

大型工商业分布式光伏电站的电气设备选型与优化策略

何广飞

上海华声电气集团有限公司 上海

【摘要】随着分布式光伏在大型工商业场景中的快速部署，电气系统选型策略成为工程设计中的关键环节。本文以厦门时代新能源科技有限公司屋顶光伏项目为依托，围绕电气设备配置选型、防逆流控制与电能质量评估展开分析，构建了涵盖一次设备、二次保护与运行评估的全流程选型体系。研究结果表明该项目各类电气设备配置合理、控制逻辑闭环完整、运行参数稳定，具备代表性与可复制价值。

【关键词】大型工商业；防逆流；电气设备选型；电能质量

【收稿日期】2025 年 2 月 20 日 **【出刊日期】**2025 年 3 月 18 日 **【DOI】**10.12208/j.jeea.20250090

Electrical equipment selection and optimization strategies for Large-scale industrial and commercial distributed Photovoltaic power stations

Guangfei He

Shanghai Huasheng Electric Group Co., Ltd, Shanghai

【Abstract】 With the rapid deployment of distributed photovoltaic power in large-scale industrial and commercial scenarios, the selection strategy of electrical systems has become a key link in engineering design. Based on the rooftop photovoltaic project of Xiamen Times New Energy Technology Co., LTD., this paper analyzes the configuration and selection of electrical equipment, anti-backflow control and power quality assessment, and constructs a full-process selection system covering primary equipment, secondary protection and operation assessment. The research results show that the configuration of various electrical equipment in this project is reasonable, the control logic closed loop is complete, the operating parameters are stable, and it has representativeness and replicable value.

【Keywords】 Large-scale industry and commerce; Anti-backflow; Selection of electrical equipment; Power quality

1 引言

随着《分布式光伏发电开发建设管理办法》的落地，大型工商业光伏电站被定义接入用户侧或用户开展专线供电，与电网公共连接点电压等级为 35kv 或 110kv，总容量不超过 50MW 的，原则上采用全部自发自用不上网的分布式电站。因大型工商业项目普遍为钢铁、水泥、化肥、化学电池、采矿、等高耗能应用场景，以全额自用为主的建设进入快速发展阶段，作为分布式光伏应用的重要组成部分，该类项目在节能降耗、电费削峰与能源结构调整方面表现出显著优势。厦门地区具备良好的太阳能资源与配电网结构，具备发展分布式光伏的现实基础

与产业支撑。大型光伏项目在系统构成、电气设备选型、防逆流控制、电能质量保障等方面呈现出集成化、智能化与高可靠性趋势，对设计与运维提出更高要求。本文聚焦厦门时代新能源科技有限公司屋顶分布式光伏电站，基于其工程图纸与运行条件，系统分析项目背景、电气系统结构与关键设备配置逻辑，探讨大型工商业光伏场景下的电气设备选型策略与优化方向。

2 项目背景与系统构成概况

2.1 厦门时代项目安装容量与系统类型

厦门时代新能源科技有限公司一期屋顶分布式光伏发电项目依托厂区既有建筑屋面开展，整体使

作者简介：何广飞（1986-）男，汉族，上海人，硕士，从事光伏设计，光伏工程工作。

用集中+组串并网混合配置,系统类型为高压并网型多点接入的工商业光伏方案。项目装机容量依据屋面面积、电缆负载能力和并网变压器能力进行综合设计,合计达到 26.65MW_p(含车棚),其中部分区域布设使用常规单晶硅组件(585W_p)、组串式逆变器与屋面铝合金支架结构相配套,因厦门电网的要求组件与逆变器的容配不得大于 1,故本项目实际容配比为 0.985,符合电网安全性要求。

系统划分方面各厂区屋面依据构造类型及日照条件进行独立单元划分,分布于模组厂、电芯车间、原材料仓库及综合楼顶部,每个独立单元设有支架系统、组串逆变器与低压交流汇集线路,最终统一汇集至光伏升压变压器并最终通过接入柜接入厂区配电室 10kV 电网接入点。逆变器品牌选用阳光电源,并具备远程数据采集及通讯协议对接能力,为提升运营效率与现场管理效能,系统在架构层面实现通信与电力物理解耦,便于后期检修及功能拓展。

