

卷册检索号

BD-GD-S2403C-A01

广东省博贺国家综合气象观测试验基地 （大竹洲）建设项目海底电缆工程 初步设计说明书



福建博电工程设计有限公司

发证机关：中华人民共和国住房和城乡建设部

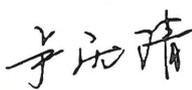
证书等级：甲级

证书编号：A135003425

二〇二四年六月·福州

广东省博贺国家综合气象观测试验基地（大竹洲）建设项目海底
电缆工程（海底电缆工程、高低压变配电工程）

批 准： 

审 核： 

校 对：  徐楠

编 写： 



目 录

第一章 卷册目录	1
第二章 工程概况	2
2.1 设计依据.....	2
2.2 设计范围.....	3
2.3 建设单位、施工单位及建设期限.....	3
2.4 主要技术经济特性.....	3
第三章 电力需求	5
3.1 现状分析.....	5
3.2 线路建设必要性及建设说明.....	8
3.3 导线截面与送电容量.....	8
第四章 海底电缆路径方案	9
4.1 路由区自然环境.....	9
4.2 设计气象条件.....	17
4.3 海洋水文.....	22
4.4 底质类型与特征.....	30
4.5 路由区冲淤变化.....	36
4.6 路由区不良地质作用.....	38
4.7 路由区海洋功能区划.....	39
4.8 路由区内海洋开发活动.....	64
4.9 海底电缆路径方案.....	73
4.10 相关利益者.....	78
4.11 路径协议情况.....	78
第五章 电缆系统	79
5.1 设计基本参数.....	79
5.2 污秽区划分.....	79

5.3 电缆系统.....	79
5.4 防雷及接地.....	80
5.5 海缆终端布置.....	80
第六章 10kV 海底电缆和附件.....	81
6.1 10kV 海底电缆型式.....	81
6.2 10kV 海底电缆选型.....	84
6.3 10kV 海底电缆结构的基本要求.....	88
6.4 10kV 海底电缆截面选择.....	90
6.5 复合海底光缆单元.....	90
6.6 电压降校核.....	94
6.7 10kV 海底电缆附件主要设计原则.....	94
第七章 海缆附属设施、在线监测及土建.....	95
7.1 海底电缆附属设施.....	95
7.2 海缆在线监测系统.....	96
7.3 电缆土建部分.....	98
第八章 海底电缆敷设施工工艺和保护方案.....	99
8.1 海底电缆敷设施工工艺.....	99
8.2 保护措施.....	100
8.3 大陆登陆段施工工艺.....	102
8.4 海岛登陆段施工工艺.....	104
第九章 高低压变配电工程.....	106
9.1 设计方案.....	106
9.2 设备选型.....	106
9.3 照明系统.....	106
9.4 防雷与接地系统.....	107
9.5 火灾监控系统、火灾自动报警及联动控制.....	107
第十章 X 波段雷达及基础配套工程.....	108

10.1 X 波段双偏振相控阵天气雷达系统.....	108
10.2 配套基础设施建设.....	120
第十一章 光纤交换机.....	132
11.1 设备介绍.....	132
11.2 设备功能.....	132
11.3 设备结构.....	132
11.4 设备布局.....	132
11.5 性能指标.....	132
第十二章 环境保护与劳动安全.....	134
12.1 环境保护.....	134
12.2 劳动安全.....	135
第十三章 主要设备材料清单.....	138
附图.....	139

第一章 卷册目录

第一卷 初步设计说明书	(BD-GD-S2403C-A01)
第二卷 概算书	(BD-GD-S2403C-E01)

第二章 工程概况

2.1 设计依据

(1) 广东省博贺国家综合气象观测试验基地（大竹洲）建设项目海底电缆工程设计合同

(2) 广东省博贺国家综合气象观测试验基地（大竹洲）建设项目海底电缆工程可行性研究报告

(3) 博贺国家综合气象观测试验基地（大竹洲）建设项目海底电缆预选路由选择依据说明材料（报批稿）

(4) 茂名市大竹洲海底电缆路由预选项目勘察测量报告（报批稿）

2.1.5 法律法规

(1) 《中华人民共和国海域使用管理法》2001年

(2) 《中华人民共和国海洋环境保护法》1999年

(3) 《中华人民共和国渔业法》2000年

(4) 《中华人民共和国海上交通安全法》1983年

(5) 《铺设海底电缆管道规定》，国务院，1989年

(6) 《铺设海底电缆管道规定实施办法》，国家海洋局，1992年

2.1.6 技术规范

(1) GB 50217-2018 《电力工程电缆设计标准》

(2) GB/T 51191-2016 《海底电力电缆输电工程施工及验收规范》

(3) GB/T 51190-2016 《海底电力电缆输电工程设计规范》

(4) GB 50065-2011 《交流电气装置的接地设计规范》

(5) GB 50168-2018 《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》

(6) GB 50169-2016 《电气安装工程接地装置施工及验收规范》

(7) DL/T 1278-2013 《海底电力电缆运行规程》

(8) DL/T 1279-2013 《110kV 及以下海底电力电缆线路验收规范》

(9) GB/T 18480-2001 《海底光缆规范》

(10) GB/T 51154-2015 《海底光缆工程设计规范》

(11) GB/T 51167-2016 《海底光缆工程验收规范》

2.2 设计范围

广东省博贺国家综合气象观测试验基地（大竹洲）建设项目海底电缆工程主要建设内容为海底电缆工程、高低压变配电工程、X波段雷达及基础配套工程、光纤交换机等4个子项。

海底电缆工程拟建海底电缆线路分为2段，第一段从岸基到大竹洲岛（直线距离6.5km），需要约7.0km的海底光电复合缆，大陆侧约0.3km水平定向钻，2套防护灯桩及2套配套航标；第二段从大竹洲岛到海上观测平台处（直线距离1.5km），需要约1.8km的海底光电复合缆，1套防护灯桩。

设计范围包括海底电缆线路的电缆系统、海底及登陆通道、海底电缆本体及附件、防雷与接地、两端登陆并线的电气及土建、海底电缆保护、海底电缆施工主要工艺等设计；运行维护的附属设施、备品备件、检修工器具、交通工具和人员定额等，并按有关规定，将其费用列入概算，但不包括巡视站、检修站的建筑设计。对本工程所涉及的路由走廊、青苗赔偿、海域及养殖业赔偿，林木砍伐、交叉跨越以及周围有关设施的关系等有关协议均由本工程建设单位负责办理。

2.3 参建单位及建设期限

建设单位：广东省茂名市气象局

设计单位：福建博电工程设计有限公司（负责海底电缆工程部分、高低压变配电工程部分）、广东南方电信规划咨询设计院有限公司（负责X波段雷达及基础配套工程部分）、广东电信设计规划院有限公司（负责光纤交换机部分）

施工单位：待定

建设期限：2024年

2.4 主要技术经济特性

2.4.1 主要技术特性

线路电压	10kV
中性点接地方式	直接接地
回路数	单回路
线路长度	约8.8km
航空距离	约6.8km
曲折系数	1.29

海底电缆	铜导体，三芯 70mm ² ，XLPE 绝缘，铅包，钢丝铠装，聚丙烯绳外护层，复合 2×48 芯光纤海底光缆
工程地形	海域，最大水深 17 米
主要交叉跨越	无
敷设方式	海底段采用冲埋、套管保护，陆上段采用套管、直埋
交通条件	海上运输

2.4.2 主要经济特性

本工程静态投资 3000 万元。

第三章 电力需求

3.1 现状分析

3.1.1 自然地理条件

茂名市位于广东省西南部，东毗阳江，西临湛江，北连云浮和广西壮族自治区，南临南海，东北距广州 362 公里，西南距湛江 121 公里。茂名港是一个以散装油品、化学品运输为主的华南地区新兴港口，包括水东、北山岭和博贺三个港区，是国家一类对外开放口岸和全国四大原油接卸港之一。

博贺国家综合气象观测试验基地（大竹洲）位于广东省西南部的茂名市滨海新区大竹洲岛，地处南海北部沿岸、北回归线以南的热带和亚热带过渡地带，属热带季风气候。基地北部和东北部为云开大山、云雾山和天露山集结形成的山地，南濒南海。广东省茂名市是台风、暴雨、强对流、海上大风和海雾等海洋灾害性天气以及破坏性海浪和风暴潮的多发区，茂名滨海新区每年直接影响（经过或登陆）的热带气旋达 1.6 个，是我国南海区域开展海洋灾害性天气、气候变化与海洋变化、海洋环境与海洋生态等观测研究的最佳地点之一。

3.1.2 基地总体概况

博贺国家综合气象观测试验基地（大竹洲）是博贺国家综合气象观测试验基地的重要组成部分，位于博贺海洋气象观测站东侧约 5 公里海面上（21°26'N，111°22'E）的一个无人岛，周边无高大地形遮挡，地理位置优越，具有较好的海洋代表性。目前该岛已取得无居民海岛不动产权证，使用年限 40 年。大竹洲批复用地 1.8140 公顷，其中基础设施用岛 0.7248 公顷，道路广场用岛 1.0892 公顷。



图 3.1-1 博贺国家综合气象观测试验基地（大竹洲）概况

3.1.3 观测系统现状

按照中国气象局海洋气象综合保障二期工程和广东“平安海洋”气象保障工程的建设内容。将会把博贺国家综合气象观测试验基地（大竹洲）打造成具备大气垂直结构、海气相互作用和海洋环境要素综合观测能力的“超级气象观测站”，通过观测海洋气象数据，验证海洋气象预报、为海洋天气预报模式提供数据支撑，同时也为海洋运输、搜救保障、军事保障、渔业生产、港口生产与安全、海洋工程、海洋资源开发、海上旅游、海岸重大社会活动等提供更优质的气象服务。

博贺国家综合气象观测试验基地（大竹洲）建设的主要观测设备包括：大竹洲观测主要设备包括方舱式高空温度与水汽相态测量激光雷达、GNSS 遥感水汽探测系统、W 波段云雷达、L 波段 5km 边界层机动式风廓线仪，以及双波段（Ka/Ku）毫米波云雷达，实现温、湿、风、水凝物廓线和水汽的综合探测，通过集成系统实现数据采集功能、数据处理功能、数据存储功能、数据传输功能等，为海洋灾害性天气的监测预报预警提供稳定、连续、具有代表性的垂直观测数据。

3.1.4 配套基础设施现状

按照广东省“平安海洋”气象保证工程安排，大竹洲基地原计划通过建设柴油+蓄电池的柴油发电系统，保障岛上的观测设备用电，并通过 4G 通信保障信息传输。根据“博贺国家综合气象观测试验基地（大竹洲）建设项目”开发利用具体方案，经初步测算，目前大竹洲科学试验室及岛内所有用电设备的供电电压为 380/220V，未来考虑小竹洲、海上观测平台的用电需求，总用电设备容量约为 500kW，目前岛上各用电负荷参数见下表。大竹洲需要设置 2 台柴油发电机房作为岛内常用电源和备用电源，柴油发电系统为一主一备 500kW+200kW 两台发电机，考虑到柴油发电特性，须通过蓄电池组为设备供电。另外，海洋二期安装设备中的 4 部大功率雷达设备，其运行功率约 80kW，需长期储存 2000L 柴油备用，不仅具有一定的安全隐患，且无法满足未来大竹洲岛建设完成后各类观测仪器、科研设备、办公用电等需求。

表 3.1-1 用电负荷计算表

序号	设备名称	数量	设备功率	设备容量	需要系数			有功功率	无功功率	视在功率	备注
	低压设备		(kW)	(kW)	Kx	cosφ	tanφ	(kW)	(kvar)	(kVA)	
1	变电所用电	1	10	10	1	0.85	0.62	10	6.20	11.8	
2	A 区块气象设备	1	2.14	2.14	0.8	0.85	0.62	1.712	1.06	2.0	
3	B.C 区块气象设备	1	96.8	96.8	0.8	0.85	0.62	77.44	47.99	91.1	
4	D 区块气象设备	1	23.1	23.1	0.8	0.85	0.62	18.48	11.45	21.7	
5	E 区块气象设备	1	4	4	0.8	0.85	0.62	3.2	1.98	3.8	
6	给排水设备	1	17.3	17.3	0.8	0.85	0.62	13.84	8.58	16.3	
7	科学实验室	1	200	200	0.8	0.85	0.62	160	99.16	188.2	
8	海上平台预留	1	50	50	0.8	0.85	0.62	40	24.79	47.1	
9	小竹洲岛预留	1	100	100	0.8	0.85	0.62	80	49.58	94.1	
10	小计			503.34		0.85	0.62	324.7	201.21	382.0	
11						0.85		292.2	181.09	343.8	同时系数为 0.9
12									60.00		无功补偿 60
13	合计					0.92	0.85	292.2	121.09	316.3	
14										500	选一台 500kVA 的变压器
15										0.63	负载率

随着大竹洲岛上各类天气雷达等大型设备布设，岛上通讯、电力等要求也大幅提高，只通过原有海上观测平台的 10kV、100M 光电复合缆接驳到大竹洲岛保障供电和通讯，仍无法满足岛上观测设备安全、稳定、经济的长期通信和供电需求。因此亟需建设安全、稳定、经济的长期供电和通讯基础设施，以满足岛上各类观测设备的供电和信息传输需求。

3.2 线路建设必要性及建设说明

大竹洲岛是目前气象部门唯一申请到用岛许可的海岛，距离海岸约 5km，距离海上平台约 1.5km，属于无人岛。大竹洲基地已启动码头、道路、观测场等建设，为后期布设微波辐射计、风廓线雷达等观测设备并保障其正常开展观测业务，亟需开展岛上供电和通信保障能力建设。

随着基地各类大型设备的布设，岛上的电力和通讯需求会大幅提高，不仅仅只需要满足大竹洲基地建设基本需求，更亟需建设安全、稳定、经济的供电和通信保障系统，满足大竹洲岛上各类设备设施长期稳定运行的需求，并保障基地建成后顺利开展海洋综合气象观测、各类海洋气象仪器设备考核、科学试验等业务工作。

故本工程新建一条 10kV 海缆至博贺国家综合气象观测试验基地（大竹洲）是必要的。

3.3 导线截面与送电容量

海底电缆工程拟建海底电缆线路分为 2 段，第一段从岸基到大竹洲岛，第二段从大竹洲岛到海上观测平台处。海底光电复合缆使用 10kV 电缆（导体截面 $3 \times 70\text{mm}^2$ 、2 根 48 芯光纤），整体最大负载在 500kVA 左右，同时支撑千兆数据传输。

第四章 海底电缆路径方案

4.1 路由区自然环境

(1) 构造

茂名地区在震旦纪为一片海洋，属于东南地槽区，接受了巨厚的复理石砂泥质沉积。在早中生代开始以大田顶为中心形成信宜隆起，但是周围地壳继续下陷为拗陷区。寒武纪期间茂名边缘拗陷区为浅海，沉积了厚约 3000米以上的一套复理石砂岩夹碳酸盐岩，末期由于加里东运动，该区地壳整体上升为陆地，并且有大范围的区域变质作用发生，致使早期形成的沉积岩变质为千枚岩、片岩及片麻岩，并有较大规模的中酸性岩浆活动发生，经后期变质作用形成混合岩化花岗岩。在奥陶纪及志留纪期间，茂名地区大部分位于隆起区接受风化剥蚀。泥盆纪中晚期至石炭纪早期贵子弧拗陷带和廉江拗陷带地壳继续下降，沉积了一套1000多米的碳酸盐岩，到泥盆纪晚期海水逐渐后退，产生了海陆过渡的环境。在石炭纪廉江拗陷带又开始下降，早石炭世早期其沉积环境为滨海相-浅海相，沉积物由泥砂质慢慢至碳酸盐，到早石炭世晚期海水后退，形成了滨海沼泽相的沉积环境，在这期间开始了含煤砂泥质沉积。在晚古生代晚期，由于印支运动的作用，海水全部退出茂名地区。中生代三叠纪至侏罗纪，除信宜和贵子下石塘有沉积作用外，几乎茂名全境接受风化剥蚀作用。白垩纪时期，燕山运动开始对茂名地区产生了明显的影响，形成了大小不一的各类盆地，并且有岩浆喷发及侵入活动发生，在茂名南部形成了大型的内陆断陷盆地——南盛盆地，还有一些分散的小型盆地，沉积了较厚的砂泥质岩层，晚白垩世由于火山活动盆地内沉积了厚1000米左右的中酸性火山岩及火山砂砾岩，燕山期岩浆活动使大量连片的花岗岩岩体出现在电白县东南部及化州部分地区，信宜及高州也有小面积的侵入岩体出现，盆地沉积作用一直延续到古近纪早期，并且盆地面积不断萎缩。在新生代古近纪，由于断陷作用影响，茂名盆地大幅下降，呈狭长状，为湖泊-沼泽环境，沉积物富含有机质，产生了油页岩和褐煤地层，古近纪末期地壳抬升，接受风化剥蚀作用；在新近纪中新世，地壳又一次下沉，形成了河湖-沼泽环境，沉积了含煤线及油页岩的砂泥质岩层；至上新世晚期（高棚岭期）地壳开始逐渐抬升，茂名盆地范围逐渐缩小，新近纪末期由于受喜马拉雅运动的影响，茂名盆地整体抬升。第四纪，茂名地区整体接受风化剥蚀，电白自由砂及粘土堆积形成了沿海平原，并发育沙坝和沙洲，到全新世由于风化作用；除信宜、高州及电白东北部呈山地地貌外，其它地区逐渐被夷平为丘陵或台地（茂名市

志，1997）。

（2） 地层

出露地层有震旦系、白垩系、第三系和第四系。其中出露面积最大的为第三纪地层，第四纪及白垩纪地层次之，图4.1-1。详细介绍如下：

1)震旦系云开群(Zyn)

茂名地区震旦纪地层大范围分布于信宜、高州等地，其多已受到了一系列的区域变质和混合岩化作用，有一套浅变质岩夹混合岩形成。本群主要由黑云石英云母片岩夹黑云变粒岩及片状黑云长石石英岩组成，可在部分地区见有二长条痕状混合岩，其原岩应为浅海相类复理石建造，在变质区内风化作用强烈，地层多为浮土所覆盖。

2) 寒武系八村群

主要分布于化州，为一套变质砂页岩、片麻岩、变粒岩及大理岩等。

3) 奥陶系

仅可见于信宜部分地区，主要为片岩及海相石英砂岩。

4) 志留系

分布面积十分小，仅在信宜的托盘垌可见，主要是条带状炭质页岩夹砂岩。

5) 泥盆系

呈条带状分布于化州及信宜等地，高州部分区域内也可见到极少量分布，主要为浅海相沉积岩，在其上方为海陆过渡相。

6) 石炭系

只在化州部分地区可见，其主要为海相碳酸盐岩。

7) 三叠系

为石英砂岩、砂砾岩及页岩。

8) 白垩系

见于化州、茂南、高州和信宜的部分地区，为一套沉积-火山喷发岩建造。分为5个地层组，分别为：罗定组、落叶岭组、艾屋组、锡塘岭组、铜鼓岭组，自下而上岩性为红色内陆河湖相砂泥岩、砾岩；火山岩系主要为中酸性岩及凝灰岩。

9) 古近系

分布于中部，由东南往西北呈弧形展布，地层倾向北东，为一套河湖沼泽相含煤含油地层，据岩性特征划分为上垌组和油柑窝组。

10) 新近系

分布于中部，有油页岩、粘土岩、粉砂岩、石英砂岩及杂砂岩等，据岩性特征可划分为黄牛岭组、尚村组、老虎岭组及高棚岭组。

11) 第四系

在研究区分布广泛，根据岩性及岩相特征和接触关系，主要分为三级阶地：①第三级阶地-海陆过渡层，地层产状水平，岩性主要为灰黑色粘土及亚砂土，跟下覆高棚岭组地层为角度不整合接触；②第二级阶地-洪冲积堆积层，为现代河流沉积物，下部为砾石层，中上部为砂泥粘土；③第一级阶地-冲积堆积层，为现代河床冲积物，由灰、灰白、土黄色砾石、砂和粘土组成，其中以砂为主，粘土次之，多见有白云母碎片。

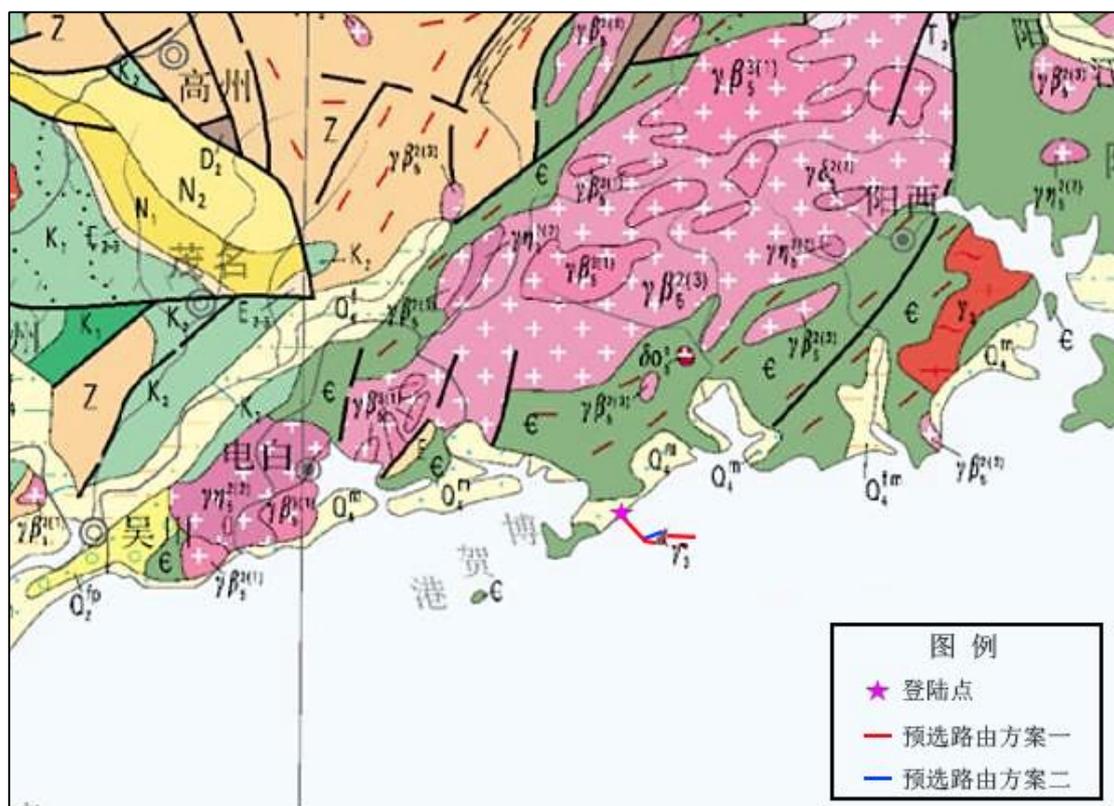


图 4.1-1 区域地层岩性分布图

(3) 地震

根据《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015）及《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010），路由海区的地震动峰值加速度为 0.10g，地震基本烈度为VII度，抗震的设防烈度也为VII度。电缆勘察路由海区的地质构造如图4.1-2。



图 4.1-2 区域地质构造

历史上记载到的对路由海域影响较大的破坏性地震有：1611年广东电白东南海域中的6级地震，距离路由海域约12km；1969年7月26日的广东阳江洋边海6.4级地震，震中烈度为VIII度，距离路由海域52km。近期影响路由海域的主要破坏性地震主要集中在广东阳江地震带，分别为1986年1月28日阳江4.8级地震，震中烈度为VI度；2004年9月17日阳江洋边海地区的4.9级地震，震中烈度为VI度，2010年11月19日阳江平岗镇发生4.9级地震，震中烈度为VI（叶秀薇等，2005）。根据广东省地震局的统计资料，1970年至今阳江近地区共记录到ML=2.0~4.9级地震1000余次，大部分集中在洋边海断裂和平岗断裂的交汇处。

(4) 区域地形地貌概况

1) 海底地形特征

路由区位于南海北部陆架区，整体地势由WN向SE倾斜，等深线顺序排列，平行于岸线，图4-3。

根据海图，路由区水深在10.5m以内无大型隆起或洼地等起伏地形单元发育，水下地形整体为西北高东南低，近岸地形变化强烈，水深从0m增加到-10m，平均坡度为0.0186，等深线平行岸线展布。近岛礁区受岛屿与海底礁石影响，在暗礁分布区等深线密集，地形变化剧烈，图4.1-3。总体来说，路由所处位置水深条件较好，适合该工程的建设，但近大洲岛区域受周边岛屿与海底礁石影响，地形变化较大，不利于海底电缆的埋设施工。

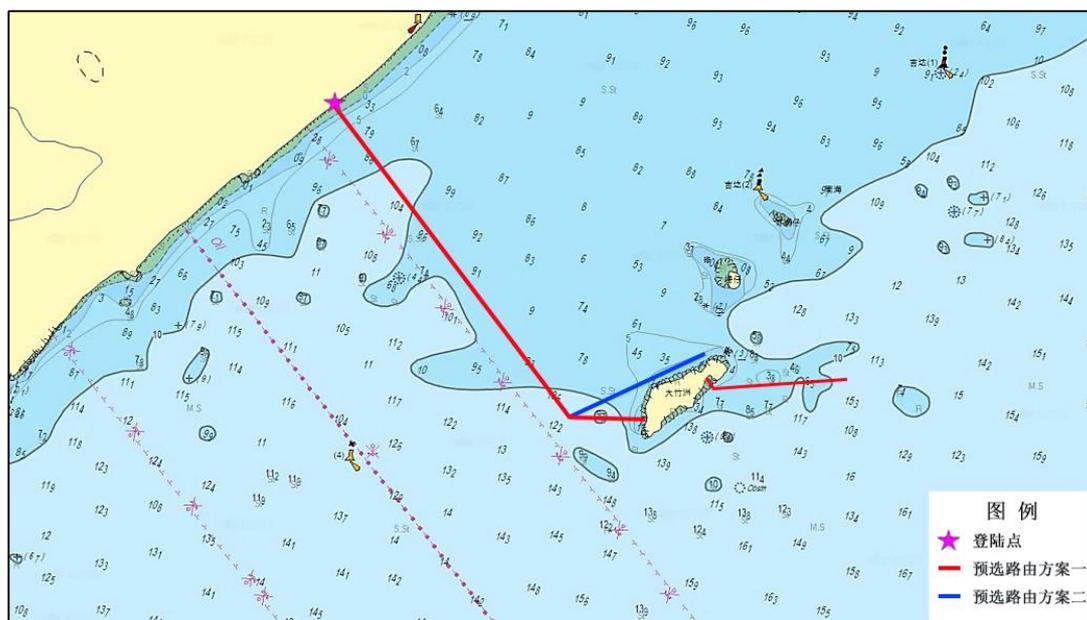


图 4.1-3 路由区水深图

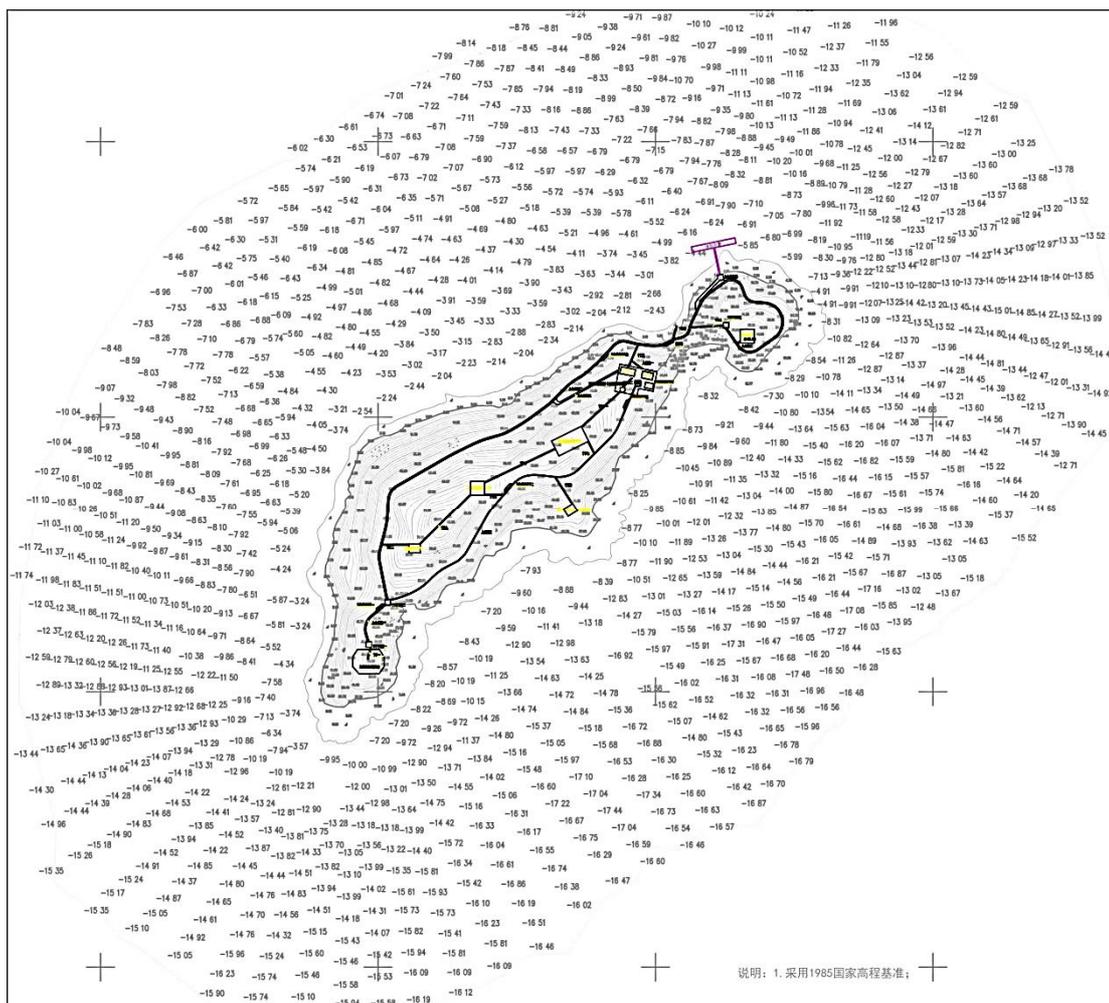


图 4.1-4 大竹洲周围地形图

2) 海底地貌特征

路由区位于南海西北部，具体位于茂名市电白县近岸海域近海海域，涉及的二级地貌单元包括海岸带及陆架，涉及的三级地貌单元包括海积台地、沙质海岸、水下岸坡和海岛。

路由登陆点位于茂名市电白县爵山镇的下村，属于典型的半开敞型的沙坝-潟湖海岸体系，其附近高程在 $-0.86\sim 15.49\text{m}$ 之间，登陆点的后方是剥蚀残积-海积台地，前方为砂质海滩。台地的地形比较平坦，高度在 $3\sim 5\text{m}$ 之间，有矮小的剥蚀残丘分布。东西向沙滩长度超过 15km ，海岸线比较平直，宽度 $50\sim 100\text{m}$ ，坡度 $3\sim 5^\circ$ 。砂质海滩的顶部发育海蚀陡坎，岸线受侵蚀后退的迹象比较明显。

大竹洲方案一登岛点位于大竹洲岛西部内凹岸线附近，为基岩海岸，水下地形较为平坦。大竹洲下岛点位于海岛东部南侧海湾附近，基岩海岸受海浪及水动力作用较

强，水下地形变化强烈。

大竹洲海岛岸线长约3298m，没有人工岸线。岸线类型为自然岸线（一级类）中的基岩岸线和砂质岸线（二级类）。除北侧分布有两段砂质岸线外，其余均为基岩岸线。大竹洲岛西、北侧水深较浅，沿岸一带水深最浅处可达-2~-3m左右，-5m等深线距海岛最远距离局部可达500m；东、南两侧海域水深较深，-10m等深线距离海岛最近处在50m以内。大竹洲整体呈东北-西南走向，最高海拔高度是85.38m。大竹洲东侧山体较为平缓，西侧山体较为陡峻。沿岸布满形态各异的岩石，有两段砂质岸线分布在海岛北侧。海岛土地主要由林地和基岩裸地构成，其地貌特征为侵蚀丘陵，由于岩层断裂节理和长期受侵蚀剥蚀作用的影响，山丘坡度陡峻。大竹洲岛陆大部分区域坡度在50°以上，在面向外海应浪一侧，其沿岸被海浪冲侵成悬崖，大面积岩石裸露。岛上地势平缓区域较少。

水下岸坡是平均低潮线至波浪引起的泥沙显著活动水深之间的海底倾斜部分，地形相对较陡，呈斜坡状，受波浪和近岸水流影响较大，海洋动力的改造作用较强，区内海底沙波的波高多在 0.5~1m之间（图4.1-5），波长3~5m，波峰线走向NE—SW 向，属于现代沙波。

水下礁石在路由区出露众多，分布广泛，是重要的地貌单元，主要分布在路由的近岸区及岛礁周围，出露海底约为1m左右，最大高差可达4m（图4.1-6、7）。

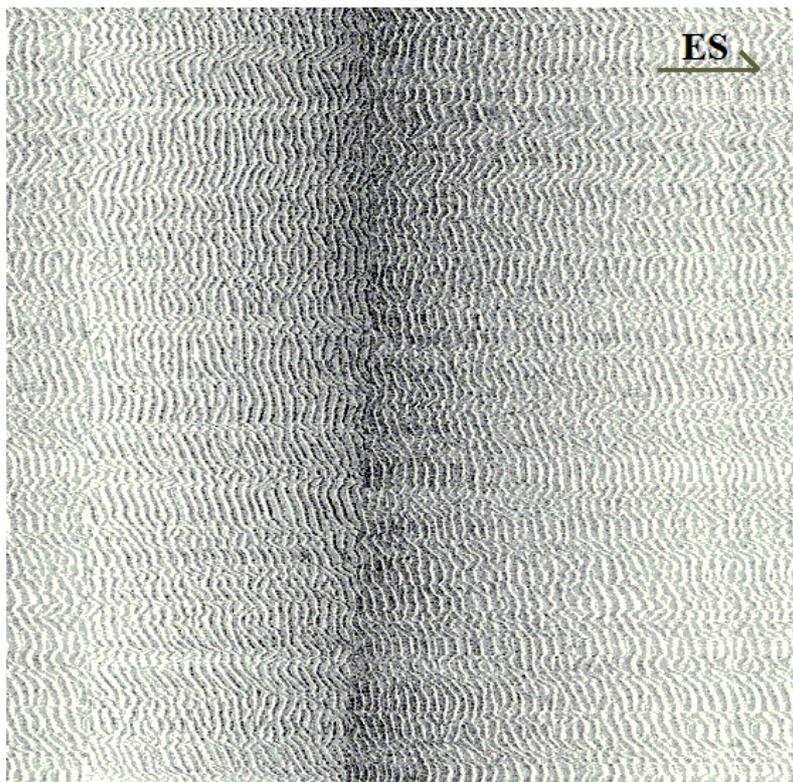


图 4.1-5 水下沙波



图 4.1-6 侧扫声纳记录上的海底出露礁石

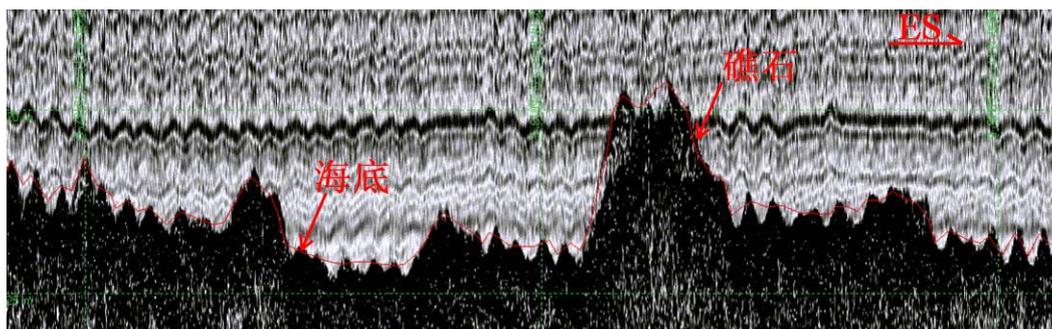


图 4.1-7 浅地层剖面记录上的海底出露礁石

3) 路由区地形地貌的工程条件分析

预选路由海域海底地形复杂，平均水深-12.1m，整体地势由WN向SE倾斜，区内暗礁广布，在暗礁分布区等深线密集，地形变化剧烈。路由区的地貌形态种类不多，主要有：海底出露礁石、海底沙波。其中，海底出露礁石数量众多、广泛分布。项目勘测施工过程中应尽量避免地形起伏较大的区域，做好相应的保护措施，后期运维时应加强监测，整体较为适合海缆的铺设和安全维护。

4.2 设计气象条件

4.2.1 设计气象条件选择原则

设计气象条件是影响工程造价的最主要因素之一，设计气象条件的选择不仅要能反映线路沿线气象在一定重现期内的极端变化情况，还应符合现行设计规程及有关指导性文件的要求。设计气象条件的确定，对于保证送电线路的结构强度和电气性能能够更好的适应自然界的气象变化，对送电线路的安全运行、技术经济合理和设计计算的方便都有十分重要的意义。

气象条件选取一般决定于如下四个条件，即：设计可靠性标准；气象原始资料的分析选取；气象资料的概率处理方法以及线路所经地区实际气象灾害调查。本工程将依此选择合理气象条件。

4.2.2 设计气象条件选取依据

本工程设计气象条件的选取应以下有关规定及资料为依据：

- (1) 国家电力行业标准《110～500kV 架空送电线路设计技术规程》（DL/T 5092-1999）。
- (2) 国家标准《110kV～750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）。
- (3) 《建筑结构荷载规范》（GB 50009-2012）中的“全国基本风压分布图”。

(4) 沿线各气象台站的原始气象资料及灾害资料。

(5) 沿线附近已有电力线及通信线的设计及运行情况。

4.2.3 气象

本节气象资料来源于《博贺国家综合气象观测试验基地（大竹洲）建设项目配套码头工程海域使用论证报告表》（广州百川纳科技有限公司，2021年12月）。该报告表是根据电白国家气候观象台（东经110.9886°，北纬21.5458°，海拔高度31.8米）1998~2017年的气象数据资料分析获得的气候特征。

大竹洲所在区域属亚热带季风气候，海洋性气候明显，夏无酷热，冬无严寒，温和多雨，冬季盛行东北风或北风，夏季由于受海洋气团的影响，普遍吹偏南风，全年以偏东风为主。每年的夏、秋季节常受热带气旋的影响，最大风力可达15~17级，强大的风力对沿海地区的工、农业生产及人民生活生命财产构成危害，此外热带气旋还伴有暴雨和风暴潮，容易发生洪涝灾害。滨海新区降雨量充沛，但其年内分配不均匀，大多集中在汛期的5~9月，雨量约占全年的72.9%。前汛期（4~6月）以锋面雨为主，时间短、强度大；后汛期（7~9月）常受热带气旋的影响，则以台风雨为主，时间长、雨量大。电白地方县志记载，当地还有冰雹、爬虫、龙卷、冻害、旱灾等天气现象发生，如明代明嘉靖四十五年（1566年），电白县“春三月雨雹，大者如斗，瓦屋皆坏，禽兽多有击死者”，清代光绪十一年（1885年）茂名、电白雨雹灾，当地“春三月大雨雹，屋瓦破坏”。

4.2.3.1 气温

电白国家气候观象台7月气温最高（28℃），1月气温最低（16℃），近20年极端最高气温出现在2005年7月19日（38℃），近20年极端最低气温出现在1999年12月24日（2.0℃）。气温年较差只有13.0℃，日较差约6.4℃。一年中最高气温≥30℃的日数达131d，占全年总日数的36%；最高气温≥35℃的酷热天气7d；最低气温≤10℃的日数为14d。

茂名电白地区平均气温的月变化呈单峰型，各月气温变化幅度在0.4~4.6℃之间。1~7月气温持续上升，其中3~5月升幅较大，每月升温都在3℃以上；7月以后气温逐月下降，以11~12月降幅最大，月降温约4.6℃。气温变化最大的月份都出现在春、秋过渡季节，这显然是因为过渡季节是冬、夏季风转化时期，大气环流处于调整过程中，变化较大所致。

表 4.2-1 电白区气象站气象要素统计表（1997~2017 年）

统计项目		统计值	极值出现时间	极值
多年平均气温（℃）		23.6		
累年极端最高气温（℃）		36.2	2005 年 7 月 19 日	38.2
累年极端最低气温（℃）		6.0	1999 年 12 月 24 日	2.0
多年平均气压（hPa）		1009.3		
多年平均水汽压（hPa）		24.6		
多年平均相对湿度（%）		81.0		
多年平均降雨量（mm）		1606.8	2009 年 7 月 19 日	280.4
灾害天气统计	多年平均沙暴日数（d）	0.0		
	多年平均雷暴日数（d）	58.2		
	多年平均冰雹日数（d）	0.0		
	多年平均大风日数（d）	4.5		
多年实测极大风速（m/s）、相应风向		8.9	2010 年 7 月 22 日	41.6 E
多年平均风速（m/s）		2.8		
多年主导风向、风向频率（%）		SE 13.4		

4.2.3.2 降水量

年平均降水量为 1606.8mm；年平均降水日数为 136d；年平均降水强度（年降水量/年降水日数）为 12.2mm/d。多年平均月降水量最大值峰值分别出现在 6 月和 8 月，8 月为 301.3mm，6 月为 260.3mm；最小值出现在 1 月，只有 26.6mm。降水量的年变化较大，平均年较差为 335.2mm，最大年较差为 756.2mm。电白国家气候观象台近 20 年年降水总量无明显变化趋势，2002 年年总降水量最大（2609.5 毫米），2003 年年总降水量最小（907.60 毫米）。

4.2.3.3 湿度

电白国家气候观象台 4 月平均相对湿度最大（86.12%），12 月平均相对湿度最小（71.34%）。近 20 年年平均相对湿度呈现上升趋势，每年上升 0.22%，2012 年年平均相对湿度最大（85.0%），2011 年年平均相对湿度最小（77.0%）。

4.2.3.4 风况

(1) 月平均风速

电白国家气候观象台月平均风速如表 4-2，3 月和 4 月平均风速最大（3.2 米/秒），8 月、9 月和 12 月风速最小（2.5 米/秒）。

表 4.2-2 电白气象站月平均风速统计（单位：m/s）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均风速	2.7	3.0	3.2	3.2	3.0	2.9	3.0	2.5	2.5	2.6	2.6	2.5

(2) 风向特征

近 20 资料分析的风向频率如表 4-3，风向玫瑰图如图 4-8 所示，电白国家气候观象台主要风向为 SE 和 ESE、E、ENE，占 46.6%，其中以 SE 为主风向，占到全年 13.4% 左右。

表 4.2-3 电白气象站年风向频率统计（单位：%）

风向	N	NN E	N E	EN E	E	ES E	SE	SS E	S	SS W	S W	WS W	W	WN W	N W	NN W	C
频率	6.1	5.1	9.6	10.0	11.5	11.6	13.4	8.5	5.9	2.7	1.4	0.8	1.3	1.6	3.0	4.8	2.4

