

Research on Key Technologies for Installation and Commissioning of Electrical Equipment in Photovoltaic Power Stations

Hualei Wang Jin Ma Nan Chen*

China National Machinery Group Zhejiang Engineering Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310051, China

Abstract

Driven by the “dual carbon” goals, the construction scale of photovoltaic power generation projects continues to expand. The quality of electrical equipment installation and commissioning has become a critical factor affecting power station operational safety and power generation efficiency. Photovoltaic power stations involve multiple types of electrical equipment including inverter systems, step-up systems, and grid connection systems, with installation and commissioning processes characterized by strong system integration, high technical requirements, and complex construction environments. Research focusing on key technologies for electrical equipment installation and commissioning can significantly enhance engineering quality and operational stability. Based on practical photovoltaic power station engineering experience, this paper systematically analyzes equipment installation techniques, grounding and lightning protection designs, electrical commissioning procedures, and operational monitoring methods, while exploring common construction challenges and optimization strategies. The study demonstrates that standardized construction processes, refined management practices, and application of information technology solutions can effectively improve overall electrical system performance, providing technical support for safe and stable operation of photovoltaic power stations.

Keywords

photovoltaic power station; electrical equipment; installation and construction; commissioning technology; grid-connected operation

光伏电站电气设备安装调试施工关键技术研究

王华磊 马近 陈楠*

中机国能浙江工程有限公司, 中国·浙江 杭州 310051

摘要

在“双碳”目标推动下,光伏发电工程建设规模持续扩大,电气设备安装与调试质量成为影响电站运行安全性与发电效率的重要因素。光伏电站涉及逆变系统、升压系统、并网系统等多类电气设备,其安装调试过程具有系统性强、技术要求高、施工环境复杂等特点。围绕电气设备安装与调试关键技术展开研究,有助于提升工程施工质量与运行稳定性。本文结合光伏电站工程实践,对设备安装工艺、接地与防雷设计、电气调试流程及运行检测方法进行系统分析,并探讨施工过程中常见问题及优化措施。研究表明,通过规范施工流程、强化精细化管理及应用信息化技术手段,可有效提高电气系统整体性能,为光伏电站安全稳定运行提供技术支持。

关键词

光伏电站; 电气设备; 安装施工; 调试技术; 并网运行

1 引言

随着新能源产业的快速发展,光伏发电已成为能源结构转型的重要组成部分。光伏电站建设规模不断扩大,对电气系统的可靠性与稳定性提出了更高要求。电气设备作为光伏电站的核心组成部分,其安装与调试质量直接关系到电站

运行效率与安全水平。实际工程中,由于施工环境复杂、设备类型多样以及施工周期紧张等因素,电气安装与调试过程中容易出现质量隐患,影响系统运行效果。因此,围绕关键施工技术进行系统研究,对于提升工程质量与保障电站长期稳定运行具有现实意义。

2 光伏电站电气设备安装施工技术要点

2.1 设备基础与布置施工技术

光伏电站的电气设备种类繁多,包括逆变器、箱式变电站、汇流箱和开关设备等。每种设备的基础施工质量直接影响设备的稳定运行,因此在施工过程中,必须根据地质条

【作者简介】王华磊(1990-),男,中国河南漯河人,本科,中级,从事光伏/电气施工研究。

【通讯作者】陈楠(1990-),男,中国浙江临安人,本科,工程师,从事电气工程及其自动化研究。

件与设备特性进行合理的基础设计,确保基础的承载能力能够满足设备的运行需求。基础施工过程中,需要严格控制标高和水平度,以防止设备安装后产生倾斜或应力集中,进而影响设备的使用寿命与性能^[1]。对于如箱式变电站等大型设备,应特别注意预留足够的检修空间,并考虑到设备的通风散热要求,确保设备运行环境符合技术要求。设备布置方面,应遵循电气系统的整体设计原则,合理规划电缆路径与设备间距,减少电能损耗,提高设备的维护便利性。通过精确的设备基础施工和合理布置,可以确保设备的长期稳定运行和电力系统的高效性。

2.2 电缆敷设与连接技术

电缆系统是光伏电站电气系统的核心组成部分,电缆敷设质量直接影响系统的安全性与传输效率。施工过程中,选择合适的电缆类型应考虑电压等级和运行环境,并严格控制电缆的敷设路径。电缆沟及桥架的安装必须牢固,以防止在运行过程中出现位移或损坏。电缆敷设时,需避免过度弯曲,保持合理的弯曲半径,以保护绝缘层免受损伤。在电缆连接环节,采用规范的压接工艺,确保接头的导电性能稳定,且对接头进行绝缘和防水处理,以防环境因素影响连接质量。规范的施工工艺不仅能提高电力传输效率,还能有效降低线路故障的风险,确保光伏电站的长期安全稳定运行。

