

福州港江阴港区壁头作业区 14#泊位工程
海域使用论证报告书
(公示稿)

编制单位：福建省环境保护设计院有限公司

(91350000MA347B3Y15)

二〇二五年七月



论证报告编制信用信息表

| | | | |
|---|----------------------|--------------------------------|-----|
| 论证报告编号 | 3501812025000488 | | |
| 论证报告所属项目名称 | 福州港江阴港区壁头作业区 14#泊位工程 | | |
| 一、编制单位基本情况 | | | |
| 单位名称 | 福建省环境保护设计院有限公司 | | |
| 统一社会信用代码 | 91350000MA347B3Y15 | | |
| 法定代表人 | 许翔 | | |
| 联系人 | 郭钰龔 | | |
| 联系人手机 | 18805999060 | | |
| 二、编制人员有关情况 | | | |
| 姓名 | 信用编号 | 本项论证职责 | 签字 |
| 刘茜 | BH001304 | 论证项目负责人 | 刘茜 |
| 刘茜 | BH001304 | 1. 概述 7. 项目用海合理性分析 9. 结论 | 刘茜 |
| 凌鑫 | BH001272 | 2. 项目用海基本情况 5. 海域开发利用协调分析 | 凌鑫 |
| 廖志鸿 | BH003838 | 6. 国土空间规划符合性分析 | 廖志鸿 |
| 冯鑫磊 | BH001284 | 3. 项目所在海域概况 10. 报告其他内容 | 冯鑫磊 |
| 温昌麒 | BH001277 | 4. 资源生态影响分析 8. 生态用海对策措施 | 温昌麒 |
| <p>本单位符合海域使用论证有关管理规定对编制主体的要求，相关信息真实准确、完整有效，不涉及国家秘密，如隐瞒有关情况或者提供虚假材料的，愿意承担相应的法律责任。愿意接受相应的信用监管，如发生相关失信行为，愿意接受相应的失信行为约束措施。</p> <p style="text-align: center;">承诺主体(公章):</p> <div style="text-align: center;">  <p style="margin: 0;">年 月 日</p> </div> | | | |

项目基本情况表

| | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|-----------------|----------------|
| 项目名称 | 福州港江阴港区壁头作业区 14#泊位工程 | | |
| 项目地址 | 福建省 福州市 福清（市） | | |
| 项目性质 | 公益性（ ） | | 经营性（√） |
| 用海面积 | 项目用海：20.6720hm ² | | 投资金额 |
| | 施工用海：35.1859hm ² | | |
| 用海期限 | 项目用海：50 年 | | 预计就业人数 |
| | 施工用海：2 年 | | |
| 占用岸线 | 总长度 | 776 m | 邻近土地平均价格 |
| | 自然岸线 | 0 m | 预计拉动区域经济产 值 |
| | 人工岸线 | 776 m | 填海成本 |
| | 其他岸线 | 0 m | |
| 海域使用 类型 | 交通运输用海 | | 新增岸线 |
| | | 0 m | |
| 用海方式 | 面积 | | 具体用途 |
| 建设填海造地 | 19.4193 | hm ² | 码头平台、堆场 |
| 港池、蓄水 | 1.2527 | hm ² | 停泊水域 |
| 专用航道、锚地及其 其他开放式 | 35.1859 | hm ² | 施工期疏浚 |
| | | | |
| | | | |
| 注：1）邻近土地平均价格是指用海项目周边土地的价格平均值。 | | | |

目 录

| | |
|--|-----|
| 摘要 | 1 |
| 1. 概述 | 5 |
| 1.1 论证工作由来 | 5 |
| 1.2 论证依据 | 6 |
| 1.3 论证等级和范围 | 10 |
| 1.4 论证重点 | 11 |
| 2. 项目用海基本情况 | 12 |
| 2.1 用海项目建设内容 | 12 |
| 2.2 平面布置和主要结构、尺度 | 13 |
| 2.3 施工工艺和方法 | 32 |
| 2.4 项目用海需求 | 43 |
| 2.5 项目用海必要性 | 43 |
| 3. 项目所在海域概况 | 46 |
| 3.1 海洋资源概况 | 46 |
| 3.2 海洋生态概况 | 48 |
| 4. 资源生态影响分析 | 125 |
| 4.1 生态评估 | 125 |
| 4.2 资源影响分析 | 130 |
| 4.3 生态影响分析 | 137 |
| 4.4 小结 | 165 |
| 5. 海域开发利用协调分析 | 166 |
| 5.1 海域开发利用现状 | 166 |
| 5.2 项目用海对海域开发活动的影响 | 192 |
| 5.3 利益相关者界定 | 195 |
| 5.4 相关利益协调分析 | 198 |
| 5.5 项目用海与国防安全 and 国家海洋权益的协调性分析 | 202 |
| 6. 国土空间规划符合性分析 | 203 |
| 6.1 《全国国土空间规划纲要（2021-2035 年）》符合性分析 | 203 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 6.2 | 《福建省国土空间规划（2021-2035年）》基本情况 | 203 |
| 6.3 | 《福州市国土空间总体规划（2021-2035年）》符合性分析 | 204 |
| 6.4 | 《福清市国土空间总体规划（2021-2035年）》符合性分析 | 207 |
| 6.5 | 《福建省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》符合性分析 | 209 |
| 6.6 | 与《福建省“三区三线”划定成果》符合性分析 | 210 |
| 6.7 | 与其他相关规划符合性分析 | 212 |
| 6.8 | 小结 | 223 |
| 7. | 项目用海合理性分析 | 224 |
| 7.1 | 用海选址合理性分析 | 224 |
| 7.2 | 用海平面布置合理性分析 | 229 |
| 7.3 | 用海方式合理性分析 | 237 |
| 7.4 | 占用岸线合理性分析 | 240 |
| 7.5 | 用海面积合理性分析 | 243 |
| 7.6 | 用海期限合理性分析 | 273 |
| 8. | 生态用海对策措施 | 274 |
| 8.1 | 生态用海对策 | 274 |
| 8.2 | 生态保护修复措施 | 276 |
| 8.3 | 预算与实施计划 | 300 |
| 9. | 结论 | 303 |
| 9.1 | 项目用海基本情况 | 303 |
| 9.2 | 项目用海必要性结论 | 303 |
| 9.3 | 资源生态环境影响分析结论 | 303 |
| 9.4 | 海域开发利用协调分析结论 | 304 |
| 9.5 | 国土空间规划符合性分析结论 | 305 |
| 9.6 | 项目用海合理性分析结论 | 305 |
| 9.7 | 生态用海对策措施结论 | 306 |
| 9.8 | 项目用海可行性分析结论 | 306 |

摘要

（1）项目用海基本情况

福州港江阴港区壁头作业区 14#泊位工程（简称“本项目”）拟建设 5 万吨级集装箱泊位 1 个（水工结构按 10 万吨级集装箱船设计）及相应配套设施，设计年通过能力 61 万 TEU。建设的主要内容包括码头及作业区、堆场、辅建区、护岸等。

本项目用海类型为“交通运输用海”之“港口用海”，用海方式分别为“建设填海造地”“港池、蓄水”和“专用航道、锚地及其他开放式”。拟申请用海总面积为 55.8579hm²，其中建设填海造地面积为 19.4193hm²，港池、蓄水面积 1.2527hm²，拟申请 50 年的用海期限；港池连接水域疏浚申请施工期用海面积为 35.1859hm²，施工期申请用海期限为 2 年。

根据《关于明确涉及围填海的国家重大项目范围的通知》（发改投资〔2020〕740 号）和《关于加强沿海和内河港口航道规划建设进一步规范和强化资源要素保障的通知》（交规划发〔2022〕79 号）规定，对已纳入《全国港口与航道布局规划》的港航设施项目，属于可以新增围填海的国家重大项目。

（2）项目用海必要性

本项目是《福州港总体规划（2035 年）》规划建设的集装箱码头，拟建设 5 万吨级集装箱泊位 1 个，设计年通过能力 61 万标箱。本项目所需总用地规模为 24.3287hm²（不含护岸），用于建设码头作业区、集装箱堆场和辅助区。由于在全部利用选址区域尚未开发利用陆域的情况下，仍无法满足项目建设用地需求，需要通过围填海形成部分陆域空间，弥补码头后方陆域供地不足问题。因此本项目新增围填海是必要的。

停泊水域是船舶停靠、装卸时使用的水域，是港口码头工程必需的配套水域。由于现状水深均不能达到设计深度，需进行疏浚和炸礁工程，施工期用海也是必要的。综上，本项目用海是必要的。

（3）资源生态影响分析和生态保护修复措施

项目实施后，对潮流场影响范围局限于填海、疏浚工程周边，流速变化超过 5cm/s 的区域在平行岸线方向上集中在项目东西两侧 2.7km 和 3.6km 范围，垂直岸线方向集中于离岸 1.4km 范围，影响范围相对较小。冲淤的影响主要为填海区

东西两侧动力条件减弱，淤积趋势加强，填海南侧新形成岬角处由于挑流作用出现冲刷区，港池疏浚后淤积趋势加强。

本项目施工期过程中悬浮泥沙 $\geq 10\text{mg/L}$ 的影响面积为 13.92km^2 ，同时施工影响时间短暂，随着施工的结束，其影响也随之消失，施工悬浮泥沙对水质、沉积物环境影响较小。施工期的生活污水、生产废水和生活垃圾均妥善处理，不向海域排放，不会对水质环境产生明显不利影响。

本项目运营期均不向海洋排污，不会对海洋生态环境产生影响。

本工程拟申请用海范围占用人工岸线共 776m ，新增人工岸线 752m ，项目所占用的岸线为规划的港口岸线，本项目建设是对港口岸线的有效利用，发挥港口岸线功能，本项目占用岸线是为合理，也不会造成自然岸线保有率降低。

本项目建设将对海洋生态的影响主要表现在底栖生物、浮游植物、浮游动物、鱼卵仔鱼和渔业资源的损失，本次生态修复金额为 875 万元，建设单位应落实本报告提出的生态修复措施，降低对周边海域生态环境的影响。另外，本项目施工期、运营期各项污染物落实相关环保措施，均不排海，不会对海域生态环境产生影响。

（4）海域开发利用协调分析

本项目利益相关者为福清市交通运输局、福州新港国际集装箱码头有限公司、福州市江阴工业区开发建设有限公司、下石村民委员会，利益相关者均已协调妥当。福州海事局作为协调部门，主要协调项目施工期间的通航安全。

本项目涉及利用历史围填海图斑 $350181-0074$ 、 $350181-0075$ 面积合计 6.3369hm^2 。2个图斑均位于福建省集中备案区域，本项目用海利用的围填海历史遗留问题图斑内的范围均已查处到位。

（5）与国土空间规划和相关规划符合性分析

本项目位于江阴港区建设集装箱泊位，符合《福州港总体规划（2035年）》中对江阴港区的功能定位及港区规划布置的要求。

本项目用海符合《产业结构调整指导目录（2024年本）》《福建省国土空间规划（2021-2035年）》《福建省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》《福州市国土空间总体规划（2021-2035年）》《福清市国土空间总体规划（2021-2035年）》《福州港总体规划（2035年）》等相关规划。

（6）项目用海合理性分析

本项目码头走向与《福州港总体规划（2035年）》码头前沿线一致，码头泊位建设规模也与规划相一致。大型集装箱码头作业区对地基强度、变形要求很高，对地基沉降敏感，集装箱堆场荷载巨大，对沉降要求严格，对地基荷载、稳定性也有较高要求。为保证港区安全稳定运营，港区用地必须通过填海造地形成，且项目后方已有陆域无法满足项目用地需求，只能通过填海造地形成陆域空间。因此，用海方式合理。

本项目设计年通过能力 61 万标箱，根据工程设计，本项目所需总用地规模为 24.3287hm²（不含护岸），本项目在充分利用周边陆域资源 12.9436hm²（利用已有土地证面积 4.0525hm²、利用历史围填海图斑面积 6.3369hm²和未利用地 2.5542hm²），还需通过新增填海造地 13.0824hm²形成有效陆域 11.3851hm²，才能满足项目生产规模的正常需求。本项目停泊水域宽度为船宽的 2 倍，取 65m，码头岸线长 325m，停泊水域用海需求为 2.1125hm²，其中 0.8598hm²位于福州港江阴港区 3 万吨级通用码头（以下简称“江阴港 1#泊位”）权证范围内，故本次申请停泊水域 1.2527hm²用海面积合理。

本项目为港口工程，除生态空间指标外，其余指标均符合《产业用海面积控制指标》（HY/T0306-2021）的要求。本项目属于新增填海项目，填海范围优先保障生产功能布局与工艺流程需求，合理控制填海规模，对生态空间指标进行相对的降低，符合集约节约用海的原则。根据《海港节约集约用海标准》（T/CAOE 69-2023），集装箱海港码头节约集约用海指标为 0.393，属于场地利用水平高。因此，用海面积合理。

本项目码头主体用海申请用海期限为 50 年，申请施工期用海 2 年，符合《中华人民共和国海域使用管理法》规定。

（7）用海结论

本项目建设用海是必要的，用海面积合理，申请用海期限符合国家有关规定，与周边的社会条件和自然条件相适宜。工程建设对所在海域的生态环境影响较小，落实相应的生态修复措施，对周边海域生态环境的影响可接受。项目与国土空间规划等相关规划相符合，与周边利益相关者已协调，在严格执行国家有关法律法规，切实落实生态建设和生态保护修复方案的前提下，从海域使用管理角度，本

项目用海可行。

1. 概述

1.1 论证工作由来

福州是我国沿海城市中最早发出“向海进军”宣言的城市之一。早在 20 世纪 90 年代，时任福州市委书记的习近平提出：“福州的优势在于江海、福州的出路在于江海、福州的希望在于江海、福州的发展也在于江海”。1994 年福州市出台《关于建设“海上福州”的意见》。20 多年来，历届福州市委、市政府坚持“一张蓝图绘到底”，一以贯之地推进“海上福州”建设。

福清市位于东南沿海之滨，福州新区南翼，东临台湾海峡，是福建省对台、对外交流合作的重要窗口。江阴港区地处福清市江阴半岛，是福建省重点打造的“两集两散两液”核心港区，是全国少有、福建优质的深水良港。历经近 20 年的开发建设，江阴港区产业集聚，港口建设初具规模，已成为福州市乃至全省重要的经济增长区域和重要港区。

江阴港城经济区是由福州江阴工业集中区和福建自贸试验区福州片区保税港区整合而成，重点依托港区，发展以临港石化、海洋产业、装备制造、国际航运物流、整车及零配件进出口贸易、大宗商品集散分拨、保税仓储物流等产业。近年来，随着临港工业园内的化工业、制造业和物流业等发展，港区货物吞吐量呈现高速增长势头。江阴港区是我省重点发展的集装箱干线港，近年来集装箱码头基础设施建设和智能化发展水平稳步推进。根据《福州港总体规划(2035 年)》，预测 2030 年江阴港区集装箱吞吐量约为 362 万标箱，与江阴港区 271 万标箱的集装箱设计通过能力相比，预计将存在 91 万标箱集装箱运力缺口。

因此，为满足江阴港城经济区临港产业发展对集装箱泊位的需求，有效补充港区集装箱运力缺口，福建江阴国际集装箱码头有限公司计划启动江阴港区 14# 泊位集装箱码头的建设工作。

2020 年 5 月 9 日，国家发展改革委印发《关于明确涉及围填海的国家重大项目范围的通知》（发改投资〔2020〕740 号），明确了涉及围填海的国家重大项目范围，对列入国家发展改革委会同有关部门编制印发的交通、能源、水利、石化等国家级专项规划的项目，属于国家重大项目。2022 年 7 月 27 日，交通运输部、国家发展改革委、自然资源部、生态环境部、国家林业和草原局联合印发《关于加强沿海和内河港口航道规划建设进一步规范和强化资源要素保障的通

知》（交规划发〔2022〕79号），明确具体项目名称列入《全国港口与航道布局规划》等的港航设施项目，属于国家重大水运项目。

目前，本项目已经取得交通运输部关于本项目使用港口深水岸线的批复（交规划函〔2025〕146号），同时也取得了福建省发展和改革委员会关于本项目的核准批复（闽发改网审交通函〔2025〕57号）和福建省交通运输厅关于本项目工程可行性研究报告的意见（闽交规函〔2025〕50号），详见附件1~3。

由于本项目码头为涉海工程，根据《中华人民共和国海域使用管理法》和《福建省海域使用管理条例》的规定和要求，项目建设应当开展海域使用论证工作。为此，福建江阴国际集装箱码头有限公司委托福建省环境保护设计院有限公司（以下简称“我司”）开展本项目的海域使用论证工作。我司为福建省人民政府国有资产监督管理委员会下属单位，不属于自然资源部下属企业，不在公布的《自然资源部全级次企业名单》中。经我司在现场勘查、调研以及收集了与本工程有关资料的基础上，按照《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）的要求，编制了本海域使用论证报告书。

1.2 论证依据

1.2.1 法律法规

（1）《中华人民共和国海域使用管理法》，第九届全国人大常委会，2002年1月起施行；

（2）《中华人民共和国海洋环境保护法》，第十四届全国人民代表大会常务委员会第六次会议，2023年10月24日第二次修订，2024年1月1日施行；

（3）《中华人民共和国湿地保护法》，第十三届全国人民代表大会常务委员会第三十二次会议通过，2022年6月1日；

（4）《中华人民共和国海上交通安全法》，第十三届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议，2021年9月1日起施行；

（5）《中华人民共和国水污染防治法》，第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十八次，2018年1月1日起施行；

（5）《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，中华人民共和国国务院，2018年3月修订；

（7）《中华人民共和国渔业法》，第六届全国人民代表大会常务委员会第

十四次会议，1986年7月1日起施行；

(8) 《中华人民共和国渔业法实施细则》，中华人民共和国国务院，1987年10月14日批准；

(9) 《中华人民共和国港口法》，第十届全国人民代表大会常务委员会第三次会议（主席令第5号），2004年1月1日起施行；

(10) 《中华人民共和国航道法》，第十二届全国人民代表大会常务委员会第十二次会议（主席令第十七号），2015年3月1日起施行；

(11) 《中华人民共和国自然保护区条例》，中华人民共和国国务院（国务院令第167号）（2017修订），1994年12月1日起施行；

(12) 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，（国务院令第698号），2018年3月19日起施行；

(13) 《中华人民共和国水生野生动物保护实施条例》，2013年12月7日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第二次修订；

(14) 《海岸线保护与利用管理办法》，国家海洋局，2017年3月起施行；

(15) 《海域使用权管理规定》，国家海洋局，2007年1月起施行；

(16) 《福建省海域使用管理条例》，福建省第十二届人民代表大会常务委员会第二十二次会议，2016年4月1日起施行；

(17) 《福建省海洋环境保护条例》，福建省第十二届人民代表大会常务委员会第二十二次会议，2016年4月1日起施行；

(18) 《福建省湿地保护条例》，福建省人民代表大会常务委员会，2023年1月1日起施行。

1.2.2 技术标准和规范

(1) 《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）；

(2) 《海域使用分类》（HY/T 123-2009）；

(3) 《宗海图编绘技术规范》（HY/T 251-2018）；

(4) 《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）；

(5) 《海域使用面积测量规范》（HY 070-2003）；

(6) 《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）；

(7) 《海洋监测规范》（GB17378-2007）；

- (8) 《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）；
- (9) 《海洋生物质量标准》（GB18421-2001）；
- (10) 《海水水质标准》（GB 3097-1997）；
- (11) 《产业用海面积控制指标》（HY/T 0306-2021）；
- (12) 《海港节约集约用海标准》（T/CAOE 69-2023）；
- (13) 《海洋倾倒物质评价规范 疏浚物》（GB 30980-2014）；
- (14) 《围填海工程填充物质成分限值》（GB 30736-2014）
- (15)《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234号），自然资源部，2023年11月；
- (16)《自然资源部国家发展改革委关于贯彻落实〈国务院关于加强滨海湿地保护严格管控围填海的通知〉的实施意见》，自然资规〔2018〕5号；
- (17)《国家发展改革委关于明确涉及围填海的国家重大项目范围的通知》，发改投资〔2020〕740号；
- (18)《交通运输部 国家发展改革委 自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强沿海和内河港口航道规划建设进一步规范和强化资源要素保障的通知》，交规划发〔2022〕79号；
- (19)《自然资源部关于规范海域使用论证材料编制的通知》（自然资规〔2021〕1号），自然资源部，2021年1月13日起施行；
- (20)《自然资源部办公厅关于进一步规范项目用海监管工作的函》，自然资办函〔2022〕640号
- (21)《自然资源部办公厅关于福建省围填海历史遗留问题处理方案集中备案审查意见的函》，自然资办函〔2024〕889号；
- (22)《自然资源部海域海岛管理司关于反馈福建省围填海历史遗留问题集中备案处理清单的函》，自然资海域海岛函〔2024〕69号；
- (23)《自然资源部办公厅关于〈海港节约集约用海标准〉等2个标准使用有关事宜的通知》，自然资办函〔2023〕2636号；
- (24)《福建省自然资源厅关于明确围填海历史遗留问题项目用海报批有关要求的通知》，闽自然资发〔2020〕11号；
- (25)《福建省自然资源厅关于印发〈新旧海岸线之间区域管控规则〉的通

知》，闽自然资发〔2024〕49号；

(26) 《围填海工程生态建设技术指南（试行）》（国海规范〔2017〕13号），原国家海洋局，2017年10月；

(27) 《围填海工程海堤生态化建设标准》（T/CAOE 15-2020）；

(28) 《农业农村部办公厅关于进一步明确涉渔工程水生生物资源保护和补偿有关事项的通知》，农办渔〔2018〕50号，2018年6月；

(29) 《农业农村部办公厅关于进一步做好水生生物增殖放流工作的通知》，农办渔〔2024〕5号，2024年5月；

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

(31) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》（原国家海洋局，2022年4月）。

1.2.3 相关规划和区划

(1) 《福建省国土空间规划（2021-2035年）》（国函〔2023〕131号），国务院，2023年11月；

(2) 《福州市国土空间总体规划（2021-2035年）》（国函〔2024〕185号），国务院，2024年12月；

(3) 《福建省“三区三线”划定成果》，福建省人民政府，2022年10月；

(4) 《福州港总体规划（2035年）》，交通运输部、福建省人民政府，2021年8月；

(5) 《水运“十四五”发展规划》，中华人民共和国交通运输部，2021年11月；

(6) 《福清市国土空间总体规划（2021-2035年）》（闽政文〔2024〕420号），福建省人民政府，2024年12月；

(7) 《福州市湿地保护规划（2014-2025）》（榕政综〔2015〕268号），福州市人民政府，2015年9月；

(8) 《福清市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）（2024年修编）》（融政综〔2024〕250号），福清市人民政府，2024年9月；

(9) 《江阴港城经济区（暨江阴镇、新厝镇）国土空间总体规划（2021-2035年）》，福州江阴港城经济区管委会、江阴镇人民政府、新厝镇人民政府，2022

年6月。

1.2.4 项目基础资料

(1) 《福州港江阴港区壁头作业区 14#泊位工程可行性研究报告》，福建省交通规划设计院有限公司，2025年3月；

(2) 《福州港江阴港区 14#泊位工程 1:2000 水深地形图及控制测量技术总结报告》，福建省交通规划设计院有限公司，2020年8月；

(3) 《福州港江阴港区壁头作业区 14#泊位工程可行性研究补充地质勘察》，福建省交通规划设计院有限公司，2025年1月。

1.3 论证等级和范围

1.3.1 论证等级

根据《海域使用分类》（HY/T 123-2009），本项目用海类型一级类为“交通运输用海”，二级类为“港口用海”。本项目码头及后方陆域用海方式一级类为“填海造地”，二级类为“建设填海造地”；停泊水域的用海方式一级类为“围海”，二级类为“港池、蓄水”；施工期疏浚的用海方式一级类为“开放式”，二级类为“专用航道、锚地及其他开放式”；根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234号），本项目用海类型为“交通运输用海”中的“港口用海”。

本项目拟申请用海总面积为 55.8579hm²，其中建设填海造地面积为 19.4193hm²（利用历史遗留围填海面积 6.3369hm²、新增填海造地 13.0824hm²）；港池、蓄水面积 1.2527hm²；港池连接水域疏浚申请施工期用海面积为 35.1859hm²。根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）规定的论证等级判据表，判定本项目的论证等级为一级（见表 1.3-1）。

表 1.3-1 论证工作等级判据一览表

| | 一级用海方式 | 二级用海方式 | 用海规模 | 所在海域特征 | 论证等级 |
|------|--------|--------|------------------------|--------|------|
| 导则规定 | 填海造地 | | 所有规模 | 所有海域 | 一级 |
| | 围海 | 港池 | 用海面积小于 100ha | 所有海域 | 三级 |
| | 开放式 | 其他开放式 | 所有规模 | 所有海域 | 三级 |
| 本项目 | 填海造地 | | 19.4193hm ² | 敏感海域 | 一级 |

| | | | | | |
|--|-----|-------|------------------------|------|----|
| | 围海 | 港池 | 1.2527hm ² | 敏感海域 | 三级 |
| | 开放式 | 其他开放式 | 35.1859hm ² | 敏感海域 | 三级 |

1.3.2 论证范围

按照海域使用论证技术导则的要求“一级论证范围以项目用海外缘线为起点向外扩展 15km”，结合项目用海情况、所在海域特征及周边海域开发利用现状，并覆盖项目用海可能影响到的全部区域，最后确定本项目的论证范围为兴化湾，西、北、南至兴化湾顶，东至兴化湾口（以《中国海湾志》中划定的兴化湾湾口），论证范围面积约 619km²，论证范围如图 1.3-1 所示。

图 1.3-1 本项目论证范围图

1.4 论证重点

本项目用海类型一级类属于交通运输用海，二级类属于港口用海，根据海域使用论证技术导则，对于该用海类型，海域使用论证重点参照表见表 1.4-1。

表 1.4-1 海域使用论证重点参照表（节选）

| 海域使用类型 | | 论证重点 | | | | | | | |
|--------|-------------------------------------|-------|----------|---------|---------|---------|------------|--------|----------|
| | | 用海必要性 | 选址（线）合理性 | 平面布置合理性 | 用海方式合理性 | 用海面积合理性 | 海域开发利用协调分析 | 资源生态影响 | 生态用海对策措施 |
| 交通 | 港口用海，包括港口码头、引桥、平台、港池、堤坝、堆场（仓储场）等的用海 | | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | | ▲ | ▲ |

本项目海域使用论证重点为：①项目建设必要性及用海必要性，②选址合理性，③平面布置合理性，④用海方式合理性，⑤用海面积合理性，⑥资源生态影响，⑦生态用海对策措施。

2. 项目用海基本情况

2.1 用海项目建设内容

- (1) 项目名称：福州港江阴港区壁头作业区 14#泊位工程
- (2) 建设单位：福建江阴国际集装箱码头有限公司
- (3) 建设性质：新建工程

2.1.1 地理位置

福州港江阴港区壁头作业区 14#泊位工程位于兴化湾北岸江阴半岛，地处福清市江阴镇下石村南侧海域，为规划的福州港江阴港区壁头作业区 14#泊位工程。项目地理位置见图 2.1-1。

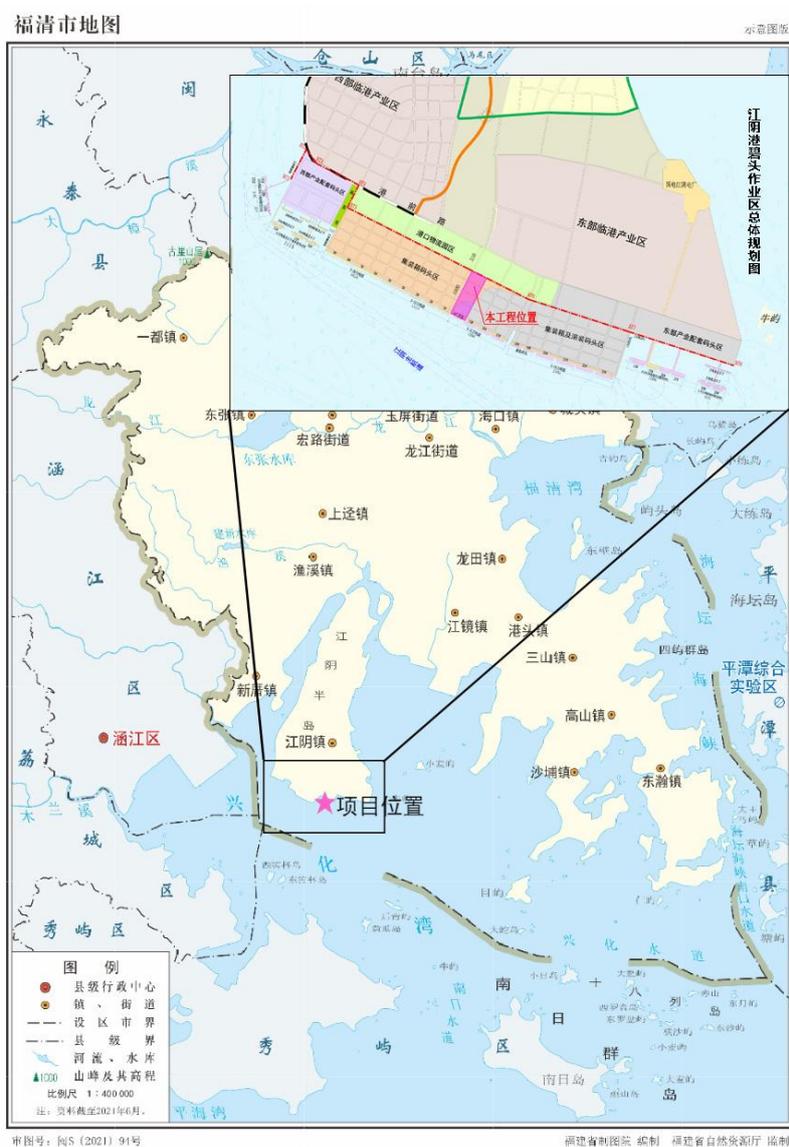


图 2.1-1 项目地理位置图

根据《福州港总体规划（2035年）》，江阴港区壁头作业区集装箱码头区可形成码头岸线4247m，共布置集装箱泊位13个，通过能力430万TEU，其中1#~4#泊位、14#~17#泊位规划为5~15万吨级，5#~9#泊位规划为5~20万吨级。

本项目位于江阴港区壁头作业区集装箱码头区，属于港规规划的14#泊位，东侧紧邻15#泊位，西侧紧邻1#泊位（见图2.1-2）。江阴港1#泊位原来为3万吨级通用泊位，后扩能为5万吨级集装箱泊位，码头岸线长320m，已建成运营。东侧为规划的15#泊位，规划为5~15万吨级泊位。

图 2.1-2 本项目与《福州港总体规划（2035年）》位置关系图

2.1.2 建设内容和规模

本项目拟建设5万吨级集装箱泊位1个（水工结构按10万吨级集装箱船设计）及相应配套设施，设计年通过能力61万TEU。主要经济技术指标见表2.1-1。工程投资总估算为124428.70万元。施工期3年。

表 2.1-1 本项目主要经济技术指标表

2.2 平面布置和主要结构、尺度

2.2.1 总平面布置

2.2.1.1 设计代表船型

根据到港船型分析预测，结合本项目建设规模，设计代表船型主尺度见表2.2-1。

表 2.2-1 设计代表船型尺度

集装箱：年设计通过能力61万TUE/年，其中各类集装箱所占比例：空箱25%，重箱75%（含零星危险品箱和冷藏箱）。

码头年营运天数：320天。

库场年营运天数：360天。

作业班制：三班制。

货物平均堆存天数：重箱平均堆存期7天，空箱平均堆存期10天。

2.2.1.2 水域平面布置

(1) 码头泊位长度

本项目建设的 14#泊位紧邻已建的 1#泊位布置。1#泊位设计船型为 5 万吨级集装箱船，1#泊位建设时已考虑了端部的船舶富余长度 30m。根据《海港总体设计规范》（JTS 165-2013），本项目按 1 个 50000DWT 集装箱泊位计算码头泊位长度为 325m。

（2）码头宽度

码头宽度主要考虑装卸货物和人车通道需求。根据码头的功能需求，码头前方作业区宽度取 52.4m。

（3）码头前沿停泊水域宽度

码头前沿停泊水域宽度取 2 倍设计船宽，停泊水域宽度为 65m。

（4）回旋水域

船舶回旋水域布置在码头泊位前方，回旋圆直径按 2 倍船长计算。根据设计船型尺度，回旋水域平面尺度按 5 万吨级集装箱船计算：回旋水域直径取 586m。

（5）高程设计

码头前沿停泊水域宽 65m，设计底高程-14.0m（当地理论最低潮面，本报告除特别说明外，高程基准面采用当地理论最低潮面）。船舶回旋水域布置在泊位正前方，回旋圆直径取 2 倍船长为 586m，设计底高程-13.8m。

根据《海港总体设计规范》计算，码头前沿顶高程基本标准在 8.45~9.45m，考虑邻近已建码头高程情况及远期与邻近 1#泊位共用码头装卸设备的需求，码头前沿顶高程取与邻近 1#泊位实测码头面高程一致，为+9.7m。

（6）航道现状

江阴进港航道现状已完成一期、二期建设，三期正在施工中。江阴港航道及锚地分布详见图 5.1-4。

江阴港区进港航道一期工程建设规模为从台湾海峡国际航线 C1 点~兴化水道口门 C2~C8 点，其中 C1~C2 航段为沿海航路，C2~C8 航段建设规模为 5 万吨级集装箱船舶不乘潮通航双向航道。该工程于 2002 年 12 月建成。

福州港江阴港区进港航道二期工程已于 2012 年 11 月 8 日通过交工验收。江阴港区进港航道二期工程自小月屿附近海域的 C2 点起，到江阴港区 13#泊位船舶回旋水域 C10 点止，全长 48.6km。C2~C9 段航道满足 10 万吨级集装箱船不乘潮单向通航的要求，同时满足 15 万 GT 船舶乘潮单向通航、5 万吨级集装箱船

不乘潮双向通航要求，C9~C10 段航道满足 5 万 GT 化学品船乘潮通航的要求。

C2~C8 航段有效宽度为 360m；C8~C9 航段有效宽度为 300m；C9~C10 航段有效宽度为 200m。C2~C6 段航道设计底标高为-18.4m；C6~C9 段航道设计底标高为-16.2m；C9~C10 段航道设计底标高为-14.5m。

福州港江阴港区进港航道三期工程为扩建工程，目前正在施工中，从小月屿附近的 C2 点起，至规划的江阴港区 12#泊位回旋水域末端 C10 点，全长 48.7km。C2~C9 航段建设规模按满足 15 万吨级（兼顾 20 万吨级）集装箱船单线通航要求考虑。C9~C10 航段建设规模按满足 5 万吨级危险品船舶（油船、化学品船或液化石油气船（LPG））全潮单线通航要求考虑。

根据工程区自然条件和航道条件，设计船型最大单线通航宽度为 180.71m。江阴港区进港航道自起点至本工程港池前沿段宽度 360m，可满足本工程设计船型的通航要求。

本项目航道设计底高程为-13.8m。回旋水域、连接水域局部水深较浅，需进行疏浚。江阴进港主航道自起点至本工程港池前沿设计底标高在-16.2m~-18.4m 之间，完全能够满足本工程各种设计船型通航要求。

（7）疏浚范围

码头停泊水域、回旋水域及航道连接水域的现状水深高程为-8.0~-20.8m（详见图 2.2-1），停泊水域设计底高程-14.0m，回旋水域设计底高程-13.8m，部分区域需进行疏浚，疏浚工程量（含炸礁）约 25.04 万 m³，码头基槽部分开挖量约 75.15 万 m³。港池疏浚物直接吹填到后方陆域；炸礁后弃礁运至码头基床前沿三角区回填。

本项目总平面布置图见图 2.2-1。

图 2.2-1 本项目总平面布置图

2.2.1.3 陆域布置

(1) 陆域总体布置

根据现状地形，本工程陆域前方由填海形成，后方利用现状陆域：西侧接已建 1#泊位陆域，北侧为现状陆域与后方疏港道路及江阴工业区仓储用地相接，东侧利用现状临时岸坡及新建护岸，南侧为码头平台；南侧新建码头平台、东侧新建护岸与现有陆域合围形成港区陆域。

本工程陆域形成总面积 24.3287 hm²，沿码头方向陆域宽度为 325m，垂直码头陆域纵深为 755~1000m。

根据《海港总体设计规范》（JTS 165-2013），港区陆域高程通常不宜低于极端高水位以上 0.3~0.5m，并满足港区自流排水要求。陆域高程=极端高水位+（0.3~0.5）=8.58+（0.3~0.5）=8.88~9.08m。综上计算，考虑方便与邻近码头陆域衔接，本工程陆域高程与已建 1#泊位陆域实测高程一致，为+9.2m

本工程利用后方 1#泊位与江阴工业区用地间的狭长区域布置进港道路连接至江阴疏港道路。进港道路中部设置卡口（两进两出+行政通道），配备边检岗亭和设备房。

考虑生产运营的需求，港区陆域自前沿向后依次布置集装箱重箱堆场、空箱堆场及生产、生活辅助建筑区。考虑远期与 1#泊位一体化运营的需求，重箱堆场布置型式采用与 1#泊位一致的轮胎吊布置。

为提高港区效益，生产调度、办公、住宿等配套设施利用 1#~5#泊位后方已建设施。拟建工程生产生活辅助设施仅布置变电所、水泵房（含水池）、候工楼、边检岗亭及卡口设备房。

港区内道路主、次分明，进港道路宽 27~29.6m，主干道宽 20m/15m，支道宽 9m。主干道与支道组成环形网络，布局合理，道路功能划分齐全，形成循环闭合的交通体系。

(2) 功能区布局

本项目港区陆域面积为 24.3287 hm²，港区陆域自前沿向后依次布置集装箱重箱堆场、空箱堆场及生产、生活辅助建筑区。生产生活辅助设施仅布置变电所、水泵房（含水池）、前方办公楼、边检岗亭及卡口设备房，以及道路、绿化等。各功能区面积见表 2.2-2，功能分区示意图见图 2.2-2。

表 2.2-2 港区陆域各功能区占地面积一览表

| 功能区 | | 面积 (hm ²) |
|-----|--|-----------------------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

图 2.2-2 本项目陆域各功能区分区示意图

2.2.2 构筑物主要结构、尺度

2.2.2.1 码头结构

码头与已建江阴 1#泊位相邻，从端部自西向东顺接连片式布置，码头前沿线与江阴 1#码头平齐，码头平台长 325m。码头面高程+9.7m，码头基床顶高程-15.5m，码头前沿设计底高程-14.0m，码头平台采用大型沉箱重力式结构，基础为 10~100kg 抛石基床，厚 3.5m，其下为 10~300kg 抛石换填层，基础持力层为强风化花岗岩。码头结构平面图及断面图见图 2.2-3~图 2.2-6。

抛石基床上预制安装 C40 砼沉箱，沉箱尺寸长×宽×高=19.13m×18.2m×18.0m，单个沉箱重约 3017t。沉箱格仓内回填 5~50kg 块石，沉箱后侧回填 10~100kg 抛石棱体，沉箱格仓内回填中粗砂。沉箱顶现浇 C40 砼胸墙，其项高程为 9.7m，集装箱岸桥前轨座落在砼胸墙上；后轨采用后轨桩结构。

为避免码头前沿上浪对码头面层的影响，码头前沿 33m 范围内采用现浇砼面层，自上而下依次为弯拉强度 5.0MPa 砼面层厚 250 mm、5%水泥碎石稳定层厚 300mm、碎石垫层厚 200mm。码头平台后侧采用砼联锁块面层，自上而下依次为砼联锁块厚 100 mm，中粗砂垫层厚 50 mm，5%水泥碎石稳定层厚 300mm、碎石垫层厚 200mm。

码头附属设施布置有：SUC1450H 三鼓一板橡胶护舷、2000KN 系船柱、DA-A500H 橡胶护舷、轨道、栏杆、水电箱及消防栓等。

图 2.2-3 本项目码头结构平面图

图 2.2-4 本项目码头结构立面图

图 2.2-5 本项目码头结构断面图 (A-A)

图 2.2-6 本项目码头结构断面图 (B-B)

2.2.2.2 陆域形成

本项目新形成陆域总面积为 24.33 万 m²。陆域设计高程+9.2m，陆域形成交地高程为+8.5m（面层厚度按 0.7m 计）。根据场地现状，主要通过开挖和回填形成陆域。陆域形成见图 2.2-7，主要工程量见表 2.2-3。

表 2.2-3 陆域形成工程量表

| 序号 | 项目 | 单位 | 工程量 | 备注 |
|----|------------------|-----|-----|----|
| 1 | 场地开挖杂填土 | 方 | | |
| 2 | 场地开挖硬化层 | 方 | | |
| 3 | 吹填本工程疏浚土 | 方 | | |
| 4 | 陆域回填 | | | |
| ① | 回填砂 | 方 | | |
| | | 方 | | |
| ② | 吹填区回填土 | 方 | | |
| ③ | 开挖区回填土 | 方 | | |
| 5 | 1#泊位东护岸抛填块石 | 方 | | |
| 6 | 倒滤层二片石垫层 | 方 | | |
| 7 | 5~100mm 混合碎石倒滤层 | 方 | | |
| 8 | 15kN/m 短纤针刺土工布两层 | 平方米 | | |
| 9 | 袋装土临时护面 | 方 | | |
| 10 | 泥结碎石路面厚 500mm | 平方米 | | |

图 2.2-7 本项目陆域形成平面图

(1) 回填区

陆域形成回填料利用港池疏浚土作为陆域吹填料填至+3.0m 后，回填中粗砂垫层至+4.5m 后施打塑料排水板，然后分级分层回填开挖砂土、海砂及堆载土料进行堆载预压。堆载预压完成后进行卸载，卸载后对回填料进行强夯+振动碾压处理，处理至陆域形成交地高程+8.5m。

(2) 开挖区

该区域由当地村民自行回填形成，至今已有 10 余年，现状部分场地作为沉箱预制场，场地东南侧现状岸线防护标准较低。

该区域现状场地高程大约为+8.4~+13.8m，对于超出陆域形成交地高程的区

域需进行开挖，开挖后进行强夯及表层振动碾压至陆域形成交地高程+8.5m。

考虑现状东南侧现状岸线防护标准较低，为防止波浪冲刷影响岸坡稳定，拟在陆域边界线上采用灌注桩排桩方案进行加固处理，加固范围为 180m（K0+410~K0+590）。桩基采用 $\Phi 1000\text{mm}$ 灌注桩，桩间距 2.0m，桩端持力层为中风化花岗岩，桩底高程-7.0m，桩顶部现浇混凝土帽梁，桩顶高程+9.0m。

（3）地基处理标准

地基处理后竣工标高：+8.5m（面层厚度按 0.7m 考虑）；

20 年工后残余沉降 $\leq 30\text{cm}$ ，工后差异沉降 $\leq 0.5\%$ ；

地基处理后承载力 $\geq 150\text{kPa}$ ；

地基顶面回填模量 $\geq 60\text{MPa}$ ；

地基顶面压实度 $\geq 95\%$ 。

（4）地基加固方案

通过对地质勘察资料分析，本工程软土层以表层淤泥、砂混淤泥为主，厚度约 7.4~12.5m 的软弱土层（淤泥、砂混淤泥），表现为高含水量、高孔隙比、低强度等特性，在比较大的回填荷载及预压荷载下将产生较大的垂直沉降变形和水平蠕动滑移，因此须进行地基处理。

回填区：待疏浚土吹填后先晾晒约 120 天（暂定），再在吹填土表层依次铺设一层土工垫和 1.5m 厚的回填中粗砂垫层，砂垫层顶高程约+4.5m。而后施打 C 型塑料排水板，排水板为正方形布置，间距为 1.0m，需打穿软土层并进入下部土层 0.5m。

砂垫层顶部分层分级回填砂料，并回填土料进行堆载预压，预压荷载根据不同区域使用情况分别取 60kPa 和 20kPa。堆载预压计划分两个区块进行，待第一区块预压沉降稳定即地基固结度达到 90%后，将堆载料卸载至第二区块进行预压。经初步测算，完成场地整体回填及预压时间约 24 个月（含晾晒落淤时间）。

卸载时考虑预留 0.7m 夯沉量，最终场地经强夯及碾压达到交地高程+8.5m。强夯单击夯能 3000kN·m，每点 8 击，满夯夯能 1000kN·m，点夯 2 遍、满夯 2 遍。施工时在码头后方、东侧护岸内侧以及邻近 1#泊位保留 30m 安全范围，该区域内采用分层碾压法进行加固，最后碾压整平至陆域形成交地高程+8.5m。

开挖区：先将表层对于超出交地高程（+8.5m）的区域挖除，其余部分利用

卸载料回填至+8.5m。待开挖回填结束后，进行强夯及表层振动碾压至陆域形成交地高程+8.5m。

结合场地地形及地质条件，已形成陆域的西南侧表层为回填层，但密实度较差，考虑采用 3000kN·m 强夯，再采用 1000kN·m 低能量满夯 2 遍。其余区域表层回填层较薄，且现状均为施工场地，仅进行低能量满夯。为不影响已建 1# 泊位安全运营，强夯边界与 1#泊位围墙之间预留 30m 范围采用分层振动碾压进行加固。

2.2.2.3 护岸

本工程护岸位于拟建陆域东南侧，采用半直立斜式抛石堤结构，总长 410m。护岸堤顶高程+9.2m，顶宽 7m。护岸采用抛石筑堤，设计高水位+50 年一遇波浪允许少量越浪考虑，越浪量控制在 $0.02\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ 以内；极端高水位+50 年一遇波浪的越浪量控制在 $0.05\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ 以内，护岸挡浪墙顶高程+12.3m。项目区陆域东侧受到波浪较大，综合结构安全、造价、施工质量、美观等因素的要求，护岸选用扭王字块体护面。

拟采用施打塑料排水板的排水固结法进行处理。因护岸基础范围内的砂混淤泥层判定为中等液化，在护岸施工前，需先对地基砂混淤泥层进行振冲密实加固，经检测标准贯入锤击数 ≥ 18 后，方可开展下一道工序。

护岸施工时，先在地面（或基槽开挖坡面）抛填 1.0m 厚的排水粗砂垫层，再施打塑料排水板，间距 1.0m，正方形布置，排水板应打穿软土层并进入下部土层 0.5m。排水板打设完成后依次铺设一层土工格栅及 0.3m 厚碎石垫层，再分层分级抛填堤心石。

a. 桩号 K0+000~K0+054.24

护岸端部与码头东侧岸壁相接。

b. 桩号 K0+054.24~K0+210

堤顶前沿设置一道现浇砼挡墙，墙顶高程+12.3m。外坡坡度 1:1.5，利用 1# 泊位 6t 扭王字块体护面，垫层为 1.1m 厚的 300~600kg 抛填块石，护坡外侧设置一级抛石棱体压载，其中：桩号 K0+054.24~K0+110 肩宽 4.084m，外侧压载平台宽 16.5m，高程-2.0m，棱体规格为 800~1100kg；桩号 K0+110~K0+210 肩宽 13.084m，外侧压载平台宽 13.5m，高程+0.5m，棱体规格为 200~600kg。坡脚处

抛填 100~200kg 块石护底。

堤身后侧依次铺设二片石垫层、5~100mm 混合碎石倒滤层及 15kN/m 短纤针刺土工布。

c.桩号 K0+210~K0+370

外坡护面采用 3t 扭王字块体，垫层为 0.9m 厚的 150~300kg 抛填块石，护坡外侧设置一级 200~600kg 抛石棱体压载，压载平台宽 19.8m，高程为+5.0m。坡脚处抛填 100~200kg 块石护底。堤身后侧依次铺设二片石垫层、5~100mm 混合碎石倒滤层及 15kN/m 短纤针刺土工布。

d.桩号 K0+370~K0+410

根据主管部门对项目用海的要求，东侧护岸接岸处采用直立式结构过渡。该段护岸主体结构为 $\Phi 1000\text{mm}$ 灌注桩排桩，桩间距 1.5m，内侧设置插板防止填料流失。桩端持力层为砂土状强风化花岗岩，桩底高程-15.0m，桩顶部现浇混凝土挡墙，墙顶高程+12.3m。

排桩外设置抛石棱体及抛石护底，内侧同样为堤心抛石及倒滤层设施。

码头东侧端部与护岸结构采用转角处增设沉箱的衔接过渡方案，码头平台与护岸衔接段结构立面图见图 2.2-8，护岸结构断面图见图 2.2-9~图 2.2-10，主要工程量见表 2.2-4。

表 2.2-4 护岸工程量表

图 2.2-8 本项目护岸与码头平台结构立面图

图 2.2-9 本项目护岸断面图 1

图 2.2-10 本项目护岸断面图 2

2.2.3 装卸工艺方案

(1) 装卸工艺流程

根据港区发展规模及总平面布置的特点，综合考虑技术适用性及灵活性、交通组织、堆场容量、协同作业、设备投资和维护保养等几个方面，经多方案比选，确定相应装卸工艺方案（见图 2.2-12~图 2.2-13）。装卸工艺如下：

①船←→场

集装箱船←→岸边集装箱装卸桥←→集装箱牵引拖挂车←→电力轮胎式集装箱龙门起重机←→集装箱堆场

集装箱船←→岸边集装箱装卸桥←→集装箱牵引拖挂车←→空箱堆高机←→空箱堆场

集装箱船（危险品集装箱）←→岸边集装箱装卸桥←→电动集装箱牵引拖挂车←→{轮胎式集装箱龙门起重机←→1#泊位 A09-A10 危险品堆场}

集装箱船（冷藏箱）←→岸边集装箱装卸桥←→电动集装箱牵引拖挂车←→{轮胎式集装箱龙门起重机←→4#、5#泊位冷藏箱堆场}

②场←→港外

重箱堆场←→电力轮胎式集装箱龙门起重机←→港外集装箱牵引拖挂车

空箱堆场←→电动空箱堆高机←→港外集装箱牵引拖挂车

③场←→库←→港外

重箱堆场←→电力轮胎式集装箱龙门起重机←→电动集装箱牵引拖挂车←→{集装箱箱内叉车←→1~5#泊位拆装箱库（与邻近泊位共用）←→叉车←→货主汽车}

注：{}不在本工程设计范围内。

另外，本项目兼顾运输危险货物集装箱，采用直取或在 1#-3#泊位危险货物集装箱堆场堆存，本项目只进行装卸，不设堆场。危险货物集装箱专用通道图 2.2-11。

危险货物水平运输分两种，一种为运输至 1#泊位 A9-A10 危险货物集装箱堆场堆存/可混堆部分运输至 2#、3#泊位 B09~B10、C09~C10 混堆堆场堆存，另一种为直装直取，即利用集卡完成闸口至码头作业区的运输，再通过岸桥完成装卸船作业。（直装：装船时，集卡将危险货物从场外运输至码头作业区，再由岸桥

装入船舶，不在码头或堆场存放；直取：卸货时，岸桥将危险货物集装箱卸至集卡，由集卡运输至港区外，不在码头或堆场存放）

码头前沿临海侧第一条车道为危险货物集装箱专用通道，危险货物集装箱专用通道与西侧 1#危险货物集装箱专用通道连接；可混堆危险货物集装箱通过专用通道经过 1#码头货物集装箱专用通道与西侧 2#、3#码头混堆危货集装箱专用通道连接；直装直取危险货物集装箱从进港闸口的专用通道进行装船作业，从与西侧 1#泊位相邻的通道出港区。

图 2.2-11 本项目危险货物运输行驶路线示意图

（2）装卸船工艺

综合考虑装卸作业效率、设备投资、集装箱码头自动化水平，本工程选择起重量 61t、外伸距 50m 的岸桥，外伸距满足靠泊 5 万吨级集装箱船要求，起重量满足装卸双 20 英尺集装箱需求。岸桥预留远程智能控制功能。岸桥后伸距下设置舱盖板放置区。根据相关资料统计，舱盖板的尺度不大于 14m×15m，重量不大于 40t。

（3）堆场工艺

①重箱

本工程重箱堆场采用电力轮胎式集装箱龙门起重机（又称电动轮胎龙门起重机）和轨道式集装箱龙门起重机两种方案进行比选。

方案一：集装箱重箱堆场采用轮胎式集装箱龙门起重机系统，是国内集装箱码头用得最多的工艺系统，在国内有着成熟的运行管理经验。本工艺设计设备选型采用电力轮胎式集装箱龙门起重机（ERTG），具有机动灵活、设备初始投资少、基础投资低等优点。电力轮胎式龙门起重机的跨距选用目前业内设计和制造都较为成熟的标准的“6+1”形式（即 6 列集装箱+1 条拖挂车通道），跨距为 23.47m，起重量 41 吨（吊具下），起升高度满足堆 5 过 6 的作业要求。

②空箱

空箱堆场采用电动空箱堆高机进行作业，空箱堆高机堆高 7 层。空箱堆高机具有堆码层数高、作业效率高，机动灵活、节约场地等特点。

③危险品箱

本工程码头装卸少量危险货物集装箱，部分危货集装箱直装直取，部门依托1#泊位危险品箱堆场堆存。危险品箱水平运输由港内集卡完成，危险品箱运输按规定路线行驶。1#泊位危险品箱堆场具有完善的配套的设施，共有301个箱位，年周转能力为约2.2万TEU。本工程危险品箱计算所需平面箱位数为61个。经复核，1#泊位危险品箱堆场周转能力可满足本工程危险品箱新增箱量堆存要求。

④冷藏箱

本工程仅考虑冷藏箱装卸作业条件，少量零星冷藏箱堆存依托已建4#、5#泊位的冷藏箱堆场。4#、5#泊位堆场共有冷藏箱位192个，年周转能力为3.5万TEU，可满足本工程零星冷藏箱堆存箱量要求。

⑤拆装箱

本工程集装箱拆装箱依托邻近1~5#泊位拆装箱库进行箱拆装箱作业。

(4) 水平运输工艺

本工程水平运输采用电动集装箱牵引拖挂车，为节约工程投资，电动集装箱牵引拖挂车采用租赁。

(5) 装卸机械设备

根据船型、货种、货量、流向和疏运方式以及前后方装卸机械能力相互适应的原则进行设备选型，并结合作业线数和工艺流程的需要确定设备数量。装卸机械设备见表2.2-5。

表 2.2-5 装卸机械设备配置表

图 2.2-12 本项目装卸工艺平面布置图

图 2.2-13 本项目装卸工艺断面布置图

（6）智慧码头建设

本项目着力实现“装卸自动化、运输无人化、调度智能化、生产环保化”，将江阴港 14#泊位打造成为绿色、安全、智慧港口。

①装卸工艺方面

本工程采用电力轮胎式集装箱门式起重机（ERTG），堆场上设置低架滑触线，采用低架滑触线上机。设备预留远控功能，可使用波导管或其他微米管技术；敷设光缆到机房需要转场时候 5G 网络基站的网络支持，实现堆场自动化作业。

电动集卡远期采用自动驾驶技术，通过线控底盘实现对底盘的油门、转向、刹车系统的远程精确控制；另外通过构建高精度矢量地图，对全局及局部的特殊动作进行建模和控制，实现动作规划和路径导航，从而实现了集卡的无人化，自动驾驶并可平稳行驶至装卸作业区。

②码头生产管理系统

码头生产管理操作系统（TOS）是用于管理和控制码头生产作业各个环节的计算机管理系统。系统由数据处理中心系统、数据通信网络系统、信息安全保障系统、码头生产操作系统、网络中心机房等构成。

③码头生产操作系统

码头生产操作系统主要包含集装箱生产经营管理系统和机械设备及物资管理系统。系统是以车、船、货物、库场、人力为基础，以生产作业为核心，以港口计费为结点，通过基于作业计划、协调、调度与控制的物流管理思想，对生产各职能的划分，将商务、调度、生产、库场部门紧密地联系在一起，形成环环相扣的集装箱码头优化作业流程，为港口企业的客户提供高效、便捷、透明的服务。

④智能照明系统

照明设计中采用节能新光源，合理布置灯具位置，采用一般照明与局部照明相结合的混合照明和充分利用自然光照等措施，以降低照明的能量消耗。

⑤绿色低碳港口建设

运输方式绿色化，能源结构低碳化；资源利用集约化，环境治理显著化；管理模式智慧化；施工过程绿色低碳化。

2.2.4 道路堆场

本工程道路主要包括进港道路、主干道、支道等，港区道路宽度为 29.6m、

27m、20m、9m。

(1) 道路、堆场面层结构

综合考虑运营期的使用要求及工程造价等因素，本阶段设计除卡口区及调车道外，道路面层推荐采用预制高强联锁块面层结构方案，发挥其地基不均匀沉降适应性强，在使用过程中易于调整与维修的优点。

港区道路：其结构层自上而下依次为：Cc50 预制砼联锁块厚 100mm、砂垫层厚 50mm、5%水泥稳定碎石层厚 400mm、级配碎石垫层厚 150mm。

卡口区：其结构层自上而下依次为：弯拉强度 4.5MPa 现浇混凝土面层 300mm、5%水泥稳定碎石垫层 200mm、级配碎石垫层 200mm。

调车道：其结构层自上而下依次为：弯拉强度 5.0MPa 现浇混凝土面层 400mm、5%水泥稳定碎石垫层 300mm、级配碎石垫层 150mm。

(2) 轨道基础

根据工艺布置方案，ERTG 跑道基础采用现浇 C35 钢筋砼条形基础，宽度 1500mm，高度 350mm，下设 C15 素混凝土垫层 100mm、5%水泥稳定碎石层 300mm，及级配碎石垫层 150mm；轨道式龙门吊基础采用现浇 C35 钢筋砼倒 T 型结构，顶宽 0.6m，底宽 4m，总高度 1.8m、下设 C15 素混凝土垫层 150mm、级配碎石垫层 250mm。

道路堆场面层结构及工程量见表 2.2-6。

表 2.2-6 道路堆场面层结构及工程量表

2.3 施工工艺和方法

本项目码头采用重力式沉箱结构，陆域采用“开挖整平+吹填疏浚土+回填海砂”形成，陆域布置集装箱重箱堆场、集装箱空箱堆场、道路、生产辅助建筑等。

2.3.1 施工方案

本项目施工工艺流程图见图 2.3-1。

图 2.3-1 本项目施工工艺流程图

本工程陆域填料考虑利用码头基槽疏浚料中的开挖砂及港池水域疏浚料。因此，陆域施工需与码头基槽开挖和水域疏浚进度相互协调。项目土石方整体施工

流程考虑如下：

码头基槽开挖施工时，首先对砂层以上的软土层进行开挖，经业主协调，该部分疏浚土运输至壁头作业区 18、19#泊位吹填造地；砂层以上软土层开挖完成后，利用采砂船采砂，该部分开挖砂料利用船上配置的简易皮带机输送至码头后方现有陆地堆存。

在码头及护岸主体合围后，开展港池水域疏浚施工。将水域疏浚土方吹填至填海区进行造地。局部礁盘区在上层软土开挖完成后，进行炸礁施工，炸礁弃渣用于码头基床前沿三角区的回填。

陆域吹填区吹填软土晾淤落晒完成后，铺设土工垫，而后利用后方陆地堆存的砂料及开挖整平区开挖砂土进行回填形成陆域，不足部分采用外购砂土回填。

2.3.1.1 主要工程施工顺序

1、码头工程

①基槽开挖

码头基槽挖泥主要采用 8m³ 抓斗式挖泥船挖泥配 2 艘 1000m³ 自航泥驳施工工艺。即抓斗式挖泥船挖泥→泥驳装舱→自航泥驳运石渣至后方回填→岸上抽泥泵吹填→自航返回，

码头基槽开挖涉及少量砂土状强风化岩层，建议采取有效措施如泡水软化后继续开挖、加大抓斗重量、采用冲击棒碎岩等方法。

②基床抛石、夯实及整平

基槽和基床抛石、夯实及整平施工顺序与基槽挖泥顺序相同。块石由 1000t 运石船海上运输至抛填现场，采用传统定位方驳配挖掘机进行抛石，基床夯实及整平分别采用锤夯船和整平机施工。

③码头主体工程施工

基槽开挖→沉箱预制、安装→现浇胸墙→回填块石→现浇面层及磨耗层。

2、港池水域疏浚（含少量炸礁）

在码头、护岸主体合围后，开挖港池水域疏浚施工。港池水域疏浚主要为淤泥及砂混淤泥等软土层，利用挖泥船开挖，吹填至码头后方填海区造地。

采用 8m³ 抓斗式挖泥船挖泥配 2 艘 1000m³ 自航泥驳施工工艺。即抓斗式挖泥船挖泥→泥驳装舱→自航泥驳运石渣至后方回填→岸上抽泥泵吹填→自航返

回。

港池水域疏浚涉及少量碎块状强风化岩和中风化岩，集中分布在礁盘区。礁盘区岩层采用炸礁施工，弃渣用于码头基床前沿三角区的回填。

3、护岸、陆域形成

护岸施工：地基液化层振冲密实处理→抛填排水中粗砂垫层→施打塑料排水板→堤心回填→内侧倒滤层施工→护面结构、挡浪墙施工。

陆域形成：码头、护岸主体合围→吹填疏浚土→回填排水中粗砂→施打塑料排水板→回填海砂→堆载预压→卸载→回填料加固处理→道路、堆场面层施工。

2.3.1.2 主要工程项目的施工方法

拟建工程主要工程内容为码头工程、护岸工程、陆域形成、地基处理、道路、堆场、生产生活辅助建构物及相应水电设施。

本工程推荐方案码头平台采用重力式沉箱结构，主体采用沉箱，基础为抛石基床及抛石基础；港池水域疏浚含少量炸礁；护岸采用抛石斜坡堤结构；陆域由开挖整平+吹填疏浚土+回填砂（土）形成。

根据本项目 2024 年春季沉积物调查结果可知，评价海域各调查站位沉积物中铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷、石油类、有机碳、硫化物指标均符合《海洋沉积物质量》第一类标准的要求，评价海域沉积物环境质量总体良好，均符合海洋环境保护规划的环境质量要求。工程所在海域的表层沉积物中各因子（石油类、铜、锌、铅、镉、总汞、铬、砷、有机碳、硫化物）的检测结果显示见表 3.2-35，各项指标均为未超过《海洋倾倒物质评价规范 疏浚物》（GB 30980-2014）表 1 中疏浚物类别化学评价限值的下限，从沉积物调查结果可知，工程疏浚物属于清洁疏浚物（I类）。同时工程所在海域的表层沉积物中各因子的检测指标均符合《围填海工程填充物质成分限值》（GB 30736-2014）第一类围海工程填充物质成分限值。因此，本项目疏浚物为清洁性疏浚物，可用于陆域回填。

根据福建省交通规划设计院有限公司 2025 年 1 月编制的工程所在海域的地质勘察报告，陆域区域场地表层主要为杂填土、填砂、素填土、抛石、填碎石；海域场地表层主要为淤泥混砂、淤泥、砂混淤泥、中砂，其下部揭露土层有粉质黏土、残积砂质黏性土、全风化花岗岩、砂土状强风化花岗岩、碎块状强风化花岗岩、中风化花岗岩。依据《疏浚岩土分类标准》（JTJ/T320-96）对港池区域

所揭露的地层的疏浚性质进行分级，并对其可挖性、用于管道输送性和用于填土的适宜性进行评价（见表 2.3-1）。整体来看，疏浚弃土不含有废料、城市生活垃圾、危险废物、木质废料、明显的大型植物碎屑和动物尸体等损害海洋环境质量的物质。

综上，本项目工程区疏浚物清洁，较适宜陆域回填。

表 2.3-1 疏浚岩土分类及性质评价表

(1) 港池疏浚

①港池疏浚

码头停泊水域、回旋水域及航道连接水域的现状水深均不能达到设计深度，港池水域的主要土质为淤泥、砂混淤泥、强风化花岗岩和中风化花岗岩。软土可用 8m^3 或 8m^3 以上抓斗挖泥船+泥驳施工，利用岸上抽泥泵吹填至码头后方填海区；

根据工程地质条件、环境、安全及经济等各种因素综合分析，疏浚采用 1:10 放坡疏浚，港池水域软土疏浚采用抓斗挖泥船施工并吹填至填海区，即抓斗式挖泥船挖泥→泥驳装舱→自航泥驳运石渣至后方回填→岸上抽泥泵吹填→自航返回，岸上配备 2 台 $800\text{m}^3/\text{h}$ 的抽泥泵将疏浚泥土进行吹填。港池疏浚范围见图 2.3-2，疏浚面积为 12.0670hm^2 ，疏浚工程量约 21.78 万 m^3 。

图 2.3-2 本项目疏浚范围图

②港池炸礁

江阴港区目前已建码头疏浚未涉及中风化花岗岩和碎块状强风化花岗岩。本工程炸礁区域土层主要为中风化花岗岩，含少量碎块状强风化花岗岩，其主要物理指标见表 2.3-2。本工程炸礁区域土层主要为中风化花岗岩，岩石饱和抗压强度 $>30\text{MPa}$ ，需进行爆破处理。

根据地质勘察报告，碎块状强风化花岗岩疏浚岩土分类级别为 15 级，可控性为困难~不适合。根据类似工程经验，该土层可采取特殊施工工艺进行施工，如泡水软化后继续开挖、加大抓斗重量、采用冲击棒碎岩等。但其施工速度慢、需要长期占用施工水域。经测算，炸礁区域土层主要为中风化花岗岩，碎块状强风化花岗岩工程量不大。同时考虑到炸礁区域邻近航道水域，如对炸礁区的碎块状强风化花岗岩采取特殊施工工艺施工需长期占用水域，对航道通航安全造成不利影响。因此，经综合研究分析后，炸礁区域的中风化花岗岩、碎块状强风化花岗岩开挖施工采用爆破炸礁工艺。

表 2.3-2 炸礁区域岩层物理指标

炸礁范围见图 2.3-3，炸礁面积约 0.63hm^2 ，炸礁工程量约 3.26 万 m^3 ，炸礁弃渣全部用于码头基床前沿三角区回填。

炸礁采用水下钻孔爆破施工方法，由炸礁船进行爆破施工，采用 8m³ 或 8m³ 以上抓斗船清礁，弃礁用 1000m³ 自航驳运至码头基床前沿三角区回填。水下钻孔爆破工艺采用毫秒微差延期爆破法。

主要工序流程为：炸礁船定位→水下钻孔→装药→起爆网络联接→炸礁船撤离→起爆→完成一次炸礁过程。清礁：抓斗船开挖→装泥驳→装卸上岸→泥驳返回装驳。

图 2.3-3 本项目炸礁范围示意图

由于现场施工条件较复杂，需根据实际情况布置炮眼，每次放炮炮孔数量不一样，故每次总装药量需根据实际情况而定，但每次装药量原则为不超过验算的装药量，如超过需另进行安全论证。爆破施工应严格遵守《水运工程爆破技术规范》（JTS 204-2008）的要求进行。

（2）码头工程

码头平台主体工程施工主要工序为：基槽开挖→基床抛石、夯实及整平→沉箱预制安放→沉箱内填料回填→墙后回填抛石、倒滤层→上部结构施工→码头附属设施安装。

①码头基槽开挖

本工程码头采用重力式沉箱结构。码头基槽挖泥主要采用 8m³ 抓斗式挖泥船挖泥配 2 艘 1000m³ 自航泥驳施工工艺。即抓斗式挖泥船挖泥→泥驳装舱→自航泥驳运石渣至后方回填→自航泥驳卸石渣→自航返回。

码头基槽含部分砂料，可采用采砂船采砂，利用船上配置的简易皮带机输送至码头后方现有陆地堆存。

码头基槽开挖涉及少量砂土状强风化岩层，考虑到江阴港 1#泊位的正常运营和结构安全，基槽开挖涉及的强风化岩层采取有效措施如泡水软化后继续开挖、加大抓斗重量、采用冲击棒碎岩等方法。

②疏浚物接纳可行性

③基床抛石、夯实及整平

基槽和基床抛石、夯实及整平施工顺序与基槽挖泥顺序相同。块石由 1000t 运石船海上运输至抛填现场，采用传统定位方驳配挖掘机进行抛石，基床夯实及

整平分别采用锤夯船和整平机施工。

本工程基床抛石采用 10~100kg 块石，基础抛石采用 10~300kg 块石，要求石料含泥量小于 5%，级配良好，锈斑、片状含量低，石料水中泡合强度 $\geq 50\text{MPa}$ ；抛石应遵从基槽挖泥顺序施工，抛填过程中随时进行水深测量，绘制水深图，以便指导抛填量和抛填部分，抛填需要在立面厚度上分层、水平方向分区进行施工。基床夯实采用重锤夯实法，夯实后需补抛处进行补抛，补抛后进行锤击满夯，然后进行基床整平（粗平→细平），整平质量要求按水工相关规范执行。

④沉箱预制安放

本工程码头水工结构采用重力式沉箱结构，为保证沉箱的预制质量，模板采用分层模板，内、外模与砼逐层交替上升浇筑成型的工艺。砼浇注采用泵送的方法。

预制沉箱达到设计强度后，采用气垫溜放、起重船协助半潜驳下水，拖轮拖带半潜船运输至现场安装。整个沉箱安放过程中，应采取防碰撞措施，加强箱壁保护，安放后沉箱上布设明显标志，以防过往船只撞坏沉箱。

⑤沉箱内填料

本工程沉箱内主要填料为块石，顶部为二片石，抛石量较大。沉箱安放后立即进行箱内的填料工作。抛填方法可采用水上皮带船抛填及趁潮直接抛石。沉箱箱格内回填过程中，注意相邻仓格高差不能超出设计要求。上部二片石应在箱内回填到位并验收合格后进行，一般采用民船运输、机械抛填，填石前应对沉箱顶部砼做局部保护，防止碰撞损伤。

⑥上部结构

上部结构施工主要有现浇胸墙，砼胸墙施工分段应与沉箱接缝位置一致，施工单位可分 2~3 层施工，并应处理好接缝质量问题。

⑦码头附属设施、设备安装

码头上的系船柱、橡胶护舷及钢轨等附属设施在码头建设后期进行安装，需提前进行护舷、钢轨等构件的选型采购、厂家制作。

码头胸墙后回填及处理施工完成后，结合码头面层工程进展，同步进行机械设备的施工，岸桥等设备应提早进行采购。中标厂家提早制作加工，按时运至码头安装。

(3) 陆域形成及地基处理

填海区：码头、护岸主体形成闭合区域→吹填港池水域疏浚土→吹填晾晒落晒→回填排水中粗砂垫层→施打塑料排水板→分级分层回填砂（土）→堆载预压→卸载后强夯→振动碾压→水电管线预埋→道堆面层施工。

