

物联网技术在电力设备状态检修中的工程应用研究

郜晔昌, 贾灿

甘肃送变电工程有限公司, 甘肃 兰州 730070

DOI: 10.61369/SSSD.2025170012

摘 要 : 当前电力系统正在向着智能化、规模化的方向快速发展, 电力设备的稳定运行已经成为保障能源供应安全的关键环节, 传统的电力设备状态检修模式已经很难适应当前电力系统的运维需求。因此物联网技术的应用能够有效提升电力设备状态检修的智能化水平, 通过实时采集设备运行数据、环境参数及故障信息, 为电力设备状态的检修提供了新的技术支持。本文主要从物联网技术在电力设备状态检修中的工程应用现状入手, 深入分析了物联网技术在电力设备状态检修中运用的必要性, 并对物联网技术在电力设备状态检修中的工程应用体系构建进行了探讨, 希望能够为物联网技术在电力设备状态检修中的深入应用提供理论支持, 进而推动电力系统运维模式的转型升级。

关 键 词 : 物联网技术; 电力设备; 状态检修; 工程应用

Research on the Engineering Application of Internet of Things Technology in the Condition-based Maintenance of Power Equipment

Gao Yechang, Jia Can

Gansu Power Transmission and Transformation Engineering Co., Ltd., Lanzhou, Gansu 730070

Abstract : At present, the power system is developing rapidly towards intelligence and large-scale. The stable operation of power equipment has become a key link to ensure the safety of energy supply, and the traditional condition-based maintenance mode of power equipment is difficult to meet the operation and maintenance needs of the current power system. Therefore, the application of Internet of Things (IoT) technology can effectively improve the intelligence level of condition-based maintenance of power equipment. By real-time collecting equipment operation data, environmental parameters and fault information, it provides new technical support for the condition-based maintenance of power equipment. This paper mainly starts with the current situation of the engineering application of IoT technology in the condition-based maintenance of power equipment, deeply analyzes the necessity of applying IoT technology in the condition-based maintenance of power equipment, and discusses the construction of the engineering application system of IoT technology in the condition-based maintenance of power equipment. It is hoped to provide theoretical support for the in-depth application of IoT technology in the condition-based maintenance of power equipment, and then promote the transformation and upgrading of the operation and maintenance mode of the power system.

Keywords : Internet of Things technology; power equipment; condition-based maintenance; engineering application

引言

作为电力系统发电、输电、配电环节的核心载体, 电力设备的运行状态直接关系到整个电网的安全稳定。随着设备数量的快速增长和运行环境的逐渐复杂化, 传统周期性检修已经很难满足现代电力系统对精准化、高效化运维的需求。因此, 以互联网技术为支撑的物联网系统被广泛应用于电力设备状态检修中, 不仅能够实现对设备运行状态进行实时监测的工作模式, 而且能够通过大数据分析与智能算法对设备潜在的故障进行预测, 从而显著提升检修工作的运维效率与设备可靠性。

一、物联网技术在电力设备状态检修中的工程应用现状

在当前的发展阶段, 中物联网技术在电力设备状态检修中的

应用已经逐渐从原本的理论探索走向工程实践, 在不断地探索过程中, 形成了以状态感知为基础、以数据传输为纽带, 并且以平台分析为核心的初步应用格局, 但是从整体来看, 仍然处在一个发展完善的阶段, 在技术落地和系统协同等方面仍然存在需要优

化的地方。在感知应用方面，各种类型的传感器都已经被广泛地部署到变压器、断路器和输电线路等关键的电力设备上，这些传感器被用来采集设备运行过程中的温度、湿度、振动、局部放电、绝缘状态等核心参数^[1]。对于相关电力设备的稳定运行具有十分关键的作用。但是在工程应用的过程中，仍然存在感知设备标准化程度低、不同厂家设备接口不能兼容，以及部分特殊设备的感知点布置不够合理等问题，导致最终收集到的感知数据很容易产生偏差，不能保证一致性和完整性，这也会直接影响到后续数据分析结果的准确性。在数据处理与平台建设方面，部分电力企业已经搭建了物联网数据管理平台，对于感知数据的存储、预处理和初步分析等内容的搭建都已经逐步实现。同时平台也能够对设备运行参数进行实时监控，并及时进行异常报警，生成相应的基础检修建议。但是相关的平台功能仍然需要进一步完善，比如数据分析的算法大多是以简单统计分析为主，缺少对内容的深入挖掘和智能诊断能力，导致最终在实际运用过程中很难从大量的数据中精准识别到设备潜在的故障模式^[2]。而平台与电力企业现有的运维管理系统以及设备管理系统的兼容性也不够，使当前的数据共享与业务协同的过程存在一定的困难。另外，平台的可视化展示与决策知识功能比较薄弱，并不能为研究人员提供直观高效的决策依据。最后在工程应用落地方面，物联网技术在输电线路在线检测以及变压器状态检修等场景中都顺利展开了试点应用，并取得了一定成效。但是其相关的应用范围仍然比较有限，而且大多都集中在骨干电网与重要设备上，配电网和偏远地区设备的物联网改造进度更加缓慢。同时相关的技术应用也缺乏统一的标准规范，而且不同项目的技术路线、设备选型以及数据格式都存在一定的差异，导致后续的规模化推广存在阻碍，最终很难形成完整的协同效应。