2.3 接地与防雷系统施工技术

光伏电站通常建设在开阔区域,易受到雷击及电磁干扰的影响,完善的接地与防雷系统对保障电站安全运行至关重要。施工过程中,应建立统一的接地网络,使各类设备形成等电位连接,降低由于电位差引起的安全风险。接地电阻必须符合设计标准,通过合理布置接地极和接地网结构,提高接地系统的稳定性。在防雷设计方面,应结合当地的气候条件和雷电频率,合理设置避雷装置,并对逆变器及控制设备进行重点保护,以防止雷击造成的设备损害。接地与防雷系统的协同设计可以有效提升光伏电站的抗干扰能力,确保设备不受外界电磁干扰或雷击的影响,从而保证电站的安全、稳定运行。这一系统的完善为电站的长期稳定性提供了坚实保障。

3 光伏电站电气设备安装质量控制技术

3.1 施工过程质量控制方法

在光伏电站电气设备安装过程中,质量控制应贯穿施工的各个阶段。施工前,首先需要设计图纸进行全面、细致的分析,并结合现场条件制定切实可行的施工方案。这一阶段的精确规划为后续施工提供了清晰的方向。在施工过程中,必须建立严格的质量检查机制,特别是对于关键节点进行重点验收。例如,设备安装精度的核查、电缆敷设的规范性检查以及接地系统的连接情况等,均需要严格按照标准进行确认。施工中的每个细节都关系到后期系统的运行稳定性,因此,任何偏差或问题必须在早期阶段得到及时发现并

纠正。通过全过程的质量控制,可以确保施工环节不出现重大差错,避免问题在后期运行中放大,从而保证电站设备的安全性和长期稳定运行。

3.2 关键设备安装精度控制技术

光伏电站中的关键设备,如逆变器、变压器等,对安装精度有着较高要求,任何细微的误差都可能影响设备的正常运行和电站的发电效率。因此,在设备安装过程中,必须采用专业的测量工具,对设备的水平度、垂直度进行严格校准,确保设备处于稳定、可靠的状态。此外,对于高压设备,除了精确测量安装位置,还应特别关注绝缘距离与安全间隔,避免发生电气故障,确保设备的安全性。在高精度设备安装过程中,精细化施工管理尤为重要,通过严格的安装和检查程序,确保每台设备都按照规范和标准进行安装,从而大幅度提升设备的运行可靠性。通过这一环节的严格控制,电站能够在运行过程中实现高效、安全的电力输出,降低设备故障率。

3.3 施工环境与安全管理技术

光伏电站的施工通常在户外环境中进行,施工过程受到气候条件的影响较大,因此施工管理中应充分考虑环境变化。例如,在极端天气条件下,应合理安排作业时间,避免在大风、暴雨或极高温度等不利条件下进行关键设备的安装,以减少施工风险。此外,施工现场的安全管理同样至关重要,特别是在高空作业和重物搬运过程中,必须严格按照安全操作规程进行。合理规划现场电力设施的使用和设备搬运流程,确保施工人员和设备的安全。通过建立健全的安全管理体系和制定紧急应对预案,可以有效预防安全事故的发生,为施工过程提供保障。良好的施工环境和严格的安全管理措施不仅确保了工程质量,还为项目的顺利完成和长期稳定运行奠定了坚实基础^[2]。

4 光伏电站电气设备调试关键技术

4.1 单体设备调试技术

在光伏电站设备安装完成后,必须进行单体设备调试,以确保各类电气设备符合设计要求,正常运行。调试过程中,需要逐一检查设备的运行状态、电气参数以及保护功能。例如,逆变器调试时,重点关注输出电压、电流、功率因数等关键参数,并根据实际测量值调整控制参数,确保设备在最佳运行状态下工作。逆变器的调试不仅关系到电站的发电效率,也直接影响到系统的稳定性与安全性。除了逆变器,其他电气设备如变压器、配电装置和保护设备也需要经过严格调试,确保它们能够在系统运行过程中正常工作。单体调试是系统联调的基础,只有确保各个设备单独运行良好,才能为后续的系统联调提供保障,确保整个电力系统的稳定性和高效运行。

4.2 系统联调与并网调试技术

系统联调是光伏电站调试过程中至关重要的一步,其

目的是对整个电气系统进行综合测试，确保所有设备和系统协调工作。在联调过程中，需要对通信系统、保护系统和控制系统等进行全面检测，验证各设备之间的配合性与整个系统的运行性能。此外，系统联调还需要确保电站在并网时能够顺利接入电网。在并网调试过程中，应按照电网的接入要求操作，特别注意电压、频率及相位的匹配，避免对电网造成冲击。通过规范的调试流程，确保系统各部分能够无缝协同工作，实现电站的平稳并网。并网调试过程中，系统需要具备快速响应电网要求的能力，保证电网稳定性和电力供应的可靠性。

