红线区。水上施工船舶水污染物严格按照《船舶水污染物排放控制标准》要求，机舱含油污

水、生活污水均上岸处理，不向海排放，也能够维持该红线区内海洋环境质量现状。

综上，本项目施工过程中不会对鸡啼门重要河口生态红线区的环境质量现状造成负面影响，修复工程实施完成后，还能够为潮滩生物营造良好的栖息生境，有利于逐步恢复和提升该海域河口的生态功能。

2）对大陆自然岸线及无居民海岛的影响分析

评价范围内涉及 4 处大陆自然岸线及 3 处无居民海岛。

距离工程较近的为鸡啼门河口岸线和大箕湾基岩岸线。其中平沙东堤和红旗堤修复区距离鸡啼门河口岸线相对较近，东大堤海堤修复区距离大箕湾基岩岸线相对较近。平沙东堤和红旗堤海堤生态修复工程不涉及围填海、采挖海砂等其他破坏河口岸线的开发活动，不改变鸡啼门河口区域的自然属性；东大堤海堤修复带抛石平台填筑后高程约为 1.5m，堤角外伸区域块石抛填区高程 0.5m，生态预制块条带高程 0.5~0.8m，仍处于平均大潮高潮位高程以下，外海波浪带来大部分能量能够被其中的潮汐池吸收，降低波浪反射对海底的作用力，不会对周边岸线形态造成不利影响。

6.7.5 对红树林的影响分析

本次修复工程中仅红树林-盐沼修复区位于现状红树林天然分布区内，仿岩质潮间带修复工程距离现状红树林生长区较远，故本节重点分析红树林-盐沼修复施工对红树林的影响。

（1）红树林生态修复岸线对现有红树林的影响

本项目海堤修复设计方案在设计前对原生红树林进行了充分调查，在此基础上对红树林生长良好的区域划定为修复区，该区内仅对入侵植物和海漂垃圾进行清理，并进行必要的补植，不存在占用或破坏现有红树林的情况；对红树林生长不良的区域（鸡啼门水道右岸）设计进行宜林地的营造，划定为营造区，该区宜林地营造过程中，针对场地内现有的红树林进行保留，同样也不存在破坏和占用现状红树林情况。

（2）盐沼生态修复岸线对红树林的影响

工程设计两处盐沼湿地修复区，其中西岸（平沙东堤 PSD2+700~PSD2+880 ）修复盐沼现状为平沙水质净化厂排水涵外的滩地，滩地上植物群落主要包括孪花蟛蜞菊、芦苇、水葱等水生植物。东岸（红旗堤 HQD10+400）修复盐沼现状为退塘还海

后遗留的围塘埂，围塘一圈围垦滩涂上的临水区域自然生长有一定面积的芦苇群落和少量老鼠簕。

根据修复方案，西岸修复盐沼将疏通开挖螺旋弯曲水道，同时进行微地貌整装饰，以对通道内水流曝气增氧，东岸修复盐沼区将在湿地边缘设置简易格宾石笼进行消波和减少泥沙流失。施工过程中潮汐通道开挖、微地貌调整土方开挖和回填，以及简易格宾石笼的安装均将对现有盐沼植被造成破坏。

根据现状调查，两处拟修复的盐沼区现状植被基本为盐沼水生植物为主，仅由少量的灌木类红树植物，设计方案在清除入侵物种后，重新整理地势，改造盐沼水生植物生境条件，同时人工种植多样化盐沼植被，将重建鸡啼门滨海盐沼生态群落，营造小微潮汐湿地，为鸟类提供栖息地，提高生物多样性。总体来看，盐沼生态修复岸线实施对红树植物不利影响较小。

6.7.6 对养殖区的影响分析

项目周边养殖区分布在烂柴角海堤后方，养殖换水通过穿堤水闸实现，本项目修复工程建设内容包括红树林-盐沼湿地修复、仿岩质潮间带修复工程、安全保障工程。根据工程分析，施工对水质的影响主要发生在海洋站桩基施工和仿岩质潮间带抛石作业过程，从悬浮沙扩散预测结果来看，悬浮沙扩散范围远未达到烂柴角海堤后方养殖区换水水闸周边水域，不会对养殖生产活动造成不利影响。

6.8 对周边海域开发活动的影响

据调查，项目所在鸡啼门水道区海域开发活动主要鸡啼门水道、水道西岸北侧游艇码头， 以及海堤后方养殖区。

（1）对鸡啼门水道的影响

项目位于鸡啼门河口海域水道区和漏斗区。水道区内主要为红树林-盐沼修复工程，水道区向漏斗区过度区主要为海洋站建设工程，漏斗区内主要为东大堤堤前带仿岩质潮间带修复工程。施工船舶主要投入在海洋站建设和仿岩质潮间带抛石作业。由于施工船舶的增多，施工区海上船舶通航量会有所增加，对通航环境会产生一定影响，但该影响是短暂性、可控的。建设单位应将运输船的运输时刻表、航行路线等告知珠海海事局，在运输船航行、施工期间设置施工标志，同时避让各类型往来船只，避免海上碰撞事故的发生。

项目实施后，红树林-盐沼湿地修复工程沿两侧海堤布置，不改变河道走势，且修复工程范围与航道距离较远，不占用航道及港口岸线，不影响现状及规划航道的布置。工程建成后有利于岸线稳固，对水上过河建筑物的船舶航行、作业及运行基本没有影响。

（2）对周边码头的影响

堤前带修复区均避开了企业码头，且码头附近区域工程量小，施工期间对该些码头的影响非常小。工程实施后对周边海域流态和流速的影响仅集中在修复工程周边局部海域，不会对外侧海域流态和流速造成明显影响，工程时候后冲於变化主要位于工程区范围内，不会对周边企业码头正常使用造成不利影响。

（3）对养殖区的影响分析

本项目周边渔业养殖均位于烂柴角海堤后方，工程施工区不占用养殖区域，但位于烂柴角的 1 号及 3 号水闸承担有后方池塘养殖换水的功能。项目施工对水质影响主要发生在海洋站桩基和仿岩质潮间带抛石施工过程中，海洋站桩基施工距离该养殖区换水水闸相对较近。根据项目的悬浮泥沙模拟分析显示，海洋站施工悬浮沙 10mg/L 扩散范围最远距离仅 200m，远未达到烂柴角海堤后方养殖区换水水闸周边水域，不会对养殖生产活动造成不利影响。

7 环境风险分析与评价

7.1 评价目的及依据

环境风险评价的目的在于分析和预测建设项目存在的潜在危险、有害因素，建设项目建设和运营期间可能发生的突发性事件或事故，引起有毒有害和易燃易爆等物质泄漏，所造成的人身安全与环境影响和损害程度，提出合理可行的防范、应急与减缓措施，以使建设项目事故率、损失和环境影响达到可接受水平。

本项目施工区位于鸡啼门水道，该水道于 2015 年开展了航道整治工程后，现满足 1000 吨级港澳航线船舶的通航标准。本项目最大施工船舶为 1000 吨级自航式平板驳，过往船舶最大按 1000 吨级货船考虑，总燃油量小于 1000t。参照《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018），计算危险物质数量与临界量比值 Q<1，环境风险潜势确定为 I 级，可开展简单分析。

表 7.1-1 评价工作等级划分

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。				

考虑到项目所在海域为河口区海洋水生态系统极其脆弱，一旦发生环境风险事故，将造成严重影响，故本次环境风险评价工作等级按照二级评价工作深度要求开展相关评价工作。

7.2 风险识别及影响分析

7.2.1 风险识别

本项目为海洋生态修复工程，属于非污染性项目，运行期项目自身不产生污染，针对本项目，风险事故种类主要来自以下两个方面：

（1）突发性自然灾害导致项目用海风险事故。此类风险突发性强，人为可控性相对较差，只有提前防范，才能做到风险事故发生时尽量减小事故带来的损失。譬

如：台风、风暴潮、热带气旋等，这些灾害发生在施工期间，可能导致堤坝被冲毁，出现大规模悬浮物扩散污染，或者施工设备遭到破坏，造成燃料油泄漏。项目实施后的生态海堤可视为具备减灾能力的自然海岸，但如若突发自然灾害超过设计海堤防灾能力时，仍可能发生溃坝垮塌事故，引发此生环境污染事故。

（2）项目用海过程中，由于突发事故或操作性失误导致的风险事故。此类事故可控性相对较强，管理者的主观意识对控制风险发生起着至关重要的作用。根据本项目所在区域水上交通情况及工程施工建设方案，施工期可能发生溢油污染事故，造成区域海洋环境恶化。

7.2.2 风险影响分析

7.2.2.1 突发自然灾害风险分析

台风、大等引 台风、大等引 台风、大等引 起的风暴潮主要表现为：海水异常升高，漫溢于陆地冲垮建 筑物，淹没农田和人畜等。如果风暴潮 恰好与影响海区的 恰好与影响海区的天文潮 的高潮相重叠，就会使水位暴涨，以至海水涌进内陆，造成巨大破坏。

施工期间，当风暴潮发生时，狂风夹着巨浪引起风暴潮增水，巨浪拍击海岸，对沿海海堤、公路都会造成严重的破坏，可能发生部分岸段受毁，并引起项目区内沙石流失。水位异常升高可能会导致潮水越过堤防涌入后方内陆，给项目陆上施工布置区造成破坏，尤其是当风暴潮与天文大潮叠加，可能会导致施工区域水位异常增高，造成堤坝溃决或者垮塌，给工程施工造成严重破坏。

7.2.2.2 溢油污染事故风险分析

溢油污染分为事故性污染和操作性污染两大类，事故性污染是指船舶碰撞、搁浅、触礁等突发性事故造成的污染；操作性污染是指加油作业以及船舶事故性排放机舱油污水、洗舱水、废油等造成的污染。一般来说，事故性溢油污染发生概率相对较低，但污染影响相对较严重，操作性溢油污染事故相对频发，但污染影响小。

本项目施工期投入船舶数量多，且施工区位于鸡啼门水道，过往杂散货船多，施工时作业船舶之间及作业船与过往船只相互干扰、碰撞的几率增加，存在一定的交通安全隐患，可能发生船舶碰撞事故导致燃料油溢漏入海对海洋生态环境的影响。溢油发生后，油膜在海面上漂浮扩散，阻止海气交换，将对海洋水环境、生态

环境和景观造成影响。

（1）溢油对海域水质和沉积物环境的影响

受溢油影响的海域，油膜覆盖在海水表面，可溶性组分不断溶于水中，在风浪的冲击下，油膜不断破碎分散，并与水混合成为乳化油，增加了水中的石油浓度。油膜覆盖下，影响海-气之间的交换，致使溶解氧减小，从而影响水的物理化学和生物化学过程。溢油后，石油的重组分可自行沉积，或粘附在悬浮物颗粒中，沉积在沉积物表面。油块可在重力作用下沉降，从而影响沉积物表面物理性质和化学成分。

（2）溢油对海域生物资源的影响

油膜覆盖下，影响水-气之间的交换，致使溶解氧减小，光照减弱，从而影响浮游动物、浮游植物及底栖生物的生长。而溶解及乳化后的油会对水生生物资源造成一定危害，沉积到底质的油类将对底栖生物造成严重影响。因此，一旦发生事故溢油且处理不及时，将对油膜扫过海域的水生生物资源造成一定影响，主要体现在溢油突发时的急性致死影响及围油、回收油不彻底而产生的长期慢性污染影响。

7.3 事故概率与源项分析

7.3.1 事故发生概率

（1）突发自然灾害概率

根据广东台风网记录的历史台风数据，2010-2020 十年间在珠海市附近登陆的台风有 6 次，分别为“201822 号山竹”、“202007 海高斯”、“201713 天鸽”、“201714 帕卡”、“202007 海高斯”。据记录，2017 年和 2018 年，珠海连续遭受强台风“天鸽”和“山竹”袭击期间，全市外海堤防均遭受严重打击，部分海堤损毁严重，部分堤段潮水位接近防洪墙顶高程几近漫顶，给人民生命财产造成较大威胁。2018 年，强台风“山竹”逐渐登陆珠海后，红旗海堤出现漫顶，索性漫顶仅持续 30 分钟左右，漫顶时间持续稍长，极有可能造成溃堤。从历史记录资料来看，项目区突发自然灾害事件后果以导致海堤受损或缺堤，同时造成严重的社会经济损失后果为主，目前尚未记录发生过坝体整体坍塌事件，但海堤受损后结构功能如得不到及时修复，当突发自然灾害事件发生后，可能导致未来环境污染事故发生几率大大增加。

（2）船舶碰撞事故概率

1）区域事故概率分析

据统计，2018-2021 年广东海事局辖区累计发生列入统计的一般等级以上水上交通事故 136 宗，见表 7.3-1。

2018 年共发生 38 起一般及以上等级事故，其中，碰撞 11 起，其他 16 起，自沉 5 起，触碰 2 起，风灾 0 起，触礁 2 起， 火灾/爆炸 1 起。碰撞、其他、自沉等事故占事故总数的 84.2%，其中，碰撞事故就占了 28.9%。

2019 年共发生 37 起一般及以上等级事故，其中，碰撞 6 起，其他 23 起，自沉 4 起，触碰 3 起，风灾 0 起，触礁 3 起， 火灾/爆炸 0 起。碰撞、其他、自沉等事故占事故总数的 89.2%，其中，碰撞事故占 16.2%。

2020 年共发生 40 起一般及以上等级事故，其中碰撞 18 起，其他 9 起，自沉 8 起，触碰 2 起，风灾 1 起，触礁 1 起， 火灾/爆炸 1 起。碰撞、其他、自沉等事故占事故总数的 87.5%，其中，碰撞事故就占了 45.0%。

2021 年第 3 季度共发生 21 起一般及以上等级事故， 其中碰撞事故 11 起；其他事故 6 起；自沉事故 2 起；触碰事故 2 起。

可见，船舶碰撞事故仍是水上交通安全事故中相对频发的事故类型。

表 7.3-1 2018 年 1 月-2020 年 9 月广东海事辖区事故类型统计

年度	事故总数	碰撞	风灾	自沉	触碰	火灾/爆炸	触礁	搁浅	其他
2018	38	11	0	5	2	1	2	1	16
2019	37	6	0	4	3	0	0	1	23
2020	40	18	1	8	2	1	1	0	9
2021	21	11	0	2	2	0	0	0	6

注：2021 年仅统计前三个季度数据。

从历年水上交通安全事故发生地点来看，事故发生仍主要集中在珠江口、粤东和粤西海域，占了事故总数绝大部分，其中又以珠江口水域居多，主要是该水域通航船舶相对多，个别月份海况条件差，且航道交错情况相对复杂所致。本项目所在的西江海域水上交通安全事故很少，单个自然年事故数 0～1 起。

2）项目海域事故概率

本项目所在的鸡啼门水道为内河航道，受鸡啼门浅滩水深限制，以及水道上桥梁通航净空的影响，目前该水道通航船舶尺度较小，通航船舶密度不大，日交通量约 20～30 艘次，以小吨位货船及施工船舶为主。，整体交通安全状况良好。据统计，近年来该水域未发生较大的已知公开的水上交通安全事故。

7.3.2 最大可信事故

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ69-2018）的定义，最大可信事故是指基于经验统计分析，在一定可能性区间内发生的事故中，造成环境危害最严重的事故。根据上述的概率分析，虽然突发自然灾害事故有一定的发生概率，但堤坝整体垮塌造成生产生活资料入海几率极低，且本项目避汛施工，项目实施后还将提高海堤整体防灾能力，海堤整体溃坝事件概率几乎为零。对比而言，船舶碰撞事故在广东海域时有发生，且燃料油泄漏时，采取堵漏、截留等应急措施更加困难，发生泄漏并造成海洋环境污染的可能性相对更大。因此，最大可信事故确定为船舶碰撞引发的燃油泄漏事故。

7.3.3 溢油源项分析

本项目施工船舶配备 800t、1000t 驳船及打桩船，鸡啼门水道通航船舶按 1000t 级杂散货船考虑，根据《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T1143-2017），5000t 以下驳船、散杂货船燃油单舱燃油量约 30~60m^3，本次溢油量取 50m^3。

7.4 溢油影响预测分析

7.4.1 预测模型

溢油在海洋水体中的运动主要表现为两种过程：在平流作用下的整体位移和在剪流、湍流作用下的扩散。溢油自身的表面扩散过程持续时间很短，而持续时间较长的运动形式主要表现为平流输运和湍流扩散。本报告采用“油粒子”方法来模拟溢油在海洋环境中的时空行为，用随机方法模拟扩散过程，用定性方法模拟平流过程。

（1）动力学过程

动力学过程包括平流过程和扩散过程，溢油在每一瞬时的三维空间位置和分布状态则是各种运动过程的综合作用结果。

① 漂移过程（平流运动）

漂移过程是油膜在外界动力场（如风应力，油水界面切应力等）驱动下的整体运动。海流的预测模式选择上述垂向积分的浅水方程组作为海流的控制方程。

② 扩展过程

扩展过程是油料溢出到海面上，受到惯性力、重力、粘性力和表面张力共同作

用，使油与海水产生了不平衡的压力分布面向四周扩散，分为惯性—重力阶段、重力—粘性阶段和粘性—表面张力阶段。对实际溢油事件的观察发现，在溢油的最初数小时里，扩展过程占支配地位。

扩散速度分量可以通过用拉格朗日独立粒子（随机游动）算法来模拟粒子云团在水中扩散，在 时间内平均移动为：

$$S_{rmsL} = \sqrt{2 * D_L * \Delta t} \qquad S_{rmsT} = \sqrt{2 * D_T * \Delta t} \qquad （7.4\text{-}1）$$

式中：S_{rmsL} 和 S_{rmsT} 分别是纵向和横向方向上的距离的平均平方根，D_L 和 D_T 是水平扩散系数，Δt 为时间步长。

（2）非动力学过程

非动力学过程包括蒸发和乳化作用。

① 蒸发

蒸发是由于石油烃类从液态向气态的相变而造成的油膜与空气之间的物质交换。溢油的组份、表面积及其物理特征、风速、海气温度、海况以及太阳辐射的强度等都影响蒸发的速率。低烃类组份有较高的饱和蒸发压，因此有较高的蒸发速率，蒸发后溢油中的低沸点烃类迅速减少。

蒸发率随着溢油区域的厚度变化。

对于溢油厚的部分：

$$F = (1/C)[\ln P_0 + \ln(K_m AvtC / RTV + 1/P_0)] \qquad （式 7.4\text{-}2）$$

式中：*F*—蒸发部分；*V*—溢出体积（m^3）； *R*—空气常数：*C*—常数；

A—溢油面积（厚部分）（m^2）；*T*—海表温度（K）；*v*—摩尔体积；

t—时间；

K_m—质量输运系数，与 $U_{0.78}$ 成比例，U 为风速；

$P_0 = C_r \cdot \exp\left(1 - T_0 / T\right)$，$C_r$ 为常数，T_0 为油的沸点（K）。

对于溢油薄的部分：

$$R_{eva} = C_{eva}(t / t^c_{\max}) \qquad （式 7.4\text{-}3）$$

式中：R_{eva}—蒸发率；C_{eva}—系数；

$t^c_{\max}$—蒸发的最大时间，决定于溢油的组份。

② 乳化作用

溢油在海水中乳化，形成毫米量级的乳化物（油包水颗粒）。海况能影响乳化的速度，但最终的乳化总量与海况无关，而仅取决于溢油中乳化剂的含量。形成的乳化物具有较高的密度和粘性，可以影响溢油的扩散过程。轻质的易挥发的油很少形成乳化物，重质燃料油或原油会形成相当大量的乳化物。当乳化颗粒与碎屑或生物残骸结合而重量增加时，将沉降到海底。

计算乳化物含水量的公式（Mackay 等 1980）为：

$$Y_W = \frac{1}{K_B}(1 - e^{-K_A K_B (1+U_W)2t}) \quad \text{（式 7.4-4）}$$

式中：Y_W 为乳化物的含水量（%）；K_A =4.5×10-6；U_W 为风速；

$K_B = \frac{1}{Y_W^F} \approx 1.25$；$Y_W^F$ 是最终含水量；t 为时间。

◆ 密度变化

乳化对油密度的影响表示为：

$$\rho_e = (1 - Y_W)\rho_0 + Y_W \rho_W \quad \text{（式 7.4-5）}$$

式中：ρ_e 为乳化后油的密度；ρ_0 为乳化前油的初始密度；ρ_W 为海水密度；Y_W 为乳化物含水量。

蒸发对油密度的影响表示为：

$$\rho = (0.6\rho_0 - 0.34)F + \rho_0 \quad \text{（式 7.4-6）}$$

综合两者的影响，油的密度表达为：

$$\rho = (1 - Y_W)[(0.6\rho_0 - 0.34)F + \rho_0] + Y_W \rho_W \quad \text{（式 7.4-7）}$$

◆ 粘性变化

溢油在风化过程中粘性会增加，主要是由于蒸发和乳化，此外粘性很大程度上与油面温度有关。

用 Hossain and Mackay 提出的方程在实际温度和水含量下计算油面粘性。

$$\eta = \eta^{oil} \exp \frac{2.5 y_w}{1 - 0.654 y_w} \quad \text{（式 7.4-8）}$$

式中：η 为乳化后油的运动粘性系数；

η^{oil} 为乳化前油的运动粘性系数；

y_w 为乳化物含水量。

蒸发也可以引起粘性的增加，计算为：

$$\eta^{oil} = \eta_0{}^{oil} \exp(C_4 F_e) \qquad \text{（式 7.4-9）}$$

式中：C_4 为油中无量纲量[wt%]；

F_e 为油蒸发的部分。

乳化和蒸发两种影响结合起来运算如下，它是两种影响不同形式的总和：

$$\frac{d\eta^{oil}}{dt} = C_4 \eta_0{}^{oil} \frac{1}{V_{oil}^0} \frac{dV_e}{dt} + \frac{2.5\eta^{oil}}{(1 - y_w^{\max} y_w)^2} \frac{dy_w}{dt} \qquad \text{（式 7.4-10）}$$

（3）模型参数设定

根据相关文献推荐值，模型中相关参数取值见表 7.4-1。

表 7.4-1 部分模型参数设置

参数	过程	系数过程取值
风漂移系数 cw	对流	0.035
油的最大含水率 $y_w^{\max}$	乳化	0.85
油的最大含水率（K1）	乳化	5×10^{-7}
释出系数（K2）	乳化	1.2×10^{-5}
传质系数 KSi	溶解	2.36×10^{-6}
蒸发系数 k	蒸发	0.029
油辐射率 loil	热量迁移	0.82
水辐射率 lwater	热量迁移	0.95
大气辐射率 lair	热量迁移	0.82
漫射系数（Albedo）α	热量迁移	0.1

模型中水平（横向和纵向）扩散系数 DL 和 DT 的取值非常重要，反映了油粒子在水体中的扩散强度和随机紊动强度，对模拟结果影响较大，而且不同的应用场合下取值范围很大，其中本次评价 DL 和 DT 取值为 0.5m^2/s。模型采用的是油粒子模型，其中的扩散系数概念与常规的对流扩散模型有所不同，体现在：1）油粒子只在水体表面运动；2）粒子不按水动力模型中设定的网格运移，而是按实际运移路径准确计算，扩散系数取值与模型网格布置方式和时间步长关系不大。

（4）溢油预测时长

由于选取的溢油位置周边溢油应急力量配备充足，船舶碰撞导致的泄漏溢油量

有限，同时，按《水上溢油环境风险评估技术导则》中要求，选择 72 小时作为溢油预测时长。

7.4.2 预测模式中有关参数的设定

（1）溢油位置

考虑的最大可信事故为施工期施工船舶与其他通航船舶相撞导致油舱破损而发生溢油事故，结合工程布置情况，从溢油事故发生的概率以及溢油点对敏感目标影响程度最大考虑，溢油点选择安全保障工程海洋站施工区及东大堤抛石区。详见图 7.4-1。

表 7.4-2 溢油点坐标

溢油点	经度	纬度
溢油点 A	113°16′30.89″	22°04′11.27″
溢油点 B	113°15′38.75″	21°58′13.79″

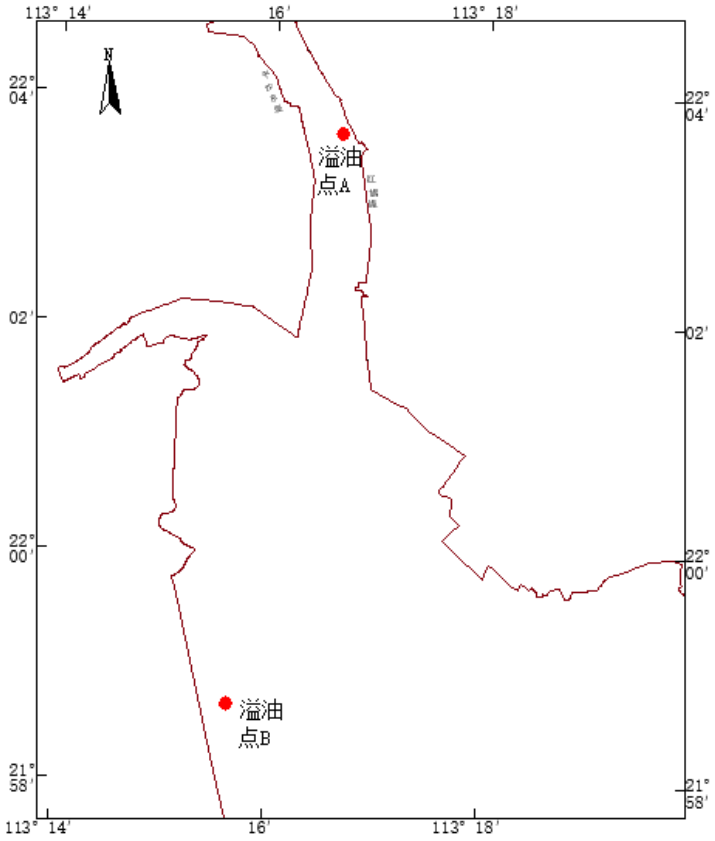


图 7.4-1 溢油点位置

（2）源强

本项目施工船舶配备 800t、1000t 驳船及打桩船，工程海区通航船舶按 1000t 级

杂散货船考虑，根据《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T1143-2017），5000t 以下驳船、散杂货船燃油单舱燃油量约 30~60m^3，本次溢油量取 50m^3。

溢油形式主要分为瞬时和连续溢油，一般而言，溢油量的10%为瞬时溢油，90%为连续溢油。结合本工程实际情况，预测以燃料油作为油品的主要代表，考虑连续一小时溢油的情况，以大潮作为主要的潮流形式。

（3）溢油发生时刻

有研究表明，短期内（<24h）不同特征潮对溢油后油膜的运动有影响，涨憩时刻溢油油膜往下游漂移的距离最长，落憩时刻溢油油膜对上游影响距离最大，但不同特征潮对溢油油膜面积基本无影响。研究区域属于不正规半日潮，每天有两次高潮、两次低潮。本评价常规工况考虑溢油事故发生在高低潮时油膜随落潮流和涨潮流运动油膜输移的过程，不利工况根据溢油点与敏感目标的相对位置确定溢油发生时刻。

（4）风速取值

溢油期间，风作用不可忽略，因而计算工况需考虑风向、风速的影响。根据《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T 1143-2017），溢油计算工况通常需考虑冬季主导风、夏季主导风以及不利风向，主导风向风速取年平均风速。不利风向取施工船舶最大作业风速。本报告主要考虑施工期间的主导风向和不利风向（相对于敏感目标）两种情况。综合考虑风场、溢油时刻等影响因素，溢油预测最终设定的计算工况见表 7.4-3 和表 7.4-4。

表 7.4-3 A 点溢油预测方案

工况	事故点	溢油量(t)	风向	风速(m/s)	选择原因	溢油开始时刻潮流状况
1	（A 点）113°16′30.89″，22°04′11.27″	50	NE	2.6	年常风	涨潮
						落潮
2			N	3.9	冬季主导风向	涨潮
						落潮
3			SE	4.2	夏季主导风向	涨潮
						落潮
4			N	13.6	不利风向	落潮
5			S	13.6	不利风向	涨潮

表 7.4-4 B 点溢油预测方案

工况	事故点	溢油量(t)	风向	风速(m/s)	选择原因	溢油开始时刻潮流状况
1	（B 点）113°15′38.75″，	50	NE	2.6	年常风	涨潮
						落潮

工况	事故点	溢油量(t)	风向	风速(m/s)	选择原因	溢油开始时刻潮流状况
2	21°58′13.79″		N	3.9	冬季主导风向	涨潮
						落潮
3			SE	4.2	夏季主导风向	涨潮
						落潮
4			N	13.6	不利风向	落潮
5			S	13.6	不利风向	涨潮

7.4.3 预测结果

7.4.3.1 溢油点 A 预测结果

（1）NE 向平均风情况下

NE 向平均风（2.6m/s）落潮发生溢油 72 小时，在风和潮流的共同作用下油膜主体向南方向扩散，南向最远扩散距离为 16.7km，最大扫海面积 101.4km^2。溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，不会对自然岸线和其他敏感区造成影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 7.4-2。

NE 向平均风（2.6m/s）涨潮发生溢油 72 小时，在风和潮流的共同作用下油膜主体向南扩散，南向最远扩散距离为 14.6km，最大扫海面积 105.7km^2。溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，对鸡啼门西基岩岸线、大箕湾基岩岸线和壁青湾基岩岸线造成一定影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 7.4-3。

