

风电与光伏工程管理中的电气安装与调试技术研究

任麟东

水电水利规划设计总院有限公司，北京 100011

DOI:10.61369/EPTSM.2025110002

摘要：本文围绕风电与光伏工程管理展开，阐述了二者工程特性差异，强调工程管理模式创新的重要性。从系统安装、调试、安全检测、电能质量测试等多方面介绍相关技术与方法，还提及工艺改进、质量控制等内容，指出前沿技术应用将推动新能源产业发展。

关键词：风电与光伏工程管理；电气安装调试；新能源产业发展

Research on Electrical Installation and Commissioning Technology in Wind Power and Photovoltaic Engineering Management

Ren Lindong

HydroChina Planning and Engineering General Institute Co., Ltd., Beijing 100011

Abstract : This paper focuses on the management of wind power and photovoltaic engineering, elaborates on the differences in engineering characteristics between the two, and emphasizes the importance of innovation in engineering management models. It introduces relevant technologies and methods from multiple aspects such as system installation, commissioning, safety inspection, and power quality testing. It also mentions process improvement and quality control, and points out that the application of cutting-edge technologies will promote the development of the new energy industry.

Keywords : wind power and photovoltaic engineering management; electrical installation and commissioning; new energy industry development

引言

在新型电力系统背景下，风电与光伏工程管理的重要性日益凸显。2021 年国家发展改革委、国家能源局颁布的《关于加快推进新型储能发展的指导意见》，旨在提升能源利用效率，推动新能源产业发展，为风电与光伏工程管理提供了政策导向。风电与光伏工程特性差异显著，从施工环境到设备安装要求各有不同。其工程管理涵盖模式创新、系统安装调试、安全检测等多方面。在此过程中，技术创新与质量控制标准极为关键，对提升新能源工程管理智能化、精细化水平，实现能源结构转型与可持续发展意义重大。

一、新能源工程管理框架分析

(一) 风电 / 光伏工程特性比较

风电与光伏工程特性存在诸多差异。从施工环境看，陆上风电网地多位于开阔陆地，地形复杂程度不一，需应对风沙、低温等不同气候；海上风电在海洋环境作业，面临强风、高湿度、盐雾腐蚀等挑战。分布式光伏常建于建筑物屋顶等，空间相对紧凑，安装需考虑建筑结构承载。就电气设备安装特殊性而言，陆上风电因气候多样，电气设备要适应极端温度、沙尘侵袭等，如在低温地区需考虑设备防寒加热措施。海上风电由于海洋恶劣环境，设备需具备高防护等级、抗腐蚀性能，电气连接要确保防水密封性。分布式光伏因安装于建筑物，要注重与建筑结构

结合，保证电气设备不影响建筑安全与美观，且能适应建筑物所在区域气候条件^[1]。

(二) 工程管理模式创新

在风电与光伏工程管理中，工程管理模式创新至关重要。EPC 总承包模式在新能源项目应用广泛，这种模式下，总承包商对项目的设计、采购、施工等全过程负责，能有效整合资源，减少各环节衔接问题，提升项目整体效率与质量^[2]。同时，BIM 技术在电气施工进度控制的协同管理方面展现出独特优势。借助 BIM 的三维可视化特点，可对电气安装过程进行模拟，提前发现潜在问题并优化方案。各参与方通过 BIM 平台实现信息实时共享与协同工作，精准把控施工进度，及时调整偏差，确保电气安装与调试工作顺利推进，提升新能源工程管理的精细化与智能化水平。

二、电气安装关键技术研究

(一) 光伏系统安装技术

在光伏系统安装中，双面组件安装倾角优化至关重要。合适的倾角能使双面组件充分利用太阳辐射，提高发电效率。需综合考虑当地地理纬度、太阳高度角及地形等因素，精准计算出最佳倾角，以实现发电量最大化^[3]。组串式逆变器选型同样关键，要依据光伏阵列的输出功率、电压范围等参数，选择转换效率高、可靠性强且具备完善保护功能的逆变器，确保光伏电能高效稳定转换。而储能系统集成时，直流侧连接工艺不容忽视。需保证连接的电气性能良好，防止出现接触不良、发热等问题，采用合适的连接材料与工艺，严格遵循相关标准与规范，保障储能系统与光伏系统的可靠衔接与协同运行。

(二) 风电系统安装技术

在风电系统安装中，大兆瓦机组塔筒吊装方案至关重要。大兆瓦机组塔筒较高且重，需精准规划吊装流程与选用适配吊装设备，依据场地条件、机组参数等因素优化方案，以确保吊装安全与效率。箱变一体化布置遵循紧凑化、便于维护及安全可靠原则，紧凑布置减少占地面积与线路损耗，良好的维护便利性可缩短故障处理时间，确保长期稳定运行。对于海上升压站电气设备，因其处于高盐雾等恶劣海洋环境，防腐蚀处理技术极为关键。常用措施包括选用耐腐蚀材料、进行表面防腐涂层处理等，通过这些技术提高设备耐腐蚀性，延长使用寿命，保障海上升压站电气系统稳定运行^[4]。

