

风电与光伏工程的现场检验检测方法及管理策略

任麟东

北京 100011

DOI:10.61369/ME.2025090014

摘 要： 风电与光伏工程现场检验检测技术与管理策略至关重要。需基于相关标准开展检验检测，构建智能化检测技术等方法体系及三阶段检测流程。设计阶段构建审查要点清单等，施工中借助 BIM 等技术动态监管，做好储能系统性能检测等，还应开发模块化装置等，通过建设数据中台、建立协同机制提升管理水平，推动工程高质量发展。

关 键 词： 风电光伏工程；检验检测技术；管理策略

On-site Inspection, Testing Methods and Management Strategies for Wind and Photovoltaic Projects

Ren Lindong

Beijing 100011

Abstract： On-site inspection and testing technologies and management strategies for wind and photovoltaic projects are of vital importance. It is necessary to conduct inspections and tests based on relevant standards, and to build a methodology system of intelligent testing technologies and a three-stage testing process. During the design phase, a checklist of review key points should be established, etc. In the construction process, dynamic supervision should be carried out with the help of BIM and other technologies, and the performance testing of energy storage systems should be well done, etc. Modular devices should also be developed, and the management level should be improved by building a data platform and establishing a collaborative mechanism, to promote the high-quality development of the project.

Keywords： wind and photovoltaic projects; inspection and testing technologies; management strategies

引言

随着风电与光伏项目在新能源工程中的迅猛发展，现场检验检测工作的重要性日益凸显。2023 年颁布的《新能源产业高质量发展实施意见》强调要提升新能源工程的质量与安全性。在此背景下，风电与光伏工程需严格依据相关标准开展检验检测，如 IEC 61400 系列、GB/T 20319 等风电设备标准及 NB/T 32037、CGC/GF001 等光伏电站验收规范。同时，要从智能化检测技术应用、构建检测流程、强化各环节管理等多方面发力，以提升检测精准性与管理高效性，推动风电与光伏工程高质量发展。

一、新能源工程现场检验检测技术标准体系

（一）风电工程检验检测技术规范

风电工程检验检测技术规范需基于相关标准展开。IEC 61400 系列及 GB/T 20319 等风电设备安装调试标准是重要依据^[1]。对于风电机组基础沉降检测，需明确检测频率、精度要求等，确保基础长期稳定，为机组安全运行提供保障。塔筒垂直度校验要规定校验方法、允许偏差范围，塔筒若垂直度不达标，会影响机组稳定性及发电效率。叶片无损探伤旨在及时发现叶片内部缺陷，需明确探伤方法如超声波探伤、射线探伤等的适用范围及合格判定标准，保障叶片安全，进而提高风电工程整体质量与可靠性。

（二）光伏工程验收检测技术规程

在光伏工程验收检测中，需对比分析 NB/T 32037、CGC/GF001 等光伏电站验收规范^[2]。组件 EL 检测，通过检测可发现组件内部隐裂、碎片等缺陷，其参数标准应严格依据规范要求，确保组件质量。支架结构强度试验，考量支架在不同工况下的承载能力，为光伏电站的稳定性提供保障，其强度标准也需符合相关规范。逆变器效能验证，重点关注逆变器的转换效率等参数，准确验证其在实际运行中的效能，使逆变器能高效将直流电转换为交流电并入电网，各关键检测参数标准都需紧密围绕相关验收规范，以此保障光伏工程验收检测的科学性与准确性。

二、现场检验检测方法体系构建

（一）智能化检测技术应用

在风电与光伏工程现场检验检测方法体系构建中，智能化检测技术应用至关重要。研究无人机巡检系统在风机叶片表面缺陷检测的应用路径，无人机凭借其灵活机动性，能快速抵达风机叶片各个位置，搭载高清摄像设备，可清晰捕捉叶片表面如裂纹、磨损等细微缺陷，提高检测效率与覆盖范围^[3]。论证红外热成像技术对光伏组件隐裂检测的有效性，通过检测光伏组件工作时的热辐射差异，能精准定位隐裂位置，即使在组件正常运行状态下也可实施检测，不影响发电效率。构建基于机器学习的设备状态评估模型，利用海量设备运行数据进行学习训练，实现对风电和光伏设备健康状况的智能诊断与预测，提前发现潜在故障风险，保障工程稳定运行。

（二）多维度检测流程优化

建立三阶段检测流程对风电与光伏工程现场检验检测至关重要。前期方案策划要充分考量项目特点、技术标准等，制定详细且针对性强的检测方案。过程质量管控需严格依据方案实施检测，对关键环节和重点部位密切监控，确保工程质量在施工过程中得到有效保障。后期数据分析则要深入剖析检测数据，挖掘潜在质量问题与规律。同时，基于风险评估的抽检比例动态调整机制不可或缺^[4]。通过科学评估不同阶段、不同部位的风险程度，灵活调整抽检比例，高风险区域加大抽检力度，低风险区域合理降低比例，实现资源的优化配置，提高检测效率与精准度，从而全方位优化检测流程，保障风电与光伏工程的质量与安全。