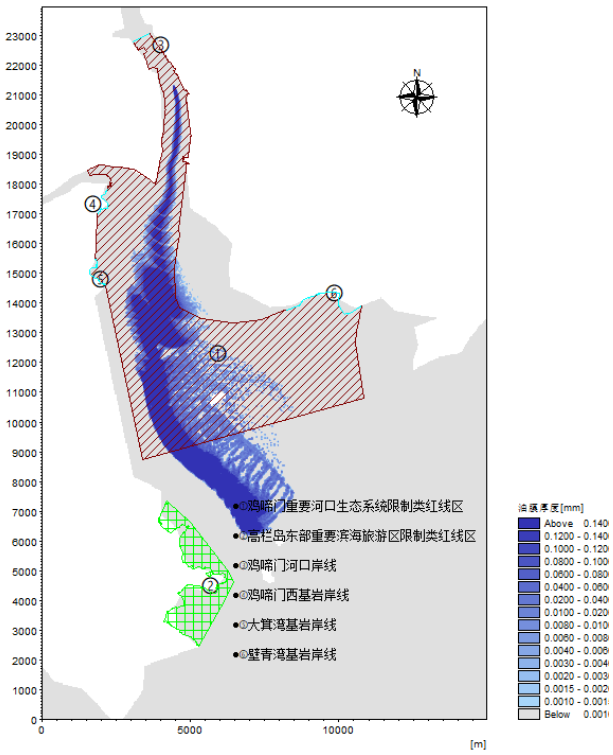


图 7.4-2a 溢油 72 小时油膜扩散范围图（NE 向平均风，落潮）

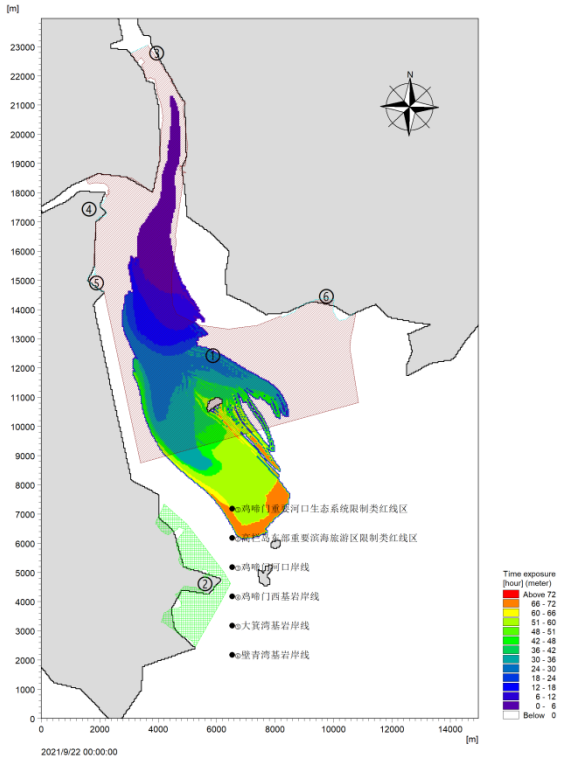


图 7.4-2b 溢油 72 小时油膜暴露时间（NE 向平均风，落潮）

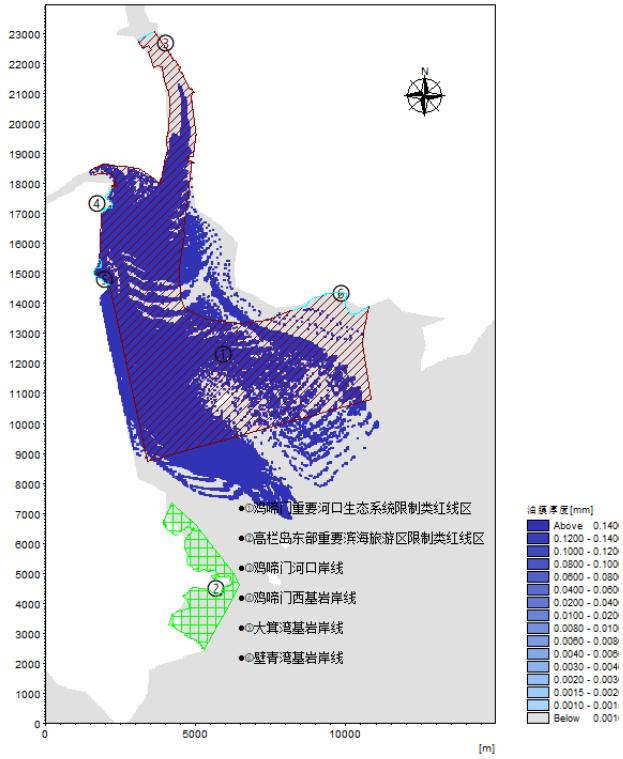


图 7.4-3a 溢油 72 小时油膜扩散范围图（NE 向平均风，涨潮）

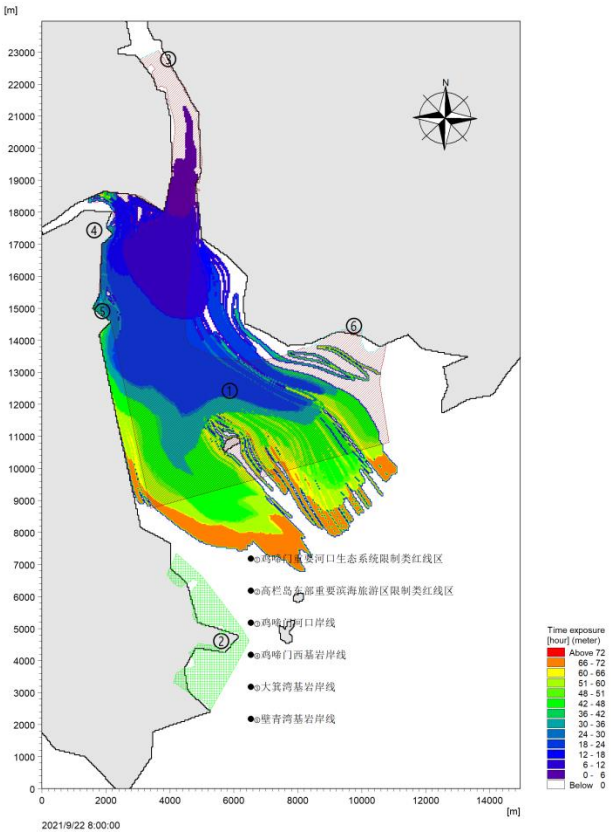


图 7.4-3b 溢油 72 小时油膜暴露时间（NE 向平均风，涨潮）

（2）N 向平均风情况下

N 向平均风（3.9m/s）落潮发生溢油 72 小时，在风和潮流的共同作用下油膜主体向南方向扩散，南向最远扩散距离为 17.2km，最大扫海面积 101.4km^2。溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，对壁青湾基岩岸线造成一定影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 7.4-4。

N 向平均风（3.9m/s）涨潮发生溢油 72 小时，在风和潮流的共同作用下油膜主体向南扩散，南向最远扩散距离为 16.6km，最大扫海面积 105.7km^2。溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，对鸡啼门西基岩岸线、大箕湾基岩岸线和壁青湾基岩岸线造成一定影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 7.4-5。

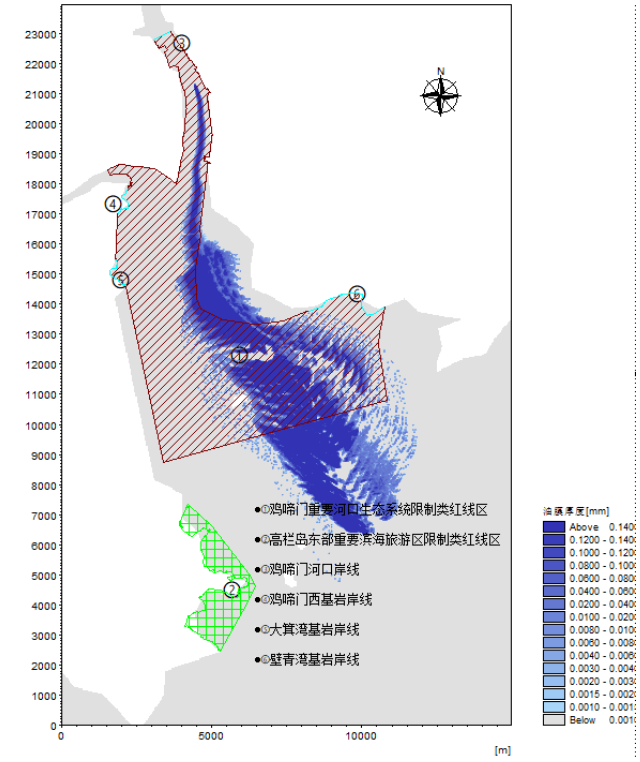


图 7.4-4a 溢油 72 小时油膜扩散范围图（N 向平均风，落潮）

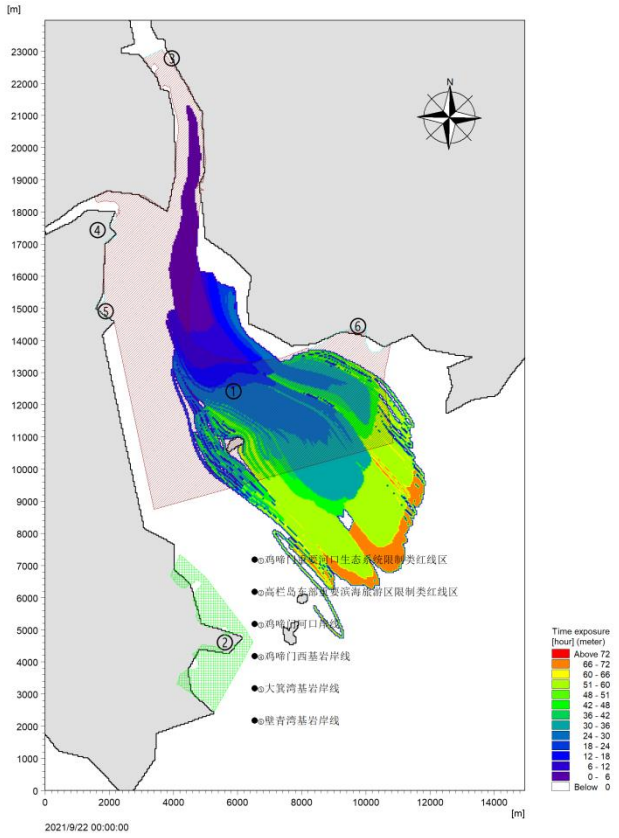


图 7.4-4b 溢油 72 小时油膜暴露时间（N 向平均风，落潮）

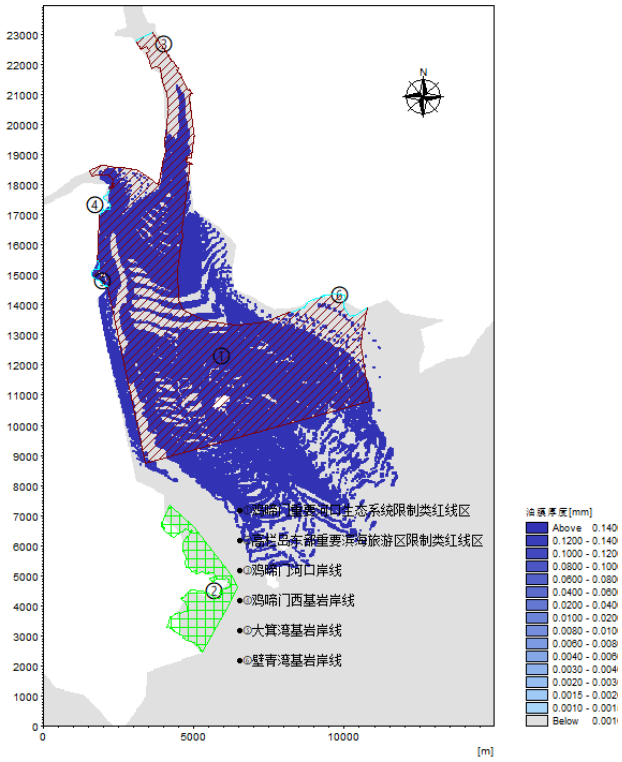


图 7.4-5a 溢油 72 小时油膜扩散范围图（N 向平均风，涨潮）

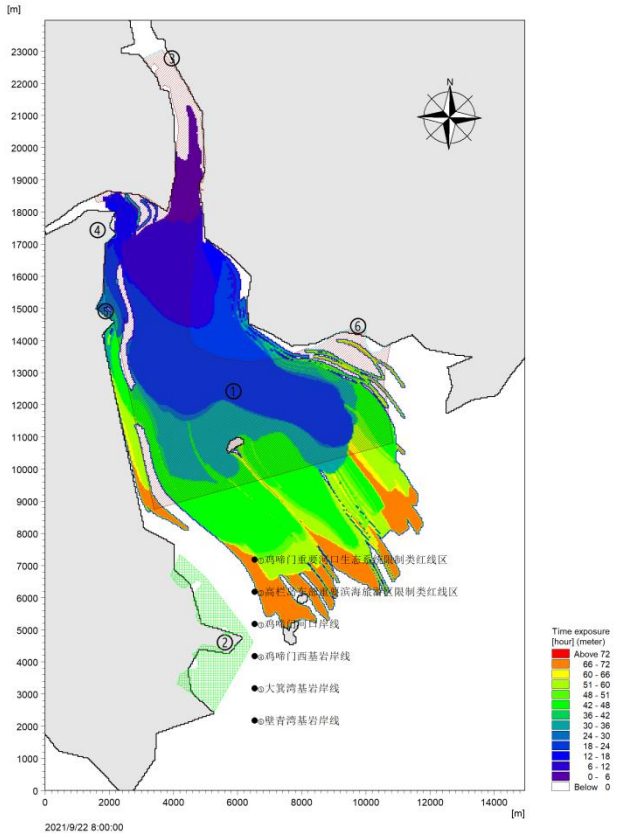


图 7.4-5b 溢油 72 小时油膜暴露时间（N 向平均风，涨潮）

（3）SE 向平均风情况下

SE 向平均风（4.2m/s）落潮发生溢油 72 小时，在风和潮流的共同作用下油膜主体向南方向扩散，南向最远扩散距离为 14.2km，最大扫海面积 101.4km^2。溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，不会对其他敏感区造成影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 7.4-6。

SE 向平均风（4.2m/s）涨潮发生溢油 72 小时，在风和潮流的共同作用下油膜主体向南扩散，南向最远扩散距离为 15.4km，最大扫海面积 105.7km^2。溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，对鸡啼门西基岩岸线和大箕湾基岩岸线造成一定影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 7.4-7。

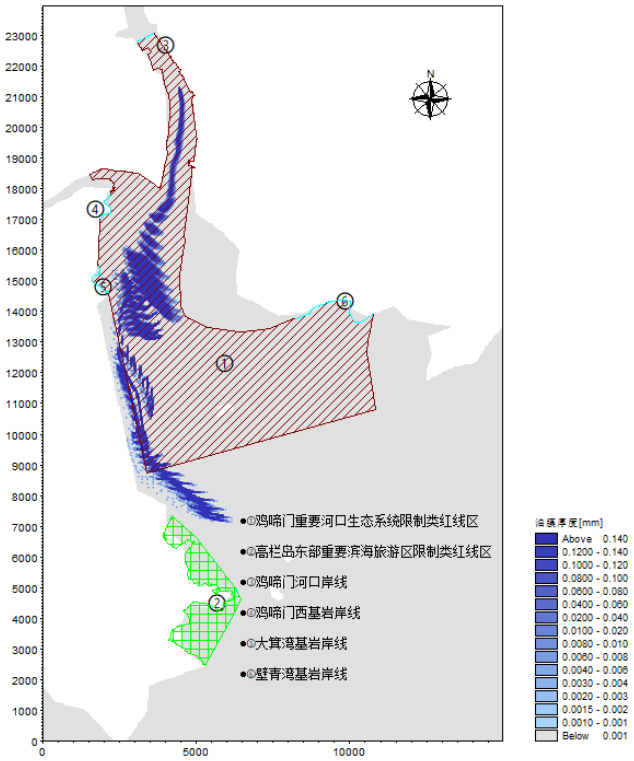


图 7.4-6a 溢油 72 小时油膜扩散范围图（SE 向平均风，落潮）

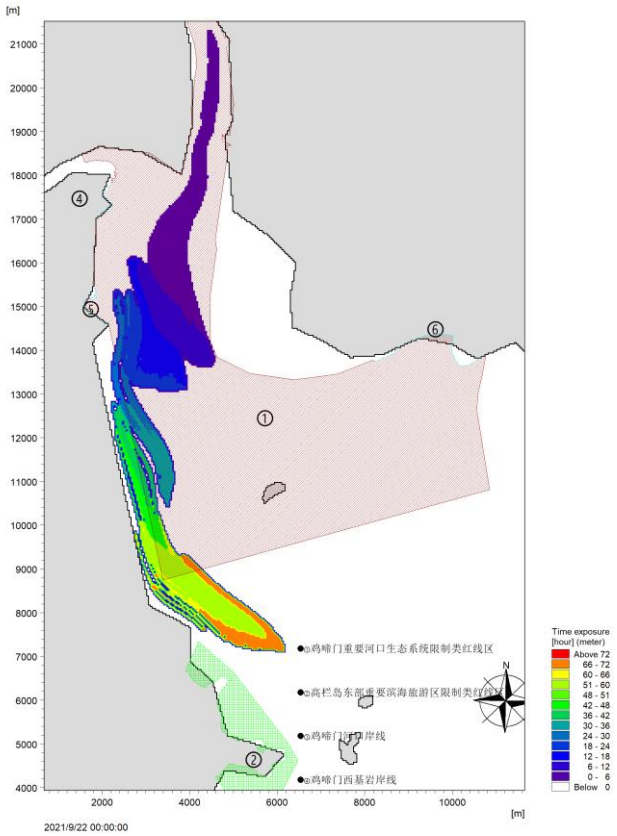


图 7.4-6b 溢油 72 小时油膜暴露时间（SE 向平均风，落潮）

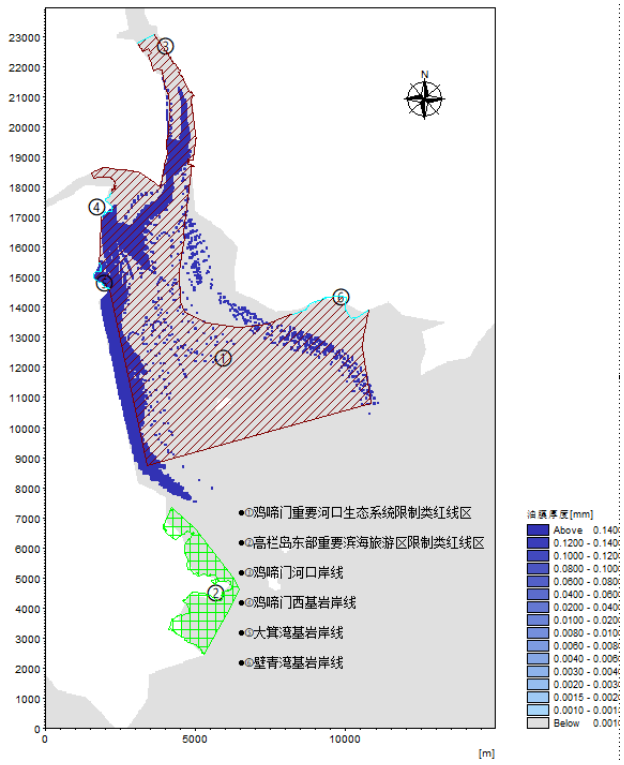


图 7.4-7a 溢油 72 小时油膜扩散范围图（SE 向平均风，涨潮）

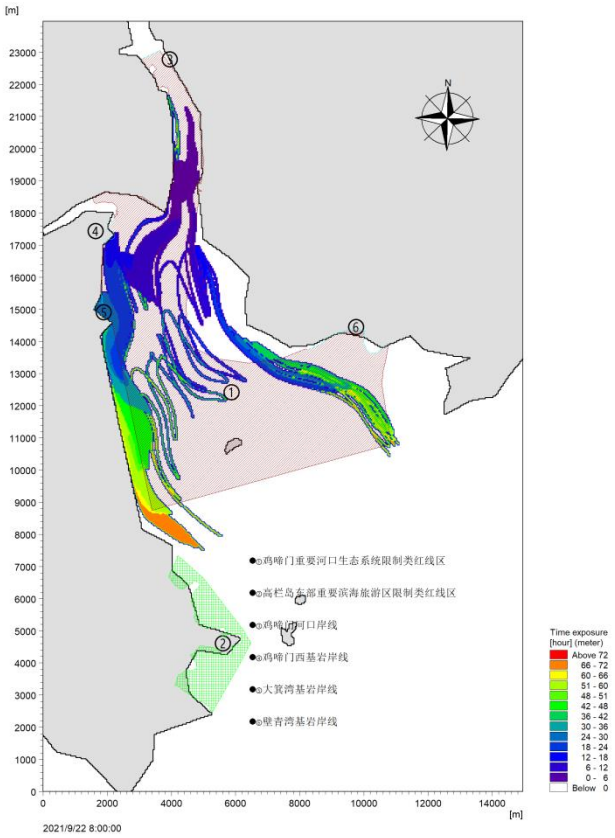


图 7.4-7b 溢油 72 小时油膜暴露时间（SE 向平均风，涨潮）

（4）N 向不利风情况下

N 向不利风（13.6m/s）落潮发生溢油 72 小时，在风和潮流的共同作用下油膜主体向南方向扩散，南向最远扩散距离为 23.5km，最大扫海面积 101.4km^2。溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，会对壁青湾基岩岸线造成一定影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 7.4-8。

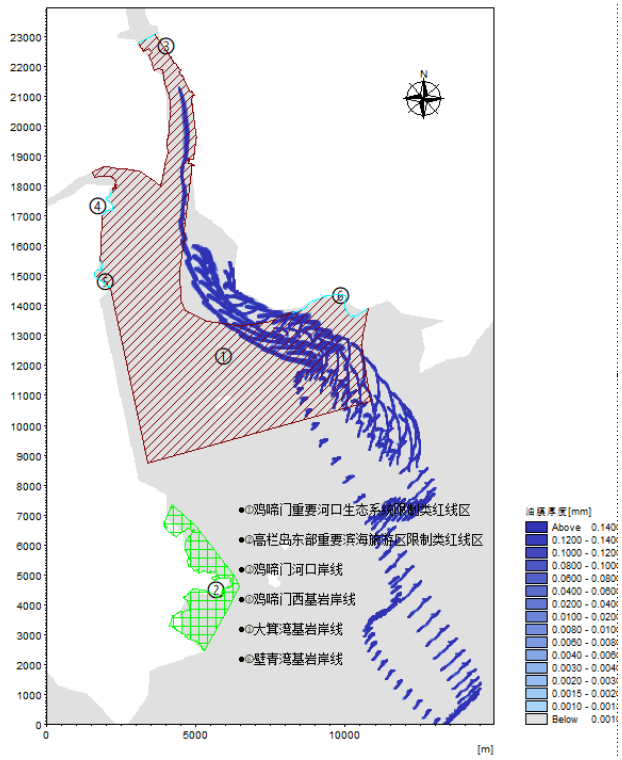


图 7.4-8a 溢油 72 小时油膜扩散范围图（N 向不利风，落潮）

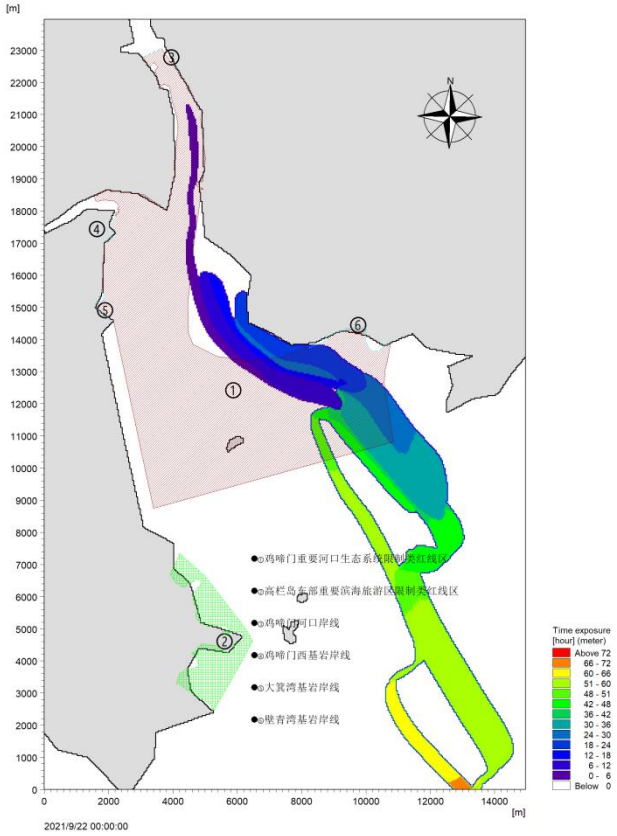


图 7.4-8b 溢油 72 小时油膜暴露时间（N 向不利风，落潮）

（5）S 向不利风情况下

S 向不利风（13.6m/s）涨潮发生溢油 72 小时，在风和潮流的共同作用下油膜主体向南方向扩散，南向最远扩散距离为 17.4km，最大扫海面积 101.4km^2。溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，同时溢油 50 小时后对高栏岛东部重要滩涂及浅海水域生态红线区造成影响，也对鸡啼门西基岩岸线、大箕湾基岩岸线和壁青湾基岩岸线造成一定影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 7.4-9。

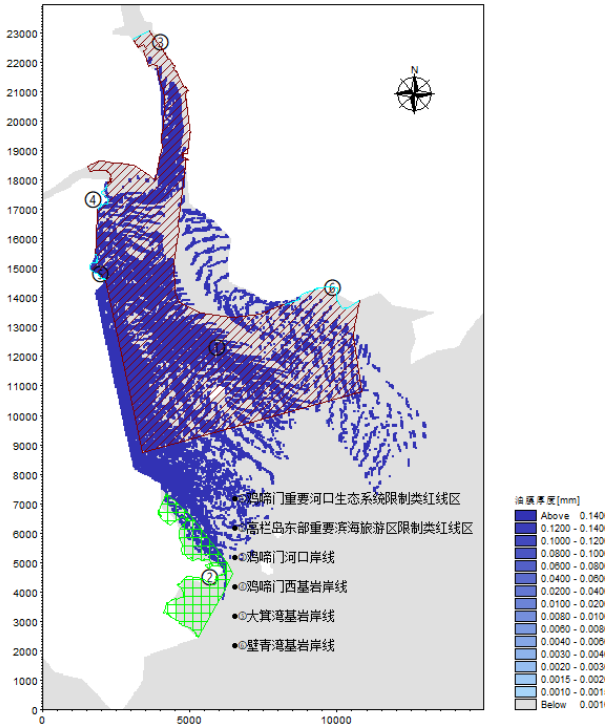


图 7.4-9a 溢油 72 小时油膜扩散范围图（S 向不利风，涨潮）

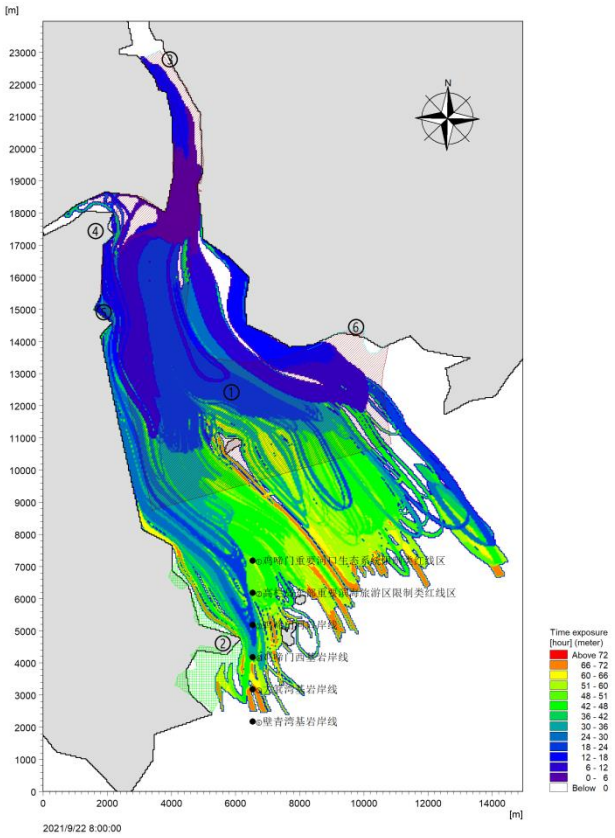


图 7.4-9b 溢油 72 小时油膜暴露时间（S 不利风，涨潮）

表 7.4-5 不同风向、风速情况下溢油漂移距离（km）与扫海面积（km^2）

风向	时刻	风速（m/s）	漂移最大距离（km）	扫海面积（km^2）	首次抵敏感区所需时间 h
NE 向平均风	落潮	2.6	16.7	22.8	溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，不会对自然岸线和其他敏感区造成影响
	涨潮	2.6	14.6	37.8	溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，对鸡啼门西基岩岸线、大箕湾基岩岸线和壁青湾基岩岸线造成一定影响
N 向平均风	落潮	3.9	17.2	29.8	溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，对壁青湾基岩岸线造成一定影响
	涨潮	3.9	16.6	47.1	溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，对鸡啼门西基岩岸线、大箕湾基岩岸线和壁青湾基岩岸线造成一定影响
SE 向平均风	落潮	4.2	14.2	8.3	溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，不会对其他敏感区造成影响
	涨潮	4.2	15.4	9.9	溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，对鸡啼门西基岩岸

风向	时刻	风速（m/s）	漂移最大距离（km）	扫海面积（km^2）	首次抵敏感区所需时间 h
					线和大箕湾基岩岸线造成一定影响
N 向不利风	落潮	13.6	23.5	12.2	溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，会对壁青湾基岩岸线造成一定影响
S 向不利风	涨潮	13.6	17.4	20.3	溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，同时溢油 50 小时后对高栏岛东部重要滩涂及浅海水域生态红线区造成影响，也对鸡啼门西基岩岸线、大箕湾基岩岸线和壁青湾基岩岸线造成一定影响

7.4.3.1 溢油点 B 预测结果

（1）NE 向平均风情况下

NE 向平均风（2.6m/s）落潮发生溢油 72 小时，在风和潮流的共同作用下油膜主体向南方向扩散，南向最远扩散距离为 6.6km，最大扫海面积 3.4km^2。溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，溢油 51 小时后对高栏岛东部重要滩涂及浅海水域生态红线区造成一定影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见**错误!未找到引用源。**。

NE 向平均风（2.6m/s）涨潮发生溢油 72 小时，在风和潮流的共同作用下油膜主体向南扩散，南向最远扩散距离为 11.8km，最大扫海面积 13.1km^2。溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，溢油 50 小时后对高栏岛东部重要滩涂及浅海水域生态红线区造成一定影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见**错误!未找到引用源。**。

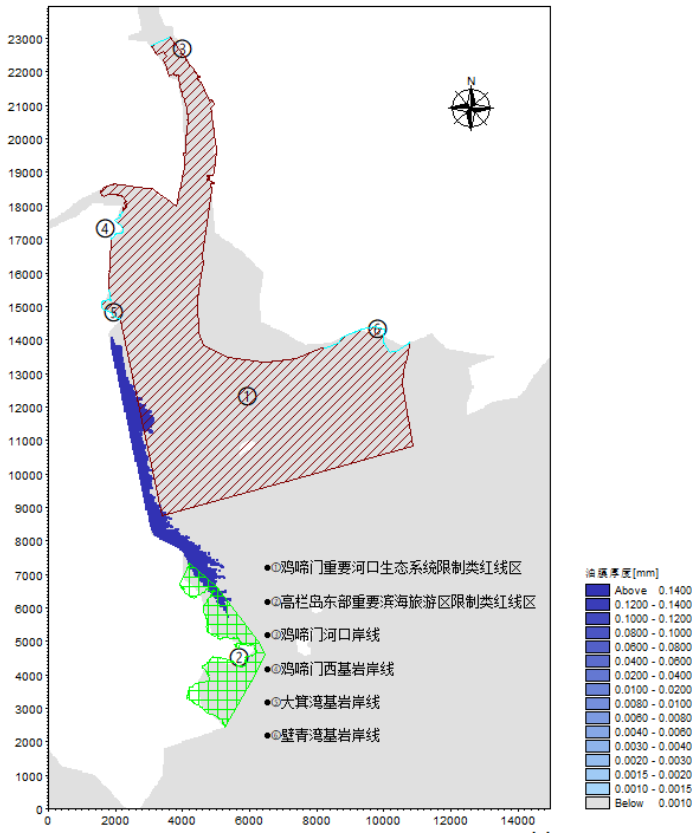
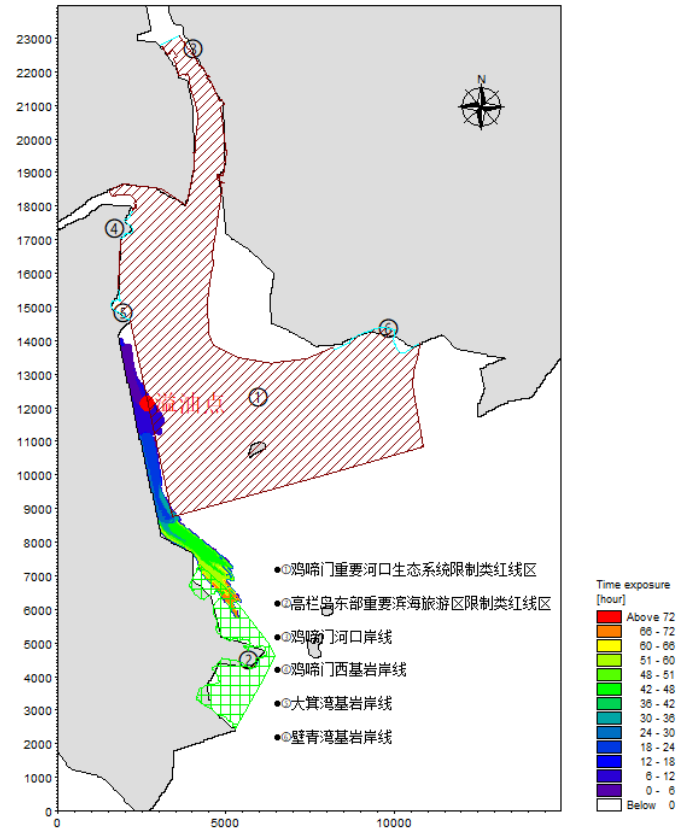


