

厦门新机场片区小嶝岛生态岸线工程

环境影响报告书

(公示稿)

编制时间：二〇二六年四月

厦门新机场片区小嶝岛生态岸线工程

环境影响报告书

建设单位：厦门市城市建设发展投资有限公司

委托单位（代建单位）：厦门路桥工程投资发展有限公司

编制单位：自然资源部第三海洋研究所

目 录

1 概述	1
1.1 项目建设背景	1
1.2 项目特点	2
1.3 环境影响评价工作过程	2
1.4 分析判定相关情况	4
1.5 关注的主要环境问题及环境影响	5
1.6 主要结论	6
1.6.1 海洋水文动力环境影响	6
1.6.2 冲淤环境影响	6
1.6.3 海水水质环境影响	6
1.6.4 海洋沉积物环境影响	6
1.6.5 海洋生态环境影响	7
1.6.6 对敏感目标的影响	7
1.6.7 对大气环境影响	8
1.6.8 声环境影响	8
1.6.9 固体废物环境影响	8
1.6.10 对陆域生态系统的影响	9
1.6.11 对中华白海豚、文昌鱼及保护区的影响	9
1.6.12 环境风险影响	11
1.6.13 公众参与说明	12
1.6.14 评价总结论	12
2 总 论	13
2.1 编制依据	13
2.1.1 国家法律、法规和规章	13
2.1.2 地方法规及区划、规划	14
2.1.3 标准、导则和规范	15
2.1.4 工程技术资料与文件	16
2.2 环境影响要素识别和评价因子筛选	17
2.2.1 环境影响要素识别	17
2.2.2 评价因子筛选	18
2.3 环境功能区划与评价标准	19
2.3.1 环境功能区划	19
2.3.2 环境质量标准	25
2.3.3 污染物排放标准	29
2.4 评价等级与评价范围	33
2.4.1 评价等级	33
2.4.2 评价范围	35
2.5 评价重点	36
2.6 环境保护目标和环境敏感目标	36
3 项目概况和工程分析	39
3.1 拟建项目工程概况	39
3.2 建设规模及主要建设内容	39
3.2.1 沙滩修复工程	43
3.2.2 清淤工程	46
3.2.3 排水工程	49
3.2.4 防护林修复工程	52
3.3 施工方案和施工组织	53

3.3.1	沙滩工程	53
3.3.2	海域清淤	54
3.3.3	排水管施工	59
3.3.4	防风林种植	59
3.4	施工进度	60
3.5	土石方平衡	61
3.6	项目用海情况	61
3.7	工程分析	63
3.7.1	施工期主要污染源分析	63
3.7.2	运营期主要污染源分析	68
3.7.3	生态环境影响分析	68
3.8	产业政策及规划区划符合性分析	68
3.8.1	产业政策符合性分析	68
3.8.2	与《福建省国土空间规划（2021-2035年）》的符合性分析	69
3.8.3	与《福建省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》的符合性分析	70
3.8.4	与《福建省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》的符合性分析	70
3.8.5	与《厦门市国土空间总体规划（2021-2035年）》符合性分析	71
3.8.6	与《厦门市国土空间生态修复专项规划（2021-2035年）》的符合性分析	72
3.8.7	与《福建省近岸海域环境功能区划》的符合性分析	73
3.8.8	与《厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区总体规划》的符合性分析	73
3.8.9	《福建省“三区三线”划定成果》的符合性分析	76
3.8.10	与“三线一单”的符合性分析	76
4	环境现状调查与评价	79
4.1	自然资源环境概况	79
4.1.1	气象特征	79
4.1.2	地形地貌	81
4.1.3	地质构造	82
4.1.4	水文状况	82
4.1.5	海洋资源概况	83
4.2	海域水文动力环境现状调查与评价	85
4.2.1	潮汐	86
4.2.2	潮流	88
4.2.3	余流	91
4.2.4	含沙量	93
4.2.5	海水温度	98
4.2.6	海水盐度	99
4.3	海洋地形地貌与冲淤环境现状调查与评价	100
4.3.1	海滩地貌现状	100
4.3.2	海滩岸线演变特征	100
4.3.3	海滩沉积物粒度特征	101
4.3.4	工程地质条件	101
4.3.5	冲淤环境	103
4.4	海水水质现状调查与评价	104
4.4.1	调查站位和时间	104
4.4.2	评价标准与评价方法	104
4.4.3	评价结果	106
4.5	海洋沉积物质量现状调查与评价	108
4.5.1	调查站位和时间	108
4.5.2	调查站位项目和分析方法	108
4.5.3	沉积物质量评价	108

4.6	海洋生物质量现状调查与评价	108
4.6.1	调查站位和时间	108
4.6.2	调查结果与评价	108
4.7	海洋生态现状调查与评价	109
4.7.1	调查站位、时间项目及方法	109
4.7.2	叶绿素- <i>a</i> 和初级生产力	109
4.7.3	浮游植物	111
4.7.4	浮游动物	113
4.7.5	潮下带底栖生物	115
4.7.6	潮间带底栖生物	119
4.7.7	鱼卵、仔稚鱼	122
4.7.8	游泳生物	123
4.8	环境空气质量现状调查与评价	126
4.9	声环境质量现状调查与评价	127
4.10	鸟类现状调查与评价	128
4.11	陆域现状调查与评价	128
5	环境影响预测与评价	130
5.1	海洋水文动力环境影响预测与评价	130
5.1.1	潮流场模型方程及其数值解	130
5.1.2	计算区域和边界条件	134
5.1.3	潮流计算与验证	135
5.1.4	厦门湾扩大海域潮流场计算结果	135
5.1.5	对水动力影响分析	137
5.2	地形地貌与冲淤环境影响预测与评价	141
5.2.1	计算公式	141
5.2.2	数模计算结果	143
5.3	海洋水质环境影响预测与评价	143
5.3.1	悬浮泥沙入海对水环境影响预测与评价	143
5.3.2	施工期污废水对海水水质的影响	147
5.3.3	生态修复工程实施后对海水水质的影响	148
5.4	海洋沉积物环境影响预测与评价	148
5.4.1	悬浮泥沙入海对沉积物环境的影响	148
5.4.2	船舶污染物排放对沉积物环境的影响	149
5.5	海洋生态环境影响预测与评价	149
5.5.1	海洋生态环境影响	149
5.5.2	项目建设产生的海洋生态环境效益	152
5.5.3	海洋生物资源损失估算	153
5.6	大气环境影响分析	159
5.7	施工噪声对海洋生态的影响	161
5.8	固体废物环境影响分析	161
5.9	水鸟及栖息地的影响	163
5.9.1	水鸟栖息地的生境变化	163
5.9.2	施工期对水鸟的影响	164
5.9.3	厦门新机场建设对项目区的鸟类管控要求	165
5.10	陆域生态影响分析	165
5.11	环境敏感目标影响分析	166
5.11.1	对自然保护区的影响	166
5.11.2	对生态保护红线的影响	166
5.11.3	对周边养殖的影响	166

6 工程建设对保护区中华白海豚的影响	167
6.1 厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区概况及相关规定	167
6.1.1 厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区概况	167
6.1.2 保护区相关管理规定和要求	169
6.1.3 工程与自然保护区的位置关系	171
6.2 中华白海豚和文昌鱼的生态学习性及资源概况	173
6.2.1 中华白海豚和文昌鱼的生态学习性	173
6.2.2 保护区中华白海豚和文昌鱼资源概况	178
6.3 工程建设和运营对中华白海豚及其栖息地的影响	186
6.3.1 施工期悬浮泥沙对中华白海豚的影响	186
6.3.2 施工期水下噪声对中华白海豚的影响	187
6.3.3 施工期船舶航行对中华白海豚的影响	191
6.3.4 工程对中华白海豚及其栖息地的影响	193
6.4 工程建设和运营对文昌鱼及其栖息地的影响	194
6.4.1 施工悬浮泥沙的影响	194
6.4.2 施工悬浮泥沙对文昌鱼饵料资源的影响	194
6.4.3 施工悬浮泥沙导致沉积环境变化的影响	195
6.4.4 项目建设对文昌鱼栖息地和饵料资源的影响	195
6.5 专章评价结论	196
7 环境风险影响评价	198
7.1 风险调查	198
7.1.1 风险源调查	198
7.1.2 环境敏感目标调查	198
7.2 环境事故风险识别	198
7.3 环境风险潜势及评价等级判定	199
7.3.1 环境风险潜势初判	199
7.3.2 环境风险等级	200
7.4 风险事故情形分析	200
7.4.1 厦门海域船舶事故统计	200
7.4.2 源项分析	201
7.5 环境风险影响预测方法和预测结果	202
7.5.1 溢油模型	202
7.5.2 工况设计	204
7.5.3 溢油预测结果	205
7.6 事故后果分析	223
7.7 环境风险防范措施和应急计划	227
7.7.1 环境风险防范对策措施	227
7.7.2 应急预案	228
8 环境保护措施及其可行性论证	231
8.1 环境保护对策与措施	231
8.1.1 水环境污染防范措施	231
8.1.2 大气环境保护措施	233
8.1.3 声环境保护措施	234
8.1.4 固体废物环境保护措施	234
8.2 生态保护对策与措施	235
8.2.1 中华白海豚保护措施	235
8.2.2 海洋生态补偿	236
8.3 环境保护措施的技术经济可行性	237

9 环境影响经济损益分析	238
9.1 环境保护投资估算	238
9.2 环境保护的经济损益分析	238
9.2.1 社会效益分析	238
9.2.2 生态效益分析	239
10 环境管理与监测计划	241
10.1 环境保护管理计划	241
10.1.1 施工期环境管理计划	241
10.1.2 污染物排放清单	242
10.2 环境监测计划	245
10.2.1 施工期的环境监测计划	245
10.3 环境监理要求	246
10.3.1 环境保护监理的任务、工作程序、方式及范围	246
10.3.2 环境监理主要内容	247
10.3.3 环境监理文件编制	248
10.3.4 环境监理考核	249
10.3.5 环境监理档案管理	249
10.4 建设项目竣工环境保护验收	249
11 环境影响评价结论	253
11.1 工程概况	253
11.2 环境质量现状	253
11.2.1 海水水质现状调查与评价	253
11.2.2 海洋沉积物质量现状调查与评价	253
11.2.3 海洋生物质量现状调查与评价	253
11.2.4 海洋生态现状调查与评价	254
11.2.5 环境空气质量现状与评价	255
11.2.6 声环境现状与评价	255
11.3 环境影响预测分析与评价结论	256
11.3.1 海洋水文动力环境影响	256
11.3.2 冲淤环境影响	256
11.3.3 海水水质环境影响	256
11.3.4 海洋沉积物环境影响	256
11.3.5 海洋生态环境影响	257
11.3.6 对敏感目标的影响	257
11.3.7 对大气环境影响	258
11.3.8 声环境影响	258
11.3.9 固体废物环境影响	259
11.3.10 对陆域生态系统的影响	259
11.3.11 对中华白海豚、文昌鱼及保护区的影响	260
11.4 环境风险影响	262
11.5 污染防治和生态环境保护措施	262
11.6 环境影响经济损益分析	264
11.7 评价结论	264
附件	266
附件 1 厦门市发展和改革委员会文件	266
附件 2 厦门翔安国际机场建设指挥部办公室会议纪要	267
附件 3 委托书	268
附件 4 细集料试验检测报告	269

附件 5 声环境检测报告	270
附件 6 建设项目海洋生态环境影响评价自查表	271

1 概述

1.1 项目建设背景

本项目位于厦门市翔安区小嶝岛，工程所在区域地理位置见图 1.1-1，主要对小嶝岛进行生态修复具体建设内容为对小嶝南侧约 337m、北侧 420m 岸线进行自然沙滩修复；对小嶝岛基干防风林进行修复，修复面积约 0.67 公顷。



图 1.1-1 项目地理位置图

本项目为厦门新机场项目外围保护带工程，邻近厦门中华白海豚保护区外围保护地带、小嶝文昌鱼外围保护地带和南线—十八线文昌鱼外围保护地带。2021 年 1 月，自然资源部出具新机场及外围保护带工程用海初审意见；2021 年 6 月 29 日，生态环境部批复新机场造地及外围保护带工程海洋环评；2021 年 9 月 13 日，厦门市发改委批复大小嶝造地工程（约 9.81km²）陆域形成及地基处理工程立项及概算；2021 年 11 月，国务院正式批复新机场及外围保护带工程用海。

根据新机场及保护带工程海域使用论证报告、海洋环评报告及相关批复文件要求，需开展大小嶝滨海防风林修复、小嶝岛沙滩修复等生态修复工作。本工程所含小嶝岛防风林修复、小嶝岛沙滩修复为其中生态修复内容。根据《厦门市发

展和改革委员会关于下达 2023 年第二十一批市级基建项目前期工作计划的通知》（厦发改投资〔2023〕256 号），计划开展“厦门新机场片区小嶝岛生态岸线工程”前期工作（附件一）。

根据《厦门市建设项目环境影响评价与排污许可综合管理名录》，本项目需要编制环境影响报告书。2024 年 7 月 3 日，厦门路桥工程投资发展有限公司（代建单位）委托自然资源部第三海洋研究所编制该项目环境影响报告书（附件二）。评价单位在接受委托后，开展现场踏勘和调研，收集相关资料，对工程建设可能造成的海洋环境影响进行了预测评价，在此基础上编制了《厦门新机场片区小嶝岛生态岸线工程环境影响报告书（送审版）》。

1.2 项目特点

（1）本项目属于海洋生态修复工程，拟通过沙滩修复、海域清淤疏浚、防风林修复等工程解决大嶝海域附近的生态环境问题，整体提升厦门海岸带生态系统结构和功能，项目建设具有良好的社会效益和生态效益。

（2）本项目主要开展小嶝岛沙滩修复保护及滨海防风林修复工程，具体包括：修复小嶝岛沙滩总长度 757m，其中南侧月亮湾沙滩修复长度为 337m、北侧海豚湾沙滩修复长度为 420m，总修复面积 7.50 hm²，补沙量 15.17 万 m³；实施月亮湾清淤工程，清淤方量为 3.29 万 m³；拆除海豚湾沙滩进场道路 1 条，改造月亮湾沙滩排水管涵 1 处；并对小嶝岛沿海基干防护林带进行断带补齐，修复面积为 0.67 万 m²。

（3）本项目涉海工程主要包括沙滩铺设、海域清淤等，施工期对海洋水动力、冲淤环境、海洋水质、海洋生物生态及厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区等环境敏感目标产生一定影响，属于本次重点评价内容。陆域工程主要是包括拆除进场道路、改造排水管涵及防护林带修复，主要环境影响为声环境、大气环境、陆域生态等。本项目为生态型建设项目，建成运营后的污染物主要来自滨海旅游观光、沙滩和防风林带日常维护将产生少量垃圾及污水，采用相应措施后对于环境影响较小。

1.3 环境影响评价工作过程

本项目包括沙滩修复、海域清淤、排水管涵改造、防风林修复等，其中清淤总方量 $3.29 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，补沙为 $15.17 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。根据《建设项目环境影响评价分类管

理名录》（2021年版），本项目属于“五十四、海洋工程”中的“158 海洋生态修复工程（工程量在10万立方米及以上的清淤工程、滩涂垫高等工程）”，应编制环境影响报告书。

表 1.3-1 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021版）摘录

项目类别 环评 类别	报告书	报告表	登记表	本栏目环境敏感区 含义	
五十四、海洋工程					
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；涉及环境敏感区的堤坝拆除、临时围堰等改变水动力的工程	工程量在10万立方米以下的清淤、滩涂垫高等工程；涉及环境敏感区的其他海洋生态修复工程	不涉及环境敏感区的退围、退养、退堤还海等近岸构筑物拆除工程；种植红树林、海草床、碱蓬等植被；修复移植珊瑚礁、牡蛎礁等	第三条（一）中的自然保护区、海洋特别保护区；第三条（二）中的除（一）外的生态保护红线管控范围，海洋公园，重点保护野生动物栖息地，重点保护野生植物生长繁殖地，封闭及半封闭海域

根据《厦门市生态环境局关于印发厦门市建设项目环境影响评价与排污许可综合管理名录的通知》（厦环评〔2024〕7号），本项目属于《厦门市建设项目环境影响评价与排污许可综合管理名录》中“四十四、海洋工程 483”中的“114 海洋生态修复工程 4839”中“工程量在10万立方米及以上清淤、滩涂垫高等工程”，需编制环境影响报告书。

表 1.3-2 《厦门市建设项目环境影响评价与排污许可综合管理名录》摘录

项目类别	环评类别	本项目环境敏感区含义	环评审批方式	排污许可证类别
114	海洋生态 修复工程 4839	报告书：工程量在10万立方米及以上的清淤、滩涂垫高等工程；涉及环境敏感区的堤坝拆除、临时围堰等改变水动力的工程 报告表：工程量在10万立方米以下的清淤、滩涂垫高等工程；涉及环境敏感区的其他海洋生态修复工程（不含种植红树林、海草床、碱蓬等植被；不含修复移植珊瑚礁、牡蛎礁等）	第四条（一）中的优先保护单元内国家海洋公园、自然保护区、海洋特别保护区、其他海洋生态保护红线，重点保护野生动物栖息地，重点保护野生植物生长繁殖地，封闭及半封闭海域	许可制 /

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》《建设项目环境保护管理条例》等法律法规的要

求，2024年5月，代建单位厦门路桥委托自然资源部第三海洋研究所（以下简称海洋三所）开展本工程的环境影响评价工作（附件1）。

评价单位海洋三所接受委托后，立即成立课题组，制定实施方案，组织人员现场踏勘、调查，收集整理了项目相关的现状调查等资料，对本项目进行详细的工程分析，开展数值模拟等相关专题的预测及评价工作等，在此基础上，结合建设单位公众参与调查结果，编制完成《厦门新机场片区小嶝岛生态岸线工程环境影响报告书（送审稿）》，供建设单位上报生态环境主管部门审查。

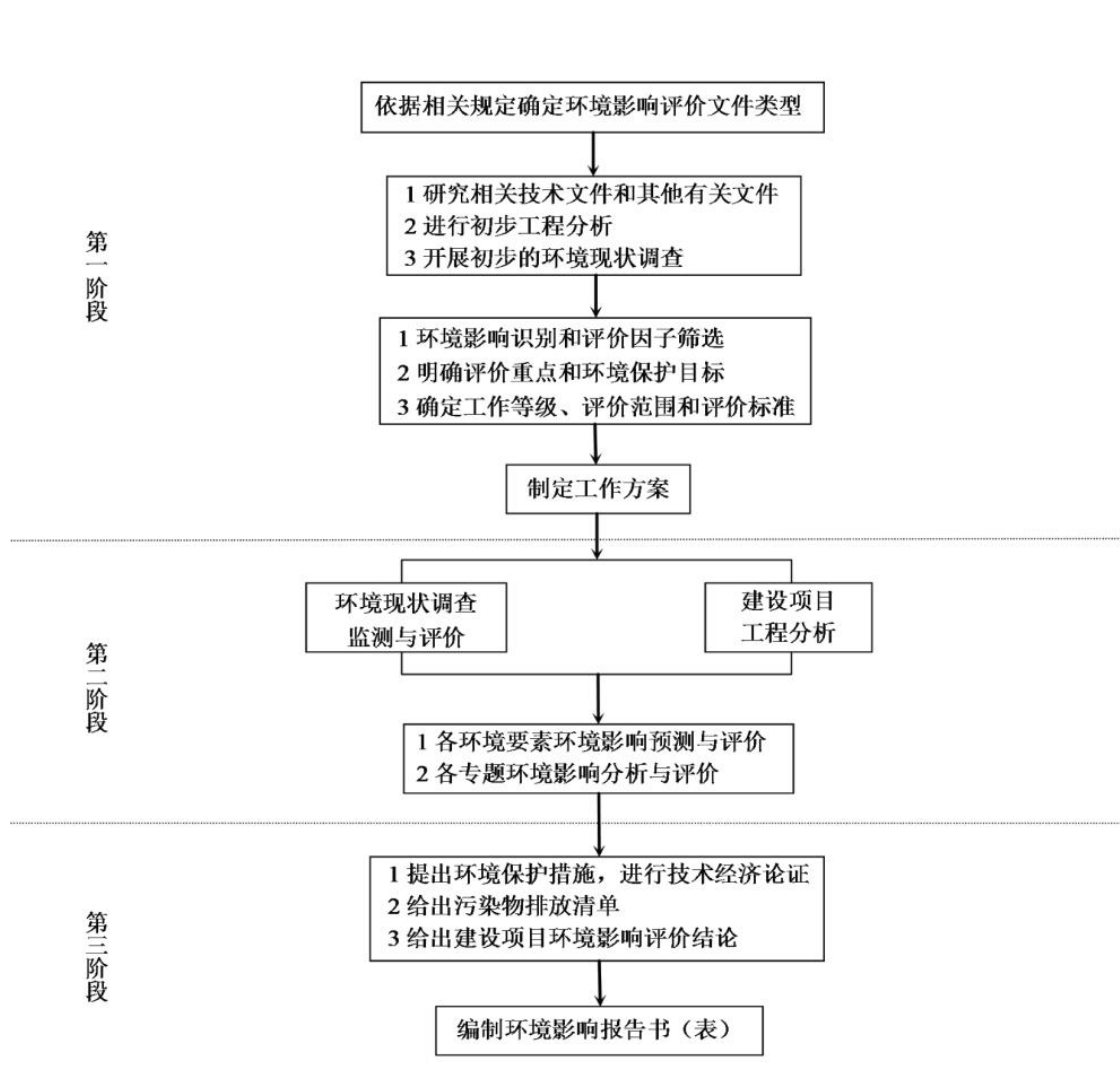


图 1.3-1 建设项目环境影响评价工作程序图

1.4 分析判定相关情况

(1) 产业政策符合性

本项目为海洋生态保护修复工程，属于《产业结构调整指导目录（2024年本）》（2023年12月27日国家发展改革委令第7号公布）“鼓励类”中的“四

十二、环境保护与资源综合利用,生态环境修复和资源利用,海洋生态修复”,因此,本项目建设符合国家产业政策。

(2) 相关规划符合性

本工程建设符合《福建省国土空间规划(2021-2035年)》、《福建省国土空间生态修复规划(2021-2035年)》、福建省“三区三线”划定成果、《厦门市国土空间总体规划(2021-2035年)》、《厦门市国土空间生态修复专项规划(2021-2035年)》、《福建省近岸海域环境功能区划》、《厦门市“十四五”生态环境保护专项规划》、《厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区总体规划》等相关规划、区划的要求。

(3) “三线一单”符合性

本工程建设不占用生态保护红线区,符合生态保护红线要求;通过采取本报告书提出的各项生态保护和污染防治措施后,工程建设对环境的影响不会突破区域环境质量的底线,且项目建设具有良好的生态效益;本项目不占用永久基本农田,海域清淤、沙滩修复、护岸整治等施工采用厦门目前广泛采用的先进施工工艺及施工设备,不涉及永久占地,不会突破区域土地、能源等资源利用上线;项目建设符合项目所在生态环境管控单元和生态环境准入清单的管理要求,本项目建设符合“三线一单”的要求。

以上详细分析内容见3.8节。

1.5 关注的主要环境问题及环境影响

(1) 对海域水文动力和冲淤环境的影响

沙滩修复和海域清淤疏浚对工程区及周边海域水文动力和冲淤环境的影响。

(2) 悬浮泥沙入海对海洋环境的影响

沙滩修复、清淤疏浚过程产生的悬浮泥沙入海对海水水质、海洋生态环境等产生一定影响。

(3) 清淤疏浚物对环境的影响及处置去向合理性分析。

(4) 施工船舶事故溢油对海洋环境的影响。

1.6 主要结论

1.6.1 海洋水文动力环境影响

工程实施引起的流场强度变化的范围主要在沙滩放坡区和前沿清淤区，工程区外的海域流速几乎没有变化。月亮湾前沿清淤水域平均流速增加约 0.01~0.04 m/s，海豚湾沙滩放坡处平均流速减小约 0.01~0.03 m/s；落潮过程，月亮湾沙滩前沿清淤水域落潮平均流速增加约 0.01~0.05 m/s。海豚湾、月亮湾沙滩坡脚一带平均流速减小约 0.01~0.02 m/s。本工程对离工程区较远处的其他海域影响较小，平均流速均未发生明显变化。

1.6.2 冲淤环境影响

工程实施后，冲淤影响主要集中于清淤工程区附近海域，月亮湾沙滩放坡处泥沙年淤强小于 5 cm/a，其前沿清淤水域由于开挖的影响，泥沙年淤强约 1~8 cm/a；海豚湾沙滩近坡脚处泥沙冲淤范围较小，局部范围冲淤在-5~5 cm/a 之间。对工程周边其它海域影响较小。

1.6.3 海水水质环境影响

根据悬浮泥沙入海影响的计算结果，施工期间悬浮泥沙浓度高于 10mg/L 的总影响包络面积约 0.229 km²。主要影响的敏感目标为厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区外围保护带水质，对其他敏感目标影响较小。但这种影响是暂时的，将随着施工的结束而消失。

施工船舶污水通过收集上岸处理，对海域水环境影响很小；施工营地租用当地民房，施工生活污水纳入民房现有排水处理系统，不直接排入周边海域，不会对海水水质产生影响。施工期生产废水经沉淀后回用于洒水抑尘，不外排，不会对海水水质产生影响。

1.6.4 海洋沉积物环境影响

本项目建设对海域沉积环境的影响主要为施工期施工引起的悬浮泥沙扩散和沉降引起的附近海域表层沉积环境变化。由于施工过程中产生的悬浮泥沙主要来源与工程区海域表层沉积物，悬浮物的环境背景值与海域沉积物的环境背景值相

近,在落实环保措施的情况下,悬浮泥沙扩散和沉降不会引起海域总体沉积环境质量变化。

本项目施工污水主要为船舶油污水和船舶工作人员生活污水,有关污水委托有资质的接收单位接收处理,禁止在作业海域直接排放入海,则对海域水质和沉积物环境基本上没有影响。

1.6.5 海洋生态环境影响

本项目实施将对项目所在海域的叶绿素、初级生产力、浮游生物、底栖生物、渔业资源等造成一定的影响。其中,悬浮泥沙造成的浮游植物、浮游动物、鱼卵、仔鱼、游泳生物的一次性平均损失量依次为浮游植物 1.67×10^{12} cells、浮游 5.70×10^6 ind、鱼卵 1.28×10^5 ind、仔鱼 1.58×10^4 ind、游泳动物 6.67kg。持续性损害受损量依次为浮游植物 8.29×10^{12} cellscells、浮游动物 2.83×10^7 ind、鱼卵 6.34×10^6 ind、仔鱼 7.86×10^4 ind、游泳动物 34.75kg。清淤施工过程将彻底损伤破坏施工范围内的底栖生物,清淤面积约 2.44hm^2 ,在此范围内的底栖生物将遭到破坏而死亡,本项目造成的底栖生物资源受损量约 24.66t。

1.6.6 对敏感目标的影响

(1) 对自然保护区的影响

本项目施工过程中会对中华白海豚产生一定的不利影响。施工悬浮泥沙浓度增量 10mg/L 的包络线将进入厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区(中华白海豚)(小嶝岛海域),局部海域悬浮泥沙浓度的增加对中华白海豚的行为活动影响较小,但高浓度的悬浮泥沙将引起中华白海豚的回避,同时造成工程区及附近局部海域中华白海豚的饵料资源有所减少。这种影响将随着施工结束而逐渐消失。采取本报告提出相关环保措施,并采取增殖放流等生态补偿措施,可减轻工程建设对中华白海豚饵料资源的影响。疏浚物中污染物释放引起的水质污染对中华白海豚及其饵料鱼类的重金属污染影响较小。

施工船舶清淤作业和航行的水下噪声对中华白海豚的听觉不会造成明显伤害,但可能对栖息于附近的中华白海豚之间的交流产生一定的影响,引起中华白海豚回避和迁移行为。施工期船舶航行对中华白海豚的影响除了噪声影响外,还可能对中华白海豚行为造成影响,严重的可能导致中华白海豚因躲避不及而遭遇船舶的撞击或螺旋桨的伤害。本工程施工船开始工作前,应密切注意观察船舶周

围区域是否有白海豚出入，确保施工范围内没有中华白海豚活动后方可开工，避免螺旋桨等对白海豚的直接伤害；建议施工船舶航行时控制航速在 10 节以内并密切观察海面，对中华白海豚应注意避让。采取上述措施可减缓本项目施工船舶航行对中华白海豚的影响。

（2）对生态保护红线的影响

根据《福建省“三区三线”划定成果》中生态保护红线划定成果，本项目拟申请用海不涉及生态保护红线。”小佰屿生态保护红线区距离本项目 3.5km，“福建珍稀海洋物种国家级自然保护区”距离项目约 15.4km。根据数模预测结果，施工引起的 10mg/L 浓度增量的悬浮泥沙范围少部分不进入生态保护红线区，对生态保护红线区影响较小。

（3）对养殖的影响

本项目北侧、东侧有一些海水养殖，施工导致的悬浮泥沙入海将对周边海域的海水水质造成暂时性的影响。根据数值模拟结果，悬浮泥沙增量为 10mg 的包络线距离仅在沙滩前沿 240m 范围内，不会进入养殖范围内。本项目施工对养殖的影响很小。

1.6.7 对大气环境影响

本项目为生态型建设项目，建成后无生产废气排放，不会对大气环境产生影响。

施工期大气污染源主要来自施工机械驱动设备和施工船舶、运输车辆等排放的废气，由于工程所在区域地势开阔，大气扩散条件好，施工机械、施工船舶为流动性的，较为分散，密度较小，废气产生量有限，将随施工期结束而基本消失。

1.6.8 声环境影响

本项目为生态型建设项目，建成后不会产生噪声影响，声环境影响主要集中在施工期。施工噪声是暂时的，在采取相应措施下，可减轻施工的影响，施工结束后噪声影响即消除。

1.6.9 固体废物环境影响

本项目为生态型建设项目，建成运营后的固体废物主要来自滨海休闲观光、沙滩日常维护将产生少量城市生活垃圾，分类收集处置后对环境的影响较小。

施工期固体废物主要包括海域清淤疏浚物，清表杂物（海蛎石、块石、植物根系等），开挖弃方和拆除条石，施工场地汽车和机械冲洗废水的隔油沉淀池产生的浮油、浮渣和污泥，船舶垃圾（船舶维护产生的固体废物、废弃的含油抹布、劳保用品）以及施工人员生活垃圾等。

疏浚物在取得主管部门的倾废许可后，可运至围头湾倾倒区实施合法倾倒。建设单位在施工前，应与固体接纳单位签订接手协议，协调好工期，有效落实淤泥消纳接收处理。

建筑垃圾等外运至翔安沙美消纳场处理。建设单位应按照厦门市《厦门市建筑废土管理办法》要求，通过厦门市“建筑废土砂石综合管控平台”，申请本项目外运固体废物的合理合法处理场地。严禁随意堆放或排放入海。

本项目的危险废物包括施工场地汽车和机械冲洗废水的隔油沉淀池产生的浮油、浮渣和污泥，均交由有资质的单位接收处理。

施工船舶垃圾包括生产垃圾和生活垃圾，不得随意倒入海域，统一交由有资质的单位接收处理。施工单位应与经厦门海事部门认可的船舶垃圾接收处理单位签订协议，通过有偿服务，落实施工船舶垃圾的接收处理。在采取上述措施的情况下，施工船舶垃圾对海域环境不产生影响。

1.6.10 对陆域生态系统的影响

本工程建设无破坏森林植被，对区域植物多样性和植被生态多样性不会造成明显的影响。根据实地调查，本工程陆域评价区内，未发现涉及有重要野生动物。本工程的建设，对周边野生动物资源及生态影响较小，不会造成珍稀物种的灭绝问题，对生物多样性影响不大。

1.6.11 对中华白海豚、文昌鱼及保护区的影响

本工程不占用厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区，与保护区(中华白海豚)同安湾口海域最小距离约为 15.7km，与保护区(文昌鱼)黄厝海域最小距离约为 28.0km。工程实施占用了部分保护区外围保护地带（中华白海豚、文昌鱼），约 0.157km²。施工产生的 10mg/L 悬浮泥沙与保护区（文昌鱼）最近距离约 22.5km，与保护区（中华白海豚）最小距离约 15.6km。

(1) 施工期悬浮泥沙对中华白海豚的影响

施工期悬浮泥沙浓度增量大于10mg/L的影响范围与保护区距离较远，但涉

及中华白海豚和文昌鱼保护区的外围保护带。中华白海豚对悬浮泥沙有一定的耐受性，但高浓度的悬浮泥沙将引起中华白海豚的回避，根据多年观测结果，本工程施工和施工期悬浮泥沙扩散的影响范围不在中华白海豚的活动空间。中华白海豚对浑浊水体具有一定的适应性和趋避能力，一般情况下，疏浚施工停止3~4小时后，悬浮物浓度逐步降低，因此本工程近岸局部海域悬浮泥沙浓度的增加对中华白海豚的行为活动影响较小。此外，悬浮泥沙入海将对鱼类、浮游生物、底栖生物、游泳动物造成一定程度的影响，即对中华白海豚赖以生存的饵料环境存在一定的影响。

(2) 施工水下噪声对中华白海豚的影响

本工程水下噪声主要来自抛沙、施工船舶挖泥、船舶航行和重型机械设备。类比分析表明，本工程抛沙作业、施工船舶疏浚及航行产生的水下噪声总的噪声谱级不是很高，对中华白海豚的听觉不会造成伤害，但可能对栖息于附近的中华白海豚之间的交流产生一定的影响，引起中华白海豚回避和迁移行为。本工程区主体位于近岸潮间带浅滩，不属于白海豚常见活动范围，泥沙质底质且水深较浅时，传播路径较短，水下噪声基本以吸收损失为主，因此施工区水下作业对中华白海豚的影响相对较小。

(3) 船舶航行对中华白海豚的影响

本项目施工船舶主要航行于工程区域进行清淤作业及将疏浚物运输到围头湾倾倒入区，该航线范围存在中华白海豚活动的可能，船舶航行产生的水下噪声在50m距离外基本上不会对中华白海豚带来影响。施工期来往的船舶数量增多，导致中华白海豚因躲避不及而遭遇船舶的撞击或螺旋桨的伤害的风险有所提高。施工期应严格按照《厦门市中华白海豚保护规定》中规定的船舶通航速度，最大航速不得超过10海里/小时，密切注意观察船舶周围区域是否有白海豚出入，泥驳航行时应密切观察海面，一旦发现有中华白海豚活动应立即停航，待中华白海豚离开后方可航行。采取上述措施可减缓本项目施工船舶航行对中华白海豚的影响。

(4) 栖息地占用对中华白海豚的影响

工程实施一定程度上减少了中华白海豚的栖息地，但占用区位于水深较浅的沿岸区域，历史上该海域不在中华白海豚活动范围内，且占用面积有限，不会对中华白海豚的活动造成明显影响。由清淤带来的纳潮量增加，可以改善区域水动力环境，加快周边海域水体交换，局部海域水深条件增加，有利于鱼类资源恢复，

间接保障白海豚的饵料供给，也拓展了中华白海豚的活动空间。因此，修复工程结束后，随着区域水文动力条件的改善，饵料资源逐渐恢复，对白海豚的活动空间拓展和栖息环境改善具有正面影响。

(5) 悬浮泥沙对文昌鱼的影响

本工程与南线至十八线文昌鱼外围保护地带最小距离为 6.88km，占用小嶝岛文昌鱼外围保护地带。施工产生的 10mg/L 悬浮泥沙进入小嶝岛文昌鱼外围保护带。施工悬浮泥沙浓度增量大于 10mg/L 的影响范围主要是清淤区域及周边海域，与南线至十八线文昌鱼外围保护地带和保护区距离较远，高浓度的悬浮泥沙不会抵达文昌鱼保护区及南线至十八线文昌鱼外围保护地带，因此，本项目施工悬浮泥沙基本不会影响到南线至十八线文昌鱼外围保护地带和保护区(文昌鱼)。

(6) 对文昌鱼饵料的影响

施工期悬浮泥沙入海将导致水的混浊度增大，透明度降低，不利于浮游植物的繁殖生长，造成工程区及附近海域的文昌鱼饵料资源减少。

(7) 沉积环境及底质类型变化对文昌鱼的影响

评价海域沉积物质量良好，疏浚物中有毒有害物质的溶出对工程附近海域海水水质、沉积物质量影响较小。因此，施工期悬浮泥沙落淤对南线至十八线文昌鱼外围保护地带附近的底质沉积物类型影响较小。

(8) 水文动力和冲淤变化对文昌鱼栖息地的影响

在冲淤环境方面，工程实施后泥沙回淤强度变化发生在工程区前沿浅滩区。因此工程实施引发的流速流向变化和冲淤变化对南线至十八线文昌鱼外围保护地带和黄厝文昌鱼自然保护区的冲淤环境总体影响不大，对小嶝岛文昌鱼外围保护地带和黄厝文昌鱼自然保护区基本无影响。

1.6.12 环境风险影响

溢油数值模拟预测结果表明，本项目施工及营运过程一旦发生船舶事故溢油入海，油膜 8 个小时可到达小佰屿红线，33 小时即可到达厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区（中华白海豚）。因此，建设单位对此应引起足够的重视，制定事故风险防范及应急预案。采取相应的风险防范措施，尽可能避免船舶溢油风险的发生，将风险性降低到最小。一旦发生溢油事故，及时启动应急程序，进行及

时有效的溢油围控和回收，进行环境监测及事故后评估，采取措施恢复海洋生态环境。

1.6.13 公众参与说明

建设单位按照《环境影响评价公众参与办法》要求，以网络平台、报纸刊登、现场张贴公告等方式，进行了公众参与调查。

一次公示：公示时间为2024年7月4日至2024年7月17日(10个工作日)；
公示平台：厦门路桥建设集团有限公司网站。

二次公示：公示时间为2026年4月1日至2025年4月15日(11个工作日)；
公示平台：福建环保网站、海峡都市报（2025年4月2日、2025年4月6日）、
现场张贴公告。

公示期间未收到公众提出的意见。

1.6.14 评价总结论

厦门新机场片区小嶝岛生态岸线工程属于生态修复工程，项目建设符合国家产业政策，符合《福建省国土空间规划（2021-2035年）》《厦门市国土空间总体规划（2021-2035年）》《福建省“三区三线”划定成果》《福建省近岸海域环境功能区划》《福建省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》《厦门市“十四五”海洋生态环境保护规划》《厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区总体规划》等相关规划区划，项目建设符合“三线一单”和“生态环境管控单元”等相关法律法规的要求。

项目所在区域环境质量较好。施工期悬浮泥沙对海洋生态环境的影响是暂的，扩散范围较小，且随施工结束影响消失，运营管护过程中无污染物排放；项目建设所引起的海域水动力环境、冲淤环境变化较小，不影响周边海域开发利用活动；项目建设对周边的声环境、大气环境、生态环境影响较小，固体废物能够得到妥善处置。工程实施有利于改善工程区及周边海域水动力条件，改善区域景观，提升生态环境质量，提高海洋生物多样性，项目建设具有良好的生态效益。在切实落实报告书提出的各项污染防治、生态保护及风险防范措施的前提下，从环境影响角度考虑，本项目建设是可行的。

2 总论

2.1 编制依据

2.1.1 国家法律、法规和规章

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》，2014年4月24日修订；
- (2) 《中华人民共和国海洋环境保护法》，2023年10月24日修订，2024年1月1日起施行；
- (3) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018年12月29日修订；
- (4) 《中华人民共和国水污染防治法》，2017年6月27日修正；
- (5) 《中华人民共和国大气污染防治法》，2018年10月26日修订；
- (6) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020年4月29日修订；
- (7) 《中华人民共和国噪声污染防治法》，2021年12月24日通过，2022年6月5日实施；
- (8) 《中华人民共和国自然保护区条例》（国务院令第830号），2026年3月15日起执行；
- (9) 《中华人民共和国水土保持法》，2010年12月25日修订通过，2011年3月1日实施；
- (10) 《中华人民共和国清洁生产促进法》，2012年2月29日发布，2012年7月1日起施行；
- (11) 《中华人民共和国海域使用管理法》，2001年10月27日发布，2002年1月1日起施行；
- (12) 《中华人民共和国港口法》，2018年12月29日第三次修正，2018年12月29日施行；
- (13) 《中华人民共和国湿地保护法》，2022年6月1日施行；
- (14) 《中华人民共和国渔业法》，2025年12月27日修正，2026年5月1日施行；
- (15) 《中华人民共和国海上交通安全法》，2021年4月30日修订，2021年9月1日施行；
- (16) 《中华人民共和国突发事件应对法》，2024年6月28日修订；

(17)《建设项目环境保护管理条例》，2017年7月16日修订，2017年10月1日施行；

(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日第二次修订，2018年3月19日施行；

(19)《防治船舶污染海洋环境管理条例》；2018年3月19日第六次修订，2018年3月19日施行；

(20)《中华人民共和国海洋倾废管理条例》，2017年3月1日第二次修订，2017年3月1日施行；

(21)《中华人民共和国航道法》，2016年7月2日修正，2016年7月2日施行；

(22)《自然资源部办公厅关于加强国土空间生态修复项目规范实施和监督管理的通知》（自然资办发〔2023〕10号）；

(23)《中华人民共和国船舶污染海洋环境应急防备和应急处置管理规定》，交通运输部2018年9月颁布；

(24)《国务院关于印发大气污染防治行动计划的通知》，国发〔2013〕37号，国务院2013年9月10日；

(25)《交通运输部关于印发船舶大气污染物排放控制区实施方案的通知》，交海发〔2018〕168号，2018年11月30日发布；

(26)《环境影响评价公众参与办法》，2019年1月1日实施；

(27)《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，2021年1月1日起施行；

(28)《产业结构调整指导目录（2024年本）》，2023年12月1日通过。

2.1.2 地方法规及区划、规划

(1)《福建省生态环境保护条例》，2022年5月1日；

(2)《福建省湿地保护条例》，2023年1月1日；

(3)《福建省海洋环境保护条例》，2016年4月1日；

(4)《福建省海域使用管理条例》，2018年3月31日修订；

(5)《厦门市环境保护条例》，2021年7月1日；

(6)《厦门市海洋环境保护若干规定》，2018年11月1日；

- (7)《厦门市中华白海豚保护规定》，1997年12月1日；
- (8)《厦门市文昌鱼自然保护区管理办法》，1992年9月29日；
- (9)《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〔2022〕2207号）；
- (10)《福建省近岸海域环境功能区划（修编）（2011~2020）》（闽政〔2011〕45号）；
- (11)《福建省“十四五”海洋生态环境保护规划》（闽环保海〔2022〕1号）；
- (12)《福建省海岛保护规划（2011~2020）》（闽政文〔2012〕436号）；
- (13)《福建省人民政府关于实施“三线一单”生态环境分区管控的通知》（闽政〔2020〕12号）；
- (14)《厦门市人民政府关于印发厦门市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（厦府〔2021〕105号）；
- (15)《厦门市环境功能区划（第四次修订）》（厦府〔2018〕280号）；
- (16)《厦门市国土空间总体规划（2021-2035年）（报批版）》（厦门市人民政府，2026年1月）；
- (17)《厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区总体规划》（闽政文〔2024〕20号）；
- (18)《厦门港总体规划（2035年）》，2019年5月；
- (19)《厦门市声环境功能区划》，2022年7月；
- (20)《厦门市生态环境准入清单（2023年）》（厦环规〔2023〕13号）；
- (21)《厦门市城市总体规划（2011-2020）》（国函〔2016〕35号）；
- (22)《厦门市近岸海域环境功能区划（2023-2035年）》（报批稿），2024年8月。
- (23)《厦门市生态环境准入清单实施细则》，厦环评〔2024〕5号；
- (24)《厦门市生态环境局关于印发厦门市生态环境管控单元环境管理清单的通知》，厦环评〔2024〕6号；
- (25)《厦门市生态环境局关于印发厦门市建设项目环境影响评价与排污许可综合管理名录的通知》，厦环评〔2024〕7号。

2.1.3 标准、导则和规范

- (1)《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》，HJ2.1-2016；

- (2) 《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》，HJ 1409-2025；
- (3) 《环境影响评价技术导则 地表水环境》，HJ2.3-2018；
- (4) 《环境影响评价技术导则 大气环境》，HJ2.2-2018；
- (5) 《环境影响评价技术导则 声环境》，HJ2.4-2021；
- (6) 《环境影响评价技术导则 生态影响》，HJ19-2022；
- (7) 《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》，HJ964-2018；
- (8) 《建设项目环境风险评价技术导则》，HJ169-2018；
- (9) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》，SC/T9110-2007；
- (10) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》，2002年4月；
- (11) 《海洋调查规范》，GB/T12763-2007；
- (12) 《海洋监测规范》，GB17378-2007；
- (13) 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》，GB/T18920-2020；
- (14) 《污水综合排放标准》，GB8978-1996；
- (15) 《水上溢油环境风险评估技术导则》，JT/T1143-2017；
- (16) 《水运工程建设项目环境影响评价指南》，JTS/T105-2021；
- (17) 《港口码头水上污染事故应急防备能力要求》，JT/T451-2017；
- (18) 《突发环境事件应急监测技术规范》，HJ589-2021；
- (19) 《疏浚与吹填工程设计规范》，JTS181-5-2012；
- (20) 《水运工程环境保护设计规范》，JTS149-2018；
- (21) 《滨海湿地生态监测技术规程》，HY/T 080-2005；
- (22) 《厦门市水污染物排放标准》，DB35/322-2018；
- (23) 《海洋生态修复技术指南》，GB/T 41339-2022；
- (24) 《海滩养护与修复技术指南》（HY/T 255-2018）；
- (25) 《海滩养护与修复工程验收技术方法》（HY/T 0330-2022）；
- (26) 《海滩质量评价与分级》（HY/T 254-2018）；
- (27) 《中国海滩养护技术手册》，蔡锋著，海洋出版社，2015年。

2.1.4 工程技术资料与文件

- (1) 《厦门新机场片区小嶝岛生态岸线工程可行性研究报告（初设深度）》，中交第二航务工程勘察设计院有限公司，2026年3月；

(2)《厦门新机片区小嶝岛生态岸线工程数值模拟专题研究报告》，自然资源部第三海洋研究所，2026年3月；

(3)《厦门新机场片区小嶝岛生态岸线工程沙滩修复工程数学模型专题研究报告》，自然资源部海岛研究中心，2025年9月；

(4)《泉州-厦门-漳州城际轨道（R1线工程海洋化学调查报告）》，自然资源部第三海洋研究所，2024年6月；

(5)《泉-厦门-漳州城际轨道（R1线）工程海域使用论证专题海洋生物生态秋季航次调查报告（厦门段）》，自然资源部第三海洋研究所，2024年8月；

(6)《厦泉州-厦门-漳州城际轨道（R1线）工程海域使用论证专题编制海洋水文观测与分析报告》，自然资源部第三海洋研究所，2024年5月。

2.2 环境影响要素识别和评价因子筛选

2.2.1 环境影响要素识别

根据建设项目的工程性质及工程分析，以及所在地区的自然环境特征，对拟建项目的环境影响要素进行识别，见表 2.2-1。

表 2.2-1 环境影响要素识别一览表

影响时段	环境要素	影响因子	工程内容及表征	影响程度
施工期	海洋生态	悬浮泥沙； 污水、石油类； 水下噪声	施工悬浮泥沙入海	-3S ↑
			清淤造成底栖生物损失	-2S ↑
			施工期产生的悬浮泥沙及施工噪声	-2S ↑
			施工期产生的悬浮泥沙及施工噪声	-1S ↑
	海水水质	悬浮泥沙	沙滩修复、海域清淤等施工产生的悬浮泥沙	-3S ↑
			施工船舶生活污水和舱底油污水收集处置，施工场地生活污水和车辆机械冲洗污水的影响	-1S ↑
	海洋沉积环境	悬浮泥沙	清淤施工产生的悬浮泥沙入海	-1S ↑
	大气环境	TSP、PM ₁₀ 、PM _{2.5} 、SO ₂ 、NO ₂ 、O ₃ 、CO	施工扬尘、施工机械及船舶发动机尾气、淤泥开挖臭气等	-1S ↑
	声环境	噪声 L _{Aeq}	施工机械设备及施工船舶噪声	-1S ↑
	固体废物	施工人员生活垃圾、施工船舶垃圾、清淤疏浚物	施工人员生活垃圾、施工船舶垃圾、清淤淤泥排放	-1S ↑

	环境风险	石油类	施工船舶溢油事故	-2S ↑
运营期	陆域生态	野生动植物	防护林修复	+2L ↑
	海域水文动力	海域流场、岸线沙滩冲淤变化	清淤对工程区附近海域潮流场的影响	+2L ↓
	海域地形地貌与冲淤环境	泥沙回淤量与淤强	清淤对工程区附近海域冲淤环境的影响	-1L ↓
	海洋生态	中华白海豚、文昌鱼、鸟类生境	清淤带来的生境空间拓展	+2L ↑
	景观生态	滨海自然岸线景观	防风林修复	+2L ↑

注：+正面影响，-负面影响；3、2、1依次为影响程度较大、中等、较小；空格为无影响；L长期影响，S短期影响；↑可逆影响，↓不可逆影响。

2.2.2 评价因子筛选

结合环境影响的识别，进行评价因子的筛选，见表 2.2-2 和表 2.2-3。

表 2.2-2 现状评价因子的筛选

阶段	环境要素	环境现状评价因子
现状评价	海洋水文动力环境	潮位、流速、流向
	海洋地形地貌与冲淤环境	地形地貌、工程地质特征、表层沉积物特征、冲淤环境
	海域水质环境	水温、盐度、pH、悬浮物质、溶解氧、化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐、石油类、重金属(汞、铜、锌、镉、砷、铅、铬)
	海洋沉积环境	硫化物、有机碳、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、石油类
	海域生态环境	叶绿素 a 、初级生产力和浮游植物、浮游动物、渔业资源、潮下带底栖生物、潮间带生物
	海洋生物质量	铜、锌、铅、镉、铬、总汞、砷、石油烃
	大气环境	PM ₁₀ 、PM _{2.5} 、SO ₂ 、NO ₂ 、O ₃ 、CO
	声环境	等效连续A声级L _{Aeq}

表 2.2-3 影响评价因子的筛选

阶段	环境要素	评价类别	评价因子
施工期	海域水质环境	影响预测和分析	悬浮泥沙、石油类、COD等
	海洋生态环境		叶绿素 a 、初级生产力和浮游植物、浮游动物、渔业资源、潮下带底栖生物、潮间带生物、文昌鱼、中华白海豚、鸟类
	海域沉积环境		悬浮泥沙
	大气环境		TSP
	声环境		等效连续 A 声级 L _{Aeq}
	固体废物		施工人员生活垃圾、施工船舶垃圾、清淤疏浚物
	环境风险		溢油影响预测

运营期	海洋水文动力环境	潮流场和纳潮量变化
	海洋地形地貌与冲淤环境	泥沙冲淤变化量
	声环境	厂界噪声值 L_{Aeq}
	环境风险	运输船舶溢油事故影响预测

2.3 环境功能区划与评价标准

2.3.1 环境功能区划

(1) 近岸海域环境功能区划

根据《厦门市近岸海域环境功能区划》（2025年12月），本项目位于“XM16-B-II 厦门大嶝岛西南侧二类区”，主导功能为生态修复、航运，辅助功能为旅游、纳污。此外评价范围内的近岸海域环境功能区划包括附近的海域为“XM17-D-III 厦门大嶝机场南侧四类区”、“XM20-B-II 厦门东部一海域二类区”。



图 2.3-1 项目位置与《厦门市近岸海域环境功能区划》

表 2.3-1 厦门市近岸海域环境功能区划功能区登记表（摘录）

序号	海域名称	标识号	功能区名称	面积 (km ²)	功能区类别	近岸海域环境功能区		海水水质 监测站位 名称	海水水质现状 (2022年)	海水水质保护 目标	
1	大嶝海域	XM16-B-II	厦门大嶝岛西南 侧二类区	68.95	二类区	生态修复、航 运	旅游、纳污	FJD04005、 FJD04015、 FJD03020、 FJS0202	一类	二类	二类
2		XM17-D-III	厦门大嶝机场南 侧四类区	11.48	四类区	港口、一般工 业用水	纳污、生态修 复	无	FJD04005（一类）	四类	三类
3	厦门湾东 部海域	XM20-B-II	厦门东部一海域 二类区	462.30	二类区	旅游、新鲜海 水供应	航运	FJS0203、 FJD04003、 FJS0207、 FJS0205	FJS0203、 FJS0205（一类）、 FJD04003、 FJS0207（二类）	二类	二类

根据《福建省近岸海域环境功能区划（2011-2020）》，本项目位于“FJ112-B-II 厦门东部海域二类区”，主导功能是“新鲜海水供应，旅游、航运、厦门文昌鱼保护、渔业用水”，辅助功能是“浴场、纳污”，执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第二类海水水质标准。邻近海域有“FJ104-A-I 同安湾口一类区”，执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第一类海水水质标准；“FJ105-D-II 同安湾刘五店四类区”和“FJ106-D-II同安湾五通四类区”，执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第二类海水水质标准；“FJ096-D-III 围头湾石井-浯江四类区”执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第三类海水水质标准。

根据《福建省近岸海域环境功能区划（修编）》，本项目位于“FJ204-B-II 厦门大嶝岛西南侧二类区”，主导功能为海洋生态保护、航运，辅助功能为旅游、纳污。此评价范围内的近岸海域功能区划包括“FJ173-D-II 围头湾围头角四类区”、“FJ174-D-II 晋江围头湾四类区”、“FJ175-D-III 安海湾东北部四类区”、“FJ176-C-II 安海湾三类区”、“FJ177-D-II 安海湾白沙-石井四类区”、“FJ178-B-II 围头湾二类区”、“FJ179-C-II 围头湾三类区”。

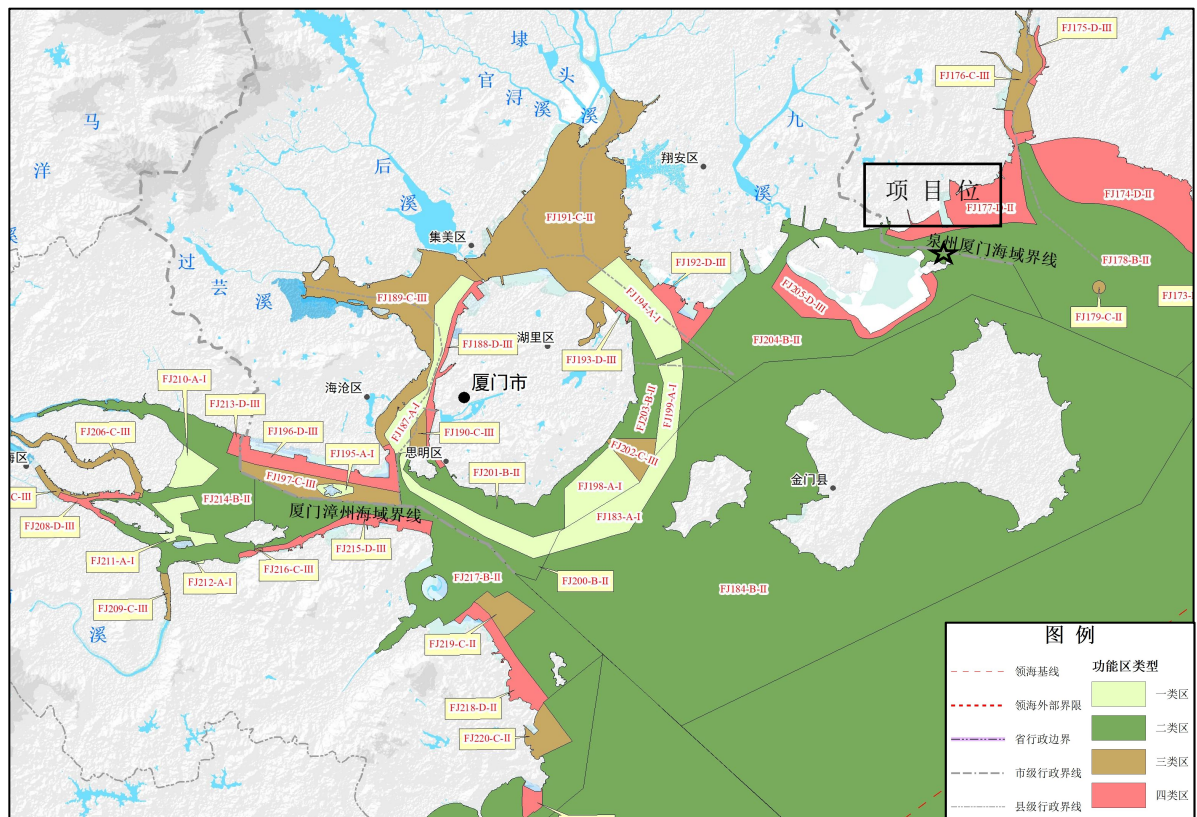


图 2.3-2 项目位置与《福建省近岸海域环境功能区划（修编）》

表 2.3-2 福建省近岸海域环境功能区划功能区登记表（摘录）

序号	地市	省级代码	功能区名称	中心坐标		面积（平方千米）	功能区类别	主要功能	辅助功能	海水水质目标及分阶段水质保护要求			
				经度	纬度					2025年	2030年	2035年	区划目标
188	厦门市	FJ184-B-II	厦门东部一海域二类区	118° 19' 52.401" E	24° 25' 12.527" N	447.58	二类区	旅游	航运	二类	二类	二类	二类
208		FJ204-B-II	厦门大嶝岛西南侧二类区	118° 19' 47.898" E	24° 32' 25.809" N	68.99	二类区	海洋生态保护、航运	旅游、纳污	二类	二类	二类	二类
209		FJ205-D-III	厦门大嶝机场南侧四类区	118° 19' 34.905" E	24° 32' 23.048" N	11.49	四类区	港口、一般工业用水	纳污	三类	三类	三类	三类
177	泉州市	FJ173-D-II	围头湾围头角四类区	118°33' 26.140" E	24°31' 15.853" N	4.06	四类区	港口、航运	纳污、渔业基础设施	二类	二类	二类	二类
178		FJ174-D-II	晋江围头湾四类区	118°30' 47.596" E	24°35' 49.410" N	46.14	四类区	海洋开发	海水养殖、海洋生态保护	二类	二类	二类	二类
179		FJ175-D-III	安海湾东北部四类区	118°26' 56.406" E	24°40' 37.688" N	0.91	四类区	港口	纳污、渔业基础设施	三类	三类	三类	三类
180		FJ176-C-III	安海湾三类区	118°26' 21.008" E	24°39' 52.637" N	8.79	三类区	纳污、海洋生态保护	海水养殖、旅游	三类	三类	三类	三类
181		FJ177-D-II	安海湾白沙-石井四类区	118°24' 46.759" E	24°35' 49.292" N	20.04	四类区	港口、一般工业用水	渔业基础设施	二类	二类	二类	二类
182		FJ178-B-II	围头湾二类区	118°29' 13.076" E	24°33' 16.374" N	117.13	二类区	海水养殖、航运	海洋生态保护、旅游	二类	二类	二类	二类
183		FJ179-C-II	围头湾三类区	118°29' 7.591" E	24°32' 45.549" N	0.52	三类区	纳污		二类	二类	二类	二类

表 2.3-3 《福建省近岸海域环境功能区划（2010-2020）》功能区登记表（摘录）

沿海地市	海域名称	标识号	功能区名称	范围	中心坐标	面积 (平方公里)	近岸海域环境功能区		水质保护目标	
							主导功能	辅助功能	近期	远期
泉州市	围头湾	FJ096-D-III	围头湾石井一 类区	促进-浯江一带的近岸海域。	24° 36' 2.16" N, 118° 23' 49.2" E	19.53	港口、纳污		三	三
厦门市	同安湾	FJ104-A-I	同安湾口一类区	钟宅、五通、澳头、刘五店四点连线的同安湾口海域。	24° 32' 42.36" N, 118° 11' 24.0" E	7.91	中华白海豚保护	航运	一	一
		FJ105-D-II	同安湾刘五店四类区	翔安区新店镇刘五店村至欧厝村附近海域。	24° 32' 47.04" N, 118° 12' 43.2" E	8.15	港口、一般工业用水	中华白海豚保护、纳污	三	二
		FJ106-D-II	同安湾五通四类区	厦门岛东北部五通附近海域。	24° 31' 59.52" N, 118° 11' 13.2" E	0.84	港口、一般工业用水	中华白海豚保护区、滨海旅游	三	二
	东部海域	FJ112-B-II	厦门东部海域二类区	厦门岛东部海域。	24° 31' 23.88" N, 118° 17' 24" E	117.17	新鲜海水供应, 旅游、航运、厦门文昌鱼保护、渔业用水	浴场、纳污	二	二

(2) 大气环境功能区划

根据《厦门市环境功能区划（第四次修订）》，本项目主要位于海域，项目周边主要位于二类环境空气质量功能区，见图 2.3-3。

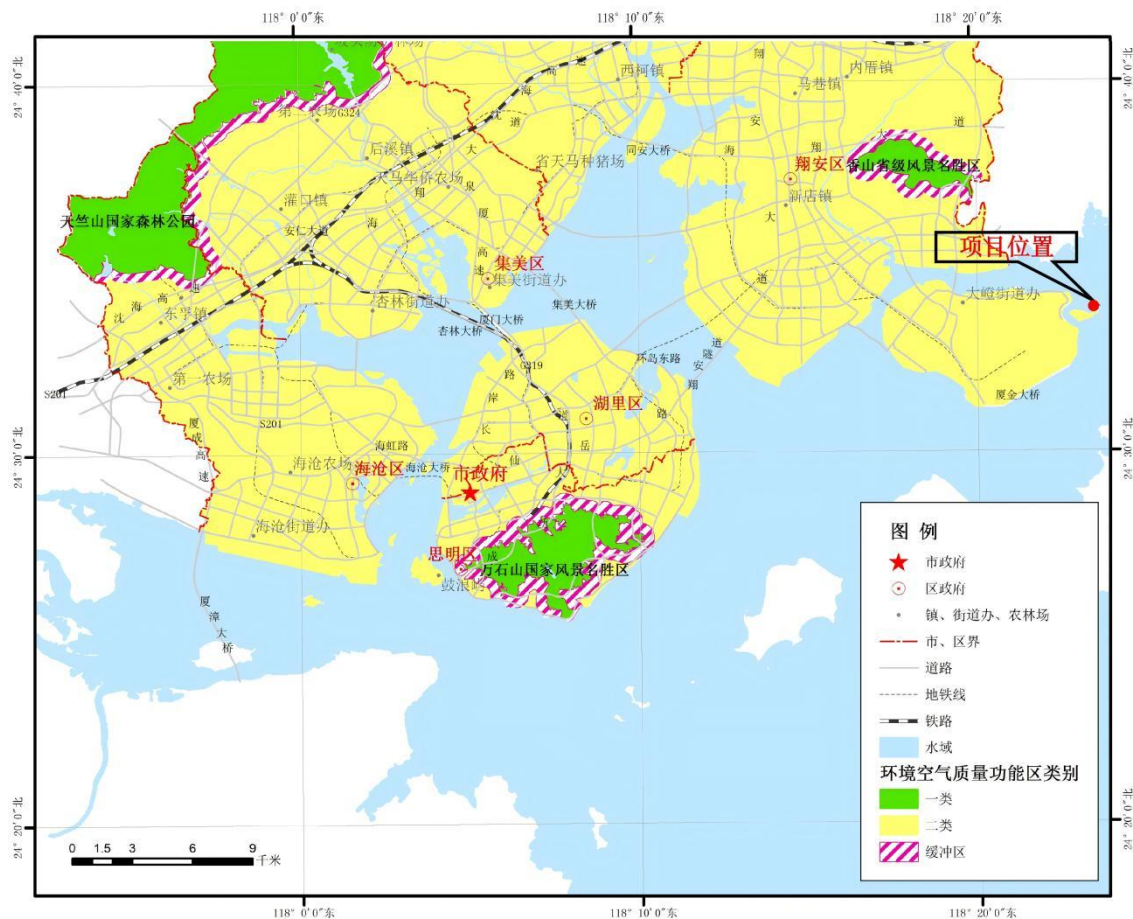


图 2.3-3 厦门市环境空气质量功能区划（项目周边）

(3) 声环境功能区划

根据《厦门市声环境功能区划》（厦环大气〔2022〕28 号），本项目位于海域，项目周边陆域为 2 类声环境质量功能区（见图 2.3-4）。

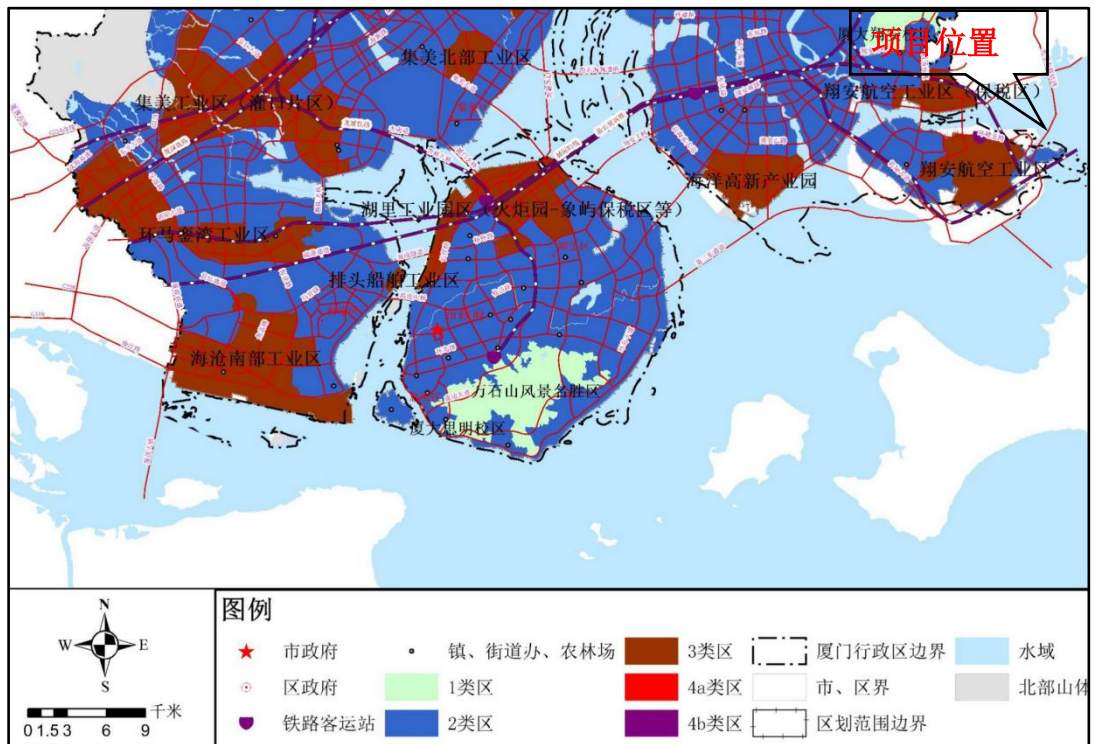


图 2.3-4 厦门市声环境功能区划（项目周边）

2.3.2 环境质量标准

(1) 海水水质

根据《厦门市近岸海域环境功能区划（2023-2035年）》（报批稿），本项目位于“XM02-B-II 厦门大嶝岛西南侧二类区”，主导功能为旅游、纳污，海水水质现状（2022年）为一类，海水水质保护目标近期（2023年至2030年）、远期（2031年至2035年）均执行二类标准。相邻功能区为“XM17-D-III 厦门大嶝机场南侧四类区”，主导功能为港口、一般工业用水，辅助功能为纳污、生态修复，海水水质保护目标近期执行四类标准，远期执行三类标准。“XM20-B-II 厦门东部一海域二类区”的主导功能为旅游、新鲜海水供应，辅助功能为航运，海水水质保护目标近期和远期均执行二类标准。

根据《福建省近岸海域环境功能区划（修编）》，本项目位于“FJ204-B-II 厦门大嶝岛西南侧二类区”，主导功能为海洋生态保护、航运，辅助功能为旅游、纳污，海水水质目标及2025年、2030年、2035年的阶段水质保护目标均为二类。此评价范围内的近岸海域功能区划中“FJ194-A-I 厦门同安湾湾口一类区”2025年的海水水质保护要求为三类，2030和2035年的保护要求为二类，区划目标为

一类；“FJ183-A-I 厦门岛东部一类区”的分阶段保护要求为二类，区划目标为一类；“FJ184-B-II 厦门东部一海域二类区”、“FJ173-D-II 围头湾围头角四类区”、“FJ174-D-II 晋江围头湾四类区”、“FJ177-D-II 安海湾白沙-石井四类区”、“FJ178-B-II 围头湾二类区”、“FJ179-C-II 围头湾三类区”的海水水质目标及分阶段水质保护要求均为二类。

综上所述，本评价在项目所在功能区及邻近保护区均执行第二类海水水质标准，评价范围其他功能区依照表 2.3-4 管控要求执行相应类别的海水水质标准。

表 2.3-4 海水水质标准(GB3097-1997) 单位：mg/L

污染物	第一类	第二类	第三类	第四类
pH值	7.8~8.5, 同时不超出该海域正常变动范围的0.2pH单位		6.8~8.8, 同时不超出该海域正常变动范围的0.5pH单位	
水温(°C)	人为造成的海水温升夏季不超过当时当地1°C, 其它季节不超过2°C		人为造成的海水温升不超过当地4°C	
悬浮物质	人为增加的量≤10		人为增加的量≤100	人为增加的量≤150
溶解氧 >	6	5	4	3
化学需氧量(COD) ≤	2	3	4	5
无机氮(以N计) ≤	0.20	0.30	0.40	0.50
活性磷酸盐(以P计) ≤	0.015	0.030		0.045
石油类 ≤	0.05		0.30	0.50
总铬 ≤	0.05	0.10	0.20	0.50
砷 ≤	0.02	0.03	0.05	
铅 ≤	0.001	0.005	0.01	0.05
汞 ≤	0.00005	0.0002		0.0005
铜 ≤	0.005	0.010	0.05	
锌 ≤	0.020	0.050	0.10	0.50
镉 ≤	0.001	0.005	0.010	
硫化物 ≤	0.02	0.05	0.10	0.25
挥发性酚 ≤	0.005		0.010	0.050

(2) 海洋沉积物质量

根据《福建省海洋环境保护规划（2011~2020）》，环境功能区的海洋沉积物可按照海水水质目标及分阶段水质保护要求确定执行标准。水质保护要求为一类、二类水质的，海洋沉积物执行《海洋沉积质量》（GB18668-2002）一类标准；水质保护要求为三类水质的，海洋沉积物执行不低于二类的标准；水质保护

要求为四类水质的，海洋沉积物执行不低于三类的标准。工程区位于“XM02-B-II 厦门大嶝岛西南侧二类区”，海洋沉积物评价为一类标准，如表 2.3-5 所示。

表 2.3-5 海洋沉积物质量标准（GB18668-2002） 单位： $\times 10^{-6}$ （有机碳 $\times 10^{-2}$ ）

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

（3）海洋生物质量标准

评价海域双壳贝类海洋生物质量按《海洋生物质量》（GB18421-2001）标准执行，具体见表 2.3-6。其他软体动物、甲壳动物和定居性鱼类等的重金属、石油烃的评价标准参考《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）中的附录 C 标准评价，见表 2.3-7。本项目区海洋生物质量执行一类标准。

表 2.3-6 海洋生物质量标准值（鲜重）（部分）（GB18421-2001）单位：mg/kg

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

表 2.3-7 其他海洋生物质量参考值（鲜重） 单位：mg/kg

生物类别 评价因子	软体动物（非双壳贝类）	甲壳类	鱼类
总汞	0.3	0.2	0.3
镉	5.5	2.0	0.6
锌	250	150	40
铅	10	2	2
铜	100	100	20
砷	1	1	1
石油烃	20	20	20

(4) 环境空气质量

根据《厦门市环境功能区划(第四次修订)》，本项目周边为二类环境空气质量功能区，项目所在区域环境空气质量执行《环境空气质量标准》(GB3095-2026)中的二级标准。

表 2.3-8 环境空气污染物基本项目浓度限值

序号	污染物项目	平均时间	过渡阶段浓度限值		浓度限值		单位
			一级	二级	一级	二级	
1	二氧化硫 (SO ₂)	年平均	20	60	20	20	μg/m ³
		日平均	50	150	50	50	
		1 小时平均	150	500	150	150	
2	二氧化氮 (NO ₂)	年平均	40	40	30	30	
		日平均	80	80	50	50	
		1 小时平均	200	200	200	200	
3	一氧化碳 (CO)	日平均	4	4	4	4	mg/m ³
		1 小时平均	10	10	10	10	
4	臭氧 (O ₃)	日最大 8 小时平均	100	160	100	160	μg/m ³
		1 小时平均	160	200	160	200	
5	颗粒物(粒径小于等于 10 μm, PM ₁₀)	年平均	40	60	20	50	μg/m ³
		日平均	50	120	50	100	
6	颗粒物(粒径小于等于 2.5 μm, PM _{2.5})	年平均	15	30	10	25	
		日平均	35	60	25	50	

