

茂名滨海新区绿色化工和氢能产业园丙 烯酸项目配套双回路电源工程

可 行 性 研 究 报 告 (审定版)



广州四方邦德实业有限公司

工程咨询证书编号：91440116725618326K-20ZYY20

工程设计证书编号：乙级 A244065280

二〇二五年〇八月

批 准: 邢北青

审 核: 曹林

校 核: 曹林

编 制: 高一超





工程设计资质证书

证书编号: A244065280

企业名称: 广州四方邦德实业有限公司

统一社会信用代码: 91440116725618326K

法定代表人: 向多正

注册地址: 广州市高新技术产业开发区香山路3号

有效期: 至2030年02月17日
(请扫码查看各项资质有效期)

资质等级: 电力行业送电工程乙级
电力行业变电工程乙级



先关注广东省住房和城乡建设厅
微信公众号, 进入“粤建办事”
扫码查验



发证机关: 广东省住房和城乡建设厅

发证日期: 2025年02月17日



工程咨询单位乙级资信证书

单位名称： 广州四方邦德实业有限公司

住 所： 广州高新技术产业开发区香山路3号

统一社会信用代码： 91440116725618326K

法定代表人： 向多正

技术负责人： 陆艳

资信等级： 乙级

资信类别： 专业资信

业 务： 电力（含火电、水电、核电、新能源）

证书编号： 乙232024010285

有 效 期： 2024年08月30日至2027年08月29日



发证单位： 广东省工程咨询协会



茂名滨海新区绿色化工和氢能产业园丙烯酸项目配套双回路电源工程 可行性研究报告专家评审意见

2025年9月15日,广东茂名滨海新区经济发展局在茂名市主持召开了《茂名滨海新区绿色化工和氢能产业园丙烯酸项目配套双回路电源工程可行性研究报告》(以下简称《可研报告》)专家评审会,参加会议的有特邀专家3名(名单附后)及电城镇、区经发局、财政局、建设交通局、自然资源分局、生态环境分局、建设项目服务中心、土储分中心、茂名滨海新区城市投资开发有限公司等单位的代表。与会专家和代表听取了《可研报告》编制单位广州四方邦德实业有限公司的成果汇报,经讨论形成主要评审意见如下:

一、总体评价

《可研报告》编制依据较充分,采用的基础资料较详实,编制内容及深度基本满足《政府投资项目可行性研究报告编写通用大纲》(2023年版)的要求,编制成果基本可行,经修改完善后可作为下阶段工作的依据。

二、意见及建议

- 1、菠萝园-丙烯酸线路保护配置应明确每条线路配一套保护。
- 2、母线保护及故障录波装置接入前期原有装置,建议核实原有装置的备用接口数量是否满足接入要求,若不满足需增加采样板或升级装置。
- 3、氢能产业园、丙烯酸产业园,建议统一站点名称。
- 4、建议增加远动、五防、测控后台、母差保护的厂家服务费。
- 5、值长管理系统通道需核实是否采用综合数据网。

专家组长: 孙智峰

专家组成员: 赖一立, 朱宝



2025年9月15日

《茂名滨海新区绿色化工和氢能产业园丙烯酸项目配套双回路电源工程可行性研究报告》

评审会专家名单

序号	姓 名	工 作 单 位	职称	电话号码	签 名
1	孙智峰	广东粤电博贺能源有限公司	主任工程师	18816716606	孙智峰
2	赖一杰	广东粤电博贺能源有限公司	电气工程师	18319787288	赖一杰
3	朱东	东莞市经纬电力安装有限公司	电气工程师	13822285255	朱东
4					
5					

会议地点：茂名市

会议日期：2025 年 9 月 15 日



《茂名滨海新区绿色化工和氢能产业园丙烯酸项目配套双回路电源工程可行性研究报告》专家组复核意见函

2025 年 9 月 15 日，广东茂名滨海新区管理委员会经济发展局在茂名市茂南区财富时代 4 号楼中核集团二楼 204 会议室组织召开了《茂名滨海新区绿色化工和氢能产业园丙烯酸项目配套双回路电源工程可行性研究报告》(以下简称“可研报告”)专家评审会。与会专家在听取了建设单位茂名滨海新区城市投资开发有限公司及编制单位广州四方邦德实业有限公司对《可研报告》的汇报后，提出了修改建议。

会后建设单位和编制单位对《可研报告》进行了修改和完善。专家组对《可研报告》复核后认为，由广州四方邦德实业有限公司编制的《可研报告》已按照专家评审意见进行了补充、修改和完善，修改后的《可研报告》符合国家、广东省有关技术审查标准和规范的要求，同意通过评审。

专家组长：孙智峰



2025 年 9 月 18 日

目 录

目 录	I
1 工程概述	1
1.1 设计依据	1
1.2 工程概况	1
1.2.1 工程简述	1
1.2.2 变电站部分	1
1.2.3 线路部分	1
1.2.4 绩效目标	2
1.3 项目产出方案	5
1.4 设计水平年	6
1.5 投资主体	6
1.6 主要设计原则	6
1.6.1 主要设计原则和设计指导思想	6
1.6.2 遵循的主要技术依据、规程规范	7
1.6.3 应用南网标准设计情况	8
1.6.4 防灾设计原则及主要思想	8
1.7 设计范围及配合分工	10
2 电力系统一次	11
2.1 项目所在地区简况	11
2.1.1 茂名市简况	11
2.1.2 电白区概况	13
2.1.3 滨海新区概况	13
2.2 电力系统现状	14
2.2.1 茂名市电力系统现状	14
2.2.2 电白区电力系统现状	15
2.3 电力系统发展规划	18

2.3.1 电力需求预测	18
2.3.2 电力系统规划	19
2.3.3 本项目近区电网发展规划	20
2.3.4 茂名市电力平衡	21
2.4 工程建设必要性及其在系统中的地位和作用	27
2.4.1 工程建设必要性	27
2.4.2 系统中的地位和作用	28
2.5 接入系统方案分析	28
2.5.1 项目负荷性质及接入系统需求分析	29
2.5.2 接入系统方案拟定	29
2.6 推荐方案电气计算	30
2.6.1 潮流计算	30
2.6.2 稳定计算	31
2.6.2 短路电流水平	32
2.7 项目建设规模	32
2.7.1 间隔扩建部分	32
2.7.2 输电线路部分	32
2.7.3 通信部分	32
2.8 项目合理的投产时机	32
3 电力系统二次部分	34
3.1 概述	34
3.1.1 系统概述	34
3.1.2 设计范围	34
3.2 系统继电保护及安全自动装置	34
3.2.1 系统继电保护配置方案	34
3.2.2 母线保护	34
3.2.3 故障录波器	35

3.2.4 继电保护故障及信息管理子站系统	35
3.2.5 安全自动装置	35
3.2.6 对通信通道的技术要求	35
3.2.7 对相关设备的技术要求	35
3.3 调度自动化	35
3.3.1 各自动化系统现状及存在问题	35
3.3.2 远动系统	36
3.3.3 调度管理关系	36
3.3.4 电能量计量系统	36
3.3.5 电能质量监测系统	36
3.3.6 通道要求	36
3.3.7 变电站二次系统安防保护	37
3.4 系统通信	37
3.4.1 概述	37
3.4.2 光缆现状	38
3.4.3 茂名地区传输网现况	38
3.4.4 茂名供电局调度数据网现状	38
3.4.5 茂名供电局综合业务数据网现状	39
3.4.6 光纤通信方案	39
3.4.7 光传输网建设方案	40
3.4.8 调度数据网建设方案	42
3.4.9 调度电话建设方案	43
3.4.10 各种业务通道方案	43
3.4.11 通信电源系统	44
3.4.12 视频会商系统	44
3.4.13 设备材料清册	44
4 220kV 菠萝园站扩建 110kV 出线间隔工程	45

4.1 电气一次	45
4.1.1 电气主接线	45
4.1.2 主要电气设备选型	45
4.1.3 电气平面布置	46
4.1.4 防雷接地	46
4.1.5 接地	47
4.1.6 站用电及照明	47
4.1.7 电缆敷设及防火封堵	47
4.1.8 扩建间隔停电方案	47
4.2 电气二次	48
4.2.1 概况及现状	48
4.2.2 继电保护及安全自动装置	48
4.2.3 直流电源	48
4.2.4 电能量计量系统	48
4.2.5 时间同步系统	48
4.2.6 防误闭锁	49
4.2.8 二次设备参数	49
4.2.9 二次设备布置	49
4.2.10 相关系统扩容	49
4.3 土建部分	49
5 送电线路路径选择及工程设想	50
5.1 线路工程概况	50
5.1.1 接入系统方案	50
5.1.2 设计规模和范围	51
5.1.3 线路输送容量	52
5.2 路径方案	52
5.2.1 路径选择原则	52

5.2.2	线路两端进出线情况	53
5.2.3	线路路径方案	55
5.2.4	推荐路径方案及沿线情况说明	56
5.2.5	路径协议情况	62
5.3	架空线路工程设想	62
5.3.1	架空线路设计遵循的主要规程规范、技术依据	62
5.3.2	主要设计气象条件	64
5.3.3	线路导地线型式	71
5.3.4	线路绝缘配合、防雷和接地	80
5.3.5	导线布置	88
5.3.6	智能化线路	89
5.3.7	最小空气间隙	91
5.3.8	导线对地和交叉跨越距离	91
5.3.9	杆塔规划及类型选择	94
5.3.10	基础类型选择	104
5.4	电缆线路工程设想	107
5.4.1	电缆线路设计遵循的主要规程规范、技术依据	107
5.4.2	设计气象条件	108
5.4.3	电缆及附件选型	110
5.4.4	电缆金属护层的接地方式	119
5.4.5	智能化线路	121
5.4.6	电缆的敷设方式	124
5.4.7	电缆敷设常规构筑物（电缆沟、管、井等）的型式	126
5.4.6	电缆与道路和其他管道交叉和平行	130
6	绩效管理方案	131
6.1	经济效益	131
6.2	社会效益	131

6.3 生态效益	131
7 可研估算	135

附件：

附件-01 中标通知书

附件-02 《丙烯酸产业园项目（一期）一阶段》广东省企业投资项目备案证

附图：

附图-01 线路路径走向图

附图-02 电缆敷设方式一览图

附图-03 终端塔双回电缆终端设备布置图

附图-04 电缆金属护套接地方式示意图

附图 05 杆塔一览图

附图 06 基础一览图

附图 07 风速分区示意图（50 年一遇）

附图 08 接入系统示意图

附图 09 远景年接入系统示意图

附图 10 菠萝园站 110kV 配电装置电气接线图

附图 11 菠萝园站 110kV 配电装置平面布置图

1 工程概述

1.1 设计依据

1) 茂名滨海新区绿色化工和氢能产业园丙烯酸项目配套双回路电源工程《中标通知书》。

2) 《氢能产业园项目（一期）一阶段》广东省企业投资项目备案证；

3) 茂名供电局“十五五”配电网（农网）规划报告。

4) 接入系统报告批复。

1.2 工程概况

1.2.1 工程简述

茂名氢能产业园用户站项目建设年产 5 万吨丙烯酸及 8 万吨丙烯酸丁酯装置；配套建设项目必须的公用工程、辅助工程设施、中控室、化验室等。项目分为两期，一期负荷为 35.959MW，二期预计增加负荷为 130MW，一期二期负荷总计约为 166MW。氢能产业园区计划配套建设一座 110kV 专用降压站，拟建设规模如下：

1) 电压等级 110/35kV

2) 主变规模为：一期 2 台 63MVA 主变（全供全备），远期 6 台 63MVA 主变（全供全备）；

3) 110kV 出线规模：一期拟建成单母线分段接线，出线 2 回，远期单母线分段接线，出线 2 回，拟采用 110kV 电压等级接入系统。

4) 一期工程计划 2025 年 12 月投产；二期计划于 2029 年 12 月投产。

1.2.2 变电站部分

220kV 菠萝园扩建 2 个 110kV 出线间隔。

1.2.3 线路部分

茂名滨海新区绿色化工和氢能产业园丙烯酸项目配套双回路电源工程线路经过茂名市电白区一个县区。

本工程新建 110kV 线路本期出线 2 回。本期线路建设规模如下：

(1) 茂名滨海新区绿色化工和氢能产业园丙烯酸项目配套双回路电源工程（其中包括架空部分和电缆部分）

自 220kV 菠萝园站至 110kV 氢能产业园站，新建双回线路总长约 $2 \times 4.9\text{km}$ ，其中新建同塔双回架空线路长约 $2 \times 0.8\text{km}$ ，新建双回电缆线路长约 $2 \times 4.1\text{km}$ 。新建架空线路导线截面采用 $1 \times 630\text{mm}^2$ ，地线两根采用两根 48 芯 OPGW 光缆；电缆铜导体截面采用 $1 \times 1600\text{mm}^2$ 。电缆通道按 2 回路建设，本期敷设 2 回。

(2) 茂名滨海新区绿色化工和氢能产业园丙烯酸项目配套双回路电源工程（光缆部分）（其中包括架空光缆部分和管道光缆部分）

沿菠萝园站至氢能产业园站 110kV 新建线路建设 2 条 48 芯管道光缆 + OPGW 光缆，总长约 $2 \times 5.5\text{km}$ ，其中 48 芯管道光缆长约 $2 \times 4.7\text{km}$ ，48 芯 OPGW 光缆长约 $2 \times 0.8\text{km}$ 。

以上管道光缆长度均不含两端站内进场光缆长度。

1.2.4 绩效目标

表 1.2-1 项目支出绩效目标表

项目名称	茂名滨海新区绿色化工和氢能产业园丙烯酸项目配套双回路电源工程			
主管部门	茂名市滨海新区经济发展局		实施单位	广东长鸿艾凯茵科技有限公司
项目属性	电力工程		项目实施周期	3 个月
项目金额 (万元)	项目资金	8682.40	年度资金总额	8682.40
	其中：财政资金	0	其中：财政拨款	0
	其他资金	8682.40	其他资金	8682.40

总目标		年度目标		
<p>以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻国家、地方各项法律、规划、文件及会议的精神，本项目将全面推进公用能源基础设施建设和城市能源保障能力提升作为实施强基建的重要抓手，力争以公用能源基础设施建设为切入点，推动茂名滨海新区城市面貌大提升，不断改善和优化企业生产经营环境，增强滨海新区经济辐射能力和产业集聚能力。</p> <p>项目建成后，可提高区域供电能力、完善片区电力布局、改善区域招商形象、促进区域经济发展，充分激发绿色化工、临港产业、滨海旅游“增量”活力，开启海洋经济发展新时代。</p>		<p>根据氢能产业园用户站的建设运营时间要求，一期工程计划 2025 年 12 月投产；二期计划于 2029 年 12 月投产。</p>		
绩效 指标	一级指标	二级指标	三级指标	指标值
	产出指标	数量指标	主变规模为：一期 2 台 63MVA 主变（全供全备），远期 6 台 63MVA 主变（全供全备）	主变规模为：一期 2 台 63MVA 主变（全供全备），远期 6 台 63MVA 主变（全供全备）
			110KV 出线规模：一期拟建成单母线分段接线，出线 2 回，远期单母线分段接线，出线 2 回，拟采用 110KV 电压等级接入系统。	110KV 出线规模：一期拟建成单母线分段接线，出线 2 回，远期单母线分段接线，出线 2 回，拟采用 110KV 电压等级接入系统。
		质量指标	工程质量合格率	100%
		时效指标	项目按期完成率	100%
		成本指标	本项目总投资估算为 8682.40 万元。其中，工程变电总投资为 313.54 万元，线路总投资 8368.68 万元（包括电缆部分投资 7869.35 万元、架空部分投资 499.51 万元）。	有效完成固定资产投资，建设过程中降本增效。

	效益指标	社会效益指标	<p>1、通过改善电力基础设施，提升区域供电可靠性和稳定性，保障周边企业的用电需求；减少因电力设施布局不合理引发的安全隐患，提升公共安全水平；创造就业机会，促进当地经济发展；优化区域电力网络布局，推动区域协调发展；同时，通过绿色施工和技术创新，推动能源结构优化和可持续发展，为社会带来长期的经济和环境效益。</p> <p>2、项目的建设可以解决园区发展过程中的电路净空相关问题，也减小了电力设施维护的成本，对净化城市天空、美化城市环境和发展城市经济能起到积极作用，同时能间接提高滨海新区绿色化工和氢能产业园园区电力保障能力建设，加快园区绿色化工、新材料和新能源产业的发展。对打造规模和水平居世界前列的世界级化工产业基地起到良好的作用。</p>	100%
		可持续影响指标	<p>项目建设可以减少生态破坏，保护生物多样性。降低碳排放，优化能源使用效率。采用先进技术，提高能源传输效率。推动智能化电网建设，提升系统可靠性。</p>	100%

			同时，项目建设可以为区域相关产业和经济效益提供了良好的载体。比如建设材料的运输，对当地的运输业也有极大地促进作用，增加了运输业的经济效益。同时，基础设施的建设还会涉及到地方砂石材料的使用、机械工具的应用，还为地方解决了人员就业难的问题，这些都会受到项目建设的带动，从而增加一定的经济效益。	
	满意度指标	服务对象满意度指标	受益对象（或地区）满意度	≥98%

1.3 项目产出方案

滨海新区作为茂名市未来发展的重点区域之一，将被打造独具核心竞争力的绿色化工与新材料新能源基地、茂名实施制造业当家的战略高地，建设“港-产-城-乡”融合发展、功能完善、环境友好的港湾新城。茂名滨海新区绿色化工和氢能产业园丙烯酸项目配套双回路电源工程是建设年产 5 万吨丙烯酸及 8 万吨丙烯酸丁酯装置的重要组成部分。

在城市总体规划指导下，项目设计将采用全面规划、统一实施的原则，使项目工程建设与经济发展相协调，以达到科学性和超前性、可操作性和战略性的统一；对相关路网和电网进行系统分析，使本项目的建设及相关电网充分结合起来，考虑现状城市规划发展因素，以达到科学性和超前性、可操作性和战略性的统一。

项目建成后将进一步提升区域电力保障供应能力，完善区域能源供应网

络，减轻园区企业生产经营的用电压力，有效地改善园区投资环境，也将带动项目所在地段一带的城市建设发展，推动园区沿线及周边的城乡一体化进程，对项目所在区域产生积极的影响。

1.4 设计水平年

氢能产业园项目（一期）一阶段已步入施工阶段，计划于 2025 年 12 月底前投产，2026 年 12 月底前开始后续二阶段建设工作，因此设计水平年为 2026 年，远景水平年为 2030 年。

1.5 投资主体

工程所发生的费用均由广东长鸿艾凯茵科技有限公司用户直接投资。

1.6 主要设计原则

1.6.1 主要设计原则和设计指导思想

（1）以电网规划和系统设计为基础，贯彻国家的技术政策和产业政策，执行国家的有关法律法规文件，执行各专业有关的设计规程和规定。

（2）线路设计遵循地方规划要求，并结合近远期电网规划需求，在保证本工程出线的同时尽量兼顾远期出线通道。

（3）根据电力系统规划要求，综合考虑施工、运行、交通条件、线路长度等因素，进行方案比较，使线路路径走向安全可靠，经济合理。

（4）初步确定线路气象条件、导线和地线、绝缘配合、防雷接地、电缆截面及附件选择及接地方式的设计方案。

（5）线路工程设想满足南网相关规定要求，执行中国南方电网标准化设计应用原则，线路设备材料选用南网品类优化型号。

（6）220kV 菠萝园站扩建 110kV 出线间隔的 110kV 电气主接线按原站内电气主接线方式不变。

（7）220kV 菠萝园站扩建 110kV 出线间隔的电气设备选择遵循无油化、

小型化、低损耗、低噪音及安全经济的原则。

(8) 220kV 菠萝园站扩建 110kV 出线间隔的电气平面布置在原站内备用间隔布置。

(9) 坚持保护环境和节约资源的原则，使设计达到安全、经济合理的目的。

(10) 工程投资估算应做到尽可能准确，经济评价应尽可能全面合理。

1.6.2 遵循的主要技术依据、规程规范

- (1) 《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545-2010)
- (2) 《电力工程高压送电线路设计手册》(2002-042218)
- (3) 《南方电网污区分布图(2024 版)》
- (4) 《南方电网沿海地区设计基本风速分布图(2022 版)》
- (5) 《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)
- (6) 《交流电气装置的接地设计规范》(GB 50065-2011)
- (7) 《架空输电线路基础设计规程》DLT/5219-2023
- (8) 《电力工程电缆设计规范》GB 50217-2018;
- (9) 《城市电力电缆线路设计技术规定》(DL/5221-2016)
- (10) 《高压电缆选用导则》(DL/T401-2017)
- (11) 《电缆防火措施设计和施工验收标准》(DLGJ154-2000)
- (12) 《电缆载流量计算》(JB/T101811~10181.6-2000)
- (13) 《电力电缆线路运行规程》(DL/T1253-2013)
- (14) 《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》(GB50168-2006)
- (15) 《光纤复合架空地线》DL/T 832-2003
- (16) 《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012
- (17) 《建筑桩基技术规范》JGJ 94-2008
- (18) 《数字输电线路装备技术导则》办生技函(2022)9 号附件 16
- (19) 南方电网公司反事故措施(2025 版)
- (20) 《中国南方电网公司 35kV~500kV 输电线路杆塔标准设计, V3.0

版》

(21) 电力工程设计规程、规范、规定及相关文件有效版本。

1.6.3 应用南网标准设计情况

线路标准化方面：本工程杆塔采用南方电网公司输电线路杆塔标准设计、示范工程样板点设计指南。金具采用南方电网公司《关于发布中国南方电网公司标准设计与典型造价 V3.0（智能输电线路金具标准设计）的通知》（南方电网基建〔2021〕21 号）标准设计金具。

本工程新建电缆线路工程，南网尚无标准设计，采用我院自主设计的标准图集。

1.6.4 防灾设计原则及主要思想

电网防灾规划应遵循“因地制宜、重点突出、差异建设、防范有效、经济合理”的原则，通过采取优化完善电网结构、差异化提高建设标准、加强新技术应用等措施，建设结构合理、网架坚强的防灾抗灾骨干电网，提高电网抵御极端自然灾害能力。

电网工程设计应按照电网防灾规划提出的措施和要求，提高重大建设工程、生命线工程的抗灾能力和设防水平。

本工程在设计方面的原则和主要思想如下：

(1) 在应对台风灾害方面，严格执行《南方电网公司输电线路防风设计技术规范》（Q/CSG 1201011-2016）、《广电生〔2018〕82 号关于进一步明确沿海输电线路防风标准及工作要求的通知》，确定本工程防风建设标准，选取适用的标准杆塔模块，并按照最新规范验算，以确保杆塔结构安全，提升线路防风抗风能力。

(2) 在应对地质、洪涝灾害方面，对于边坡陡峭的塔位，考虑加大基础埋深，并合理布置挡土墙、排水沟等附属设施；

(3) 在线路防雷方面，严格执行《架空输电线路防雷技术导则》（Q/CSG1107002-2018），选用良导体地线，合理选用杆塔接地装置，选点加装线路避雷器，同塔多回线路采取差异化绝缘设计等。

（4）在线路交叉跨越方面，严格执行《南方电网输配电线路交叉跨越专项反事故措施》，严控新增交叉跨越隐患。

（5）在电缆线路防火防爆方面，严格执行广电生部[2016]57号《关于印发广东电网有限责任公司电缆及附件防火防爆工作指导意见的通知》、广电生〔2020〕20号《关于在新建扩建工程中落实设备管理要求的通知》，1）新建110kV及以上起止站点相同的双回电缆线路，应在电缆隧道或电缆沟两边分开布置，同时两回电缆线路宜采用不同厂家的电缆附件。多回电缆线路参照执行；2）20kV及以下配电电缆原则上不应与35kV及以上输电电缆同通道敷设，如确需同通道敷设时，电缆沟应采取填砂、设置隔离墙等处理措施，电缆隧道应采取分舱隔离敷设，落实防火防爆措施；3）为防止火灾事故范围扩大，应对电缆、电缆构筑物采取有效的防火封堵措施，电缆穿越建筑物孔洞处应用防火封堵材料进行封堵；4）电缆隧道、电缆沟、电缆竖井、变电站电缆夹层等在空气中敷设的电缆，应选用阻燃电缆；5）110kV及以上电缆中间接头、缆线密集或对防火防爆有特殊要求的区域，电缆接头应采用埋沙、防火槽盒、隔板、防爆壳等防火防爆隔离措施；6）电缆隧道宜安装火灾监控报警、测温 and 自动灭火装置等；7）经核算电缆载流量，在满足输送容量要求的前提下，电缆沟内优先考虑回填细河砂。对于电缆沟预留有远期电缆空间的，回填深度应根据本期电缆的需要和远期敷设的便利性来确定。对于不具备回填细河砂条件的电缆沟，沿沟道宜设置防火墙，防火墙间距不宜大于200m。由于电缆载流量原因，明确要求电缆在空气中敷设的，电缆选型宜按电缆隧道的要求执行；8）在电缆隧道的进出口处、接头区和每个防火分区内均应配置灭火器、消防砂箱、自吸过滤式火灾防毒面具等消防器材。在电缆接头附近区域应设置自动灭火装置，如灭火弹、高压细水雾灭火装置等。

（6）在智能在线监测方面，严格执行广电生〔2020〕20号《关于在新建扩建工程中落实设备管理要求的通知》，1）110kV及以上电缆与架空混合输电线路的分界点、T接线路的T接点、属于跨局运维管理线路的分界点，应安装分布式行波测距（故障定位）装置；2）110kV及以上输电线路经过人口

密集区段和跨越铁路、一级及以上公路、一二级通航河流区段以及 500kV 线路交叉跨越区段，应安装视频图像监测装置；3）新建输电线路应根据《南方电网山火风险等级分布图》，属于四级线路山火风险的，需加装视频监测装置；4）新建输电线路处于采空区、地质灾害多发区应实施地质勘测，其中高大边坡宜考虑安装地基、杆塔沉降监测装置；5）110kV 及以上电缆交叉互联系统及电缆终端平台应配置电缆护套环流监测装置。电缆护套环流在线监测的采集终端应优先通过立杆等形式引至地面以上安装；6）电缆隧道应配置电缆隧道综合监控系统（包括视频监控、水位监测、有毒气体监测、火灾监测等）和隧道巡视机器人。

1.7 设计范围及配合分工

本可研的设计范围包括：配套项目的送出工程的设计、220kV 菠萝园站扩建 110kV 出线间隔工程、220kV 菠萝园站内配套通信工程。

本报告的设计内容包括：

- 1）论证项目建设的必要性与可行性；
- 2）提出氢能产业园 110kV 专用降压站接入系统方案；
- 3）确定配套项目的送出工程的建设规模；
- 4）220kV 菠萝园站扩建 110kV 出线间隔工程的建设规模；
- 5）提出相关工程设想。

2 电力系统一次

2.1 项目所在地区简况

2.1.1 茂名市简况

2.1.1.1 茂名市现状

【地理位置】茂名市位于广东省西南部，东毗阳江市，东北连云浮市，西北邻广西壮族自治区，南部与湛江市南海接壤。地理坐标介于东经 $110^{\circ} 20' \sim 111^{\circ} 40'$ ，北纬 $21^{\circ} 25' \sim 22^{\circ} 43'$ 。茂名市常住人口 623.82 万人，比上年末增加 1.85 万人，其中城镇常住人口 285.96 万人，占常住人口比重（常住人口城镇化率）45.84%，比上年末提高 0.78 个百分点。全年出生人口 7.90 万人，出生率为 9.66‰；死亡人口 4.14 万人，死亡率为 5.06‰；自然增长率为 4.60‰。全市年末户籍人口 825.97 万人。。茂名市地理位置及行政区区分示意图如图所示。

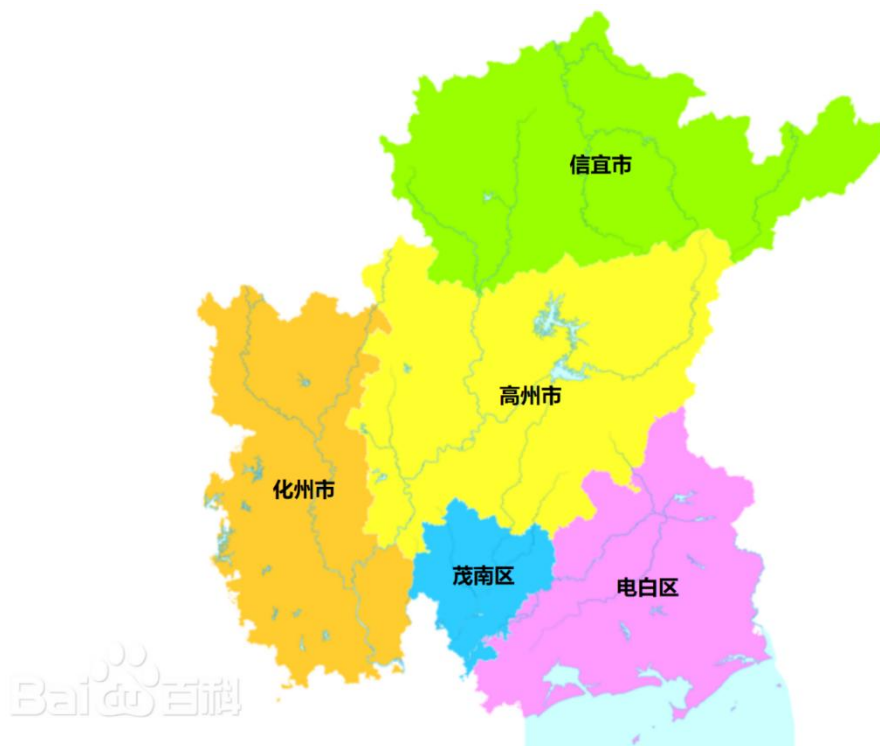


图 2.1-1 茂名市行政区划图

【气候特点】茂名市地处北回归线以南，属亚热带季风气候区，季风明显，气候类型多样，冬季盛行偏北风，夏季盛行东南风。主要气候特征是：一是冬无严寒，夏无酷暑，夏长冬短，热量丰富，雨量充沛，干湿季明显；二是地势北高南低，北

部多山地，气温垂直差异大，山区降水丰富、小地形气候复杂多样，立体气候显著；三是两个多雨期，4-6 月为前汛期，属极锋雨带降水，7-9 月为后汛期，多台风等低纬热带天气系统降水；四是气候资源丰富，气象灾害频繁且严重。

【交通】茂名市境内铁路总运营里程 319 千米，铁路主要由河茂铁路、广茂铁路、茂湛铁路、深茂铁路、洛湛铁路和博贺疏港铁路六条铁路交汇构成，互联成网，并入中国铁路网，茂名市境内公路主骨架主要由国道 G325、G207 和连接两条国道、纵贯南北、直通茂名港水东港区的茂高快线、茂名大道以及东西方向连通化州的茂化快线等主要线路构成。

【资源优势】茂名市多年平均降雨总量为 203 亿立方米，降雨深 1870 毫米，径流量 110 亿立方米，平均径流深 890 毫米。每平方千米产水量 89 万立方米，全市容水量 8 亿立方米。人均水量 2450 立方米，每公顷耕地 43800 立方米。水资源利用 37 亿立方米，其中农用水占 83%，工业用水占 8%，生活用水占 9%。平均年蒸发量 1907.2 毫米，冬、春季蒸发量占 42%，夏秋季蒸发量占 58%。境内集雨面积 100 平方千米以上的河流 39 条，水电蕴藏量 36.6 万千瓦，可开发 27.9 万千瓦。茂名的矿产资源较为丰富，共发现矿种 53 种，矿产地 334 处。其中能源矿产 4 种，矿产地 33 处；金属矿产 19 种，矿产地 61 处；非金属矿产 20 种，矿产地 181 处；地下水矿产 2 种，矿产地 59 处。储量规模达大、中型的矿产地 68 处。在全市的矿产中，优势矿产有：一是油页岩矿，主要矿产地为羊角、金塘、低山等地。探明储量 54 亿吨，远景储量 23.61 亿吨。二是高岭土，主要分布在茂南区、茂港区及高州等地，共有矿产地 14 处，其中经勘查及评价的矿产地 8 处，探明储量 B+C+D+E 级矿石量 5.75 亿吨。其中特大型矿床 1 处，大型矿床 5 处，中型矿床 1 处。三是钛矿，分布于化州市平定镇新华、陆赠等地，矿区总面积约 29 平方千米。累计查明资源量：钛铁矿 1466.57 万吨，锆英石 33.39 万吨，磁铁矿 320.48 万吨。四是锡矿，主要矿产地是信宜市钱排镇，累计探明储量（矿石量）4147.21 万吨。

2.1.1.2 茂名市经济社会发展情况

2024 年，茂名市实现地区生产总值 4072.04 亿元，按不变价格计算，同比增长 2.5%。其中，第一产业增加值 751.02 亿元，同比增长 1.6%；第二产业增加值 1145.49 亿元，同比增长 4.4%；第三产业增加值 2175.52 亿元，同比增长 2.0%。[125]

2024 年，茂名市全体居民人均可支配收入 30520 元，同比增长 4.8%。按常住地

分，城镇居民人均可支配收入 36624 元，增长 3.6%；农村居民人均可支配收入 25036 元，增长 4.9%。

2024 年，茂名市固定资产投资同比下降 1.7%，扣除房地产开发投资，全市固定资产投资增长 6.9%。分领域看，基础设施投资增长 11.5%；工业投资增长 21.9%，其中，工业技改投资增长 73.1%；房地产开发投资下降 23.6%。产业投资保持活跃，高技术产业（制造业）投资增长 30.6%；先进制造业投资增长 64.8%。

2.1.2 电白区概况

电白区，隶属广东省茂名市，位于广东西南沿海，介于东经 110° 54′ —111° 29′，北纬 21° 22′ —21° 59′ 之间，属亚热带季风气候，陆地面积 2128 平方千米，管辖 5 街道 19 个镇 4 乡级单位。2023 年茂名市电白区常住人口 151.96 万人，城镇化率 43.76%。

根据茂名市地区生产总值统一核算结果，2024 年，电白区地区生产总值 875.28 亿元，按不变价格计算，同比增长 3.8%。其中，第一产业增加值 172.61 亿元，同比增长 1.9%；第二产业增加值 282.27 亿元，同比增长 9.0%；第三产业增加值 420.40 亿元，同比增长 1.7%。

2.1.3 滨海新区概况

广东茂名滨海新区东毗阳江，西临湛江，面向南海，背靠我国大西南和中南地区，与粤港澳大湾区相邻，地处北部湾城市群区域，泛珠三角、大西南经济圈、中南经济圈的交汇点和重叠核心地带。

茂名滨海新区规划面积 1688 平方公里，有 250 多万人口，19 个镇、6 个街道办。新区围绕着“一带一轴两城四港五区”的空间发展格局”展开战略布局。划分为海湾发展带，南北发展轴、环水东湾新城、博贺湾新城，博贺新港区（电城镇爵山莲头）、水东港区、博贺渔港区和吉达（电白鸡打港）港区。



图 2.1-3 广东茂名滨海新区功能区划简图

2.2 电力系统现状

2.2.1 茂名市电力系统现状

茂名 500kV 电网是广东西部的重要枢纽，目前通过茂蝶双回 500kV 线路与广东主网相连，通过港茂双回 500kV 线路与湛江电网相连，通过玉茂双回 500kV 线路与广西电网互联。

茂名 220kV 电网基本上形成以 500 千伏茂名站为中心，茂名热电厂为支撑的南北双环网供电结构；与周边地区 220kV 电网联系较为紧密，目前通过坡天、榭赤、泥榭、吴泥 4 回 220kV 线路与湛江电网联络，通过曙坝双回 220kV 线路与阳江电网联络，共 6 回 220kV 线路与区外 220kV 电网联络。

茂名市供电面积 9192.36 平方公里，至 2024 年底，220kV 变电站 13 座，主变 26 台，主变容量 4620MVA，线路长度 1144.2km（含电缆 15.3km）；110kV 变电站 81 座，主变 134 台，主变容量 5395MVA，线路长度 2233.7km（含电缆 55.2km）；35kV 变电站 19 座，主变 32 台，主变容量 245.6MVA，35kV 线路 470.6km。110kV 主变容载比为 2.04。