三、调试与检测技术体系

(一) 并网调试关键环节

1. 光伏系统调试

在风电与光伏工程管理的光伏系统调试中，构建MPPT效率测试模型对提升光伏系统发电效率至关重要。通过精确模拟光照、温度等实际运行条件，可有效评估最大功率点跟踪（MPPT）算法的性能，确保光伏板始终以接近最佳状态输出电能^[5]。同时，储能系统充放电策略匹配调试方法也不容忽视。需结合光伏系统发电特性及电网负荷需求，优化储能系统的充放电逻辑，使储能系统在光伏电力过剩时高效充电，电力不足时稳定放电，保障光伏系统向电网输出电能的稳定性与可靠性，实现光伏系统与电网的良好衔接与协同运行。

2. 风电机组调试

在风电工程管理中，风电机组调试环节至关重要。制定变桨系统动态响应测试规程，能有效评估变桨系统在不同工况下的响应特性，确保其在各种风速条件下都能准确控制叶片桨距角，实现风能的高效捕获与机组的稳定运行。分析双馈机组低电压穿越能力验证方案^[6]，主要是为应对电网电压跌落等故障情况，保证双馈机组在低电压期间不脱网运行，并在电压恢复后快速恢复正常发电，维持电网稳定。通过这两项关键调试内容，可进一步提升风电机组在并网调试过程中的安全性、稳定性和可靠性，为风

电项目的整体稳定运行奠定坚实基础。

(二) 现场检测技术应用

1. 电气安全检测

在风电与光伏工程管理中，电气安全检测至关重要。建立集电线路绝缘电阻动态监测体系，可实时掌握集电线路绝缘状况，预防因绝缘问题引发的电气事故。通过定期测量绝缘电阻，并结合历史数据进行分析，能够及时发现潜在的绝缘缺陷^[7]。开发光伏阵列热斑红外诊断标准，利用红外热成像技术对光伏阵列进行检测。当光伏组件出现热斑时，其温度会异常升高，通过红外热像仪可直观地观测到热斑位置及严重程度。依据制定的诊断标准，准确判断热斑对光伏阵列性能的影响，及时采取措施修复或更换有问题的组件，确保光伏系统安全、高效运行，提升整个风电与光伏工程的电气安全性。

2. 电能质量测试

在风电与光伏工程中，电能质量测试意义重大。通过研究谐波分量叠加检测方法，可精准分析风电与光伏系统产生的谐波情况。谐波会影响电力设备的正常运行，增加损耗甚至引发故障^[8]。制定风电场无功补偿装置效能评估指标，对确保风电场输出电能质量至关重要。无功补偿装置能调整系统功率因数，减少无功功率的传输，降低线路损耗。准确评估其效能，可保障风电场稳定、高效运行，避免因无功功率不合理导致电压波动、闪变等电能质量问题，为风电与光伏工程的可靠运行提供有力支撑，也为电气设备的安全稳定运行营造良好的电能环境。

四、技术优化与管理实践

(一) 标准化作业体系

1. 工艺改进方案

在风电与光伏工程电气安装与调试工作中，工艺改进至关重要。提出预制式电气连接器安装工法，该工法通过对连接器结构和安装流程的优化，采用标准化预制组件，减少现场安装的复杂操作，有效提升安装效率，降低安装误差，使电气连接更加可靠^[9]。同时，优化光伏支架快速安装定位装置，运用先进的定位技术，如高精度激光定位系统，精准确定光伏支架的安装位置，避免因定位偏差导致的后续问题。这不仅能够提高光伏支架的安装精度，确保其稳定性，还能大幅缩短安装时间，降低人工成本，从整体上提升光伏工程的施工质量与进度，为风电与光伏工程的高效开展提供有力支撑。

2. 质量控制标准

在风电与光伏工程管理的电气安装与调试环节，质量控制标准极为关键。建立电气设备交接试验数据库，能为设备的性能评估提供全面且准确的数据支撑。通过详细记录每次交接试验的各项参数，如绝缘电阻、介质损耗因数等，形成完备的数据链，方便后续对设备质量进行追溯与分析^[10]。同时，制定电缆终端头制作工艺量化评价标准不可或缺。明确诸如导体连接的牢固程度、绝缘处理的厚度及均匀度、密封性能指标等量化参数，以确保电缆终端头制作工艺的一致性与可靠性。这两项质量控制标准，从