备注：本标准自实施之日起至 2030 年 12 月 31 日，环境空气污染物基本项目实施过渡阶段浓度限值；2031 年 1 月 1 日起，在全国范围内实施基本项目浓度限值。

(5) 声环境质量

根据《厦门市声环境功能区划（2022）》，本项目主要位于海域，项目周边陆域为2类声环境质量功能区，声环境质量执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）的2类标准，见表2.3-9。

表 2.3-9 环境噪声限值（单位：dB（A））

声环境功能区类别		昼间	夜间
0类		50	40
1类		55	45
2类		60	50
3类		65	55
4类	4a类	70	55
	4b类	70	60

2.3.3 污染物排放标准

（1）船舶污染物

依据《厦门市海洋环境保护若干规定》（2018年第二次修正）第二十四条规定，在港口水域范围内航行、作业的船舶，遮蔽航区的船舶，以及在海事主管部门确定的特殊航线或者水域内航行、作业的船舶，应当按照有关规定对其排污设备实施铅封，并接受海事主管部门的监督管理。国防演练或战时船舶依照相应规定执行。施工船舶污水和船舶垃圾排放执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）。

表 2.3-10 船舶含油污水排放控制要求（沿海）

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

表 2.3-11 船舶生活污水排放要求及标准（海域）

序号	排放区域	分类	主要污染物名称	标准限值
1	距最近陆地 3 海里以内海域（应采取下列方式之一，不得直接排入环境水体： a 利用船载收集装置收集，排入接收设施， b 利用船载生活污水处置，达到排放要求后在航行中排放）	2012 年 1 月 1 日以前安装（含更换）生活污水处置装置的船舶	COD	≦ 50（mg/L）
			SS	≦ 150（mg/L）
			耐热大肠菌群	≦ 250（个/mL）
			BOD ₅	≦ 25（mg/L）
		2012 年 1 月 1 日以后安装（含更换）生活污水处置装置的船舶	SS	≦ 35（mg/L）
			耐热大肠菌群	≦ 1000（个/100mL）
			COD	≦ 125（mg/L）
			PH	6~8.5
		总氯	≦ 0.5（mg/L）	
2	3 海里 < 与最近陆地间距离 ≤ 12 海里	需同时满足： （1）使用设备打碎固形物质和消毒后排放； （2）船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放率		
3	与最近陆地间距离 > 12 海里	船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放率		

表 2.3-12 船舶垃圾排放控制要求（海域）

序号	分类	位置	排放要求
1	食品废弃物	距最近陆地 ≤ 3 海里	应收集并排入接收设施
		3 海里 < 与最近陆地间距离 ≤ 12 海里	粉碎或磨碎至直径不大于 25 毫米后可排放
		与最近陆地间距离 > 12 海里	可以排放
2	货物残留物	距最近陆地 ≤ 12 海里	应收集并排入接收设施
		与最近陆地间距离 > 12 海里	不含危害海洋环境物质的货物残留物可排放
3	动物尸体	距最近陆地 ≤ 12 海里	应收集并排入接收设施
		与最近陆地间距离 > 12 海里	可以排放
备注	任何海域，应将塑料废弃物、废弃食用油、生活废弃物、焚烧炉灰渣、废弃渔具和电子垃圾收集并排入接收设施； 任何海域，对于货舱、甲板和外表面清洗水，其含有的清洁剂或添加剂不属于危害海洋环境的物质方可排放，其他操作废弃物应收集并排入接收设施； 任何海域，对于不同类别船舶垃圾的混合垃圾的排放控制，应同时满足所含每一类船舶垃圾的排放控制要求。		

（2）施工污水

施工期施工人员租住在周边村庄，其产生的生活污水通过周边村庄现有污水处理系统进行消纳。施工机械设备和车辆清洗产生的施工废水经沉淀处理后回用

于场地洒水抑尘，执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》GB/T18920-2020中的“城市绿化、道路清扫、消防、建筑施工”标准，见表 2.3-13。

表 2.3-13 城市污水再生利用 城市杂用水水质 GBT18920-2002

序号	项目	冲厕、车辆冲洗	城市绿化、道路清扫、消防、建筑施工
1	PH	6.0~9.0	6.0~9.0
2	色度、铂钴色度单位	15	30
3	嗅	无不快感	无不快感
4	浊度/NTU	5	10
5	五日生化需氧量 (BOD ₅) / (mg/L)	10	10
6	氨氮/ (mg/L)	5	8
7	阴离子表面活性剂/ (mg/L)	0.5	0.5
8	铁/ (mg/L)	0.3	—
9	锰/ (mg/L)	0.1	—
10	溶解性总固体/ (mg/L)	1000 (2000) ^a	1000 (2000) ^a
11	溶解氧/ (mg/L)	2.0	2.0
12	总氯/ (mg/L)	1.0 (出厂), 0.2 (管网末端)	1.0 (出厂), 0.2 ^b (管网末端)
13	大肠埃希氏菌 / (MPN/100mL 或 CFU/100mL)	无 ^c	无 ^c

注：“—”表示对此项无要求。

a 括号内指标值为沿海及本地水源中溶解性固体含量较高的区域的指标。

b 用于城市绿化时,不应超过 2.5 mg/L。

c 大肠埃希氏菌不应检出。

根据《厦门市水污染物排放标准》(DB35/322-2018)第 5.2.3 条：“出水排入建成运行的城镇污水处理厂(站)的排污单位，其间接排放限值按照现行国家或福建省的相关标准执行”，因此本项目施工期施工场地及营运期生活污水排放执行《污水综合排放标准》(GB8978-1996)表 4 中的三级标准，见表 2.3-14。

表 2.3-14 《污水综合排放标准》(GB8978-1996)表 4 三级标准

污染物名称	三级标准 (mg/L)
pH 值 (无量纲)	6~9
悬浮物 (SS)	≤400
生活需氧量 (BOD ₅)	≤300
化学需氧量 (COD)	≤500
石油类	≤20
氨氮	-
阴离子表面活性剂 (LAS)	≤20

根据《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T31962-2015), 氨氮按 45mg/L 控制。

(3) 环境噪声

施工场界噪声执行《建筑施工噪声排放标准》(GB12523-2025), 即昼间 70dB(A), 夜间 55dB(A)。

(4) 大气污染物

施工期施工船舶应满足《船舶大气污染物排放控制区实施方案》(交海发[2018]168号)和《交通运输部海事局关于规范实施船舶大气污染物排放控制区监督管理工作的通知》(海危防〔2018〕555号)中的控制要求:

①硫氧化物和颗粒物排放控制要求: 2019年1月1日起, 海船进入排放控制区, 应使用硫含量不大于 0.5% m/m 的船用燃油。

②氮氧化物排放控制要求: 2015年3月1日及以后建造或进行船用柴油发动机重大改装的中国籍国内航行船舶, 所使用的单台船用柴油发动机输出功率超过 130 千瓦的, 应满足《国际防止船舶造成污染公约》第二阶段氮氧化物排放限值要求。2022年1月1日及以后建造或进行船用柴油发动机重大改装的、进入沿海控制区海南水域和内河控制区的中国籍国内航行船舶, 所使用的单缸排量大于或等于 30 升的船用柴油发动机应满足《国际防止船舶造成污染公约》第三阶段氮氧化物排放限值要求。

③施工期淤泥恶臭

执行《恶臭污染物排放标准》(GB14554-1993)表1中二级新改扩建标准限值以及表2中标准限制要求(表2.3-15)。

表 2.3-15 施工期大气污染物排放标准

污染物名称	排放限值
	无组织排放监控浓度限值 (mg/m^3)
NH ₃	1.5
H ₂ S	0.06
臭气浓度	20 (无量纲)

(5) 固体废物

施工期固体废物执行《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(2020年4月29日修订)中相关要求。

施工船舶垃圾排放执行《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018),

见表 2.3-12。

清淤产生的疏浚物应按《中华人民共和国海洋倾废管理条例（2017 年修订）》、《中华人民共和国海洋倾废管理条例实施办法（2017 年修订）》等相关法律法规要求办理外抛手续后方可外抛处置。清淤疏浚物外抛应当按行政主管部门批准的时间、条件和地点倾倒，且从事海上疏浚、清淤活动的单位应当如实记录疏浚、清淤情况，向行政主管部门报告并接受其监督检查。

土石方弃方按照厦门市《厦门市建筑废土管理办法》要求，开工后通过厦门市“建筑废土砂石综合管控平台”，申请本项目外运固体废物的合理合法的处理场地。严禁随意堆放或排放入海。

2.4 评价等级与评价范围

2.4.1 评价等级

（1）生态环境

根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），建设项目同时涉及陆生、水生生态影响时，可针对陆生生态、水生生态分别判定评价等级。

①陆域生态：本项目陆域临时堆场占地面积约为 1500m²，场地内不涉及国家公园、自然保护区、世界自然遗产、重要生境、自然公园及生态保护红线，不涉及地下水位及土壤影响，根据《《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022）》，陆生生态评价等级为三级。

②海洋生态：本项目为近岸海域生态岸线修复项目，位于厦门大嶝岛周边海域，涉及厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区外围保护地带（中华白海豚和文昌鱼），属于海洋生态环境敏感区。工程主要修复内容包括：修复小嶝岛岸线 757 m，修复面积为 7.50 hm²；实施补沙工程，补沙量为 15.17×10⁴ m³；月亮湾进行清淤作业，清淤量 3.29×10⁴ m³，新建排水管涵 87.05 m。此外，项目还将对小嶝岛沿海基干防护林带的断带进行补齐，修复面积 0.67 hm²。

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）的工作等级划分技术原则与判据，结合本项目的实际情况和环境特征，确定其评价工作等级如下：本项目清淤总方量 3.29×10⁴ m³，沙滩工程用海面积为 7.50 hm²，补沙为 15.17×10⁴ m³，新建排水管涵 87.05 m。本项目水下开挖/回填量 Q<100×10⁴ m³，线性水工构筑物轴线长度 L<0.5 km，根据表 2.4-1 的等级判据，按三级评价。

由于工程位于生态环境敏感区，评价等级应提高一级，因此，本项目海洋生态环境影响评价等级确定为二级。

表 2.4-1 建设项目海洋生态环境影响评价等级判定表

影响类型		评价等级		
		1	2	3
废水排放量 Q (10 ⁴ m ³ /d) ^a	含 A 类污染物	Q≥2	0.5≤Q<2	Q<0.5
	含 B 类污染物	Q≥20	5≤Q<20	Q<5
	含 C 类污染物	Q≥500	50≤Q<500	Q<50
水下开挖/回填量 Q (10 ⁴ m ³) ^b		Q≥500	100≤Q<500	Q<100
泥浆及钻屑排放量 Q (10 ⁴ m ³)		Q≥10	5≤Q<10	Q<5
挖沟埋设管缆总长度 L (km) ^c		L≥100	60≤L<100	L<60
水下炸礁、爆破挤淤工程量 Q (10 ⁴ m ³) ^d		Q≥6	0.2≤Q<6	Q<0.2
入海河口(湾口)宽度束窄/拓宽尺度占原宽度的比例 R%		R≥5	1<R<5	R≤1
用海面积 S (hm ²)	围海	S≥100	S<100	/
	填海	S≥50	S<50	/
	其他用海 ^e	S≥200	100≤S<200	S<100
线性水工构筑物轴线长度 L (km)	透水	L≥5	1≤L<5	L<1
	非透水	L≥2	0.5≤L<2	L<0.5
人工鱼礁固体投放量 Q (空方 10 ⁴ m ³)		Q≥10	5≤Q<10	Q<5

- a: 排放口位于近岸海域以外海域的评价等级降低一级(最低为3级); 建设项目排放的污染物为受纳水体超标因子, 评价等级应不低于2级。
- b: 海底隧道按水下开挖(回填)量划分评价等级, 采用盾构、钻爆方式施工的海底隧道, 评价等级降低一级(最低为3级)。
- c: 挖沟埋设管缆总长度以挖沟累积长度计。
- d: 爆破挤淤工程量以挤出淤泥量计。
- e: 其他用海主要指海上风电、海上太阳能发电、海水养殖等开放式用海建设项目; 不投加饵料的海水养殖项目, 评价等级为3级。

(2) 声环境

根据《厦门市声环境功能区划》(厦环大气〔2022〕28号), 本项目所处的声环境功能区为翔安航空工业区2类地区, 执行标准为昼间≤60dB, 夜间≤50dB。根据《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ 2.4-2021), 建设项目所处的声环境功能区为GB3096规定的1类、2类地区, 或建设项目建设前后评价范围内声环境保护目标噪声级增量在3dB(A)以下(不含3dB(A)), 或受噪声影响人口数量增加较多时, 按二级评价。本项目所在区域处于2类声环境功能区, 确定本项目声环境影响评价等级为2级。

(3) 大气环境

本项目实施产生的大气污染物主要是施工船舶、施工机械排放的废气以及清

淤底泥产生的臭气，为间歇性排放，排放量较小且难以定量。由于本工程主要位于海域，扩散条件较好，且距离陆域环境敏感目标较远，在采取有效的污染防治措施情况下，施工期大气污染物排放的影响较小。根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018），本工程大气环境影响评价等级定为三级。

（4）环境风险

本项目环境风险主要考虑施工船舶碰撞、倾覆等导致的施工期溢油事故。根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 14-2025）及《建设项目环境风险评价技术导则（HJ 169-2018）》判定，本项目环境风险潜势为I级，本项目海域环境风险评价等级为简单分析。但鉴于本项目附近涉及中华白海豚外围保护地带及文昌鱼外围保护地带，施工船舶携带的燃料如果发生泄漏进入海域，将对海水水质和水生生态造成较大的影响。因此，本项目对施工船舶事故燃料油泄漏后可能造成的影响进行预测分析。

2.4.2 评价范围

（1）海洋环境影响评价范围

根据各海洋环境要素评价等级及相应评价范围设置要求，结合项目所在海域环境特征和项目环境影响所及区域，确定海洋环境影响评价范围为大嶝周边海域，见图 2.4-1。



图 2.4-1 海洋环境影响评价范围

(3) 大气环境影响评价范围

根据《环境影响评价技术导则-大气环境》（HJ 2.2-2018），三级评价项目不设置大气环境影响评价范围。

(4) 声环境影响评价范围

根据《环境影响评价技术导则声环境》（HJ 2.4-2021），声环境评价范围为建设项目边界向外 200m。



图 2.4-2 声环境影响评价范围

2.5 评价重点

- (1) 项目建设与相关规划及政策的符合性分析；
- (2) 项目建设对周边海域水文动力、冲淤环境的影响；
- (3) 清淤施工过程泥沙入海对海水水质、沉积物环境的影响；
- (4) 施工过程对海洋生态环境的影响，尤其是对文昌鱼的影响；
- (5) 船舶事故溢油环境影响，以及环境风险防范对策措施和应急预案；
- (6) 项目建设环保措施与对策建议。

2.6 环境保护目标和环境敏感目标

本项目位于翔安小嶝岛海域，根据现场勘查，结合环境影响因素识别结果，确认周边环境敏感目标主要是厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区及外围保护地带(中华白海豚，文昌鱼)、生态保护红线及海水养殖区，具体见表 2.6-1 和图

2.6-1。

表 2.6-1 评价范围内环境敏感区及环境保护目标

环境敏感目标类别	序号	名称	方位	距离	环境保护对象
自然保护区	1	厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区(中华白海豚)-同安湾	WS	15.7 km	中华白海豚物种及其生境
	2	厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区(文昌鱼)-黄厝海域	SW	28 km	文昌鱼及其生境
外围保护带	3	厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区外围保护地带(中华白海豚)	S	部分占用	中华白海豚
	4	厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区外围保护地带(文昌鱼)-小嶝岛海域	S	部分占用	文昌鱼
	5	厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区外围保护地带(文昌鱼)-南线至十八线海域	SW	6.88 km	文昌鱼及其生境
福建省“三区三线”划定成果中的生态保护红线	6	“福建珍稀海洋物种国家级自然保护区”生态保护红线	W	17 km	中华白海豚、文昌鱼物种及其生境
村庄社区	7	后堡村	W	153 m	居住环境
	8	前堡村	W	750 m	
海水养殖	9	翔安南侧养殖区	N	1.69 km	海水水质
	10	围头湾养殖区	E	7.7km	

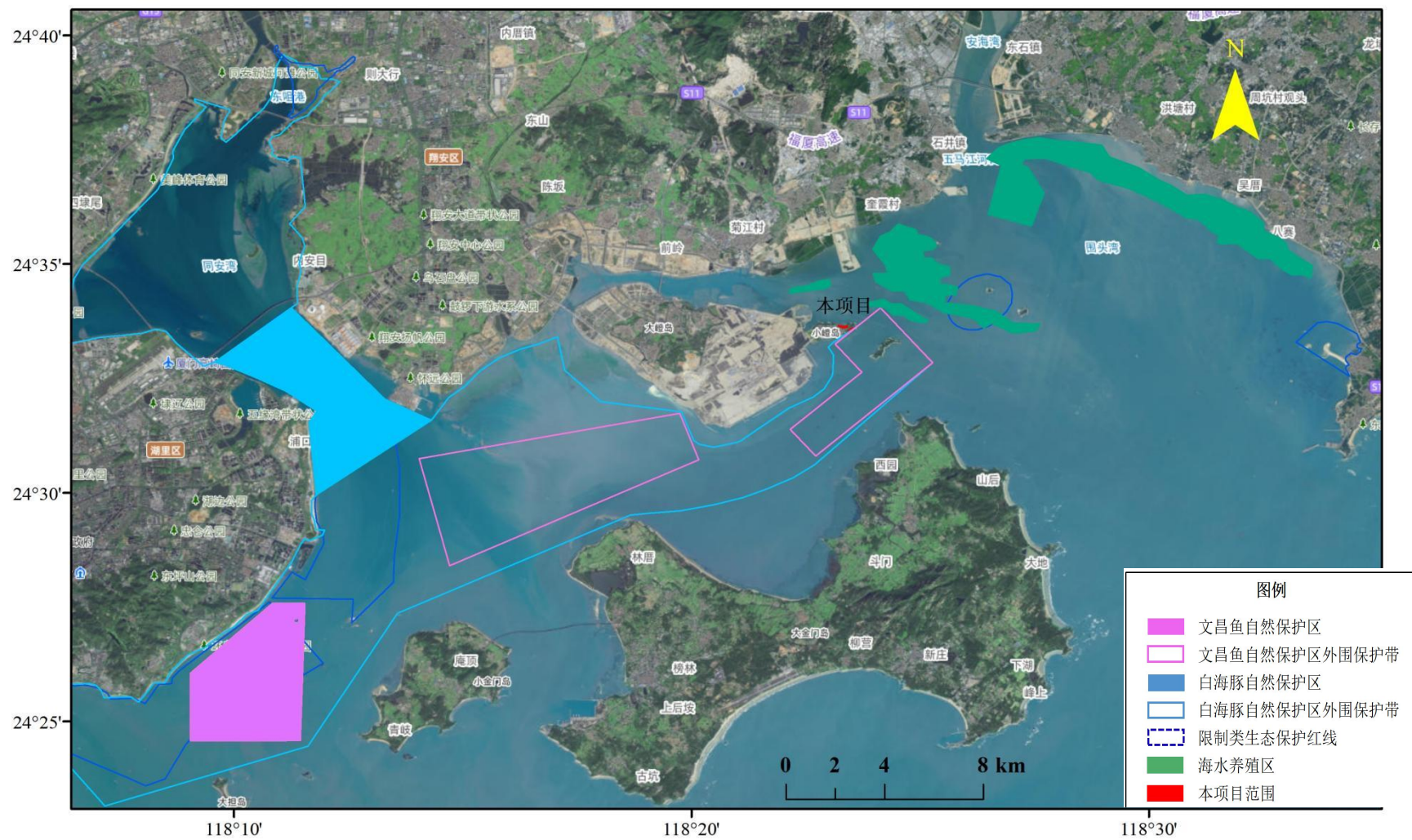


图 2.6.1 本项目周边环境敏感目标

3 项目概况和工程分析

3.1 拟建项目工程概况

- (1) 项目名称：厦门新机场片区小嶝岛生态岸线工程
- (2) 项目性质：生态修复工程
- (3) 代建单位：厦门路桥工程投资发展有限公司
- (4) 建设工期：工程总工期 12 个月，主体工程工期 9 个月
- (5) 总投资：4030.97 万元
- (6) 地理位置：福建省厦门市翔安区小嶝岛片区，见图 3.1-1。

图 3.1-1 项目位置示意图

3.2 建设规模及主要建设内容

本次厦门新机场片区小嶝岛生态岸线工程建设内容及规模包含：

(1) 小嶝岛沙滩修复保护：修复小嶝岛南侧月亮湾沙滩 337m、北侧海豚湾沙滩 420m，共计 757m，修复面积共计 7.50 hm²，补沙量约 15.17 万 m³（考虑流失及筛除贝壳）。月亮湾视野开阔，为减少沙滩前沿泥滩频繁出露，清淤至-1.0m 等高线（历史围垦边界），清淤面积 2.44 万 m²；海豚湾现状沙滩被道路分割，本次沙滩修复需拆除海豚湾沙滩上进场道路 1 条，月亮湾沙滩改造排水管涵 1 处。

(2) 小嶝岛滨海防风林修复：对小嶝岛沿海基干防护林带进行断带补齐，修复面积约 0.67 公顷。

主要经济技术指标见表 3.2-1。

表 3.2-1 本工程主要经济技术指标表

工程措施	项目	单位	数量	备注
一、沙滩修复工程	1、月亮湾			
	修复海滩岸线长度	m	337.00	
	岸线清理	m ²	9988.38	
	回填沙量	m ³	50657.87	
	其中：表层砂	m ³	29729.61	
	底层砂	m ³	20928.27	

工程措施	项目	单位	数量	备注
	运砂及筛砂量	m ³	68542.03	装砂点到皮带机综合运距 7 公里
	2、海豚湾			
	修复海滩岸线长度	m	420.00	
	岸线清理	m ²	14905.68	
	回填沙量	m ³	62112.37	
	其中：表层砂	m ³	27058.98	
	底层砂	m ³	35053.38	
	运砂及筛砂量	m ³	83191.51	
	3、小计			
	修复海滩岸线长度	m	757.00	
	岸线清理	m ²	24894.06	
	回填沙量	m ³	112770.24	
	其中：表层砂	m ³	56788.59	
	底层砂	m ³	55981.65	
	运砂及筛砂量	m ³	151733.54	装砂点到皮带机综合运距 7 公里
	二、清淤工程及临时航路工程	1、月亮湾		
清淤面积		万 m ²	2.44	
清淤方量		万 m ³	3.29	全部为淤泥
散石		m ³	1000	暂列
2、临时航路航标		座	6	
三、拆除工程	1、海豚湾沙滩进场堤路			
	混凝土道路拆除	m ³	701.32	
	台阶改造	m ³	51.47	干砌条石结构
四、防风林修复	1、防风林补植			
	木麻黄	株	60	株高>150cm
	银合欢	株	347	株高>300cm
	土地平整及换填	m ²	6658	种植土换填深度 0.4m
	2、海豚湾后滨建筑垃圾清理	m ³	1000.0	暂估
五、月亮湾沙滩管涵工程	土方开挖	m ³	2779.75	
	DN600 管涵(拆除)	m	84.42	
	DN1200HDPE 缠绕增强管(新建)	m	87.05	13 段 6m 长, 1 段 4.9m 长
	砂石垫层	m ³	53.97	厚 200mm
	抛石基床(灌砂)	m ³	224.58	
	土工格栅	m ²	269.84	
	200~300kg 块石	m ³	601.57	
	C40 混凝土(预制钢筋砼)	m ³	23.55	预制

工程措施	项目	单位	数量	备注
	基座)			
	C25 毛石混凝土	m ³	114.02	
	C25 细石混凝土(礁石装饰)	m ³	145.52	礁石装饰平均厚度 50cm
	C35 水下混凝土	m ³	44.42	
	大理石栏杆	m	6.30	直径 150mm
	地脚螺栓	套	59	M16*630
	抱箍	kg	186.30	2691*60*5mm
	5mm 厚橡胶垫	m ²	0.00023	9.5*100*5、 6.3*100*5mm
	C30 钢筋混凝土	m ³	20.09	
	C20 素砼垫层	m ³	1.40	厚 100mm
	钢筋	kg	5237.82	120kg/m ³
	栏杆铁链	m	10.50	直径 5mm
	二片石垫层	m ³	46.34	15cm 厚
	碎石垫层	m ³	49.63	10cm 厚

表 3.2-2 本工程施工期用海工程一览表

序号	工程名称	占用影响海域(hm ²)	占用岸线 (m)
1	沙滩修复	4.23	757
2	清淤工程	2.44	0
3	排水设施改造工程	0.5201	2.1
4	装卸平台	4.224	0

图 3.2-1 项目总平面示意图

图 3.2-2 项目总平面布置图

3.2.1 沙滩修复工程

3.2.1.1 沙滩平面布置方案

(1) 月亮湾沙滩

考虑适当清淤减少露滩时间，清淤至-1.0m 等高线（历史围垦边界），补沙区域以沙滩两侧既有拦挡为控制。

拟修复月亮湾沙滩总长 337m，滩肩高程 4.0m，滩肩宽度 7~36m，滩面以 1:10 坡度延伸至-1.0m 高程。为扩大沙滩视野范围，近岸部分平底区域（约 0.6hm²）底部换填 1m 厚砂，该区域清淤底高程为-2.0m。见图 3.2-3。

(2) 海豚湾沙滩

拟修复海豚湾沙滩从现状岸线位置往海侧延伸，沙滩总长 420m，滩肩线基本与岸线形态一致，滩肩高程 4.0m，滩肩宽度 26~56m，滩面以 1:10 坡度延伸至现状泥面处。不拆除沙滩前沿避风坞，为保持沙滩完整性，拆除沙滩上堤路，在岸线区域改为台阶，见图 3.2-4。

3.2.1.2 沙滩剖面

沙滩滩肩顶面高程定为 4.0m；其中底层砂标高 3.0m，表层砂厚度 1.0m。本项目月亮湾滩肩以下回填沙坡拟按 1:10 控制，海豚湾沙滩滩肩以下回填沙坡拟按 1:10 控制，见图 3.2-5、3.2-6、3.2-7。

沙滩工程用海面积约为 7.5hm²，补砂约 15.17 万 m³（考虑流失及筛除贝壳）。其中，月亮湾 6.82 万 m³，海豚湾 8.35 万 m³。

略

图 3.2-3 月亮湾沙滩修复平面布置图

略

图 3.2-4 海豚湾沙滩修复平面布置图

略

图 3.2-5 沙滩典型断面图

略

图 3.2-6 海豚湾沙滩修复剖面图

略

图 3.2-7 月亮湾沙滩修复剖面图

3.2.1.3 补沙粒径

结合类似工程经验，本项目沙滩修复工程采用双层结构设计，即表层砂和底层砂；底层砂需按施工剖面设计要求从现状海底面回填至 3.0m 高程位置（指滩肩部分，滩坡部分按施工剖面坡度控制），表层砂主要回填于完成了底层砂施工的施工滩肩之上，表层砂厚度为 100cm。

回填砂粒径控制：中砂、粗砂，其中表层砂粒径 0.2~0.7mm、底层砂粒径 0.6~2.0mm。

回填砂矿物成份控制：结合同类项目对修复海滩质量的要求，确定砂质标准为石英>80%，表层砂石英+长石>90%、底层砂石英+长石>85%，表层砂贝壳含量<1.5%、底层砂贝壳含量小于 3%，表层砂及底层砂含泥量<2%。

填沙中值粒径和碎屑矿物指标分析测定参照《海洋地质地球物理调查规范》（GB/T12763.8-2007 第 8 部分）相关条款之规定。

3.2.1.4 现状构筑物拆除

海豚湾沙滩南侧有 1 条现状道路自南向北深入海里，长约 42m，宽 4.6m，沙滩范围内现状顶高程 4.1~4.3m，突出沙滩滩肩顶高程需要拆除，拆除时局部留成台阶作为现状护岸及道路下沙滩的踏步使用。台阶改造段布置于原进场道路位置，台阶顶部与现状道路顺接，台阶顶高程 6.0m，底高程 3.0m，宽度与现状道路同宽，取值为 4.5m。台阶设计坡度 1:2.5，踏步采用高 160mm、宽 400mm 的尺寸，结构材料选用干砌条条石，改造工程量 51.47 m³。

3.2.1.5 主要工程量

两处沙滩修复共计清理岸线 2.49 万 m²，设计补沙量为 11.28 万 m³，实施过程中考虑流失 30%后，补沙量为 15.17 万 m³。并拆除浆砌条条石道路 701.32 万 m³。

表 3.2-3 月亮湾沙滩修复主要工程量计算表

序号	项目	单位	工程量	沉降量	设计补沙量	损耗量	合计
1	岸线清理	m ²	9988.38				9988.38
2	补砂量	m ³	48407.51	2250.36	50657.87		65855.23
	表层砂	m ³	29729.61		29729.61	0.30	38648.49
	底层砂	m ³	18677.91	2250.36	20928.27	0.30	27206.75

表 3.2-4 海豚湾沙滩修复工程量计算表

序号	项目	单位	工程量	沉降	设计补沙量	损耗量	合计
1	岸线清理	m ²	14905.68				14905.68
2	补砂量	m ³	59733.27	2379.10	62112.37		80746.08
	表层砂	m ³	27058.98		27058.98	0.30	35176.68
	底层砂	m ³	32674.28	2379.10	35053.38	0.30	45569.40
3	现状浆砌条石道路拆除	m ³	701.32				701.32
4	台阶改造	m ³	51.47				51.47

备注：沙滩上堤路 42m 长，4.6m 宽，拆除时局部留成台阶下沙滩。

表 3.2-5 月亮湾及海豚湾沙滩修复工程量表

序号	项目	单位	设计工程量	考虑流失 30%补沙量
1	岸线清理	m ²	24894.06	/
2	补砂量	m ³	116959.10	146601.31
	表层砂	m ³	59707.58	73825.17
	底层砂	m ³	57251.52	72776.14
3	现状浆砌条石道路拆除	m ³	701.32	/
4	台阶改造	m ³	51.47	/

3.2.2 清淤工程

3.2.2.1 清淤的必要性

根据《厦门新机场片区小嶝岛生态岸线工程沙滩修复工程数学模型专题研究报告》，月亮湾海滩稳定性分析如下：

图 3.2-8 为小嶝岛月亮湾岸段在波浪作用下，未来 7 年的岸线变化情况。相对于海豚湾岸段，月亮湾岸段受波浪影响较大，岸线总体较为稳定。岸线的变化幅度在 6m 左右（图 3.2-9），其岸线最大蚀退约 6m，最大淤进约 5m，为岸线在波浪作用下的自然调整。图 3.2-10 为南侧岸段在波浪作用下未来 7 年的沿岸输沙率分布情况（“+”表示从东往西输沙，“-”表示从西向东输沙）。整个岸段主要的输沙方向为由东向西输运，最大的年净沿岸输沙率在西侧约 400m³/a。在波浪较弱的情况下，清淤工程有助于波浪的传播，对沙滩修复工程为的影响为正面。

略

图 3.2-8 小嶝岛南侧岸段岸线变化平面图

略

图 3.2-9 小嶝岛南侧岸段岸线变化情况（淤积为“+”，侵蚀为“-”）

略

图 3.2-10 小嶝岛南侧岸段沿岸输沙率
（“+”表示自东往西输沙，“-”表示自西向东输沙）

3.2.2.2 海域清淤范围

本次海域清淤范围包含小嶝岛南侧月亮湾以南宽约 100m 的水域，清淤面积约 2.44 万 m^2 ，具体布置见图 3.2-8。清淤区域现状泥面高程-1.0~1.0m，清淤底高程-2.0m~-1.0m，清淤厚度不超过 2m。清淤海域距离最近的现状航道 300m，距离角屿 1000m，清淤的土方经泥驳通过临时航道外运至围头湾倾倒区。

略

图 3.2-11 海域清淤平面布置图

3.2.2.3 疏浚设计参数及工程量

(1) 疏浚底标高

小嶝岛南侧月亮湾前沿海域考虑适当清淤，减少每日露滩时长，疏浚底标高设计值：-1.0m。近岸部分平底区域（约0.6 hm²）底部换填1m厚砂，该区域清淤底高程为-2.0m。

(2) 设计边坡

根据《疏浚与吹填工程设计规范（JTS181-5-2012）》，结合本工程地勘资料，清除土层主要为淤泥，本次开挖边坡结合地勘推荐坡比，以及周边工程实际疏浚经验，开挖坡比取 1:10。

(3) 工程量

表 3.2-6 本工程计算疏浚工程量统计表

疏浚分区	设计疏浚底标高	清淤面积	设计疏浚量	超挖工程量	总清淤量
	m	万m ²	万m ³	万m ³	万m ³
月亮湾清淤区	-2.0~-1.0	2.44	2.43	0.86	3.29

备注：本表超挖工程量采用小型绞吸工艺计算。

略

图3.2-12 海域清淤区域断面图

3.2.2.4 疏浚方式

清淤平底区域泥面高程为-0.1~-1.0m，在平均潮位下水深 0.51~1.41m，清淤至设计高程-1.0m 后平均潮位下水深 1.41m。本项目采用 1000m³/h 小型绞吸式挖泥船。

3.2.3 排水工程

3.2.3.1 排水设施现状

工程范围内仅在月亮湾沙滩有一处排水设施，为 3 根 DN600 钢筋混凝土涵管。小嶝岛居民区已完成雨污分流改造。月亮湾排水管上游的排水明渠集雨面积较小，约为 0.016km²，该区域主要为农田，因此下渗率较高，径流系数较小。在平常小雨天气时，渠道内无水，且多处堆满树叶及杂物。现场调查发现，排水渠与管道之间无转接口。现场调查显示，明渠末端沙滩遭受冲刷，排水管裸露。此

前厦门连续多日降雨，当地居民反映，由于渠道排水不畅，地表径流汇集于渠道，并从渠顶漫溢冲刷沙滩。经多次调查，判断渠道末端存在断头封堵问题，排水管未与渠道连通，未能发挥排洪功能。本次沙滩修复工程拟对该排水设施进行改造。具体位置及现场照片如图 3.2-13 所示：

略

3.2-13 月亮湾沙滩现状排洪设施位置

3.2.3.2 设计标准

项目区属于农村，本次设计排水管洪水标准为10年一遇。

3.2.3.3 改造方案

接长涵管与现有涵管通过衔接井进行衔接。内侧雨水经由明沟汇聚，通过现状上游 3 根 DN600 的钢筋混凝土管排入衔接井，衔接井后接入重建并延长后的 HDPE 缠绕增强管排到外海。本次新建管涵采用一根 DN1200 的 HDPE 缠绕增强管，管涵总长 82.9m，出口管底标高为 0.05m。由于拟建管涵区域地质为淤泥质土等强度较低土质，故涵管下部采用地基处理，管底自上而下铺设砂石垫层厚 200mm、抛石基床（灌砂）600mm。

为防止波浪冲刷泥沙堵塞管涵出口，管涵接长尾部端口前采取局部护底措施。管口底部外侧铺设护底块石，块石至清淤高程-1.00m 铺设至 0.05m 高程。在管口尾端布置礁石装饰和抛石防护，长 34.65m，在沙滩和抛石防护之间依次采用 10cm 厚碎石垫层和 15cm 厚的二片石垫层倒滤。

现有排洪设施与接长涵管之间，采用衔接井进行衔接，衔接井位于沙滩修复边线外。衔接井顶高程为 4.70m，底高程为 0.05m，长度为 4.4m，宽度为 2.7m。衔接井采用 C30 钢筋混凝土结构，壁厚 300mm，底板厚 400mm，顶部采用 150mm 厚预制混凝土盖板并设置Φ800 进入孔便于检修。

略

图3.2-14 月亮湾管涵改造平面布置图

略

图3.2-15 月亮湾管涵纵断面图

略

图3.2-16 月亮湾管涵断面图

3.2.3.4 主要技术指标

表 3.2-7 主要工程量表

编号	项目	单位	工程量	备注
1	土方开挖	m ³	2920.67	
2	DN600 管涵(拆除)	m	84.42	
3	DN1200HDPE 缠绕增强管(新建)	m	87.05	13 段 6m 长, 1 段 4.9m 长
4	砂石垫层	m ³	53.97	厚 200mm
5	抛石基床(灌砂)	m ³	224.58	
6	土工格栅	m ²	269.84	
7	200~300kg 块石	m ³	601.57	
8	C40 混凝土	m ³	23.55	预制钢筋砼基座
9	C25 混凝土	m ³	114.02	
10	C25 细石混凝土	m ³	145.52	礁石装饰平均厚度 50cm
11	C35 水下混凝土	m ³	44.42	
12	大理石栏杆	m	6.30	直径 150mm
13	地脚螺栓	套	59	M16*630
14	抱箍	kg	186.30	2691*60*5mm
15	5mm 厚橡胶垫	m ²	0.00023	9.5*100*5、6.3*100*5mm
16	C30 钢筋混凝土	m ³	20.09	
17	C20 素砼垫层	m ³	1.40	100 厚
18	钢筋	kg	5237.82	120kg/m ³
19	栏杆铁链	m	10.50	直径 5mm
20	二片石垫层	m ³	46.34	15cm 厚
21	碎石垫层	m ³	49.63	10cm 厚

3.2.4 防护林修复工程

小嶝岛植被良好，以防护林体系和农田植被为主，森林及绿化覆盖率约为 40%。岛上植被类型丰富，包括草丛、乔木和灌木，环岛地带以木麻黄等防风植物为主，呈带状分布，宽度约 60~150 米；农田作物主要种植地瓜、花生、大豆、玉米等。此外，岛上还分布有铁树、榕树等原生植物，长势良好。

然而，当前生态保护与林带建设方面存在以下突出问题：

(1) 林带老化。基于防护林带多建于 20 世纪 50 至 60 年代，现已进入成熟阶段，普遍出现树冠稀疏、平顶化、枯枝断梢等现象，林相不齐，透风度增大，整体结构松散，防风固沙能力显著下降。

(2) 现有农田防风林呈破碎化分布，断带、缺带现象普遍，未能形成闭合

或网格化的防护网络，导致局部区域抗风能力薄弱。

3.2.4.1 平面布置

防护林修复位于小嶝岛规划基干林范围，修复面积 6658m²，见图 3.2-17。

略

图 3.2-17 防护林修复平面布置图

3.2.4.2 工程量

木麻黄：60 株，株高>150cm，株高大于 150cm，间距 2m-3m，散植。

银合欢：347 株，株高>350cm，间距 3-4m，散植。

场地平整及换填：6658m²（换填深度 0.4m）。

海豚湾后滨防护林区域建筑垃圾清理 1000m³。

3.3 施工方案和施工组织

3.3.1 沙滩工程

补沙工程前先进行岸线清理。采用人工+机械的方式清理表层建筑垃圾及杂物。表层垃圾清理完毕后对沙滩表层约 0.3m 厚砂进行翻挖过筛，筛离出的垃圾收集后同表层清理出的垃圾统一运往指定消纳场。

本次沙滩修复砂源为机场卸载砂，大嶝岛至小嶝岛采用陆运方式，可利用大小嶝连接桥进入小嶝岛。将临时堆场布置于月亮湾沙滩与海豚湾沙滩间现有道路旁。从砂（石）购置地至临时堆场利用现有道路运输，临时堆场至月亮湾沙滩采用新建皮带机运输，皮带机总长度约 200m，月亮湾沙滩补砂运输完成后拆除皮带机至海豚湾沙滩使用。砂（石）运输期间需征用居民区现有道路作为运输通道。

略

图 3.3-1 推荐方案皮带机及临时道路布置图

表 3.3-1 推荐方案工程量表

序号	设备名称	型号及规格	单位	数量	单价
1	运砂量	自卸汽车	m ³	151733.54	计入材料价
2	单斗车	5t	台	2	50万，按20%摊销
3	漏斗	600t/h	台	1	50万，按20%摊销

4	皮带机系统	B=800mm, v=2.5m/s, Qmax=850t/h	m	200	0.5万, 按30%摊销
5	皮带机基础		m	200	0.3万
6	皮带机跨路结构		项	1	10万
7	电气、控制		项	1	12万, 按60%摊销
8	皮带机拆除安装 一次		项	1	50万

涉及拆除的现状构筑物有：海豚湾沙滩进场堤路 1 条、主要涉及的结构类型有浆砌石/条石结构、混凝土路面。

拆除工程均采用人工与机械拆除相结合的方式，自海侧向岸侧采用后退法进行拆除。机械采用履带式液压挖掘机（带液压锤）破除，履带式单斗挖掘机液压斗容量 1~1.5m³ 装车，自卸汽车装载机斗容量 8~15t，运输破除后的浆砌条石块运至临近消纳场（暂定沙美消纳场），运距 19 km。

根据沙滩修复施工方法，沙滩修复主要涉及的施工机械为：推土机、铲车、挖掘机、自卸汽车、履带式液压挖掘机（带液压锤，液压斗容量 1~1.5m³）、自卸汽车（装载机斗容量 8~15t）。

3.3.2 海域清淤

月亮湾清淤外边界附近存在养殖废弃耗桩及散石，选用水上挖机，清理时先就近归拢，再采用挖机配置 100m³~150m³ 小泥驳，挖运至岸滩，最后采用自卸式汽车运至弃渣场。

3.3.2.1 施工方案

月亮湾前沿清淤采用 1000m³/h 小型绞吸式挖泥船→通过排泥管线到达临时航道附近→通过临时航道附近靠驳平台的 T 型消能管吹至 1000~1500 m³ 泥驳→由泥驳将疏浚土外抛 30km 至抛泥区。

装载区设计方案：装载区布置在临时航道入口（-4m 等高线附近），长约 240m，宽约 232m，输泥管线自北向南接入，管径 750mm。装载平台长 70m，宽 20m，满足布置管线及吊架、泥驳停泊需要。平台两侧停泊水域按 2 倍船宽设计，宽 28m，在装卸平台南侧设置回旋水域。该区设置在临时航道桥南侧清淤区，设计底高程-4.0m，如图 3.3-2 所示。

图 3.3-2 装卸平台平面图

(1) 清淤区开挖

本区域清淤开挖标高从原泥面至-2.0m~-1.0m,开挖清淤工程量约3.29万m³,上述区域主要疏浚工艺为1000m³/h小型绞吸式挖泥船。

(2) 清淤土方运输

本区域内清淤土方通过排泥管线输送至临时航道口(-4.0m)附近装载平台,再通过靠驳平台的T型消能管吹至1000~1500m³泥驳,由泥驳将疏浚土外抛至抛泥区。

施工工艺如下:

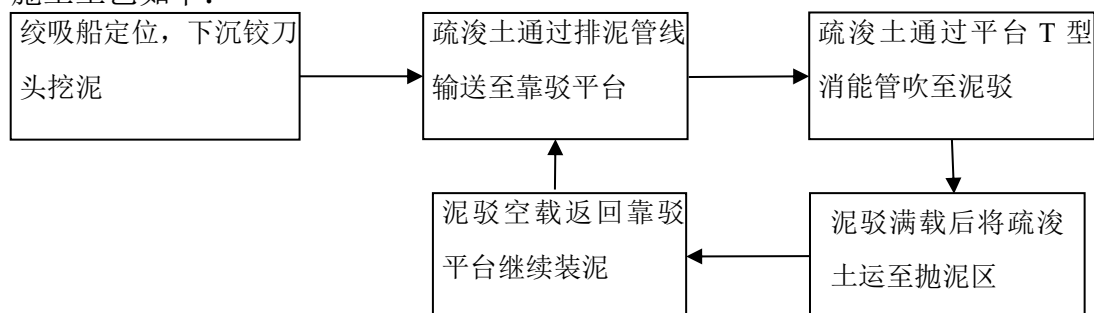


图 3.3-3 绞吸船过驳工艺流程图

(3) 清施工机具

本工程各清淤分区施工机具配置表如下表所示。

表 3.3-2 清淤工程施工机具配置表

分区	总疏浚量 (万 m ³)	船机配置	工期 (月)
1 南侧月亮湾清淤区	3.29	1000m ³ /h 绞吸式挖泥船 1 艘、定位驳船 1 艘、1 艘装卸平台、2 艘 1000~1500m ³ 泥驳	0.97

3.3.2.2 作业流程

绞吸船进场准备→开挖至设计高程→泵吸至装卸平台→1500m³大型泥驳→淤泥海抛区。

3.3.2.3 抛泥区及临时航道

目前,距离本工程较近的东碇岛倾倒区容量已饱和,本工程清淤主要考虑抛至围头湾外倾倒区。从本工程施工区开挖淤泥运输至围头湾外倾倒区,经由清淤区、临时航路、厦门海上海岛一日游航线以及采砂运输航道。其中采砂运输航道为现有航道,航道宽度以及深度均可满足本工程最大船型通航要求;厦门海上海

岛一日游航线为现有航道，根据收集到的航道资料，该段航道宽 100m，利用段航道最浅水深为 0.6m（理论最低潮面），能满足 1000~1500m³ 泥驳乘潮 5 小时满载通航要求（90%保证率）。

略

图 3.3-4 临时航道总体图

结合清淤区分布，水深地形，本工程临时航路分成 1 个区域：临时航道 A 区（桩号 HDA0+000~HDA2+156），长 2.16km，宽 100m。临时航路设计泥面高程-4.0m，现状泥面高程-4.0~-12.4m，临时航路不需清淤，仅布置浮标 6 座。

为解决疏浚船舶进出垦区水道区域的水深问题需开挖临时航道，根据现场条件，本着减少开挖和距离最小的原则选定临时航道。具体实施时视现场需求和船舶性能等灵活调整。

略

图 3.3-5 临时航道平面布置图（一）

略

图 3.3-5 临时航道平面布置图（二）

临时航路尺度汇总见下表。

表 3.3-2 临时航路设计尺度一览表

航段	航路宽度 (m)	航路设计泥面 (m)	最大通航船型
临时航道 A 区	100	-4.0	1500m ³ 泥驳
围头湾外倾倒区附近	100	-4.0	1500m ³ 泥驳

3.3.3 排水管施工

排水工程施工内容主要有现状破损预制钢筋混凝土管拆除、现浇钢筋混凝土衔接井、预制钢筋混凝土管施工。

(1) 预制钢筋混凝土管拆除

采用液压破碎机破解，用钳剪断或焊枪割断钢筋，破碎后的砼块用挖掘机装自卸汽车运至临近消纳场（暂定沙美消纳场）。

(2) 现浇钢筋混凝土衔接井

施工时必须严格按照有关的规范规程及相关技术要求进行，从立模、钢筋制安、商品砼运输及浇筑等方面进行全面的控制，确保达到预期的质量目标。钢筋在加工厂预加工后，运至现场绑扎拼接。砼采用外购的商品砼，宜采用泵送入仓的方式。砼浇筑主要采用钢模板立模，弧线墩墙等部位采用木模，浇筑面人工分料、平仓，振捣器振实。

(3) 预制钢筋混凝土管施工

施工工序：测量放线→基槽开挖→抛石基床→砂垫层→管基平整→管道安装→管座浇筑→闭水试验→土方回填。涉及施工机械主要为挖掘机、推土机。

3.3.4 防风林种植

(1) 林地清理

整地前应清理林地，采取带状、保灌清理，带宽 1.5 米。应尽可能保留清理范围内的原生目的树种。对草灌丛生、采伐剩余物堆积过多、林业有害生物发生严重影响整地的造林地进行全面清理，清除灌木、杂草及采伐迹地上的废弃物，利于后续施工，同时要预防林地全面清理造成水土流失。清理后需要归堆为条状或者块状，或平铺地面上，让其自然腐烂，以增加土壤腐殖质，提高土壤肥力。

(2) 整地

在整地中，坚持充分尊重原有的地形地貌和植被，不搞大挖大填，坚持“不

动土”和“少动土”，保护自然土壤的肥沃表土。选择局部整地方式中的块状整地，只翻耕造林地局部地段土壤。

(3) 林改培地块

林改培地块一般适宜带状改培（少数可实行块状改培），根据不同地块状况，带状宽度以4~12m为宜，树穴规格长×宽×高=40cm×40cm×40cm。

(4) 树穴要求

树穴挖成后，需回填20cm泥土或保持20cm疏松的泥土。树穴挖成后必须在8h内进行栽种。

3.4 施工进度

施工进度分为3期，即施工准备期、主体工程施工期、扫尾工作期。

施工进度原则上根据业主要求、施工场地条件及自然条件，结合工程特点安排。安排原则可归纳为“经济合理原则”、“关键项目控制原则”、“施工强度平衡原则”、“合理搭接原则”。

根据本工程的实际情况，施工总工期安排11个月，施工周期自2026年6月至2027年4月。

施工准备期为准备工程开工期至主体工程开工所需的时间，施工准备期主要进行前期人员及机械进场、临时设施建设、施工准备、前期采购等工作。施工准备期2个月，即2026年6月~2026年7月。

主体工程施工期9个月，2026年7月实施，2027年3月完工。主体施工期主要进行主体工程施工，包括：海域清淤、补沙、防护林修复。

工程完建期1个月，即2027年4月。完建期主要工作内容包括临时设施拆除、借用场地复原、机械退场、绿化维护养护等。

表 3.4-1 施工进度表（2026.06~2027.04）

分区 \ 进度	2026								2027			
	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
施工准备期		■	■									
月亮湾清淤				■	■							
管涵						■	■					
海豚湾沙滩补沙				■	■	■	■	■				
月亮湾沙滩补沙								■	■	■	■	
防风林修复				■	■							

略

图 3.6-1 本项目宗海位置图

略

图 3.6-2 本项目宗海平面布置图

略

图 3.6-3 本项目清淤工程宗海界址图

略

图 3.6-4 本项目管涵工程宗海界址图

略

图 3.6-5 本项目管涵工程立体空间范围示意图

3.7 工程分析

3.7.1 施工期主要污染源分析

3.7.1.1 水污染源

本工程对海域水环境的影响主要表现为施工期悬浮泥沙入海,人为增加工程区附近海域水中悬浮物的浓度;施工船舶含油污水和生活污水、陆上施工人员生活污水和施工场地的生活污水及生产废水。

(1) 悬浮泥沙

本工程悬浮泥沙主要来自清淤区和沙滩修复(铺沙)。

① 清淤 1000 m³/h 绞吸式挖泥船源强

根据工可,本项目施工主要采用 1000 m³/h 绞吸式挖泥船配合 1000~1500m³ 泥驳疏浚,疏浚过程悬浮泥沙发生量采用《水运工程建设项目环境影响评价指南》(JTS/T105-1-2021)中提出的公式进行估算。

$$Q = \frac{R}{R_0} \cdot T \cdot W_0 \quad (3.7-1)$$

式中:Q—施工作业悬浮物发生量(t/h);

W_0 —悬浮物发生系数(t/m³);

R —发生系数 W_0 时的悬浮物粒径累计百分比(%);

R_0 —现场流速悬浮物临界粒子累计百分比(%);

T —挖泥船疏浚效率(m³/h)。

根据 Mott MacDonald 1990 年的疏浚泥沙再悬浮系数试验数据,绞吸式挖泥船泥沙再悬浮率为 3~5 kg/m³,环境影响评价中泥沙再悬浮率($\frac{R}{R_0} W_0$)一般取最大值 5 kg/m³,则疏浚效率为 1000m³/h 的绞吸式挖泥船作业将产生 5000 kg/h 的悬浮泥沙,换算源强为 1.39 kg/s,因此以 1.39 kg/s 作为清淤过程中泥沙入海计算源强。

② 沙滩修复(铺沙)源强

主要指潮汐间带铺沙由于潮汐涨落带来的泥沙流失。在不考虑损耗的情况下,表层砂及底层砂含泥量<2%(取2%)。按施工进度安排有一段时间铺砂同时进行,最大源强考虑同时施工的情况。

月亮湾补沙量为68542.03 m³，这部分回填砂的施工时长约4个月。每天两个潮周期期间冲刷潮间带砂量的时间按12个小时计，泥沙密度取1400 kg/m³，入海沙土中低于0.063mm的泥沙颗粒按25%计，则沙滩施工悬浮泥沙源强约为：

$$68542.03 \text{ m}^3 \times 2\% \times 1400 \text{ kg/m}^3 / 4\text{月}/30\text{天}/12\text{小时}/3600\text{s} \times 25\% = 0.10 \text{ kg/s}$$

海豚湾补沙量为83191.51 m³，施工时长约4个月，则沙滩施工悬浮泥沙源强约为：

$$83191.51 \text{ m}^3 \times 2\% \times 1400 \text{ kg/m}^3 / 4\text{月}/30\text{天}/12\text{小时}/3600\text{s} \times 25\% = 0.12 \text{ kg/s}$$

(2) 施工船舶污水

施工船舶污水包括施工船舶生活污水和施工船舶舱底油污水，根据工可，施工高峰期约有 1 艘绞吸式挖泥船、1 艘定位驳船、1 艘装卸平台、2 艘泥驳，施工船舶上共约有 30 人（船员生活污水量以 80L/d·人计），每天生活污水产生量为 2.4 m³/d，生活污水主要污染物浓度取 COD 300mg/L、BOD₅ 150mg/L、SS 150mg/L、NH₃-N 35mg/L。

施工船舶吨位在 100~2000t 之间，每艘船舶舱底油污产生量在 0.14~0.54t/d，含油量最大约为 2000mg/L。每天最高含油污水产生量为 2.70 m³/d。

施工船舶生活污水和含油污水应由有资质的单位统一接收上岸处理。

表 3.7-1 施工船舶生活污水污染物产生情况

污染物	产生浓度 (mg/L)	产生量
废水		2.4 m ³ /d
COD	300	0.72 kg/d
BOD ₅	150	0.36 kg/d
SS	150	0.36 kg/d
NH ₃ -N	35	0.084 kg/d

表 3.7-2 施工船舶含油污水产生情况表

污染物	产生浓度 (mg/L)	产生量
油污水		2.70 m ³ /d
石油类	2000	5.40 kg/d

(3) 陆域施工生活污水

陆域施工高峰期施工人员约 20 人，参照《福建省行业用水定额》(DB35/t772-2023)，城市居民生活用水 120~180 L/人·d，生活用水量按 150 L/人·d 计算，排污系数取 0.8，则生活污水约为 2.4 m³/d。参考《给排水设计手册》

(第五册城镇排水)典型生活污水水质示例,生活污水中主要污染物浓度取 COD 300mg/L、BOD₅ 150mg/L、SS 150mg/L、NH₃-N 35mg/L。

施工营地租用当地民房,施工生活污水纳入民房现有排水处理系统,不直接排入周边海域,不会对海水水质产生影响。

表 3.7-3 陆域施工场地生活污水污染物产生情况

污染物	产生浓度 (mg/L)	产生量
废水		2.4 m ³ /d
COD	300	0.72 kg/d
BOD ₅	150	0.36 kg/d
SS	150	0.36 kg/d
NH ₃ -N	35	0.084 kg/d

(4) 施工产地的生产污水

本工程施工期生产废水主要来自于施工机械设备和车辆清洗产生的少量废水,主要污染物为石油类和 SS,拟设置隔油沉淀池进行处理,经处理后回用或用于场地洒水等。

施工期使用流动车辆、机械设备约 10 台。类比分析,每辆(台)运输车辆和机械设备每天平均冲洗废水量约为 0.6m³,则本项目施工期生产废水产生量为 6 m³/d,经沉淀后回用于场地洒水抑尘,不外排。

3.7.1.2 大气污染源

施工期大气污染源主要为海豚湾沙滩进场道路拆除作业中产生的施工扬尘,以及施工船舶、运沙汽车等排放的尾气,主要大气污染物是施工机械排放尾气中的 NO_x、SO_x、CO_x、NMHC 等。目前国内关于船舶排放的大气污染物定量估算的报道较少。根据劳氏船级社提供的有关船用柴油机废气排放数据表明,船用低速柴油机每燃烧 1t 燃油产生 84 kg NO_x,产生 SO_x 为 2.1 倍的燃油含硫量,典型的低、中硫船用燃料油含硫量为 0.17、0.82% (wt)。

清淤施工时,底泥在受到扰动和堆置地面时,会产生恶臭气味(主要是氨、硫化氢、挥发氢、挥发性醇以及醛),呈无组织状态释放,从而影响周围环境空气质量。本评价类比我所 2005 年 11 月编制的《杏林湾(含园博园)清淤及吹填造地工程环境影响报告书(报批稿)》中对筲箕湖清淤何厝弃泥库恶臭影响的分析结果来对项目产生的臭气影响进行分析,清淤区及其堆场均能感觉到恶臭气味的存在,影响范围在 50m,有风时,下风向影响范围会大一些。

工程区海域较为开阔，大气扩散条件较好，工程周边近区没有大气环境敏感目标，所以，施工期施工机械排放的尾气对大气环境的影响较小，本评价不对大气污染物进行预测评价，着重提出相应的大气污染防治措施与建议。

3.7.1.3 噪声污染源

本项目施工期噪声主要来自施工作业过程中运输车辆、施工机械设备和施工船舶等，施工噪声具有阶段性、临时性和不固定性的特点。各施工机械设备噪声源强见表 3.7-4。

表 3.7-4 主要施工机械噪声声级

噪声源	测量距离 (m)	源强 dB (A)
船舶作业噪声	10	90
自卸汽车	10	80
挖掘机	10	83
推土机	10	85

3.7.1.4 固体废物

施工期产生的固体废弃物主要包括海域清淤疏浚物，清表杂物（海蛎石、块石、植物根系等），施工过程中产生的建筑垃圾，施工场地汽车和机械冲洗废水的隔油沉淀池产生的浮油、浮渣和污泥，船舶垃圾（船舶维护产生的固体废物、废弃的含油抹布等）以及施工人员的生活垃圾等。

（1）施工船舶垃圾

包括生产垃圾和生活垃圾。根据《水运工程环境保护设计规范》，沿海船舶每人每天产生的生活垃圾按1.5kg 计，生活垃圾为45 kg/d；生活垃圾主要为船舶维护产生的固体废物、含油抹布等，按每艘20 kg/d计，船舶垃圾为100 kg/d，船舶垃圾应集中收集存放，由有资质的单位统一接收上岸处置。

（2）陆域施工生活垃圾

陆域生活垃圾产生量按1.5 kg/人·d计，施工人员生活垃圾产生量为30 kg/d。施工人员租用当地民房，施工人员生活垃圾纳入现有环卫垃圾收集处理系统处理，临时施工场地的生活垃圾按1.0kg/人·d计，产生的生活垃圾量为20 kg/d，由环卫收集处理。

（3）施工场地危险固废

本项目场地内不设机械维修场站、不涉及施工船舶储油设施。施工场地汽车

和机械冲洗废水的隔油沉淀池产生的浮油、浮渣和污泥，产生量约为0.2t/a，均交由有资质的单位接收处理。

(4) 海域清淤疏浚物

本工程疏浚物约 3.29 万 m³，拟外抛至围头湾外临时性海洋倾倒区。

(5) 建筑固废

沙滩修复工程需筛分砂子及清理岸线等过程产生建筑垃圾 0.71 万 m³，海域清淤需清除散石 0.1 万 m³，海豚湾后滨清理建筑垃圾 0.1 万 m³，以及堤路拆除等产生少量建筑垃圾等，产生的建筑废料合计约 0.98 万 m³，全部通过自卸式汽车运至翔安区沙美消纳场处置。

3.7.1.5 施工船舶事故溢油量

本项目施工期拟调遣 5 艘作业船前往施工海域，施工代表船型为 1000m³ 绞吸式挖泥船 1 艘和 1000~1500m³ 泥驳 2 艘。根据《水上溢油环境风险评估技术导则》(JT/T 1143-2017)，驳船载重吨位小于 5000 吨的，燃油总量(载油率 80%)小于 245m³，燃油舱单仓燃油量小于 31m³，按燃油密度 0.855t/m³ 计，本次泥驳溢油量小于 30 t，源强保守估计以最大溢油量 30 t 计。

3.7.1.6 施工期污染源汇总

综上，本工程施工期主要污染物排放情况见表 3.7-5。

表 3.7-5 施工期主要污染物排放情况

环境要素	污染源	主要污染物	源强	排放方式
水	1000 m ³ /h 绞吸式挖泥船	SPM	1.39kg/s	施工时连续排放
	铺沙悬浮泥沙	SPM	0.10kg/s 0.12kg/s	施工时连续排放
	施工船舶舱底油污水	石油类	2.7 t/d	铅封，通过污水接收设施接收后，由有资质单位统一处理
	施工船舶生活污水	COD、BOD ₅ 、SS、NH ₃ -N	2.4 m ³ /d	
	陆域施工生产废水	SS	2.4 m ³ /d	沉淀处理后回用于洒水抑尘
	陆域施工场地生活污水	COD、BOD ₅ 、SS、NH ₃ -N	6 m ³ /d	定期通过吸粪车集中运往澳头污水处理厂处理
大气	施工机械、船舶	CO、NO _x 、NMHC 等	-	自然排放
声	施工机械、船舶	L _{Aeq}	80~90dB(A)	自然传播

环境要素	污染源	主要污染物	源强	排放方式
固体废物	施工船舶	生活垃圾 生产垃圾	45 kg/d 100 kg/d	船舶垃圾收集后有资质单位接收处理
	施工营地、临时施工场地	生活垃圾	20 kg/d	陆域生活垃圾纳入现有环卫垃圾收集处理系统处理
	施工场地	危险废物	0.2 t/a	由有资质的单位接收处理
	海域疏浚	疏浚物	3.29 万 m ³	外抛至围头湾外临时性海洋倾倒区
	建筑垃圾	建筑垃圾	0.98 万 m ³	运至翔安区沙美消纳场处置

3.7.2 运营期主要污染源分析

本项目属于生态修复项目，运营期污染源主要包括滨海观光旅游、沙滩和绿化带维护产生的少量生活垃圾，纳入环卫系统分类收集处理；移动公厕等生活污水纳入市政污水管网统一处理。

3.7.3 生态环境影响分析

本项目施工期和运营期的生态环境影响主要包括以下方面：

- (1) 海域清淤对局部海域水文动力和冲淤环境的影响。
- (2) 施工期海域清淤、铺沙对底栖生物的破坏。
- (3) 施工期悬浮泥沙引起工程区附近海域水体泥沙含量增加对海洋生态环境（包括文昌鱼、中华白海豚及其栖息地）的影响。
- (4) 基于防护林修复对区域生态的正面影响；
- (5) 施工船舶事故溢油可能对海域水质、海洋生态环境及周边环境敏感目标造成一定的影响。

3.8 产业政策及规划区划符合性分析

3.8.1 产业政策符合性分析

本项目沙滩修复建设内容包括铺筑砂层和小嶝岛滨海防风林修复。沙滩修复岸线长度约 757m，沙滩工程补沙约 $15.17 \times 10^4 \text{m}^3$ 。清淤疏浚工程疏浚底高程 -2.0m~-1.0m，面积 $2.44 \times 10^4 \text{m}^2$ ，总清淤量约 $3.29 \times 10^4 \text{m}^3$ 。拆除海豚湾沙滩上堤路 1 条，对小嶝岛沿海基于防护林带红线内进行断带补齐，修复区域共计 4 块，修复面积约 $0.67 \times 10^4 \text{m}^2$ 。

本项目为海洋生态保护修复工程，属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》“第一类 鼓励类”中的“四十二、环境保护与资源节约综合利用，生态环境修复和资源利用，海洋生态修复”，因此，本项目建设符合国家产业政策。

3.8.2 与《福建省国土空间规划（2021-2035 年）》的符合性分析

根据《福建省国土空间规划(2021-2035年)》，福建省构建“一带两核六湾多岛”空间格局，建立以近岸海域和临海乡镇为主的高质量陆海统筹发展带，合理利用优良的港口资源，布局建设现代化港口集群和高端临港临海产业基地。统筹经济建设与国防安全，加强顶层设计和军地规划项目统筹衔接，支持在交通、能源、水利、电力等基础设施建设中贯彻国防要求，提升国土空间整体利用效益。加强军事用地用海需求保障，积极支持国防建设和国防动员，建立完善用地用海保障机制，加大国家重大项目、部队战场设施、安置住房、军事训练和国防动员等用地、用林、用海保障。

科学划定海洋“两空间内部一红线”，即海洋生态空间和海洋开发利用空间。将保护并提供生态系统服务或生态产品为主，且限制开发建设的海域和无居民海岛划入海洋生态空间，将海洋生态空间范围内具有特殊重要生态功能，必须强制性严格保护的区域划入海洋生态保护红线。将允许集中开展开发利用活动的海域，以及允许适度开展开发利用活动的无居民海岛划为海洋开发利用空间。在海洋“两空间内部一红线”的总体布局下，全省海域划分生态空间和海洋发展空间，指导市县国土空间规划和相关专项规划划分海洋生态保护区、海洋生态控制区、渔业用海区、工矿通信用海区、交通运输用海区、游憩用海区、特殊用海区和海洋预留区，制定各功能区的管控要求，探索历史围填海区域盘活利用和分类处置。其中海洋开发利用空间包括渔业用海区、交通运输用海区、工矿通信用海区、游憩用海区、特殊用海区以及海洋预留区。

《规划》指出需开展海岸线整治修复。实施岸线生态化工程、临海侧裸露山体修复工程、沙滩整治修复工程，重点加强环湾受损岸线整治提升，加快推进历史围填海遗留问题项目的生态修复。推进纵深防护林建设，加强重要生态区位的沿海基干林修复，针对部分断带地区进行防护林补植，提高抵御海洋灾害的能力。强化福州、厦门等砂质岸线岸滩保护和修复，推进侵蚀岸线修复。

根据《规划》，本项目用海属于游憩用海，针对沙滩侵蚀退化问题开展生态修复工程，用海区位于海洋开发利用空间内（见图3.8-1），不占用海洋生态空间，符合国土空间规划中的海洋开发活动要求。因此，项目建设符合《福建省国土空间规划(2021-2035年)》。

略

图3.8-1 项目用海在《福建省国土空间规划（2021-2035年）》中的位置示意图

3.8.3 与《福建省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》的符合性分析

《福建省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》（以下简称《规划》）以陆海统筹、人海和谐为核心原则，构建“一带两核六湾多岛”空间格局，将管辖海域划分为生态保护区、生态控制区和海洋发展区三类一级分区，其中海洋发展区细化出游憩用海区等功能分区，引导涉海产业科学布局。

本修复工程未改变海域功能分区属性，而是在游憩用海区管控框架内，针对沙滩侵蚀退化问题开展生态修复。工程通过补充优质沙源恢复沙滩自然形态、种植原生植被构建后滨防护带、清理岸滩垃圾改善滨海环境等措施，提升游憩用海区的生态承载力与景观价值，符合《规划》“海洋发展区以利用为导向，兼顾生态保护”的管控要求，为后续滨海生态旅游活动开展奠定基础。

本项目建设符合《福建省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》。

3.8.4 与《福建省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》的符合性分析

福建省自然资源厅 2023 年印发了《福建省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》（闽自然资发〔2023〕61 号）。根据规划，规划期内坚持节约优先、保护优先、自然恢复为主的方针，确立国土空间生态修复目标体系和主要任务，部署了国土空间生态修复重大重点工程。

根据《福建省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》，项目所在区域属于“海洋生态保护修复重点区”中的“厦门湾生态修复重点区”。规划要求：“海洋生态保护修复区陆海统筹一体化保护修复。加强重点海湾、河口生态修复：坚持陆海统筹修复，加强流域-河口及海湾-近岸海域生态环境综合整治，提升河口、海湾水环境质量，推进美丽海湾保护和建设；……维护生物多样性，增强生态系统稳定性，提升海湾、河口生态功能。推进海岸带生态建设：推进侵蚀岸线和岸滩修复，重点开展沙滩修复养护，提升岸线防护功能；……由海向陆形成滨海有

红树林、乡土植被、宽缓沙滩与沙地植被覆盖，陆域有草本、灌木、乔木等植物群落缓冲带，结构完整、功能稳定、防护有效的海岸带生态安全屏障。”

本项目根据区域生态特点，针对性地进行目标修复。通过人工干预与自然恢复相结合方式，采用沙滩修复、岸线生态化建设等工程恢复受损的海洋生态系统，维护生物多样性，提升海域生态功能。项目是落实福建省国土空间生态修复规划的有利措施，有助于保护生态多样性、恢复生态系统的功能和稳定性。因此，项目建设符合《福建省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》的要求。

3.8.5 与《厦门市国土空间总体规划（2021-2035年）》符合性分析

（1）国土空间控制线规划

根据《厦门市国土空间总体规划（2021-2035年）》已于2025年1月2日取得国务院批复（国函〔2025〕3号），全市划定城镇开发边界589.67平方千米，主要分布在厦门岛及环厦门湾大陆的地势平坦地区，包括现状建成区和马銮湾新城、集美新城、同安新城、同翔高新城、翔安新城、厦门新机场片区等。统筹划定落实的三条控制线主要位于：**耕地和永久基本农田保护红线**主要分布在集美区灌口镇，同安区莲花镇、新民街道、五显镇，翔安区新圩镇、内厝镇。海洋生态保护红线包括福建珍稀海洋物种国家级自然保护区、下潭尾红树林和其他红树林分布区。

如图3.8-2，本项目主体位于“国土空间控制线规划图”中的“海域”，工程未占用“耕地和永久基本农田保护红线”和“生态保护红线”，符合“国土空间控制线规划”的要求。

（2）所在海域国土空间规划分区基本情况

根据《厦门市国土空间总体规划（2021-2035年）》规划分区与管控，全市划定城镇发展区723.46平方千米，包括城镇集中建设区589.67平方千米，与城镇开发边界范围一致；特别用途区102.57平方千米，主要分布在五缘湾-万石山生态廊道、杏林湾生态廊道、同安湾生态廊道等山海通廊和筭笏湖、海沧湖等城市内部的大型绿地和水体等开敞空间；海沧港区、东渡港区、翔安港区、厦门新机场等区域基础设施31.22平方千米。城镇集中建设区是可以进行集中连片土地开发建设的区域，实行“详细规划+规划许可”的管制方式。

全市海域空间划分为生态保护区、生态控制区和海洋发展区 3 个一级规划分区。生态保护区依据海洋生态保护红线管控要求，实施正面清单管理。在海洋生态保护红线外，划定海洋生态控制区实施负面清单管理。海洋发展区重点为基础设施建设、海洋产业发展、游憩休闲提供高质量海洋空间，进一步细化至二级规划分区，包括交通运输用海区、工矿通信用海区、游憩用海区、渔业用海区、特殊用海区和海洋预留区。鼓励海域立体多功能使用，实施基于海域规划分区的用海兼容性管理。其中，游憩用海区管控要求是以开发利用旅游资源为主要功能导向的海域和无居民海岛，兼容渔业基础设施、捕捞生产、陆岛交通码头、公务码头、旅游码头、游艇码头、航道、锚地、污水达标排放、路桥隧道、科研教学、海岸防护、防灾减灾、取排水、生态修复等用海。特殊用海区管控要求是以污水达标排放、倾倒、军事、生态修复等特殊利用为主要功能导向的海域和无居民海岛，兼容渔业基础设施、陆岛交通码头、公务码头、旅游码头、游艇码头、航道、锚地、路桥隧道、可再生能源、海底电缆管道、风景旅游和文体休闲娱乐等用海。

如图 3.8-2，本项目位于“国土空间规划分区图”中的“游憩用海区”，项目用海为“游憩用海区”可兼容的生态修复用海，符合该区域空间准入要求。对该区的影响主要为清淤、沙滩工程等造成底栖生物的损失，以及悬浮泥沙对所在海域的海水水质的影响。根据项目建设影响计算结果，施工期间悬浮泥沙对本功能区造成一定影响，随着施工的结束，对本功能区的水质影响会迅速降低，不会影响该功能区特殊用的主导功能发挥，也不会影响其兼容功能的使用，项目对该功能区不会产生影响。

综上，项目建设内容符合“游憩用海区”的管控要求，工程建设不影响本功能区主导功能的发挥，用海类型为本功能区可兼容的空间准入类型，符合本功能区空间准入要求，工程用海不影响周边其他各功能区主要功能的发挥，不占用生态保护红线，因此，本工程建设符合《厦门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》。

3.8.6 与《厦门市国土空间生态修复专项规划（2021-2035 年）》的符合性分析

根据《厦门市国土空间生态修复专项规划(2021-2035年)》，结合海田退养、新城建设、公共服务设施配套等，加强岸线资源保护与优化利用，提升海洋休闲娱乐区、滨海风景名胜区、沙滩浴场、海洋公园等公共利用区域内的岸线和生态