2.2.1.1 电源现状

截至 2024 年底，茂名市 110kV 及以下电源总装机容量为 1081MW，其中煤电装机容量 60MW，气电装机容量 150MW，垃圾发电装机容量 141MW，水电装机 425MW，光伏装机 681MW（其中分布式光伏装机容量为 313MW），

风电装机 303MW 及其他装机 41MW。

2.2.2 电白区电力系统现状

至 2024 年底，电白区有 220kV 变电站 3 座：曙光站（1×180MVA）、菠萝园站（2×180MVA）、楼阁堂站（2×180MVA），220kV 变电站主变总容量为 900MVA；110kV 变电站 15 座，110kV 变电站总容量为 1140.5MVA。110kV 主变容载比为 1.98。

截至 2024 年底，区内电源情况：电白电网接入电网的电源装机总容量 303.7MW，均为 110kV 及以下电压等级接入电网。按电源性质划分，水电装机 32.8MW、风电装机 99MW、光伏 121.9MW（霞洞光伏 80MW）、垃圾发电 50MW。

电白区 110kV 及以上变电站情况见下表。

表 2.2-2 2024 年底电白区 110kV 及以上变电站情况一览表

变电站名称	电压等级 (kV)	主变台数	容量组成 (MVA)	总容量 (MVA)	无功补偿		23 年高峰负 荷 (MVA)	负载率 (%)	24 年高峰 负荷 (MVA)	负载率 (%)
					总容量 (MVAR)	配置比例 (%)				
曙光站	220	1	1×180	180	40.08	22.27	130.46	72.48%	143.24	79.58%
菠萝园站	220	2	2×180	360	100.2	27.83	120.00	33.33%	174.61	48.50%
楼阁堂站	220	2	2×180	360	40.08	11.13	143.33	39.81%	146.22	40.62%
陈村站	110	2	2×40	80	16	20.00	47.30	59.13%	36.75	45.94%
旦场站	110	2	2×40	80	15.41	19.26	41.10	51.38%	41.12	51.40%
电城站	110	2	2×40	80	4	5.00	39.65	49.57%	44.58	55.73%
高地站	110	2	2×40	80	12.2	15.25	47.40	59.25%	42.54	53.18%
岭门站	110	2	2×40	80	15.41	19.26	35.41	88.53%	36.18	90.45%
水东站	110	2	2×50	100	14.9	14.90	64.38	64.38%	57.13	57.13%
宿车站	110	2	2×31.5	63	4.2	6.67	47.23	74.97%	48.31	76.68%
霞洞站	110	1	1×40	40	8	20.00	19.61	49.03%	20.90	52.25%
博贺站	110	2	2×50	100	20	20.00	30.50	30.50%	28.66	28.66%
莲头站	110	2	2×40	80	14.82	18.53	8.01	10.01%	22.33	27.91%

变电站名称	电压等级 (kV)	主变台数	容量组成 (MVA)	总容量 (MVA)	无功补偿		23 年高峰负 荷 (MVA)	负载率 (%)	24 年高峰 负荷 (MVA)	负载率 (%)
					总容量 (MVAR)	配置比例 (%)				
江高站	110	1	1×40	40	10.02	25.05	18.95	47.38%	23.10	57.75%
沙琅站	110	1	1×40	40	7.4	18.50	8.06	20.15%	8.56	21.40%
罗坑站	110	2	40+31.5	71.5	15	20.98	30.00	41.96%	33.15	46.36%
马踏站	110	2	2×40	80	14.8	18.50	16.14	20.18%	20.08	25.10%
凤凰站	110	2	2×63	126	26.05	20.68	10.23	8.12%	31.81	25.25%
小计		27	--	1140.5	--	--			--	--

2.3 电力系统发展规划

2.3.1 电力需求预测

2.3.1.1 茂名市电力需求预测

“统筹推进传统产业升级、新兴产业壮大、未来产业培育，构建具有茂名特色的‘3336’现代化产业体系。”茂名市政府工作报告提到，要抓好“五链共建”，深耕石油化工这个基础性、战略性支柱产业，积极申报建设国家零碳园区，加速华南钛谷建设，推动欣旺达基地二期落地，加大马店河新型储能产业园招商力度，促进链主项目聚链成群。同时，拓展“多链共建”，开辟新能源、新材料、电子信息、低空经济等新赛道。

“五链共建”中，“欣旺达电白基地”延链、“马店河新型储能产业园”拓链由电白主抓，“茂名石化”升链、“零碳产业园”建链、“华南钛谷”壮链从区域布局来说，也是“大电白”的产业。对于电白而言，要统筹推进传统产业升级、新兴产业壮大、未来产业培育，必须立足自身实际，充分挖掘本地资源、产业、人才等方面的优势，因地制宜地发展新质生产力。

2024 年茂名市全社会用电量 183 亿 kWh，全社会用电最高负荷 3150MW。预测至 2030 年用电量达到 261 亿 kWh，最高供电负荷达到 4750MW。

根据茂名供电局《电网规划报告》成果，茂名市的电力需求预测结果见表 2.3-1。

表 2.3-1 茂名市电力需求预测表

单位：MW、h

项目	2025 年	2026 年	2027 年	2028 年	2029 年	2030 年
用电量	194	204	218	232	245	261
增长率	5.9%	5.2%	6.9%	6.4%	6.0%	6.1%
最高负荷	3450	3710	3970	4230	4490	4750
增长率	9.5%	7.5%	7.0%	6.5%	6.1%	5.8%
利用小时数	5623	5499	5491	5485	5479	5495

2.3.1.2 电白区电力需求预测

参考《茂名供电局“十四五”配电网规划报告》，同时结合电白经济发展计

划，对电白电力需求进行预测，结果详见下表。预计 2030 年电白区全社会用电量和最高负荷分别达到 50.3 亿 kWh 和 995MW。

表 2.3-2 电白区电力需求预测表

单位：MW、h

项目	2025	2026	2027	2028	2029	2030
全社会用电量	31.5	34.1	38.2	41.6	46.3	50.3
增长率	4.1%	8.3%	12.0%	8.9%	11.3%	8.6%
最高负荷	700	770	832	890	945	995
增长率	16.7%	10.0%	8.1%	7.0%	6.2%	5.3%
利用小时数	4500	4429	4591	4674	4899	5055

2.3.2 电力系统规划

2.3.2.1 电白区电网发展规划

电白区规划新建 220kV 变电站 1 座（氢能站），容量 360MVA；扩建 110kV 变电站 1 座（曙光站），容量 80MVA。新建 110kV 变电站 9 座（树仔站、氢东站、西麻站、麻岗北站、黄岭站、望夫站、龙山站、爵山站、沙洞站），容量 720MVA；扩建 110kV 变电站 2 座（霞洞站、沙琅站），容量 80MVA。

2.3.2.2 电源退役计划

根据广东省小火电退役规划，电白区 2020~2030 年期间暂无 500kV 及以下电源退役计划。

2.3.2.3 新增电源规划

根据政府相关部门上报或批准的电源项目、前期工作设计情况和目前电源建设情况，考虑下列 110kV 及以下电源：

（1）电白霞洞氢能产业园用户站（茂名市电白区霞洞镇 80MW 光伏发电项目），规划 2023 年投产。

（2）茂名电白区独立储能项目，规划 2028 年投产。

（3）大唐电白望夫 50MW 农光互补氢能产业园用户站项目，规划 2029 年投产。

（4）广东粤电茂名电白白马风电项目，规划 2030 年投产。

(5) 茂名电白观珠及马踏风电场工程，规划 2030 年投产。

茂名市 110kV 及以下电源规划结果如表 2.3-5 所示。

表 2.3-5 2023~2028 年茂名市电源规划表

单位：MW、kV

110kV 电源	类型	接入站点	投产时间	装机容量
大唐电白望夫 50MW 农光互补氢能产业园用户站项目	集中式光伏	秀田站	2029 年	50
广东粤电茂名电白白马风电项目	集中式陆风	树仔站	2030 年	49.5
茂名电白观珠及马踏风电场工程	集中式陆风	马踏站	2030 年	88
茂名电白区独立储能项目	储能	水东站	2028 年	50

2.3.2.4 外区送电情况

目前茂名电网通过 500kV 玉茂 I 线和玉茂 II 线与广西电网相联，通过 4 回 220kV 线路与湛江电网联网，通过 2 回 220kV 线路与阳江联网。“十四五”期间，湛江、阳江电网基本以各市 500kV 站为核心构网，市间联络线潮流交换很少，“十四五”期间茂名与区外送受电力按零考虑。

2.3.3 本项目近区电网发展规划

(1) 220kV 电网布点规划

至 2024 年底，电白区有 220kV 变电站 3 座：曙光站（1×180MVA）、菠萝园站（2×180MVA）、楼阁堂站（2×180MVA），220kV 变电站主变总容量为 900MVA；十五五期间，电白区规划新建 220kV 变电站 1 座（氢能站），规划总容量 360MVA，一期主变容量为 180MVA，预计 2029 年投运。

(2) 110kV 电网布点规划

至 2024 年底，电白区有 110kV 变电站 15 座，110kV 变电站总容量为 1140.5MVA。110kV 主变容载比为 1.98。十五五期间，电白区电网规划扩建 110kV 变电站 1 座（曙光站），容量 80MVA。新建 110kV 变电站 9 座（树仔站、氢东站、西麻站、麻岗北站、黄岭站、望夫站、龙山站、爵山站、沙洞站），容量 720MVA；扩建 110kV 变电站 2 座（霞洞站、沙琅站），容量 80MVA。

（3）新增电源规划

该区域无新增规划电源。



图 2.3-1 2030 年近区电网规划图

2.3.4 茂名市电力平衡

2.3.4.1 电力平衡的主要原则

根据茂名市电力需求预测结果以及电源规划，针对茂名市电网的特点，以满足网络规划要求为原则进行各区（县）高压配电网电力平衡。主要原则如下：

- 1、采用网供最大负荷进行电力平衡（小水电装机容量较大的地区可增加按小水电最大出力进行电力平衡）；
- 2、平衡方式选取夏大方式进行电力平衡；
- 3、地方小水电利用容量在夏大方式取装机容量的 20%，风电出力取 20%，光伏出力取 80%，气电、垃圾和生物质电厂取 80%；
- 4、系统中含有光伏发电、风力发电、燃气发电、柴油发电机等分布式电源时，应结合实际出力情况适当考虑参与平衡的比例；

- 5、下半年投产的电源一般从下一年度开始计入其容量；
- 6、考虑 220kV 变电站 10kV 出线供电负荷；
- 7、对有自建变电站的大用户负荷，将区别于其他 110kV 负荷，不参与公用站的主变容量缺口计算；
- 8、平衡时不考虑备用容量。

2.3.4.2 电白区电力平衡

结合平衡原则和茂名电网负荷预测，对电白电网 110kV 变电容量进行平衡，平衡结果见下表。

表 2.3-7 电白电网 110kV 电力平衡与降压容量计算

单位：MW、MVA

项目	2025	2026	2027	2028	2029	2030
一、最高供电负荷	700	770	832	890	945	995
1、220kV 站 10kV 负荷	55	55	55	55	55	55
2、220kV 用户站负荷	0	0	0	0	0	0
3、110kV 用户站负荷	50	50	50	50	50	50
二、电源装机容量	427	462	502	522	582	729
1、110kV 电源	246.03	246.03	246.03	246.03	296.03	433.53
1) 风电	99	99	99	99	99	236.5
2) 光伏	80	80	80	80	130	130
3) 小水电	17.03	17.03	17.03	17.03	17.03	17.03
4) 垃圾发电	50	50	50	50	50	50
2、110kV 以下电源	180.73	215.73	255.73	275.73	285.73	295.73
1) 风电	0	0	0	0	0	0
2) 光伏	165	200	240	260	270	280
3) 小水电	15.73	15.73	15.73	15.73	15.73	15.73
4) 垃圾和生物质	0	0	0	0	0	0
三、电源利用容量	262	290	322	338	388	424
1、110kV 电源利用容量	127.21	127.21	127.21	127.21	167.21	194.71
1) 风电	19.8	19.8	19.8	19.8	19.8	47.3
2) 光伏	64	64	64	64	104	104
3) 小水电	3.41	3.41	3.41	3.41	3.41	3.41

项目	2025	2026	2027	2028	2029	2030
4)垃圾发电	40	40	40	40	40	40
2、110kV 以下电源利用容量	135.15	163.15	195.15	211.15	221.15	229.15
1、风电	0	0	0	0	2	2
2、光伏	132	160	192	208	216	224
3、小水电	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15
4、垃圾和生物质	0	0	0	0	0	0
四、电力平衡						
1、110kV 以下电力盈亏	-543	-585	-615	-657	-662	-676
需 110kV 变电容量	1194	1286	1352	1445	1456	1488
(容载比 2.2)						
现有 110kV 变电容量	1140.5	1140.5	1140.5	1140.5	1140.5	1140.5
110kV 变电容量缺额(容载比 2.2)	53	146	212	304	315	347

从电力平衡结果可以看出，电白区境内 110kV 及以下电源装机较少，随着电白地区负荷的不断增长，电白电网 110kV 及以下电力缺口不断扩大。

预计 2030 年电白区最高负荷为 995MW，扣除 220kV 变电站 35kV 及以下直供负荷，需 110kV 降压容量（按容载比 2.2 考虑）1488MVA，110kV 变电容量缺口为 347MVA。

2.3.4.3 氢能产业园项目用户站近区电力平衡分析

氢能产业园项目属于 220kV 菠萝园片区，220kV 变电容量为 360MVA，氢能产业园分为两期，一期负荷为 35.959 兆瓦，二期预计增加负荷为 130 兆瓦（2029 年投产），一期和二期负荷共计 166 兆瓦，统计负荷按最大使用负荷计算。近区电力平衡结果见下表。根据平衡结果，该地区长期存在电力缺额，近年存在变电容量不足的问题。但是至 2029 年 220kV 氢能站投产后，部分弥补了变电容量缺口，因此即使考虑氢能产业园的负荷接入，按容载比 1.8 计算，近区 220kV 变电容量较为充裕，变电容量基本能保障区域供电要求。

负荷清单

广东电网责任有限公司茂名供电局：

我公司丙烯酸产业园项目位于茂名滨海新区绿色化工和氢能产业园内，根据目前的项目规划，总用电负荷为 166MW，其中第一阶段全厂用电如下表：

序号	装置名称	计算负荷(kW)			年运行小时数(h)	年用电量(10 ⁴ Kw.h)	备注
		10kV	380V	合计			
1.1	污水处理场	250	750	1000	7200	720	
1.2	循环水场	7900	150	8050	7200	5796	
1.3	消防水泵站及给水加压站		70	70	500	4	
1.4	污水提升泵站		75	75	7200	54	
1.5	泡沫站		45	45	7200	32	
1.6	雨水监控及事故水防控设施		440	440	7200	317	
1.7	动力站		150	150	7200	108	
1.8	空分、空压站	1600	270	1870	7200	1346	
1.9	制冷站	1950	85	2035	7200	1465	
1.10	储运负荷		980	980	3000	294	
1.11	除盐车站、凝结车站		490	490	7200	353	
1.12	余热回收		40	40	7200	29	
1.13	废气废液焚烧处理设施		600	600	7200	432	
1.14	分析化验		500	500	500	25	
1.15	厂前区建筑物		758	758	7200	546	
1.16	5万吨/年丙烯酸装置	12500		12500	7200	9000	
1.17	8万吨/年丙烯酸丁酯装置	5000	856	5856	7200	4216	
1.18	变电所用电		200	200	7200	144	
1.19	机柜间用电		300	300	7200	216	
	小计	29200	6159	35959	7200	25890	

一期项目中最大电机负荷为循环气压缩机一台，功率 1600KW，额定电流 110A，启动电流 980A，启动时间 18 秒。

广东长鸿艾凯茵科技有限公司

2023 年 5 月 12 日



表 2.3.4-1 氢能产业园及近区电力平衡表

单位：MW、MVA

项目	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
一、最高供电负荷	174.6	185.1	196.2	208	320.4	339.7	360
二、110kV 及以下电源装机容量	69.5	69.5	69.5	69.5	69.5	119.5	169
1、大登坡风电	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5
2、博贺电厂	20	20	20	20	20	20	20
3、广东粤电茂名电白白马风电项目							49.5
4、大唐电白望夫 50MW 农光互补光伏电站项目						50	50
二、110kV 及以下电源利用容量	35.8	35.8	35.8	35.8	35.8	75.8	95.6
1、大登坡风电	19.8	19.8	19.8	19.8	19.8	19.8	19.8
2、博贺电厂	16	16	16	16	16	16	16
3、广东粤电茂名电白白马风电项目							19.8
4、大唐电白望夫 50MW 农光互补光伏电站项目						40	40
三、电力盈亏		-149.3	-160.4	-172.2	-284.6	-263.9	-264.4
1、需 220kV 变电容量（不考虑本项目）		269	289	310	512	475	476
2、现有 220kV 变电容量		360	360	360	360	720	720
3、220kV 变电容量缺额		-91	-71	-50	152	-245	-244
四、本项目负荷		35.959	35.959	35.959	35.959	166	166
1、需 220kV 变电容量（考虑本项目）		321	341	362	564	714	715
2、220kV 变电容量缺额		39	19	-2	-204	6	5

注：220kV 氢能站 2029 年投产，投产年负荷按 30%考虑，氢能产业园项目负荷按装机容量 80%考虑。

2.3.4.4 220kV 菠萝园站电力平衡分析

220kV 菠萝园站 2024 年最大负荷为 174.6MW，负载率为 48.50%。氢能产业园项目一期投产负荷为 35959 千瓦，将于 2025 年 12 月投产，二期于 2029 年额外补充投运 130000 千瓦负荷，若全部负荷均由 220kV 菠萝园站供电将导致 220kV

菠萝园站重过载。

根据茂名供电局 220kV 电网布点规划，十五五期间，电白区规划新建 220kV 变电站 1 座（氢能站），规划总容量 360MVA，一期主变容量为 180MVA，预计 2029 年投运。投产年 220kV 氢能站 110kV 接入系统方案如下图所示：

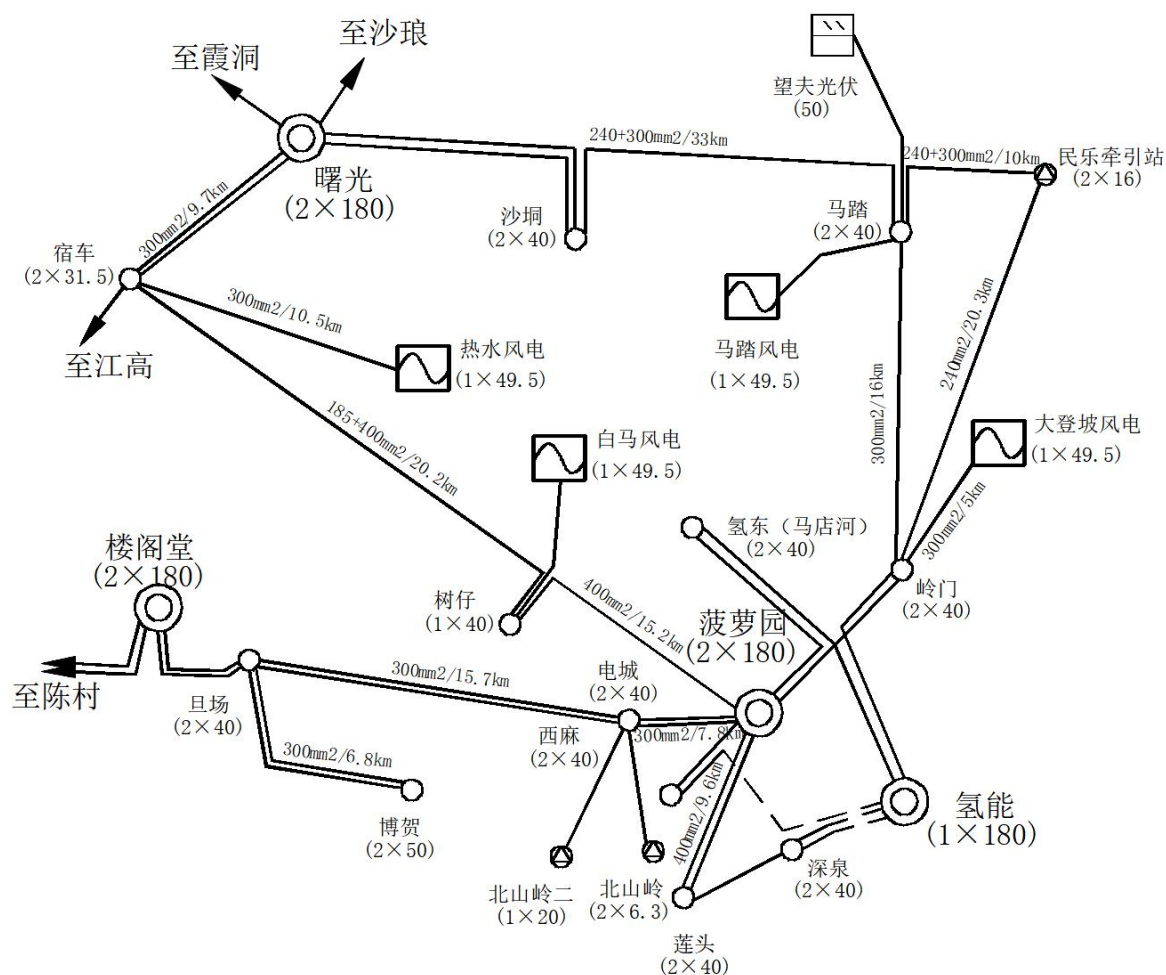


图 2.3-1 投产年 220kV 氢能站 110kV 接入系统示意图

220kV 氢能站投产后, 110kV 岭门站、110kV 西麻站将转由 220kV 氢能站供电, 届时 220kV 菠萝园站负载将减轻, 近区电力平衡结果见下表。根据平衡结果, 2028 年 220kV 氢能站投产后, 220kV 菠萝园站最大负荷约 159MW, 在考虑本项目一期 35.959W 负荷, 负载率为 44%, 至 2029 年, 氢能产业园项目二期投产, 负荷约增加 130MW, 220kV 菠萝园站最大负荷约 272MW, 负载率为 76%, 至 2030 年, 220kV 菠萝园站最大负荷约 262MW, 负载率为 73%, 变电容量基本能保障区域供电要求。

表 2.3.4-2 220kV 菠萝园站电力平衡表

单位：MW、MVA

项目	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
一、220kV 菠萝园最高供电负荷	174.6	185.1	196.2	208	220.4	233.7	247.7
1、110kV 岭门站最高供电负荷	36.2	38.4	40.7	43.1	45.7	48.4	51.3
2、110kV 莲头站最高供电负荷	22.3	23.6	25.1	26.6	28.2	29.8	31.6
二、110kV 及以下电源装机容量	20	20	20	20	20	20	69.5
1、博贺电厂	20	20	20	20	20	20	20
2、广东粤电茂名电白白马风电项目							49.5
三、110kV 及以下电源利用容量	16	16	16	16	16	16	35.8
1、博贺电厂	16	16	16	16	16	16	16
2、广东粤电茂名电白白马风电项目							19.8
四、电力盈亏		-169.1	-180.2	-192	-130.6	-139.4	-128.9
五、本项目负荷		35.959	35.959	35.959	35.959	166	166
六、本项目投产后菠萝园负荷		198	209	221	159	272	262
七、本项目投产后菠萝园负载率		55%	58%	61%	44%	76%	73%

2.4 工程建设必要性及其在系统中的地位和作用

2.4.1 工程建设必要性

1) 满足产业用电需求

氢能产业园项目(一期)一阶段已步入施工阶段，计划于 2025 年 12 月底前投产，2026 年 12 月底前开始后续二阶段建设工作。经测算，2025 年 12 月底前项目一阶段投产后用电负荷达 35959 千瓦。随着二阶段项目建设，2029 年 12 月底前还需额外补充用电负荷 130000 千瓦，共计 166000 千瓦负荷。本项目建设为保障项目用电需求，提高项目园区供电可靠性。

2) 推动茂名市产业发展

茂名氢能产业园项目采用全球领先的“丙烷直接氧化制丙烯酸”技术，将构建从原料丙烷到卫生材料、涂料等终端产品的产业链。用户变接入为产业园的

建设和运营提供了电力保障，有助于吸引更多上下游相关产业在化工园区内集聚，形成完整的产业链条和产业集群，推动化工园区向高端化、精细化发展，促进茂名市绿色化工产业延链、补链、强链，带动地方经济发展。

2.4.2 系统中的地位和作用

氢能产业园降压站的建设将为氢能产业园项目提供电源点，为企业生产经营提供可靠的电力供给，助力企业生产，促进电白区经济发展。

2.5 接入系统方案分析

氢能产业园降压站近区目前有 1 座 220kV 变电站，即 220kV 菠萝园站（2×180MVA）。近区电网 110kV 变电站以各 220kV 变电站为中心，基本形成双回辐射式、双侧电源不完全双回链、双侧电源单回链等接线形式。站投产前近区电网地理接线图如下。

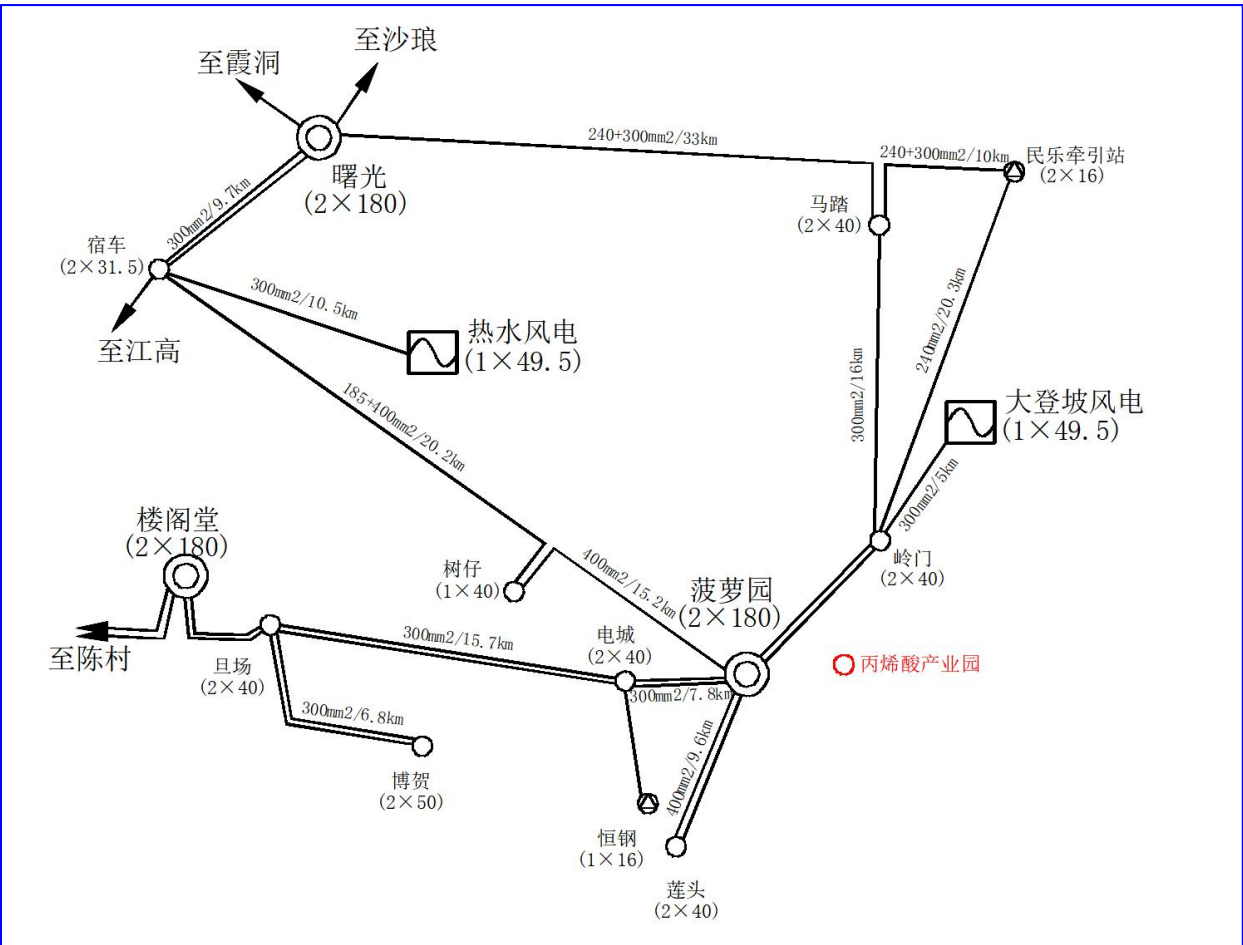


图 2.5-1 氢能产业园周边电网现状接线示意图

2.5.1 项目负荷性质及接入系统需求分析

氢能产业园区一期投产负荷约为 35.959MW，二期负荷约为 130MW，一二期负荷总计约为 166MW，用户负荷基本为工业生产用电及厂用电负荷，氢能产业园拟通过自建一座 110kV 专用降压站为二期负荷供电，主变模为：一期 2 台 63MVA 主变（全供全备），远期 6 台 63MVA 主变（全供全备）；氢能产业园对用电可靠性要求较高，若突发停电将导致产业园内生产中断，导致较大经济损失。

因此从用电负荷和供电可靠性角度考虑，本项目需从菠萝园供电片区新建 110kV 双回路供电线路，才能够满足整个项目验收及投产需求。

2.5.2 接入系统方案拟定

根据茂名供电局电网规划，结合氢能产业园用户站周边电网现状及规划建设情况，以及《茂名滨海新区绿色化工和氢能产业园丙烯酸项目配套双回路电源工程接入系统报告》及其批复情况，氢能产业园用户站拟接入 220kV 菠萝园站。



图 2.5-2 220kV 菠萝园站 110kV 间隔航拍图

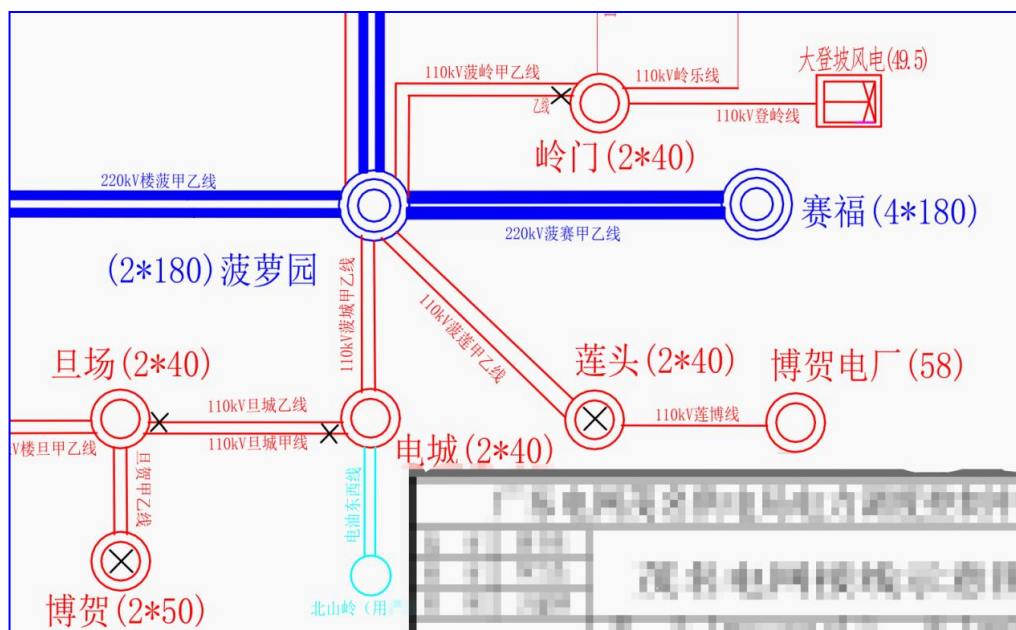


图 2.5-3 现状近区电网运行方式图

根据茂名供电局提供的现状进去电网运行方式图，目前菠萝园 220kV 已出线 6 回分别为 220kV 楼菠甲乙线、220kV 菠赛甲乙线、220kV 曙菠甲乙线，终期 6 回，已无 220kV 间隔使用。

菠萝园 110kV 已出线 7 回，分别为 110kV 菠岭甲乙线（其中一回备用），110kV 菠莲甲乙线、110kV 菠城甲乙线、110kV 菠树线，终期规划 12 回出线，站内剩余 5 回 110kV 出线间隔，远期供电局规划一回接入西麻站，将占用一回 110kV 间隔，站内剩余 4 回 110kV 出线间隔可使用。

由于 220kV 菠萝园站已无 220kV 备用间隔，因此本项目不考虑 220kV 接入，采用 110kV 接入系统。

2.6 推荐方案电气计算

2.6.1 潮流计算

考虑投产年 2025 年夏大工况氢能产业园用户站达最大用电负荷的情况下，推荐接入系统方案正常运行方式下无过载线路。推荐方案潮流图见下图。

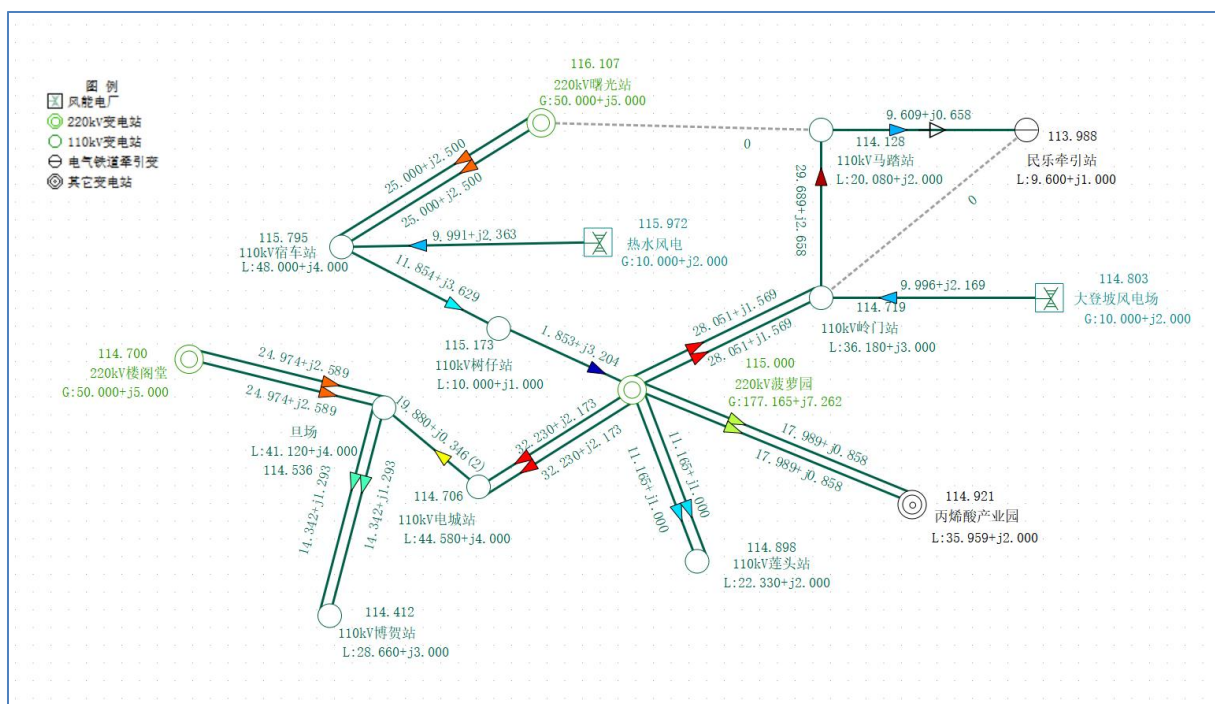


图 2.6-1 潮流计算 (本期)

