三亚蜈支洲岛海底电缆、水管项目

环境影响报告书

（公示稿）

建设单位：海南蜈支洲旅游开发股份有限公司

编制单位：海南正永生态工程技术有限公司

二〇二五年六月

目 录

1 概述

1.1 项目背景

蜈支洲岛位于海南省三亚市，东距海棠湾海岸 2.57 千米，岸线长度 4.19 千米，陆域面积 0.9345 平方千米，最高点高程 79.1 米，呈不规则的蝴蝶状。从上空俯瞰呈天然的心形，宛如绽放在南海之滨的璀璨之星，是国内首座集海上娱乐、特色潜水、高端酒店、美食餐饮与休闲观光于一身的海岛旅游度假胜地，2016 年 10 月被国家评为 AAAAA 级景区，目前由海南蜈支洲旅游开发股份有限公司经营管理。

蜈支洲岛原为军事用岛，部队在岛上生活用水都依靠自行开采的一口水井，经营初期景区员工和上岛游客较少，部队留下来的水井基本可以满足景区经营生活需求，岛上用电只能采取发电机供电保障日常生产经营，随着景区接待游客量的逐年增长，景区用电需求也在相应增加，井水不能满足景区经营需求。为保障景区正常生产经营，海南蜈支洲旅游开发股份有限公司于 2005 年 11 月自行出资，铺设一条 DN90mm 聚乙烯 Pe 给水管，并从上海上缆藤仓电缆有限公司采购两根长度约 3km 的海底电缆，于 2006 年 4 月，由舟山市电力安装公司完成电缆敷设工作，随着景区运营游客量持续增多，至 2010 年岛上供水再次不能满足需求，因此又铺设了一条 DN110mm 聚乙烯 Pe 给水管。海底电缆、水管采用用一条路由呈东西直线走向，路径三亚海棠湾中心广场海岸至蜈支洲岛冬季码头，两点间的直线距离约为 2.83km。

2020 年 7 月，海南省海洋监察总队第二支队在蜈支洲岛周边海域开展例行海域海岛巡察时提出，该海底电缆涉嫌违规用海，需尽快完善用海手续。2022 年 1 月 24 日，三亚市综合执法局就海南蜈支洲旅游开发股份有限公司未取得海域使用权非法占用海域铺设海底电缆及水管情况下发《行政处罚决定书》（三综执（四支四队）处罚〔2021〕003 号），作出“责令退还非法占用的海域，恢复海域原状，并处非法占用海域期间内该海域面积（5.9478 公顷）应缴纳海域使用金七倍的罚款¥336.1994 万元”的行政处罚（违法用海行政处罚时间为 2005 年 11 月 25 日—2021 年 11 月 8 日，共计 16 年）。在收到上述《行政处罚决定书》后，海南蜈支洲旅游开发股份有限公司已在限期内足额缴纳完罚款，2022 年 7 月 26 日，市综合行政执法局下发《行政强制执行催告书》（三综执（四支四队）强催〔2022〕001 号），限期自行拆除，否则将向海口海事法院申请强制执行给予拆除。2022 年 10 月 31 日，海口海事法院下《行政裁定

书》（详见附件 2），其裁定结果为“准予强制执行三亚市综合行政执法局三综执（四支四队）处罚〔2021〕003 号行政处罚决定书中关于要求海南蜈支洲旅游开发股份有限公司退还非法占用的海域，恢复海域原状的行政处罚事项，由三亚市综合行政执法局组织实施”。

海南蜈支洲旅游开发股份有限公司经与市综合执法局沟通，如三亚市自然资源和规划局受理其海底电缆用海申请，则可中止强制执行免予拆除。2022 年 9 月，三亚市自然资源和规划局已经受理该项目海底电缆用海手续的申请，并向省自然资源和规划厅报告请示协调自然资源部南海局办理海底中缆“路由勘测审批”和“铺设施工审批”，补办海底电缆手续的工作正在稳步向前推进。由于本项目于 2010 年全部施工完毕，属于历史遗留问题，经国家相关行政主管部门同意，路由勘测和铺设施工审批不再受理，由行政审批权的主管部门补办海域海域使用权即可。

2023 年 3 月 31 日，海南蜈支洲旅游开发股份有限公司委托海南岛屿与港湾生态环境工程技术中心（有限合伙）编制的《三亚蜈支洲岛海底电缆、水管项目生态评估报告》和《三亚蜈支洲岛海底电缆、水管项目生态保护修复方案》通过了专家评审（详见附件 6）；2023 年 5 月 24 日，海南蜈支洲旅游开发股份有限公司组织实施“海南省三亚市蜈支洲岛海底电缆、水管项目海洋牧场生态修复增殖放流”，开展鱼类增殖放流（详见附件 7）；本项目涉及生态保护红线内“其他区域”（蜈支洲岛珊瑚礁），2024 年 3 月海南蜈支洲旅游开发股份有限公司委托淇深（海南）海洋工程研究有限公司编制的《三亚蜈支洲岛海底电缆、水管项目生态保护红线内有限人为活动认定专题论证报告》已于 2024 年 8 月 12 日取得省政府红线认定意见（详见附件 9）；2024 年 10 月 25 日，海南蜈支洲旅游开发股份有限公司委托淇深（海南）海洋工程研究有限公司编制的《三亚蜈支洲岛海底电缆、水管项目海域使用论证报告书》通过了专家评审（详见附件 12）。

为顺利推进海底电缆、水管的海域使用权办理相关手续，本项目还需开展环境影响评价工作。2020 年 11 月 30 日，生态环境部发布了《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，三亚蜈支洲岛海底电缆、水管项目属于“五十四、海洋工程”中的“152 海底隧道、管道、电（光）缆工程”，涉及环境敏感区的海底管道、电（光）缆工程需编制环境影响报告书。受海南蜈支洲旅游开发股份有限公司委托，海南正永生态工程技术有限公司承担该项目环境影响评价。

1.2 项目特点

本项目位于三亚市蜈支洲岛西侧，电缆、水管呈东西直线走向，路径为三亚海棠湾中心广场海岸至蜈支洲岛冬季码头。

海缆长度约 3km，两点间直线距离约为 2.83km。两条水管长度约 3km，均为聚乙烯 Pe 给水管，直径分别为 90mm 和 110mm

1.3 环境影响评价工作程序

本次环境影响评价工作分三个阶段，第一阶段，根据环评相关规定，我公司组织技术人员对项目场地进行踏勘，对项目周围的自然环境及环境现状进行调查和初步工程分析，明确评价重点和环境保护目标，确定工作等级、评价范围，制定工作方案；第二阶段，对环境现状调查进行监测和评价，对项目进行工程分析，对项目各阶段的产污环节和污染因子进行详细分析，对污染物的环境影响进行预测；第三阶段，提出切实可行的环境保护对策措施和环境保护技术的合理性和可行性论证，给出污染物排放清单，给出建设项目环境影响评价结论。

具体工作流程见图 1.3-1。

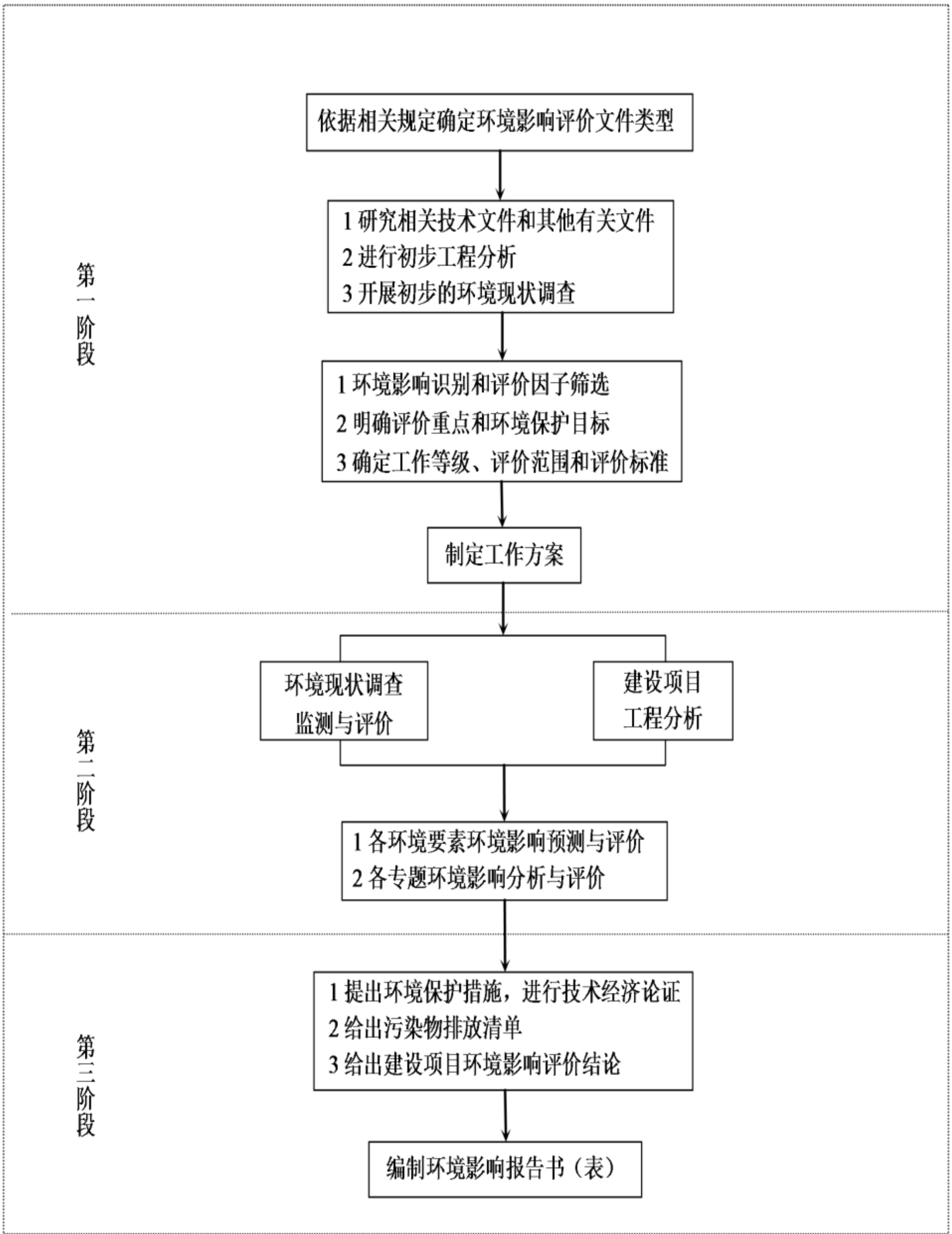


图 1.3-1 建设项目环境影响评价工作程序图

1.4 关注的主要环境问题

根据已建项目特点，本次评价关注的主要环境问题为：

（1）项目建设的必要性和选址、选线的合理性；

（2）项目涉及蜈支洲岛珊瑚礁生态保护红线，项目施工和运营对周边生态环境敏

感保护目标的环境影响分析；

（3）环境保护对策措施的技术合理性和可行性。

1.5 评价主要结论

本项目选址符合《海南省国土空间规划（2021-2035 年）》《三亚市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《海南省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》《海南省生态环境分区管控方案（2023 年版）》，符合国家的产业政策。工程在建设过程中所采用的污染防治措施技术经济可行，该项目的实施对周围环境的影响在可接受范围内，从环境保护角度分析，本工程项目建设是可行的。

2 总则

2.1 编制依据

2.1.1 法律、规章与行政规范性文件

（1）《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日起实施；

（2）《中华人民共和国海洋环境保护法》，2023 年 10 月 24 日修正；

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

（4）《中华人民共和国海岛保护法》，2010 年 3 月 1 日施行；

（5）《中华人民共和国水污染防治法》，2018 年 1 月 1 日施行；

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

（7）《中华人民共和国噪声污染防治法》，2022 年 6 月 5 日施行；

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

（9）《中华人民共和国可再生能源法》，2010 年 4 月 1 日起施行；

（10）《中华人民共和国清洁生产促进法》，2012 年 7 月 1 日起施行；

（11）《中华人民共和国渔业法（修订）》，2014 年 3 月 1 日起施行；

（12）《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；

（13）《中华人民共和国自然保护区条例》，2017 年 10 月 7 日修订；

（14）《建设项目环境保护管理条例》，2017 年 10 月 1 日起施行；

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

（16）《产业结构调整指导目录（2024 年本）》；

（17）《海洋工程环境影响评价管理规定》，2017 年 4 月 27 日；

（18）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日；

（19）《海底电缆管道保护规定》，2004 年 3 月 1 日施行；

（20）《铺设海底电缆管道管理规定》，1989 年 3 月 1 日施行；

（21）《铺设海底电缆管道管理规定实施办法》，1992 年 8 月 26 日施行；

（22）《海南省自然保护区条例》，2014 年 12 月 1 日施行；

（23）《海南省珊瑚礁和砗磲保护规定》，2017 年 1 月 1 日施行；

（24）《海南省环境保护条例》，2017 年 11 月 30 日；

（25）《海南省海洋环境保护规定》，2008 年 10 月 1 日；

（26）《海南经济特区海岸带保护与利用管理规定》，2020 年 2 月 1 日起施行；

（27）《海南省生态保护红线管理规定》，2022 年 5 月 31 日；

（28）《海南省大气污染防治条例》，2019 年 3 月 1 日起施行；

（29）《海南省水污染防治条例》2018 年 1 月 1 日起施行。

2.1.2 规程、规范、导则

（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》，HJ 2.1-2016；

（2）《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》，HJ 1409-2025；

（3）《环境影响评价技术导则 大气环境》，HJ2.2-2018；

（4）《环境影响评价技术导则 地表水环境》，HJ2.3-2018；

（5）《环境影响评价技术导则 声环境》，HJ2.4-2021；

（6）《环境影响评价技术导则 生态影响》，HJ19-2022；

（7）《建设项目环境风险评价技术导则》，HJ169-2018；

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

（9）《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》，国家海洋局，2002 年；

（10）《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（海洋出版社，1986）；

（11）《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）；

（12）《海洋监测规范》（GB 17378.1~7-2007）；

（13）《海洋调查规范》（GB/T 12763.1~11-2007）；

（14）《海水水质标准》（GB3097-1997）；

（15）《渔业水质标准》（GB11607-89）；

（16）《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）；

（17）《海洋生物质量》（GB18421-2001）；

（18）《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；

（19）《声环境质量标准》（GB3096-2008）；

（20）《近岸海域环境监测技术规范》（HJ 442.1-2020）。

2.1.3 区划规划

（1）《海南省国土空间规划（2021-2035 年）》（国函〔2023〕97 号）；

（2）《海南省“十四五”海洋生态环境保护规划》（琼环海字〔2021〕4 号）；

（3）《海南省“十四五”生态环境保护规划》（琼府办〔2021〕36 号）；

（4）《海南省海洋经济发展“十四五”规划（2021—2025 年）》；

（5）《海南省近岸海域环境功能区划（2010 年修编）》；

（6）《海南省生态环境分区管控方案（2023 年版）》（琼环函〔2024〕167 号）；

（7）《三亚市国土空间总体规划（2021-2035 年）》（琼府函〔2023〕188 号）；

（8）《三亚市海域使用详细规划》（三亚市自然资源和规划局，2023 年 7 月 25 日）。

2.1.4 工程技术报告及相关文件

（1）《10KV 蜈支洲岛海底电力电缆施工图设计》（浙江省舟山市启明规划设计有限公司，2005 年 11 月）；

（2）《海南蜈支洲旅游开发有限公司私设海底电缆管道非法占用海域面积测绘技术报告》（山东航宇数字勘测有限公司，2021 年 11 月）；

（3）《三亚蜈支洲岛海底电缆、水管项目生态评估报告（报批稿）》（海南岛屿与港湾生态环境工程技术中心（有限合伙），2023 年 3 月）；

（4）《三亚蜈支洲岛海底电缆、水管项目生态保护修复方案（报批稿）》（海南岛屿与港湾生态环境工程技术中心（有限合伙），2023 年 3 月）；

（5）《蜈支洲岛项目（春季）海洋环境调查水文观测报告》（海南正永生态工程技术有限公司，2021 年 3 月）；

（6）《蜈支洲岛海底电缆、水管项目海洋环境现状调查（春季）报告》（海南正永生态工程技术有限公司，2025 年 6 月）；

（7）《三亚蜈支洲岛海底电缆、水管项目生态保护红线内有限人为活动认定专题论证报告（报批稿）》，淇深（海南）海洋工程研究有限公司，2024 年 4 月；

（8）《三亚蜈支洲岛海底电缆、水管项目海域使用论证报告书（报批稿）》，淇深（海南）海洋工程研究有限公司，2025 年 1 月。

2.2 评价目的及评价原则

2.2.1 评价目的

本次环境影响评价工作的目的是从保护海洋环境、维护海洋生态平衡、推进海洋生态文明建设及严格控制新污染的角度出发，评价目的重点包括：

（1）对评价区域环境现状进行系统调查，了解工程海域的环境质量现状和自然、社会环境基本情况；

（2）通过工程分析确定本工程的主要环境影响因子及其污染源强，进而对可能产生的主要环境问题进行科学的分析和预测；

（3）针对工程可能带来的主要环境问题，提出切实可行的污染防治措施和生态保护措施；

（4）提出本工程环境管理的要求和建议，为建设单位实施环境保护措施和生态环境主管部门监督管理提供依据。

2.2.2 评价原则

（1）依法评价

贯彻执行我国环境保护相关法律法规、标准、政策和规划等，优化项目建设，服务环境管理。

（2）科学评价

规范环境影响评价方法，科学分析项目建设对环境质量的影响。

根据建设项目的工程内容及其特点，明确与环境要素间的作用效应关系，根据规划环境影响评价结论和审查意见，充分利用符合时效的数据资料及成果，对建设项目主要环境影响予以重点分析和评价。

2.3 评价内容与重点

2.3.1 评价内容

本次项目评价在进行工程分析的基础上，结合项目所在地的环境特征，明确项目存在的主要环境问题；通过环境现状调查和影响预测，分析评价项目建设期、运营期的环境影响程度和范围；对已建项目的环保措施进行技术、经济分析评价，论证其达标排放可行性，提出减缓影响的对策措施；通过风险识别分析本项目潜在的环境风险

影响，提出针对性的风险防范措施和应急预案；根据国家有关法规、政策以及区域发展规划、环境规划等，分析评价项目产业政策的符合性，以及选址的规划符合性。根据上述分析评价结果，从产业政策、规划选址、平面布局、达标排放、清洁生产、环境影响、环境风险等方面综合论证项目建设的环境可行性。

2.3.2 评价重点

根据工程特点和周围环境状况，本次评价的重点为：

（1）项目施工期和运营期产生的生活污水、生活垃圾对海域水质、沉积物和海洋生态环境的影响评价；

（2）工程建设对周围水动力、地形地貌以及冲淤环境的影响分析与评价；

（3）工程建设对周围环境敏感目标的影响分析与评价；

（4）工程建设与国土空间规划和其他相关规划的符合性分析；

（5）项目后期运营的环境保护对策措施，生态保护对策措施分析。

2.4 环境影响因素识别与评价因子筛选

2.4.1 环境影响因素识别

本项目为运营期不产生环境污染，项目施工期对局部水质环境、沉积物环境、生态环境、大气环境和声环境产生影响。项目施工期环境影响要素识别见表 2.4.1-1。

表 2.4.1-1 项目建设对周边环境影响识别一览表

评价时段	环境要素	评价及污染因子	产生影响内容及表征	影响程度与分析评价深度
施工期	海洋环境	底栖生物、鱼卵、仔稚鱼、浮游生物、浮游植物	水管、电缆沉放过程对海洋生态环境的影响	+
	水环境	悬浮物、COD、石油类	施工船舶、施工机械油污水、施工人员生活污水、生产废水	+
	大气环境	TSP、NO_x、CO、SO_2、VOCs	施工船舶、施工机械废气	+
	声环境	*Leq*（*A*）	施工船舶、施工机械运行噪声	+
	固体废物	垃圾排放量	施工人员生活垃圾，残油、废油	+

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

测；
＋＋表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为中等，需要进行常规影响分析与影响预测；
＋＋＋表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为较大或敏感，需要进行重点的影响分析与影响预测。

2.4.2 评价因子筛选

根据对项目的工程分析、项目所在地区各环境要素的特征以及存在的环境问题，确定的评价因子见表 2.4.2-1。

表 2.4.2-1 项目评价因子筛选结果

阶段	环境要素	污染因子	评价因子
施工期	水环境	SS、COD、BOD_5、氨氮、石油类等	pH、悬浮物、DO、COD、无机氮、磷酸盐、石油类、铜、汞、铅、锌、镉、铬、砷等
	生态环境	SS、COD、氨氮、总氮、总磷、石油类等	浮游生物、底栖生物、潮间带生物、游泳生物、渔业资源、生物体质量（石油类、重金属（Hg、Cu、Pb、Zn、Cr、Cd、As））
	沉积物环境	SS、重金属类	硫化物、有机碳、石油类、砷、总汞、 锌、铜、镉、铅和铬
	固体废物	生活垃圾、残油、废油	危险废物、生活垃圾、石油类
	声环境	等效连续 A 声级：L_{Aeq}	效连续 A 声级：L_{Aeq}

2.5 环境功能区划

2.5.1 近岸海域环境功能区划

根据《海南省近岸海域环境功能区划（2010 年修编）》，本项目位于海棠湾度假旅游区（HN052B I），详见图 2.5.1-1。主导功能为旅游、浴场、娱乐，执行一类海水水质保护目标。

图 2.5.1-1 项目与《海南省近岸海域环境功能区划（2010 年修编）》叠置图

2.5.2 海南省海洋主体功能区规划

根据《海南省海洋主体功能区规划》，本项目属于重点开发区域，详见图 2.5.2-1。海洋重点开发区域是指在沿海经济社会发展中具有重要地位，发展潜力较大，资源环境承载能力较强，可以进行高强度集中开发的海域。

图 2.5.2-1 项目与《海南省海洋主体功能区规划》叠置图

2.5.3 大气环境功能区划

项目所在区域尚未进行环境空气的专项环境功能区划。根据《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单中环境空气质量功能区划分方法，本项目属于二类区“居住区、商业交通居民混合区、文化区、工业区和农村地区”，按二类区管理，环境空气质量评价标准执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单中的二级标准。

2.5.4 声环境功能区划

根据《三亚市声环境功能区划分方案（2023 年修订）》，本项目两端为 2 类声环境功能区，其他区域不划分声功能区。详见图 2.5.4-1。

图 2.5.4-1 项目与《三亚市声环境功能区划分方案（2023 年修订）》叠置图

2.5.5 生态环境功能区划

根据《海南省生态功能区划》，见图 2.5.5-1。项目位于 I-3-2 三亚旅游与城镇发展生态功能区。

表 2.5.5-1 海南省生态功能区划简表（摘录）

生态功能分区单元			所在区域与面积	主要生态环境问题	生态环境敏感性	主要生态系统服务功能	主要生态保护措施	产业发展方向
生态区	生态亚区	生态功能区						
I 海南岛海岸带生态区	I-3 南部海蚀海积岸生态亚区	I-3-2 三亚旅游与城镇发展生态功能区	包括除藤桥镇以外的三亚市沿海乡镇，面积 926.61km²。	海岸侵蚀、海岸带陆地生态系统结构人工化	地质灾害、洪涝、风暴潮	生物多样性保护、海岸带防护、社会生产功能	红树林、珊瑚礁和海防林保护，城市周围和道路两边绿化工程建设	滨海旅游业、房地产业、海洋产业、生物制药等高新技术产业

图 2.5.5-1 项目与《海南省生态功能区划》叠置图

2.5.6 生态环境分区

根据《海南省生态环境厅关于发布〈海南省生态环境分区管控方案（2023 年版）〉的函》（琼环函〔2024〕167 号）以及《海南省生态环境分区管控方案（2023 年版）》，本项目涉海段涉及 1 个优先保护单元、1 个重点管控单元和 1 个一般管控单元，陆域段涉及 1 个重点管控单元，具体见图 2.5.6-1 和表 2.5.6-1。项目区域所在区域属于三亚市海棠区海棠湾国家海岸休闲园区重点管控单元（管控单元编码 ZH46020220001）、三亚市近岸海域生态保护红线其他区域优先保护单元 4（管控单元编码 HY46020010002）、三亚市蜈支洲岛工矿通信用海区重点管控单元（管控单元编码 HY46020020010）和三亚市游憩用海区一般管控单元（管控单元编码 HY46020030004）（图 2.5.6-1）。

图 2.5.6-1 本项目涉及生态环境分区管控单元图

表 2.5.6-1 本项目涉及生态环境分区管控单元概况

类别	管控单元名称	编号
海域	三亚市近岸海域生态保护红线其他区域优先保护单元 4	HY46020010002
	三亚市蜈支洲岛工矿通信用海区重点管控单元	HY46020020010
	三亚市游憩用海区一般管控单元	HY46020030004
陆域	三亚市海棠区海棠湾国家海岸休闲园区重点管控单元	ZH46020220001

2.6 环境影响评价标准

2.6.1 环境质量标准

2.6.1.1 海水环境

根据《海南省近岸海域功能区划（2010 年修编报批稿）》（图 2.5.1-1），本项目位于海棠湾度假旅游区（HN052B I），海水水质保护目标为一类标准。

表 2.6.1-1 海水水质标准（摘录）

单位：mg/L

序号	项目	第一类	第二类	第三类	第四类
1	pH	7.8-8.5，同时不超出该海域正常变动范围的 0.2pH 单位		6.8-8.8，同时不超出该海域正常变动范围的 0.5pH 单位	

序号	项目	第一类	第二类	第三类	第四类
2	溶解氧＞	6	5	4	3
3	悬浮物质	人为增加的量≤10		人为增加的量≤100	人为增加的量≤150
4	化学需氧量≤	2	3	4	5
5	活性磷酸盐≤	0.015	0.030		0.045
6	无机氮≤	0.20	0.30	0.40	0.50
7	石油类≤	0.05		0.30	0.50
8	铜≤	0.005	0.010	0.050	
9	铅≤	0.001	0.005	0.010	0.050
10	锌≤	0.020	0.050	0.10	0.50
11	镉≤	0.001	0.005	0.010	
12	铬≤	0.05	0.10	0.20	0.50
13	汞≤	0.00005	0.0002		0.0005
14	砷≤	0.020	0.030	0.050	
15	硫化物	0.02	0.05	0.10	0.25
16	挥发酚	0.005		0.010	0.050

2.6.1.2 海洋沉积物

由于《海南省近岸海域功能区划（2010 年修编报批稿）》的海洋环境保护目标管理要求对调查海域海洋沉积物并未规定相应的执行目标，因此本项目海洋沉积物质量标准应维持现状。根据我司 2024 年 11 月在项目附近开展的海洋环境现状调查结果可知，项目区附近点位沉积物质量满足《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中划分的第一类海洋沉积物质量标准。

综上，本项目沉积物质量执行《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）第一类标准，详见表 2.6.1-2。

表 2.6.1-2 海洋沉积物质量标准（摘录）

mg/kg

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

2.6.1.3 海洋生物体质量

符合《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）附录 C 中所属种类的质量标准要求。具体评价标准见表 2.6.1-3。

表 2.6.1-3 其他海洋生物质量参考值（鲜重）

单位：mg/kg

生物类别 评价因子	软体动物（非双壳贝类）	甲壳类	鱼类
总汞	0.3	0.2	0.3
镉	5.5	2.0	0.6
锌	250	150	40
铅	10	2	2
铜	100	100	20
砷	1	1	1
石油烃	20	20	20
备注	海洋生物质量(双壳贝类)评价标准采用《海洋生物质量》(GB18421-2001)规定的标准值；其它软体动物、甲壳动物和定居性鱼类等的重金属、石油烃的评价标准参考《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）附录C。		

2.6.1.4 环境空气

根据《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）及其修改单（2018）的空气环境功能区划分，本项目属于二类区“居住区、商业交通居民混合区、文化区、工业区和农村地区”，适用于二级浓度限值。标准限值见表 2.6.1-4。

表 2.6.1-4《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）

序号	污染物项目	平均时间	浓度限值		单位
			一级	二级	
1	二氧化硫（SO_2）	年平均	20	60	μg/m³
		24 小时平均	50	150	
		1 小时平均	150	500	
2	二氧化氮（NO_2）	年平均	40	40	
		24 小时平均	80	80	
		1 小时平均	200	200	
3	一氧化碳（CO）	24 小时平均	4	4	mg/m³
		1 小时平均	10	10	
4	臭氧（O_3）	日最大 8 小时平均	100	160	μg/m³
		1 小时平均	160	200	
5	颗粒物 （粒径小于等于 10um）	年平均	40	70	
		24 小时平均	50	150	
6	颗粒物	年平均	15	35	

序号	污染物项目	平均时间	浓度限值		单位
			一级	二级	
	（粒径小于等于 2.5μm）	24 小时平均	35	75	
7	总悬浮颗粒物（TSP）	年平均	80	200	μg/m³
		24 小时平均	120	300	
8	氮氧化物（NO）	年平均	50	50	
		24 小时平均	100	100	
		1 小时平均	250	250	

2.6.1.5 声环境

根据《三亚市声环境功能区划分方案（2023 年修订）》，本项目海缆、水管两端环境噪声执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 2 类标准。标准值详见表 2.6.1-5。

表 2.6.1-5 声环境质量标准

标准号	名称	类别	数值
GB3096-2008	声环境质量标准	2 类	Leq：昼间 60dB，夜间 50dB

2.6.2 污染物排放标准

2.6.2.1 废水排放标准

本项目为已建项目，目前处于运营阶段，运营期无废水产生。

施工期船舶、机械生活污水和含油废水按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求收集后，定期运回陆域接收后统一处置，详见表 2.6.2-1。其中，船舶油污水委托三亚华利清污有限公司处理，船舶生活污水由蜈支洲岛自身污水厂接收处理达标后用于绿化。

陆域施工产生生活污水主要分为林旺段登陆点和蜈支洲岛登陆点施工人员产生的生活污水。其中，林旺段登陆点生活污水依托现有公共厕所，统一排入市政管网；蜈支洲岛登陆点生活污水依托景区公共厕所，并经岛上自有污水处理厂统一处理达标后用于绿化灌溉。生活污水执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的三级标准，详见表 2.6.2-2。

表 2.6.2-1《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）

污水类别	水域类别	船舶类别	排放控制要求
机器处所油污水	沿海	400 总吨及以上船舶	石油类≤15mg/L 或收集并接入接收设施
		400 总吨以下船舶	
生活污水	利用船载收集装置收集，排入接收设施。		

	沿海	自 2012 年 1 月 1 日以前安装（含更换）生活污水处理装置的船舶	BOD5≤50mg/L；SS≤150mg/L；耐热大肠菌群数≤2500 mg/L
	沿海	自 2012 年 1 月 1 日后安装（含更换）生活污水处理装置的船舶	BOD5≤25mg/L；SS≤35mg/L；耐热大肠菌群数≤1000 mg/L；CODcr≤125 mg/L；6≤pH≤8.5mg/L；总氮＜0.5mg/L。

表 2.6.2-2 生活污水排放标准

序号	项目	《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级
1	pH 值（无量纲）	6～9
2	BOD_5，mg/L	300
3	悬浮物（SS），mg/L	400
4	CODcr，mg/L	500
5	氨氮（NH_3-H），mg/L	/
6	总氮（TN），mg/L	/
7	总磷（TP），mg/L	/
8	动植物油	100

2.6.2.2 废气排放标准

本项目运营期无大气污染物产生，大气污染物主要发生在施工期。

项目施工期粉尘、施工机械废气排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表 2“新污染源大气污染物排放限值”中的无组织排放监控浓度限值要求，具体详见表 2.6.2-3。

表 2.6.2-3《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）

污染物项目	无组织排放监控浓度限值 mg/m^3
颗粒物	1.0
SO_2	0.40
NO_x	0.12

项目非道路移动柴油机械排气烟度执行《非道路移动柴油机械排气烟度限值及测量方法》（GB 36886—2018）中的标准限值，详见表 2.6.2-4，非道路移动柴油机械排气污染物执行《非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法（中国第三、四阶段）》（GB 20891—2014）及其修改单中排放限值的要求，详见表 2.6.2-5。同时项目使用非道路移动柴油机械应符合《非道路柴油移动机械污染物排放控制技术要求》(HJ 1014-2020) 中的要求。

表 2.6.2-4 非道路移动柴油机械排气烟度限值（摘录）

类别	额定净功率（P_{max}）/（kW）	光吸收系数/m^{-1}	林格曼黑度级数
I类	P_{max}<19	3.00	1
I类	19≤P_{max}<37	2.00	1
I类	37≤P_{max}≤560	1.61	1
II类	P_{max}<19	2.00	1
II类	19≤P_{max}<37	1.00	1
II类	P_{max}≥37	0.80	1
III类	P_{max}≥37	0.50	1
III类	P_{max}<37	0.80	1

表 2.6.2-5 非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值（摘录）

阶段	额定净功率（P_{max}）（kW）	CO（g/kWh）	HC（g/kWh）	NO_X（g/kWh）	HC+NO_X（g/kWh）	PM（g/kWh）
第三阶段	P_{max}>560	3.5	—	—	6.4	0.20
第三阶段	130≤P_{max}≤560	3.5	—	—	4.0	0.20
第三阶段	75≤P_{max}<130	5.0	—	—	4.0	0.30
第三阶段	37≤P_{max}<75	5.0	—	—	4.7	0.40
第三阶段	P_{max}<37	5.5	—	—	7.5	0.60
第四阶段	P_{max}>560	3.5	0.40	3.5,0.67（1）	—	0.10
第四阶段	130≤P_{max}≤560	3.5	0.19	2.0	—	0.025
第四阶段	75≤P_{max}<130	5.0	0.19	3.3	—	0.025
第四阶段	56≤P_{max}<75	5.0	0.19	3.3	—	0.025
第四阶段	37≤P_{max}<56	5.0	—	—	4.7	0.025
第四阶段	P_{max}<37	5.5	—	—	7.5	0.60

施工船舶废气排放执行《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法(中国第一、二阶段)》（GB15097-2016）排放限值标准，见表 2.6.2-6 和表 2.6.2-7。根据《海南省交通运输厅海南海事局关于印发海南省实施船舶大气污染物排放控制区的通告》（琼交管运[2019]290 号），2022 年 1 月 1 日起，应使用硫含量不大于 0.1%m/m 的船用燃油。内河船舶应使用符合国家标准的柴油。2020 年 3 月 1 日起，未使用硫氧化物和颗粒物污染控制装置等替代措施的船舶进入排放控制区只能装载和使用《实施方案》规定的船用燃油。

表 2.6.2-6 船舶排气污染物第一阶段排放限值单位：g/kWh

船机类型	单杠排量（SV）（L/缸）	额定净功率（P）（kW）	HC+NOx（g/kWh）	PM（g/kWh）
第一类	SV＜0.9	P≥37	7.5	0.40
第一类	0.9≤SV＜1.2	0.9≤SV＜1.2	7.2	0.30
第一类	1.2≤SV＜5	1.2≤SV＜5	7.2	0.20

第二类	5≤SV＜15		7.8	0.27
	15≤SV＜20	P＜3300	8.7	0.50
		P≥3300	9.8	0.50
	20≤SV＜25		9.8	0.50
	20≤SV＜30		11.0	0.50

表 2.6.2-7 船舶排气污染物第二阶段排放限值单位：g/kWh

船机类型	单杠排量（SV）（L/缸）	额定净功率（P）（kW）	HC+NOx（g/kWh）	PM（g/kWh）
第一类	SV＜0.9	P≥37	5.8	0.3
	0.9≤SV＜1.2		5.8	0.14
	1.2≤SV＜5		5.8	0.12
第二类	5≤SV＜15	P＜2000	6.2	0.14
		2000≤P＜3700	7.8	0.14
		P≥3700	7.8	0.27
	15≤SV＜20	P＜2000	7.0	0.34
		2000≤P＜3300	8.7	0.50
		P≥3300	9.8	0.50
	20≤SV＜25	P＜2000	9.8	0.27
		P≥2000	9.8	0.50
	20≤SV＜30	P＜2000	11.0	0.27

2.6.2.3 噪声标准

施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），见表2.6.2-6。

表 2.6.2-6《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）单位：dB（A）

昼间 dB（A）	夜间 dB（A）
70	55

2.6.2.4 固废

一般固体废物贮存执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599-2020）要求，危险废物处理处置执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）中的相关要求。船舶垃圾排放执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB 3552-2018）中相关排放控制要求。

表 2.6.2-7《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）（节选）

船舶垃圾类型	海域范围	排放控制要求
塑料废弃物、废弃食用油、生活废弃物、焚烧炉灰渣、废弃渔具和电子垃圾	任何海域	收集并接入接收设施

食品废弃物	在距陆地 3 海里（含）以内	收集并接入接收设施
	距陆地 3 海里至 12 海里（含）以内	粉碎或磨碎至直径不大于 25mm 后方可排放
	距陆地 12 海里以外	可排放
货物残留物	距陆地 12 海里（含）以内	收集并接入接收设施
	距陆地 12 海里以外	不含危害海洋环境物质的货物残留物方可排放
动物尸体	距陆地 12 海里（含）以内	收集并接入接收设施
	距陆地 12 海里以外	可排放
货舱、甲板和外表面清洗水	任何海域	清洁剂或添加剂不属于危害海洋环境物质方可排放，其他操作废弃物应收集并排入接收设施

2.7 评价工作等级与评价范围

2.7.1 海洋环境影响评价工作等级与评价范围

2.7.1.1 评价等级

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）中评价等级判定标准，挖沟埋设管缆总长度以挖沟累积长度计。建设项目涉及（临时或永久占用、穿越等）重要敏感区或排放废水入封闭海域的，评价等级应提高一级（最高为 1 级）。

本项目海底电缆用海长度为 2.8km，两条水管用海长度各约 2.8km，总长度为 8.4km，小于 60km。本项目涉及海洋生态保护红线——蜈支洲岛珊瑚礁，属于重要敏感区，评价等级应提高一级，参照《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）中表 1 判定项目海洋生态环境影响评价等级为 2 级。

表 2.7.1-1 海洋生态环境影响评价等级判据

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

评价等级 影响类型		1	2	3
线性水工构筑物轴线长度 L（km）	透水	L≥5	1≤L<5	L<1
	非透水	L≥2	0.5≤L<2	L<0.5
人工鱼礁固体投放量 Q（空方 10^4m^3）		Q≥10	5≤Q<10	Q<5

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

2.7.1.2 评价范围

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025），海洋生态环境影响评价范围应覆盖建设项目整体实施后可能对海洋生态环境造成影响的范围。管缆、航道类项目穿越重要敏感区时，以线路中心线向两侧和两端外延 3km 为参考评价范围。

本项目涉及生态保护红线，其主要保护对象为珊瑚礁，应适当扩展评价范围，因此确定本项目海洋生态环境评价范围为由电缆、水管南侧、北侧和东端外扩约 10km 围成的海域，评价范围面积为 238.93km^2，见图 2.7.1-1。

图 2.7.1-1 工程海域评价范围示意图

2.7.2 陆域环境影响评价工作等级与评价范围

2.7.2.1 评价等级

（1）声环境评价等级

根据三亚市声环境功能区划，本项目位于 2 类声环境功能区。

根据《环境影响评价技术导则声环境》（HJ2.4-2021）中的 5.1.3 “建设项目所处的声环境功能区为 GB 3096 规定的 1 类、2 类地区，或建设项目建设前后评价范围内敏感目标噪声级增高量在 3dB(A）～5dB(A），或受影响人口数量增加较多时，按二级评价”，本工程两端登陆点属于 GB 3096 规定的 2 类声环境功能区，应按二级评价进行工作，确定该项目噪声影响评价等级为二级。

（2）生态环境

本项目海洋生态环境评价等级参照《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》

（HJ 1409-2025）确定，根据表 2.7.1-1，本项目海洋生态环境影响评价等级为 2 级。

本项目陆域部分生态环境评价等级参照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）确定，陆域部分未涉及国家公园、自然保护区、世界自然遗产、重要生境、自然公园、生态保护红线等，陆域用地范围为 882.26m^2，则陆域生态评价等级为三级。

（3）环境空气

根据工程建成情况分析，本项目施工期大气环境影响因素主要来自施工船舶排放废气，船舶废气排放对环境影响较小，运营期无废气排放。根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018），本次评价等级确定为三级，作简单分析，不需设置大气环境影响评价范围。

（4）地表水环境

按照《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018），本项目所产生的废水均为间接排放，确定评价等级为三级 B，可不进行地表水环境影响预测。

（5）地下水环境

根据《环境影响评价技术导则－地下水环境》（HJ610-2016），本工程管道、电缆工程类别属于导则划分的IV类项目，“IV类建设项目不开展地下水环境影响评价”。

（6）土壤环境

根据《环境影响评价技术导则－土壤环境》（试行）（HJ964-2018），本工程项目类别属于导则划分的IV类项目，“IV类建设项目可不开展土壤环境影响评价”。

（7）环境风险

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）、《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）的环境风险评价等级确定方法，建设项目环境风险潜势划分为 I、II、III、IV/IV+级，根据建设项目涉及的物质和工艺系统的危险性及其所在地的环境敏感程度，结合事故情形下环境影响途径，对建设项目潜在环境危害程度进行概化分析，本项目涉及的危险物质为船舶载油舱和柴油发电机油柜中的燃料油。工程涉及风险物质名称为油类物质（矿物油类，如石油、汽油、柴油等；生物柴油等），临界量为 100t。

根据《水上溢油环境风险评估技术导则》（JTT 1143-2017），可能最大水上溢油事故溢油量按照 1 个燃油边舱的容积确定。本工程施工船舶最大载重 1500t，＜5000t

驳船对应的船燃油舱单舱燃油量＜31m³。为考虑最大风险，施工船舶源强泄漏量按最大单舱燃油量，为 31t。

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2018）附录 B，计算项目区危 险物质在最大存在量与对应临界量的比值 Q。

单元内存在的危险物质为单一品种，计算该物质的总量与临界量比值，即为 Q;

单元内存在的危险物质为多品种时，则按下式计算物质的总量与临界量比值（Q）。

$$Q = \frac{q_1}{Q_1} + \frac{q_2}{Q_2} + \cdots + \frac{q_n}{Q_n}$$

式中：q_1，q_2……q_n—每种危险物质实际存在量，t;

Q_1，Q_2……Q_n—与各危险物质相对应的生产场所或贮存区的临界量，t。

本项目施工期 Q1=31/100=0.31＜1。根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）附录 C，当 Q＜1 时，环境风险潜势为 I，评价等级为简单分析（表 2.7.2-1）。

表 2.7.2-1 评价工作等级划分

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

2.7.2.2 评价范围

本项目仅对声环境进行评价范围确定，两端接岸处各外扩 200m 范围内为声环境评价范围，详见图 2.7.2-1。

图 2.7.2-1 声环境评价范围

2.8 环境保护目标

根据调查资料和实地考察结果，结合工程附近环境敏感区分布情况，分析得出本项目评价范围内主要环境保护目标为海洋生态保护红线（蜈支洲岛珊瑚礁）和珊瑚礁分布区。详见表 2.8-1 和图 2.8-1、图 2.8-2、图 2.8-3。

表 2.8-1 环境保护目标一览表

序号	名称		与工程位置关系	管理要求
1	无居民海岛	蜈支洲岛	占用	保护海岛稳定
2	海洋生态保护红线	蜈支洲岛珊瑚礁	涉及	保护珊瑚礁及其生态系统
3	敏感生境	珊瑚礁分布区	南侧约 145m	保护珊瑚礁及其生态系统
4	海域开发利用现状	蜈支洲岛滨海旅游娱乐项目	紧邻	通航安全
		三亚市海棠湾旅游休闲娱乐区南部取排水工程项目	南侧约 340m	保护水质环境、生态环境
		三亚蜈支洲岛旅游区人工鱼礁项目	东南侧约 1.0km	保护水质环境、生态环境
		蜈支洲岛海洋牧场二期项目	南侧约 180m	保护水质环境、生态环境

图 2.8-1 项目周边开发利用现状分布图

图 2.8-2 项目周边生态保护红线分布图

图 2.8-3 项目周边珊瑚礁分布图

3 工程概况

3.1 建设项目概况

项目名称：三亚蜈支洲岛海底电缆、水管项目

项目性质：已建

建设单位：海南蜈支洲旅游开发股份有限公司

建设地点：项目位于三亚市蜈支洲岛西侧，电缆、水管呈东西直线走向，路径为三亚海棠湾中心广场海岸至蜈支洲岛冬季码头。项目地理位置图见图 3.1-1。

建设内容及规模：已建海缆长度约 3 千米，路径选择在三亚林旺海岸至蜈支洲岛西侧原码头旁，基本呈东西走向，用电负荷为 5000KVA，额定输送容量可达 5700KVA；两条水管长度约 3000 米，均为聚乙烯 Pe 给水管，直径分别为 90mm 和 110mm。

本项目一条电缆和两条水管施工分为三个工期，每个工期为 35 天。项目总投资金额约为 2000 万元。

项目处罚情况：2022 年 1 月 24 日，三亚市综合执法局下发《行政处罚决定书》（三综执（四支四队）处罚〔2021〕003 号），作出“责令退还非法占用的海域，恢复海域原状，并处非法占用海域期间内该海域面积（5.9478 公顷）应缴纳海域使用金七倍的罚款¥336.1994 万元”的行政处罚，同年 2 月 9 日，海南蜈支洲旅游开发股份有限公司足额缴纳罚款。

2022 年 7 月 26 日，市综合行政执法局向海南蜈支洲旅游开发股份有限公司送达《行政强制执行催告书》（三综执（四支四队）强催〔2022〕001 号），要求南蜈支洲旅游开发股份有限公司在限期退还非法占用的海域，恢复海域原状，并于 10 月 21 日向海口海事法院提交行政强制执行申请书，申请强制执行。

表 3.1-1 本工程项目组成表

项目	工程内容	规模
主体工程	海底电缆	海缆长度约 3 千米，路径选择在三亚林旺海岸至蜈支洲岛西侧原码头旁，基本呈东西走向，用电负荷为 5000KVA，额定输送容量可达 5700KVA
	水管	两条水管长度约 3000 米，均为聚乙烯 Pe 给水管，直径分别为 90mm 和 110mm
环保工程	废水治理	船舶生活污水、蜈支洲岛登陆点生活污水由蜈支洲岛自身污水厂接收处理达标后用于绿化，含油污水收集后委托三亚华利清污有限公司妥善处理，林旺段登陆点生活污水依托现有公共厕所，统一排入市政管

项目	工程内容	规模
		网。
	废气治理	施工机械采用符合要求的燃料。
	噪声治理	减少高噪设备的使用，合理安排施工时间。
	固废治理	船舶、机械生活垃圾经收集后由环卫部门清运处理；船舶、机械废油交由三亚华利清污有限公司将其安全处置。

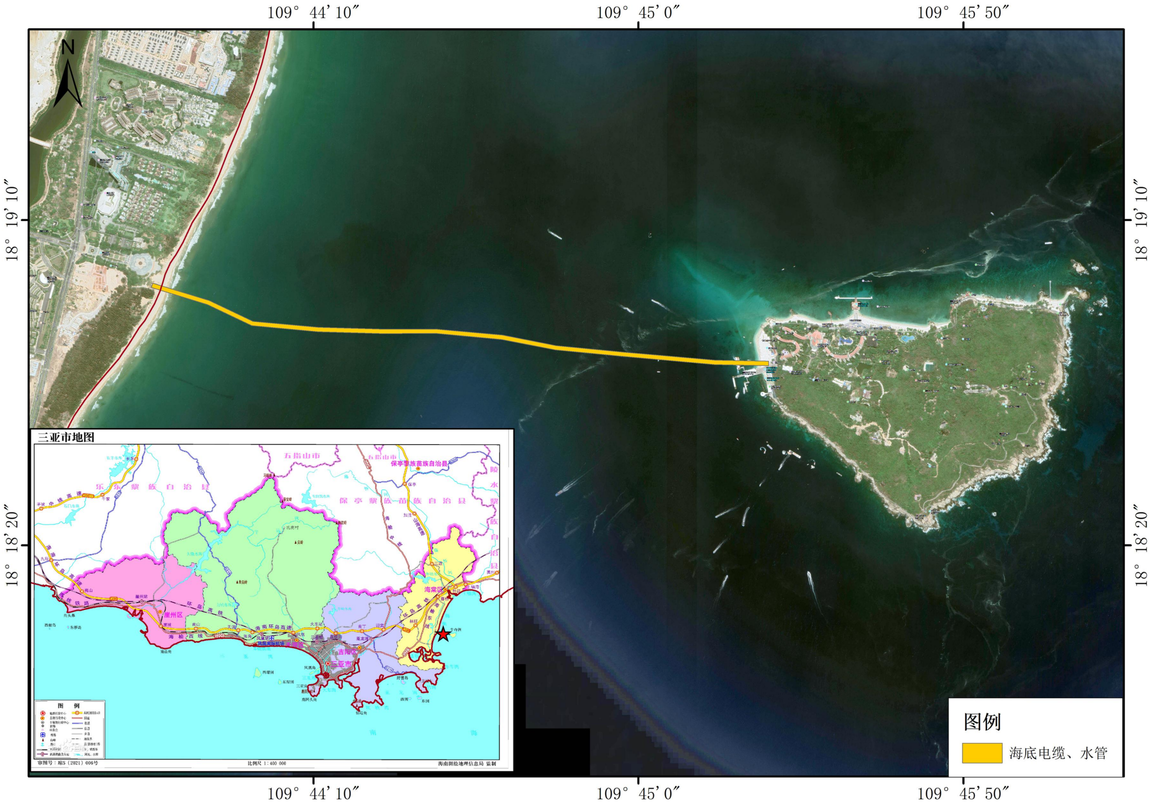


图 3.1-1 项目地理位置图

3.2 项目施工及管道登陆情况

3.2.1 项目施工情况

2005 年 11 月，海南蜈支洲旅游开发股份有限公司自行出资铺设一条 DN90mm 聚乙烯 Pe 给水管，并从上海上缆藤仓电缆有限公司采购两根根长度约 3km 的海底电缆，于 2006 年 4 月，由舟山市电力安装公司完成电缆敷设工作，2010 年 10 月随着景区运营游客量持续增多，因此又铺设了一条 DN110mm 聚乙烯 Pe 给水管，施工每期约 35 天。海底电缆、水管呈东西直线走向，路径为三亚海棠湾中心广场海岸至蜈支洲岛冬季码头，两点间的直线距离约为 2.83km。