景观，打造多样化的休闲滨海空间。完善厦门岛内外市政管网和污水处理设施建设，减少陆源污染物入海量，实现海洋环境质量持续改善。对受人为活动影响较大的自然生态空间、农业农村生态空间和城镇绿色生态空间，以流域、海域自然地理单元为基础，将生态问题突出、需人工干预修复的区域划定为生态修复重点单元；将生态问题较小、生态功能重要、需人工辅助修复的区域划定为生态修复提升单元。全市共确定8个生态修复单元，其中重点修复单元5个，提升修复单元3个。其中海岸带修复重点单元包括鳌冠片区、杏林大桥-新阳大桥段、厦门大桥-集美大桥段、滨海旅游浪漫线、下潭尾、大嶝岛和小嶝岛海岸线。

本项目建设内容为小嶝岛生态岸线修复工程，对受侵蚀的沙滩进行修复，属于海洋生态修复工程。因此，本项目建设符合《厦门市国土空间生态修复专项规划（2021-2035年）》。

3.8.7 与《福建省近岸海域环境功能区划》的符合性分析

根据《福建省近岸海域环境功能区划（修编）》，本项目位于“FJ204-B-II 厦门大嶝岛西南侧二类区”，主导功能为海洋生态保护、航运，辅助功能为旅游、纳污。附近海域为“FJ205-D-III 厦门大嶝机场南侧四类区”。本工程清淤、沙滩修复工程运营期自身不产生污染物排放入海。对海水水质的影响主要是清淤和补砂施工产生的悬浮泥沙入海，对所在海洋功能区环境影响程度和范围均有限，不改变工程海域自然属性，不影响本区“海洋生态保护、航运”主导功能，也不会影响到临近海洋功能区，且其影响是暂时的，施工结束后对海域海水水质的影响也随之结束。总体上本项目建设施工期对近岸海洋环境影响较小，运营期自身不产生污染物排放入海，不会对海水水质产生影响。因此，项目建设符合所在海域环境功能区划的水质保护要求。

3.8.8 与《厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区总体规划》的符合性分析

厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区及外围保护地带面积共 33088hm²，其中保护区面积 7588hm²，外围保护地带面积 25500hm²。根据《厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区总体规划》，厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区适应性管理措施如下：外围保护地带对保护物种加以严格保护，在外围保护地带进行的项目，不得损害自然保护区内的自然资源和生态功能。

本项目不在厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区内，月亮湾前沿涉及厦门珍

稀海洋物种国家级自然保护区外围保护地带。根据总体规划的要求，厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区（中华白海豚、文昌鱼）实行非封闭式管理。严禁任何危害中华白海豚和文昌鱼资源及其栖息环境的开发利用活动；严格执行《厦门市中华白海豚保护规定》；外围保护地带对保护物种加以严格保护，在外围保护地带进行的项目，不得损害自然保护区内的自然资源和生态功能。

项目施工期对白海豚的影响主要体现在施工期水下噪声、施工船舶航运和悬浮泥沙。其中施工期水下噪声和施工期船舶航运是对中华白海豚及其栖息地的主要影响因素。水下噪声会使中华白海豚有意识的回避，中华白海豚的觅食、嬉戏等日常活动会相应减少。因此，必须在施工期采取相应的保护和减缓措施，降低施工期各类建设行为对中华白海豚日常活动的影响。施工期悬浮泥沙未进入保护区，影响范围主要位于厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区外围保护地带（中华白海豚、文昌鱼），悬浮泥沙的影响是局部和暂时的，随着工程的结束，影响随之减弱或消失。本项目沙滩工程一定程度上减少了中华白海豚和文昌鱼的栖息地面积和空间资源，但占用区位于水深较浅的沿岸区域。沙滩工程与清淤工程所占用的滩涂，为滩面平坦宽阔的泥滩，低潮时大部分滩面干出，并非中华白海豚和文昌鱼的主要活动区域。

建设单位应落实报告中各项环保对策措施和生态补偿措施，实施工程环境监理，切实落实事故风险应急对策措施和应急预案，项目建设不会损害保护区的自然资源和生态功能，符合规划的相关管理要求。

略

图 3.8-2 项目用海与厦门市国土空间规划分区位置关系图

略

图 3.8-3 项目用海与“三区三线”划定成果位置关系图

3.8.9 《福建省“三区三线”划定成果》的符合性分析

根据自然资源部办公厅 2022 年 10 月 14 日印发的《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〔2022〕2207 号），启用“三区三线”划定成果作为建设项目用地用海组卷报批的依据。本项目用地用海不位于划定的“三区三线”生态保护红线范围内；工程建设不破坏自然岸线形态，对所在海域及周边的水质、水深、潮流场、冲淤变化的影响仅局限在周边海域，随施工结束，相关影响逐步降低，不会产生不利影响。项目建设符合“三区三线”划定成果。

3.8.10 与“三线一单”的符合性分析

根据《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》（环环评〔2016〕150 号），“三线一单”即“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单”，建立项目环评审批与规划环评、现有项目环境管理、区域环境质量联动机制，更好地发挥环评制度从源头防范环境污染和生态破坏的作用，加快推进改善环境质量。

（1）生态保护红线

根据《厦门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，本工程不涉及永久基本农田，未占用生态保护红线，工程主体位于规划中的“游憩用海区”。工程施工期悬浮泥沙的影响未进入生态保护红线区。本项目作为生态修复工程，通过沙滩修复、清淤、护岸生态化等工程提高海域水动力条件，提升片区生态功能，对维护生态保护红线区的生态功能是有利的，项目建设符合生态保护红线的相关要求。

（2）环境质量底线

本工程位于《厦门市近岸海域环境功能区划（2023-2035 年）》“XM16-B-II 厦门大嶝岛西南侧二类区”，近期、远期海水水质均执行第二类海水水质标准。施工期主要产生悬浮泥沙，其对水质的影响是暂时的，将随着施工结束而消失。工程实施后，完成沙滩修复、海域清淤、护岸生态化，有利于改善海域水动力条件，改善翔安南部海域的生态环境质量。

本工程主要位于海域，周边为二类环境空气质量功能区和 2 类声环境质量功能区，执行《环境空气质量标准》（GB 3095-2026）二级浓度限值和《声环境

质量标准》（GB 3096-2008）2类标准。根据《2024年厦门市生态环境质量公报》，工程所在区域为达标区；根据声环境质量现状调查与评价，工程所在区域昼间和夜间监测点的噪声监测值均能达到《声环境质量标准》（GB 3096-2008）2类标准。通过采取相应的环保措施，本工程施工机械设备和施工船舶废气、噪声对周边环境和环境敏感目标的影响在可接受范围内，并将随施工期结束而消失。

因此，本工程建设不会突破区域环境质量底线。

（3）资源利用上线

本工程属于海洋生态保护修复工程，海域使用申请面积7.5万m²，项目建设不涉及永久占地。沙滩修复、海域清淤施工采用厦门区域目前广泛采用的先进施工工艺及施工设备，周边市场可满足本工程所需材料，施工过程会消耗一定量的水、电、油等，但使用量有限，不会突破区域土地、能源等资源利用上线。

（4）生态环境分区管控单元

根据厦门市生态环境管控单元图，结合《厦门市生态环境局关于印发厦门市生态环境管控单元环境管理清单的通知》（厦环评〔2024〕6号），项目所选地块涉1个重点管控单元，即大嶝游憩用海区（HY35020020001）。详见见表3.8-1。

表 3.8-1 大嶝游憩用海区

陆域生态环境管控单元	HY35020020001		
市级行政单元	厦门市	县级行政单元	翔安区
管控单元分类	重点管控单元		
环境管控单元准入要求		符合性分析	
1、空间布局约束 1.落实国家围填海管控规定，除国家重大项目外，全面禁止围填海。2.加快处理围填海历史遗留问题。妥善处置合法合规围填海项目，取得合法用海手续但未完成围填海的项目，最大限度控制围填海面积，集约节约利用并进行必要的生态修复。3.依法处置违法违规围填海项目，坚决拆除严重破坏海洋生态环境的违法违规围填海，其余违法违规围填海要进行生态损害赔偿和生态修复，并限期整改。4.禁止破坏自然岸线、沙滩、海岸景观、沿海防护林等，禁止排污倾废用海，兼容农渔业、科学实验、海洋保护区、海底管线和港口等用海。5.严格限制改变海域自然属性，禁止在沙滩建设永久性构筑物。6.整治受损自然景观和海岸工程设施，修复受损自然和人文历史遗迹，养护退化的海滨沙滩。		本项目属于生态修复工程，位于 大嶝游憩用海区生态环境管控单元 的主要建设内容包括：沙滩工程、水动力改善工程（清淤疏浚）。项目建设不涉及围填海，不破坏自然岸线、沙滩、海岸景观、沿海防护林等，是对现有受损的自然岸线进行整治修复。项目建设符合空间布局约束。	
2、污染物排放管控 1.近岸排污口实现稳定达标排放，依法持证排污，且满足排污许可证、总量控制等污染物排放控制要求。2.旅游区的生活垃圾和污水必须实现科学处置和达标排放，禁止直接排入海域。3.及时清理滨海旅游垃圾，做到集中收集、岸上分类处置，建立长效的保洁机制和监管机制。		本项目属于生态修复项目，主要污染环节在施工期，主要是施工机械、施工船舶运行期间的污染物排放，运营期不产生污染排放。施工期生产废水和船舶污水按照相应的环保要求达标排发放或集中收集处置。运营期滨海休闲生活垃圾要求	

	集中收集，分类处置，项目建设符合污染物排放管控要求。
3、环境风险防控 无。	/
4、资源开发效率要求 无	/

4 环境现状调查与评价

4.1 自然资源环境概况

4.1.1 气象特征

(1) 气温

厦门市近 20 年（2001~2020 年）的年均气温 21.35℃；极端最高气温 39.6℃，出现在 2019 年 8 月 9 日，极端最低气温 0.1℃，出现在 2016 年 1 月 25 日；近 20 年的年平均日照时数 1931.9h。

表4.1-1 厦门近20年月平均气温统计表

月份	1	2	3	4	5	6	全年
平均气温（℃）	13.2	13.7	15.8	20	23.7	26.4	
月份	7	8	9	10	11	12	21.3
平均气温（℃）	28.4	28.2	27	23.8	19.9	15.3	

(2) 降水和湿度

厦门海域降水主要集中于 4~8 月，占全年总降水量的 67%，其中 6 月份降水量最大。近 20 年的年平均降水量为 1261.9mm，近 20 年的年降水量极大值为 2168.2mm（2016 年），降水量极小值为 566.5mm（2020 年）。年平均蒸发量达 1850.7mm，蒸发量明显大于降水量。

厦门市近 20 年的年平均相对湿度为 75.4%，5~6 月平均相对湿度最大（84%~86%），9 月至翌年 2 月平均相对湿度较低（69%~78%）。

(3) 风况

厦门近 20 年的年平均风速 2.6m/s，月平均风速在 2.2~3.0m/s。最大风速 3.0m/s，秋、冬两季的平均风速稍大于春、夏，平均风速变化如表 4.1-2 所示。

厦门市近 20 年的主要风向为 E 和 ESE、NE、ENE，占 43.5%，其中以 E 为主风向，占全年 12.1%。全年各风向风频统计表如表 4.1-3 所示，月风向风频统计如表 4.1-4 所示。风玫瑰如图 4.1-1 所示。

表 4.1-2 厦门近20年月平均风速变化

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
平均风速（m/s）	2.5	2.4	2.4	2.3	2.3	2.5	2.6	2.5	2.7	3.0	2.8	2.8	2.6

表 4.1-3 厦门地20年全年各风向风频统计表 单位：%

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
频率	4.8	8.3	10.3	9.7	12.1	11.4	5.4	4.3	4.1	3.8	5.3	5.0	4.9	2.8	2.1	3.4	2.2

表 4.1-4 厦门月风向频率统计 单位%

N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	N
1	6.5	8.1	12.2	13.2	22.4	12.4	2.2	1.5	1.4	1.6	3.2	3.9	2.6	2.5	2.2	3.6	3.8
2	4.4	6.9	9.8	12.3	20.1	15.9	3.4	2.8	2.5	1.9	2.8	4.3	3.9	2.5	2.3	2.8	5.3
3	4.5	5.7	8	10.9	18.3	14.4	4.3	3.4	2.6	3.2	3	4.4	5.1	3	2.4	3.7	4.1
4	3.8	4.7	7	8.2	14.8	13.4	5.4	4.5	5.6	5.1	4.7	5.1	6.1	3.2	2.9	3.1	5.1
5	3.3	5	6.8	7.3	12.6	14.3	7	5.9	5.7	4.3	5.7	5.2	5.7	2.8	2.3	3.4	3.7
6	2.1	2.8	4.3	4.9	8.2	9	8.6	9.5	12.3	10.7	10.2	6.7	6.4	2.3	1.4	1.6	3.1
7	2.4	3.1	3.1	2.2	2.6	5.2	9.4	11.1	10.7	10.8	12.3	8.7	10.5	3.5	1.9	2.0	3.9
8	2.9	4.6	5.2	4.2	5.2	9.2	11.0	9.1	6.2	5.7	8.8	8.0	7.7	4.1	2.6	3.0	4.7
9	6.1	11.2	13.2	9.2	10.8	10.2	7.7	4.1	2.5	2.4	3.9	4.8	4.5	3.4	2.7	4.8	3.6
10	8.1	17.2	19.1	14.8	14.4	9.2	2.7	1.6	1.2	1.4	1.7	1.5	1.9	1.6	1.4	4.1	2.5
11	9.3	15.7	15.5	15.7	13.6	9.1	2.2	1.9	1.2	1.3	2.3	2.7	2.6	2.2	2.4	5.5	2.5
12	7.8	12.3	15.6	15.1	15.8	8.8	2	1.3	1.7	1.4	2.8	3.7	3.3	2.1	2.1	4.6	2.9

厦门近二十年风向频率统计图
(2001-2020)

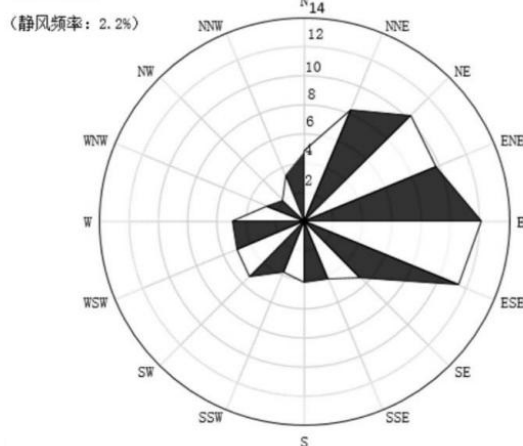


图 4.1-1 厦门风向玫瑰图 (静风频率 2.2%)

(4) 热带气旋

厦门湾地处台湾海峡西岸，台风为厦门地区主要的灾害性天气。根据 1949 年以来资料统计，每年在厦门附近登陆或对厦门造成影响的台风年平均约 3 个、最多为 4~6 个；影响时间最早在 5 月初、最晚在 11 月底，一般集中在 6~10 月。强风和风暴潮会导致沿海岸公共设施及不坚固的建筑物遭到毁损，同时对港口作业造成极大影响，每年因为强风导致的直接经济损失很大。

根据对 2010 年至 2021 年台风资料统计，以厦门港为中心，半径为 300km

的范围内受到台风或者（热带风暴）影响共 31 次，表 4.1-5 给出每年受台风（热带气旋）影响次数。

表 4.1-5 2010-2021年间厦门水域影响台风次数统计

年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
次数	5	2	1	5	3	4	3	3	2	1	1	1

(5) 雾况

厦门多年平均雾日数 22 天（能见度 $\leq 1\text{km}$ ）。1~5 月份为雾季，7~8 月份无雾季，全年以 3~4 月雾日数最多，平均雾日数 5.4 天。

(6) 湿度与日照

多年平均相对湿度达到 78%，5~6 月平均相对湿度最大（84%~86%），9 月至翌年 2 月平均相对湿度较低（69%~78%）。

年日照时数在 1434~2303.8 小时，多年平均日照时数达 2233.5 小时。日照时间较长，平均日照率 49%。

(7) 雷暴

本区雷暴一般发生在 4~10 月份，并以 7~8 月为多，雷暴多伴随降雨（大雨、暴雨）发生。本区多年平均雷暴日数为 48d，最多年份为 67d。

4.1.2 地形地貌

翔安区属东南沿海低山丘陵区，地貌发育过程受晚近地质时期和第四纪新构造运动及外力地质作用的影响，形成三面环山南面濒海的马蹄形状。总地势自西北向东南倾斜，成梯级下降。北部和西北部多为中、低山，东部和东北部为低山高丘，西部和西南部为中、低丘，中部为洪积台地和河谷冲积平原，南部和东部为剥蚀台地和海积平原。

本项目及周边地貌类型属于滨海滩涂地貌，地形较平缓，总体地形由北向南缓倾，原始地貌单元系滨海滩涂地貌单元。项目区及附近无滑坡、崩塌、泥石流、岩溶塌陷、地裂缝等不良地质作用和地质灾害。场区地形地貌概况见图 4.1-1 所示。

略

图4.1-1 拟建区域地形地貌图

4.1.3 地质构造

本工程场地在构造上位于长乐—诏安断裂带中段、九龙江下游北西向断裂带的北侧。对本项目影响较大的主要是北西向浔江断层。

浔江断层：该断层是浔江形成主要构造因素由一组走向 $300^{\circ}\sim 320^{\circ}$ 、倾向南西、倾角 $68\sim 84^{\circ}$ 的断层组成，西北端沿天马山麓延伸至华安县境，东南端切过厦门岛北部延伸至大金门岛，该断层大部隐伏于海域中，卫星照片线性影象清晰，向东南穿过浔江。该断层属于基底断裂，燕山晚期花岗闪长岩及似斑状黑云母二长花岗岩均先后沿断裂带侵入，沿断裂带还出现负磁异常。浔江断裂是福建沿海活动强度较大的北西向断层之一。

根据区域地质资料及成果，项目区处于区域地质构造活动影响相对稳定地带，未见影响工程建设的全新世活动断裂。

4.1.4 水文状况

(1) 海域水文

厦门湾潮汐属正规半日潮，潮汐汉道型强潮海湾。厦门外海为台湾海峡，其流场主要受浙闽沿岸流、海峡暖流和南海暖流的共同影响，季节变化相当明显，底层终年以东北向流为主。夏季，整个海峡全面为东北向的、高温高盐的海峡暖流所控制。冬季，南下的低温低盐的浙闽沿岸流控制海峡西部上层全部或部分，可扩展到本港以至南部的礼士列岛。而海峡东部上层及整个中下层仍为北上的黑潮支流和南海暖流控制，方向东北。由于厦门港为口小腹大的半封闭型港湾，外海水影响较弱。

(2) 陆域地表水文

翔安区共有地表水资源 334.03km^2 。境内主要溪流有九溪、内田溪、大盈溪、古宅溪、曾溪和下房溪等，流域总面积 312.43km^2 。

九溪是由内田溪、美山溪、马池溪、店头溪、新安溪、沙溪、莲溪、内头溪、后房溪共九条干支流组成一树状水系，故称“九溪”。九溪发源于本区境内，流程短促，自成水系，自北向南在境内入海。河流水量季节性变化明显，为常年性河流，汛期水量丰富，骤涨骤落，旱季则易干；河水含沙量，除局部地区外，一般不大，多年平均年侵蚀模数为 $250\text{t}/\text{km}^2$ ；河床浅，河系分布复杂，河系干、支流分布形呈树枝状，流域形状系数小于 0.5。

4.1.5 海洋资源概况

(1) 港口岸线资源

工程周边海域位于厦门岛东侧的小嶝岛水域。目前在大小嶝岛北侧有一条东西向的航道，在大嶝岛以东段乘潮可航行 300 吨级船舶，大嶝岛以西段乘潮只能通航 50t 以下船舶。另外，在大小嶝岛和大小金门岛之间的厦金航道区，乘潮可通航千吨级船舶。该航道距大嶝岛海岸之间均为浅水区，而且距离较长。

(2) 渔业资源

工程周边海域常见鱼类有中华小沙丁鱼、青鳞小沙丁鱼、裘氏小沙丁鱼、日本鳀、康氏小公鱼、赤鼻棱鳀、中颌棱鳀等 17 种；甲壳类有中华管鞭虾、鹰爪虾、哈氏仿对虾、刀额仿对虾、中国毛虾、日本毛虾、细螯虾等 11 种；头足类有火枪 乌贼。在大嶝岛南侧海域及小嶝岛东南侧海域为厦门文昌鱼保护区外围保护地带。

(3) 旅游资源

工程区周边的旅游资源主要位于大嶝岛和小嶝岛。

大嶝岛的旅游资源相对集中，具有丰富的历史文化内涵、独特的旅游项目和极富乡土气息的宗教文化。按照《中国旅游资源普查规范(试行稿)》，主要类型为古迹与建筑、购物两大类。在古迹与建筑类中，军事设防构筑物及军事遗址，宗教建筑与礼制建筑群、雕塑、水工建筑、农林渔牧场、特色城镇与村落、纪念地与纪念性建筑、观景地等旅游资源亚类均有。在购物类中，市场与购物中心、庙会及宗教活动、地方产品等均有。大嶝岛战地观光园占地 8.7 万 m²，建有“英雄三岛军民史迹馆”、“军事武器陈列馆”、“英雄雕塑场”、“战地隧道”、祖国和平统一墙、“8.23”炮击金门战地设施遗迹等，拥有世界之最的大喇叭，拥有全国唯一的对台战地观光景区；建有对台小额商品交易市场；岛上现存大小宫庙 24 座。

小嶝岛是祖国大陆距金门最近的有居民海岛，距离最短处只有 1600m 左右。目前岛上有 600 多年树龄的八闽铁树王、2000 多 m 长人防地道工程以及古民居群、名人故居、炮战遗址、明碉暗堡、庙宇等。目前仍然保留着较为完整的原始渔村风貌。小嶝岛的后保南部海滩是优良的海水浴场，其平均潮差仅 3.9m，5~

11 月的月平均气温在 20°C，6~9 月的月平均气温在 25°C，海水水质状况均为优良。

(4) 滩涂资源

工程区附近海域滩涂资源丰富，除潮汐通道外，整个大嶝岛周边均为潮间浅滩占据，低潮时大片滩涂全部干出，该片滩涂宽阔平坦，底质在大嶝岛西南侧为粉砂质泥，并呈明显的淤积趋势，在大嶝岛东侧与小嶝、角屿之间潮滩也相当宽阔，底质为砂、中粗砂、细砂和泥质砂等粗颗粒沉积，该滩涂处于相对稳定至缓慢淤积状态中。

(5) 岛礁资源

项目区周边岛礁主要有：大嶝岛、小嶝岛、角屿和白哈礁。其中，大嶝岛、小嶝岛是有居民海岛，角屿和白哈礁属于无居民海岛。

大嶝岛：位于福建省厦门市翔安区东南海面，北距大陆最近点 0.70n mile。从金门海面看同安大陆，此岛似一大台阶，故名。呈东南——西北走向，长 5.2km，宽 2.26km，面积 13.42km²，岸线长 19.36km。地势由南向北微倾，最高点寨仔山海拔 41.8m。下辖 9 个行政村，约 2.1 万人。

小嶝岛：位于大嶝岛东 3.0km。金门北东道北侧，西北距大陆最近点 1.35n mile。因小于大嶝岛，故名。呈东西走向，长 1.7km，宽 0.48km，面积 1.2km²。花岗岩构成，多赤壤土。东、北部较高，最高点西悦尾海拔 28m。岸线长 8.06km，泥沙岸，周围水深 0.2~2.7m。有 2 个自然村，人口 3100 人。

角屿：北纬 24°33.2′，东经 118°24.2′。位于大嶝岛东南侧，距大陆最近点 2.484n mile。多岬角，长轴为北东—南西走向，长 1.25km，面积 0.31km²，岸线长度 4.086km，海拔 24.9m。为大陆岛。由变质岩组成，海岸为基岩滩岸。地表植被发育，多赤红壤土，有人工林带。西部有澳，建小码头，为渔民出海作业中途歇脚地。周围水深 1~6m。东南多礁石。自上个世纪 80 年代起，福建省厦门警备区某海防团三连官兵驻防该岛。

白哈礁：在大嶝岛东南部海域，处金门北东水道北部，东南距金门岛最近点 3.250km，西北距大嶝岛最近点 3.160km。面积 4110m²，岸线长度 312m。呈长条形，近南北走向，海拔 11.0m。由变质岩组成，地表基岩裸露，长零星小草。基岩海岸，附近水深 2~10m。山顶建有一小凉亭，为大嶝镇政府

设置的旅游亭楼站点，目的是发挥该礁的区位优势，开发为近处观看金门的旅游项目。

翔安白头礁：位于金门岛东部，距大陆最近点约 5.9km。面积较小，近圆形。无植被覆盖。上建有灯桩 1 座。

4.2 海域水文动力环境现状调查与评价

本评价所用潮位资料引自海洋三所于 2023 年 9 月~10 月、2024 年 3 月~4 月在本工程区附近海域的调查成果。另外，2023 年秋季、2024 年春季全潮水文观测期间在嶝岛东南侧月亮湾附近的灯塔附近和围头港区附近同步进行了一个月的短期潮位观测。调查站位坐标见表 4.2-1，站位分布图如图 4.2-1、图 4.2-2 所示。水文观测时间见表 4.2-2。

表 4.2-1 海洋水文观测站位表

项目	站号	北纬	东经	观测项目				
				水深	海流	悬沙/粒度	温盐	潮位
同步水文测验	1#	24°33.970'	118°23.077'	✓	✓	✓	✓	
	2#	24°34.673'	118°21.374'	✓	✓	✓	✓	
	3#	24°37.806'	118°26.096'	✓	✓	✓	✓	
	4#	24°35.312'	118°26.945'	✓	✓	✓	✓	
	5#	24°30.101'	118°16.059'	✓	✓	✓	✓	
	6#	24°31.206'	118°20.745'	✓	✓	✓	✓	
临时潮位站	T1 小嶝岛站	24°33.411'	118°23.895'					✓
	T2 围头站	24°31.132'	118°33.811'					✓

略

图 4.2-1 同步水文测验计划站位位置图

略

图 4.2-2 短期潮位观测计划站位位置图

表 4.2-2 海洋水文观测时间表

季节	观测内容	时间
2023 年秋季	海洋水文观测	大潮：2023 年 9 月 15 日 9 时至 9 月 16 日 11 时(农历：初一~初二) 小潮：2023 年 9 月 24 日 8 时至 9 月 25 日 10 时(农历：初十~十一)
	短期潮位观测	2023-9-13~2023-10-13

2024年 春季	海洋水文观测	大潮：2024年3月24日10时至3月25日12时(农历：十五~十六) 小潮：2024年3月16日9时至3月17日11时(农历：初七~初八)
	短期潮位观测	2024-3-14~2024-4-13

4.2.1 潮汐

4.2.1.1 潮汐特征

潮位特征值统计结果如表 4.2-3所示。

表 4.2-3 潮位特征值统计

项目	秋季		春季	
	T1 小嶝岛站	T2 围头站	T1 小嶝岛站	T2 围头站
平均潮位(cm)	65	64	38	37
最高潮位(cm)	378	367	361	348
最低潮位(cm)	-242	-231	-271	-263
平均高潮位(cm)	281	273	253	244
平均低潮位(cm)	-140	-133	-163	-157
最小潮差(cm)	181	176	175	172
平均潮差(cm)	422	406	415	400
最大潮差(cm)	609	583	605	581
平均涨潮历时(h:mm)	6:10	6:11	6:13	6:16
平均落潮历时(h:mm)	6:14	6:12	6:11	6:08
资料年限	2023-09-13~10-13		2024-03-14~04-13	
潮位基面	1985 国家高程基准			

4.2.1.2 潮汐性质

根据最主要的日分潮 K_1 和 O_1 两个分潮的振幅之和对最主要的半日分潮 M_2 分潮振幅之比值大小把潮汐划分成各种类型。

当 $\frac{H_{K_1}+H_{O_1}}{H_{M_2}} \leq 0.5$ 时，属规则半日潮；

当 $0.5 < \frac{H_{K_1}+H_{O_1}}{H_{M_2}} \leq 2.0$ 时，属不规则半日潮；

当 $2.0 < \frac{H_{K_1}+H_{O_1}}{H_{M_2}} \leq 4.0$ 时，属不规则日潮；

当 $\frac{H_{K_1}+H_{O_1}}{H_{M_2}} > 4.0$ 时，属规则日潮。

上式中的H为分潮的振幅，求得的比值叫潮汐类型判别数。潮汐性质特性统

计详见表 4.2-4。

表 4.2-4 潮位站潮汐性质特性统计表

站 位	秋 季		春 季	
	T1 小嶝岛站	T2 围头站	T1 小嶝岛站	T2 围头站
潮型判别数 $\frac{H_{K1} + H_{O1}}{H_{M2}}$	0.287	0.294	0.302	0.309
主要半日分潮振幅比 $\frac{H_{S2}}{H_{M2}}$	0.324	0.323	0.295	0.295
主要全日分潮振幅比 $\frac{H_{O1}}{H_{K1}}$	0.842	0.845	0.851	0.855
主要浅海分潮与主要半日分潮 振幅比 $\frac{H_{M4}}{H_{M2}}$	0.018	0.023	0.023	0.026
主要浅海分潮振幅和 $H_{M4} + H_{MS4} + H_{M6}$ (cm)	11.73	12.09	12.29	12.35
资料年限	2023-09-13~10-13		2024-03-14~04-13	

根据以上潮位资料统计分析表明：

①春、秋季观测期间T1小嶝岛站和T2围头站的潮型判别数值均小于0.5，属于正规半日潮。

②2023年秋季观测期间，T1小嶝岛站和T2围头站的平均潮差分别为422cm和406cm，最大潮差分别为609cm和583cm。2024年春季观测期间，T1小嶝岛站和T2围头站的平均潮差分别为415cm和400cm，最大潮差分别为605cm和581cm。

③2023年秋季观测期间，平均落潮历时稍长于涨潮历时。T1小嶝岛站和T2围头站的平均涨潮历时分别为6小时10分和6小时11分，平均落潮历时分别为6小时14分和6小时12分。2024年春季观测期间，T1小嶝岛站和T2围头站的平均涨潮历时分别为6小时13分和6小时16分，平均落潮历时分别为6小时11分和6小时08分。

4.2.1.3 基面关系

根据春、秋季2个潮位站一个月的潮位实测资料绘制的基面关系分别如图4.2-3和图4.2-4所示。

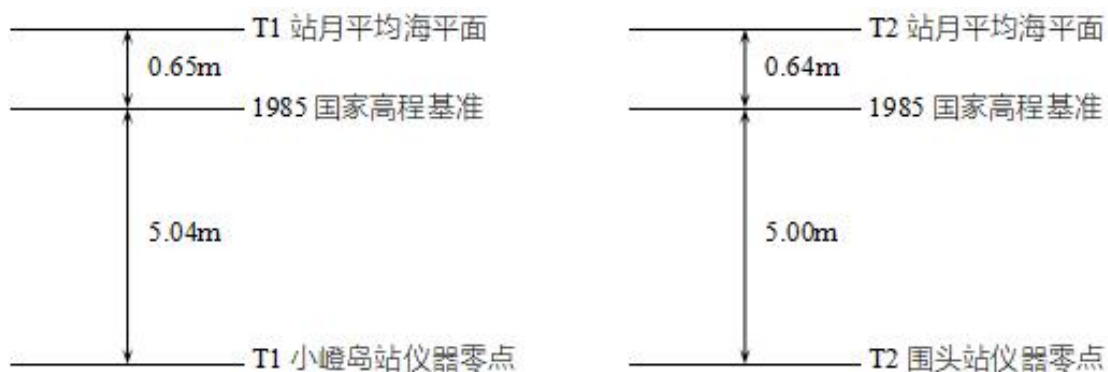


图 4.2-3 2 个潮位站的基面关系图(2023 年秋季)



图 4.2-4 2 个潮位站的基面关系图(2024 年春季)

4.2.2 潮流

4.2.2.1 潮流潮位关系分析

春、秋季的大、小潮期间各站的涨、落潮流垂线平均流向见图 4.2-5~图 4.2-8。

调查区各站位的涨、落潮流流向，因地制宜，各地点的流向都以较小的幅度偏摆于该地点水道纵轴的方向，即涨潮流沿水道纵轴方向流向湾内，落潮流沿相反方向流向湾外；在垂直于水道纵轴的方向流速很小，即在涨潮流与落潮流的转流时候流速最小。

略

图 4.2-5 垂线平均流矢图(秋季大潮)

略

图 4.2-6 垂线平均流矢图(秋季小潮)

略

图 4.2-7 垂线平均流矢图 (春季大潮)

略

图 4.2-8 垂线平均流矢图（春季小潮）

4.2.2.2 实测最大流速

总体来讲，春、秋季调查期间，本海区的大潮流速>小潮流速。各站大、小潮期间实测海流逐时分层流速最大值统计表见表 4.2-5~表 4.2-8，由表可见：

（1）2023 年秋季

工程海区最大涨潮流速出现在大潮 4#站 0.2H 层，为 82cm/s，最大落潮流速出现在大潮 6#站表层，为 94cm/s。位于小嶝岛北水道 R1 线位上的 1#站涨、落潮流最大流速分别为 37cm/s 和 39cm/s，位于大嶝岛航道的 2#站涨、落潮流最大流速分别为 81cm/s 和 71cm/s；位于安海湾口的 3#站涨、落潮流最大流速分别为 69cm/s 和 58cm/s；位于围头湾水道的 4#站涨潮流最大流速分别为 82cm/s 和 79cm/s；位于大嶝岛西南浅滩的 5#站涨、落潮流最大流速分别为 48cm/s 和 58cm/s；位于金门北东水道的 6#站涨、落潮流最大流速分别为 76cm/s 和 94cm/s。

（2）2024 年春季

工程海区最大涨潮流速出现在大潮 2#站表层，为 87cm/s，最大落潮流速出现在小潮 2#站表层，为 95cm/s。位于小嶝岛北水道 R1 线位上的 1#站涨、落潮流最大流速分别为 46cm/s 和 39cm/s，位于大嶝岛航道的 2#站涨、落潮流最大流速分别为 87cm/s 和 95cm/s；位于安海湾口的 3#站涨、落潮流最大流速分别为 60cm/s 和 56cm/s；位于围头湾水道的 4#站涨潮流最大流速分别为 74cm/s 和 66cm/s；位于大嶝岛西南浅滩的 5#站涨、落潮流最大流速均为 46cm/s；位于金门北东水道的 6#站涨、落潮流最大流速分别为 82cm/s 和 93cm/s。

表 4.2-5 实测海流逐时分层流速最大值统计表(秋季大潮)
略

表 4.2-6 实测海流逐时分层流速最大值统计表(秋季小潮)
略

表 4.2-7 实测海流逐时分层流速最大值统计表(春季大潮)
略

表 4.2-8 实测海流逐时分层流速最大值统计表(春季小潮)
略

4.2.2.3 垂线平均流速、流向

春、秋季的大、小潮期间各站的涨、落潮流垂线平均流向见图 4.2-5~图 4.2-8, 各站垂线平均流速、流向的计算结果见表 4.2-9~表 4.2-12。

(1) 2023 年秋季

位于小嶝岛北水道 R1 线位上的 1#站涨、落潮最大垂线平均分别为 26cm/s 和 30cm/s, 位于大嶝岛航道的 2#站涨、落潮最大垂线平均分别为 74cm/s 和 67cm/s; 位于安海湾口的 3#站涨、落潮最大垂线平均分别为 64cm/s 和 48cm/s, 位于围头湾水道的 4#站的涨、落潮最大垂线平均分别为 72cm/s 和 60cm/s; 位于大嶝岛西南浅滩的 5#站涨、落潮最大垂线平均流速分别为 39cm/s 和 49cm/s; 位于金门北东水道的 6#站涨、落潮最大垂线平均分别为 71cm/s 和 83cm/s。

(2) 2024 年春季

位于小嶝岛北水道 R1 线位上的 1#站涨、落潮最大垂线平均分别为 37cm/s 和 28cm/s, 位于大嶝岛航道的 2#站涨、落潮最大垂线平均分别为 79cm/s 和 86cm/s; 位于安海湾口的 3#站涨、落潮最大垂线平均分别为 56cm/s 和 51cm/s, 位于围头湾水道的 4#站的涨、落潮最大垂线平均分别为 69cm/s 和 55cm/s; 位于大嶝岛西南浅滩的 5#站涨、落潮最大垂线平均流速分别为 44cm/s 和 40cm/s; 位于金门北东水道的 6#站涨、落潮最大垂线平均分别为 76cm/s 和 84cm/s。

表 4.2-9 垂线平均流速流向表(秋季大潮)

略

表 4.2-10 垂线平均流速流向表(秋季小潮)

略

表 4.2-11 垂线平均流速流向表(春季大潮)

略

表 4.2-12 垂线平均流速流向表(春季小潮)

略

4.2.2.4 潮流类型

按照《港口与航道水文规范》，潮流按潮流形态数 $(W_{o1}+W_{k1})/W_{M2}$ 可分为规则半日潮流、不规则半日潮流和规则全日潮流、不规则全日潮流，其判别标准如

下:

$(W_{o1}+W_{k1})/W_{M2} \leq 0.5$	规则半日潮流
$0.5 < (W_{o1}+W_{k1})/W_{M2} \leq 2.0$	不规则半日潮流
$2.0 < (W_{o1}+W_{k1})/W_{M2} \leq 4.0$	不规则全日潮流
$4.0 < (W_{o1}+W_{k1})/W_{M2}$	规则全日潮流

5#站位于大嶝岛西南浅滩附近海域,由于该站水深较浅,周日观测时观测层次不全,数据不全的层次不予进行准调和分析。表 4.2-13 分别给出各站各层的潮流性质参数值,各站的潮流形态数均在 0.5 以下,因而工程附近海域为规则半日潮流区。

表 4.2-13 各站各层(WO1+Wk1)/WM2 值和 M2 分潮流旋转率 K 值

站号	(W _{O1} +W _{k1})/W _{M2}						K					
	表	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底	表	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底
1#	0.20	0.16	0.09	0.19	0.15	0.15	-0.14	0.01	0	-0.05	-0.06	-0.09
2#	0.14	0.14	0.12	0.13	0.15	0.20	0.05	0.01	0	-0.03	-0.04	-0.03
3#	0.18	0.15	0.15	0.11	0.07	0.13	0.03	-0.08	-0.03	-0.06	-0.04	-0.06
4#	0.12	0.09	0.12	0.13	0.11	0.12	0.13	0.11	0.06	0.06	0.01	-0.01
5#	—	0.44	—	0.40	0.34	—	—	0.55	—	0.65	0.61	—
6#	0.16	0.16	0.25	0.26	0.27	0.31	-0.05	-0.05	-0.08	-0.09	-0.11	-0.19

4.2.2.5 潮流运动形式

本海区为规则半日潮流区,潮流运动形式可依主要分潮流 M₂ 的椭圆率|K|予以判定。|K|值越小,往复流形式显著;反之,旋转流特征强烈。并规定当 K 值为正时,潮流呈逆时针的旋转;K 为负时,潮流呈顺时针向旋转。各站 M₂ 分潮流的 K 值见表 4.2-13。由表可知:除 5#站 K 值绝对值大于 0.2 外,说明位于大嶝岛西南浅滩海域的 5#站表现为较为明显的旋转流性质,其他站各层的 K 值绝对值均小于 0.2,说明各站主要受湾内水道束缚,表现为典型的往复流性质。

4.2.3 余流

余流主要是指从实测海流中消除周期性流(如潮流)后的剩余部分,受诸多因素的影响。表 4.2-14~表 4.2-17 为春、秋季大、小潮期间各站各层及垂线平均余流分析成果表,图 4.2-9~图 4.2-12 给出春、秋季大、小潮期间各站垂线平均

余流流矢图。从表和图中可以看出，在春、秋季的大、小期间，工程海域大潮余流流速大于小潮，但总体而言，余流流速不大。

(1) 2023 年秋季

大潮期间，各站分层余流流速最大值为 12.7cm/s，出现在 4#站 0.8H 层；各站垂线平均余流流速最大值为 11.0cm/s，出现在 4#站；小潮期间，各站分层余流流速最大值为 9.2cm/s，出现在 6#站 0.2H 层；各站垂线平均余流流速最大值为 6.4cm/s，出现在 6#站。

(2) 2024 年春季

大潮期间，各站分层余流流速最大值为 12.0cm/s，出现在 6#站 0.6H 层；各站垂线平均余流流速最大值为 11.0cm/s，出现在 6#站；小潮期间，各站分层余流流速最大值为 9.0cm/s，出现在 6#站表层；各站垂线平均余流流速最大值为 7.8cm/s，出现在 6#站。

表 4.2-14 秋季大潮期各测站各层次余流流速(cm/s)、流向 (°)
略

表 4.2-15 余流表(秋季小潮)
略

表 4.2-16 余流表(春季大潮)
略

表 4.2-17 余流表(春季小潮)
略

略

图 4.2-9 垂线平均余流流矢图(秋季大潮)
略

图 4.2-10 垂线平均余流流矢图(秋季小潮)
略

图 4.2-11 垂线平均余流流矢图(春季大潮)
略

图 4.2-12 垂线平均余流流矢图(春季小潮)

4.2.4 含沙量

4.2.4.1 含沙量特征统计

对各站位不同时刻采集的水样进行统计分析,计算各站位各层悬浮泥沙含量的最大值、最小值和平均值,详细的信息见表 4.2-18、表4.2-19和图4.2-13、图 4.2-14。

(1) 2023年秋季

由表 4.2-18可见,2大潮期间,各站的含沙量平均值介于 $0.0241\text{kg}/\text{m}^3$ (5#站)~ $0.0536\text{kg}/\text{m}^3$ (2#站)之间,平均含沙量为 $0.0391\text{kg}/\text{m}^3$ 。实测含沙量最大值为6#站底层的 $0.1597\text{kg}/\text{m}^3$,实测含沙量最小值为4#站表层的 $0.0077\text{kg}/\text{m}^3$ 。小潮期间,各站含沙量平均值介于 $0.0208\text{kg}/\text{m}^3$ (5#站)~ $0.0413\text{kg}/\text{m}^3$ (2#站)之间,平均含沙量为 $0.0271\text{kg}/\text{m}^3$ 。实测含沙量最大值为2#站底层的 $0.1061\text{kg}/\text{m}^3$,实测含沙量最小值为5#站0.2H层的 $0.0093\text{kg}/\text{m}^3$ 。

各站全潮平均含沙量值介于 $0.0224\text{kg}/\text{m}^3$ (5#站)~ $0.0475\text{kg}/\text{m}^3$ (2#站)之间,全潮平均含沙量为 $0.0331\text{kg}/\text{m}^3$ 。

(2) 2024年春季

大潮期间,各站的含沙量平均值介于 $0.0241\text{kg}/\text{m}^3$ (5#站)~ $0.0388\text{kg}/\text{m}^3$ (2#站)之间,平均含沙量为 $0.0330\text{kg}/\text{m}^3$ 。实测含沙量最大值为2#站底层的 $0.0639\text{kg}/\text{m}^3$,实测含沙量最小值为5#站0.2H层的 $0.0133\text{kg}/\text{m}^3$ 。小潮期间,各站含沙量平均值介于 $0.0266\text{kg}/\text{m}^3$ (1#站)~ $0.0362\text{kg}/\text{m}^3$ (3#站)之间,平均含沙量为 $0.0316\text{kg}/\text{m}^3$ 。实测含沙量最大值为6#站底层的 $0.0567\text{kg}/\text{m}^3$,实测含沙量最小值为6#站表层的 $0.0157\text{kg}/\text{m}^3$ 。

各站全潮平均含沙量值介于 $0.0275\text{kg}/\text{m}^3$ (5#站)~ $0.0371\text{kg}/\text{m}^3$ (3#站)之间,全潮平均含沙量为 $0.0323\text{kg}/\text{m}^3$ 。

表 4.2-18 2023 年秋季各站位含沙量特征值统计分析表

站号	秋季大潮含沙量(kg/m^3)			秋季小潮含沙量(kg/m^3)			全潮 平均值
	最高值	最低值	平均值	最高值	最低值	平均值	
1#	0.0550	0.0121	0.0273	0.0355	0.0185	0.0257	0.0265
2#	0.1085	0.0101	0.0536	0.1061	0.0149	0.0413	0.0475
3#	0.1200	0.0177	0.0435	0.0426	0.0213	0.0263	0.0349

4#	0.0984	0.0077	0.0356	0.0459	0.0112	0.0261	0.0309
5#	0.0476	0.0162	0.0241	0.0370	0.0093	0.0208	0.0224
6#	0.1597	0.0117	0.0502	0.0395	0.0140	0.0224	0.0363
整体统计	0.1597	0.0077	0.0391	0.1061	0.0093	0.0271	0.0331

表 4.2-19 2024 年春季各站位含沙量特征值统计分析表

站号	春季大潮含沙量(kg/m ³)			春季小潮含沙量(kg/m ³)			全潮 平均值
	最高值	最低值	平均值	最高值	最低值	平均值	
1#	0.0434	0.0242	0.0304	0.0379	0.0197	0.0266	0.0285
2#	0.0639	0.0238	0.0388	0.0510	0.0236	0.0339	0.0363
3#	0.0568	0.0277	0.0380	0.0510	0.0253	0.0362	0.0371
4#	0.0510	0.0256	0.0329	0.0352	0.0261	0.0289	0.0309
5#	0.0380	0.0133	0.0241	0.0473	0.0223	0.0309	0.0275
6#	0.0570	0.0150	0.0336	0.0567	0.0157	0.0329	0.0333
统计	0.0639	0.0133	0.0330	0.0567	0.0157	0.0316	0.0323

略

图 4.2-13 各站大、小潮平均含沙量柱状图(2023 年秋季)

略

图 4.2-14 各站大、小潮平均含沙量柱状图(2024 年春季)

4.2.4.2 含沙量分布特征

根据6个站周日实测含沙量及分层含沙量特征值分析工程海域悬浮泥沙含量的时空变化特征。

(1) 含沙量的时间变化特征

1) 周日变化

各站含沙量的周日变化与日涨、落潮流有关，受涨、落潮流的影响，含沙量高值多出现在涨、落急时段，高平潮和低平潮时段含沙量值相对较低。

2) 潮型变化

含沙量随潮型的变化主要反映在大、小潮的潮流变化及天气海况上，一般与潮流强度和天气状况有关。秋季观测期间，大、小潮含沙量平均值分别为

0.0391kg/m³和0.0271kg/m³，大潮大于小潮。春季观测期间，大、小潮含沙量平均值分别为0.0330kg/m³和0.0316kg/m³，同样大潮大于小潮。

3) 季节变化

全潮观测期间，工程海域秋季和春季的平均含沙量分别为0.0331kg/m³和0.0323kg/m³，两个季节相当，秋季略大于春季。

(2) 含沙量的空间变化特征

1) 水平分布

图 4.2-15 为各站全潮含沙量平均值柱状图。由图可见：位于大嶝岛航道的 2#站平均含沙量最大，为 0.0475 kg/m³；位于金门北东水道的 6#站平均含沙量次之，为 0.0363 kg/m³；位于安海湾口的 3#站和围头湾水道的 4#站全潮平均含沙量分别为 0.0349 kg/m³ 和 0.0309 kg/m³；位于小嶝岛北侧水道处的 1#站平均含沙量较小，为 0.0265 kg/m³；位于大嶝岛西南浅滩的 5#站平均含沙量最小，为 0.0224 kg/m³。

图 4.2-16 为春季各站全潮含沙量平均值柱状图。由图可见：位于安海湾口的 3#站平均含沙量最大，为 0.0371 kg/m³；位于大嶝岛航道的 2#站平均含沙量次之，为 0.0363 kg/m³；位于金门北东水道的 6#站和围头湾水道的 4#站全潮平均含沙量分别为 0.0333 kg/m³ 和 0.0309 kg/m³；位于小嶝岛北侧水道处的 1#站平均含沙量较小，为 0.0285 kg/m³；位于大嶝岛西南浅滩的 5#站平均含沙量最小，为 0.0275 kg/m³。

总体上看，含沙量的水平分布以大嶝机场填海工程周边和安海湾以的含沙量值相对较高，其他测站含沙量值相对较低。

略

图 4.2-15 各站全潮含沙量平均值柱状图(2023年秋季)

略

图 4.2-16 各站全潮含沙量平均值柱状图(2024年春季)

2) 垂向分布

图 4.2-17~图 4.2-18 和图 4.2-19~图 4.2-20 分别给出了 2023 年秋季和 2024 年春季大潮和小潮 6 个站平均含沙量垂向分布图，由图可知：含沙量垂向分布上，大潮和小潮均为底层含沙量值最大，表层含沙量值最小，含沙量呈表层向底层递

增的趋势。

略

图 4.2-17 各站平均含沙量垂向分布图(秋季大潮)

略

图 4.2-18 各站平均含沙量垂向分布图(秋季小潮)

略

图 4.2-19 各站平均含沙量垂向分布图（春季大潮）

略

图 4.2-20 各站平均含沙量垂向分布图（春季小潮）

4.2.4.3 垂向平均含沙量

1) 2023年秋季

大潮期间，垂线平均含沙量以大嶼岛航道的2#站最大，其值 0.0534 kg/m^3 ；其次是金门北东水道的6#站，其值为 0.0498 kg/m^3 ；安海湾口的3#站和围头湾水道的4#站垂线平均含沙量分别为 0.0434 kg/m^3 和 0.0338 kg/m^3 ；小嶼岛北水道R1线位的1#站垂线平均含沙量较小，为 0.0281 kg/m^3 ；大嶼岛西南浅滩的5#站垂线平均含沙量最小，为 0.0238 kg/m^3 。3#和6#站的涨潮垂线平均含沙量小于落潮垂线平均含沙量，其余各站涨潮垂线平均含沙量大于落潮垂线平均含沙量。

小潮期间，垂线平均含沙量同样以大嶼岛航道的2#站最大，其值 0.0410 kg/m^3 ；其次是安海湾口的3#站，其值为 0.0263 kg/m^3 ；小嶼岛北水道R1线位的1#站和围头湾水道的4#站垂线平均含沙量分别为 0.0260 kg/m^3 和 0.0258 kg/m^3 ；金门北东水道的6#站垂线平均含沙量较小，为 0.0223 kg/m^3 ；大嶼岛西南浅滩的5#站垂线平均含沙量最小，为 0.0204 kg/m^3 。2#、3#和6#站的涨潮垂线平均含沙量小于落潮垂线平均含沙量，其余各站涨潮垂线平均含沙量大于落潮垂线平均含沙量。

2) 2024年春季

大潮期间，垂线平均含沙量以大嶼岛航道的2#站最大，其值 0.0383 kg/m^3 ；其次是安海湾口的3#站，其值为 0.0377 kg/m^3 ；金门北东水道的6#站和围头湾水道的4#站垂线平均含沙量分别为 0.0335 kg/m^3 和 0.0327 kg/m^3 ；小嶼岛北水道R1线位的1#站垂线平均含沙量较小，为 0.0303 kg/m^3 ；大嶼岛西南浅滩的5#站垂线平均含沙量最小，为 0.0239 kg/m^3 。2#、4#和6#站的涨潮垂线平均含沙量小于落潮垂线平均含沙量，其余各站涨潮垂线平均含沙量大于落潮垂线平均含沙量。

小潮期间，垂线平均含沙量以安海湾口的3#站最大，其值 0.0363 kg/m^3 ；其次是大嶝岛航道的2#站，其值为 0.0338 kg/m^3 ；金门北东水道的6#站和大嶝岛西南浅滩的5#站垂线平均含沙量分别为 0.0327 kg/m^3 和 0.0311 kg/m^3 ；围头湾水道的4#站垂线平均含沙量较小，为 0.0288 kg/m^3 ；小嶝岛北水道R1线位的1#站垂线平均含沙量最小，为 0.0265 kg/m^3 。4#和6#站的涨潮垂线平均含沙量小于落潮垂线平均含沙量，其余各站涨潮垂线平均含沙量大于落潮垂线平均含沙量。

4.2.4.4 大潮悬沙粒度特征

(1) 2023年秋季

由表 4.2-20可见：大潮观测期间，各站各时段的悬沙组成以砂质粉砂(ST)为主，共12组。其余为粉砂(T)，共8组。各站悬沙的平均粒径MZ在 $4.83\Phi \sim 6.32\Phi$ 范围内，平均为 5.61Φ ；各站中值粒径d50在 $4.60\Phi \sim 6.40\Phi$ 之间，平均为 5.64Φ ；各站分选系数 $\sigma_{i\phi}$ 在 $1.45 \sim 1.99$ 之间，为分选较差；偏态SK ϕ 在 $-0.60 \sim 0.40$ 之间，为近对称；峰态Kg在 $1.87 \sim 3.01$ 之间，峰态等级主要为宽峰态。

小潮观测期间，各站各时段的悬沙组成同样以砂质粉砂(ST)为主，共12组。其余为粉砂(T)，共8组。各站悬沙的平均粒径MZ在 $4.43\Phi \sim 6.49\Phi$ 范围内，平均为 5.42Φ ；各站中值粒径d50在 $4.10\Phi \sim 6.58\Phi$ 之间，平均为 5.38Φ ；各站分选系数 $\sigma_{i\phi}$ 为 $1.38 \sim 2.02$ ，为分选较差；偏态SK ϕ 在 $-0.63 \sim 0.56$ 之间，多为近对称；峰态Kg在 $1.96 \sim 3.87$ 之间，峰态等级主要为宽峰态。

(2) 2024年秋季

由表4.2-21可见：大潮观测期间，各站各时段的悬沙组成以粉砂(T)为主，共14组。其余为砂质粉砂(ST)，共8组。各站悬沙的平均粒径MZ在 $4.94\Phi \sim 6.56\Phi$ 范围内，平均为 5.85Φ ；各站中值粒径d50在 $4.72\Phi \sim 6.54\Phi$ 之间，平均为 5.78Φ ；各站分选系数 $\sigma_{i\phi}$ 在 $1.22 \sim 1.95$ 之间，为分选较差；偏态SK ϕ 在 $-0.76 \sim 0.65$ 之间，主要为近对称；峰态Kg在 $2.12 \sim 4.48$ 之间，峰态等级主要为宽峰态。

小潮观测期间，各站各时段的悬沙组成同样以粉砂(T)为主，共14组。其次为砂质粉砂(ST)，共5组。其余为1组粘土质粉砂(YT)。各站悬沙的平均粒径MZ在 $5.08\Phi \sim 6.73\Phi$ 范围内，平均为 6.03Φ ；各站中值粒径d50在 $4.10\Phi \sim 6.58\Phi$ 之间，平均为 5.38Φ ；各站分选系数 $\sigma_{i\phi}$ 为 $1.44 \sim 1.92$ ，为分选较差；偏态SK ϕ 在 $-1.09 \sim 0.14$ 之间，多为近对称；峰态Kg在 $2.16 \sim 4.53$ 之间，峰态等级为宽至中等峰态。

综上所述，秋季大、小潮期间，各站各时段的悬沙组成以砂质粉砂(ST)为主，其次是粉砂(T)。分选度上分选较差，偏态主要为近对称，峰态等级多为宽峰态。春季大、小潮期间，各站各时段的悬沙组成以粉砂(T)为主，其次是砂质粉砂(ST)。分选度上分选较差，偏态主要为近对称，峰态等级多为宽峰态。

表 4.2-20 大、小潮各站各时段悬沙沉积物类型表（2023 年秋季）

站位	大潮				小潮			
	涨急	涨憩	落急	落憩	涨急	涨憩	落急	落憩
1#	T	T	/	/	/	ST	ST	/
2#	ST	ST	/	/	/	T	ST	/
3#	ST	T	ST	ST	T	ST	ST	ST
4#	ST	ST	ST	T	ST	T	ST	ST
5#	ST	ST	ST	T	ST	T	T	ST
6#	ST	T	T	T	ST	T	T	T

表 4.2-21 大、小潮各站各时段悬沙沉积物类型表（2024 年春季）

站位	大潮				小潮			
	涨急	涨憩	落急	落憩	涨急	涨憩	落急	落憩
1#	ST	T	T	T	/	/	T	ST
2#	ST	T	/	/	/	/	T	T
3#	T	T	T	T	T	YT	ST	ST
4#	T	T	T	T	T	T	T	T
5#	T	T	ST	ST	ST	T	T	T
6#	ST	ST	ST	ST	ST	T	T	T

4.2.5 海水温度

表 4.2-22 和表 4.2-23 分别为 2023 年秋季和 2024 年春季各站最高、最低及平均水温值统计成果表，由表可知：

（1）2023 年秋季

①秋季大、小潮期间，平均水温值(6 个站平均)分别为 28.73℃和 29.08℃，小潮>大潮。大、小潮各站的水温平均值分别介于 28.53℃(4#)~29.01℃(3#)和 28.75℃(4#)~29.50℃(2#)之间。

②秋季大潮期间，6 个站实测水温最高值为 30.02℃，出现在安海湾口的 3#站。实测水温最低值为 28.10℃，出现在围头湾水道的 4#站；秋季小潮期间，实测水温最高值为 29.99℃，出现在大嶝岛航道的 2#站。实测水温最低值同大潮出

现在围头湾水道的 4#站，为 28.50°C。

(2) 2024 年春季

①春季大、小潮平均水温分别为 17.41°C和 15.37°C，大潮>小潮。大、小潮各站的水温平均值分别介于 16.76°C(4#) ~ 18.34°C(3#) 和 15.15°C(4#) ~ 15.62°C(3#)之间。

②春季大潮期间，6 个站实测水温最高值为 20.47°C，出现在安海湾口的 3#站。实测水温最低值为 15.90°C，出现在金门北东水道的 6#站；春季小潮期间，实测水温最高值和最低值同大潮，分别出现在安海湾口的 3#站和金门北东水道的 6#站，实测水温最高值和最低值分别为 16.62°C和 14.89°C。

表 4.2-22 各站最高、最低及平均水温值统计成果表(2023 年秋季)

略

表 4.2-23 各站最高、最低及平均水温值统计成果表(2024 年春季)

略

4.2.6 海水盐度

表 4.2-24 和表 4.2-25 分别为 2023 年秋季和 2024 年春季各站最高、最低及平均盐度值统计成果表，由表及图可见：

(1) 2023 年秋季

①秋季大、小潮期间，平均盐度值(6 个站平均)分别为 30.71 和 32.04，小潮>大潮。大、小潮各站的盐度平均值分别介于 29.80 (5#) ~31.43 (4#) 和 31.55 (5#) ~32.69 (6#) 之间。

②秋季大潮期间，6 个站实测盐度最高值为 32.03，出现在围头湾水道的 4#站。实测盐度最低值为 28.91，出现在大嶝岛西南浅滩的 5#站；秋季小潮期间，实测盐度最高值为 32.74，出现在金门北东水道的 6#站。实测盐度最低值同大潮出现在大嶝岛西南浅滩的 5#站，为 30.29。

(2) 2024 年春季

①春季大、小潮期间，平均盐度值(6 个站平均)分别为 32.26 和 32.18，大潮>小潮。大、小潮各站的盐度平均值分别介于 31.90 (3#) ~32.47 (6#) 和 31.80 (3#) ~32.39 (6#) 之间。

②春季大潮期间，6 个站实测盐度最高值为 32.57，出现在围头湾水道的 4#

站。实测盐度最低值为 31.30，出现在安海湾口的 3#站；春季小潮期间，实测盐度最高值为 32.50，出现在大嶝岛航道的 2#站。实测盐度最低值同大潮出现在安海湾口的 3#站，为 30.92。

表 4.2-24 各站最高、最低及平均盐度值统计成果表(2023 年秋季)
略

表 4.2-25 各站最高、最低及平均盐度值统计成果表(2024 年春季)
略

4.3 海洋地形地貌与冲淤环境现状调查与评价

4.3.1 海滩地貌现状

小嶝岛岛体大体呈东西向、扁长型，整体地势较为平缓，岸线类型以砂质岸线和人工岸线为主，部分岸段为基岩海岸。月亮湾沙滩位于小嶝岛东部南侧，长度约 370 米，平面呈岬湾形态，形似月牙；海豚湾沙滩位于小嶝岛东部北侧，长度约 360 米，平面呈岬湾形态（图 4.3-1）。

月亮湾沙滩和海豚湾沙滩均为沙-泥混和型海滩，其中高潮位滩地以砂质沉积物为特征，低潮位滩地则以淤泥质沉积物为特征。月亮湾沙滩现状沙滩宽度很窄，高潮时仅数米，低潮时露出约 30 米宽沙滩，沙滩向海侧为泥滩。海豚湾现状沙滩侵蚀殆尽，高潮时海水直达岸边，低潮时露出约 20 米宽沙滩，沙滩向海侧为泥滩。

略

图 4.3-1 月亮湾沙滩和海豚湾沙滩地理位置

4.3.2 海滩岸线演变特征

图 4.3-2 显示的是月亮湾沙滩 1964 年至 2023 年间岸线变化情况。结果表明，1964 年时，月亮湾沙滩存在约 30 m 宽的干滩；至 2003 年时，沙滩宽度明显变窄，接近于现在的状态；2003 年至今，月亮湾沙滩岸线基本保持稳定。

略

图 4.3-2 月亮湾沙滩多年岸线变化

图 4.3-3 显示的是海豚湾沙滩 1964 年至 2023 年间岸线变化情况。结果表明，1964 年时，海豚湾沙滩西段存在约 30 m 宽的干滩，东段存在约 10 m 宽的干滩；至 2003 年时，西段已无沙滩，转变为基岩岸线，东段已无干滩，接近于现在的

状态；2003 年至今，海豚湾沙滩岸线基本保持稳定。

略

图 4.3-3 海豚湾沙滩多年岸线变化

4.3.3 海滩沉积物粒度特征

2024 年 3 月 12 日和 13 日自然资源部第三海洋研究所对小嶝岛月亮湾和海豚湾沙滩选取典型剖面进行海滩沉积物采集，其中，海豚湾沿岸采集 18 个表层沉积物，月亮湾沿岸采集 23 个表层沉积物样品。粒度测试结果显示：

海豚湾沿岸海滩沉积物平均粒径大小范围为 0.13~1.60mm，平均为 0.79mm；中值粒径大小变化范围为 0.13~1.50mm，平均为 0.77mm。其余粒度参数如分选系数、偏态和峰态的变化范围依次为 0.41~1.88、-0.49~0.37 和 0.74~1.41，平均值分别为 1.27、-0.07 和 0.96。这说明海滩表层沉积物整体上分选程度不一，由分选好至分选较差，跨越四个级别；频率分布曲线跨全部偏态的五个分级，从极粗偏到极细偏均有分布，但整体上略微对称；峰态跨越三个级别，由平峰态至尖峰态，整体上为平峰态。

月亮湾沿岸海滩沉积物平均粒径大小范围为 0.23~1.6mm，平均为 0.81mm；中值粒径大小变化范围为 0.21~1.86mm，平均为 0.77mm。其余粒度参数如分选系数、偏态和峰态的变化范围依次为 0.36~1.57、-0.59~0.35 和 0.63~3.70，平均值分别为 1.10、-0.19 和 1.38。这说明海滩表层沉积物整体上分选程度不一，由分选好至分选较差，跨越四个级别；频率分布曲线跨全部偏态的五个分级，从极粗偏到极细偏均有分布，但整体上略微对称；峰态跨越六个级别，由极平峰态至超级尖峰态，整体上为常峰态。

4.3.4 工程地质条件

根据《厦门新机场片区小嶝岛生态岸线工程岩土工程勘察报告》（厦门路桥工程服务有限公司，2024 年 4 月），项目区表层以第四系海积淤泥及中砂为主，其下为残积成因的砂质黏性土，下伏基岩为燕山早期侵入花岗岩。各主要岩土层特征分述如下：

（1）第四系全新统海积层（ Q_4^m ）

①层中砂：灰白色，松散~稍密，饱和，砂质不纯，颗粒不均，颗粒成份以长石、石英为主。该层在钻孔 BA04、BA08、BB01、BB04 及 BB07 有揭露，层

顶标高 2.28~3.30m，层厚 0.30~4.50m。

②层淤泥：深灰色、流塑状态，土质不均匀，局部混少量中砂及贝壳碎屑，含腐蚀物及有机物质，干强度低，具腥臭味。该层除钻孔 BA01、BA04、BA08、BB01、BB04 及 BB07 未揭露外，其余钻孔均有揭露，层顶标高-4.51~0.55m，层厚一般 0.70~3.10m。

(2) 第四系残积层 (Q^{el})

③层残积砂质黏性土：灰黄色夹浅红色，可塑~硬塑状态，成分主要由长石风化而成的黏、粉粒，石英颗粒及少量云母组成，主要由花岗岩残积而成，手捏易散，遇水易崩解。该层绝大部分钻孔均有揭露，层顶标高-5.31~2.97m，层厚一般 2.70~5.90m。

(3) 燕山晚期花岗岩 ($\gamma_5^{2(3)}$)

④层全风化花岗岩：灰黄色，岩石风化强烈，结构构造已完全破坏，仅保留原岩外观；除石英外，其余矿物均已风化为黏土矿物，局部砂质含量较高，干钻尚可钻进，取多芯呈密实砂土状、土柱状、散体状；层顶标高-4.92~1.88m，层厚 4.10~4.60m。

⑤层砂土状强风化花岗岩：灰黄色，原岩风化强烈，结构基本被破坏，岩芯呈密实砂砾状，手捏易散，遇水易软化崩解。层顶标高-9.02~1.63m，层厚 3.40~14.70m。

⑥层碎块状强风化花岗岩：灰黄色、褐黄色，矿物成分由长石、石英，云母组成，岩石风化强烈，多组节理发育，风化裂隙发育，裂隙面粗糙且被浸染成褐黄色，多为密闭节理，无充填，岩体结构尚可辨认，岩芯多呈碎块状，锤击易碎、声哑。层顶标高-16.72~-1.87m，层厚 2.00~3.60m。

4.3.4.1 沙滩修复岩土工程评价

本项目北侧沙滩（海豚湾）现状滩地宽度较窄，宽度为 20~34m，长度约 400m。沙滩高程为 0.30~4.00m。沙滩面基本为斜坡，现状深水域距离岸线最近距离为 163m；南侧沙滩（月亮湾）现状沙滩宽度也较窄，宽度约 34m，长度约 360m。沙滩高程为 0.20~3.91m。沙滩面基本为斜坡，现状深水域距离岸线最近距离为 197m。

本项目北侧沙滩（海豚湾）修复后滩肩区域宽度为 26~56m，高程为 4.0m，

从现状岸线位置往海侧延伸，沙滩总长 420m，滩肩线基本与岸线形态一致，滩面以 1:10 坡度延伸至现状泥面；南侧沙滩（月亮湾）修复后滩肩区域宽度为 7~36m，高程为 4.0m，拟修复月亮湾沙滩总长 337m，滩面以 1:10 坡度延伸至-1.0m 高程。部分平底区域（约 0.6hm²）底部换填 1m 厚砂，该区域清淤底高程为-2.0m。

4.3.4.2 疏浚岩土的工程特性和分级

本工程疏挖设计标高为南侧沙滩（月亮湾）为-1.00m。清淤范围内地层以②淤泥及③残积砂质黏性土为主，礁石及蚝桩分布较密集等，依据《疏浚与吹填工程设计规范》（JTS 181-5-2012）5.3 条及 6.2.3.7 条，按疏浚岩土工程特性评价开挖岩土层的工程特性及可开挖性分级，具体见表 4.3-1 所示。

表 4.3-1 疏浚岩土工程特性及分级表

地层	状态	判别指标			分级结果
		标贯击数 N	天然重度 r (kN/m ³)	液性指数 I _L	
②淤泥	流塑~流动	--	16.2	1.52	1

4.3.4.3 水下开挖边坡建议

疏浚范围内地形总体较为平缓，现状条件下不存在水下边坡稳定性问题，但经过疏浚后会形成新的水下边坡，存在边坡失稳的可能，尤其是②淤泥层易发生失稳。水下边坡开挖坡比②淤泥按 1:10~1:15 考虑。

4.3.5 冲淤环境

(1) 2005 年~2019 年地形冲淤变化

图4.3-4为2005年~2019年14年左右时间大嶝岛海域海床冲淤分布，可以看出，这期间，大嶝岛海域出现较大地形冲淤变化，其中大嶝岛北部通道进行了一定程度的疏浚，并在大嶝岛西侧浅滩开挖了一条航道，大嶝岛南部也出现一条航道，此外大嶝岛西部、南部和东南部、小嶝岛北部、角屿南部及东部均出现一系列的水深加深区域，可能与取沙有关。除了水深增加区域外，大嶝岛西部、南部、东部均出现一定程度淤积，平均淤积厚度0.1~1m，取沙区局部区域淤积相对较大，可能与取沙溢流有关。

略

图4.3-4 大嶝岛海域2005年~2019年地形冲淤分布

(2) 2019 年~2020 年地形冲淤变化

图4.3-5为2019年10月~2022年9月两次地形重叠部分冲淤分布，可以看出，测图海域仍受厦门新机场施工影响，局部区域出现较大地形冲淤变化，但大部分海域没有出现较大幅度的冲淤变化。图中可以看出，与2019年10月测图比较，除大嶝岛南侧东部地形有所加深且东部出现淤积，以及小嶝岛与北岸线间出现的局部取沙坑（应与新机场取沙有关）以外，大嶝岛北水道、大嶝岛西侧大部分处于轻微淤积状态，大部分淤积厚度小于0.1m，其他海域冲淤变化较小，其中九溪口外、大嶝桥南部淤积相对较大，局部区域淤积厚度0.5~1.0m左右。

略

图 4.3-5 大嶝岛海域 2019 年 10 月~2022 年 9 月地形冲淤变化

4.4 海水水质现状调查与评价

本节内容主要根据海洋三所编制的“泉州-厦门-漳州城际轨道（R1 线）工程海洋化学调查报告”编制而成。

4.4.1 调查站位和时间

在项目周边海域共设水质调查站位 21 个，沉积物调查站位 11 个，海洋生物质量调查站位 13 个。调查站位见图 4.4-1，坐标见表 4.4-1。

调查时间为 2024 年 3 月 11 日-12 日完成春季大面站水质调查，3 月 15-16 日完成生物质量调查。

表 4.4-1 海洋环境现状调查（水质）站位坐标及调查内容表
略

略

图 4.4-1 海洋环境现状调查站位

4.4.2 评价标准与评价方法

4.4.2.1 评价标准

根据《海水水质标准》（GB3097-1997）、《福建省近岸海域环境功能区划（修编）》（2024 年 10 月），本次调查共涉及功能区划共七类，不同功能区划和执行标准见图 4.4-2、表 4.2-1。根据表 4.2-1，共有 2 个站（19、20）执行海水水质一类标准，14 个站执行海水水质二类标准，5 个站执行海水水质三类标准。

略

图 4.4-1 海洋环境现状调查站位与《福建省近岸海洋功能区划》位置关系

表 4.4-1 不同功能区站位分布及执行标准

略

4.4.2.2 评价方法

水质评价采用单因子标准指数法。

(1) 单项水质标准指数法

具体的计算方法如下：

$$S_{ij} = \frac{C_{ij}}{C_{j,s}}$$

式中： S_{ij} ——第 i 站评价因子 j 的标准指数；

C_{ij} ——第 i 站评价因子 j 的调查浓度，mg/L；

$C_{j,s}$ ——评价因子 j 的评价标准，mg/L。

(2) 溶解氧的标准指数

$$S_{DO_j} = \frac{|DO_f - DO_j|}{DO_f - DO_s}$$

$$DO_j \geq DO_s$$

$$S_{DO_j} = 10 - 9 \frac{DO_j}{DO_s}$$

$$DO_j < DO_s$$

$$DO_f = \frac{468}{31.6 + T}$$

式中： S_{DO_j} ——第 j 站上溶解氧的标准指数，mg/L；

DO_j ——溶解氧实测值，mg/L；

DO_f ——现场温度和盐度下的饱和溶解氧浓度，mg/L；

DO_s ——溶解氧的评价标准值，mg/L。

(3) pH 值的标准指数

海水中的 pH 标准指数具体计算公式如下：

$$PI_{pH} = \frac{|pH - pH_{SM}|}{D_s}$$

其中， $PI_{SM} = \frac{pH_{su} + pH_{sd}}{2}$ ； $D_s = \frac{pH_{su} - pH_{sd}}{2}$

式中， PI_{pH} ——pH 的污染指数；

pH ——pH 的实测值；

pH_{sd} ——分别为 pH 评价标准的上限值和下限值。

4.4.3 评价结果

春季海水中 pH、溶解氧、铜、锌、镉、铬、砷均符合海水水质一类标准。

春季海水中大部分站位无机氮含量符合海水水质一类标准，占站位数的 71.4%；2 个站无机氮含量符合海水水质二类标准，占站位数的 9.6%；4 个站无机氮含量超海水水质四类标准，占站位数的 19.0%。大部分站位活性磷酸盐含量符合海水水质二类~三类标准，占站位数的 52.4%；部分站位活性磷酸盐含量符合海水水质一类标准，占站位数的 28.6%；1 个站位活性磷酸盐含量符合海水水质四类标准，占站位数的 4.8%；3 个站位活性磷酸盐含量超海水水质四类标准，占站位数的 14.2%。大部分站位化学需氧量符合海水水质一类标准，占站位数的 90.5%；2 个站位化学需氧量超海水水质四类标准，占站位数的 9.5%。大部分站位铅和汞含量符合海水水质一类标准，占站位数的 90.5%；仅有 2 个站位铅和汞含量符合海水水质二类标准，占站位数的 9.5%。大部分站位石油类含量符合海水水质一类~二类标准，占站位数的 90.5%；2 个站位石油类符合海水水质三类标准，占站位数的 9.5%。