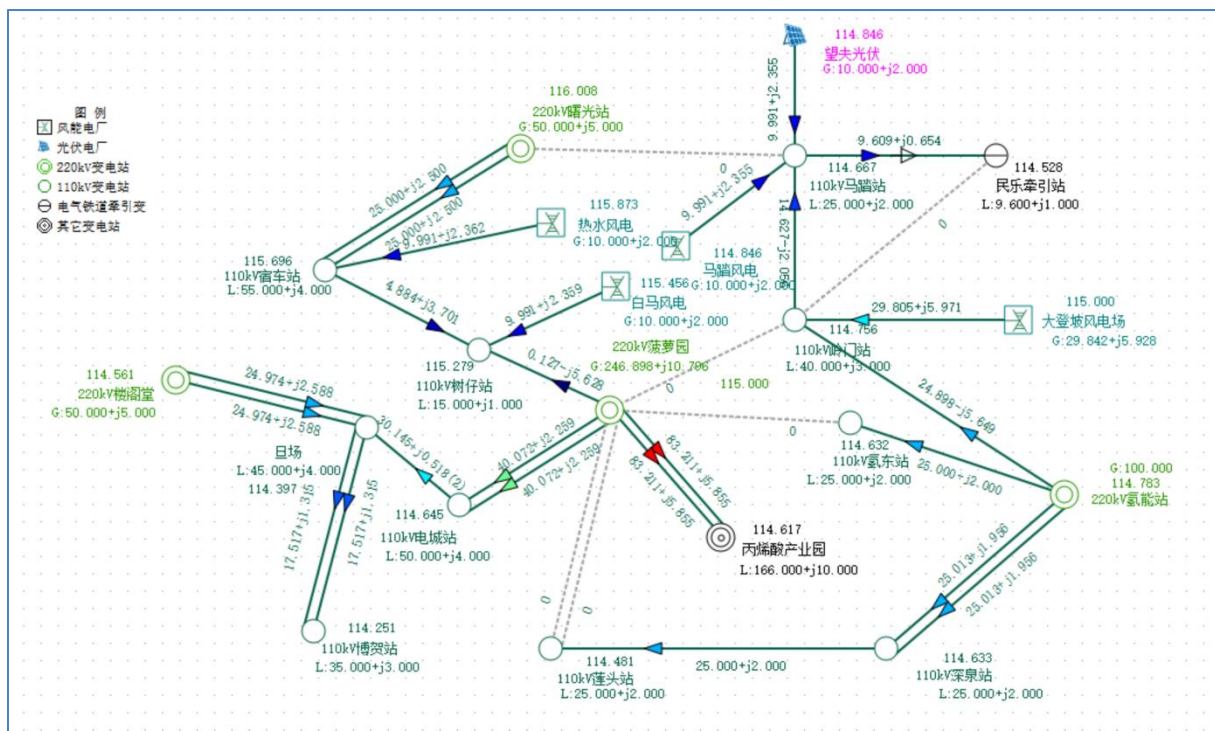


图 2.6-2 潮流计算 (终期)

2.6.2 稳定计算

对氢能产业园用户站的接入系统方案进行稳定计算，这里的稳定计算主要是校核氢能产业园用户站负荷最大情况下近区电网的供电安全可靠性的。

经过计算,推荐方案下氢能产业园用户站近区电网任一回 110kV 线路发生三

相短路，规定时间内切除故障线路，系统可以保持稳定。

2.6.2 短路电流水平

考虑 2030 年大方式下对氢能产业园用户站近区短路电流进行计算，由于不同的接入系统方案对短路电流影响很小，详见下表。近区电网短路电流值均在合理范围内，并具备较大的裕度空间，无需采用专门的措施减小限制短路电流。推荐方案 2030 年短路电流计算结果见表 2.6-1。

表 2.6-1 推荐方案短路电流计算表

短路点	单相	三相
菠萝园站 110kV 母线	12.55	12.75
氢能产业园用户站 110kV 母线	9.89	10.15

2.7 项目建设规模

2.7.1 间隔扩建部分

本期 220kV 菠萝园站扩建 110kV 出线间隔 2 回。

2.7.2 输电线路部分

根据氢能产业园用户站业主提供资料，一期负荷为 35.959MW，二期预计增加负荷为 130MW。氢能产业园用户站一期建设 2 台 63MVA 主变，终期 6 台 63MVA 主变，全供全备运行，因此按最大容量 378MVA 选择导线截面。

氢能产业园用户站新建 2 回 110kV 线路接入 220kV 菠萝园站，新建架空线路长约 $2 \times 0.8\text{km}$ ，架空导线选用 630mm^2 ；新建电缆线路长度约 $2 \times 4.1\text{km}$ ，电缆截面选用 1600mm^2 ，可以满足项目本期和终期输送容量的要求。

2.7.3 通信部分

根据电力系统继电保护需要，本期沿氢能产业园用户站～菠萝园站 110kV 线路架设 2 根 48 芯 OPGW 光缆和管道光缆，形成氢能产业园用户站至菠萝园站 2 回光缆线路，新建光缆线路长度约 $2 \times 5.5\text{km}$ 。

2.8 项目合理的投产时机

根据氢能产业园用户站的建设运营时间要求，本期（一期）工程计划投产时

间为 2025 年 12 月。

3 电力系统二次部分

3.1 概述

3.1.1 系统概述

220kV 菠萝园变电站于 2009 年建成投产，为户外 AIS 站，现主变为 $2 \times 180\text{MVA}$ ，110kV 电气接线为单母线分段接线，前期出线 7 回（菠莲甲线、菠莲乙线、菠岭甲线、菠岭乙线、菠树线、菠城甲线、菠城乙线），远期出线 12 回。本期菠萝园站扩建 110kV 线路间隔 2 个。

220kV 菠萝园变电站为常规综合自动化变电站，配置有一套计算机监控系统、一台电能采集装置和一套安全防护设备。站内设有智能远动机（双机配置含保信功能），采用 61850 通信协议。

3.1.2 设计范围

本期包含 220kV 菠萝园站扩建 110kV 线路间隔和二次部分相关内容。对侧变电站的设计均由用户侧设计部门完成。

3.2 系统继电保护及安全自动装置

3.2.1 系统继电保护配置方案

220kV 菠萝园至氢能产业园用户站每回线路全长约 4.9km。根据《南网 110kV 线路保护技术规范》及其它相关技术规范的要求，110kV 线路保护配置如下：

为了保护动作的可靠性，并结合通信通道条件，在 220kV 菠萝园站～氢能产业园用户站两侧每条线路各配置 1 套 110kV 线路光纤电流差动保护，保护通道采用 2M 光接口复用光纤通道。光纤电流差动保护装置应含后备距离保护功能，保护装置均应具有 3 个以太网口，满足同时与站内监控系统和继电保护信息子站系统的连接要求，同时满足南方电网最新版技术规范及标准设计要求的标准型号及软件版本。

3.2.2 母线保护

220kV 菠萝园站已配置 110kV 母线保护，本期间隔扩建接入前期 110kV 母线保护内。

3.2.3 故障录波器

220kV 菠萝园站已配置 1 面 110kV 故障录波屏，采用山东山大电力技术股份有限公司产品，2024 年 1 月投运，满足本期接入系统的需求。新扩建 110kV 间隔的模拟量和开关量可直接接入故障录波屏备用位置，不用新增录波设备。

3.2.4 继电保护故障及信息管理子站系统

220kV 菠萝园站已配置有 1 套保护及故障信息管理子站设备，设备满足本期扩建需求，仅需将本期相关信息接入即可。

3.2.5 安全自动装置

本站没有配置 110kV 备自投，本期扩建不增加 110kV 备自投。

本站已配置 1 套稳控装置，本期扩建线路间隔接入稳控切负荷回路。

3.2.6 对通信通道的技术要求

至氢能产业园用户站 2 回 110kV 线路光纤电流差动保护通道采用一路均 2M 光接口复用光通道。

3.2.7 对相关设备的技术要求

（1）对 CT 的技术要求

110kV 保护 CT 二次绕组额定电流为 1A，容量不小于 10VA，准确度等级要求不低于 4 个 5P、测量为 0.5S 级、计量为 0.2S 级的二次绕组，短路电流倍数满足系统短路电流要求。

（2）对 PT 的技术要求

线路保护 TYD 二次绕组额定电压为 100V 或 100/3V，容量不小于 20VA，准确度等级不低于 3P。

3.3 调度自动化

3.3.1 各自动化系统现状及存在问题

220kV 菠萝园站由广东中调、茂名地调实行调度管理。实时远动信息要求送广东省中调主调、备调 SCADA/EMS 系统及茂名市地调主调、备调 SCADA/EMS 系统，相关电度量信息送广东省中调电能计量遥测系统主站，远动信息和计量信息送茂名地调、备调的系统主站，并对相应主站系统进行扩充。

3.3.2 远动系统

220kV 菠萝园站为常规综合自动化变电站，站内智能远动机已配置两台互为冗余的智能远动机装置，已按照《南方电网一体化电网运行智能系统技术规范第 6-6 部分：厂站应用 智能远动机功能规范》的技术标准，智能远动机集成远动、在线监测、保信子站、电能采集处理等业务功能，智能远动机作为全站统一的出口系统，负责厂站与各级主站之间的通讯和协调。智能远动机上传远动信息直采直送要求。

3.3.3 调度管理关系

220kV 菠萝园站由广东中调、茂名地调实行调度管理，本期 220kV 菠萝园站保留原调度关系不变，故 220kV 菠萝园站扩建部分各类信息应组织至茂名地调和备调。

3.3.4 电能量计量系统

本站在已配置一套遥测计费装置并独立组屏布置在主控室内，相关电度量信息送至广东省中调电能计量遥测系统主站以及茂名地调计量系统主站。本期主关口计量点设置于 220kV 菠萝园站 110kV 出线侧，110kV 线路采用带 RS485 口的多功能电子式电表，有功 0.5S 级，无功 2.0 级，双表配置，本期需新增的电能表安装在主控室 110kV 电能表屏 I 预留的备用位置，新增电能表接入原有电能采集装置。

3.3.5 电能质量监测系统

220kV 菠萝园站已配置有 1 套电能质量在线监测装置，监测回路满足本期扩建需求，本期沿用前期设备即可。

3.3.6 通道要求

(1) 远动系统对通道要求：菠萝园站至广东省中调主调、备调 SCADA/EMS 系统及茂名地调、备调采用原有通道不变。菠萝园站电能量计量系统已接入广东省中调电能计量遥测系统主站及茂名地调。保留原有通道不变。

(2) 氢能产业园用户站至茂名地调主调 SCADA/EMS 系统采用两路调度数据网通道（RJ45 接口）和一路 2 兆专线通道。

氢能产业园用户站至茂名备调 SCADA/EMS 系统采用两路调度数据网通道（RJ45 接口）。

（3）氢能产业园用户站至茂名地调电能计量系统采用 2 路调度数据网络通道（IP 以太网接口 RJ45）

氢能产业园用户站至省中调电能计量系统采用 2 路调度数据网络通道（IP 以太网接口 RJ45）。

3.3.7 变电站二次系统安防保护

220kV 菠萝园站已配置二次安全防护设备：包含 4 台二次安防纵向加密认证装置、4 台二次安防互联交换机、2 台二次安防用防火墙和 2 台网络态势感知设备。本期扩建线路工程无需增加二次安防设备。

3.3.8 变电站视频及环境监控系统

本站已有一套变电站视频及环境监控系统。站内设备区原采用网络高速球机、中速球机和固定摄像机。本期扩建的设备区域均视频监控范围内，无需增加摄像头。

3.4 系统通信

3.4.1 概述

本工程电气接入系统方案为：

氢能产业园用户站新建 2 回 110kV 电缆线路接入菠萝园站，新建线路长约 2×5.5km，菠萝园站扩建 2 个 110kV 出线间隔。

系统通信专业的设计范围为氢能产业园用户站接入广东电网而引起的配套通信系统设计。

本工程根据接入系统和线路方案，通信光缆接入方案如下：

沿氢能产业园用户站～菠萝园站 110kV 线路架设 2 根 48 芯 OPGW 光缆/管道光缆，形成氢能产业园用户站至菠萝园站 2 回光缆线路，新建光缆线路长度约 2×5.5km。形成氢能产业园用户站至茂名供电局第一路由。

另外氢能产业园用户站沿厂区原有至 220 千伏菠萝园站的 10 千伏专线（目前已退运移交给供电局）的线路采用架空和电缆的混合方式建设一条 48 芯光缆，

形成氢能产业园用户站至 220 千伏菠萝园站的第二路由。

在氢能产业园用户站和对侧相关变电站配置相应的通信设备、传输设备、数据网设备和管道光缆，并开通相应的光链路。光缆纤芯采用符合 ITU-TG.652 标准、波长为 1310 nm /1550nm 的 OPGW 光缆（G.652 标准）。

3.4.2 光缆现状

茂名供电局通信网已经实现了 110kV 及以上变电站的光缆覆盖，绝大多数为 ADSS 和 OPGW 光缆，以及少量的管道光缆。

3.4.3 茂名地区传输网现状

目前，茂名供电局 MSTP 传输 A 网已覆盖大部分变电站，网络由骨干层和接入层组成，其中骨干层由茂名局、500kV 站及部分 220kV 站等组成，按照 2.5Gb/s 带宽组建；接入层按照 155Mb/s 或 622Mb/s 带宽建设，由环网及部分链路等组成；其中骨干节点设备为马可尼厂家 SMA1664 型号，接入节点设备为马可尼厂家 SMA-16/4 及其他型号。目前该网络承载的业务主要有：线路保护、安稳系统、调度自动化（PCM）、电能计量（PCM）等业务。

茂名供电局传输 B 网网络分为骨干层和接入层。目前已形成了茂名 10G 环以及电白、信宜、化州三个 2.5G 环，覆盖了茂名局，高州局，信宜局，化州局和所有 220kV 及以上变电站；主要为环网结构组网，少量站点为链路接入，接入带宽为 622Mb/s。

保底通信网目前正在建设中，建成后将覆盖至 220kV 袂花站及 220kV 榭平岭站。

3.4.4 茂名供电局调度数据网现状

茂名供电局调度数据网 A 平面采用 IP over SDH 技术体制建设，分核心层、汇聚层、接入层三层结构组网，其中核心层带宽为千兆，汇聚层带宽为 155Mb/s，核心层和汇聚层共同构成 MPLS VPN 的骨干网络(P/PE)，接入层带宽为 2Mb/s。

茂名供电局调度数据网 B 平面采用 IP over SDH 技术体制建设，分核心层、汇聚层、接入层三层结构组网。核心层节点设置在茂名地区地调、备调，通过异地互联的方式保证可靠性。汇聚层节点设置在传输枢纽上的 220kV 站点，采用

两点互联的方式接入本片区的核心层节点或汇聚层节点，保证链路级 N-1 冗余，可采用 MSTP 链路与其他汇聚层节点或核心层节点互联。接入层节点设置在每个片区的 220kV 站点、110kV 站点和 35kV 站点和地调电厂。

3.4.5 茂名供电局综合业务数据网现状

茂名供电局综合数据网络采用 IP over Fibre（千兆以太网交换机裸光纤直连）技术体制建设，分核心层、汇聚层、接入层三层结构组网，核心层节点包括等 10 个节点，采用思科 C6509 三层交换机设备配置；接入层为 C3560 三层交换机；各供电局局域网目前有思科交换机设备和华为交换机设备。茂名供电局综合数据网与省骨干综合数据网互联采用背靠背方式，互联节点为茂名局，互联带宽为千兆。整个茂名供电局综合数据网为一个独立的自治域，域内路由协议采用 OSPF 协议，域间路由协议采用 BGP-4 协议，整个网络采用 MPLS VPN 技术划分为综合业务管理 VPN、财务管理 VPN、人力资源管理 VPN、营销管理 VPN、生产管理 VPN、网络管理 VPN 等六大 VPN，且与省网 MPLS VPN 的互通采用 RFC2547bis 的 a 方式。目前，该网络承载的业务主要有 OA、视频会议系统等。

3.4.6 光纤通信方案

3.4.6.1 光缆线路建设

（1）光缆敷设方式、光缆选型：根据电力系统一次接线方案，本次推荐的光缆敷设方式采用架空敷设，即随 110kV 新建线路同塔架设，参考《南方电网标准设计与典型造价 V3.0（35kV-500kV 智能变电站）》的要求：110kV 及以上新建架空线路应采用 OPGW 光缆；电缆沟（管、隧）道线路采用非金属阻燃管道光缆，并穿管敷设。因此本期架空线路部分采用 OPGW 光缆，电缆线路及站内光缆部分采用非金属管道光缆。

（2）纤芯类型：根据《南方电网标准设计与典型造价 V3.0（35kV-500kV 智能变电站）》要求：新建光缆纤芯采用 G.652 光纤，解口或驳接光缆时与原有光缆纤芯一致。因此本期工程光缆纤芯类型采用 G.652 光纤。

（3）纤芯数量：根据各专业业务通道需求分析，以及《南方电网标准设计与典型造价 V3.0（35kV-500kV 智能变电站）》要求：110kV 及以上电压等级

线路光缆纤芯数量应不少于 48 芯。城市应用密集的区域、同塔三回及以上线路应不少于 72 芯。本期采用 48 芯光缆，从技术上可以满足通信需求。

根据系统接入和线路方案，本期沿氢能产业园用户站～菠萝园站 110kV 线路架设 2 根 48 芯 OPGW 光缆/管道光缆，形成氢能产业园用户站至菠萝园站 2 回光缆线路，新建光缆线路长度约 $2 \times 5.5\text{km}$ （其中 G/48/2 \times 4.7km，OPGW/48/2 \times 0.8km）。两侧出线构架至主控楼机房各采用 2 根 48 芯非金属管道光缆作为站内导引光缆，导引光缆长度约为 $2 \times 2 \times 0.3\text{km}$ 。从而形成氢能产业园用户站至 220kV 菠萝园站的 2 条 48 芯光缆路由，作为氢能产业园用户站至茂名供电局第一路由。

另外氢能产业园用户站沿厂区原有至 220 千伏菠萝园站的 10 千伏专线（目前已退运移交给供电局）的线路采用架空和电缆的混合方式建设一条 48 芯光缆，形成氢能产业园用户站至 220 千伏菠萝园站的第二路由。

本期工程建设的光缆如下图所示：

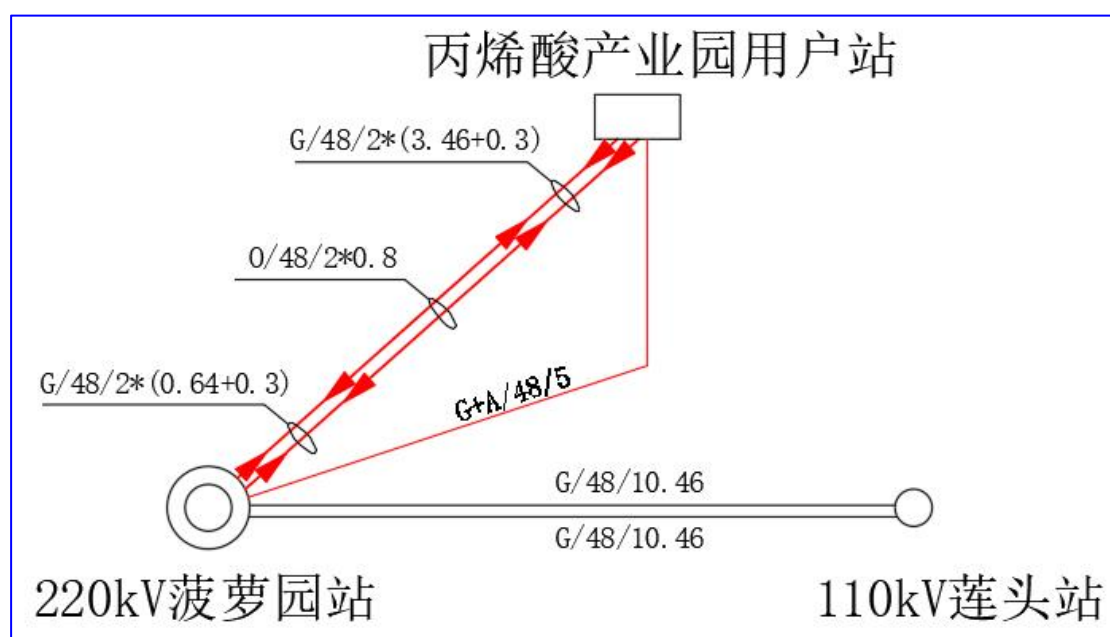


图 3.4-1 相关光缆建设示意图

3.4.7 光传输网建设方案

（1）光传输设备的选择

由于本工程的光传输设备分别接入茂名地区 ASON 网和保底网通信网，为了保证整个通信网络监控管理的统一，有利于维护管理，光传输设备应选用与茂名地区 ASON 网和保底网通信网相同厂家的设备，所用软件版本均应与南网软

件版本库一致。

(2) 光传输设备配置

1) 茂名地区传输网 ASON 网建设方案

本工程在氢能产业园用户站配置 1 套 STM-16 ASON 光传输设备(配置 3 块 L-16.1 光接口板)，以 2.5Gb/s 速率接入茂名地区传输 ASON 网，开通氢能产业园用户站至 220kV 菠萝园站的 2 条 2.5Gb/s 光传输链路、一路经跳纤至电白站的 1 条 2.5Gb/s 光传输链路。

对侧 220kV 菠萝园站配置 2 块 L16.1 光接口板；电白站配置 1 块 L16.1 光接口板。

本期工程建设的地区传输 ASON 网建设示意图如下图所示：

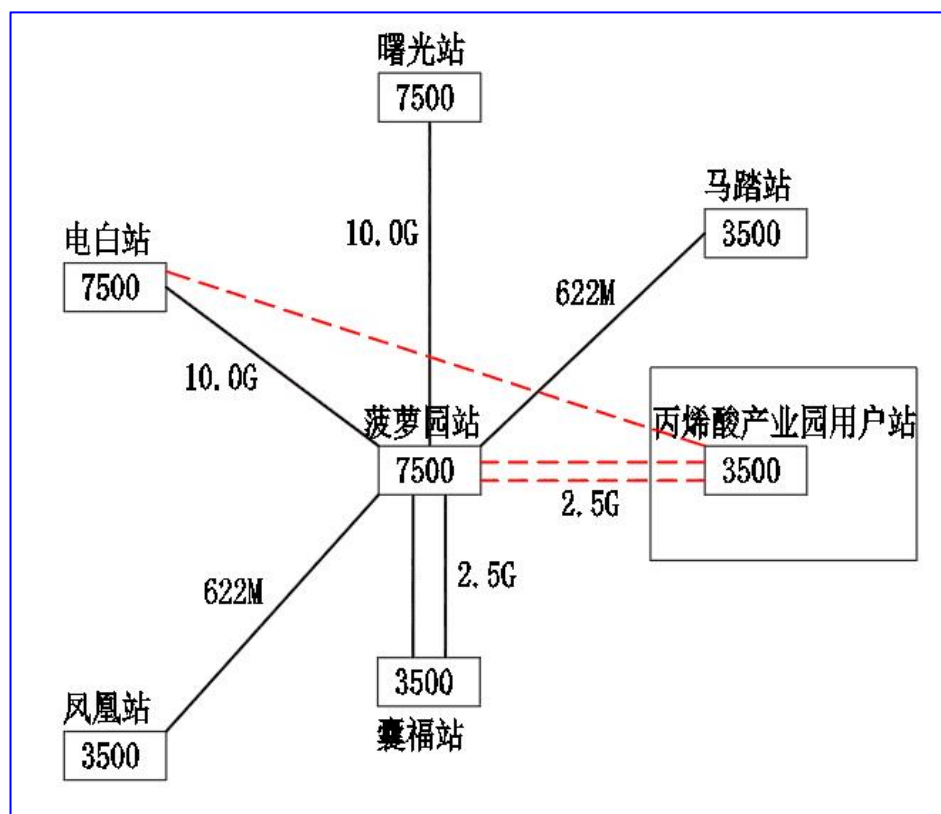


图 3.4-2 地区传输 ASON 网建设示意图

2) 保底通信网建设方案

本工程在氢能产业园用户站配置 1 套 STM-64 保底网光传输设备（配置 3 块 L-64.1 光接口板），以 10.0Gb/s 速率接入茂名地区保底通信网，开通氢能产业园用户站至 220kV 菠萝园站的 2 条 10.0Gb/s 光传输链路、一路经跳纤至电

白站的 1 条 10.0Gb/s 光传输链路。

对侧 220kV 菠萝园站配置 2 块 L64.1 光接口板；电白站配置 1 块 L64.1 光接口板。

本期工程建设的保底通信网建设示意图如下图所示：

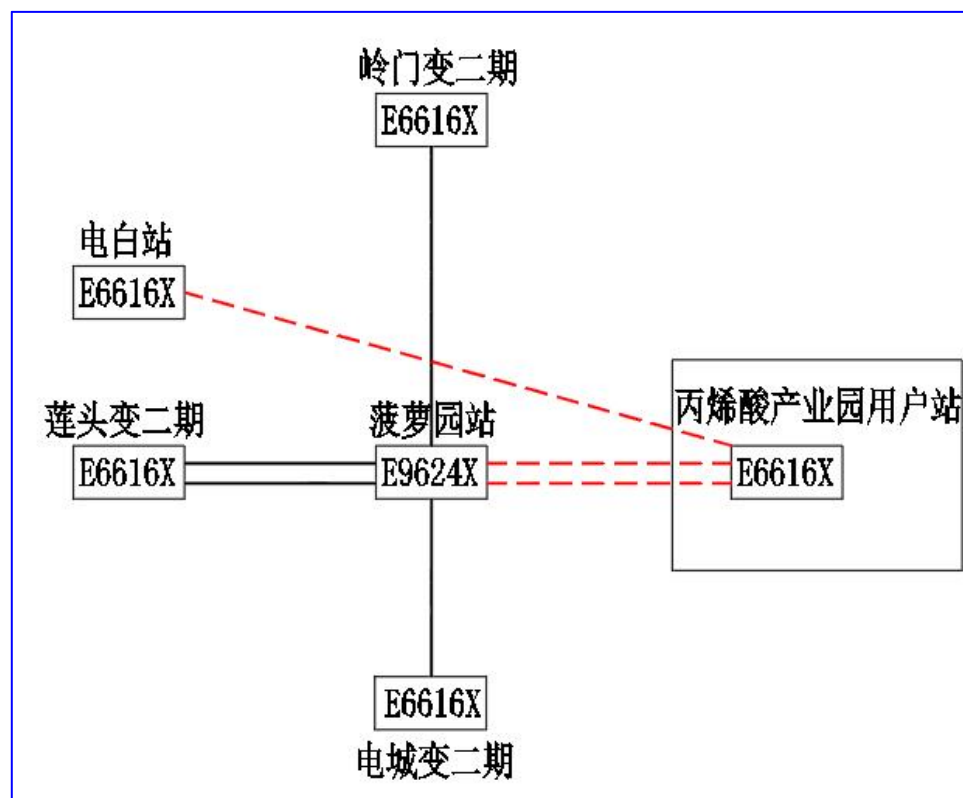


图 3.4-3 保底通信网建设地区传输 ASON 网建设示意图

3.4.8 调度数据网建设方案

本项目的调度数据网设备用纯国产设备。

(1) 地区调度数据网 A 平面

根据茂名地区调度数据 A 平面的组网原则以及相关专业通道，本期在氢能产业园用户站配置 1 套地区调度数据网 A 平面接入层设备，拟采用两条不同路由的 2M 电路分别接入茂名地区调度数据网 A 平面 220kV 菠萝园站和 220kV 楼阁堂站汇聚层节点，用户站侧预留扩容至 4M 的资源。

(2) 地区调度数据网 B 平面

根据茂名地区调度数据 B 平面的组网原则以及相关专业通道，本期在氢能产业园用户站配置 1 套地区调度数据网 B 平面接入层设备，拟采用两条不同路由的

4M 电路分别接入茂名地区调度数据网 B 平面 220kV 袂花站和 220kV 楼阁堂站汇聚层节点。

3.4.9 调度电话建设方案

根据《广东电网 PCM 设备退运技术方案》相关要求，本期用户站不再配置 PCM 设备，改为配置 2 套综合接入 IAD 设备，接入茂名地调和备调的调度员交换系统，同时配置 1 部混合接入 MAD 设备接入广东中调调度软交换系统。

3.4.10 各种业务通道方案

（1）线路保护通道

本期新建氢能产业园用户站~220kV 菠萝园站 2 回 110kV 线路，本期在新建氢能产业园用户站每回线路两侧均配置一套光纤电流差动保护，每回线路保护采用 1 路复用光通道。

（2）远动通道

1)氢能产业园用户站至茂名地调自动化主站系统采用 2 路调度数据网通道和 1 路 2M 专业通道。

（3）计量通道

氢能产业园用户站至广东省电能计量中心主站系统采用 1 路调度数据网通道和 1 路 2M 专业通道。

（4）电能质量监测系统

氢能产业园用户站至广东省电科院电能质量监测系统采用 1 路综合数据网通道。

（5）保护信息管理子站通道

氢能产业园用户站保护信息管理子站系统至茂名地调分站系统采用 2 路调度数据网通道。

（6）网络发令系统通道

氢能产业园用户站至广东中调网络发令主站系统采用 1 路调度数据网通道。

（7）值长管理系统通道

氢能产业园用户站至广东中调值长管理主站系统采用 1 路综合数据网通道。

（8）态势感知装置通道

氢能产业园用户站态势感知装置与广东中调态势感知主站通信的通道采用 1 路调度数据网通道和 1 路综合数据网通道。

（9）通信专业

提供独立的调度电话通信电路至茂名地调。

3.4.11 通信电源系统

本期在氢能产业园用户站不设置单独的通信的机房，通信设备与二次设备统一安装在二次设备室内。通信电源由交直流一体化电源系统统一提供，不再配置独立的电源系统，通电电源负荷电流按 100A 考虑。通信电源由二次专业统一设置。

3.4.12 视频会商系统

本项目配置一套广东电网语音视频专网接入交换机设备，用以实现后期省中调与用户站的可视通信功能。

3.4.13 设备材料清册

表 3.4-1 通信设备清册

序号	设备及材料名称	型号及规格	单位	数量	
				氢能产业园 用户站	220kV 菠萝园站
1	光传输设备	STM-16	套	1	
2	光传输设备	STM-64	套	1	
3	光接口单元	STM-16	块		3
4	光接口单元	STM-64	块		3
5	调度数据网路由器	接入层	台	2	
7	2M 协议转换装置		台	1	1
8	管道光缆	48 芯 G.652	km	0.6	0.6
9	配线、机柜及线缆等		套	1	
10	语音视频专网接入交换机		套	1	

4 220kV 菠萝园站扩建 110kV 出线间隔工程

220kV 菠萝园站位于茂名市电白区电城镇，为户外 AIS 站，现主变为 $2 \times 180\text{MVA}$ ，110kV 电气接线为单母线分段接线，前期出线 7 回（菠莲甲线、菠莲乙线、菠岭甲线、菠岭乙线、菠树线、菠城甲线、菠城乙线），远期出线 12 回。

4.1 电气一次

4.1.1 电气主接线

220kV 菠萝园 110kV 电气接线为双母线接线，本期菠萝园扩建 110kV 出线间隔 2 个，维持原有的接线方式不变。

4.1.2 主要电气设备选型

根据系统计算，本工程 2030 年短路电流计算结果见下表。

短路电流计算表

短路点	单相	三相
菠萝园站 110kV 母线	12.55	12.75
氢能产业园用户站 110kV 母线	9.89	10.15

根据《南方电网污区分布图（2021 版）》，本站站址处于 e 级污区，按照南方电网公司《南方电网 35kV~500kV 变电站装备技术导则》，电气设备按 e 级防污考虑，电气设备最小爬电比距为 43.3mm/kV （电压按 $U_m/\sqrt{3}$ 计算， U_m 为系统最高运行电压）。且 220kV 菠萝园站址位于地震烈度为 7 度、海拔高度小于 1000 米、最大风速 35m/s ，主要设备参数如下：

序号	设备名称	型 号 及 规 范	备 注
1	断路器	SF6, 126kV, 3150A, 40kA	
2	水平开启式隔离开关	126kV, 3150A, 40kA/3s, 双接地	
3	垂直伸缩式隔离开关	126kV, 3150A, 40kA/3s, 单接地/不接地	
4	电流互感器	干式, $2 \times 800/1\text{A}$, 5P40/5P40/5P40/5P40/0.5S/0.2S	
5	电压互感器	TYD110/ $\sqrt{3}$ -0.01H, 110/ $\sqrt{3}$: 0.1/ $\sqrt{3}$: 0.1/ $\sqrt{3}$: 0.1/ $\sqrt{3}$: 0.1kV, 0.2/0.5(3P)/0.5(3P)/3P	线路型
6	避雷器	Y10W-108/281	

7	间隔导线	JL/LB20A-630/45, 极限输送容量 193MVA	
---	------	--------------------------------	--

注：以上电气设备厂家均采用南网框架中标单位。

4.1.3 电气平面布置

前期 110kV 配电装置为户外断路器单列布置,间隔布置由西至东分别为菠莲甲线、菠莲乙线、备用、备用、菠岭甲线、菠岭乙线、菠树线、菠城甲线、菠城乙线、备用、备用、备用,本工程在 110kV 配电装置 2、3 号间隔上共扩建 2 回出线,维持原有的布置方式不变。

4.1.4 防雷接地

4.1.4.1 绝缘配合

本工程避雷器参数选择如下:110kV 氧化锌避雷器,其额定电压 108kV,10kA,雷电冲击波(8/20 μ S),残压峰值 281kV,陡波冲击 10kA 残压 315kV。

避雷器的主要参数

项目	110kV 避雷器	备注
额定电压(kV,有效值)	108	
最大持续运行额定电压(kV,有效值)	84	
操作冲击(30/60 μ s) 2kA 残压(kV,峰值)	239	
雷电冲击(8/20 μ s) 10kA(5kA)残压(kV,峰值)	281	
陡波冲击(1/5 μ s) 10kA(5kA)残压(kV,峰值)	315	

110kV 设备电气设备的绝缘水平及保护水平配合系数

设备名称	设备的耐受电压值					雷电冲击保护水平 配合系数
	雷电冲击耐压 (kV, 峰值)			1min 工频耐压 (kV, 有效值)		
	全波		截波			
	内绝缘	外绝缘		内绝缘	外绝缘	
主变压器	480	450	550	200	185	实际配合系数 450/281=1.60 截波配合系数 550/315=1.74
其它电器	550	550	550*	230	230	
断路器断口间	550	550		230	230	

隔离开关断口间		630			230	
---------	--	-----	--	--	-----	--

4.1.4.2 过电压保护

直击雷保护：站内前期 110kV 配电装置已有 6 根 25 米高的构架避雷针，本工程出线间隔在前期保护范围内,本期工程不做改造。

侵入波保护：本期工程新建的 110kV 线路间隔设氧化锌避雷器。

4.1.5 接地

前期 220kV 菠萝园的水平接地体采用 \varnothing 18 热镀锌圆钢,垂直接地极采用 L50 \times 50 \times 5，设备接线引线采用 50 \times 10 热镀锌扁钢。本期设备的接地线采用 50 \times 10 热镀锌扁钢与主接地网可靠连接即可。

4.1.6 站用电及照明

站用电及照明前期已建，本期工程维持站用电系统现状。本期工程端子箱与施工电源采用站内电源，从检修箱处取电。

4.1.7 电缆敷设及防火封堵

站内动力、控制、保护、测量等电缆选用阻燃 A 类多芯铜导体电缆。

站内电缆敷设主要通过电缆沟、电缆竖井、电缆槽盒及埋管的方式敷设，站内主要电缆沟前期已一次建成，本工程只需新建扩建部分电缆支沟。

电缆防火阻燃措施按国标 GB50217-2018《电力工程电缆设计标准》和《变电站电气火灾防控技术要求（试行）》中相关规定设计。在电缆竖井宜采用双层防火板夹防火包封堵方式，室外电缆沟进入室内入口处需设置防火墙，电气盘柜孔、电缆保护管、二次接线盒、端子箱处需用防火隔板进行封隔并用防火密封胶（有机堵料）、防火包等进行密实封堵。