图 7.4-10a 溢油 72 小时油膜扩散范围图（NE 向平均风，落潮）



错误!未找到引用源。**b 溢油 72 小时油膜暴露时间（NE 向平均风，落潮）**

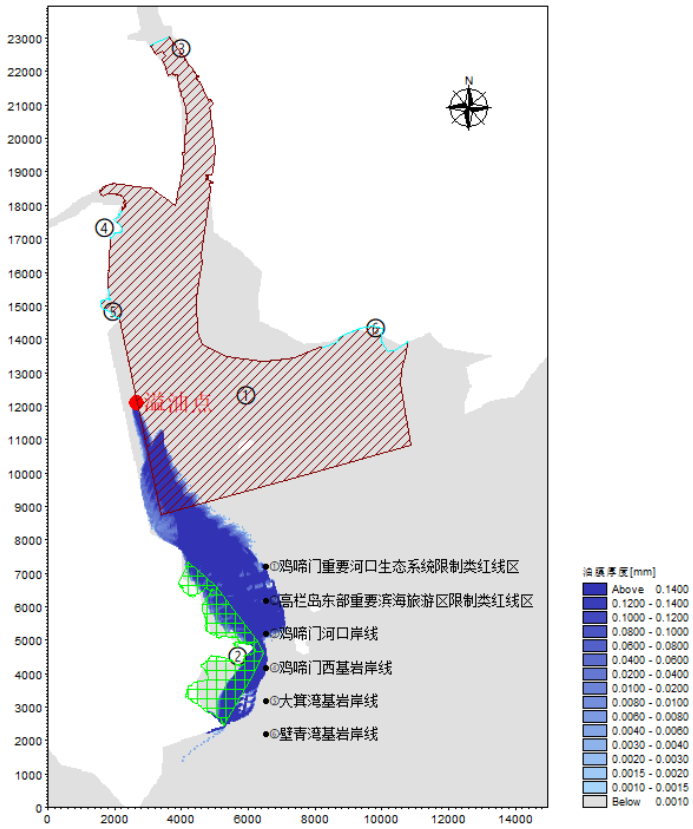
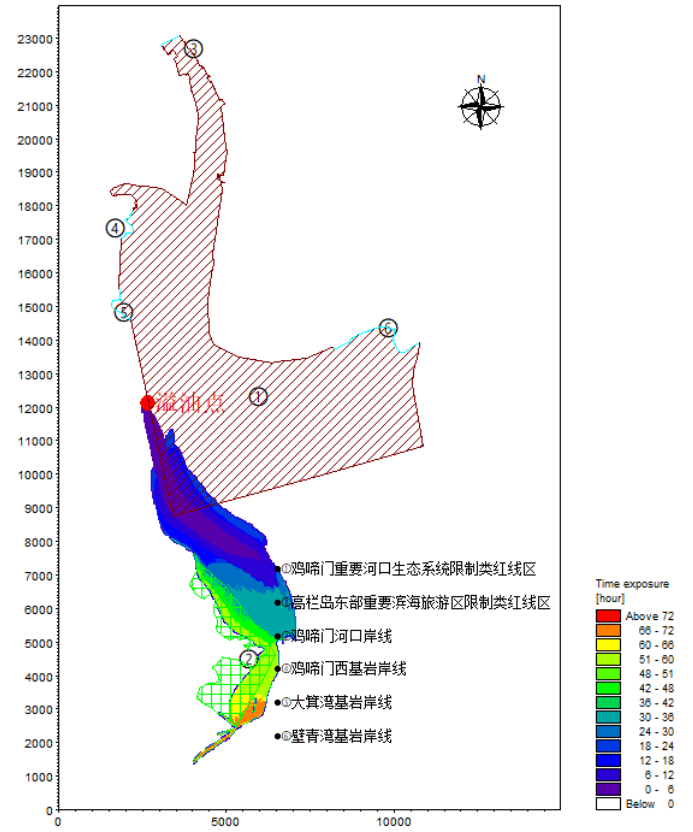


图 7.4-11a 溢油 72 小时油膜扩散范围图（NE 向平均风，涨潮）



错误!未找到引用源。**b 溢油 72 小时油膜暴露时间（NE 向平均风，涨潮）**

（2）N 向平均风情况下

N 向平均风（3.9m/s）落潮发生溢油 72 小时，在风和潮流的共同作用下油膜主体向南方向扩散，南向最远扩散距离为 9.2km，最大扫海面积 10.8km^2。溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，溢油 48 小时后对高栏岛东部重要滩涂及浅海水域生态红线区造成一定影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见**错误!未找到引用源。**。

N 向平均风（3.9m/s）涨潮发生溢油 72 小时，在风和潮流的共同作用下油膜主体向南扩散，南向最远扩散距离为 13.5km，最大扫海面积 15.4km^2。溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，溢油 36 小时后对高栏岛东部重要滩涂及浅海水域生态红线区造成一定影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见**错误!未找到引用源。**。

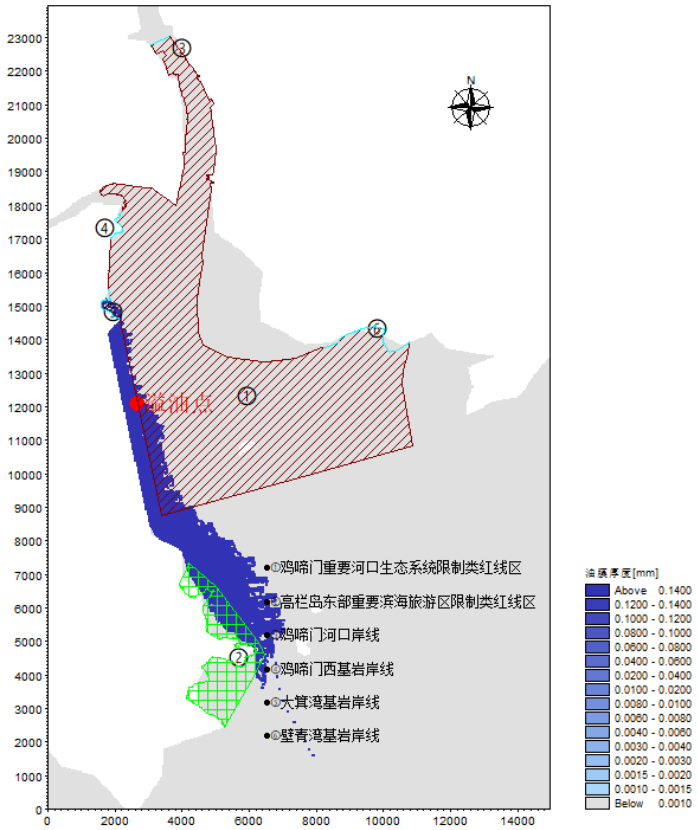
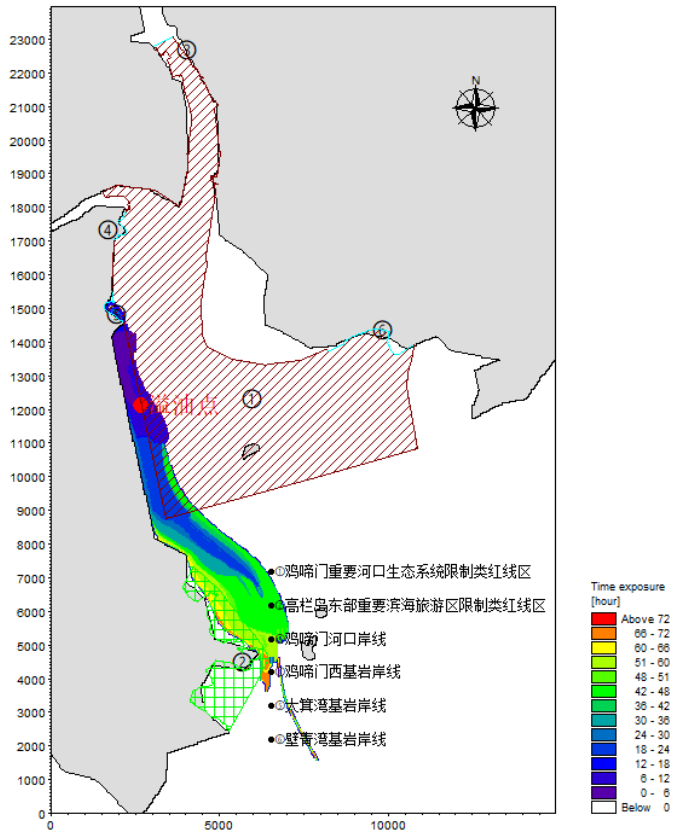


图 7.4-12a 溢油 72 小时油膜扩散范围图（N 向平均风，落潮）



错误!未找到引用源。**b 溢油 72 小时油膜暴露时间（N 向平均风，落潮）**

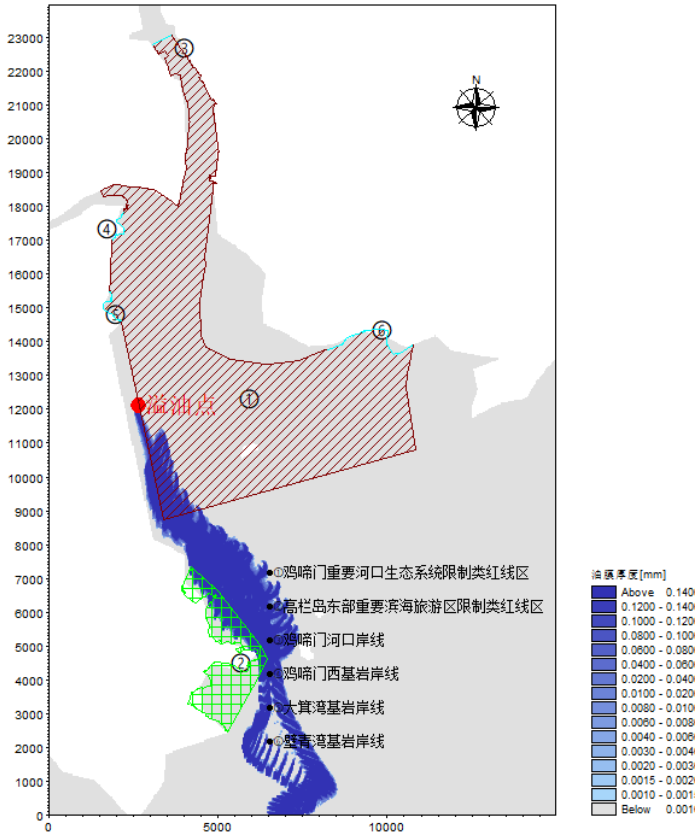
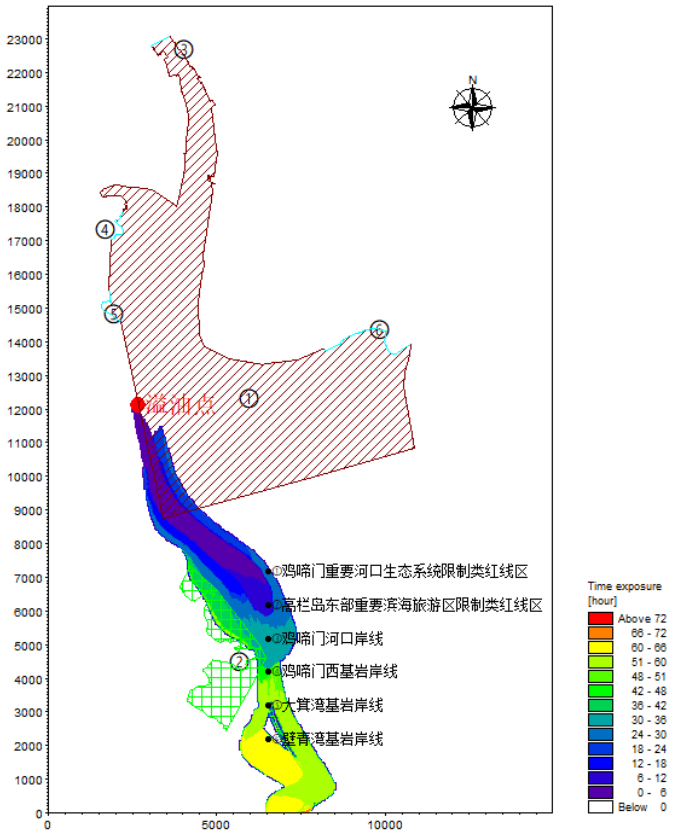


图 7.4-13a 溢油 72 小时油膜扩散范围图（N 向平均风，涨潮）



错误!未找到引用源。**b 溢油 72 小时油膜暴露时间（N 向平均风，涨潮）**

（3）SE 向平均风情况下

SE 向平均风（4.2m/s）落潮发生溢油 72 小时，在风和潮流的共同作用下油膜主体向南方向扩散，南向最远扩散距离为 8.8km，最大扫海面积 6.3km^2。溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，溢油 50 小时后对高栏岛东部重要滩涂及浅海水域生态红线区造成一定影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见**错误!未找到引用源。**。

SE 向平均风（4.2m/s）涨潮发生溢油 72 小时，在风和潮流的共同作用下油膜主体向南扩散，南向最远扩散距离为 12.6km，最大扫海面积 11.4km^2。溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，溢油 24 小时后对高栏岛东部重要滩涂及浅海水域生态红线区造成一定影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见**错误!未找到引用源。**。

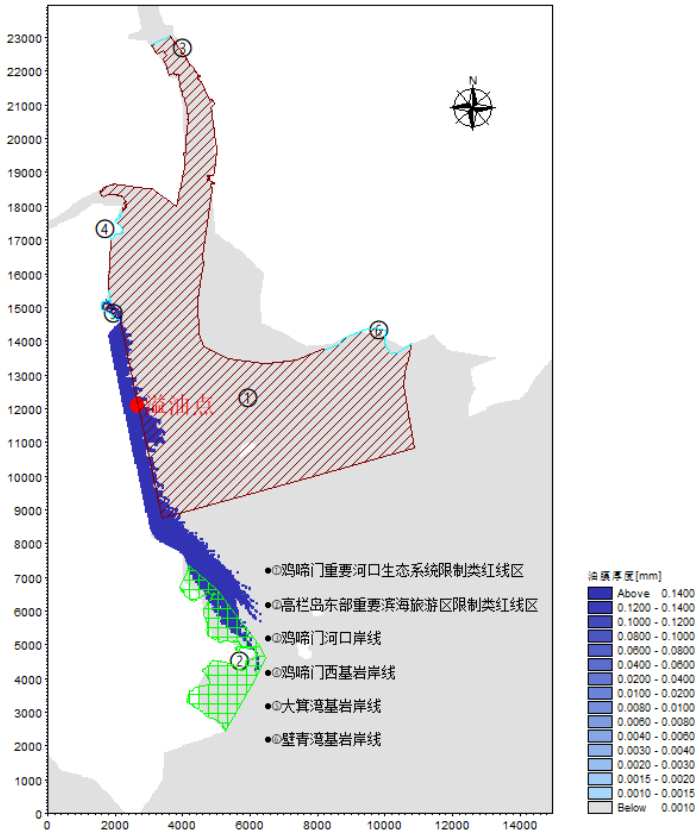
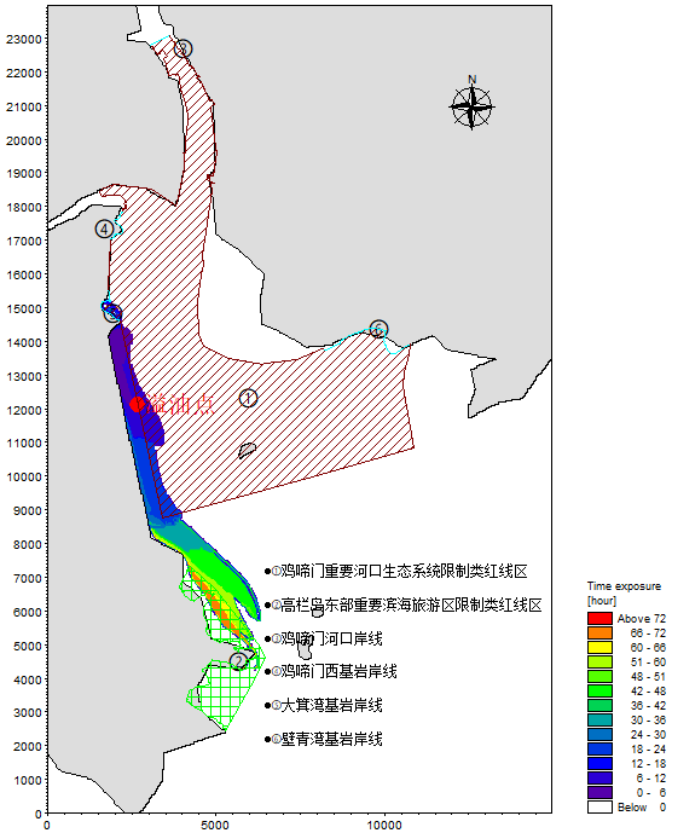


图 7.4-14a 溢油 72 小时油膜扩散范围图（SE 向平均风，落潮）



错误!未找到引用源。**b 溢油 72 小时油膜暴露时间（SE 向平均风，落潮）**

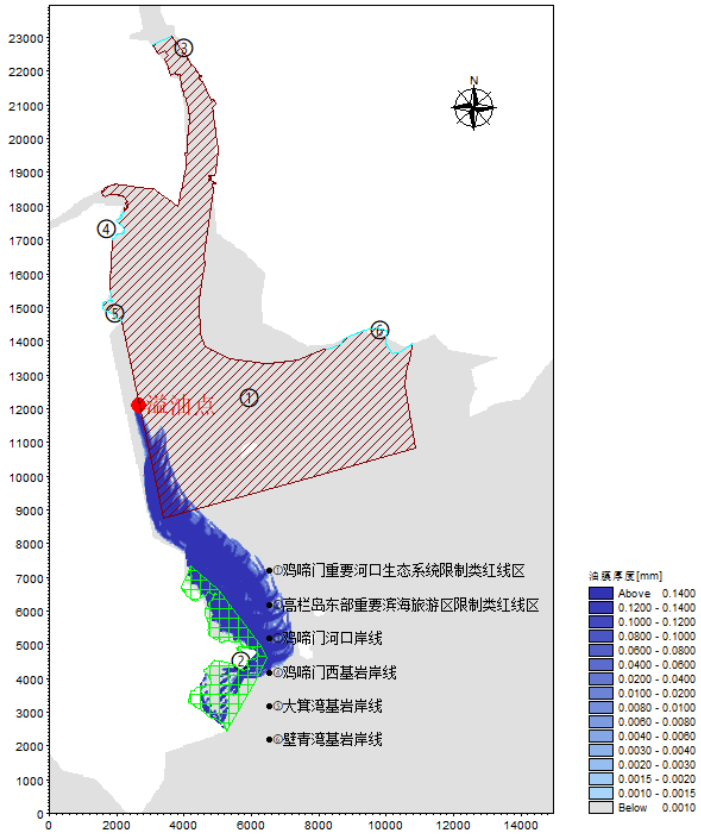
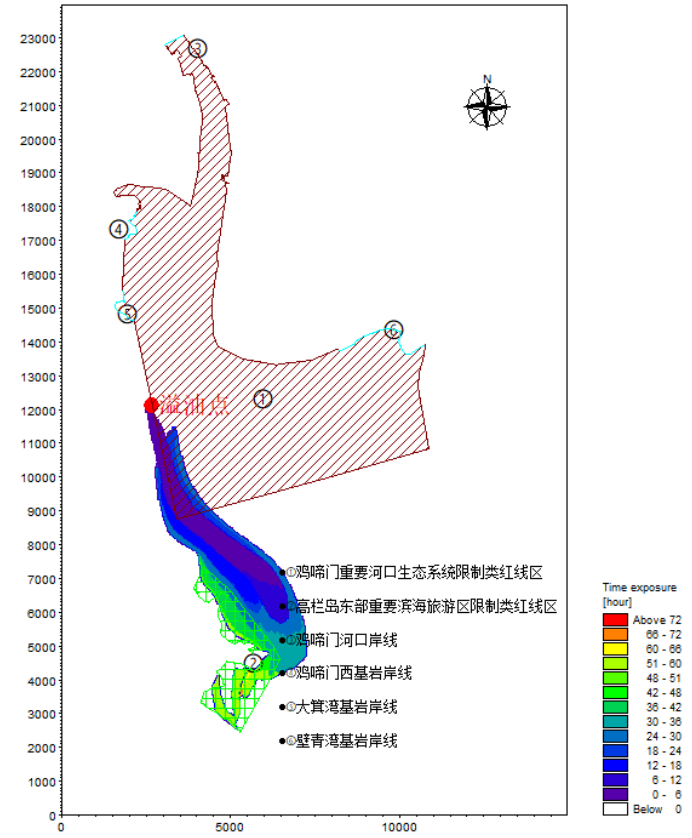


图 7.4-15a 溢油 72 小时油膜扩散范围图（SE 向平均风，涨潮）



错误!未找到引用源。**b 溢油 72 小时油膜暴露时间（SE 向平均风，涨潮）**

（4）N 向不利风情况下

N 向不利风（13.8m/s）落潮发生溢油 72 小时，在风和潮流的共同作用下油膜主体向南方向扩散，但在 8 小时后油膜抵达模型边界区域，南向最远扩散距离为 15.6km，最大扫海面积 3.6km^2。溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，溢油 4 小时后会对高栏岛东部重要滩涂及浅海水域生态红线区造成一定影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见**错误!未找到引用源。**。

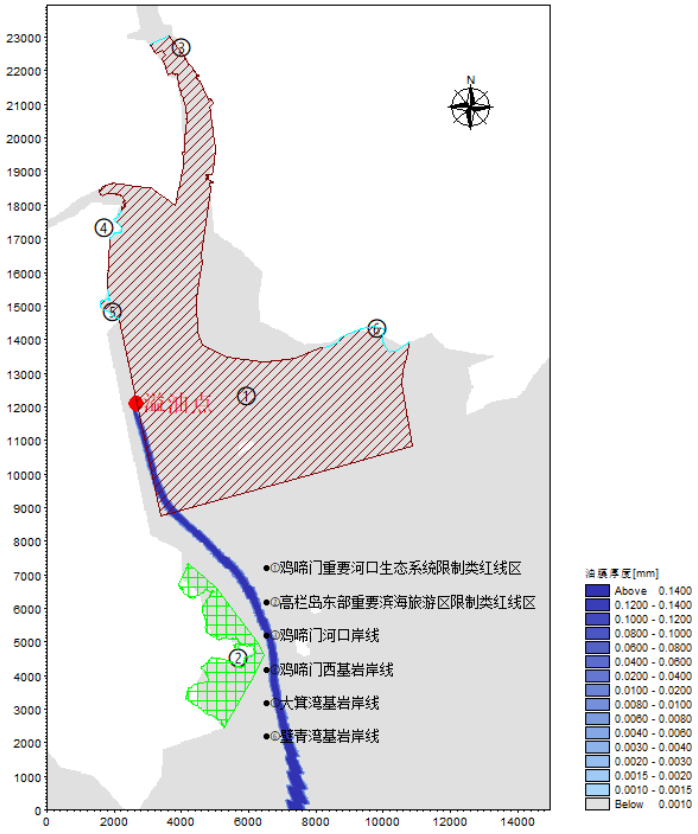
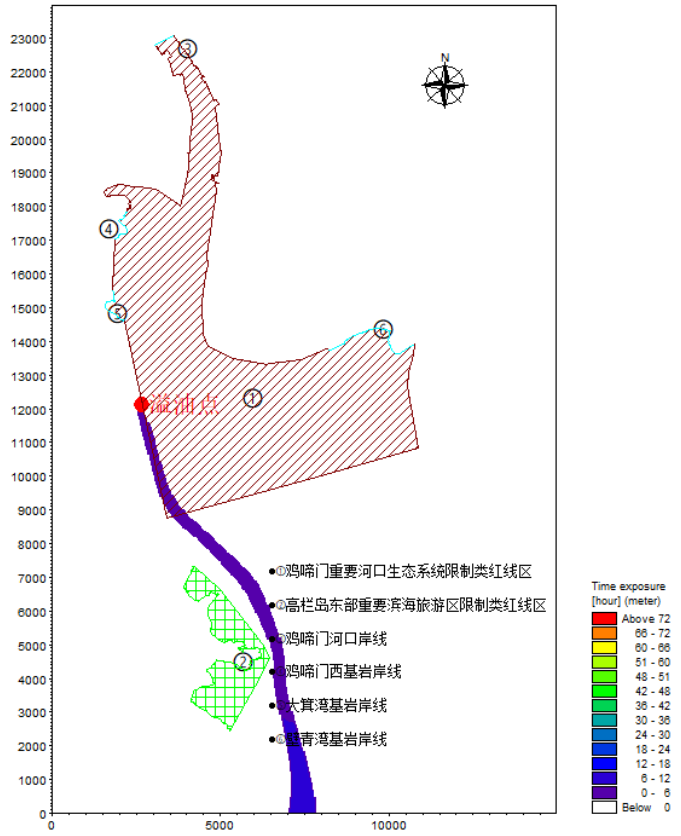


图 7.4-16a 溢油 72 小时油膜扩散范围图（N 向不利风，落潮）



错误!未找到引用源。**b 溢油 72 小时油膜暴露时间（N 向不利风，落潮）**

（5）S 向不利风情况下

S 向不利风（13.6m/s）涨潮发生溢油 72 小时，在风和潮流的共同作用下油膜主体向南方向扩散，南向最远扩散距离为 8.6km，向北扩散 4.6km，最大扫海面积 6.5km^2。溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，溢油 6 小时后对大箕湾基岩岸线造成影响，同时溢油 60 小时后对高栏岛东部重要滩涂及浅海水域生态红线区造成影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见**错误!未找到引用源。**。

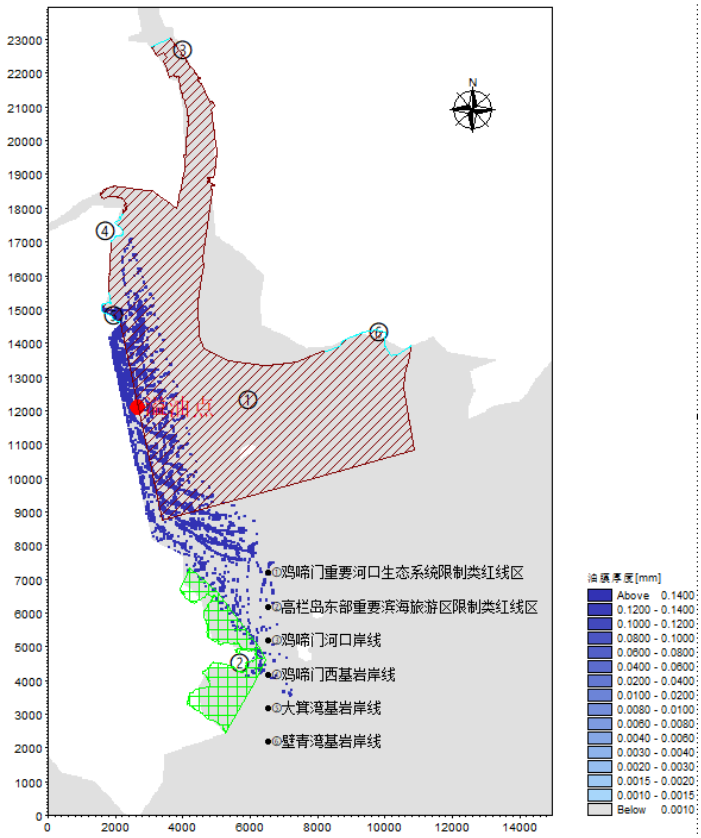
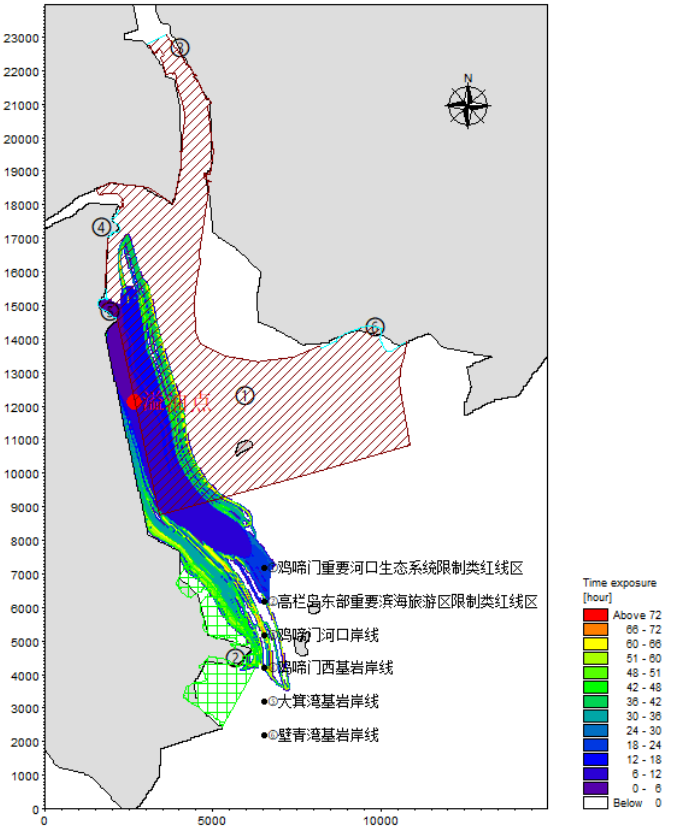