二、物联网技术在电力设备状态检修中运用的必要性

（一）破解传统检修模式弊端，提升检修精准性

在传统的电力设备状态检修过程中，相关工作人员主要是采用定期检修的方式，其中存在的核心缺陷在于检修决策缺乏科学的设备状态数据支撑，导致最终的检修过程很难兼顾到每个个体之间存在的差异化问题，并且无法准确识别它们的实际运行状态。具体来说，部分设备因为它们的运行环境较好，并且工况稳定，实际上并不需要更多的检修工作，而定期检修可能造成过度维护，增加相应的运维成本。而另一部分设备因为存在潜在的故障隐患，在没有到达检修周期时，就有可能发生故障，导致检修不及时的情况发生^[3]。物联网技术可以通过对电力设备的运行状态进行实时感知，并且通过持续性监测也能够获取设备整个运行周期的运行数据，以此来精准反映出每个设备的健康状况，并为检修工作提供更加精准的数据，使其可以从原本的固定周期向状态导向转变，保证了检修工作的及时性。检修人员可以根据设备的实际运行状态以及故障的趋势预测结果来更加有针对性地制定每台设备的检修计划，避免过度检修和欠检修的状况发生，在提升检修工作的精准性和有效性的同时，也可以降低运维成本。

（二）强化故障预警能力，保障电力系统安全稳定运行

电力设备故障的发生，在大多数情况下都会伴随着运行参数的异常变化，而传统检修模式很难实时捕捉这些细微的变化，这就很容易导致故障预警功能存在滞后性，在一定条件下可能会引发严重的连锁反应。而物联网技术的应用能够实现对电力设备运行参数的全方位和高精度检测，通过持续采集设备的温度、震动和局部放电等关键参数，并结合数据分析算法来实时识别参数异常波动，保证能够及时发出故障预警信号。同时检修人员也可以在设备发生故障之前采取有针对性地处理措施，将存在的故障隐患消除在初始阶段，从而有效降低设备故障的发生频率，最大程度上减少因为故障而造成的设备损失。

（三）推动运维模式智能化转型，适应电力系统发展需求

随着电力系统规模的不断扩大，相应的设备数量也在持续增长，在这种情况下，传统依赖人工巡展的运维模式就很难提高当下的运维效率，并且其对于检修工作质量的要求也会进一步提高。人工巡检不仅劳动强度大、作业环境也具有一定的危险性，而且还存在部分巡检盲区，在数据记录方面也会有不规范的问题，导致整体的运维效率比较低。物联网技术可以通过构建无人化和智能化的运维体系，实现对电力设备的远程监测，并且在周期内可以进行自动巡检和智能诊断，从而大幅度减少人工干预，降低人工错误的发生率。比如通过无人机巡检，可以替代人工完成输电线路的巡线工作，同时结合智能传感器，可以将设备的状态数据进行自动采集和分析，从而显著提升运维效率。借助云计算和大数据平台技术，可以将运维数据进行集中管理和共享，同时也能够支持跨区域和跨部门之间的协同运营，进一步提升运维决策的科学性。

三、物联网技术在电力设备状态检修中的工程应用体系构建

（一）构建全方位、高精度状态感知网络

在将物联网技术运用到电力设备状态检修工作的过程中，感知层是其中应用的基础，其核心目的主要是实现对电力设备的运行状态进行全面和准确的感知，保证采集到的数据的完整性。一方面工作人员需要优化感知设备选型和相应的部署方案。不同电力设备有不同的结构特点、运行环境和监测需求，相关工作人员需要以这些基础内容为参考依据，来选择适配性较强、可靠性高且精度达标的智能传感器，来完成对应的工作。比如针对变压器，可以选择油中溶解气体传感器和局部放电传感器；在面向输电线路时，就可以选择覆冰传感器和微风振动传感器。通过这种方式，工作人员可以更加科学地规划感知点的布置，保证关键的监测参数不会有遗漏的地方，同时也可以避免感知点过多的问题导致数据重复以及成本增加的情况出现。另外也可以推进感知设备的标准化建设^[4]。在检修工作开始前，可以制定统一的感知设备接口标准；数据采集格式以及通信协议等，将不同厂家和不同类型的感知设备进行互联互通，保障最终的感知数据具有一致性和兼容性。另外工作人员也可以强化感知设备的环境适应性和稳