	
配电房（蜈支洲岛）	沙滩（蜈支洲岛）
	
警示标识（林旺侧）	沙滩（海棠广场）
	
海缆接入处（海棠广场）	海缆接入处（海棠广场）
	
员工宿舍污水站	员工宿舍污水站处理设备

	
珊瑚酒店污水站处理设备（1）	珊瑚酒店污水站处理设备（2）
	
夏季卫生间污水站处理设备（1）	夏季卫生间污水站处理设备（2）

图 3.2-1 蜈支洲岛海底电缆周边环境现状

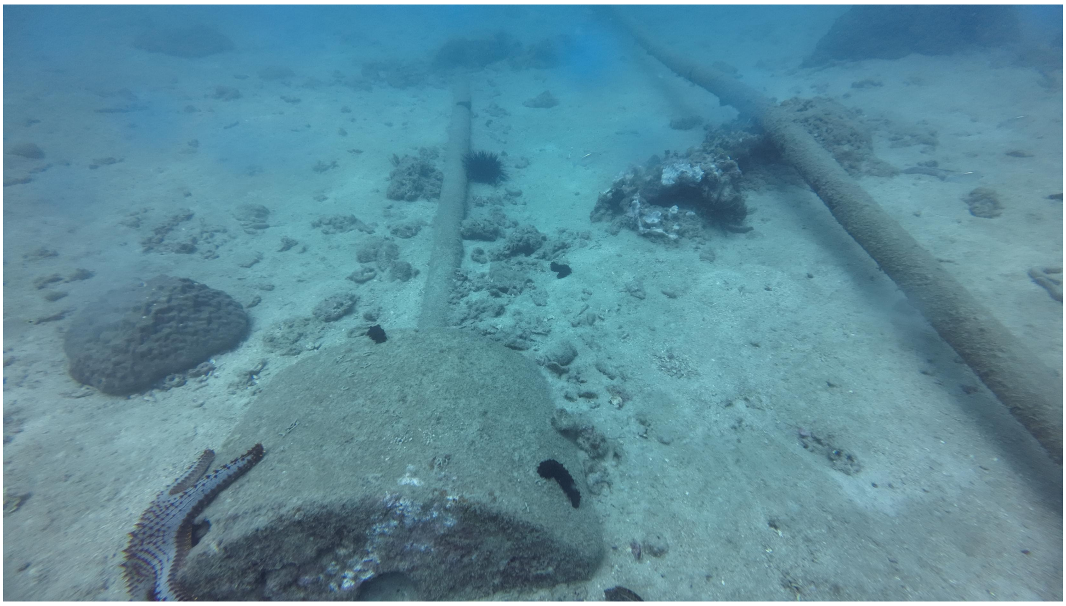


图 3.2-2 蜈支洲岛海底电缆、水管海中现状

3.2.2 海底电缆及水管管道登陆情况

管道两端登陆点位置：海棠湾广场中心坐标为 109°43′43.90″、18°18′ 59.20″蜈支洲冬季码头中心坐标点为 109°45′19.30″、18°18′48.60″，见图 3.2.2-1 所示。

图 3.2.2-1 海缆、水管管道登陆位置图

根据现场踏勘：海棠湾段登陆段岸线属性为砂质岸线，管道四周由围栏进行防护处理，登陆点现状见图 3.2.2-2 所示；围栏周围立有警告标示牌，见照片图 3.2.2-3 所示。

由于本项目于 2010 年 10 月全部施工完毕，当时海棠湾周边基本是处于未开发状态，没有其它开发利用活动。距离本项目最近的用海为三亚海昌梦幻不夜城发展有限公司的三亚市海棠湾旅游休闲娱乐区南部取排水工程项目，二者相距约 340m，该项目于 2017 年 10 月 24 日取得 1.8586 公顷的海域使用权证，本项目施工期对其影响是不存在的，且该项目在进行海域论证时，将本项目管道列为利益相关者，提出了避免本项目管道受到影响的一系列对策措施“业主单位在施工过程中针对蜈支洲岛旅游区地下 10kv 电缆、供水管线、光纤电缆必须进行详细的路由勘测，确保本项目施工不会影响到上述区域内，否则造成的一切损失应有业主单位承担”，确保了本项目的用海安全。

图 3.2.2-2 海棠湾段登陆现状照片

图 3.2.2-3 警告标示牌

蜈支洲岛段登陆段岸线属性为砂质岸线，与业主单位蜈支洲岛滨海旅游娱乐项目的游乐场和透水构筑物用海存在空间重叠（重叠面积为 0.2459 公顷），登陆点现状见图 3.2.2-4 所示，建议可根据《海域立体分层设权宗海范围界定指南》结合项目区域实际情况，若具备立体分层设权可行性则可绘制立体分层设权宗海图；若不具备立体分层设权可行性，则需要业主单位在游乐场和透水构筑物用海续期过程中扣除重叠区域，

确保避免权属冲突。

图 3.2.2-4 蜈支洲岛段登陆现状照片

3.3 工程建设的必要性

蜈支洲岛是海南省 5A 级景区之一，坐落在海南省三亚市北部的海棠湾内，北面与南湾猴岛遥遥相对，南邻美誉天下第一湾的亚龙湾。岛上风光秀丽，各种度假、游乐设施齐全，集热带海岛旅游资源的丰富性和独特性于一体，是中、高端旅游者必选的海南旅游景点之一。

根据《三亚市国土空间总体规划（2020-2035）》，在 2035 年，即规划期末，将三亚建设成为国际旅游胜地、现代服务业发展高地、高新技术产业集聚地。对于三亚市进行空间优化布局：联动产业、功能与空间，以“十字方针”精准配置资源：“中优、东精、西拓、南联、北育”。其中，“东精”指：海棠湾、亚龙湾做精升级国际旅游消费，即海棠湾、亚龙湾是国际旅游消费中心的核心功能展示区，以现代旅游产业为核心，衍生文化、体育、医养等产业，发展消费经济，打造国际化旅游消费产业集群，提升旅游服务质量和国际化水平。

对于旅游产业，《海南省“十四五”生态环境保护规划》提出：“大力发展旅游业、现代服务业、高新技术产业和热带特色高效农业等现代化产业，建立开放型生态型服务型产业体系。统筹生态旅游开发与生态资源保护，依托海南特有的热带海岛旅游资源优势，推动生态型景区和生态型旅游新业态新产品开发建设，构建以观光旅游为基础、休闲度假为重点、文体旅游和健康旅游为特色的生态旅游产业体系。”

本项目位于《三亚市海域使用详细规划》混合电缆管道用海（代码为 190605）内，符合《三亚市海域使用详细规划》中混合电缆管道用海的管控要求，是落实《三亚市海域使用详细规划》的具体体现。

蜈支洲岛原为军事用岛，部队在岛上生活用水都依靠自行开采的一口水井，经营初期景区员工和上岛游客较少，部队留下来的水井基本可以满足景区经营生活需求，岛上用电只能采取发电机供电保障日常生产经营，随着景区接待游客量的逐年增长，景区用电需求也在相应增加，井水不能满足景区经营需求，若采用海水淡化，面临着以下问题：（1）能源消耗大。海水淡化过程需要大量的电能和热能，这不仅增加了成本，也对环境产生了一定的影响；（2）高投资成本。建设、维护和运营海水淡化设备需要大量的资金，这对于企业来说，可能是一个难以承受的负担。（3）对环境产生负面影响。例如，排海浓盐水的处理不当可能影响海洋生态环境。综合以上考虑采用海水淡化来保障蜈支洲岛景区用水需求，基本不可能实现。

若持续增加发电机功率，面临着以下问题：（1）排放污染较大：柴油发电机组的排放污染较大，会对环境造成一定的影响。（2）维护成本较高：柴油发电机组的维护成本较高，需要定期进行检修和保养。（3）噪音较大：柴油发电机组的噪音较大，可能会对周围环境造成一定的影响，影响岛上游客观光体验。综合以上考虑采用柴油发电来保障蜈支洲岛景区用电需求，也基本不可能实现。

蜈支洲西侧冬季码头至三亚海棠湾中心广场海岸距离仅为2.83km，且该区域底质类型基本为砂质海底，距离适中，底质类型适合铺设电缆水管，为本项目海底电缆、水管建设提供巨大便利条件。

综合以上考虑，为保障景区正常生产经营，海南蜈支洲旅游开发股份有限公司于2005年11月自行出资，铺设一条DN90mm聚乙烯Pe给水管，并从上海上缆藤仓电缆有限公司采购两根长度约3km的海底电缆，于2006年4月，由舟山市电力安装公司完成电缆敷设工作，随着景区运营游客量持续增多，至2010年岛上供水再次不能满足需求，因此又铺设了一条DN110mm聚乙烯Pe给水管。海底电缆、水管呈东西直线走向，路径三亚海棠湾中心广场海岸至蜈支洲岛冬季码头，两点间的直线距离约为2.83km。

该海底电缆和两条水管是海南蜈支洲旅游开发股份有限公司为应对景区用水用电紧张，完善游客游玩体验提前铺设。2017年12月1日，海南省人民政府办公厅印发《海南省旅游发展总体规划（2017-2030）》，指出要继续推进海棠湾、亚龙湾、清水湾等热带滨海休闲度假海湾建设；以“多规合一”为契机，突出打造6大旅游产业园，其中包括三亚海棠湾国家海岸休闲度假区；加快推进一批标志性旅游综合体建设。进

一步加强基础设施建设，完善旅游产业要素配置，强化休闲、度假、商务、会展、娱乐、购物等主要功能，探索合理的运营和营利模式，构建科学布局、业态合理、特色鲜明的旅游综合体发展体系。

本项目位于三亚市海棠湾区蜈支洲岛西侧海域，根据规划，本区域建设成为三亚海棠湾国家海岸休闲度假区，成为海南省标志性旅游综合体之一。本项目属于蜈支洲景区旅游开发必须的基础设施建设，对提升蜈支洲岛的游客体验和满意度有重要的意义，有利于蜈支洲岛的旅游发展，从而促进海棠湾旅游产业的发展，对提升海棠湾旅游服务质量有极大的意义。

因此，本项目海底电缆、水管项目建设是非常必要的，是落实《三亚市海域使用详细规划》的具体体现。

3.4 建设方案概述

3.4.1 总平面布置

海底电缆、水管呈东西直线走向，路径为三亚海棠湾中心广场海岸至蜈支洲岛冬季码头，两点间的直线距离约为2.83km。总平面布置图详见图3.4.1-1。

图3.4.1-1 项目总平面布置图

（1）水管平面布置

水管两端登陆点位置：海棠湾广场中心坐标为109°43′43.90″、18°18′59.20″，蜈支洲冬季码头中心坐标点为109°45′19.30″、18°18′48.60″。

2005年铺设一条DN90mm聚乙烯Pe给水管位于北侧位置，2010年10月铺设一条DN110mm聚乙烯 Pe 给水管位于南侧位置。由于铺设管道受周边环境影响，根据调查资料，现状两根水管在海底间距约为0.5-3.0米。

图3.4.1-2 两条水管位置关系示意图

（2）电缆平面布置

由于海中部分电缆直接敷设在水底，根据2013年6月28日广州邦鑫勘测科技有限公司对竣工验收后的实测成果，海底电缆铺设拐点坐标和平面布置见表3.4.1-1和图3.4.1-2所示。

表 3.4.1-1 电缆位置坐标

图 3.4.1-2 海底电缆位置示意图

3.4.2 设计主尺度

3.4.2.1 海缆结构

（1）海缆类型

由于交联聚乙烯绝缘的中、低压海底电力电缆，在敷设、安装及运行安全、检修方便等方面具有很大的优越性，故本工程采用交联聚乙烯绝缘海底电缆。

（2）海缆导体截面

蜈支洲岛最终用电负荷为5000KVA。以上海上缆藤仓电缆有限公司生产的三芯海底电缆 YJQ41G-8.7/10 作为计算及选型的依据。根据电缆载流量计算，本海缆截面选择 150mm^2，该电缆在直埋土壤中、导体工作温度 90℃、土壤温度 25℃、土壤热阻 1.0k.m/W 使用条件下，其额定输送容量可达 5700KVA，满足要求并留有一定余量。本项目电缆共两根，一用一备，能够满足景区的用电需求。

- **海缆结构**

截面	芯数	导体直径	绝缘厚度	成缆外径	铅套厚度	PE 层厚度	铠装钢丝直径	电缆近似外径	电缆近似重量
mm^2	芯	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg/m
150	3	14.3	4.5	60.5	2.4	3.4	6.0	101	23.3

- **技术参数**

电缆额定负荷时最高允许温度：90℃

电缆短路时最高允许温度：250℃

导体 20℃直流电阻：0.124Ω/km

导体 90℃交流电阻：0.159Ω/km

电容：0.291Uf/km，电感：0.261mH/km

电缆额定电压 U_0/U：8.7/10KV

载流量参考值：空气中 35℃，360A；海水中 20℃，365A

电缆敷设时的允许拉力：89KN，最小弯曲半径：3m

电缆的结构和电气性能应符合 GB12706《额定电压 35KV 及以下铜芯、铝芯塑料绝缘电力电缆》国家标准要求。

（3）终端头选择

选用宜兴苏源电工 10KV 户外型冷缩式三芯橡塑绝缘电缆终端，型号为 LSW4-3×150-185/10。

3.4.2.2 水管结构

两条水管实际长度 3000 米，占用海域长度 2.8 公里，水管材质为聚乙烯，口径分别为 DN90mm 和 DN110mm。

图 3.4.2-1 水管材质示意图

3.4.2.3 运行标识及瞭望装置

每一侧海缆登陆点需装设一套水线标和二套三角标，水线标识牌安装在海缆登陆点附近的海涂上，三角标标识牌（禁止抛锚）安装在海缆登陆点两侧各 150 米处的海涂或岩石上。根据现场实际情况，蜈支洲岛侧因整体形象及岛上有监督哨瞭望周边海域，则不考虑装设标识牌，林旺海岸侧应安装一套水线标识牌和二套三角标标识牌。标示桩构造图详见图 3.4.2-2 至图 3.4.2-4。

图 3.4.2-2“禁止抛锚”标识牌及基础施工图

图 3.4.2-3“水线”标识牌及基础施工图

图 3.4.2-4 电缆标示桩构造图

3.5 施工方案

3.5.1 施工条件

本工程所需海缆、水管等物资通过专用的运输船从舟山海运至施工现场，工程所处三亚市气候适宜，无严冬酷署，海区一般情况下风浪较小，具有便利的海运、陆运条件，各种建筑材料和物资供应充足，能满足工程需要。

本工程施工项目主要为海缆和水管的敷设，利用海水辅助敷设，施工用电主要依靠海缆敷设船的自备发电机供应。

3.5.2 施工工艺和方法

3.5.2.1 海底电缆施工工艺流程

本工程海缆施工为由三亚林旺海岸至蜈支洲岛西侧码头旁电压等级为 10KV 的三芯海缆。海中部分将电缆直接敷设在水底，两岸附近浅滩部分电缆埋入土中约 1.2 米深，陆上部分电缆埋入土中约 1 米深。具体工艺流程见图 3.5.2-1。

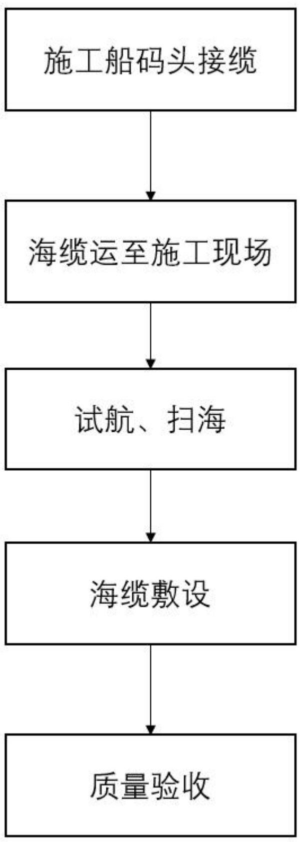


图 3.5.2-1 海底电缆施工工艺流程图

3.5.2.2 水管施工工艺流程

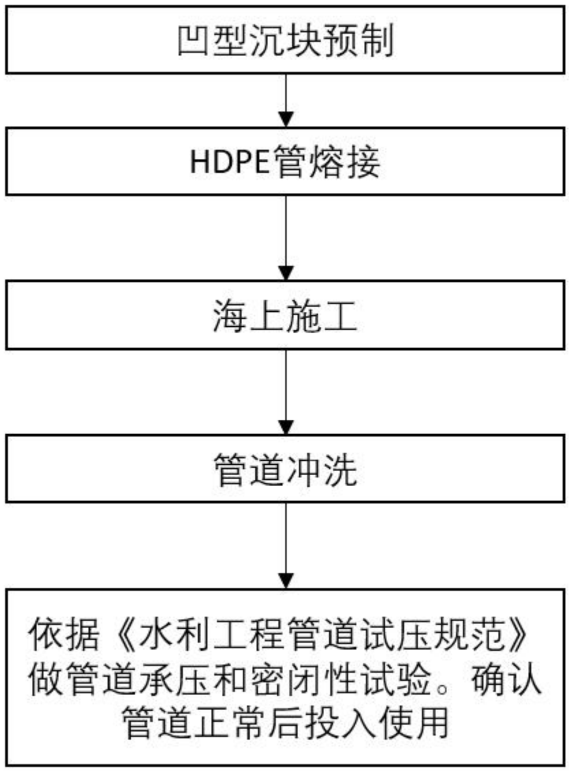


图 3.5.2-2 海底水管施工工艺流程图

3.5.2.3 施工区段划分

深水区域：指落潮后水深大于 3m 的区域。其中落潮后水深 3m 至 5m 区域，由铺缆船乘高潮位进行电缆施工，施工方法同深水区海缆铺设。

浅水区域：浅水与滩涂区域，指涨潮后水深小于 3m 的区域。

3.5.2.4 海底电缆施工流程

（1）接缆

由海底电缆敷设船接缆，地点为生产厂家的码头。

（2）试航

施工船舶到达施工现场后，首先安排在设计施工区域内进行试航，以熟悉施工区域内海况及施工航线，以确保施工安全及施工质量。

（3）扫海

施工前对预定海缆铺设区域进行扫海，解决项目区域内影响施工顺利进行的旧有废气缆线、插网、渔网等小型障碍物，扫海范围为预计路由两侧 50m。采用锚艇尾系

扫海工具，沿预定路由往返扫海多次，直至施工路由上无影响正常施工的障碍物为止，如发现障碍物则由潜水员水下清理；若遇到不能及时清理的大型障碍物，由潜水员水下探明情况，按现场探明的实际情况拟定解决方案并告知业主。扫海应注意避开珊瑚礁生长区域，防止造成珊瑚礁的损害。

（3）海缆敷设施工

本工程海缆的敷设方式是：海中部分将电缆直接敷设在水底，两岸附近浅滩部分电缆埋入土中约 1.2 米深，陆上部分电缆埋入土中约 1 米深。当施工船只距离岸边一定距离的时候就向海边投放电缆，同时要在电缆上每隔一段距离放上浮力装置，使其浮在海面上，通过岸上人力将电缆牵引至岸边固定，电缆上岸固定完成后，去除浮力装置，使得电缆通过自身的重力下沉至海底，并通过石块固定。浅滩部分及陆上部分电缆均采用直埋敷设，敷设前应将沟底铲平夯实，沿电缆路径电缆上 10cm 处保护板覆盖，再用回填土分层夯实。保护板采用 C15 钢筋混凝土制作。

电缆直埋敷设及保护板构造图详见图 3.5.2-3。

图 3.5.2-3 电缆直埋敷设及保护板构造图

3.5.2.5 海底水管施工流程

施工前的准备：

（1）凹型沉块预制：预制凹型沉块 260 块。

（2）HDPE 管熔接：将长度 9000mm 熔接为 486 米一条，共 6 条，两端熔接法兰。

海上施工：

将水管和沉块运至沙滩，用快艇将水管及沉块运至作业海域，先放下管底沉块，由潜水员将水管放入沉块凹槽内，再放上部沉块，用螺栓固定，依序进行。

陆上施工：

陆上水管采用人工开挖沟槽施工。连接两端陆地水管，水管铺设完成后，进行水管冲洗，依据《水利工程管道试压规范》做管道承压和密闭性试验。确认管道正常后投入使用。

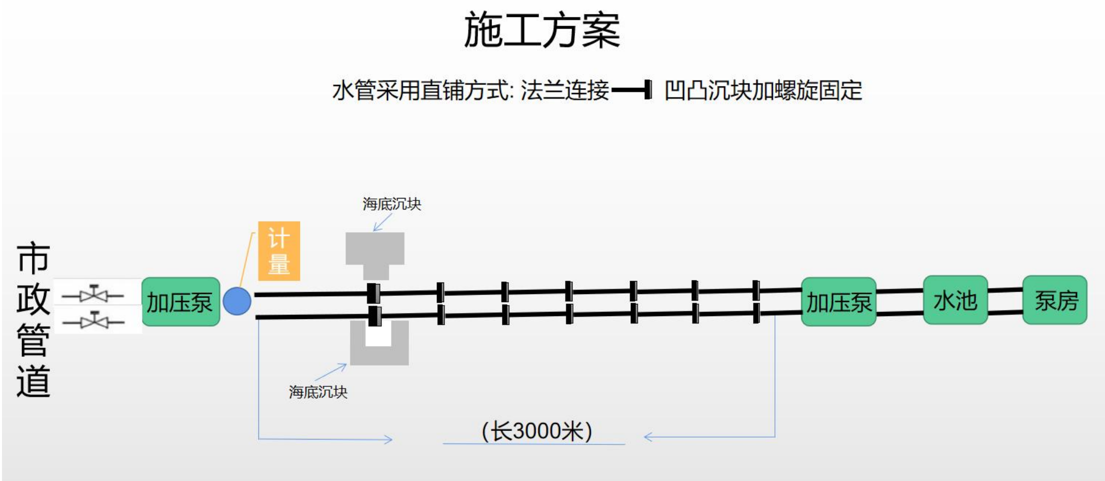


图 3.5.2-4 海底水管施工方案示意图

3.5.3 蜈支洲岛用水及处理现状

根据业主提供资料，景区游客用水额定每天每人 30L，最大客流量每天 2.6 万人，估算用水约 780 吨。

表 3.5.3-1 现状用水量估算表

序号	分布区域位置	设备日最大污水处理量（吨）	日平均污水处理量（吨）	建成日期	投入金额（万元）
1	岛上员工宿舍生活区	160	120	2012.6	450
2	岛上珊瑚酒店	600	450	2013.7	1200
3	岛上 3A 级厕所	400	310	2013.12	300
4	岛上情人岛厕所	80	60	2021.11	130
合 计		**1240**	**940**	-	**2080**

为解决景区岛上污水排放问题，景区先后共投入 2080 万元自建 4 处污水处理设备，日最大污水处理量 1240 吨，平均日处理污水量 940 吨，由专业人员定期对设备进行维护和保养。以上 4 处污水处理设备每日处理过后的中水都用于景区森林防火和植被绿化的灌溉，既解决了旅游区污水排放问题，保护了周边海洋生态环境，同时也通过合理利用减少了水资源浪费。

两条水管只有取水功能，岛上产生的污水排至污水处站进行处理。

（1）员工宿舍污水站处理设备

（2）蜈支洲岛珊瑚酒店污水站处理设备

（3）夏季卫生间污水站处理设备

3.5.4 主要施工设备

项目主要施工机械及设备见表 3.5.4-1。

表 3.5.4-1 项目施工机械设备一览表

序号	机械设备名称	单位	数量	规格、型号	用途
1	电缆敷设船	艘	1	1500t	运输电缆
2	运输船	艘	1	100t	运输水管
3	挖掘机	辆	2	/	沟槽开挖
4	推土机	辆	2	/	回填
5	自卸卡车	辆	1	/	运输物料

3.5.5 施工工期

2005 年 11 月铺设一条 DN90mm 聚乙烯 Pe 给水管，2006 年 4 月敷设一根海底电缆，2010 年 10 月铺设一条 DN110mm 聚乙烯 Pe 给水管，施工每期约 35 天。

本工程的总体施工见表 3.5.5-1。

表 3.5.5-1 海底电缆、水管施工时间

序号	施工项目	工期
1	DN90mm 聚乙烯 Pe 给水管	35 天
2	海底电缆	35 天
3	DN110mm 聚乙烯 Pe 给水管	35 天

3.6 项目用海情况

根据海口万水测绘科技有限公司 2024 年 4 月绘制的宗海图，本项目用海总面积为 5.8596 公顷，宗海位置图、界址图见图 3.6-1 和图 3.6-2。

根据《关于进一步加强海岸线保护与利用管理工作的通知（征求意见稿）》（自然资办函〔2023〕2434 号），从海岸线下层底土区域穿越的海底电缆管道用海可界定为不占用海岸线，本项目海底电缆和水管道主要为蜈支洲岛上供水供电，采用海底电缆管道的用海方式，因此，本项目可界定为不占用海岸线。

图 3.6-1 宗海位置图

图 3.6-2 宗海界址图

表 3.6-1 项目宗海界址图界址点编号及坐标（续）

4 工程分析

4.1 生产工艺与过程分析

4.1.1 施工期产污环节分析

本项目主体工程为水管和电缆敷设，电缆、水管两端浅滩部分开挖，海中电缆、水管直接敷设在水底。施工期工艺流程及产污环节见图 4.1.1-1。

陆域段开挖施工工序和产污环节如图 4.1.1-1；海域段电缆、管道施工工序和产污环节如图 4.1.1-2。

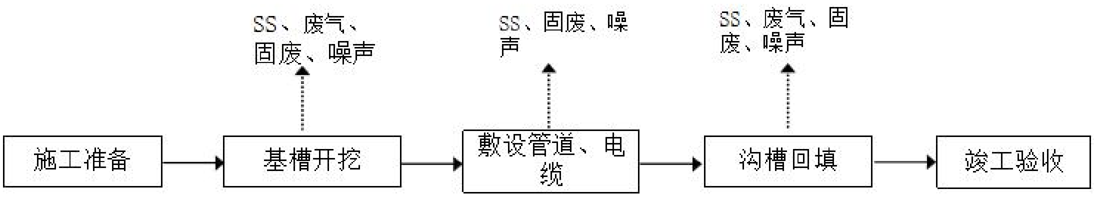


图 4.1.1-1 陆域段开挖施工工序及产污环节示意图

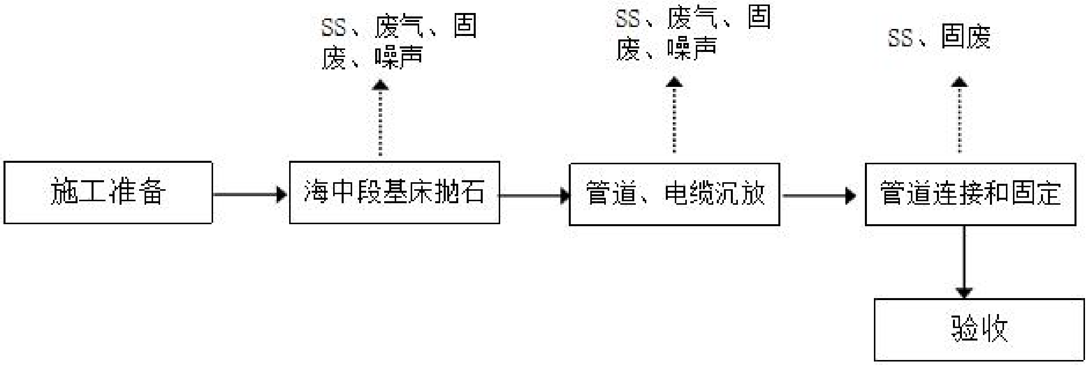


图 4.1.1-2 海域段电缆、管道施工工序及产污环节示意图

4.1.2 运营期产污环节分析

项目主要是电缆和水管项目，项目本身不产生污染物。

4.1.3 土石方平衡

海中部分将电缆、水管直接敷设在水底，两岸附近浅滩部分电缆、水管埋入土中

约 1.2 米深，陆上部分电缆埋入土中约 1 米深。西侧：接岸 42m，埋深 1m，浅滩 188m，埋深 1.2m；东侧：接岸 50m，埋深 1m，浅滩 50m，埋深 1.2m；开挖宽度为 1m。项目东西两侧管道、电缆沟槽开挖段方量为 377.6m³，管道、电缆敷设完成后原土回填量为 377.6m³，无弃方量。

4.2 污染源强核算

4.2.1 施工期污染源强核算

4.2.1.1 水污染源强分析

（1）悬浮泥沙

①沟槽开挖

东西两侧开挖采用长臂挖掘机进行施工，挖掘机斗容 1m³，1 分钟 2 斗，挖掘机工作效率约为 120m³/h，悬浮泥沙的发生量参照抓斗式挖泥船悬浮泥沙源强计。

根据《水运工程建设项目环境影响评价指南》（JTS/T105—2021）推荐的经验公式，计算清淤产生的悬浮物，经验公式如下：

$$Q_2=\frac{R}{R_o}\cdot T\cdot W_o$$

式中：Q_2——疏浚作业悬浮物发生量（t/h）；

R——现场流速悬浮物临界粒子累计百分比（%）；

R_0——发生系数 W_0 时的悬浮物粒径累计百分比（%）；

T——挖泥船疏浚效率（m³/h）；

W_0——悬浮物发生系数（t/m³）。

根据经验公式计算，开挖时悬浮物产生量：

89.2%/80.2%×120×38.0×10⁻³=3.38t/h=0.18kg/s。

开挖段为浅滩，低潮时施工，产生的悬浮泥沙量较小。

②基床抛石、管道、电缆沉放

在海缆和水管投放过程中，海缆和水管触底将会掀起部分海底泥沙，其过程与抛石类似，因此，在此参考抛石的计算方法进行海缆和水管投放过程中的悬浮泥沙估算。

海缆及水管投放产生的悬浮泥沙类比抛石计算，抛石产生的水体悬浮物包括两部分，一部分为块石自身携带的泥土进入水体形成的悬浮物，一部分为抛填块石时扰动

底床产生的悬浮物。项目抛石总量约为 0.0666 m^3，海缆总量约为 40.8407m^3，两条水管总量约为 41.2491m^3。块石、水管及海缆中的泥土含量很低(含泥、砂<5%)，以抛石及投放海缆、水管体积的 5%计，该部分泥沙进入海水后形成悬浮泥沙的比率以 80%计，则可形成悬浮泥沙的量为 4.1078m^3；工程区底质为砾砂，根据工程区砾砂的粒度检测结果含泥量约 15%，则抛石及投放海缆和水管的过程中搅动产生的悬浮泥沙量按抛石量的 15%计，为 12.3235m^3。以每天施工 8 个小时计，抛石及投放海缆、水管施工时间以 7 天计，表层泥沙干密度取值 1380kg/m³，则抛石工序产生的悬浮泥沙量约为 0.1069kg/s。

表 4.2.1-1 源强计算表

	半径（m）	长度（m）	体积（m^3）
海底电缆 1	0.05	2600	20.42035
	边长（m）	数量（个）	体积（m^3）
石块	0.04	260	0.01664
	半径（m）	长度（m）	体积（m^3）
海底电缆 2	0.05	2600	20.42035
	边长（m）	数量（个）	体积（m^3）
石块	0.04	260	0.01664
	半径（m）	长度（m）	体积（m^3）
水管 1	0.045	2600	16.54049
	边长（m）	数量（个）	体积（m^3）
石块	0.04	260	0.01664
	半径（m）	长度（m）	体积（m^3）
水管 2	0.055	2600	24.70863
	边长（m）	数量（个）	体积（m^3）
石块	0.04	260	0.01664
合计	海底电缆		40.8407
	水管		41.2491
	石块		0.0666

（2）生活污水

①陆域生活污水

项目所在的三亚市蜈支洲岛，根据《海南省用水定额》（DB 46/T 449—2021 中“农村居民生活用水定额”，其居民生活用水定额为 130L/（人·d），折污系数取 0.8，则人均生活污水产生量为 104L/d。

陆域施工产生生活污水主要分为林旺段登陆点和蜈支洲岛登陆点施工人员产生的生活污水。陆域施工人员平均每天按 20 人计，施工工期为 21 天，人均生活污水产生

量为 104L/d，则施工队伍每天产生的生活污水约 2.08m³/d，施工期的陆域施工场地生活污水量约为 43.68m³。其中，林旺段登陆点生活污水依托现有公共厕所，统一排入市政管网；蜈支洲岛登陆点生活污水依托景区公共厕所，并经岛上自有污水处理厂统一处理达标后用于绿化灌溉。

②船舶生活污水

根据设计提供的船舶类型、数量并结合《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-1-2018），海上施工按 21 天计，经计算，施工期船舶生活污水量为 1.56m³/d，施工期船舶生活污水总产生量为 32.76m³（详见表 4.2.1-1）。项目施工船舶生活污水排入接收设施，上岸处理。

表 4.2.1-1 施工船舶生活污水产生量计算表

序号	施工船舶	船舶数量（艘）	施工人员数量	生活污水产生量	生活污水产生量	工期	施工期总产生量
			(人/艘)	(L/人. d)	(m³/d)	（天）	(m³)
1	电缆敷设船	1	10	104	1.04	21	21.84
2	运输船	1	5	104	0.52	21	10.92
3	合计	2	—	—	1.56	—	32.76

（3）船舶含油污水

含油污水主要来自施工船舶产生的舱底油污水，根据设计提供的船舶类型、数量并结合《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-1-2018），计算施工船舶含油污水产生量如表 4.2.1-2 所示，施工船舶产生的含油污水量为 0.44t/d，施工期总产生量为 9.2t，其主要污染物为石油类，其浓度取 2000mg/L，石油类产生量为 0.18kg。

施工船舶上设置油水分离器和油污水罐，含油污水及时接收上岸，委托有资质的单位接收处理，严禁向水域排放含油污水。

表 4.2.1-2 施工船舶含油污水产生量计算表

序号	施工船舶	数量（艘）	船舶吨位(t)	舱底油污水产生量(t/d·艘)	含油污水产生量(t/d)	工期(天)	施工期总产生量(t)
1	电缆敷设船	1	1500	0.41	0.41	21	8.61
2	运输船	1	100	0.028	0.028	21	0.59
3	合计	2	—	—	0.44	—	9.2

4.2.1.2 固体废物污染源

施工期的固体废物主要有施工队伍产生的生活垃圾和施工船舶产生的残油、废油、开挖的土石方等。

（1）生活垃圾

①陆域施工人员生活垃圾

陆域施工人员生活垃圾产生量按 1kg/人·d 估算，陆域生活垃圾产生量约为 20kg/d，施工期陆域生活垃圾产生量为 0.42t。陆域生活垃圾应及时收集，由环卫部门统一外运并安全处置。

②船舶生活垃圾

根据《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018），船舶施工人员生活垃圾产生量按 0.5kg/人·d 估算，则施工期船舶生活垃圾产生量为 7.5kg/d，施工期船舶生活垃圾产生总量为 0.16t，具体计算见表 4.2.1-3。船舶生活垃圾统一收集后上岸由环卫部门统一处置。

表 4.2.1-3 施工船舶生活垃圾产生量计算表

序号	施工船舶	船舶数量(艘)	施工人员数量(人/艘)	生活垃圾产生系数(kg/人·d)	生活垃圾产生量(kg/d)	工期(月)	施工期总产生量(t)
1	电缆敷设船	1	10	0.5	5	21	0.11
2	运输船	1	5	0.5	2.5	21	0.05
3	合计	2	—	—	7.5		0.16

（2）残油、废油

施工过程中，施工船舶、设备产生残油、废油等危险废物交由三亚华利清污有限公司处置。

（3）土石方

根据工程量计算可得，陆域段管道开挖土全部回填不外排。

4.2.1.3 废气

（1）施工扬尘

施工扬尘主要来源于陆域段的开挖、物料的装卸和运输等活动。在开挖过程中，土壤颗粒会因机械作业和风力作用而悬浮在空气中，项目所在区域空气湿度较大，扬尘的产生量较低；装卸和运输物料时，车辆行驶和物料堆放引发的扬尘。粉尘颗粒较

大，属于瞬时源，污染物扩散较小，危害时间较短，其影响主要是在运输路线附近，运输过程中的扬尘属于流动性、间歇性大气污染源，此类污染源的排放量较小，影响的范围也不大。物料运输过程中加盖篷布、控制车速，防止了物料洒落。施工期间扬尘对本项目周边地区及运输道路的影响较小。

（2）尾气

施工过程中，施工机械、车辆以及船舶以燃油为动力，因为燃料的燃烧排放了一定的废气，产生的废气含有 CO、NOx、SO_2、HC 等。类比相似施工过程，其使用设备种类较少，施工时间较短，该部分废气产生量极少，随着施工结束，其影响已消失。

4.2.1.4 噪声

本项目噪声主要在施工期产生，施工噪声包括船舶、挖掘机、自卸卡车、推土机等。声源强度范围在 85～100dB（A），常用施工机械噪声测试值见表 4.2.1-4。

表 4.2.1-4 主要施工机械噪声值表

机械设备	测距(m)	声级(dB)
船舶	5	100
挖掘机	5	86
推土机	5	85
自卸卡车	5	85

4.2.2 运营期污染源分析

运营期项目本身不产生污染物。

4.3 污染源排放清单

项目运营期不产生污染物，本项目污染物排放清单见下表 4.3-1

4.3-1 污染物排放清单

阶段	污染项目	污染源	主要污染物	污染物排放源强	排放方式
施工期	悬浮泥沙	沟槽开挖	SS	0.18kg/s	无组织排放
		基床抛石、管道、电缆沉放		0.1069kg/s	
	废水	生活废水	COD、BOD_5、氨氮、SS	2.08m^3/d	林旺段登陆点生活污水依托现有公共厕所，统一排入市政管网；蜈支洲岛登陆点生活污水依托景区公共厕所，并经岛上自有污水处理厂统一处理达标后用于绿化灌溉

阶段	污染项目	污染源	主要污染物	污染物排放源强	排放方式
		船舶生活污水	COD、BOD_5、氨氮、SS	$1.56m^3/d$	由蜈支洲岛自身污水厂接收处理达标后用于绿化
		含油污水	石油类	0.44t/d	由三亚华利清污有限公司处理接收处理
	固体废物	生活垃圾	生活垃圾	20kg/d	收集，交由环卫部门清运
		船舶生活垃圾	船舶生活垃圾	7.5kg/d	统一收集后上岸由环卫部门统一处置
		危险废物	残废油	--	交由三亚华利清污有限公司处置
	废气	机械废气	THC、CO、NOx	少量	自由扩散
		扬尘	TSP、PM_{10}	--	无组织排放
	施工噪声	施工机械	噪声	85～100dB(A)	自然传播

4.4 工程各阶段非污染环境影响分析

海中抛石、管道、电缆敷设等施工，直接破坏了底栖生物赖以生存的底质环境，造成底栖生物的直接死亡，项目浅滩段开挖直接破坏了潮间带生物赖以生存的的栖息环境，导致潮间带生物数量的减少。海中抛石、管道、电缆敷设等施工产生的悬浮泥沙扩散对项目周边的浮游生物、游泳生物、珊瑚礁等也将产生一定的影响。

5 工程区域自然和社会环境现状

5.1 自然概况

项目所在区域三亚市的气候属热带海洋性季风气候，冬季气候温暖干燥，雨量较少；夏季高温多雨，并常有雷电、暴雨、台风。采用中国科学院生态系统研究网络三亚站数据和信息网站多年的气象资料统计，项目区域的气象概况如下：

5.1.1 气温

本区气温较高，年平均气温为 26.7℃。各月平均气温都在 22℃以上（表 5.1.1-1），4～10 月份较高，平均为 28.6℃，11 月至翌年 3 月份较低，平均为 24.0℃。本区极端最高气温为 38℃（2006 年 7 月 24 日）），极端最低气温为 11.7℃（2005 年 3 月 6 日）。

表 5.1.1-1 逐月平均气温（℃）（2005 年—2015 年）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均气温	22.1	23.5	25.6	27.6	29.1	28.9	29.1	28.8	28.4	27.5	25.7	23.7

5.1.2 降水

三亚地区有旱季和雨季之分，5 月～10 月为雨季，降水量约占全年的 90%，11 月至翌年 4 月为旱季，降水量较少。多年平均降水量为 1252mm，逐月平均降水量见表 5.1.2-1。

表 5.1.2-1 逐月平均降水量（mm）（2005 年—2015 年）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均降水量	4	5	10	65	92	131	210	228	216	264	40	8

5.1.3 相对湿度

三亚气候湿润，多年平均相对湿度 76%，8 月份湿度最大为 83%，12 月份气候相对干燥，相对湿度为 69%。逐月平均相对湿度见表 5.1.3-1。

表 5.1.3-1 逐月平均相对湿度（%）（2005 年—2015 年）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
相对湿度	71	75	75	76	77	79	80	83	80	76	71	69

5.1.4 风况

据三亚气象站统计，三亚以 E、NE 和 ENE 风向为最多，约占全年总频率的 37%，一年内几乎有 8 个月的时间被上述风向控制，其余四个月（5～8 月）风向较乱，但以W、WSW 风向为主，约占这四个月风频率的 40%。各向平均风速、最 大风速及频率见表 5.1.4-1，逐月平均风速见表 5.1.4-2，不同季节风向玫瑰图见图 5.1.4-2。

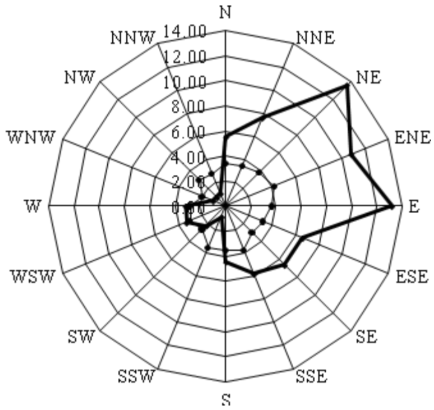


图 5.1.4-1 三亚市全年平均风向频率分布图

表 5.1.4-1 各向平均风速、最大风速及频率表

方位	最大风速（m/s）	平均风速（m/s）	频率（%）
N	12.0	1.7	5
NNE	24.0	2.2	7
NE	20.0	3.1	13
ENE	18.0	3.4	10
E	23.0	3.0	14
ESE	17.0	3.1	7
SE	17.0	2.8	7
SSE	16.0	3.2	5
S	14.0	3.3	4
SSW	19.0	2.9	1
SW	20.0	3.2	3
WSW	18.0	3.5	4
W	20.0	3.4	3
WNW	12.0	3.0	1
NW	30.0	2.0	1
NNW	11.0	1.5	1

表 5.1.4-2 逐月平均风速

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
风速（m/s）	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.2	1.2	1.4	1.9	1.7	1.9

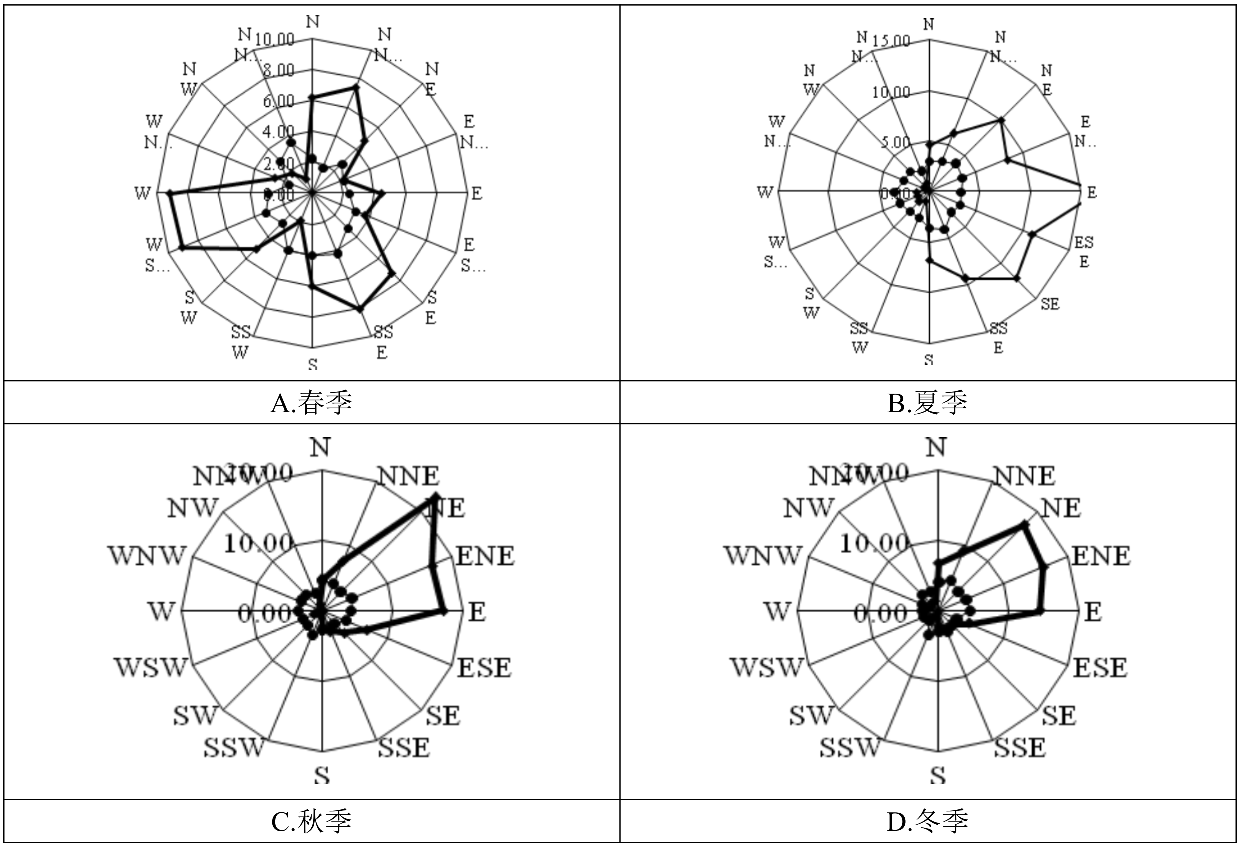


图 5.1.4-2 各季节风频率玫瑰图

5.1.5 气候灾害

（1）热带气旋

影响本区的极端天气主要为热带气旋，统计 1949 年～2015 年中心进入 18.1°N～18.8°N、110°E～108°E 的矩形区域内的热带气旋为 70 个。登陆三亚的台风 11 个、强热带风暴或热带风暴 7 个，热带低压 3 个。按月份统计，热带气旋 5 月和 10 月登陆次数最多，7 月和 8 月为其次，1 月～4 月和 12 月没有热带气旋登陆（表 5.1.5-1）。根据各热带气旋对三亚市的影响严重程度，摘录热带气旋登陆时三亚站实测气压<990hpa 的热带气旋。

表 5.1.5-1 登陆三亚的热带气旋按月统计频数表

月份	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	合计
个数/个	4	2	3	3	3	4	2	21
比例%	19.05	9.5	14.3	14.3	14.3	19.05	9.5	100

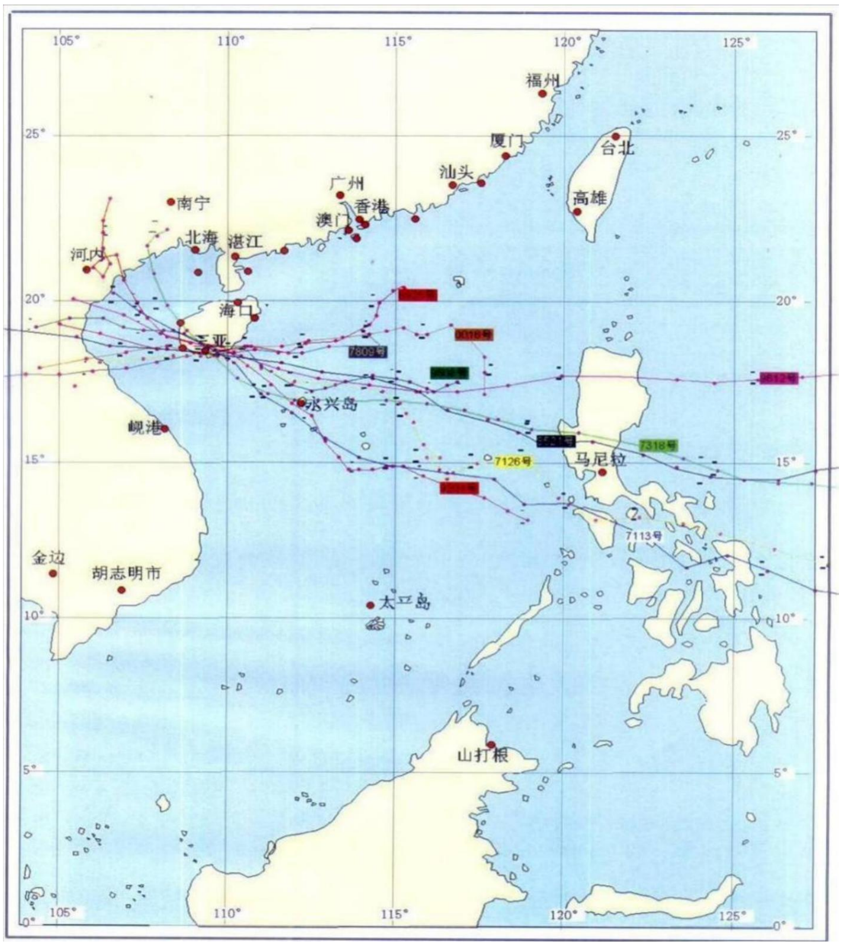


图 5.1.5-1 三亚热带气旋路径图

近年来，登陆三亚的热带气旋等极端天气相对较少，以 2012 年山神台风（编号 201223），2013 年海燕台风（编号 201330）这两次台风对三亚影响最大，山神台风中心离项目最近距离约为 129km，海燕台风中心离项目最近距离约为 104km，影响三亚时均加强为强台风，最大风力达 14 级。

（2）雷暴

年平均雷暴日数为 63 天，占全年天数的 17.26%。雷暴天数最多的年份可达 100 天，占总天数的 27.4%；最少的年份雷暴日数也有 51 天，占总天数的 13.97%。平均雷暴天数最多的 8 月和 9 月份，最多的年份可达 20 天，全月 2/3 的时间受雷暴影响。11 月到翌年的 2 月基本没有雷暴。各月平均雷暴日数见表 5.1.5-2。

表 5.1.5-2 各月平均雷暴日数

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
日数（天）	0	0	1	3	9	9	10	13	13	5	0	0	63

5.2 社会经济环境概况

5.2.1 社会环境概况

三亚市地处海南岛最南端，位于北纬 18°09′34″～18°37′27″、东经 108°56′30″～109°48′28″之间。东邻陵水县，北依保亭县，西毗乐东县，南临南海。东西长 91.6 km，南北宽 51km，陆地总面积 1919.58km^2，境内海岸线长 263.29km，管辖的海域面积 3500km^2。全市设有四个区，吉阳区、天涯区、海棠区、崖州区。

本项目位于海棠区，海棠区位于三亚市东部，西连吉阳区及亚龙湾旅游开发区，东北与陵水黎族自治县接壤，西北与保亭黎族苗族自治县毗邻，西南以仲田岭、回风岭、竹络岭、琼南岭群山为界，地理坐标介于北纬 18° 24′，东经 108° 之间。辖区面积 384.2 平方千米，海岸线长 21.8 千米，其中城市建设用地面积 60 平方千米。

海棠区土地总面积为 253.22 平方千米。其中耕地总面积 37.49 平方千米，占 14.81%；园地总面积为 92.44 平方千米，占 36.51%；林地总面积 52.85 平方千米，占 20.87%；其他农用地，主要包括设施农业用地、农村道路、坑塘水面、沟渠、田坎等，总面积为 11.61 平方千米，占 4.58%。建设用地为 37.58 平方千米，占 14.84%；其他土地为 11.47 平方千米，占 4.53%。

