

建设项目生态环境影响报告表

(生态影响类)

项目名称: 亚洲快链 (ALC) 海缆项目 S6 段

建设单位 (盖章): 中国电信集团有限公司

编制日期: 2026 年 8 月

中华人民共和国生态环境部制

目 录

一、建设项目基本情况	1
二、建设内容	11
三、生态环境现状、保护目标及评价标准	30
四、生态环境影响分析	69
五、主要生态环境保护措施	108
六、生态环境保护措施监督检查清单	116
七、结论	118

一、建设项目基本情况

建设项目名称	亚洲快链（ALC）海缆项目 S6 段		
项目代码	2203-000000-04-01-351966		
建设单位联系人	褚彭魁	联系方式	010-57969195
建设地点	[REDACTED]		
地理坐标	[REDACTED]		
建设项目行业类别	五十四、海洋工程—152 海底隧道、管道、电（光）缆工程	用地（用海）面积（m ² ）/长度（km）	636.41km
建设性质	☒ 新建（迁建） ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 技术改造	建设项目申报情形	☒ 首次申报项目 ☐ 不予批准后再次申报项目 ☐ 超五年重新审核项目 ☐ 重大变动重新报批项目
项目审批（核准/备案）部门（选填）	国家发展改革委	项目审批（核准/备案）文号（选填）	发改高技〔2023〕839 号
总投资（万元）	6795	环保投资（万元）	118.11
环保投资占比（%）	1.7	施工工期	20 天
是否开工建设	☒ 否 ☐ 是：_____		
专项评价设置情况	无		
规划情况	无		
规划环境影响评价情况	无		
规划及规划环境影响评价符合性分析	/		
其他符合性分析	1.1 与产业政策的符合性分析 （1）与全国产业政策的符合性 亚洲快链（ALC）海缆项目S6段（以下简称“本项目”）是大容量中继海缆系统，海缆系统设计数据传输速率可达20 Tb/s/纤对，属于国家《产业		

	结构调整指导名录（2024年本）》中的鼓励类，第二十八条信息产业中第1款：100 GB/s及以上光同步传输系统建设，项目符合《产业结构调整指导名录（2024年本）》。 （2）与海南省产业政策的符合性 本项目建设内容为海底通讯光缆，建成后可进一步提高我国海缆通信基础设施水平，促进互联互通，属于《海南自由贸易港鼓励类产业目录（2024年本）》中的海南自由贸易港新增鼓励类产业“第七条：99.海底光缆建设及养护”，项目符合《海南自由贸易港鼓励类产业目录（2024年本）》。 1.2 与海洋主体功能区规划的符合性分析 2015年8月，国务院印发《全国海洋主体功能区规划》（国发〔2015〕42号，以下简称《规划》），规划范围为我国海洋内水和领海、专属经济区和大陆架及其他管辖海域（不包括港澳台地区）。依据主体功能，规划将海洋空间划分为以下四类区域：优化开发区域、重点开发区域、限制开发区域和禁止开发区域。 本项目路由穿越南海西部海域，位于《规划》的专属经济区和大陆架及其他管辖海域主体功能区。路由穿越了限制开发区域和重点开发区域中的资源勘探开发区。 根据《规划》，限制开发区的规划要求是：在南海海域适度发展捕捞业，鼓励和支持我国渔民在传统渔区的生产活动。加强对经济鱼类产卵场、索饵场、越冬场和洄游区域的保护，加强西沙群岛水产种质资源保护区管理。适时建立各类保护区，维护海洋生物多样性和生态系统完整性。本项目光缆路由穿越了南海中部农渔业区，未穿越经济鱼类产卵场、索饵场、越冬场和洄游区域，距离西沙群岛水产种质资源保护区较远。光缆施工大部分采用表面敷设方式，埋设施工路由长度仅8 km，埋设施工悬浮沙扩散范围主要在埋设段海缆路由区两侧，施工完成后短时间水质即可恢复。项目整体施工工期短，对渔业捕捞影响非常小，可以维持作业区海洋生态环境。项目实施可以落实限制开发区域规划要求。 根据《规划》，重点开发区域中的资源勘探开发区的规划要求是：选择油气资源开采前景较好的海域，稳妥开展勘探、开采工作。加快开发研制深海及远程开采储运成套装备。加强天然气水合物等矿产资源调查评价、勘探开发科研工作。本项目海缆未直接穿越资源勘探开发设施，距离周边海上现有油气田最近距离约235 km，不影响资源勘探开发区主导功能发挥，
--	---

	不影响资源勘探开发区规划要求的落地实施。 综上，本项目光缆穿越了限制开发区域和重点开发区域中的资源勘探开发区，但不影响重点开发区域油气勘探开采作业，与资源勘探开发区主体功能定位能够兼容。路由未穿越重要渔业水域，且距离周边油气资源开发区较远。光缆铺设施工工艺简单，环境影响较小，影响时间短，可以落实所穿越的限制开发区域的规划要求，不影响所穿越的重点开发区域规划的实施，项目建设符合《全国海洋主体功能区规划》的要求。 1.3 与海洋功能区划的符合性分析 （1）与《全国海洋功能区划（2011-2020 年）》符合性分析 根据《全国海洋功能区划（2011-2020 年）》，本项目光缆路由位于南海海区中的南海中部海域，该海域是我国重要的传统渔业资源利用区，珊瑚礁、海草床生态系统发育。区域重点加强渔业资源利用和养护、油气资源的勘探开发，加强水产种质资源保护区建设，开展海岛旅游、交通、渔业等基础设施建设，开发建设永兴岛-七连屿珊瑚礁旅游区，合理开发海岛旅游资源，加强海岛、珊瑚礁、海草床等生态系统保护，建设西沙群岛珊瑚礁自然保护区。本项目光缆路由选线远离西沙海域岛礁，对海岛基础设施建设和旅游开发活动无影响。光缆路由距离油气资源开发设施也较远，不影响油气资源的勘探开发。光缆路由距离南海中部海域典型的岛礁周边珊瑚礁、海草床等特殊生态系统及水产种质资源保护区较远，此外路由沿线也未发现有珊瑚礁、海草床分布，加之光缆铺设施工过程中悬浮沙影响程度很小，短时间后即可恢复，能够落实项目所在海域“加强渔业资源利用和养护，加强水产种质资源保护区建设，保护重要海洋生态系统和海域生态环境”的要求。光缆建成后，主要占用海床表面和底质空间，未占据水体空间。不改变海域自然属性，与南海中部海域的渔业生产、资源养护及生态保护等主导功能之间不存在空间冲突和功能制约。因此，与《全国海洋功能区划（2011-2020 年）》所确定的主导功能定位能够实现兼容。 （2）与《海南省海洋功能区划（2011-2020 年）》符合性分析 根据《海南省海洋功能区划（2011-2020 年）》及光缆路由走向，本项目路由穿越了“南海中部农渔业区”和“琼东南盆地矿产与能源区”。 南海中部农渔业区用途管制要求为主导用海类型为捕捞用海，可兼顾旅游娱乐用海；用海方式控制要求为严格限制改变海域自然属性；海域整治要求为本着保护性开发的原则，禁止渔业资源过度捕捞；环境保护要求
--	--

	为执行一类海水水质标准、一类海洋沉积物质量和一类海洋生物质量标准。本项目建设必要，也征求了海洋管理部门意见，项目建成后海缆将敷设在海床底或埋设于海床底土之下一定深度内，埋设过程中不炸岛，不会在水体中形成任何构筑物，产生污染物会在短时间内消除，不会破坏资源和景观，不影响农渔业区功能，符合农渔业区用途管制要求；项目建成后海缆将敷设在海床底或埋设于海床底土之下一定深度内，不改变海域自然属性，因此本项目符合用海方式控制要求；本项目施工过程中，对渔业资源会产生一定的影响，但影响周期短，影响范围有限，施工结束后影响也会结束，不涉及渔业捕捞活动，目符合农渔业区海域整治要求；本项目施工期会对项目所在海域的海洋生态环境、海水水质、沉积物等产生一定的影响，但影响范围和影响时间有限，符合农渔业区环境保护要求。 琼东南盆地矿产与能源区用途管制要求为主导用海类型为油气开采用海，钻探、测量、钻井作业等用海活动需征求相关部门意见；用海方式控制要求为允许适度改变海域自然属性，可建设油气平台和输油管道；海域整治要求为加强对石油平台和管线的安全检查，防止溢油事故的发生；环境保护要求为执行一类海水水质标准、一类海洋沉积物质量和一类海洋生物质量标准。本项目建设必要，征求了海洋管理部门意见，项目建成后海缆将敷设在海床底或埋设于海床底土之下一定深度内，埋设过程中不炸岛，不会在水体中形成任何构筑物，产生污染物会在短时间内消除，不会破坏资源和景观，不影响矿产能源区油气开采功能，符合矿产与能源区用途管制要求；项目建成后海缆将敷设在海床底或埋设于海床底土之下一定深度内，不改变海域自然属性，符合矿产与能源区用海方式控制要求；本项目其他国际光缆产生多次交越，在施工过程中会制定安全可行的交越施工方式，尽力将对光缆的影响降到最低，项目符合《海南省海洋功能区划（2011-2020 年）》矿产与能源区海域整治要求；本项目施工期会对项目所在海域的海洋生态环境、海水水质、沉积物等产生一定的影响，但影响范围和影响时间有限，项目建设符合矿产与能源区环境保护要求。 1.4 与国土空间规划及相关规划的符合性分析 （1）与《海南省国土空间规划（2021-2035 年）》符合性 2023 年 9 月，国务院批复《海南省国土空间规划（2021- 2035 年）》（国发〔2023〕97 号，以下简称《省国空规划》）。《省国空规划》明确规划范围为海南省本岛及周边海域。三沙市（含南海海域）的国土空间规划另行编
--	---

制。目前，三沙市（含南海海域）国土空间规划仍处于前期研究阶段，尚未形成正式批复的市级总体规划成果。

本项目不在《海南省国土空间规划（2021-2035 年）》规划范围。项目距离海南省本岛及近岸海域国土空间规划区远，对《海南省国土空间规划（2021-2035 年）》的实施无影响。



图1.4-1 海南省国土空间规划海洋空间功能布局图

(2) 与《海南省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》符合性

2025 年 4 月，海南省政府批复《海南省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》（以下简称《省海岸带规划》）。

本项目不在《省海岸带规划》规划范围内，距离最近的海南省海岸带及海洋空间功能分区约 22.5 km，远超项目影响范围。因此，项目不影响《海南省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的落地实施。

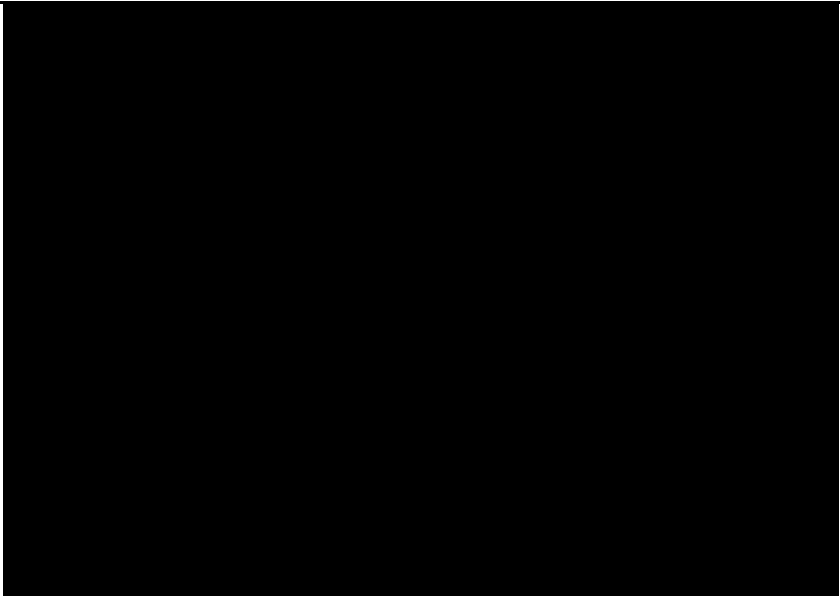
	 图 1.4-2 本项目与《海南省海岸带及海洋空间规划》范围位置关系示意图 1.5 与生态环境分区分管控要求的符合性分析 [Redacted text block] [Redacted text block]
--	--

	图 1.5-1 本项目海南省生态环境分区位置 关系示意图 1.6 与生态保护红线的符合性分析 1.7 与《“十四五”海洋生态环境保护规划》的符合性 2022 年 1 月，生态环境部、发展改革委、自然资源部、交通运输部、农业农村部、中国海警局等六个部门联合印发《“十四五”海洋生态环境保护规划》（环海洋〔2022〕4 号，以下简称《规划》）。《规划》从五个方面部署了相关重点工作：一是强化精准治污，持续改善近岸海域环境质量；二是保护修复并举，提升海洋生态系统质量和稳定性；三是有效应对海洋突发环境事件和生态灾害；四是坚持综合治理，推进美丽海湾建设和长效监管；五是协同推进海洋应对气候变化能力，提升海洋适应气候变化的韧性。
--	--

	本项目为海底光缆建设，运营期光缆部分埋设于海床下、部分放置于海床表面，光缆本身不涉及排污，亦无潜在环境风险。针对光缆铺设施工期的生态环境影响特征，本项目与《规划》要求的符合性主要体现在以下三个层面：一是与“精准治污”要求的符合性。项目施工期船舶作业将严格执行船舶污染物排放控制措施，确保废水、固废等按规定收集、转运和处置，避免对作业海域环境质量造成不利影响；二与“保护修复并举”要求的符合性。项目路由选线远离生态敏感区域，可从源头降低对海洋生态系统的干扰。针对施工对渔业资源造成的短期损害，将采取生态补偿措施予以修复和缓解；三与“有效应对海洋突发环境事件和生态灾害”要求的符合性。项目施工期间将全面实施环境风险防范措施，制定突发环境事件应急预案，并与区域相关风险应急预案有效衔接，确保一旦发生风险事故能够快速响应、有效控制，最大限度降低对海洋环境的影响。 此外，本项目光缆铺设作业仅对海洋环境产生短期、局部的扰动影响，影响范围有限、持续时间短，且通过上述污染控制、生态补偿、风险防范等措施可实现环境影响的有效管控。项目不涉及《规划》中“美丽海湾建设”和“应对气候变化”两个重点方向的负面制约因素。建设符合《规划》的总体目标和管控方向。 综上所述，本项目在路由选线、施工污染物排放控制、生态修复补偿、环境风险应急等方面均落实了《规划》提出的相关要求，项目建设符合《“十四五”海洋生态环境保护规划》。 1.8 与其他相关规划的符合性分析 （1）与“一带一路”规划符合性分析 “一带一路”是“丝绸之路经济带”和“21 世纪海上丝绸之路”的简称。国家发展改革委、外交部、商务部联合发布《推动共建丝绸之路经济带和 21 世纪海上丝绸之路的愿景与行动》提出：利用长三角、珠三角、海峡西岸、环渤海等经济区开放程度高、经济实力强、辐射带动作用大的优势，加快推进中国（上海）自由贸易试验区建设，支持福建建设 21 世纪海上丝绸之路核心区。充分发挥深圳前海、广州南沙、珠海横琴、福建平潭等开放合作区作用，深化与港澳台合作，打造粤港澳大湾区。 本项目作为亚洲快链（ALC）海缆项目（以下简称“ALC 海缆项目”）的分支路由，建成后将大力提升珠三角地区、粤港澳地区通信业务能力，对海上丝绸之路建设有推动作用，故本项目与“一带一路”相关规划相符。
--	--

	(2) 与《中国国际光缆互联互通白皮书》符合性分析 《中国国际光缆互联互通白皮书》明确指出，信息通信设施互联互通是共建“一带一路”的重要合作内容，沿线国家应共同推进跨境光缆等通信干线网络建设，畅通信息丝绸之路。同时，白皮书在第四章发展建议中也将“服务‘一带一路’，加快全球化海缆布局”列为首要建议，要求中国企业积极参与海底光缆全球布局，推动相关海缆建设和产业发展。 本项目是 ALC 海缆项目通往越南的支线，ALC 海缆项目主干线登陆点在中国香港春坎角，海南分支登陆点在海南省陵水县。海南及粤港澳大湾区作为 21 世纪海上丝绸之路的关键节点，因此，本项目建成后可进一步拓展海南、粤港地区国际互联网业务的发展。 综上，本项目建设与《中国国际光缆互联互通白皮书》相符合。 (3) 与《“十四五”信息通信行业发展规划》符合性 2022 年 7 月，工信部印发《“十四五”信息通信行业发展规划》（以下简称《发展规划》）。《发展规划》提出，加快国际海缆建设，增设国际海缆登陆站，进一步丰富“一带一路”等方向海缆资源，完善海缆路由备份，支持企业参加国际海缆建设项目，国际海缆布局进一步优化，海缆通达能力大幅提升。 本项目设计光缆采用高规格光纤布线。光缆建成有利于满足亚洲地区对网络带宽和高速连接日益增长的需求，进一步提高我国与东南亚国家之间通信基础设施水平，促进互联互通，对构建通达亚太地区的信息网络，助力沿线国家数字经济蓬勃发展有重要意义。综上，项目建设符合《“十四五”信息通信行业发展规划》。 (4) 与《海南省信息基础设施建设“十四五”规划（2021-2025 年）》符合性分析 《海南省信息基础设施建设“十四五”规划（2021-2025 年）》提出：加快推进已规划海缆登陆站建设。推进海南省第二个国际海缆登陆站的选址和勘察工作，承接亚太方向的新建海缆登陆，预留未来国际海缆路由通道，满足中远期更多国际海缆的登陆配套。进一步研究陵水等地作为国际海缆登陆站的满足条件，配套保障选址用地、用电引入，同步规划第二登陆站至海口、三亚等地的国际海缆陆上延伸段光缆。鼓励基础电信企业共享海缆登陆站资源，便捷多个企业各自登陆海缆电路的引出。 ALC 海缆项目海南段登陆点在海南省陵水县，与规划中“进一步研究
--	---

	陵水等地作为国际海缆登陆站的满足条件”相契合。本项目通往越南，将与既有已建成的 ALC 海缆项目共同构成覆盖东南亚地区的国际海缆网络，项目建设实施后将进一步增强海南与越南等东盟国家的互联互通能力，助力海南成为亚太区域领先、通达全球的国际信息通信枢纽。项目建设与《海南省信息基础设施建设“十四五”规划（2021-2025 年）》相符合。
--	---

二、建设内容

2.1 项目背景

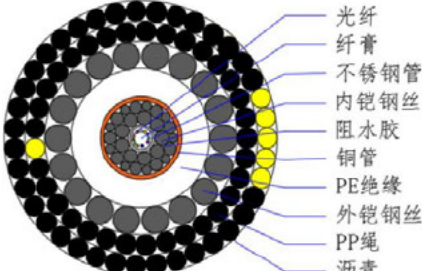
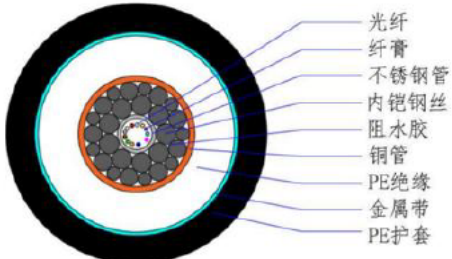
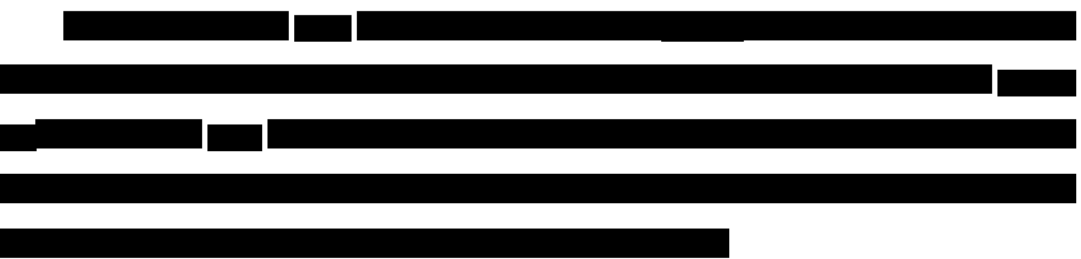
ALC 海缆项目于 2023 年 6 月 25 日获取发改委核准批复，核准的建设内容包括工程干线及海南、菲律宾、文莱、越南、马来西亚等分支段，其中通往越南分支受本地登陆协议谈判及具体实施方案规划的进度影响，列入第二阶段进行交付，其余位于中国南海管辖海域的主干及分支作为第一阶段启动许可申请。2023 年 9 月，中国电信取得了生态环境部《关于亚洲快链（ALC）国际通信海底光缆项目环境影响报告书的批复》（环审〔2023〕96 号）（附件 1）。批复工程建设内容包括：工程干线（S1.1、S1.2、S1.3、S1.4、S1.5、S1.6、S1.7）、海南支线（S3）、菲律宾卢纳支线（S4）、菲律宾巴望支线（S5）和文莱支线（S7）位于中国管辖水域的区段。目前，批复区段的施工任务已基本完成。生态环境保护措施批复要求及落实情况见表 2.1-1。

表 2.1-1 ALC 海缆项目环评批复要求与落实情况对照表

序号	批复要求	落实情况
一	污染物的处理和排放应符合国家有关规定和标准。定向钻施工产生的泥浆、钻屑应处理后综合利用，生活垃圾委托当地环卫部门处理，生活污水收集后送污水处理厂处理。船舶生活垃圾、施工废料、扫海垃圾等分类收集后全部运回陆地处理，不得排海。船舶产生的含油污水、生活污水，应严格按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552—2018）进行处理处置。	1.海南支线定向钻登陆施工选取满足环保标准要求的膨润土泥浆材料，定向钻孔径较小，且穿越段为高渗透性砂层，钻孔泥浆未产生地表返浆，无泥浆排放。生活垃圾经收集后清运至陵水县黎安镇生活垃圾定点转运站，生活污水由吸污车抽运至污水处理厂。 2.船舶生活垃圾、施工废料、扫海垃圾等随船携带、分类收集，作业船靠港后全部打包运回陆地，交接收单位处理，未排海。船舶含油污水、生活污水，按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552—2018）相关规定，经处理达标后在规定海域按要求排放。
二	海底光缆铺设应符合生态保护红线管理规定。陆地定向钻入土点施工场地应布置在生态保护红线区之外，施工船舶禁止在生态保护红线区内排放各类废水和固体废物。	1.海南支线穿越 1 个陆域生态保护红线和 2 个海洋生态保护红线。陆地定向钻入土点施工场地布置在生态保护红线区之外约 30m，施工场地紧凑布置，完工后已迹地恢复；施工船舶未在生态保护红线区内排放废水、废物。施工对陆域、海域生态保护红线生态功能均未造成破坏，符合生态保护红线管理规定。

	三	海底光缆埋设应采用先进的施工设备和工艺技术，尽量选择海况较好的缓流时段施工，严格控制挖沟速度，最大限度减少悬浮物对海洋水质的影响。海底光缆应选择安全环保且具有高防腐性能的材料和保护层，埋设深度应符合设计要求。	1. 施工船只采用 2023 年最新设计建成下水的“蓝色领航者”号，配置业内先进的埋设犁和水下机器人等施工设备。 2. 施工中严格把控气象海况准入条件，选择风浪较小的缓流时段作业，全程避开了大风、大雾、大浪等不利工况。同时按设计要求严控挖沟速度和挖沟深度，有效降低了悬浮物影响。 3. 光缆采用 HORC-1 系列海底光缆，该光缆材料具备无反应、无腐蚀、不可降解的环保特性，已通过 5000 米深海环境验证，且具有多重防腐保护层，满足安全环保与高防腐性能要求。
	四	切实落实环境风险防范措施。加强交越段施工管理，采取有效措施避免对已有管缆造成损害，防止发生次生环境污染事故。施工船舶应配备必要的应急设备和物资，发生溢油事故时，应采取有效措施减轻事故对海洋生态环境特别是敏感目标的影响，按照规定立即报告我部珠江流域南海海域生态环境监督管理局（以下简称珠江南海局），并视情况及时通报广东省和海南省的渔业、海事部门，以及中国海警局直属第三局、第四局、第五局、广东海警局、海南海警局。	1. 施工作业方落实了环评报告书提出的各项环境风险防范措施。针对交越段，根据勘察阶段对交越管缆的精确探测结果，制定了专项施工方案。交越段后冲埋作业全程监护、慢速通过，未对既有管缆造成损害，未发生次生环境污染事故。 2. 施工船舶配备了必要的应急设备和物资，施工过程由警戒船或电子围栏全程警戒，施工过程中未发生溢油事故。
	五	切实落实生态环境保护措施。严格控制施工作业范围，合理安排施工作业时间，海底光缆铺设施工作业应避免蓝圆鲹、鲐鱼、深水金线鱼等主要经济鱼类的产卵集中期（3 月至 5 月），最大限度减轻对海洋生态环境和渔业资源的影响。在牛岭—黎安海岸防护物理防护极重要区和海南岛东南部重要渔业资源产卵场内铺设时，应避让主要经济鱼类产卵盛期（4 月至 5 月）。	1. 控制施工作业范围，在海事部门核准的施工水域内活动。 2. 光缆主干线穿越经济鱼类产卵场路由段施工于 6 月进行，海南支线穿越牛岭—黎安海岸防护物理防护极重要区和海南岛东南部重要渔业资源产卵场路由段施工于 6~7 月开展，均避开了主要经济鱼类的产卵盛期，最大限度减轻对海洋生态环境和渔业资源的影响。 3. 针对施工造成的渔业资源损害，2024 年 6 月开展了增殖放流生态补偿。
	本项目为 ALC 海缆项目 S6 段，路由起自 ALC 海缆项目主干段分支器（BU5），连接至越南岬港，路由全长约 751.64 km。2026 年 1 月，本项目预选路由方案确定（附件 2），2026 年 4 月获取勘察许可（自然资办函〔2026〕627 号）并于后续完成了中国水域内的调查勘测任务。 本次环境影响评价对象仅限于本项目位于中国南海管辖的区段，勘测后路由总长度约为 636.41 km。 本报告中涉及的中国海域界线系根据《中华人民共和国领海及毗连区法》《中华人民共和国政府关于中华人民共和国领海基线的声明》和我国最新出版的海图绘制。		

	2.2 项目地理位置 本项目路由自 ALC 海缆项目主干段分支器（BU5）沿近似垂直等深线方向穿越南海西部陆架、陆坡并在南海西部陆架和中国南海海域管辖界线相交。光缆路由位于南海西部海域。项目所在海域及与已批复的 ALC 海缆项目的位置关系详见附图 1。												
项目组成及规模	2.3 环评文件类别判定 根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 版），本项目属于“五十四、海洋工程—152 海底隧道、管道、电（光）缆工程”，光缆路由全长 636.41 km，在 400m 以浅水域进行光缆埋设施工，其余全部采用表面敷设方式。挖沟埋设段长度约 8 km，小于 20km。本项目海缆路由位于三沙海域，项目所在三沙海域生态敏感区主要集中在西沙、中沙和南沙岛屿附近，距离海缆路由较远。光缆路由未穿越海洋生态敏感区，不涉及生态保护红线、自然保护区、海洋特别保护区、海洋公园等《建设项目环境影响评价分类管理名录》中针对该栏目所列的环境敏感区。故应编制环境影响报告表。 表 2.3-1 建设项目环境影响评价分类管理名录（节选） <table><tr><th colspan="2">环评类别 项目类别</th><th>报告书</th><th>报告表</th><th>登记表</th><th>本栏目环境敏感区含义</th></tr><tr><td>152</td><td>海底隧道、管道、电（光）缆工程</td><td>海底隧道工程；<u>挖沟埋设单条管道长度 20 公里及以上的</u>海上和海底电（光）<u>缆工程</u>、海上和海底输水管道工程、天然气及无毒无害物质输送管道工程；长度 1 公里及以上的海上和海底有毒有害及危险物质输送管道等工程；<u>涉及环境敏感区的海底管道、电（光）缆工程</u></td><td>其他（海底输送无毒无害物质的管道及电（光）缆原地弃置工程除外）</td><td>海底输送无毒无害物质的管道及电（光）缆原地弃置工程</td><td>第三条（一）中的自然保护区、海洋特别保护区；第三条（二）中的除（一）外的生态保护红线管控范围，海洋公园，重点保护野生动物栖息地，重点保护野生植物生长繁殖地，封闭及半封闭海域</td></tr></table> 根据《建设项目环境影响报告表编制技术指南（生态影响类）（试行）》，本项目为海底电（光）缆工程，项目不涉及环境敏感区，无需开展专项评价。 2.4 本工程建设内容及规模 本项目新建海底光缆 1 条，光缆路由总长度 636.41 km。光缆设计使用寿命 25 年。 本次拟采用 HORC-1 系列 4 对芯海底光缆，根据光缆穿越的不同海域分别选用不同缆型。具体为：1500 m 水深以浅范围，选用单层铠装（SA）海缆；大于 1500 m 水深范围，选用轻型加保护（LWP）海缆。典型光缆参数及结构见 2.4-1。	环评类别 项目类别		报告书	报告表	登记表	本栏目环境敏感区含义	152	海底隧道、管道、电（光）缆工程	海底隧道工程； <u>挖沟埋设单条管道长度 20 公里及以上的</u> 海上和海底电（光） <u>缆工程</u> 、海上和海底输水管道工程、天然气及无毒无害物质输送管道工程；长度 1 公里及以上的海上和海底有毒有害及危险物质输送管道等工程； <u>涉及环境敏感区的海底管道、电（光）缆工程</u>	其他（海底输送无毒无害物质的管道及电（光）缆原地弃置工程除外）	海底输送无毒无害物质的管道及电（光）缆原地弃置工程	第三条（一）中的自然保护区、海洋特别保护区；第三条（二）中的除（一）外的生态保护红线管控范围，海洋公园，重点保护野生动物栖息地，重点保护野生植物生长繁殖地，封闭及半封闭海域
	环评类别 项目类别		报告书	报告表	登记表	本栏目环境敏感区含义							
	152	海底隧道、管道、电（光）缆工程	海底隧道工程； <u>挖沟埋设单条管道长度 20 公里及以上的</u> 海上和海底电（光） <u>缆工程</u> 、海上和海底输水管道工程、天然气及无毒无害物质输送管道工程；长度 1 公里及以上的海上和海底有毒有害及危险物质输送管道等工程； <u>涉及环境敏感区的海底管道、电（光）缆工程</u>	其他（海底输送无毒无害物质的管道及电（光）缆原地弃置工程除外）	海底输送无毒无害物质的管道及电（光）缆原地弃置工程	第三条（一）中的自然保护区、海洋特别保护区；第三条（二）中的除（一）外的生态保护红线管控范围，海洋公园，重点保护野生动物栖息地，重点保护野生植物生长繁殖地，封闭及半封闭海域							

表 2.4-1 海底光缆参数及结构一览表	
海缆类型及适用区域	结构形式
单层铠装（SA）海缆 直径 33±2 mm （1500 m 水深以浅范围）	
轻型加保护（LWP）海缆 直径 23±1 mm （1500 m 水深以深区域）	
总平面及现场布置	2.5 路由总平面走向 
	
图 2.5-1 本项目路由总体走向示意图	

2.6 施工总体布局

海缆施工被世界各国公认属于复杂困难的工程，本项目跨越海区范围较大，海域水下地形多样，根据各段路由具体情况，本项目施工总体布局安排见表 2.6-1。

表 2.6-1 本项目施工布局安排

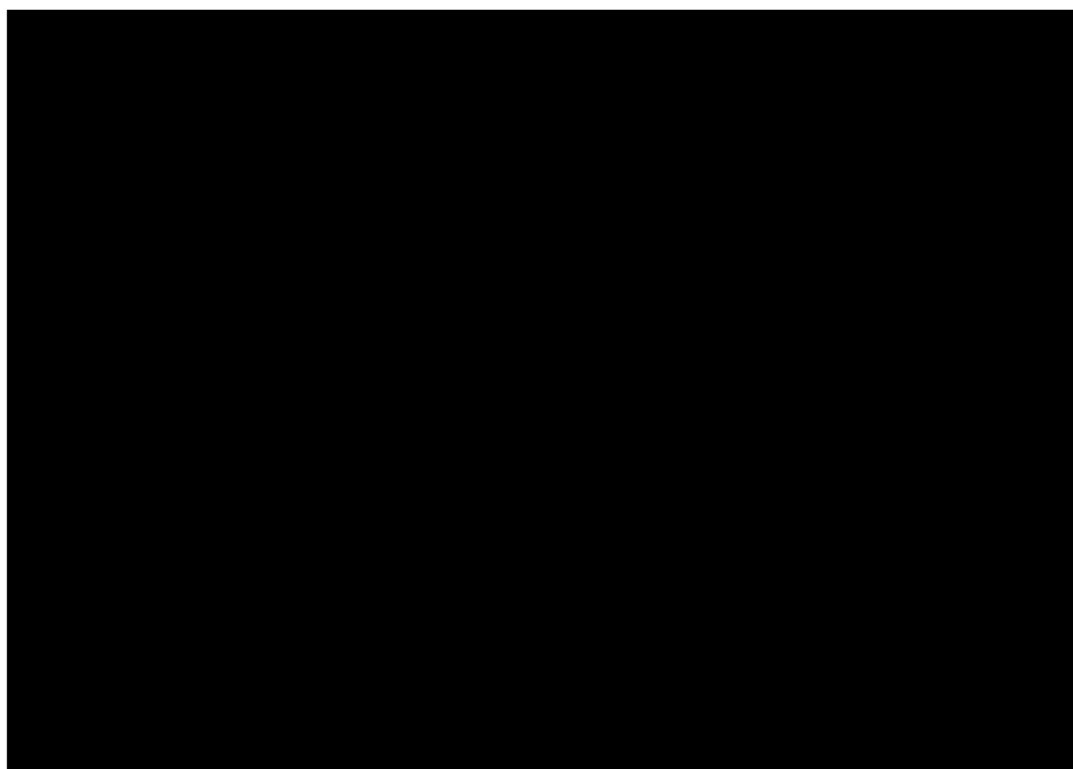


图 2.6-1 本项目施工布局图

2.7 与海底光缆/管道交越情况

(1) 与海底管道的交越情况

推荐路由距离南海海域海上油气田开发区块较远,未与海底管道发生交越。

(2) 与海底光缆的交越情况

表 2.7-1 本项目推荐路由方案在中国南海海域内与光缆交越情况				
序号	经度	纬度	名称	状态
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				
46				
47				
48				
49				
50				
51				
52				
53				
54				
55				
56				
57				
58				
59				
60				
61				
62				
63				
64				
65				
66				
67				
68				
69				
70				
71				
72				
73				
74				
75				
76				
77				
78				
79				
80				
81				
82				
83				
84				
85				
86				
87				
88				
89				
90				
91				
92				
93				
94				
95				
96				
97				
98				
99				
100				

施工方案

图 2.7-1 本项目路由方案与路由区海缆交越情况

2.8 总体施工顺序

本项目总体施工顺序如下：首先进行光缆埋设段扫海作业。扫海作业范围为光缆埋

设作业范围（水深小于 400 m 段）。扫海完成后，主施工船航行至 ALC 海缆项目主干段分支器（BU5）位置（水深约 4300 m），打捞 BU5 预留的海缆缆端，在船上完成海缆接头熔接后沿着光缆路由依次进行光缆表面敷设和犁埋施工作业。

在水深大于 400 m 的区域，主施工船直接将海缆敷设在海床表面，不进行埋设操作。在水深小于 400 m 的区域，主施工船使用埋设犁进行犁埋施工。铺设完成后，针对因不利的地质条件、水下设备故障等因素导致犁埋施工中未能达到埋设目标深度的地方，将由水下机器人（ROV）进行后冲埋作业。

2.9 主要施工工艺

海缆施工被世界各国公认属于复杂困难的工程，本项目跨越海区范围较大，海域水下地形多样。根据海缆路由区所处的水深、地质等环境情况，本目光缆铺设施工主要有以下 3 个步骤：①扫海作业；②光缆敷埋作业；③后冲埋作业。

（1）扫海清障作业

在铺设操作开始前，应针对埋设段进行扫海作业。扫海作业时在海底路由中心线左右 0.5 m 范围内摸清并扫除路由上有碍埋设作业的所有障碍物。

扫海常用由直径 12 mm 的铁环构成的 10 m 锚链连接长约 2 m 的雷尼抓钩（RENNIES），再连接上长约 3 m 的吉福德抓钩（GIFFORDS），拖着长滑动耙锚（Long Sliding Prong）或者 Flat Fish 锚具，沿埋设路由中心线按一定的速度（不大于 2.5 km/h）执行，清除埋设段路由上的海床表层障碍物，以保证后续埋设作业的顺利进行。

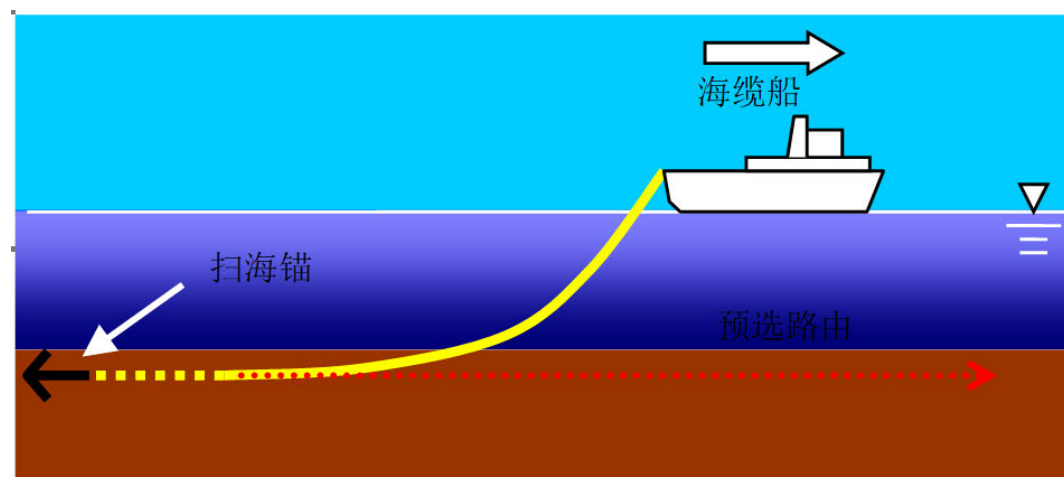


图 2.9-1 扫海清障示意图

（2）光缆敷埋作业

根据水深情况，本目光缆铺设分为埋设作业和表面敷设作业两种。水深 400 m 以浅采用埋设作业，水深 400 m 以深采用表面敷设作业。

1) 埋设作业

施工船到达水深 400 m 以浅海域附近后，在甲板完成埋设犁的装配和测试。随后，埋设犁将由船尾的 A 形架按操作程序缓缓投入水中，在海床上就位，同时向前调整船

位以保证入水的海缆保持较为合理的悬链线状态。当埋设犁完全调整至要求的埋设深度后，利用船配备的侧向推进器强大的动力，施工船开始向前移动同时埋设海缆。在布缆机的牵引下，海缆逐渐由海缆舱经海缆滑道和入水口放出。放出的海缆长度应与船只的向前移动相协调，并维持一定的张力，以保证海缆沿路由按铺设计划正确的安装。