表 4.4-2 春季水质情况统计表
略

备注：符合海水水质一类标准的参数未在表格中列出。

表 4.4-2 春季水质调查结果一览表
略

表 4.4-3 春季水质调查结果评价指数 P_i 值表
略

4.5 海洋沉积物质量现状调查与评价

4.5.1 调查站位和时间

本次调查共采集 11 个大面站沉积物样品，见图 4.4-1，点位坐标见表 4.4-1，调查时间为 2023 年春季（10 月 13 日~3 月 12 日）。

4.5.2 调查站位项目和分析方法

调查项目包括：有机碳、硫化物、油类、铜、铅、锌、镉、汞、铬、砷，共 10 项。

4.5.3 沉积物质量评价

调查海区沉积物有机碳、铅、锌、镉、铬、汞、砷和石油类含量均符合海洋沉积物质量标准（GB18668-2002）一类标准，1 个站位沉积物硫化物含量符合海洋沉积物质量标准（GB18668-2002）二类标准，其余站硫化物的含量均符合一类标准；2 个站位铜含量符合海洋沉积物质量标准（GB18668-2002）二类标准，其余站铜含量均符合一类标准。

沉积物各项调查指标有机碳、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷和石油类均符合沉积物远期环境目标要求。1 个站位硫化物超出沉积物环境目标要求。

表 4.5-1 2023 年秋季沉积物质量调查结果
略

表 4.5-2 秋季沉积物质量单因子指数评价结果
略

4.6 海洋生物质量现状调查与评价

4.6.1 调查站位和时间

海洋生物质量调查站位有 13 个，见图 4.4-1 中 R4、R6、R7、R8、R9、R12、R13、R16、R17、R18、R19、R20、R21，点位坐标见表 4.4-1，调查时间为 2024 年春季（3 月 11 日~3 月 12 日）。

4.6.2 调查结果与评价

福建牡蛎和棘刺牡蛎中汞含量和石油烃含量符合海洋生物质量一类标准；铅、

镉、铬、砷含量符合海洋生物质量二类标准；锌含量符合海洋生物质量三类标准；铜含量超海洋生物质量三类标准。

表 4.6-1 春季海洋生物质量调查结果一览表
略

表 4.6-3 春季海洋生物质量调查结果评价指数 P_i 值表
略

4.7 海洋生态现状调查与评价

4.7.1 调查站位、时间项目及方法

海洋生态和渔业资源调查站位共 13 个，见图 4.4-1；潮间带调查断面 6 条，见图 4.7-1，坐标见表 4.7-1。

秋季航次调查时间为 2023 年 9 月 26 日~9 月 27 日，游泳生物调查时间为 2023 年 10 月 20 日~10 月 22 日，潮间带底栖生物调查时间为 2023 年 9 月 26 日~9 月 27 日。春季航次海洋生态大面站调查时间为 2024 年 3 月 12 日~3 月 13 日。游泳生物调查时间为 2024 年 3 月 22 日~3 月 24 日。潮间带底栖生物调查时间为 2024 年 4 月 28 日~4 月 29 日。

调查项目包括：叶绿素 a 含量（并估算初级生产力）、浮游植物、浮游动物、潮下带底栖生物、鱼卵仔鱼、游泳生物。

略

图 4.7-1 潮间带生物调查断面示意图

表 4.7-2 潮间带生物调查断面经纬度
略

4.7.2 叶绿素- a 和初级生产力

(1) 2023 年秋季

秋季调查海域表层叶绿素 a 浓度的平均值为 1.13 mg/m^3 ，变化范围介于 $0.25 \sim 2.52 \text{ mg/m}^3$ 之间；底层叶绿素 a 浓度的平均值为 1.04 mg/m^3 ，略低于表层，变化范围介于 $0.10 \sim 2.57 \text{ mg/m}^3$ 之间，表、底层叶绿素 a 的变化幅度较大；表层叶绿素 a 浓度高于 2.00 mg/m^3 以上的相对高值有 2 个，为调查海域最东部的 8 号站和同安湾内的 21 号站，叶绿素 a 浓度最高的是 8 号站，叶绿素 a 浓度高达

2.52 mg/m³；低于 0.50 mg/m³ 的叶绿素 *a* 相对低值有 2 个，为南安市东部近岸海域的 4 号站和大嶝岛北部近岸海域的 13 号站，叶绿素 *a* 浓度最低的 4 号站，叶绿素 *a* 浓度仅 0.25 mg/m³。底层叶绿素 *a* 浓度高于 2.00 mg/m³ 以上的相对高值站有 2 个，为 8 号站和同安湾内的 20 号站，其中 8 号站最高，其叶绿素 *a* 浓度高达 2.57 mg/m³；低于 0.25 mg/m³ 的叶绿素 *a* 相对低值站有 2 个，是位于调查海域最东部的 9 号站和大嶝岛北部近岸海域 13 号站，其中 9 号站最低，其叶绿素 *a* 浓度仅 0.10 mg/m³。

调查海域大部分站位的初级生产力浓度在 5.0~30.00 mgC/（m²·h）之间。平均值为 24.81 mgC/（m²·h），变化范围在 2.56~77.27 mgC/（m²·h）之间，变化幅度较大。高于 50.00 mgC/（m²·h）的相对高值站有 2 个，为 8 号站和 20 号站，其中 8 号站最高，其初级生产力数值高达 77.27 mgC/（m²·h）；低于 5.00mgC/（m²·h）的相对低值站有 2 个，为 4 号站和 13 号站，其中 4 号站最低，其初级生产力数值低至 2.56 mgC/（m²·h）。

（2）2024 年春季

春季调查海域表层叶绿素 *a* 浓度的平均值为 1.48 mg/m³，变化范围介于 0.58~4.62 mg/m³ 之间；底层叶绿素 *a* 浓度的平均值为 1.49 mg/m³，略高于表层，变化范围介于 0.49~4.71 mg/m³ 之间，表、底层叶绿素 *a* 的变化幅度较大；表层叶绿素 *a* 浓度高于 3.00 mg/m³ 以上的相对高值有 2 个，为南安市东北部近岸海域的 1 号站和调查海域最东部的 8 号站，叶绿素 *a* 浓度最高的是 8 号站，叶绿素 *a* 浓度高达 4.62 mg/m³；低于 0.70 mg/m³ 的表层叶绿素 *a* 相对低值有 2 个，为大嶝岛东北部较远岸海域的 7 号站和大嶝岛北部近岸海域的 13 号站，叶绿素 *a* 浓度最低的 13 号站，叶绿素 *a* 浓度仅 0.58 mg/m³。底层叶绿素 *a* 浓度高于 3.00 mg/m³ 以上的相对高值站有 2 个，与表层的一致，最高也是 8 号站，其叶绿素 *a* 浓度高达 4.71 mg/m³；低于 0.70 mg/m³ 的叶绿素 *a* 相对低值站有 2 个，是位于调查海域最东部的 9 号站和大嶝岛北部近岸海域 13 号站，其中 13 号站最低，其叶绿素 *a* 浓度仅 0.49 mg/m³。

调查海域大部分站位的初级生产力浓度在 5.0~25.00 mgC/（m²·h）之间。平均值为 23.25 mgC/（m²·h），变化范围在 3.21~89.70 mgC/（m²·h）之间，变化幅度较大。高于 80.00 mgC/（m²·h）的相对高值站仅有 1 个，为调查海域最东部的 8 号站，其初级生产力数值高达 89.70 mgC/（m²·h）；低于 10.00mgC/（m²·h）

的相对低值站有 3 个，为大嶝岛东北部较远岸海域的 7 号站、大嶝岛北部近岸海域的 13 号站和翔安区东南部较远岸海域的 16 号站，其中 13 号站最低，其初级生产力数值低至 $3.21 \text{ mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

4.7.3 浮游植物

(1) 2023 年秋季

1) 种类组成与分布

秋季航次调查共记录浮游植物 5 门 37 属 73 种（类），其中硅藻 28 属 62 种（类），甲藻 5 属 7 种，蓝藻 2 属 2 种，金藻 1 属 1 种，定鞭藻 1 属 1 种（附表 1）。该调查海域优势种主要有扭链角毛藻（*Chaetoceros tortissimus*）、具槽直链藻（*Melosira sulcata*）、菱形海线藻（*Thalassionema nitzschioides*）、条纹小环藻（*Cyclotella striata*）、尖刺拟菱形藻（*Pseudo-nitzschia pungens*）和圆海链藻（*Thalassiosira rotula*）。此外，细弱圆筛藻（*Coscinodiscus subtilis*）、碎片菱形藻（*Nitzschia frustulum*）和伽氏针杆藻（*Synedra gailionii*）也较为常见。

2) 丰度平面分布

调查海区浮游植物平均丰度较高，表、底层分别为 $158.00 \times 10^2 \text{ cells}/\text{dm}^3$ 和 $138.75 \times 10^2 \text{ cells}/\text{dm}^3$ ，表层浮游植物丰度高于底层。表层水体中最高值在调查海区的 17 号站，丰度达到 $330.00 \times 10^2 \text{ cells}/\text{dm}^3$ ，次高值在 8 号站，丰度值为 $244.00 \times 10^2 \text{ cells}/\text{dm}^3$ ，最低值在 13 号站，为 $66.00 \times 10^2 \text{ cells}/\text{dm}^3$ （图 3.1）。底层水体中最高值在调查海区的 18 号站，丰度达到 $206.00 \times 10^2 \text{ cells}/\text{dm}^3$ ，次高值在 21 号站，丰度值为 $204.00 \times 10^2 \text{ cells}/\text{dm}^3$ ，最低值在 9 号站，为 $80.00 \times 10^2 \text{ cells}/\text{dm}^3$ 。

3) 主要优势种的分布

调查海区主要优势种为具槽帕拉藻。表层，具槽直链藻平均丰度为 $26.00 \times 10^2 \text{ cells}/\text{dm}^3$ ，最高值出现在 17 号站，为 $176.00 \times 10^2 \text{ cells}/\text{dm}^3$ ，次高值出现在 18 号站，为 $48.00 \times 10^2 \text{ cells}/\text{dm}^3$ ，1、4、8、12、16、20 和 21 号站位未检出（图 3.3）；底层，具槽直链藻平均丰度为 $13.50 \times 10^2 \text{ cells}/\text{dm}^3$ ，最高值出现在 7 号站，为 $48.00 \times 10^2 \text{ cells}/\text{dm}^3$ ，次高值出现在 9 号站，为 $32.00 \times 10^2 \text{ cells}/\text{dm}^3$ ，6、17、18 和 20 号站位未检出。

4) 群落指标

2023 年 9 月（秋季）种类丰富度（ d ）、均匀度（ J' ）和多样性指数（ H' ）

分析如下（表 4.7-3）：

丰富度 (d): 调查海区表层和底层浮游植物丰富度分别为 1.12 和 1.26。总体上, 表层水体最高值出现在 6 号站, 最低值出现在 1 号站; 底层水体最高值出现在 6 号站, 最低值出现在 9 号站。

均匀度 (J'): 调查海区表层和底层浮游植物均匀度分别为 0.82 和 0.85。总体上, 表层水体最高值出现在 6 和 12 号站, 最低值出现在 17 号站; 底层水体最高值出现在 6 号站, 最低值出现在 7 号站。

多样性指数 (H'): 调查海区表层和底层浮游植物的多样性指数分别为 3.30 和 3.55。表层水体最高值出现在 6 号站, 最低值出现在 4 号站; 底层水体最高值出现在 6 号站, 最低值出现在 9 号站。

从以上分析可见, 调查海区浮游植物多样性指数均高于 2, 种间个体数量分配较均匀, 群落结构较稳定。

表 4.7-3 调查区浮游植物群落丰富度 (d)、均匀度 (J') 和多样性指数 (H') 分布略

(1) 2024 年春季

1) 种类组成与分布

春季航次调查共记录浮游植物 3 门 38 属 86 种 (类), 其中硅藻 33 属 79 种 (类), 甲藻 4 属 6 种, 金藻 1 属 1 种。该调查海域优势种主要有具槽直链藻 (*Melosira sulcata*)、优美旭氏藻 (*Schröderella delicatula*) 和中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*)。

2) 丰度平面分布

调查海区浮游植物平均丰度较高, 表、底层分别为 316.92×10^2 cells/ dm^3 和 78.33×10^2 cells/ dm^3 , 表层浮游植物丰度高于底层。表层水体中最高值在调查海区的 1 号站, 丰度达到 1966.00×10^2 cells/ dm^3 , 次高值在 17 号站, 丰度值为 544.00×10^2 cells/ dm^3 , 最低值在 21 号站, 为 20.00×10^2 cells/ dm^3 。底层水体中最高值在调查海区的 13 号站, 丰度达到 192.00×10^2 cells/ dm^3 , 次高值在 9 号站, 丰度值为 100.00×10^2 cells/ dm^3 , 最低值在 20 号站, 为 30.00×10^2 cells/ dm^3 。

3) 主要优势种的分布

监测海区各监测站位已鉴定到种的浮游植物, 取优势度 (Y) ≥ 0.02 的物种为优势种, 其中, 具槽直链藻为主要优势种。表层, 具槽直链藻平均丰度为 15.08×10^2

cells/ dm³，最高值出现在 1 号站，为 48.00×10²cells/ dm³，次高值出现在 8 号站，为 40.00×10² cells/ dm³，4、9、12、16、18 和 21 号站位未检出（图 3.7）；底层，具槽直链藻平均丰度为 17.00×10² cells/ dm³，最高值出现在 13 号站，为 36.00×10²cells/ dm³，次高值出现在 9 号站，为 24.00×10² cells/ dm³，20 号站位未检出。

4) 群落指标

2024 年 3 月（春季）种类丰富度 (*d*)、均匀度 (*J'*) 和多样性指数 (*H'*) 分析如下（表 4.7-4）：

丰富度 (*d*): 调查海区表层和底层浮游植物丰富度分别为 1.01 和 1.08。总体上，表层水体最高值出现在 7 号站，最低值出现在 18 号站；底层水体最高值出现在 13 号站，最低值出现在 18 号站。

均匀度 (*J'*)：调查海区表层和底层浮游植物均匀度分别为 0.76 和 0.88。总体上，表层水体最高值出现在 9 号站，最低值出现在 17 号站；底层水体最高值出现在 20 号站，最低值出现在 18 号站。

多样性指数 (*H'*)：调查海区表层和底层浮游植物的多样性指数分别为 2.87 和 3.31。表层水体最高值出现在 7 号站，最低值出现在 18 号站；底层水体最高值出现在 9 号站，最低值出现在 18 号站。

从以上分析可见，调查海区浮游植物多样性指数除 18 号站表层高于 1 外，其余各站位均高于 2，种间个体数量分配较均匀，群落结构较稳定。

表 4.7-4 调查区浮游植物群落丰富度 (*d*)、均匀度 (*J'*) 和多样性指数 (*H'*) 分布略

4.7.4 浮游动物

(1) 2023 年秋季

1) 种类组成

秋季航次调查共记录浮游动物 59 种，其中以桡足类 40 种（占比 67.80%）最高，毛颚类 5 种次之（占比 8.47%），水母类 4 种位居第三位（占比 6.78%），其余类别物种数量很少，分别为樱虾类 3 种，等足类和介形类各 2 种，被囊类、磷虾类和糠虾类各 1 种，所占比例都很小。此外，本次调查还记录了麦秆虫、钩虾和 10 类阶段性浮游幼虫。

2) 个体密度及分布

调查海域浮游动物总个体数均值为 44.66 ind/m^3 ，在丰度百分比中，以桡足类（占比 41.39 %）占主要优势，阶段性浮游幼虫次之（占比 24.19 %），毛颚类第三（占比 18.66 %），此外，钩虾类和樱虾类所占比例也较高，其余类别比例很小。

3) 生物量及分布

浮游动物总生物量均值 56.64 mg/m^3 ，区间波动范围为 $23.33 \sim 109.00 \text{ mg/m}^3$ ，高值区主要集中在西南部站位，而东南部站位生物量较低，最高值和最低值分别出现在西南部 18 号站和东北部 4 号站。

4) 主要优势种

优势度 (Y) 大于 0.02 的浮游动物有 11 种，其中美丽箭虫明显高于其他优势种，各站位平均个体数为 4.07 ind/m^3 。此外，针刺拟哲水蚤、肥胖箭虫和太平洋纺锤水蚤也占较大优势。在平面分布上，美丽箭虫最高值出现在中部的 6 号站，达 7.00 ind/m^3 ，最低值出现在中部的 17 号站，针刺拟哲水蚤和肥胖箭虫最高值均出现在东南部 9 号站（最高值分别为 12.38 ind/m^3 和 8.85 ind/m^3 ），而太平洋纺锤水蚤在最北 1 号站达到最高值（ 5.00 ind/m^3 ）。

5) 多样性指数

浮游动物物种多样性指数 H' ($3.11 \sim 4.46$) 和均匀度 J' ($0.74 \sim 0.96$) 的均值分别为 3.85 和 0.87。调查海域东部 8 号站多样性指数最低，这与该水域物种数最低密切相关；而在调查海域西北部 21 号站 H' 值最高，这主要得益于该站位全区最高的均匀度。

(2) 2024 年春季

1) 种类组成

春季航次调查共记录浮游动物 38 种，其中以桡足类 23 种（占比 60.53 %）最高，水母类 4 种次之（占比 10.53 %），毛颚类 3 种位居第三位（占比 7.89 %），其余类别物种数量很少，分别为樱虾类、被囊类和介形类各 2 种，磷虾类和栉板动物各 1 种，所占比例都很小此外，本次调查还记录了原生动物夜光虫、钩虾和 11 类阶段性浮游幼虫。

2) 总个体数及分布

调查海域浮游动物总个体数均值为 199.47 ind/m^3 ，在丰度百分比中，以桡足

类（占比 77.18%）占主要优势，阶段性浮游幼虫次之（占比 12.47%），被囊类第三（占比 5.20%），此外，水母类所占比例也较高，其余类别比例很小（见图 4.3）。

3) 生物量及分布

浮游动物总生物量均值 79.51 mg/m^3 ，区间波动范围为 $30.00 \sim 113.33 \text{ mg/m}^3$ ，高值区主要集中在中部站位，而西南部站位生物量较低，最高值和最低值分别出现在东北部 4 号站和西北部 21 号站。

4) 主要优势种

在已记录到种的浮游动物中，优势度 (Y) 大于 0.02 的有 6 种，其中中华哲水蚤优势度最高，各站位平均个体数为 11.33 ind/m^3 。此外，太平洋纺锤水蚤和瘦尾胸刺水蚤也占较大优势。在平面分布上，中华哲水蚤在整个海区均有出现，最高值出现在中部的 12 号站，达 29.17 ind/m^3 ，最低值出现在西部的 20 号站，太平洋纺锤水蚤和瘦尾胸刺水蚤最高值分别出现在中部 17 号站和 16 号站（最高值分别为 64.17 ind/m^3 和 21.67 ind/m^3 ）。

5) 多样性指数

浮游动物物种多样性指数 H' ($2.22 \sim 3.99$) 和均匀度 J' ($0.55 \sim 0.89$) 的均值分别为 3.14 和 0.75。调查海域东南部 9 号站多样性指数最低，这与该水域均匀度最低密切相关；而在调查海域中部 6 号站 H' 值最高，这主要得益于该站位全区次高的均匀度和物种数。

4.7.5 潮下带底栖生物

(1) 2023 年秋季

1) 种类组成

本次调查共鉴定记录潮下带底栖生物 128 种，隶属于 9 门 74 科。其中以环节动物最多，为 68 种，占总种数的 53.1%，节肢动物和软体动物次之，分别有 32 种和 17 种，各占 25.0% 和 13.3%，棘皮动物和其他动物物种数均较少，分别为 4 种和 7 种，所占比例低。综上分析，秋季该海域大型底栖生物组成以环节动物、软体动物和节肢动物为主要类群，三者合占总种数 91.4%。

秋季，各调查站位的物种数介于 4~41 种之间，平均每站有大型底栖生物 16 种。绝大多数站位的物种数位于 0~10 种和 20~30 种两个区间内，位于靠近同安

湾口的 R20 站, 有 41 种。从物种数平面分布图看, 大嶝岛西南侧至同安湾口一带为高值区, 小嶝岛东侧海域有另一相对高值区。环节动物在各站均有分布, 平均每站约 9 种, 各站的环节动物种数介于 1~22 种之间; 软体动物在多数站位有分布, 平均每站约 2 种, 各站的软体动物物种数介于 0~5 种之间; 节肢动物在绝大多数站位有分布, 平均每站约 4 种, 各站的节肢动物物种数介于 0~10 种之间; 棘皮动物和其他动物出现站次少且物种少, 前者物种数介于 0~3 种之间, 后者于 0~4 种之间。

2) 栖息密度与组成

秋季, 大型底栖生物的平均密度为 184 ind/m²。其中, 环节动物和节肢动物位列前两位, 平均密度分别为 109 ind/m² 和 48 ind/m², 各占总密度的 59.3% 和 26.3%。其次是软体动物, 平均密度为 13 ind/m², 占 7.3%。棘皮动物和其它动物的平均密度较低, 分别为 8 ind/m² 和 5 ind/m²。

各站栖息密度介于 25~450 ind/m², 多数站位的栖息密度落在 0~100 ind/m² 和 300~500 ind/m² 两个区间内, 同安湾口附近的 R20 站密度最高, 为 450 ind/m², 小嶝岛南面的 R13 站最低, 为 25 ind/m²。从密度平面分布图看 (图 5.4), 大嶝岛西南侧至同安湾口一带为相对高值区, 各站密度都在 300 ind/m² 以上。在各采样站位中, 环节动物栖息密度高低值相差大, 介于 5~240 ind/m² 之间, 其中 3 个站位密度超过 200 ind/m²。软体动物各站密度介于 0~55 ind/m² 之间, R9 站栖息密度最高。节肢动物密度介于 0~130 ind/m² 之间, R18 站最高。各站棘皮动物密度介于 0~70 ind/m², R20 站最高; 其他动物密度介于 0~35 ind/m², 同样 R20 站最高。

3) 生物组成与分布

秋季, 调查海域大型底栖生物的平均总生物量为 13.96 g/m², 平均生物量以节肢动物位居首位, 生物量为 4.83 g/m², 占总生物量的 34.6%, 其他动物和环节动物位列其后, 生物量分别为 3.69 g/m² 和 3.36 g/m², 各占总生物量 26.4% 和 24.1%; 棘皮动物平均生物量为 1.60 g/m², 占 11.5%; 软体动物平均生物量为 0.48 g/m², 占 3.40%。

各站生物量分布差异比较大, 介于 0.20~91.55 g/m² 之间, 近一半站位的生物量介于 1~25.0 g/m² 之间。海区有 1 个站位的生物量超过 50 g/m², 该站位于靠近同安湾口处, 另有 3 个站位生物量低于 1 g/m², 这几个站位分散在安海湾和围头

湾。从生物量平面分布图看,大嶝岛西南侧至同安湾口一带为生物量相对高值区,小嶝岛和围头湾海域生物量较低。各站的环节动物生物量介于 0.15~14.65 g/m² 之间, R20 站最高;各站的软体动物生物量介于 0~2.4 g/m² 之间,普遍不高;各站的节肢动物生物量介于 0~17.35 g/m² 之间, R4 站最高;各站的棘皮动物生物量介于 0~17.95 g/m² 之间,其他动物生物量介于 0~43.0 g/m² 之间。

4) 多样性指数

秋季,大型底栖生物 Shannon-wiener 物种多样性指数 H' 的平均值为 3.270, 介于 1.922~4.726 之间, H' 值高于 3.00 的站位有 7 个; Pielou 物种均匀度指数 J' 的平均值为 0.910, 介于 0.839~0.980 之间,有 7 个站 J' 值超过 0.9; Margalef 种类丰度指数 d 的平均值为 2.838, 介于 0.851~6.547 之间; Simpson 优势度指数 D 的平均值为 0.147, 介于 0.057~0.289 之间, R4 站的优势度指数最高为 0.289。总体上,秋季大型底栖生物多样性高,种间个体分配均匀。

(2) 2024 年春季

1) 种类组成

本次调查共鉴定记录潮下带底栖生物 129 种,隶属于 8 门 74 科。其中以环节动物最多,为 65 种,占总种数的 50.4%,节肢动物和软体动物次之,分别有 27 种和 21 种,各占 20.9%和 16.3%,棘皮动物和其他动物物种数相对较少,分别为 6 种和 10 种,占比分别为 4.7%和 7.8%。综上分析,春季该海域大型底栖生物组成以环节动物、软体动物和节肢动物为主要类群,三者合占总种数 87.6%。

春季,各调查站位的物种数介于 2~51 种之间,平均每站有大型底栖生物 17 种。绝大多数站位的物种数位于 0~20 种区间内,位于大嶝岛西南部、靠近同安湾口的 R17 站,有 51 种。从物种数平面分布图看,大嶝岛西南侧至同安湾口一带为高值区,小嶝岛东侧海域有另一相对高值区。环节动物在各站均有分布,平均每站约 9 种,各站的环节动物种数介于 1~36 种之间;软体动物在多数站位有分布,平均每站约 2 种,各站的软体动物物种数介于 0~4 种之间;节肢动物在绝大多数站位有分布,平均每站约 4 种,各站的节肢动物物种数介于 0~10 种之间;棘皮动物和其他动物出现站次少且物种少,前者物种数介于 0~4 种之间,后者于 0~3 种之间。

2) 栖息密度组成与分布

春季,大型底栖生物的平均密度为 400 ind/m²。其中,软体动物平均密度居

首位，密度为 174 ind/m²，占总密度的 43.6%；节肢动物和环节动物位列其后，平均密度分别为 101 ind/m² 和 98 ind/m²，各占总密度的 25.3% 和 24.5%；棘皮动物和其它动物的平均密度相对较低，分别为 15 ind/m² 和 11 ind/m²。

各站的栖息密度介于 20~2030 ind/m²，多数站位的栖息密度落在 0~100 ind/m² 和 500~2031 ind/m² 两个区间内，同安湾内的 R21 站密度最高，为 2030 ind/m²，围头湾东南面的 R9 站最低，为 20 ind/m²。从密度平面分布看，调查海区密度呈现东低西高，大嶝岛西南部和同安湾内多个站位的密度都在 500 ind/m² 以上。在各采样站位中，环节动物栖息密度高低值相差大，介于 5~540 ind/m² 之间，其中 1 个站位密度超过 200 ind/m²。软体动物各站密度介于 0~2000 ind/m² 之间，R21 站栖息密度最高。节肢动物密度介于 0~550 ind/m² 之间，R16 站最高。各站棘皮动物密度介于 0~110 ind/m²，R20 站最高；其他动物密度介于 0~105 ind/m²，同样 R20 站最高。

2) 生物量组成与分布

春季，调查海域大型底栖生物的平均总生物量为 38.82 g/m²，平均生物量以软体动物位居首位，生物量为 13.40 g/m²，占总生物量的 34.5%，其他动物位列第二，生物量为 12.14 g/m²，占总生物量的 31.3%；节肢动物生物量为 6.08 g/m²，占总生物量的 15.7%；环节动物平均生物量为 5.93 g/m²，占 15.3%；棘皮动物平均生物量为 1.26 g/m²，占 3.30%。

各站生物量分布差异比较大，介于 0.10~252.45 g/m² 之间，近一半站位的生物量低于 10.0 g/m² 之间。海区有 2 个站位的生物量超过 50 g/m²，都位于同安湾内。从生物量平面分布图看，调查海域生物量东低西高，小嶝岛东部和围头湾各个站位的生物量普遍较低。各站的环节动物生物量介于 0.05~19.95 g/m² 之间，R17 站最高；各站的软体动物生物量介于 0~143.42 g/m² 之间，R21 站最高；各站的节肢动物生物量介于 0~20.0 g/m² 之间，R7 站最高；各站的棘皮动物生物量介于 0~9.75 g/m² 之间，其他动物生物量介于 0~106.35 g/m² 之间。

4) 多样性指数

春季，大型底栖生物 Shannon-wiener 物种多样性指数 H' 的平均值为 3.012，介于 0.138~4.696 之间， H' 值高于 3.00 的站位有 8 个；Pielou 物种均匀度指数 J' 的平均值为 0.811，介于 0.059~0.987 之间，有 4 个站 J' 值超过 0.9；Margalef 种类丰度指数 d 的平均值为 2.856，介于 0.334~7.298 之间；Simpson 优势度指数 D

的平均值为 0.243，介于 0.059~0.971 之间，R21 站的优势度指数最高为 0.971。总体上，除个别站位（如 R12 和 R21）外，多数站位大型底栖生物多样性高，种间个体分配均匀。

4.7.6 潮间带底栖生物

(1) 2023 年秋季

1) 种类组成与分布

秋季航次调查共采获潮间带生物 93 种。潮间带生物包括环节动物 39 种，占总物种数的 41.94%；节肢动物 26 种，占总物种数的 27.96%；软体动物 22 种，占总物种数的 23.66%；其他动物和棘皮动物各占总物种数的 4.30%和 2.15%。

调查区域 6 条断面：RX1 断面潮间带底栖生物 19 种，RX2 断面潮间带底栖生物 21 种，RX3 断面潮间带底栖生物 38 种，RX4 断面潮间带底栖生物 21 种，RX5 断面潮间带底栖生物 17 种，RX6 断面潮间带底栖生物 22 种。RX5 断面物种数垂直分布特征基本为低潮区 > 中潮区 > 高潮区，其余 5 条断面物种数垂直分布特征基本为中潮区 > 低潮区 > 高潮区。

2) 栖息密度组成与分布

秋季航次调查，潮间带生物平均栖息密度为 411 ind./m²，不同生物类群中以软体动物的平均栖息密度最高（356 ind./m²），占总密度的 86.62%，其中以凸壳肌蛤（*Musculista senhousia*）占主要优势；环节动物次之（31 ind./m²），占总密度的 7.65%；节肢动物平均栖息密度为 21 ind./m²，占总密度的 5.10%；其他动物平均栖息密度为 2 ind./m²，占总密度的 0.40%；其他动物平均栖息密度最少，为 1 ind./m²。

RX1 断面潮间带生物平均栖息密度为 58 ind./m²，RX2 断面潮间带生物平均栖息密度为 726 ind./m²，RX3 断面潮间带生物平均栖息密度为 52 ind./m²，RX4 断面潮间带生物平均栖息密度为 63 ind./m²，RX5 断面潮间带生物平均栖息密度为 78 ind./m²，RX6 断面潮间带生物平均栖息密度为 1488 ind./m²。RX1 和 RX3 断面潮间带生物平均栖息密度垂直分布特征以中潮区 > 低潮区 > 高潮区，RX2、RX5 和 RX6 断面潮间带生物平均栖息密度垂直分布特征以低潮区 > 中潮区 > 高潮区，RX4 断面潮间带生物平均栖息密度垂直分布特征以中潮区 > 高潮区 > 低潮区。

3) 生物量组成与分布

秋季航次调查, 潮间带生物平均生物量为 189.28 g/m^2 。不同生物类群中以软体动物的平均生物量最高 (184.36 g/m^2), 占总平均生物量的 97.40% , 其中以凸壳肌蛤占主要优势; 节肢动物次之 (3.66 g/m^2), 占总平均生物量的 1.93% ; 环节动物的平均生物量为 1.04 g/m^2 , 占总平均生物量的 0.55% ; 其他动物和棘皮动物的平均生物量分别为 0.21 g/m^2 和 0.01 g/m^2 。

RX1 断面潮间带生物平均生物量为 3.43 g/m^2 , RX2 断面潮间带生物平均生物量为 363.28 g/m^2 , RX3 断面潮间带生物平均生物量为 5.33 g/m^2 , RX4 断面潮间带生物平均生物量为 5.92 g/m^2 , RX5 断面潮间带生物平均生物量为 10.26 g/m^2 , RX6 断面潮间带生物平均生物量为 748.28 g/m^2 。RX1、RX3 和 RX5 断面潮间带生物平均生物量的垂直分布特征以中潮区 $>$ 低潮区 $>$ 高潮区, RX2 和 RX6 断面潮间带生物平均生物量的垂直分布特征以低潮区 $>$ 中潮区 $>$ 高潮区, RX4 断面潮间带生物平均生物量的垂直分布特征以中潮区 $>$ 高潮区 $>$ 低潮区。

4) 多样性指数

秋季航次调查, 各断面潮间带生物多样性指数见表 6.2, 潮间带生物丰度指数 (d) 均值为 4.70 , 其中 RX3 断面潮间带生物的丰度指数最高, 为 9.36 , RX6 断面潮间带生物的丰度指数最低, 为 2.88 ; 潮间带生物 Pielous 物种均匀度指数 (J') 均值为 0.62 , 其中 RX3 断面潮间带生物 Pielous 物种均匀度指数最高, 为 0.88 , RX6 断面潮间带生物 Pielous 物种均匀度指数最低, 为 0.15 ; 潮间带生物多样性指数 (H') 均值为 2.78 , 其中 RX3 断面潮间带生物多样性指数最高, 为 4.60 , RX6 断面潮间带生物多样性指数最低, 为 0.69 ; 潮间带生物 Simpson 优势度 (D) 均值为 0.31 , RX6 断面潮间带生物 Simpson 优势度最高, 为 0.84 , RX3 断面潮间带生物 Simpson 优势度最低, 为 0.04 。

(2) 2024 年春季

1) 种类组成与分布

春季航次调查共采获潮间带生物 106 种。潮间带生物包括环节动物 36 种, 占总物种数的 33.96% ; 节肢动物 33 种, 占总物种数的 31.13% ; 软体动物 28 种, 占总物种数的 26.42% ; 其他动物、藻类和棘皮动物各占总物种数的 5.66% 、 1.89% 和 0.94% 。

调查区域 6 条断面: RX1 断面潮间带底栖生物 10 种, RX2 断面潮间带底栖

生物 26 种, RX3 断面潮间带底栖生物 46 种, RX4 断面潮间带底栖生物 21 种, RX5 断面潮间带底栖生物 26 种, RX6 断面潮间带底栖生物 34 种。6 条断面物种数垂直分布特征基本为中潮区>低潮区>高潮区。

2) 栖息密度组成与分布

春季航次调查, 潮间带生物平均栖息密度为 221 ind./m², 不同生物类群中以软体动物的平均栖息密度最高 (101 ind./m²), 占总密度的 45.65%, 其中以绿螂占主要优势; 环节动物次之 (35 ind./m²), 占总密度的 15.90%; 节肢动物平均栖息密度为 83 ind./m², 占总密度的 37.71%; 其他动物平均栖息密度为 2 ind./m², 占总密度的 0.70%; 鸡皮动物平均栖息密度最少, 为 4 ind./10 m²。

RX1 断面潮间带生物平均栖息密度为 244 ind./m², RX2 断面潮间带生物平均栖息密度为 362 ind./m²; RX3 断面潮间带生物平均栖息密度为 144 ind./m², 其中棘皮动物的栖息密度为 4 ind./10 m²; RX4 断面潮间带生物平均栖息密度为 87 ind./m²; RX5 断面潮间带生物平均栖息密度为 225 ind./m²; RX6 断面潮间带生物平均栖息密度为 262 ind./m²。RX1、RX2、RX3 和 RX4 断面潮间带生物平均栖息密度垂直分布特征以低潮区>中潮区>高潮区, RX5 和 RX6 断面潮间带生物平均栖息密度垂直分布特征以中潮区>低潮区>高潮区。

3) 生物量组成与分布

春季, 潮间带生物平均生物量为 32.12 g/m²。不同生物类群中以软体动物的平均生物量最高 (24.31 g/m²), 占总平均生物量的 75.69%, 其中以凸壳肌蛤占主要优势; 节肢动物次之 (4.43 g/m²), 占总平均生物量的 13.77%; 环节动物的平均生物量为 1.78 g/m², 占总平均生物量的 5.53%; 其他动物的平均生物量为 0.94 g/m², 占总平均生物量的 2.92%; 藻类和鸡皮动物分别占总平均生物量的 2.08%和 0.002%。

RX1 断面潮间带生物平均生物量为 9.16 g/m², RX2 断面潮间带生物平均生物量为 64.31 g/m², RX3 断面潮间带生物平均生物量为 10.51 g/m², RX4 断面潮间带生物平均生物量为 16.75 g/m², RX5 断面潮间带生物平均生物量为 14.00 g/m², RX6 断面潮间带生物平均生物量为 78.03 g/m²。RX1 和 RX4 断面潮间带生物平均生物量的垂直分布特征以中潮区>低潮区>高潮区, RX2 和 RX3 断面潮间带生物平均生物量的垂直分布特征以低潮区>中潮区>高潮区, RX5 和 RX6 断面潮间带生物平均生物量的垂直分布特征以中潮区>高潮区>低潮区。

4) 多样性指数

2024年春季, 潮间带生物丰度指数 (d) 均值为 4.99, 其中 RX3 断面潮间带生物的丰度指数最高, 为 9.05, RX1 断面潮间带生物的丰度指数最低, 为 1.64; 潮间带生物 Pielous 物种均匀度指数 (J') 均值为 0.64, 其中 RX4 断面潮间带生物 Pielous 物种均匀度指数最高, 为 0.81, RX2 断面潮间带生物 Pielous 物种均匀度指数最低, 为 0.43; 潮间带生物多样性指数 (H') 均值为 3.00, 其中 RX3 断面潮间带生物多样性指数最高, 为 4.37, RX1 断面潮间带生物多样性指数最低, 为 1.53; 潮间带生物 Simpson 优势度 (D) 均值为 0.25, RX1 断面潮间带生物 Simpson 优势度最高, 为 0.55, RX3 和 RX4 断面潮间带生物 Simpson 优势度最低, 均为 0.09。

4.7.7 鱼卵、仔稚鱼

(1) 2023 年秋季

1) 种类组成

秋季航次调查, 共出现鱼类浮游生物 14 科 14 属 20 种 (含未定种), 其中鱼卵为 8 种 (含未定种), 仔稚鱼 13 种 (含未定种)。种类上, 以鯧科种类最多为 4 种, 其它各科仅记录 1~2 种。

2) 数量与分布

秋季航次调查, 鱼卵和仔稚鱼平均数量分别为 $16.0 \text{ ind}/100\text{m}^3$ 和 $2.7 \text{ ind}/100\text{m}^3$ 。数量上, 鱼卵以鯧最占优势 (约占鱼卵总量的 56%)、其次为真鲷 (38%)。仔稚鱼则鰕虎鱼居首位, 约占仔稚鱼总量的 46%、美肩鳃鲷占 39% 居二, 日本鯧 (3%); 其它类别所占份额较少。

分布上, 鱼卵 ($0\sim 144.2 \text{ ind}/100\text{m}^3$) 密集区 ($>100 \text{ ind}/100\text{m}^3$) 位于调查海域西北部 (21 号站) 同安湾水域, 这一密集区的形成主要是鯧和真鲷鱼卵大量出现所致, 其它水域数量明显较低。仔稚鱼 ($0\sim 10.2 \text{ ind}/100\text{m}^3$) 全区数量低, 仅调查海域东北部内湾水域密度较高大于 $10 \text{ ind}/100\text{m}^3$, 调查区其它水域数量较低或未见分布。

(2) 2024 年春季

1) 种类组成

春季航次调查, 共记录鱼类浮游生物 14 科 16 属 21 种 (含未定种), 其中

鱼卵为 9 种（含未定种），仔稚鱼 18 种（含未定种）。种类上，以鲢科种类最多为 4 种，其它各科仅记录 1~2 种。

2) 数量与分布

春季航次调查，鱼卵平均数量为 260.0 ind/100m³，仔稚鱼平均为 31.5 ind/100m³。数量上，鱼卵以斑鲮占绝对优势，约占鱼卵总量的 99%，其它类别所占份额极少。

分布上，鱼卵（2.4~1217.3 ind/100m³）主要分布在调查区西南部水域，并以 17 号站最为密集（>1000 ind/100m³）。同安湾和调查区东北部内湾水域及东南部水域数量明显较低。仔稚鱼（0.7~154.1 ind/100m³）遍及全区，并在调查区东北部内湾（1、4 号站）水域形成数量大于 100 ind/100m³，密集区，调查区其它水域数量明显较低。

3) 主要种类的分布特征

本季调查区最占优势的种类是斑鲮鱼卵和鲢科仔稚鱼，它们平均数量分别为 256.6 ind/100m³ 和 21.2 ind/100m³。分布上，斑鲮鱼卵(2.4~1199.7 ind/100m³)密集区 (>1000 ind/100m³) 位于调查区西南部（17 号站）水域（图 7.7）。鲢科仔稚鱼（0~152.0 ind/100m³）密集区 (>10 ind/100m³) 出现在调查区东北部内湾（1 和 4 号站）水域。

4.7.8 游泳生物

(1) 2023 年秋季

1) 种类组成及平面分布

2023 年 10 月拖网调查鉴定游泳动物 91 种，其中鱼类 45 种，占拖网总种数的 49.45%，虾类 11 种，占 12.09%，蟹类 24 种，占 26.37%，虾蛄类 4 种，占 4.40%，头足类 7 种，占 7.69%。从种类数平面分布上来看，各站位出现种类数在 18~34 之间，8 号站最多，平均每站出现约 27.8 种。

2) 渔获物（重量、尾数）分类群组成

秋季调查渔获物中鱼类、虾类、蟹类、虾蛄类、头足类重量分类群百分比分别占 64.73%、6.10%、13.40%、4.68%和 11.10%，尾数分类群百分比分别为 42.21%、26.68%、19.36%、8.31%和 3.45%。

3) 资源密度（重量、尾数）及平面分布

秋季调查海域渔业资源重量和尾数密度分别为 313.70 kg/ km² 和 22055ind./ km²。其中, 鱼类为 203.05kg/ km²、9308 ind./ km², 虾类为 19.13 kg/ km²、5884 ind./ km², 蟹类 42.05kg/ km²、4269ind./ km², 虾蛄类为 14.67 kg/ km²、1832 ind./ km², 头足类为 34.81kg/ km²、761ind./ km²。在本次调查中, 调查海域渔获物总重量密度与总尾数密度分布在各站位间差异较大, 重量密度和尾数密度最大值均出现在 1 号站, 为 518.54kg/ km² 和 47516 ind./ km², 主要种类是孔虾虎鱼, 渔获率为 2.42kg/ h、183ind./h; 重量和密度最小值出现在 17 号站, 为 42.64kg/ km² 和 4860ind./ km²。

4) 优势种

依据 *IRI* 值划分优势度的标准, 秋季调查中共有优势种 5 种, 重要种 16 种, 常见种 27 种, 一般种 25 种, 少见种 19 种。其中鱼类有优势种 2 种, 为皮氏叫姑鱼和孔虾虎鱼, 重要种 6 种, 常见种 18 种, 一般种和少见种 19 种; 虾类有优势种 1 种, 为哈氏仿对虾, 重要种 3 种, 常见种 2 种, 少见种 6 种; 蟹类有优势种 1 种, 为矛形梭子蟹, 重要种 4 种, 常见种 3 种, 一般种和少见种 16 种; 虾蛄类有优势种 1 种, 为口虾蛄, 重要种 1 种, 一般种 2 种; 头足类有重要种 2 种, 常见种 4 种, 一般种 1 种。

表 4.7-5 各类群渔获物主要种类及其相对重要性指数
略

5) 渔获物幼体比例

秋季调查调查海域渔获物总体幼体尾数和重量比例分别为 22.20%和 10.13%, 其中鱼类、虾类、蟹类、虾蛄类和头足类的平均尾数幼体比例分别为 24.79%、7.84%、36.76%、24.69%、13.94%, 重量幼体比例分别为 11.11%、2.88%、13.57%、9.87%、4.40%。

根据渔获物分析结果, 秋季航次调查游泳动物成体资源密度为 281.92 kg/km², 17158ind./km², 幼体资源密度为 31.79 kg/km², 4896ind./km²; 其中鱼类成体资源密度为 180.50 kg/km², 7001ind./km², 幼体资源密度为 22.55 kg/km², 2307ind./km²; 虾类成体资源密度为 18.58 kg/km², 5423 ind./km², 幼体资源密度为 0.55kg/km², 461ind./km²; 蟹类成体资源密度为 36.34 kg/km², 2700ind./km², 幼体资源密度为 5.71kg/km², 1569ind./km²; 虾蛄类成体资源密度为 13.22kg/km², 1380ind./km²,

幼体资源密度为 1.45kg/km², 452ind./km²; 头足类成体资源密度为 33.28kg/km², 655ind./km², 幼体资源密度为 1.53kg/km², 106ind./km²。

6) 物种多样性分析

秋季渔获物重量多样性指数 (H') 均值为 2.57 (2.02~2.91), 丰富度指数 (D) 均值为 3.17 (2.12~3.87), 均匀度指数 (J) 为 0.78 (0.61~0.90); 尾数多样性指数 (H') 均值为 2.62 (2.00~2.88), 丰富度指数 (D) 均值为 4.63 (3.58~5.38), 均匀度指数 (J) 为 0.80 (0.60~0.93)。

(2) 2024 年春季

1) 种类组成及平面分布

2024 年 3 月拖网调查鉴定游泳动物 87 种, 其中鱼类 53 种, 占拖网总种数的 60.92%, 虾类 8 种, 占 9.20%, 蟹类 16 种, 占 18.39%, 虾蛄类 2 种, 占 2.30%, 头足类 8 种, 占 9.20%。从种类数平面分布上来看, 各站位出现种类数在 12~31 之间, 9 号站最多, 平均每站出现约 19.4 种。

2) 渔获物 (重量、尾数) 分类群组成

春季调查渔获物中鱼类、虾类、蟹类、虾蛄类、头足类重量分类群百分比分别占 79.22%、3.34%、4.70%、0.29%和 12.45%, 尾数分类群百分比分别为 56.60%、14.61%、23.86%、0.88%和 4.05%。

3) 资源密度 (重量、尾数) 及平面分布

春季调查海域渔业资源重量和尾数密度分别为 307.52 kg/ km² 和 10485ind./ km²。其中, 鱼类为 243.61kg/ km²、5935 ind./ km², 虾类为 10.27 kg/ km²、1532 ind./ km², 蟹类 14.44kg/ km²、2501ind./ km², 虾蛄类为 0.90 kg/ km²、92 ind./ km², 头足类为 38.30kg/ km²、425ind./ km²。在本次调查中, 调查海域渔获物总重量密度与总尾数密度分布在各站位间差异较大, 重量密度和尾数密度最大值均出现在 16 号站, 为 1034.22kg/ km² 和 28558 ind./ km², 主要种类是皮氏叫姑鱼, 渔获率为 9.60kg/ h、276ind./h; 重量和密度最小值分别出现在 12 号站和 13 号站, 分别为 76.40kg/ km² 和 2760ind./ km²。

4) 优势种

依据 IRI 值划分优势度的标准, 春季调查中无优势种出现, 重要种有 15 种, 常见种 27 种, 一般种 30 种, 少见种 16 种。其中鱼类有重要种 10 种, 常见种 16 种, 一般种 20 种和少见种 8 种; 虾类有重要种 1 种, 常见种 2 种, 一般种 2

种，少见种 3 种；蟹类有重要种 3 种，常见种 4 种，一般种 5 种和少见种 4 种；虾蛄类有常见种 1 种，一般种 1 种；头足类有重要种 1 种，常见种 4 种，一般种 2 种和少见种 1 种。

表 4.7-6 各类群渔获物主要种类及其相对重要性指数
略

5) 渔获物幼体比例

春季调查调查海域渔获物总体幼体尾数和重量比例分别为 32.79%和 12.4%，其中鱼类、虾类、蟹类、虾蛄类和头足类的平均尾数幼体比例分别为 31.73%、10.54%、52.40%、20.00%、15.22%，重量幼体比例分别为 13.04%、1.45%、28.63%、7.88%、2.38%。

根据渔获物分析结果，春季航次调查游泳动物成体资源密度为 270.49 kg/km²，7047ind./km²，幼体资源密度为 37.03 kg/km²，3438ind./km²；其中鱼类成体资源密度为 211.84 kg/km²，4052ind./km²，幼体资源密度为 31.77 kg/km²，1883ind./km²；虾类成体资源密度为 10.12 kg/km²，1370 ind./km²，幼体资源密度为 0.15kg/km²，162ind./km²；蟹类成体资源密度为 10.31 kg/km²，1191ind./km²，幼体资源密度为 4.13kg/km²，1310ind./km²；虾蛄类成体资源密度为 0.83kg/km²，74ind./km²，幼体资源密度为 0.07kg/km²，18ind./km²；头足类成体资源密度为 37.39kg/km²，360ind./km²，幼体资源密度为 0.91kg/km²，65ind./km²。

6) 多样性指数

春季渔获物重量多样性指数 (H') 均值为 1.77 (1.18~2.51)，丰富度指数 (D) 均值为 2.22 (1.30~3.53)，均匀度指数 (J) 为 0.60 (0.45~0.83)；尾数多样性指数 (H') 均值为 2.29 (1.43~2.89)，丰富度指数 (D) 均值为 3.71 (2.73~5.22)，均匀度指数 (J) 为 0.78 (0.56~0.92)。

4.8 环境空气质量现状调查与评价

根据《2024 年厦门市生态环境质量公报》，2023 年全市环境空气质量综合指数在全国 168 个重点城市中排名第 3，优良率 99.5%，六项主要污染物浓度均优于国家环境空气质量二级标准。

全市国控评价点位六项主要污染物年均浓度分别为：二氧化硫(SO₂)2μg/m³、

二氧化氮（NO₂）17μg/m³、可吸入颗粒物（PM₁₀）32μg/m³、细颗粒物（PM_{2.5}）19μg/m³、一氧化碳（CO）0.7mg/m³、臭氧（O₃）114μg/m³。按照《环境空气质量标准》（GB3095-2026）评价，SO₂、NO₂、CO、PM₁₀年均浓度符合一级标准；PM_{2.5}、O₃年均浓度符合二级标准。项目所在区域为达标区。

4.9 声环境质量现状调查与评价

（1）监测点位

为了解工程区附近声环境现状，评价单位（监测资质见附件）于2024年11月26日对评价范围内的昼间和夜间声环境现状进行了监测，监测报告见附件3，监测站位见图4.9-1。

略

图 4.9-1 声环境现状监测站位图

（2）监测项目

连续等效 A 声级 Leq。

（3）监测频次

监测一天，昼、夜各一次，共两次。

（4）监测方法

选择昼间（06：00～22：00）和夜间（22：00～06：00）有代表性的时段分别用积分声级计连续测量10min的等效连续A声级，用以代表昼间和夜间的声环境水平；测量同时记录噪声主要来源（如社会生活噪声、码头作业噪声等）。

按照《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）、《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的有关规定，监测期间天气良好，无雨、风速小于5m/s；一般户外传声器设置在距离任何反射物（地面除外）至少3.5m外，高度为1.2~1.5m；噪声敏感建筑物户外传声器设置在距墙壁或窗户1m处，距地面高度1.2m以上。测量仪器采用噪声仪HS6288E，性能符合GB3785的要求。

（5）评价标准

根据《厦门市声环境功能区划》（厦环大气〔2022〕28号），根据项目区域的声环境功能区划，本工程位为厦门市声环境质量二类区，声环境质量参照执行GB3096-2008《声环境质量标准》的2类标准。

（6）监测与评价结果

声环境监测与评价结果见表 4.9-1。由表可见，本项目区域噪声昼间测值范围在 47.4~55.2 之间，夜间测值范围在 39.0~49.0 之间，均符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的相关标准，声环境质量良好。本项目区位于海边荒地，主要噪声源为风浪声及少量行人等社会生活噪声，因夜间风浪较大，故部分点位夜间监测值大于昼间监测值。

表 4.9-1 声环境现状监测结果 单位：dB(A)

采样点	主要声源	检测时段	结果 Leq 单位:dB(A)	执行标准	达标情况
1#	社会生活	昼间	55.1	2 类区 昼间 60 dB(A)，夜间 50 dB(A)	达标
		夜间	45.8		达标
2#	社会生活	昼间	52.1		达标
		夜间	49.0		达标
3#	社会生活	昼间	51.3		达标
		夜间	46.1		达标
4#	社会生活	昼间	55.2		达标
		夜间	40.8		达标
5#	社会生活	昼间	47.4		达标
		夜间	39.0		达标

4.10 鸟类现状调查与评价

本评价所用鸟类资料引自自然资源部第三海洋研究所于 2026 年 3 月 11 日在本工程区（月亮湾）附近海域的调查成果。本次鸟类调查共记录鸟类 17 种，隶属 5 目 15 科，观测个体总数为 76 只。其中，雀形目鸟类在物种数和数量上均占优势地位，代表性物种包括白头鹮、喜鹊和暗绿绣眼鸟。水鸟类群多样性较低，物种分布不均，仅记录 4 种，其中蛎鹬单种记录达 14 只，为水鸟中的优势种。

略

图 4.10-1 调查路线图

表 4.10-1 小嶝岛鸟类调查数据

略

4.11 陆域现状调查与评价

小嶝岛植被状况良好，主要由防护林体系和农田构成，全岛森林及绿化覆盖率约为 40%。岛上植被类型丰富，包括草丛、乔木和灌木；环岛区域以木麻黄等防风植物为主，呈带状分布，宽度普遍在 60 至 150 米之间；农田作物以地瓜、花生、大豆、玉米为主。此外，岛上还分布有铁树、榕树等原生植物，长势良好。

(1) 林带老化：基干林带多营造于 20 世纪 50 至 60 年代，现已进入成过熟

阶段，树冠稀疏、呈平顶状，枯枝断梢现象严重，林相不整齐，透风度增大，防风固沙能力显著下降。

（2）农田防风林残缺不全：现有农田防风林布局破碎，缺乏连续性，未能形成完整的防护网络，抵御风害的能力较弱。

（3）护岸林破坏严重：由于溪流、河流沿岸的开发建设，林木被砍伐、林地被占用的现象较为严重，导致护岸林功能受损。

5 环境影响预测与评价

5.1 海洋水文动力环境影响预测与评价

本节引用自然资源部第三海洋研究所 2026 年 3 月编制的《厦门新机场片区小嶝岛生态岸线工程数值模拟研究报告》相关成果进行编制。

5.1.1 潮流场模型方程及其数值解

潮流场方程选用平面直角坐标下的二维浅水潮波方程：

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(Hu) + \frac{\partial}{\partial y}(Hv) = 0 \quad (5.1-1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} + fv - ru + A_x \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \quad (5.1-2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -g \frac{\partial \eta}{\partial y} - fu - rv + A_y \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) \quad (5.1-3)$$

其中： x 、 y 为平面直角坐标， t 为时间， H 为水深（ $H = d + \eta$ ）， d 为平均水位平面下的水深， η 为水位， u 、 v 分别为 x 、 y 方向分量， $u = (1/H) \int_{-h}^{\eta} u' dz$ 和 $v = (1/H) \int_{-h}^{\eta} v' dz$ 为沿水深平均的流速。

g 为重力加速度， f 为科氏参数， r 为底摩擦系数， $r = \frac{g\sqrt{u^2 + v^2}}{c_n^2 H}$ ， c_n 为谢才系数， $c_n = H^{1/6} / n$ ， n 为海底粗糙系数。 A_x 、 A_y 是水平运动粘性系数，采用 Smagorinsky 公式计算：

$$A_x = C \Delta x \Delta y \left[(\partial u / \partial x)^2 + (\partial u / \partial x + \partial u / \partial y)^2 / 2 + (\partial u / \partial y)^2 \right]^{1/2},$$

$C \approx 0.1 \sim 0.2$ ，同理可得 A_y 。

方程组(5.1-1)~(5.1-3)的求解采用 Vincenzo Cassulli 提出的半隐式有限差分方法，并采用非结构三角形或四边形正交网格，三角形（或四边形）网格每条边为另一三角形（或四边形）的邻边，相邻网格的中心点连线与邻边垂直，见示意图 5.1-1。以下离散方程中各符号定义如下：

N_e : 水平网格单元记号, $N_e(i)=1, \dots, N_e$;

N_p : 水平网格单元顶点记号;

N_s : 水平网格侧边记号;

$js(i,j)$: 单元侧边记号, $i=1, \dots, N_e, j=1, \dots, i34(i)$; $i34(i)$: 三角形、四边
形侧边总数, 分别为 3、4;

$is(j,ic)$: 共侧边 js 的两个单元记号, $ic=1,2, j=1, \dots, N_s$;

$ip(j,ik)$: 共侧边 js 的两个顶点记号, $ik=1,2, j=1, \dots, N_s$;

l_j : 侧边 js 的长度;

p_i : 单元 i 的面积;

δ_j : 共侧边 j 的两个单元中心距离。

η, ζ, u, v 所处位置见图 3.1-1 (b), u, v 分别为法向和切向分量, η 为网
格中心点水位, ζ 为网格节点水位。

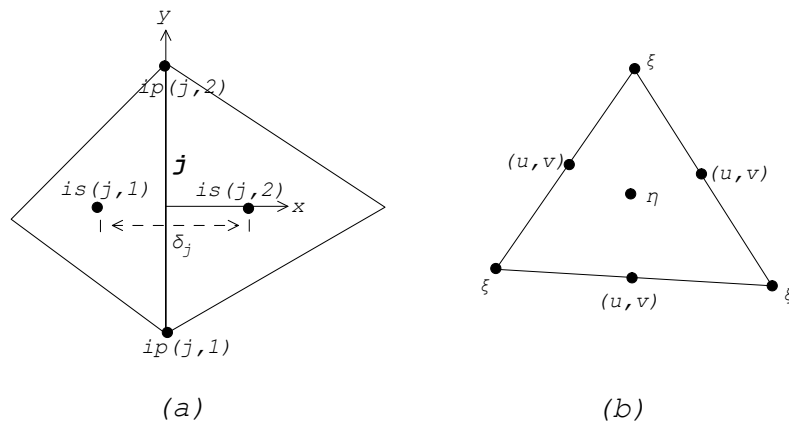


图 5.1-1 示意图

方程 (5.1-1) 离散采用半隐式有限体积法, 即积分 (5.1-1) 得,

$$\int_{\Omega_i} \left(\frac{\partial \eta}{\partial t} + \nabla \cdot H \vec{u} \right) d\Omega_i = 0 \Rightarrow \int_{\Omega_i} \frac{\partial \eta}{\partial t} d\Omega_i + \int_{\Gamma_i} (H \vec{u} \cdot \vec{n}) d\Gamma_i = 0,$$

离散得:

$$P_i(\eta_i^{n+1} - \eta_i^n) + \theta \Delta t \sum_{l=1}^{i34(i)} S_{i,l} l_{jsj} H_{jsj} u_{jsj}^{n+1} + (1-\theta) \Delta t \sum_{l=1}^{i34(i)} S_{i,l} l_{jsj} H_{jsj} u_{jsj}^n = 0 \quad (5.1-4)$$

其中 θ 为隐式因子, $0.5 \leq \theta \leq 1$, $jsj = js(i,j)$ 。 $S_{i,l}$ 为符号函数:

$$S_{i,l} = \frac{is(jsj,1) + is(jsj,2) - 2i}{is(jsj,2) - is(jsj,1)}$$

方程 (5.1-2), (5.1-3) 可写成全微分形式, 原方程变得比较简单, 即:

$$\frac{Du}{dt} = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} + fv - ru + A_x \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \quad (5.1-5)$$

$$\frac{Dv}{dt} = -g \frac{\partial \eta}{\partial y} - fu - ru + A_y \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) \quad (5.1-6)$$

离散得：

$$u_j^{n+1} = G_j^n - \theta \frac{\Delta t}{\delta_j} \left[\eta_{is(j,2)}^{n+1} - \eta_{is(j,1)}^{n+1} \right] - \Delta t r_j^n u_j^{n+1} \quad (5.1-7)$$

$$v_j^{n+1} = F_j^n - \theta \frac{\Delta t}{l_j} \left[\xi_{ip(j,2)}^{n+1} - \xi_{ip(j,1)}^{n+1} \right] - \Delta t r_j^n v_j^{n+1} \quad (5.1-8)$$

其中， $1 \leq j \leq N_s$ ，

$$G_j^n = u_j^* + fv_j^n \Delta t - \frac{g \Delta t}{\delta_j} (1 - \theta) \left[\eta_{is(j,2)}^n - \eta_{is(j,1)}^n \right] + A_x \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)$$

$$F_j^n = v_j^* - fu_j^n \Delta t - \frac{g \Delta t}{\delta_j} (1 - \theta) \left[\xi_{ip(j,2)}^n - \xi_{ip(j,1)}^n \right] + A_y \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right)$$

把方程（6.1-7）代入方程（6.1-4），整理得到所有网格的水位方程：

$$\begin{aligned} \eta_i^{n+1} - \frac{g \theta^2 \Delta t^2}{P_i} \sum_{l=1}^{i34(i)} \frac{S_{i,l} \cdot l_{jsj} H_{jsj}}{\delta_{jsj} (1 + \Delta t r_{jsj}^n)} (\eta_{is(jsj,2)}^{n+1} - \eta_{is(jsj,1)}^{n+1}) \\ = \eta_i^n - \frac{(1 - \theta) \Delta t}{P_i} \sum_{l=1}^{i34(i)} S_{i,l} l_{jsj} H_{jsj} u_{jsj}^n - \frac{\theta \Delta t}{P_i} \sum_{l=1}^{i34(i)} \frac{S_{i,l} H_{jsj} l_{jsj}}{1 + \Delta t r_{jsj}^n} G_{jsj}^n \end{aligned} \quad (5.1-9)$$

其中， $1 \leq i \leq N_e$ 。

方程（5.1-9）为对称正定方程，存在唯一解，使用稀疏矩阵线性方程 JCB（Jacobian Conjugate Gradient）迭代求解器求解得出 η_i （ $1 \leq i \leq N_e$ ）。

求出水位后由方程（6.1-7）得到法向流速 u_j （ $1 \leq j \leq N_s$ ），求切向流速 v_j （ $1 \leq j \leq N_s$ ）前，需先求节点水位 ξ_i （ $i=1, \dots, N_p$ ），利用网格点水位 η 加权平均求 ξ_i ，即：

$$\xi_i^{n+1} = \frac{\int \eta ds}{\int ds} = \frac{\sum_{jp} P_{ine(i,jp)} \eta_{ine(i,jp)}^{n+1}}{\sum_{jp} P_{ine(i,jp)}}, \quad i=1, \dots, N_p$$

其中 $ine(i, jp)$ 为环绕节点 i 的网格号， jp 为节点 i 周边网格个数， $P_{ine(i,jp)}$ 为网格 $ine(i, jp)$ 的面积。利用方程（6.1-8），即得切向流速 v_j （ $j=1, \dots, N_s$ ）。

u_j^* 由欧拉-拉格朗日（Eulerian-Lagrangian）插值方法得到，质点由时刻 n 至

时刻 $n+1$ 的轨迹为一流线, u_j^* 即为当前质点在 n 时刻所在位置的流速, 我们有:

$$\frac{dx}{dt} = \bar{u}_3(t) \quad (5.1-10)$$

$\bar{u}_3(t)$ 为质点在 t 时刻速度, 积分上式得:

$$x(t) = x(t + \Delta t) - \int_t^{t+\Delta t} \bar{u}_3(t) dt \quad (5.1-11)$$

$x(t)$ 即为 n 时刻质点所在位置, 从而求得 n 时刻质点在 $x(t)$ 的速度 u^* , 求解

时上式第二项积分时间步长采用比 Δt 小的时间步长 $\Delta t' = \frac{\Delta t}{N}$, 如图 5.1-2 所示。

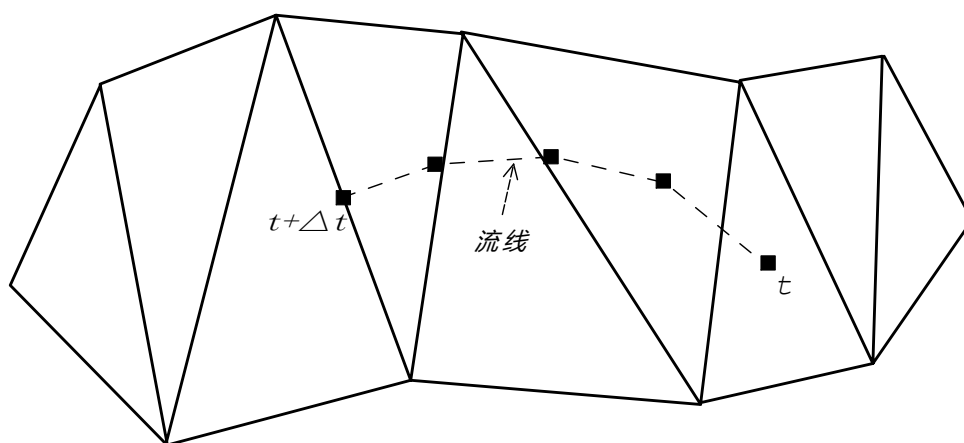


图 5.1-2 示意图

对于近岸海域, 随着潮涨、潮落, 浅滩淹没或干出, 这是动边界问题。

计算中每个网格、边和节点分别定义干、湿单元、边和节点。对每个网格定义:

$$H_i = d_i + \eta_i, \quad (1 \leq i \leq N_e)$$

若 $H_i < h_0$, (h_0 为正数, 通常取 $0.01m$ 以避免溢出), 则 i 单元为干单元,

若 $H_i > h_0$ 则为湿单元。

对每个网格边定义:

$$H_j = \max(d_j + \eta_{is(i,1)}^{n+1}, d_j + \eta_{is(i,2)}^{n+1}), \quad (1 \leq j \leq N_s)$$

若 $H_j < h_0$ 则第 j 边为干边, 若 $H_j > h_0$ 则第 j 边为湿边。

对每个节点定义:

$$H_k = d_k + \xi_k, \quad (1 \leq k \leq N_p)$$

若 $H_k < h_0$ 则第 k 节点为干节点，若 $H_k > h_0$ 则为湿节点。

在无别的约束条件下，可自动判断干湿单元、干湿边和干湿节点。

本模型的主要特点：

(1) 模型中适宜地选择方程组中隐式差分项，用欧拉—拉格朗日方法离散迁移项和水平黏性项，求解时间步长不受 CFL 条件限制，较其他方法时间步长可以放大,同时保证稳定。

(2) 模型网格可取三角形和四边形，较为灵活，应用于近海海洋工程时，航道等开阔水域可取四边形网格，海上工程构筑物（如码头、桥墩等）的概化网格可采用三角形网格加密，最小边长可取 5m 左右，能较好地拟合局部的海洋工程岸线，而时间步长可取较长（20s），既满足海洋工程岸线的细化要求，又能保证计算效率。

5.1.2 计算区域和边界条件

图 5.1-3 为厦门附近全海域及非结构网格示意图，外海流体开边界在将军澳以东的南断面和围头以南的东断面，共两个外海开边界断面，九龙江南港和中港的上游（在石码附近）取为河口开边界，北港上游为闭边界；工程区所在海域进行网格加密，最小三角形边长约 10m，厦门附近全海域网格结点约 40000 个，网格数约 82000 个。

大嶝及其东西侧海域水深为 2019 年 10 月实测(1:5000)数据，其他海区数据大部采用中国人民解放军海军司令部航海保证部出版海图 14240、14249、14291、14271、14281、14261 等。

计算海域采用福建省 2008 修测岸线，叠加大嶝海域近年已批大嶝区域建设用海填海和纳入历史遗留问题处理的填海岸线等。

海岸线为固体边界，取法向流速为零。潮滩采用变边界处理。

外海流体开边界采用强制水位，由台湾海峡潮波模型结果提出相应计算时刻的开边界网格水位。

九龙江河口边界采用流量边界条件，按平均流量 $321\text{m}^3/\text{s}$ 模拟。

略

图 5.1-3 厦门附近全海域及非结构网格示意图

5.1.3 潮流计算与验证

潮流场验证资料采用 2021 年 7 月实测数据，潮位、潮流站位见图 5.1-4。具体观测时间是：

大潮：2021 年 7 月 11 日 11 时至 12 日 13 时；

在 2020 年现状岸线、地形条件下进行验证，图 3.3-2 为 2021 年 7 月 T1、T2 潮位站测流期间潮位计算值与实测值对比图，图 3.3-3 是 2021 年 7 月 DS1~DS6 潮流站大潮下计算与实测验证曲线图。从以上实测与计算验证图比较看出：

(1) 潮位曲线吻合良好。

(2) 整体上各站计算流速流向基本吻合于实测值，误差在可接受范围内，个别站少数潮时计算流速流向与实测值有偏差，这是由于现场测流水域地形复杂，受局部地形、水深因素影响较大，模型无法反映实际局部复杂地形，海况因素（风、浪）对海流流速也起一定的作用，而模拟时未考虑此因素，使得模拟流速值与实测值局部出现偏差，不影响整体计算结果，从趋势上看，模拟的流速流向基本上能反映计算域的水动力特征。

略

图 5.1-4 2021 年全潮水文观测站位布设示意图

略

图 5.1-5 2021 年 7 月大潮测流期间潮位实测值与计算值

略

图 5.1-6 2021 年 7 月 DS1#~DS6#潮流站大潮计算与实测验证曲线图

5.1.4 厦门湾扩大海域潮流场计算结果

台湾海峡潮波进入福建沿岸的潮波有三支：北支由基隆进入台湾海峡后，以前进波形式向西南方向行进；南支由台湾浅滩东侧进入台湾海峡，在澎湖列岛的深水区分别向闽南和闽中沿岸传播，并平行于海岸线前进，北支潮波的能量远大于南支；还有一支由广东东部近岸海区经台湾浅滩西侧进入台湾海峡西南海区的潮波，但较前两支潮波为弱。福建沿岸潮波由上述北、南支潮波叠加而成，其中以半日潮为主，且半日潮波往南迅速衰减，在沿岸由于原潮波与海岸相互干涉，

因而沿岸潮波失去了前进波的性质，而介于前进波与驻波之间。潮波进入半封闭的厦门湾后，逐渐转化为驻波。

图 5.1-7 为厦门湾扩大海域验证大潮全潮矢量图，从图中可以看出，流会~大金门之间和围头湾口附近海域，潮流受地形影响，基本为旋转流区，潮流进入厦门湾后，即小金门~后石断面和金门~围头面以西的水域流场基本为往复流。厦门岛与金门岛之间水域，被小金门岛分割成东、西两条水流通道：东侧水道小金门~金门岛断面附近为往复流，小金门~澳头断面至大嶝岛为三角形范围内存在旋转流区；西侧水道自小金门~白石断面以北至同安湾内，流场基本为往复流。大嶝南面金门北水道（本报告以下将大嶝与金门间水道称为金门北水道）潮流为往复流，主流向基本为 NE~SW 向，围头湾口潮流为往复流，主流向基本为 NW~SE 向。

图 5.1-8~图 5.1-11 为厦门湾扩大海域验证大潮过程典型时刻潮流场，图中阴影部分表示露滩，由于全海域网格尺度不一，网格尺度较小的流矢按一定间距绘出。

为分析厦门湾全海域的潮流特性，以流会~围头角连线为界，从图 5.1-8~图 5.1-11 看出：

流会~围头连线以内区域，由于岛屿众多，导致流态较为复杂。高潮时（图 5.1-8），连线以内大部分海域处于憩流状态，而金门北水道流速较大，流向为 SW 转 W 向。

落急时（图 5.1-9），落潮流自围头角~金门，金门~小金门，小金门~后石等几个水道向湾外流出，流向随不同水域而异，受海岸线影响明显，总体上是向南和东南方向。

低潮时（图 5.1-10），连线以内大部分海域流速较小，而金门北水道流速较大，流向为 E 转 NE 向。

涨急时（图 5.1-11），涨潮流自围头角~金门，金门~小金门，小金门~后石等几个水道向湾内推进，流向与落急时相反，总体上是向北和西北方向。

从以上分析可知，大嶝与金门间的金门北水道连接厦门东海域和围头湾，类似于两边开口的小型海峡，高低潮时流速大，涨落潮半潮面时流速较小，潮波具有前进波的性质。

通过潮流场验证及分析，说明本模型具有良好的重现性，模拟的潮流场结果

是可信的，可据此进行工程方案的潮流场计算。

略

图 5.1-7 厦门湾扩大海域验证大潮全潮矢量图

略

图 5.1-8 验证大潮下厦门全海域潮流场(高潮)

略

图 5.1-9 验证大潮下厦门全海域潮流场(落急)

略

图 5.1-10 验证大潮下厦门全海域潮流场(低潮)

略

图 5.1-11 验证大潮下厦门全海域潮流场(涨急)