开挖整平区：场地开挖→强夯→振动碾压→水电管线预埋→道堆面层施工。

①护岸工程

护岸施工：地基液化层振冲密实处理→抛填排水中粗砂垫层→施打塑料排水板→堤心回填→内侧倒滤层施工→护面结构、挡浪墙施工。回填块石采用陆上推填，用 30t 自卸汽车运送石料至现场倾倒，推土机推平，挖掘机进行理坡。

护岸所在场地存在软土层与液化土层，主要为淤泥 2-2、砂混淤泥 2-3、中砂 2-4 层。设计拟采用振冲密实+塑料排水板排水固结方案进行地基处理。首先，对护岸区域 20m 深度以内的液化土层进行振冲密实处理；而在原地面抛填 1.0m 厚的中粗砂垫层，其上施打塑料排水板，排水板采用正方形布置，间距 1.0m；排水板施打完毕后，分级分层回填堤心石。

②陆域形成及地基处理施工方法

a. 回填区

陆域回填区回填料采用吹填疏浚土+回填开挖砂土+回填海砂。

码头护岸合围后，首先利用港池疏浚土吹填至+3.0m 标高，其上回填中粗砂垫层至+4.5m 标高，而后施打塑料排水板，然后分级分层回填开挖砂土、海砂及堆载土料进行堆载预压。堆载预压完成后进行卸载，卸载后对回填料进行强夯+振动碾压处理，处理至陆域形成交地高程+8.5m。

疏浚土吹填施工工艺：在码头护岸主体工程合围后开始港池疏浚及吹填施工；港池疏浚采用抓斗挖泥船施工，由泥驳船输送至码头前方吹填。

本工程吹填土流失率按 7.5%计，根据工程经验，本工程吹填疏浚土工程较小，且施工周期较长，排水口外侧形成沉积鼓包的可能性较小。如实际施工产生沉积鼓包现象，由施工单位将沉积鼓包挖除，开挖土方用于陆域回填。

b. 开挖区

对于现状高程超出陆域形成交地高程的区域进行开挖，开挖后进行强夯及表层振动碾压至陆域形成交地高程+8.5m。

③道路堆场面层结构施工方法

道路堆场的施工主要包括浇筑水泥混凝土路面、高强砼联锁块面层的施工等，水泥混凝土路面施工配备专门的施工机械进行水泥振捣和浇筑，此外需配备材料的运输车辆等，施工方法及程序简单可靠。高强砼联锁块采用现场定型生产、人工铺设。

(4) 施工机械设备

本工程施工期间使用的主要大型施工船机设备主要有：抓斗式挖泥船、半潜驳、起重船、拖轮、自航泥驳、吹泥船、打夯船、抛石船、装载机、自卸汽车、抽泥泵等，施工机械设备详见表 2.3-4。

表 2.3-4 本项目主要施工机械设备一览表

2.3.2 土石方平衡方案

本项目港池需疏浚，疏浚面积为 12.0670hm²，疏浚量约 25.04 万 m³（含炸礁弃渣），全部回填于本项目陆域堆场造地区。基槽开挖量约 75.15 万 m³，

本项目土石方平衡表详见表 2.3-5、图 2.3-4。

表 2.3-5 本项目土石方量一览表（单位：万 m³）

图 2.3-4 本项目土石方平衡图

2.3.3 施工计划

根据施工条件、工程量及施工特点，预计本项目建设总工期为 3 年（见表 2.3-6），码头工程及疏浚（含炸礁）施工约 22 个月。

表 2.3-6 本项目施工进度表

2.4 项目用海需求

根据《海域使用分类》（HY/T-123-2009），本工程用海类型为“交通运输用海”之“港口用海”；根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》，本工程用海类型为“交通运输用海”中的“港口用海”。工程用海内容包括港区填海造地及码头港池，用海方式分别为“建设填海造地”和“港池、蓄水”，主体工程申请用海总面积为 20.6720 hm²，其中填海面积为 19.4193 hm²，港池、蓄水面积 1.2527 hm²，拟申请 50 年的用海期限。

此外，工程回旋水域和连接航道现状水深无法满足设计要求，需要进行疏浚（含炸礁）。根据施工进度安排，施工期约 22 个月。因此，拟申请施工期用海，用海方式为“航道、锚地及其他开放式”，用海面积 35.1859 hm²，考虑施工过程中存在影响工期的不确定因素等工作需要，拟申请 2 年的用海期限。

2.5 项目用海必要性

2.5.1 项目建设必要性

（1）是进一步提升福州港集装箱运输能级，为加快福建省向世界一流港口迈进增添新动力的需要。

福建向海而兴，深水港口岸线资源居全国前列，拥有三都澳、罗源湾、兴化湾、湄洲湾、泉州湾、围头湾、厦门湾和东山湾等优良天然港湾。独一无二的岸线资源赋予福建大力发展海洋经济的天然优势，得天独厚的港口资源成为福建海洋经济发展的强大引擎。

江阴港区位于兴化湾北岸中部，是福建省集装箱运输重点港区。目前港区已连片式开发 1#-7#共 7 个集装箱泊位，江阴 14#泊位紧邻 1#泊位东侧，建成后可与江阴 1-7 号泊位形成连片开发和规模效应。当前在国家“交通强国”“高质量发展”“国内国际双循环”等宏观战略的引导下，在闽东北协同区和港口型国家枢纽建设等发展的驱动下，加快推动江阴港区连片式开发建设，将资源优势转化为发展优势，打造规模化、现代化、智慧化的港口码头群，是进一步提升福州港集装箱运输能级，为加快推动福建省向“安全便捷、智慧绿色、经济高效、支撑有力、世界先进”的世界一流港口迈进增添新动力的需要。

（2）是贯彻落实《全国港口与航道布局规划》，推动重点项目尽早开工建设的需要。

沿海和内河港口航道是国家综合立体交通网的重要枢纽节点和通道，在建设现代化产业体系、推进高水平对外开放、服务构建新发展格局中具有重要作用。2023年7月21日，国家发展改革委、交通运输部印发《全国港口与航道布局规划》（发改基础〔2023〕1026号），“福州港江阴壁头14号泊位”列入该规划第33页专栏11沿海大型集装箱码头重点工程清单。本项目“福州港江阴港区壁头作业区14#泊位工程”与“福州港江阴壁头14号泊位”为同一项目，属于国家重大项目。

因此，本工程建设是贯彻落实《全国港口与航道布局规划》，推动重点项目尽早开工建设的需要。

（3）是适应吞吐量增长，提升江阴港区综合服务能力，更好地服务腹地经济产业发展的需要。

根据《福州港总体规划（2035年）》，福州港集装箱运输主要布局在江阴港区壁头作业区和闽江口内港区青州作业区。其中，江阴港区壁头作业区主要承担近、远洋干线运输，兼顾内贸运输；闽江口内港区青州作业区主要承担内贸运输，兼顾内支线运输。目前，闽江口内港区青州作业区码头岸线已开发完毕。

江阴港区集装箱通过能力预计可达到271万TEU，与市场预测2030年吞吐量362万TEU存在约91万TEU的能力缺口。因此，江阴港区需要新建集装箱泊位补充运力缺口。

本项目拟建设5万吨级集装箱泊位1个（水工结构按10万吨级集装箱船设计建设），设计年通过能力61万TEU，本项目建成后将有效补充港区集装箱运力缺口。因此，启动本项目建设是适应吞吐量增长，提升江阴港区综合服务能力，更好地服务腹地经济产业发展的需要。

综上所述，本项目的建设是必要的。

2.5.2 项目用海必要性

（1）陆域资源的紧缺，无法满足港区配套陆域的需求。

本项目周边无可利用地块，项目设计通过能力为61万TEU，根据平面设计方案所需陆域总面积24.3287hm²（不含护岸），平面布置已将后方可利用陆域范围全部利用（表2.5-3、图2.5-4），面积合计12.9436hm²（含利用历史围填海图斑6.3369hm²），在全部利用本项目选址区域尚未开发利用陆域的情况下，仍

无法满足项目建设需求，需要通过围填海形成部分陆域空间，新增填海成陆面积约 11.3851hm²，建设集装箱码头前沿作业区、堆场、辅助区等，弥补码头后方陆域供地不足问题。

因此，本项目通过填海造地形成陆域是必要的。

表 2.5-3 本项目各地块组成一览表

图 2.5-4 本项目周边陆域现状情况分布图

(2) 港口码头项目对海域资源的依赖性

福州港性质为国家综合运输体系的重要枢纽，是海峡西岸经济区开发开放的重要依托，是福州市、宁德市和平潭综合实验区经济发展的重要依托，是海峡西岸对台“三通”的主要口岸。江阴港区壁头作业区以集装箱运输为主，并为后方化工、能源电力等临港产业发展服务。集装箱码头区可形成码头岸线 4247m，共布置集装箱泊位 13 个，本工程为江阴港区壁头作业区 14#泊位，位于规划的集装箱码头区。对于海运工程，需要占用一定的港口泊位岸线和后方陆域作业区，码头港池也需使用一定的海域空间。工程建设内容包括码头及作业区、堆场、辅建区、围堤、港池等，均为集装箱港建设的必要组成部分，是码头营运期船舶靠泊的必备条件，因此必须占用一定面积的海域。本项目陆域按照不同功能区集中布置，充分利用海域资源优势，符合集约型用海的发展思路，符合港区整体建设发展需要。因此项目填海造地用海是必要的。

码头停泊水域的用海方式为“港池、蓄水”。停泊水域是船舶停靠、装卸时使用的水域，是港口码头工程必需的配套水域，为保证码头安全、稳定、高效运营，“港池、蓄水用海”是必要的。

此外，船舶回旋水域及航道连接水域也是港口运营的必要组成部分，目前，回旋水域和连接航道的现状水深均不能达到设计深度，需进行疏浚和炸礁工程。施工工期约 22 个月，施工作业需要占用海域进行疏浚，具有一定的排他性。

综上，本项目建设 and 用海均是必要的。

3. 项目所在海域概况

3.1 海洋资源概况

3.1.1 海岸线资源

福清是国家一类开放口岸，拥有江阴、元洪两大港区，海岸线长 408km。其中江阴港区位于省内的最大海湾——兴化湾北岸中部，岸线长达 8.37km，纵深可达 1.5km，可建 3~30 万吨泊位 30 余个；本项目海域海岸线现状为人工岸线，将占用长度为 776m。

3.1.2 滩涂资源

根据《福清市养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》，福清市海域分福清湾、兴化湾北部及福清沿岸三个部分，总面积 911.0km²，其中浅海 539.2km²，滩涂 317.0km²，围垦区面积 54.8km²。兴化湾位于福清市南部，南与莆田相邻，东与兴化水道相连，湾内北部为福清海域，其面积为 424.91km²，其中浅海 254.1km²，滩涂 136.2km²，垦区水面 34.61km²。湾内地势平坦，底质以软泥质底质为主，局部为沙质底，湾口附近还有少量礁石底。

兴化湾北部毗邻福清湾国家级重要湿地，处于东亚及澳大利亚候鸟的迁徙通道上，拥有广阔的滩涂和大量的水产池塘，许多候鸟在此迁徙停歇或越冬，是福建省重要的滨海湿地。江阴半岛西侧有福清兴化湾水鸟省级自然保护区，位于福建省海湾内湿地面积最大、湿地生态系统优良的兴化湾湿地北岸，以黑脸琵鹭、黑嘴鸥等众多珍稀濒危动物物种、丰富水鸟资源和滨海湿地生态系统为主要保护对象，多项指标达到国际重要湿地标准。总面积 7518.36hm²，其中核心区面积 2282.66hm²，实验区面积 5235.70hm²。

3.1.3 岛礁资源

福清市海岛资源丰富，海域内分布有海岛 170 多个，其中有居民海岛 8 个，海岛总面积约 16km²，主要集中分布在兴化湾北侧、海坛海峡西侧海域，较大的无居民海岛有福清过屿、大礁山、仁屿、太子屿、目屿、大蛇岛、北牛屿、黄官岛等。境内有近一半无居民海岛有不同程度的开发，以当地群众自发的渔业生产为主。项目用海区附近的海岛有牛屿、青屿、鲨屿、笔架岛和大白礁，邻近的岛

屿有小麦屿和桃仁屿。

图 3.1-1 项目附近岛屿分布情况

3.1.4 港口资源

江阴港区是福州港集装箱运输重点港区，也是兼顾汽车滚装、散杂货及液体化工品等货类运输的综合性港区。截至 2024 年底，江阴港区共有生产性泊位 23 个，设计年通过能力 4289 万吨，其中集装箱泊位 6 个，集装箱通过能力 213.6 万标箱，2024 年完成货物吞吐量 4822.9 万吨，其中集装箱 245.2 万标箱。壁头作业区已建的泊位包括江阴 1#~5#集装箱泊位、国电江阴 25#煤炭泊位以及 10#~13#液体散货泊位。

壁头作业区以集装箱运输为主，并为后方临港产业发展服务，自西向东依次布置西部产业配套码头区、集装箱码头区、集装箱及滚装码头区和东部产业配套码头区。东部产业配套码头区主要满足东部临港产业区的运输需求，规划布置通用及散货泊位和液体散货泊位，其中通用及散货泊位区采用栈桥式布置，包括电厂煤炭泊位共形成码头岸线 1200m，布置 5~20 万吨级泊位 4 个；液体散货泊位区采用栈桥式布置，可形成码头岸线 1185m，最外侧布置 5~10 万吨级泊位 2 个，内侧布置万吨级及以下泊位 8 个。

兴化湾主要有兴化水道和南日水道两条进出港水道，这两条水道都具备全天候进出 5 万吨级船舶的条件。目前已开辟江阴锚地、引航备用锚地、白屿东锚地、塘屿南锚地、小月屿锚地、小月屿 15 万吨级锚地共 6 处锚地。

3.1.5 渔业资源

福清市周边海域位于台湾海峡西北部，东海南部，地处亚热带，气候温和，是闽中渔场的一部分，自然环境较优越，渔业资源较丰富，种类繁多。分布在该海域的鱼类主要由两类：一是暖水性种类，以鲷科、鳀科和石首鱼科等种类为代表；二是暖温性种类，以鲳科、舌鳎科和虾虎鱼科等种类为代表。一般没有冷水性和冷温性种类出现。

福清市周边海域游泳动物主要分为 4 种生态类群：1) 洄游性类型：多为集群性强作季节性洄游，常在生殖季节或幼鱼幼体索饵育肥季节游入该海域，这一

类型的种类主要有带鱼、大黄鱼、鳓鱼、银鲳、乌鲳、白姑鱼、海鳗、蓝圆鲹、竹荚鱼以及虾蟹类中的哈氏仿对虾、三疣梭子蟹、红星梭子蟹等经济种类为主；2) 近岸性类型：主要有黄鲫、日本鳀、赤鼻棱鳀、凤鲚、龙头鱼、鹿斑鲷以及中国毛虾等，多为小型鱼种；3) 河口性类型：由于沿岸江河水冲注入海，某些鱼种在半咸淡水生活，主要由斑鲈、黄姑鱼、棘头梅童鱼以及脊尾白虾等；4) 栖居性类型：以舌鳎类和虾蛄类等为主，主要在浅海底层生活，移动范围小。

根据本项目 2024 年兴化湾海域生态环境调查，主要经济鱼类有二长棘鲷、皮氏叫姑鱼、颈斑鲷、黄鲫、鹿斑鲷。

3.1.6 矿产和旅游资源

福清市凭借海岸线绵长、滩涂广阔，受季风影响，风能资源丰富的天然优势，大力发展风电能源。福清海坛海峡海上风电场项目、福清兴化湾海上风电场项目等多个项目正加快建设。福清市积极响应国家发展战略性新兴产业政策，充分发挥区位和资源优势，发展核电能源。福清境内发现各类矿产 22 种，矿藏有铁、银、铜、锰、铀、泥炭、铝土、石棉、石英、云母、绿泥石、叶蜡石、耐火粘土、萤石、石墨和石灰岩。全市共有矿（区）床 85 处（包括已停采矿山），其中非金属矿 79 处，矿泉水 3 处，金属矿 2 处，地热 2 处。福清市全市开发利用的矿产主要为建筑用石料、饰面用石材、叶蜡石。其中叶蜡石保有资源储量 1370.63 万吨，居福州市首位，2016 年底的资源储量为 651.94 万 m³。

兴化湾岛礁遍布，具有许多独特的海岛地貌景观，是开展海岛观光、休闲度假的理想旅游资源。根据《福清市城市总体规划》，小麦屿和球尾沙滩自然风光优美，可规划建设为海滨游览区、度假村、海滨浴场、高尔夫球场、跑马场等。目前兴化湾海域内已开发利用的旅游资源主要有目屿海岛度假旅游区、小麦岛海上乐园、球尾海滨沙滩和柯屿—过桥山度假区等。

3.2 海洋生态概况

3.2.1 气候与气象

本节引用《福州港江阴港区壁头作业区 14#泊位工程可行性研究报告》中气象水文资料。江阴半岛属亚热带海洋性季风气候，温暖湿润，季风明显，夏长冬

短，日照充足，雨水充沛，冬无严寒，夏无酷暑。本港区无实测气象资料，根据其地理位置，气象资料可参照距本港区 55 公里的平潭气象站（站址北纬 25°31′，东经 119°47′，海拔 46.4 米）的资料进行统计分析。

（1）气温

多年平均气温 19.5℃；历年最高气温 37.4℃；历年最低气温 0.9℃；日最高气温>35℃ 的日数，多年平均为 1 天。

（2）降水

多年平均降水量 1151.5mm，最多年降水量 1862.8mm。历年月最多降水量 710.5mm，一日最大降水量 297mm。全年>25mm 的降水日数平均 11.8 天。

（3）风况

本地区风况总体上是冬季以东北风为主，夏季以台风影响最大为特征。强风向为 NNE，频率 36%，最大风速 40m/s，全年大于六级风的平均延时为 13.9 天，具体详见下表和下图。

表 3.2-1 风速的月变化统计表

图 3.2-1 风玫瑰图

（4）光照湿度

区域全年平均日照时数约为 2025 小时，日照百分率为 45%，年太阳辐射量 117.51kcal/cm²；全年无霜期平均 347 天。区域多年平均雾日数为 23 天，多出现在 3~5 月份（春季）；多年平均相对湿度 77%，6 月份平均相对湿度最大。多年平均雷暴日约 20 天，在海洋性气候的调节作用下，当地多年平均相对湿度为 81%，且以 6 月份平均相对湿度为最大，达 85%，11 月份最干燥，为 74%。

3.2.2 水文动力

本节内容秋季调查引至自然资源部第三海洋研究所编制的《新材料一体化项目海洋水文观测专题报告》，春季调查引至福建省环境保护设计院有限公司编制的《福州港江阴港区 14#泊位工程海洋水文专题水文观测报告》。

3.2.2.1 观测时间和站位

春季海洋水文观测期间布设 2 个潮位站（T1 江阴 1 号泊位短期潮位站、T2 牛头尾短期潮位站），布设 9 个水文泥沙观测站；秋季海洋水文观测期间布设 2 个潮位站（T1 牛屿短期潮位站、T2 牛头尾短期潮位站），布设 8 个水文泥沙观测站；两季进行了包括流速、流向、悬沙含量、底质等的观测。观测时间及站位见表 3.2-2、表 3.2-3 和图 3.2-1 和图 3.2-2。

表 3.2-2 海洋水文观测时间表

表 3.2-3 秋季海洋水文观测站位坐标及观测项目

图 3.2-2 秋季水文观测站位布设示意图

表 3.2-4 春季海洋水文观测站位坐标及观测项目

图 3.2-3 春季水文观测站位布设示意图

3.2.2.2 潮汐

对春、秋两季 2 个潮位站一个月的潮位实测资料进行特征值统计，得到 2 个站的潮汐特征值，如表 3.2-5~表 3.2-6 所示。

（1）潮位特征值

①春季

1) 平均潮位

T1 潮位站、T2 潮位站的平均潮位分别为 28cm、26cm。

2) 高、低潮位

T1 潮位站、T2 潮位站的最高潮位分别为 390cm、363cm，最低潮位分别为 -338cm、-313cm。

3) 潮差

T1 潮位站、T2 潮位站的最大潮差分别为 734cm、680cm。

4) 平均涨、落潮历时

2 个潮位站平均涨潮历时略短于平均落潮历时。T1 站的平均涨、落潮历时

分别为 6:03 和 6:21, T2 站的平均涨、落潮历时分别为 6:05 和 6:20。

表 3.2-5 春季各潮位站潮汐特征值统计表

②秋季

1) 平均潮位

T1 牛屿站和 T2 牛头尾站的平均潮位分别为 40cm 和 39cm。

2) 高、低潮位

T1 牛屿站和 T2 牛头尾站的最高潮位分别为 403cm 和 391cm, 最低潮位分别为-343cm 和-332cm。

3) 潮差

T1 牛屿站和 T2 牛头尾站的最大潮差分别为 744cm 和 720cm。

4) 平均涨、落潮历时

2 个潮位站均为平均涨潮历时短于平均落潮历时。T1 牛屿站的平均涨、落潮历时分别为 6:02 和 6:22, T2 牛头尾站的平均涨、落潮历时分别为 6:05 和 6:19。

表 3.2-6 秋季各潮位站的潮汐特征值统计表

(2) 潮汐性质

对春、秋两季 2 个潮位站各 1 个月的潮位实测资料进行调和与分析, 得到 2 个站的调和常数(春、秋分别见表 3.2-7、表 3.2-9)。

根据最主要的日分潮 K_1 、 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。

$$\text{凡 } \frac{H_{K_1} + H_{O_1}}{H_{M_2}} < 0.5 \text{ 者, 属于正规半日潮;}$$

$$0.5 < \frac{H_{K_1} + H_{O_1}}{H_{M_2}} < 2.0 \text{ 者, 属于不正规半日潮;}$$

$$2.0 < \frac{H_{K_1} + H_{O_1}}{H_{M_2}} < 4.0 \text{ 者, 属于不正规日潮;}$$

$$\frac{H_{K_1} + H_{O_1}}{H_{M_2}} > 4.0 \text{ 者, 属于正规日潮。}$$

表 3.2-8、表 3.2-10 分别为春、秋季各潮位站潮汐性质特性统计表。由表可

见，春季 T1、T2 站的潮型判别数值 $\frac{H_{K1} + H_{O1}}{H_{M2}}$ 分别为 0.310、0.280，均小于 0.50，属于正规半日潮；秋季 T1 牛屿站和 T2 牛头尾站的潮型判别数值分别为 0.241 和 0.245，均小于 0.50，属于正规半日潮。

表 3.2-7 春季各潮位站调和常数计算成果表

表 3.2-8 春季各潮位站潮汐性质特性统计表

表 3.2-9 秋季各潮位站的调和常数计算成果表

表 3.2-10 秋季各潮位站的潮汐性质特性统计表

(3) 基面关系图

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如图 3.2-4~图 3.2-5 所示。

a 春季

b 秋季

图 3.2-4 春秋季各站基面关系图

图 3.2-5 工程区各基准面关系图

3.2.2.3 潮流

(1) 实测海流分析

分别将春、秋两季观测期间的实测海流资料整理成流速、流向海流观测报表。春季大潮期间各站的涨、落潮流垂线平均流向见图 3.2-6；秋季大潮期间各站的涨、落潮流垂线平均流向见图 3.2-7。从垂线平均流矢图可以看出：

春季调查期间，受地形环境影响，各站涨潮流向均指向港内，落潮流向均指向港外，均呈现明显往复流的性质。江阴港口门处的水道处测站 7#、8#、9#测站流速略大于港内其余各站流速，且各站均表现随水深增加流速变小的趋势。

秋季调查期间，涨潮时，来自兴化湾外的潮波一部分经由江阴主航道等水道向湾内方向传播；退潮时，则大致沿涨潮相反方向退出。受水道束缚等影响，各站主要表现为往复流形态，口门处的水道处测站 6#、8#测站流速略大于港内其余各站流速，其他各站呈现水深增加流速变小的现象。

图 3.2-6 春季大潮垂线平均流矢图

图 3.2-7 秋季大潮垂线平均流矢图

①最大流速

春、秋两季各站大潮期间实测海流逐时分层流速最大值统计表见表 3.2-11、表 3.2-12，由表可见：

春季调查期间，工程海区最大涨潮流速出现在大潮 7#测站表层 5 月 10 日 21:30 测次，为 135cm/s，最大落潮流速为 100cm/s，出现在 7#测站表层 5 月 10 日 15:00 测次。位于江阴港口门水道处的 7#、8#、9#测站涨潮流最大流速分别为 135cm/s、123cm/s、95cm/s，落潮流最大流速分别为 100cm/s、86cm/s、96cm/s；位于江阴港内侧的 1#~6#测站涨潮流最大流速分别为 67cm/s、91cm/s、65cm/s、51cm/s、78cm/s、48cm/s，落潮流最大流速分别为 87cm/s、93cm/s、88cm/s、79cm/s、75cm/s、62cm/s；秋季调查期间填海区与牛屿之间的 1#站实测涨、落潮最大流速分别为 80cm/s 和 60cm/s；拟建泊位前沿的 2#实测涨、落潮最大流速分别为 80cm/s 和 49cm/s，3#实测涨、落潮最大流速分别为 72cm/s 和 46cm/s；填海区前沿的 7#站实测涨、落潮最大流速分别为 40cm/s 和 35cm/s；江阴主航道的 4#站实测涨、落潮最大流速分别为 90cm/s 和 79cm/s，5#站实测涨、落潮最大流速分别为 92cm/s

和 71cm/s, 6#站实测涨、落潮最大流速分别为 88cm/s 和 86cm/s。沙屿附近水道的 8#站实测涨、落潮最大流速分别为 84cm/s 和 88cm/s。

表 3.2-11 春季实测海流逐时分层流速最大值统计表（大潮）

表 3.2-12 秋季实测海流逐时分层流速最大值统计表（大潮）

②垂线平均流速、流向

春季大潮期间各站的涨、落潮流速流向矢量图见图 3.2-6、图 3.2-7；秋季大潮期间各站的涨、落潮流速流向矢量图见图 3.2-7，春季各站垂线平均、最大流速、流向的计算结果见表 3.2-13 所示；秋季各站垂线平均、最大流速、流向的计算结果见表 3.2-14~表 3.2-15 所示。

春季观测期间，位于江阴港内的 1#~6#测站涨潮流垂线平均流速分别为 39cm/s、48cm/s、33cm/s、24cm/s、46cm/s、25cm/s，落潮流垂线平均流速分别为 41cm/s、44cm/s、37cm/s、41cm/s、36cm/s、32cm/s；位于口门水道处的 7#~9#测站涨潮垂线平均流速分别为 64cm/s、49cm/s、47cm/s，落潮流垂线平均流速分别为 38cm/s、38cm/s、29cm/s。位于江阴港内的 1#~6#测站涨潮流垂线平均流速最大值分别为 61cm/s、75cm/s、54cm/s、41cm/s、69cm/s、40cm/s，落潮流垂线平均流速最大值分别为 74cm/s、69cm/s、65cm/s、64cm/s、61cm/s、55cm/s；位于口门水道处的 7#~9#测站涨潮垂线平均流速最大值分别为 112cm/s、100cm/s、79cm/s，落潮流垂线平均流速最大值分别为 81cm/s、72cm/s、79cm/s。

秋季观测期间，填海区与牛屿之间的 1#站涨、落潮最大垂线平均流速分别为 71cm/s 和 54cm/s，涨、落潮过程平均流速分别为 34cm/s 和 32cm/s。拟建泊位前沿的 2#站涨、落潮最大垂线平均流速分别为 72cm/s 和 45cm/s，涨、落潮过程平均流速分别为 41cm/s 和 25cm/s；3#站涨、落潮最大垂线平均流速分别为 63cm/s 和 40cm/s，涨、落潮过程平均流速分别为 40cm/s 和 24cm/s。填海区前沿的 7#站涨、落潮最大垂线平均流速分别为 37cm/s 和 33cm/s，涨、落潮过程平均流速分别为 18cm/s 和 17cm/s。江阴主航道的 4#站涨、落潮最大垂线平均流速分别为 81cm/s 和 72cm/s，涨、落潮过程平均流速分别为 56cm/s 和 43cm/s；5#站涨、落潮最大垂线平均流速分别为 79cm/s 和 64cm/s，涨、落潮过程平均流速分别为 53cm/s 和 35cm/s；6#站涨、落潮最大垂线平均流速分别为 80cm/s 和 76cm/s，涨、落潮过程平均流速分别为 59cm/s 和 48cm/s。沙屿附近水道的 8#站涨、落潮最大垂线平均流速分别为 74cm/s 和 82cm/s，涨、落潮过程平均流速分别为 46cm/s 和 45cm/s。

表 3.2-13 春季大潮垂线平均流速流向表

表 3.2-14 秋季大潮垂线平均流速流向表 (1)

表 3.2-15 秋季大潮流速流向表 (2)

(2) 潮流调和分析

将海流实测资料采用准调和分析方法进行潮流调和分析, 得出 O_1 , K_1 , M_2 , S_2 , M_4 , MS_4 六个分潮的调和常数和椭圆要素, 并根据调和分析得到的分潮流调和常数进行潮流性质、最大可能潮流流速和余流等计算, 现就计算结果分析如下:

①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 |

表 3.2-16~表 3.2-17 分别给出春、秋季各站各层的潮流性质参数值, 春季各站的潮流形态数均在 0.5 以下, 因而工程附近海域为正规半日潮流区; 秋季除 7# 站 F 均稍大于 0.5 外 (不规则半日潮流), 其他站各层的潮流形态数 F 均小于 0.5, 为规则半日潮流性质。

表 3.2-16 春季各站各层 $(W_{O1}+W_{K1})/W_{M2}$ 值和 M_2 分潮流旋转率 K 值

表 3.2-17 秋季各站各层 $(W_{O1}+W_{K1})/W_{M2}$ 值和 M_2 分潮流旋转率 K 值

②潮流运动形式

本海区为正规半日潮流区, 潮流运动形式可依主要分潮流 M_2 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, 潮流呈顺时针方向旋转。春季各站

M₂分潮流的 K 值见表 3.2-16。由表可知：各站 K 值绝对值均小于 0.25，说明各站主要受湾内水道束缚，表现为典型的往复流性质。春季各站 M₂分潮流的 K 值见表 3.2-17。由表可知：除 7#站受周围地形的影响表现为一定的旋转流性质外，其它各站各层的 M₂分潮的 K 值绝对值均小于 0.2，表现为明显的往复流特征。

③潮流可能最大流速

按规范中的正规半日潮流区的可能最大潮流公式：

$$\vec{V}_{\max} = 1.295\vec{V}_{m2} + 1.245\vec{V}_{s2} + \vec{V}_{k1} + \vec{V}_{01} + \vec{V}_{M4} + \vec{V}_{MS4}$$

式中 \vec{V}_{M2} 、 \vec{V}_{s2} 、 \vec{V}_{k1} 、 \vec{V}_{01} 、 \vec{V}_{m4} 、 \vec{V}_{ms4} 分别为各分潮流的椭圆长半轴矢量。

春、秋季各站潮流可能最大流速分别见表 3.2-18、表 3.2-19。从表中可见：春潮流可能最大流速最大值出现在 7#测站 0.2H 层，为 187cm/s。秋季各站潮流可能最大流速最大值出现在江阴主航道的 6#站（0.2H 层），为 117cm/s。

表 3.2-18 春季各站潮流可能最大流速和流向表

表 3.2-19 秋季各站潮流可能最大流速和流向表

④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。春、秋季大潮期间各站各层及垂线平均余流分析成果表见表 3.2-20、表 3.2-21，图 3.2-8、图 3.2-9 给出春、秋季各站垂线平均余流流矢图。

春季大潮潮流观测期间，各站分层余流最大值为 27cm/s，出现在 8#站位。垂线平均余流最大值为 24cm/s，出现在 7#测站。

秋季大潮潮流观测期间，填海区与牛屿之间的 1#站垂线平均余流流速为 5.1cm/s，流向为 N 向；拟建泊位前沿的 2#站垂线平均余流流速为 17.4cm/s，流向为 W 向，3#站垂线平均余流流速为 15.6cm/s，流向为 W 向；填海区前沿的 7#站垂线平均余流流速为 2.3cm/s，流向为 W 向；江阴主航道的 4#站垂线平均余流流速为 10.8cm/s，流向为 WSW 向，5#站垂线平均余流流速为 13.7cm/s，流向为 WNW 向，6#站垂线平均余流流速为 8.7cm/s，流向为 NE 向。沙屿附近水道的

8#站垂线平均余流流速为 3.5cm/s，流向为 NNE 向。

表 3.2-20 春季大潮余流表

表 3.2-21 秋季大潮余流表

图 3.2-8 春季大潮垂线平均余流流矢图

图 3.2-9 秋季大潮垂线平均余流流矢图

3.2.2.4 悬沙

表 3.2-22、表 3.2-23 分别为春、秋季观测期间各站最高、最低及平均含沙量值统计成果，可以看出以下特点：

(1) 春季

①观测期间，工程海域平均含沙量（9 个站平均）为 $0.104\text{kg}/\text{m}^3$ 。含沙量垂线平均最高值为 $0.534\text{kg}/\text{m}^3$ ，出现在 1#测站，含沙量最低值为 $0.002\text{kg}/\text{m}^3$ ，出现在 1#测站；

②含沙量的垂向分布为从表层到底层递增。大潮期间实测含沙量最高值为 1#测站底层的 $0.534\text{kg}/\text{m}^3$ ，最低值为 1#测站表层的 $0.002\text{kg}/\text{m}^3$ 。

③含沙量的水平分布大体上以靠近岸边的 1#、6#测站较高，离岸边较远的点位含沙量较低。

大潮观测期间，1#测站含沙量较高，其次为江阴镇北侧的 6#测站。含沙量平均值 $1\#>6\#>2\#>7\#>5\#>9\#>8\#>3\#>4\#$ 。

(2) 秋季

①观测期间，工程海域平均含沙量（8 个站平均）为 $0.0335\text{kg}/\text{m}^3$ 。含沙量最高值为 $0.1516\text{kg}/\text{m}^3$ ，出现在 1#站，含沙量最低值为 $0.0221\text{kg}/\text{m}^3$ ，出现在 5#站；

②含沙量的垂向分布为从表层到底层递增。大潮期间实测含沙量最高值为 1#站底层的 $0.1516\text{kg}/\text{m}^3$ ，最低值为 5#站表层的 $0.0221\text{kg}/\text{m}^3$ ；

③含沙量的水平分布大体上以填海区与牛屿之间的站位平均含沙量值最高，拟建泊位前沿附近站位居中，江阴主航道和沙屿附近的水道平均含沙量值最低。

大潮观测期间，海况良好，各站平均含沙量以填海区与牛屿之间的 1#站最高，拟建泊位前沿的站位次之，江阴主航道和水道区站位平均含沙量值最小。含沙量平均值 $1\#>2\#>7\#>4\#>3\#>8\#>5\#>6\#$ 。

表 3.2-22 春季各站最高、最低及平均含沙量值统计成果表

表 3.2-23 秋季各站最高、最低及平均含沙量值统计成果表

3.2.2.5 波浪

兴化湾从东北向的牛头尾到西南石城三面环山，避风条件较好。江阴港区位于兴化湾北岸中部，根据平海及平潭站风速、波浪资料推算出江阴港区 14#泊位 50 年一遇设计波要素如下：

表 3.2-24 主要方向设计波浪要素

图 3.2-10 波浪玫瑰图

3.2.3 地形地貌与冲淤情况

3.2.3.1 沉积物样品采集与断面水深测量情况

根据工程区的位置，于 2024 年 6 月在工程区及其周边采集表层沉积物样品 91 个，柱状样品 2 根，完成 3 条断面的水深测量。

图 3.2-11 工程区附近海域底质取样站位图

（红色圆点为表层样，黄色十字为柱状样）

3.2.3.2 表层沉积物粒度分布特征

（1）工程区附近海域底质类型及其粒级组成分布

根据 2024 年 6 月在工程区海域采集的 91 个站位的表层沉积物样品的粒度分析结果（图 3.2-12），利用谢帕德分类法对表层沉积物类型进行分类。

①工程区附近海域底质类型分布

工程区附近海域海底表层沉积物类型较多，包括 5 种沉积物类型（图 3.2-12），分别为粘土质粉砂（YT）、粉砂（T）、砂质粉砂（ST）、砂-粉砂-粘土（STY）、粉砂质砂（TS）。工程区附近海域海底表层沉积物类型分布明显分为两个模式。在分析区域西北部靠近江阴半岛的位置，该区域水下地形多变，不同沉积物类型相互交错分布规律较为复杂；5 种沉积物类型在该区域均有出现，总体上沉积物类型较粗，其中砂质组分出现较多。分析区域西北部以外的区域，沉积物类型相对单一，主要为较细的沉积物类型。

粘土质粉砂（YT）沉积物是调查区域分布最广的沉积物类型，分布范围远远大于其他沉积物类型；粉砂（T）、砂质粉砂（ST）、砂-粉砂-粘土（STY）、粉砂质砂（TS）沉积物在调查区域分布范围差异不大。

粘土质粉砂（YT）广泛分布在分析区域中的浅滩上，江阴港区的东侧航道内也有大范围出现，在江阴半岛南部沿岸也有小范围分片出现。该沉积物类型组分以粉砂粒级为主，此粒级含量介于 58.35~74.02%之间，平均 68.66%；粘土含量次之，含量介于 19.31~32.67%之间，平均 24.42%，砂粒级的含量很低。

砂质粉砂（ST）沉积物分布范围略大于粉砂（T）、砂-粉砂-粘土（STY）与粉砂质砂（TS）三种沉积物类型；该类型主要分布在江阴港区 10m 以深航道区域的南部浅滩上，在江阴港国际集装箱码头西南侧的航道内以及江阴半岛壁头附近的潮滩上也有零星分布。该沉积物类型组分以粉砂粒级为主，此粒级含量介于 42.45~61.26%之间，平均 52.56%；砂含量次之，含量介于 20.51~41.00%之间，平均 29.86%；粘土粒级的含量明显低于粉砂含量。

粉砂（T）沉积物主要零星出现在粘土质粉砂（YT）广泛出现的浅滩区域。该类型中粉砂含量最高，介于 75.26~78.25%之间，平均 76.61%；粘土含量次之，含量介于 16.79~23.07%之间，平均 20.04%；砂粒级的含量很低。

砂-粉砂-粘土（STY）沉积物主要出现在靠近江阴半岛的航道区域，在江阴港区东侧航道的南部也有小范围出现。该类型中粉砂含量最高，介于 43.60~57.34%之间，平均 51.39%；砂含量次之，含量介于 20.69~36.08%之间，平均 26.79%；粘土粒级的含量略低于砂含量。

粉砂质砂（TS）沉积物是调查区域最粗的沉积物类型，该类型主要出现在江阴港西部航道南侧的浅滩与潮汐通道内，在江阴港国际集装箱码头外侧航道与江阴半岛壁头东南侧潮滩上也有小范围出现。该类型中砂含量最高，介于 43.47~70.60%之间，平均 55.39%；粉砂含量次之，含量介于 21.56~42.89%之间，平均 32.77%；粘土粒级的含量明显低于粉砂含量。

图 3.2-12 表层沉积物类型分布图

②工程区附近海域沉积物各粒级组成分布特征

粒度分析结果表明,工程所在附近海域表层沉积物中粉砂粒级组分含量最高,含量介于 21.56%~78.25%之间,平均 63.88%;粘土粒级含量次之,介于 7.84%~32.67%之间,平均 22.39%;砂粒级含量介于 1.19%~70.60%之间,平均 13.37%。

砂粒级分布特征见图 3.2-13。该粒级在调查区域内变化明显,多数区域砂粒级含量低于 20%,但部分站位砂粒级含量在 50%以上;在分析区域西北部靠近江阴半岛的位置该粒级的含量明显高于其他区域。

在调查区域西北部可见砂粒级含量高值区呈东北-西南走向自国际集装箱码头向航道南侧的浅滩与潮汐通道延伸;该高值区内砂粒级含量的梯度变化较为显著,大体呈现自高值中心向西北和东南两侧方向逐渐降低的分布趋势。在江阴半岛南侧航道与江阴半岛壁头东南侧浅滩与潮滩上砂粒级的含量也较高。调查区域南部广阔的水下浅滩区域,以及调查区域东部兴化湾航道及其两侧的浅滩区域,砂粒级含量均相对较低,多在 10%以下。

图 3.2-13 表层沉积物中砂粒级的百分含量分布图

粉砂粒级分布特征见图 3.2-14。该粒级整体含量最高,多数区域粉砂粒级含量在 50%以上,在调查区域内变化幅度不大;粉砂粒级分布趋势与砂粒级大体相反,在分析区域西北部靠近江阴半岛的位置该粒级的含量低于其他区域。

在调查区域西北部可见粉砂粒级含量相对较低(<50%)的区域呈东北-西南走向自国际集装箱码头向航道南侧的浅滩与潮汐通道延伸。在江阴半岛西南侧航道内、潮滩与浅滩上也可见小范围粉砂粒级含量较低的区域。调查区域南部广阔的水下浅滩区域,以及调查区域东部兴化湾航道及其两侧的浅滩区域,粉砂粒级的含量均很高在 60%以上。

图 3.2-14 表层沉积物中粉砂粒级的百分含量分布图

粘土粒级分布特征见图 3.2-15。该粒级整体含量较低,在调查区域内变化幅度较小。粘土粒级分布区域与粉砂粒级较为接近,在分析区域西北部靠近江阴半岛的位置该粒级的含量明显略低于其他区域。

在调查区域西北部可见粘土粒级含量相对较低(<20%)的区域呈东北-西南

走向自国际集装箱码头向航道南侧的浅滩与潮汐通道延伸。在江阴半岛西南侧航道内、潮滩与浅滩上也可见小范围粘土粒级含量较低的区域。调查区域西南部广阔的水下浅滩区域，以及调查区域东部兴化湾航道及其北侧的浅滩区域，粘土粒级的含量变化很小，含量多在 20~25%之间。调查区域东南部，东西筭杯岛周边以及兴化湾航道南侧的水下浅滩区域内粘土粒级的含量略高，含量多在 25%以上。

图 3.2-15 表层沉积物中粘土粒级的百分含量分布图

(2) 工程区附近海域表层沉积物粒度参数分布

根据矩值法计算出的粒度参数结果，利用 Surfer 绘图软件绘制了该海域海底表层沉积物粒度参数分布图（图 3.2-16~图 3.2-19），各粒度参数的沉积学意义及工程所在海域表层沉积物粒度参数分布趋势如下：

①平均粒径（Mz）

工程区附近海域表层沉积物平均粒径分布特征见图 3.2-16。表层沉积物平均粒径介于 3.55~7.41 Φ ，平均为 6.51 Φ ，总体变化幅度不是太显著，大体呈现自西北向东南逐渐变细的分布趋势，大多数沉积物粒径较细。

根据沉积物平均粒径分布趋势特征，可将调查区域大体分为两种沉积环境。相对较粗的沉积物主要分布在江阴半岛南部航道区域，以及江阴半岛西南部地形变化较为复杂的浅滩与潮汐通道交错分布区；这些区域沉积物的平均粒径（ Φ 值）多小于 6，梯度变化也较为明显，呈现自 Φ 值低值中心向西北和东南两侧方向逐渐降低的分布趋势，显示该区域沉积物可能在相对较强的水动力条件下逐步粗化。调查区域南部广阔的水下浅滩区域，以及调查区域东部兴化湾航道及其两侧的浅滩区域，表层沉积物平均粒径梯度变化很小，平均粒径（ Φ 值）多大于 6.5，显示这些区域沉积物可能在较弱的水动力条件下沉积。

图 3.2-16 表层沉积物平均粒径分布特征图

②分选系数

工程区附近海域表层沉积物分选系数分布特征见图 3.2-17。表层沉积物的分选系数介于 1.39~3.03，平均为 1.95，分选程度等级为分选差，整体变化幅度不

是太显著，大体呈现自西北向东南分选程度逐步向好的趋势。

在江阴半岛南部航道区域，以及江阴半岛西南部地形变化较为复杂的浅滩与潮汐通道交错分布区，表层沉积物分选系数多大于 2，是调查区域表层沉积物分析程度最差的区域，沉积物分选程度呈现自分选系数高值中心向西北和东南两侧方向逐渐变好的趋势。在调查区域南部广阔的水下浅滩区域，以及调查区域东部兴化湾航道及其两侧的浅滩区域，表层沉积物分选系数梯度变化很小，沉积物分选性略优于其他区域。

图 3.2-17 表层沉积物分选系数分布特征图

③偏态

工程区附近海域表层沉积物偏态分布特征见图 3.2-18。表层沉积物偏态变化范围为-2.10~2.58，平均为-0.61，沉积物偏态程度从极负偏到极正偏均有出现，其中负偏沉积物的分布区域面积明显大于正偏沉积物；偏态值总体呈现调查区域中部低，南北两侧高的分布态势。

调查区域中正偏沉积物主要呈东北-西南走向自国际集装箱码头向航道南侧的浅滩与潮汐通道延伸，该区域及其附近表层沉积物偏态值的梯度变化也相对明显；在江阴半岛壁头南侧航道与江阴半岛壁头东南侧浅滩与潮滩上也有小范围出现；调查区域南部与东部边缘浅滩区域也可见正偏沉积物分布，正偏程度要弱于其他区域的正偏沉积物。在调查区域南部广阔的水下浅滩区域，以及调查区域东部兴化湾航道及其两侧的浅滩区域，表层沉积物偏态以负偏为主，偏态的变化幅度相对较小。

图 3.2-18 表层沉积物偏态分布特征图

④峰态

工程区附近海域表层沉积物峰态分布特征见图 3.2-19。表层沉积物峰态值变化范围为 1.89~3.65，平均为 2.51，沉积物峰态等级从宽到很宽均有出现，大体呈现自西北向东南粒级频率曲线逐步变窄的趋势；大部分区域表层沉积物的峰态等级为宽，粒级频率曲线为单峰。

在江阴半岛南部航道区域,以及江阴半岛西南部地形变化较为复杂的浅滩与潮汐通道交错分布区,表层沉积物粒级频率曲线相对较宽,粒级频率曲线多为双峰形态;沉积物峰态等级呈现自峰态高值中心向西北和东南两侧方向逐渐变窄的趋势。在调查区域南部广阔的水下浅滩区域,以及调查区域东部兴化湾航道及其两侧的浅滩区域,表层沉积物峰态梯度变化很小,沉积物粒级频率曲线以单峰为主。

图 3.2-19 表层沉积物峰态分布特征图

3.2.3.3 泥沙来源与泥沙运动

(1) 泥沙来源

根据地理位置、当地气象、地貌特征、沉积物平面分布、水文、泥沙及水下地形变化等综合分析,工程区附近海域泥沙主要来源于河流来沙、海岸侵蚀来沙、外海来沙及沉积物再悬浮等几个来源。

①河流来沙

兴化湾泥沙主要来自湾顶注入海湾的木兰溪与萩芦溪,以及海湾沿岸小溪或冲沟向海的输沙。

木兰溪及萩芦溪均为独立入海河流,长度分别为 105 km 及 74 km,流域面积 1732 km² 和 1070 km²。两条河流的多年平均含沙量较高,仅次于晋江、漳江、诏安东溪,为福建高含沙量的河流之一,同时也为兴化湾带来了大量的泥沙(表 3.2-25)。入海河流长期的泥沙输入、扩散与堆积,使得兴化湾西部湾顶发育了宽阔平缓的淤泥质潮滩及现代河口水下三角洲,潮滩的沉积速率为 1.1 cm/a,这充分说明了陆地径流来沙是兴化湾的主要物源。

表 3.2-25 兴化湾入海河流多年径流量与输沙量

②海岸侵蚀来沙

兴化湾地处亚热带,夏季经常受西太平洋北上的热带风暴过境及附近登陆,带来狂风暴雨,沿岸陆地的松散风化物被冲蚀入海,粗颗粒泥沙堆积在潮间带上,细颗粒泥沙进入兴化湾,但量级相对有限。

兴化湾水域面积大,波浪作用强,风浪对岸滩的侵蚀作用不容忽视。如江阴

岛东侧及东南侧海岸面对该区的强浪向，在 SE 向强风浪作用下，海岸土崖侵蚀后退，使得海岸泥沙侵蚀入海。此外，波浪作用对近岸海域潮滩、浅滩沉积物和开敞砂质海岸产生较强烈的侵蚀。海岸侵蚀的沉积物在涨落潮流的作用下逐渐向兴化湾内运移，成为兴化湾内泥沙的来源之一。

兴化湾经济的快速发展，使得海湾沿岸的人类活动加剧，如海岸开发、围填海建设等，这些也势必造成了大量泥沙入海。

③外海来沙

此外，由于兴化湾海域宽阔，潮流较强，流向复杂，有利于湾外沿岸泥沙随涨潮流由湾口向湾内运移和扩散，丰富该湾泥沙来源。如在春季，兴化湾湾外泥沙可以经南日水道向兴化湾内输移。

④沉积物再悬浮

海湾、河口地区及附近海域，海底沉积物再悬浮普遍存在。兴化湾及其附近海域潮差大，潮流作用强，年平均波高较大，容易引起海底沉积物发生再悬浮。在风浪和潮流的共同作用下，兴化湾及其附近海域的表层沉积物发生再悬浮，重新进入悬浮状态并随潮流往复运动，这成为工程区泥沙的来源之一。

3.2.3.4 悬浮泥沙运移趋势

为了解工程区最新的悬浮泥沙输运状况，于 2024 年 5 月对工程区附近海域的悬浮泥沙进行了现场调查。悬浮泥沙观测与海流观测同站位同步观测，对实测悬浮泥沙数据分析显示：

(1) 工程海域平均含沙量（9 个站平均）为 $0.104\text{kg}/\text{m}^3$ 。含沙量垂线平均最高值为 $0.534\text{kg}/\text{m}^3$ ，出现在 1#测站，含沙量最低值为 $0.002\text{kg}/\text{m}^3$ ，出现在 1#测站；

(2) 各站含沙量周日变化主要受涨、落潮流的影响，高值多出现在涨急、落急时段与水深较浅的低平潮阶段；高平潮时段含沙量值则相对较低。

(3) 春季观测期间，含沙量的水平分布大体上以靠近岸边的 1#、6#测站较高，离岸边较远的点位含沙量较低。各站的含沙量垂向变化较为明显，含沙量自表层向底层增大。

(4) 大潮期间各站的悬沙运移方向在不同区域均存在差异，全潮净输沙量

值最大值出现在 4#站，为 8.9t/m·d，净输沙方向为 123°，往兴化湾外方向输沙；最小值为 1.3t/m·d，净输沙方向为 349°，出现在 9#站。

表 3.2-26 春季大潮各站位观测期间单宽输沙量表

图 3.2-20 春季大潮单宽输沙

3.2.3.5 长期冲淤变化

本节分析使用兴化湾海域四个时期的水深图件：

① 1: 50000 兴化湾及附近，海图号：14161，海军航保部，2002 年出版，分析区域海域为 1963 年与 1989 年测量；

② 1: 50000 兴化湾及附近，海图号：14161，海军航保部，2005 年出版，分析区域海域为 2004 年与 2005 年测量；

③ 1: 35000 江阴港区至三江口港区，海图号：62632，海事局，2015 年出版，分析区域海域为 2006、2013 年与 2014 年测量；

④ 1: 2000 工程区附近海域，福建省环境保护设计院有限公司，2024 年断面测量。

将包括工程区附近海域地形数据的 2002 年、2005 年与 2015 年出版的海图资料，用扫描仪扫描进计算机，进行图像配准，运用 ARCGIS 软件 ArcScan 模块数字化海岸线、等深线与水深点，将近期（2024 年）实测的水深数据也导入 ARCGIS 软件，分别制成不同时段的水深图。将上述不同时期的水深等深线在地理信息系统技术支持下转换成相同的基面、坐标系统，并叠加在一幅图上，不同年代同样水深的等深线用相同颜色表示，用实线和虚线加以区别表示，制成水深等深线变化对比图。采用 kriging 内插的网格化方法，对数据进行加密，使间断的、离散的数据连续化，生成规则的直角型网格，从而建立各个年份的栅格文件，生成规则网格的数字地形模型（DEM）；在统一基准面的基础上，对选定年份的 DEM 数据进行减法运算，绘制出海底冲淤变化分布图。

（1）不同时段海域长期冲淤变化

通过绘制江阴港区 14#泊位工程区附近海域（见图 3.2-21）不同历史时期水深图和等深线变化图（图 3.2-22～图 3.2-25），对比分析 0m、2m、5m、10m

与 20m 水深等深线变化，可知：

图 3.2-21 江阴港 14#泊位工程区附近海域长期冲淤变化分析区域

①2002 版和 2005 版海图对比

对 2002 版和 2005 版海图进行比对（图 3.2-22～图 3.2-23）。2002 版海图江阴港 14#泊位工程区附近海域大部分区域等深线为 1963 年测量，只有在靠近兴化湾最西部为 1989 年测量；2005 年版海图江阴港 14#泊位工程区附近海域大部分区域等深线为 2004 年测量，只有在分析区域最东侧为 2005 年测量。

1) 整体来看，工程区附近海域的 0m 等深线变化较为明显，潮间带面积总体呈增加趋势，特别是在兴化湾西部的潮滩区域。在美澜北部靠近木兰溪入海口的区域，2004 年 0m 等深线较 1989 年明显向海推移，原来分离的潮滩连成一片使得该区域北侧的水道消失，南侧的水道也呈束窄趋势；在该区域东侧，1963 年原来与大范围潮滩分离的小面积潮滩在 2004 年已经转变为水下浅滩。在美澜、鹅头与西筭杯岛之间的区域，1963 至 2004 年之间，在靠近西筭杯岛的区域潮滩的范围呈现缩小变窄的趋势，而在美澜与鹅头沿岸呈现一定的扩大趋势。在江阴半岛南侧，2004 年 0m 等深线与 1963 年相比变化很小，只在半岛南部的西侧存在向海很小幅度的推移。在江阴半岛与牛屿之间的区域，潮滩的淤进与蚀退交错出现，整体上 1963 年至 2004 年牛屿西北方向潮滩向东的淤积前进较为明显。

2) 2m 等深线在两期海图中的变化不明显，主要变化出现分析区域的西侧中部。在美澜东北方向，2004 年测量结果显示，2m 等深线较 1963 年测量结果总体向东移动，显示该区域出现一定的淤积趋势。

3) 5m 等深线在两期海图中的变化与 2m 等深线较为相似，主要变化出现在分析区域的中部。在江阴半岛与东、西筭杯岛之间的海域，总体上 2004 年测量结果较 1963 年测量结果出现明显的向东移动，显示这些区域出现较为明显的淤积趋势；在个别区域可见 5m 等深线小范围的向西蚀退。

4) 10m 等深线主要分布在兴化湾江阴港区进港航道与后青屿南侧水道区域。总体上，10m 等深线在两期海图中变化不大，1963 年至 2005 年江阴港区进港航道区域在兴化湾东侧略向南北两侧侵蚀扩展，使得深水区域有所扩大；江阴半岛

南部大范围 10m 以浅的水下浅滩上，一些长条形的 10m 等深线圈闭在新一期海图中淤积消失。

5) 20m 等深线只出现在兴化湾的东部。总体上，1963 年至 2005 年，20m 等深线呈现向西以及南北两侧侵蚀扩展的趋势，使得 20m 以深的区域有所扩大。

**图 3.2-22 江阴港 14#泊位工程区附近海域 1963~2005 年等深线变化对比图
(2002 年版与 2005 年版海图 0m、5m、20m 水深对比)**

**图 3.2-23 江阴港 14#泊位工程区附近海域 1963~2005 年等深线变化对比图
(2002 年版与 2005 年版海图 2m、10m 水深对比)**

②2005 版海图和 2015 年版海图对比

对 2005 版海图和 2015 年版海图进行比对（图 3.2-24~图 3.2-25）。2005 年版海图江阴港 14#泊位工程区附近海域大部分区域等深线为 2004 年测量，只有在分析区域最东侧为 2005 年测量；2020 年版海图江阴港 14#泊位工程区附近海域在大部分区域为 2013-2014 年测量，只在美澜-鹅头-西筭杯岛区域为 2006 年测量。

1) 整体来看，两期海图中工程区附近海域的 0m 等深线变化较为明显。兴化湾西侧大面积潮滩区域，2014 年 0m 等深线较 2004 年在该潮滩北部小范围内出现较为明显的向西侵蚀后退；在该潮滩大部分区域，2014 年 0m 等深线较 2004 年总体呈现向东推移，使得该区域潮滩面积进一步扩大，潮滩上的水道也进一步束窄。在美澜-鹅头-西筭杯岛区域，2004 至 2006 年连接西筭杯岛的潮滩侵蚀转变为水下浅滩，使得该岛周边潮滩不再与美澜-鹅头沿岸潮滩连为一体，总体上美澜-鹅头沿岸潮滩在该时段呈现向海淤积前进趋势。在鹅头-磊石区域，该区域沿岸潮滩在 2004 至 2013 年出现明显的向海淤进，使得潮滩面积扩大。江阴半岛周边区域，2004 至 2014 年之间，总体上该区域潮滩范围变化不大，主要在牛屿西侧可见 0m 等深线向西小幅度侵蚀后退。

2) 2m 等深线在两期海图中的变化不大，多呈现小幅摆动。在分析区域的西北侧，2004 至 2014 年期间 2m 等深线多出现向西小幅侵蚀后退的趋势，但在靠

近江阴半岛一侧的水下浅滩上可见淤积作用形成的数个小范围2m以浅的等深线圈闭；而在分析区域的西南侧（美澜东北方向），向东淤积前进的趋势表现的相对明显。在江阴半岛以东牛屿西南侧海域，2014年新一期2m等深线较2005年表现出向东南方向的淤积前进。

3) 5m等深线在两期海图中的变化强于2m等深线，可见相对明显的淤积前进与侵蚀后退。江阴半岛与东西筭杯岛之间的海域，靠近江阴半岛一侧海域，5m等深线的分布十分曲折，2004至2014年的变化也最为显著，在该区域北侧以向东淤积前进为主，而南侧则可见向西侵蚀后退；靠近东西筭杯岛一侧海域，5m等深线多呈现小幅摆动，淤积前进与侵蚀后退的幅度均很小。

4) 10m等深线主要分布在兴化湾江阴港区进港航道与后青屿南侧水道区域，总体上在两期海图中的变化不明显。江阴港区进港航道区域，2004年至2014年可见个别区域10m等深线向浅水区域侵蚀扩展使得深水区域有所扩大，如江阴半岛西南侧、后青屿岛西北侧水域。后青屿南侧水道区域，2004年至2014年期间该水道西侧出现小幅向内收缩，水道东南侧10m等深线出现较为显著的向南侵蚀扩展。

5) 20m等深线只出现在兴化湾的东部，20m以深区域总体呈现扩大趋势。2005年至2014年，20m等深线在尖端区域呈现小幅的向东淤积推移，而在该等深线的西南侧出现较为明显的向西南侵蚀扩展的趋势，并在该侵蚀区域的西侧出现数个小范围新的20m以深的等深线圈闭。

图 3.2-24 江阴港 14#泊位工程区附近海域 2004~2014 年等深线变化对比图
(2005 年版海图与 2015 年版海图 0m、5m、20m 水深对比)

图 3.2-25 江阴港 14#泊位工程区附近海域 2004~2014 年等深线变化对比图
(2005 年版海图与 2015 年版海图 2m、10m 水深对比)

③长期冲淤变化分析

综合分析工程区附近海域 1963~2005 年等深线变化对比图（图 3.2-22~图 3.2-23）与海床冲淤变化分布图（图 3.2-26），以便更好的反映该时期的冲淤变

化。

总体上，分析区域水下地形在 1963~2005 年间呈现西淤东冲的演变趋势。

1989 年-2004 年对比区域，该区域范围主要位于潮滩边缘，海域地形整体上以淤积演变趋势为主。整体上，对比区域北部的淤积速率要高于其他区域，较强的淤积作用使得该处的潮汐通道淤塞并向湾外移动。该对比区域内，侵蚀区出现的范围不大，主要分布在对比区域的中部，侵蚀速率较小。

1963 年-2004/2005 年对比区域，工程区附近海域地形在不同区域冲淤状况差异明显。在兴化湾西部 2m 以深潮汐通道周边分布区域，侵蚀区域和淤积区域相互交错，潮汐通道内可见较为明显的淤积区，而潮汐通道之间则多为轻微的侵蚀区。在兴化湾西部潮汐通道南侧，东西筭杯岛西北部较浅的大片水下浅滩(<5m)区域，该区域冲淤变化强度弱于与其相邻的靠近潮滩的 1989 年-2004 年对比区域，冲淤变化的区域差异较小，整体以轻微淤积趋势为主，可见小片轻微冲刷区域零星分布其中。东西筭杯岛与鹅头之间区域，该区域总体表现为较为明显的淤积趋势，特别是在岛屿与大陆之间的潮汐水道内。在兴化湾中东部深水航道(>10m)区域以及航道之间的大片水下浅滩(>5m)区域，这些区域总体表现为侵蚀趋势，可见小片淤积区域零星分布其中；其中水下浅滩区域冲淤变化的区域差异不大，侵蚀幅度也较小；深水航道内的侵蚀程度明确强于水下浅滩区域。在分析区域最东部的岛屿（后青屿与牛屿）周边区域，这些区域水下地形较为复杂，侵蚀区域和淤积区域相互交错，总体上淤积作用相对明显。

该时期，兴化湾周边经济发展较慢，大规模的海岸建设开发较少，江阴港区也刚刚发展。因此，该时期内木兰溪入海泥沙的扩散沉积可能是兴化湾西侧水下浅滩轻微淤积的主要因素；较浅的潮汐通道的淤积应是自然演化的结果；自然侵蚀和人为的疏浚可能是该时期兴化湾东侧相对较深的区域水下地形变化的主要因素。

图 3.2-26 工程区附近海域 1963~2005 年海床冲淤变化分布图

综合分析工程区附近海域 2004~2014 年等深线变化对比图（图 3.2-24~图 3.2-25）与海床冲淤变化分布图（图 3.2-27），以便更好的反映该时期的冲淤变

化。

总体而言，2004~2014 年间工程区附近海域地形冲淤变化程度显著强于 1963-2005 年；在不同区域冲淤状况差异明显，可见显著的淤积与侵蚀区域交错分布；兴化湾南北两侧淤积程度要强于海湾中部。

在兴化湾西部 2m 以深潮汐通道周边分布区域，强烈的侵蚀区域和淤积区域相互交错，北侧潮汐通道周边为强烈的淤积区，而南侧的潮汐通道内则为强烈的侵蚀区。在兴化湾西部潮汐通道南侧，东西筭杯岛西北部较浅的大片水下浅滩（<5m）区域，该区域冲淤变化强度明显弱于与其北侧相邻的潮汐通道区域，在该区域西侧可见明显的淤积区自潮滩潮汐通道口门向东延伸，其他位置则以侵蚀趋势为主。东西筭杯岛与鹅头之间区域，该区域总体表现为明显侵蚀区与淤积区斑块交错分布，没有明显的分布规律。在兴化湾中东部较深的大片水下浅滩（>5m）区域，该区域的冲淤变化幅度与东西筭杯岛西北部较浅的大片水下浅滩（<5m）区域相当，大体上该浅滩上呈现西淤东冲的变化趋势。在兴化湾深水航道（>10m）区域，在江阴港区码头附近与后青屿北侧均可见大片的强烈的侵蚀区域；这两片强烈侵蚀区之间则主要以淤积趋势位置，一些小范围强烈的侵蚀区域散布在该区域；后青屿南侧深水航道区域表现为明显侵蚀区与淤积区斑块交错分布。在分析区域最东部的岛屿（后青屿与牛屿）周边区域，这些区域水下地形较为复杂，其中紧邻牛屿区域以侵蚀趋势位置，外围则过渡到淤积趋势为主；后青屿附近区域总体上侵蚀作用更为明显。

该时期，兴化湾及其周边人类活动增强，江阴港区也经历的飞速发展。因此，该时期分析区域水下地形的强烈变化可能主要与海湾内的人类活动（如航道整治、疏浚、海砂开采等）相关，如江阴半岛集装箱码头外顺直的 10m 等深线与强烈的侵蚀区域均显示航运发展对水下地形的显著影响。

图 3.2-27 工程区附近海域 2004~2014 年海床冲淤变化分布图

(2) 不同断面长期冲淤变化

根据工程区位置，及其附近海域历史海图与实测数据情况，在历史数据较多的区域分别选取 3 条断面进行断面冲淤变化分析。图 3.2-28 为分析断面的位置，

其中 DM-1、DM-2、DM-3 断面均呈西南-东北走向，分别位于江阴半岛西侧、江阴半岛与东西管杯岛之间、江阴半岛东侧海域。

整体上，2004 年之前，三条断面多处于自然状态下的小幅冲淤，只有个别区域存在明显的变化；2004 年以来兴化湾周边人类活动逐渐增强，三条断面水深变化也逐渐明显，特别是 2014 年之后每条断面均可见数个十分明显的侵蚀区，这些区域水深显著变深，这与区域航道 2015 年底 2016 年初开展的疏浚及海砂开采有关，且近期进港航道三期建设也一并有疏浚。

图 3.2-28 工程区附近海域对比断面位置图

①DM-1 断面冲淤变化特征

由于不同时期的海图和实测数据范围不同，使得各个测量时期的断面起止位置不同。2004 年与 2014 年的起止位置相同，起始位置为 529m，终点为 8466m；1963 年测量断面起始位置与 2004 年、2014 年接近为 441m，终点位置相同；2024 年测量断面起始位置为 0m，终点为 8463m。

1963~2004 年间，该断面地形冲淤变化较为明显，多数位置水深呈现淤积减小的趋势，只在断面北部靠近江阴半岛一侧出现较为明显的侵蚀加深。最明显的淤浅出现在断面南部水深较小的浅槽两侧，主要变化区位于断面约 700~2900m 范围，水深减小幅度自浅槽中部向两侧递减，水深变化最大在 1.5m 左右。较为明显的侵蚀出现在断面北侧 7000m 附近位置，该处的侵蚀作用使得局部潮汐水道的范围有所扩大。

2004~2014 年间，该断面整体呈现淤积的趋势，水深变化幅度要强于 1963~2004 年。该时期，最明显的水深减小出现在断面的南北两侧。在断面南侧 700~3000m 范围，水深降低幅度自浅槽中部向两侧递减，水深变化最大在 1m 左右。在断面北侧 6000~7600m 附近位置也可见断面水深呈现明显的降低趋势，该区域在 6800m 位置以北有约 600m 范围内淤积幅度在 1m 以上。

2024 年 6 月，该断面地形较 2014 年前出现明显的变化，断面多数位置水深都出现增加，断面的北侧靠近江阴半岛港区位置水深增加得最为明显。该时期，断面南部浅槽中南部（700~1500m 范围）自南向北侵蚀幅度逐渐增加，其中浅

槽底部水深加深幅度在 1m 左右，总体上该浅槽水深并未恢复到 1963 年时的水深。断面中部浅滩（2700~4200m 范围）与潮汐通道（4200~5400m 范围）的水深也有不同程度的增加，其中浅滩水深增加幅度在 0.5m 左右，潮汐通道槽底水深增加显著，侵蚀加深幅度接近 2m。断面北部潮汐通道区域（6200~6900m 范围）是 DM1 断面在该时期唯一的淤积区域，强烈的淤积使得原来的潮汐通道淤平形成浅滩。靠近江阴半岛港区位置（8000~8463m 范围）在 2014 年后水深出现急剧的加深，水深增加幅度可达 10m 左右，与航道的疏浚和港区建设有关。

图 3.2-29 工程区附近海域 DM-1 断面冲淤变化图

②DM-2 断面冲淤变化特征

由于不同时期的海图和实测数据范围不同，使得各个测量时期的断面起止位置不同。1963、2004 年与 2014 年的起止位置相同，起始位置为 0m，终点为 8972m；2024 年测量断面起始位置为 629m，终点为 8969m。

1963~2004 年间，该断面地形整体呈现淤积变浅的趋势，只在小部分区域出现一定的侵蚀加深；整体上该时期断面水深淤积减小的强度和范围均高于侵蚀加深。多数 DM2 断面所经过的水道底部均呈现较为明显的淤积，水深减小幅度多在 2~4m；其中断面北侧水道淤积的范围与幅度要高于断面南侧。在断面中部平坦的水下浅滩区域（3200~5300m 范围），水深淤积变浅的幅度较小，基本维持在 0.5m 左右。断面小部分的侵蚀区域出现在 6700m 位置左右，以及 8600~8972m 范围，这些侵蚀区水深增加幅度多在 2m 以下。

2004~2014 年间，断面水深多在中南部水道槽底位置发生侵蚀加深，在最北侧的水道两翼出现一定的淤积，其他平坦的浅滩位置水深基本保持稳定。在 700~900m 与 2450~2750m 范围内水道槽底，该时期地形侵蚀加深的幅度最大在 2m 左右；5450~6350m 范围内原水道向北侵蚀扩展，地形侵蚀加深幅度与前面两个水道底部相当。6500~8972m 范围内主要以淤积为主，淤积幅度多在 1m 左右，水道呈现向内收缩的趋势。

2024 年 6 月，该断面经过的水道地形较 2014 年前出现明显侵蚀加深，其他区域的地形的变化相对较小。700~900m 范围内水道槽底，2024 年 6 月较 2014

年水深急剧增加，水深增加幅度可达 10m 左右；2350~2800m 与 7700~8969m 范围内水道槽底，2024 年 6 月较 2014 年水深出现明显增加，水深增加幅度最大在 3~5m。对于该断面经过的浅滩地形，1000~2000m 范围内浅滩呈现南淤北冲，其中一部分浅滩淤积形成潮滩；2800~5600m 范围内浅滩水深在 2014 年后保持稳定。总体上，该时期 DM2 断面地形在水道槽底剧烈的变化可能与航道的疏浚、海砂开采相关。