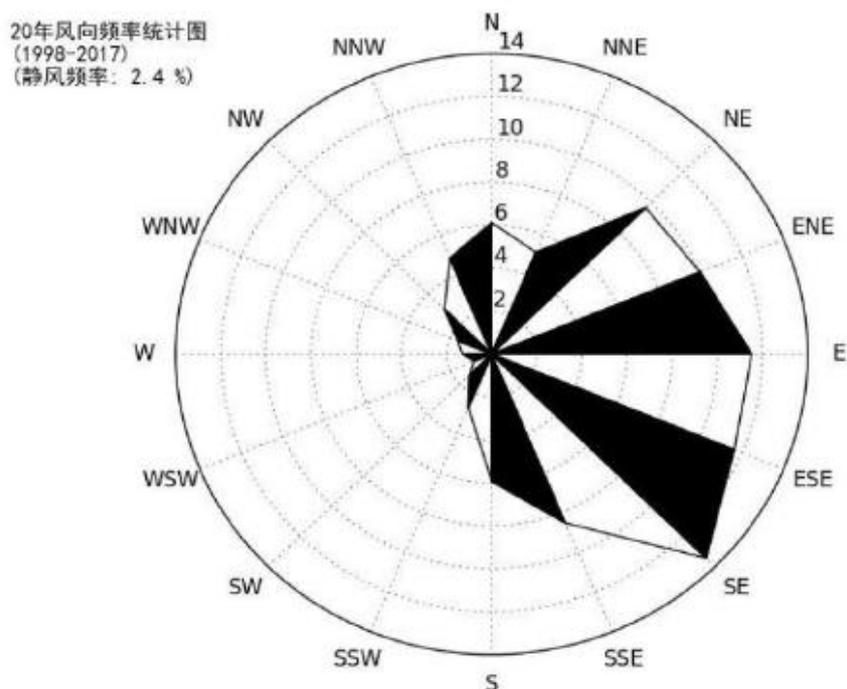


图 4.2-1 电白风玫瑰图

（3）风速年际变化特征与周期分析

根据近 20 年资料分析，电白国家气候观象台风速无明显变化趋势，2010 年年平均风速最大（3.2 米/秒），2006 年年平均风速最小（1.6 米/秒）。

4.2.3.5 雾况

本海域属多雾区，属平流雾，雾日较多。全年雾日数平均为 118.4d，其中轻雾 98.5d，浓雾 19.9d，平均各月都有轻雾出现。每年 12 月至翌年 4 月为雾季，其中 3 月份雾日最多，轻雾有 16.2d，浓雾有 7.2d。5 月~9 月浓雾日很少，均不足 1d。雾日数的年季变化较大，年最多浓雾日数为 46d（1985 年）；年最少浓雾日数为 3d（1987 年）。

海雾是影响海面能见度的主要因素，浓雾时海上能见度只有 1m 左右，对船舶航行及海上作业安全影响甚大。

4.2.3.6 热带气旋

热带气旋是影响茂名电白沿岸地区的重要天气系统，它带来的狂风、暴雨和风暴潮，具有极大破坏力，严重危及生命财产安全。最大风速超过 12 级，极大风速达 50m/s；风向多为 NNW 向，其次为 ENE 向；造成的降水量最大可达 647mm。

据统计 1976 年到 2016 年 40 年间影响和侵袭茂名博贺 100 海里范围内活动的热带气旋共有 88 例，年平均有 2.2 个。直接侵袭茂名博贺地区的热带气旋（≥10 级风或阵风≥12 级或大暴雨以上）40 年间共有 35 例，平均每年 0.88 个。影响和侵袭该海域的热带气旋数量各年之间差别比较大，多的年份有 5 个（1993 年），而少则全年没有（1999 年、2000 年、2004 年、2005 年、2007 年）。

从表 4-4 中的多年统计结果来看，各月受热带气旋的影响均不同，12 月至翌年 4 月没有热带气旋影响，热带气旋最早可发生在 5 月中旬，6 月~10 月占全年影响总数的 94.3%，其中 7 月、8 月和 9 月最集中，占全年影响总数的 69.3%，这 3 个月是台风活动的盛期。影响茂名的热带气旋半数以上是台风。强热带风暴和台风占影响的热带气旋的 85.2%。

表 4.2-4 影响和侵袭茂名博贺的各类热带气旋各月频数（1976~2016 年）

月份	5	6	7	8	9	10	11	合计	占比例%
热带风暴	0	1	4	4	2	1	0	12	15.4
强热带风暴	0	5	5	5	4	3	0	22	28.2

台风	2	4	11	9	11	4	3	44	56.4
合计	2	10	20	18	17	8	3	78	100
月平均影响个数占全年比例 (%)	2.6	12.8	25.6	23.1	21.8	10.3	0.38	100	

4.3 海洋水文

本节主要引用《茂名港吉达港区防波堤一期工程海域使用论证报告书（报批稿）》（珠海天一环保工程有限公司，2019年12月）相关内容。

广东邦鑫勘测科技股份有限公司于2019年05月19日11时至05月20日13时在项目附近海域布设6个同步连续水文观测站，站位号为H1~H6，同时布设大潮期临时潮位观测站2个（26h），另外收集不少于15d的全潮潮位观测资料站1个（站位号为T3），位于放鸡岛，站点位置见图4.3-1和表4.3-1，基面关系见图4.3-2。

表 4.3-1 春季水文观测站位坐标

观测项目	观测站名	观测时间	经度 (E)	纬度 (N)	平均水深 (m)
潮位	T1	大潮	111°27'30.92"	21°31'34.51"	-
	T2	大潮	111°18'49.93"	21°26'45.56"	-
	T3	15天全潮	111°11'42.76"	21°23'04.76"	-
温度、盐度、深度、海流（流速、流向）、悬浮物（含沙量）、风速和风向、海况	H1	大潮	111°27'24.36"	21°30'07.08"	9.6
	H2	大潮	111°28'33.24"	21°26'33.84"	13.0
	H3	大潮	111°22'44.82"	21°29'23.58"	8.3
	H4	大潮	111°23'41.40"	21°23'56.82"	18.0
	H5	大潮	111°18'17.70"	21°23'53.40"	15.0
	H6	大潮	111°19'24.60"	21°20'12.84"	21.4

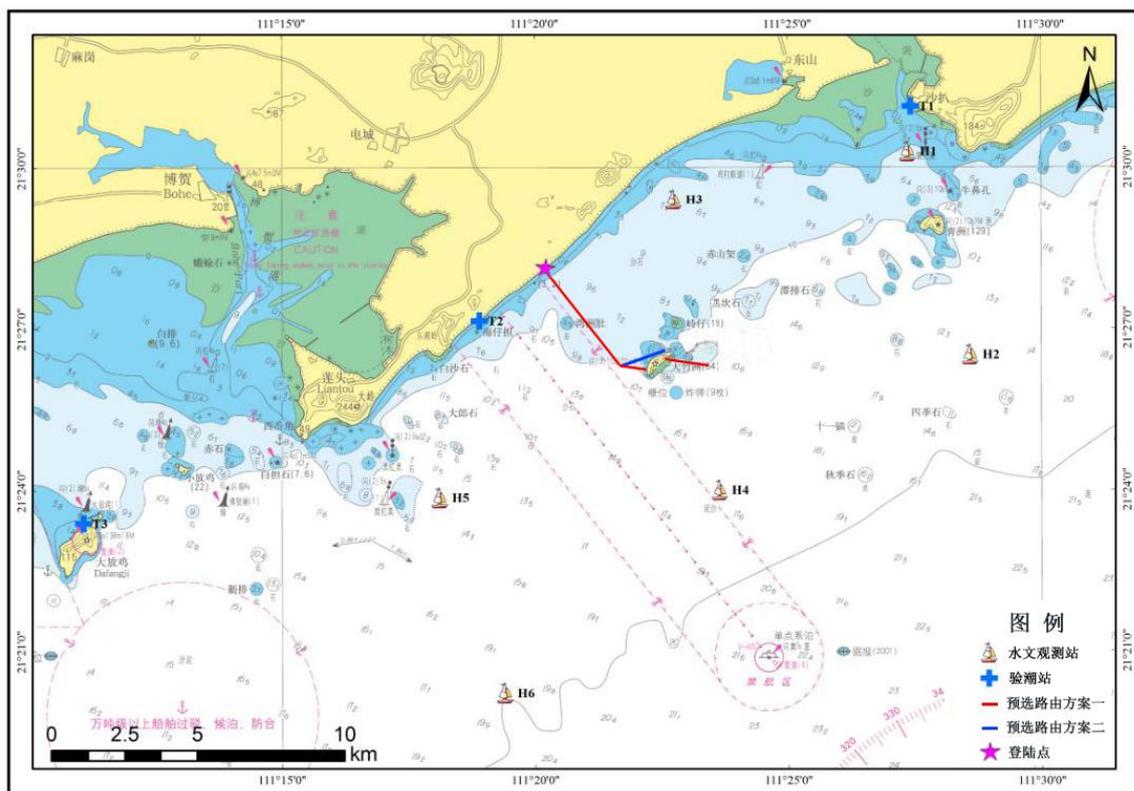


图 4.3-1 2019 年 5 月海洋水文观测站点分布图

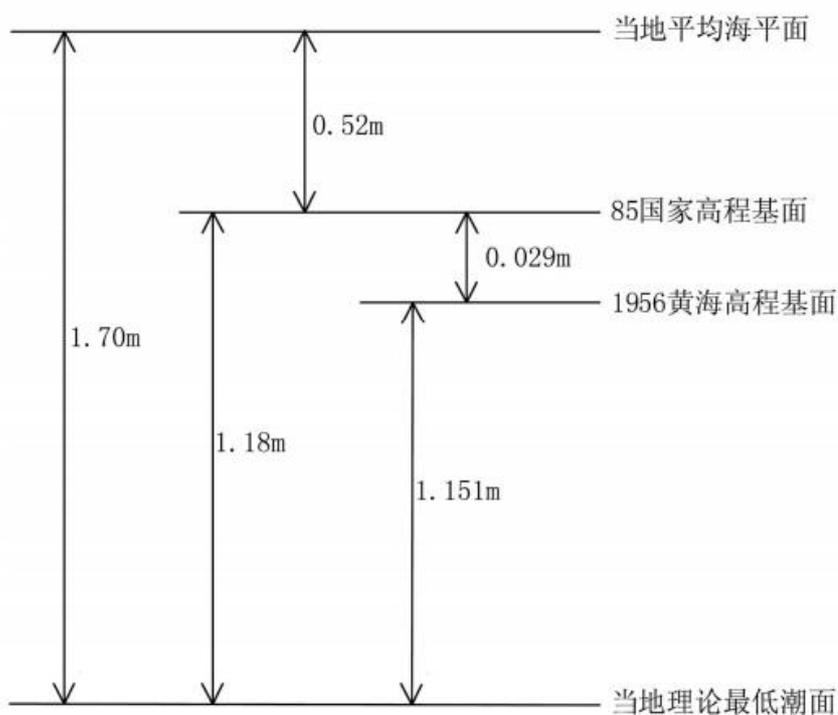


图 4.3-2 基面关系示意图

4.3.1 潮汐

潮位观测结果表明，项目附近海域的潮汐在大、中潮期间一天多出现两个高潮和两个低潮，且相邻两个高（低）潮潮高不等，潮汐不等现象显著，而在小潮期间一天多出现一个高潮和一个低潮，调查海区的潮汐表现为不规则半日潮的特征。

根据收集的 T3 站连续 15 天观测潮位资料，统计得到 T3 站位潮汐特征值如表 4.3-2，采用最小二乘法原理计算得到各站各分潮的调和常数，表 4.3-3 列出了各站六个主要分潮的振幅和迟角。

表 4.3-2 T3 潮位站潮汐特征值统计

特征值	T1
最高潮位 (m)	2.38
最低潮位 (m)	-0.78
全潮平均海面 (m)	0.73
最大涨潮潮差 (m)	2.25
最大落潮潮差 (m)	3.00
平均涨潮潮差 (m)	1.66
平均落潮潮差 (m)	1.65
平均涨潮历时 (h)	6.45
平均落潮历时 (h)	6.00
潮汐性质系数 F	0.78
潮汐类型	不正规半日潮

表 4.3-3 T3 潮位站潮位调和常数统计分析

分潮	T3	
	振幅 (m)	迟角 (°)
O1	0.35	154.56
K1	0.41	203.56
M2	0.70	72.78
S2	0.27	112.78
M4	0.03	162.85
MS4	0.02	202.85

4.3.2 波浪

根据实测资料统计，该海区常年出现以风浪为主的混合浪，东北季风期涌浪出现较多，西南季风期出现相对较少；常浪向为 ESE 向，出现频率 55.71%；次常浪向 SE

向，出现频率为 31.75%；强浪向为 SE 向。各方向 $H1/3 > 1.5\text{m}$ 的频率为 4.63%，各方向 $H1/3 > 2.0\text{m}$ 的频率为 1.28%，各方向 $H1/3 > 3.0\text{m}$ 的频率为 0.18%，各方向 $H1/3 > 4.0\text{m}$ 的频率为 0.05%。

4.3.3 海流

本次大潮期水文观测各观测站不同层次海流平面分布玫瑰图如图 4.3-3 至图 4.3-6 所示，涨、落潮流统计见表 4.3-4。

从海流的流态来看，大潮期内 H1 和 H3 站海流的往复流特征较为明显，其它站位存在一定的旋转流特性，海流方向基本与等深线平行。

大潮观测期间，各站实测海流呈现不正规半日潮流特征。（1）H1 站表层、中层、底层涨潮流主轴偏向 NW，落潮流偏向 SE；（2）H2 站表层、中层、底层涨落潮流主轴方向变化区间大部分为 NW-E 之间，中层少部分落潮时刻偏 SE 向；（3）H3 站表层、中层、底层涨潮流主轴偏向 NE，落潮流偏向 SW；（4）H4 站表层、中层、底层涨落潮流主轴方向变化区间大部分为 NW-SE 之间，中层少部分落潮时刻偏 SW 向；

（5）H5 站表层、中层、底层涨落潮流主轴方向变化区间大部分为 SW-SE 之间，表层少部分落潮时刻偏 N 向；（6）H6 站涨落潮流方向不固定，以旋转流为主。

从流速来看，各站基本呈现落潮流速大于涨潮流速的趋势。观测期间最大流速为 58.91cm/s，其次为 58.82cm/s，分别为 H6 站表层和 H1 站表层最大流速，均出现在落潮时段。最大涨潮和落潮平均流速分别为 19.90cm/s 和 40.34cm/s，分别为 H4 站表层和 H6 站表层。空间分布上，以 H1 站流速为最大，其次是靠近外海侧的 H2、H4、H6 站，靠近岸侧 H3、H5 站流速较小；在垂直方向上，最大流速及涨落潮平均流速呈现随水深增加而减小的趋势，在数值上，海区垂向平均流速、平均流向与海区中层平均流速、平均流向相近。

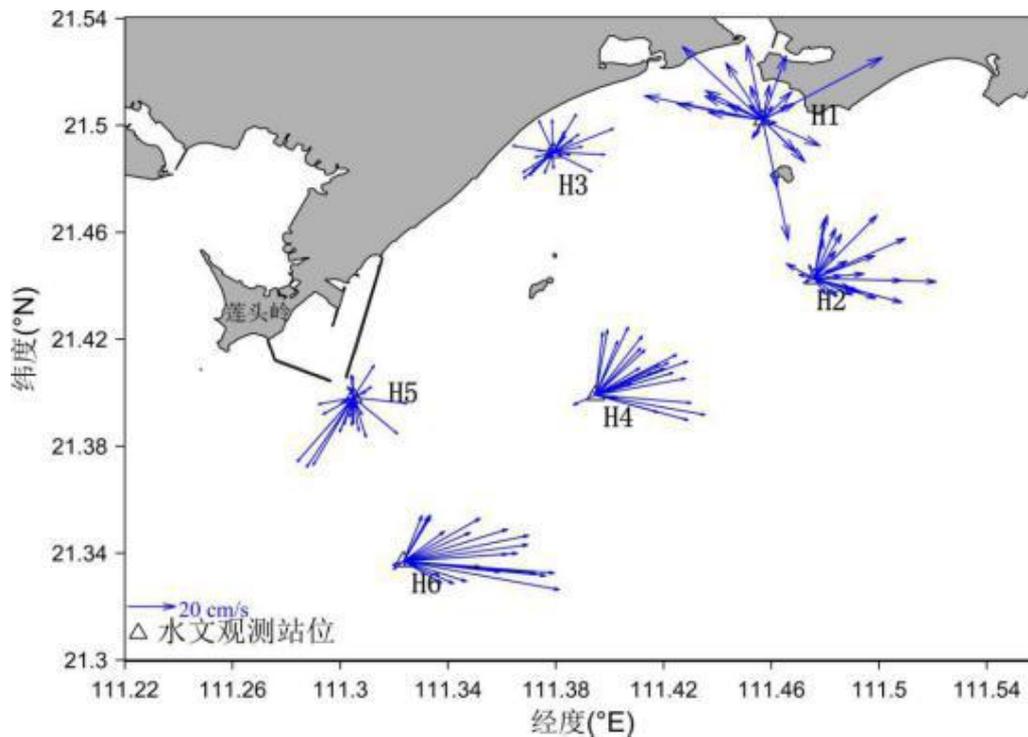


图 4.3-3 春季大潮期表层海流平面分布玫瑰图

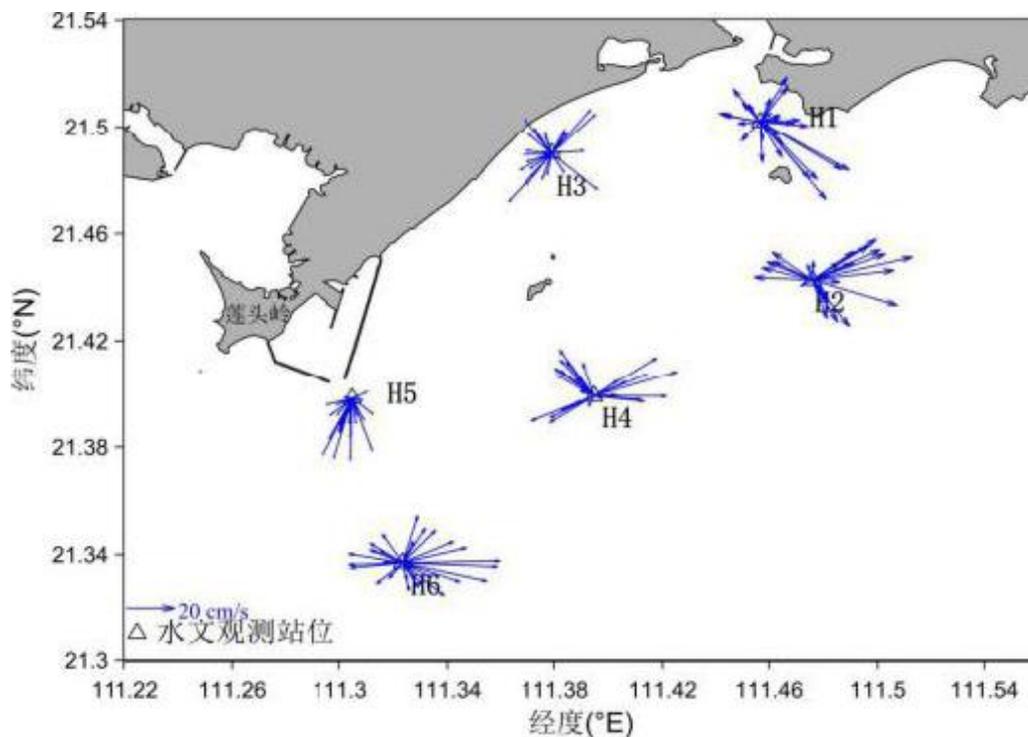


图 4.3-4 春季大潮期中层海流平面分布玫瑰图

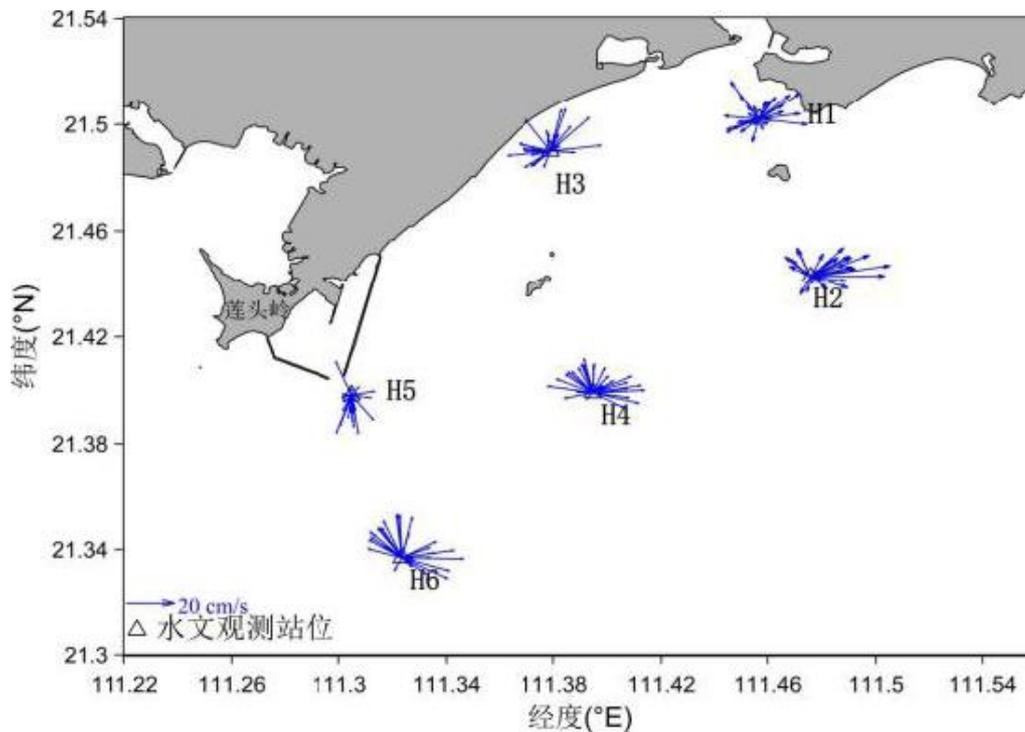


图 4.3-5 春季大潮期底层海流平面分布玫瑰图

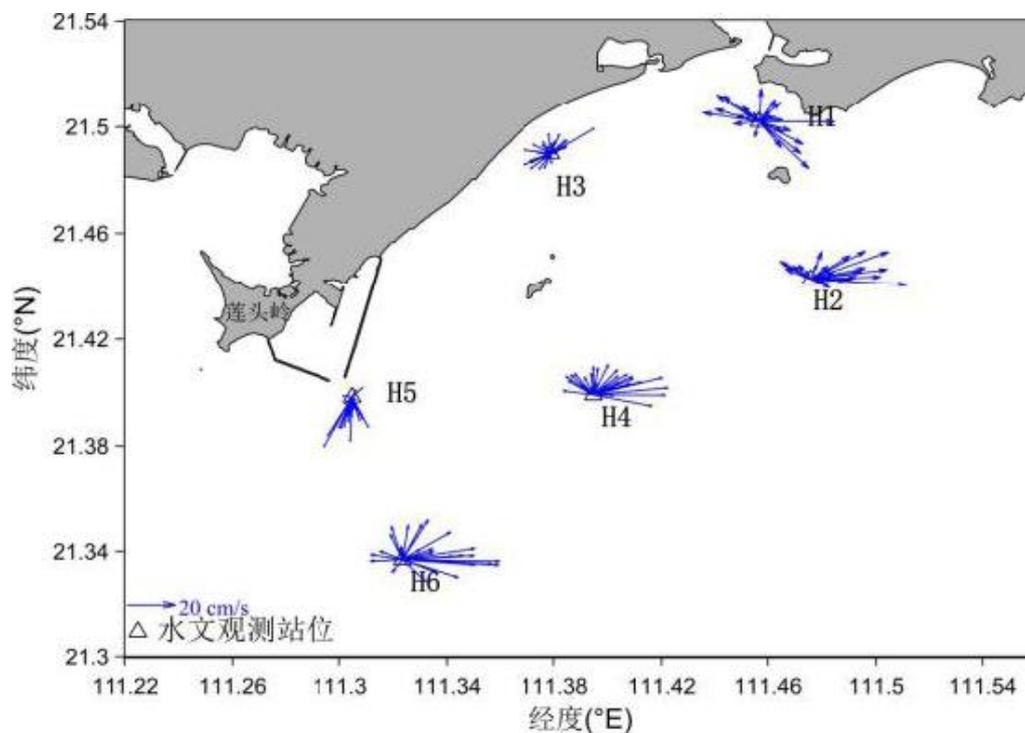


图 4.3-6 春季大潮期垂向平均海流平面分布玫瑰图

表 4.3-4 春季大潮期涨、落潮流对比统计表

层次	站位	流速 (cm/s)、流向 (°)							
		涨潮最大流速	对应时刻流向	涨潮平均流速	平均流向	落潮最大流速	对应时刻流向	落潮平均流速	平均流向
表层	H1	45.95	283	19.90	304	58.82	158	8.80	100
	H2	33.53	184	10.46	27	50.96	90	19.80	87
	H3	32.42	116	3.07	270	33.17	74	3.53	79
	H4	28.46	25	12.90	30	41.38	100	26.91	78
	H5	34.20	225	4.69	209	33.75	224	7.25	185
	H6	27.13	66	11.14	61	58.91	100	40.34	90
中层	H1	25.05	260	4.35	296	44.20	135	15.45	119
	H2	30.38	57	4.05	346	41.07	78	14.80	91
	H3	48.57	208	6.45	230	34.06	111	5.02	14
	H4	25.21	248	10.54	288	31.95	73	7.98	62
	H5	19.08	212	4.18	197	24.14	209	12.46	190
	H6	20.23	280	9.35	299	35.99	89	13.95	100
底层	H1	25.01	244	7.02	280	22.65	64	6.05	69
	H2	19.12	128	4.43	337	30.70	82	13.52	77
	H3	31.35	238	4.91	268	33.45	124	5.70	10
	H4	17.20	279	9.43	308	19.23	87	9.60	70
	H5	18.34	192	4.33	162	21.43	182	4.06	190
	H6	16.63	234	11.80	318	22.94	91	9.70	73
垂线平均	H1	21.70	279	10.27	298	27.81	90	9.57	104
	H2	22.84	62	5.82	7	35.51	93	15.97	85
	H3	11.26	247	4.54	252	18.65	59	4.17	27
	H4	13.03	44	7.66	332	27.79	84	14.74	73
	H5	17.09	212	4.14	190	21.36	210	7.92	188
	H6	17.80	33	6.58	341	36.10	91	21.12	89

4.3.4 余流

2019 年春季大潮期水文观测各站各层余流统计见表 4.3-5，大潮期余流的分布图见图 4.3-7。由图表可知，调查海区大潮期间余流主要介于 1.40cm/s~27.11cm/s。最大余流为潮流 H6 站（表层，27.11cm/s，83°），最小余流为潮流 H3 站（表层，1.40cm/s，57°），H2、H4、H6 站表层余流流速大于中层余流和底层余流，这是由于底摩擦耗能的结果，近海海底余流要小于表层；调查海区余流方向总体上以东北向为主，这与该海区风场和沿岸流作用相关，H5 站余流与南向为主，这与 H5 站向岸侧存在峡口型防波堤有关。

表 4.3-5 春季大潮期各站各层余流对比表

站位及层次		大潮	
		流速 (cm/s)	流向 (°N)
H1	表层	4.51	326
	中层	6.08	118
	底层	1.87	342
H2	表层	13.99	67
	中层	8.32	80
	底层	7.67	62
H3	表层	1.40	57
	中层	1.62	293
	底层	3.61	327
H4	表层	19.98	62
	中层	3.22	339
	底层	5.23	12
H5	表层	5.44	197
	中层	8.06	188
	底层	4.08	176
H6	表层	27.11	83
	中层	4.03	68
	底层	6.56	7

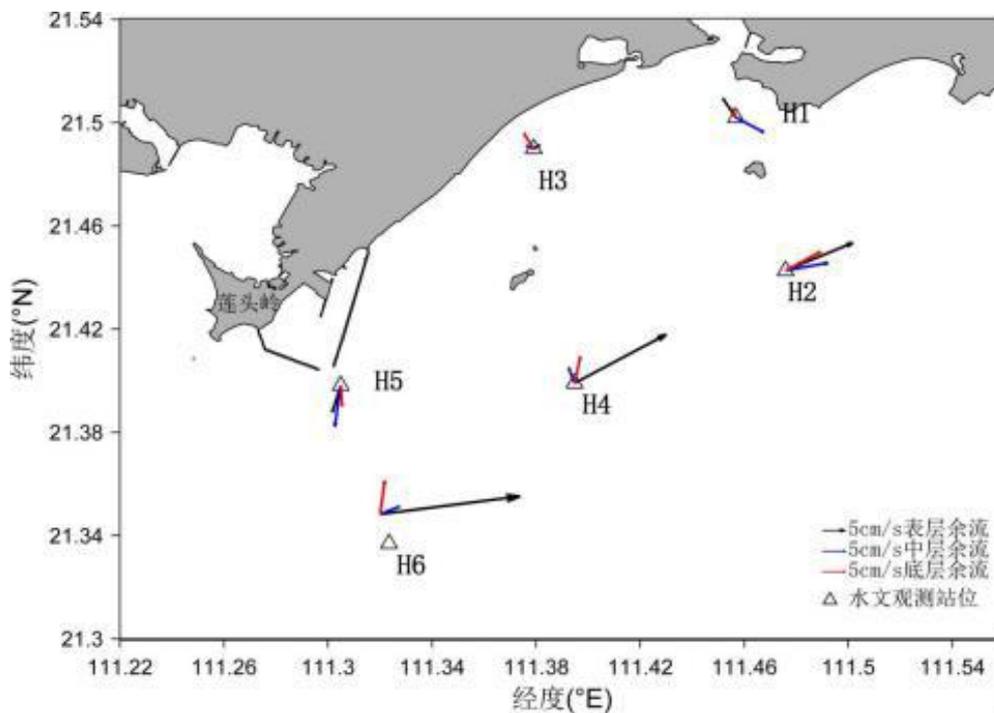


图 4.3-7 春季大潮期各站余流图

4.3.5 含沙量

水文观测期间各站悬沙含沙量范围如表 4.3-6 所示。

大潮期间：（1）调查海区含沙量范围为 $0.0027\text{kg/m}^3\sim 0.0692\text{kg/m}^3$ ，H1 站底层含沙量最大（ 0.0692kg/m^3 ），H2 站表层含沙量最小（ 0.0027kg/m^3 ）；（2）在空间分布上邻近航道附近的 H1 站含沙量较大，靠近外海的站点含沙量相对最小；（3）在时间序列上，除 H1、H5 站变化趋势存在一定的差别，其余各站位三层含沙量的变化趋势都比较一致；（4）在垂向上，H1 和 H2 站各层含沙量呈现底层含沙量大于中表层，其余各站位呈现中表层含沙量大于底层的变化趋势，各层含沙量差异较小。

表 4.3-6 大潮期各站悬沙含沙量范围

项目		含沙量 (kg/m ³)			全站平均
站位	层次	最大	最小	平均	
H1	表层	0.0196	0.0072	0.0101	0.0204
	中层	0.0504	0.0075	0.0133	
	底层	0.0692	0.0089	0.0378	
H2	表层	0.0269	0.0027	0.0101	0.0118
	中层	0.0213	0.0039	0.0109	
	底层	0.0435	0.0075	0.0145	
H3	表层	0.0244	0.0030	0.0080	0.0072
	中层	0.0166	0.0032	0.0067	
	底层	0.0160	0.0034	0.0070	
H4	表层	0.0468	0.0036	0.0118	0.0128
	中层	0.0460	0.0040	0.0156	
	底层	0.0336	0.0040	0.0110	
H5	表层	0.0410	0.0033	0.0139	0.0157
	中层	0.0675	0.0041	0.0177	
	底层	0.0628	0.0034	0.0155	
H6	表层	0.0290	0.0034	0.0080	0.0087
	中层	0.0273	0.0036	0.0099	
	底层	0.0272	0.0039	0.0082	
	中层	0.0112	0.0040	0.0056	
	底层	0.0144	0.0042	0.0060	

4.4 底质类型与特征

4.4.1 海底底质

表层沉积物的分布主要受物源、现代水动力环境、地形以及古岸线变迁等因素控

制。南海大陆架上广泛发育陆源碎屑沉积，南海北部陆架区表层沉积物由现代沉积、再造沉积、残留沉积和少量残余沉积组成。路由区的表层沉积物主要由中粗砂、粗中砂、砾砂、砂质粉砂（淤泥）和粉砂质砂组成。路由区表层沉积物砂为灰、灰黄色，呈松散、饱和状态，砂粒主要成分为石英，局部混含淤泥及少量贝壳碎屑，颗粒呈亚圆形，颗粒级配一般。中粗砂和粗中砂遍布整条路由，砾砂仅分布于大竹洲岛南部路由区段，砂质粉砂（淤泥）主要分布在路由下村近岸段，粉砂质砂主要分布于峙仔岛附近海域。

表 4.4-1 沉积物样品粒度分析成果表

样品 编号	粒度参数(ϕ)					海洋底质调查规范分类
	M_z	σ_1	SK_1	KG	Md	
S1	5.92	2.52	-0.24	0.91	6.30	砂质粉砂
S2	0.78	1.70	0.31	2.59	0.73	中粗砂
S3	1.67	1.23	0.44	3.19	1.56	粗中砂
S4	0.27	1.65	0.22	1.93	0.36	中粗砂
S5	0.39	1.80	0.27	2.15	0.41	中粗砂
S6	2.10	1.77	0.64	3.65	1.53	粗中砂
S7	0.12	1.89	0.22	2.18	0.23	砾砂
S8	0.22	1.87	0.20	2.32	0.33	中粗砂
S9	0.17	2.24	0.26	2.10	0.20	砾砂
S10	0.37	1.92	0.15	2.10	0.50	中粗砂
S10 底	6.99	1.73	0.06	1.00	6.95	粘土质粉砂
S11	2.62	2.53	0.78	0.84	1.13	粉砂质砂

4.4.2 地层岩性

2021 年博贺国家综合气象观测试验基地（大竹洲）建设项目交通码头工程勘察设计实施的 13 个钻孔所揭露地层情况，大竹洲岛附近的岩土层可为第三系残积土层（ Q_3^{el} ）和震旦系花岗岩层（Z），地层统计表和简述表分别见表 4.4-2、表 4.4-3，代表性钻孔柱状图见图 4.4-1。

（1）第三系残积土层（ Q_3^{el} ）

①1 残积土：褐黄色，硬塑状，主要成份以黏粒为主，含少量石英颗粒，干强度高，韧性一般，由花岗岩风化残积形成，遇水易软化崩解。该层在 ZK1、ZK2、ZK3、ZK5、ZK6 钻孔中见揭露。

该层进行标准贯入试验 4 次，实测击数 $N=27\sim 30$ 击，平均击数=28.8 击。

（2）震旦系花岗岩（Z）

②1 全风化花岗岩：褐黄色，原岩结构风化完全，可辨，岩芯呈坚硬土柱状，遇水易软化崩解砂砾状。该层在 ZK1、ZK2、ZK3、ZK4、ZK5、ZK6 钻孔中均揭露。

该层进行标准贯入试验 1 次，实测击数 N=58 击。

②2 强风化花岗岩：黄褐色，原岩结构风化强烈，可辨，岩芯呈碎块状为主，遇水易软化，敲击易碎。该层在除 ZK3 号孔外所有钻孔中均揭露。

②3 中风化花岗岩：青灰色，隐晶质结构，厚层状构造，矿物以石英、长石及黑云母为主，节理裂隙发育，岩质硬，节长 8~60cm，岩芯呈短柱状、长柱状，采取率约 93%，RQD 约 90%。该层在除 ZK2 号孔外所有钻孔中揭露。

天然单轴抗压强度平均值为 67.94MPa，饱和单轴抗压强度平均值为 67.90MPa。岩体基本质量等级为 II 级，岩石质量指标 RQD 为较好。

该勘察揭露的主要特殊性岩土有残积土和风化岩。残积土呈硬塑状，为花岗岩风化残积土，具有泡水易软化崩解的特性。风化岩为全风化花岗岩和强风化花岗岩，具有遇水易软化，敲击易碎，使承载力降低等特点，设计和施工应给予注意。

表 4.4-2 地层统计表

地层编号	时代成因	岩土名称	项次	层厚(m)	层顶高程(m)	层底高程(m)	层顶深度(m)	层底深度(m)
1-1-0	Q3el	残积土	统计个数	5	5	5	5	5
			最大值	4.50	-4.20	-5.20	0.00	4.50
			最小值	1.00	-4.96	-9.46	0.00	1.00
			平均值	3.44	-4.67	-8.11	0.00	3.44
			推荐值	3.44	-4.67	-8.11	0.00	3.44
			变异系数	0.410	-0.067	-0.210	0.000	0.410
2-1-0	Z	全风化花岗岩	统计个数	6	6	6	6	6
			最大值	3.50	-3.91	-4.81	4.50	7.00
			最小值	0.80	-9.46	-11.56	0.00	0.90
			平均值	1.53	-7.41	-8.94	2.87	4.40
			推荐值	1.53	-7.41	-8.94	2.87	4.40
			变异系数	0.674	-0.310	-0.312	0.659	0.556
2-2-0	Z	强风化花岗岩	统计个数	12	12	12	12	12
			最大值	21.70	3.75	2.75	7.00	26.50
			最小值	1.00	-11.56	-31.44	0.00	1.00

			平均值	4.17	-2.11	-6.28	1.72	5.88
			推荐值	4.17	-2.11	-6.28	1.72	5.88
			变异系数	1.436	-2.853	-1.636	1.542	1.245
2-3-0	Z	中风化花岗岩	统计个数	12	12	12	12	12
			最大值	5.30	2.75	1.45	10.10	13.20
			最小值	0.50	-14.56	-17.16	1.00	2.30
			平均值	2.91	-4.56	-7.47	4.16	7.07
			推荐值	2.91	-4.56	-7.47	4.16	7.07
			变异系数	0.534	-1.497	-1.040	0.826	0.604

表 4.4-3 地层简述表

序号	岩土层名称	状态	时代及成因	层号
1	残积土	硬塑	Q ₃ ^{el}	① ₁
2	全风化花岗岩	土柱状	Z	② ₁
3	强风化花岗岩	碎块状	Z	② ₂
4	中风化花岗岩	短柱状、长柱状	Z	② ₃

钻孔柱状图											
工程名称		贺博国家综合气象观测试验基地（大竹洲）建设项目交通码头工程勘察									
钻孔编号		ZK1	坐 标		X=2372213.93	开工日期		2021.8.17	钻孔深度		12.60 m
孔口标高		-4.56	标		Y=539088.13	竣工日期		2021.8.17	稳定水位		m
层 号	时 代 地 层	层 底 高 程 (m)	层 顶 高 程 (m)	层 厚 度 (m)	柱状图 1:100	岩土名称及其特征		层 号	层 厚 度 (m)		
①	Q ₃	-8.060	3.50	3.50		残积土 褐黄色，硬塑状，稍湿，主要成分由岩粒及黏粒组成，由花岗岩风化残积形成，遇水易软化崩解。			=27.00 2.05-2.35		
②	Z	-11.560	7.00	3.50		全风化花岗岩 黄褐色，原岩结构基本风化完全，岩芯呈土柱状，局部夹有碎块强风化岩块，风化不均匀，遇水易软化崩解。			=58.00 5.65-5.95		
③		-14.560	10.00	3.00		强风化花岗岩 黄褐色，原岩结构风化强烈，节理裂隙较发育，风化迹象明显，岩芯呈碎块状、块状，敲击易碎。					
④		-17.160	12.60	2.60		中风化花岗岩 青灰色，隐晶质结构，厚层状构造，矿物以石英、长石、黑云母为主，节理裂隙发育，岩质硬，岩芯呈短柱状、柱状，采取率约95%，RQD约92%。			12.20-12.40		

图 4.4-1 沉积物柱状图

4.4.3 岩土物理力学性质

2021年博贺国家综合气象观测试验基地（大竹洲）建设项目交通码头工程勘察设计在岩土样本取样时，按 GB 50021—2001《岩土工程勘察规范》（2009年版）相关要求执行。取样间距不得大于 2.0m，当地层厚度较大且土质均匀时适当放宽取样间距，地层变化时及时取样。

该次勘察对软土层和黏性土层采用敞口薄壁取土器取原状样，取土试样等级为I

级；对砂土层采用岩芯钻头取样，取土试样等级为Ⅲ级；对岩石采用岩芯钻头取样，取土试样等级为Ⅲ级。岩土样妥善密封，储运过程中采取防晒、防振等保护措施，且直立安放，不得倒置。

设计参数取值方法如下：本报告中各地基土的含水率 w 、天然重度 γ 、孔隙比 e 、塑性指数 I_p 、压缩系数 α_{1-2} 、压缩模量 E_{s1-2} 等指标采用算术平均值；剪切指标 C 、 φ 值采用标准值。

按各单元土体进行统计。统计前首先剔除少数不具代表性的数据，异常值按三倍均方差或一定的变异系数控制。统计表给出最大值、最小值、平均值、标准差、变异系数、标准值等。样本数不足 6 个时，给出最大值、最小值、平均值。

根据上述方法获得各岩土层主要物理力学性质指标统计如下表 4.4-4、表 4.4-5。

表 4.4-4 各土层主要物理力学性质指标统计表

岩土名称	统计	天然状态指标		稠度指标				固结指标		剪切指标	
		含水率	孔隙度	液限	塑限	塑性指数	液性指数	压缩系数	压缩模量	直接快剪	
										黏聚力	内摩擦角
										c_q	φ_q
ω	n	ω_L	ω_p	I_p	IL	α_{1-2}	E_{s1-2}	kPa	°		
残积土	最大值	30	0.876	34.3	22.1	12.2	0.65	0.419	6.79	41.2	18.2
	最小值	19.1	0.623	30.6	19.4	11.2	-0.12	0.239	4.48	20.9	17.6
	平均值	23.4	0.718	32.2	20.6	11.5	0.22	0.318	5.62	33.7	17.9
	统计个数	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

表 4.4-5 岩石抗压强度统计表

岩土名称	统计	单轴抗压强度 (MPa)		软化系数
		天然	饱和	
		单值	单值	
中风化花岗岩	最大值	87.33	80.49	1
	最小值	46.93	0.91	0.91
	平均值	67.94	0.95	0.95
	统计个数	7	7	5

4.4.4 埋设条件分析

路由海域海底沉积物类型主要为表层沉积物主要由中粗砂、粗中砂、砾砂、砂质粉砂（淤泥）和粉砂质砂含砾泥质砂和粉砂质砂，沉积物工程地质条件较好，适合海

底电缆的敷设。但部分区域基岩裸露，勘察时应探明海底礁石分布情况，路由应尽可能避开海底礁石及浅埋基岩区。

4.5 路由区冲淤变化

4.5.1 泥沙来源

工程附近海域入海较大河流很少，注入沙扒港北部的儒洞河为最大，该河属山溪性河流，其入海泥沙主要在沙扒港顶部沉积，对工程区影响有限。

根据文献资料，珠江口下泄泥沙随海域沿岸流作用向西运移，主要沉积在海陵湾以东的海域。本工程区位于在海陵湾以西海域，受珠江口下泄泥沙的影响很小。工程海域近岸海床沉积物主要为中粗砂、粗砂等粗颗粒物质，波浪掀沙作用有限，水体含沙量基本在 0.03kg/m^3 以下，近岸侧的涨、落潮流输沙量都很小，因此工程海域潮流输沙量有限。

本工程海域水清沙少，有限的岸滩侵蚀泥沙及岸滩局部搬运的少量泥沙为本海域泥沙的主要来源。

4.5.2 海床冲淤稳定性分析

陆地登陆点方面，近千年来，海平面相对稳定后，近岸带浅海斜坡经波浪塑造，其横剖面已趋于平缓。但现在，大陆架来沙的枯竭，全新世中期以来形成的海滩或沙坝受到波浪、风、地表片流等外力作用下，尤其是暴风浪的破坏作用，呈现侵蚀后退趋势。

大竹洲岛的登陆点和下海点方面，在现场踏勘中发现，在海洋波浪等动力的作用下，基岩岸滩有被侵蚀的趋势。

图4.5-1和图4.5-2为分别根据2000年路由海区的海图和2004年实测的茂名港博贺港区工程局部水下地形，套绘出的路由海区的各岸滩剖面变化图，根据各岸滩剖面变化图来分析工程区近岸的演变情况。从图上可以看出，岸滩剖面形态基本保持稳定，近岸区岸滩呈现出轻微冲刷的趋势，海床略有下切；海区基本不冲刷，呈现轻微的淤积现象。从冲淤的沿岸变化来看，在2000年到2004年间，莲头岭至东阁岭中间沙坝段剖面冲淤变化较小，2004年的剖面形态和2000年基本一致。从冲淤分布上看，总体以小范围轻微的冲刷为主，从近岸到海区有冲有淤。近岸最大冲刷深度接近1m左右，最大冲刷强度约为 0.25m/a ，平均冲刷厚度约为 0.08m ，冲刷强度约为 0.02m/a 。局部区域出现轻微淤积，最大淤积厚度约为 0.3m ，淤积强度约为 0.08m/a 。沙坝段以东岸线，剖