图 7.4-17a 溢油 72 小时油膜扩散范围图（S 向不利风，涨潮）



错误!未找到引用源。**b 溢油 72 小时油膜暴露时间（S 不利风，涨潮）**

表 7.4-6 不同风向、风速情况下溢油漂移距离（km）与扫海面积（km^2）

风向	时刻	风速（m/s）	漂移最大距离（km）	扫海面积（km^2）	首次抵敏感区所需时间 h
NE 向平均风	落潮	2.6	6.6	3.4	溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，溢油 51 小时后对高栏岛东部重要滩涂及浅海水域生态红线区造成一定影响
	涨潮	2.6	11.8	13.1	溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，溢油 50 小时后对高栏岛东部重要滩涂及浅海水域生态红线区造成一定影响
N 向平均风	落潮	3.9	9.2	10.8	溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，溢油 48 小时后对高栏岛东部重要滩涂及浅海水域生态红线区造成一定影响
	涨潮	3.9	13.5	15.4	溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，溢油 36 小时后对高栏岛东部重要滩涂及浅海水域生态红线区造成一定影响
SE 向平均风	落潮	4.2	8.8	6.3	
	涨潮	4.2	12.6	11.4	溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，溢油 24 小时后对高栏岛东部重要滩涂及浅海水域生态红线区造成一定影响
N 向不利风（8h）	落潮	13.8	15.6	3.6	溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，溢油 4 小时后会对高栏岛东部重要滩涂及浅海水域生态红线区造成一定影响
S 向不利风	涨潮	13.8	8.6	6.5	溢油点位于鸡啼门重要河口生态红线区内，溢油后对该敏感区造成影响，溢油 6 小时后对大箕湾基岩岸线造成影响，同时溢油 60 小时后对高栏岛东部重要滩涂及浅海水域生态红线区造成影响

7.4.4 溢油事故对敏感目标的影响分析

无论油膜是否抵达岸边，都会对海洋环境以及渔业产生污染损害，而溢油一旦抵岸将造成岸线的严重污染。研究表明，一旦溢油到达敏感区域会对敏感区域对造成很大损害，敏感区域生态环境将历经几到十几年才能恢复：湿地生态系统的恢复需要约 15 年时间，砂质海滨生态的恢复需要约 3 年时间。

对于施工船舶溢油事故而言，工程附近海域环境敏感区主要有鸡啼门重要河口生态红线区、高栏岛东部重要滩涂及浅海水域生态红线区、鸡啼门河口岸线、鸡啼

门西基岩岸线、大箕湾基岩岸线和壁青湾基岩岸线。一旦发生溢油事故而又没有任何应对措施，油膜在风和潮流的共同作用下将很快抵达敏感区并造成严重污染，需要项目建设单位予以足够重视并采取必要措施确保在环境安全的前提下进行海上施工活动。

表 7.4-7 工程海域施工船舶溢油对周围敏感目标的影响（A 点）

敏感目标	不利条件	最短到达时间（h）	最短到达残余油量（t）
鸡啼门重要河口生态红线区	即时抵达		
高栏岛东部重要滩涂及浅海水域生态红线区	极风 S	50	17.8
鸡啼门河口岸线	无		
鸡啼门西基岩岸线	均风 NE、均风 N、均风 SE、极风 S	8	40.6
大箕湾基岩岸线	均风 NE、均风 N、均风 SE、极风 S	12	36.2
壁青湾基岩岸线	均风 NE、均风 N、极风 S、极风 N	23	32.1

表 7.4-8 工程海域施工船舶溢油对周围敏感目标的影响（B 点）

敏感目标	不利条件	最短到达时间（h）	最短到达残余油量（t）
鸡啼门重要河口生态红线区	即时抵达		
高栏岛东部重要滩涂及浅海水域生态红线区	均风 NE、均风 N、均风 SE、极风 S、均风 N、	4	44.5
鸡啼门河口岸线	无		
鸡啼门西基岩岸线	无		
大箕湾基岩岸线	极风 S	6	38.1
壁青湾基岩岸线	无		

7.5 风险防范及应急措施

7.5.1 自然灾害风险防范对策措施

（1）加强施工时的风险应急工作。收听天气预报，并及时做好防范措施，在台风到来前进行全面检查，对堆放材料进行全面整理，并进行有效地压重和固定，防止台风来到时将材料吹散。

（2）项目应充分利用国家、省、市自然灾害预报预警系统，及时获取气象灾害预警信息，建立完善的气象灾害预警系统和广播系统，准确播报涨落潮时间及重大

天气变化情况，并建立相关工作制度。

（3）建立完善的防灾减灾风险应急体系，指定灾害逃生避难场所，设立事故应急救助设施，建立事故急救点，提高作业人员的防灾意识，开展必要的防灾演习。增加物资储备，防止灾害性天气持续时间长带来的物资短缺等；配备基本的急救设施；若遇上灾害天气，及时做好人员撤离。

（4）目前珠海地区已建有三灶、黄金、黄冲等 4 个一级基本风暴潮站，竹艮、衡山、白蕉和西炮台等 4 个二级基本站，这 8 个基本站在珠海市数百公里海堤上，形成了一道台风暴潮的监测线和情报网。建设单位应加强与有关潮位监测单位之间的联系，掌握不利气象条件下潜在的海洋灾害动态，采取相应的应急行动。

7.5.2 船舶碰撞事故风险防范措施

（1）严控船舶活动海域，设置安全标志

建设单位施工前需向海事部门申请水上作业施工许可证，工程建设应在批准的海域使用范围内进行，工程区域应设置醒目的安全标志。

（2）重视施工管理，响应天气作业

建设单位应加强对施工单位施工作业和船舶机具的管理和监督，施工船舶施工前要向社会发布航行安全通告，严格按照《海上交通安全法》和《海上避碰章程》的规定航行和作业。施工作业应在适航的天气条件下进行。对于灾害性天气，应及时规避，尽可能避免遭遇和对峙，但应做好应急对抗准备。

（3）树立安全观念，远离航行危险

船员在航行中要时刻树立安全第一的观念，保留充分的判断时间和行动时间，不占用其它船舶的航行路线，对相遇的船舶采取宽让及早让的积极态度，与他船保持足够距离，必要时减速、停船以争取判断和行动的时间等，即始终有效地控制船舶处于安全的位置。

（4）提高船员素质，实行值班制度

船员应该具备高超的技术水平、足够的责任心、较强的身心素质，从根本上提升船员的整体素质。定期对船员进行技术培训、对海员进行专业知识、信息能力、法律知识以及管理能力等方面的培训。安排人员在航行过程中进行值班，观察仪器和周围环境，做好时刻应对突发情况的准备，担负起安全航行的职责，同时实行轮班制保障值班人员在值班前有充足的睡眠及休息，让其能保持时刻清醒，需要长时

间手操舵时应有两名舵工轮流操舵，同时正规瞭望，对发生的危机做出正确的判断与对策。

（5）遵守航行规则

航行规则是避免船舶碰撞的“游戏规则”，包括船务公司的航行规则、船员的值班规则、定线制、内河避碰规则、地方航行规则、分道航法等，这些都是避免船舶碰撞的专业技术行为的约定，以建立航行“安全秩序”，必须严格遵守，避免船舶行进冲突造成碰撞。

（6）正确使用航行仪器

船舶驾驶台有很多精密仪器，有不同的用途来保证航行途中的安全，所以船员必须严格按照规定正确地去使用这些仪器，将它们的功效发挥到极致。驾驶人员务必严格遵守海上避碰规则中有关使用雷达的规定，当使用 VHF 通信与来船协调避让行动时，应持谨慎态度，重复通话应清晰，完整，不可单方采取避让行动后依赖 VHF 要求他船服从本船的指挥。

（7）制定应急计划，健全应急演习制度

制定应急反应计划，应急反应计划应明确人员职责和关系，应急响应程序清楚，计划应包含货物移动和船舶横倾、机电失灵、船舶破损和船舶进水、灭火时积水处理、溢油处理等单项。施工前开展事故演练和安全警示技能培训，开展仿真模拟事故现场应急训练，使船员综合运用有关知识和技能，熟悉群体配合。

7.6 风险事故应急预案

7.6.1 区域溢油应急预案

2017 年 2 月，为防止珠海市沿海和内河地区溢油和危险化学品泄漏等水运污染事故及其污染损害，保护生态环境和资源，珠海市人民政府于批准实施了《珠海市船舶污染事故应急预案》，该计划适用于发生在珠海水域内或发生在珠海水域外可能影响珠海市管辖水域的船舶污染事故，包括船舶在航行、停泊、装卸及其它作业中发生的污染事故。

（1）应急组织机构

船舶污染事故应急指挥中心；

船舶污染事故应急指挥中心办公室。

（2）应急组织机构职责

船舶污染事故应急指挥中心：制定完善珠海市处置船舶污染事故应急预案；初步确定珠海市特大和重大船舶污染事故等级与预警级别，报上级部门。宣布现场应急响应的启动和终止，组织成立相应现场指挥部；统一组织、指挥和协调辖区范围内船舶污染事故（险情）应急处置工作；决定向省政府、部队请求救助力量；按照上级要求，组织力量积极参与跨区重特大事故的应急工作。

船舶污染事故应急指挥中心办公室：贯彻落实本预案和中心领导的工作部署；确定珠海市较大和一般船舶污染事故等级与预警级别，应急响应的启动和终止，组织成立相应现场指挥部；具体组织、指挥、协调各方面力量处置污染事故；做好事故险情、应急抢险信息的上传下达；保持与有关应急成员单位的沟通与联系，掌握应急资源；组织相关单位和人员进行专业培训和演练；检查督促有关单位贯彻落实本预案的相关工作；组织对本预案的修订工作。

（3）预警与报告

按照珠海船舶污染事故可能造成危害的严重程度和影响范围，将预警级别分为四级：即一般（Ⅳ级）、较大（Ⅲ级）、重大（Ⅱ级）、特别重大（Ⅰ级）预警，依次用蓝色、黄色、橙色和红色表示。

当船舶发生污染事故或可能引发污染事故时，事故当事人或发现事故人员应通过一切可能的手段向船舶污染事故应急指挥中心报告。值班员根据报告，填写《船舶污染事故报告表》，并进一步跟踪、收集有关信息和了解最新情况。根据初始评估，对照险情等级的标准，初步确定相应的险情等级并按规定上报相关部门或通报。

（4）应急响应与处置

1）应急响应

船舶污染事故发生后，事故方立即启动相应的应急预案做出相应的应急反应行动，迅速、有效地实施先期处置。

船舶污染事故应急指挥中心办公室根据初步评估险情等级，报请相应级别的应急总指挥，由总指挥或其指定人宣布启动应急预案，成立应急工作现场指挥部、应急行动组，指定现场总指挥。同时，中心办公室根据需要，通知应急救援成员单位和应急救援队伍开展应急工作或待命。当出现重大及以上险情时，除启动本预案以外，应及时报请上一级应急救援指挥机构启动上一级应急预案实施救援。

2）应急处置

根据船舶污染事故处置需要，适时启动相关应急行动组，开展应急处置行动。应急行动组由 12 个小组组成，各司其职，展开应急工作。

①综合协调组：负责应急处理工作的总体协调，及时向应急总指挥报告相关情况，执行并传达应急总指挥指令。

②水上救援与清污组：在现场总指挥的统一组织、指挥下，实施现场应急救援和清污工作。具体负责污染源控制；预控火灾、爆炸等衍生事故；污染物的围控清除；遇险人员救助等。

③陆上清污组：清除事故造成污染的岸滩；协调有关单位对回收的废弃物进行处理。

④警戒监测组：在现场总指挥的统一组织、指挥下，实施现场警戒和监测，及时向现场总指挥报告相关情况。具体负责发布航行通（警）告；向可能遭受污染损害的单位发布预警信息；组织调动船艇在事故水域实施交通管制；对事故污染动态进行空中遥感监视和巡逻舰监视；对事故水域的水质、有害有毒气体的浓度进行布点监测；发现和跟踪事故动态，为制订现场应急救援方案和事故调查提供参考。

⑤专家咨询组：负责对险情进行分析、评估，提出应急处置建议，提供科学决策依据，对预案的实施、终止提出建议。较大以上等级的船舶污染事故，每日均需要根据应急行动进展情况对应急行动效果进行评估，提出改进措施，保障应急行动高效进行。各种评估的内容要素应按有关规定及时上报，重大情况必须立即报告。

⑥事故调查组：组织有关专家和调查人员对事故有关当事人进行调查，并做好询问笔录；开展事故船舶的现场勘察，并做好勘察记录；收集有关当事船舶相关物证，提取痕迹，并做好有关送检工作；调查取证结束后，进行事故原因分析，并编写事故调查报告。

⑦法律支持组：负责对应急处置工作所涉及的法律问题进行研究，提供法律支援，处理涉及应急工作的诉讼问题。在预案启动后，向清污、救援、后勤等应急参与单位和队伍传达证据材料收集、保存的具体要求，指导各成员单位按各自的职责做好事故造成的损伤、损害等情况的取证工作；收集、整理、核实应急参与单位和队伍的证据材料。

⑧治安救助组：负责事故险情相关陆域的治安警戒；协助组织相关区域人员和设施的疏散、撤离、隔离；负责陆上交通的疏导工作，保障应急救援交通畅通，必

要时实施道路交通管制。

⑨医疗救护组：开辟船舶污染事故紧急绿色通道，组织医疗救护人员赶赴现场，及时抢救、转移伤员，调动医疗人员、器械、药品参加抢救。

⑩新闻发布、宣传组：负责组织对险情信息的发布；做好与新闻单位的联络、协调等工作。

⑪后勤保障组：安排应急需要的交通工具，确保能随时听从指挥部的调遣；开展清污工作所需要紧急物资的调配；对伤亡人员进行运送；为清污搜救人员提供生活保障。

⑫善后处理组：安置遇险或受伤人员；对死者尸体进行登记和妥善处理；安排伤亡家属接待处，做好接待和安抚伤亡家属及维持现场秩序的工作。

7.6.2 企业溢油应急预案

根据《珠海市船舶污染事故应急预案》要求，当发生船舶污染事故发生后，事故方应立即启动相应的应急预案做出相应的应急反应行动，迅速、有效地实施先期处置。建设单位应制定完善的应急预案，针对施工期可能发生的各类环境风险事故，明确应急组织机构、职责、应急启动及报告程序、污染事故先期处置方法，并配备一定的应急物资。本评价报告提出的溢油应急预案，是针对本章内容提出的溢油风险防范，不代替业主单位的应急预案报告的编制内容。本小节的应急预案主要包括应急机构建立、应急响应通知程序、应急措施、应急物资配备及与相预案的衔接建议。

（1）应急机构及职责

建设单位应成立专门的污染事故应急指挥领导小组，小组由总指挥、副指挥、现场指挥组成：下设风险防范应急小组。当现场发生重大事故时，以指挥领导小组为领导核心，应急小组为救援骨干，负责污染事故的先期处置。

指挥领导小组的职责：负责应急预案的制订；组建风险防范应急小组，并组织培训、演练和实施；检查督促做好施工期环境风险事故的预防措施和应急救援的各项准备工作。

指挥部的职责：发生事故时和事故处理完毕后，发布和解除应急响应命令、信号；组织应急队伍实施救援行动；向上级汇报和邻近单位通报事故情况，必要时向有关部门单位发出救援请求；组织事故调查，总结应急处置工作经验教训。

应急小组的职责：各小组全体人员都负有事故应急救援的责任；担负污染事故的现场救援以及尽最大努力防止污染扩散，将污染危害程度在最短时间里控制在最小范围内。

（2）事故报告

应急响应通知程序主要包括：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。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、环保部门等部门。

（3）应急措施

一旦船舶发生碰撞发生油泄漏时，要及时在四周布设围油栏，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，然后消油剂进行分散乳化处理，破坏油膜，减轻其对海域的污染。

有条件情况下，要用最快的办法将船舱内的油品用泵输送、转移到他船中，防止事故蔓延或扩大。

组织织抢险队和救护队迅速奔赴现场抢救伤员。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。

（4）应急物资

由于本工程自身不存在重大风险源，因而应急设备考虑主要依托社会力量。但考虑到项目处于海洋生态红线区，区内水生态环境现状较差，属于典型的生态环境脆弱区域，一旦发生溢油将对红线区内海洋生态环境造成极其恶劣的后果。因此，建议本项目配备一定的应急资源，如吸油毡、消油剂等，发生事故后，能够第一时间进行现场处置，从源头降低溢油污染影响。

（5）与政府级相关应急预案衔接

预案的编制过程应充分考虑与地方相关应急预案的衔接，重点是与《珠海市船舶污染事故应急预案》的衔接，将本项目施工期船舶溢油应急反应体系纳入珠海市防污应急体系，建立应急联动机制。

7.6.3 溢油应急处理方法

溢油处理方法很多。针对海上的溢油应急情况可选择一些溢油控制方案，但必

须考虑到所需设备、环境因素的影响，因此要注意优先权的选择。针对本项目，考虑到项目区处在河口区，水生态环境相对脆弱，通常可选择的措施有围控和机械回收、吸油毡吸油 等。

①围控和机械回收

燃料油溢到水面后，自身重力和风、流以及其他因素的作用下会迅速扩散和漂移。因此，溢油应急反应的首要任务是尽快采取有效措施，控制溢油，阻止其进一步扩散和漂移，以减少水域污染范围，减轻污染损害程度。这种将溢油控制在较小范围并阻止其进一步扩散和漂移所采取的措施称为溢油围控。

围油栏对溢油的围控、导流和防范作用，要通过适当的布放形式来实现。在开阔水域布放围油栏，主要采用两船拖带和三船拖带方式，具体还要根据实际情况而定。

a.两船拖带之“J”型

如图 7.5-1 所示，这种形式需要用两艘船。一艘作为主拖船，用于拖带围油栏较短的一端，同时存放所需的回收设备和回收作业人员；另一艘作为辅拖船，用于拖带围油栏较长的一端。围油栏的长度需要 200-400m。从主拖船至 J 形底部之间围油栏的长度为 20-40m，撇油器放置在 J 形的底部。围油栏要尽可能紧靠在主拖船的一侧（10-20m），以便于撇油器或其它回收设备的操作。

为了获得并保持理想的围油栏底部形状，可以通过拉动连接围油栏与船舶之间的绳索，对围油栏底部的形状进行适当的调整。

在进行两船拖带作业时，一般情况下，主拖船为指挥船，主拖船应根据溢油围扫情况及时、准确地向前面的拖船发出指令，拖船应注意随时与主拖船良好的通信联络，严格按照指令及时调整航向和航速，只有这样才能时刻保持良好的 J 型围扫形式，达到理想的溢油回收效果。

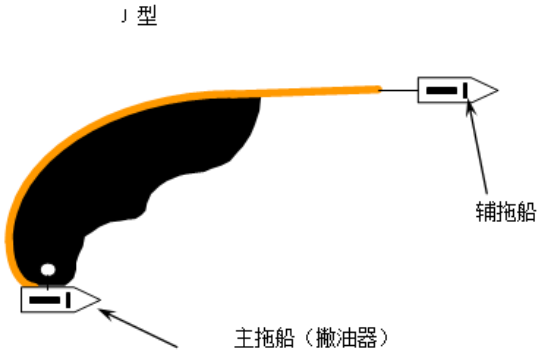


图 7.5-1“J”型拖带

b.两船拖带之“U”型

如图 7.5-2 所示，U 形拖带由三艘船来完成。拖带时，在前面两艘拖带船同时并进的同时，第三艘船舶则应根据两艘拖船行进的速度，始终处于 U 形的底部外侧，利用撇油器对 U 形底部聚集的油膜进行回收作业。此种形式的围扫作业，回收量较大。

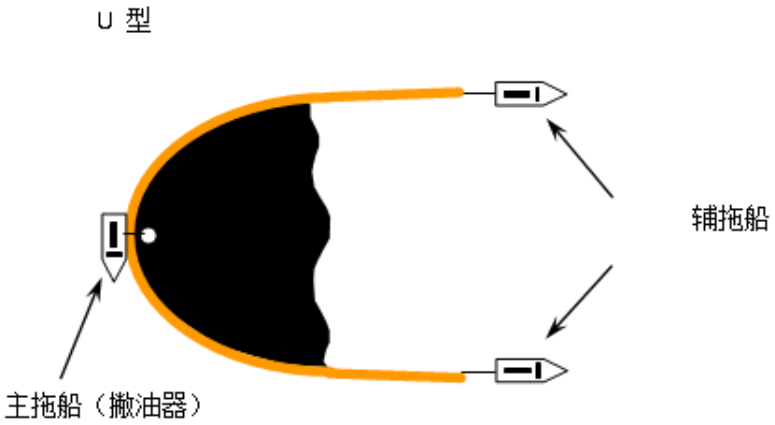


图 7.5-2“U”型拖带

②吸油毡吸油

吸油毡（也称吸油毛毡），有吸油倍数高、不松散、吸饱油后不变形、易打捞等特点，吸油毡经挤压后可回收重复使用，不会造成二次污染。

使用吸油毡时，操作人员可以在船上或岸上向水面抛洒。最好能将吸油毡直接投放在溢油上，尽量向溢油多的地方投放，并且最好加以搅动以便吸收更多的溢油。投放吸油毡应适量，使吸油毡处于吸油饱和状态。吸油毡的吸油量达到饱和后，应尽快捞出水面，避免长时间停留在水中。使用吸油毡时，不能同时使用溢油分散剂，以免降低吸油毡的吸油能力。溢油事故发生后，应依据溢出油量、海况与气象，流速与流向、及时使用和及时回收吸油毡，少量吸油毡可乘小船人工捕捞。投放吸油毡数量大时，可用作业船拖带网袋进行回收。

7.6.4 溢油应急设备资源

7.6.4.1 区域溢油应急设备资源

目前珠海辖区主要应急设备资源十分丰富，如下表 7.6-2 所示。

7.6.4.2 企业自备溢油应急物资

本项目仅施工期存在船舶碰撞溢油污染事故，但考虑到项目区位于“鸡啼门重要河口生态红线区”，且邻近“高栏岛东部重要滩涂及浅海水域生态红线区”，一旦发生溢油污染事故，若没有任何应对措施或应急响应速度不及时，将对周边海洋环境及滩涂环境造成严重影响。基于以上分析，本次评价要求建设单位在购买应急服务的基础上，自行配备一定的应急物资，以应对溢油事故发生后的先期处理。

参考《港口码头水上污染事故应急防备能力要求》（JT/T 451-2017）相关规定，本项目施工期项目海域的溢油应急防备目标确定为 5t。建议配备吸油毡、储存筒及围油栏。

吸油毡、储存筒配备数量参照《港口码头水上污染事故应急防备能力要求》表 7 配备。

围油栏数量参照《船舶溢油评估能力技术导则》（JT/T 877-2013）4.2.2 中溢油源围控的为围油栏数量计算公式进行核算，公式如下：

$$L \geqslant 3 \times （B + W） \times N_1$$

式中：B--最大船型的船长，结合本项目施工船舶配备情况取最大设计船长，约 50m；

W--最大施工船型的船宽，取 10m；

N_1-布设围控的围油栏层数，取 1。

经计算，本项目针对施工期溢油源围控的围油栏数量最低需求为 180m。

综上，建议本项目施工期自备溢油应急物资见表 7.6-1。

表 7.6-1 企业自备基本溢油防备物资建议表

应急物资名称		数量
吸油毡	数量（t）	0.2~0.5
临时储存容器	有效容积（m^3）	0.4~1.0
围油栏	数量（m）	180
配套工属具	/	钩杆、轻便喷洒装置、人员防护装备等

表 7.6-2 珠海市船舶污染事故应急力量一览表

单位名称	负责人	联系方式	设备名称	设备型号	数 量
珠海船舶溢油应急设备库	王仕云	3338641 13702768187	快布放围油栏	MK-E	400 米
			防火围油栏	WGJ900H	1000 米
			充气式围油栏	WQJ1500/WQJ2000	1400 米
			岸滩围油栏	WQV600T/WQV900T	1000 米
			真空收油机	Mini Vac/ ZK20	6 套
			小型收油机	Komara 30	2 套
			中型收油机	MultiSkimmer LMS/GTA 50/70	3 套
			动态斜面收油机	DIP402/DXS30	5 套
			转盘式收油机	ZSJ30	4 套
			堰式收油机	YSJ30	4 套
			普通浓缩型消油剂	GM-2 浓	3 吨
			生物消油剂	WP-J-Y02	5 吨
			凝油剂	索科罗	2 吨
			吸油毡	PP-2	7 吨
			吸油拖栏	XLT-Y220/ XTL-220Y	800 米
珠海中燃石油有限公司	张金明	13702940402 0756—3231322	围油栏	浮子式	1180m
			收油机	395FB	1
			消油剂		520kg
			吸油粘		400kg
珠海经济特区华南联合	李学文	13823062900	围油栏	FTW600	2000 米

单位名称	负责人	联系方式	设备名称	设备型号	数 量
石油有限公司		0756-7268412	转盘式收油机	ZS20	1 台
			消油剂	GM-2	1 吨
			吸油毡	PP-2	1.5 吨
中化珠海码头	杜国盛	0756-59568971	围油栏	浮子式围油栏	1600 米
			围油栏	耐化学品	800
			围油栏	FW 型防火	200
			消油剂	环保型	3 吨
			收油机	ZSC40	1 台
			吸油毡		3 吨
珠海恒基达鑫国际化工仓储股份有限公司	贺广武	13923361873	围油栏	GW900/ GW1100/ GW750	3500
			消油剂	GM-2	3.2 吨
			收油机	2SS	2 台
			吸油毡		4 吨
广东省粤电集团公司珠海发电厂	许奕照	13702769757 7776787	固体浮子 PVC 围油栏	WGV900	800 米
			溢油分散剂	富肯-2 号	1 吨
			吸油毡	PP-2	1 吨
			吸油毡	PP-1	1 吨
龙基油库码头	陈科夫	5780048 13602879116	围油栏	PVC-900	500 米
			消油剂	GM-2 型	375 公斤
			吸油毡	PP-2	1 吨
			收油机	S15	1 台

7.7 环境风险综合分析评价

本工程主要的环境风险源是施工期船舶溢油造成的水上溢油污染，风险物质为船舶燃料油。经分析，最可能发生的船舶污染事故的溢油量约为 50 吨。根据溢油数值模拟结果，在选定的典型情境下，溢油事故发生后，鸡啼门重要河口生态红线区和高栏岛东部重要滩涂及浅海水域生态红线区很快将受到溢油污染影响。建设单位在落实报告书提出的风险防范和应急措施，配备满足先期处置能力所需的应急物资，编制溢油应急预案并加强日常培训和演练的前提下，可以有效降低溢油事故发生概率和污染后果，将溢油风险控制在环境可接受范围内。

8 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，使其不超过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。

8.1 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。

8.2 污染物总量控制方法

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。

8.3 污染物排放总量控制指标的建议

本项目是海洋生态修复工程，施工完成后无生产性工艺，无污染物产生。

项目施工期船舶机舱油污水和生活污水排至岸上接收处理设施，交由有资质单位统一接收处理。陆上施工场地生产废水经隔油、沉砂处理后全部回用，生活污水经一体化处理设施处理后全部回用，无外排废水。

项目施工船舶、车辆产生尾气量较少，均为无组织排放，施工海域和陆上施工布置区场地废气扩散条件较好，对环境空气影响较小。

因此，本项目无需申请水污染物、大气污染物总量控制指标。

9 环境保护对策措施

9.1 污染环境保护对策措施

9.1.1 降低悬浮物影响的措施

（1）施工前结合项目自身施工进度，合理安排施工整体进度计划，优化调整各施工作业面的布置，将重点悬浮沙产生环节尽量安排在风浪相对小、潮流相对弱等不利于悬沙扩散的潮期内。如抛石施工尽量避开高水位，选择低潮期施工。

（2）制定好施工主要节点流程图。项目涉海工程施工时，针对施工对海洋环境扰动相对较大的作业环节（如仿岩质潮间带抛石作业）优化施工工艺，控制施工强度，最大程度降低悬浮沙入海增量。

（3）强化施工作业规范性，尤其是模袋砂充填及砂肋软体排灌砂作业时，应严格要求施工单位按照作业规程施工，避免因施工单位的不规范操作造成物料泄漏入海。红树林监测栈道基础施工前先行完成松木桩围护，松木桩压入时不可敲击振动，按作业流程选择低潮期缓慢平压。

（4）工程施工作业期间应同步进行监测，并利用监测结果反过来约束工程作业，尽量减少施工对海洋生物所产生的影响。

（5）提高防患意识，尽量避免不利天气条件下进行施工，在恶劣天气条件下，应提前做好安全防护准备工作。

9.1.2 水污染物防治措施及可行性

9.1.2.1 水污染防治措施

（1）海域污废水防治措施

1）施工期间作业船舶含油污水，遵照《船舶水污染物排放控制标准》要求，船舶油污水统一收集在作业船舶上，待船舶靠岸后交由有处理能力的单位进行接收处理，严禁船舶含油废水向施工海域排放；

2）水上作业时，各类工程船、锚艇等施工船舶上作业人员产生的生活污水，需统一收集运至岸上后交由有处理能力的单位进行接收处理。

3）船舶水上作业和航行期间，应及时清理甲板残油，定期维护船载机械设备，

防止残油、机油滴漏入海，建议采用锯末或棉纱吸净残油后，统一收集含油废物，严禁向海排放任何油类物质。

（2）陆域污废水防治措施

1）对临时施工区生产废水，在施工场所设置污废水收集和处理系统，设置简易沉砂池和隔油池，生产废水经隔油、沉淀处理满足《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中相应标准要求后，回用于临时施工布置区洒水抑尘、道路清洗及车辆冲洗等用水，不外排。根据初步设计方案，简易沉砂池和隔油池暂定按每个施工生产区设置 1 个考虑。

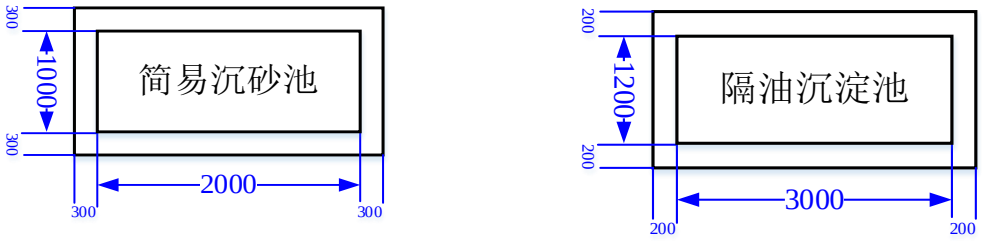


图 9.1-1 生产废水处理构筑物池体设计示意图

2）对临时施工区生活污水，拟在施工区设置生活污水一体化处理设施，生活污水处理达标后回用于厂区洒水降尘，不外排；根据初步设计方案，拟采用厌氧生物膜池处理生活区的生活污水，并回用于场地洒水。工艺流程见图 9.1-2。

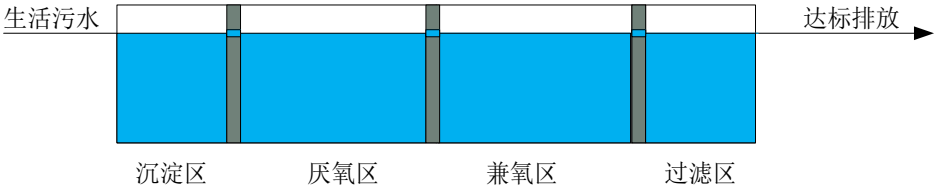


图 9.1-2 厌氧生物膜池工艺流程图

根据初步设计方案，施工现场仅设置简易机修区，仅进行中小型施工机械及汽车的小修及保养。根据工程分析，施工场地生产废水产生量约 5m^3/d，主要污染物为悬浮物和石油类；生活污水产生量约 18.4m^3/d，主要污染物为 COD、氨氮等。工程拟设置的生产废水处理构筑物及生活污水一体化处理设施能够处理需求。

3）建议加强对污水处理设施的维护管理，加强对沉淀污泥和隔油油脂的外运处理，不得随意丢弃。

9.1.2.2 水污染防治措施可行性

作业船舶含油污水，统一收集在作业船舶上，待船舶靠岸后交由有处理能力的单位进行接收处理，符合《船舶水污染物排放控制标准》要求，处理措施可行，不会对海域环境造成不利影响。