电缆防火封堵完成后，在封堵处两侧电缆表面涂刷防火涂料，水平敷设的电缆沿电缆走向进行均匀涂刷，垂直敷设的电缆宜自上而下涂刷，涂刷的次数、厚度及间隔时间应符合产品的要求。

4.1.8 扩建间隔停电方案

先在扩建的出线间隔新建设备基础及构架，并安装好电气设备及导线。由于 110kV 电气接线为双母线接线，由 1M 和 2M 轮流停电，间隔连接线与母线连接

即可，连接完成后可投入运行。

4.2 电气二次

4.2.1 概况及现状

(1) 220kV 菠萝园站目前为户外常规变电站。110kV 电气主接线现为双母线，母联断路器接线。本期菠萝园站扩建至氢能产业园用户站双回线间隔。

(2) 220kV 菠萝园站为综合自动化变电站，2023 年投入运行。目前为北京四方继保自动化有限公司监控系统，采用 61850 通信协议。本期新增设备在原有监控系统中扩充，扩建 2 回 110kV 线路测控装置必须采用站内同型号监控系统厂家设备。

4.2.2 继电保护及安全自动装置

菠萝园站 110kV 线路保护必须与对侧氢能产业园用户站同厂家品牌设备，采用光纤电流差动保护，2M 光接口复用保护通道。

站内设有安稳控制系统屏、110kV 母差屏、110kV 故障录波屏、智能远动机屏、110kV 母线 PT 并列屏、公用测控屏及安全自动装置等设备。本期新增设备接入站内原有公用及安全自动装置。

4.2.3 直流电源

原站内直流系统为双充双蓄，直流电压 110V，馈线屏 4 面。有足够备用空开供本期工程使用，不需新增设备。本期新增设备直接从直流馈电屏获取电源。

4.2.4 电能量计量系统

本站已配置一套遥测计费装置，各计量信息传送至广东省中调电能计量遥测系统主站及茂名地调，本期新增电能表接入本站电能量采集装置。

本期新增的电能表按广东电网公司有关文件要求配置，采用带 RS485 口的多功能电子式电表，有功 0.5S 级，无功 2.0 级，双表配置。电能表安装于站内现有的 110kV 电能表屏 I 内。

4.2.5 时间同步系统

本站已配置一套时间同步系统，用于站内自动化系统、全站保护及安自设备，采用 B 码对时方式，本期新增设备接入同步系统屏备用位置。

4.2.6 防误闭锁

本期新线路间隔五防在站内微机五防系统中扩充，本站目前微机五防厂家长园共创。

本期新增间隔相关电动隔离开关（接地开关）、断路器之间的电气闭锁和跨间隔的电气闭锁。

4.2.7 本期线路间隔新增端子箱交直流电源环网在 110kV 场地相邻端子箱获取。

4.2.8 二次设备参数

DC110V，1A，61850 通信协议。

4.2.9 二次设备布置

本期新增 2 面屏，线路保护屏、测控屏布置在继电器及通信室预留的 92P、93P 备用位置。

新增设备二次屏柜均采用尺寸为 2260mm(高)×800mm(宽)×600mm(深)的前后开门形式柜体，单列布置。柜体颜色为：RAL7035。

4.2.10 相关系统扩容

- 1) 监控系统扩充：含本站监控系统及调度端系统扩充。
- 2) 微机五防系统扩充。
- 3) 保信子站系统扩充等。

4.3 土建部分

根据电气要求，对侧菠萝园站内需扩建 2 个 110kV 出线间隔，其中新增构筑物如下：TYD 支架 2 组、隔离开关支架 6 组、电流互感器支架 2 组、断路器基础 2 座、避雷器及电缆终端支架 2 组、电缆井(5000×1200×1400)2 个、端子箱基础 2 座、400×400 电缆沟 60 米，设备支架采用 Φ300 钢管支柱。

根据前期工程的地质资料，设备构支架基础采用插入式杯口基础，采用天然浅基础，以原实土层作为基础持力层。

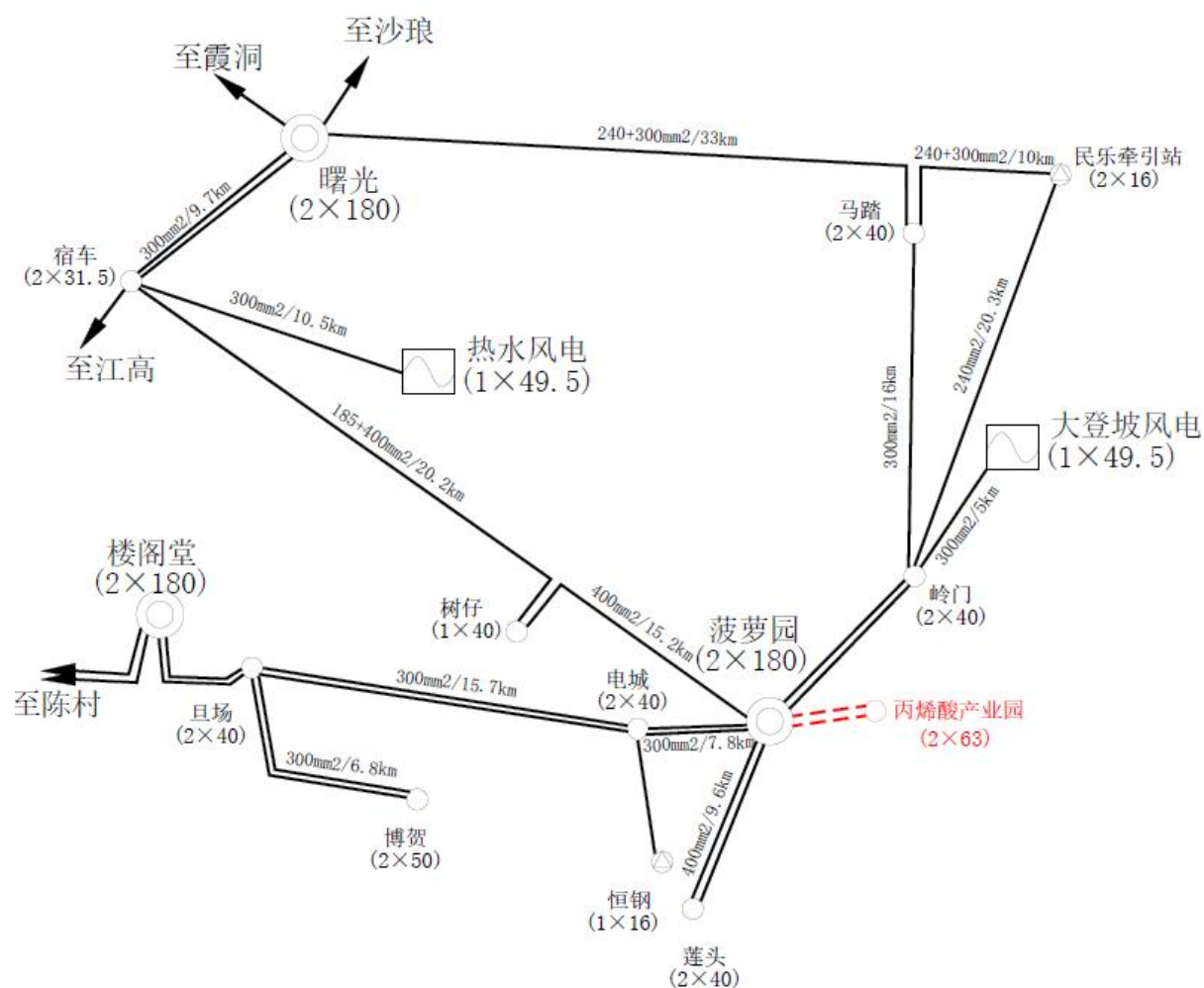
5 送电线路路径选择及工程设想

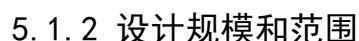
5.1 线路工程概况

根据系统规划，氢能产业园 110kV 专用降压站新建 2 回 110kV 线路接入菠萝园站，新建线路长约 $2 \times 4.9\text{km}$ 。

5.1.1 接入系统方案

220kV 菠萝园站本期 110kV 接入系统方案图如下所示：





(1) 茂名滨海新区绿色化工和氢能产业园丙烯酸项目配套双回路电源工程
(其中包括架空部分和电缆部分)

(2) 茂名滨海新区绿色化工和氢能产业园丙烯酸项目配套双回路电源工程
(光缆部分) (其中包括架空光缆部分和管道光缆部分)

51

光缆，总长约 $2 \times 5.5\text{km}$ ，其中 48 芯管道光缆长约 $2 \times 4.7\text{km}$ ，48 芯 OPGW 光缆长约 $2 \times 0.8\text{km}$ 。

本工程设计范围包括线路本体设计（包括 OPGW 光缆、管道光缆）、线路对其影响范围内的电信线路保护设计和估算编制等。

5.1.3 线路输送容量

根据系统要求，本工程 110kV 线路导线采用 1×JL/LB20A-630/45 铝包钢芯铝绞线，在日照强度 $1000\text{W}/\text{m}^2$ 、风速 $0.5\text{m}/\text{s}$ 、环温 35°C ，导线温度 80°C 条件下，线路极限和经济输送电流、输送容量见下表。

线路极限和经济输送电流、输送容量

线路名称	导线型号	极限输送电流/ 容量	经济输送电流/容量 (经济电流密度 $J=1.15$)	系统输送电流/ 容量要求
氢能产业园甲 乙线	1×JL/LB20A-630/45	1014A /193MVA	724.5A / 138.03MVA	872A/166MVA

本工程 110kV 电缆推荐采用 FY-YJLW03-Z 64/110 1×1600 电缆，在不同敷设方式下均可满足系统要求输送容量，详见电缆章节描述。

5.2 路径方案

5.2.1 路径选择原则

合理的选择路径方案是输电线路工程的关键，路径方案直接关系到工程的投资、技术难度和施工、运行的方便程度。本工程路径方案的规划选择主要按下述原则拟定：

（1）送电线路路径选择应重点解决路径方案的可行性问题，应遵循地方规划要求，避免出现颠覆性因素。原则上应选择不少于两个线路路径，综合考虑城市规划、施工、运行、交通条件和线路长度等因素，进行路径方案比选后提出推荐路径方案。

（2）路径选择应充分考虑线路施工及运维便利，线路路径选择应避开军事设施、大型工矿企业及重要设施等，并符合城镇规划。路径选择应避开自然灾害多发地区、不良地质地带和采空区；宜避开原始森林、自然保护区和风景名胜区，应尽量避让生态红线。

（3）220 千伏及以下线路应避开永久基本农田、自然保护区、文物保护区、

矿藏区、采石场、军事设施、重要通讯设施等。宜避开城镇密集区、强风区、强雷区、重污区、重覆冰地区、导线易舞动区及影响安全运行的其它地区，当无法避开时，宜采取必要的加强措施。

（4）输电线路与可能威胁线路安全运行的露天爆破作业矿场、采石场（含石场规划区域）、炸药库等的距离应符合相关规定要求；输电线路与输油输气等钢质管道平行架设或临近时最小距离应符合相关规定要求；输电线路与铁路、一级及以上公路交叉跨越，应采用独立耐张段；输电线路跨越铁路、一级及以上公路时，应尽量避免出现大档距和大高差的情况，否则应采取必要的加强措施。

（5）对线路的各路径方案宜采用高分辨率卫星遥感影像或航测影像等新技术手段进行路径优化。

（6）在林区宜采用高跨设计。

（7）合理选择河流、铁路、公路以及现有线路的跨越点；尽量减少与高压线路的交叉跨越。

（8）考虑到房屋拆迁费用高、影响工期、易引起纠纷等现实情况，对房屋特别是比较集中的民房和厂房，以避让为首选，必要时结合技术经济比较确定。

（9）为把本线路建成绿色环保工程、减少对环境的影响，并避免杆塔周围树木倾倒或发生火灾等对线路造成威胁，线路尽量合理避让自然生长高度高的成片状林区。

（10）根据已建的 35kV 及以上输电线路路径走向，对本线路路径进行合理安排，尽量减少线路间交叉和线路走廊数量。

（11）在满足以上原则的同时，出线段路径要兼顾远期线路的出线，尽量缩短线路长度，减少转角数量。

依据上述原则和收集的资料，我院进行了室内选线，并结合当地政府规划要求进行了实地现场踏勘，合理选择了本工程的线路路径方案。

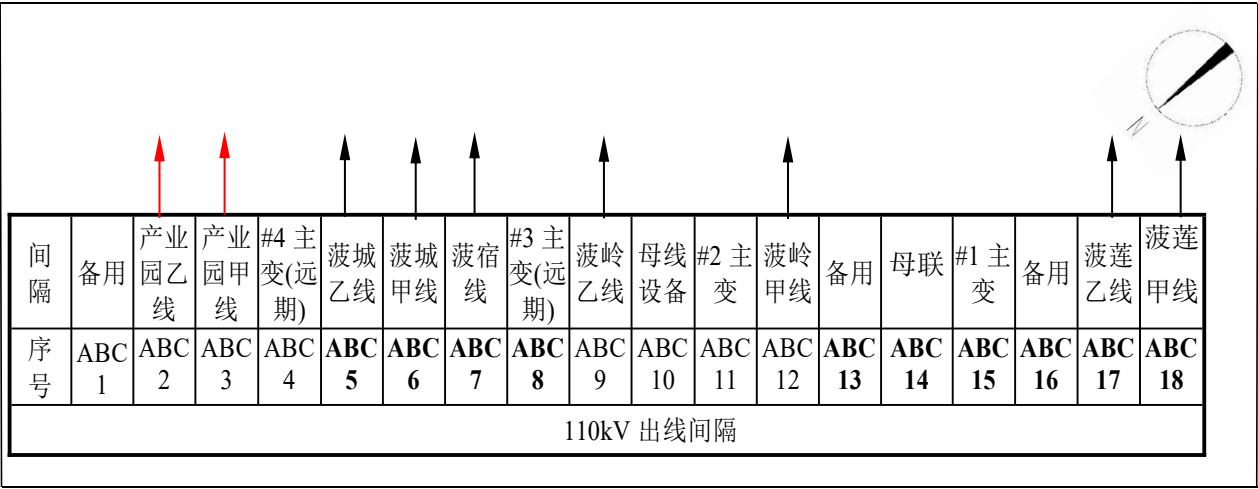
5.2.2 线路两端进出线情况

（1）220kV 菠萝园变电站出线情况

220kV 菠萝园站站址位于茂名市电白区电城镇上园村北侧，G228 国道南侧，

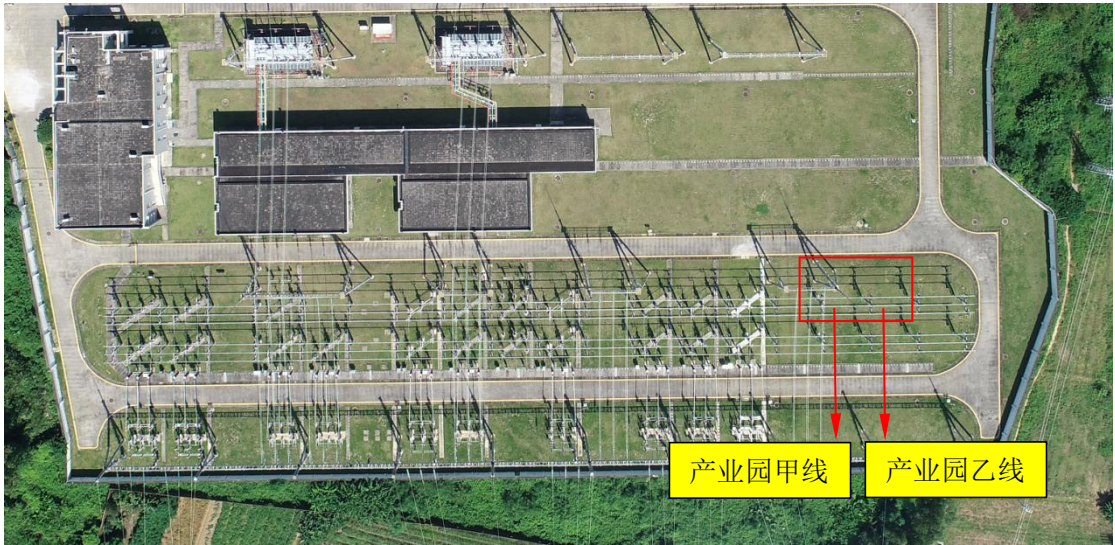
根据茂名供电局提供的现状进去电网运行方式图，目前菠萝园 220kV 已出线 6 回分别为 220kV 楼菠甲乙线、220kV 菠赛甲乙线、220kV 电菠甲乙线，终期 6 回，已无 220kV 间隔使用。

菠萝园 110kV 已出线 7 回，分别为 110kV 菠岭甲乙线（其中一回备用），110kV 菠莲甲乙线、110kV 菠城甲乙线、110kV 菠宿线，终期规划 12 回出线，站内剩余 5 回 110kV 出线间隔，远期供电局规划一回接入西麻站，将占用一回 110kV 间隔，站内剩余 4 回 110kV 出线间隔可使用，本工程新建线路将使用 2 和 3 备用出线间隔 。菠萝园站 110kV 出线布置如下图所示：



220kV 菠萝园站出线布置示意图

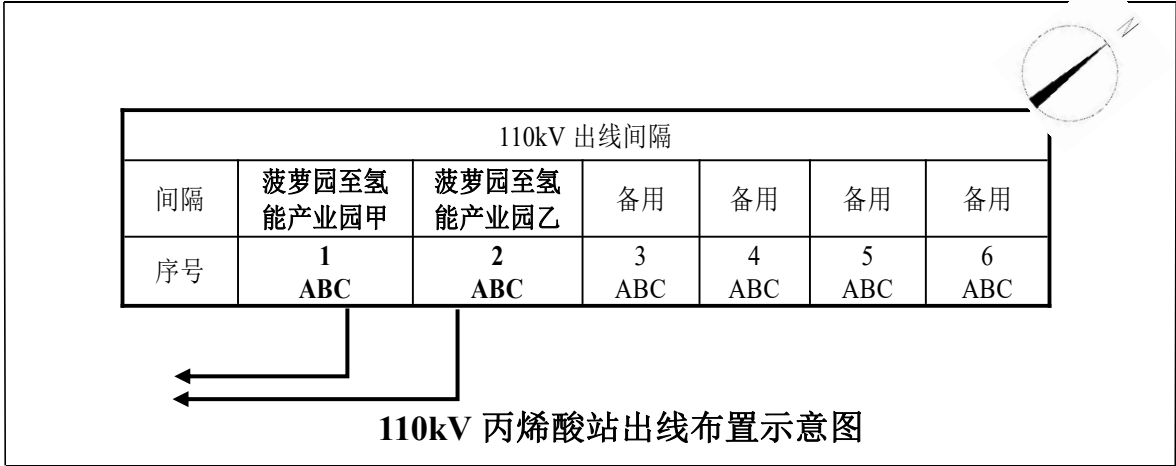
综合考虑所选站址的地形、地貌特点及各电压等级线路走廊的要求，同时尽量避免线路的交叉跨越，本期新建 220kV 菠萝园站 110kV 线路向东南电缆出线，部分往东南架空出线。220kV 菠萝园站进出线走廊如下图所示。



220kV 菠萝园站进出线走廊平面图

(2) 110kV 氢能产业园变电站出线情况

110kV 氢能产业园变电站为全户内 GIS 站，本期工程新建 2 回 110kV 出线间隔。新建双回电缆线路自北起第 1、2 个 GIS 间隔起，依次通过电缆竖井、夹层至站内电缆沟，向西出变电站围墙后再左转向南走线。具体出线布置如下图所示：



5.2.3 线路路径方案

(1) 路径方案

本工程线路起点为 220kV 菠萝园站 110kV 出线构架，终点为 110kV 氢能产业园变电站 110kV GIS 变电站。

由于本线路位于茂名市滨海新区城区，结合片区规划及当地政府部门要求，全线按双回路架空电缆混合建设。

本线路路径整体由西向东走线。线路所经过地形包含有平地、泥沼，村落主要在山沟两侧较为平坦的区域和河流冲积平地区域。根据现场踏勘情况，结合 220kV 菠萝园变电站 110kV 出线情况，本工程路径方案走向如下：

新建双回电缆线路从 220kV 菠萝园站 110kV 出线间隔向西南方向出线后，穿过北茂线和博茂线输油管道至 A1 塔转为架空线。架空线跨过博贺港铁路，至下港村南侧 A4 塔，架空转为电缆，穿过茂名港大道后沿着东来路（规划）北侧绿岛敷设电缆至氢能产业园西侧，最后穿过规划路进入氢能产业园。本工程除 A1~A4 段是架空线路、其余段均为电缆敷设，敷设方式均采用双回路电缆沟及

双回路顶管。新建线路路径长度约为 $2 \times 4.9\text{km}$ ，其中架空线路路径长度约为 $2 \times 0.8\text{km}$ ，架空导线截面采用 $1 \times 630\text{mm}^2$ ，电缆线路路径长度约为 $2 \times 4.1\text{km}$ ，电缆铜导体截面采用 $1 \times 1600\text{mm}^2$ 。电缆通道按 2 回路建设，本期敷设 2 回。

电缆终端场采用地面终端布置，围墙中心尺寸 $19\text{m} \times 15\text{m}$ ，占地面积按照 $20\text{m} \times 20\text{m}$ 考虑。

本工程新建电缆线路路径较短，无其它有意义的比较方案。因此，该线路按照唯一路径方案进行设计。

详细路径方案见附图《线路路径走向图》。

5.2.4 推荐路径方案及沿线情况说明

5.2.4.1 推荐路径关键点情况

本工程线路方案选择上，根据沿线地区城市乡镇规划、已建道路状况、重要铁路和规划公路建设，同时结合区域地理资源矿床分布、砂石开采场位置以及部队驻地、军事设施位置等情况，充分考虑沿线当地水资源保护，避让厂矿设施，并结合当地经济发展的建设用地等因素，最终选出推荐的路径方案，现对推荐路径的关键点简述如下：

（1）区域城建规划

经与茂名市、电白区国土规划部门收资了解，新建氢能产业园站西南侧规划有东来路，线路路径方案已避让规划的公路。

其他电白区下属各个村镇暂无对本工程有影响的城建规划和工业园区规划。为了节约线行占地，本工程新建线路路径主要沿现有公路两侧等区域架线。在城镇规划收资后，我院借助影像资料和实地调查，绘出沿线电白区下属各村镇路网。现场勘查后发现，电白区下属区域高速、国道、省道、县道、乡道纵横交错较为发达，各个镇街一般沿各条省道、县道发展建设，各个村落一般沿县道、乡道发展建设，为此，综合借助影像资料和实地调查情况，来判断该村镇未来的发展方向，合理规划新建线路路径，为沿线地方村镇发展留有空间。

本工程路径方案已取得电白区规划部门复函同意。

（2）沿线房屋分布

本工程新建线路附近均有大量城区、村落分布，为了避免出现线路建设期间出现很大的青赔阻力，路径在选择时深入了解区域青赔难点，尽量避免跨越一些厂房、住宅和住宅地等。

（3）生态严控区

根据《广东省环境保护厅关于规范生态严格控制区管理工作的通知》要求以及生态严控区分布，本工程线路路径已避让生态严控区，提高方案可实施性。

（4）基本农田

线路新建塔位均已避让基本农田。

5.2.4.2 线路所经行政区域

本工程各新建线路全部位于茂名市滨海新区电城镇。

5.2.4.3 沿线自然条件、地形地貌

本工程架空线路所经地段主要以平地、丘陵地貌为主，沿线地形起伏不大。海拔高度在 3m~50m 之间。

丘陵地段植被以杂树和桉树为主，部分种植经济林木；平地地段以鱼塘、水稻等经济作物为主。

本工程电缆线路经茂名市滨海新区，为博贺港冲积平原腹地，地形较为平坦，全路径海拔高度在 3m~20m 之间。

沿线所经地形分类见下表。

地形分类表

工程名称	地形 占比	平地	丘陵	山地	高山	泥沼	河网
茂名滨海新区绿色化工和氢能产业园丙烯酸项目配套双回路电源工程 (架空部分)	长度(km)	0.4	0.4	0	0	0	0
	占全线比例%	50%	50%	0	0	0	0
茂名滨海新区绿色化工和氢能产业园丙烯酸项目配套双回路电源工程 (电缆部分)	长度(km)	3.2	0	0	0	0.6	0
	占全线比例%	70%	0	0	0	30	0

5.2.4.4 水文气象条件

本工程初步勘察在雨季进行，场地范围内无地表水，勘察期间测得场地的地下水初见水位埋藏深度为 1.00~2.50m，地下水稳定水位埋藏深度为 3.20~3.60m。

地下水位的变化与地下水的赋存形式及排泄、补给方式关系密切,每年的4~9月为本区的雨季,大气降水丰沛,水位抬升,而在冬季因降水减少地下水位随之下降。根据区域水文地质资料,勘察区地下水位动态变化一般为0.5~2.0m。

沿线环境类型为II类,渗透类型为A,地下水对混凝土结构具微腐蚀性;对钢筋混凝土中的钢筋在干湿交替的环境下具微腐蚀性。

土对钢结构具微腐蚀性,对混凝土结构微腐蚀性,对钢筋混凝土中钢筋具微腐蚀性。

本工程所在区域多年平均雷暴日数91.4d,属于多雷区。

线路设计基本风速取39m/s,沿线无覆冰,无微气象条件。

5.2.4.5 地质条件

(1) 工程地质条件

本工程沿线无滑坡、崩塌、泥石流等不良地质现象,地基土层结构简单,工程地质条件较好,适宜本工程建设,线路路径范围内为丘陵、平地。

(2) 地下水情况

沿线地下水主要为上部土层孔隙水和基岩裂隙水,属潜水型;主要靠大气降雨补给,排泄途径为大气蒸发及往低洼处排泄,地下水位随季节性变化。山地和低山丘陵地区地下水的埋藏深度较深,山脚丘前冲积扇及冲积平原地段地下水埋深一般较浅。

本次勘测期间未采取地下水水样及供进行土的腐蚀性评价的土样,水和土的腐蚀性评价按照地区工程经验进行,沿线岩土层及地下水对混凝土结构有微腐蚀性,对钢筋混凝土结构有微腐蚀性,对钢结构有弱腐蚀性。

(3) 矿产资源分布与开采情况

根据到当地政府规划部门及矿产部门了解和实地调查的情况,本工程线路路径不在矿产开采规划范围内。

(4) 森林与植被覆盖情况

沿途丘陵多为丰产林和生态林,树木覆盖面积占全线路的17%,本线路尽量避开主要林区,对不能避开的个别地段采用高塔跨越。

(5) 不良地质情况

经过个勘探孔的揭示情况，拟建塔位场地未发现土洞、溶洞、滑坡、采空区、暗滨、地面沉降、活动断裂等不良地质现象，也未发现有古墓等地下埋藏物。

场地属低山丘陵地貌，揭露岩土层主要为坡积土、强风化砂岩、泥质粉砂岩、花岗岩及混合岩等，该类型岩土层含较多石英、长石碎屑，且遇水易软化、崩解，在地表植被稀少或表土挖除后，在雨水冲刷下极易形水土流失，造成冲沟、小崩塌等不良地质灾害。建议在塔基开挖过程，采取适当的防排水及护坡措施，避免造成水土流失、岩土层崩塌而危及塔基稳定。

(6) 地震动参数

根据《中国地震动参数区划图》(GB 18306-2015)，线路所经区域地震动峰值加速度为 0.10g，对应的地震基本烈度为Ⅶ度。

(7) 地质结论

- 1) 线路走径区山体稳定，未见滑坡、大型冲沟及泥石流等不良地质现象，无矿产、古墓、文物分布，环境条件较好，适宜本工程建设。
- 2) 地基土层以粉质粘土、泥质粉砂岩为主，工程地质条件良好。
- 3) 局部地段淤泥质土较发育，厚度大，该土层属高压缩性土，承载力低，地震时易出现震陷，易产生地面不均匀沉降。

根据本阶段地质调查及资料搜集，结合地质勘探情况，预估各单项工程土质比例见下表。

土质比例表

工程名称	土质类型							
	占比	普通土	坚土	松砂石	岩石	泥水坑	流沙坑	水坑
茂名滨海新区绿色化工和氢能产业园丙烯酸项目配套双回路电源工程		60%	30%	/	10%	/	/	/
茂名滨海新区绿色化工和氢能产业园丙烯酸项目配套双回路电源工程		30%	20%	10%	10%	30%	/	/

5.2.4.6 交通条件

本工程线路路径靠近多条公路及乡村水泥路，交通运输便利。

汽车运输 20km、人力运输 0.2km。

5.2.4.7 城镇规划

经收资确认，本线路路径对当地的城镇规划建设无影响。

经收资，本线路电缆路径部分线段有规划市政道路，电缆路径在东来路北侧绿道建设，满足规程规范要求。

5.2.4.8 自然保护区等

本工程附近无原始森林、自然保护区和风景名胜区等。

5.2.4.9 主要交叉跨（穿）越

主要交叉跨越（穿越）一览表

交叉跨（穿）越物	类型及数量（处）	双回线路工程
		新建段
500kV 线路、110kV 线路、10kV 线路		跨越博贺港铁路贯通线 1 次，电缆穿越茂名供电局 500kV 线路 1 次、110kV 线路 2 次
通信及弱电线		5 次
铁路		跨越博贺港铁路 1 次
公路（县、省、国道）		穿茂名港大道 1 次
土路		3 次
燃气、输油管线等		穿越输油管线 2 次

其中，电缆穿输油管道段需要业主委托有资质的单位做安全评估报告，并通过石化主管部门的审批；架空线跨越博贺港铁路线需通过博贺港铁路有限责任公司审批。目前正在配合业主办理中。

5.2.4.10 对电信线路和无线电台站的影响

目前电信部门的市话干线、长途干线及国防干线都已普遍采用全介质光纤。这些通信光缆都不会遭受来自任何方面，包括电力设备和架空送电线路、电缆线路的电磁干扰影响。

（1）架空线路对电信线路的干扰及影响

本工程新建线路没有邻近的 I、II 级长途电信线路，没有电磁干扰和危险影响问题，满足电力行业标准 DL/T 5033-2006《输电线路对电信线路危险和干扰影响

防护设计技术规程》及国家标准 GB 6830-1986《电信线路遭受强电线路危险影响的容许值》的规定。

(2) 架空线路对无线电设施的干扰及影响

本工程新建线路附近没有重要的军事、广播、电信等无线电设施，满足国家标准 GB 50143-2018《架空电力线路、变电站（所）对电视差转台、转播台无线电干扰防护间距标准》、DL/T 5040-2017《交流架空输电线路对无线电台影响防护设计规范》的要求，没有无线电干扰影响问题。

(3) 电缆线路对电信线路及无线电设施的影响

本工程新建电缆选用 XLPE 电力电缆敷设，该电缆的外护层是采用金属护套，具有非常良好的电磁屏蔽作用；线路两侧变电站中性点均采用直接接地方式。送电线路正常运行时，对通信光缆无干扰影响，对通信电缆的干扰影响甚微，可忽略不计。

根据现场踏勘，本工程电缆线路沿线无平行接近的通信线路，线路所经地区附近没有无线电台站。

基于以上因素，本工程新建电缆线路所经路径均不存在高压线对通信线、无线电台站的危险和干扰影响，不需要对通信线、无线电台站采取保护措施。

5.2.4.11 林木砍伐、房屋拆迁、青赔情况

(1) 跨越林区、树木设计要求

本工程新建线路跨越林区、树木时，执行南方电网公司《架空线路树障防控工作导则》相关要求如下：

输电线路经过经济林木或树木密集的林区时，原则上要求轻、中冰区采取跨越设计，重冰区采取砍跨结合设计；输电线路经过宜林地段时，应根据当地林木种植情况适当考虑跨越设计。跨越树高应按树木的自然成材生长高度考虑，主要树种的自然生长高度一般取以下值：桉树、圣诞树、水冬瓜树、橡胶树、西南桦为 25m，松树、杉树、竹林为 20m，橄榄树、板栗等果树为 15m，龙眼、荔枝、桔子等果树为 12m，灌木、杂树为 5~18m。线路对树木安全距离执行“线路电气规程”中相关要求。

（2）环境保护分析

架空采用高跨设计，树高按自然生长高度考虑，两侧终端塔无法采用高跨设计，已按最低砍伐量设计。

5.2.5 路径协议情况

新建线路工程沿线均不涉及生态保护红线、永久基本农田和饮用水水源保护区。

经现场踏勘后，我司已配合业主单位分别发函给本工程线路所经区域的政府和有关部门征询路径意见；目前已获得茂名市滨海新区自然资源局及沿线主要相关单位原则同意的复函或盖章路径图。

5.3 架空线路工程设想

5.3.1 架空线路设计遵循的主要规程规范、技术依据

5.3.1.1 综合及电气部分

- （1）《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）；
- （2）《架空输电线路电气设计规程》（DL/T 5582-2020）；
- （3）《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》（GB/T 50064-2014）；
- （4）《交流电气装置的接地设计规范》（GB 50065-2011）；
- （5）《南方电网污区分布图》(2021 年版)；
- （6）广电生[2016]114 号《关于印发广东电网有限责任公司输电线路悬式绝缘子选型导则的通知》；
- （7）《输电线路对电信线路危险和干扰影响防护设计规程》(DL/T 5033-2006)；
- （8）《高压架空输电线路无线电干扰计算方法》(DL/T 691-2019)；
- （9）《架空电力线路、变电站（所）对电视差转台、转播台无线电干扰防护间距标准》(GB 50143-2018)；
- （10）《污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定》（GB/T 26218-2010）；

(11) 南方电网公司《35kV～500kV 交流输电线路装备技术导则》(Q/CSG1107003-2019)；

(12) 《南方电网输配电线路交叉跨越专项反事故措施》(南方电网生技(2017)22 号)；

(13) 《南方电网公司反事故措施(2022 年版)》；

(14) 《南方电网公司输电线路防风设计技术规范》Q/CSG 1201011-2016

(15) 《架空输电线路防雷技术导则(试行)》Q/CSG 1107002-2018

(16) 中华人民共和国《工程建设标准强制性条文》电力工程部分。

(17) 其他电力工程设计规程、规范、规定及相关文件有效版本。

5.3.1.2 结构部分

(1) 《110kV～750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545-2010)；

(2) 《架空输电线路杆塔结构设计技术规程》(DL/T 5486-2020)；

(3) 《架空输电线路基础设计技术规程》(DL/T5219-2023)

(4) 《钢结构设计标准》(GB 50017-2017)；

(5) 《架空输电线路荷载规范》(DL/T 5551-2018)；

(6) 《高耸结构设计规范》(GB 50135-2019)；

(7) 《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2010(2016 版))；

(8) 《电力设施抗震设计规范》(GB50260-2013)；

(9) 《建筑钢结构焊接技术规程》(JGJ 81-2011)；

(10) 《钢筋焊接及验收规程》(JGJ 18-2012)；

(11) 《碳素结构钢》(GB/T 700-2006)；

(12) 《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591-2018)；

(13) 《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》(GB/T 3098.1-2010)；

(14) 《紧固件机械性能 螺母 粗牙螺纹》(GB/T 3098.2-2015)；

(15) 《紧固件机械性能 螺母 细牙螺纹》(GB/T 3098.4-2000)；

(16) 《输电线路铁塔制图和构造规定》(DL/T 5442-2020)；

(17) 《混凝土结构设计规范》(GB50010-2010(2015 版))。

(18) 《建筑基桩检测技术规范》(JGJ106-2014)

(19) 其他电力工程设计规程、规范、规定及相关文件有效版本。

5.3.2 主要设计气象条件

5.3.2.1 沿线气象站概况

站址处无长期气象观测站，其最近的位置处有茂名电白气象站。电白气象站是国家基本站，距离站址较近，在地理及气候条件上具有相同之处，对站址的气象条件代表性较好，故选用该气象站作为设计参证站。