面冲淤变化很小，近岸主要发生极少量的冲刷，个别断面最大冲刷深度约为0.8m，最大冲刷强度约为0.2m/a。离岸500m的海区发生淤积，最大淤积厚度约为0.2m，淤积强度约为0.05m/a，平均淤积厚度约为0.05m，淤积强度约为0.01m/a。

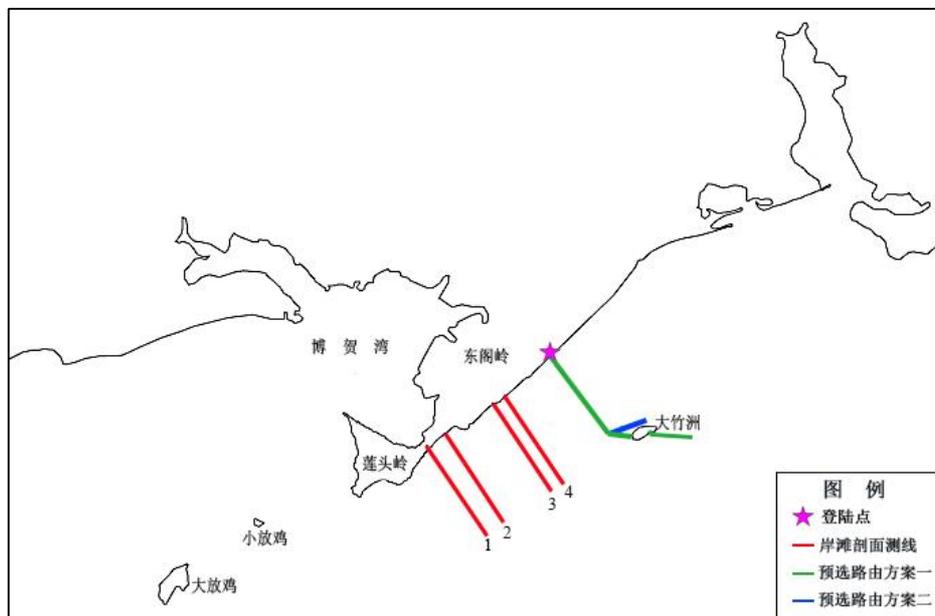


图 4.5-1 测线位置图

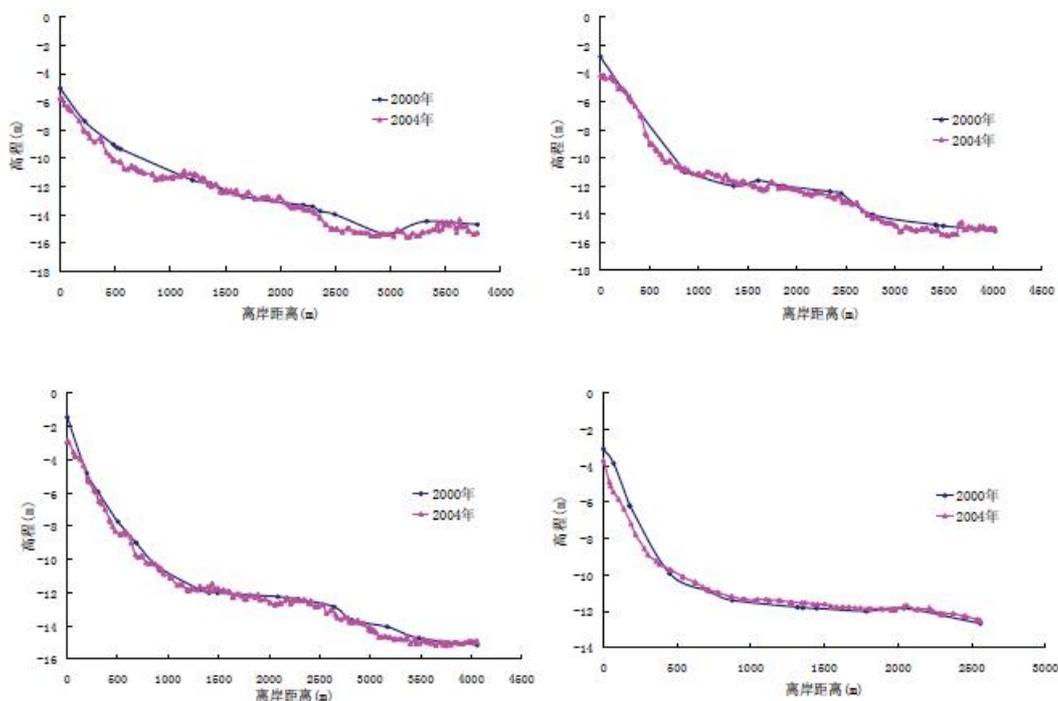


图 4.5-2 岸滩剖面变化图

4.5.3 海床冲淤稳定性对工程的影响

大陆登陆点附近稍有侵蚀，但总体变化不是特别明显。从实测数据水深点分布状

况对比分析结果来看，路由海区海床局部出现冲刷或淤积现象，但冲刷和淤积的幅度都不大，总体相对较为稳定，大规模的侵蚀和淤积现象较难发生。

大竹洲岛方案一登岛点和下岛点均为基岩海岸，其沿岸局部被海浪冲侵成悬崖，大面积岩石裸露，具有侵蚀趋势，但基岩抗侵蚀能力较强，侵蚀速率较慢，主要以海浪冲刷造成的岩石崩坠为主。

综合该海域水动力条件可知，波浪和潮流作用下的泥沙运动动力条件较弱，路由区海床冲淤情况比较稳定，适宜进行海底电缆工程建设。

4.6 路由区不良地质作用

不良地质因素是指海底及以下地层中，对于海底管线的施工和安全具有某种直接或潜在危险的地质因素。潜在灾害地质因素分为两类：

(1) 指具有活动能力的破坏性灾害地质因素，这类灾害地质在内、外营力的诱发、作用下，自身具有活动和破坏能力，如浅层气、泥底辟、浅部断层等。

(2) 不具活动能力的限制性灾害地质因素，但会对某些海洋工程建设起制约作用和引起隐患。如埋藏古河道、埋藏古三角洲、潮流沙脊、浅埋基岩和槽沟等。

路由区位于茂名南部海域，沉积环境较好，灾害地质因素主要位于海底礁石区，远离海底礁石的海域地形较平坦，地质灾害因素较少。地质灾害因素主要是：出露或浅埋基岩、沙波、海岸侵蚀等。这些不良地质因素对海底管线均有直接或潜在危险性。

4.6.1 浅埋基岩与岛礁

不规则浅埋基岩在物探剖面上主要表现为其界面反射多为圆锥状或尖峰状强反射，而其内部反射模糊，无层次，反射形态为随机的高低起伏，部分可见绕射波。

根据本项目旧电缆建设时的路由勘察结果，本区表层沉积物厚度较薄，可能为2~3m左右，沉积物下伏为坚硬的基岩，导致浅地层剖面设备无法形成有效的穿透。基岩埋深多在海底面以下2~5m间，由于浅剖的穿透能力受限，无法连续追踪，且无钻孔资料对照，基底界面的划分带有较大推测性。由浅地层剖面的数据反映出的海底出露礁石和浅埋基岩形态，认为浅埋基岩与出露基岩连成一体或在其附近分布，多位于海底以下3~7m深度。

这些礁石与基岩可能会对电缆的施工带来一定的困难，当高压水枪冲埋的方式不能满足埋深2-3m的海底电缆的铺设要求时，需要采用针对基岩段海缆外套保护管及压覆保护措施。此外，在路由登陆段，若因浅埋基岩埋深较浅而导致其上部沉积层不能

满足定向钻施工时，需根据实际的路由勘察结果选择合适的位置进行施工，或实施定向钻直接穿越基岩。

4.6.2 断裂

根据工程场址已有资料初步判断，织箕—大放鸡断裂束自大竹洲岛西北横切路由区，由于断裂活动的速度缓慢，断裂活动性较弱，断裂横切路由对使用年限为25年的海底电缆影响较小。

4.6.3 不良地质因素对工程的影响分析

路由区主要不良地质因素为礁石及浅埋基岩区、沙波、侵蚀等，从已收集的资料来看，路由区有沙波地貌，沙脊的移动会对海底管线造成悬空裸露的危害，应在铺设电缆前详细勘察其分布，尽量避开，确实无法避开的应做好相应的保护措施。同时浅埋基岩区，对于海底管线铺设施工会造成一定的影响，建议勘察时进行详细勘测，尽量避开相关区域，以减少施工难度。

4.7 路由区海洋功能区划

4.7.1 全国海洋功能区划

根据《全国海洋功能区划（2011—2020年）》，我国管辖海域划分了八类海洋功能区，并对各类功能区提出了相应的管理要求。

本项目所在海域属于“粤西海域”，“粤西海域”包括阳江、茂名、湛江毗邻海域，主要功能为海洋保护、渔业、港口航运。其中，海陵湾重点发展渔业、港口航运，保障临海工业用海需求，重点保护海陵岛、南鹏列岛海草床等海洋生态系统，保护大树岛龙虾种质资源；博贺湾至水东湾重点发展渔业、港口航运，围绕博贺中心渔港发展现代化渔业产业基地，重点保护沿海礁盘生态系统和红树林，保护大放鸡岛海域文昌鱼自然资源；水东湾至湛江湾重点发展港口航运、渔业和海洋保护，重点支持湛江主枢纽港及临海产业的综合发展，保护东海岛附近海域海草床生态系统，保护吴阳文昌鱼种质资源和湛江硇洲岛海洋资源，开展特呈岛周边海域红树林湿地生态系统的修复；雷州湾至英罗港重点发展海洋保护、渔业和港口航运，保障渔业用海发展，重点保护和修复红树林、珊瑚礁、海草床等生态系统，保护中华白海豚、白蝶贝、儒艮等生物资源。区域实施污染物排海总量控制制度，改善海洋环境质量。

本项目为海底电缆工程，建成后海缆将埋设于海床底土之下一定深度内，埋设过

程中不炸礁、不会在水体中形成任何构筑物，施工期间产生的污染物会在短时间内消除，不会破坏海洋资源和景观，不影响渔业用海功能，因此本项目符合全国海洋功能区划要求。

4.7.2 广东省海洋功能区划

本项目海底电缆路由区位于茂名市电白镇东南海域，其西侧为博贺港，东侧为阳江沙扒港。根据《广东省海洋功能区划（2011—2020年）》，路由区所在管理区域为博贺湾—水东湾及周边海域，包括博贺湾、水东湾和大放鸡岛周边海域。主要功能为农渔业、港口航运、旅游娱乐。重点发展现代港口物流、临海先进制造和滨海旅游业，推进现代渔业发展。围填海主要分布在博贺、爵山。开展水东湾、博贺湾整治，限制在水东湾内围填海；实施工业污染物达标排放；加强防灾减灾体系建设；保障国防安全；重点保护水东湾和博贺湾红树林生态系统、晏镜岭海蚀遗迹、大放鸡海域文昌鱼。

项目所在海域主要海洋功能区的分布和详情见表 4.7-1、图 4.7-1 和表 4.7-2。由图和表可知，路由区及邻近海域主要港口航运区有博贺-爵山港口航运区、水东湾港口航运区；主要农渔业区有湛江-珠海近岸农渔业区、电白-江城农渔业区、南三-博贺农渔业区；主要工业与城镇用海区有爵山工业与城镇用海区、博贺工业与城镇用海区；海洋保护区有青洲海洋保护区、放鸡岛南海洋保护区、水东湾海洋保护区；休闲娱乐区主要有沙扒旅游休闲娱乐区、放鸡岛旅游休闲娱乐区、龙头山旅游休闲娱乐区、水东湾旅游休闲娱乐区、虎头山旅游休闲娱乐区。其中，本项目处在博贺-爵山港口航运区内，登陆点与爵山工业与城镇用海区距离约为 3km，大竹洲南侧岸线与湛江-珠海近岸农渔业区距离约 1km。

本项目为线性工程，海域使用面积小，且大部分布设在海底处，因而不改变区域海洋功能区划。海底管线路由在施工建设期间对港口航运区的通航会产生一定影响，进出施工水域的施工船舶增加了过往船舶的航行与避让难度。对此，在工程施工期间，建设单位以及相关部门应加强对施工船舶和施工区域的管理，施工船舶以及施工区域的水上部分应明确标示，和周围港区、海事部门进行充分的协调，避免事故的发生。此外，施工建设期间会产生一定的悬浮泥沙，对附近农渔业区及海洋保护区的鱼类有稍小影响，但随着施工结束，水域的生态环境将会逐渐恢复。

综上所述，经与各功能区符合性分析，本项目与研究海域内所涉及功能区的使用

管理要求和环境保护要求是相符的。

表 4.7-1 项目与海洋功能区的相对位置关系

序号	功能区名称	与本项目的位置关系	功能区类型
1	博贺-爵山港口航运区	穿越	港口航运区
3	湛江-珠海近岸农渔业区	未穿越	农渔业区
4	电白-江城农渔业区	未穿越	农渔业区
5	南三-博贺农渔业区	未穿越	农渔业区
6	爵山工业与城镇用海区	未穿越	工业与城镇用海区
7	博贺工业与城镇用海区	未穿越	工业与城镇用海区
8	青洲海洋保护区	未穿越	海洋保护区
9	放鸡岛南海洋保护区	未穿越	海洋保护区
11	沙扒旅游休闲娱乐区	未穿越	旅游休闲娱乐区
12	放鸡岛旅游休闲娱乐区	未穿越	旅游休闲娱乐区

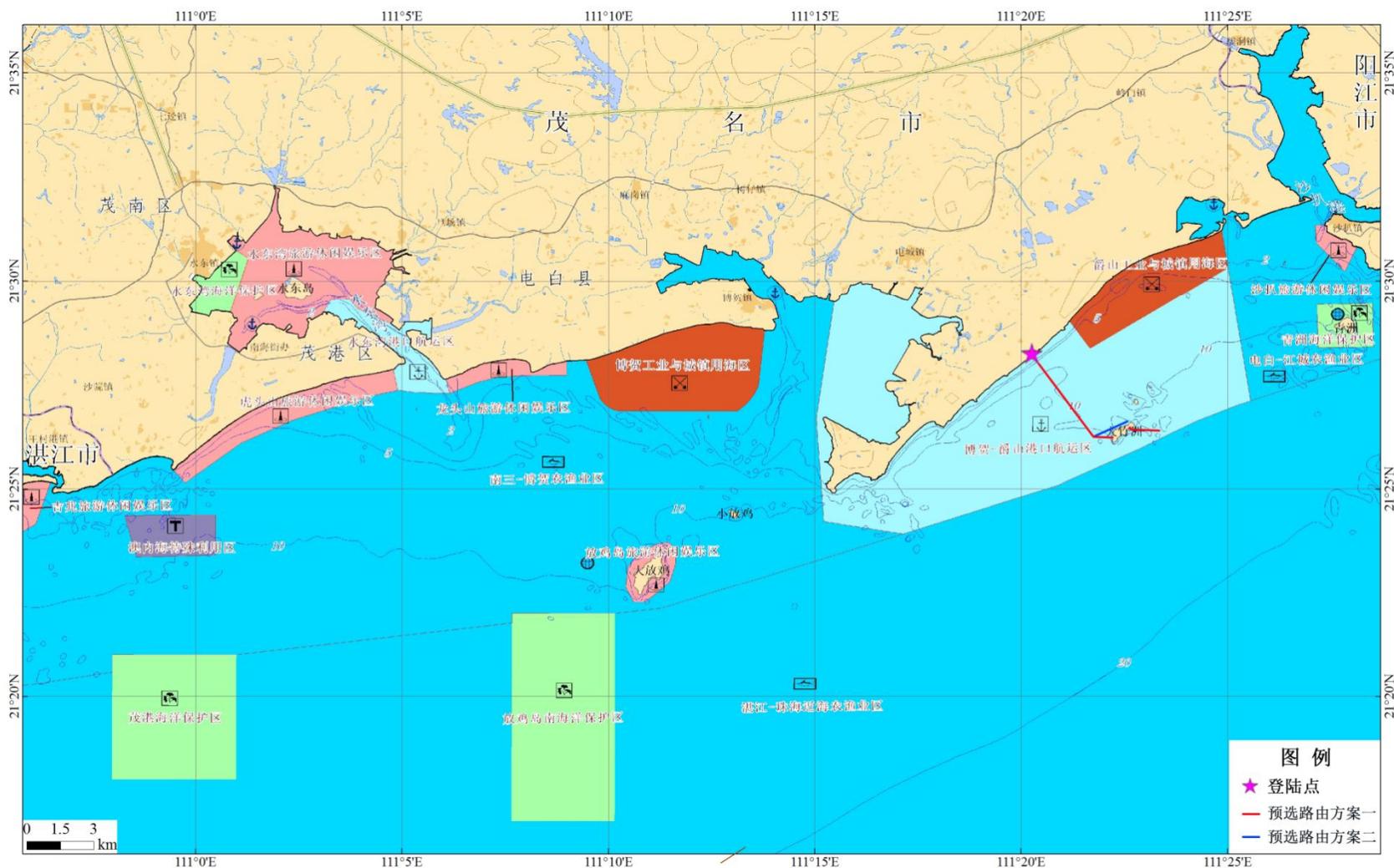


图 4.7-1 路由海域及附近海洋功能区分布图

表 4.7-2 项目周边海域海洋功能区登记表（《广东省海洋功能区划（2011—2020 年）》）

序号	代码	功能区名称	地理范围 (东经、北纬)	功能区类型	面积(公顷) 岸段长度 (米)	管理要求	
						海域使用管理	海洋环境保护
38	A2-5	博贺- 爵山港口航运区	东 至:111°25'33" 西 至:111°15'02" 南 至:21°23'55" 北 至:21°30'18"	港口航运区	11046 47957	<ol style="list-style-type: none"> 1.相适宜的海域使用类型为交通运输用海; 2.保障电城城镇建设、莲头岭旅游娱乐、单点系泊管道、防灾减灾体系建设用海需求; 3.维护博贺湾防洪纳潮功能,维持航道畅通; 4.大竹洲基本功能未利用前,保障深水网箱等农渔业功能; 5.围填海须严格论证,优化围填海平面布局,节约集约利用海域资源; 6.优先保障军事用海需求。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.加强港区环境污染治理,生产废水、生活污水须达标排海; 2.执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准。
39	A3-6	爵山工业与城镇用海区	东 至:111°25'00" 西 至:111°19'54" 南 至:21°27'55" 北 至:21°31'13"	工业与城镇用海区	1404 20273	<ol style="list-style-type: none"> 1.相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海; 2.保障港口航运的用海需求; 3.在基本功能未利用前,保留鸡打港围海养殖及湾外浅海贝类增养殖等渔业用海; 4.围填海须严格论证,优化围填海平面布局,节约集约利用海域资源; 5.工程建设期间采取有效措施降低对养殖区及礁盘生态系统的影响; 6.加强对围填海的动态监测和监管。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.基本功能未利用前,执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准; 2.工程建设期间及建设完成后,执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准。

序号	代码	功能区名称	地理范围 (东经、北纬)	功能区类型	面积(公顷) 岸段长度 (米)	管理要求	
						海域使用管理	海洋环境保护
31	A1-5	南三-博贺农渔业区	东 至:111°17'08" 西 至:110°34'26" 南 至:21°05'40" 北 至:21°30'51"	农渔业区	54500 28039	<ol style="list-style-type: none"> 1.相适宜的海域使用类型为渔业用海; 2.保障博贺渔港及放鸡岛西部海域深水网箱养殖的用海需求; 3.保护博贺湾内的生物海岸; 4.合理控制博贺湾内和博贺滩沿岸海域养殖密度,维持博贺湾出海航道、水东湾出海航道畅通; 5.优先保障军事用海需求,严禁设置有碍军事安全的渔网、渔栅等。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.保护博贺湾红树林、宴镜岭至吉兆沿岸的礁盘生态系统; 2.加强博贺渔港、王村渔港的海域环境治理,生产废水、生活污水须达标排海; 3.执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。
40	A1-6	电白-江城农渔业区	东 至:111°55'12" 西 至:111°23'46" 南 至:21°27'06" 北 至:21°41'35"	农渔业区	25604 81411	<ol style="list-style-type: none"> 1.相适宜的海域使用类型为渔业用海; 2.保障闸坡渔港、沙扒渔港、河北渔港、溪头渔港、深水网箱养殖的用海需求; 3.适当保障公务船码头、福湖岭工业用海需求; 4.严格限制在儒洞河口海域进行围填海,维护海陵湾、儒洞河口海域防洪纳潮功能,维持航道畅通; 5.保护福湖岭-河北港砂质海岸、基岩海岸; 6.合理控制儒洞河口海域、南山海等沿岸海域的养殖规模和密度; 7.优先保障军事用海需求,严禁在军事区周边进行围填海及设置渔网渔栅。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.保护儒洞河口海域、溪头渔港附近海域的红树林,保护河口海域生态环境; 2.严格控制养殖污染和水体富营养化; 3.加强渔港环境污染治理,生产废水、生活污水须达标排海; 4.执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。

序号	代码	功能区名称	地理范围 (东经、北纬)	功能区类型	面积(公顷) 岸段长度 (米)	管理要求	
						海域使用管理	海洋环境保护
160	B1-1	湛江-珠海近岸农渔业区	东 至:113°30'50" 西 至:109°24'40" 南 至:20°07'01" 北 至:22°03'37"	农渔业区	3053896	<ol style="list-style-type: none"> 1. 相适宜的海域使用类型为渔业用海; 2. 禁止炸岛等破坏性活动; 3. 40 米等深线向岸一侧实行凭证捕捞制度, 维持渔业生产秩序; 4. 经过严格论证, 保障交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线、保护区等用海需求; 5. 优先保障军事用海需求。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道; 2. 执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。

表 4.7-3 本项目与广东省海洋功能区划符合性分析一览表

功能区	管理要求		符合性分析	符合性
博贺-爵山港口航运区	海域使用管理要求	<ol style="list-style-type: none"> 1.相适宜的海域使用类型为交通运输用海； 2.保障电城城镇建设、莲头岭旅游娱乐、单点系泊管道、防灾减灾体系建设用海需求； 3.维护博贺湾防洪纳潮功能，维持航道畅通； 4.大竹洲基本功能未利用前，保障深水网箱等农渔业功能； 5.围填海须严格论证，优化围填海平面布局，节约集约利用海域资源； 6.优先保障军事用海需求。 	<p>本项目为海底电缆工程，电缆埋设施工过程中不涉及围填海、不炸礁，建成后电缆将埋设于海床底土之下一定深度内，不会在水体中形成任何构筑物，不改变海域自然属性，不会影响博贺湾防洪纳潮功能和航道畅通；本项目海缆直径小，路由距离短，施工期相对较短，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，但影响的范围和时间有限，短时间内可以恢复至原有水平。本项目符合本区管理要求。</p>	符合
	海域环境保护要求	<ol style="list-style-type: none"> 1.加强港区环境污染治理，生产废水、生活污水须达标排海； 2.执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准。 		
爵山工业与城镇用海区	海域使用管理要求	<ol style="list-style-type: none"> 1. 相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海； 2. 保障港口航运的用海需求； 3. 在基本功能未利用前，保留鸡打港围海养殖及湾外浅海贝类增养殖等渔业用海； 4. 围填海须严格论证，优化围填海平面布局，节约集约利用海域资源； 5. 工程建设期间采取有效措施降低对养殖区及礁盘生态系统的影响； 6. 加强对围填海的动态监测和监管。 	<p>本项目为海底电缆工程，电缆埋设施工过程中不涉及围填海、不炸礁，建成后电缆将埋设于海床底土之下一定深度内，不会在水体中形成任何构筑物，不会影响电城城镇建设、单点系泊管道、防灾减灾体系建设用海需求；项目施工期相对较短，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，但影响的范围和时间有限，短时间内可以恢复至原有水平。</p>	符合
	海域环境保护要求	<ol style="list-style-type: none"> 1. 基本功能未利用前，执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准； 2. 工程建设期间及建设完成后，执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准。 		

功能区	管理要求		符合性分析	符合性
电白-江城农渔业区	海域使用管理要求	<ol style="list-style-type: none"> 1. 相适宜的海域使用类型为渔业用海； 2. 保障闸坡渔港、沙扒渔港、河北渔港、溪头渔港、深水网箱养殖的用海需求； 3. 适当保障公务船码头、福湖岭工业用海需求； 4. 严格限制在儒洞河口海域进行围填海，维护海陵湾、儒洞河口海域防洪纳潮功能，维持航道畅通； 5. 保护福湖岭-河北港砂质海岸、基岩海岸； 6. 合理控制儒洞河口海域、南山海等沿岸海域的养殖规模和密度； 7. 优先保障军事用海需求，严禁在军事区周边进行围填海及设置渔网渔栅。 	<p>本项目为海底电缆工程，电缆埋设施工过程中不涉及围填海、不炸礁，建成后电缆将埋设于海床底土之下一定深度内，不会在水中形成任何构筑物，不改变海域自然属性；本项目海缆直径小，路由距离短，施工期相对较短，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，但影响的范围和时间有限，短时间内可以恢复至原有水平。</p>	符合
	海域环境保护要求	<ol style="list-style-type: none"> 1. 保护儒洞河口海域、溪头渔港附近海域的红树林，保护河口海域生态环境； 2. 严格控制养殖污染和水体富营养化； 3. 加强渔港环境污染治理，生产废水、生活污水须达标排海； 4. 执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。 		
南三-博贺农渔业区	海域使用管理要求	<ol style="list-style-type: none"> 1.相适宜的海域使用类型为渔业用海； 2.保障博贺渔港及放鸡岛西部海域深水网箱养殖的用海需求； 3.保护博贺湾内的生物海岸； 4.合理控制博贺湾内和博贺滩沿岸海域养殖密度，维持博贺湾出海航道、水东湾出海航道畅通； 5.优先保障军事用海需求，严禁设置有碍军事安全的渔网、渔栅等。 	<p>本项目为海底电缆工程，电缆埋设施工过程中不涉及围填海、不炸礁，建成后电缆将埋设于海床底土之下一定深度内，不会在水中形成任何构筑物，不改变海域自然属性；本项目海缆直径小，路由距离短，施工期相对较短，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，但影响的范围和时间有限，短时间内可以恢复至原有水</p>	符合
	海域环境	<ol style="list-style-type: none"> 1.保护博贺湾红树林、宴镜岭至吉兆沿岸的礁盘生态系统； 		

功能区	管理要求		符合性分析	符合性
	保护要求	2.加强博贺渔港、王村渔港的海域环境治理，生产废水、生活污水须达标排海； 3.执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。	平。	
湛江-珠海近岸农渔业区	海域使用管理要求	1. 相适宜的海域使用类型为渔业用海； 2. 禁止炸岛等破坏性活动； 3. 40 米等深线向岸一侧实行凭证捕捞制度，维持渔业生产秩序； 4. 经过严格论证，保障交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废海底管线、保护区等用海需求； 5. 优先保障军事用海需求。	本项目为海底电缆工程，电缆埋设施工过程中不涉及围填海、不炸礁，建成后电缆将埋设于海床底土之下一定深度内，不会在水体中形成任何构筑物，不改变海域自然属性；本项目海缆直径小，路由距离短，施工期相对较短，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，但影响的范围和时间有限，短时间内可以恢复至原有水平。	符合
	海域环境保护要求	1. 保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道； 2. 执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。		

4.7.3 茂名市海洋功能区划

茂名市海洋功能区划在功能区划分、功能区管理要求和目标等与广东省海洋功能区划相一致。根据《茂名市海洋功能区划（2015—2020年）》，路由方案位于“莲头山-爵山海域”。该海域西起莲头岭，向东至鸡打港出海口西侧海域。该海域是茂名城市发展东组团的重要组成部分，是茂名打造世界级石化基地和建设深水港区的主要区域。“莲头山-爵山海域”主要功能区为港口、工业与城镇建设。该海域开发利用与保护策略为：重点保证港口航运用海，以博贺新港区和临港产业区建设为核心，打造以石化、电力、先进装备制造、港口物流为主的临港产业，构建具有竞争力和区域特色的产业集聚区。推进博贺新港区港口项目用海集约利用，优化用海平面布局；加强海域使用动态监视监测和风险防范，维护港区及周边海域的水动力、冲淤环境以及区域海洋生态环境安全。保护爵山砂质岸线及沿海防护林。优先保障莲头岭军事用海，适当保障旅游娱乐用海需求。

根据《茂名市海洋功能区划（2015—2020年）》，本项目穿越了爵山港口区，邻近莲头岭港口区、爵山工业与城镇用海区及儒洞河口增殖区。爵山港口区其海域管理要求包括用途管制、用海方式控制和整治修复。用途管制要求为：1.相适宜的海域使用类型为交通运输用海，适度保障工业与城镇用海需求；2.在基本功能利用前，保留旅游娱乐、渔业增养殖等用海；3.优先保障军事用海、海洋保护区用海需求。用海方式控制：1.严格限制围填海，优化围填海平面布局，尽量不用或少用自然岸线，节约集约利用海域资源；2.保护砂质海岸。整治修复：增殖渔业资源，修复海草床生态系统。海洋环境保护要求包括生态保护重点目标和环境保护，生态保护重点目标：保护海草床生态系统、海岛生态环境。环境保护：1.基本功能利用前，执行第二类海水水质标准、第一类海洋沉积物质量标准和第一类海洋生物质量标准；2.工程建设期间及建设完成后，执行第三类海水水质标准、第二类海洋沉积物质量标准和第二类海洋生物质量标准。其他管理要求：基本功能利用前，维持渔业生产秩序，控制养殖规模，相关工程用海要加强与养殖用海的矛盾协调工作。

茂名市海洋功能区登记信息见图 4.7-2。由该图可知，爵山港口区、莲头岭港口区和爵山工业与城镇用海区与《广东省海洋功能区划（2011—2020年）》中的博贺-爵山港口航运区、爵山工业与城镇用海区位置一致，因而项目对周边的海洋功能区基本

无影响，具体用海影响情况在此也不再进行重复论述。

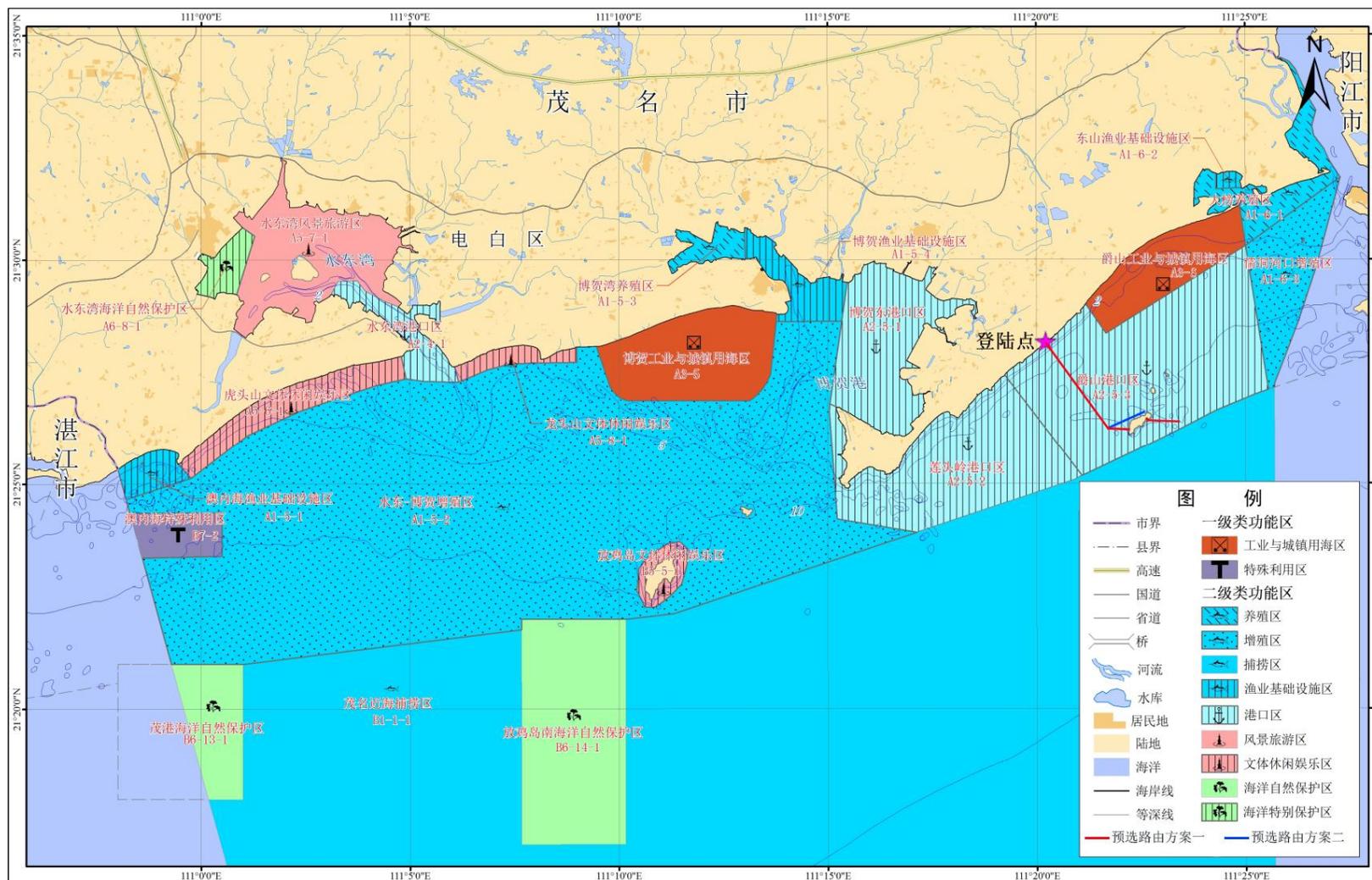


图 4.7-2 茂名市海洋功能区划示意图（2015—2020 年）

4.7.4 国土空间规划

4.7.4.1 与《广东省国土空间规划（2021—2035年）》的符合性

《广东省国土空间规划（2021-2035年）》提出：“以生态保护红线围合的空间为核心，整体保护和合理利用森林、湿地、河流、湖泊、滩涂、岸线、海洋、荒地等自然生态空间，全面改善自然生态系统质量，全力增强生态产品供给功能”。

《广东省国土空间规划（2021-2035年）》要求，加强海岛保护与利用。加强海岛分类管控。对1906个无居民海岛实施清单式管理，将无居民海岛分类纳入生态保护区、生态控制区和海洋发展区，对可开发利用无居民海岛按农林牧渔用岛、工矿通信用岛、交通运输用岛、游憩用岛、特殊用岛、其他海岛等功能类型实施差别化管控要求和保护措施。对领海基点所在海岛、国防用途海岛、海洋自然保护地内的海岛等具有特殊用途或特殊保护价值的海岛，实行特别保护，提高维护国家海洋权益和区域生态安全的能力。

《广东省国土空间规划（2021-2035年）》强调，探索海岛开发新模式。多渠道、多模式推进无居民海岛开发利用，率先推进以三角岛为代表的“公益+旅游”用岛、以放鸡岛为代表的旅游用岛、以牛头岛为代表的“工业仓储+城乡建设服务”用岛、以大竹洲为代表的防灾减灾建设用岛。

无居民海岛大竹洲，距大陆约5公里，处于四面环海，高温、高湿、高盐雾的海洋代表性环境中。我国是典型的季风气候区，而大竹洲正处于夏季风爆发后，水汽由印度洋经南海输送到我国大陆的通道上，同时也是台风、海雾、风暴潮等海洋灾害性天气的高发区。在此建设一座海洋气象观测基地，可助力海洋气象灾害监测预报工作，为我国海洋气象科学发展提供平台和技术支撑。按照规划设计，大竹洲将打造为中国首个“气象岛”，建设国家级野外科学观测研究站，打造国际一流的野外试验基地、科学研究平台和国际合作前沿。

本项目电缆的敷设属于博贺国家综合气象观测试验基地（大竹洲）的通讯和供电配套基础设施，可为基地生产生活提供稳定、安全、经济的长期供电和通信保障，筑牢气象业务工作的安全生产防线。因此本项目符合《广东省国土空间规划（2021-2035年）》关于推进以大竹洲为代表的防灾减灾建设用岛的规划目标。

4.7.4.2 与《电白区国土空间总体规划（2020—2035年）》（公示版）的符合性

作为茂名市人口大区、南海之滨的电白区于2020年启动《电白区国土空间总体

规划（2020-2035年）》编制工作。《规划》为落实“一核一带一区”区域发展格局，支撑广东省打造“一核两极多支点、一链两屏多廊道”的国土空间开发保护总体格局，全力建设“世界港口·石化基地”，全面加快沿海产业发展轴建设，将电白建设成为沿海经济带上的高质量发展示范区、湛茂都市圈的海洋经济发展高地、茂名市经济圈主要核心区、宜居宜业宜游的山海好心之城。

《电白区国土空间总体规划（2020—2035年）》（公示版）（以下简称《规划》）提出，按照生态、农业与城镇生活的顺序要求，将电白全区空间分为六类，并制定相关管控规则。其中，第一类为生态保护区，是具有特殊重要生态功能或生态敏感脆弱、必须强制性严格保护的陆地和海洋自然区域，包括陆域生态保护红线、海洋生态保护红线集中划定的区域；第二类是生态控制区，是生态保护红线外，需要予以保留原貌、强化生态保育和生态建设、限制开发建设的陆地和海洋自然区域。

在生态保护红线的划定和管控方面：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，其他区域严格禁止开发性、生产性建设活动；生态保护红线内、自然保护地核心保护区外，在符合现行法律法规的前提下，除国家重大项目外，仅允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动，严禁开展与其主导功能定位不相符合的开发利用活动。禁止新增围填海；生态保护红线一经划定，未经批准，不得擅自调整，但因自然保护地发生调整的，生态保护红线相应调整。

在自然资源保护和利用方面：强化湿地保护管理，抑制天然湿地下降趋势，修复现有红树林，实现湿地生态系统良性循环。巩固海洋生态屏障，严格保护海域和海岛生态系统，限制各类开发建设，巩固蓝色碳汇；规范渔业渔港用海，形成集现代化渔业生产、水产品加工等为特色的渔港经济区；保障交通运输用海，打造区域性综合深水大港、推进港口航道工程建设，提升通航能力；划定海洋预留，保障重大战略项目用海用岛需求。加强海岸线保护与利用，对严格保护岸线，按照生态保护红线管理，确保生态功能不降低、长度不减少、性质不改变，禁止在严格护岸线范围内开展任何损害海岸地形地貌和生态环境的活动；对限制开发岸线，以保护和修复生态环境为主，不再安排围填海等改变海域自然属性的用海工程，在不损害生态系统功能的前提下，因地制宜，适度发展旅游、休闲渔业等产业；对优化利用岸线，设置海岸线利用的生态门槛和产业准入门槛，秉承节约和集约的原则，推动海域资源利用方式向绿色化、生态化转变。

在推动海岛分类保护与利用方面：大竹洲属于无居民海岛中的利用类海岛，可开展适度的人为活动，保留海洋气象观测、信号塔等公共服务设施，深入挖掘滨海旅游资源价值，打造高端休闲旅游度假海岛，制定水体监测周期，保持水体的清洁。

本项目海缆建设不涉及围填海、采挖海砂等活动，登陆段拟采用定向钻施工工艺，工程施工完成后，登陆电缆位于沙滩面以下，岸线表面恢复原状，不会破坏此处自然岸线的自然景观和自然属性。海缆埋设过程中产生的悬浮泥沙等对区域生态环境产生的影响会随着施工结束而消失，同时路由近似垂直穿越生态保护红线和海岸防护区，将会对红线产生的影响降至最小，海缆在正常运营期间埋设于海床之下，不会影响生态保护红线和海岸防护区的生态功能。海缆建设海域附近无红树林等湿地生态系统，离生态保育区和自然保护地均有 10km 以上的距离，登陆段也不在永久农田和耕地保有量范围内。本项目海缆属于博贺国家综合气象观测试验基地（大竹洲）的通讯和供电配套基础设施，符合海岛分类利用指引。电缆登岛后，陆缆沿岛上已规划的道路进行敷设，不额外增加用岛面积和占用岛上资源，不影响海岛的生态功能。因此，本项目的建设与《电白区国土空间总体规划（2020—2035 年）》（公示版）是相符合的。

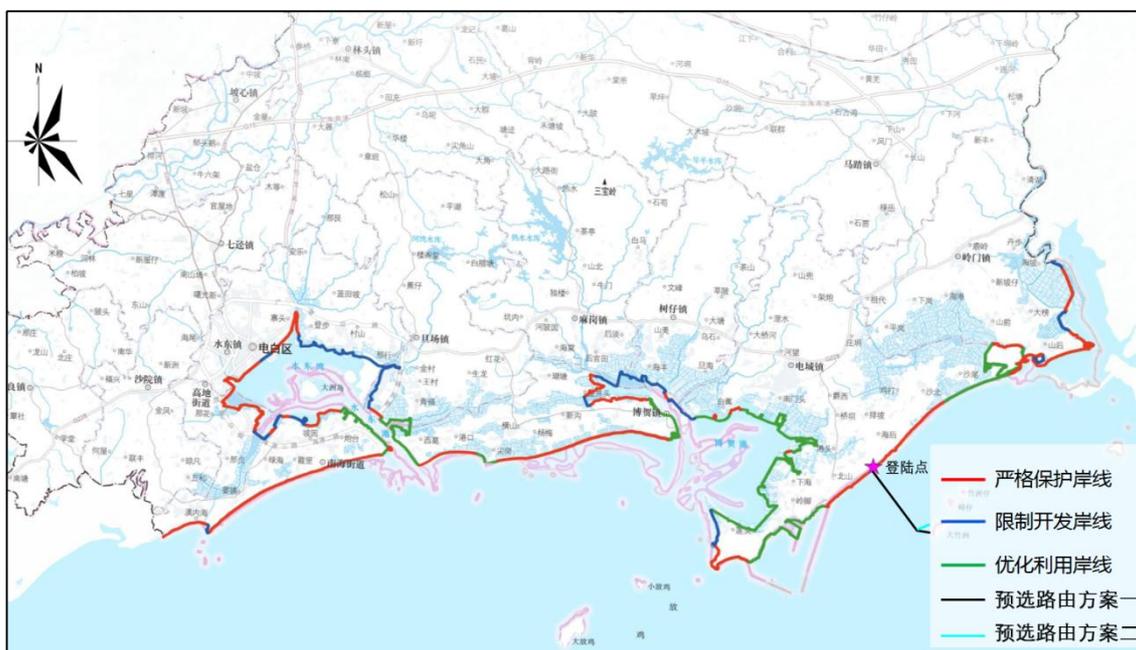


图 4.7-3 电白区岸线利用与保护分类

4.7.5 “三区三线”生态保护红线

为贯彻落实《中共中央国务院关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》、《中共中央办公厅国务院办公厅关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系

的指导意见》、《中共中央办公厅国务院办公厅关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见》，加强生态保护红线管理，严守自然生态安全边界，依据相关法律法规，2022年8月自然资源部、生态环境部、国家林业和草原局联合发布《关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（以下简称《通知》），加强人为活动管控，规范占用生态保护红线用地用海用岛审批，严格生态保护红线监管。

生态保护红线是国土空间规划中的重要管控边界，生态保护红线内自然保护区核心区外，禁止开发性、生产性建设活动，在符合法律法规的前提下，仅允许10种对生态功能不造成破坏的有限人为活动。由前文论述可知，本项目的建设符合《广东省国土空间规划（2021-2035年）》相符合，故本项目属于10种有限人类活动中的第6种，即“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”。因此，本项目在涉及用海审批时，需附省级人民政府出具符合生态保护红线内允许有限人为活动的认定意见。

2022年10月14日，自然资源部办公厅发布《自然资源部办公厅关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函〔2022〕2207号），说明从即日起以“三区三线”划定成果作为建设项目用地用海组卷报批的依据。“三区三线”是根据城镇空间、农业空间、生态空间三种类型的空间，分别对应划定的城镇开发边界、永久基本农田保护红线、生态保护红线三条控制线。

根据前文分析，本项目为海底电缆项目，项目建设具有必要性，项目西侧约1.8km处存在一近平行的原油管道。项目预选路由区周边海域划定的“三区三线”分布情况见图4.7-4、图4.7-5和表4.7-4。由图4.7-5可知，本项目主要涉及海洋生态保护红线，不涉及城镇开发边界和永久基本农田保护线，海底管线大陆登陆段穿越“三区三线”中的“粤西沿海丘陵台地水土保持生态保护红线”和“前岚坡-鸡大港海岸防护物理防护极重要区”是避无可避的。