5.2.2 社会经济概况

根据《2023 年三亚市海棠区统计公报》，2023 年，海棠区实现地区生产总值（GDP）166.39 亿元，按不变价计算，同比增长 17.6%。其中，第一产业增加值 18.87 亿元，同比增长 3.5%；第二产业增加值 22.55 亿元，同比增长 27.6%；第三产业增加值 124.97 亿元，同比增长 17.9%。三次产业结构调整为 11.3:13.6:75.1。

2023 年，海棠区地方一般公共预算收入 9.12 亿元，比 2022 年增长 94.3%。其中，税收收入 8.99 亿元，增长 91.8%。税收收入中，增值税 2.5 亿元，增长 3357.0%；企业所得税 2.1 亿元，增长 48.3%；个人所得税 0.7 亿元，增长 20.3%；土地增值税 1.0 亿元，增长 36.9%；契税 1.3 亿元，增长 315.6%；城市维护建设税 0.4 亿元，增长 169.1%；房产税 0.4 亿元，下降 54.9%；城镇土地使用税 0.2 亿元，下降 43.9%；印花税 0.2 亿元，增长 99.3%。全区一般公共预算支出 9.31 亿元，比 2022 年下降 12.9%。其中自然资源海洋气象等支出 0.02 亿元，增长 91.3%；社会保障和就业支出 0.8 亿元，增长 32.2%；文化旅游体育与传媒支出 0.1 亿元，增长 31.8%；住房保障支出 0.1 亿元，

增长 13.4%；一般公共服务支出 1.3 亿元，增长 6.6%；教育支出 2.1 亿元，增长 5.3%；农林水事务支出 1.3 亿元，下降 11.3%；卫生健康支出 1.3 亿元，下降 48.1%；城乡社区支出 1.2 亿元，下降 18.0%。

2023 年，海棠区固定资产投资比 2022 年增长 55.5%。其中，房地产开发投资增长 73.0%，其他投资增长 38.8%。从构成看，建筑工程投资增长 38.9%；安装工程投资下降 15.6%；设备工器具购置投资增长 115.8%；其他费用投资增长 106.4%。

2023 年，海棠区城乡居民人均可支配收入 35672 元，同比增长 6.3%。其中，城镇常住居民人均可支配收入 45376 元，增长 5.5%，农村常住居民人均可支配收入 23222 元，增长 8.4%。

2023 年，海棠区农林牧渔业总产值 27.32 亿元，同比增长 4.2%。其中第一产业产值 25.40 亿元，同比增长 3.7%；农林牧渔服务业产值 1.93 亿元，同比增长 9.6%。

2023 年，海棠区接待过夜游客数量 572.77 万人次，比 2022 年增长 76.2%。其中，过夜国内游客 564.85 万人次，增长 76.1%；过夜入境游客 7.92 万人次，增长 83.3%。全区列入统计的旅游宾馆（酒店）27 家，旅游饭店平均开房率为 68.2%，比 2022 年增长 26.0 个百分点。拥有客房 10036 间，增长 4.1%；拥有床位 16654 张，增长 7.5%。

2023 年，海棠区服务业增加值 124.97 亿元，同比增长 17.9%，占全区 GDP 比重为 75.1%。其中，住宿和餐饮业增加值同比增长 47.6%，交通运输、仓储和邮政业增加值同比增长 40.6%，房地产业增加值同比增长 36.5%，批发和零售业增加值同比增长 7.6%。从营业收入看，全区规模以上服务业营业收入同比增长 86.7%。其中，文化、体育和娱乐业同比增长 105.8%；房地产业（物业管理、房地产中介、房屋租赁）同比增长 29.2%；居民服务、修理和其他服务业同比增长 41.1%。

5.3 区域海洋资源概况

5.3.1 港口资源

本项目位于三亚市管辖范围内，港口主要有南山港、三亚港、肖旗港、铁炉港和后海港。其中南山港、三亚港为综合性港口，肖旗港为专门为西岛旅游交通服务专用港口，铁炉港和后海港为地方性的传统渔港。

（1）南山港

南山港区位于三亚市以西的崖州湾，背靠崖城，东依南山岭，距三亚市 40 余公里，

现建有南山港区一期货运码头工程、南山滚装码头工程和中英合资的 BP 公司崖 13-1 天然气终端基地码头。

南山港区一期货运码头工程为三亚港货运码头搬迁工程，主要为解决三亚港口的生产和发展与三亚城市的发展矛盾日益突出的问题而建。南山港区一期工程已建 1 万吨级通用散杂货泊位 1 个，泊位总长 264 米，设计年通过能力 65 万吨。

南山滚装码头工程为南山港区配套军民两用码头，已建 3000 吨级滚装船泊位 1 个，泊位总长 195 米，设计靠泊 3000 吨级登陆舰和 3000 总吨客滚船，兼靠 3000 吨级杂货船，设计年通过能力 15 万辆次或杂货 54 万吨。

中英合资的 BP 公司崖 13-1 天然气终端基地码头位于南山港区西侧，为 5000 吨级主要用于海洋油气开采工程运输生产物资，通过能力为 50 万 t/年。

南山港区拟新建的泊位有南山港货运码头二期，新建一个 1 万吨级的散杂货泊位（结构按 2 万吨级设计），兼顾 2 万吨级滚装船靠泊，泊位长度 199.2 米，码头设计吞吐量 65 万 t/年。

南山港区拟在三亚港南山港区一期工程北侧、三亚创意科技园区南侧海域，新建海南海事局三亚海事监管综合基地项目。项目主要建设内容包括外线码头、引堤、内线码头、护岸、港池、航道疏浚和陆域形成、地基处理、堆场道路及配套生产及辅助工程等。

（2）三亚港

三亚港目前三亚港已形成以三亚港区和南山港区两个公用港区为主体，三亚港区分为内港区和外港区，内港区主要以游艇码头为主，整个港区包括凤凰岛国际客运码头、救捞码头、海洋局码头、海警码头、崖 13-1 天然气终端基地码头（中英合资 BP 公司）和红塘岭太平洋石油公司码头等货主码头构成的多功能、综合性港口。三亚港码头泊位情况见表 5.3.1-1。

表 5.3.1-1 三亚港码头泊位情况表

作业区	码头泊位名称	投产年份	主要用途	前沿水深（m）	码头长度（m）	吨级（DWT）	泊位个数	通过能力	
								万 t	万人
生产用码头泊位合计					2100		43	318	112
三亚老港区	小计				835		8	64	2
	三亚老港码头 4#泊位	1981	通用件杂	5.5	125	3000	1	8	
	三亚老港码头	1981	通用件杂	5.5	125	3000	1	8	2

作业区	码头泊位名称	投产年份	主要用途	前沿水深（m）	码头长度（m）	吨级（DWT）	泊位个数	通过能力	
								万 t	万人
	5#泊位								
	三亚老港码头6#泊位	1981	通用件杂	7.5	130	5000	1	23	
	三亚老港码头7#泊位	1981	通用件杂	7.5	130	5000	1	23	
	非生产用泊位				205		3		
	南边海码头 1#泊位	1955	通用件杂	3.7	120	1000	1	2	
国际客运港区	国际客运港 1号码头	2006	客运泊位	10.9	370	40000	1		60
南山港区	小计				895		34	254	50
	南山终端泊位	1995	原油泊位	9.0	182	5000	1	50	
	太平洋油码头1#泊位	1995	成品油泊位	11.0	273	20000	1	200	
	太平洋油码头2#泊位	1995	成品油泊位	11.0	70	400	1	2	
	太平洋油码头3#泊位	1995	成品油泊位	11.0	70	400	1	2	
	1000（300）吨级以下生产用海轮（内河）泊位				300		30		50

三亚作为旅游城市，旅游客运、陆岛交通、海上休闲交通码头发展较快，产生了大量的水上交通，三亚港旅游客运泊位情况见表 5.3.1-2。

表 5.3.1-2 三亚港旅游客运泊位情况表

序号	码头名称	位置	项目概况
1	凤凰岛国际邮轮码头	凤凰岛	1 个 8 万吨级泊位
2	半山半岛帆船港	鹿回头湾	328 个 10m～40m 泊位
3	瑞吉酒店游艇码头	亚龙湾	141 个游艇泊位
4	鸿洲国际游艇会码头	三亚河	146 个游艇泊位
5	蜈支洲岛码头	蜈支洲岛	两栈桥三侧靠泊
6	蜈支洲岛码头	海棠湾	两栈桥四侧靠泊
7	红沙渡口	榆林湾	1 个泊位，载客量 10—15 人
8	安游渡口	榆林湾	
9	肖旗港	三亚湾	顺岸约 300m 岸线
10	西岛渡口	西岛	2 个泊位
11	三亚河渡口	三亚河	1 个泊位，载客量 10—15 人
12	南山寺客运码头	南山景区	

（3）肖旗港

肖旗港为在原有肖旗河口的基础上进行浚深后形成的挖入式港口，港池及口门淤积严重，现在口门西侧建有拦沙堤，交通船舶进出口门的安全条件和口门淤积的问题得到较好的改善。

（4）铁炉港和后海港

铁炉港和后海港位于海棠湾内，是当地渔船日常靠泊的地方性小渔港，港内未建有专供渔船靠泊的码头泊位。

5.3.2 旅游资源

三亚市具有得天独厚的自然条件和区位条件，集阳光、海水、沙滩、气候、森林、动物、温泉、岩洞、风情、田园等十大旅游资源于一体，是世界上热带海洋旅游资源最密集的地区之一，是开展滨海旅游的最佳场所。经过多年开发，三亚湾度假旅游区基础设施完善，国内外知名度逐年提高，接待游客逐年增加。目前，东部以海棠湾为核心打造国际休闲度假旅游区，中部以亚龙湾和三亚湾为核心打造特色滨海旅游度假区，西部以南山和大小洞天为核心打造宗教文化旅游区。随着旅游景点不断开发，旅游商品品种增加，旅游设施条件明显改善，旅游管理逐步规范有序化。

旅游业是三亚的支柱产业，旅游产业效益提升迅速，2013 年接待过夜游客 1228.4 万人次，增长 11.5%；旅游总收入 233.3 亿元，增长 21.4%。

崖州湾是三亚市西南部海湾，海湾面积约 61 平方公里，湾顶有宁远河注入，河区有崖城。崖州湾是一处天然的历史博物馆，是一处记录中国古代陆地与海洋的文化坐标，海南岛、三亚市历史文化的发祥地。崖州湾所在的三亚市崖城镇，是海南省目前仅此一个进入国务院批准公布的中国历史文化名镇。崖州湾是海南岛古代的海上门户，是三亚乃至海南开发文化旅游的特定区域。现已开发建设的南山、大小洞天两个 5A 级佛教、道教文化旅游区，位于崖州湾海岸东端，崖州湾已成为三亚文化旅游的特定区域。

5.3.3 岸线资源

三亚市海岸线长度 264.42km，分为人工岸线和自然岸线。其中自然岸线长度 171.59km，人工岸线 92.83km。人工岸线主要是构筑物岸线、填海造地岸线和围海岸线；自然岸线包括砂质岸线、基岩岸线、泥质岸线和生物岸线。人工岸线长度

92.83km，其中构筑物岸线长度约 4.43km、填海造地岸线长度约 18.05km、围海岸线长度约 30.46km。自然岸线长度为 171.59km，其中砂质岸线长度约 103.33km、基岩岸线长度约 53.61km、泥质岸线长度约 5.99km、生物岸线长度约 8.63km。三亚市岸线类型分布详见表 5.3.3-1。

表 5.3.3-1 三亚市岸线资源一览表

岸线一级类	岸线二级类	岸线长度（m）
人工岸线		92830.33
	构筑物	44320.77
	填海造地	18051.54
	围海	30458.02
自然岸线		171589.95
	基岩岸线	53641.2
	泥质岸线	5986.9
	砂质岸线	103331.45
	生物岸线	8630.4
总计		264420.28

5.3.4 渔业资源

三亚市南邻南海，渔业资源丰富，海洋生物种类繁多，鱼类品种有 1064 种，虾类 350 种，蟹类 325 种，软体动物 700 种，其中经济价值较高的有 402 种。三亚鱼汛渔场是海南岛周围海域三大著名鱼汛渔场之一，渔场面积 1.4 万 km^2，盛产红鱼、马鲛鱼、鲳鱼、海参、龙虾、鱿鱼、鲍和大珠母贝等四十多种优质海产品，主要经济鱼类是带鱼、鲳鱼、鲷、鳓鱼、远东拟沙丁鱼、蓝圆鲹、海鳗、石斑鱼、金线鱼、鲐鱼、鲅鱼、金枪鱼、马面鲀等。据相关统计资料估计，三亚鱼汛渔场年捕捞量在 4.88 万吨左右，是海洋捕捞的黄金海域。由于近年来小型作业船只在近海狂捞滥捕，近岸海区渔业资源已利用过度，渔业资源有所降低；外海区渔业资源属中等利用程度，尚有一定开发潜力。

5.3.5 海岛资源

三亚市分布有大大小小近 61 座海岛，海岛资源丰富。项目评价范围内有 19 个海岛，分别为蜈支洲岛、情人岛、姊妹石、姊妹石北岛、仙石岛、仙女岛、后海仔岛、后海龟岛、真帆石、牛车仔岛、沙湾岛、高岛、单寮、三牙门、藤沙岛、石头公岛、墩仔岛、墩边石、墩仔高排。

表 5.3.5-1 评价范围内海岛资源一览表

名称	面积 m^2	海岛类别	主导用途	保护对象	管控要求
蜈支洲岛	934514	无居民海岛	游憩用岛	海岛自然岸线和典型植被	控制海岛开发利用强度，严格论证开发利用的必要性、占用岸线、用岛方式与规模等；保护海岛自然景观资源；严格落实生态环境保护措施，实施海岛生态保护和修复。
情人岛	232	无居民海岛	游憩用岛	海岛自然岸线	控制海岛开发利用强度，严格论证开发利用的必要性，用岛方式应为轻度利用式或原生利用式；保护海岛自然景观资源；严格落实生态环境保护措施。
姊妹石	2301.6	无居民海岛	保护类海岛	-	-
姊妹石北岛	1130.1	无居民海岛	保护类海岛	-	-
仙石岛	981.8	无居民海岛	保护类海岛	-	-
仙女岛	961.80	无居民海岛	保护类海岛	-	-
后海仔岛	448	无居民海岛	保护类海岛	-	-
后海龟岛	624.5	无居民海岛	保护类海岛	-	-
真帆石	652	无居民海岛	保护类海岛	-	-
牛车仔岛	48.5	无居民海岛	保护类海岛	-	-
沙湾岛	2932.7	无居民海岛	保护类海岛	-	-
高岛	17148.30	无居民海岛	游憩用岛	海岛自然岸线	控制海岛开发利用强度，严格论证开发利用的必要性，用岛方式应为轻度利用式或原生利用式；保护海岛自然景观资源；严格落实生态环境保护措施。
单寮	8520.00	无居民海岛	保护类海岛	-	-
三牙门	68077.70	无居民海岛	游憩用岛	海岛自然岸线	控制海岛开发利用强度，严格论证开发利用的必要性、占用岸线、用岛方式与规模等；保护海岛自然景观资源；严格落实生态环境保护措施，实施海岛生态保护和修复。
藤沙岛	1462.90	无居民海岛	保护类海岛	-	-
石头公岛	413376.00	无居民海岛	游憩用岛	海岛自然岸线和典型植被	控制海岛开发利用强度，严格论证开发利用的必要性，用岛方式应为轻度利用式或原生利用式；保护海岛自然景观资源；严格落实生态环境保护措施。
墩仔岛	16.7	无居民海岛	其他海岛	海岛自然	近期维持现状，加强监督检查，

				地形地貌和自然岸线	防止海岛生态系统遭到破坏；远期，开发利用方向明确时，可更改海岛主导用途。
墩边石	295.6	无居民海岛	其他海岛	海岛自然地形地貌和自然岸线	近期维持现状，加强监督检查，防止海岛生态系统遭到破坏；远期，开发利用方向明确时，可更改海岛主导用途。
墩仔高排	2164.2	无居民海岛	其他海岛	海岛自然地形地貌和自然岸线	近期维持现状，加强监督检查，防止海岛生态系统遭到破坏；远期，开发利用方向明确时，可更改海岛主导用途。

图 5.3.5-1 评价范围内海岛分布图

5.4 海域开发利用现状

根据海南省海域使用动态监管中心的数据、收集历史资料和现场勘查结果，本用海项目评价范围内的海洋开发活动主要有海底工程用海、渔业用海、旅游娱乐用海和交通运输用海。本项目评价范围内已确权海域开发现状见图 5.4-1。

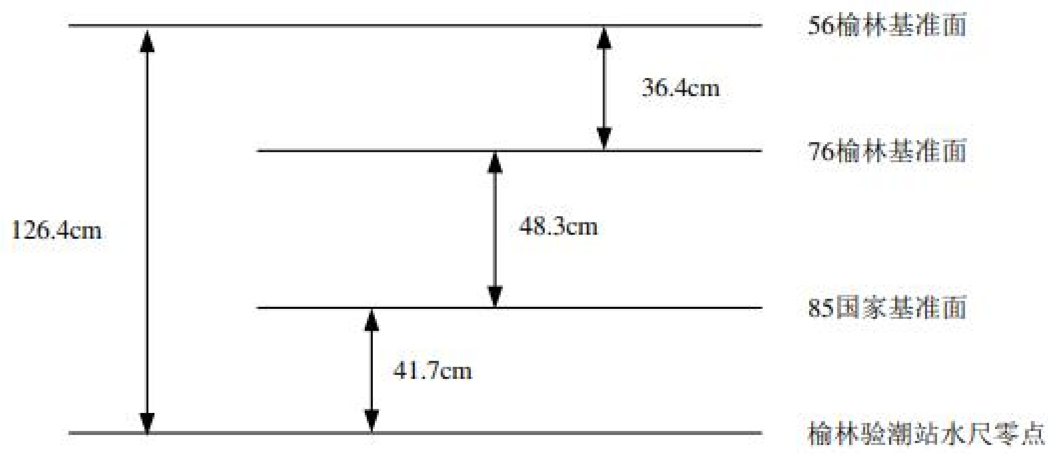
图 5.4-1 项目周边海域开发利用现状图

6 环境质量现状调查与评价

6.1 水文动力环境现状调查与评价

6.1.1 潮汐

（1）基准面



（2）潮汐性质及潮型

三亚地区为弱潮海区、潮差较小，平均潮差仅 0.88m。潮汐为不正规日潮混合潮型，以日潮为主，且有明显的日潮不等现象。日潮平均每月约 14 天，半日潮每月约 5~14 天不等，平均 11 天。

（3）潮位特征值

三亚湾海洋观测站有十年的历史资料，根据国家海洋局三亚海洋环境监测站 1997 年～2014 年长期潮汐观测资料统计可知：

平均潮位：72cm（国家 85 高程，下同）；

平均潮差：83cm；

最大潮差：203cm（出现日期为 2004 年 12 月 14 日）；

最高潮位：216cm（出现时间为 2011 年 10 月 4 日 3 时 43 分）；

最低潮位：-43cm（出现时间为 2000 年 7 月 31 日 18 时 30 分）。

6.1.2 实测潮流

（1）测点位置

潮流资料引用海南正永生态工程技术有限公司于 2021 年 3 月 10 日至 11 日在蜈支

洲岛附近海域开展的大潮期的连续 26 小时潮流观测，在潮流观测期进行潮位同步观测的调查结果。测流站位见表 6.1.2-1 和图 6.1.2-1。

表 6.1.2-1 水文调查站位表

图 6.1.2-1 水文观测站位图

（2）潮汐特征

潮位观测时间基本与潮流同步。对原始数据进行滤波平滑将观测期间潮高基面订正至 85 高程，潮位过程线见图 6.1.2-2。

根据潮位过程曲线图，所观测潮位为规则全日潮型。A3 站低潮出现于 3 月 11 日 5:00，潮高为 85 高程-0.10m；高潮出现于 3 月 10 日 20:00，潮高为 85 高程 1.10m，高、低潮差接近 1.20m。A5 站低潮出现于 3 月 11 日 5:00，潮高为 85 高程 0.05m；高潮出现于 3 月 10 日 19:00，潮高为 85 高程 1.30m，高、低潮差接近 1.25m。涨潮历时约 16 小时，落潮历时约 9 小时。从图中可以看出 A3 和 A5 站位图形有 0.05-0.2m 的差值，因为 3 号和 5 号站位在海棠湾的位置不同造成的，东风造成 5 号水位堆积偏高。

图 6.1.2-2 大潮期潮位站过程曲线图

（3）涨、落潮特征

根据调查结果，将实测资料整理成流速、流向报表，并绘制出大潮期各站流速、流向过程曲线分布图及潮流矢量图，并对涨落潮期流速特征值进行统计见表 6.1.2-2，分析观测期间工程海域潮流特征如下：

①观测站 A1 受岬角位控制，呈现出往复流形态。A2 到 A6 处于外海海域，流速受到的影响因素增多，受风、地形及等深线走向的影响，呈现出复杂的旋转流形态。

②大潮期，A1、A2、A3、A4、A5 和 A6 站实测潮流最大流速分别为 40.6cm/s、36.6cm/s、37.6cm/s、40.3cm/s、45.1cm/s 和 33.1cm/s。

③从潮流流速平均值来看，涨潮流流速略大于落潮流。

④大潮期各观测站潮流流速最大值出现在落潮期间半潮面附近。

表 6.1.2-2 大潮期实测海流分层流速特征值统计表（流速：cm/s，流向：°）

图 6.1.2-3　A1 站流速、流向过程曲线图（2021 年 3 月 10 日～11 日）

图 6.1.2-4　A2 站流速、流向过程曲线图（2021 年 3 月 10 日～11 日）

图 6.1.2-5　A3 站流速、流向过程曲线图（2021 年 3 月 10 日～11 日）

图 6.1.2-6　A4 站流速、流向过程曲线图（2021 年 3 月 10 日～11 日）

图 6.1.2-7　A5 站流速、流向过程曲线图（2021 年 3 月 10 日～11 日）

图 6.1.2-8　A6 站流速、流向过程曲线图（2021 年 3 月 10 日～11 日）

图 6.1.2-9 大潮期各站表层流速矢量图（2021 年 3 月 10 日～11 日）

图 6.1.2-10 大潮期各站 0.6H 层流速矢量图（2021 年 3 月 10 日～11 日）

图 6.1.2-11 大潮期各站底层流速矢量图（2021 年 3 月 10 日～11 日）

（4）潮流调和分析

对潮流的调和分析采用准调和分析方法进行, 对实测的流速、流向过程曲线经过修匀后采用引入引进差比数的方法，分析得出的各站各层的 O_1、K_1、M_2、S_2、M_4、MS_4 等 6 个分潮的调和常数和椭圆要素。

①潮流类型

按照《海港水文规范》，潮流可分为规则的、不规则的半日潮流和规则的、不规则的全日潮流，可以用潮流形态数 F=（W_{O1}+W_{k1}）/W_{M2}（W 为分潮流椭圆长轴的长

度）来判别。

当 $0<F\le0.5$ 规则半日潮流

当 $0.5<F\le2.0$ 不规则半日潮流

当 $2.0<F\le4.0$ 不规则全日潮流

当 $4.0<F$ 规则全日潮流

表 6.1.2-3 给出各站各层的 F 值，由表可知，观测期间，调查海域潮型系数基本在 1.3～7.7 之间，由表可得，此海区的潮汐性质主要为不规则全日潮流和规则全日潮流。

由表 6.1.2-4～表 6.1.2-6，可知各站主要以 O_1、K_1 全日分潮流为主，M_2、S_2 较小。

表 6.1.2-3 潮流性质参数表

表 6.1.2-4 大潮期调和常数、椭圆要素表（振幅：cm，流速：cm/s，方向：°）

表 6.1.2-5 大潮期调和常数、椭圆要素表（振幅：cm，流速：cm/s，方向：°）

表 6.1.2-6 大潮期调和常数、椭圆要素表（振幅：cm，流速：cm/s，方向：°）

②潮流运动形式

旋转率的大小是表示潮流椭圆短轴与长轴之比，其值越小，表示潮流运动的来复流越明显，当旋转率 k 为 0 时，潮流为严格的往复流；当旋转率 k 为 1 时潮流为理想的旋转流，通常 k 值在 0.0～1.0 之间。其比值前面正负号表示潮流矢量随时间变化是按顺或逆时针方向，K 值的符号为“＋”时，旋转的方向为逆时针，k 值的符号为“－”时，旋转的方向为顺时针。

由表 6.1.2-7 至表 6.1.2-8 中旋转率可知，各站各分潮流的椭圆率有正有负，以负居多，表明左、右旋都有。

给出的各站 K_1 与 M_2 分潮流的旋转率 k。从表中可以看出，除各站层旋转率值稍大，总体上 K_1 与 M_2 分潮呈现往复流特征，而较大的旋转率值主要与局地风速、地形复杂度有关。

表 6.1.2-7K1 分潮流旋转率（k）统计表

表 6.1.2-8 M_2 分潮流旋转率（k）统计表

③可能最大潮流流速

根据《海港水文规范》，对规则半日潮流海区和规则全日潮流海区，采用下面两式计算其潮流可能最大流速；对不规则半日潮流海区和不规则全日潮流海区，潮流可能最大流速采用下面两式计算的大值：

$$\vec{V}max = 1.295\vec{W}_{M2} + 1.254\vec{W}_{S2} + \vec{W}_{K1} + \vec{W}_{O1} + \vec{W}_{M4} + \vec{W}_{MS4}$$ （规则半日潮流）

$$\vec{V}max = \vec{W}_{M2} + \vec{W}_{S2} + 1.600\vec{W}_{K1} + 1.450\vec{W}_{O1}$$ （规则全日潮流）

计算得到各站的潮流可能最大流速，其结果详见表 6.1.2-9。从表中可知，潮流可能最大流速为 31.0cm/s，出现在 A4 站底层。

④水质点的最大可能运移距离

根据《海港水文规范》，对规则半日潮流海区和规则全日潮流海区，采用下面两式计算其水质点的最大可能运移距离；对不规则半日潮流海区和不规则全日潮流海区，水质点的最大可能运移距离采用下面两式计算的大值。

$$\vec{L}max = 184.3\vec{W}_{M2} + 171.2\vec{W}_{S2} + 274.3\vec{W}_{K1} + 295.9\vec{W}_{O1} + 71.2\vec{W}_{M4} + 69.9\vec{W}_{MS4}$$ （规则半日潮流）

$$\vec{L}max = 142.3\vec{W}_{M2} + 137.5\vec{W}_{S2} + 438.9\vec{W}_{K1} + 429.1\vec{W}_{O1}$$ （规则全日潮流）

计算得到各海流观测站潮流水质点的最大可能运移距离，其结果见表 6.1.2-10。从表中可知，水质点的最大可能运移距离最大值为 80.7m，出现在 A1 站中层。

表 6.1.2-9 潮流可能最大流速及其流向表（单位：流速：cm/s；流向：°）

表 6.1.2-10 水质点最大可能运移距离表

（5）余流

余流主要是由温盐效应、风应力和地形等因素引起的流动，它是从实测海流资料中剔除了周期性潮流的剩余部分。表 6.1.2-11 为观测期间各站各层余流分析成果表，图 6.1.2-12 给出了观测期间各站各层的余流矢量图。现根据本次观测的海流测量资料，分析调查海区的余流特征如下：

大潮期外海表层余流较大，各站位方向主要受海岸线走向影响，余流速度偏小主要在 2～8 cm/s 之间。往中下层，受水下地形、底摩擦等影响，余流流速减小，在 2～6 cm/s 之间。

表 6.1.2-11 大潮期余流流速、流向表（流速：cm/s，流向：°）

图 6.1.2-12 大潮期余流矢量图

（5）悬沙

①悬沙特征分析

实测悬沙数据见附表，各站涨落潮期含沙量分布见表 6.1.2-12，各站含沙量分布见图 6.1.2-13 至图 6.1.2-18。分析工程区含沙量有如下特征：

1）观测期间外海含沙量差别不大，平均值介于 8～11 mg/L 之间。

2）各站含沙量垂向方向上分层不明显，总体上看各层悬浮泥沙含量相近。

3）大潮期观测站含沙量浓度最大出现在落潮期 A6 站底层,浓度为 27.0mg/L。

表 6.1.2-12 涨落潮期含沙量最大值（单位：mg/L）

图 6.1.2-13　A1 站悬浮泥沙含量分布图（2021 年 3 月 10 日～11 日）

图 6.1.2-14　A2 站悬浮泥沙含量分布图（2021 年 3 月 10 日～11 日）

图 6.1.2-15　A3 站悬浮泥沙含量分布图（2021 年 3 月 10 日～11 日）

图 6.1.2-16　A4 站悬浮泥沙含量分布图（2021 年 3 月 10 日～11 日）

图 6.1.2-17　A5 站悬浮泥沙含量分布图（2021 年 3 月 10 日～11 日）

图 6.1.2-18　A6 站悬浮泥沙含量分布图（2021 年 3 月 10 日～11 日）

②单宽输沙率计算

海岸地区的泥沙输移是波浪和潮流共同作用的结果，一般来说，波浪掀沙，但波浪本身对泥沙的搬运能力较弱。泥沙一旦处于悬浮状态，相对较小的稳定流即可搬运泥沙，即使这种流速小于临界启动流速。因此潮流输沙对于海岸带的泥沙输运和地形地貌演变具有重要的意义。

根据本次实测的流速资料和同步观测的水体含沙量资料，进行输沙率计算。计算公式为：

$$Q_i = \int_0^t q_i(\phi_{ij}, U_{ij}, \theta_{ij})dt$$

其中：u_{ij}^t 表示 t 时刻第 i 个测站第 j 个测点（层）的流速，θ_{ij}^t 表示 t 时刻第 i 个测站第 j 个测点（层）的流速；ϕ_{ij}^t 表示 t 时刻第 i 个测站第 j 个测点（层）的含沙量；

$q_i(\phi_{ij},U_{ij},\theta_{ij})$为第 i 个测站沿高度的单时输沙率，由实测流速及含沙量计算得出。

根据各个测站实测数据，按照实测期间的潮位值分别统计涨潮和落潮期内的单宽输沙率，最后相加得到全潮单宽输沙率。计算步骤如下：

1）计算 t 时刻各个测站每个测点的输沙率q_{ij}^t；

2）设南北向为 y 轴，东西向为 x 轴；对各测点输沙率q_{ij}^t进行分解，得q_{ijx}^t、q_{ijy}^t；

3）求得每个测站在 t 时刻的输沙率，亦即对 t 时刻每个测站的各个测点的 x、y 分量分别求和；

4）每个测站所得的输沙率分别按照涨潮时间和落潮时间累加， 得各个测站在一个全潮周期内（约 25 小时）涨潮和落潮的输沙量 Qx，Qy;

5）将涨潮和落潮时段的输沙量分别合成，得到落潮、涨潮输沙率和净输沙率。

计算以正北方向为基准，角度为与正北方向的夹角，以顺时针为正向。经计算，大潮期间的单日单宽输沙率见表 6.1.2-13。

由表 6.1.2-13 可知，大潮期 A2 站的输沙率最大，达到 1.571t/m/d，A1 站输沙率次之，为 1.551t/m/d，A5 站最小，为 0.355t/m/d。输沙率基本与余流方向相同，这也说明余流的大小和方向控制了输沙率。

总体来说，本次测流整体输沙率较小。

表 6.1.2-13 大潮期各站全日单宽输沙率

6.2 地形地貌与冲淤环境现状调查与评价

6.2.1 区域地形地貌

（1）项目西侧——海棠湾

海棠湾位于海南岛南部，为东南方向敞开的弧形沙质海湾，呈 NNE—SSW 走向，长约 21km，东北部为赤岭基岩岬角，西南部为铁炉角和后海角基岩岬角，赤岭和后海岬角分别构成弧形海岸的上岬角和下岬角，在东南向波浪作用下发育了浪控弧形海岸。藤桥河从海棠湾中部入海，英州河在海棠湾湾头处赤岭脚下入海，海棠湾西南端是铁炉港泻湖，藤桥河和英州河为山区型小河流，流程短，坡降大，集水面积也较小，通常情况下来水来沙较小，海岸地貌以波浪作用为主，在河口处形成沿岸沙嘴；在洪水

期则水沙集中，洪水往往冲垮沙嘴。藤桥河和英州河的年输沙量较小，对于海棠湾的岸滩演变影响较小，仅在河口区发育了小型水下冲击扇。

海棠湾的泥沙来源主要是第四纪全新世海侵过程中海平面上升，波浪携带陆架上的沉积物搬运至岸边堆积，再加上陆源河流输沙以及沿岸低丘风化剥蚀物质也在岸边堆积，从而形成较为宽阔的海滩，大约 6000a 前，海平面达到与现代海平面接近的高度，尔后海平面进入相对稳定期，经过波浪和潮流的长期塑造，形成了类型多变的海岸地貌。

海棠湾是典型的浪控弧形海湾，发育了风成沙丘、滩肩、滩面、水下岸坡、陆连岛、连岛沙坝、沿岸双向沙嘴、泻湖、河口沙坝等河口海岸地貌。

①风成沙丘和防风林

风成沙丘位于后滨带，沙滩的后缘，已经摆脱了波浪和潮流的作用，是由向岸风应力作用形成的堆积地貌。在沙丘分布带前缘的沙滩，当低潮时出露海面，风力吹刮沙滩表层的松散泥沙，将泥沙搬移至后滨带及其以内的陆域堆积，形成海岸沙丘。海棠湾风成沙丘的宽度由几米至几十米，沙体高度也达十米以上，沙体高且厚，沙量巨大，但随着海棠湾开发活动的增多，多处沙丘被推平、开挖，同时以人工景观树代替防风林，破坏了沙丘地貌，导致沙体流失，沙丘变得不稳定（见图 6.2.1-1）。

图 6.2.1-1 海棠湾海岸地貌

海棠湾防风林保存较好，局部岸段由于开发活动被破坏，以人工景观林取代，需要采取固沙措施，防止沙体流失。

②滩肩

滩肩是出露在高潮位以上的海滨环境，本岸段的滩肩宽度变化较大，部分岸段仅余几米宽甚至缺失滩肩地貌，大多数滩肩宽度在 15m～20m 左右。由于它位处海岸沙丘和高潮位之间的海滨地带（或称后海滨带），在一般海况下，滩肩处于稳定状态，并成为海、陆之间的缓冲带。它既分隔了海岸沙丘分布带与海的联系，又成为沙丘的泥沙来源。可是，在风暴潮时，激岸浪流冲越滩肩，大量泥沙随回流携带往岸外海滨运移，导致海滩侵蚀后退、滩面刷低，滩肩变窄。当风暴潮过后，在涌浪作用下，使风暴潮期间搬移至岸外海滨的部分泥沙又向岸滩运移，对海滩产生一定的补偿作用。然而目前随着海平面的持续上升，以及陆域沿岸泥沙来源已趋枯竭，滩肩受风暴潮越

流浪冲击侵蚀后往往难以得到泥沙补给，因此滩肩不断侵蚀缩窄，部分岸段甚至缺失滩肩，滩面直接与沙丘根部相连。

③侵蚀陡坎

海棠湾整体上处于缓慢的侵蚀后退状态，局部岸段侵蚀严重，如图 6.2.1-2 所示，形成了高 0.5～1.0m 左右的侵蚀陡坎。这是海滩强烈侵蚀后退的标志。随着侵蚀的持续，滩肩逐渐缩窄，大量泥沙被搬运至离岸较远的水域，侵蚀加剧。侵蚀的原因在于海平面持续上升，再加上人为破坏和盗挖防风林和滩肩都导致沙滩沙体流失。海棠湾近岸水下地形较陡，没有珊瑚礁盘和礁石消浪，波浪在近岸破碎波能集中，淘蚀滩面，导致滩面变陡，滩肩受侵蚀甚至缺失。

图 6.2.1-2 侵蚀陡坎

④滩面

本岸段内滩面狭窄且坡度陡，滩面坡度达到 10°-15°，滩面狭窄则对波浪的消能作用非常小，波能在浅水带消能，对于海岸的淘蚀作用非常强烈。同时由于波浪的淘洗作用，滩面物质粗化，多为中粗砂，细颗粒泥沙被波生流带走。

（2）项目东侧——蜈支洲岛

蜈支洲岛位于三亚市亚龙湾的东北部，岛东、南、西三面为山地，有山峰 6 座，最高海拔 79.9m，北部为平坡和沙滩，地势东南高、西北低，绝大部分为山林地和草坪，蜈支洲岛高度分析图见图 6.2.1-3。

蜈支洲岛的地基由两期侵入岩组成，第一期为燕山早期第一阶段的角闪黑云二长花岗岩，中粗粒结构，似斑状构造；第二期为燕山晚期的黑云母钾长花岗岩，局部为黑云母二长花岗岩，细粒结构。第四纪以来，蜈支洲岛的地壳升降运动以上升为主，中全新世时期的沉积物抬升形成海积阶地，主要分布于岛的北部，而在岛的东部和南部则形成海蚀崖、海蚀穴等海蚀地貌。蜈支洲岛的地貌类型多种多样，可以划分为以下几种类型：

沙滩：主要分布于岛的北岸西部，系在 ENE-NE 向风浪作用下的基岩与珊瑚侵蚀物质向西输运，由于北岸西部受东北部基岩的遮蔽，为波影区，波浪作用小，故泥沙在北岸西部的基岩平台上堆积下来，形成沙滩。此外，N 向波浪打碎珊瑚礁后向岸横向输运也是沙滩泥沙来源之一。沙滩的坡度平缓，沙质均匀，主要由粗中砂组成。

沙咀：位于岛的西北侧，为 W 向的沿岸泥沙流在绕岛尾流区的泥沙落淤形成，该条沙咀的形成表明：①沿岸泥沙流有一定强度；②沙咀形成区的动力条件弱，因该处受到蜈支洲岛的屏蔽，ENE、SE 向的常浪对该处的影响小，故沙咀区的波浪作用很弱，泥沙易于落淤。此外，该沙咀的发育有季节性的变化，冬季时主要受 ENE 向波浪作用的影响，沙咀向 SW 方向扩展，夏季时受 SE 向波浪作用的影响，沙咀向 NW 方向扩展。

岩礁平台：自岸到水深约 4～5m 的区域发育岩礁平台，它是在原有基岩的基础上，由于珊瑚礁的生长发育而形成的。其宽度在 100m 左右。

水下斜坡：自 4～5m 水深至 10m 水深区域为水下斜坡，该区一般为珊瑚生长发育繁茂带。

水下平台：10m 至 20m 水深区间为相对宽阔的水下平台，海底沉积物基本为细砂，该区域珊瑚礁分布很少。

海蚀崖、海蚀穴：主要分布于岛的东部和南部，是基岩在长期的拍岸浪作用下遭受侵蚀作用形成的，不同高度的海蚀穴可代表不同时期的海面变化情况。

图 6.2.1-3 蜈支洲岛高度分析图

6.2.2 海棠湾表层沉积物特征

根据海棠湾-20m 等深线以内的近岸区表层沉积物调查资料（图 6.2.2-1），绘制海棠湾近岸底质类型分布图。由图中可看出，海棠湾近岸海域底质沉积物有 7 种类型：珊瑚礁碎屑（COR）、砾砂（GS）、中粗砂（MCS）、细中砂（FMS）、中细砂（MFS）、细砂（FS）、粉砂质砂（TS）、砂质粉砂（ST）。以细砂、中细砂、细中砂沉积物类型为主，见图 6.2.2-2。

海棠湾沉积物类型的空间分布特征表现为：自海棠湾湾顶至切线段，湾顶以细砂、中细砂、粉砂质砂为主，反映在上岬角（赤岭角）及水下珊瑚礁区的遮蔽作用下的相对弱动力环境；藤桥河口附近以细中砂为主的强动力沉积环境，自陆向海沉积物由细中砂向中细砂、砂质粉砂过渡；切线段底质沉积物以中细砂、细砂为主，反映次强动力沉积物环境，该段中细砂的分布还反映了蜈支洲岛的岛影效应对海域沉积物的沉积分布特征的影响。本项目所在海区的海底表层沉积物为中细砂。

图 6.2.2-1 海棠湾海滩剖面调查及近岸底质沉积物采样点分布图

图 6.2.2-2 海棠湾近岸海域底质类型分布图

6.2.3 项目区域水下地形

根据广州邦鑫勘测科技有限公司本项目开展的水下地形测量结果可知，本项目海底电缆、水管项目水深范围在-1～-18m 之间（85 高程）。从海棠湾向蜈支洲岛一侧，水深等值线变化较为平缓；而从蜈支洲岛向海棠湾一侧，尤其在蜈支洲岛西侧 200m 范围内，水深变化非常剧烈，直接从-2m 过渡到-14m，见图 6.2.3-1。

图 6.2.3-1 项目区域水下地形图

6.2.4 工程地质

项目海域地质现状引用海南赣龙岩土工程勘察院 2014 年 4 月提供的《蜈支洲岛客轮码头扩建工程岩土工程勘察报告》（设计阶段）资料，该勘察共完成 3 个钻孔，编号为 zk1～zk3。钻孔平面布置图见图 6.2.4-1，地层剖面图见图 6.2.4-2，钻孔柱状图见图 6.2.4-3～6.2.4-5。

（1）岩土层划分

根据本次勘察揭露，结合区域地质资料，在勘察深度范围内主要为第四系地层上部以滨海相、浅海相的沉积层为主，下部为燕山期花岗岩。根据成因类型、岩性组合、物理力学性质指标，以及岩石的风化程度，将本场地地层自上而下划分为如下地层：

①层生物碎屑岩(Qm)：全场地分布。上部灰白色、下部深灰色，松散，饱和，珊瑚、砾石胶结物，土质不均匀，夹贝壳，下部中细砂居多。实测重型动力触探锤击数 N＝3～9 击。平均 6.2 击。

②层强风化花岗岩(γ_5)：全场地分布。褐黄色，风化不均匀，风化裂隙很发育，结构大部分破坏，矿物成份显著变化，多见铁锰质浸染，质较硬，金刚石钻进，取芯困难，岩芯多呈碎块状。

③层中风化花岗岩(γ_5)：全场地分布。灰白色杂黄褐色、灰黑色，中粗粒结构，块状构造，风化裂隙发育，裂隙面多见次生矿物，质硬，锤击声脆，成分主要以石英质、长石为主，机械破碎，岩芯呈短柱状、少量块状，RQD=30～50。

④层微风化花岗岩(γ_5)：全场地分布。青灰色杂灰白色，中粗砂构造，块状构造，

岩质较新鲜，裂隙不发育，岩芯机械破碎，呈短柱状，成分以石英、长石为主，质硬，锤击声脆，RQD=80～90。

图 6.2.4-1 钻孔平面布置图

图 6.2.4-2 工程地质剖面图 1-1′

图 6.2.4-3　zk1 钻孔柱状图

图 6.2.4-4　zk2 钻孔柱状图

图 6.2.4-5　zk3 钻孔柱状图

（2）区域地层稳定性及适宜性

本项目位于蜈支洲岛西部，地面形态主要为水下岸坡，水底淤泥质、粉砂质土层分布极少，而下部岩土层为强～微风化花岗岩岩层，且岸坡坡度较平缓，根据钻孔揭露地基岩土层分布情况分析，勘察范围内场地不存在破碎带、活动性断层构造通过。

按《中国地震动参数区划图》(GB18306-2001)，该场地处于地震基本烈度 6 度区，地震动峰值加速度为 0.05g，地震分组为第一组，属地层是稳定的，基本适宜本工程建设。

（3）地震效应及场地类别

按《中国地震动参数区划图》(GB18306-2001)，项目场地处于地震基本烈度 6 度区，地震动峰值加速度为 0.05。

根据本次勘探揭露，拟建场地第四系覆盖层厚小，据规范，拟建场地土的类型、建筑场地类别的划分，场地土为中硬土，覆盖层 dov≥5 米，场地类别为Ⅱ类。

（4）地基分析与评价

①层生物碎屑岩，孔隙度大，质轻，多为珊瑚碎屑、砾石、贝壳等胶结成，透水性强，中下部中细砂含量高，呈深灰色、青灰色，土的力学性能差。

②层强风化花岗岩：呈碎块状，质稍软，风化不均匀，裂隙发育强烈，工程性能一般。

③层中风化花岗岩：埋深浅，层顶埋深变化大，厚度变化大，裂隙不甚发育，工程性能较好，可作为桩基持力层。岩石芯样单轴抗压强度饱和状态为 42.86～51.720MPa，平均 46.7MPa，标准值建议值为 36.0～40.0MPa；软化系数为 0.89～0.96。

④层微风化花岗岩：全场地分布，厚度大，岩质新鲜，较完整，工程性能较好，可作为桩基持力层。岩石芯样单轴抗压强度饱和状态为 50.58～69.76MPa，平均 60.17MPa，标准值建议值为 49.0～55.0MPa；软化系数为 0.89～0.93。

6.3 海水水质现状调查与评价

6.3.1 调查范围及站位布设

我司在蜈支洲港附近海域开展了海洋环境现状调查，调查内容包括海水水质、海洋沉积物质量、海洋生态（叶绿素 a 及其生产力、浮游植物、浮游动物、底栖动物、鱼卵和仔稚鱼、渔业资源、生物体质量）、潮间带、珊瑚礁。

本次调查共布设海水水质调查站位 20 个，海洋生物体质量、海洋沉积物质量、海洋生态调查站位和渔业资源调查站位各 12 个，潮间带调查站位 6 个。海水水质、海洋沉积物质量、海洋生态调查时间为 2025 年 04 月 11 日至 04 月 13 日；渔业资源调查时间为 2025 年 04 月 24 日至 04 月 23 日；潮间带调查时间为 2025 年 05 月 17 日至 05 月 18 日；珊瑚礁调查时间为 2025 年 03 月 24 日至 03 月 27 日。调查站位见表 6.3.1-1 和图 6.3.1-1、图 6.3.1-2。

表 6.3.1-1 调查站位表

图 6.3.1-1 水质、沉积物、海洋生态和潮间带调查站位图

图 6.3.1-2 珊瑚礁调查站位图

6.3.2 调查项目

水深、透明度、水温、盐度、溶解氧、pH 值、硝酸氮、氨氮、亚硝酸氮、活性磷酸盐、化学需氧量、悬浮物、油类、铜、铅、锌、镉、总铬、汞、砷、硫化物、挥发酚。

6.3.3 调查方法

6.3.3.1 海水水质采样方法

海水采样根据《海洋监测规范第 3 部分：样品采集、贮存及运输》（GB17378.3-2007）确定海水采样层次。并根据规定，使用桶式采水器采集不同层次的海水样品，其中海水油类样品只采集表层。海水采样层次见表 6.3.3-1。

表 6.3.3-1 水质采样层次

水深范围 m	标准层次	底层与相邻标准层次最小距离
小于 10	表层	
10～25	表层、底层	
25～50	表层、10m、底层	
50～100	表层、10m、50 m、底层	5m
100 以上	表层、10m、50 m、以下水层酌情加层、底层	10m
注 1：表层系指海面以下 0.1～1m； 注 2：底层，对河口及港湾海域最好离底 2m 的水层，深海或大风浪可酌情增大离底距离。		

6.3.3.2 海水水质分析方法

海水水质分析方法采用《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》（GB17378.4-2007）中的海水分析标准方法，具体分析方法详见表 6.3.3-2。

表 6.3.3-2 海水水质分析方法

调查内容	分析项目	分析方法	检测标准（方法）名称	检出限
海水水质	水温	表层温度计法	GB 17378.4 -2007（25.1）	--
	pH	pH 计法	GB17378.4-2007（26）	--
	盐度	盐度计法	GB17378.4-2007（29.1）	--
	透明度	透明度盘法	GB 17378.4 -2007（22）	--
	溶解氧	碘量法	GB 17378.4 -2007（31）	0.08mg/L
	化学需氧量	碱性高锰酸钾法	GB 17378.4 -2007（32）	0.02mg/L
	氨氮	次溴酸盐氧化法	GB 17378.4 -2007（36.2）	0.0004mg/L
	亚硝酸盐氮	萘乙二胺分光光度法	GB 17378.4 -2007（37）	0.0003mg/L
	硝酸盐氮	锌镉还原法	GB 17378.4 -2007（38.2）	0.0007mg/L
	活性磷酸盐	磷钼蓝分光光度法	GB 17378.4 -2007（39.1）	0.0006mg/L
	油类	紫外分光光度法	GB 17378.4 -2007（13.2）	0.0035mg/L
	悬浮物	重量法	GB 17378.4 -2007（27）	--
	铜	无火焰原子吸收分光光度法	GB 17378.4 -2007（6.1）	0.2μg/L
	铅	无火焰原子吸收分光光度法	GB 17378.4 -2007（7.1）	0.03μg/L
	镉	无火焰原子吸收分光光度法	GB 17378.4 -2007（8.1）	0.01μg/L
	总铬	无火焰原子吸收分光光度法	GB17378.4—2007（10.1）	0.4μg/L
	锌	火焰原子吸收分光光度法	GB 17378.4 -2007（9.1）	3.1μg/L

调查内容	分析项目	分析方法	检测标准（方法）名称	检出限
	汞	原子荧光法	GB17378.4-2007（5.1）	0.007μg/L
	砷	原子荧光法	GB17378.4-2007（11.1）	0.5μg/L
	硫化物	亚甲基分光光度法	GB 17378.4-2007(18.1)	0.2μg/L
	挥发酚	4-氨基安替比林分光光度法	GB 17378.4-2007(19)	1.1μg/L

6.3.4 评价方法

水质现状评价利用单项水质参数法进行评价，评价标准值见表 6.3.4-1。

表 6.3.4-1 水质评价标准值

评价因子	评价标准值（第一类）	评价标准值（第二类）	评价标准值（第三类）	评价标准值（第四类）	引用标准
pH	7.8~8.5		6.8~8.8		海水水质标准(GB3097-1997)
DO	>6mg/L	>5mg/L	>4mg/L	>3mg/L	
COD	≤2mg/L	≤3mg/L	≤4mg/L	≤5mg/L	
PO_4^{3-}-P	≤0.015mg/L	≤0.030mg/L		≤0.045mg/L	
无机氮	≤0.20mg/L	≤0.30mg/L	≤0.40mg/L	≤0.50mg/L	
锌	≤20μg/L	≤50μg/L	≤100μg/L	≤500μg/L	
镉	≤1μg/L	≤5μg/L	≤10μg/L		
铅	≤1μg/L	≤5μg/L	≤10μg/L	≤50μg/L	
铜	≤5μg/L	≤10μg/L	≤50μg/L		
总铬	≤50μg/L	≤100μg/L	≤200μg/L	≤500μg/L	
油类	≤0.05mg/L		≤0.30mg/L	≤0.50mg/L	
汞	≤0.05μg/L	≤0.2μg/L		≤0.5μg/L	
砷	≤20μg/L	≤30μg/L	≤50μg/L		
硫化物	≤20μg/L	≤50μg/L	≤100μg/L	≤250μg/L	
挥发酚	≤5μg/L		≤10μg/L	≤50μg/L	