5.3.2.2 沿线气候概况

电白地处北回归线以南低纬度地区，属热带季风气候。全年气候温暖，光照充足，雨量充沛，水热同季，少霜无雪，四季如春。全县年均日照时数 2161 小时，日照率 40—49%。7 月、10 月是一年中日照时间最长的月份、2 月、3 月最短。全县多年平均气温是 23℃，年际变动一般在 22.4℃—23.7℃之间，平常年最热的是 7 月，月平均气温 28.5℃，最冷的是 1 月，月平均气温 15.68℃。日最高气温 37.2℃，发生在 1968 年 7 月 27 日；日最低气温 3℃，发生在 1975 年 12 月 17 日。全县年平均降水量 1990.9 毫米，年际变化较大，降水最多的 1985 年，达 3159.18 毫米；降水最少的 1961 年，仅有 1438.78 毫米。年内每月的降水量分配不均，4—9 月为雨季，占全年降水量的 85%；最少的是 11 月至第二年 1 月，仅占 5%。因而常常出现春冬多旱灾、夏秋多涝灾。年降水量的多少也因地域的差异而不同。北部、中部雨量较多，罗坑、那霍等镇是暴雨中心地带；南部沿海雨量较少，岭门、旦场等镇是降水量最少的镇。电白县境内盛吹东风和东南偏东风。一年中风向多变，一般随季节转换。4 月至 8 月以东、东南风为主；9 月至第二年 3 月以北风和东北风为多。县内历年平均风速为 3.15 米 / 秒，1、3、4 月风速最大，平均 3 米 / 秒，其余月份在 2.1—2.8 米 / 秒之间。

5.3.2.3 设计气温取值

根据电白气象站多年平均气温值和历年极端最高气温，同时参照 GB 50545-2010《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》，本输电线路的设计气温取值见下表。

表 6.3-1 设计气温表

项目	最高气温	最低气温	年平均气温
设计气温(℃)	40	0	20

5.3.2.4 设计风速

(1) 计算方法

方法 1: 根据长期气象观测站累年实测的年最大风速资料采用 P-III 型分布或 I 型极值分布进行频率计算, 得出不同重现期的设计风速。

方法 2: 根据《建筑结构荷载规范》(GB50009-2012) 中给出的不同重现期的风压换算公式计算不同重现期的风压, 利用风压计算公式反算相应的设计风速。

$$x_R = x_{10} + (x_{100} - x_{10})(\ln R / \ln 10 - 1)$$

$$\omega = \frac{1}{2} \rho v^2 = \frac{1}{2} \frac{\gamma}{g} v^2$$

式中, x_R 为重现期为 R 的风压值, x_{10} 为基本风压, ρ 为空气密度, v 为离地 10m 高不同重现期的设计风速, γ 为空气单位体积的重力, g 为重力加速度, 统称为风压系数。

方法 3: 当仅知某个重现期风压值时, 参考张相庭主编《工程抗风设计计算手册》, 可采用不同重现期风压比值 μ_T 进行不同重现期的换算。 μ_T 可查风压比值表得到。

(2) 由实测风资料计算设计风速

1) 原始资料

线路工程路径上无长期气象观测站, 距离线路工程较近的东面有电白气象站。由于线路工程与电白气象站基本处于同一纬度, 地理位置特征更为相似, 故线路设计风速采用电白气象站作为设计参证站。本工程收集了电白气象站 1956 年至 2021 年共 65 年实测 10min 平均最大风速原始资料。

2) 资料的三性分析

设计风速的确定是一个综合分析过程。必须进行原始观测资料的可靠性、一

致性和代表性审查。必须结合大风调查和通过大型天气过程分析、资料系列的不均一性分析、地区比审、气象要素相关、查阅史籍记载等方法进行审查，必要时对风速进行风速对比观测。

3) 观测次数和时距换算

电白县气象站于 1956 年 6 月设立，区站号为 59664，原测站位于电白县水东镇东阳南街步头路 15 号，海拔高度 11.8 米。2009 年 6 月迁移至茂港区七迳镇南山埗村公庙岭，海拔 31.6 米。观测项目有气温、气压、相对湿度、绝对湿度、风速和风向、降水、日照、蒸发量、酸雨、云等天气现象，观测项目和仪器设备、资料的整理均符合国家规范和技术标准。但各个时期的观测所用仪器及观测方法等在系列上前后不一致，为此，统计分析前，已经作了必要的换算和订正。

根据电白气象站建站以来多年观测气象资料进行统计，得各气象要素特征值如下：

多年平均气温	23.2 °C
历年极端最高气温	38.2°C(2005 年 7 月 19 日)
历年极端最低气温	2.0°C(1999 年 12 月 24 日)
多年平均气压	1010.6hPa
多年平均年降雨量	1537.1mm
历年最大年降水量	2609.5mm
历年最大一小时降水量	98.7mm
多年平均相对湿度	81%
多年平均风速	2.9m/s
多年平均大风日数	4d
多年平均雾日数	5d
多年平均霜日数	0.5d
多年平均降雨日数	141d
多年平均年雷暴日数	84d
多年平均冰雹日数	0.1d

历年实测 10min 平均最大风速 31.9m/s, E, 1996.09.09。

4) 风速高度订正

按照国家标准《110~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545-2010)的要求,设计风速的基准高度统一取离地面 10m。由于所收集到的风速资料,其台站风速仪的安装高度有所不同,所以必须通过高度换算,将风速资料统一换算为离地面 10m 高处的风速。

5) 年最大风速的频率计算

电白区境内盛吹东风和东南偏东风,一年中风向多变,一般随季节转换。4 月~8 月以东、东南风为主;9 月~次年 3 月以北风和东北风为多。电白气象站累年统计的风向玫瑰图见图 2-2,可以看出,电白气象站的全年主导风向为 E 及 ESE,风向频率为 16%,静风频率为 8%。

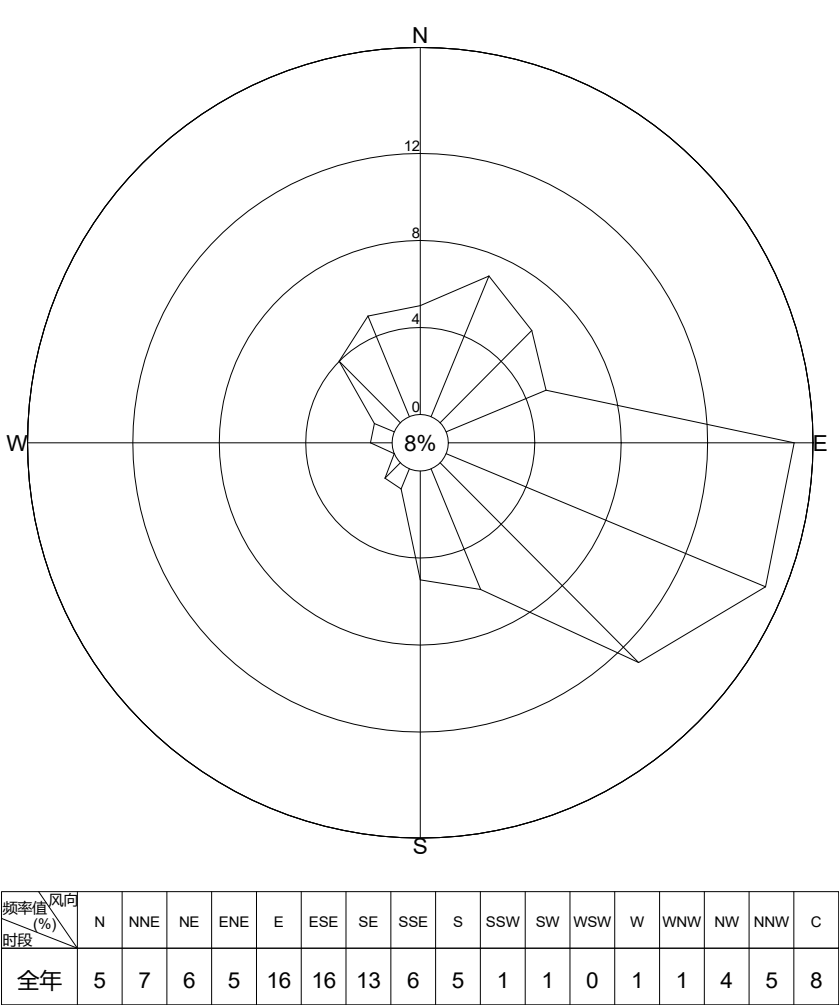


图 6.3-1 气象站累年全年风向频率玫瑰图

按照国家标准《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545-2010)的要求,110kV~330kV 输电线路及其大跨越的基本风速采用离地 10m 高重现期 50 年一遇的设计风速值。

根据电白气象站 1957 年建站以来历年最大风速原始资料进行代表性、可靠性和一致性审查,风速高度订正,观测次数和风速时距换算,统一订正和换算为离地 10m 高 10min 平均最大风速。采用极值 I 型分布和皮尔逊 P-III 型分布分别进行频率计算,得到离地 10m 高 50 年一遇 10min 平均最大风速分别为 33.4m/s 和 33.5m/s,由基本风压公式计算基本风压为 0.62kN/m²。本报告分别采用以上两种方法进行频率计算,得电白气象站离地 10m 高 50 年一遇 10min 平均最大风速如下:

表 5.3-2 电白气象站 10m 高 50 年一遇最大风速频率计算结果

计算方法	电白气象站
GUMBEL	33.4 m/s
P-III	33.5 m/s

(3) 由风压反算设计风速

根据《建筑结构荷载规范》(GB50009-2012)的全国基本风压分布图和广东省标准《建筑结构荷载规范》(DBJ 15-101-2014)的全省基本风压分布图,站址区域离地 10m 高 50 年一遇基本风压为 0.75kN/m²。而从附图 D.5.3 全国基本风压分布图可看出,广东滨海地区的基本风压在 0.90kN/m² 左右。采用风速计算方法计算得线路路径区域离地 10m 高 50 年一遇风压值。风压系数取 1/1600,利用基本风压计算公式可推算得离地 10m 高 50 年一遇设计风速为:

表 5.3-3 由风压反算设计风速的结果

	线路工程区域
10m 高 50 年一遇	34.6 m/s

(4) 设计风速取值

由不同计算方法得到的计算结果见下表。

表 5.3-4 不同方法得到设计最大风速 (m/s)

	电白气象站		风压反算
	GUMBEL	P-III	
10M 高 30 年一遇	31.4	31.5	34.6

由上表可知，由气象站逐年实测年最大风速计算的设计风速小于由风压反算的设计风速。由于气象站主要位于城区内，观测场周围地形与线路工程路径地形存在一定的差异。根据《电力工程气象勘测技术规程》（DL/T 5158-2012）规定，如气象站设计风速较风压图上风速小，宜采用风压计算的风速。即，本线路工程离地 10m 高 50 年一遇 10min 平均最大风速宜取值为 39m/s。

根据生技〔2017〕49 号《南方电网沿海地区设计基本风速分布图（2022 版）》50 年一遇风区分布图，本工程所在位置位于 39m/s。



图 5.3-2 设计基本风速分布图

综上所述，结合附近已建线路工程经验，本线路工程沿线离地 10m 高 50 年一遇 10min 平均最大风速取 39m/s。

5.3.2.5 设计覆冰取值

电线覆冰对送电线路的危害极大。广东省气象部门没有冰情观测，本工程全在广东省茂名市境内，故电线设计冰厚主要是根据附近已建线路的设计经验，

并结合调查访问情况而确定。

根据线路沿线覆冰的调查情况，本工程所经地区历史上未出现过导线覆冰现象，即使在 2008 年初的南方冰雪灾害过程中都未出现过覆冰。结合线路所经地区的地形、地貌、海拔、植被、气候特征，并参考沿线附近已建、在建线路的设计冰厚和运行情况，参考《南方电网 30 年一遇冰区分布图》，本线路工程覆冰厚度取 0mm。详见冰区分布图：



根据沿线气象部门提供的资料，并结合附近地区已建线路的运行经验，本工程按 0mm 覆冰设计。

5.3.2.6 设计气象条件组合

根据以上对各项设计气象条件的分析及论证，经综合分析后确定出本工程的设计气象条件，详见下表。

架空线路设计气象条件一览表

项目	气温 (℃)	风速 (m/s)	覆冰厚度 (mm)
最高气温	40	0	0

项目	气温 (°C)	风速 (m/s)	覆冰厚度 (mm)
最低气温	0	0	0
年平均气温	20	0	0
覆冰	0	0	0
基本风速 (10 米高)	10	39	0
雷电过电压 (有风)	15	10	0
雷电过电压 (无风)	15	0	0
操作过电压	20	15	0
安装情况	5	10	0
事故情况	5	0	0
雷暴日 (日/年)	91.4		
海拔高度	1000m 以下		

5.3.3 线路导地线型式

5.3.3.1 导线选型

(1) 导线类型选择

架空输电线路中常用的五种导线详细叙述如下：

1) 钢芯铝绞线：①重量轻。铝的密度小，相等体积情况下，铝的质量比铁、铜小；②导电性好，线损小，能源利用率高；③强度高。钢芯的使用大大提高了绞线的拉断力，由于电流的趋肤效应，钢芯的使用不会影响导电性；④价格便宜，铝和钢都属常用金属。所以，钢芯铝绞线成为架空输电线路的首选导线。由于目前南网物资品类优化清单中未包含该类型导线，因此一般不选用。

2) 铝包钢芯铝绞线：铝包钢线是一种将铝连续均匀包覆在钢芯上的双金属线，它兼有导电性能好，耐腐蚀，高频传输性能好以及钢的强度高等优点。铝包钢芯铝绞线是将铝包钢线作加强芯和铝线绞合在一起的绞线，与普通钢芯铝绞线相比，导体重量轻 3%，弧重减小 1~2%，使用寿命长，而不增加任何架设费用。但其价格比钢芯铝绞线高 10%。它主要用于沿海地区、盐碱滩、空气污染严重的

工业区以及增大铝钢截面比的输电线路。

3) 钢芯耐热铝合金绞线：主要具有耐热性能好的优点，导线长期最高运行温度可达到 130℃，约是同截面钢芯铝绞线 70℃载流量的 1.9 倍，可在允许加大弧垂的情况下提高输电线路的输送容量，同时因其硬度较高的外表，使架线放线时减少刮伤，提高了放线架线的质量；与同截面钢芯的钢芯铝绞线相比，钢芯铝合金绞线的抗拉强度略小、重量相同，在同温度下，弧垂特性较钢芯铝绞线大约 3%；因钢芯耐热铝合金绞线的价格高，而且需使用配套的耐热金具，所以仅在特殊情况下使用。

4) 碳纤维复合芯超耐热铝合金导线：与传统的钢芯铝绞线相比具有重量轻、强度大、耐高温、耐腐蚀等优点，减少有色金属稀缺资源消耗等优势；导线长期最高运行温度可达到 150℃，约是同截面钢芯铝绞线 70℃载流量的 2.1 倍，60℃～80℃的迁移点温度拐点，拐点以上线膨胀系数约为 $1.7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，且导线重量轻，可在高温运行的情况下仍然保持低弛度；碳纤维复合芯超耐热铝合金导线可在保持原钢芯铝绞线截面和弧垂，通过提高线路运行温度来提高输送容量，而不改造现有铁塔；缺点是造价昂贵，约是钢芯铝绞线的 5 倍，且需使用配套的特殊金具。

5) 铝包钢芯超耐热铝合金导线：铝包钢线是一种将铝连续均匀包覆在钢芯上的双金属线，它兼有导电性能好，耐腐蚀，高频传输性能好以及钢的高强度等优点，铝包钢芯超耐热铝合金导线是将铝包钢线作承力芯和超耐热铝合金线绞合的绞线；导线长期最高运行温度可达到 180℃，约是钢芯铝绞线 70℃载流量的 2.3 倍，约 80℃的迁移点温度拐点，拐点以上线膨胀系数约为 $3.7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，可在高温运行的情况下仍然保持较低弛度；铝包钢芯超耐热铝合金导线可在保持原钢芯铝绞线截面和弧垂，通过提高线路运行温度来提高输送容量，而不改造现有铁塔；缺点是造价昂贵，约是钢芯铝绞线的 7 倍，且需使用配套的特殊金具。

因本工程新建 110kV 线路位于茂名市电白区境内，结合南方电网生技〔2022〕20 号《关于印发生产设备品类优化清单（2022 版）的通知》的要求，本工程新建 110kV 线路普通导线推荐选用铝包钢芯铝绞线。

(2) 导线截面选择

根据系统论证，本工程新建 110kV 线路导线标称截面为 $1 \times 630\text{mm}^2$ 。

按照我国现阶段导线的生产情况，结合本工程的地形、气象条件、以往工程导线选型经验以及《南方电网公司生产设备品类优化清单(2022 版)》内容，综合导线性能及本工程的实际情况重点论述 110kV 线路导线选型，选择了 JL/LB20A-630/45、JL/LB20A-630/55 共 2 种截面 630mm^2 铝包钢芯铝绞线型导线进行比较。

1) 导线机械性能

导线机械性能比较如下表所示：

导线机械性能比较表

导线型号		JL/LB20A-630/45	JL/LB20A-630/55
导线结构：根 \times 直径(mm)	铝包钢	7×2.8	7×3.20
	铝	45×4.2	48×4.12
截面积	铝包钢/铝	43.1/623	56.3/640
(mm^2)	总截面	667	696
铝/铝包钢截面比		14.45	11.37
直径 (mm)		33.6	34.3
单位质量 (kg/km)		2008.0	2141.0
额定拉断力(kN)		151.5	169.9
计算拉断力(额定拉断力 $\times 0.95$) (kN)		143.93	161.41
最大使用张力(N)		2×57570	2×64562
年平均运行张力(N)		2×35981	2×40351
弹性模量(GPa)		61.9	63.6
线膨胀系数($1/^\circ\text{C}$)		21.3×10^{-6}	20.9×10^{-6}
高温弧垂(m) (Ldb=L=390m)		11.557	11.054

根据上表数据，在档距 390 米时，两种型号导线弧垂相差为 0.503 米，不影响铁塔的呼高。

2) 导线电气性能

① 导线载流量及最大输送容量

两种导线的载流量如下表所示：

导线载流量特性比较表

导线型号		1×JL/LB20A-630/45	1×JL/LB20A-630/55
导线中铝的截面积 (mm ²)		623	640
载流量 (A/相)	环境温度+35℃ 导线温度+80℃	1107	1125
最大输送功率 (MW) (cos φ =0.95)		210.9	214.3

从上表计算数据可以发现，2×JL/LB20A-630/45 铝包钢芯铝绞线和 2×JL/LB20A-630/55 的载流量及最大输送功率相差不大。

② 导线年平均电晕损耗

两种导线的电能损耗比较见下表：

导线年电阻损耗比较表

导线型号		1×JL/LB20A-630/45	1×JL/LB20A-630/55
输送电流 (A/根子导线、COS φ =0.95)		690.6	690.6
年均气温 20℃，直流电阻 (Ω/km)		0.0453	0.0438
电阻损耗 (kW/km)		43.2	41.8
年损耗值(万元/km)(按 年损耗小时数 3200)	电价 0.25 元/kW·h	3.46	3.34
	电价 0.30 元/kW·h	4.15	4.01
	电价 0.35 元/kW·h	4.84	4.68

注：按一回济输送容量为 500MW 进行计算。

由上表比较可以发现：两种导线年电阻损耗值基本相同。

3) 导线经济性能

①导线自身费用比较

根据目前市场近期导线信息价格统计，得出两种型号导线单位重量费用如下表：

导线费用比较表

导线型号	JL/LB20A-630/45	JL/LB20A-630/55
导线单价 (万元/t)	2.077	2.0343
导线单重 (kg/km)	2008.0	2141.0
导线费用 (万元/km)	4.171	4.355

从上表可以看出，本工程当采用 JL/LB20A-630/45 导线时，导线单公里费用比 JL/LB20A-630/55 导线费用减少约 4.4%。

②工程投资费用比较

据导线的机械特性，从导线本体、导线弧垂对杆塔高度的影响、导线荷载对直线塔重量的影响、导线风偏对直线塔重量的影响、导线张力对耐张塔的影响、耐张绝缘子串选择等几个方面对这两种导线也进行了比较。利用 1: 10000 地形图地形数据，以及现场勘察的结果，利用道亨 SLCAD 架空送电线路平断面图处理及定位 CAD 系统，对以上导线方案进行优化排位。现将上述两种导线的综合经济比较结果列于下表：

工程费用比较表

项目 \ 导线型号	110kV 线路	
	1×JL/LB20A-630/45	1×L/LB20A-630/55
杆塔数量 (%)	100	99
基础方量 (%)	100	109
导线重量 (%)	100	107
单位造价 (%)	100	104
备注	以 JL/LB20A-630/45 为基准计算 JL/LB20A-630/55 百分比，JL/LB20A-630/45 略比 JL/LB20A-630/55 占优。	

4) 对比小结

由上表可以看出，本工程 110kV 线路使用 JL/LB20A-630/45 导线比 JL/LB20A-630/55 工程投资费用减少约 4%。虽然钢芯较小，但导线过载能力满足设计要求，考虑到施工、运行安全及将来备品、备件等因素，本工程新建 110kV 线路导线设计推荐采用单根 JL/LB20A-630/45 型铝包钢芯铝绞线。

(3) 导线选型结论

综合以上分析，本期线路导线截面选型情况如下：

110kV 线路工程：采用 1×JL/LB20A-630/45 型铝包钢芯铝绞线；

本工程所选用的导线结构和物理参数见下表。

导线结构和物理参数表

项目 \ 导线型号	JL/LB20A-630/45	
	铝	钢
股数 × 直径 (mm)	45/4.2	7/2.8
截面 (mm ²)	铝截面	623.45
	钢截面	43.1

导线型号		JL/LB20A-630/45
项目		
	总截面	666.55
	外径 (mm)	33.6
	计算重量 (kg/km)	2008
	弹性模量 (N/mm ²)	61900
	膨胀系数 (1/°C) × 10 ⁻⁶	21.3
	20°C 直流电阻 (Ω/km)	≤0.0453
	额定拉断力 (kN)	≥151.5

5.3.3.2 地线选型

根据电力系统通信方案，新建双回线路工程架空线路段地线选用 2 根 48 芯 OPGW 光缆。

(1) 地线选型要求

根据《35kV～500kV 交流输电线路装备技术导则》（Q/CSG 1107003-2019）第 6.1.1 条，e) 普通地线宜选用铝包钢绞线，其单丝导电率不应低于 20.3%IACS。h) OPGW 应采用铝包钢线，最外层单丝直径应不小于 3.0mm，雷击试验指标应不低于 150C。

地线的型式主要是按满足线路的机械和电气两方面要求来选择，其具体要求如下：

- 1) 地线的设计安全系数宜大于导线的设计安全系数；
- 2) 在+15°C、无风、无冰条件下，导线与地线在档距中央的间距应不小于 0.012L+1m（L 为档距）；
- 3) 地线应满足热稳定的要求。

(2) OPGW 热稳定设计

OPGW 作为地线架设在铁塔上必需满足以下条件：

光缆中信息的传输应满足通信的要求，OPGW 的载流容量必须满足热稳定的要求，防止因其过热而引起 OPGW 烧伤，还必须有足够的机械强度、耐振疲劳强度及档距中与导线配合的要求，同时，与另一根地线的机械特性应尽量接近。

(3) 系统短路电流

短路电流计算一般考虑 5-10 年的系统发展与规划。结合本工程的建设及系

统的实际情况，取短路电流计算水平年为 2030 规划末年。

系统专业提供的相关变电站单相、三相短路结果如下表所示。

藤沙变电站出线的相关短路结果 （单位：kA）

短路点	单相	三相
菠萝园站 110kV 母线	12.55	12.75
氢能产业园用户站 110kV 母线	9.89	10.15

（4）短路电流持续及切断时间

根据广东电网有限责任公司 2021 年 12 月发布的《35~220kV 交流输变电工程可行性研究报告评审要点》，本工程 110kV 线路短路电流持续时间取 0.4s，其中包括非周期分量的热效应时间。

（5）地线短路热稳定允许电流的确定

地线短路热稳定允许电流的公式：

$$I = \sqrt{\frac{C}{0.24\alpha_0 R_0 T} \ln \frac{\alpha_0(t_2 - 20) + 1}{\alpha_0(t_1 - 20) + 1}}$$

式中：I——地线验算短路热稳定允许电流，A；

C——载流部分热容量，cal/°C/cm；

α_0 ——载流部分 20°C 时的电阻温度系数，°C⁻¹；

R_0 ——载流部分 20°C 时的电阻，Ω/cm；

T——计算短路热稳定的时间，s；

t_1 ——地线初始温度，°C；

t_2 ——地线短路热稳定允许温度，°C；

根据上式我们可以计算出几种常用地线的最大短路电流，见下表：

几种常用地线的短路电流值

序号	地线型号	允许短路电流（kA）	
		0.3s	0.4s
1	JLB20A-80	12.15	10.53
2	JLB40-80	15.57	13.49

3	JLB20A-100	15.41	13.34
4	JLB27-100	17.35	15.03
5	JLB40-100	19.74	17.10
6	JLB20A-120	18.51	16.03
7	JLB40-120	23.72	20.54
8	JLB20A-150	22.61	19.58
9	JLB27-150	25.47	22.06
10	JLB40-150	28.97	25.09

(6) 分流计算

通过地线的短路电流在 OPGW 及另一根地线之间的分布，取决于 OPGW 与另一根地线的电气参数。为保证 OPGW 的安全运行，OPGW 的设计还要求另一根地线有较强的分流能力，在短路及雷击事故中能有效分流。

OPGW 与另一根地线的电流分配比例可近似按如下方法计算：

$$I_{\text{OPGW}}/I_{\text{地线}} = (Z_{\text{地线}} - Z_{\text{互阻}})/(Z_{\text{OPGW}} - Z_{\text{互阻}})$$

I_{OPGW} ：短路时流过 OPGW 光缆的电流；

$I_{\text{地线}}$ ：与 OPGW 光缆配合的另一根地线中的电流；

$Z_{\text{地线}}$ ：地线自阻抗；

$Z_{\text{互阻}}$ ：两根平行地线 (OPGW 光缆与分流地线) 间的互阻抗；

Z_{OPGW} ：OPGW 光缆的阻抗。

(7) 地线、OPGW 光缆型号的确定

根据系统通信要求，结合地线分流、热稳定计算、弧垂配合及导地线张力配合计算结果，本工程中的 110kV 线路 OPGW 光缆选用 OPGW-80-48-2-4 可满足要求。

本工程选用的地线、OPGW 光缆结构和物理参数详见下表：

OPGW 光缆结构和物理参数表

OPGW 类别	OPGW-100-48-2-4
项目	
光缆结构	1/2.5/20AS+4/2.4/20AS+10/3.1/40AS, SUS2/2.4
最大可容纳光纤芯数 (芯)	48
铝包钢截面 (mm ²)	97.4
外径 D (mm)	13.5
单位长度质量 (kg/km)	≤550.0

额定拉断力 RTS (kN)	≥74.00
20℃ 直流电阻 (Ω/km)	≤0.5130
40-300℃ 允许短路电流容量 (I ² t) (kA ² ·s)	≥94.1
线膨胀系数 (1/℃)	14.7×10 ⁻⁶
弹性模量 (GPa)	121
最小弯曲半径 (静态)	≥15D
最小弯曲半径 (动态)	≥25D
OPGW 不接头的最大制造长度	≥5 千米
光缆设计寿命	不小于 30 年

(8) 地线接地方式

由于线路的短路电流较大,为满足 OPGW 热稳定要求,本工程所有 OPGW 光缆均采用逐塔接地。

5.3.3.3 导地线安全系数及防振措施

本工程导、地线安全系数及最大使用张力、年均运行张力取值如下:

导线安全系数及最大使用张力、年均运行张力取值

型号	JL/LB20A-630/45
额定拉断力 (kN)	151.5
计算拉断力 (额定拉断力×0.95) (kN)	143.93
安全系数	2.6
最大使用张力 (kN)	57.570
年平均运行张力 (kN)	35.981
年平均运行张力/计算拉断力	0.25

OPGW 光缆安全系数及最大使用张力、年均运行张力取值

项 目	OPGW 类别
	OPGW-100-48-2-4
额定拉断力 RTS (kN)	74.00
安全系数	3.3
最大使用张力 (kN)	22.42
年平均运行张力 (kN)	15.54
年平均运行张力/计算拉断力	0.21

导地线微风振动的强弱主要取决于导地线平均运行张力与拉断力的比值。综合比较导地线配合,导地线的平均运行张力的上限:对普通塔不超过导线保证计算拉断力的 25%,地线不超过保证计算拉断力的 22%。

本工程导线推荐选用 FRY 型防振锤作防振措施,光缆防振装置采用厂家配套产品。

5.3.4 线路绝缘配合、防雷和接地

6.3.4.1 线路绝缘配置的原则

输电线路的绝缘配合，应满足线路在工频电压、操作过电压、雷电过电压等各种条件下安全可靠地运行。本工程线路的绝缘配置原则依据以下相关规定：

(1) 南方电网公司《35kV~500kV交流输电线路装备技术导则》（Q/CSG 1107003-2019）第5.1.4条要求：“b级污区新建线路绝缘子应按照c级污区等级的统一爬电比距来配置；c级、d级污区新建线路绝缘子应按照所在污区等级的统一爬电比距的上限来配置，特殊污秽地段按照提高一个污秽等级来配置；e级污区新建线路绝缘子应按照所在污区等级的统一爬电比距的中限或上限来配置”。

(2) 广东电网公司《广东电网有限责任公司输电线路悬式绝缘子选型导则》（文号：广电生[2016]114号）对新建线路绝缘子的选用、绝缘配置提出如下要求：

1) 悬垂串绝缘子选择：①对于a、b、c级污区，宜使用玻璃绝缘子，可根据运行经验和线路环境特点（人口密集区和水田等区域）少量使用其它类型绝缘子；②对于d、e级污区，除中、重冰区外，新建线路宜选用复合绝缘子或外伞型玻璃绝缘子，不宜使用钟罩型、深棱型绝缘子；③新建线路悬垂串若选用复合绝缘子，除跳线串外，均应采用双联串（V串应采用双V串）设置；新建线路悬垂串若选用防污型玻璃绝缘子，配置时应考虑绝缘子爬电距离有效系数；④玻璃绝缘子双联悬垂串宜采用下列措施提高防污能力：采用V型或八字型布置；当并联I型悬垂串的轴心距小于500mm（对220kV及以下）和600mm（对500kV）时，应提高统一爬电比距10%。

2) 耐张串绝缘子选择：耐张串绝缘子应选用玻璃绝缘子并按双联串配置。特殊情况下（如人口密集区、水田等）可采用复合绝缘子并应按双联串配置。

3) a、b级污区新建线路绝缘子要求按照c级污区等级的统一爬电比距来配置；c级、d级污区新建线路绝缘子要求按照所在污区等级统一爬电比距的上限来配置，特殊污秽地段按照提高一个污秽等级来配置；e级污区新建线路绝缘子要求按照所在污区等级统一爬电比距的中限或上限来配置。

4) 悬垂串（包括 I 串、V 串、八字串、倒 V 串、倒八字串、跳线串等）玻璃和瓷绝缘子的外绝缘配置应按绝缘子的统一爬电比距与该绝缘子爬电距离有效系数 K 的乘积值来考虑。不同类型玻璃和瓷绝缘子的爬电距离有效系数 K 典型值如下：

普通型、草帽型、双伞型、三伞型绝缘子：K 取 1.0；

钟罩型、深棱型绝缘子：a、b、c 级污区，K 取 0.9；d、e 级污区，K 取 0.8。

5) 条件具备时建议根据实际绝缘子的自然积污特性、污闪电压梯度及污秽度计算具体绝缘子爬电距离有效系数。耐张串玻璃和瓷绝缘子不考虑爬电距离有效系数。

6) 各级污区悬式绝缘子的统一爬电比距配置要求。具体详见下表所示。

玻璃和瓷绝缘子统一爬电比距配置要求

污区等级 统一爬电比距	35kV、110kV、220kV			
	a、b 级	c 级	d 级	e 级
按设备最高工作相电压计算 (mm/kV)	≥ 30.1	33.9~37.6	43.0~48.1	52.7~57.2

注：绝缘子统一爬电比距要求按照最高工作相电压计算。

复合绝缘子统一爬电比距配置要求

污区等级 统一爬电比距	35kV、110kV、220kV、500kV	
	a、b、c 级	d、e 级
按设备最高工作相电压计算 (mm/kV)	≥ 34.7	≥ 43.3

注：绝缘子统一爬电比距要求按照最高工作相电压计算。

(3) 根据“线路电气规程”第 6.2.4 条要求，线路采用复合绝缘子时，应符合下列规定：

1) c 级及以下污区复合绝缘子的爬电距离不宜小于盘型绝缘子；

2) d 级及以上污区，110kV~750kV 线路复合绝缘子的爬电距离不应小于盘型绝缘子最小要求值的 3/4，且 110kV~750kV 线路复合绝缘子的统一爬电比距不小于 45mm/kV；

(4) 《南方电网公司输电线路防风设计技术规范》（Q/CSG 1201011-2016）对绝缘子和金具提出如下要求：

1) 位于崖口、峡谷等微地形、微气象区域的悬垂串应适当提高金具和绝缘

子的机械强度。

2) 悬垂串的导、地线悬挂点应采用预绞式护线条的保护方式，不应使用铝包带。

3) 沿海I、II类风区的 500kV 输电线路耐张塔的跳线宜采用刚性跳线，220 kV 输电线路耐张塔的跳线宜采用刚性跳线或防风偏合成绝缘子，110kV 输电线路耐张塔的跳线宜采用防风偏复合绝缘子。如采用软跳线，则应校验其塔头电气间隙，并按照如下原则配置跳线串数量：

①耐张塔内角侧宜装设 1 串跳线串。

② $0^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 耐张塔外角侧宜装设 1 串跳线串， $40^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 耐张塔的外角侧宜装设 2 串跳线串。

③单回路干字型耐张塔中相宜装设 2 串跳线串。

④采用软跳线时应考虑跳线弧垂对塔身的风偏摆动幅度，保证跳线弧垂在各工况下均对铁塔接地构件有足够的安全间隙距离。

⑤导线和地线悬垂线夹宜选用防磨型或耐磨型线夹。

⑥V 型复合绝缘子串的球头与碗头连接时宜选用 L 型板，不宜采用 R 型销或 W 型销。

(5) 南方电网公司《架空输电线路防雷技术导则（试行）》（Q/CSG1107002-2018）中，关于新建输电线路防雷设计的加强线路绝缘的设计要求为：

针对一般线路，雷击风险等级为III级、IV级的杆塔宜采取加强绝缘措施，其中 220kV 及以下同塔多回线路杆塔可采用差异化绝缘设计。在满足塔头间隙、导线风偏和导线对地距离要求的前提下，绝缘子（串）的有效绝缘长度相比国标（行标）中雷电过电压要求的绝缘长度增加值见下表。