设备试验数据管理到具体工艺细节把控，全方位保障了电气安装与调试的质量，为风电与光伏工程的稳定运行奠定坚实基础。

（二）智能调试技术

1. 数字孪生应用

在风电与光伏工程管理的电气安装调试工作里，数字孪生技术发挥着关键作用。通过开发基于数字孪生的调试仿真系统，能够模拟风机主控系统在不同工况下的运行状况。利用该系统，工程人员可以对风机主控系统的各类参数进行预整定，如转速控制参数、功率调节参数等。这样一来，在实际安装调试前，就能对参数进行精准优化，提前发现潜在问题，有效减少现场调试时间与成本。同时，数字孪生系统为操作人员提供高度逼真的虚拟场景，辅助其熟悉操作流程，提升调试工作的准确性与安全性，为风电与光伏工程电气安装调试的高效、高质量完成奠定坚实基础。

2. 自动检测设备

研制的光伏组串智能诊断机器人，在风电与光伏工程电气安装调试中有重要作用。它集成 IV 曲线扫描功能，能精确获取光伏组串的电流 - 电压特性曲线。通过对曲线的分析，可快速识别光伏组串是否存在性能衰退、组件损坏等问题。例如，若曲线形状异常，可能暗示有组件出现热斑效应。同时，故障定位功能让机器人能精准锁定故障发生位置，无论是组串内部线路连接不良，还是某个具体组件故障，都能准确指出，极大缩短排查时间。借助该智能诊断机器人，实现自动检测，提升了调试效率与准确性，减少人力成本与误判概率，为光伏电站的高效稳定运行提供有力保障。

（三）工程案例分析

1. 山地光伏项目

在山地光伏项目中，复杂地形给箱逆变一体化安装带来挑战。通过分析因地制宜的安装方案，选择合适的位置与布局，能提升系统稳定性与效率。例如，根据山地坡度、朝向等因素，合理规划箱逆变设备的安装角度与间距，减少相互遮挡，提升发电

效率。同时，智能清扫系统对发电量提升效果显著。山地环境易使光伏面板沾染尘土、杂物，影响光电转换效率。智能清扫系统可定时或按需对面板进行清洁，经实践验证，采用该系统后，发电量提升可达 [X]%，有效弥补因山地环境带来的发电损耗，在技术优化与管理实践方面取得良好成效，为山地光伏项目的高效运行提供有力支撑。

2. 海上风电项目

在海上风电项目中，深远海环境对电气设备的盐雾防护提出了极高要求。海水中盐分含量高，电气设备长期暴露易遭腐蚀，影响性能与寿命。因此，需采用特殊防护涂层，如热喷涂锌铝涂层，能有效阻挡盐雾侵蚀。同时，设备外壳应具备良好密封性能，防止盐雾进入内部。从供电可靠性看，冗余设计成效显著。例如，设置多套发电设备及输电线路，当某一线路或设备故障时，备用部分可迅速投入运行。实践表明，通过这种技术优化与管理，可大幅提升海上风电项目电气系统稳定性，确保其在恶劣海况下安全、高效运行，有力保障海上风电的可靠供电，满足日益增长的能源需求。

五、总结

在新型电力系统背景下，风电与光伏工程管理中的电气安装与调试技术有着关键意义。研究凝练出的电气安装技术创新路径，从设计优化、施工标准化到智能检测，为提升安装质量与效率奠定基础。而构建的全生命周期管理体系，更是全面保障了工程从规划到运行各阶段的电气系统稳定性与可靠性。随着科技发展，数字孪生与人工智能技术在新能源工程管理领域展现出广阔应用前景。未来，深化这些前沿技术应用，将进一步提升风电与光伏工程电气系统的智能化、精细化管理水平，为新能源产业高质量发展注入强大动力，推动能源结构转型与可持续发展目标的实现。

参考文献

- [1] 王楚伊. 我国省域光伏与风电产业效率分析 [D]. 中国石油大学(北京), 2022.
- [2] 崔幼石. 风电 / 光伏频率动态特性分析与调频策略研究 [D]. 东北电力大学, 2023.
- [3] 张文龙. 不同安装位置光伏阵列的风载荷研究 [D]. 安徽理工大学, 2021.
- [4] 杨博华. 基于 STATCOM 的含风电和光伏发电系统低电压穿越技术研究 [D]. 吉林大学, 2023.
- [5] 陈简. 短期电力负荷及风电 / 光伏功率预测研究 [D]. 天津理工大学, 2023.
- [6] 朱凌志. 110kV 变电站电气安装调试与优化管理 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2021, 41(8):2.
- [7] 邬磊. 变电站电气安装调试中存在的问题与对策 [J]. 建材与装饰, 2021, (29): 131-132.
- [8] 刘峥. 光伏电站电气设备安装与调试分析 [J]. 光源与照明, 2022(8):3.
- [9] 覃智锦. 光伏发电系统安装与调试技术研究 [J]. 科技资讯, 2024, 22(9):69-71.
- [10] 罗洪飞. 光伏电站的安装与调试 [J]. 光源与照明, 2023(2):97-99.