由于本项目用海方式为海底电缆管道，大陆登陆采用定向钻穿越施工方式，其中定向钻入土点为新建的集控点P0（临近原水泥杆），位于“粤西沿海丘陵台地水土保持生态保护红线”北侧边界线上，拐点P2（定向钻出土点）位于“前岚坡-鸡大港海岸防护物理防护极重要区”外南侧约60m，因而项目路由穿越了水土保持生态保护红线和海岸防护物理防护极重要区，穿越长度约238m，不会破坏和占用现状砂质岸线，

不影响岸线长度和岸滩原有形态和生态功能。但由于入土点位于物理防护区边界线上，建议施工前与相关管理部门进行沟通协调。



图 4.7-4 大竹洲岛附近海域“三区三线”示意图

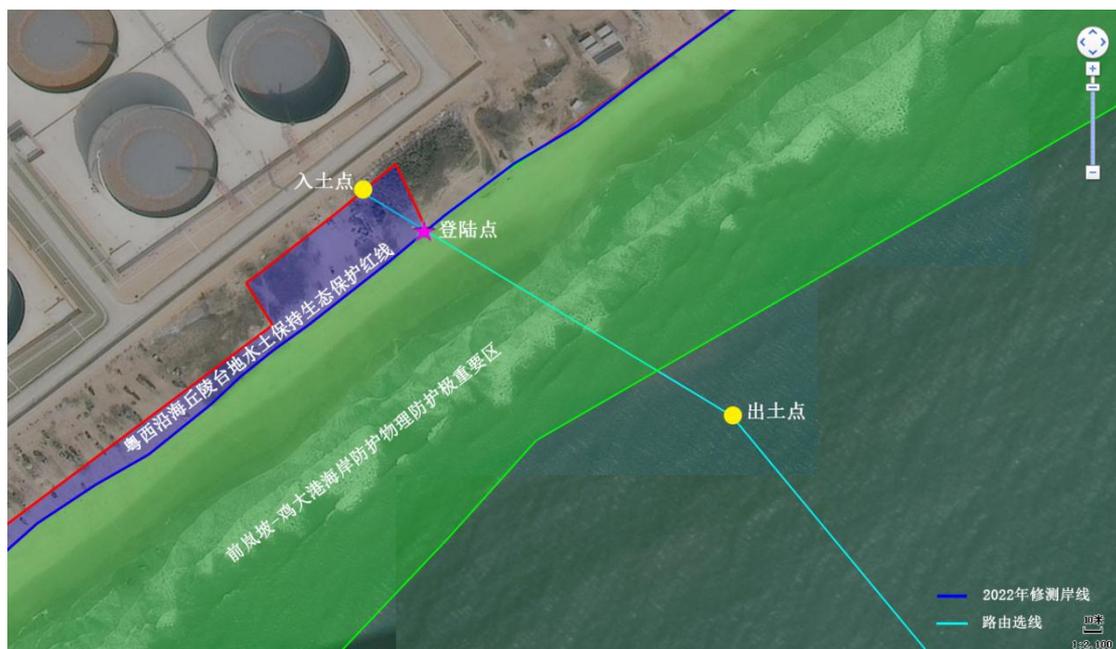


图 4.7-5 路由登陆段关键点示意图

表 4.7-4 预选路由与所在海域生态保护红线区位置关系

序号	生态保护红线区	红线类型	管控措施	与本项目位置关系	是否避无可避
1	粤西沿海丘陵台地水土保持生态保护红线	水土保持	暂无	穿越	是
2	前岚坡-鸡大港海岸防护物理防护极重要区	海岸防护物理防护极重要区	暂无	穿越	是

4.7.6 大竹洲海岛开发利用管控

根据《茂名市大竹洲保护和利用规划（2020—2029 年）》，将大竹洲岛岸线划分为严格保护岸线和限制开发岸线两部分。严格保护岸线指自然形态保持完好，生态功能与资源价值显著的生物岸线、原生砂质岸线和典型地质遗迹岸线。根据大竹洲岸线现状，《规划》划定的严格保护岸线由两部分组成，分别有位于大竹洲北侧沿岸的原生砂质岸线两段共 77 米，以及西北至西南侧沿岸除上述砂质岸线外的两段基岩岸线共 3070 米。以上两部分岸线构成大竹洲严格保护岸线总长度为 3147 米，占整岛岸线的 95.5%，见图 4.7-6。

严格保护岸线主要功能是保护海岛原有自然岸线形态及其生态环境，维持近岸海岛海域生态系统的稳定性，维持该部分岸线的岸线长度和形态，禁止在该部分岸段进行炸石、爆破等活动，禁止构建永久性建筑物、围填海、开采海砂、设置排污口等损坏海岸地形地貌和生态环境的活动。从而达到对海岛岸线生态环境维持和保护的目的。

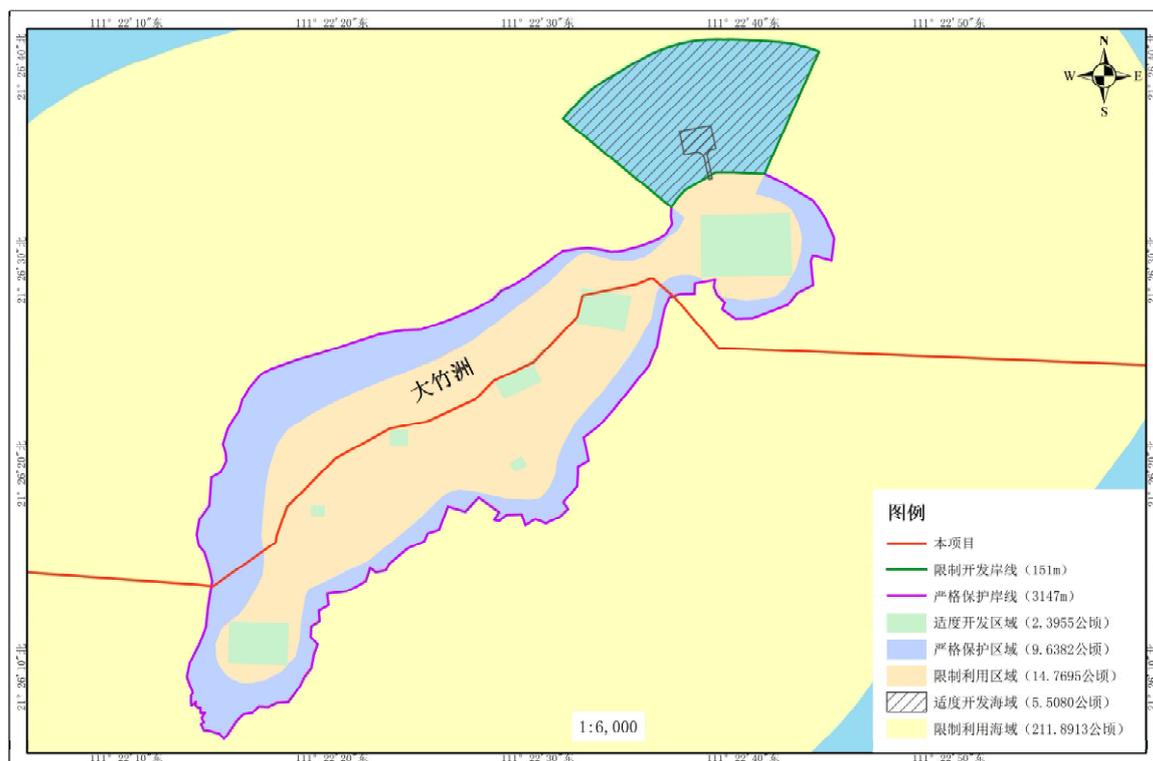


图 4.7-6 大竹洲保护和利用空间总体布局图

根据《茂名市大竹洲保护和利用规划（2020—2029年）》中保护和利用要求，大竹洲的岛岸线是珍贵的自然资源，要严格做好自然岸线的保护，禁止改变性、破坏性利用。包括砂质岸线、基岩岸线在内的海岛原有自然岸线原则上 100% 维持当前现状属性，不得加以破坏。海岛建筑物及设施除必须占用岸线的码头设施外，应与岛岸线保持适当距离，按照《无居民海岛保护和利用指导意见》中“在海岛上建造建筑物和设施应与海岸线保持适当距离，一般应保持在 20 米以上。其中对砂质海岸线，建筑物和设施应与海岸线保持 50 米以上距离”的要求，结合大竹洲功能定位及基岩岸滩为主的自然环境特点，确定除码头外的构筑物 and 设施与岸线距离原则上应保持在 20 米以上，对砂质海岸线，建筑物和设施应与砂质海岸线保持 50 米以上。在开发活动中应同时注意做好岸坡、岸线的统筹保护和利用。

本项目路由的上岛点和方案一的下岛点均位于大竹洲的基岩岸线上，将不可避免地穿越《茂名市大竹洲保护和利用规划（2020—2029年）》中的严格保护岸线。上下岛段的路由敷设施工将优先选择合适的天然基岩沟槽，无天然沟槽时采用不挖沟的海缆贴岸敷设方式，不进行炸石、爆破等活动，也不构建永久性建筑物，对基岩破坏非常小，基本不改变自然岸线原有的自然属性，也不影响原有的海岸地形地貌和海岸生

态功能。项目路由上下岛所涉及的海域使用、海岛岸线占用及海岛陆缆敷设所涉及的海岛使用问题，正在办理海岛开发利用变更，并将电缆敷设所涉及的新增海岛使用范围统一纳入变更。

按照相关技术要求，结合大竹洲岛陆地地形地貌、植被分布、现有设施分布等情况，《规划》确定大竹洲岛陆划分为严格保护区、适度开发区和限制利用区等3个功能区域。海缆登岛段和下岛段涉及严格保护区，上岛后主要涉及限制利用区。

严格保护区是根据大竹洲岛陆地地形地貌、植被分布，岸线类型等情况，为保护大竹洲自然岸线和天然植被，《规划》划定大竹洲周边坡度大于25度的山体、天然植被、严格保护岸线段附近一定距离而划定的区域。严格保护区同时作为单岛保护区，区内禁止进行任何方式的开发利用活动。限制利用区一般指淡水水源区域、防护林区域、岩溶发育区域，以及助航导航、基础测绘、气象观测等公益设施独立占岛区域、其他为维护生态安全与公益设施安全需要进行特殊控制的区域。《规划》确定限制利用区内除必要的气象、测绘、海事等公共服务设施外，不得开展其他开发利用活动。区内除必要的生态环境保护、公共服务设施、工作通道、水电管线建设外，禁止开展任何其他开发建设活动。如确需建设必要的公共服务设施、工作便道、管线布设等，所进行的工程建设必须确保不改变自然岸线属性。

本项目海底电缆以不开挖方式贴岸敷设的方式登岛和下岛，在上岛后陆缆沿岛内已规划的道路进行敷设，与道路其他水电管线并入一起，因此穿越海岛时不额外增加用岛面积和占用岛上资源，不影响海岛的生态功能。登岛和下岛段下半段为裸露基岩，下半段主要为低矮草丛，电缆直径小，不开挖贴岸敷设的方式对植被影响非常小。

4.7.7 相关规划

4.7.7.1 与《产业结构调整指导目录（2024年本）》的符合性

本项目为海底电缆建设项目，根据《产业结构调整指导目录（2024年本）》，本项目不属于其中的鼓励类、限制类和淘汰类，属于符合国家有关法律、法规和政策规定的允许类，因此项目建设符合当前国家产业政策。

4.7.7.2 与《海洋气象发展规划（2016—2025年）》的符合性

根据《国家发展改革委中国气象局国家海洋局关于印发〈海洋气象发展规划（2016—2025年）〉的通知》（发改农经〔2016〕21号）“加强与气象、海洋事业发展等相关规划的有效衔接，细化完善海洋气象共建共享机制，按照统一标准、一站多

能、共同选址、各自承建、独立管理、协作运维的模式建设气象、海洋观测站点，增强海洋气象预报预警能力，提升海洋气象服务水平”。

在《海洋气象发展规划（2016—2025年）》的南海海域布局中，根据“四沙一岛一海湾”的地理特征形成6个观测区，重点在东沙、西沙、中沙、南沙海域建设海基气象观测站点，保障国防、航天、交通运输、海洋工程和海上能源开发等气象服务需求。在广州建设海上搜救气象服务系统，对广东茂名海洋气象信息发布站进行升级完善。

2016年4月，中国气象局于新文副局长调研茂名博贺海洋气象科学试验基地，提出要从国家战略的高度完成国家海洋气候观象台的规划设计、建设运行和保障等的工作任务；要结合业务技术体制改革，不拘泥现有的运行模式和机制，构建观象台新型管理体制。作为中国八大国家气候观象台之一，电白国家气候观象台定位为海洋气象观测，茂名博贺国家综合海洋气象观测试验基地纳入了电白国家气候观象台建设方案，而博贺国家综合气象观测试验基地（大竹洲）工程即是茂名博贺国家综合海洋气象观测试验基地的一部分。《广东“平安海洋”气象保障工程项目立项方案（粤政数函〔2020〕1062号）》指出：建设中国海洋气象观测实验基地大竹洲岛项目，是符合《气象设施和气象探测环境保护条例》（国务院令第623号）、《气象探测环境保护规范地面气象观测站》（GB 31221-2014）和《气象探测环境保护规范天气雷达站》（GB 31223-2014）的要求，最大限度解决探测环境保护与城市发展的的问题。目前，我国尚未有具有较好代表性的海洋气象气候观测基准站，中国海洋气象观测实验基地大竹洲岛是电白国家气候基准站组成部分，能较好的进行海洋气候基准观测。

博贺国家综合气象观测试验基地（大竹洲岛）依托电白国家气候观象台建设基础，建设大竹洲岛海洋气象气候观测，承担海洋灾害性天气和海洋灾害的实时监测和预警任务，为台风、海雾、海上强对流和海上大风等海洋灾害性天气，以及风暴潮、巨浪和咸潮等海洋灾害的预警、应对海上突发事件提供实时数据支持，有助于进一步深化对全球气候变化的认识，提高应对气候变化的能力，为国家气候观测网建设提供技术储备和试验基础。

本项目海底电缆作为博贺国家综合气象观测试验基地（大竹洲）的通讯和供电配套基础设施，可保障海洋综合气象观测、各类海洋气象仪器设备考核、科学试验等各类业务工作的正常开展，为基地生产生活提供稳定、安全、经济的长期供电和通信保

障，筑牢气象业务工作的安全生产防线。因此，本项目的建设符合《海洋气象发展规划（2016~2025年）》是相符合的。

4.7.7.3 与《广东省海洋经济发展“十四五”规划》的符合性

根据《广东省海洋经济发展“十四五”规划》，我省坚持生态优先、绿色发展、陆海统筹、区域协调、创新驱动、科技引领、开放融通、合作共赢的基本原则，贯彻落实国家区域发展战略，强化“一核一带一区”区域发展格局空间响应，推动陆海一体化发展，加快形成“一核、两极、三带、四区”的海洋经济发展空间布局。

《广东省海洋经济发展“十四五”规划》提出：“开展海洋能精细化调查与评估。支持海洋潮汐能、潮流能、波浪能、温差能、盐差能、海水制氢等海洋可再生能源示范利用，孵化海洋能开发、装备制造及测试服务企业”“构建高水平多层次海洋实验室体系。争取在海洋科学领域新建国家重点实验室，继续推进热带海洋环境国家重点实验室建设，培育建设企业类国家重点实验室及省部共建国家重点实验室”。

茂名位于中国南海之滨，广东省西南部，地处粤港澳大湾区、北部湾城市群和海南自贸港三大国家战略交汇处，是广东沿海经济带上的重要节点城市。推动茂名海洋经济高质量发展，着力构建现代海洋产业体系，提升海洋科技创新能力，增强海洋经济综合实力，是持续推动茂名国民经济平稳较快发展的重要举措，有利于支撑形成全省“一核一带一区”区域发展格局，促进区域协调发展；有利于打造沿海经济带上的新增长极，助推广东海洋强省建设；有利于对接国家、省重大战略发展，加快融入以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局。

为博贺国家综合气象观测试验基地（大竹洲）通信通电，是推进建设大竹洲岛建设的必要工程，有助于进一步深化对全球气候变化的认识，提高应对气候变化的能力，为国家海洋气象业务能力建设提供技术储备和试验基础，提高气象服务保障海洋强国的水平。因此，本项目的建设符合《广东省海洋经济发展“十四五”规划》。

4.7.7.4 与《茂名市海洋经济发展“十四五”规划》

《茂名市海洋经济发展“十四五”规划》依据国家海洋经济发展战略部署、《广东省海洋经济发展“十四五”规划》《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》《茂名市国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》编制，用于全面指导今后五年全市的海洋经济发展。规划范围包括茂名市人民政府管理海域及海洋经济发展所依托的相关陆域。规划期为2021年至2025年，展望到2035年。

《茂名市海洋经济发展“十四五”规划》在提升海洋公共服务能力方面提出了加强海洋观测预报。推动海洋观测科普基地建设，配合省自然资源厅布局覆盖全市的海洋观测与预警网络，开展海洋环境要素监测，实时监控和发布海洋环境监测情况。推进茂名博贺海洋气象科学试验基地设施建设，增加各类自然灾害监测站网密度。健全海上搜救体系，强化与省、各市海上搜救中心的区域协作，更新海上搜救和执法装备，推进水上搜救志愿者建设，提升专业海上搜救力量。重点开展水东港区、博贺港区等航道海事监管，加大非法养殖、捕捞碍航行为执法力度。

本项目作为茂名博贺海洋气象科学试验基地设施建设的一部分，有助于提升海洋公共服务能力，因此与《茂名市海洋经济发展“十四五”规划》相符合。

4.7.7.5 与《茂名市城市总体规划（2011—2035年）》的符合性

《茂名市城市总体规划（2011—2035年）》是茂名市城市发展、建设和管理的基本依据，城市规划区内的一切建设活动都必须符合《总体规划》的要求。《总体规划》将城市规划区划分为城镇空间、生态空间和农业空间，实行分区管控。其中城市规划区范围内划定生态控制线面积 159 平方公里，生态控制线一级管控区包括市级及以上自然保护区、一级水源保护区、鉴江干流、全省性重要水源林、省级及以上生态公益林区、市级及以上湿地保护区、水域岸线保护红线范围、无居民岛屿及群岛、省级及以上风景名胜区、森林公园、地质公园、湿地公园等。生态控制线实行最严格的管控措施，禁止从事与生态保护无关的开发活动，以及其他可能破坏生态环境的活动。

《总体规划》提出，要建立多种灾害因素的综合防灾减灾体系。综合协调各类承灾体的防灾建设，建设避灾场地，实现设施共用和资源共享；完善城市综合防灾与公共安全的制度建设。按照城市规划布局，设置自动气象监测站（30~50个）、闪电定位系统、风廓线仪等，以增强城市监测和防御气象灾害能力。构建城市气象灾害预警平台，增强气象灾害的预测、预警能力。建设茂名市海洋气象台（海洋气象灾害预防指挥中心）和博贺新港海洋气象观测站。

因此，本项目的建设符合《茂名市城市总体规划（2011—2035年）》的目标要求。

4.7.7.6 与《广东茂名滨海新区养殖水域滩涂规划（2022—2030年）（征求意见稿）》的符合性

茂名市是广东省的渔业大市，具有得天独厚的自然禀赋，2021年水产品总产量92.45万吨，占全省总产量的12.5%。广东茂名滨海新区是茂名市渔业生产的主要区域，

也是广东省重要的渔业生产区域之一。为巩固拓展脱贫攻坚成果同乡村振兴有效衔接提供有力支撑，最终实现渔业高质量绿色发展、水域生态环境安全，促进渔业提质增效和实现农民持续增收目标，广东茂名滨海新区管理委员会农业农村局制定了《广东茂名滨海新区养殖水域滩涂规划（2022—2030年）（征求意见稿）》。该规划有助于滨海新区构建渔业高质量发展空间格局，转变产业结构和生产方式，持续增强生态渔业综合生产能力、市场竞争能力和可持续发展能力。

根据《广东茂名滨海新区养殖水域滩涂规划（2022—2030年）（征求意见稿）》，大竹洲周边水域被划定为“大竹洲深水网箱养殖区”，总面积 1393.93 公顷，见图 4.7-7。

大竹洲深水网箱养殖区与本项目路由方案存在交越的情况。在路由方案确定过程中，茂名市气象局结合大竹洲岛地理位置、海底电缆建设区域、海域使用情况等对《广东茂名滨海新区养殖水域滩涂规划（2022—2030年）（征求意见稿）》进行了反馈，主要有如下 3 条意见：

1) 建议删除大竹洲南部深水网箱养殖规划区，并将其列为禁止养殖区。理由：该区域有一条海底电缆，养殖、抛锚等行为极其不安全。

2) 建议大竹洲北部深水网箱养殖规划区和大竹洲岸线之间保持间隔要大于 500 米。理由：根据广东茂名滨海新区管理委员会《关于茂名市大竹洲保护和利用规划（2020—2029年）的批复》（茂滨海复〔2020〕12号），大竹洲周边 500 米范围为限制利用海域。同时，目前大竹洲东北部正在修建码头，需要为船只通航预留足够空间。

3) 建议大竹洲北部深水网箱养殖规划区和海底电缆之间预留的间隔空间要大于 100 米。理由：目前大竹洲北部海域已有一条海底电缆，另外，茂名市气象局即将建设一条新的海底电缆。为确保养殖和海底设施两者安全，需要预留大于 100 米以上的安全空间。

根据目前所了解到的情况，广东茂名滨海新区管理委员会同意广东省茂名市气象局反馈的上述 3 条意见。因此，项目路由预选方案与规划的大竹洲网箱养殖区将不存在交越。

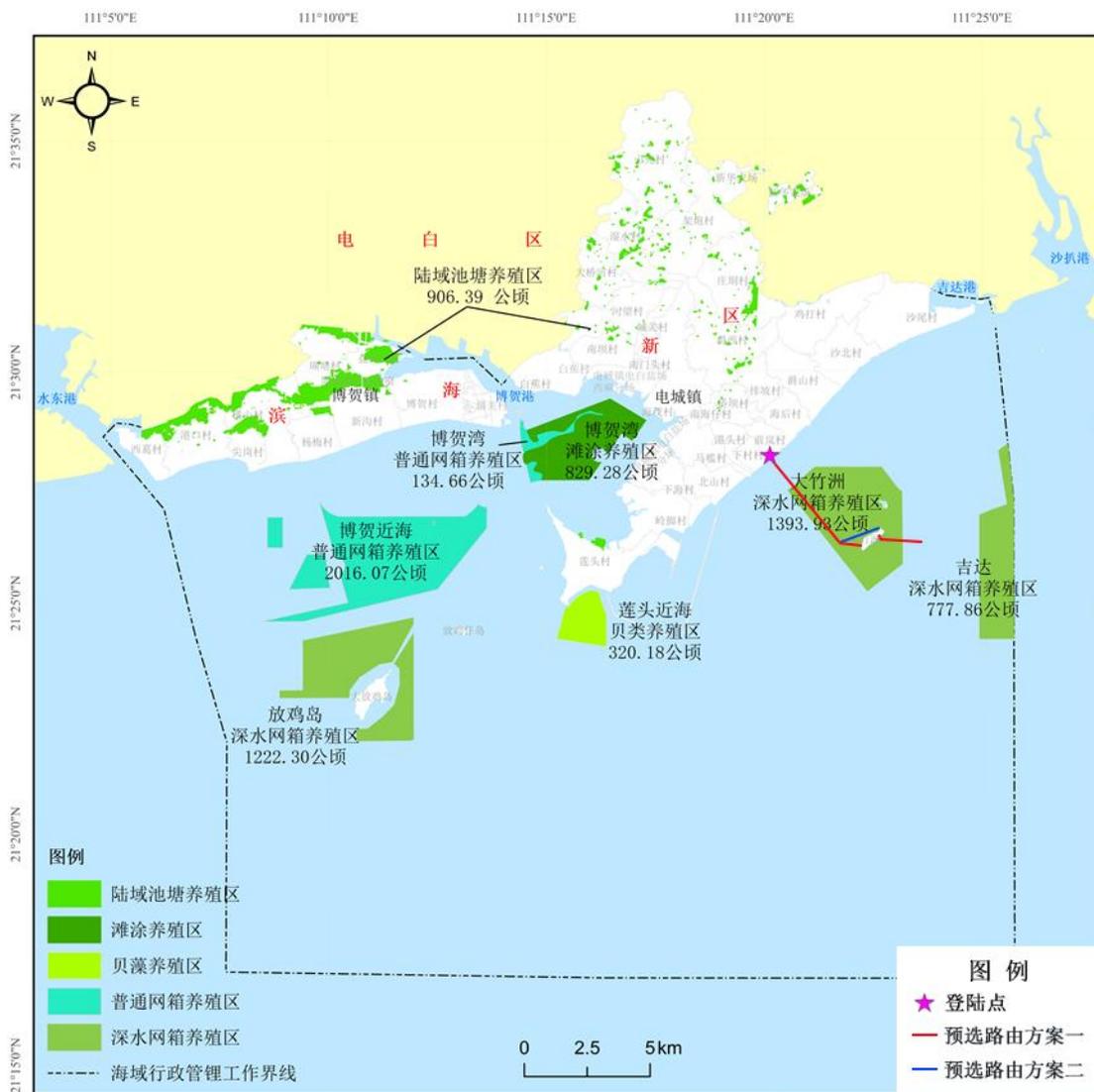


图 4.7-7 茂名滨海新区养殖水域滩涂规划养殖区

4.7.7.7 港口规划

茂名港位于我国南部沿海、广东省西部，地理位置极其优越，是广湛水陆交通线的中心点，东接珠三角，西临北部湾，南濒南海，面向东南亚，北靠广阔的大西南、中南地区，是粤西地区的中心枢纽。1919年，孙中山先生在《建国方略》中，将茂名港规划为九大商港之一，并称这里“以容巨船”。茂名港是得天独厚的深水良港，天然水深-15米，岸线达220公里，建港岸线60.2公里。其陆路至广州380公里，湛江100公里，是广湛水陆交通线的中心点。

茂名港是国家一类对外开放口岸，是广东省区域性重要港口，地区综合运输体系的重要枢纽，国家沿海港口布局规划的珠三角地区港口群中进口石油、天然气接卸中转储运系统的主要港口，交通部规划的全国沿海港口大型货主码头，是国家四大进口

原油接卸港之一。根据《茂名港总体规划（2017—2035年）》，茂名港以水东港区为依托，博贺新港区为重点，吉达港区为重要组成。

博贺新港区以建设现代化大型深水港区、服务腹地经济发展为目标，规划建设一批大型专业化深水码头，促进石化、能源、装备制造等临港产业的发展，将建设成为茂名港的主体港区和粤西地区重要的综合性港区。博贺新港区规划分东、西两部分，东部作业区以大型深水泊位建设为主，采用“两港池”开发格局，西部作业区以通用泊位为主，码头建设主要采用顺岸式。现规划建设万吨级生产性泊位 33 个，其中 15 万吨级煤码头泊位 2 个，并预留 10 万吨级煤码头 1 个；20 万吨级矿石码头 2 个，15 万吨级矿石码头 1 个，3 万吨级散货泊位 3 个；10 万吨级通用泊位 7 个，10 万吨级集装箱泊位 2 座，5~10 万吨级液体化工泊位 12 个，预留 30 万吨级原油泊位 1 个，LNG 码头泊位 2 个。预测 2030 年博贺新港区总吞吐量达到 12770 万吨。

吉达港区位于茂名鸡打港附近，东与阳西县沙扒港为邻，西与博贺港区相接，距茂名市区约 65km。吉达港区主要承担临港工业发展所需的成品油、化工品等原材料和产成品运输，兼顾产业园区项目建设、腹地城市生产生活所需的钢材、水泥、矿建、食品、机械设备以及集装箱等货物运输，将建设成为服务后方园区企业的专业化港区。吉达港区规划分为东、西两部分，东部作业区以 10 万吨级以下大型深水泊位建设为主；西部作业区以 2 万吨级以下泊位为主。港区最终将形成“双口门、三突堤、六港池”的总体格局。规划建设 1~10 万吨级通用杂货泊位 47 个，预留规划建设 5~10 万吨级集装箱泊位 6 个。预测 2030 年吉达港区总吞吐量达到 3000 万吨。

水东港区是现有茂名港的主体。港区以成品油、液体化工品运输为主，同时开展散杂货及集装箱运输，是具有一定规模的综合性港区。水东港区规划以发展集装箱、油品和旅游客运服务为重点，着力建设为城市生产、生活和发展提供服务，为高新技术产业开发区、河西工业城提供港口支持的综合性港区。

本项目建成后海底电缆埋设于海底，不形成构筑物，而且本项目的建设为港口、航线、海洋工程等承担气象保障服务，提高海洋气象服务覆盖范围。因此本项目与港口规划相符合。

4.8 路由区内海洋开发活动

4.8.1 水产资源开发

根据渔业资源调查结果显示，调查海域发现游泳动物种类有 82 种，包含：甲壳

类、鱼类、头足类；海域渔业资源平均个体密度和平均重量密度分别为 38102.95ind./km^2 和 320.111kg/km^2 ，资源密度水平高，其中甲壳类是最主要类群，其次是鱼类；从种类组成特征来看，优势种有 9 个，口虾蛄资源最为丰富，其次是日本蟳。

同时根据广东茂名滨海新区管理委员会 2019 年印发的《茂名滨海新区养殖水域滩涂规划（2018—2030）》，本项目路由海域均在禁养区内，如图 4.8-1 所示。图 4.8-2 的养殖海域现状分布图也显示项目路由海域中无海水养殖区。

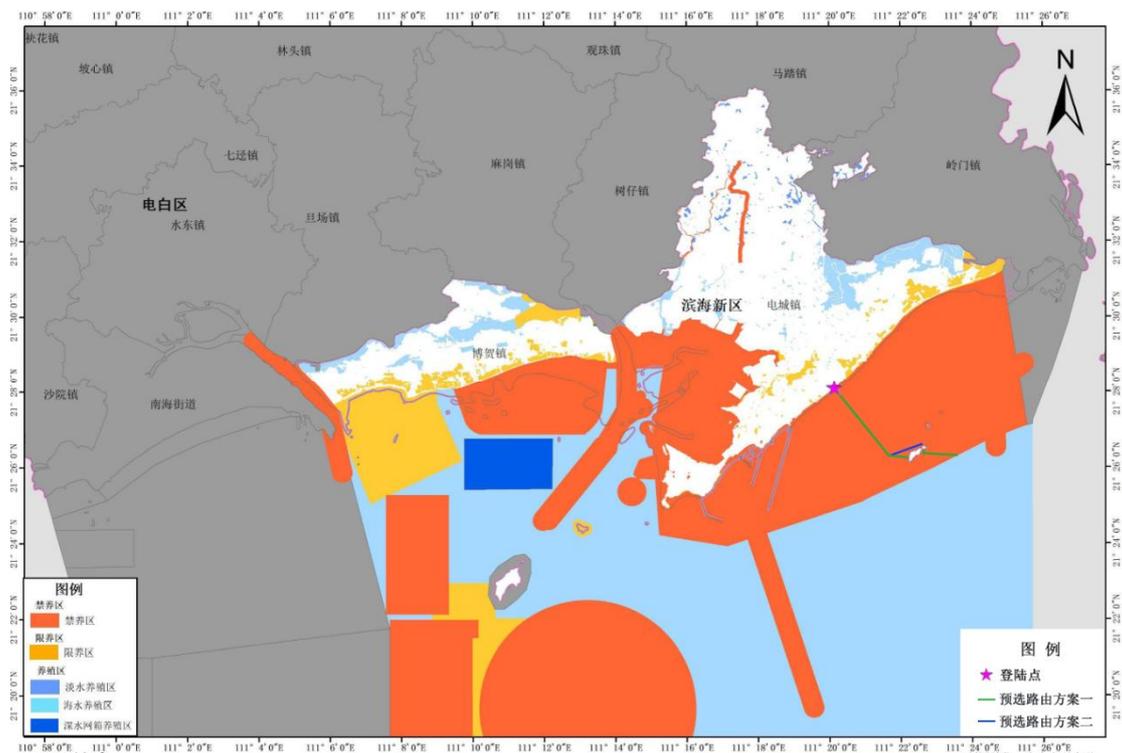


图 4.8-1 路由周边养殖水域规划图

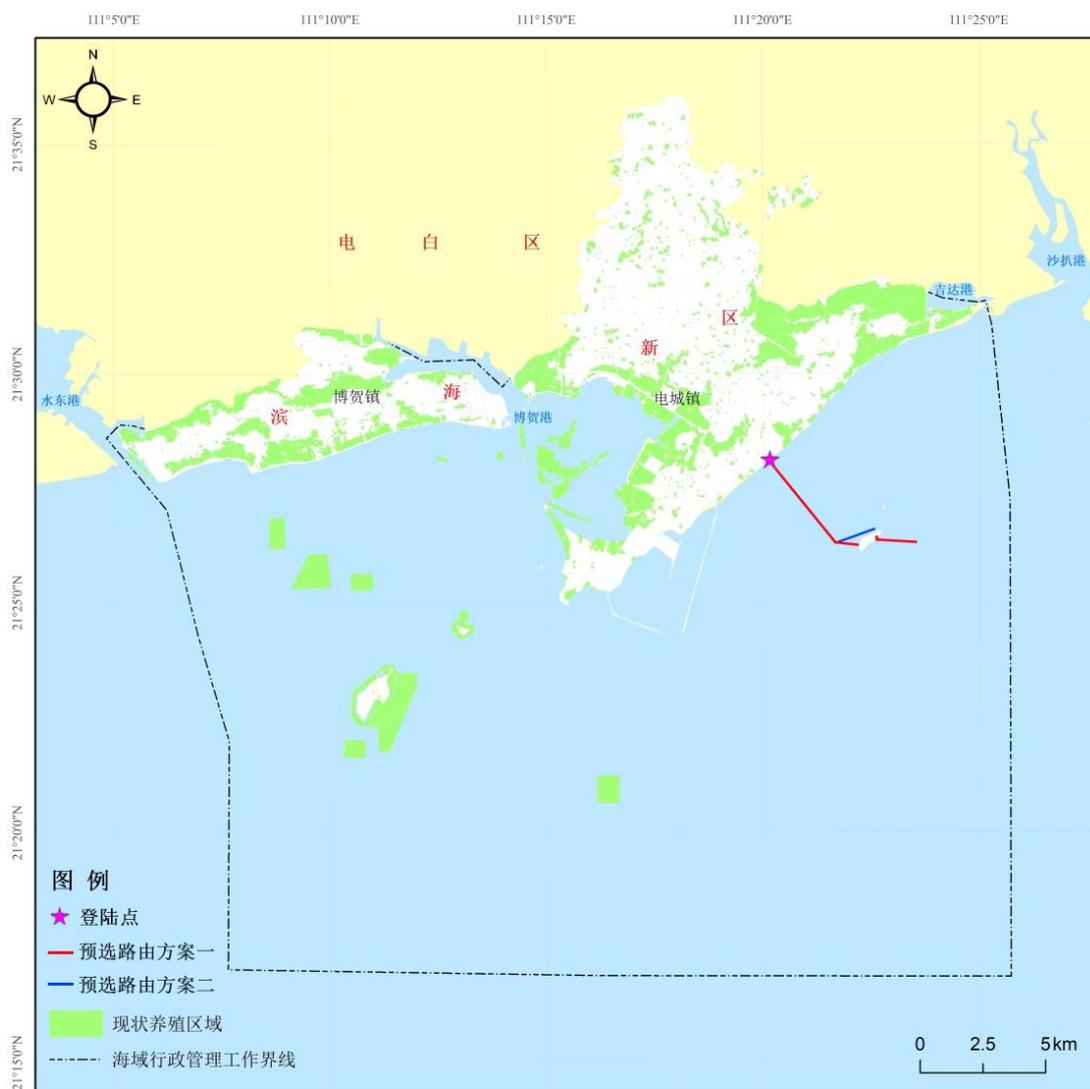


图 4.8-2 路由及周边养殖区现状分布图

根据现场踏勘和走访所了解的情况，登陆点附近沙滩上停放着几十艘渔船，见图 4.8-3。据了解，前岚村外侧海域经常有 20t~100t 的小型渔船进出作业及抛锚。特别是在夜间，大竹洲岛南侧海域常有非法的围网捕捞活动。路由所在海区的捕捞活动可能给本项目的施工带来一些不便，建议施工前与相关管理部门或当地渔民进行必要的沟通和协调。



图 4.8-3 下村沿岸沙滩停放的小型渔船

4.8.2 港口资源开发

茂名市南部临海，拥有得天独厚的丰富的深水港口资源优势。茂名港介于湛江港、广州港两大港口之间，东距广州港黄埔港区 246 海里、维多利亚港 210 海里，西距湛江港 69 海里。茂名港水域沿海岸线西起晏镜岭，东至东山，向海方向南至 15 公里左右，含大放鸡、小放鸡岛，面积约 2086 平方公里。目前，茂名港共建有水东港区、博贺港区（博贺渔港）、博贺新港区（北山岭港区）、吉达港区 4 个港区，港区分布如图 4.8-4。海底电缆项目属博贺新港区范围，博贺港区位于西侧博贺湾内，中间有莲头岭相隔。

品等储罐共 40m³，并有三条长 38km 的成品油管线连接码头与后方石化企业。目前水东港区泊位年设计通过能力 490 万吨。

（2）博贺港区

博贺港区是本地区的传统渔业港区，也是重要的避风港，为了保证港口发展与渔业发展的协调一致，近期仍以渔业作业为主，定位于粤西地区最大、最重要的渔业基地。现有 2 个 5000 吨级简易泊位，主要服务于渔业生产。

博贺渔港为广东省三大渔港之一，是茂名市海洋捕捞业的重要基地，现有渔业码头岸线 800m，渔业泊位 31 个，并配有制冰厂、仓库、鱼货加工厂等渔港设施，码头年设计通过能力为 30 万吨。旅游码头 1 个，经营博贺至放鸡岛航线。

（3）博贺新港区

博贺新港区（即北山岭港区）最早开发于 1994 年，茂名石化港口公司在北山岭建设的 25 万吨级单点系泊装置是我国首套海上原油接卸系统投入生产。该装置通过 14.5km 海底管线和 63.8km 输油管线将单点系泊装置与茂石化炼厂连接，陆上配套建有 85 万立方米罐区，码头长度为 12.5m，泊位设计年接卸能力为 1000 万吨。现升级为 30 万吨级单点系泊原油泊位。

（4）吉达港区

作为茂名市发展临港产业的重要支撑，吉达港区是茂名港总体规划“一主两辅”的重要组成部分。2019 年，东华能源（茂名）有限公司落户吉达港区，计划投资建设烷烃资源综合利用项目，竭力打造一个以丙烷脱氢为龙头的世界级绿色化工和氢能源产业园。结合吉达港区东华能源（茂名）有限公司的投产需求，茂名市商务局于 2023 年初向上级口岸管理部门申报东华能源（茂名）有限公司码头临时对外开放，并于 3 月下旬获交通运输部批复同意。2023 年 6 月 9 日，东华能源（茂名）有限公司码头外贸船首航顺利靠泊，标志着粤西第一个 LPG 港口正式开港。目前，港口码头已建成东华能源（茂名）有限公司码头 2 个 5 万吨级液化烃散货泊位以及相应的配套管廊设施。

4.8.3 航道和锚地

4.8.3.1 航道

茂名市的航道主要有水东、博贺和沙扒等航道。其中水东航道是大型船舶运输航道，是茂名市与外界的主要交通运输航道。博贺航道是中小型运输船和渔轮航道，沙

扒航道是与阳江市共用的渔船和小型运输船航道。

水东港区目前出海航道长 11.6km，设计底宽 120m，分为内外两段，内航道 4.2km，设计底高程为-9.8m，外航道长 7.4km，设计底高程-10.0m。水东湾口门附近分别设有水东港区引航锚地、危险品锚地成品油船舶锚地以及避风锚地，锚地总面积 6km²。

博贺港区航道是利用博贺湾现有的天然潮汐通道开辟而成，自然水深-2m~ -8m，主要供博贺港的渔船进出。

本项目路由方案不与航道航路交越，两者不会相互影响。但大竹洲岛与大陆之间海域常有小型渔船经过，施工时注意避让。

4.8.3.2 锚地

水东湾口门附近分别设有水东港区引航锚地、危险品锚地、成品油船舶锚地以及避风锚地：锚地总面积 6 平方公里。

博贺新港区外海设三处锚地，分别为 30 万吨级船舶检疫锚地、引航锚地和待泊锚地，主要供大型油轮锚泊使用。

博贺新港区单点系泊引航员登船点：21°25'00"N、111°21'00"E。在莲头岭南侧海域分别布置有 7 个大型船舶候泊、检疫防台锚地，水深 25m 以上，泥沙底质，锚抓力良好，供大型油轮等待引航锚泊用。

茂名港博贺渔港港池狭窄，水浅、船舶种类多，通航密度大，为确保交通安全，除渔船按规定停泊外，博贺港区还设有三个锚地，四个油船停泊区，供商船使用，具体为：1 号锚地，引航锚地。在莲头岭西侧水域，以 21°25'20"N、111°14'42"E 点为中心，半径 500m 范围内水域，供 500 吨以上船舶等待引航锚泊。2 号锚地，大船锚地，在 21°14'42"N、111°14'34"E，21°27'38"N、111°14'22"E，21°27'48"N、111°14'42"E，21°27'52"N、111°14'28"E，四点连线范围水域内，供 1000 吨以上船舶锚泊。3 号锚地，中型船锚地，在 21°28'11"N、111°14'23"E，21°28'12"N、111°14'31"E，21°28'12"N，111°14'20"E，21°28'32"N、111°14'28"E，四点连线范围水域内，供 500~1000 吨船舶锚泊。

博贺港区油船（油驳、油囤）实行分区停泊，油船均要求停泊在博贺港航道中心线的东北面，具体划分为 1 号停泊区至 4 号停泊区，供不吨位等级的进出港油船停泊。

由于茂名港不具备勘划永久防台锚地的条件，只能在港区航道上安排小于 3000 吨船舶临时防台锚地，船舶防台须统一安排。

本项目路由方案距离锚地较远，船舶正常停泊抛锚对本项目基本不产生影响。此外，为保护茂名港单点系泊输油管道，在其两侧划定了禁止抛锚保护区域，见图 4.8-5。一般船舶利用 AIS 导航抛锚时会预留安全范围，因此禁锚区附近船舶抛锚活动相对较少。茂名海洋气象观测平台供电海底电缆已经铺设 10 年，未发生破坏。因此，本项目新建海底电缆靠近禁锚区铺设是安全的。

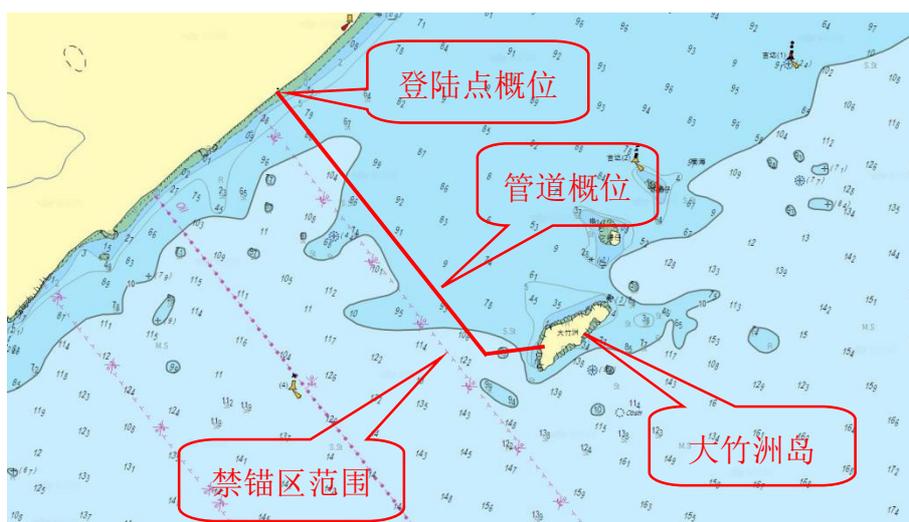


图 4.8-5 禁锚区与项目位置关系图

4.8.4 已敷设和正在建设的海底管线

项目周边海域现有的海底缆线管道有已确权的茂名港 30 万吨单点系泊原油码头及输油管道、茂名港 30 万吨单点系泊输油终端海底管线安全隐患治理项目、茂名石化第三作业区达标污水排海工程，以及未确权的茂名海洋气象观测平台供电设施改造工程海底电缆项目。各海底缆线管道具体信息见表 4.8-1，其分布情况见图 4.8-6。