陆域施工场地废水拟处理后全部回用于场地洒水抑尘。工程施工场地临时占地总面积为 8939m^2，其中建筑占地面积 5971.2 m^2，场地洒水面积按 2970m^2 计，洒水量按 3L/m^2·d，施工高峰期日洒水次数按 3 次计，则日洒水需求量 26.73m^3。陆域施工场地生产废水 5m^3/d，采用简易生产废水处理构筑物处理后能够满足场地洒水水质要求，生活污水 18.4m^3/d，采用厌氧生物膜池工艺进行处理，目前厌氧生物膜池广泛用于处理农村、小城镇生活污水，处理后能够满足施工场地洒水水质需求。综上，施工场地作业高峰期日处理污废水量约 23.4 m^3，能够满足场地洒水量及水质要求，水污染防治措施可行。

9.1.3 大气污染防治措施

（1）施工期船舶应使用轻柴油燃油，保持船舶燃油发动机的良好性能，建议使用硫含量不大于 0.5%m/m 的船用燃油，确保尾气中硫氧化物和颗粒物排放控制达标；

（2）优化施工船舶调度，在满足施工需求及通航安全的条件下，尽量减少同时参与作业船舶数量，提高作业船舶使用效率，以此减少船舶柴油机废气排放量；

（3）加强施工的科学化调度安排，提高车辆的工作效率，尽可能减少空车行驶；选用低能耗、低污染排放的施工机械和车辆，加强机械和车辆的管理和维护，减少因机械和车辆状况不佳造成的空气污染。不得使用劣质燃料，以减少尾气中有害成分的含量；

（4）严禁建材和沙土运输车超载，对运输车辆的物料进行遮盖措施，以防止在运输途中遗洒。定期清洗运输车辆轮胎，对施工场地和汽车行驶的路面经常洒水，一般每天可洒水 4~5 次，以减小车辆运输扬尘起尘量和影响范围；

（5）场地土方平整作业时洒水以保持一定的湿度，施工过程中对场地内松散、干涸的表土，也应经常洒水防治粉尘，施工完成后回填土方时，在表层土质干燥时应适当洒水，防止粉尘飞扬。

（6）在施工过程中，主要施工现场应当设置不低于 2.5m 的硬质材料连续围

挡；施工围挡底部需设置砖砌基础底座；

（7）施工阶段，对易散失冲刷的物料应不能在露天堆放，尤其在大风的天气，应有防尘网覆盖。此外，对易起尘的材料不应堆放在露天，而应加盖篷布或库内堆放，施工区内建筑物结构施工时立面用草席及安全网全封闭围护。

9.1.4 噪声污染防治措施

（1）加强施工船只管理，避免施工区域船舶集中，避免在同一工程区大量动力机械设备同时运作导致局部声级过高；

（2）施工船舶应采取有效措施控制主辅机噪声排放，包括：在发动机排气管安装弹簧吊架加以固定，在机舱管路口上布置主、辅机消声器；合理设置消声器结构和机舱室结构，限制突发性高噪声，避免不必要的船舶汽笛声；

（3）采用较先进、噪声较低的施工设备，对船载振动大的机械设备使用减振机座降低噪声；

（4）加强对施工机械的维护保养，避免由于设备性能差而增大机械噪声的现象发生，对现场的施工车辆进行疏导，禁止鸣笛。

（5）合理安排施工计划，将噪声级大的工作尽量安排在白天，夜间进行噪声较小的施工。同时应提高施工工作效率，缩短工程机械设备使用时间。

（6）禁止夜间运行的设备应严格执行有关规定，若必须夜间施工，须先向相关部门申报并征得许可。

（7）降低人为噪声影响，对工人进行环保方面的教育，在按操作规范操作机械设备等过程中减少碰撞噪声，在装卸过程中禁止野蛮作业，减少作业噪声。

9.1.5 固废污染物治理措施

（1）红树林-盐沼湿地修复区场地清理废弃物统一收集并运回陆上统一处理；

（2）红树林-盐沼湿地潮沟开挖土方直接回用于修复区微地貌整饰，不弃方。

（3）水上作业期间生产垃圾和临时施工场地生产垃圾优先资源化回收利用，不能回收利用的统一收集后拉运至主管部门指定的建筑垃圾消纳场处理。

（4）船舶作业人员生活垃圾随船携带，船舶靠岸后交由当地环卫部门处理。临时施工布置区生活垃圾定点堆放，每日由环卫部门清理运走，做到日产日清，并对堆放点进行定期的清洁消毒以免孳生蚊蝇。

9.2 生态保护对策措施

9.2.1 施工期海洋生态保护措施

（1）动植物保护措施

1）鱼类保护措施

①针对施工对海洋环境扰动相对较大的作业环节（如仿岩质潮间带抛石作业），尽量选择在海流平静的潮期，降低作业强度，加强施工管理，优化施工进度和施工方案，尽量缩短工期，尽量避开重要物种繁育盛期，以减轻施工可能带来的水生生态环境影响。

②根据现状调查资料，工程所在海域有石首鱼科，对噪声污染较敏感。建议海洋站桩基施工采用软启动的作业方式，即开始轻打几下，让潜在的水生动物有时间逃离回避，再逐步增强施工强度。同时对每日预计打桩数量（即最高数量）、打桩的持续时间做出控制，在时间上控制一次一桩。减缓噪声对鱼类的影响；

③施工单位在施工前应对作业人员提出明确的生态保护要求，要求施工人员尽量降低对鱼类栖息场所的干扰范围和程度，严禁工作人员进行电鱼、毒鱼。

2）鸟类保护措施

①施工前期充分做好生态环境保护的宣传教育工作，增强施工人员保护生态环境意识，施工单位在施工前应对作业人员提出明确的生态保护要求，加强施工人员对珍稀鸟类的保护意识教育。

②施工中尽量减少对鸟类活动及其栖息地生境的干扰。对在施工中遇到的幼鸟和鸟蛋等交林草局的专业人员妥善处置；遇到候鸟大量迁徙经过施工区时应降低施工强度；施工期间加强船只管理，施工船舶应采取有效措施控制噪声排放，减小对鸟类的影响；加强施工场地灯光的管理，减小光污染对鸟类生存行为的影响。

3）红树林保护措施

①施工前组织施工人员开展红树林保护宣传工作，增强作业人员保护红树林的意识，严禁砍伐、破坏现有红树林林木等行为。

②红树林营造区施工前划定人员进出修复区行走路线，路线选择尽量避开现有红树植被生长区；

③施工时严格控制施工作业带，尤其是机械挖、填土时，严禁机械碾压破坏植被；

④堤前有红树植被生长的区域，应明确禁止将施工材料堆放在堤前红树植被生长区域；

⑤红树林修复区清理入侵植被由专业技术人员培训后操作，以防损害拟保留的红树植物；

典型生态保护措施图见图 9.2-1。



图 9.2-1 典型生态保护措施图

4）中华白海豚的保护措施

①海洋站桩基施工前，加强中华白海豚的观察和瞭望，严格要求施工现场的观察员定期进行海面观测，确保施工海域及中华白海豚安全距离范围内没有中华白海豚出现，方可施工。

②施工过程中如果发现中华白海豚，应立即停止施工，详细记录，待其离开施工水域后方可继续施工。如发现中华白海豚搁浅、受伤等，应立即向有关部门报告，并参与组织现场救助。

（2）水土流失防治措施

施工场地采取水土流失防治措施。扰动地表前应对具备表土剥离条件的地表进行表土剥离或占用保护，施工期间应采取临时苫盖等临时防护。施工生产生活区周围开挖截排水沟，施工结束后首先对地面附着物进行清理，然后对临时占地区进行土地平整覆土后，恢复原用地类型。

（3）跟踪监测措施

①施工期间实施生态环境监测。对重点产污节点，尤其是对仿岩质潮间带抛石作业和海洋站桩基施工过程等涉水机械作业阶段进行污染物监测，同时对工程区鸟类、中华白海豚生存活动进行监测，包括数量、栖息地、行为习惯等，发现异常，及时向有关部门报告。

②项目建设完成后，对区域生态环境进行跟踪监测，及时掌握红树林内外微环境、岸滩潮间带生物、海域渔业资源、浮游动植物、底栖生物的种类、生物量等，开展海岸修复效果评估监测。

9.2.2 海洋生态补偿方案及修复措施

本项目工程建设中，由于红树林-盐沼修复占海、仿岩质潮间带抛石、监测栈道及海洋站基础施工等，将对底栖生物和潮间带生物栖息生境造成直接损失，同时涉水施工悬浮沙还会对鱼卵仔稚鱼及游泳生物造成损害。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，对项目建设造成的生物资源的损失按照生态补偿原则予以补偿。根据损失量估算结果，本项目需进行生物资源损害赔偿额为 217.22 万元。

建设单位应按照《广东省海洋与渔业资源环境损失赔偿款收缴使用管理暂行办法》、《珠海市海洋与渔业资源环境损失赔偿款收缴使用管理办法》，按规定向相关主管部门缴纳生物资源损害补偿费用，并接受其对生态补偿方案的审查评估，以及水生生物资源保护和补偿措施落实情况的监督管理，确保生态补偿措施落实到位以取得预期恢复效果。

建设单位作为水生生物资源保护和补偿的主体，应根据本报告中所列的水生生

物资源保护和补偿内容，制定具体的实施方案并组织落实。目前，海洋工程的生态补偿通常有以下三种方式：（1）经济补偿；（2）资源补偿，即对重要生物资源的损失进行增殖放流补充；（3）生境补偿，对收到破坏的海洋生境（渔场、繁育场等）进行恢复和重建。结合本项目建设内容及项目所在海域渔业资源的调查结果，建议建设单位采取增殖放流的方式进行资源补偿。

放流品种建议根据《农业农村部关于做好“十四五”水生生物增殖放流工作的指导意见》（农渔发〔2022〕1 号）中规定的适宜在珠江口伶仃洋海域放流的渔种（见表 9.2-1 ），同时参照地方渔业主管部门的推荐，并结合本项目建设的红树林-盐沼湿地生态系统适宜渔业资源相关研究成果选择。增殖放流数量、时间和具体地点由具体执行单位论证后确定，并需对增殖放流的效果进行跟踪监测与评估。

表 9.2-1 南海增殖放流分水域适宜性评价表

所属海区	重要放流海域	行政区域	面积（km^2）	适宜放流物种
广东东部海区	伶仃洋海域	广东珠海、中山、广州、东莞、深圳	2000	花鲈、青石斑鱼、斜带石斑鱼、真鲷、平鲷、黑鲷、黄鳍鲷、长毛对虾、墨吉对虾、刀额新对虾、鲻、斑节对虾、褐篮子鱼、黄唇鱼*

注：上表节选自《农业农村部关于做好“十四五”水生生物增殖放流工作的指导意见》附表。

9.3 环境保护对策措施和设施一览表

工程建设中必须严格执行环境保护“三同时”制度，确保各类环保设施的正常运转。本工程环境保护对策措施一览表详见表 9.3-1。

表 9.3-1 环境保护对策措施、生态保护对策措施一览表

阶段	环境影响因子		环境保护对策措施（规模及数量）	预期效果	实施地点及投入使用时间	责任主体
施工期污染防治措施	悬浮物		1、合理安排施工整体进度计划，优化调整作业面布置，重点产污环节尽量安排在风浪相对小、潮流相对弱等不利于悬沙扩散的潮期内； 2、针对海洋环境扰动相对较大的作业环节，优化施工工艺，控制施工强度； 3、模袋砂充填及砂肋软体排灌砂规范操作，严密监控，防止物料泄漏入海； 4、红树林监测栈道基础施工前采用松木桩围护； 5、护岸松木桩缓慢压入，不可敲击振动； 6、施工期同步监测悬浮沙扩散范围及增量。	降低入海悬浮沙扩散范围及增量浓度	水上作业区，施工开始至施工结束	建设单位和施工单位
	船舶污水		1.船舶油污水统一交由有处理资质的单位接收处理； 2.船舶生活污水利用船载收集装置收集，运至岸上后交由有处理能力的单位进行接收处理。	含油废水、生活污水全部收集处理，不外排	施工船舶作业区及靠泊区，施工开始至施工结束	建设单位、施工单位和油污水接收处理单位
	施工场地污水	生产废水	1、在施工营地各生产区设置隔油池，隔油池尺寸：3m×1.2m； 2、在施工生产区内侧四周设置临时排水沟，临时排水沟衔接处设简易沉砂池，简易沉砂池尺寸：2.0m×1.0m。	生产废水经隔油池、沉砂池处理后回用，不外排。	施工场地，与施工临时场地同步建设	建设单位和施工单位
		生活污水	1.施工场地生活污水设置一体化处理设施，厌氧生物膜池处理规模 20m^3/d。	生活污水全部处理后回用，不外排。		
	扬尘、柴油机废气、机械烟气		1、施工期船舶使用轻柴油燃油，保持船舶燃油发动机的良好性能； 2、优化施工船舶调度，提高作业船舶使用效率，减少船舶柴油机废气排放量； 3、施工场地加强调度管理，提高运输车辆的工作效率，减少空车行驶；加强机械和车辆的管理和维护，不得使用劣质燃料； 4、严禁运输车超载，易起尘物料进行遮盖，确保运输沿途不出现撒漏； 5、定期清洗运输车辆轮胎，对施工场地和汽车行驶的路面经常洒水，一般每天可洒水 4~5 次，以减小车辆运输扬尘起尘量和影响范围； 6、在施工过程中，主要施工现场应当设置不低于 2.5m 的硬质材料连续围挡； 7、施工阶段，对易散失冲刷的物料应有防尘网覆盖，对易起尘的材料应加盖篷布或库内堆放，需密目网约 1700m^2，建筑物施工时立面用草席及安全网全封闭围护。	满足广东省《大气污染物排放限值》（DB44/27-2001）第二时段无组织排放标准	施工场地，施工开始至施工结束	建设单位和施工单位
	噪声		1、加强施工船只管理，避免施工区域船舶集中造成局部声级过高； 2、采取有效措施控制船舶主辅机噪声，限制突发性高噪声，避免不必要的汽笛声； 3、对船载振动大的机械设备使用减振机座；	场界噪声满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》	施工现场及车辆运输路线、施工开始至施	建设单位和施工单位

阶段	环境影响因子	环境保护对策措施（规模及数量）	预期效果	实施地点及投入使用时间	责任主体
		4、加强施工机械维护保养，对现场的施工车辆进行疏导，禁止鸣笛； 5、噪声级大的工作尽量安排在白天，夜间进行噪声较小的施工； 6、降低人为噪声影响。	（GB12523-2011）	工结束	
	固体废物	1、红树林-盐沼湿地修复区场地清表废物统一收集后运回陆上统一处理； 2、潮沟开挖土方回用于修复区微地貌整饰，不弃方； 3、施工船舶设置固体废物收集桶，固体废物随船携带后上岸处理； 4、施工场地生产垃圾优先资源化回收利用，不能回收利用的统一收集后拉运至主管部门指定的建筑垃圾消纳场处理； 5、船舶作业人员生活垃圾随船携带，船舶靠岸后交由当地环卫部门处理； 6、临时施工布置区生活垃圾定点堆放，堆放点定期清洁消毒，生活垃圾定期由环卫部门清理外运。设置固体废物收集桶若干个。	固体废物减量化、资源化	施工场地，施工开始至施工结束	建设单位和施工单位
生态保护措施		1. 对海床扰动较大的作业环节，尽量避开高水位施工，减小入海悬沙增量，尽量缩短工期，降低在重要物种繁育盛期的作业强度； 2. 海洋站桩基施工时采用软启动的作业方式，即开始轻打几下，让潜在的水生动物有时间逃离回避，再逐步增强施工强度，以减轻施工噪声对鱼类的影响； 3. 施工前期充分做好生态环境保护的宣传教育工作，组织施工人员学习有关法律法规，增强施工人员保护生态环境意识，严禁砍伐、破坏现有红树林林木等行为； 4.红树林修复施工前划定人员进出路线，路线选择尽量避开现有红树植被生长区；施工时严格控制作业带宽度，禁止施工材料堆放在堤前红树植被生长区域； 5.红树林入侵植被清理由专业技术人员培训后作业； 6.减少对鸟类活动及其栖息地生境的干扰。如遇幼鸟、鸟蛋等交专业人员处置；如遇候鸟大量迁徙经过施工区时应降低施工强度；控制噪声排放对鸟类的影响； 7.海洋站桩基施工前加强海面观测，确保施工海域及中华白海豚安全距离范围内没有中华白海豚出现，方可施工。如果发现中华白海豚，应立即停止施工；如发现中华白海豚搁浅、受伤等，立即向有关部门报告，并参与组织现场救助。 8. 施工场地采取水土流失防治措施，生产生活区周围开挖截排水沟，临时排水沟约2500m，施工结束后恢复原用地类型； 9. 施工期间实施生态环境监测，同时对工程区鸟类及在中华白海豚活动进行监测，包括数量、栖息地、行为习惯等，发现异常，及时向有关部门报告； 10. 项目建设完成后，对项目建设导致的海洋生物资源的损失采取在增殖放流措施予以补偿；对区域生态环境进行跟踪监测，开展海岸修复效果评估监测。	减轻对生态环境的影响	项目附近海域，陆上施工场地，施工开始至施工结束	建设单位和施工单位

10 环境保护的技术经济合理性

10.1 环保投资估算

为了加强建设项目的环境管理，防止环境污染，减轻或防止环境质量下降，根据国家环境保护法律、法规的规定，建设项目应执行环境保护“三同时”制度，即环境保护设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。

本工程环保投资的费用主要是施工期废水处理费用（主要是船舶油污水和生活污水）、噪声控制费用、环保设备维修管理费、固体废物处置费、生态环境保护费用（包括水土流失防治工程费用、绿化工程管理费等）、环境监测费用、以及生态补偿费用等。

根据当前的市场经济，估算本次评价所提出的各项污染防治措施实施的环境保护设备和环境保护投资费用约为 441.22 万元， 项目总投资约 30219.7661 万元，环保投资占总投资的 1.5%。详见表 10.1-1。

表 10.1-1 环保投资估算表

类别		环保设施/措施	环保投资（万元）
第一部分 污染防治工程费用			
废水污染防治	施工船舶污水	含油污水和生活污水委托有资质单位处理	8
	施工场地生活污水	一体化污水处理设备	50
	施工场地生产废水	隔油池、沉砂池、集水沟、截排水沟	11
固体废物污染防治	生活垃圾	分类垃圾收集桶、环卫服务协议	2
	生产垃圾	含油废物暂存设施、清运处置	5
环境空气污染防治		洒水车、洗车平台、密目网	2
噪声污染防治		施工围挡、降噪措施预留费	3
第二部分 生态环境保护措施			
施工期水保措施及绿化工程		临时排水沟、沉砂池、土沙袋挡墙；乔木、灌木、草皮等	68
海洋生态补偿		增殖放流、资源养护与管理、生态环境跟踪调查等	217.22
第三部分 环境监测费用			
施工期环境监测		海水水质、海洋生态、海洋生物质量、沉积物、鸟类观测、中华白海豚观测	30
运营期环境监测		红树林植被调查、水质环境、海洋生物质量、沉积物、鸟类调查	35
第四部分 环境管理费用			

类别	环保设施/措施	环保投资（万元）
环境管理	设备维护管理，人员环保教育，环境管理人员工资、奖金等	10
合计		441.22

10.2 环境损益分析

10.2.1环境损失分析

环境经济损失是指采取相应环保措施后，工程项目仍然可能造成的环境损失。本工程的环境经济损失主要为施工对海洋生态资源造成的损失。

在工程建设中，由于红树林-盐沼湿地修复工程占海、仿岩质潮间带抛石、监测栈道及海洋站桩基占海将占用现状潮滩生物和底栖生物的栖息环境，另外，涉水作业产生的悬浮泥沙也对海洋生物造成一定的损失。以上生态环境损失，有些是永久性损失，如监测栈道和海洋站桩基占海区底栖生物的损失。有些是阶段性的，如红树林-盐沼湿地修复工程、仿岩质潮间带修复工程建设后，可以重新成为潮间带生物良好的栖息生境，以及施工导致的悬浮沙增加对海洋生物受到的损害影响都属于短期、可恢复性质。据第 6 章估算工程总生物损失量如下：本项目占海造成潮间带生物和底栖生物 22.30 t 受损；施工产生的悬浮沙共造成游泳生物 6162.93kg，鱼卵 4.26×10^{6} 粒，仔鱼 1.30×10^{7} 尾受损。

10.2.2环境收益分析

环保措施的环境经济效益是指在采取环保措施后所得到的直接和间接的效益。直接效益为资源、能源和回收利用所产生的收益；间接效益为采取环保措施后海洋生物资源损害减少，或因减少水环境影响而使海洋生物资源受损降低，针对海洋生态修复工程而言，间接效益还应包括项目实施后，海洋生物资源增加，或改善水环境等海洋生态系统价值的正常发挥。就本项目而言，环境经济效益主要由间接效益组成。

（1）降低海洋生物资源受损的环境效益

工程投资 217.22 万元将用于环境保护，通过落实各项环保措施，将工程对评价海域环境质量的负面影响减至最低。通过增殖放流、跟踪监测及生态修复效果评估，结合本工程修复的潮滩红树林-盐沼湿地，能够对项目施工过程对海洋生物资源不可避免的损害进行补偿，能够逐步恢复并改善保持项目区现状生态系统退化状

况。

（2）构建红树林生态系统的环境效益

项目建成后，将在鸡啼门河口水道区逐渐形成红树林生态系统，研究普遍认为，红树林生态系统作为一种海岸潮间带森林生态系统，它的生态价值主要表现在如下方面：（1）本身有机物生产，光合作用，固定 CO_2 和释放 O_2，减弱温室效应和净化大气，为近海生产力提供有机碎屑的主要生产者；（2）通过网罗有机碎屑的方式促进土壤沉积物的形成植株盘根错节抗风消浪，造陆护堤坝；（3）过滤陆地径流和内陆带出的有机物质和污染物，降解污染物，净化水体；（4）为海洋动物、鸟类提供栖息和觅食场所，维持生物多样性；（5）提供的科研文化、旅游服务等功能。

韩维栋等人对中国红树林生态系统生态价值评估研究中认为，红树林生态系统总生态价值=生物量价值+护堤价值+固定 CO_2 和释放 O_2 价值+动物栖息价值+养分积累价值+污染物降解价值+病虫害防治价值。其中：

生物量价值=活立木价值+凋落物价值（凋落物价值=红树林面积 hm^2×单位面积年凋落物量×凋落物饵料成品率,取 10%×饵料价格，元/t）；

护堤价值=灾害防护价值（8 万元×红树林岸线长，km）+生态养护价值（生态养护价值=64.7 万元/km·a×红树林岸线长，km）；

固定 CO_2 和释放 O_2 价值=固定 CO_2（碳税率×红树林面积 hm^2×每年固 C 量）+释放 O_2 价值（红树林面积,hm^2×单位面积释 O_2×生产 O_2 的成本，取 100 元/t）；

动物栖息价值=红树林面积 hm^2×（采伐造成的游憩及生物多样性价值损失，取 400 美元/hm^2+保护森林资源的支出，美元/hm^2）×汇率；

养分积累价值=红树林面积，hm^2×群落持留养分的价值，取 0.291t/hm^2·a；

污染物降解价值=SO_2 降解价值（红树林面积 hm_2×单位红树林面积吸收 SO2×削减 1tSO_2 的投资成本，取 600 元）+污染物降解总价值（占总污染物降解价值的 60%）；

病虫害防治价值=林地病虫害防治价值（红树林面积 hm^2×林地防治费用万元/hm^2）；

该研究统计红树林面积共 13646hm^2，群落类型包括秋茄群落、红海缆群落及海莲群落，估算我国红树林生态系统总生态价值为 236531 万元/年。本工程红树林修复面积为 32.77hm^2，植被群落为广东地区常见类型，类比估算本项目修复区形成稳定的红树林生态系统后其总生态价值为 568.01 万元/年。

10.3 社会经济效益分析

（1）提升海岸防灾减灾能力

工程实施后的生态海堤既包括生态化的人工防护工程，又包括具备减灾能力的自然海岸。红树林能够起到很好的防风、防浪作用。历史经验显示，在超强台风经过的地区，有红树林庇护的地方多半安然无恙，项目区海堤堤前带红树林也将提升海岸防潮防浪水平，减少因海堤破损垮塌导致的人身财产安全和社会经济损失。

（2）提升全社会的生态文明意识

通过向民众展示修复工程的过程和效果，宣传生态保护和海洋生态修复的重要性，将得到社会的广泛认同，带动全社会参与、参加海洋生态系统的保护与修复，增强生态文明的意识，促进海洋生态文明建设。

（3）增加科研及教育价值

本项目为珠海市海洋生态保护修复项目，在广东省乃至全国同类地区都具有广泛性和普适性，将为教育和科学研究提供良好的平台，同时项目采取的自然恢复+人工辅助种植的修复方式，在研究红树林人为干预条件下自然演替规律等方面有着重要的科研及教育价值。

（4）提高观赏价值及美学价值

通过红树林-盐沼湿地修复工程实施，将极大的改善鸡啼门河口湿地景观，增加亲水休闲空间，提高观赏价值和美学价值，提升城市品味和城市形象。

10.4 环境经济损益综合分析

项目建设能产生较明显的社会效益、经济效益，更重要的是其带来的环境生态效益。虽然工程施工建设会给项目所在海域环境带来一定负面的影响，并由此带来一定的经济损失，但是，与本工程带来环境和社会经济效益比较而言，这些由环境影响造成的经济损失是可以接受的。同时，在项目施工建设和将来运营过程中，项目拟采取的污染防治措施、生态补偿措施及管理措施等在已同类工程中得到较为广泛的应用，能够有效降低环境污染。总体来看，本项目技术经济性合理可行。

11 工程环境可行性分析

11.1 与产业政策符合性

（1）与国家产业政策的符合性

根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，（2021 年修改），本项目属于 “鼓励类 ”第四十三 项“环境保护与资源节约综合利用 ”中的第 2 条的“ 江河湖海堤防建设及河道治理工程”。同时，项目实施后将成为生态协同减灾海堤，“海堤 建设 ”属于 “鼓励 类” （第二 项“水利 ”第 1 条 江河湖海堤防 建设及河道治理工程 ）。因此，项目实施符合国家产业政策。

（2）与地方产业政策的符合性

本项目为海洋生态保护修复项目，对照《珠海市产业发展导向目录（2020 年本）》，本项目属于“一、优先发展类”—“12.节能环保与绿色低碳”—“（39）海洋环境保护及科学开发、海洋生态修复”。因此，项目建设符合《珠海市产业发展导向目录（2020 年本）》。

（3）与《市场准入负面清单》（2020 年版）》的符合性

本项目不属于《市场准入负面清单》（2020 年版）》中的禁止准入类。

综上，本项目符合国家及地方产业政策要求。

11.2 项目与“三线一单”生态环境分区管控要求符合性分析

2020 年 12 月 29 日，广东省人民政府发布《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》（粤府〔2020〕71 号），提出到 2025 年，建立较为完善的“三线一单”生态环境分区管控体系。

2021 年 7 月 6 日，珠海市人民政府印发《珠海市“三线一单”生态环境分区管控方案》（珠府〔2021〕38 号）。方案根据《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》（粤府〔2020〕71 号）要求，就落实珠海市生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线，编制生态环境准入清单，实施生态环境分区管控而制定。方案提出到 2025 年，建立较为完善的“三线一单”生态环境分区管控体系，其中：

生态保护红线和一般生态空间。全市陆域生态保护红线面积 202.59 平方公里，占全市陆域国土面积的 11.66%；一般生态空间面积 131.57 平方公里，占全市陆域国土面积的 7.57%。全市海域生态保护红线 3281.06 平方公里。

环境质量底线。全市环境质量持续改善，地表水国考、省考断面水质达到国家和省下达的水质目标要求；集中式饮用水水源地水质达到或优于Ⅲ类水体比例为100%；城市建成区黑臭水体全面消除。近岸海域水环境质量逐步改善。大气环境质量持续改善，各项考核指标达到省下达的目标要求。土壤环境风险得到管控，受污染耕地安全利用率和污染地块安全利用率达到省下达指标。

资源利用上线。强化节约集约利用，持续提升资源能源利用效率，水资源、土地资源、岸线资源、能源消耗等达到或优于省下达的总量和强度控制目标。按照国家和省的决策部署，加快推动实现碳达峰目标。

“1+100”生态环境准入清单体系。建立“1+100”生态环境准入清单体系。“1”为全市生态环境准入共性清单，从区域布局管控、能源资源利用、污染物排放管控和环境风险防控等方面明确准入要求；“100”为 41 个陆域环境管控单元和 59 个海域环境管控单元的差异性准入清单。环境管控单元分为优先保护、重点管控和一般管控单元三类。其中海域环境管控单元 59 个，其中，优先保护单元 22 个，为海洋生态保护红线；重点管控单元 33 个，主要为用于拓展工业与城镇发展空间、开发利用港口航运资源的海域和现状劣四类海水海域；一般管控单元 4 个，为优先保护单元、重点管控单元以外的海域。

本项目位于“鸡啼门重要河口”环境管控单元，管控单元编码为HY44040010005，属于优先保护单元。准入要求为：禁止围填海，维护海洋生态系统健康和安全，严格执行海洋生态红线管控要求。

本项目对比生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单体系的符合性分析见下表。

表 11.2-1 项目与“三线一单”符合性分析表

类别	项目与“三线一单”相符性分析	相符性
生态保护红线及一般生态空间	经查，本项目红树林-盐沼修复工程位于广东省“三区三线”中的“鸡啼门重要河口生态红线区”，仿岩质潮间带修复工程未占用红线区，根据划定红线区类型进行分析如下： 1.本项目为海岸生态修复工程，不涉及采挖海砂作业，不属于围填海工程，施工期间油污水、生活废水不排海，运营期无污染物，能够维持施工水域海洋环境质量现状。	符合

<table>
<tr><th colspan="3">类别</th><th>项目与“三线一单”相符性分析</th><th>相符性</th></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td>2.修复项目实施后，无生产开发活动，无排污口，且能够为潮滩生物营造良好的栖息生境，同时净化上游入海雨污水，改善鸡啼门河口水生态环境，促进鸡啼门河口生态系统的整治和修复。
项目有利于促进河口生态功能的恢复。</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">环境质量底线</td><td>1.本项目所在海域执行《海水水质标准》（GB3096－2002）的三类标准，海洋沉积物质量和海洋生态要求维持现状。项目施工期内水上施工悬浮沙浓度增量较小，影响范围有限，通过采取措施能够进一步控制不利影响程度。
2.陆上施工场地所在区域为环境空气二类区和声环境 2 类区。针对施工废气和噪声，采取工程措施和管理措施加以控制缓解，确保废气、噪声污染物达标排放，确保妥善处置废水、固体废物。施工结束后影响即可消除，不会对项目所在地的环境质量造成恶化。</td><td>符合</td></tr>
<tr><td colspan="3">资源利用上线</td><td>本项目用水采用市政自来水，用电考虑从附近的变电站接线，施工场地生产废水和生活污水处理后全部回用，节能设计覆盖施工过程、机电设备、管理设施，施工期能源消费量占区域资源能源消费的比例很小，对当地能源消费增量的影响很小，符合资源利用上线要求。</td><td>符合</td></tr>
<tr><td rowspan="5">生态环境准入清单</td><td rowspan="4">全市生态环境准入共性清单</td><td>区域布局管控</td><td>项目建设有利于维护鸡啼门河口生物多样性，增强滩涂纳污容量，提高污染物自净水平，改善海域水生态现状。符合布局管控要求。</td><td rowspan="4">符合</td></tr>
<tr><td>能源资源利用</td><td>施工用水采用自来水供应，用电由附近变电站接入，用地设备优先用网电，少用柴油发电机组，资源能源消费量很小。运营期无生产活动，不涉及资源能源消耗。</td></tr>
<tr><td>污染物排放管控要求</td><td>施工期船舶污染物按照《船舶水污染物排放控制标准》要求达标排放。
陆上施工场地污染物采取措施控制，确保废气、噪声达标排放，确保废水、固体废物得到妥善处置。
运营期无生产活动，无污染物排放。符合污染物排放管控要求。</td></tr>
<tr><td>环境风险防控要求</td><td>建设单位编制突发环境事故应急预案，包括应急机构建立、应急响应通知程序、应急措施、应急物资配备，并与《珠海市船舶污染事故应急预案》相衔接，具备一定的突发环境污染事故防控能力。</td></tr>
<tr><td colspan="2">“鸡啼门重要河口”环境管控单元</td><td>本项目为海岸带生态修复项目，项目实施有利于改善鸡啼门河口水生态环境，同时提高海堤防洪纳潮标准，促进鸡啼门河口生态系统的整治和修复。项目符合生态红线区保护要求。</td><td>符合</td></tr>
</table>