一般线路雷击风险等级III级和IV级的杆塔绝缘子（串）长度增加值

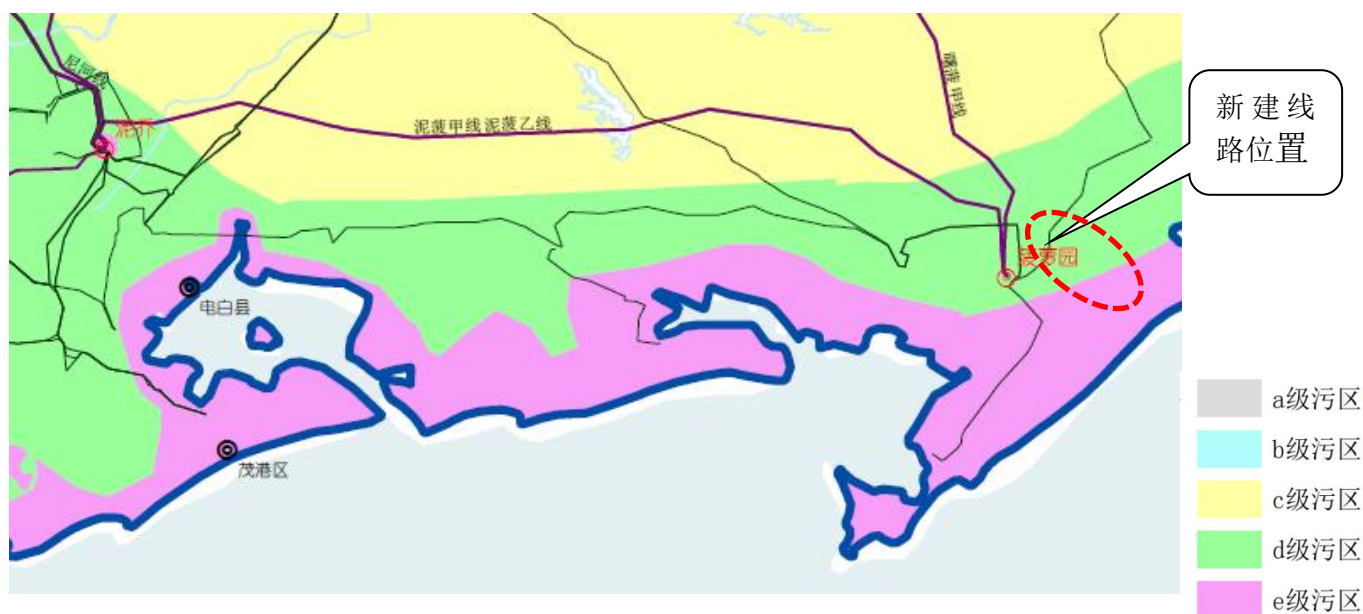
雷击风险等级	电压等级	回路形式	绝缘子（串）长度增加比例
III	220kV 以上	—	加长 10%~15%
	220kV 及以下	单回	加长 10%~15%
		同塔双回	一回加长 15%左右，另一回不变
IV	220kV 以上	—	加长 20%
	220kV 及以下	单回	加长 20%

		同塔双回	一回加长 15%左右，另一回不变
--	--	------	------------------

针对重要线路，对雷击风险等级为Ⅲ级和Ⅳ级的 500kV 及以下交流线路杆塔，在满足塔头间隙、导线风偏和导线对地距离要求的前提下，绝缘子（串）的有效绝缘长度相比国标（行标）中雷电过电压要求的绝缘长度宜分别加长 10%~15% 和 20%。

5.3.4.2 沿线污区划分

根据现行的南方电网污区分布图（2021 版）及《广东电网污区分布图》（2020 年版）的划分，本工程线路全线位于 e 级污区。考虑到本工程所处位置周边城市及工业发展快，污秽增长较快，并参照附近已建输电线路的运行情况，依据 6.3.4.1 线路绝缘配置的原则第（1）条规定，本工程所有线路按 e 级污区上限考虑。



沿线污区分布图

5.3.4.3 绝缘子的选择

（1）绝缘子材质的选择

目前，国内外送电线路普遍使用的导线绝缘子型式从制造材料来分，大致可分为钢化玻璃、瓷质、硅橡胶合成三种，且都取得了较成功的运行经验。

1) 盘式悬式瓷质绝缘子是使用最早的绝缘子。该绝缘子除了泄漏电流所引起的绝缘子表面老化和雷击电弧所引起的老化等外因的损伤外，也有长时间的机

械负荷或温度变化所引起的老化。绝缘子的老化直接关系到送电线路的安全运行。

2) 悬式钢化玻璃绝缘子在其特性上有明显的优点，主要体现在以下几个方面。

- ①出现绝缘零值时会自破，不需检测零值绝缘子；
- ②玻璃绝缘子不易老化；
- ③耐冲击电压比瓷质绝缘子好；
- ④耐污性能好。

3) 硅橡胶复合绝缘子具有耐污性能好、体积小、重量轻、运输安装方便等优点，但存在电弧灼伤，芯棒脆断，绝缘老化等问题。近年来在我省的电力线路上已使用不少，也积累了一定的运行经验。

根据各绝缘子类型的特点，结合 6.3.4.1 线路绝缘配置的原则 第（2）条规定，本线路工程导线耐张绝缘子串选用钢化玻璃绝缘子，悬垂绝缘子串及跳线串选用复合绝缘子。

（2）绝缘子机械强度的选择

根据“线路电气规程”要求，绝缘子机械强度的安全系数，不应小于下表所列数值。双联及多联绝缘子串应验算断一联后的机械强度，其荷载及安全系数按断联情况考虑。

绝缘子机械强度安全系数

情 况		最大使用荷载		常年荷载	断线荷载	断联荷载	稀有荷载
		盘型绝缘子	棒型绝缘子				
绝缘子	一般线路	2.7	3.0	4.0	1.8	1.5	1.5
	大跨越	3.0	3.3	5.0	2.0	2.0	1.8

绝缘子承受的各种荷载应满足下式要求：

$$T \leq \frac{T_R}{K_I}$$

式中：T—绝缘子承受的荷载，包括最大使用荷载、常年荷载、断线荷载、断联荷载或稀有荷载（kN）；

T_R —绝缘子的额定机械破坏负荷（kN）；

K_I —绝缘子和金具机械强度的安全系数，按上表取值。

1) 导线悬垂串

根据本工程实际水平档距、垂直档距，结合南方电网公司最新《生产设备品类优化清单（2022 版）》，110kV 导线悬垂串拟选用双联 100kN 级复合绝缘子。

2) 导线耐张串

根据本工程导线最大使用张力，导线耐张串绝缘子选择情况见下表。

耐张串绝缘子选择情况

电压	导线	最大使用张力(kN)	普通段	进出线段
110kV 线路	1×JL/LB20A-630/45	1×57.570	双联 100kN 玻璃绝缘子	单联 100kN 玻璃绝缘子

3) 导线跳线串

根据 6.3.4.1 线路绝缘配置的原则 第（4）条规定，本工程 110kV 导线跳线串均拟选用 100kN 级的防风偏复合绝缘子。

（3）绝缘子片数的选择

1) 绝缘子机械、电气特性

根据广电生[2016]114 号《关于印发广东电网有限责任公司输电线路悬式绝缘子选型导则的通知》、南方电网公司《架空输电线路防雷技术导则（试行）》（Q/CSG1107002-2018），结合南方电网公司最新《生产设备品类优化清单（2022 版）》，本工程选用的绝缘子参数见下表所示：

玻璃绝缘子机电参数表

型 号	最小机械破坏负荷 kN	公称直径 mm	结构高度 mm	泄漏距离 mm	1 分钟工频湿耐受电压 kV	雷电冲击耐受电压 kV	最小击穿电压 kV
U100BP/146D	100	300	146	450	45	120	130

复合绝缘子机电参数表

型 号	最小机械破坏负荷 kN	结构高度 mm	电弧距离 mm	泄漏距离 mm	1 分钟工频湿耐受电压 kV	雷电冲击耐受电压 kV
FXBW4-110/100-B	100	1400	1200	3150	230	550
FXBW4-110/100-F	100	1568	1340	3226	230	550
FFP-110/100-0.3	100	1400	1200	3300	230	550
FFP-110/100-0.4	100	1550	1350	3300	230	550

2) 按工频污闪电压要求选择

根据“线路电气规程”的规定，本工程采用爬电比距计算法计算绝缘子片数：

$$n \geq \frac{\lambda U_{\text{ph-e}}}{K_e L_{01}}$$

n —海拔高度不超过 1000m 时每联绝缘子所需片数；

λ —统一爬电比距，mm/kV；

$U_{\text{ph-e}}$ —相（极）对地最高运行电压，kV；

L_{01} —单片悬式绝缘子的几何爬电距离，mm；

K_e —绝缘子爬电距离的有效系数。

本工程按照 e 级污区上限进行绝缘配置。

依据 6.3.4.1 线路绝缘配置的原则 第 2)、3) 条规定，本线路工程采用玻璃绝缘子统一爬电比距不小于 52.7mm/kV，采用复合绝缘子统一爬电比距不小于 43.3mm/kV。

根据上述要求，经计算，110kV 线路若采用单片爬距 450mm 的玻璃绝缘子，每联绝缘子不应小于 9 片。

3) 按操作过电压要求选择

根据“线路电气规程”要求，在海拔高度 1000m 以下地区，110kV 线路操作过电压及雷电过电压要求的悬垂绝缘子串的绝缘子最少片数为 7 片，耐张绝缘子串的绝缘子片数应比悬垂串增加 1 片。操作过电压对本工程选用的绝缘子片数不起控制作用。

4) 按雷电过电压要求选择

根据绝缘配合设计原则，一般不按雷电过电压的要求来选择绝缘子片数，而是根据已选定的绝缘水平，来校验线路的耐雷水平。根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》(GB/T 50064-2014) 要求，110kV 同塔双回线路反击耐雷水平不宜低于 50~61kA；110kV 绝缘子片数采用 8 片(按 146mm 高)，经计算，本工程使用的塔型耐雷水平可满足规程相关要求。

5) 差异化绝缘设计

本工程同塔多回线路采用差异化绝缘设计，以降低多回线路同时遭受雷击闪

络跳闸的可能性，提高线路运行的可靠性。具体配置原则为：对于同塔双回路线路，其中一回采用普通绝缘，另一回采用高绝缘。

综上所述，结合南网物资品类优化结果，本工程绝缘子选型配置具体如下：

110kV 绝缘子型号、联数、片数及爬电比距选配表

悬挂方式	材质	联数	绝缘子型式	单片/支 爬电距离 (mm)	片/ 支数	统一爬电比距 (mm/kV)	备注
耐张串	玻璃绝缘子	双联	U100BP/146D	450	9	55.7	普通侧
					11	68	高绝缘侧
悬垂串	复合绝缘子	I 型 双联	FXBW4-110/100-B	3150	1	43.3	普通侧
			FXBW4-110/100-F	3226	1	44.3	高绝缘侧
跳线串	复合绝缘子	单联	FFP-110/100-0.3	3300	1	45.4	普通侧
			FFP-110/100-0.4	3300	1	45.4	高绝缘侧

注：①耐张串除进构架档用单联串外，其余均采用双联串；

②悬垂串均采用双联串。

6) 高塔增加绝缘子片数

根据“线路电气规程”规定，在海拔高度 1000m 以下地区，220kV、110kV 线路操作过电压及雷电过电压要求的悬垂绝缘子串的绝缘子最少片数分别为 13 片、7 片，耐张绝缘子串的绝缘子片数应比悬垂串增加 1 片。全高超过 40m 有地线的杆塔，高度每增加 10m，应增加一片绝缘子，全高超过 100m 的杆塔，绝缘子片数（复合绝缘子干弧距离）应根据运行经验结合计算确定。

110kV 高塔增加绝缘子片数：

本工程 110kV 玻璃绝缘子结构高度为 146mm，每联绝缘子片数 9 片、11 片，比防雷要求已增加 2 片、4 片（按单片绝缘子高度为 146mm 计算，下同）。

本工程 110kV 耐张塔的全高有 2 基高于 40m，故需每联增加 1 片绝缘子。

本工程 FXBW4-110/100-B 和 FXBW4-110/100-E 型复合绝缘子结构高度分别相当于 9 片和 10 片结构高度 146mm 玻璃绝缘子。比防雷要求已增加 2 片和 3 片（规范规定：海拔 1000m 以下地区，当单片绝缘子高度为 146mm 时，110kV 线路操作过电压及雷电过电压要求的悬垂绝缘子串的最少片数为 7 片）。

本工程直线塔采用复合绝缘子，直线塔的全高均不超过 70m，故无需增加绝缘子片数。

5.3.4.4 防雷接地

为提高线路耐雷水平，降低雷击跳闸率，本工程新建线路采取如下措施：

(1) 全线架设双地线，对于同塔双回或多回路，110kV 及以上线路的保护角均不宜大于 10°；

(2) 杆塔上两根地线之间的距离，不应超过地线与导线间垂直距离的 5 倍；

(3) 在一般档距的档距中央，导线与地线间的距离（同时气温 15°C，无风无冰），应按下式校验：

$$S \geq 0.012L+1$$

式中：S—导线与地线间的距离（m）；L—档距（m）。

(4) 根据“线路电气规程”的规定，有地线的杆塔应接地。在雷季干燥时，一般线路每基杆塔不连地线的工频接地电阻，不宜大于下表规定的数值。

有地线的线路杆塔不连地线的工频接地电阻

土壤电阻率（ $\Omega \cdot m$ ）	≤ 100	100~500	500~1000	1000~2000	> 2000
工频接地电阻（ Ω ）	10	15	20	25	30
<p>注：</p> <p>1) 变电站（发电厂）进线段杆塔工频接地电阻不宜高于 10Ω。</p> <p>2) 大跨越杆塔的接地电阻不应大于表中第一类接地电阻所列数值的 50%，当土壤电阻率大于 2000$\Omega \cdot m$ 时，不宜大于 20Ω。</p> <p>3) *如土壤电阻率超过 2000$\Omega \cdot m$，接地电阻很难降到 30Ω 时，可采用 6 根~8 根总长不超过 500m 的放射形接地体或连续伸长接地体，其接地电阻不受限制，必要时宜采用其它技术经济性更优的防雷措施。</p>					

居民区和水田中的接地装置宜围绕杆塔基础敷设成闭合环形。土壤电阻率较低地区，采用水平敷设的方环形接地装置；土壤电阻率较高地区，采用水平敷设的方环与放射形相结合的接地装置。接地体均用 $\Phi 14mm$ 镀锌圆钢组成。平地、水田的接地体埋深 0.8m；丘陵、山地的接地体埋深 0.6m；岩石地区开挖困难时，其接地埋深可为 0.3m。根据过电压保护和绝缘配合设计规范，两侧变电站出线 2km 范围内的杆塔接地电阻应控制在 10 欧以内。

在土壤电阻率较高地段的杆塔，宜采用增大水平/垂直接地体长度、增加垂直接地体数量、优化接地网形式、加装接地模块、换土等措施。

5.3.5 导线布置

本工程新建的同塔双回架空线路采用导线垂直排列布置。

根据“线路电气规程”规定，对110kV~750kV线路，长度超过100km的输电线路宜换位。换位循环长度不宜大于200 km。一个变电站的某级电压的每回出线虽小于100km，但其总长度超过200km，可采用换位或变换各回路输电线路的相序排列的措施来平衡不对称电流。

本工程新建各架空线路长度均小于100km，其总长度小于200km，故各架空线路无需进行导线换位。

5.3.6 智能化线路

根据广东电网有限责任公司《关于在新建改建扩建工程中落实设备管理要求的通知》（广电生〔2020〕20号），对架空线路在线监测的技术要求如下：

（1）中、重冰区 110kV 及以上输电线路应安装覆冰在线监测装置。

（2）存在山火隐患的 500kV 输电线路“线线交叉跨越”区段应安装山火监测装置或视频监控装置。

（3）110kV 及以上电缆与架空混合输电线路的分界点、T 接线路的 T 接点、属于跨局运维管理线路的分界点，应安装分布式行波测距（故障定位）装置。

（4）110kV 及以上输电线路经过人口密集区段和跨越铁路、一级及以上公路、一二级通航河流区段以及 500kV 线路交叉跨越区段，应安装视频图像监测装置。

（5）新建输电线路应根据《南方电网山火风险等级分布图》，属于四级线路山火风险的，需加装视频监控装置。

（6）新建输电线路处于采空区、地质灾害多发区应实施地质勘测，其中高大边坡宜考虑安装地基、杆塔沉降监测装置。

根据本工程新建线路的重要性和实际情况，拟对本工程新建的 110kV 及以上电缆与架空混合输电线路的分界点安装输电线路分布式故障精确定位系统，对跨铁路等重要交叉跨越位置加装视频监控装置。

5.3.6.1 输电线路分布式故障精确定位系统

输电线路分布式故障精确定位系统的体系结构不同于传统行波定位系统，其核心部件——智能故障监测终端安装于输电线路导线上，可以近距离地捕捉故障

瞬间的行波信号。根据工频故障电流确定故障区间,在确定的故障区间实施行波精确定位。

本工程考虑在新建电缆终端杆 xxxx 处分别加装输电线路分布式故障精确定位系统,安装于电缆转架空的第一档架空线三相导线上,共计 6 套。

输电线路分布式故障精确定位系统只配置前端设备,按无线传输考虑(包含招标技术规范书规定年限的流量费用)。

5.3.6.2 输电线路图像视频监控装置

本工程考虑对 110kV 跨铁路等重要交叉跨越位置加装视频监控装置。共计 1 套。

输电线路图像视频监控装置采用太阳能板+蓄电池供电,配置 AI 智能型云台球机,要求监控设备具备前端 AI 图像识别功能;视频监控系统主机采用标准的 4G 网络通讯方式将监控数据传送至广东电网有限责任公司电科院远程中心。

图像视频监控装置只配置前端设备,按无线传输考虑(包含招标技术规范书规定年限的流量费用)。

5.3.6.3 在线监测系统的基本要求

(1) 根据《广东电网有限责任公司输变电设备在线监测系统管理规定》,新建、扩建及改造的在线监测系统均须接入远程中心,并以通过远程中心联调作为装置调试完成的标志。

(2) 在线监测装置必须获得省电科院认证,未获认证的必须提前送样检测,监测通过获得认证后方可安装。

(3) 在线监测系统架构中,监测数据直接发送至省电科院,地市供电局不设置接收主站,只设置浏览工作站。

(4) 监测系统要求具有标准化接口,并提供数据互联的服务。

(5) 由新装设备厂家完成新接入在线监测数据在原有系统上展示数据工作。

(6) 现场监测装置必须采用防雷、除湿措施。

(7) 现场监测装置及连接线设置现场标签。

(8) 监测装置接入广东电网公司 APN 专网(APN 名称: GDDWDYJC.GD),在

线监测装置使用的无线通信卡开户名称为**供电局。

5.3.7 最小空气间隙

根据“线路电气规程”第 6.2.5 条和第 6.2.7 条规定，在海拔不超过 1000 m 的地区，在相应风偏条件下，带电部分与杆塔构件（包括拉线、脚钉等）的最小间隙，应满足下表要求：

带电部分与杆塔构件（包括拉线、脚钉等）的最小间隙（m）

标称电压（kV）	110	220	500	
海拔（m）	1000	1000	500	1000
工频电压	0.25	0.55	1.20	1.30
操作过电压	0.70	1.45	2.50	2.70
雷电过电压	1.00	1.90	3.30	3.30
带电作业校验	1.00	1.80	3.20	3.20

注：带电检修空气间隙应考虑人体活动范围 0.5 m，相应的气象条件为：气温 $t=15^{\circ}\text{C}$ ，风速 $V=10\text{ m/s}$ ，无冰。

5.3.8 导线对地和交叉跨越距离

根据“线路电气规程”、《35kV～500kV 交流输电线路装备技术导则》（Q/CSG 1107003-2019）及广电生〔2020〕20 号《关于在新建扩建工程中落实设备管理要求的通知》的相关规定，导线对地面、建筑物、树木、铁路、公路、河流、管道、索道及各种架空线路的距离，应根据导线长期允许运行温度 80°C 情况或覆冰无风情况求得的最大弧垂计算垂直距离，根据最大风情况或覆冰情况求得的最大风偏进行风偏校验。

（1）导线对地面、山坡、峭壁、建筑物、树木等的最小垂直、净空距离如下表所示：

导线对地面、山坡、峭壁、建筑物、树木等的最小垂直、净空距离

线路经过的地区		最小距离	标称电压（kV）			导线状态	备注
			110	220	500		
居民区		垂直距离	7.0	7.5	14.0	最大弧垂	
非居民区	农业耕作区		6.0	6.5	11.0		
	人烟稀少的非农业耕作区				（10.5 ^① ）		
	交通困难地区				（10.0 ^② ）		
步行可以到达的山坡		净空距离	5.0	5.5	6.5	最大风偏	
步行不能到达的山坡、峭壁			3.0	4.0	6.5		

对允许跨越的建筑物	垂直距离	5.0	6.0	9.0	最大弧垂	
对建筑物(含规划建筑物)	净空距离	4.0	5.0	8.5	最大风偏	
不允许跨越的建筑物	水平距离	2.0	2.5	5.0	无 风	
对 树 木	垂直距离	4.0	4.5	7.0	最大弧垂	宜高跨 [®]
	净空距离	3.5	4.0	7.0	最大风偏	
果林、经济作物、城市绿化灌木及街道行道树木	垂直距离	3.0	3.5	7.0	最大弧垂	不应砍伐通道

(2) 输电线路与电信线路的交叉角

送电线路跨越电线线路时，交叉角应符合下表的要求。

输电线路与电信线路的交叉角

电信线路等级	一 级	二 级	三 级及光缆、埋地电缆
交 叉 角	$\geq 45^\circ$	$\geq 30^\circ$	不限制

(3) 交流线路与铁路、公路、河流、管道、索道及各种架空线路交叉或接近的要求

交流线路与铁路、公路、河流、管道、索道及各种架空线路交叉的最小垂直距离

项目			标称电压 (kV)			备注
			110	220	500	
铁路	至轨顶	标准轨	7.5	8.5	14.0	
		窄轨	7.5	7.5	13.0	
		电气轨	11.5	12.5	16.0	
	至承力索道或接触线		3.0	4.0	6.0	括号内的数值用于跨杆（塔）顶。
	邻档断线情况	至轨顶	7.0	—	—	
		至承力索或接触索	2.0	—	—	
公路	至路面		7.0	8.0	14.0	
	邻档断线情况	至路面	6.0	—	—	
电车道 (有轨及无轨)	至路面		10.0	11.0	16.0	
	至承力索或接触线		3.0	4.0	6.5	括号内的数值用于跨杆（塔）顶。
	邻档断线情况	至承力索或接触线	2.0	—	—	
通航河流	至最高航行水位桅顶		2.0	3.0	6.0	最高洪水位需 考虑抗洪抢险 船只时，垂直距离应协商确定。
	至五年一遇洪水位		6.0	7.0	9.5	
不通航河流	百年一遇洪水位		3.0	4.0	6.5	
	冬季至冰面		6.0	6.5	11.0 (水平) 10.5 (三角)	
电信线	至被跨越物		3.0	4.0	8.5	
	邻档断线情况 (I 级)					

项目		标称电压 (kV)			备注
		110	220	500	
		1.0	—	—	
电力线	至被跨越物	3.0	4.0	6.0 (8.5)	括号内的数值用于跨杆（塔）顶。
架空特殊管道	至管道任何部分	4.0	5.0	7.5	
	邻档断线情况（至管道任何部分）	1.0	—	—	
索道	至索道任何部分	3.0	4.0	6.5	

交流线路与铁路、公路、河流、管道、索道及各种架空线路的最小水平距离

项 目			最小水平距离(m)			备注	
标称电压（kV）			110	220	500		
铁路	杆塔外缘至轨道中心	交叉	杆（塔）高加 3.1m，无法满足要求时可适当减小，但不得小于 30m			1. 交叉时交叉角不宜小于 45°，困难情况下双方协商确定，但不应小于30°； 2. 一般情况下，不应在铁路车站出站信号机以内跨越； 3. 满足相关部门协议要求。	
		平行	最高杆（塔）高加 3.1m，困难时双方协商确定				
公路	交叉	杆塔外缘至路基边缘	8.0			1. 公路分级见“线路电气规程”附录L，城市道路分级可参照公路的规定； 2. 平时最小水平距离按杆塔外缘至路基边缘计算； 3. 满足相关部门协议要求； 4. 按规划要求在城市绿化带中走线时可不受水平距离要求限制。	
	平行	开阔地区	最高杆（塔）高				
		路径受限制地区	5	5	8 (高速:15)		
电车道 （有轨及无 轨）	交叉	杆塔外缘至路基边缘	8.0			平时最小水平距离按杆塔外缘至电车道边缘计算。	
	平行	开阔地区	最高杆（塔）高				
		路径受限制地区	5.0	5.0	8.0		
通航河流	塔位至河堤		河堤保护范围之外或按协议取值			1. 不通航河流指不能通航，也不能浮运的河流； 2. 满足相关部门协议要求。	
不通航河流							
电信线	与边导线间 （平行）	开阔地区	最高杆（塔）高			1. 输电线路应架设在上方； 2 电信线路分级见“线路电气规程”附录M。	
		路径受限制地区(最大风偏情况下)	4.0	5.0	8.0		
电力线	与边导线间 （平行）	开阔地区	最高杆（塔）高				
		路径受限制地区	杆塔同步排列	5.0	7.0		13.0
			杆塔交错排列（导线最大风偏情况下）	3.0	4.0		7.0

项 目				最小水平距离(m)			备注
标称电压（kV）				110	220	500	
特殊管道、索道	边导线至管道、索道任何部分	开阔地区	交叉	杆（塔）高			1. 与索道交叉，若索道在上方，索道的下方应装保护设施； 2. 交叉点不应选在管道的检查井(孔) 处； 3.与管、索道平行、交叉时，管、索道应接地； 4.管、索道上的附属设施，均应视为管、索道的一部分； 5.特殊管道指架设在地面上输送易燃、易爆物品的管道。
		路径受限制 地区(最大风偏情况下)	平行	最高杆（塔）高			
				4.0	5.0	7.5	

注：1 邻档断线情况的计算条件：15℃，无风，上表中有临档断线检验要求的交叉跨越物如下表所示。

- 2 杆塔为固定横担，且采用分裂导线时，可不检验邻档断线时的交叉跨越垂直距离。
- 3 当线路跨越拟建铁路桥梁地段，还应考虑到铁路架桥机施工情况。
- 4 电压较高的线路一般架设在电压较低线路的上方。
- 5 重覆冰地区的交叉跨越应考虑不均匀冰荷载情况校验弧垂增大，校验与被跨越物的垂直距离。
- 6 对于线路附近受静电感应可能带电的金属物宜接地。
- 7 水平接近距离不满足要求时，按协议取值。

交叉跨越物临档断线检验要求

项目	是否检验
铁路	标准轨距：检验
	窄轨：不检验
公路	高速公路、一级公路：检验
	二、三、四级公路：不检验
电车道	检验
通航河流	不检验
不通航河流	不检验
电信线路	I 级：检验
	II、III级：不检验
电力线路	不检验
特殊管道	检验
索道	不检验

5.3.9 杆塔规划及类型选择

5.3.9.1 杆塔荷载计算原则及规定

(1) 荷载计算原则

杆塔的荷载和组合条件均应满足“线路电气规程”、《架空输电线路荷载规范》(DL/T 5551-2018)、《重覆冰架空输电线路设计技术规程》(DL/T 5440-2020)、

《架空输电线路杆塔结构设计技术规程》(DL/T 5486-2020)等规程规范的要求。

各类杆塔承载能力极限状态下的荷载基本组合应计算设计大风情况、设计覆冰情况、低温情况、不均匀覆冰情况、断线情况和安装情况，必要时尚应计算地震作用和偶然荷载作用等情况。

各类杆塔的安装情况，应按 10m/s 风速、无冰、相应气温的气象条件进行计算。对最低温度为 0℃ 的无冰线路，安装情况按 +5℃、无冰、10m/s 风速的气象条件进行计算。提升导、地线的荷载一般可按 2 倍起吊考虑。导、地线的施工误差系数取 1.025；动力系数取 1.1；导线张力的过牵引系数取 1.1，地线张力的过牵引系数取 1.06；若采用降温法来补偿初伸长的影响，故导、地线安装张力按安装气温降低补偿温度后的张力取值。

(2) 荷载计算统一规定

荷载计算原则，特对如下情况作出规定：

- 1) 基本风速取离地面 10m 高度。
- 2) 风压高度变化系数统一按 B 类地面粗糙度选取。
- 3) 直线塔垂直荷载前后侧按 4:6 分配。

耐张塔前后挂点的垂直荷载按照 2.5:7.5 分配，分别考虑上拔、下压等情况。耐张塔负荷结合代表档距、水平档距和垂直档距，组成前后一侧为大水平荷载、大垂直荷载、大张力，另一侧为小水平荷载、小垂直荷载、小张力等组合。

终端塔考虑垂直荷载全部加在线路侧的情况。

计算导地线垂直荷载时，考虑各种正常运行工况下垂直档距的变化情况。

④耐张塔前后挂点的水平风荷载按照 2.5：7.5 分配。

5.3.9.2 荷载组合

(1) 直线塔

- 1) 正常运行情况

基本风速、无冰、未断线（包括最小垂直荷载和最大水平荷载组合），包括 90°、60°、45°、0° 风；

- 2) 断线情况

单回路杆塔：单导线断任意一相导线(分裂导线任意一相导线有纵向不平衡张力)，地线未断；断任意一根地线，导线未断；

双回路杆塔：同一档内，单导线断任意两相导线(分裂导线任意两相导线有纵向不平衡张力)；断一根地线，单导线断任意一相导线(分裂导线任意一相导线有纵向不平衡张力)；

四回路杆塔：同一档内，单导线断任意三相导线(分裂导线任意三相导线有纵向不平衡张力)；断一根地线，单导线断任意两相导线(分裂导线任意两相导线有纵向不平衡张力)；

3) 安装情况

所有直线塔应考虑检修吊装。

对于 220~500kV 所有直线塔应考虑锚线情况，110kV 直线塔不考虑锚线情况；

(2) 耐张塔

1) 正常运行情况

基本风速、无冰、未断线（应计算 90°风及其反向风；终端塔还需计算 0°风）；低温工况，按最低气温、无冰、无风、未断线情况计算。

2) 断线情况

单回路和双回路杆塔：同一档内，单导线断任意两相导线(分裂导线任意两相导线有纵向不平衡张力)、地线未断；断任意一根地线，单导线断任意一相导线(分裂导线任意一相导线有纵向不平衡张力)；

四回路塔：同一档内，单导线断任意三相导线(分裂导线任意三相导线有纵向不平衡张力)、地线未断；断任意一根地线，单导线断任意两根导线(分裂导线任意两相导线有纵向不平衡张力)；

3) 安装情况

所有耐张转角塔应考虑紧线、锚线、吊装跳线的组合。新算塔考虑单边挂线情况，双回路计算时安装顺序按垂直回路依次进行，四回路计算时安装顺序垂直回路按逐侧逐层进行。验算塔可视实际情况考虑。

5.3.9.3 杆塔设计一般规定

- (1) 为增加铁塔顺线路的刚度，所有铁塔采用方形断面。
- (2) 为方便铁塔根开的推算，规定铁塔单面坡度取整数值，如 0.08、0.09、0.1、0.11 等，但一般不应出现同一系列塔中大负荷塔的坡度小于小负荷塔的坡度。
- (3) 铁塔长短腿以减腿表示。
- (4) 为确保铁塔的抗扭刚度，横隔面设置的间距不应大于平均宽度的 5 倍，也不应大于 4 个主材分段，所有塔身隔面全部采用刚性隔面。
- (5) 塔身交叉斜材与水平面的夹角取 35~45 度为宜，不宜小于 30 度，同时不宜大于 50 度。
- (6) 考虑到圆管构件的横风向风振(旋涡脱落)影响，对杆件的允许长细比较角钢限制严格，主材不大于 120，辅材不大于 150，塔腿斜材不大于 120；角钢长细比按规程限制(受压材不大于 200)。
- (7) 体型系数按现行规范确定。
- (8) 直线塔导、地线挂点处以及耐张塔跳线的挂点处，受弯梁应按双向受弯验算。
- (9) 新建总高度小于 80m 的杆塔，登塔设施宜选用脚钉，全高 40~80 米的杆塔塔身中间需设置一个休息平台。新建总高度高于 80m 的杆塔，应设置脚钉，每隔 30~40m 设置一个休息平台；横担需要设置人行走道。

5.3.9.4 杆塔结构设计方法

杆塔结构设计采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，结构的极限状态是指结构或构件在规定的各种荷载组合作用下或在各种变形或裂缝的限值条件下，满足线路安全的临界状态。极限状态分为承载力极限状态和正常使用极限状态。

(1) 承载力极限状态

对于承载能力极限状态，应按荷载的基本组合或偶然组合计算荷载组合的效应设计值，并应采用下列设计表达式进行设计：

$$\gamma_0 S_d \leq R_d$$

荷载基本组合的效应设计值：

$$S_d = \gamma_G \cdot S_{Gk} + \psi \cdot \gamma_Q \cdot \sum S_{QiR}$$

荷载偶然组合的效应设计值：

$$S_d = S_{Gk} + S_{Ad} + \sum S_{QiR}$$

地震基本组合的效应设计值：

$$S_d = \gamma_G \cdot S_{GE} + \gamma_{Eh} \cdot S_{Ehk} + \gamma_{Ev} \cdot S_{Evk} + \gamma_{ET} \cdot S_{TR} + \psi_{wE} \cdot S_{wk}$$

式中 γ_0 —结构重要性系数，重要线路不应小于 1.1，临时线路取 0.9，其他线路取 1.0；

γ_G —永久荷载的分项系数，对结构受力有利时不大于 1.0，不利时取 1.2；
验算结构抗倾覆或抗滑移时取 0.9；

γ_Q —可变荷载的分项系数，取 1.4；

S_{Gk} —永久荷载效应的标准值；

S_{QiR} —第 i 项可变荷载效应的代表值；

ψ —可变荷载调整系数，正常运行情况取 1.0，断线情况、安装情况和不均匀覆冰情况取 0.9；

R_d —结构构件抗力的设计值，应按各有关架空输电线路结构设计规范确定。

S_{GE} —地震基本组合中永久荷载效应的代表值；

γ_{Eh} ， γ_{Ev} —水平、竖向地震作用分项系数；

S_{Ehk} —水平地震作用效应的标准值；

S_{Evk} —竖向地震作用效应的标准值；

γ_{ET} —地震基本组合中导线、地线张力的分项综合系数，可取 0.5；

S_{TR} —导线、地线张力效应的代表值；

ψ_{wE} —地震基本组合中风荷载效应的组合系数，可取 0.3；

S_{wE} —风荷载效应的标准值。

（2）正常使用极限状态

结构或构件的变形或裂缝，应按正常使用极限状态的要求，采用荷载的标准

组合：

$$S_{GK} + \psi \sum S_{QiK} \leq C$$

式中：C—结构或构件达到正常使用要求的规定限值，例如杆塔变形、基础裂缝等。

(3) 杆塔材料

钢材材质为现行国家标准《碳素结构钢》(GB/T700-2006)中规定的 Q235 系列、《低合金高强度结构钢》(GB/T1591-2018)中规定的 Q355、Q420、Q460 系列。按实际使用条件确定钢材级别。

角钢构件采用热轧等肢角钢，其材质为 Q420B、Q355B 和 Q235B 级钢，钢板采用 Q420B、Q355B、Q235B 钢。Q420B 角钢不应用于长细比大于 80 或规格小于 L125 的构件。

钢管材质宜选用 Q355B 和 Q235B 级钢(当采用 20 号钢无缝钢管时，其钢材的力学性能按照 Q235B 考虑)，有条件时可考虑采用 Q460C 级钢。钢管一般采用直缝焊接钢管，也可采用无缝钢管，不得采用螺旋焊管。当采用 Q460C 高强度钢管时应对其加工工艺可靠性和采购可行性进行论证。220kV 双回路及以上铁塔宜考虑采用 Q420B 高强角钢。

铁塔构件采用螺栓连接，塔脚及局部结构采用焊接，螺栓 M16 用于 110kV 塔时采用 4.8 级或 6.8，220kV 以上采用 6.8 级；M20 采用 6.8 级；M24 当该塔采用 Q420B 钢时全塔采用 8.8 级，否则采用 6.8 级；法兰螺栓均采用 8.8 级；地脚螺栓采用 4.6、5.6、8.8 级。