表 4.8-1 项目周边海域海底缆线管道具体信息表

序号	项目名称	用海方式	用海面积 (hm ²)	与本项目位置关系、最近距离	使用权人
1	茂名港30万吨单点系泊原油码头及输油管道	海底电缆管道	101.6137	西南，约1.8km	茂名新金明石油有限公司
2	茂名港30万吨单点系泊输油终端海底管线安全隐患治理项目	海底电缆管道	42.5100	西南，约1.8km	茂名新金明石油有限公司
3	茂名石化第三作业区达标污水排海工程	取、排水口	3.2653	西南，约1.1km	中国石化集团茂名石油化工有限公司

4	茂名海洋气象观测平台供电设施改造工程海底电缆项目	海底电缆管道	15.7	西南, 0km (使用原电桩)	未确权
---	--------------------------	--------	------	-----------------	-----

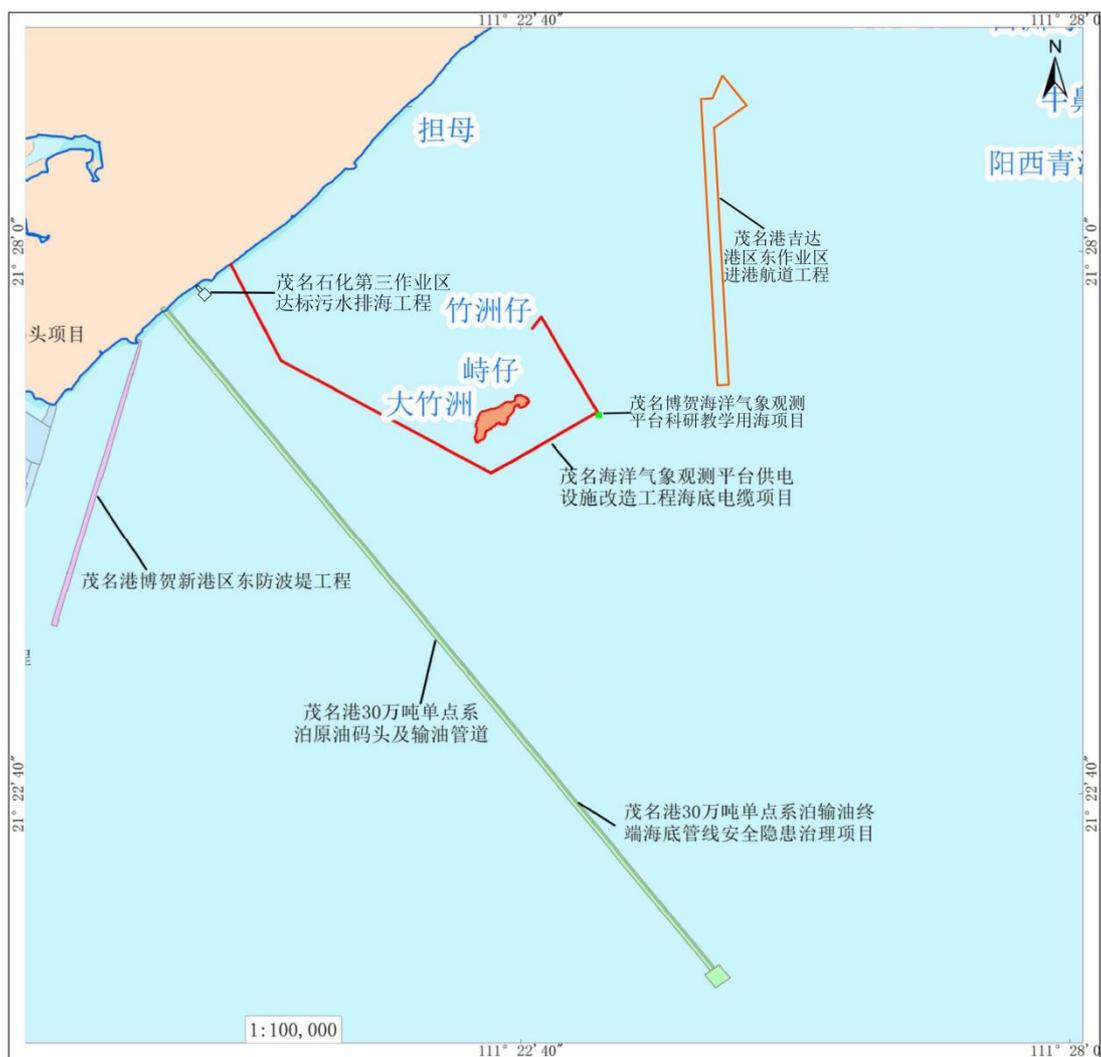


图 4.8-6 项目周边海域开发利用现状图

4.8.5 海洋自然保护区

根据《茂名市海洋功能区划（2015—2020年）》，海岸基本功能区共划分海洋保护区 1 个，即水东湾海洋特别保护区，面积 381 公顷，占用岸线 6632 米。近海基本功能区划分海洋保护区 2 个，面积 5202 公顷，均为海洋自然保护区，即茂港海洋自然保护区、放鸡岛南海洋自然保护区。位置见图 4.8-7。

海洋保护区要加强红树林、人工鱼礁等典型生态系统，文昌鱼重要水生生物资源及其生境的保护，逐步建立类型多样、布局合理、功能完善的海洋保护区体系。严格

限制干扰保护对象、改变海域自然属性、影响海洋生态环境的用海活动，维护、恢复、改善海洋生态环境和生物多样性。水东湾海洋特别保护区执行第二类海水水质标准，茂港、放鸡岛南海洋自然保护区执行第一类海水水质标准。

本项目海底管线不穿越海洋自然保护区，且距离较远，对自然保护区影响较小。

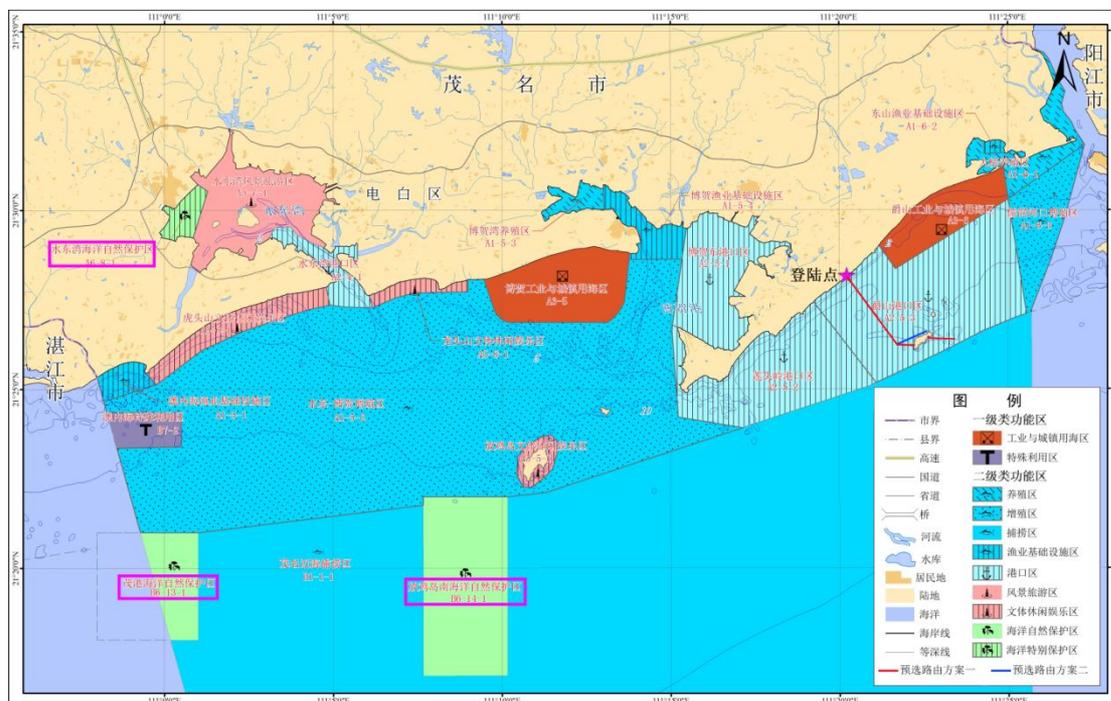


图 4.8-7 路由区周边海域海洋自然保护区

4.9 海底电缆路径方案

根据对电缆登陆段的现场踏勘情况，禁锚区北东侧海岸植被、地形地貌和冲淤情况差异不大，为减少对海岸的破坏和占用，同时综合考虑经济性（距离）和道路、钻机、施工船的可靠程度等相关因素，以新建水泥杆（P0）位置作为定向钻入土点。为尽量避开生态保护红线和海岸防护区，定向钻出土点（P2）设置在前岚坡-鸡大港海岸防护物理防护极重要区东南侧边界线向海 60m 处，以新建水泥杆（P0）至出土点（P2）之间直线与岸线的交点作为登陆点（P1）。路由过 P4 点后往东至 P5 与大竹洲连接。

海上气象平台位于大竹洲东北部的东南侧海域约 1.2km 处，且大竹洲东北部东南侧存在一凹形海岸适宜电缆敷设，以该凹形海岸作为电缆在海岛的下岛点（P7）。因该凹形海岸西侧岬角的阻挡，海岛下岛点至海上气象平台无法直线敷设海缆，同时考虑避免海缆过拐点时转弯过急而损坏海缆，在下岛点东南侧 100m 处设置拐点 P8。

本工程海底电缆路径方案为 P1-P2-P3-P4-P5-P7-P8-P9，从原路由新建水泥杆出发，经定向钻穿越生态保护红线和海岸防护区至 P2 点后，平行已建海缆路由至 P4 拐点，向东南方向延伸 1.2km，在大竹洲岛西侧碎石岸滩凹岸 P5 位置上岛，经球墨铸铁管以贴岸方式登岛；在海岛东北部的东南侧凹形海岸 P7 位置经球墨铸铁管以贴岸方式下岛，向海上延伸 1.5km，到达海上平台。

海底电缆各个路由关键点坐标见表 4.9-1，位置见图 4.9-1。入土点（新建水泥杆）、登陆点东侧海岸、P5 登岛点、P7 下岛点的位置及周边环境分别见图 4.9-2~4.9-5。

表 4.9-1 预选路由关键点坐标表

编号	东坐标	北坐标	东经	北纬	备注
P0	534601.4	2374903.1	111°20'01.8610"	21°28'03.9006"	新建水泥杆（入土点）
P1	534642.6	2374874.9	111°20'03.2900"	21°28'02.9808"	陆地登陆点
P2	534838.9	2374740.4	111°20'10.0982"	21°27'58.5942"	拐点（出土点）
P3	535995.9	2373346.2	111°20'50.1776"	21°27'13.1825"	拐点
P4	537257.7	2371632.5	111°21'33.8642"	21°26'17.3725"	拐点
P5	538399.3	2371548.0	111°22'13.5015"	21°26'14.5388"	登岛点
P7	539063.4	2371984.3	111°22'36.5999"	21°26'28.6727"	下岛点
P8	539127.0	2371907.2	111°22'38.8021"	21°26'26.1610"	拐点
P9	540487.4	2371852.6	111°23'26.0405"	21°26'24.2774"	海上气象平台



图 4.9-1 预选路由方案示意图



图 4.9-2 入土点（新建水泥杆）示意图

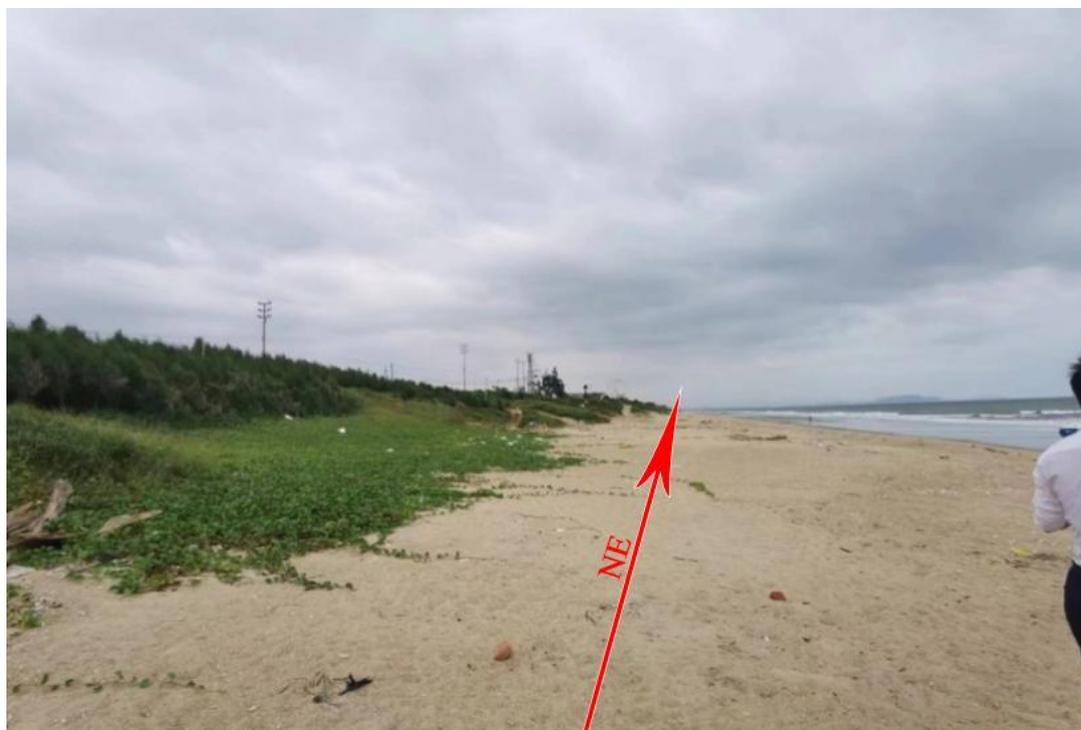


图 4.9-3 登陆点东侧海岸照片



图 4.9-4 P5 登岛点位置及周边环境图



图 4.9-5 P7 海岛下岛点位置及周边环境图

4.10 相关利益者

利益相关者指受到项目用海影响而产生直接利益关系的单位和个人。界定的利益相关者应该是与用海项目存在利害关系的个人、企事业单位或其他组织或团体。

根据本报告 4.8 节项目建设对周边开发活动的影响分析，界定本项目无利益相关者。

4.11 路径协议情况

路径方案已经完成海域实际勘察，海域使用论证和海域环评正在编制，评审意见还未正式发文。

第五章 电缆系统

5.1 设计基本参数

额定电压:	10kV
系统最高电压:	11.5kV
系统电网频率:	50Hz
回路数:	单回
输送容量	
本期:	500kVA
基本冲击电压 BIL:	1.6kV
最高环境温度:	40°C
最低环境温度:	0°C
最高水温:	20.98°C（水面表层）
最低水温:	18.22°C
最高土壤温度:	28°C
海洋流速	
涨潮	50.7cm/s
退潮	32.1cm/s
多年平均最大风速	25.33 米/秒
最大水深	17 米
最大潮水位:	2.38m
最低潮水位:	-0.78m
最大潮差:	3.0m
地震烈度:	7 度

5.2 污秽区划分

本工程按 e 级污秽区设计绝缘配置泄漏比距不小于 53.7mm/kV(按标称电压计算)。

5.3 电缆系统

由电缆本体，电缆附件、10kV 电气设备、自动远动装置、附属设施组成，具体系统见系统图。本系统采用电缆金属护层两端直接接地，以保护运行操作人员的人身安全。电缆终端杆位于海边户外，且所在区域为 e 级污秽区，要求电缆户外终端接头

的爬距不小于 400mm，泄漏比距 $\geq 53.7\text{mm/kV}$ 。

5.4 防雷及接地

海底电缆与架空连接处，设一组 10kV 氧化锌避雷器作为防直击雷及其他过电压的保护，海底电缆的金属铠装层，包括铅包，铠装装置经过地网接地。

5.5 海缆终端布置

本工程海缆分为两段，共 4 个海缆终端。其中，岸基侧的海缆终端布置于新建水泥杆上方，大竹洲岛上的海缆终端布置于配电室内，海上观测平台上的海缆终端布置于新换 500kVA 箱变内（旧箱变仅允许 1 回 10kV 进线，本工程须将旧箱变更换为 2 回 10kV 进线的箱变）。

岸基侧海缆终端的具体布置为：在 10kV 连头线海洋气象支线#4 杆小号侧新立 15m 杆 1 基，并以此杆为高压 T 接杆（杆上装设隔离开关、柱上分界断路器、避雷器开关），架设 10m 导线新立 12m 杆引下杆，采用 10kV 高压电缆 3×70 敷设至大竹洲岛新建配电室高压进线柜 1AH。

第六章 10kV 海底电缆和附件

6.1 10kV 海底电缆型式

海底电缆的选型应根据所处海域的底质、地形、水文、洋流、物理、化学、生物污损等情况，并本着尽可能节约投资，加速建设速度的精神，按中等，适用，适应国情的原则加以选择。

本工程可资选用的 10kV 海底电缆有两大类：

(1) 自容式充油纸绝缘海底电缆



图 6.1-1 自容式充油纸绝缘海底电缆截面示意图

国内外 60 年代以前都使用纸绝缘电缆，纸绝缘的绝缘强度和电场性能受纸的介质损耗正切角的影响，及浸渍剂化学性能稳定性影响，浸渍剂按其用途分两大类，一类为粘性浸渍剂，它粘度高，在电缆工作温度范围内不流动或基本不流动，如不滴流纸绝缘是此类，主要是作为 35kV 及以下电力电缆的浸渍剂；另一类是充油电缆用浸渍剂，这一类的电缆以自容式充油电缆为代表，其粘度低，电缆油可以在纸绝缘中流动，

不滴流浸渍剂是用来浸渍不滴流电缆，它在浸渍温度下应具有相当低的粘度以保证充分的浸渍，在电缆工作范围内，它应为不流动成为塑性固体，并具有较小的温度膨胀系数，以保证形成的气隙可能性较小。

经理论和运行经验证实，浸渍剂在电场作用下，可能发生聚合或缩合化学反应，产生腊状物和低分子化合物（氢气和水等）的老化过程，在这过程中使绝缘中气隙增大，数量增多，会促成或加剧绝缘的局部放电，进一步加速浸渍剂的分解与老化，同时，电缆中的金属对绝缘油在老化过程中的氧化反应往往起着催化作用，铅、铜的摧

化作用最强。水的存在亦会提高金属的催化作用。因此，在电压等级稍高，重要性较大，线路长度较大的海底电缆中一般慎重采用这类不滴流纸绝缘电力电缆，除非是由于受资金或其他因素约束不得不采用的用户。

充油纸绝缘海底电缆简称 OF 充油海缆是自本世纪三十年代发展至今的电力电缆，这种型式的电缆已有安全运行六十多年的经验，特点是安全可靠，其中绝缘用高压电缆油充塞纸绝缘的间隙中，保证电缆安全可靠。当电缆负荷变化时，电缆油在油道中会自动调节，正常运行时，可根据附带的监测设备如油压表及其他报警设备对电缆做安全的监察和了解，当电缆万一发生故障时，油压会下降。而且电缆中的油压为正压，会阻止海水从损坏之处渗入电缆，在一定时限内保证电缆的损害范围不至于进一步的扩大。

但是，高压充油纸绝缘电缆运行时需要较多的附属设施，如供油系统的压力油箱、油泵站以及相应的油系统报警设备，需定时记录，巡视。在施工过程中，电缆要求较高，不允许有较小的弯曲半径，任何时候，它都必须与油压系统的供油设施相联接，同时导体允许温度较低为 85℃。

当充油电缆发生故障损坏，电缆油可能泄漏海中，对海域养殖及海洋环境会造成一定的环境影响，当然也有影响不大的说法（厂商），但充油海底电缆油可能泄漏是人们应该正视的问题。

（2）交联聚乙烯海底电缆



图 6.1-2 交联聚乙烯绝缘海底电缆截面示意图

交联聚乙烯海底电缆是 60 年代开始发展的新型电缆，它的特点与充油电缆相比是不要一套较复杂的供油系统，施工时它的要求较低，允许有较小的弯曲半径，

单位重量较轻，导体运行时允许有较高的温度(90℃)，价格相对便宜，正常运行维护比较方便，基本上不需监视仪表观察，是当代海底电缆发展的方向。交联聚乙烯绝缘（XLPE）电力电缆具有较好的电性能与物理性能，有优异的热稳定性和老化稳定性，正常运行温度可高达 90℃，事故短路可高达 250℃，能够输送较大的负荷。同时 XLPE 电缆能耐小半径弯曲，重量轻，安装简便安全可靠，与充油及油纸绝缘电缆相比，其接续与终端处理也比较容易，因此安装费用较低廉，从安全及环境保护来看，交联聚乙烯绝缘没有油料渗漏以及防爆性能较好的优点。

世界上 XLPE 绝缘电缆从 60 年代起开始发展使用，进入 70 年代末 80 年代初，技术有较大的突破，绝缘材料的交联方式改为干式交联法，比较成功地解决了交联聚乙烯绝缘中的汽泡微孔及杂质微粒等影响绝缘性能问题，“水树”现象得到较好地解决，80 年代初则生产并使用了 275kV 电缆，80 年代中期则成功地开发了 500kV 电缆。

目前在世界上已投入运行的 XLPE 绝缘电缆在陆地从 35kV 以下一直到 500kV 电压等级的电缆都有，有取代充油电缆的趋势。

表 6.1-1 交联聚乙烯绝缘电缆与纸绝缘电缆的一般性比较表

特 性		XLPE 电缆	纸绝缘电缆		
			铅统包	分相铅包	充油
工作温度（℃）	正常	90	80	70	65
	紧急	140	100	90	95
	短路	250	220	220	150
介质损耗角正切（室温）（%）		0.1	1.0	0.4	0.35
相对介电常数（室温）		2.3	4.0		3.5
接续和终端处理					
允许弯曲半径（无铠装电缆）	单芯	10D	15D	15D	15D
	三芯	8D	10D	10D	12D

注：D 为电缆直径

海底电缆的防水构造以铅包最好，它具有良好的化学稳定性。以杜绝导致水树现象的故障。在海底电缆中毫无例外都应用铅包内金属护层。电缆外护层采用聚乙烯（PE）材料，在 PE 层外为 镀锌钢丝或镀锌铜丝作为海底电缆的金属铠装，在金属铠装外为聚丙烯绳外护层，以抵抗海水的侵蚀。

6.2 10kV 海底电缆选型

6.2.1 10kV 海底电缆型式选择原则

海底电缆的选型应能适用所处海域的底质、地形、水文、潮汐、洋流、物理、化学、生物污染环境，电缆的电气性能及机械性能安全可靠地海中安装敷设，长期营运，本期按设计要求输送 500kW 电功率。

海底电缆型式选择主要在四个方面：电缆线芯的质材选择、绝缘材料的选择、水密封性能的选择、铠装及外护层型式选择，这几个部分都应围绕着能经济、安全、适用、便于安装维护的原则。

目前 10kV 海底电缆主要型式为充油海底电缆和交联聚乙烯海底电缆，充油海底电缆为传统海底电缆型式，发展自 30 年代，交联聚乙烯电缆发展自 60 年代，目前我国不管是陆上还是海底电缆，自 90 年代起基本已不生产充油电缆，人才流失，设备陈旧老化，而国外厂家仍有生产充油海底电缆厂家，我国现只生产交联聚乙烯聚绝缘陆上和海底交联聚乙烯绝缘电缆。

故本工程海缆采用交联聚乙烯绝缘海底电缆。

6.2.2 10kV 交联聚乙烯绝缘海底电缆结构

（1）线芯导体

导体应采用符合 GB/T 3953—2009 规定的TR型软铜丝，各种绞合导体不允许整芯或整股焊接。绞合导体中的单线允许焊接，但在同一层内，相邻两个接头之间的距离应不小于 300 mm。导体表面应光洁、无油污、无损伤屏蔽及绝缘的毛刺、锐边以及凸起或断裂的单线。

导体海底电缆导体必须具有纵向阻水结构。根据 ELECTRA NO 171.1997-CICRE 的规定，海缆的导体阻水试验模拟水深最深区段电缆故障情况，试样浸入对应敷设水深压力的水中，一般至少试验持续 10 天，水温和环境温度相同，对导体切开处目测检验，泄漏范围不大于 30 米。

（2）导体屏蔽层

导体屏蔽层采用挤包的半导电料或在导体上先包半导电带再挤包半导电料复合组成。挤包的半导电层应厚度均匀，并与绝缘层牢固地粘结。半导电层与绝缘层的界面应光滑，无明显绞线凸纹、尖角、颗粒、焦烧及擦伤的痕迹。

（3）绝缘层

在线芯屏蔽层的外部为电缆的交联聚乙烯绝缘层，交联聚乙烯是在聚乙烯基础上发展起来的新型高分子绝缘材料。它的分子通过采用交联法，即利用化学或物理方法，将聚乙烯的分子结构从直链状变为三度空间的网状结构。

物理交联方式是用高能粒子射线照射聚乙烯，使聚乙烯相互结合成三度空间网状结构的交联聚乙烯。聚乙烯经过交联后，大大提高了聚乙烯的机械、耐热、抗蠕变以及抗环境开裂性能，交联聚乙烯的上述性能要比聚乙烯优越，同时它还基本保持了聚乙烯的电气性能。交联的存在使交联聚乙烯不像 PE 那样能够溶化，只有当温度超过 300°C 时，经过长时间作用后才能够分解和炭化。

影响绝缘性能的因素：

①制造工艺对绝缘性能的影响

在 XLPE 绝缘电缆生产早期，由于生产工艺限制，使得 XLPE 电缆绝缘只能使用湿法交联工艺，这给绝缘中带进了大量水分。实践证明，对于低压产品，这种方法生产的 XLPE 绝缘电缆还能适用，但应慎重；当电压等级超过中压时，电缆的安全性大为下降。随着工艺改进，现在使用内、外半导体层和绝缘层，三层同时挤出的方法。其优点是：

可以防止在主绝缘层与导体屏蔽，以及主绝缘层与绝缘层屏蔽之间引入外界杂质；在制造过程中防止导体屏蔽和主绝缘层可能发生的意外损伤，因而可以防止由于半导体层的机械损伤而形成突刺。

②绝缘内部缺陷或杂质对绝缘性能的影响

绝缘内部缺陷或杂质对绝缘性能的影响都能导致绝缘局部放电，加速绝缘的电老化。主要缺陷归纳起来分两大类。一类是在绝缘中导致电场集中，提高局部场强。半导体屏蔽层凸入绝缘中的突起物和绝缘体中的导电杂质等属于此类，另一类是在绝缘中减弱局部绝缘强度，在绝缘体中或存在于屏蔽层和绝缘体界面上的空隙或气隙都属于这一类缺陷。XLPE 绝缘电缆含水是近年来国际、国内比较重视的一个题目。已经知道绝缘中会引发绝缘体中形成水树枝，造成绝缘破坏。水树枝是直径小于几个微米的许多微观充水空隙所组成的电通路，电场和水的共同作用形成水树。为了降低绝缘中含水量，通过对交联工艺的改造，即由湿法交联改变成现在的干法交联，使得绝缘中含水量下降了几乎两个数量级。

③绝缘的树枝老化

近十几年的运行和研究表明，聚乙烯、交联聚乙烯和一些其他聚合物的绝缘破坏主要是树枝老化过程。它是绝缘在老化中，受电场影响，产生介质较弱部位的枝状放电或枝状结集。按“树枝”形成的原因及其所起的绝缘破坏作用，可分为“电树枝”、“电化树枝”、“水树枝”三种。

④绝缘的局部放电老化

在交联聚乙烯和油纸绝缘电缆中局部放电缺陷的物理原理和原因是众所周知的，电缆在运行期间有否持续的局部放电发生。第二个重要的问题是在故障或操作时由于过电压，电缆绝缘性能的稳定问题。在电力网故障接地时，几倍的电压作用在电缆上超过几个小时。如果一个电缆系统在正常工作电压 U 下，持续局部放电，这些局部放电的危险问题就应该提出。

（4）绝缘屏蔽

每根绝缘线芯上应直接挤包与绝缘线芯紧密结合的非金属半导体层，其与绝缘层的界面应光滑，不应有尖角、颗粒、烧焦或擦伤的痕迹。

然后也可在每根绝缘线芯上包覆一层半导体带。

（5）纵向阻水缓冲层

阻水缓冲层应采用具有纵向阻水功能的弹性阻水膨胀材料。阻水带或阻水绳应具有吸水膨胀性能。半导体性阻水膨胀带的直流电阻率应小于 $1.0 \times 10^6 \Omega \cdot \text{cm}$ 。缓冲层和纵向阻水材料应与其相邻的其他材料相容。缓冲层，在挤包的绝缘半导体屏蔽层外应纵向阻水缓冲层，阻水缓冲层应采由半导体性的阻水膨胀带绕包而成。阻水膨胀带应绕包紧密、平整，其可膨胀面应面向金属屏蔽层。阻水缓冲层厚度应能满足补偿电缆运行中热膨胀的要求。阻水缓冲层应使绝缘半导体屏蔽层与金属屏蔽层保持电气上接触。

（6）金属护套

海底电缆的径向阻水层一般采用铅包，铅套应采用符合 JB/T 5268.2—2011 规定的铅合金，也可采用与此性能相当或较优的铅合金。铅套结构应为松紧适当的无缝铅管，铅套的厚度标称厚度应按照下列公式计算

$$\Delta = \alpha D + \beta$$

式中：

Δ ——铅套标称厚度，mm；

D ——铅套前假定直径，mm；

α ——0.03

β ——单芯电缆为 1.1

铅套亦作为金属屏蔽层，如铅套的厚度不能满足用户对短路容量的要求时，应采取增加金属套厚度或增加铜丝屏蔽的措施。

（7） 铅套外护套

合金铅套应采挤出的无缝铅管，由于铅比较柔软，为避免铅套在海缆后道工序加工过程中损坏及受海水腐蚀，需在铅套外挤包一层半导体聚乙烯（PE）护套，这层 PE 护套可以保证铅套与铠装层等电位连接，确保了金属套与铠装层共同承受感应电流和短路电流，这层 PE 护套同时具有一定的阻水效果，厚度不小于 1.3mm，铅套表面应有自粘性绕包层或电缆沥青涂敷层。电缆沥青可采用符合 SH0001 要求的沥青，当需要时，可以在外护套外绕包铜带作为防蛀层。

（8） 金属铠装

铠装层是海底电缆中非常重要的保护层，它在电缆施工中、运行、维护中确保海缆遭到损害。因此需要足够的机械强度，但又要兼顾对电缆载流量的影响。三芯海缆金属铠装采用钢丝铠装，金属铠装两端接地。

（9） 电缆外被层

电缆外被层一般采用纤维外被层，也可采用其它合适的外被层结构。纤维外被层结构由交替涂覆三层沥青或其它合适的防腐材料和绕包两层聚丙烯绳组成，外被层外可绕包一层合适的包带层。防腐涂敷层应均匀，聚丙烯绳绕包应致密、均匀。外被层的近似厚度为 4.0mm。

（10） 10kV 交联聚乙烯绝缘海底电缆复合 2×48 芯光单元结构和参数。

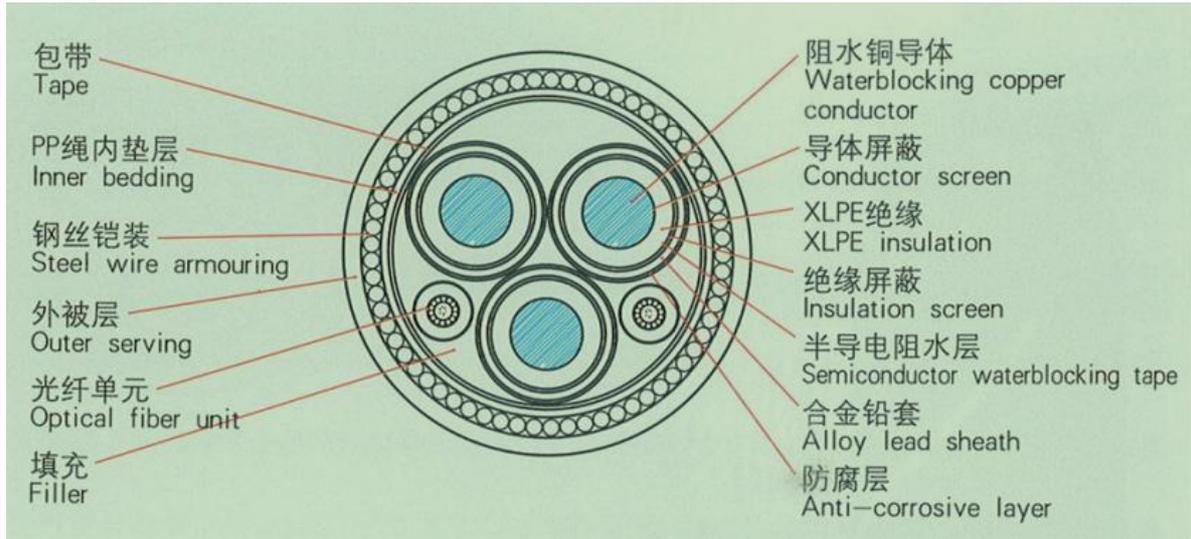


图 6.2-1 XLPE 绝缘海底结构

表 6.2-1 XLPE 绝缘海底参数

序号	结构	标称厚度 mm	近似外径 mm
1	阻水铜导体	/	8.1
2	导体屏蔽	0.8	9.7
3	抗水树 XLPE 绝缘	5.5	20.7
4	绝缘屏蔽	0.8	22.3
5	半导电阻水带	0.3	22.9
6	铜带	0.12	23.3
7	半导电阻水带	0.3	23.9
8	聚乙烯护套	2.5	28.9
9	光单元	2根	11.4
10	填充	/	/
11	包带	0.3	63.0
12	PP 内衬层	2.0	66.0
13	铠装钢丝	$\Phi 5.0 \times (40 \pm 5)$ 根	76.0
14	沥青+PP 外被层	4.0	84.0
近似重量		18 kg/m (空气中)	

6.3 10kV 海底电缆结构的基本要求

6.3.1 导体

铜导体，三芯，若满足 IEC-228 标准。加水密封，在导线绞腹间加入膨胀材料，

该材料在遇水时变成胶质，导体截面不小于 70mm²，导体应有纵向阻水功能。

6.3.2 导体屏蔽

要求采用三重挤压技术工艺，导线屏蔽、绝缘和绝缘屏蔽三者在一次挤压中成型。

6.3.3 绝缘

XLPE，厚度大约在 4.5mm 左右。

6.3.4 纵向阻水层

在铅包内侧应有复合纵向阻水层结构。

6.3.5 铅包

采用耐腐蚀的铅护套作为径向水密封，其厚度应不小于 1.3mm。

6.3.6 铠装

本工程 10kV 海底电缆建议采用单层钢丝铠装。

6.3.7 光单元

光单元由 2 根 48 芯 G652 光纤构成，光单元应有良好的防水性能，一般光单元位于铠装内层的缓冲层，具有较好的防机械损伤性能。

6.3.8 允许弯曲半径

表 6.3-1 安装前后弯曲半径比较表

	最小弯曲半径	
	单 芯	三 芯
安装时	15De	12De
安装后	10De	8De

注：De 为电缆外径。

6.3.9 允许侧压力

安装时允许侧压力：5000N/m。

6.3.10 水密封

电缆末端在运输、储藏和安装时要求铅包密封，防止水分侵入，在电缆拉出后，必需检查末端封口是否良好，末端任何情况下不能泡在水中。

6.3.11 软接头

本工程共 2 段海底电缆，每段整根三芯海底电缆不允许有接头。

6.4 10kV 海底电缆截面选择

6.4.1 10kV 海底电缆截面选择

视在功率 $S=500\text{kVA}$

所需长期输送电流 $I=28.9\text{A}$

满足输送容量的 10kV 交联聚乙烯绝缘海底电缆截面为 70mm^2 。

图 6.4-1 海底电缆的结构和物理特性

	交联电缆
导体截面 mm^2	70
绝缘层厚度 mm	4.5
铅包厚度 mm	1.3
铠装 mm	单层镀锌钢丝
外径 mm	84
自重 kg/m	18
电缆允许最大电流 A	240
容许短路电流	导体: 10kA 金属层: 2.5kA
电容 $\mu\text{f/km}$	0.242
电感 mH/km	0.412
允许弯曲半径 m	1

6.4.2 10kV 海底电缆型式和截面推荐

根据上述分析和比较，本工程推荐采用 10kV 交联聚乙烯绝缘海底电缆，截面为 $3\times 70\text{mm}^2/10\text{kV}$ ，复合 2×48 芯 G652 光纤。

6.5 复合海底光缆单元

6.5.1 遵循技术标准和规范

- (1) GB/T 18480-2001 《海底光缆规范》
- (2) GJB 4489-2002 《海底光缆通用规范》
- (3) JB/T 11167.2-2011 《额定电压 10kV 至 110kV ($U_m=126\text{kV}$) 交联聚乙烯绝缘大长度交流海底电缆及附件》

6.5.2 应用范围和分类

水深小于 500m 的浅海光缆。

6.5.3 光纤芯数确定依据

根据项目要求，需为大竹洲提供 1000M 通信保障。

本工程三芯海底电缆复合 2×48 芯光纤，光纤芯数满足通信要求。

6.5.4 光单元结构

(1) 光纤

48 芯 G652 光纤，光纤应符合 GB/T 15972.1 规定的 B1.1，B1.2，B2 和 B4 类单模光纤，G652 光纤主要技术参数如下：

G652 光纤特性

工作波长：1310nm，1550nm，单模

模场直径：9.3±0.5 μm

包层直径：125±1μm

模场同心度偏差：≤0.6 μm

纤芯/包层同心度偏差：≤0.6 μm

包层不圆度：< 1%

截止波长：λ_c 1100-1280 nm（在 2 米光纤上测得）

光纤衰减常数（a₁ 指成缆后单盘单芯平均值，即成缆后接续前，同色光纤衰减系数的平均值，a₂ 指成缆后每盘中单芯衰减允许的最大值）：

光纤衰减系数 a₁ £ 0.34dB/km 1310nm

£ 0.21dB/km 1550nm

a₂ £ 0.36dB/km 1310nm

£ 0.23dB/km 1550nm

接头衰减系数 £ 0.05dB/个（双向平均值）。

生产商应提供 1200-1600nm 波长范围内典型衰减光谱特性曲线图，该曲线有良好的线性并无明显台阶。在 1550nm 波长上，对任一光纤连续长度不应有超过 0.05dB 的不连续点。

生产商应提供 1310nm 和 1550nm 波长上光缆中的光纤的衰减直方图及样本数。

光缆工作温度在 -40°C~+85°C 间变化时，每一光纤衰减变化不大于 0.05 dB/km。

光缆敷设温度在 -30°C~+60°C 间变化或光缆运行温度在 -40°C~+85°C 间变化时，光缆应不受温度变化影响。

生产商应提供成缆后的光纤衰减温度特性曲线。

测试方法：IEC60794-1-F1，GB8405.2

试验条件：温度台阶为+20°C；-20°C；-30°C；+60°C；+70°C；+20°C，每一台阶保持 24 小时，测试 2 个循环。

测试要求：与 20°C 时光纤衰减值比较，附加衰减变化小于 0.05 dB/km。

温度循环试验结束后，温度恢复到 20°C，应无残余附加衰减。

光纤在 1550nm 波长上的弯曲衰减特性以 37.5mm 的弯曲半径松绕 100 圈后，衰减增加值应小于 0.05dB。

色散特性：

在 1288-1339nm 波长范围内，色散系数£3.5ps/ nm.km

1550nm 波长的色散系数 £18ps/ nm.km

偏振模色散 PMD：典型值£0.2ps/(km)^{1/2}，要求提供 PMD 测试直方图和样本数。

拉力试验：成缆前的一次涂覆光纤必须全部经过拉力试验，检验的拉力不小于 0.7GN/m²，并满足海底光缆的要求。

光缆内的光纤必须由不褪色不迁染的色谱来辨别光纤的线序和端别。

所有光缆及光缆中的所有光纤应为同一型号和同一来源（同一工厂、同一批次、同一制造方法和同一折射率分布）。

光纤余长：0.3%。

（2）松套管

松套管采用激光焊接不锈钢管。不锈钢带材性能应符合 GB/T 4239 中 Cr18Ni9 的规定。

（3）填充膏

填充膏应采用符合 GJB 2454 要求的材料或等效材料。填充材料应均匀分布，易于去除。

（4）阻水带

阻水带分为双面夹层阻水带和单面涂层阻水带及复膜阻水带，其性能应具有阻水性、耐热性及化学稳定性，与接触的所有组成部分相容。

（5）加强件

内铠装层应采用符合 GB/T 3206 规定的优质碳素结构钢丝或等效材料。外铠装层

应采用由锌铝镁合金镀层钢丝材料制成，也可由其他不易腐蚀的或镀有保护层的钢丝制成。弹性模量应不低于 190GPa，在光纤单元制造长度内金属加强构件不允许有接头。

(6) 金属复合带

应采用符合 YD/T 723.1-723.3 规定的金属复合带或等效材料。

(7) 内护套

应采用符合 GB 11115 中 PE-M-1313022 规定的低密度聚乙烯料或等效材料。

(8) 外护层

应采用符合 GB 15065 中 GH 规定的高密度聚乙烯料或等效材料。

(9) 电导体

电导体质量应均匀并无缺陷，其电气性能应符合有关产品详细规范的规定。

6.5.5 主要技术要求

(1) 光学性能

衰减常数

海底光缆在 1310nm 标称工作波长和/或 1550nm 标称工作波长下的最大衰减常数分别为 0.36db/km 和 0.23db/km。

衰减均匀性

在规定的波长下，在光纤后向散射曲线上，任意 500m 长度上的实测衰减与全长上平均每 500m 的衰减之差的最大值不应大于 0.5dB/km 和 0.25dB/km。

色散

BI 类光纤的零色散系数在(1310±20) nm 波长下不应大于 3.5ps/(nm·km)；在(1550±25) nm 波长下不应大于 20ps/(nm·km)；在零色散波长下色散曲线斜率不应大于 0.1ps/(nmz·km)，

其他的 B 类光纤的色散特性应符合 GB/T 18480-2001 《海底光缆规范》第 4.1 节的规定。

(2) 电气性能

海底光缆中含有电导体时，其电气性能应符合 GB/T 18480-2001 《海底光缆规范》表 2 的规定要求。

(3) 机械性能

海底光缆的机械性能应按 GB/T 18480-2001 《海底光缆规范》表 3 的规定进行试验，试验后的衰减变化的绝对值不大于 0.03dB 时可判定为无明显的残余附加衰减。同时符合其他机械性能要求。

(4) 环境性能

符合 GB/T 18480-2001 《海底光缆规范》规定要求。

6.6 电压降校核

$$\Delta V=Z \times I$$

线路阻抗(Ω /km)

$$0.342+j0.093 \Omega/\text{km}$$

$$\Delta V=6.5 \times 0.3544 \times 28.9=66.57\text{V}$$

$$\Delta V\%=0.67\%$$

符合 $-3\% < \Delta V\% < +7\%$ 规定要求。

6.7 10kV 海底电缆附件主要设计原则

- (1) 电压等级：10kV/11.5kV
- (2) 工作频率：50Hz
- (3) 雷电冲击耐受电压 BIL：1.6kV
- (4) 连续输送载流量： $\geq 28.9\text{A}$
- (5) 导体短路容量 $\geq 10\text{kA}$ （导体）
- (6) 局部放电： $1.5\mu < 10\text{pc}$

除满足上述电缆要求外尚须满足下列要求：

- (1) 瓷套管爬距及机械性能：爬距=400mm，泄漏比不小于 3.2cm/kV。
- (2) 接地：终端的尾管必需有接地用接线端子。
- (3) 其他附件：应包括户外终端接头接地的电缆，截面 $S \geq 70\text{mm}^2$ ，海缆铠装锚固装置，接地联接箱等。
- (4) 哈夫消震型海底电缆保护管：高强度和耐腐蚀，能防止冲击及消震。