6.3.5 调查海区海水水质标准

根据《海南省近岸海域功能区划(2010 年修编报批稿)》的海洋环境保护目标管理要求（见表 6.3.5-1）可知，本项目的 1、4、8、12、17、18、19、20 号站执行第一类海水水质标准；2、3、5、6、7、9、10、11、13、14、15、16 号站海水水质标准应维持现状。详见图 6.3.5-1。

表 6.3.5-1 调查海域海洋功能区划海洋环境保护要求

图 6.3.5-1 调查海域海洋功能区划

6.3.6 海水水质要素监测结果

本次海水水质调查项目包括水温、透明度、pH 值、盐度、溶解氧(DO)、硝酸盐氮(NO_3^--N)、氨氮(NH_3^--N)、亚硝酸盐氮(NO_2^--N)、活性磷酸盐(PO_4^{3-}-P)、悬浮物、化学需氧量(COD)、油类、硫化、挥发酚、铜、铅、镉、锌、总铬、汞和砷共 21 项。布设调查站位 20 个，其中 4、17、18、19 号站水深小于 10m，采集表层；1、8、12、20 站位调查水深在 10m～25m 之间，采集表、底层水样；2、5、6、9、10、站位调查水深在 25m～50m 之间，采集表、10m、底层水样；3、7、11、13、14、15、16 站位调查水深在 50m～100m 之间，采集表、10m、50m、底层水样。本次调查共采集 55 个层次海水样品。海水水质各要素监测结果和统计结果列于表 6.3.6-1。

6.3.7 海水水质评价

根据《海水水质标准》GB 3097-1997 中对部分水质参数的分类规定，本次调查水质现状评价因子为 pH 值、溶解氧、化学需氧量、活性磷酸盐、无机氮、油类、挥发酚、硫化物、总铬、汞、砷、铜、铅、镉和锌。

各水质各评价因子的单项标准指数计算和统计结果及超标率列见表 6.3.7-1。

由表 6.3.7-1 可以看出，调查海域的 pH 值、溶解氧、化学需氧量、活性磷酸盐、无机氮、油类、硫化物、挥发酚、总铬、汞、砷、铜、铅、镉和锌含量均符合近岸海域功能区划要求的相应海水水质标准要求，其中 1、4、8、12、17、18、19、20 号站符合近岸海域功能区划要求的第一类海水水质标准；2、3、5、6、7、9、10、11、13、14、15、16 号站海水水质标准应维持现状。

表 6.3.6-1 水质要素分析结果统计

注：1、"--"表示未监/检测到该层次样品。2、"ND"表示样品未检出或者低于方法检出限。

表 6.3.6-1 水质要素分析结果统计（续）

注：1、"--"表示未监/检测到该层次样品。2、"ND"表示样品未检出或者低于方法检出限。

表 6.3.7-1 水质标准指数（一类）

注："--"表示不参与评价 检出率大于等于 1/2 的，未检出样品按照检出限的 1/2 来计算，检出率小于 1/2 的，未检出样品按照检出限的 1/4 来计算。

6.4 海洋沉积物

6.4.1 调查范围及站位布设

在蜈支洲港附近海域布设沉积物质量调查站位 12 个，调查站位见表 6.3.1-1 和图 6.3.1-1。

6.4.2 调查项目

油类、硫化物、有机碳、铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷、粒度。

6.4.3 调查方法

6.4.3.1 海洋沉积物采样方法

海洋沉积物采样按照《海洋监测规范第 3 部分：样品采集、贮存及运输》（GB17378.3-2007）中的规定进行。

6.4.3.2 海洋沉积物分析方法

海水沉积物分析方法采用《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007 中的沉积物分析标准方法，及《海洋调查规范第 8 部分：海洋地质地球物理调查》GB/T 12763.8-2007 中的沉积物分析标准方法，具体分析方法详见表 6.4.3-1。

表 6.4.3-1 海洋沉积物分析方法

调查内容	调查项目	分析方法	检测标准（方法）名称	检出限
海洋沉积物	硫化物	亚甲基蓝分光光度法	GB17378.5-2007（17.1）	0.3×10^{-6}
	油类	紫外分光光度法	GB17378.5-2007（13.2）	3.0×10^{-6}
	有机碳	重铬酸钾氧化-还原容量法	GB17378.5-2007（18.1）	--
	铜	无火焰原子吸收分光光度法	GB17378.5-2007（6.1）	0.5×10^{-6}
	铅	无火焰原子吸收分光光度法	GB17378.5-2007（7.1）	1.0×10^{-6}
	铬	无火焰原子吸收分光光度法	GB17378.5-2007（10.1）	2.0×10^{-6}
	镉	无火焰原子吸收分光光度法	GB17378.5-2007（8.1）	0.04×10^{-6}
	锌	火焰原子吸收分光光度法	GB17378.5-2007（9）	6.0×10^{-6}
	总汞	原子荧光法	GB17378.5-2007（5.1）	0.002×10^{-6}
	砷	原子荧光法	GB17378.5-2007（11.1）	0.06×10^{-6}
	粒度	筛析法/激光粒度仪	GB/T 12763.8—2007（6.3）	--

6.4.4 评价方法

沉积物质量评价采用单项分指数法，评价标准值见表 6.4.4-1。

表 6.4.4-1 沉积物质量标准

项目	第一类	第二类	第三类	引用标准
油类（×10^{-6}）	≤500.0	≤1000	≤1500	《海洋沉积物质量》（GB18668－2002）
锌（×10^{-6}）	≤150.0	≤350	≤600	
镉（×10^{-6}）	≤0.50	≤1.50	≤5.0	
铅（×10^{-6}）	≤60.0	≤130	≤250	
铜（×10^{-6}）	≤35.0	≤100	≤200	
铬（×10^{-6}）	≤80	≤150	≤270	
有机碳（%）	≤2.0	≤3.0	≤4.0	
总汞（×10^{-6}）	≤0.2	≤0.5	≤1.0	
砷（×10^{-6}）	≤20	≤65	≤93	
硫化物（×10^{-6}）	≤300	≤500	≤600	

6.4.5 海洋沉积物质量标准

根据《海南省近岸海域功能区划(2010 年修编报批稿)》的海洋环境保护目标管理要求（见表 6.4.5-1）可知，对调查海域海洋沉积物并未规定相应的执行目标；因此本项目的 2、5、6、7、8、9、12、13、14、15、17、19 号站海洋沉积物质量标准应维持现状。详见图 6.4.5-1。

表 6.4.5-1 调查海域海洋功能区划海洋环境保护要求

图 6.4.5-1 调查海区海洋功能区划

6.4.6 海洋沉积物要素监测和统计结果

本次沉积物调查分析项目为油类、硫化物、有机碳、铜、铅、锌、铬、镉、总汞和砷共 10 项。在调查海区共布设调查站位 12 个，共采集 12 海洋表层沉积物。沉积物样品外观多为灰色、乳白色和棕色；沉积物类型多为粗沙、细沙、泥和泥沙；样品无明显的硫化氢气味。表层沉积物各要素监测及统计结果列于表 6.4.6-1。

表 6.4.6-1 沉积物分析结果

注："ND"表示未检出。

由表 6.4.6-2 可知，三亚蜈支洲附近海域沉积物类型有粉砂质砂、粉砂、砂质砾、含砾泥质砂、含砾泥、砂质粉砂、砾质泥质砂，其中粉砂占比较高，占本次沉积物总数量的 40.0%；其次为粉砂质砂、含砾泥质砂占本次沉积物总数量的 15.0%；砂质粉

砂、砾质泥质砂占本次沉积物总数量的 10.0%；砂质砾、含砾泥占本次沉积物总数量的 5.0%。

表 6.4.6-2 沉积物分析结果

表 6.4.6-2 沉积物分析结果（续）

6.4.7 海洋沉积物质量评价

根据《海洋沉积物质量》GB 18668-2002 中对部分沉积物质量参数的分类规定，本次沉积物质量评价因子为油类、硫化物、有机碳、锌、镉、铅、铜、铬、总汞和砷共 10 项。

各沉积物单项标准指数计算和统计结果及超标率列见表 6.4.7-1。

表 6.4.7-1 沉积物单项分指数

注：检出率大于等于 1/2 的，未检出样品按照检出限的 1/2 来计算，

检出率小于 1/2 的，未检出样品按照检出限的 1/4 来计算。

从表 6.4.7-1 可以看出，调查海域的表层沉积物中硫化物、有机碳、油类、铜、铅、锌、镉、铬、总汞和砷均符合《海洋沉积物质量》（GB18668－2002）中第一类海洋沉积物质量标准。依据近岸海域功能区划要求调查 2、5、6、7、8、9、12、13、14、15、17、19 号站海洋沉积物质量标准维持现状。

6.5 海洋生物质量

6.5.1 调查范围及站位布设

在蜈支洲港附近海域布设海洋生物体质量调查站位 12 个，调查站位见表 6.3.1-1 和图 6.3.1-1。

6.5.2 调查项目

铜、铅、镉、锌、铬、总汞、砷、石油烃。

6.5.3 调查方法

6.5.3.1 生物体采样方法

（1）样品采集

样品选取渔业资源调查的常见经济种、优势种和潮间带调查的常见种和优势种。

（2）样品制备

①贝类样品的制备

用塑料刀或塑料刷除去贝壳外部所有的附作物，用蒸馏水或清洁海水漂洗每一个样品个体，让其自然流干，拉出足丝。用天平称个体全重，并记下重量。用另一

把塑料刀插入足丝神出口，切断闭合肌，打开贝壳。用蒸馏水或清洁海水洗贝壳内的软组织，用塑料刀和镊子取出软组织，让水流尽。

单个样品：按上述步骤将至少 10 个个体的软组织放入已称重的塑料容器内，再称重，记下鲜重。盖紧，贴上标签。用尺子测量并记录贝壳长度。

多个样品：按上述步骤将至少 10 个个体的软组织放入已知重量的塑料容器中，称重，记下鲜重。于匀浆器中匀化样品，将匀浆样放回原塑料容器，再称重，并记录总重量，计算匀浆样重。贴上样品标签。

各生物个体大小应相近，并在取出生物组织前分别测量其个体长度和总重量。

②虾蟹类样品的制备

单个样品用尺子量虾体长，将虾放在聚乙烯称样膜上，称重，记下长度和鲜重。用塑料刀将腹部和头胸部及尾部分开，小心将其内脏从腹部取出。腿全部切除。将腹部翻下，用塑料刀沿腹部外甲边缘切开，用塑料镊子取出肌肉。检查性腺，记录所鉴别的性别。用镊子将肌肉移入塑料容器中，称重并记录鲜重。盖紧容器，标上号码。将几个容器一起放入同一塑料袋中，并附样品登记清单，结紧袋口，低温冰箱中保存。

多个样品按上述方法制备样品，仔细地记录各个个体长度、鲜重、腹部肌肉重和性别。每个样品须包括 6 个以上性别相同、大小相近的个体肌肉。将样品放入匀浆器中匀化腹部肌肉，转入已知重量的塑料容器中盖紧，标上号码，称重，记下鲜重和其他数据。将几个容器放在同一塑料袋中，并附上样品登记清单，结紧袋口，在低温冰箱中保存。

③中小型鱼样制备

单个个体样品先测量鱼的叉长，并于聚乙烯称样膜上称重。鉴定性腺性别，记下叉长和体重。用蒸馏水或清洁海水洗涤鱼样，将它放在工作台上，用塑料刀切除胸鳍并切开背鳍附近自头至尾部的鱼皮。在鳃附近和尾部，横过鱼体各切一刀；在腹部，鳃和尾部两侧各切一刀。四刀只切在鱼体一侧，且不得切太深，以免切开内脏，玷污肉片。用镊子将鱼皮与肉片分离，谨防外表皮玷污肉片。用另一把塑料刀将肌肉与脊椎分离，并用镊子取下肌肉。将组织盛于塑料容器中，称重并记录重量。若一侧的肌肉量不能满足分析用量，取另一侧肌肉补充。盖紧容器，贴上标签或记号，做好记录，于低温冰箱中保存。

多个体样品要仔细记下各个体长、鲜重。肌肉重。个体数不应少于 6 个，且性别应相同，大小相近。用匀浆器匀化鱼组织，将匀浆样转入已知重量的塑料容器中，盖紧，贴上标签并称重，记下匀浆样重和其他数据。置于低温冰箱中存放。

④大型鱼样制备

若必要，将现场采集的样品放在-2℃-4℃冰箱中过夜，使部分解冻以便于切片。用蒸馏水或清洁海水洗涤鱼样。将鱼样置于清洁的工作台上，剔除残存的皮和骨，用塑料刀切去表层，再用另一把塑料刀重复操作一次，留下不受污染的肌肉组织。将肌肉组织放入塑料容器中，盖紧，贴上标签，称重，将数据记入记录表，样品存于低温冰箱中。

6.5.3.2 生物体分析方法

生物体质量分析方法采用《海洋监测规范第 6 部分：生物体分析》（GB 17378.6-2007）中的生物体分析标准方法，具体分析方法详见表 6.5.3-1。

表 6.5.3-1 生物体质量分析方法

调查内容	调查项目	分析方法	检测标准（方法）名称	检出限(干重)
生物体质量	铜	无火焰原子吸收分光光度计	GB 17378.6 -2007（6.1）	0.4×10^{-6}
	铅	无火焰原子吸收分光光度计	GB 17378.6 -2007（7.1）	0.04×10^{-6}
	镉	无火焰原子吸收分光光度计	GB 17378.6 -2007（8.1）	0.005×10^{-6}
	锌	火焰原子吸收分光光度计	GB 17378.6 -2007（9.1）	0.4×10^{-6}
	铬	无火焰原子吸收分光光度计	GB 17378.6 -2007（10.1）	0.04×10^{-6}
	总汞	原子荧光法	GB 17378.6 -2007（5.1）	0.002×10^{-6}
	砷	原子荧光法	GB 17378.6 -2007（11.1）	0.2×10^{-6}
	石油烃	荧光分光光度计	GB 17378.6 -2007（13）	0.2×10^{-6}

6.5.4 评价方法

生物体质量评价采用单项分指数法。评价标准值见表 6.5.4-1。

生物体质量参数的标准指数＞1，表明该生物体质量参数超过了规定的生物体质量标准。

表 6.5.4-1 生物体质量标准

项目	评价标准值(10^{-6})		
	软体类（非双壳贝类）	甲壳类	鱼类
石油烃	20	20	20
铜	100	100	20
铅	10	2	2
锌	250	150	40
镉	5.5	2.0	0.6
总汞	0.3	0.2	0.3
砷	1	1	1
备注	海洋生物质量(双壳贝类)评价标准采用《海洋生物质量》(GB18421-2001)规定的标准值；其它软体动物、甲壳动物和定居性鱼类等的重金属、石油烃的评价标准参考《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）附录C		

6.5.5 生物体质量评价标准

根据《海南省近岸海域功能区划(2010 年修编报批稿)》的海洋环境保护目标管理要求（见表 6.5.5-1）可知，对调查海域海洋生物体并未规定相应的执行目标；因此本项目的 2、5、6、7、8、9、12、13、14、15、17、19 号站海洋生物体质量标准应维持现状。详见图 6.5.5-1。

表 6.5.5-1 调查海域海洋功能区划海洋环境保护要求

图 6.5.5-1 调查海区海洋功能区划

6.5.6 生物体质量要素监测和统计结果

本次生物体质量样品主要来自于渔业资源调查底拖网、流刺网采集的渔获物，在设定的站位获取具有代表性的本地经济种类、本地常见种和优势种（本次捕获的均为当季经济种类）。

本次生物体质量调查分析项目为石油烃、锌、镉、铅、铜、铬、砷和总汞共 8 项。在项目区附近海域布设了 12 个渔业资源调查站位作为生物体质量监测站位，生物体样品选用各调查站位的常见种和优势种进行分析，本次调查采集生物体种类有鱼类（多齿蛇鲻、短吻鲾、黑边天竺鲷、短鲽、褐篮子鱼）；甲壳类（鹰爪虾、葛氏小口虾蛄、红星梭子蟹）。

生物体各要素监测及统计结果列于表 6.5.6-1。

表 6.5.6-1 生物体质量分析结果统计

6.5.7 生物体质量评价

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）附录 C 中对不同样品类型的分类规定，本次生物体监测质量评价因子为石油烃、锌、镉、铅、铜、砷和总汞共 7 项。

生物体单项分指数结果见表 6.5.7-1。

表 6.5.7-1 生物体单项分指数

注：1."--"表示不参与评价；2.检出率大于等于 1/2 的，未检出样品按照检出限的 1/2 来计算，检出率小于 1/2 的，未检出样品按照检出限的 1/4 来计算。

从表 6.5.7-1 可以看出，调查海域的生物体石油烃、铜、铅、锌、镉和总汞均符合《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）附录 C 中所属种类的质量标准要求。依据近岸海域功能区划要求调查 2、5、6、7、8、9、12、13、14、15、17、19 号站海洋生物体质量标准维持现状。

根据标准要求鱼类（2、5、6、7、8、9、12、13、14、15、17、19 号站）符合《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）附录 C 中所属种类的质量标准要求。而甲壳类（2、5、6、7、9、12、13、14、15、17、19 号站）样品砷含量均大于 1，为超标样品。经过分析，根据河北省唐山市疾病预防控制中心张文德《海产品中砷的形态分析现状》分析，鱼类及软体动物中主要为有机态砷有机态砷又分为水溶性砷和脂溶性砷，水溶性砷高于脂溶性砷，其中有机态砷约占总砷含量的 80％以上。我国学者韦超等对中国海产品中砷的形态进行了分析，海产品中主要是有机砷，而无机砷含量极低。鱼贝类中有机砷的萃取率占总砷的 61％～91％，萃取液中无机砷含量仅占总萃取砷的 0.3％～1.7％。萃取过程中没有对有机砷产生分解和影响。本次检测方法为总砷检测，结合相关研究说明，样品中的无机砷含量极低，生物体质量仍然是相对安全的。

6.6 海洋生态环境现状调查与评价

6.6.1 调查范围及站位布设

在蜈支洲港附近海域共布设海洋生态调查站位和渔业资源调查站位各 12 个，潮间带调查站位 6 个，调查站位见表 6.3.1-1 和图 6.3.1-1、图 6.3.1-2。

6.6.2 调查项目

海洋生态调查项目详见表 6.6.2-1。

表 6.6.2-1 调查项目

调查内容	调查项目
海洋生态	叶绿素 a 及初级生产力。
	浮游植物：种类、丰度、优势种、多样性指数和均匀度。
	浮游动物：种类、丰度和生物量、优势种、多样性指数和均匀度。
	底栖生物：种类、生物量和密度、优势种、丰富度、单纯度、多样性指数和均匀度。
	鱼卵和仔稚鱼：种类及种群结构、生物量及分布、资源密度
	潮间带生物：种类、数量、生物量、栖息密度、多样性指数和均匀度。
渔业资源	资源密度、渔获种类、渔获量、渔获率、鱼类资源状况(包括各大类群种类分布)

6.6.3 调查方法

6.6.3.1 海洋生态采样方法

（1）叶绿素 a 及初级生产力

采样层次：根据《海洋调查规范》GB/T 12763.6-2007 规定，样品采集层次与海水水质样品采集层次相同。

初级生产力的估算采用叶绿素 a 法，按联合国教科文组织（UNESCO）推荐的下列公式估算：

$$P=\frac{Chla\cdot Q\cdot D\cdot E}{2}$$

（2）浮游植物

采样层次：底—表垂直拖。

调查方法：利用浅水III型浮游生物网采样，拖网方式为底——表垂直拖，采用 5%中性福尔马林溶液固定带回实验室，进行种类鉴定及按个体计数法进行计数、统计和分析。

（3）浮游动物

采样层次：底—表垂直拖。

调查方法：利用浅水I型浮游生物网采样，拖网方式为底——表垂直拖。采用5%中性福尔马林溶液固定带回实验室，进行称重、种类鉴定、计数、统计和分析。

（4）大型底栖生物

采样层次：海洋沉积物表层采样和表层拖网。

调查方法：底栖生物的定量样品采用0.065m^{2}的采泥器采集，每站采样3次；定性样品采用阿氏拖网采集，拖拽时间为6min，拖速为2-3节。采集样品采用75%无水乙醇固定带回实验室，进行称重、种类鉴定、计数、统计和分析。

（5）游泳动物

根据调查海域海底地形，在近岸浅水区8号、12号、17号和19号站位放置流刺网，其余的站位均为单囊底拖网渔船调查。流刺网网具规格：外网衣网目尺寸为80mm，内网衣网目尺寸为35mm，网长为32m。每个站点放置网列长度为416m。单囊底拖网渔船：船号为“临02·10050”，单拖网渔船，船长18.0米，船宽4.2米，主机380千瓦。网具底纲长5.0m，浮纲长5.0m，网口宽5.0m，网目为6.0cm, 网囊网目为3.0cm，拖网每个调查站位各拖1网次，每网次为单网。

优势渔获物分析通过Pinkas等应用的相对重要性指标（IRI）来确定：

IRI=（N+W）×F×10^4

N为某种类的尾数占总渔获尾数的百分比；W为某种类的质量占总渔获质量的百分比；F为某种类在调查中被捕获的站位数与总调查站位数之比。本报告以IRI大于100为优势种。、

资源密度(kg/km^2)和现存资源量(t)根据扫海面积法估算，公式如下：

D=Y×10^{-3}/(A(1-E))B=D·S

B=现存资源量(t)，D=资源密度(kg/km^2)，A=每小时扫海面积(km^2/h)，S=调查监测水域面积(km^2)，Y=平均渔获率(kg/h)，E=逃逸率(这里取0.5)。

（6）鱼卵和仔稚鱼

采样层次：底—表垂直拖和表层拖网。

调查方法：利用浅水I型浮游生物网采样，定性样品采用平行拖网采集，定量样品采用垂直拖网采集。采用5%中性福尔马林溶液固定带回实验室，进行称

重、种类鉴定、计数、统计和分析。

（7）潮间带生物

定性采样在高、中、低潮区分别采 1 个样品，并尽可能将该站附近出现的动植物种类收集齐全。

滩涂定量采样用面积为 25cm×25cm 的定量框，取样时先将定量框插入滩涂内，观察框内可见的生物和数量，再用铁铲清除挡板外侧的泥沙，拔去定量框，铲取框内样品，若发现底层仍有生物存在，应将采样器再往下压，直至采不到生物为止。将采集的框内样品置于漩涡分选装置或过筛器中淘洗。

对某些生物栖息密度很低的地带，可采用 5m×5m 的面积内计数(个数或洞穴数)，并采集其中的部分个体称重，再换算成生物量。

生物样品处理与保存

采得的所有定性和定量标本，洗净按类分开瓶装或封口塑料袋装，或按大小及个体软硬分装，以防标本损坏。

定量样品，未能及时处理的余渣，拣出可见标本后把余渣另行分装，在双筒解剖镜下挑拣；

按序加入 5%福尔马林固定液，余渣用四氯四碘荧光素染色剂固定液固定；

对受刺激易引起收缩或自切的种类(如腔肠动物、纽形动物),先用水合氯醛或乌来糖进行麻醉后再固定，某些多毛类(如沙蚕科、吻沙蚕科)，先用淡水麻醉，挤出吻部，再用福尔马林固定，对于大型海藻，除用福尔马林固定外，最好带回一些完整的新鲜藻体，制作腊叶标本。

6.6.3.2 海洋生态分析方法

海洋生态分析方法依据《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）、《海洋监测规范第 7 部分：近海污染生态调查和生物监测》（GB 17378.7-2007）中所确定的方法。详见表 6.6.3-1。

表 6.6.3-1 海洋生态分析方法

调查内容	调查项目	分析方法	检测标准（方法）名称
海洋生物	叶绿素 a	分光光度法	GB 17378.7 -2007（8.2）
	浮游植物	镜检法	GB 12763.6 -2007（7）
	浮游动物	镜检法	GB 12763.6 -2007（8）
	大型底栖生物	镜检法	GB 12763.6 -2007（10）

调查内容	调查项目	分析方法	检测标准（方法）名称
	游泳生物	现场分类、称重、计数	GB 12763.6 -2007（14）
	鱼卵和仔稚鱼	镜检法	GB12763.6-2007（9）
	潮间带生物	镜检法	GB 12763.6 -2007（12）

6.6.4 评价方法

用反映生物群落特征指数，优势度、多样性指数(H′)、均匀度(J′) 、丰富度和单纯度对所调查的生物群落结构特征进行分析。计算公式如下：

（1）优势度（Y）：

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

（2）Shannon-Weiner 多样性指数 H' ：

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

（3）Pielou 均匀度指数：

$$J=H'/H_{\max}$$

式中：$Pi=n_i/N$；$H_{max}=\log_2 S$, 为最大多样性指数；n_i：第 i 种的个体数量（ind.·m^2）；N：某站总生物数量（ind.·m^2）；f_i：某种生物的出现频率(%)；S：出现生物总种数。

（4）丰富度指数

$$d=(S-1)/\log_2 N$$

d 表示丰富度指数；S 表示样品中的总种数；N 表示群落中所有物种的总丰度。

（5）单纯度指数

$$C=SUM(n_i/N)^2$$

C 表示单纯度指数；N 为群落中所有物种丰度或生物量，n_i 为第 i 个物种的丰度或生物量。

6.6.5 海洋生态环境现状

6.6.5.1 叶绿素 a 与初级生产力

初级生产力采用叶绿素 a 法，按照联合国教科文组织（UNESCO）推荐的

下列公式：P=Chla·Q·D·E/2 计算，其结果见表 6.6.5-1。

表 6.6.5-1 调查海区叶绿素 a 含量和初级生产力

注：“--”表示水深不到该采集层次

由表 6.6.5-1 可见，调查海域叶绿素 a 含量范围为（0.03~0.40）mg/m^3，平均值为 0.16mg/m^3，表层叶绿素 a 含量范围为（＜0.01~0.56）mg/m^3，平均值为 0.15mg/m^3； 10m 叶绿素 a 含量范围为（＜0.01~0.12）mg/m^3，平均值为 0.10mg/m^3； 50m 叶绿素 a 含量范围为（＜0.01~0.12）mg/m^3，平均值为 0.06mg/m^3；底层叶绿素 a 含量范围为（＜0.01~0.44）mg/m^3，平均值为 0.16mg/m^3。各站点间有略微差异。根据美国环保局（EPA）关于叶绿素 a 含量的评价标准（叶绿素 a 含量低于 4mg/m^3 为贫营养区，4~10mg/m^3 为中营养区，超过 10mg/m^3 为富营养区），调查站位均为贫营养区。

调查海域初级生产力变化范围是（35.47~226.82）$mg·C/m^2·d$；平均值为 104.04$mg·C/m^2·d$。

6.6.5.2 浮游植物

（1）种类组成

根据本次调查所采集到的样品，调查海域共鉴定到浮游植物 3 门 40 属 123 种（包括变型及变种）（种类名录见附录 1）。其中，硅藻 29 属 74 种，占浮游植物种类数的 60.16%；甲藻 8 属 45 种，占种类数的 36.59%；蓝藻 3 属 4 种，占种类数的 3.25%

（2）细胞丰度

各调查站位浮游植物的细胞丰度介于（0.02～0.48）$\times10^5$cells/m^3 之间，平均细胞丰度为 0.19$\times10^5$cells/m^3。最高出现在 15 号站位，最低出现在 7 号站位。见表 6.6.5-2。

表 6.6.5-2 各站位浮游植物细胞丰度（$\times10^5$cells/m^3）

（3）优势种

优势种的确定由优势度决定，计算公式：Y= Pi×fi ，fi 为第 i 种在各个站位出现的频率。根据实际调查情况，本次调查将浮游植物的优势度≥0.02 的种类作为该海域的优势种类。

调查海域浮游植物优势种类明显，主要为覆瓦根管藻细径变种、细长翼根管藻、粗刺角藻纤细变种、劳氏角毛藻、笔尖形根管藻、并基角毛藻、叉状辐杆藻、透明辐杆藻、紧挤角毛藻、丛毛辐杆藻等。其中，以丛毛辐杆藻的优势地位最为突出，平均丰度为 $0.26×10^4$cells/m^3，占总细胞数的 14.12%，优势度为 0.14。见表 6.6.5-2。

表 6.6.5-2 浮游植物优势种和优势度

（4）多样性指数与均匀度

浮游植物多样性反映其种类的多寡和各个种类数量分配的函数关系，均匀度则反映其种类数量的分配情况，可以作为水质监测的参数。

丰富度指数、单纯度指数、多样性指数和均匀度计算结果表明，调查期间各站位的浮游植物丰富度指数介于 2.76~5.30 之间，平均值为 3.62，丰富度指数最高出现在 14 号站位，丰富度指数最低出现在 15 号站位；单纯度指数介于 0.05~0.31 之间，平均值为 0.11，单纯度指数最高出现在 8 号站位，单纯度指数最低出现在 14 号站位；多样性指数介于 3.06~5.11 之间，平均值为 4.24，多样性指数最高出现在 14 号站位，多样性指数最低出现在 8 号站位；均匀度指数介于 0.57~0.85 之间，平均值为 0.76，均匀度最高出现在 14 号站位，均匀度的最低值出现在 8 号站位（见表 6.6.5-3）。

表 6.6.5-3 各站位浮游植物丰富度（D）、单纯度（C）、多样性指数（H′）和均匀度（J）

（5）小结

根据本次调查所采集到的样品，调查海域共鉴定到浮游植物 3 门 40 属 123 种，以硅藻类占多数。各调查站位浮游植物的细胞丰度介于（0.02~0.48）$×10^5$cells/m^3 之间，平均细胞丰度为 $0.19×10^5$cells/m^3。调查海域浮游植物优势种类明显，主要为覆瓦根管藻细径变种、细长翼根管藻、粗刺角藻纤细变种、劳

氏角毛藻、笔尖形根管藻、并基角毛藻、叉状辐杆藻、透明辐杆藻、紧挤角毛藻、丛毛辐杆藻等。各站位的浮游植物丰富度指数介于 2.76~5.30 之间，平均值为 3.62，单纯度指数介于 0.05~0.31 之间，平均值为 0.11，多样性指数介于 3.06~5.11 之间，平均值为 4.24，均匀度指数介于 0.57~0.85 之间，平均值为 0.76。

6.6.5.3 浮游动物

（1）种类组成

据本次调查所采集到的标本鉴定，调查海域浮游动物共有 13 类 48 属 61 种，不包括浮游幼体、鱼卵及仔鱼（种类名录见附录 2）。其中，桡足类有 23 属 33 种，占浮游动物总种数的 54.10%；管水母类有 5 属 5 种，占浮游动物总种数的 8.20%；水螅水母类有 5 属 5 种，占浮游动物总种数的 8.20%；被囊类有 3 属 3 种，占浮游动物总种数的 4.92%；枝角类有 2 属 3 种，占浮游动物总种数的 4.92%；毛颚类有 1 属 3 种，占浮游动物总种数的 4.92%；腹足类有 2 属 2 种，占浮游动物总种数的 3.28%；花水母类有 2 属 2 种，占浮游动物总种数的 3.28%；端足类有 1 属 1 种，占浮游动物总种数的 1.64%；介形类有 1 属 1 种，占浮游动物总种数的 1.64%；糠虾类有 1 属 1 种，占浮游动物总种数的 1.64%；十足类有 1 属 1 种，占浮游动物总种数的 1.64%；栉水母类有 1 属 1 种，占浮游动物总种数的 1.64%；另有 5 个类别浮游幼体和若干鱼卵。

（2）生物量和丰度

本次调查浮游动物丰度范围为(16.39~196.64)ind./m^3，平均丰度为 46.17ind./m^3，其中最高丰度出现在 8 号站位，最低为 17 号站位；生物量范围为（4.26~62.02）mg/m^3，平均生物量为 21.63mg/m^3，其中最高生物量出现在 8 号站位，最低为 17 号站位。结果详见表 6.6.5-4。

表 6.6.5-4 各测站浮游动物丰度（ind./m^3）和生物量(mg/m^3)

（3）优势种

优势种的确定由优势度决定，计算公式：Y= Pi×fi ，fi 为第 i 种在各个站位出现的频率。根据实际调查情况，本次调查将浮游动物的优势度≥0.02 的种类作为该海域的优势种类。

调查期间该海域浮游动物优势种类主要有异体住囊虫、微刺哲水蚤、亚强次真哲水蚤、双生水母、半口壮丽水母、伯氏平头水蚤、中华哲水蚤、百陶箭虫、长尾类幼体、短尾类幼体、肥胖箭虫。结果详见表 6.6.5-5。

表 6.6.5-5 浮游动物优势种和优势度

（4）多样性指数与均匀度

调查期间该水域浮游动物多样性指数范围在 3.38~4.51 之间，平均值为 3.96，最高值出现在 12 号站位，最低在 17 号站位。均匀度指数范围在 0.76~0.94 之间，平均值为 0.86，最高出现在 17 号站位，最低在 7 号站位。丰富度指数范围在 2.55~4.21 之间，平均值为 3.11，最高出现在 12 号站位，最低在 17 号站位。单纯度指数范围在 0.05~0.14 之间，平均值为 0.10，最高出现在 2 站位，最低在 12 号站位。结果详见表 6.6.5-6。

表 6.6.5-6 各测站浮游动物多样性指数（H′）和均匀度（J）

（5）小结

据本次调查所采集到的标本鉴定，调查海域浮游动物共有 61 种，桡足类有 33 种，管水母类有 5 种，水螅水母类有 5 种，被囊类有 3 种，毛颚类有 3 种，枝角类有 3 种，腹足类有 2 种，花水母类有 2 种，端足类有 1 种，介形类有 1 种，糠虾类有 1 种，十足类有 1 种，栉水母类有 1 种。浮游动物丰度范围为 (16.39~196.64)ind./m^3，平均丰度为 46.17ind./m^3；生物量范围为 4.26~62.02）mg/m^3，平均生物量为 21.63mg/m^3。该海域浮游动物优势种类主要有异体住囊虫、微刺哲水蚤、亚强次真哲水蚤、双生水母、半口壮丽水母、伯氏平头水蚤、中华哲水蚤、百陶箭虫、长尾类幼体、短尾类幼体、肥胖箭虫。该水域浮游动物多样性指数范围在 3.38~4.51 之间，平均值为 3.96；均匀度指数范围在 0.76~0.94 之间，平均值为 0.86；丰富度指数范围在 2.55~4.21 之间，平均值为 3.11；单纯度指数范围在 0.05~0.14 之间，平均值为 0.10。

6.6.5.4 大型底栖动物

（1）种类组成

本次调查，调查海域大型底栖动物共采集鉴定到8门87科127种（种类名录见附录3），其中节肢动物有27科48种，占总种类数的37.80%，其次为环节动物，有22科31种，占总种类数的24.41%，棘皮动物有14科16种，占总种类数的12.60%，软体动物有17科23种，占总种类数的18.11%，脊索动物有4科6种，占总种类数的4.72%，纽形、头索动物和螠虫动物均有1科1种，均占总种类数的0.79%。

（2）生物量和栖息密度

调查结果表明，各站位底栖生物栖息密度的幅度为(10.26~97.44)ind./m^2，平均密度为51.71ind./m^2，最高出现在6号站位，最低出现在5号站位；生物量的幅度为(0.32~14.75)g/m^2，平均生物量为5.15g/m^2，最高出现在2号站位，最低出现在5号站位。详见表6.6.5-7。

表6.6.5-7 各站位大型底栖动物生物量(g/m^2)和栖息密度(ind./m^2)

（3）各类别生物量和栖息密度

调查海域大型底栖动物栖息密度主要以环节动物门为主，平均密度为22.22ind./m^2，其次为节肢动物门，平均密度为17.95ind./m^2，最低为螠虫动物门，平均密度均为0.43ind./m^2；生物量以棘皮动物门为主，平均生物量为1.60g/m^2，其次为脊索动物门，平均生物量为1.19g/m^2，最低为头索动物门，平均生物量为0.02g/m^2。详见表6.6.5-8。

表6.6.5-8 各站位类别生物量(g/m^2)和栖息密度(ind./m^2)

表6.6.5-8 各站位类别生物量(g/m^2)和栖息密度(ind./m^2)（续）

注：--为未发现

（4）优势种

优势种的确定由优势度决定，计算公式：Y= Pi×fi ，fi为第i种在各个站位出现的频率。根据实际调查情况，本次调查将大型底栖动物的优势度≥0.02的种类作为该海域的优势种类。

调查期间该海域大型底栖动物优势种类突出，优势种为扁尾和美虾。详见表 6.6.5-9。

表 6.6.5-9 大型底栖动物的优势种和优势度

（5）多样性指数与均匀度

各站丰富度的幅度为 0.30～1.26，平均值为 0.97，最高值出现在 8 号站位，最低值出现在 4 号站位；各站单纯度的幅度为 0.14～0.50，平均值为 0.22，最高值出现在 4 号站位，最低值出现在 17 号站位；各站多样性指数的幅度为 1.00～2.92，平均值为 2.44，最高值出现在 17 号站位，最低值出现在 4 号站位；各站均匀度的幅度为 0.83～1.00，平均值为 0.94，最高值出现在 4 号和 18 号站位，最低值出现在 6 号站位。详见表 6.6.5-10。

表 6.6.5-10 丰富度（*d*）、单纯度（*C*）、生物多样性指数(*H'*)和均匀度(*J*)

注：0 为只采集到一种生物

（6）小结

本次调查，调查海域大型底栖动物共采集鉴定到 8 门 87 科 127 种，其中节肢动物有 48 种，环节动物有 31 种，棘皮动物有 16 种，软体动物有 23 种，脊索动物有 6 种，纽形、头索动物和螠虫动物均有 1 种。各站位底栖生物栖息密度的幅度为(10.26~97.44)ind./m^2，平均密度为 51.71ind./m^2；生物量的幅度为(0.32~14.75)g/m^2，平均生物量为 5.15g/m^2。调查海域大型底栖动物栖息密度主要以环节动物门为主，平均密度为 22.22ind./m^2，其次为节肢动物门，平均密度为 17.95ind./m^2，最低为螠虫动物门，平均密度均为 0.43ind./m^2；生物量以棘皮动物门为主，平均生物量为 1.60g/m^2，其次为脊索动物门，平均生物量为 1.19g/m^2，最低为头索动物门，平均生物量为 0.02g/m^2。调查期间该海域大型底栖动物优势种类突出，优势种为扁尾和美虾。各站丰富度的幅度为 0.30～1.26，平均值为 0.97；各站单纯度的幅度为 0.14～0.50，平均值为 0.22；各站多样性指数的幅度为 1.00～2.92，平均值为 2.44；各站均匀度的幅度为 0.83～1.00，平均值为 0.94。

6.6.5.5 游泳动物

（1）游泳生物资源现状

①种类组成

本次调查底拖网共捕获游泳动物 52 科 79 种，其中鱼类为 36 科 49 种，占捕获所有种类的 62.02%；甲壳类为 13 科 27 种，占捕获所有种类的 34.18%；头足类为 3 科 3 种，占捕获所有种类的 3.80%（种类名录见附录 4）。

②渔获率和现存资源密度

游泳动物重量渔获率范围 0.049~6.156kg/h，平均为 3.116kg/h。最高出现在 6 号站位，其次为 9 号站位，最低为 12 站位；个体渔获率范围为 1~408ind./h，平均为 209ind./h，最高出现在 9 号站位，其次为 6 号站位，最低为 12 号和 19 号站位。结果详见表 6.6.5-11。

游泳动物的平均重量渔获率中，鱼类为 2.088kg/h，占总重量渔获率的 67.01%；甲壳类为 0.967kg/h，占总重量渔获率的 31.03%；头足类为 0.061kg/h，占总重量渔获率的 1.96%；平均个体渔获率中，鱼类为 101ind./h，占总个体渔获率的 48.33%；甲壳类为 104ind./h，占总个体渔获率的 49.76%；头足类为 4ind./h，占总个体渔获率的 1.91%。

根据扫海面积法估算，评价区及附近海域内的 8 号、12 号、17 号和 19 号站位放置流刺网，不做资源密度评估。其余站位目前游泳动物的平均资源密度约为 232.233kg/km^2，其中鱼类约为 155.773kg/km^2，甲壳类约为 71.889kg/km^2，头足类类约为 4.571kg/km^2。各站中以 9 号站最高（296.577kg/km^2），5 号站次之（281.892kg/ km^2），14 号和 2 号站较低（资源密度分别为 173.056kg/km^2 和 132.143kg/km^2）。按个体计，游泳动物的平均资源密度约为 15674ind./km^2，其中鱼类约为 7555ind./km^2，甲壳类约为 7791ind./km^2，头足类约为 328ind./km^2。各站中以 9 号站最高（21868ind./km^2），5 号站次之（19573ind./km^2），2 号站最低（资源密度为 8999ind./km^2）。结果详见表 6.6.5-11。

表 6.6.5-11 调查海域游泳动物渔获率和资源密度

③优势种

根据相对重要性指数（IRI）公式计算评价调查海域内的相对重要性指标

（IRI），并以 IRI 大于 100 作为优势渔获物的判断指标，本次调查的优势渔获种类共有 14 种。其中多齿蛇鲻的 IRI 最高，为 3334.18；其他优势渔获物依次为葛氏小口虾蛄（3019.53）、黑边天竺鲷（1654.18）、黑尾吻鳗（1231.25）、直额蟳（772.87）、短鲽（698.66）、鹰爪虾（584.23）、中线天竺鲷（483.01）、日本绯鲤（232.84）、紫隆背蟹（223.35）、武士蟳（204.08）、短穗乌贼（120.10）、逍遥馒头蟹（112.43）和须赤虾（103.66）等。结果详见表 6.6.5-12。

表 6.6.5-12 调查海域优势种类组成

④渔获物体重、体长和幼体比例

本次调查海域渔获物中，鱼类平均幼体比例为 41.06%；虾类平均幼体比例为 47.41%；蟹类平均幼体比例为 59.44%；头足类平均幼体比例为 100.00%。各类群平均体长、平均体重、幼体比见表 6.6.5-13。渔获物各品种平均体长、平均体重、幼体比见表 6.6.5-14。

表 6.6.5-13 分类群平均体重（kg）、体长（cm）和幼体比例（%）

表 6.6.5-14 渔获物分品种体重、体长和幼体比例

（2）鱼类资源状况

①种类组成

经鉴定，本次调查共捕获鱼类 49 种，分隶于 9 目 36 科。以鲈形目的种类数最多，共有 25 种；鲽形目第二，有 6 种；鳗鲡目有 5 种；鲉形目有 4 种；鲀形目有 3 种；鮟鱇目和灯笼鱼目均有 2 种；鲻目和鳕形目均只有 1 种。在各科中，最多为鲾科和天竺鲷科均有 3 种；狗母鱼科、鲆科、舌鳎科、隆头鱼科、虾虎鱼科、合鳃鳗科、康吉鳗科、单角鲀科和鲉科均有 2 种；其余各科均只有 1 种。

②渔获率与资源密度分布

本次调查渔获的鱼类总重量为 19.713kg，平均渔获率为 2.088kg/h。渔获率最高的站位出现在 6 号站，为 4.383kg/h；渔获率次高站出现在 5 号站，渔获率

为 3.950kg/h；渔获率最低的站位出现在 12 号站，渔获率为 0.022kg/h。按个体计，鱼类的平均个体渔获率为 101ind./h，以 5 号站最高，为 205ind./h；其次是 6 号站，为 199ind./h；12 号站最低，为 0.5ind./h。结果详见表 6.6.5-15。

8 号、12 号、17 号和 19 号站位放置流刺网，不做资源密度评估。其余站位目前鱼类的重量平均资源密度约为 155.773kg/km^2。调查区内以 5 号站最高（210.464kg/km^2），6 号站次之（196.13kg/km^2），5 号站最低（仅为 75.686kg/km^2）。鱼类的个体平均资源密度为 7555ind./km^2，以 5 号站最高（10917ind./km^2）；其次为 13 号站，资源密度为 9166ind./km^2；2 号站的资源密度最低，为 3307ind./km^2。结果详见表 6.6.5-15。

表 6.6.5-15 调查海域鱼类的渔获率和资源密度

③鱼类优势种

根据相对重要性指数（IRI）公式计算评价调查海域内鱼类的相对重要性指标（IRI），并以 IRI 大于 100 作为优势渔获物的判断指标，本次调查的优势鱼类种类共有 6 种。其中多齿蛇鲻的 IRI 最高，为 3334.18；其他优势鱼类依次为黑边天竺鲷（1654.18）、黑尾吻鳗（1231.25）、短鲽（698.66）、中线天竺鲷（483.01）和日本绯鲤（232.84）等。结果详见表 6.6.5-16。

表 6.6.5-16 调查海域鱼类优势种类组成

（3）头足类资源状况

①种类组成

本次调查共渔获头足类 3 种，隶属 2 目 3 科，乌贼目有 2 种，为短穗乌贼和双喙耳乌贼；八腕目有 1 种，为真蛸。

②渔获率与资源密度分布

本次调查，头足类的重量渔获率范围为 0.000kg/h ~0.170kg/h，平均渔获率为 0.061kg/h。渔获率以 7 号站最高，为 0.170kg/h；次高为 6 号站位，渔获率为 0.107kg/h，8 号、12 号、17 号和 19 号站均未捕获到头足类，渔获率均为 0.000kg/h。按个体计，个体渔获率范围为 0ind./h ~9ind./h，平均渔获率 4ind./h。个体渔获率以 5 号、9 号和 13 号站最高，渔获率均为 9ind./h；次高为 6 号和 7

号站位，渔获率均为7ind./h；，8号、12号、17号和19号站均未捕获到头足类，渔获率均为0ind./h。结果详见表6.6.5-17。

8号、12号、17号和19号站位放置流刺网，不做资源密度评估。其余站位目前头足类的平均资源密度约为4.571kg/km^2，以7号站最高，为7.768kg/km^2；次高为9号站位，为5.694kg/km^2；最低为2号站，为0.846kg/km^2。个体平均资源密度为328ind./km^2。以9号站最高，为495ind./km^2；次高为13号站位，为474ind./km^2；最低为2号站，为77ind./km^2。结果详见表6.6.5-17。

表6.6.5-17 调查海域头足类的渔获率和资源密度

③头足类优势种

根据相对重要性指数（*IRI*）公式计算评价调查海域内头足类的相对重要性指标（*IRI*），并以*IRI*大于100作为优势渔获物的判断指标。本次调查头足类的优势种为短穗乌贼（120.10）等。

（4）甲壳类资源状况

①种类组成

经鉴定，本次调查渔获的甲壳类共27种，分属2目13科。其中虾类有4科5种；蟹类有7科18种,；虾蛄类有2科4种。

②渔获率与资源密度分布

.2 渔获率和资源密度分布

调查海域甲壳类重量渔获率范围为0.016kg/h~2.043kg/h，平均0.967kg/h，渔获率以9号站最高，为2.043kg/h；其次为7号站，渔获率为1.866kg/h；最低为19号站，渔获率为0.016kg/h。甲壳类的个体渔获率范围为0.3ind./h~235ind./h，平均104ind./h，以9号站最高，为235ind./h；其次为7号站，渔获率为206ind./h；最低为19号站，渔获率为0.3ind./h。结果详见表6.6.5-18。

8号、12号、17号和19号站位放置流刺网，不做资源密度评估。其余站位目前甲壳类的平均资源密度约为71.889kg/km^2。资源密度最高出现于9号站，为109.587kg/km^2；7号站列第二位，为85.380kg/km^2；最低为14号站，为44.924kg/km^2。按个体计，甲壳类的平均资源密度为7791ind./km^2，以9号站为

最高，为 12626ind./km^2；7 号站列第二位，为 9442ind./km^2；最低为 14 号站，为 4320ind./km^2。结果详见表 6.6.5-18。

表 6.6.5-18 调查海域甲壳类的渔获率和资源密度

③甲壳类优势种

根据相对重要性指数（IRI）公式计算评价调查海域内甲壳类的相对重要性指标（IRI），并以 IRI 大于 100 作为优势渔获物的判断指标，本次调查的甲壳类的优势渔获物为葛氏小口虾蛄（3019.53）、直额蟳（772.87）、鹰爪虾（584.23）、紫隆背蟹（223.35）、武士蟳（204.08）、逍遥馒头蟹（112.43）和须赤虾（103.66）等。

（5）主要种类及其生物学和生态学特性

根据调查优势种分析，项目附近海域主要渔业种类为多齿蛇鲻、葛氏小口虾蛄、黑边天竺鲷、黑尾吻鳗、直额蟳、短鲽、鹰爪虾、中线天竺鲷、日本绯鲤、紫隆背蟹、武士蟳、短穗乌贼、逍遥馒头蟹和须赤虾等。

（一）多齿蛇鲻

分布于印度-西太平洋海域，西起印度洋非洲东岸，冬至菲律宾，北至东海（中国近海），南至澳大利亚。中国产于东海、台湾、南海。近海暖水性底层鱼类。通常栖息于砂泥底质海域，以体色和身上的花纹进行伪装，有时将身体埋入沙中，伺机捕食猎物。肉食性，以小型鱼类和底栖动物为食。有食用价值。

（二）葛氏小口虾蛄

沿海近岸性品种。喜栖于浅水泥沙或礁石裂缝内，中国南北沿海均有分布。产期为每年 4～5 月。分布范围极广，从俄罗斯的大彼得海湾到日本及中国沿海、菲律宾、马来半岛、夏威夷群岛均有分布。

（三）黑边天竺鲷

分布于印度－西太平洋海域，西自印度洋非洲东岸，东至马绍尔群岛，北至日本和中国台湾，南至澳大利亚。中国产于台湾和南海。为暖水性中下层小型鱼类。通常栖息于泥沙底质近海，有时可进入 100m 以下较深水域。捕食多毛类及其他小型底栖无脊椎动物。个体小型，无经济价值。

（四）黑尾吻鳗

分布于日本海等。该物种的模式产地在台湾。

（五）直额蟳

栖息于潮间带以下的泥沙淤泥中。原产国家：中国和日本，原产省份：广东、广西、福建、海南。气候带：热带、亚热带、暖温带。地理分布：我国南海沿岸。

（六）短鲽

分布于西到马尔代夫群岛、南到新西兰、东到菲律宾以及海南岛、广西及广东近海等，属于暖水性浅海小型底层鱼。该物种的模式产地在新西兰。

（七）鹰爪虾

喜欢栖息在近海泥沙海底，昼伏夜出，我国沿海均有分市。主要分布于威海、烟台海域。威海是高产海区。东海及黄渤海产量较多。东海渔汛期为 5～8 月；黄渤海渔汛期为 6～7 月（夏汛）及 10～11 月（秋汛）。

（八）中线天竺鲷

这种鱼喜静，游泳很慢，最好与温和的鱼混养。喜欢藏在海藻及海草丛中，或长刺海胆的刺中。如果缸足够大，可以小群饲养。作为群体，它们会建立严格的等级制度而不会争斗。需要均衡的肉食营养。像饲料虾、薄片食物、球类食物、海鲜、血虫及可以吃下去的小鱼。

（九）日本绯鲤

分布西太平洋区，包括日本、韩国、台湾、中国及香港等海域，栖息深度 20-200 米，体长可达 15.7 厘米，为底栖性鱼类，生活在沙底质海域，属肉食性，可做为食用鱼。

（十）紫隆背蟹

国内分布：广西、广东；国外分布：日本、菲律宾、红海。

（十一）武士蟳

在我国主要分布于长江口以南的东海、南海，越过长江口即难寻觅其踪迹。在国外分布于日本、东南亚、澳大利亚和印度洋等。属于高温广盐性种类。

（十二）短穗乌贼

分布于中国、朝鲜、日本及欧洲各沿海均有出产，我国舟山群岛出产最多。每年广东 2～3 月，福建 4～5 月，浙江 5～6 月，山东 6～7 月，渤海 10～11 月

为出产旺季。越冬期为12月至竖年3月底，4月后离开越冬埸而进入产卵、洄游，由南向北。多分布于高盐温暖的海洋中，近海、远洋，水层、海底均有分布。

（十三）逍遥馒头蟹

分布于朝鲜、日本、印度尼西亚、新加坡、丹老群岛、波斯湾、红海、台湾岛以及中国大陆的广东、海南岛、福建等地，生活环境为海水，一般栖息于水深30-100米的沙质或泥沙质的底上。

（十四）须赤虾

分布于我国东海、南海海域，是广东和台湾主要捕捞对象之一；日本、菲律宾、马来西亚也有分布。栖息于水深5～220米之软泥至细砂底海区，尤以20～70米海区为密集，其对水温和盐度变化有较强的适应能力，底质自软泥至细沙环境都能适应。除摄食底栖生物外，还摄食底层游泳生物和游泳动物。是重要经济虾类。

①物种多样性分析

项目海域渔获物重量密度丰富度指数（d）均值为2.04（1.50-2.60），单纯度指数（C）均值为0.15（0.11-0.21），多样性指数（H'）均值为3.34（2.58-3.68），均匀度指数（J'）均值为0.79（0.69-0.94）。渔获物尾数密度丰富度指数（d）均值为7.49（-35.76-82.78），单纯度指数（C）均值为0.15（0.10-0.20），多样性指数（H'）均值为3.28（2.48-3.74），均匀度指数（J'）均值为0.78（0.71-0.88）。结果详见表6.6.5-19。

表6.6.5-19 渔获物多样性指数值

（6）小结

本次共采集到获游泳动物79种，隶属于13目52科，其中鱼类为9目36科49种，甲壳类2目13科27种，头足类2目3科3种。游泳动物的平均渔获率为3.116kg/h和209ind./h。其中，鱼类为2.088kg/h和101ind./h，甲壳类的平均渔获率为0.967kg/h和104ind./h，头足类的平均渔获率为0.061kg/h和4ind./h。根据扫海面积法估算，评价区及附近海域内8号、12号、17号和19号站位放置流刺网，不做资源密度评估。其余站位目前游泳动物的平均资源密度约为

232.233kg/km^{2}和15674ind./km^2，其中鱼类约为155.773kg/km^{2}和7555ind./km^2，甲壳类约为71.889kg/km^{2}和7791ind./km^2，头足类约为4.571kg/km^{2}和328ind./km^2。根据相对重要性指数（*IRI*）公式计算评价调查海域内的相对重要性指标（IRI），并以IRI大于100作为优势渔获物的判断指标，本次调查的优势渔获种类共有14种。其中多齿蛇鲻的IRI最高，为3334.18；其他优势渔获物依次为葛氏小口虾蛄（3019.53）、黑边天竺鲷（1654.18）、黑尾吻鳗（1231.25）、直额蟳（772.87）、短鲽（698.66）、鹰爪虾（584.23）、中线天竺鲷（483.01）、日本绯鲤（232.84）、紫隆背蟹（223.35）、武士蟳（204.08）、短穗乌贼（120.10）、逍遥馒头蟹（112.43）和须赤虾（103.66）等。本次调查海域渔获物中，鱼类平均幼体比例为41.06%；虾类平均幼体比例为47.41%；蟹类平均幼体比例为59.44%；头足类平均幼体比例为100.00%。项目海域渔获物重量密度丰富度指数（d）均值为2.04（1.50-2.60），单纯度指数（C）均值为0.15（0.11-0.21），多样性指数（H'）均值为3.34（2.58-3.68），均匀度指数（J'）均值为0.79（0.69-0.94）。渔获物尾数密度丰富度指数（d）均值为7.49（-35.76-82.78），单纯度指数（C）均值为0.15（0.10-0.20），多样性指数（H'）均值为3.28（2.48-3.74），均匀度指数（J'）均值为0.78（0.71-0.88）。

6.6.5.6 鱼卵与仔稚鱼

（1）种类组成

本次调查，蜈支洲岛附近海域鱼卵与仔稚鱼共鉴定种类38种，隶属于27个科，鉴定到科的有6种，鉴定到属的14种，鉴定到种的18种。从发育阶段来看，鱼卵出现种类有31种，仔鱼出现种类有16种，稚鱼出现种类有1种（详见附录5）。

垂直拖网共采集到鱼卵66粒，仔鱼19尾，稚鱼0尾。鱼卵数量以日本鳀具有数量上的绝对优势，占总数比例的31.82%，鲾占15.15%，红鳍笛鲷占10.61%；仔鱼数量以鲗具有数量上的绝对优势，占总数比例的15.79%，小沙丁鱼占10.53%，日本鳀占10.53%，刺鲳占10.53%，鰕虎鱼占10.53%；未采集到稚鱼（详见表6.6.5-20）。

水平拖网共采集到鱼卵511粒，仔鱼54尾，稚鱼1尾。鱼卵数量以蛇鳗科

一种具有数量上的绝对优势，占总数比例的 19.18%，鲾占 13.31%，隆头鱼科一种占 10.57%，未定种占 35.03%；仔鱼数量以多磷鱚具有数量上的绝对优势，占总数比例 25.93%，大眼银汉鱼占 14.81%，尖吻鯻占 12.96%，雀鲷科一种占 11.11%；稚鱼数量以鳃鲻具有数量上的绝对优势，占总数比例的 100%（详见表 6.6.5-20）。

表 6.6.5-20 鱼卵与仔稚鱼种类比例

（2）数量分布

本次垂直拖网调查各站位鱼卵密度范围为（0.00~6.72）粒/m³，平均值为 1.31 粒/m³。其中最高出现在 8 号站位，密度为 6.72 粒/m³，19 号站位密度 1.92 粒/m³；仔鱼密度范围为（0.00~1.68）粒/m³，平均值为 0.35 粒/m³。其中最高出现在 8 号站位，密度为 1.68 粒/m³，19 号站位密度 0.96 粒/m³（详见表 6.6.5-21）。

表 6.6.5-21 鱼卵和仔稚鱼密度

6.6.5.7 潮间带生物

（1）种类组成

6 个潮间带断面共采获了 5 个生物类别中的 24 科 42 种生物（包含定性样品）（种类名录见附录 6）。其中节肢动物门有 10 科 21 种，占总种类数的 50.00%，软体动物门有 8 科 14 种，占总种类数的 33.33%，环节动物门有 4 科 5 种，占总种类数的 11.90%，刺胞和棘皮动物门均有 1 科 1 种，均占总种类数的 2.38%。

6 个断面出现的生物种类略有差异，其中断面I出现的生物种类数最多，有 20 种生物，棘皮动物 1 种，节肢动物 12 种，软体动物 7 种；断面断面III有 9 种生物，刺胞动物 1 种，节肢动物 4 种，软体动物 4 种；断面 IV 生物种类最少，有 3 种生物，环节动物 2 种，节肢动物 1 种。不同断面出现的生物种类数详见 6.6.5-22。

表 6.6.5-22 不同断面出现的生物种类数

（2）生物量和栖息密度

6 条潮间带生物断面高潮区平均栖息密度为 0.04ind./m^2，平均生物量为 0.06g/m^2；中潮区平均栖息密度为 13.33ind./m^2，平均生物量为 87.24g/m^2；低潮区平均栖息密度为 13.33ind./m^2，平均生物量为 28.98g/m^2。详见表 6.6.5-23。

表 6.6.5-23 潮间带生物量(g/m^2)和栖息密度(ind./m^2)

注：--为未发现

（3）各类别生物量和栖息密度

各类别生物的生物量和栖息密度如表 6.6.5-24 所示，其中生物量分布状况为节肢动物（38.43g/m^2）＞环节动物（0.25g/m^2）＞刺胞动物（0.08g/m^2）＞。栖息密度的分布状况为节肢动物（4.46ind./m^2）＞环节动物（3.33ind./m^2）＞刺胞动物（1.11ind./m^2）。

表 6.6.5-24 潮间带生物的类别组成生物量与栖息密度

注：--为未发现

（4）优势种

优势种的确定由优势度决定，计算公式：$Y = P_i \times f_i$，f_i 为第 i 种在各个站位出现的频率。本次调查潮间带生物以潮区为站点计算各种类的栖息密度百分比和出现频率，并把优势度≥0.02 的种类作为该区域的优势种类。

该区域的潮间带生物优势种类突出，优势种为异触虫和硬爪始根钩虾。（见表 6.6.5-25）

表 6.6.5-25 潮间带生物的优势种

（5）多样性指数和均匀度

本次调查，6 条潮间带断面高潮区除断面II采集到一种生物之外，其余断面均未采集到生物，丰富度、多样性指数和均匀度均为 0.00，单纯度平均值为 0.17。

6 条潮间带断面中潮区丰富度范围在 0.00~0.65 之间，平均为 0.16，最高为断面I，单纯度范围在 0.00~1.00 之间，平均为 0.47，最高为断面 V 和断面 VI，

多样性指数范围在 0.00~1.92 之间，平均为 0.47，最高为断面I，均匀度范围在 0.00~0.96 之间，平均为 0.31，最高为断面I

6 条潮间带断面低潮区丰富度范围在 0.00~0.23 之间，平均为 0.04，最高为断面 V，单纯度范围在 0.00~1.00 之间，平均为 0.78，最高为断面I、III、IV 和断面 VI，多样性指数范围在 0.00~0.72 之间，平均为 0.12，最高为断面 V，均匀度范围在 0.00~0.72 之间，平均为 0.12，最高为断面 V。见表 6.6.5-26。

表 6.6.5-26 潮间带生物的丰富度 d、单纯的 c、多样性指数 H′ 和均匀度 J

注：--为未发现，0 为只采集到一种生物

（6）小结

6 个潮间带断面共采获了 5 个生物类别中的 24 科 42 种生物（包含定性样品）。其中节肢动物门有 21 种，软体动物门有 14 种，环节动物门有 5 种，刺胞和棘皮动物门均有 1 种。6 条潮间带生物断面高潮区平均栖息密度为 0.04ind./m²，平均生物量为 0.06g/m²；中潮区平均栖息密度为 13.33ind./m²，平均生物量为 87.24g/m²；低潮区平均栖息密度为 13.33ind./m²，平均生物量为 28.98g/m²。其中生物量分布状况为节肢动物（38.43g/m²）＞环节动物（0.25g/m²）＞刺胞动物（0.08g/m²）＞。栖息密度的分布状况为节肢动物（4.46ind./m²）＞环节动物（3.33ind./m²）＞刺胞动物（1.11ind./m²）。该区域的潮间带生物优势种类突出，优势种为异触虫和硬爪始根钩虾。本次调查，6 条潮间带断面高潮区除断面II采集到一种生物之外，其余断面均未采集到生物，丰富度、多样性指数和均匀度均为 0.00，单纯度平均值为 0.17。6 条潮间带断面中潮区丰富度范围在 0.00~0.65 之间，平均为 0.16，单纯度范围在 0.00~1.00 之间，平均为 0.47，多样性指数范围在 0.00~1.92 之间，平均为 0.47，均匀度范围在 0.00~0.96 之间，平均为 0.31。6 条潮间带断面低潮区丰富度范围在 0.00~0.23 之间，平均为 0.04，单纯度范围在 0.00~1.00 之间，平均为 0.78，多样性指数范围在 0.00~0.72 之间，平均为 0.12，均匀度范围在 0.00~0.72 之间，平均为 0.12。

6.7 珊瑚礁资源调查与评价

6.7.1 调查范围及站位布设

2025 年我司在蜈支洲港附近海域布设珊瑚礁调查站位 14 个，调查站位见表 6.3.1-1 和图 6.3.1-2。

2023 年 1 月我司在蜈支洲岛附近海域共布设珊瑚礁资源调查站位 12 个，调查站位详见表 6.7.1-1 和图 6.7.1-1。

表 6.7.1-1 珊瑚礁调查站位表（2023 年 1 月）

图 6.7.1-1 珊瑚礁调查站位图（2023 年 1 月）

6.7.2 调查项目

覆盖度、死亡率、敌害生物、底质情况等。

6.7.3 调查方法

生物调查调查方法结合《珊瑚礁生态监测技术规程》（HY/T 082-2005）中断面线监测法和国际珊瑚礁调查方法截线样条法（LIT）的要求执行。

a、珊瑚样带

在珊瑚礁调查海区以低潮位水深为准，选择 3 个水深，平行海岸线方向布设 50 米等深线断面样带。由经验丰富或经培训的 2 名专业潜水员沿着 50 m 断面样带同步缓慢前进，过程中拍摄、记录珊瑚群落资源及栖息生境状况，第 1 位调查人员用水下数码摄像机从断面线的一端开始沿着断面线摄像，第 2 位调查人员用高清相机对样带两侧各 1 m 宽的区域内不同珊瑚进行整体高清拍照。详见图 6.7.3-1。

图 6.7.3-1 断面法调查布设断面示意图

b、样框调查

以样带为中心，随机放置 50cm×50cm 的样框拍摄 20 张照片，记录 5cm 以下小个体珊瑚的生长情况。每个 50cm×50cm 的样框面积为 2500 cm2，将样

框进行网格化分析，每个样框分为 10cm×10 cm 共 25 个小网格计数，从而统计出硬珊瑚补充量（单位：个/m^2）。

c、活硬珊瑚覆盖度

通过电脑播放软件仔细浏览每一条 50 m 断面样带影像，判读样带断面正下方的底质类型，每 0.1m 距离，用代码标注记录一个数据，代表该点正下方所对应用的底质类型，共记录 500 个点，由此计算出活硬珊瑚的覆盖度。详见图 6.7.3-2。

活硬珊瑚覆盖度=拥有活珊瑚的点／500×100%

图 6.7.3-2 珊瑚盖度判断标准参考图

d、珊瑚种类鉴定

硬珊瑚种类的鉴定、分类参照国内外权威书籍分类方法、珊瑚标本图片，结合历史研究、分类资料，在计算机看图软件细致比对、观察样带上得珊瑚图像、礁区特写照片，鉴定和分类硬珊瑚种属。国外参考权威书籍包括：《Coral of the world》(Verson,2000)、《Staghorn corals of the world》(Wallace,1999)；国内及港澳台参考权威书籍包括：《台湾石珊瑚志》、《台湾珊瑚礁地图（上/下）》（戴昌凤，2011）、《香港石珊瑚图鉴》（陈乃观，2005）、《中国动物（腔肠动物门）珊瑚虫纲石珊瑚目硬珊瑚》邹仁林、《西沙群岛珊瑚礁生物图册》（黄晖，2018）。

e、硬珊瑚死亡率

依据《珊瑚礁生态监测技术规程》（ HY/T082-2005）硬珊瑚死亡率测定方法，分析样带、样框影象资料及记录数据，测定调查断面上硬珊瑚总个数及死亡个数，并估计死亡时间。珊瑚死亡特征判别标准为：活珊瑚都呈现不同的颜色，判断死亡珊瑚的标准是珊瑚的颜色为白色或黑色，早期死亡的为黑色，近期死亡的为白色。死亡时间判别标准如下：30d 以内珊瑚单体骨骼白色、完整清晰；0.5a 以内珊瑚单体被小型藻类或薄层沉积物覆盖；1a-2a 之内珊瑚单体结构轻微腐蚀，但仍然能分辨出珊瑚的属级分类单位；2 a 以上珊瑚单体结构消失，或单体上的附着生物（藻类、无脊椎动物等）已经很难取下。

判读样带断面正下方的底质类型，每 0.1m 距离，用代码标注记录一个数

据，代表该点正下方所对应用的底质类型，共记录500个点，由此计算出硬珊瑚死亡率。

硬珊瑚死亡率=硬珊瑚死亡骨骼占据的点／500×100% 。

f、硬珊瑚补充量

统计每组50 cm×50 cm 样框照片中拥有直径小于5 cm 的珊瑚个体的数量，计算硬珊瑚补充量（单位：个/m^2）。

g、大型藻类覆盖度

判读样带断面正下方的大型藻类，每0.1m 距离，用代码标注记录一个数据，代表该点正下方所对应用的大型藻类，共记录500个点，由此计算出大型藻类覆盖度。

大型藻类覆盖度=大型藻类占据的点／500×100%。

h、海葵/管虫覆盖度

判读样带断面正下方的海葵/管虫，每0.1m 距离，用代码标注记录一个数据，代表该点正下方所对应用的海葵/管虫，共记录500个点，由此计算出海葵/管虫覆盖度。

海葵/管虫覆盖度=海葵/管虫占据的点／500×100%。

i、岩石/礁石/砂/死珊瑚等覆盖度

判读样带断面正下方的岩石/礁石/砂/死珊瑚，每0.1m 距离，用代码标注记录一个数据，代表该点正下方所对应用的岩石/礁石/砂/死珊瑚，共记录500个点，由此计算出岩石/礁石/砂/死珊瑚覆盖度。

岩石/礁石/砂/死珊瑚覆盖度=岩石/礁石/砂/死珊瑚占据的点／500×100%。

J、礁栖生物调查方法

礁栖生物监测采用珊瑚礁拍摄断面视频，记录断面两侧各1m宽范围内常见种类的个体数量。

k、珊瑚礁鱼类调查方法

珊瑚礁鱼类监测采用带状断面普查法，沿着断面游向另一端，记录断面两侧各1m宽的范围内常见种类的个体数量，记录每条鱼类的种类名称、体长范围。

6.7.4 珊瑚礁资源调查结果（2023 年 1 月）

6.7.4.1 硬珊瑚覆盖度

用截线样条法调查（定量）蜈支洲岛附近海域 21 个站位 21 条断面线的活硬珊瑚覆盖情况，详见表 6.7.4-1。21 条断面的硬珊瑚覆盖度为 0.00%～43.00%，平均覆盖度为 11.55%。覆盖度最高的站位为 C22 号站位，覆盖度为 43.00%；覆盖度最低的站位分别为 C1 号、C2 号、C3 号、C4 号、C5 号、C8 号、C9 号、C10 号、C10 号、C11 号、C12 号、C13 号和 C14 号站位，均未发现硬珊瑚覆盖，覆盖度均为 0.00%。详见图 6.7.4-1。

表 6.7.4-1 蜈支洲岛附近海域珊瑚分布情况

图 6.7.4-1 蜈支洲岛附近海域各站位硬珊瑚覆盖度和总珊瑚覆盖度柱状图

图 6.7.4-2 蜈支洲岛附近海域保存完好的硬珊瑚生活环境

6.7.4.2 软珊瑚覆盖度

用截线样条法调查（定量）蜈支洲岛附近海域 21 个站位 21 条断面线的软珊瑚覆盖度情况（表 6.7.4-1）。21 条断面的软珊瑚覆盖度为 0.00%～9.20%，平均覆盖度为 1.59%。覆盖度最高的站位为 C15 号站位，覆盖度为 9.20%；覆盖度最低的站位分别为 C1 号、C2 号、C3 号、C4 号、C5 号、C7 号、C8 号、C9 号、C10 号、C10 号、C11 号、C12 号、C13 号、C14 号、C21 号和 C22 号站位，均未发现软珊瑚覆盖，覆盖度均为 0.00%。详见图 6.7.4-3。

图 6.7.4-3 蜈支洲岛附近海域各站位软珊瑚覆盖度和总珊瑚覆盖度柱状图

图 6.7.4-4 蜈支洲岛附近海域保存完好的软珊瑚生活环境

6.7.4.3 礁区底质类型

用截线样条法调查（定量）蜈支洲岛附近海域 21 个站位中，C15 号、C16 号、C17 号、C18 号和 C19 号站位以礁石底质为主，其余站位均以砂质底质为主。详见图 6.7.4-5。对蜈支洲岛附近海域而言，岩石占比为 1.34%，砂质底质

占比为 71.33%，礁石占比为 14.17%，珊瑚总覆盖度占比为 13.16%。详见图 6.7.4-6。

图 6.7.4-5 蜈支洲岛附近海域各调查站位底质类型百分比

图 6.7.4-6 蜈支洲岛附近海域各底质类型百分比

6.7.4.4 硬珊瑚种类

通过实地摄像调查、记录和照片拍摄（定性），本次调查共记录鉴定硬珊瑚 14 科 28 属 57 种，详见附表 7。

本次调查优势种类分别为鹿角杯形珊瑚、疣状杯形珊瑚、橙黄滨珊瑚、标准蜂巢珊瑚、秘密角蜂巢珊瑚、精巧扁脑珊瑚和丛生盔形珊瑚等，其余种类分别为白斑小星珊瑚、薄片刺孔珊瑚、贝氏耳纹珊瑚、刺鹿角珊瑚、大蜂巢珊瑚、丹氏蜂巢珊瑚、短枝干星珊瑚、多孔鹿角珊瑚、多弯角蜂巢珊瑚、斐济叶状珊瑚、风信子鹿角珊瑚、弗利吉亚肠珊瑚、复叶陀螺珊瑚、谷鹿角珊瑚、赫氏叶状珊瑚、黑菊珊瑚、灰黑滨珊瑚、棘星珊瑚、简短耳纹珊瑚、角孔珊瑚、锯齿刺星珊瑚、壳形足柄珊瑚、阔裸肋珊瑚、毗邻沙珊瑚、片扁脑珊瑚、浅窝蔷薇珊瑚、青灰蔷薇珊瑚、曲圆菊珊瑚、肉质扁脑珊瑚、肾形真叶珊瑚、十字牡丹珊瑚、梳状菊花珊瑚、疏蜂巢珊瑚、穗枝鹿角珊瑚、太平洋刺孔珊瑚、同双星珊瑚、网状菊花珊瑚、微孔蔷薇珊瑚、伍氏杯形珊瑚、细枝鹿角珊瑚、小丛鹿角珊瑚、小粒菊花珊瑚、芽枝鹿角珊瑚、瘿叶蔷薇珊瑚、直枝蔷薇珊瑚、指形鹿角珊瑚、指状蔷薇珊瑚、中华扁脑珊瑚、中间鹿角珊瑚和皱纹厚丝珊瑚等。详见图 6.7.4-7。

图 6.7.4-7 蜈支洲岛附近海域海域主要硬珊瑚

6.7.4.5 软珊瑚种类

通过实地摄像调查、记录和照片拍摄（定性），本次调查共记录鉴定软珊瑚 7 种，详见附表 8。种类分别为短指软珊瑚、短足软珊瑚、花环肉芝软珊瑚、瘤状短指软珊瑚、肉质豆荚软珊瑚、穗软珊瑚和细致短指软珊瑚。详见图 5.3-3-8。

图 5.3-3-8 蜈支洲岛附近海域海域主要软珊瑚

6.7.4.6 珊瑚补充量

用截线样条法调查（定量）蜈支洲岛附近海域 21 个调查站位硬珊瑚平均补充量为 0.10ind/m²，最高补充量站位为 C18 号站位，补充量为 1.32ind/m²；最低补充量站位为 C1 号、C2 号、C3 号、C4 号、C5 号、C7 号、C8 号、C9 号、C10 号、C10 号、C11 号、C12 号、C13 号、C14 号、C17 号和 C22 号站位，均未发现有硬珊瑚补充，补充量均为 0.00ind/m²。详见图 5.3-3-9。

图 5.3-3-9 蜈支洲岛附近海域珊瑚补充量分布图

6.7.4.7 大型海藻

通过实地摄像调查、记录和照片拍摄（定性），本次调查共记录鉴定大型藻类 1 种。详见附表 9。本次调查种类为西沙钙扇藻等。详见图 6.7.4-10。

图 6.7.4-10 蜈支洲岛附近海域主要大型藻类

用截线样条法调查（定量）蜈支洲岛附近海域 21 个站位 21 条断面线的大型藻类覆盖度情况（表 6.7.4-1）。21 个断面的大型藻类覆盖度为 0.00%～3.40%，平均覆盖度为 0.29%。最高覆盖度的站位为 C21 号站位，覆盖度为 3.40%。次高覆盖度的站位为 C20 号站位，覆盖度为 2.60%。其余站位均未有大型藻类覆盖，覆盖度均为 0.00%。详见图 6.7.4-11。

图 6.7.4-11 蜈支洲岛附近海域大型藻类分布情况

6.7.4.8 大型底栖生物

通过实地摄像调查、记录和照片拍摄（定性），本次调查共记录鉴定大型底栖 32 种。详见附表 10。本次调查种类分别为白棘三列海胆、斑锚参、波纹龙虾、砗磲、大旋鳃虫、单鳃海星、多孔螅、冠刺棘海胆、桂皮群海葵、海齿花、核果螺、黑海参、红腹海参、华美叶海牛、节蝾螺、喇叭毒棘海胆、蓝环冠海胆、蓝指海星、磷海鳃、吕宋棘海星、绿刺参、绿盾海胆、水字螺、桃荔枝螺、许氏大羽花、隐身虾、芋螺、指海星、珠状双辐海葵、锥笋螺、紫点双

辐海葵和紫海胆等种类。详见图 6.7.4-12。

图 6.7.4-12 蜈支洲岛附近海域主要大型底栖生物

6.7.4.9 蜈支洲岛附近海域的珊瑚死亡及敌害情况

用截线样条法调查（定量）蜈支洲岛附近海域的珊瑚礁资源调查 C21 号站位发现少量珊瑚死亡情况（表 6.7.4-1）。平均珊瑚死亡率为 0.02%。通过实地摄像调查、记录和照片拍摄采集（定性），在 C16 号站位发现少量白化现象，详见图 6.7.4-13。本次调查未发现长棘海星，C22 号站位发现少量核果螺。详见图 6.7.4-14。

图 6.7.4-13 白化现象

图 6.7.4-14 核果螺现象

6.7.4.10 蜈支洲岛附近海域的珊瑚礁鱼类

通过实地摄像调查、记录和照片拍摄采集（定性），本次调查共记录鉴定珊瑚礁鱼类 7 种。详见附表 11。种类分别为翱翔蓑鲉、齿颌眶棘鲈、花斑短鳍蓑鲉、三点白、网纹宅泥鱼、银鲳和中华单角鲀等。详见图 6.7.4-15。

图 6.7.4-15 蜈支洲岛附近海域主要珊瑚礁鱼类

6.7.4.11 总结

用截线样条法调查（定量）蜈支洲岛附近海域 21 个站位的总平均珊瑚覆盖度为 13.16%，其中平均硬珊瑚覆盖度为 11.55%，平均软珊瑚覆盖度为 1.59%，平均死珊瑚覆盖度为 0.02%。

21 个站位中，C15 号、C16 号、C17 号、C18 号和 C19 号站位以礁石底质为主，其余站位均以砂质底质为主。对蜈支洲岛附近海域而言，岩石占比为 1.34%，砂质底质占比为 71.33%，礁石占比为 14.17%，珊瑚总覆盖度占比为 13.16%。

通过实地摄像调查、记录和照片拍摄采集（定性），本次调查共记录鉴定硬珊瑚 14 科 28 属 57 种。优势种类分别为鹿角杯形珊瑚、疣状杯形珊瑚、橙黄

滨珊瑚、标准蜂巢珊瑚、秘密角蜂巢珊瑚、精巧扁脑珊瑚和丛生盔形珊瑚等。

共记录鉴定软珊瑚 7 种。种类为短指软珊瑚、短足软珊瑚、花环肉芝软珊瑚、瘤状短指软珊瑚、肉质豆荚软珊瑚、穗软珊瑚和细致短指软珊瑚。蜈支洲岛附近海域 21 个调查站位硬珊瑚平均补充量为 1.32ind/m^2。

共记录鉴定大型藻类 1 种。本次调查种类为西沙钙扇藻等。用截线样条法调查（定量）平均大型藻类覆盖度为 0.29%。最高覆盖度的站位为 C21 号站位，。次高覆盖度的站位为 C20 号站位，其余站位均未有大型藻类覆盖。

共记录鉴定大型底栖 32 种。种类分别为白棘三列海胆、斑锚参、波纹龙虾、砗磲、大旋鳃虫、单鳃海星、多孔螅、冠刺棘海胆、桂皮群海葵、海齿花、核果螺、黑海参、红腹海参、华美叶海牛、节蝾螺、喇叭毒棘海胆、蓝环冠海胆、蓝指海星、磷海鳃、吕宋棘海星、绿刺参、绿盾海胆、水字螺、桃荔枝螺、许氏大羽花、隐身虾、芋螺、指海星、珠状双辐海葵、锥笋螺、紫点双辐海葵和紫海胆等。

用截线样条法调查（定量）蜈支洲岛附近海域的珊瑚礁资源调查 C21 号站位发现少量珊瑚死亡情况。平均珊瑚死亡率为 0.02%。通过实地摄像调查、记录和照片拍摄采集（定性），在 C16 号站位发现少量白化现象。本次调查未发现长棘海星，C22 号站位发现少量核果螺。

通过实地摄像调查、记录和照片拍摄采集（定性），本次调查共记录鉴定珊瑚礁鱼类 7 种。种类分别为翱翔蓑鲉、齿颌眶棘鲈、花斑短鳍蓑鲉、三点白、网纹宅泥鱼、银鲳和中华单角鲀等。

6.7.5 珊瑚礁资源调查结果（2025 年 5 月）

6.7.5.1 硬珊瑚覆盖度

用截线样条法调查（定量）蜈支洲附近海域 14 个站位 42 条断面线的活硬珊瑚覆盖情况（表 6.7.5-1）。42 条断面的硬珊瑚覆盖度为 0.00%～75.20%，平均覆盖度为 25.89%。覆盖度最高的站位为 C4 号站位，平均覆盖度为 49.73%；覆盖度最低的站位为 C6 号站位，平均覆盖度为 5.00%。详见图 6.7.5-1。

表 6.7.5-1 蜈支洲附近海域珊瑚分布情况

图 6.7.5-1 蜈支洲附近海域各站位硬珊瑚覆盖度和总珊瑚覆盖度柱状图

6.7.5.2 软珊瑚覆盖度

用截线样条法调查（定量）蜈支洲附近海域 14 个站位 42 条断面线的软珊瑚覆盖度情况（表 6.7.5--1）。平均覆盖度为 8.68%。覆盖度最高的站位为 C14 号站位，平均覆盖度为 21.47%；覆盖度最低的站位分别为 C3 号、C5 号和 C6 号站位，均未发现软珊瑚覆盖，覆盖度为 0.00%。详见图 6.7.5-2。

图 6.7.5-2 蜈支洲附近海域各站位软珊瑚覆盖度和总珊瑚覆盖度柱状图

6.7.5.3 礁区底质类型

用截线样条法调查（定量）调查发现，14 个站位中 C2 号、C5 号和 C6 号以砂质底质为主，其余站位以礁石底质为主。详见图 6.7.5-3。对蜈支洲附近海域而言，岩石占比为 0.84%，砂质底质占比为 29.88%，礁石占比为 34.70%，珊瑚总覆盖度占比为 34.58%。详见图 6.7.5-4。

图 6.7.5-3 蜈支洲附近海域各调查站位底质类型百分比

图 6.7.5-4 蜈支洲附近海域各底质类型百分比

6.7.5.4 硬珊瑚种类

通过实地摄像调查、记录和照片拍摄（定性），本次调查共记录鉴定硬珊瑚 13 科 33 属 79 种，详见附录 7.1。

本次调查优势种类分别为疣状杯形珊瑚、丛生盔形珊瑚、精巧扁脑珊瑚、标准盘星珊瑚、圆纹盘星珊瑚、橙黄滨珊瑚、秘密角蜂巢珊瑚和鹿角杯形珊瑚等，其余种类分别为埃氏杯形珊瑚、白斑小星珊瑚、板叶牡丹珊瑚、薄片刺孔珊瑚、波形石叶珊瑚、帛琉腔星珊瑚、刺状棘星珊瑚、粗糙刺叶珊瑚、粗大叶状珊瑚、大角孔珊瑚、丹氏盘星珊瑚、单独鹿角珊瑚、单星蔷薇珊瑚、地衣滨珊瑚、盾形陀螺珊瑚、多孔鹿角珊瑚、多曲杯形珊瑚、多弯角蜂巢珊瑚、多星孔珊瑚、多叶珊瑚、风信子鹿角珊瑚、弗利吉亚肠珊瑚、辐射叶状珊瑚、腐蚀刺柄珊瑚、复叶陀螺珊瑚、海孔角蜂巢珊瑚、赫氏叶状珊瑚、黑菊珊瑚、黄癣盘星珊瑚、灰黑滨珊瑚、棘星珊瑚、健壮履形珊瑚、巨锥鹿角珊瑚、锯齿刺星

珊瑚、菌形叶状珊瑚、壳形足柄珊瑚、盔形叶状珊瑚、联合真叶珊瑚、琉球扁脑珊瑚、美丽鹿角珊瑚、美龙氏盘星珊瑚、毗邻沙珊瑚、片扁脑珊瑚、平滑耳纹珊瑚、翘齿盘星珊瑚、青灰蔷薇珊瑚、丘突鹿角珊瑚、曲圆星珊瑚、肉质扁脑珊瑚、乳突鹿角珊瑚、肾形陀螺珊瑚、肾形纹叶珊瑚、梳状菊花珊瑚、同双星珊瑚、团块角孔珊瑚、网状菊花珊瑚、微孔蔷薇珊瑚、五边角蜂巢珊瑚、细枝鹿角珊瑚、小扁脑珊瑚、小角孔珊瑚、叶状蔷薇珊瑚、易变牡丹珊瑚、瘿叶蔷薇珊瑚、硬刺柄珊瑚、直纹叶状珊瑚、指形鹿角珊瑚、中华扁脑珊瑚、中间鹿角珊瑚、壮实鹿角珊瑚和紫小星珊瑚等。详见图 6.7.5-5。

图 6.7.5-5 蜈支洲附近海域海域主要硬珊瑚

6.7.5.5 软珊瑚种类

通过实地摄像调查、记录和照片拍摄（定性），本次调查共记录鉴定软珊瑚 8 种，详见附录 7.2。种类分别为灯芯柳珊瑚、豆荚软珊瑚、短指软珊瑚、短足软珊瑚、瘤状短指软珊瑚、柔软短指软珊瑚、肉芝软珊瑚和肉质豆荚软珊瑚等。详见图 6.7.5-6。

图 6.7.5-6 蜈支洲附近海域海域主要软珊瑚

6.7.5.6 珊瑚补充量

用截线样条法调查（定量）蜈支洲附近海域 14 个调查站位平均补充量为 3.05ind./m^2。最高站位为 C10 号站位，补充量为 12.00ind./m^2。最低站位分别为 C3 号、C4 号、C6 号和 C14 号站位，均未发现有硬珊瑚有补充，补充量为 0.00ind./m^2。详见图 6.7.5-7。

图 6.7.5-7 蜈支洲附近海域珊瑚补充量分布图

6.7.5.7 大型藻类

通过实地摄像调查、记录和照片拍摄（定性），本次调查共记录鉴定大型藻类 7 种。详见附录 7.3。种类分别为伴绵藻、巢沙菜、错综红皮藻、喇叭藻、叶状叉节藻、羽状羽藻和总状蕨藻等。详见图 6.7.5-8。

图 6.7.5-8 蜈支洲附近海域主要大型藻类

用截线样条法调查（定量）蜈支洲附近海域 14 个站位 42 条断面线的大型藻类覆盖度情况（表 6.7.5-1）。42 个断面的大型藻类覆盖度为 0.00%～34.60%，平均覆盖度为 2.94%。最高覆盖度的站位为 C4 号站位，覆盖度为 21.93%。最低覆盖度的站位分别为 C6 号、C10 号和 C11 号站位，均未发现有大型藻类覆盖，覆盖度为 0.00%。详见图 6.7.5-9。

图 6.7.5-9 蜈支洲附近海域大型藻类分布情况

6.7.5.8 大型底栖生物

通过实地摄像调查、记录和照片拍摄（定性），本次调查共记录鉴定大型底栖 35 种。详见附录 7.4。种类分别为阿文绶贝、白棘三列海胆、砗磲、大旋鳃虫、单鳃海星、多孔螅、冠刺棘海胆、光缨鳃虫、桂皮群海葵、海齿花、黑海参、红腹海参、环刺棘海胆、环纹货贝、黄疣海参、娇嫩多孔螅、巨大无壳侧鳃、喇叭毒棘海胆、蓝环冠海胆、蓝指海星、绿刺参、马蹄螺、面包海星、蛇首眼球贝、石笔海胆、四色篷锥海葵、许氏大羽花、长海胆、长棘海星蜘蛛螺、指海星、栉羽星、壮丽双辐海葵、紫点双辐海葵和紫海胆等。详见图 6.7.5-10。

图 6.7.5-10 蜈支洲附近海域主要大型底栖生物

6.7.5.9 蜈支洲附近海域的珊瑚死亡及敌害情况

用截线样条法调查（定量）蜈支洲附近海域的珊瑚礁资源调查中，C6 号和 C7 号站位未发现有少量死亡情况，死亡率为 0.01%；在 C5 号、C6 号、C11 号和 C12 号站位发现少量珊瑚白化情况（表 6.7.5-1）。平均珊瑚白化率为 0.04%。通过实地摄像调查、记录和照片拍摄采集（定性），C1 号、C5 号、C6 号、C7 号、C8 号、C9 号、C10 号、C11 号、C12 号、C13 号和 C14 号站位发现少量白化现象。详见图 6.9-1。C2 号和 C10 号站位发现少量长棘海星。详见图 6.7.5-11。各个站位均未发现核果螺等敌害生物。

图 6.7.5-11 蜈支洲附近海域主要白化现象

6.7.5.10 蜈支洲附近海域的珊瑚礁鱼类

通过实地摄像调查、记录和照片拍摄采集（定性），本次调查共记录鉴定珊瑚礁鱼类 16 种。详见附录 7.5。种类分别为翱翔蓑鲉、白条双锯鱼、大口鲹、颈环双锯鱼、克氏双锯鱼、裂唇鱼、密鳃鱼、摩鹿加雀鲷、三点白、网纹宅泥鱼、纹腹叉鼻鲀、五带豆娘鱼、新月锦鱼、星斑叉鼻鲀、胸斑海猪鱼和烟管鱼等。详见图 6.7.5-12。

图 6.7.5-12 蜈支洲附近海域主要珊瑚礁鱼类

6.7.5.11 总结

用截线样条法调查（定量）蜈支洲附近海域 14 个站位的总平均珊瑚覆盖度为 34.58%，其中平均硬珊瑚覆盖度为 25.89%，平均软珊瑚覆盖度为 8.68%，平均死珊瑚覆盖度为 0.01%。

用截线样条法调查（定量）调查发现，14 个站位中，C2 号、C5 号和 C6 号以砂质底质为主，其余站位以礁石底质为主。对蜈支洲附近海域而言，岩石占比为 0.84%，砂质底质占比为 29.88%，礁石占比为 34.70%，珊瑚总覆盖度占比为 34.58%。

通过实地摄像调查、记录和照片拍摄采集（定性），本次调查共记录鉴定硬珊瑚 13 科 33 属 79 种。优势种类分别为疣状杯形珊瑚、丛生盔形珊瑚、精巧扁脑珊瑚、标准盘星珊瑚、圆纹盘星珊瑚、橙黄滨珊瑚、秘密角蜂巢珊瑚和鹿角杯形珊瑚等。

通过实地摄像调查、记录和照片拍摄采集（定性），本次调查共记录鉴定软珊瑚 8 种。种类分别为灯芯柳珊瑚、豆荚软珊瑚、短指软珊瑚、短足软珊瑚、瘤状短指软珊瑚、柔软短指软珊瑚、肉芝软珊瑚和肉质豆荚软珊瑚等。

用截线样条法调查（定量）蜈支洲附近海域 14 个调查站位平均补充量为 3.05ind./m^2。最高站位为 C10 号站位，最低站位分别为 C3 号、C4 号、C6 号和 C14 号站位，均未发现有硬珊瑚有补充。

通过实地摄像调查、记录和照片拍摄采集（定性），本次调查共记录鉴定大型藻类 7 种。种类分别为伴绵藻、巢沙菜、错综红皮藻、喇叭藻、叶状叉节藻、羽状羽藻和总状蕨藻等。用截线样条法调查（定量）大型藻类平均覆盖度

为 2.94%。最高覆盖度的站位为 C4 号站位，最低覆盖度的站位分别为 C6 号、C10 号和 C11 号站位，均未发现有大型藻类覆盖。

通过实地摄像调查、记录和照片拍摄采集（定性），本次调查共记录鉴定大型底栖 35 种。种类分别为阿文绶贝、白棘三列海胆、砗磲、大旋鳃虫、单鳃海星、多孔螅、冠刺棘海胆、光缨鳃虫、桂皮群海葵、海齿花、黑海参、红腹海参、环刺棘海胆、环纹货贝、黄疣海参、娇嫩多孔螅、巨大无壳侧鳃、喇叭毒棘海胆、蓝环冠海胆、蓝指海星、绿刺参、马蹄螺、面包海星、蛇首眼球贝、石笔海胆、四色篷锥海葵、许氏大羽花、长海胆、长棘海星蜘蛛螺、指海星、栉羽星、壮丽双辐海葵、紫点双辐海葵和紫海胆等。

用截线样条法调查（定量）蜈支洲附近海域的珊瑚礁资源调查中，C6 号和 C7 号站位未发现有少量死亡情况，死亡率为 0.01%；在 C5 号、C6 号、C11 号和 C12 号站位发现少量珊瑚白化情况，平均珊瑚白化率为 0.04%。通过实地摄像调查、记录和照片拍摄采集（定性），C1 号、C5 号、C6 号、C7 号、C8 号、C9 号、C10 号、C11 号、C12 号、C13 号和 C14 号站位发现少量白化现象。C2 号和 C10 号站位发现少量长棘海星。各个站位均未发现核果螺等敌害生物。

通过实地摄像调查、记录和照片拍摄采集（定性），本次调查共记录鉴定珊瑚礁鱼类 16 种。种类分别为翱翔蓑鲉、白条双锯鱼、大口鲹、颈环双锯鱼、克氏双锯鱼、裂唇鱼、密鳃鱼、摩鹿加雀鲷、三点白、网纹宅泥鱼、纹腹叉鼻鲀、五带豆娘鱼、新月锦鱼、星斑叉鼻鲀、胸斑海猪鱼和烟管鱼等。

6.8 大气环境质量现状调查与评价

根据《环境影响评价技术导则大气环境》（HJ2.2-2018）6.2.1 条“项目所在区域达标判定。优先采用国家或地方生态环境主管部门公开发布的评价基准年环境质量公告或环境质量中的数据和结论”。

根据《2023 年海南省生态环境状况公报》，全省环境空气质量总体优良，优良天数比例为 99.5%，其中优级天数比例为 83.6%，良级天数比例为 15.9%，轻度污染天数比例为 0.5%，无中度及以上污染天。全省环境空气主要污染物 $PM_{2.5}$ 浓度为 12μg/m³，PM_{10} 浓度为 23μg/m³，SO_2 浓度为 4μg/m³，NO_2 浓度为 6μg/m³，CO 浓度为 0.7mg/m³，均符合国家一级标准；O_3 浓度为 108μg/m³，接近国家一级标准，符合国家二级标准，为达标区。

根据海南省生态环境状况公报的统计结果可知，三亚市二氧化硫（SO_2）、二氧化氮（NO_2）、可吸入颗粒物（PM_{10}）、细颗粒物（$PM_{2.5}$）的年平均浓度均符合国家一级标准，一氧化碳（CO）日平均浓度第 95 百分位数符合国家一级标准，臭氧（O_3）日最大 8 小时平均浓度第 90 百分位数符合国家二级标准。

表 6.8-1 三亚市 2023 年环境空气质量现状监测结果

污染物	评价指标	浓度值	标准值	占标率（%）	达标情况
SO_2（μg/m³）	年平均质量浓度	2	20	10.0	达标
NO_2（μg/m³）	年平均质量浓度	7	40	17.5	达标
PM_{10} μg/m³）	年平均质量浓度	23	40	57.5	达标
$PM2_{.5}$（μg/m³）	年平均质量浓度	11	15	73.3	达标
CO（mg/m³）	95%百分位数日平均质量浓度	0.6	4	15.0	达标
O_3（μg/m³）	最大 8 小时滑动平均值的第 90 百分位数	106	100	106.0	符合国家二级标准

7 环境影响预测与评价

7.1 水文动力环境影响预测与分析

现根据《海岸与河口潮流泥沙模拟技术规范》的要求，建立项目工程附近海域的潮流数值模型，以预测本项目工程对海洋水动力环境的影响。

7.1.1 模型的建立及验证

7.1.1.1 模型建立

数值模型采用有限体积元方法对二维潮流运动基本方程组（见式 7.1.1-1 至 7.1.1-3）进行离散，得到离散方程组，从而得出流速、流向、潮位。考虑到滩地随涨、落潮或淹没或露出，因此采用活动边界技术，以保证模型计算的精度和连续性。

- **控制方程**

$$\frac{\partial \eta}{\partial t}+\frac{\partial (hu)}{\partial x}+\frac{\partial (hv)}{\partial y}=0 \qquad (7.1.1\text{-}1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}=-g\frac{\partial \eta}{\partial x}+A_h(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2})-R_b\frac{\sqrt{u^2+v^2}}{H}u+fv+\tau_{sx} \qquad (7.1.1\text{-}2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t}+u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}=-g\frac{\partial \eta}{\partial y}+A_h(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial y^2})-R_b\frac{\sqrt{u^2+v^2}}{H}v-fu+\tau_{sy} \qquad (7.1.1\text{-}3)$$

式中：A_h 水平方向扩散系数，η为平均海面起算的海面高度，u、v 为垂向平均流的东、北分量，H=η +h 总水深，h 为平均海面起算的水深，f 为体现地球自转效应的科氏参数，R_b 为海底摩擦系数，g 为重力加速度，t_{sx} , t_{sy} 为风对自由水面的剪切力在 X、Y 方向的分量；其中：

$$t_{sx} = f_s r_a u_w \sqrt{u_w^2 + v_w^2}\ ，\quad t_{sy} = f_s r_a v_w \sqrt{u_w^2 + v_w^2}$$

式中：f_s为风阻力系数；ρ_a为空气密度，u_w,v_w风速在X、Y方向的分量。

- **边界条件和初始条件**

（1）边界条件

在本研究采用的数值模式中，需给定两种边界条件，即闭边界条件和开边界条件。

所谓开边界条件即水域边界条件，可以给定水位、流量或调和常数。对于本次数值模拟方案，计算域外海大网格开边界条件给定潮汐调和常数。潮汐现象可视作为许多不同周期振动的叠加，分潮振幅(H)和迟角(g)只与地点有关，称为潮汐调和常数。从理论上讲，分潮的数目是很多的，但大部分影响不大，一般以 M_2、S_2、K_1、O_1 分潮最大，因此计算域外海开边界选取四个主要分潮(M_2、S_2、K_1、O_1)叠加，其值根据历史调查资料计算的调和常数和有关文献提供，并根据部分水文观测站的实测潮位结果进行调整。

所谓闭边界条件即水陆交界条件，计算水域与陆地交界的固边界上 Γ_2 有：

$$\vec{U}\cdot\vec{n}\Big|_{\Gamma_2}=0 \qquad (7.1.1\text{-}4)$$

式中：$\vec{n}$ 为固边界法向；$\zeta^*(x,y,t)$ 、$u^*(x,y,t)$ 和 $v^*(x,y,t)$ 为已知值(实测或准实测或分析值)。式(1-4)中的 $\vec{U}$ 为流速矢量($\left|\vec{U}\right|=\sqrt{u^2+v^2}$)，其物理意义为流速矢量沿固边界的法向分量为零。

（2）初始条件

$$\left.\begin{aligned}\zeta(x,y,t)\big|_{t=t_0}&=\zeta_0(x,y,t_0)\\ u(x,y,t)\big|_{t=t_0}&=u_0(x,y,t_0)\\ v(x,y,t)\big|_{t=t_0}&=v_0(x,y,t_0)\end{aligned}\right\} \qquad (7.1.1\text{-}5)$$

式中：$\zeta_0(x,y,t_0)$ 、$u_0(x,y,t_0)$ 和 $v_0(x,y,t_0)$ 为初始时刻 t_0 的已知值。

（3）活动边界处理

本模型采用干湿点判断法处理潮滩活动边界，在岸边界处，将邻近计算点的水位等值外推，根据潮滩“淹没”与“干出”过程同潮位变化的相关关系，当水深 $h\le 0$ 时，潮滩露出，当水深 $h>0$ 时，潮滩淹没。如果在某一时刻某节点干出，那么将此格点从有效计算域中去掉；同时，对流速做瞬时垂直壁处理，将与此水位点相邻的流速点设置为零流速；如果某个水位点判断为淹没，则将此点归入计算域。为了确保潮流方程不失去物理意义，选取一个最小水深 $h_{\min}$ 作为判断值，若 $h\le h_{\min}$，则认为网格点干出。

（4）计算域的确定及网格剖分

从满足工程研究需要出发，选定计算域为三亚以南海域。具体范围为：纬度 16°46′N 至 17°40′N，经度 107°48′E 至 111°42′E，东西长约 433km，南北宽约 223km。

本模型采用三角形网格剖分计算区域，三角形网格节点数为 16397 个，三角形个数为 31177 个，相邻网格节点最大间距为 9455m，位于外海边界处；最小间距为 50m，位于项目工程区域附近。网格剖分见图 7.1.1-1 和图 7.1.1-2（局部放大）。

模型水深和岸线由以下海图确定：2016 年 6 月出版图号为 10016(香港至海防，比例尺:1:1000000)海图，2015 年 3 月出版图号为 16341(三亚港附近，比例尺:1:25000)海图，2018 年出版图号为 16170(大洲岛至三亚港，比例尺:1:150000)。项目区域水深由 2020 年实测的 1:500 水下地形测量资料插值后取得。所有水深都转化至平均海平面再插值至网格点上，项目区域计算水深分布和网格剖分见图 7.1.1-3。

计算域外海开边界条件根据历史调查资料计算的调和常数和有关文献提供，选取 8 个主要分潮(M_2、S_2、N_2、K_2、K_1、O_1、P_1、Q_1)叠加，并根据部分水文观测站的实测潮位结果进行调整。由于没有实测风速资料，在此只模拟了计算域内的潮流场。

7.1.1.2 模型验证

项目附近海区的实测海流资料为 2021 年 3 月 10 日 12:00 时至 11 日 13:00 时，模型的计算时间步长为 20s，每隔半个小时输出网格点的水位和流速、流向用于模型的验证。