定性。在电力设备运行过程中会存在高压、高温、高湿和强电磁干扰等各种复杂的环境，这些环境都会对感知设备产生一定的影响，因此需要对其进行抗干扰、防腐蚀、防爆等特殊处理，提升设备在恶劣环境下的使用寿命和工作稳定性。

（二）搭建一体化数据处理与智能决策平台

智能决策平台是保证物联网技术能够在电力设备状态检测过程中顺利进行的重要载体，在一定程度上可以承担数据存储、处理、分析与决策支持的功能。因此在构建过程中，工作人员需要搭建出一个统一的数据管理平台。将感知数据、设备档案数据以及检修进度数据等多个源头的数据进行统一整合并且采用分布式的存储技术来将大量数据进行安全存储，并且支持高效检索^[5]。同时也要建立数据清洗、去重、补全的预处理机制，在初级阶段最大程度上提升数据的质量，并为后续的深度分析打下相应的基础。在这个过程中也要制定数据共享标准与接口规范，与电力企业的现有运维管理系统，以及设备管理系统进行无缝对接，有效打破信息之间存在的限制，促进数据的共享与业务合作。而在数据分析与智能诊断方面，也需要引入机器学习、深度学习等人工智能算法，为检修工作构建出设备故障诊断模型、状态评估模型以及趋势预测模型，通过对大量的运行数据进行深度挖掘，能够更加精准地识别出设备故障的类型，并且有效评估设备当前的健康状态，并对其后续的故障发展趋势进行预测，保证每个设备都能够及时得到修理。此外也需要开发智能报警系统，根据设备运行过程中的参数阈值和故障诊断结果来自动发出分级预警信号，同时也可以向工作人员推送相应的处理建议，结合往期数据运营的相关数据，为检修决策提供更加科学的数据支撑。

（三）实现多场景、全流程检修业务落地

应用层面对于物联网技术价值的转化具有十分重要的作用，需要结合电力设备状态检修的实际情况来进一步拓展多场景和全流程的应用功能。从远程监测和实时监控的应用入手，相关人员可以通过平台实时展示出的电力设备的运行参数、状态信息和地理位置等信息，实现对设备运行状态的全面掌控，使其可以在24小时内对设备进行全面监控。对于突然发生异常的设备，系统可以立即触发应急响应机制，工作人员能够远程调取详细的监测数据和历史记录，从而有效辅助故障分析，并快速制定处置方案，缩短故障排查时间。而在智能巡检应用中，可以通过搭载声纹识别装置与智能机器人开展合作，实现对变电站设备的自动化巡检。同时机器人也可以按照预设路径行进，利用高灵敏度拾音器采集设备运行声音，实时回传至分析平台。另外在预测性检修应用时，需要以设备的状态评估结果为基础来预测故障的发生趋势，从而制定出更加个性化的预测性检修计划，进一步明确检修时间、检修内容和检修方式并动态调整检修优先级，提升资源配置的效率。

四、结论

总之，在电力设备状态检修工作中，物联网技术能够为其提供一个全新的技术手段，在感知、传输、分析与决策方面存在的优势能够显著提升设备管理的精细化与智能化水平，实现从被动响应向主动预防的转变。另外，通过进一步优化体系构建模式，能够加强物联网技术与电力设备状态检修的深度融合，从而推动检修模式向着智能化、数字化的方向持续发展。

参考文献

- [1] 梁爽. 云计算与物联网技术在电力系统中的应用 [A]2024 新质生产力视域下智慧建筑与经济发展论坛论文集（三）[C]. 《中国建筑金属结构》杂志社有限公司，《中国建筑金属结构》杂志社有限公司，2024:2.
- [2] 张天元，达娃央金. 物联网技术在电力设备状态检修中的运用分析 [J]. 光源与照明，2024，(09):53-55.
- [3] 朱胜强. 基于物联网技术的电力设备一次状态检修技术 [J]. 中国科技投资，2021，(22):138-139.
- [4] 朱胜强. 基于物联网技术的电力设备一次状态检修技术 [J]. 中国科技投资，2021，(26):138-139.
- [5] 徐小华，王贵兰. 物联网技术在电气设备状态检修中的应用 [J]. 信息与电脑（理论版），2020，32(19):155-157.