第七章 海缆附属设施、在线监测及土建

7.1 海底电缆附属设施

7.1.1 防护灯桩

（1）设备功能

防护灯桩同时具有定位功能，警告功能，确认功能。灯桩可用于标示初见陆地的位置或作为导标的一部分；标示航道或航道附近的碍航物或危险物；标示航道或可航水道的侧面界限；标示某区域，或标示水道的转向点或汇合点；供船舶定位或作为方位标指示危险区域，也可组成叠标供导航用。

（2）设备结构

灯桩主体由基础、桩身、灯器等部分组成，本项目所使用的灯桩主要由钢结构桩体、LED 航标灯和电源组成。灯桩以钢管为桩身，黄色，高度 6.5m；灯桩安装 150LED 航标灯，射程 5 海里，灯光特性为莫（U）白 15 秒；采用岸电电源结合蓄电池的方式，电池箱安装在灯桩底部一侧，采用不锈钢电池箱。链接岸电，配置蓄电池容量为 100AH。



图 7.1-1 灯桩示意图

（3）设备布局

第一段防护灯桩布置于岸基及大竹洲岛上，第二段防护灯桩布置在大竹洲岛。

7.1.2 航标

（1）设备功能

航标主要是防护灯桩的配套设备，搭配灯桩实现助航功能。

（2）设备结构

本项目使用的是防护灯桩配套航标，主要是 LED 航标灯。

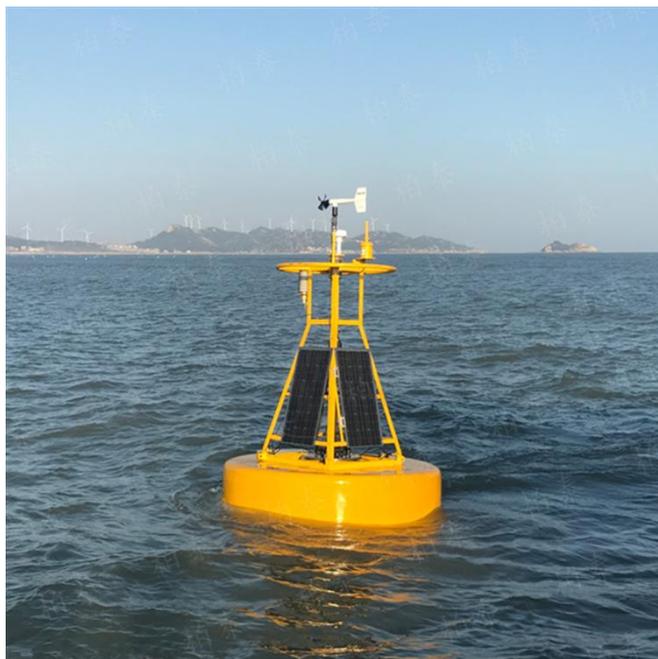


图 7.1-2 航标示意图

（3）设备布局

配套航标布置在岸基至大竹洲岛之间海域，每约 1.8km 设置一个。

7.2 海缆在线监测系统

7.2.1 海缆在线监测的意义

本工程 10kV 海底光电复合电缆是广东省博贺国家综合气象观测试验基地（大竹洲）建设项目的关键设备，也是关系试验基地电网整体性能和稳定性的关键环节。

海底电缆可能遭受各种严重威胁：海浪冲击、船只抛锚、外护层老化、绝缘水平降低、温升异常等，如果海底电缆遭受损坏、修复十分费时，损失大量的财力和物力，对电网的安全供电造成重大的负面影响，因此对重要的 10kV 海底电缆进行在线智能监测是十分必要的。

海底电缆的智能运行和管理、监测技术包括以下几个方面：

- (1) 海底电缆受波浪、风暴潮引起扰动、震动应变报警；
- (2) 海缆在受外力破坏如过往船只锚害、锐物冲击、滚石压损、破坏监测与预警技术；
- (3) 海底电缆运行中海缆温度的监测，报警；
- (4) 减小海缆运行损耗，提高海缆效益，在突发事故短期过负荷运行中进行监控；
- (5) 海缆的智能运行和管理。

7.2.2 海缆智能化运行和实时监测技术方案

(1) 在线综合监测平台系统

本工程配置一套海缆综合在线监测系统，该在线监测系统包含“海缆温度监测系统”、“海缆应力监测系统”、“海缆扰动监测系统”，所有子系统数据集中在同一平台，统一显示，统一操作，统一管理。通过海缆综合在线监测系统对海缆的运行状况进行全方位监测，真正实现事前积极预防，极大减少故障和事故的发生；事后准确定位故障，为抢修赢得宝贵时间。海缆综合在线监测系统柜推荐安装于大竹洲岛上的控制间内。

(2) 光纤温度监测系统

分布式光纤温度传感系统（简称 DTS），是一种实时、在线、连续的温度测量系统。DTS 由测温主机、感温光缆及相关附件组成，能准确探测光纤沿线任意测量点的温度，为准确监测空间温度场分布提供可靠、及时的信息，具有实时在线、测温精度高、本质安全和不受电磁干扰等优点。

(3) 光纤应力监测系统

分布式光纤传感器（DOFS）已成为光纤传感器中引人注目的一项技术，通过测量光在光纤中传输时所产生的散射光，根据散射光所携带的信息、并采用光时域反射技术、干涉技术，对沿光纤传输路径的空间分布和随时间变化的信息，进行测量和控制。

(4) 光纤扰动监测系统

光纤振动主机基于 c-OTDR 原理，能得到光纤沿线的每一点振动信息，并且采用单端非环回路方式构建海缆振动监测系统。光纤扰动监测系统对海缆外部振动进行监测，实时监控海缆可能遭受的破坏，对于突发的危害事件进行预警及定位。该系统可

以精确识别船舶迫近，需提供相关试验谱图和现场数据。光纤受损后可自动检测并定位受损点。

7.3 电缆土建部分

7.3.1 岸基段电缆土建

本工程岸基登陆段穿越生态保护红线和砂质岸线，大陆登陆段采用水平定向钻的施工方式。水平定向钻保护管采用 MPP 管，规格为 $\Phi 200 \times 16$ （内径 \times 壁厚），埋深约 5m，长度约 0.3km。

本工程于岸基登陆侧设置一个锚固工井，锚固工井内尺寸为 $3\text{m} \times 2\text{m} \times 1.5\text{m}$ （长 \times 宽 \times 高），壁厚为 250mm，采用钢筋混凝土结构。

7.3.2 大竹洲岛段电缆土建

本工程大竹洲岛上电缆土建主要采用直埋方式。一段为岸基-大竹洲岛配电室段，该段长度约 0.8km；一段为大竹洲岛配电室-海上观测平台段，该段长度约 0.2km，其中登陆段长约 0.01km 段采用不锈钢锚杆+不锈钢支架方式固定，其余段约 0.19km 段采用直埋方式。

本工程于大竹洲岛两侧上岛点各设置一个锚固工井，锚固工井内尺寸为 $3\text{m} \times 2\text{m} \times 1.5\text{m}$ （长 \times 宽 \times 高），壁厚为 250mm，采用钢筋混凝土结构。

第八章 海底电缆敷设施工工艺和保护方案

8.1 海底电缆敷设施工工艺

8.1.1 基本流程

为保证工期，本工程海底电缆拟采用边敷设边埋设保护的作业方式。电缆敷设基本流程包括这几个方面：

（1） 电缆敷设前，先对电缆路由进行清扫，把路由区域海床的沉船、渔网等障碍物清理干净。

（2） 登岛段不开挖基岩岸线,贴岸敷设；登陆段部分采用直埋敷设。

（3） 电缆敷设船在距岸边一定距离处开始展放电缆，电缆通过陆上卷扬机牵引到陆上，电缆上均匀捆绑浮子，使得电缆漂浮在海面上。

（4） 电缆敷设船沿电缆路由边航行边敷设，如图 8.1-1 所示。

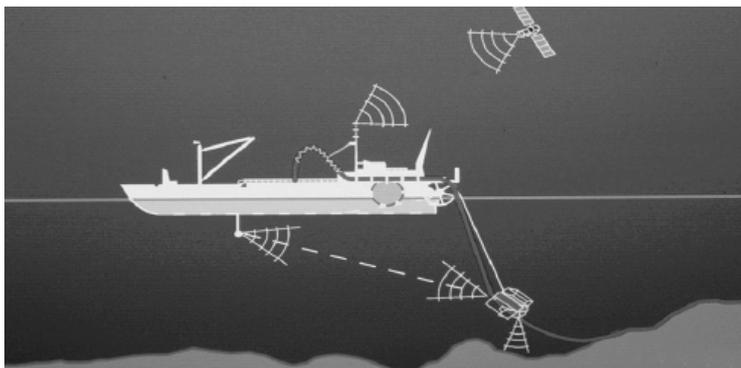


图 8.1-1 海底电缆的敷设

（5） 电缆敷设到另一侧岸边后，把剩余的电缆释放到海面（均匀捆绑浮子），然后利用陆上卷扬机把电缆牵引上岸，如图 8.1-2 所示。

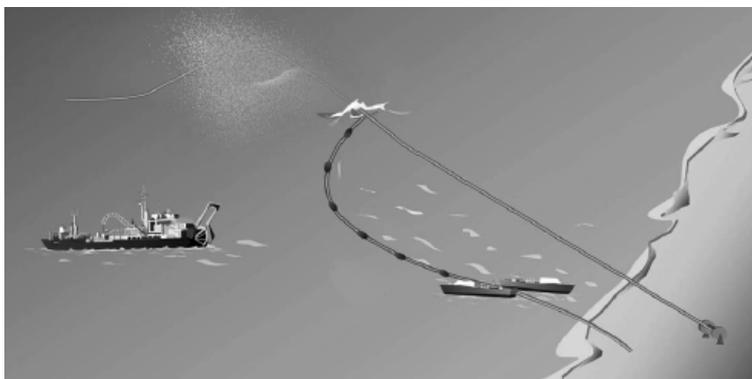


图 8.1-2 海底电缆牵引上岸

（6） 本期建设电缆路由约 85%区域采用电缆冲埋机进行电缆埋设。

（2）冲埋保护

在普通沙砾段，冲埋保护是最有效的保护方式。其是采用埋设犁直接将海缆边敷边埋，将海缆埋设至海床面以下 3 米。

海缆经过导缆笼时，应保证导缆笼各关节关闭完好，无尖锐凸起物，避免对海缆造成损伤。海缆滑过埋设犁埋入海床下时，应保证海缆弯曲半径大于 5 米。埋设犁应在海床上保持匀速缓慢前进，遇到陡坡及深坑时应适当减小敷设速度，避免埋设犁翻转对海缆造成损伤。如图 8.2-2 所示。

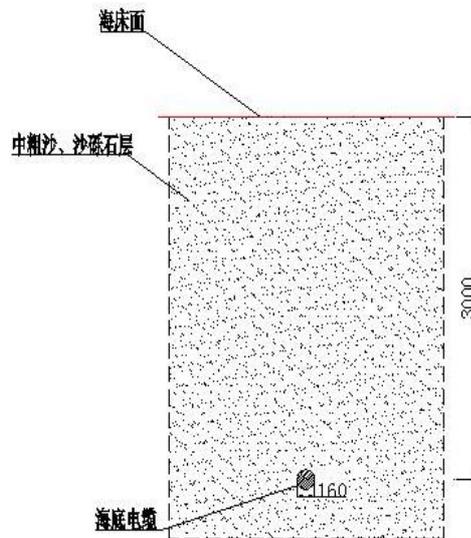


图 8.2-2 直接冲埋保护

（3）碎石帆布袋覆盖哈夫管保护

海底礁石段，为防止锚害，采取碎石帆布袋覆盖哈夫管保护方案，具体施工方式为：首先将海缆稳固套上哈夫管，在哈夫管两侧绑上浮子，施放后海缆随哈夫管飘于海面，海缆施放长度不宜过长，应结合施工时的海况进行保护，防止海缆在海面上发生弯曲及交叉的情况。然后将海面上的浮子解开，海缆自然下沉至海床面，由潜水员下水核查海缆是否产生悬空，若产生悬空，则采用水泥砂袋在海缆下方填实后，再覆盖碎石帆布袋。碎石帆布袋应保证吊装及覆盖时袋中碎石无散落。如图 8.2-3 所示。

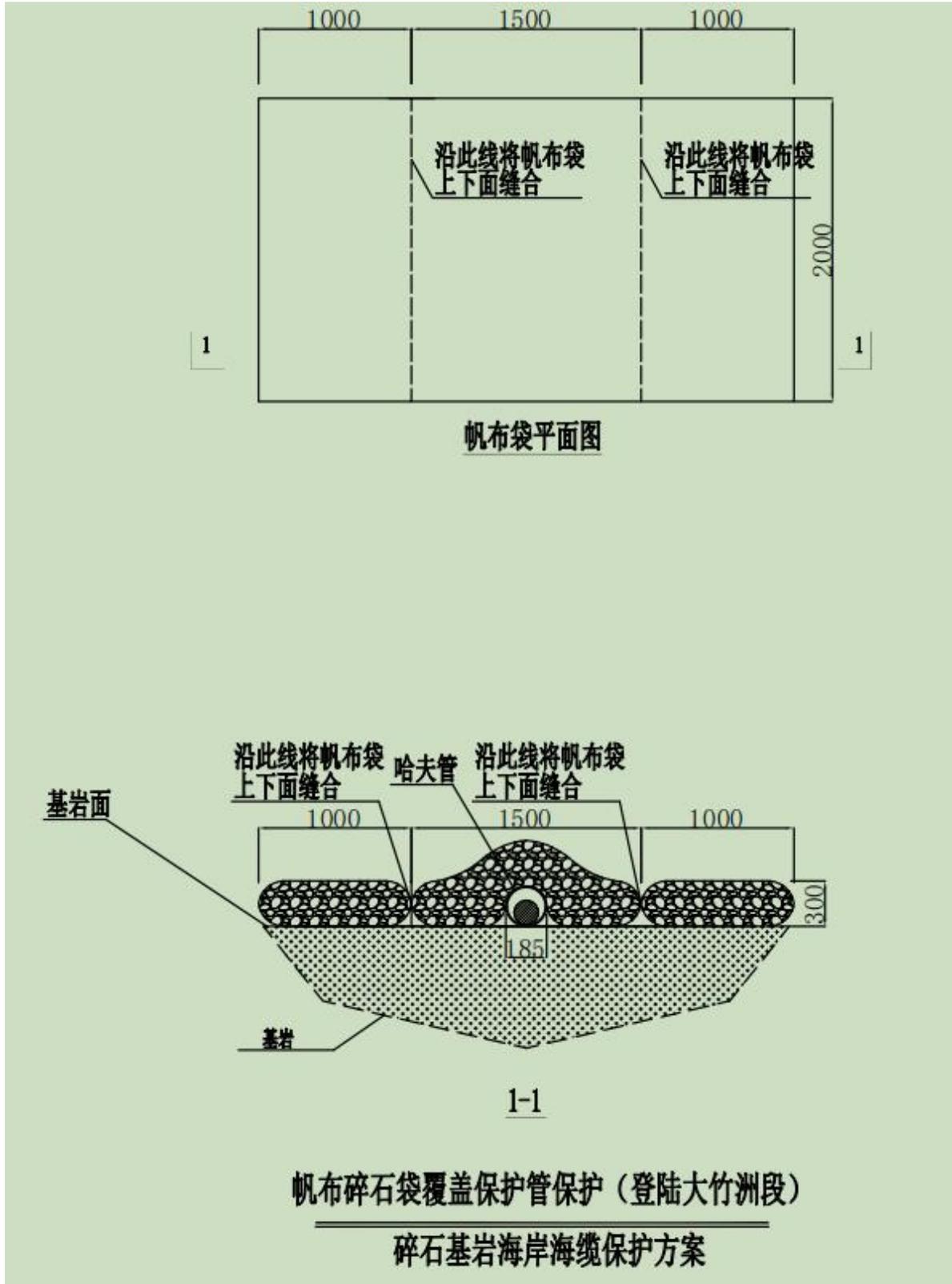


图 8.2-3 碎石帆布袋覆盖哈夫管保护

8.3 大陆登陆段施工工艺

本工程登陆段穿越生态保护红线和砂质岸线，大陆登陆段采用定向钻的施工方

式。

定向钻适合在穿越对近岸生态保护、环境保护要求较高的区域以及保护岸段时使用。本项目登陆段与生态保护红线和海岸防护区存在交越，因此，为尽量减少对保护岸段的影响，本项目采用非开挖定向钻登陆方案进行电缆铺设施工，且在生态保护红线和防护区范围内定向钻走线深度取 5m。

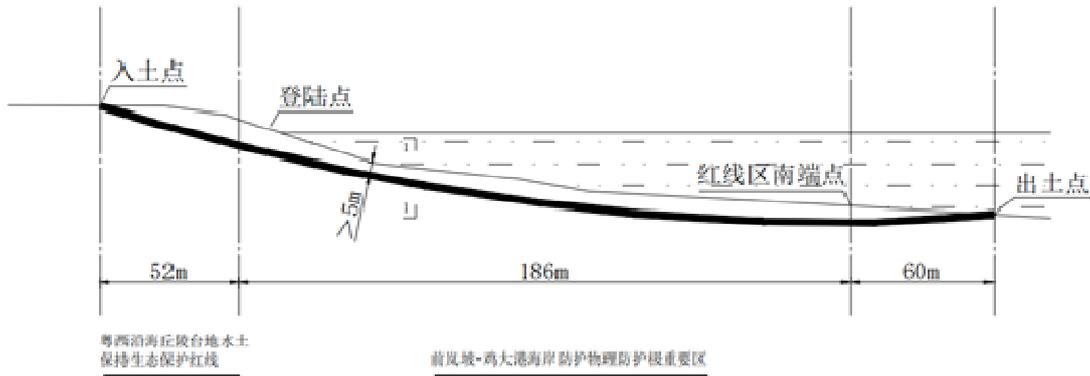


图 8.3-1 定向钻纵断面图

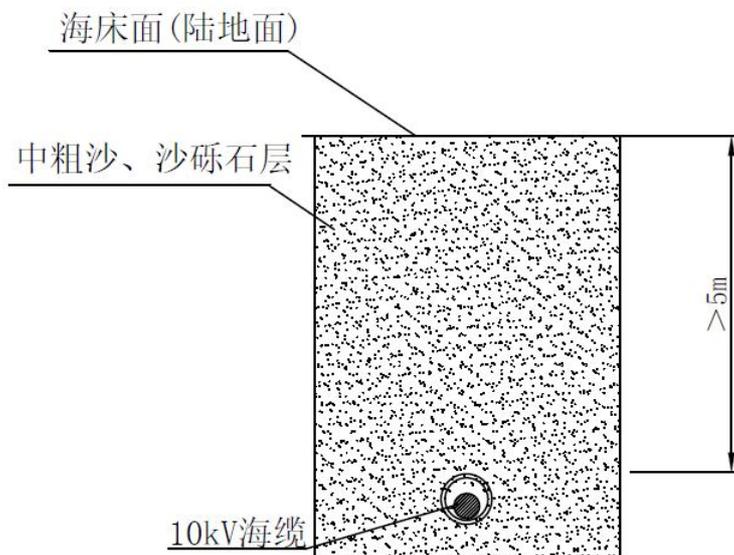


图 8.3-2 定向钻横断面图

利用水平定向钻机以可控钻进轨迹的方式，在不同地层和深度进行钻进并通过定位仪导向抵达设计位置而铺设地下管线施工的施工方法。施工时，首先用导向钻具钻进小口径的导向孔；然后用回扩钻头将钻孔扩大至所需的口径；最后将生产管拉入孔内。

水平定向穿越施工包括导向孔施工、扩孔、及管道回拉三个阶段。其示意图如下：

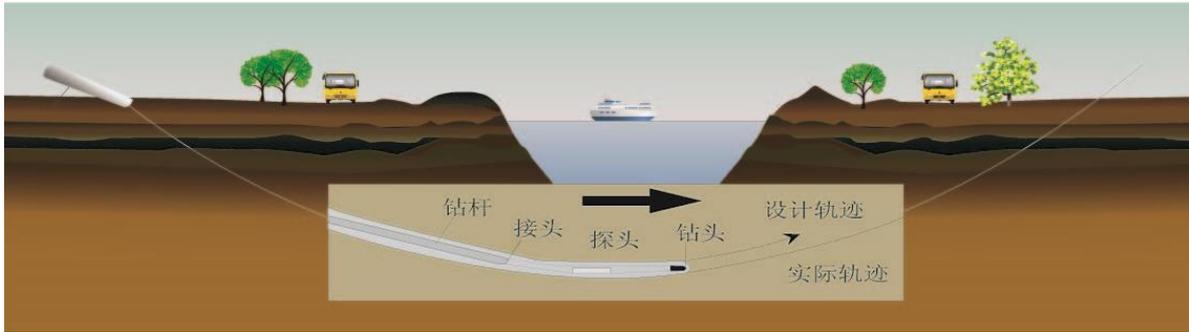


图 8.3-3 导向孔施工示意图

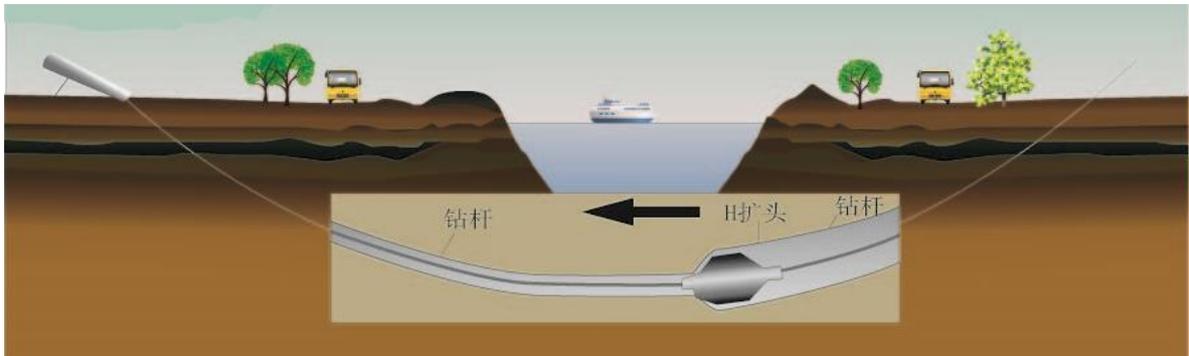


图 8.3-4 扩孔、清孔示意图

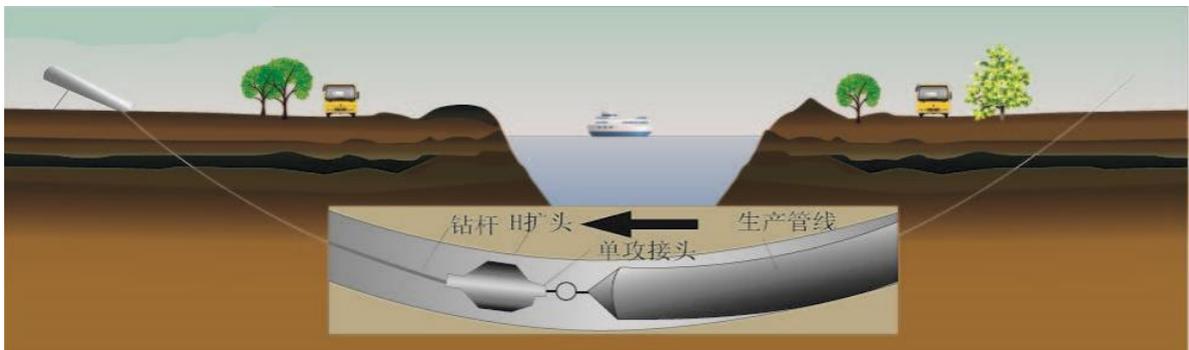


图 8.3-5 管道回拉示意图

8.4 海岛登陆段施工工艺

大竹洲上下岛段为基岩自然保护岸线，故优先选择适合的天然基岩沟槽作为缆沟，海缆安装铸铁关节套管后敷设入缆沟内，采用缆沟回填碎石并混凝土包封的保护方法。在没有天然基岩沟槽的情况下则海缆直接贴岸敷设，因此项目施工对基岩破坏非常小，不会改变基岩岸线原有的自然属性，也不影响原有的海岸生态功能。大竹洲岛海上观测平台侧登陆段地形起伏较大，部分海缆须采用后锚型式固定于基岩侧壁，即采用植筋方式固定海缆支架，并用于固定海缆（含铸铁关节套管）。

在水陆交叉段区域施工时，选择大潮汛低水期进行。登陆海缆铸铁保护管安装时，小头朝向海面，大头套小头逐节连续安装，并用螺栓固定，套管之间不能间断，反之则大大降低套管保护的安全性。

第九章 高低压变配电工程

9.1 设计方案

大竹洲岛新建配电室内高压采用单母接线方式，新装高压开关柜 2 面（进线柜及计量柜 1 面，出线柜 1 面），SCB14-1250kVA 变压器 1 台，低压柜 6 面，10kV 高压电缆 3×70 共计 15m（高压柜至变压器）。本项目负荷除了由市电引入一回 10kV 电源外，在该地块内还设置两台柴油发电机组作为一级负荷的应急电源，市电主用电源与应急电源之间在设备的前端进行切换后，应在设备的末端进行再切换。为了保证不向系统倒送电，各级的双电源自动切换装置应可靠。

9.2 设备选型

（1）电气计算

10kV 设备短路电流水平按 25kA 选择，0.4kV 进线断路器短路电路水平按 65kA 选择，其余按 50kA 考虑。

（2）主变压器选型

采用有载调压三相双绕组变压器；

采用降压型变压器；

变压器额定容量选用 1250kVA；

接线组别为 D.yn11。

表 9.2-1 主变压器选择结果表

项目	参数
型式	三相双绕组，干式有载调压
容量	1250kVA
额定电压	10.5±2X2.5%/0.4KV
接线组别	D.yn11
阻抗电压	Uk%=6

（3）开关设备

0.4kV 开关柜：采用国产优质抽屉式开关柜（GCS），其中，进线柜、出线柜和电容器柜配置国产优质断路器，为支持顺序化控制，所有手车及地刀均为电动操作。

9.3 照明系统

配电室设有正常照明系统，正常时均由站用 380/220V 三相四线制系统供电，二次设备室等主要采用以荧光灯为主的照明。配电室按无人值班设计，灯具的配置和安装尽量与建筑装饰相配合，事故时的照明配置移动式的应急灯。应急灯应配带蓄电池

的应急疏散灯，在事故状态中满足 90min 的要求。

9.4 防雷与接地系统

接地装置和接地电阻按满足电力行业标准的要求执行，设备的接地应须满足反措要求。

本站接地网采用水平接地体为主，垂直接地体为辅的接地网，沿楼内周围布置，主接地网采用-50×5 的热镀锌扁钢，垂直接地体采用热镀锌角钢，配电室内主接地网接地电阻应满足规程要求，如有建筑接地的接地系统应接入建筑防雷接地系统。

接地装置的连接应保证有可靠的电气接触，焊接处不应有夹渣、咬边、气孔及未焊透现象，变压器中性点、设备外壳、电缆桥架及电缆金属外皮都应可靠接地，接地电阻应小于 1 欧姆，达不到要求时要延伸接地网以确保安全。

9.5 火灾监控系统、火灾自动报警及联动控制

配电室作为电力系统的重要组成部分，一旦发生火灾，不仅会对电力供应造成严重影响，还可能引发更大范围的火灾事故。因此，建立一套完善的火灾监控系统、火灾自动报警及联动控制系统是确保配电室安全运行的关键。

在大竹洲岛新建配电房内安装包括烟雾探测器、温度探测器、火焰探测器等，它们负责实时监测配电室内的环境状况。

第十章 X 波段雷达及基础配套工程

10.1 X 波段双偏振相控阵天气雷达系统

10.1.1 X 波段双偏振相控阵天气雷达设备

10.1.1.1 雷达功能架构

X 波段双偏振相控阵天气雷达，是一种为气象部门提供实时或准实时天气探测信息的新型设备，并能够通过网络化功能形成一个高时空分辨率的天气监测系统，可用于对极端天气气候事件的实时监测。

X 波段双偏振相控阵天气雷达可探测获取雷达站周围上空含水天气目标的位置、强度、速度、谱宽，提供差分相位、比差分相位、相关系数、差分反射率等基础极化参数，实时监测 60 公里范围内的中小尺天气系统的精细化结构和生消演变的全过程；精准探测到云雨中的粒子形状和相态信息；精准的定量降水估计和雨区准确定位；对中尺度气旋、暴雨、风切变、冰雹、龙卷风、大风等灾害性天气进行有效的监测和预警。

X 波段双偏振相控阵天气雷达系统功能架构主要分为两个分系统，分别是天线阵面分系统和雷达底座分系统。天线阵面分系统负责双极化有源相控阵雷达的信号发射、信号接收、数字中频处理等一系列前端的工作。雷达底座分系统则负责雷达整体的控制、信号处理、网络化通信等一系列后端的工作。附属设备包括雷达站基础配套设施（含雷达塔钢结构、防雷工程、供电和通信工程、安防工程等），其功能架构如下图 10.1-1 所示。

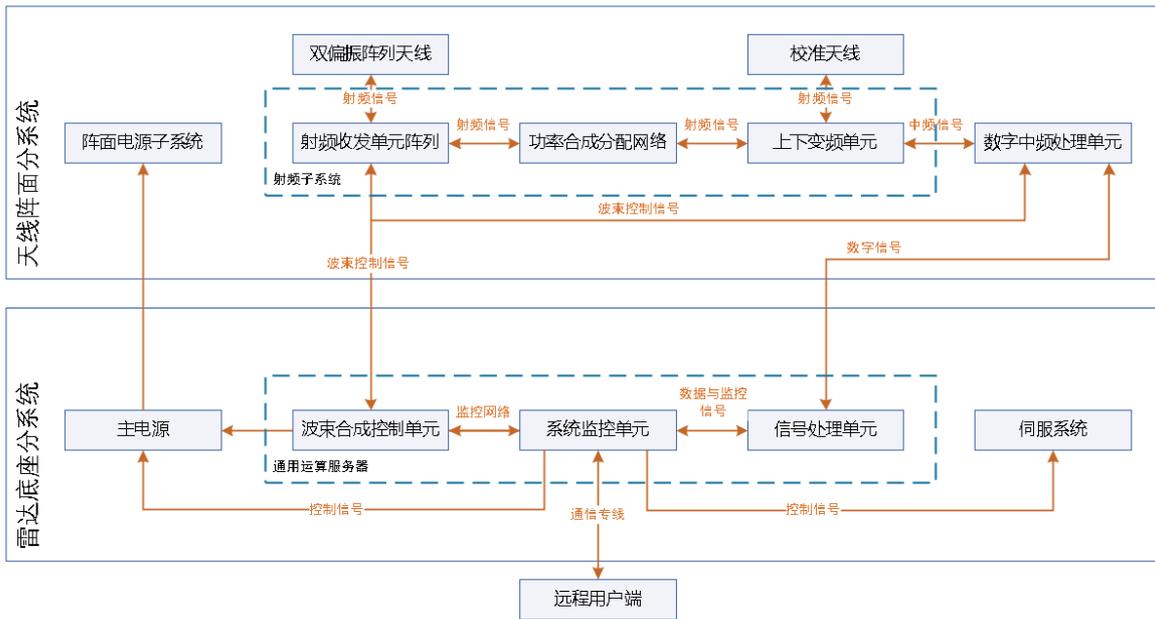


图 10.1-1 X 波段双偏振相控阵天气雷达系统架构图

X 波段双偏振相控阵天气雷达采用双极化全相参相控阵体制，应具备下列功能：

- 1) 产生微波长短脉冲信号并以双极化的形式发射的功能；
- 2) 能够快速探测天气雷达上空周围天气目标的位置、强度、平均径向速度、速度谱宽、差分强度、差分相位、比差分相位、相关系数等参数；
- 3) 具有监测 60 公里范围内中小尺度强对流灾害性天气系统的生成、发展、消散、移动等状态的能力；
- 4) 能在其探测范围内对中尺度气旋、暴雨、风切变、冰雹、龙卷风、大风等灾害性天气进行有效的识别和预警；
- 5) 能定量测量降水位置和强度，观测降雨区内部结构的能力；
- 6) 具备在线和离线标定功能；
- 7) 具备工作参数和工作模式设置的能力，可以灵活设置多种扫描策略以适应不同环境的使用；
- 8) 具备远程控制与实时监测功能；
- 9) 具备网络化工作功能，能够进行网络化协同测量；
- 10) 具有与 S、C 波段多普勒天气雷达一致的基数据和 I/Q 数据格式；
- 11) 扫描策略可通过参数表灵活设置，在典型体扫模式（包括不限于 VCP21 模式），体扫时间不大于 1 分钟。

10.1.1.2 雷达功能特点

X 波段双偏振相控阵天气雷达，是一种为气象部门提供实时或准实时天气探测信息的新型设备，并能够通过网络化功能形成一个高时空分辨率的天气监测系统，可用于对极端天气气候事件的实时监测。其采用双极化全相参体制，具有监测 60 公里范围内中小尺度强对流灾害性天气系统的生成、发展、消散、移动等状态的能力，能定量测量降水位置和强度，观测降雨区内部结构，且能进行网络化协同测量，实现对近地空域的无盲区覆盖，是探测、监视小尺度、生消变化快、致灾性强的强对流天气系统十分有效的技术手段，在技术上必须具备以下特点：

（1）采用双极化阵列天线设计

在双极化阵列天线设计中，电偶极子和磁偶极子可以相同的方式产生具有相互正交极化矢量的辐射电场。平行电、磁偶极子或正交电、磁偶极子的结构与馈电方式是双极化阵列天线设计中是否能够获得低旁瓣和高极化隔离度的关键。拟采购的相控阵天气雷达，其天线须采用双极化耦合微带贴片阵元，并通过串联馈电平衡技术和多层复杂结构设计方式，获得很高的极化隔离度及旁瓣抑制。

（2）采用空间二次回波抑制技术

本次采购的双偏振相控阵天气雷达应采用空间二次回波抑制技术，利用每次在空间中发射接收的波束指向都不同，周期正程结束后，回程时间极短，超过雷达正程的回波信号，落入下一个周期的正程之中，从而实现了二次回波的抑制。

（3）采用全固态相参收发 TR 组件

本次采购的双偏振相控阵天气雷达收发单元，应采用全固态收发 TR 组件，通过在空间进行多路能量合成而得到所需的发射功率以及在接收通道进行多路信号合成。雷达同时使用 128 个全固态相参收发 TR 组件，在收发 TR 组件的损坏率不超过 5% 的情况下，雷达还可以正常工作。天气雷达在信号发射时进行多路功率放大而无需使用大功率的发射器件，同时在接收时，进行多路低噪声放大，大大降低系统的噪声系数，从而提高系统最小可接收信号以及动态范围的需求，从而保证拟采购相控阵天气雷达具有更高的瞬时带宽、使用寿命长、工作电压低、体积小重量轻、可靠性高、维护型好、故障率低等特点。

（4）采用数字脉冲压缩技术

X 波段双偏振相控阵天气雷达为了获得远距离目标的高信噪比，采用在发射端发

射大时宽、带宽信号的方式，以提高信号的速度测量精度和速度分辨力，而在接收端，将宽脉冲信号压缩为窄脉冲，以提高雷达对目标的距离分辨精度和距离分辨力。

（5）采用数字波束合成技术

本次采购的 X 波段双偏振相控阵天气雷达应采用数字波束合成技术，即利用数字信号处理技术在基带形成多个波束并对多个波束同时进行处理，以提高 X 波段双偏振相控阵雷达系统的实时性及处理能力，实现超高扫描更新率，使雷达具有低功耗、高可靠、高精度等特点。

（6）采用雷达信号处理技术

雷达信号处理技术通过对回波信号的分析处理可以精确得到天气目标的探测参数。非常复杂的硬件结构和实时处理软件编程的共同设计是实现超大宽带的 X 波段双偏振相控阵雷达信号处理能力的基础，并且是决定系统探测精度的关键。本次采购的 X 波段双偏振相控阵天气雷达应采用基于 FPGA 结构的雷达信号处理系统，以纯硬件形式同时实时进行超大数据量的处理和复杂的运算功能。

10.1.1.3 雷达技术指标

X 波段双偏振相控阵天气雷达主要技术指标如下表：

表 10.1-1 X 波段双偏振相控阵天气雷达主要技术指标

序号	项目	技术性能指标	
1	总体技术性能指标		
1.1	雷达体制	双线偏振体制	
1.2	工作频率	9.3 ~ 9.5GHz	
1.3	探测距离范围	警戒≥100km，定量≥50km	
1.4	近距离盲区范围	≤300m	
1.5	50 千米处可探测的最小反射率因子（参考值）	≤16dBZ	
1.6	测量范围	强度	-15dBZ ~ +80dBZ
1.7		速度	±48m/s
1.8		谱宽	0m/s ~ 16m/s
1.9		差分反射率因子	-7.9dB ~ +7.9dB
1.10		差分传播相位	-90° ~ +90°
1.11		差分传播相位率	-2° /km ~ +20° /km
1.12		相关系数	0 ~ 1
1.13	参数测量精度	强度	≤1dB
1.14		距离	≤30m
1.15		速度	≤1m/s
1.16		谱宽	≤1m/s
1.17		差分反射率因子	≤0.2dB
1.18		差分传播相位	≤3°

1.19		差分传播相位率	$\leq 0.2^\circ / \text{km}$
1.20		相关系数	≤ 0.01
1.21	系统相位噪声		$\leq 0.2^\circ$
1.22	地物杂波抑制比		$\geq 50\text{dB}$
1.23	收发单元通道幅相一致性		幅度波动小于 $\pm 0.5\text{dB}$
1.24			相位波动均方根误差小于 $\pm 3^\circ$
1.25	输出参数		强度、速度、谱宽、差分反射率因子、差分传播相位、差分传播相位率、相关系数
1.26	电源要求		单相 AC220V $\pm 10\%$, 50Hz $\pm 5\%$
1.27	重量		≤ 1.2 吨
1.28	环境要求	工作温度	室外、车厢外装备: $-40\sim+50^\circ\text{C}$, 室内、车厢内装备: $0\sim+40^\circ\text{C}$
1.29		贮存温度	$-40\sim+60^\circ\text{C}$
1.30		最大湿度 ($+30^\circ\text{C}$)	室外: $\leq 95\%$, 室内: $\leq 90\%$
1.31	任务可靠性时间		$\geq 2000\text{h}$
1.32	平均故障修复时间		$\leq 0.5\text{h}$
1.33	整机功耗		$\leq 10\text{kW}$
1.34	连续工作时间		可 24h 工作
2	天线技术指标		
2.1	天线形式		双线偏振相控阵阵列天线
2.2	频率		9.3~9.5GHz
2.3	极化方式		线性水平、垂直极化
2.4	波束水平宽度（水平偏振和垂直偏振）（法向）		$\leq 3.6^\circ$
2.5	波束垂直宽度（水平偏振和垂直偏振）（法向）		$\leq 1.8^\circ$
2.6	增益（法向）		$\geq 36\text{dB}$
2.7	第一副瓣电平（水平）		$\leq -23\text{dB}$
2.8	交叉极化隔离度		$\geq 30\text{dB}$
2.9	水平方向上双线偏振波束角度误差		$\leq 5\%$
2.10	水平方向上双线偏振 3dB 波束宽度差		$\leq 5\%$
2.11	抗风能力（阵风）		无天线罩: 8 级风工作, 10 级风不损坏
			有天线罩: 17 级风速下正常工作
3	天线阵面和伺服系统技术指标		
3.1	天线阵面扫描方式		PPI、RHI、体扫、扇扫、定点、用户自定义
3.2	天线阵面扫描范围	方位机械扫描	$0 \sim 360^\circ$ 连续扫描
3.3		俯仰电子扫描	$-2 \sim +60^\circ$
3.4		俯仰机械调整	$0 \sim +90^\circ$
3.5	天线阵面扫描速度	方位	$0\sim 36^\circ / \text{s}$, 误差不大于 5%
3.6	天线阵面定位精	方位	$\leq 0.1^\circ$

3.7	度	俯仰	$\leq 0.1^\circ$
3.8	天线阵面控制精度	方位	$\leq 0.1^\circ$
3.9	天线阵面控制字长		≥ 14 位
3.10	角度编码器字长		≥ 14 位
4	发射通道技术指标		
4.1	发射通道形式		全固态分布式
4.2	工作频率		9.3 ~ 9.5GHz
4.3	脉冲峰值功率（每个极化）		$\geq 100W$
4.4	发射脉冲宽度		1 ~ 200 μs （可选）
4.5	脉冲重复频率		$\geq 500Hz$ (警戒), $>1000Hz$ (定量)
4.6	发射通道输出端极限改善因子		$\geq 50dB$
4.7	谐波和杂散抑制		$\geq 40dB$
5	接收通道技术指标		
5.1	工作频率		9.3 ~ 9.5GHz
5.2	噪声系数		$\leq 4dB$
5.3	接收系统动态范围		$\geq 95dB$
5.4	最小可测功率（灵敏度）		$\leq -110dBm$ （带宽 1 MHz）
5.5	镜频抑制度		$\geq 60dB$
5.6	模数 A/D 变换位数		≥ 14 位
5.7	最大脉冲压缩比		≥ 100
6	波束控制与合成单元技术指标		
6.1	波束控制和合成形式		数字域
6.2	波束控制精度		$\leq 5\%$
6.3	电扫方向上双线偏振波束角度误差		$\leq 5\%$
6.4	电扫方向上双线偏振 3dB 波束宽度误差		$\leq 5\%$
6.5	同时接收波束数		≥ 16 个波束
6.6	电扫方向发射第一副瓣电平		$\leq -22dB$ （窄发窄收）
6.7	电扫方向接收第一副瓣电平		$\leq -40dB$
7	信号处理单元技术指标		
7.1	脉冲压缩主副瓣比		$\geq 40dB$
7.2	距离库长度		$\leq 30m$
7.3	距离库数		≥ 5000 个

10.1.2 X 波段双偏振相控阵天气雷达设备配套软件

该软件是与雷达设备配套装机的软件，能够让每台雷达单独使用。通过该软件，用户可以远程在线完成对雷达运行参数的设置、雷达开关机操作、雷达运行状态监控，支持单机雷达设备 8 类 37 个不同气象产品生成和气象产品显示等。软件各分系统和功能模块如表 10.1-2 所列，表 10.1-3 为雷达设备输出气象产品列表。

表 10.1-2 雷达设备配套软件功能列表

序号	应用系统名称	软件分系统	功能
1	雷达控制软件	雷达天线阵面控制分系统	使雷达操作人员能够对雷达天线阵面有关参数和状态进行设置和监控，包括设置和监控雷达天线方位角、设置电机运行模式（位置模式/速度模式）、设置发射机电源状态（开/关）、设置发射机发射工作状态（允许发射/禁止发射）、设置雷达发射波形（LFM/SIN）、监视及控制雷达工作状态（空闲/上电\初始化\运行）
		雷达系统状态监视分系统	使雷达系统管理人员能够对对雷达各个部分的状态进行监控，包括监视天线阵面的工作状态（天线方位角、俯仰角、偏差角、温度及其工作状态（天线转速、发射机电源、发射机状态、扫描模式））、监视雷达各子设备的工作状态、监视接收机/发射机的工作参数（电压、电流和温度）、监视空调的工作状态、监视风扇的工作状态、查看以往任意时刻雷达系统的工作状态；
		雷达工作任务分系统	使雷达系统管理人员完成对雷达工作模式设置，形成雷达工作任务供雷达运行初始化使用，最终实现按工作模式配置所形成的雷达工作方式，包括配置天线以及天线阵面相关设备的参数(扫描波束宽度、脉冲发射重复频率设、极化方式、发射脉冲个数设置)、设定雷达的扫描范围（方位角的步进大小，仰角扫描起始位置，最终位置和扫描步进）、设定发射脉冲的相关参数（长、短波脉冲发射宽度，脉冲类型（长脉冲、短脉冲、长短组合脉冲）、.距离分辨率）、设定雷达信号带宽和工作频点（.长脉冲带宽和工作频点、短脉冲工作频点）。
2	雷达气象产品显示软件	产品预览与保存子系统	<p>（1）实时产品预览模块：把接收的实时气象产品按不同站点、不同产品类别以及不同的扫描模式进行分类，并且把最新时刻的气象数据置顶显示，方便用户对气象产品进行浏览。</p> <p>（2）历史产品预览模块：用户可通过请求或者导入产品文件来浏览过去某一段时间的气象产品，本模块可对历史的气象产品进行分类。</p> <p>（3）产品图片保存模块：本模块提供了长期存储气象产品的功能，把接收的实时气象数据，以图像的形式进行存储。</p>
		参数设置子系统	<p>（1）存储设置模块：可对产品图片的存储路径、保存格式、地图背景类型、最大允许空间、保留天数以及产品名称进行配置。当存储设备的空间大小达到所设定的阈值，或者已存储的产品图片超出所设定的天数，便会自动删除最旧的产品图片。</p> <p>（2）色标设置模块：在产品图像中，气象数据通过颜色来表示，每个产品都有其对应的颜色表，每种颜色表示某一个（如渐近色）或某一范围的数据值（如非渐近色）。通过本模块用户可自定义气象数据对应的颜色系。</p> <p>（3）动画设置模块：用于设置气象产品进行动画播放时的参数，如设置播放时间及播放速度。</p> <p>（4）迭加设置：在气象产品显示时，可进行产品的迭加显示。本模块可设置哪些气象产品需要迭加显示。</p>