根据《架空输电线路杆塔结构设计技术规程》DL/T 5486-2020，推荐材质的地脚螺栓对应关系可按：

原材料等级为 Q235，可按 4.6 级；

原材料等级为 35 号优质碳素钢，可按 5.6 级；

原材料等级为 Q345、45 号优质碳素钢、40Cr 合金结构钢、42CrMo 合金结构钢，可按 8.8 级；

钢板材质为 Q460C、Q420B、Q355B 和 Q235B 级钢，板厚取 5mm、6mm、

8mm，8mm 以上取 2mm 的倍数。

钢材的强度设计值

钢材		抗拉、抗压和抗弯	抗剪
牌号	厚度或直径 (mm)		
Q235 钢	≤16	215	125
	>16-40	205	120
	>40-100	200	115
Q355 钢	≤16	305	175
	>16-40	295	170
	>40-63	290	165
	>63-80	280	160
	>80-100	270	155
Q420 钢	≤16	375	215
	>16-40	355	205
	>40-63	320	185
	>63-100	305	175
Q460 钢	≤16	410	235
	>16-40	390	225
	>40-63	355	205
	>63-100	340	195

螺栓的强度设计值 (N/mm²)

螺栓类型	类别	抗拉	抗剪
镀锌粗制螺栓 (C 级)	4.8	200	170
	6.8	300	240
	8.8	400	300
	10.9	500	380
地脚螺栓	4.6	160	—
	5.6	200	—
	8.8	310	—

螺栓和螺母的材质及其特性应分别符合《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》(GB/T3098.1-2010)、《紧固件机械性能 螺母 粗牙螺纹》(GB/T3098.2-2015)、《紧固件机械性能 螺母 细牙螺纹》(GB/T3098.4-2000)的规定。锚栓的材质与抗拉强度、机械性能符合碳素结构钢 GB/T 700-2006(Q235),优质碳素结构钢 GB/T 699-1999(35、45 号钢)与合金结构钢 GB/T 3077-2015(40Cr、42CrMo 热处理后)的规定，在设计中应考虑受拉与剪切综合应力。按照 DL/T 5486-2020 《架空输

电线路杆塔结构设计技术规程》，地脚螺栓材料类别划分为 4.6、5.6、8.8 级，设计计算时按相应抗拉强度取值。

铁塔设计采用的角钢型号见下表。

标准设计角钢规格推荐表

序号	规格 (mm)													
	肢宽	肢厚												
		3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	24
1	40													
2	45													
3	50													
4	56													
5	63													
6	70													
7	75													
8	80													
9	90													
10	100													
11	110													
12	125													
13	140													
14	160													
15	180													
16	200													

注：

- 1) 表中规格仅为推荐系列，其他角钢规格（包括 L220、L250 大角钢）可根据需要确认市场供货有保证后进行增减。
- 2) L63X5 及以上角钢规格可以采用 Q345 钢，L125X10 及以上角钢规格可以采用 Q420 钢。
- 3) 构件长度不宜超过 12 米，L100 以下角钢不宜超过 9 米。

(4) 铁塔与基础的连接方式

杆塔与基础的连接采用插入角钢和地脚螺栓两种方式。

地脚螺栓常用规格

4M24	4M27	4M30	4M36	4M42	4M48	4M52	4M56	4M60	4M64	4M68	4M72
8M42	8M48	8M52	8M56	8M60	8M64	8M68	8M72	8M76	8M80	8M90	

5.3.9.5 长短腿级差

为保护自然环境，防止水土流失，山区铁塔长短腿的级差按照不破坏一定角

度的斜坡原状地貌的原则设置：

500kV 塔按照坡角 27~30 度设置；

220kV 塔按照坡角 25 度设置；

110kV 塔按照坡角 20 度设置；

5.3.9.6 铁塔抗震

本线路路径所经地区抗震设防烈度为 6 度，设计基本地震加速度值为 0.05g，根据“线规”的规定：位于基本地震烈度为 7 度及以上地区的混凝土高塔和位于基本地震烈度为九度及以上地区的各类杆塔均应进行抗震验算，本工程铁塔不需进行抗震验算。

5.3.9.7 杆塔设计细节及精细化要求

（1）铁塔距离地面 9m 范围内的连接螺栓全部采用防盗螺栓，以增加线路运行的安全可靠。在风荷载作用下，常常引起导线、塔的振动及导线舞动，致使铁塔部分螺栓自然松动。其他螺栓均采取防松措施。

（2）塔材、铁件及钢材均需热镀锌防腐。

（3）铁塔接地孔均设置双孔（孔距 50mm），距塔脚板 800mm。

（4）线路应设置标志牌，清楚标明线路名称、电压等级、杆塔编号、运行单位联系电话；线路应设置相位标志牌，清楚标明线路的相序，以利于巡检人员工作。

标志牌安装要求：

1）安装方向：线路每基杆塔须悬挂线路名称、杆塔号标志牌，原则上标志牌安装在杆塔的小号侧，在公路、河道两侧的杆塔可安装在靠公路、河道的一侧；

2）安装位置：标志牌安装在离基础顶面向上 3~6m 的适当位置。标志牌的安装应不得妨碍上下杆塔。若不易安装，应增设专门支架；

3）为防止标志牌遗失情况下仍能辨识杆塔，宜在塔身适当位置喷涂线路名称和杆塔号；

4）同塔多回线路应在横担相应位置安装回路标志牌（代替涂刷回路颜色的方式）；

5) 相位牌安装在横担上的适当位置, 并不得妨碍检修工作和影响线路安全运行。

6) 杆塔标示牌采用夹具固定, 塔材不留施工孔。

(5) 新建总高度小于 80m 的杆塔, 登塔设施宜选用脚钉, 全高 40~80 米的杆塔塔身中间需设置一个休息平台。新建总高度高于 80m 的杆塔, 应设置脚钉, 每隔 30~40m 设置一个休息平台; 横担需要设置人行走道。

(6) 角钢塔脚钉布置从地面上约 1.5 米处开始, 间距约为 450 毫米, 放样一般采用 M16 脚钉。主材接头处脚钉, 其直径与螺栓直径相同, 其钢号与螺栓钢号一致, 并打上钢印, 以示区别。M16 脚钉一般采用 4.8 级, 此脚钉不作杆件的连接螺栓用。

(7) 脚钉一般安装在线路前进方向右后主材上, 多回路塔还应在其对角侧主材上增设脚钉。酒杯塔(包括转角塔)、猫头型塔上曲臂采用脚钉或简易踏板, 设置于左右同侧曲臂内侧主材; 干字形转角塔脚钉下导线横担以下部分装于内角侧, 以上部分装于外角侧。

5.3.9.8 杆塔类型选择及使用情况

本工程各线路所采用的杆塔型式、呼称高度、单基塔重、根开详见《杆塔一览图》。现对新建线路杆塔型号使用条件及数量说明如下:

本工程为 110kV 新建线路工程, 设计基本风速取 39m/s (10 米高、50 年一遇), 覆冰 0mm。导线型号为 1×JL/LB20A-630/45 钢芯铝绞线, 铁塔参照《南方电网 110kV~500kV 杆塔标准设计》(V3.0 版) 中的 1F2We 模块, 该模块使用条件: 该模块为海拔 1000m 以下、基本风速 37m/s (离地面 10m)、覆冰厚度 0mm、导线 JL/LB20A-630/45、地线 JLB27-100 的双回路铁塔, 按山地进行规划设计。直线塔、耐张塔均为伞型, 按全方位长短腿设计。该子模块 4 种直线塔, 4 种耐张塔, 共计 8 种塔型。但本工程新建线路基本风速 39m/s (离地面 10m), 根据受力验算后, 本工程选用 Z3 和 J4 两种塔型受力满足新规程要求。

杆塔型号使用条件及数量表

序号	塔型名称	数量 (基)	转角范围 (°)	呼高范围 (m)	垂直档距 (m)	水平档距 (m)
----	------	-----------	-------------	-------------	-------------	-------------

5.3.10.2 基础型式优选

(1) 基础选择原则

基础作为送电线路体系的重要组成部分,在设计、施工等方面都具有明显的行业特点,输电线路基础即承受下压力又承受上拔力,同时还有较大的水平力作用。因此,因地制宜地根据不同塔位不同的基础作用力、地质条件、交通运输情况选择适宜的基础型式,不仅可以降低工程建设成本,而且有利于线路的安全运行以及自然环境的保护。

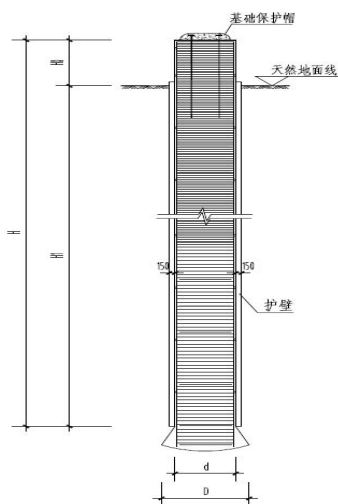
(2) 基础型式

本工程新建线路沿线以丘陵、山地地貌为主,全线地形起伏不大,为实现减少植被破坏、减少水土流失、保护环境的目的,结合线路沿线地质特点、地形情况、施工条件、杆塔型式及基础受力条件作综合考虑,本工程主要采用人工挖孔桩基础。

结合我院多年在输电线路基础设计中的经验及本工程的实际情况,现就基础型式的特点进行论证说明。

人工挖孔桩基础

人工挖孔桩基础具有造价低、所需施工设备简单、成桩质量容易保证等特点,在输电线路工程上也有成熟的计算理论和运行经验。该基础型式安全可靠、可承受很大的荷载,根据上部荷载大小及地质情况可灵活选用多种桩的布置型式。但由于施工人员劳动强度大,具有一定的危险性,施工时必须严格按《建筑桩基技术规范》要求做好安全措施。本工程山地丘陵路段地质条件较好,塔位的地下水位较低,对基坑开挖鲜有影响,故本工程对位于以上路段受力情况相对较大的直线塔及转角塔推荐采用人工挖孔桩基础。



人工挖孔桩基础剖面图

5.3.10.3 基础材料

本工程基础材料选择如下：

（1）混凝土强度等级：为满足《混凝土结构设计规范》（2015 版）（GB50010-2010）中规定的混凝土耐久性，本工程各种基础型式均采用 C25 混凝土，基础保护帽及人工挖孔桩基础的护壁均采用 C25 混凝土，基础垫层采用 C15 混凝土。

（2）基础用钢材：本工程所选择基础钢材严格按照《碳素结构钢》（GB/T 700-2006）及《低合金高强度结构钢》（GB/T 1591-2018）的质量标准要求，所有基础主筋均采用 HRB400 级钢筋，其余采用 HPB300 级钢筋，地脚螺栓采用 8.8 级。

（3）基础具体型式及材料详见《基础一览图》。

5.3.10.4 铁塔与基础连接方式的选择

目前铁塔与基础的连接方式主要有两种方法：地脚螺栓和插入角钢两种。

地脚螺栓连接方式加工简便，适用于所有基础形式，由于塔脚板上螺栓孔直径为 1.25 倍地脚螺栓直径，安装时有一定的调节范围，施工技术成熟，调节余地大，根据本工程施工情况，宜采用地脚螺栓连接方式。本工程地脚螺栓在基础混凝土中的锚固长度严格执行《架空输电线路基础设计技术规程》（DL/T5219-2014）的钢筋锚固长度计算规定，根据实际工程情况对地脚螺栓锚固长度进行优化，以实现降低工程造价的目的。

插入角钢是近些年来国内才兴起的另一种连接方式，由于将塔腿角钢部分插入基础，取消塔脚板、地脚螺栓，大部分情况下可以节约钢材。但此种连接方式不能适用于所有基础形式，仅适用于斜柱基础。该基础形式对主柱的支模、浇注、短柱角钢的固定要求很高，稍有偏差，便有可能给组塔带来困难和基础报废，故本工程不推荐使用此种连接方式。

结合本工程实际情况，采用地脚螺栓式的连接方式。

5.3.10.5 基础保护帽

保护帽以塔脚板中心为尺寸控制点进行支模，支模时保护帽的宽度应保证保护帽边缘距离塔脚板和地脚螺栓不小于 50mm，高度应超过地脚螺 50-100mm 为宜，并不小于 300mm。保护帽混凝土强度与基础强度相同。



基础保护帽

5.4 电缆线路工程设想

5.4.1 电缆线路设计遵循的主要规程规范、技术依据

- (1) 《电力工程电缆设计标准》（GB50217-2018）
- (2) 《城市电力电缆线路设计技术规定》（DL/T 5221-2016）
- (3) 《城市工程管线综合规划规范》（GB 50289-2016）
- (4) 《电力电缆线路运行规程》（DL/T 1253-2013）
- (5) 《高压电缆选用导则》（DL/T 401-2017）

-
- (6) 《高压配电装置设计规范》(DL/T 5352-2018)
 - (7) 《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》(GB/T50064-2014)
 - (8) 《交流电气装置的接地设计规范》(GB/T50065-2011)
 - (9) 《电气装置安装工程电缆线路施工及验收标准》(GB50168-2018)
 - (10) 《电气装置安装工程接地装置施工及验收标准》(GB 50169-2016)
 - (11) 《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》(GB 50150-2016)
 - (12) 《电缆载流量计算》(JB/T 10181.11~10181.32-2014)
 - (13) 《35kV~500kV 电力电缆线路运行规程》(试行)
 - (14) 《广东电网公司输电线路运行管理细则》(2021 版)
 - (15) 《架空线路及电缆安健环设施标准》Q/CSG 1207002-2016
 - (16) 《混凝土结构设计规范》(GB50010-2010 (2015 版))
 - (17) 《钢结构设计标准》(GB 50017-2017)
 - (18) 《水平定向钻敷设电力管线技术规定》(DL/T 5776-2018)
 - (19) 《电力工程地基处理技术规程》(DL/T 5024-2020)
 - (20) 南方电网公司《35kV~500kV 交流输电线路装备技术导则》(Q/CSG1107003-2019)
 - (21) 《南方电网公司反事故措施(2025 年版)》
 - (22) 中华人民共和国《工程建设标准强制性条文》电力工程部分
 - (23) 《电力防火措施设计和施工验收标准》(DLGJ 154-2000)
 - (24) 《南方电网污区分布图》(2021 版)
 - (25) 其他电力工程设计规程、规范、规定及相关文件有效版本

5.4.2 设计气象条件

本工程新建电缆线路所经地区为茂名市电白境内,该地区有较多已运行多年的各种电压等级的架空、电缆线路,结合收集到的气象资料,本工程新建电缆线路的基本风速及覆冰的取值与架空线路部分保持一致。

(1) 设计地温

查《城市电力电缆线路设计技术规定》(DL/T 5221-2016)附录 F,得全国

各地区代表性城市八月份平均地温（℃）如下：

全国各地区代表性城市八月份平均地温（℃）

地区	地面下的深度（m）			
	0.4	0.8	1.6	3.2
广州	30.8	29.1	27.8	25.5
韶关	29.6	28.4	26.3	23.4
汕头	29.7	29.0	27.6	25.1

考虑茂名地区距离广州较近，近年整体气温升高，本工程电缆平均埋深处（H=1.0m）最热月平均地温取值 30℃。

（2）设计土壤热阻系数

本工程电缆线路所在地土壤潮湿，规律性下雨，土质以泥沙土为主，综合考虑电缆敷设环境特点，本工程土壤热阻系数取值为 1.2K·m/W。

本工程电缆线路的设计气象条件组合一览表如下：

电缆线路设计气象条件组合表

序号	环境条件	单 位	数 值	备 注
1	最高环境气温	℃	40	
2	最低环境气温	℃	0	
3	最热月平均地温(H=1.0m)	℃	30	
4	最低地温	℃	15	
5	最热月日最高平均气温	℃	35	
6	年平均气温	℃	15	
7	基本风速	m/s	29	
8	地震烈度	级	7	
9	日照强度	W/cm ²	0.1	
10	最大相对湿度		100%	
11	覆冰		无冰	
12	雷暴日	日	91.4	
13	海拔高度	1000 米以下		
14	盐害	户外为 0.05~0.1 毫克/平方厘米		
15	污染	有一般性粘尘污染及霉菌		

根据《南方电网污区分布图》（2021 版），本工程电缆线路沿线均处于 e 级

污区，本工程电缆线路全线按 e 级污区上限设计。

5.4.3 电缆及附件选型

5.4.3.1 电缆选型

（1）电缆绝缘类型选择

目前，国内外在电网中较普遍使用的高压电力电缆有自容式充油（OF）电缆和交联聚乙烯（XLPE）电缆，自容式充油电缆开发较早，使用时间长，在生产制造、施工安装、运行维护等方面积累了较丰富的经验。由于自容式充油电缆的绝缘纸浸渍在有压力的绝缘油中，依据检测绝缘油的介损（ $\text{tg}\delta$ ），可判断运行中自容式充油电缆绝缘的老化程度。但这款类型的电缆，除了电缆本体外，还需要配套较繁琐的附属设备——能随电缆运行温度变化自动调节压力的供油系统，从而保障电缆的绝缘水平。因此，给施工安装、运行维护增加工作量和技術难度，带来了诸多不便，增加了运行成本。

交联聚乙烯绝缘电缆是采用过氧化物进行化学交联制造出来的电缆，纯干式结构，具有结构简单、重量轻、易于弯曲、电气性能优良，耐热性能好、传输容量大、安装敷设方便和接头简单、制作容易等优点，尤其是不需要附属供油系统，对施工安装、运行维护降低了难度和成本。该类型电缆在正常运行最大负载电流作用下的电缆导体最高允许温度为 90°C ，通过短路电流最高允许温度为 250°C ，而自容式充油电缆相应为 80°C 和 160°C ，在相同条件下，交联聚乙烯绝缘电缆比自容式充油电缆具有较大的输送容量。但对交联聚乙烯绝缘电缆，尚难检测运行中的绝缘水平。交联聚乙烯绝缘电缆在国内外电网中已被广泛使用，大有取代自容式充油电缆的趋势。

迄今为止，在本地区电网中使用的高压电力电缆均为交联聚乙烯绝缘电缆，结合南网物资品类优化结果，本工程拟选用交联聚乙烯绝缘电力电缆。

（2）电缆导体材质的选择

电力电缆导体是用来传输电流，输送电能的。在传输过程中将产生电能损耗和电压降，尤其是现代越来越大电流长距离输送，问题更加突出，在当今提倡节能降耗的大趋势下，必须高度重视电缆导体的材质选择。

为了减少电缆导体的电能损耗和电压降，应选取具有高电导系数的金属材料制成的电缆导体，迄今为止，使用最广泛的电缆导体材质是铜和铝，即铜芯电缆和铝芯电缆，现将铜和铝的主要参数列于下表：

铜、铝参数对比表

材质	20℃时的电导系数 γ (S/m)	20℃时的电阻系数 ρ (Ω /m)	电阻温度系数 (1/℃)	熔融温度 (℃)	比重
铜	58×10^6	0.017241×10^{-6}	0.00393	1080	8.9
铝	38×10^6	0.0263×10^{-6}	0.00403	660	2.7

由上表可知，铜的电导系数 γ_{Cu} 比铝的电导系数 γ_{Al} 大 53%；相反，铝的电阻系数 ρ_{Al} 比铜的电阻系数 ρ_{Cu} 大 53%，可见铜是节能降耗最好的一种电缆导体材质。

为了增加电缆的柔软性和可曲度，电缆导体是由多根小直径的导体单丝绞合而成。因此，电缆导体在制造时，有单丝对接的技术问题。在相同条件下，铜和铜导体之间与铝和铝导体之间的对接接触电阻，铜比铝要小约 10~30 倍，据资料统计，电缆火灾事故中，铜导体电缆是铝导体电缆的 1/55。国内电缆运行实践反映出铝比铜导体电缆的事故率要高，由此可见铜导体电缆比铝导体电缆的对接可靠性和安全性要高。铜具有电导系数大，机械强度高，耐腐蚀性好，加工容易（易于压延、拉丝、焊接等）等多项技术优点，是广泛应用于电缆导体的良好材料，而且在大电流和年利用小时数大的输电线路中，选择铜导体比铝导体更能同时满足经济性最佳与技术性最合理的双重要求，故本工程推荐采用铜材作为电缆导体。

（3）金属护套的选择

高压交联电缆的金属护套主要有铅套、皱纹铝套、皱纹铜套、皱纹不锈钢套和铝塑综合护套。铅套的优点是柔软，弯曲性能、密封性和耐腐蚀性好，便于敷设，适用于防水、防潮以及防腐蚀性要求高的场合；缺点是机械强度低，抗蠕变性差，不适合在振动或正压力较大的情况下敷设。另外铅的密度大，直流电阻率高，允许通过的短路电流小。铝护套的优点是机械强度高，直流电阻小，允许通过的短路电流大，由于铝的密度小，因此电缆的重量明显小于铅护套；但是与铅

套相比铝护套的缺点是电缆外径大，装盘长度短，耐腐蚀性差，不易弯曲。铝塑综合护套电缆除外径小，重量略轻于皱纹铝套电缆外没有其他优点，缺点是密封性差，另外由于铝塑敷设层与外护套之间的摩擦系数较小，电缆在敷设过程中容易起皱，甚至会产生破裂，因此铝塑综合护套电缆不适合直埋或湿度较大的环境。皱纹铜套电缆与铅套电缆相比重量轻，允许短路电流大，与皱纹铝套电缆相比几乎不存在优点，且造价较高。

本工程电缆主要敷设在电缆沟、混凝土包封埋管、非开挖定向钻拖拉管、电缆桥架及电缆隧道中，要考虑电缆的阻水性能和耐受外力的作用，因此综合比较考虑，本工程电缆金属护层选用皱纹铝外护套。

(4) 电缆非金属外护套的选择

电缆的外护层材料主要有 PE(聚乙烯)、PVC(聚氯乙烯)两种。按其密度和分子结构不同 PE(聚乙烯)又分为：LLDPE(线型低密度聚乙烯)、LDPE(低密度聚乙烯)、MDPE(中密度聚乙烯)、HDPE(高密度聚乙烯)。LLDPE 和 LDPE 可以用于较轻的通信电缆，用于高压电缆时在敷设时候容易受到机械损伤。PVC 是一种极性材料，该材料的绝缘电阻较低，而 PE 是非极性材料，该材料的绝缘电阻远高于 PVC。而 PVC 外护层的主要优点是具有阻燃性能，较适合于明敷于电缆隧道中；PE 外护层的机械、电气性能、防水性能均优于 PVC，但阻燃性能不佳，适合于直埋、浅沟、穿管敷设。根据 PE 系列的机械性能比较：LLDPE < LDPE < MDPE < HDPE。

本工程新建 110kV 电缆主要敷设于常规电缆沟、电缆桥架、混凝土包封埋管、非开挖定向钻拖拉管中，对电缆的防水性以及机械性能要求高，推荐选用 HDPE(高密度聚乙烯)外护套。考虑“防蚁”措施需要在外护套添加不小于 2mm“退灭虫”的双外护套。因此在本段路径中选用交联聚乙烯绝缘、铜导体、皱纹铝护套、高密度聚乙烯及防蚁护层双外护套电缆，型号为 FY-YJLW03。

(5) 系统输送容量及短路电流

1) 系统输送容量要求

根据系统专业提资，本工程新建电缆线路输送容量如下：

新建电缆线路输送容量要求

序号	线路名称	电压等级 (kV)	线路最大输送 容量 (MVA)	额定载流量 (A)
1	茂名滨海新区绿色化工和 氢能产业园丙烯酸项目配 套双回路电源 (每回)	110kV	378	1984

2) 系统短路电流

根据系统专业提资，短路电流计算一般考虑 5-10 年的系统发展与规划。结合本工程的建设及系统的实际情况，取短路电流计算水平年为 2030 规划末年。

相关变电站三相及单相短路电流值见下表所示：

相关站点 110kV 侧短路电流

单位：kA

短路点	单相	三相
菠萝园站 110kV 母线	12.55	12.75
氢能产业园用户站 110kV 母线	9.89	10.15

(6) 110kV 电缆载流量的计算

电缆线路沿线取最高环境温度 40℃，最热月平均地温 30℃（地下埋深 1m 考虑），土壤热阻系数取值 1.2K·m/W。依据《电缆载流量计算》（JB/T 10181.11～10181.32-2014）文件，对 110kV 电缆线路采用 800mm²、1200mm²、1600 mm² 截面在各种敷设条件下的载流量计算结果如下：

电缆载流量计算表

（甲乙线其中一回带电，即两回路带电，两回路停电）

电缆导体截面	温度(℃)	电缆载流量 (A)		
		双回路电缆沟 (本期填沙)	双回路埋管 (品字型)	双回路顶管
800mm ²	30	底部 747/侧壁 801	705	722
1200mm ²	30	底部 785/侧壁 889	856	876
1600mm ²	30	底部 1018/侧壁 1106	969	989
载流量计算条件	导体工作温度：90℃，双回路带电，单点接地。			

	<p>电缆沟敷设时，两回电缆挂侧壁，垂直排列，相间距 300mm，两回电缆放底部槽盒，相间距 250mm。土壤热阻系数为 $1.2\text{k}\cdot\text{m}/\text{W}$。按电缆沟不发生水分迁移条件计算。</p> <p>电缆埋管：电缆品字形排列，110kV 相间距 250mm。土壤热阻系数为 $1.2\text{k}\cdot\text{m}/\text{W}$。</p> <p>顶管深度 4-10m，平均地温 25 度，“品”字形顶管施工工艺考虑，相邻两条回扩孔之间净距离不小于 1.5 倍回扩孔直径。土壤热阻系数为 $1.0\text{k}\cdot\text{m}/\text{W}$。</p>
--	---

110kV 甲、乙线路每回路最大输送容量要求为 189MVA，即每回电缆运行时额定电流为 992A。拟选用 1600mm^2 截面电缆，在甲乙线其中一回带电情况下， 1600mm^2 截面电缆额定电流略低于系统输送容量要求，但由于 1600mm^2 截面为目前 110kV 电缆的最大截面，且甲、乙线电缆线路同时达到满载的概率极小，因此 110kV 甲、乙线路选用 1600mm^2 截面电缆，可满足要求。

综上所述，本工程电缆选用交联聚乙烯绝缘、皱纹铝护套、高密度聚乙烯及防蚁护层双外护套电力电缆，新建线路电缆型号选用 FY-YJLW03-Z 64/110 1× 1600mm^2 。

5.4.3.2 电缆附件选型

110kV 及以上电压等级的交联电缆在我国已有 30 余年运行历史，期间发生过不少绝缘击穿事故。统计表明，这些击穿事故大多数发生在电缆附件上，电缆本体故障率较低。分析电缆附件故障的原因，除安装质量问题外，有不少是由于电缆附件本身存在问题而引起的，包括选型不当和制造质量。因此，结合工程的特点选择适当的电缆附件至关重要。

根据《广东电网有限责任公司电缆及附件防火防爆工作指导意见》（广电生部〔2016〕57 号附件），对于新建电缆隧道和电缆沟，站对站的两回电缆应分别布置在通道的两侧，两回电缆线路应采用不同厂家的电缆附件。因此本工程在电缆附件申购及物资批复时，110kV 双回线应注意采用不同厂家电缆附件。

110kV 电缆终端及电缆中间头的主要技术参数要求如下：

- | | |
|-----------|---|
| ① 额定电压 | 110kV |
| ② 最高工作电压 | 126kV |
| ③ 冲击电压峰值 | 550kV |
| ④ 最高工作温度： | 正常运行时 90°C ，短路时 250°C |

⑤ 传输容量与短路容量：不小于电缆

(1) 户外终端

110kV 及以上户外电缆终端主要有瓷套管户外终端、复合套管户外终端、硅橡胶全预制干式终端等。瓷套管户外终端具有运行经验成熟，自洁性好等优点；复合套管户外终端具有重量轻、自洁能力强、防爆等优点；硅橡胶全预制干式终端具有重量轻，安装方便等优点。

根据广电生〔2020〕20 号《关于在新建扩建工程中落实设备管理要求的通知》及《南方电网公司反事故措施（2022 版）》，人员密集区或有防爆要求的场所(300m 范围内)，新建或改造电缆户外终端应选用复合套管电缆终端。

本工程拟建 110kV 户外终端临近居民小区或商业中心，推荐选用复合套管户外终端，型号为 JYZWZY4 64/110 1×1600。

(2) GIS 终端

GIS 终端根据不同的内绝缘特征，分为湿式 GIS 终端（即液体填充绝缘 GIS 终端）与干式 GIS 终端。湿式 GIS 终端须在现场完成其与电缆进线仓的电气和机械连接和安装，在现场的试验及安装工作中均需要高压设备厂方人员配合完成电缆进线仓的充、放油等工作，工序复杂；干式 GIS 终端实现了无油化和全封闭，电缆终端的体位不受限制，可根据现场的需要以不同方位灵活地实现电缆与 GIS 组合电器或变压器的连接，安装便捷。结合南网物资品类优化结果，本工程采用干式绝缘 GIS 终端。

GIS 终端根据不同的安装方式，分为装配式 GIS 终端和插拔式 GIS 终端。其中，装配式 GIS 终端的环氧树脂套管与应力锥形成整体，电缆自重及运行中的各种附加应力等均由环氧套管承受，可避免应力锥因长期直接受力而与环氧套管之间产生间隙，引发潜在的运行风险；插拔式 GIS 终端具有结构简单、安装简便、易于维护的特点，短型插拔式 GIS 终端加装出线杆后，又适用于与长式 GIS 终端配套的 GIS 设备。

根据广东电网公司输电线路运行管理细则（Q/CSG-GPG 2 06 3 011-2021）的相关要求，电缆截面超过 800mm²不宜选用插拔式的 GIS 终端；GIS 终端选用干

式终端。

综上,本工程 110kV 电缆 GIS 终端推荐选用装配式结构的干式绝缘 GIS 终端,型号为 YJZGG 64/110 1×1600。

110kV 电缆 GIS 终端插入长度有长(757mm)、短(470mm)两种, GIS 终端的插入长度应与变电 GIS 设备保持一致。

(3) 中间接头

电缆中间接头根据电气特征可分为直通接头和绝缘接头;根据接头保护和及外保护层的形式,可分为 0 型—无保护盒、1 型—玻璃钢保护盒(含铜壳和防水浇筑剂)、2 型—绝缘铜壳(含防水浇筑剂);根据不同的结构形式,可分为绕包式、整体预制型、组合预制型等型式,其中整体预制型的半导体内屏蔽、主绝缘、半导体外屏蔽及应力锥是在工厂里预制成一个整体,在出厂时做耐压试验,对现场安装人员的工艺水平、现场环境条件依赖程度较低,安装后的质量有可靠的保证,已得到了广泛的应用。

为了备货和运行检修的方便,本工程新建中间绝缘接头推荐选用整体预制橡胶绝缘件绝缘接头,配玻璃钢保护盒,型号为 YJJJI1 64/110 1×1600;本工程新建中间直通接头推荐选用整体预制橡胶绝缘件绝缘接头,配玻璃钢保护盒,型号分别为 YJJTI1 64/110 1×1600,其中,无接地需求的直通接头,可不装设金属外护套护层接地引出线。

用于新旧电缆异径截面驳接的中间接头,则需要根据中标厂家的产品技术参数,谨慎选用整体预制型接头或组合预制型接头。

(4) 接地箱

本工程电缆线路主要有三相式直接接地箱、三相式保护接地箱、交叉互联箱、六相式直接接地箱、六相式单边保护接地、单边直接接地箱等。

1) 接地箱带电部分对箱体的绝缘水平应不低于电缆非金属外护层的绝缘水平。

2) 接地箱外壳、螺栓、螺帽等应选用具有足够抗晶间腐蚀能力的奥氏体 304# 不锈钢材料,防腐蚀性能应满足 DL508 标准要求。接地箱箱体厚度不小于 2mm,

箱盖厚度不小于 2.8mm，且上方有两个可活动门型把手。箱体与箱盖接触的法兰面厚度不小于 5mm，以保证箱体有足够的机械性能。

3) 接地箱的密封性能应能满足长期浸泡在水中的要求，箱体防水等级为 IP68。密封圈应能在额定负荷下长期使用。

4) 接地箱、交叉互联箱箱体侧面需有接地连板，铜排截面不低于对应接地线或同轴电缆的截面，箱内接地线或同轴电缆的紧固件应采用铜材。

(5) 接地线、同轴电缆及回流线

直接接地箱、保护接地箱的连接线应选用单芯塑料绝缘线，导体截面应满足短路电流产生的热机械性能要求，接地线导体对地绝缘水平应不低于电缆非金属外护层的绝缘水平。

交叉互联箱的连接线应选用无感同轴电缆。交叉互联接线盒内的三只保护器作星形连接，星形的中性点接至接地网，即 Y0 连接。同轴电缆导体截面应满足短路电流产生的热机械性能要求，内外导体间以及外导体对地绝缘水平应不低于电缆非金属外护层的绝缘水平。

同轴电缆及接地线的主绝缘材料为 XLPE，厚度参照 GB/T12706 要求执行，不应有半导体层和屏蔽层（如铜丝屏蔽等）。根据应用环境不同，有阻燃要求的同轴电缆及接地线外层绝缘应采用有阻燃性的 PVC 材料，无阻燃要求的同轴电缆及接地线外层绝缘应采用 HDPE 材料。结合南网最新物资品类优化结果，本工程外层绝缘选用 PVC 材料。

经计算，110kV 三相式直接接地箱、三相式保护接地箱与电缆金属护套连接选用 ZRA-YJV 8.7/10，240mm²接地电缆；110kV 交叉互联接地箱、六相式接地箱与电缆金属护套连接选用 ZRA-YJOV 8.7/10，240mm²同轴电缆；所有 110kV 接地箱箱体接地均选用 ZRA-YJV 8.7/10，240mm²接地电缆。接地电缆、同轴电缆的绝缘水平应满足：工频耐受电压 25kV/1min，雷电冲击耐受电压(峰值)37.5kV。

根据运行单位要求，交叉互联箱所采用的同轴电缆内芯一律接电源侧，同轴电缆外皮（芯）一律接负荷侧。

为抑制短路时电缆金属层产生的工频感应过电压，采用单点接地方式的电缆

线路均需沿线设置一根回流线。根据热稳定校验,110kV 电缆回流线采用 ZRA-YJV 8.7/10, 240mm² 接地电缆满足工程要求。回流线尽量采用“三七开”方式敷设。

(6) 护层过电压保护器

为防止雷电过电压和内部过电压造成电缆金属护层多点接地故障,采用电缆护层保护器降低护套对地过电压,保证电缆大容量可靠输电。保护器的工作原理是:当保护器在正常工作条件下,呈现较高的电阻,此时流过保护器的电流为微安级,这就保证了电缆金属护套上不通过感应电流。当雷电过电压或操作过电压波进入时,在绝缘接头处将可能出现很高的冲击过电压,此时,保护器即呈现较小的电阻,过电压电流经保护器流入大地,从而降低电压,保护电缆外护层不至于被击穿。这种过电压保护器,目前普遍采用非线性电阻的氧化锌阀片(或 ZnO 压敏电阻)。本工程电缆亦选用这种非线性电阻的氧化锌(ZnO)阀片,并采用 Y0 接线方式作为电缆金属护层电压限制器。

根据本工程电缆线路设计要求,保护器应按下列条件选择和设计:

- 1) 保护器材料:无间隙氧化锌阀片。
- 2) 保护器方波容量:110kV 不小于 400A,220kV 不小于 600A。
- 3) 保护器通过 8/20 μ s、10kA 冲击电流时的残压:110kV 不大于 7.5kV,220kV 不大于 10kV。
- 4) 保护器在 3kV 工频电压下能承受 5s 而不损坏。
- 5) 保护器应能通过最大冲击电流累计 20 次而不损坏。
- 6) 保护器阀片数: $m=U_s/U$

式中: U_s —工频短路时作用在护层上电压(kV)

U — 一片 ZnO 阀片耐受工频电压(kV)

(7) 避雷器

保护电缆线路的避雷器的主要特性参数应符合下列规定:

- 1) 冲击放电电压应低于被保护的电缆线路的绝缘水平,并留有一定裕度;
- 2) 冲击电流通过避雷器时,两端子间的残压值应小于电缆线路的绝缘水平;
- 3) 当雷电过电压侵袭电缆时,电缆上承受的电压为冲击放电电压和残压,