5.1.5 对水动力影响分析

5.1.5.1 潮流场计算方案概述

本模型试验工程区包括厦门大、小嶼海区，其水深形势图见图 5.1-12，其中大、小嶼及其东西侧附近海域水深为 2019 年 10 月实测（1:5000）。图中看出小嶼岛南北侧 200m 范围内为潮滩，易露滩，往外为南北侧 2 条 4~15m 水道。

模拟计算时，现状（图 5.1-13），假定在现状基础上机场填海已实施，大、小嶼间水道已实施；工程后方案为工可报告推荐方案，记为工程方案（图 5.1-14），工程方案涉海工程内容包括：修复小嶼南侧约 260m 及北侧 470m 岸线的自然沙滩；防风林绿化面积约 20 公顷。其平面布置简述如下：

（1）沙滩修复：

月亮湾：以现有工程区海岸现有的构筑物，结合沙滩顶部 4.0m 等高线为沙滩修复内界线。滩肩外边界线滩肩宽度为 7~36m；滩肩外缘线以外按 1:10 坡度放坡至 -1.0m 高程，再以平底清淤至 -1.0m 等高线。为扩大沙滩视野效果，平底区域靠近沙滩侧约 0.6hm² 换填 1m 厚沙，该区域清淤底高程为 -2.0m（最终高程为 -1.0m）。约工程西侧临近现状礁石，工程东侧紧靠现状围堤。

海豚湾：以现有工程区海岸现有的构筑物，结合现状 4.0m 等高线为沙滩修复内界线，滩肩外边界线滩肩宽度为 26~56m；滩肩外缘线以外按 1:10 坡度放坡至现状泥面高程(-0.5m~-0.39m)。工程西侧临近现状礁石，工程东侧紧邻现状岸线坡脚。

模拟时，计算海域范围与第三章模拟海域相同，在沙滩、水道等工程海区加密网格，最小网格约 10m。

工程前后方案在工程区外的网格基本一致，以减小网格不同造成的误差，图 5.1-15 为本项目工程区海域局部网格图。

潮流场模拟采用大潮潮型。

略

图 5.1-12 工程海域水深图

略

图 5.1-13 现状工程平面布置示意图

略

图 5.1-14 工程平面布置示意图

略

图 5.1-15 工程方案局部网格示意图

5.1.5.2 现状潮流场特征

图 5.1-16~图 5.1-19 为现状工程区典型时刻大潮潮流场，图中阴影部分表示潮滩露出。从图中可以看出现状小嶝岛附近海域潮流特点：

涨潮时（图 5.1-19），受地形影响，小嶝岛东侧涨潮流分为两支，北支由小嶝北侧进入大嶝北水道，南支由小嶝-角屿间水道进入大嶝南侧海域；落潮时（图 5.1-17），小嶝岛南北侧落潮流向基本上逆涨潮流方向，由小嶝岛北侧和小嶝-角屿间水道流向围头湾。

工程区所在的月亮湾和海豚湾沙滩处于滩涂区，除高潮（图 5.1-16）前后 1 小时外，基本上处于露滩状态，至低潮（图 5.1-18）时，露滩面积达到最大。月亮湾沙滩前沿水域在涨潮时有一逆时针涡旋（图 4.2-4）。

图 5.1-20 和图 5.1-21 分别是现状大潮落潮和涨潮平均流速等值线。从图中看出：月亮湾和海豚湾沙滩水域涨落潮平均流速较小，小于 0.1m/s，大、小嶝之间垦区南北侧平均流速小于 0.1m/s。小嶝-角屿间水道涨潮平均流速上大于落潮平均流速，涨潮平均流速大于 0.6m/s，落潮平均流速大于 0.3m/s。

略

图 5.1-16 现状工程区海域大潮高潮潮流场

略

图 5.1-17 现状工程区海域大潮落急潮流场

略

图 5.1-18 现状工程区海域大潮低潮潮流场

略

图 5.1-19 现状工程区海域大潮涨急潮流场

略

图 5.1-20 现状工程区海域大潮落潮过程平均流速分布

略

图 5.1-21 现状工程区海域大潮涨潮过程平均流速分布

5.1.5.3 潮流场模拟小结

(1) 本项目海上工程主要为沙滩放坡和沙滩前沿清淤，总体上工程海域涨落潮流态受本项目影响较小。

(2) 工程实施后，月亮湾和海豚湾沙滩放坡处水动力有所减弱，放坡处部分水域涨落潮平均流速减小约 0.01~0.04 m/s，月亮湾沙滩前沿清淤水域水动力有所加强，清淤区部分水域涨落潮平均流速增加约 0.01~0.05 m/s。

(3) 由于月亮湾沙滩前沿清淤水域位于文昌鱼保护区外围保护地带内，故对该处水域产生影响，文昌鱼外围保护地带影响区内大部水域涨落潮平均流速增加约 0.01~0.05 m/s，局部水域平均流速减小约 0.01~0.02 m/s。

5.1.5.4 工程后潮流场变化与分析

本项目工程实施后，工程区局部潮流场发生变化，数值模拟试验以大潮为基础计算了每个方案不同的潮流场，以现状作为工程前方案，给出如下结果：

(1) 工程前后流场图；

(2) 利用工程后大潮涨落潮平均流速与现状大潮涨落潮平均流速差值做出工程后流速变化等值线，分析工程区流场平面流速值变化；

(3) 在工程区附近海域取 9 个特征水域的流速比较样点，计算工程前后流速比较样点流速和流向的变化。图 5.1-22 为流速比较点位置示意图，其中 1 号点位于小嶝与角屿间水道，2~6 号位于月亮湾沙滩放坡及清淤水域，7~9 号位于海豚湾沙滩放坡及其前沿水域。

图 5.1-23~图 5.1-26 为工程区典型时刻大潮潮流场，图 5.1-27、图 5.1-28 为工程区工程前后大潮落急和涨急潮流场流态对比图。从图上看：

(1) 本项目海上工程主要为沙滩放坡和沙滩前沿清淤，从图 5.1-23~图 5.1-26 看出，总体上工程海域沙滩的涨落潮流流态结构基本不变，影响较小。

(2) 从图 5.1-27、图 5.1-28 工程区海域潮流场流态对比图看出，月亮湾沙滩清淤区涨落潮流有所加强，月亮湾及海豚湾补沙处潮流有所减弱。

图 5.1-29 和图 5.1-30 分别是工程方案与现状相比落潮和涨潮平均流速变化分布图，从图中看出本工程实施后工程水域的平均流速变化的平面分布：

(1) 工程实施后，流场强度变化的范围主要在沙滩放坡区和前沿清淤区，工程区外的海域流速几乎没有变化。

(2) 落潮过程，月亮湾沙滩前沿清淤水域落潮平均流速增加约 0.01~0.05 m/s。海豚湾、月亮湾沙滩坡脚一带平均流速减小约 0.01~0.02 m/s。

(3) 涨潮过程，月亮湾前沿清淤水域平均流速增加约 0.01~0.04 m/s，沙滩放坡处平均流速减小约 0.01~0.04 m/s。海豚湾沙滩放坡处平均流速减小约 0.01~0.03 m/s。

(4) 对周边环境目标的影响：由于月亮湾沙滩前沿清淤水域位于文昌鱼保护区外围保护地带内，故对该处水域产生影响，涨落潮时外围保护地带内影响区内部分水域平均流速增加约 0.01~0.05 m/s，部分水域平均流速减小约 0.01~0.02 m/s。

表 5.1-1 和表 5.1-2 分别为工程方案与现状落潮和涨潮过程流速比较表，其中流向变化为正值表示顺时针变化，流向变化为负值表示逆时针变化。

从表 5.1-1 和表 5.1-2 看出：

(1) 位于小嶼与角屿间水道的 1 号点涨落潮平均流速无变化。

(2) 位于月亮湾沙滩放坡及清淤水域的 2~6 号点中，落潮过程 4、6 号点平均流速减小 0.01 m/s。涨潮过程 3 号点流速不变，2、4~6 号点平均流速变化范围在-0.03~0.01 m/s 之间。

(3) 位于海豚湾沙滩放坡水域的 7~9 号点，落潮过程平均流速无变化。涨潮过程 8 号点平均流速无变化，7、9 号点平均流速减小 0.01 m/s。

表 5.1-1 工程方案与现状落潮过程流速比较
略

表 5.1-2 工程方案与现状涨潮过程流速比较
略

略

图 5.1-22 工程前后流速比较点位置示意图

略

图 5.1-23 工程区海域大潮高潮潮流场

略

图 5.1-24 工程区海域大潮落急潮流场

略

图 5.1-25 工程区海域大潮低潮潮流场

略

图 5.1-26 工程区海域大潮涨急潮流场

略

图 5.1-27 工程前后工程区附近海域大潮落急流态对比

略

图 5.1-28 工程前后工程区附近海域大潮涨急流态对比

略

图 5.1-29 与现状相比工程区海域大潮落潮过程平均流速变化分布图

略

图 5.1-30 与现状相比工程区海域大潮涨潮过程平均流速变化分布图

5.2 地形地貌与冲淤环境影响预测与评价

本项目月亮湾前沿水域进行清淤施工，会对周边海域地形地貌造成相应的影响，根据《厦门新机场片区小嶝岛生态岸线工程数值模拟专题研究报告》的相关结果，对项目施工造成的地形地貌与冲淤环境影响分析预测如下。

5.2.1 计算公式

工程方案实施后，工程区内水域水深及流速发生变化，悬沙可能落淤造成泥化，本章从潮流输沙形成的冲淤角度预测工程实施造成的周边水域泥沙淤积趋势，主要采用泥沙淤积半经验半理论公式计算工程建成后相关水域的泥沙冲淤。

工程海域影响冲淤的因素为潮流场的变化，根据海床变形方程：

$$\gamma_0 \frac{\partial \eta_s}{\partial t} = \alpha \omega_s (S - S_*) \quad (5.2.1)$$

从中推出年冲淤强度:

$$p = \eta_2 - \eta_1 = \frac{\alpha \omega_s S \Delta t}{\gamma_0} \left(1 - \frac{S_*}{S}\right) \quad (5.2.2)$$

式中: P 是年回淤强度, 单位 cm/a ; Δt 为时间, 单位 s ; S^* 为挟沙能力, S 为含沙量, 单位 kg/m^3 。 ω_s 为沉速, 取 0.05cm/s , α 是沉降概率。

挟沙能力 S_* 表示从海底床面上掀起的泥沙数量, 采用窦国仁提出的潮流和波浪流共同作用下的挟沙能力公式:

$$S_* = \alpha \frac{\gamma \gamma_s}{\gamma_s - \gamma} \left(\frac{V^3}{C^2 h \omega} + \beta \frac{H^2}{h T \omega} \right) \quad (5.2.3)$$

式中, γ 和 γ_s 分别为水和泥沙颗粒的容重, ω 为沉速, C 为谢才系数, h 为水深, V 为流速, H 为波高, T 为波周期。 α 和 β 为系数。

沉降概率 α 又称恢复饱和系数, 是反映水体中悬移质不平衡输沙时, 水体含沙量向挟沙力接近恢复速度的参数, 系数 α 根据紊动动力学理论导出:

$$\alpha = 2\varphi\left(\frac{\gamma' \omega_s}{\sigma}\right) - 1 \quad (5.2.4)$$

式中 $\varphi\left(\frac{\gamma' \omega_s}{\sigma}\right)$ 为概率函数; $\sigma \approx 0.033 u_*$ 为垂直脉动速度均方差, u_* 为摩阻

速度, $\gamma' = \sqrt{\frac{\rho_s - \rho_{\text{水}}}{\rho_{\text{水}}}}$, ρ_s 为细颗粒泥沙絮团容重, $\rho_{\text{水}}$ 为水容重。

假定工程前水体处于冲淤平衡状态, 工程后若水流速减小, 导致水体挟沙能力下降, 水体悬沙发生沉降, 海床淤积; 若水流速增加, 水体挟沙能力加强, 发生不平衡输沙, 海床冲刷。这里的淤积(冲刷)是指工程实施后造成的冲淤增量影响(相对工程前而言), 不考虑海域的自然冲淤状态, 淤积值表示淤积增加(或冲刷减小), 冲刷值表示淤积减小(或冲刷增加)。

工程区含沙量参考实测值, 取 0.035kg/m^3 。

工程实施后, 若没有实施清淤, 每年的泥沙淤积将逐渐减少, 直至多年后将达到冲淤平衡状态。

5.2.2 数模计算结果

图 5.2-1 为工况一本工程工程区泥沙年冲淤强度分布图(为本工程引起的冲淤强度, 不包括自然冲淤)。从图 5.2-1 看出:

(1) 工程实施后, 月亮湾沙滩放坡处泥沙年淤强小于 5 cm/a, 其前沿清淤水域由于开挖的影响, 泥沙年淤强约 1~8 cm/a, 开挖边缘略有冲刷, 冲刷强度小于 5 cm/a。

(2) 海豚湾沙滩近坡脚处泥沙冲淤范围较小, 局部范围冲淤在-5~5 cm/a 之间。

(3) 对周边环境目标的影响: 由于月亮湾沙滩前沿清淤水域位于文昌鱼保护区外围保护地带内, 故对该处水域泥沙回淤产生影响, 保护地带内清淤水域泥沙年冲淤约-5~8 cm/a, 清淤区外局部水域冲刷强度小于 5 cm/a。

略

图 5.2-1 工程海域年冲淤强度分布图

5.3 海洋水质环境影响预测与评价

5.3.1 悬浮泥沙入海对水环境影响预测与评价

(1) 基本公式

施工过程中悬沙入海后, 在海洋水动力的作用下扩散、输运和沉降, 形成悬沙浓度场, 对海域环境产生影响。通过模拟求得悬沙的浓度场后, 即可依据海水水质标准, 评价其对周围环境的影响程度。

悬沙在海水中的沉降、迁移、扩散过程, 可用二维对流、扩散方程表示:

$$\frac{\partial SH}{\partial t} + \frac{\partial HUS}{\partial x} + \frac{\partial HVS}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x}(HK_x \frac{\partial S}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(HK_y \frac{\partial S}{\partial y}) - \alpha\omega S + Q \quad (5.3-1)$$

式中, S 为垂线平均含沙量增量, D 为水深, Q 为源强度。 ω 为悬沙平均沉降速度; α 为悬沙沉降机率; K_x 、 K_y 为泥沙扩散系数,

将方程 (5.3-1) 写成全微分形式, 即:

$$\frac{d(HS)}{dt} = -\alpha\omega S + Q + \frac{\partial}{\partial x}(HK_x \frac{\partial S}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(HK_y \frac{\partial S}{\partial y}) \quad (5.3-2)$$

悬沙输运模型中与悬沙扩散相关的动力因子包括悬沙平均沉降速度 ω_g 、悬

沙沉降机率 α 、泥沙扩散系数 K_x 、 K_y 等，以下分别说明与动力因子相关的参数选取：

①悬沙平均沉降速度 ω ：工程所在的海域各处悬沙平均中值粒径相差不大，基本上在 0.01mm 左右，为细颗粒泥沙。在近海条件下，当含盐度大于 10~12‰ 时，泥沙絮凝沉速趋近于常值，其平均极限沉速均在 0.015~0.06cm/s 范围内，计算时悬沙平均沉降速度 ω 可取为 0.0005m/s。

②悬沙沉降机率 α ：泥沙沉降几率又称恢复饱和系数，是反映水体中悬移质不平衡输沙时，水体含沙量向挟沙力接近恢复速度的参数，按下式计算：

$$\alpha = 2\varphi\left(\frac{\gamma' \omega_s}{\sigma}\right) - 1 \quad (5.3-3)$$

式中 $\varphi\left(\frac{\gamma' \omega_s}{\sigma}\right)$ 为概率函数； $\sigma \approx 0.033 u_*$ 为垂直脉动速度均方差， u_* 为摩阻速度， $\gamma' = \sqrt{\frac{\rho_s - \rho_{\text{水}}}{\rho_{\text{水}}}}$ ， ρ_s 为细颗粒泥沙絮团容重， $\rho_{\text{水}}$ 为水容重。

③泥沙扩散系数 K_x 、 K_y ：泥沙扩散系数反映悬沙在水体中扩散的速度，工程海域含沙量较小，泥沙扩散速度与当地水流速度相关，通常按下式计算：

$$K_x = \beta \cdot |u| \cdot d^{0.8333}, \quad K_y = \beta \cdot |v| \cdot d^{0.8333}, \quad \beta \approx 0.3 \quad (5.3-4)$$

(2) 计算工况

根据工可，本项目可能产生入海悬浮泥沙的主要施工环节为沙滩修复时的补沙和清淤过程，补沙和清淤范围如图 5.3-1 所示。

(1) 清淤 1000 m³/h 绞吸式挖泥船源强：

根据工可，本项目施工主要采用 1000 m³/h 绞吸式挖泥船配合 1000~1500m³泥驳疏浚，根据 Mott MacDonald 1990 年的疏浚泥沙再悬浮系数试验数据，绞吸式挖泥船泥沙再悬浮率为 3~5 kg/m³，环境影响评价中泥沙再悬浮率一般取最大值 5 kg/m³，则疏浚效率为 1000m³/h 的绞吸式挖泥船作业将产生 5000 kg/h 的悬浮泥沙，换算源强为 1.39 kg/s。

(2) 沙滩修复（铺沙）源强

主要指潮汐间带铺沙由于潮汐涨落带来的泥沙流失。在不考虑损耗的情况下，

表层砂及底层砂含泥量<2%（取 2%）。按施工进度安排有一段时间铺沙同时进行，最大源强考虑同时施工的情况。月亮湾沙滩施工悬浮泥沙源强约为 0.10 kg/s，海豚湾施工悬浮泥沙源强约为 0.12 kg/s。

模拟疏浚入海悬沙最大影响范围时，根据施工范围的网格点布置，沿施工范围网格点，根据源强逐点依次模拟，在悬沙入海扩散所到海域的每个网格点取含沙增量最大值绘成悬沙浓度包络线，得到各工况施工的最大影响范围。

为描述单点施工产生泥沙入海的过程，每个工况取出 1 点作为代表点，分别给出各点的悬沙浓度包络线图。本工程泥沙入海均为连续源强，按连续施工 12 小时模拟。悬沙入海模拟潮型为大潮。

表 5.3-1 施工期泥沙入海计算工况表

工况	施工类型	入海源强	潮型	模拟岸线边界条件
一	月亮湾清淤	1.39 kg/s		
二	月亮湾补沙	0.10 kg/s	大潮	现状
三	海豚湾清淤	0.12 kg/s		

略

图 5.3-1 本项目施工代表点位置示意图

(3) 计算结果

图 5.3-2~图 5.3-7 为本项目施工期各工况的代表点与全范围悬沙浓度增量包络线图。表 5.3-2 为施工期代表点入海悬沙包络线影响面积，表 5.3-3 为各工况施工期入海悬沙包络线影响面积，其中每栏面积值为大于某浓度的总面积值。从图 5.3-2~图 5.3-7 看出，施工入海悬沙主要在作业区东西两侧海域随涨落潮流扩散，大于 10 mg/l 的悬沙包络线近似呈长方形状，顺潮流方向最长可达 0.8 km，纵向宽度最大约 0.3 km。

图 5.3-8 为本项目施工期大潮悬沙浓度增量联合影响包络线图，表 5.3-4 为本项目施工期大潮入海悬沙联合影响范围。从表 5.3-3 中看出，本项目施工期大潮悬沙浓度增量联合影响范围，大于 10 mg/l 的包络面积为 0.229 km²，大于 100 mg/l 的包络面积为 0.061 km²，大于 150mg/l 的包络面积为 0.049 km²。

表 5.3-2 施工期代表点悬沙影响范围

代表点	悬沙浓度(mg/l)	全潮影响最大包络面积(km ²)
A	>10	0.123
	>20	0.066
	>50	0.036
	>100	0.025
	>150	0.020
B	>10	0.020
	>20	0.012
	>50	0.004
	>100	0.002
	>150	0.001
C	>10	0.032
	>20	0.022
	>50	0.013
	>100	0.005
	>150	0.002

表 5.3-3 各工况悬沙浓度影响范围

工 况	悬沙浓度(mg/l)	全潮影响最大包络面积(km ²)
一	>10	0.167
	>20	0.097
	>50	0.057
	>100	0.042
	>150	0.036
二	>10	0.033
	>20	0.024
	>50	0.015
	>100	0.008
	>150	0.005
三	>10	0.056
	>20	0.041
	>50	0.027
	>100	0.014
	>150	0.010

表 5.3-4 本项目施工期大潮入海悬沙联合影响范围

悬沙浓度(mg/l)	全潮影响最大包络面积(km ²)
>10	0.229
>20	0.144
>50	0.089
>100	0.061
>150	0.049

图 5.3-2 工况一月亮湾清淤代表点大潮悬沙浓度增量包络线图

略

图 5.3-3 工况一月亮湾清淤大潮悬沙浓度增量包络线图

略

图 5.3-4 工况二月亮湾补沙代表点大潮悬沙浓度增量包络线图

略

图 5.3-5 工况二月亮湾补沙大潮悬沙浓度增量包络线图

略

图 5.3-6 工况三海豚湾补沙代表点大潮悬沙浓度增量包络线图

略

图 5.3-7 工况三海豚湾补沙大潮悬沙浓度增量包络线图

略

图 5.3-8 本项目施工期大潮悬沙浓度增量联合影响包络线图

5.3.2 施工期污废水对海水水质的影响

(1) 施工期船舶污水对海水水质的影响

施工船舶污水包括施工船舶舱底油污水和施工船舶生活污水，本工程施工船舶含油污水约 $2.7 \text{ m}^3/\text{d}$ ，施工船舶生活污水约 $2.4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，根据《厦门市海洋环境保护若干规定》第二十四条规定，在港口水域范围内航行、作业的船舶，遮蔽航区的船舶，以及在海事主管部门确定的特殊航线或者水域内航行、作业的船舶，应当按照有关规定对其排污设备实施铅封，并接受海事主管部门的监督管理。

为确保施工船舶污水及垃圾的接收处理得到落实，建设单位应严格遵守相关要求，并与厦门海事部门认可的船舶污水和垃圾接收处理单位签订协议，通过有偿服务，落实施工船舶舱底含油污水、船舶生活污水和垃圾的接收处理。在落实上述措施的情况下，施工船舶污水不会对海水水质造成影响。同时应加强施工船舶的管理，严禁带病运行，防止发生机油泄漏事故。

(2) 施工期陆域污水对海水水质的影响

本项目施工现场不设施工营地，施工人员生活污水依托周边村庄现有的污水处置措施处理。经各项环保措施处理后，项目施工期产生的污废水对周边海域环境影响程度较小。

施工期生产废水主要来自车辆、施工设备的冲洗废水。根据工可，施工期使

用流动车辆、机械设备约 10 台。类比分析，每辆（台）运输车辆和机械设备每天平均冲洗废水量约为 0.6 m³，则本项目施工期生产废水产生量为 6 m³/d。本项目施工设备和车辆的维修、保养和车身冲洗均依托附近汽修厂，不在施工场地内设置专门的维修场站，施工场地内主要对车辆轮胎粘附的泥土进行清理，因此汽车机械设备冲洗废水主要污染物是泥沙和少量含油废水，施工生产废水经收集沉淀处理后回用于洒水抑尘，不外排。

5.3.3 生态修复工程实施后对海水水质的影响

生态修改工程的实施后工程周边整体平均流速均有有所增加，改善了区域水动力环境，加快了周边海域水体交换，有利于周边海域污染物的向外输移，海水水质将得到一定改善。

5.4 海洋沉积物环境影响预测与评价

5.4.1 悬浮泥沙入海对沉积物环境的影响

本工程施工期进行清淤作业，改变了清淤区范围内原有的海洋沉积环境，被改变的作业区海域沉积环境需要一个较长时间、渐进的修复过程。同时，施工期施工引起的悬浮泥沙扩散和沉降将对施工范围及附近海域表层沉积环境造成一定的影响。

清淤作业会扰动施工区及周边海域的表层沉积物环境，所形成的悬浮泥沙，在随潮流涨落运移过程中，其较粗颗粒部分将迅速沉降于清淤区附近海底，而细颗粒部分在随潮流向边滩运移过程中，遇到平潮期流速趋于零而慢慢沉降于海底，将原有的表层沉积物覆盖。在上述沉降过程中，沉积物中原有的污染物质，会部分转移至水体中，其余部分仍保留在悬浮泥沙中，并随之沉降形成新的沉积物环境。

评价海域的沉积物调查结果表明，工程附近海域站位中有机碳、铅、锌、镉、铬、汞、砷和石油类含量均《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）第一类标准的要求，1 个站位沉积物硫化物、2 个站位铜含量符合海洋沉积物质量标准（GB18668-2002）二类标准，沉积物环境质量尚好。本工程清淤产生的悬浮泥沙来源于工程区海域，其环境背景值与工程海域沉积物背景值相近，施工过程只是将沉积物的分布进行了重新调整。因此，一般情况下对沉积物大多是表层沉积

物类型、粒度参数等物理特性发生一定的变化，对表层沉积物化学质量指标的影响不大，不会明显改变施工区周边海域沉积物的质量，对既有沉积物环境的影响甚微。在落实环保措施的情况下，悬浮泥沙扩散和沉降不会引起评价海域总体沉积环境质量变化。

5.4.2 船舶污染物排放对沉积物环境的影响

本项目施工污水主要为船舶油污水和船舶工作人员生活污水，按有关规定，施工期施工船舶排污设备为铅封状态。以上污水均需按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）要求，利用船载收集装置收集，委托有资质的接收单位接收处理，禁止在作业海域直接排放入海，则对海域水质和沉积物环境基本上没有影响。此外，施工中将一般工业固废和生活垃圾统一收集，由有资质的接收单位接收处理，禁止直接排入海域，则对工程海域沉积物质量基本不产生影响。

5.5 海洋生态环境影响预测与评价

本项目施工过程中，对海洋生态产生的影响环节主要是码头前沿海域疏浚和转接平台桩基施工过程中对海洋生物的影响，特别是对底栖生物的扰动和悬浮泥沙入海的影响，其中，对珍稀保护物种中华白海豚的影响将在第7章中单独分析论述。

5.5.1 海洋生态环境影响

5.5.1.1 对浮游生物的影响

清淤和补砂施工时有少量的泥沙入海，使海水的混浊度增大，透明度降低。无机悬浮物被认为是水域中较为普遍的污染物，它主要通过增加水体浑浊度所产生的一系列负效应及沉降后的掩埋作用而对水体中各生物类群如浮游植物、浮游动物及鱼类等进行生理、行为、繁殖、生长等方面的影响，从而影响整个水生生态系统的种群动态及群落结构。

（1）对浮游植物的影响

施工时入海的悬浮泥沙不利于浮游植物的繁殖生长。这是由于悬沙具有消光作用，水域的浊度随着悬沙浓度的增加而上升，两者的对数正相关关系显著，水体中悬沙含量增加对透明度具有较为显著的削弱作用。例如，华东师范大学的观测数据和有关文献表明，长江径流挟带的悬沙与潮流扰动产生的再悬浮泥沙在长

江口形成透明度 3m 和 3m 以下的浑浊带，浑浊带悬沙的消光作用强于营养盐释放作用，抑制了长江口门区的初级生产力，使口门区的浮游植物生物量及密度显著低于附近水域。最大浑浊带内的九段沙附近水域，浮游植物的多样性显著低于全长江口水域。硅藻对弱光有很强的耐性，对中肋骨条藻进行弱光培养时其生长速率无显著差异，但在无光照时对磷酸盐的吸收速率明显降低，进而影响其生长速率。在悬沙含量不高的河口海湾如胶州湾、大亚湾和台湾海峡甲藻类是仅次于硅藻的优势藻种，但在悬沙含量较高的长江口绿藻类和蓝藻类则取代了甲藻类的位置。绿藻和蓝藻均可需光营养或自养，尤其是蓝藻能在黑暗中生活，而大部分绿藻为半污水生活，被用作富营养化的指示物种，大部分甲藻属于喜光种类，对水体的透明度要求较高。不同光照条件的水体，其浮游植物的优势种类也不同，高含量的悬沙对喜光藻类具有抑制作用，而对弱光有强耐性的藻类能在各类河口中占据优势地位。

此外，悬浮物通过改变真光层的厚度可对水域，尤其是表层的初级生产力产生影响，单位面积的水域中真光层越薄，藻类生长的空间就越小，并对其生长产生抑制作用，加剧了种间的空间竞争，导致藻类多样性和初级生产力降低。

根据数值模式预测结果，悬浮泥沙增量大于 10mg/L 的范围约 0.229km²，在此范围内浮游植物会受到不同程度的损失。据估算，在此范围内浮游植物的持续性受损量约 8.29×10^{12} cells，见表 5.5-7。

(2) 对浮游动物的影响

泥沙入海对海洋生态环境影响还表现在对浮游动物的生长率、摄食率的影响等。当水中的悬浮物含量较高时，水中透光率降低，浮游植物的生物量将受到一定的抑制作用，从而引起浮游植物生产量的下降，进而影响以浮游植物为食的浮游动物的丰度，间接影响如蚤状幼体和大眼幼体等的摄食率，最终影响其发育和变态。1990 年，Kirk 研究了悬浮物对轮虫和枝角类生长率及种群增长率的影响。结果发现悬浮粘土对枝角类的丰度、存活率及繁殖率等有显著影响，这种影响与悬浮粘土的浓度、粒径及浮游动物的饵料生物——浮游植物的浓度有关。

Hart 对浮游动物的研究发现，当透明度低时，水蚤的种类很少，且其生物量与透明度呈正相关。1987 年，Hart 对五种枝角类在透明度不同的年份进行了研究，1981—1982 年水体透明度为 25cm 时与透明度为 35cm 的 1982—1983 年相比，浮游动物生物量及种群密度下降了 58%~75%。而有的水蚤在 1981—1982 年透

明度低时则完全消失。生产量在 1981—1982 年为 6486mg/(m²·y)，而 1982~1983 年透明度增加了 10cm 后，生产量增加到 10617mg/(m²·y)，平均增加了 1.6 倍。

另外，Kirt 的研究结果表明，悬浮物的存在可改变浮游动物的群落结构，当水中无悬浮物时，枝角类为优势种；当水中悬浮物浓度升高时，优势种则为轮虫。

比照长江口航道疏浚悬浮泥沙对水生生物的毒性效应的试验结果，当悬浮泥沙浓度达到 9mg/L 时，将影响浮游动物的存活率和浮游植物光合作用。但由于浮游动物有躲避功能有躲避功能，以及项目施工期泥沙入海影响范围较小等原因，本项目建设造成的泥沙入海对周边海域浮游动物的影响还是较小的。

根据数模预测结果，施工产生的悬浮泥沙增量超过 10mg/L 的面积约 0.229km²，会对该范围海域内的浮游生物的生长繁殖产生一定的干扰，导致生物量下降，但悬浮泥沙最多在持续 6-7 小时后基本落淤完毕，对浮游生物的影响不是累积和叠加，持续影响时间不长。每天停止作业后，由于潮汐作用，会将外海的浮游动植物带入工程区及其附近海域，使工程区浮游动植物得以补充。因此，本工程产生的入海悬浮泥沙不会对浮游生物造成长期、显著的不利影响。据估算，悬浮泥沙增量大于 10mg/L 的范围内浮游动物的持续性受损量约 2.83×10⁷ind，见表 5.5-7。

5.5.1.2 对底栖生物的影响

在清淤施工范围内，对底栖生物的直接影响为施工范围内的底栖生物及其生境被彻底损伤破坏；同时，相邻周边海域的底栖生物也可能受到入海泥沙的影响，甚至泥沙沉积可能引起底栖生物死亡。悬浮物沉降后，将对水生生物产生掩埋作用。试验结果表明：掩埋厚度低于 7cm 时菲律宾蛤仔的存活率均较高；当掩埋厚度达到 10cm 时，其存活率明显降低。这主要是因为泥沙沉降到一定厚度时，致使贝类的进出水管无法伸到一定的水层，阻碍了其正常的对饵料和溶氧的摄取而最终致死。但由于泥沙散落主要出现在施工阶段，并且，泥沙流失量较少，其影响也较小。施工结束后，工程区及附近海域的底栖生物群落会逐渐重建、恢复。

据估算，本项目清淤造成的底栖生物一次性损失量分别为 8.22t 和 24.66t。

5.5.1.3 对游泳生物的影响

(1) 对鱼卵、仔鱼的影响

悬浮物将在一定范围内形成高浓度扩散场，悬浮颗粒将直接对海洋生物仔幼

体造成伤害，主要表现为影响胚胎发育，悬浮物堵塞生物的鳃部造成窒息死亡，大量悬浮物造成水体严重缺氧而导致生物死亡，悬浮物有害物质二次污染造成生物死亡等。不同种类的海洋生物对悬浮物浓度的忍受限度不同，一般说来，仔幼体对悬浮物浓度的忍受限度比成鱼低得多，悬浮物增量 $>10\text{mg/L}$ 的范围内，鱼卵仔鱼会受到一定影响，据估算，悬浮物增加造成的鱼卵一次性平均损失量估算为 $1.28\times 10^5\text{ind}$ ，仔稚鱼一次性平均损失量估算为 $1.58\times 10^4\text{ind}$ 。

(2) 对鱼类的影响

悬浮物对鱼类的影响分为三类即致死效应、亚致死效应及行为影响。这些影响主要表现为直接杀死鱼类个体，降低其生长率及其对疾病的抵抗力，干扰其产卵、降低孵化率和仔鱼成活率。水中大量存在的悬浮物会使鱼类造成呼吸困难和窒息现象，因为悬浮微粒随鱼的呼吸动作进入鳃部，将沉积在鳃瓣鳃丝及鳃小片上，不仅损伤鳃组织，而且将隔断了气体交换的进行，严重时甚至导致窒息；改变其洄游习性。另一方面，降低其饵料生物的丰度，在悬浮微粒过多时将导致水的浑浊度增大，透明度降低现象，不利于天然饵料的繁殖生长，而且降低了鱼类的捕食效率等。

通常认为悬浮泥沙含量在 200mg/L 以下及影响时间较短时，不会导致鱼类直接死亡。此外，悬浮泥沙扩散场等会导致鱼类的回避反应，产生“驱散效应”。落潮开始后 $3\sim 4$ 小时，被带走的悬浮泥沙绝大部分沉降于海底，海水水质可逐渐恢复到原来状态，因此，施工期泥沙入海对游泳生物和渔业的影响较小。但部分鱼类幼体仍会受到损害，幼体比例以 50% 计，按幼体转化为成体比例 100% ，估算鱼类幼体一次性损失量 6.97kg 。

5.5.2 项目建设产生的海洋生态环境效益

本项目的实施从沙滩修复、岸线生态化等方面，因地制宜规划了厦门湾生态保护修复在小嶝海域的布局，逐渐修复受损岸线，提高生态系统服务功能，进而构建厦门市生态安全格局，提高岸线的生态韧性，通过实施海岸带综合管理，实现海岸带可持续发展。

(1) 进一步改善海域水动力条件、恢复沙滩，扩展海洋珍稀物种的生存空间，营造健康、高生产力的生态系统。项目区位于厦门湾中华白海豚生态廊道附近，工程实施引起纳潮量增加，有利于改善小嶝海域的水动力条件，增加中华白

海豚活动空间；项目实施使工程区南侧月亮湾前沿清淤水域水动力有所加强，清淤区部分水域涨落潮平均流速增加 0.01~0.02 m/s，将有利于减少本区域的淤积，通过去除文昌鱼外围保护地带周边海域表层淤泥，改善区域水动力环境，从而改善文昌鱼生境。

(2) 提升区域生态系统质量，丰富的生物资源和物种多样性，改善鸟类等的栖息环境。

(3) 通过生态保护修复工程提高区域防灾减灾能力，减少自然灾害对海洋环境和海洋产业等带来的损失，保护和改善了人们居住办公环境，对公共健康是极其有益的。

(4) 恢复了自然岸线生态功能，实现生活休闲一体化，实现人与自然的和谐共处。

综上所述，本工程的实施对工程区海域具有良好的生态环境效益。

5.5.3 海洋生物资源损失估算

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007)的规定，工程对海洋生物资源损害的评估主要从工程占用海域、污染物扩散的影响三方面考虑对海洋生物资源损害评估。

5.5.3.1 工程占用海域造成海洋生物损失量估算

本项目清淤、补砂施工导致底栖生物死亡和栖息地减少，引起底栖生物存量减少。这部分生物量的减少可以根据在该海域调查所得的单位面积底栖生物平均生物量乘以占用面积加以估算。占用范围内的底栖生物损失量按 100%计。

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》中占用渔业水域的海洋生物资源量损失评估方法，按如下公式：

$$W_i = D_i \times A_i$$

式中：

W_i —第*i*种生物资源损失量，单位为粒、尾、个、千克（粒、尾、个、kg）；

D_i —评估区域内第*i*种生物资源密度，单位为粒（尾、个）每平方千米、粒（尾、个）每立方千米、千克每平方千米[粒（尾、个）/km²、粒（尾、个）/km³、kg/km²]；

A_i —占用的渔业水域的面积或体积，单位为平方千米、立方千米(km²、km³)。

根据海域现状调查数据,本工程附近海域潮间带底栖生物数量采用2023年秋季和2024年春季调查底栖生物资源密度平均值为110.7 g/m²。

排水管道、护坦、排水口占用海域0.5201 hm²,其造成的损失量为0.5201 hm²×110.7 g/m²=0.58t。

清淤和补沙工程占用海域面积为7.4285 hm²,其造成的损失量为7.4285 hm²×110.7 g/m²=8.22 t。

5.5.3.2 施工期泥沙入海造成的生物损失量估算

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007)中的规定,生物资源损失率通过生物资源密度,浓度增量区的面积等进行估算,计算公式如下:

①一次性平均受损量计算

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij}$$

W_i——第 i 种类生物资源一次性平均损失量,单位为尾,个,千克;

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,单位为个/km²、尾/km²、kg/km²;

S_j——某一污染物第 j 类浓度增量区面积,单位为 km²;

n——某一污染物浓度增量分区总数;

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(%),生物资源损失率取值参见《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007)附录 B,见表 5.5-1。

表 5.5-1 污染物对各类生物损失率

污染物i的超标倍数 (Bi)	各类生物损失率(%)			
	鱼卵和仔稚鱼	成体	浮游动物	浮游植物
Bi≤1倍	5	<1	5	5
1<Bi≤4倍	5~30	1~10	10~30	10~30
4<Bi≤9倍	30~50	10~20	30~50	30~50
Bi≥9倍	≥50	≥20	≥50	≥50

注: 1、本表列出污染物 i 的超标倍数 (Bi), 指超《渔业水质标准》或超 II 类《海水水质标准》的倍数, 对标准中未列的污染物, 可参考相关标准或按实际污染物种类的毒性试验数据确定; 当多种污染物同时存在, 以超标倍数最大的污染物为评价依据。2、损失率是指考虑污染物对生物繁殖、生长或造成死亡, 以及生物质量下降等影响因素的综合系数。3、本表列出的对各类生物损失率作为工程对海洋生物损害评估的参考值。工程产生各类污染物对海洋生物的损失率可按实际污染物种类, 毒性试验数据作相应调整。4、本表对 pH、溶解氧参数不适用。

②持续性损害受损量计算

当污染物浓度增量区域存在时间超过 15d 时，应计算生物资源的累计损害量。

$$Mi=Wi \times T$$

Mi——第 i 种类生物资源累计损害量，单位为个、尾、kg；

Wi——第 i 种类生物资源一次平均损害量，单位为个、尾、kg；

T——污染物浓度增量影响的持续周期数（以年实际影响天数除以 15），单位为个。

各生态指数采用 2023 年春季和 2024 年秋季调查平均值。施工入海悬沙浓度联合影响范围见表 5.5-2。本区域平均水深取 1.5m。污染物浓度增量实际影响天数以清淤工程、补砂工程的实际施工工期为准（表 5.5-3）。本项目施工期海洋生物资源持续性损害受损量见表 5.5-4~5.5-7。

表 5.5-2 各工况悬浮物扩散最大影响范围统计 (hm²)

工况	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L
月亮湾清淤工程	16.7	9.7	5.7	4.2
月亮湾补砂工程	3.3	2.4	1.5	0.8
海豚湾补砂工程	5.6	4.1	2.7	1.4
总影响范围	22.9	14.4	8.9	6.1

表 5.5-3 各工况施工工期

序号	工作内容	开始时间	结束时间	工期(月)
1	月亮湾清淤工程	2025年7月1日	2025年8月15日	1.5
2	月亮湾补砂工程	2026年8月10日	2027年12月10日	4
3	海豚湾补砂工程	2026年12月1日	2027年3月31日	4

表 5.5-4 清淤施工造成的海洋生物资源受损量

项目	超标面积 (hm ²)	各类生物平均损失率(%)及生物资源密度				
		鱼卵	仔稚鱼	游泳动物成体	浮游动物	浮游植物
各类生物损失率 (Bi≤1)	7.0	5%	5%	1%	5%	5%
各类生物损失率 (1<Bi≤4)	4.0	17.5%	17.5%	5.5%	20%	20%
各类生物损失率 (4<Bi≤9)	1.5	40%	40%	15%	40%	40%
各类生物损失率 (Bi≥9)	4.2	50%	50%	20%	50%	50%
生物资源密度	—	138 ind/100m ³	17.1 ind/100m ³	310.61kg/km ²	60.08 ind/m ³	17.06×10 ³ cells/L
一次性平均受损量	—	7.76×10 ⁴ 粒	9.62×10 ³ 尾	4.21 kg	3.47×10 ⁶ ind	1.02×10 ¹² cell
持续性损害受损量	—	2.33×10 ⁵ 粒	2.89×10 ⁴ 尾	12.63 kg	1.04×10 ⁷ ind	3.06×10 ¹² cell

注明：Bi 为悬浮泥沙浓度超过二类《海水水质标准》的倍数，平均水深取 1.5m。污染物浓度增量实际影响天数以 1.5 个月计，则持续周期数为 3。

表 5.5-6 月亮湾补砂施工造成的海洋生物资源受损量

项目	超标面积 (hm ²)	各类生物平均损失率(%)及生物资源密度				
		鱼卵	仔稚鱼	游泳动物成体	浮游动物	浮游植物
各类生物损失率 (Bi≤1)	0.9	5%	5%	1%	5%	5%
各类生物损失率 (1<Bi≤4)	0.9	17.5%	17.5%	5.5%	20%	20%
各类生物损失率 (4<Bi≤9)	0.7	40%	40%	15%	40%	40%
各类生物损失率 (Bi≥9)	0.8	50%	50%	20%	50%	50%
生物资源密度	—	138 ind/100m ³	17.1 ind/100m ³	310.61kg/km ²	60.08 ind/m ³	17.06×10 ³ cells/L
一次性平均受损量	—	1.83×10 ⁴ 粒	2.26×10 ³ 尾	1.00 kg	8.16×10 ⁵ ind	2.39×10 ¹¹ cell
持续性损害受损量	—	1.46×10 ⁵ 粒	1.81×10 ⁴ 尾	8.04 kg	6.52×10 ⁶ ind	1.91×10 ¹² cell

注明：Bi 为悬浮泥沙浓度超过二类《海水水质标准》的倍数，平均水深取 1.5m。污染物浓度增量实际影响天数以 4 个月计，则持续周期数为 8。

表 5.5-6 海豚湾补砂施工造成的海洋生物资源受损量

项目	超标面积 (hm ²)	各类生物平均损失率(%)及生物资源密度				
		鱼卵	仔稚鱼	游泳动物成体	浮游动物	浮游植物
各类生物损失率 (Bi≤1)	1.5	5%	5%	1%	5%	5%
各类生物损失率 (1<Bi≤4)	1.4	17.5%	17.5%	5.5%	20%	20%
各类生物损失率 (4<Bi≤9)	1.3	40%	40%	15%	40%	40%
各类生物损失率 (Bi≥9)	1.4	50%	50%	20%	50%	50%
生物资源密度	—	138 ind/100m ³	17.1 ind/100m ³	310.61kg/km ²	60.08 ind/m ³	17.06×10 ³ cells/L
一次性平均受损量	—	3.19×10 ⁴ 粒	3.95×10 ³ 尾	1.76 kg	1.42×10 ⁶ ind	4.16×10 ¹¹ cell
持续性损害受损量	—	2.55×10 ⁵ 粒	3.16×10 ⁴ 尾	14.09 kg	1.14×10 ⁷ ind	3.33×10 ¹² cell

注明：Bi 为悬浮泥沙浓度超过二类《海水水质标准》的倍数，平均水深取 1.5m。污染物浓度增量实际影响天数以 4 个月计，则持续周期数为 8。

表 5.5-7 施工期悬浮泥沙造成的海洋生物资源受损量

项目	鱼卵 (粒)	仔稚鱼(尾)	游泳动物成体 (kg)	浮游动物(ind)	浮游植物(cell)
一次性平均受损量	1.28×10 ⁵	1.58×10 ⁴	6.97	5.70×10 ⁶	1.67×10 ¹²
持续性损害受损量	6.34×10 ⁵	7.86×10 ⁴	34.75	2.83×10 ⁷	8.29×10 ¹²

合计工程施工期悬浮泥沙入海造成的海洋生物资源受损量为：鱼卵 6.34×10^5 粒、仔稚鱼 7.86×10^4 尾、游泳动物成体 34.75 kg、浮游动物 2.83×10^7 ind、浮游植物 8.29×10^{12} cell。

5.5.3.3 生态补偿

(1) 计算方法

1) 价值估算

底栖生物经济损失按公式 (5.5-1) 计算：

$$M = W \times E \dots\dots\dots (5.5-1)$$

式中：

M ——经济损失额，单位为元（元）；

W ——生物资源损失量，单位为千克（kg）；

E ——生物资源的价格，按主要经济种类当地当年的市场平均价或按海洋捕捞产值与产量均值的比值计算（如当年统计资料尚未发布，可按上年度统计资料计算），单位为元每千克（元/kg）。

鱼卵、仔稚鱼的经济价值应折算成鱼苗进行计算。鱼卵、仔稚鱼经济价值按公式 (5.5-2) 计算：

$$M = W \times P \times E \dots\dots\dots (5.5-2)$$

式中：

M ——鱼卵和仔稚鱼经济损失金额，单位为元（元）；

W ——鱼卵和仔稚鱼损失量，单位为个（个）、尾（尾）；

P ——鱼卵和仔稚鱼折算为鱼苗的换算比例，鱼卵生长到商品鱼苗按 1%成活率计算，仔稚鱼生长到商品鱼苗按 5%成活率计算，单位为百分比（%）；

E ——鱼苗的商品价格，按当地主要鱼类苗种的平均价格计算，单位为元每尾（元/尾）。

幼体的经济价值应折算成成体进行计算，当折算成成体的经济价值低于鱼类苗种价格时，则按鱼类苗种价格计算。幼体折算成成体的经济价值按公式 (5.5-3) 计算：

$$M_i = W_i \times P_i \times G_i \times E_i \dots\dots\dots (5.5-3)$$

式中：

M_i ——第 i 种类生物幼体的经济损失额，单位为元（元）；

W_i ——第 i 种类生物幼体损失的资源量，单位为尾（尾）；

P_i ——第 i 种类生物幼体折算为成体的换算比例，按 100% 计算，单位为百分比（%）；

G_i ——第 i 种类生物幼体长成最小成熟规格的重量，鱼、蟹类按平均成体的最小成熟规格 0.1kg/尾计算，虾类与头足类按平均成体的最小成熟规格 0.005kg/尾~0.01kg/尾计算，单位为千克每尾（kg/尾）；

E_i ——第 i 种类生物成体商品价格，按当时当地主要水产品平均价格计算，单位为元/千克（元/kg）。

2) 损害赔偿和补偿年限（倍数）的确定

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》，生物资源损害补偿年限（倍数）的确定按如下原则：

各类工程施工对水域生态系统造成不可逆影响的，其生物资源损害的补偿年限均按不低于 20 年计算。

一次性生物资源的损害补偿为一次性损害额的 3 倍。持续性生物资源损害的补偿分 3 种情形，实际影响年限低于 3 年的，按 3 年补偿；实际影响年限为 3 年~20 年的，按实际影响年限补偿；影响持续时间 20 年以上的，补偿计算时间不应低于 20 年。

依据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》中鱼卵、仔稚鱼经济价值的计算方法，鱼卵、仔稚鱼折算为鱼苗的比例，鱼卵生长到商品鱼苗按 1% 成活率计算，仔稚鱼按 5% 计算。

（2）生物资源价格

1) 底栖生物损失的补偿估算

排水管道、护坦、排水口造成的生物损失量属于长期的、不可逆转的，因此损害补偿年限按不低于 20 年计算：

排水管道、护坦、排水口造成的底栖生物经济损失=底栖生物损失量×20 年×价格=0.58t×20 年×1.0 万元/t=11.6 万元

清淤、补沙施工造成的生物损失量是临时的、可恢复的，因此损失补偿年限按 3 年计算：

清淤和补沙施工造成的底栖生物经济损失=底栖生物损失量×3 年×价格

=8.22t×3 年×1.0 万元/t=24.66 万元

因此，工程造成底栖生物经济损失为 36.26 万元。

2) 悬浮泥沙入海造成的海洋游泳生物损失的补偿估算

悬浮泥沙入海造成的海洋生物损失为持续性生物资源损害，其实际影响年限为 3~20 年的，按实际影响年限补偿。

具体补偿情况如下表所示：

表 5.5-8 悬浮泥沙造成的海洋生物经济损失估算

施工内容	生物持续性损失量		
	鱼卵（粒）	仔稚鱼（尾）	游泳动物成体（kg）
清淤工程	2.33×10 ⁵	2.89×10 ⁴	12.63
月亮湾补沙工程	1.46×10 ⁵	1.81×10 ⁴	8.04
海豚湾补沙工程	2.55×10 ⁵	3.16×10 ⁴	14.09
损失量合计	6.34×10 ⁵	7.86×10 ⁴	34.75
单价	1 元/条	1 元/条	20 元/kg
换算比例	1%	5%	100%
经济损失（万元）	1.90	1.18	0.21
合计（万元）	3.29		

因此，工程施工期悬浮泥沙入海造成的海洋生物资源经济损失为 3.29 万元。

(3) 生态补偿金计算结果

综上，工程造成底栖生物经济损失为 36.26 万元，施工期悬浮泥沙入海造成的海洋生物资源经济损失为 3.29 万元，合计造成的海洋生物资源经济损失为 39.55 万元。

(4) 生态补偿措施

本项目实施对海洋生物资源的损失将由相关主管部门征收生态补偿金，进行科学合理的渔业资源增殖规划，做好渔业资源修复和补偿的科研工作，有层次、有步骤地实施渔业资源增殖放流工作，以期实现对区域渔业资源的修复和补偿。

5.6 大气环境影响分析

本项目为生态型建设项目，建成后无生产废气排放，不会对大气环境产生影响。本节主要分析施工期大气环境影响：

(1) 船舶机械废气

施工期废气主要来自施工机械驱动设备和施工船舶、运输车辆等排放的废气，

主要污染物是 NO₂、CO、THC、NMHC。该类污染物对环境的影响是暂时的，将随施工期结束而基本消失。由于工程所在区域地势开阔，大气扩散条件好，施工机械、施工船舶为流动性的，较为分散，密度较小，废气产生量有限。

(2) 清淤淤泥臭气

本项目清淤过程中，含有机物、腐殖质的底泥在疏浚扰动下会释放一定的恶臭气体影响周围环境空气质量，主要污染因子为氨和硫化氢等。清淤过程恶臭属于无组织间歇性排放。

挖掘机开挖、淤泥自然干化（晾晒）、淤泥运输过程中恶臭影响程度主要取决于淤泥的性质、干化程度、水层和水质，气温、日照、风况、大气扩散条件、稳定度等气象条件，以及污染源和敏感目标距离、相对位置和方位等。本评价类比我所 2005 年 11 月编制的《杏林湾（含园博园）清淤及吹填造地工程环境影响报告书（报批本）》中对筲箕湖清淤何厝弃泥库恶臭影响的分析结果来对本项目的臭气影响进行分析，根据该报告分析“2005 年 8 月 2 日 14:30-15:50 时段，评价人员对筲箕湖清淤何厝弃泥库恶臭影响进行了调查，调查时间为盛夏晴热天气的日最高气温，含泥污水的水温较高时段，污泥水产生臭气较强时段。类比调查时吹 SW-SSW 风，风速 3.5~4.2m/s，排泥口排出的为黑色泥水，在排泥口附近有轻微臭泥味感觉，在排泥口下风向 50m 左右未感到臭气或异味。类比调查时段，随机向排泥口附近的吕岭路（何厝、岭兜段）施工人员了解，该路段施工人员在排泥口西侧约 80m 处，施工人员均未感到弃泥库臭气的明显影响。”

通过上述内容分析淤泥臭气影响强度见表 5.6-1，恶臭强度是以臭味的嗅觉阈值为基准划分等级的，我国把恶臭强度分为 6 级，见表 5.6-2。

表 5.6-1 底泥臭气强度影响距离

距离	臭气感觉强度	级别
清淤区	有较明显臭味	3 级
30m	轻微	2 级
50m	极微	1 级
80m 外	无	0 级

表 5.6-2 恶臭强度分级法

强度	指标
0	无气味
1	勉强能感觉到气味（感觉阈值）
2	气味很弱但能分辨其性质（识别阈值）
3	很容易感觉到气味
4	强烈的气味

5	无法忍受的极强气味
---	-----------

根据类比分析，清淤现场有较明显的臭味，30m 之外达到 2 级强度，有轻微臭味，低于恶臭强度的限制标准（2.5-3.5 级）；80m 之外基本无气味。据现场调查，沙滩外侧清淤区距离项目区最近的后堡村约 165m，本项目清淤过程恶臭对周边敏感目标影响较小。

综上，本项目施工对大气环境的影响较小。

5.7 施工噪声对海洋生态的影响

本项目为生态型建设项目，建成后工程本身不会产生噪声，声环境影响主要集中在施工期。噪声污染源为施工船舶、施工机械等产生的噪声。

采用《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）中推荐的噪声预测模式对施工期噪声影响进行预测。主要施工机械的噪声随距离的衰减情况见表 5.7-1。

表 5.7-1 主要施工机械（单台）噪声随距离的衰减变化 单位：dB(A)

噪声源	r0/ m	LA(r0)/ dB(A)	LA(r)/dB(A)								
			20m	30m	50m	60m	100m	200m	300m	400	500m
船舶作业	10	90	84.0	80.5	76.0	74.4	70.0	64.9	64.0	58.0	56.0
自卸汽车	10	80	74.0	70.5	66.0	64.4	60.0	54.9	54.0	48.0	46.0
挖掘机	10	83	77.0	73.5	69.0	67.4	63.0	57.9	57.0	51.0	49.0
推土机	10	85	79.0	75.5	71.0	69.4	65.0	59.9	59.0	53.0	51.0

由表 4.7-1 可知，单台施工机械约在 100m 以外噪声值基本能达到施工阶段场界昼间噪声限值，夜间施工则需在 550m 以外才能达到要求。由于施工期间，施工机械是组合使用的，噪声影响将比上表要大。环境敏感目标为北侧约 165m 的后堡村，本项目施工期可能会对村民产生一定的影响。施工过程中应合理使用设备，减少突发性施工噪声对附近居民的影响。施工噪声是暂时的，在采取相应措施下，可减轻施工的影响，施工结束后噪声影响即消除。

5.8 固体废物环境影响分析

本项目为生态型建设项目，建成运营后的固体废物主要来自滨海休闲观光、沙滩和堤后绿化带日常维护将产生少量城市生活垃圾，分类收集处置后对环境的影响较小。

施工期固体废物主要包括施工过程中产生的疏浚物，施工场地汽车和机械冲洗废水的隔油沉淀池产生的浮油、浮渣和污泥，船舶垃圾（船舶维护产生的固体废

物、废弃的含油抹布、劳保用品）以及施工人员生活垃圾等。

（1）清淤疏浚物

根据工程方案，本项目清淤开挖疏浚物总量 3.29 万 m³，运输采用 1000~1500m³ 自航泥驳外抛至围头湾外临时性海洋倾废区。根据生态环境部 2022 年 11 月印发的《关于启用围头湾外倾废区等 4 个临时性海洋倾废区的公告》（2022 年第 25 号公告，附件 13），围头湾外倾废区是以 118°33'23.60"E, 24°22'11.40"N; 118°35'17.35"E, 24°23'41.12"N; 118°34'36.47"E, 24°24'20.77"N; 118°32'48.70"E, 24°22'38.50"N 四点连线围成的区域，面积 6.36 平方公里，用于处置符合相关标准和要求的疏浚物。该倾废区纳泥量约为 2400 万 m³/年，每年的 4-6 月围头湾鱼类繁殖期不可抛泥。建设单位应与主管部门做好取得倾废指标的沟通协调工作，施工前向主管部门提出倾废废弃物申请，并附报废弃物特性和成分检验报告等主管部门规定的材料。经主管部门审查批准，取得许可证后方可倾废。疏浚物外抛应当如实记录外抛时间、外抛量等，向行政主管部门报告并接受其监督检查。

（2）堤上路拆除等建筑固废

堤上路拆除以及清理海域等产生的开挖弃方和拆除条石等需外运处置。建设单位应按照厦门市《厦门市建筑废土管理办法》要求，通过厦门市“建筑废土砂石综合管控平台”，申请本项目外运固体废物的合理合法处理场地。严禁随意堆放或排放入海。

（3）危险废物处置

本项目的危险废物包括施工场地汽车和机械冲洗废水的隔油沉淀池产生的浮油、浮渣和污泥（0.2t/a），危废类别为 HW08 废矿物油与含矿物油废物，废物代码：900-210-08，另外船舶垃圾中的含油抹布、劳保用品，危废类别/代码：900-041-49，均交由有资质的单位接收处理。

（4）施工船舶垃圾

施工船舶垃圾包括生产垃圾和生活垃圾，生活垃圾产生量约 45 kg/d，生产垃圾约 100kg/d，生活垃圾和生产垃圾不得随意倒入海域，统一由有资质单位接收处理。施工单位应与经厦门海事部门认可的船舶垃圾接收处理单位签订协议，通过有偿服务，落实施工船舶垃圾的接收处理。在采取上述措施的情况下，施工船舶垃圾对海域环境不产生影响。

（5）施工人员生活垃圾

施工人员租用当地民房产生的生活垃圾与临时施工场地人员生活垃圾均纳入现有环卫垃圾收集处理系统，收集后由环卫部门清运，统一处理，不会造成环境影响。

综上，本项目施工期和运营期固体废物均可妥善处置，对环境的影响较小。

5.9 水鸟及栖息地的影响

根据 1964-2023 年月亮湾沙滩岸线变化监测数据显示：1964 年，该区域拥有约 30 米宽的干滩；至 2003 年，沙滩宽度显著收窄，已趋近当前岸线状态；2003 年至今，沙滩岸线整体保持稳定。本次规划实施的月亮湾沙滩前沿清淤工程，将作业区域疏浚至-1.0 米等高线（即历史围垦边界），修复方向为恢复历史状态。

5.9.1 水鸟栖息地的生境变化

（1）工程用海导致的滩涂面积和湿地类型变化

本项目工程区及周边的水鸟主要栖息于滩涂和浅水海域，这两种生境是我国海湾沿岸典型的鸟类栖息地类型。其中，滩涂和浅水海域是水鸟主要觅食地，而周边的滩涂则为水鸟提供了重要的休憩场所。

本工程清淤作业范围整体与岸线平行，呈带状分布，清淤宽度约 100m，清淤面积仅为 2.44 hm^2 。清淤工程疏浚底高程-1.0 m（85 高程），而小嶝海域的平均高潮位为 2.4 米，平均低潮位-1.51 米，平均潮差为 3.91 米。作业完成后，该区域每日露滩时间由 10~12 小时减少至 5.5 小时。尽管露滩时间有所缩短，但该区域仍属于低潮时水深-6.0m 以浅的滨海湿地范围，滨海湿地面积保持不变，湿地类型仍为滩涂，具备继续作为鸟类觅食地的功能。

本工程沙滩修复用海面积为 4.75 hm^2 ，月亮湾滩肩的宽度约 7~36 米，海豚湾滩肩的宽度 26~56 米。沙滩形成后，其滩面可能为部分水鸟提供新的停歇区域，但随着片区建设带来的人为活动增加，近岸生境对生性机敏的鸟类总体适宜可能会有所下降。

翔安南部与大嶝岛西侧之间的滩涂地势较为平缓，平均宽度在 2km 以上。2025 年该区域滩涂宽度约为 3-5km，面积约 2900 hm^2 ，本项目总用海面积 7.5 hm^2 约占翔安南部滩涂总面积的 0.25%，其中清淤破坏了 2.44 hm^2 的滩涂，对区域滩涂整体格局的影响相对有限。

（2）底栖生物损失对鸟类觅食的影响

水鸟大多以潮间带的多毛类、双壳类、腹足类、甲壳类等无脊椎动物为补充能量的主要食物来源。根据现状调查,评价区潮间带生物包括环节动物、软体动物、节肢动物、棘皮动物和藻类等。疏浚、沙滩施工活动将导致用海区域内底栖生物存量减少。根据前述计算结果,项目占用范围内的底栖生物损失量按 100%计,总损失量为 8.70 t,换算成经济损失为 36.26 万元。针对这一生态影响,将通过增殖放流等方式进行海洋生态补偿。

翔安南部滩涂范围较广,项目用海主要在近岸 100m 范围。尽管工程区疏浚和铺沙作业导致底栖生物损失对水鸟觅食地产生了一定影响,但外侧的广阔滩涂仍保持原生状态,水鸟的觅食环境未遭破坏。此外,沙滩修复完成 1 年后大型底栖动物种类组成基本稳定,能形成稳定生境。随着时间的推移,区域内大型底栖动物种类数、生物量和栖息密度与天然沙滩相差不大,修复沙滩的生态恢复情况良好¹。虽然沙滩修复后底质类型由泥质变为砂质,导致多毛类等典型泥滩生物大量减少,甲壳动物占比增加。实际上,海滩生物种类丰富多样,包括蛤类、螺类、蠕虫类、沙蚤、地鳖虫、螃蟹、海虱、沙钱和许多个体较小的其他动物,仍能为水鸟提供多样化的食物来源²。另外,生物量总体呈递增趋势,沙滩修复对生物量影响较小³。

综上,尽管施工过程中可能对局部海域生态环境产生短暂扰动,但从生态系统整体性、自然恢复能力及长期演替规律分析,本项目对鸟类栖息的影响总体轻微,且具备显著的长期正面生态效应。

5.9.2 施工期对水鸟的影响

根据鸟类现状调查结果,工程区及周边水鸟主要由鸬鹚类、鸥类、鹭类和琵鹭组成。调查显示,该区域水鸟类群多样性低,物种分布不均匀,仅记录 4 种鸟类,其中鸬鹚记录到 14 只。鸬鹚为迁徙性候鸟,分布于中国北部地区越冬期主要集中在每年的 10 月至次年 3 月之间,栖息于我国南部海域。本项目清淤和铺沙主体工程计划于 7 月份启动,与鸬鹚越冬期无重叠,因此,施工期对其影响较

¹ 曾舒婷,陈敏,戚洪帅,等. 厦门岛沙滩大型底栖动物环境控制因子及沙滩修复对其影响[J]. 应用海洋学报,2024,43(3):521-532. DOI:10.3969/J.ISSN.2095-4972.20230718002.

² 戚洪帅,曾舒婷,陈敏,等. 海滩养护对海滩生态系统的多尺度影响述评[J]. 海洋学报(中文版),2024,46(1):12-26. DOI:10.12284/hyxb2024024.

³ 曾舒婷. 养护海滩地貌与生态系统适应性研究[D]. 自然资源部第三海洋研究所,2024.