序号	应用系统名称	软件分系统	功能
		气象产品图像显示子系统	<p>(1) 产品显示模块：以窗口的形式显示气象产品。窗口分为4个区域:图像区域、文本信息区域、色标信息区域和游标信息区域。图像区域为主区域，以图像的形式对气象产品数据进行显示，此外还会显示圆环和产品所属站点的地图背景；文本信息区域以文字的形式显示出该产品的信息和所属站点的信息；色标信息区域以图像的形式显示出当前产品所采用的颜色表信息；游标信息区域显示出鼠标在图像上的位置所对应信息，如方位角信息、距离信息、经纬度信息和气象数值。</p> <p>(2) 产品操作模块：支持一系列的气象产品操作，以方便用户进行气象数据分析。如图像放缩、图像移动、图像平滑、产品自动更新、等值线图绘制、风场叠加、罗盘操作、地图标注、地图切换、光标联动、剖面操作。</p>
		图形产品分析工具子系统	提供编辑工具，可在图像区域上绘制线段、任意多边形、圆、箭头以及输入文字作为注释内容并进行保存。
		产品请求管理子系统	<p>(1) 实时请求管理模块：本模块向服务器进行实时的气象产品请求，从而获得气象数据。另外，用户可以进行设置，选择只请求指定站点、指定产品的气象数据。</p> <p>(2) 历史请求管理模块：用户需要对过去某一段时间的气象数据进行分析，本模块向服务器进行历史的气象产品请求，从而获得气象数据。</p> <p>(3) 产品在线预览模块：为用户提供浏览某一历史时刻的气象数据图像。</p>
3	雷达气象产品生成软件	监控子系统	<p>(1) 雷达站点监视模块：监视雷达与产品生成软件的连接与数据传输情况；</p> <p>(2) 系统资源监视模块：监视计算机的 CUP、内存及硬盘资源。</p>
		配置分子系统	<p>(1) 算法参数配置模块：包括风暴质心、综合切变、冰雹预测、气象算法、中尺度气旋、风暴段、强天气概率、风暴跟踪和预报、龙卷涡旋特征、垂直积分液态水含量和降雨估计-降水率系数、降水检测、速度退模糊、水凝物分类算法参数，环境数据、警报匹配算法等配置；</p> <p>(2) 二次质量控制模块：对雷达基数据进行质控操作，如电磁干扰抑制、产品衰减订正；</p> <p>(3) 通用设置模块：配置雷达的 IP 地址与端口号，并控制与雷达的连接。</p>
		数据分发子系统	<p>(1) 基数据文件分发模块：支持以 TCP 及 FTP 的通信方式，对基数据文件进行传输；</p> <p>(2) 产品文件分发模块：把气象产品文件分发到客户端进行显示；</p>
		气象产品生产分系统	根据气象算法，对雷达基数据进行分析处理，生成一系列的气象产品，如基本产品、反射率衍生产品、降水产品、风暴产品、风速相关产品、粒子分类产品、零度层产品等。

表 10.1-3 雷达设备输出气象产品列表

序号	产品分类	产品名称	英文简称
1	基本产品	原始反射率产品	T
2		基本反射率产品	Z
3		平均径向速度产品	V
4		谱宽产品	W
5	偏振量产品	差分反射率产品	ZDR
6		差分传播相移产品	PHIDP
7		差分传播相移率产品	KDP
8		相关系数产品	CC
9	反射率分析产品	组合反射率产品	CR
10		分层组合反射率平均值产品	LRA
11		分层组合反射率最大值产品	LRM
12		垂直累积液态水含量产品	VIL
13		回波顶高产品	ETOP
14		回波底高产品	EBOT
15		最强回波高度产品	EMAX
16		最大值产品	MAX
17	降水产品	双偏振定量降水估计产品	QPE
18		一小时累积降水量产品	OHP
19		三小时累积降水量产品	THP
20		N 小时累积降水量产品	NHP
21		风暴总累积降水量产品	STP
22	风场产品	径向速度扩展产品	VDA
23		相对风暴平均径向速度产品	SRM
24		速度方位显示产品	VAD
25		速度方位显示风廓线产品	VWP
26		方位涡度产品	AS
27		径向散度产品	RS
28		综合切变产品	CS
29		三维风场产品	WIND
30	强对流产品	强天气概率产品	SWP
31		风暴结构产品	SS
32		风暴跟踪信息产品	STI
33		冰雹指数产品	HI
34		中气旋识别产品	MESO
35		龙卷涡旋特征产品	TDA
36	粒子分类产品	水凝物分类产品	HCL
37	零度层产品	双偏振零度层产品	ML

10.1.2.1 雷达控制软件

雷达控制软件是指雷达设备配套装机的软件，分为单机雷达控制软件及协同式控制软件，能够让每台雷达单独使用，也能同时对多台雷达进行控制。通过该软件，用户可以远程在线完成对雷达运行参数的设置、雷达开关机操作、雷达运行状态监控。

（1）雷达天线阵面控制分系统

使雷达操作人员能够对雷达天线阵面有关参数和状态进行设置和监控，包括设置和监控雷达天线方位角、设置电机运行模式（位置模式/速度模式）、设置发射机电源状态（开/关）、设置发射机发射工作状态（允许发射/禁止发射）、设置雷达发射波形（LFM/SIN）、监视及控制雷达工作状态（空闲/上电\初始化\运行）

（2）雷达系统状态监视分系统

使雷达系统管理人员能够对对雷达各个部分的状态进行监控，包括监视天线阵面的工作状态（天线方位角、俯仰角、偏差角、温度及其工作状态（天线转速、发射机电源、发射机状态、扫描模式））、监视雷达各子设备的工作状态、监视接收机/发射机的工作参数（电压、电流和温度）、监视空调的工作状态、监视风扇的工作状态、查看以往任意时刻雷达系统的工作状态。

（3）雷达工作任务分系统

使雷达系统管理人员完成对雷达工作模式设置，形成雷达工作任务供雷达运行初始化使用，最终实现按工作模式配置所形成的雷达工作方式，包括配置天线以及天线阵面相关设备的参数(扫描波束宽度、脉冲发射重复频率设、极化方式、发射脉冲个数设置)、设定雷达的扫描范围（方位角的步进大小，仰角扫描起始位置，最终位置和扫描步进）、设定发射脉冲的相关参数（长、短波脉冲发射宽度，脉冲类型（长脉冲、短脉冲、长短组合脉冲）、距离分辨率）、设定雷达信号带宽和工作频点（长脉冲带宽和工作频点、短脉冲工作频点）。

10.1.2.2 雷达气象产品显示软件

气象产品生成软件完成对雷达基数据分析处理，生成各类融合气象产品后，实时推送到气象产品用户终端，由气象产品显示软件以图形方式呈现给气象产品用户，用于雷达网覆盖区域局地精细化气象预报预警服务。此外，该软件还支持气象产品显示参数、背景地图的设置，图形产品分析，图形产品预览和保存等功能。

（1）产品预览与保存子系统

1) 实时产品预览模块：把接收的实时气象产品按不同站点、不同产品类别以及不同的扫描模式进行分类，并且把最新时刻的气象数据置顶显示，方便用户对气象产品进行浏览。

2) 历史产品预览模块：用户可通过请求或者导入产品文件来浏览过去某一段时

间的气象产品，本模块可对历史的气象产品进行分类。

3) 产品图片保存模块：本模块提供了长期存储气象产品的功能，把接收的实时气象数据，以图像的形式进行存储。

(2) 参数设置子系统

1) 存储设置模块：可对产品图片的存储路径、保存格式、地图背景类型、最大允许空间、保留天数以及产品名称进行配置。当存储设备的空间大小达到所设定的阈值，或者已存储的产品图片超出所设定的天数，便会自动删除最旧的产品图片。

2) 色标设置模块：在产品图像中，气象数据通过颜色来表示，每个产品都有其对应的颜色表，每种颜色表示某一个（如渐近色）或某一范围的数据值（如非渐近色）。通过本模块用户可自定义气象数据对应的颜色系。

3) 动画设置模块：用于设置气象产品进行动画播放时的参数，如设置播放时间及播放速度。

4) 迭加设置：在气象产品显示时，可进行产品的迭加显示。本模块可设置哪些气象产品需要迭加显示。

(3) 气象产品图像显示子系统

1) 产品显示模块：以窗口的形式显示气象产品。窗口分为4个区域：图像区域、文本信息区域、色标信息区域和游标信息区域。图像区域为主区域，以图像的形式对气象产品数据进行显示，此外还会显示圆环和产品所属站点的地图背景；文本信息区域以文字的形式显示出该产品的信息和所属站点的信息；色标信息区域以图像的形式显示出当前产品所采用的颜色表信息；游标信息区域显示出鼠标在图像上的位置所对应信息，如方位角信息、距离信息、经纬度信息和气象数值。

2) 产品操作模块：支持一系列的气象产品操作，以方便用户进行气象数据分析。如图像放缩、图像移动、图像平滑、产品自动更新、等值线图绘制、风场叠加、罗盘操作、地图标注、地图切换、光标联动、剖面操作。

(4) 图形产品分析工具子系统

提供编辑工具，可在图像区域上绘制线段、任意多边形、圆、箭头以及输入文字作为注释内容并进行保存。

(5) 产品请求管理子系统

1) 实时请求管理模块：本模块向服务器进行实时的气象产品请求，从而获得气

象数据。另外，用户可以进行设置，选择只请求指定站点、指定产品的气象数据。

2) 历史请求管理模块：用户需要对过去某一段时间的气象数据进行分析，本模块向服务器进行历史的气象产品请求，从而获得气象数据。

3) 产品在线预览模块：为用户提供浏览某一历史时刻的气象数据图像。

10.1.2.3 雷达气象产品生成软件

雷达气象产品生成软件是运用气象专业算法，对雷达基数据进行解压缩、解密，进行数据分析质控、分布式处理、融合，生成天气预警预报用的各种气象产品，并以文字、表、图形等形式呈现用户终端上，供预报员和其他气象产品用户使用，软件支持生成单机雷达设备 8 类 35 个单机气象产品。

(1) 监控子系统

1) 雷达站点监视模块：监视雷达与产品生成软件的连接与数据传输情况；

2) 系统资源监视模块：监视计算机的 CUP、内存及硬盘资源。

(2) 配置子系统

1) 算法参数配置模块：包括风暴质心、综合切变、冰雹预测、水文气象算法、中尺度气旋、风暴段、强天气概率、风暴跟踪和预报、龙卷涡旋特征、垂直积分液态水含量和降雨估计-降水率系数、降水检测、速度退模糊、水凝物分类算法参数，环境数据、警报匹配算法等配置；

2) 二次质量控制模块：对雷达基数据进行质控操作，如电磁干扰抑制、产品衰减订正；

3) 通用设置模块：配置雷达的 IP 地址与端口号，并控制与雷达的连接。

(3) 数据分发子系统

1) 基数据文件分发模块：支持以 TCP 及 FTP 的通信方式，对基数据文件进行传输；

2) 产品文件分发模块：把气象产品文件分发到客户端进行显示；

(4) 气象产品分系统

根据气象算法，对雷达基数据进行分析处理，生成一系列的气象产品，如基本产品、反射率衍生产品、降水产品、风暴产品、风速相关产品、粒子分类产品、零度层产品等。

10.2 配套基础设施建设

X 波段双偏振相控阵天气雷达，是一款集成度较高的新型雷达，将射频前端、数字中频处理单元、信号处理、伺服控制和机电系统等集成一体，与外部仅留有通信和电力接口。因此，雷达可无需球形天线罩、站点机房自然环境条件下安装。为避免雷达探测波束被邻近树林、楼房、电线杆等地物遮挡，通常需在合适位置修建一座一定高度的钢结构铁塔，为雷达提供一个即使在 17 级强阵风作用下也能保持稳定的工作平台。

配套基础设施建设内容通常包括雷达铁塔、防雷工程、供电工程、通信工程、安防工程以及雷达方舱等。

10.2.1 雷达安装钢结构塔技术要求

(1) 雷达塔参照以下标准设计：

- 1) GB50009-2012 建筑结构荷载规范；
- 2) GB50011-2010 建筑抗震设计规范；
- 3) GB50017-2003 钢结构设计规范；
- 4) GB50018-2002 冷弯薄壁型钢结构设计规范；
- 5) JGJ81-2002 建筑钢结构焊接技术规程；
- 6) GB50010-2010 混凝土结构设计规范；
- 7) GB50007-2011 建筑地基基础设计规范；
- 8) JGJ94-2008 建筑钢结构焊接技术规程；
- 9) GB50068-2001 建筑结构可靠度设计统一标准；
- 10) QX/T2-2016 中国新一代气象雷达站防雷技术规范。

(2) 雷达铁塔建设须达到的性能指标

为给雷达提供一个安全、稳定、可靠的安装平台，根据本地区基本风压和抗震设防烈度等级划分，雷达铁塔须达到以下技术指标：

1) 抗风能力：根据本地区基本风压等级划分（50 年一遇），确定雷达铁塔设计基本风压取值 0.75kN/m^2 。同时，雷达铁塔必须具有足够的刚度，以保证在 17 级强阵风作用下，不损毁且能够支撑雷达正常工作。

2) 寿命：雷达铁塔结构设计基准期为 50 年。

3) 抗氧化和抗腐蚀能力：雷达铁塔钢结构件在工厂预制，表面采用热镀锌防腐

工艺，同时通过合理的维护保养（每年一次小养护，每四年进行一次大的维护养护），保证整个铁塔抗氧化和抗腐蚀能力不低于 20 年。

4) 防震抗毁能力：根据本地区地震区划烈度等级，确定各雷达铁塔抗震设防烈度为 7 度，设计基本地震加速度值 0.10。

5) 结构安全等级 2 级。结构重要性系数 1.1。

6) 自振频率 > 1Hz。

7) 塔顶平台水平位移和塔高比 $\leq 1/300$ 。

(3) 雷达塔形结构

本项目 15 米雷达塔采用五柱正四边形钢结构铁塔，塔形如下图所示。

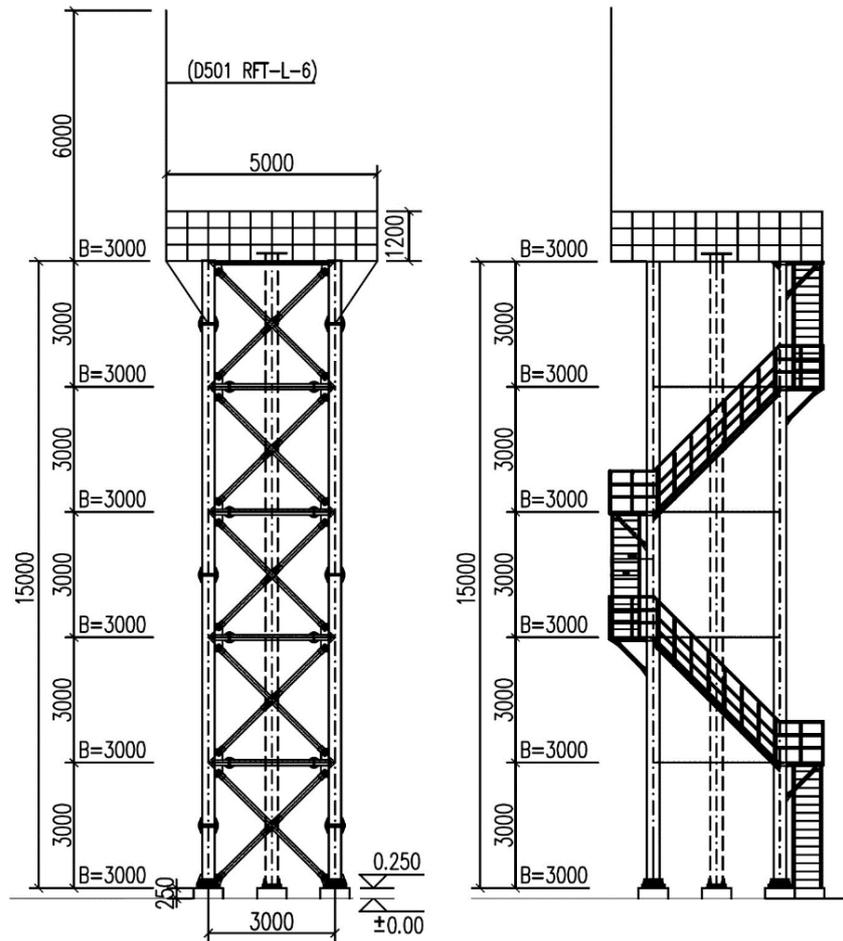


图 10.2-1 15 米正四边形五柱塔立面示意图

10.2.2 雷达站防雷接地工程

10.2.2.1 雷达站防雷接地指标要求

雷达站的防雷接地应满足如下要求：

(1) 接闪杆保护范围的边界至雷达边缘及平台上其他设备的距离 ≥ 1 米；

(2) 接闪杆与被保护物边缘垂直投影的水平距离 ≥ 2 米；

(3) 参照行业标准 QX/T2-2016《新一代天气雷达站防雷技术规范》，雷达站地网和接地体的接地电阻值不大于 $4\ \Omega$ 。当实测土壤电阻率大于 $1000\ \Omega \cdot \text{m}$ 时，宜在雷达塔基础外增设环形人工接地体，并应使用不小于 $50\text{mm} \times 5\text{mm}$ 的热镀锌扁钢或直径不小于 16mm 的热镀锌圆钢与雷达塔基础的主钢筋连接，连接点不少于 4 处，且均匀分布，共用接地装置的接地电阻值宜不大于 $5\ \Omega$ 。

10.2.2.2 雷达站防雷接地设计方案

(1) 雷达防雷设计参考标准

- ① 《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010
- ② 《建筑物电子信息系统防雷技术规范》GB50343-2012
- ③ 《新一代天气雷达站防雷技术规范》QX/T2-2016
- ④ 《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB50169-2016

(2) 雷达接闪器安装设计

雷达塔设置 1 根主避雷针，避雷针高出雷达安装平台不低于 7 米，距离塔中心 ≥ 3 米，主避雷针安装设计如图 10.2-2 所示。

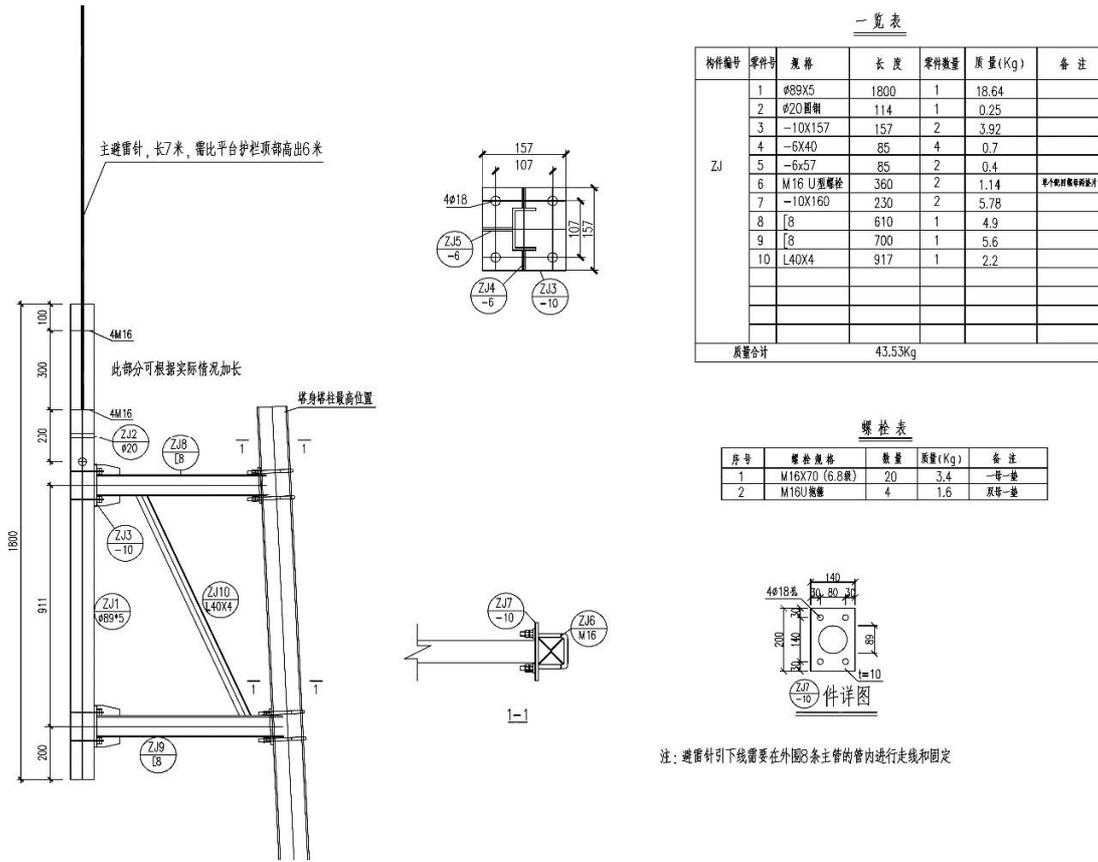


图 10.2-2 主避雷针安装设计图

当塔顶雷达及相关设备采用单针保护时，为实现对塔顶雷达及相关设备全方位雷电防护，须在雷达塔顶设立辅助雷达接闪器辅助针。其安装设计如图 10.2-3 所示。

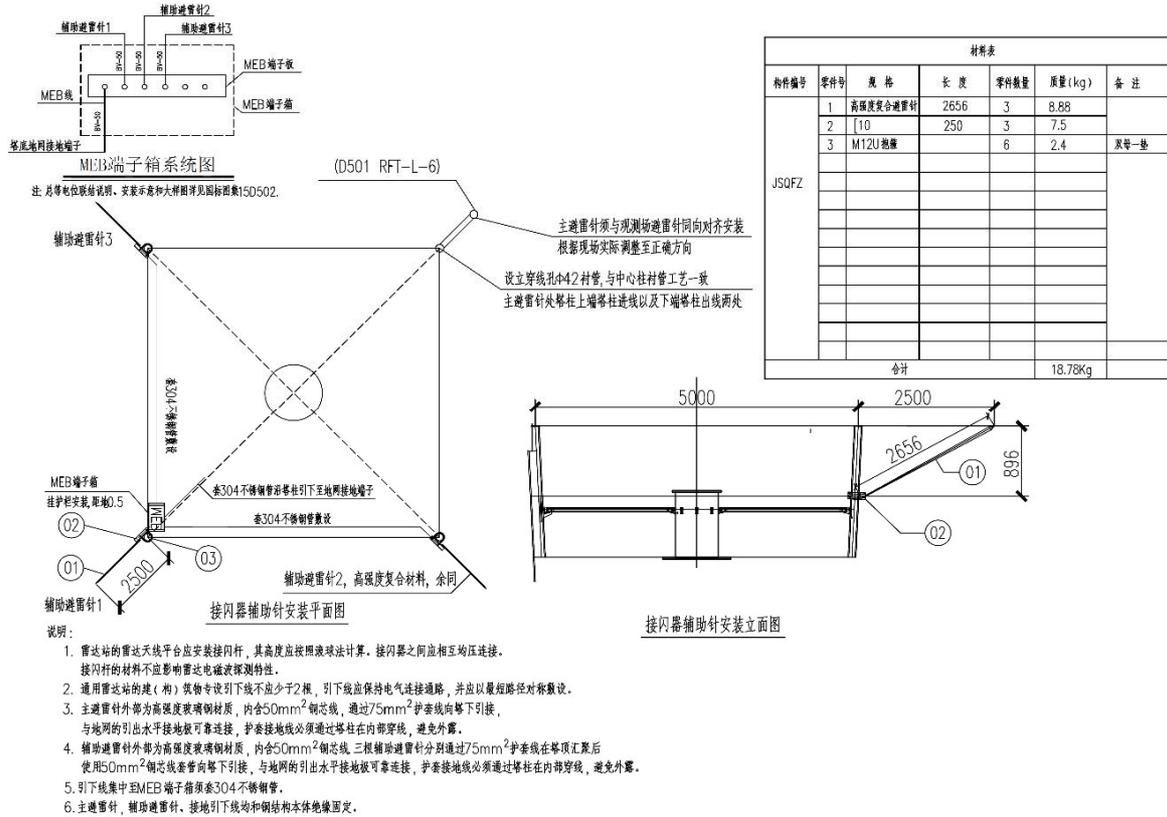


图 10.2-3 雷达接闪器辅助针安装设计图

(3) 雷达站防雷接地网设计

雷达站防雷接地网设计如图 10.2-4 所示。

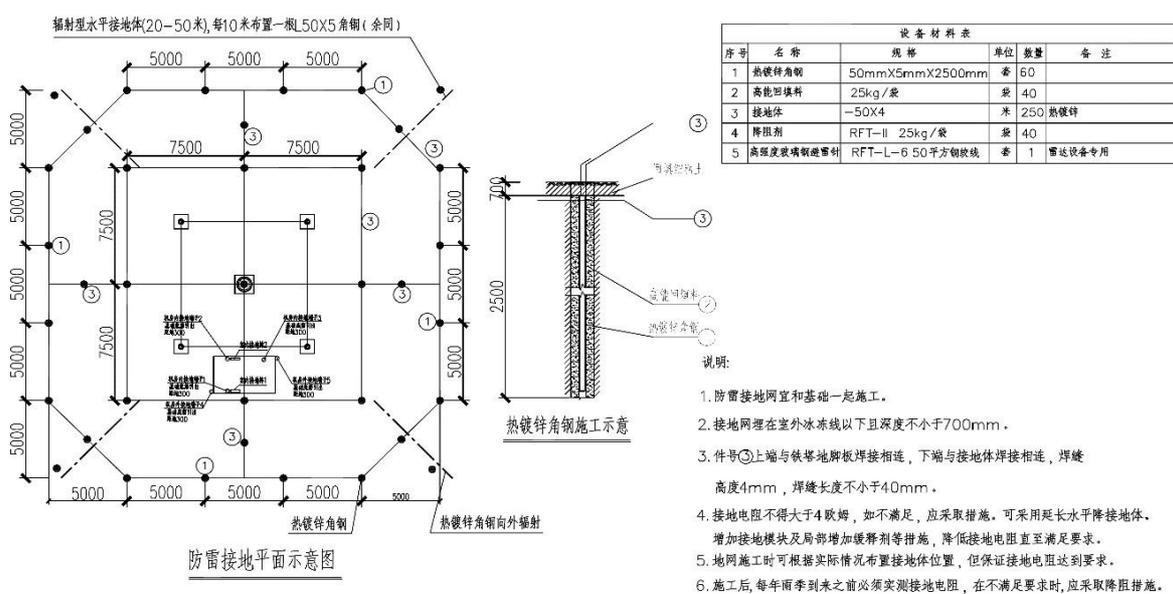


图 10.2-4 雷达防雷接地网设计图

10.2.2.3 雷达站防雷接地实施方案

10.2.2.3.1 防雷设施配置

(1) 参考《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010 第二类防雷建筑物的要求对雷达站构筑物进行外部防雷装置设计。

(2) 采用防雷等电位连接、屏蔽、共用接地、隔离、合理布线、电涌保护（防雷器）等综合措施对雷达站内部电气和电子系统进行防雷保护。

(3) 雷达站防雷设计、施工应与工程建设同步进行。

(4) 须选用重量轻，强度高，耐腐蚀的玻璃钢接闪杆，可抗迎面风速 50m/s。接闪杆顶部金属体直径 $\geq 18\text{mm}$ 。

(5) 对于无球形天线罩安装的相控阵天气雷达，为尽可能减少避雷针杆对雷达波束的遮挡，位于塔顶的雷达防雷保护采用 1 根主接闪器加 3 根辅助接闪器防雷保护方案。主接闪器为 1 根透波的玻璃钢结构避雷针，安装在距离雷达中心 ≥ 3 米雷达塔顶层外侧，接闪器顶端高出雷达安装平台不低于 7 米，接闪器用线径 $\geq 50\text{mm}^2$ 专用多芯铜绞线与接地网相联。3 根辅助接闪器用钢管制成，以雷达塔雷达转轴为中心，水平向塔外呈辐射状分布，与雷达塔钢结构件连接导通。雷达站防雷器材清单如下表所列。

表 10.2-1 雷达站防雷器材清单

序号	设备名称	数量	性能及技术参数	备注
1	主接闪器	1 根	玻璃钢材质，长 7 米，底部直径 72mm，顶部直径 47mm，壁厚 6mm。	
2	引下线	1 条	50mm ² 专用多芯铜绞线，长 50 米。	
3	辅助接闪器	3 根	Φ16 钢管，长 1873mm。	

10.2.2.3.2 防雷接地方案

接地目的是使雷电流顺畅泻入大地。为此，除接地网需要保持较低阻值，还应尽量减小引下线长度,增大引下线截面积等办法，降低引下线电阻值。

(1) 共用接地网，条件具备的情况下应达到 $\leq 1\Omega$ ，当条件不具备可适当放宽，接地电阻应做到 $\leq 4\Omega$ 。当实测土壤电阻率大于 $1000\Omega\cdot\text{m}$ 时，宜在雷达塔基础外增设环形人工接地体，并应使用不小于 $50\text{mm}\times 5\text{mm}$ 的热镀锌扁钢或直径不小于 16mm 的

热镀锌圆钢与雷达塔基础的主钢筋连接，连接点不少于 4 处，且均匀分布，共用接地装置的接地电阻值宜不大于 5Ω 。上图 4 所示为雷达站防雷地网施工设计图。

(2) 垂直接地体可采用烧制型石墨接地体、钛合金离子接地棒、铜材、锌包钢或其他新型接地材料。

(3) 水平接地体一般采用纯铜线、石墨线缆、锌包钢等。

(4) 接地材料的要求

①采用热镀锌角钢时，角钢不小于 $50\text{mm}\times 50\text{mm}\times 5\text{mm}$ 。

②采用热镀锌扁钢时，扁钢不小于 $40\text{mm}\times 4\text{mm}$ 。

③采用热镀锌圆钢时，圆钢直径不小于 8mm 。

④烧制模块规格： $600\text{mm}\times 150\text{mm}\times 100\text{mm}$ 。

⑤铜包钢接地棒，镀铜厚度 $\leq 0.25\text{mm}$ ， $\Phi 16\times 1500\text{mm}$ 。

⑥离子接地棒： $\Phi 50\times 1500\text{mm}$ 。

⑦采用物理降阻剂时，电阻率 $R=0.45$ ，降阻率在 60%-95%之间，石墨含量 70%。

⑧特殊地区采用高纯石墨降阻剂。

(5) 地网布置依据地形设计为 L 型、口型、一字、H 型或圆型。

(6) 根据土壤情况（石头、沙土、建筑垃圾、黄土等），地网挖掘深度大于 0.8 米。

(7) 接地体（线）的连接采用焊接，焊接处焊缝饱满并有足够的机械强度。焊接不得有夹渣、裂纹、虚焊、气孔等缺陷。焊接处的药皮敲落后做防腐处理。

(8) 地网搭接焊时，其长度须满足以下要求：

①镀锌扁钢焊接不小于其宽度的 2 倍（当扁钢宽度不同时，搭接长度以宽的为准），三面施焊。敷设前扁钢需调直。

②镀锌圆钢焊接长度为其直径的 6 倍（当圆钢直径不同时，搭接长度以直径大的为准），双面施焊。

③镀锌扁钢与镀锌圆钢焊接时，其长度为圆钢直径的 6 倍。

10.2.2.3.3 浪涌保护器 SPD 配置

(1) 在雷达电源输入端口安装 I_n 不小于 5kA 的 III 级试验的 SPD，最大放电电流 $I_n \max(8/20\mu\text{s}):6\text{kA}$ ；组合电涌 U_{oc} ： 6kV ，电压保护水平 $U_p(L-N)\leq 1.2\text{kV}$ ， $(L-PE)\leq 1.2\text{kV}$ 。

(2) 2 个雷达站，海拔最高雷达站的海拔高度超过 1km，选择能够满足高海拔地区使用要求的 SPD，各级 SPD 之间能够实现能量配合。

(3) 选用具有自动监测功能的 SPD 系统。

(4) SPD 的连接导线应短而直，总长度 ≤ 0.5 米。

10.2.3 雷达站供电工程

(1) 雷达运行电力需求

需保证稳定持续的交流单相 220V 供电，雷达设备额定功率为 4kW，雷达站点供电总功率不小于 6kW。

雷达站供电电源引接，本着经济实用原则，就近从电网电源处引接。

(2) 雷达应急供电

由于天气雷达的工作模式是 7x24 小时持续运行。为此，需要为雷达站配备一组 UPS 应急供电电源，以保证在市电断供的情况下，能够为雷达提供续航时间不少于 24 小时的 UPS 应急供电。又因相控阵天气雷达站无人值守站，无须修建站点机房，但为了安置 UPS 应急电源以及通信、监控等设施，需要为雷达站配备一个防雨防潮，温湿度可控，实现对相控阵雷达和方舱内部设备，以及方舱内动力与环境参数实时监控功能的智慧方舱。

雷达站供电设施如表 10.2-2 所列。

表 10.2-2 单个雷达站供电设施清单

序号	设备名称	数量	性能及技术参数	备注
1	接引市电线路	1 条	市电电源到雷达站的供电线路敷设路由总长：按 300m 测算。	
2	雷达站智慧方舱	1 个	1) 长 4m*宽 2.5m*高 3m (参考)； 2) 恒温、恒湿； 3) 自感应消防系统； 4) 照明、排气； 5) 防虫蛇鼠。	
3	UPS 主机	1 台	6.4/8KVA UPS 主机	
4	UPS 电池	64 块	铅酸免维护蓄电池，C12-120AH	
5	配电箱 1： AC-380V	1 个	市电输入配电箱（智慧方舱）：380V/6KW；1+2 级复合型浪涌保护；带电源指示灯及电能检测。	智慧方舱
6	配电箱 2： AC-220V-1	1 个	塔顶配电箱（塔顶二平台）：220V/5KW；满足户外使用要求。	智慧方舱
7	配电箱 3： AC-220V-2	1 个	UPS 输出配电箱（智慧方舱）：220V/5KW；2 级浪涌保护；带电源指示灯。	雷达塔顶二层平台
8	配电箱 DC-192V	1 个	UPS 电池组配电箱（智慧方舱）：DC192V；带电源指示灯。	智慧方舱

9	系统内部监控设施	1 个	实现对相控阵雷达和综合方舱内部设备，以及方舱内动力与环境参数的实时监控功能	
10	电力电缆及配件	1 套	1) RVV5*10mm ² 电力线缆*30 米; 2) RVV3*10mm ² 电力线缆*60 米; 3) RVV3*6mm ² 电力线缆*20 米; 4) 国标 16mm ² 电力线缆*10 米; 5) SC10-6 铜管端子*23 个; 6) 外径 ϕ 30.5mm, 载流量 40A, 3 个 PIN 脚的航空电源插头搭配尾部出线口 ϕ 10.5~14mm 密封附件*2 个; 7) 外径 ϕ 30.5mm, 载流量 200A, 1 个 PIN 脚的航空电源插头搭配尾部出线口 ϕ 7.5~10.5mm 密封附件*1。	

(3) 电缆敷设施工

1) 施工准备

施工前应对电缆进行详细检查，规格、型号、截面、电压等级均须符合要求，外观无扭曲、坏损等现象。

电缆敷设前进行绝缘摇测或耐压试验。摇测完毕，应将芯线对地放电。

电缆测试完毕，电缆端部应用橡皮包布密封后再用黑胶布包好。

2) 电缆敷设作业

敷设方法可用人力或机械牵引。电缆沿桥架或线槽敷设时，应单层敷设，排列整齐，不得有交叉。拐弯处应以最大截面电缆允许弯曲半径为准。电缆严禁绞拧、护层断裂和表面严重划伤。不同等级电压的电缆应分层敷设，截面积大的电缆放在下层，电缆跨越建筑物变形缝处，应留有伸缩余量。电缆转弯和分支不紊乱，走向整齐清楚。

3) 挂标志牌

标志牌规格应一致，并有防腐功能，挂装应牢固。

标志牌上应注明回路编号、电缆编号、规格、型号及电压等级。沿桥架敷设电缆在其两端、拐弯处、交叉处应挂标志牌，直线段应适当增设标志牌，每 2 米挂一个标志牌，施工完毕做好成品保护。

4) 电缆绑扎

电缆必须绑扎，绑扎后的电缆应互相紧密靠拢，外观平直整齐。电缆表面形成的平面高度差不超过 5mm，电缆表面形成的垂面垂度差不超过 5mm。机柜外走线应平整美观，横平竖直，尽量避免交叉，不得缠绕。线扣规格合适。电缆束的截面越大，所用线扣越长越宽（确保能够承受较大拉力），尽量避免线扣的串联使用，线扣串联使用时最多不超过两根。线缆固定在走线架横铁上，线扣间距均匀美观，确保线不松

动，间距与走线架间隔一致，一般为 300~700mm。多余线扣应剪除，所有线扣必须齐根剪平不拉尖，室外采用黑色扎带。电源线（包括地线）与信号线分列在走线架的两侧。线缆表面清洁，无施工记号，护套绝缘层无破损。

5) 电缆连接

线缆剖头不应伤及芯线。在剖头处套上合适的套管或缠绕绝缘胶带，颜色与线缆尽量保持一致（黄绿色保护线除外）。同类线缆剖头长度、套管或缠绕绝缘胶带长度尽量保持一致，偏差不超过 5mm。

焊线不得出现活头、假焊、漏焊、错焊、混线等，芯线与端子紧密贴合。焊点不带尖、无瘤形，不得烫伤芯线绝缘层，露铜小于等于 2mm。

各种电缆连接正确，整齐美观。线缆与铜排连接时，需将铜排表面打磨以去除氧化层。

6) 电缆终端头及接头的接地

电缆终端头及接头的接地线应采用铜绞线或编织铜线，不宜小于 10mm²。对要求交联聚乙烯绝缘电缆的钢铠接地线和铜带屏蔽层的接地线可分的电缆

终端头以及低压系统中将电缆的金属护套或金属屏蔽层和钢铠等连在一起作为接地线的电缆终端头，其接地线截面按有关的规定执行。

电缆终端头的出线应保持固定位置，并保证必要的电气距离。户外终端头其带电裸露部分之间至接地部分的最小距离为 200(线电压 1~10kV)。

户外电缆终端底座垂直于地面的安装高度应不小于 2500mm。

7) 其他

地排上的接地铜线端子应采用铜鼻子，用螺母紧固搭接；地线各连接处应实行可靠搭接和防锈、防腐蚀处理。

所有连接到汇接铜排的地线长度在满足布线基本要求的基础上选择最短路。

10.2.4 雷达站通信工程

雷达站新敷设的光纤电路，一是雷达站到运营商在雷达站附近最近的光交箱之间的链路。二是气象局机房到运营商在气象局附近最近的光交箱链路。运营商两个光交箱之间的专线电路，采用运营商已有的城域网或主干网的电路资源。

雷达数据传输专线光纤拟从就近通信基站机房接入。光缆可借用已建成的金属线槽、管道和管沟等进行布放。雷达探测数据，将通过租用的运营商一条带宽 50Mbps

的光纤专线，端到端传输到采购方安装的系统控制运算处理中心站上。

雷达站通信传输路由示意图如下：

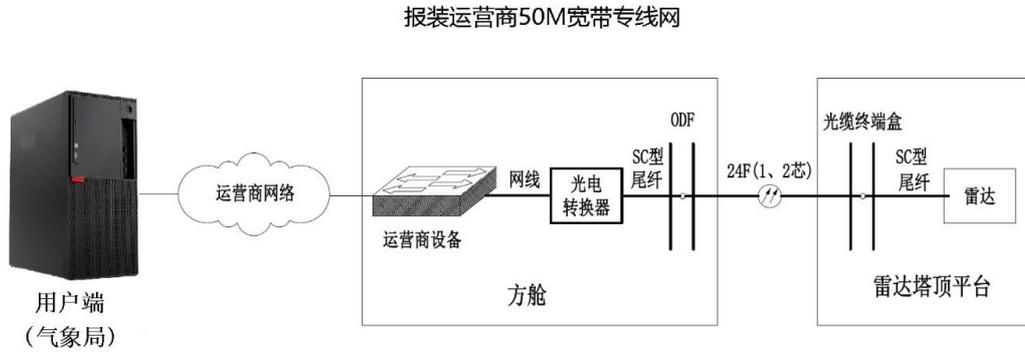


图 10.2-5 雷达站通信传输路由示意图

10.2.5 雷达站安防工程

10.2.5.1 雷达站视频监控设施

雷达设施是重要而且贵重的政府资产且雷达站为无人值守站，因此，需要对雷达站及周围情况进行 7x24 小时监视，在雷达站塔底和塔顶各布设一个全向昼夜监控摄像机，配备网络传输设备，将监控视频实时传送到用户端（气象局）的监控终端。

10.2.5.2 雷达站围栏工程

为保护雷达站安全，防止雷达站被未被允许的人员进入和设施被人为破坏，雷达站建成后，需在雷达站周围修建用高 2.5 米的围栏，围蔽面积约 100 平方米（按照长 10 米*宽 10 米的标准）。

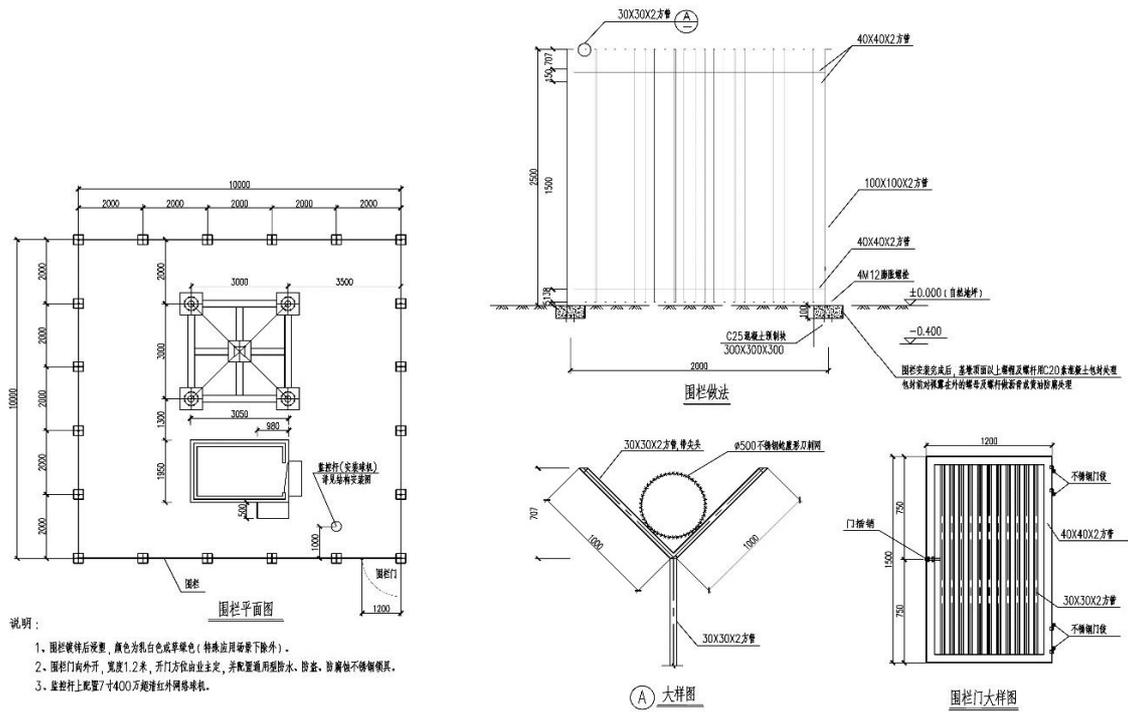


图 10.2-6 占地 100 平方米雷达站围栏平面图

10.2.5.3 雷达站警示牌

雷达站点防护围栏（防盗门窗）醒目位置，安装不少于两块警示牌，用防摘除连接进行悬挂，标示“气象重地、非请禁入”、“气象设施、严禁破坏”等字样，雷达塔步梯入口处挂“气象铁塔、严禁攀爬”字样警示牌。