2.2 电网接入及相关验收要求

厦门时代项目接入厦门市配电网系统,需满足国家电网公司制定的光伏发电接入规范与验收标准,系统在并网环节需提供完整的一次主接线图、并网申请资料及电能质量评估报告。主要验收指标包括总谐波电流不得超过基波电流的 8%、功率因数高于 0.98、电压波动幅度控制在±5%以内等指标。厦门地区电能质量管理相对严格,在光伏项目前期按常规展开电能质量预评估的同时,就工厂本身存在的电能质量问题按照“三同时”即“同时设计、同时施工、同时投产”要求,在光伏并网前须对工厂存在的电能质量问题一并进行治理。

2.3 电气系统主要设备布置与功能分工

电气系统整体结构使用“分布采集、集中汇流、分层保护、统一调度”的多级拓扑布局,一次设备部分包括组件、直流电缆、组串式逆变器、交流汇流电缆、配电柜、变压器与高压开关设备,逆变器具备有功无功调节能力与防逆流装置联动、为有功功率调节提供实时响应能力。

交流侧主配电系统设于中央配电室内,配置低压柜、交流汇流母排与电压互感器,具备分段控制、保护联动与参数采集功能,每段母线配有剩余电流监测装置与接地断路闭锁保护器件,保障运行过程中故障闭锁精准性。变压器使用节能型干式变压器,

布置于厂区专用电房中并进行实施监控。

3 关键电气设备的选型标准

3.1 并网逆变器容量配置原则

并网逆变器作为光伏发电系统的核心电能转换单元,其容量配置直接影响发电效率、电能质量与系统运行稳定性,厦门时代屋顶分布式光伏项目中逆变器选型结合组件装机总容量、屋面排布结构、逆变器电压窗口以及气候资源等多个参数进行优化。系统整体装机容量为 26.65MW_p,分布于多个厂房与辅助建筑屋面,使用集中与组串相结合的多机并联配置方式,单台逆变器容量设定为 320kW 和 225kW 两种规格,具备一定冗余与动态调节空间^[1]。

逆变器的容配比常规可控制在 1.15 至 1.25 区间,但基于当地国网要求,实际容配比<1。

通信接口包括 RS485 与以太网双通道结构,可接入厂区监控系统,实现对每一路 MPPT 工作状态、电压电流、输出功率、内部温度与告警状态的实时采集与分级处理,所有逆变器支持远程启停与策略更新,具备 SVG 联动与故障穿越能力,为配电系统提供有功/无功支持能力,并在低电压穿越条件下维持系统稳定运行。

3.2 一次电气设备的配置要求

厦门时代项目一次电气系统包括逆变器输出段、交流汇流柜、低压配电柜、升压变压器与 10kV 高压开关柜,构成完整的能量传输与分段保护体系,其中逆变器置于户外顶部加装可移动防护罩,有效防止雨水、杂物及紫外辐射对设备外壳及端子接线部位的侵蚀。防护罩在设计上预留检修间距,便于现场设备操作与拆装。

升压变压器配置温控风冷装置,10kV 侧接线设电压互感器、电缆终端与高压熔断保护环节,所有电气设备均设置接地引出端与电位均衡连接铜排,形成完整电气防护系统,配电段电缆连接端使用双头压接管与冷缩终端接头提升了接触稳定性与耐候性能,接线室留有扩容接口,为后期系统接入储能或 SVG 模块预留灵活调整空间^[3]。

3.3 二次保护设备的配置要求

光伏发电系统的二次保护系统承担故障检测、信号采集、远程控制与电能质量调节等核心功能,其配置直接影响系统安全性与可靠性,厦门时代项目在高压侧设有完整的微机保护系统,集成定值管

理、三段式电流保护、过电压与接地故障快速跳闸、反送电阻断、失电闭锁与备用电源切换功能。保护装置布置于高压柜二次隔室内，使用分区管理与编码接线，主控模块与采集模块物理隔离，提升系统抗干扰能力与故障局部化处理能力。

通信规约使用 IEC-104，所有保护装置接入统一监控通道，具备远程定值下发、事件追溯、操作记录与系统状态诊断功能，故障录波模块支持周期波形记录，便于事故后故障重构与主因锁定。接线方式使用图纸标准 Y 型布局，二次系统与一次设备间接点信号以电缆桥架实现电磁隔离，弱电与强电回路分层敷设，有效降低系统耦合干扰与保护误动作概率。