施工船拖动埋设犁开始移动时，通过船上的操纵室启动液压装置使埋设犁的犁刀切入海床。犁刀的宽度为 20 cm，埋设槽的宽度约为 30 cm 左右。

施工船在前进过程中，侧向推进器在动态定位（DP）系统控制下，根据差分卫星信号自动调整推力保持船位不偏离设计路由。埋设犁上的传感装置将信号通过传感信号缆传回控制室，显示在屏幕上以供作业人员及时做出相应调整，同时导航系统也将连续监测以保证海缆沿正确路由埋设。

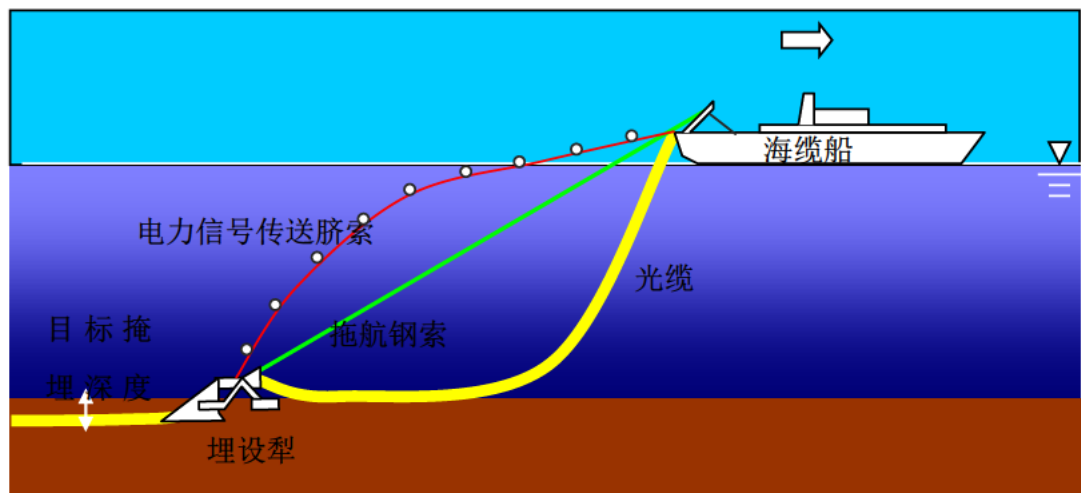


图 2.9-2 海缆埋设工作方法示意图

2) 表面敷设作业

本项目光缆路由水深大于 400 m 的海域，外部威胁非常小，海缆将直接敷设在海床表面，不需要埋设。进行敷设操作前，需要仔细研究海缆路由勘察的数据，制定海缆松弛度的计划。依照计划，留有适当的海缆松弛度。在海缆安装过程中，海缆施工工程师会通过实时计算来监测和控制海缆松弛度。作业时施工船将按照设定速度前行，同时海缆在布缆机的牵引下，由缆舱经滑道和入水口放出。在前进过程中，施工船在动态定位（DP）系统控制下，根据差分卫星信号自动调整艏向，保持船位不偏离施工路由。放出的海缆速度应与船只的向前移动速度相协调，以保证海缆按照设计的松弛度释放到海底。

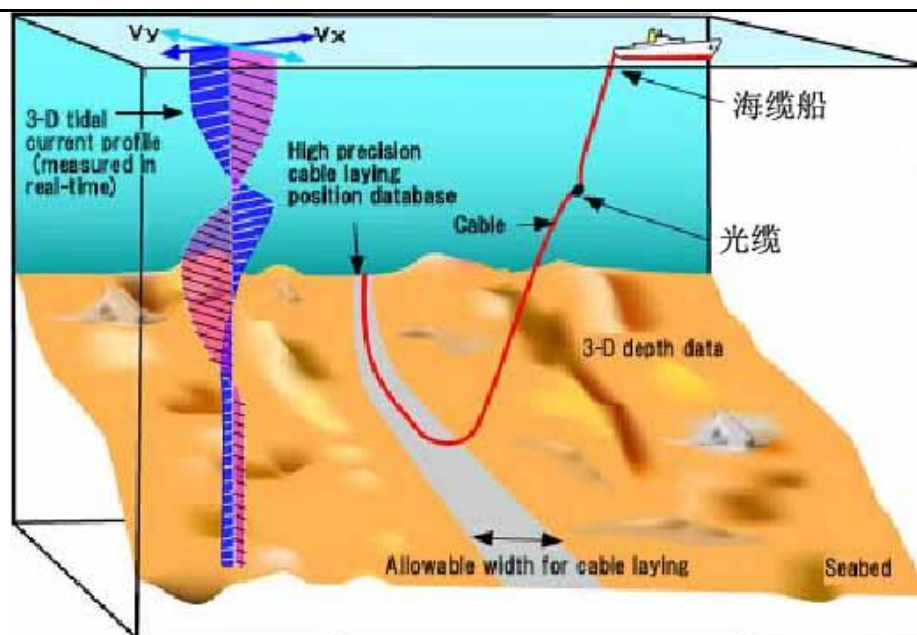


图 2.9-3 海缆敷设工作方法示意图

(3) 海缆交越段施工作业

本项目光缆与路由区已知的在用、废弃及拟建光缆交越点共 20 个。根据国际海缆保护委员会（International Cable Protection Committee, ICPC）的海缆交越建议，经双方同意后，选择合适的交越角度直接敷设于已有海缆之上，海缆交越处不需要任何的保护措施。

2.10 施工船舶与设备

2.10.1 施工船舶

本项目拟采用“福海”号海缆船或其他同类型船舶（如“蓝色领航者”号海缆船）。

(1) “福海”号海缆船

“福海”号是针对海缆施工市场不断提高的定位和埋设要求而专门设计的施工船。自投入使用以来，“福海”号先后为亚太 2 号光缆、中美光缆路由改道、C2C 海底光缆网络和泰国 - 印尼 - 新加坡光缆等多个光缆系统提供了铺设和埋设服务。“福海”号施工船于 2000 年建造完成。居住舱室可容纳 68 人。



图 2.10-1 “福海”号施工船

船舶性能参数见表 2.10-1。

表 2.10-1 “福海”号船舶性能参数

船舶主尺度		
总长	105.8 m	
型宽	20.0 m	
设计吃水	9.1 m	
总吨位	6,303 t	
净吨位	1,891 t	
最大系柱拖力	110 t	
经济航速及燃料消耗	14 knot	
海缆总装载量	5700 t	
船舶设备		
定位系统	类型	DYNPOS-AUTR(DP-II)
	控制系统	KongsbergK-Pos
		KongsbergC-Joy
	定位参照系统	JavadVeriposx2(DGPS)
		SetexDPS102
		HipAP
		FanbeamMKLMK4.2
		TautWireLTWMK-12
	传感器	GyroSperryMK37x3
		Anemometerx2
MRU(MRU-5x1,MRU-2x2)		
推进器	2x 主机总功率 7680 kw 直接驱动可变螺距螺旋桨	
侧向推进器	船首-1x1,000kw 可收缩全回转推进器；1x1,200kw 侧推器	
	船艏-2x1,200kw 侧推器	
发电机	2x3000 kw 轴带发电机	
	2x760 kw 辅助发电机	
	1x170 kw 应急发电机	
甲板设备	1x60tSWLA 字型门吊	
	1x60 t 埋设犁绞车	
	3x 伸缩克令吊	船首-2.5 t/20 m
		船中-2.5 t/20 m
		船艏-2.0 t/22 m
	该船完全可配置并操纵一个标准埋设犁	
海缆施工设备		
接续和测试	具备可支持 UJ 和所有者海缆接续的空调环境。具备可容纳系统专用传输测试设备的可监控的空调环境。配备终端、供电、直流和光时域反射仪等设备	
海缆操作设备	1x20t20 对轮直线布缆机	
	1x25t4m 鼓轮布缆机	
	4 对轮 DOHB	
其他		
居住舱室	配备全装修的居住舱室,最多能容纳 68 人	
助航仪器	雷达(3cm), 雷达(10cm)	

通信设备	2xGPS,3x 电罗经
	甚高频测向仪,航告接收器,气象传真
	V-Sat+2FBB
	GMDSSA1,A2,A3,SatcomC
	中频/高频,便携式甚高频, 航空用甚高频

（2） “蓝色领航者”号海缆船

“蓝色领航者”号海缆船是针对海缆施工市场不断提高的定位和埋设要求而专门设计、建造的一艘海缆船。除其卓越的定位能力外，“蓝色领航者”号一次海缆装载量可达 6900 t，并全面支持目前世界上最先进的埋设犁的操作。“蓝色领航者”号施工船已于 2023 年 9 月建造完成。居住舱室可容纳 80 人。



图 2.10-2 “蓝色领航者”号施工船

船舶性能参数见表 2.10-2。

表 2.10-2 “蓝色领航者”号船舶性能参数

船舶主尺度		
总长	131.4 m	
型宽	23.0 m	
型深	11.5 m	
总吨位	10,000 t	
载重吨位	8,500 t	
满载排水量	16,100 t	
最大系柱拖力	102 t	
经济航速	12 knot	
海缆总装载量	6900 t	
船舶设备		
定位系统	类型	DYNPOSAUTR(DP-II)
	控制系统	KongsbergK-Pos
		KongsbergC-Joy
	定位参照系统	JavadVeriposx2(DGPS)
		SetexDPS102
		HipAP
		FanbeamMKLMK4.2
TautWireLTWMK-12		

	传感器	GyroSperryMK37x3		
		Anemometerx2		
		MRU(MRU-5x1,MRU-2x2)		
	推进器	2x 主机总功率 8000kw 直接驱动可变螺距螺旋桨		
	侧向推进器	船首-2x3,000kw 可收缩全回转推进器; 1x1,500kw 侧推器		
		船艉-2x1,500kw 侧推器		
	发电机	2x1200kw 轴带发电机		
		1x375kw 应急发电机		
	甲板设备	1x60tSWLA 字型门吊		
		1x60t 埋设犁绞车		
		3x 伸缩克令吊	船首-10t/30m	
			船中-5t/25k	
			船艉-2x2.0t/20k	
		该船完全可配置并操纵一个标准埋设犁		
	海缆施工设备			
	接续和测试	具备可支持 UJ 和所有者海缆接续的空调环境。具备可容纳系统专用传输测试设备的可监控的空调环境。		
	海缆操作设备	1x21t21 对轮直线布缆机		
		1x40t4m 鼓轮布缆机		
		1x4t4 对轮 DOHB		
	其他			
	居住舱室	配备全装修的居住舱室,最多能容纳 80 人		
	助航仪器	雷达(3cm), 雷达(10cm)		
		2xGPS,3x 电罗经		
		甚高频测向仪,航告接收器,气象传真		
	通信设备	V-Sat+2FBB		
		GMDSSA1,A2,A3,SatcomC		
		中频/高频,便携式甚高频, 航空用甚高频		
	船籍	巴拿马		

2.10.2 施工设备

本项目施工涉及的主要施工设备包括扫海锚具、埋设犁和后冲埋水下机器人（ROV）。

（1）扫海锚具

扫海清障时由施工船尾拖专业扫海工具进行扫海作业。扫海与清障专用锚具样图例如下图所示。





图 2.10-3 典型扫海锚设备

(2) 埋设犁

400 m 水深以前部分拟使用 MD3 埋设犁进行埋设。埋设犁示意图如下。



图 2.10-4 MD3 埋设犁

(3) 后冲埋设备

后冲埋水下机器人（ROV）拟采用“海狮 I”或具备相似性能的其他 ROV。



图 2.10-5 “海狮 I” ROV

2.11 施工计划

本项目路由海域位于离岸开阔海域，外部威胁小，路由区总体船舶流量适中。项目所涉及的施工作业内容主要是铺设前扫海作业、光缆铺设作业及光缆后冲埋作业。根据外海区光缆铺设施工经验，本次施工总天数控制在 20 天（不含潜在天气影响）。

表 2.11-1 项目时间进度安排

施工顺序	作业内容	施工船	施工时间（天）	预计工期
1	扫海	“福海”号海缆船或其他同类型船舶（如“蓝色领航者”号海缆船）	2	2027 年第一季度
2	敷设段		10	
3	埋设段		6	
4	后冲埋		2	

其他	2.12 预选路由比选方案 2.12.1 预选路由原则与方案 (1) 预选路由原则 海底光缆工程选址是建设中的重要环节，是后续所有工作的基础，应遵循选择相对安全可靠、经济合理、节约用海、便于施工和维护的海底光缆路由的总原则。 本项目在我国南海水域的选址除考虑工程总承包商在超长距离光纤传输系统设计时的总体要求外，结合我国海域的特点，根据国际众多海缆施工实践和《海底光缆工程技术规范》，初选路由的选择上主要遵循下述原则： 1) 选择海底平坦或起伏小的海域，尽可能避开礁石、陡坎、深槽、海沟等地形变化剧烈的区段； 2) 选择细粒海底底质且类型变化小的海域，避开裸露基岩、人为的和自然的各类障碍物，避开海床冲淤强烈的地段； 3) 尽可能避开海底滑坡、浊流、活动断裂等灾害地质因素及地震强震与地震活动多发区； 4) 尽可能避开底层渔捞作业频繁的海域，特别是帆张网、底拖网作业密集区； 5) 尽可能避开港口码头、锚地，如确需要穿越航道应尽可能垂直穿越； 6) 尽可能避开海底油气和固体矿藏开采区、自然保护区、军事用海区等； 7) 尽可能不穿越已建海底光缆、海底输电电缆和海底管道，确需交越时交角应不小于 45°，与已有海底光缆中继器（RPT）、光缆分支器（BU）的间距不小于 3 倍水深； 8) 当与已建海底光缆、海底输电电缆和海底管道近乎平行延伸时，相互间距不小于 3 倍水深，以免海底光缆于勘察、铺设施工或维修时损坏已建海底管线； 9) 尽量避开历史海缆故障多发区域； 10) 符合海洋功能区划，与其他海洋规划及开发活动兼容，与相关利益者可协调。 根据《海底光缆工程设计规范》（GB/T51154-2015），海底光缆路由设计时“宜与航道垂直交越；宜避免与海底光缆、电缆、管道交越，确需交越时交角不宜小于 60°”。另外交越点距离已有海底光缆的分支器（BU）和中继器（RPT）的距离不应小于 3 倍水深。 本项目总体的光缆路由选划优先考虑已有国际海缆的布局，为遵从集约用海原则，便于海缆维护管理，尽量不开辟新的国际海缆路由线路，路由在设计时与已有国际海缆尽可能多采用平行走向。 (2) 预选路由比选方案 本项目系统路由预选时根据国际光缆设计原则，充分考虑海域自然环境、社会条件、海洋开发活动尤其是已建海底光缆及管道等因素。 总体上，本项目预选路由方案由 ALC 海缆项目主干段分支器 BU5 沿近似垂直等深
----	---

线方向穿南海陆架、陆坡并在南海西部陆架和中国南海海域管辖界线相交。在遵循光缆路由预选原则基础上，设计出预选路由初步方案，包括方案一、方案二。两方案路由大体一致，区别在于路由在岭南斜坡走向不同。见图 2.12-1 所示。



图 2.12-1 本项目路由比选方案示意图

2.12.2 预选路由比选方案分析

（1）比选路由综合条件分析

1) 路由区地质地貌环境



（2）比选路由适应性和环境合理性分析

[illegible]

— 27 —

选 址 选 线 环 境 合 理 性 分 析	表 2.12-1 本项目路由方案适宜性比选			
	类 目	方 案 一	方 案 二	路 由 比 较
	■	■	■	■
	■	■		■
	■	■		■
	■	■		■
	■	■	■	■
	■	■	■	■
	■	■	■	■
	■	■	■	■

三、生态环境现状、保护目标及评价标准

生态环境现状

3.1 项目区功能区划情况

本项目位于海南省三沙海域，2023 年 9 月 15 日，国务院批复《海南省国土空间规划（2021—2035 年）》。该规划范围仅涵盖海南省本岛及周边海域，并明确三沙市（含南海海域）的国土空间规划需另行编制。目前，三沙市本级规划尚处于研究论证阶段，市级总体规划成果尚未出台。鉴于国土空间规划是在海洋功能区划、近岸海域环境功能区划等基础上统筹编制，因此在项目所在海域的新规划正式生效前，继续说明海缆路由所在区的海洋功能区划以及相关符合性分析。

根据《海南省海洋功能区划（2011-2020 年）》及光缆路由走向，本项目路由穿越了“南海中部农渔业区”和“琼东南盆地矿产与能源区”。邻近海域的海洋功能区有“西沙岛礁农渔业区”、“西沙群岛海洋保护区”、“西沙群岛农渔业区”、“南沙群岛海洋保护区”、“南沙岛礁农渔业区”和“中建南盆地矿产与能源区”。见表 3.1-1。

表 3.1-1 本项目路由与周边海洋功能区相对位置关系

序号	代码	海洋功能区名称	功能区类型	相对位置
1	1101	南海中部农渔业区	农渔业区	本项目路由穿越该功能区
2	1102	琼东南盆地矿产与能源区		本项目路由穿越该功能区
3	1103	西沙岛礁农渔业区		本项目路由穿越该功能区
4	1104	西沙群岛海洋保护区		本项目路由穿越该功能区
5	1105	西沙群岛农渔业区	农渔业区	本项目路由穿越该功能区
6	1106	南沙群岛海洋保护区		本项目路由穿越该功能区
7	1107	南沙岛礁农渔业区	农渔业区	本项目路由穿越该功能区
8	1108	中建南盆地矿产与能源区		本项目路由穿越该功能区

本项目路由所在及邻近海域的海洋功能区位置关系见图 3.1-1，登记表见表 3.1-2。

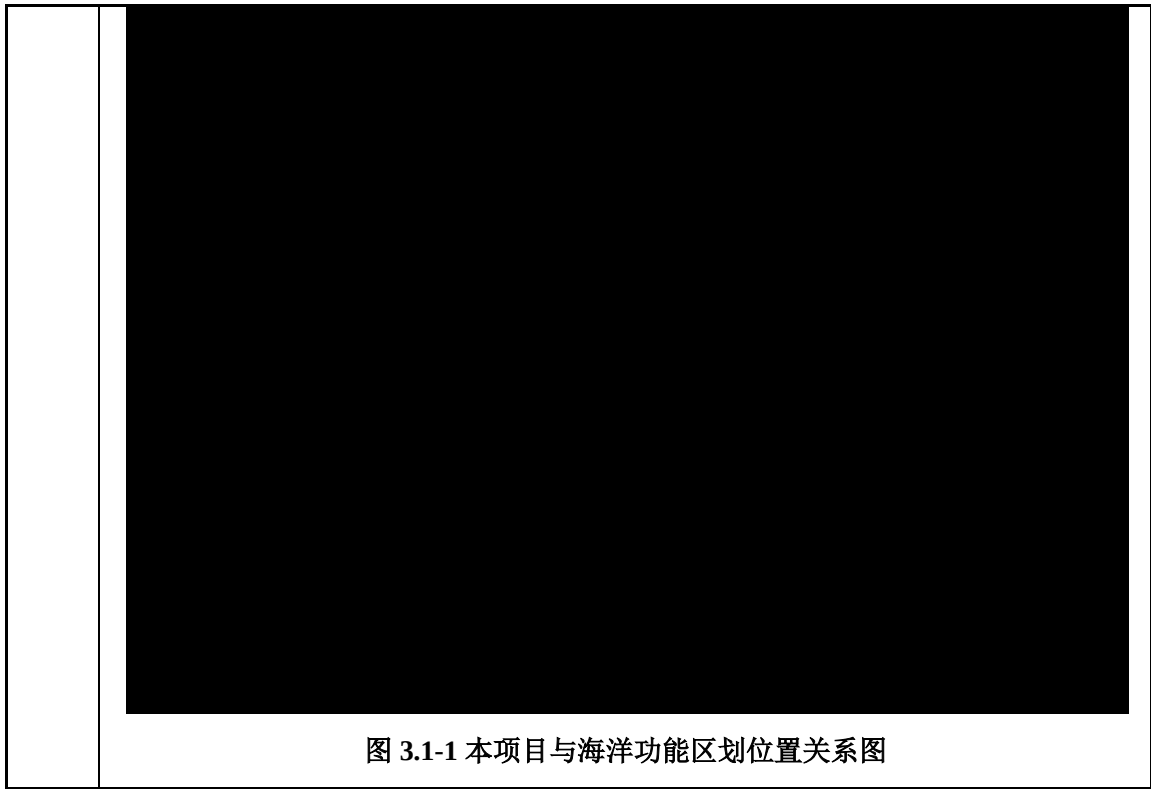


图 3.1-1 本项目与海洋功能区划位置关系图

生态环境现状	表 3.2-1 本项目所在及周边海域海洋功能区划登记表（节选）								
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]			[REDACTED]	
					[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

3.2 地形地貌与冲淤环境调查

3.2.1 海底地形与地貌特征

[REDACTED]

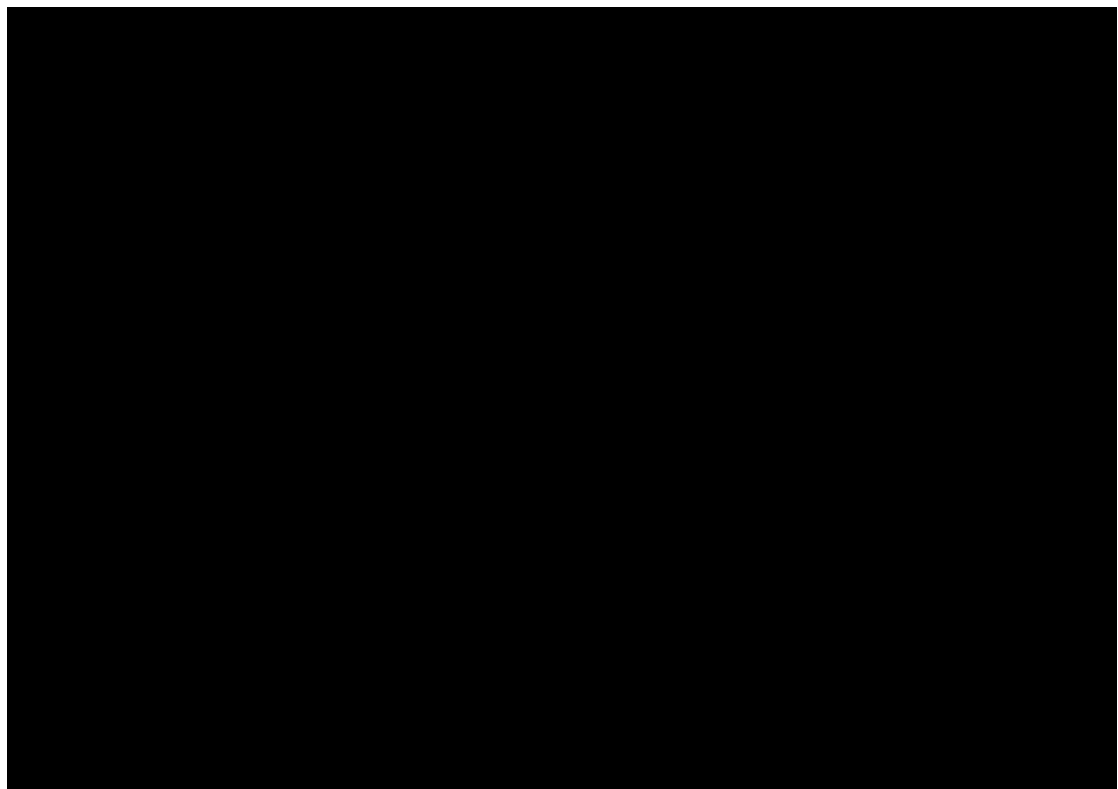


图 3.2-1 预选路由区三维水深地形图





图 3.2-3 南海海底地貌图图例（上图图例）

（引自：广州海洋地质调查局南海地质地球物理图系）
根据路由勘察阶段掌握资料，对路由区地形地貌分段介绍如下：

（1）128 m~500 m 水深（南海断续线附近）

a. 128 m~174 m 水深区（KP105.2~KP120.8）

该段路由区浅层地质厚度变化（<0.5m~>3m）由非常软到软的淤泥粘土组成，覆盖在坚硬到坚韧的粘土和中密到密实的沙子上，局部有陡峭到局部非常陡峭的坡度和潜伏岩石，本项目路由已避开这些区域。

b. 174 m~500 m 水深区（KP120.8~ KP203.4）

该段路由区首先穿越一段中等倾斜的海床，海床特征为厚的非常软到部分坚硬淤泥粘土，约 6 km 后为明显的隆起地形。此外，在该区域观察到孤立岩石，坡度从中等到非常陡峭。在穿越抬升的海床后，路线走廊逐渐向南东南方向转弯，沿着平缓的海底延伸。该区域浅层地质主要由厚的非常软到软的沙质淤泥粘土组成，延伸约 73 km 后到达一处长 800 m 的陡峭河道。

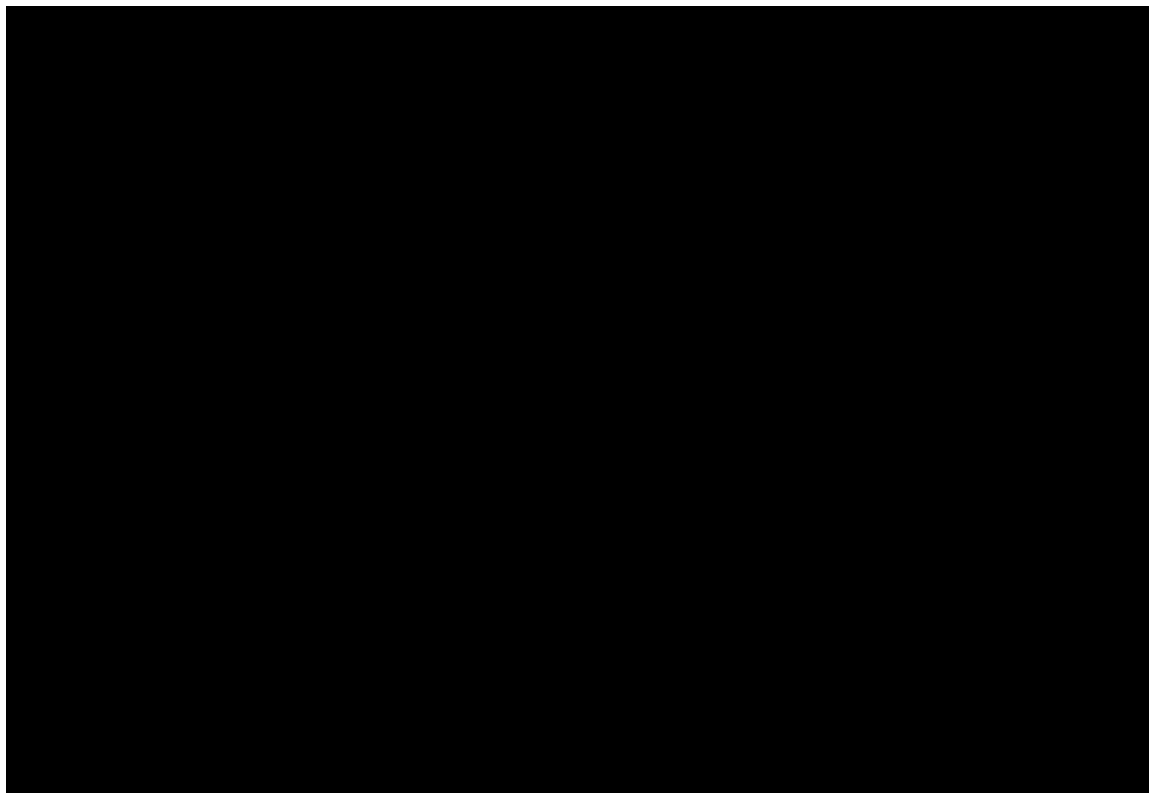


图 3.2-4 KP106~KP116 数字地形

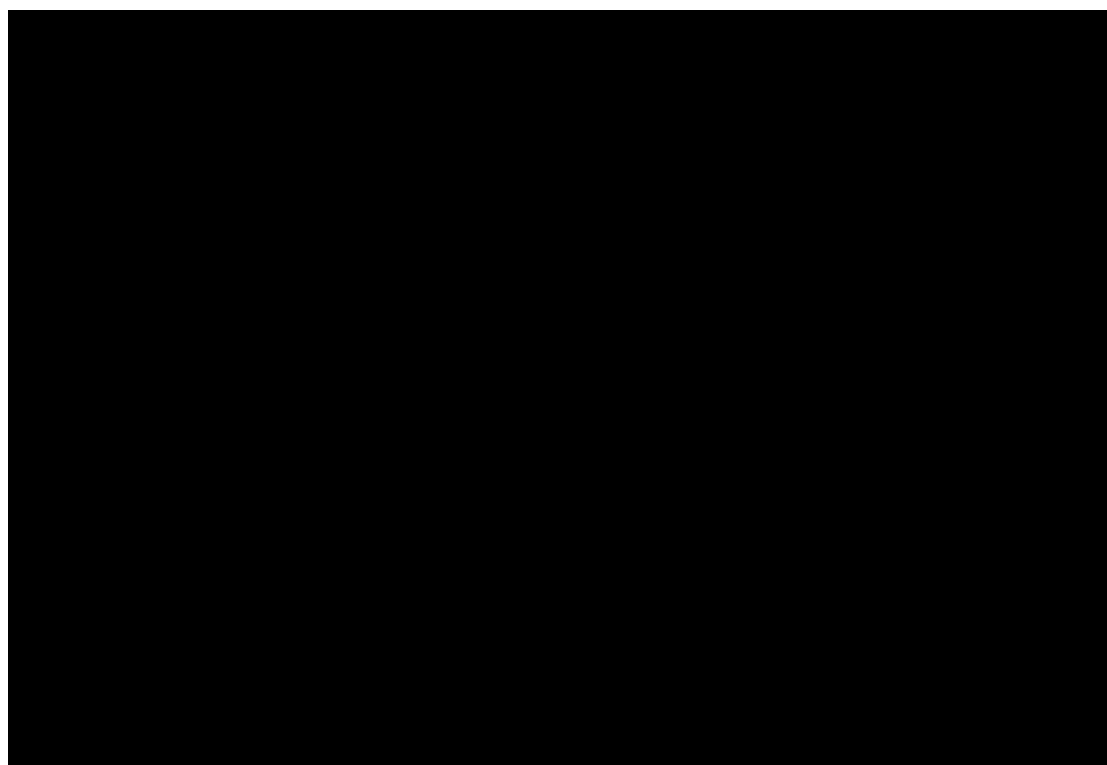


图 3.2-5 KP126~KP133 数字地形

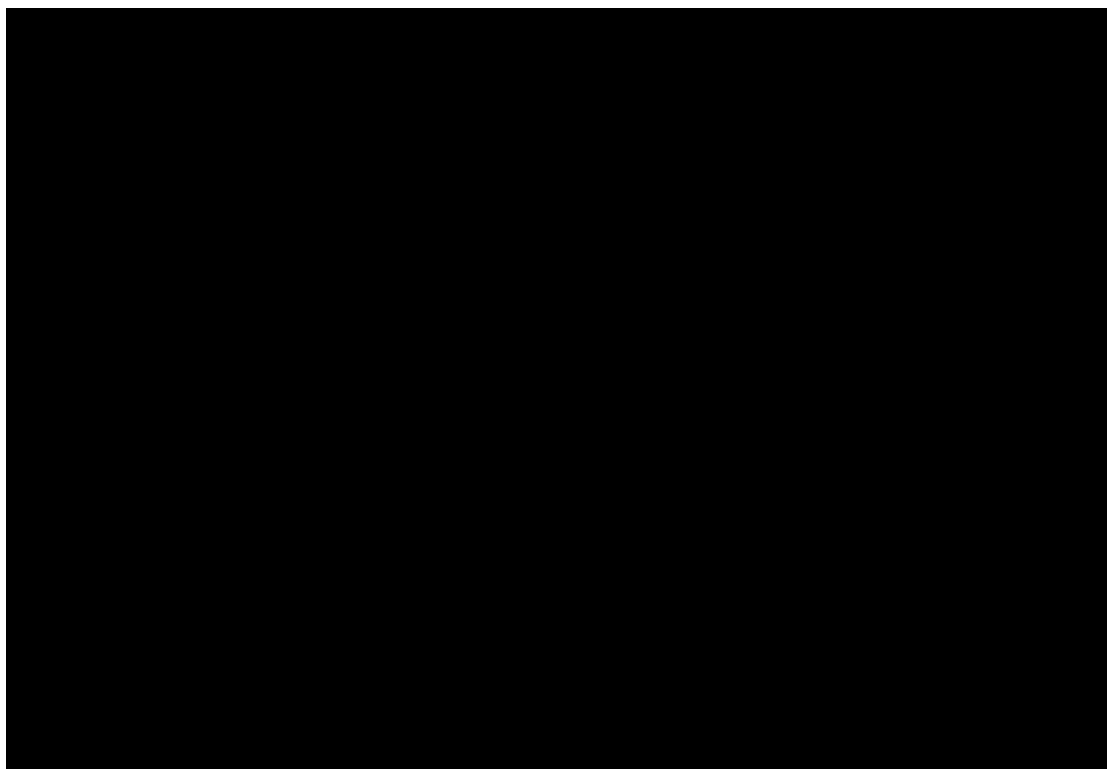


图 3.2-6 KP193~KP204 数字地形

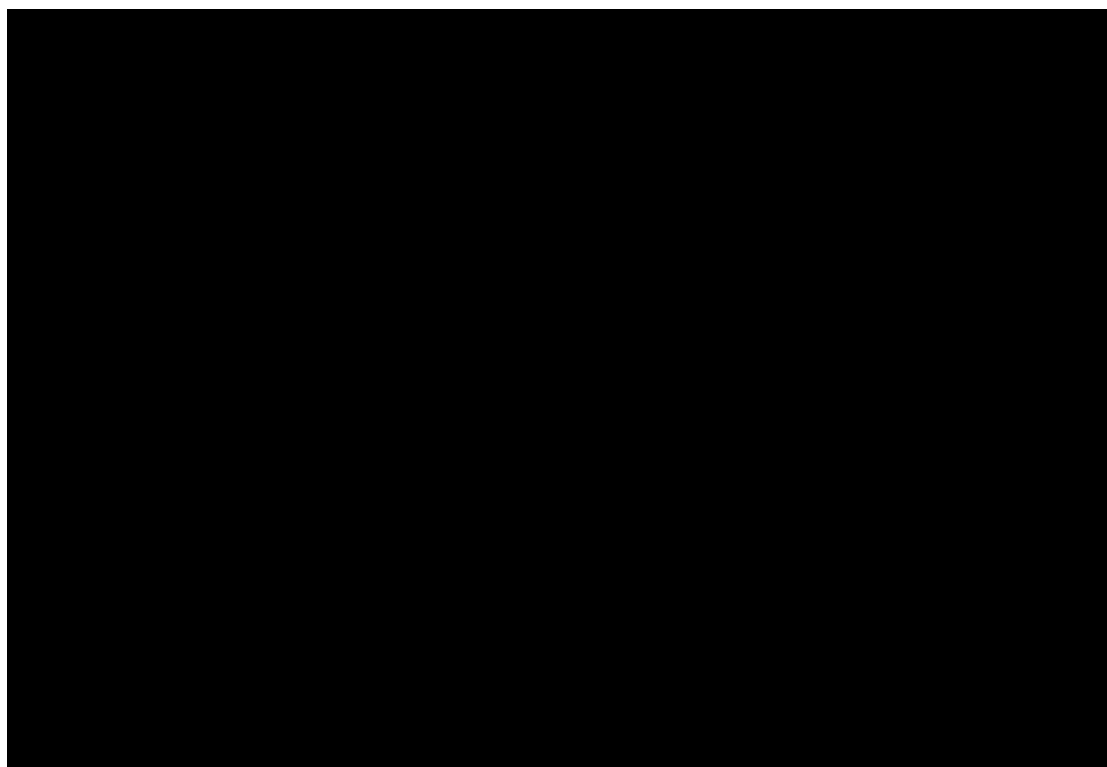


图 3.2-7 KP118~KP128 海床状况

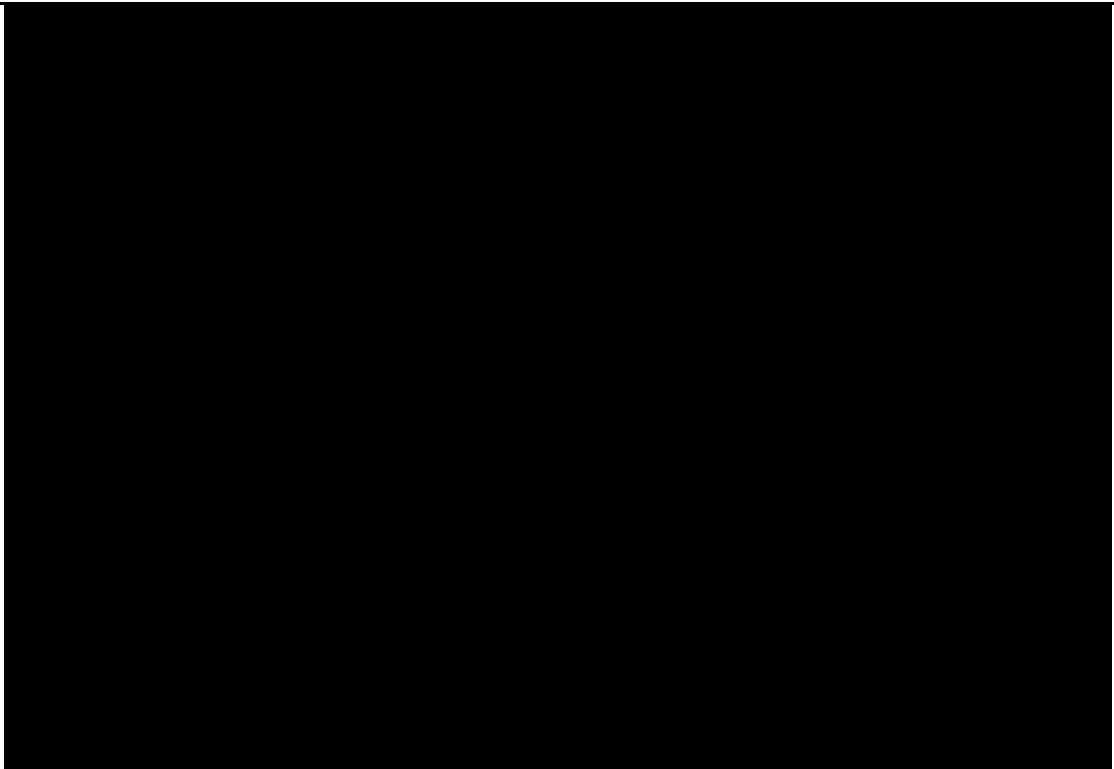


图 3.2-8 KP202~KP204 海床状况

(2) 500 m ~1000 m 水深

500 m ~1000 m 水深区 (KP203.4~KP327.5) 段路由沿着东南方向直行 56 km, 海底较平缓, 覆盖着厚的非常软到软的淤泥粘土沉积物, 沿路由区表层沉积物逐渐变薄, 厚度少于 3 m。KP259.8 处出现岩石露头, 位于海床下 3 m 范围内, 岩石露头和潜露区域延伸至 KP271.1 处。

离开岩石区域后, 路线走廊继续向东南方向上升, 穿越大约 52 km 的平缓海底区域, 直到 KP323.7 (水深约 934 m), 随后在该段最后约 4 km 处遇陡峭到非常陡峭的深凹地形。图浅层地质由非常厚的非常软到坚硬的沙质淤泥粘土组成。局部地区沉积物逐渐变为坚硬到刚性的粘土。KP327.5 处达到约 1000 m 水深。



图 3.2-9 KP258 ~ KP274 数字地形

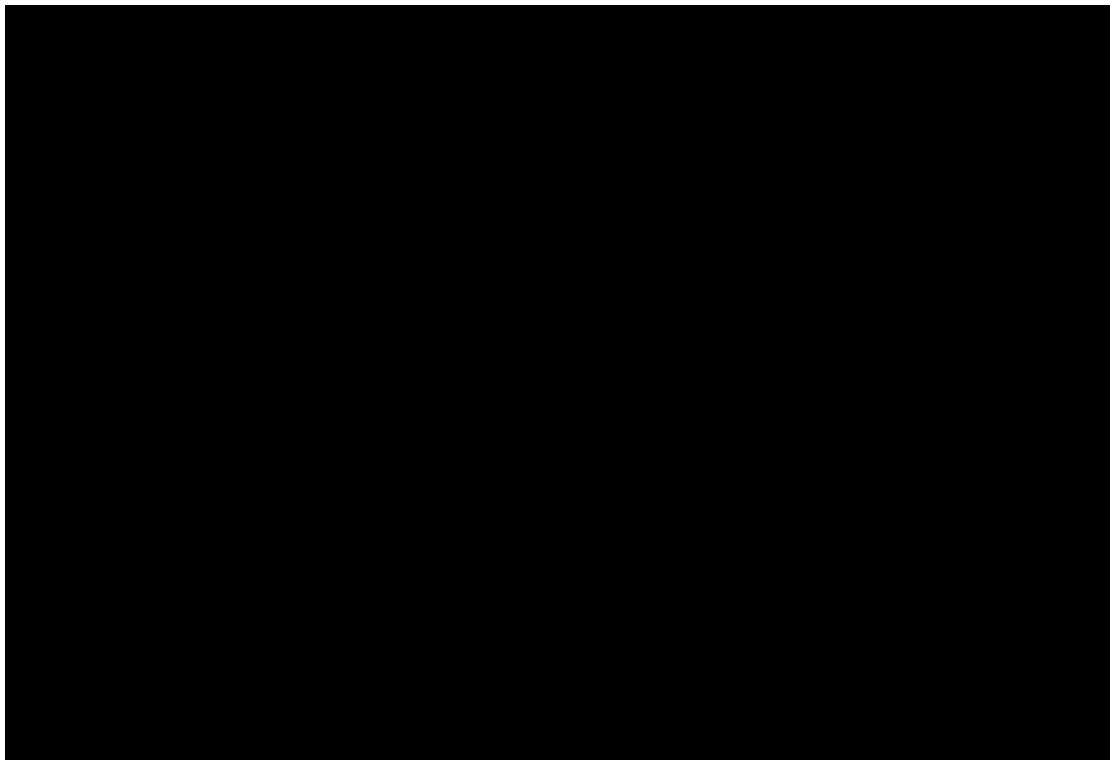


图 3.2-10 KP314 ~ KP328 数字地形

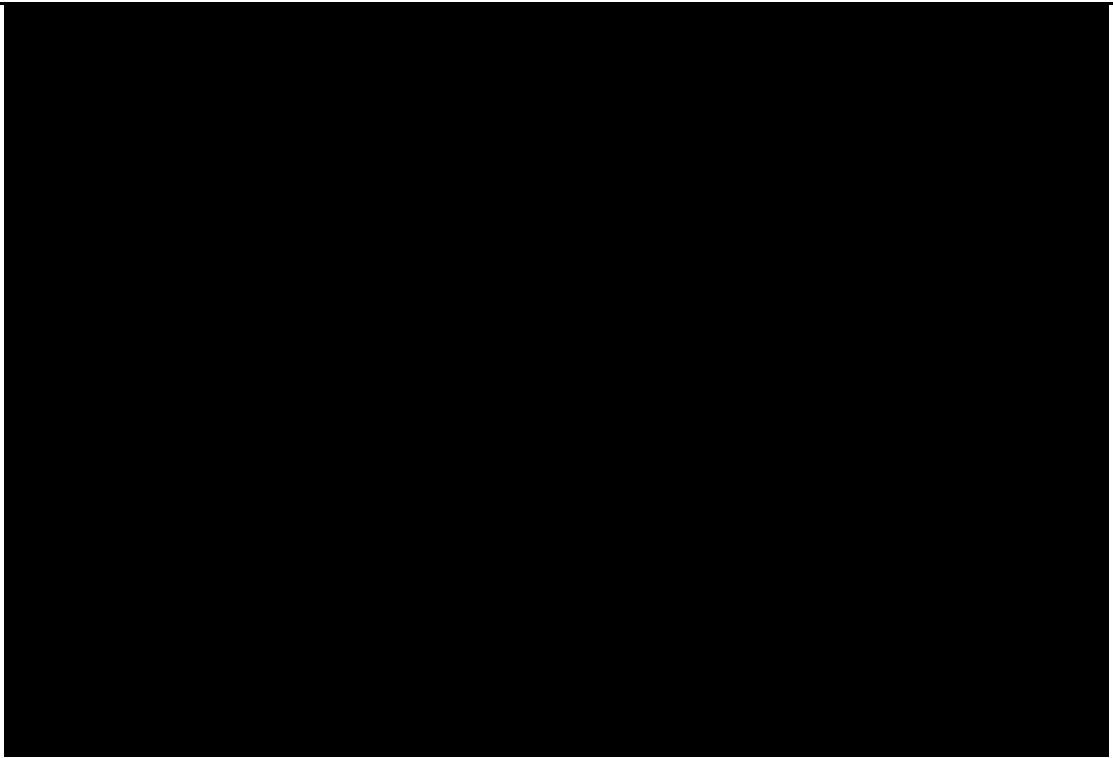


图 3.2-11 KP260~KP274 海床状况

(3) 1000 m 水深~BU5

1000 m~BU5 (KP327.5~ KP762.2) 段水深从 1000 m 逐渐加深至约 4300 m。

a. 1000 m~2160 m 水深区 (KP327.5~ KP441.4)

该段路线继续向东南方向延伸。自 1000 m 水深延伸约 3 km 内，海床特征为一系列大规模凹陷，坡度陡峭至非常陡峭。随后，海床在约 24 km 的相对平缓地形上逐渐加深。在 KP374.3 (约 1521 m 水深处)，路由保持东南方向，沿着中等倾斜的海床延伸，直到该段末尾。此外，在 KP418.0 (约 1932 m 水深) 处和 KP431.5 (约 2013 m 水深) 处，路线两侧有局部凹陷。

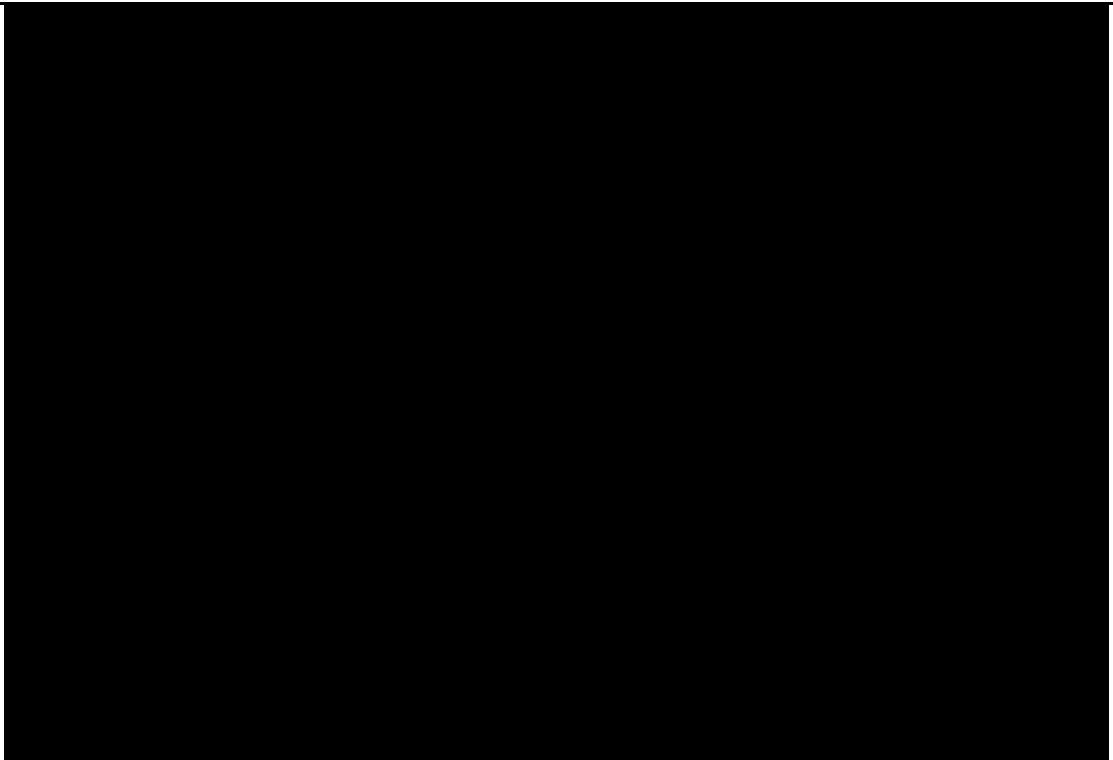


图 3.2-12 KP355~KP370 数字地形

b. 2160 m~2900 m 水深区 (KP441.4~ KP547.5)

该段路线走廊向东南方向延伸，在该段路由最后约 16 km 内转向南东南方向。海床形态显示出交替的粗糙和平坦区域的重复模式。路由起初穿越不平坦的地形，坡度陡峭到非常陡峭，对应于阶地、山脊、丘陵和沉降，然后路由走行至一处平坦海床。沿途多次出现这种起伏模式，由此显示路由区海床并非平滑、连续的坡度，而是表现为多个区域存在抬升和侵蚀。

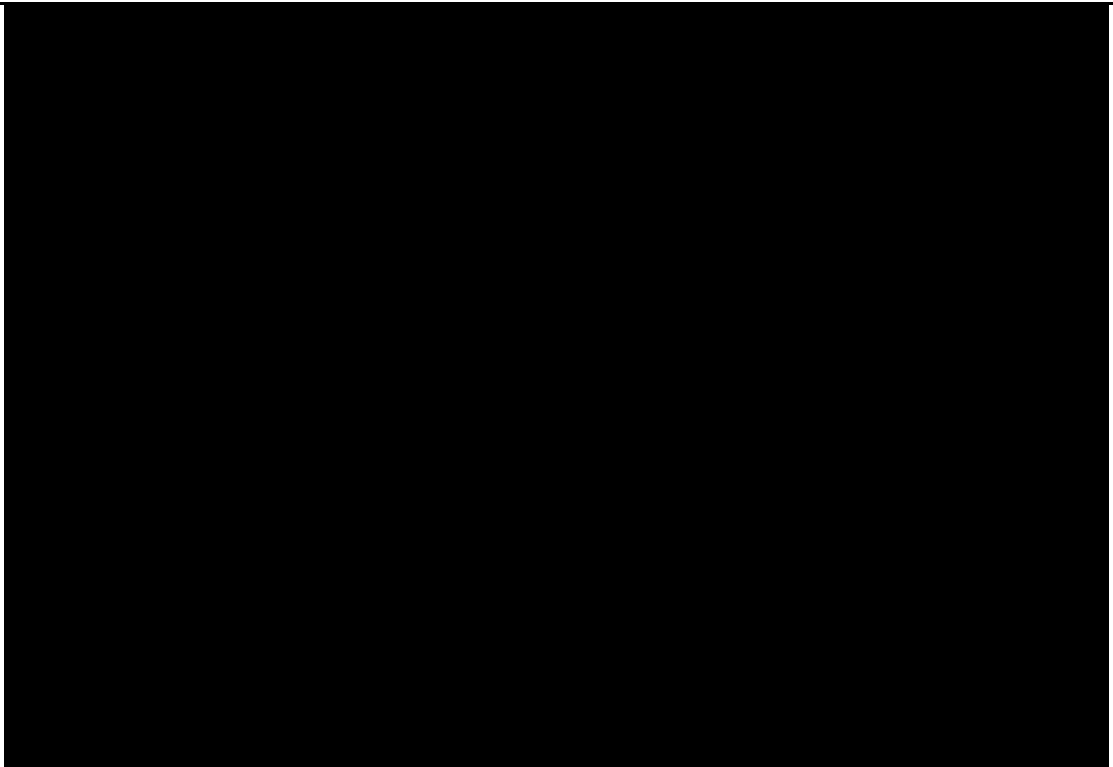


图 3.2-13 KP450~KP490 数字地形

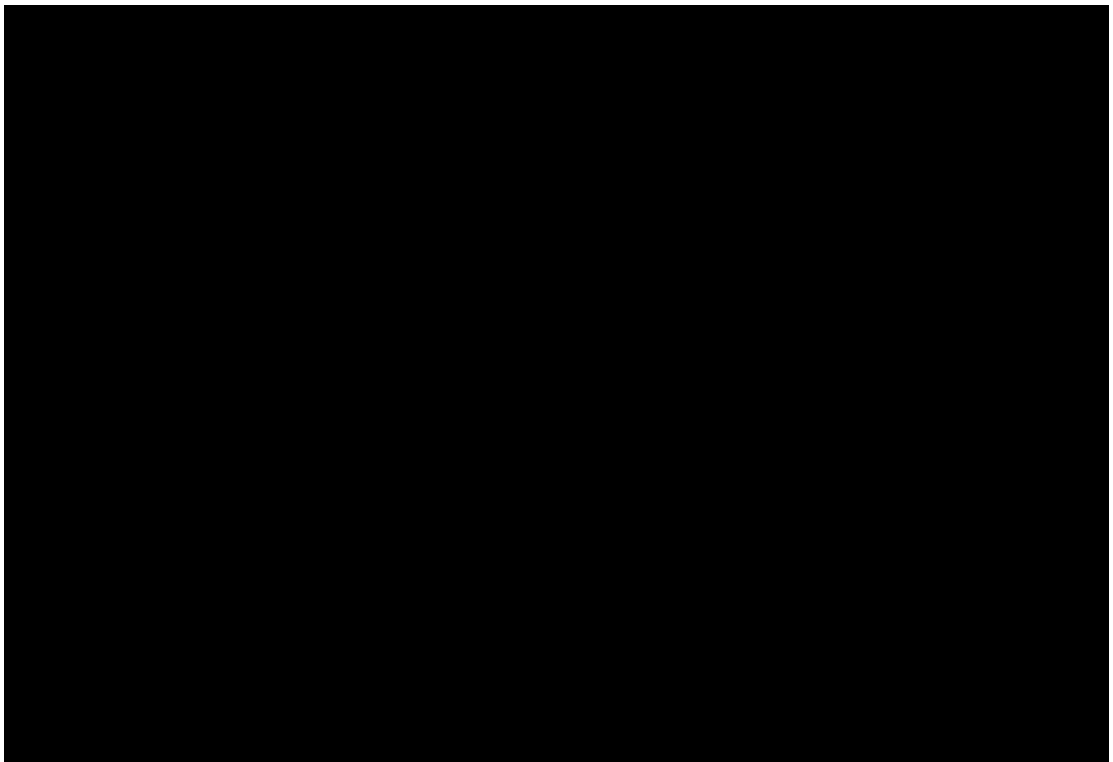


图 3.2-14 KP510~KP540 数字地形

c. 2900 m~4200 m 水深区 (KP547.5~ KP657.0)

该段路由最初向南延伸约 24 km，随后约 22 km 逐渐转向东南方向，穿越区为中等倾斜海床。在 KP576.9（约 2498 m 水深处）遇一处非常陡峭的山脊。在 KP593.5（约水深 2391 m），路由向南偏移

约 17 km, 在 KP596.9 (约水深 2299 m) 处与另一条山脊相交。

穿过此区域后, 路由继续向南东延伸, 直到该段结束。该区域海床形态特征表现为温和的起伏, 交替出现抬升和降低, 无急剧高程变化。从 KP642.9 (约水深 3503 m) 到该段的结束, 路由穿过一系列山脊, 山脊多向西南方向延伸, 坡度陡峭至非常陡峭。

d. 4200 m ~4337 m 水深区 (KP657.0~ KP762.2)

离开前段崎岖的海床后, 该段路由继续向东南延伸。路由首先穿越大约 42 km 的相对平坦的海底, 随后到达一处稍微抬高的区域, 从 KP699.7 (约 4310 m 水深) 延伸到 KP703.0 (约 4310 m 水深)。之后, 路由继续穿越约 30 km 的中等坡度海床。

在 KP732.2~KP737.8 之间 (约 4341 m~4363 m 水深), 路由穿越两处坡度非常陡峭的山脊。穿越此区域后, 路由继续穿越平坦海床, 最后到达 BU5 (约 4300 m 水深)。

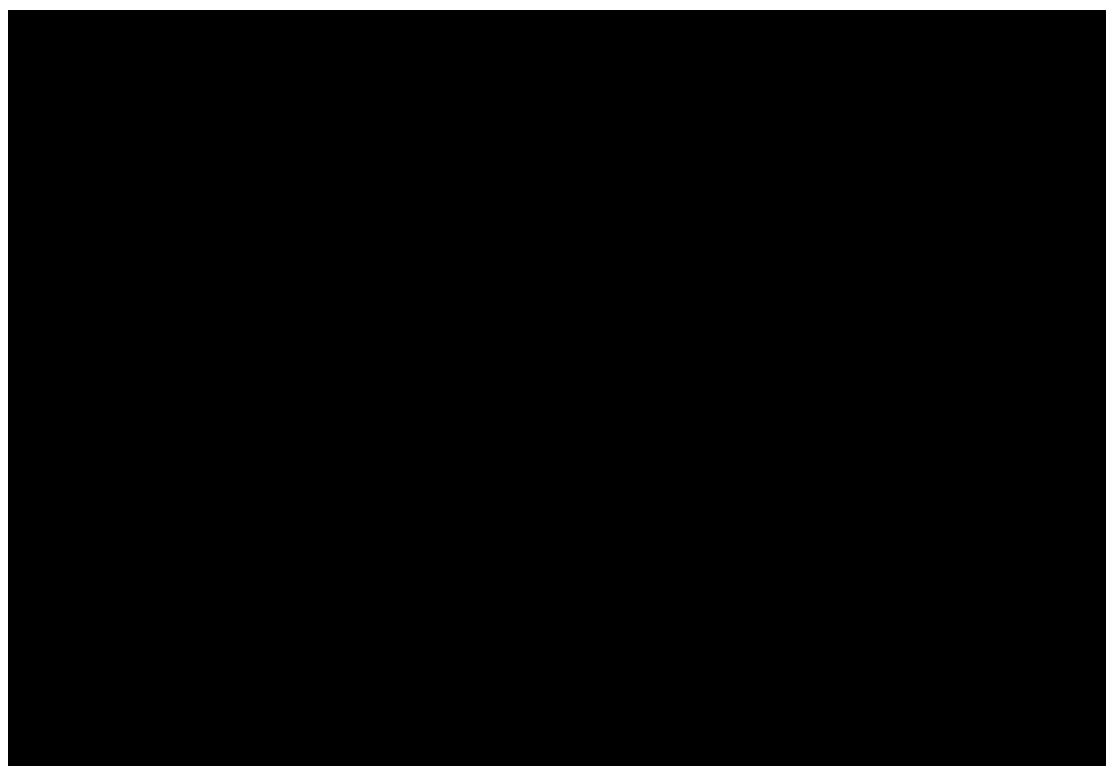


图 3.2-15 KP574~KP580 数字地形

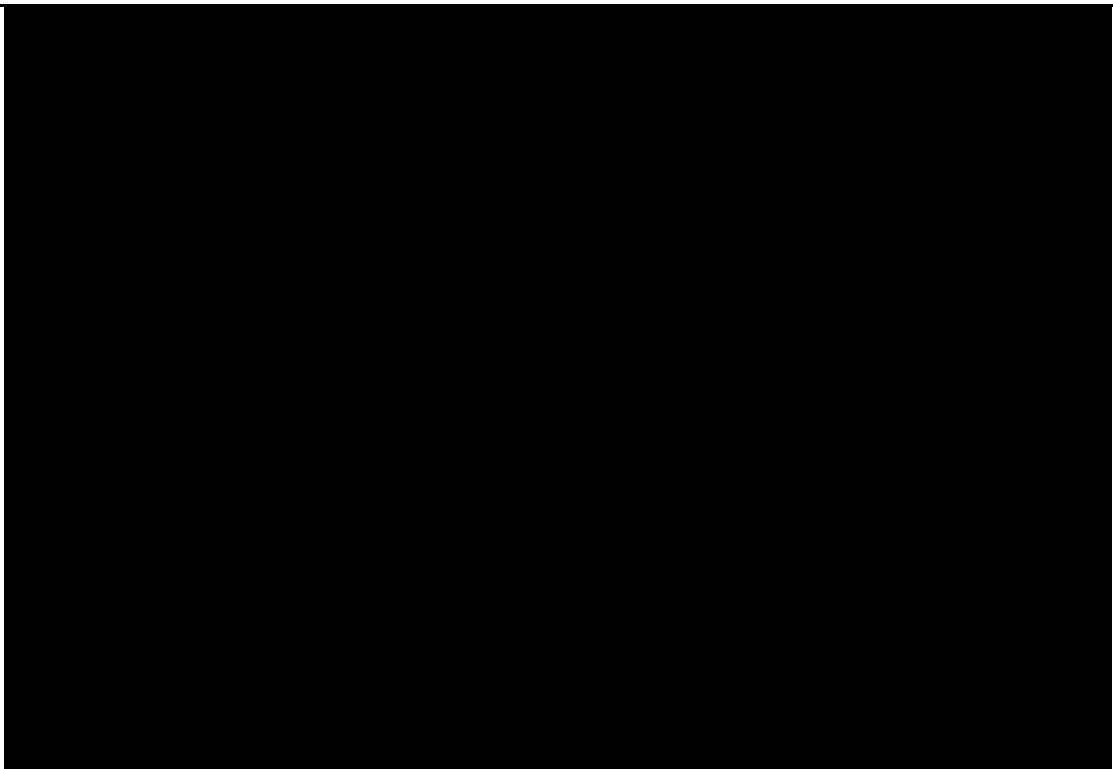


图 3.2-16 KP645~KP655 数字地形

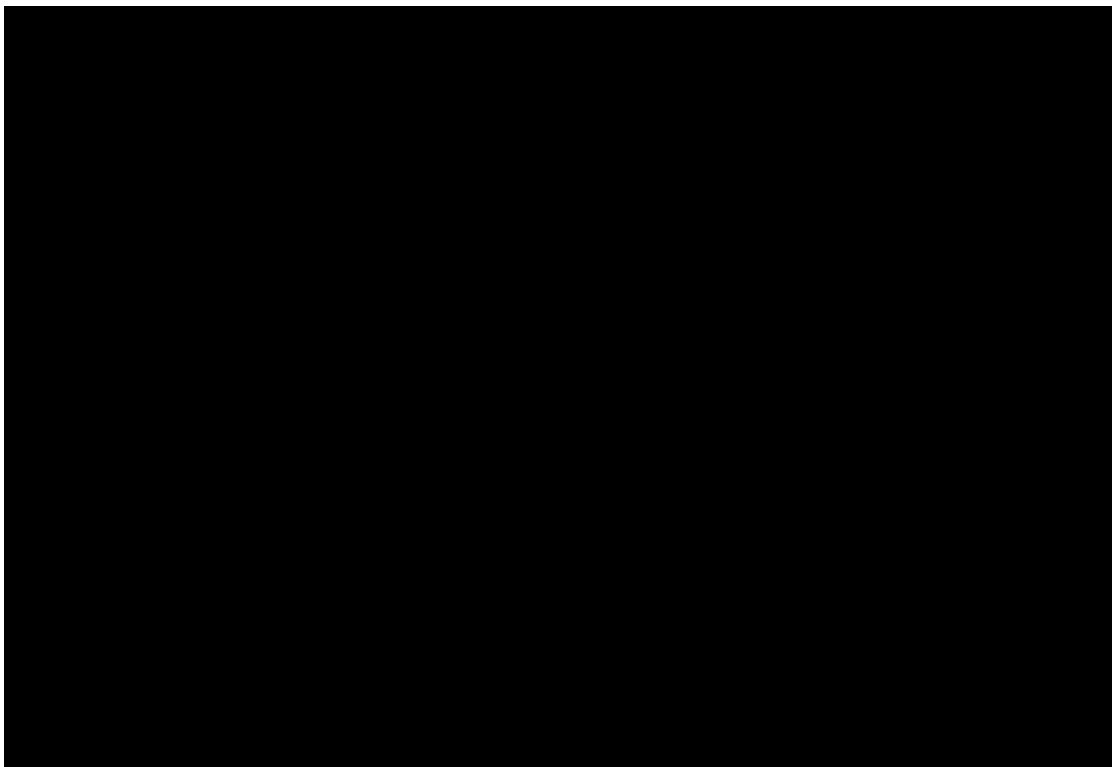


图 3.2-17 KP645~KP655 数字地形

3.2.2 海床冲淤活动性

路由穿越了南海西部陆架、陆坡、深海盆地，现有的潜标资料远不能覆盖海缆路由线路。本次海缆路由段水动力环境特征在 400 m 以浅参照南海北部陆坡区潜标观测的底流数据，通过计算路由泥沙

的起动流速，判断出海床泥沙的稳定性；400 m 以深的路由海区，由底质类型分布判断路由段所属底质类型，进而利用福克分类法分析路由段沉积水动力特征。根据以上资料分析本项目光缆路由海床冲淤活动性如下：

（1）水深 400 m 以浅段

路由区水深 400 m 以浅段泥沙粒径随水深增加逐渐加粗，泥沙起动流速相应增大，床面泥沙处于活动状态的频率相对较低，但海域海底水动力作用较强，使得相当部分活跃的粗颗粒泥沙存在。

（2）水深 400 m 以深段

路由区水深 400 m~3000 m 的路由段底质类型主要以粉砂和粘土为主，包括部分细砂以及粘土质粉砂，粉砂质粘土、钙质粘土质粉砂、含钙质粘土质粉砂；水深超过 3000 m 的路由段底质类型主要为粘土，包括含钙质粘土、深海粘土、铁锰微粒深海粘土、钙质粘土、含钙质粘土、硅质钙质粘土软泥、硅质软泥、含硅质钙质粘土，硅质粘土、含硅质含钙质粘土、含钙质硅质粘土。根据福克分类法的动力学意义可判断出相应路由测段的水动力环境特征较弱，有利于海缆的施工和维护。

3.3 海水水质现状调查与评价

3.3.1 调查时间与调查站位

本项目海水水质调查采用现场调查方式。现场调查共开展两次，分别于 2026 年 6 月、2024 年 3 月进行。

2026 年 6 月现场调查由国检测试控股集团京诚检测有限公司沿全段路由海域开展现场采样及室内分析工作。该次调查船采用“粤霞渔指 20029”。该次调查共布设 5 个站位，其中 4 个站位预定进行海水水质、海洋生物（包括叶绿素 a 含量、初级生产力、浮游植物、浮游动物、鱼卵仔稚鱼）调查，1 个站位预定进行海水水质、沉积物、海洋生物（包括叶绿素 a 含量、初级生产力、浮游植物、浮游动物、鱼卵仔稚鱼、底栖生物）调查。因调查海域地理位置特殊，实际调查时，受客观因素限制，南海断续线附近的 1 个预定站位未采集到样品，现场调查时在附近海域补充采集了 1 个站位海水水质、海洋生物（包括叶绿素 a 含量、初级生产力、浮游植物、浮游动物、鱼卵仔稚鱼）样品，未成功获取沉积物样品。其他 4 个站位均按计划完成了采样工作。

2024 年 3 月现场调查由自然资源部南海调查中心在中建岛西南侧光缆路由附近海域开展现场采样工作，广东创蓝海洋科技有限公司完成样品室内分析工作。该次调查船采用“粤湛渔 00029”。该次调查共布设 10 个站位，进行海水水质、沉积物、海洋生物（包括叶绿素 a 含量、初级生产力、浮游植物、浮游动物、鱼卵仔稚鱼）调查。实际调查时，受海况条件制约，预定站位未成功采集到沉积物样品。现场调查时在附近海域补充采集到 1 个沉积物样品。综合考虑各站位调查项目及与本项目推荐路由的位置关系，本次仅引用该次调查中距离光缆路由 30 km 内 3 个水质、生态站位调查结果以及该次现场调查时补充采集的 1 个沉积物站位调查结果。

本次采用的两次现场调查调查站位及调查内容见表 3.3-1、表 3.3-2，站位示意图见图 3.3-1。

表 3.3-1 2026 年 6 月海洋水质调查站位表						
序号	来源	站号	经度 (E)	纬度 (N)	调查内容	备注
■	■	■	■	■	■	
■		■	■	■	■	
■		■	■	■	■	
■		■	■	■	■	
■		■	■	■	■	■

■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■



图 3.3-1 2026 年 6 月和 2024 年 3 月现状调查站位图

3.3.2 调查项目与调查分析方法

(1) 调查项目

2026 年 6 月调查项目包括：pH、水温、透明度、盐度、悬浮物、化学需氧量（COD_{Mn}）、溶解氧（DO）、无机氮（包括硝酸盐、亚硝酸盐、铵盐）、活性磷酸盐、石油类、硫化物、挥发性酚、铜、

铅、镉、汞、锌、总铬、砷共 21 项。

2024 年 3 月调查项目包括：pH、水温、盐度、悬浮物、透明度、化学需氧量（COD_{Mn}）、溶解氧（DO）、无机氮（包括硝酸盐、亚硝酸盐、铵盐）、活性磷酸盐、石油类、铜、铅、镉、汞、锌、总铬、砷共 19 项。

（2）调查方法

所用观测船只进入预定站位，测量水深。石油类采集表层样品。其他因子水深小于等于 10 m 深时，采集表层样品；水深大于 10 m 小于等于 50 m 深时，采集表层和底层样品；水深大于 50 m 时，采集表层和 50 m 层样品。样品采集后进行分装、预处理、编号记录、保存。

（3）分析方法

样品的分析首先按照《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）和《海洋监测规范》（GB17378-2007）进行。

3.3.3 调查结果

2026 年 6 月及 2024 年 3 月现场调查各站位水质环境调查结果见附表 1。

3.3.4 评价标准与评价方法

（1）评价标准

各调查站位水质评价以维持现状为标准。

（2）评价方法

根据监测结果，采用单项指数法对水质现状进行评价。水质参数的标准指数 >1 ，表明该水质参数超过了规定的水质标准。其中，溶解氧、pH 评价方法公式采用《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）。

①单项水质参数 i 在第 j 点的标准指数

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

式中： $S_{i,j}$ —i 污染物在 j 点的污染指数；

$C_{i,j}$ —i 污染物在 j 点的实测浓度，mg/L；

$C_{s,j}$ —i 污染物的评价标准，mg/L。

②DO 的标准指数为：

$$S_{DO,j}=DO_s/DO_j \quad DO_j \leq DO_f$$

$$S_{DO,j}=|DO_f-DO_j|/(DO_f-DO_s) \quad DO_j > DO_f$$

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

DO_j ——溶解氧在 j 点的实测统计代表值，mg/L；

DO_s ——溶解氧的水质评价标准限制，mg/L；

DO_f ——饱和溶解氧浓度，mg/L，参考近岸海域， $DO_f=(491-2.65S)/(33.5+T)$ 计算；

S——实用盐度符号，量纲为 1；

T——水温，℃。

③对 pH 用下式计算：

$$\begin{aligned} S_{pH,j} &= 7.0 - pH_j / 7.0 - pH_{sd} & pH_j \leq 7.0 \\ S_{pH,j} &= pH_j - 7.0 / pH_{su} - 7.0 & pH_j > 7.0 \end{aligned}$$

式中：S_{pH, j}——pH 值的标准指数，大于 1 表明该水质因子超标；

pH_j——pH 值在 j 点的实测统计代表值；

pH_{sd}——评价标准中 pH 的下限值；

pH_{su}——评价标准中 pH 的上限值。

3.3.5 评价结果

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）6.2.3条，海水水质现状评价中分层采样的点位采用多层数据的平均值进行评价（石油类因仅采集表层，仅对表层进行评价）。

采用各站位多层数据平均值计算标准指数，同时将各采样层位评价结果一并计算。计算结果见附表2。

（1）2026年6月

各站位多层数据平均值中1个站位铅超过一类海水水质标准要求，超标0.09倍，但能够达到第二类海水水质标准要求。各分层水质样品中，pH、COD_{Mn}、DO、无机氮、活性磷酸盐、石油类、硫化物、挥发酚、铜、镉、汞、锌、总铬、砷等均符合一类海水水质标准，1个站位表层铅超一类海水水质标准要求，超标倍数分别为0.69倍，但能够达到二类海水水质标准要求。

（2）2024年3月

各站位多层数据平均值均符合一类海水水质标准。各分层水质样品中，pH、COD_{Mn}、DO、活性磷酸盐、石油类、汞、砷、镉、铬、铅、锌、铜等均符合一类海水水质标准，仅1个站位表层无机氮出现超一类海水水质标准要求，超标0.38 倍但能够达到第二类海水水质标准要求，调查海域水质环境总体较好。

3.4 海洋沉积物现状调查与评价

3.4.1 调查时间与调查站位

为充分掌握工程海域沉积环境本底状况，本次评价调查时预设了沉积物调查站位，与海水水质、生态同步采样调查，分别于 2024 年 3 月和 2026 年 6 月开展。调查站位重点关注项目施工对沉积物影响相对较大的光缆埋设段周边海域。预定沉积物调查站位见表 3.3-1。

2026 年 6 月现场调查时间，预定沉积物调查站位距离南海断续线非常近，受客观因素制约，现场及周边海域均无法开展沉积物采样作业。

2024 年 3 月调查期间预设了 6 个沉积物调查站位。现场调查时，受海况条件制约，经多次尝试，在预定站位均未成功采集到表层沉积物样品。调查时在路由区北侧中建岛附近加设 1 个沉积物调查站位，并成功采集到沉积物样品，见表 3.3-1 和图 3.3-1。

3.4.2 调查项目与调查分析方法

（1）调查项目

海洋沉积物调查项目包括：硫化物、石油类、有机碳、汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷。

（2）调查方法

调查船只到达预定站位后，用抓斗式采泥器采集沉积物，仅取表层样（0~10 cm），进行分装与处理、保存。

（3）分析方法

样品的分析按照《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）和《海洋监测规范》（GB17378-2007）进行。

3.4.2 调查结果

2024 年 3 月调查期间现场加设的沉积物站位调查结果见表 3.4-1。

表 3.4-1 2024 年 3 月现场调查加设沉积物站位调查数据表

站号	石油类	总汞	铜	铅	锌	镉	铬	砷	硫化物	有机碳
L1	10 ⁻⁶									%
	<3.00	0.023	< 2.0	< 1.0	18.8	0.07	24.1	1.42	<0.30	0.23

3.4.3 评价标准与评价方法

（1）评价标准

维持现状沉积物质量。

（2）评价方法

沉积物评价采用单因子指数法，同水质评价中一般污染物计算方法。

3.4.4 评价结果

按照海洋沉积物质量一类标准评价，沉积物各项指标调查结果的质量指数如表 3.4-4 所示。由计算结果可知，2024 年 3 月现场调查期间加设的调查站位沉积物样品各项监测参数均符合第一类沉积物标准。

表 3.4-4 表层沉积物标准指数表

站号	油类	总汞	铜	铅	锌	镉	铬	砷
L1	<0.01	0.12	<0.01	<0.01	0.13	0.13	0.30	0.07

3.5 海洋生态现状调查与评价

3.5.1 调查概况

本项目海洋生态环境现状采用现场调查方式。海洋生态调查与海水水质同步开展，分别于 2024 年 3 月和 2026 年 6 月开展，调查站位见表 3.3-1、表 3.3-2 及图 3.3-1。

两次调查期间全部站位均完成了叶绿素a含量、初级生产力、浮游植物、浮游动物、鱼卵仔稚鱼调查。

3.5.2 调查项目与分析统计方法

（1）调查项目

海洋生态调查项目包括：叶绿素a及初级生产力；浮游植物（种类、个体数量、分布、多样性指

数和均匀度)；浮游动物(生物量、种类、数量、多样性和均匀度)；鱼卵仔稚鱼(种类组成、数量分布、优势种)。

(2) 调查方法

叶绿素a: 当25 m≤水深≤50 m时，取样3层，即表层下0.1-1 m、10 m、底层上距海底2 m处分别采样；当50 m<水深≤200 m时，取样4层，在表层下0.1-1 m、10 m、50 m、200 m层次处分别采样。现场过滤，滤膜冷藏，带回实验室分析测定。

浮游植物: 浮游植物的采集和分析均按《海洋监测规范》(GB17378—2007)和《海洋调查规范—海洋生物调查》(GB/T12763.6—2007)中规定的方法进行。浮游植物样品用小型浮游生物网取样。水深小于200 m时，自底层(距底2 m)至表层垂直拖网取得，水深大于200 m时，拖网取样只取200 m以上。样品现场用福尔马林固定，带回实验室，进行种类鉴定和定量分析。定量计数用计数框，整片计数，取其平均密度，通过过滤的水柱，测算出每个调查站位浮游植物的密度，单位以每立方米多少个细胞数表示(cells/m³)。

浮游动物: 浮游动物的采集和分析均按《海洋监测规范》(GB17378—2007)和《海洋调查规范—海洋生物调查》(GB/T12763.6—2007)中规定的方法进行。浮游动物样品用大型浮游生物网取样，样品用中性甲醛溶液固定，加入量为样品体积的5%，带回实验室分析鉴定和计数。测定分析种类组成、数量、分布、优势度、多样性指数和均匀度。

鱼卵仔稚鱼: 采用拖网法，每个调查站采用水平拖网和垂直拖网两种方法，根据水深情况网具采用大型浮游生物网，水平拖网于表层水平拖曳 10 分钟取得，拖速保持在 2 节左右。垂直拖网每个调查站从底至表垂直拖曳浮游生物网。海上采得的浮游生物样品按体积 5%的量加入福尔马林溶液固定，带回实验室后将鱼卵仔鱼样品单独挑出，在解剖镜下计数和鉴定。

综上，海洋生物调查中样品的采集保存、运输均按照《海洋监测规范》(GB17378-2007)和《海洋调查规范》(GB/T12763-2007)进行操作。预处理、保存及监测分析方法按照《海洋监测规范》(GB17378-2007)、《海洋调查规范》(GB/T12763-2007)和《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007)进行。

(3) 统计方法

初级生产力:

根据叶绿素 a 调查结果通过公式估算(Cadée, 1974)得到。

$$P=Ps \cdot E \cdot D/2$$

式中: Ps——叶绿素 a 含量*同化系数(本调查中取值 3.12);

E——真光层深度(m)，取透明度的 3 倍，若 3 倍透明度大于水深，则用水深代替。

D——为日照时间长度(本调查中取值 13)。

优势度:

优势度(Y)应用以下公式计算:

$$Y = n_i / N \cdot f_i$$

式中： n_i ——第 i 种的个体数；

f_i ——该种在各站中出现的频率；

N ——所有站每个种出现的总个体数。

多样性指数：

采用 Shannon-Wiener 指数测定多样性指数，其计算公式为：

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

式中： H' ——种类多样性指数；

S ——样品中的种类总数

P_i ——第 i 种的个体数与总个体数的比值。

均匀度指数：

采用 Pielou 均匀度测定均匀度，其公式为：

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

式中： J ——均匀度；

H' ——种类多样性指数

S ——样品中的种类总数

3.5.3 调查结果

(1) 叶绿素 a 和初级生产力

2026 年 6 月调查期间 5 个站位叶绿素平均含量变化范围为 0.06~0.51 mg/m³，平均值为 0.27 mg/m³，不同站位、不同层次差别不大，其中 YN-2 和 YN-4 站位表层叶绿素 a 含量最高，均为 0.51 mg/m³；YN-5 站位最低，为 0.06 mg/m³。初级生产力水平的变化范围为 272.56 mg·C/m²·d~527.48 mg·C/m²·d 之间平均值为 406.90 mg·C/m²·d。

2024 年 3 月调查期间引用站位叶绿素 a 含量变化范围为 0.01 mg/m³~0.56 mg/m³，平均值为 0.15 mg/m³，不同站位、不同层次变化较大。初级生产力水平的变化范围为 188.87 mg·C/m²·d ~335.63 mg·C/m²·d，平均值为 272.95 mg·C/m²·d。

(2) 浮游植物

2026 年 6 月调查共鉴定出浮游植物 4 门 123 种（含未定种的属），隶属于硅藻门、金藻门、蓝藻门、甲藻门四大门类。其中硅藻门种类最多，其次是甲藻门。各调查站位浮游植物的密度在 43.41×10³~7.40×10³ cells/m³ 之间，平均密度为 2.06×10⁴ cells/m³。调查海区浮游植物的优势种有 9 种，其中红海束毛藻优势度最高。调查站位浮游植物的多样性指数（ H' ）范围在 3.77~4.90 之间，平均值为 4.41；均匀度指数（ J ）范围在 0.64~0.80 之间，平均值为 0.73；丰富度（ d ）范围在 4.14~5.93 之间，平均值为 4.68。

2024 年 3 月调查引用站位共鉴定出浮游植物 5 门 85 种（含未定种的属），隶属于蓝藻门、甲藻

门、金藻门、硅藻门和裸藻门 5 大门类。其中硅藻门种类最多，其次是甲藻门。各调查站位浮游植物的密度在 $44.33 \times 10^2 \text{ cells/m}^3 \sim 688.28 \times 10^2 \text{ cells/m}^3$ 之间，平均密度为 $241.55 \times 10^2 \text{ cells/m}^3$ 。按照优势度 $Y \geq 0.02$ 来确定本次调查浮游植物的优势种有 6 种，其中铁氏束毛藻的优势度最高。各调查站位浮游植物多样性指数 (H') 范围在 0.97~3.10 之间，平均值为 2.30；均匀度指数 (J) 范围在 0.20~0.59 之间，平均值为 0.47；丰富度指数 (d) 范围在 0.99~2.73 之间，平均值为 1.96。

(3) 浮游动物

2026 年 6 月调查共鉴定出浮游动物 16 类 139 种。各站位的浮游动物密度在 116.11 ~ 570.17 ind./m³ 之间，平均密度为 264.63 ind./m³。各站位的浮游动物生物量的变化范围在 7.84 ~ 23.81 mg/m³ 之间，平均生物量为 15.57 mg/m³。本次调查海域浮游动物优势种有 7 种，其中优势度最大的为桡足类幼体。各调查站位的多样性指数 (H') 在 4.80~5.16 之间，平均值为 4.99；均匀度指数变化范围在 0.74~0.84 之间，平均值为 0.80；丰富度 (d) 在 8.08~13.12 之间，平均值为 10.05。

2024 年 3 月调查引用站位共记录浮游动物 9 个生物类群共 95 种。各站位的浮游动物密度在 5.82 ind./m³~46.47 ind./m³ 之间，平均密度为 27.73 ind./m³。各站位的浮游动物生物量的变化范围在 2.510 mg/m³~30.190 mg/m³ 之间，平均生物量为 17.928 mg/m³。本次调查海域浮游动物优势种有 13 种，其中优势度最大的为微刺哲水蚤。各调查站位的多样性指数在 4.80~5.27 之间，平均值为 5.00；均匀度指数变化范围在 0.81~0.89 之间，平均值为 0.83；丰富度 (d) 在 10.78~23.22 之间，平均值为 14.70。总体来说，调查站位的多样性指数和均匀度均处于较高水平。

(4) 鱼卵仔稚鱼

2026 年 6 月调查结果显示：鱼卵仔稚鱼经鉴定共有 16 种，其中，鱼卵 11 种，仔稚鱼 8 种。调查共捕获鱼卵数量为 130 粒，其中水平拖网捕获 98 粒，平均密度为 19.600 ind./net；垂直拖网捕获 32 粒，平均丰度为 0.06 ind./m³。调查共捕获仔稚鱼数量为 40 尾，水平拖网捕获 28 尾，平均网获量为 5.60 尾/网；垂直拖网捕获 12 尾，平均丰度为 0.02 尾/m³。调查海域鱼卵和仔稚鱼优势种有 3 种，其中鲷科的优势度最大。

2024 年 3 月调查结果显示：引用站位鱼卵仔稚鱼经鉴定共有 27 种，隶属于鳗鲡目、鲉形目、鲱形目、仙女鱼目、鹤鱗目、金眼鲷目、灯笼鱼目、鲈形目和鲹形目等 9 目 24 科。水平拖网获得鱼卵与仔稚鱼 24 种，调查站位鱼卵和仔稚鱼水平拖网的平均数量分别为 49.60 ind./net 和 30.50 ind./net，其中鱼卵最优势种为鲈形目鲷科，仔稚鱼最优势种为灯笼鱼目灯笼鱼科；垂直拖网获得鱼卵与仔稚鱼 23 种，调查站位鱼卵和仔稚鱼垂直拖网的平均密度分别为 0.460 ind./m³ 和 0.085 ind./m³，其中鱼卵最优势种为鲱形目鳀属，仔稚鱼最优势种为仙女鱼目魮鲈鱼科。

3.6 路由区开发活动现状

本项目路由区海洋开发活动主要为渔业捕捞和南海习惯航线。路由区内无倾废区、采矿区、挖沙区，无海堤、码头港池、围海、填海等工程用海活动。

3.6.1 渔业生产活动

本项目路由方案自南向北，穿越了南沙西北部渔场和西沙西部渔场。如图 3.6-1 所示。

（1）南沙西北部渔场

南沙西北部渔场位于10°00'N~15°00'N、114°30'E以西海域，水深450 m~4420 m，底质为淤泥、深海软泥。主要捕捞对象为竹荚鱼、鲐鱼、蓝圆鲹、黄鳍马面鲀、深水金线鱼、鱿鱼等。东部和14°00'N以北海域是金枪鱼延绳钓作业渔场，东南部各岛礁海域是底层延绳钓和手钓作业渔场。

（2）西沙西部渔场

该渔场海域内浅滩、沙洲及岛礁众多，海底地形复杂，饵料生物资源较为丰富，是南海金枪鱼延绳钓的主要渔场之一，主要捕捞对象为蛇鲭、金线鱼、乌贼、大黄鱼、枪乌贼、带鱼、红笛鲷、海鳗、银鲳、黄鳍金枪鱼等，常见的作业方式渔场北部为金枪鱼延绳钓，岛礁水域为手钓和底层延绳钓。

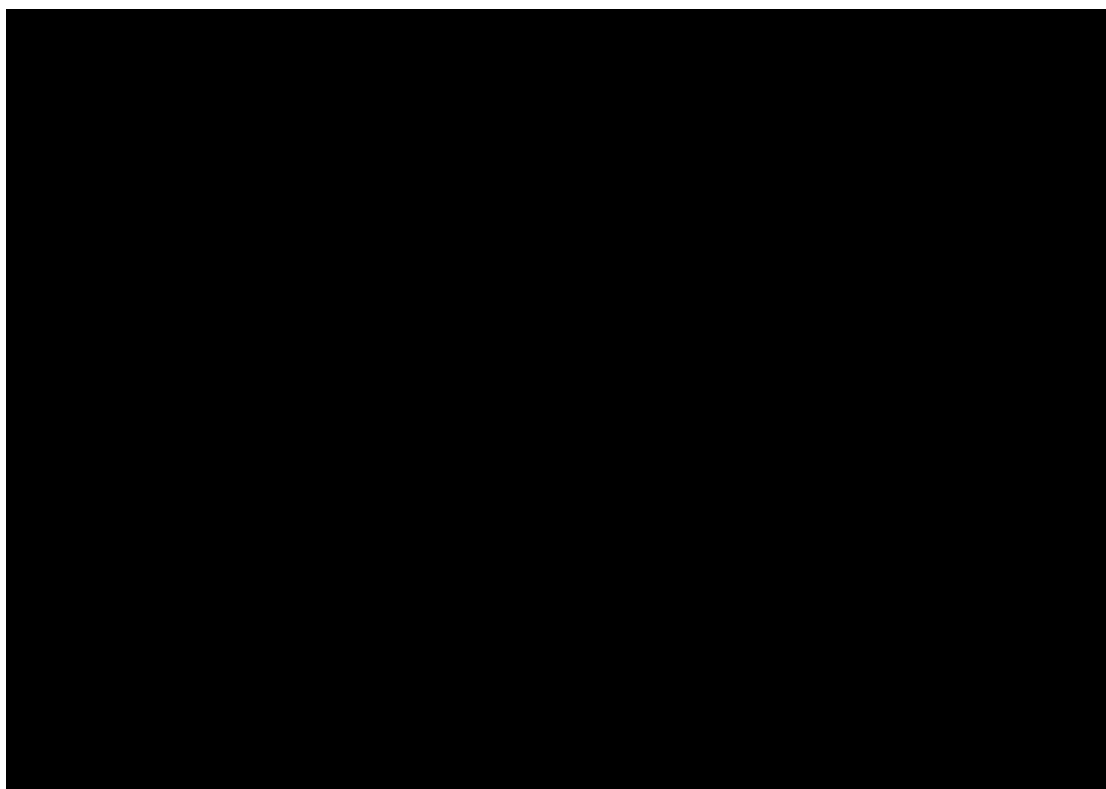


图 3.6-1 本目光缆路由区渔场分布图

3.6.2 海上交通

南海拥有世界上最为繁忙的国际海上通道，这些狭窄的海上通道将亚洲东北部和西太平洋与印度洋和中东连接起来。每年有超过41000艘船只通过南海，全世界每年商船队中，有过半的吨位是和南海航线分不开的。日本、韩国和台湾的进口石油经过南海转运，而发展中国家逐年增长的石油消耗量也预示着南海的海上通道将会更加繁忙。

在南海航线上忙碌着的运输船主要是油轮、集装箱运输船和货轮，其运转枢纽包括新加坡、香港、台湾和日本，由于大型船只锚链一般长度在320 m左右，而南海海盆的水深常常大于此值，因此，对于南海海盆中的海底光缆来说，不存在抛锚危险。

南海海域主要航线有新加坡—马尼拉、新加坡—广州、新加坡—澳门、新加坡—湛江、科伦坡—广州、达累斯萨拉姆—广州、塞得港—广州、都拉斯—广州、科纳克里—广州、格丁尼亚—广州、磅

逊—广州、香港—马尼拉、胡志明市—马尼拉、香港—新加坡、马尼拉—高雄、澳门—高雄等。本项目路由在南海路由区与塞得港—广州、科伦坡—广州2条航线有交越。

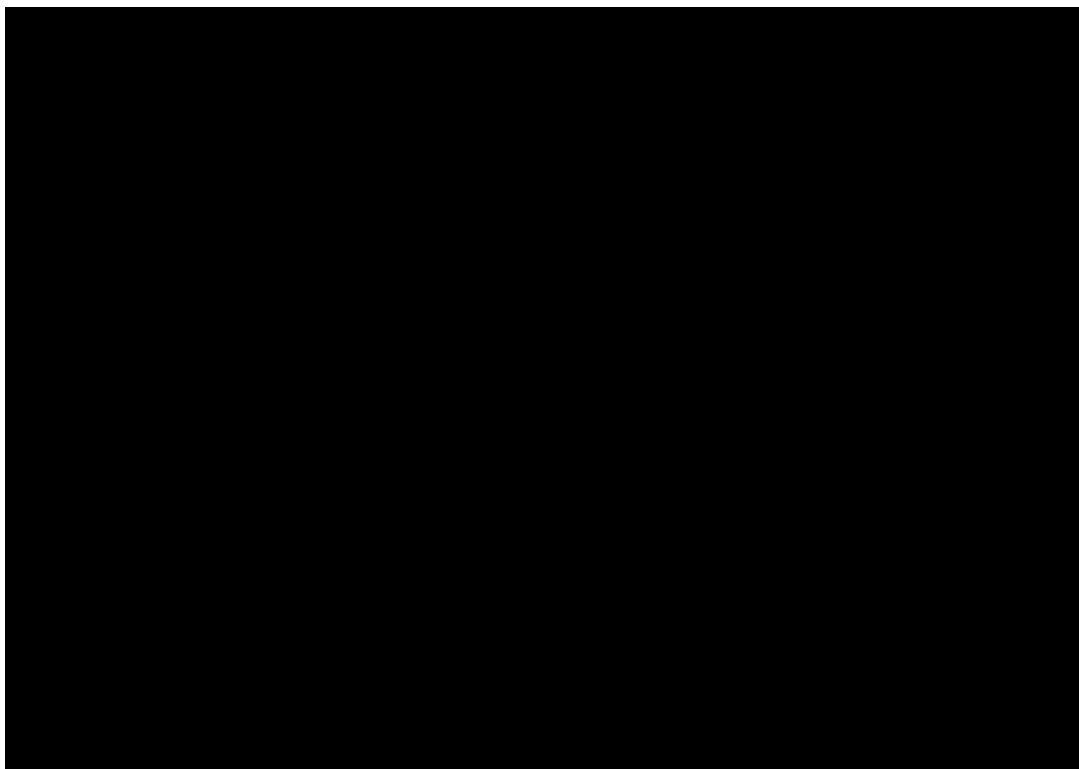


图 3.6-2 本项目光缆路由区主要航线分布图

3.7 区域重要海洋生态区概况

(1) 重要渔业水域

根据农业部公告第 189 号《中国海洋渔业水域图》(第一批), 海缆所在南海重要渔业水域包括南海北部幼鱼繁育场保护区以及南海中上层鱼类产卵场、南海底层、近底层鱼类产卵场。

1) 南海北部幼鱼繁育场保护区

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

2) 南海中上层鱼类产卵场

蓝圆鲹产卵场的位置包括: 1) 粤东外海区: 约东经 $115^{\circ} \sim 116^{\circ} 30'$, 北纬 $20^{\circ} 30' \sim 22^{\circ} 35'$, 水深约为 70~180m, 产卵期 3~7 月。2) 粤西外海区: 约东经 $110^{\circ} 30' \sim 112^{\circ} 40'$, 北纬 $18^{\circ} 15' \sim 20^{\circ} 05'$, 水深约为 70~180m, 产卵期 4~6 月。3) 珠江口近海区: 约东经 $112^{\circ} 50' \sim 114^{\circ} 30'$, 北纬 $21^{\circ} \sim 22^{\circ}$, 水深为 60m 以内, 产卵期 12~3 月。4) 粤东近海区: 约东经 $115^{\circ} 20' \sim 117^{\circ}$, 北纬 $21^{\circ} 55' \sim 22^{\circ} 15'$, 水深约为 40~75m, 产卵期 1~4 月。

鲈鱼产卵场的位置包括 1) 珠江口近海区: 约东经 $113^{\circ} 15' \sim 116^{\circ} 20'$, 北纬 $21^{\circ} \sim 22^{\circ} 25'$, 水深 30~80m, 产卵期 1~3 月。2) 粤西外海区: 约东经 $110^{\circ} 15' \sim 113^{\circ} 50'$, 北纬 $18^{\circ} 15' \sim 19^{\circ} 20'$, 水深约为 90~200m, 产卵期 1~6 月。3) 粤东外海区: 约东经 $115^{\circ} 10' \sim 116^{\circ} 15'$, 北纬 20°

33' ~22° 10' , 水深 90~200m, 产卵期 2~4 月。4) 珠江口外海区: 约东经 113° 30' ~114° 40' , 北纬 19° 30' ~20° 26' , 水深 90~200m, 产卵期 1-3 月。

3) 南海底层、近底层鱼类产卵场

金钱鱼产卵场: 1) 南海北部产卵场: 分布范围较广, 由海南岛东岸一直延伸到汕尾附近 (为东经 111° 45'~115° 45'), 水深为 25~107m, 主要是 40~80m, 产卵期 3~8 月。

绯鲤类产卵场包括: 1) 珠江口近海岸产卵场: 位于东经 112° 55' ~115° 40' , 北纬 21° 30' ~22° 15' , 水深为 20~87m, 产卵期 3~6 月。2) 海南岛以东近海产卵场: 位于东经 110° 40' ~112° 00' , 北纬 19° 00' ~19° 30' , 水深为 53~123m, 产卵期 3~6 月。3) 珠江口-粤西外海产卵场: 位于东经 11° 30' ~114° 40' , 北纬 19° 50' ~ 21° , 水深 60~100m, 产卵期 3~6 月。

深水金线鱼产卵场: 在南海北部的分布范围很广, 从海南岛东岸东经 110° 30' 以东一直延伸到东经 177° 00' 的水深 90~200m 范围内均有分布, 主要产卵期 3~9 月。

短尾鳍大眼鲷产卵场: 南海北部产卵场: 在南海北部分布范围较广, 大约在 71~107m 等深线内, 由海南岛东部向东北延伸到汕尾外海 (约为东经 110° 50'~115° 45'), 连城一条狭长海区。

长尾大眼鲷产卵场: 位于万山列岛的东南部, 约为东经 113° 20' ~115 ° 45' , 北纬 20° 35' ~22° 20' 。产卵场水深为 26~80m。

黄鲷产卵场: 在南海分布广而狭, 处于外海, 沿着 90 米等深线由海南岛东部向东北延伸至汕尾外海 (约为东经 111° 45' ~115° 45' , 水深 77~119m), 连成一条带状, 产卵期为 11 月~翌年 3 月, 产卵盛期为 12 月至翌年 3 月。

海缆路由与南海底层近底层鱼类产卵区距离约 150km, 与南海中上层鱼类产卵区距离约 280km。见图 3.7-1。

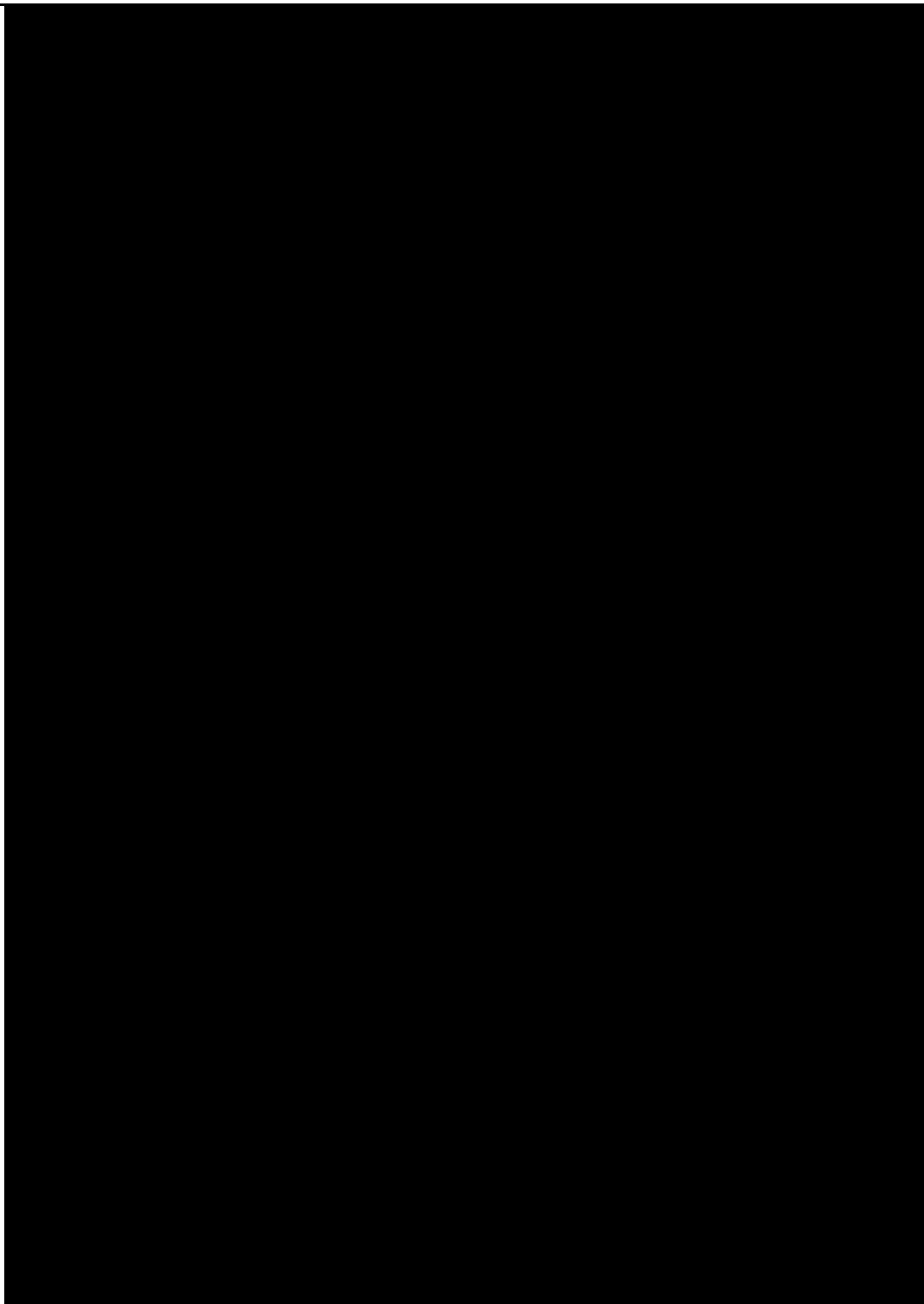


图 3.7-1 本项目光缆路由与重要渔业水域关系图

(2) 南沙群岛海洋保护区

南沙群岛海洋保护区位于南沙群岛海域，海洋保护区面积 12,269,235.11 公顷，主导用海类型为海洋保护区用海，促进特殊用海、渔业用海、旅游娱乐用海、科研和油气开采用海；保障特殊用海，维护我国领海主权和海洋权益。用海方式要求严格限制改变海域自然属性，根据发展需要，经严格论证，允许岛礁附近海域适度围填，稳固岛礁形态，增加岛礁陆域面积，建设国防、旅游、渔业、科研以及

油气开采基础设施。海洋整治目标为修复海岛岸线形态和珊瑚礁生态系统。重点保护目标包含三沙群岛热带海洋动物保护区，保护南沙群岛珊瑚礁和渔业资源。环境保护要求为执行一类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准。

(3) 中沙群岛海洋保护区

中沙群岛海域保护区位于中沙群岛海域，包括黄岩岛海域。主导用海类型为海洋保护区用海，可兼顾旅游娱乐用海、渔业用海、科研用海、特殊用海和油气开采用海；保障特殊用海，维护我国领海主权和海洋权益。用海方式要求严格限制改变海域自然属性，根据发展需要，经严格论证，允许岛礁附近海域适度围填，稳固岛礁形态，增加岛礁陆域面积，建设国防、旅游、渔业、科研以及油气开采基础设施。海域整治目标为修复海岛岸线形态和珊瑚礁生态系统。重点保护目标包含三沙群岛热带海洋动物保护区，保护中沙群岛珊瑚礁和渔业资源。环境保护要求为执行一类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准。

(4) 西沙群岛海洋保护区

西沙群岛海洋保护区位于西沙群岛海域，包括七连屿、永兴岛、东岛、银屿、晋卿岛、甘泉岛、金银岛等岛礁。海洋保护区面积为 589,713.93 公顷，主导用海类型为海洋保护区用海，可兼顾旅游娱乐用海、渔业用海、特殊用海和油气开采用海，建设国家海洋公园；保障特殊用海，维护我国领海主权和海洋权益；西沙群岛旅游开发开放后，应严格限制游客数量，制定旅游产品销售管理制度；注意海底管线的保护，涉海工程建设需征求相关部门意见。用海方式要求严格限制改变海域自然属性，根据发展需要，经严格论证，允许岛礁附近海域适度围填，稳固岛礁形态，增加岛礁陆域面积，建设旅游、渔业、科研以及油气开采基础设施。海域整治目标为修复海岛岸线形态和珊瑚礁生态系统。重点保护目标包含三沙群岛热带海洋动物保护区，保护西沙群岛珊瑚礁和渔业资源，保护白鲳鸟及其生境。环境保护要求为执行一类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准。

(5) 西沙东岛白鲳鸟海洋保护区

西沙东岛白鲳鸟海洋保护区位于西沙群岛东岛海域，保护区面积为 78,628.04 公顷。主导用海类型为海洋保护区用海，可兼顾旅游娱乐用海、渔业用海、特殊用海；保障特殊用海，维护我国领海主权和海洋权益；注意海底管线的保护，涉海工程建设需征求相关部门意见。用海方式要求严格限制改变海域自然属性。海域整治目标为修复海岛岸线形态和珊瑚礁生态系统。重点保护目标为保护珊瑚礁和渔业资源；保护白鲳鸟及其生境；保护海底管线。环境保护要求为执行一类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准。

(6) 西沙东岛海域国家级水产种质资源保护区

由国家级水产种质资源保护区第二批公布。西沙东岛海域国家级水产种质资源保护区总面积 30,870 公顷，其中核心区面积为 11,113 公顷，实验区面积 19,757 公顷，核心区特别保护期为全年。保护区位于海南省西沙群岛海域中东岛周围的礁盘区，核心区位于东岛以外，是由 4 个拐点顺序连线围成的海域，拐点坐标分别为：

1) 112°42'E, 16°42'N;

- 2) 112°45'E, 16°42'N;
- 3) 112°42'E, 16°39'N;
- 4) 112°45'E, 16°39'N。

实验区是由核心区向外围延伸, 4 个拐点顺序连线围成的海域, 拐点坐标分别为:

- 1) 112°41'E , 16°43'N;
- 2) 112°46'E, 16°43'N;
- 3) 112°41'E , 16°38'N;
- 4) 112°46'E, 16°38'N。

主要保护对象是石斑鱼类、鲨鱼类、龙虾类、海参类、海胆类、马蹄螺、篱凤螺、砗磲、冠螺、红珊瑚、鹦哥螺等热带海珍品种。

(7) 西沙群岛永乐环礁海域国家级水产种质资源保护区

由国家级水产种质资源保护区第四批公布。西沙群岛永乐环礁海域国家级水产种质资源保护区总面积 59,269 公顷, 其中核心区为 39,512 公顷, 实验区面积 19,757 公顷。特别保护期为每年的 3 月 1 日至 6 月 30 日。保护区位于海南省西沙群岛海域, 由 5 个拐点顺次连线围成, 拐点坐标分别为:

- 1) 111° 28'15.23"E, 16° 28'19.13"N;
- 2) 111° 42'13.37"E, 16° 38'35.57"N;
- 3) 111° 49'30.19"E, 16° 31'00.12"N;
- 4) 111° 45' 23.71"E, 16° 24'58.62"N;
- 5) 111° 28'15.23"E, 16° 24'49.19"N。

核心区为保护区内 300 m 等深线以浅海域, 实验区为保护区内除核心区外的其他海域。主要保护对象包括鮨科、石鲷科、笛鲷科和裸颊鲷科等礁栖性鱼类。

(8) 海南省省级水产资源保护区

1993 年 5 月 31 日海南省第一届人民代表大会常务委员会第二次会议通过《海南省实施<中华人民共和国渔业法>办法》, 建立省级西沙群岛水产资源保护区, 2008 年 7 月 31 日海南省第四届人民代表大会常务委员会第四次会议通过关于修改《海南省实施〈中华人民共和国渔业法〉办法》的决定自 2008 年 8 月 1 日起施行, 西沙群岛水产资源保护区在下列 5 个基点联结成闭合线以内的海域:

- 1)111°15'E, 17°30'N;
- 2)113°15'E, 17°00'N;
- 3)112°45'E, 15°45'N;
- 4)111°30'E, 15°30'N;
- 5)110°45'E, 15°30'N。

该保护区为省级保护区, 后有部分海域升级成为西沙东岛海域国家级水产种质资源保护区和西沙群岛永乐环礁海域国家级水产种质资源保护区。

(9) 北岛海龟保护临时管控区

2024 年 12 月 24 日，三沙市海洋和渔业局发布通知划定北岛海龟保护临时管控区。临时管控区总面积约为 15.345 平方公里。管控期限自 2025 年 1 月 1 日起开始执行，实行全年全天候管控，临时管控期限暂定 3 年。管控要求为：临时管控区内，禁止开展渔业捕捞、捡螺等一切渔业作业活动；禁止与海龟研究保护、社区管理无关的人员登岛；禁止一切大型船舶进入及停泊；禁止游艇、帆船、休闲旅游船舶、摩托艇和帆板等旅游体育船舶进入、活动及停留；岛际交通和补给船、必要的工程船等应避免让临时管控区，确有必要通过的，须在规定的航道内以低于 8 节的航速通过，并加强瞭望，主动避让海龟。如遇特殊情况，确需违反上述管控要求的，须报市海洋保护区管理局审批同意并加强跟踪监管，影响较大的须报市政府审批同意。

3.8 珍稀海洋生物

本项目光缆路由穿越南海西部海域，南海海域尤其是岛礁周边海域是中国热带海洋生态系统中生物多样性最丰富的区域之一。历史研究发现南海岛礁周边海域有大量珍稀濒危物种，包括绿海龟、玳瑁、鲣鸟、砗磲等，构成了典型的热带海洋生态群落，具有极高的保护价值。此外，有研究指出南海海域有多种鲸豚活动。

（1）绿海龟

绿海龟(*Chelonia mydas*)是海龟科中分布最广、体型最大的物种之一，成年背甲直线长 80~120 cm，体重 100~200 kg，因脂肪呈淡绿色而得名。它主食海草与大型藻类，偶尔摄食水母，幼体阶段更偏杂食。作为著名的洄游性物种，绿海龟有着复杂的运动和迁移规律，且对其产卵场高度忠诚，每 2~4 年返回原地筑巢 3~5 窝，每窝 80~120 枚卵。

我国南海的三个群岛均有绿海龟产卵场，包括北部的东沙岛（Chan et al. 2007），南部南沙群岛上的太平岛（Cheng 1996）和中部的西沙群岛多个岛礁（Chan et al. 2007）。研究显示，西沙群岛七连屿证实是中国现存最大的绿海龟产卵场，七连屿包括 8 个岛屿（西沙洲、赵述岛、北岛、中岛、南岛、北沙洲、中沙洲、南沙洲），位于同一珊瑚礁盘上，最远的两个岛屿之间相距约仅为 16 km。2016 年至 2021 年七连屿每年记录的蛋窝数均超过 100 个。此外，在西沙群岛的永乐群岛，包括晋卿岛和甘泉岛，也有绿海龟产卵场的报道。

相关研究显示，永兴岛是除七连屿之外西沙海域绿海龟次多的产卵点，每年 5~9 月几乎都能在港池或沙滩看到绿海龟个体，2016~2023 年巡护日志共记录 27 次上岸产卵。此外，本项目光缆周边的中建岛在 2019、2021 年航拍中被识别到 2 次绿海龟上岸痕迹。

（2）玳瑁

玳瑁(*Eretmochelys imbricata*)是热带珊瑚礁专属的海龟，背甲盾片覆瓦状、喙尖如鹰，以海绵为主食；性成熟晚、洄游远，被列为国家一级、CITES I 类、IUCN 极危。上世纪五十至八十年代，三沙地区渔民以捕杀玳瑁为副业对其进行猎捕，造成南海地区玳瑁群体因过度捕猎资源锐减。近十年我国全海域仅确认 15 窝卵，年均不足 2 窝，且因沙温升高连续出现 100%雌化，野生雄性基本消失，处于功能性灭绝边缘。

(3) 鲣鸟

鲣鸟 (*Sula sula*) 为大型热带海鸟, 体长 70cm 左右, 翅展 1 m, 四趾具蹼, 喙长圆锥形适于俯冲捕鱼; 西沙群岛的“白鲣鸟”即红脚鲣鸟白色型, 全球约 6 万对, 其中东岛繁殖群 3.5~4 万对, 占中国总种群 95% 以上, 是中国唯一的红脚鲣鸟繁殖地。其年产 1 卵, 孵化期 45 天, 育雏期 90~100 天, 日间成群飞赴数十公里外海。近年巡护显示巢数稳定在 2.8-3.2 万窝, 无明显衰退。

(4) 砗磲

砗磲是热带珊瑚礁区的大型底栖双壳类, 与虫黄藻共生, 靠滤食浮游生物及光合产物为生; 成体壳长可达 1 m, 寿命逾百年, 幼体先固着礁面, 终生不移动, 对光照、水质和碳酸钙饱和度要求极高, 是礁盘生态系统的“生物基质”提供者。

西沙群岛曾分布鳞砗磲、无鳞砗磲等 5 种, 20 世纪 90 年代资源量约 120 万只, 但长期过度采挖和生境退化导致资源锐减。目前, 三沙海域已全面禁捕并建立人工苗种恢复基地, 2023 年起已开展幼体放流, 资源尚处于缓慢恢复初期。

根据《热带生物学报》2023 年发表的《西沙群岛海域砗磲资源的调查》, 该项研究根据西沙主要岛礁的地理位置共布设 27 个调查站位, 站位基本覆盖西沙群岛海域, 其中宣德环礁海域 5 个, 分别为西沙洲、赵述岛、北岛、南沙洲和永兴岛; 永乐环礁海域 7 个, 分别为晋卿岛、石屿、银屿、全富岛、珊瑚岛、甘泉岛和羚羊礁; 分散岛礁 5 个, 分别为华光礁、北礁、玉琢礁、盘石屿和浪花礁。研究发现: 砗磲主要分布于赵述岛、西沙洲、晋卿岛、石屿、银屿、全富岛和羚羊礁, 其中在全富岛砗磲密度和物种多样性较高, 对应全富岛珊瑚覆盖率也较高, 砗磲密度与珊瑚覆盖率具有很强的正相关性, 砗磲分布主要是受珊瑚覆盖率影响。从水深情况来看, 西沙岛礁周边砗磲主要分布于 5~10 m 水深, 其中 5 m 深度砗磲密度最高 (0.054 个/m²); 其次是 10 m 深度 (0.031 个/m²)。在宣德环礁海域, 以永兴岛为起点, 砗磲密度沿着各岛礁顺序呈递增的趋势, 永乐环礁海域砗磲密度无明显规律变化, 永乐环礁海域砗磲平均密度显著大于宣德环礁海域。

(5) 鲸豚类生物

南海区深远海鲸豚类活动特征研究相对较少, 针对南海离岸鲸豚类生物活动情况的研究主要限于偶然搁浅、误捕事件、标本和机会性目击, 数据较为零散。这主要与深远海区域环境复杂, 系统性调查难度大, 且我国对深远海鲸豚类研究起步较晚, 数据积累不足有关。本次基于所收集的现阶段相关研究, 简要介绍南海远海深水海域鲸豚类活动情况。

2019~2023 年间, 中国科学院深海科学与工程研究所李松海研究团队对我国南海中部进行了六次系统性的船舶调查, 重点关注西沙、中沙群岛周边的鲸豚类分布。对认识南海东南部海域鲸豚类活动情况有一定的参考意义。在该项调查过程中, 研究人员记录了 211 次鲸类目击事件, 其中包括 187 次单一物种目击和 24 次混合物种目击。最终, 他们识别出了 17 种齿鲸 (*odontocete*), 所有这些物种均为离岸及深潜型鲸类。研究发现, 热带斑海豚 (*pantropical spotted dolphin*)、短肢领航鲸 (*short-finned pilot whale*) 和弗氏海豚 (*Fraser's dolphin*) 是该地区的主要物种。基于本次研究的现场目击记录以及其它机会性目击数据, 研究认为在南海栖息着至少 25 个鲸类物种。在生物地理学方面, 研究显示,

	南海（尤其是西沙、中沙水域）的北部不仅支持高水平的鲸类物种多样性，还可能作为“易危”的抹香鲸（<i>sperm whale</i>）的育幼和觅食场所，并为许多其它离岸及深潜鲸类提供关键栖息地。
与项目有关的原有环境污染和生态破坏问题	本项目为新建项目，无原有环境污染和生态破坏问题。
生态环境保护目标	3.8 生态环境保护目标 （1）海洋生态环境保护目标 本项目海缆路由位于三沙海域，项目海域不在《海南省国土空间规划（2021-2035 年）》范围内，项目所在三沙海域生态敏感区主要集中在西沙、中沙和南沙岛屿附近，距离海缆路由较远，本项目未穿越海洋生态敏感区。根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409—2025），管缆、航道类项目穿越非生态敏感区时，以线路中心线向两侧和两端外延 1km 为参考评价范围。据此确定以光缆路由中心线向两侧和两端外延 1km（不含南海断续线以外水域）作为本项目评价范围。 经识别，本项目评价范围内无生态保护红线、自然保护区、国家公园、自然公园、“三场一通道”和水产种质资源保护区等海洋导则中所规定海洋生态敏感区。本项目具体环境保护目标为： 1）控制施工期海水水质的影响范围和影响程度，确保工程实施后光缆所在海域海水水质、沉积物和海洋生态环境质量维持现状要求，且不影响周边海洋功能区环境质量；

2) 控制工程建设施工对工程周边海域海洋生态环境的影响，确保采取措施后能够缓解工程对渔业资源造成的生物资源损失，以确保不影响所在农渔业区主导功能发挥；

3) 控制施工船舶废气排放，保护工程海域环境空气质量。

4) 控制光缆铺设对附近水域通航安全的影响，防止船舶碰撞溢油对海洋水质水生态环境造成污染。

(2) 海洋生态风险关注点

本项目风险事故类型主要是船舶碰撞引发的溢油事故风险，本次识别海洋生态风险关注点时，在溢油 72h 可能扩散范围基础上，根据项目所在三沙海域重要生态分布情况进行了适当外延调整，将中沙、南沙及西沙海域生态敏感区纳入到本项目海洋生态风险关注点中。经识别，本项目海洋生态风险关注点见表 3.8-1 和图 3.8-1。

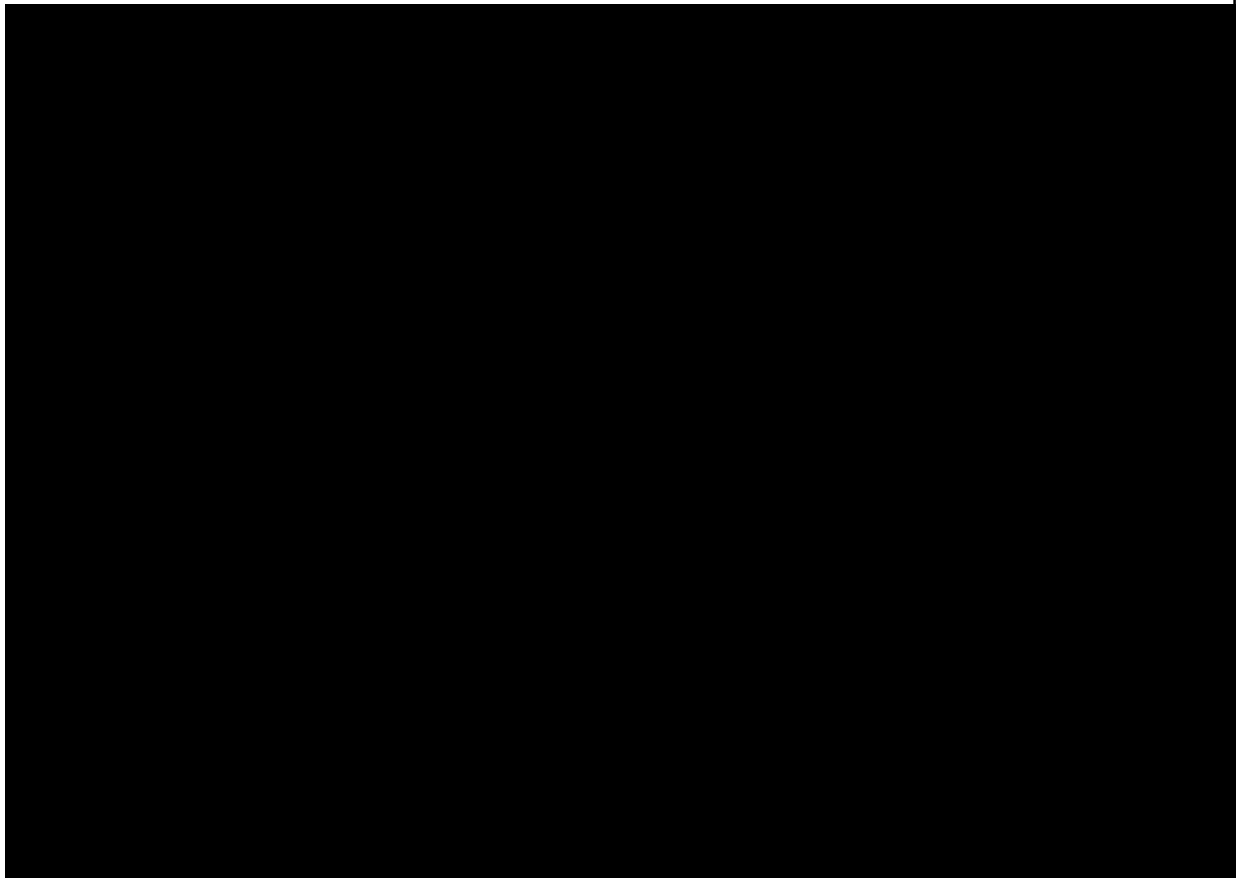


图 3.8-1 海洋生态风险关注点

生态环境保护目标	表 3.8-1 本项目海洋生态风险关注点一览表					
	序号	类型	名称	位置关系		保护对象
				方位	相距	
	■		■ ■	■	■	■ ■
	■		■ ■	■	■	■ ■
	■		■ ■	■	■	■ ■
	■		■ ■	■	■	■ ■
	■	■ ■	■ ■ ■	■	■	■ ■
	■	■ ■	■ ■ ■	■	■	■ ■ ■
	■	■ ■	■ ■ ■	■	■	■ ■ ■
■	■ ■	■ ■ ■	■	■	■ ■ ■	
评价标准	3.9 评价标准					
	3.9.1 环境质量标准					
	本项目光缆路由及评价范围不在《海南省近岸海域环境功能区划》范围内，海洋生态环境保护规划以及近岸海域生态环境分区管控均未明确海域质量目标，根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025），本次评价以维持环境质量现状为目标。					
	(1) 海水水质					
	海水水质执行维持现状目标，具体标准值见表 3.9-1。					
	表 3.9-1 海水水质标准 单位：mg/L					
	项目	第一类	第二类	第三类	第四类	
	SS	人为增加的量≤10		人为增加的量≤100	人为增加的量≤150	
	pH（无量纲）	7.8~8.5		6.8~8.8		
	溶解氧>	6	5	4	3	
化学需氧量≤	2	3	4	5		
无机氮（以 N 计）≤	0.20	0.30	0.40	0.50		
活性磷酸盐（以 P 计）≤	0.015	0.030	0.030	0.045		
汞≤	0.00005	0.0002	0.0002	0.0005		
镉≤	0.001	0.005	0.01	0.01		

铅≤	0.001	0.005	0.010	0.050
铜≤	0.005	0.010	0.050	0.050
锌≤	0.020	0.050	0.10	0.50
砷≤	0.020	0.030	0.050	
总铬≤	0.05	0.10	0.20	0.50
硫化物（以 S 计）≤	0.02	0.05	0.10	0.25
石油类	0.05		0.3	0.5
挥发性酚	0.005		0.010	0.050

（2）海洋沉积物

洋沉积物质量执行维持现状，具体标准值见表 3.9-2。

表 3.9-2 海洋沉积物质量标准

项目	第一类	第二类	第三类
汞 ($\times 10^{-6}$) ≤	0.20	0.50	1.00
镉 ($\times 10^{-6}$) ≤	0.50	1.50	5.00
铅 ($\times 10^{-6}$) ≤	60.0	130.0	250.0
锌 ($\times 10^{-6}$) ≤	150.0	350.0	600.0
铜 ($\times 10^{-6}$) ≤	35.0	100.0	200.0
铬 ($\times 10^{-6}$) ≤	80.0	150.0	270.0
砷 ($\times 10^{-6}$) ≤	20.0	65.0	93.0
石油类 ($\times 10^{-6}$) ≤	500.0	1000.0	1500.0

海洋贝类（双壳类）和其他海洋生物（包括软体动物、甲壳动物和定居性鱼类）体内的重金属、石油烃和生物质量生物质量执行维持现状。

具体标准值见表 3.9-3 和表 3.9-4。

表 3.9-3 海洋贝类生物质量标准值（鲜重）单位：mg/kg

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

表 3.9-4 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																											
3.9.2 污染物排放标准 (1) 废水污染物 海上作业施工期废水主要有施工船舶机舱油污水和船舶作业人员生活污水。废水排放执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB 3552-2018）相关要求，具体见表 3.9-3。 (2) 固体废物 海上作业施工期固体废物主要有塑料废弃物、废弃食用油、生活废弃物和食品废弃物。固体废弃物排放执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB 3552-2018）相关要求，具体见表 3.9-5。 表 3.9-5 船舶废水、固体废物排放控制要求 <table><tr><th>污 染 物</th><th>水 域 类 别</th><th>船 舶 类 别</th><th colspan="2">排 放 控 制 要 求</th></tr><tr><td>机器处所油污水</td><td>沿海</td><td>400 总吨及以上船舶</td><td colspan="2">油污水处理装置出水口石油类限值为 15 mg/L（排放应在船舶航行中进行）或收集并排入接收设施。</td></tr><tr><td rowspan="4">船舶生活污水</td><td>距最近陆地 3 海里以内海域</td><td rowspan="4">400 总吨及以上的船舶，以及 400 总吨以下且经核定许可载运 15 人及以上的船舶</td><td rowspan="2">不得直接排入环境水体</td><td>利用船载收集装置收集，排入接收设施。</td></tr><tr><td>利用船载生活污水处理装置处理： 2012 年 1 月 1 日以前安装（含更换）生活污水处理装置的船舶，生活污水处理装置出水口污染物排放执行 BOD₅≤50 mg/L，SS≤150 mg/L，耐热大肠菌群数≤2500 个/L； 2012 年 1 月 1 日及以后安装（含更换）生活污水处理装置的船舶，生活污水处理装置出水口执行 BOD₅≤25 mg/L，SS≤35 mg/L，耐热大肠菌群数≤1000 个/L，COD_{Cr}≤125 mg/L，pH6～8.5，总氯（总余氯）<0.5 mg/L</td></tr><tr><td>3 海里<与最近陆地间距离≤12 海里的海域</td><td colspan="2">同时满足：（1）使用设备打碎固形物和消毒后排放；（2）船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。</td></tr><tr><td>与最近陆地间距离>12 海里的海域</td><td colspan="2">船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。</td></tr><tr><td>塑料废弃物、废弃食用油、生活废弃物</td><td colspan="4">在任何海域，应收集并排入接收设施</td></tr></table>					污 染 物	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	油污水处理装置出水口石油类限值为 15 mg/L（排放应在船舶航行中进行）或收集并排入接收设施。		船舶生活污水	距最近陆地 3 海里以内海域	400 总吨及以上的船舶，以及 400 总吨以下且经核定许可载运 15 人及以上的船舶	不得直接排入环境水体	利用船载收集装置收集，排入接收设施。	利用船载生活污水处理装置处理： 2012 年 1 月 1 日以前安装（含更换）生活污水处理装置的船舶，生活污水处理装置出水口污染物排放执行 BOD ₅ ≤50 mg/L，SS≤150 mg/L，耐热大肠菌群数≤2500 个/L； 2012 年 1 月 1 日及以后安装（含更换）生活污水处理装置的船舶，生活污水处理装置出水口执行 BOD ₅ ≤25 mg/L，SS≤35 mg/L，耐热大肠菌群数≤1000 个/L，COD _{Cr} ≤125 mg/L，pH6～8.5，总氯（总余氯）<0.5 mg/L	3 海里<与最近陆地间距离≤12 海里的海域	同时满足：（1）使用设备打碎固形物和消毒后排放；（2）船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。		与最近陆地间距离>12 海里的海域	船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。		塑料废弃物、废弃食用油、生活废弃物	在任何海域，应收集并排入接收设施			
污 染 物	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	油污水处理装置出水口石油类限值为 15 mg/L（排放应在船舶航行中进行）或收集并排入接收设施。																												
船舶生活污水	距最近陆地 3 海里以内海域	400 总吨及以上的船舶，以及 400 总吨以下且经核定许可载运 15 人及以上的船舶	不得直接排入环境水体	利用船载收集装置收集，排入接收设施。																											
	利用船载生活污水处理装置处理： 2012 年 1 月 1 日以前安装（含更换）生活污水处理装置的船舶，生活污水处理装置出水口污染物排放执行 BOD ₅ ≤50 mg/L，SS≤150 mg/L，耐热大肠菌群数≤2500 个/L； 2012 年 1 月 1 日及以后安装（含更换）生活污水处理装置的船舶，生活污水处理装置出水口执行 BOD ₅ ≤25 mg/L，SS≤35 mg/L，耐热大肠菌群数≤1000 个/L，COD _{Cr} ≤125 mg/L，pH6～8.5，总氯（总余氯）<0.5 mg/L																														
	3 海里<与最近陆地间距离≤12 海里的海域		同时满足：（1）使用设备打碎固形物和消毒后排放；（2）船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。																												
	与最近陆地间距离>12 海里的海域		船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。																												
塑料废弃物、废弃食用油、生活废弃物	在任何海域，应收集并排入接收设施																														

	<table border="1" data-bbox="319 197 1396 304"> <tr> <td data-bbox="319 197 432 304">食品废弃物</td><td data-bbox="432 197 1396 304">在距最近陆地 3 海里以内（含）的海域，应收集并排入接收设施；在距最近陆地 3 海里至 12 海里（含）的海域，粉碎或磨碎至直径不大于 25 毫米后方可排放；在距最近陆地 12 海里以外的海域可以排放。</td></tr> </table> （3）废气污染物 施工船舶产生的废气污染物主要为硫氧化物、氮氧化物和颗粒物。 船舶废气应满足《2020 年全球船用燃油限硫令实施方案》相关要求。此外光缆路由不在《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发〔2018〕168 号）规定的排放控制区之内，但光缆物资补给及污染物上岸处理时将进入规定的排放控制区之内，故船舶废气污染物排放还应满足《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发〔2018〕168 号）相关要求，具体如下： 1）硫氧化物和颗粒物排放控制要求： 国际航行船舶进入我国管辖水域应当使用硫含量不超过 0.50% m/m 的燃油或采用替代措施，进入我国船舶大气污染物排放控制区海南水域的，应当使用硫含量不超过 0.10% m/m 的燃油或采用替代措施。 2）氮氧化物排放控制要求： 2000 年 1 月 1 日及以后建造（以铺设龙骨日期为准）或进行船用柴油发动机重大改装的国际航行船舶，所使用的单台船用柴油发动机输出功率超过 130 kW 的，应满足《国际防止船舶造成污染公约》第一阶段 NO_x 排放限值要求。 2011 年 1 月 1 日及以后建造或进行船用柴油发动机重大改装的国际航行船舶，所使用的单台船用柴油发动机输出功率超过 130 kW 的，应满足《国际防止船舶造成污染公约》第二阶段 NO_x 排放限值要求。	食品废弃物	在距最近陆地 3 海里以内（含）的海域，应收集并排入接收设施；在距最近陆地 3 海里至 12 海里（含）的海域，粉碎或磨碎至直径不大于 25 毫米后方可排放；在距最近陆地 12 海里以外的海域可以排放。
食品废弃物	在距最近陆地 3 海里以内（含）的海域，应收集并排入接收设施；在距最近陆地 3 海里至 12 海里（含）的海域，粉碎或磨碎至直径不大于 25 毫米后方可排放；在距最近陆地 12 海里以外的海域可以排放。		
其他	无		

四、生态环境影响分析

施工期 生态环境 影响分析	4.1 施工期环境影响识别 4.1.1 施工期污染影响因素识别 本项目施工期污染影响主要来自： （1）扫海清障作业及光缆埋设作业产生的悬浮物； （2）作业船舶产生的油污水、船舶作业人员生活污水； （3）扫海清障作业产生的海底垃圾、光缆铺设过程产生的废料及作业船舶施工人员生活垃圾； （4）施工船舶作业时产生的船舶废气。 4.1.2 施工期非污染生态影响因素识别 本项目施工期非污染生态影响主要包括： （1）扫海清障作业及光缆埋设作业产生的悬浮物对浮游生物、游泳生物以及底栖生物生存活动的影响； （2）扫海作业锚具、光缆埋设作业设备破坏底栖生物栖息环境，从而造成底栖生物受损； （3）施工船舶设备运转产生的噪声对海洋生物（尤其是鲸豚类生物）生存活动的影响，以及船舶航行可能与鲸豚类动物发生碰撞导致其物理损伤甚至死亡风险。 4.2 施工期污染影响影响分析 4.2.1 施工悬浮物影响分析 4.2.1.1 评价海域海流模型 （1）基本控制方程 本文采用三维水动力学模型进行数值模拟，垂向采用 sigma 坐标，基本控制方程为： 1) 连续方程： $\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x'} + \frac{\partial hv}{\partial y'} + \frac{\partial h\omega}{\partial \sigma} = hS$ 2) 动量方程： $\frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial hu^2}{\partial x'} + \frac{\partial hvu}{\partial y'} + \frac{\partial h\omega u}{\partial \sigma} = fh - gh \frac{\partial \eta}{\partial x'} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x'} - \frac{hg}{\rho_0} \int_{\sigma}^{\eta} \frac{\partial \rho}{\partial x} dz - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) + hF_u + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_v}{h} \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right) + hu_s S$
---------------------	---

$$\frac{\partial h v}{\partial t} + \frac{\partial h u v}{\partial x'} + \frac{\partial h v^2}{\partial y'} + \frac{\partial h \omega v}{\partial \sigma} = -f u h - g h \frac{\partial \eta}{\partial y'} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y'} -$$

$$\frac{h g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial y} dz - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + h F_v + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_v}{h} \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) + h v_s S$$

3) 湍动能方程

$$\frac{\partial h k}{\partial t} + \frac{\partial h u k}{\partial x'} + \frac{\partial h v k}{\partial y'} + \frac{\partial h \omega k}{\partial \sigma} =$$

$$h F_k + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial \sigma} \right) + h (P + B - \varepsilon)$$

$$\frac{\partial h \varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial h u \varepsilon}{\partial x'} + \frac{\partial h v \varepsilon}{\partial y'} + \frac{\partial h \omega \varepsilon}{\partial \sigma} =$$

$$h F_\varepsilon + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial \sigma} \right) + h \frac{\varepsilon}{k} (c_{1\varepsilon} P + c_{3\varepsilon} B - c_{2\varepsilon} \varepsilon)$$

$$\frac{\partial h C}{\partial t} + \frac{\partial h u C}{\partial x'} + \frac{\partial h v C}{\partial y'} + \frac{\partial h \omega C}{\partial \sigma} = h F_c + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{D_v}{h} \frac{\partial C}{\partial \sigma} \right) - h k_p C + h C_s$$

在 sigma 坐标系中，垂向流速为定义为：

$$\omega = \frac{1}{h} \left[w + u \frac{\partial d}{\partial x'} + v \frac{\partial d}{\partial y'} - \sigma \left(\frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x'} + v \frac{\partial h}{\partial y'} \right) \right]$$

水平扩散项定义为：

$$h F_u \approx \frac{\partial}{\partial x} \left(2 h A \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(h A \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right)$$

$$h F_v \approx \frac{\partial}{\partial x} \left(h A \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(2 h A \frac{\partial v}{\partial y} \right)$$

$$h(F_T, F_s, F_k, F_\varepsilon, F_c) \approx$$

$$\left[\frac{\partial}{\partial x} \left(h D_h \frac{\partial}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(h D_h \frac{\partial}{\partial y} \right) \right] (T, s, k, \varepsilon, C)$$

$$\sigma = \frac{z - z_b}{h}$$

其中， η 为表面水位； $h = \eta + d$ ，为总水深； u ， v 和 w 是 x ， y

和 z 三个方向上的速度分量； $f = 2\Omega \sin \phi$ ，为科氏力参数； ρ 为密度； s 为点源排放

量； A 为水平涡粘度系数； $\hat{P}$ ， $\hat{E}$ 分别为降雨量与蒸发量。

(2) 边界条件

海面边界条件 $\sigma=1$:

$$\omega = 0, \quad \left(\frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) = \frac{h}{\rho_0 V_t} (\tau_{sx}, \tau_{sy})$$

海底边界条件 $\sigma=0$:

$$\omega = 0, \quad \left(\frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) = \frac{h}{\rho_0 V_t} (\tau_{bx}, \tau_{by})$$

其中, (τ_{sx}, τ_{sy}) 、 (τ_{bx}, τ_{by}) 分别为表面风应力与底剪切力在 x, y 方向的分量。

水界输入:

潮流开边界条件考虑了 M2、S2、N2、K2、K1、O1、P1 和 K1 8 个主要分潮, 模式开边界条件由已有的模式模拟结果提供并结合附近海区的实测资料进行反复调试、确定。

水界输入条件如下:

$$\zeta(t) = \sum_{i=1}^6 D_i H_i \cos(\sigma_i t - d_i - g_i)$$

其中: ζ 为水边界的水位值; i 为八个主要分潮; σ_i 为 i 分潮角速度; H_i, g_i 是 i 分潮调和常数, 由已有全球模型中查询获取, 并内插到开边界各节点; D_i, d_i 是 i 分潮的天文变量。全球模型采用 Mike 软件自带的潮位预报工具, 可提取边界上不同时间段内潮位数据。

(3) 模型参数

1) 时间步长

在模型计算中, 时间步长分为总时间步长和内部计算时间步长, 其中总时间步长决定了结果输出的形式, 同时每个总时间步长点都对应着一个内部时间步长点, 为满足计算稳定的要求, 在总时间步长之间还会动态插入内部时间步长。

在该模型中最小时间步长取 0.01s, 最大时间步长取 120s。

2) 涡粘系数

采用 Smagorinsky 常系数, 取 $C_s=0.28$ 。

3) 海底摩阻

底床糙率通过曼宁系数进行控制, 曼尼系数 m 取 $45 \sim 58 \text{m}^{1/3}/\text{s}$ 。

4) 水平涡动粘滞系数

采用考虑亚尺度网格效应的 Smagorinsky (1963) 公式计算水平涡粘系数, 表达式如下:

$$A = c_s^2 l^2 \sqrt{2S_{ij}S_{ij}}$$

式中：Cs 为常数，l 为特征混合长度，由 $S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$, $(i,j=1,2)$ 计算得到。

4.2.1.2 评价海域水动力模型

(1) 计算域及网格设置

本项目所建立计算海域为 A、B、C 三点连线与岸线所围海域，保证光缆模拟区域的计算精度，将光缆周边海域进行多次加密，加密后最小网格间距为 20m。模拟区域根据光缆的覆盖区域和本研究区开边界处掌握的调和常数确定的。模式垂向采用 sigma 分层，共分为 10 层，为了更合理的模拟底层悬浮物，将底层分层较密。图 4.2-1 为计算域示意图，网格设置及水深地形如所示。

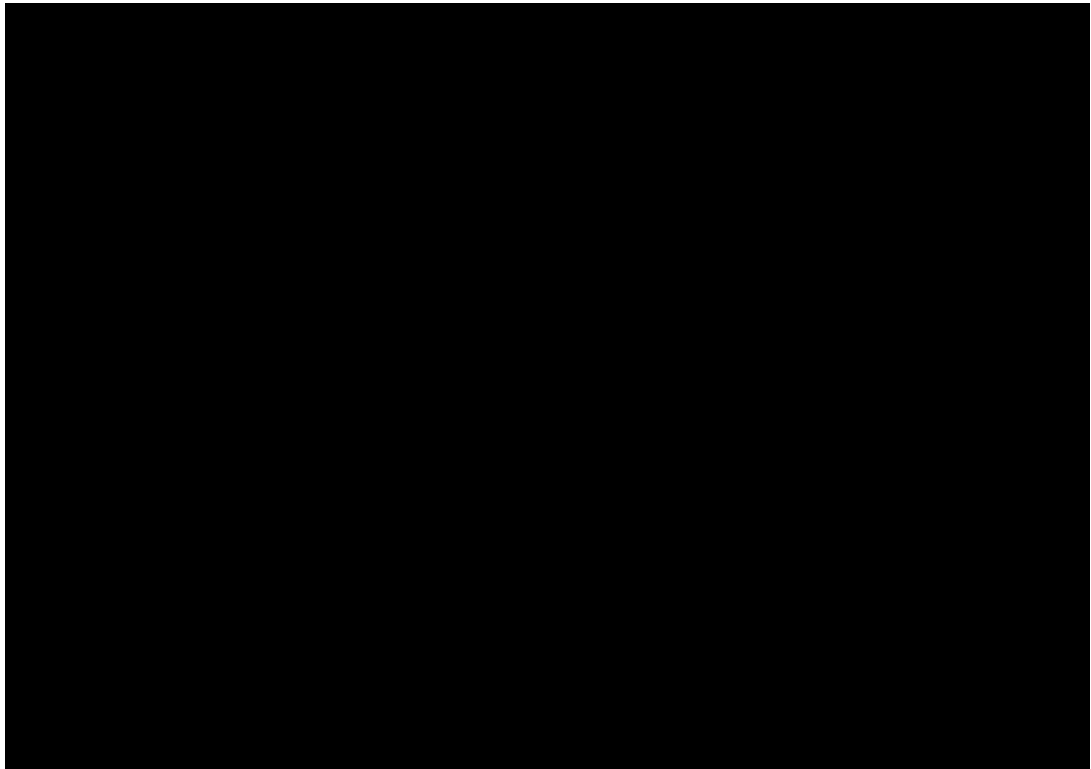


图 4.2-1 计算域示意图

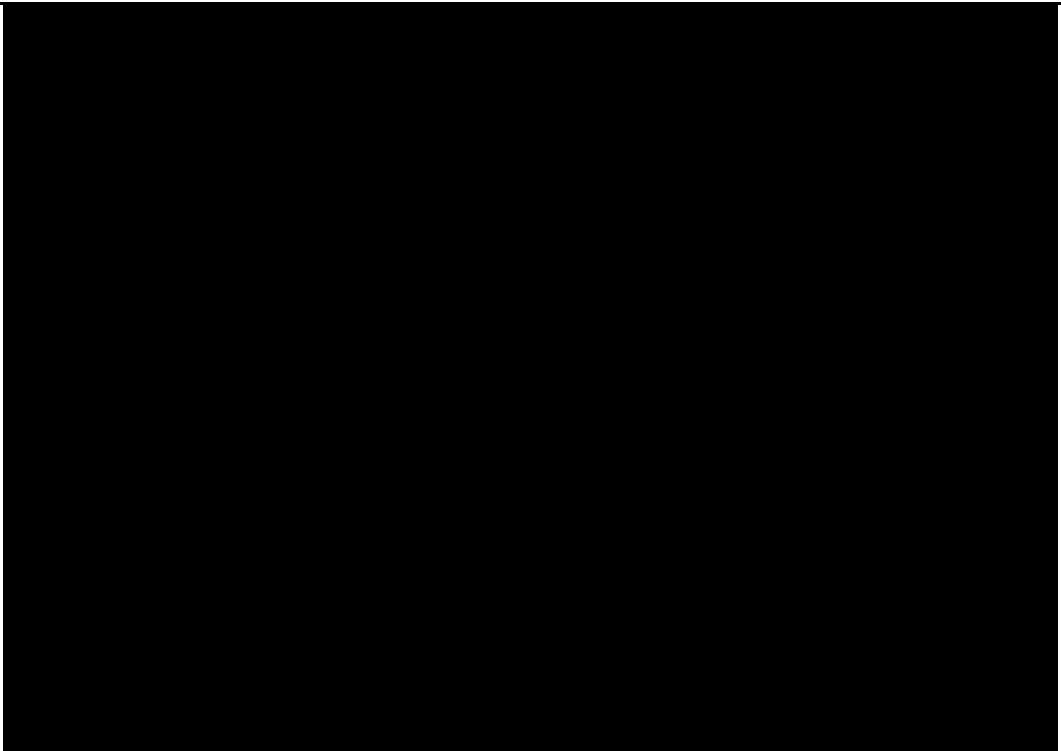


图 4.2-2 网格设置及地形图

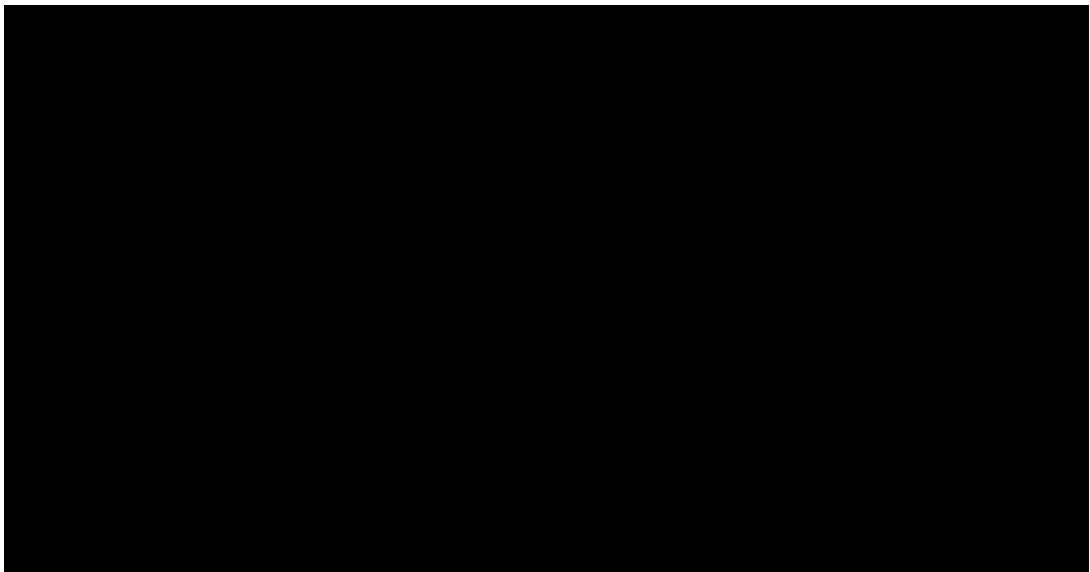


图 4.2-3 工程区网格加密图

(2) 潮流潮位验证

潮流验证资料来源于 2017 年 3 月 25 日 14 时~26 日 15 时 H2~H6 站实测潮流对模拟结果进行验证，潮位验证资料采用同期实测资料。各实测点坐标见表 4.2-1，各实测站位位置示意图 4.2-4。图 4.2-5 为各站位潮流、潮位验证曲线。由于本海区的潮流动力较弱，并且测流当天风力较大，实际海流动力受到风应力、温盐斜压力等其他非潮流动力的影响，而本模型模拟的仅仅为纯潮流驱动力作用下的水动力场，这与实际水动力场存在一定的差异。

从潮位验证和潮流流速流向的验证效果来看，潮位验证的平均绝对误差最大值为

2.6cm，不超过 10cm，见表 4.2-2。实测海流经过调和分析后减去余流的作用后进行误差分析，可以看出，涨落潮潮段平均流速都小于 3cm/s，相对误差基本都在 10%以内。本海区为弱潮海区，实际海流除潮汐作用外，还容易受到风应力、波浪力和温盐等斜压力的作用，因此我们认为潮位的验证是第一位的，潮位的变化受斜压力的作用小，本次模拟潮位的验证效果较好，潮位振幅与位相的计算值与实测值也基本吻合。因此，我们认为本模型对于项目工程区及附近海区的水动力场具有再现功能，具有通常条件下的参考意义。因此建立的潮流模型是可行的，可以为污染物扩散提供背景场。



图 4.2-4 潮流潮位验证点

表 4.2-1 实测点坐标

点位	经度	纬度	备注
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■

	H2 表层流速	H2 表层流向
	H2 中层流速	H2 中层流向
	H2 底层流速	H2 底层流向
	H3 表层流速	H3 表层流向

	H3 中层流速	H3 中层流向
	H3 底层流速	H3 底层流向
	H4 表层流速	H4 表层流向
	H4 中层流速	H4 中层流向

	H4 底层流速	H4 底层流向
	H5 表层流速	H5 表层流向
	H5 中层流速	H5 中层流向
	H5 底层流速	H5 底层流向

	H6 表层流速	H6 表层流向
	H6 中层流速	H6 中层流向
	H6 底层流速	H6 底层流向
	H7 表层流速	H7 表层流向

H7 中层流速				H7 中层流向		
H7 底层流速				H7 底层流向		

图 4.2-5 流速流向潮位验证曲线

表 4.2-2 潮位验证误差分析

站 位	最高潮位值			最低潮位值		
	实测值（m）	计算值（m）	误差（m）	实测值（m）	计算值（m）	误差（m）
H2	0.404	0.394	-0.010	-0.432	-0.406	0.026
H6	0.373	0.393	-0.020	-0.442	-0.419	0.023

表 4.2-3 潮流验证误差分析

站 位	层	涨落潮潮段平均流速			
		实测值（m/s）	计算值（m/s）	差值（m/s）	误差（%）
H2	表层	0.255	0.263	0.008	3.14%
	中层	0.221	0.207	-0.014	-6.33%
	底层	0.136	0.145	0.009	6.62%
H3	表层	0.111	0.112	0.001	0.90%
	中层	0.146	0.143	-0.003	-2.05%
	底层	0.09	0.095	0.005	5.56%
H4	表层	0.177	0.174	-0.003	-1.69%
	中层	0.212	0.191	-0.021	-9.91%
	底层	0.09	0.087	-0.003	-3.33%
H5	表层	0.135	0.128	-0.007	-5.19%
	中层	0.107	0.099	-0.008	-7.48%
	底层	0.09	0.083	-0.007	-7.78%
H6	表层	0.189	0.206	0.017	8.99%
	中层	0.159	0.151	-0.008	-5.03%
	底层	0.092	0.099	0.007	7.61%

H7	表层	0.192	0.18	-0.012	-6.25%
	中层	0.259	0.257	-0.002	-0.77%
	底层	0.119	0.129	0.01	8.40%

（3）流场计算结果

图 4.2-5~图 4.2-10 分别为大区域表层、中层、底层涨潮中间时与落潮中间时流场。涨潮中间时，光缆周边区域海流基本为 SE-NW 方向流动，表层流速一般在 10cm/s~30cm/s 之间。落潮中间时，海流为 NW-SE 方向流动，流速和涨潮过程流速相当，可以看出随着水深的增加，各层流速逐渐减小。

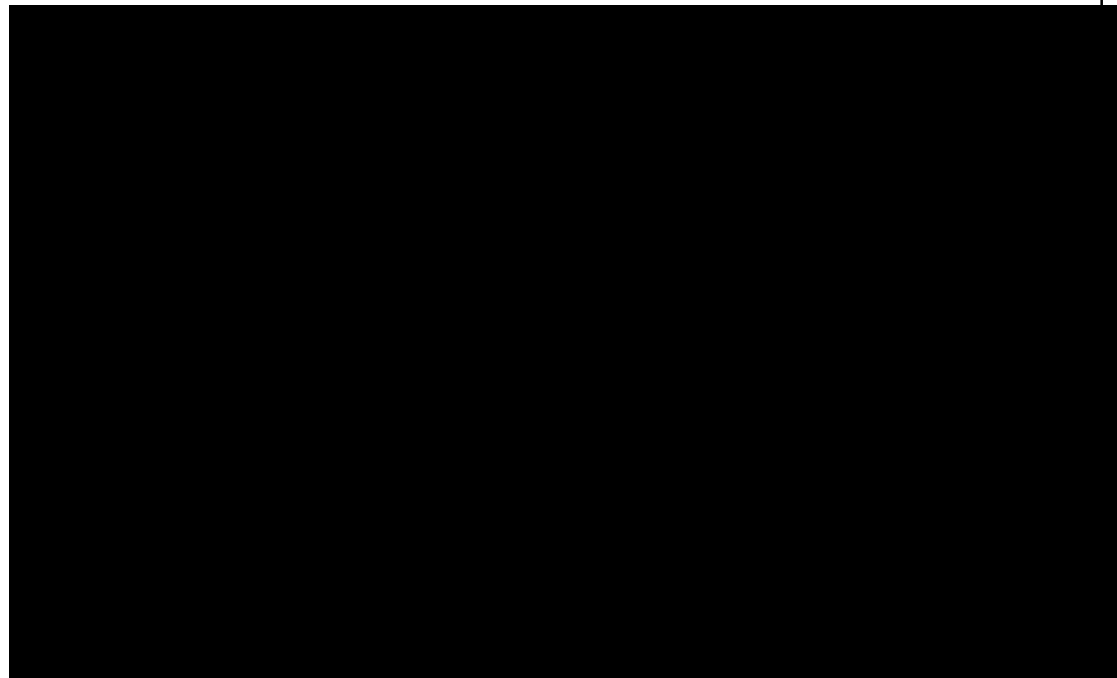


图 4.2-6 大区域西沙群岛涨潮中间时流场（表层）



图 4.2-7 大区域西沙群岛涨潮中间时流场（中层）

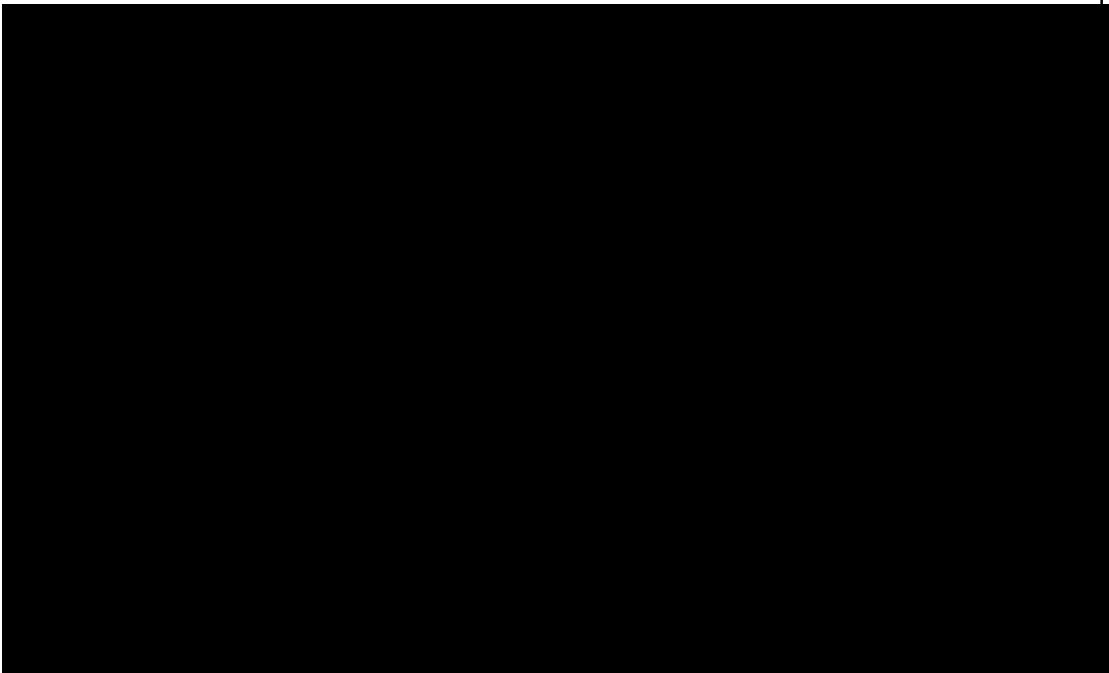


图 4.2-8 大区域西沙群岛涨潮中间时流场（底层）

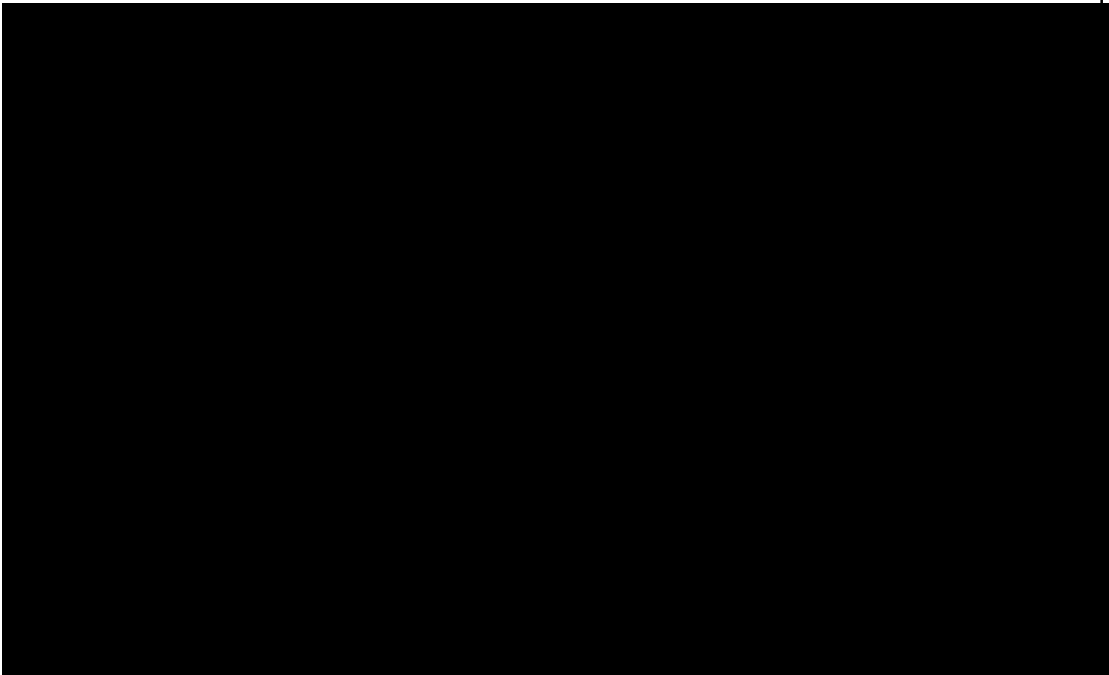


图 4.2-9 大区域西沙群岛落潮中间时流场（表层）

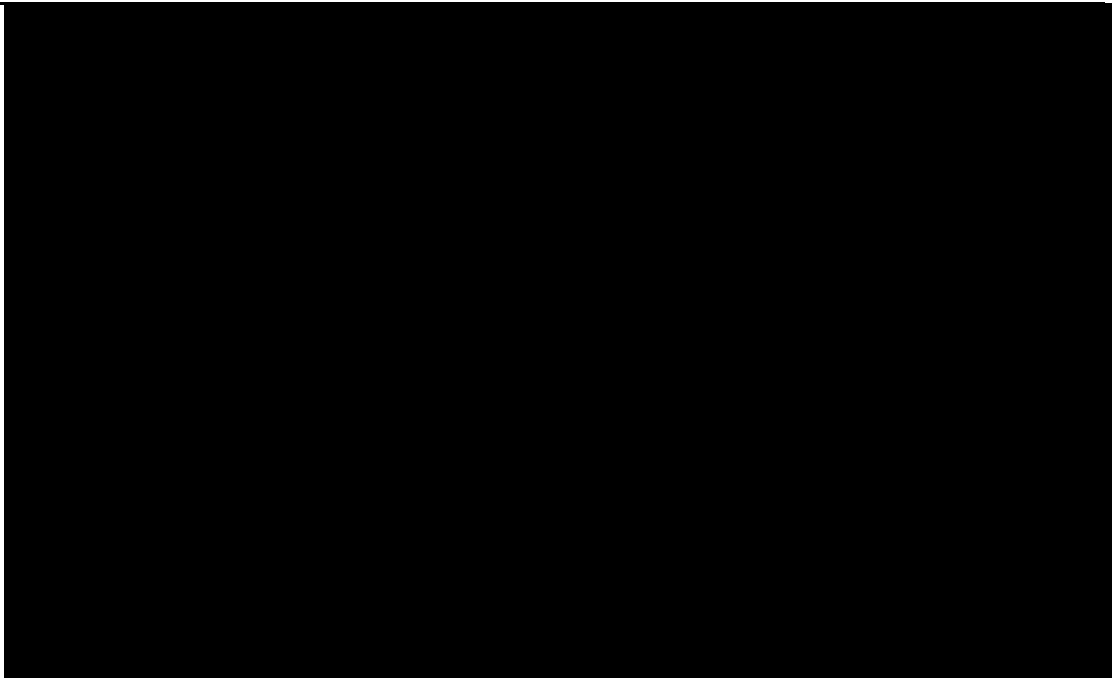


图 4.2-10 大区域西沙群岛落潮中间时流场（中层）

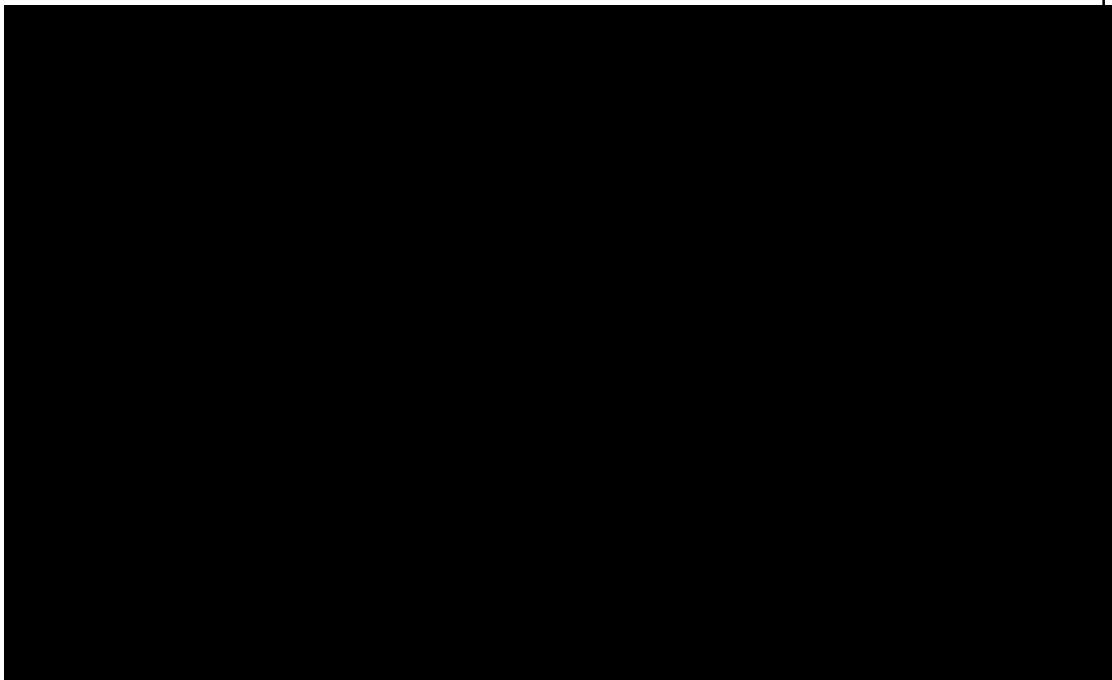


图 4.2-11 大区域西沙群岛落潮中间时流场（底层）

（4）悬浮泥沙三维对流扩散方程

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial uc}{\partial x} + \frac{\partial vc}{\partial y} + \frac{\partial wc}{\partial z} - \frac{\partial w_s c}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\nu_{Tx}}{\sigma_{Tx}} \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\nu_{Ty}}{\sigma_{Ty}} \frac{\partial c}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\nu_{Tz}}{\sigma_{Tz}} \frac{\partial c}{\partial z} \right) + S$$