综上，本项目符合“三线一单”生态环境分区管控相关要求。

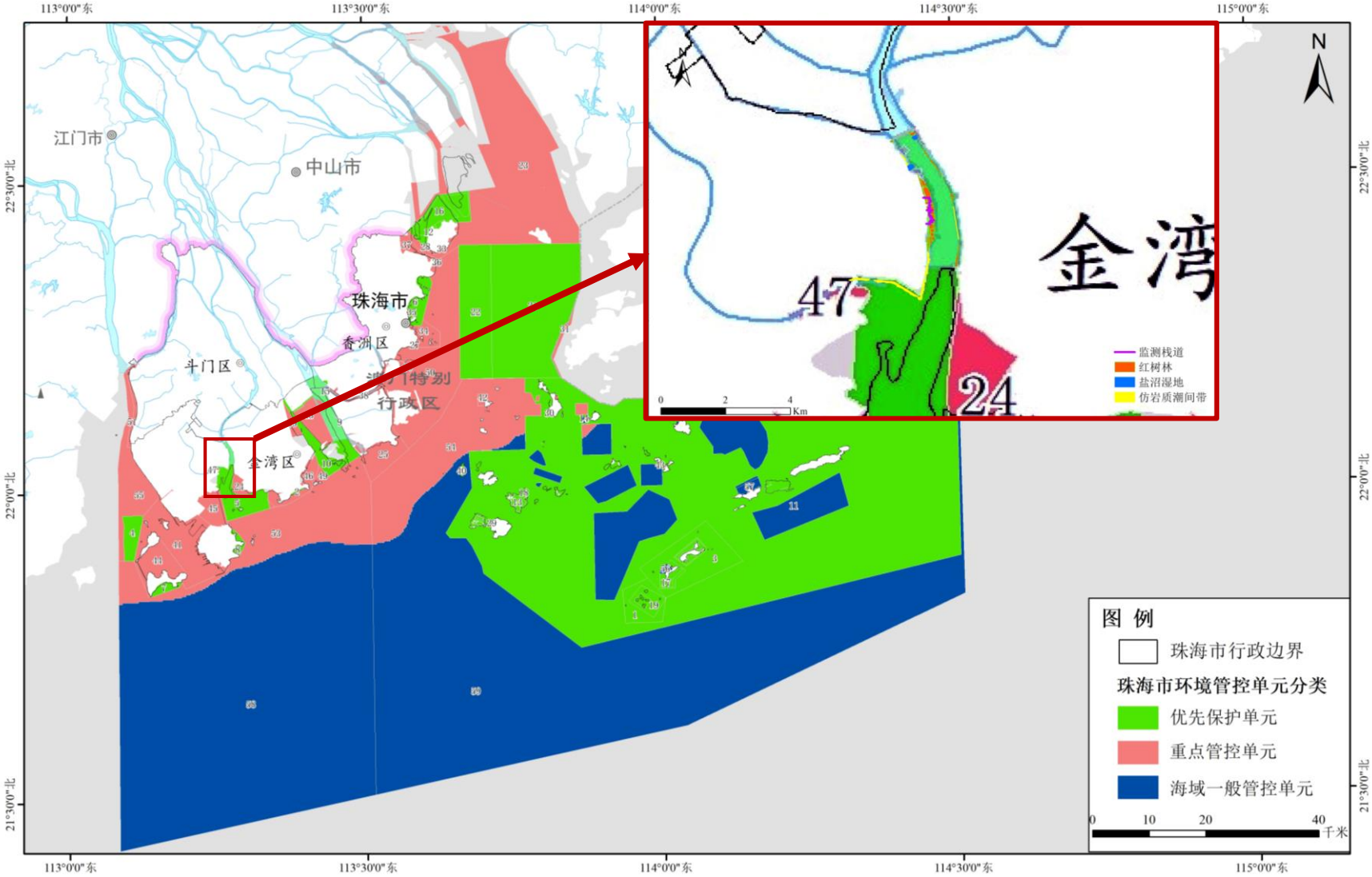


图 11.2-1 珠海市近岸海域环境管控单元图

11.3 主体功能区规划

11.3.1 与《全国海洋主体功能区规划》的符合性分析

2015 年 8 月，国务院印发《全国海洋主体功能区规划》国发〔2015〕42 号，规划根据“陆海统筹、尊重自然、优化结构、集约开发”的基本原则，依据海洋主体功能，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、禁止开发区域。其中，优化开发区域包括渤海湾、长江口及其两翼、珠江口及其两翼、北部湾、海峡西部以及辽东半岛、山东半岛、苏北、海南岛附近海域。

优化开发区域的发展方向与开发原则是，优化近岸海域空间布局，合理调整海域开发规模和时序，控制开发强度，严格实施围填海总量控制制度；推动海洋传统产业技术改造和优化升级，大力发展海洋高技术产业，积极发展现代海洋服务业，推动海洋产业结构向高端、高效、高附加值转变；推进海洋经济绿色发展，提高产业准入门槛，积极开发利用海洋可再生能源，增强海洋碳汇功能；严格控制陆源污染物排放，**加强重点河口海湾污染整治和生态修复**，规范入海排污口设置；有效保护自然岸线和典型海洋生态系统，提高海洋生态服务功能。

珠江口及其两翼优化开发区的发展方向与开发原则是：构建布局合理、优势互补、协调发展的珠三角现代化港口群。发展高端旅游产业，加强粤港澳邮轮航线合作。加快发展深水网箱养殖，加强渔业资源养护及**生态环境修复**。严格控制入海污染物排放，实施区域污染联防机制。加强海洋生物多样性保护，完善伏季休渔和禁渔期、禁渔区制度。健全海洋环境污染事故应急响应机制。

本工程位于《全国海洋主体功能区规划》中划定的“珠江口及其两翼优化开发区”，项目是对海堤的堤前带进行生态化改造，通过采取人工修复措施，连通海岸带能量输送和物质交换，修复潮间带生物多样性，改善近岸海域生态系统，促进鸡啼门河口区域生态系统的健康发展。项目符合《全国海洋主体功能区规划》的要求。

11.3.2 与《广东省海洋主体功能区规划》的符合性

2017 年广东省人民政府印发了《广东省海洋主体功能区规划》（粤府函〔2017〕359 号文）。广东省海洋主体功能区包括优化开发、重点开发、限制开发和禁止开发四类主体功能区域。本项目位于优化开发区。

优化开发区域东起惠州市惠阳区，西至江门台山市管辖海域，还包括汕头市、

湛江市的中心城区管辖海域，海域面积 21589 平方公里，占全省的 33.36%。规划指出了优化开发区发展方向及布局，对“海洋空间开发总体格局”、“加快推进现代海洋产业体系”、“加快发展海洋风电产业”、“整合优化港口资源”、“着力发展高端旅游产业”、“推进滨海城镇建设”、“推进滨海旅游公路建设”、“着力实施科技兴海战略”、“加强围填海管控和岸线利用管治”、“ 加强海洋生态环境保护”、“ 加强海洋防灾减灾能力”、“ 加强无居民海岛保护和开发”等方面提出明确要求。

在“加强围填海管控和岸线利用管治”中提出，加强围填海方式管理，限制围填海对自然岸线破坏。优化岸线利用格局，提高岸线开发的投资强度和利用效率，**加快海岸线整治修复工程和项目实施**。

在“加强海洋防灾减灾能力” 中提出，**推升珠江口海堤建设标准，提升风暴潮等海洋灾害抵御能力**。加强珠江口、大亚湾及大鹏湾等海区赤潮等海洋环境灾害防范、预警和处理能力。

本项目建设内容即为海岸潮间带修复工程，工程实施后的生态海堤既包括生态化的人工防护工程，又包括具备减灾能力的自然海岸，既能够直接为潮滩生物营造良好的栖息生境，净化上游入海雨污水，改善水生态环境，促进鸡啼门河口生态系统的整治和修复，又将直接对后方海堤形成缓冲保护，充分发挥自然生态系统抵御海洋灾害的天然屏障作用，提高海堤防洪纳潮标准。项目符合《广东省海洋主体功能区规划》的要求。

11.4 海洋功能区划的符合性

2013 年 1 月，广东省人民政府发布《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》。2018 年 5 月，珠海市人民政府发布《珠海市海洋功能区划（2015-2020 年）》。根据全国及省级海洋功能区划的部署，确定了珠海市管理海域的海洋资源利用和保护方向与重点，明确了具体的区划目标。

根据《珠海市海洋功能区划（2015-2020 年）》，本项目位于“鸡啼门保留区”，“仿岩质潮间带修复工程”邻近“大平湾工业与城镇用海区”，周边海域的海洋功能区划包括：“木乃南工业与城镇用海区”、“三灶工业与城镇用海区”及“珠海南部捕捞区”、“高栏岛东部文体休闲娱乐区”等。 项目所在海域海洋功能区划见表 1.3-1，项目邻近海域的海洋功能区登记表见表 1.3-2。

1、项目与所在海域及邻近海域的海洋功能区划的符合性

（1）海域使用管理要求的符合性分析

项目与所在海域的海域使用管理要求符合性分析如表 11.4-1a 所示。项目与紧邻的“大平湾工业与城镇用海区” 的海域使用管理要求符合性分析如表 11.4-1b 所示。

表 11.4-1a 项目与所在海域的海域使用管理要求的符合性分析

“鸡啼门保留区”海域使用管理要求		符合性分析	是否符合
用途管制	1. 保障鸡啼门航道用海；	工程本身不占用航道，施工期水上作业区可能对通航环境存在一定干扰，通过加强施工船舶管理，能够维持正常通航安全。	符合
	2. 通过论证合理安排相关开发活动。	项目对海堤堤前带进行生态化改造，非生产性开发活动	不涉及
用海方式控制	严格限制改变海域自然属性。	项目不改变海域自然属性	符合
整治修复	综合整治鸡啼门河口海域水环境，清理侵占航道的养殖活动，改善和维持河口海域纳潮、排洪、通航等功能，整治修复岸线长度不少于 5 千米。	项目建设的红树林-盐沼湿地能够发挥净化污染物、维持生物多样性、改善水环境等生态服务功能。	符合

表 11.4-1b 项目与邻近的海洋环境功能区的海域使用管理要求的符合性分析

“大平湾工业与城镇用海区”海域使用管理要求		符合性分析	是否符合
用途管制	相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海。	工程是对填海造地工程堤岸进行生态修复，工程实施有利于构建东大堤临海侧生态岸线，同时将形成对后方海堤的生态保护屏障，提高防洪潮标准。	符合
用海方式控制	1. 允许适度改变海域自然属性；	仿岩质潮间带修复工程是对潮间带区域进行生态化改造，不改变海域自然属性	符合
	2. 优化围填海平面布局，节约集约利用海域资源。	项目本身不涉及围填海。	不涉及
整治修复	加强填海后堤岸的加固工作。	项目建设的仿岩质潮间带有一定的防风消浪效果，能够对后方堤岸起到一定的缓冲保护作用。同时项目设计方案充分考虑了东大堤加固提标改造工程，工程实施不影响后方堤防工程的加固提升。	符合

（2）海洋环境保护要求的符合性分析

项目与所在海域的海洋环境保护要求符合性分析如**错误!未找到引用源。**所示。

错误!未找到引用源。 **项目与所在海域海洋环境保护要求的符合性分析**

“鸡啼门保留区”海洋环境保护要求		符合性分析	是否符合
生态保护重点目标	保护鸡啼门生态环境。	1.施工期海洋站桩基施工会增加作业区周边局部海域悬沙浓度，但影响时间短，范围有限，短时间内即可消除； 2.施工期船舶油污水、生活污水不排海，且施工过程中无外来污染物，不会对海洋沉积物质量和海洋生物质量造成影响； 3.对施工期可能发生的环境风险事故，采取风险防范措施，同时编制风险应急预案，明确应急处置措施，确保建设单位具备污染事故先期处置能力，并与珠海市相关应急预案有机衔接，能够降低风险事故对海域海洋环境影响，维持海洋环境现状； 4.项目运行期无生产开发活动，自身不产生污染。且项目实施后的红树林-盐沼湿地生态系统能够增强滩涂纳污容量，提高污染物自净水平，改善海域水生态现状。 5.项目对平沙东堤和红旗堤地前带采用红树林-盐沼进行修复，修复工程红树林营造区位于规划的防洪治导线以内，不影响鸡啼门海域防洪纳潮功能。 6.项目与鸡啼门水道保持了一定距离，不影响水道通航船舶来往通行，施工期还将采取施工船舶碰撞防范措施，能够维护海上交通安全。	符合
环境保护	海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量等维持现状。		符合
其他管理要求	维护鸡啼门海域防洪纳潮功能，维护海上交通安全。		

2、项目用海对周边海洋功能区的影响

本工程周边临近的海洋功能区类型有工业与城镇用海区、捕捞区及文体休闲娱乐区。其中仿岩质潮间带工程紧邻“大平湾工业与城镇用海区”，目前该功能区内填海造地未全部实施完成，东大堤内现状为人工填海形成的陆地，南侧堤根处零星养殖鱼塘。

从数值模拟预测结果显示，项目施工期悬浮沙污染影响通过东大堤口门进入填海区的范围很小，且施工作业船舶污染物均上岸处理，不排海，不会影响该海洋环境功能区内的海洋环境质量，能够符合该功能区环境保护要求。工程距离周边海洋功能区较远，施工影响范围远未到达周边海洋环境功能区。

综上，本项目建设符合“鸡啼门保留区”的海域使用管理要求及海洋环境保护要求，也不影响周边海洋环境功能区定位主导功能的发挥，项目用海符合《珠海市海洋功能区划》（2015-2020 年）。

11.5 与生态保护红线符合性分析

11.5.1 “三区三线”中生态保护红线的划定过程和管理要求

2017 年 2 月，中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于划定并严守生态保护

红线的若干意见》，要求 2020 年年底前，全面完成全国生态保护红线划定工作。

2019 年 5 月，中共中央、国务院印发《关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》。提出建立国土空间规划体系并监督实施，将主体功能区规划、土地利用规划、城乡规划等空间规划融合为统一的国土空间规划，实现“多规合一”，

2019 年 11 月，中共中央办公厅 国务院办公厅印发《关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见》。对统筹划定落实生态保护红线、永久基本农田、城镇开发边界三条控制线提出了相关意见。

2021 年，自然资源部在浙江、江西、山东、广东和四川五省开展了三区三线划定试点工作。2022 年 5 月， 为落实党中央、国务院决策部署，自然资源部按照 “三区三线”划定工作电视电话会议要求，总结试点工作情况，印发了《全国“三区三线”划定规则》。要求全国各省（区、 市）专题研究部署“三区三线” 划定和国土空间规划编制工作，结合省市县国土空间总体规划编制统筹划定“三区三线”，将“三区三线 ” 划定成果和各类涉及空间需求的专项规划统筹后上图入库，实现“ 数、 线、图” 一致。

2022 年 7 月，自然资源部办公厅下发了《自然资源办公厅关于报送“三区三线”划定成果的函》（自然资办函 2022〕1491 号）.

2022 年 9 月~11 月，自然资源部相继发布关于全国多个省（市、区）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函。截至 2022 年 11 月，全国包括广东、海南在内的 26 省市已经正式启用“三区三线”划定成果。

11.5.2 与生态红线保护要求的符合性

（1）本项目穿越海洋生态保护红线区的情况

根据广东省“三区三线”中海域生态保护红线矢量（2021），项目红树林-盐沼修复工程区位于“鸡啼门重要河口”生态红线区，红线类型为重要河口。仿岩质潮间带未占用海洋生态红线区。

（2）本项目建设对生态保护红线区的影响

目前“三区三线”中具体生态保护红线区的管控要求尚未发布，故本次评价暂根据矢量中划定红线区类型进行分析。

项目本身即是针对鸡啼门河口地区脆弱的生态环境开展的海洋生态修复工程，工程前期对项目所在地河口地区生态环境现状进行了充分调查分析，根据堤岸两侧

红树林生长现状及恢复的可达性评估，因地制宜的采用红树林适宜地和盐沼湿地的营造，工程实施有利于逐渐恢复所在河口地区典型生境，继而恢复河口地区生物资源、改善海域生态环境，实现河口维持生物多样性、净化海水等诸多生态服务功能，项目实施有利于推动落实广东省“三区三线”中对海域生态保护红线的保护目标。与海洋环境保护规划符合性分析。

11.5.3与《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》符合性

2017 年 10 月，广东省政府、国家海洋局联合印发《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》（粤府〔2017〕120 号）。规划确定了广东省海岸带综合保护与利用的指导思想、基本原则、总体格局和规划目标，从严格海岸线管控、协调海域与陆域功能对接、优化海岸带空间格局、构建海陆生态屏障、统筹海岸带基础设施建设与产业发展、推动湾区发展、保障措施七方面做了详细分析。

在严格海岸线管控方面，规划提出推进海岸线生态修复要求，具体内容为编制海岸线整治修复五年规划及年度计划，明确项目清单，纳入全国海岸线整治修复项目库。结合“南红北柳”工程，开展红树林、珊瑚礁、海草床等典型海洋生态系统恢复工程；结合蓝色海湾工程，开展海岸修复养护工程；结合生态岛礁工程，开展海岛岸线综合治理工程。……利用无人机、遥感等手段，强化海岸线动态监测，将海岸线利用动态监测作为海域动态监测的一项重点内容，对开发利用情况进行评价并向社会公布。……

本工程正是珠海市海洋生态保护修复项目的一部分，是落实《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》的具体工程措施。工程将以韧性自然方式，修复仿岩质潮间带及红树林-盐沼生态海岸线，同时建设安全保障及自动监管工程。项目实施有利于恢复鸡啼门河口地区红树林-盐沼湿地生态系统服务功能，工程实施后将利用无人机、遥感等手段，对红树林海岸线进行长期跟踪监测，并对生态减灾修复效果开展评估。项目符合《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》。

11.5.4与《广东省生态环境保护“十四五”规划》符合性分析

2021 年 11 月，广东省生态环境厅发布<关于印发《广东省生态环境保护“十四五”规划》的通知>（粤环〔2021〕10 号）。《规划》围绕新形势、新职能、新定位，强调聚焦减污降碳协同增效，强化结构调整，推动绿色发展、低碳发展、均衡发展；突出精准治污、科学治污、依法治污，深入打好污染防治攻坚战；强化源头管

理、综合治理和系统治理，加快推进生态环境治理体系和治理能力现代化。《规划》重点推进八大任务。一是强化减污降碳协同增效，推动经济社会全面绿色转型；二是加强臭氧协同防控，引领大气环境质量改善；三是实施系统治理修复，推进南粤秀水长清；四是强化陆海统筹，加快建设美丽海湾；五是坚持防治结合，提升土壤和农村环境；六是加强生态保护监管，维护生物多样性；七是实施全过程管理，加强固体废物污染防治；八是树立风险防控底线思维，保障生态环境与健康。

其中，在强化陆海统筹，加快建设美丽海湾方面，规划指出要加强海洋生态保护修复，统筹海洋生态保护和资源开发利用，加强自然岸线、滨海湿地、典型海洋生态系统保护修复，强化陆海一体生态保护。此外，在加强生态保护监管，维护生物多样性方面，规划指出要筑牢区域生态安全格局。……加强重要河口、海湾、海岛以及红树林、珊瑚礁、海草床等典型海洋生态系统保护修复，推进海岸防护体系建设，构筑蓝色海洋生态屏障。统筹以东江、西江、北江、韩江、鉴江等骨干河流水系以及绿道、碧道、古驿道为主体的生态廊道网络体系，构筑通山达海的生态廊道网络系统。

本项目即是针对鸡啼门河口海域海堤生态性差、红树林资源受损、潮间带生物多样性一般等诸多现存问题而实施的生态修复工程，项目建设将有效提高本片区的防潮洪能力，提升海堤生态功能，并将逐渐恢复鸡啼门河口地区红树林-盐沼湿地养护资源，维护生物多样性、净化海水等生态服务功能，完善区域生态安全网络格局。同时，项目位于《珠海市碧道建设总体规划（2020-2035 年）》中规划的鸡啼门水系碧道 “水乡基塘，红树秘境”主题段。修复工程设计采用的修复方式与规划的该段碧道建设规划总体设计方案一致，有利于构筑以鸡啼门水系碧道为主体的生态廊道。综上，项目符合《广东省生态环境保护“十四五”规划》。

11.5.5与《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》符合性

2022 年 5 月，广东省生态环境厅印发《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》（以下简称《规划》）。《规划》对远景目标与阶段性目标做了界定。锚定 2035 年远景目标，2025 年广东省海洋生态环境保护的主要目标是：海洋生态环境质量持续改善；**海洋生态保护修复取得实效**；美丽海湾建设稳步推进；海洋生态环境治理能力不断提升。此外，规划围绕绿色推进沿海经济带发展、坚持“三个治污”、坚持保护与修复并举、推进美丽海湾保护与建设、坚持防控结合等方面提出了具体要求。

在实施海洋生态修复方面，规划指出，推进受损海洋生态系统修复。加强红树林的营造修复，因地制宜采取分类保护和生态修复措施逐步修复遭到破坏的红树林资源。

本项目实施前期，鸡啼门河口地区红树林资源现状进行了充分调查，根据现场调查，鸡啼门河口地区红树林群落类型多样性偏低，而且分布不均匀，群落物种数也较少，发育不够成熟，且部分堤段受两岸开发活动影响，直接影响了其生态功能的发挥。本工程根据两岸堤岸两侧红树林生长现状及恢复的可达性评估，因地制宜的采用红树林适宜地和盐沼湿地的营造，并配套建设修复效果的安全保障与监测设备设施，能够确保项目取得设计目标确定的修复效果，保障本次修复工程取得实效。项目符合《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》。

11.5.6与《广东省生态海堤建设“十四五”规划》符合性

2018 年 10 月，习近平总书记在中央财经委员会第三次会议上提出“实施海岸带保护修复工程，建设生态海堤，提升抵御台风、风暴潮等海洋灾害能力”重要指示精神。根据《广东省人民政府办公厅关于印发广东省“十四五”规划编制工作方案的通知》，广东省水利厅编制了《广东省生态海堤建设“十四五”规划》。

规划指出，广东省已往海堤建设大多以传统海堤建设为主，主要注重堤身带的建设，存在工程体系不完善、建设标准偏低、生态建设理念不够落实、管理体制不健全，与水利现代化建设的要求不协调，与沿海地区经济社会高质量发展不适应等问题。

规划在对广东省海堤建设情况及存在问题充分分析基础上，明确了“十四五”期间生态海堤建设的总体目标，规划到 2025 年全省建成海堤长度 4387km，海堤达标率提高到 85%，新建及达标加固海堤落实生态建设要求，加上碧道规划中对已达标海堤进行生态改造，全省生态海堤占海堤总长的 50%左右，沿海地区防潮安全得到有效保障，海堤生态效益逐步显现。远期 2035 年，全省建成海堤长度 4420km，海堤基本达标，生态海堤占海堤总长的 80%，集防护、生态和美学于一体的生态海堤体系基本建成，基本实现生态海堤治理体系和治理能力现代化。

在生态海堤建设方面，规划指出，海堤生态化建设是以维持或提升海堤防潮御灾能力、恢复海岸生态功能为目标，通过优化堤身结构型式、运用生态建筑材料、种植植被等措施对海堤进行的维护、改造、加固等活动。其建设范围分为堤前带、

堤身带、堤后带三个区域。在堤前带建设内容方面，规划指出，堤前带的生态化建设应重点关注生态系统的重建，主要生态建设内容为堤前地貌恢复、生境修复和生物群落恢复，以促进岸滩结构的稳定性和增加护滩植被的多样性和覆盖度为目标，因地制宜地采用自然修复、植被防护、沙丘修复、海滩养护等生态措施，尽量恢复堤前带的生态功能。

根据《珠海市海洋生态保护修复项目实施方案》，珠海市海洋生态保护修复项目建设内容包括建设生态海岸线、建设安全保障及自动监管工程和三段堤防的提升改造工程。

根据鸡啼门河口地区防洪要求，考虑珠海市堤防工程现状生态化修复需求，本项目在原修复方案基础上进行了调整，调整后建设内容对平沙东堤、红旗段海堤（鸡啼门大桥至小木乃山之间）及西滩东大堤堤前带进行修复。

目前项目后方海堤工程建设标准偏低，防灾能力低，正在按照百年一遇的防潮（洪）标准准备实施提标改造。本项目设计对海堤堤前带进行修复，针对鸡啼门河口两岸海堤和西滩东大堤不同的潮汐、底质、波浪等自然条件，因地制宜地设计了相应的生态保护修复措施，项目建设的红树林-盐沼生态海岸线和仿岩质潮间带生态海岸线将成为后方海堤堤身带的天然屏障，形成集防护、生态和美学于一体的堤防工程，以发挥生态海岸抵御台风风暴潮，同时维持河口地区生物多样性等多目标的重要作用。因此，项目建设实施与《广东省生态海堤建设“十四五”规划》相符合。

11.5.7 与《珠海市生态环境保护暨生态文明建设“十四五”规划》符合性分析

2022 年 1 月，珠海市人民政府发布关于<印发《珠海市生态环境保护暨生态文明建设“十四五”规划》的通知>（（珠府〔2022〕10 号）。《规划》秉着系统谋划、点面结合的原则，提出“十四五”生态文明建设和生态环境保护工作“7 个着力”。一是加快推进绿色低碳发展，打造粤港澳大湾区高质量发展新引擎；二是深入打好污染防治攻坚战，推动生态环境质量持续领跑全国；三是系统加强生态保护与修复，打造高品质城乡人居环境；四是强化重点领域环境风险防控应急，切实维护环境安全与健康；五是深化生态文明制度改革创新，提升生态环境治理能力；六是增强全社会生态环保意识，擦亮特区生态文化品牌；七是深化生态环境保护合作，推动共

建粤港澳优质生活圈。

在**系统加强生态保护与修复，打造高品质城乡人居环境方面**，《规划》提出要坚持系统观念，严格保护以“一条滨海廊道、三支蓝色水脉、六大绿色山系、百座生态岛屿”为主体自然生态安全格局。推进“千里绿廊”、横琴国家级湿地公园等重大工程建设，保护红树林、海草床等重要生态系统。强化人口密度、开发强度、建筑高度和滨水岸线、山脊线、天际线“三度三线”立体管控，推进建设“公园之城”。

本项目为海洋生态修复工程，项目针对鸡啼门河口区生态系统现存问题，因地制宜地采取了岸线修复工程措施，项目实施后将逐步修复红树林资源，从而逐步恢复鸡啼门河口生态系统的生态功能。同时，修复的红树林生态系统还能够作为沿海防护林体系，并逐步提供良好滨海生态环境和休闲生活空间，打造出高品质的宜居环境。综上，项目符合《珠海市生态环境保护暨生态文明建设“十四五”规划》。

11.6 与其他相关规划的符合性

11.6.1 与《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划(2021-2035年)》符合性

2020 年 6 月，国家发展改革委、自然资源部联合印发《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划(2021-2035 年)》，规划在全面分析全国自然生态系统状况及主要问题、与《全国生态保护与建设规划（2013-2020 年）》及正在推动的国土空间规划体系充分衔接的基础上，以“两屏三带”及大江大河重要水系为骨架的国家生态安全战略格局为基础，突出对国家重大战略的生态支撑，统筹考虑生态系统的完整性、地理单元的连续性和经济社会发展的可持续性，研究提出了到 2035 年推进森林、草原、荒漠、河流、湖泊、湿地、海洋等自然生态系统保护和修复工作的主要目标，以及统筹山水林田湖草一体化保护和修复的总体布局。

在海岸带的保护和修复总体布局中，规划提出主攻方向为：以海岸带生态系统结构恢复和服务功能提升为导向，全面保护自然岸线，严格控制过度捕捞等认为威胁，重点推动入海河口、海湾、滨海湿地与红树林、珊瑚礁、海草床等多种典型海洋生态类型的系统保护和修复，综合开展岸线岸滩修复、生境保护修复、外来入侵物种防治、海堤生态化建设、防护林体系建设和海洋保护地建设，改善近岸海域生态质量，恢复退化的典型生境，加强候鸟迁徙路径栖息地保护，促进海洋生物资源

恢复和生物多样性保护，提升海岸带生态系统结构完整性和功能稳定性，提高抵御海洋灾害的能力。

本项目所在鸡啼门河口地区即是珠三角地区受人类活动影响导致生态系统退化，河口生态功能受损的典型海域。项目实施是建设生态化海堤的一部分，既能够推动项目区河口湿地与红树林生态系统的保护和修复，改善海域生态环境，恢复河口地区典型生境，有利于恢复生物资源和维持生物多样性，同时又将构建生态协同减灾的海岸带防护林体系，提高鸡啼门海岸抵御台风、风暴潮等海洋灾害的能力。项目建设符合《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划(2021-2035 年)》。

11.6.2 与《广东省沿海防护林体系建设工程规划（2016-2025 年）》符合性

规划指出，需以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入贯彻落实党的十九大精神，紧紧围绕建设美丽中国的宏伟蓝图，以建设结构稳定、功能完备的沿海防护林体系为目标，以维护国土生态安全、提高抵御台风、海啸和风暴潮等主要自然灾害的能力为核心，以加强沿海基干林带建设为重点，以科学营造和质量提升为手段，以体制创新、机制创新和科技创新为动力，调整工程布局，扩大覆盖范围，充实建设内容，逐步建立起以人工森林植被为主题的片、带、网、点相结合的多树种、多功能、多效益的沿海防护体系，改善沿海地区的生态环境。

本项目位于沿海防护林建设规划的重点建设区域，项目后方海堤工程建设标准偏低，建设质量参差不齐，加之近年来遭受极端风暴潮侵袭，海堤工程防灾能力下降，成为区域防灾减灾体系短板。目前本项目后方涉及的三段海堤正在准备实施加固提升工程，本项目对海堤地前带进行修复，修复的红树林生态系统作为后方陆域的天然屏障，对防风消浪起着重要的缓冲保护作用，项目修复后的生态海堤既是生态化的人工防护工程，又是具备减灾能力的自然海岸。因此，项目建设实施与《广东省沿海防护林体系建设工程规划》（2016-2025 年）相符合。