10.2.6 雷达塔附属工程

为增强雷达站点的宣传与保护效果，雷达塔设置附属工程，包括在雷达塔两个面各安装 1 套“中国气象”的 304 不锈钢材质的广告字和气象标志，字体或标志大小 1m*1m。

第十一章 光纤交换机

11.1 设备介绍

网络部分，设计的核心思想是根据网络实际需求情况（网络信息点分布、上网信息流量分析、业务信息需求）采用合适的网络技术的核心交换机设备，在网络的性能、可靠性、扩展能力方面进行优化组合和综合平衡，具备拓扑层次清晰、管理方便、扩展灵活、可靠性高。

11.2 设备功能

核心交换机在提供稳定、可靠、安全的高性能 L2/L3 层交换服务基础上，进一步提供 MPLSVPN、业务流分析、完善的 QoS 策略、可控组播、资源负载均衡、一体化安全等智能业务优化手段，同时具备超强扩展性和可靠性。

可对无线、话音、视频和数据融合网络进行先进的控制，构建交换路由一体化的端到端融合网络。

11.3 设备结构

核心交换机支持配置两个风扇模块，采用吸风的方式将机框工作过程中各个部件模块产生的热量带出机框，保证机框工作在正常的温度范围内。机框采用吸风散热的方式，气流由设备左侧及前方进入，设备后侧排出。

11.4 设备布局

具备超越 5 个 9 的高可靠性，主控、电源、风扇框等关键部件采用冗余设计，所有模块均支持热插拔。

具备大于 0.99999 的高可靠性，主控、电源、风扇等关键部件采用冗余设计，所有模块均支持热插拔。采用创新节能芯片，实现按流量动态调整功率，支持端口休眠，无流量不耗电。支持智能 POE 供电，可以实现基于 PD 设备角色启动不同的能源管理方案，保持设备能源管理弹性。支持 IEEE802.3az 能效以太网标准，线卡收发器具备低功率闲置模式，支持正常工作与低功率状态快速转换，低流量低功耗。

11.5 性能指标

交换机内置高速灵活的以太网络处理器，针对以太网专属设计。凭借其灵活的报文处理及流量控制能力，深入贴近业务，满足现在及未来的各种挑战，助力客户构建弹性扩展的网络。采用全可编程架构，可以完全自定义流量的转发模式、转发行为和查找算法。

提供 2 级 CPU 保护机制，支持 1KCPU 硬件保护队列，可实现数据和控制的分离处理，防止拒绝服务攻击、非法接入以及控制平面过载等安全威胁。

核心交换机具备专用的故障检测定位子卡，提供高精度硬件级以太 OAM 功能，802.3ah、802.1ag 和 ITU-Y.1731 标准协议，网络故障发生时能够在第一时间检测所有终端 Session 联通性，图形化网管故障诊断界面，设备节点、链路自动遍历，实现网络快速故障检测与定位。冗余控制引擎间主备无缝切换，设备优雅重启实现 NSF 无中断转发，并准备支持 ISSU 业务运行中软件升级，设备软件升级过程中确保关键业务和服务不中断。

第十二章 环境保护与劳动安全

12.1 环境保护

12.1.1 本工程对周围环境存在的影响分析

（1）噪声

终端杆构架带电导线、金具以及绝缘子均会产生噪声，但均能满足规范要求。

（2）对电信线路的电磁感应和静电干扰影响

海缆电缆通道附近目前没有通信电缆，不存在对通信电缆的影响。

（3）水土流失

终端杆施工期间，由于地表的开挖、施工人员的活动等，将产生水土流失、对植被的破坏、施工废水、扬尘、噪声、弃土、弃渣、生活垃圾、生活污水等，对环境将产生一定影响，但均为短期影响，因此，终端站施工期间的环境影响主要体现在噪声、扬尘、废水、水土流失等方面。海缆施工期间不会造成水土流失的问题

（4）与其他设施、资源的相互关系：

①军事设施：本工程沿线没有军事设施，对其无影响。

②规划区：本工程路结合海洋规划区采用海缆敷设，对规划区的影响甚小。

③水资源：经沿线调查访问，本工程沿线没有横穿一、二级水源保护区。因此，不存在对水源保护区的影响。

④风景区及自然保护区：线路没有经过风景区及自然保护区。

⑤航运和航空运输：本线路未涉及航道，对航运、航空运输不会产生影响。

⑥濒危物种：沿线范围内无濒危动物，海洋生物和植物，因此不存在对濒危物种的影响。

12.1.2 环保治理措施

（1）优化路径选择，减少对周围环境的影响。

（2）路径选择时详细调查沿线地形地貌、海域使用规划，城镇规划、环境条件、交通条件、施工运行等因素，保证线路安全可靠、经济合理。

（3）施工期间采取的环保措施

（4）大气污染防治对策

对干燥的作业面适当喷水，使作业面保持一定的湿度，减少扬尘量。

开挖的泥土及垃圾应及时运走或就地填埋坑洼地，避免长期堆放。生活垃圾也不

应乱堆乱放，应及时清运，视不同情况合理处理。

加强施工管理，合理安排施工时间，施工单位要做好施工组织设计，进行文明施工，并接受当地环保部门的监督管理。

（5）水污染防治对策

对于施工过程中产生的施工废水，应在施工场地附近设置污水沉淀池，使施工过程中产生的废水经沉淀后再溢流排放。

（6）噪声防治对策

要求避免在夜间施工，保证周围居民夜间安静，满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）的控制规定。混凝土需要浇捣作业之前，应做好人员、设备、场地的准备工作，将搅拌机运行时间压到最低限度。

经过综合分析，由于设计上采取各项措施，优化路径，避开村庄密集地区；减少土石方开挖量，保护自然植被；减少树木砍伐。从环境保护角度分析，是合理可行的。

12.2 劳动安全

12.2.1 防电伤

为确保运行、维护、检修人员的人身安全，在投产后将按《电业安全工作规程》制定一整套运行、检修规程。严格执行“两票工作制，即工作票，操作票合格率达到100%”。实践证明，严格执行两票工作制度基本上杜绝了电气设备操作过程中的安全事故。

12.2.2 防暑、防寒

夏季对巡检工人供给饮料和补充营养，膳食总容量应较高，补充维生素和钙等。

冬季对巡检工人供给保温服、防护面罩、手套等个人防护用品。

12.2.3 辐射预防措施

禁止身上带有金属移植件，心脏起搏器等辅助装置的人员进行带电作业。

工作人员防护材料个人穿金属丝制屏蔽服（例如穿防辐射肚兜，防辐射，围裙防辐射吊背心，防辐射 T 恤等），应给工作人员作定期身体检查。

12.2.4 照明

野外工作以天然采光为主，检修及事故处理时使用投光等设备，工作人员配备应急电源的灯具。

12.2.5 劳动安全及工业卫生机构与设施

在线路运行组织中有人负责和监督劳动安全与工业卫生工作。

①职业培训和防护用品

线路管理人员和操作人员，必须经培训考核合格后才能上岗。

对全体员工进行经常性的安全教育，提高员工的安全意识和安全基本知识，包括能正确使用符合国家标准和执行标准的各种安全和卫生器材。要求作业人员掌握触电救护知识，掌握人工心肺复苏发的操作要领，以备应急之用。

当进入工频电场强度超过最高容许量的工作地点时，作业人员应穿戴屏蔽服。

检修作业由于其工作的特殊性，需长时间滞留在作业现场，易受到各种职业病危害因素的影响。应为维修作业人员提供相应的个人防护用品。

②劳动安全及工业卫生制度建立

企业法定代表人必须经过安全、消防教育，并取得资质证书。安全管理人员也必须参加安全干部培训，取得安全干部资质证书。对新职工、变换工种职工必须进行三级安全教育方能上岗。对特种作业人员加强管理，应按照国家有关规定专门安全作业培训，取得特种作业资质证书，做到持证上岗。

建立健全安全生产管理机构，落实人员，制定、完善安全生产责任制，以适应新的生产规模的需要。制定各岗位的安全职责，各工种安全操作规程，各设备的使用、保管、维护、检修、更新制度，制定安全检查、安全奖惩、安全教育培训、事故统计分析报告、危险区域动火动电的审批、危险危害因素检测报警制度。定期、不定期地开展危害辨识、危害评价、控制策划活动，当情况发生变化时，及时修正和完善。危害辨识、危害评价时应横向到边、纵向到底，不留死角，应空间上覆盖，时间上覆盖，人员覆盖；实行危险的全过程动态控制。

配备专职或者兼职的职业卫生专业人员，负责单位的职业病防治工作，制定职业病防治计划和实施方案，建立健全职业卫生管理制度和操作规程，并参与各项方案、制度的具体实施。

选择具有职业性健康检查资质的医院，以及根据接触的有害因素特性，选择相应的检查指标，对操作人员进行上岗前、在岗期间以及离岗时的职业健康检查工作，避免患有职业禁忌证的工人接触相应有害因素。为劳动者建立职业健康监护档案，并按照规定期限妥善保存。

加强防护设备和个人防护用品的维护保养工作，定期检查防护用品性能，确保其始终处于适用状态。

建立、健全职业病危害事故应急救援预案。

对有关各工种制定相应的技术安全岗位操作法，除正常的生产外，还应包括在异常情况下的各项应急措施，并定期教育培训和进行预案演练。

制定事故应急预案，事故应急预案应包括：具体描述可能的意外事故和紧急情况及其后果；确定应急期间负责人及所有人员在应急期间的职责；确定应急期间起特殊作用人员（如消防员、急救人员、毒物泄漏处置人员）的职责、权限和义务；疏散程序；建立与外部应急机构的联系；定期与安全生产监督管理部门、公安部门、保险机构及相邻企业的交流。

第十三章 主要设备材料清单

序号	设备名称	简要规格	参考型号	单位	数量
1	岸基-大竹洲岛段光电复合电缆建设				
	10kV 海底光电复合缆	3×70mm ² 电缆, 2 根 48 芯光缆		m	7000
	海缆专用保护管	哈夫式电缆保护铸铁管	DN150	m	250
	防护灯桩	钢管桩身, 黄色, 6.5m 高, 材质 Q355B, 含基础、供电线	HBD-6500	套	2
	配套航标	150LED 航标灯, 射程 5 海里, 灯光特性为莫 (U) 白 15 秒	HF1.8M	套	2
	帆布碎石袋	帆布袋内填碎石覆盖保护	3.5m×0.3m	m ³	312.5
2	大竹洲岛-海上观测平台段光电复合电缆建设				
	10kV 海底光电复合缆	3×70mm ² 电缆, 2 根 48 芯光缆		m	1800
	海缆专用保护管	哈夫式电缆保护铸铁管	DN150	m	1300
	防护灯桩	钢管桩身, 黄色, 6.5m 高, 材质 Q355B, 含基础、供电线	HBD-6500	套	1
	帆布碎石袋	帆布袋内填碎石覆盖保护	3.5m×0.3m	m ³	1625
3	海缆监测				
	海缆监测系统	温度、应力、扰动监测		套	1
4	高低压变配电工程				
	高压进线柜	环网柜		面	1
	高压出线柜	环网柜		面	1
	变压器	SCB14-1250kVA		台	1
	低压柜			面	6
	高压电缆	3×70		米	15
	照明系统			套	1
	接地系统			套	1
	火灾监控系统			套	1
	火灾自动报警及联动控制			套	1

附图

附图 1 海缆路由布设图

附图 2 定向钻横纵断面示意图

附图 3 登陆大竹洲段海缆保护方案

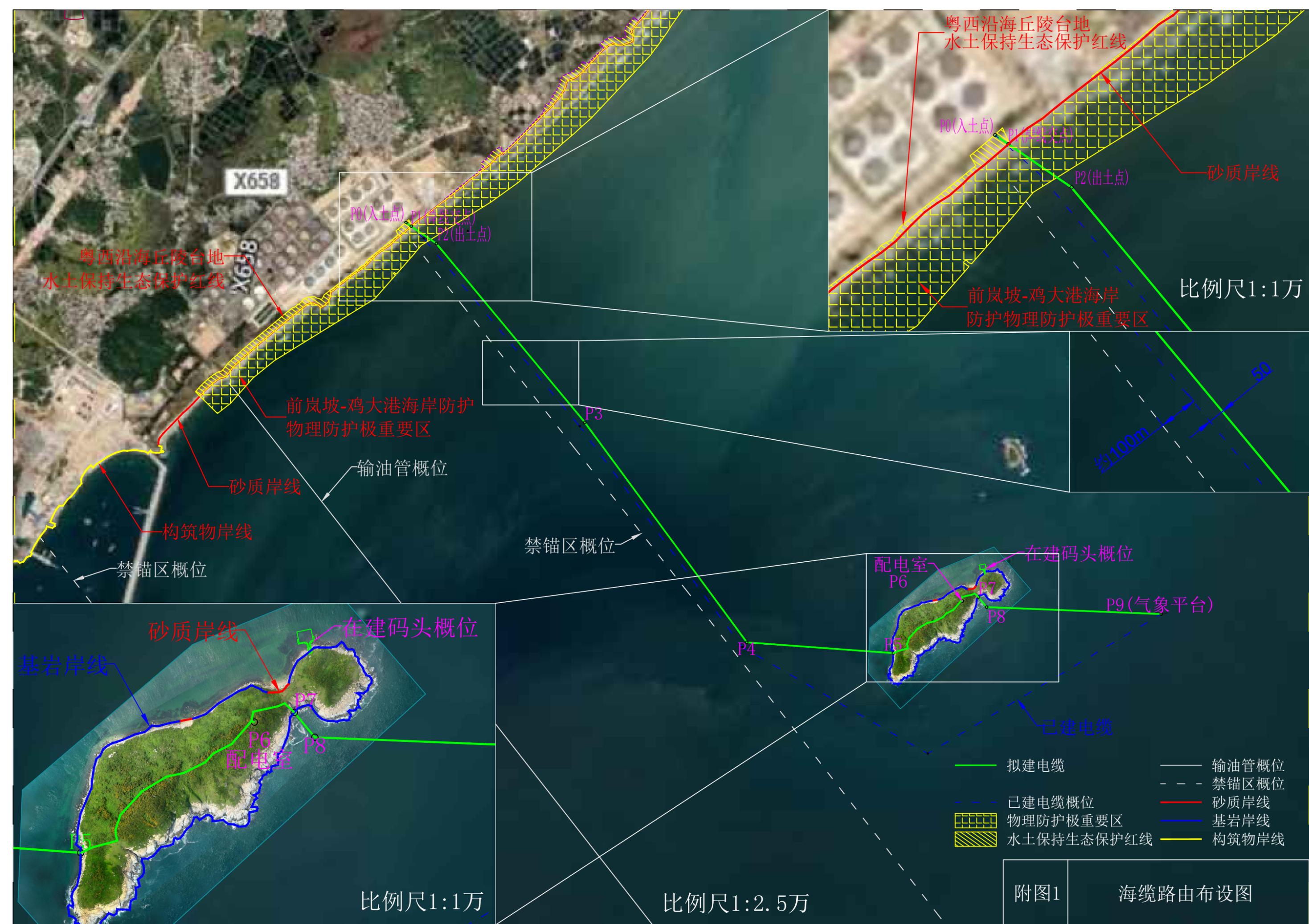
附图 4 海上气象站侧海缆连接方案

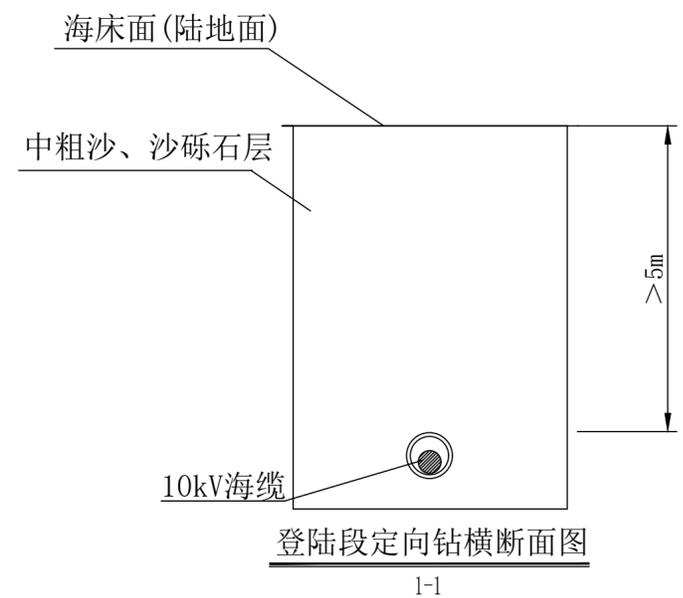
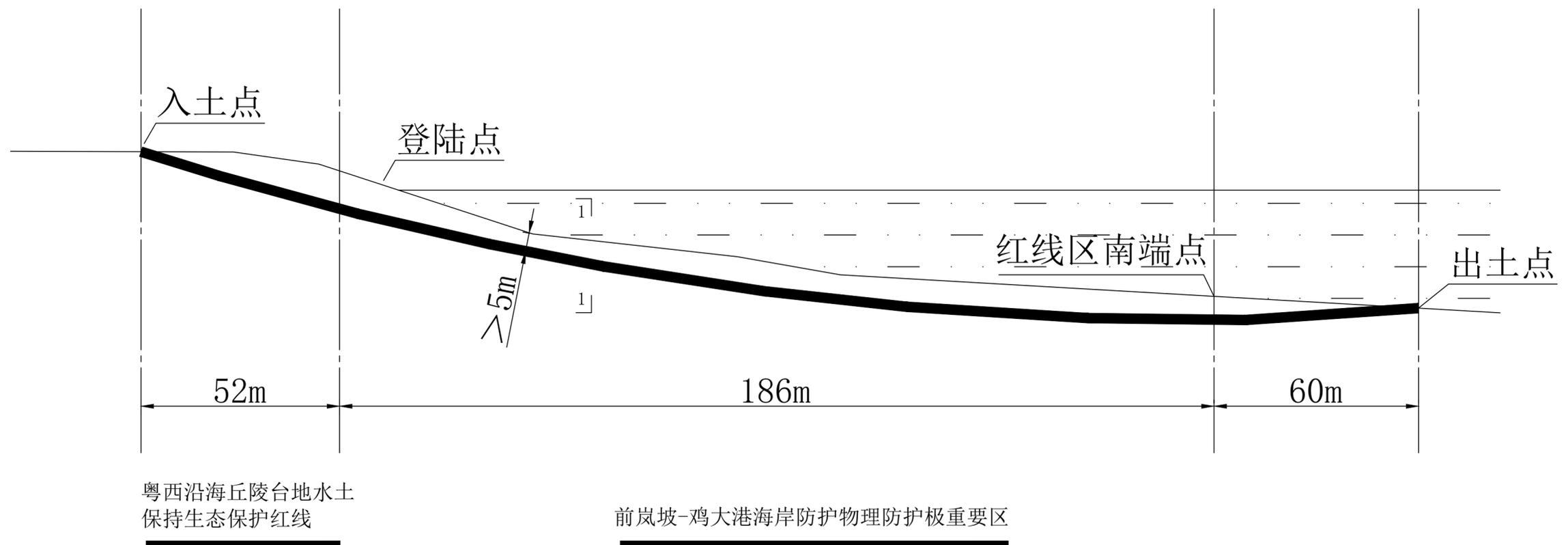
附图 5 电缆保护接地示意图

附图 6 电缆直埋断面图

附图 7 电气接线图

附图 8 设备平面布置图

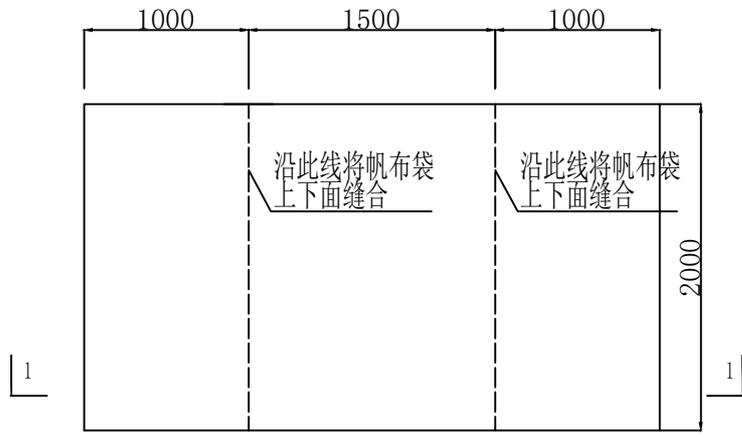




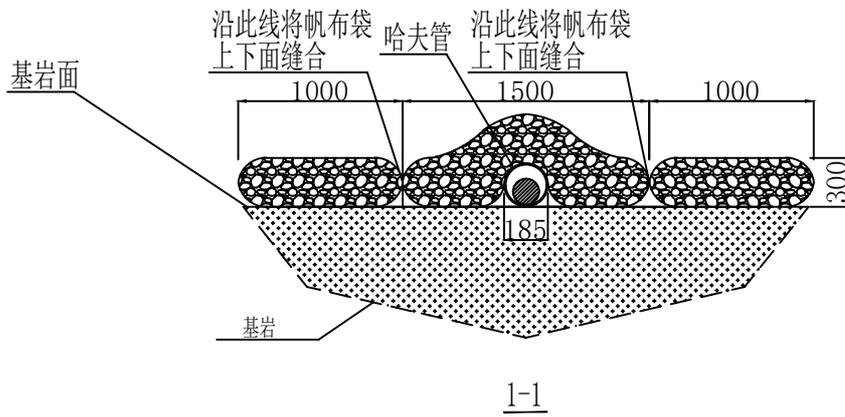
说明:

- 1、登陆段拟采用定向钻施工工艺，工程施工完成后，登陆电缆位于沙滩面以下，岸线表面恢复原状。
- 2、定向钻入土点位于“粤西沿海丘陵台地水土保持生态保护红线”北侧边界线上，定向钻出土点位于“前岚坡-鸡大港海岸防护物理防护极重要区”外南侧约60m，因而项目路由穿越了水土保持生态保护红线和海岸防护物理防护极重要区，穿越长度约238m，路由（钻孔）走线平均埋深>5m，不会破坏和占用现状砂质岸线，不影响岸线长度和岸滩原有形态和生态功能。但由于入土点位于物理防护区边界线上，建议施工前与相关管理部门进行沟通和协调。

附图2	定向钻横纵断面示意图
-----	------------

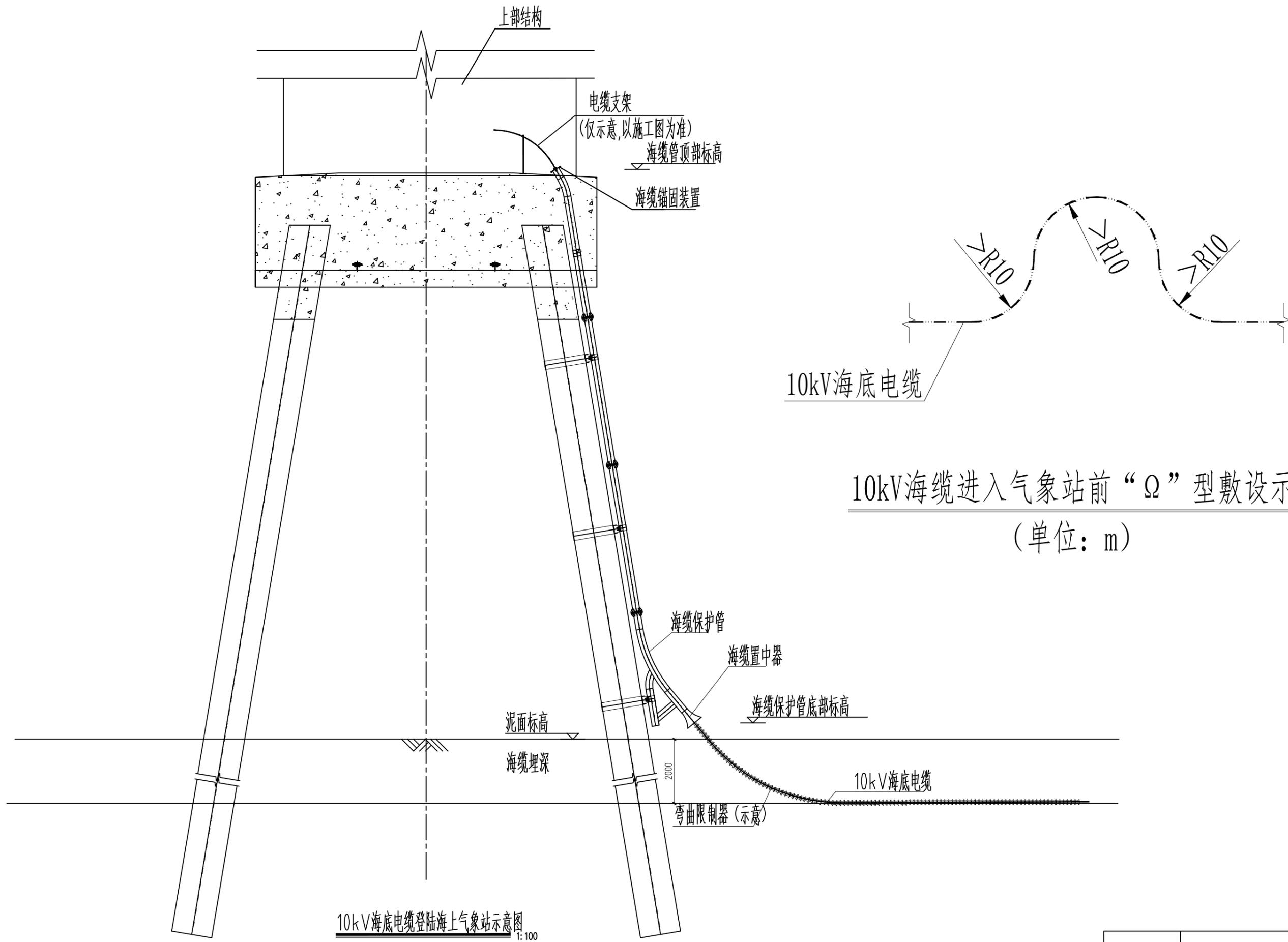


帆布袋平面图



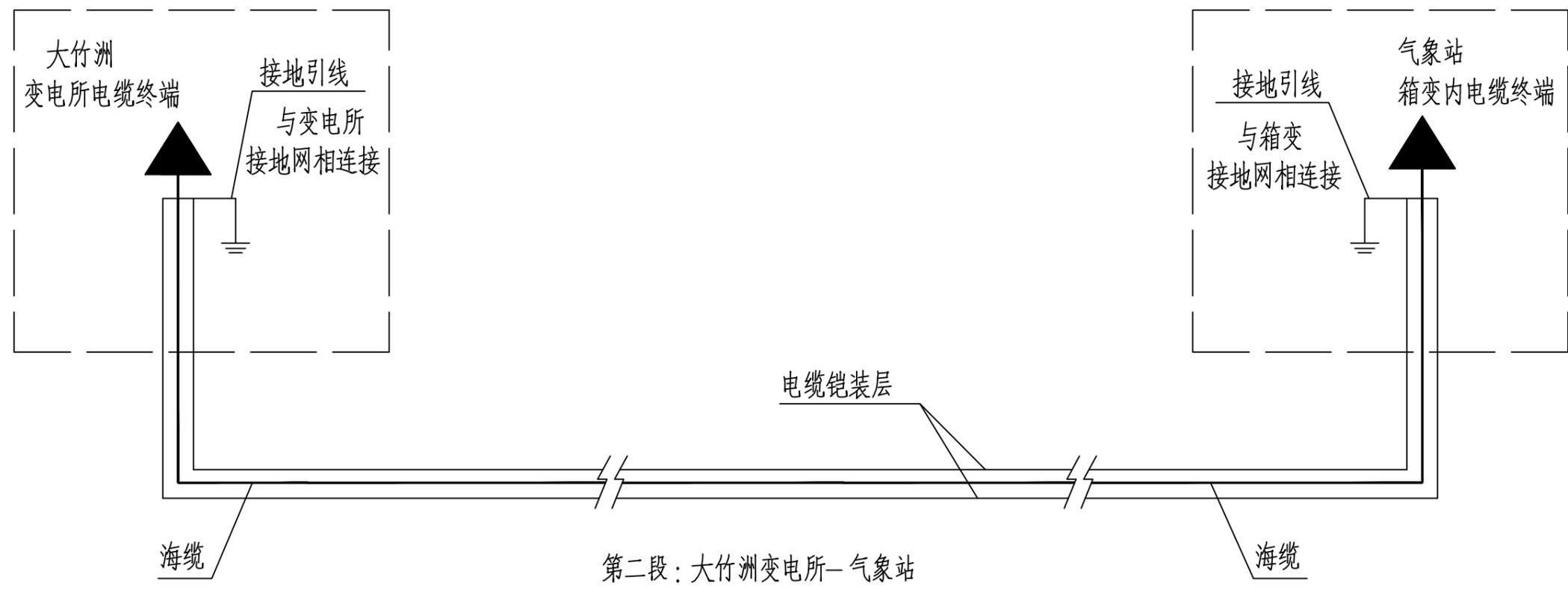
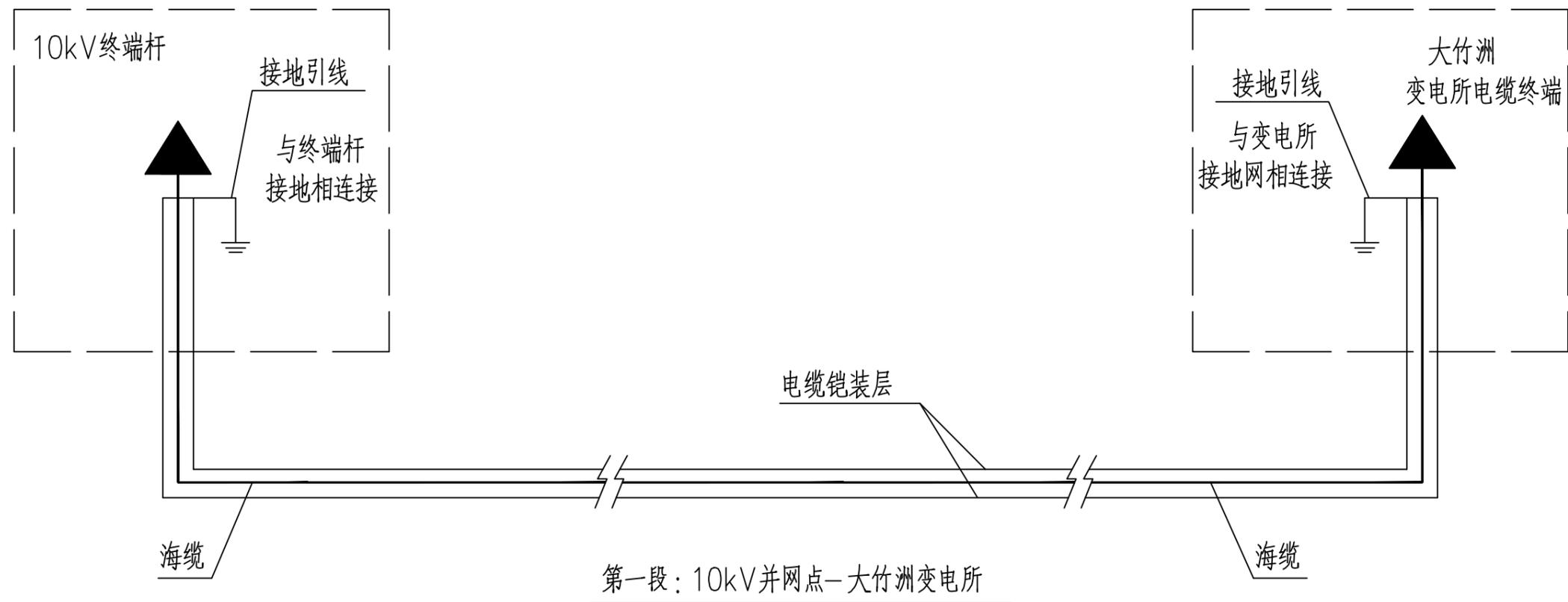
帆布碎石袋覆盖保护管保护 (登陆大竹洲段)

碎石基岩海岸海缆保护方案



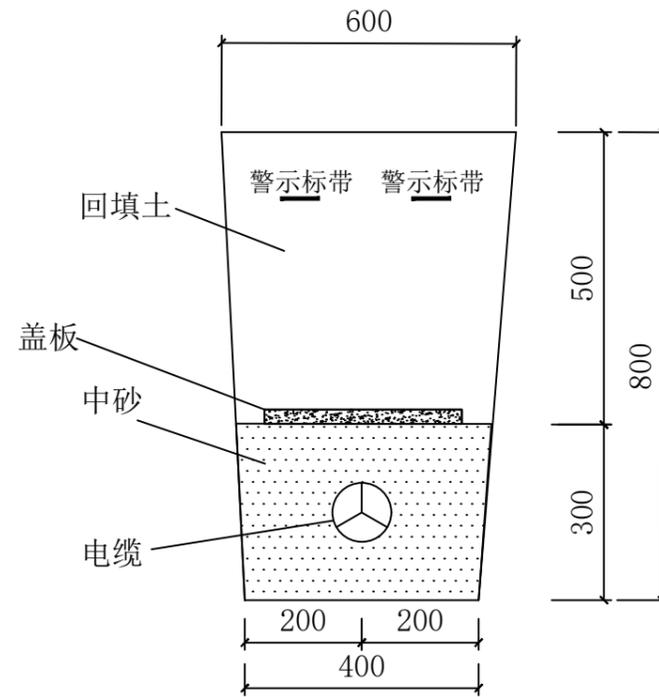
10kV海缆进入气象站前“Ω”型敷设示意图
(单位: m)

10kV海底电缆登陆海上气象站示意图
1:100



说明：1、电缆接地方式，金属护层或屏蔽层采用两终端直接接地。

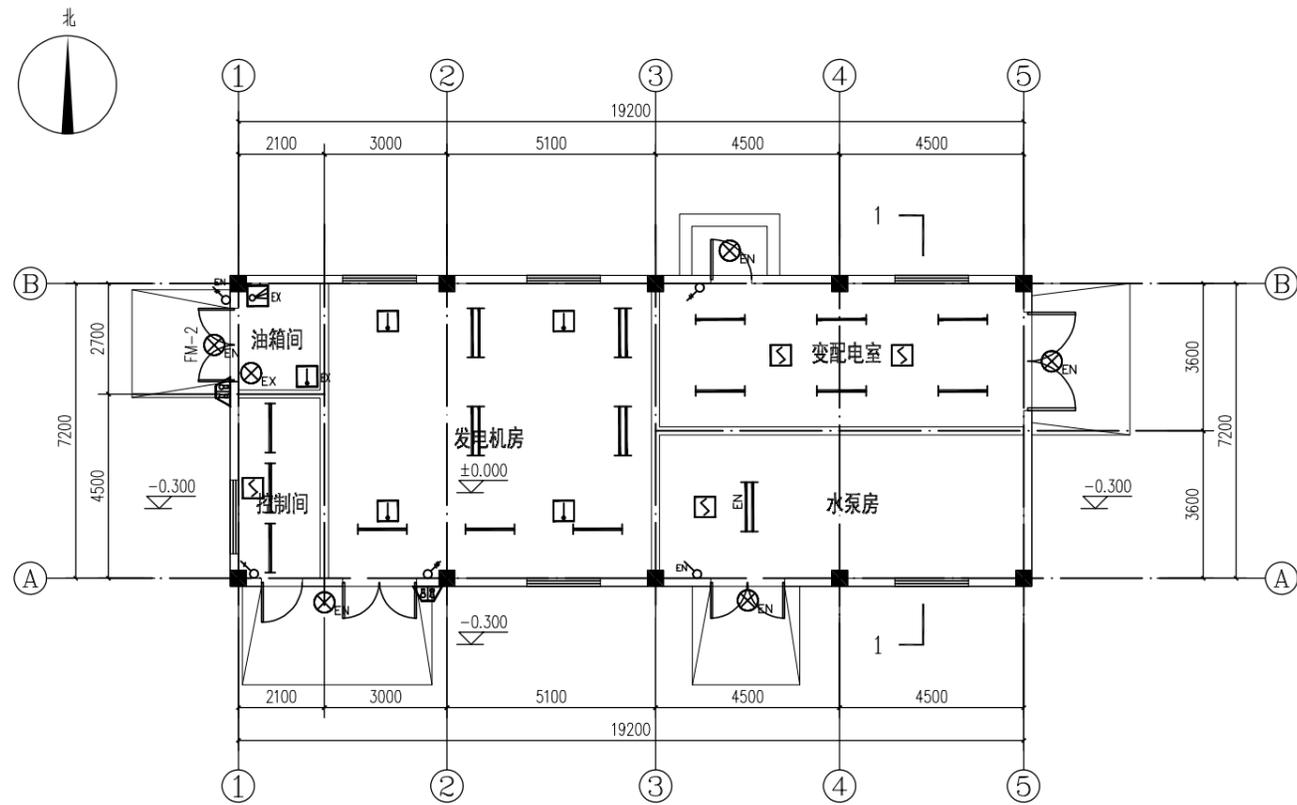
附图5	电缆保护接地示意图
-----	-----------



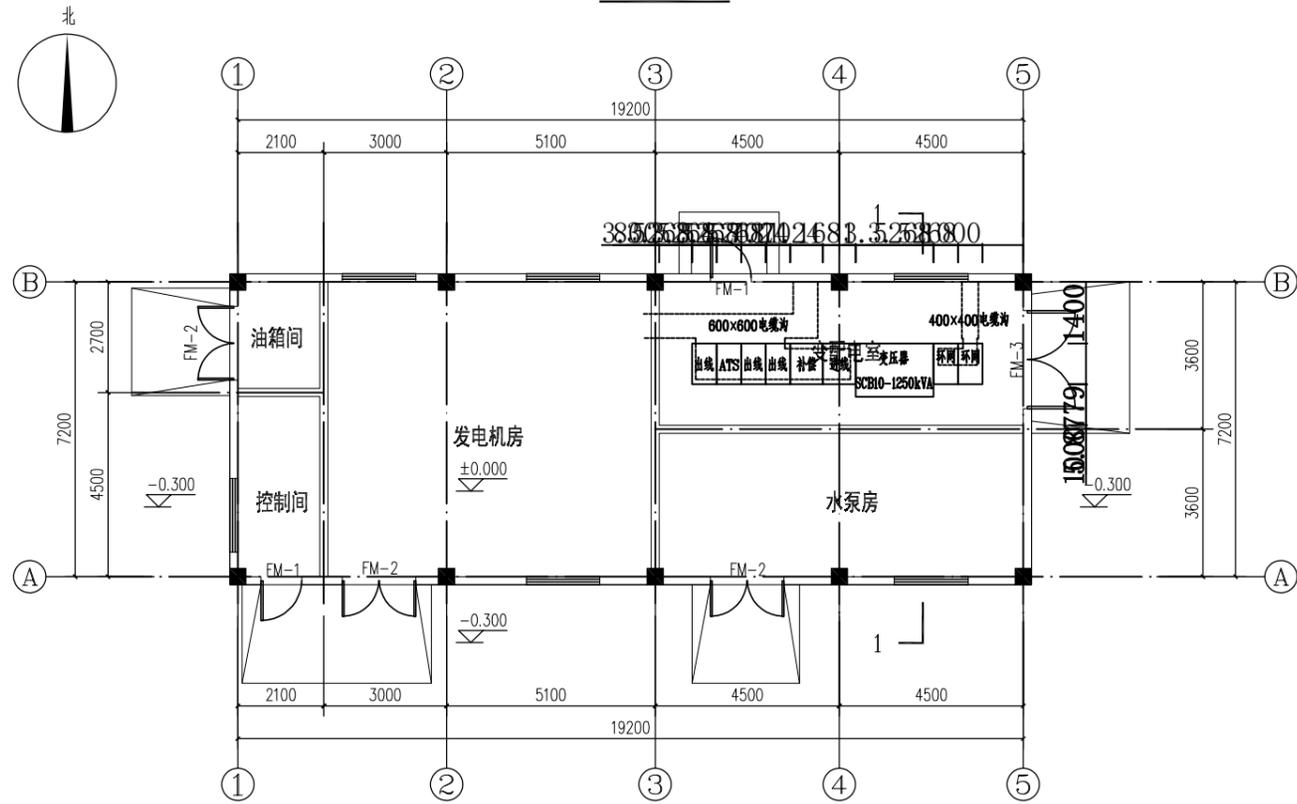
电力电缆直埋断面敷设示意图

说明:

1. 挖壕沟时，其埋深不小于800mm，如遇垃圾等有腐蚀性杂物须清除并换土，应用300mm厚粉质粘土换填。
2. 壕沟底须铲平夯实，电缆沟回填土须均匀密实。
3. 沿电缆全长应覆盖宽度不小于电缆两侧各50mm的保护板，保护板应采用钢筋混凝土盖板。
4. 电缆敷设于壕沟里，并应沿电缆全长的上、下紧邻侧铺以厚度不小于100mm的软土或砂层。
5. 沿电缆通道宽度范围内两侧全长各平铺一条宽200mm的不降解塑料布警示带，警示带可放置于保护板上方约300mm的位置。
6. 电缆过道路敷设完后应及时恢复路面原状。
7. 电缆保护管敷设仅用于过沟渠及过道路处。
8. 电缆保护管选用DN200镀锌钢管。
9. 普通光缆全程采用保护管敷设，过道路段保护管选用DN40镀锌钢管，其他段保护管采用 $\phi 40$ 阻燃PVC管，其材料数量开列在普通光缆卷册。



发电机房电气土建布置图



发电机房电气平面图

表					
图例	名称	型号及规格	单位	数量	安装方式及备注
	配电箱	见系统图	个		见系统图
	EPS柜		个		落地安装
	柴发控制柜		个		柴发厂家配套
	LED单管灯	220V 1x18W	个		吸顶
	LED双管灯	220V 2x18W	个		吸顶
	LED密闭双管灯	220V 2x18W	个		吸顶
	LED防水防尘灯IP67	1x8W	个		吸顶
	LED防爆灯IP65	1x8W Exd II BT5	个		壁装, 底距地2.5米
	单联单控开关	250V 10A	个		暗装, 底距地1.4米
	双联单控开关	250V 10A	个		暗装, 底距地1.4米
	三联单控开关	250V 10A	个		暗装, 底距地1.4米
	密闭型单联单控开关	250V 10A	个		明装, 底距地1.4米
	密闭型双联单控开关	250V 10A	个		明装, 底距地1.4米
	感烟探测器		个		吸顶
	感温探测器		个		吸顶
	防爆感温探测器	Exd II BT5	个		吸顶
	防爆气体浓度探测器	柴油蒸气 Exd II BT5	个		吸顶, 应根据易泄漏位置安装
	声光报警器		个		明装, 底距地2.5米
	消防电话		个		明装, 底距地1.4米

功率密度表

房间性质	照度要求 (lx)	房间面积 (m ²)	照明功率密度 (W/m ²)	现行值	灯具类型	光通量	灯具效率	色温	照度	显色指数
变配电室	200lx	31.2m ²	6x1x18/31.2≈3.46W/m ²	6W	LED 双管灯	110lm/W	>87.5%	4000k	182.8	>80
发电机房	200lx	56.9m ²	11x1x18/56.9≈3.48W/m ²	6W	LED 双管灯	110lm/W	>87.5%	4000k	183.7	>80
控制间	300lx	8.8m ²	3x1x18/8.8≈6.14W/m ²	8W	LED 双管灯	110lm/W	>87.5%	4000k	324	>80
水设备间	100lx	15.4m ²	2x1x18/15.4≈2.34W/m ²	3.5W	LED 双管灯	110lm/W	>87.5%	4000k	108	>80