C 为悬浮物浓度， W_s 为泥沙沉速， U_{Tx}, U_{Ty}, U_{Tz} 为各向异性涡粘系数，海缆项目

取值为 0.01, $\sigma_{Tx}, \sigma_{Ty}, \sigma_{Tz}$ 为湍流 Schmidt 数, S 为源汇项。其余各项同水动力控制方程。

$S = S_m + S_v$, 其中 S_m 是悬浮物排入的源强, 而 S_v 是悬浮物的海底垂直通量, 表示由于沉降和再悬浮随机过程对源强的修正。

$$S_v = \alpha W(\beta S_* - \gamma C)$$

其中: $\beta = 1$, 当 $u, v \geq u_c$ 时; $\beta = 0$, 当 $u, v < u_c$ 时。

$\gamma = 1$ 当 $u, v \leq u_f$ 时; $\gamma = 0$ 当 $u, v > u_f$ 时。

α : 泥沙颗粒沉降几率, 决定于湍流强度和悬浮质点粒径;

u_f : 扬动流速;

u_c : 起动流速;

S_* : 水流挟沙能力;

W : 悬浮颗粒的沉降速度, 按下列公式求得:

$$W = \sqrt{(13.95 \frac{\eta}{d})^2 + 1.09 \frac{\rho_s - \rho_0}{\rho_0} gd} - 13.95 \frac{\eta}{d}$$

η 是海水分子运动粘性系数, 取 $1.007 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$, d 是 d_{50} , 为沙粒中径。

u_c 和 u_f 分别是起动流速和扬动流速。据窦国仁公式

$$u_c = 2.72 \sqrt{\frac{\rho_s - \rho}{\rho} gd + 0.19 \frac{\varepsilon_k + g\delta H}{d}}$$

ρ 为海水密度, ε_k 为粘结力系数, $\varepsilon_k = 2.56 \text{cm}^3/\text{s}^2$, δ 为薄膜水厚度, $\delta = 0.213 \times 10^{-4} \text{cm}$,

据海缆项目海域的 H 值、泥沙粒径和泥沙密度求得 u_c 。

悬浮物的淤落条件, 决定于水流速度和悬浮颗粒的扬动流速。利用扬动流速 u_f 的计算公式:

$$u_f = 12.76 \sqrt{\frac{\rho_s - \rho}{\rho} gd}$$

可求的颗粒的扬动速度 u_f 。

悬浮物造成底床变形方程:

$$\gamma_0 \frac{\partial \eta_s}{\partial t} = \alpha \omega (C - S_*)$$

式中, η_s 为悬沙引起的海底床面冲淤厚度, γ_0 为悬沙干容重, S_* 为挟沙能力, 分别

由以下两式计算：

$$\gamma_0 = 1750d_{50}^{0.183}$$

$$S_* = \alpha_0 \frac{\rho_0 \rho_s}{\rho_s - \rho_0} \left(\frac{(\sqrt{u^2 + v^2})^3}{c^2 (h + \zeta) \omega} + \beta_0 \frac{H^2}{(h + \zeta) T \omega} \right)$$

d_{50} 为悬浮物中值粒径(mm)，本次计算悬浮物平均中值粒径取 0.018mm，因此， $\gamma_0 \approx 839 \text{ kg/m}^3$ 。 ρ_s 为泥沙容重， 2650 kg/m^3 ， ρ_0 为海水的容重， 1025 kg/m^3 ， $\alpha_0 = 0.016$ ， $\beta_0 = 4.65 \times 10^{-5} h^{-1.43}$ ， c 为 Chezy 系数， $c = h^{1/6} / n$ ， n 为 Maning 糙率系数，本文根据验证情况进行调整。

边界条件：

$$\text{固边界上, } \frac{\partial C}{\partial n} = 0$$

$$\text{开边界上, } \frac{\partial C}{\partial t} + V_n \frac{\partial C}{\partial n} = 0 \quad \text{出流段; } C(x, y, t) = 0 \quad \text{入流段。}$$

(4) 悬浮沙预测方法

根据水动力模拟预测结果，在悬浮物模拟过程中采用水动力的网格，即划分为自上而下 20 层，每层厚度为水深的 1/20。表层为第 1 层，中层为第 10 层，底部为第 20 层。

浓度计算的时间步长为 10s，在所有预测的潮周期 T (T 为半个月，已包括大潮，中潮，小潮三个潮期) 中，每个网格点可获得 $T/10$ 个浓度数据。浓度增量指的是该网格点上所有 $T/10$ 个数据中的最高瞬时浓度，等值线分布图为各点最高浓度瞬时值的连线。

(5) 悬浮沙预测源强

光缆埋设作业过程悬浮沙源强采用如下公式计算各作业阶段引起的悬浮沙增量：

$$Q = L \times A \times \gamma_s \times P$$

式中： Q (kg/s) 为海底悬浮泥沙强度，kg/s；

L 为扰动进度，m/s。本次取中间值 0.6km/h(即 0.17m/s)；

A 为海缆挖沟横截面， m^2 。光缆设计埋深 1.5m，扰动宽度 30cm，即扰动的横截面积为 0.45 m^2 ；

γ_s 为沉积物密度， kg/m^3 。取 1500 kg/m^3 ；

P 为悬浮泥沙所占挖沙量比例，根据施工经验，本次埋设犁施工段起沙率取 15%。

据此计算光缆埋设作业引起的悬浮沙源强为 24.86 kg/s 。

(6) 悬浮沙预测结果

本项目光缆埋设段 8km，在埋设段两侧端点处分别设置 1 个悬浮沙源强点。

图 4.2-11~图 4.2-13 分别为光缆埋设期间三种工况表层、中层、底层悬浮物最大可能增量包络图。表 4.2-4 和表 4.2-5 为各层悬浮物超标面积及离光缆最大距离统计结果。从预

测结果可以看出，光缆埋设产生的悬浮物主要集中于光缆两侧，对底层影响较大。				
表层悬浮物浓度超一（二）类水质标准面积为 8.1km ² ，超第三类水质标准面积为 1.3km ² ，无超第四类水质标准面积。超第一类水质海域距离光缆最大距离为 0.4km，施工结束 2.0h 后海水恢复第一类水质标准。表层悬浮物扩散范围见图 4.2-5。				
中层悬浮物浓度超一（二）类水质标准面积为 11.6km ² ，超第三类水质标准面积为 2.9km ² ，超第四类水质标准面积为 1.8km ² 。超第一类水质海域距离光缆最大距离为 0.6km，施工结束 2.5h 后海水恢复第一类水质标准。中层悬浮物扩散范围见图 4.2-6。				
底层悬浮物浓度超一（二）类水质标准面积为 16.9km ² ，超第三类水质标准面积为 4.1km ² ，超第四类水质标准面积为 2.7km ² 。超第一类水质海域距离光缆最大距离为 0.8km，施工结束 3.0h 后海水恢复第一类水质标准。底层悬浮物扩散范围见图 4.2-7。				
表 4.2-4 悬浮物扩散超标面积（km ² ）、离光缆最大距离（km）统计表				
水质标准		表层	中层	底层
超第一类	包络线面积	8.1	11.6	16.9
	离光缆最大距离	0.4	0.6	0.8
超第三类	包络线面积	1.3	2.9	4.1
	离光缆最大距离	0.2	0.5	0.6
超第四类	包络线面积	/	1.8	2.7
	离光缆最大距离	/	0.4	0.5
恢复第一类水质时间（h）		3.0h		

表 4.2-5 不同超标倍数影响面积					
	0<Bi<1	1<Bi<4	4<Bi<9	9<Bi	合计
表层	2.8	2.1	1.9	1.3	8.1
中层	3.5	2.2	3.0	2.9	11.6
底层	5.3	4.2	3.3	4.1	16.9

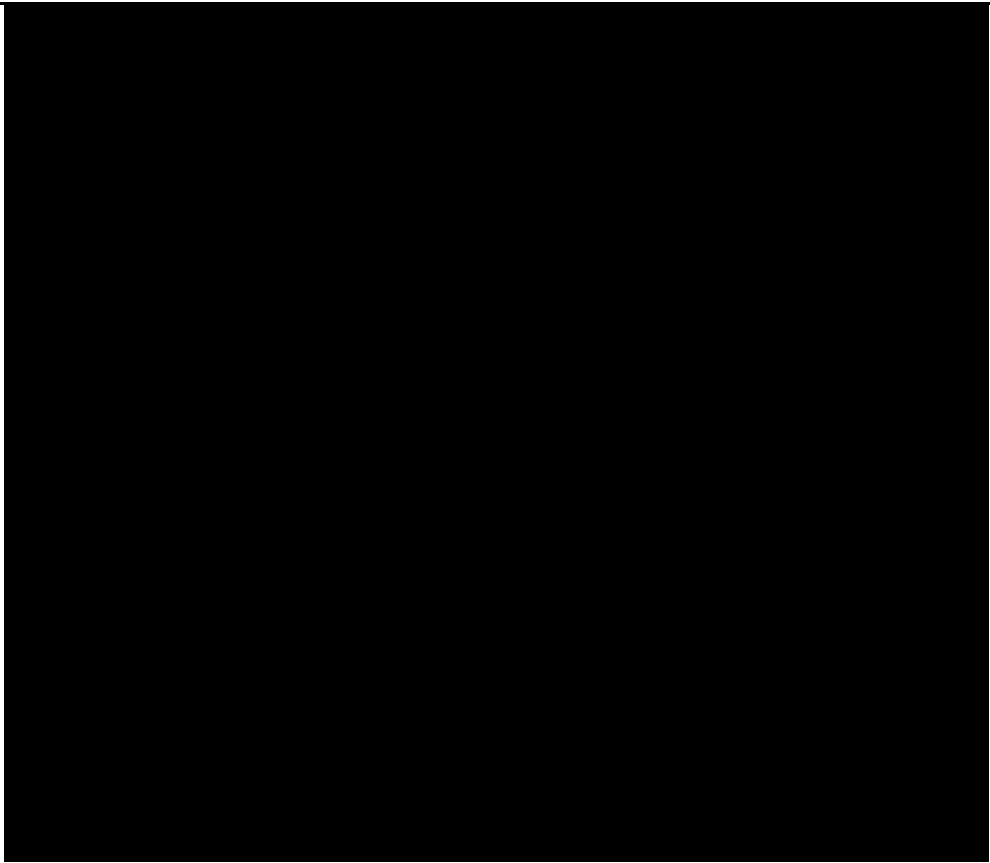


图 4.2-11 表层悬浮物扩散范围图

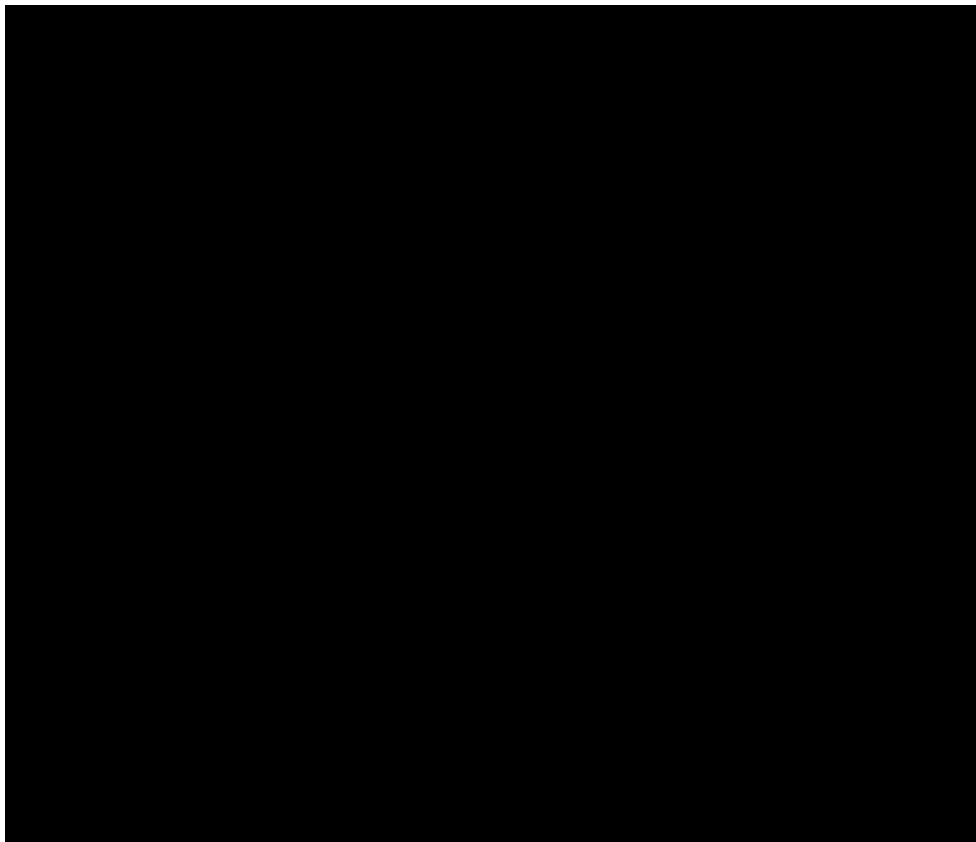


图 4.2-12 中层悬浮物扩散范围图

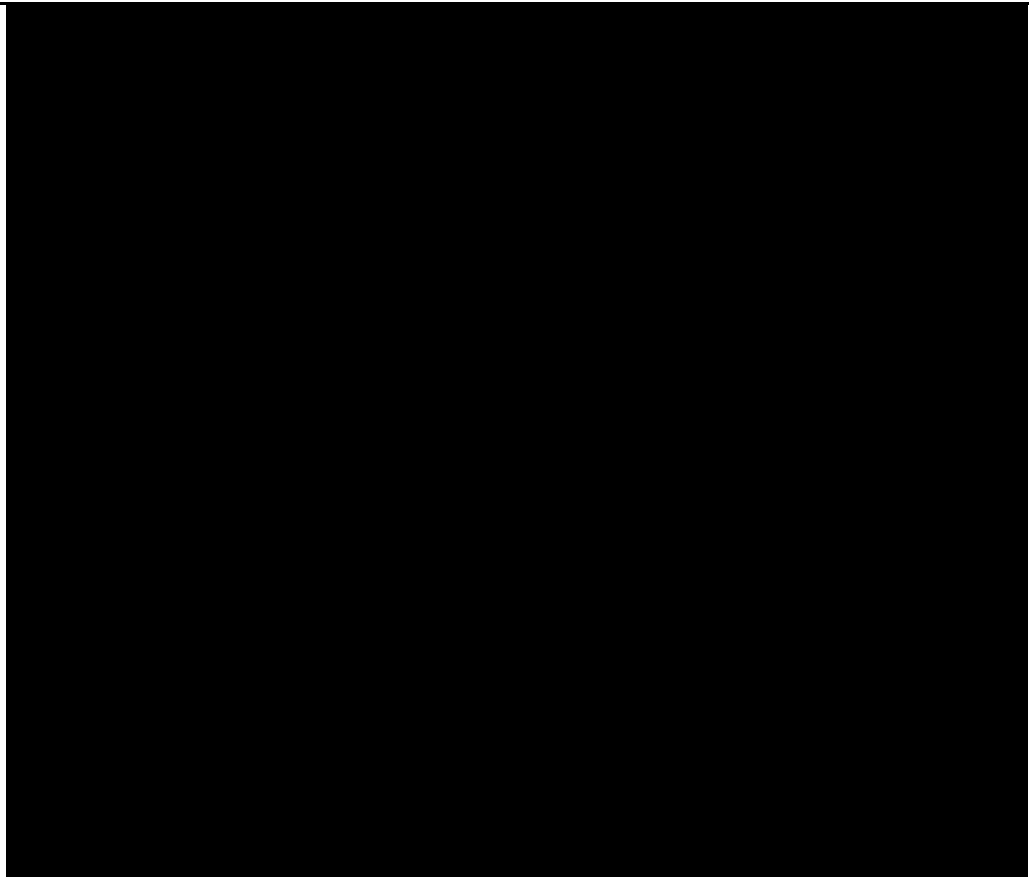


图 4.2-13 底层悬浮物扩散范围图

4.2.2 船舶排污对水环境影响

本项目施工废水污染物包括船舶油污水和船舶生活污水。

(1) 船舶油污水

船舶机舱含油污水的主要污染物为石油类，浓度约为 2500~5000 mg/L。参考《水运工程环境保护设计规范》(JTS149-2018)，500 t 级船舶机舱含油污水产生量为 0.14 t/d·艘，500 t~1000 t 级船舶机舱含油污水产生量为 0.14~0.27 t/d·艘，1000 t~3000 t 级船舶机舱含油污水产生量为 0.27~0.81 t/d·艘，3000 t~7000 t 级船舶机舱含油污水产生量为 0.81~1.96 t/d·艘，7000 t~15000 t 级船舶机舱含油污水产生量为 1.96~4.20 t/d·艘。

本项目拟采用的“福海”号施工船或“蓝色领航者”号施工船或其他同类型施工船舶，“福海”号总吨位为 6303 t，施工船“蓝色领航者”号总吨位为 8500 t，船舶机舱含油污水产生负荷较小，按 2.5 t/d·艘，则施工期油污水产生量共 50 t。

(2) 船舶生活污水

船舶生活污水的主要污染物为 BOD₅、SS 和大肠菌群，污染物浓度约为 BOD₅：200 mg/L、SS：250 mg/L、大肠菌群 2.4×10⁵ pcs/L。本项目拟采用的“福海”号施工船或“蓝色领航者”号施工船，生活污水产生量按 0.15 m³/（人·天）计，施工人数按 80 人计，则施工期生活污水产生量共计 240 m³。

本项目拟采用的“福海”号施工船或“蓝色领航者”号施工船均配备有生活污水处理

	设施和机舱油污水处理设施。施工前，作业人员将对施工船只生活污水防污染设施（包括排放管路、处理设施、打碎和消毒设施、集污舱柜、液位测量装置等）、机舱油污水处理设施（滤油设备、液位测量装置、报警装置等）进行例行检查，确保装置运行状况良好。施工过程中，机舱油污水经处理满足石油类≤ 15 ppm 标准要求后排海。船舶生活污水经处理满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）要求后在规定海域排放，对施工海域水质的影响较小。 4.2.3 固体废弃物影响分析 本项目施工固体废弃物主要来自船舶作业人员生活垃圾以及铺缆产生的废弃物。 （1）船舶生活垃圾 船舶生活垃圾主要为食品废弃物、生活用品包装袋等，生活垃圾产生量按 1.0 kg/（人·天）计，施工人数按 80 人计，则施工期生活垃圾产生量共计 1.6 t。 对于食品废弃物，在满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）、73/78 防污公约的相应要求基础上，在距离陆地 3 海里以内海域，收集并排入接收设施；在距离陆地 3~12 海里，粉碎后可排放；在距离最近陆地 12 海里以上可投弃入海。 除食品废弃物之外的其他固体垃圾全部保存在船上，船舶到达港口后交专业单位接收处置，并将情况记录在《船舶垃圾记录簿》上。 （2）扫海和铺缆垃圾 扫海清障固体废物主要为废弃缆线、绳索、插网、渔网等小型障碍物，按每公里 10 kg 计算，路由清障作业共产生废弃物约 0.08 t，随船携带，待船舶靠岸后外运处理。光缆铺设过程中产生的光缆废料主要为测试、封头等产生的海缆组成物资。扫海和铺缆垃圾分类存放在船上，待施工船返回港口后交垃圾处理单位进行回收利用或妥善处理。 综上，扫海和光缆铺设作业过程中产生的各类固体废弃物均可得到有效处置，不会对施工海域造成固体废弃物污染。 4.2.4 船舶废气影响分析 废气主要来自于作业船只船舶尾气，主要污染物为 NO_x、SO_2 等，此类废气持续排放。 （1）船舶 SO_2 源强 $G_{\text{SO}_2} = 2 \times B_0 \times S_0 \times (1 - \eta)$ 式中：G_{SO_2}-SO_2 排放量，kg；B_0-燃料量，kg；S_0-油中硫含量，%：根据《船舶大气污染物排放控制区实施方案》要求，本项目不涉及沿海控制区海南水域，油中硫含量取 0.5%m/m；η-脱硫效率，%：船舶无脱硫装置，脱硫效率取 0。 （2）船舶 NO_x 源强 $G_{\text{NO}_x} = B_0 \times q$ 式中：G_{NO_x}-NO_x 排放量，kg；B_0-燃料量，kg；q-燃烧 1t 柴油 NO_x 的产生系数，取 8.7kgNO_x。
--	--

	本项目拟采用的“福海”号施工船或“蓝色领航者”号施工船，根据船舶设备说明书计算燃料消耗量，船舶日燃料消耗量约 26t/d，施工期 20 天，据此计算废气污染物产生量 NO_x 4.52t，SO₂ 5.20 t。 施工海域处于南海西部开阔海域，废气扩散条件好，且施工期非常短，不会对海上环境空气造成长期影响。 4.3 施工期非污染生态影响分析 4.3.1 施工悬浮物对海洋生物的影响分析 (1) 施工对浮游生物的影响 对浮游生物来说，水体悬浮物浓度增加，降低水体透光率，造成水体浮游植物生产力下降。从食物链角度看，初级生产力下降，必将影响正常食物链的传递，最终导致水域可利用生物资源量下降。 对浮游植物来说，一般而言，悬浮物的浓度增加量 10 mg/L 以下时，水体中的浮游植物不会受到影响；当悬浮物的浓度增加量在 10~50 mg/L 时，浮游植物将会受到轻微的影响；而当悬浮物浓度增加量在 50 mg/L 以上时，浮游植物会受到较大的影响，浮游植物生长将受显著抑制。但需指出的是，南海区浮游植物主要分布在水深小于 200 m 的海域，本项目光缆埋设段水深较大，在 250 m~400 m 之间，施工引起的悬浮物浓度大于 50 mg/L 范围较小，且主要发生在底层水域，施工结束后短时间内水质即可恢复，因此对浮游植物影响较小。 对浮游动物来说，据有关资料，水中悬浮物质含量的增加，对浮游桡足类动物的存活和繁殖有明显的抑制作用。过量的悬浮物质会堵塞浮游桡足类动物的食物过滤系统和消化器官，尤其在悬浮物含量达到 300 mg/L 以上时，这种危害特别明显。从工程海域海洋生态环境调查结果来看，项目海域浮游动物以桡足类居多，且海区浮游动物优势种中大部分为桡足类，施工悬沙浓度一旦过高，浮游动物生存环境将直接受到不利影响。通过类比分析可知，埋设作业引起的悬浮沙主要发生在底层。因此，光缆埋设施工对作业海域浮游植物及其为食料的浮游动物影响非常小。此外，路由所在南海区浮游动物主要以广布种和暖水种为主，这些类群通常对环境波动有一定的耐受性，对高浓度悬浮沙有一定的耐受能力，加之光缆埋设施工方式为线性施工，施工时沿设计路由埋设光缆，不会在某个点连续停留多天，故铺缆作业引起的悬沙影响范围仅局限在路由区周边，且数小时后随着悬沙落淤水质即可恢复至背景水平。因此，施工悬浮沙不会对深水区浮游动物造成长期不利影响，可以很快通过海洋生态的自身修复得以恢复。 (2) 施工对渔业资源的影响 水下施工产生的悬浮物将在一定范围内形成高浓度扩散场，大部分成鱼可以回避，但幼体由于运动能力较弱无法及时有效躲避高浓度悬浮物水体。若影响区域内各类游泳生物、鱼卵仔稚鱼无法及时逃离，则将在许多方面受到影响。根据有关研究资料，水体中悬
--	---

	浮物浓度大于 100 mg/L 时，水体浑浊度将比较高，透明度会明显降低，若高浓度持续时间较长，对幼鱼苗的生长将有明显的阻碍，甚至可能导致死亡。悬浮物对鱼卵的影响也很大，水体中若含有过量的悬浮固体，细微颗粒会粘附在鱼卵的表面，妨碍鱼卵呼吸，不利于鱼卵的孵化，从而影响鱼类繁殖。本项目施工悬浮沙主要影响区域为光缆埋设段。从路由区经过的渔场情况来看，本项目光缆埋设段位于西沙西部渔场，水深 250 m~400 m。渔场内大多数经济鱼类成体迁移能力较强，可对悬沙激增做出快速回避，受影响群体主要是鱼类幼体，鱼类幼体因高浓度的含沙量可能发生部分死亡。此外，游泳能力相对较差的底栖鱼类也会因来不及游离施工悬沙影响区从而出现一定比例的死亡，从而对海域渔业资源造成一定的损害。 (3) 施工对底栖生物的影响分析 海缆扫海、埋设及后冲埋作业将对其路由区周围的底栖生物造成一定影响，主要表现为直接损伤与间接掩埋两种形式。在直接损伤方面，扫海锚具、埋设犁滑橇在行进时会对底床产生刮擦和压占效应，直接破坏底栖生物。此外，上述扰动引发的悬浮泥沙在重力作用下又会回落覆盖周边底栖生物生境，影响沿光缆路由沿线底栖生物栖息生境。 考虑到扫海与埋设作业均为一次性、线性扰动。施工结束后，随着底层沉积物稳定性的恢复和外来底栖幼体的补充，光缆路由区的底栖群落结构将逐步重建并恢复至施工前水平。因此，本项目对底栖生物资源的总体损害程度有限，不会对路由区底栖生态系统造成长期不可逆的影响。 (4) 海洋生物资源损害量 本次底栖生物资源损失量采用占用渔业水域的海洋生物资源量损害评估法，渔业资源损失量采用污染物扩散范围内的海洋生物资源损害评估法。 1) 底栖生物资源损害量 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)，占用渔业水域的海洋生物资源量损害评估法按如下公式计算： $W_i = D_i \times S_i$ 式中：W——底栖生物资源受损量，单位为 kg； D——评估区域内底栖生物资源密度，单位 kg/m²； S——底栖生物占用的水域面积，单位为 m²。 考虑到扫海影响海域与光缆埋设影响海域部分存在重叠，故底栖生物占用的水域面积以光缆埋设施工对底栖生物的影响范围计。埋设施工影响宽度按 3m 计（其中埋设犁底座共 2m，犁刀切割槽及两侧泥沙沉积范围 1m），据此计算底栖生物受影响面积约 24×10³m²。 底栖生物资源密度采用国家海洋局南海环境监测中心于 2022 年 4 月在海南岛东南部海域进行了底栖生物调查结果，平均资源密度 0.75g/m²。据此估算底栖生物损害量为 0.02t。
--	---

2) 渔业资源损害量

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), 渔业资源损害量采用污染物扩散范围内的海洋生物资源损害评估法。按如下公式计算:

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

式中: W_i ——第 i 种类生物资源一次性平均损失量, 单位为尾或个或千克 (kg);

D_{ij} ——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源密度, 单位为尾平方千米 (尾/km²)、个平方千米 (个/km²) 或千克平方千米 (kg/km²);

S_j ——某一污染物第 j 类浓度增量区面积, 单位为平方千米 (km²);

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

n ——某一污染物浓度增量分区总数。

生物资源密度 D : 鱼卵、仔稚鱼资源密度取 2026 年 6 月调查所有调查站位平均值, 即鱼卵的平均密度为 0.06 ind./m³, 仔稚鱼的平均密度为 0.02 尾/m³。鱼卵和仔稚鱼主要分布在表层和中层, 故鱼卵和仔稚鱼损失计算时平均按 30 m 水深计算。游泳生物资源密度采用国家海洋局南海环境监测中心于 2022 年 4 月在海南岛东南部海域进行了游泳生物资源调查结果, 游泳生物的平均重量密度为 2244.42kg/km²。

污染物浓度增量分区总数 n : 参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007), 分为 10~20mg/L、20~50mg/L、50~100mg/L、>100mg/L 共 4 个悬浮沙增量浓度分区。

污染物浓度增量区面积 S : 根据数模计算结果, 统计光缆埋设施工引起的悬浮物增量值大于 100mg/L、50mg/L~100mg/L、20~50mg/L、10~20mg/L 的影响面积。考虑到鱼卵和仔稚鱼主要分布在表层, 依据表层和中层悬浮物超标面积平均值计算损失, 游泳生物损失量计算依据表层、中层、底层悬浮物超标面积平均值计算。统计结果见下表。

表 4.3-1 悬浮超标面积统计表 (km²)

水层	0<Bi≤1	1<Bi≤4	4<Bi≤9	9≤Bi
表层	2.8	2.1	1.9	1.3
中层	3.5	2.2	3	2.9
底层	5.3	4.2	3.3	4.1
表、中平均值	3.2	2.2	2.5	2.1
表、中、底平均值	3.9	2.8	2.7	2.8

污染物浓度增量区生物资源损失率 K : 参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》中的“污染物对各类生物损失率”, 施工过程中悬浮泥沙增量超标倍数、超标面积和在区内各类生物损失率如表 4.3-2 所示, 生物损失率按《规程》中的数值进行内插, 小于 10mg/L 增量浓度范围内的海域近似认为悬浮泥沙对海洋生物不产生影响。

表 4.3-1 本工程悬浮物对各类生物损失率参数

悬沙增值浓度 (mg/L)	污染物 i 的超 标倍数 (Bi)	平均扩散面积 (km ²)		各类生物损失率 (%)	
		鱼卵和仔 稚鱼	游泳 生物	鱼卵和仔稚鱼	游泳生物
10~20	Bi≤1 倍	3.2	3.9	5	1
20~50	1<Bi≤4 倍	2.2	2.8	15	5
50~100	4<Bi≤9 倍	2.5	2.7	30	15
>100	Bi≥9 倍	2.1	2.8	50	20

据此估算项目施工悬浮泥沙造成渔业资源损失量为：

游泳生物=2244.42×(3.9×1%+2.8×5%+2.7×15%+2.8×20%)×10⁻³=2566.87kg

鱼卵=0.06×1×30×(3.2×5%+2.2×15%+2.5×30%+2.1×50%)×10⁶=4.08×10⁶粒

仔稚鱼=0.02×1×30×(3.2×5%+2.2×15%+2.5×30%+2.1×50%)×10⁶=1.36×10⁶尾

因此，项目施工造成渔业资源直接损失量为：游泳生物 2566.87kg、鱼卵 4.08×10⁶粒、仔稚鱼 1.36×10⁶尾。

针对施工引起的渔业资源损失，建设单位将采取增殖放流措施，以缓解施工对渔业资源造成的损害，恢复工程海域渔业资源，采取生态补偿措施后，可以将施工对渔业资源造成的不利影响控制在可接受范围内。

4.3.3 施工噪声对海洋生物的影响分析

施工时作业船舶在海上航行时将对工程周边海域产生较大的干扰噪声。船舶通航时噪声包括机械噪声、螺旋桨噪声和水动力噪声，其中机械噪声和螺旋桨噪声为主要噪声源。声源特性与船舶通航速度有关，表现为：低速运行时以船舶机械噪声为主，高速运行时以螺旋桨噪声为主。一般运输船舶噪声的平均声压级约为 130 dB/re1μPa，航速较快、吨位较大、航行中仍在施工的船舶期峰值声压级可以达到 150 dB/re1μPa 以上。

(1) 船舶噪声对鱼类生物的影响

研究表明，船舶噪声会对鱼类造成生理与行为影响。在生理层面，持续或峰值噪声可能导致鱼类听觉系统发生暂时性听力阈移，甚至造成内耳毛细胞永久性损伤；在行为层面，鱼类会因噪声刺激产生回避反应，逃离施工区域。如施工水域有石首科鱼类，船舶噪声的低频成分还可能干扰其产卵行为。此外，相关研究显示，水下噪声还可能引发鱼类体内皮质醇水平升高等应激反应，增加能量消耗，影响其摄食与生长。

本项目施工水域开阔，周边有广阔鱼类可替代生境空间，施工时路由区鱼类生物可游离至周边海域。因此，光缆铺设对作业区鱼类生物生存活动影响很小。

(2) 船舶噪声对鲸豚生物的影响

已知研究认为，船舶通航时产生的噪声会干扰鲸豚的沟通和回声定位能力，进而干扰

	其与同伴交流、确定食物位置以及了解周围环境的过程，尤其是高频噪音，会让鲸豚无法听清其他同伴的声音，影响它们的正常沟通。 我国南海海域是全球海洋运输的重要枢纽之一，连接着太平洋和印度洋，每年有大量的商船从这里经过，海上船舶活动频繁。此外南海水域还是我国远洋捕捞的重要渔场，捕捞季时，海面上更是聚集了大量渔船。从本次收集的南海海域鲸豚类活动情况相关研究成果来看，南海区鲸豚生物对海域船舶活动已经产生了一定的自适应性。 一般来说，船舶航速与其产生的水下噪声有关。本项目光缆路由穿越了南海西线和中线航路，往来船舶流量较大，船速一般在 9~11 节左右。本项目铺缆船航速低于往来商货船航速，不会造成路由水域水下噪声激增，且光缆铺设为线性施工，不会明显改变鲸豚类活动水域水下环境条件，因此船舶噪声对鲸豚生物的影响处于可接受水平。 4.3.4 施工船舶对鲸豚生物碰撞风险分析 船舶碰撞鲸豚的事件通常是由多种因素引起的，包括船舶的速度、大小和类型，以及能见度条件。研究表明，当船只速度超过 10 节时，与鲸豚发生碰撞的风险较高。船舶速度低于 10 节时，很少发生严重伤害。在船舶尺寸方面，从已知记录来看，大型船舶与海洋哺乳动物碰撞导致的严重和致命伤害相对更为常见。此外，海上能见度差或夜间作业等条件也会降低海洋哺乳动物的可视性，进而增加其与船舶碰撞的概率。 本项目光缆铺设施工船速较小，航速低于常规航运船舶，鲸豚类生物有充足的反应时间可选择游离作业船舶，船舶与鲸豚发生碰撞致其死亡或受伤的可能性较低。施工水域全年雾日稀少，能见度条件总体良好。光缆铺设工期仅为 20 天，计划于 2027 年第一季度实施，施工时将密切关注气象情况，实时跟踪能见度变化，遇大雾天气即暂停海上作业，待能见度恢复后再复工继续作业。此外，作业时将安排专人观察瞭望，以最大程度增加鲸豚生物的可视性。采取以上措施后，可控制施工船舶与鲸豚生物发生碰撞风险。 4.4 施工期风险影响分析 4.4.1 风险识别 本项目为海底光缆工程，项目施工期风险源主要为施工期船舶燃料油，属易燃易爆类危险物质，无其他风险源。光缆路由主要穿越南海中线和西线主航路，施工期间铺缆船大角度穿越航路，会造成海域通航环境的复杂性。如施工恰逢渔汛季节，还将有大量渔船在海上活动，可能发生船舶安全事故进而引发溢油污染事故。此外，作业水域距岸远，海况条件复杂，光缆铺设作业时存在突遇极端天气（大风、强浪等）可能发生船体沉没、倾覆等安全事故，一旦发生诸如此类的海损性事故，船舶也可能发生燃料油舱泄漏而导致溢油污染事故。 一旦发生船舶碰撞引发溢油事故，大量的燃料油将瞬间进入海洋环境，并迅速扩散在海面上形成一层厚厚的油层。受溢油影响的海域，油膜覆盖在海水表面，可溶性组分不断溶于水中，在风浪的冲击下，油膜不断破碎分散，并与水混合成为乳化油，增加海水中油
--	--