两者之间数值较大者称为保护水平 U ；电缆线路的 $BIL=(120 \sim 130)\%U_p$ ；

4) 避雷器的额定电压，对于 66kV 及以上中性点直接接地系统，额定电压取系统最大工作线电压的 80%；对于 66kV 及以下中性点不接地和经消弧线圈接地的系统，应分别取最大工作线电压的 110%和 100%。

结合南网物资品类优化结果及当地运行习惯，本工程 220kV 线路型避雷器选用支座式合成氧化锌无间隙避雷器，型号为 YH10W-216/562（复合绝缘），配在线监测仪；本工程 110kV 线路型避雷器选用支座式合成氧化锌无间隙避雷器，型号为 YH10W-108/281（复合绝缘），配在线监测仪。

5.4.4 电缆金属护层的接地方式

（1）电缆金属护套接地方式及分段

为了使金属护套或屏蔽层上任一点非接地处的正常感应电压满足“在正常满负荷情况下在未采取能防止人员任意接触金属护套或屏蔽层的安全措施时，不得大于 50V 的要求；在采取安全措施时，不得大于 300V 的要求”，另外为了减少电缆金属护套中的损耗，提高电缆的输送容量，对于单芯高压电力电缆金属护套的接地，不能简单地将金属护套两端直接接地。由于电缆线路在正常运行情况下，要求在金属护套上不应有电流通过。

为了解决这个问题，目前一般的做法，对线路不长，可满足感应电压相关要求者，可采用线路一端直接接地方式；对线路稍长，一端接地不能满足感应电压相关要求且无法分成三段组成交叉互联时，可采用线路中间一点接地方式；对较长的单芯电力电缆线路，将电缆等分成 3 的倍数，采用交叉互联接地方式。

本工程新建电缆线路的接地方式具体如下：

双回电缆线路长约 $2 \times 4.1\text{km}$ 。拟分为 7 段，每段长度约 565—640m，将前 3 段电缆每两小段中间采用直通接头连接且不接地，共组成一个完整的交叉互联段，后三段组成一个完整的交叉互联段。

电缆金属外护套在变电站侧接地时，将接地箱的接地线接到变电站的主地网上，接地电阻与变电站地网的工频接地电阻一致，要求不大于 0.5Ω 。

电缆金属外护套在电缆接头处接地时，将接地箱的接地线接到接头井地网上，

接地电阻均要求不大于 $10\ \Omega$ 。

电缆金属外护套在新建电缆终端场侧接地时，可根据运行单位要求取消接地箱外箱体，将接地箱的接地线就近与电缆终端金属支架连接，并保证与电缆终端场接地网有可靠的电气连接，接地电阻与新建电缆终端场接地网的工频接地电阻一致，要求不大于 $4\ \Omega$ 。

(2) 电缆金属护套的工频感应电压

1) 正常运行情况下电缆金属护套感应电压

正常情况下，电缆金属护套的感应电压最大计算结果如下表所示：

电缆金属护套感应电压

线路名称（茂名滨海新区绿色化工和氢能产业园丙烯酸项目配套双回路电源工程）	线路分段长度（m）	金属护套感应电压（V）		
		A 相	B 相	C 相
第 1 盘	640	32.110	44.245	69.901
第 2 盘	565	35.241	45.203	68.703
第 3 盘	572	31.954	46.541	69.772
第 4 盘	562	36.154	47.535	68.9541
第 5 盘	563	35.241	44.203	68.703
第 6 盘	563	33.954	47.513	67.992
第 7 盘	614	38.214	49.501	68.732

根据《电力工程电缆设计标准》（GB50217-2018）中第 4.1.11 条，“交流单芯电力电缆金属套上应至少在一端直接接地，在任一非直接接地端的正常感应电势最大值应符合下列规定：1 未能采取能有效防止人员任意接触金属层的安全措施时，不得大于 50V。2 除上述情况外，不得大于 300V”。

本工程在变电站外敷设的电缆全部敷设于电力管廊或隧道内，同时电缆金属护层外尚有非金属护套，因此不易给人触摸。另外，接地保护箱设计放置于变电站内，其余接地箱均有外箱体并配置专用门锁，除运行检修人员外其他人不易触及电缆金属护层。从上表可见，电缆金属护套感应电压满足有关规范要求。

2) 单相接地短路时电缆金属护套过电压计算

根据《高压电缆选用导则》DL/T 401-2017，110kV 电缆外护套雷电冲击耐

受电压（峰值）为 37.5kV。

本工程电缆主要采用电缆沟、非开挖定向钻拖拉管等的敷设方式。电缆线路最大单相短路电流 13.9kA。比较各种排列方式，单相短路时，电缆金属护套感应过电压计算结果如下：

110kV 甲乙线双回电缆线路长约 $2 \times 4.1\text{km}$ 。电缆金属护套最大感应电压为 2.70kV，满足有关规范要求。

3) 过电压保护

本工程电缆线路已按大气过电压的全绝缘水平考虑。

220kV 菠萝园站 110kV 间隔采用 GIS 设备，狮山站、城东站 110kV 间隔采用敞开式设备，其避雷器设置等防雷保护设计详见变电站电气一次专业设计章节。

为了防止电缆和附件的主绝缘遭受到过电压损坏，本工程主要采取的措施有：

在 110kV 电缆终端塔处要求接地电阻不大于 4Ω ，且配置支座式合成氧化锌无间隙避雷器，型号为 YH10W-108/281（复合绝缘），并和 110kV 电缆终端连接。

实行单端接地和交叉互联接地的单芯电缆线路，分别在保护接地箱和交叉互联箱内安装护层过电压保护器。

5.4.5 智能化线路

根据南方电网办生技【2019】52 号《关于印发智能输电线路装备技术导则及验收规范的通知》、南网办生技〔2020〕23 号《关于明确新一代智能输电线路与典型智能变电站建设要求的通知》、广电生〔2020〕20 号《关于在新建扩建工程中落实设备管理要求的通知》等文件的要求，结合南网公司《电力设备预防性试验规程》，需要对电缆走廊及护层接地电流等电缆本体的重要参数进行在线监测，这些参数反映了电缆的运行状态，及早发现参数的变化有利于预防电缆事故的发生。

根据本工程新建线路的重要性和实际情况，拟对本工程新建的 110kV 电缆线路加装高压电缆护层接地环流在线监测装置及高压电缆故障精确定位系统，对电缆通道及电缆终端场加装视频监控装置。

5.4.5.1 高压电缆护层接地环流在线监测装置（无线型）

护层接地电流是保证电缆安全稳定运行重要的技术参数。若电缆护层及接地系统出现故障,可引起电缆局部高温,加速老化,降低电缆使用寿命或护层感应电压超出安全范围,导致外护层绝缘击穿或人身安全隐患,严重时可直接导致电缆载流量 40%的损失,威胁电缆线路的安全运行并造成直接的经济损失。

鉴于目前智能接地箱（含环流在线监测功能）尚未列入框架招标范围,无法按甲供物资采购,因此基建项目仍需要单独配置。根据本工程电缆线路特点,并结合运行单位习惯,本工程推荐采用无线型环流在线监测装置。

环流在线监测装置的配置原则如下:

（1）交叉互联段：环流在线监测装置安装在两端直接接地箱位置,交叉互联箱位置不加装;

（2）单点接地段：环流在线监测装置安装在直接接地箱位置,保护接地箱位置不装;

（3）户外终端场可取消接地箱外箱体。环流在线监测箱体安装于电缆终端头支架上;

（4）变电站侧的接地箱及环流在线监测的外箱体均布置于电缆夹层或竖井内合适位置;

（5）中间接头位置使用环流监测单独箱体。

新建 110kV 双回电缆线路长约 $2 \times 4.1\text{km}$,每回路电缆线路均组成 2 个完整的交叉互联段。本工程拟在直接接地箱位置加装高压电缆护层接地环流在线监测装置（无线型）,共 2 套。

高压电缆护层接地环流在线监测装置（无线型）只配置前端设备,按无线传输考虑（包含招标技术规范书规定年限的流量费用）。

5.4.5.2 高压电缆故障精确定位系统

高压电缆故障精确定位系统可实现电缆线路的快速故障定位,及时恢复供电,减小停电损失和影响。其配置原则如下:

（1）对于没有支路的电缆线路（包含架空、电缆混合线路）,可在每条电

缆线路首末两端配置监测终端。

(2) 对于有分支 T 接电缆线路，可在每条电缆线路首末两端及 T 接点处配置监测终端，即可实现全线的故障区间定位与精确定位。

本工程拟在 110kV 甲乙线双回电缆线路首末两端分别配置 1 套，共 4 套。

高压电缆故障精确定位系统只配置前端设备，按无线传输考虑（包含招标技术规范书规定年限的流量费用）。

5.4.5.3 输电线路图像视频监控装置

根据网省公司数字电网建设要求，结合运行单位要求，输电线路图像视频监控装置的配置原则如下：

(1) 对影响电缆运行安全的施工黑点（已在施工或未来计划施工），应配置可拆装式视频监控设备（球机），要求能覆盖整个施工黑点的范围；

(2) 在电缆接头井、路口处、转弯处及直线段约每 50 至 100 米设置监控点，以保证全线电缆路径视频监控（球机）全覆盖；

(3) 电缆终端场内配置视频监控（球机），能满足观察所有终端及整体场所的画面要求；

(4) 视频监控设备优先考虑立杆安装，具体位置以运行单位要求为准；

(5) 输电线路图像视频监控装置采用太阳能板+蓄电池供电，配置 AI 智能型云台球机，要求监控设备具备前端 AI 图像识别功能；

(6) 视频监控系统主机采用标准的 4G 网络通讯方式将监控数据传送至广东电网有限责任公司电科院远程中心。

本工程考虑在新建电缆终端场处分别安装 1 套视频监控装置，合计 2 套，沿本期新建电缆路径配置 11 套视频监控装置，共计 13 套。

图像视频监控装置只配置前端设备，按无线传输考虑（包含招标技术规范书规定年限的流量费用）。

5.4.5.4 在线监测系统的基本要求

(1) 根据《广东电网有限责任公司输变电设备在线监测系统管理规定》，新建、扩建及改造的在线监测系统均须接入远程中心，并以通过远程中心联调作

为装置调试完成的标志。

(2) 在线监测装置必须获得省电科院认证，未获认证的必须提前送样检测，监测通过获得认证后方可安装。

(3) 在线监测系统架构中，监测数据直接发送至省电科院，地市供电局不设置接收主站，只设置浏览工作站。

(4) 监测系统要求具有标准化接口，并提供数据互联的服务。

(5) 由新装设备厂家完成新接入在线监测数据在原有系统上展示数据工作。

(6) 现场监测装置必须采用防雷、除湿措施。

(7) 现场监测装置及连接线设置现场标签。

(8) 监测装置接入广东电网公司 APN 专网（APN 名称：GDDWDYJC.GD），在线监测装置使用的无线通信卡开户名称为**供电局。

5.4.6 电缆的敷设方式

电缆敷设方式的选择应视工程条件、环境特点和电缆类型、数量等因素，以及满足运行可靠、便于维护和技术经济合理的要求选择。

5.4.6.1 主要敷设方式

本工程主要采用电缆沟、非开挖定向钻拖拉管的敷设方式。其中，电缆线路在绿化带、人行道走线时主要采用电缆沟的敷设方式；穿越输油管道和茂名港大道公路时采用非开挖定向钻拖拉管方式。

5.4.6.2 电缆的排列方式

本工程新建电缆线路在不同敷设方式下的排列方式为：

(1) 在双回路电缆沟中敷设时，电缆沟两侧沟壁每隔 1m 设置一排支架，电缆在两侧沟壁按竖直排列，相间间距为 300mm。光缆首选放置于第一层电缆支架内侧，并用塑料扎带固定好。

(2) 在非开挖定向钻拖拉管中敷设时，电缆采用 HDPE $\Phi 225 \times 15$ 管作为保护管，光缆采用 HDPE $\Phi 110 \times 8$ 管作为保护管，每回路电缆采用品字型布置方式。相邻两条回扩孔之间净距离不小于 1.5 倍回扩孔直径，同时不大于 5 倍回扩孔直径。

5.4.6.3 电缆的支持与固定

(1) 电缆支架

本工程电缆沟支架均采用玻璃纤维增强塑料复合电缆沟支架，其结构及技术要求如下：

1) 产品型号及规格：

110kV 支架净长 250mm，顺线路方向宽度（上表面宽度）要求 100mm 左右，最高处高度要求不大于 70mm。

2) 电缆支架开孔及安装方式要求：

建议开孔位于支架侧面及底部；若位于支架上部，要求固定螺栓加装塑料保护帽。支架采用内嵌式不锈钢膨胀螺栓连接于在电缆沟侧壁，所有螺栓均采用 304 不锈钢材质，由厂家配套提供。

3) 基本技术要求：

① 支架材料及添加剂均属于非导磁、绝缘材料；
② 支架竖向承载力要求不小于 3kN；水平方向可承受推力要求不小于 1kN。
③ 支架材料需具备优良的环境耐受性能，具有防腐、耐酸碱、防虫，且防污达到四级以上。各项性能满足《复合材料电缆支架》（GB/T 34182-2017）要求。

④ 支架成品表面光滑，规格统一，耐久稳固，保证安全使用 30 年。

⑤ 电缆支架所有面面交界处需设计成圆弧型，防止在拖动电缆时割伤电缆。

电缆夹层、竖井等局部位置需采用槽钢或角钢等金属制电缆支架时，应采取防腐措施，并保证可靠接地。

(2) 电缆的固定

1) 在电缆终端、接头或转弯处紧邻部位的电缆上，应设置不少于 2 处的刚性固定。

2) 在垂直或斜坡的高位侧，宜设置不少于 2 处的刚性固定，在下端和中间不大于 1.5 米位置处设置挠性固定。

3) 硬固定选用厂家的定型铝合金或铝质等不构成磁性闭合回路的夹具，与电缆接触面应无毛刺，且刚性固定处要使用橡胶垫包裹电缆，电缆固定夹满足电

缆机械电动力的要求；挠性固定可用缚扎带或双股尼龙绳，不得用铁丝直接捆扎电缆。

4) 电缆需转弯时电缆弯曲半径应不小于 20D (D 为电缆外径)。

5.4.7 电缆敷设常规构筑物（电缆沟、管、井等）的型式

本工程电缆敷设的常规构筑物主要包括电缆沟、非开挖定向钻拖拉管以及电缆终端场（地面终端）。

5.4.7.1 电缆沟

本工程新建电缆沟包括双回路电缆沟。

(1) 双回路电缆沟的净空尺寸为 1.6m（宽）×1.7m（高）。

(2) 电缆沟盖板顶面标高：位于绿化带按下沉 300mm、位于人行道按下沉 150mm 考虑。

(3) 根据广电建〔2022〕17 号《关于印发基建项目造价精准管控工作方案的通知》，电缆沟应优先采用现浇钢筋混凝土结构、现场预制盖板，严控预制装配式电缆沟的使用。

本工程电缆沟均采用现浇钢筋混凝土结构，用 C25 砼 200mm 壁板，轻型砼盖板 100 厚，优先采用现场预制。钢筋采用:HPB300、HRB400，垫层混凝土强度等级 C15，建设方式为开挖方式。

(4) 电缆沟框边、盖板边框应采用镀锌角钢或槽钢包边。

(5) 电缆沟施工前应降低地下水位，一般应降低至沟底板以下 500mm。

(6) 电缆沟除盖板以外的结构应连续浇筑，不宜留施工缝。沿沟长方向每隔 25 米设伸缩缝，缝宽 30mm，内填沥青麻丝。

(7) 对于非直线段的电缆沟段，要设置转弯段，满足电缆的弯曲半径的要求（转弯半径按 2.5 米）。要求电缆沟每 25m 设置一条伸缩缝，并按规定采取充填和防渗漏措施，在坡度较大地段，应按要求采取防滑措施。要特别注意转换接口处电缆沟的定位。在土建施工期间电气施工单位要密切配合。

(8) 电缆敷设完成后，站外电缆沟及电缆井全线回填干净的细河砂，要求含泥量 \leq 5%。

5.4.7.2 非开挖定向钻拖拉管

本工程在穿越输油管道、茂名港大道公路时采用非开挖定向钻拖拉管方式。

为了不影响道路交通，不允许封路大开挖埋管作业时，电缆可采用非开挖定向钻拖拉管工艺穿越该路段。施工时采用导向钻开孔，然后按穿管管束断面扩孔，并将电缆、光缆保护管束回拉埋设，两端均设工井，再引入常规电缆沟。这种工艺技术较为成熟，由专业施工公司施工，成功率较高，且施工机械占地较小。施工前应认真核对现场已有管线的数量、类型、尺寸及准确埋深，保证施工的安全距离和电缆敷设位置与其他管线的距离满足相应规程规范要求。

本工程新建双回路非开挖定向钻拖拉管采用 9 孔 $\Phi 225 \times 15$ HDPE 管作为 110kV 电缆保护管，3 孔 $\Phi 110 \times 8$ HDPE 管作为光缆和回流线保护管、探测管。管材连接要求采用热熔接。

同期施工的相邻两条回扩孔之间净距离不小于 1.5 倍回扩孔直径，同时不大于 5 倍回扩孔直径。

中国南方电网《35kV~500kV 电力电缆线路运行规程（试行）》中相关要求如下：

（1）水平定向钻施工的中线应与设计文件的中线相符，施工的边线不得超过规划部门批复的允许走廊红线。

（2）为以后探测路径及深度使用，每一钻非开挖定向钻拖拉管应预留一根探测管（可用备用管代替），在探测管两侧修建探测井，井盖与路面平齐。

（3）电缆敷设前应采用惯性陀螺仪或其他方法对定向钻管线的空间位置进行探测，形成三维连续坐标测量图，包括两端工作井的绝对标高、断面图、定向孔数量、平面位置、走向、埋深、高程、规格、材质和管束范围等信息。竣工图纸中使用的地形图比例尺应符合现行的国家标准《城市地下电力管线探测技术规程》（CJJ61）要求。坐标要求采用当地城市坐标系统或 1985 国家高程系统。

（4）非开挖施工完成后，应及时在路径上方安装电缆标识牌或标识桩；穿越河涌时，应在河涌两侧安装“严禁抛锚”警示牌。

（5）非开挖施工验收必须作为独立项目在电缆敷设前进行验收，在非开挖

施工验收合格后，方可进行电缆敷设。

(6) 在具备开挖埋管、水平顶管等条件下，原则上不采用非开挖定向钻拖拉管。非开挖定向钻拖拉管设计须专门审查意见，单次非开挖定向钻拖拉管原则上不超过 150m。

(7) 施工具体要求

电缆非开挖定向钻施工要求由专业施工单位施工。具体要求如下：

1) 施工前，必须先复测沿线其它地下管线的路径走向及其埋设深度，制定出切实可行的施工方案后方可施工；

2) 施工时，非开挖定向钻拖拉管与其他管道、电缆、通信线路等地下管线的最小间距按照相关规程规范要求执行；

3) 水平定向钻施工过程中，原则上水平定向钻发射井入射角度不超过 15 度，接收井出射角度不超过 12 度。水平定向钻拖管完成后，管材之间以及管材与回扩孔之间的空隙用膨胀泥浆灌浆密实，防止塌陷；施工完成后管口及时用专用管道封堵器或管塞密封，以确保管材内部清洁无砂石等异物；管材两端各不小于 2m 范围，采用 C25 砼包封固定。

4) 从扩孔到回拖管应连续作业，并且在保护管从回扩孔穿出地面后，应尽量按照排管的断面摆放整齐，不应出现交叉现象。管束中最底层保护管距检修井底板的垂直净距要求不小于 30cm，最外侧保护管距检修井侧壁的水平净距要求不小于 25cm。排管与拖拉管衔接的工作井内，同一相电缆在工作井两端的保护管中敷设的高差不应大于 0.5m。

5) 拖拉管出口处，多条保护管应排列整齐，并做好标记和编号。

6) 施工现场要做好文明施工的各项措施，施工区域要安装防护围栏，施工机械、机具和材料要按规范安装和堆放，需占用道路或人行道的区域应设置明显的施工安全标识，引导车辆和行人合理分流，夜间要设立反光标识和警示灯，施工区域分为机械作业区和下管作业区。

5.4.7.3 电缆终端场

110kV 双回路户外电缆终端场（地面终端）

本工程新建 2 基双回路电缆终端铁塔 A1、A4，采用地面终端布置形式。围墙中心线尺寸为 20m×20m，占地面积 400 m²。

电缆终端、避雷器分别布置在 110kV 终端塔横担下，将架空导线引下与电缆线路连接。

电缆终端场四周需设置保护围墙。拟采用混凝土预制围墙，墙高 4m，顶端设置不锈钢弯钩，并缠绕防盗网。

围墙垫梁、墙板、压顶、柱压顶、抗风柱均采用工厂预制成型；基础采用现浇成型的条形基础。

终端场内地面标高相对于场地外现状路面标高高出 0.3m，拟采用素土回填并压实。。

5.4.7.4 工作井

根据线路建设需要，本工程电缆线路中有中间接头井、转角工作井、顶管接收井、检修工作井等。

当采用电缆沟沿人行道敷设时，要求每隔 30m 设置检修工作井，检修工作井采用盖板形式，工作井砼盖板四周要求用镀锌槽钢包边，根据规划或市政需要可以采用防盗铸铁盖板。

在电缆转换敷设方式的接口上，设置了可调节两侧电缆轴线水平和高差偏距的缓冲区及方便施工的工作井；对于非直线段的工作井，要设置过渡弯段，要满足电缆的弯曲半径的要求，施工中要仔细勘察现场情况，保证工作井的正确定位和埋铁的准确。

全线所有检查井、工作井要装铭牌，具体样式以运行单位提供为准。全线露出地面的检查井、工作井盖板均要求采用角钢包边。顶管工作井不填砂，与电缆沟衔接处使用水泥砂包隔离，防止砂进入工作井内。绿化带及施工烂地内的电缆工井需高出地面 10cm。

考虑到景观影响，电缆接头井中间段可下沉埋于地面以下，但在两端需平地设置可开启盖板。

5.4.7.5 接地箱外箱体及基础

根据当地运行习惯，中间接头井处的接地箱均设置在井内。

5.4.7.6 沿线基坑支护

由于本工程位于中心城区，电缆线路沿线管线密集，现场大部分开挖区段不具备放坡条件，因此需考虑基坑支护。

1) 开挖深度在 2.5m 以内的电缆通道及工作井，考虑采用松木桩+连续挡土板支护。具体工程量为：

①挡土板：2000 m²（按电缆通道双侧计算）；

②松木桩：4m，稍径 \geq 120mm，500。

5.4.6 电缆与道路和其他管道交叉和平行

电力电缆相互之间以及电力电缆与其他相关管道、道路、构筑物之间的允许最小距离除应满足 GB 50289-2016《城市工程管线综合规划规范》、GB50217-2018

《电力工程电缆设计标准》、GB 50168-2018《电气装置安装工程电缆线路施工及验收标准》等电力规范相关要求之外，还需结合相关管道、道路、构筑物的规范及技术要求执行。

6 绩效管理方案

6.1 经济效益

项目建设可直接为带动区域相关产业和经济效益提供了良好的载体。比如建设材料的运输,对当地的运输业也有极大的促进作用,增加了运输业的经济效益。同时,公用基础设施的建设还会涉及地方电力管线材料的使用、机械工具的应用,还为地方解决了人员就业难的问题,这些都会受到项目建设的带动,从而增加一定的经济效益。

6.2 社会效益

项目的建设可以解决园区发展过程中的电路净空相关问题,也减小了电力设施维护的成本,对净化城市天空、美化城市环境和发展城市经济能起到积极作用,同时能间接提高滨海新区绿色化工和氢能产业园园区电力线路网路辐射建设、提高区域供电能力,提升企业经济发展的营商环境,加快园区绿色化工、新材料和新能源产业的发展,对打造规模和水平居世界前列的世界级化工产业基地起到良好的作用。

6.3 生态效益

通过本项目的建设,有效优化完善电网结构,并与城市规划空间布局相结合,减少占地面积,释放土地资源,改善城市景观,地块综合使用系数得到持续提升,进一步助力绿色化工和氢能产业园打造茂名零碳产业园。

表 6-1 项目支出绩效目标表

项目名称	茂名滨海新区绿色化工和氢能产业园丙烯酸项目配套双回路电源工程			
主管部门	茂名市滨海新区经济发展局		实施单位	广东长鸿艾凯茵科技有限公司
项目属性	电力工程		项目实施周期	3 个月
项目金额	项目资金	8682.40	年度资金总额	8682.40

(万元)	其中：财政资金	0	其中：财政拨款	0
	其他资金	8682.40	其他资金	8682.40
总目标			年度目标	
<p>以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻国家、地方各项法律、规划、文件及会议的精神，本项目将全面推进公用能源基础设施建设和城市能源保障能力提升作为实施强基建的重要抓手，力争以公用能源基础设施建设为切入点，推动茂名滨海新区城市面貌大提升，不断改善和优化企业生产经营环境，增强滨海新区经济辐射能力和产业集聚能力。</p> <p>项目建成后，可提高区域供电能力、完善片区电力布局、改善区域招商形象、促进区域经济发展，充分激发绿色化工、临港产业、滨海旅游“增量”活力，开启海洋经济发展新时代。</p>			<p>根据氢能产业园用户站的建设运营时间要求，一期工程计划 2025 年 12 月投产；二期计划于 2029 年 12 月投产。</p>	
绩效指标	一级指标	二级指标	三级指标	指标值
	产出指标	数量指标	主变规模为：一期 2 台 63MVA 主变（全供全备），远期 6 台 63MVA 主变（全供全备）	主变规模为：一期 2 台 63MVA 主变（全供全备），远期 6 台 63MVA 主变（全供全备）
			110KV 出线规模：一期拟建成单母线分段接线，出线 2 回，远期单母线分段接线，出线 2 回，拟采用 110KV 电压等级接入系统。	110KV 出线规模：一期拟建成单母线分段接线，出线 2 回，远期单母线分段接线，出线 2 回，拟采用 110KV 电压等级接入系统。
		质量指标	工程质量合格率	100%
		时效指标	项目按期完成率	100%
		成本指标	本项目总投资估算为 8682.4 万元。其中，工程变电总投资为 313.54 万元，线路总投资 8368.86 万元（包括电缆部分投资 7869.35 万元、架空部分投资 499.51 万元）。	有效完成固定资产投资，建设过程中降本增效。
	效益指标	社会效益指标	1、通过改善电力基础设施，提升区域供电可靠性和稳定性，保障	100%

			<p>周边企业的用电需求；减少因电力设施布局不合理引发的安全隐患，提升公共安全水平；创造就业机会，促进当地经济发展；优化区域电力网络布局，推动区域协调发展；同时，通过绿色施工和技术创新，推动能源结构优化和可持续发展，为社会带来长期的经济和环境效益。</p> <p>2、项目的建设可以解决园区发展过程中的电路净空相关问题，也减小了电力设施维护的成本，对净化城市天空、美化城市环境和发展城市经济能起到积极作用，同时能间接提高滨海新区绿色化工和氢能产业园园区电力保障能力建设，加快园区绿色化工、新材料和新能源产业的发展。对打造规模和水平居世界前列的世界级化工产业基地起到良好的作用。</p>	
		<p>可持续影响指标</p>	<p>项目建设可以减少生态破坏，保护生物多样性。降低碳排放，优化能源使用效率。采用先进技术，提高能源传输效率。推动智能化电网建设，提升系统可靠性。</p> <p>同时，项目建设可以为区域相关产业和经济效益提供了良好的载体。比如建设材料的运输，对当地的运输业也有极大地促进作用，增加了运输业的经济效益。</p> <p>同时，基础设施的建设还会涉及到地方砂石材料的使用、机械工具的应用，还为地方解决了人员就业难的问题，这些都会受到项</p>	<p>100%</p>

			目建设的带动，从而增加一定的经济效益。	
	满意度 指标	服务对象满意度指标	受益对象（或地区）满意度	≥98%

7 可研估算

本工程总投资为 8682.40 万元，其中变电投资为 313.54 万元、线路投资 8368.86 万元（其中电缆部分投资为 7869.35 万元、架空部分投资为 499.51 万元），详见以下各表。

110kV 氢能产业园项目配套双回路电源工程-电缆部分总估算汇总表

表一

金额单位:万元

序号	工程或费用名称	金额	占工程投资的比例 (%)
一	建筑工程费	2088.11	26.53
二	安装工程费	643.91	8.18
三	拆除工程费		
四	设备购置费	3893.47	49.48
	其中：编制基准期价差	75.88	0.96
五	小计	6625.49	84.19
	其中：甲供设备材料费		
六	其他费用	1014.66	12.89
七	基本预备费	229.2	2.91
八	特殊项目		
九	工程投资合计	7869.35	100
	其中：可抵扣增值税金额	613.67	
	其中：施工费	6978.99	88.69

110kV 氢能产业园项目配套双回路电源工程-电缆部分其他费用估算表

表四

金额单位:元

序号	工程或费用项目名称	编制依据及计算说明	合价
1	建设场地征用及清理费		3535000
1.2	施工场地租用费	(5000+50000)*100%	55000
1.3	道路施工临时占用费	0.5 元/天，60 天工期，4	300000

		米宽，250 米长	
1.6	顶管穿越地下油管评估措施费	顶管穿越地下油管评估措施费	980000
1.7	跨越疏港铁路措施费	跨越疏港铁路措施费	2200000
2	项目管理费		2010764
2.1	管理经费	(建筑工程费+安装工程费+拆除工程费)*3.53%	964402
2.2	招标费	(建筑工程费+安装工程费+拆除工程费)*0.4%	109281
2.3	工程监理费	(建筑工程费+安装工程费+拆除工程费)*3.43%	937081
3	项目技术服务费		4600854
3.1	前期工作费	(建筑工程费+安装工程费)*1.7%	464443
3.3	工程勘察设计费		3506356
3.3.1	勘察费	(468448.04)*100%	468448
3.3.2	设计费	(设计费)*100%	3037908
3.4	设计文件评审费		187938
3.4.1	初步设计文件评审费	(基本设计费)*3.5%	90107
3.4.2	施工图文件评审费	(基本设计费)*3.8%	97831
3.5	施工过程造价咨询及竣工结算审核费	(建筑工程费+安装工程费+拆除工程费)×0.38%	103817
3.7	工程检测费		310980
3.7.1	工程质量检测费	(建筑工程费+安装工程费)*0.15%	40980
3.7.3	环境监测及环境保护验收费	(135000)*100%	135000
3.7.4	水土保持监测及验收费	(135000)*100%	135000
3.9	技术经济标准编制费	(建筑工程费+安装工程费+拆除工程费)*0.1%	27320

	合计:		10146618

110kV 氢能产业园项目配套双回路电源工程-架空部分总估算汇总表

表一

金额单位:万元

序号	工程或费用名称	金额	占工程投资的比例(%)
二	安装工程费	362.74	72.62
三	拆除工程费	9.72	1.95
四	设备购置费	23.3	4.66
	其中:编制基准期价差	9.23	1.85
五	小计	395.76	79.23
	其中:甲供设备材料费		
六	其他费用	89.2	17.86
七	基本预备费	14.55	2.91
八	特殊项目		
九	工程投资合计	499.51	100
	其中:可抵扣增值税金额	38.2	
	其中:施工费	414.26	82.93

110kV 氢能产业园项目配套双回路电源工程-架空部分其他费用估算表

表四

金额单位:元

序号	工程或费用项目名称	编制依据及计算说明	合价
1	建设场地征用及清理费		184997
1.1	土地征用费	塔基占地亩数*100000	59997
1.2	施工场地租用费	1*5000+30000	
1.3	迁移补偿费	0.083*120000	120000

1.4	输电线路走廊清理费	5000*0.083	5000
1.5	线路跨越补偿及措施费		
1.6	飞行器租赁费		
2	项目管理费		274130
2.1	管理经费	(安装工程费+拆除工程费)*3.53%	131478
2.2	招标费	(安装工程费+拆除工程费)*0.4%	14898
2.3	工程监理费	(安装工程费+拆除工程费)*3.43%	127753
2.4	设备材料监造费	(设备购置费)*0%	
2.5	工程保险费		
3	项目技术服务费		432914
3.1	前期工作费	(安装工程费)*2.1%	76175
3.2	知识产权转让及研究试验费		
3.3	工程勘察设计费		253762
3.3.1	勘察费	(勘察费)*100%	17187
3.3.2	设计费	(设计费)*100%	236575
3.4	设计文件评审费		14636
3.4.1	初步设计文件评审费	(基本设计费)*3.5%	7017
3.4.2	施工图文件评审费	(基本设计费)*3.8%	7619
3.5	施工过程造价咨询及竣工结算审核费	(安装工程费+拆除工程费)*0.38%	14153
3.6	项目后评价费	(安装工程费+拆除工程费)*0.5%	18623
3.7	工程检测费		51841
3.7.1	工程质量检测费	(安装工程费)*0.15%	5441
3.7.2	特种设备安全监测费		
3.7.3	环境监测及环境保护验收费		

3.7.4	水土保持监测及验收费		
3.7.5	桩基检测费	$(2900*4*4)*100\%$	46400
3.8	设备改造服务费		
3.9	技术经济标准编制费	$(\text{安装工程费}+\text{拆除工程费})*0.1\%$	3725
	合计:		892041

110kV 氢能产业园项目配套双回路电源工程-变电部分总估算汇总表

表一

金额单位:万元

序号	工程或费用名称	金额	占工程投资的比例 (%)
一	建筑工程费	36.99	11.80
二	安装工程费	87.91	28.04
三	拆除工程费	0	0
四	设备购置费	131.33	41.89
五	其中:编制基准期价差	9.62	3.07
	小计	265.85	84.79
六	其他费用	40.32	12.86
七	基本预备费	3.96	1.26
八	特殊项目	3.41	1.09
九	工程投资合计	313.54	100.00
	其中:可抵扣增值税金额	26.79	100.00

110kV 氢能产业园项目配套双回路电源工程-变电部分其他费用估算表

表四

金额单位:元

序号	工程或费用项目名称	编制依据及计算说明	合价
----	-----------	-----------	----

2	项目建设管理费		131859.72
2.1	项目法人管理费	((建筑工程费+安装工程费+建筑基准期价差+安装基准期价差)*0.8)*3.36%	33573.55
2.2	招标费	(建筑工程费+安装工程费+建筑基准期价差+安装基准期价差)*2.29%	28602.47
2.3	工程监理费	(建筑工程费+安装工程费+建筑基准期价差+安装基准期价差)*4.46%	55706.12
2.4	设备材料监造费	(监造设备费)*0.87%	2986.24
2.5	施工过程造价咨询及竣工结算审核费	(建筑工程费+安装工程费+建筑基准期价差+安装基准期价差)*0.88%	10991.34
3	项目建设技术服务费		176186.26
3.1	项目前期工作费		40000
3.1.1	可行性研究费用	(400000*0.15)	60000
3.1.2	环境影响评价费用	(80000*0.3)	24000
3.3	勘察设计费		140416
3.3.2	设计费		140416
3.4	设计文件评审费		32000
3.4.1	可行性研究文件评审费	(可行性研究评审费)	6000
3.4.2	初步设计文件评审费	(初步设计评审费)	12000
3.4.3	施工图文件评审费	(施工图评审费)	14000
3.6	工程建设检测费		38521.25
3.6.1	电力工程质量检测费	(建筑工程费+安装工程费+建筑基准期价差+安装基准期价差)*0.28%	3521.25
3.6.3	环境监测及环境保护验收费		35000

3.7	电力工程技术经济标准编制费	(建筑工程费+安装工程费+建筑基准期价差+安装基准期价差)*0.1%	1249.02
4	生产准备费		15143.62
4.1	管理车辆购置费	(设备购置费)*0.37%	3656.61
4.2	工器具及办公家具购置费	(建筑工程费+安装工程费+建筑基准期价差+安装基准期价差)*1.02%	12739.96
4.3	生产职工培训及提前进场费	(建筑工程费+安装工程费+建筑基准期价差+安装基准期价差)*0.3%	3747.05
	小计:		403189.6