潮流的验证：本项目工程的水文现状调查设置了 6 个海流测站（调查站位见图 7.1.1-4）。根据实测资料和模型计算结果绘制流向、流速验证曲线如图 7.1.1-6～图 7.1.1-11。由于实测流速为表层、0.6H、底层共三层，而本模型为二维模型，因此采用垂向平均实测流速、流向资料进行验证。

潮位的验证：潮位资料采用 2021 年 3 月 10 日 12:00 时至 11 日 13:00 时项目区域附近 2 个站的观测资料(A3 和 A5 站，见图 7.1.1-4)，潮位验证曲线见图 7.1.1-5。

根据潮位验证曲线（图 7.1.1-5）分析显示，模型计算潮位过程与实测潮位

过程吻合良好，潮位验证的平均绝对误差为 5.8cm，模型计算潮位基本可以反映实际潮位过程。

根据流速、流向验证曲线（图 7.1.1-6 至图 7.1.1-11）分析显示，模型计算流速、流向与实测流速、流向基本吻合，仅在涨急、落急最大流速过程，模型计算值略小于实测值，这可能与本数值模型未考虑风应力和浅水分潮等因素有关，使得纯潮流作用下的最大流速小于实测最大流速。

综上分析可知，模型计算潮位、潮流流速、流向与实测值基本吻合，验证效果较好，因此，本报告中采用模型基本可以反映工程海域的流场状况，可用于本项目工程的动力场和物质输运分析。

图 7.1.1-1 数学模型计算网格（大范围）

图 7.1.1-2 项目附近网格图（工程附近局部放大）

图 7.1.1-3 数学模型计算区域水下地形图

图 7.1.1-4 测流站点和验潮点位置示意图

图 7.1.1-5a　A3 站潮位验证(2021 年 3 月 10 日～11 日)

图 7.1.1-5a　A5 站潮位验证(2021 年 3 月 10 日～11 日)

图 7.1.1-6a　A1 站潮流流速验证曲线(2021 年 3 月 10 日～11 日)

图 7.1.1-6b　A1 站潮流流向验证曲线(2021 年 3 月 10 日～11 日)

图 7.1.1-7a　A2 站潮流流速验证曲线(2021 年 3 月 10 日～11 日)

图 7.1.1-7b　A2 站潮流流向验证曲线(2021 年 3 月 10 日～11 日)

图 7.1.1-8a　A3 站潮流流速验证曲线(2021 年 3 月 10 日～11 日)

图 7.1.1-8b　A3 站潮流流向验证曲线(2021 年 3 月 10 日～11 日)

图 7.1.1-9a　A4 站潮流流速验证曲线(2021 年 3 月 10 日～11 日)

图 7.1.1-9b　A4 站潮流流向验证曲线(2021 年 3 月 10 日～11 日)

图 7.1.1-10a　A5 站潮流流速验证曲线(2021 年 3 月 10 日～11 日)

图 7.1.1-10b　A5 站潮流流向验证曲线(2021 年 3 月 10 日～11 日)

图 7.1.1-11a　A6 站潮流流速验证曲线(2021 年 3 月 10 日～11 日)

图 7.1.1-11b　A6 站潮流流向验证曲线(2021 年 3 月 10 日～11 日)

7.1.2 项目区域潮流动力场变化分析

海底电缆、水管位于蜈支洲岛与海棠湾之间，海底电缆、水管建成后将水下地形视为未改变，同时也不存在岸线变迁。因此本节只描述现状的潮流动力条件。

为反映海底电缆、水管所在海域附近的潮流特征，绘出潮汐动力较强的大潮情况下落急与涨急时刻的潮流特征，现状流场分布见图 7.1.2-1 和图 7.1.2-2。流场的数值计算结果表明：

海棠湾海区潮流动力很弱，蜈支洲岛周边海域大潮涨落急最大流速为 35cm/s 左右，分布在蜈支洲岛的东西两侧；而南北两侧为潮流的弱流区，最大流速不超过 20cm/s。蜈支洲岛与海棠湾岸线之间的最大流速也出现在蜈支洲岛西北角，海底电缆、水管中部最大流速在 20cm/s 左右，靠近海棠湾岸线的流速则只有 10cm/s 左右。

总体来说，海底电缆、水管所在的海棠湾海区潮流动力弱，最大流速只有 35cm/s 左右。

图 7.1.2-1 海底电缆和水管附近海域涨急流场图

图 7.1.2-2 海底电缆和水管附近海域落急流场图

7.2 地形地貌和冲淤变化的影响分析

根据 7.1 章水文动力环境影响分析可知，海底电缆、水管铺设不影响区域海域潮流动力，因此，海缆和水管工程实施不会对区域海域地形地貌及冲淤造成影响。

7.3 海域水质环境影响分析与评价

7.3.1 施工期悬浮物影响分析

7.3.1.1 二维潮流泥沙输运方程

根据《水运工程模拟试验技术规范》（JTS/T231-2021）及有关研究方法，建立工程海域二维潮流泥沙输运扩散模型。用差分方法对二维潮流泥沙输运扩散基本方程组(如下)进行离散，得到离散方程组，根据潮流模型计算出的水位、流速，从而得出在潮流动力作用下的水体含沙量分布。考虑滩地随涨、落潮或淹没或露出，采用活动边界技术，以保证计算的精度和连续性。

二维潮流泥沙输运扩散基本方程：

$$\frac{\partial}{\partial t}(hc)+\frac{\partial}{\partial x}(uhc)+\frac{\partial c}{\partial y}(uhc)=\frac{\partial}{\partial x}\left(h\cdot D_x\cdot\frac{\partial c}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(h\cdot D_y\cdot\frac{\partial c}{\partial y}\right)-F\cdot h\cdot c+S$$

式中：c 为污染物浓度；u、v 为 x、y 方向的速度分量（m/s）；h 为水深（m）；D_x、D_y 为 x、y 方向的扩散系数（m^2/s），悬沙紊动扩散系数 D_x 和 D_y 可取与相应的水流紊动粘性系数 N_x，N_y 相同数值，其取值范围为 2～10m^2/s，本模型取 5 m^2/s；F 为衰减系数（$\frac{dc}{dt}=F\cdot c$）；S 为源漏项（$m^3/s/m^2$）；u、v 和 h 由水动力模型提供。

采用三阶有限差分格式进行离散，上述解的定解条件为：

初始条件：$C(x,y,0)=C_0$；

陆边界条件：$\dfrac{\partial C}{\partial n}=0$（沿法线方向的浓度梯度为零）；

水边界条件：$C(x_0,y_0,t)=0$（流入）、$C(x_0,y_0,t)=$计算值（流出）。

7.3.1.2 数值方法

将一个时间步长分为两个半步长，在每个半时间步长内，依下述求解过程计算潮位及 x，y 方向流速。离散差分方程如下：

前半步长：

$$As1S_{i-1,j}^{\;n+\frac{1}{2}}+Bs1S_{i,j}^{\;n+\frac{1}{2}}+Cs1S_{i+1,j}^{\;n+\frac{1}{2}}=Ds1$$

后半步长：

$$As2S_{i,j-1}^{\;n+1}+Bs2S_{i,j}^{\;n+1}+Cs2S_{i,j+1}^{\;n+1}=Ds2$$

上式中 As1,Bs1,Cs1,Ds1,As2,Bs2,Cs2,Ds1,Ds2 为已知系数。

7.3.1.3 悬浮泥沙（SS）影响分析

- 悬浮物排放源强和模拟工况

在海缆和水管投放过程中，海缆和水管触底会掀起部分海底泥沙，其过程与抛石类似，因此，在此参考抛石的计算方法进行海缆和水管投放过程中的悬浮泥沙估算。

海缆及水管投放产生的悬浮泥沙类比抛石计算，抛石产生的水体悬浮物包括两部分，一部分为块石自身携带的泥土进入水体形成的悬浮物，一部分为抛填块石时扰动底床产生的悬浮物。项目抛石总量约为 0.0666 m^3，海缆总量约为 40.8407m^3，两条水管总量约为 41.2491m^3。块石、水管及海缆中的泥土含量很低(含泥、砂<5%)，以抛石及投放海缆、水管体积的 5%计，该部分泥沙进入海水后形成悬浮泥沙的比率以 80%计，则可形成悬浮泥沙的量为 4.1078m^3；工程区底质为砾砂，根据工程区砾砂的粒度检测结果含泥量约 15%，则抛石及投放海缆和水管的过程中搅动产生的悬浮泥沙量按抛石量的 15%计，为 12.3235m^3。以每天施工 8 个小时计，抛石及投放海缆、水管施工时间以 7 天计，表层泥沙干密度取值 1380kg/m^3，则抛石工序产生的悬浮泥沙量约为 0.1069kg/s。

表 7.3.1-1 源强计算表

	半径（m）	长度（m）	体积（m^3）

海底电缆 1	0.05	2600	20.42035
	边长（m）	数量（个）	**体积（m³）**
石块	0.04	260	0.01664
	半径（m）	**长度（m）**	**体积（m³）**
海底电缆 2	0.05	2600	20.42035
	边长（m）	数量（个）	**体积（m³）**
石块	0.04	260	0.01664
	半径（m）	长度（m）	**体积（m³）**
水管 1	0.045	2600	16.54049
	边长（m）	数量（个）	**体积（m³）**
石块	0.04	260	0.01664
	半径（m）	长度（m）	**体积（m³）**
水管 2	0.055	2600	24.70863
	边长（m）	数量（个）	**体积（m³）**
石块	0.04	260	0.01664
合计	**海底电缆**		**40.8407**
	水管		**41.2491**
	石块		**0.0666**

悬浮泥沙的扩散范围和方向受水动力的影响，不同的水动力条件下其扩散范围和方向不同。在此选取一个完整的全潮周期（8 天）进行模拟。海缆和水管投放的模拟源点位于海缆和水管区，共设置 19 个海缆和水管投放源点。19 个源点位置见图 7.3.1-1。另外，在此仅考虑海缆和水管投放产生的悬浮泥沙增量的影响，因此，潮流对底床作用产生的泥沙将不计算。

悬沙扩散计算工况：

海缆和水管投放引起的悬沙扩散源点为海缆区，单个源点的源强为 0.0803kg/s。

图 7.3.1-1 悬浮泥沙源点位置示意图

- **悬浮物分布的计算结果及分析**

图 7.3.1-2 是大中小潮全潮周期内悬浮物扩散达到平衡后的最大浓度增值包络线分布图。泥沙的扩散除了自身的沉降外，主要受到潮流输运作用的影响，因此泥沙的扩散方向基本与潮流方向相同，悬沙扩散范围顺着水流方向呈长条型分布。

从图 7.3.1-2 可以看出，由于项目所在海区流速较小，悬浮物扩散缓慢，悬浮泥沙增量影响的水域面积统计见表 7.3.1-2。

海缆和水管投放过程中各源点叠加悬浮泥沙增量大于 10mg/L（超 I、II 类海水水质）、大于 20mg/L、大于 50mg/L、大于 100mg/L（超 III 类海水水质）、大于 150mg/L（超 IV 类海水水质）的海域面积最大值分别为 **1.078 km^2、0.502 km^2、0.100 km^2、0.036 km^2、0.017 km^2。**

由扩散面积可见海缆和水管投放过程中引起的悬浮泥沙影响较小，在近岸水深较浅处出现了超 IV 类水体；增量大于 10mg/L 的超 I 类、II 类海海水质的面积为 1.078km^2，悬浮泥沙的扩散范围仅局限于海缆和水管周边的较小范围内。

从悬浮物扩散的范围来看，悬浮泥沙增量大于 20mg/l 的水体未进入到海洋牧场区内。

表 7.3.1-2 悬浮泥沙（SS）增量包络面积（km^2）

浓度 工况	>10mg/L (超I、II类水质)	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L (超 III 类水质)	>150mg/L (超 IV 类水质)
36 个源点叠加	1.078	0.502	0.100	0.036	0.017

图 7.3.1-2 悬浮物扩散包络范围（36 个源点叠加）

7.3.2 施工污废水影响分析

本工程产生的污废水主要分为海上和陆上两部分，其中海上污废水主要包括海上施工人员生活污水、船舶油污水，陆上污废水主要为陆域施工人员产生的生活污水。

（1）海域生活污水、油污水

本工程施工船舶均设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，生活污水和船舶含油污水均收集储存于船上，定期运回陆域接收后统一处置。其中，船舶油污水委托三亚华利清污有限公司处理，船舶生活污水由蜈支洲岛自身污水厂接收处理达标后用于绿化。

（2）陆域生活污水

陆域施工产生生活污水主要分为林旺段登陆点和蜈支洲岛登陆点施工人员产生的生活污水。其中，林旺段登陆点生活污水依托现有公共厕所，统一排入市政管网；蜈支洲岛登陆点生活污水依托景区公共厕所，并经岛上自有污水处

理厂统一处理达标后用于绿化灌溉。

7.3.3 水质现状回顾性分析

本小节根据《蜈支洲岛海底电缆、水管项目生态评估报告》（海南岛屿与港湾生态环境工程技术中心（有限合伙），2023 年 3 月 31 日通过三亚市自然资源和规划局组织的专家评审，见附件 5）进行分析：

根据 2010 年 9 月、2021 年 3 月的水质监测结果显示：2010 年 9 月水质调查站位中除了 6、7、8 站位的铅超二类海水水质标准、2 号站位的铅超三类海水水质标准之外，其余站位的评价因子均满足其相应的海洋功能区划海水水质标准； 2021 年 3 月除了 1、8、9、10、12、16 号站的表层石油类超标之外，其它站位各监测项目均达到相应站位所执行的海水水质标准。

为了更好的对 2010 年 9 月、2021 年 3 月的水质质量现状进行比较，本报告选取工程附近海域的不同年份位于同一功能区且位置相近的几个站位进行对比，分别选取**2010 年 9 月水质调查中的 7 号点位与 2021 年 3 月水质调查中的 10 号点位进行对比**，详见表 7.3.3-1。

表 7.3.3-1 三年水质监测结果对比一览表

对比结果表明：2010 年 9 月水质调查中的 7 号点位铅超一类海水水质标准、超标倍数 0.52 倍， 2021 年 3 月水质调查中的 10 号点位石油类超标一类海水水质标准，超标倍数范围 0.66 倍之外，其余站位的评价因子均满足其相应的海洋功能区划海水水质标准。总体来看，项目附近海域水质质量变化不明显。

仅从 2010 年 9 月、2021 年 3 月水质调查中的个别监测指标来看，悬浮物、溶解氧等检测结果略有增高。主要原因可能是近年来项目用海附近区域的港区船舶不断增加，以及旅游开发程度不但提高所致。本报告引用的调查数据均为海缆和水管施工结束后采集，距离海缆和水管施工最近的调查资源为 2010 年 9 月，此时海缆和水管施工造成的悬浮泥沙已经完成沉降，从另一方面来说，项目周边水质的变化主要还是来源于旅游项目的实施，客流量的增加，建议业主单位应严格落实环保措施的执行情况，加强环保投资力度。

7.4 海洋沉积物环境影响分析与评价

7.4.1 施工期沉积物环境影响分析

（1）海缆和水管铺设对表层沉积物的影响

海缆和水管在铺设过程中，海缆和水管以及石块放置搅动起来的海底沉积物被堆积在海缆和水管两侧，在海水运动的作用下，海缆和水管会逐渐下沉，堆积在两侧的沉积物也会逐步恢复平缓。海底电缆和水管的施工对底质的直接影响就是冲起和覆盖，不会对沉积物性质产生明显影响。

（2）施工悬浮泥沙扩散和沉降对沉积物的影响

施工过程中产生一定的悬浮泥沙，悬浮泥沙进入水体中后颗粒较大的悬浮物泥沙直接沉降在工程区附近海域，形成新的表层沉积物环境，颗粒较小的悬浮物泥沙随海流漂移扩散，并最终沉积在工程区周围的海底，将原有表层沉积物覆盖，引起局部海域表层沉积物环境的变化。由于施工期间产生悬浮泥沙来源于附近海域表层沉积物，一般情况下对工程周围沉积物的改变大多是物理性质的改变，对沉积物的化学性质改变不大，对工程区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物环境质量的变化。

（3）施工船舶污废水及固废对沉积物的影响

施工期间，施工船舶将产生一定数量的含油废水、生活污水和固废等，若管理不善，可能发生船舶污水未经处理直接排海，或生活垃圾、废机油等直接弃置入海，将直接污染区域海水水质，进而可能影响工程区域海域沉积物环境质量，造成沉积物中废弃物、大肠菌群、病原体和石油类等指标超标。本工程施工期间施工船舶产生的含油废水、生活污水和垃圾均收集上岸后妥善处置，不会对附近海域沉积物造成影响。

7.4.2 营运期沉积物环境影响分析

本项目采用交联聚乙烯绝缘海底电缆，聚乙烯由乙烯聚合而制得的一种热塑性树脂，表征为白色、无臭、无味固体，化学稳定性好，耐水性良好，除强氧化剂外，与常见的酸、碱有机溶剂不发生作用。因此海缆服务期间有路由海域不易发生腐蚀，不会产生反应产物，不会对沉积物环境造成影响。

工程服务期满后如将海缆弃置原地，海缆长期暴露在海底或浅层海底沉积

物中，在海水作用下，管道聚乙烯外层、中间层钢丝网等会缓慢腐蚀，其中的铬等少量重金属将长期溶出，将会一定程度上影响海底沉积物环境和海水水质环境。因此，在工程服务期满后，建议对海缆进行回收处理。

但如果根据实际情况，海底电缆确需弃置原地时，建设或运行单位应当根据《铺设海底电缆管道管理规定》的要求，在六十天前向主管机关书面报告，内容应包括：废弃的原因、废弃的准确时间、废弃部分的准确位置及处置办法、废弃部分对其他海洋开发利用可能产生的影响及采取的防治措施。废弃的海缆应当妥善处理，不得对正常的海洋开发利用活动构成威胁或妨碍。

7.5 海洋生态影响分析与评价

7.5.1 对浮游生物的影响分析

项目对浮游生物的影响主要集中在施工期间产生的悬浮泥沙对浮游生物的影响，水体中高浓度的悬浮物可降低水体透光性，影响浮游植物的光合作用，降低海水生态系统的初级生产力，并影响区域生态平衡。

施工期产生悬砂对浮游生物的影响范围仅限于工程施工海域的局部区域。目前，浮游生物已在这些区域重新建立新的平衡。

7.5.2 对底栖生物的影响分析

海缆和水管铺设占用海域约 5.8596 公顷，即海缆和水管施工造成的底栖生境破坏面积约 5.8596 公顷，施工期间，产生的颗粒悬浮物能够覆盖底栖生物尤其是定居性的贝类等物种，破坏底栖生物的栖息环境，导致生物死亡。

但工程无海底开挖，在海水运动的作用下，海底底质会逐渐恢复平衡，在工程结束后的 1～3 年内，底栖动物将会在新的底质上重新建立新的平衡。

7.5.3 对游泳生物的影响分析

施工产生的悬浮泥沙对游泳生物的分布也会产生一定影响。游泳生物是海洋生物中的一大类群，海洋鱼类是其典型代表，它们往往具有发达的运动器官和很强的运动能力，从而具有回避污染的效应。本工程不会产生悬浮物含量高浓度区，不会造成成体鱼类死亡，且鱼、虾、蟹等游泳能力较强的海洋生物将主动逃避，游泳生物的回避效应使得该海域的生物量有所下降，从而影响该区

域内生物群落的种类组成和数量分布。至于经济鱼类等，由于移动性较强，更不至于造成明显影响。随着施工的结束，游泳生物的种类和数量会逐渐得到恢复，因此，施工期间产生的悬浮物不会对游泳生物造成较大的影响。

7.5.4 海洋生物资源损失估算

2023 年 5 月 24 日，海南蜈支洲旅游开发股份有限公司根据《三亚蜈支洲岛海底电缆、水管项目生态保护修复方案》组织实施“海南省三亚市蜈支洲岛海底电缆、水管项目海洋牧场生态修复增殖放流”，开展鱼类增殖放流。参加活动的有三亚市农业农村局、海南大学（技术支撑单位）、三亚市公证处等，活动邀请了 3 位专家进行技术监督与验收。技术支撑单位和技术专家在项目现场对放流的鱼苗进行随机抽样、测定规格和统计数量，三亚市农业农村局、公证机构、媒体单位及现场群众进行了全程监督，在三亚蜈支洲岛海域国家级海洋牧场示范区共投放青石斑 50569 尾（规格为 5.6mm）、红鳍笛鲷 66780 尾（规格为 5.16mm）、川纹笛鲷 66297 尾（规格为 5.03mm）（详见附件 7）。一定程度上补偿海洋生物资源损失，对保护该海域海洋生物多样性具有一定促进作用。

因此本报告海洋生物资源的损失估算引用《三亚蜈支洲岛海底电缆、水管项目生态保护修复方案》中海洋生物资源损害评估结果，评估内容如下：

7.5.4.1 海洋生物资源损失量

（1）底栖生物

根据前文分析，本项目施工产生的悬浮泥沙量较小，故忽略不计，仅对海缆和水管敷设造成的底栖生物损失进行评估计算。参照农业部颁布的《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）（以下简称《规程》），进行评估计算。

结合项目特征和生态调查情况，底栖生物的资源损失按以下公式进行计算：

$$Wi = D_i \times S_i$$

式中：

W_i 为第 i 种生物资源受损量；

D_i 为评估区域内第 i 种生物资源密度；

S_i 为第 i 种生物占用的渔业资源水域面积。

根据测量结果，本项目占用海域面积约 5.95 hm^2。根据 2021 年 3 月在项目区附近海域的生物现状调查，附近海域大型底栖生物平均生物量约为 5.13g/m^2。

经估算海底电缆和水管敷设造成的底栖的损失量：

$$5.95\times10^{4}\times5.13\times10^{-3}=305.24kg$$

（2）浮游生物

按照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（简称《规程》），悬浮物扩散范围内对海洋生物产生持续性损害，按以下公式计算：

$$M_i = W_i \times T$$

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

式中：

M_i——第i种类生物资源累计损害量，单位为尾、个或千克（kg）；

W_i——第i种类生物资源一次性平均损失量，单位为尾或个或千克（kg）；

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

D_{ij}——某一污染物第j类浓度增量区第i种类生物资源密度，单位为尾平方千米、个平方千米或千克平方千米（kg/km^2）；

S_j——某一污染物第j类浓度增量区面积，单位为平方千米（km^2）；

K_{ij}——某一污染物第j类浓度增量区第i种类生物资源损失率，单位为百分之（%）；

n——某一污染物浓度增量分区总数。

上述各参数的取值如下：

- **污染物浓度增量区面积(S_j)和分区总数(n)**

根据工程施工安排及水质环境影响预测模拟结果，超第二类海水标准的区域悬浮物增量基本在 10mg/L～100mg/L 之间，本工程海底电缆和水管敷设产生的悬浮物浓度增量分区总数取 4，悬浮物浓度影响面积见表 7.5.4-1。

表 7.5.4-1 悬浮物浓度增量影响面积（单位：km^2）

悬浮物浓度范围 (mg/L)	10～20	20～50	50～100	100 以上
海缆、水管敷设	0.576	0.402	0.064	0.036

- **生物资源损失率(*Kij*)**

参照《规程》中的"污染物对各类生物损失率"来确定本工程增量区的各类生物损失率，见表 7.5.4-2。小于 10mg/L 浓度增量范围内的海域近似认为悬浮泥沙对海生物不产生影响。

表 7.5.4-2 本工程悬浮物对各类生物损失率

分区	浓度增量范围 (mg/L)	超标倍数 (Bi)	各类生物损失率(%)			
			鱼卵和仔稚鱼	成体	浮游动物	浮游植物
I区	10~20	B_i≤1 倍	5	1	5	5
II区	20～50	1＜B_i≤4 倍	17	5	20	20
III区	50～100	4＜B_i≤9 倍	40	15	40	40
IV区	100 以上	B_i≥9 倍	≥50	≥20	≥50	≥50

- **持续周期数(*T*)和计算区水深**

根据项目施工方案，由于两条水管与海缆施工间隔时间较长，因此，污染物浓度增量影响的持续周期数取 2；根据工程海域测量资料，施工区平均水深均取 16m。

- **生物资源密度(*Dij*)**

根据 2021 年 3 月项目附近海域的调查资料，工程区附近浮游植物的资源平均细胞丰度为 9.38×10^4cells/m^3，浮游动物的资源平均生物量为 238.76mg/m^3。

- **资源损失总量**

浮游植物损失量＝$9.38\times10^4\times$（$0.576\times0.05+0.402\times0.20+0.064\times0.40+0.036\times0.5$）$\times10^6\times16\times2=4.59\times10^{11}$cells

浮游动物损失量＝$238.76\times$（$0.576\times0.05+0.402\times0.20+0.064\times0.40+0.036\times0.5$）$\times10^6\times16\times2\times10^{-6}=1167.44$kg

项目施工造成浮游生物的资源损失量为：浮游植物 4.59×10^{11}cells，浮游动物 1167.44kg。

（3）鱼卵和仔稚鱼

参照《规程》中的“污染物对各类生物损失率”，小于 10mg/L 增量浓度范围内的海域同样近似认为悬浮泥沙对鱼卵和仔稚鱼不产生影响。根据 2021 年 3 月的生态调查结果，项目用海区鱼卵平均资源密度为 1.26 粒/m^3，仔稚鱼平均资源密度为 0.16 粒/m^3。

则鱼卵和仔稚鱼的损失量为：

鱼卵损失量=1.26×（0.576×0.05+0.402×0.17+0.064×0.40+0.036×0.5）×16×2×10^6=5.67×10^6粒

仔稚鱼损失量=0.55×（0.576×0.05+0.402×0.17+0.064×0.40+0.036×0.5）×16×2×10^6 =2.48×10^6粒

项目施工造成鱼卵的资源损失量为5.67×10^6粒，仔稚鱼的资源损失量为2.48×10^6粒。

7.5.4.2 海洋生物资源经济损失

（1）计算方法

- **底栖生物**

根据《规程》的要求，考虑到海洋生物资源调查的内容，底栖生物的经济损失额的计算方法如下：

底栖生物经济损失计算公式为：

$$M = W \times E$$

式中：M 为经济损失额，元；

W 为生物资源损失总量，千克（kg）；

E 为生物资源的价格，元/kg，按市场平均价格计算（15 元/kg）。

- **鱼卵和仔稚鱼**

鱼卵和仔稚鱼经济价值按

$$M= W\times P\times E$$

式中：M 为鱼卵经济损失额，元；W 为鱼卵损失量，个、尾；P 为鱼卵折算为鱼苗的换算比例，鱼卵生长到商品鱼苗按1%成活率计算；E 为鱼苗的商品价格，元/kg，按市场平均价格计算（0.5 元/尾）。

（2）直接经济损失量

根据以上方法和参数计算各类海洋生物资源的直接经济损失。

底栖生物直接经济损失=305.24×15×10^{-4}=0.46 万元

鱼卵直接经济损失=5.67×10^6×1%×0.5 元/尾×10^{-4}=2.84 万元

仔稚鱼直接经济损失=2.48×10^6×1%×0.5 元/尾=1.24 万元

（3）海洋生物资源损害赔偿额

根据《规程》，当进行生物资源损害补偿时，应根据补偿年限对直接经济损失总额进行校正。各类生物资源的损害补偿计算如下：

施工过程中疏浚施工及其产生悬浮物影响水质造成底栖生物、游泳动物、鱼卵的损害为持续性损害，根据《规程》，持续性损害不足 3 年的应按 3 年补偿，则施工悬浮物对底栖生物、鱼卵、仔鱼的损害补偿分别为：

底栖生物损害补偿额=0.46×3=1.38 万元

鱼卵、仔稚鱼损害补偿总额=（2.84+1.24）×3=12.24 万元

根据上述计算结果，本项目用海造成底栖生物经济补偿额为 1.38 万元，施工悬浮物造成渔业资源损害补偿额约为 12.24 万元，即本项目用海需对海洋生物资源造成的损害进行补偿的总金额约为 13.62 万元。

7.6 固体废物环境影响分析与评价

项目施工期产生的固体废物主要有施工人员生活垃圾，残油、废油。施工期生活垃圾以有机污染物为主，已统一收集由环卫部门统一外运处置。施工船舶产生的残油、废油等危险废物收集后委托三亚华利清污有限公司处理。因此，本项目施工期的各项固体废物均得到了妥善处置，对环境影响较小。项目运营期不产生固体废物，对项目区环境基本没有影响。

7.7 声环境影响分析与评价

本项目运营期不产生噪声。

本项目施工期对声环境的影响主要为施工过程中施工船舶、挖掘机和推土机产生的噪声，声源强度为 85～100dB(A)，主要噪声源及声源强度见表 7.7-1。

表 7.7-1 主要施工机械噪声值表

序号	噪声源	声源强度 dB(A)
1	施工船舶	90
2	挖掘机	86
3	推土机	85
4	自卸卡车	85

本项目施工期施工机械噪声影响预测可采用点声源扩散模型：

$$L_p(r) = L_p(r_0) - 20\lg(r/r_0)$$

式中：L*p*（r）——预测点处声压级，

L*p*（r_o）——参考位置 r_o 处的声压级；

r——预测点距声源的距离

r_o——参考位置距声源的距离。

由此式可计算出，项目施工时噪声值随距离衰减的情况，见表 7.7-2 和表 7.7-3。项目在施工阶段各种机械噪声昼间达标排放所需的衰减距离为 6～32m，夜间达标距离为 32～178m。施工期噪声昼间影响距离在 32m 以内，本项目仅昼间施工，夜间禁止施工，因此项目正常施工下对周边声环境影响较小。

表 7.7-2 距施工机械不同距离处的噪声值 单位：dB（A）

机械名称	不同距离处的噪声预测值							
	源强	10	20	40	60	80	100	150
施工船舶	100	80	74	68	64	62	60	56
挖掘机	86	66	60	54	50	48	46	42
推土机	85	65	59	53	49	47	45	41
自卸卡车	85	65	59	53	49	47	45	41

表 7.7-3 不同施工机械的噪声达标排放所需衰减距离单位：m

序号	机械名称	夜间达标排放所需衰减距离	昼间达标排放所需衰减距离
1	施工船舶	178	32
2	挖掘机	35	6
3	推土机	32	6
4	自卸卡车	32	6

7.8 大气环境影响分析与评价

本项目运营期不产生废气污染物，施工期废气污染源主要为陆域段的开挖、物料的装卸和运输等活动产生的扬尘、施工机械和施工船舶排放的废气。

在开挖过程中，土壤颗粒会因机械作业和风力作用而悬浮在空气中，项目所在区域空气湿度较大，扬尘的产生量较低；装卸和运输物料时，车辆行驶和物料堆放引发的扬尘。粉尘颗粒较大，属于瞬时源，污染物扩散较小，危害时间较短，其影响主要是在运输路线附近，运输过程中的扬尘属于流动性、间歇性大气污染源，此类污染源的排放量较小，影响的范围也不大。物料运输过程中加盖篷布、控制车速，防止了物料洒落。施工期间扬尘对本项目周边地区及运输道路的影响较小。

废气污染产生的主要决定因素为燃料油种类、机械性能、作业方式和风力等，其中机械性能、作业方式因素的影响最大，排出的各类燃油废气主要污染物为 SO_2、NO_X、CO、颗粒物等。考虑到施工单位使用符合环保标准要求的施工船舶，以及海船进入排放控制区，应使用符合《海南省交通运输厅海南海事局关于印发海南省实施船舶大气污染物排放控制区的通告》（琼交管运

[2019]290 号）的燃油，2022 年 1 月 1 日起，应使用硫含量不大于 0.1%m/m 的船用燃油。项目施工机械、船舶数量较少，施工时间短暂，因此施工机械、船舶废气的产生量不大，影响范围、时间有限，故可以认为其环境影响比较小，可以接受。

7.9 环境敏感目标的影响分析与评价

7.9.1 对通航环境的影响分析

虑到海底电缆属于公共安全设施，为了防止蜈支洲岛周边海域过往的船只抛锚将电缆钩断造成人员伤亡，2013 年 8 月，海南蜈支洲旅游开发股份有限公司特向三亚海事局申请，三亚海事局已于 2013 年 8 月 19 日发布航行通告（三亚海事航字〔2013〕15 号）确定将本项目海底电缆两侧 100 米水域范围内禁止任何船舶抛锚和其他作业，将蜈支洲岛海底电缆位置坐标明确标识在区域航海图上并对外给予公示，见图 7.9.1-1 和附件 10，一定程度上保障了供水、供电管道的使用安全。

图 7.9.1-1 项目附近船舶航线标识

7.9.2 对海洋生态保护红线（蜈支洲岛珊瑚礁）的影响分析

本项目已于 2010 年全部施工完毕，此时还未划定生态保护红线，因此对生态保护红线的影响只分析项目运营期。

本项目涉及的海洋生态保护红线为蜈支洲岛珊瑚礁。蜈支洲岛海底电缆、水管项目用海方式为海底电缆管道，对周边海域自然属性影响较小；该项目于 2005 年 11 月铺设一条水管，2006 年 4 月敷设电缆，2010 年 10 月铺设另一条水管，目前已使用 19 年之久，新的生态环境已经形成，没有其它新的生态环境问题产生，也基本不会对珊瑚礁及其生态系统和海洋生物多样性产生影响；根据两个年度的珊瑚礁调查结果分析，选取的 2023 年 1 月的 5 个站位珊瑚礁平均覆盖度约为 24.36%较 2016 年 5 月(21.75%)的调查结果有所增加，因此，从某种程度上说，运营期对该生态红线主要保护目标的保护对象基本不会产生影响。

此外，蜈支洲岛海底电缆、水管项目建成运营后，不会造成该生态红线面积减少，基本不会对该生态红线内的生态功能产生影响，该海域的自然属性仍

保持原状，因此，运营期对生态保护红线影响也是较小的。

7.9.3 对珊瑚礁资源的影响分析

7.9.3.1 悬浮泥沙扩散对珊瑚礁的影响分析

工程施工过程中产生的污染物（SS）造成水体中悬浮物浓度增加，降低海水的透光度，影响共生藻类的光合作用，大量的悬浮物也会使珊瑚虫窒息死亡，其他礁栖生物也会因生存环境的恶化而受到影响，从而对污染物（SS）扩散区域的珊瑚生态造成不利影响。根据相关研究，当污染物（SS）的沉积率大于100mg/cm^{2}时，可在几天内杀死珊瑚组织。当污染物（SS）的沉积率小于12mg/cm^{2}时，与透明颗粒层（可能有细菌和硅藻引起）结合后也可以杀死新附着的珊瑚。研究表明，珊瑚短期受到的污染物（SS）影响，将会影响到珊瑚长期的生长，减少幼体珊瑚量，延迟珊瑚恢复。且不同的水体浑浊度对造礁石珊瑚生长均有不同程度的抑制作用，且抑制作用随浑浊度的增加而加强。因此，工程施工过程中产生的污染物（SS）对工程附近海域的珊瑚的影响不容忽视。

根据数模分析，海缆和水管投放过程中各源点叠加悬浮泥沙增量大于10mg/L（超 I、II 类海水水质）、大于 20mg/L、大于 50mg/L、大于 100mg/L（超 III 类海水水质）、大于 150mg/L（超 IV 类海水水质）的海域面积最大值分别为 **1.078 km^2、0.502 km^2、0.100 km^2、0.036 km^2、0.017 km^2。**悬浮泥沙的扩散范围仅局限于海缆和水管周边的较小范围内。根据悬浮泥沙扩散范围与珊瑚礁分布叠置图，仅增量大于 10mg/L、20mg/L 的泥沙扩散仅珊瑚礁分布区，影响面积较小。

由于本项目海底电缆、水管路由底质大多为砂质，故选取 2023 年 1 月珊瑚礁调查中靠近岛周的 C1、C19、C20、C21、C22 站位与 2016 年 5 月的调查结果进行比较可知，选取的 2023 年 1 月的 5 个站位珊瑚礁平均覆盖度约为 24.36%较 2016 年 5 月的调查结果有所增加，但 C1 号站位本次调查未发现珊瑚礁分布，主要是因为该站位位于蜈支洲岛西侧码头区，开发程度较高，且底质为砂质。

综上所述，本工程项目为海底电缆、水管敷设工程，经数模分析，悬浮泥沙的扩散范围仅局限于海缆和水管周边的较小范围内仅增量大于 10mg/L、20mg/L 的泥沙扩散仅珊瑚礁分布区，影响面积较小，且悬浮泥沙对珊瑚礁的影

响主要在施工期，施工完成后影响随之消失。根据两个年度的珊瑚礁调查结果分析，选取的 2023 年 1 月的 5 个站位珊瑚礁平均覆盖度约为 24.36%较 2016 年 5 月的调查结果有所增加。**因此，本项目建设对珊瑚礁资源的影响较小**。

图 7.9.3-1 悬浮泥沙扩散范围与珊瑚礁分布叠置图

7.9.3.2 溢油对珊瑚礁的影响分析

溢油会导致珊瑚虫的硬壳被破坏，产卵量下降，幼体的存活率降低，并使成体的生长缓慢。珊瑚虫的生殖组织的生长也会受到影响。溢油对生活珊瑚礁附近的生物的影响也是灾难性的。国内外许多的研究表明高浓度的石油会使鱼卵、仔幼鱼短时间内中毒死亡，低浓度的长期亚急性毒性可干扰鱼类摄食和繁殖，其毒性随石油组分的不同而有差异。在本项目实施过程中，应加强船舶管理，规范操作，防止溢油事故发生，在此基础上，珊瑚礁不会因溢油事故而收到影响。

根据业主提供资料显示，本项目在施工过程中未发生溢油事故。

7.9.3.3 珊瑚礁资源经济损失

根据三亚市现行的《三亚市用海项目海洋生态损失评估方法》（以下简称《方法》），对工程占用海域和施工污染物（SS）扩散范围影响的珊瑚礁损失费用进行估算。

珊瑚礁的损失费用根据项目具体用海情况进行确定，包括项目占用海域范围内的珊瑚礁损失费用和污染物扩散范围内的珊瑚礁损失费用。损失费用按公式计算：

$$f_3 = f_c + f_d$$

式中：

f_3----海洋生物资源恢复期的损失费用，单位为元；

f_c----项目占用海域范围内的珊瑚礁损失费用；

f_d----污染物扩散范围内的珊瑚礁损失费用。

本项目为海底电缆、水管铺设工程，占用海域面积较小，且根据现状调查海底电缆、水管采用同一路由，底质多为砂质，不适宜珊瑚礁生长，故仅计算污染物扩散范围内的珊瑚礁损失费用。

污染物扩散范围内的珊瑚礁损失费用评估按下式计算：

$$f_d = \sum_{j=1}^{m} S_j \times K_j \times Q \times P \times Y$$

式中：

S_j——某一污染物第 j 类浓度增量区面积，单位为平方米；

K_j——某一污染物第 j 类浓度增量区珊瑚礁损失率（%），取值参见表 8.2.2-2；

Q ——区域内珊瑚礁覆盖率，应按照 HY/T 082 调查确定；

P——年度单位面积珊瑚礁损失价值，单位为元/ m^2·年，最低按 13 元/ m^2·年计算，本处考虑价格修正，按最低价值上调 50%计，即 19.5 元/m^2·年计算；

Y ——珊瑚礁损失恢复期的费用计算年限，根据恢复期时间确定，最低按 3 年计算。

m——某一污染物浓度增量分区总数。

表 7.9.3-1 污染物对珊瑚礁的损失率

污染物i的超标倍数（B_i）	珊瑚礁损失率（%）
$B_i \leq 1$倍	10
$1 < B_i \leq 4$倍	20~40
$4 < B_i \leq 9$倍	40~60
$B_i \geq 9$倍	≥60

注：
1.本表列出污染物i的超标倍数（B_i），指超第一类《海水水质标准》的倍数；
2.损失率是指考虑污染物对珊瑚繁殖、生产或造成死亡，以及生物量下降等影响因素的综合系数；
3.本表列出的污染物对珊瑚礁损失率作为工程对珊瑚礁损失费用评估的参考值。

根据 2023 年 1 月对项目区域的珊瑚礁现状调查，结合污染物（SS）扩散模拟计算结果，扩散至珊瑚礁分布区的悬浮泥沙增量仅 10mg/L 和 20mg/L，选取选取 2023 年 1 月珊瑚礁调查站位中的 C1、C19、C20、C21、C22 站位的珊瑚礁平均覆盖度 24.36%进行计算。珊瑚礁损失恢复期的费用计算如下：

fd=（71.347×0.1+24.357×0.3）×10^3×0.2436×19.5×3×10^{-4}≈20.58 万元。

7.9.4 对岛礁资源的影响分析

本项目评价范围无居民海岛主要是蜈支洲岛，本项目海底电缆和水管项目主要为蜈支洲岛上供水供电，采用海底电缆管道的用海方式，海中部分将电缆

直接敷设在水底，对蜈支洲岛岛体稳定不产生影响。评价范围内其它海岛：情人岛、姊妹石、姊妹石北岛、仙石岛、仙女岛、后海仔岛、后海龟岛、真帆石、牛车仔岛、沙湾岛、高岛、单寮、三牙门、藤沙岛、石头公岛、墩仔岛、墩边石、墩仔高排等距离本项目相对较远，项目建设不会对上述无居民海岛产生影响。

7.9.5 对蜈支洲岛滨海旅游娱乐项目的影响分析

由于本项目海底电缆管道、水管部分上岛区域与蜈支洲岛滨海旅游娱乐项目（与本项目为同一业主单位）的游乐场和透水构筑物用海存在一定权属重叠（重叠面积为 0.2459 公顷），根据《海域立体分层设权宗海范围界定指南》结合项目区域实际情况，若具备立体分层设权可行性则可绘制立体分层设权宗海图；但由于本项目为海底电缆、水管工程，使用海床空间，鉴于蜈支洲岛滨海旅游娱乐项目透水构筑物使用海床、水体、水面空间，在该区域立体分层设权范围较难界定。需要业主单位在游乐场和透水构筑物用海续期过程中进行调整，扣除重叠区域，确保避免权属冲突。因此，本项目对蜈支洲岛滨海旅游娱乐项目影响较小，可在建设单位内部解决。

7.9.6 对三亚市海棠湾旅游休闲娱乐区南部取排水工程项目的影响分析

根据资源生态影响范围与开发利用现状的叠置图分析，虽然本项目模拟预测的悬浮泥沙对水质环境的影响扩散到三亚市海棠湾旅游休闲娱乐区南部取排水工程项目用海区域，但本项目于 2005 年 11 月开始施工，2010 年 10 月完成所有电缆管道和水管的铺设工作，而三亚海昌梦幻不夜城发展有限公司于 2017 年 10 月 24 日才取得三亚市海棠湾旅游休闲娱乐区南部取排水工程项目 1.8586 公顷的海域使用权证，因此本项目施工期对其影响是不存在的。

运营期，本项目与三亚市海棠湾旅游休闲娱乐区南部取排水工程项目仅相距 340m，本项目日常巡检过程中，船只锚泊时可能对其产生一定影响。

因此，本项目对三亚市海棠湾旅游休闲娱乐区南部取排水工程项目的影响较小。

图 7.9.6-1 资源生态影响范围与海域开发利用现状叠置图

8 环境风险分析与评价

本项目的环境风险来自两方面，一是海洋灾害对项目造成的危害，另一方面是由项目自身引起的突发或缓发事件。针对本项目的建设内容和所在海区的自然条件，可能存在的风险主要有：（1）由热带气旋及其引发的巨浪、风暴潮对工程自身的潜在风险；（2）项目施工期船舶施工过程存在船舶碰撞导致溢油事故的风险。参照《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018），建设项目风险事故情形包括危险物质泄露，以及火灾、爆炸等引发的伴生/次生污染物排放情形。根据评价项目的危险物质及工艺系统危险性等级以及项目所处海域环境敏感程度判定本项目的环境风险潜势为I，并最终判定项目环境风险评价等级低于三级，可仅开展简单分析。

8.1 海洋灾害环境风险分析

8.1.1 海洋自然灾害统计分析

8.1.1.1 热带气旋

2010～2019 年间，西北太平洋和南海共生成 223 个热带气旋，平均每年生成 27.9 个。有 69 个热带气旋进入南海或在南海生成，有 13 个登陆海南岛。其中，1002 号台风“康森”于 2010 年 7 月 16 日 19 时 50 分左右在海南岛三亚亚龙湾一带沿海登陆。按月份统计，7 月登陆次数最多，6 月和 8 月为其次，1 月～4 月和 12 月没有热带气旋登陆三亚。

以三亚站的气压为指标，根据各热带气旋对三亚市的影响严重程度，摘录 2000～2019 年热带气旋登陆时三亚实测气压<990hpa 的热带气旋列于下表。

表 8.1.1-1 2000～2019 年热带气旋一览表（登陆时三亚实测气压<990hpa）

序号	编号	起止时间	登陆时间				
			登陆强度	登陆点	时间	中心气压/hpa	中心风力/级
1	0016	09/02—09/10	TY	陵水三亚	09/09 08h	975	12
2	0518	09/20—09/28	STY	陵水	09/26 03h	970	12
3	1002	07/12—07/17	TY	三亚	07/16 20h	968	12
4	1005	08/22—0824	TD	三亚南部	08/23 22h	985	10
5	1108	07/25—07/30	STS	文昌	07/29 18h	980	10

6	1117	09/24—09/30	TY	文昌	09/29 14h	960	14
7	1309	07/31—08/02	STS	文昌东南	08/02 17h	980	8
8	1330	11/04—11/11	STY	三亚南部	11/10 14h	955	14
9	1409	07/12—07/20	SuperTY	文昌	07/18 15h	910	17
10	1508	06/21—06/24	STS	万宁	06/24 19h	982	10
11	1603	07/26—07/28	STS	万宁	07/26 22h	985	10
12	1621	10/13—10/19	STS	万宁	10/18 10h	960	14
13	1809	07/17—07/23	TD	万宁	07/18 5h	983	9
14	1944	08/31—09/04	STS	万宁	09/02 10h	995	7

8.1.1.2 风暴潮

据统计，三亚的风暴潮发生次数和强度与海南岛北部岸段接近，但成灾次数很少，1971 年的 7126 号台风在榆林港引发的风暴潮，迭加在天文高潮位上，潮水淹没榆林港码头面约 10cm，据调查该次台风过程最大增水 1.11m，最高潮位 2.60m。8906、8926、8928 号台风在三亚登陆或经过三亚附近海面，一个月内有连续三个台风影响，在三亚有热带气旋记录以来，实属罕见。三个台风均在三亚造成一定增水，8926 号台风从海南岛南部登陆，8928 号台风使榆林验潮站的实测潮位比正常潮位偏高 1.24m，8928 号台风使实测潮位比正常潮位偏高 1.38m。

由于三亚海岸朝向基本为 SE-S-SW，热带气旋在三亚以北的区域登陆，登陆前刮北风，在三亚沿岸基本上是离岸风，并不利于三亚市沿岸的风暴增水；气旋登陆后，开始刮 S-SW 风，有利于三亚沿岸的风暴增水，但此时气旋往往已经开始减弱；直接登陆三亚的热带气旋由于低气压作用及强风作用，三亚有较明显增水。根据统计与分析，登陆三亚的热带气旋所引发的增水以单峰型为主，峰值通常在热带气登陆时或登陆后 5h 以内，登陆前则有小幅的增减水波动，9612、0016、0518 号台风引发的风暴潮都表现出该特征，图 8.1.1-1a～图 8.1.1-1c 为以上三场台风引发的增水过程曲线图。

登陆或影响海南岛南部沿岸的热带气旋常伴有大风、暴雨，也曾多次在三亚河、宁远河等流域形成洪水，在风暴潮、洪水共同作用下，易引起海岸侵蚀、海堤损坏，其灾害损失与事故风险不容忽视。

施工期间风暴潮发生时，可能会对施工船舶造成损坏，并危及施工人员的人身安全。施工期施工单位应关注天气及潮位信息，选择合适的天气及潮位条

件施工，热带气旋影响期间停止施工作业。

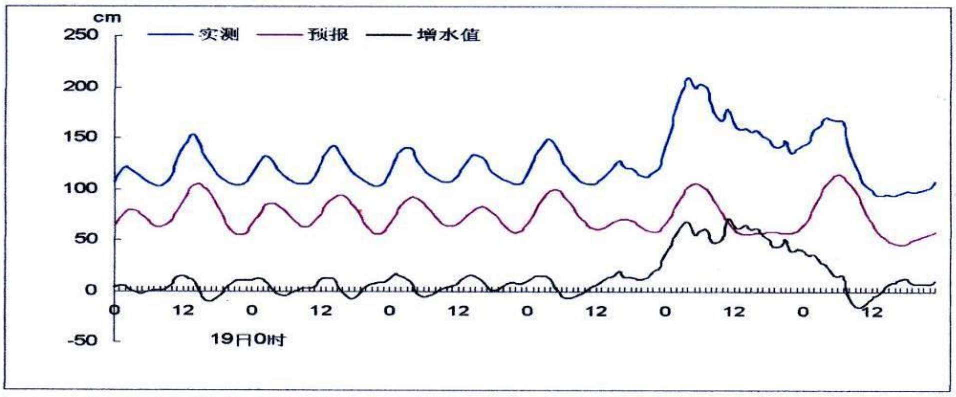


图 8.1.1-1a 9612 号台风增水过程曲线图（8 月）

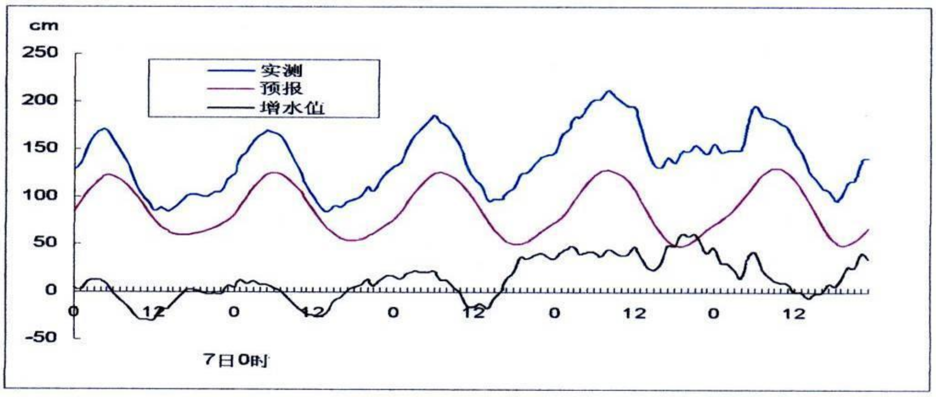


图 8.1.1-1b 0016 号台风增水过程曲线图（9 月）

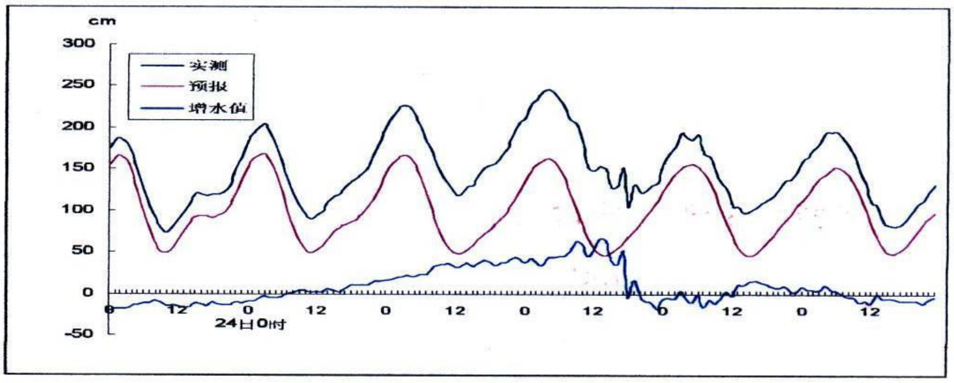


图 8.1.1-1c 0518 号台风增水过程曲线图（9 月）

8.1.1.3 海浪灾害

历史上项目海域遭受的海浪灾害大多由热带气旋引发的巨浪造成。南海海区灾害性海浪产生的因素主要是热带气旋和冷空气，一年之中，冬季由冷空气影响产生的灾害性海浪发生的日数较多，但夏季由热带气旋影响产生的灾害性海浪成酿成的灾害损失比较大。据统计，海南省海区的灾害性海浪具有明显的