11.6.3 与《广东省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》的符合性

2021 年 4 月， 广东省人民政府发布印发《广东省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》。《规划纲要》设置海洋专章，围绕建设海洋强省目标，着力优化海洋经济布局，提升海洋产业国际竞争力，推进海洋治理体系与治

理能力现代化。

在实施海洋综合治理方面，规划提出加强海洋生态环境保护要求。要求推进重要生态系统保护和修复重大工程建设，持续开展海岸线整治修复、魅力沙滩打造、海堤生态化、滨海湿地恢复以及美丽海湾建设等“五大工程”。养护海洋生物资源，维护海洋生物多样性，逐步形成类型全面、布局合理、功能完善的自然保护区体系，构建以海岸带、海岛链和各类自然保护地为支撑的海洋生态安全格局。

本项目立足于建设生态化协同减灾海堤工程，采取建设仿岩质潮间带、修复红树林-盐沼湿地的方式修复海岸潮滩环境。项目实施后将作为海堤的重要部分，改变以往海堤工程对生态功能考虑不足的情况，又能够促进河口湿地生态系统的保护和修复，进而发挥其养护资源，维护生物多样性、净化海水、吸碳减排等生态服务功能。项目建设符合《规划纲要》提出的海洋生态环境保护要求。

11.6.4与《珠海市碧道建设总体规划（2020-2035年）》符合性

2020年9月，珠海市人民政府 批复《珠海市碧道建设总体规划（2020-2035年）》，《规划》立足珠海市重要战略定位，通过分析人、水、城三者关系，确定珠海市适宜建设碧道，规划近期建设碧道220.9km，中期建设碧道261.8km，远期建设碧道589.3km；并紧扣珠海水生态本底，构建了“五脉通海，九湾一岸，两翼协同，碧秀珠海”的全市碧道建设总体布局，明确了水资源保障、水安全提升、水环境改善、水生态保护与修复、景观与游憩系统构建五大建设任务及共建生态活力滨水经济带这一提升任务，并规划东部都市海岸、磨刀门、鸡啼门及虎跳门等四大主要水系碧道，形成珠海市碧道建设 “主碧道 +支碧道 ”的空间 梯次结构。

鸡啼门水系碧道根据沿线资源特色分为四大主题段，其中鸡啼门水道下游至入海口为“水乡基塘，红树秘境”主题段。规划提出，该段碧道将以生态复育为主线，通过红树林复育、动植物栖息地重建，在条件成熟地段打造潮汐塘，建立一个可自我维持的入海口生态系统，构建人、鸟、树和谐共生的生态秘境。

本项目区块一和区块二实施范围即属于规划的鸡啼门水系碧道“水乡基塘，红树秘境”主题段，项目以“自然恢复为主+人工辅助修复”的方式修复红树林-沼湿地生态系统，结合现状潮滩地貌条件设计打造了两处潮汐塘，项目实施是重建河口区动植物栖息地，提升生态系统服务功能的关键步骤，为最终构建人、鸟、树和谐共生的生态秘境创造了必要的生境条件。项目符合《珠海市碧道建设总体规划》（2020-2035

年）。

11.6.5与《珠海港总体规划（修订）》的符合性

根据珠海港总体布局规划，珠海大道鸡啼门大桥下游左岸为粮库 500t 自备码头，该处 150m 岸线规划为企业专用码头岸线；粮库自备码头下游 500m 岸线为规划港口岸线，建设高栏港区鸡啼门作业区，供 1000 吨级以下内河运输船舶装卸建筑材料停靠。

多年来，受开发条件、用地资源限制等多方面因素影响，海堤后方原规划的鸡啼门作业区地块目前为养殖用地，原规划鸡啼门作业区以南约 0.5km 则分布多家建材中转、加工企业，并进行临时码头装卸作业。本项目在对项目海域红树林充分调查基础上，结合各段海堤修复适宜性因地制宜的确定了修复方案。原规划的鸡啼门作业区前沿水域在修复方案划定的红树林修复区，岸线生态修复范围避开了在运行码头，不影响码头的接卸作业。

综上分析，认为本项目与《珠海港总体规划（修订）》对鸡啼门作业区的发展规划能够相协调。

11.6.6与《广东省航道发展规划（2020～2035）》的符合性

根据《广东省航道发展规划（2020～2035）》，工程所在河段鸡啼门水道（小木廼~泥湾门口），航道里程 19km，航道发展规划技术等级为Ⅲ级，通航 1000 吨级港澳船舶。

工程红树林红树林-盐沼生态修复区与现状及规划航道的位置关系见图 11.6-1~**错误!未找到引用源。**。由图可见，鸡啼门大桥至下游水道出口段，本项目修复工程在鸡啼门右岸（西岸）与现状及规划航道边线距离逐渐增大，距离现状航道最近距离为 81m，距离规划航道最近距离为 76m，修复工程在鸡啼门左岸（东岸）与现状及规划航道边线的距离逐渐减小，距离现状航道最近距离为 98m，距离规划航道最近距离为 83m。

工程仿岩质潮间带修复区位于西滩填海区东大堤外侧，远离鸡啼门水道区，属于鸡啼门漏斗湾区。

总的来看，本工程红树林-盐沼生态修复区位于鸡啼门水道区，沿既有堤线（平沙东堤、红旗堤）顺延布置，仿岩质潮间带修复区远离鸡啼门水道区，工程与现状及规划航道均有一定距离，不影响现状航道及规划航道布置。

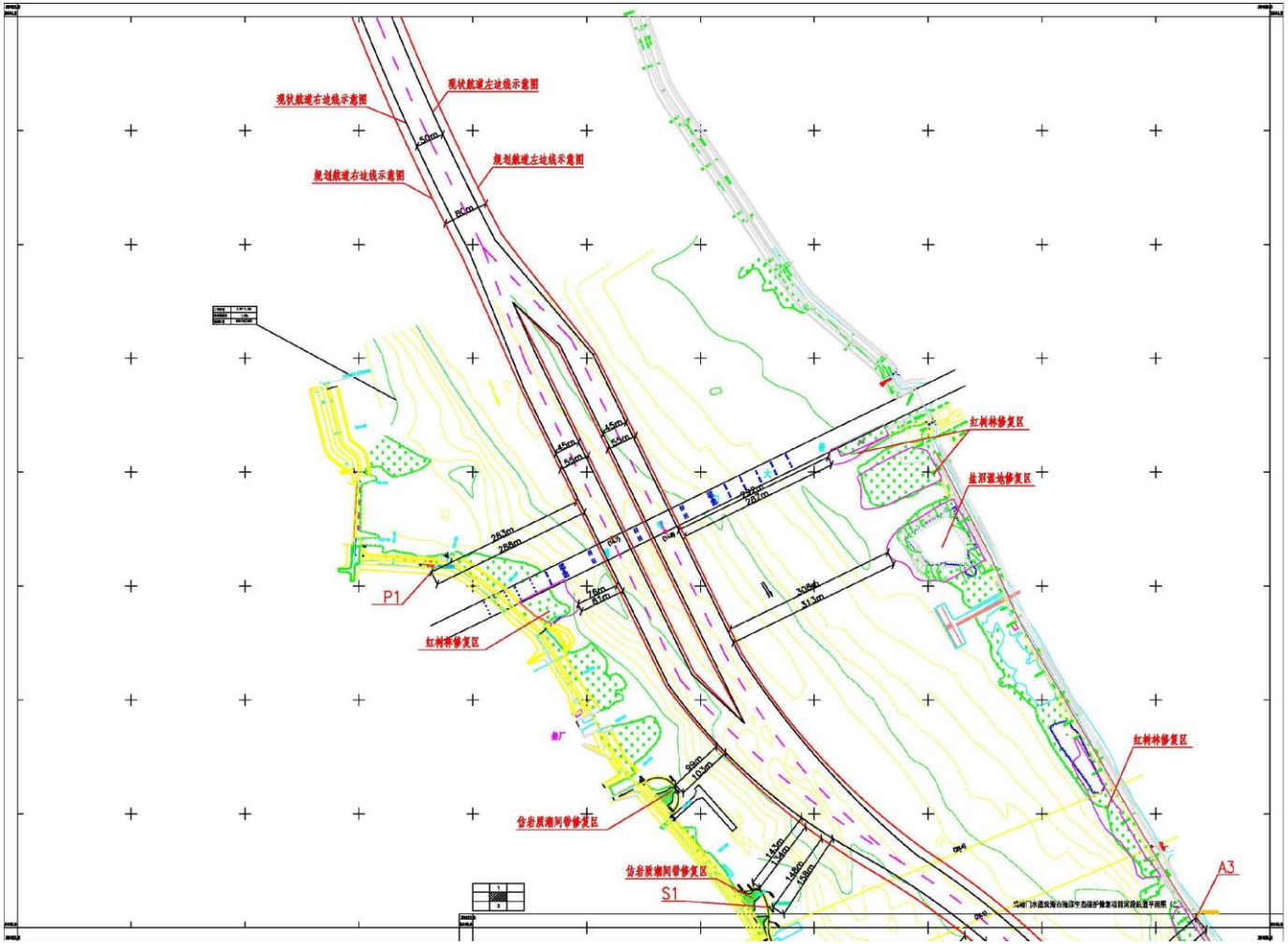


图 11.6-1 工程与现状及规划航道位置关系图（1）

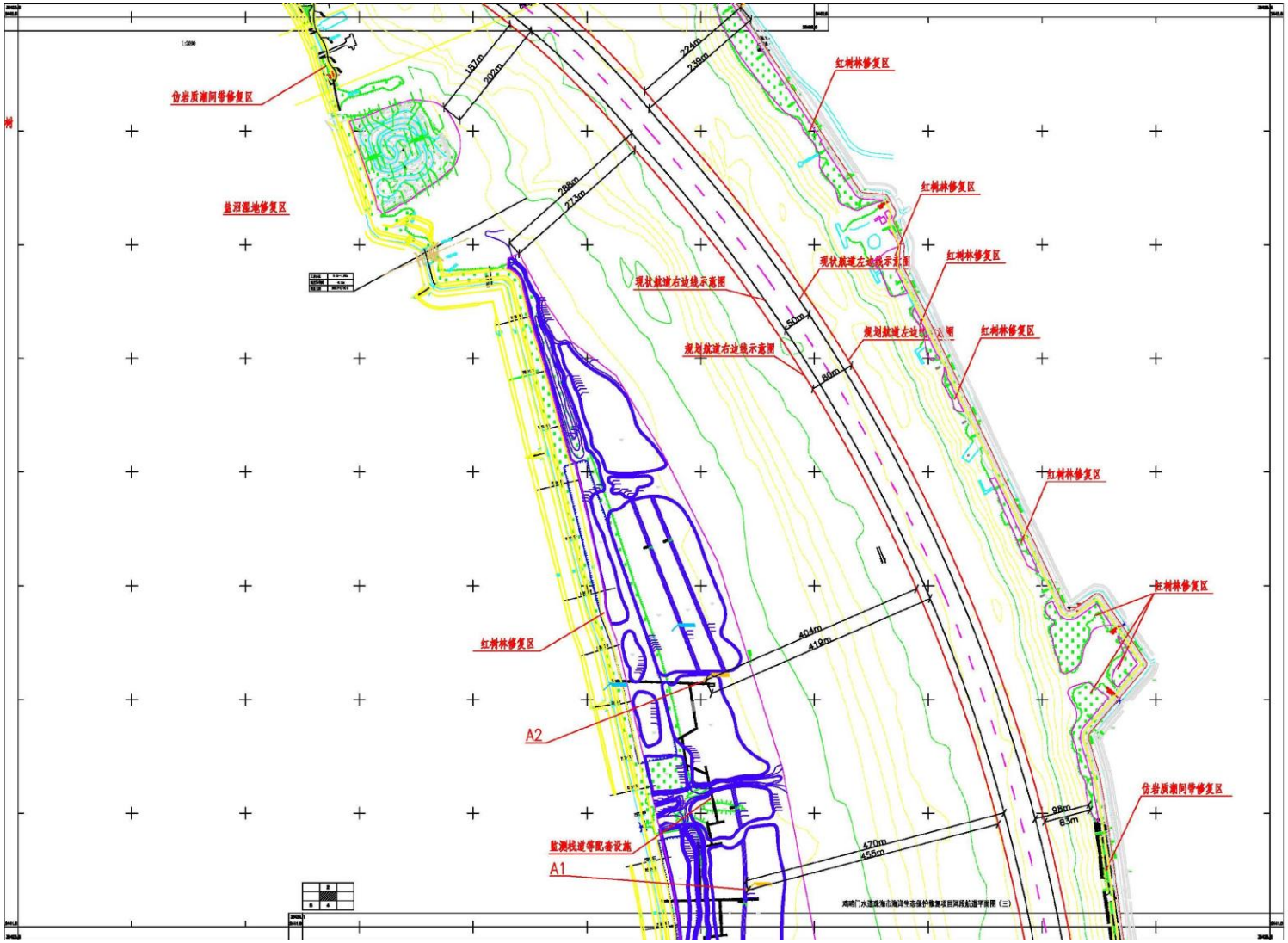


图 11.6-2 工程与现状及规划航道位置关系图（2）

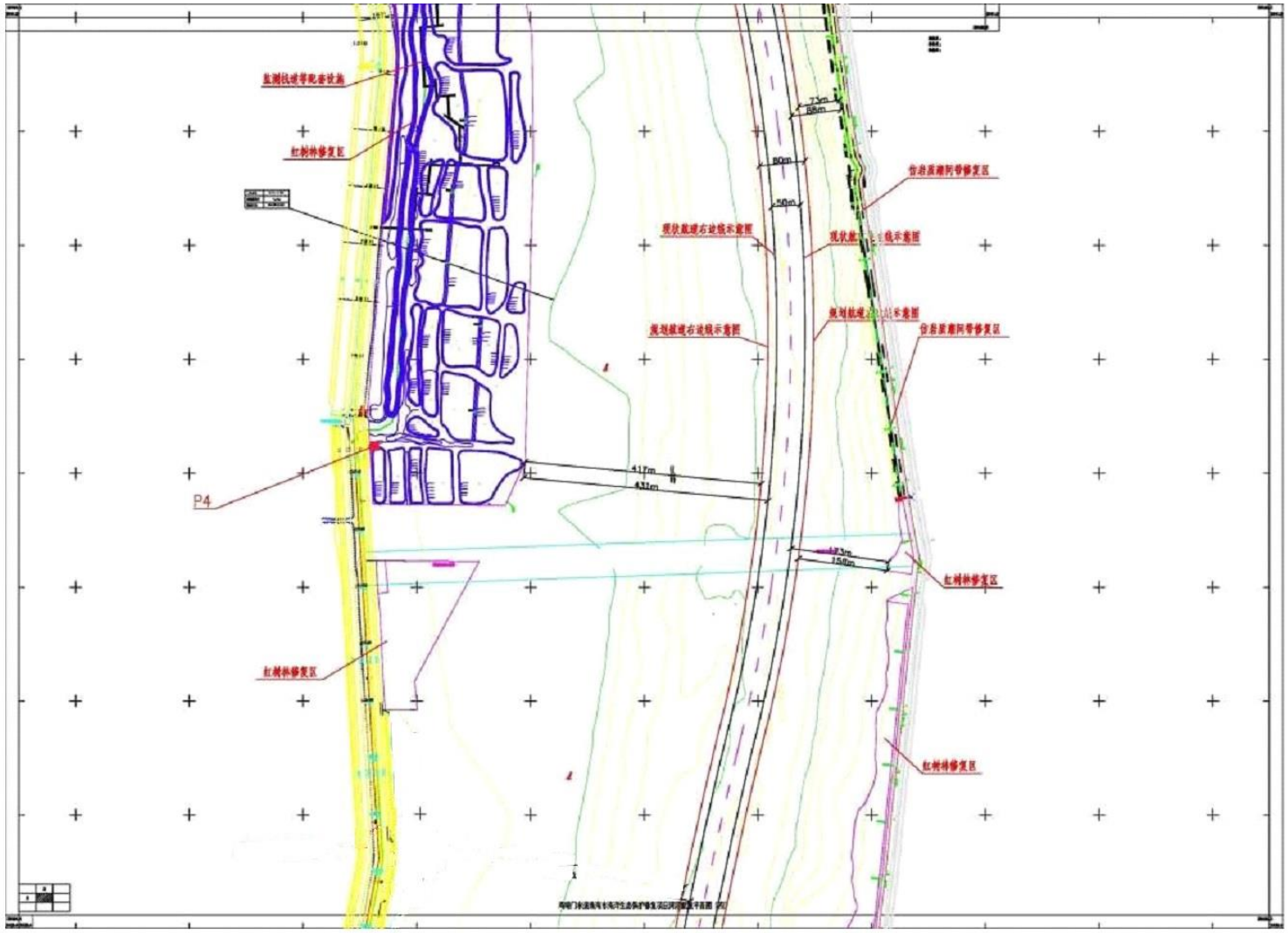


图 11.6-3 工程与现状及规划航道位置关系图（3）

11.7 项目与水利建设项目环评审批原则符合性分析

本环评对照《水利建设项目（河湖整治与防洪除涝工程）环境影响评价文件审批原则》（试行）的相关要求进行分析，具体见表 11.7-1。

表 11.7-1 项目与水利建设项目（河湖整治与防洪除涝工程）港口建设项目环境影响评价文件审批原则符合性分析表

序号	条款	项目情况	符合性
1	项目符合环境保护相关法律法规和政策要求，与主体功能区规划、生态功能区划、水环境功能区划、水功能区划、生态环境保护规划、流域综合规划、防洪规划等相协调，满足相关规划 环评要求。工程涉及岸线调整（治导线变化）、裁弯取直、围垦水面和占用河湖滩地等建设内容的，充分论证了方案环境可行性，最大程度保持了河湖自然形态，最大限度维护了河湖健康、生态系统功能和生物多样性。	本项目符合环境保护相关法律法规和政策要求，与《全国海洋主体功能区规划》、《广东省海洋主体功能区规划》、《珠海市海洋功能区划（2015-2020 年）》、《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》、《广东省生态环境保护“十四五”规划》等相协调。 工程不涉及岸线调整，不改变鸡啼门河口地区防洪治导线，项目实施有利于河口地区生态功能的逐步恢复。	符合要求
2	工程选址选线、施工布置原则上不占用自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地以及其他生态保护红线等环境敏感区中法律法规禁止占用的区域，并与饮用水水源保护区的保护要求相协调。法律法规、政策另有规定的从其规定。	项目红树林-盐沼修复工程区位于广东省“三区三线”中的“鸡啼门重要河口生态红线区”，仿岩质潮间带修复工程不在生态红线区范围内。 工程属于《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号）中“对生态功能不造成破坏的有限人为活动—8. 依据县级以上国土空间规划和生态保护修复专项规划开展的生态修复。”工程实施范围及施工场地临时占地区域不涉及环境敏感区中法律法规禁止占用的区域。	符合要求
3	项目实施改变水动力条件或水文过程且对水质产生不利影响的，提出了工程优化调整、科学调度、实施区域流域水污染防治等措施。对地下水环境产生不利影响或次生环境影响的，提出了优化工程设计、导排、防护等针对性的防治措施。 在采取上述措施后，对水环境的不利影响能够得到缓解和控制，居民用水安全能够得到保障，相关区域不会出现显著的土壤潜育化、沼泽化、盐碱化等次生环境问题。	针对项目施工造成的水质影响，提出了污染防治措施，水环境不利影响能够得到缓解。	符合要求
4	项目对鱼类等水生生物的洄游通道及“三场”等重要生境、物种多样性及资源量等产生不利影响的，提出了下泄生态流量、 恢复鱼类洄游通道、采用生态友好型护岸（坡、底）、生态修复、增殖放流等措施。 在采取上述措施后，对水生生物的不利影响能够得到缓解和控 制，不会造成原有珍稀濒危保护、区域特有或重要经济水生生物在相关河段消失，不会对相关河段水生生态系统造成重大不利影响。	针对项目施工对渔业资源造成的损失，提出了增殖放流措施，能够减缓施工对渔业资源的影响。	符合要求
5	项目对湿地生态系统结构和功能、河湖生态缓冲带造成不利影响的，提出了优化工程设计及调度运行方案、生态修复等措施。对珍稀濒危保护	项目为海洋生态修复项目，项目实施有利于鸡啼门河口生态系统结构良性发展，有利于发挥河口生态系统的生态功能。	符合要求

序号	条款	项目情况	符合性
	植物造成不利影响的，提出了避让、原位防护、移栽等措施。对陆生珍稀濒危保护动物及其生境造成不利影响的，提出了避让、救护、迁徙廊道构建、生境再造等措施。对景观产生不利影响的，提出了避让、优化设计、景观塑造等措施。 在采取上述措施后，对湿地以及陆生动植物的不利影响能够得到缓解和控制，与区域景观相协调，不会造成原有珍稀濒危保护动植物在相关区域消失，不会对陆生生态系统造成重大不利影响。		
6	项目施工组织方案具有环境合理性，对料场、弃土（渣）场等施工场地提出了水土流失防治和生态修复等措施。根据环境保护相关标准和要求，对施工期各类废（污）水、扬尘、废气、噪声、固体废物等提出了防治或处置措施。其中，涉水施工涉及饮用水水源保护区或取水口并可能对水质造成不利影响的，提出了避让、施工方案优化、污染物控制等措施；涉水施工对鱼类等水生生物及其重要生境造成不利影响的，提出了避让、施工方案优化、控制施工噪声等措施；针对清淤、疏浚等产生的淤泥，提出了符合相关规定的处置或综合利用方案。 在采取上述措施后，施工期的不利环境影响能够得到缓解和控制，不会对周围环境和敏感保护目标造成重大不利影响。	对施工期影响已充分论述并提出相应环境保护措施。 是施工场地已提出水土流失防治措施和植被恢复措施。 针对项目涉水施工对鱼类造成的不利影响，已提出了尽量避开主要鱼类繁育盛期、施工方案优化、控制施工噪声以及增殖放流等措施。施工期的不利环境影响能够得到缓解和控制，不会对周围环境和敏感保护目标造成重大不利影响。	符合要求
		本项目涉水施工不涉及饮用水水源保护区或取水口。 本项目红树林修复区场地清理淤泥直接用于地貌整饰清淤，无疏浚施工，不涉及淤泥的处置或综合利用。	不涉及
7	项目移民安置的选址和建设方式具有环境合理性，提出了生态保护、污水处理、固体废物处置等措施。 针对蓄滞洪区的环境污染、新增占地涉及污染场地等，提出了环境管理对策建议。	本项目不涉及移民安置。	不涉及
8	项目存在河湖水质污染、富营养化或外来物种入侵等环境风险的，提出了针对性的风险防范措施以及环境应急预案编制、建立必要的应急联动机制等要求。	已提出风险防范措施、应急预案、联动机制等要求。	符合要求
9	改、扩建项目在全面梳理了与项目有关的现有工程环境问题基础上，提出了与项目相适应的“以新带老”措施。	本工程为新建工程。	不涉及
10	按相关导则及规定要求，制定了水环境、生态等环境监测计划，明确了监测网点、因子、频次等有关要求，提出了开展环境影响后评价及根据监测评估结果优化环境保护措施的要求。根据需要和相关规定，提出了环境保护设计、开展相关科学研究、环境管理等要求。	已按相关导则及规定要求，制定环境监测计划。明确了监测站点、因子、频次等有关要求，	符合要求
11	对环境保护措施进行了深入论证，建设单位主体责任、投资估算、时间节点、预期效果明确，确保科学有效、安全可行、绿色协调。	建设单位主体责任、投资估算、时间节点、预期效果明确	符合要求

序号	条款	项目情况	符合性
12	按相关规定开展了信息公开和公众参与。	已按规定开展。	符合要求
13	环境影响评价文件编制规范，符合相关管理规定和环评技术标准要求。	已按相关规范编制。	符合要求

11.8 项目选址环境合理性分析

本项目为珠海市海洋生态保护修复项目的一部分，是建设单位对鸡啼门河口海域海岸带生态、减灾情况进行了充分的调查和评估，以及科学论证工程项目需求后提出的，项目的选址是由区域海洋生态保护修复需要而定。项目实施直接对海堤进行了生态化修复改造，有利于改善修复区海洋生态环境，有利于促进项目区河口海域生态功能的恢复，项目选址合理。

12 环境管理与环境监测

12.1 环境管理

为做好项目建设过程中的环境保护工作，减轻本项目外排污染物对海洋环境的影响程度，建设单位及本项目施工单位应高度重视环境保护工作，建立环境保护管理体系，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。

12.1.1 环境保护管理机构

（1）施工单位应设立内部环境保护管理机构，由施工单位主要负责人及专业技术人员组成，专业负责环境保护工作，实行定岗定员，岗位责任制，负责各施工工序的环境保护管理，保证施工期环保设施的正常运行、各项环境保护措施的落实；

（2）为了有效的保护项目所在区域的环境质量，切实保证本报告提出各项施工期环境保护措施的落实，除了施工单位应设置环境保护管理机构外，针对本项目的建设施工，项目建设单位还应成立专门小组，负责监督施工单位对各项环境保护措施的落实情况，并在选择施工单位前，将主要环境保护措施列入招标文件中，将各施工单位落实主要环保措施的能力作为项目施工单位中标考虑的因素，将需要落实的环境保护措施列入与施工单位签署的合同中，并且配合行政主管部门对项目施工实施监督、管理和指导。

12.1.2 环境管理制度

（1）施工单位及建设单位应建立完善的环境管理体系，健全内部环境管理制度，认真落实环境保护工作责任制，切实加强日常环境管理工作，对整个施工过程实施全程环境管理，杜绝施工过程中的污染工序和污染事故的发生；

（2）加强项目施工过程中的环境管理制度，根据本报告中提出的环境保护措施和对策，项目施工单位应制定切实可行的环境保护行动计划，将环境保护措施分解落实到具体机构(人)；做好环境保护教育和宣传工作，提高各级施工管理人员和具体施工人员的环境保护意识，加强员工对环境污染防治的责任心，自觉遵守和执行各

项环境保护的规章制度，定期对环境保护设施进行维护和保养，确保环境保护设施的正常运行，防止污染事故的发生；加强与海洋环保行政主管部门的沟通和联系，主动接受环保主管部门的管理、监督和指导。

12.1.3环境管理机构的主要职责

（1）与海洋环保行政主管部门保持密切联系，及时了解国家、地方与本工程项目有关的环境保护法律、法规和其它要求，及时向海洋环保行政主管部门反映与项目施工有关的污染因素、存在的问题、采取的污染控制对策等，听取海洋行政主管部门的意见和建议，配合海洋行政主管部门贯彻各项环保政策和法规；

（2）及时将国家、地方与本项目环境保护有关的法律、法规和其它要求向施工单位负责人汇报，及时向施工单位有关机构、人员进行通报，组织施工人员进行环保教育和技术培训，提高施工及环保人员的环境意识和专业水平；

（3）根据本报告提出的各项环保措施，编制详细的施工期环保措施落实计划，明确各施工工序的施工场地位置、环境影响、环境保护措施、落实责任机构(人）等，并将该环境保护计划以书面形式发放给相关人员，以便于各项措施的落实；制定并组织实施环境监测计划；

（4）负责制定、落实和监督执行有关环保管理规章制度，负责实施环境保护控制措施，管理污染防治设施；对施工期配备的防污设施进行检查，建立资料档案，为今后改进防污设施的工艺技术提供依据；

（5）除执行建设及施工单位主管领导的各项有关环保工作的指令外，还应接受当地海洋环境主管部门的检查监督，定期和不定期地上报各项环保管理工作的执行情况，为区域环境整体控制服务；

（6）对本项目的各项环境保护设施的正常运行、环境保护措施的实施进行监督检查。

（7）协调工程及周边区域内有关部门和区外有关单位在环境保护方面的工作。

12.2 环境监理

该项目在用海过程中，应接受珠海市自然资源局的监控监视。当发现有超出海域使用范围、改变海域使用用途和性质，或海域使用对环境、资源造成不良影响时，应采取相应措施对违规行为及时进行纠正，对出现问题及时加以解决。

环境监理是工程监理的重要组成部分，工程指挥部需委托具有资质的环境监理单位进行环境监理工作。环境监理单位应按照合同条款，独立、公正的开展工作。环境监理实行环境监理工程师负责制，监理人员应具备环境方面的专业知识。业主和承包商就环保方面的联系必须通过环境监理工程师，以保证命令依据的唯一性。根据本工程对环境产生破坏的范围和程度，制定本工程的环境监理计划。

监理单位需帮助建设单位对项目中的环保设计把关并对环保设施的选购提供参考意见，同时，监理过程中监理人员对施工过程中出现的环境问题及时与业主和施工单位沟通并采取相应措施把这些问题控制在源头，将施工中对环境的各种不利影响降到最低限度。

环境监理的具体内容包括：

（1）现场环境监理

环境监理人员对建设项目现场监理每月不少于 1 次。

环境监理人员在进行例行现场检查时，需填写现场监理单，对异常情况要制作《询问调查笔录》，必要时需采样取证并按规定采取相应处理措施。

（2）监理工程建设

受委托的监理公司应派人员进驻施工现场，监督工程的施工进度、施工质量和是否按国家主管部门批准的用海区域用海，核查用海范围及面积；了解并掌握是否按施工合同约定的工程量进行施工等。

（3）调查、处理环境污染事故和环境污染纠纷

环境监理机构发现环境污染事故或接到举报后，将根据污染事故报告制度及时向生态环境主管部门报告，实地调查和记录环境污染或事故污染状况，进行取证，并采取应急措施控制污染，必要时通报周围单位或疏散群众。

环境监理人员应参与污染事故的处理。环境监理机构要对当事人参加的协调会提出调解处理意见，制作会议纪要。

另外，监理人员需对施工人员进行生物多样性保护的宣传教育，协调工程施工中因环境问题产生的纠纷；参加每周的工程例会，根据现场监理的情况及时编报环境监理的周报、月报。

12.3 环境监测计划

根据《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》和《排污单位自行监测技术指南总则》（HJ819-2017）的要求，为了及时了解和掌握建设项目在其施工期和运营期对海洋水质、沉积物和生态产生的影响，使可能造成环境影响的因素得以及时发现，需要在建设项目施工期和运营期对海洋环境产生的影响进行跟踪监测。监测单位应具有 CMA 资质，能提供符合有效计量认证的监测报告。

12.3.1 施工期跟踪监测计划

（1）水质、沉积物、海洋生态环境监测计划

1）监测项目

海水水质：包括悬浮物（SS）、pH、化学需氧量（COD）、溶解氧、石油类、无机氮（以 N 计）、活性磷酸盐（以 P 计），

海洋沉积物：pH、铜、镉、砷、石油类、硫化物；

海洋生态环境：浮游植物、浮游动物、潮间带生物、底栖生物、鱼卵、仔稚鱼。

2）监测频率

海水水质：施工期每季度监测一次；

海洋沉积物：施工完成后监测一次；

海洋生态环境：与海水水质同步监测，即施工期每季度监测一次。

3）监测方法

采样监测工作由有资质的海洋监测单位承担，按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）规定的有关方法进行，在工程施工同时进行采样调查。