	类物质浓度。此外，油膜覆盖下，还将影响海-气之间的交换，致使溶解氧减小，致使其下面的大面积海域严重缺氧，同时光照减弱，从而影响水的物理化学和生物化学过程，进而影响浮游生物的生长，导致浮游生物、鱼虾缺氧而死。 4.4.2 事故源强分析 本项目施工作业拟使用的作业船最大载油量约为 1480 t，单舱实际载油量约 160 t 左（潜在作业船最大载油量约为 1632 t，单舱实际载油量约 220 t）， 4.4.3 溢油事故影响分析 （1）溢油预测模型 本报告采用“油粒子”方法来模拟溢油在海洋环境中的时空行为，用随机方法模拟扩散过程，用定性方法模拟平流过程。 1) 动力学过程 动力学过程包括平流过程和扩散过程，溢油在每一瞬时的三维空间位置和分布状态则是各种运动过程的综合作用结果。 ① 漂移过程（平流运动） 漂移过程是油膜在外界动力场（如风应力，油水界面切应力等）驱动下的整体运动。海流的预测模式选择上述垂向积分的浅水方程组作为海流的控制方程。 ② 扩展过程 扩展过程是油料溢出到海面上，受到惯性力、重力、粘性力和表面张力共同作用，使油与海水产生了不平衡的压力分布面向四周扩散，分为惯性—重力阶段、重力—粘性阶段和粘性—表面张力阶段。对实际溢油事件的观察发现，在溢油的最初数小时里，扩展过程占支配地位。 扩散速度分量可以通过用拉格朗日独立粒子（随机游动）算法来模拟粒子云团在水中扩散，在 Δt 时间内平均移动为： $S_{rmsL} = \sqrt{2 * D_L * \Delta t} \quad S_{rmsT} = \sqrt{2 * D_T * \Delta t}$ 式中： S_{rmsL} 和 S_{rmsT} 分别是纵向和横向方向上的距离的平均平方根， D_L 和 D_T 是水平扩散系数， Δt 为时间步长。 2) 非动力学过程 非动力学过程包括蒸发和乳化作用。 ① 蒸发 蒸发是由于石油烃类从液态向气态的相变而造成的油膜与空气之间的物质交换。溢油的组份、表面积及其物理特征、风速、海气温度、海况以及太阳辐射的强度等都影响蒸发的速率。低烃类组份有较高的饱和蒸发压，因此有较高的蒸发速率，蒸发后溢油中的低沸点烃类迅速减少。
--	---

蒸发率随着溢油区域的厚度变化。

对于溢油厚的部分：

$$F = (1/C) [\ln P_0 + \ln(K_m A v t C / R T V + 1/P_0)] \quad (\text{式 7.3-2})$$

式中：F—蒸发部分；V—溢出体积 (m³)；R—空气常数；C—常数；

A—溢油面积 (厚部分) (m²)；T—海表温度 (K)；v—摩尔体积；

t—时间；

K_m—质量输运系数，与 U_{0.78} 成比例，U 为风速；

$$P_0 = C_r \cdot \exp\left(1 - \frac{T_0}{T}\right), \quad C_r \text{ 为常数, } T_0 \text{ 为油的沸点 (K)}。$$

对于溢油薄的部分：

$$R_{eva} = C_{eva} (t/t_{\max}^c) \quad (\text{式 7.3-3})$$

式中：R_{eva}—蒸发率；C_{eva}—系数；

t_{max}^c—蒸发的最大时间，决定于溢油的组份。

② 乳化作用

溢油在海水中乳化，形成毫米量级的乳化物 (油包水颗粒)。海况能影响乳化的速度，但最终的乳化总量与海况无关，而仅取决于溢油中乳化剂的含量。形成的乳化物具有较高的密度和粘性，可以影响溢油的扩散过程。轻质的易挥发的油很少形成乳化物，重质燃料油或原油会形成相当大量的乳化物。当乳化颗粒与碎屑或生物残骸结合而重量增加时，将沉降到海底。

计算乳化物含水量的公式 (Mackay 等 1980) 为：

$$Y_w = \frac{1}{K_B} (1 - e^{-K_A K_B (1+U_w)^2 t}) \quad (\text{式 7.3-4})$$

式中：Y_w 为乳化物的含水量 (%)；K_A=4.5×10⁻⁶；U_w 为风速；

$$K_B = \frac{1}{Y_w^F} \approx 1.25; \quad Y_w^F \text{ 是最终含水量; } t \text{ 为时间。}$$

◆ 密度变化

乳化对油密度的影响表示为：

$$\rho_e = (1 - Y_w) \rho_0 + Y_w \rho_w \quad (\text{式 7.3-5})$$

式中：ρ_e 为乳化后油的密度；ρ₀ 为乳化前油的初始密度；ρ_w 为海水密度；Y_w 为乳化物含水量。

蒸发对油密度的影响表示为：

$$\rho = (0.6\rho_0 - 0.34)F + \rho_0 \quad (\text{式 7.3-6})$$

综合两者的影响，油的密度表达为：

$$\rho = (1 - Y_w)[(0.6\rho_0 - 0.34)F + \rho_0] + Y_w\rho_w \quad (\text{式 7.3-7})$$

◆ 粘性变化

溢油在风化过程中粘性会增加，主要是由于蒸发和乳化，此外粘性很大程度上与油面温度有关。

用 Hossain and Mackay 提出的方程在实际温度和水含量下计算油面粘性。

$$\eta = \eta^{oil} \exp \frac{2.5y_w}{1 - 0.654y_w} \quad (\text{式 7.3-8})$$

式中： η 为乳化后油的运动粘性系数；

η^{oil} 为乳化前油的运动粘性系数；

y_w 为乳化物含水量。

蒸发也可以引起粘性的增加，计算为：

$$\eta^{oil} = \eta_0^{oil} \exp(C_4 F_e) \quad (\text{式 7.3-9})$$

式中： C_4 为油中无量纲量[wt%]；

F_e 为油蒸发的部分。

乳化和蒸发两种影响结合起来运算如下，它是两种影响不同形式的总和：

$$\frac{d\eta^{oil}}{dt} = C_4 \eta_0^{oil} \frac{1}{V_{oil}^0} \frac{dV_e}{dt} + \frac{2.5\eta^{oil}}{(1 - y_w^{\max} y_w)^2} \frac{dy_w}{dt} \quad (\text{式 7.3-10})$$

3) 模型参数设定

根据相关文献推荐值，模型中相关参数取值见表 4.4-1。

表 4.4-1 部分模型参数设置

参数	过程	系数过程取值
风漂移系数 cw	对流	0.035
油的最大含水率 $y_w^{\max}$	乳化	0.85
油的最大含水率 (K_1)	乳化	5×10^{-7}
释出系数 (K_2)	乳化	1.2×10^{-5}
传质系数 KS_i	溶解	2.36×10^{-6}
蒸发系数 k	蒸发	0.029
油辐射率 loil	热量迁移	0.82
水辐射率 lwater	热量迁移	0.95
大气辐射率 lair	热量迁移	0.82
漫射系数 (Albedo) α	热量迁移	0.1

4.4.4 预测情景设置

(1) 溢油源强

根据前述风险事故源强分析,本工程溢油事故风险预测中溢油源强按照施工期实际航行和作业船舶中载油量最大船型的 1 个燃料油边舱的容积确定。溢油量取 220t。溢油形式主要分为瞬时和连续溢油,一般而言,溢油量的 10%为瞬时溢油,90%为连续溢油。结合本工程实际情况,预测以燃料油作为油品的主要代表,考虑连续一小时溢油的情况。

(2) 溢油事故点

考虑到最大可信事故为施工期施工船舶与周边往来通航船舶相撞导致油舱破损而发生溢油事故,结合工程路由布置和周边船舶,尤其是渔船作业范围情况,从溢油事故发生的概率以及溢油点对敏感目标影响程度最大考虑,选择路由与南海西线航路交汇处 A 点(110° 45' 5" E, 15° 17' 38" N)。

(3) 风向、风速

溢油期间,风作用不可忽略,因而计算工况需考虑风向、风速的影响。根据《水上溢油环境风险评估技术导则》(JT/T 1143-2017),溢油计算工况通常需考虑冬季主导风、夏季主导风以及不利风向,主导风向风速取年平均风速。

(4) 溢油时刻及扩散时间

研究表明,短期内(<24h)不同特征潮对溢油后油膜的运动有影响,涨憩时刻溢油油膜往下游漂移的距离最长,落憩时刻溢油油膜对上游影响距离最大,但不同特征潮对溢油油膜面积基本无影响。本评价常规工况考虑溢油事故发生在高低潮时油膜随落潮流和涨潮流运动油膜输移的过程,不利工况根据溢油点与风险关注点的相对位置确定溢油发生时刻。

溢油预测最终设定的预测情景见表 4.4-2。

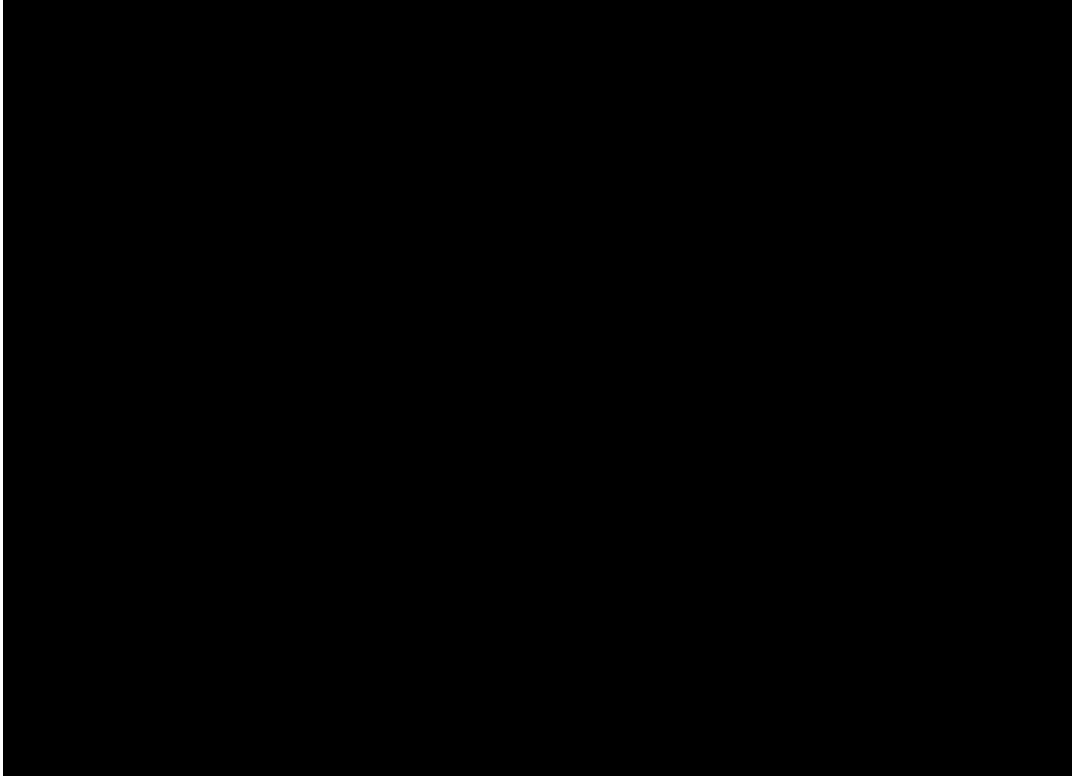
表 4.4-2 溢油预测情景设置一览表

工况	事故点	溢油量(t)	风向	风速(m/s)	选择原因	溢油开始时刻潮流状况
1	A	220	ENE	4.8	冬季主导风向	涨潮
						落潮
2			SW	4.7	夏季主导风向	涨潮
						落潮
3			SW	13.8	不利风向	落潮
4			SSW		不利风向	落潮

4.4.5 溢油预测结果

(1) ENE 向平均风情况下

ENE 向平均风(4.8m/s)落潮发生溢油 72h,在风和潮流的共同作用下油膜主体向西南扩散,向西南向最远扩散距离为 29.2km,最大扫海面积 54.3km²。溢油点位于南海中部农渔业区,溢油后直接对该敏感区造成影响,72h 内不会对其他风险关注点产生影响。溢

	油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 4.4-1。 ENE 向平均风（4.8m/s）涨潮发生溢油 72h，在风和潮流的共同作用下油膜主体向西南扩散，在西南向最远扩散距离为 32.5km，最大扫海面积 58.1km²。溢油点位于南海中部农渔业区，溢油后对该敏感区造成影响，72h 内不会对其他风险关注点产生影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 4.4-2。  图 4.4-1（1） 溢油 72h 油膜扩散范围图（ENE 向平均风，落潮）
--	--

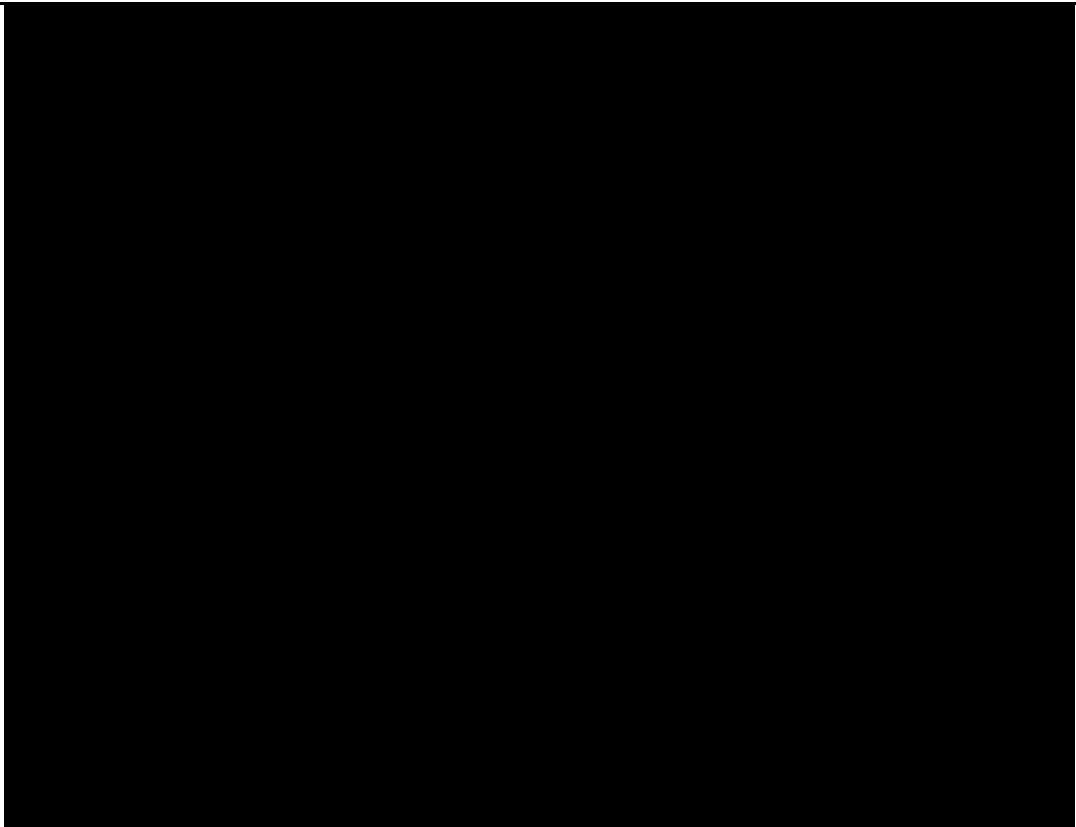


图 4.4-1 (2) 溢油 72h 油膜暴露时间 (ENE 向平均风, 落潮)

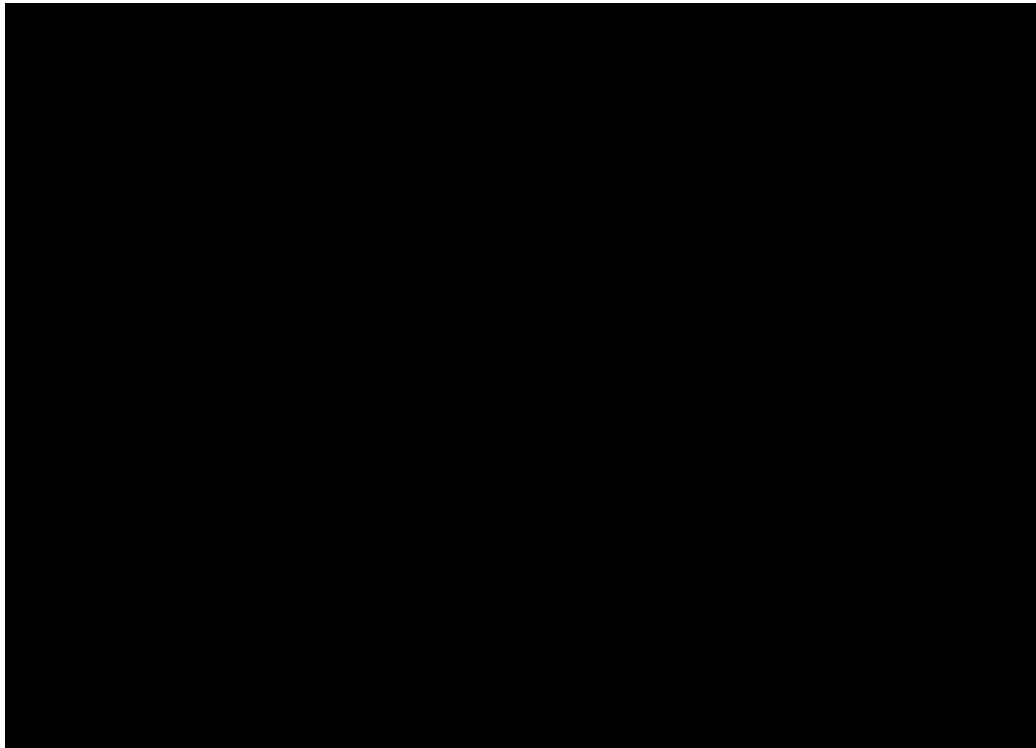


图 4.4-2 (1) 溢油 72h 油膜扩散范围图 (ENE 向平均风, 涨潮)

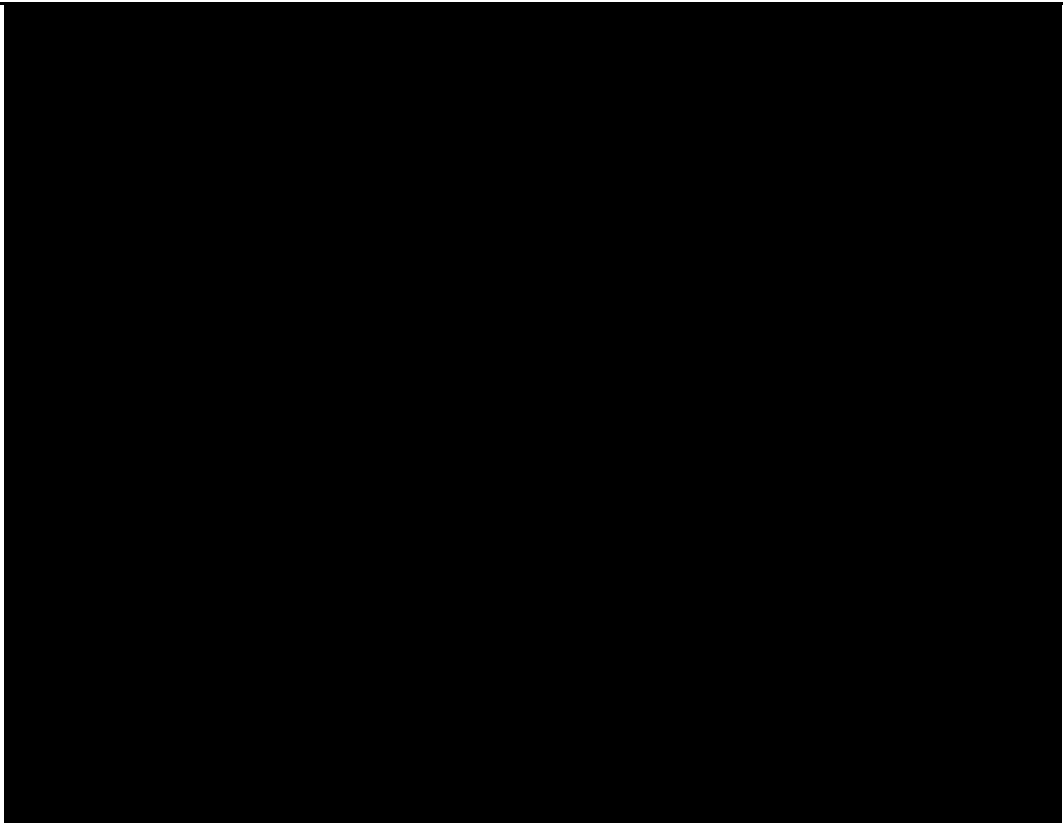


图 4.4-2 (2) 溢油 72h 油膜暴露时间 (ENE 向平均风, 涨潮)

(2) SW 向平均风情况下

SW 向平均风 (4.7m/s) 落潮发生溢油 72h, 在风和潮流的共同作用下油膜主体向东北扩散, 东北向最远扩散距离为 25.4km, 最大扫海面积 50.3km²。溢油点位于南海中部农渔业区, 溢油后对该敏感区造成影响, 72h 内不会对其他风险关注点产生影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 4.4-3。

SW 向平均风 (4.7m/s) 涨潮发生溢油 72h, 在风和潮流的共同作用下油膜主体向东北扩散, 东北向最远扩散距离为 22.6km, 最大扫海面积 41.9km²。溢油点位于南海中部农渔业区, 溢油后对该敏感区造成影响, 72h 内不会对其他风险关注点产生影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 4.4-4。

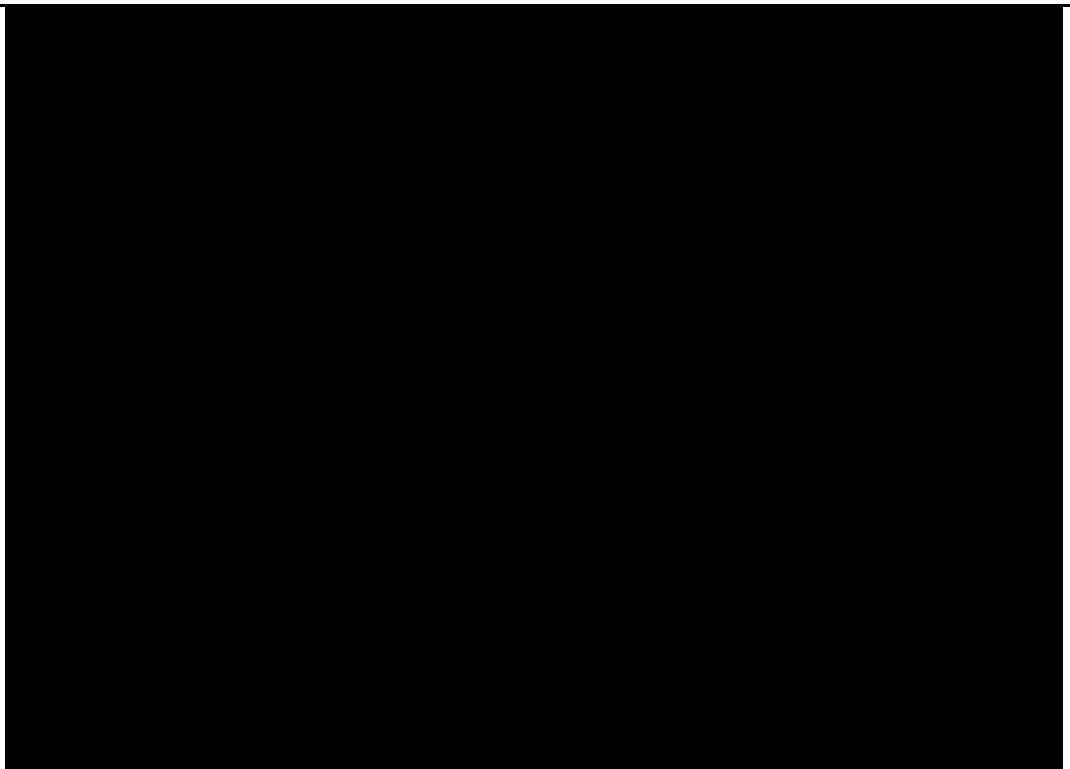


图 4.4-3 (1) 溢油 72h 油膜扩散范围图 (SW 向平均风, 落潮)

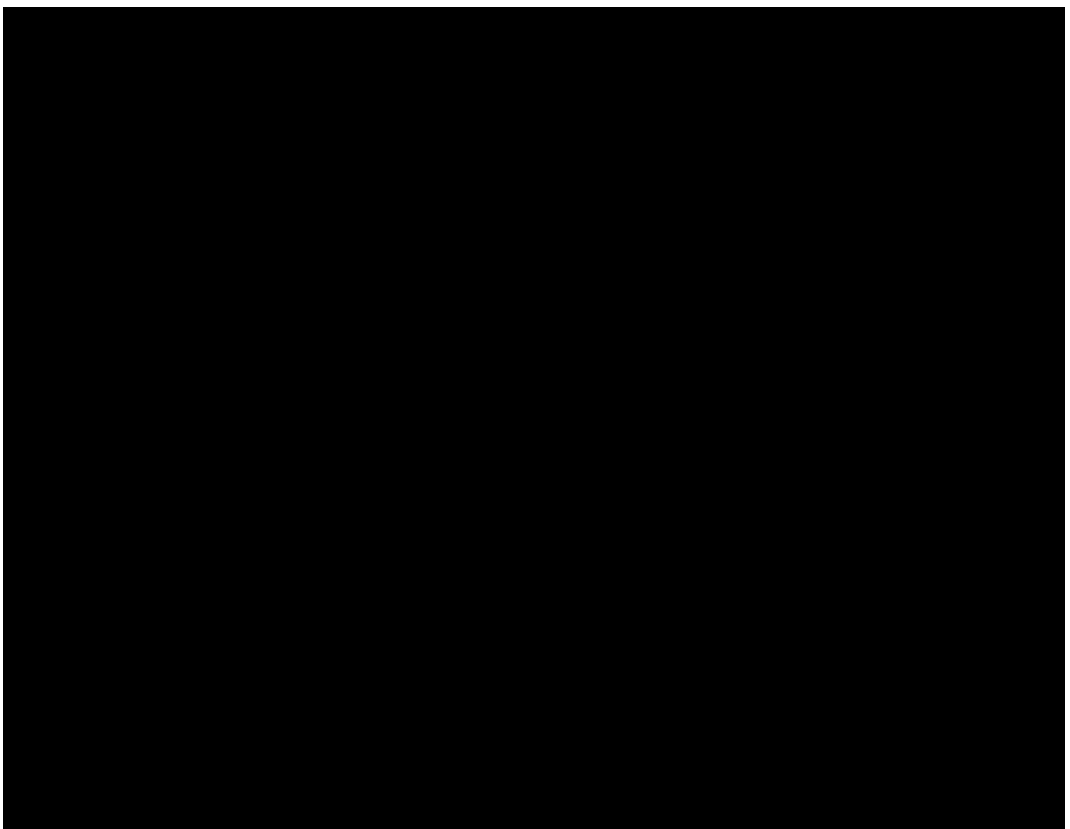


图 4.4-3 (2) 溢油 72h 油膜暴露时间 (SW 向平均风, 落潮)

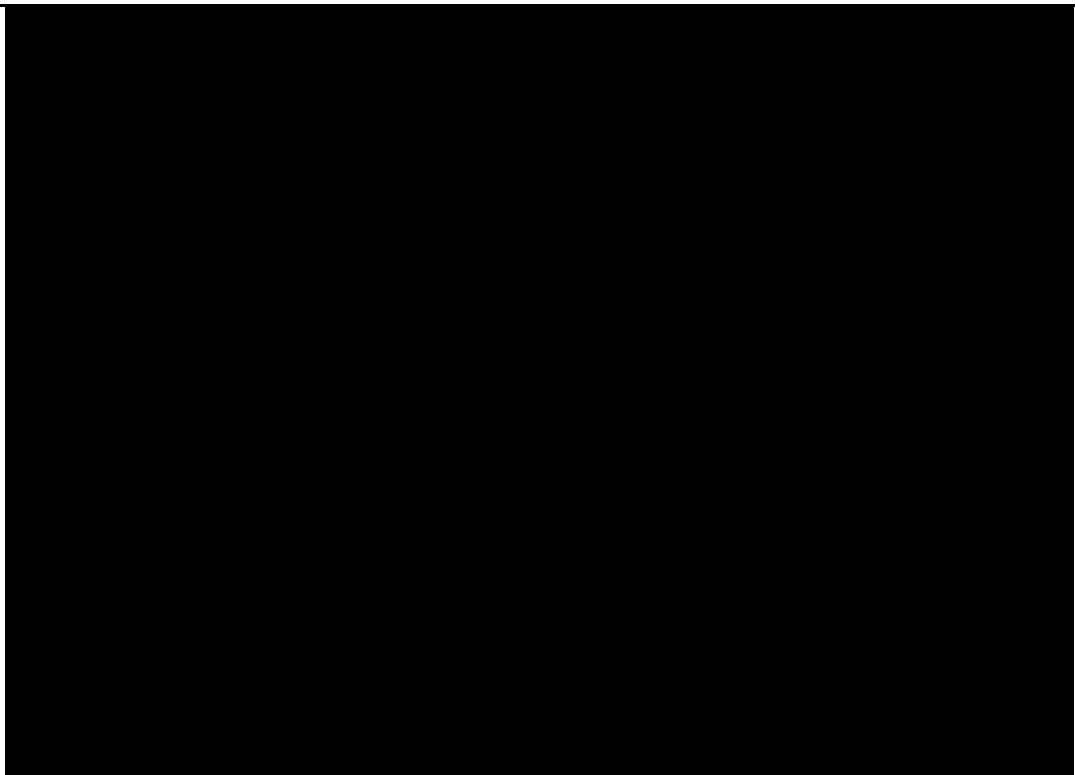


图 4.4-4（1）溢油 72h 油膜扩散范围图（SW 向平均风，涨潮）

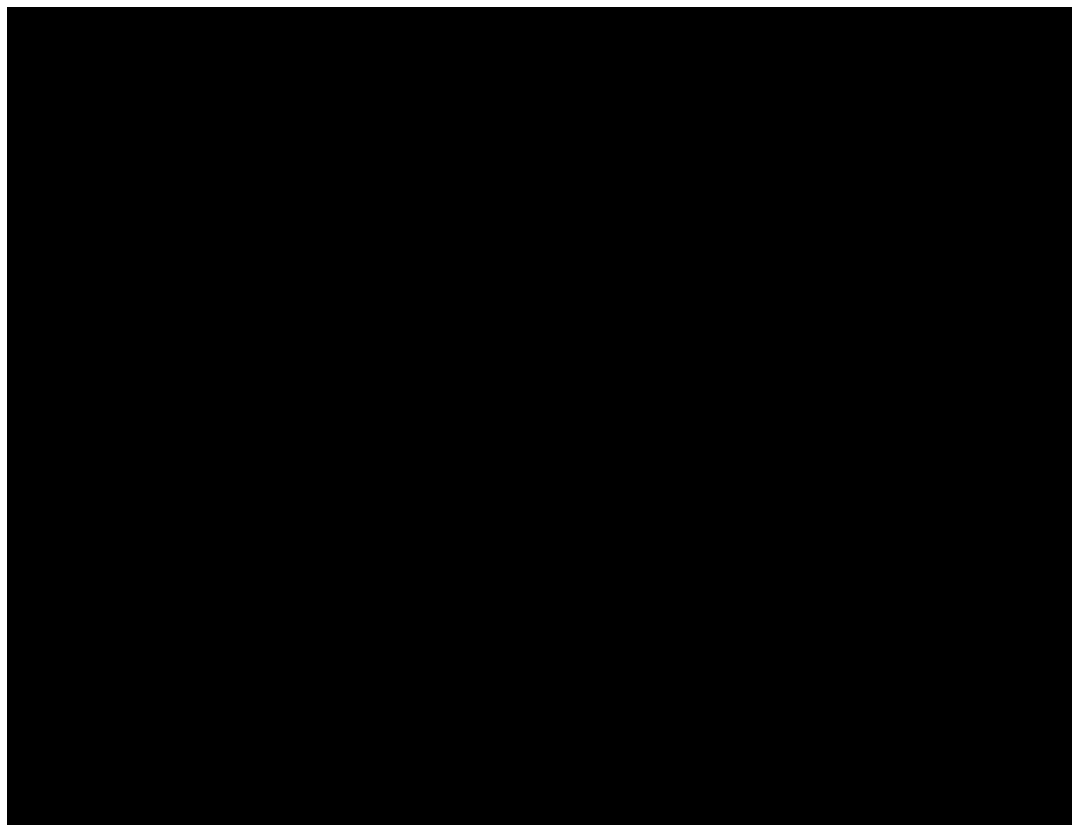


图 4.4-4（2）溢油 72h 油膜暴露时间（SW 向平均风，涨潮）

（3）SW 向不利风情况下

SW 向不利风（13.8m/s）落潮发生溢油 72h，在风和潮流的共同作用下油膜主体向东北扩散，向东北方向最远扩散距离为 75.3km，最大扫海面积 115.6km²。溢油点位于南海

中部农渔业区，溢油后对该敏感区造成影响，72h 内未对其他风险关注点产生影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 4.4-5。

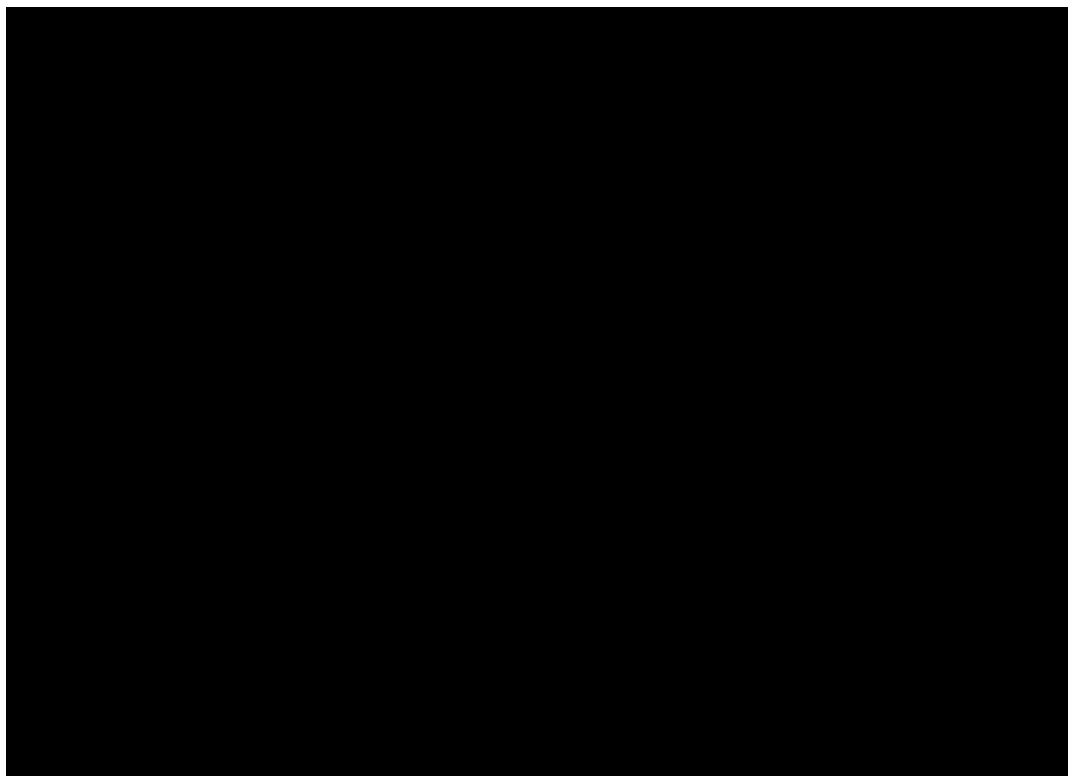


图 4.4-5（1）溢油 72h 油膜扩散范围图（SW 向不利风，落潮）

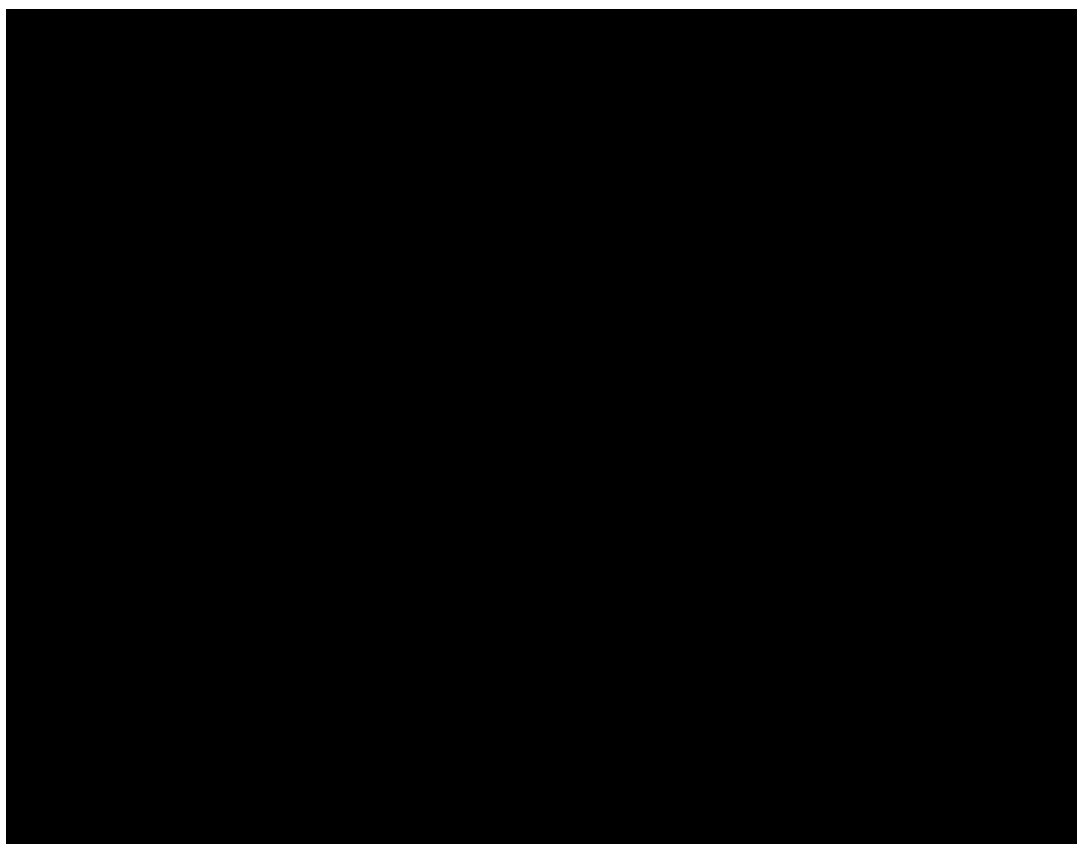


图 4.4-5（2）溢油 72h 油膜暴露时间（SW 向不利风，落潮）

(4) SSW 向不利风情况下

SSW 向不利风 (13.8m/s) 涨潮发生溢油 72h, 在风和潮流的共同作用下油膜主体向东北扩散, 向东北方向最远扩散距离为 78.2km, 最大扫海面积 106.2km²。溢油点位于南海中部农渔业区, 溢油后对该敏感区造成影响, 72h 内未对其他风险关注点产生影响。溢油扩散范围和油粒子运动轨迹见图 4.4-6。