4.3 运行检测与性能评估技术

调试完成后，光伏电站的运行状态需要进行持续监测，以评估系统的长期稳定性与发电效率。通过实时采集运行数据，监测系统可以对电站的发电效率、电能质量以及设备运行状态进行全面分析。在运行检测过程中，系统能够识别出潜在的问题，如发电量下降、电压波动、设备故障等，并及时提供反馈信息，帮助运维人员采取相应的维修和调整措施。性能评估技术可以通过数据分析、模型优化等手段，进一步提升电站的运行效果。例如，通过分析电能质量，评估电站的损耗情况，找出影响效率的瓶颈，进行优化调整。持续的运行检测和性能评估不仅确保了电站的高效运行，还能为电站的长期维护和管理提供数据支持^[9]。通过不断优化和改进，电站的运行效率和经济性能够得到持续提升。

5 施工与调试中常见问题及优化措施

5.1 安装偏差与质量缺陷问题分析

光伏电站的设备安装是保障系统稳定运行的基础，而在实际施工过程中，设备安装偏差和电缆连接不规范等问题较为常见，这些问题不仅影响设备的正常运行，还可能导致电站的效率降低。安装偏差可能导致组件不对齐或角度不准确，影响光伏板的发电效率；电缆连接不规范则可能导致电流损耗或设备故障，进而影响电站的稳定性和安全性。为了解决这些问题，首先应加强施工技术培训，使工人熟练掌握安装标准和操作流程，提高施工质量。此外，质量管理体系的完善是解决问题的关键。通过及时发现和纠正安装偏差，确保电气设备按设计要求精准安装，可以有效减少后期故障的发生，提升电站的长期运行效率和可靠性。

5.2 调试过程故障处理技术

光伏电站的调试过程是确保系统正常运行的重要步骤，在此过程中，设备参数异常或通信故障等问题时有发生。这些问题可能导致电站的发电能力未能充分发挥，甚至影响系统的长期稳定性。调试技术人员需要通过系统分析方法对设备状态进行实时监控，快速识别故障原因。例如，使用先进的数据采集系统和监测工具，实时采集电气设备的运行数

据，包括电压、电流、功率等关键信息，并通过数据分析平台对异常情况进行预测与诊断。在出现故障时，技术人员应结合设备状态和历史数据，迅速定位问题并采取相应措施进行修复。故障处理时，需根据不同类型的设备和故障情况，采取针对性修复措施，如调整设备参数、重新连接电缆、检修通讯系统等，确保调试工作顺利推进，电站能够在交付使用前达到最佳运行状态。

5.3 信息化与智能化技术应用

随着信息技术的不断进步，数字化和智能化管理逐渐应用于光伏电站建设和运维中。信息化技术的引入使得施工和调试过程可以实现实时监控和管理，提高了工作效率和质量水平。在施工阶段，利用监测系统实时跟踪设备的安装进度与质量，发现潜在问题并及时进行调整；在调试阶段，通过数据分析平台对系统运行参数进行动态监控，帮助技术人员实时获取设备状态并进行精确调控。信息化技术不仅可以帮助工程师更加高效地管理光伏电站建设过程，还能为后期的运维提供重要支持^{[4][5]}。例如，通过远程监控和故障预警系统，运维人员可以实时获得设备运行数据，进行故障预防与维护决策，降低人工巡检的频率，提高电站的运行可靠性和经济性。

6 结语

光伏电站的电气设备安装与调试施工是确保电站安全稳定运行的关键环节，其技术水平直接关系到发电效率和系统的可靠性。通过对安装施工技术、质量控制方法和调试流程的系统分析，发现规范化施工与精细化管理在提升工程质量和效率方面至关重要。规范化施工确保了设备安装的标准化和一致性，避免了潜在的技术风险；而精细化管理则通过细化各项操作和流程，确保每个环节的高效执行。随着技术的发展，未来工程建设应加强技术创新，推动信息化应用，利用智能化工具优化施工与调试过程，提高作业效率和质量。在此基础上，持续优化施工技术和调试流程，将进一步提升光伏电站的整体运行水平，为新能源产业的发展提供坚实的技术支撑。

参考文献

- [1] 王跃.光伏电站电气设备安装调试流程优化[J].上海电气技术, 2025,18(04):18-22.
- [2] 窦征,李惠.光伏电站施工中的电气设备选型与安装技术研究[J].电气技术与经济,2025,(06):196-198.
- [3] 陈海龙.新能源光伏电站电气设备安装与调试技术探讨[J].电力设备管理,2024,(17):90-92.
- [4] 刘峰.光伏电站电气设备安装与调试分析[J].光源与照明,2022,(08):62-64.
- [5] 高治学.大型光伏电站电气设备安装与调试研究[J].科技创新导报,2017,14(20):51+53.