4）监测布点

监测站位见表 12.3-1。

表 12.3-1 工程附近海域施工期跟踪监测站位信息表

站位编号	经度	纬度	监测项目
1#	113° 15' 21.847" E	21° 59' 48.216" N	水质、沉积物、海洋生态（含浮游植物、浮游动物、潮间带生物、底栖生物、鱼卵、仔稚鱼）
2#	113° 15' 28.026" E	21° 59' 17.841" N	
3#	113° 15' 41.035" E	21° 58' 28.038" N	
4#	113° 15' 49.944" E	21° 57' 42.124" N	
5#	113° 16' 35.287" E	22° 2' 40.145" N	

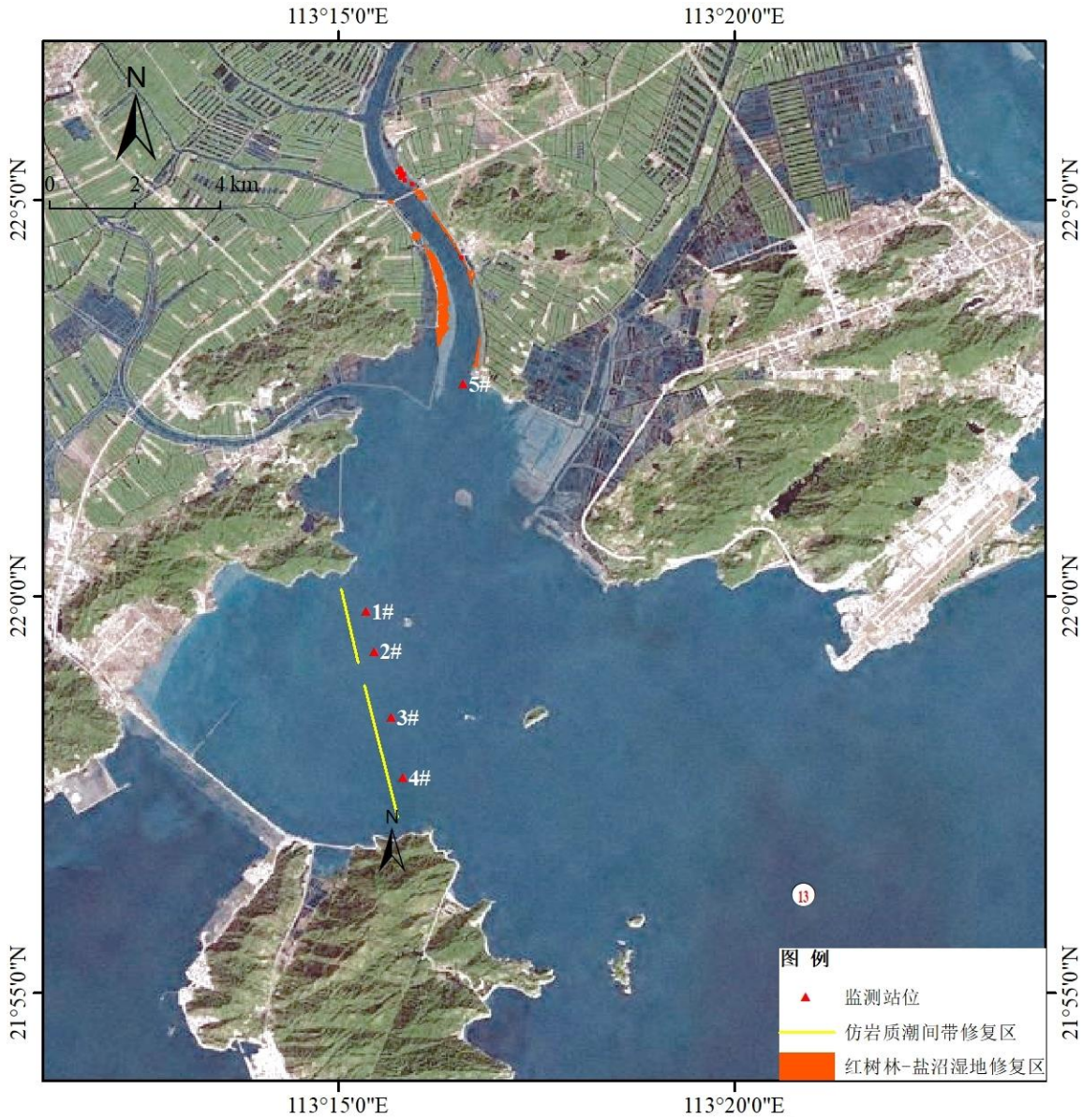


图 12.3-1 工程附近海域施工期跟踪监测站位图

（2）鸟类监测

鸟类监测需由相关单位的专业人员进行，建设单位也可以在专业人员的指导下，指派专人对项目区周边近岸鸟类开展监测工作，并做好观测记录。建议施工期间在金湾木乃红树林及陆上施工场地周边设置鸟类固定监测点。对鸟类数量、分布以及觅食、停歇、迁飞等生存行为及栖息地范围的面积的变化特征进行监测。

（3）中华白海豚监测

建设单位应指派专人对海洋站周边海域开展中华白海豚活动情况的监测，并做好观测记录。

监测区域：海洋站工程边界线和东大堤仿岩质潮间带施工区外延一定距离，海

洋站施工区观测区外延范围依据海洋站桩基施工时所对应的中华白海豚的噪声影响安全距离确定，即 330m。东大堤施工区监测范围重点对周边水深 5m 范围进行监测。

监测频率：海洋站桩基施工和东大堤仿岩质潮间带施工期内持续监测。

12.3.2 营运期跟踪监测计划

生态修复项目主要通过潮沟疏通，植被恢复与种植，底栖生物增殖等措施逐步恢复滨海湿地，重塑鸡啼门河口滨海湿地生态系统的结构和功能的完整性，为评估上述工程措施是否达到预定的修复效果，本次工程设计中采取了以下监测措施，以保证修复效果：1）在修复工程所在水域布设 4 套水上水下一体化监控系统的方式，全面获取水上水下现场和环境参数信息；2）构建红树林岸线三维场景模型并布设 3 套高清摄像头组网和深入红树林内部的环境监控系统，实现远距离实时监控红树林生物自然活动的全过程；3）在修复工程上下游河道及入海河口区域建设岸基入海污染物自动监控站站 4 座，实现项目区域重点入海河流及入海水质通量的实时监控；

为保证本项目海洋生态保护修复效果，项目实施完成后需开展长期跟踪监测，重点对红树林植被生长情况及潮间带修复区海洋生态环境进行监测，并根据监测结果适时采取补充措施，以达到海岸线整治修复效果。

（1）监测项目：

1）水环境：水温、盐度、pH、悬浮物、溶解氧、营养盐（硝酸盐、亚硝酸盐、氨、无机磷、活性磷酸盐）；

2）沉积物：沉积物粒度、土壤盐分、有机碳、硫化物；

3）生境地：红树林分布面积、覆盖度；

4）红树林群落：种类组成、密度、胸径、株高、成活率；

5）底栖动物群落：底栖动物种类组成、密度、生物量；

6）红树林鸟类群落：鸟类种类组成、种群数量。

（2）监测频率

项目实施后每三年监测一次。

（3）监测方法

采样监测工作由专业单位开展，按照《红树林生态监测技术规程(HY/T 081-2005)》规定的有关方法进行。

（4）监测布点

为评估项目修复项目，运营期海洋生态环境监测（水环境、沉积物、底栖动物）重点对红树林-盐沼修复工程区开展。监测站位见表 12.3-2。此外，红树林群落及生境建议采用样地记录法，根据全面性和代表性原则在红树林营造区和恢复区选择布设样地。

表 12.3-2 工程附近海域营运期跟踪监测站位信息表

站位编号	经度	纬度	监测项目
1#	113° 16' 2.015" E	22° 4' 46.227" N	水质、沉积物、海洋生态（含浮游植物、浮游动物、潮间带生物、底栖生物、鱼卵、仔稚鱼）
2#	113° 16' 21.824" E	22° 4' 16.781" N	
3#	113° 16' 32.531" E	22° 3' 46.264" N	
4#	113° 16' 30.925" E	22° 2' 55.939" N	

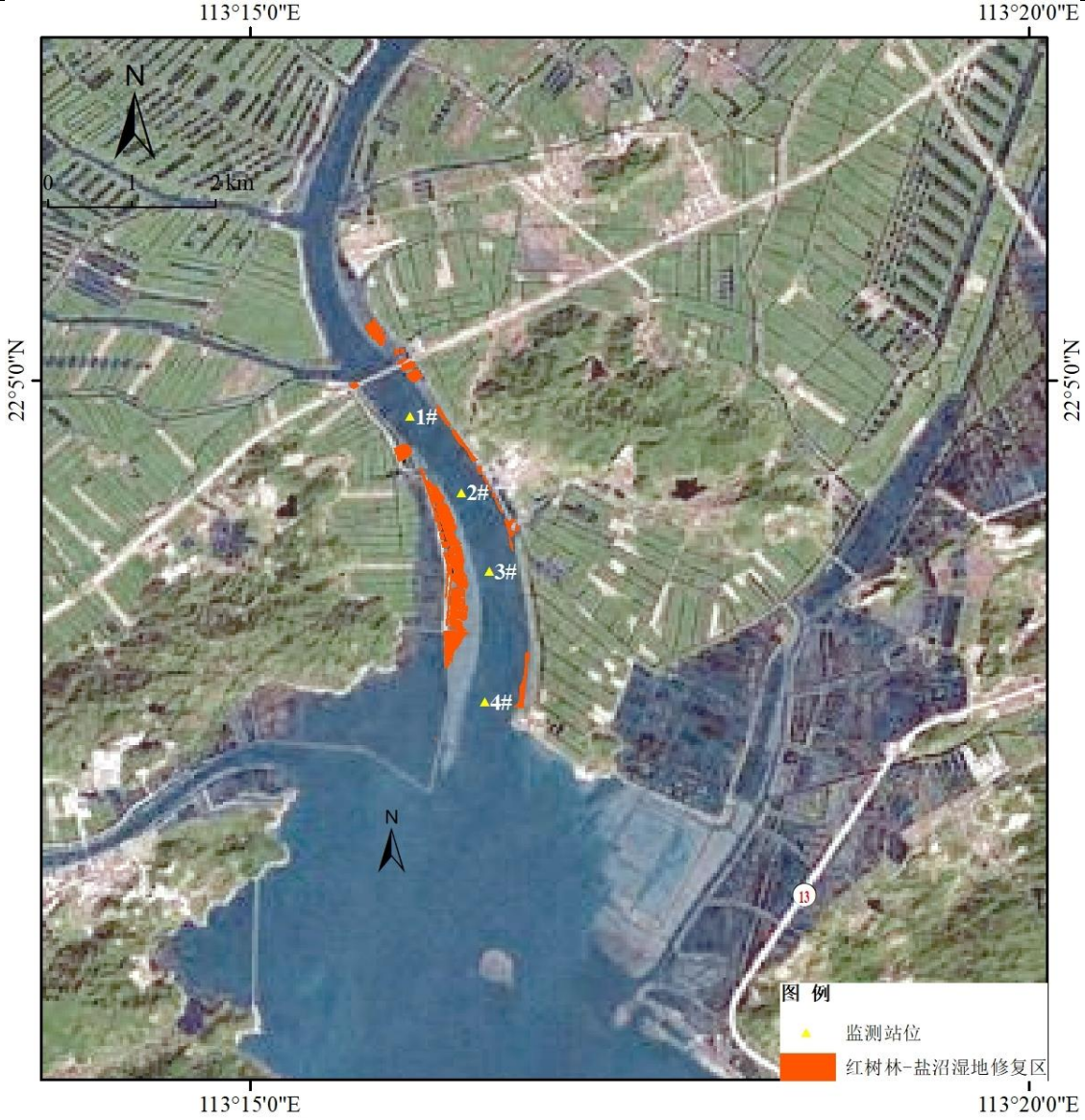


图 12.3-2 工程附近海域运营期跟踪监测站位图

13 环境影响评价结论

13.1 工程分析结论

本工程位于广东省珠海市，拟对平沙东堤、红旗堤及东大堤的堤前带进行生态修复，修复总面积 60.575 ha。其中，红树林修复区、盐沼修复区总面积 36.86，仿岩质潮间带修复区总面积为 16.23ha。同时建设安全保障及自动监管工程。工程总投资估算 30219.7661 万元，其中环保投资约 441.22 万元，占总投资的 1.5%。计划施工期 150 天。

施工期的环境影响主要是：仿岩质潮间带抛石以及海洋站桩基施工建设过程产生悬浮沙入海、施工船舶产生的机舱油污水、施工场地生产废水、施工人员产生的生活废水和施工船舶、机械车辆产生的汽车尾气和车船废气，以及施工作业活动产生的固废、人员生活垃圾等。仿岩质潮间带抛石悬浮沙源强为 4.04kg/s、0.58kg/s；施工平台的钢管桩拔除产生的悬浮物源强约为 0.25kg/s；施工期间船舱含油废水产生量约 3.28 m^3/d，船舶生活污水产生量约 17.15 m^3/d，施工场地生活污水约 18.4m^3/d，汽车、机械冲洗水排放量约为 5m^3/d；施工期间总计产生生活垃圾约 0.27t/d。

项目运营无生产性活动，基本无污染物产生。

此外，施工期间红树林-盐沼湿地修复工程、仿岩质潮间带修复工程、监测栈道以及海洋站基础占海将破坏潮间带生物和底栖生物原有的栖息环境，导致生物资源损失。施工悬浮沙引起的水体浑浊也将间接干扰浮游动植物正常生命活动，对渔业资源也造成一定的不利作用。项目实施后，红树林、盐沼湿地修复工程实施改变了水深条件，造成修复区水动力减弱，对工程区自然状态下冲淤演变趋势会造成一定的调整变化。

13.2 环境现状调查结论

13.2.1 海水水质

（1）2021 年 9 月评价结果

执行一类海水水质标准的站位（D15、D16、D17、D18、D19、D20）中，无机氮、活性磷酸盐、铜、石油类出现超标。其中，无机氮和活性磷酸盐最大超一类水

质标准的超标倍数分别为 2.9 倍、0.58 倍，样品超标率分别为 100%、66.7%；铜在 3 个站位出现超标，最大超一类水质标准的超标倍数分别为 0.64 倍，样品超标率分别为 50%；石油类在 1 个站位出现超标，超标 1.06 倍。其他所有指标均能够符合一类海水水质标准。

执行二类海水水质标准的站位（D1、D2、D3、D4、D5、D6、D8、D12、D14），无机氮、活性磷酸盐、COD、石油类出现超标。其中，无机氮最大超标 6.87 倍，且不满足四类标准要求；活性磷酸盐最大超标 0.35 倍，但满足四类标准要求；石油类超二类水质标准 4.44 倍，但满足三类水质标准；COD 仅一个站位略微超标。其他因子均能够满足二类水质标准要求。

执行三类海水水质标准的站位（D7、D9、D10、D11、D13）中，无机氮、活性磷酸盐出现超标，最大超三类水质标准的超标倍数分别为 3.40 倍、0.22 倍，样品超标率分别为 100%、60%，且无机氮不满足四类标准要求，但活动磷酸盐全部满足四类标准要求；其他所有评价因子均满足三类水质标准要求，其中 DO、硫化物、挥发酚、锌、铅、镉、铬、汞、砷满足一类海水水质标准要求，铜满足二类水质标准要求。

（2）2022 年 4 月评价结果

执行一类海水水质标准的站位（D15、D16、D17、D18、D19、D20）中，无机氮、活性磷酸盐出现超标。其中，无机氮和活性磷酸盐最大超一类水质标准的超标倍数分别为 5.55 倍、1.14 倍，样品超标率分别为 100%、50%；其他所有指标均能够符合一类海水水质标准。

执行二类海水水质标准的站位（D1、D2、D3、D4、D5、D6、D8、D12、D14），无机氮、活性磷酸盐。其中，无机氮最大超标 4.97 倍，且不满足四类标准要求；活性磷酸盐最大超标 0.24 倍，样品超标率分别为 100%、11.1%，但满足四类标准要求。其他因子均能够满足二类水质标准要求，其中 DO、COD、DO、石油类、硫化物、挥发酚、Cu、Zn、Pb、Cd、Cr、Hg、As 满足一类水质标准要求。

执行三类海水水质标准的站位（D7、D9、D10、D11、D13）中，无机氮、活性磷酸盐出现超标，最大超三类水质标准的超标倍数分别为 3.98 倍、0.31 倍，样品超标率分别为 100%、60%，且无机氮不满足四类标准要求，但活动磷酸盐全部满足四类标准要求；其他所有评价因子均满足三类水质标准要求。其中 pH、COD 、DO、石油类、硫化物、挥发酚、Cu、Zn、Pb、Cd、Cr、Hg、As 满足一类水质标准要

求。

13.2.2海洋沉积物

（1）2021 年 9 月评价结果

执行一类沉积物标准的站位（D14、D15、D17、D18、D19）中，D18 号站位中的铜、锌、铅、镉、铬、汞、砷均超标，D15、D17 站位中的铜、锌也出现超标，但能够符合二类沉积物标准。其他站位各评价因子均符合一类沉积物质量标准。

执行二类沉积物标准的站位（D10），所有评价因子均能够符合二类沉积物标准。

沉积物质量要求维持现状的区域中的站位（D1、D3、D4、、D6、D7、D11），铜、镉、砷、石油类、硫化物能够满足二类海洋沉积物质量标准要求，其他评价因子均能够满足一类沉积物质量标准要求。

（2）2022 年 4 月评价结果

执行一类沉积物标准的站位（D14、D15、D17、D18、D19）中，D14 号站位中的铜和 D17 号石油类超标，但均能够符合二类沉积物标准。

执行二类沉积物标准的站位（D10），所有评价因子均能够符合二类沉积物标准。

沉积物质量要求维持现状的区域中的站位（D1、D3、D4、、D6、D7、D11），铜、镉、石油类能够满足二类海洋沉积物质量标准要求，其他评价因子均能够满足一类沉积物质量标准要求。

13.2.3海洋生态

（1）叶绿素 a 及初级生产力

2021 年 9 月调查期间叶绿素 a 含量变化范围在 5.24~21.7 μg/L，平均值为 11.54 μg/L，初级生产力变化范围在 106.18~440.22mg•C/(m2•d)。

2022 年 4 月调查期间监测叶绿素 a 含量变化范围在 0.56~1.87 μg/L，平均值为 0.93 μg/L，初级生产力变化范围在 10.1~22.7mg•C/(m^2•d)。

（2）浮游植物

2021 年 9 月调查期间共鉴定浮游植物 79 种，其中硅藻门 55 种，甲藻门 11 种，蓝藻门 5 种，裸藻门 1 种，绿藻门 7 种。本次监测中浮游植物优势种主要为柔弱拟菱形藻 *Pseudo-nitzschia delicatissima*、中肋骨条藻 *Skeletonema costatum* 和拟旋链角毛

藻 *Chaetoceros pseudocurvisetus* 。浮游植物生物密度变化范围为14462.1~916333.5×10^3 个/m^3。监测海域浮游植物物种多样性指数（*H′*）平均值为1.70，生境质量等级为差。

2022 年 4 月调查期间共鉴定浮游植物 69 种，其中硅藻门 46 种，甲藻门 13 种，蓝藻门 2 种，裸藻门 1 种，绿藻门 7 种。本次监测中浮游植物优势种主要为颗粒直链藻 *Melosira granulata* 和中肋骨条藻 *Skeletonema costatum*。浮游植物生物密度变化范围为 31070~339341.4×10^3 个/m^3。监测海域浮游植物物种多样性指数（*H′*）平均值为0.244，生境质量等级为极差。

（3）浮游动物

2021 年 9 月调查期间共鉴定大中型浮游动物 39 种（类），其中被囊类 1 种，浮游幼体 13 种，毛颚类 2 种，桡足类 17 种，枝角类 5 种，栉水母 1 种。本次监测中大中型浮游动物优势种主要为鸟喙尖头溞 *Penilia avirostris*、短尾类溞状幼体 Brachyura zoea、裸腹溞 *Moina* sp.、拟长腹剑水蚤 *Oithona similis*、强额孔雀水蚤 *Parvocalanus crassirostris* 和长尾类幼体 Macrura larvae。大中型浮游动物生物密度变化范围为 50.0~1356.7 个/m^3，生物量变化范围为 83.96~816.67 mg/m^3。监测海域浮游动物物种多样性指数（*H′*）平均值为 2.61，生境质量等级为一般。

2022 年 4 月调查期间共鉴定大中型浮游动物 51 种（类），其中被囊类 2 种，端足类 1 种，浮游幼体 10 种，毛颚类 2 种，介形类 1 种，桡足类 20 种，十足类 3 种，枝角类 6 种，水螅水母类 4 种，原生动物 1 种，栉水母 1 种。本次监测中大中型浮游动物优势种主要为蔓足类无节幼体 *Cirripedia nauplius*、桡足类幼体 *Copepoda larvae*、长额象鼻溞 *Bosmina longirostris*、鸟喙尖头溞 *Penilia avirostris*、双壳类幼体 *Bivalve larvae* 、长日华哲水蚤 *Sinocalanus solstitialis* 和强额孔雀水蚤 *Parvocalanus crassirostris*。大中型浮游动物生物密度变化范围为 622.3~14100.0 个/m^3，生物量变化范围为 57.02~555mg/m^3。监测海域浮游动物物种多样性指数（*H′*）平均值为 2.768，生境质量等级为一般。

（4）大型底栖生物

2021 年 9 月调查期间共鉴定大型底栖生物 24 种，其中环节动物门 13 种，刺胞动物门 2 种，节肢动物门 3 种，纽形动物门 1 种，软体动物门 4 种，螠虫动物门 1 种。本次监测中大中型浮游动物优势种为奇异稚齿虫 *Paraprionospio pinnata*、丝异须虫 *Heteromastus filiforms* 和中华内卷齿蚕 *Aglaophamus sinensis*。大型底栖生物生物密

度变化范围为 46.7~2780.0 个/m^2，生物量变化范围为 0.16~22.26 g/m^2。监测海域大型底栖生物物种多样性指数（*H*′）平均值为 1.32，生境质量等级为差。

2022 年 4 月调查期间共鉴定大型底栖生物 31 种，其中环节动物门 16 种，节肢动物门 7 种，纽形动物门 1 种，软体动物门 4 种，螠虫动物门 1 种，刺胞动物门 1 种，棘皮动物门 1 种。本次监测中大中型浮游动物优势种为水丝蚓 *Limnodrilus* sp.及钩虾 Gammaridea und.。大型底栖生物生物密度变化范围为 40.0~4913.3 个/m^2，生物量变化范围为 0.32~179.86 g/m^2。监测海域大型底栖生物物种多样性指数（*H*′）平均值为 1.52，生境质量等级为差。

（5）潮间带生物

2021 年 9 月调查期间共鉴定潮间带生物 28 种，其中软体动物门 7 种，节肢动物门 13 种，环节动物 6 种，脊索动物门 1 种，纽形动物门 1 种。调查断面潮间带生物平均生物密度为 600.63 ind./m^2，平均生物量为 92.21 g/m^2。调查结果显示，6 条断面出现的种类数范围为 10~23 种，平均为 15 种，多样性指数变化范围在 0.58~1.95 之间，平均值为 1.37。均匀度范围在 0.34~ 0.77 之间，平均值为 0.63。

2022 年 4 月调查期间共鉴定潮间带生物 37 种，其中软体动物门 11 种，节肢动物门 10 种，环节动物 13 种，脊索动物门、纽形动物门、扁形动物门各 1 种。调查断面潮间带生物平均生物密度为 78.1 ind./m^2，平均生物量为 18.57 g/m^2。调查结果显示，6 条断面出现的种类数范围为 8~22 种，平均为 14 种，多样性指数变化范围在 0.86~2.18 之间，平均值为 1.60。均匀度范围在 0.48~0.86 之间，平均值为 0.71。

13.2.4海洋生物质量

2021 年 9 月调查期间所有站位鱼类、甲壳类生物体污染物质含量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》和《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，未出现超标现象。

2022 年 4 月调查期间所有站位检测项目 Cu、Pb、Zn、总汞和石油烃含量均未超过《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。镉除了 Y7 站位甲壳类（口虾蛄）超过《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外，其他站位镉均未超过《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。

13.3 环境影响评价结论

13.3.1 水文动力与冲淤环境影响分析

本项目临堤而建，岸线修复位置为海堤的堤前带岸滩，处于区域海洋水动力流场的边界区域，从工程后潮流场数值模拟结果来看，项目建设后不会改变大尺度范围水动力流场特征。

工程附近冲淤变化主要是由于红树林、监测栈道、盐沼湿地建设造成的影响。预测模拟结果显示：近岸带由于水动力减弱呈现微淤积状态，淤积量约 1-5cm/a，水道中心处由于处在主潮汐通道上，处于冲刷状态，冲刷量大约在 3-10 cm/a，局部在 15-20cm/a 以上。

13.3.2 海水水质环境影响分析

本工程施工对水质影响主要为仿岩质潮间带抛石以及海洋站桩基施工产生的入海悬浮沙。采用二维潮流泥沙输运扩散模型预测结果显示：施工过程悬沙主要是在主潮流方向扩散，搅动产生的悬浮泥沙增量为超二类水质标准面积为 3.29km^2，超三类水质标准面积为 1.03m^2，超四类水质标准面积为 0.84km^2。10mg/L 浓度增量悬浮泥沙向最大可能扩散距离约 0.7km，时随着施工的结束，悬浮泥沙污染会很快消失，对工程区海域水质环境影响较小。

13.3.3 沉积物环境影响分析结论

工程施工期间，仿岩质潮间带抛石和海洋站桩基施工会造成沉积物被搅动后再次沉积，对沉积物环境造成一定干扰，施工过程中无外来污染物，因此对本海区表层沉积物理化性质不会产生明显影响。施工期作业船舶含油污水、生活污水和生活垃圾利用船载收集装置收集，不向施工海域排放污染物，也不会对工程海域的沉积物环境产生影响。

13.3.4 海洋生态环境影响分析

本工程总生物损失量如下：本项目红树林-盐沼湿地修复工程、仿岩质潮间带抛石、监测栈桥及海洋站基础占海造成潮间带生物和底栖生物受损量 22.30t ；仿岩质潮间带施工产生的悬浮泥沙共造成游泳生物 6149.46kg，鱼卵 4.24×10^6 粒，仔鱼 1.30×10^7 尾受损；海洋站桩基施工共造成游泳生物 13.48kg，鱼卵 1.88×10^4 粒，仔鱼

5.73×10^4 尾受损。栈桥基础和海洋站桩基占海占用生态资源空间对生物造成了不可逆影响，生物资源损害的补偿年限按 20 年进行赔偿，潮间带修复后又将重新营造适宜潮滩生物生长的空间，即产生持续性影响的年限低于 3 年，按 3 年进行补偿。此外，悬浮泥沙、对海洋生物损害也是短期的，按 3 年进行补偿。由此计算，本工程造成的生态损失总赔偿额为 217.22 万元。

13.4 环境风险分析与评价结论

本工程风险事故种类主要是：突发性自然灾害导致项目用海风险事故以及船舶碰撞导致的溢油事故。经分析，最大可信事故为船舶碰撞导致的溢油污染事故。经分析，最可能发生的船舶污染事故的溢油量约为 50 吨。

根据溢油数值模拟结果，在选定的典型情境下，溢油事故发生后，鸡啼门重要河口生态红线区和高栏岛东部重要滩涂及浅海水域生态红线区很快将受到溢油污染影响。建设单位在落实报告书提出的风险防范和应急措施，配备满足先期处置能力所需的应急物资，编制溢油应急预案并加强日常培训和演练的前提下，可以有效降低溢油事故发生概率和污染后果，将溢油风险控制在环境可接受范围内。

13.5 环境保护措施的合理性、可行性结论

根据项目工程分析，施工期排放的污染物主要为悬浮泥沙、施工船舶含油污水、施工人员生活污水和生活垃圾、噪声等。营运期无污染物产生。为保护项目所处海域的海洋环境，施工过程中将采取有效的污染防治措施。此外针对项目周边生态环境现状及本修复项目的特点施工期也制定了合理、可行的海洋生态保护措施，对项目施工造成的生态损失将给予补偿。

总体而言，本项目采取的污染防治措施，海洋生态保护措施有效、可行，项目建设对海洋环境的影响远小于项目实施后将发挥的生态效益，项目建设过程产生的环境影响在可接受范围内

13.6 规划区划的符合性

本项目建设符合广东省和珠海市“三线一单”生态环境分区管控要求，有利于落实所在红线区的保护目标，符合项目所在区的海洋主体功能区规划、海洋功能区划要

求，项目实施后成为作为生态协同减灾海堤，符合《广东省沿海防护林体系建设工程规划（2016-2025 年）》，符合《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》、《广东省生态环境保护“十四五”规划》、《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》、《珠海市生态环境保护暨生态文明建设“十四五”规划》等相关规划，项目符合城市国民社会经济总体规划及全省碧道建设等相关规划。

13.7 公众参与结论

本项目环境影响评价工作过程中，建设单位按照《环境影响评价公众参与办法》相关要求开展了公众参与工作，在环评初期阶段，通过网络公开环境影响评价信息，广泛征求公众意见；在报告书编制过程中，通过报纸、网络、现场张贴公告的方式充分征求了公众意见；在报送生态环境主管部门审查前，通过网络公开本项目环境影响报告书与公众参与说明。整个公众参与工作期间，未收到任何公众来信、邮件、传真及电话，未收到公众反馈的公众意见表。

13.8 建设项目环境可行性结论

本项目的建设具有较好的环境效益、社会效益和经济效益。项目立足于海岸线修复，作为海堤地前带修复工程，项目实施后将成为生态协同减灾海堤， 大大提升海堤防洪潮能力。此外，项目建设有利于维护鸡啼门河口生物多样性，养护滩涂生物资源，增强滩涂纳污容量，提高污染物自净水平，改善海域水生态现状，符合项目所在海域“三线一单“管控要求。项目海域环境质量现状一般，施工期将产生悬浮沙影响，通过采取措施影响范围可以得到控制，环境影响较小。针对施工阶段可能发现的潜在的环境风险事故，建设单位应及时编制应急预案，保证发生事故时从源头减轻污染。在建设单位落实了各项环境保护措施和生态保护措施，加强施工期跟踪监测和监理工作的情况下，本项目的建设是环境可行的。

参考文献

[1]胡煌昊,徐阳,官明开,蒋齐嘉.珠江河口水下三角洲冲淤演变分析[J].河床演变与航道整治,2016, 37(6):593-598

[2]董斯齐,黄翀,李贺,刘庆生,颜凤芹,苏奋振.粤港澳大湾区 2015-2019 年入海河口水质变化趋势[J].水资源保护,2021, 37(5):48-55

[3]宋美英,珠江河口水体和沉积物中重金属的分布特征及风险评估[D].硕士学位论文,暨南大学,2014.

[4]王新星,陈涛,李敏,王雪辉,王跃中.珠江西部河口中华白海豚分布与环境因子的关系[J].生态学报,2018, 38(3):934-944

[5]陈涛,邱永松,贾晓平,钟智辉,蔡文贵.珠江西部河口中华白海豚的分布和季节变化[J].中国水产科学 2010, 17(5):1057-1065

[6]苏冠龙.水下打桩噪声对我国珍稀海洋哺乳动物（中华白海豚与斑海豹）的影响研究[D].硕士学位论文,厦门大学,2013.

[7]牛富强.水下噪声对海豚行为的影响研究[D].博士学位论文,厦门大学,2014.

[8]韩维栋,高秀梅,卢昌义,林鹏中国红树林生态系统生态价值评估[J].生态科学 2000, 19(1):40-46