小。鸥类、鹭类等主要分布在沿岸滩涂，常以集群或分散觅食，集群栖息，对人类活动较为敏感。施工期间，受施工噪声、船舶往来及人员活动等干扰，这些鸟类可能暂时飞离至周边相似生境觅食与栖息。

施工期悬浮泥沙将导致水体浑浊度增大，抑制浮游植物的生长繁殖；水下开挖作业也会扰动底栖生物和游泳动物，间接影响鸟类天然饵料食物的供给。同时，施工船舶、机械噪声及人为活动将对滩涂觅食的水鸟造成显著惊扰，降低其栖息与觅食环境的安全性与隐蔽性，迫使水鸟转移至工程区外围或其他适宜生境。施工期的船舶、机械噪声等人为干扰，会进一步压缩以滩涂为主要觅食地的水鸟觅食空间。

综上，施工期对水鸟的影响是直接的、可逆的、暂时的，将在短期内影响到局部区域的鸟类数量和分布，但随着施工结束对其影响也会逐渐减弱。

5.9.3 厦门新机场建设对项目区的鸟类管控要求

根据厦门新机场海洋环评报告(环审密[2021]23 号、环审密[2021]22 号)，大嶝海域附近的滩涂、岛礁、海上养殖及大面积的湖泊水面是吸引鸟类的重点区域，鸟击风险较高。威胁翔安新机场飞行安全的鸟类主要为鸬鹚类（含鸥类）、鹭类、普通鸬鹚和猛禽。根据厦门新机场调查区鸟击风险分布图（图 5.9-1），本项目区属于厦门新机场调查区鸟击风险“很高”和“高”区域。从飞行安全考虑，项目用地用海区不适宜成为鸟类保护修复栖息地，需对现有栖息地进行改造和异地安置，减少机场运营期的鸟击风险。

略

图 5.9-1 厦门新机场调查区鸟击风险分布图（引自《厦门翔安机场建设鸟情动态监测及其对飞行安全影响分析》）

5.10 陆域生态影响分析

本工程建设无破坏森林植被，对区域植物多样性和植被生态多样性不会造成明显的影响。根据实地调查，本工程陆域评价区内，未发现涉及有重要野生动物。本工程的建设，对周边野生动物资源及生态影响较小，不会造成珍稀物种的灭绝问题，对生物多样性影响不大。

5.11 环境敏感目标影响分析

5.11.1 对自然保护区的影响

根据《厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区总体规划》，本项目拟申请用海未占用“厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区”，疏浚区涉及保护区外围保护带，悬浮泥沙增量大于 10mg/L 的影响面积约 0.157 km² 位于保护区内。工程实施将对保护区主要保护对象及其生境产生一定影响，项目施工引起的悬浮泥沙的影响属于短期的可恢复性质。工程施工期水下钻孔施工产生的水下噪声会对中华白海豚造成一定的影响，但其影响随着施工的结束而消失；在采取施工前密切观察周边海域中华白海豚的活动情况，对中华白海豚进行声学驱赶，并在严格控制施工持续时间的前提下，施工期产生的水下噪声不会对宽阔海域的中华白海豚带来较大的影响。工程施工期和运营期船舶航行和船舶噪声对中华白海豚的影响不显著，项目建设对保护物种中华白海豚、文昌鱼的影响见第 7 章的详细分析。

5.11.2 对生态保护红线的影响

根据《福建省“三区三线”划定成果》中生态保护红线划定成果，本项目拟申请用海不涉及生态保护红线。”小佰屿生态保护红线区距离本项目 3.5km，“福建珍稀海洋物种国家级自然保护区”距离项目约 15.4km。根据数模预测结果，施工引起的 10mg/L 浓度增量的悬浮泥沙范围少部分不进入生态保护红线区，对生态保护红线区影响较小。

5.11.3 对周边养殖的影响

本项目北侧、东侧有一些海水养殖，施工导致的悬浮泥沙入海将对周边海域的海水水质造成暂时性的影响。根据数值模拟结果，悬浮泥沙增量为 10mg 的包络线距离仅在沙滩前沿 240m 范围内，不会进入养殖范围内。本项目施工对养殖的影响很小。

6 工程建设对保护区中华白海豚的影响

6.1 厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区概况及相关规定

6.1.1 厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区概况

6.1.1.1 自然保护区的地理位置、范围及功能划分

(1) 《厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区总体规划》(闽政文〔2016〕40号)

《厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区总体规划》于2016年2月得到福建省人民政府批复(闽政文〔2016〕40号),规划期为2016~2025年。其中,近期规划为2016~2020年,远期规划为2021~2025年。规划总体目标为保护好珍稀海洋生物资源及其生境,维持生态系统的稳定性和多样性,充分发挥自然保护区的多功能效益;通过保护,培育等手段,增加保护物种的种群数量;建立自然保护区统一管理机构“厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区管理局”,统一规划,统一监管,统一立法(执法);将自然保护区建成集保护、科研、宣教为一体的设施完善、设备先进、管理高效、功能齐全、持续发展的国家级自然保护区。规划主要内容包括:管护基础设施建设规划,工作条件与巡护工作规划,人力资源及内部管理规划,宣传工作规划,科研与监测工作规划,生态修复规划,资源合理利用规划,保护区周边污染治理规划和自然保护区合作行动规划。同时该规划还提出了重点项目建设规划和实施总体规划的保障措施。

厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区位于厦门海域(地理坐标为117°57'~118°26'E、24°23'~24°44'N)。厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区及外围保护地带面积共330.88km²,其中保护区面积75.88km²,外围保护地带面积255km²,与2000年4月国务院发布的保护区范围和面积一致。各区详细情况如下:

① 中华白海豚保护区

厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区(中华白海豚)范围界定为第一码头和嵩屿联线以北、高集海堤以南的35km²西港海域和钟宅、刘五店、澳头、五通四点连线的同安湾口约20km²海域,总面积55km²;厦门管辖的其他海域为中华白海豚外围保护地带,面积255km²。

② 文昌鱼保护区

厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区(文昌鱼)位于黄厝海域,面积 18.71km²。外围保护地带位于厦门与大金门岛之间的南线至十八线一带海域(面积 32.06km²)和小嶝岛以南与大金门岛之间的海域(面积 11.11km²),总面积 43.17km²;文昌鱼外围保护地带与中华白海豚外围保护地带重叠。

③ 白鹭保护区

厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区(白鹭)范围包括大屿岛、鸡屿岛全部陆域和滩涂;总面积约 2.17 km²,其中大屿岛面积 17.9 公顷(0.179km²),滩涂面积 46.1 公顷(0.461km²);鸡屿岛面积 40.1 公顷(0.401km²),滩涂面积 112.9 公顷(1.129km²)。

(2)《福建厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区总体规划(2024-2030 年)》

2024 年自然保护区调整,不进行范围调整,地理坐标不变,总面积不变。此次功能区调整范围位于保护区中华白海豚片区的东南侧区域和文昌鱼片区的东南侧区域,调整为实验区,调整面积 443.2hm²,有效期为:2024 年 10 月 23 日起 5 年内。根据《福建厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区总体规划(2024-2030 年)》,保护区范围和功能区划分如下:

略

图 6.1-1 福建厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区功能区划图(2024-2030)

6.1.1.2 保护区类型

根据中华人民共和国国家标准《自然保护区类型与级别划分原则》(GB/T 14529-93),厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区为“野生生物类”类别中的“野生动物”类型的自然保护区。

6.1.1.3 自然保护区的保护对象

厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区主要保护对象为如下 12 种珍稀海洋物种及其生境:

- (1) 中华白海豚 *Sousa chinensis* 国家I级保护动物
- (2) 文昌鱼 *Branchiostoma* sp. 国家II级保护动物
- (3) 黄嘴白鹭 *Egretta eulophotes* 国家II级保护动物
- (4) 岩鹭 *Egretta sacra* 国家II级保护动物
- (5) 白鹭 *Egretta garzetta*

- (6) 大白鹭 *Egretta alba*
- (7) 中白鹭 *Egretta intermedia*(8) 夜鹭 *Nycticorax nycticorax*
- (9) 牛背鹭 *Bubulcus ibis*
- (10) 苍鹭 *Ardea cinerea*
- (11) 池鹭 *Ardeola bacchus*
- (12) 绿鹭 *Butorides striatus*

在这 12 种主要保护对象中，国家Ⅰ级保护动物 1 种、国家Ⅱ级保护动物 3 种，濒危野生动植物种国际贸易公约附录Ⅰ（CITES，2010）保护物种 1 种（中华白海豚），世界自然保护联盟（IUCN，2007）易危物种 1 种（黄嘴白鹭）、近危物种 1 种（中华白海豚），双边国际保护协定物种 6 种（大白鹭、岩鹭、中白鹭、牛背鹭、夜鹭、绿鹭）。栖息环境包括海岛、水体和海底等三维空间。

6.1.2 保护区相关管理规定和要求

6.1.2.1 《中华人民共和国自然保护区条例》有关保护规定

根据《中华人民共和国自然保护区条例》（2017 年修订），自然保护区可以分为核心区、缓冲区和实验区，该条例第二十六条规定：“禁止在自然保护区内进行砍伐、放牧、狩猎、捕捞、采药、开垦、烧荒、开矿、采石、挖沙等活动；但是，法律、行政法规另有规定的除外”；第三十二条规定：“在自然保护区的外围保护地带建设的项目，不得损害自然保护区内的环境质量；已造成损害的，应当限期治理。”；第三十三条规定：“因发生事故或者其他突然性事件，造成或者可能造成自然保护区污染或者破坏的单位和个人，必须立即采取措施处理，及时通报可能受到危害的单位和居民，并向自然保护区管理机构、当地环境保护行政主管部门和自然保护区行政主管部门报告，接受调查处理。”

6.1.2.2 相关管理与保护规定

(1) 《厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区总体规划（2016-2025 年）》

厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区（中华白海豚、文昌鱼）实行非封闭式管理；厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区（白鹭）实行封闭式管理；外围保护地带仅对保护物种加以严格保护。厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区适应性管理措施如下：

厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区适应性管理措施

<p>1.行政管理</p>	<p>措施 1.1: 严格执行国家、省、市有关保护区的各项法律、法规及制度。 针对厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区特点, 坚决执行《厦门市海洋保护若干规定》, 加大海洋执法力度, 严厉打击违法倾废、违法经营水生野生动物制品、在厦门海域非法采砂、违法水下爆破的行为, 定期组织开展海洋工程建设专项执法检查, 确保监管到位。</p> <p>措施 1.2: 厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区(中华白海豚、文昌鱼)实行非封闭式管理。 严格执行《厦门市中华白海豚保护规定》, 严禁任何危害中华白海豚和文昌鱼资源及其栖息环境的开发利用活动; 外围保护地带对保护物种加以严格保护, 在外围保护地带进行的项目, 不得损害自然保护区内的自然资源和生态功能。</p> <p>措施 1.3: 厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区(白鹭)实行封闭式管理。 严格执行《厦门大屿岛白鹭自然保护区管理办法》, 禁止任何单位和个人擅自进入大屿岛和鸡屿岛, 进入保护区考察、从事科学研究等活动, 必须事先向自然保护区管理机构提出申请, 经自然保护区行政主管部门批准后方可进行。</p> <p>措施 1.4: 加强保护区法治建设。 制定《厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区管理办法》。</p> <p>措施 1.5: 加大资金投入, 推进行政能力建设。 加大保护区基础设施和管护设施建设, 增加保护区的工作人员和人力资源, 加强保护区执法队伍建设。</p>
<p>2.调查、科研与监测</p>	<p>措施 2.1: 定期开展保护区资源调查工作。</p> <p>措施 2.2: 每年制定一个详细的保护区科研与监测计划。</p> <p>措施 2.3: 增强科研人员间, 科研人员与资源管理者之间及科研人员与公众之间的交流。</p>
<p>3.保护、修复生态及生境</p>	<p>措施 3.1: 确认和减少保护物种及其栖息地受到的威胁。</p> <p>措施 3.2: 西海域综合整治、文昌鱼增殖放流、大屿岛和鸡屿岛植被修复等。</p>
<p>4.宣传、教育及延伸服务</p>	<p>措施 4.1: 建立公众环境保护教育基地, 建设珍稀海洋物种科研基地。</p> <p>措施 4.2: 促进公共管理及海洋保护道德规范, 鼓励志愿者参与保护区工作。</p>

(2) 《厦门市中华白海豚保护规定》

根据《厦门市中华白海豚保护规定》(厦门市人民政府令第 65 号 1997 年 10 月 18 日)第二条“厦门中华白海豚自然保护区实行非封闭式管理, 其范围界定为第一码头和嵩屿联线以北, 高集海堤以南的西海域和钟宅、刘五店、澳头、五通四点联线的同安湾口海域, 本市行政区域内的其他海域为保护区外围保护地带”。

该保护规定第十四条对厦门海域内进行的涉海活动作了如下要求:

- ①海上船舶除执行紧急任务或抢险救灾、救护等特殊情况下, 内港航速不得超过 8 节, 同安湾海域航速不得超过 10 节;
- ②禁止底拖网和高 2m, 连续长度 150m 以上的流刺网作业;
- ③禁止以娱乐或盈利为目的的高速摩托艇和潜水活动;

④设置排污口，应当进行环境影响评价，经市渔业行政管理部门签署意见，报市环境保护行政主管部门批准，建设排污处理设施，污水排放应达到国家和本市水污染排放标准的要求；

⑤进行水下爆破、填海工程和将泥沙直接推入海里，施工单位必须报经市渔业行政管理部门审核，方可按有关规定办理相应手续，并采取有效的措施，防止或减少对中华白海豚资源的损害。

⑥严格控制对以娱乐或盈利为目的的快艇的营运审批。

(3) 厦门文昌鱼的保护规定

1991年厦门市政府批准成立“厦门文昌鱼自然保护区”，1992年9月出台《厦门文昌鱼自然保护区管理办法》（厦府[1992]综234号），并明确厦门市海洋管理处负责该保护区工作，2000年文昌鱼保护区与中华白海豚省级自然保护区、白鹭省级自然保护区整合成为厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区。2010年福建省人大常委会批准《厦门市海洋环境保护若干规定》，明确厦门全海域禁止采砂，此前厦门市已明确西海域、同安湾口及黄厝海域为禁渔区，有力推动了对文昌鱼栖息地的保护。

2005年厦门市海洋与渔业局组织市海洋与渔业研究所开展文昌鱼人工繁育科研及中试试验获得成功，并从此开展常态化增殖放流，年均30万尾以上。

6.1.3 工程与自然保护区的位置关系

本工程不占用厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区，清淤区局部进入中华白海豚和文昌鱼外围保护地带，与保护区（中华白海豚）同安湾口海域最近距离为15km；与黄厝文昌鱼保护区最近距离为2.4km。工程区、施工期悬浮泥沙影响范围与自然保护区的位置关系见表6.1-1。

表 6.1-1 工程和悬浮泥沙影响范围与自然保护区的位置关系

序号	保护区名称	方位	与工程区最近距离	与 10mg/L 悬浮泥沙范围最小距离
1	厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区(中华白海豚)	西侧	15.7 km	15.6 m
2	厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区(文昌鱼)	西南侧	28 km	22.5km
3	厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区外围保护地带(中华白海豚)	/	部分占用	10mg/L 悬浮泥沙影响范围约 0.157km ²

4	厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区外围保护地带(文昌鱼)南线至十八线海域	西南	6.88 km	6.30 km
5	厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区外围保护地带(文昌鱼)小嶝岛海域	东	部分占用	10mg/L 悬浮泥沙 影响范围约 0.157km ²

6.2 中华白海豚和文昌鱼的生态学习性及资源概况

6.2.1 中华白海豚和文昌鱼的生态学习性

6.2.1.1 中华白海豚的生物学与生态特性

(1) 中华白海豚的生物学特性

中华白海豚 (*Sousa chinensis*), 又名印度太平洋驼背豚 (英文名: Indo-Pacific humpback dolphin), 属哺乳纲、鲸目 (*Cetacea*)、海豚科 (*Delphinidae*)、白海豚属 (*Sousa*)。中华白海豚是近岸海洋生态系统的旗舰物种和指示物种, 位于近岸海域食物链的顶端, 具有重要的生态、科研和文化价值。中华白海豚在闽粤一带被渔民尊称为“妈祖鱼”, 保护中华白海豚对于维护海洋生物多样性, 实现人与自然和谐发展具有重要意义。在 1988 年颁布的《中华人民共和国野生动物保护法》中, 中华白海豚被列为国家一级重点保护的海洋珍稀动物。1991 年该物种被列入《濒危野生动植物种国际贸易公约》(CITES) 附录 I, 2017 年被世界自然保护联盟 (IUCN) 从近危物种 (NT) 升级为易危物种 (VU), 也被列入保护野生动物迁徙物种公约 (CMS) 附录 II。2017 年, 我国农业农村部发布了《中华白海豚保护行动计划 (2017-2026 年)》, 作为下一阶段我国中华白海豚保护工作的指导性文件。

1) 主要食物

中华白海豚主食鱼类, 虽在不同地区食性会有所变化, 但都以浅滩底栖河口鱼类为主。根据死亡的中华白海豚的胃容物分析可知, 在厦门, 鲮鱼 (*Mugil sp.*)、鳙鱼 (*Ilisha elongata*)、黄鲫 (*Setipinna taty*)、叫姑鱼 (*Johnius sp.*)、鲚鱼 (*Coilia sp.*) 和黄姑鱼 (*Nibea albiflora*) 较多 (Leatherwood 等, 1983; 王丕烈, 1999; 王丁等, 2003); 在香港, 中华白海豚至少食 24 种鱼和 1 种头足类动物, 石首鱼科 (*Sciaenidae*)、鳀科 (*Engraulidae*)、带鱼 (*Trichiuridae*) 和鲱科 (*Clupeidae*) 的鱼类占了 93%, 叫姑鱼是被捕获率最高的、数量最大的鱼类, 其次为棘头梅童鱼和棱鳀属鱼类 (*Thryssa sp.*), 这些鱼通常发现于较脏的河口区 (Barros 等, 2004)。

基于以上研究可以发现, 中华白海豚饵料生物主要是鱼类, 包括鲱科、鳀科、鲮科和石首鱼科等; 较少见到其摄食头足类和甲壳类等动物。

2) 活动特性

中华白海豚的繁殖、觅食、社群活动等均在相对固定的港湾内进行，但具有明显的季节移动（Jefferson, 2000; Karczmarski 等, 2000; 贾晓平等, 2000; 刘文华和黄宗国, 2000）。可能的原因包括：首先，江河每年都有枯水期与洪水期，对入海口海水的盐度有明显的季节性影响，中华白海豚为了利用盐度适宜的水域，从而进行季节移动。其次，温度的季节变化与潮水涨落产生的温度差异、食物的丰富度、各种鱼的季节性增减也可能导致中华白海豚的季节移动。此外，季节性移动可能还与交配、繁殖等活动有关。

3) 生境选择

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

4) 繁殖

Jefferson 认为雌性中华白海豚 9~10 岁就可达到性成熟，雄性稍晚 1-2 年，5~7 月份是中华白海豚的交配高峰期。妊娠期约 11 个月；全年都可产仔，但春、夏两季高于秋、东两季（Jefferson, 2012）。每胎一仔，未发现有两仔。出生幼仔在 1m 左右，体重约 20~40kg（王丕烈, 1999）。幼体的体长在第一年内增长非常快，而以后增长相对较缓，12 岁前呈较快的指数增长，在 12 岁之后增长的幅度相当小（Jefferson, 2004）。体长与体重也具有相关性（Jefferson, 2004），随着体长的增大体重也呈指数增长，而且体长越长，体重的增长幅度越大。

（1）中华白海豚的声学特性

1) 发声系统

中华白海豚靠回声定位系统觅食，回避敌害和与同伴沟通。中华白海豚发出的声信号大致可分为三类：定位信号（也称滴答声、click 信号），通讯信号（也称口哨声、whistles），应急信号（Burst Pulses）（Lilly J.C. Sonic, 1996）。其中，定位信号用于进行目标的回声定位，一般持续时间短，信号能量集中在较宽的超声频范围内；通讯信号用于同伴间通信和交流情感表达，持续时间相对较长，主要能量集中在声频范围内，是一种调幅和调频脉冲信号；应急信号为与定位信

号相似的信号，但声波幅度可以很强，这种信号是生物学家最感兴趣的领域，含有丰富的生物行为信息。

2) 声接收系统

海豚的听觉接收器是一个十分敏感的器官，其探听能力已达到动物界里最发达的程度。它无任何外耳突出部分（如耳廓），具有与其它哺乳动物耳道途径不同的另一种声学途径，即声音通过下颌骨的薄后部的一个充满脂肪的通道进入海豚头部到达鼓围耳骨（包含中耳和内耳）。海豚的听觉频域为 150Hz~280kHz，发声频域为：120Hz~300kHz。Helweg（1996）、Houser（2000）研究了不同海豚种的听觉响应曲线（图 6.2-1），由图可以看出，海豚较为敏感的听觉声频率在 20kHz~100kHz 之间。

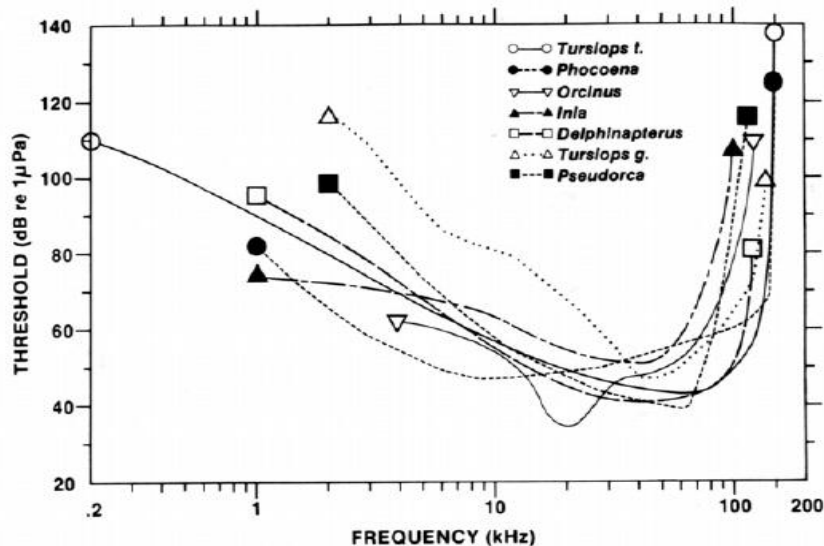


图 6.2-1 海豚听觉感应曲线图

相关研究表明：海豚的听觉判断时间是 0.3ms，综合时间常量是 0.265ms。只要回声在 0.3ms 内，海豚就可以通过回声的频率谱或时间分离程度来辨别目标；海豚能比较出听到声音的先后，可以分辨前后相差二十五百万分之一秒的声音，比人脑能区别的要快 40 倍。

3) 海豚声信号频率分辨能力

Jacobs（1972）研究了宽吻海豚对声信号的频率分辨能力，Herman（1972）与 Thompson（1975）等也进行了相似的研究。在实验中他们测试了海豚对单频信号和调频信号的辨别能力，调频信号的中心频率与单频信号的频率相同，得到海豚对不同频率声信号的分辨能力如图 7.2.4 所示，图中横坐标为声信号频率，

纵坐标为平均相对差别阈值（Difference limen, DL），该值越小表示对声信号的频率分辨能力越强。从图中可以看出，与人类听阈值相比，海豚对 2kHz 以下频段内的声信号的频率分辨能力相对较低，而在 5kHz 以上频率范围内海豚的频率分辨能力则明显优于人类。海豚 whistle 与 click 声信号的主要能量均分布在 5kHz 以上频率范围内。在 2kHz 以下频段中包含由海上风电、潮汐、湍流与行船等产生的低频噪声，海豚对这些噪声信号的识别能力则相对较低。

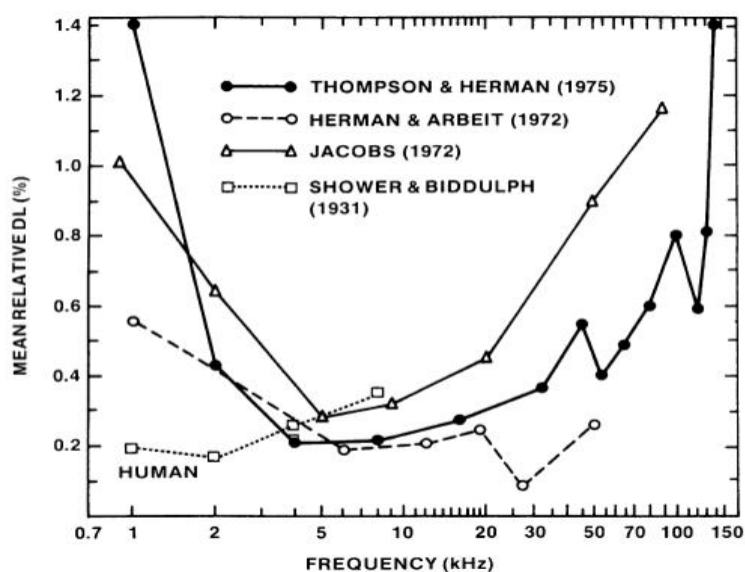


图 6.2-2 宽吻海豚对声信号的频率分辨能力

2012 年，中科院水生所的李松海等人对一只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。该测试结果显示中华白海豚的听力阈值曲线呈现出一种经典的 U 型曲线（见图 7.2.5），其听觉最灵敏的区域（与最灵敏区域的差值小于 20dB 的频率范围）为 20kHz 到 120kHz，绝大多数阈值都低于 90 dB（覆盖了频率范围从 11.2kHz 以及 128kHz），听力最灵敏的频率是在 45kHz，为 47dB/μPa，在低频和高频区域，中华白海豚的听力阈值变化急剧，在低于 45kHz 频率时海豚的听力阈值以 11 dB/倍频程的速率飙升，在 5.6kHz 时达到了 93dB，在高于 108kHz 范围，海豚的听力阈值以 13dB/倍频程的速度增加，并在 152kHz 时，达到 127dB（Li 等, 2012）。

同时也发现，中华白海豚的听阈曲线中最低听觉阈值随着年龄增加而向低频段漂移，一只年老白海豚（大约 40 岁）的听力最敏感频率移动到 38kHz 的频点上（见图 6.2-3、图 6.2-4），相应的其发出的回声定位声的峰值频率和中心频率也比年轻的中华白海豚（约 13 岁）降低约 16kHz（Li 等, 2013）。

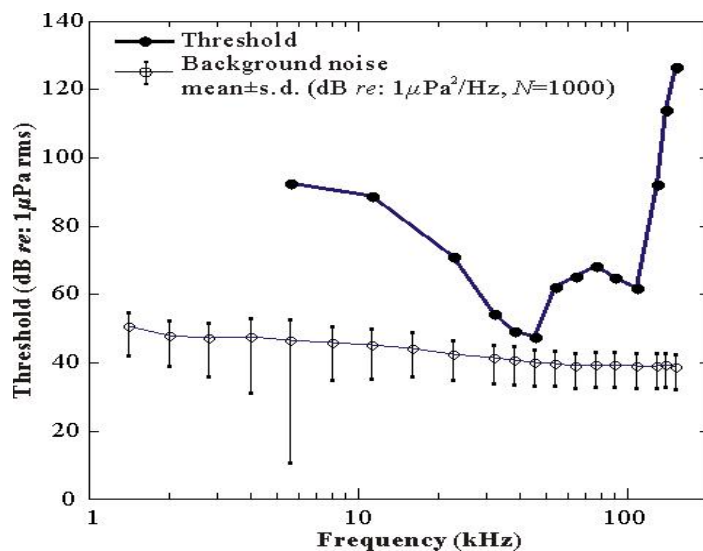


图 6.2-3 中华白海豚听力阈值曲线，来自李松海等（2012）

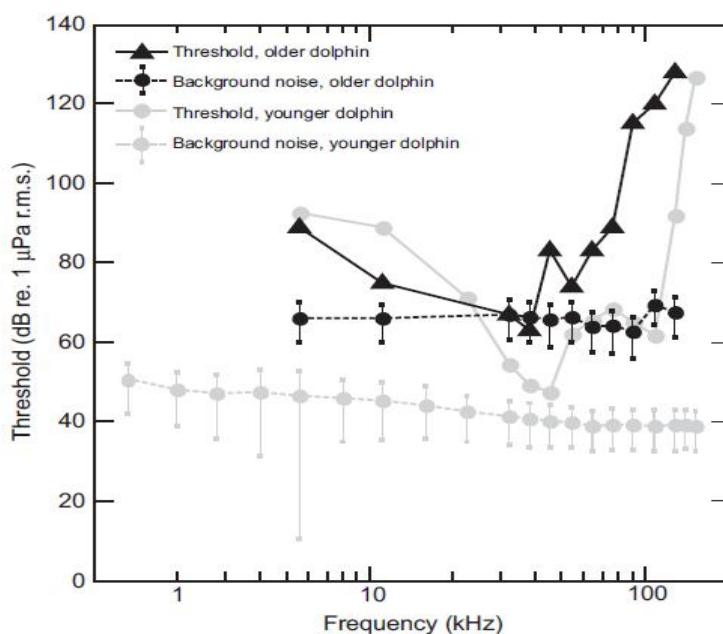


图 6.2-4 年老中华白海豚听阈曲线，来自李松海等（2013）

6.2.1.2 文昌鱼的生物学与生态特性

(1) 形态学特征

白氏文昌鱼 (*Branchiostoma belcheri*)，属于脊索动物门，头索动物亚门，文昌鱼纲，文昌鱼目，文昌鱼科。它产生于五亿年前，是无脊椎动物演化至脊椎动物的过渡物种的典型活标本。文昌鱼外形似小鱼，无明显的头部，身体不对称，左右侧扁，半透明，肉眼即可观察到它的皮下肌节和腹侧块状的生殖腺；具有脊椎动物没有的围心腔、分泌器官为原肾，具备脊索、背部神经管、鳃裂、分节的肌肉等。文昌鱼身体两端尖出，所以又叫双尖鱼，又因其尾形很像矛头而名海矛。

(2) 文昌鱼的地理分布和种的分类

在我国，文昌鱼主要分布在福建厦门、山东青岛、大连秦皇岛和广东广西以及海南等地方。福建海域也有不少地区发现有文昌鱼分布，除厦门海域外，闽江口、海坛岛、南日岛、湄州岛、莆田平海、惠安前安、泉州湾中砂州、晋江围头、东山岛等附近海域，以及漳浦及东山的外海到台湾海峡的南部均有发现文昌鱼分布。

(3) 生态分布

文昌鱼在热带、亚热带、温带的浅海海域均有分布，以北纬 48°~南纬 40° 为主。文昌鱼大多数都分布在在水流较为平缓，水深为 8~16m 之间，具有中细沙混合的底质，水质清新，含盐度在 21~30，浮游生物丰富的海域中。文昌鱼对环境的要求较为严格，既要有适合其居住的底质环境和生物饵料，又要有清洁的环境条件。因此文昌鱼对环境变化的反应极为敏感，特别是文昌鱼生活的底质环境和水质环境。

(4) 生活习性

文昌鱼是一种半穴居滤食性的动物，喜在中细沙和少量泥质混合的底质中，活动能力较弱，平时很少游动，活动时可以保持 60mm/s 的速度。游动的持续期为 50 秒，然后沉于底层。大部分时间则将身体埋于泥沙中，露出前端进行滤食，其滤食对象主要以硅藻和原生动物为主。常见的种类有园筛藻、舟形藻、小环藻、菱形藻等。夜间较为活跃，从沙中游出，凭借其体侧肌节的交错收缩呈直立状做波动形运动，或将体一侧横卧在水底沙上，遇刺激即钻入沙中。生活的水温在 12~30℃ 之间，pH 值在 8.09~8.18 之间，盐度为 21~30（低于 15 时则会死亡）。

6.2.2 保护区中华白海豚和文昌鱼资源概况

6.2.2.1 中华白海豚概况

(1) 厦门湾中华白海豚资源与分布情况

中华白海豚资源概况根据《福建厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区综合科学考察报告（2023 年）》（福建海洋研究所，2024 年 7 月）、《福建厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区功能区调整论证报告》（国家林业和草原局林草调查规划院、厦门大屿岛白鹭自然保护区事务中心（厦门中华白海豚文昌鱼自然保护区事务中心），2024 年 9 月）编写。

1) 2010 年以前厦门中华白海豚调查数据

①20 世纪 90 年代

厦门中华白海豚较为系统的调查是从 20 世纪 90 年代开始。原国家海洋局第三海洋研究所于 1994 年至 1999 年组织科研人员在厦门及其周围海域先后设立了 20 个中华白海豚监视点，共计观察了 239 个月，发现 12624 头次中华白海豚；这期间还进行 87 航次中华白海豚调查，航程 2836km，发现 392 头次（黄宗国和刘文华，2000）。

调查结果表明：①厦门西海域南半部和同安湾口两侧沿岸海域是中华白海豚分布的相对密集区。厦门湾的中华白海豚通常不游出外海，但因为求偶、觅食和适应海况的变化，在不同区域和季节，其数量和分布有明显变化。如同安湾，6 月份开始至整个夏季和秋季，中华白海豚出现的次数和数量均比冬季和春季少。

②数量估算：估算 20 世纪 90 年代厦门及其周围水域中华白海豚的数量为 60 头左右。通过照相识别研究确切记录了 40 头个体，根据体色判断，厦门中华白海豚种群包括了老、中、请和幼崽各个年龄段的个体，是一个有自身繁衍能力的种群，但是幼崽的数量偏少，不利于种群的扩大和延续（刘文华，1999）。

②2004 年

2004 年 2 月至 12 月，南京师范大学进行了 150 天共 181 航次的野外船只调查，航程 6107 公里，调查时间 969 小时，发现中华白海豚 102 次，总计 473 头次，识别了 45 头中华白海豚个体。厦门湾中华白海豚全年均呈现聚集性分布，其遇见率在不同季节和不同区域间存在差异。2~5 月主要分布于厦门西海域、鸡屿和同安湾海域，6~8 月份中华白海豚聚集程度最高，主要分布于鸡屿至青屿一带水域；春季和秋冬季遇见率均大于夏季，在同安湾海域和鸡屿附近海域的遇见率均较高。

2) 2010~2015 年厦门中华白海豚调查数据

调查数据来源于文献《Seasonal group characteristics and occurrence patterns of Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*) in Xiamen Bay, Fujian Province, China》（Wang et al.,2016）。

①调查区域及路线

原国家海洋局第三海洋研究所于 2010 年 8 月至 2015 年 7 月，采用船基样线

法 (boat-based transect line Method) 和照相识别法 (Photo-identification Method) 对整个厦门湾的中华白海豚进行了调查。调查范围包括厦门全海域、漳州部分海域、部分泉州水域和金门部分海域, 面积约 750km²。

②识别个体

总共进行了 165 个航次的照相识别, 共识别出具有显著特征的中华白海豚个体 58 头。

③调查结果

调查期间全厦门湾都有中华白海豚分布, 最北至同安湾的鳄鱼屿以北, 最南至浯屿, 最西至鸡屿以西靠近厦漳大桥, 最东在小嶝岛以东的围头湾都有白海豚的分布。通过将中华白海豚的发现位点与厦门中华白海豚保护区核心区位置进行对比可见, 同等调查努力量情况下, 厦门中华白海豚保护区西港核心区范围内单位面积发现的中华白海豚次数最多, 且在该水域集群也最多, 常有较大群的中华白海豚出现, 在总共 172 次的发现记录中就占 32 次 (18.5%)。相比较黄宗国和刘文华 (2000) 及 Chen et al. (2007) 的调查结果, 同安湾水域发现白海豚的分布有所下降, 相反, 在漳州浯屿、围头湾及金门北侧水域的分布增多。同安湾水域发现白海豚的次数较少; 相反在大嶝和小嶝水域发现的次数较多。在厦门中华白海豚保护区同安湾核心区内却仅有 16 次发现记录 (9.3%)。这同时也表明, 有绝大部分 (124 次) 的中华白海豚发现记录是位于核心区外的 (77.2%)。在这 172 次发现中, 绝大多数位于九龙江口外侧海域及同安湾口至金门北侧海域 (通常称大小嶝海域), 且小嶝岛以东的围头湾都有白海豚的分布 (Wang et al., 2015)。

略

图 6.2-5 2010 年 8 月至 2015 年 7 月厦门湾海域发现的中华白海豚位置图

2010 年-2015 年调查发现的中华白海豚分布特征与历史调查结果类似, 中华白海豚在厦门湾的分布具有明显的季节性变动规律。在厦门将 3-5 月划分为春季; 6-8 月划分为夏季; 9-11 月划分为秋季; 12-2 月划分为冬季。在冬季和春季, 中华白海豚更倾向于选择内港 (如厦门西海域和同安湾) 活动, 而在夏季和秋季, 中华白海豚更倾向选择靠外的海域 (如九龙江口、浯屿和大小嶝水域) 活动。结合野外中华白海豚群体的跟踪观察, 以及中华白海豚经常有捕食行为的发生, 推测厦门西海域和同安湾可能为中华白海豚冬春季节的摄食地, 而九龙江口、浯屿

和大小嶝水域可能为中华白海豚夏秋季节的摄食地。厦门湾中华白海豚的核心抚育场所位于大嶝岛附近水域与九龙江口（Wang et al., 2016）。

厦门湾中华白海豚种群分为东部和西部两个社群。东部社群活动于大小嶝、围头湾、同安湾及厦金海峡等东部水域；西部社群主要活动于西港、九龙江口和浯屿等西部水域。

3) 2018~2019 年厦门湾中华白海豚调查数据

调查数据来源于《厦门湾中华白海豚种群生态学研究》（钟铭鼎，2021）。

①调查方法

自然资源部第三海洋研究所于 2018 年 3 月至 2019 年 11 月，采用国际通用的鲸类调查方法-截线抽样法和照相识别法对整个厦门湾的中华白海豚进行了 74 天的野外调查调查。

②识别个体

2018~2019 年共识别厦门湾中华白海豚个体 54 头，其中成年个体 36 头，青年个体 13 头，幼年个体 5 头。

③调查结果

2018 年 3 月至 2019 年 11 月厦门湾中华白海豚野外调查发现位点如图 6.2-6 所示。由图可见，厦门湾一年四季均有中华白海豚出现，但在地理上分布并不均匀，而是具有倾向性——在西海域与九龙江口接壤水域，同安湾口以及大嶝岛与金门间的水域有较高的遇见频次，在浯屿附近未有发现海豚。导致这种非均匀遇见的主要原因可能是海豚的分布具有异质性，倾向性；同时，也可能与调查努力量，空间因素（航道限速，以及海况等不均）有关。

冬春季，厦门湾中华白海豚主要集中在西港、九龙江口及同安湾口。夏秋季，中华白海豚活动范围向外扩展，主要分布于大嶝岛与金门岛、小金门岛间的水域与九龙江口。

厦门湾中华白海豚种群由两个关联度极低的社群组成，用东部社群与西部社群命名，东部社群主要活动于同安湾口至大嶝岛附近海域，西部社群主要活动于西港至九龙江口海域。大嶝岛附近海域与九龙江口海域观察到了抚育行为。

略

图 6.2-6 2018 年至 2019 年厦门湾海域发现的中华白海豚位置图

4) 2020 年 10 月~2021 年 9 月厦门中华白海豚调查数据

调查数据来源于《厦门港海沧航道扩建四期工程运营期厦门湾中华白海豚跟踪监测及重点水域定点监测项目 2021 年度监测报告》（自然资源部第三海洋研究所）。

自然资源部第三海洋研究所于 2020 年 10 月至 2021 年 9 月对厦门及其附近水域进行了中华白海豚野外船基样线法调查。调查范围包括厦门全海域、漳州部分海域及金门部分海域，全面积约 750km²。

调查结果共发现 54 群中华白海豚，累计记录 348 头次个体。通过照相识别法，调查期间共识别出 49 头中华白海豚。调查期间厦门湾海域中华白海豚多集中于厦门西港至九龙江口水域、小嶝岛附近及其东侧的围头湾部分水域。

略

图 6.2-7 2020 年 10 月至 2021 年 9 月厦门湾海域发现的中华白海豚位置图

5) 2022 年厦门湾中华白海豚资源现状

①发现次数与识别结果

2022 年 1 月至 2022 年 12 月，每月定期对厦门及其附近海域开展中华白海豚船基截线法调查。其中，2022 年 1 月、2 月、4 月、5 月、7 月、8 月、10 月和 11 月为单船只调查，共 34 天；3 月、6 月、9 月和 12 月以多船只同步调查为主，共 12 天。结果表明，共发现 71 群中华白海豚，累计记录 362 头次中华白海豚个体。最常见的群体大小为 1~5 头，最大群体数量为 15 头，平均群大小为 5.35 ± 3.83 (SD)。

通过照相识别法，调查期间共识别出 44 头中华白海豚个体，其中成年个体共识别出 26 头，青少年/亚成年个体共识别出 13 头，幼仔共识别出 5 头。调查周期内，发现的中华白海豚个体发现频次从 1~18 次不等，将近 4/5(36 头, 81.82%) 的个体被发现 2 次及以上。

②分布与栖息地

结合 2022 年单船和多船同步调查结果，调查期间厦门湾中华白海豚多集中于厦门西海域至九龙江口海域，在同安湾、大嶝岛的西南侧和小嶝岛北侧附近海域，以及围头湾也有一定数量的分布（图 6.2-8）。

略

图 6.2-8 2022 年厦门湾发现的中华白海豚位置图

(2) 厦门湾中华白海豚的分布、数量变化情况

1) 厦门湾中华白海豚分布变化情况

根据历史和现状数据来看，厦门湾包括邻近的金门水域、围头湾都有中华白海豚的分布。20 世纪 90 年以来，厦门湾中华白海豚的空间分布稍有变化：20 世纪 90 年代，中华白海豚主要活动于厦门西海域和同安湾口水域；2004 年，厦门西海域和九龙江口是中华白海豚主要分布区，同安湾口则相对发现较少；2010~2015 年，中华白海豚主要分布于厦门西海域、九龙江口和大小嶝水域（Wang et al., 2016）。近年来，中华白海豚目前的集中分布区域在厦门西海域、九龙江口、同安湾口和大小嶝附近海域，且在大小嶝附近海域出现向南并靠近金门水域、向东靠近围头湾海域活动的趋势（Wang et al., 2017）^[4]。厦门湾中华白海豚的核心抚育场所位于大嶝岛附近水域与九龙江口（Wang et al., 2016; 钟铭鼎, 2021）^{[5][6]}。

厦门湾中华白海豚栖息地的演变，经分析认为与厦门地区持续且繁杂的人类活动有关，尤其是涉海工程、渔业和航运等，是威胁厦门湾中华白海豚的主要原因（王先艳等，2021）^[7]。

2) 中华白海豚在本工程区内出现的频率

总结多年调查结果可知，在 14 年间累计约 350 个发现点位中，本工程区内有 0 个点位，中华白海豚在本工程区内出现的频率极低。

3) 厦门湾中华白海豚数量变化情况

厦门湾中华白海豚种群数量变化的资料是不同时期、采用不同的调查方法、调查方式以及不同的调查历时时间（即根据不同的调查努力量）得到的数据。中

[4] WANG X, WU F, ZHU Q, et al. Long-term changes in the distribution and core habitat use of a coastal delphinid in response to anthropogenic coastal alterations[J]. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 2017, 27(3): 643-652.

[5] WANG X, WU F, TURVEY S T, et al. Seasonal group characteristics and occurrence patterns of Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*) in Xiamen Bay, Fujian Province, China[J]. Journal of Mammalogy, 2016, 97(4): 1026-1032.

[6] 钟铭鼎. 2021. 厦门湾中华白海豚种群生态学研究[D].自然资源部第三海洋研究所

[7] 王先艳, 钟铭鼎, 吴福星, 等. 厦门湾中华白海豚: 面临的威胁与保护对策 [J]. 应用海洋学学报, 2021, 40 (1): 154-162.

华白海豚种群数量存在动态变化，总体相对稳定，不同时期照片识别个体数约为 40 至 58 头。由于中华白海豚在水下活动，其被观测到的出现频率受多方面因素影响，调查结果不仅存在随机误差，在数据分析方面缺乏有效的统计分析并给出置信区间，不排除部分个体在调查期间未被调查到的可能性。同时，厦门湾南部海域为漳州市管理海域，东部海域为泉州市管理海域，东南部为金门周边海域，上述海域均属于厦门湾中华白海豚种群分布区。历次调查对上述三个海域的调查深度和广度均显不够。因此，厦门中华白海豚的种群数量观测结果呈现波动的状态，需要继续统一力量，加大对中华白海豚的调查力度和频次，开展长期连续的调查，才能更全面地了解其种群数量动态变化的情况。

6.2.2.2 厦门文昌鱼资源概况

(1) 厦门海域文昌鱼资源历史概况

上个世纪 60 年代之前，刘五店、欧厝、琼头等海域都有文昌鱼分布，而且资源也十分丰富。特别是刘五店鳄鱼屿海域，平均年产量达到 50-100 吨之间。但是因为厦门海堤和琼头海堤等海岸工程的建造，致使海水的环流被阻断，淤泥大量沉积，加之同安湾工业、渔业捕捞和生活污水的大量排放，使文昌鱼赖以生存的底栖环境遭到严重的破坏，导致 1986 年刘五店海域文昌鱼临危，厦门文昌鱼的栖息主要分布在厦门岛东部（现南线至十八线）。在 1989 年的资源调查中，文昌鱼在黄厝海域的资源量为 227 尾/m²，而鳄鱼屿海域文昌鱼量仅为 110 尾/m²（汪伟洋等，1989）。2001-2002 年，方少华等分四个季度调查了厦门文昌鱼保护区资源的分布情况，调查结果显示前埔和黄厝海域的文昌鱼平均的密度为 68.7 尾/m²，南线至十八线海域的平均密度为 90.8 尾/m²，曾经著名的文昌鱼产地鳄鱼屿海域仅为 30 尾/m²，2001-2002 年，其中南线至十八线海域的平均密度为 90.8 尾/m²，而大嶝-角屿岛海域未能调查到文昌鱼分布（图 6.2-9）。

略

图 6.2-9 2001-2002 年厦门文昌鱼资源分布图（引自方少华等，2002）

(2) 2004~2022 年文昌鱼资源调查

厦门开展了数次文昌鱼资源专题调查，并从 2004 年至今，福建海洋研究所每年在文昌鱼栖息地（自然保护区及外围保护地带）进行资源调查，所涉及的海

域包括黄厝海域、南线至十八线海域、小嶝岛海域和鳄鱼屿海域，历年调查站位见图 6.2-10，调查数据具体见表 6.2-1。

略

图 6.2-10 2004 年至 2019 年厦门文昌鱼自然保护区文昌鱼资源调查站位

表 6.2-1 2001-2022 年厦门海域文昌鱼资源数据（均值）

略

根据 2004-2022 年厦门海域文昌鱼调查数据统计结果，目前黄厝、南线至十八线海域是文昌鱼分布的主要区域，小嶝岛海域和鳄鱼屿海域文昌鱼呈零星分布。

（3）2022 年文昌鱼资源调查结果

2022 年 5 月、8 月和 10 月，福建海洋研究所开展的文昌鱼资源专题调查结果显示：三个航次一共 168 个站次中，有 60 个站次采集到文昌鱼，文昌鱼采集到的站位主要分布于黄厝海域和十八线海域。厦门海域文昌鱼的总体年平均栖息密度为 40 尾/m²，年平均生物量为 0.863g/m²。黄厝海域文昌鱼的年平均栖息密度为 64 尾/m²，年平均生物量为 1.120g/m²；十八线海域文昌鱼的年平均栖息密度为 27 尾/m²，年平均生物量为 0.737g/m²。从季节分布看，文昌鱼平均密度 8 月最高，10 月次之，5 月最低。从海域分布来看，黄厝海域文昌鱼平均密度和生物量均高于十八线海域。

略

图 6.2-11 2022 年厦门海域文昌鱼调查站位图

略

图 6.1-12 2022 年厦门海域采集到的文昌鱼站位分布图

（4）2024 年文昌鱼资源调查结果

2024 年 2 月、5 月、8 月和 10 月，福建海洋研究所开展的文昌鱼资源专题调查结果显示：4 个航次共计有 22 个站次采集到文昌鱼，其中黄厝海域有 6 个站次，南线十八线海域有 12 个站次，鳄鱼屿海域 4 个站次。黄厝海域文昌鱼年平均生物量为 0.40g/m²，年平均密度为 24ind/m²；南线十八线海域年平均生物量为 0.32g/m²，年平均密度为 22ind/m²；鳄鱼屿海域年平均生物量为 0.19g/m²，年平均密度为 15ind/m²。

图 6.2-13 2024 年采集到文昌鱼的站位分布图

6.3 工程建设和运营对中华白海豚及其栖息地的影响

本工程施工产生的悬浮泥沙、水下噪声以及施工船舶航行可能对中华白海豚及其栖息地产生一定的影响。

6.3.1 施工期悬浮泥沙对中华白海豚的影响

从生理结构上来看，中华白海豚是用肺呼吸的水生哺乳动物，这有别于用鳃呼吸的鱼类，它呼吸时头部露出水面直接呼吸空气，浑浊的水体对其呼吸影响不大；其视觉不发达，主要依靠位于头部的回声定位系统来探测周围环境和识别物体，进行摄食活动和个体间的沟通联系。

从生境选择上来看，中华白海豚对水的透明度没有明显的偏好（Jefferson, 2000; Bowater等, 2003）。从生态习性上来看，中华白海豚长期生活在河口海域，通常河口海域水体较浑浊，表明中华白海豚对浑浊水体具有一定的适应性。2007年3月19日在鸡屿水域发现9头白海豚时，正值退潮，鸡屿附近形成了面积比较大的浑浊区域，但仍见白海豚在其中自由活动、摄食。2007年11月13日、20日在目屿岛与海门岛之间，及鸡屿南侧浑浊的海域中发现10头中华白海豚，经监测海水中悬浮物分别为27mg/L和22mg/L。另外，经取样监测，当时周边非浑浊区域海水中悬浮泥沙含量11mg/L~16mg/L。可见，海水中的悬浮泥沙增量达27mg/L时，中华白海豚仍可以自由活动的。

根据数模预测结果，本工程施工期悬浮泥沙浓度增量大于10mg/L的影响范围主要是工程区沿东南向海约240m、向西南约280m、向东北约350m的区域，影响范围约为0.157km²。施工产生的悬浮泥沙10mg/L影响范围与厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区(中华白海豚)同安湾海域最小距离约15.6km，未进入中华白海豚保护区同安湾口海域。根据多年观察统计结果，近年来未在本工程施工悬浮泥沙浓度增量大于10mg/L的影响范围内观察到中华白海豚。

中华白海豚用肺呼吸，对浑浊水体具有一定的适应性和趋避能力，且中华白海豚靠回声定位系统觅食、回避敌害和与同伴沟通，因此推测本工程近岸局部海域悬浮泥沙浓度的增加对中华白海豚的行为活动影响较小。

对白海豚饵料的影响：施工悬浮泥沙入海将造成悬浮泥沙浓度增量超过

10mg/L范围内的鱼卵、仔鱼、游泳动物资源量有所减少，从而造成工程区及附近局部海域中华白海豚的饵料资源有所减少，这种影响将随着施工结束而逐渐消失。采取本报告提出相关环保措施，并采取增殖放流等生态补偿措施，可减轻工程施工对中华白海豚饵料资源的影响。

施工悬浮泥沙进入水体中，其中颗粒较大的悬浮泥沙会直接沉降在疏浚区内，形成新的表层沉积物环境，颗粒较小的悬浮泥沙会随海流漂移扩散，并最终沉积在疏浚区周围的海底，将原有的表层沉积物覆盖，引起局部海域表层沉积物环境的物理变化，不会引起海域总体沉降环境质量的变化。由于施工期间产生的悬浮泥沙来源于附近海域表层沉积物，根据环境现状调查结果，工程区及附近海域沉积物质量良好，所有监测指标（有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、铬、镉、汞、砷）均符合海洋沉积物质量一类标准。因此，疏浚物中污染物释放特别是汞等重金属的释放对海水水质中的重金属浓度的贡献是很小的。因此推测项目施工引起的水质污染对中华白海豚及其饵料生物的影响较小。

综上，中华白海豚对悬浮泥沙有一定的耐受性（27mg/L 仍可自由活动），但高浓度的悬浮泥沙将引起中华白海豚的回避，根据多年观测结果，本工程建设和施工期悬浮泥沙扩散的影响范围不在中华白海豚的活动空间，一般情况下，疏浚施工停止3~4小时后，悬浮泥沙绝大部分沉降，悬浮物浓度逐步降低，由此可知本工程产生的悬浮泥沙对中华白海豚的影响有限。此外，悬浮泥沙入海将对鱼类、浮游生物、底栖生物、游泳动物造成一定程度的影响，即对中华白海豚赖以生存的饵料环境存在一定的影响，因此疏浚作业时，应采取严格的环保措施减少悬浮泥沙的产生量。

6.3.2 施工期水下噪声对中华白海豚的影响

6.3.2.1 声波在水下衰减规律

自然界各种声源的声波在水下的传播具有随距离逐步衰减的规律，引起声波在介质中传播衰减的原因，可归纳为以下几个方面：

（1）扩散损失，由于声波波阵面在传播中不断扩展而引起的声强衰减（几何衰减）；

（2）吸收损失，在均匀介质中，由于介质粘滞，热传导以及其他弛豫过程引起的声强衰减；

(3) 散射损失, 在海水介质中, 存在泥沙、气泡、浮游生物等悬浮颗粒或物体, 以及介质不均匀引起的声波散射和声强衰减;

(4) 边界损失, 包括海水上下界面对声波的吸收和反射损失。

6.3.2.2 水下噪声对中华白海豚的影响阈值

水下噪声对中华白海豚的影响与伤害主要包括行为与听觉两个方面。在中华白海豚行为方面, 水下强噪声会导致中华白海豚的声行为变化、捕食行为变化、以及回避和迁移行为等。在声行为方面, 中华白海豚(海豚)可以通过增大声信号的幅值或持续时长, 克服水下噪声对声信号的屏蔽效应(Weilgart, et al, 2007)。在海豚听觉方面, 水下强噪声会造成海豚听觉系统的听阈变化(Threshold shift, TS)。根据噪声造成的听阈变化持续时效的不同, 可将其分为短暂性听阈改变(Temporary Threshold Shift, TTS)与永久性听阈改变(Permanent Threshold Shift, PTS)。TTS类型的听阈变化可以在经过某段时间后完全恢复为零, 即噪声对海豚听阈的影响完全消除, PTS类型的听阈变化则是永久性的。

有关研究表明, 长时间暴露于高水平水下噪声对鲸豚类动物可能造成的慢性威胁包括: 遮蔽效应和听力损失、行为模式改变(如躲避)、紧张等。当海豚听觉系统所接收到水下噪声的有效声压级超过180dB/1 μ Pa时, 海豚的听觉系统可能会出现TTS。美国国家海洋渔业局和NOAA噪声工程“声阈值导则”中制定的标准规定, 鳍脚类和大多数鲸豚类海洋哺乳动物所接收到的空气枪噪声声压级应低于190dB/1 μ Pa, 须鲸和抹香鲸所接收到的空气枪噪声声压级应低于180dB/1 μ Pa (<http://www.nwr.noaa.gov/Marine-Mammals/MM-sound-throshld.cfm>)。据美国国家海洋渔业机构(NMFS)及美国NOAA网站发布的数据, 声源级高于180dB/1 μ Pa的水下噪声为危险级, 可能会对海豚的听觉系统造成伤害, 主要有打桩噪声和水下爆破噪声。声源级在120~180dB/1 μ Pa范围的水下噪声为警告级, 可能会对海豚行为产生影响, 主要有施工船舶噪声以及钻孔噪声和开挖噪声。声源级低于120dB/1 μ Pa的水下噪声强度基本接近海洋环境噪声, 因此评定为安全级(见表6.3-2)。

表 6.3-2 水下噪声对海豚听觉影响分析

噪声声压级 (dB/1 μ Pa)	噪声级别	噪声类型	噪声影响
>180	危险级	打桩、爆破噪声	海豚听觉损伤、TTS

120-180	警告级	船舶、钻孔、开挖噪声	干扰海豚行为
<120	安全级	海洋环境噪声	影响较小

水下噪声对中华白海豚和其他海洋生物的损伤受声压和持续时间的共同影响。除采用峰值声压级分析其影响外，还可以采用来声暴露级评估。声暴露级（SEL）是一个独立声音事件的总能量并考虑了信号强度和持续时间，声暴露级的测算是将声信号能量归一化到1s的时间内，因此声暴露级可进行不同声暴露条件下的能量比较。

中华白海豚属于白海豚属。根据《人为水下噪声对海洋生物影响评价指南》（HY/T 0341-2022），白海豚属在听力分组中属于“高频鲸目”，因此人为水下噪声对中华白海豚的影响阈值参照“高频鲸目”的影响阈值，详见表6.3-3。

表 6.3-3 人为水下噪声对海洋哺乳动物影响阈值

听力分组	非脉冲噪声		脉冲噪声	
	TTS	PTS	TTS	PTS
低频鲸目	179 dB SELw ^a	199 dB SELw	168 dB SELw 或 213 dB SPLpk ^b	183 dB SELw 或 219 dB SPLpk
高频鲸目	178 dB SELw	198 dB SELw	170 dB SELw 或 224 dB SPLpk	185 dB SELw 或 230 dB SPLpk
超高频鲸目	153 dB SELw	173 dB SELw	140 dB SELw 或 196 dB SPLpk	155 dB SELw 或 202 dB SPLpk
海牛目	186 dB SELw	206 dB SELw	175 dB SELw 或 220 dB SPLpk	190 dB SELw 或 226 dB SPLpk
海豹类食肉目	181 dB SELw	201 dB SELw	170 dB SELw 或 212 dB SPLpk	185 dB SELw 或 218 dB SPLpk
其他海洋食肉动物	199 dB SELw	219 dB SELw	188 dB SELw 或 226 dB SPLpk	203 dB SELw 或 232 dB SPLpk

a SELw 宜按 B.5 计算。B SPLpk 宜按 B.3 计算。注：SELw 指人为水下噪声加权声暴露级，SPLpk 指人为水下噪声峰值声压级。

6.3.2.3 施工期水下噪声对中华白海豚的影响

本工程水下噪声主要来自抛沙、施工船舶挖泥、船舶航行和重型机械设备。

(1) 疏浚作业产生的水下噪声影响

施工水下噪声对中华白海豚的影响采用类比分析的方法。厦门大学许肖梅等人对漳州郭坑簪渡铁路桥附近的两台采砂船同时工作的水下噪声进行测量（测量点水深10m，水听器所处深度5m）结果为：在距离采砂船较近（5m）时，2.032kHz频点上所测的噪声谱级为109dB/1μPa，在距离为20m相同的频点上，所测到的谱

级为102dB/1 μ Pa，在30m处所测到的谱级为101dB/1 μ Pa。因此，在离采砂船5m的近距离，与在同样频点上无采砂船工作时的77.5dB/1 μ Pa的水下环境背景声相比，噪声强度提高了约30dB/1 μ Pa。

类比上述采砂船作业的水下噪声监测结果，船舶施工造成水下声压在距离采砂船5m时，2.032kHz频点上所测的噪声谱级为109dB/1 μ Pa，低于120dB/1 μ Pa（非脉冲式噪声可对动物产生行为妨害的限值）。由于总的噪声谱级并不是很高，推测本工程施工船舶疏浚作业产生的水下噪声对中华白海豚的听觉不会造成伤害，但可能对栖息于附近的中华白海豚之间的交流产生一定的影响，引起中华白海豚回避和迁移行为。本工程区主体位于近岸潮间带浅滩，不属于白海豚常见活动范围，泥沙质底质且水深较浅时，水下噪声基本以吸收损失为主，传播路径较短，因此对中华白海豚的影响相对较小。

（2）施工船舶航行噪声影响

施工船舶航运噪声主要包括机械噪声、螺旋桨噪声和水动力噪声，其中机械噪声和螺旋桨噪声为主要噪声源。机械噪声与船速的关联度较低，在低速情况下，螺旋桨噪声和水动力噪声的强度相对较小，船舶噪声主要为机械噪声；在高速情况下，螺旋桨噪声成为船舶噪声的主要成分。

RANDI模型为美国Naval Research Labs研究开发的海洋环境噪声模型，该模型能够根据给定的噪声源参数计算噪声级、噪声指向性以及阵列响应等参数。图5.3-3为RANDI海洋环境噪声模型中所使用的5种典型船舶的声源功率谱（Wagstaff. R., 1973），按声源级从高到低依次为超级油轮、大型油轮、油轮、商船以及渔船。船舶声源功率谱曲线为船舶长度与船速的函数，图中曲线为船舶长度与船速取平均值情况下的船舶声源功率谱曲线。通过比较声源功率谱曲线可以发现，船舶噪声主要集中在低频段，在低频段50Hz左右达到最大谱级，之后随着频率的增加而衰减。超级油轮的声源级可达到近190dB/1 μ Pa，将随距离传播而衰减，如按球面波扩展规律规律衰减计算，其在100m左右声源级已达150dB/1 μ Pa，在316m左右声源级降至140dB/1 μ Pa。根据厦大许肖梅课题组在厦门西海域的类比监测，船舶经过时在15Hz有较强的噪声谱级，功率谱达到134dB，其他频点上的功率谱也均有明显增加，变化的动态范围在12~18dB；低频段（3kHz以下）增加的幅度稍大些（增加15dB），但在高于5kHz以上时，总体上的噪声谱级都已低于100dB。而且随着传播距离的增大，声波能量在传播中随距离的增

加成反平方规律衰减，主要局限于施工区域及其周边。

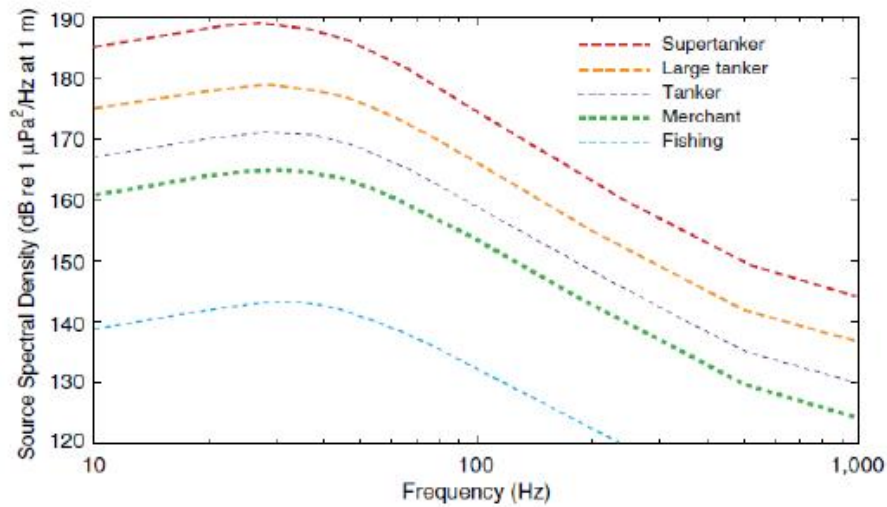


图 6.3-14 RANDI 典型船舶的声源功率谱模型

可见，船舶航行噪声造成水下声压高于 $120\text{dB}/1\mu\text{Pa}$ （非脉冲式噪声可对动物产生行为妨害的限值）的水域面积较小，主要局限于船舶及其周边。由于总的噪声谱级并不是很高，远低于美国国家海洋渔业机构（NMFS）颁布的鲸类最大可承受（危险级）声压标准 $180\text{dB}/1\mu\text{Pa}$ ，工程施工和船舶航行水下噪声对中华白海豚的影响主要表现为引起工程区附近中华白海豚的回避和迁移行为，并对其个体之间的交流产生一定滋扰影响，对中华白海豚的听觉有一定影响，但不会造成中华白海豚的听力损伤。

（3）抛沙施工和重型机械噪声

沙滩工程施工产生的抛沙等水下噪声，噪声声压级基本上已低于 150dB ，对中华白海豚的影响较小；而对于岸上的一些重型机械噪声，声源级低于 120dB ，基本接近海洋环境噪声，不会对中华白海豚的行为产生影响。

6.3.3 施工期船舶航行对中华白海豚的影响

施工期船舶航行对中华白海豚的影响除了噪声影响外，还可能对中华白海豚行为造成影响，严重的可能导致中华白海豚因躲避不及而遭遇船舶的撞击或螺旋桨的伤害。参照厦门西海域东渡港区历史运行情况分析，当中华白海豚附近有大型集装箱船经过（约 200m 内），中华白海豚对其反应不一，有的改变行进方向、回避或潜水行为（包括延长潜水时间），有的出现逐波乘浪行为，有的没有明显反应。从野外调查数据来看，厦门西海域仍是厦门中华白海豚的重要分布区域，

且大型船舶进出港航行时速度较慢，由此推断，目前大型船舶航运对中华白海豚分布格局影响不大。

此外，厦门大学许肖梅等人对厦门五缘湾、西海域和珠海海域施工期的船舶噪声做了监测，监测结果表明，施工期的船舶运输水下噪声将会对附近的中华白海豚活动带来一定影响。一般的货运船舶航行时，在 300~400Hz 间有两条较强的线谱，功率谱达到 130dB，其他频点上的功率谱也均有明显增加，变化的动态范围在 13~20dB；但在高于 5kHz 以上时，总体上的噪声谱级都已低于 100dB；在海洋背景噪声的声压谱级为 55~60dB（较低的背景噪声下），游艇等船舶噪声的声压谱级为 70~90dB，相比背景噪声提高约 15~30dB，同时随着螺旋桨转速的提高，船舶噪声的幅值和声压谱级均明显增大；对于大型的货运船舶，通过比较声源功率谱曲线可以发现，不同类型船舶的功率谱形状相似，噪声强度在 30~40Hz 频率范围内达到峰值，在 40Hz 以上后，频率范围噪声强度随着频率的增大而减小，也随着距离的增加而衰减（随距离成球面扩展衰减）。噪声源级在 1kHz 左右低于 150dB；在 2kHz 的声压谱级低于 130dB，在距离船舶 50m 处，2kHz 频点声压谱级将低于 100dB，已和海洋环境背景噪声相当，同时由于中华白海豚的 Whistle 通讯声信号主要在 3kHz 频率以上，因此，施工期船舶运输等所产生的水下噪声在 50m 距离外基本上不会对中华白海豚带来影响。

本项目施工船舶主要航行于工程区域进行疏浚作业及将疏浚物运输到围头湾倾倒区，该航线范围存在中华白海豚活动的可能，根据上述类比监测结果，船舶航行产生的水下噪声在 50m 距离外基本上不会对中华白海豚带来影响。本工程施工船开始工作前，应密切注意观察船舶周围区域是否有白海豚出入，若发现中华白海豚，应进行驱赶后再施工，避免挖掘机突然开动对中华白海豚造成惊吓，以及螺旋桨对白海豚的直接伤害；泥驳航行时应密切观察海面，一旦发现有中华白海豚活动应立即停航，待中华白海豚离开后方可航行，航速不能超过 10 海里/小时。采取上述措施可减缓本项目施工船舶航行对中华白海豚的影响。

施工期来往的船舶数量增多，导致中华白海豚因躲避不及而遭遇船舶的撞击或螺旋桨的伤害的风险有所提高。船舶在各种不同的通航速度时对中华白海豚的影响会有所不同。船舶由远及近靠近白海豚时，对中华白海豚的影响则由弱逐渐加强，如果船舶速度较快，中华白海豚则有可能没有足够的时间反应，被船体或是螺旋桨撞伤或是致死；如果船舶速度控制在较低的水平，让中华白海豚有足够

的反应时间，其可采取适当的逃避行为以避开船舶。一般情况下，大中型船舶的通航速度相对较低，而且大多直线行驶，转弯缓慢，对中华白海豚的直接撞击的可能性较小；而交通艇等小型船舶由于速度较快，灵活性高，经常突然性的改变方向，对中华白海豚的潜在威胁较大。中华白海豚的游泳速度可达 12 海里/小时，在受到惊吓或是感受到危险时，其逃避时的速度会更快；故当施工船舶航速在 10 节（10 海里/小时）以内时，中华白海豚有足够的时间作出反应，采取规避行为。因此，工程施工期要严格按照《厦门市中华白海豚保护规定》中规定的船舶通航速度，最大航速不得超过 10 海里/小时，更应该控制施工水域快艇的数量和航行速度。

6.3.4 工程对中华白海豚及其栖息地的影响

工程主要包括沙滩工程和清淤工程，其中，沙滩工程补沙量为 15.17 万 m^3 ，占用了部分厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区外围保护地带（中华白海豚、文昌鱼），共占用海域约 7.5 万 m^2 。沙滩工程一定程度上减少了中华白海豚的栖息地面积和空间资源，但占用区位于水深较浅的沿岸区域。

清淤工程清淤用海面积为 2.44 hm^2 ，大部分位于厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区外围保护地带（中华白海豚），清淤至底高程-4.00m，清淤量为 3.29 万 m^3 。清淤工程的实施增加了局部水深条件，一定程度上增加了所在区域的水深和水体空间。

历年厦门海域中华白海豚调查发现位点与工程所在区域水深地形对比显示，沙滩工程与清淤工程所占用的滩涂，为滩面平坦宽阔的泥滩，低潮时大部分滩面干出，并非中华白海豚的主要活动区域。

此外，根据数模结果，工程实施带来的纳潮量增加，除清淤区附近的潮流平均流速在清淤后有所减小，整体平均流速均有略微增加，说明生态修复工程的实施，改善了区域水动力环境，加快周边海域水体交换，有利于周边海域污染物的向外输移，减少工程区周边的富营养化或有害物质累积，从而降低中华白海豚因污染导致的健康风险。水动力环境的改善可能提高水体溶解氧水平，有利于鱼类资源恢复，间接保障白海豚的饵料供给。

6.4 工程建设和运营对文昌鱼及其栖息地的影响

本项目施工不占用厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区的核心区，与南线至十八线文昌鱼外围保护地带最近距离为 6.88km。施工产生的 10mg/L 悬浮泥沙与南线至十八线文昌鱼外围保护地带最近距离约 6.30km。

6.4.1 施工悬浮泥沙的影响

据有关实验数据，悬浮物质含量在 200mg/L 以下及影响较短时期时，不会导致鱼类直接死亡，但会使其腮部严重受损，从而影响鱼类今后的存活和生长。文昌鱼虽不是鱼类，但它是一种半穴居滤食性的动物，高浓度的悬浮泥沙会损伤其鳃裂等组织，影响它的存活和生长。根据方永强、冯季芳等人的研究结果，厦门文昌鱼鱼卵大约受精后 11~12h，胚胎出膜变为浮游幼虫，第 3 天开口，在第 18 天左右文昌鱼幼虫开始从表层转入到中下层活动。高浓度的悬浮物会粘附在文昌鱼幼虫体表，使文昌鱼幼虫过滤系统和消化器官受到阻塞，使其摄食等活动受到影响，甚至会导致其死亡，对文昌鱼幼虫生长率、摄食率等造成影响。

根据数模预测结果，本项目施工悬浮泥沙浓度增量大于 10mg/L 的影响范围主要是疏浚区域及周边海域，涉及小嶝海域文昌鱼外围保护带，与南线至十八线文昌鱼外围保护地带最小距离约 6.30km。根据 2024 年 4 个航次的文昌鱼资源专题调查结果，高浓度的悬浮泥沙不会抵达南线至十八线文昌鱼外围保护地带及现有文昌鱼分布区，因此，本项目施工悬浮泥沙对文昌鱼的影响较小。

6.4.2 施工悬浮泥沙对文昌鱼饵料资源的影响

文昌鱼是一种半穴居滤食性的动物，喜在中细沙和少量泥质混合的底质中，活动能力较弱。大部分时间则将身体埋于泥沙中，露出前端进行滤食，其滤食对象以硅藻和原生动物为主。常见的种类有园筛藻、舟形藻、小环藻、菱形藻等。

施工期悬浮泥沙入海将导致水的混浊度增大，透明度降低，不利于浮游植物的繁殖生长，对浮游动物的生长率、摄食率的也带来不利影响。一般而言，悬浮物的浓度增加在 10mg/L 以下时，水体中的浮游动植物不会受到影响；当悬浮物的浓度增加量在 10~50mg/L 时，浮游动植物将会受到轻微的影响；而当悬浮物浓度增加 50mg/L 以上时，浮游动植物会受到较大的影响，特别是中心区域，悬浮物含量极高，海水透光性极差，破坏浮游动物的生理功能，以致浮游动植物基本上无法生存。根据数模计算结果，悬浮泥沙浓度增量 10mg/L 的包络线距离 2024

年 4 个航次的文昌鱼高发现区较远，因此，施工悬浮泥沙会造成工程区及附近海域的文昌鱼饵料资源减少，对南线至十八线文昌鱼外围保护地带附近的文昌鱼产生一定的不利影响。

6.4.3 施工悬浮泥沙导致沉积环境变化的影响

(1) 沉积物质量影响

根据现状调查结果可知，评价海域沉积物质量良好，所有调查因子均符合《海水沉积物质量》（GB 18668-2002）中的第一类标准。理论计算和溶出试验的结果表明对水体相应污染物的增值影响很小，可以认为悬浮泥沙吸附的污染物重新溶出对水环境的影响很小。因此疏浚物中有毒有害物质的溶出对工程附近海域海水水质、沉积物质量影响较小。

本项目悬浮泥沙浓度增量 10mg/L 的包络线距离南线至文昌鱼保护区约 28km，悬浮泥沙有毒有害物质的溶出对文昌鱼保护区附近文昌鱼栖息地的海水水质和沉积物质量影响较小。

(2) 底质沉积物类型影响

悬浮泥沙进入水体中，其中颗粒较大的悬浮泥沙会直接沉降在施工区域内，形成新的表层沉积物环境，颗粒较小的悬浮泥沙会随海流漂移扩散，并最终沉降在施工区域周围的海底，将原有的表层沉积物覆盖，导致工程区附近的表层沉积物类型、粒度参数等物理特性发生一定的变化。根据数模预测结果，悬浮泥沙浓度增量 10mg/L 的包络线仅在工程的前沿水域，不会影响到文昌鱼保护区；因此，施工期悬浮泥沙落淤对文昌鱼保护区附近的底质沉积物类型影响较小。

6.4.4 项目建设对文昌鱼栖息地和饵料资源的影响

影响文昌鱼分布的环境因素主要是沉积物类型，文昌鱼的分布与沉积物粒度、底质含砂量及有机质含量密切相关，底质中有机物含量与文昌鱼分布的关系归根到底也是体现了底质类型与文昌鱼分布的关系，水文动力和冲淤环境的变化可能导致沉积类型的改变，可能直接影响文昌鱼适宜的栖息环境。

在冲淤环境方面，工程实施后，海豚湾、月亮湾沙滩放坡处泥沙年淤强小于 5 cm/a，月亮湾前沿清淤水域由于开挖的影响，泥沙年淤强约 1~8 cm/a。由于月亮湾沙滩前沿清淤水域位于文昌鱼保护区外围保护地带内，故对该处水域泥沙回淤产生影响，保护地带内清淤水域泥沙年冲淤约-5~8 cm/a，清淤区外局部水域冲

刷强度小于 5 cm/a。因此工程实施引发的流速流向变化和冲淤变化对小嶝岛文昌鱼外围保护地带的冲淤环境有一定影响，但总体影响不大，对南线至十八线文昌鱼外围保护地带和黄厝文昌鱼自然保护区基本无影响。

生态修复工程的实施可以改善区域水动力环境，加快周边海域水体交换，有利于周边海域污染物的向外输移，减少工程区周边的富营养化或有害物质累积，有利于浮游植物的繁殖生长，对浮游动物的生长率、摄食率的也带来有利影响，间接保障文昌鱼的饵料供给。

2017年9月监测数据显示，厦门南线十八线和小嶝岛潮下带的黏土含量分别为4.62%和4.40%，而未发现文昌鱼分布的白城和鳄鱼屿潮下带黏土含量分别是14.42%和15.92%，可见文昌鱼栖息的潮下带站位黏土含量较低；粉砂含量的分布与黏土含量分布一致，即文昌鱼栖息区域的潮下带粉砂含量较低；潮下带的砂含量分别为57.80%和64.95%，而白城和鳄鱼屿潮下带站位砂含量仅为19.42%和14.04%，文昌鱼栖息区域的潮下带砂含量较高；砾石含量的分布与砂含量分布一致。

已有研究表明，文昌鱼栖息地底质类型主要是砂质，但不是纯砂，而是粗细砂掺杂，以中粗砂为主⁸。砂含量高值区是适合文昌鱼生存的区域⁹。沉积物底质粒径对文昌鱼生存、分布具有重要影响，该种生物喜好比较粗而疏松的砂质沉积物，泥质底质有机质含量丰富，水质浑浊，不利于文昌鱼种群栖息。文昌鱼栖息地底质类型以粗中砂为主，有机质含量较低。进一步研究显示，文昌鱼更倾向栖息在含量为77.8%—99.4%、中值粒径为0.5—2.0的砂和砾沉积物中¹⁰。本次沙滩修复工程回填砂以中、粗砂为主，底层砂粒径控制在0.6~2.0mm，与文昌鱼适宜栖息的底质特征高度匹配，将有助于构建其理想栖息环境，对文昌鱼种群的栖息与繁衍具有积极意义。

6.5 专章评价结论

⁸曾国寿, 何明海, and 程兆第. "厦门黄厝文昌鱼保护区监测与研究." 应用海洋学学报 02(1996):174-181.

⁹吕小梅,张跃平,郑承忠,等. 厦门文昌鱼自然保护区的生态环境特点[J]. 海洋科学,2005,29(10):27-31..

¹⁰陈丙温,蔡立哲,饶义勇,等. 底质细化对厦门潮下带文昌鱼栖息地大型底栖动物群落的影响[C]//第二届底栖生物学学术研讨会论文集. 2019:494-505.