图 3.2-30 工程区附近海域 DM-2 断面冲淤变化图

③DM-3 断面冲淤变化特征

由于不同时期的海图和实测数据范围不同，使得各个测量时期的断面起止位置不同。1963、2004 年与 2014 年的起止位置相同，起始位置为 0m，终点为 10604m；2024 年测量断面起始位置为 92m，终点为 10451m。

与其他两条断面相似，该断面水深在整个分析时期也出现了一些明显变化，但总体变化幅度弱于 DM1 和 DM2 断面。

1963~2004 年间，该断面地形整体呈现侵蚀加深的趋势，只在小部分区域出现一定的淤积。在断面出现侵蚀的区域，不论是较为平坦浅滩区域与水深较大的水道区域，水深侵蚀加深幅度均不大，多在 1~2m；其中断面北侧水道区域侵蚀的范围与幅度要高于断面中部的浅滩区域。断面小部分的淤积区域出现在断面南部 1000~1750m 范围，3m 左右的淤积幅度使得该区域的小范围水道淤积消失。

2004~2014 年间，该断面地形的冲淤变化幅度不大，形态大体保持稳定，只在个别小范围区域出现小幅度的变化，冲淤幅度多在 1m 以下。

2014~2024 年 6 月，该断面在部分区域较 2014 年前出现明显侵蚀加深，其他区域的地形的变化很小，大体呈现略微淤积的趋势。断面中部 5050~6200m 范围内，2024 年 6 月地形较 2014 年水深急剧增加，水深增加幅度可达 15m 左右；断面北部 8750~9350m 范围内，水深出现明显增加，水深增加幅度最大在 2.5m 左右；断面南部 0~1150m 范围内地形呈现小幅的侵蚀加深，侵蚀加深幅度多在 1m 左右。对于该断面其他区域，2024 年 6 月水深较 2014 年略有淤积变浅。

图 3.2-31 工程区附近海域 DM-3 断面冲淤变化图

综上所述，2024 年 6 月，DM-1 断面~DM-3 断面经过的水道地形较 2014 年前出现明显侵蚀加深，其他区域的地形的变化相对较小。根据历史上周边疏浚情况来看，在 2015 年年底至 2016 年年初江阴港进港航道有开展维护性疏浚，在 2019 年江阴港 1-5#泊位进行一次维护性疏浚，这可能是造成断面水深明显变化的原因之一。

3.2.3.6 周边工程维护性疏浚情况

经资料收集，江阴港进港航道上一次维护性疏浚在 2015 年年底至 2016 年年初，近期拟开展江阴港进港航道三期建设并进行维护性疏浚，江阴港 1-5#泊位在 2019 年进行一次维护性疏浚。

3.2.4 工程地质

本工程地质资料引用福建省交通规划设计院有限公司 2025 年 1 月完成《福州港江阴港区壁头作业区 14#泊位工程可行性研究补充地质勘察》。

3.2.4.1 地形、地貌

拟建场地位于福清江阴半岛的南侧，为浅海港湾地貌，陆域场地原为滩涂区，后经人工回填形成现有场地，整体地形较为平缓，孔口高程为 8.30~9.60m；水域地形起伏较大，地势总体上北高南低，孔口高程为-16.27~1.52m；水陆交界处主要为抛填石边坡，填石主要为中、微风化花岗岩或凝灰岩，块径一般约 0.5~1.5m，边坡坡度一般约 50°~75°，稳定性一般。根据钻探成果及已有资料，场区西侧海域埋设有一条大致呈南北向的排海污水管道（钢管内径为 DN1200），其余各钻孔所在位置未见有暗礁、深沟分布，无海底光缆等管线分布，不排除钻孔间存在暗礁、深沟或海底管线的可能。

3.2.4.2 区域地质构造

根据区域地质资料，拟建场地位于东南沿海北东向沼安-长乐深大断裂带南侧，受该断裂带影响，岩体主要发育北东走向的裂隙、节理，局部脉岩穿插，未见活动断裂。由于第四系地层的覆盖，场区内未见明显断层通过。拟建场地及周边地区自第四系以来断裂带活动性不明显，场地及附近无滑坡、崩塌、泥石流、岩溶塌陷等不良地质作用和地质灾害，建设场地属构造稳定地块。

图 3.2-32 江阴镇区域构造地质图

3.2.4.3 地基土的构成与特征

根据本次野外钻探揭露及钻探取芯鉴别，工程地质钻孔平面布置图见图 3.2-33，工程地质剖面图见图 3.2-34~图 3.2-38，结合现场原位测试及室内土工试验，区内地层较简单，地表上覆人工填土层（ Q_4^{ml} ）及第四纪全新统冲海积层（ Q_4^{al-m} ），中部主要为晚更新统冲洪积层（ Q_3^{al+pl} ）及残积层（ Q^{el} ），下部为燕山早期侵入的花岗岩（ $\gamma_5^{2(3)b}$ ）及其风化带。根据各岩土层的成因类型、埋藏深度、空间分布发育规律、物理力学性质及其工程地质特征，对区内各岩土层的工程地质特征详述如下：

人工填土层：主要分布杂填土①-1、填砂①-2、素填土①-3、抛石①-4、填碎石 1-5。

杂填土①-1：该层仅在 CK13、CK15、ZK6、ZK8 号钻孔及引用钻孔 GK13 揭露，主要分布于陆域区表层，钻孔揭露厚度为 0.60~2.30m，层顶埋深 0.00~2.40m。杂色，松散~稍密，稍湿，成分由黏性土、中砂、碎石、碎砖及生活垃圾组成，硬质物含量大于 35%，堆填时间大于 5 年，但未经碾压处理，密实度及均匀性一般~差，工程地质性能较差。

填砂①-2：灰黄色，松散~稍密，湿~饱和。主要成分为中砂，局部含约 5~20%贝壳碎屑。回填时间大于 5 年，土质密实度、均匀性一般~差。该层为原吹填造地形成，仅在钻孔 CK13、CK15、CK16、CK17、ZK1、ZK4~ZK8 中有揭露，层顶标高-14.50~9.47m，厚度 1.30~7.70m，实测标贯击数 7.0~14.0 击，标准值 11.2 击，修正后标贯击数 5.6~14.0 击，标准值 10.3 击。该层工程性能一般~差。

素填土①-3：该层仅在 ZK1、ZK6 号钻孔揭露，厚度 0.80~3.30m，层顶埋深 3.90~4.70m。灰黑、灰黄色，松散，饱和，成分由碎石组成为主，含中粗砂颗粒，局部间隙充填淤泥，土质均匀性，密实度差。该层工程性能较差。

抛石①-4：灰黄色，稍密状，为中、微风化花岗岩岩块回填形成，间隙充填中细砂。块径 20~70cm。土质密实度一般，回填时间大于 5 年，该层主要在海

岸沿线有分布，仅在钻孔 CK16、ZK5、ZK7 揭露，层顶埋深 0~7.10m，层顶标高 1.24~8.34m，厚度 0.70~5.80m。该层工程性能一般。

填碎石 1-5：杂色，稍密，稍湿，填料主要为中风化花岗岩或凝灰岩碎石，含量约 80%，颗粒一般 40~80mm，个别大于 100mm，呈棱角状，间隙充填黏性土或砂，表层约 0.1m 为沥青路面。该层为迎宾大道路面结构层，仅在钻孔 CK17 揭露，层顶埋深 0m，厚度 1.20m。该层经压实处理，工程性能一般。

第四系冲海积层（ Q_4^{al-m} ）：主要分布淤泥混砂②-1、淤泥②-2、砂混淤泥②-3、中砂②-4。

淤泥混砂②-1：灰、浅灰色，饱和，流塑状，成分由粉、黏粒组成，粉、中砂含量约 30%，干强度及韧性中等，有光泽反应，稍有臭味，含少量贝壳碎屑。该层仅在 ZK4、ZK7 号钻孔揭露，厚度 1.30~14.10m，层顶标高 0.60~0.88m。实测标贯击数 4.0~7.0 击，标准值 4.5 击，修正后标贯击数 3.1~4.9 击，标准值 3.6 击，该层具高压缩性，低强度，易变形的特点，受应力水平和土体结构扰动对强度和变形的影响较大，工程性能极差。

淤泥②-2：灰、浅灰、灰黑色，饱和，流塑状，土质较均匀，切面光滑，成分由黏、粉粒组成，局部含少量的细砂及贝壳碎屑。有异味，易污手，局部含少量有机质。摇振反应无，干强度及韧性高。该层主要分布于水域钻孔表层，在钻孔 CK1~CK12、CK14、CK17、CK18、CK22、CK23、CK25、ZK2、ZK3、ZK6 及引用钻孔 GK1~GK8、GK13~GK16 中有揭露，层顶埋深 0~5.50m，层顶标高-16.27~6.45m，厚度 0.70~12.50m。该层具有高压缩性，低强度，易变形的特点，受应力水平和土体结构扰动对强度和变形的影响较大，工程性能极差。

砂混淤泥②-3：灰、灰黑色，饱和，松散~稍密，局部中密，成分以中、粗砂为主，粒径大于 0.25mm 的颗粒质量占比约 48.9~86.7%，局部夹有淤泥薄层，含少量贝壳碎屑，粉、黏粒含量约 10~30%，分选性一般，级配较差。该层场地区部分布，在钻 CK1~CK14、CK18、CK19、CK20、CK23、CK25、ZK3 及引用钻孔 GK3~GK7、GK9、GK10、GK14~GK16 中有揭露，层顶埋深 0~14.50m，层顶标高-19.11~3.04m，厚度 0.90~14.20m，实测标贯击数 4.0~18.0 击，标准值 9.2 击，修正后标贯击数 2.8~12.7 击，标准值 6.5 击。属中等~高压缩性土，

层厚稳定性差，工程地质性能一般～差。

中砂②-4：灰黄色、灰色，稍密～中密状，局部松散，饱和，主要以中砂为主，粒径大于 0.25mm 的颗粒质量占比约 63.2～82.9%，局部相变为细砂，分选性一般，级配不良，含泥量约 5～10%，见海生贝壳碎屑。土质结构较均匀。该层仅局部钻孔有分布，在钻孔 CK7～CK9、ZK2、ZK3、ZK5 及引用钻孔 GK1～GK10 中有揭露，层顶埋深 3.60～13.30m，层顶标高-21.08～-0.06m，厚度 2.90～9.56m，实测标贯击数 8.0～24.0 击，标准值为 15.4 击，修正后标贯击数 5.7～15.5 击，标准值为 10.5 击。该层土质结构较均匀，但分布较不稳定，层厚稳定性差，属中等～高压缩性土，力学强度一般～低，工程地质性能一般～差。

晚更新统冲洪积层（ Q_3^{al+pl} ）：主要分布粉质黏土③。

粉质黏土③：灰黄、褐黄色，硬塑，湿，成分由黏粉粒组成，含约 10%中细砂。摇振反应无，光泽反应稍有光泽，干强度中等，韧性中等。该层场地局部分布，仅在钻孔 ZK7 中有揭露，层顶埋深 9.10m，层顶标高-0.42m，厚度 2.20m，实测标贯击数 11.0 击，修正后标贯击数 8.8 击。该层力学强度一般，属中等压缩性土，工程地质性能一般。

残积层（ Q^{el} ）：残积砂质黏性土④。

残积砂质黏性土④：该层为花岗岩风化残积形成，原岩风化残余结构仅局部可辨。黄褐色，硬塑状。由高岭土、石英砂粒组成，砂粒以中细砂为主，土中大于 2mm 的石英砾粒含量约 5.9%。摇振反应无，光泽反应稍有光泽，干强度中等，韧性中等。该层场地局部分布，仅在钻孔 ZK6 中有揭露，层顶埋深 7.70m，层顶标高 1.29m，厚度 1.80m，实测标贯击数 28.0 击，修正后标贯击数 23.1 击。该土体具泡水易软化，强度降低的特点，土质结构较均匀，但分布较不稳定，属中等压缩性土，力学强度一般，工程性能一般。

场地下部基岩为花岗岩，根据风化程度可分为全风化层、强风化层、中风化层。

全风化花岗岩⑤：灰黄色，岩石风化剧烈，组织结构基本破坏，仅局部可辨，矿物成分显著变化，除石英外，其他矿物已基本风化为土状，岩芯呈坚硬土状。该层场地局部分布，仅在钻孔 CK3、CK10、CK13、ZK6 及引用钻孔 GK7、GK9、

GK13 中有揭露，层顶埋深 4.60~20.16m，层顶标高-27.84~2.45m，厚度 1.90~7.70m，实测标贯击数 31.0~49.0 击，标准值为 36.1 击，修正后标贯击数 19.7~35.0 击，标准值为 26.0 击。该层与残积土层呈渐变关系，性能上大致接近于残积土，具有泡水易软化、崩解，强度降低的特点。该层力学强度较好，压缩性中~低，工程地质性能较好。

砂土状强风化花岗岩⑥：灰黄、灰褐色，岩石风化强烈，组织结构大部分破坏，原岩结构可辨，矿物成分显著变化，除石英外，其他矿物大部分风化为土状，岩芯呈砂土状，局部夹有长石碎块残留体。该层在大部分钻孔地段中有分布，层顶埋深 0.70~28.10m，层顶标高-31.28~6.76m，厚度 0.50~18.80m，实测标贯击数 52.0~149.0（局部大于 149.0 击）击，标准值为 76.1 击，修正后标贯击数 33.6~98.6 击，标准值为 50.1 击。该土层具有泡水易软化、崩解，强度降低的特点。该层力学强度高，压缩性低，工程地质性能良好。

碎块状强风化花岗岩⑦：灰黄、黄褐色，呈碎裂状，成分主要以石英、长石及少量云母为主，岩石风化强烈，其组织结构已被破坏，矿物间尚具有一定联结力，锤击声哑，无回弹，敲击易碎，钻进过程中拨钻声明显，岩芯呈碎块状。该层分布较不稳定，仅在钻孔 CK1~CK7、CK13、CK24、ZK1~ZK4、ZK8 及引用钻孔 GK1~GK5、GK13 中有揭露，层顶埋深 0~38.40m，层顶标高-39.41~3.07m，厚度 1.00~11.00m。根据室内岩石点荷载试验结果，抗压强度标准值为 16.4MPa。该层力学强度高，压缩性低，工程地质性能良好。

中风化花岗岩⑧：青灰、灰白、肉红色，中细粒花岗结构，块状构造，矿物成分以长石、石英为主，岩体较坚硬，金刚石钻进困难，岩芯柱面较光滑，局部裂隙较发育，岩芯多呈柱状，局部块状。RQD 约为 75~90，局部为微风化。该层在钻孔 CK1~CK7、CK13、CK15、CK16、CK21、CK22、ZK1~ZK5、ZK7、ZK8 及引用钻孔 GK1~GK5、GK13 中有揭露，层顶埋深 0~49.40m，层顶标高-42.81~5.70m，揭露厚度 1.00~6.70m。RQD 一般约为 75~90，属较好的，完整程度属较完整，岩体基本质量等级为 III 类。单轴饱和抗压强度范围值为 40.5~55.9MPa，平均值为 46.8MPa，标准值为 45.0MPa。该层压缩性低，力学强度高。勘探过程该层未发现洞穴、临空面和软弱夹层。

本次勘察未见古河道、沟浜、墓穴、防空洞、溶洞等不良埋藏物。风化岩未发现破碎带、洞穴、软弱夹层等影响地基稳定性的不良地质现象。本次勘察风化岩未发现岩脉或孤石，由于岩脉和孤石分布的无规律性，不排除其余钻孔间残积土及各风化带存在岩脉和孤石的可能性。

3.2.4.4 特殊性岩土、不良地质现象和不利埋藏物

(1) 人工填土层

①杂填土层分布厚度不大，为建筑垃圾及生活垃圾组成，不宜直接作为基础持力层，否则将产生较大的沉降和不均匀沉降，甚至产生地基失稳。

②填砂主要分布在陆域区，回填时未经分层压实，密实度、均匀性一般~差，工程性能一般~差，其强度受振动后明显降低，未经夯实、注浆等方法加固，不宜作为基础持力层，否则将产生较大的沉降和不均匀沉降，甚至产生地基失稳。

③素填土层主要分布在陆域区中部，回填时未经分层压实，具密实度、均匀性差、中~高压缩性等特性，工程性能不良，承载力一般，其强度受振动后明显降低，未经夯实、注浆等方法加固，不宜作为基础持力层，否则将产生较大的沉降和不均匀沉降，甚至产生地基失稳。

④抛石层主要沿海岸线分布，为浆砌的块石海岸，间隙充填中细砂，稍密状，土质密实度一般，承载力一般。

⑤填碎石层主要为迎宾大道路面结构层，该层经压实处理，工程性能一般。

(2) 软土

拟建场地上部分布发育的淤泥混砂 2-1、淤泥 2-2，具高含水量、高孔隙比等特性，场地内整体厚度较大，工程性质差，在荷载作用下会产生过量沉降，并可能产生滑移等现象，该层灵敏度为 2.3，属中等灵敏性土，受应力水平和土体结构扰动对强度和变形的影响较大，不宜以上述土层为持力层，应对此类软基进行处理后利用。由于淤泥混砂 2-1、淤泥 2-2 属欠固结土层，应考虑负摩阻力的影响。

(3) 砂土层

勘探区上部分布发育的砂混淤泥 2-3、中砂 2-4 为可液化土层，设计时需考虑液化土层的不良影响，根据需要对场地可液化砂层进行地基处理，应参考《水

运工程抗震设计规范》（JTS 146-2012）进行抗液化处理措施，确保地基稳定。

（4）残积土及风化层

勘探区下部分布有残积土层、全风化层、砂土状强风化层，均属于特殊岩土层，具有遇水易软化、崩解，强度降低的特点，若采用上述地层为基础持力层，应防止土层长时间泡水，导致地基土软化、强度降低。勘探区下部基岩为花岗岩，该类基岩主要特点是差异风化现象特别明显，本次勘察未揭露有孤石，鉴于其分布的不规律性，不排除钻孔间存在孤石的可能性，桩基施工时应注意遇孤石的不利影响。

（5）不利埋藏物

勘探区下部基岩为花岗岩，该类基岩主要特点是差异风化现象特别明显，本次勘察未揭露有孤石，鉴于其分布的不规律性，不排除钻孔间存在孤石的可能性，桩基施工时应注意遇孤石的不利影响。场区西侧海域埋设有一条大致呈南北向的排海污水管道，管道设计基础包含抛石层，基础施工前应将管道进行迁移或采取必要的保护措施，且需注意抛石对桩基施工的影响；拟建码头平台北侧分布有废弃旧码头基础，距离较近，基础施工前建议破除处理，以避免对基础施工的影响。

除此之外，勘探区内未发现危及建筑安全的崩塌、滑坡、泥石流、岩溶塌陷、地裂缝等不良地质现象。

3.2.4.5 场地类别及场地地震效应

（1）建筑场地类别

在场地范围选择 ZK2、ZK4、ZK5 号钻孔进行场地土层剪切波速测试。

根据各岩土层性质和剪切波速的测试结果及区域工程经验，依国标《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）（2016 年版）有关标准划分：杂填土①-1、填砂①-2、素填土①-3、抛石①-4、淤泥混砂②-1、淤泥②-2、砂混淤泥②-3 属软弱土；填碎石 1-5、中砂②-4 属中软土；粉质黏土③、残积砂质黏性土④、全风化花岗岩⑤及砂土状强风化花岗岩⑥均属中硬土；碎块状强风化花岗岩⑦为软质岩石；中风化花岗岩⑧为岩石。

钻孔 ZK4 号孔的等效剪切波速度 V_{se} 为 131m/s，即 V_{se} 在 ≤ 150 m/s 范围内，其所处位置的覆盖层厚度在 15~80m 范围内，依《建筑抗震设计规范》

(GB50011-2010) (2016年版)有关标准划分,场地类别为III类;

钻孔 ZK2、ZK5 号孔的等效剪切波速度 V_{se} 分别为 159m/s、182m/s, 即 V_{se} 在 $250 \geq V_{se} > 150$ m/s 范围内, 其所处位置的覆盖层厚度在 3~50m 范围内, 依《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010) (2016年版)有关标准划分, 场地类别为 II 类。根据工程所处地段建筑场地类别, 按不利因素考虑, 拟建工程场地类别为 III 类。

(2) 抗震设防烈度

拟建场地位于福建省福州市福清市江阴镇。建筑场地类别为 III 类, 场地设计属 7 度区, 地震分组为第三组, 峰值加速度为 0.10g, 按国标《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015) 表 C.13 及 8.2 条的表 1 相关的规定, 场地区域特征周期取 0.65s, 地震动峰值加速度调整系数 F_a 为 1.25。

根据区域地质资料, 拟建区域地震以弱震为主。场地及附近无断裂通过, 场址区未发现活动断层, 总体而言属于基本稳定区域。

(3) 砂土液化判别

场地内分布的饱和填砂①-2、砂混淤泥②-3、中砂②-4, 按《水运工程抗震设计规范》(JTS146-2012) 有关说明, 应对场地的饱和土进行液化判别和相应的地基处理。按规范判定场地饱和砂为可能发生液化土。按《水运工程抗震设计规范》(JTS146-2012) 规范 4.2.4 条的公式经计算, 场地内填砂①-2、砂混淤泥②-3、中砂②-4 层为液化土层。

$$N_{cr} = N_0 \beta [\ln(0.6d_s + 1.5) - 0.1d_w] \sqrt{\frac{3}{M_c}}$$

场地设计基本地震加速度为 0.10g, N_0 取值 7, 设计地震分组为第三组, 调整系数 β 取 1.05, 年最高水位埋深取值按 0m 取值, 陆域区钻孔年最高水位埋深根据场地最高地下水位高程 (8.00m) 计算, 黏粒含量 ρ_c 取 3%。

由饱和砂土液化判定表计算结果可知, 场地内 CK15~CK18、CK20、ZK1~ZK8 号钻孔为不液化钻孔; GK2、GK3、GK5、GK6、GK8、GK9、GK10、GK16 号钻孔 (共 8 个) 为轻微液化, 液化指数 0.06~5.41; CK1~CK14、CK19、CK23、CK25、GK1、GK4、GK7、GK14、GK15 号钻孔 (共 22 个) 为中等液化, 液化

指数 6.48~17.74；场地可液化钻孔的液化指数平均值为 9.68，按 7 度地震设防烈度区进行综合判定：场地的砂混淤泥 2-3 和中砂 2-4 层为轻微~中等液化土层，场地主要为中等液化场地。建议设计时根据工程需要对场地可液化砂层进行地基处理，应参考《水运工程抗震设计规范》（JTS 146-2012）中 4.2.7、4.2.8 节进行抗液化处理措施，确保地基稳定。

（4）软土震陷评价

根据波速测试及地区经验，场地淤泥混砂 2-1、淤泥 2-2 层的平均剪切波速为 107~128m/s（>90m/s），依据福建省工程建设地方标准《岩土工程勘察规范》（DBJ13-84-2006）表 8.4.2，可判定该场地软土在 7 度地震力作用下不会产生震陷。

（5）场地抗震地段划分

场地地震时不会发生滑坡、崩塌、地陷、地裂、泥石流等，也不属于发震断裂带上可能发生地表错位的部位；但拟建场地分布较大厚度的人工填土层和软土层，场地地基土平面分布上成因、岩性、状态不甚均匀，按国标《建筑抗震设计标准》（GB/T 50011-2010）第 4.1.1 条及其条文说明进行划分，场地属对建筑抗震不利地段，应根据该规范第 3.3.1 条提出避开要求，无法避开时应采取有效抗震措施。

3.2.4.6 地基土的分析与评价

（1）场地、地基稳定性及适宜性评价

根据区域地质资料显示拟建场地没有活动性断裂通过，属构造稳定地块；场地内及附近未发现岩溶、滑坡、危岩崩塌、泥石流、采空区、地面沉降、活动断裂等不良地质现象和地质灾害，场地无产生场地地质灾害的条件。但场地存在液化砂土、厚层软土，属对建筑抗震不利地段，对建筑抗震不利地段建议应避开，当无法避开时，应采取相应的抗震设防措施。按《城乡规划工程地质勘察规范》（CJJ57-2012）规范第 8.2.1 条，划分为稳定性差场地。

据地面调查及钻探揭露，勘察过程也未发现有隐伏的暗浜、古河道、地下洞穴、防空洞、临空面、冲刷沟槽等对工程施工不利的地下埋藏物或构筑物。拟建场地上部有杂填土、填砂、素填土、淤泥混砂、淤泥、砂混淤泥层分布，组合厚

度较大，地基稳定性差。但经采取适当措施处理后，地基稳定性可满足工程要求，场地适宜拟建物建设。

(2) 地基土评价

杂填土 1-1：为建筑垃圾及生活垃圾为主，土质密实度及均匀性较差，该层力学强度差，工程地质性能差。

填砂 1-2：主要分布在陆域区，回填时未经分层压实，密实度、均匀性一般~差，工程性能一般~差，其强度受振动后明显降低，未经夯实、注浆等方法加固，不宜作为基础持力层，否则将产生较大的沉降和不均匀沉降，甚至产生地基失稳。

素填土 1-3：主要分布在陆域区中部，回填时未经分层压实，具密实度、均匀性差、中~高压缩性等特性，工程性能不良，承载力一般，其强度受振动后明显降低，未经夯实、注浆等方法加固，不宜作为基础持力层，否则将产生较大的沉降和不均匀沉降，甚至产生地基失稳。

抛石 1-4：稍密状，为中、微风化花岗岩岩块回填形成，间隙充填中细砂，土质结构差，土质密实度一般，工程地质性能一般。

填碎石 1-5：主要为迎宾大道路面结构层，该层经压实处理，工程性能一般。

淤泥混砂 2-1、淤泥 2-2：流塑状，具高含水量，承载力低，强度低，抗剪、抗滑性能差，未经处理不可作为基础持力层。

砂混淤泥 2-3：松散~稍密状，均匀性及密实度差，承载力一般~差，未经处理不可作为基础持力层。

中砂 2-4：稍密~中密状，局部松散，土质结构较均匀，但分布较不稳定，层厚稳定性差，属中等~高压缩性土，力学强度一般~低，工程地质性能一般~差，不宜作为基础持力层。

粉质黏土 3：硬塑，土质结构较均匀，该层力学强度一般，具中等压缩性，承载力一般，但该层分布不稳定，层厚稳定性较差，不宜作为基础持力层。

残积砂质黏性土 4：硬塑，中等压缩性，工程性能一般，但该层分布不稳定，层厚稳定性较差，且具有泡水易软化、崩解使强度降低的特性，不宜作为基础持力层。

全风化花岗岩 5：中等压缩性，工程性能较好，但分布不稳定，局部厚度较

小，该层与残积土层为渐变过渡关系，也具有泡水易软化、崩解使强度降低的特性，不宜作为桩基持力层。

砂土状强风化花岗岩 6：压缩性低，力学强度较高，但埋深、厚度变化较大，可视其分布、埋深、厚度和设计要求选择作为荷载较低的建构筑物持力层。

碎块状强风化花岗岩 7、中风化花岗岩 8：工程性能良好、压缩性很低～不可压缩。可作为拟建建筑物的基础持力层。

（3）地基土均匀性评价

拟建场地陆域区表层分布杂填土 1-1、填砂 1-2 和素填土 1-3，成分较杂，均匀性较差，且分布不均，工程性能一般～较差；抛石 1-4 和填碎石 1-5 土质密实度一般，工程地质性能一般；淤泥混砂 2-1、淤泥 2-2 和砂混淤泥 2-3 土质松软且均匀性差，力学强度差；中砂 2-4、粉质黏土 3 层土质较均匀，但分布不稳定，仅局部地段有分布，力学强度一般；残积砂质黏性土 4 分布不连续，仅局部有分布，属中压缩性土层，土质较均匀；下伏各基岩风化层地层起伏较大，局部分布不连续，在垂直方向上都有随深度增加强度增高的趋势，水平向存在一定的起伏。总体来说，拟建场地地基土均匀性较差。建议设计时需采取相应的处理措施，以防产生不均匀沉降的问题。

图 3.2-33 钻孔平面布置图

图 3.2-34 工程地质剖面图 (3-3')

图 3.2-35 工程地质剖面图 (6-6')

图 3.2-36 工程地质剖面图 (10-10')

图 3.2-37 工程地质剖面图 (12-12')

图 3.2-38 工程地质剖面图 (25-25')

3.2.5 海域环境质量

3.2.5.1 数据来源及站位布置

本项目海洋生态环境现状调查数据来自福建省闽环试验检测有限公司于2024年4月和9月开展的海洋环境现状调查结果。共布设水质调查26站，生态调查16站，沉积物调查13站，生物质量调查16站。

福建省闽环试验检测有限公司于2024年9月开展16个站位渔业资源秋季调查，福建中凯检测技术有限公司于2025年5月开展12个站位渔业资源春季调查。具体站位布设见表3.2-27~表3.2-29和图3.2-39~图3.2-40。

表 3.2-27 2024 年春秋季海洋水质生态调查站位

表 3.2-28 2024 年秋季游泳动物调查站位

表 3.2-29 2025 年春季渔业资源调查站位

图 3.2-39 2024 年春、秋季海洋生态调查站位图

图 3.2-40 渔业资源调查站位图

3.2.5.2 海水环境质量现状

(1) 调查内容及方法

调查内容：水深、水温、pH、盐度、悬浮物、透明度、DO、COD、无机氮（氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮）、活性磷酸盐、石油类、铜、锌、铅、汞、镉、砷、总铬，共20个要素进行监测。

各项目样品采集、保存和分析方法分别按《海洋调查规范》（GB/T 12763.4-2007）第4.4节样品采集与贮存以及《海洋监测规范》（GB 17378.3-2007）中第一部分样品采集、贮存与运输规定执行。用有机玻璃采水器，采样层次要求石油类只采集表层，其余各项目，水深小于10m只采表层水；水深10m~25m采表、底层水；水深25m~50m采集表层、10m层和底层水。其中，表层指海面下0.5m深度以内的水层；底层指离底2m的水层（水深小于50m海域）。

(2) 评价标准及方法

根据《福建省近岸海域环境功能区划修编》（闽政〔2011〕45号）中的有

关要求春季调查点位 1#、5#、8#、9#、14#、16#、17#、23#共 8 个点位位于兴化湾江阴壁头四类区（FJ053-D-III）和兴化湾前薛三类区（FJ050-C-III）执行第三类海水水质标准，其余站位均执行第二类海水水质标准。秋季 1#、3#、4#、6#、20#执行第三类海水水质标准，其余站位均执行第二类海水水质标准。

单站单参数评价均采用单因子评价法。如果评价因子的标准指数值>1，表明该因子超过了相应标准。

1) 水质（pH 值、溶解氧除外）、海洋沉积物、生物质量单因子标准指数法的计算方法如下：

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

式中： P_i ----单因子评价指数；

C_i ----第 i 种评价因子的实测值；

C_s ----第 i 种评价因子的评价标准值。

2) DO 的标准指数为：

$$P_{DO} = \frac{|DO_f - DO_j|}{DO_f - DO_s} \quad (DO_j \geq DO_f)$$

$$P_{DO} = DO_s / DO_j \quad (DO_j < DO_f)$$

对于盐度较高的湖泊、水库及入海河口、近岸海域： $DO_f = \frac{491 - 2.65S}{33.5 + T}$

式中： P_{DO} ----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。

S ----盐度，mg/L。

T ----水温，℃。

3) 对海水中 pH 值的标准指数用下式计算：

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

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

式中: PI_{pH} ----pH 的污染指数; pH ----pH 的实测值;

pH_{su} 、 pH_{sd} ----分别为 pH 评价标准的上限值和下限值。

表 3.2-30 《海水水质标准》（GB3097-1997）摘要 **单位: mg/L**

(3) 调查结果

1) 水文要素调查结果

春季调查期间透明度介于 0.5~2.0m 之间, 平均 1.1m。水深介于 4.0~32.0m 之间, 平均水深 14.6 m。湾内水深相对较浅, 航道区海域水深较深。水温范围为 20.2~23.8℃, 平均值为 21.7℃; 其中表层水温范围为 20.4~23.8℃, 平均值为 21.9℃; 中层水温范围为 20.6~21.0℃, 平均值为 20.8℃; 底层水温范围为 18.5~22.8℃, 平均值为 20.9℃。盐度范围为 26.0~32.0, 平均值为 30.7; 其中表层盐度范围为 26.0~31.9, 平均值为 30.7; 中层盐度范围为 31.6~32.0, 平均值为 31.8; 底层盐度范围为 29.0~32.0, 平均值为 31.1。春季水体温度分布均匀, 湾内向湾外递减, 高值出现在兴化湾北部海域; 盐度明显湾外高于湾内, 低值区位于木兰溪入海口处。

秋季调查期间透明度介于 0.3~1.6m 之间, 平均 1.0m。水深介于 4.6~34m 之间, 平均水深 13.5 m。水温范围为 26.2~28.0℃, 平均值为 27.3℃; 其中表层水温范围为 27.2~28.0℃, 平均值为 27.5℃; 底层水温范围为 26.2~27.2℃, 平均值为 26.9℃。盐度范围为 27.99~32.05, 平均值为 30.89; 其中表层盐度范围为 27.99~31.95, 平均值为 30.82; 底层盐度范围为 29.90~32.05, 平均值为 30.95。

2) 常规化学要素调查结果

春季调查海水水质 pH 值范围为 7.76~8.04, 平均值 7.89, 1#站位最小, 14#站位最大; 其中表层 pH 范围为 7.76~8.04, 平均值为 7.89; 中层 pH 范围为 7.90~7.92, 平均值为 7.91; 底层 pH 范围为 7.83~7.95, 平均值为 7.89。除 1#和 3#站外均符合国家海水一类至二类海水水质标准, 1#和 3#站符合三类海水水质标准; PI 值范围为 0.04~1.03, 平均值为 0.56, 除 3#站外均满足相应评价标准, 超标率为 3.8%。春季高值位于兴化湾中部牛屿与小麦屿附近海域, 湾内 pH 低于

湾外，低值位于兴化湾西港和木兰溪入海口处。

秋季调查海水水质 pH 值范围为 8.05~8.31，平均值 8.15，1#站位最小，14#站位最大；其中表层 pH 范围为 8.05~8.31，平均值为 8.15；底层 pH 范围为 8.10~8.21，平均值为 8.16。所有站位均符合国家一类至二类海水水质标准，Pi 值范围为 0.00~0.51，平均值为 0.15，均满足相应评价标准。

春季调查海域水质溶解氧含量范围为 7.02~7.37mg/L，14#站位最小，20#和 21#站位最大，平均值 7.22mg/L，均符合国家海水一类海水水质标准；其中表层溶解氧含量范围为 7.02~7.38mg/L，平均值为 7.23mg/L；中层溶解氧含量范围为 7.16~7.24mg/L，平均值为 7.21mg/L；底层溶解氧含量范围为 7.02~7.36mg/L，平均值为 7.21mg/L。Pi 值范围为 0.54~0.71，平均值为 0.65，各站位均满足相应评价标准。春季高值出现在兴化湾湾口海域，低值多分布于内湾，南侧高于北侧。

秋季调查海域水质溶解氧含量范围为 6.61~7.41mg/L，1#站位最小，19 站位最大，平均值 7.02mg/L，均符合国家一类海水水质标准；其中表层溶解氧含量范围为 6.61~7.41mg/L，平均值为 7.07mg/L；底层溶解氧含量范围为 6.61~7.15mg/L，平均值为 6.95mg/L。Pi 值范围为 0.09~0.76，平均值为 0.25，各站位均满足相应评价标准。

春季调查海域水质悬浮物含量范围为 7.3 ~33.8mg/L，26#站位最小，3#站位最大，平均值 18.7mg/L；其中表层悬浮物含量范围为 8.0~33.8mg/L，平均值为 18.1mg/L；中层悬浮物含量范围为 6.6~21.3mg/L，平均值为 11.9mg/L；底层悬浮物含量范围为 5.9~28.5mg/L，平均值为 16.6mg/L。

秋季调查海域水质悬浮物含量范围为 6.5 ~72.8mg/L，8#站位最小，6#站位最大，平均值 24.0mg/L；其中表层悬浮物含量范围为 6.5~57.1mg/L，平均值为 1.92mg/L；底层悬浮物含量范围为 11.3~72.8mg/L，平均值为 33.0mg/L。

3) 有机污染物调查结果

春季海域石油类含量范围为未检出~15.4 μ g/L，8#站位最小，1#站位最大，平均值 8.5 μ g/L，均符合国家海水一类海水水质标准。Pi 值范围为 0.01~0.24，平均值为 0.13，各站位均满足相应评价标准。

秋季海域石油类含量范围为未检出~196 μ g/L，16 个站未检出，8#站位最大，

平均值 18.3 $\mu\text{g/L}$ ，除 8#和 13 号站外均符合国家一类海水水质标准，8#和 13#符合国家三类海水水质标准。Pi 值范围为 0.01~1.73，平均值为 0.21，除 13#站外均满足相应评价标准，超标率为 3.8%。

春季调查海域化学需氧量（ COD_{Mn} ）含量范围为 0.52~2.28mg/L，17#站位最小，24#站位最大，平均值 1.38mg/L；其中表层化学需氧量含量范围为 0.52~2.28mg/L，平均值为 1.35mg/L；中层化学需氧量含量范围为 1.72~2.24mg/L，平均值为 1.91mg/L；底层化学需氧量含量范围为未检出~2.27mg/L，平均值为 1.28mg/L。除 24#站外均符合国家海水一类海水水质标准，24#站符合国家海水二类海水水质标准；Pi 值范围为 0.13~0.76，平均值为 0.43，各站位均满足相应评价标准。春季化学需氧量高值分布于湾口，低值出现在兴化湾西南侧和东北侧湾内。

秋季调查海域化学需氧量（ COD_{Mn} ）含量范围为 0.16~1.05mg/L，12#站位最小，22#站位最大，平均值 0.67mg/L；其中表层化学需氧量含量范围为 0.38~0.98mg/L，平均值为 0.68mg/L；底层化学需氧量含量范围为 0.16~1.05mg/L，平均值为 0.65mg/L。各站均符合国家海水一类海水水质标准，Pi 值范围为 0.12~0.33，平均值为 0.21，各站位均满足相应评价标准。

4) 营养盐要素调查结果

春季调查海域无机氮含量范围为 0.268~1.012mg/L，14#站位最小，7#站位最大，平均值为 0.570mg/L；其中表层无机氮含量范围为 0.268~1.012mg/L，平均值为 0.570mg/L；中层无机氮含量范围为 0.359~0.859mg/L，平均值为 0.529mg/L；底层无机氮含量范围为 0.340~0.841mg/L，平均值为 0.517mg/L。1 个站位（14#）符合二类海水水质标准，5 个站位（13#、15#、21#、22#、26#）符合三类海水水质标准，5 个站位（11#、16#、20#、23#、25#）符合四类海水水质标准，其余 15 个站位超四类海水水质标准。Pi 值范围为 0.67~3.37，平均值为 1.75。除 14#站外 25 个站位超标，超标率为 96.2%，最大超标倍数 2.37。春季无机氮高值出现在湾内木兰溪入海口处，低值集中在兴化湾东港中部至湾外进港航道间。

硝酸盐含量介于 0.242~0.825 mg/L 之间，平均值为 0.451 mg/L；其中表层硝酸盐含量范围为 0.233~0.825mg/L，平均值为 0.454mg/L；中层硝酸盐含量范

围为 0.257~0.765mg/L，平均值为 0.442mg/L；底层硝酸盐含量范围为 0.266~0.742mg/L，平均值为 0.414mg/L。亚硝酸盐含量介于 0.011 ~0.060 mg/L 之间，平均值为 0.026 mg/L；其中表层亚硝酸盐含量范围为 0.002~0.060mg/L，平均值为 0.026mg/L；中层亚硝酸盐含量范围为 0.023~0.025mg/L，平均值为 0.024mg/L；底层亚硝酸盐含量范围为 0.019~0.030mg/L，平均值为 0.024mg/L。铵盐含量介于 0.012 ~ 0.290 mg/L 之间，平均值为 0.093 mg/L；其中表层铵盐含量范围为 0.010~0.290mg/L，平均值为 0.090mg/L；中层铵盐含量范围为 0.043~0.079mg/L，平均值为 0.064mg/L；底层铵盐含量范围为 0.035~0.182mg/L，平均值为 0.079mg/L。

秋季调查海域无机氮含量范围为 0.058~0.590mg/L，16#站位最小，20#站位最大，平均值为 0.264mg/L；其中表层无机氮含量范围为 0.058~0.590mg/L，平均值为 0.274mg/L；底层无机氮含量范围为 0.149~0.528mg/L，平均值为 0.254mg/L。11 个站位（10#、12#~16#、18#、19#、23#、24#、26#）符合一类海水水质标准，5 个站位（6#~9#、17#）符合二类海水水质标准，8 个站位（1#、2#、4#、5#、11#、21#、22#、25#）符合三类海水水质标准，2 个站位（3#、20#）超四类海水水质标准。Pi 值范围为 0.15~1.86，平均值为 0.82。8 个站位超标，超标率为 30.8%，最大超标倍数 0.86。

硝酸盐含量介于 0.027 ~0.480 mg/L 之间，平均值为 0.129 mg/L；其中表层硝酸盐含量范围为 0.027 ~0.480 mg/Lmg/L，平均值为 0.140mg/L；底层硝酸盐含量范围为 0.064~0.392mg/L，平均值为 0.113mg/L。亚硝酸盐含量介于 0.008 ~0.074 mg/L 之间，平均值为 0.058 mg/L；其中表层亚硝酸盐含量范围为 0.008 ~0.073mg/L，平均值为 0.057mg/L；底层亚硝酸盐含量范围为 0.047~0.074mg/L，平均值为 0.063mg/L。铵盐含量介于未检出~0.387mg/L 之间，平均值为 0.077 mg/L；其中表层铵盐含量范围为未检出~0.387mg/L，平均值为 0.081mg/L；底层铵盐含量范围为 0.020~0.383mg/L，平均值为 0.078mg/L。

春季海域活性磷酸盐含量范围为 0.003 ~0.025mg/L，15#站位最小，3#站位最大，平均值 0.008mg/L；其中表层活性磷酸盐含量范围为 0.002~0.025mg/L，平均值为 0.008mg/L；中层活性磷酸盐含量范围为 0.005~0.006mg/L，平均值为

0.006mg/L；底层活性磷酸盐含量范围为 0.004~0.011mg/L，平均值为 0.005mg/L。24 个站位符合一类海水水质标准，2 个站位（3#、6#）符合二类海水水质标准。Pi 值范围为 0.10~0.83，平均值为 0.27，各站位均满足相应评价标准。春季活性磷酸盐分布与无机氮相同，高值区均为木兰溪入海口处，湾内向湾外递减。

秋季海域活性磷酸盐含量范围为 0.020~0.045mg/L，4#和 16#站位最小，1#站位最大，平均值 0.029mg/L；其中表层活性磷酸盐含量范围为 0.020~0.045mg/L，平均值为 0.028mg/L；底层活性磷酸盐含量范围为 0.026~0.041mg/L，平均值为 0.031mg/L。20 个站位（3#、4#、5#、7#~10#、12#、14#~19#、21#~26#）符合二类海水水质标准，6 个站位（1#、2#、6#、11#、13#、20#）符合四类海水水质标准。Pi 值范围为 0.67~1.50，平均值为 0.97，6 个站位超标，超标率为 23.1%，最大超标倍数 0.50。

5) 重金属调查结果

春季调查海域海水水质汞含量范围为未检出~0.031 μ g/L，1#、5#、7#站位小于检出限（0.007 μ g/L），16#站位最大，平均值 0.017 μ g/L，均符合一类海水水质标准；其中表层汞含量范围为未检出~0.031 μ g/L，平均值为 0.017 μ g/L；中层汞含量范围为 0.021~0.027 μ g/L，平均值为 0.024 μ g/L；底层汞含量范围为未检出~0.028 μ g/L，平均值为 0.017 μ g/L。Pi 值范围为 0.02~0.16，平均值为 0.09，各站位均满足相应评价标准。

秋季调查海域海水水质汞含量范围为未检出~0.148 μ g/L，20 个站位小于检出限（0.007 μ g/L），2#站位最大，平均值 0.030 μ g/L，均符合一类海水水质标准。Pi 值范围为 0.02~0.68，平均值为 0.13，各站位均满足相应评价标准。

春季调查海域海水水质铜含量范围为 0.4~1.9 μ g/L，17#站位最小，6#站位最大，平均值 1.0 μ g/L，本次调查铜含量均符合一类海水水质标准；其中表层铜含量范围为 0.3~1.9 μ g/L，平均值为 1.0 μ g/L；中层铜含量范围为 0.3~1.4 μ g/L，平均值为 0.9 μ g/L；底层铜含量范围为 0.3~2.1 μ g/L，平均值为 1.0 μ g/L。Pi 值范围为 0.01~0.19，平均值为 0.08，各站位均满足相应评价标准。

秋季调查海域海水水质铜含量范围为 1.0~4.9 μ g/L，10#站位最小，17#站位最大，平均值 2.6 μ g/L，本次调查铜含量均符合一类海水水质标准；其中表层铜

含量范围为 1.0~4.9 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 2.7 $\mu\text{g/L}$ ；底层铜含量范围为 1.5~4 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 2.6 $\mu\text{g/L}$ 。Pi 值范围为 0.04~0.34，平均值为 0.20，各站位均满足相应评价标准。

春季调查海域海水水质铬含量范围为未检出~0.8 $\mu\text{g/L}$ ，22 个站位小于检出限（0.2 $\mu\text{g/L}$ ），9#站位最大，平均值 0.3 $\mu\text{g/L}$ ，均符合一类海水水质标准，Pi 值范围为 0.00~0.01，平均值为 0.00，各站位均满足相应评价标准。

秋季调查海域海水水质铬含量范围为未检出~2.2 $\mu\text{g/L}$ ，18 个站位小于检出限（0.2 $\mu\text{g/L}$ ），3#站位最大，平均值 0.35 $\mu\text{g/L}$ ，均符合一类海水水质标准，Pi 值范围为 0.00~0.02，平均值为 0.00，各站位均满足相应评价标准。

春季调查海域海水水质镉含量范围为 0.03~0.13 $\mu\text{g/L}$ ，6#、15#站位最小，1#站位最大，平均值 0.07 $\mu\text{g/L}$ ，均符合一类海水水质标准；其中表层镉含量范围为 0.02~0.13 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 0.07 $\mu\text{g/L}$ ；中层镉含量范围为 0.05~0.10 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 0.08 $\mu\text{g/L}$ ；底层镉含量范围为 0.03~0.12 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 0.07 $\mu\text{g/L}$ 。Pi 值范围为 0.00~0.02，平均值为 0.01，各站位均满足相应评价标准。

秋季调查海域海水水质镉含量范围为未检出~0.02 $\mu\text{g/L}$ ，17 个站位小于检出限（0.01 $\mu\text{g/L}$ ），平均值 0.01 $\mu\text{g/L}$ ，均符合一类海水水质标准，Pi 值范围均为 0.00，各站位均满足相应评价标准。

春季调查海域海水水质铅含量范围为 0.06~0.63 $\mu\text{g/L}$ ，24#站位最小，4#站位最大，平均值 0.20 $\mu\text{g/L}$ ，均符合一类海水水质标准；其中表层铅含量范围为 0.05~0.63 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 0.19 $\mu\text{g/L}$ ；中层铅含量范围为 0.17~0.29 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 0.24 $\mu\text{g/L}$ ；底层铅含量范围为 0.05~0.35 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 0.17 $\mu\text{g/L}$ 。Pi 值范围为 0.01~0.13，平均值为 0.03，各站位均满足相应评价标准。

秋季调查海域海水水质铅含量范围为未检出~1.33 $\mu\text{g/L}$ ，17 个站位小于检出限（0.03 $\mu\text{g/L}$ ），20#站位最大，平均值 0.24 $\mu\text{g/L}$ ，均符合一类海水水质标准。Pi 值范围为 0.00~0.22，平均值为 0.04，各站位均满足相应评价标准。

春季海水水质锌含量范围为 4.2~17.4 $\mu\text{g/L}$ ，11#站位最小，16#站位最大，平均值 11.1 $\mu\text{g/L}$ ，均符合一类海水水质标准；其中表层锌含量范围为 4.2~17.5 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 11.6 $\mu\text{g/L}$ ；中层锌含量范围为 4.5~8.6 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 6.7 $\mu\text{g/L}$ ；底层锌

含量范围为 4.2~16.9 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 11.1 $\mu\text{g/L}$ 。Pi 值范围为 0.06~0.34，平均值为 0.19，各站位均满足相应评价标准。

秋季海水水质锌含量范围为 3.1~39.1 $\mu\text{g/L}$ ，9#站位最小，3#站位最大，平均值 9.8 $\mu\text{g/L}$ ，除 3#点外均符合一类海水水质标准，3#站符合二类海水水质标准；其中表层锌含量范围为 3.9~39.1 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 11.4 $\mu\text{g/L}$ ；底层锌含量范围为 3.1~12.4 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 7.3 $\mu\text{g/L}$ 。Pi 值范围为 0.04~0.78，平均值为 0.18，各站位均满足相应评价标准。

春季调查海域海水水质砷含量范围为 1.2~1.5 $\mu\text{g/L}$ ，平均值 1.4 $\mu\text{g/L}$ ，本次调查砷含量均符合一类海水水质标准 Pi 值范围为 0.02~0.05，平均值为 0.04，各站位均满足相应评价标准。

秋季调查海域海水水质砷含量范围为 1.6~2.8 $\mu\text{g/L}$ ，平均值 2.1 $\mu\text{g/L}$ ，本次调查砷含量均符合一类海水水质标准 Pi 值范围为 0.04~0.09，平均值为 0.06，各站位均满足相应评价标准。

(4) 小结

2024 年 4 月春季调查水温范围为 20.2~23.8 $^{\circ}\text{C}$ ，平均 21.7 $^{\circ}\text{C}$ ，符合该海域水体常规温度。盐度范围 26.0~32.0，平均 30.7，低值区位于木兰溪入海口处，盐度符合该海域水体常规盐度变化范围。由于 1#和 3#站有陆源淡水汇入，pH 为三类海水水质标准，其余均符合一类海水水质标准。溶解氧、石油类和各项重金属指标均符合一类海水水质标准；化学需氧量（3.8%）和活性磷酸盐（7.7%）部分站位符合二类海水水质标准，其余站位符合一类海水水质标准；主要超标因子为无机氮，无机氮含量 0.268~1.012 mg/L ，平均值为 0.570 mg/L ，超标率为 96.2%。主要超标原因是 2024 年 4 月上旬降雨量较大，累计降水量达 115.9 mm ，调查前期的连日降雨将大量陆源污染物冲刷流入附近水体，如农业排水、养殖尾水等含有大量的无机氮，这些污染物最终汇入海洋，造成近岸海域无机氮浓度升高。

秋季水温、盐度、悬浮物分布未见异常；pH、化学需氧量均符合海水水质一类标准；由于 8#和 13#站位于兴化湾航道区内，往来船舶较多可能受船舶污染影响石油类为三类海水水质标准，其余均符合一类海水水质标准。溶解氧、pH 和化学需氧量指标均符合一类海水水质标准；主要超标因子为活性磷酸盐和无机

氮，活性磷酸盐含量0.020~0.045mg/L，平均值为0.029mg/L，超标率为23.1%；
无机氮含量0.058~0.590mg/L，平均值为0.264mg/L，超标率为30.8%。可能受陆
源污染和人类海洋活动影响。

表 3.2-31 春季海水水质评价指数

表 3.2-32 秋季海水水质评价指数

表 3.2-33 春季海水水质检测结果

表 3.2-34 秋季海水水质检测结果

3.2.5.3 海洋沉积物质量

(1) 调查内容及方法

调查内容为铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷、石油类、有机碳、硫化物，共计 10 个因子。样品采集、保存和分析方法分别按《海洋监测规范》（GB 17378.5-2007）沉积物分析分册中规定的有关方法进行，用抓斗式采泥器采集表层沉积物样品。

(2) 评价标准

海洋沉积物质量指标参照《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）。

表 3.2-35 《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）摘录

(3) 调查结果

春季沉积物中硫化物含量最小值为 5.9mg/kg（17#），最大值为 89.0mg/kg（3#），平均值为 39.1mg/kg。硫化物含量均符合海洋沉积物质量一类标准。

春季沉积物中油类含量最小值为 24.2mg/kg（16#），最大值为 153mg/kg（17#），平均值为 78.6mg/kg。石油类含量均符合海洋沉积物质量一类标准。

春季沉积物中有机碳含量最小值为 0.42%（1#），最大值为 1.82%（6#），平均值 0.82%。有机碳含量均符合海洋沉积物质量一类标准。

春季沉积物中汞含量最小值为 0.032mg/kg（16#），最大值为 0.140 mg/kg（1#），平均值为 0.073 mg/kg。调查海区沉积物样品汞含量符合海洋沉积物质量一类标准。

春季沉积物中镉含量有四个站（14#、16#、18#、20#）小于检出限（< 0.04mg/kg），最大值为 0.09mg/kg（6#），平均值为 0.04 mg/kg。调查海区沉积物样品镉含量符合海洋沉积物质量一类标准。

春季沉积物中铜含量最小值为 12.5mg/kg（16#），最大值为 23.9mg/kg（6#），平均值为 17.6mg/kg。调查海区沉积物样品中铜含量均符合国家海洋沉积物质量一类标准。

春季沉积物中锌含量最小值为 83.3mg/kg（16#），最大值为 114mg/kg（6#），平均值为 99.2mg/kg。调查海区沉积物样品锌含量符合海洋沉积物质量一类标准。

春季沉积物中铅含量最小值为 25.1mg/kg（18#），最大值为 39.2mg/kg（6#），

平均值为 29.8mg/kg。调查海区沉积物样品铅含量均符合海洋沉积物质量一类标准。

春季沉积物中砷含量最小值为 8.83mg/kg (17#)，最大值为 10.90mg/kg (9#)，平均值为 10.09 mg/kg。调查海区沉积物样品砷含量符合海洋沉积物质量一类标准。

春季沉积物中铬含量最小值为 53mg/kg (14#)，最大值为 80mg/kg (20#)，平均值为 64mg/kg。调查海区沉积物样品铬含量符合海洋沉积物质量一类标准。

(4) 小结

2024 年 4 月春季调查海洋沉积物环境状况良好，所有指标均符合海洋沉积物质量一类标准。

表 3.2-36 春季海洋沉积物检测结果

3.2.5.4 生物体质量

(1) 调查内容及方法

调查内容为铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷、石油烃，共计 8 个要素。在项目附近海域进行生物质量监测，以双壳类为主，根据海区特征增加鱼类，主要来源游泳动物拖网和潮间带采样。

2024 年 4 月春季调查共采集生物质量 16 个站位生物质量样品，其中 3 个双壳贝类来源潮间带采样，其他 13 个站位样品来源海域游泳动物采集。2024 年 9 月秋季调查共采集生物质量 17 个站位生物质量样品，其中 1 个双壳贝类来源潮间带采样，其他 16 个站位样品来源游泳动物拖网采集。生物体质量调查站位见表 3.2-27、表 3.2-28。

(2) 评价标准

双壳贝类参照《海洋生物质量》(GB18421-2001)，非双壳贝类参考《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》附录 C。

表 3.2-37 《海洋生物质量》(GB18421-2001) 摘录 (单位: mg/kg)

表 3.2-38 其他海洋生物质量参考值 (单位: mg/kg)

(3) 调查结果

春季调查海域贝类生物体内汞含量在 0.014 ~0.026mg/kg，平均 0.019mg/kg。均符合《海洋生物质量》一类标准 ($\leq 0.05\text{mg/kg}$)。

秋季调查牡蛎汞含量为0.036mg/kg，为《海洋生物质量》一类标准；游泳动物生物体内汞含量在0.007~0.020mg/kg，平均0.013mg/kg，均低于海洋生态环境影响评价技术导则中附录C的参考值（鱼类：0.3 mg/kg；甲壳类：0.2 mg/kg；软体类：0.3 mg/kg）。

春季调查海域贝类生物体内镉含量在0.065~0.632mg/kg，平均0.392mg/kg。丽文蛤镉含量符合《海洋生物质量》一类标准（ $\leq 0.2\text{mg/kg}$ ），牡蛎镉含量符合《海洋生物质量》二类标准（ $>0.2\text{mg/kg}$ ， $\leq 2.0\text{mg/kg}$ ）。

秋季调查牡蛎镉含量为0.410mg/kg，为《海洋生物质量》二类标准；游泳动物生物体内镉含量在未检出~0.015mg/kg，平均0.009mg/kg，均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中的评价标准值（鱼类：0.6 mg/kg；甲壳类：2 mg/kg；软体类：5.5 mg/kg）。

春季调查海域贝类生物体内铅含量在0.08~0.30mg/kg，平均0.22mg/kg。丽文蛤铅含量符合《海洋生物质量》一类标准（ $\leq 0.1\text{mg/kg}$ ），牡蛎铅含量符合《海洋生物质量》二类标准（ $>0.1\text{mg/kg}$ ， $\leq 2.0\text{mg/kg}$ ）。

秋季调查牡蛎铅含量为0.52mg/kg，为《海洋生物质量》二类标准；游泳动物生物体内铅含量均小于检出限0.04mg/kg，均低于海洋生态环境影响评价技术导则中附录C的参考值（鱼类：2 mg/kg；甲壳类：2 mg/kg；软体类：10 mg/kg）。

春季调查海域贝类生物体内铜含量在3.7~52.4mg/kg，平均33.8mg/kg。丽文蛤铜含量符合《海洋生物质量》一类标准（ $\leq 10\text{mg/kg}$ ），牡蛎的铜含量符合《海洋生物质量》三类标准（ $>25\text{mg/kg}$ ， $\leq 100\text{mg/kg}$ ）。

秋季调查牡蛎铜含量为36.4mg/kg，为《海洋生物质量》三类标准；游泳动物生物体内铜含量在0.4~1.5mg/kg，平均1.0mg/kg，均低于海洋生态环境影响评价技术导则中附录C的参考值（鱼类：20 mg/kg；甲壳类：100 mg/kg；软体类：100 mg/kg）。

春季调查海域贝类生物体内砷含量在0.6~0.7mg/kg，平均0.6 mg/kg，均符合《海洋生物质量》一类标准（ $\leq 1.0\text{mg/kg}$ ）。

秋季调查牡蛎砷含量为0.6mg/kg，为《海洋生物质量》一类标准；游泳动物生物体内砷含量在未检出~0.6mg/kg，平均0.3mg/kg。

春季调查海域贝类生物体内铬含量在0.09~0.24mg/kg，平均0.18mg/kg，铬

含量均符合《海洋生物质量》一类标准 ($\leq 0.5\text{mg/kg}$)。

秋季调查牡蛎铬含量为 0.17mg/kg ，为《海洋生物质量》一类标准；游泳动物生物体内铬含量在未检出~ 0.16mg/kg ，平均 0.08mg/kg 。

春季调查海域贝类生物体内锌含量在 $9.8\sim 174\text{mg/kg}$ ，平均 106mg/kg 。丽文蛤锌含量符合《海洋生物质量》一类标准 ($\leq 20\text{mg/kg}$)，牡蛎的锌含量符合《海洋生物质量》三类标准 ($>50\text{mg/kg}$ ， $\leq 500\text{mg/kg}$)。

秋季调查牡蛎锌含量为 167mg/kg ，为《海洋生物质量》三类标准；游泳动物生物体内锌含量在 $1.6\sim 8.9\text{mg/kg}$ ，平均 5.4mg/kg ，均低于海洋生态环境影响评价技术导则中附录 C 的参考值（鱼类： 40mg/kg ；甲壳类： 150mg/kg ；软体类： 250mg/kg ）。

春季调查海域贝类生物体内石油烃含量在 $6.4\sim 12.7\text{mg/kg}$ ，平均 9.7mg/kg 。所有贝类生物样品的石油烃含量均符合《海洋生物质量》一类标准 ($\leq 15\text{mg/kg}$)。

秋季调查牡蛎石油烃含量为 13.7mg/kg ，为《海洋生物质量》一类标准；游泳动物生物体内石油烃含量在 $3.6\sim 11.9\text{mg/kg}$ ，平均 7.6mg/kg ，均低于海洋生态环境影响评价技术导则中附录 C 的参考值 ($\leq 20\text{mg/kg}$)。

(4) 小结

春季调查海域贝类石油烃、重金属汞、砷、铬满足《海洋生物质量》一类标准，丽文蛤满足《海洋生物质量》一类标准，两季度调查牡蛎类对重金属铜、锌有较强的富集作用，其满足《海洋生物质量》三类标准，镉、铅满足《海洋生物质量》二类标准，其余指标满足《海洋生物质量》一类标准。两季度调查其他海洋生物质量均低于海洋生态环境影响评价技术导则中附录 C 的参考值。

表 3.2-39 春季生物质量检测结果

表 3.2-40 秋季生物质量检测结果

3.2.6 海洋生态现状

3.2.6.1 调查概况及评价方法

海洋生态环境调查站位详见 3.2.5.1 节。调查内容包括叶绿素 a、初级生产力、

浮游植物、浮游动物、底栖生物，鱼卵仔鱼、游泳动物。

(1) 生物多样性评价指数计算

水生生物物种多样性采用Margalef丰富度指数 (d)、Shannon–Wiener多样性指数 (H') 和Pielou均匀度指数 (J')。正常环境， H' 值高；环境受污， H' 值降低。设定 $H' < 3.0$ 为优秀， $2.0 < H' < 3.0$ 为良好， $1.0 < H' < 2.0$ 为中等， $H' < 1.0$ 为较差。 J' 值范围为0~1之间， J' 值越大时，体现生态环境健康，种间个体分布较均匀，群落结构较稳定；反之， J' 值越小时，反映种间个体分布不均匀，群落结构不稳定。计算公式如下。

$$d = \frac{(S-1)}{\log_2 N}$$
$$H' = - \sum P_i \log_2 P_i$$
$$J' = \frac{H'}{\log_2 S}$$

式中： S 为群落中物种总数， N 为调查中所有种类的个体数， P_i 为第 i 个物种的个体数 (N_i) 占有物种总个体数 (N) 的比例，即 $P_i = N_i/N$ 。

(2) 初级生产力： $P = P_s \times E \times \frac{D}{2}$

$$P_s = \text{叶绿素 a 含量} \times \text{同化系数}$$

$$E = \begin{cases} \text{透明度} \times 3 & (\text{当透明度} \times 3 \leq \text{水深}) \\ \text{水深} & (\text{当透明度} \times 3 > \text{水深}) \end{cases}$$

式中： P_s 为表层水中浮游植物的潜在生产力，单位为 $\text{mg} \cdot \text{C}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ； E 为真光层深度； D 为日照时间的长短，日照时间春季调查以 12 小时计算；同化系数根据 2021 年兴化湾海域春季调查取平均值 5.0。

(3) 相对重要性指数 IRI 计算

根据出现频率、数量和个体大小，采用 Pinkas 相对重要性指数 (IRI) 来评价鱼类群落中各种类的生态优势度，当 IRI 值大于 500 时为优势种， IRI 值在 100~500 的为常见种， IRI 值在 10~100 的为一般种， IRI 值在 1~10 的为少见种， IRI 值小于 1 的为稀有种，公式如下：

$$\%N = \frac{n_i}{N}$$

$$\%W = \frac{w_i}{W}$$

$$IRI = (\%N + \%W) \times f_i$$

式中： n_i 为第*i*种样本个体数； N 为样本总个体数； w_i 为第*i*种样本重量； W 为样本总重量； IRI 为相对重要性指数； f_i 为某一种类的样本出现的站数占总站数的比例。

(4) 拖网调查海域的资源密度（尾数和重量），按如下公式计算资源量：

$$D = \frac{C}{q \times A}$$

其中： D —相对资源密度（重量： kg/km^2 ，尾数： $\text{ind.}/\text{km}^2$ ）；

C —每小时取样面积内的渔获量（ kg ）或尾数（ ind. ）

q —网具捕获率， q 取 0.5；

A —为网具每小时扫海面积（ km^2 ）。

3.2.6.2 叶绿素 a 及初级生产力

(1) 叶绿素 a

2024 年 4 月春季调查海域各站位叶绿素 a 均值为 $4.85 \text{ mg}/\text{m}^3$ ，表层叶绿素 a 含量的平均值为 $5.27 \text{ mg}/\text{m}^3$ ，变化范围为 $2.22 \sim 10.60 \text{ mg}/\text{m}^3$ 之间；底层叶绿素 a 含量的平均值为 $4.43 \text{ mg}/\text{m}^3$ ，变化范围为 $1.36 \sim 9.77 \text{ mg}/\text{m}^3$ 之间。高值区分布在工程区位置附近海域及江阴东部海域内。

秋季调查海域各站位叶绿素 a 均值为 $2.28 \text{ mg}/\text{m}^3$ ，表层叶绿素 a 含量的平均值为 $2.50 \text{ mg}/\text{m}^3$ ，变化范围为 $1.39 \sim 5.73 \text{ mg}/\text{m}^3$ 之间；底层叶绿素 a 含量的平均值为 $2.07 \text{ mg}/\text{m}^3$ ，变化范围为 $1.01 \sim 5.19 \text{ mg}/\text{m}^3$ 之间。高值区分布在兴化湾西部沿岸海域，由湾内向湾外递减。

(2) 初级生产力

2024 年 4 月春季调查结果显示初级生产力波动范围为 $179.56 \sim 1365.66 \text{ mg} \cdot \text{C}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ，平均含量为 $476.84 \text{ mg} \cdot \text{C}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。初级生产力最高的位于站位 8#，最低的位于站位 3#。平面分布情况与叶绿素 a 较为一致。

秋季调查结果显示初级生产力波动范围为 $60.48 \sim 621.43 \text{ mg} \cdot \text{C}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ，平均含量为 $202.60 \text{ mg} \cdot \text{C}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。初级生产力最高的位于站位 6#，最低的位于站

位 25#。高值区分布在兴化湾西南部沿岸海域及工程区附近，平面分布情况与叶绿素 a 较为一致。

3.2.6.3 浮游植物

(1) 种类组成

春季共采集和鉴定浮游植物 3 门 23 科 46 属 92 种。其中，硅藻类出现种类最多，达 37 属 78 种，占 84.8%；甲藻门出现 8 属 13 种，金藻类出现 1 种。春季主要优势种是细弱海链藻 (*Thalassiosira subtilis*)、中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*)、旋链角毛藻 (*Chaetoceros curvisetus*) 和布氏双尾藻 (*Ditylum brightwellii*)，均为硅藻。

秋季共采集和鉴定浮游植物 3 门 20 科 47 属 92 种。其中，硅藻类出现种类最多，达 13 科 40 属 79 种，占 85.9%；甲藻门出现 6 科 6 属 12 种，蓝藻类出现 1 种。秋季主要优势种共 10 种，分别是琼氏圆筛藻 (*Coscinodiscus jonesianus*)、细弱海链藻 (*Thalassiosira subtilis*)、中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*)、洛氏角毛藻 (*Chaetoceros lorenzianus*)、旋链角毛藻 (*Chaetoceros curvisetus*)、布氏双尾藻 (*Ditylum brightwellii*)，钟型中鼓藻 (*Climacodium biconcavum*)、尖刺菱形藻 (*Nitzschia pungens*)、奇异菱形藻 (*Nitzschia paradoxa*)、菱形海线藻 (*Thalassionema nitzschioides*)、均为硅藻。

(2) 密度分布

春季调查海区浮游植物平均密度为 1.20×10^4 cells/L，其中以硅藻门的平均密度最占优势。调查海域浮游植物各站的密度范围 7.3×10^2 cells/L~ 8.0×10^4 cells/L 之间，其中 5#站浮游植物密度最高，25#站最低。数量组成结果以硅藻门最高，占总量的 99.7%。其中最多的为旋链角毛藻，占总数量的 36.6%；其次为中肋骨条藻，占总数量的 23.0%；第三为布氏双尾藻，占总数量的 20.0%。高值区分布在工程区位置西侧与南侧附近海域，平面分布情况与叶绿素 a 较为一致。

秋季调查海区浮游植物平均密度为 4.54×10^3 cells/L，其中以硅藻门的平均密度最占优势。调查海域浮游植物各站的密度范围 0.72×10^2 cells/L~ 3.0×10^4 cells/L 之间，其中 3#站浮游植物密度最高，16#站最低。数量组成结果以硅藻门最高，占总量的 99.9%。其中最多的为中肋骨条藻，占总数量的 29.8%；其次为奇异菱形藻，占总数量的 16.0%；第三为布氏双尾藻，占总数量的 9.0%。高值区分布

在工程区位置西侧与东北侧近岸海域，由湾内向湾外逐渐减少，与叶绿素 a 分布规律较为一致。

(3) 主要优势种

春季该监测海域优势种有 4 种，种类及优势度分别为细弱海链藻 (0.111)、中肋骨条藻 (0.230)、旋链角毛藻 (0.366) 和布氏双尾藻 (0.203)。

秋季主要优势种共 10 种，分别是琼氏圆筛藻 (0.021)、细弱海链藻 (0.032)、中肋骨条藻 (0.298)、洛氏角毛藻 (0.041)、旋链角毛藻 (0.048)、布氏双尾藻 (0.090)，钟型中鼓藻 (0.046)、尖刺菱形藻 (0.056)、奇异菱形藻 (0.160)、菱形海线藻 (0.041)。

(4) 生态特征指数

春季调查海区浮游植物丰富度 d 范围为 1.54~3.33 之间，均值为 2.23。丰富度指数范围 2~3 之间的站比例为 62.5%，大于 3 的站占比 6.25%。最高值出现在 25#站，最低值出现在 8#站，各站位物种数介于 27~46 间。

浮游植物均匀度 J 范围为 0.35~0.66 之间，均值为 0.51，因优势种集中为少数几个物种，种间丰度分配不均。各站均匀度指数大于 0.5 的站占总站的 50%，其余范围为 0.3~0.5 之间。最高值出现在 20#站，最低值出现在 11#站。