三、工程检验检测管理策略创新

（一）全生命周期质量管理体系

1. 设计阶段质量预控

在风电与光伏工程设计阶段，应构建施工图设计审查要点清单。该清单要涵盖风电场与光伏电站的选址合理性审查，包括地形地貌、气象条件等对工程的影响；电气系统设计审查，确保线路布局、设备选型等符合规范与实际需求。同时，制定设备选型匹配性评估指标。结合风电、光伏工程特性，考量风机、光伏组件等设备与场地条件、发电量预期的适配度，从功率、效率、可靠性等多维度评估。此外，建立质量风险预警数据库^[5]。收集过往风电与光伏工程设计问题案例，分析风险因素，如设计变更频繁、关键参数错误等，依据数据建立风险预警模型，对当前工程设计实时监测，提前发现潜在质量风险，以便及时调整优化，从源头保障工程质量。

2. 施工过程动态监管

在风电与光伏工程施工过程动态监管中，借助 BIM 技术构建质量追溯系统，利用其三维可视化、信息集成等特性，将施工各环节信息关联整合。施工中的材料使用、设备安装等情况都能在 BIM 模型中体现，实现质量问题快速定位与追溯。同时，开发移动端现场问题闭环管理模块，现场人员可即时通过移动端上传质

量与安全问题，系统自动推送至相关责任人，限时整改并反馈，形成问题处理闭环。在此基础上，实施关键工序质量否决制度，明确关键工序质量标准，一旦关键工序质量不达标，后续工作不得开展，确保整体工程质量。通过这一系列措施，实现施工过程全面、动态的有效监管^[6]。

（二）新型储能设备检测管理

1. 储能系统性能检测

在风电与光伏工程中，储能系统性能检测至关重要。制定电池簇循环效率测试规程，明确测试条件、流程与计算方法，以准确评估电池簇在充放电循环过程中的能量转换效率，确保储能电池的性能可靠^[7]。建立热管理系统效能评价体系，从散热效果、能耗等多维度对热管理系统进行量化评估，保障储能系统在适宜温度环境下稳定运行，延长设备寿命。研发储能装置并网特性综合测试平台，模拟不同电网工况，对储能装置的并网电压、频率、功率因数等关键参数进行全面测试，验证其与电网的兼容性和稳定性，为储能设备接入风电与光伏工程电网提供有力技术支撑。

2. 安全管理长效机制

构建立体化安全防控体系是实现新型储能设备安全管理长效机制的关键。消防系统联动测试确保在火灾隐患出现时，各消防设备能迅速响应并协同工作，将火灾损失降到最低。通过科学设定热失控预警阈值，提前察觉储能设备潜在的热失控风险，为及时采取应对措施提供保障。制定应急演练标准流程，定期开展演练，让工作人员熟悉在各种突发情况下的应急操作，提升整体应急响应能力。各环节紧密配合，形成一个全方位、多层次的安全防控网络，从预防到应急处理，全方位保障新型储能设备的安全运行，有效提升安全管理水平，推动风电与光伏工程长期稳定发展^[8]。

四、技术创新与应用展望

（一）数字孪生技术深度应用

1. 设备状态虚拟仿真

在风电与光伏工程领域，通过研究多物理场耦合建模方法，为开发新能源设备数字孪生体奠定基础。基于此数字孪生体，可实现检测数据实时映射，如同在虚拟空间为真实设备构建了精准“副本”，能将现场检测的各类数据，如风力发电机组的振动数据、光伏组件的电性能数据等，实时、准确地反映在虚拟模型上。同时，借助这一虚拟仿真手段，系统可基于实时映射的数据进行异常诊断。通过对虚拟模型运行状态的分析，快速发现设备可能存在的潜在故障，提前预警，减少设备故障停机时间，保障风电与光伏工程的稳定运行。随着技术发展，有望进一步提升虚拟仿真的精度与实时性，更好服务于工程现场的检测检测工作，为新能源产业发展提供有力支撑^[9]。

2. 智能决策支持系统

在风电与光伏工程中，智能决策支持系统基于数字孪生技术的深度应用有着重要意义。借助构建基于大数据分析的检测方案

优化算法，该系统能对现场检验检测数据进行深度挖掘与分析，精准识别潜在问题与优化方向。开发可视化的管理决策辅助平台，可将复杂数据以直观易懂的图形、图表形式呈现，为管理人员提供清晰的数据洞察。通过整合实时监测数据、历史数据以及行业标准等多源信息，系统能模拟不同决策方案下工程的运行状态与性能表现，辅助管理者科学决策。数字孪生技术深度融入智能决策支持系统，不仅提升检测方案的科学性与精准性，也为风电与光伏工程的高效管理提供有力保障^[10]。