本工程为生态修复项目，营运期无污染物排放，因此运营期对中华白海豚、文昌鱼及其栖息地基本没有影响。对中华白海豚的影响主要体现在施工期悬浮泥沙影响、施工水下噪声、船舶航运以及外围保护地带的部分近岸潮间带栖息地占用。对文昌鱼的影响主要体现在施工期悬浮泥沙影响、沉积环境、水文动力和冲淤环境变化。总的来说，由于工程区与厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区有一定距离，上述影响均较小，工程建设不改变中华白海豚、文昌鱼栖息地的生态功能，生态修复工程的实施可以改善区域水动力环境，加快周边海域水体交换，有利于各类饵料生物的繁殖生长，间接提高了中华白海豚、文昌鱼的饵料供给。

建设单位在施工过程中应切实执行报告书提出的各项避让措施、保护措施和各项风险防范对策；采取施工方案优化和生态环境保护、影响减缓和控制措施，切实落实事故风险应急对策措施和应急预案，确保生态补偿措施执行到位。在此前提下，从珍稀物种和栖息地环境保护角度考虑项目实施建设可行。

7 环境风险影响评价

7.1 风险调查

7.1.1 风险源调查

本项目为生态修复工程，主要包括沙滩修复工程、排水通道整治工程，营运期无风险源。本项目施工高峰期共有 5 艘作业船，分别为主作业船（1000m³绞吸式挖泥船）1 艘、1000~1500m³ 自航泥驳 2 艘、1 艘定位驳船、1 艘装卸平台。

施工过程中施工船舶若发生风险事故可能会造成船舶燃料油外泄入海，将对海域水质、海洋生态环境特别是生态红线区、保护区等环境敏感目标造成一定影响。

因此，本项目环境风险源为施工船舶，危险物质为船舶燃料油，拟采用的最大施工船舶为 1500m³ 自航泥驳，单舱载油量约 30t。

7.1.2 环境敏感目标调查

工程周边的主要敏感目标包括厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区、厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区外围保护地带(文昌鱼)、厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区外围保护地带（中华白海豚）围头湾养殖等。

表 7.1-1 主要环境敏感目标

序号	环境目标类别	名称	保护对象	方位	距离
1	自然保护区	厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区(中华白海豚)	中华白海豚物种及其生境	西侧	15.7km
2		厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区(中华白海豚文昌鱼)	文昌鱼物种及其生境	西南侧	28km
3	外围保护地带	厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区外围保护地带(文昌鱼)	文昌鱼物种	部分占用	/
4		厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区外围保护地带（中华白海豚）	中华白海豚物种	部分占用	/
5	红树林	围头湾养殖	红树林及其生境	东北	1.7km

略

图 7.1-1 溢油影响计算区域内主要敏感目标

7.2 环境事故风险识别

本工程施工船舶主要船型业船为 1000m³ 绞吸式挖泥船何自航泥驳，船舶发生碰撞事故后可能导致船舶燃料油外泄。因此，本项目以燃料油为风险因子。船舶燃料油是由各种烷烃、环烷烃和芳香烃组成的混合物，大部分为液态烃，伴有

气态烃和固态烃，所含基本元素是碳和氢，两种元素的总含量平均为 97~98%，同时含有少量的硫、氧、氮等，其化学组分因产地不同而有所差异。燃料油的理化性质见表 7.2-1。

表 7.2-1 燃料油的理化性质

项目	特性	项目	特性
外观及气味	黑色粘稠有气味的液体	凝固点 (°C)	<26
液体相对密度	0.92~1.07	粘度 (pas)	<180
沸点 (°C)	>398.9	水溶性	微溶
20°C时蒸汽压 (kpa)	很低	自燃温度 (°C)	407.2
雷德蒸汽压 (kpa)	0.3 (50°C时)	挥发性	挥发
闪点 (°C)	65.6~221.1	灭火方法	二氧化碳、干粉、泡沫
易燃性	易燃	危险性	必须加热才能持续燃烧
爆炸极限	1%~5%	主要用途	船用燃料

基于 GESAMP (海洋污染专家组) 的研究报告，燃料油的污染特性分类为石油类，执行 MARPOL 73/78 公约附则 I。燃料油一旦溢漏入海，海域水环境、生态环境等将受到严重影响和破坏。燃料油为微溶性物质，发生事故性泄漏后，主要漂浮于海面，短期内进入水体的量一般较少。其环境影响主要是隔绝了水体和空气之间的正常水气交换，限制了日光向水体的透入，使水质和水体自净化功能变差，破坏了水生生态系统的光合作用及其物质和能量流，对于海洋哺乳类动物、海鸟等动物的生理功能均有很大的伤害；随着溢出物在海面的漂移扩散，溶解或分散于水体中的溢出物量会逐渐增多，其环境影响主要体现在污染水质并毒害水生生物；当溢出物上岸，可造成对岸线及其环境资源的严重污染损害。

施工期间，如发生船舶碰撞、极端天气影响等导致采砂船发生倾覆，砂体外泄入海，悬浮泥沙瞬时突增造成海洋环境损害。

7.3 环境风险潜势及评价等级判定

7.3.1 环境风险潜势初判

本项目危险物质涉及油类物质。根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409-2025)附录 G，油类物质的临界量为 100t (注：船舶在线量按单个船舶所载货油或船用燃料油全部舱容的数量确定)。

本项目施工期拟调遣 5 艘作业船前往施工海域，分别 1000m³ 绞吸式挖泥船

1 艘、1000~1500m³ 自航泥驳 2 艘、1 艘定位驳船、1 艘装卸平台。绞吸式挖泥船携带燃料油量约 50t/艘，1500m³ 自航泥驳携带燃料油量约 80t/艘。本项目施工期单个船舶所载船用燃料油全部舱容约 80t，计算本项目单只船舶所涉及的油类物质最大存在总量与对应临界量 100t 的比值 Q，可知施工期 Q 值为 0.8。

7.3.2 环境风险等级

本项目涉及的危险物质与临界量的比值 $Q=0.8<1$ ，即本项目可能涉及的危险物质远小于临界量，本项目的环境风险潜势综合等级为I，可开展简单分析。

7.4 风险事故情形分析

7.4.1 厦门海域船舶事故统计

2020-2023 年厦门海事辖区范围内发生海上事故概况如见表 7.4-1，事故分类统计见 7.4-2。

从事故统计来看，近 4 年来厦门海事局辖区水域水上交通事故数目整体较为平稳、有一定下降趋势。其中按照事故种类统计，以碰撞事故最多，占比近 42.9%，其次为其他事故占比 35.7%。

翔安港区附近近 4 年来无海上船舶事故，工程所在水域安全形势良好。

表 7.4-1 厦门海事辖区海上事故概况（2020-2023 年）

序号	发生时间	事故地点	事故性质	事故损失
1	2020年01月10日	虎仔屿南侧 24°23.6'N/118°11.6'E	搁浅	事故导致该轮船体艏尖舱、1舱右底层舱和2舱右底层舱破损进水、无人员伤亡/无污染。
2	2020年08月16日	镇海角东南 47 海里 24°13.8'N/118°57.3'E	其他	船上人员进入第二货舱管弄作业时，发生窒息事故，造成2人死亡。
3	2020年08月22日	金门东北沿岸、母屿 24°24.9'N/118°28.2'E	自沉	因机舱破损进水，倾斜后翻扣，造成船舶损失、无人员伤亡/无污染。
4	2020年11月21日	桃园西北方向 23 海里 25°15.5'N/120°41.9'E	其他	在台湾海峡北部距台湾桃园西北方向约23海里处，1名船员在洗舱时从坠落至第二货舱底部，经全力抢救，该船员因伤重不治死亡。
5	2021年01月02日	南澳岛方位150度 23°14.1'N/117°12.9'E	触碰	造成“华茂 369”轮船底板破损，第 6 货舱进水、无人员伤亡/无污染。
6	2021年06月25日	大嶝角屿附近 24°33.4'N/118°24.7'E	触礁	从厦门大嶝开往龙海途中，在角屿附近触礁、无人员伤亡/无污染。

7	2021年07月24日	海沧通达码头内档 24°27.3'N/117°59.1'E	碰撞	在海沧港区通达码头内档泊位靠泊过程中与消防拖轮发生碰撞、无人员伤亡/无污染。
8	2021年08月05日	小金门南3.7海里 24°20.9'N/118°15.2'E	风灾	从厦门港开往港外锚地防抗2021年9号台风“卢碧”途中，在金门南部水域，甲板部分集装箱倒塌，其中12个空集装箱落海，无人员伤亡/无污染。
9	2021年08月10日	金门料罗码头偏西 24°18.0'N/118°22.0'E	碰撞	商渔船发生碰撞，商船舱进水沉没，直接经济损失约450万，无污染。
10	2021年12月12日	金门水域 24°20.0'N/118°17.0'E	其他	挖泥船船头首舱底部裂缝，致船舶进水。属一般等级（小）水上交通事故。
11	2022年03月29日	海沧海澳码头 24°27.1'N/117°59.2'E	触碰	操作不当，触碰码头上设施，导致码头输油臂及部分附属设施变形，无人员伤亡/无污染。
12	2022年06月26日	北碇岛东南方5海里 24°21.1'N/118°33.1'E	其他	在北碇岛东南方约5海里处1名船员坠落货舱受伤事故，无人员伤亡/无污染。
13	2023年05月03日	东渡港区13号泊位 24°30.9'N/118°04.8'E	碰撞	两艘商船发生碰撞，1艘船舶首部舷墙约3米损坏，另一艘船舶球鼻艏轻微凹陷，无人员伤亡/无污染。
14	2023年07月06日	东渡港区9号泊位 24°30.5'N/118°04.6'E	碰撞	商船与拖轮发生碰撞，造成拖轮主桅杆变形，无人员伤亡/无污染。

表 7.4-2 厦门海事辖区船舶事故分类统计表（2020-2023 年）

类型年份	碰撞	触礁/搁浅	自沉	人落水	进水	火灾/爆炸	其他	总计
2020	0	1	1	0	0	0	2	4
2021	3	1	0	0	0	0	2	6
2022	1	0	0	0	0	0	1	2
2023	2	0	0	0	0	0	0	2
总计	6	2	1	0	0	0	5	14

事故原因可归纳为 5 个方面、10 类原因，即船舶方面（包括不适航、机务故障）、船员方面（包括违章航行、操作不当）、公司方面（包括管理不严、违章指挥）、外部环境（自然通航环境多变、自然灾害等）和其他。船舶在该水域航行应严格执行《1972 年国际海上避碰规则》、《船舶防台技术操作手册》和厦门港关于船舶航行安全的有关规定，避免各类船舶事故的发生。

7.4.2 源项分析

（1）最大可信事故

根据以往事故经验，海上交通事故主要发生在：（1）工程前沿水域；（2）航道交汇处。操作性溢油事故主要发生在工程前沿水域或施工过程中，而海难性溢油事故是在船舶发生碰撞、搁浅等交通事故后。因此本项目施工期最大可信事故

为施工船舶在九溪口项目临时航道与海上海岛一日游航道交界处发生操作性溢油事故。

(2) 溢油量

根据《水上溢油环境风险评估技术导则》(JT/T1143-2017)的规定,“新建水运工程建设项目的可能最大水上溢油事故溢油量,按照设计代表船型的1个货油边舱或燃料油边舱的容积确定;已运营的水运工程项目按照实际航行和作业船舶中载油量最大船型的个货油边舱或燃料油边舱的容积确定”。本项目施工船舶最大船舶为1500方自航泥驳,油舱分3个,每个油舱载燃料油约31t。本项目施工期船舶溢油风险溢油量取31t。

7.5 环境风险影响预测方法和预测结果

7.5.1 溢油模型

溢油刚进入水体后,由于原油油膜很厚,会迅速向四周扩展,当油层受到海上潮流风浪作用,逐渐变薄,随后发生破裂为碎片,受潮流作用进行漂移与扩散过程,同时发生蒸发、溶解和乳化的风化过程。Fay首先提出了在平静水面油膜自身扩展理论,该理论认为溢油进入水体后在重力、惯性力、粘性力和表层张力作用下迅速扩展,油膜以圆形扩展,这与实际情况相差较大。近年来许多研究海上溢油学者提出“油粒子”模型,这些模型能够较为正确地预测溢油的扩散情况。本章利用油粒子模型计算表面油膜的漂移与随机扩散。

“油粒子”模型基于考虑风生流的潮流场,利用Lagrange粒子追踪法跟踪质点的轨迹,与此同时用随机走动法模拟“油粒子”的紊动扩散,这种方法根据运动对象的行为选择用确定性模型模拟环境动力条件(主要是流场),并且采用随机模型模拟溢油“油粒子”紊动扩散场,提高了溢油预报的效果。

叠加风生流后,质点在t时刻速度 $\vec{u}_3(t)$ 可按式表示:

$$\begin{cases} u_{3x} = u_x + \varepsilon V_{wind} \sin(180 + \sigma + \theta) \\ u_{3y} = u_y + \varepsilon V_{wind} \cos(180 + \sigma + \theta) \end{cases} \quad (7.5-1)$$

其中 u_x 、 u_y 为质点潮流流速分量; V_{wind} 为海面10m处风速, ε 为风因子,取0.02; σ 为风向, θ 为油粒子风生流的风漂移偏角, θ 按如下公式取值:

$$\theta = \begin{cases} 40 - 8\sqrt{V_{wind}} & 0 \leq V_{wind} \leq 25 \text{ m/s} \\ 0 & V_{wind} > 25 \text{ m/s} \end{cases} \quad (7.5-2)$$

水质点由时刻 n 至时刻 $n+1$ 的运动轨迹 $\overline{P_1 P_2}$ 为一流线, 设 $x(t)$ 即为 n 时刻质点所在位置, $x(t + \Delta t)$ 为 $n+1$ 时刻质点所在位置, 我们有:

$$\frac{dx}{dt} = \bar{u}_3(t) \quad (7.5-3)$$

积分上式得:

$$x(t + \Delta t) = x(t) + \int_t^{t+\Delta t} \bar{u}_3(t) dt \quad (7.5-4)$$

根据上式, Δt 时间间隔水质点位移 $\overline{P_1 P_2}$ 可求。

“油粒子”的紊动扩散属于随机运动, 可用随机走动法模拟, 把油膜看成大量“油粒子”组成的粒子云团, 油粒子的随机走动导致粒子云团的尺度随时间而增大, 粒子云团随机走动的“方差”等于粒子云团方差的时间变化, 即:

$$\langle \gamma'^2 \rangle = \sigma^2(t + \Delta t) - \sigma^2(t) \quad (7.5-5)$$

从而:

$$\langle \gamma'^2 \rangle \approx \frac{d\sigma^2}{dt} \Delta t \quad (7.5-6)$$

式中, 算子 $\langle \rangle$ 表示对所有的油粒子求平均, $\sigma(t)$ 为 t 时刻粒子云团的标准差, 将油粒子云团的方差随时间的变化率定义为扩散系数 K , 则有:

$$K = \frac{1}{2} \frac{d\sigma^2}{dt} \quad (7.5-7)$$

随机走动的方差与紊动扩散系数 K 的关系为:

$$\langle \gamma'^2 \rangle = 2K\Delta t \quad (7.5-8)$$

根据上式, 可以得出随机走动的距离为:

$$\Delta\alpha = \eta\sqrt{2K\Delta t} \quad (7.5-9)$$

式中, $\Delta\alpha$ 为 α (x 或 y) 方向 Δt 时间步长下紊动引起的油粒子扩散距离, η 为均值为 0, 标准差为 1 的正态分布随机数, $K = 5.0 \text{ m}^2/\text{s}$ 。

于是油粒子运移距离 L 为海面风场、潮流场和紊动扩散共同作用下的运移距离, 即:

$$L = P_1 P_2 + \alpha ; \quad (7.5-10)$$

在潮周期内进行积分就得到每个油粒子的运动轨迹。

当油粒子漂移到岸边时会吸附在岸边，但由于水流的卷带作用，上岸的油粒子可能重新进入水体中，重新回到水体中的油量与水流流速、浓度梯度及岸边天然状况有关。Torgrimson 建议用衰减公式计算每个时段 Δt 内返回水中的油量 dA_b 为：

$$\frac{dA_b}{A_b} = 1 - 0.5^{\Delta t/\lambda} \quad (7.5-11)$$

式中， A_b 为吸附在岸边的总油量， λ 为半衰期，对开阔、平整岸边取值为 1 小时。

7.5.2 工况设计

风险溢油采用油粒子模型模拟，预测装卸平台北侧（O1）和采砂运输航线交汇处（O2）等点事故性溢油对海洋的影响，溢油点位置见图 7.2-1。

模拟情景主要参数如下：

- （1）溢油点和溢油量：O1 点和 O2 点溢油量均为 30T。
- （2）溢油初始时刻：分为高潮和低潮。
- （3）风况：3 种，分别为夏季 SW 风 3.5 m/s，强风向 NE 风 10.0 m/s 和不利风向 N 3.5m/s。
- （4）模拟溢油时长：72 小时。

共模拟 12 种组合工况，组合见表 7.5-1。

表 7.5-1 溢油风险模拟工况组合

工况序号	位置	风况	溢油起始时刻	溢油量
一	装卸平台北侧 (O1)	夏季 SW(3.5m/s)	高潮	30t
二			低潮	
三		强风向 NE (10m/s)	高潮	
四			低潮	
五		不利风向 北风 N (3.5m/s)	高潮	
六			低潮	
七	采砂运输航线交 汇处 (O2)	夏季 SW(3.5m/s)	高潮	30t
八			低潮	
九		强风向 NE (10m/s)	高潮	
十			低潮	

十一		不利风向	高潮
十二		北风 N (3.5m/s)	低潮

模拟时，把溢油离散为大量的油粒子，假设 1T 吨油品油膜由 4×10^4 个油粒子所组成，10 分钟内排放全部粒子，计算各个粒子在大潮高潮、低潮时刻启动，随潮流、风生流漂移，得出各瞬时时刻每个网格的粒子数，并根据粒子的体积转换成油膜厚度，即可绘出模拟时段内各个时刻 0.02, 0.1, 0.3、1、5、15、20、100、1000 μm 等油膜厚度的分布等值线，并给出在各初始潮时溢油发生 72 小时后油膜全程分布的包络等值线，以描述污染的路径、扫海范围和海域的污染程度。

工程海域有若干相关环境敏感目标，模拟时估算溢油品到达敏感目标的最短时间，相关敏感目标示意图见图 7.5-1。

略

图 7.5-1 溢油点位置示意图

7.5.3 溢油预测结果

不同工况下，在不同潮时溢油，初始溢油时刻潮流场不同，风况不同，油膜漂移轨迹、扫海面积、影响范围也因此而不同。溢油初始几个小时，油膜面积较小，厚度较厚，而后油膜逐渐分散，面积增大而油膜厚度变薄，以下根据不同工况分别分析模拟结果。

7.5.3.1 O1 点溢油模拟结果

图 8.5-2~图 8.5-7 分别为工况一（O1 点，溢油量 30T，SW 风）高潮时刻溢油经过 3、6、12、36、60、72 小时后油膜在海域中的即时分布和 72 小时油膜全程包络线。图 8.5-8~图 8.5-12 分别为工况二~工况六 O1 点溢油不同潮时不同风向下 72 小时油膜全程包络线。

表 8.5-2~表 8.5-7 分别为工况一~六不同时刻不同厚度油膜的即时污染面积和扫海面积，其中扫海面积定义为大于 0.02 μm 的油膜包络面积。表 8.5-8 为工况一~六油膜溢油环境影响分析表，包括 72 小时后油膜扫海面积、油膜漂移距溢油点最长直线距离，表 8.5-9 为工况一~六油膜到达相关环境敏感目标的最短时刻。

工况一~六油膜溢油点均位于小嶝岛东侧海域，从图 8.5-2~图 8.5-12 和表 8.5-8、表 8.5-9 看出：

1) 工况一~六在其他条件相同的情况下,油膜漂移过程受风况影响较大。

2) SW 风下(工况一~二),风生流方向偏东北,叠加涨落潮流后,溢油后油膜往东北向漂移加速,而向东受到阻碍。高潮时刻溢油(图 8.5-7)油膜分布范围较广,在叠加东北向风生流后,油膜主要往围头湾顶及安海湾口漂移,少部分油膜经过大嶝岛与金门岛之间海域向厦门岛东侧漂移;低潮时刻溢油(图 8.5-8)油膜分布范围较集中,油膜多吸附于大嶝新机场周边,少量飘向围头湾海域。总体而言,高、低潮时刻溢油油膜漂移范围包括大嶝新机场周边海域、围头湾海域、安海湾口海域及厦门岛东侧至金门间海域,高、低潮时溢油全程(72 小时)扫海面积分别约 265.07、242.64 km²,漂移最长距离分别约 23.28、25.62 km。工况一~二影响的敏感目标主要有文昌鱼保护区外围保护带南线十八线海区、文昌鱼保护区外围保护带小嶝海区、同安湾口白海豚自然保护区、小嶝岛东北侧海水养殖区、围头湾西北侧海水养殖区、白海豚外围保护地带、厦门岛周边生态保护区、小佰屿红线,溢油响应时间为 0 小时。

3) NE 风下(工况三~四),风生流方向偏西南,由于风速较大,风生流流速也较大,溢油后油膜往西南向漂移加速,而向东受到阻碍,高、低潮时溢油油膜较多吸附在 O1 溢油点与大小嶝岛之间,溢油点西侧大片海域的油膜厚度较薄。总体而言,油膜漂移方向包括溢油点至大嶝岛与金门岛之间海域、厦门岛东侧及南侧海域等处,高、低潮时溢油全程(72 小时)扫海面积分别约 212.67、189.48 km²,漂移最长距离分别约 46.25、42.48 km。工况三~四影响的敏感目标主要有文昌鱼自然保护区、文昌鱼保护区外围保护带南线十八线海区、文昌鱼保护区外围保护带小嶝海区、同安湾口白海豚自然保护区、白海豚外围保护地带、厦门岛周边生态保护区,溢油响应时间为 0 小时。

4) N 风下(工况五~六),风生流方向偏南,溢油后油膜通过大嶝岛与金门岛之间的海域并往南向漂移加速,受其影响,与 NE 风时相比,油膜更偏南向,最远可达漳州流会右侧海域。总体而言,高、低潮时溢油油膜漂移方向包括溢油点至大嶝岛与金门岛之间海域、厦门岛东侧及漳州流会南侧海域等处,高、低潮时溢油全程(72 小时)扫海面积分别约 450.84、440.25 km²,漂移最长距离分别约 47.88、46.5 km。工况五~六影响的敏感目标主要有文昌鱼自然保护区、文昌鱼保护区外围保护带南线十八线海区、文昌鱼保护区外围保护带小嶝海区、同安湾口白海豚自然保护区、白海豚外围保护地带、厦门岛周边生态保护区,溢油响

应时间为 0 小时。

表 8.5-2 工况一溢油后不同时刻不同厚度油膜面积和扫海面积

时刻 (小时)	不同油膜厚度之面积((km ²))								
	>0.02 (μm)	>0.1 (μm)	>0.3 (μm)	>1 (μm)	>5 (μm)	>15 (μm)	>20 (μm)	>100 (μm)	>1000 (μm)
1	0.4	0.39	0.37	0.33	0.23	0.14	0.11	0.01	0
3	1.28	1.14	1	0.8	0.49	0.25	0.16	0	0
6	5.16	3.23	2.46	1.74	0.65	0.03	0.01	0	0
9	4.84	2.66	1.99	1.31	0.61	0.13	0	0	0
12	7.04	2.61	1.72	1.13	0.44	0.16	0.1	0	0
15	12.31	5.54	3.66	1.65	0.39	0.12	0.06	0	0
18	16.25	8.77	4.96	1.59	0.38	0.01	0	0	0
21	19.94	9.85	4.59	1.36	0.44	0	0	0	0
24	22.39	12.35	5.79	1.53	0.24	0.01	0.01	0	0
27	28.53	12.92	5.88	1.53	0.19	0.01	0	0	0
30	28.47	12.01	5.21	1.77	0.21	0.01	0.01	0	0
33	32.03	14.71	6.44	1.62	0.11	0.01	0	0	0
36	39.59	15	6.88	1.42	0.1	0.01	0.01	0	0
39	40.93	16.43	6.35	1.8	0.02	0.01	0.01	0	0
42	41.86	16.32	5.71	1.78	0.02	0.01	0.01	0	0
45	43.09	14.3	4.89	1.57	0.02	0.01	0	0	0
48	36.96	11.86	4.41	1.07	0.34	0.01	0	0	0
51	34.47	11.45	4.66	1.06	0.33	0.01	0.01	0	0
54	39.98	14.43	5.48	1.02	0.12	0.01	0.01	0	0
57	34.62	11.57	4.41	0.38	0.02	0.01	0.01	0	0
60	24.14	7.97	3.29	1.39	0.3	0.1	0	0	0
63	23.18	7.01	2.98	1.31	0.39	0.01	0.01	0	0
66	23.3	8.77	4.59	1.54	0.1	0.01	0	0	0
69	20.61	7.07	2.82	0.9	0.09	0.01	0.01	0	0
72	14.56	4.76	3.06	1.35	0.38	0.09	0	0	0
全程包络 面积	265.07	160.03	109.88	63.04	24.97	5.87	3.26	0.07	0

表 8.5-3 工况二溢油后不同时刻不同厚度油膜面积和扫海面积

时刻	不同油膜厚度之面积((km ²))								
----	-------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

(小时)	>0.02 (μm)	>0.1 (μm)	>0.3 (μm)	>1 (μm)	>5 (μm)	>15 (μm)	>20 (μm)	>100 (μm)	>1000 (μm)
1	0.13	0.13	0.12	0.11	0.09	0.07	0.06	0.03	0
3	0.89	0.85	0.74	0.57	0.29	0.11	0.09	0.02	0
6	5.32	4.13	2.15	1.21	0.5	0.15	0.07	0	0
9	12.31	5.6	3.46	2.15	0.43	0.01	0.01	0	0
12	13.8	6.37	4.24	2.19	0.34	0	0	0	0
15	13.93	5.79	3.7	1.96	0.5	0	0	0	0
18	13.43	4.93	3.48	2.08	0.45	0.04	0.01	0	0
21	15.07	6.48	4.36	1.57	0.28	0.15	0.04	0	0
24	15.7	6.89	4.23	1.03	0.3	0.13	0.07	0	0
27	18.1	6.92	3.15	1.38	0.25	0.09	0.04	0	0
30	16.79	8.11	3.63	0.99	0.29	0.18	0.07	0	0
33	14.14	6.82	3.92	1.06	0.29	0.17	0.07	0	0
36	19.91	8.89	3.26	0.64	0.31	0.15	0.07	0	0
39	19.9	8.02	2.65	0.55	0.3	0.06	0.05	0	0
42	18.51	8.29	2.64	0.72	0.31	0.19	0.08	0	0
45	16.25	6.71	3.46	0.64	0.31	0.2	0.08	0	0
48	22.67	8.52	1.64	0.6	0.31	0.14	0.09	0	0
51	18.25	6.65	1.67	0.58	0.28	0.05	0.04	0	0
54	17.55	5.95	2.15	0.93	0.33	0.13	0.1	0	0
57	13.76	5.04	2.45	1.1	0.32	0.15	0.12	0	0
60	16.34	4.93	2.25	1.03	0.32	0.14	0.12	0	0
63	15.27	4.19	1.93	0.71	0.31	0.06	0.03	0	0
66	11.97	4.36	2.16	0.97	0.31	0.14	0.12	0	0
69	10.17	4.58	2.18	1.1	0.31	0.14	0.12	0	0
72	11.9	4.23	2.24	1.17	0.33	0.14	0.12	0	0
全程包 络面积	242.64	122.31	84.3	42.09	13.33	5.55	4.26	0.32	0

表 8.5-4 工况三溢油后不同时刻不同厚度油膜面积和扫海面积

时刻 (小时)	不同油膜厚度之面积((km^2))								
	>0.02 (μm)	>0.1 (μm)	>0.3 (μm)	>1 (μm)	>5 (μm)	>15 (μm)	>20 (μm)	>100 (μm)	>1000 (μm)
1	0.46	0.43	0.4	0.33	0.22	0.13	0.1	0.01	0
3	0.64	0.59	0.53	0.46	0.32	0.16	0.1	0.02	0

6	0.92	0.84	0.74	0.61	0.26	0.09	0.06	0.02	0
9	0.56	0.4	0.27	0.13	0.07	0.04	0.04	0.03	0
12	0.81	0.45	0.2	0.1	0.07	0.05	0.05	0.03	0
15	1.03	0.37	0.2	0.14	0.07	0.05	0.05	0.03	0
18	0.97	0.32	0.21	0.14	0.07	0.05	0.05	0.03	0
21	1.05	0.31	0.24	0.15	0.07	0.05	0.05	0.03	0
24	1.57	0.36	0.27	0.18	0.07	0.05	0.05	0.03	0
27	1.81	0.36	0.3	0.18	0.08	0.05	0.05	0.03	0
30	1.62	0.49	0.29	0.18	0.08	0.05	0.05	0.03	0
33	1.62	0.61	0.31	0.18	0.08	0.05	0.05	0.03	0
36	3.33	0.64	0.33	0.23	0.07	0.05	0.05	0.03	0
39	5.82	0.7	0.34	0.23	0.08	0.06	0.05	0.03	0
42	4.85	0.65	0.37	0.22	0.08	0.06	0.05	0.03	0
45	4.07	0.81	0.34	0.25	0.09	0.05	0.05	0.03	0
48	5.75	1.18	0.37	0.26	0.08	0.06	0.05	0.03	0
51	8.22	1.3	0.38	0.27	0.08	0.06	0.05	0.03	0
54	8.14	1.02	0.41	0.23	0.09	0.06	0.05	0.03	0
57	4.9	1.7	0.56	0.27	0.09	0.05	0.05	0.02	0
60	6.77	1.81	0.71	0.3	0.08	0.05	0.05	0.03	0
63	9.82	2.29	0.67	0.3	0.08	0.07	0.06	0.03	0
66	11.11	2.06	0.71	0.25	0.09	0.07	0.05	0.03	0
69	9.45	2.27	0.74	0.26	0.09	0.06	0.05	0.03	0
72	10.6	2.55	0.83	0.31	0.09	0.06	0.05	0.03	0
全程包 络面积	212.67	36.05	4.37	2.51	1.23	0.83	0.68	0.15	0

表 8.5-5 工况四溢油后不同时刻不同厚度油膜面积和扫海面积

时刻 (小时)	不同油膜厚度之面积((km ²))								
	>0.02 (μm)	>0.1 (μm)	>0.3 (μm)	>1 (μm)	>5 (μm)	>15 (μm)	>20 (μm)	>100 (μm)	>1000 (μm)
1	0.19	0.19	0.18	0.17	0.14	0.1	0.09	0.02	0
3	0.24	0.15	0.11	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03	0
6	0.43	0.22	0.13	0.09	0.07	0.05	0.05	0.03	0
9	0.39	0.2	0.15	0.11	0.07	0.05	0.05	0.03	0
12	0.39	0.21	0.16	0.11	0.07	0.05	0.05	0.04	0
15	0.44	0.25	0.16	0.12	0.07	0.05	0.05	0.04	0
18	0.85	0.33	0.17	0.14	0.06	0.05	0.05	0.04	0
21	0.68	0.3	0.2	0.16	0.06	0.05	0.05	0.03	0
24	0.66	0.32	0.2	0.16	0.07	0.05	0.05	0.04	0
27	0.88	0.37	0.23	0.16	0.06	0.04	0.04	0.04	0
30	1.22	0.41	0.28	0.17	0.07	0.05	0.05	0.04	0
33	1.87	0.41	0.28	0.17	0.07	0.05	0.05	0.04	0
36	1.53	0.47	0.31	0.17	0.08	0.05	0.05	0.04	0
39	1.31	0.48	0.29	0.17	0.08	0.05	0.05	0.04	0
42	2.79	0.54	0.31	0.22	0.08	0.05	0.05	0.04	0
45	4.85	0.58	0.31	0.23	0.07	0.05	0.05	0.04	0
48	4.22	0.55	0.32	0.21	0.08	0.05	0.05	0.04	0
51	2.96	0.83	0.46	0.24	0.08	0.05	0.05	0.03	0
54	4.64	0.81	0.48	0.24	0.07	0.05	0.05	0.04	0
57	6.89	0.99	0.48	0.25	0.08	0.06	0.05	0.04	0
60	6.31	0.89	0.52	0.21	0.08	0.05	0.05	0.04	0
63	5.85	1.07	0.48	0.23	0.08	0.05	0.05	0.04	0
66	6.76	1.25	0.59	0.28	0.08	0.05	0.05	0.04	0
69	9.46	1.47	0.61	0.27	0.08	0.05	0.05	0.04	0
72	9.36	1.58	0.61	0.23	0.08	0.05	0.05	0.04	0
全程包 络面积	189.48	18.07	2.03	1.41	0.97	0.73	0.64	0.15	0

表 8.5-6 工况五溢油后不同时刻不同厚度油膜面积和扫海面积

时刻 (小时)	不同油膜厚度之面积(km ²)								
	>0.02 (μm)	>0.1 (μm)	>0.3 (μm)	>1 (μm)	>5 (μm)	>15 (μm)	>20 (μm)	>100 (μm)	>1000 (μm)
1	0.53	0.5	0.44	0.37	0.23	0.13	0.1	0.01	0
3	1.87	1.72	1.51	1.22	0.62	0.15	0.05	0	0
6	3.83	2.94	2.21	1.54	0.56	0.11	0.01	0	0
9	5.9	4.08	2.79	1.63	0.54	0.05	0.02	0	0
12	13.5	7.63	4.67	2.2	0.28	0.01	0.01	0	0
15	18.88	6.35	3.68	1.95	0.49	0.01	0.01	0	0
18	20.95	5.67	2.86	1.58	0.56	0.01	0.01	0	0
21	20.53	5.28	2.23	1.25	0.49	0.06	0	0	0
24	21.44	7.95	3.74	2.01	0.33	0	0	0	0
27	17.06	5.96	3.24	1.72	0.53	0	0	0	0
30	23.03	8.42	4.5	1.97	0.16	0	0	0	0
33	23.95	9.8	4.69	2.11	0.02	0	0	0	0
36	22.22	10.74	5.35	2.43	0.01	0	0	0	0
39	24.25	12.25	5.33	2.4	0.01	0	0	0	0
42	25.91	12.93	6.32	2.51	0	0	0	0	0
45	27.18	13.88	6.97	2.59	0	0	0	0	0
48	25.93	12.43	6.33	2.7	0	0	0	0	0
51	27.17	13.29	6.62	2.43	0	0	0	0	0
54	27.6	13.38	6.98	2.14	0	0	0	0	0
57	27.54	15.05	7.34	1.74	0	0	0	0	0
60	27.84	14.68	8.05	2.49	0	0	0	0	0
63	29.17	14.73	7.11	1.93	0	0	0	0	0
66	28.85	15.98	7.34	2.29	0	0	0	0	0
69	29.91	15.69	7.58	1.96	0	0	0	0	0
72	30.17	15.56	7.34	2.14	0	0	0	0	0
全程包 络面积	450.84	318.5	255.19	165.75	28.05	2.59	1.72	0.09	0

表 8.5-7 工况六溢油后不同时刻不同厚度油膜面积和扫海面积

时刻 (小时)	不同油膜厚度之面积(km ²)								
	>0.02 (μm)	>0.1 (μm)	>0.3 (μm)	>1 (μm)	>5 (μm)	>15 (μm)	>20 (μm)	>100 (μm)	>1000 (μm)
1	0.12	0.11	0.1	0.09	0.07	0.05	0.05	0.02	0
3	0.47	0.38	0.33	0.28	0.16	0.12	0.11	0.03	0
6	4.55	2.45	1.7	1.17	0.52	0.15	0.1	0	0
9	5.75	2.91	2.1	1.35	0.48	0.14	0.11	0	0
12	9.51	5.25	3.34	1.96	0.61	0	0	0	0
15	8.94	4.34	3.03	1.99	0.6	0	0	0	0
18	8.11	3.98	3.06	1.89	0.32	0.1	0.1	0	0
21	10.2	5.52	4.02	1.87	0.27	0.1	0.03	0	0
24	14.52	7.33	3.88	1.87	0.33	0.03	0.03	0	0
27	19.58	8.83	4.46	1.6	0.14	0	0	0	0
30	19.74	9.23	5.2	1.49	0.27	0.07	0.07	0	0
33	20.77	10.02	5.43	1.15	0.34	0.07	0	0	0
36	22.38	10.01	5.31	1.47	0.3	0.03	0	0	0
39	24.51	10.3	5.27	1.25	0.23	0.07	0	0	0
42	27.74	9.87	4.6	1.29	0.3	0.08	0.04	0	0
45	25.91	11.24	4.79	1.11	0.3	0.08	0	0	0
48	30.24	13.13	4.96	0.41	0.27	0.03	0.03	0	0
51	31.61	12.57	4.76	0.41	0.18	0.03	0.03	0	0
54	30.8	12.69	5.15	0.47	0.27	0.08	0.08	0	0
57	27.51	12.43	5.47	0.47	0.27	0.08	0.04	0	0
60	30.35	13.69	5.26	0.48	0.19	0.07	0.03	0	0
63	31.74	13.49	5.57	0.42	0.17	0.03	0.03	0	0
66	31.62	12.73	5.37	0.47	0.21	0.08	0.08	0	0
69	28.98	12.92	5.6	0.6	0.21	0.08	0.04	0	0
72	35.32	14.84	5.41	0.39	0.21	0.03	0.03	0	0
全程包 络面积	440.25	286.2	230.05	107.04	23.77	8.32	5.58	0.5	0

表 8.5-8 工况一~六 (O1 点) 扫海范围分析表

工况	溢油时刻	溢油点	溢油源强	风向	风速 m/s	一潮周扫海面积 (k m ²)	漂移最长距离 (km)
一	高潮	O1	30T	SW	3.5m/s	265.07	23.28
二	低潮					242.64	25.62
三	高潮			NE	10m/s	212.67	46.25
四	低潮					189.48	42.48
五	高潮			N	3.5m/s	450.84	47.88
六	低潮					440.25	46.5

表 8.5-9 O1 点不同潮时发生溢油时到达敏感目标的最短时间(小时)

风况	工况	敏感目标	文昌鱼自然保护区	文昌鱼保护区外围保护带 (南线十八线海区)	文昌鱼保护区外围保护带 (小嶝海区)	白海豚自然保护区 (西海域)	白海豚自然保护区 (同安湾口)	海水养殖区 (小嶝岛东北侧)	海水养殖区 (围头湾西北侧)	白海豚外围保护地带	厦门岛周边生态保护区	小佰屿红线	红树林生态保护区
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SW	一	高潮	-	11	0	-	61	7	34	0	62	8	-
	二	低潮	-	4	0	-	55	13	40	0	45	13	-
NE	三	高潮	17	10	0	-	38	-	-	0	14	-	-
	四	低潮	35	4	0	-	53	-	-	0	32	-	-
N	五	高潮	30	10	0	-	37	-	-	0	25	-	-
	六	低潮	22	4	0	-	33	-	-	0	17	-	-

略

图 8.5-2 工况一(O1 点 SW 风、高潮时)溢油后第 3 小时油膜平面分布

略

图 8.2-3 工况一(O1 点 SW 风、高潮时)溢油后第 6 小时油膜平面分布

略

图 8.5-4 工况一(O1 点 SW 风、高潮时)溢油后第 12 小时油膜平面分布

略

图 8.5-5 工况一(O1 点 SW 风、高潮时)溢油后第 36 小时油膜平面分布
略

图 8.5-6 工况一(O1 点 SW 风、高潮时)溢油后第 72 小时油膜平面分布
略

图 8.5-7 工况一(O1 点 SW 风、高潮时)溢油后油膜全程包络线分布
略

图 8.2-8 工况二(O1 点 SW 风、低潮时)溢油后油膜全程包络线分布
略

图 8.2-9 工况三(O1 点 NE 风、高潮时)溢油后油膜全程包络线分布
略

图 8.5-10 工况四(O1 点 NE 风、低潮时)溢油后油膜全程包络线分布
略

图 8.5-11 工况五(O1 点 N 风、高潮时)溢油后油膜全程包络线分布
略

图 8.5-12 工况六(O1 点 N 风、低潮时)溢油后油膜全程包络线分布

7.5.3.2 O2 点溢油模拟结果

图 8.5-13~图 8.5-18 分别为工况七~工况十二 O2 点溢油不同潮时不同风向 72 小时油膜全程包络线。

表 8.5-10~表 8.5-15 分别为工况七~工况十二不同时刻不同厚度油膜的即时污染面积和扫海面积，其中扫海面积定义为大于 0.02 μm 的油膜包络面积。

表 8.5-16 为工况七~工况十二油膜溢油环境影响分析表，包括 72 小时后油膜扫海面积、油膜漂移距溢油点最长直线距离，表 8.5-17 为工况七~工况十二油膜到达相关环境敏感目标的最短时刻。

工况七~工况十二油膜溢油点均位于 O2 点（小嶝岛南侧海域），溢油量为 30T，但风况不同，从图 8.5-13~图 8.5-18 和表 8.5-16、表 8.5-17 看出：

1) 工况七~工况十二在其他条件相同的情况下，油膜漂移过程受风况影响较大。

2) SW 风下（工况七~八），风生流方向偏东北，叠加涨落潮流后，溢油后油膜往东北向漂移加速，而向东受到阻碍。油膜在叠加东北向风生流后，主要

往围头湾顶及安海湾口漂移,少量油膜经过大嶝岛与金门岛之间海域向厦门岛东侧漂移。高、低潮时溢油全程(72小时)扫海面积分别约177.04、228.29 km²,漂移最长距离分别约21.31、24.29 km。工况七~八影响的敏感目标主要有文昌鱼保护区外围保护带南线十八线海区、文昌鱼保护区外围保护带小嶝海区、同安湾口白海豚自然保护区、小嶝岛东北侧海水养殖区、围头湾西北侧海水养殖区、白海豚外围保护地带、厦门岛周边生态保护区、小佰屿红线,溢油响应时间为1小时。

3) NE风下(工况九~十),风生流方向偏西南,由于风速较大,风生流流速也较大,溢油后油膜往西南向漂移加速,而向东受到阻碍。高潮时刻溢油(8.5-15)油膜分布范围较集中,面积较小,油膜多吸附于金门岛东北侧沿岸;低潮时刻溢油(图8.5-16)油膜自溢油点向西南漂移经过厦门岛东侧海域,受风生流加速影响,可扩散至漳州岛美沿岸海域。总体而言,油膜漂移范围包括溢油点附近、厦门岛东侧海域及漳州岛美沿岸海域,高、低潮时溢油全程(72小时)扫海面积分别约14.08、195.29 km²,漂移最长距离分别约7.16、44.18 km。工况九~十影响的敏感目标主要有文昌鱼自然保护区、文昌鱼保护区外围保护带南线十八线海区、文昌鱼保护区外围保护带小嶝海区、白海豚外围保护地带、厦门岛周边生态保护区,溢油响应时间为0.1小时。

4) N风下(工况十一~十二),风生流方向偏南,叠加涨落潮流后,溢油后油膜往南向漂移加速,而向北、向东受到阻碍。高潮时刻溢油(图8.5-17),油膜分布范围较集中,油膜多吸附于金门岛北侧沿岸;低潮时刻溢油(图8.5-18),油膜通过厦门岛与小金门之间的海域后,受风生流影响,加速向南漂移。总体而言,油膜漂移范围包括溢油点、厦门岛与小金门之间海域、小金门与金门岛之间海域及小金门以南海域,高、低潮时溢油全程(72小时)扫海面积分别约51.35、326.6 km²,漂移最长距离分别约12.37、51.84 km。工况十一~十二影响的敏感目标主要有文昌鱼保护区外围保护带(南线十八线海区)、文昌鱼保护区外围保护带(小嶝海区)、白海豚外围保护地带,溢油响应时间为0小时。

表 8.5-10 工况七溢油后不同时刻不同厚度油膜面积和扫海面积

时刻 (小时)	不同油膜厚度之面积(km ²)								
	>0.02 (μm)	>0.1 (μm)	>0.3 (μm)	>1 (μm)	>5 (μm)	>15 (μm)	>20 (μm)	>100 (μm)	>1000 (μm)
1	0.19	0.18	0.17	0.15	0.13	0.09	0.08	0.02	0
3	0.86	0.73	0.55	0.47	0.28	0.17	0.17	0	0
6	2.52	1.89	1.38	1.06	0.6	0.19	0.12	0	0
9	4.96	3.39	2.58	1.88	0.53	0	0	0	0
12	7.17	5.32	3.97	2.72	0.23	0	0	0	0
15	10.99	8.07	6.04	3.4	0.06	0	0	0	0
18	17.37	11.63	7.2	2.73	0.04	0.01	0.01	0	0
21	25.03	14.54	8.53	1.97	0.01	0.01	0	0	0
24	27.44	15.44	9.06	1.8	0.01	0.01	0	0	0
27	28.13	15.42	8.99	1.93	0.01	0.01	0	0	0
30	25.75	15.75	9.13	1.44	0.06	0.01	0.01	0	0
33	30.67	18.93	9.2	1.01	0.01	0.01	0	0	0
36	33.6	16.57	8.74	1.44	0.01	0.01	0	0	0
39	35.18	16.65	8.22	1.07	0.09	0.01	0.01	0	0
42	39.35	18.6	7.5	0.83	0.01	0.01	0.01	0	0
45	38.31	14.97	5.77	0.82	0.18	0.01	0.01	0	0
48	30.54	8.71	2.88	1.22	0.57	0.01	0.01	0	0
51	29.47	9.39	3.11	1.27	0.36	0.01	0.01	0	0
54	35.95	11.83	4.37	1.85	0.1	0.01	0.01	0	0
57	31.78	9.59	3.16	0.9	0.01	0.01	0.01	0	0
60	25.22	7.64	2.45	1.34	0.61	0.01	0.01	0	0
63	24.87	7.39	2.22	1.3	0.5	0.01	0.01	0	0
66	29.49	8.47	3.33	1.75	0.24	0.01	0.01	0	0
69	28.37	7.12	2.29	1.18	0.07	0.01	0.01	0	0
72	21.51	4.08	2.03	1.35	0.51	0.06	0.01	0	0
全程包 络面积	177.04	139.03	115.9	80.68	18.62	6.49	4.39	0.34	0

表 8.5-11 工况八溢油后不同时刻不同厚度油膜面积和扫海面积

时刻 (小时)	不同油膜厚度之面积(km ²)								
	>0.02 (μm)	>0.1 (μm)	>0.3 (μm)	>1 (μm)	>5 (μm)	>15 (μm)	>20 (μm)	>100 (μm)	>1000 (μm)
1	0.38	0.29	0.26	0.22	0.22	0.16	0.13	0.01	0
3	1.03	0.86	0.76	0.59	0.36	0.22	0.19	0	0
6	4.47	3.29	2.12	0.93	0.36	0.12	0.1	0	0
9	7.96	4.85	2.79	1.2	0.49	0.09	0.06	0	0
12	10.69	6.75	4.5	2.02	0.35	0.03	0	0	0
15	11.7	7.43	5.15	2.57	0.17	0	0	0	0
18	10.11	6.23	4.04	2.53	0.36	0	0	0	0
21	15.17	8.8	5.57	2.63	0.1	0	0	0	0
24	19.16	10.05	5.78	2.03	0.09	0	0	0	0
27	22.32	12.69	6.75	2.3	0.02	0	0	0	0
30	23.29	10.52	4.54	1.77	0.23	0.01	0.01	0	0
33	25.64	12.45	6.2	2.29	0.06	0.01	0	0	0
36	31.21	14.07	6.88	1.57	0.12	0.01	0	0	0
39	30.47	15.81	6.83	1.04	0.1	0.01	0	0	0
42	26.54	12.04	5.88	1.43	0.12	0.01	0.01	0	0
45	28.18	12.74	6.62	1.28	0.27	0.01	0.01	0	0
48	35.46	16.28	6.98	0.79	0.1	0.01	0	0	0
51	30.54	13.62	5.03	0.6	0.09	0.01	0	0	0
54	22.22	11.57	4.56	1.73	0.28	0.01	0	0	0
57	20.46	10.93	4.8	1.85	0.46	0.01	0.01	0	0
60	26.42	12.64	5.72	1.45	0.19	0.01	0	0	0
63	22.03	9.79	3.44	0.52	0.09	0.01	0	0	0
66	15.29	6.33	3.57	1.81	0.37	0.01	0	0	0
69	14.31	7	3.83	1.92	0.38	0.02	0.01	0	0
72	19.74	10.05	5.86	1.27	0.14	0	0	0	0
全程包 络面积	228.29	146.45	110.62	60.21	12.01	5.42	4.36	0.05	0

表 8.5-12 工况九溢油后不同时刻不同厚度油膜面积和扫海面积

时刻 (小时)	不同油膜厚度之面积(km ²)								
	>0.02 (μm)	>0.1 (μm)	>0.3 (μm)	>1 (μm)	>5 (μm)	>15 (μm)	>20 (μm)	>100 (μm)	>1000 (μm)
1	0.48	0.45	0.41	0.31	0.22	0.14	0.14	0.01	0
3	1.65	1.48	1.34	0.94	0.64	0.18	0.06	0	0
6	3.47	2.7	2.32	1.65	0.67	0.04	0	0	0
9	1.21	0.94	0.89	0.65	0.57	0.26	0.15	0	0
12	1.14	0.89	0.82	0.64	0.48	0.26	0.21	0	0
15	1.22	1.04	0.82	0.64	0.48	0.26	0.21	0	0
18	1.34	0.99	0.82	0.6	0.44	0.28	0.21	0	0
21	1.01	0.92	0.82	0.56	0.44	0.28	0.21	0	0
24	1.01	0.92	0.73	0.56	0.38	0.28	0.21	0	0
27	1.08	0.92	0.73	0.52	0.33	0.28	0.28	0	0
30	1.08	0.92	0.73	0.49	0.33	0.28	0.2	0	0
33	1.06	0.92	0.73	0.44	0.33	0.22	0.22	0	0
36	1.01	0.92	0.73	0.44	0.33	0.28	0.28	0	0
39	1.01	0.92	0.69	0.38	0.33	0.28	0.28	0	0
42	1.03	0.92	0.69	0.38	0.33	0.2	0.2	0	0
45	1.01	0.92	0.63	0.38	0.33	0.2	0.2	0	0
48	1.01	0.92	0.58	0.38	0.33	0.2	0.2	0	0
51	1.01	0.92	0.58	0.38	0.33	0.2	0.2	0	0
54	1.01	0.92	0.58	0.38	0.33	0.2	0.2	0	0
57	1.01	0.92	0.58	0.38	0.33	0.17	0.11	0	0
60	1.01	0.92	0.58	0.38	0.33	0.25	0.2	0	0
63	1.01	0.92	0.58	0.38	0.33	0.25	0.2	0	0
66	1.01	0.92	0.58	0.38	0.33	0.25	0.2	0	0
69	1.01	0.92	0.58	0.38	0.33	0.25	0.2	0	0
72	1.01	0.92	0.58	0.38	0.33	0.25	0.2	0	0
全程包 络面积	14.08	12.57	11.22	9.88	7.35	3.63	2.57	0.09	0

表 8.5-13 工况十溢油后不同时刻不同厚度油膜面积和扫海面积

时刻 (小时)	不同油膜厚度之面积(km ²)								
	>0.02 (μm)	>0.1 (μm)	>0.3 (μm)	>1 (μm)	>5 (μm)	>15 (μm)	>20 (μm)	>100 (μm)	>1000 (μm)
1	0.22	0.2	0.16	0.16	0.14	0.08	0.08	0.03	0
3	0.83	0.71	0.62	0.49	0.32	0.18	0.15	0	0
6	2.6	2.11	1.68	1.07	0.57	0.16	0.08	0	0
9	3.27	2.54	1.87	1.28	0.66	0.15	0	0	0
12	5.54	4.17	3.21	1.86	0.53	0	0	0	0
15	3.74	2.52	1.73	1.05	0.57	0.16	0.08	0	0
18	4.81	2.88	1.83	1.09	0.52	0.14	0.08	0	0
21	7.55	4.07	2.48	1.57	0.45	0.1	0.08	0	0
24	8.15	3.26	2.13	1.2	0.41	0.14	0.1	0	0
27	6.21	1.36	0.82	0.5	0.24	0.19	0.14	0.01	0
30	5.73	0.98	0.79	0.52	0.24	0.17	0.12	0.01	0
33	6.14	1.24	0.81	0.56	0.22	0.17	0.14	0.01	0
36	4.84	1.51	0.86	0.59	0.23	0.16	0.12	0.01	0
39	4.24	1.55	0.87	0.61	0.23	0.16	0.12	0.01	0
42	4.2	1.53	0.88	0.61	0.22	0.13	0.1	0.01	0
45	4.26	1.57	0.88	0.64	0.23	0.13	0.11	0.01	0
48	3.73	1.66	0.9	0.65	0.22	0.12	0.09	0.01	0
51	2.91	1.65	0.91	0.64	0.21	0.12	0.09	0.01	0
54	2.83	1.64	0.91	0.65	0.21	0.12	0.1	0.01	0
57	2.73	1.68	0.92	0.66	0.21	0.13	0.1	0.01	0
60	2.86	1.75	0.96	0.66	0.2	0.13	0.09	0.01	0
63	2.39	1.73	0.96	0.67	0.2	0.13	0.09	0.01	0
66	2.34	1.73	0.96	0.68	0.19	0.12	0.1	0.01	0
69	2.56	1.79	0.96	0.65	0.2	0.13	0.1	0.01	0
72	2.49	1.84	0.97	0.66	0.19	0.13	0.09	0.01	0
全程包 络面积	195.29	128.9	92.85	70.7	43.28	15.58	10.01	0.48	0

表 8.5-14 工况十一溢油后不同时刻不同厚度油膜面积和扫海面积

时刻 (小时)	不同油膜厚度之面积(km ²)								
	>0.02 (μm)	>0.1 (μm)	>0.3 (μm)	>1 (μm)	>5 (μm)	>15 (μm)	>20 (μm)	>100 (μm)	>1000 (μm)
1	0.36	0.33	0.3	0.27	0.22	0.14	0.13	0.02	0
3	1.19	1.14	0.99	0.84	0.48	0.26	0.14	0	0
6	3.6	2.94	2.35	1.71	0.74	0	0	0	0
9	2.09	1.68	1.4	1.17	0.59	0.17	0.03	0	0
12	3.47	2.75	2.07	1.36	0.62	0.11	0.05	0	0
15	5.69	4.31	2.9	1.39	0.29	0.14	0.09	0	0
18	7.32	4.91	3.09	1.44	0.33	0.1	0.07	0	0
21	5.12	3.58	2.35	1	0.34	0.14	0.11	0	0
24	4.96	2.76	1.58	0.9	0.37	0.17	0.14	0	0
27	6.77	2.94	1.5	0.96	0.36	0.14	0.1	0	0
30	7.64	3.58	1.73	0.99	0.25	0.13	0.1	0	0
33	6.06	3.25	1.5	0.92	0.38	0.03	0.03	0	0
36	6.1	3.4	1.66	0.83	0.29	0.13	0.1	0	0
39	5.74	3.99	1.79	0.8	0.29	0.1	0.1	0	0
42	7.94	4.31	1.96	0.84	0.22	0.1	0.1	0	0
45	7.42	4	1.56	0.91	0.25	0.1	0.07	0	0
48	6.78	3.78	1.62	0.8	0.22	0.1	0.1	0	0
51	6.17	3.82	1.74	0.87	0.22	0.1	0.1	0	0
54	8.53	4.28	2.04	0.64	0.22	0.1	0.1	0	0
57	8.57	4.07	1.79	0.68	0.22	0.06	0.06	0	0
60	6.51	3.85	2.06	0.72	0.19	0.1	0.1	0	0
63	5.99	3.94	2.19	0.72	0.19	0.1	0.1	0	0
66	7.85	4.34	2.22	0.68	0.22	0.1	0.1	0	0
69	7.9	4.12	1.92	0.6	0.25	0.1	0.06	0	0
72	6.33	3.6	2.02	0.64	0.16	0.1	0.1	0	0
全程包 络面积	51.35	42.75	34.62	25.86	16.22	9.7	7.53	0.12	0

表 8.5-15 工况十二溢油后不同时刻不同厚度油膜面积和扫海面积

时刻 (小时)	不同油膜厚度之面积(km ²)								
	>0.02 (μm)	>0.1 (μm)	>0.3 (μm)	>1 (μm)	>5 (μm)	>15 (μm)	>20 (μm)	>100 (μm)	>1000 (μm)
1	0.28	0.26	0.23	0.21	0.12	0.12	0.12	0.02	0
3	0.98	0.83	0.7	0.49	0.27	0.16	0.14	0	0
6	4.02	2.8	2	1.38	0.66	0.03	0	0	0
9	5.4	4.13	2.88	2	0.62	0	0	0	0
12	7.63	5.51	4.19	2.45	0.27	0	0	0	0
15	7.54	5.25	3.94	2.38	0.37	0.02	0	0	0
18	8.48	5.81	4.29	2.45	0.31	0.06	0.06	0	0
21	6.91	4.41	3.26	1.89	0.38	0.14	0.07	0	0
24	12.67	7.09	4.59	1.75	0.28	0.13	0.03	0	0
27	14.36	8.24	5.07	1.25	0.22	0.09	0.05	0	0
30	15.78	8.51	4.76	1.22	0.28	0.1	0.1	0	0
33	16.18	9.6	5.47	1.15	0.26	0.17	0.09	0	0
36	20.45	11.4	5.25	0.49	0.23	0.13	0.05	0	0
39	21.35	12.04	5.07	0.54	0.19	0.09	0.09	0	0
42	19.32	10.63	5.16	0.67	0.26	0.1	0.1	0	0
45	21.83	12.83	4.99	0.46	0.23	0.17	0.09	0	0
48	25.62	14.66	5.28	0.42	0.23	0.09	0.05	0	0
51	26.45	14.24	3.94	0.36	0.2	0.05	0.05	0	0
54	28.79	14.26	4.14	0.44	0.2	0.1	0.1	0	0
57	28.03	13.67	4.89	0.46	0.2	0.13	0.06	0	0
60	31.43	14.07	4.73	0.33	0.2	0.13	0.05	0	0
63	34.57	15.42	3.95	0.36	0.17	0.09	0.05	0	0
66	34.44	14.84	3.71	0.4	0.2	0.1	0.1	0	0
69	33.96	14.45	4.16	0.39	0.2	0.17	0.06	0	0
72	38.76	14.57	3.52	0.35	0.2	0.09	0.05	0	0
全程包 络面积	326.6	263.94	196.59	56.45	31.31	10.47	6.18	0.22	0

表 8.5-16 工况七~十二 (O2 点) 扫海范围分析表

工况	溢油时刻	溢油点	溢油源强	风向	风速 m/s	一潮周扫海面积 (k m ²)	漂移最长距离 (km)
七	高潮	O2	30T	SW	3.5m/s	177.04	21.31
八	低潮					228.29	24.29
九	高潮			NE	10m/s	14.08	7.16
十	低潮					195.29	44.18
十一	高潮			N	3.5m/s	51.35	12.37
十二	低潮					326.6	51.84

表 8.5-17 工况七~十二不同潮时发生溢油时到达敏感目标的最短时间(小时)

风况	工况	敏感目标	文昌鱼自然保护区	文昌鱼保护区外围保护带 (南线十八线海区)	文昌鱼保护区外围保护带 (小嶝海区)	白海豚自然保护区 (西海域)	白海豚自然保护区 (同安湾口)	白海豚自然保护区 (小嶝岛东北侧)	海水养殖区 (围头湾西北侧)	海水养殖区	白海豚外围保护地带	厦门岛周边生态保护区	小佰屿红线	红树林生态保护区
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
SW	七	高潮	-	25	10	-	-	10	22	10	-	10	-	
	八	低潮	-	6	1	-	46	1	27	1	45	10	-	
NE	九	高潮	-	-	0.1	--	-	-	-	0.1	-	-	-	
	十	低潮	10	4	0	-	-	-	-	0	8	-	-	
N	十一	高潮	-	-	11	-	-	-	-	11	-	-	-	
	十二	低潮	-	4	0	-	-	-	-	0	-	-	-	

略

图 8.5-13 工况七(O2 点 SW 风、高潮时)溢油后油膜全程包络线分布
略

图 7.2-14 工况八(O2 点 SW 风、低潮时)溢油后油膜全程包络线分布
略

图 8.5-15 工况九(O2 点 NE 风、高潮时)溢油后油膜全程包络线分布
略

图 8.5-16 工况十(O2 点 NE 风、低潮时)溢油后油膜全程包络线分布
略

图 8.5-17 工况十一(O2 点 N 风、高潮时)溢油后油膜全程包络线分布
略

图 8.5-18 工况十二(O2 点 N 风、低潮时)溢油后油膜全程包络线分布
略

图 8.5-19 O1 点溢油后各工况(工况一~六)油膜联合最大包络线分布
略

8.5-20 O2 点溢油后各工况(工况七~十二)油膜联合最大包络线分布

7.6 事故后果分析

燃料油微溶于水，入海后主要漂浮于海面，短期内进入水体的量一般较少，其环境影响主要是隔绝了水体和空气间的正常水气交换，限制了日光向水体的透入，使水质和水体自净能力变差，破坏水生生态系统的光合作用及其物质和能量流，对海洋哺乳类、海鸟等动物的生理功能均有很大伤害；随着燃料油在海面的漂移扩散，溶解或分散于水体中的燃料油量会逐渐增多，其环境影响主要体现在污染水质并毒害水生生物；燃料油一旦上岸，将对岸线及其资源造成污染和损害。

(1) 海洋环境中石油的转归

燃料油等石油烃类物质在海洋环境中的转归比较复杂，在其进入水体后，可通过物理的、化学的和生物的过程从水体环境中去除，统称为风化。其变化过程主要有溶解、蒸发、光化学氧化、颗粒物吸附、表层水体混合乳化、微生物降解等。

表 7.6-1 是这些迁移、转化作用的大致比例及经历时间。对于燃料油来说，不易于挥发但沉淀作用较为明显，因此对海底底质的影响较为明显。生物转归分

为两个方面，一是海洋环境中微生物的降解作用；二是海洋生物对石油烃的摄取作用。此外，海洋中的植物也能富集和降解部分石油烃。在溢油初期，风化过程中的扩散、弥散、乳化和溶解等最为重要，而氧化、沉淀和生物降解则决定着溢油的最终去向。

表 7.6-1 石油的转归比例及时间

转归方式	经历时间(d)	百分率(%)	转归方式	经历时间(d)	百分率(%)
挥发	1~10	25	生物降解	50~500	30
溶解	1~10	5	分散和沉降	100~1000	15
光化学反应	10~100	5	残渣	100	20

(2) 对浮游生物的影响

浮游生物对石油污染极为敏感，特别是由于浮游生物缺乏运动能力，身体柔弱，多生毛、刺，更易为石油所附着和污染。溢油对海洋浮游生物的影响将对整个海洋食物链造成影响，并进而破坏海洋的生态平衡。

溢油对浮游生物的影响程度决定于石油的类型、浓度和浮游生物的种类。作为鱼、虾类饵料的浮游植物，对各类油类的耐受力都很低，石油急性中毒浓度范围为 0.1~10mg/L，一般为 1mg/L。浮游动物通过摄食或直接吸收碳氢化合物而受到影响，其急性中毒浓度在 0.1~15mg/L。通常幼体对于石油污染的敏感度大于成体，永久性浮游动物幼体的敏感性大于临时性幼体。

因此，若发生溢油事故，对油膜所漂过区域的浮游动、植物的损害是十分严重的。一般浮游植物的生命周期仅 5~7 天，在油膜覆盖下，加之其毒性作用，一般不超过 2~5 天即因细胞溶化、分解而死亡。同样，浮游动物也会在毒性作用或缺氧条件下大量死亡。

(3) 对潮下带和潮间带底栖生物的影响

多数底栖动物石油急性中毒致死浓度范围在 2.0~15mg/L，幼体的致死浓度范围更小一些，而软体动物双壳类能吸收水中含量很低的石油。石油浓度为 0.01ppm 就能引起牡蛎、海胆、寄居蟹、海盘车等耐油性差的底栖动物的死亡；石油浓度在 0.01~0.1ppm 时，对某些底栖甲壳类动物(藤壶、蟹等)幼体有明显的毒性。

油品溢漏入海后，相当一部分石油污染衍生物甚至石油颗粒会渐渐的沉入海底，底栖生物上常附着厚厚的一层石油污染物，使其难以生存。一旦油膜接触海岸，将很难离开，导致该海域滩涂生物窒息死亡或中毒死亡。此外，滩涂及沉

积物中未经降解的油又可能再次进入水中造成二次污染。严重的溢漏事故可改变底栖生物的群落结构，影响水生生物系统，造成局部海域有机质堆积，底质环境恶化，导致底栖生物资源量的减少。因此，一旦发生燃料油溢漏事故，必然对潮下带和潮间带底栖生物带来较大的伤害。

(4) 对鱼卵、仔鱼及渔业资源的影响

漂浮在海面的油膜易黏附在鱼卵和仔稚鱼表面，使鱼卵不能正常孵化，仔稚鱼丧失或减弱活动能力，影响正常行为和生理功能，使受污个体沉降并最终死亡。海水中溶解油对鱼卵、仔稚鱼的危害主要是对生存系统的影响。海洋生物的幼体对石油类的毒性十分敏感，是因其神经中枢和呼吸器官都很接近其表皮，其表皮都很薄，有毒有害物质容易侵入体内。早期生命阶段的鱼卵和仔稚鱼对油污染的毒性最为敏感，油污染导致鱼卵成活率低，孵化仔鱼畸形率和死亡率增高，由此影响种群资源延续，造成资源补充量明显减少。

不同的油类对鱼类的毒性效应也不同，如胜利原油对鲱鱼幼体、真鲷仔鱼、哈牙鲆仔鱼的 96 小时半致死浓度分别为 6.5、1.0 和 1.6mg/L；20#燃料油对黑鲷的 96 小时半致死浓度为 2.34mg/L。事故性溢油一旦发生，在其扩散区内，海水中的石油烃浓度将大大超过鱼卵、仔鱼的安全浓度(一般安全浓度为 96 小时的半致死浓度的十分之一)，对浮性卵和漂浮的仔鱼造成严重伤害。如果溢油发生在鱼类的繁殖季节，那么对鱼卵、仔鱼的伤害程度则更为严重。

燃料油溢漏入海后形成的乳化油颗粒小，可吸附于鱼类的腮上，形成“黑腮”，导致鱼虾呼吸障碍而死亡。石油类对鱼类的化学毒害方面主要表现在通过鱼鳃呼吸、代谢、体表渗透和生物链传递逐渐富集于生物体内，导致对鱼类的毒性和中毒反映。

相对于鱼卵和仔稚鱼而言，溢油事故对成体鱼类的影响相对较小，主要是由于大量油在海水表面以漂浮形态存在，而大多数鱼类是在中层和底层水中生活。另外，许多上层和中层鱼能逃避黑色油块，底层鱼凭视觉和嗅觉尽量不和下沉的油块接触。一般来说，如果溢油事故发生在开阔水域，鱼类伤害程度轻；若发生在半封闭或水体交换不良的水域，鱼类受损害程度重。

突发性溢油对渔业资源带来的损害是多方面的。首先，污染可能引起该海区的鱼虾回避，造成捕捞产量的直接减产；其次表现为由于品质的下降造成产值损失。另外，溢油对于渔业资源的影响程度还因海区的水文、气象以及地理位置的

不同而不同，如果事故发生在产卵盛期或产卵场密集区，成鱼可以回避，但鱼卵和仔稚鱼难逃死亡的命运。

根据溢油事故影响预测结果，溢油扫海范围内的鱼卵、仔稚鱼将受到不同程度的影响。

（5）对海洋生态的长期影响

溢油事故对渔业资源的中、长期累积影响主要是造成渔业资源种类、数量及组成的改变，从而使渔业长期逐渐减产。这种影响在海域环境中可持续数年至十几年，因溢油规模及溢油地点而异。一般在近岸、河口或盐沼地发生溢油的恢复时间相对要长些。

根据对法国布列塔尼发生的 Amoco Cadiz 溢油影响的研究表明，溢油后一年，在两个湾里有几种鱼类的幼体完全消失而其成体的生长则显著减少，并且出现病态及畸变，估计其资源恢复到平衡至少需几年时间。根据对美国马萨诸塞州 Buzzards 湾发生的佛罗里达号油驳轮溢油的研究发现，溢油后 3~4 年，大型底栖生物仍没有明显的恢复，而盐沼潮间带的某些蟹类在溢油 7 年后仍未完全恢复，估计溢油的影响最少持续 10 年。根据对加利福尼亚州附近发生的一次溢油观察也表明，大多数生物种群在溢油几年后才得到恢复，但水产资源鲍鱼在 16 年后仍未恢复，而且许多种类也没有达到溢油前的丰度。根据对 Chedabucto 发生的 Arrow 号油船溢油的研究表明，溢油后 6 年，底栖生物的种类多样性仍明显低于对照点，其中软壳蛤的生长率到 9 年后还比较低。Barry 等(1975)曾报道了一次溢油的研究结果，溢油初期潮间带蛤类大量死亡，估计其资源最少要在 5~6 年后才有明显的恢复。Hiyama(1979)报道了日本 Seto Inland Sea 一次溢油的观察，表明溢油初期沿岸渔业资源曾受严重损害，但一年后基本恢复正常，主要归因于采取迅速而有力的恢复工作。

（6）对海岛和海岸线的影响

溢油入海后，在风、浪、流的作用下，油膜很难形成一片，往往是破碎成若干小片油膜；分散于水中的油，也往往破碎成大大小小的水团。破碎的油膜和分散的大小水团，随风和潮汐涨落，往往附着、沾粘在岸礁、滩涂泥沙上，可能对翔安南部岸线、大嶝岛岸线、金门岛岸线、小金门岛岸线等造成污染和破坏，对其生态系统造成长期严重影响，降低其滨海旅游价值，其恢复期可长达几年。

（7）对中华白海豚的影响

根据数值模拟结果，在溢油计算点发生溢油时，油膜可能影响到厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区（中华白海豚）同安湾口海域。溢油事故发生后，受影响的中华白海豚将迅速回避，但油污染可能由于其呼吸、代谢、体表渗透和生物链传输，逐渐富集于生物体内，导致对中华白海豚产生毒性作用。此外，油块能堵塞中华白海豚的呼吸器官，而导致其死亡。根据现有的资料，厦门海域尚未发现因溢油而导致中华白海豚死亡的案例。

（8）对文昌鱼的影响

本项目位于厦门文昌鱼保护区外围保护地带小嶝海区，西南侧有厦门文昌鱼保护区外围保护地带南线至十八线和文昌鱼保护区。根据上述数值模拟结果，本工程一旦发生溢油，东风、北风和西南风情况下，油膜都有可能影响到文昌鱼保护区及外围保护地带。油品溢漏入海后，相当一部分石油污染衍生物甚至石油颗粒会渐渐地沉入海底，文昌鱼或其赖以生存的底质生境将附着厚厚的一层石油污染物，致使该海域的文昌鱼窒息死亡或中毒死亡。

7.7 环境风险防范措施和应急计划

7.7.1 环境风险防范对策措施

（1）业主和施工方应按规定办理施工作业手续，申请划定施工水域和安全作业区域。业主应督促施工方落实施工期间的监管措施和施工安全保障措施，在施工现场设置必要的警示装置，并确保施工船舶及人员的适航、适任。业主和施工方应和海事主管部门建立有效联系，请求对施工水域的有效监管，包括申请安全作业区和警戒区、发布航行通告、设置有关标志、申请通航维护及巡航工作等。

（2）施工作业船舶和设施，应尽量避免影响正常航行船舶的通航安全，在有影响时应征得海事主管部门的同意。施工船舶应按规定显示有关信号，派专人守听指定的 VHF 频道，保证船舶间的避让协调通讯及接受海事主管机关的询问。航行船舶与施工船舶均应严格遵守《国际海上避碰规则》及海事主管机关制定的交通管理措施。过往船舶航经施工区域时，应加强瞭望，缓速航行，并与施工船舶保持足够的安全距离。

（3）施工船舶应严格执行《中华人民共和国海洋环境保护法》、《防治船舶污染海洋环境管理条例》（2018年修订）等相关法律法规，制定施工期间的

防污染应急预案，并定期组织演练。施工方应备有足够的防止污染器材和设备，水上、水下船舶施工应采取预防措施，防止油类、油性混合物和其他废弃物污染海域。

(4) 船舶驾驶员的业务技术应符合要求。按《防治船舶污染海洋环境管理条例》（2018年修订），对所用船舶及其人员应提出严格的书面管理要求及所应承担的防止船舶溢油责任和义务，并落实本条例规定的防治污染有关措施。船员对可能出现事故溢油的人为原因与自然因素应学习、了解，提高溢油危害的认识及安全运输的责任感和责任心。

(5) 船舶必须接受厦门海事和港口管理部门的协调、监督和管理，施工单位应配备必要的人员、海上安全保障设施，负责海上通信联系、船舶导航、引航、助航、航标指示、海事警报、气象海况预报等安全监督业务。

(6) 船舶应实施值班、瞭望制度。船舶应遵守施工管理制度，船长必须正确、周密地分析和估计航程中的天气动态及其对本船的影响，采取针对性的防范措施。对于灾害性天气，应及时规避。施工作业船舶应加强与气象部门的联系，获得早期的气象资料，时刻注意天气的变换，避免在恶劣天气条件下施工作业。实时关注风向风速，特别应注意大风大浪等不利条件的预警。

(7) 对施工设备定时检查和监控，对设备的安全隐患要及时整改，确保设备技术性能良好。

(8) 施工船舶应配置一定的吸油材料，发生船舶溢油事故时，对漏油船舶立即查找泄漏污染源，关闭阀门，封堵甲板出水孔（缝），并投放吸附材料，收集泄漏油污，及时控制油污扩散。

(9) 除依托厦门港溢油应急系统外，施工单位还应与有资质的船舶污染清除作业单位签订污染清除作业协议，明确双方在发生船舶污染事故后污染清除的权利和义务，以便在溢油事故发生时能及时有效的清除油污。

(10) 驳岸、桥梁、管线等构建筑附近清淤应严格控制施工精度，保障构建筑物安全，严防施工船舶发生碰撞事故。

7.7.2 应急预案

建设单位应根据厦门港溢油应急计划要求编制施工船舶事故应急预案，包括预案适用范围、环境事件分类与分级、组织机构与职责、监控和预警、应急响应、

应急保障、善后处置、预案管理与演练等内容。应急预案应体现分级响应、区域联动的原则，与集美区、湖里区政府突发环境事件应急预案相衔接，明确分级响应程序。一旦出现溢油事故，立即启动应急预案。

厦门周边海域船舶污染应急能力如下：

目前厦门周边已拥有应急船舶、围油栏、收油机、吸油材料、化油剂等设备和器材。工程区附近的同安海事处辖区码头配备了溢油应急设施设备，其中距离本工程较近的海隆码头有限公司海翔港区距本工程区约 8km，需约 0.4h（船速 10 节）到达本工程。建议本项目船舶事故应急处理可依托已有应急处理设施，与具有事故处理能力的单位签订事故处理合作协议。

(1) 厦门溢油应急设备库

厦门溢油应急设备库位于厦门海事局海巡码头基地，建有溢油应急设备库房、生产性辅助用房及泵房 1300 多 m²，配置船舶溢油应急卸载、围控、回收、储运、溢油分散、吸附物资及其他配套设备，见表 7.7-1。溢油综合清除控制能力达到 200t，应急服务半径为 50n mile，应急范围为厦门海域。

表 7.7-1 厦门港溢油应急反应资源—国家设备库

序号	设备名称	总能力
1	应急卸载泵/转驳泵	236m ³ /h
2	应急型围油栏	1500m
3	收油机	309.4m ³ /h
4	吸附材料	4.8t
5	溢油分散剂	10t
6	船用溢油分散剂喷洒装置	285.6L/min
7	临时存储设备	40m ³
8	清洗机	20L/min
9	浮游回收船	1 艘
其他溢油应急设备		
防护装备 170 套；应急运输车 1 辆；普通叉车 1 辆；汽车吊 1 辆；轻型卡车 1 辆；拖车组 1 辆等。		

(2) 厦门同安海事处辖区码头溢油应急设备

本工程附近的厦门同安海事处辖区码头溢油应急设备如表 7.7-2。

表 7.7-2 厦门同安海事处辖区码头溢油应急能力配备统计表

单位名称	厦门路桥国际贸易有限公司 刘五店滚装码头	海隆码头有限公司海翔港区
所在地	翔安区刘五店里 600 号	翔安区新店镇新澳路 8 号
应急型围油栏(米)	500 米*总高 900mm 浮子式	1160 米*WGV-1000 固体浮子式
应急卸载泵(台)	1 台*200 方/小时	1 台*YHCB65-30