浮游植物的多样性指数 (H') 范围为 1.77~3.43 之间，均值为 2.62。调查海域多样性指数大于 3 的站占总站的百分比 31.25%，部分站的多样性指数范围为 2~3 之间的站比例占 50%。最高值出现在 25#站，最低值出现在 11#站。

秋季浮游植物丰富度 d 范围为 0.89~3.12 之间，均值为 2.41。丰富度指数范围 2~3 之间的站比例为 68.8%，大于 3 的站占比 12.5%。最高值出现在 14#站，最低值出现在 16#站，各站位物种数介于 11~47 间。

均匀度 J 范围为 0.51~0.74 之间，均值为 0.63，各站均匀度指数大于 0.7 的站占总站的 12.5%，其余范围为 0.5~0.7 之间。最高值出现在 6#站，最低值出现在 24#站。

多样性指数 (H') 范围为 2.35~3.76 之间，均值为 3.20。调查海域多样性指数大于 3 的站占总站的百分比 75%，其余站位范围在 2~3 之间。最高值出现在 11#站，最低值出现在 16#站。

表 3.2-40 两季度浮游植物群落生态多样性指数对比

3.2.6.4 浮游动物

(1) 种类组成

春季调查鉴定到种浮游动物 13 门(类) 56 种, 其中以桡足类和浮游幼体各 16 种(28.6%) 占绝对优势, 管水母类 9 种(占比 16.1%), 糠虾类、介形类、端足类、毛颚类、有尾类分别鉴定到 2 种, 磷虾类、十足类、栉水母类、涟虫类和多毛类均为 1 种, 所占比例均较小。

秋季调查鉴定到种浮游动物 11 门(类) 71 种, 其中以桡足类 29 种(40.8%) 占绝对优势, 浮游幼体次之 15 种(21.1%), 水母类 13 种(占比 18.3%), 其余门类鉴定到 1~3 种间, 所占比例均较小。

(2) 生物量分布

春季调查海域浮游动物的平均湿重生物量为 $207.73\text{mg}/\text{m}^3$, 各站的生物量范围为 $20.29\text{mg}/\text{m}^3\sim 519.15\text{mg}/\text{m}^3$ 之间。湿重生物量最高值出现在 5#站, 其次 18#站; 最低值出现在 25#站, 其次为 14#站。浮游动物总生物量分布较为不均, 高值区主要分布在工程区位置西侧、南侧及东南侧海域, 沿岸生物量较小。

秋季调查海域浮游动物的平均湿重生物量为 $342.63\text{mg}/\text{m}^3$, 各站的生物量范围为 $48.55\text{mg}/\text{m}^3\sim 1684.10\text{mg}/\text{m}^3$ 之间。湿重生物量最高值出现在 3#站, 其次 6#站; 最低值出现在 12#站, 其次为 11#站。浮游动物总生物量分布较为不均, 高值区主要分布在工程区位置西侧及西南侧海域, 由湾内向湾外减少。

(3) 密度分布

春季调查海域浮游动物的平均丰度值为 $661.0\text{ ind.}/\text{m}^3$, 其中以桡足类的平均丰度值最为优势, 平均丰度达到 $564.9\text{ ind.}/\text{m}^3$, 占浮游动物总平均丰度的 85.5%, 其次为浮游幼体, 其丰度值为 $83.2\text{ ind.}/\text{m}^3$, 占浮游动物总平均丰度的 12.6%, 其余各类群的平均丰度值均较低, 占浮游动物总平均丰度的百分比均不足 1%。

各站的丰度值范围为 $30.2\text{ ind.}/\text{m}^3\sim 2751.7\text{ ind.}/\text{m}^3$ 之间。调查海域浮游动物最高值出现在 10#站, 其次为 5#站, 主要由小拟哲水蚤和太平洋纺锤水蚤大量聚集所致, 最低值出现在 25#站, 其次为 8#站。总体呈西高东低分布, 高值区主要在项目西侧至南侧海域范围。

秋季调查海域浮游动物的平均丰度值为 $619.3\text{ ind.}/\text{m}^3$, 其中以桡足类的平均丰度值最为优势, 平均丰度达到 $482.4\text{ ind.}/\text{m}^3$, 占浮游动物总平均丰度的 77.9%,

其次为浮游幼体，其丰度值为 95.3ind./m³，占浮游动物总平均丰度的 15.4%，其余各类群的平均丰度值均较低。

浮游动物各站的丰度值范围为 117.27 ind./m³~3625.0ind./m³之间。调查海域浮游动物最高值出现在 3#站，其次为 6#站，主要由太平洋纺锤水蚤和钳形歪水蚤大量聚集所致，最低值出现在 21#站，其次为 12#站。总体呈西高东低分布，向湾外逐渐减少，高值区主要在项目西南侧海域范围。

(4) 主要优势种

春季优势度 (Y) 大于 0.02 的有 5 种，分别为磷虾幼体 (0.071)、近缘大眼水蚤 (0.029)、太平洋纺锤水蚤 (0.227)、瘦尾胸刺水蚤 (0.087)、小拟哲水蚤 (0.485)。

秋季优势度 (Y) 大于 0.02 的有 8 种，分别为太平洋纺锤水蚤 (0.249)、钳形歪水蚤 (0.191)、海洋伪镖水蚤 (0.146)、亚强真哲水蚤 (0.060)、短尾类幼体 (0.041)、箭虫幼体 (0.027)、中型莹虾 (0.024)、莹虾幼体 (0.024)。

(5) 生态特征指数

春季调查海域浮游动物丰富度指数 d 范围为 2.68~5.28 之间，均值为 3.69，各测站丰富度指数相对较高，丰富度指数大于 3 的测站占总测站的 87.5%，丰富度最高值出现在 25#测站，最低值则出现在 11#测站。物种丰富度较高，各站位物种数在 18~32 之间。均匀度指数 J 范围为 0.29~0.72 之间，均值为 0.53，各测站均匀度指数大于 0.5 的测站占总测站的 62.5%，种间丰度分配不均。均匀度最高值出现在 16#测站，最低值出现在 10#测站。多样性指数 H' 范围为 1.33~3.04 之间，均值为 2.36，调查海域多样性指数大于 3 的测站占总测站的百分比仅有 18.8%，多样性指数最高值出现在 25#测站，最低值则与均匀度指数最低值基本一致，出现在 10#测站。

秋季调查海域浮游动物丰富度指数 d 范围为 2.71~7.77 之间，均值为 4.01，各测站丰富度指数相对较高，丰富度指数大于 3 的测站占总测站的 81.3%，丰富度最高值出现在 21#测站，最低值则出现在 14#测站。物种丰富度较高，各站位物种数在 15~38 之间。均匀度指数 J 范围为 0.56~0.75 之间，均值为 0.67，均匀度最高值出现在 17#测站，最低值出现在 8#测站。多样性指数 H' 范围为 2.39~3.73 之间，均值为 3.05，调查海域多样性指数大于 3 的测站占总测站的百分比仅有

43.8%，多样性指数最高值出现在 21#测站，最低值则与均匀度指数最低值基本一致，出现在 8#测站。

表 3.2-41 两季浮游动物各站位多样性指数

3.2.6.5 大型浅海底栖生物

(1) 物种组成

春季调查大型底栖生物共有 7 门 16 目 36 科 44 属 45 种。其中以环节动物 28 种占绝对优势，其次为软体动物 6 种，节肢动物和棘皮动物各 4 种，腔肠动物门、星虫动物门、苔藓动物门物种数均为 1。综合分析，该海域以环节动物和节肢动物为主要贡献类群，占总种数 85.6%。

各站定量调查的物种数范围为 2~12 种之间，平均每站有大型底栖生物 7.2 种。其中，超过 10 种的站位有 5 个，在 5#站物种数最高。各站主要以环节动物占优势，环节动物物种数范围为 2~9 种之间。

秋季调查大型底栖生物共有 6 门 17 目 40 科 54 属 55 种。其中以环节动物 34 种占绝对优势，其次为软体动物 8 种，棘皮动物 7 种，节肢动物 4 种，纽形动物门和星虫动物门物种数均为 1。综合分析，该海域以环节动物和软体动物为主要贡献类群，占总种数 76.4%。

各站物种数范围为 1~27 种之间，平均每站有大型底栖生物 8.6 种。其中，超过 10 种的站位有 4 个，在 8#站物种数最高。各站主要以环节动物占优势，环节动物物种数范围为 1~17 种之间。

(2) 密度分布

春季调查大型底栖生物的总密度为 1390 ind./m²。其中，环节动物最高，为 975 ind./m²，占总密度的 70.1%。节肢动物次之，为 215 ind./m²，占总密度 15.5%，棘皮动物为 130 ind./m²，占总密度的 9.4%，软体动物为 50 ind./m²，占总密度的 3.6%，其余门类密度较少，不足总密度的 1%。

各站平均密度 86.9 ind./m²，栖息密度范围为 10~465 ind./m²，其中，3#站栖息密度最低，5#站生物栖息密度最高，各站位以环节动物和节肢动物为主要贡献者。底栖生物个体密度分布不均，主要高值区在工程周边海域。

秋季调查大型底栖生物的总密度为 2415 ind./m²。其中，环节动物最高，为 1590 ind./m²，占总密度的 65.8%。节肢动物次之，为 465 ind./m²，占总密度 19.3%，

棘皮动物为 225ind./m²，占总密度的 9.3%，其余门类密度较少。

各站平均密度 150.9 ind./m²，栖息密度范围为 5~1105ind./m²，其中，3#站栖息密度最低，8#站生物栖息密度最高，各站位以环节动物为主要贡献者。底栖生物个体密度分布不均，主要高值区在工程周边海域。

(3) 生物量

春季调查大型底栖生物的平均生物量为 12.94g/m²，平均生物量以棘皮动物占优势，为 6.36g/m²，占比 49.2%。环节动物第二为 3.12g/m²，占比 24.1%。节肢动物第三为 1.73g/m²，占比 13.4%。其余动物门类的生物量较小。

各站生物量分布差异比较大，范围为 1.11 g/m²~35.41g/m² 之间，20#站平均生物量最低，8#站平均生物量最高，大部分站位生物量范围为 5 g/m²~20g/m² 之间。底栖生物量分布不均，主要高值区在工程周边海域，分布情况与栖息密度较为一致。

秋季调查大型底栖生物的平均生物量为 24.91g/m²，平均生物量以棘皮动物占优势，为 13.20g/m²，占比 53.0%。软体动物第二为 4.73g/m²，占比 19.0%。节肢动物第三为 4.31g/m²，占比 17.3%。其余动物门类的生物量较小。

各站生物量分布差异比较大，范围为 0.95 g/m²~79.99g/m² 之间，3#站生物量最低，8#站生物量最高，大部分站位生物量范围为 5 g/m²~20g/m² 之间。底栖生物量分布不均，主要高值区在工程周边海域及兴化湾东港中部海域。

(4) 主要优势种

春季调查优势度 (Y) 大于 0.02 的优势种有 3 种，为棘刺锚参、豆形短眼蟹和岩虫。秋季调查优势度 (Y) 大于 0.02 的优势种有 3 种，为欢乐稚齿虫、豆形短眼蟹和沟纹拟盲蟹。

(5) 生态特征指数

春季调查大型底栖生物 Shannon-wiener 物种多样性指数 H' 的平均值为 2.32，范围为 1.00~3.33 之间，最大的是 18#站位，最小的是 3#站位，生物多样性水平较高， H' 值高于 2 的站位占比 75%；Pielou 物种均匀度指数 J' 的平均值为 0.88，范围为 0.33~1.00 之间，最大的是 3#站位，最小的是 5#站位，仅 1 个站位小于 0.5，其余站位均大于 0.8，种间分布均匀；Margalef 种类丰度指数 d 的平均值为 2.39，范围为 1.24~3.79 之间，最大的是 18#站位，最小的是 10#和 11#站位。

表 3.2-42 大型底栖生物多样性指数

秋季调查 3#和 21#站种类数只有一种，故不进行生态评价指数计算。大型底栖生物 Shannon-wiener 物种多样性指数 H' 的平均值为 2.40，范围为 1.38~3.64 之间，最大的是 10#站位，最小的是 16#站位，生物多样性水平较高， H' 值高于 2 的站位占比 75%；Pielou 物种均匀度指数 J' 的平均值为 0.80，范围为 0.43~0.98 之间，最大的是 10#站位，最小的是 8#站位，仅 1 个站位小于 0.5，种间分布均匀；Margalef 种类丰度指数 d 的平均值为 2.72，范围为 1.03~4.82 之间，最大的是 8#站位，最小的是 16#站位。

表 3.2-43 秋季大型底栖生物多样性指数

3.2.6.6 潮间带底栖生物

(1) 种类组成

春季调查潮间带大型底栖生物调查共采获底栖生物 70 种，分属 4 门 47 科 62 属。采集到的大型底栖生物中，环节与节肢动物各 15 种，占总物种数的 21.43%；软体动物 39 种，占总物种数的 55.71%；纽形动物 1 种。

各断面种数和种类组成不尽相同，C1 断面潮间带生物 37 种，C2 断面潮间带生物 21 种，C3 断面潮间带生物 35 种。各断面潮间带生物种数以中潮区物种最多，共有 54 种，低潮区有 30 种，高潮区物种数最少，仅 9 种。三条断面潮间带生物物种数垂直分布特征均为中潮区 > 低潮区 > 高潮区。

秋季调查潮间带大型底栖生物调查共采获底栖生物 59 种，分属 5 门 45 科 54 属。采集到的大型底栖生物中，软体动物 20 种，占总物种数的 33.9%；环节动物 19 种，占总物种数的 32.2%；节肢动物各 18 种，占总物种数的 30.5%；纽形动物与棘皮动物各 1 种。

各断面种数和种类组成不尽相同，C1 断面潮间带生物 35 种，C2 断面潮间带生物 18 种，C3 断面潮间带生物 21 种。各断面潮间带生物种数以中潮区物种最多，共有 39 种，低潮区有 22 种，高潮区物种数最少，仅 13 种。C1、C2 断面潮间带生物物种数垂直分布特征均为中潮区 > 低潮区 > 高潮区。

(2) 栖息密度

春季调查潮间带大型底栖生物调查总平均栖息密度为 58.7 ind./m²，栖息密度以环节动物居第一位 (22.8 ind./m²)，占总平均密度的 38.9%，节肢动物居第二

位 (18.4 ind./m²)，占总平均密度的 31.3%。水平分布上，各断面栖息密度组成不尽相同，C1 断面以节肢和软体动物占第一位，C3 以环节动物占第一位，C2 则是以软体动物占第一位，各断面平均密度 C3>C1>C2。垂直分布上，以中潮区 (93.3 ind./m²)>低潮区 (54.7 ind./m²)>高潮区 (28.0 ind./m²)，C1、C3 断面以中潮区>低潮区>高潮区，C2 断面以低潮区>中潮区>高潮区。

秋季调查潮间带大型底栖生物调查总平均栖息密度为 41.0 ind./m²，栖息密度以环节动物居第一位 (24.4 ind./m²)，占总平均密度的 59.6%，节肢动物居第二位 (10.2 ind./m²)，占总平均密度的 24.9%。水平分布上，各断面栖息密度组成不尽相同，C1 断面以节肢和软体动物占第一位，C2、C3 以环节动物占第一位，各断面平均密度 C3>C1>C2。垂直分布上，以低潮区 (64 ind./m²)>中潮区 (45.8 ind./m²)>高潮区 (13.3 ind./m²)，C1、C3 断面以低潮区>中潮区>高潮区，C2 断面以中潮区>低潮区>高潮区。

(3) 生物量

春季调查潮间带大型底栖生物的平均总生物量为 30.53 g/m²。不同生物类群平均生物量以软体动物最高 (21.69 g/m²)，占总生物量的 53.25%；环节动物次之 (10.54 g/m²)，占总生物量的 25.88%；节肢动物平均生物量为 8.50 g/m²，占总生物量的 20.86%。在水平分布上，C3 断面 (平均生物量 64.81 g/m²)>C1 断面 (平均生物量 21.21 g/m²)>C2 断面 (平均生物量 5.56 g/m²)。各断面生物量组成不尽相同，其中 C1 以节肢动物为主，C2、C3 以软体动物为主；生物量的垂直分布以高潮区 (197.7 g/m²)>中潮区 (144.7 g/m²)>低潮区 (48.5 g/m²)，其余三条断面不尽相同。

秋季调查潮间带大型底栖生物的平均总生物量为 12.05 g/m²。不同生物类群平均生物量以节肢动物最高 (7.39 g/m²)，占总生物量的 61.3%；软体动物次之 (3.31 g/m²)，占总生物量的 27.5%；环节动物平均生物量为 1.11 g/m²，占总生物量的 9.2%。在水平分布上，C3 断面 (平均生物量 28.84 g/m²)>C1 断面 (平均生物量 6.45 g/m²)>C2 断面 (平均生物量 0.86 g/m²)。各断面生物量组成不尽相同，其中 C1、C3 以节肢动物为主，C2 以环节动物为主；生物量的垂直分布以中潮区 (21.26 g/m²)>高潮区 (9.54 g/m²)>低潮区 (5.34 g/m²)，C1、C3 断面以中潮区>高潮区>低潮区，C2 断面以中潮区>低潮区>高潮区。

(4) 生态特征指数

春季调查潮间带大型底栖生物丰度指数 (d) 均值为 5.43, Pielous 物种均匀度指数 (J') 均值为 0.84, 多样性指数 (H') 均值为 3.75, 物种丰富度生物多样性指数和均匀度指数较高, 表明海域底栖生物多样性高。

表 3.2-44 春季潮间带生物群落特征值

秋季调查潮间带大型底栖生物丰度指数 (d) 均值为 7.75, Pielous 物种均匀度指数 (J') 均值为 0.84, 多样性指数 (H') 均值为 3.49, 物种丰富度生物多样性指数和均匀度指数较高, 表明海域底栖生物多样性高。

表 3.2-45 秋季潮间带生物群落特征值

3.2.6.7 鱼卵仔稚鱼

(1) 种类组成

2024 年 9 月秋季调查共捕获鱼卵 207 粒、仔鱼 619 尾, 从种类组成来看秋季调查共发现 21 种, 其中 2 个鉴定到科, 6 个鉴定到属, 13 个鉴定到种。秋季捕获鱼卵 4 种, 占总种类数的 19.0%, 捕获仔鱼 17 种, 占总种类数的 81.0%。在科的水平, 共发现 17 科, 石首鱼科种类最多, 有 3 种, 鲷科和鳀科各 2 种。

2025 年 5 月春季调查取样共捕获鱼卵 2138 粒、仔鱼 245 尾, 从种类组成来看春季调查共发现 11 种 (含 4 个未定种), 其中 7 个鉴定到种, 1 个鉴定到属, 3 个鉴定到科。春季捕获鱼卵 6 种, 占总种类数的 54.5%, 捕获仔鱼 7 种, 占总种类数的 63.6%。在科的水平, 共发现 8 科, 鳀科、石首鱼科种类较多, 分别为 3 种、2 种, 分别占总物种总数的 27.3%、18.2%。

(2) 鱼卵

2024 年 9 月秋季水平拖网中各站点均有采集到鱼卵, 平均密度为 1.80 ind./100m³, 21#站密度最高 (7.35 ind./100m³), 12# (0.14ind./100m³) 站点密度较低。种类主要以舌鳎科 (sp.1) 和石首鱼科 (sp.1) 为主, 占比分别为 45.9% 和 51.7%。

秋季垂直拖网均未采集到鱼卵。

2025 年 5 月春季水平拖网中各站点均有采集到鱼卵, 共采集到鱼卵 2123 粒, 平均为 176.92 ind./网, 8#站数量最高 (812 ind./网), 3#、4#、5#、7#、9#、10#、

11#站位的密度也较高，均大于 100 ind./网，12#（2 ind./网）站点密度较低。种类主要以红鳍笛鲷、叫姑鱼和康氏小公鱼为主，占比分别为 33.40%、31.61%和 25.34%。总体呈北侧高，南侧低的分布，湾中部较多。

春季垂直拖网共采集到鱼卵 15 粒，平均密度为 1.03 ind./m³，其中 2#站密度最高（7.50 ind./m³），9#站（0.63 ind./m³）密度最低，种类以红鳍笛鲷、康氏小公鱼为主。总体分布呈南侧高，北侧低的趋势。

（3）仔稚鱼

2024 年 9 月秋季水平拖网中各站点均有采集到仔稚鱼，平均密度为 5.61 ind./100m³，其中 6#站密度最高（13.64 ind./100m³），12#（0.14ind./100m³）密度最低。种类以美肩鳃鲷为主（81.6%），平鲷次之（9.0%）。

秋季垂直拖网仅 9#、10#站分别采集到 1 只仔稚鱼，其种类和密度分别为鮫（0.521 ind./ m³）和美肩鳃鲷（0.357 ind./ m³），其余站位均未采集到鱼卵仔稚鱼。

2025 年 5 月春季水平拖网各站点均有采集到仔稚鱼，共采集到 240 尾，平均为 20.00 ind./网，其中 7#站密度最高（77 ind./网），8#（27 ind./网）次之，12#（1 ind./网）密度最低。种类以叫姑鱼为主（93.33%），康氏小公鱼次之（3.75%），总体呈西侧高，东侧低的分布，高值区主要集中于兴化湾北侧沿岸海域。

春季垂直拖网中共采集到仔稚鱼 5 尾，平均密度为 0.25 ind./m³，其中 2#站（1.25 ind./m³）和 10#站（0.71 ind./m³）密度较高，5#（0.45 ind./m³）站密度最低。种类以叫姑鱼和康氏小公鱼为主。总体呈北侧高，南侧低的分布。

表 3.2-47 两季调查垂直拖网鱼卵仔稚鱼密度（ind./ m³）

3.2.6.8 游泳动物

（1）2024 秋季调查结果

①种类组成

2024 年 9 月秋季调查共捕获游泳动物 68 科 104 属 137 种；其中鱼类 86 种，占总种类数的 62.8%；甲壳类 46 种（虾类 17 种、蟹类 22 种、虾蛄类 7 种），占总种类数的 33.6%（其中虾类占 12.4%、蟹类占 16.1%、虾蛄类占 5.1%）；头足类 5 种，占总种类数的 3.6%。从种类数平面分布上来看，秋季调查各站位出

现种类数在 31~54 之间，Y10 站最多，Y9 最少，平均每站出现约 38.5 种。

②CPUE

2024 年秋季调查 16 个站位平均重量 CPUE 为 9.48 kg/h，范围为 5.81 kg/h~17.35 kg/h。Y1 的鱼类重量 CPUE 最高（14.46 kg/h），Y3 的甲壳类重量 CPUE 最高（5.03 kg/h），Y14 的头足类重量 CPUE 最高（3.70kg/h），Y14 的鱼类最低（2.42 kg/h），Y16 甲壳类 CPUE 最低（0.85 kg/h）。各站位平均尾数 CPUE 为 634.6 ind./h，范围为 150.9 ind./h~2409.2 ind./h。Y2 的鱼类尾数 CPUE 最高（2261.5 ind./h），Y14 的甲壳类尾数 CPUE 最高（354.2 ind./h），Y3 的头足类尾数 CPUE 最高（8.9ind./h），Y9 的鱼类尾数 CPUE 最低（63.6 ind./h），Y13 的甲壳类尾数 CPUE 最低（77.8 ind./h）。数量上总体呈西北高，东南低，从湾内至湾外递减。

③重量密度

2024 年 9 月秋季调查 16 个站位中，游泳动物平均重量密度为 686.9 kg/km²，范围为 433.0 kg/km²~1132.4 kg/km²。Y11 的鱼类重量密度最高（858.2 kg/km²），Y12 的甲壳类重量密度最高（423.5 kg/km²），Y14 的头足类重量密度最高（228.3kg/km²），Y14 的鱼类重量密度最低（149.3 kg/km²），Y7 的甲壳类重量密度最低（51.3 kg/km²）。

表 3.2-48 2024 年秋季游泳动物重量密度（单位：kg/km²）

④尾数密度

2024 年 9 月秋季调查各站位游泳动物平均尾数密度为 40832 ind./km²，范围为 13581 ind./km²~130088 ind./km²。Y2 的鱼类尾数密度最高（122113 ind./km²），Y5 的甲壳类尾数密度最高（25265 ind./km²），Y3 的头足类尾数密度最高（662 ind./km²），Y9 的鱼类尾数密度最低（5727 ind./km²），Y13 的甲壳类尾数密度最低（5727 ind./km²）。数量上总体呈西北高，东南低，从湾内至湾外递减。

表 3.2-49 2024 年秋季游泳动物尾数密度（单位：kg/km²）

⑤生态特征指数

2024 年 9 月秋季游泳生物个体数多样性指数（ H' ）范围为 1.20~4.95，平均

值 3.98，其中 Y12 最高，Y2 最低；均匀度指数 (J') 范围为 0.24~0.93，平均为 0.76，其中 Y11 最高，Y2 最低；丰富度指数 (d) 范围为 2.72~5.05，平均为 3.63，Y10 最高，Y2 最低。多样性指数 (H') ≥ 2.0 的站位占比为 50%，均匀度指数 (J') ≥ 0.7 的站位占比为 43.8%，丰富度指数 (d) ≥ 3.0 的站位占比为 87.5%，均匀度指数 (J') ≥ 0.7 的站位占比为 81.3%，丰富度指数 (d) ≥ 3.0 的站位占比为 68.8%。

游泳生物体质量多样性指数 (H') 范围为 1.35~4.35，平均值 3.33，其中 Y12 最高，Y2 最低；均匀度指数 (J') 范围为 0.27~0.80，平均为 0.63，其中 Y5 最高，Y2 最低；丰富度指数 (d) 范围为 3.70~7.80，平均为 5.77，Y10 最高，Y11 最低。多样性指数 (H') ≥ 3.0 的站位占比为 75.0%，均匀度指数 (J') ≥ 0.7 的站位占比为 37.5%，丰富度指数 (d) 均大于 3。

表 3.2-50 2024 年秋季游泳动物各站位多样性指数

(2) 2025 春季调查结果

① 种类组成

2025 年 5 月春季调查共捕获游泳动物 97 种，其中鱼类 71 种，占总渔获物物种数的 73.20%；蟹类 8 种，占 8.25%；虾类 8 种，占 8.25%；头足类 7 种，占 7.22%；口足类 3 种，占 3.09%。其中，鱼类 71 种，隶属于 14 目 36 科 56 属，其鲈形目种类最多，共计 17 科 30 属 37 种，占鱼类物种总数的 52.11%，其它共计 13 目 19 科 26 属 34 种，占鱼类物种总数的 47.89%；蟹类 8 种，隶属 1 目 5 科 6 属；虾类 8 种，隶属 1 目 3 科 5 属；头足类 7 种，隶属 3 目 3 科 4 属；口足类 3 种，隶属 1 目 1 科 2 属。各站游泳动物物种数范围为 17~35 种，平均每站出现约 24.8 种。

② 重量密度

2025 年春季调查 12 个站位中，游泳动物平均重量密度为 543.83 kg/km²，范围为 183.86~1080.06 kg/km²。11#号站位的重量密度最高，8#号站位的重量密度最低。其中，鱼类重量资源密度中，2#站位的最多 (482.07 kg/km²)，1#站位最少 (61.28 kg/km²)；蟹类重量资源密度中，11#站位的最多 (607.52 kg/km²)；虾类重量资源密度中，3#站位的最多 (83.02 kg/km²)；头足类重量资源密度中，5#站位的最多 (34.15 kg/km²)；口足类重量资源密度中，10#站位的最多 (167.74

kg/km²)。各大类别中生物量资源组成以鱼类为主,其次是蟹类,其它类别依次为口足类、虾类和头足类。总体呈东侧高,西侧低,重量资源上从湾外至湾内递减。

表 3.2-51 2025 年春季游泳动物重量密度 (kg/km²)

③尾数密度

2025 年春季次调查 12 个站位中,游泳动物平均个体数密度为 23780 ind./km², 范围为 11.16×10³~34.56×10³ ind./km²。11#号站位的尾数资源密度最大,为 34.56×10³ ind./km²,8#号站位的尾数资源密度最小,为 11.16×10³ ind./km²。其中,鱼类尾数资源密度中,9#站位的最多(17.1×10³ ind./km²),7#站位最少(4.86×10³ ind./km²);蟹类尾数资源密度中,11#站位的最多(10.71×10³ ind./km²);虾类尾数资源密度中,3#站位的最多(9.36×10³ ind./km²);头足类尾数资源密度中,7#站位的最多(0.9×10³ ind./km²);口足类尾数资源密度中,10#站位的最多(8.54×10³ ind./km²)。各大类别中尾数资源组成以鱼类为主,其次是蟹类,其它类别依次为虾类、口足类和头足类。总体呈东南高,西北低,数量上从湾外至湾内递减。

表 3.2-52 2025 年春季游泳动物尾数密度 (单位: ×10³ ind./km²)

④生态特征指数

2025 年 5 月春季调查游泳动物尾数多样性指数(H')均值为 3.72(3.44~4.08),重量多样性指数(H')均值为 3.16(2.68~3.77),多样性指数较高,物种分布较多,站位间物种分布差异不大。尾数均匀度(J)均值为 0.81(0.74~0.85),重量均匀度(J)均值为 0.69(0.54~0.85),均匀度较高,数量分布较多,站位间数量分布差异不大。尾数丰富度(d)均值为 5.27(4.00~6.65),重量丰富度(d)均值为 2.65(2.11~3.37),丰富度较高,数量分布较多。各项生态评价指标综合表明,调查海域的游泳动物种间个体分布较均匀,群落结构较稳定,总体生态环境属于中等水平。

表 3.2-53 2025 年春季游泳动物个体数和体质量生态评价指数

(3) 幼体比例

2024年9月秋季调查,游泳动物的平均幼体尾数比例为47.0%。鱼类平均幼体尾数比例为81.6%,全部个体为幼体的鱼类有13种;甲壳类平均幼体尾数比例为38.3%,全部个体为幼体的甲壳类有5种;头足类幼体尾数比例为38.5%。

2024年秋季游泳动物鱼类密度28961 ind/km²,幼体比例81.6%,鱼类幼体密度约为23632 ind/km²;甲壳类密度11757 ind/km²,幼体比例为38.3%,甲壳类幼体密度约为4503 ind/km²。头足类密度为114 ind/km²,幼体比例38.5%,头足类幼体密度为44 ind/km²。

2025年春季调查平均幼体尾数比例为44.5%。鱼类密度10580 ind/km²,幼体比例81.9%,鱼类幼体密度约为8666 ind/km²;甲壳类密度12940 ind/km²,幼体比例为11.6%,甲壳类幼体密度约为1501 ind/km²。头足类密度为250 ind/km²,幼体比例40%,头足类幼体密度为100 ind/km²。

表 3.2-54 游泳动物的幼鱼比例

3.2.7 海洋自然灾害

(1) 台风

福清沿海大风日数多,给农业和渔业生产带来很大危害。中部平原和内陆山区大风日数较少,且多出现在台风影响时段。台风侵袭时,常有大风暴雨,既带来灾害,也带来较多的雨水。项目用海区所在兴化湾地处福建沿海中部,为台风(含强热带风暴、热带风暴)影响频繁地区。每年7~9月受台风影响较大,平均每年2~3次,最大风力可达12级以上,常带来严重的风、暴、潮、涝灾害,给人身财产安全带来很大的危险。

根据近年福建省海洋灾害公报数据,近年福清登陆的台风有:2008年第8号台风“凤凰”在福建省福清市东瀚镇登陆。登陆时中心附近最大风力有12级(33m/s),中心气压:975hpa。2013年第12号台风“潭美”在福建省福清市沿海登陆,登陆时近中心最大风力12级(35m/s)。“潭美”登陆后向偏西方向移动,给福建中北部沿海地区造成强风暴雨。2014年7月23日1410号台风“麦德姆”在福建省福清市高山镇登陆,登陆时中心附近最大风力11级(30m/s),受风暴潮和近岸浪的共同影响。2017年7月30日,第9号台风“纳沙”(台风

级)在福清市沿海登陆,登陆时中心附近最大风力 12 级(33m/s);7 月 31 日,第 10 号台风“海棠”(热带风暴级)在福清市沿海登陆,登陆时中心附近最大风力 8 级(18m/s),刷新了我国有记录以来 24 小时内两个台风先后登陆同一个沿海县(市、区)的纪录,受前后 2 个台风引起的风暴潮和近岸浪的共同影响,因灾直接经济损失合计 1.21 亿元。台风期间往往伴随大浪和风暴潮增水,具有较大的破坏性,可能造成水工建筑物大量倒塌、受损,船舶之间以及与码头发生碰撞,且随风暴潮涨落飘走,风险性增大。

(2) 风暴潮

风暴潮是指由热带气旋、温带气旋等强烈大气扰动引起的海面异常升高现象,是我国海洋灾害的主要致灾因子。福建海岸沿线县市历遭风暴潮肆虐,地方志常见“海溢、海涨、海侵、海啸、海潮逆涌”等记载。1990—2017 年间登陆或影响福建的台风累计引起 115 次风暴潮,特别是闽江口岸段容易受台风影响而陡现,具有发生频次高、影响范围广、灾害损失重等特征,往往造成人员死伤及沿岸房屋、海堤等严重损毁。2008—2017 年间风暴潮直接经济损失累计 175.77 亿元,其中 2010 年 5 次风暴潮造成的直接经济损失占当年全国风暴潮总损失的一半。

(3) 地震

项目用海区属闽东南滨海断隆(变质)带二级构造单元闽东火山断拗带。项目用海区位于福清市江阴镇,根据《中国地震动峰值加速度区划图》和《中国地震动反应谱特征周期区划图》福建省区划一览表,地属抗震设防烈度 VII 度区,地震动峰值加速度为 0.10g,设计地震分组为第三组,场地区域特征周期取 0.65s,地震动峰值加速度调整系数 F_a 为 1.25。拟建场区上部有较厚人工填土和淤泥软弱土层分布,填砂/中砂层分布,为轻微液化。判定场地对建筑抗震属不利地段。由于场地处于抗震设防烈度 7 度强震区,工程设计需考虑强震时强烈地面活动可能会产生的宏观震害,并采取相应的抗震设防措施。

4. 资源生态影响分析

4.1 生态评估

本项目所在海域位于兴化湾北岸的壁头角海域，海岸类型为人工海岸，形成陆域西侧紧邻为已建成运行的江阴港区 1#泊位，距兴化湾主航道较近，适宜作为港口开发岸线。项目所在海域的海洋“两空间一红线”功能分区为交通运输用海，目前周边主要开发利用活动为港口航运，未涉及生态保护红线区。因此江阴 14#泊位工程填海用海海域的资源生态敏感目标的保护管理要求主要是海洋沉积物环境、水深地形与冲淤环境、海洋生态环境影响。生态评估重点预测因子为海域水动力、地形地貌与冲淤、水环境影响、纳潮量等。

本项目针对“重力式沉箱结构+后方陆域回填方案”和“高桩+后方陆域回填方案”两种不同形态的填海方案进行比选，方案比选详见第 4.1.2 节，在资源生态影响方面，两个方案相差不大。在与周边开发活动适宜性方面，高桩方案与周边现状泊位设计高程要高出 1.5m~2m，极大限制未来码头一体化运营的需求，高桩方案中后方陆域高程与周边现状存在高程差，还需要通过放坡与周边现状进行衔接，极大地减少了项目实际利用面积，重箱堆场面积和平面箱位数减少，将不能满足项目实际生产使用的需求。同时，高桩方案在经济性、工程运营期的使用和维护上具有一定的劣势。考虑到江阴港区未来发展对吞吐量的需求和江阴港区一体化发展，本项目填海平面布置方案推荐采用重力式沉箱结构。

本项目的最主要影响是填海造地用海区域的海洋生态空间的丧失，和施工期填海、基槽开挖和回填及回旋水域疏浚等海上施工作业产生的悬沙。其中施工期引起的悬浮泥沙对水质、沉积物环境质量的影响是暂时的，施工结束影响即结束。项目对海洋生态和生物资源的影响主要体现在施工期填海、疏浚开挖引起高浓度悬浮泥沙造成成鱼回避，鱼卵仔稚鱼、幼体部分损失。工程建成后，在落实相关环境管理要求下，新形成的陆域及靠泊船只产生的污染物不排入海，不会对海域水质、沉积物造成影响，不会造成海洋生物资源的损失。

4.1.1 所在海域敏感目标分布情况

根据福建省生态环境分区管控数据应用平台叠加本项目，项目所处海域的海洋环境敏感目标分布详见表 4.1-1、图 4.1-1。

表 4.1-1 本项目所处海域海洋环境敏感目标一览表

图 4.1-1 本项所处海域海洋环境敏感目标分布图

4.1.2 用海方案比选

本项目针对“重力式沉箱结构+后方陆域回填方案”和“高桩+后方陆域回填方案”两种不同形态的填海方案进行比选。用海方案比选详见第 7.2.2 节。

①重力式沉箱+后方陆域回填方案（推荐方案）

“重力式沉箱+后方陆域回填”方案平面布置见图 4.1-2。

码头前沿采用重力式结构。该方案的设计通过能力为 61 万 TEU，陆域面积为 23.33hm²，由于码头设计高程为+9.2m，与西侧江阴港 1#泊位高程一致，堆场面积约 15.54hm²，东侧设置一条护岸。

②高桩+后方陆域回填方案（比选方案）

“高桩+后方陆域回填方案”平面布置见图 4.1-3。

码头前沿采用高桩梁板结构，通过栈桥连接后方陆域堆场。该方案的设计通过能力为 61 万 TEU，陆域面积为 23.35hm²（不含码头作业区），由于码头设计高程为+11.2m，栈桥放坡长度不够，后方陆域堆场高程也取+11.2m，与西侧江阴港 1#泊位（高程+9.2m）需要通过放坡（宽度 20m），堆场面积约 15.54hm²，陆域面积需要向东侧扩，同时在东侧、南侧各设置一条护岸。

图 4.1-2 重力式沉箱+后方陆域回填方案平面布置图

图 4.1-3 高桩+后方陆域回填方案平面布置图

4.1.2.1 重点和关键预测因子

根据本项目用海特征和周边生态敏感目标，生态评估重点预测因子为海域水动力、地形地貌与冲淤、施工期水环境影响、纳潮量等。

4.1.2.2 影响预测结果对比

（1）比选方案计算方案

比选方案与推荐方案主要区别系填海范围差异所造成的工程实施后固体边界差异，如图 4.1-4 所示，图中红色实线范围系推荐方案填海范围，绿色虚线范

围系比选方案填海范围。填海范围的不同导致两方案造成的流场变化不同，进而影响冲淤。此外，比选方案由于码头前沿采用高桩结构，施工环节与推荐方案相比多包含一个打桩环节，桩基施工均有设置钢护筒，基本不产生悬浮泥沙，因此，无需开展该环节的悬浮泥沙预测。

(2) 潮流场影响对比

本节主要为定量对比两个用海方案资源生态影响程度，推荐方案的具体计算结果见表 4.1-4。比选方案与推荐方案实施后，工程局部流场如图 4.1-4 图 4.1-7，对比显示，两方案由于填海范围和面积差异较小，特征时刻流场差异并不明显。其中，涨急时刻东护岸东侧 600m 范围内流向略存在差异，其他区域变化较小，两方案差异最明显的特征时刻系高潮时刻，流速、流向出现差异的范围达工程东南侧 1.7km。

推荐方案、比选方案建成后全潮流速最大变化包络线（见图 4.1-8~图 4.1-9），结果显示，两方案在影响范围和程度上差异并不明显，其中，推荐方案由于填海面积较大，填海范围周边 1.2km 范围内变化幅度超过 20cm/s 的范围略大于比选方案。

推荐方案与比选方案造成流速变化量分级面积进行了统计对比（见表 4.1-2）。结果显示，在 5~10 cm/s、10~20 cm/s、30~50 cm/s 及 >50 cm/s 等大部分流速变化量区间，推荐方案的影响面积（分别为 296.67 hm²、168.81 hm²、39.04 hm²和 9.14 hm²）均略大于比选方案（分别为 243.81 hm²、139.83 hm²、34.13 hm²和 8.70 hm²），仅在 20~30 cm/s 区间，比选方案的影响面积（56.90 hm²）略高于推荐方案（50.20 hm²）。总体来看，推荐方案在大部分流速变化量等级下的影响面积稍大。

表 4.1-2 推荐方案与比选方案造成流速变化量分级面积统计对比（单位：hm²）

图 4.1-4 比选方案与推荐方案潮流场对比（涨急时刻）

图 4.1-5 比选方案与推荐方案潮流场对比（高潮时刻）

图 4.1-6 比选方案与推荐方案潮流场对比（落急时刻）

图 4.1-7 比选方案与推荐方案潮流场对比（低潮时刻）

图 4.1-8 推荐方案造成的全潮流场变化分布

图 4.1-9 比选方案造成的全潮流场变化分布

（3）冲淤影响对比

图 4.1-10、图 4.1-11 所示系推荐方案、比选方案建成后，工程海域周边年冲淤分布，结果显示，两者差异较低，其中，推荐方案挑流导致冲刷的区域位于码头岸壁南侧，比选方案则位于东南侧。相比较而言，码头岸壁前沿停泊水域处，比选方案最大回淤强度略高于推荐方案。推荐方案停泊水域西部回淤速率最大 9cm/a，比选方案停泊水域西部回淤速率最大 10.4cm/a。

图 4.1-12、图 4.1-13 所示系推荐方案、比选方案建成后，工程海域周边由于填海、疏浚工程导致的冲淤变化，从对比结果来看，推荐方案在港区航道内出现淤积加强区段，比选方案未对航道造成明显淤积加强。

综上分析，比选方案码头停泊水域最大回淤强度略高于推荐方案，但对航道淤积趋势没有加强作用，两种方案互有利弊。

图 4.1-10 推荐方案建成后年冲淤分布

图 4.1-11 比选方案建成后年冲淤分布

图 4.1-12 推荐方案造成的年冲淤变化

图 4.1-13 比选方案造成的年冲淤变化

（4）纳潮量对比

推荐方案和比选方案的典型潮时纳潮量见表 4.1-3，比选方案由于填海面积略大，其实施后造成的纳潮量损失略大于推荐方案。

表 4.1-3 推荐方案和比选方案纳潮量对比表

（5）悬浮泥沙影响对比

两个方案的悬浮泥沙最大影响范围为港池疏浚施工，两个方案施工悬浮泥沙最大影响位置相似，影响范围相差不大。

4.1.2.3 方案对比

两种方案的影响预测结果详见第 4.1.2.2 节，方案对比详见表 4.1-4。

表 4.1-4 方案比选一览表

以新修测海岸线为界，在用海面积方面，重力式方案填海面积为 13.08hm²，高桩方案填海面积 13.08hm²，高桩方案相比重力式方案填海面积更大一点。在资源生态环境影响方面，两个方案相差不大，基本是一致的，在纳潮量损方面，高桩方案的损失量比重力式方案略大。

综上，重力式方案相比高桩方案在填海面积、生态影响方面相对更小。因此，本项目填海平面布置方案推荐采用重力式沉箱结构。

4.2 资源影响分析

4.2.1 占用海域空间资源和海岸线的影响

4.2.1.1 项目建设对海岸线的影响

本项目占用岸线均为人工岸线，不占用自然岸线，项目建成后，占用新修测海岸线 776m，形成人工岸线 752m（见图 4.2-1）。项目所占用人工岸线均位于规划的港口岸线，本项目建设是对港口岸线的有效利用，发挥港口岸线功能，本项目占用岸线合理，且对自然岸线的保有率指标不造成影响。

图 4.2-1 本项目工程占用岸线情况

4.2.1.2 项目建设对湿地的影响

兴化湾湿地类型包括浅海水域（常年淹没，水深<6m），滩涂湿地、滨海沼泽、河口水域、人工湿地几大类型。拟建工程前沿海域为浅海水域和滩涂湿地，项目实施后，滩涂湿地将减少，项目用海占用的湿地类型均不属于重要湿地和一般湿地名录内的湿地。本项目新增填海减小了兴化湾天然湿地面积，使海湾生态系统供给功能、调节功能、文化功能及支持功能等生态系统服务功能受到不可逆的损害；填海完成后本区域将转化成新的陆域生态系统服务功能。由于项目填海面积经过科学论证，最大程度上减少湿地的占用，且项目占用的湿地面积较小，对区域湿地生态系统较小，在落实本报告提出的环境保护措施、生态补偿措施和生态修复措施的前提下，项目占用对区域湿地生态系统的影响在可接受范围内。

本项目施工期悬浮泥沙影响范围与福清市一般湿地叠图见图 4.2-2，影响东侧一般湿地面积约 51.10hm²，该湿地为江阴镇的福清市兴化湾湿地，属于浅海水域类型湿地。施工期悬浮泥沙影响是暂时的，施工结束后该部分影响将随之消失，在落实本报告提出的生态修复措施，本项目施工期悬浮泥沙对一般湿地的影响在可接受范围内。

图 4.2-2 福清市一般湿地和重要湿地分布情况

4.2.1.3 项目建设对海岛的影响

本工程最近岛屿为福清牛屿，位于本工程区东侧海域 6.3km，牛屿为一般保护类海岛，以保护海岛自然生态环境为主，岛上岩石被开采，地表为基岩岸滩，本工程建设不会对其产生影响。

综上，本工程用海对人工岸线进行有效利用，滩涂湿地减少，但在可控范围，项目用海对空间资源影响有限。

图 4.2-3 项目最近海岛位置关系图

4.2.2 对海洋生物资源的影响

4.2.2.1 渔业生物资源现状评价参数

根据中华人民共和国水产行业标准《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）中的有关规定进行计算，具体如下：

(1) 填海、疏浚施工涉及潮间带底栖生物和潮下带底栖生物，本评估以平均低潮线（平均大潮期低潮位 1985 国家高程为-2.28）为界线区分潮间带和潮下带，潮间带底栖生物密度取工程区就近 C2 断面春秋两季调查的平均值，潮下带底栖生物密度取春秋两季现状调查全站位平均值。

(2) 由于游泳动物有较强的自主迁移能力，生态损失计算中鱼卵、仔鱼和游泳动物生物量等渔业资源密度均取调查区域内所有点位春秋两季调查平均值。根据参考文献并结合论证报告中渔业资源调查资料表明在兴化湾产卵的种类主要有石首鱼科、鲷科、鲱科和鳀科等，具体种类有叫姑鱼、白姑鱼、鹿斑鲷、斑鰹、小沙丁鱼、棱鳀等，主要在春、夏季产卵，在秋季产卵种类较少。通过收集项目区周边海域历史调查数据，包括自然资源部第三海洋研究所编制的《新材料一体化项目春、秋两季海洋环境现状调查报告》（秋季鱼卵密度为 0.004 ind/m^3 ）和厦门大学硕士学位论文《福建三沙湾和兴化湾鱼卵和仔鱼的生态特征》（11 月未采到鱼卵），表明该水域秋季属鱼类产卵低峰期，本次秋季垂直拖网中亦未采集到鱼卵。本报告中 2024 年秋季调查在水平拖网和垂直拖网网口均系有流量计，且鱼卵主要为浮性鱼卵，采用水平拖网鱼卵数据（全海域平均密度为 0.018 ind/m^3 ）能一定程度上反应秋季兴化湾鱼卵的密度水平。海洋生物资源密度取值见表 4.2-1、表 4.2-2。

表 4.2-1 海洋生物资源密度统计表

表 4.2-2 渔业资源平均尾数密度(ind./km^2)

4.2.2.2 工程围填海永久用海对海洋底栖生物资源的影响

本项目基槽开挖、航道疏浚及码头桩基等的建设将导致底栖生物被掩埋而窒息死亡。据有关研究资料，当进行开挖疏浚施工时，挖泥所激起的悬浮泥沙的二次沉淀将掩埋挖泥区两侧的底栖生物，此外，由于挖泥机械搅动，使得海底淤泥和细砂悬混上浮，从而在作业区内产生一条羽状浑浊带，对海洋生物，特别是对底栖生物造成很大的影响，将导致大量底栖生物死亡，影响范围主要在挖泥区 100m 左右范围内。随着疏浚工程的结束，受损的底栖生物栖息环境将逐步得到恢复。

本工程填海面积为 19.4193 hm^2 ，其中占用已填成陆历史围填海图斑面积为 6.3369 hm^2 ，实际新增围填海面积为 13.0824 hm^2 ，其中占用潮间带面积约为

4.0853hm²，潮下带面积约为 8.9971hm²，造成底栖生物损失量共 1.8338t；疏浚工程面积 12.1100hm²，造成底栖生物损失量共 2.2918t；因此工程填海和疏浚造成的底栖生物掩埋死亡损失量约 4.1256t。

其中新增永久性占用海域面积为约 13.0824hm²，该面积内海洋生物资源的损失率按 100%计算。拟建场地大部分为滩涂或海域，工程海域海床面高程在-7m~2m，并由海侧向陆侧、从南往北抬高，平均水深按 4.5m 计算。该区域内生物资源除底栖生物外，鱼卵仔稚鱼和游泳生物造成了生态空间的永久损失。经计算，填海及沉箱构筑物占海共造成鱼卵一次性损失 308483 粒，仔稚鱼一次性损失 89778 尾，鱼类幼体一次性损失 2111 尾，甲壳类幼体一次性损失 339 尾，头足类幼体一次性损失 9 尾，游泳动物成体一次性损失 80.5kg。

表 4.2-3 工程占用海域造成的底栖生物损失计算

4.2.2.3 悬浮泥沙入海造成海洋生物资源的损失

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）的有关污染物扩散范围内的海洋生物资源损害评估规程，属一次性损害的采用下列公式计算生物资源损失量：

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

式中：W_i—第 i 种类生物资源一次平均损失量，单位：尾、个、kg；

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：尾/km²、个/km²、kg/km²；

S_j—某一污染物第 j 类浓度增量区面积，单位：km²；

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（%）；

n—某一污染物浓度增量分区总数。

当污染物浓度增量区域存在对时间超过 15d 时，应计算生物资源的累计损害量，计算以年为单位的生物资源的累计损害量按下式计算：

$$M_i = W_i \times T$$

式中：M_i—第 i 种类生物资源累计损害量，单位为尾、个、千克（kg）；

W_i—第 i 种类生物资源一次平均损害量，单位为尾、个、千克（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。

根据本项目施工方案，施工期间悬浮泥沙影响为持续性损害。基槽开挖采用 8 方抓斗，每 3min 抓一斗，考虑 12 小时开挖，安排 2 艘 8 方抓斗船施工，每天可开挖方量为 3840m³，基槽开挖总方量约为 75.15 万 m³，工期约 196 天，持续性影响周期取 14 个；疏浚开挖施工也采用 8 方抓斗，疏浚总量约为 21.78 万 m³，工期约为 57 天，周期取 4 个，另外再安排 1 艘 8 方抓斗船清礁。

根据预测的结果和工期安排，本项目抛石作业与基槽开挖在同一个时期施工，且抛石悬沙扩散范围在基槽开挖影响范围内；陆域回填区的吹填、清礁施工和疏浚施工在同一段时间内，且吹填溢流和清礁施工悬沙扩散范围在疏浚施工的影响范围内。因此本项目生物资源的损失量周期计算只考虑基槽开挖和疏浚作业的工期。根据设计单位提供的施工进度安排，本项目基槽开挖施工工期共计 7 个月，由于现状存在尾水排放管，基槽施工分 2 个区域施工，不同区域施工跨越 2 个年度进行，因此年均影响周期为 3.5 个月，因此基槽开挖引起的悬浮泥沙扩散年持续影响的周期为 7 个周期。疏浚施工持续时间约 2 个月，因此疏浚施工引起的悬浮泥沙扩散年持续影响的周期为 4 个周期。符合《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）的有关污染物扩散范围内的海洋生物资源损害评估规程，

根据施工期悬浮泥沙数值模拟影响结果（见第 4.3.3.1 节），基槽开挖施工产生的悬浮泥沙增量浓度 10~20mg/L 等值线的扩散面积约是 5.05km²，20~50mg/L 等值线的扩散面积约是 2.19km²，50~100mg/L 等值线的扩散面积约为 1.08km²，大于 100mg/L 等值线的扩散面积约为 0.80km²。

疏浚开挖施工产生的悬浮泥沙增量浓度 10~20mg/L 等值线的扩散面积约是 4.72km²，20~50mg/L 等值线的扩散面积约是 3.43km²，50~100mg/L 等值线的扩散面积约为 1.87km²，大于 100mg/L 等值线的扩散面积约为 1.62km²。

施工期悬浮泥沙造成海洋生物资源损失量见表 4.2-4 和表 4.2-5。

表 4.2-4 施工期基槽开挖悬浮泥沙造成海洋生物资源损失量计算表

表 4.2-5 施工期港池疏浚悬浮泥沙造成海洋生物资源损失量计算表

悬浮泥沙入海造成的海洋生物资源受损量总计为：鱼卵 9.99×10^7 粒、仔稚鱼 2.91×10^7 尾、游泳动物成体 4102.52kg、鱼类幼体 3.08×10^5 尾，甲壳类幼体

5.73×10⁴尾，头足类幼体 1373 尾。

4.2.2.4 炸礁对海洋生物资源的损失

(1) 影响面积

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007)，对水下爆破造成的生态损失进行分析和计算。冲击波峰值压力按下式计算：

$$P = 287.3(Q^{\frac{1}{3}}/R)^{1.33}$$

式中：

P——冲击波峰值压力，单位为千克每平方米（kg/cm²）；

Q——一次起爆药量，单位为千克（kg），（Q<250kg）；

R——爆破点距测点距离，单位为米（m），（R<700m）；

根据冲击波峰值压力值推算渔业生物致死率，参见表 4.2-5。

表 4.2-6 冲击波峰值压力与渔业生物致死率的关系

根据本工程炸礁工艺，每孔耗药量约 49.44kg，采用毫秒微差爆破方式，每 4 孔为 1 个段别，单段起爆药量 Q=197.76kg，由上式计算冲击波峰值压力与距离关系见表 4.2-7、图 4.2-4。本工程炸礁面积约 0.63hm²，炸礁冲击波峰值压力大于 0.577kg/cm²影响范围为 1.8026km²。本工程炸礁总炸礁量约 3.26 万 m³，每次爆破约 800m³，共有爆破约 41 次。

表 4.2-7 本项目冲击波峰值压力与距离、面积的关系

图 4.2-4 炸礁水下冲击波影响范围图

(2) 损失计算

水下爆破对生物资源的损害评估按下式进行计算：

$$W_i = \sum_{i=1}^n D_{ij} \times S_i \times K_{ij} \times T \times N$$

式中：

W_i——第 i 种类生物资源累计损失量；

D_{ij}——第 j 类影响区中第 i 类生物的资源密度；

S_i——第 j 类影响区面积；

K_{ij} ——第 j 类影响区第 i 种类生物致死率；

T ——第 j 类影响区的爆破影响周期数（15d 为一周期，本工程炸礁工期约 41 天， T 取 3）；

N ——15d 为一个周期内爆破次数累积系数，共爆破 41 次，取 9.0；

n ——冲击波峰值压力值分区总数。

考虑周期后，炸礁冲击波影响范围按单次炸礁作业冲击波影响范围计算，爆破作业造成鱼类（除石首鱼科）损失量 2356.12kg，虾类损失量 263.03kg；石首鱼科损失量 2280.29kg，共计 4899.44kg（见表 4.2-8）。

表 4.2-8 炸礁工程造成生物损失量一览表

4.2.2.5 海洋生物资源损失量

本项目造成的海洋生物资源损失量详见见表 4.2-9。

表 4.2-9 生物资源损失量汇总表

4.3 生态影响分析

4.3.1 海洋水动力环境影响分析

4.3.1.1 海洋水动力模式控制方程

海洋水动力模式采用 FVCOM，该模式采用有限体积算法，垂向采用 σ 坐标。 σ 坐标变换如下：

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

σ 坐标下海水运动方程、连续方程及状态方程为：

$$\frac{\partial u D}{\partial t} + \frac{\partial u^2 D}{\partial x} + \frac{\partial uv D}{\partial y} + \frac{\partial uw}{\partial \sigma} - fv D = -g D \frac{\partial \zeta}{\partial x} - \frac{g D}{\rho_0} \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(D \int_{\sigma}^0 \rho d\sigma' \right) + \sigma \rho \frac{\partial D}{\partial x} \right] + \frac{1}{D} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(K_m \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right) + DF_x$$

$$\frac{\partial v D}{\partial t} + \frac{\partial v^2 D}{\partial y} + \frac{\partial uv D}{\partial x} + \frac{\partial vw}{\partial \sigma} + fu D = -g D \frac{\partial \zeta}{\partial y} - \frac{g D}{\rho_0} \left[\frac{\partial}{\partial y} \left(D \int_{\sigma}^0 \rho d\sigma' \right) + \sigma \rho \frac{\partial D}{\partial y} \right] + \frac{1}{D} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(K_m \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) + DF_y$$

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

$$\rho = \rho(T, S)$$

在 σ 坐标系下，水平扩散项可以使用如下定义进行近似：

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

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

式中： σ 、 z 分别为 σ 坐标系与直角坐标系下垂向坐标； ζ 为潮位， H 为平均海平面下水深值， D 为总水深； t 为时间， u 、 v 、 w 分别为 x 、 y 、 σ 方向的流速分量； ρ 与 ρ_0 为海水的密度与参考密度， g 为重力加速度， f 为科氏力参量， A_m 和 K_m 为水平及垂向涡动粘滞系数。

4.3.1.2 模型设置

模型的水深参考航保部出版的电子海图，在工程区局部海域采用 2024 年实测水深数据，岸线采用福建省新修测岸线，局部辅以遥感卫片解译。模型的非结构网格分辨率在工程区加密至 30m，以精确反映区域海流、悬沙等分布特征，模型其他区域网格分辨率降低，在项目区附近结构网格分辨率提高。模型垂向设置 5 层。开边界驱动条件包含 M₂，S₂，K₂，N₂，K₁，Q₁，P₁，O₁ 共 8 个分潮，来自课题组的黄东海海大区模型。模型主要参数设置列于表 4.3-1。疏浚施工导致的水深地形变化，在疏浚施工计算中作为底边界条件。模型网格图见图 4.3-1~图 4.3-2，水深地形设置见图 4.3-3~图 4.3-6。

其陆域采用填海造地方式形成，建设时序早于本项目，虽然本项目部分疏浚土用于其陆域回填，但其陆域边界形成早于本项目。因此，在本项目潮流场计算现状海域潮流流态时，考虑了 18-19#泊位的边界，在预测本项目填海造地对潮流影响时也考虑 18-19#泊位边界，以便分析因本项目填海造地导致的局部流态变化。

表 4.3-1 模型参数

图 4.3-1 模拟海域网格剖分

图 4.3-2 模拟海域网格剖分（现状固体边界，工程区局部放大）

图 4.3-3 模型海域现状水深图（CGCS2000-120°中央经线，平均海平面）

图 4.3-4 项目建成后模型海域水深图（CGCS2000-120°中央经线，平均海平面）

图 4.3-5 项目邻近海域现状水深图（CGCS2000-120°中央经线，平均海平面）

图 4.3-6 项目建成后邻近海域水深图（CGCS2000-120°中央经线，平均海平面）

4.3.1.3 模型验证

模型验证采用 2024 年 5 月在项目邻近海域开展的潮位和海流观测资料作为验证数据，采用其中 1-9#海流连续测站和同步 2 个潮位测站的数据。本期调查时段为 2024 年 5 月 10 日 12:00~5 月 11 日 13:00（大潮期）。

图 4.3-7 验证站位位置及潮位验证

a 潮位验证图

b 海流验证

图 4.3-8 潮位和海流验证图

潮流和潮位模拟计算偏差统计汇总见表 4.3-2。

工程海域潮位观测结果显示潮差约 6m，模型计算结果在 T1 验潮站潮位最大偏差为+5.46cm 和-4.36cm，在 T2 验潮站的最大偏差为+5.99cm 和-7.02cm，满足《水运工程模拟试验技术规范》（JTS/T 231-2021）中“最高、最低潮位值允许偏差为±0.1m”的要求。

海流观测 1-9#测站实测最大流速分别为 72、74、65、57、68、55、109、100、79 cm/s，模型模拟最大流速分别为 69、75、62、61、64、43、101、98、84 cm/s。

1#-9#测站涨潮时段平均流速偏差分别为 2.26%、4.01%、3.93%、6.23%、9.10%、8.10%、2.20%、9.36%、3.55%，落潮时段平均流速偏差分别为 5.47%、4.58%、2.65%、6.71%、4.28%、1.52%、9.04%、8.96%、9.61%，满足《水运工程模拟试验技术规范》（JTS/T 231-2021）中“测点涨、落潮时段平均流速允许偏差为±10%”的要求。

海流观测与模拟结果均显示，1-9#测站呈现显著往复流流态，各站涨潮过程平均流向偏差分别为 1.6°、3.7°、4.1°、4.7°、4.0°、9.7°、8.7°、9.5°、9.3°，落潮过程平均流向偏差分别为 2.2°、0.5°、3.8°、4.8°、8.9°、0.3°、9.6°、8.7°、9.6°。因此，流向计算结果满足《水运工程模拟试验技术规范》（JTS/T 231-2021）中“往复流态平均流向允许偏差为±10°”的要求。

综上，模型的潮位和海流计算结果均满足相关技术标准要求，模拟计算的流态结果可信，可以作为下一步预测使用。

表 4.3-2 潮流和潮位模拟计算偏差统计汇总表

4.3.1.4 潮流场模拟结果

（1）现状潮流场

兴化湾海域潮流属于正规半日潮流，潮流日不等现象比较明显，平均落潮流历时长于涨潮流历时。兴化湾湾内和口门附近呈现往复流特征，湾外呈现旋转流特征。兴化湾内潮流运动受南日水道和兴化水道两股潮流控制，兴化水道水动力强于南日水道，兴化湾内南侧海域主要受南日水道潮流影响，兴化湾内北侧和深槽附近海域主要受兴化水道潮流影响。

大潮涨潮时，兴化湾外潮流由东南方向从外海流入，一支经由南日水道沿深槽南侧向兴化湾顶流入，一支经由兴化水道沿深槽向江阴半岛以北、西方向流去，且经由兴化水道的潮流流速大于由南日水道流入的潮流。流入兴化湾内后，由于地形逐渐变得开阔，以及江阴半岛的阻挡，进入兴化湾口的潮流分为两支，一支在江阴半岛东侧进入湾顶，另一支在江阴半岛西南侧向工程海域流去。小潮涨急整体流态与大潮涨急相似，且流速较小。大潮落潮时，从兴化湾湾顶下泻的落潮流绕过江阴半岛，在湾口汇合后，分别经由南日水道和兴化水道流向外海，经由兴化水道的潮流动力仍然强于经由南日水道的潮流。小潮落急流场整体流态与大

潮落急相似，且流速较小。

现状情况下，涨潮过程流向 NW，落潮过程 SE，江阴港东南侧深槽海域的流速较强，涨急最大流速 149cm/s，落急最大流速 84cm/s。项目拟填海东南角处流速较大，涨急最大流速 73cm/s，落急最大流速 54m/s，拟疏浚停泊水域处现状最大涨急流速 76cm/s，落急最大流速 59cm/s，回旋水域西南角处现状涨急最大流速 99cm/s，落急最大流速 67cm/s，东南角现状涨急最大流速 119cm/s，落急最大流速 73cm/s。

现状情况特征时刻潮流场见图 4.3-9~图 4.3-10。

图 4.3-9 现状涨急时刻流场矢量

图 4.3-10 现状落急时刻流场矢量

(2) 建成后潮流场

项目建成后，江阴港海域整体流态无显著变化，涨潮过程流向 NW，落潮过程 SE，涨潮流速强于落潮流速。江阴港东南深槽海域流速较强，涨急最大流速 149cm/s，落急最大流速 84cm/s，受项目填海、疏浚影响较小。项目填海完成后，填海区东南角处涨急最大流速 108cm/s，落急最大流速 68cm/s，停泊水域疏浚后涨急最大流速 71cm/s，落急最大流速 49cm/s，回旋水域西南角处涨急最大流速 101cm/s，落急最大流速 67cm/s，东南角涨急流速 119cm/s，落急流速 71cm/s。

建成后特征时刻潮流场见图 4.3-11~图 4.3-12。

图 4.3-11 建成后涨急时刻流场矢量

图 4.3-12 建成后落急时刻流场矢量

4.3.1.5 建成前后潮流场变化预测

将项目建设前和建设后的局部流态的流矢叠加，用以分析建设前后的流场变化特征。项目建成后大潮期特征时刻流场变化分布见图 4.3-13~图 4.3-20，黑色箭头表示现状（工程实施前）潮流矢量，红色箭头表示工程后潮流矢量，蓝色等值线填充区表示建成后流速（绝对值）下降区域，红色等值线填充区表示建成后流速上升。

项目实施后，区域整体流态变化很小，流场发生较为显著变化的区域主要集

中在填海和疏浚工程周边 3.6km 范围内。由于填海改变了局部海岸边界，加之挑流作用，拟填海东南角处涨急流速由建设前 73cm/s 变化至建设后 108cm/s，落急最大流速由建设前 54cm/s 变化至建设后 108cm/s；拟疏浚停泊水域内涨急最大流速由建设前 76cm/s 变化至建设后 71cm/s，落急最大流速由建设前 59cm/s 变化至建设后 49cm/s；回旋水域西南角处涨急最大流速由建设前 99m/s 变化至建设后 101cm/s，落急最大流速不变，东南角处涨急最大流速不变，落急最大流速由建设前 73m/s 变化至建设后 71cm/s。可见，项目的填海和疏浚对流态分布存在局部影响，流速最大变化为 2-54cm/s，流向最大变化为 125°，出现在高潮时刻，因为填海造成的岸线变化，使得填海南侧流向几乎在高低潮时刻反转；涨落急时刻最大流向变化为 50°。

图 4.3-13 建成后大潮期涨急时刻潮流矢叠置图

图 4.3-14 建成后大潮期涨急时刻潮流流速变化分布

图 4.3-15 建成后大潮期高潮时刻潮流矢叠置图

图 4.3-16 建成后大潮期高潮时刻潮流流速变化分布

图 4.3-17 建成后大潮期落急时刻潮流矢叠置图

图 4.3-18 建成后大潮期落急时刻潮流流速变化分布

图 4.3-19 建成后大潮期低潮时刻潮流矢叠置图

图 4.3-20 建成后大潮期低潮时刻潮流流速变化分布

4.3.1.6 纳潮量的影响

海湾纳潮量是指一个海湾可以接纳潮水的体积，它是表征海湾生存能力的重要指标，其大小直接影响海湾与外海的交换强度与污染物迁移扩散，从而制约海湾的自净能力和环境容量，对于维护海湾良好的生态环境至关重要。

计算纳潮量的传统方法，通过下式表示：

$$T = \sum_{i=1}^n S_i h_i$$

式中：T——纳潮量；

S_i ——为网格面积；

h_i ——所在网格处高潮和低潮时的潮差。

通过数值模拟分别得到现状各网格处高潮和低潮时的潮差和工程建成后各网格处高潮和低潮时的潮差，再利用所在区域各网格的面积计算涨潮和落潮纳潮量，统计了大潮期平均涨潮和落潮纳潮量。纳潮量计算边界为兴化湾湾口（见图 4.3-21）。工程实施前后的纳潮量计算结果见表 4.3-3。

从计算结果可以看出，本项目后方陆域填海完成后，兴化湾的纳潮量较工程前纳潮量有所减小，但变化幅度较小。

表 4.3-3 纳潮量计算一览表

图 4.3-21 纳潮量计算断面示意图

4.3.1.7 水体交换能力影响分析

(1) 水交换模型控制方程

污染物进入水体之后，随着水的迁移运动、污染物的分散运动以及污染物质的衰减转化运动，使污染物在水体中得到稀释和扩散，从而降低了污染物在水体中的浓度，它起着一种重要的“自净作用”。

本文以溶解态的保守性物质作为湾内水的示踪剂，建立对流—扩散型的水交换数值模式。在物质输运模块中考虑了潮流输运中的平流项与局地项及水平扩散项等在物质输运中的作用。

$$\frac{\partial DC}{\partial t} + \frac{\partial uDC}{\partial x} + \frac{\partial vDC}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} (DK_x \frac{\partial C}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (DK_y \frac{\partial C}{\partial y})_s$$

式中的 C 为保守性溶解态湾内水的示踪剂浓度， $D=H+\eta$ ， K_x 、 K_y 分别为 X、Y 水平方向的扩散系数。

边界条件：在水域边界条件分两种情况：

$$\text{当由边界流出时：} \frac{\partial HC}{\partial t} + \frac{\partial HuC}{\partial x} + \frac{\partial HvC}{\partial y} = 0$$

在陆域边界上有： $\frac{\partial C}{\partial n} = 0$

初始条件：拟预测交换率范围 $C(x,y,t)|_{t=0}=1.0$

其他计算网格点 $C(x,y,t)|_{t=0}=0.0$

(2) 水交换分析

水交换能力针对兴化湾作为目标水体，交换水体范围见图 4.3-22，模型运行一个半日潮周期并流场达到稳定后，于项目附近潮位近似为 0 的时刻释放示踪剂，以避免因潮位引起的示踪剂总量高于或低于平均水平而降低代表性。模拟得到的现状情况下 3h、6h、12h、24h、48h、72h、7d 及半月水交换情况如图 4.3-23 所示，填海、港池疏浚等施工完成后，对应特征时间的水交换情况见图 4.3-24。

兴化湾水交换的主要通道位于项目东南侧的深槽，该水道动力条件强，对流和扩散能力好，深槽附近水域交换速率最快，兴化湾口主水道向北、向西两条支水道水交换能力次之，也表现出较好的交换条件。相对而言，湾顶水深较浅、动力条件较弱的区域则交换能力相对较弱。

总体而言，由于项目填海后码头岸壁邻近现状水深较深的沟槽处，并对港池和停泊水域进行了疏浚，因此动力条件有所增强，15 日内水交换超过一半的海域面积由现状的 204.91km²，变为 206.13km²，总体上受工程影响变化并不明显。