季节性。冬季受冷空气影响，易产生灾害性海浪，通常由北向南逐渐传播，影响海南省东北部、东部和南部海区；有时受冷空气和热带气旋配合影响，灾害性海浪则发生在两系统影响的过渡区。夏季，受热带气旋影响，灾害性海浪时有发生。根据多年资料统计，海南海区平均每年出现浪高大于 4 m 以上日数为 76 天，冬夏两季的灾害性海浪发生日数的比例约为 2：1。

8.1.1.4 海啸

海啸是由于海洋地壳错动引起的大面积水体上升或下降所产生巨大势能转变为水体的动能而生成的一列周期很长的重力波，海啸波携带着巨大能量直冲岸边，波高骤增，这种巨浪可冲毁和卷去沿岸建筑和人畜，造成灾害。

地震是引发海啸的主要原因，但并不是所有的地震都会引发海啸。据中国地震局相关资料显示，在 1.5 万次海底构造地震中，大约只有 100 次能够引起海啸。海啸的发生需要满足大地震、深海和开阔逐渐变浅的海岸这三个条件，缺一不可。

我国是一个多地震的国家，地震西部多东部少，但地震海啸却不多见，据不完全统计，从公元前 47 年～2011 年，中国沿海共发生 51 次地震海啸，在各省份中，台湾发生的次数最多，有 28 次，其次是山东、浙江和广东，分别发生 4 次、4 次和 3 次，福建和上海有历史纪录的海啸均为 2 次，辽宁仅有一次，其它省份没有记录。按照区划，台湾周围是海啸的高发区，其次是大陆架区域，低发区是渤海区域。

根据历史资料，1605 年 7 月 13 日，海口 7.5 级地震，引起了近海 70 多个村庄沉陷为海，说明海南岛沿海存在地震海啸灾害的可能性。在 1992 年 1 月 4 日至 5 日；我国海南省西南部海域（18°N，108°E）海底发生弱群震，一天时间内就记录到 8 次地震，最大震级 3.7 级，震源深度 8～12km。受其影响海南岛南端的榆林验潮站 5 日 16 时左右记录到 0.78m 的海啸波，周期 30 分钟；三亚港也同时记录到 0.5～0.8 米的海啸波，并连续发生 4～5 次，与此同时，海南岛西南的东方站和北部的海口秀英站的验潮记录曲线上也明显地出现海啸波振动。海啸发生时，三亚港的潮水急涨急退，涨潮时潮势急促，目测可达 10 节以上，每次涨退潮过程 20～40 分钟不等。涨潮时带有轻微的响声，并出现明显流带，有些地方出现涡旋，海水较混浊，水面发现有小鱼翻白上浮。由于这一

特异的水文变化过程，造成停泊在三亚港的渔船出现一片混乱，海啸波把一些船只冲到沙丘上搁浅，并使大量停泊于三亚港的船只相互碰撞、拥挤、拉断系泊缆绳和锚链，有的船碰撞在沿岸固定物体上而受到不同程度的损坏，大约5～6艘30到50吨的渔船险些翻沉。榆林红沙港在5日下午，码头上系泊船只的木桩因受突发性涨潮影响，被漂动的船只拉断，幸好该港停泊的船只不很多，没有造成大的损失。港门港于5日15时前后，也出现异常海潮变化，由于该港港湾开阔，停在沙滩岸边的船只有被潮水推上拉下的往复现象，有的渔船受潮水冲击而跑锚漂流出港，也有的小舢板被潮水拥到岸上，但没有人员伤亡及船只破坏。

有学者认为中国近海海底地震伴生海啸的比例只有6%，远低于25%的全球平均水平。20世纪80年代后期国家海洋预报中心经详细考证，指出地震海啸仍是我国不容忽视的海洋灾害之一。从地理环境来看，中国大陆架宽广而平缓，对海啸传播的摩擦力强，并且有从日本列岛到琉球群岛的岛弧保护，不利于海啸的形成和传播。但南海水深平均在1000m，具有发生海啸的水深条件。东海、南海，尤其是台湾岛附近海域具备产生海啸的条件，发生在菲律宾海、琉球海沟的地震海啸可能传播过来。根据国家海洋预报中心海啸风险区划，海南岛北部、东部到南部为风暴潮三级风险区。

8.1.2 海洋灾害环境风险防范措施

项目建设单位、施工方已制定适用于本项目自身的防台风和风暴潮的应急预案，认真做好台风前的防风、抗风准备工作，坚持从难、从严的原则，制定合理、科学、可行的防台措施。

（1）施工期间选择避开风暴潮季节，合理安排施工时间，施工期间，对工程各类设施做好防台风的安全措施，切实加强监管。建立对施工区域范围内的观测点，由专人负责。

（2）每个施工场地由施工场地领队负责该项工作，随时掌握天气及潮水变化情况并进行统计记录。现场与施工总部保持联络，及时了解相关动态，遇紧急情况时，在接到通知后两小时内，迅速组织现场施工队伍撤离。

（3 加强宣传、提高对灾害风险的意识。部分人员缺乏防御灾害的基本常识，防灾意识淡薄，麻痹思想和侥幸心理严重，特别是缺乏自救、互救和避险、

防灾能力。必须加强防灾意识、防灾能力的宣传教育工作，广泛地开展风暴潮知识的普及、宣传，监督、检查工程各基础设施的防台措施的落实情况，以有效地防御风暴潮灾害，提高防灾减灾意识和自救能力。

（5）建设单位积极配合相关政府职能部门做好应对台风、暴雨等气象灾害的措施，当台风来临时，对施工船舶、机具进行妥善安置，避免热带气旋等恶劣天气带来的损失。

8.2 通航安全环境风险分析及防范措施

8.2.1 海上作业通航风险分析

项目施工期施工船舶开展管道敷设作业时占用了一定的海域空间，加大了该海区的通航密度。主要风险如下：

（1）施工期作业船舶往返蜈支洲岛与沿岸航线航行船舶间存在相互影响。

（2）施工期作业船舶对航经水域船舶有一定的碍航影响。

项目运营期无船舶作业，考虑到海底电缆属于公共安全设施，蜈支洲岛周边海域过往的船只抛锚可能将电缆钩断造成人员伤亡。

根据海事部门资料，近年来，海南三亚湾附近水域共发生水上交通事故 14 起，事故具体情况如表 8.3.3-1 所示。经统计，该水域发生的 14 起水上交通事故中，碰撞事故 2 起，触损沉船事故 1 起，搁浅事故 2 起，伤病 4 起，火灾 4 起，其他事故 1 起。交通事故在发生时间上并未呈现出绝对的规律性，统计分析近几年的事故，发生地点均不在项目范围内。总体上说，项目所在水域的水上交通安全状况良好。

8.2.2 通航安全环境风险防范措施

（1）建设单位已加强对施工单位的施工作业和船舶航行的管理，对作业船只进行安全检查，防止事故发生，包括对重要机械、装备和有关资质的检查和确认。

（2）施工船舶交通组织：施工作业船舶不在规定施工范围以外的水域，以免影响其他过往船舶的航行；船舶作业时特别注意了附近过往船舶的动态以及施工船舶之间可能产生相互影响。

（3）设置安全作业区警示标志：在安全作业区界限上设置明显的警示标志，

附近船舶不得进入警示标志内的施工水域；当发现附近船舶接近警示标志或有可能进入施工区域，施工船舶用有效的方法及时发出警告，并注意双方的避让。

（4）实时观测潮位，确定运输船停泊装载位置水深是否合适，避免了船在低潮位时可能发生搁浅

（5）已加强施工作业船舶管理，确保船舶适航、船员适任，严禁使用“三无”船舶、内河船舶施工。

（6）海上船舶作业时密切关注气象部门，及时掌握了台风、风暴潮、海冰、风力等级大小等气象信息。

（7）2013 年 8 月，海南蜈支洲旅游开发股份有限公司特向三亚海事局申请，三亚海事局已于 2013 年 8 月 19 日发布航行通告（三亚海事航字〔2013〕15 号）确定将本项目海底电缆两侧 100 米水域范围内禁止任何船舶抛锚和其他作业，将蜈支洲岛海底电缆位置坐标明确标识在区域航海图上并对外给予公示。

（8）建议业主单位在后期用海过程中继续加强与三亚海事局沟通协调，告知本项目管道详细的路由位置，海图更新中及时标注本项目海底电缆位置，继续发布航行通告，提醒过往船只禁止任何船舶在管道 100m 抛锚和其他作业。

8.3 溢油风险分析

8.3.1 风险识别

风险识别是开展风险评价的工作基础，包括项目风险类型识别，主要指项目工艺过程中发生风险事故的类型识别，根据项目的风险类型，可采取有效措施进而避免风险事故的发生；项目作业物质危险性识别，主要指识别项目作业过程中所涉及物质的有毒有害、易燃易爆的危险性，进而可采取相应有针对性的应急措施；有毒有害物质扩散途径的识别，主要指一旦发生风险事故，风险因子对环境造成不利影响的渠道，合理有效的控制风险因子对环境造成不利影响的渠道，可将风险事故对环境造成的不利影响降至最小；可能受影响的环境保护目标的识别可有效保护对应的环境敏感目标。

8.3.1.1 风险类型识别

根据《船舶污染海洋环境风险评价技术规范（试行）》，本项目评价海域范围存在的事故风险主要为施工期船舶碰撞导致的燃料油泄漏风险。

船舶污染事故是指船舶在航行过程、靠泊和装卸过程，以及其他作业过程(如过驳、清舱、洗舱、修造、打捞、拆解、油料供受、污染清除等)中发生油类、油性混合物和其他有毒有害物质泄漏造成的海洋环境污染事故，可分为操作性污染事故和海难性污染事故。操作性船舶污染事故多发生于靠泊后船舶装卸货物及加装燃油环节，发生的原因多为人为因素、机械和设备故障等，尽管每次产生的泄漏量不大，但事故频率较高，污染物总量也较大。海难性船舶污染事故主要是海上交通事故导致，事故发生率较低，但一旦发生污染损害很大。

根据全国海域船舶历史溢油事故，船舶污染的操作性事故可分为工艺性泄漏、操作错误，海难性事故可分为船舶碰撞、船舶搁浅、船舶自身翻沉、船体破损、火灾等。根据船舶污染事故发生方式与原因，主要分为操作性污染事故和海难性污染事故。操作性污染事故按事故发生的环节又可分为码头装卸作业、加燃料油、其他作业等。海难性污染事故一般是伴随着船舶交通事故发生的，事故致因与船舶交通事故大体相同。操作性污染事故多发生的地点是码头、系泊区前沿及浅水地区，海难性污染事故多发地点在航道和锚地。

8.3.1.2 物质危险性识别

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018），结合项目工程特点，析本工程环境事故风险主要为施工期的驳船、拖船等作业船舶燃油泄漏引起的污染海洋环境风险。本项目施工期涉及的风险物质为船舶燃料油，油品特性表见表 8.3.1-1。

表 8.3.1-1 柴油、燃料油的理化、燃烧爆炸性和毒理性质

	中文名称：燃料油	英文名：fueloil	危险性类别：可燃液体
理化性质	外观与性状：有色透明液体、会发		主要用途：用于采油机
	熔点（℃）：无资料		溶解性：不溶于水，溶于醇等溶剂
	沸点（℃）：360-460		相对密度（水=1）：0.95-0.98
	燃烧热（kj/1）：30000-46000		相对密度（空气=1）：1.59-4
	闪点（℃）：≥60		引燃温度（℃）：250
燃烧爆炸危险性	稳定性：常温常压下稳定		燃烧分解产物：一氧化碳二氧化碳
	混合物：由各族烃类和非烃类的组成的		禁忌物：强氧化剂。
	有害物成分：烷烃、环烷烃和芳香烃、含硫、氧、氮化合物。		
	危险特性：其蒸气与空气可形成爆炸性混合物，遇明火、高热能引起燃烧爆炸。与氧化剂可发生反应。流速过快，容易产生和积聚静电。其蒸气比空气重，能在较低		

	处扩散到相当远的地方，遇火源会着火回燃。若遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险。
	灭火方法：尽可能将容器从火场移至空旷处。喷水保持火场容器冷却，直至灭火结束。处在火场中的容器若已变色或从安全泄压装置中产生声音，必须马上撤离。用雾状水、泡沫、干粉、二氧化碳、砂土灭火。
毒性	吸入高浓度蒸气，常先有兴奋，后转入抑制，表现为乏力、头痛、酩酊感、神志恍惚、肌肉震颤、共济运动失调；严重者出现定向力障碍、谵妄、意识模糊等；蒸气可引起眼及呼吸道刺激症状，重者出现化学性肺炎。吸入液态煤油可引起吸入性肺炎，严重时可发生肺水肿。摄入引起口腔、咽喉和胃肠道刺激症状，可出现与吸入中毒相同的中枢神经系统症状。
环境危害	对环境有危害。对大气可造成污染。
急救	皮肤接触：立即脱去所有被污染的衣物，包括鞋类。用流动清水冲洗皮肤和头发（可用肥皂）。如果出现刺激症状，就医。 眼睛接触：立即用流动、清洁水冲洗至少 15 分钟。如果疼痛持续或复发，就医。眼睛受伤后应由专业人员取出隐形眼镜。 吸入：如果吸入本品气体或其燃烧产物，脱离污染区。把病人放卧位，保暖并使其安静。开始急救前，首先取出假牙等，防止阻塞气道。如果呼吸停止，立即进行人工呼吸，用活瓣气囊面罩通气或有效的袖珍面具可能效果更佳。呼吸心跳停止，立即进行心肺复苏术。送医院或寻求医生帮助。 食入：禁止催吐。如果发生呕吐，让病人前倾或左侧位躺下（头部保持低位），保持呼吸道通畅，防止吸入呕吐物。仔细观察病情。禁止给有嗜睡症状或知觉降低，即正在失去知觉的病人服用液体。意识清醒者可用水漱口，然后尽量多饮水。寻求医生或医疗机构的帮助。
防护	呼吸系统防护：空气中浓度超标时，建议佩戴自吸过滤式防毒面具（半面罩）。紧急事态抢救或撤离时，应该佩戴空气呼吸器。 眼睛防护：戴化学安全防护眼镜。身体防护：穿防静电工作服。 手防护：戴橡胶耐油手套。 其他防护：工作现场严禁吸烟。避免长期反复接触。
包装方法	小开口钢桶；内薄钢板桶或镀锡薄钢板桶（罐），外花格箱；内螺纹口玻璃瓶、铁盖压口玻璃、塑料瓶或金属桶（罐），外普通木箱；内螺纹口玻璃瓶、塑料瓶或镀锡薄钢板桶（罐），外满底板花格箱、纤维板箱或胶合板箱。
泄露处理	应急行动：迅速撤离泄漏污染区人员至安全区，并进行隔离，严格限制出入。切断火源。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器，穿防静电工作服。尽可能切断泄漏源。防止流入下水道、排洪沟等限制性空间。小量泄漏：用砂石或其它不燃材料吸附或吸收。也可以在保证安全情况下，就地焚烧。大量泄漏：构筑围堤或挖坑收容。用泵转移至槽车或专用收集器内，回收或运至废物处理场所处置。
储运	储存注意事项：储存于阴凉、通风的库房。远离火种、热源。炎热季节库温不得超过 25℃。 应与氧化剂、食用化学品分开存放，切忌混储。采用防爆型照明、通风设施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。储区应备有泄漏应急处理设备和合适的收容材料。

8.3.1.3 有毒有害物质扩散途径的识别

有毒有害物质扩散途径包括大气、地表水、海洋、地下水、土壤等途径。本工程位于海上，发生风险事故时，有毒有害物质主要通过大气、海洋等途径扩散（表 8.3.1-2）。

（1）水环境

当发生船舶燃料油泄漏事故时，燃料油会扩散至海水中，影响海水水质。若未能及时采取风险防范和应急措施，溢油会在风和波浪的共同作用下向外扩散，对工程周边的珊瑚礁分布区等敏感目标造成不利影响。

（2）大气环境

海上发生船舶燃料油泄漏事故时，泄漏的原油在海上漂移并挥发；若泄漏的油品遇到静电或明火，将会发生火灾事故产生 SO_2、CO 等次生污染物，影响周围环境空气质量。

表 8.3.1-2 事故有毒有害物质扩散途径

	环境要素	泄露事故	火灾爆炸事故
船舶燃料油泄露	大气环境	√	√
	海洋环境	√	√

8.3.2 环境风险等级及评价范围

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）、《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）的环境风险评价等级确定方法，建设项目环境风险潜势划分为 I、II、III、IV/IV+级，根据建设项目涉及的物质和工艺系统的危险性及其所在地的环境敏感程度，结合事故情形下环境影响途径，对建设项目潜在环境危害程度进行概化分析，本项目涉及的危险物质为船舶载油舱和柴油发电机油柜中的燃料油。工程涉及风险物质名称为油类物质（矿物油类，如石油、汽油、柴油等；生物柴油等），临界量为 100t。

根据《水上溢油环境风险评估技术导则》（JTT 1143-2017），可能最大水上溢油事故溢油量按照 1 个燃油边舱的容积确定。本工程施工船舶最大载重 1500t，＜5000t 驳船对应的船燃油舱单舱燃油量＜31m³。为考虑最大风险，施工船舶源强泄漏量按最大单舱燃油量，为 31t。

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2018）附录 B，计算项目区危 险物质在最大存在量与对应临界量的比值 Q。

单元内存在的危险物质为单一品种，计算该物质的总量与临界量比值，即为Q；

单元内存在的危险物质为多品种时，则按下式计算物质的总量与临界量比值（Q）。

$$Q = \frac{q_1}{Q_1} + \frac{q_2}{Q_2} + \cdots + \frac{q_n}{Q_n}$$

式中：q_1，q_2……q_n—每种危险物质实际存在量，t；

Q_1，Q_2……Q_n—与各危险物质相对应的生产场所或贮存区的临界量，t。

本项目施工期Q1=31/100=0.31＜1。根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）附录C，当Q＜1时，环境风险潜势为I，评价等级为简单分析（表2.7.2-1）。

表2.7.2-1 评价工作等级划分

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

8.3.3 环境风险危害识别与事故频率估算

（1）船舶事故统计

根据海事部门资料，2013～2017年海南三亚湾附近水域共发生水上交通事故14起，事故具体情况如表8.3.3-1所示。经统计，该水域发生的14 起水上交通事故中，碰撞事故2起，触损沉船事故1起，搁浅事故2起，伤病4起，火灾4起，其他事故1起。交通事故在发生时间上并未呈现出绝对的规律性，根据上述船舶事故统计分析资料可知，2013～2017年，三亚海域共发生碰撞等海上交通事故引起的溢油4起，溢油事故的发生频率为0.8次/年，但发生地点均不在项目范围内。总体上说，项目所在水域的水上交通安全状况良好。

表8.3.3-1 2013～2017年三亚港区水上交通事故

序号	事故时间	船名及种类	事故地点	事故类型	原因	事故后果
1	2013.4.23	旅游船“海洋长城”	三亚港6-8 号红灯标间	碰撞事故	船舶主机螺旋桨被一艘锚泊的渔船锚绳缠住，无	442名游客受困

序号	事故时间	船名及种类	事故地点	事故类型	原因	事故后果
					法行驶	
2	2013.8.15	渔船“闽长渔”24305	三亚港西南方向约40海里处	沉船事故	遇大风浪，沉没	9人落水，其中1人失踪
3	2013.8.20	海缆船“FU HAI”	三亚东南方向70海里	伤病	船上3 名人员被电缆打到	1死2重伤
4	2013.11.11	渔船“CM90063V”挤压“扬帆之星1”轮	三亚港盐场码头	碰撞事故	防台期间受流压及操作不当	“扬帆之星1”船体受损，直接经济损失约70万
5	2013.11.10	1、“顺航998”轮	三亚港	断锚漂移	台风期间，船舶故障	数人被困，“顺航998”轮5名遇难者
		2、“华海138”轮		断锚搁浅		
		3、“新鸿翔17”轮		漂流		
6	2014.3.21	摩托艇	三亚湾	落水	摩托艇上落水	1名落水溺亡
7	2014.7.29	“海洋骑士”游艇	三亚东岛北侧水域	火灾	可能由于电器线路故障引起火灾	船舶全损，经济损失约400万
8	2015.3.2	“哈克雷斯”游艇	三亚凤凰岛西南2海里处	火灾	游艇机舱着火，失去动力	6人被困
9	2015.3.9	椒江籍渔船	三亚湾东岛海域	搁浅	判断失误，行至浅水区	船体严重倾斜，6人被困
10	2015.5.6	渔船“琼昌江20416”	莺歌海海域	伤病	1名船员手臂受伤，血流不止	1人受伤
11	2015.5.15	渔船“琼琼海09098”	三亚以东170 海里水域	伤病	中风	
12	2016.2.16	湘安化机3699	三亚南山货运码头附近	火灾	货仓着火	未造成人员伤亡
13	2016.11.17	渔船“粤廉渔21838”	三亚港西北方向约	伤病	船员被缆绳打伤头部，血流不止	1人受伤

序号	事故时间	船名及种类	事故地点	事故类型	原因	事故后果
			80 海里			
14	2017.2.3	渔船“台沙1839”	三亚正南7 海里	火灾	右主机起火	未造成人员伤亡

（2）发生溢油的原因分析

据项目施工期船舶作业内容和项目周围海域开发利用状况，本项目可能造成船舶溢油环境事故风险的途径主要是施工船舶在敷设管道过程中与过往船舶发生碰撞，造成船舶燃油泄漏引起的污染海洋环境风险。

根据业主提供资料显示，本项目在施工过程中未发生溢油事故。

8.4 海底电缆、水管风险分析

海底电缆和水管事故本身对海域生态环境没有影响，海底电缆和水管运营期间对环境的影响同施工期。海底水管及电缆损坏事故会造成停水停电，影响蜈支洲岛的正常运营，使其蒙受经济损失。水管破损会造成短时间内泄漏冲淡水的风险，泄漏的冲淡水会在短时间内影响周围水质盐度、温度等。但是由于泄漏的为引用淡水，对海水水质无影响，只会在短时间对小范围内海水的盐度、温度造成影响，影响程度可以忽略。

根据现场照片可知，海底电缆和水管在铺设过程中施工工艺较粗糙，个别管线下方均有石块，为平整地敷设在海床上，因此，业主单位应加强海底电缆和水管的维护，尽可能清楚管线下方凸起石块，避免因长期受力不均导致的水管破裂。

图 8.4-1 海底电缆、水管受石块影响现状

9 清洁生产与污染物排放总量控制

9.1 清洁生产

清洁生产是一种新的污染防治战略，是指将整体预防的环境战略持续应用于生产过程、产品和服务中，以增加生态效率和减少人类及环境的风险，也就是说清洁生产对生产过程要求节约原材料和能源，淘汰有毒材料，降低所有废弃物的数量和毒性；对服务要求将环境因素纳入设计和所提供的服务中。清洁生产评价指标可分为四大类：原材料指标、产品指标、资源指标和污染物产生指标。

根据清洁生产的原理，本工程坚持实行污染防治和生态保护并重的指导方针，文明施工与作业，合理选择污染小的产业链，即运用先进技术、工艺和设备，减少污染物的排放，降低排放浓度，从源头上控制污染物的产生，同时加大生态建设和环保治理投入，确保生态环保设施建设与主体工程同时设计、施工和使用。本章主要拟从该工程施工期方面考虑已建项目是否符合清洁生产的原则和要求，主要考虑施工过程、污染物产生与治理措施等。

清洁生产指标分为三级：一级代表国际清洁生产先进水平，二级代表国内清洁生产先进水平，三级代表国内清洁生产基本水平。

9.1.1 本工程施工期清洁生产分析

从清洁生产方面考虑，本工程清洁生产环节主要体现在施工工艺、施工设备选择、环保措施等方面。

（1）施工工艺

本工程海缆施工为由三亚林旺海岸至蜈支洲岛西侧码头旁电压等级为10KV 的三芯海缆。海中部分将电缆直接敷设在水底，两岸附近浅滩部分电缆埋入土中约 1.2 米深，陆上部分电缆埋入土中约 1 米深。

海底水管海上施工为将水管和沉块运至沙滩，用快艇将水管及沉块运至作业海域，先放下管底沉块，由潜水员将水管放入沉块凹槽内，再放上部沉块，用螺栓固定，依序进行。陆上水管采用人工开挖沟槽施工，连接两端陆地水管，水管铺设完成后，进行水管冲洗，依据《水利工程管道试压规范》做管道承压和密闭性试验。确认管道正常后投入使用。

（2）施工设备选择

本工程所用的施工设备主要为施工船舶、挖掘机、推土机和自卸卡车，为减少施工期环境影响，采用了先进的低噪声低污染船舶，选用了清洁能源柴油。尽可能的选用了耗油量低的产品，以满足清洁生产的相应要求。

（3）环保措施

林旺段登陆点生活污水依托现有公共厕所，统一排入市政管网，船舶生活污水和蜈支洲岛登陆点生活污水由蜈支洲岛自身污水厂接收处理达标后用于绿化；生活垃圾统一收集交由环卫部门清运处理；船舶油污水委托三亚华利清污有限公司处理。因此，工程采取的环保措施符合清洁生产的要求。

综上所述，在本项目的建设施工过程中，采用了合适的施工方案，使用先进的工艺装备、使作业高效、节能，减少不必要的消耗，也就降低了对环境的不必要的影响；同时，在作业过程中严格遵守技术规范，以环境保护意识贯穿于整个建设过程中，文明施工，爱护环境，这些都是清洁生产原则在本项目建设过程中的体现。因此，从总体上说，本项目施工期的清洁生产水平可处于国内先进水平。

9.1.2 本工程营运期清洁生产水平

本项目运营期仅用于输电和输送自来水，不进行生产作业，不产生污染物。

9.2 总量控制

9.2.1 主要受控污染物的排放浓度、排放方式与排放量

按国家对污染物排放总量控制指标的要求，在核算污染物排放量的基础上提出工程污染物总量控制建议指标，是建设项目环境影响评价的任务之一，污染物总量控制建议指标应包括国家规定的指标和项目的特征污染物。

“十四五”期间国家将对化学需氧量（COD）、氨氮（NH_3-N）和挥发性有机 物（VOCs）、氮氧化物（NOx）实行总量控制。

项目的特征污染物，是指国家规定的污染物排放总量控制指标未包括，但又是项目排放的主要污染物。这些污染物虽然不属于国家规定的污染物排放总量控制指标，但由于其对环境影响较大，又是项目排放的特有污染物，所以必须作为项目的污染物排放总量控制指标。

项目建设内容为海底电缆和水管敷设，其产生的污染物对海洋环境的主要影响表现在水质和生态两方面，主要污染物种类为废水和固体废物，包括施工期的悬浮泥沙、生活污水、生活垃圾、施工噪声和施工船舶含油污水。项目运营期不产生污染物。

9.2.2 污染物的排放消减方法

施工船舶施工队伍产生的生活污水和蜈支洲岛登陆点生活污水由蜈支洲岛自身污水厂统一处理达标后用于绿化，林旺段登陆点生活污水依托现有公共厕所，统一排入市政管网；生活垃圾经收集后交由环卫部门清运处理；施工作业产生的悬浮物，根据施工实际情况采取相应的削减措施，最大限度降低SS 含量。

9.2.3 污染物排放总量控制方案与建议

本项目运营期不产生水、气、声、固体废物等污染物。因此，本项目不设总量控制指标。

10 环境保护对策措施

10.1 建设项目各阶段的污染环境保护对策措施

10.1.1 悬浮泥沙污染防治措施

通过工程分析，产生的悬浮泥沙对环境影响较大的环节是电缆和水管铺设是引起的悬浮物，采取的悬浮泥沙污染防治措施见表 10.1.1-1。

表 10.1.1-1 悬浮泥沙污染防治措施一览表

产物环节	环保措施
管道敷设	采用了先进的施工工艺和设备，严格控制施工作业面，施工准确定位。
	施工过程中已采用了对水体扰动小的施工船舶，避免了泥沙的扩散和再悬浮。
	已选择海况较好的时间施工，减小了悬浮物的扩散范围。
	已合理安排施工顺序和进度。
	在台风、暴雨等恶劣天气下，已提前做好防护工作。

10.1.2 水污染防治措施

（1）已严格管理施工船舶和施工机械，严禁船舶带“病”作业，严禁油料泄漏或倾倒废油料，严禁施工船舶向水域排放未经过处理的机舱水。施工船舶进场前，船舶油污水系统的排放阀已铅封。

（2）施工船舶设置生活污水收集罐和油水分离器或装灌油污水的舱柜或容器等集中收集和贮存，船舶施工人员生活污水和含油污水均收集上岸，船舶油污水委托三亚华利清污有限公司处理，船舶生活污水由蜈支洲岛自身污水厂接收处理达标后用于绿化。

（3）陆域施工产生生活污水主要分为林旺段登陆点和蜈支洲岛登陆点施工人员产生的生活污水。其中，林旺段登陆点生活污水依托现有公共厕所，统一排入市政管网；蜈支洲岛登陆点生活污水依托景区公共厕所，并经岛上自有污水处理厂统一处理达标后用于绿化灌溉。

水污染主要污染环保设施和对策措施见表 10.1.2-1。

表 10.1.2-1 水污染环保设施和对策措施一览表

阶段	污染物	污染物排放	环保设备	规模及数量	实际效果	实施地点	运行机制
施工	含油污水	船舶机舱含油污水 船舶、机器等清洗	油水分离器	油水分离器 1 台/艘，处理能	船舶油污水委托三亚华利清污有	施工船舶、施工机械	施工单位设兼职环

期				力 0.5m^3/h	限公司处理，船舶生活污水由蜈支洲岛自身污水厂接收处理达标后用于绿化。		境管理人员负责，定期清理，或委托专业机构进行
		船舶及其它施工机器作业期间漏油或者维修产生的油污	油污收集灌	油污收集罐 1 个/艘，1m^3；			
		船舶生活污水	船舶污水收集罐	污水收集罐 1 个/艘，2m^3		施工船舶	
	生活污水	陆域生活污水	依托现有公共厕所	-	林旺段登陆点生活污水依托现有公共厕所，统一排入市政管网；蜈支洲岛登陆点生活污水依托景区公共厕所，并经岛上自有污水处理厂统一处理达标后用于绿化灌溉	施工场地	

10.1.3 固体废物污染防治措施

（1）施工单位不随意抛弃建筑材料、旧料和其它杂物，应尽可能的回用，不能利用的应有计划、有步骤的搬运或堆存。

（2）陆域施工场地依托景区现有垃圾桶，陆域施工人员生活垃圾经收集后，统一交由环卫部门清运处理。

（3）施工船舶上已设置带有明显分类标志的垃圾收集箱，进行生活垃圾收集，收集上岸后交由环卫部门清运处理。

（4）施工中已禁止向海洋抛弃各类固体废物，同时已避免各类物料散落海中。施工中产生的固体废物由施工单位负责及时清理处置。施工结束时，做好施工现场的清理和固体废物的处理处置工作，不在地面有明显的固体废物残留。

（5）施工船舶、机械设备发生作业操作性或事故性的残油、洗涤油及时盛接，与生活垃圾中分拣出来的危险废物交由三亚华利清污有限公司将其安全处置。

表 10.1.3-1 固体废物污染环保设施和对策措施一览表

阶段	污染物	污染物排放	环保设备	规模及数量	实际效果	实施地点及投入使用时间	运行机制

<table>
<tr><td rowspan="3">施工期</td><td rowspan="2">生活垃圾</td><td>陆域生活垃圾</td><td>垃圾桶</td><td>依托景区现有垃圾桶</td><td rowspan="2">统一收集交由环卫部门运送至附近的垃圾处理场集中处理。</td><td>施工场地</td><td rowspan="3">施工单位设兼职环境管理人员负责，定期清理，或委托专业机构进行</td></tr>
<tr><td>船舶生活垃圾</td><td>垃圾桶</td><td>10 个</td><td>施工船舶</td></tr>
<tr><td>残油、废油</td><td>施工船舶、机械设备作业产生的残油、废油等危险废物</td><td>油污收集灌</td><td>船舶自身配套，1 个/艘</td><td>统一交由三亚华利清污有限公司将其安全处置。</td><td>施工船舶、施工机械</td></tr>
</table>

10.1.4 噪声污染防治措施

项目施工期环境噪声主要为施工船舶和施工机械产生的噪声，运营期不产生噪声，主要噪声污染防治对策措施见表 10.1.4-1。

表 10.1.4-1 噪声污染防治措施一览表

<table>
<tr><th>阶段</th><th>污染物排放</th><th>环保措施</th><th>实际效果</th></tr>
<tr><td rowspan="2">施工期</td><td rowspan="2">施工机械、船舶噪声</td><td>已及时加强施工船舶及施工机械的保养，维持施工船舶和施工机械的低声级水平，避免超过正常噪声运转。</td><td rowspan="2">已减少突发噪声及强噪声源对声环境的影响</td></tr>
<tr><td>已合理安排施工时间。</td></tr>
</table>

10.1.5 大气污染防治措施

项目施工期主要大气污染物为陆域施工场地产生的扬尘，施工船舶和施工机械产生的尾气，运营期不产生废气污染物。主要大气污染防治对策措施见表 10.1.5-1。

表 10.1.5-1 大气污染防治对策措施一览表

<table>
<tr><th>阶段</th><th>污染物</th><th>污染物排放</th><th>环保措施</th><th>实际效果</th></tr>
<tr><td rowspan="3">施工期</td><td>废气</td><td>施工船舶、施工机械产生的废气</td><td>使用符合环保要求的机械设备、船舶，机械设备及船舶使用符合环保标准要求的燃料；加强对燃油机械设备的维护和保养，保持设备在正常良好的状态下工作；同时燃油机械安装自动再生式柴油颗粒捕集器，使尾气达标排放。</td><td>较少废气排放</td></tr>
<tr><td rowspan="2">粉尘</td><td rowspan="2">粉尘</td><td>定期对作业面和场地道路洒水，保持地面湿润，减少扬尘扬起。</td><td rowspan="2">减少粉尘污染</td></tr>
<tr><td>车辆运输物料时加盖蓬布、控制车速，防止物料洒落和水泥、碎石引起产生扬尘，运输车辆减缓行车速度。</td></tr>
</table>

10.2 建设项目各阶段的海洋生态保护对策措施

海洋生态损失主要特征有：生态损失的长期性、潜伏性；生态损失的影响范围广；生态损失的修复难度大；海洋生态损失的主体具有多元性和难确定性。

10.2.1 生态保护与修复

生态修复是人为采取一定的方法，对已经造成损害的海洋生态系统而采取的一项补救措施使遭到破坏的生态系统逐步恢复或使生使生态系统向良性循环方向发展。根据自然资源损失补偿和受损区域恢复原则，该项目必须采取一定的生态恢复和补偿措施，以削减生态影响程度，改善区域生态系统功能。生态环境保护和修复对策措施见表 10.2.1-1。

表 10.2.1-1 海洋生态环境保护和修复对策措施一览表

影响	环保措施	规模及数量	预期效果	运行机制
渔业资源	选择风浪较小的天气施工；施工过程中采用对水体扰动小的施工船舶和设备，避免泥沙的扩散和再悬浮；合理安排施工作业时间，施工作业避开鱼类等生物的繁殖期，避免因施工作业干扰保护鱼类的生活习性	-	减小悬浮泥沙对渔业资源、鱼卵仔鱼的影响	施工单位
	加强施工人员的管理，严禁向海域内随意排放和丢弃污染物	-	避免对生态环境造成影响	施工单位
	对施工过程造成的海洋生态损失进行补偿	需补偿渔业资源损失量 12.24 万元	对生态损失进行补偿	建设单位
底栖生物	电缆和水管铺设时准确定位、详细记录其过程，严格按照施工平面布置进行作业。	需补偿底栖生物损失量 1.38 万元	减少对项目所在海域底质扰动的强度	建设单位、施工单位
水生生物	施工前先驱散工程区水生生物，控制船舶的发动机噪声和其他设备的噪声。	-	减少对水生动物的干扰	施工单位
珊瑚礁资源	施工期工程施工严格控制在施工作业范围内，不超出划定的施工作业范围施工，减小对珊瑚礁资源的影响；同时施工船舶不在珊瑚礁分布区抛锚，避免破坏珊瑚礁。	-	减小对珊瑚礁资源的影响	施工单位
	选择中、小潮、海况好的时间施工，电缆和水管铺设时准确	-	减少污染物的扩散范围，减少对	施工单位

影响	环保措施	规模及数量	预期效果	运行机制
	定位，减少悬浮泥沙的扩散范围，减少对周边海域的影响。		周边珊瑚生长区的影响。	
	施工期船舶生活污水和船舶含油污水由船舶方委托专业单位接收处理，不向附近海域排放影响珊瑚礁生境，施工期固体废物统一收集上岸交由环卫部门处理，严禁随意海抛。	-	避免污染物入海对珊瑚礁产生影响	施工单位
	项目施工过程中存在事故性溢油风险，一旦发生溢油事故，油膜扩散至珊瑚礁，破坏珊瑚礁的生长环境。因此，项目采用有效的溢油风险防范措施，对船舶进行严格管理，杜绝溢油事故的发生。	-	本项目在施工过程中未发生溢油事故	建设单位、施工单位

10.2.2 生态补偿

本项目施工作业将对海洋生物造成一定程度的影响，业主应予以一定的生态补偿。

（1）生态补偿金额

项目施工期间不可避免地造成一定的海洋生物损失，因此，为减少施工过程对海域生物和渔业资源造成的损失，应参照农业部的有关规定作出生态补偿。施工过程中对资源造成最直观的损失是底栖生物、游泳生物以及鱼卵和仔稚鱼的损失，建议建设单位根据农业部《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）对生物资源损害赔偿和补偿年限（倍数）的规定，对项目附近水域的水产资源恢复作出经济补偿。进行生物资源损害赔偿时，应根据补偿年限对直接经济损失总额度进行校正。

生态补偿按照等量补偿原则确定。根据《三亚蜈支洲岛海底电缆、水管项目生态评估报告》分析估算，本项目海洋生态损失补偿总额估算为 13.62 万元。

（2）生态补偿方案

2023 年 5 月 24 日，海南蜈支洲旅游开发股份有限公司根据《三亚蜈支洲岛海底电缆、水管项目生态保护修复方案》组织实施“海南省三亚市蜈支洲岛海底电缆、水管项项目海洋牧场生态修复增殖放流”，开展鱼类增殖放流。参加活动的有三亚市农业农村局、海南大学（技术支撑单位）、三亚市公证处等，

活动邀请了 3 位专家进行技术监督与验收。技术支撑单位和技术专家在项目现场对放流的鱼苗进行随机抽样、测定规格和统计数量，三亚市农业农村局、公证机构、媒体单位及现场群众进行了全程监督，在三亚蜈支洲岛海域国家级海洋牧场示范区共投放青石斑 50569 尾（规格为 5.6mm）、红鳍笛鲷 66780 尾（规格为 5.16mm）、川纹笛鲷 66297 尾（规格为 5.03mm）。一定程度上补偿海洋生物资源损失，对保护该海域海洋生物多样性具有一定促进作用。

10.2.3 生态监管

生态监管包括生态保护、生态补偿措施的管理，项目竣工验收和跟踪监测等。

（1）生态保护、生态补偿措施的管理

一般情况下，因工程建设而采取的生态保护、生态补偿措施的进度落后于建设项目的进度，如渔业资源人工增值流放、海洋生态恢复工程等都必须在建设项目基本成后实施。一般按照海洋环评的要求和实际工作情况，生态补偿工作应在施工结束后的第一年六月份开始实施。本项目已在 2023 年 5 月 24 日组织实施“海南省三亚市蜈支洲岛海底电缆、水管项目海洋牧场生态修复增殖放流”，开展鱼类增殖放流，三亚市农业农村局、公证机构、媒体单位及现场群众进行了全程监督。

（2）项目竣工验收

工程后，相关主管部门应参与项目的竣工验收，验收重点为环境保护设施、生态保护和生态补偿措施等。如果本项目环保措施未达标，或者生态补偿费用未落实，不应同意本项目的竣工验收。

（3）跟踪监测

建设项目对生态的影响机制比较复杂，其影响程度也很难完全准确预测。因此，在本项目建成后，应就项目对环境的影响进行跟踪监测，可委托有资质的监测部门实施监测计划。对跟踪监测中发现的超标预测影响问题，应及时上报有关行政主管部门，并要求项目建设单位采取相应的补偿措施。

11 环境保护的技术经济合理性

11.1 环境保护设施和对策措施的费用估算

本报告采取的清洁生产和污染防治措施主要针对会对海洋环境造成影响的水污染和固体废物污染，并提出了生态保护措施，比较清楚、具体，可以有效执行，能够达到环境保护的要求。

根据当前的市场经济价格估算，本次评价已采取的各项污染防治措施费用约为78.35万元，项目总投资约2000万元，占总投资的3.92%，见表11.1-1。

表 11.1-1 环保投资估算表

阶段	项目	单价	数量	金额（万元）
施工期	环境监理	2万元/月	3月	6.0
	含油废水处置费用	—	—	5.0
	生活污水、生活垃圾处置费用	依托现有厕所和垃圾桶		0.0
	施工船舶垃圾收集设施	施工船舶自身配备		0.0
	集污舱、油水分离器或装灌油污水的舱柜以及残油、废油储存舱等			
	溢油回收设施（含围油栏、收油机、撇油器、吸油材、消油剂及消油剂喷洒装置等）	租用周边码头溢油应急设备		10.0
	生态损失补偿额	—	—	13.62
运营期	跟踪监测	20万元/次	2次	40.0
不可预见费（按5%计）		—	—	3.73
合计				78.35

11.2 环境保护的经济损益分析

本项目建设具有良好的社会效益和经济效益，同时工程施工也会一定程度上破坏海区水质、生态环境，产生不良环境影响。在环境经济损益分析中除需计算用于控制污染所需投资的费用外，还需

11.2.1 社会经济损益分析

蜈支洲岛原为军事用岛，部队在岛上生活用水都依靠自行开采的一口水井，经营初期景区员工和上岛游客较少，部队留下来的水井基本可以满足景区经营生活需求，岛上用电只能采取发电机供电保障日常生产经营，随着景区接待游客量的逐年增长，景区用电需求也在相应增加，井水不能满足景区经营需求。为保障景区正常生产经营，

海南蜈支洲旅游开发股份有限公司于2005年11月自行出资，铺设一条DN90mm聚乙烯Pe给水管，并从上海上缆藤仓电缆有限公司采购两根长度约3km的海底电缆，于2006年4月，由舟山市电力安装公司完成电缆敷设工作，随着景区运营游客量持续增多，至2010年岛上供水再次不能满足需求，因此又铺设了一条DN110mm聚乙烯Pe给水管。海底电缆、水管采用用一条路由呈东西直线走向，路径三亚海棠湾中心广场海岸至蜈支洲岛冬季码头，两点间的直线距离约为2.83km。

蜈支洲岛是海南省 5A 级景区之一，该海底电缆和两条水管是海南蜈支洲旅游开发股份有限公司为应对景区用水用电紧张，完善游客游玩体验提前铺设。本项目属于蜈支洲景区旅游开发必须的基础设施建设，对提升蜈支洲岛的游客体验和满意度有重要的意义，有利于蜈支洲岛的旅游发展，从而促进海棠湾旅游产业的发展，对提升海棠湾旅游服务质量有极大的意义。

因此，从国民经济的角度来看，本项目建设具有良好的社会经济效益。

11.2.2 环境损益分析

本工程的建设产生明显的社会效益和经济效益，但也对周围海域环境造成一定的影响。其中有些影响可以按费用来折算，有些则无法用费用来折算。

环境经济损失是指采取相应环保措施后，工程项目仍然可能造成的环境损失，对于本工程建设项目来说，主要环境损失体现在两个方面：一是施工造成的底栖生物损失；二是渔业资源量有一定减少。

在工程建设中，由于施工作业改变了生物的原有栖息环境，尤其对底栖生物的影响是最大的，少量活动能力强的底栖种类逃往别处，大部分底栖种类将被掩埋、覆盖，除少数能够存活外，绝大多数将死亡。另外，施工产生的悬浮泥沙也造成海洋生物一定的损失。根据工程分析，本项目对水质环境的影响主要来源于海缆、水管敷设等环节，主要的污染物为悬浮物。海上施工主要通过船舶运输至指定位置铺设，且工程施工属于短期行为，其影响也属于短期、可恢复性质。悬浮物浓度增加引起的水质超标也属于短期、可恢复性质，不会产生长期的、不可恢复性的不良影响。

11.3 环境保护的技术经济合理性

项目施工给项目所在海域环境带来一定的影响，并由此带来一定的经济损失；在采取相应的治理措施后，这种对环境的影响是可以接受的。同时，项目施工建设与工

程完成后的过程中，建设单位也采取了一定的环境保护措施，将环境影响控制在最小范围和最低程度，并且这些污染防治办法与环境保护措施在经济上是合理的、可行的。

12 工程环境可行性

12.1 产业政策符合性分析

本项目属于《产业结构调整指导目录》（2024 年本）中第一类“鼓励类”“五、新能源”中的“1．风力发电技术与应用”和“二十二、城镇基础设施”中的“市政基础设施”，因此本项目的建设符合国家的产业政策。

根据《海南省产业准入禁止限制目录（2025 年版）》，本项目不属于禁止类、限制类产业，所以项目是符合海南省产业政策的。

12.2 与相关规划符合性分析

12.2.1 与国土空间规划的符合性

（1）与《海南省国土空间规划（2021—2035 年）》的符合性分析

根据《海南省国土空间规划（2021—2035 年）》，按照“两空间内部一红线”分区要求，构建“两空间内部一红线”近岸海域总体布局，对近岸海域开发保护功能进行引导。“两空间”包括海洋生态空间和海洋开发利用空间，“一红线”为海洋生态保护红线。本项目位于海洋开发利用空间和生态保护红线内。

根据《海南省国土空间规划（2021-2035 年）》，海洋开发利用空间的管控要求为“在近岸海域依据海洋开发利用现状和适宜性，衔接海洋发展战略，划定海洋开发利用空间。海洋开发利用空间允许集中开展海洋渔业、海洋交通运输业、海洋工矿通信业、海洋旅游业等活动”。本项目用海类型为工矿通信用海（一级类）中的海底电缆管道用海（二级类），符合海洋开发利用空间的管控要求。

根据《海南省国土空间规划（2021-2035 年）》，严格落实生态保护红线管理规定，生态保护红线内，自然保护地核心保护区原则上禁止人为活动，法律法规另有规定的除外。生态保护红线内自然保护地核心保护区外，禁止开发性、生产性建设活动，在符合现行法律法规前提下，除国家重大战略项目外，仅允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动。本项目属于蜈支洲景区旅游开发必须的基础设施建设，对提升蜈支洲岛的游客体验和满意度有重要的意义，有利于蜈支洲岛的旅游发展。本项目涉及蜈支洲岛珊瑚礁生态保护红线已经取得省政府认定意见，属于对生态功能不造成破坏的有限人为活动。

综上，项目的建设符合《海南省国土空间规划（2021—2035 年）》中关于海洋开发利用空间和生态保护红线的管控要求。

图 12.2.1-1 与《海南省国土空间规划（2021—2035 年）》海洋空间布局叠置图

图 12.2.1-2 与《海南省国土空间规划（2021—2035 年）》生态保护红线叠置图

（2）与《三亚市国土空间总体规划（2021—2035 年）》的符合性分析

《三亚市国土空间总体规划（2021—2035 年）》落实海洋强国战略，科学保护和利用海洋，结合新时期海洋空间管控要求及产业用海需求，划定海洋功能区，主要分为生态保护区、交通运输用海区、工矿通信用海区、游憩用海区、渔业用海区、特殊用海区、海洋预留区等 7 个海洋功能区。

本项目用海区位于蜈支洲岛海底电缆管道用海区（2.6874 公顷）、蜈支洲岛珊瑚礁生态保护区（0.7669 公顷）和海棠湾游憩用海区（2.4052 公顷）。

该规划第 88 条近岸海域海洋功能分区与管控“按照海洋功能区划管理和利用海域资源，保护海洋生态环境，统筹海洋资源的综合利用，优先保障海域使用的主导功能，适度兼顾、兼容功能在不影响主导功能和兼容功能正常使用的情况下，可适当考虑其他功能的用海需求；经科学论证、评价，海上航线海底管线、跨海路桥等线性工程可穿越所有海洋功能区”。本项目供水、供电管道等线性工程建设对周边蜈支洲岛珊瑚礁生态保护区等海洋功能区影响较小，穿越该功能区是合理性可行的。

根据海南省自然资源和规划厅印发《关于强化自然资源要素保障推进投资扩容增效若千政策措施（试行）的通知》（琼自然资管〔2024〕64 号）相关要求，“位于城镇开发边界外，符合‘三区三线’管控要求的单独选址项目，可动态新增列入国土空间规划重点建设项目清单”。本项目已新增列入《三亚市国土空间总体规划(2021-2035 年)》“重点建设项目清单（2024 年度第二批）”，详见附件 11。

因此，项目建设符合《三亚市国土空间总体规划（2021-2035 年）》的要求。

图 12.2.1-3 项目与《三亚市国土空间总体规划（2021-2035 年）》叠置图

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

根据《海南省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》，本项目用海区位于蜈支

洲岛海底电缆管道用海区、蜈支洲岛珊瑚礁生态保护区和海棠湾游憩用海区。

蜈支洲岛海底电缆管道用海区管控要求为：空间准入方面，主导用海类型为工矿通信用海，可兼顾游憩用海；利用方式方面，严格限制改变海域自然属性；保护要求方面，保护海域生态环境；其他要求，对海底电缆管道采取定期复查、监视和保护措施。

海棠湾游憩用海区管控要求为：空间准入方面，主导用海类型为游憩用海，兼顾渔业用海、交通运输用海、海底电缆管道用海和特殊用海，可适度开展休闲渔业和海洋牧场用海活动；利用方式方面，严格限制改变海域自然属性；保护要求方面，保护沙滩、沿岸地质地貌、自然岸线和防护林；其他要求，允许适度改变海域自然属性，合理规划港口基础设施建设，提高码头使用效率。