单位名称	厦门路桥国际贸易有限公司 刘五店滚装码头	海隆码头有限公司海翔港区
收油机(台)	1 台*10 立方/小时,ZK-10	1 台*堰式收油机, YS50
油拖网(个)	2 套*6 立方/小时, TYT1	1 套*6 立方/小时, TYT-2
吸附材料(吨)	1 吨吸油毡	1.2 吨*PP-2 吸油毡
溢油分散剂(吨)	10 桶生物分液体分解型	1 吨*微普 WP-微生物分解型
喷洒装置(台)		1 台*0.5 吨/小时-消油剂喷洒机
临时存储设备(M3)	3*3 污水处理池	1 个*QG-10-10 立方米轻便储油罐
应急辅助船舶(艘)	1 艘,协议单位提供	1 艘布放艇,协议单位提供
报警设备(套)	码头办公室	固定电话 3 部: #1、应急指挥室; #2、 应急值班室; #3、设施保障组; 对讲机 10 部, 港区现场管理人员持有
配套防护能力	5 套	
应急队伍	10 人	28 人
应急联系人	码头带班组长	当班值班经理/港区物业
应急联系电话	13860402071	7829056、7829057、7829051
其它溢油应急设施设备		皮卡一部

(3) 厦门海域船舶污染应急力量

目前, 厦门海域具有船舶污染清除资质的单位共有 5 家, 分别为厦门通海船务有限公司、厦门宝裕洲海船务有限公司、厦门七七七顺时捷船务有限公司、厦门新四海泛奥环保科技有限公司、厦门市达峰船舶管理有限公司。

资质经营范围分别有: 船舶残余油类物质接收作业、船舶垃圾接收作业、围油栏布设作业、船舶洗舱水接收作业等。

8 环境保护措施及其可行性论证

8.1 环境保护对策与措施

8.1.1 水环境污染防范措施

8.1.1.1 施工前期措施

施工单位应结合本工程实际情况，制定完善的施工计划、施工期环境保护计划和建设项目环境监理计划，合理安排施工进度。施工前精心准备，科学合理组织施工。施工单位应在全面研究合同条件和技术要求、调查和分析现场施工条件的基础上，编制施工组织设计，合理选择疏浚设备和施工方法，对整个工程的施工质量、施工进度和资源消耗做出合理的安排，使工程质量、工期达到合同规定的要求。施工期尽可能选择对水产、渔业和生态环境影响最小的季节进行施工。

8.1.1.2 减少悬浮泥沙入海的措施

(1) 采用先进的疏浚设备和工艺。为了保证疏浚作业准确、有效地进行，所有疏浚船和测量船都需装备有精确的自动监测设备和 DGPS 定位设备。所有的疏浚船都要装有疏浚头深度指示器和连续载荷指示器。以便施工人员可以根据船舶吃水深度和潮位变化，随时调整下耙深度，从而实现高精度的定深挖泥，提高疏浚施工精度，尽量减少超挖量，在保证环保疏浚效果的前提下降低工程成本，减少对周围水体的扰动，控制污染，减轻对周边海洋环境的影响。

(2) 建设单位应认真执行倾废许可证规定，施工前应尽早向主管部门提出疏浚物倾倒的申请要求。

(3) 合理设置防污帘，防止高浓度悬浮泥沙扩散，定期巡查、检查防污帘完好状态。一旦发现防污帘损坏，应停工并及时修复或更换防污帘。定期监测防污帘内外悬浮泥沙浓度，开展周边海域水质跟踪监测，及时发现问题、解决问题，确保施工悬浮泥沙控制措施落实到位。

(4) 建设单位应认真执行倾废许可证规定，施工前尽早向主管部门提出疏浚物倾倒的申请，疏浚物外抛应当按行政主管部门批准的时间、条件和地点倾倒，且从事海上疏浚、清淤活动的单位应当如实记录疏浚、清淤情况，向行政主管部门报告并接受其监督检查。

(5) 尽量利用退潮露滩时进行施工作业，以减轻施工过程对海水水质、海洋生态的影响。

(6) 在开工前应对所有的施工设备，尤其是泥舱的泥门进行严格检查，发现有可能泄漏污染物（包括船用油和开挖泥沙）的必须先修复后才能施工；在施工过程中应密切注意有无泄漏污染物的现象，如有发生立即采取措施。

(7) 施工前应对所有的施工设备，尤其是泥舱的泥门进行严格检查，发现有可能泄漏污染物（包括船用油和开挖泥沙）的必须先修复后才能施工；在施工过程中应密切注意有无泄漏污染物的现象，如有发生油料及泥沙泄漏应立即采取措施。

(8) 泥驳运输时要控制装驳量，驳船负载应保持 30 厘米的最小干舷，防止装得过满，确保航行过程中舱内淤泥不外溢入海，以避免输送过程中的泄漏对水体造成二次污染。泥驳必须用罗盘定位，同时加强海上监督。

(9) 泥驳在倾倒区抛泥完毕后，应及时关闭舱门，并确定舱门关闭无误后方可返航，如果泥舱关闭不严，在航行沿途由于泥浆的泄漏将会导致污染事故的发生。同时在疏浚物倾倒作业期间，应加强同当地气象预报部门的联系，在恶劣天气条件，应提前做好防护准备并停止挖泥和倾倒作业。

(10) 加强与当地气象预报部门的联系，在恶劣天气条件下应提前做好施工安全防护工作，避免造成船舶碰撞事故。

(11) 施工作业的监督：施工环境监理中应加强挖泥施工作业的监督，避免施工单位的不规范操作。

8.1.1.3 施工船舶水污染防治措施

(1) 施工船应根据《厦门市海洋环境保护若干规定》第二十四条规定对其排污设备实施铅封，并接受海事主管部门的监督管理；建设单位应严格遵守相关要求，并与厦门海事部门认可的船舶污水和垃圾接收处理单位签订协议，通过有偿服务，落实施工船舶舱底含油污水、船舶生活污水和垃圾上岸处理的要求，严禁排放入海。

(2) 严禁施工船舶向海域排放废油、残油等污染物，不得在施工区域清洗油舱和有污染物质的容器。

(3) 施工船舶应加强管理，要经常检查机械设备性能完好情况，对跑、冒、

滴、漏严重的船只严禁参加作业，以防止发生机油溢漏事故。甲板上机械出现设备漏冒油时，立即停机处理，使用吸油棉及时吸取，并迅速堵塞泄水口，防止油水流入海中。加强舱底检查，防止舱底漏水。

8.1.1.4 陆域水污染防治措施

(1) 施工机械、汽车等冲洗应做到在施工场地用地范围内进行，同时要防止油料的泄露，避免对周边水体造成的影响。在施工场地内设置沉淀池，项目施工机械设备冲洗产生的含沙废水经沉淀处理后，回用于洒水抑尘等，不外排。

(2) 加强施工过程的环境管理，避免施工污水随意排放而污染海水。

8.1.2 大气环境保护措施

(1) 建设单位与施工单位加强船舶管理，使各项性能参数和运行工况均处于最佳状态，严格遵守《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发〔2018〕168号）和《交通运输部海事局关于规范实施船舶大气污染物排放控制区监督管理工作的通知》（海危防〔2018〕555号）各项要求，包括使用硫含量不大于0.5% m/m 的船用燃油，降低靠港船舶硫氧化物、氮氧化物、颗粒物和挥发性有机物等大气污染物的排放，以减少施工船舶大气污染物排放。

(2) 建议施工船舶使用清洁能源、新能源、船载蓄电装置或尾气后处理等替代措施满足船舶排放控制要求。

(3) 施工期间在工程出入口位置布置洗车台，减少施工车辆上的泥土洒落引起的扬尘。

(4) 临时施工场地应当严格按《关于印发厦门市建设工程施工现场围挡图集（2021版）的通知》（厦建工〔2021〕99号）设置封闭围挡，围挡高度不得低于2.5m。

(5) 施工现场道路、主要道路和砂、石料堆场，各种加工场地要进行硬化处理建议进行地面硬化，减少起尘量。

(6) 砂石料、砂石等建筑材料以及建筑垃圾和渣土的车辆必须有遮盖和防护措施，防止施工材料、垃圾、渣土飞扬、洒落或流散。

(7) 淤泥临时堆放场应及时采用防尘网（布）全覆盖，避免大面积地表裸露，尽量缩短晾晒周期，减少起尘量及臭气扩散。

(8) 施工区临时道路专人清扫、洒水，各种加工场地和材料堆场划分责任

区，由相关施工班组每日清扫。

(9) 采用先进的施工机械，注意施工设备的检修、保养，减少施工机械的大气环境影响。

8.1.3 声环境保护措施

由于施工过程可能产生的噪声属于暂时性的，其影响随着施工活动结束而消失。本评价建议合理安排施工时间，避免夜间施工，文明施工、环保施工，采取如下必要的噪声控制措施。

(1) 施工期间，必须接受环保部门的监督检查，执行《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）中的规定采取有效减振降噪措施，不得扰民；需要夜间施工的需办理《夜间施工许可证》。

(2) 优先选用低噪声施工机械设备，从声源上降低噪声影响。

(3) 高噪声工程机械设备的使用也要限制在 7:00~12:00、14:00~22:00 时间范围内，若因特殊原因需连续施工的，必须事前经当地环保局批准。夜间尽量安排吊装等低噪声施工作业。

(4) 施工期间加强机械设备的日常维护，保证施工机械设备在良好状态下运行，从声源控制噪声的环境影响。

8.1.4 固体废物环境保护措施

(1) 建设单位应在施工前，向主管部门提出倾倒废弃物申请，并附报废弃物特性和成分检验报告等主管部门规定的材料。经主管部门审查批准，发给许可证后，方可倾倒。疏浚物外抛应当如实记录外抛时间、外抛量等，向行政主管部门报告并接受其监督检查。

(2) 本项目弃方按照厦门市《厦门市建筑废土管理办法》要求，开工后通过厦门市“建筑废土砂石综合管控平台”，申请本项目外运固体废物的合理合法的处理场地。严禁随意堆放、处置各类弃方

(3) 施工船舶垃圾严禁排放入海，通过有偿服务，委托有资质单位接收上岸处理。施工船舶上应配设《船舶垃圾管理记录簿》，并配备生活垃圾和机械保养固体垃圾分类收集设施，对船舶垃圾实施分类收集。

(4) 陆域生活垃圾应严格执行垃圾分类管理要求，纳入当地市政环卫系统统一接收处置。

(5) 禁止在岸滩随意弃置、堆放和处理废弃物。禁止垃圾随意投入海洋。

8.2 生态保护对策与措施

8.2.1 中华白海豚保护措施

(1) 选择具有良好资质和相关工程经验的施工队伍，提高施工人员对中华白海豚的保护意识。将对中华白海豚的保护要求等环境保护要求列入招标文件。施工单位应制定严格、有效、可操作的中华白海豚专项保护方案和应急救助预案。

(2) 大力宣传保护中华白海豚保护的相关规定和奖惩机制，尤其是对海上作业人员，包括工程作业人员以及船舶驾驶员等；进行中华白海豚保护及救助方面的宣传和培训，提高对中华白海豚的关注度及责任感。

(3) 施工前安排观察员在船上视野开阔处值班，密切观察施工船舶周围区域是否有白海豚出入，应在施工地点半径 500m 范围内连续监测 5 分钟以上，确保施工范围内没有中华白海豚活动后方可开始施工。中华白海豚繁殖期，各类施工船舶中华白海豚观察员的监视、搜索时间延长至 10min。若有应立即停止施工，注意避让，进行声学驱赶，避免施工船舶机械对中华白海豚造成直接伤害等。一旦发现中华白海豚的异常情况，应立即向主管部门报告，并积极配合主管部门等采取应急救助措施。

(4) 根据《厦门市中华白海豚保护规定》，在厦门中华白海豚自然保护区活动时，内港航速不得超过 8 节，同安湾海域航速不得超过 10 节。建议施工船舶在工程区附近海域航速不超过 10 节，航行时应注意观察周边海域的中华白海豚的活动情况。若发现有中华白海豚活动，应注意避让，以免对中华白海豚造成伤害。

(5) 合理划分施工水域，制定施工船舶及辅助船舶相对固定的航线，缩小航行影响范围，避免发生海上事故。

(6) 对施工船舶、机械设备等实施动态监督管理，保持船舶和机械性能状态良好，规范船舶污染物处理，防止船舶污染事故的发生。

(7) 开展增殖放流，增殖放流的物种应考虑中华白海豚饵料鱼类，增加中华白海豚饵料资源。

(8) 中华白海豚应急救助预案

建设单位应针对本工程存在的风险隐患制定中华白海豚应急救助预案，落实

责任人，及时、有效地做好中华白海豚的救助工作，保护珍稀濒危水生生物，对施工过程中出现的受伤、搁浅中华白海豚进行及时救助。

①建设单位和施工单位应严格执行有关工程施工中保护中华白海豚的规定，并在施工前与厦门海底世界救护站签订应急救护协议。

②施工单位在施工中引起中华白海豚受伤的，一经发现，必须立即停止作业，立即启动中华白海豚应急保护预案，拨打 110 求助电话，以最快的速度赶到受伤现场实施救助。

③施工单位在救助人员到达之前，必须尽可能采取如下措施：

A、个体较小的搁浅中华白海豚，想办法将其尽快抬入就近的海水鱼池或育苗池中（最好用担架并注意不要损伤或折断其胸鳍）。如果不具备条件移动搁浅海豚的，严禁随意移动白海豚，以免对其造成更大的伤害或加重伤情。

B、个体较大的无法移动的个体，尽快地使其体表保持湿润，可每隔 2~3 分钟用海水浇淋搁浅海豚的身体，包括其胸鳍、背鳍及尾鳍，但不要让海水或泥沙等物进入其喷气孔，也不要布或其他物品盖住其喷气孔。

C、烈日下，应设法架起遮阳物如太阳伞等，避免其遭受烈日暴晒。

D、出血部分，特别是出血较严重的，应想办法止血，可先用手指压住其出血点。

E、如果其身体呈俯卧状，试着使其背部朝上，但务必确保不会使其背鳍或胸鳍再度受伤或发生骨折。不要轻易去拉扯其胸鳍、尾鳍或头部。

F、严禁无关人员，特别是围观的群众靠近搁浅海豚，尽可能与之保持距离，并尽可能保持安静，尽可能减少噪声，等待救助人员到场。

4) 应急物资与装备保障：火烧屿海豚救护基地作为本应急预案的应急救助机构，配备海洋生物学专家、兽医、驯兽师、潜水员及后勤保障人员等救助人员，以及救助专用担架、救助药品、取样管及其保鲜箱、潜水设备以及救助池设备。

④积极配合前来救援的专业工作人员或专家对白海豚进行救助。

8.2.2 海洋生态补偿

本项目属于海洋生态修复项目，项目通过沙滩修复、海域清淤后，工程区所在海域的海洋和海岸带生态环境将逐渐得到改善，项目建设具有良好的正面生态效益。但项目施工建设过程将对海洋生态环境造成一定的负面影响，具体表现

在工程区附近海域海洋生物资源的损失，根据计算，工程建设造成的海洋生物资源损失约为 39.55 万元。为进一步减缓工程施工过程中对海洋生态造成的不利影响，建设单位应落实生态补偿措施。

根据工程所在海域的海洋生物种类分布特征和工程建设对海洋生态环境可能造成的影响，建议采取以下几个方面的措施：

(1) 开展底栖动物群落调查研究与修复，尽量缓解由于清淤引起底栖生物资源损失对鸟类觅食的影响；

(2) 渔业资源（包括中华白海豚饵料鱼类）增殖放流。

建设单位应针对闽南-台湾浅滩渔场资源特点，制定科学的渔业资源（包括中华白海豚饵料鱼类）增殖放流方案，提高生物资源与生物多样性。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）“东海增殖放流分水域适宜性评价表”中福建南部海区厦门湾海域适宜放流物种，选取增殖放流种类（包括甲壳类、鱼类等），如长毛对虾、日本对虾、拟穴青蟹、三疣梭子蟹、大黄鱼、真鲷、黑鲷、黄鳍鲷、花鲈、点带石斑鱼、赤点石斑鱼、青石斑鱼、云纹石斑鱼、花尾胡椒鲷等物种。增殖放流种类还应考虑中华白海豚饵料鱼类。增殖放流时间可选在苗种的自然生长季节和海区伏季休渔期。

8.3 环境保护措施的技术经济可行性

(1) 根据工程特点和作业条件实际情况，报告书提出了减少悬浮泥沙入海及对周围环境目标影响的环保工程措施与对策建议。从经济技术的角度分析，这些措施既考虑了项目特点和当地环境特征，工艺技术也成熟可行。

(2) 生态保护对策与措施方面，对建设单位和施工单位方面加以要求，又充分考虑了社会力量的监督和协作，以及已有的建设环保管理经验，可操作性强。

(3) 目前工程所在海域有多家具有船舶污染清除资质的单位，有能力确保施工期船舶污水和船舶垃圾按有关环境规定收集上岸处理。

(4) 环境风险防范对策和应急措施方面，对建设单位和施工单位加以要求，又充分考虑了社会力量的监督和协作，以及已有的建设项目环保管理经验，可操作性强，应严格执行。

综上，本项目环境保护具有技术经济合理性、可行性。

9 环境影响经济损益分析

环境经济损益分析是环境影响评价的一项重要工作内容，其主要任务是估算建设项目需要投入的环保投资和所能收到的环境保护效果。因此，在环境经济损益分析中除需计算用于控制污染所需投资的费用外，还要同时核算可能收到的环境和经济实效。现就本工程的环境保护投资，挽回的环境影响损失、社会和经济以及环境效益进行分析。

9.1 环境保护投资估算

通过估算，本项目环保投资约 131.55 万元，约占项目总投资的 3.27%，环保投资主要用于施工船舶污染物接收处理、环境监测、海洋生态补偿等。

表 9.1-1 本项目环保投资主要环境设施建设投资估算表

序号	主要内容	投资(万元)
1	施工场地泥浆水、施工车辆轮胎冲洗水处置	5
2	施工期疏浚物和固废处置环保费用	10
3	施工船舶污染物的接收处理	5
4	施工期围挡、防尘网等	10
6	生活垃圾桶(箱)若干、清运处理。	2
7	施工期和竣工后环境监测	60
8	海洋生态补偿	39.55
合计	环保措施投资	131.55

9.2 环境保护的经济损益分析

9.2.1 社会效益分析

本项目是海洋生态修复项目，属于公益项目，本身不会创造直接的经济效益，但项目建设将促进旅游经济发展，具有间接经济效益。从长远看，本项目建设通过修复滨海沙滩，改善了海岸沙滩质量，为市民游客提供休闲亲水娱乐的空间，提高修复岸段的旅游休闲功能；修复海滩是海岸的缓冲带，将提高工程区海岸防护能力；海滩修复工程建设将对沿岸综合环境价值起到一定提升作用。另外，项目的建设将改善小嶝岛景观资源，吸引游客观光，有助于旅游业的发展，增加居民的收入，会产生良好的社会影响。

综上所述，本项目的社会效益显著。

9.2.2 生态效益分析

本工程实施，短期内会对海域水质及海洋生态有一定的影响；海域清淤将滩涂湿地变成浅海湿地，对湿地供给功能、支持功能等的生态系统服务价值产生一定的影响。据 4.5.3 节估算，项目建设造成海洋生物资源受损量为：底栖生物 8.80t、鱼卵 6.34×10^5 粒、仔稚鱼 7.86×10^4 尾、游泳动物成体 34.75kg、浮游动物 2.83×10^7 cell、浮游植物 8.29×10^{12} cell。本项目属于海洋生态修复项目，建设内容包括沙滩修复、海域清淤等，项目建成后，带来的生态效益可对本项目施工过程中产生的生态负效益进行补偿，逐渐改善所在海域的海洋生态环境。为减少工程施工过程中对海洋生物造成的损失，建设单位将采取实施生态修复工程或其他生态补偿措施对工程造成的海洋生态损害进行补偿。

本项目的实施从沙滩修复、岸线生态化等方面，因地制宜规划了厦门湾生态保护修复在翔安的布局，逐渐修复受损岸线，提高生态系统服务功能，进而构建厦门市生态安全格局，提高岸线的生态韧性，通过实施海岸带综合管理，实现海岸带可持续发展。

(1) 进一步改善海域水动力条件、恢复沙滩，扩展海洋珍稀物种的生存空间，营造健康、高生产力的生态系统。项目区位于厦门湾中华白海豚生态廊道附近，项目实施后，有利于改善大嶝海域的水动力条件，增加中华白海豚活动空间；项目实施使月亮湾沙滩前沿清淤水域的流速略微增加，将有利于减少本区域的淤积，通过去除文昌鱼外围保护地带周边海域表层淤泥，改善区域水动力环境，从而改善文昌鱼生境。

(2) 提升区域生态系统质量，丰富的生物资源和物种多样性。砂质海岸不是海洋沙漠，而是富有生产力的生态系统。海滩上充满了生机，不仅有微型动物，也有大型动物。海滩生物种类包括蛤类、螺类、蠕虫类、沙蚤、地鳖虫、螃蟹、海虱、沙钱和许多个体较小的其他动物，以及原生动物、微型植物和细菌¹¹。曾舒婷等¹²研究表明，沙滩修复使底质类型改变会导致底栖动物群落结构发生较大改变，由泥质变为砂质，多毛类大量减少；修复后底质未改变则种类组成无明显

¹¹ Anton Mclachlan and Omar Defeo. THE ECOLOGY OF SANDY SHORES[M].ACADEMIC PRESS.2018.

¹² 曾舒婷，陈敏，戚洪帅，等. 厦门岛沙滩大型底栖动物环境控制因子及沙滩修复对其影响[J]，应用海洋学学报，2024，43（3）:521-532.

变化。人工修复沙滩与邻近天然沙滩大型底栖动物种类数、生物量和栖息密度相差不大，沙滩修复后生态恢复较好。

(3) 通过生态保护修复工程提高区域防灾减灾能力，减少自然灾害对海洋环境和海洋产业等带来的损失，保护和改善了人们居住办公环境，对公共健康是极其有益的。

(4) 恢复了自然岸线生态功能，实现生活休闲一体化，实现人与自然的和谐共处。

综上所述，本项目具有较好的社会效益和经济效益，造成的环境损失较小。在项目运营过程中，建设单位应加强环境保护管理及风险防范能力建设，尽可能的减少项目建设及运营对周围环境的影响。

10 环境管理与监测计划

10.1 环境保护管理计划

环境管理是指运用经济、法律、技术、行政、教育等多种手段，使经济 and 环境保护得到协调发展。为此应明确本建设项目环境保护管理的具体责任单位，要求建立必要的环境管理执行机构，并接受环境管理监督机构的监督和指导，使本项目的环境管理得到有效实施。

本项目的施工期将对周边环境造成一定的影响，必须采取环境保护管理措施，以预防或减轻不利影响。根据国家环境保护有关规定和《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》的有关要求，本工程必须加强环境管理和环境监测工作。

10.1.1 施工期环境管理计划

本项目建设单位应联合施工单位和监理单位成立施工期环境保护管理机构，并在项目经理部设立环保主管，配备环境保护监督管理人员，专职负责监督本项目施工期的环境保护管理工作。该机构由建设单位直接领导，并取得和接受当地生态环境、海洋、海事、港监等有关部门的指导和监督，同时还应接受公众的监督。

施工期环境保护管理机构的职责如下：

①宣传和执行中华人民共和国环境保护法、海洋环境保护法、防治船舶污染海洋的有关国家法律、法规和福建省、厦门市制定的有关海洋环境保护法规。

②制定施工期的环境管理和监理计划，制定年度实施计划，纳入施工过程，并监督、落实。

③按环境影响报告书所提出的环境保护措施与对策建议，与施工单位和监理单位签订环境保护措施责任书，并负责确保建设项目主体工程与环保设施的“三同时”。

④制定施工期船舶安全和防溢油措施，监督检查各类施工船只执行环境影响报告书提出的各项环境保护措施的情况，负责做好施工船舶污水、固体废物的合理处置工作。组织人员定期检查和维修施工机械，使其正常运转，减少事故发生。

⑤制定施工期水质、沉积物、生态环境监测计划，并组织监测计划的实施。

⑥负责环境状况及各种污染物排放监测数据的统计，上报与存档并定期向主

管部门汇报。

⑦处理日常各种与环保有关事宜。

10.1.2 污染物排放清单

本项目污染物排放清单见表 10.1-1。建设单位应严格按照污染物排放清单及其管理要求，进行项目污染物排放的管理，确保各项污染物达标排放和满足总量控制要求。

表 10.1-1 污染物排放清单及管理要求

污染类型	环境保护措施	产污环节	排放的污染物情况			执行标准	环境监测要求
			污染物种类	产生量	排放量		
废水	对船舶排污设备实施铅封，并接受海事主管部门的监督管理。建设单位（施工单位）应严格遵守相关要求，并与厦门海事部门认可的船舶污水接收处理单位签订协议，通过有偿服务，落实施工船舶舱底含油污水、船舶生活污水的要求，不外排。	船舶生活污水	COD	0.72kg/d	-	船舶污水执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB 3552-2018）	-
			BOD ₅	0.36 kg/d	-		-
			SS	0.36kg/d	-		-
			氨氮	0.084 kg/d	-		-
		船舶含油废水	石油类	5.40kg/d	-		-
	施工营地租用当地民房，施工生活污水纳入民房现有排水处理系统，不直接排入周边海域	陆域临时施工场地生活污水	COD	0.72kg/d	-	《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）	-
			BOD ₅	0.36 kg/d	-		-
			SS	0.36kg/d	-		-
			氨氮	0.084 kg/d	-		-
	生产废水经收集沉淀处理后回用于洒水抑尘，不外排	生产废水	SS	-	-	《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）	-
采用先进的疏浚设备和工艺，尽量利用退潮露滩时进行施工作业，淤泥运输过程采取全方位全天候监控措施，防止运输途中泥沙外溢及泄漏等	1000 m ³ /h绞吸式挖泥船海域清淤过程	SPM	1.39kg/s	-	落实措施	在施工过程中春秋各监测 1 次/年，委托有资质的环境监测单位进行监测	
	沙滩修复（铺沙）	SPM	0.10kg/s 0.12kg/s	-	落实措施		
废气	洒水抑尘、加盖防尘网（布）、设置围挡	施工扬尘	TSP	少量	少量	《厦门市大气污染物排放标准》	-

污染 类型	环境保护措施	产污环节	排放的污染物情况			执行标准 (DB35/323-2018)	环境监测要 求
	机械设备及船舶采用优质油品	施工机械 废气	NO _x 、SO _x 、 CO、NMHC	少量	少量	《船舶大气污染物排放 控制区实施方案》(交 海发(2018)168号)	-
噪声	选用性能良好的新型高效低噪声施工设 备;合理安排施工工序,禁止高噪声设 备夜间施工等	施工船舶、 机械	L _{eq}	80~90dB(A)	-	《建筑施工噪声排放标 准》(GB 12523-2025), 昼间≤70dB(A),夜间 ≤55dB(A) 《声环境质量标准》(GB 3096-2008)2类标准	每季度对场 界噪声进行 监测
固废	统一由有资质的单位收集并运到岸上 进行处理	施工人员	船舶生活垃 圾	45kg/d	-	《船舶水污染物排放控 制标准》(GB 3552-2018)中船舶垃圾 排放控制标准	-
		船舶保养	船舶生产垃 圾	100kg/d	-		-
	纳入现有环卫垃圾收集处理系统处理	施工人员	陆域生活垃 圾	30kg/d	-	-	-
	外抛至福建围头湾外临时性海洋倾倒区	海域施工	海上疏浚物	3.29 万 m ³	-	《海洋倾倒物质评价规 范 疏浚物》(GB 30980-2014)	-
	按照《厦门市建筑废土管理办法》消纳 管理	陆域施工	堤上路拆除 建筑垃圾	0.91 万 m ³			
	交由有资质的单位接收处理	陆域施工 场、施工船 舶、机械设 备	隔油沉淀池 产生的浮油、 浮渣和污泥 等危险固废	0.2t/a	-		-

10.2 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》要求，为了及时了解和掌握建设项目在其施工期间对海洋水质、沉积物和生物的影响，以便对可能产生明显环境影响的关键环节事先进行制度性的监测，使可能造成环境影响的因素得以及时发现，需要对建设项目施工期间和营运期间对海洋环境产生的影响进行跟踪监测。

施工期的环境监测主要由项目建设单位委托有资质的环境监测单位按照制订的计划进行，为建设项目环境管理部门执行各项环境法律法规、标准、开展环境管理提供可靠的监测数据和资料。为保证环境监测计划的执行，建设单位应与监测单位签订有关环境监测协议。

10.2.1 施工期的环境监测计划

本评价的环境监测计划，包括环境监测的项目、频次、监测实施机构等具体内容，是根据实施方案监测计划简化而来，并对布设站位进行了细化。施工期和营运期的环境监测计划分别见表 10.2-1。

表 10.2-1 环境监测计划

序号	监测内容	监测项目	测点布设与监测频次	监测实施机构
1	海水水质	SPM、COD、石油类	在疏浚施工期间，在离施工点顺涨潮、落潮方向 100m、500m、1000m 海域各设置 1 个测站；并在悬浮泥沙影响区外、中华白海豚核心区（同安湾口）、文昌鱼保护区各设置 1 个对照站位，共 10 个站位。施工期、施工结束后各一次。	委托有资质的环境监测单位
2	沉积物	石油类、有机碳、硫化物、重金属	工程区、离施工点东南顺涨潮、落潮方向 500m、1000m 各设置 1 个测站；并在悬浮泥沙影响区外、中华白海豚核心区（同安湾口）、文昌鱼保护区各设置 1 个对照站位，共 6 个站位。施工期、施工结束后各一次。	
3	海洋生物	叶绿素 a、浮游生物、底栖生物（含文昌鱼）、潮间带生物、鱼卵仔鱼	在离施工点顺涨潮、落潮方向 500m、1000m 各设置 1 个测站；并在悬浮泥沙影响区外、中华白海豚核心区（同安湾口）、文昌鱼保护区各设置 1 个对照站位，共 6 个站位。施工期、施工结束后各一次。	
4	白海豚	中华白海豚活动观测与记录	施工期，施工区及施工船舶航线附近，每季度一次。	
5	施工垃圾	生活垃圾的有效处理率	施工营地，按季度统计	
6	施工噪声	Leq (dB)	工程区周边有环境敏感目标的场界处，期间每季度昼间监测一次	

注：具体监测频次及点位可作适当调整，本报告书所提监测点位及频次仅供参考。

10.3 环境监理要求

10.3.1 环境保护监理的任务、工作程序、方式及范围

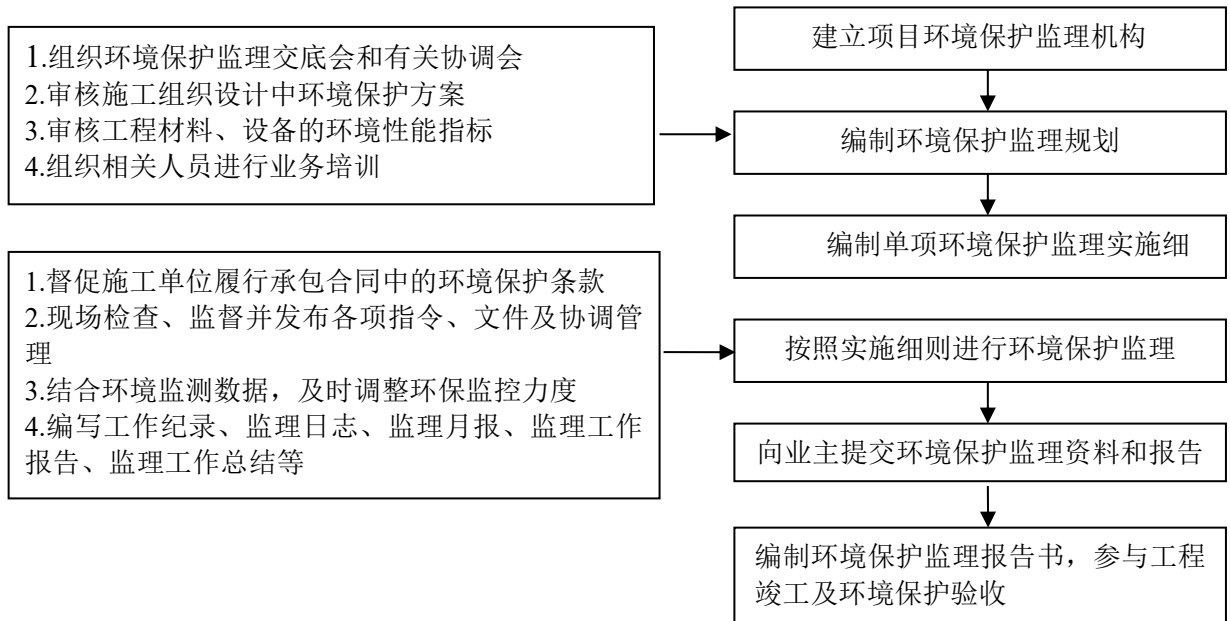


图 10.3-1 环境监理的工作程序

(1) 环境保护监理的主要任务

环境保护监理的主要任务一方面是根据《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》及相关法律法规，对工程建设过程中污染环境、破坏生态的行为进行监督管理；另一方面对建设项目配套的环保工程进行施工监理，确保“三同时”的实施。

本项目环境保护监理包括两部分任务：一是监理工程施工过程应符合环保要求，如污水、废气、噪声等污染物排放应达标、减少水土流失和生态环境破坏。二是对保护施工期的环境而建设的配套环境保护设施进行监理，包括水处理设施、降尘设施、绿化工程等。

(2) 环保监理的工作程序

本项目的环境监理工作程序如图 10.3-1。

(3) 环保监理方式

环保监理人员对施工活动中的环境保护工作按照施工进度实施动态管理。工程环境监理的工作方式以日常巡视为主，辅以必要的环境监测，以便及时调整环保监控力度。环保工程监理与其他工程的监理相似，工作方式主要以工程监理的

方式进行。环保监理人员应在开工前熟悉环评中的相关的环保要求和措施内容。

(4)环境监理范围

环境监理范围：工程所在区域与工程影响区域

监理工作范围：疏浚作业施工现场及施工范围内生产施工对周边造成环境污染和生态破坏的区域；工程施工造成环境影响所采取环保措施的区域。

监理工作阶段：①施工准备阶段环境监理；②施工阶段环境监理；③工程维保阶段(交工及缺陷责任期)环境监理。

10.3.2 环境监理主要内容

根据环境影响报告书的环保措施要求和施工设计文件，审查施工单位制定的有关环境保护措施，并进行施工现场检查，及时发现问题并通知施工单位整改。

环境监理的主要内容为：对施工期的环境保护措施、污染治理设施“三同时”的执行情况进行技术监督。

施工期的环境保护措施监理

(1)施工准备阶段

施工准备阶段的主要环境监理内容是：检查施工合同中环境保护条款落实情况，审查施工组织设计中的环保措施，与建设单位、设计单位、工程监理单位、施工单位一同进行施工场地等的现场核对优化以及对施工环保措施的审查等。

表 10.3-1 施工准备阶段环境监理重点

施工活动	监理重点	监理方法
施工招投标	编制工程环境监理工作计划	
	复核施工合同中的环保条款	文件复核
	复核施工标段现场环境敏感点和保护目标	巡视
	审查承包商的施工组织设计中的环保措施	文件审查
	审批承包商的施工期环境管理计划	文件审查
	审查分项工程开工申请中的施工方案及相应环保措施	文件审查

(2)施工阶段

施工期是环境监理的重点阶段，本项目施工阶段环保达标监理的重点为清淤工程。

(3)竣工验收阶段

竣工验收阶段的环境监理工作的重点是环保工程的施工以及验收准备工作，

主要包括：施工场地等临时用地清场及恢复措施监理；环保工程、生态补偿等的落实情况监理，环境监理预验收工作，整理资料，编写总结报告，协助业主准备竣工环保验收工作等。

表 10.3-2 建设与施工工艺控制监理内容

单位工程	监理地点	监理重点及内容
疏浚工程	施工现场	<ul style="list-style-type: none"> ◆检查清淤作业的施工工艺及设备是否与环评报告书一致。 ◆施工作业季节及作业周期是否避开春末夏初鱼虾类等渔业资源集中繁殖的季节。 ◆落实跟踪监测： <ul style="list-style-type: none"> (1) 海水水质：施工点附近 SPM、COD、石油类。 (2) 海洋生态：叶绿素 a、浮游动物、浮游植物、底栖生物、鱼卵仔鱼。 ◆监督检查淤泥的运输过程，防止淤泥洒漏、随意倾倒等污染海域水体现象。 ◆检查清淤及运输船舶是否配备装备有精确的自动监测设备和 DGPS 定位设备。 ◆是否制定中华白海豚专项保护方案和应急救助预案。
施工全过程	施工场地	<ul style="list-style-type: none"> ◆现场抽测附近村庄的噪声达标情况； ◆检查是否配备简易环保移动厕所对施工场地生活污水进行处理； ◆工程结束后，检查是否对简易环保移动厕所进行妥善处置。 ◆陆域临时施工场地，是否设置沉淀池。施工结束后是否对陆域临时施工场地进行生态恢复。 ◆是否按《关于印发厦门市建设工程施工现场围挡图集（2021 版）的通知》（厦建工〔2021〕99 号）设置封闭围挡。 ◆陆域纳泥区泥面干化后是否覆盖防尘网（布）。
海上施工	施工船舶	<ul style="list-style-type: none"> ◆检查施工船舶吨位、类型、工艺是否与环评报告书一致。 ◆检查施工船舶是否有海事部门出具的符合安全生产条件的相关证明材料。 ◆检查施工单位是否编制《施工船舶油污污染应急计划》，并落实到位，职责分明。 ◆检查施工船舶、机械设备性能的情况，禁止跑、冒、滴、漏严重的船只参加作业； ◆监督检查施工船舶是否配备生活污水和生产污水（含油污水）的收集装置，并定期委托由有资质单位接收处置，污水接收单位应填写《船舶接收/排放污水登记记录》。 ◆监督检查施工船舶是否配备生产和生活垃圾存放措施，做到垃圾分类并且标识明显，并定期委托由有资质单位接收处置，垃圾接收单位应填写《垃圾排放登记记录》。

10.3.3 环境监理文件编制

(1) 环境监理规划编制

环境监理规划是环境监理单位接受业务委托之后，监理单位应根据合同、环评要求、施工计划及工程的实际情况，制定本项目环境监理规划，明确环境监理工作范围、内容、方式和目标。

(2) 环境监理实施细则编制

环境监理实施细则是在环境监理规划的基础上，由项目环境监理机构的专业环境监理工程师针对建设工程单项工程编制的操作性文件。本项目应根据工程实

际情况及环评要求编制环境监理实施细则。

(3)环境监理总结报告编制

环境监理工作完成后，项目环境监理机构应及时进行监理工作总结，向建设单位提交监理工作总结，主要内容包括：委托监理合同履行情况概述，监理任务或监理目标完成情况评价。

10.3.4 环境监理考核

工程指挥部每半年对环境监理工作进行一次考核，主要考核对国家和地方有关的环境保护法律、法规和文件以及指挥部相关文件的执行情况、环境监理工作开展情况和各施工单位施工现场环境保护措施落实情况。环境监理工作完成后，应及时提交就工程环境监理情况的总结报告，该报告作为环保单项验收的资料之一。工程指挥部在环境保护单项工程考核和验收时，应请交通部门、海事部门、项目主管部门及环保部门的有关人员参加。

10.3.5 环境监理档案管理

环境监理档案应包括环境监理文件和监理资料等。

(1)环境监理文件主要包括：环境监理规划、环境监理实施细则、环境监理总结报告等。

(2)环境监理资料主要包括：

①日常工作记录。主要记录当天环境监理的工作内容、发生环境影响时采取的措施以及执行情况等。

②环境监理月报。主要对本月的监理工作进行汇总总结，记录本月环境监理工作内容，施工中发生环境影响时采取的措施以及执行情况等。

③与业主、施工单位往来函件及与工程环境监理有关的其它资料。

环境监理档案的管理应制定相应管理制度，专人负责本项目各类环境监理资料的收集、分类、整理与归档，作为工程环境保护验收的重要资料及环境管理的重要资料。

10.4 建设项目竣工环境保护验收

建设单位应根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评〔2017〕4号)的要求开展竣工环境保护自验收，对各项环保措施“三同时”的落实情况、

效果以及工程建设对环境的影响进行评估，为工程竣工验收提供依据。

本项目的环保措施与竣工环保验收内容如表 10.4-1 所示。

表 10.4-1 竣工环境保护验收项目一览表

实施时段	环境影响要素	环境保护对策措施内容	竣工验收内容和要求
施工期	水环境	疏浚船需装备有精确的自动监测设备和 DGPS 定位设备，从而实现高精度的定深挖泥，提高挖泥施工精度。	检查是否有精确的自动监测设备和 DGPS 定位设备
		在开工前应对所有的施工设备，尤其是泥舱的泥门进行严格检查，发现有可能泄漏污染物（包括船用油和开挖泥沙）的必须先修复后才能施工；在施工过程中应密切注意有无泄漏污染物的现象，如有发生立即采取措施。	检查是否落实措施，检查施工设备日常维护、检修记录
		严禁抛泥船只未到达指定区域便在中途倾倒疏浚物，并防止船运疏浚物外溢现象发生，必要时可安排相应人员，配置必要的监测仪器（如 GNSS 船舶监控管理系统）进行监控，以免对海水水质、海洋生态系造成严重的影响。	检查是否落实措施，是否配备监测仪器（如 GNSS 船舶监控管理系统）
		沙滩修复工程采取退潮露滩施工	检查施工记录，是否落实低潮施工。
		施工人员租用当地民房，施工人员生活污水纳入民房现有排水系统。施工生产废水经沉淀处理后回用于场地洒水抑尘。	检查是否落实措施
		对船舶排污设备实施铅封，并接受海事主管部门的监督管理。建设单位（施工单位）应严格遵守相关要求，并与厦门海事部门认可的船舶污水接收处理单位签订协议，通过有偿服务，落实施工船舶舱底含油污水、船舶生活污水的要求，严禁排放入海。	验收接收合同、接收方资质证明，接收记录是否完整
	大气环境	自卸汽车在运输淤泥时，在车斗底部铺一层防渗材料，并固定好，防止淤泥中的水滴漏路面。	检查是否落实措施
		砂石等易洒落散装物料在装卸、使用、运输、转运和临时存放等过程中必须采取防风遮盖措施，以减少扬尘	检查阅物料装卸记录，检查措施落实情况
	声环境	配备洒水车，对施工便道和进出堆场的道路经常洒水，一般每天可洒水二次，上、下午各一次，以减少扬尘	查阅场地晒水记录
		尽量采用低噪声机械设备，施工过程中还应经常对设备进行维修保养，避免由于设备性能差而导致噪声增强现象的发生	检查是否落实措施
	固体废物	在利用现有的道路用于运输施工物资时，应合理选择运输路线，并尽量在昼间进行运输。此外，在途经村庄等敏感点时，应减速慢行、禁止鸣笛	检查是否落实措施
		施工船舶应配备垃圾收集装置，并由厦门港海上垃圾处理船负责接收处理。	验收接收合同、接收方资质证明，接收记录是否完整
陆域生活垃圾应严格执行垃圾分类管理要求，纳入当地市政环卫系统统一接收处置		检查是否落实措施	
	开工前应及时向主管部门申请倾废许可；外抛应当如实记录疏浚、清淤情况，向行政主管部门报告并接受其监督检查。	检查是否落实措施	

实施时段	环境影响要素	环境保护对策措施内容	竣工验收内容和要求
	海洋生态	严格遵守《厦门市中华白海豚保护规定》，船速控制在 10 节以下，以免中华白海豚躲避不及而受伤害。制定中华白海豚应急救护预案，作好施工期应急救治准备。施工单位在施工过程发现中华白海豚受伤、搁浅的，必须立即停止施工作业，立即报告有关部门，及时施救。做好施工期白海豚瞭望观测。	检查是否落实措施，查阅船舶航行记录
		施工前通过有关政府部门预先发布通告，告知虾塘养殖人员可避开施工时间错峰取水。	检查是否落实公告制度，查阅与养殖户的沟通交流记录
		海洋生物资源增殖放流等各项生态补偿措施	检查是否落实措施
	风险防范	施工前应按规定办理施工作业手续，申请划定施工水域和安全作业区域。落实施工期间的监管措施和施工安全保障措施，在施工现场设置必要的警示装置，并确保施工船舶及人员的适航、适任。	检查是否落实措施
		施工单位应制定船舶事故溢油风险应急预案，加强对船舶溢油及其他风险事故的防范，施工单位运泥时应尽量避开航道通航高峰期，避免碍航现象发生。	检查是否落实措施，查阅船舶事故溢油风险应急预案
	环境管理、环境监理	建设单位与施工单位是否设置环境管理职能机构，并配备有专职人员；是否落实施工环境监理要求；建设单位与施工环境监理单位签订的相关合同文件；施工期环境监理的相关记录文件等。	检查建设单位与施工环境监理单位签订的相关合同文件；验收环境监理报告或工程监理报告（必须包含环境监理内容），将验收环境监理报告作为本工程竣工验收的前置条件。
	环境监测	跟踪监测的落实情况。	

11 环境影响评价结论

11.1 工程概况

厦门新机场片区小嶝岛生态岸线工程为生态修复项目，是厦门新机场项目外围保护带工程。本工程共修复岸线 757 米，同时为了减少沙滩前沿频繁露滩，月亮湾海域进行清淤处理，清淤方量为 3.29 万 m³。同时拆除海豚湾进场道路 1 条，改造月亮湾沙滩排水管涵 1 处，修复基干防护林 0.67hm²。

本项目施工期约 10 个月，主题工期 9 个月，项目总投资约 4022.10 万元。

11.2 环境质量现状

11.2.1 海水水质现状调查与评价

2024 年春季调查海域各测站海水中 pH、溶解氧、铜、锌、镉、铬、砷含量均符合第一类海水水质标准；海水中铅和汞含量基本符合第一类海水水质标准，9.5%的测站符合第二类海水水质标准；化学需氧量含量基本符合第一类海水水质标准，9.5%的测站超第四类海水水质标准；石油类含量基本符合第一类~第二类海水水质标准，9.5%的测站符合第三类海水水质标准；无机氮含量 71.4%的测站符合第一类海水水质标准，19.0%的测站超第四类海水水质标准；活性磷酸盐含量 52.4%的测站符合第二类~第三类海水水质标准，14.2%的测站超第四类海水水质标准。

11.2.2 海洋沉积物质量现状调查与评价

调查海区各测站沉积物中有机碳、铅、锌、镉、铬、汞、砷和石油类含量均符合第一类海洋沉积物质量标准；硫化物含量基本符合第一类海洋沉积物质量标准，个别站位符合第二类海洋沉积物质量标准；铜含量基本符合第一类海洋沉积物质量标准，个别站位符合第二类海洋沉积物质量标准；沉积物各项调查指标有机碳、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷和石油类均符合沉积物远期环境目标要求。

11.2.3 海洋生物质量现状调查与评价

2024 年春季调查海域牡蛎和棘刺牡蛎中汞含量和石油烃含量符合海洋生物

质量一类标准；铅、镉、铬、砷含量符合海洋生物质量二类标准；锌含量符合海洋生物质量三类标准；铜含量超海洋生物质量三类标准。

11.2.4 海洋生态现状调查与评价

(1) 叶绿素-*a* 和初级生产力

2023年秋季叶绿素-*a*含量范围在0.25~2.52 mg/m³之间，平均值为1.13 mg/m³；初级生产力变化范围在2.56~77.27 mgC/(m²·h)之间，平均值为24.81 mgC/(m²·h)。2024年春季各调查站位叶绿素-*a*含量范围在0.58~4.62 mg/m³之间，平均值为1.48 mg/m³；初级生产力变化范围在3.21~89.70 mgC/(m²·h)之间，平均值为23.25 mgC/(m²·h)。

(2) 浮游植物

2023年秋季鉴定记录浮游植物5门37属73种，表、底层浮游植物细胞分别为158.00×10² cells/dm³和138.75×10² cells/dm³，优势种类为具槽帕拉藻，调查海区浮游植物多样性指数均高于2，种间个体数量分配较均匀，群落结构较稳定；2024年春季鉴定记录浮游植物3门38属86种，表、底层浮游植物分别为316.92×10² cells/dm³和78.33×10² cells/dm³，浮游植物主要优势种为具槽直链藻，测站浮游植物种间个体数量分配较均匀，群落结构较稳定。

(3) 浮游动物

2023年秋季鉴定记录浮游动物59种，总生物量均值为56.64 mg/m³，总个体密度均值为44.66 个/m³。浮游动物优势种类共11种，测站浮游动物多样性较一般，种间分布较一般。2024年春季鉴定记录浮游动物共38种，总生物量（湿重）均值为79.51mg/m³，总个体密度均值为199.47 个/m³，浮游动物优势种类共6种，测站浮游动物多样性较好，种间分布较均匀。

(4) 潮下带底栖生物

2023年秋季鉴定记录潮下带底栖生物128种，平均生物量为13.96 g/m²，平均栖息密度为184 ind/m²，测站潮下带底栖生物多样性多样性高，种间个体分配均匀。2024年春季鉴定记录潮下带底栖生物129种，平均生物量为38.82 g/m²，平均栖息密度为400ind/m²，测站潮下带底栖生物多样性一般，种间分布较一般。

(5) 潮间带底栖生物

2023年秋季鉴定记录潮间带底栖生物93种，生物量均值189.28g/m²，栖息密

度均值411个/m²；2024年春记录潮间带底栖生物106种，生物量均值32.12g/m²，栖息密度均值221个/m²。

(6) 鱼卵、仔稚鱼

2023年秋季调查采获到鱼卵8种，仔稚鱼13种，鱼卵和仔稚鱼平均数量分别为16.0 ind/100m³和2.7ind/100m³，鱼卵优势种为蝠属和真鲷属；仔稚鱼优势种为鰕虎鱼属和美肩鳃鲷。

2024年春季调查鉴定鱼卵9种，仔稚鱼18种，鱼卵平均密度为260.0 ind/100m³，仔稚鱼平均为31.5ind/100m³。鱼卵优势种为斑鱚属；仔稚鱼优势种为鲱科。

(7) 游泳动物

2023年秋季拖网定点调查作业渔获的游泳动物共计91种，其中鱼类45种，虾类11种，蟹类24种，虾姑类4种，头足类7种，优势种类有叫姑鱼、孔鰕虎鱼。站位平均质量密度为313.70 kg/ km²，各站位平均数量密度为22055ind./ km²。

2024年春季拖网定点调查作业渔获的游泳动物共计87种，其中鱼类53种，虾类8种，蟹类16种，虾姑类2种，头足类8种。春季调查中无优势种出现。各站位平均质量密度为307.52 kg/ km²，各站位平均数量密度为10485ind./ km²。

11.2.5 环境空气质量现状与评价

根据《2024年厦门市生态环境质量公报》，全市国控评价点位六项主要污染物年均浓度分别为：二氧化硫（SO₂）2μg/m³、二氧化氮（NO₂）17μg/m³、可吸入颗粒物（PM₁₀）32μg/m³、细颗粒物（PM_{2.5}）19μg/m³、一氧化碳（CO）0.7mg/m³、臭氧（O₃）114μg/m³。按照《环境空气质量标准》（GB3095-2026）评价，SO₂、NO₂、CO、PM₁₀年均浓度符合一级标准；PM_{2.5}、O₃年均浓度符合二级标准。项目所在区域为达标区。

11.2.6 声环境现状与评价

本项目区域噪声昼间测值范围在 47.4~55.2 之间，夜间测值范围在 39.0~49.0 之间，均符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的相关标准，声环境质量良好。主要声源为风浪声及少量行人等社会生活噪声。

11.3 环境影响预测分析与评价结论

11.3.1 海洋水文动力环境影响

工程实施引起的流场强度变化的范围主要在沙滩放坡区和前沿清淤区，工程区外的海域流速几乎没有变化。月亮湾前沿清淤水域平均流速增加约 0.01~0.04 m/s，海豚湾沙滩放坡处平均流速减小约 0.01~0.03 m/s；落潮过程，月亮湾沙滩前沿清淤水域落潮平均流速增加约 0.01~0.05 m/s。海豚湾、月亮湾沙滩坡脚一带平均流速减小约 0.01~0.02 m/s。本工程对离工程区较远处的其他海域影响较小，平均流速均未发生明显变化。

11.3.2 冲淤环境影响

工程实施后，冲淤影响主要集中于疏浚工程区附近海域，月亮湾沙滩放坡处泥沙年淤强小于 5 cm/a，其前沿清淤水域由于开挖的影响，泥沙年淤强约 1~8 cm/a；海豚湾沙滩近坡脚处泥沙冲淤范围较小，局部范围冲淤在-5~5 cm/a 之间。对工程周边其它海域影响较小。

11.3.3 海水水质环境影响

根据悬浮泥沙入海影响的计算结果，施工期间悬浮泥沙浓度高于 10mg/L 的总影响包络面积约 0.229km²。主要影响的敏感目标为厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区外围保护带水质，对其他敏感目标影响较小。但这种影响是暂时的，将随着施工的开始而消失。

施工船舶污水通过收集上岸处理，对海域水环境影响很小；施工营地租用当地民房，施工生活污水纳入民房现有排水处理系统，不直接排入周边海域，不会对海水水质产生影响。施工期生产废水经沉淀后回用于洒水抑尘，不外排，不会对海水水质产生影响。

11.3.4 海洋沉积物环境影响

本项目建设对海域沉积环境的影响主要为施工期施工引起的悬浮泥沙扩散和沉降引起的附近海域表层沉积环境变化。由于施工过程产生的悬浮泥沙主要来源与工程区海域表层沉积物，悬浮物的环境背景值与海域沉积物的环境背景值相

近,在落实环保措施的情况下,悬浮泥沙扩散和沉降不会引起海域总体沉积环境质量变化。

本项目施工污水主要为船舶油污水和船舶工作人员生活污水,有关污水委托有资质的接收单位接收处理,禁止在作业海域直接排放入海,则对海域水质和沉积物环境基本上没有影响。

11.3.5 海洋生态环境影响

本项目实施将对项目所在海域的叶绿素、初级生产力、浮游生物、底栖生物、渔业资源等造成一定的影响。其中,悬浮泥沙造成的浮游植物、浮游动物、鱼卵、仔鱼、游泳生物的一次性平均损失量依次为浮游植物 1.67×10^{12} cells、浮游 5.70×10^6 ind、鱼卵 1.28×10^5 ind、仔鱼 1.58×10^4 ind、游泳动物 6.67kg。持续性损害受损量依次为浮游植物 8.29×10^{12} cellscells、浮游动物 2.83×10^7 ind、鱼卵 6.34×10^6 ind、仔鱼 7.86×10^4 ind、游泳动物 34.75kg。疏浚施工过程将彻底损伤破坏施工范围内的底栖生物,疏浚面积约 2.44hm^2 ,在此范围内的底栖生物将遭到破坏而死亡,本项目造成的底栖生物资源受损量约 24.66t。

11.3.6 对敏感目标的影响

(1) 对自然保护区的影响

本项目施工过程中会对中华白海豚产生一定的不利影响。施工悬浮泥沙浓度增量 10mg/L 的包络线将进入厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区(中华白海豚)(小嶝岛海域),局部海域悬浮泥沙浓度的增加对中华白海豚的行为活动影响较小,但高浓度的悬浮泥沙将引起中华白海豚的回避,同时造成工程区及附近局部海域中华白海豚的饵料资源有所减少。这种影响将随着施工结束而逐渐消失。采取本报告提出相关环保措施,并采取增殖放流等生态补偿措施,可减轻工程建设对中华白海豚饵料资源的影响。疏浚物中污染物释放引起的水质污染对中华白海豚及其饵料鱼类的重金属污染影响较小。

施工船舶疏浚作业和航行的水下噪声对中华白海豚的听觉不会造成明显伤害,但可能对栖息于附近的中华白海豚之间的交流产生一定的影响,引起中华白海豚回避和迁移行为。施工期船舶航行对中华白海豚的影响除了噪声影响外,还可能对中华白海豚行为造成影响,严重的可能导致中华白海豚因躲避不及而遭遇船舶的撞击或螺旋桨的伤害。本工程施工船开始工作前,应密切注意观察船舶周

围区域是否有白海豚出入，确保施工范围内没有中华白海豚活动后方可开工，避免螺旋桨等对白海豚的直接伤害；建议施工船舶航行时控制航速在 10 节以内并密切观察海面，对中华白海豚应注意避让。采取上述措施可减缓本项目施工船舶航行对中华白海豚的影响。

（2）对生态保护红线的影响

根据《福建省“三区三线”划定成果》中生态保护红线划定成果，本项目拟申请用海不涉及生态保护红线。”小佰屿生态保护红线区距离本项目 3.5km，“福建珍稀海洋物种国家级自然保护区”距离项目约 15.4km。根据数模预测结果，施工引起的 10mg/L 浓度增量的悬浮泥沙范围少部分不进入生态保护红线区，对生态保护红线区影响较小。

（3）对养殖的影响

本项目北侧、东侧有一些海水养殖，施工导致的悬浮泥沙入海将对周边海域的海水水质造成暂时性的影响。根据数值模拟结果，悬浮泥沙增量为 10mg 的包络线距离仅在沙滩前沿 240m 范围内，不会进入养殖范围内。本项目施工对养殖的影响很小。

11.3.7 对大气环境影响

本项目为生态型建设项目，建成后无生产废气排放，不会对大气环境产生影响。

施工期大气污染源主要来自施工机械驱动设备和施工船舶、运输车辆等排放的废气，由于工程所在区域地势开阔，大气扩散条件好，施工机械、施工船舶为流动性的，较为分散，密度较小，废气产生量有限，将随施工期结束而基本消失。

本项目清淤过程中，含有机物、腐殖质的底泥在疏浚扰动下会释放一定的恶臭气体，影响程度主要取决于淤泥性质、干化程度和气象条件，类比分析表明，清淤现场有较明显的臭味，30m 之外达到 2 级强度，有轻微臭味，低于恶臭强度的限制标准（2.5-3.5 级）；80m 之外基本无气味。据现场调查，距离项目区最近的后堡村约有 165m；因此本项目清淤过程恶臭对周边敏感目标基本没有影响。综上，本项目施工对大气环境的影响较小。

11.3.8 声环境影响

本项目为生态型建设项目，建成后不会产生噪声影响，声环境影响主要集中在

在施工期。施工噪声是暂时的，在采取相应措施下，可减轻施工的影响，施工结束后噪声影响即消除。

11.3.9 固体废物环境影响

本项目为生态型建设项目，建成运营后的固体废物主要来自滨海休闲观光、沙滩日常维护将产生少量城市生活垃圾，分类收集处置后对环境影响较小。

施工期固体废物主要包括海域清淤疏浚物，清表杂物（海蛎石、块石、植物根系等），开挖弃方和拆除条石，施工场地汽车和机械冲洗废水的隔油沉淀池产生的浮油、浮渣和污泥，船舶垃圾（船舶维护产生的固体废物、废弃的含油抹布、劳保用品）以及施工人员生活垃圾等。

疏浚物在取得主管部门的倾废许可后，可运至围头湾倾倒区实施合法倾倒。建设单位在施工前，应与固体接纳单位签订接手协议，协调好工期，有效落实淤泥消纳接收处理。

建筑垃圾等外运至翔安沙美消纳场处理。建设单位应按照厦门市《厦门市建筑废土管理办法》要求，通过厦门市“建筑废土砂石综合管控平台”，申请本项目外运固体废物的合理合法处理场地。严禁随意堆放或排放入海。

本项目的危险废物包括施工场地汽车和机械冲洗废水的隔油沉淀池产生的浮油、浮渣和污泥，均交由有资质的单位接收处理。

施工船舶垃圾包括生产垃圾和生活垃圾，不得随意倒入海域，统一交由有资质的单位接收处理。施工单位应与经厦门海事部门认可的船舶垃圾接收处理单位签订协议，通过有偿服务，落实施工船舶垃圾的接收处理。在采取上述措施的情况下，施工船舶垃圾对海域环境不产生影响。

11.3.10 对陆域生态系统的影响

本工程建设无破坏森林植被，对区域植物多样性和植被生态多样性不会造成明显的影响。根据实地调查，本工程陆域评价区内，未发现涉及有重要野生动物。本工程的建设，对周边野生动物资源及生态影响较小，不会造成珍稀物种的灭绝问题，对生物多样性影响不大。

11.3.11 对中华白海豚、文昌鱼及保护区的影响

本工程不占用厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区，与保护区(中华白海豚)同安湾口海域最小距离约为 15.7km，与保护区(文昌鱼)黄厝海域最小距离约为 28.0km。工程实施占用了部分保护区外围保护地带（中华白海豚、文昌鱼），约 0.157km²。施工产生的 10mg/L 悬浮泥沙与保护区（文昌鱼）最近距离约 22.5km，与保护区（中华白海豚）最小距离约 15.6km。

（1）施工期悬浮泥沙对中华白海豚的影响

施工期悬浮泥沙浓度增量大于10mg/L的影响范围与保护区距离较远，但涉及中华白海豚和文昌鱼保护区的外围保护带。中华白海豚对悬浮泥沙有一定的耐受性，但高浓度的悬浮泥沙将引起中华白海豚的回避，根据多年观测结果，本工程建设和施工期悬浮泥沙扩散的影响范围不在中华白海豚的活动空间。中华白海豚对浑浊水体具有一定的适应性和趋避能力，一般情况下，疏浚施工停止3~4小时后，悬浮物浓度逐步降低，因此本工程近岸局部海域悬浮泥沙浓度的增加对中华白海豚的行为活动影响较小。此外，悬浮泥沙入海将对鱼类、浮游生物、底栖生物、游泳动物造成一定程度的影响，即对中华白海豚赖以生存的饵料环境存在一定的影响。

（2）施工水下噪声对中华白海豚的影响

本工程水下噪声主要来自抛沙、施工船舶挖泥、船舶航行和重型机械设备。类比分析表明，本工程抛沙作业、施工船舶疏浚及航行产生的水下噪声总的噪声谱级不是很高，对中华白海豚的听觉不会造成伤害，但可能对栖息于附近的中华白海豚之间的交流产生一定的影响，引起中华白海豚回避和迁移行为。本工程区主体位于近岸潮间带浅滩，不属于白海豚常见活动范围，泥沙质底质且水深较浅时，传播路径较短，水下噪声基本以吸收损失为主，因此施工区水下作业对中华白海豚的影响相对较小。

（3）船舶航行对中华白海豚的影响

本项目施工船舶主要航行于工程区域进行疏浚作业及将疏浚物运输到围头湾倾倒区，该航线范围存在中华白海豚活动的可能，船舶航行产生的水下噪声在 50m 距离外基本上不会对中华白海豚带来影响。施工期来往的船舶数量增多，导致中华白海豚因躲避不及而遭遇船舶的撞击或螺旋桨的伤害的风险有所提高。施

工期应严格按照《厦门市中华白海豚保护规定》中规定的船舶通航速度，最大航速不得超过 10 海里/小时，密切注意观察船舶周围区域是否有白海豚出入，泥驳航行时应密切观察海面，一旦发现有中华白海豚活动应立即停航，待中华白海豚离开后方可航行。采取上述措施可减缓本项目施工船舶航行对中华白海豚的影响。

(4) 栖息地占用对中华白海豚的影响

工程实施一定程度上减少了中华白海豚的栖息地，但占用区位于水深较浅的沿岸区域，历史上该海域不在中华白海豚活动范围内，且占用面积有限，不会对中华白海豚的活动造成明显影响。由清淤带来的纳潮量增加，可以改善区域水动力环境，加快周边海域水体交换，局部海域水深条件增加，有利于鱼类资源恢复，间接保障白海豚的饵料供给，也拓展了中华白海豚的活动空间。因此，修复工程结束后，随着区域水文动力条件的改善，饵料资源逐渐恢复，对白海豚的活动空间拓展和栖息环境改善具有正面影响。

(5) 悬浮泥沙对文昌鱼的影响

本工程与南线至十八线文昌鱼外围保护地带最小距离为 6.88km，占用小嶝岛文昌鱼外围保护地带。施工产生的 10mg/L 悬浮泥沙进入小嶝岛文昌鱼外围保护带。施工悬浮泥沙浓度增量大于 10mg/L 的影响范围主要是疏浚区域及周边海域，与南线至十八线文昌鱼外围保护地带和保护区距离较远，高浓度的悬浮泥沙不会抵达文昌鱼保护区及南线至十八线文昌鱼外围保护地带，因此，本项目施工悬浮泥沙基本不会影响到南线至十八线文昌鱼外围保护地带和保护区(文昌鱼)。

(6) 对文昌鱼饵料的影响

施工期悬浮泥沙入海将导致水的混浊度增大，透明度降低，不利于浮游植物的繁殖生长，造成工程区及附近海域的文昌鱼饵料资源减少。

(7) 沉积环境及底质类型变化对文昌鱼的影响

评价海域沉积物质量良好，疏浚物中有毒有害物质的溶出对工程附近海域海水水质、沉积物质量影响较小。因此，施工期悬浮泥沙落淤对南线至十八线文昌鱼外围保护地带附近的底质沉积物类型影响较小。

(8) 水文动力和冲淤变化对文昌鱼栖息地的影响

在冲淤环境方面，工程实施后泥沙回淤强度变化发生在工程区前沿浅滩区。因此工程实施引发的流速流向变化和冲淤变化对南线至十八线文昌鱼外围保护

地带和黄厝文昌鱼自然保护区的冲淤环境总体影响不大,对小嶝岛文昌鱼外围保护地带和黄厝文昌鱼自然保护区基本无影响。

本工程为生态修复项目,运营期无污染物排放,因此运营期对中华白海豚、文昌鱼及其栖息地基本没有影响。对中华白海豚的影响主要体现在施工期悬浮泥沙影响、施工水下噪声、船舶航运以及部分栖息地占用。对文昌鱼的影响主要体现在施工期悬浮泥沙影响、沉积环境、水文动力和冲淤环境变化。总的来说,由于工程区与厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区有一定距离,上述影响均较小,工程建设不改变中华白海豚、文昌鱼栖息地的生态功能,生态修复工程的实施可以改善区域水动力环境,加快周边海域水体交换,有利于各类饵料生物的繁殖生长,间接提高了中华白海豚、文昌鱼的饵料供给。

建设单位在施工过程中应切实执行报告书提出的各项避让措施、保护措施和各项风险防范对策;采取施工方案优化和生态环境保护、影响减缓和控制措施,切实落实事故风险应急对策措施和应急预案,确保生态补偿措施执行到位。在此前提下,从珍稀物种和栖息地环境保护角度考虑项目实施建设可行。

11.4 环境风险影响

溢油数值模拟预测结果表明,本项目施工及营运过程一旦发生船舶事故溢油入海,油膜8个小时可到达小佰屿红线,33小时即可到达厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区(中华白海豚)。因此,建设单位对此应引起足够的重视,制定事故风险防范及应急预案。采取相应的风险防范措施,尽可能避免船舶溢油风险的发生,将风险性降低到最小。一旦发生溢油事故,及时启动应急程序,进行及时有效的溢油围控和回收,进行环境监测及事故后评估,采取措施恢复海洋生态环境。

11.5 污染防治和生态环境保护措施

(1) 采用先进的疏浚设备和工艺。为了保证疏浚作业准确、有效地进行,所有疏浚船和测量船都需装备有精确的自动监测设备和DGPS定位设备。所有的疏浚船都要装有疏浚头深度指示器和连续载荷指示器。以便施工人员可以根据船舶吃水深度和潮位变化,随时调整下耙深度,从而实现高精度的定深挖泥,提高疏浚施工精度,尽量减少超挖量,在保证环保疏浚效果的前提下降低工程成本,

减少对周围水体的扰动，控制污染，减轻对周边海洋环境的影响。

(2) 建设单位应认真执行倾废许可证规定，施工前应尽早向主管部门提出疏浚物倾倒的申请要求。

(3) 合理设置防污帘，防止高浓度悬浮泥沙扩散，定期巡查、检查防污帘完好状态。一旦发现防污帘损坏，应停工并及时修复或更换防污帘。定期监测防污帘内外悬浮泥沙浓度，开展周边海域水质跟踪监测，及时发现问题、解决问题，确保施工悬浮泥沙控制措施落实到位。

(4) 建设单位应认真执行倾废许可证规定，施工前尽早向主管部门提出疏浚物倾倒的申请，疏浚物外抛应当按行政主管部门批准的时间、条件和地点倾倒，且从事海上疏浚、清淤活动的单位应当如实记录疏浚、清淤情况，向行政主管部门报告并接受其监督检查。

(5) 尽量利用退潮露滩时进行施工作业，以减轻施工过程对海水水质、海洋生态的影响。

(6) 在开工前应对所有的施工设备，尤其是泥舱的泥门进行严格检查，发现有可能泄漏污染物（包括船用油和开挖泥沙）的必须先修复后才能施工；在施工过程中应密切注意有无泄漏污染物的现象，如有发生立即采取措施。

(7) 施工前应对所有的施工设备，尤其是泥舱的泥门进行严格检查，发现有可能泄漏污染物（包括船用油和开挖泥沙）的必须先修复后才能施工；在施工过程中应密切注意有无泄漏污染物的现象，如有发生油料及泥沙泄漏应立即采取措施。

(8) 泥驳运输时要控制装驳量，驳船负载应保持 30 厘米的最小干舷，防止装得过满，确保航行过程中舱内淤泥不外溢入海，以避免输送过程中的泄漏对水体造成二次污染。泥驳必须用罗盘定位，同时加强海上监督。

(9) 泥驳在倾倒区抛泥完毕后，应及时关闭舱门，并确定舱门关闭无误后方可返航，如果泥舱关闭不严，在航行沿途中由于泥浆的泄漏将会导致污染事故的发生。同时在疏浚物倾倒作业期间，应加强同当地气象预报部门的联系，在恶劣天气条件，应提前做好防护准备并停止挖泥和倾倒作业。

(10) 加强与当地气象预报部门的联系，在恶劣天气条件下应提前做好施工安全防护工作，避免造成船舶碰撞事故。

(11) 施工作业的监督：施工环境监理中应加强挖泥施工作业的监督，避免

施工单位的不规范操作。

(12) 及时清理施工场地和施工人员产生的建筑垃圾、生活垃圾，严格分类，纳入市政环卫系统统一接收处置。禁止在岸滩随意弃置、堆放和处理废弃物。禁止垃圾随意投入海洋。

(13) 建议施工船舶在工程区附近海域航速不超过 10 节，航行时应注意观察周边海域的中华白海豚的活动情况。

(14) 提高施工人员对鸟类、文昌鱼、湿地的保护意识。在施工人员进场后，加强对施工人员的管理，做好保护珍稀物种、鸟类和湿地的宣传教育，严禁打鸟、猎鸟、捡拾鸟卵的行为。

(15) 开展增殖放流等生态补偿措施，增殖放流的物种应考虑中华白海豚饵料鱼类，增加中华白海豚饵料资源；开展文昌鱼等物种的增殖放流生态补偿，促进文昌鱼资源恢复。

(16) 落实施工期间的监管措施和施工安全保障措施，保障驳岸、桥梁、管线等构建筑物安全距离。

(17) 建立严格的安全生产规章制度，建设单位应根据《厦门海域船舶污染应急预案》编制溢油事故应急预案，并报有关部门批准。

11.6 环境影响经济损益分析

本项目具有较好的社会效益和经济效益，造成的环境损失较小。项目的施工会对海洋生物造成的损失，通过实施生态修复工程或其他生态补偿措施对工程造成的海洋生态损害进行补偿，尽量减小环境负效益。在项目运营过程中，建设单位应加强环境保护管理及风险防范能力建设，尽可能的减少项目建设及运营对周围环境的影响。

11.7 评价结论

厦门新机场片区小嶝岛生态岸线工程属于生态修复工程，项目建设符合国家产业政策，符合《福建省国土空间规划（2021-2035 年）》、《厦门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》、《福建省“三区三线”划定成果》、《福建省近岸海域环境功能区划》、《福建省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》、《厦门市“十四五”海洋生态环境保护规划》、《厦门珍稀海洋物种国家级自然

保护区总体规划》等相关规划区划，项目建设符合“三线一单”和“生态环境管控单元”等相关法律法规的要求。

项目所在区域环境质量较好。施工期悬浮泥沙对海洋生态环境的影响是暂的，扩散范围较小，且随施工结束影响消失，运营管护过程中无污染物排放；项目建设所引起的海域水动力环境、冲淤环境变化较小，不影响周边海域开发利用活动；项目建设对周边的声环境、大气环境、生态环境影响较小，固体废物能够得到妥善处置。工程实施有利于改善工程区及周边海域水动力条件，改善区域景观，提升生态环境质量，提高海洋生物多样性，项目建设具有良好的生态效益。在切实落实报告书提出的各项污染防治、生态保护及风险防范措施的前提下，从环境影响角度考虑，本项目建设是可行的。

附件

附件 1 厦门市发展和改革委员会文件

附件 2 厦门翔安国际机场建设指挥部办公室会议纪要

附件 3 委托书

附件 4 细集料试验检测报告

附件 5 声环境检测报告

附件 6 建设项目海洋生态环境影响评价自查表