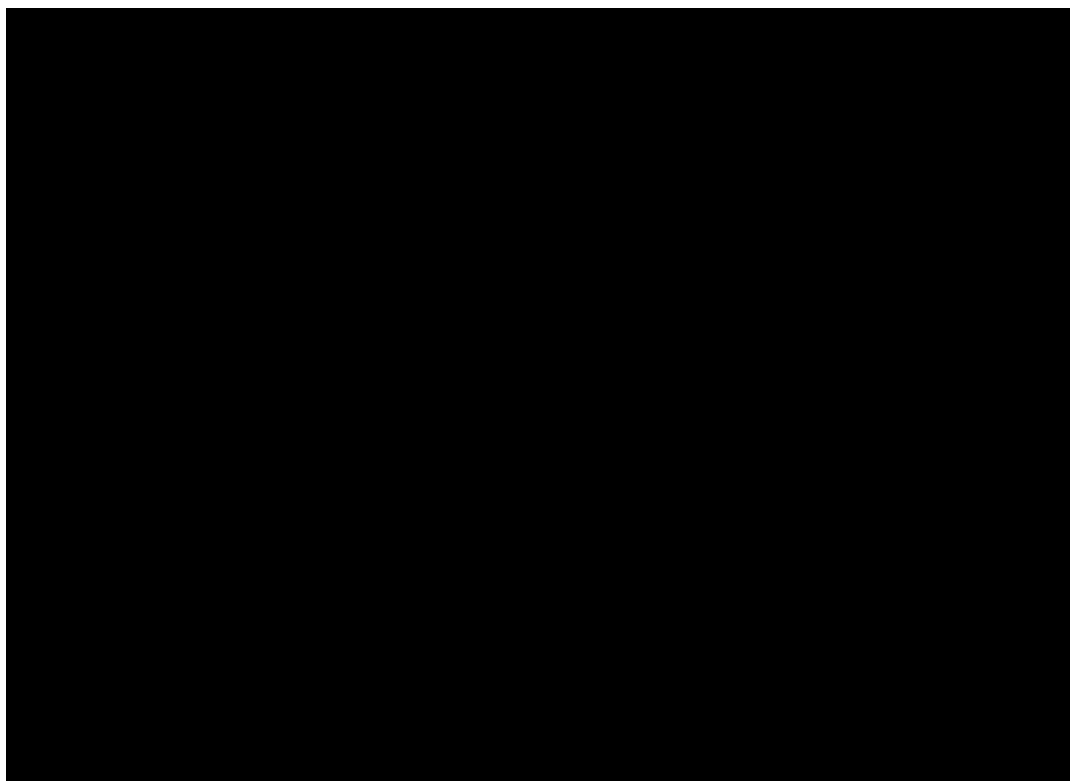


图 4.4-6 (1) 溢油 72h 油膜扩散范围图 (SSW 向不利风, 涨潮)

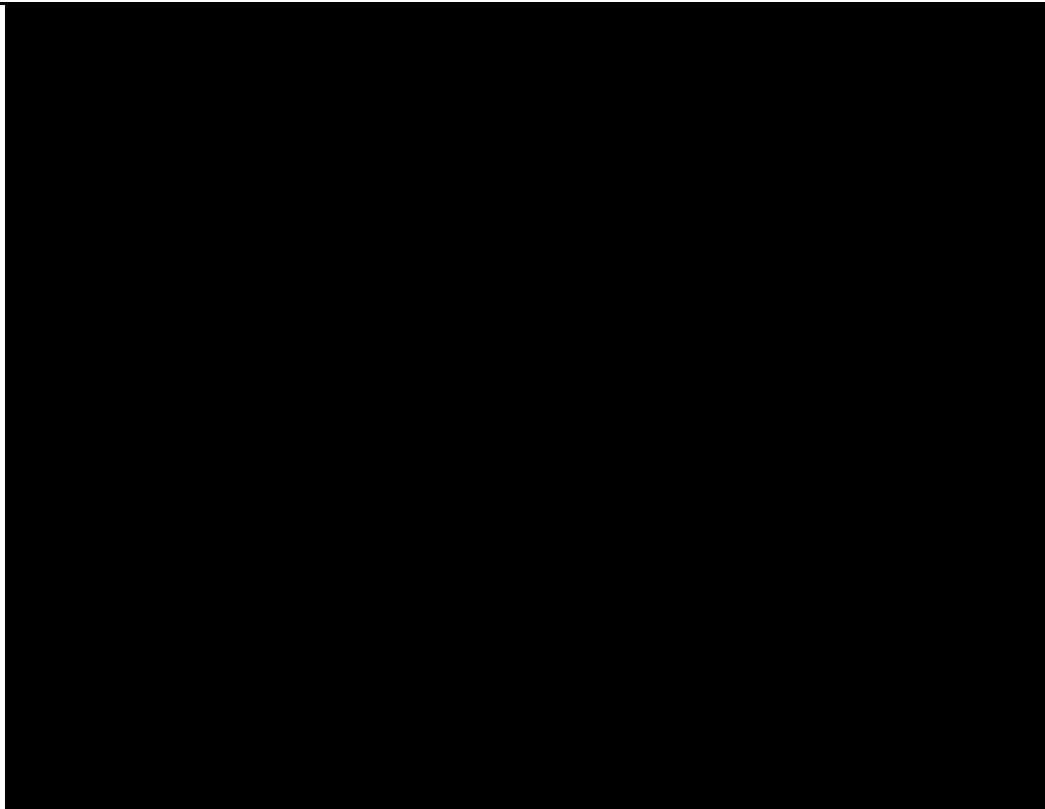


图 4.4-6 (2) 溢油 72h 油膜暴露时间 (SSW 向不利风, 涨潮)

4.4.6 溢油对敏感目标影响分析

通过溢油模拟结果可知，一旦发生溢油，将会对周边海洋环境造成污染。各预测方案下溢油事故对周围环境的影响后果如下表所示。

表 4.4-3 溢油预测情景设置一览表

风向	时刻	风速 (m/s)	漂移最大距离 km	扫海面积 km ²	首次抵敏感区所需时间 h
ENE 向 平均风	落潮	4.8	29.2	54.3	溢油点位于南海中部农渔业区, 溢油后对该敏感区造成影响, 72h 内未对其他敏感区产生影响。
	涨潮	4.8	32.5	58.1	溢油点位于南海中部农渔业区, 溢油后对该敏感区造成影响, 72h 内未对其他敏感区产生影响。
SW 向平 均风	落潮	4.7	25.4	50.3	溢油点位于南海中部农渔业区, 溢油后对该敏感区造成影响, 72h 内未对其他敏感区产生影响。
	涨潮	4.7	22.6	41.9	溢油点位于南海中部农渔业区, 溢油后对该敏感区造成影响, 72h 内未对其他敏感区产生影响。
SW 向 不利风	落潮	13.8	75.3	115.6	溢油点位于南海中部农渔业区, 溢油后对该敏感区造成影响, 72h 内未对其他敏感区产生影响。
SSW 向 不利风	落潮	13.8	78.2	106.2	溢油点位于南海中部农渔业区, 溢油后对该敏感区造成影响, 72h 内未对其他敏感区产生影响。

	由上表可见,对于本项目船舶溢油事故而言,虽然施工海域距离周边西沙群岛海洋保护区、中沙群岛海洋保护区、南沙群岛海域保护区较远,溢油发生后 72h 内未对其产生影响。但施工海域本身即位于南海中部农渔业区内,一旦发生溢油事故而又没有任何应对措施,油污将即刻进入农渔业区,并在风和潮流的共同作用下快速向周边海域扩散,对该区域海洋生态环境造成一定的污染,危害农渔业区内渔业资源生存环境,降低捕捞产量。因此建设单位仍需予以足够重视并采取必要措施确保在环境安全的前提下进行海上施工活动。 4.4.6 环境风险影响小结 本工程风险事故类型主要是船舶燃料油泄漏事故,光缆路由位于南海中部农渔业区,溢油一旦发生,油类污染物将即刻进入农渔业水域。根据溢油数值模拟结果,在选定的典型情境下,溢油事故发生后,如在不采取任何应对措施情况下,油膜在风和潮流的共同作用下将向周边海域进一步扩散。由于本项目所在海域距离大陆及海岛岸线均较远,周边应急资源主要是地方海事部门应急资源以及周边油气田开发者自备应急物资。针对本项目可能发生的风险,建设单位需采取相应的风险防范措施,最大可能减少各类事故发生的概率,并制定相关应急预案,同时与相关区域和上位应急预案相衔接,则溢油风险总体可控。 4.5 对路由区农业生产作业的影响 本项目光缆路由位于南海西部海域,距岸较远,工程周边海域海洋开发活动主要为南海中部农渔业捕捞活动。根据对路由区渔业捕捞及养殖情况的调查,路由区附近无养殖活动,光缆路由从东南至西北,依次穿越了南沙西北部渔场和西沙西部渔场,此两处渔场内捕捞活动主要包括岛礁周边浅水捕捞活动和深水区金枪鱼延绳钓捕捞活动。 本项目光缆路由与西沙岛礁区保持了较远的距离,不会对岛礁周边的浅水捕捞活动造成影响,光缆铺设对渔业生产的影响主要是对深水区捕捞作业的短暂干扰。施工阶段,为确保施工船舶以及渔船的安全,将禁止渔船进入施工海域进行捕捞生产作业。同时,鉴于金枪鱼延绳钓干绳长度通常介于 100 km~ 150 km 之间,为避免捕捞活动与光缆产生交叉影响,工程沿线的捕捞作业也将在一定程度上受到限制,例如需要减少放线长度、调整捕捞作业区域等。但南海中部农渔业区水域面积十分广阔,施工期间对渔业水域的占用面积相对非常小,捕捞船可在周边海域进行生产作业。同时,施工活动的占用属于临时短期性质,施工结束后,路由沿线可以立即恢复捕捞作业,对渔业生产的影响程度较小。
运营期生态环境影响分析	4.6 运营期生态环境影响分析 本项目所采用的光缆进行了抗海水腐蚀的设计,铠装海缆内层不锈钢光管单元能够容纳和保护光纤,其中填充纤膏可用来阻水和吸氢,不锈钢管能够防止海缆轴向氢渗入。铠装海缆的外层防腐层为金属钢线镀锌和沥青尼龙线,沥青尼龙线可抗常规浓度硫化氢的腐蚀,金属钢线镀锌可避免海缆接头处的金属线被腐蚀。运营期内光缆内的金属物质不会腐蚀溶解,不会导致重金属污染周围海水水质和海底沉积物。

	项目铺设的海底光缆外径很小，铺设后不会影响所在海域的水下地形，也不会改变工程海域潮流水文动力条件，无生态不利影响。
选址选线环境合理性分析	本项目路由方案选择过程中，对方案一与方案二进行了全面比选（详见 2.12 小节）。两方案路由长度相近，在深水区的环境影响基本一致，且对岛礁周边环境敏感目标、航线穿越风险及锚地、倾废区等开发活动的避让情况均无实质差异。然而，方案一可与已建 SEA-ME-WE 3 海缆形成集中送出廊道，更符合集约节约用海原则；而方案二穿越黏土质粉砂等松散砂质沉积物的长度较长，海底沙波移动易危及海缆运营安全，后期修复作业的环境影响相对不利。综合比选后，方案一在环境合理性方面优于方案二，方案一经路由调查勘测后，光缆线路走向进一步优化微调，避开了潜在运营风险，进一步降低了光缆故障概率，间接降低了修复作业产生的环境影响。综上，本项目光缆路由具备环境合理性。

五、主要生态环境保护措施

施工期生态环境保护措施	5.1 施工期生态环境保护措施 5.1.1 水环境保护措施 海缆项目施工期间的水污染物主要是光缆埋设悬浮沙以及船舶生活污水及含油污水。结合各类污染物影响过程，同时按照相关要求，提出污染防治措施如下。 （1）悬浮沙影响缓解措施 本项目光缆埋设采用先进的埋设犁施工方式。埋设犁边开槽边铺设，在光缆施工船牵引和犁刀物理切割下，将海底泥沙犁开，形成海缆槽；装备上部有一导缆孔，用来引导光缆到缆槽底部，光缆立刻被嵌入该缆槽内。埋设犁经过该区域后，海底的沙子就会重新将缆槽掩埋，由潮流将缆槽自然填平。这种埋设方法对海底泥沙扰动小，相对同类项目的冲埋施工方法悬浮物产生量较小，有效地减少悬浮物污染物的产生量，减轻对海水水质及海洋生物生态、渔业资源等的影响。 作业选择在海况较好的时期进行施工，以最大限度地减少悬浮物对海洋环境的影响程度。 （2）船舶生活污水处理措施 本项目拟使用的施工船舶已配备相应的生活污水处理设施，并持有《国际防止生活污水污染证书》。施工时，生活污水经船上配备的生活污水处理装置处理达标后在船舶行进中排放，具体排放控制措施如下： a) 距最近陆地 3 海里以内（含）的海域：施工船舶的生活污水利用船载生活污水处理装置处理，达到《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）5.2 规定要求后在航行中排放。 b) 距最近陆地 3~12 海里的海域：生活污水使用设备打碎固形物和消毒后，在船速不低于 4 节且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率时方可排放。 c) 距最近陆地 12 海里的以外的海域：各施工船舶在船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率时方可排放。 （3）船舶含油污水处理措施 本项目拟使用的施工船舶已配备相应的含油污水处理设施，并持有《国际防止油污证书》。施工时，船舶油污水经船上配备的油水分离器处理，满足相关规定后对排放进行严格控制，达到如下条件的时候，才进行排放： a) 船舶在航行中； b) 通过船舶油污水处理装置，并达到水中含油量低于 15 mg/L 之后才排放。 （4）水上作业船舶应建立污水排海台账，对施工船舶污水排海情况进行详细记录，记录需包括排放量、排放浓度、船速等在内的相关信息。如污水处理设置异常运行，也应详
--------------------	---

	细记录发生时间、恢复正常运行时间、异常原因及维护修理过程。 5.1.2 固体废弃物污染防治措施 (1) 光缆路由区扫海清障打捞产生的固体废弃物主要为绳索、废旧海缆、海底渔网渔具等，随船携带待施工船返回码头后交由接收单位处理，禁止在海上随意弃置从而造成海洋环境的二次污染。 (2) 光缆废料主要为测试、封头等产生的海缆组成物资，放置在船舶垃圾收集箱，并进行盘放，绑扎。待作业船返回码头后交由具有船舶垃圾污染物接收资质的单位进行转运或回收处理。 (3) 对于施工期间作业船舶上产生的食品垃圾，在距离陆地 3 海里以内海域，应收集并排入接收设施；在距离陆地 3~12 海里，粉碎后可排放；在距离最近陆地 12 海里以外的海域可以排放。除食品废弃物之外的其他船舶垃圾全部保存在船上，船舶到达港口后交专业单位接收处置，并将情况记录在《船舶垃圾记录簿》上。 5.1.3 大气污染防治措施 本项目施工期间拟采用“福海”号或其他同类型施工船舶（如“蓝色领航者”号海缆船）。施工船舶产生的废气污染物主要为硫氧化物、氮氧化物和颗粒物。按照 73/78 防污公约、《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发〔2018〕168 号）及《2020 年全球船用燃油限硫令实施方案》的相应要求，提出污染防治措施如下。 “福海”号为国际船舶，建造完成日期为 1999 年 12 月，未进行过船用柴油发动机重大改装。因此，NO_x 排放不作要求，SO_x 和颗粒物排放执行在中华人民共和国管辖水域应当使用硫含量不超过 0.50% m/m 的燃油，进入我国船舶大气污染物排放控制区海南水域的，应当使用硫含量不超过 0.10% m/m 的燃油。 “蓝色领航者”号为国际船舶，建造完成日期为 2023 年 9 月，未进行过船用柴油发动机重大改装。NO_x 排放应满足“所使用的单台船用柴油发动机输出功率超过 130kW 的，应满足《国际防止船舶造成污染公约》第二阶段 NO_x 排放限值要求”。 5.1.4 海洋生态保护措施 本项目所采取的优化选址选线、合理安排施工、有针对性的管理措施以及生态补偿措施等均为有效的生态影响防治措施，主要体现在如下方面： (1) 优化选址选线 本项目通过路由比选、优化选址选线，避开了西沙群岛海洋保护区、南沙群岛海洋保护区等保护区。 (2) 合理安排施工 本项目穿越南海中部农渔业区，项目拟于 2027 年第一季度开展海上作业，作业期安排紧凑，施工期控制在 20 天内，将施工作业对海洋生态扰动时间控制在较低水平。 (3) 悬浮沙影响缓解措施
--	---

	优化施工组织方案，尽量降低施工强度，减小悬浮扩散范围，同时提高作业精度和施工质量，减小后期补救冲埋扰动作业量。 （4）船舶噪声影响缓解措施 定期对铺缆船的关键动力设备进行全面、细致的维护与保养，确保设备始终处于最佳运行状态。通过及时发现并解决潜在问题，有效减少因设备老化或故障而产生的额外噪声，从源头上降低船舶噪声的强度。施工时，若发现大规模鱼群或鲸豚类生物在附近水域活动，应主动降低船速，以减少螺旋桨运转时产生的水动力噪声。同时，关闭非必要的运行设备，最大程度降低噪声对其造成的干扰。 （5）船舶碰撞鲸豚生物防范措施 施工期间建立气象监测机制，与相关海事、气象主管部门建立常态化联络机制，实时获取气象预警信息及海域能见度预报，遇大雾天气需暂停海上作业，待能见度恢复后再复工继续作业。同时，施工期间安排专人于船上视野开阔处进行瞭望，密切关注视野范围内是否有鲸豚出没。一旦发现鲸豚在作业水域附近出现，根据其于作业船的相对位置、游动速度等因素，及时采取应对措施，如降低航速或停船等待，直至其游离监视范围后方可继续施工。 （6）生态补偿措施 根据损失量估算结果，本项目光缆铺设施工导致的渔业资源（包括鱼卵、仔稚鱼及游泳生物）损害赔偿额为 48.11 万元，建设单位应根据农业部《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）的有关规定，对项目建设造成的生物资源的损失按照生态补偿原则予以补偿。多年的实践证明，渔业资源增殖放流是目前恢复水生生物资源量的重要和有效手段，通过对海域渔业资源增殖放流和生态环境保护，可以迅速弥补建设项目对海洋资源造成的损失。本项目资源损失量比较小，建议本项目生态补偿款全部用于增殖放流。 1）组织形式 根据农办渔〔2018〕50 号文件要求，建设单位是涉渔工程水生生物资源保护和补偿的主体，应制定具体的实施方案，并组织落实水生生物资源保护和补偿措施。中国电信作为本项目生态补偿工作实施主体，拟自行组织增殖放流工作。增殖放流工作应按照《水生生物增殖放流管理规定》（农业部第 20 号令）相关规定，提前 15 日向当地县级以上地方人民政府渔业行政主管部门报告增殖放流的种类、数量、规格、时间和地点等事项，接受监督检查。 2）增殖放流品种选择 本项目光缆施工作业带距离三沙岛礁海域较远，施工活动损害渔业资源主要为琼南海域深水区活动鱼类。根据《农业农村部关于做好“十四五”水生生物增殖放流工作的指导意见》（农渔发〔2022〕1 号），适宜增殖放流的品种包括：青石斑鱼、布氏鲷鲷、紫红笛
--	--

	鲷、红笛鲷、斑节对虾、日本对虾、长毛对虾、墨吉对虾、绿海龟、克氏海马、大珠母贝、尖翅燕鱼、豹纹鳃棘鲈、红九棘鲷、法螺、波纹唇鱼等十六种。 依据上述意见，结合当地渔业部门近年放流物种选取，本项目增殖放流可选用紫红笛鲷和长毛对虾等，见表 5.1- 1。具体增殖放流品种、场所和时间等还应结合增殖放流鱼类和其它生物种类的地理分布特征、饵料习性特征、环境适应特征、其他生物学特征、当地海洋环境特征以及苗种供应情况进行综合确定，并在本项目具体的增殖放流实施方案技术审查过程中，由当地渔业部门指导把关。 表 5.1-1 增殖放流方案 <table><tr><th rowspan="2">品 种</th><th>规格</th><th>单价</th><th>数量</th><th>价格</th></tr><tr><th>(cm)</th><th>(元/尾)</th><th>(万尾、万个)</th><th>(万元)</th></tr><tr><td>紫红笛鲷</td><td>≥5</td><td>1</td><td>20</td><td>20</td></tr><tr><td>长毛对虾</td><td>≥1.2</td><td>0.03</td><td>937</td><td>28.11</td></tr><tr><td colspan="3">合计</td><td>957</td><td>48.11</td></tr></table> 3) 增殖放流苗种来源 根据农业农村部关于做好增殖放流工作的有关要求，水生生物增殖放流经济物种苗种供应单位要满足七个方面的基本条件：一是种苗来源清晰，二是亲本数量充足，三是生产能力较强，四是质量严格管控，五是技术能力过硬，六是资质信誉较好，七是满足规划需要。 本项目增殖放流苗种应选择农业农村部或海南省农渔业部门公布的水生生物增殖放流苗种供应基地供应的苗种，并按规定实施水生生物检验检疫制度，保障放流苗种质量。 4) 增殖放流地点选择 增殖放流地点的选择直接关系到放流品种的存活率和生态补偿的后期效果，因此，原则上要求增殖放流工作要在生物资源损害地进行。如由于建设项目的影​​响造成原地补偿效果不佳或者暂时不适宜开展生态补偿工作，可选择在建设项目临近的区域进行。同时，地点的选择还应有利于苗种运输，保证存活率。 根据增殖放流地点选择原则，结合《农业农村部办公厅关于进一步做好水生生物增殖放流工作的通知》（农办渔〔2024〕5 号）要求，本项目施工海域附近放流地点可选择在海南陵水附近开阔海域放流，以利于增殖放流工作开展。 5) 增殖放流时间 根据增殖放流品种的繁殖习性，结合往年当地苗种供应情况选择合适时间进行增殖放流苗种投放。计划于 5 月~8 月等适宜水生生物繁衍生息的重要季节实施增殖放流，并尽量安排在 “国际生物多样性日”（5 月 22 日）、“全国放鱼日（6 月 6 日）” 等以扩大社会影响，增强社会公众的水生生物资源保护意识。	品 种	规格	单价	数量	价格	(cm)	(元/尾)	(万尾、万个)	(万元)	紫红笛鲷	≥5	1	20	20	长毛对虾	≥1.2	0.03	937	28.11	合计			957	48.11
品 种	规格		单价	数量	价格																				
	(cm)	(元/尾)	(万尾、万个)	(万元)																					
紫红笛鲷	≥5	1	20	20																					
长毛对虾	≥1.2	0.03	937	28.11																					
合计			957	48.11																					

运营期生态环境保护措施	本项目为海底光缆工程，光缆铺设完成后，在服务期内不产生污染物，对海洋生态环境无不利影响，无需另行采取生态环境保护措施。
其他	5.2 施工期溢油风险防范与应急措施 5.2.1 溢油风险防范措施 针对本项目工程海域距岸远，海况条件复杂，风浪、台风、触礁等海损性事故时有发生，且路由大角度穿越南海主航路，同时路由区为西沙、南沙海域渔船习惯活动范围的特点，评价认为本光缆建设项目施工期应重点在船舶人员安全意识、专业技能以及船舶设施的运行维护等方面采取风险防范措施。 （1）施工前，事先向相关海区的区域主管机关申请发布海上航行警告、航行通告。海上航行警告、航行通告发布后，施工单位必须在国家主管机关或者南海主管机关核准的时间和区域内进行活动；需要变更活动时间或者改换活动区域的，应当依照航行警告和航行通告管理规定，重新申请发布海上航行警告、航行通告。 （2）船舶应加强驾驶台资源管理，保障船舶值班及夜航命令的有效执行。值班驾驶员遇到复杂局面难以决断时，应及时召请船长。在电话通知无效时，应果断采取如广播呼叫等其他措施，条件允许时还可派值班水手、轮机值班员或其他船员去通知船长。 （3）值班驾驶员在航行过程中应正确地使用和参考 ARPA、AIS 等辅助设备，综合参考 DCPA、TCPA 等信息，同时也应能意识到设备的误差、信息传递和反馈迟滞或其他预期不到的不利因素对碰撞危险评估造成的干扰，经常用视觉、听觉以及适合当时环境和情况下的一切有效的手段保持正规的瞭望，以便对局势和碰撞危险做出充分的估计，并加强 VHF 守听，及时维护 VHF 设备。 （4）作业船舶应遵守《中华人民共和国海船船员值班规则》的规定，严格落实值班制度，做好值班交接。接班驾驶员在接班前，应当对本船的推算船位或者实际船位进行核实，确认计划航线、航向和航速以及无人值班机舱控制装置的工作状况，并应当考虑值班期间可能遇到的任何航行危险。 （5）作业船舶管理人员需定期检查船舶状况，察看机械设备的磨损、漏油、漏水、漏气、漏电情况，查看监控设备、动力设备、锚泊设备是否正常运转，减少船舶自身存在的安全隐患，在故障排除之后第一时间进行调试，确保船舶设备的性能恢复正常，使船舶设备始终保持良好的工作状态，确保船舶能够安全地航行，减轻由于船舶设备老化损坏等因素所带来的潜在风险。 （6）船方应加强培训、考核和检查使得驾驶员熟练掌握应用避碰规则。施工单位应

	加强对驾驶员熟练掌握应用避碰规则有关知识和技能的训练和考核，现场监管机构也应加强驾驶员相关知识和技能的检查，确保驾驶员能熟练掌握应用避碰规则。船舶应紧绷安全之弦，保持正规瞭望，采用安全航速航行，按照“早”“大”“宽”“清”四字方针，及早采取避让行动，主动核实避让效果，合理利用车、舵协调避让，必要时应采取停车、倒车等制动措施减少碰撞事故损害。 （7）加强船员的心理素质训练，提高船员的应变能力。作为船员，特别是驾驶员，应该有非常好的心理素质以避免重大海难的发生。因此，从普通人到船员都应该经历心理素质训练，以达到较好的心理素质，在紧急情况下保持清醒的头脑，提高应变能力。 （8）遇大风浪航行时，根据气象预报及时决定是否需避风。需避风时，前往安全海域避风，并提前备妥周边海域航行图，防止在浅滩区发生搁浅；无需避风时，仍有必要有计划地降低船速，保持严密、谨慎、连续观测，将船速降低实现稳定航行的最低速度。 （9）制定船舶应急反应计划。应急反应计划应明确船员的职责和关系，应急响应程序清楚，计划应包含船载设备移动和船舶横倾、机电失灵、船舶破损和船舶进水、灭火时积水处理、溢油处理等单项。施工前开展事故演练和安全警示技能培训，有条件的开展仿真模拟事故现场应急训练，使船员综合运用有关知识和技能，熟悉群体配合。 5.2.2 溢油风险应急措施 溢油事故发生后，应根据溢出物的类型、规模、种类、扩散方向以及周边海域与大气环境状况，采取有针对性的应急处置措施。针对海上溢油应急，可选择适用的控制方案，但需综合考虑所需设备、环境因素等影响，并注意优先权的选择。 鉴于本项目位于南海西部开阔海域，距离西沙、中沙及南沙岛礁周边珊瑚礁、水产种质资源保护区等珍稀海洋资源分布区较远，一旦发生溢油事故，施工船应优先做好现场应急处置。对于小规模溢油，利用作业船自身配备的应急物资即可基本满足处置需求，将溢油控制在事故点周边小范围海域内，并优先采用投放吸附材料的应急方法。若油膜出现大面积漂移趋势，或经评估溢油扩散影响不可控时，则需依托周边可协调的应急资源，选用适用于开阔水域大面积清除溢油的方法，如围控和机械回收清除法，以有效控制溢油事故的影响范围。
环保投资	5.3 环保投资 5.3.1 生物资源损害补偿经济价值 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），估算施工造成的生物资源损失经济价值。 （1）生物资源经济价值计算方法 鱼卵、仔稚鱼经济价值采用下式计算： $M=W \times P \times E$ 式中，M 为鱼卵和仔稚鱼经济损失金额，单位为元；W 为鱼卵和仔稚鱼的损失量，单

	位为个（尾）；P 为鱼卵和仔稚鱼折算为鱼苗的换算比例，鱼卵生长到商品鱼苗按 1%成活率计算，仔稚鱼生长到商品鱼苗按 5%成活率计算，单位为百分比（%）；E 为鱼苗的商品价格，按当地主要鱼苗种的平均价格计算，单位为元/尾。 游泳生物/底栖生物经济价值采用下式计算： $M=W \times E$ 式中：M 为游泳生物资源/底栖生物的经济损失额，单位为元；W 为游泳生物资源/底栖生物的损失量，单位为 kg；E 为游泳生物资源/底栖生物资源的商品价格，单位为元/kg。 （2）生物资源价格核定方法 参考 2024 年 10 月广东省农业农村厅发布的《广东省涉渔工程渔业资源损失生物价格核算技术指南》（以下简称《指南》），生物资源商品价格核定采用基准数据法，即根据现状调查和专家评估的价格为定价基准数据，最终由基准价格乘以居民消费价格指数（CPI）得出其生态补偿标准核定价格，采用以下公式计算： $P_{i+1}=P_i \times (1+CPI_J)$ 式中，P_i 为指南发布后渔业资源第 i 年价格（评估报告评审年份），当 $i=0$ 时价格为渔业资源基准价格（指南发布年份），鱼苗 1.0 元/尾、游泳动物 20 元/kg、底栖生物 15 元/kg；CPI_J为指南发布后 J 年的价格指数，以国家统计局年度统计数据确定的价格指数为参考依据。 本次取渔业资源价格取基准价格，即鱼苗 1.0 元/尾、游泳动物 20 元/kg、底栖生物 15 元/kg。 （3）生物资源补偿经济价值汇总 根据本报告生物资源量损失估算结果，本项目光缆埋设作业期间搅起的悬浮物污染造成的生物资源一次性损失量为：游泳生物 2566.87kg、鱼卵 4.08×10^6 粒、仔稚鱼 1.36×10^6 尾，造成的底栖生物一次性损失量为 0.02 t。根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），一次性生物资源的损害补偿为一次性损失额的 3 倍，据此估算本项目游泳生物的经济补偿共为 15.40 万元，鱼卵的经济补偿共为 12.23 万元；仔稚鱼的经济补偿共为 20.39 万元，底栖生物资源生态损失额为 0.09 万元，总计 48.11 万元。 表 5.3-1 生物资源经济损失补偿评估结果 <table><tr><th>生物资源类别</th><th>生物资源损失量</th><th>补偿年限</th><th>单价</th><th>成活率（%）</th><th>补偿金额（万元）</th></tr><tr><td>鱼卵（粒）</td><td>4.08×10^6</td><td>3</td><td>1.0（元/粒）</td><td>1</td><td>12.23</td></tr><tr><td>仔鱼（尾）</td><td>1.36×10^5</td><td>3</td><td>1.0（元/尾）</td><td>5</td><td>20.39</td></tr><tr><td>游泳生物（kg）</td><td>2566.87</td><td>3</td><td>20（元/kg）</td><td>100</td><td>15.40</td></tr><tr><td>底栖生物（t）</td><td>0.02</td><td>3</td><td>1.5（万元/t）</td><td>100</td><td>0.09</td></tr><tr><td colspan="5">总计</td><td>48.11</td></tr></table> 5.3.2 本项目环保投资 本项目的 主要环境保护投资为施工期船舶污染物的处理及委托处理费用、生态补偿费	生物资源类别	生物资源损失量	补偿年限	单价	成活率（%）	补偿金额（万元）	鱼卵（粒）	4.08×10^6	3	1.0（元/粒）	1	12.23	仔鱼（尾）	1.36×10^5	3	1.0（元/尾）	5	20.39	游泳生物（kg）	2566.87	3	20（元/kg）	100	15.40	底栖生物（t）	0.02	3	1.5（万元/t）	100	0.09	总计					48.11
生物资源类别	生物资源损失量	补偿年限	单价	成活率（%）	补偿金额（万元）																																
鱼卵（粒）	4.08×10^6	3	1.0（元/粒）	1	12.23																																
仔鱼（尾）	1.36×10^5	3	1.0（元/尾）	5	20.39																																
游泳生物（kg）	2566.87	3	20（元/kg）	100	15.40																																
底栖生物（t）	0.02	3	1.5（万元/t）	100	0.09																																
总计					48.11																																

用；运营期海缆可能发生损坏的后期维修作业船舶污染物的处理等费用。

本项目估算总环保投资为 118.11 万元，其中各分项环保投资预算见表 5.3-2。

表 5.3-2 海缆项目环保投资估算（单位：万元）

项目		费用	备注
施工期	污水处理费	5	船舶污水（未排海污水）交由有接收处理能力单位处理费用、船舶污水处理设施维护费用
	固废处理费	10	船舶垃圾交由有接收处理能力单位处理费用
	生态补偿费	48.11	
	溢油应急设备	20	船上配备溢油应急物资费用
运营期	项目环境管理费用	15	考虑运营期维修作业船舶环保投资
不可预见费		20	考虑未预见的环保投资及各项投资费率变化
合计		118.11	

5.4 环境监测计划

海缆项目施工环境影响主要是光缆埋设过程产生的悬浮物以及施工船舶污水排放对海洋环境产生的不利影响。

本项目光缆原材料按抗 25 年海水腐蚀设计，光缆最外层采用聚丙烯+沥青保护层，光缆埋设完成后投入运营，基本不会溶出有害物质，对海洋环境不会产生影响。

考虑施工工艺、工程海域环境特征、开发现状及所属海域生态环境敏感性，不单独设立监测计划。

六、生态环境保护措施监督检查清单

要素 \ 内容	施工期		运营期	
	环境保护措施	验收要求	环境保护措施	验收要求
陆生生态	/	/	/	/
水生生态	1.尽量降低施工强度，提高作业精度和施工质量。 2.作业船舶配备生活污水处理设施、含油污水处理设施，处理达标后在规定海域排放。 3.控制施工工期，最大程度降低作业对海洋生态的扰动时间。 4. 定期维护铺缆船动力设备，保持良好运行状态以减少机械噪声。 5.施工时遇大规模鱼群或鲸豚类生物，应降速航行并关闭非必要设备，降低水动力噪声对其干扰。 6. 对项目建设造成的生物资源进行补偿。	1. 减小悬浮扩散范围，减小后冲埋工程量。 2.船舶生活污水、含油污水处理后达到《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）浓度要求； 3.生活污水、含油污水排放时船舶航速、排放速率满足相应排放海域船舶污水排放要求。 4.降低船舶动力噪声对水生生物的影响，有效防范发生船舶碰撞鲸豚生物的事件。 5.采取增殖放流等形式，对生物资源损失进行补偿。	/	/
地表水环境	/	/	/	/
地下水及土壤环境	/	/	/	/
声环境	/	/	/	/
振动	/	/	/	/
大气环境	施工船舶使用符合要求的燃油。	符合《船舶大气污染物排放控制区实施方案（交海发〔2018〕168号）》	/	/

		和《2020 年全球船用燃油限硫令实施方案》要求。		
固体废物	1.扫海清障垃圾随船携带，严禁排海，上岸处理。 2.船舶食品废弃物按《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）相关要求处理后排入接收设施或在规定海域排放。 3. 除食品废弃物之外的其他船舶垃圾全部保存在船上，船舶到达港口后交专业单位接收处置。	1. 扫海清障垃圾交由靠泊港口接收单位处理。 2. 船舶固体废弃物处置满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）要求。	/	/
电磁环境	/	/	/	/
环境风险	1.施工前需向海事部门申请水上作业施工许可证，在批准的水域内作业； 2.船舶应严格按照《海上交通安全法》和《海上避碰章程》的规定航行和作业； 3.建立良好的施工船舶调度管理机制和船机设备保养和维护计划； 4.制定施工期环境风险应急预案，并配备吸油毡等溢油应急装备的材料。	降低环境风险事故发生概率；施工单位作业人员具备一定的风险应急处置能力；船舶配备吸油毡、消油剂等应急资源；施工船舶制定风险应急预案，并与相关应急预案相衔接，降低环境风险事故对海洋环境的影响程度。	/	/
环境监测	/	/	/	/
其他	/	/	/	/

七、结论

本次评估对象为“ALC 海缆项目” S6 段，建设内容为海底光缆，海缆自东南向西北方向穿越中国管辖南海海域，评价涉及的海缆总长度为 636.41 km。光缆采用埋设及表面敷设方式施工。项目总投资约 6795 万元，施工期 20 天。

项目实施符合国家产业政策，符合《全国海洋主体功能区规划》、《全国海洋功能区划》以及相关环保规划、行业规划要求；项目远离海南省本岛及近岸海域，不涉及海南省生态环境分区管控单元及生态保护红线。

项目建设实施产生的环境影响主要发生在施工期，光缆服务期内无污染物排放。项目施工采用先进的海缆船进行光缆铺设作业，主要环境影响为光缆埋设引起的施工悬浮沙以及作业船舶污染物（废水、固废、噪声、废气）排放对路由周边水质、水生态的短时影响，对海域环境影响较小。

项目实施存在船舶碰撞引发溢油的潜在风险，一旦发生溢油事故会对海洋生态环境造成严重后果，通过采取全面的风险防范措施，同时配备应急物资并编制应急预案，溢油风险总体可控。

在落实各项生态环境保护措施和风险防范与应急措施的基础上，项目建设从环境保护角度是可行的。