（二）新型检测装备研发方向

1. 模块化检测装置开发

在风电与光伏工程的现场检验检测中，模块化检测装置开发具有重要意义。研制可适配不同机型的风电齿轮箱振动检测模块，能实现对各类风电齿轮箱振动情况的精准检测。通过优化模块的传感器配置，提高检测的灵敏度与准确性，确保及时发现齿轮箱潜在故障。同时，开发光伏跟踪系统精度校准专用工装，该工装可针对光伏跟踪系统的不同参数进行快速校准。利用先进的光学与电子技术，精确测量光伏跟踪系统的角度偏差等关键指标，提升校准效率与精度，助力光伏电站实现更高效的能源捕获。这些模块化检测装置的开发，将为风电与光伏工程现场检验检测带来技术革新，有效保障工程的稳定运行与高效产出。

2. 非接触式检测技术

在风电与光伏工程现场检验检测中，非接触式检测技术有着重要研发方向。太赫兹成像技术应用于复合材料检测极具潜力。复合材料在风电与光伏设备中广泛使用，太赫兹波能穿透部分材料，对内部缺陷如分层、裂纹等进行成像检测。其检测速度快、分辨率高，且不会对材料造成损伤，可实现快速无损检测，保障设备安全稳定运行。基于激光雷达的风电场微观选址校验系统也是一大重点。激光雷达能精确测量大气风场信息，通过对风电场不同位置的风速、风向等参数精准探测，优化风电场微观选址，提高风能捕获效率，减少因选址不当造成的能量损失和设备损耗，为风电场高效运行奠定基础，推动风电与光伏工程现场检测技术的革新与发展。

（三）标准化管理平台构建

1. 检测数据中台建设

在风电与光伏工程的现场检验检测中，检测数据中台建设至

关重要。通过设计涵盖数据采集、清洗、分析的全流程管理体系，能够确保从现场采集到的海量检测数据得以有效处理。采集环节精准收集各类设备运行参数、环境数据等；清洗阶段去除错误、重复及无效数据，提升数据质量；分析过程运用专业算法挖掘数据价值，为决策提供依据。同时，开发符合 ISO 55000 标准的资产管理系统，该系统基于数据中台提供的数据支持，对资产进行全生命周期管理，实现资产的优化配置与高效利用，从整体上提升风电与光伏工程现场检验检测的管理水平，推动行业向智能化、标准化方向发展。

2. 跨区域协同机制

在风电与光伏工程的现场检验检测中，跨区域协同机制至关重要。通过建立省域级新能源检测资源共享平台，可打破区域限制，整合不同地区的检测设备、数据等资源，实现资源的高效利用与互补。例如，某地区具备先进的风电机组性能检测设备，而另一地区在光伏组件可靠性检测方面有优势，共享平台能使双方互通有无。同时，制定跨企业技术专家协同工作规范，促进不同企业专家交流合作。不同企业专家在技术经验上各有所长，规范的协同工作能让他们围绕特定检测项目，共同研讨解决方案，提升整体检测水平，推动风电与光伏工程现场检验检测工作在更大区域范围内标准化、高效化开展。

五、总结

新能源工程中，风电与光伏项目发展迅猛，现场检验检测技术与管理策略至关重要。通过对检测技术体系的系统梳理，我们明确了各类检测技术在不同工程环节的应用要点，从设备性能检测到工程整体质量把控，形成了完备且科学的技术支撑。在管理创新方面，新的管理理念与手段不断涌现，有效提升了工程建设的效率与质量。未来，智能检测技术与标准化管理的融合是必然趋势，这将进一步提升工程检测的精准性与管理的高效性。面对新型电力系统建设的需求，检测技术需在更高的性能、更复杂的环境适应性等方面进行攻关，管理模式也应朝着更加智能化、精细化的方向优化，以更好地推动风电与光伏工程高质量发展。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 周科宇. 新能源微电网直驱风电与光伏混合电压源控制策略研究 [D]. 广东工业大学, 2022.
- [5] 苏禹泽. 风电 / 光伏电站参与电力系统频率调节控制策略研究 [D]. 东北电力大学, 2021.
- [6] 王国辉. 光伏电站工程建设项目的管理策略研究 [J]. 低碳世界, 2022, 12(10): 133-135.
- [7] 张晓儒, 张莉. 农产品质量检验检测现状 & 优化策略 [J]. 现代食品, 2022, 28(2): 39-41.
- [8] 邱琰. 风电、光伏及储能微网控制策略研究 [J]. 电力设备管理, 2024(7): 102-104.
- [9] 王猩. 计及风电与储能的混合能源系统管理策略 [J]. 电气开关, 2022, 60(4): 61-63.
- [10] 韩世选. 风电和光伏项目风险管理 [J]. 电力系统装备, 2021(23): 143-144.