蜈支洲岛珊瑚礁生态保护区管控要求为：空间准入方面，主导用海类型为允许开展对生态功能不造成破坏的有限人为活动，严格按照自然保护地管理规定、生态红线管理规定、珊瑚礁保护规定等进行管理；利用方式方面，禁止改变海域自然属性；保护要求方面，保护珊瑚礁及其生态系统；保护海洋生物多样性。

本项目用海类型为工矿通信用海（一级类）中的海底电缆管道用海（二级类），符合海棠湾游憩用海区和蜈支洲岛海底电缆管道用海区主导用海类型；用海方式（一级方式）为其它方式，二级方式为海底电缆管道，没有改变海域自然属性；本项目海中部分将电缆直接敷设在水底，两岸附近浅滩部分电缆埋入土中约 1.2 米深，陆上部分电缆埋入土中约 1 米深，基本不会对海岸和沙滩造成影响，对管线路由所经海域冲淤环境影响非常有限。虽然本项目供水、供电管道在施工期对周边海洋生态环境产生一定影响，但整体上影响相对较小，且业主单位积极实施了生态修复增殖放流、联合科研单位开展珊瑚礁生态修复技术研究，一定程度上保护珊瑚礁及其生态系统、保护海洋生物多样性。

图 12.2.1-4 项目与《海南省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》叠置图

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

根据《海南省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》，三亚市海岸带生态修复重点项目包括 7 类项目 17 个子项目，本项目周边海域的修复项目有珊瑚礁生态系统修复重点项目-3 三亚市蜈支洲岛珊瑚礁生态系统修复项目。

由于蜈支洲岛作为5A级景区海岛，岛上缺水缺电，日游客量最大可达2-3万人，仅靠柴油发电、船舶运水基本不可能，为满足游客及景区正常运营，必须从岛外通过供水、供电才能满足。本项目作为蜈支洲岛5A级景区的基础配套设施，采用海底电缆管道的用海方式，对周边用海影响很小，且早在2010年10月已经完成所有电缆和水管的铺设，对后续周边生态修复项目基本没有影响，同时还可为三亚市蜈支洲岛珊瑚礁生态系统修复项目提供电力保障。

综上，项目建设符合海南省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》的要求。

图12.2.1-5 生态保护修复重大工程布局图

12.2.2 与国土空间“三区三线”划定成果的符合性分析

根据海南省国土空间基础信息平台查询结果（图12.2.2-1），本项目用海不占用城市开发边界和永久基本农田，涉及生态保护红线。本项目部分涉及生态保护红线自然保护地以外区域，不涉及自然保护地核心保护区，涉及生态保护红线名称为蜈支洲岛珊瑚礁，涉及面积为0.7669公顷，生态保护红线类型为珊瑚礁。

《三亚蜈支洲岛海底电缆、水管项目生态保护红线内有限人为活动认定专题论证报告》已经通过专家评审且取得了省政府出具的认定意见（附件9）。根据《三亚蜈支洲岛海底电缆、水管项目生态保护红线内有限人为活动认定专题论证报告》，本项目海底电缆、水管在施工期对周边海洋生态环境产生一定影响，但整体上影响相对较小，且业主单位积极实施了生态修复增殖放流、联合科研单位开展珊瑚礁生态修复技术研究，一定程度上保护珊瑚礁及其生态系统、保护海洋生物多样性。运营期，本项目没有其它新的生态环境问题产生，也基本不会对珊瑚礁及其生态系统和海洋生物多样性产生影响；也基本不会对珊瑚礁及其生态系统和海洋生物多样性产生影响；也不会造成该生态红线面积减少，基本不会对该生态红线内的珊瑚礁生态功能产生影响，该海域的自然属性仍保持原状。项目用海对所在的生态保护红线内自然保护地以外区域的影响相对较小。而由于蜈支洲岛四周均为生态红线，供水供电管道必须穿越该红线（穿越面积为0.7669公顷）才能到达蜈支洲岛。蜈支洲岛海底电缆、水管项目用海方式为海底电缆管道，对周边海域自然属性影响较小；用海面积根据海籍调查规范确定，用海面积合理。项目选址于蜈支洲岛西侧与海棠湾沿岸之间的最近区域，且该区域大多为砂质海底，没有活珊瑚分布，选址合理。因此，本项目不具备避让生态保护

红线的条件。项目用海属于自然资发〔2022〕142 号文中第 6 条“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、通讯和防洪、供水设施建设和船舶航行、航道疏浚清淤等活动；已有的合法水利、交通运输等设施运行维护改造”的有限人为活动；符合《海南省生态保护红线准入管理目录（修订）》第六项“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、通讯和防洪、供水设施建设和船舶航行、航道疏浚清淤等活动”建设要求；符合《海南省生态保护红线管理规定》十五条“（七）确需建设且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施以及防洪、供水设施建设与运行维护”要求，本项目可认定为生态保护红线内不破坏生态功能的有限人为活动。

综上，项目属于不破坏生态功能的有限人为活动，项目建设符合符合生态保护红线相关管理规定。

图 12.2.2-1 项目与“三区三线”版生态保护红线位置关系图（引自海南省国土空间基础信息平台）

12.2.3 与《三亚市海域使用详细规划》的符合性分析

2023 年 8 月《三亚市海域使用详细规划》获三亚市政府批复实施，将为该市合理配置海域资源，引导海洋产业优化布局，促进海洋产业协调发展，有效控制各类建设用海规模，保护特殊海域生态环境，建立科学的海域使用管理秩序，合理海域审批提供有效依据。

《三亚市海域使用详细规划》是国土空间规划的延伸和细化，将国家的用海三级分类体系创新性地完善到四级用海类型，并规划落实到部分海域空间，做到精细化布局；提出的海域海岛旅游容量控制指标，做到精准化管控；将土地规划中地类图则引入海洋规划，做到清晰化呈现。根据《三亚市海域使用详细规划》，本项目用海位于混合电缆管道用海（代码：190605）。

混合电缆管道用海的用途管控为“主导功能为用于铺设海底输水管道、海底电缆等及其保护区域，适度兼顾海上观光旅游活动；可兼顾通航，但禁止抛锚；禁止捕捞”，本项目正是为满足蜈支洲岛正常运营所铺设的海底输水管道和海底电缆，完全符合该区的用途管控要求。

混合电缆管道用海的用海方式为“用海方式为海底电缆管道用海，禁止填海造地、

非透水构筑物、围海、开放式养殖、浴场、锚地等和其他对主导功能造成不可逆影响的用海方式”。本项目的用海方式为海底电缆管道用海，用海方式完全满足要求。

混合电缆管道用海的使用规划为“分别规划三亚城市中心向西瑁洲岛铺设海底输水管道、海底电缆等海底管道用海；海棠湾乡镇向蜈支洲岛铺设海底输水管道、海底电缆等海底管道用海；三亚东锣岛度假酒店海底电缆用海……”。本项目正是由海棠湾乡镇向蜈支洲岛铺设海底输水管道、海底电缆等海底管道用海，完全符合使用规划要求。

混合电缆管道用海的用海管控为“严格按照《铺设海底电缆管道管理规定》等相关规划、法律法规、政策文件要求，加强海底电缆、输水管道的保护；禁止在海底电缆管道保护用海区内从事挖砂、钻探、打桩、抛锚、拖锚、底拖捕捞、张网、养殖或者其它可能破坏海底电缆管道安全的海上作业；对海底管道采取定期复查、监视和保护措施，对海底管线用海区进行设置标识，严禁在用海区内进行各种旅游活动”。本项目在施工时基本按照《铺设海底电缆管道管理规定》等相关规划、法律法规、政策文件要求进行铺设，但个别管线下方均有石块，未平整地敷设在海床上，建议业主单位应加强海底电缆和水管的维护，尽可能清除管线下方凸起石块，避免因长期受力不均导致的水管破裂。同时考虑到海底电缆属于公共安全设施，为了防止蜈支洲岛周边海域过往的船只抛锚将电缆钩断造成人员伤亡，2013 年 8 月，海南蜈支洲旅游开发股份有限公司特向三亚海事局申请，将蜈支洲岛海底电缆位置坐标明确标识在区域航海图上并对外给予公示，一定程度上保障了供水、供电管道的使用安全。

因此，本项目建设符合《三亚市海域使用详细规划》中混合电缆管道用海的管控要求。

图 12.2.3-1 本项目与《三亚市海域使用详细规划》关系图

12.2.4 与《海底电缆管道保护规定》的符合性分析

本项目选址区周边无海底电缆管道。根据《海底电缆管道保护规定》中“第十条 国家鼓励海底电缆管道所有者对海底电缆管道保护区和海底电缆管道的线路等设置标识。设置标识的，海底电缆管道所有者应当向县级以上人民政府海洋行政主管部门备案”。2013 年 8 月，海南蜈支洲旅游开发股份有限公司特已向三亚海事局申请，将蜈支洲岛海底电缆位置坐标明确标识在区域航海图上并对外给予公示。因此，项目建设

符合《海底电缆管道保护规定》。

12.2.5 与《海南省海洋经济发展“十四五”规划（2021—2025 年）》的符合性

海南省海洋经济发展“十四五”规划（2021—2025 年）提出：南部：海洋旅游与高新技术产业增长极。包括三亚、陵水和乐东 3 市县及周边海域，建设具有全球影响力的海洋科技教育创新中心、具有世界竞争力的海洋旅游示范区。高标准推进三亚崖州湾科技城建设，打造具有国际竞争力的海洋科技研发中心、海洋科技成果孵化中心、海洋科技教育创新中心。推进国际旅游消费中心引领区、凤凰岛国际邮轮母港建设，推进陵水国家海洋经济发展示范区、大三亚圈渔港经济区建设，培育邮轮游艇、海洋文化创意、海岛旅游、水产南繁种苗、海洋牧场、休闲渔业等产业集群。支持三亚开展海洋旅游国际合作，加快推进三亚新机场、国家深远海综合试验场等重大项目建设。

根据该规划，三亚产业发展方向为：重点发展深海科技、热带海洋旅游、海洋科技教育、水产南繁种业、邮轮游艇、海岛旅游等产业。依托三亚崖州湾科技城，建设深海空间站岸基服务业保障基地，打造深海基地南方中心。建设三亚蜈支洲岛国家级海洋牧场示范区。

本项目作为蜈支洲岛 5A 级景区的基础配套设施，项目建设可以促进蜈支洲岛景区和三亚市旅游产业的发展，因此，项目的建设符合《海南省海洋经济发展“十四五”规划（2021—2025 年）》。

12.2.6 与《海岸线保护与利用管理办法》的符合性

根据《海岸线保护与利用管理办法》的第十四条“严格限制建设项目占用自然岸线，确需占用自然岸线的建设项目应严格进行论证和审批。海域使用论证报告应明确提出占用自然岸线的必要性与合理性结论。”

本项目用海涉及海岸线 21m，为自然岸线中的砂质岸线，根据《关于进一步加强海岸线保护与利用管理工作的通知（征求意见稿）》（自然资办函〔2023〕2434 号），从海岸线下层底土区域穿越的海底电缆管道用海可界定为不占用海岸线，本项目海底电缆和水管道主要为蜈支洲岛上供水供电，采用海底电缆管道的用海方式，因此，本项目可界定为不占用海岸线，对三亚市自然岸线保有率没有影响。

综上，本项目建设符合《海岸线保护与利用管理办法》。

12.2.7 与《海南省生态环境分区管控方案（2023 年版）》的符合性分析

根据《海南省生态环境厅关于发布〈海南省生态环境分区管控方案（2023 年版）〉的函》（琼环函〔2024〕167 号）以及《海南省生态环境分区管控方案（2023 年版）》分析本项目与其符合性。

（1）与“三极一带一区”区域生态环境管控要求的符合性分析

本项目所在地三亚市属于三亚经济圈，本项目与“三极一带一区”区域生态环境管控要求符合性分析见表 12.2.7-1，经分析可知本项目能够满足其原则要求。

表 12.2.7-1 项目与“三极一带一区”区域生态环境管控要求的符合性分析（摘录）

区域	区位范围	总体生态环境管控要求	符合性分析
三亚经济圈	包括三亚、陵水、乐东、保亭 4 市县	4.禁止明显破坏生态环境的建设活动。	**符合。**本项目为海底电缆、水管项目，项目施工期敷设时产生的悬浮泥沙扩散，会对区域生态环境产生一定的影响，但影响时间短暂，随着施工结束，水质很快恢复到原来水平。另外，项目施工产生的生活污水、船舶含油污水及生活垃圾等均收集上岸合理处置，严禁排海，对区域海洋环境影响较小。项目运营期不产生污染物。 综上，项目建设不会对生态环境造成明显破坏。

（2）与生态环境准入清单（2023 年版）的符合性

经查询“海南省生态环境分区管控公众服务平台”，项目区域所在区域属于三亚市海棠区海棠湾国家海岸休闲园区重点管控单元（管控单元编码 ZH46020220001）、三亚市近岸海域生态保护红线其他区域优先保护单元 4（管控单元编码 HY46020010002）、三亚市蜈支洲岛工矿通信用海区重点管控单元（管控单元编码 HY46020020010）和三亚市游憩用海区一般管控单元（管控单元编码 HY46020030004）（图 12.2.7-1），区域管控要求符合性分析详见表 12.2.7-2。

图 12.2.7-1 项目与“海南省生态环境分区管控公共服务平台”分析叠图

表 12.2.7-2 项目所在区域管控要求符合性分析

环境管控单元	管控区分类	管控维度	管控要求	符合性分析
HY46020010002	三亚市近岸海域生态保护红线其他	空间布局约束	1.执行生态空间（生态保护红线其他区域）普适性管控要求。生态保护红线其他区域严格禁止开发性、生产性建设活动，除国家重大战略项	本项目涉及蜈支洲岛珊瑚礁海洋生态保护红线，属于不破坏生态功能的必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的供水设施建设，是在生态保

	区域优先保护单元 4		目外，仅允许对生态功能不造成破坏的人为活动。2.执行珊瑚礁普适性管控要求。禁止采挖珊瑚礁；禁止以爆破、钻孔、施用有毒物质等方式破坏珊瑚礁；任何单位和个人不得占用、填毁珊瑚礁。	护红线内允许的有限人为活动，符合生态保护红线相关要求；业主单位联合科研单位开展珊瑚礁生态修复技术研究，加强了对受损珊瑚礁生态系统的修复。因此，本项目建设符合所在区域空间布局约束要求。
HY46020020010	三亚市蜈支洲岛工矿通信用海区重点管控单元	空间布局约束	1.主导用海类型为工矿通信用海，可兼顾游憩用海；严格限制改变海域自然属性。2.保护海域生态环境。对海底电缆管道采取定期复查、监视和保护措施。	本项目用海类型为海底工程用海（一级类）中的电缆管道用海（二级类），符合工矿通信用海，本项目作为蜈支洲岛旅游开发必须的基础设施建设，符合游憩用海；本项目用海方式为海底电缆管道用海，不会改变海域自然属性。定期开展水下电缆管道及水管的日常维护，避免因老化等其它原因导致管道损毁。因此，本项目建设符合所在区域空间布局约束要求。
		污染物排放管控	执行近岸海域环境（工矿通信用海区）普适性管控要求。不得违法向海洋排放污染物、废弃物及其他有害物质。	施工船舶生活污水由蜈支洲岛自身污水厂统一处理达标后用于绿化，船舶油污水收集后委托三亚华利清污有限公司处理，不排海，生活垃圾经收集后交由环卫部门清运处理；运营期不产生污染物。因此，本项目建设符合所在区域污染物排放管控要求。
HY46020030004	三亚市游憩用海区一般管控单元	空间布局约束	1.主导用海类型为游憩用海，兼顾渔业用海、海底电缆管道用海和特殊用海，可适度开展休闲渔业活动。2.严格限制改变海域自然属性。3.保护周边珊瑚礁。保护沙滩和防护林。防范岸线侵蚀。保护沙滩、沿岸地质地貌、自然岸线和防护林。保护海岛地貌及其周边海域生态系统。	本项目作为蜈支洲岛旅游开发必须的基础设施建设，符合游憩用海，本项目用海类型为海底工程用海（一级类）中的电缆管道用海（二级类），符合海底电缆管道用海。本项目用海方式为海底电缆管道用海，不会改变海域自然属性。业主单位联合科研单位开展珊瑚礁生态修复技术研究，加强了对受损珊瑚礁生态系统的修复。因此，本项目建设符合所在区域空间布局约束要求。
ZH46020220001	三亚市海棠区海棠湾国家海岸休闲园区重	空间布局约束	1.执行水环境城镇生活污染重点管控区普适性管控要求。2.执行大气环境受体敏感重点管控区普适性管控要求。	项目运营期无生产性污染物，满足水环境和大气环境普适性管控要求。
		污染物排	1.执行水环境城镇生活污染重点管控区普适性管控要求。2.	项目运营期无生产性污染物，满足水环境和大气环境普适性管控要求。

	点管控单元	放管控	执行大气环境受体敏感重点管控区普适性管控要求。	
		环境风险防控	执行大气环境受体敏感重点管控区普适性管控要求。	项目运营期无生产性污染物，满足大气环境普适性管控要求。

12.3 工程选址与布置的合理性

12.3.1 工程选址的合理性

12.3.1.1 项目选址与社会条件的适宜性

蜈支洲岛位于海南省三亚市，东距海棠湾海岸 2.57 千米，岸线长度 4.19 千米，陆域面积 0.9345 平方千米，最高点高程 79.1 米，呈不规则的蝴蝶状。从上空俯瞰呈天然的心形，宛如绽放在南海之滨的璀璨之星，是国内首座集海上娱乐、特色潜水、高端酒店、美食餐饮与休闲观光于一身的海岛旅游度假胜地，2016 年 10 月被国家评为 AAAAA 级景区。蜈支洲岛原为军事用岛，部队在岛上生活用水都依靠自行开采的一口水井，经营初期景区员工和上岛游客较少，部队留下来的水井基本可以满足景区经营生活需求，岛上用电只能采取发电机供电保障日常生产经营，随着景区接待游客量的逐年增长，景区用电需求也在相应增加，井水不能满足景区经营需求。2016 年 10 月被国家评为 AAAAA 级景区，日游客量最大可达 2-3 万人，仅靠柴油发电、船舶运水基本不可能，为满足游客及景区正常运营，必须从岛外通过供水、供电才能满足。

本项目选址于蜈支洲岛西侧与海棠湾沿岸之间的最近区域，是最优的用海选址，在避开珊瑚生长的区域范围内，同时又避开了蜈支洲岛游客登岛的航线。根据《三亚市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，项目选址区大部分处于蜈支洲岛海底电缆管道用海区，本项目已新增列入《三亚市国土空间总体规划(2021-2035 年)》“重点建设项目清单（2024 年度第二批）；大部分位于《三亚市海域使用详细规划》混合电缆管道用海，符合其海域主导用海类型和利用方式和保护要求，选址区域能满足项目营运要求。

综上，本项目用海的区位条件和社会条件能满足项目建设和运营的要求。

12.3.1.2 项目选址与自然资源、环境条件的适宜性

（1）底质类型条件

根据 1986 年中国海岸带和海涂资源综合调查成果，项目区域底质类型为细砂和中砂；根据 2009 年高为利等人的调查研究资料结果，本项目所在的蜈支洲岛西侧海域的

底质主要为砂；2023 年 1 月海南正永生态工程技术有限公司在蜈支洲岛附近海域的调查结果，项目区域附近的 C1、C2、C3、C4、C5 及周边区域 C8、C9、C10、C11、C12、C13、C14 站位均以砂质底质为主。

项目区域底质类型为砂质海底，有利于本项目电缆和水管铺设，项目区域底质类型满足项目建设及运营需要。

（2）生态环境

根据 2023 年 1 月海南正永生态工程技术有限公司在蜈支洲岛附近海域的调查结果，叠加项目区域，见图 12.3.1-1，分析海底电缆、水管区域珊瑚礁现状情况：由调查结果可知，由于本项目海底电缆、水管路由底质大多为砂质，项目区域所在调查站位 C1、C2、C3、C4、C5 站均未有活珊瑚分布，珊瑚覆盖度均为 0；管道区域南侧距有活珊瑚分布的最近距离约 145m，管道区域北侧距有活珊瑚分布的最近距离约 215m。

图 12.3.1-1 项目附近珊瑚礁分布情况

综上所述，项目选址于蜈支洲岛西侧与海棠湾沿岸之间的最近区域该区域大多为砂质海底，没有活珊瑚分布，自然资源和海洋生态适宜性适宜本项目建设和运营需要。

12.3.2 平面布置的合理性

项目平面布置充分考虑本项目海域的自然条件、水动力条件、地形地貌条件，尽量减少项目建设对周边环境的影响。其平面布置合理性主要从以下几方面分析：

（1）项目平面布置已最大程度减少对水文动力环境和冲淤环境的影响

本项目海中部分将电缆直接敷设在水底，两岸附近浅滩部分电缆埋入土中约 1.2 米深，陆上部分电缆埋入土中约 1 米。根据 7.1 章节分析，海底电缆、水管铺设不影响区域海域潮流动力，因此，海缆和水管工程实施不会对区域海域地形地貌及冲淤造成影响。

综上，项目平面布置能最大程度地减少对水文动力环境和冲淤环境的影响。

（2）项目用海平面布置有利于生态保护

根据 2023 年 1 月海南正永生态工程技术有限公司在蜈支洲岛附近海域的调查结果，本项目海底电缆、水管路由底质大多为砂质，项目区域所在调查站位 C1、C2、C3、C4、C5 站均未有活珊瑚分布，珊瑚覆盖度均为 0；管道区域南侧距有活珊瑚分布的最近距离约 145m，管道区域北侧距有活珊瑚分布的最近距离约 215m。项目选址避开了

蜈支洲岛珊瑚礁集中分布区，已经避让生态敏感目标、运营期对珊瑚礁生态敏感目标不产生影响。

13 环境管理与监测计划

13.1 环境管理

根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国海洋环境保护法》和《企业法》的精神，企、事业单位在生产和经营中防止污染、保护生态环境应是其重要的职责之一。环境管理是控制污染、保护环境的重要措施，应根据《建设项目环境保护管理条例》等法规的要求，组织环保管理机构，制定环境保护管理计划。

为及时了解和掌握项目的污染源和环境质量发展变化，对该地区实施有效的环境管理，本评价提出项目环境监测机构的组成框架和基本职能，并结合环境质量现状调查和环境影响预测的结果，提出项目建成后环境质量目标及主要污染源的监测计划（监测点位、监测项目、监测频次等）。

13.1.1 施工单位环境管理机构

施工单位应设立内部环境保护管理机构，主要由施工单位主要负责人及专业技术人员组成，建议在工程指挥部设 1～2 名环境管理人员，专人负责环境保护工作，实行定岗定员，岗位责任制，负责各个施工工序的环境管理工作，保证施工期环保设施的正常进行，各项环境保护措施的落实。

施工单位的管理内容主要为：

（1）负责制定、监督、落实有关环境保护管理规章制度，负责实施环境保护控制措施、管理污染治理设施，并进行详细的记录，以备检查。

（2）及时向环境保护主管机构或向单位负责人汇报与项目施工有关的污染因素、存在的问题、采取的污染控制对策、实施情况等，提出改进建议。

（3）按本报告提出的各项环境保护措施，编制详细施工期环境保护措施落实计划，明确各施工工序的施工场地位置、环境影响、环境保护措施、落实责任机构（人）等，并将该环境计划以书面形式发放给相关人员，以便于各项措施的有效落实。

13.1.2 建设单位环境管理机构

为了有效保护项目拟建海域所在区域环境质量，切实保证本报告提出各项施工期环境保护措施的落实，除了施工单位应设置环境保护管理机构外，针对项目的建设施工，项目建设单位还应成立专门小组，定员为 3～4 人（包括施工期、工程后），负责

环境管理和环境监测计划制定和实施。

负责监督施工单位对各项环境保护措施的落实情况，并在选择施工单位前，将主要环境保护措施列入招标文件中，将各施工单位落实主要环境保护措施的能力作为项目施工单位中标考虑因素，将需落实的环保措施列入与施工中标单位签署的合同中，聘请有资质的施工监理机构对施工单位环境保护措施落实情况进行跟踪监理，并且配合环境保护主管部门对项目施工实施监督、管理和指导。具体措施如下：

（1）对工程辖区范围内的环境保护实行统一管理，贯彻执行国家和地方的有关环境保护法规；

（2）领导和组织工程辖区范围内的环境监测工作，建立监控档案；

（3）做好环境教育和宣传工作，提高各级管理人员和操作人员的环境保护意识，加强员工对环境污染防治的责任心；

（4）加强建设项目的环境管理，严格执行本报告提出的污染防治措施和对策；

（5）定期对环境保护设施进行维护和保养，确保环境保护设施的正常运行，防止污染事故的发生；

（6）加强与环境保护管理部门的沟通和联系，主动接受主管部门管理、监督和指导。

13.2 环境监理计划

环境监理是工程（建设）监理的派生分支，着重工程建设中环境的维护，因此是环境保护工作的一个方面，是工程建设中环境保护的重要内容，是工程监理的重要组成部分，同时又具有相对社会化和专业化的独立性。

实施环境监理的目的是使施工现场的环境监督、管理责任分明，目标明确，并贯穿于整个工程实施过程中，从而保证环境保护设计中各项环境保护措施能够顺利实施，保证施工合同中有关环境保护的合同条款切实得到落实。

13.2.1 施工前环境监理计划

（1）审核污染防治的方案

根据具体项目的工艺设计，审核施工工艺中的“三废”排放环节，排放的主要污染物及设计中采用的治理技术是否先进，治理措施是否可行。污染物的最终处置方法和去向，应在工程前期按有关文件规定和处理要求，做好计划，审核整个工艺是否具

有清洁生产的特点，并提出合理建议。

（2）审核施工承包合同中的环境保护专项条款

施工单位必须遵循的环境保护有关要求应以专项条款的方式在施工承包合同中体现，并在施工过程中据此加强监督管理、检查、监测，减少施工期对环境的污染影响，同时应对施工单位的文明施工素质及施工环境管理水平进行审核。

13.2.2 施工时环境监理计划

项目施工阶段的监理任务是：管理，即有关监督、环境、质量和信息的收集、分类、处理、反馈及储存的管理；协调，即对业主和承包商之间、业主与设计单位之间及工程建设各部门之间的协调组织工作；控制，即质量、进度、投资控制。环境监理工作可委托具有资质的环境监理机构负责实施。

本报告所说的环境监理主要指本工程施工期针对海洋环境保护的监理。主要有以下内容：

（1）工程建设过程中环保设施和环保措施的落实；

（2）收集各种有关信息，包括工程区周围利益相关者的投诉意见和建议，施工人员的环保经验等；

（3）召开会议，对各阶段的各种环保措施执行情况进行审核，根据环境监测结果是否达标，及时调整施工进度和计划，总结和改进环保措施等。

（4）建立监理台账。

13.3 环境监测计划

根据《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》制订本项目的生态跟踪监测计划：

（1）海洋环境监测

①监测点位

在海底电缆管道水管项目附近海域布置 3 个监测断面，每个监测断面上布设 3 个站位，共布设 9 个监测站位。其中，水质监测站位 9 个，沉积物监测站位 5 个，生态监测站位 5 个，监测站位见表 13.3-1 和图 13.3-1。

表 13.1-1 监测站位一览表

图 13.1-1 项目监测站位图

②监测内容

海水水质：pH 值、盐度、透明度、水温、悬浮物、溶解氧、化学需氧量、硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮、活性磷酸盐、石油类。

沉积物：粒度、有机碳、硫化物、石油类、重金属（铜、锌、铅、镉、铬、汞、砷）。

海洋生态：叶绿素 a、游泳动物、底栖生物、潮间带生物、浮游植物、浮游动物和珊瑚礁资源。

③监测频率

考虑到本项目为海底电缆管道、水管项目，运营期不产生污染物，对周边海洋环境影响较小，因此，建议运营期 3 年监测一次。

（2）海底电缆管道动态监测

为落实蜈支洲岛工矿通信用海区其它要求“对海底电缆管道采取定期复查、监视和保护措施”，建议业主单位每年定期开展水下电缆管道及水管的日常维护，遇热带气旋等极端天气影响后，及时加密监测，及时采取清除管线下方凸起石块等措施，避免因长期受力不均导致的水管破裂。

13.4 竣工环境保护验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。建设单位在环境保护设施验收过程中，应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况；对各项环保工程措施“三同时”的落实情况、效果以及工程建设对环境的影响进行调查。本项目环保验收内容见表 13.4-1。

表 13.4-1 环境保护验收内容

阶段	环境要素	污染源	主要污染防治措施及验收内容	验收方式	验收标准
施工期	水环境	悬浮泥沙	合理选择施工时间，选用搅动海较小的施工船舶。	施工记录资料	/
		陆域施工场地生活污水	林旺段登陆点生活污水依托现有公共厕所，统一排入市政管网；蜈支洲岛登陆点生活污水依托景区公共厕所，并经岛	施工记录资料	《污水综合排放标准》(GB8978-1996)表 4 中三级

阶段	环境要素	污染源	主要污染防治措施及验收内容	验收方式	验收标准
			上自有污水处理厂统一处理达标后用于绿化灌溉。		标准
		船舶机舱含油污水、机修油污水	配备容量足够的油水分离器和油污水罐;收集上岸，交由资质的单位接收处置，签署接收协议	协议	《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)
		船舶生活污水	由蜈支洲岛自身污水厂接收处理达标后用于绿化	施工记录资料	
	环境空气	施工扬尘	定期对作业面和场地道路洒水，车辆运输物料时加盖蓬布、控制车速。	施工记录资料	《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)
		施工机械、船舶排放的尾气	使用符合标准的燃油，施工船舶进入沿海控制区海南水域，应使用硫含量不大于 0.1%m/m 的船用燃油，减少施工机械、船舶排放的尾气排放量	施工记录资料	《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法(中国第一、二阶段)》
	声环境	施工噪声	加强管理，禁止夜间施工。做好施工机械和船舶的调度和交通疏导工作，禁止车辆鸣笛，降低交通噪声。注意施工机械的保养，维持施工机械低声级水平，避免超过正常噪声运转。	施工记录资料	《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）
	固体废物污染防治	陆域施工场地生活垃圾	依托景区垃圾桶，生活垃圾经收集后由环卫部门定期清运。	施工记录资料	《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020)
		船舶生活垃圾	施工船舶上设置垃圾桶，生活垃圾收集上岸。	施工记录资料	
		施工船舶残油、废油等危险废物	船舶上配备危险废物收集装置，船舶收集，交由资质的单位接收处置	协议	《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）
	生态环境保护	/	对项目建设造成的海洋生态损害进行补偿，海洋生态补偿额不低于 13.62 万元。	/	生态补偿
跟踪监测		/	制定并落实报告书提出的监测计划。	跟踪监测报告	是否按要求开展监测

14 环境影响评价结论

14.1 项目概况

项目位于三亚市蜈支洲岛西侧，电缆、水管呈东西直线走向，路径为三亚海棠湾中心广场海岸至蜈支洲岛冬季码头。已建海缆长度约 3 千米，路径选择在三亚林旺海岸至蜈支洲岛西侧原码头旁，基本呈东西走向，用电负荷为 5000KVA，额定输送容量可达 5700KVA；两条水管长度约 3000 米，均为聚乙烯 Pe 给水管，直径分别为 90mm 和 110mm。

本项目一条电缆和两条水管施工分为三个工期，每个工期为 35 天。项目总投资金额约为 2000 万元。

14.2 产业政策和相关规划的符合性分析

本项目属于《产业结构调整指导目录》（2024 年本）中第一类“鼓励类”“五、新能源”中的“1．风力发电技术与应用”和“二十二、城镇基础设施”中的“市政基础设施”，符合国家的产业政策。

此外项目建设还符合《海南省国土空间规划（2021-2035 年）》《三亚市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《海南省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》《海南省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》、国土空间“三区三线”划定成果、《三亚市海域使用详细规划》《海底电缆管道保护规定》《海南省生态环境分区管控方案（2023 年版）》等的要求。

14.3 环境质量现状调查与评价结论

14.3.1 水环境质量现状

调查海域的 pH 值、溶解氧、化学需氧量、活性磷酸盐、无机氮、油类、硫化物、挥发酚、总铬、汞、砷、铜、铅、镉和锌含量均符合海洋功能区划要求的相应海水水质标准要求，其中 1、4、8、12、17、18、19、20 号站符合功能区划要求的第一类海水水质标准；2、3、5、6、7、9、10、11、13、14、15、16 号站海水水质标准应维持现状。

14.3.2 沉积物质量现状

调查海域的表层沉积物中硫化物、有机碳、油类、铜、铅、锌、镉、铬、总汞和砷均符合《海洋沉积物质量》（GB18668－2002）中第一类海洋沉积物质量标准。依据近岸海域功能区划要求调查 2、5、6、7、8、9、12、13、14、15、17、19 号站海洋沉积物质量标准维持现状。

14.3.3 海洋生物体质量现状

调查海域的生物体石油烃、铜、铅、锌、镉和总汞均符合《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）附录 C 中所属种类的质量标准要求。依据近岸海域功能区划要求调查 2、5、6、7、8、9、12、13、14、15、17、19 号站海洋生物体质量标准维持现状。

根据标准要求鱼类（2、5、6、7、8、9、12、13、14、15、17、19 号站）符合《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）附录 C 中所属种类的质量标准要求。而甲壳类（2、5、6、7、9、12、13、14、15、17、19 号站）样品砷含量均大于 1，为超标样品。经过分析，根据河北省唐山市疾病预防控制中心张文德《海产品中砷的形态分析现状》分析，鱼类及软体动物中主要为有机态砷有机态砷又分为水溶性砷和脂溶性砷，水溶性砷高于脂溶性砷，其中有机态砷约占总砷含量的 80％以上。我国学者韦超等对中国海产品中砷的形态进行了分析，海产品中主要是有机砷，而无机砷含量极低。鱼贝类中有机砷的萃取率占总砷的 61％～91％，萃取液中无机砷含量仅占总萃取砷的 0.3％～1.7％。萃取过程中没有对有机砷产生分解和影响。本次检测方法为总砷检测，结合相关研究说明，样品中的无机砷含量极低，生物体质量仍然是相对安全的。

14.3.4 生态环境质量现状调查结论

调查海区叶绿素 a 含量范围为（0.03~0.40）mg/m^3，调查站位站位均为贫营养区；调查海区初级生产力变化范围是（35.47~226.82）mg·C/m^2·d。

调查海域共鉴定到浮游植物 3 门 40 属 123 种，以硅藻类占多数。平均细胞丰度为 0.19×10^{5}cells/m^3。调查海域浮游植物优势种类明显，主要为覆瓦根管藻细径变种、细长翼根管藻、粗刺角藻纤细变种、劳氏角毛藻、笔尖形根管藻、并基角毛藻、叉状辐杆藻、透明辐杆藻、紧挤角毛藻、丛毛辐杆藻等。各站位的浮游植物丰富度指数平均

值为 3.62，单纯度指数平均值为 0.11，多样性指数平均值为 4.24，均匀度指数平均值为 0.76。

调查海域浮游动物共有 61 种，平均丰度为 46.17ind./m^3，平均生物量为 21.63mg/m^3。该海域浮游动物优势种类主要有异体住囊虫、微刺哲水蚤、亚强次真哲水蚤、双生水母、半口壮丽水母、伯氏平头水蚤、中华哲水蚤、百陶箭虫、长尾类幼体、短尾类幼体、肥胖箭虫。该水域浮游动物多样性指数平均值为 3.96；均匀度指数平均值为 0.86；丰富度指数平均值为 3.11；单纯度指数平均值为 0.10。

调查海域大型底栖动物共采集鉴定到 8 门 87 科 127 种。各站位底栖生物平均密度为 51.71ind./m^2；平均生物量为 5.15g/m^2。调查期间该海域大型底栖动物优势种类突出，优势种为扁尾和美虾。各站丰富度平均值为 0.97；各站单纯度平均值为 0.22；各站多样性指数平均值为 2.44；各站均匀度平均值为 0.94。

本次共采集到获游泳动物 79 种，隶属于 13 目 52 科，其中鱼类为 9 目 36 科 49 种，甲壳类 2 目 13 科 27 种，头足类 2 目 3 科 3 种。游泳动物的平均渔获率为 3.116kg/h 和 209ind./h。本次调查的优势渔获种类共有 14 种。其中多齿蛇鲻的 IRI 最高，为 3334.18。项目海域渔获物重量密度丰富度指数（d）均值为 2.04（1.50-2.60），单纯度指数（C）均值为 0.15（0.11-0.21），多样性指数（H'）均值为 3.34（2.58-3.68），均匀度指数（J'）均值为 0.79（0.69-0.94）。渔获物尾数密度丰富度指数（d）均值为 7.49（-35.76-82.78），单纯度指数（C）均值为 0.15（0.10-0.20），多样性指数（H'）均值为 3.28（2.48-3.74），均匀度指数（J'）均值为 0.78（0.71-0.88）。

本次调查，蜈支洲岛附近海域鱼卵与仔稚鱼共鉴定种类 38 种，隶属于 27 个科，鉴定到科的有 6 种，鉴定到属的 14 种，鉴定到种的 18 种。从发育阶段来看，鱼卵出现种类有 31 种，仔鱼出现种类有 16 种，稚鱼出现种类有 1 种。垂直拖网共采集到鱼卵 66 粒，仔鱼 19 尾，稚鱼 0 尾。水平拖网共采集到鱼卵 511 粒，仔鱼 54 尾，稚鱼 1 尾。

6 个潮间带断面共采获了 5 个生物类别中的 24 科 42 种生物（包含定性样品）。6 条潮间带生物断面高潮区平均栖息密度为 0.04ind./m^2，平均生物量为 0.06g/m^2；中潮区平均栖息密度为 13.33ind./m^2，平均生物量为 87.24g/m^2；低潮区平均栖息密度为 13.33ind./m^2，平均生物量为 28.98g/m^2。该区域的潮间带生物优势种类突出，优势种为异触虫和硬爪始根钩虾。本次调查，6 条潮间带断面高潮区除断面II采集到一种生物之

外，其余断面均未采集到生物，丰富度、多样性指数和均匀度均为 0.00，单纯度平均值为 0.17。6 条潮间带断面中潮区丰富度范围在 0.00~0.65 之间，平均为 0.16，单纯度范围在 0.00~1.00 之间，平均为 0.47，多样性指数范围在 0.00~1.92 之间，平均为 0.47，均匀度范围在 0.00~0.96 之间，平均为 0.31。6 条潮间带断面低潮区丰富度范围在 0.00~0.23 之间，平均为 0.04，单纯度范围在 0.00~1.00 之间，平均为 0.78，多样性指数范围在 0.00~0.72 之间，平均为 0.12，均匀度范围在 0.00~0.72 之间，平均为 0.12。

14.3.5 环境空气质量现状评价

根据海南省生态环境状况公报的统计结果可知，二氧化硫（SO_2）、二氧化氮（NO_2）、可吸入颗粒物（PM10）、细颗粒物（$PM_{2.5}$）的年平均浓度均符合国家一级标准，一氧化碳（CO）日平均浓度第 95 百分位数符合国家一级标准，臭氧（O_3）日最大 8 小时平均浓度第 90 百分位数符合国家二级标准。

14.4 环境影响预测综合分析与评价结论

14.4.1 水文动力环境以及地形地貌与冲淤环境影响

本工程海底电缆和水管埋设于海床面以下，施工完成后，海床在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，海底电缆和水管铺设对路由海域潮流动力也基本不影响，因此，工程实施对水文动力环境以及地形地貌与冲淤环境的影响较小。

14.4.2 海水水质、海洋沉积物环境的影响

项目施工产生的悬浮泥沙量较小，且对周边海域海水的影响时间是短暂的，一旦施工完毕，在较短的时间内也就结束。

2010 年 9 月水质调查中的 7 号点位铅超一类海水水质标准、超标倍数 0.52 倍，2014 年 6 月水质除了 10、11、12 号站位活性磷酸盐超一类海水水质标准、超标倍数分别为 0.07、0.40 和 0.27 倍～0.53 倍，10 号点位石油类超标一类海水水质标准，超标倍数范围 0.56 倍，2021 年 3 月水质调查中的 10 号点位石油类超标一类海水水质标准，超标倍数范围 0.66 倍之外，其余站位的评价因子均满足其相应的海洋功能区划海水水质标准。总体来看，项目附近海域水质质量变化不明显。

根据 2010 年 9 月、2014 年 6 月、2021 年 3 月的沉积物监测结果显示：除了 2014 年 6 月调查中的 3 号站位铅超一类沉积物质量标准，超标倍数仅为 0.09，其余站位沉积物样品中各监测因子的标准指数均达到一类沉积物质量标准要求。

14.4.3 生态环境影响

综合来看，施工导致的海水悬浮物增加不会对浮游植物光合作用和浮游动物的生长率、存活率、摄食率、密度、生产量及群落结构等造成严重影响。另外，除海缆和水管铺设区域部分底栖生物丧失外，对周边海域底栖生物影响较小。

工程施工期间直接或者间接的影响了该海域鱼类特别是鱼卵和稚鱼等水生生物的正常栖息、活动和繁殖。施工造成悬浮物质含量的变化对水质混浊度的影响，必然引起鱼卵仔稚鱼的损失，使游泳生物逃避这个污染区，导致生物种群改变原有的集群和正常的洄游路线，给渔业资源带来一定程度上的损失。工程施工属于短期行为，随着施工期的结束，其环境影响会很快消失。

项目施工，破坏或改变了项目所在海域生物原有栖息环境，对浮游生物、底栖生物、潮间带生物、渔业资源等产生一定影响。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）》评估方法，项目建设造成底栖生物损失量约 305.24kg/年，鱼卵的资源损失量为 5.67×10^{6} 粒/年，仔稚鱼的资源损失量为 2.48×10^{6} 粒/年，项目用海活动需对海洋生物资源造成的损害进行生态补偿，补偿总金额约为 13.62 万元。

14.4.4 声环境影响

本项目运营期不产生噪声。

项目在施工阶段各种机械噪声昼间达标排放所需的衰减距离为 6～32m，夜间达标距离为 32～178m。施工期噪声昼间影响距离在 32m 以内，本项目仅昼间施工，夜间禁止施工，因此项目正常施工下对周边声环境影响较小。

14.4.5 固体废物影响

项目施工期产生的固体废物主要有施工人员生活垃圾，残油、废油。施工期生活垃圾以有机污染物为主，已统一收集由环卫部门统一外运处置。施工船舶产生的残油、废油等危险废物收集后委托三亚华利清污有限公司处理。因此，本项目施工期的各项固体废物均得到了妥善处置，对环境影响较小。项目运营期不产生固体废物，对项目

区环境基本没有影响。

14.4.6 大气环境影响

本项目运营期不产生废气污染物，施工期废气污染源主要为陆域段的开挖、物料的装卸和运输等活动产生的扬尘、施工机械和施工船舶排放的废气。

在开挖过程中，土壤颗粒会因机械作业和风力作用而悬浮在空气中，项目所在区域空气湿度较大，扬尘的产生量较低；装卸和运输物料时，车辆行驶和物料堆放引发的扬尘。粉尘颗粒较大，属于瞬时源，污染物扩散较小，危害时间较短，其影响主要是在运输路线附近，运输过程中的扬尘属于流动性、间歇性大气污染源，此类污染源的排放量较小，影响的范围也不大。物料运输过程中加盖篷布、控制车速，防止了物料洒落。施工期间扬尘对本项目周边地区及运输道路的影响较小。

项目施工机械、船舶数量较少，施工时间短暂，因此施工机械、船舶废气的产生量不大，影响范围、时间有限，故可以认为其环境影响比较小，可以接受。

14.5 环境事故影响综合分析与评价结论

本项目的建设内容和所在海区的自然条件，可能存在的风险主要有：（1）由热带气旋及其引发的巨浪、风暴潮对工程自身的潜在风险；（2）项目施工期船舶施工过程存在船舶碰撞导致溢油事故的风险。

针对可能发生的各类环境风险事故，建设单位采取了相应的风险防范措施。根据业主提供资料显示，本项目在施工过程中未发生溢油事故。

综上所述，本项目的环境风险水平是可控的。

14.6 清洁生产与总量控制结论

工程施工采用了合适的施工方案，使用先进的工艺装备及合适的建筑材料，降低了项目建设对周边环境的不利影响。在施工作业中严格遵守技术规范，以环境保护意识贯穿于整个建设过程中，文明施工，爱护环境。项目在施工期各环节上，在采用各种节能减排、减轻环境污染的施工方式或生产工艺设备的基础上，其清洁生产水平可处于国内先进水平。

本项目运营期不产生水、气、声、固体废物等污染物。因此，本项目不设总量控制指标。

14.7 环境保护对策措施的合理性、可行性结论

14.7.1 水污染防治措施

（1）已严格管理施工船舶和施工机械，严禁船舶带“病”作业，严禁油料泄漏或倾倒废油料，严禁施工船舶向水域排放未经过处理的机舱水。施工船舶进场前，船舶油污水系统的排放阀已铅封。

（2）施工船舶设置生活污水收集罐和油水分离器或装灌油污水的舱柜或容器等集中收集和贮存，船舶施工人员生活污水和含油污水均收集上岸，船舶油污水委托三亚华利清污有限公司处理，船舶生活污水由蜈支洲岛自身污水厂接收处理达标后用于绿化。

（3）陆域施工产生生活污水主要分为林旺段登陆点和蜈支洲岛登陆点施工人员产生的生活污水。其中，林旺段登陆点生活污水依托现有公共厕所，统一排入市政管网；蜈支洲岛登陆点生活污水依托景区公共厕所，并经岛上自有污水处理厂统一处理达标后用于绿化灌溉。

14.7.2 固体废物污染防治措施

（1）施工单位不随意抛弃建筑材料、旧料和其它杂物，应尽可能的回用，不能利用的应有计划、有步骤的搬运或堆存。

（2）陆域施工场地依托景区现有垃圾桶，陆域施工人员生活垃圾经收集后，统一交由环卫部门清运处理。

（3）施工船舶上已设置带有明显分类标志的垃圾收集箱，进行生活垃圾收集，收集上岸后交由环卫部门清运处理。

（4）施工中已禁止向海洋抛弃各类固体废物，同时已避免各类物料散落海中。施工中产生的固体废物由施工单位负责及时清理处置。施工结束时，做好施工现场的清理和固体废物的处理处置工作，不在地面有明显的固体废物残留。

（5）施工船舶、机械设备发生作业操作性或事故性的残油、洗涤油及时盛接，与生活垃圾中分拣出来的危险废物交由三亚华利清污有限公司将其安全处置。

14.7.3 噪声污染防治措施

（1）已合理安排施工时间。

（2）已及时加强施工船舶及施工机械的保养，维持施工船舶和施工机械的低声级水平，避免超过正常噪声运转。

14.7.4 大气污染防治措施

（1）使用符合环保要求的机械设备、船舶，机械设备及船舶使用符合环保标准要求的燃料；加强对燃油机械设备的维护和保养，保持设备在正常良好的状态下工作；同时燃油机械安装自动再生式柴油颗粒捕集器，使尾气达标排放。

（2）定期对作业面和场地道路洒水，保持地面湿润，减少扬尘扬起。

（3）车辆运输物料时加盖蓬布、控制车速，防止物料洒落和水泥、碎石引起产生扬尘，运输车辆减缓行车速度。

14.7.5 生态保护措施

（1）选择风浪较小的天气施工；施工过程中采用对水体扰动小的施工船舶和设备，避免泥沙的扩散和再悬浮；合理安排施工作业时间，施工作业避开鱼类等生物的繁殖期，避免因施工作业干扰保护鱼类的生活习性。

（2）加强施工人员的管理，严禁向海域内随意排放和丢弃污染物。

（3）对施工过程造成的海洋生态损失进行补偿 13.62 万元。

（4）施工前先驱散工程区水生生物，控制船舶的发动机噪声和其他设备的噪声。

（5）施工期工程施工严格控制在施工作业范围内，不超出划定的施工作业范围施工，减小对珊瑚礁资源的影响；同时施工船舶不在珊瑚礁分布区抛锚，避免破坏珊瑚礁。

14.8 社会经济环境影响综合分析与评价结论

蜈支洲岛是海南省 5A 级景区之一，该海底电缆和两条水管是海南蜈支洲旅游开发股份有限公司为应对景区用水用电紧张，完善游客游玩体验提前铺设。本项目属于蜈支洲景区旅游开发必须的基础设施建设，对提升蜈支洲岛的游客体验和满意度有重要的意义，有利于蜈支洲岛的旅游发展，从而促进海棠湾旅游产业的发展，对提升海棠湾旅游服务质量有极大的意义。本项目建设具有良好的社会经济效益。

在工程建设中，由于施工作业改变了生物的原有栖息环境，尤其对底栖生物的影响是最大的，少量活动能力强的底栖种类逃往别处，大部分底栖种类将被掩埋、覆盖，除少数能够存活外，绝大多数将死亡。另外，施工产生的悬浮泥沙也造成海洋生物一

定的损失。根据工程分析，本项目对水质环境的影响主要来源于海缆、水管敷设等环节，主要的污染物为悬浮物。海上施工主要通过船舶运输至指定位置铺设，且工程施工属于短期行为，其影响也属于短期、可恢复性质。悬浮物浓度增加引起的水质超标也属于短期、可恢复性质，不会产生长期的、不可恢复性的不良影响。项目建设对环境的影响是可以接受的。

14.9 公众意见采纳情况

本工程的建设单位根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》和《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令第 4 号）的要求，制定了该工程环境影响评价公众参与的工作程序和工作方法。建设单位对项目建设环境信息已进行了 1 次网络公示，公示时间为 2025 年 5 月 12 日至 2025 年 5 月 26 日，征求评价区内公众及单位对此项目的意见和建议。公示期间未收到任何公众意见。

14.10 综合结论

本项目属于蜈支洲景区旅游开发必须的基础设施建设，对提升蜈支洲岛的游客体验和满意度有重要的意义，有利于蜈支洲岛的旅游发展，从而促进海棠湾旅游产业的发展，对提升海棠湾旅游服务质量有极大的意义。

本项目属于《产业结构调整指导目录》（2024 年本）中第一类“鼓励类”“五、新能源”中的“1．风力发电技术与应用”和“二十二、城镇基础设施”中的“市政基础设施”，符合国家的产业政策。

此外项目建设还符合《海南省国土空间规划（2021-2035 年）》《三亚市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《海南省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》《海南省国土空间生态修复规划（2021—2035 年）》、国土空间“三区三线”划定成果、《三亚市海域使用详细规划》《海底电缆管道保护规定》《海南省生态环境分区管控方案（2023 年版）》等的要求。其施工符合清洁生产原则，所采取的各项环保措施基本可行。

项目施工期正常排放的污染物对环境的影响程度和对生态环境造成的损失不大，其影响也是可以接受的。项目建设可获得较好的社会效益和经济效益。项目运营期不产生污染物。

在建设单位认真落实本报告提出的各项环境保护对策措施得到全面落实的前提下，

从环境保护的角度考虑，该建设项目是可行的。