图 4.3-22 初始水体交换水体设定范围

图 4.3-23 现状条件兴化湾特征历时水交换情况

图 4.3-24 项目建成后兴化湾特征历时水交换情况

4.3.1.8 小结

项目实施后，对潮流场影响范围局限于填海、疏浚工程周边，流速变化超过 5cm/s 的区域在平行岸线方向上集中在项目东西两侧 2.7km 和 3.6km 范围，垂直岸线方向集中于离岸 1.4km 范围，影响范围相对较小。填海形成新的陆域边界后，填海东南侧由于挑流作用流速上升，最大增幅 76cm/s；填海西南侧由于新形成陆域的阻挡，流速下降，流速最大降幅 14cm/s，位于填海南侧码头岸壁处。回旋水域疏浚导致疏浚区及东西两侧流速略有增大。受填海与疏浚共同影响，流速

变化幅度 5~10cm/s 区域面积约 297hm²，变幅 10~20cm/s 区域面积约 169hm²，变幅 20~30cm/s 区域面积约 50hm²，变幅 30~50cm/s 区域面积约 39hm²，变幅超过 50cm/s 区域主要集中在填海东南角处，面积约 9hm²。

表 4.3-4 流速变化量分级面积统计（不含征海面积）

图 4.3-25 全潮流速变化量的最大幅值分布

4.3.2 冲淤环境影响分析

4.3.2.1 潮流作用下泥沙冲淤影响预测

(1) 泥沙动力模式耦合结构及控制方程

泥沙动力学模型采用 FVCOM 模式构建的水动力-泥沙模型，泥沙类型同时模拟推移质、悬移质，采用 4 种粒级泥沙组分代表当地泥沙类型及特性。耦合结构及控制方程如下：

推移质泥沙输移计算：推移质泥沙控制方程采用 Warner 等 2008 年提出的计算方法，推移质运移速率采用下式计算：

$$q_{bl} = \Phi \sqrt{(s-1)gD_{50}^3 \rho_s}$$

其中， q_{bl} 表示推移质泥沙运移速率， $s = \rho_s / \rho$ ， D_{50} 代表中值粒径， Φ 表示无量纲推移质泥沙运移速率，采用 Meyer-Peter 与 Müller 于 1948 年提出的计算方法：

$$\Phi = \max[8(\theta_{sf} - \theta_c)^{1.5}, 0]$$

其中， $\theta_c = 0.047$ 表示临界表层应力的希尔兹参数， θ_{sf} 表示表层应力的希尔兹参数，采用下式计算：

$$\theta_{sf} = \frac{\tau_{sf}}{(s-1)gD_{50}}$$

τ_{sf} 表示海底切应力的标量，因此，其与东、北分量关系如下：

$$\tau_{sf} = (\tau_{bx}^2 + \tau_{by}^2)^{0.5}$$

最终东向、北向推移质泥沙运移速率采用下式计算：

$$q_{blx} = q_{bl} \frac{\tau_{bx}}{\tau_{sf}}, \quad q_{bly} = q_{bl} \frac{\tau_{by}}{\tau_{sf}}$$

悬移质组分控制方程：采用 Zhu 等 2018 基于 FVCOM-Sed 改良的三维泥沙

动力模式，控制方程如下：

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial uc}{\partial x} + \frac{\partial vc}{\partial y} + \frac{\partial (w - w_s)c}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(A_h \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(A_h \frac{\partial c}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_m \frac{\partial c}{\partial z} \right),$$

其中， t 表示时间； x, y, z 代表笛卡尔坐标系中的东向、北向与垂向坐标； u, v, w 代表海水在 x, y, z 方向上的速度分量； c 代表悬浮泥沙浓度； A_h 表示水平涡旋粘滞系数； K_m 代表垂向涡旋黏性系数； w_s 代表泥沙沉降速率。对于海水表面边界条件，悬浮泥沙通量为 0，即：

$$K_m \frac{\partial c}{\partial z} = 0, \quad z = \zeta,$$

其中， ζ 代表海水自由表面的高度。在海底，泥沙通量则为起动与沉降的差值：

$$K_m \frac{\partial c}{\partial z} = Q_e - Q_d, \quad z = -H,$$

其中， H 表示水深， Q_d 表示悬浮泥沙的沉降量； Q_e 表示泥沙起动量。对于泥沙起动量，采用 Ariathurai 与 Arulanandan 在 1978 年提出的计算式^[2]：

$$Q_e = m_e f(\tau / \tau_{ce} - 1),$$

其中， m_e 代表单位时间单位面积上的泥沙起动率； τ 代表波流共同作用于海床的切应力； τ_{ce} 代表泥沙临界起动切应力； f 表示各泥沙组分在每个网格点上所占的面积分数。作用在海床上的切应力使用 Soulsby 与 Whitehouse 于 1997 年提出的参数化近似公式：

$$\tau = \sqrt{(\tau_{cw} + \tau_w \cos \alpha)^2 + (\tau_w \sin \alpha)^2},$$

其中， τ_w 代表波浪作用下的剪切应力； α 则表示海流与波浪方向的夹角； τ_{cw} 表示在海流方向上的波致切应力。

泥沙起动、沉降采用基于 FVCOM-Sed 的改良模型，临界起动切应力采用戴清等在 2014 年拟合的希尔兹曲线，其拟合曲线如下：

$$\theta_{ce} = \frac{0.06}{Re_*} \left(\frac{10.9 + Re_*^{1.6}}{4.9 + Re_*^{0.6}} \right) \left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right)^{-0.05},$$

其中， Re_* 表示颗粒雷诺数； ρ_s 表示沉积物密度； θ_{ce} 表示相对临界起动切应力，其与临界起动切应力的关系表达为：

$$\theta_{ce} = \frac{\tau_{ce}}{d(\gamma_s - \gamma)}$$

γ 与 γ_s 代表海水与沉积物的容重； d 表示沉积物粒径。颗粒雷诺数为摩阻流速的函数，即：

$$Re_* = U_* d / \nu,$$

ν 代表运动粘性系数； U_* 表示摩阻流速，并可通过切应力计算：

$$U_* = \sqrt{\tau / \rho},$$

泥沙沉降通量采用 Prandle 于 1997 年提出的计算方法：

$$Q_d = w_d c_b,$$

其中， c_b 表示底层海水的悬沙浓度； w_d 表示海底折算泥沙沉降速度。

(2) 模型设置

1) 沉积物类型设置

模型设置底质类型 4 类，包含砾石（以粒径 2mm 代表）、砂（0.063mm）、粉砂（0.032mm）、淤泥（0.004mm），开展悬移质、推移质同步模拟，其中推移质包含砾石、砂两类，悬移质包含粉砂、淤泥两类。

2) 外强迫条件

兴化湾为正规半日潮，潮差较大，属于强潮海湾，兴化水道和南日水道潮流动力强，湾内潮波逐渐呈现驻波特征，形成两股稳定的潮流流向，与深槽、浅滩等地形高度吻合，潮流对地貌塑造占主导作用，成为本区沉积物搬运的主要动力。项目位于海湾内，东南湾口有南日群岛掩护，外海波浪传入后能量显著衰减，平均波高普遍小于 1m，湾内波浪对底质的扰动深度有限，仅在近岸浅滩区域可能引发局部泥沙再悬浮，故兴化湾的沉积动力机制以潮流作用为主导，波浪的影响相对有限。而且，由于项目填海、港池等区域水深约 15m，国际公认的波浪作用显著区域为 10m 或 12m 以浅海域（Niu te al., 2020; Qi et al., 2025），这主要是因为 10m 水深以浅海域的波浪轨道速度较大、对海床的剪切作用较为明显（You, 2009），故在码头、港池区域，冲淤模型以潮流作为主要动力。

3) 径流条件

根据《福建水资源公报》和《莆田市统计年鉴》，汇入兴化湾的主要河流是

木兰溪、萩芦溪、枫慈溪，其多年平均径流量分别为 15.52、7.21、1.53 亿 m^3 ，且基本位于湾顶海域，上述径流的径流量较小距离本项目均在 12 km 以上，故对项目周边海域动力条件影响较弱。且本项目施工和运营不会对周边海域的盐度造成影响。根据木兰溪的文献资料，木兰溪河口区域悬沙浓度总体较低，泥沙净输运量约为 $0.32 \times 10^{-4} \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$ ，故对相距较远的本项目来说，其泥沙入海量对本项目周边海域冲淤环境影响很小。因此，本模型在计算冲淤环境计算中重点关注潮流作用下的冲淤环境变化，而未考虑径流。

表 4.3-5 模型参数设置

根据 2024 年 5 月工程附近海域的底质取样的粒度分析结果，水道、航道内沉积物粒度较粗，设置底质类型占比为：砾石含量 20% ($d_{50}=2\text{mm}$)，砂含量 60% ($d_{50}=0.063\text{mm}$)，粉砂含量 10% ($d_{50}=0.032\text{mm}$)，淤泥含量 10% ($d_{50}=0.004\text{mm}$)；除水道外其余区域设置底质类型占比为：砾石含量 10% ($d_{50}=2\text{mm}$)，砂含量 10% ($d_{50}=0.063\text{mm}$)，粉砂含量 40% ($d_{50}=0.032\text{mm}$)，淤泥含量 30% ($d_{50}=0.004\text{mm}$)。

图 4.3-26 底质类型设置示意图

(3) 岸边界条件说明

冲淤模型中使用了 3 套岸边界，

(4) 悬沙验证

模型采用 2024 年 5 月悬沙观测资料用于模型悬沙计算结果验证，验证站位位置见图 4.3-27。测站 1#~9#观测时段内平均观测悬沙浓度分别为 155、132、81、70、105、130、103、94、99 mg/L，模拟结果则分别为 155、139、58、72、112、117、99、77、128 mg/L，相对误差分别为 14.02%、4.93%、28.46%、2.86%、6.65%、9.90%、3.89%、18.11%、29.31%。由于《水运工程模拟试验技术规范》(JTS/T 231-2021) 中未对悬沙模拟结果的允许误差限值予以规定，故参考《海岸与河口潮流泥沙模拟技术规程》(JTS/T231-2-2010) 中的要求“潮段平均含沙量允偏差应为 $\pm 30\%$ ”，各站位计算结果偏差符合《海岸与河口潮流泥沙模拟技术规程》(JTS/T231-2-2010) 中的计算偏差量要求。因此，模拟结果能够较好反映工程海域悬移质泥沙运动特性，满足进一步模拟预测需要。

含沙量各站偏差信息见表 4.3-6。

表 4.3-6 含沙量模拟偏差统计表

图 4.3-27 悬沙验证图（垂向平均）

（5）水深地形验证

工程海域近 10 年内水深地形资料共计两期，分别为 2015 年海图水深及 2024 年特征断面测深，特征断面位置见图 4.3-28。从 2015 年海图水深来看，项目西南侧水下地形呈现出三条深槽相间隔的特征，且项目南侧呈现一条主水道，该水道受人为疏浚影响，因此当地冲淤变化明显受人为干预。

图 4.3-28 现状水深图

1) 断面变化特征分析

对比断面 1 的 2015~2024 年水深变化情况，近岸 300m 范围 10 年间水深变化幅度超 8m，自然状态下该变化幅度几乎不可能出现，该变化主要因素为人为疏浚。离岸 1500~2500m 范围内出现明显变化，变化最大幅度超 4m，该变化幅度可能由于人为因素造成，因此断面 1 的水深变化受人类活动影响较大。

图 4.3-29 特征断面 1 冲淤趋势图

对比断面 2 的 2015~2024 年水深变化情况，近岸 800m 范围呈现淤积态势，离岸 1000m 附近水下沟槽出现冲刷加深趋势，离岸 1800m 至 2600m 水下沙脊出现侵蚀趋势，沙脊外侧沟槽出现淤积态势。

图 4.3-30 特征断面 2 冲淤趋势

对比断面 3 的 2015~2024 年水深变化情况，近岸 400m~700m 范围呈现冲刷态势，离岸 900m~1400m 附近出现淤积趋势，离岸 1500m~1700m 沟槽底部附近出现侵蚀加深的趋势，离岸 2000m 以外沟槽整体出现回淤。

图 4.3-31 特征断面 3 冲淤趋势

2) 模型特征断面冲淤验证

模拟得到的年平均冲淤分布见图 4.3-32，其中，淤积区呈现带状分布，与当地水下地形密切相关，由于本区水下地形复杂，水道沟槽交错，且存在人为疏浚航道，因此冲淤变化较为复杂。为便于验证模型对冲淤趋势的模拟，图中标识了 2024 年观测断面位置。

图 4.3-32 年冲淤分布模拟结果图

典型断面的模拟年冲淤结果与观测年平均冲淤变化的对比情况见图 4.3-33~图 4.3-35。其中，断面 1 的冲刷、淤积沿断面交替分布的特征能否较好的体现，但近岸 500m 内的强侵蚀趋势未能完全反映，主要原因为当地观测年平均冲刷超过 1.2m/yr，由于人为疏浚导致。断面 2、断面 3 模拟得到的年冲淤趋势基本与 2015~2024 年观测得到的年平均冲淤趋势吻合，但水道冲刷幅度略低于观测结果，主要原因可能是航道存在部分维护性疏浚所致。综上所述，模型基本反映了工程周边的冲淤情况，满足项目模拟预测的需要。

图 4.3-33 特征断面 1 冲淤验证

图 4.3-34 特征断面 2 冲淤验证

图 4.3-35 特征断面 3 冲淤验证

3) 模拟局部冲淤趋势与海床演变趋势比较

根据第 3.2.3.5 节，距离目前最近的 2004~2014 年海床冲淤变化观测结果与模拟结果进行比对（见图 4.3-36~图 4.3-38），结果显示，模型能够反映当地基本冲淤特征：（1）模型计算结果与前文海床演变分析均显示，江阴港前沿水域分布有多条水道，呈现出淤积、冲刷交错的带状分布特征，弱淤积区主要位于航道、水道，呈现 3 条明显的淤积带，水道两侧则为呈现冲刷特征，如图 4.3-36 所示；（2）模型计算结果和海床演变分析均显示，拟填海区域目前处于冲刷趋势，模拟与海床演变分析最大冲刷速率均在 10 cm/a 左右数量级，符合性较好，如图 4.3-37 所示；（3）该冲刷区南侧为淤积区，模拟与海床演变分析均显示最

大淤积速率在 10cm/a 左右数量级，趋势一致性较好。此外，由于现有码头前沿水域及航道实施过疏浚工程，因此该现象无法被模拟出来，见图 4.3-38。

图 4.3-36 冲淤模拟结果（左）与海床演变（右）趋势对比

图 4.3-37 模拟水道（航道）淤积带分布与海床演变对比（左：模拟，右：观测）

图 4.3-38 模拟填海区冲淤趋势及海床演变中疏浚影响区

4.3.2.2 冲淤变化预测结果

（1）现状冲淤

为保证冲淤验证的有效性，现状冲淤模拟结果见图 4.3-39，现状模拟结果显示，拟填海区域及其东西两侧目前处于冲刷态势，最大冲刷速率 8cm/a。拟建停泊水域、回旋水域范围，由于沉积物尚未达到动态平衡，存在淤积趋势最大淤积速率 11cm/a，随着冲淤逐渐变化，淤积速率将有所下降。当地水深 14m 以上，波浪作用相对较弱，冲淤变化的主要动力因素为底层海流。

图 4.3-39 现状年冲淤分布

（2）建成后冲淤分布

工程后冲淤模拟结果见图 4.3-40，由于填海形成新的陆域边界，填海东西两侧动力条件减弱，由原冲刷状态转变为弱淤积趋势，最大淤积速率 12cm/a，位于填海区西侧，填海区东侧最大淤积速率 11cm/a，填海南侧岬角由于挑流作用出现冲刷，最大冲刷速率 7.0cm/a，对应东西两侧出现淤积区，最大淤积速率 6cm/a。由于疏浚及填海形成岸线的挑流作用，停泊水域东部保持冲刷，停泊水域西部回淤速率最大 9cm/a，港池整体出现回淤趋势，最大回淤速率 6cm/a。

图 4.3-40 建成后年冲淤分布

（3）冲淤变化预测

工程后冲淤模拟结果见图 4.3-41，项目建成后，受填海形成新的陆域影响，填海区东西两侧动力条件减弱，淤积趋势加强，但由于新形成填海区域影响，填

海南侧新形成岬角处由于挑流作用出现冲刷区。港池疏浚后淤积趋势加强。

就工程引发的冲淤变化而言，填海两侧出现淤积加强或冲刷减弱；新形成陆域后东南角由于挑流作用，冲刷区及其对应的淤积区冲淤加强；而港池和回旋水域整体呈回淤加重趋势，这是由于项目疏浚造成的。工程疏浚、炸礁等作业完成后，改变了当地水深地形条件，进而通过对流场的影响，造成项目南侧 900m 处航道淤积加强，最大影响点淤积加强 10cm/a，但该影响随着地形重新塑造，趋势会有所减弱，受影响航道总长约 2km。项目实施对西侧泊位不产生明显冲淤影响。总体而言，项目对周边泊位造成的冲淤影响可接受，造成南侧航道淤积微弱增加，应适当加强航道维护性疏浚。

图 4.3-41 建成后年冲淤变化分布

4.3.3 海水水质环境的影响分析

4.3.3.1 施工期水质环境影响预测

(1) 施工悬浮泥沙预测方案

悬浮泥沙预测采用与第 4.3.2 节泥沙动力模块中悬移质相同的控制方程和模型参数。

施工顺序为基槽施工、护岸施工、陆域吹填、港池疏浚，依据施工顺序，各工况边界如图 4.3-42~图 4.3-46 所示，其中，图 4.3-42 表示基槽清淤工况，在基槽施工范围主要拐点处设置预测点，固体边界以现状边界为依据；图 4.3-43 表示基槽抛石工况；图 4.3-44 表示护岸抛石工况；图 4.3-45 表示吹填溢流工况，在溢流口设置预测点；港池疏浚和炸礁单独同时进行施工，疏浚预测时已考虑清礁的悬沙扩散，图 4.3-46 所示为港池疏浚（含炸礁）工况，将特征点及主要疏浚区拐点作为预测点，以填海形成后的边界为固体边界，港池疏浚区域为本项目设计单位提供的疏浚范围。

图 4.3-42 基槽施工悬沙预测点示意图

图 4.3-43 基槽抛石施工悬沙预测点示意图

图 4.3-44 护岸抛石施工悬沙预测点示意图

图 4.3-45 吹填溢流施工悬沙预测点示意图

图 4.3-46 港池疏浚与炸礁悬沙预测区域及源强特征点布置示意图

(2) 悬沙源强

①港池疏浚悬浮泥沙源强

根据《水运工程建设项目环境影响评价指南》(JTS/T105-2021)中关于水下疏浚作业悬浮物发生量的计算公式如下:

$$Q = \frac{R}{R_0} \cdot T \cdot W_0$$

式中: Q —疏浚作业悬浮物发生量 (t/h);

R —发生系数 W_0 时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 (m^3/h)

W_0 —悬浮物发生系数 (t/m^3)

本项目采用 $8m^3$ 抓斗式挖泥船施工, 抓斗船按 $8m^3$ /次船型计算, 挖掘频率取 3min/次, 则可估算挖泥效率为 $160m^3/h$ 。可估算挖泥效率为 $160m^3/h$ 。 R 、 R_0 、 W_0 参考《水运工程建设项目环境影响评价技术指南》(JTS/T105-1-2021)中的推荐参数, $R=89.2\%$, $R_0=80.2\%$, $W_0=38kg/m^3$, 根据上述公式及参数计算得出 $8m^3$ 抓斗式挖泥船挖泥作业时悬浮物发生量为 $89.2\% \div 80.2\% \times 160 \times 38 \times 10^{-3} = 1.88kg/s$ 。

②基槽开挖悬浮泥沙源强

采用 $8m^3$ 抓斗式挖泥船进行开挖, 抓斗船按 $8m^3$ /次船型计算, 挖掘频率取 3min/次, 则可估算挖泥效率为 $160m^3/h$ 。同样采用《水运工程建设项目环境影响评价技术指南》(JTS/T105-1-2021)中推荐的经验公式计算。则基槽开挖悬浮泥沙源强为 $89.2\% \div 80.2\% \times 160 \times 38 \times 10^{-3} = 1.88kg/s$ 。

③基槽抛石悬浮泥沙源强

抛石产生的悬浮泥沙主要有石料中所含泥沙产生的悬浮泥沙和抛石挤淤对底质沉积物的扰动产生的悬浮泥沙。护岸抛石悬浮泥沙源强引用《海岸工程中悬浮泥沙源强选取研究概述》（王时悦，2016）中的计算方法。

A 抛石挤淤

本项目东侧护岸围堤施工涉及抛石施工，沉入淤泥底质形成挤淤，造成底质悬浮物起悬。悬浮物扩散源强计算采用公式：

$$S = (1 - \theta) \cdot \rho \cdot a \cdot P$$

式中， S —为抛石挤淤的悬浮物源强（kg/s）；

θ —为沉积物天然含水率，类比同类项目，取 40%；

ρ —为颗粒物的湿密度，取 1500kg/m³；

a —为泥沙中颗粒物所占百分率，取 45%；

P —为平均挤淤强度。

根据施工方案，本项目基槽抛石块石由 1000t 运石船海上运输至抛填现场，采用传统定位方驳配挖掘机进行抛石。1000t 块石约 600m³，约 2h 抛完，抛石效率约 300m³/h，挤淤量按照抛石量的 10%进行计算，则挤淤强度约为 30m³/h。

根据以上公式及参数计算，基槽抛石挤淤悬浮物产生量为 3.38kg/s。

B 抛石带入悬浮物

采用抛石施工，填筑石料带入的细颗粒泥沙会进入水中形成悬浮物，本项目抛石采用含泥沙量小于 10%的开山石。悬浮物产生量按下式计算：

$$S = \theta \cdot \alpha \cdot \rho \cdot Q$$

式中： S —为悬浮物源强（kg/s）；

Q —为填筑效率（m³/h）；

θ —为填料中泥沙含量；

α —为填料中泥沙起悬比，按 10%计算；

ρ —为悬浮泥沙干密度，按 2500kg/m³计算。

本项目中石料中含泥沙量按 10%计算；根据施工方案，抛石效率为 300m³/h。根据以上公式及参数计算，基槽抛石带入悬浮物产生量为 2.08kg/s。

C 抛石过程源强累加

由于上述抛石挤淤及抛石带入悬浮物发生时段重叠，本次预测将上述源强进

行累加，得出基槽抛石施工过程中的源强为 $3.38\text{kg/s}+2.08\text{kg/s}=5.46\text{kg/s}$ 。本次预测以此源强作为抛石施工产生的悬浮物源强。

④吹填造陆溢流口悬浮泥沙源强

按照国家污水排放标准，SS 排放浓度增量不能大于 150mg/L 。本项目涉及吹填溢流，吹泥点设置在溢流口较远处，泥浆水流经过本工程的闸箱结构溢流口，闸箱部位及最终排口设置防污屏、布设土工布过滤层等环保措施，保证 SS 排放浓度增量不能大于 150mg/L （按照港口区 4 类海水水质标准，对应的悬浮物增量限值考虑）。

根据《水运工程建设项目环境影响评价指南》（JTS/T105-2021）中关于疏浚泥沙用于吹填造陆时，吹填溢流口处的悬浮物发生量可按下式计算：

$$Q=cQ_0$$

式中： Q —溢流口悬浮物源强(kg/s)

c —溢流口悬浮物浓度控制标准(kg/m^3)

Q_0 —溢流口流量(m^3/s)

根据施工安排 1 艘 1000m^3 泥驳船+岸上配备 2 台 $800\text{m}^3/\text{h}$ 的抽泥泵进行吹填，溢流口流量按最大吹填速率 $1600\text{m}^3/\text{h}$ 进行估算，按照泥水比 0.35:0.65 考虑，则吹填量强度为 $560\text{m}^3/\text{h}$ 。本项目溢流口位于项目东侧护岸处，估算溢流口源强约为 $1600\text{m}^3/\text{h}\times 150\text{mg/L}\div 3600\div 1000=0.07\text{kg/s}$ 。

⑤炸礁

本工程炸礁总炸礁量约 3.26 万 m^3 ，分为 1-4 号礁盘（见图 4.3-46）。根据施工方案，采用水上钻孔爆破，抓斗船清渣，每次炸礁量为 800m^3 ，根据水下作业的相关研究，由于沉积的淤泥颗粒与相对应的水动力条件是相匹配的，在强外力作用下起悬泥沙比例不超过 5%，每次爆破起悬沙量约为 40m^3 ，细颗粒密实淤泥干容重取为 $1.5\text{t}/\text{m}^3$ ，由此折算每次爆破起悬沙量约为 60t 。每次爆破泥沙起悬在 5 秒钟内完成， $Q=60\text{t}/5\text{s}=12\text{t/s}$ 。

⑥炸礁清渣悬浮泥沙源强

炸礁清渣采用容量为 8m^3 的抓斗式抓泥船，发生范围包含在疏浚施工内，源强与港池疏浚源强一致，炸礁清渣产生的悬浮泥沙扩散范围包络在疏浚施工产生的悬沙范围内，因此，本次评价不再单独对炸礁清渣产生的悬浮泥沙进行预测。

⑦护岸抛石悬浮泥沙源强

根据施工方案,本项目护岸回填块石采用陆上推填,用30t自卸汽车运送石料至现场倾倒,推土机推平,挖掘机进行理坡,30t自卸汽车的抛石效率约 $75\text{m}^3/\text{h}$,挤淤量按照抛石量的10%进行计算,则挤淤强度约为 $7.5\text{m}^3/\text{h}$ 。护岸抛石挤淤悬浮物产生量为 $0.84\text{kg}/\text{s}$,抛石带入悬浮物产生量为 $0.52\text{kg}/\text{s}$,护岸抛石施工过程中的悬浮泥沙源强为 $0.84\text{kg}/\text{s}+0.52\text{kg}/\text{s}=1.36\text{kg}/\text{s}$ 。

(3) 预测结果

图4.3-47~图4.3-52分别给出了各施工过程悬沙最大影响范围及悬沙增量主要包络线分布,以港池疏浚施工造成的水质影响范围最广、程度最高。图4.3-53为施工期悬沙增量最大影响包络范围。

根据统计结果显示,施工悬沙增量 $10\sim 20\text{mg}/\text{L}$ 的范围沿岸向西最大影响距离 5.1km ,沿岸向东最大影响距离 5.0km ,离岸最大影响距离 1.4km ,包络面积 641.81hm^2 ;悬沙增量 $20\sim 50\text{mg}/\text{L}$ 影响范围沿岸向西最大距离 3.2km 、向东 3.6km ,离岸最大影响距离 1.3km ,包络面积 334.68hm^2 ;悬沙增量 $50\sim 100\text{mg}/\text{L}$ 影响范围沿岸向西最大距离 1.4km 、向东 2.5km ,离岸 1.2km ,包络面积 165.88hm^2 ;悬沙增量 $100\sim 150\text{mg}/\text{L}$ 影响范围沿岸向西最大距离 1.1km 、向东 1.0km ,离岸 1.1km ,包络面积 106.34hm^2 ;悬沙增量 $>150\text{mg}/\text{L}$ 影响范围沿岸向西最大距离 0.8km 、向东 0.9km ,离岸 1.1km ,包络面积 143.18hm^2 。因此,施工期悬浮泥沙增量最大影响范围会对项目东侧的福清市兴化湾一般湿地的水质环境产生一定不利影响,但影响面积相对小。

因此,从总体来看,施工期造成的悬浮泥沙扩散主要是随该区域的涨落潮往复流沿岸向两侧扩散,对作业区前沿海域的水质环境能够产生不利影响,而向东南向扩散距离有限。施工悬沙增量主要影响项目东侧福清市兴化湾一般湿地,但影响面积相对小。

表 4.3-7 各悬沙增量包络面积 (不含征海面积)

图 4.3-47 基槽施工悬沙影响范围

图 4.3-48 基槽和护岸抛石悬沙影响范围

图 4.3-49 基槽和护岸抛石悬沙影响范围

图 4.3-50 吹填溢流悬沙影响范围

图 4.3-51 港池疏浚悬沙影响范围

图 4.3-52 炸礁悬沙影响范围

图 4.3-53 施工期悬沙增量最大影响范围

4.3.3.2 运营期污水对海域的影响

本项目主要涉及船舶污水排放及运营期港区生活污水和生产废水排放。其中，船舶舱底油污水一般经船舶自备油水分离器自行处理达标后，贮于船上的污水舱内，到距最近允许的外海域排放，不允许在港内排放，排放标准执行《船舶污染物排放标准》（GB 3552-2018）。港区生活污水和生产废水均纳入市政污水管网，进入污水处理厂统一处理达标排放。

4.3.4 海洋沉积物环境影响分析

本项目施工船舶含油污水及船舶生活废水均待船舶靠岸后交由能力单位接收处理，施工场地污废水由配套建设的污水处理设施处理后回用于施工场地道路抑尘、车辆冲洗等，不外排海域，对沉积物环境基本上没有影响。项目陆域形成、港池疏浚、开挖溢流过程会扰动区域内的表层沉积物环境，形成悬浮泥沙，进入水体中，其中颗粒较大的悬浮泥沙会直接沉降，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，并最终沉积在周边海域海底，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变化。

施工期的悬浮物主要来自本工程及其附近海域，它们的环境背景值与工程海域沉积物背景值一样，施工过程只是将沉积物的分布进行了重新调整，对沉积物环境影响较小，不会明显改变工程海域沉积物的质量。本项目施工影响海洋沉积物属于短期效应，施工结束后很快可以恢复到当地水平。根据 2024 年 4 月在项目所在海域进行的春季海洋沉积物调查资料，工程所在海域沉积物环境质量良好。

施工期产生的悬浮泥沙来源于本项目施工附近海域，因此不会对本海域海洋沉积物物理、化学性质产生影响，对既有的沉积物环境产生的影响甚微，不会引起海域总体沉积环境质量的变化。

本项目营运期港区生活污水收集至化粪池，排入成套生活污水处理设备，生活污水经处理达到《污水综合排放标准》中一级标准后用作道路喷洒、绿化用水的水源。生活垃圾由环卫部门处理，不会进入海洋环境。因此本工程建成投产后，正常运营过程对沉积环境质量不产生影响。

4.3.5 海洋生态环境影响

(1) 对浮游生物的影响

施工期入海泥沙对浮游植物的影响首先主要反映在悬浮泥沙将导致海水浑浊度增大，透明度降低，不利于浮游植物光合作用，对浮游植物生长繁殖造成不利；另一方面，由于悬浮物快速下沉，有部分浮游植物被携带下沉，导致浮游植物受到一定损害。

入海泥沙对浮游动物的影响主要为：一是入海泥沙浓度增加，导致海水透明度和光照下降，影响浮游植物的光合作用，使浮游植物生物量下降，进而影响以浮游植物为饵料的浮游动物；二是过量悬浮物还会黏附在浮游生物体表，使浮游动物食物过滤系统和消化器官受到阻塞，使其运动、摄食等活动受到影响，高浓度增量甚至会导致其死亡，对浮游生物生长率、摄食率、丰度、生产量及群落结构等造成影响。

根据数模预测结果，本项目施工期悬沙影响最大范围大于 10mg/L 的包络面积为 13.92km²，在这些影响海域内浮游植物、浮游动物受到不同程度的影响。但根据数模预测结果，一般入海泥沙在海水中最多持续 6~8 小时左右后基本落淤完毕，对浮游生物的影响不是累积和重叠，持续影响时间不长；同时较大增量的悬浮物虽然能致使浮游动植物死亡，但每天工程施工活动停止后，由于潮汐作用，会将外海浮游生物带入施工区及其附近海域，使施工区浮游动植物得以补充。

(2) 对渔业资源的直接影响分析

海水中悬浮物对虾、蟹类的影响较小，但在许多方面对鱼类会产生不同的影响。首先是悬浮微粒过多时，不利于浮游动植物天然饵料的繁殖、生长；其次，水中大量存在的悬浮物微粒会随鱼呼吸动作进入其鳃部，损伤鳃组织，隔断气体

交换，影响鱼类的存活和生长。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，虽然在抛石填海、回旋水域疏浚中心区域附近的鱼类，即使过高的悬浮物质浓度未能引起死亡，但其腮部会严重受损，从而影响鱼类今后的存活和生长。一般说来，渔业生物仔幼体对悬浮物浓度的忍受限度比成鱼低得多。悬浮颗粒将直接对海洋渔业生物仔幼体造成伤害，主要表现为影响胚胎发育。另外，施工产生的悬浮物扩散场和施工船舶在水中产生的振源，还会导致鱼类的回避反应，产生“驱散效应”。因此，施工期间，泥沙入海对鱼类会产生一定影响。

根据渔业水质标准要求，人为增加悬浮物浓度大于 10mg/L，对鱼类生长造成影响。数模预测结果表明，本项目所有工程造成的入海悬浮泥沙增量大于 10mg/L 的影响范围总计约 13.92km²，在此水域范围内，鱼卵、仔鱼因高浓度的含沙量会部分死亡，成鱼虽然可以回避，但幼体仍难逃厄运。但总体，本项目施工作业产生的悬浮物对海洋渔业生物的影响只是暂时的，一般情况下，施工停止 3~4 个小时后，悬浮泥沙绝大部分沉降于海底，海水水质就可恢复到原来状态。

（3）对底栖生物的影响

随着填海施工的进行，用海范围内底栖生物将因填海物料的掩埋而死亡。新形成的陆域边界线因水动力环境的改变而形成新的潮间带环境，原底栖生物群落也将发生改变。此外，施工期悬浮泥沙的二次沉降也会导致影响范围内底栖生物受到掩埋而部分死亡。

4.3.6 水下炸礁对生态环境的影响

（1）物理环境改变

炸礁爆破过程会引起强烈的水体震动和扰动，使大量海底泥沙等颗粒物悬浮于水中，导致水体浑浊度急剧上升。将会影响光线穿透，不利于水生植物的光合作用，降低溶解氧浓度，进而破坏食物链的基础环节。爆破也可能破坏和释放沉积物中富集的重金属、有机物等有毒物质，通过生物富集威胁食物链安全。

炸礁爆破直接破坏了原有的海底地形和地貌，改变了海洋生物的栖息场所和洄游通道。一些生物可能因栖息地被破坏而无法生存，例如某些依赖特定礁石结构产卵或躲避天敌的鱼类、贝类等生物。栖息地生境的丧失，将导致生物直接死亡或被迫迁移，从而导致该区域生物多样性下降、生态功能退化，影响生态系统

稳定性。

(2) 对海洋生物的影响

爆破产生的物理冲击与噪声危害可导致海洋生物内脏损伤、耳膜破裂,对卵、幼体等脆弱生命阶段尤为致命。爆炸物爆炸时,会在瞬间变成高温高压的气体,随后产生强大的冲击波这种冲击波会使周围产生瞬间的高压,这种高压以波动的形式向外传播,从而对波及到的生物产生影响,爆炸产生的强大冲击力和震动会直接导致附近的海洋生物死亡,冲击波和声音向外传播后也会对范围内的海洋生物有驱赶作用,破坏原有的生态平衡,可能引发局部食物链崩溃。

有研究表明渔业生物对爆破产生的冲击波的反应,与个体的大小以及种类的不同有一定的关系。个体小的生物其敏感性高,损害较大。各种生物对爆破后水下冲击波的忍受能力有较大差异,鱼类的致死率最高,其次是虾类,蟹类和贝类的致死率最低。在水中爆炸时,由于鱼体的密度和水的密度类似,冲击波在到达鱼体与水交界面时一般会直接通过鱼体向前传播。但是,当鱼体内有空气腔时,由于空气的可压缩性,冲击波通过时会导致空腔壁的撕裂或破碎。鱼体内最容易受到损伤的是有鳔鱼类的鳔,除此之外,还有鱼类的肝、脾、肾等内部器官。当鱼离爆炸物比较近时,除了对鱼类的内部器官造成损害以外,对鱼的身体外部也会造成损伤。

4.3.7 对重要渔业资源“三场一通道”的影响分析

根据《东海区重要渔业资源三场一通道图集》(浙江省海洋与渔业局、浙江海洋技术中心,2015年4月),本项目与东海区重要渔业资源产卵场的位置示意图见图 4.3-54,离项目区最近的是兴化湾湾口的蓝点马鲛产卵场。

蓝点马鲛属于暖水性中上层鱼类,广泛分布于西北太平洋的日本、朝鲜半岛及中国沿海,为大型长距离洄游性鱼类,产卵场多位于沿岸港湾和河口水域。本工程与蓝点马鲛的产卵场距离约 14km(见图 4.3-55),项目施工期悬浮泥沙扩散的影响不会影响到产卵场,因此本工程建设基本不会对蓝点马鲛的产卵场产生影响。

图 4.3-54 东海区重要渔业资源产卵场示意图

图 4.3-55 蓝点马鲛“三场一通道”示意图

4.3.8 涉及围填海历史遗留图斑的生态影响分析

本节引用福清市人民政府 2022 年编制的《福清市兴化湾片区围填海项目生态评估报告（报批稿）》。本项目涉及 2 个 350181-0074、350181-0075 两个未批已填围填海历史遗留图斑，根据历史遥感图，图斑 350181-0074、0075 于 2001 年 2 月至 2006 年 8 月开始填海，至 2011 年 8 月形成填海图斑。

（1）福清市兴化湾片区围填海图斑的海洋生态影响

福清市兴化湾片区清单内围填海历史遗留问题区块共有 55 个图斑，总面积为 800.3832hm²。兴化湾片区围填海图斑多且小，零散分布在沿海高滩上；围填海的实施对水文动力环境影响主要体现在纳潮量的损失，减小了约 0.36 亿 m³ 纳潮量，对兴化湾潮流流场流态影响很小；对地形地貌与冲淤变化影响有限，仅在围填海周边造成局部的淤积。围填海项目实施对海水水质、沉积物环境未见明显影响；围填海项目建设导致约 800.3832hm² 滨海湿地散失，鸟类栖息地和饵料来源也随之减少，生态系统服务功能下降，影响鸟类觅食生境。兴化湾片区围填海项目对所在海域海洋生态环境影响较小，经过采取相应的生态保护修复措施，对海洋生态环境造成的影响是可以接受的。

①水文动力环境影响

兴化湾片区围填海建设形式改变了原有岸线形态和海域自然属性，所在海域的纳潮量、潮流流态和流速也将发生影响。

兴化湾片区围填海实施前后海湾的潮汐特征和主要纳潮通道未见明显的变化，不影响来自台湾海峡的潮波传入兴化湾的格局。历史围填海图斑造成的纳潮量损失为 0.368 亿 m³。水流动力条件在局部水域有所变化，变化较为明显的位于其江阴半岛西侧、东南侧南岬角以及江镜镇前沿围填海前侧位置。江阴半岛西侧的潮流场变化影响范围约 4000m；南侧影响范围在 350m 内；江阴半岛东南侧流速变化影响范围为 2000m；江镜镇大区块围填造成的影响范围最大，可达 10km。围填海项目实施对兴化湾主水道的流态影响很小，潮落潮流速变化基本不超过 1.0cm/s，流向无变化。兴化湾片区围填海实施前后，局部浅水海域的水体交换能力可能略受影响，稍微降低；总体海域的水体交换能力无显著变化。

②地形地貌和冲淤环境影响

工程实施前后的冲淤变化情况主要发生在江阴半岛沿岸和江镜镇沿岸。在江阴半岛西岸，图斑 0048 北端淤积量为+6cm/a，中部冲刷量约 2~3cm/a。江阴半岛南部图斑 0112 岸线形状凸出，东侧沿岸 1000m 范围内淤积量约为 4~6cm/a。江镜镇处图斑 0196，由于整体区块岸线呈四方形，凸出海岸较为明显，北部沿岸淤积量接近 8cm/a；西侧转角处存在较大冲刷区，冲刷幅度可达 7cm/a，主要影响范围约 500m；项目前沿（南部岸线）为淤积区，淤积量在 3~6cm/a 内的影响区域可达到横向 2000m，纵向 900m 左右的范围，影响相对较大。其他图斑（含本项目涉及的图斑）围填海面积较小，冲刷、淤积量有限，影响范围也主要集中在 200m 以内。

③海水水质环境影响

多年的历史资料显示，2006 年~2016 年，兴化湾多年水质情况较为稳定。多个指标均符合海水水质一类标准，主要超标因子为乌鸡蛋和活性磷酸盐，超标情况为兴化湾西侧较为严重，主要原因可能是秋芦溪及木兰溪入海污染有关。论文《木兰、荻芦两溪入海海域环境的年际变化与现状》（张丽，2019）指出：兴化湾两溪入海海域的环境从 2008 年到 2018 年都未见好转，至 2018 年兴化湾顶的水环境仍然处于被污染的状态，所有站位中正对木兰溪入海口的站位污染程度最高主要污染物仍然是无机氮（DIN）、活性磷酸盐（DIP）。

总体来说，大部分水质调查指标在兴化湾片区围填海项目实施前、中、后基本无变化或变化不大，综合考虑季节影响和检测仪器设备影响等因素，所有水质调查指标的变化基本属于海域正常变化。

④海洋沉积物环境影响

多年沉积物各指标含量表明：兴化湾海域附近的沉积物质量较好，沉积物调查重金属等指标均基本符合一类标准。兴化湾西侧海域有部分站位偶尔出现部分重金属超出海水水质一类标准，可能和木兰、荻芦两溪流入海域污染物有关。论文《木兰、荻芦两溪入海海域环境的年际变化与现状》（张丽，2019）指出：木兰、荻芦两溪入兴化湾海域的 2009、2017、2018 年沉积物中重金属含量较高，2009 年 Hg、2018 年 Cu 部分站位为超标状态。其中 2018 年所有站位中正对木兰溪入海口的站位污染程度最高，沉积物中铜超标。

总体来说，兴化湾片区围填海项目实施前后，工程海域沉积物各调查因子变

化幅度不大,综合考虑季节影响和检测仪器设备影响等因素,基本属于海域沉积物正常变化范围。

⑤海洋生态环境影响

通过多年数据对比表明,兴化湾叶绿素 a 在 2013 年含量较高,2016 年有所下降。初级生产力随季节波动,秋季高于春季。2016 年春季和秋季浮游植物细胞总密度较高,调查种类数 2006 年较多,2013 年下降,2016 年有所上升,多年主要优势种为中肋骨条藻。

浮游动物种类数变化不大,2016 年有所下降。个体密度季节变化也较为明显,2016 年春季个体密度最高,2013 年春季和 2016 年秋季以及 2006 年秋季的水平相当,2014 年秋季最低。生物量因季节变化有所变化,总体春季高于秋季,2006 年春季生物量最高,2013 年春季次之,2016 年秋季生物量最低。多年主要的优势种为肥胖箭虫等。

浅海底栖生物种类数从 2006 年到 2016 年明显下降,个体密度在 2013 年秋季最低,2016 年所有上升,生物量 2006 年和 2013 年因季节变化较大,2016 年生物量整体偏低。多年主要的优势种为异足索沙蚕等。

2008 年春季游泳动物种类最多,2013-2016 年种类数变化不大。资源尾数密度 2008 年最高,2013-2016 年有所下降,渔业资源重量密度多年有所波动,2008 年和 2016 年水平较高,2014 年重量密度最低。主要的游泳动物种类有龙头鱼、口虾蛄等。

兴化湾片区围填海项目所在区域的海洋生物物种多样性总体较好,群落结构较稳定,生态状况整体较为良好。

⑥其他生态环境影响

a 滨海湿地

兴化湾片区围填海项目的围填海图斑有部分位于兴化湾重要湿地范围,占用了兴化湾重要湿地。本次用海项目区的湿地被直接占用,改变了原有海域的自然属性;导致约 800.3832hm²滨海湿地散失,鸟类栖息地和饵料来源也随之减少;生态系统服务功能也随之下降。

b 重要生境

兴化湾省级重要湿地栖息着许多珍稀海洋生物、潮间带生物及鸟类等。兴化

湾围垦有悠久的历史，福清一带的总围垦面积约为 8424.56hm²。其中 1994 年建成的过桥山围垦对垦区北部梨港附近一约 3000 亩的缢蛭天然苗区造成了严重破坏。北部梨港缢蛭天然苗区曾是福清最好的缢蛭苗，是福清养殖缢蛭的主要种源基地，由于过桥山围垦与柯屿围垦建成后，海水水动力改变使得垦区北部迅速淤积形成大片滩涂，缢蛭苗的产量急剧下降。同时对江阴岛壁头附近滩涂的巴菲蛤天然苗种区造成一定的影响。该区仍栖息少量的巴菲蛤苗。

兴化湾片区围填海图斑中 0048、0095、0194、0195、0150、0070 距离江阴半岛南侧的巴菲蛤天然资源区较近，围填海施工产生的悬浮泥沙和水文动力条件变化等对壁头附近滩涂的巴菲蛤天然苗种区会造成一定影响。

c 鸟类

围填海是浅海及滩涂资源变化的最大且最直接的原因。兴化湾滩涂面积总体呈下降趋势，但滩涂面积减少的幅度较小。一方面，围填海占用了滩涂及浅海使资源量减少；另一方面，围填海造成水动力变化，造成淤积，又使滩涂面积有所增加。因此，随着围填海工程的实施，浅海及滩涂资源的面积和分布处于一种动态变化过程。早期的大规模围垦营造的水产养殖场生境，在一定程度上增加了部分种群越冬水鸟的适宜栖息地，但围填海导致的湿地面积减少在一定程度上挤占了鸟类栖息地，且随着兴化湾滩涂利用开发强度加大，未受干扰的水鸟适宜生境已经为数不多，需加强兴化湾滨海湿地生态系统的保护。

(2) 本项目涉及围填海历史图斑的影响

本项目涉及的围填海历史遗留问题已完成生态评估和生态修复方案编制工作。根据福清市人民政府 2022 年编制的《福清市兴化湾片区围填海项目生态评估报告》，350181-0074、350181-0075 图斑每年造成的潮间带底栖生物损失量合计约 2.7444t，共造成纳潮量损失 573348m³，纳潮量损失导致的每年海洋生物量损失合计为鱼卵 1.39×10⁵ 粒，仔稚鱼损失量合计约 49538 尾，游泳动物损失量合计约 303.43kg，浮游动物损失量合计约 3801.58kg，浮游植物损失量合计约 1.28×10¹²cells。2 个围填海历史图斑导致海洋生物经济损失价值合计 68.65 万元，导致海洋生态系统服务功能损失的价值合计 226.44 万元。

350181-0074、350181-0075 图斑均不涉及占用生态红线保护红线和无居民海岛，对海洋环境影响有限，因此处置方案均为不予拆除。

4.4 小结

江阴 14#泊位工程属规划港口岸线范围内的交通运输用海，未涉及生态保护红线，占用人工岸线 776m，形成人工岸线 752m，符合港口规划且不降低自然岸线保有率。本项目建设不占用重要湿地和一般湿地名录内的湿地，施工期悬浮泥沙影响是暂时的，施工结束后该部分影响将随之消失，在落实本报告提出的生态修复措施，本项目施工期悬浮泥沙对一般湿地的影响在可接受范围内。

项目实施后，对潮流场影响范围局限于填海、疏浚工程周边，流速变化超过 5cm/s 的区域在平行岸线方向上集中在项目东西两侧 2.7km 和 3.6km 范围，垂直岸线方向集中于离岸 1.4km 范围，影响范围相对较小。

冲淤的影响主要为填海区东西两侧动力条件减弱，淤积趋势加强，填海南侧新形成岬角处由于挑流作用出现冲刷区，港池疏浚后淤积趋势加强。

项目海洋生态影响主要为填海导致的海洋生态空间永久丧失，施工期悬浮泥沙、炸礁对海洋生态环境的临时性影响，运营期污染物均不排海，工程建设造成的海洋生物资源经济损失通过落实本报告提出的生态修复措施，对海洋生态环境的影响在可接受范围内。

5. 海域开发利用协调分析

5.1 海域开发利用现状

5.1.1 社会经济概况

（1）福建省社会经济概况

根据《2024年福建省国民经济和社会发展统计公报》，2024年末常住人口4193万人，比上年末增加10万人。其中，城镇常住人口3011万人，占总人口比重（常住人口城镇化率）为71.80%，比上年末提高0.76个百分点。全年人口出生率为6.95%，人口死亡率为6.71%，自然增长率为0.24%。年末户籍人口数为3961.96万人。全年城镇新增就业53.1万人。失业人员实现再就业14.3万人。

2024年福建省全年实现地区生产总值57761.02亿元，比上年增长5.5%。其中，第一产业增加值3287.67亿元，增长3.4%；第二产业增加值24713.16亿元，增长5.8%；第三产业增加值29760.19亿元，增长5.5%。第一产业增加值占地区生产总值的比重为5.7%，第二产业增加值比重为42.8%，第三产业增加值比重为51.5%。全年人均地区生产总值137920元，比上年增长5.5%。

（2）福州市社会经济概况

根据《2024年福州市国民经济和社会发展统计公报》，2024年末常住人口850.1万人，比上年末增加3.2万人。其中，城镇常住人口631.4万人，占总人口比重（常住人口城镇化率）为74.27%，比上年末提高0.36个百分点。年末户籍人口数为733.53万人，全年人口出生率为7.02%，人口死亡率为9.58%，自然增长率为-2.57%。全年城镇新增就业13.28万人。

2024年福州市全年实现地区生产总值14236.76亿元，比上年增长6.1%。其中，第一产业增加值723.23亿元，增长3.2%；第二产业增加值5124.34亿元，增长7.9%；第三产业增加值8389.19亿元，增长5.2%。第一产业增加值占地区生产总值的比重为5.1%，第二产业增加值比重为36.0%，第三产业增加值比重为58.9%。全年人均地区生产总值167787元，比上年增长5.7%。

（3）福清市社会经济概况

根据《2024年福清市国民经济和社会发展统计公报》，2024年末常住人口

141.7 万人，比上年末增加 0.3 万人。其中，常住人口城镇化率为 55.85%，比上年末提高 1.00 个百分点。全年人口出生率为 6.53%，人口死亡率为 5.93%，自然增长率为 0.60%。年末户籍人口数为 140.44 万人，比上年末减少 0.21 万人。全年城镇新增就业 19272 人。

2024 年福清市全年实现地区生产总值 1900.79 亿元，比上年增长 6.8%。其中，第一产业增加值 143.06 亿元，增长 2.2%；第二产业增加值 957.95 亿元，增长 9.9%；第三产业增加值 799.78 亿元，增长 3.9%。第一产业增加值占地区生产总值的比重为 7.5%，第二产业增加值比重为 50.4%，第三产业增加值比重为 42.1%。全年人均地区生产总值 134284 元，比上年增长 6.6%。

（4）福州江阴港城经济区社会经济概况

福州江阴港城经济区于 2017 年 8 月由福州市江阴工业集中区、福建自贸试验区福州片区保税港区整合而成，其中：福州市江阴工业集中区于 2001 年 6 月成立，2006 年 4 月经省政府批准，国家发改委核准升格为省级开发区；福州保税港区于 2010 年 5 月经国务院批准设立，2014 年 12 月国务院批准成立福建自由贸易试验区，将福州保税港区纳入福州片区规划范围，2020 年 6 月经国务院批准同意转型升级为福州江阴港综合保税区，并于 2021 年 6 月通过海关总署验收。

福州江阴港城经济区位于福州市南端的福清江阴半岛，东临台湾海峡，与国际集装箱主航线仅相距 24 海里，与台湾台中市隔海相望，是福州南翼临港产业的重要基地，福州经济发展的重要增长极，建设“海上福州”的重要区域，福建省推动高质量发展落实赶超的重要引擎。经济区规划面积 225.2km²，经济区空间结构规划图见图 5.1-1，发展定位为：依托港区，发展以临港石化、海洋产业、装备制造、国际航运物流、整车及零配件进出口贸易、大宗商品集散分拨、保税仓储物流展示和融资租赁等现代服务业、打造配套完善的现代化港口城市。

图 5.1-1 福州江阴港城经济区空间结构规划图

江阴港城经济区是福建省石化发展规划“两基地一专区”的化工新材料专区，以发展化工原料多元化和新材料为主，以非炼化一体化的化工产业为特色。截至

目前，园区落地工业企业 113 家（规上企业 88 家）。2023 年，江阴港城经济区实现规上工业产值 811.63 亿元，同比增长 31.26%。

江阴港区是我省港口发展战略中“两集两散”的集装箱枢纽港，现已建成 9 个集装箱码头、1 个煤码头，以及全省唯一连片的 4 个液体化工码头，并开通海铁联运。现已获得进境种苗、进境水果、进境粮食、进境肉类等指定监管场地资质。

经过 20 多年的开发建设，产港城不断融合发展，基础设施日趋完善，承载能力不断增强，临港产业逐渐发展壮大，已基本形成化工新材料、先进制造业、进出口贸易与航运物流三大主导产业，产业聚集效应日益凸显，沿海临港工业基地持续发挥产业集聚效应和规模优势，江阴港区形成化工新材料产业集群。

5.1.2 海域使用现状

根据现场踏勘调查和收集到的相关资料，项目论证范围内的海洋开发活动主要有造地工程用海、渔业用海、交通运输用海、工业用海等。本项目论证范围内海域开发利用现状见表 5.1-1、图 5.1-2。

表 5.1-1 本项目周边海洋开发利用情况一览表

图 5.1-2 本项目周边海域开发利用现状图

5.1.2.1 造地工程用海

项目周边 5km 范围内造地工程用海主要用于江阴港区泊位、工业企业及配套设施的建设，主要为福州港江阴港区 2~7 号泊位工程、江阴港区建滔液体化工码头、福州市江阴工业集中区东部路堤一期工程、福清丰硕包装项目等（详见表 5.1-2、图 5.1-3），目前该区域内已基本完成填海造地活动。

5.1.2.2 工业用海

工业用海主要有福建巨光机械科技有限公司建设项目建设填海造地、福建省顺捷物流有限公司物流货场建设填海造地、福清市江阴壁头角东侧机械制造 1 号项目、福清市江阴半岛壁头角东侧机械制造 2 号项目（详见表 5.1-2、图 5.1-3）和福清兴化湾海上风电场工程（图 5.1-2）。

福建巨光机械科技有限公司建设项目建设填海造地、福建省顺捷物流有限公司物流货场建设填海造地、福清市江阴壁头角东侧机械制造 1 号项目、福清市江阴半岛壁头角东侧机械制造 2 号项目均已完成填海造地，并换发了土地证。

福清兴化湾海上风电场一期工程位于江阴半岛东南侧和牛头尾西北侧海域，一共 14 台风电机组，单机容量为 5MW—6.7MW，项目装机规模约 77.4MW，每台风电机组的间距在 500-1000m，建设单位为三峡集团，于 2017 年 9 月并网发电。福清兴化湾海上风电场二期项目装机规模 280MW，投资 58.4 亿元，建设单位为福清海峡发电有限公司，布置 56 台单机容量 5MW 的风电机组，2020 年 7 月国内首台 10MW 海上风电机组成功并网发电。

本项目东侧紧邻壁头预制场，由福建鑫天源建设工程有限公司向福州市江阴工业区开发建设有限公司（以下简称“江阴开发公司”）租赁，用于建设临时预制场及配套设施用地，经现场调查，该租赁合同将于 2024 年 12 月到期，江阴开发公司不再续租，壁头预制场已经在开展清退工作。

图 5.1-3 本项目周边工程开发利用现状分布图

表 5.1-2 本项目周边 5km 范围内工程开发利用现状一览表

5.1.2.3 交通运输用海

项目周边 5km 范围内交通运输用海主要为港口用海、路桥用海（详见表 5.1-2、图 5.1-3）、航道用海（图 5.1-4）。

（1）港口用海

港口用海主要包括福州港江阴港区 3 万吨级通用码头（以下简称“江阴港 1#泊位”）、江阴港区 8~9#、12#泊位、国电福州江阴电厂专用煤码头、福州港、福州港江阴港区西部配套物流项目。本项目周边已建、在建的泊位现状情况详见表 5.1-3。

（2）路桥用海

路桥用海主要有江阴工业集中区港区路堤一期工程和福州市江阴工业区东部路堤二期工程。江阴工业集中区港区路堤一期工程目前已经建设完成，为国盛大道。福州市江阴工业区东部路堤二期工程为国盛大道的东段延长线，目前正在施工中。

表 5.1-3 本项目周边泊位现状分布情况表

(3) 航道用海

江阴港航道及锚地分布详见图 5.1-4。

① 航道现状

江阴进港航道现状已完成一期、二期建设，三期正在施工中。

江阴港区进港航道一期工程建设规模为从台湾海峡国际航线 C1 点~兴化水道口门 C2~C8 点，其中 C1~C2 航段为沿海航路，C2~C8 航段建设规模为 5 万吨级集装箱船舶不乘潮通航双向航道。该工程于 2002 年 12 月建成。福州港江阴港区进港航道二期工程于 2012 年 11 月 8 日通过交工验收。航道建设规模为：C2~C9 航段建设规模为营运吃水不大于 13.8m 的 10 万吨级集装箱船不乘潮通航单向航道，同时满足 15 万吨级散货船和 15 万吨级集装箱船乘潮单线通航、5 万吨级集装箱船不乘潮双线通航要求；C9~C10 航段建设规模为 5 万吨级化学品船乘潮通航单向航道。

C2~C6 航段长 34.2km，设计底高程-18.4m，航道通航宽度 360m；C6~C8 航段长 10.2km，设计底高程-16.2m，航道通航宽度 360m；C8~C9 航段长 3.0km，设计底高程-16.2m，航道通航宽度 300m；C9~C10 航段长 1.2km，设计底高程-14.6m，航道通航宽度 200m。航道主要技术参数详见表 5.1-4。

表 5.1-4 江阴二期航道主要技术参数表

福州港江阴港区进港航道三期工程为扩建工程，扩建自小月屿附近海域 C2 点起至江阴港区 12#泊位回旋水域末端 C10 点，在原二期航道基础上进行拓宽加深，总航程约 48.7km，其中 C2 至兴化湾 9#灯浮附近（C6 点）长约 34.2km，按满足 15 万吨级（兼顾 20 万吨级）集装箱船全潮单线通航要求建设；C6 至在建 9#泊位末端（C9 点）长约 13.2km，按满足 15 万吨级（兼顾 20 万吨级）集装箱船乘潮单线通航要求建设；C9 至 12#泊位回旋水域末端（C10 点）长约 1.3km，按满足 5 万吨级危险品船舶（油船、化学品船或液化石油气船（LPG））全潮单线通航要求建设。

福州港江阴港区进港航道延长段工程为在建航道，自江阴港区进港航道末端 C10 点起，沿 C9~C10 航线直接延伸约 0.35km 至 C11 点，然后向北转向 55.8°

延伸约0.91km至13B#泊位回旋水域末端C12点,转弯半径1830m,航程约1.25km,满足5万吨级化学品船全潮单线通航要求,航道通航宽度180m,设计底高程-14.6m。

②锚地现状

目前,兴化湾已开辟江阴待泊-1#锚地、江阴待泊-2#锚地、下垞临时港外候潮锚地、塘屿南锚地、白屿北锚地、塘屿南锚地、小月屿引航检疫锚地、小月屿20万吨级锚地、5万吨危险品船舶专用锚地,各锚地情况如下:

江阴待泊-1#锚地:A点(25°21'57.7"N/119°24'23.7"E),B点(25°21'28.7"N/119°24'08.7"E),C点(25°21'47.6"N/119°23'22.7"E),D点(25°22'17.5"N/119°23'37.6"E)连线水域范围内,锚地水深13.8~23m,底质为砂-粉砂-黏土或粘土。该锚地为50000吨级及以下油船或化学品船专用锚地,功能为待泊、候潮、应急锚地,可满足1艘50000吨级及以下油船或化学品船锚泊要求。其中50000吨级及以下油船或化学品船必须在以下四点范围内锚泊,且仅限一艘:25°21'28.7"N/119°24'08.7"E,25°21'47.6"N/119°23'22.7",25°22'15.6"N/119°23'36.6"E,25°21'55.8"N/119°24'22.7"E。

江阴待泊-2#锚地:A点(25°22'31.5"N/119°23'05.3"E),B点(25°22'01.0"N/119°22'50.1"E),C点(25°22'28.6"N/119°21'42.8"E),D点(25°23'00.2"N/119°21'58.5"E)连线水域范围内,锚地水深14.5~23.7m,底质为砂-粉砂-黏土或粘土。该锚地为50000吨级及以下集装箱或散货船舶待泊锚地,功能为待泊、候潮、应急锚地,可满足2艘50000吨级及以下集装箱或散货船舶锚泊要求。

下垞临时港外候潮锚地:以25°24'N/119°25'E为中心,南北长2km、东西宽1km水域范围内,设计底高程-6m,底质为泥沙,限1000吨级及以下船舶候潮使用。

江阴引航备用锚地(塘屿南锚地):以A点(25°17'05.7"N/119°38'44.7"E),B点(25°16'31.7"N/119°40'22.7"E),C点(25°17'09.7"N/119°40'38.7"E),D点(25°17'44.7"N/119°39'02.7"E)连线水域范围内,设计底标高-19m,底质为沙及黏土混合物,限50000吨级及以下船舶候潮、引水使用,满足吃水12.0m以下的

10万吨级船舶锚泊要求。

江阴备用引航联检锚地（白屿北锚地）：A点（25°19'56.0"N/119°32'43.0"E），B点（25°19'33.0"N/119°32'25.0"E），C点（25°19'48.0"N/119°32'00.0"E），D点（25°20'12.0"N/119°32'17.0"E）连线水域范围内，设计底标高-19m，底质为泥、沙，限50000吨级及以下船舶候潮、引水、检疫使用，满足10万吨级船舶锚泊要求。

小月屿引航检疫锚地：A点（25°13'54.7"N/119°42'17.7"E），B点（25°12'45.7"N/119°40'57.7"E），C点（25°13'18.7"N/119°40'23.7"E），D点（25°14'27.7"N/119°41'42.7"E）连线水域范围内，设计底标高-19m，底质为沙及黏土混合物，限50000吨级及以下船舶候潮、引水、检疫使用。

小月屿20万吨级锚地：A点（25°14'21.2"N/119°40'25.1"E），B点（25°13'50.6"N/119°39'50.1"E），C点（25°13'18.7"N/119°40'23.7"E），D点（25°13'49.3"N/119°40'58.8"E）连线水域范围内，设计底标高-24.1m，限制吃水≤16m，底质为砂、粘土质粉砂、砂-粉砂-粘土，限200000吨级及以下船舶候。

江阴5万吨级危险品锚地：A点（25°18'52.9"N/119°24'36.7"E），B点（25°18'00.9"N/119°24'37.0"E），C点（25°18'00.8"N/119°24'08.4"E），D点（25°18'52.8"N/119°24'08.1"E）连线水域范围内，设计底标高-16.1m，底质为淤泥，限50000吨级及以下船舶候泊使用。

根据“福建省福州港口发展中心关于发布江阴港区进港航道三期工程50000吨级危险品锚地、5000吨级危险品2#锚地的通告”（闽福州港规建〔2023〕69号）：江阴港区进港航道三期工程50000吨级危险品锚地、5000吨级危险品2#锚地经扫海测量，水深满足设计要求，并已通过交工验收。

江阴港区进港航道三期工程拟新建5000吨级危险品锚地2处，其中1#应急锚地，满足1艘5000吨级危险品船舶（油船、化学品船）锚泊要求，边长为820m，设计水深8.7m；2#应急锚地，满足1艘5000吨级危险品船舶（油船、化学品船或液化石油气船（LPG））锚泊要求，边长为920m，设计水深9.8m；新建5万吨级危险品锚地1处，满足1艘5万吨级危险品船舶（油船、化学品船或液化石油气船（LPG））锚泊要求，为正方形水域，边长为1.14km，设计水深14.9m；

拟将小月屿南侧的 15 万吨级散货船锚地扩建为 20 万吨级锚地，扩建后可满足 1 艘 20 万吨级集装箱船锚泊要求，为正方形水域，边长 1.36km，设计水深 24.14m。

图 5.1-4 江阴港壁头作业区航道及锚地分布图

5.1.2.4 排污倾倒用海

本项目周边排污倾倒用海只有福州市江阴工业集中区污水处理工程（目前为“福州江阴港城经济区污水处理厂”）尾水排海管道，排污管道从本项目进场道路穿过，沿与1#泊位陆域相邻陆域向海排放，福州江阴港城经济区污水处理厂污水管道路线及排污口位置详见图 5.1-5。

图 5.1-5 福州江阴港城经济区污水处理厂尾水排海管道路线图

福州江阴港城经济区污水处理厂尾水排海管道建设单位为福州市江阴工业区开发建设有限公司（以下简称“江阴开发公司”），设计规模为 12 万 m³/d，排污口位于江阴港区 1#泊位前沿南部约 768m，距离江阴航道约 100m 处，水深约 18m，采用深海离岸、扩散器排放方式。尾水排放管（海上段）采用 1 根正常排放管 DN1200 钢管，壁厚 14mm，于 2010 年 9 月竣工验收。

目前，福州江阴港城经济区污水处理厂已建成全厂处理规模为 8 万 m³/d，尾水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准，深海排放至兴化湾。江阴港城经济区污水处理厂近期处理污水规模为 4 万 m³/d，已于 2009 年和 2011 年分两期建成并投入运行，2024 年 6 月通过污水处理厂中期一期工程竣工环境保护验收，污水处理厂中期一期工程污水处理规模为 4 万 m³/d，建成后污水处理厂总污水处理规模为 8 万 m³/d。

污水处理厂服务范围涵盖福清出口加工区的综合污水、江阴、新厝两镇部分村庄生活污水、江阴工业区东西部综合污水。污水组成包括医药、化工、轻工等产业的工业废水和生活污水，以工业废水为主。预处理工艺采用“粗格栅+细格栅+旋流沉砂池”工艺，主体生化工艺采用“水解酸化+多级 A/O”工艺，深度处理工艺采用“芬顿高级氧化+高密度沉淀池+转盘式微过滤+接触消毒”工艺。

5.1.2.5 渔业用海

渔业用海主要为围海养殖、开放式养殖以及渔船习惯停泊点等，周边现状养殖分布情况主要见表 5.1-2、图 5.1-3 和图 5.1-5。

围海养殖主要分布在兴化湾西港海域、莆田市荔城区北高镇及秀屿区埭头镇沿岸海域。兴化湾西港海域由于西港水闸隔离，西港水闸两侧沿岸 1~2km 分布

的范围，主要养殖品种有括鱼、缢蛏、花蛤、牡蛎等。莆田市荔城区北高镇及秀屿区埭头镇沿岸 2~3km 的范围，主要养殖品种为缢蛏、花蛤、对虾等。

开放式养殖主要分布在兴化湾深水水域和黄瓜岛、管杯岛、小麦岛及牛头尾周边海域，养殖品种主要为牡蛎。

项目周边养殖主要为开放式养殖，养殖主体为江阴镇下石村村民，主要养殖品种为牡蛎。

本项目周边存在一块已经清退的养殖图斑（见图 5.1-6）该开放式养殖主体为林发明，养殖品种为海带，养殖面积约 4.36hm²，未办理权属登记手续。该开放式养殖区域位于《福清市养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》（2024 年修编）中的禁养区。根据江阴镇人民政府 2022 年 1 月 1 日发布并张贴了《非法渔业设施用海及碍航物清理的通告》，该开放式养殖位于清退范围内。依据相关政策要求，该开放式养殖区域已于 2025 年 7 月 1 日前由养殖主体林发明完成自行清退，清退前后现场照片见图 5.1-7，同时江阴镇人民政府出具了养殖清退的情况说明（详见附件 12）。

本项目周边渔船习惯停泊点共分布 4 个（见表 5.1-5、图 5.1-8），工程区内的渔船习惯停泊点使用者为江阴镇下石村村民，其他渔船习惯停泊点的使用者为江阴镇田头村、南曹村及东井村村民。

表 5.1-5 本项目周边渔船习惯停泊点现状分布一览表

图 5.1-6 本项目周边已清退养殖位置图

图 5.1-7 本项目周边养殖清退前后航拍照片

图 5.1-8 本项目周边渔港码头现状分布图

5.1.2.6 项目区其他构筑物现状

本项目设计红线范围内还存在一些构筑物，构筑物现状分布情况及处置方式详见图 5.1-9、表 5.1-6。另外，项目区内涉及的水质监测站、高位井、庙宇均位于 08 海岸线向陆一侧（见图 5.1-10）。

图 5.1-9 本项目区内其他构筑现状分布图

图 5.1-10 本项目区内其他构筑物位置分布图

表 5.1-6 本项目区内其他构筑物现状情况及处置一览表

5.1.2.7 围填海历史遗留问题现状

本项目用海周边有 2 个列入围填海历史遗留问题清单项目，详见表 5.1-7、图 5.1-11。本项目涉及的围填海历史遗留图斑位于兴化湾片区，福清市兴化湾片区历史围填海遗留问题已编制通过专家评审的《福清市兴化湾片区围填海项目生态评估报告（报批稿）》和《福清市兴化湾片区围填海历史遗留问题项目生态保护修复方案（报批稿）》，围填海历史遗留图斑的生态影响分析详见 4.3.7 节。

根据《福清市兴化湾片区围填海项目生态评估报告（报批稿）》，图斑 350181-0074 位于江阴半岛下石村南侧海域，现状为道路、砂场、荒地，由砂场业主陆陆续续对范围内的滩涂进行填海形成现有规模砂场。图斑 350181-0075 位于江阴半岛下石村南侧海域，现状为砂场、荒地、简易搭盖，由砂场业主陆陆续续对范围内的滩涂进行填海形成现有规模砂场。0074 和 0075 图斑均位于《福清市国土空间总体规划（2021-2035 年）》中交通运输用海区的港口区和《福建省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》中的优化利用岸线，均未占用《福建省“三区三线”划定成果》中的生态红线区。

根据历史遥感图，图斑 350181-0074、350181-0075 于 2001 年 2 月至 2006 年 8 月之间开始填海，至 2011 年 8 月形成填海图斑。

2024 年 4 月，自然资源部批复备案福建省围填海历史遗留问题处理方案（自然资办函〔2024〕889 号），原则同意福建省集中备案区域（包含福清市集中备案区域）按照围填海历史遗留问题进行处理，本项目涉及的历史围填海图斑 350181-0074、350181-0075 均属于福清市集中备案区域。

福清市农业农村局对本项目涉及 2 个历史围填海图斑内的范围开展调查，确认违法主体为福州市江阴工业区开发建设有限公司，福州市江阴工业区开发建设公司于 2007 年 10 月至 2011 年 8 月在福清市江阴半岛下石村未经批准擅自填海造地 8.8956hm²，其中 0074 图斑面积 4.4903hm²、0075 图斑面积 4.4053hm²。并于 2025 年 3 月 3 日作出行政处罚决定（见附件 6），查处范围见图 5.1-12。依据《财政部、国家海洋局关于加强海域使用金征收管理的通知》（财综〔2007〕10 号）、福州市海洋与渔业局行政处罚自由裁量标准，罚款 26216715 元。福州市江阴工业区开发建设有限公司于 2025 年 3 月已缴纳罚款。本项目用海涉及的

2 个未批已填围填海历史遗留问题图斑内的范围（图 5.1-12 中黄色线包络范围）均已查处到位。

表 5.1-7 围填海历史遗留问题项目备案情况一览表

图 5.1-11 本项目与围填海历史遗留问题项目位置关系图

图 5.1-12 本项目涉及历史围填海图斑查处范围示意图

5.1.3 海域使用权属现状

（1）项目周边海域

本项目周边 5km 范围内海域已确权用海洋见图 5.1-13、表 5.1-8。

图 5.1-13 本项目周边海域已确权用海分布图

表 5.1-8 项目周边海域已确权用海情况一览表

(2) 项目相邻海域

本项目周边确权共有 5 宗，详见表 5.1-9、图 5.1-14。其中江阴港 1#泊位填海完成后已经换发土地证，福州市江阴工业区开发建设有限公司（以下简称“江阴开发公司”）的土地证 2 宗，福建省永隆食品冷藏有限公司用地 1 宗，权证详见附件 7。

图 5.1-14 本项目与相邻海域已确权用海位置关系图

表 5.1-9 项目周边权属情况一览表

5.1.4 海岸线现状

根据福建省新岸线修测成果，本项目涉及的海岸线基本情况详见表 5.1-10、图 5.1-15，现状照片见图 5.1-16~图 5.1-17。

表 5.1-10 本项目周边新修测岸线的基本情况表

图 5.1-15 本项目占用海岸线示意图

图 5.1-16 本项目海岸线现场踏勘测绘点位示意图

图 5.1-17 本项目涉及海岸线现场照片

5.1.5 新旧岸线之间区域现状

本项目红线范围内还涉及原海岸线和新修测海岸线之间的区域，详见表 5.1-11、图 5.1-18~图 5.1-20，各区域现状照片及历史遥感影像详见图 5.1-21。

本项目涉及新旧岸线之间的 4 个图斑均未列入围填海历史遗留问题清单，根据福建省自然资源厅关于印发《新旧海岸线之间区域管控规则》的通知（闽自然资发〔2024〕49 号），新旧海岸线之间区域涉及违法违规用海的，应当依法依规查处到位后办理用地用海手续。

2025 年 3 月 3 日，福清市农业农村局行政处罚决定书（闽融农（海）处罚〔2025〕001 号）（见附件 6），确认违法主体为福州市江阴工业区开发建设有限公司，未经批准填海造地非法占用 7.3327hm² 福清市江阴半岛下石村海域（查处范围见图 5.1-18，已包含本次新旧岸线之间的 4 个图斑），处罚决定：罚款人民币 26216715 元整，责令退还非法占用的海域，恢复海域原状。福州市江阴工业区开发建设有限公司于 2025 年 3 月已缴纳罚款并取得行政处罚案件结案审批表，本项目涉及的新旧岸线之间的 4 个图斑已查处。

表 5.1-11 本项目涉及新旧岸线之间区域情况一览表

图 5.1-18 本项目涉及新旧岸线之间区域示意图

图 5.1-19 本项目涉及新旧岸线之间区域示意图（图斑 1）

图 5.1-20 本项目涉及新旧岸线之间区域示意图（图斑 2~4）

图 5.1-21 本项目涉及新旧岸线之间区域现状照片及历史遥感影像

5.2 项目用海对海域开发活动的影响

5.2.1 对江阴港 1#泊位的影响

(1) 项目与江阴港 1#泊位用海的关系

本项目港池连接水域与江阴港 1#泊位港池存在重叠（见图 5.2-1），现状照片见图 5.2-2。本项目运营期船舶回旋水域将会用到江阴港 1#泊位已确权的部分港池水域，本项目运营期船舶停靠也需用到江阴港 1#泊位已确权的部分港池水域。

（2）项目施工期疏浚与江阴港 1#泊位的关系

本项目停泊水域设计底高程为-14.0m，港池连接水域设计底高程为-13.8m，江阴港 1#泊位港池设计底高程为-13.5m，本项目疏浚范围与江阴港 1#泊位港池确权范围重叠 0.7792 hm²，需对该部分水域进行疏浚，同时施工期疏浚会对江阴港 1#泊位的运营造成一定的影响。

图 5.2-1 本项目与江阴港 1#泊位位置关系图

图 5.2-2 本项目与江阴港 1#泊位现状照片

5.2.2 对江阴港城经济区污水处理厂尾水排海管工程的影响

现状江阴港城经济区污水处理厂尾水排海管由福州市江阴工业区开发建设有限公司建设和运营，该尾水排海管从本项目陆域堆场、码头作业平台和停泊水域的海床底下穿越至排污口（见图 5.2-3、图 5.2-4），现状尾水排海管在下海点至本项目码头前沿之间区域的设计高程是-29.98m~-1.90m（理基），在本项目基槽开挖处的设计高程为-29.98m~-11.94m，本项目基槽开挖的设计底高程为-29.0m，沉箱底高程为-15.5m，本项目码头作业平台与尾水排海管设计高程存在冲突，基槽开挖和沉箱施工建设会影响现状尾水排放管的正常运营，另外，项目施工和运营期船舶抛锚活动对排污口扩散器存在安全隐患。

图 5.2-3 本项目与江阴港城经济区污水处理厂尾水排放管工程关系图

图 5.2-4 江阴港城经济区污水处理厂尾水排放管工程现状断面图

5.2.3 对周边渔业用海的影响

（1）本项目对周边渔船习惯停泊点的影响

本项目工程区范围内存在江阴镇下石村村民的渔船习惯停泊点(见图 5.2-5),本项目的建设将会导致下石村渔船习惯停泊点的消失,同时本项目施工期期间需用到船舶施工,将会影响停靠该停泊点渔民的出行。

图 5.2-5 本项目与周边渔船习惯停泊点位置示意图

(2) 本项目悬浮泥沙对周边开放式养殖的影响

本项目悬浮泥沙影响范围与周边开放式养殖的叠加图见图 5.2-6, 本项目施工期间悬浮泥沙不会影响到项目周边的开放式养殖。

图 5.2-6 本项目悬浮泥沙影响范围与周边渔业用海叠加图

5.2.4 对现状排洪渠的影响

本项目红线范围内存在入海排洪渠(详见图 5.2-8、图 5.2-9), 该排洪渠为福州市江阴工业区开发建设有限公司建设,排洪渠入海口为3根DN1800管道,从本项目红线范围内穿越至海岸线位置排入海域,项目施工建设会占用现状排洪渠。

图 5.2-8 本项目与现状排洪渠位置关系图

图 5.2-9 排洪渠入海排口现状照片

5.2.5 对小沉箱及沉箱出运码头的影响

本项目红线范围内现状存在构筑物小沉箱和沉箱出运码头。小沉箱的权属人为福州市江阴工业区开发建设有限公司,该小沉箱会影响本项目的正常施工建设,项目施工前需清理出港区。沉箱出运码头使用单位为福建鑫天源建设工程有限公司,该地块为临时租赁,出租单位为福州市江阴工业区开发建设有限公司(见附件10),目前,该码头原使用单位已退场,江阴管委会已经进行收地工作,将该地出让给本项目业主单位,未来将作为本项目沉箱预制场使用。

综上,本项目施工期需清理小沉箱,与沉箱出运码头不存在利益冲突。

5.2.6 对江阴开发公司土地证的影响

本项目陆域红线需占用福州市江阴工业区开发建设有限公司的土地证，拟申请用海范围与福州市江阴工业区开发建设有限公司的土地证无缝衔接（见图 5.2-10），衔接区域为本项目利用的历史围填海图斑（350181-0075），由于现状历史围填海图斑（350181-0075）已填成陆，本项目新增填海施工不涉及江阴开发公司土地证。另外，江阴开发公司与本项目业主已经在办理土地证的出让手续，该土地证的地类为仓储用地，本项目用于港口泊位工程的堆场及附属设施建设，符合该地类的要求，待江阴开发公司土地证出让手续完成后，本项目才能进行施工。

图 5.2-10 本项目拟申用海与江阴开发公司土地证位置关系图

5.2.7 对周边航道、锚地的影响

本项目施工期间及运营期，进出作业的施工船舶、泥驳船和货运船舶等将增加江阴港进港航道的通道密度，将对江阴港区进港航道及工程附近水域的通航安全和通航环境存在一定的影响，建设单位通过落实《福州港江阴港区壁头作业区 14#泊位工程岸线使用通航安全技术评估报告》中提出的安全保障措施后，本工程建设对通航安全的不利影响将会得到相当程度地缓解或消除。项目运营期间，运营船舶需经江阴港进港航道进出兴化湾，将增加该航道的通航密度。

本项目拟建设 1 个 5 万吨级集装箱泊位，设计年通过能力 61 万 TEU，码头船舶日靠泊密度不足 1 艘次。因此，项目建设对江阴港进港航道的影响有限。

目前，江阴港区设有江阴引航锚地、塘屿南锚地、引航备用锚地、5 万吨级危险品船舶专用锚地、白屿东锚地、江阴待泊锚地-1#、江阴待泊锚地-2#、小月屿锚地、小月屿 15 万吨级锚地及引航备用锚地。本工程船舶可根据船型和吨级选择上述合适的锚地锚泊。

5.3 利益相关者界定

5.3.1 利益相关者

根据“本项目用海对海域开发活动的影响”分析结果，最终确定本项目利益

相关者为福清市交通运输局、福州新港国际集装箱码头有限公司、福州市江阴工业区开发建设有限公司、下石村民委员会。

用海项目利益相关者界定情况见表 5.3-1。

5.3.2 协调部门

福州海事局作为协调部门，主要协调项目施工期和运营期的通航安全。

表 5.3-1 本项目利益相关者界一览表

5.4 相关利益协调分析

5.4.1 利益相关者协调分析

根据各利益相关者的特点和受影响程度，对其分别进行协调分析详见表 5.3-1。

(1) 与福清市交通运输局的协调分析

(2) 与江阴福州新港国际集装箱码头有限公司的协调分析

本项目疏浚范围与江阴港 1#泊位港池确权范围重叠 0.7792 hm^2 ，需对该部分水域进行疏浚，同时施工期疏浚会影响江阴港 1#泊位的正常运营。项目运营期船舶回旋水域将会用到江阴港 1#泊位已确权的部分港池水域。

本项目与江阴港 1#泊位属于同一集团下属子公司，目前该利益相关者已协调完成（见附件 8）。

(3) 与福州市江阴工业区开发建设有限公司的协调分析

①福州江阴港城经济区江阴污水处理厂尾水排放管

项目施工建设会影响现状福州江阴港城经济区江阴污水处理厂尾水排放管的正常运营，项目施工期和运营期船舶在回旋水域抛锚对尾水排污口存在安全风险的影响。

根据现场调查，福州江阴港城经济区污水处理厂尾水排海管道为福州江阴港城经济区污水处理厂的配套工程，尾水排海管道由福州市江阴工业区开发建设有限公司建设和运营，设计规模为 $12 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ ，排污口位于江阴港区 1#泊位前沿南部约 768m ，距离江阴航道约 100m 处，采用深海离岸、扩散器排放方式。福州江阴港城经济区污水处理厂现已建成全厂处理规模为 $8 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ ，江阴管委会正在开展污水排海管改扩建工程。

根据 2025 年 1 月福清市政府专题会议纪要，同意福州江阴港城经济区管理委员会正在开展污水排海管迁改选点方案，明确迁改新排口不穿越江阴港 14#泊位工程。在新排口建成投用前，本项目建设单位在江阴 14#泊位施工中做好现有污水排海管的保护工作，主要采取海上标识、设定施工保护区（排污管道中心两侧 50m ）、分段施工等保护措施（见图 5.4-2），待新排海管建成后，配合福州

市江阴工业区开发建设有限公司拆除原污水排海管，目前该利益相关者已协调完成（见附件 8）。

目前，江阴管委会的污水排海管迁改方案已经取得了排污口备案（见附件 10），正在开展工可、勘察等工作。新备案的排污口位于江阴港 28#-29#泊位前沿外侧（见图 5.4-1），该排污口设计规模为 14 万 m³/d，污水来源主要为福州江阴港城经济区污水处理厂 8 万 m³/d 和万化产业园约 1.5 万 m³/d，该迁改排污口能够满足本项目涉及尾水排放管的污水排放需求，下一步正在开展污水排海管道的勘察、设计等工作。

图 5.4-1 现状排污口与迁改备案排污口示意图

图 5.4-2 尾水管施工保护及施工分区图

②现状排洪渠

本项目施工会占用到项目区内的现状排洪渠，根据 2024 年 6 月福清市人民政府已批复的《福州江阴港城经济区防潮排涝专项规划》（融政综〔2024〕151 号），本项目红线范围内不涉及规划的防潮排涝通道（见图 5.4-3）。经过与江阴管委会协调，江阴管委会已启动该排洪渠的导排导改工作，现状排洪渠迁改后明确不再穿越江阴港 14#泊位工程红线入海，在本项目施工期会完成排洪渠的迁改工作，同时，本项目也取得福州市江阴工业区开发建设有限公司的协调函，该利益相关者已协调完成（见附件 8）。

图 5.4-3 福州江阴港城经济区防潮排涝专项规划图

③小沉箱

本项目工程区内还存在小沉箱，会影响本项目的正常施工建设。经与福州市江阴工业区开发建设有限公司协调，待小沉箱资产处置流程完成后，由福州市江阴工业区开发建设有限公司负责清理，截止目前，小沉箱已经开始进行清理，后续将继续全部进行搬迁。目前，已经取得福州市江阴工业区开发建设有限公司的协调函，该利益相关者已协调完成（见附件 8）

④江阴开发公司土地证

本项目申请用海范围紧邻江阴开发公司土地证，待江阴开发公司土地证出让手续完成后，本项目才能进行施工。目前，本项目业主已经取得福州市江阴工业区开发建设有限公司的建设同意函，该利益相关者已协调完成（见附件 8）

（4）与下石村民委员会的协调分析

本项目的建设将会导致下石村渔船习惯停泊点的丧失，同时施工期间影响周边渔船的出行。江阴镇政府与下石村民委员会协调确定其他渔港或者停泊点供村民停靠（见图 5.4-4），目前，已取得江阴镇政府、下石村民委员会的支持意见函（见附件 8），该利益相关者已协调完成。

图 5.4-4 江阴镇周边渔港或者停泊点位置图

5.4.2 协调部门分析

本项目协调部门为福州海事局。项目施工期间，进出作业的施工船舶、泥驳船等将增加江阴港进港航道的通道密度，对该航道的通航环境产生一定的影响。

本项目《福州港江阴港区 14#泊位工程通航安全技术评估报告》已于 2024 年 9 月通过专家评审。福州海事局于 2024 年 11 月出具同意本项目使用港口岸线的意见（见附件 4），本项目业主单位应及时递交船舶通行计划，并向福州海事局进行报备。

表 5.5-1 本项目用海与利益相关者协调分析一览

5.5 项目用海与国防安全和国家海洋权益的协调性分析

本项目用海位于福清市江阴半岛南部的兴化湾海域，地处我国内水海域，对国家权益没有影响。根据《中华人民共和国海域使用管理法》规定，海域属于国家所有，用海单位在依法取得海域使用权，履行相应义务后，不存在对国家权益的影响问题，同时也保证了国家海域所有权权益。项目用海不占用军事用地，不占用和破坏军事设施，不影响国防安全。因此，项目用海不影响国防安全和国家海域权益。

6. 国土空间规划符合性分析

6.1 《全国国土空间规划纲要（2021-2035年）》符合性分析

根据《全国国土空间规划纲要（2021-2035年）》，“第七章加强陆海空间协同，服务海洋强国建设”“加强港口枢纽的区域协同。以国际枢纽海港为引领、主要港口为骨干，加强港口群区域协同，整合港航资源和服务要素，提升港口枢纽集散效能，支撑三大海洋经济圈发展。东海区域重点推动区域港航资源整合，完善江海联运中转体系，优化航运服务产业链布局，……支持厦门建设东南国际航运中心，……强化福州港、泉州港、湄洲湾港面向海峡两岸的服务功能。”

本项目为江阴港区 14#泊位建设工程，建成后可与江阴港 1-7 号泊位形成连片开发和规模效应，打造规模化、现代化、智慧化的港口码头群，进一步提升福州港集装箱运输能级，有利于强化福州港面向海峡两岸的服务功能，符合《全国国土空间规划纲要（2021-2035年）》中“加强港口群区域协同，整合港航资源和服务要素，提升港口枢纽集散效能，……强化福州港、泉州港、湄洲湾港面向海峡两岸的服务功能”。

因此，项目建设符合《全国国土空间规划纲要（2021-2035年）》。

6.2 《福建省国土空间规划（2021-2035年）》基本情况

2023年11月19日，国务院批复了《福建省国土空间规划（2021-2035年）》（国函〔2023〕131号）。根据《福建省国土空间规划（2021-2035年）》，到2035年，福建省耕地保有量不低于1341.00万亩，其中永久基本农田保护面积不低于1215.00万亩；生态保护红线面积不低于4.34万km²，其中海洋生态保护红线不低于1.18万km²；城镇开发边界扩展倍数控制在基于2020年城镇建设用地的1.3倍以内；单位国内生产总值建设用地使用面积下降不少于40%；用水总量不超过国家下达指标，其中2025年不超过189.9亿m³。明确自然灾害风险重点防控区域，划定洪涝等风险控制线，落实战略性矿产资源、历史文化保护等安全保障空间，全面锚固高质量发展的空间底线。强化陆海统筹，提升沿海城市海洋功能，拓展公共亲海空间，优化海洋开发保护格局，统筹近远海域空间保护利用。

在优化海洋空间格局方面做出了具体措施：

1) 保护海洋生态空间：海洋生态空间是以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，空间分区中对应海洋生态控制区。

2) 优化海洋开发利用空间：海洋开发利用空间为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，主要包括渔业用海区、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。其中交通运输用海应提高生态和产业准入门槛，稳步发展海上新能源，确保风电场、核电、石化基地和临港工业区等重大项目落地。

本项目位于海洋开发利用空间内，为交通运输用海区。本工程位于江阴港区，为江阴港区 14#泊位建设工程，项目建成后将进一步提升福州港集装箱运输能级，加快推动福建省向“安全便捷、智慧绿色、经济高效、支撑有力、世界先进”的世界一流港口迈进增添新动力，此外，本项目建成后将有效补充港区集装箱运力缺口，优化提升江阴港区综合服务能力，更好地服务腹地经济产业发展。符合海洋开发利用空间分区管控中“交通运输用海应提高生态和产业准入门槛，稳步发展海上新能源，确保风电场、核电、石化基地和临港工业区等重大项目落地”要求。因此项目用海符合《福建省国土空间规划（2021-2035 年）》。

6.3 《福州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》符合性分析

（1）规划分区符合性分析

根据《福州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》中规划分区，在市域层面划分生态保护区、生态控制区、农田保护区、城镇发展区、乡村发展区、海洋发展区和矿产能源发展区 7 类一级规划分区，同时对一级规划分区具体细化二级规划分区。本项目涉及海洋发展区中的交通运输用海区、城镇发展区和乡村发展区。结合下位规划《江阴港城经济区（暨江阴镇、新厝镇）国土空间总体规划（2021-2035 年）》（报批稿）对本项目涉及的二级规划分区，本项目位于交通运输用海区、城镇发展区中的交通枢纽区、乡村发展区中的村庄建设区。

本项目位于交通运输用海区、城镇发展区和乡村发展区（见图 6.3-1），周边规划分区有特殊利用区和渔业用海区（见图 6.3-2），相关规划分区管控要求见表 6.3-1。

（2）空间规划符合性分析

本项目对所在规划分区影响分析及符合性分析见表 6.3-1。由表可知，本项目符合交通运输用海区的海洋功能分区管控要求，同时符合相应规划分区功能导向要求，国土空间规划符合性说明详见附件 14。

此外，根据《福州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》“第十章 专栏 23：重点港口建设指引”：“江阴港需提升基础航运服务，有序发展高端航运和贸易服务，打造以集装箱运输为主，适当兼顾汽车滚装、散杂货及液体化工品等货类运输的综合性港区。”以及“第十四章 第 169 条 构建互联互通的综合交通体系”：“完善**江阴港**、罗源湾港疏港公路、疏港铁路，形成畅通高效的集疏运体系，积极发展**江阴港区**集装箱干线运输，加强与国内支线港口的航线对接，增加**江阴港**喂给支线数量，优化罗源湾港区及临港产业区建设”。

项目位于江阴港区，为江阴港区 14#泊位建设工程，项目建成后将进一步提升福州港集装箱运输能级，加快推动福建省向“安全便捷、智慧绿色、经济高效、支撑有力、世界先进”的世界一流港口迈进增添新动力，此外，本项目建成后将有效补充港区集装箱运力缺口，优化提升江阴港区综合服务能力，更好地服务腹地经济产业发展。

因此，本项目符合《福州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》的相关要求。

图 6.3-1 福州市国土空间规划与本项目位置关系图

图 6.3-2 本项目在福州市国土空间规划分区中的示意图

表 6.3-1 《福州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》规划分区管控要求及本项目符合性分析

6.4 《福清市国土空间总体规划（2021-2035年）》符合性分析

（1）规划分区符合性

根据《福清市国土空间总体规划（2021-2035年）》中规划分区，本项目位于交通运输用海区、城镇发展区和乡村发展区（见图 6.4-1），本项目位于交通运输用海区、城镇发展区中的交通枢纽区、乡村发展区中的村庄建设区。周边规划分区有特殊利用区和渔业用海区（见图 6.4-2），规划分区管控要求及规划符合性详见表 6.4-1。

（2）空间规划符合性分析

本项目对所在规划分区影响分析及符合性分析见表 6.4-1。由表可知，本项目建设符合所在规划分区的管控要求和功能导向，国土空间规划符合性说明详见附件 14。

因此，本项目用海符合《福清市国土空间总体规划（2021-2035年）》的要求。

图 6.4-1 福清市国土空间规划分区与本项目位置关系图（节选）

图 6.4-2 本项目在福清市国土空间规划分区中的示意图

表 6.4-1 《福清市国土空间总体规划（2021-2035 年）》规划分区管控要求及本项目符合性分析

6.5 《福建省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》符合性分析

《福建省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》根据海岸线自然资源条件和开发程度，将海岸线分为严格保护、限制开发和优化利用三个类别，对福建省 3667km 的大陆海岸线，以及厦门岛、海坛岛和东山岛 3 个海岛岸线 455km 进行分类管控。本项目位于交通运输用海区和优化利用岸线处（见图 6.5-1）。

（1）海域空间规划分区符合性分析

交通运输用海区是指以港口建设（含陆岛交通码头、公务码头等）、航运和锚地、路桥隧道建设、机场建设等为主要功能导向的海域和无居民海岛。

空间用途准入：交通运输用海区以港口、航道、锚地、路桥隧道和机场用海为主导功能；兼容旅游码头、游艇码头、渔业基础设施、工业、海底电缆管道、科研教学、海岸防护、防灾减灾、尾水达标排放、取排水和生态修复等用海。交通运输用海区尚未开发利用期间，可兼容短期增养殖用海。

用海方式控制要求：港口、路桥隧道、机场、旅游码头、游艇码头、渔业基础设施和工业等用海，允许适度改变海域自然属性；海底电缆管道、增养殖、科研教学、海岸防护、尾水达标排放、取排水和生态修复等用海，严格限制改变海域自然属性；其他空间准入的用海类型，禁止改变海域自然属性。

保护要求：港口岸线坚持深水深用的原则，保护深水港口岸线资源；河口区域交通运输工程建设应保障泄洪通道畅通和防洪防潮安全；区域内的无居海岛，执行海岛分类管控要求。

其他要求：主导功能未利用，允许保留现状用海或短期的增养殖用海。

本项目位于《福建省海岸带及海洋空间规划（2020-2035年）》中交通运输用海区。本项目为码头泊位建设工程，符合“港口、航道、锚地、路桥隧道和机场用海为主导功能”空间准入要求；本项目建设涉及围填海工程，会改变该功能区的自然属性，但项目填海面积仅满足项目生产需求，体现了节约集约用海的原则，符合“港口、路桥隧道、机场、旅游码头、游艇码头、渔业基础设施和工业等用海，允许适度改变海域自然属性”的用海方式控制要求；本项目建设将占用人工岸线 776m，项目建设坚持深水深用的原则，保护深水港口岸线资源，完成后将形成人工岸线 752m，本项目建设是对港口岸线的有效利用，充分发挥港口岸线功能，符合保护要求。因此，本项目符合交通运输用海的用海方式控制要求。

（2）海岸线规划符合性分析

优化利用岸线是指人工化程度较高、海岸防护与开发利用条件较好的海岸线，主要包括临港工业、城镇建设、港口等所在岸线。优化利用岸线应集中布局确需占用海岸线的建设项目，严格控制占用岸线长度，提高投资强度和利用效率，优化海岸线开发利用格局。

本项目占用岸线为优化利用岸线，本工程需占用人工岸线 776m，项目建成后形成人工岸线 752m。本项目所占用人工岸线均位于规划的港口岸线，本项目建设是对港口岸线的有效利用，发挥港口岸线功能，项目占用岸线是合理，且对自然岸线的保有率指标不造成影响。

因此本项目用海符合《福建省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的管控要求。

图 6.5-1 福建省海岸带及海洋空间规划与本项目位置关系（节选）

6.6 与《福建省“三区三线”划定成果》符合性分析

根据《福建省“三区三线”划定成果》，本项目只涉及城镇空间和交通运输区（见图 6.6-1），不涉及农业空间和生态空间。

（1）纲要

“三区”是指城镇空间、农业空间、生态空间三种类型的国土空间。

其中，城镇空间是指以承载城镇经济、社会、政治、文化、生态等要素为主的功能空间；农业空间是指以农业生产、农村生活为主的功能空间；生态空间是指以提供生态系统服务或生态产品为主的功能空间。

“三线”分别对应应在城镇空间、农业空间、生态空间划定的城镇开发边界、永久基本农田、生态保护红线三条控制线。

图 6.6-1 “三区三线”划定成果与本项目位置关系

（2）符合性分析

①城镇开发边界管控要求

城镇开发边界原则上不得调整，因国家重大战略调整、国家重大项目建设、行政区划调整等确需调整的，按国土空间规划的调整程序进行。调整内容要纳入

自然资源部国土空间规划监测评估预警管理系统实施动态监管。实施中因地形差异、用地勘界、产权范围界定、比例尺衔接等情况需要局部勘误的，不视为边界调整。

在城镇开发边界内**实行“详细规划+规划许可”的管制方式**，并加强与水体保护线、绿地系统线、基础设施建设控制线、历史文化保护线、道路控制线的协同管控。城镇开发边界外不得进行城镇集中建设，不得设立各类开发区，严格控制政府投资的城镇基础设施资金投入。**允许交通、基础设施及其他线性工程**，军事及安全保密、宗教、殡葬、综合防灾减灾、战略储备等特殊建设项目，郊野公园、风景游览设施的配套服务设施，直接为乡村振兴战略服务的建设项目，以及其他必要的服务设施和城镇民生保障项目。城镇开发边界外的村庄建设、独立选址的点状和线性工程项目，应符合有关国土空间规划和用途管制要求。

本项目为港口泊位工程建设，项目建设符合《福州港总体规划》，属于交通运输工程，是城镇开发边界内和城镇开发边界外允许开展的项目类型，符合城镇开发边界的管控要求。

②生态红线管控要求

生态红线内允许有限的人为活动，主要包括：零星的原住民在不扩大现有建设用地和耕地规模前提下，修缮生产生活设施，保留生活必需的少量种植、放牧、捕捞、养殖；因国家重大能源资源安全需要开展的战略性能源资源勘查，公益性自然资源调查和地质勘查；自然资源、生态环境监测和执法包括水文水资源监测及涉水违法事件的查处等，灾害防治和应急抢险活动；经依法批准进行的非破坏性科学研究观测、标本采集；经依法批准的考古调查发掘和文物保护活动；不破坏生态功能的适度参观旅游和相关的必要公共设施建设；必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施建设、防洪和供水设施建设与运行维护；重要生态修复工程。

本项目未涉及生态红线区，根据数模预测的结果，施工期悬沙不会影响到周边的生态保护红线，也不会对生态红线造成影响。

③永久基本农田

本项目未涉及永久基本农田。

因此，本项目建设符合《福建省“三区三线”划定成果》。

6.7 与其他相关规划符合性分析

6.7.1 与产业政策和规划的符合性分析

根据国家发改委发布的《产业结构调整指导目录》（2024 年本），本项目建设属于鼓励类的“二十五、水运”中的“2. 港口枢纽建设：码头泊位建设”。因此，本项目建设符合国家产业政策的要求。

6.7.2 与湿地相关政策的符合性分析

根据《中华人民共和国湿地保护法》第十九条规定“国家严格控制占用湿地。建设项目选址、选线应当避让湿地，无法避让的应当尽量减少占用，并采取必要措施减轻对湿地生态功能的不利影响。建设项目规划选址、选线审批或者核准时，涉及国家重要湿地的，应当征求国务院林业草原主管部门的意见；涉及省级重要湿地或者一般湿地的，应当按照管理权限，征求县级以上地方人民政府授权的部门的意见。”和第二十八条规定“禁止下列破坏湿地及其生态功能的行为：（一）开（围）垦、排干自然湿地，永久性截断自然湿地水源；（二）擅自填埋自然湿地，擅自采砂、采矿、取土；（三）排放不符合水污染物排放标准的工业废水、生活污水及其他污染湿地的废水、污水，倾倒、堆放、丢弃、遗撒固体废物；（四）过度放牧或者滥采野生植物，过度捕捞或者灭绝式捕捞，过度施肥、投药、投放饵料等污染湿地的种植养殖行为；（五）其他破坏湿地及其生态功能的行为。”

根据《福建省湿地保护条例》第十七条规定“建设项目选址、选线应当避让湿地，无法避让的应当尽量减少占用，并采取必要措施减轻对湿地生态功能的不利影响。建设项目规划选址、选线审批或者核准时，涉及省级重要湿地的，应当按照管理权限，征求省人民政府授权部门的意见，省人民政府授权部门出具意见前，应当组织湿地保护专家论证；涉及一般湿地的，应当按照管理权限，征求县级人民政府授权部门的意见。”和第二十三条规定“禁止从事下列破坏湿地及其生态功能的行为：（一）开（围）垦、排干自然湿地，永久性截断自然湿地水源；（二）擅自填埋自然湿地，擅自在湿地范围内采砂、采矿、取土或者修筑设施；（三）排放不符合水污染物排放标准的工业废水、生活污水及其他污染湿地的废水、污水，倾倒、堆放、丢弃、遗撒固体废物；（四）过度放牧或者滥采野生植物，过度捕捞或者采取灭绝式捕捞，过度施肥、投药、投放饵料等污染湿地的种植养殖行为；（五）其他破坏湿地及其生态功能的行为。”

根据福建省林业厅 2017 年公布的福建省第一批省重要湿地保护名录，共计 50 处重要湿地。项目用海不占用省级重要湿地。根据福清市公布的《福州市福清市一般湿地名录（第一批）》，本项目不占用一般湿地，距离本项目最近的为东侧约 2km 的一般湿地为福清市浅海水域湿地（见图 6.7-1）。

本项目不属于上述禁止开展的活动之一。根据 4 章分析，本项目用海占用的湿地类型均不属于重要湿地和一般湿地名录内的湿地。施工期悬浮泥沙影响范围与一般湿地叠图见图 6.7-2，悬浮泥沙影响东侧一般湿地面积约 51.10hm²，该湿地为江阴镇的福清市兴化湾湿地，属于浅海水域类型湿地。

本项目施工期悬浮泥沙影响是暂时的，施工结束后该部分影响将随之消失。本项目填海工程减小了兴化湾天然湿地面积，使海湾生态系统供给功能、调节功能、文化功能及支持功能等生态系统服务功能受到损害，这些影响都是长久和不可逆的。由于项目填海面积经过科学论证，最大程度上减少湿地的占用，且项目占用的湿地面积较小，对区域湿地生态系统较小，在落实本报告提出的环境保护措施、生态补偿措施和生态修复措施的前提下，项目建设对湿地的影响在可接受范围内。

图 6.7-1 福清市一般湿地与项目位置关系

图 6.7-2 本项目悬沙影响范围与湿地位置关系图

6.7.3 与《福州港总体规划（2035 年）》符合性分析

根据《福州港总体规划（2035 年）》，福州港性质为国家综合运输体系的重要枢纽，是海峡西岸经济区开发开放的重要依托，是福州市、宁德市和平潭综合实验区经济发展的重要依托，是海峡西岸对台“三通”的主要口岸。福州港将形成“一港八区一港口”的总体发展格局，包括福州市的闽江口内、江阴、松下、罗源湾和平潭五个港区，宁德市的三都澳、白马、沙埕三个港区和三沙港口。

（1）港区功能定位

江阴港区：集装箱运输重点港区，适当兼顾汽车滚装、散杂货及液体化工品等货类运输的综合性港区。江阴港区壁头作业区以集装箱运输为主，并为后方化工、能源电力等临港产业发展服务。

(2) 岸线规划

壁头岸段：南营~球尾岸线长约 13.2km，规划为港口岸线。现有 5 万吨级集装箱泊位 5 个、5 万吨级液体化工泊位 3 个、3000 吨级液体化工泊位 7 个、10 万吨级煤炭泊位 1 个、1.5 万吨级滚装泊位 1 个，在建 5~10 万吨级集装箱泊位 4 个，已开发利用岸线 3.2km。

(3) 陆域布置规划

壁头作业区自西向东依次布置西部产业配套码头区、集装箱码头区、集装箱及滚装码头区和东部产业配套码头区。西部产业配套码头区主要满足西部临港化工产业区的运输需求，规划采用栈桥式布置 6 个 10 万吨级及以下液体散货泊位，内档布置 5000 吨级及以下液体散货泊位。集装箱码头区可形成码头岸线 4247m，共布置集装箱泊位 13 个，通过能力 430 万 TEU，其中 1#~4#泊位、**14#~17#泊位规划为 5~15 万吨级**，5#~9#泊位规划为 5~20 万吨级，后方陆域作为堆场、拆装箱库、辅助建筑物、海关查验设施等港口用地。集装箱及滚装码头区规划可形成码头岸线 2305m，自西向东布置 2 个 7 万总吨级汽车滚装泊位和 4 个 5~20 万吨级集装箱泊位，通过能力 2300 万吨。

截至 2024 年底，壁头作业区共有生产性泊位 21 个，设计年通过能力 4235 万吨，其中集装箱泊位 6 个，集装箱通过能力 213.6 万标箱。2024 年完成货物吞吐量 4773.4 万吨，其中集装箱 245.2 万标箱。

(4) 水域布置规划

江阴港区航道包括江阴主航道和万安支航道。主航道利用兴化水道，自湾口小月屿，经兴化湾水道至壁头作业区，其中湾口小月屿至集装箱码头区 9#泊位航段，满足 20 万吨级集装箱船单向全（乘）潮通航、兼顾 5 万吨级集装箱船双向全潮通航要求；集装箱码头区 9#泊位至西部化工码头 13C#泊位航段，满足 10 万吨级液化气船单向全潮通航、兼顾 5 万吨级油船或 5 万吨级化学品船单向全潮通航要求。万安支航道自江阴主航道至 LNG 码头，满足 15 万总吨级 LNG 船舶单向全潮通航要求。

(5) 符合性分析

本工程为江阴港区壁头作业区 14#泊位，项目建设为《福州港总体规划（2035 年）》的组成部分（见图 6.7-3），本项目位于规划的集装箱码头区属于壁头作

业区内，14#泊位主要为集装箱运输，符合港区功能定位；本项目占用岸线为规划的港口利用岸线，符合岸线规划；陆域布置上，本项目位于集装箱码头区，建设5万吨级集装箱泊位1个（水工结构按10万吨级集装箱船设计）及相应配套设施，设计年通过能力61万TEU，拟建工程码头前沿线布置与港区规划相一致，符合陆域布置规划及水域布置规划。综上所述，本项目符合《福州港总体规划（2035）》。

图 6.7-3 本工程与福州港总体规划的关系

6.7.4 与《福清市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）（2024年修编）》（报批稿）符合性分析

根据《福清市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）（2024年修编）》（报批稿），养殖水域滩涂功能区分为：禁止养殖区（以下简称禁养区）、限制养殖区（以下简称限养区）、养殖区等3类一级区。本项目位于1-2.12江阴港壁头作业区禁养区，见图6.7-4。

禁养区管控要求为：

一、禁养区内严格禁止养殖活动，对现有的水产养殖由本级人民政府及相关部门负责限期搬迁或清退。严格执法，清理整治侵占港区和航道等公共设施安全区域的非法养殖行为。禁养区内重点生态功能区、公共设施安全区、特殊利用区等划定前已有的水产养殖，搬迁或关停造成养殖生产者经济损失的应依法给予补偿，并妥善安置养殖渔民生产生活。

二、建立定期巡查制度，加强渔政执法，坚决制止非法养殖的回潮反弹，实现清理整治工作规范化、常态化。

三、根据水域滩涂及生态环境等实际条件，在禁养区内水域滩涂可适度合理开展增殖放流、设置人工鱼巢等有利于净化水体环境、恢复渔业资源、保护生物多样性的活动。

图 6.7-4 本项目与养殖水域滩涂功能规划的位置关系

本项目为港口泊位建设项目，所在海域为禁养区，符合《福清市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）（2024年修编）》（报批稿）分区要求。根据第4、5

章分析，本项目施工期间的悬浮泥沙扩散范围不会影响周边的开放式养殖。综上所述，本项目符合《福清市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）（2024年修编）》（报批稿）。

6.7.5 与海岛管控要求符合性分析

根据《福清市国土空间总体规划（2021-2035年）》，推进海岛精细化管理，将无居民海岛可分为生态保护红线内海岛、生态保护红线外其他生态空间内海岛及开发利用空间内海岛三大类。纳入生态保护红线内海岛13个、生态保护红线外其他生态空间内海岛57个，开发利用空间内海岛共96个，包括农林牧渔用岛46个、工矿通信用岛2个、交通运输用岛2个、游憩用岛2个、特殊用岛15个、其他用岛29个。

本项目周边主要有小牛屿、南牛屿岛、福清牛屿、北牛屿岛四个，其中福清牛屿距离本项目最近约6.3km。小牛屿、北牛屿岛属于生态保护红线外其他生态空间内海岛，南牛屿岛属于其他用岛，福清牛屿属于农林牧渔岛，无居民海岛详见表6.7-1、图6.7-5~图6.7-6。

生态保护红线外其他生态空间管控要求：重点保护海岛岛体、自然岸线、天然沙滩、植被等资源；允许开展生态保育和生态利用的用岛活动，如植树造林、生态旅游、科研教学、海岸防护和生态修复等，最大程度减少人为活动对海岛的破坏，海岛开发利用过程中要最大程度保护海岛及周边生态系统服务功能，避免对海岛造成不可逆的负面影响。

农林牧渔用岛管控要求：可兼容游憩用岛、特殊用岛，经科学论证后可兼容工矿通信用岛和交通运输用岛；允许在海岛上开展农林牧渔业生产活动、建设服务于农林牧渔活动的基础设施；重点保护海岛植被、沙滩等资源，适度控制用岛规模，严格限制改变海岛四面环海水特征。

其他用岛管控要求：经科学论证确定海岛功能和利用方向，开发利用过程中重点保护海岛岸线、沙滩等资源，严格限制改变海岛四面环海水特征。

本项目不占用海岛。以施工期悬沙增量最大影响预测来分析（4.3.3节），本项目施工期悬沙不会影响到周边海岛。本项目主要涉及船舶污水排放及运营期港区生活污水和生产废水排放。其中，船舶舱底油污水一般经船舶自备油水分离器自行处理达标后，贮于船上的污水舱内，到距最近允许的外海域排放，不允许

在港内排放，排放标准执行《船舶污染物排放标准》（GB 3552-2018）。港区生活污水和生产废水均纳入市政污水管网，进入污水处理厂统一处理达标排放，不会对周边其他有居民海岛及无居民海岛产生负面影响。因此，项目建设符合海岛管控要求。

表 6.7-1 本项目周边无居民海岛一览表

图 6.7-5 本项目与周边海岛位置关系图

图 6.7-6 本项目与周边海岛位置关系图

6.7.6 与《水运“十四五”发展规划》符合性分析

2021年11月，交通运输部印发的《水运“十四五”发展规划》，指出“十四五”时期，水运行业要紧紧围绕“立足新发展阶段、贯彻新发展理念、构建新发展格局”要求，对标“四个一流”，以国家高等级航道和主要港口为主体，重点在“补齐短板、促进融合、提升服务、强化创新、绿色转型、深化改革”上下功夫，着力向更加注重质量效益转变、一体化融合发展转变、创新驱动转变，推动高质量发展。

其中“（二）强基优能，打造高能级港口枢纽”要求“坚持一流标准，以国际枢纽海港、主要港口为重点，优化存量资源配置，扩大优质增量供给，提升服务功能和支撑能力，打造高能级港口枢纽”；“推进沿海主要货类专业化码头和公共基础设施建设。以集装箱干线港为重点，新建与改造并重，加大既有集装箱码头智能化改造”；“支撑临港产业发展。继续发挥港口在沿海沿江经济带和石化、冶金、重装等产业布局深层次调整中的支撑引领作用，加强港口规划与产业规划的衔接，提高码头服务能力”。

本项目建设有助于进一步提升福州港集装箱运输能级，为加快福建省向世界一流港口迈进增添新动力，本项目建成后可与江阴1-7号泊位形成连片开发和规模效应，打造规模化、现代化、智慧化的港口码头群，是进一步提升福州港集装箱运输能级，为加快推动福建省向“安全便捷、智慧绿色、经济高效、支撑有力、世界先进”的世界一流港口迈进增添新动力的需要。符合《水运“十四五”发展规划》要求。

6.7.7 与《江阴港城经济区（暨江阴镇、新厝镇）国土空间总体规划（2021-2035年）》（报批稿）符合性分析

《江阴港城经济区（暨江阴镇、新厝镇）国土空间总体规划（2021-2035年）》（报批稿）指出：

规划江阴港区重点提升基础航运服务，有序发展高端航运和贸易服务，建设以集装箱运输为主，兼顾汽车整车进口、化工品、散货杂物运输，打造综合性集装箱枢纽港。逐步向第三代港口迈进，成为国际贸易枢纽和后勤基地。

规划构建以“海铁联运为核心，多式联运并举”的高效疏港交通体系，拓展海陆双向腹地，将江阴港打造为区域综合交通物流枢纽。规划建设港口后方货运

铁路、江阴港至向莆连接线。加快江阴港区壁头作业区码头建设，加强公路货运网络建设，提升港-港、港-产的联系能力。

港口发展方面，加快港口**6-9号、14号码头泊位建设**，完善港口后方物流空间配套；盘活铁路物流园，形成港铁联运重要枢纽。

本项目位于国土空间规划分区中的区域交通设施（见图 6.7-7），用于江阴港区 14#泊位建设工程，项目建成后将进一步提升福州港集装箱运输能级，与江阴 1-7 号泊位形成连片开发和规模效应，进一步提升江阴港区战略地位，推进港区高质量发展，同时优化提升江阴港区综合服务能力，更好地服务腹地经济产业发展。符合《江阴港城经济区（暨江阴镇、新厝镇）国土空间总体规划（2021-2035 年）》（报批稿）。

图 6.7-7 江阴港城经济区国土空间总体规划（报批稿）与本项目位置关系图 2（局部）

6.7.8 与《福州江阴港城经济区 350181-48-C 基本单元（暨南部港口商贸物流区）控制性详细规划》符合性分析

《福州江阴港城经济区 350181-48-C 基本单元（暨南部港口商贸物流区）控制性详细规划》于 2022 年 10 月取得福清市人民政府的批复（融政土〔2022〕330 号）。

功能定位为“江阴丝路海港城和临港产业集群的重点区域，打造集仓储、转运、产品分拨及商贸等功能为一体的示范港区”。

规划总体布局形成“一轴一心三片”的规划结构。“一轴”：以港区大道为依托的片区发展轴。“一心”：以江阴货运铁路站为核心的物流枢纽中心。“三片”：以北部物流仓储用地功能为主的物流仓储区、以南部港口用地功能为主的港口货运区和以现状为主的临港化工配套区。

本项目与该控规的用地布局规划叠图见图 6.7-8，本项目位于该控规中的港口用地，用于江阴港区 14#泊位建设工程，项目建成后将进一步提升福州港集装箱运输能级，与江阴 1-7 号泊位形成连片开发和规模效应，进一步提升江阴港区战略地位，推进港区临港产业发展，同时优化提升江阴港区综合服务能力。因此，本项目建设符合该控规的功能定位、总体布局及用地布局，符合《福州江阴港城经济区 350181-48-C 基本单元（暨南部港口商贸物流区）控制性详细规划》。

图 6.7-8 本项目与江阴港城经济区 350181-48-C 基本单元控规的位置叠图

6.7.9 历史围填海图斑处置方案符合性、“三区三线”符合性分析

（1）历史围填海图斑概况

本项目涉及围填海历史遗留问题图斑 350181-0074 和 350181-0075，根据《福清市兴化湾片区围填海项目生态评估报告》和《自然资源部办公厅关于福建省围填海历史遗留问题处理方案集中备案审查意见的函》（自然资办函〔2024〕889 号）：

图斑 350181-0074 位于江阴码头南面海域，清单内填海面积为 4.8574hm²，占用岸线长度为 891m。图斑用海类型为其他工业用海，问题类型为已填已用，审批状态为未登记备案未发证。该图斑位于江阴港区规划 14 号泊位用地范围内，

用海主体为江阴镇下石村，用海现状为道路、砂场、荒地，由砂场业主陆陆续续对范围内的滩涂进行填海形成现有规模砂场，见图 6.7-9。图斑 350181-0074 范围内，取得海域使用权面积为 0.0034 hm²，新修测外侧未成陆面积为 0.3671 hm²，核减后本图斑备案面积为 4.4869 hm²。

图斑 350181-0075 位于江阴镇下石村南面海域，填海面积为 4.6984 hm²，占用岸线长度为 623m。图斑用海类型为其他工业用海，问题类型为已填已用，审批状态为未登记备案未发证。该图斑位于江阴港区规划 14 号泊位用地范围内，用海主体为江阴镇下石村，用海现状为砂场、荒地、简易搭盖，由砂场业主陆陆续续对范围内的滩涂进行填海形成现有规模砂场，见图 6.7-9。图斑 350181-0075 备案范围内取得海域使用权面积为 0.2133 hm²，新修侧岸线外侧未成陆面积为 0.0798 hm²，核减后，本图斑备案面积为 4.4053 hm²。

图 6.7-9 围填海历史遗留问题图斑 350181-0074、350181-0075 图斑位置图

(2) 本项目利用围填海历史遗留问题图斑与处置方案符合性

根据《福清市兴化湾片区围填海项目生态评估报告》和《自然资源部办公厅关于福建省围填海历史遗留问题处理方案集中备案审查意见的函》，本项目涉及的围填海历史遗留问题图斑（图斑 350181-0074、图斑 350181-0075）处置方案为不予拆除，本项目利用填海历史遗留问题图斑建设港口泊位工程，用于布置港区堆场和道路，与围填海历史遗留问题图斑（图斑 350181-0074、图斑 350181-0075）的处置方案是符合的。

(3) “三区三线”符合性分析

本项目涉及围填海历史遗留问题图斑（图斑 350181-0074、图斑 350181-0075）与福建省“三区三线”划定成果叠图见图 6.7-10，图斑 350181-0074、图斑 350181-0075 只涉及城镇发展区，未占用生态红线区和永久基本农田。

根据《福州市国土空间规划（2021-2035 年）》中城镇开发边界的管控要求：城镇开发边界内，各类建设活动严格实行用途管制，按照规划用途依法办理有关手续，并加强与水体保护线、绿地系统线、基础设施建设控制线、历史文化保护线等协同管控。严格城镇开发边界外的空间准入，原则上不得进行城镇集中建设，不得设立各类开发区。本项目利用 0074、0075 历史围填海图斑用于港口工程建

设，符合城镇开发边界管控要求，与福建省“三区三线”划定成果相符合。

图 6.7-10 本项目利用历史围填海备案图斑与“三区三线”的位置关系

6.8 小结

本项目建设符合《福建省国土空间规划（2021-2035 年）》《福州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《福清市国土空间总体规划（2021-2035 年）》以及《福建省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》等多层次规划要求。本项目位于交通运输用海区、城镇发展区和乡村发展区，符合该规划分区的管控要求、功能导向。同时，项目符合《福建省“三区三线”划定成果》，未涉及生态红线和永久基本农田，选址合理，符合管控要求。

在产业政策和湿地保护方面，本项目符合国家发改委《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中鼓励类的水运产业政策，并严格遵守《中华人民共和国湿地保护法》和《福建省湿地保护条例》的相关规定。尽管项目施工期对周边湿地的悬浮泥沙扩散存在一定影响，但通过科学论证和生态补偿措施，项目建设对湿地生态系统的影响被控制在可接受范围内。

本项目与《福州港总体规划（2035 年）》的符合性分析表明，项目选址及布局与福州港的总体发展布局相一致。项目建成后将有效提升福州港集装箱运输能力，优化江阴港区综合服务能力，为区域经济发展和世界一流港口建设提供重要支撑。

综上所述，本项目在规划符合性、生态保护、产业政策和区域发展需求等方面均具备充分的科学性和合理性，项目建设具有重要意义和可行性。

7. 项目用海合理性分析

7.1 用海选址合理性分析

7.1.1 选址的社会条件适宜性分析

(1) 选址的区位条件适宜

福州港是国家主要港口，是国家综合运输体系的重要枢纽，是福建省落实和推进实施国家战略的重要支撑，是为加快推动“21 世纪海上丝绸之路”和“海上福建”建设的重要载体。近年来，福建省发布《加快建设“海上福建”推进海洋经济高质量发展三年行动方案（2021-2023 年）》《福建省建设世界一流港口做大做强东南国际航运中心工作方案（2021-2023 年）》等方案，明确提出：做大做强东南国际航运中心，加快建设福州国际深水大港，推进福州港罗源湾、江阴、宁德漳湾等重点港区专业化规模化开发，建设大宗散货接卸转运中心、规模化工业和公共服务港区，积极发展集装箱干线运输，打造我国综合运输体系的重要枢纽港。

根据《福州港总体规划（2035 年）》，福州港集装箱运输主要布局在江阴港区壁头作业区和闽江口内港区青州作业区。其中，江阴港区壁头作业区主要承担近、远洋干线运输，兼顾内贸运输；闽江口内港区青州作业区主要承担内贸运输，兼顾内支线运输。目前，闽江口内港区青州作业区码头岸线已开发完毕。江阴港区定位为集装箱运输重点港区，适当兼顾汽车滚装、散杂货及液体化工品等货类运输的综合性港区，共规划建设 17 个集装箱泊位，目前已连片式开发 1#至 7#共 7 个集装箱泊位，到 2024 年底完成集装箱吞吐量 245.2 万标箱，设计通过能力 213.6 万标箱，已超过港区设计通过能力。根据市场预测，到 2030 年江阴港区集装箱吞吐量约 362 万标箱，设计通过能力为 271 万标箱，运力缺口约 91 万标箱，急需增加集装箱泊位。本项目拟建集装箱码头，位于已建成的连片集装箱码头功能区域，符合港区定位，区位条件适宜。

(2) 配套基础设施能力适宜性

航道：江阴港区主航道利用兴化水道，自湾口小月屿，经兴化湾水道至各作业区，主航道按 20 万吨级集装箱船单向全潮通航标准规划，同时满足 5 万吨级集装箱船双向全潮通航和 15 万总吨级 LNG 船单向全潮通航的要求。湾口小月屿

附近至集装箱码头区航道全长约 47.4km，宽度 300~360m，设计底标高-16.2~18.9m。可满足本工程设计船型的通航需求。

锚地：兴化湾内设有江阴待泊锚地、引航备用锚地、塘屿南锚地、小月屿锚地、小月屿 15 万吨级锚地共 5 处锚地，供检验检疫、引航、待泊使用。

集疏运：江阴港区目前已经是发展较为成熟的港区，陆域后方疏港道路已建成通车，本工程可通过疏港道路连接至后方路网，满足项目陆上集疏运需求（见图 7.1-1）。

其他配套：本工程供电电源由港外变电站 10kV 两段母线，各引出一回 10kV 电缆线路至本工程 1#10kV 变电所，此外水、通信等方面，均可以依托江阴港区以后方城市基础设施能力。工程建设所需要的建筑材料可在省内或就近市场获得。本工程施工场地开阔、水陆交通方便，工程所需砂石料及构件可直接运至现场；根据现场的施工条件，可利用历史已填成陆场地进行沉箱预制；本项目施工方案和技术较为成熟，本地区已有经验丰富的施工队伍，施工条件良好。

综上，本项目选址的社会条件适宜。

图 7.1-1 江阴港区水域布局及集疏运规划图

7.1.2 选址区的自然资源条件适宜型

本项目为交通运输用海，用海方式包括填海造地，因此本项目用海选址自然资源条件适宜性重点分析水深条件、水动力条件、海底地形地貌、工程地质条件、岸滩冲淤变化趋势等条件的适宜性。

(1) 水深及水动力条件

本项目位于福州港江阴港区，属兴化湾北部海域。兴化湾为构造发育的潮汐汊道型港湾，岸线曲折，口外有岛屿掩护，港湾深入内陆，湾内纵深约 28km，宽度 23km，主要潮流通道和深槽水深稳定，主槽水深 10m 以上，湾口的兴化湾水道和南日水道水深可达 20m，为港口发展提供了天然的深水岸线。江阴岸段位于江阴半岛南部，规划自然岸线自南营至球尾 13.9km，其中自古山咀~球尾，自然岸线长 9.0km，后方陆域大多为台地，岸外为潮滩，潮滩宽度西侧 500~1500m 之间，东侧可达 2km 以上，南侧较窄，宽度在 300~500m 之间；潮滩前沿为 10m 深槽，深槽水域宽阔，距 0m 水深线距离较近，是较为理想的深水港口开发岸线。

(2) 地形地貌和冲淤条件的适宜性分析

兴化湾海湾周边地貌形态多样，周边低山丘陵环绕，台地和平原广阔，海湾深入内陆，岬湾相间，岸线曲折，岛礁林立，潮滩发育，水下浅滩平缓。

兴化湾为强潮海湾，潮差大，湾内水流大多为往复流，水流流向与湾内的潮汐通道走向一致，水道长期稳定，岸滩和深槽基本稳定。海湾入湾泥沙来源少，水动力较强，一般情况下海湾水体清澈，泥沙不易在湾内淤积，有利于港池、航道开挖后的维护。

(3) 工程地质条件

根据本工程地质勘察报告，结合区域地质资料，场地基底地质构造较稳定。场地内未发现危及护岸安全的滑坡、崩塌、泥石流及海岸活动沙丘、空洞、冲沟等不良地质现象存在。拟建工程可采取增强上部结构的整体刚度和均匀对称性，合理设置沉降缝，避免采用对不均匀沉降敏感的结构形式等有效措施后，场地、与地基稳定，较适宜工程建设。

总体而言，项目选址与区域自然资源、环境条件基本适宜。

7.1.3 选址区的海洋生态系统适宜型

本项目建设填海造地和港池疏浚使现存底栖生物的栖息场所遭到破坏，通过

本报告提出的生态修复措施后,对海域生态系统完整性的造成影响在可接受范围内。港池疏浚用海经过一段时间的调整后,海域生态和自然环境逐步恢复,将会达到新的生态平衡。项目区附近海域没有发现珍稀物种,项目建设不会对珍稀濒危动植物造成损害,不会隔断野生海洋鱼虾类生物的洄游通道,对项目海区野生海洋生物的洄游、产卵、索饵基本没有影响。项目施工期间,泥沙入海将对海域环境会造成一定的影响,但其影响是暂时的,且影响范围和程度有限。运营期,在严格执行环保要求的前提下,项目建设基本不会对周边海域生态环境造成破坏。因此,项目选址与区域生态系统可相适应。

7.1.4 与周边用海活动的适宜性

本项目所在海域的主导功能为港口航运,项目用海与当地的区域港口规划相适应。项目用海对周边码头泊位的建设和运营影响较小,对江阴港进港航道的通航环境影响有限。本项目用海与周边利益相关者的关系已基本明确,利益相关者具备可协调途径。

目前,江阴港区已建在运营的集装箱泊位为江阴港 1#-5#泊位(6#码头工程已建,堆场尚未建设完成),江阴港 1#-5#泊位堆场后方存在一块约 25hm² 场地未开发利用,根据该泊位业主单位提供的情况说明,该场地中面积 5hm² 场地规划建设空箱堆场兼顾整车堆场,目前正在施工中;面积 15hm² 场地拟规划建设整车堆场,满足 5000 辆整车堆存;最后面积 5hm² 场地拟规划建设重大件堆场。该预留场地均有相关利用和规划,均不能提供给本项目使用,本项目的集装箱泊位及堆场无法依托已建在运营泊位的预留用地。

考虑到远期与江阴港区 1#-7#泊位的一体化运营,本项目危货集装箱堆场、冷藏箱堆场、海关查验场地、生产调度、污水处理设施、办公、住宿等配套设施利用 1#~5#泊位后方已建设施,拆装箱作业依托港外设施。本项目的生产与辅助建筑设施仅布置变电所、水泵房(含水池)、待工楼、门卫及设备房,保障港口正常生产作业及运营的需要。

综上,从项目区的社会经济条件、自然环境条件、区域生态系统以及项目与周边用海活动的适宜性等方面来看,本项目用海选址是合理的。

7.2 用海平面布置合理性分析

7.2.1 总平面布置方案合理性分析

(1) 水域布置

根据《福州港总体规划（2035年）》，拟建工程码头前沿线布置与港区规划相一致，岸线顺直布置，前沿线处泥面标高约-8.0~-16.0m。码头采用连片式布置，码头泊位长度325m，码头面标高+9.7m。根据码头前方装卸作业、交通组织的需要，码头前方作业区宽度取52.4m。码头前沿停泊水域宽65m，设计底高程-14.0m。船舶回旋水域布置在泊位正前方，回旋圆直径取2倍船长为586m，设计底高程-13.8m。回旋水域与江阴港区进港航道相接。

综上，本项目码头前沿线设计及水域布置符合《海港总体设计规范》（JTS165-2013）的相关要求，符合《福州港总体规划（2035年）》，水域布置可保证船舶安全进出港，有足够的航行、回转调头水域，水域平面布置合理。

(2) 陆域布置

本工程陆域由两部分构成，前方由填海形成，后方利用现状陆域。西侧接已建1#泊位陆域，北侧为现状陆域与后方疏港道路及江阴工业区工业用地相接，东侧利用现状临时岸坡及新建护岸，南侧为码头平台；南侧新建码头平台、东侧新建护岸与现有陆域合围形成港区陆域。

本工程陆域形成总面积约24.33hm²。沿码头方向陆域宽度为325m，垂直码头陆域纵深为755~1000m。陆域设计高程为+9.2m。本工程利用后方1#泊位与江阴工业区用地间的狭长区域布置进港道路连接至江阴疏港道路。进港道路中部设置卡口（两进两出+行政通道），配备边检岗亭和设备房。另外，本工程依托1#泊位已建道路和闸口等配套设施，可直接连接至江阴疏港道路。港区陆域自前沿向后依次布置集装箱重箱堆场、空箱堆场及生产、生活辅助建筑区。考虑与1#泊位一体化运营的需求，重箱堆场布置型式采用与1#泊位一致的轮胎吊布置。为提高港区效益，生产调度、办公、住宿等配套设施利用1#~5#泊位后方已建设施。拟建工程生产生活辅助设施仅布置变电所、水泵房（含水池）、候工楼、边检岗亭及卡口设备房。港区内道路主、次分明，进港道路宽25.5m，主干道宽20m，次干道宽9m。主干道与次干道组成环形网络，布局合理，道路功能划分齐全，形成循环闭合的交通体系。

(3) 平面布置方案比选

根据《福州港总体规划（2035年）》，本项目属于规划的14号泊位，泊位的总体陆域和水域布置与规划已建的相邻泊位保持一致，因此方案总体水域和陆域平面布置基本唯一。本次平面布置主要从工艺流程和功能分区等角度设置方案进行比选（见图7.2-1~图7.2-2）。

图 7.2-1 本项目总平面布置方案一（推荐方案）

图 7.2-2 本项目总平面布置方案二（比选方案）

总平面布置方案二与方案一的主要对比如下：

相同点：①码头岸线布置、码头平台宽度、码头前方水域布置及设计底高程与方案一一致。②港区陆域主要功能划分及布置与方案一基本一致。

不同点：方案二集装箱堆场工艺布置采用轨道吊，具备远期快速改造为全自动化（或半自动化）集装箱码头的条件。但其工程造价较高，且不利于与1#泊位的一体化运营。

表 7.2-1 平面布置方案比选表

综上，两个总平面布置方案均可满足项目使用要求。

方案一集装箱堆场工艺布置采用与1#泊位相同的轮胎吊，工程造价较省，且便于与1#泊位的一体化运营。方案二集装箱堆场工艺布置采用轨道吊，具备远期快速改造为全自动化（或半自动化）集装箱码头的条件；但其工程造价较高，且不利于与1#泊位的一体化运营。

经综合比较，考虑方案一具有工程投资较省、有利于与1#泊位一体化运营的优点，本阶段暂推荐总平面布置方案一。

7.2.2 填海平面设计合理性分析

7.2.2.1 填海平面方案比选

本项目主要通过重力式沉箱方案和高桩方案进行填海平面布置方案的比选。

(1) 平面形态方案

①重力式沉箱+后方陆域回填方案

“重力式沉箱+后方陆域回填”方案平面布置见图7.2-3。

码头前沿采用重力式结构。该方案的设计通过能力为 61 万 TEU，陆域面积为 24.33hm²，由于码头设计高程为+9.2m，与西侧江阴港 1#泊位高程一致，堆场面积约 15.54hm²，东侧设置一条护岸。

②高桩+后方陆域回填方案（比选方案）

“高桩+后方陆域回填方案”平面布置见图 7.2-4。

码头前沿采用高桩梁板结构，通过栈桥连接后方陆域堆场。该方案的设计通过能力为 61 万 TEU，陆域面积为 24.35hm²（不含码头作业区），由于码头设计高程为+11.2m，栈桥放坡长度不够，后方陆域堆场高程也取+11.2m，与西侧江阴港 1#泊位（高程+9.2m）需要通过放坡（宽度 20m），堆场面积约 15.54hm²，陆域面积需要向东侧扩，同时在东侧、南侧各设置一条护岸。

图 7.2-3 重力式沉箱+后方陆域回填方案平面布置

图 7.2-4 高桩+后方陆域回填方案平面布置

(2) 主要经济技术指标

重力式沉箱方案和高桩方案的主要经济技术指标详见表 7.2-2。

表 7.2-2 主要经济技术指标比选表

重力式沉箱方案码头面高程可以周边相一致，取 9.7m，后方陆域堆场高程取 9.2m。

高桩方案需要承受一定波浪作用，根据《海港总体设计规范》(JTS 165-2013)，码头面高程设计应满足码头面板不被波浪淹没的要求，码头面高程按受力标准控制。根据拟建码头水域的水文资料、自然条件，码头面高程按下式计算：

$$E=E_0+h$$

$$E_0=DWL+\eta-h_0+\Delta F$$

式中：E—码头前沿顶高程（m）；

E₀—上部结构受力计算的下缘高程（m）；

h—码头上部结构高度（m），考虑纵横梁承受波浪力而面板不承受波浪浮托力，取为 0.6m；

DWL—设计水位（m），取+7.45m；

η —水面以上的波峰面高度（m），经计算为 2.85m；

h_0 —水面以上波峰面高出上部结构底面的高度（m），当波峰面低于上部结构底面时为 0；

ΔF —受力标准的富裕高度（m），可取 0~1.0m，取 1.0m。

$$E = DWL + \eta - h_0 + \Delta F + h$$

$$E = 7.45 + 2.85 - 0 + (0 \sim 1.0) + 0.6 = 10.9 \sim 11.9 \text{ (m)}$$

经计算，高桩方案码头面及后方陆域堆场高程取为+11.2m。

（3）方案比较

两种不同填海形态方案对比详见表 7.2-3。

表 7.2-3 不同填海形态方案比选一览表

本项目危货装卸依托江阴港 1#-3#泊位的危货堆场，高桩方案与周边现状泊位设计高程要高出 1.5m~2m，极大限制未来码头一体化运营的需求，危货装卸也不能够从码头前沿作业区运输过去，需要经港外运输至江阴港 1#-3#泊位，将会增加生产运营过程中的安全风险事故。其次，高桩方案会占用规划江阴港 15 号泊位的范围，与《福州港总体规划（2035 年）》不符。最后，在资源生态环境的影响方面两个方案相差不大，高桩方案新增填海面积更大，在经济性、工程运营期的使用和维护上具有一定的劣势。

综上，本项目部分设施依托江阴港 1~7#泊位，考虑江阴港区未来发展对吞吐量的需求和江阴港区一体化发展，高桩方案存在增加危货运输的安全风险、填海面积更大、不符合福州港规划等劣势。因此，本项目填海平面布置方案推荐采用重力式沉箱结构。

7.2.2.2 填海面积减少的可行性分析

工程陆域面积为 24.3287hm²，其中填海造地形成 19.4193hm²。本项目建设 1 个 5 万吨级泊位，设计年通过能力 61 万 TEU，属于江阴港干线码头。港区陆域面积 24.3287hm²，本项目港区进港道路的狭长地带 0.9015hm²，只能用于布置进港道路及港区卡口等设施，港区实际有效利用陆域面积 23.4272hm²，若再减少陆域面积将不能满足项目的正常生产需求，同时陆域面积接近《海港总体设计规范》中干线码头陆域面积“20~45 万 m²”规定的下限值。

（1）项目北侧用地

本项目北侧有 2 个地块（见图 2.5-2），为福建省永隆食品冷藏有限公司用地和玉玺山景观公园，该地块不符合已批复的福州港总体规划，地块相关规划用途说明详见附件 12。

福建省永隆食品冷藏有限公司项目用地于 2022 年换取得土地证（闽(2022)福清市不动产权第 0019827 号），用途为工矿仓储用地（工业），用于建设经营冷冻品加工、储存项目，截止目前项目已建成建筑 2 万多平方米，分别为冷库、加工车间及设备机房。根据《福清市国土空间总体规划（2021-2035 年）》等相关规划，该地块位于乡村发展区，目前该地块已经取得土地证，企业近期将开展建设，后续作为工业用地用途，不能提供给江阴港 14#泊位使用；

玉玺山景观公园位于福州市江阴工业区开发建设有限公司于 2025 年取得土地证（闽(2025)福清市不动产权第 9012437 号）的范围内，于 2010 年 5 月建成的玉玺山景观公园，该景观公园为江阴港城经济区南部码头片区的唯一景观点，景观公园山顶布置有省级气象监测站。根据《福清市国土空间总体规划（2021-2035 年）》等相关规划，该地块位于乡村发展区，该景观公园已经建设完成，后续作为港区景观公园，不能提供给江阴港 14#泊位使用。

本项目北侧地块均已取得权证，并有相应的规划用途，无法提供陆域给本项目使用。

（2）周边未利用地块

本项目东侧有一块空置的未利用地，属于历史围填海图斑 350181-0075，根据《福州港总体规划（2035 年）》及江阴港城经济区发展需要，该地块规划用于建设江阴港 15 号泊位，无法为本项目提供用地。

综上，本项目周边用地均有项目用途，无法为本项目建设提供陆域，本项目拟建 1 个 5 万吨级集装箱泊位，设计通过能力 61 万 TEU，根据平面设计方案所需陆域总面积 24.3287hm²（不含护岸），平面布置已将后方可利用陆域范围全部利用，面积合计 12.9436hm²（含利用历史围填海图斑 6.3369hm²），在全部利用本项目选址区域尚未开发利用陆域的情况下，仍无法满足项目建设需求，需要通过围填海形成部分陆域空间，新增填海成陆约 11.3851hm²（不含护岸），建设集装箱码头前沿作业区、堆场、辅助区等，弥补码头后方陆域供地不足问题，本项

目填海成陆面积减少将无法满足项目建设规模的用地需求，因此，本项目填海面积不能减少。

本项目填海方案的优化主要在于护岸面积的优化。在上述重力式沉箱方案的基础上，经与设计单位沟通，对护岸范围进行优化（详见图 7.2-5），护岸用海面积由原方案约 2.59hm² 减少至现阶段优化方案约 1.70hm²，填海面积缩小约 0.89hm²。主要优化为以下几个方面：

（1）码头东侧护岸由原先的斜坡式调整成半直立式护岸，护岸断面图详见图 7.2-6，护岸放坡宽度进一步缩小。

（2）东侧护岸与陆域衔接段的优化。由于集装箱对堆场荷载有较高要求，为防止波浪冲刷影响东南侧现状岸坡稳定，护岸缩小至岸线处，在陆域堆场局部采用灌注桩排桩防护进行加固处理，加固段长 180m。

图 7.2-5 护岸平面布置方案优化对比图

图 7.2-6 护岸平面布置方案优化断面图

7.2.3 护岸平面设计合理性分析

(1) 护岸结构选型

目前国内外沿海滩涂实施的护岸工程断面形式较多,但根据其几何外形大致可分为斜坡式、直立式和半直立式三种基本形式。斜坡式护岸由堤身和外坡护面所组成,其特点是外坡坡度较缓,外坡护面砌体依附于堤身土体,其斜面能使波浪的能量消散,反射波小,堤顶可设较矮小的防浪墙。直立式(亦称陡墙式)护岸由堤身和重力式防护墙所组成,其特点是外坡坡度较陡,墙面能反射波浪的能量。半直立式护岸是斜坡式与直立式的结合型式,也称半直立式结构,如下坡缓上坡陡(或下坡陡上坡缓)的折坡式。

表 7.2-4 护岸结构型式比选表

根据陆域平面布置方案及波浪水文、地质条件,本方案陆域前沿水深较大,局部软土地基较厚。考虑采用能较好地适应软土地基条件的半直立式护岸结构。

(2) 堤身材料

护岸堤身材料一般采用抛石或充填袋装砂。堤心抛石作为良好的筑堤材料,断面整体耐久性较好,内摩擦角大,设计断面较小,占用海域面积相对较小;充填袋装砂被堤内摩擦角较小,设计断面较大,占用海域面积相对较大。二者均具有一定柔性,对软土地基变形和沉降适应性强,能较好满足陆域荷载对地基稳定和变形的要求。

为减小护岸断面,降低对海洋生态影响,本工程护岸采用抛石筑堤。

(3) 护岸顶高程确定

本工程护岸为永久性建筑物,按照设计高水位+50年一遇波浪允许少量越浪考虑,越浪量控制在 $0.02\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ 以内;极端高水位+50年一遇波浪的越浪量控制在 $0.05\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ 以内。按照《港口与航道水文规范》(JTS 145-2015)(2022版)和《防波堤与护岸设计规范》(JTS 154-2018)进行护岸顶高程设计,护岸顶高程和越浪量计算结果见表 7.2-5。

表 7.2-5 挡浪墙顶高程及越浪量计算表

(4) 护面结构

本项目东侧护岸选用扭王字块体护面。护面块体重量及护面层厚度根据《防波堤与护岸设计规范》（JTS 154-2018）计算，详见表 7.2-6。

表 7.2-6 护岸护面结构计算表

(5) 护岸宽度及放坡

本项目护岸平面布置如下：

a. 桩号 K0+000~K0+054.24

护岸端部与码头东侧岸壁相接，通过 1:15 进行放坡。

b. 桩号 K0+054.24~K0+210

堤顶前沿设置一道现浇砼挡墙，墙顶高程+12.3m。外坡坡度 1:1.5，垫层为 1.1m 厚的 300~600kg 抛填块石，护坡外侧设置一级抛石棱体压载，其中：桩号 K0+054.24~K0+110 肩宽 4.084m，外侧压载平台宽 16.5m，高程-2.0m，棱体规格为 800~1100kg；桩号 K0+110~K0+210 肩宽 13.084m，外侧压载平台宽 13.5m，高程+0.5m，棱体规格为 200~600kg。坡脚处抛填 100~200kg 块石护底。

c. 桩号 K0+210~K0+370

外坡护面采用 3t 扭王字块体，垫层为 0.9m 厚的 150~300kg 抛填块石，护坡外侧设置一级 200~600kg 抛石棱体压载，压载平台宽 19.8m，高程为+5.0m。坡脚处抛填 100~200kg 块石护底。堤身后侧依次铺设二片石垫层、5~100mm 混合碎石倒滤层及 15kN/m 短纤针刺土工布。

d. 桩号 K0+370~K0+410

东侧护岸接岸处采用直立式结构过渡。该段护岸主体结构为 $\Phi 1000\text{mm}$ 灌注桩排桩，桩间距 1.5m，内侧设置插板防止填料流失。桩端持力层为砂土状强风化花岗岩，桩底高程-15.0m，桩顶部现浇混凝土挡墙，墙顶高程+12.3m。

按照《水运工程地基设计规范》（JTS 147-2017）计算护岸地基稳定一般采用圆弧滑动法，该场地抗震设防烈度为 7 度，因此，护岸结构的整体稳定计算需分别考虑持久状况、短暂状况及地震状况。

根据本项目护岸平面布置，经计算各段堤身均护岸的稳定性计算值见表 7.2-7，本项目护岸的平面布置均满足《水运工程地基设计规范》（JTS 147-2017）的要求，本项目护岸的设计压载长度及放坡比仅考虑满足护岸的安全稳定性要求，因此，护岸平面布置是合理的。

表 7.2-7 东护岸整体稳定性计算表

综上所述，本工程护岸平面设计合理。

7.2.4 小结

本项目集装箱码头陆域及堆场在满足项目需求的前提下，尽量利用已有的陆域，尽量减少新增填海面积，最大化地盘活历史遗留围填海问题，提高海域利用率，体现了集约节约用海原则。且根据数模实验分析，项目建成后对水文动力环境、冲淤环境的影响较小，且与周边用海活动相适宜。

综上所述，本项目平面布置合理。

7.3 用海方式合理性分析

7.3.1 码头用海方式合理性

常见的码头结构有高桩结构和重力式结构，结构选型与工程特点、自然条件、地质条件、使用要求、施工技术和工程投资等因素密切相关。结合项目需求和工程实际情况，进行码头结构采用重力式结构方案与高桩梁板式结构方案对比，具体分析如下：

(1) 地质条件适应性

根据本工程地质勘察报告，工程区域土层自上而下依次为：杂填土、淤泥～淤泥质土、粉砂混淤泥、中砂、全风化花岗岩、砂土状强风化花岗岩、碎块状强风化花岗岩、中风化花岗岩。

重力式结构：上部土层填砂、素填土、淤泥、砂混淤泥层均属软弱土，其承载力低，工程地质性质差，未经处理不可作为拟建码头的基础持力层，中砂层土质结构较均匀，但分布较不稳定，层厚稳定性差，力学强度一般～低，工程地质性能一般～差，不宜作为基础持力层，需将上述土层挖除后，用抛石回填，以下部强风风化岩为抛石基床，抛石为块石，上部采用重力式沉箱结构。

高桩方案：采用灌注桩或预制桩，填砂、素填土、淤泥、砂混淤泥、中砂、全风化花岗岩层相对于拟建物性质来说，总体工程地质性质一般，层位分布不稳定及层厚不大，不建议作为桩基工程的持力层，下部风化岩，工程性能好，为桩基工程的良好持力层，应根据荷载情况在计算后确定具体的持力层及桩型桩长。

从工程地质条件适宜性，区域强风化花岗岩岩面标高为-25.10m~-28.88m 左右，中风化花岗岩岩面标高为-39.73m~-41.78m 左右。码头前沿设计底高程为

-14.0m，重力式结构需以下部强风化岩为抛石基床，基床设计高程为-15.5m。高桩方案需以中风化花岗岩为持力层，桩基需埋深至-46.0m。从工程地质条件适宜性来看，重力式结构相比于高桩结构会更适宜。

（2）经济性角度

根据本工程地质条件，桩基码头方案需采用灌注桩基础，桩基造价昂贵。同时，由于高程较重力式方案高 1.5~2m，陆域填料需求增加，且较重力式方案增加了前护岸投资。工程造价方面，桩基方案造价比重力式方案略高。建设工期方案，由于灌注桩施工工期长，桩基方案预估建设工期为 4 年，工期较长。后期维护方面，重力式方案维护周期长（50 年总成本约 1.8 亿元），高桩方案维护周期短，防腐维护频繁（50 年总成本约 2.2 亿元）。因此，重力式方案在经济性上更优于高桩方案。

（3）使用荷载适应性

重力式沉箱结构的承载力高、抗浪性能好、耐久性好、荷载适应性强，能较好满足本工程大型装卸设备的荷载要求，便于将来码头升级改造；而桩基方案抗浪性能差，结构耐久性差，缺乏对荷载变化的适应能力，不利于码头后期的使用维护以及后期升级改造困难。

（4）结构耐久性

工程区海水与地下水对混凝土结构具中等腐蚀性；对钢筋混凝土结构中的钢筋，在长期浸水状态下具弱腐蚀性，在干湿交替状态下具强腐蚀性。因此，高桩方案结构耐久性不如重力式结构，同时后期防腐、修复的难度较大。

（5）与周边现状工程的协调性

本项目西侧紧邻江阴港 1#泊位，该泊位现已建成运营，为沉箱重力式结构，本项目码头采用重力式结构便于与现有江阴港 1#泊位衔接，未来也可以实现一体化运营。

高桩方案码头面高程及陆域高程均较重力式方案和已建的 1~7#泊位高出 1.5m，码头平台及陆域堆场间与周边现状工程存在高程差，码头配套设施均无法实现统筹共用，使用便利性受到极大的制约。另外，后方陆域因与周边现状工程泊位高程不一致，与西侧 1#泊位间需放坡进行高程过渡，后方陆域实际有效使用面积减少，已不能满足本工程货运量的布置需求。

(6) 空间资源占用情况

重力式沉箱方案新增填海约 13.08hm² (含护岸用海)，高桩方案新增填海面积约 14.61hm² (含护岸用海)，高桩方案相比重力式方案多占用海域约 1.53hm²。

(7) 资源生态环境影响

码头采用重力式沉箱结构可兼作陆域形成的南侧围护结构，只需建设东侧护岸即可形成闭合区域；桩基方案，码头后方陆域需建设南侧、东侧 2 条护岸。水文动力影响方面，两个方案引起的潮流流速变化主要在 0.05~0.2m/s，对潮流场影响量级一致，影响位置相似。地形冲淤方面，重力式方案淤积速率-7~12cm/a；停泊水域西侧回淤速率最大 9cm/a，航道淤积影响出现加强区；高桩方案淤积速率-7~12cm/a；停泊水域西侧回淤速率最大 10.5cm/a，航道淤积影响不明显；两个方案冲淤影响差异较低，影响位置相似，互有利弊。纳潮量影响方面（兴化湾湾口断面），高桩方案比重力式方案对纳潮量的损失略大。海洋生态环境影响方面，两个方案中港池疏浚的施工悬浮泥沙影响范围最大，两个方案的悬浮泥沙影响范围一致，均不会对周边敏感目标造成影响，对海洋生物资源影响上相差不大，高桩方案比重力式方案对底栖生物资源造成的损失少 15.0t。总体上两个方案在水动力、地形冲淤、海洋生态环境及生物资源影响方面相差不大，高桩方案填海面积更大，高桩方案比重力式方案对资源生态环境影响略大。

(8) 安全生产

本项目危货装卸依托江阴港 1#-3#泊位的危货堆场，高桩方案与周边现状泊位设计高程要高出 1.5m，危货装卸不能从码头前沿作业区运输过去，只能经港外运输至江阴港 1#-3#泊位，将会增加生产运营过程中的安全风险事故。

综上所述，高桩方案与周边现状泊位设计高程要高出 1.5m，将会增加生产运营过程中的安全风险事故，同时高桩方案中后方陆域高程与周边现状存在高程差，还需要通过放坡与周边现状进行衔接，极大地减少了项目实际利用面积，不能满足项目货运量的布置需求。在经济性、工程运营期的使用和维护上高桩方案具有一定的劣势，两个方案对资源生态环境的影响相差不大。考虑江阴港区未来发展对吞吐量得到需求和江阴港区一体化发展以及项目的建设规模，高桩方案存在增加危货运输的安全风险、填海面积更大、不符合福州港规划。因此，码头水工结构推荐采用重力式结构，用海方式为建设填海造地。

目前国内常见的重力式码头结构型式有沉箱、方块及扶壁结构：

①方块码头理论上可行，但结构整体性差不适宜大型深水泊位采用，且预制件数量较大，不能满足快速形成码头的需要。

②扶壁结构需要解决施工阶段稳定问题，受风浪条件、起重能力制约明显，不适合在本工程采用。

③沉箱结构整体性好，预制构件少，施工速度及施工期稳定性有保证，类似工程和邻近工程多采用沉箱结构。根据现有地质勘察资料，码头区通过开挖淤泥及中砂层即可达到风化岩层，可作为重力式码头基础持力层，是理想的重力式码头建设条件，且本工程码头基床开挖的中砂可用于沉箱内及后方陆域回填。因此，本工程码头结构推荐采用重力式沉箱结构

综上所述，采用重力式沉箱结构作为本项目码头的结构型式，码头用海方式合理。

7.3.2 填海造地用海方式合理性

本项目填海造地是为满足集装箱泊位港区用地的需要。大型集装箱码头作业区对地基强度、变形要求很高，对地基沉降敏感，集装箱堆场荷载巨大，对沉降要求严格，对地基荷载、稳定性也有较高要求。为保证港区安全稳定运营，港区用地必须通过填海造地形成，且项目后方已有陆域无法满足项目用地需求，只能通过填海造地形成陆域空间。因此，用海方式合理。

7.3.3 港池用海方式合理性

本工程停泊水域及回旋水域施工期用海方式为港池、蓄水，船舶停泊水域是船舶靠泊和进出码头时使用的水域。本项目属于港口用海，停泊水域和回旋水域是港口码头项目必要的水域设施。本工程申请港池用海不会对周边其他用海项目造成不利影响。因此，港池用海方式合理。

7.4 占用岸线合理性分析

(1) 占用岸线合理性分析

本项目占用岸线 776m，均为人工岸线，不占用自然岸线，项目建成后，形成人工岸线 752m。项目所占用人工岸线均位于规划的港口岸线，本项目建设是对港口岸线的有效利用，发挥港口岸线功能，本项目占用岸线是合理的，且不会造成自然岸线的保有率指标的降低。

(2) 岸线利用率与《产业用海面积控制指标》(HY/T0306-2021)的符合性

岸线变化比:根据《产业用海面积控制指标》,岸线变化比指“填海新形成岸线长度与项目占用原岸线(包括自然岸线和人工岸线)长度的比值”。“对于占用1个及以上相邻项目人工岸线的产业用海,其岸线变化比宜将该项目与相邻填海区块进行整体核算,应按照整体核算区块内岸线变化比控制指标值较高的用海类型作为该新申请项目用海岸线变化比的控制值”。

本项目占用新修测海岸线长度为776m,项目建设后形成新的岸线长度为752m,计算得到岸线变化比为0.97。

本项目西侧与已建的江阴港1号泊位(江阴港3万吨级通用码头)相邻,江阴港1#-5#泊位陆域属于连片集中填海成陆区,且于2008年前已经填海成陆,本项目作为14#泊位工程,项目建成后陆域将与现有的1#泊位直接相连,且未来与1#—5#泊位打造连片运营模式,江阴港1#-5#泊位均属于“交通运输用海”。因此,本项目岸线变化比将本项目与1#—5#泊位进行整体核算(见图7.4-1)。同时,本项目拟新增用海包括历史遗留围填海与新增填海两部分,项目占用和新增的岸线将两部分一起核算。

按照已建江阴港1#-5#泊位整体核算区块内岸线变化比,本项目用海占用岸线均为人工岸线,其中:新增填海占用岸线56.6m,形成新岸线752m;历史遗留围填海0074和0075图斑共占用岸线968.1m,形成新岸线527m;已取得海域权属的江阴港1-5#泊位占用岸线1993.7m,形成新岸线3071.3m。因此,本项目与周边江阴港1-5#泊位的岸线变化比= $(752+527+3071.3)/(56.6+968.1+1993.7)$ =4350.3/3018.4=1.44。

本项目与相邻项目均属于“交通运输用海”,根据《产业用海面积控制指标》(HY/T0306-2021),岸线变化比控制指标要求均为“ ≥ 1.2 ”。由此可得,本项目的岸线变化比符合《产业用海面积控制指标》的要求。

图 7.4-1 本项目占用岸线位置关系图

7.5 用海面积合理性分析

7.5.1 项目用海需求分析

7.5.1.1 吞吐量需求分析

江阴港区是福州港发展集装箱重点港区，已建成省内规模最大的单体连片经营集装箱港区，未来集装箱发展潜力巨大。

报告采用“多因素动态生成系数法”和时间序列法分别对福州港外贸、内贸集装箱吞吐量进行分析预测，结合考虑近年来江阴港区集装箱吞吐量在福州港总量占比、地位和发展潜力，预测 2030 年和 2035 年江阴港区集装箱吞吐量情况，并将预测结论与《福州港总体规划（2035 年）》相对照，佐证预测结论的可靠性。再通过江阴港区集装箱泊位量能平衡分析，结合考虑本项目泊位年设计通过能力，合理安排本项目集装箱吞吐量。

（1）福州港集装箱吞吐量预测

①《福州港总体规划（2035）》预测结论

根据《福州港总体规划（2035 年）》分析预测，2025 年福州港集装箱吞吐量 446 万标箱，其中江阴港区 285 万标箱；2035 年福州港集装箱吞吐量 630 万标箱，其中江阴港区 430 万标箱。

②福州港集装箱吞吐量分析预测

A、外贸集装箱吞吐量预测

福州港集装箱直接经济腹地主要为闽东北协同发展区，包括福州、宁德、莆田、南平、平潭四市一区。据统计，2013-2023 年闽东北协同发展区进出口额年均增速为 7%，考虑国际政治经贸形势的不确定性，立足构建双循环新发展格局，进出口贸易增速将下降，预测到 2030 年闽东北协同发展区进出口额的年均增速约 6%，2030-2035 年年均增速约 5%。目前闽东北协同发展区进出口总额 5708.25 亿元（约合 810 亿美元），按照上述增速计算，预测 2030 年和 2035 年闽东北协同发展区外贸进出口额分别为 1178 亿美元和 1489 亿美元。

基于对闽东北协同发展区经济贸易发展趋势的判断，采用“多因素动态生成系数法”建立外贸集装箱生成量预测模型。考虑未来腹地制造业向高端附加值升级（机电电子、化工制品、新能源电池等产品增加），低端制造环节增量进一步向外转移，工业制造业产成品和居民消费品的运输需求会越高，适箱货金额比例

将提升，箱内所装货物的价值将不断提升，综合生成系数将下降。随着集装箱运输方式的进一步推广，预计箱化率和重箱平均货重将进一步提升。考虑腹地适箱货产业的部分产业链环节外移、居民进口消费品规模扩大，带来进口重箱比例将相应增加，综合预测闽东北协同发展区集装箱生成量（含空箱）由目前的 191 万标箱增长至 2030 年 266 万标箱、2035 年 330 万标箱。

表 7.5-1 闽东北协同发展区外贸集装箱生产量预测

目前闽东北协同发展区外贸集装箱约 85%经福州港运输，其余经厦门港或浙江港口运输。按此比例测算，2030 年和 2035 年闽东北协同发展区经福州港运输的外贸集装箱量分别为 226 万标箱和 280 万标箱。

福州港间接腹地赣南、浙南地区外贸生产量约 200 万标箱，目前经福州港运输量约 8 万标箱，占比 4%左右。随着福州港疏港铁路和港口设施进一步提升，预计间接经济腹地经福州港运输外贸集装箱量约 12 万标箱和 15 万标箱。

综合分析预测，2030 年、2035 年福州港外贸集装箱吞吐量分别为 238 万标箱和 295 万标箱。

B、内贸集装箱吞吐量预测

内贸集装箱运输源自地区间产业和消费结构的差异带来的跨区域国内贸易增长，在与传统铁路、公路中长距离运输的竞争中，水路集装箱运输成本和货损小、定时可靠等优势逐步体现，并推动内贸集装箱运输快速增长。

目前福建省内贸集装箱运输体系已形成三港并立格局，并向厦门港、福州港加速集聚。2024 年福州港内贸集装箱吞吐量 233 万标箱，同比增长 9.9%。以下图中统计的 2011-2024 年福州港内贸集装箱吞吐量为基础数据，采用时间序列法，分析预测 2030 年福州港内贸集装箱约 311 万标箱，2035 年约 378 万标箱。

图 7.5-1 福州港内贸集装箱吞吐量发展预测趋势图

C、福州港集装箱吞吐量预测结论

根据上述福州港外贸、内贸集装箱分析，预测福州港集装箱吞吐量 2030 年约 549 万标箱，2035 年约 673 万标箱。

(2) 本项目吞吐量预测

① 江阴港区集装箱泊位量能平衡分析

近年来在江阴港城经济区临港产业发展的带动下，江阴港区散杂货吞吐量和整车出口量增速迅猛，逐步成为港区综合性发展的重要业务之一。据统计，当前江阴港区散杂货（不含电煤、化工品）吞吐量 286.1 万吨，整车出口量 2.48 万辆。由于江阴港区尚无公用散杂货泊位，为此江阴 8-9 号泊位近期按通用泊位建设使用，在分析江阴港区集装箱泊位量能平衡时，江阴 8-9 号泊位按 2035 年调整为集装箱泊位测算。

截至 2024 年底，江阴港区集装箱泊位能力约 213.6 万 TEU，同年港区完成集装箱吞吐量 245.2 万 TEU。通过量能平衡分析，2024 年江阴港区集装箱泊位能力/吞吐量的系数为 0.87:1；随着在建的 7 号泊位竣工，2030 年江阴港区集装箱泊位能力增至 271 万 TEU，同时根据上述预测 2030 年港区集装箱吞吐量约 362 万 TEU，集装箱运力缺口约 91 万 TEU；2035 年随着 8-9 号泊位功能调整为集装箱，届时港区集装箱通过能力可达 361 万 TEU，预测 2035 年江阴港区集装箱吞吐量 458 万标箱，泊位能力缺口约 97 万 TEU。

表 7.5-2 江阴港区设计集装箱泊位量能平衡分析表

②江阴港区集装箱运输主要服务目标

江阴港区集装箱运输的主要腹地为福州市、宁德市、南平市、莆田市等闽东北地区。目前外贸出口企业主要有福耀玻璃、冠捷电子、万华化学、三得利陶瓷、百威雪津等，外贸进口企业主要有南平圣农集团、福州高龙股份、天马饲料等。

表 7.5-3 江阴港区主要出口大客户及出口产品

江阴港区集装箱货源潜在新增的业务增长点主要有：上汽集团 SKD 件出口台湾业务；拓田工厂等企业散粮进口部分以集装箱方式运输业务；万华化学煤炭进口部分以集装箱方式运输业务；中景石化产能提升后，聚丙烯装箱出口业务；新福兴玻璃城头工厂建成后，石英砂等装箱进口业务等。

③本项目吞吐量预测安排

综上分析，预测 2030 年江阴港区集装箱泊位能力缺口约为 91 万标箱。结合考虑本项目通过能力，设计安排集装箱年吞吐量 56 万标箱。本工程服务箱源主要考虑江阴港区潜在新增的业务增长点以及现有港区目标货源的增长。

表 7.5-4 本工程货物吞吐量预测表

据福州港及江阴港区近几年集装箱重箱、空箱比重情况,预计本工程达产后,重箱比重在 75%左右。因此,本项目重箱为 42 万 TEU,空箱为 14 万 TEU。

预测本项目交通集疏运方式包括公路、水路和铁路。具体集疏运方式和集疏运量如下表所示。

表 7.5-5 本工程集疏运表

(3) 船型预测

①到港船型预测

据统计,2023 年江阴港区到港集装箱运输船舶 3167 艘次,其中,≤1 万吨船舶 1876 艘次;1~5 万(含)吨船舶 1069 艘次;5~10 万(含)吨船舶 198 艘次; >10 万吨船舶 24 艘次。

②国内外运输船舶发展状况及趋势

截至 2023 年底,全球集装箱船队共有 5977 艘,总运力 2813 万 TEU,与上年同比净增 271 艘船和 214 万 TEU。全球东西主干航线上投入的船型以 8000TEU 以上船舶为主,目前世界上 10000TEU 以上的大型集装箱船几乎全集中在远东~欧洲及远东~北美航线上,尤其是远东~欧洲航线,普遍采用 14000TEU 以上船舶。3000~8000TEU 的中型船舶则集中在大西洋航线、南北航线及区域内航线上。

国内沿海集装箱运输以南北干线为主,主要采用 1000~6000TEU 船舶。支线运输一般使用 1000TEU 以下船舶。今后,随着国内南北干线运输需求的增长,运输船舶大型化趋势仍将延续。

③船型预测

本项目内贸及近洋航线主力运输船型 1~5 万吨级,内支线运输船型以万吨级以下为主。

④设计代表船型

根据到港船型分析预测,结合本项目建设规模,设计代表船型主尺度如下表所示。

表 7.5-6 设计代表船型主尺度

7.5.1.2 泊位设计通过能力及参数选取合理性

依据《海港总体设计规范》(JTS 165-2013)第 7.10.7 条,集装箱码头泊

位设计通过能力按下式计算：

$$P_t = \frac{T_y A_p}{\frac{Q}{p t_g} + \frac{t_f}{t_d}} Q \quad p = n p_i K_1 K_2 (1 - K_3) K_4 \quad P = \frac{1}{\sum \frac{\alpha_i}{P_{bit}}}$$

式中：

P_t —集装箱码头泊位设计通过能力（TEU/a）；

T_y —泊位年营运天数（d），根据港口所处地区的气象、水文和码头掩护情况而定，同一港口一般是靠泊船舶吨级越大，可作业天数越多。影响港口作业的自然因素一般有风、浪、流及雨雾等，根据《海港总体设计规范》（JTS165-2013）中船舶装卸作业的有关规定，影响船舶装卸作业主要自然因素及允许作业标准如下：1）允许风力≤6级（ $V=13.8\text{m/s}$ ）；2）日降水量 $<25\text{mm}$ ；3）雾的能见度 $\geq 1\text{km}$ ；4）不出现雷暴；5）允许波高。根据当地多年气象水文观测资料统计，多年平均降雨量 $\geq 25\text{mm}$ 日数为11.8d；6级以上大风日数年平均为13.9d；累年平均雾日数（能见度 $\leq 1\text{km}$ ）为23d；多年平均雷暴日约20d。根据以上影响因素并综合考虑各因素的延时特征和重叠现象，同时参考邻近码头实际作业情况，本工程码头全年可作业天数取320天。

A_p —泊位有效利用率（%），取50%~70%，泊位少时宜取低值，泊位多及泊位连续布置时宜取高值。结合运量、到港船型、泊位装卸效率等因素，本次计算中取为65%。

Q —集装箱船舶单船装卸箱量（TEU），按本港历年统计资料确定，无资料时，可采用《海港总体设计规范》表7.10.7-1中的数值。本工程设计船型为1~5万吨级集装箱船，根据《海港总体设计规范》附录A中表A.0.1-4和表7.10.7-1，船舶载箱量在701~5650TEU之间。3万吨级以下集装箱船，船舶载箱量为901~3500TEU时，单船装卸箱量（ Q ）300~1500TEU，取1200TEU；3万吨级以上集装箱船，载箱量在3501~5650TEU时，单船装卸箱量（ Q ）范围为800~2500TEU，取1900TEU。

图 7.5-2 《海港总体设计规范》（节选 1）

p —设计船时效率（TEU/h）；根据以上公式计算，可得泊位设计船时效率

分别为 177TEU/h 和 201TEU/h。

t_g —昼夜装卸作业时间，取 22~24h。本次计算中取为 23h。

t_r —船舶装卸辅助作业时间及靠离泊时间之和（h），取 3~5h。本次计算中取为 4h。

t_d —昼夜小时数，取 24h。本次计算中取 24h。

n —岸边集装箱装卸桥配备台数，采用《海港总体设计规范》表 7.10.7-2 中的数值。

本工程码头建设 1 个 5 万吨级集装箱泊位。因此，本工程码头通过能力按靠泊 1 艘 5 万吨级集装箱船进行测算，因此每个泊位的 n 取值为 4。

图 7.5-3 《海港总体设计规范》（节选 2）

p_1 —岸边集装箱装卸桥台时效率基准值（自然箱/h）。根据《海港总体设计规范》表 7.10.7-3，船舶载箱量在 200~1900TEU 时，集装箱装卸桥台时效率（ p_1 ）应取 20~25 自然箱/h，船舶载箱量在 1901~5650TEU 时，集装箱装卸桥台时效率（ p_1 ）应取 25~30 自然箱/h。本工程设计船型为 1~5 万吨级集装箱船，装卸桥效率取值分别为 25 自然箱/h 和 30 自然箱/h。

图 7.5-4 《海港总体设计规范》（节选 3）

K_1 —集装箱标准箱折算系数，按本港历年统计资料确定，无资料时，取 1.1~1.9。本次计算中取为 1.6。

K_2 —岸边集装箱装卸桥同时作业率（%），采用表 7.10.7-3 中的数值。根据《海港总体设计规范》表 7.10.7-3，船舶载箱量在 200~1900TEU 时，同时作业率 95%~85%，船舶载箱量在 1901~5650TEU 时，同时作业率 90%~80%。本次计算中分别取为 95%，90%。

K_3 —装卸船舶作业倒箱率（%），采用表 7.10.7-3 中的数值。根据《海港总体设计规范》表 7.10.7-3，船舶载箱量在 200~1900TEU 时，倒箱率 0%~5%，船舶载箱量在 1901~5650TEU 时，倒箱率 0%~7%。本次计算中均取为 3%。

K_4 —新型高效集装箱装卸桥船时效率提高系数，取 1.05~1.25。本次计算取值为 1.2。

总体而言，本工程泊位通过能力各计算参数取值基本合理，相关参数与《海港总体设计规范》的符合性见（表 7.5-7）。经计算，本工程泊位年通过能力为 61 万 TEU，满足设计年吞吐量 56 万 TEU 要求。

表 7.5-7 码头通过能力计算表

7.5.1.3 堆场容量计算机参数选取合理性

①集装箱堆场容量

根据《海港总体设计规范》（JTS165-2013），集装箱堆场容量及地面箱位数计算如下：

$$E_y = \frac{Q_h t_{dc} K_{BK}}{T_{yk}} \quad N_s = \frac{E_y}{N_1 A_s}$$

式中：

E_y -集装箱堆场所需容量（TEU）；

Q_h -集装箱码头年货运量（TEU）；

K_{BK} -堆场集装箱不平衡系数，按本港统计资料确定，无资料时可取 1.1~1.3。本工程取 1.3。

t_{dc} -到港集装箱平均堆存期（d）。本项目集装箱平均堆存期及规范取值对比见表 7.5-8，本项目进出口箱量各占 50%考虑，不涉及中转箱，根据江阴港区进出口项目堆存天数统计，进口箱堆存期约 9 天，出口箱堆存期 5 天，综合考虑堆存期取 7 天，堆存期选取能够满足《海港总体设计规范》要求，取值合理。

表 7.5-8 集装箱堆场平均堆存期

T_{yk} -集装箱堆场年工作天数（d），取 350~365d。本工程取 355 天。

N_s -集装箱码头堆场所需地面箱位数（TEU）；

N_1 -堆场设备堆箱层数，采用《海港总体设计规范》表 7.10.11-2 中的数值。

本工程自动化堆场采用重箱和空箱分堆方式，重箱堆场作业采用电力轮胎式门式起重机，重箱堆箱层数取 5 层；空箱堆场采用电动空箱堆高机作业，空箱堆高 6 层，均符合《海港总体设计规范》7.10.11-2 的要求。

图 7.5-5 《海港总体设计规范》（节选 4）

A_s-堆场容量利用率（%）；根据《海港总体设计规范》中规定（见表 7.5-9），采用轮胎式集装箱龙门起重机的堆场，重箱容量利用率取 55%~70%，本项目重箱堆场容量利用率取 60%，采用空箱堆高机的堆场，空箱容量利用率取 70%~80%。空箱堆场容量利用率取 75%，均符合《海港总体设计规范》的要求。

表 7.5-9 集装箱堆箱层数和容量利用率取值合理性分析表

综上所述，本工程堆场容量计算参数能够满足《海港总体设计规范》要求，堆场容量计算参数取值合理。

②堆场设计所需箱位及实际箱位布置

根据 2018 年~2024 年江阴港区重箱、空箱比重统计（详见表 7.5-10），历年重箱比例约 52%~67%。同时，结合项目业主经营发展需要，本项目重箱空箱比例按 60%：40%。

表 7.5-10 江阴港区近年来重箱空箱比重统计表

本项目不涉及超限箱和中转箱，项目涉及的危货箱（0.56 万 TEU）、冷藏箱（0.28 万 TEU）依托江阴港 1-5#泊位堆场，因此本项目堆场容量设计中不考虑危货箱及冷藏箱。根据以上确定的参数，各堆场设计所需容量按照上述公式进行计算，集装箱堆场设计及实际布置得出的堆场容量及地面箱位数对比见表 7.5-11，可见堆场实际布置略有富余，能够满足本工程码头能力发展对于堆场匹配的运营需要，以充分发挥港口资源效能和深水岸线资源利用率，因此堆场容量设计合理。

表 7.5-11 设计所需容量及所需箱位计算表

7.5.2 项目各功能分区用海面积合理性分析

7.5.2.1 陆域用海面积合理性

本工程拟建集装箱码头，泊位岸线长度为 325m，工程拟建 1 个 5 万吨级集装箱泊位。码头设计年吞吐量 56 万 TEU，设计年通过能力 61 万 TEU。

工程陆域面积为 24.3287hm²，其中填海造地形成 19.4193hm²。陆域平面主要功能区包括码头前沿作业区、重箱堆场区、空箱堆场区、辅助区、道路、绿化

及安全隔离带等，各功能区用地面积见表 7.5-12、图 7.5-6。

表 7.5-12 各功能分区面积一览表

图 7.5-6 各功能区平面分布图

①陆域纵深和码头陆域面积与《海港总体设计规范》的符合性

根据《海港总体设计规范》（JTS165-2013）附录 D 码头陆域用地参考指标，集装箱码头陆域纵深应根据码头规模、设计通过能力、装卸工艺方案和集疏运方式等因素综合确定，平均陆域纵深见规范中表 D.0.1-1。同时，单泊位码头陆域占地面积应根据泊位年运量、船舶吨级、码头总平面布置、装卸工艺和集疏运方式等因素综合确定，陆域总占地面积可参考规范中表 D.0.1-2。

图 7.5-7 《海港总体设计规范》（JTS165-2013）附录 D（节选）

本工程属于干线码头，陆域纵深在 755m 之间，略小于《海港总体设计规范》（JTS165-2013）表 D.0.1-1 规定的 800~1200m 范围。因此，从纵深角度来说，陆域用海面积积极为紧凑。

本工程属于江阴港干线码头，陆域纵深为 755m，加之进港道路，纵深可达 1000m，基本符合《海港总体设计规范》规定的陆域纵深范围，但港区主体陆域后方被开发为其他工业用地，因此，从纵深角度来说，本项目陆域用海面积较为紧凑。本项目建设 1 个 5 万吨级泊位，港区陆域面积 24.33hm²，本项目港区进港道路的狭长地带约 0.9hm²，只能用于布置进港道路及港区卡口等设施，港区实际有效利用陆域面积约 23.43hm²。本项目用地面积较少且满足项目生产的正常需求，同时陆域面积接近《海港总体设计规范》中“20~45 万 m²”规定的下限值。

总体而言，本工程码头平均陆域纵深和单泊位码头陆域占地面积符合《海港总体设计规范》（JTS165-2013），且陆域面积较为紧凑。

②与其他集装箱码头港区占地面积类比分析

通过类比周边相邻集装箱泊位的用地指标（见表 7.5-13），本项目集约节约用海指标小于 0.393，场地利用水平达到高水平。

表 7.5-13 本项目与同类集装箱码头占地面积类比分析表

7.5.2.2 码头前沿作业区合理性分析

1、本工程码头前沿作业区布置

本工程码头采用满堂式布置形式，泊位长度 325m，码头前沿作业区总宽度 52.4m，面积 1.7030hm²。本工程结合到港船型、货种货量等要求，装卸设备采用双小车集装箱装卸桥，根据作业要求，码头前方作业地带总宽度为 52.4m（不含后方 9m 宽道路）。其中前轨至码头前沿为 3.5m，岸桥轨距为 30.48m，岸桥轨内布置普通箱装卸车道（共 7 条）。陆侧轨后布置舱盖板堆放区，宽度 18.42m。码头前沿作业区布置断面见图 7.5-8，码头前沿作业地带尺度组成见表 7.5-14。

图 7.5-8 码头前沿作业区布置断面图

表 7.5-14 码头前沿作业地带尺度组成表

2、码头前沿作业区设计与规范的符合性

根据《海港总体设计规范》7.2.4.1，“码头前方作业地带宽度应根据工艺布置的需要确定，不宜小于 45m”。本工程码头前沿作业区总宽度 52.4m，作业宽度符合《海港总体设计规范》。

根据《海港总体设计规范》7.2.4.2，“海侧轨道中心线至码头前沿距离根据工艺布置需要确定，不宜小于 3.5m”。本工程取 3.5m，符合《海港总体设计规范》。

参照《自动化集装箱码头设计规范》5.3.5.3，“集装箱拖挂车的装卸区车道宽度应结合拆装扭锁的方式确定。在装卸车道上拆装扭锁时，车道宽度不小于 2.9m，并应在车道间设置人工拆装扭锁的安全区域；不在装卸车道上拆装扭锁时，车道宽度不宜小于 3.5m”，本工程集装箱拖挂车的装卸区车道宽度均为 4m，符合规范要求。

参照《自动化集装箱码头设计规范》5.3.4，“采用人工驾驶集装箱拖挂车的自动化集装箱码头，水平运输设备的装卸区可布置于集装箱装卸桥轨内，轨后布置舱盖板堆放区，也可根据需要在轨后增加装卸车道，采用自动驾驶集装箱拖挂车时，装卸区的布置宜结合拆装扭锁的方式综合确定。”本工程舱盖板堆放区布

置于集装箱装卸桥轨后，符合规范要求。

参照《自动化集装箱码头设计规范》5.3.6.3，“集装箱拖挂车的行驶区车道宽度不宜小于 3.75m”，本工程集装箱拖挂车的行驶区车道宽度均为 4m，符合规范要求。

总体而言，码头前沿作业区平面布置及尺度符合《海港总体设计规范》现场作业要求，码头前沿作业区总宽度 52.4m，占地面积约 1.7030hm²，用地面积合理。码头前沿作业区与相关规范符合性见表 7.5-15

表 7.5-15 码头前沿作业区与相关规范符合性一览表

7.5.2.3 重箱堆场区合理性分析

本工程重箱堆场区布置于码头前沿作业区的后方，采用“双 20 英尺集装箱岸桥+集装箱牵引拖挂车+轮胎式集装箱门式起重机”方案，堆场的面积与设计地面箱位数直接相关，工程地面箱位设置的合理性分析见“7.5.1.3 堆场容量计算及参数选取合理性”章节。本节主要分析重箱堆场平面布置主要尺寸与相关规范的符合性。

1、重箱堆场区箱位布置

本工程自动化堆场区分重箱堆场区和空箱堆场区，重箱堆场区平行码头岸线布置，纵深 366.31m，宽 283m，计算得面积为 10.3666hm²，扣除道路转弯弧形区域后，重箱堆场占地面积 10.3195hm²。对应布置 2 块重箱堆场，分别布置 8 个箱区和 5 个箱区，合计 13 个重箱箱区。

重箱堆场区共有 2982 个箱位，采用无悬臂电力轮胎式集装箱门式起重机（ERTG），跨距 23.47m，轨内堆放 6 列箱，普通重箱堆高 5 层，箱位间距 0.4m。ERTG 跑道中心间距为 3.6m/6m。普通重箱区每列布置 33~37 排 20 英尺箱，两侧端部各布置 1 排 45 英尺箱，堆场还布置待工楼、变电所和户外箱变。重箱堆场平面布置见图 7.5-9、断面布置见图 7.5-10。

图 7.5-9 重箱堆场平面布置示意图

图 7.5-10 重箱堆场典型断面布置示意图

重箱堆场区纵向、横向距离组成见表 7.5-16、表 7.5-17。

表 7.5-16 重箱堆场纵向距离组成表

表 7.5-17 重箱堆场横向距离组成表

2、重箱堆场区设计与规范的符合性。

据《海港总体设计规范》7.2.4.5，“集装箱码头重箱堆场集装箱应按箱门同向堆放，间距宜取 0.4m”。本工程重箱堆场集装箱箱位之间间距 0.4m，符合《海港总体设计规范》7.2.4.5 的要求。

根据《海港总体设计规范》7.2.4.6，“集装箱堆场内垂直于码头前沿线的主干道宽度应根据运输车辆和堆场装卸机械运行和作业要求确定，不宜小于 25m”。参考邻近同等级泊位，考虑本工程泊位等级和水平运输方案，本工程集装箱重箱堆场外垂直于码头前沿设置 2 条主干道，宽度分别为 15m 和 20m。

根据《海港总体设计规范》7.2.4.7，“堆场作业采用轮胎式集装箱龙门起重机时，跨间除堆放集装箱外，还应留有集装箱拖挂车通道，相邻车道宜成对集中布置。相邻两台轮胎式集装箱龙门起重机运行跑道的中心距不宜小 3.6m”。本工程集装箱重箱堆场跨间布置集装箱拖挂车通道，相邻车道成对集中布置，相邻两台轮胎式集装箱龙门起重机运行跑道的中心距为 3.6m。符合《海港总体设计规范》7.2.4.7 的要求。

根据《海港总体设计规范》7.2.4.7“相邻成对集中布置的车道间设超车道时两台轮胎式集装箱龙门起重机运行跑道的中心距不宜小于 6.5m”，参考邻近泊位堆场布置方案，本工程相邻成对集中布置的车道间设超车道时两台轮胎式集装箱龙门起重机运行跑道的中心距取 6m。

总体而言，本工程重箱堆场规模合理，平面布置各设计参数符合《海港总体设计规范》，用地 10.3195hm² 合理。重箱堆场区与相关规范符合性见表 7.5-18。

表 7.5-18 重箱堆场区与相关规范符合性一览表

7.5.2.4 空箱堆场区合理性分析

本工程空箱堆场区布置于重箱堆场区的后方，采用“双 20 英尺集装箱岸桥+集装箱牵引拖挂车+电动空箱堆高机”方案，堆场的面积与设计地面箱位数直接

相关，工程地面箱位设置的合理性分析见“7.5.1.3 堆场容量计算及参数选取合理性”章节。本节主要分析空箱堆场平面布置主要尺寸与相关规范的符合性。

1、空箱堆场区箱位布置

本工程堆场分为重箱堆场区和空箱堆场区，空箱堆场区平行码头岸线布置，空箱堆场主要布置在重箱堆场北侧，另利用辅助区东侧布置一块小型的空箱堆场，一共布置 2 块。

重箱堆场北侧布置的空箱堆场，宽 194.23 米，长 214~269 米，计算面积为 $(214+269) \times 194.23 \div 2 = 46907\text{m}^2$ 。空箱堆场纵向分为 3 个箱区，以电动空箱堆高机作业车道分隔，共布置 61 排 20 英尺箱箱位，每排布置 29~36 列 20 英尺箱箱位。空箱堆场扣除道路转弯弧形区域后占地面积 4.6751hm^2 。

此外在辅助区变电所和水泵房东侧地块设置一块小型的空箱堆场，长、宽均为 70m，计算面积为 4900m^2 ，纵向分为 2 个箱区，以电动空箱堆高机作业车道分隔，共布置 16 排 20 英尺箱箱位，每排 8 列，扣除道路转弯弧形区域后占地面积为 0.4805hm^2 。

空箱堆场区共布置有 2093 个箱位，采用电动空箱堆高机作业，普通空箱堆高 6 层。空箱堆场总面积为 5.1556hm^2 。

空箱堆场平面布置见图 7.5-11、断面布置见图 7.5-12。

图 7.5-11 空箱堆场平面布置示意图

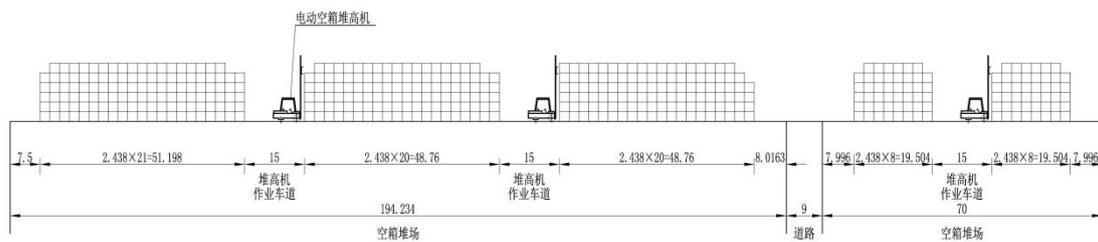


图 7.5-12 空箱堆场断面布置示意图

2、空箱堆场区设计与规范的符合性。

据《海港总体设计规范》7.2.4.5，“空箱堆场和辅助设施宜设在码头陆域后方并形成各自独立的区域”。本工程空箱堆场独立布置，符合《海港总体设计规范》7.2.4.5 的要求。

因此，本工程空箱堆场规模合理，平面布置各设计参数符合《海港总体设计规范》，用地 5.1556hm² 合理。

7.5.2.5 码头平台用海面积的合理性

①码头长度

本工程设计船型如下表：

表 7.5-19 设计船型尺度表

码头泊位长度应根据船舶靠泊的安全性、系缆方式及可能采取的平面和结构形式等因素确定。根据《海港总体设计规范》，在同一码头线上一字形连续布置泊位时，其码头总长度宜根据到港船型尺度、码头掩护情况等，按下列公式确定：

$$\text{端部泊位 } L_b = L + 1.5d$$

$$\text{中间泊位 } L_b = L + d$$

其中： L_b —泊位长度（m）；

L —设计船长（m）；

d —富裕长度（m），详见下表：

表 7.5-20 一字形布置泊位富裕长度 d

本项目建设的 14#泊位紧邻 1#泊位布置。1#泊位设计船型为 5 万吨级集装箱船，1#泊位建设时已考虑了端部的船舶富余长度 30m。

根据《海港总体设计规范》（JTS 165-2013），14#泊位按 1 个 50000DWT 集装箱泊位计算码头泊位长度：

$$L_b = L + d = 293 + 32 = 325\text{m}$$

综上计算，14#泊位码头泊位长度取为： $L_b = 325$ （m）。

②码头宽度

码头宽度主要考虑装卸货物和人车通道需求。根据码头的功能需求，码头前方作业区宽度取 52.4m。

综上分析，本项目码头平面设计尺度符合《海港总体设计规范》（JTS 165-2013）和港区连片运营需求，码头用海面积合理。

（3）水域用海面积的合理性

①停泊水域宽度

码头前沿停泊水域宽度取 2 倍设计船宽。根据设计船型尺度，计算如下：

$B=2 \times 32.3=64.6\text{m}$ ，取 65m。

②回旋水域

船舶回旋水域布置在码头泊位前方，回旋圆直径按 2 倍船长计算。根据设计船型尺度，回旋水域平面尺度按 5 万吨级集装箱船计算，回旋水域直径取 586m。

综上所述，本项目水域用海面积合理。

7.5.2.6 护岸用海面积的合理性

本项目西侧、北侧与现有陆域无缝衔接，南侧为码头平台，采用直立式沉箱结构；仅项目东侧设置斜坡堤，长 410m。根据地质资料，项目东侧所处地质表层土主要为淤泥及淤泥混砂等软土层，软土层总厚度可达 12.5m，为确保护岸结构安全，需要进行地基处理。护岸平面设计的合理性详见 9.2.3 节，用海面积满足护岸稳定性的需求。

总体而言，护岸结构具有较好的生态性，项目护岸用海面积合理。

7.5.2.7 辅助区合理性分析

(1) 交通道路

本工程道路宽度根据《海港总体设计规范》进行布置（见图 7.5-13），集装箱港区主干道宽度 15~30m、次干道宽度 15~30m，港内道路按环形系统布置。本工程港区内道路主、次分明，进港道路宽 27~29.6m，主干道宽 20m/15m，次干道宽 9m，主干道与次干道组成环形网络，布局合理，形成循环闭合的交通体系。道路宽度取值接近规范下限，用地面积紧凑。

图 7.5-13 《海港总体设计规范》（港内道路节选）

本工程卡口根据计算所需的车道数量进行布置，码头大门所需车道数计算如下：

$$N = \frac{Q_h(1-K_b)K_{BV}}{T_{yk}T_d p_d q_c}$$

式中： Q_h —集装箱码头年运量（TEU）；

N —集装箱码头大门所需车道数；

K_b —水运、铁路中转及港内拆装箱的集装箱之和占码头年运量的百分比（%）；

K_{BV} —集装箱车辆到港不平衡系数，取 1.5~3.0；

T_{yk} —堆场年工作天数（d）；

T_d —大门日工作时间（h），取 12~24h；

p_d —单车道小时通过车辆（辆/h），取 20~60 辆/h；

q_c —车辆平均载箱量（TEU/辆），取 1.2~1.6TEU/辆；

表 7.5-21 进港道路所需车道数计算表

经计算，进港道路所需车道数为 4.7，结合项目实际生产需求，大门车道共设置 4 道，符合规范要求。

（2）辅助区布置

江阴港 1#泊位原为 3 万吨级通用泊位，后扩能为 5 万吨级集装箱泊位，年设计通过能力为 35 万 TEU，停泊水域设计底高程为-14.0m，回旋水域设计底高程为-13.8m，码头前沿作业区设计顶高程为+9.7m，堆场面积约 18.89hm²，附属设施布置有仓库（0.52hm²）、生产调度楼（0.13hm²）、机修车间（0.22hm²）、综合楼、前方办公室、配电房及加油站等设施。

考虑到远期与江阴港区 1#-7#泊位的一体化运营，本项目危货集装箱堆场、冷藏箱堆场、生产调度、污水处理设施、办公、住宿等配套设施利用 1#~7#泊位后方已建设施，具体面积为生产调度楼 1259m²，宿舍楼 579m²，综合楼 671m²，污水处理站 200m²，合计 2709m²。但是本项目需要的变电所、水泵房、流动机械停放场地、流动机械冲洗维修、充电场地等辅助设施没法共用，本项目生产辅助区仅布置候工楼、变电所、水泵房、流动机械停放场地、流动机械冲洗、维修、充电场地、门卫及设备房等，保障港口正常生产作业及运营的需要。

各辅助构筑物占地面积规模分析如下：

1) 候工楼：依据《海港总体设计规范》附录 F 按“6-8m²/人计算建筑面积”。本项目定员 298 人，按三班倒考虑，每班人员约 100 人，建筑面积允许设置 600-800m²。本项目候工楼建筑面积 476m²，占地面积 165m²，规模合理且紧凑。

2) 1#变电所：1#变电所电源引自港外，10kV 双回路进线，主要向辅建区、集装箱堆场装卸设备、检修设施及照明设施供电，并为 2#变电所提供电源。根据《20kV 及以下变电所设计规范》（GB50053-2013）要求，配电房面积为 210-420m²，本项目 1#变电所占地面积 420m²，规模合理。

3) 2#变电所：电源引自 1#变电所，10kV 双回路进线，主要向集装箱堆场装卸设备、码头岸电、检修设施及照明设施供电。根据《20kV 及以下变电所设计规范》（GB50053-2013）要求，配电房面积为 210-420m²，本项目 2#变电所占地面积 390m²，规模合理。

4) 水泵房（含水池）：根据工艺要求生活生产辅建区水压不低于 0.20Mpa，水质应符合《生活饮用水卫生标准（GB 5749-2022）》。在生产辅助区设置 1 座泵房、1 座有效容积 600m³ 消防水池（地上钢筋混凝土）、1 座有效容积 450m³ 生活水池（地上）。水泵房（含水池）占地面积 655m²，规模合理。

5) 门卫及设备房：依据《海港总体设计规范（JTS 165—2013）》附录 F，门卫标准为 20-35m²/座，卡口根据需要设置工作设备房。门卫及设备房占地面积 81m²，规模合理。

6) 流机停放场地及充电区：本工程配置有 24 台 45 英尺电动集装箱牵引拖挂车，2 台 9t 电动空箱堆高机、检修车辆等设备。流机停放场地共布置 24 个车位，满足流动机械停放及换电、充电要求。流机停放场地及充电区长 70m，宽 47m，占地面积 3290m²，布置合理且紧凑。

7) 流机维修及冲洗场地：用于作业区内集装箱牵引拖挂车、电动空箱堆高机等流动机械维修、冲洗等需求。场地宽度为 30m，长度为 70m，满足修理作业要求。场地占地 2100m²，规模合理。

8) 停车场：满足员工和外来人员停车，集中设置在辅助生产区西侧。停车场共配套 45 个停车位，面积共计 1386m²。根据《海港总体设计规范（JTS 165—2013）》附录 F，按 35-40m²/辆确定建筑面积。本项目停车场每个停车位占地面积按 18m²、24m²、36m² 布置，未超过《海港总体设计规范》要求，规模合理。

考虑今后与江阴港 1#-7#泊位一体化运营，本项目在平面布置上进行了优化，具体如下：

①项目区办公、生活设施均未设置，依托江阴港区 1#-7#泊位。

②本项目陆域堆场西侧道路（与 1#泊位相邻段）原设计道路宽度为 20m 调整为 15m。江阴港 1-5#泊位为保税区，保税区扩容需报国务院审批，难度较大，审批周期较长。因此，短期内本项目还无法与江阴港 1#泊位共用堆场道路。

③原方案在港区东西两侧设置宽 10m 的绿化带，调整为 3~4m 的安全隔离带，

在道路与围网挡墙之间设置隔离带，主要是保证车辆运行的安全和布设水电管廊的需求。

④项目西侧与江阴港 1#泊位相邻有一处三角地带，江阴港 1#泊位在旁边设置了加油站，考虑加油站的安全风险要求，该三角地带设置成绿化带，并配置为 45 个停车位的停车区，满足项目的正常运营需要。

⑤江阴 1#泊位于 2001 年完成施工图设计，未设置流动机械冲洗、充电场等辅助设施。江阴 1#泊位已建成多年，根据使用情况，变电所、水泵房、流动机械停放场地、维修间仅能满足 1#泊位使用需求，无富裕空间供本工程依托使用。本项目布置 1#变电所、水泵房、流机停放区和冲洗场地是必要的，仅满足项目生产的正常需求，总面积为 0.9814hm²，辅助设施用地面积较少且布置紧凑。

7.5.3 与《产业用海面积控制指标》的符合性

本项目用海类型为“交通运输用海—港口工程”，根据《产业用海面积控制指标》（HY/T0306-2021）规定（见图 7.5-14），需要分析海域利用率、岸线变化比、生态空间面积占比、投资强度和行政办公及生活服务设施面积占比。本项目用海范围内各功能布置见图 7.5-15。

图 7.5-14 产业用海面积控制指标标准

图 7.5-15 项目填海造地范围内功能区布置示意图

（1）海域利用率

海域利用率=有效利用面积/填海造地成陆面积×100%。

有效利用面积等于各种建筑物、用于生产和直接为生产服务的构筑物、露天设备场、堆场及操作场等用海面积之和。道路广场、绿地、预留地、景观设施、娱乐设施等不计入有效利用面积。填海造地成陆面积指的是通过填海造地形成的有效陆域面积。

本工程填海造地成陆面积(申请填海面积扣除护岸用海面积)为 17.7220hm²，经核算，填海范围内有效利用面积约 12.3217hm²，计算得海域利用率为 78.3%，符合港口工程建设项目海域利用率控制指标值大于 60%的要求。

（2）生态空间面积占比

生态空间面积占比=填海造地范围内的生态空间面积/填海造地面积×100%。

填海造地范围内的生态空间面积包括项目填海造地范围内的人工湿地、水系、绿地等面积，其中，绿地包括公共绿地、防护绿地、建（构）筑物周边绿地等。

本项目填海造地面积为 19.4193hm²，填海造地范围内无人工湿地或水系，项目区绿化总面积 0.7471hm²，其中位于计算得生态空间面积占比=3.8%。

本项目拟申请填海范围内绿化面积为 0.2886hm²，均位于本项目利用围填海历史图斑内，新增填海范围没有设置绿化区。本项目生态空间面积占比约 1.5%，小于《产业用海面积控制指标》中的“10-20%”，由于本项目属于新增填海项目，填海范围优先保障生产功能布局与工艺流程需求，合理控制填海规模，对生态空间指标进行相对的降低，体现集约节约用海原则。因此，本项目生态空间指标设置合理。

（3）岸线变化比

根据本报告第 7.4 节的分析，本项目岸线变化比为 0.97。根据已建江阴港 1#-5#泊位整体核算区块内岸线变化比，本项目岸线变化比为 1.44，符合《产业用海面积控制指标》。

（4）投资强度

投资强度=项目固定资产投资/填海造地面积

根据《产业用海面积控制指标》（HY/T0306-2021）中“投资强度：对于既填海又用地的建设项目用海或某项目的配套工程用海，宜将项目整体计算投资强度”，对本工程固定资产总投资约 12.44 亿元，项目填海造地面积 19.4193hm²，计算得投资强度为 6406 万元/公顷。本工程所在福清市海域，属于三等海域，按照《产业用海面积控制指标》（HY/T0306-2021）表 A.2 产业用海投资强度控制指标值，三等海域港口工程的投资强度控制指标为不低于 2620 万元/公顷，因此，本项目的投资强度符合规范要求。

图 7.5-16 《产业用海面积控制指标》（HY/T0306-2021）表 A.2（节选）

（5）行政办公及生活服务设施面积占比

行政办公及生活服务设施面积占比=行政办公及生活服务设施占用面积/填海造地成陆面积。

本项目行政办公及生活服务设施主要依托已建设的 1-5#泊位,本项目区内仅布置前方办公楼、停车区、边检岗亭等辅助设施,其中,位于填海造地区内的仅为前方办公楼和停车区,合计面积为 0.1509hm²,计算得行政办公及生活服务设施面积占比为 0.85%,符合《产业用海面积控制指标》规定的行政办公及生活服务设施面积占比小于 7%的要求。

综上分析,本项目建设基本符合《产业用海面积控制指标》(HY/T0306-2021)的相关规定。

7.5.4 与《海港节约集约用海标准》(T/CAOE 69-2023)的符合性分析

本项目陆域总面积 24.3287hm²,包括填海造地形成的陆域及已有的陆域,设计年通过能力为 61 万 TEU,根据《海港节约集约用海标准》(T/CAOE 69-2023),集装箱海港码头节约集约用海指标计算如下:

节约集约用海指标计算中,本项目设计通过能力含危货(0.56 万 TEU)、冷藏箱(0.28 万 TEU)箱量,含危货、冷藏箱依托江阴港 1#-3#泊位进行堆存。本项目区内进港道路闸口外公共道路和绿化区域面积约 0.6916hm²,该段公共道路属于本项目和福建省永隆食品冷藏有限公司项目需共用的道路,且道路两侧地块均已确权,该公共区域由本项目业主承建,归于公共使用,计算节约集约用海指标可以相应扣除。本项目与江阴港 1#-7#泊位共用部分辅助设施,主要共用生产调度、办公、住宿、污水处理站等配套设施,其具体面积如下为(生产调度楼 0.1259hm²+宿舍楼 0.0579hm²+综合楼 0.0671hm²+污水处理站 0.02hm²)/8 个泊位=338.625hm²。因此,本项目集装箱海港码头节约集约用海指标计算结果为 0.393(见表 7.5-22),指标<0.4,属于场地利用水平高。

表 7.5-22 本项目集装箱海港码头节约集约用海指标计算一览表

7.5.5 项目用海面积量算与《海籍调查规范》要求的符合性

(1) 填海造地用海范围界定

根据《海籍调查规范》,填海造地用海“岸边以填海造地前的海岸线为界,水中以围堰、堤坝基床或回填物倾埋水下的外缘线为界”。本工程新增填海用海内侧界址线界定至 2019 年新修测岸线,但港区红线范围内涉及 2 个围填海历史遗留问题图斑,为保障项目用海用地需要,实现项目合理、合法、规范用海,将港区用地红线范围内的围填海历史遗留问题图斑一并纳入申请。因此,涉及围填

海历史遗留问题图斑原则上以备案图斑的边界进行界定，内侧以 2008 年福建省公布的岸线为用海内侧界址线。总体上用海范围界定优先级为土地证范围>历史围填海图斑或 08 海岸线>新修测海岸线。

项目东南侧采用斜坡式护岸，用海界定至护岸结构的坡脚线；码头前沿采用直立式沉箱结构，用海界定至码头前沿线；项目西侧紧邻已确权的江阴港 1#泊位，本项目与该项目相邻处界定至已确权的权证边界线。

本项目码头、堆场用海单元填海造地用海面积为 19.4193hm²，其中形成陆域面积 17.7199hm²，护岸结构面积 1.6994hm²。填海造地用海占用 350181-0074 号图斑 4.4852 公顷、350181-0075 号图斑 1.8517hm²，实际新增填海 13.0824hm²。

①界址线“69-1-2”以江阴港 1#泊位(港池)权证范围边界为界，界址线“2-3-4”以码头平台设计边界为界（见图 7.5-17），界址线“4-…-15”以护岸坡脚线为界（见图 7.5-18），同时界址点 15 为新修测海岸线的端点，界址线“15-16”以新修测海岸线为界。

图 7.5-17 填海造地宗海码头平台与护岸衔接处界定示意图

图 7.5-18 填海造地宗海护岸与新修测岸线衔接处界定示意图

②界址线“16-17”以项目红线设计红线为界，界址线“17-18-19”以江阴港区物流堆场项目土地证为界，界址线“19-20-…-24”以 08 年海岸线为界。350181-0075 号图斑总面积 4.4053hm²，其中 1.8517hm²位于本项目红线内，纳入本次申请用海范围（见图 7.5-19）。

图 7.5-19 填海造地宗海涉及历史围填海图斑界定示意图 1

③界址线“24-25”以 08 年海岸线为界。

④界址线“25-26-…-54”原则上以 350181-0074 号历史围填海备案图斑和江阴港 1#泊位的土地证边界为界，其余以 08 年海岸线为界。

其中：界址线“25-26-…-29”、“32-33-34-35”、“38-39-40”、“46-47-48”、“50-51-52-53-54”以 350181-0074 号历史围填海备案图斑的边界为界；

界址线“41-42-43-44”、“48-49-50”以江阴港 1#泊位的土地证边界为界；

界址线“29-30-31-32”、“35-36-37-38”、“40-41”、“44-45-46”以08年海岸线为界。

350181-0074号图斑总面积4.4903hm²，其中4.4852hm²位于本项目红线内，纳入本次申请用海范围（见图7.5-20、图7.5-21），剩余0.0051hm²位于江阴港1#泊位的土地证范围内。

图 7.5-20 填海造地宗海涉及历史围填海图斑界定示意图 2

图 7.5-21 填海造地宗海涉及历史围填海图斑界定示意图 3

⑤界址线“54-55-…-61”以08年海岸线为界，界址线“61-62-…-68”以江阴港1#泊位的土地证边界为界，界址线“68-69”以江阴港14#泊位分界线为界，同时考虑到界址点“69”应界定在江阴港1#泊位港池范围外，界址点“69-1”江阴港1#泊位港池已确权范围为界（图7.5-22~图7.5-24）。

图 7.5-22 填海造地宗海界址点 54~61 连线界定示意图

图 7.5-23 填海造地宗海界址点 61~69 连线界定示意图

图 7.5-24 填海造地宗海界址点 68~69 连线界定示意图

（2）港池用海范围界定

根据《海籍调查规范》，“开敞式码头港池（船舶靠泊和回旋水域），以码头前沿线起垂直向外不少于2倍设计船长且包含船舶回旋水域的范围为界（水域空间不足时视情况收缩）”进行界定。

本工程港池用海包括停泊水域和回旋水域，停泊水域以码头前沿线起垂直向外2倍设计船宽（65m）为界；其中界址线“1-2”为本项目码头停泊水域设计外缘线为界；界址线“2-3”为码头前沿线2倍船宽的垂线；界址线“3-4”以本项目码头设计前沿线为界；界址线“4-1”与江阴港1#泊位港池已确权用海为界。

（3）施工期用海范围界定

本工程停泊水域、回旋水域和连接航道现状水深均不能满足设计要求，需要

进行疏浚。本项目施工用海范围是在项目疏浚范围图的基础上，以实际设计或使用的范围为界，并对界址线进行简化优化而确定。

施工期用海界址线“23-1-2-3”以本项目施工期疏浚优化调整边界，界址线“3-4-···-6”以本项目港池疏浚施工范围边线为界，界址线“6-7-···-10”以本项目港池连接水域设计边线为界，界址线“10-11-···-13”以本项目港池疏浚施工设计边线为界，界址线“13-14-···-20”与本项目拟申请填海造地用海无缝衔接，界址线“20-21-22”与本项目拟申请港池（停泊水域）用海无缝衔接，界址线“22-23”以江阴港 1#泊位港池已确权用海为界。

根据上述用海界址线确定方法，划定各用海单元的范围，确定界址线和界址点后，利用地理信息技术软件得到各界址点的 CGCS2000 大地坐标及各用海单元的面积。经计算，本工程申请填海面积 19.4193hm^2 ，港池蓄水面积 1.2527hm^2 ；疏浚施工期用海 35.1859hm^2 。本项目主体工程宗海图见图 7.5-25~图 7.5-29，施工期用海宗海图见图 7.5-30~图 7.5-31。

总体而言，本工程用海范围根据福建省交通规划设计院有限公司编制的《福州港江阴港区壁头作业区 14#泊位工程可行性研究报告》总平面布置图，结合海籍调查规范进行用海范围及面积界定，能够满足项目用海需要。本工程用海面积合理。

福州港江阴港区壁头作业区14#泊位工程宗海位置图

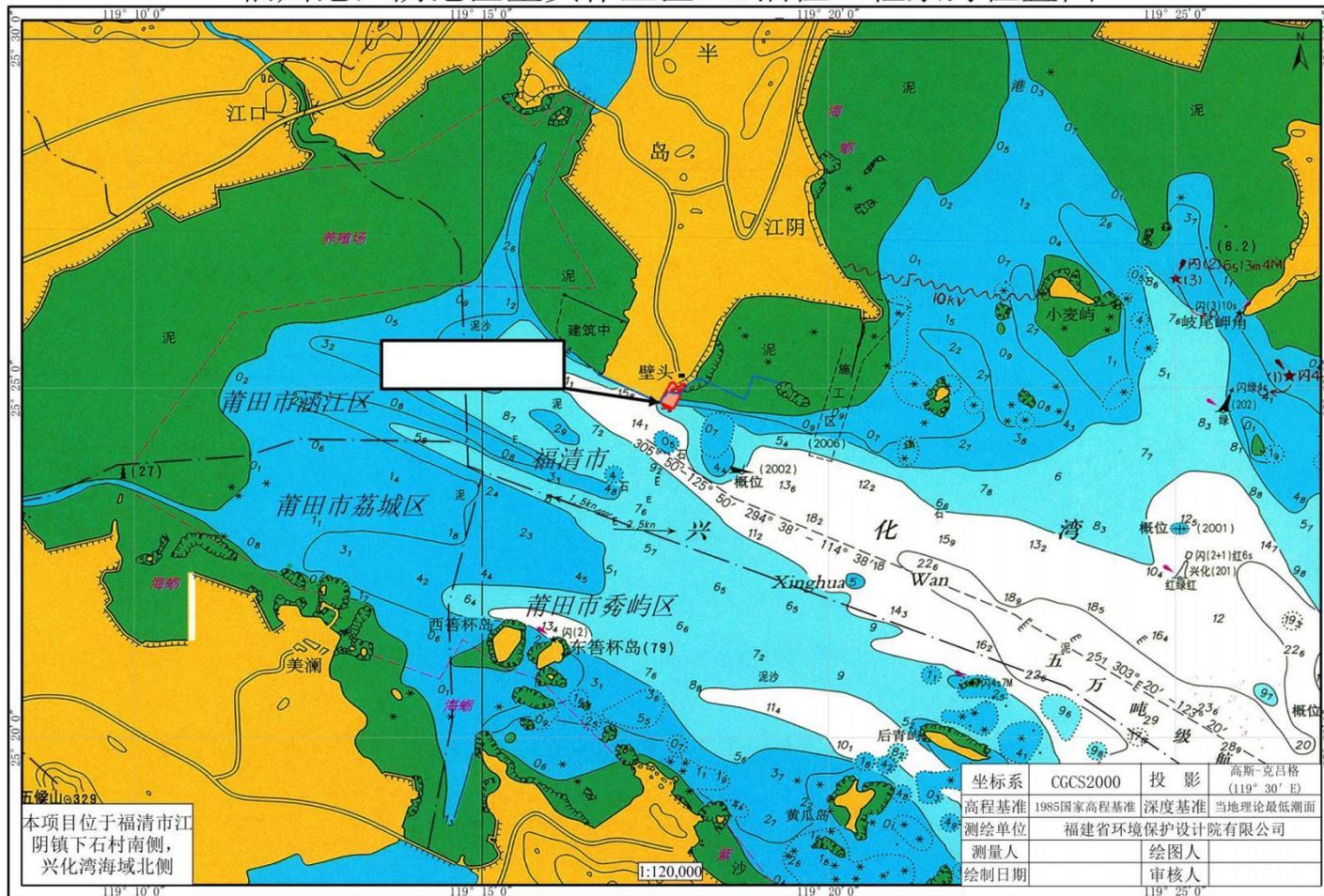


图 7.5-25 本项目宗海位置图

福州港江阴港区壁头作业区14#泊位工程宗海平面布置图

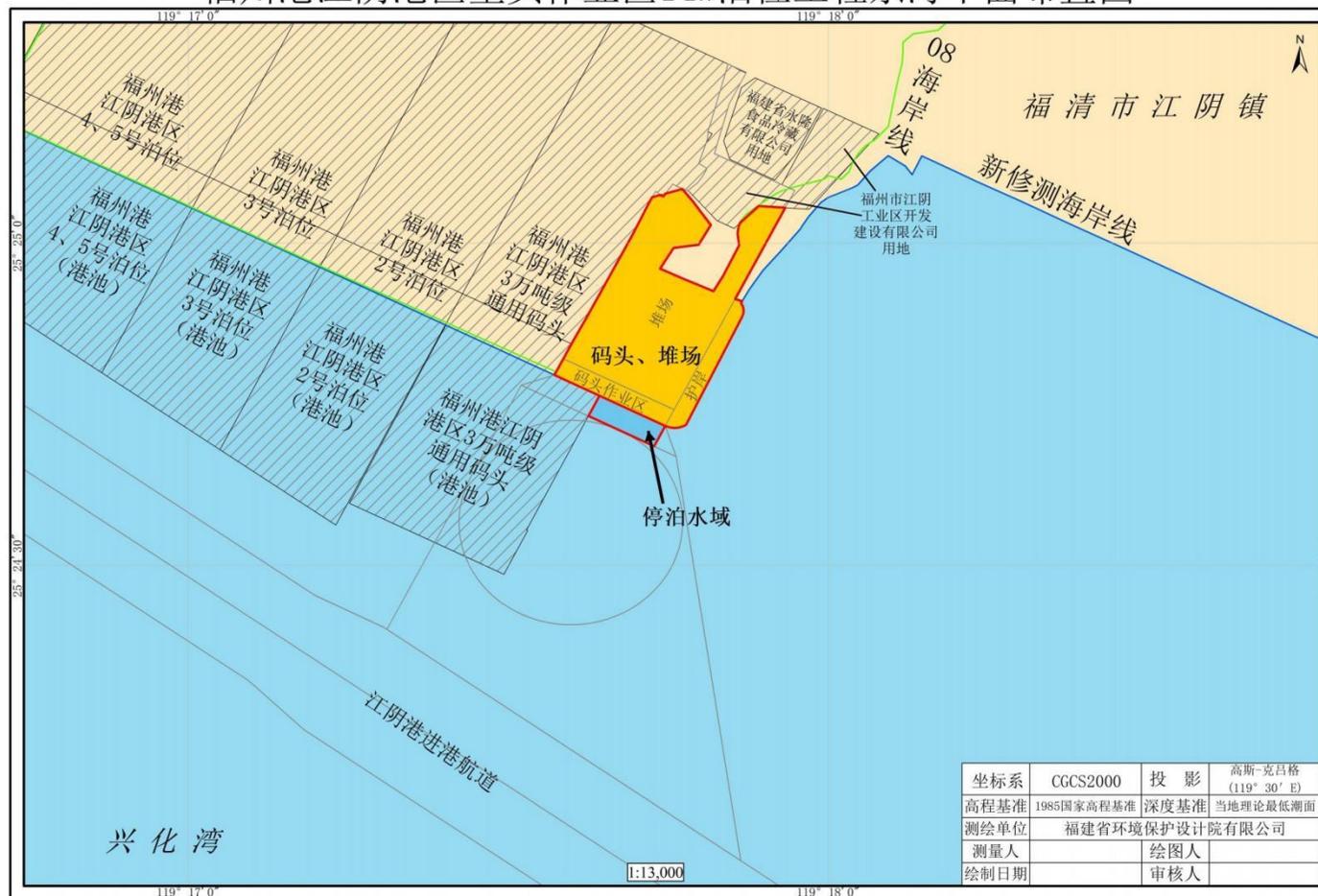


图 7.5-26 本项目宗海平面布置图

福州港江阴港区壁头作业区14#泊位工程（码头、堆场）宗海界址图



图 7.5-27 本项目宗海界址图（码头、堆场）

图 7.5-28 本项目宗海界址图附表（码头、堆场）

福州港江阴港区壁头作业区14#泊位工程（停泊水域）宗海界址图



图 7.5-29 本项目宗海界址图（停泊水域）

图 7.5-30 本项目宗海位置图（施工期用海）

福州港江阴港区壁头作业区14#泊位工程施工期用海宗海界址图

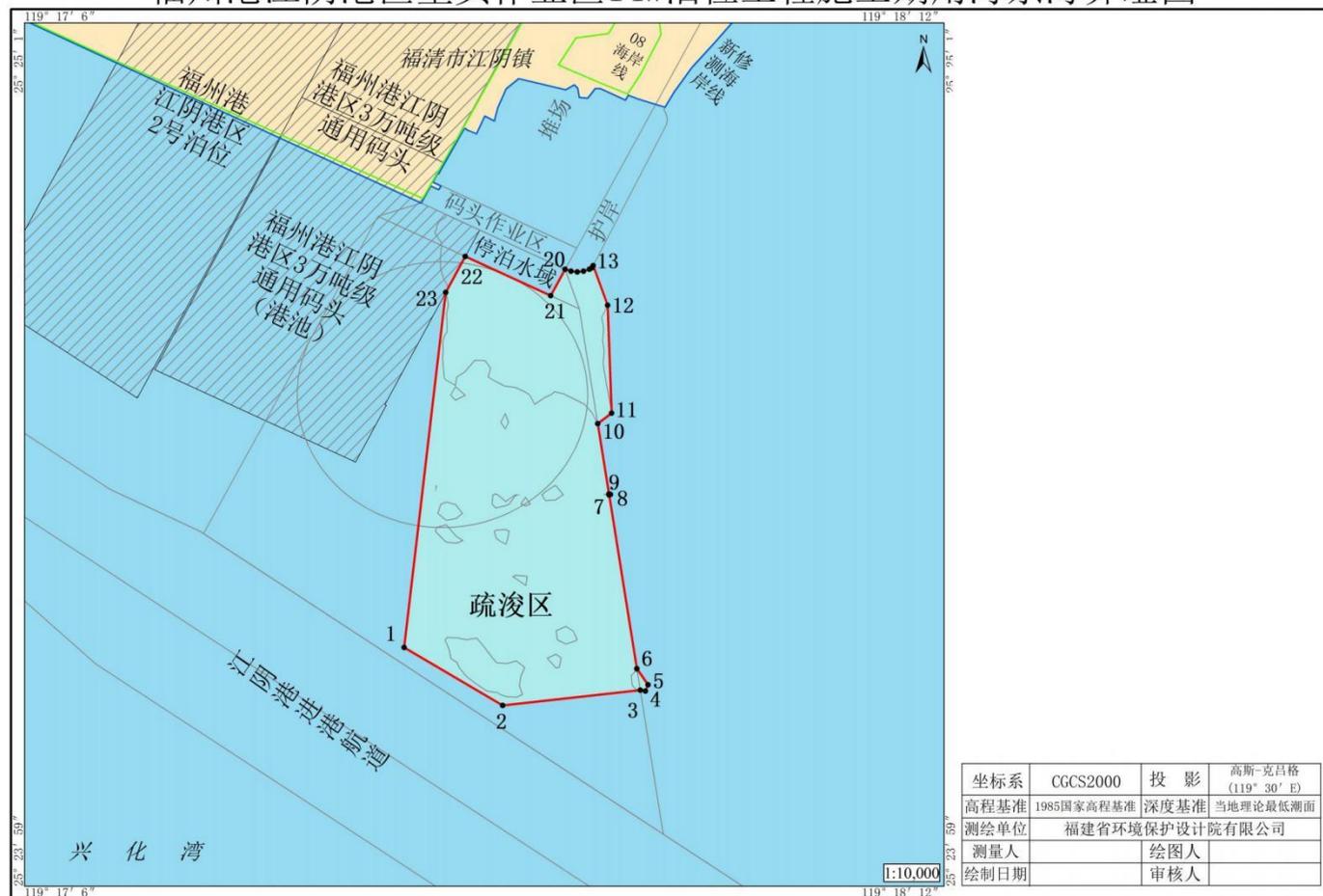


图 7.5-31 本项目宗海界址图（施工期用海）

7.6 用海期限合理性分析

根据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条第（六）款规定：港口、修造船厂等建设工程海域使用权最高期限 50 年。

本项目属于港口建设工程，最高用海期限为 50 年。本项目码头等水工构筑物设计使用年限为 50 年。因此，本项目码头及停泊水域申请用海期限为 50 年是合理的。

根据施工进度安排，本项目施工期疏浚（含炸礁）约 22 个月，考虑施工过程中存在影响工期的不确定因素等工作需要，本项目港池疏浚施工期申请用海期限为 2 年。

8. 生态用海对策措施

8.1 生态用海对策

8.1.1 平面设计生态化用海

本项目平面设计生态化主要体现在东侧护岸，护岸在保障防洪防潮防浪安全的前提下，采用缓坡式海堤，为海洋生物提供了更多的栖息和繁殖空间，改善了近岸生态环境。护岸采用扭王块（生态混凝土）和当地块石等适宜当地海域生态系统的无害化建筑材料，以利于植物生长和藻类、贝类附着，促进生物多样性的恢复。生态混凝土块，其表面的孔隙结构为海洋生物提供了附着场所，吸引了大量的藻类和贝类生长，丰富了海堤周边的生物群落。

8.1.2 施工期用海对策

（1）在施工期填海形成陆域、建筑材料运输等各种作业过程中，应加强泥沙的散失控制和掉落防范，采用先进技术设备，严格按照操作规程，科学安排作业程序，努力减少施工日数，采取减少泥沙入海量的各种措施，以免造成海水悬浮物含量增加而影响浅海滩涂生物生长和繁殖。

（2）在填海形成陆域等各种工程施工过程中，应加强施工队伍的组织和管理，严格禁止乱填乱毁岸滩，努力避免发生施工区外围浅滩湿地破坏，并尽量缩小岸滩生物栖息地破坏面积，以降低海产资源破坏程度。

（3）加强施工期管理，严格控制污染源，加强防范措施和应急准备，杜绝污染事故发生。加强施工期含油污水、生产污水、生活污水的收集处理和生活垃圾、生产垃圾的收集处置，严格禁止向海域倾倒各种垃圾与排放未处理达标的各类废水。

（4）应该选用效率高、噪声低的施工机械设备和大型运输车辆进入工地施工，而不选用噪声大、效率低的农用车、拖拉机进入工地参与施工，同时采用先进快速施工工艺，缩短工期，减少施工噪声影响的时间。拟建工程施工噪声应严格按照《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）进行控制。

（5）施工单位在施工前期充分做好海域生态环境保护的宣传教育工作，组织施工人员学习有关法律法规等，增强施工人员对生态环境保护的意识；建议施工单位制定有关海洋生态环境保护奖惩制度，落实岗位责任制。

(6) 建设单位应与施工单位签订施工期环境管理合同，对施工全过程进行环境监理，加强施工现场监督和检查，确保施工单位按环境保护和水土保持措施要求进行施工。施工期要落实海洋环境监测计划，以避免对海洋生态环境的不利影响。海洋环境监测计划应报主管部门备案后执行。

(7) 在疏浚开挖施工过程中尽量采取环保措施，合理安排施工船舶数量、位置及进度，在施工过程中严格按照施工组织方案进行，尽可能缩短施工期以减小对周围环境的不利影响；对施工船只进行机械管理，严禁带“病”作业，防止发生机油泄漏事故，船上清洗禁止使用含磷洗衣粉；对施工船舶垃圾定期回收至岸上的垃圾场处理，严禁施工垃圾倾倒入海污染水域。

(8) 为降低疏浚物扩散对项目海域生态环境的影响，应采取针对性工程措施，降低疏浚物扩散范围，减少对海域生态环境的破坏。疏浚开挖过程采用合理的开挖设备和工艺，要求所有开挖船、测量船和运输驳船装备有精确的自动监测和定位设备和深度指示器等，从而实现高精度的定深挖泥，提高施工精度，确保泥沙处置工作准确、有效进行，减少不必要的土方量，降低施工作业对周围水体的扰动，减轻对周边海水水质和海洋生态环境的影响。

(9) 由于疏浚开挖会造成开挖区域的底栖生物全部损失，同时，施工将增大悬浮泥沙浓度，也会对项目所在海区的浮游动植物、底栖生物、渔业资源等造成一定的影响。建设单位应按照要求落实相应的生态补偿措施。

8.1.3 营运期用海对策

(1) 严格禁止向海域倾倒各种垃圾和排放未达标的含油废水以及其它有害有毒废水，及时向有关部门通报排污情况。

(2) 本工程生活通过拟建化粪池预处理达标后，排入市政污水管网，纳入江阴工业集中区污水处理厂统一处理。生产废水依托 1#泊位已建污水处理站处理后排入江阴工业集中区污水处理厂进一步处理。船舶污水委托有资质单位进行处置。本项目各项污水均不排海，建设单位应按照环评报告落实相应环保措施。

(3) 项目运营期要严格落实船舶溢油、通航安全和台风、风暴潮等风险防范措施，以免对周边海域的生态系统造成严重污染。加强码头运行期环境管理，严格控制污染源。坚决杜绝污染事故特别是人为溢油事故发生，投入必要的资金、人员，建立对突发性溢油事故的应急队伍、应急措施和配备应急器材。

(4) 为了减少工程建设对海洋生物资源造成的影响，建设单位应投入生态环保专项经费，主要用于生态修复、科研、管理等项目上。

(5) 项目运营应定期开展监视监测工作，及时了解周边海域生态环境变化情况。

(6) 对作业人员进行环保意识教育，讲解垃圾分类常识，杜绝垃圾乱扔弃。

8.1.4 生态跟踪监测

根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》等相关规定和要求，在围填海工程施工期间、施工完成后，需制定生态跟踪监测方案，重点跟踪监测：水文动力冲淤环境变化、水质、沉积物、生物质量及生物生态变化。其中，海洋环境监测范围与海洋环境调查范围一致，海洋环境监测站位尽量与海洋环境调查站位保持一致。营运期间，需开展后评估监测，科学评估填海区及周边海域的水动力、冲淤环境及岸滩稳定性变化。建设单位应委托有资质的环境监测单位开展海域使用资源环境状况的动态跟踪监测，并由环境监测单位提交有效计量认证监测结果。

根据《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》，结合自然资办函〔2022〕640号文件中附件2的相关要求，本项目用海跟踪监测方案可参照表8.1-1，监测站位参考图8.1-1~图8.1-2。

表 8.1-1 环境跟踪监测计划表

表 8.1-2 环境跟踪监测站位表

图 8.1-1 填海区水文与地形跟踪监测站位布置图

图 8.1-2 填海区生态跟踪监测站位布置图

8.2 生态保护修复措施

8.2.1 生态修复目标

(1) 造成的生态问题

本项目新增的生态问题包括占用一般湿地、海洋生物资源量减少、项目周边区域水动力环境的改变以及填海施工造成的泥沙羽状流等将影响区域海洋环境质量等。

根据项目主要生态问题和区域功能定位,结合项目区填海造地建设工程实际,本项目生态修复以恢复海洋生态系统服务功能与价值为目的,通过增殖放流、栖息地生境恢复、岸线生态化改造以及完成项目区涉及历史遗留围填海工程的生态修复工作等措施进行海洋生物资源恢复、海洋湿地异地修复。

(2) 生态修复目标

项目用海区位于兴化湾北岸江阴半岛,地处福清市江阴镇下石村南侧海域,工程海域海洋生态环境质量总体良好,滩涂资源和海洋生物资源丰富,环境质量本底条件较好。项目用海造成的主要生态环境问题包括:缩短海岸线,降低岸线曲折率,降低了海岸生态系统多样性;海洋生物资源损失;占用滩涂湿地,造成生物资源和生态系统服务价值损失。

结合项目所在区域实际情况,在海洋生态文明思想的指导下,基于《围填海项目生态保护修复方案编制技术指南(试行)》(自然资办发〔2018〕36号)等围填海生态修复保护修复相关法规政策要求,结合围填海生态受损评估结果,针对填海工程造成的生态受损应用相应的生态保护措施和生态修复措施,提出本项目围填海工程海洋生态修复目标为:

阶段目标:开展增殖放流和人工岸线生态化异地补偿修复两个方面的生态保护修复,实现生态修复投资不低于生态损害价值等基本要求。拟开展增殖放流、人工岸线海堤生态化改造 192m 和红树林生态恢复岸线修复 99m。

总体目标:最大限度地补偿恢复填海造成的生态损失,通过增殖放流,促进区域生物资源恢复,实现生物资源损失等价恢复;开展下垄村段海堤生态化改造、岭口村段红树林种植修复,打造海岸生态防护体系,提升区域生物多样性。

表 8.2-1 本项目生态修复方案重点

经估算本项目生态补偿金约 841 万元,本项目生态修复资金拟投入 875 万元。本项目涉及 2 处历史围填海造成生物资源损失为 68.65 万元,由福州江阴港城经济区管理委员会参照围填海历史图斑生态修复方案开展不低于 68.65 万元的生态修复,本项目的生态修复措施方案已经取得福清市自然资源和规划局的同意(见附件 15)。

综上，本项目拟采取生态修复措施及位置见表 8.2-2、图 8.2-1。

表 8.2-2 本项目生态修复措施一览表

图 8.2-1 本项目生态修复方案位置图

8.2.2 历史遗留围填海工程生态修复措施

(1) 兴化湾片区围填海历史遗留问题项目生态修复情况

根据自然资办函〔2024〕889号、自然资海域海岛函〔2024〕69号文件相关要求，本项目应切实加强生态保护修复，按要求完成生态评估和生态修复方案编制，生态修复方案编制；按照《围填海工程海堤生态化建设标准》等已颁布的有关技术标准规范，逐条落实生态保护修复措施，明确年度工作安排和跟踪监测计划；生态修复措施涉及修复岸线的，要结合本省自然岸线保有率管控指标，补充修复后达到生态恢复岸线标准的岸线长度。

本项目利用的历史围填海已完成生态评估和生态修复方案编制工作。根据福清市人民政府2022年编制的《福清市兴化湾片区围填海项目生态评估报告（报批稿）》，350181-0074、350181-0075图斑海洋生态系统服务功能损失的价值分别为122.40万元、104.04万元；围填海导致海洋生物经济损失价值分别为**34.90万元、33.75万元**。350181-0074、350181-0075图斑均不涉及占用生态红线保护红线和无居民海岛，对海洋环境影响有限，因此处置方案均为不予拆除。根据《兴化湾片区围填海历史遗留问题项目生态保护修复方案（报批稿）》，对于本项目所在的兴化湾片区围填海历史遗留问题生态修复方案涉及退填还海工程、护岸加固、海堤生态化修复、沙滩修复、无居民海岛岸滩整治、鸟类栖息地生境构建、渔业增殖放流工程、红树林种植与繁育。具体时间安排见表8.2-3，目前生态修复已完成投资240万元的红树林种植修复，其他修复措施均在推进中。

表 8.2-3 兴化湾片区围填海历史遗留问题项目生态修复方案安排表

(2) 本项目涉及历史围填海图斑生态修复方案

针对本项目所涉及的350181-0074、350181-0075两个未批已填围填海历史遗留图斑造成的生态损害价值为68.65万元（34.90万元和33.75万元）。本项目涉及到350181-0074、350181-0075两个“未批已填”类区域的生态修复资金由福州江阴港城经济区管委会承担（详见附件16），修复主体为福州江阴港城经济区管委会。

根据福清市人民政府编制的《福清市兴化湾片区围填海项目生态评估报告》（2022年12月）和《兴化湾片区围填海历史遗留问题项目生态保护修复方案（报

批稿)》(2023年4月),本项目历史围填海图斑生态修复措施从《兴化湾片区围填海历史遗留问题项目生态保护修复方案(报批稿)》选取一项修复措施开展,拟选取太子屿无居民海岛岸滩整治,在图斑350181-0024图斑南侧和北侧岸滩生态修复(见图8.2-2),拟整治修复太子屿无居民海岛岸滩面积0.2hm²,总投资约100万元。

根据现场调查,太子屿无居民海岛建设开发活动带来的建筑及生活垃圾无序地堆放在围填区域北侧;砂质岸滩被碎石垃圾等覆盖;水泥路连通码头,边坡有少量的草本植被生长,植被种类单一;南侧为土质陡坡,且位于无居民海岛迎风侧,该区域风浪较大,易造成岸滩侵蚀塌方。

针对以上生态问题,拟在围填区域北侧实施岸滩环境整治,进行垃圾及沙滩上的碎石清运,并投放垃圾桶;补种灌木及其它草本观赏植被美化环境;对沙滩进行维护,增加民众亲水空间。在南侧易塌方岸段投放块石等进行消波减浪,在不破坏生态环境的情况下,减轻岸滩侵蚀危害。

图 8.2-2 太子屿区域现状及修复位置图

8.2.3 福清兴化湾增殖放流

为弥补工程建设对兴化湾海域海洋渔业资源的影响,应有计划地开展人工增殖放流活动,补充以海区被破坏种类的早期苗种资源量,扩大补充群体规模。

项目建设单位应根据《中国水生生物资源养护行动纲要》精神及农业部《水生生物增殖放流管理规定》(农业部令第20号)、《关于进一步做好水生生物增殖放流工作的通知》(农办渔〔2024〕5号)的要求,遵循依法依规、因地制宜、科学有序、突出重点的原则实施增殖放流;同时放流的种类需兼顾生物多样性、生物安全、技术可行、兼顾效益、对接修复五大原则。

8.2.3.1 拟放流物种确定

本项目位于兴化湾海域,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)文件要求,殖放流种类可选择黄姑鱼、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、中国花鲈、点带石斑鱼、赤点石斑鱼、青石斑鱼、云纹石斑鱼、斜带髯鲷、鲷鱼、曼氏无针乌贼、中国鲎等。

结合海区环境、苗种繁育技术成熟度、苗种供应能力及主要渔业经济种的特点，拟放流物种确定如下：黄姑鱼、日本对虾、拟穴青蟹、真鲷、黄鳍鲷、褐菖鲉、泥蚶、缢蛏、中国鲎等 9 个种类。放流苗种坚持以种群修复、渔民增收为基础。其中中国鲎放流所用资金纳入“中国鲎栖息地修复”中。

8.2.3.2 放流种类、规格、数量和频次

根据《福建省水生生物增殖放流技术规范》（DB35/T 1661-2017），结合目前福建水产种苗产业规模生产能力、技术水平及发展现状，放流种类、规格和数量见下表 8.2-4。增殖放流周期为 2026-2029 年。

表 8.2-4 海洋生物资源增殖放流苗种经费预算表

8.2.3.3 苗种生产监管、运输与验收

1) 苗种生产监管。为确保放流品种为仔一代的苗种和质量，拟组织专家适时跟踪种苗生产情况，检查苗种繁育亲体质量和生产技术管理。

2) 苗种检疫、检验。按照《农业部办公厅关于开展增殖放流经济水产苗种质量安全检验的通知》文件精神（农办渔〔2009〕52 号），开展放流苗种检验工作，同时开展部分病毒的检测工作。严格规范样品采用与送检，苗种放流前，组织开展苗种检疫检验。具体要求：苗种均要符合农业农村部《水生生物增殖放流管理规定》要求，放流苗种要具备资质检测单位的检测健康无病害报告书（对虾类检测①对虾白斑病毒②桃拉综合症病毒；鱼类检测①病毒性出血性败血症②病毒性脑病和视网膜病③虹彩病毒；蟹类检测①纤毛虫②弧菌病）和无禁用药物残留的合格检测报告（检测呋喃类、氯霉素和孔雀石绿）。

3) 苗种运输。苗种用活水车进行运输，运输途中保持充氧、控温。用帆布桶或塑料桶进行包装。包装前应视物种采取停食、适应性训练等措施，并控制包装用水与放流水域小于或等于 2°C、盐度差小于或等于 3。

4) 苗种验收。苗种运送到指定放流地点后，由渔业行政监管部门、渔业执法、公证部门、专家组组成验收组开展苗种验收，出具水生生物增殖放流项目现场验收报告、生物学测定表等验收凭证。苗种规格测定：增殖放流苗种的规格以放流现场测量为准。增殖放流苗种出池前，逐池均量随机取样，虾苗、鱼苗、蟹苗取样总数量不少于 50 尾；现场测量苗种规格，计算苗种规格合格率。苗种质

量要求：苗种规格整齐、活力强、外观完整、体表光洁；苗种规格合格率 $\geq 85\%$ ，死亡率、伤残率、体色异常率、挂脏率之和 $< 5\%$ 。

5) 计数方法。按照农业部渔业管理局和全国水技推广总站编制的《水生生物增殖放流管理制度与技术规范汇编》——“水生生物增殖放流技术规程”（SC/T9401-2010）的计数方法，虾苗采用抽样数量法，鱼苗采用抽样重量法进行数量计算。

8.2.3.4 放流方式

科学选定放流区域与放流季节。放流区域至少细分为滩涂区域、浅海区域等，根据其环境特点放流合适的海洋生物种类；放流季节应根据放流生物种类的生长繁殖特点来确定具体放流时间。

本项目拟增殖放流的物种规格较小，采用常规投放法放流。放流一般在高潮期进行，人工将鱼苗、虾苗尽可能贴近水面（距水面不超过 0.5 m）顺风缓慢放入增殖放流水域。需要利用船舶放流的，应将苗种运至预定放流海域，船速控制小于 0.5 m/s。

8.2.3.5 增殖放流样品标记

采用锶元素耳石标记、微卫星分子标记等方法标记放流物种，分析渔获物种类、数量和生物量组成，比对放流物种，对放流群体的迁移、生长、捕捞、效益及其在渔获物中的比例、生物量变动情况进行分析。

锶元素耳石标记：基于锶元素的耳石指纹标志技术是鱼类标志放流研究领域中的一项重要技术手段。锶元素的耳石指纹标志技术主要通过阶段性提高增殖放流鱼苗饲养水体中锶元素浓度，使其在该阶段的鱼苗耳石区位形成富集，进而在该阶段耳石区段形成可终身携带的耳石指纹标记。

放流苗种的育苗场内，通过加入六水合氯化锶，提高育苗池中水体锶离子浓度到 0.05~0.10g/L，对日龄为 30~40 天的仔鱼进行锶标志。饲养条件均在育苗场所规定的正常生长环境中，仅提高饲养水体中锶离子浓度。由于育苗过程中需要每天换水，因此每次换水后需要加入等量的六水合氯化锶，具体重量通过公式和换水体积计算得知，以确保育苗池中锶离子浓度的稳定。锶标志标记时间为 10 天。标志结束后，留 10 尾仔鱼作为样本，以作对照。在实验室内测量对照样本体长并挖取耳石，使用耳石研磨机研磨制成耳石磨片。研磨过程中确保通过耳

石核心，保证数据的准确性。

分子标记：相对于传统标志方法，分子标记在标志放流中具有明显优势；一是由于直接利用放流个体的遗传学信息，分子标记不因个体的生物学行为发生改变或遗失，具有极好的稳定性；二是放流前只需要采集亲本的遗传信息，而不必对放流苗种进行任何操作，既避免了标志过程对苗种的伤害，又省去了烦琐的操作过程；三是分子标记在判别放流个体的同时，还可以监测亲本和放流群体的遗传多样性水平，研究放流群体对野生群体的遗传影响，对增殖放流的遗传学管理有一定的指导作用。

8.2.4 中国鲎栖息地生境修复

中国鲎在五亿年前就存在，被人称作活化石。被列入《世界自然保护联盟濒危物种红色名录》（IUCN）2018年 ver3.1—濒危（EN）；2021年被列入《国家重点保护野生动物名录》，认定为国家二级保护野生动物。农业农村部连续多年每年安排专项资金开展人工增殖放流活动，同时鼓励在海区建设项目后进行海洋生态补偿。

图 8.2-3 中国鲎

由于中国鲎对海洋环境的要求较为苛刻，且生长周期长，加之人为因素的影响，近年来，中国鲎种群资源数量锐减，不少历史上重要的中国鲎产卵保育场所遭受了破坏。兴化湾曾是中国鲎的重要栖息地。随着人类活动的影响，中国鲎在该地区的数量和栖息地已经显著减少。

8.2.4.1 中国鲎栖息地修复

本项目计划在兴化湾内选取适宜潮间带开展中国鲎栖息地生境修复工作，以期建立可持续鲎种群。计划实施周期3年（2026年—2028年）。

项目拟选择修复中国鲎栖息地地势平坦，潮间带较长，滩涂内生境多样，有沙滩、泥滩、亚潮带等适合鲎的产卵场、孵育场以及栖息地，同时也是多毛类和双壳类的栖息地，为中国鲎提供丰富的饵料来源；此外，项目区周边无旅游区，扰动小，较大程度地保留了中国鲎栖息生境，场地适合中国鲎繁育。

中国鲎主要分布于暖水性海域，生活在浅海沙泥质海底。幼鲎喜居于盐度较低的河口及红树林浅水区，随着个体的不断增长，逐渐移向浅海饵料丰富的区域

生活。故计划开展滩涂改造、红树林补种、生态廊道建设等三种途径恢复中国鲨的栖息地。

表 8.2-5 中国鲨栖息地修复计划

8.2.4.2 技术可行

(1) 当前，国内顶尖科研院所已在生物学、海洋生态学及环境科学领域内深耕多年，积累了深厚且针对性的知识体系，为中国鲨这一珍稀物种及其生态系统的综合研究奠定了坚实的理论基础。特别是在福建、广西、广东等沿海区域，由经验丰富的研究团队引领，长期致力于中国鲨的生态习性、种群动态及海洋生态环境影响的深入研究。这些团队不仅精通传统生态调查技术，更率先应用并熟练掌握了遥感监测、高精度多光谱反演等现代科技手段，结合先进的潜水器调查技术，实现了对海洋环境的立体、多维度观测。通过上述技术手段的集成应用，研究团队能够高效、系统地收集中国鲨及其栖息地的多维度数据，从物种分布、行为习性、遗传多样性到生境质量评估等多个层面进行深入剖析。因此，从技术层面分析，针对中国鲨及其栖息环境的保护与研究，已具备充分的技术可行性。

(2) 人工繁育和幼体培育技术：已经完成中国鲨大规模苗种培育关键技术研究，完成了福建沿海中国鲨性腺繁育周年变化、开发了中国鲨幼体仿生态养殖系统，并形成了最新科研成果。

(3) 项目采用工程技术提供支撑，对恢复区域内的光滩、浅水、深水、盐生植被等不同生境进行了针对性地营造，同时辅以潮池、定期投放饵等措施，为中国鲨栖息地恢复和增殖放流提供了良好的基础。

8.2.4.3 中国鲨栖息地修复

(1) 修复流程

修复流程如下图所示：

图 8.2-4 中国鲨栖息地生态修复技术路线图

(2) 修复方案

对滩涂进行微地形改造，保持坡度相对较缓，控制在 $2^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 之间，营造 1) 沙滩：作为产卵场与孵育场（生殖季在满潮线）；2) 泥滩：供幼鲨栖息地（潮间带）；3) 亚潮带：作为成鲨栖息地（海水深在 10-30m 左右），为底栖生物

提供了优越的生存环境，以及满足中国鲎在不同生命阶段的需求。同时，在滩涂上设置潮池，在涨潮时收集海水，在退潮时保留海水，模拟类似岩池的潮汐池环境，使修复区更具有天然海岸的特征。

图 8.2-5 中国鲎栖息地示意图

8.2.4.4 中国鲎增殖放流

根据鲎放流规格、时间、地点，海区水质、盐度、滩涂底质等情况，确定安排驯化具体工作，后开展人工增殖放流活动。

放流样本应选择苗体健壮、体表光滑、色泽鲜艳、游动活泼、无外伤、无充血、无寄生虫的健康鲎苗。按照规定办理并获得检验检疫报告书。放流时间前 2h 将中国鲎苗运送到放流指定地点，进行现场验收并通过公证单位拍照留存图片证明，由专业人员负责管理至放流活动结束。由于苗爬行和游动能力都较慢，放流时一定要选择合适位置，要贴近水面散播于水中。工作人员到达指定放流海域实施放流，合理地将鲎苗或成体散放到潮间带指定海域，放流过程经监督单位、公证单位现场监督指导。放流活动结束后，在放流海域附近通过竖立公告牌的方式进行活动公示。

中国鲎增殖放流按照不同规格逐年混合放流。中国鲎放流计划详见表 8.2-6。

表 8.2-6 中国鲎人工增殖放流计划

8.2.4.5 智能化监管与公众参与

中国鲎的产卵和幼体孵化高度依赖潮间带环境，其通常选择农历大潮（满月或新月）期间上岸产卵，因高潮线可达滩涂更高处，便于卵的孵化；大潮期潮水涨落幅度大，幼鲎在退潮后更易停留在滩涂高处，避免被后续潮水卷走，同时减少人为活动（如捕捞）的干扰，提高幼鲎存活率。根据这一特性，利用无人机等智能化手段对放流滩涂区域进行特定月相监测评估，以制定更精准的放流方案。

中国鲎栖息地生境修复实施过程中建立社区共管机制，宣传鼓励周边养殖户、渔民参与日常巡护工作，增强公众的保护意识。

8.2.5 岭口村段红树林生境修复工程

8.2.5.1 修复区概况

（1）拟修复岸线属性

拟修复岸线位于福清市江阴镇岭口村东侧海域，岸线长 99m，据 2019 年修测岸线结果均为人工岸线属性，拟修复成红树林生物岸线，建议纳入福清市自然岸线整治修复计划，岸线修复后纳入县级自然岸线储备库。拟修复人工岸线位置及属性详见表 8.2-7 和图 8.2-6。

表 8.2-7 岭口村拟修复岸线属性

图 8.2-6 岭口村拟修复岸线位置图

(2) 拟修复岸线开发现状及存在的问题

岭口村段海岸为硬式海堤，上方为工厂园区围墙，海岸向海侧位滩涂，海岸生态系统缺乏生态缓冲体系。

图 8.2-7 岭口村拟修复岸线位置现状照

(3) 岸线修复措施

岭口村段海岸为硬式海堤，基于其周边已有成规模红树林（面积约 0.9hm²），环境红树林生长适宜，针对该岸段缺乏海岸生态缓冲体系的现状，开展红树林种植修复，构建海岸红树林生态缓冲体系，提升区域生物多样性。

本岸线的修复方案本着“自然恢复为主，人工修复为辅”的原则，拟通过护岸生态化改造、滩面垃圾清理等措施，将该段岸线修复成生态恢复岸线。

根据《关于开展全国海岸线修测工作的通知》（自然资办函〔2019〕1187号）、《关于进一步做好全国海岸线修测工作的通知》（自然资办函〔2020〕1373号）、《自然资源部办公厅关于印发海岸线调查统计技术规程的通知》（自然资办函〔2023〕2128号）对海岸线类型中生态恢复岸线的规定为：生态恢复岸线主要指通过退围还海、退养还滩、开堤通海、拆除人工构筑物、沙滩养护、生态海堤建设、堤外种植等整治修复措施以及经过自然恢复形成的具有自然海岸形态特征和生态功能的海岸线，本项目对应的生态恢复岸线类型为：

生态恢复的生物岸线：人工构筑物向海侧人工种植、培育或者自然恢复形成的红树林等，形成一定宽度的潮间带和相对稳定的生态系统（互花米草等入侵物种除外）。其中，红树林覆盖平均宽度大于 15 米且潮间带植被覆盖度大于 30%。

(4) 修复区生境状况分析

红树林海岸修复区位于福清兴化湾江阴镇岭口村东侧海岸,属于热带和亚热带气候带,适宜红树林生长,工程区全年平均气温为 20.6℃,雨量充沛,接近兴化湾湾顶,为陆域河道入海口附近,适宜红树植物生长,紧邻修复岸段已有新种红树林修复种植,红树林长势良好。

图 8.2-8 岭口村段周边红树林现状分布照片

8.2.5.2 修复原则

①生态优先,自然修复

尊重红树林生态系统演替规律和内在机理、充分利用红树植物繁殖体的扩散能力和生境条件,结合福建省往年红树林修复项目经验,开展以自然恢复为主,辅以适度人工补种方式,实施红树植物和滨海滩涂生态系统的自然恢复。

②人工辅助,因地施策

充分开展项目区现状调查,明确生态修复必要性、合理性。合理规划修复目标、区域、技术方法,确定修复方案科学合理。在红树植物系统修复过程中,充分考虑其他生物群落和生态过程,协调各生态系统和谐稳定发展。重视红树林修复区周边滩涂和浅水水域保护和修复,重视生物多样性保护,保障红树林生态系统的完整性和连通性。

③河海联动,整体保护

建立河口红树林生态屏障、生态缓冲带,补充区域生态短板,完善生态位建设,整体改善河口区域生态环境质量,提升总体生态系统服务价值,构筑龙江口生态安全屏障。

④统筹规划,循序渐进

修复项目应符合城市功能区划、旅游发展规划、区域发展规划,衔接国土空间规划、护花米草处治行动、红树林专项行动等。充分考虑滨海滩涂环境的不稳定性,在红树林修复过程中不要求一步到位,分片区修复,稳步推进。

⑤公众参与,社会经济

鼓励修复周边区域公众积极性,提高民众配合度,提高公众对修复项目的认可度。修复成效以生态效益为主,实现恢复岸滩生态功能、保障民生安全、实现岸滩可持续发展,满足社会经济效益。

8.2.5.3 总平面布置方案

江阴镇岭口村东侧海岸生态修复,拟通过开展海堤滩面清理和堤前红树林种植营造形成红树林生态恢复岸线。垂直海岸方向,红树林种植宽度 30m,种植岸线长度 99m,总面积约 0.3hm²。

图 8.2-9 岭口村段红树林生境修复效果图

8.2.5.4 种植方案

①红树林品种选择

本项目红树林造林树种根据土壤底质、潮滩高度、盐度和风浪影响程度等因素,在结合福清湾内的气候条件及原生红树植物生长情况,保障生态安全的基础上,引入适应性强的红树林树种。秋茄广泛分布于广东、广西、福建等地区,具有较强的适应性、显著的生态功能以及相对容易的种植与管理等优势,秋茄对于恢复红树林生态系统、保护海岸线稳定性和维护生物多样性有较强的促进作用。因此,本项目选用的红树林树种为秋茄。秋茄是红树科秋茄树属植物,多年生常绿灌木,也是最能够耐寒的红树种类,最北能分布到浙江南部。秋茄植株由根、茎、叶、花和果实 5 部分组成,高 2~3m。单叶对生,椭圆形或近倒卵形,全缘;叶柄粗,具托叶,早落;伞状花序,白色;繁殖方式为显胎生,在离开母树前果实发育为胚轴,胚轴圆柱形或棒形,表面光滑,成熟后红褐色;胚轴成熟后落入泥滩开始萌发,发育成新的植株。花期 7~8 月,果期 12 月至翌年 5 月。红树植物可以护堤固滩、防风浪冲击、保护农田、降低盐害侵袭,是内陆的天然屏障,同时可以净化海水,吸收污染物,降低海水富营养化程度,防止赤潮发生。

图 8.2-10 秋茄植物生长图

②种植方案比选

本项目确定选用的红树林树种为秋茄。秋茄造林方法主要有胚轴插植法、幼苗种植法两种。

1) 胚轴插植法

胚轴插植法是从野外直接采集繁殖体种植。本方法成本低、操作易,但受繁殖体成熟的时间限制,通常每年只有 1~2 次。胚轴插植适于在有遮蔽或有成林

掩护的岸段，通常把胚轴长度的 1/3~1/2 直接插入淤泥。为防止胚轴插植后被海浪冲走，或在底质坚硬、风浪大的恶劣生境中种植，可在定植后用竹条或塑料管搀扶固定；对隐胎生、繁殖体短小的红树植物，可用种子保护罩保护。本方法操作简便，在潮汐不强的区域造林成活率较高，是目前秋茄造林的主导方法。

2) 幼苗种植法

幼苗种植法大多在种植前使用容器育苗。育苗使用的培养基质可用人工调配的培养土，亦可用天然滩涂的淤泥或细沙，但需要根据不同树种选择不同的培养基质。待苗木培养一定的时间后，便可连带容器出圃用于造林种植。但需要注意苗木出圃规格的控制，不同红树植物有不同的高度适宜范围，太低会因苗木太小过于娇嫩，太高则因根系过长在出圃时易受损伤，两者均会降低造林的成活率。幼苗种植法虽增加了成本，但可以为红树林恢复工程提供质量更好、抗性更强的苗木，在一定程度上提高造林成活率，目前正逐渐成为另一种主流的造林方法。

3) 方案比选

胚轴造林是红树林造林过程中应用比较普遍的一种方式，该方式适合应用在大型繁殖体种类造林中，由于胚轴较小，在造林过程中，容易被潮水冲刷掉，不利于植物生长。一般3年秋茄容器苗造林实生高可以达到胚轴造林4年的实生高，甚至更高。在实际造林期间，幼苗种植法通过容器苗进行造林与胚轴造林相比，可以缩短约1年左右的幼苗生产期。对大量的红树造林进行分析发现，胚轴造林实高生长快速期出现在第2年，在此期间，秋茄的生长速率处于60%~80%。幼苗种植法相较胚轴插植法虽增加了成本，但可以为红树林恢复工程提供质量更好、抗性更强的苗木，在一定程度上提高造林成活率和生长质量。通过对项目需求、环境条件、预算和管理能力综合考虑，幼苗种植法在红树林修复中取得的效果更加理想。因此，秋茄种植方案选择幼苗种植法，即采用容器苗种植。

③种植方式

秋茄容器苗选用秋茄一年生容器苗，要求使用容器规格不低于高15cm、直径10cm的无纺布容器。叶片生长良好，苗木根系发达，已形成良好的根团，容器不破碎，长势健壮，无断根，苗干通直，色泽正常，充分木质化，无病虫害和机械损伤，高度≥25cm（泥面计算）。育苗容器尽量采用可降解材料，如为不可降解材料，需在种植时取下容器，带出种植区域。

④种植时间和种植密度

容器苗种植于 4 月至 10 月，避开当月大潮日期，宜避开冬季。宜在气温高于 15℃ 的情况下种植，雨季海水盐度降低期间最佳。

合理造林密度有利于提高造林成活率，降低造林成本，提高项目产出。根据《秋茄造林技术规程（福建省地方标准）》，造林密度为 50cm×50cm~100cm×100cm。本次设计根据苗木生长规律，结合标准规范要求，造林后密度 2 万株/hm²。

⑤宜林地改造

基于修复区周边红树林分布现状，该滩涂现有高层可直接种植，无需垫高。宜林地改造主要是开展滩涂表面乱石清理、滩涂平整和底土铺垫。滩涂表面乱石清理后，直接堆放在海岸堤脚，为护岸抛石；再对滩涂滩面进行平整，铺垫种植底土。

⑥养护措施

1) 日常巡护管理

红树林种植后，应加强对造林地抚育和管理，聘请护林员保护林区，定期清理红树林区的海漂垃圾和其他杂物，并防治病虫害、海洋污损生物、草食性螃蟹和外来入侵生物等有害生物，对养护区进行封滩管护，防止村民或其他人员进入红树林进行破坏性作业。护林员也将对红树林的生长进行观察，发现红树林破坏、死亡和病虫害等现象及时联系项目负责人和技术支撑单位人员。

管护应该包括项目建设期的管护和项目建设后的管护，对种植或修复后的红树林开展至少 5 年期的管护。

2) 补植

在完成种植的前 2 年，若发现红树林植物成活率低于 45%，或局部区域出现大面积死亡的情况，应及时开展补植工作，按种植面积的 30%设计补植的工程量。

8.2.6 下垵村海堤生态化改造

8.2.6.1 修复区概况

(1) 拟修复岸线属性

拟修复岸线位于福清市江阴镇下垵村东北部海域，修复岸线 192m，本项目拟修复人工岸线位置及属性详见表 8.2-8 和图 8.2-11。

表 8.2-8 下垵村拟修复岸线属性

图 8.2-11 下垄村拟修复岸线位置图

(2) 拟修复岸线开发现状及存在的问题

下垄村段为石砌海堤，现状为局部侵蚀破损垮塌；堤前为泥质滩涂，宽约 40~60m，堤顶和后方区域基本形成平地，植被较为稀疏，海岸植被防护功能有待提升。

图 8.2-12 下垄村拟修复岸线位置现状照

(3) 岸线修复措施

下垄村段基于现状对人工岸线靠海一侧的堤前带，布设四角空心牡蛎礁，营造适合牡蛎等螺贝类生物栖息的生长环境；堤顶和堤后 2 个区域进行覆土并种植耐盐乡土植被，通过乔灌草组合进行水土保持，并形成海岸防护缓冲带，系统打造海岸生态防护体系。

牡蛎礁在消浪弱流、防止岸线侵蚀方面发挥着重要作用。下垄村段堤面为石砌海堤，现状局部侵蚀破损垮塌，因此堤前带进行牡蛎礁生态修复需通过先构建人工礁体再补充牡蛎的方法构建人工牡蛎礁体，通过布设四角空心牡蛎礁改善固着基环境，为牡蛎幼虫提供可固着变态的硬质结构。

堤顶基于现状分布着南方碱蓬等植物，开展生态网格建设，根据《海堤生态化建设技术指南(HY/T 0469-2025)》，在堤顶碎石区进行覆土种植耐盐乡土植被，选择具备强耐盐性、抗风浪冲刷且在高盐淹环境下成活率高的草本、灌木植被，如南方碱蓬、园草芦、雀草、大叶瞿麦、老鼠簕等，营造多样海岸生境。堤后现场覆土较好区域植被较为密集，分布有木麻黄、台湾相思等物种，修复区整体具备植被修复的气候环境等条件，在堤后进行覆土开展乔灌草组合种植修复，草海桐、露兜、榄仁、黄槿、木麻黄、台湾相思等本地适生海岸植物。利用植物根系的固土作用，通过在堤顶和堤后裸地种植植物，提高海岸带的水土保持能力，塑造海岸生态防护体系并维护岸坡生态功能。通过牡蛎礁生态修复和滨海植被修复，共同构建综合的海岸带生态减灾体系，促进下垄村段海岸地形稳定可持续。

8.2.6.2 剖面布置

海堤生态化修复岸段位于下垄村东侧、渔平高速东港特大桥南侧，全长 192m，

拟通过海堤临海侧前带，布设四角空心牡蛎礁，营造适合牡蛎等螺贝类生物栖息的生长环境，上部碎石裸露区域进行覆土并种植本地种耐盐适生植被，堤后种植乔灌草组合保持水土，系统打造海岸生态防护体系。

8.2.6.3 实施方案

(1) 堤前牡蛎礁构建

修复区下垵村段堤面为石砌海堤，现状局部侵蚀破损垮塌，牡蛎礁在消浪弱流、防止岸线侵蚀方面发挥着重要作用，因此堤前带通过人工牡蛎礁构建进行生态海堤修复。

①人工礁体构建

根据现场调查，修复区现场调查可见礁石上牡蛎分布，海域环境适宜牡蛎生长，但现状牡蛎分布稀少，需通过先构建人工礁体再补充牡蛎的方法进行重建性修复构建人工牡蛎礁体。通过布设四角空心牡蛎礁改善固着基环境，为牡蛎幼虫提供可固着变态的硬质结构。四角空心牡蛎礁礁体材料选用混凝土，具有较高的强度和耐久性，可塑性强。根据海堤前的水动力条件和地形地貌，沿等深线合理布设礁体位置和密度，确保礁体能够发挥有效的生态防护作用。

图 8.2-13 四角空心牡蛎礁示意图

②牡蛎苗种选择与投放

根据《海洋牧场建设技术指南（GB/T 40946-2021）》，修复区优先选用本土品种，以确保牡蛎能够适应当地的海洋环境，提高成活率和生长速度。从临近海域健康种群中采集（遗传相似度 $\geq 90\%$ ），或选择具有种质认证的育苗场人工繁育苗种。选用本土品种福建牡蛎(*Crassostrea angulata*)进行成贝移植，在投放前，应对牡蛎亲体进行检疫和筛选，确保无病虫害和外来物种的侵入。成贝移植时间严格控制在 5 月-6 月繁殖季进行，此时水温及盐度最适宜牡蛎幼虫固着变态。优先选择大潮后 3-5 天的平潮期投放。投放前 7 天需将人工礁体浸入海水促进生物膜形成，采用可降解绳网临时固定，防止亲贝被水流冲散，人工均匀投放牡蛎亲体至牡蛎礁区，确保牡蛎能够顺利附着和生长。同步移植附着硅藻（如新月菱形藻）作为初期饵料，投放后 30 天内每周监测幼虫附着密度，补充率不足时可追加投放。

牡蛎亲体顺利附着并快速生长繁殖后可形成稳定的牡蛎礁生态系统,这将有助于提升海岸带的生物多样性和生态稳定性,为海洋生物的栖息和繁衍提供良好的环境条件。同时,牡蛎礁的形成有助于消减海浪冲击、保障生态海堤稳定性。

(2) 堤顶生态化种植

考虑到修复区位于海湾湾顶河口交汇区受海流、波浪影响较小的堤段,堤前滩地基本稳定,临海侧堤顶可采用植物护面,选取防风抗浪、耐盐碱的本土植物物种进行种植和养护。临海侧上部,因地制宜构建灌草结合、多种群交错的梯度布局,逐级设计植物种植带。植被以本地种灌草组合为主,

图 8.2-14 堤身生态切块修复效果图

(3) 堤后(顶)乔灌草组合种植

选择乡土植被,开展主堤后(顶)乔灌草组合种植,营造海岸植被生态缓冲体系。

1) 灌草组合修复实施

A.植物筛选

堤后植被修复以灌木层和地被层修复为主,建议:1)选用品种以乡土植物为主,为抗风、耐盐、耐旱、耐贫瘠及耐盐雾的,适应沙地环境的沙地植物。2)生态功能与景观价值相结合。3)地被层宜以多年生植物为主,一年生植物为辅。4)在满足绿化、美化的前提下,优先选择固氮植物,适当配置诱鸟植物、蜜源植物和香源植物,吸引鸟类或其他生物。5)禁止选用入侵性的植物,防止对当地植物生态系统造成破坏。

B.植物配置

考虑到修复岸段地处河口,受海洋盐雾作用较弱,近岸3-4m植被以灌木及地被(草)的灌草丛群落配置种植修复。

利用灌草丛群落为总体植物群落起到过渡、立体及层级配置的缓冲效果,丰富景观层次,可选用番杏、卤地菊、珊瑚菜及狗牙根等草本植物,龙舌兰、凤尾丝兰、海滨木槿、红刺露兜及龙血树等灌木植物。

图 8.2-15 灌木及地被(草)的灌草丛群落

C.绿化施工

保留原有的良好环境资源，如地貌、海岸、大树、原有植物群落、景石或其他景观。通过前期基础调查及数据的收集，确定客土的土壤类型及挖填土方总量及配置，满足地势地形的塑造设计要求。土壤消毒、施肥、场地平整耕翻等参照《沿海防护林体系工程建设技术规程》（LY/T 1763-2008）等的规定施工。

D.植物准备

后滨植被修复是以水土保持和海岸植被保护为目的，应就近育苗或引种培育。宜选用茎干粗壮、主根发达、深根系、木质密实、叶片肥厚和抗风能力强的品种，尽量使用中、小规格苗木。必须使用袋栽假植苗，要求土球直径大，包扎完整，保护好根系。移植前采取抗旱、抗盐、抗盐雾锻炼等措施，提高植物的成活率。

E.植物种植

栽种季节：应根据植物的习性、当地气候条件及滨海沙地的环境特点选择最适宜的栽植时间进行种植。1) 春季种植：春季种植季节优于秋冬季，要避免在东北风盛行的秋冬季种植。2) 雨季种植：以雨水湿透土壤和栽植后有连续的阴雨天气为佳，在条件恶劣的地方，要避免在大风、暴雨或高温天气种植。3) 非适宜栽植季节种植：应在适宜季节提前起苗、运到种植区域进行容器假植或带土球栽植。夏季可采用遮阳网、树木裹草保湿、树冠喷雾、喷施用保水剂和抗蒸腾剂，有效减少叶面水分蒸发，秋冬季可采取防风防冻防盐雾措施。宜在阴雨天或傍晚种植，树木采取适当的修剪、摘叶。

栽植要求：本项目修复区海岸以粗砾地、石漠类型土地为主，主要采用土壤改良与填充方式进行客土修复。在较平坦区域直接大面覆土，对不平坦区进行岩石缝隙或坑洼处填充客土，混合有机肥或缓释肥以改善基质条件。对于裸露基岩区采用“客土喷播”技术，混合种子、黏合剂与有机质喷覆岩面；对缓坡地带修筑梯田或鱼鳞坑，对覆土面、坡面进行微地形改造，利用截水沟、排水沟等减少水土流失。种植前应检查种植穴的规格尺寸并进行相应修整。带土球树木种植前应去除土球不易降解的包装物。种植植物时，根系应舒展，并充分接触土壤，回填土应分层踏实。

栽植密度：乔木及灌木参照《城市园林植物种植技术规程》（DBJ/T13-148-2012）标准按照 1.5~2 倍密植，通常在 1200~2500 株/ha，通过成

片密植，增强抗风能力。

F.节水抗旱措施

砂质土壤长期缺水又不易保水，可根据种植现场地理位置、自然条件、种植季节，植物种植时采用营养液、保水剂、生根剂、抗蒸腾剂、遮阳网、树干套袋缠膜等节水抗旱措施。保水剂制成保水袋充分吸水后，置于种植穴中使用，为植物根部提供缓慢释放的水源，长时间保持植物根部土壤湿度。

2) 混交林修复实施

A.混交林带种植类型设计

混交林，混交林的方式采用带状混交、植生组混交、块状混交、自然式组团等。混交林配置比例按面积以木麻黄与景观树种混交比 1：1，常绿和落叶比例为 2：1。

B.混交林修复实施

造林地清理：根据造林地块植被覆盖度和林分状况，以经济、有效、可行为原则，不宜大面积清除，不宜在大风干燥天气作业。清理方式及范围：宽带状清理，宽度 1.0m 顺势平整，主要清除种植点、带的块石、杂灌草等，将剩余物（灌木、杂草）带状平铺于林木间。

整地挖穴：块状整地，挖穴规格 50×40×50cm（面宽×底宽×深度），挖穴时间尽可能在造林 1-2 个月前结束。回填客土，每穴客土 0.1 方。

回客土、施基肥：回客土、施基肥一般在挖穴后进行，将客土回入穴内，以增加穴内养分。回客土时必须拣净枝桠和草根等杂物，以防白蚁危害。施基肥，每穴施有机肥 3.5kg，并与穴内表土充分拌匀，再覆土。

栽植：人工植苗，浇定根水，苗木扶正、填土、压实，栽植时去容器袋，保营养土不碎。施钙镁磷基肥 0.25kg/穴。新造密度 200 株/亩，对应地块设置风沙障。补植密度 46 株/亩。

造林方式：采用植苗造林，于春季的雨天进行造林。栽植时，如果苗木为塑料容器袋的，种植前必须将塑料袋底袋撕破（若为无纺布时，用刀轻微割破袋底，但不需脱袋），栽植时要压紧，注意不能直接踩在袋装营养土上面，以免踩散营养土，影响成活率，必须从营养土外侧向内压紧，然后培土踩实、覆土。

造林密度：根据地块情况、树种生物学特性与苗木大小、培育目标进行综合

确定，地块 1、地块 2 和地块 3 乔灌木的株行距均按 1.5m×1.5m。凡造林未成活或因病虫害危害而死亡的植株，必须于当年及时补植。

幼林抚育：幼林抚育采用块状或沿等高线带状锄草、松土、培土、施肥等抚育措施，连续抚育 3 年；幼林抚育要适时，抚育时应注意防止水土流失。块状除草、松土、带状除草、松土宽 1.2m，每年 2 次，时间 5-6 月、8-9 月。在第 2 年 5-6 月结合抚育时，追肥 1 次，每株施有机肥 5kg。每次抚育后，将抚育的杂草按水平带状堆于林间。

抚育与补植：适时检查成活率，及时进行补植。要经常进行培沙扶苗，每年要进行多次，特别是台风暴雨后应及时培沙扶苗。常规当年抚育 1 次，8~9 月，翌年抚育 1 次，在 3 月进行。抚育时要结合根部扩穴并培沙。幼林要常年管护，防止人为和牛羊破坏，预防火灾和病虫害危害。

施放保水剂：栽植过程在回填熟土至苗根处，按 25g/株撒入保水剂，充分与碎土拌匀，填土灌足水即可；如果土壤粘性较强，需要成比例挖大坑穴，沙拌土回填至苗根下 10cm 处，将事先吸足水的保水剂与土壤（最好再加少量沙）充分混合回填压实，地表覆土。

浇水灌溉设计：洒根法下保水剂，栽植同时进行。

迎风坡地段造林后根据天气需要浇水，秋冬季节至少每两周浇灌一次，采用专用运水车，每年浇水 20 次

8.2.7 生态修复跟踪监测

8.2.7.1 增殖放流后海洋生物跟踪监测与效果评估

（1）增殖放流群体资源调查

本阶段跟踪监测分为 2 个阶段，放流前本底调查和放流后效果评估调查。根据增植物种的生长发育和洄游扩散规律，制定涵盖增殖群体育幼、索饵、越冬和繁殖等全部生活史过程的增殖全跟踪监测方案，详见表 8.2-9、图 8.2-14。

根据重点增殖鱼类一般为 2 年性成熟发育特点，计划以 3 年为跟踪监测周期，按季度每年设置 2 个调查航次，共计 6 个航次。包括放流前 1 年的本地调查，调查时间分别为放流前每年 4 月（春季）、每年 11 月（秋季）；放流后进行 2 个航次的渔业资源跟踪调查，调查时间分别为放流后每年 4 月（春季）、11 月（秋季）。放流前后调查站位相同。按《海洋渔业资源调查规范》（SC/T 9403-2012）

给出的方法和要求，对增殖放流群体资源进行调查和样品采集。

表 8.2-9 增殖放流计划

图 8.2-16 增殖放流跟踪监测点位示意图

(2) 生产渔船渔获物社会（市场）调查

通过组织对兴化湾海域内渔业生产船只进行抽样调查，收集增殖放流品种的捕捞生产情况，采集放流物种标本进行分子标记或标志比对，研究分析回捕率和评估放流效果。社会（市场）调查采取不间断方式进行，主要根据渔业捕捞生产情况开展。

(3) 放流实施监管

项目建设单位应根据增殖放流方案，按照相关规定向渔业行政监督部门报告增殖放流的种类、数量、规格、时间和地点等事项，完成放流苗种的检疫检验工作，并积极邀请第三方参与增殖放流工作监督，向社会公开拟增殖放流活动的放流区域、时间、物种、数量、规格等信息，接受社会监督。增殖放流过程中，组织做好增殖放流苗种的规格测定、计数等工作，并填写增殖放流活动记录表，经各方代表签字确认后存档备查。

(4) 效果评估

按照资源评估法效果评估基础上，参照《海水鱼类增殖放流效果评估技术规范》（SC/T 9446-2023）完成经济效益、生态效益（贡献率评估、遗传多样性评估）、社会效益的判定。具体针对不同放流物种开展针对性强的分子标记或标志放流研究评价放流效果，开展增殖放流群体生长发育规律和生态适应性分析，量化增殖放流群体在放流水域资源群体中的占比，评估增殖放流群体对增殖目标种类种群数量的补充能力和增殖群体对增殖目标种类繁殖群体的贡献力及增殖群体的回捕经济收益等指标，掌握不同物种的放流效果，提出对策措施。

根据逐年跟踪监测的资源种群数据，研究各类资源保有量变动情况，为放流效果最佳提供依据。增殖放流品种在放流前必须做好分子标记等标志放流的基础工作，效果评估的跟踪监测采样成果必须与标志放流基础工作相衔接。

8.2.7.2 红树林修复跟踪监测与修复效果评估

针对红树林修复，拟开展红树林生态系统的跟踪监测工作，开展红树林生态

定位站监测。通过对项目整治工程实施前修复区域的本底调查、实施过程中周边区域的环境监测和实施后的连续监测，分析和掌握修复工程的成效。

红树林修复种植后的6个月内宜监测幼苗的成活率。红树林修复宜至少开展2年的跟踪监测，跟踪监测的内容宜包含红树林植被、生物群落、环境要素和威胁因素，且宜开展春季、夏季、秋季和冬季4次调查，调查要素和时间可根据实际情况适当调整。

（1）红树林跟踪监测

红树林生态系统跟踪监测内容包括红树林植被、生物群落、环境要素及胁迫因素，监测指标、站位布设和监测频率参照《海洋生态修复技术指南》中的规定，本项目红树林跟踪监测与修复效果评估调查内容见表8.2-10。

表 8.2-10 红树林生态系统调查内容

（2）监测频次

红树林修复后监测期为2年，监测频次见表8.2-11。

表 8.2-11 红树林修复监测内容及频次

（3）修复效果评估

红树林修复效果评估采用定量评估的方法，从红树林植被、生物群落、环境要素3个方面进行评估，评估指标包括面积变化、盖度、幼苗密度比例、平均林带宽度变化、红树植物物种数变化、大型底栖动物丰富度指数变化、大型底栖动物多样性指数变化、鸟类种类丰富度指数变化、水体盐度、水环境综合指数、沉积物粉砂占比等，参照《海岸带生态系统现状调查与评估技术导则 第3部分：红树林》中的规定执行。

8.2.7.3 海堤生态化改造效果评估

（1）监测内容

参照《海堤生态化建设技术指南（试行）》《海岸带生态系统现状调查与评估技术导则》及《海岸带生态减灾修复技术导则》等技术规程要求，项目监测应涵盖修复全过程，调查期限涵盖施工前、施工期、管护期，管护期监测时间宜不少于3年。各项监测要素要求如下：

①地形地貌监测：海岸线、岸滩和水下地形；

②生物生态监测：包括潮间带生物、潮间带植被、后滨植被、堤后缓冲带植

被。

(2) 修复效果评估

①评估内容

按照全面评估，突出重点的原则设置评估内容，根据不同修复措施和修复目标制定针对性的评估重点，评价岸线生态化建设完成后的生态效果，评价工程建设是否达到预期目标。综合评估生态护岸、海堤生态化建设后，区域生态系统消浪减灾作用。效果评估时间同管护期监测时间保持一致。

具体包括如下评估内容：

A.海堤稳定性评估

B.生物生态评估

②评估方法

修复效果的评估针对生态修复目标的实现情况开展。通过时间序列对比法，对生态修复工程区域的连续跟踪监测结果进行评估，分析岸滩修复涉及的生态系统变化；然后根据分析结果，采用与目标值对比法，对比修复区域生态修复前、后的监测结果，评估生态修复目标的实现情况。

8.3 预算与实施计划

8.3.1 生物损失和生态损害

项目填海造成生物资源损失详见第 4.2.2.5 节。

项目涉及 350181-0074、350181-0075 历史围填海造成生物资源损失为 68.65 万元，由福州江阴港城经济区管理委员会按照《兴化湾片区围填海历史遗留问题项目生态保护修复方案（报批稿）》开展不低于 68.65 万元的生态修复。

8.3.2 生态修复方案预算

建设单位福建江阴国际集装箱码头有限公司拟投入 875 万元用于海洋生态环境修复的建设资金。本项目涉及 350181-0074、350181-0075 历史围填图斑造成的生物损失补偿为 68.65 万元，由福州江阴港城经济区管理委员会按照《兴化湾片区围填海历史遗留问题项目生态保护修复方案（报批稿）》拟选取其中一项生态修复措施开展。

本项目生态修复方案及预算详见表 8.3-1、表 8.3-2。

8.3.3 生态修复方案实施计划

本项目生态修复方案计划实施时间为 4 年,生态修复方案具体工作进度见表 8.3-1,可按实际情况进行调整,但需要在该实施期间完成。

表 8.3-1 项目生态保护修复工程一览表

表 8.3-2 本项目生态修复措施预算与年度支出计划表

9. 结论

9.1 项目用海基本情况

福州港江阴港区壁头作业区 14#泊位工程位于兴化湾北岸江阴半岛，地处福清市江阴镇下石南侧海域，拟建设 5 万吨级集装箱泊位 1 个（水工结构按 10 万吨级集装箱船设计）及相应配套设施，设计年通过能力 61 万 TEU。

本项目用海类型为“交通运输用海”之“港口用海”，用海方式分别为“建设填海造地”“港池、蓄水”和“专用航道、锚地及其他开放式”。根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），用海类型为“交通运输用海”中的“港口用海”。

本项目拟申请用海总面积为 55.8579 hm^2 ，其中建设填海造地面积为 19.4193 hm^2 ，港池、蓄水面积 1.2527 hm^2 ，拟申请 50 年的用海期限；港池连接水域疏浚申请施工期用海面积为 35.1859 hm^2 ，施工期申请用海期限为 2 年。

9.2 项目用海必要性结论

本项目是《福州港总体规划（2035 年）》确定的集装箱码头，拟建设 5 万吨级集装箱泊位 1 个，设计年通过能力 61 万标箱。根据工程设计，本项目所需总用地规模为 24.3287 hm^2 （不含护岸），用于建设码头作业区、集装箱堆场和辅助区。由于在全部利用选址区域尚未开发利用陆域的情况下，仍无法满足项目建设用地需求，需要通过围填海形成部分陆域空间，弥补码头后方陆域供地不足问题。因此本项目新增围填海是必要的。

码头停泊水域的用海方式为“港池、蓄水”。停泊水域是船舶停靠、装卸时使用的水域，是港口码头工程必需的配套水域，为保证码头安全、稳定、高效运营，“港池、蓄水用海”是必要的。

此外，船舶回旋水域及航道连接水域也是港口运营的必要组成部分，施工作业需要占用海域，具有一定的排他性。

因此，本项目用海是必要的。

9.3 资源生态环境影响分析结论

（1）水文动力和冲淤环境

项目实施后，对潮流场影响范围局限于填海、疏浚工程周边，流速变化超过

5cm/s 的区域在平行岸线方向上集中在项目东西两侧 2.7km 和 3.6km 范围，垂直岸线方向集中于离岸 1.4km 范围，影响范围相对较小。

冲淤的影响主要为填海区东西两侧动力条件减弱，淤积趋势加强，填海南侧新形成岬角处由于挑流作用出现冲刷区，港池疏浚后淤积趋势加强。

（2）海洋生态环境

本项目施工期过程中基槽开挖、疏浚工程采用挖泥船进行施工，根据悬浮泥沙数模计算，本项目悬浮泥沙 $\geq 10\text{mg/L}$ 的影响面积为 13.92km^2 ，同时施工影响时间短暂，随着施工的结束，其影响也随之消失，施工悬浮泥沙对水质、沉积物环境影响较小。施工期的生活污水、生产废水和生活垃圾均妥善处理，不向海域排放，不会对水质环境产生明显不利影响。

本项目营运期间不会产生污染物，港区初期雨水通过排水沟收集，经沉淀池沉淀后回用于港区绿化或者喷淋用水。对海洋水质、沉积物和生态环境产生的影响较小，建设单位应切实落实环评提出的环保要求，尽可能降低对海洋环境的影响。

项目海洋生态影响主要为填海导致的海洋生态空间永久丧失，施工期悬浮泥沙、炸礁对海洋生态环境的临时性影响，运营期污染物均不排海，工程建设造成的海洋生物资源经济损失通过落实本报告提出的生态修复措施，对海洋生态环境的影响在可接受范围内。

本项用海存在施工期风暴潮灾害、通航安全风险及其带来的溢油事故风险。建设单位应制定相应的应急措施，防患于未然。

（3）海洋生物资源环境

本项目生态补偿金额为 875 万元，建设单位应落实本报告提出的生态修复措施，降低对周边海洋生态环境的影响。

9.4 海域开发利用协调分析结论

本项目利益相关者为福清市交通运输局、福州新港国际集装箱码头有限公司、福州市江阴工业区开发建设有限公司、下石村民委员会。福州海事局作为协调部门，主要协调项目施工期间的通航安全。

本项目已取得福清市交通运输局、福州新港国际集装箱码头有限公司、福州市江阴工业区开发建设有限公司、下石村民委员会的协调函，本项目与各利益相

关者已协调完成。

9.5 国土空间规划符合性分析结论

本项目符合《福建省国土空间规划（2021-2035年）》《福州市国土空间总体规划（2021-2035年）》《福清市国土空间总体规划（2021-2035年）》，本项目不占用“三区三线”中的生态保护红线。本项目也符合《福建省湿地保护条例》《福州港总体规划（2035年）》等相关规划。

9.6 项目用海合理性分析结论

（1）用海选址合理性

根据《福州港总体规划（2035年）》，本项目码头走向与规划码头前沿线一致，码头泊位建设规模也与规划相一致，工程的平面布置服从港口岸线利用专项规划，本项目选址具有唯一性。

本项目根据水文地质、地形、地貌状况及国土空间规划、生态环境影响等多因素，项目用海的社会条件适宜、自然资源和环境条件具备，与区域生态环境可相适应，与周边用海活动可协调，用海选址是合理的。

（2）用海平面布置合理性

本项目集装箱码头陆域及堆场在满足项目需求的前提下，尽量利用已有的陆域，尽量减少新增填海面积，最大化地盘活历史遗留围填海问题，提高海域利用率，体现了集约节约用海原则。且根据数模实验分析，项目建成后对水文动力环境、冲淤环境的影响较小，且与周边用海活动相适宜。因此，本项目平面布置合理。

（3）用海方式合理性

本项目填海造地是为满足集装箱泊位港区用地的需要。作为大型集装箱码头，码头作业区对地基强度、变形要求很高，对地基沉降敏感。集装箱堆场荷载巨大，对沉降要求严格，对地基荷载、稳定性也有较高要求。为保证港区安全稳定运营，港区用地必须通过填海造地形成，且填海完成后，后续还需经过适当的地基处理方能达到用地使用标准，由此决定了项目厂区用地采取填海这种用海方式的唯一性。

本工程停泊水域及回旋水域施工期用海方式为港池、蓄水，船舶停泊水域是

船舶靠泊和进出码头时使用的水域。本项目属于港口用海，停泊水域和回旋水域是港口码头项目必要的水域设施。本工程申请港池用海不会对周边其他用海项目造成不利影响。因此，港池用海方式合理。

（4）占用岸线合理性

本项目占用人工岸线 776m，不占用自然岸线，项目建成后，形成人工岸线 752m。项目所占用人工岸线均位于规划的港口岸线，本项目建设是对港口岸线的有效利用，发挥港口岸线功能，本项目占用岸线是为合理，且对自然岸线的保有率指标不造成影响。

（5）用海面积合理性

本项目工程布置满足《海港总体设计规范》等的要求下，做到用海面积最少，符合节约用海和实际的原则，用海面积量算符合《海籍调查规范》，由此确定项目填海面积 19.4193hm²（其中利用历史围填海 6.3369hm²），港池蓄水面积 1.2527 公顷；疏浚施工期用海 35.1859hm²，因此，用海面积合理。

（6）用海期限合理性

本项目交通运输用海申请用海期限为 50 年，施工期用海申请用海期限为 2 年，符合《中华人民共和国海域使用管理法》的规定。项目用海期限合理。

9.7 生态用海对策措施结论

建设单位应在严格落实相应环境保护措施的前提下，降低施工期对海域生态环境的影响。项目建设属于港口建设工程，营运期各项污染物均得到妥善处置，营运期不会对海域生态环境造成影响。本项目生态修复措施采取增殖放流、中国鲎栖息地生境修复、红树林生态修复、海堤生态化改造及生态跟踪监测。

9.8 项目用海可行性分析结论

综上所述，本项目建设用海是必要的，工程所在海域自然条件适宜，区位条件优越，社会经济条件优良；项目用海选址合理、平面布置和用海方式合理、申请用海面积和申请用海期限合理，同时与国土空间规划等相关规划相符合，与周边利益相关者可协调。在严格执行国家有关法律法规，切实落实生态建设和生态保护修复方案的前提下，从海域使用角度考虑，本项目用海可行。