3.4 电缆选型选择

厦门时代新能源项目中的电缆配置涵盖直流侧组件串联引出、交流侧逆变器汇流主干、升压段送出及二次控制线路，不同电压等级和敷设环境对应不同电缆技术要求，直流侧线路使用额定电压为 1.5kV 的光伏专用电缆 H1Z2Z2-1×4，具备优异的抗紫外性能和耐高温能力，适应屋面全天候运行条件^[5]。交流汇流段选用 YJV22-3×120 规格交联聚乙烯绝缘钢带铠装电缆，截面依据逆变器输出容量及 75 米敷设长度下的压降校核确定，压降控制在 1.2%，电缆载流能力达到 260A，满足实际设计电流 168A 需求，裕度比例为 1.55，具备良好的温升裕度和热稳定性。

敷设结构结合现场排布分段设置桥架与穿管敷设方式，高压段电缆通道设独立接地钢构桥架并设置热扩散距离，防止缆间热积聚，末端冷缩电缆头与热缩护套双层密封，接线端统一使用热缩套封装，提升了抗氧化与电气接触稳定性。直流侧电缆压降控制在 1.6% 以内，交流低压段压降优化为 1.2%，主变送出段压降约 1.3%，各段均低于 2% 设计控制线，保障系统能量传输效率与安全裕度。

3.5 防逆流装置的配置方案

本电站光伏防逆流系统包括：光伏功率调节装置（以下简称 EMP 装置）和防逆流保护装置，EMP 装置主要功能是实时调节光伏侧的发电功率，而防逆流保护装置是光伏侧发电功率临近逆流时切断并网开关，从而达到降额发电，实现双重防逆流保护^[6]。

EMP 装置起作用主要有两方面，第一：当光伏侧发电功率小于用户侧的负载功率的情况下，光伏的发电量可全部消纳掉，EMP 装置会将光伏侧发电功率调整到最大以确保逆变器全额运行，发电量最大化。第二：当光伏侧发电功率大于用户侧负载功率的时候，EMP 装置会在并网开关跳开前将光伏侧功率快速降低，EMP 装置可设置缓冲值，使光伏侧的功率在缓冲值范围内随着用户侧负载的功率实时调节，（公式：用户侧负载功率=光伏侧功率+缓冲值）。这样可以保障光伏电站能持续最大化发电，同时也能确保不会出现逆流状态^[7]。

3.6 电能质量评估及治理

厦门时代项目在并网前完成对 10kV 高压接入点与逆变器交流汇流段的电能质量评估，重点考察总谐波畸变率（THDv）、特征次谐波电流、功率因数、三相不平衡度与电压波动，测量设备选用多通道电能质量分析仪，设定周期采样，连续运行 48 小时，形成完整评估数据集^[8]。测试结果显示逆变器输出电流中 5 次和 7 次谐波分量明显低于 1.5%，系统 THDv 值控制在 2.4% 以内，各接入点功率因数长期稳定在 0.990 以上，SVG 动态响应时间为 12ms，能在负荷变化时迅速补偿无功功率，有效稳定电压曲线。

4 结语

厦门时代工商业屋顶光伏项目在系统类型、电气拓扑、防逆流配置及电能质量控制方面形成了完整的选型体系，其关键电气设备在容配比、结构布置、保护配合与控制响应上均满足实际运行与并网要求，电缆设计结合敷设路径与压降指标确定规格，逆变器与汇流箱结构设置兼顾运维与防护性能，防逆流功率逻辑闭环构成有效的安全屏障，电能质量各项指标经实测均优于国家标准限值，选型策略与工程参数之间构建了技术闭环与数据支撑的一致关系。

参考文献

- [1] 劳大实,孔凡迪.新建项目设计中电气设备选型及能效分析[J].建筑电气,2025,44(03):3-6.
- [2] 张小鹏.高海拔地区水电站电气设备选型与布置研究[J].电力设备管理,2025,(01):195-198.
- [3] 葛茂.焦化厂爆炸危险场所防爆电气设备的选型研究[J].

- 石化技术,2024,31(06):380-381.
- [4] 谭苏蓉.酱香型白酒生产企业爆炸性危险场所划分及其防爆电气设备选型分析[J].中外食品工业,2024,(12):114-116.
- [5] 蔡思宇,魏建忠.雅万高铁牵引变电所 150 kV 电气设备选型及关键参数研究[J].中国铁路,2023,(12):85-90.
- [6] 邵红星. 分布式光伏电站电气设计问题剖析 [J]. 太阳能, 2024, (12): 25-30.
- [7] 丁鹏飞,董恩丞,姜军,等. 分布式光伏电站电气设备的选型和设计 [J]. 光源与照明, 2023, (03): 106-108.
- [8] 郭晨彪,张博. 山西山地光伏电站建设方案探讨 [J]. 现代工业经济和信息化, 2020, 10 (08): 5-6.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS