

基于智能监测与维护的变电检修策略研究

刘岩

国网银川供电公司

DOI:10.12238/jpm.v6i2.7724

[摘要] 本文详细探讨了智能监测与维护技术在变电站检修中的应用，重点分析了基于物联网、计算机视觉和大数据分析等技术的实际应用效果。通过引入智能监测与维护技术，变电站在故障预警、设备维护效率以及成本控制方面均得到了显著改善。本文还通过案例分析展示了智能技术在实际操作中的效益和成效，为未来电网智能化建设提供了有力支持。

[关键词] 智能监测；变电检修；物联网；大数据分析

Research on substation maintenance strategy based on intelligent monitoring and maintenance

Liu Yan

State Grid Yinchuan Power Supply Company

[Abstract] This paper discusses in detail the application of intelligent monitoring and maintenance technology in substation maintenance, and focuses on the practical application effect of technologies based on the Internet of Things, computer vision and big data analysis. Through the introduction of intelligent monitoring and maintenance technology, the substation has been significantly improved in fault warning, equipment maintenance efficiency and cost control. This paper also shows the benefits and effectiveness of intelligent technology in practical operation through case analysis, which provides strong support for the intelligent construction of power grid in the future.

[Key words] intelligent monitoring; power transformation maintenance; Internet of Things; big data analysis

随着电力系统规模的日益扩大和复杂性增加，变电站作为电网的关键节点，其运行安全与维护质量对整个电力系统的稳定性至关重要。传统的变电检修模式主要依赖人工检查和定期维护，这种方式存在诸多不足，包括无法实时监控、故障发现滞后以及维护成本高昂等问题。为了应对这些挑战，智能监测与维护技术逐渐成为变电检修中的主流手段。本文将探讨这些技术的应用及其带来的效益提升，并通过具体案例展示其在实际操作中的效果。

1 智能监测与维护技术在变电检修中的应用

随着电网系统的快速发展，变电站作为电力系统中的重要枢纽，其安全性和可靠性要求越来越高。传统的变电检修方式多依赖人工检查和定期维护，但这种方式存在效率低下、故障发现滞后、维护成本高等问题。为解决这些问题，智能监测与维护技术逐渐成为变电检修领域的核心发展方向。

首先，智能监测技术通过安装在变电站设备上的传感器和检测装置，实时采集设备的运行数据，如温度、电压、电流等参数。这些数据通过无线或有线传输系统上传至监控中心，进行集中分析和处理，从而实现对变电设备运行状态的实时监

控。例如，在线监测系统能够提前发现设备异常，如局部过热、漏电等潜在隐患，从而避免设备发生严重故障。通过大数据分析和人工智能技术的应用，监控系统还能根据历史数据预测设备的运行趋势，制定出预防性维护计划，大幅提高变电设备的运行可靠性。

其次，智能维护技术依托自动化设备和先进的维护手段，有效减少了人工操作的复杂性和误差。例如，机器人技术在变电站检修中的应用，已逐步取代部分人工检修作业。机器人可以代替人工进入危险区域，进行设备表面的检测和清理工作，不仅提高了检修效率，还减少了人员的安全风险。此外，利用无人机技术可以快速对变电站设备进行巡检，尤其是难以接近的高空设备。无人机搭载的高清摄像头和红外探测器能够快速发现设备的物理损坏或温度异常，极大提高了巡检覆盖面和精确度。

智能监测与维护技术的应用，不仅使得变电检修更加高效、精准，也推动了电力设备运维的智能化和自动化发展。未来，随着物联网和大数据技术的进一步成熟，智能监测和维护技术在变电检修中的应用将更加广泛和深入，实现设备状态的

全面感知和智能决策，确保电网系统的安全稳定运行。

2 在变电检修中常用的智能监测与维护技术

2.1 基于计算机视觉的智能监测与维护技术

随着智能化技术的发展，变电站的检修工作逐步采用各种先进的监测与维护技术，提升了变电设备的运行安全性与效率。这些技术涵盖了计算机视觉、物联网、自动化设备等多个领域，使得检修过程更加智能化和便捷化。

2.1 基于计算机视觉的智能监测与维护技术

基于计算机视觉的技术在变电检修中被广泛应用，通过图像识别、深度学习和智能分析，实现对设备状态的实时监测和自动化维护。

（1）AR 视觉技术的应用

增强现实（AR）视觉技术在变电站检修中应用日益广泛。通过 AR 眼镜或设备，检修人员可以实时看到设备的运行状态、历史数据和检修记录。AR 技术将虚拟信息叠加在真实场景中，帮助检修人员更直观地分析设备问题，指导他们进行准确的维护操作。AR 不仅能减少人为误差，还能缩短设备检修时间，提高检修效率。

（2）巡检机器人应用

巡检机器人在变电站的应用显著提升了巡检工作的自动化水平。这些机器人配备高清摄像头、红外传感器和激光测距仪等设备，能够在无人操作的情况下自主巡检变电站内的设备，尤其适用于环境复杂或危险的区域。巡检机器人可以在设备周围巡查，采集设备的温度、电压、漏电等数据，并通过数据分析系统自动判断设备是否存在故障隐患。

（3）PDA 巡检

便携式数据终端（PDA）作为一种移动设备，广泛应用于变电检修中。通过 PDA，巡检人员可以随时随地记录设备状态，上传检修数据，并接收任务指令。PDA 的使用提升了数据采集的实时性和准确性，并能实现信息的同步共享，减少了纸质记录和二次输入的错误风险。此外，PDA 巡检还支持语音输入和图像识别功能，进一步简化了巡检流程。

（4）智能辅助评价系统

智能辅助评价系统通过将设备的运行数据与历史故障记录进行比对，分析设备健康状况，提供优化的维护建议。这一系统集成多种传感器和数据处理技术，能够自动生成设备的健康报告，并预测设备的运行趋势。通过智能辅助评价系统，检修人员能够更早发现潜在问题，减少设备突发故障的概率，优化设备维护的周期和方案。

（5）基于物联网技术的变电检修技术

物联网技术的应用为变电站的检修提供了更加智能化的解决方案。通过物联网，变电站的各个设备可以实现互联互通，实时共享设备状态和运行数据，形成完整的监控网络。物联网传感器不仅能够持续监测设备的运行情况，还可以远程控制设

备的运作和维护。结合大数据分析，物联网技术能够为变电站提供更精确的故障预测和维护建议，有效降低设备的维护成本，提升运行效率。

2.2 机器智能专家诊断系统

机器智能专家诊断系统是一种基于人工智能和专家经验的智能诊断工具，旨在为变电设备的故障检测与维护提供更为精准和快速的解决方案。该系统通过集成专家的专业知识和大量历史数据，能够实现设备运行状态的实时监测和异常分析，从而大大提高了设备故障的识别效率。

首先，机器智能专家诊断系统的核心是其知识库，该知识库包含大量的故障案例、设备运行数据以及专家的检修经验。当变电设备发生异常时，系统会根据现有的运行数据与知识库中的历史数据进行比对，分析出可能的故障类型和原因。与传统的人工诊断相比，机器智能诊断系统能够在更短的时间内给出精确的故障定位和建议，显著提升了检修效率。

其次，机器智能专家系统具备自学习功能。随着设备运行数据的不断积累，系统能够不断优化其知识库，并更新故障诊断规则。这使得系统不仅能够应对常见的设备故障，还可以适应设备的复杂故障模式。此外，系统的智能学习能力还能帮助提升设备的维护策略，优化设备的维护周期和工作量。

在应用中，机器智能专家诊断系统可以实现远程实时监控，检修人员无需亲临现场即可通过系统获取设备的详细运行信息。该系统还能够生成详细的故障报告，帮助检修人员快速做出维护决策。通过这种智能化的诊断方式，不仅减少了人工操作的复杂性和误差，还提高了设备的安全性和运行可靠性。

2.3 大数据诊断在电网智能监测与维护中的应用

大数据技术在电网智能监测与维护中的应用为设备故障预测和系统优化提供了全新的思路。通过对海量设备运行数据的实时采集、存储与分析，大数据诊断技术能够发现设备运行中的潜在问题，并提供科学的维护建议，有效提升了电网的安全性和运行效率。

首先，大数据诊断技术可以通过对历史运行数据和当前监测数据的分析，预测设备的故障趋势。传统的故障检测方式往往是依靠定期检修或设备发生故障后进行处理，而大数据诊断则能够提前发现设备的异常运行状态，帮助电网运营商在故障发生前采取预防性维护措施。这种“预测性维护”模式减少了设备的停机时间和维护成本。

其次，大数据诊断技术能够通过机器学习和数据挖掘等算法，分析设备的运行规律和故障特征，进而优化设备的维护策略。例如，通过对变压器、电缆等关键设备的长期运行数据进行深入分析，大数据系统能够找出设备故障发生的关键因素，并提出最优的维护建议，延长设备的使用寿命。

此外，大数据诊断技术还能够实现电网全局的智能化管

数据平台能够提供全网范围内的设备健康状态报告，并对电网的负载、功率波动等进行精确预测。这不仅提高了电网的运行效率，还增强了电网的安全稳定性。

3 案例分析

为了验证智能监测与维护技术的实际应用效果，某省级变电站率先引入了基于物联网、大数据分析和机器智能专家系统的综合智能检修方案。该变电站共有变压器设备 3 台，主配电室 10 间，设备涵盖 110kV 至 220kV 的高压设备。通过智能监测技术，该站点能够实现全站设备的远程监控与智能诊断。

3.1 实施方案

为了提升变电站设备的运行可靠性和维护效率，某省级变电站率先引入了一套基于智能监测与维护技术的综合检修方案。该方案涵盖传感器布置、数据平台搭建以及智能巡检技术的应用，具体实施过程如下：

3.1.1 传感器布置

在每台变压器和配电设备上，布置了 300 多个不同类型的传感器，包括温度传感器、压力传感器、电流传感器、电压传感器等。这些传感器负责实时采集设备的运行状态数据，提供详细的物理参数信息。温度传感器主要监测设备的温度变化，尤其是在夏季高负荷运行时，通过监测温度变化，可以及时预警过热问题。压力传感器则用于监测设备内油压和气压等关键压力参数，确保设备在正常压力范围内运行。电流和电压传感器则可以实时监测设备的电力输送情况，发现电流、电压的异常波动，提前识别潜在的电力故障。

3.1.2 数据平台

通过物联网技术，将传感器采集到的数据实时上传至云端的大数据分析平台。这一平台不仅具备强大的数据存储能力，还结合了历史数据进行实时诊断和预测分析。大数据平台能够快速处理和分析来自传感器的海量数据，识别出设备的运行趋势和潜在风险。例如，当某一台变压器的温度或电流超出正常范围时，系统能够立即发出警报，提醒维护人员采取措施。同时，数据平台还具有机器学习能力，能够根据历史数据进行分析 and 模式识别，自动调整诊断规则，提高故障预测的精准性。

3.1.3 智能巡检

为进一步减少人工巡检的工作量和安全风险，变电站引入了智能巡检机器人。这些机器人具备自动巡航功能，能够按照预定路线进行巡查。它们配备了高清摄像头、红外成像设备和温度传感器，能够对设备的外部结构进行物理检测和图像采集。通过高清摄像头，巡检机器人可以快速发现设备的外观损伤、表面污染等问题，而红外成像设备则可以捕捉到设备的温度变化，及时发现局部过热现象。

3.2 具体应用效果

在实施智能监测与维护技术的六个月内，该变电站发生了

两次设备异常，其中一次是 110kV 主变压器因温度升高导致的异常预警，另一次是配电室电压波动问题。通过智能监测系统，变电站的运行维护人员在故障发生前 48 小时内成功获取预警，采取了有效措施避免了大范围停电事故的发生。

表 1 该变电站在引入智能监测技术前后的效益分析

项目	引入前（半年）	引入后（半年）
停电次数	3 次	0 次
平均检修时长（小时）	15 小时	8 小时
故障反应时间（分钟）	120 分钟	30 分钟
维护成本（万元）	45 万元	28 万元
设备故障率	5%	1%

3.4 效益分析

从数据可以看出，引入智能监测与维护技术后，停电次数由原来的 3 次降至 0 次，平均检修时长减少了近一半。同时，故障反应时间缩短了 75%，维护成本降低了约 38%，设备故障率则从 5%下降到了 1%。这些成果证明了智能监测与维护技术在变电检修中的有效性，显著提升了变电站的运维效率和设备的稳定性。

通过该实际案例，不仅展示了智能监测技术的应用效果，还为其他变电站提供了可借鉴的经验。未来，这些技术将进一步推广应用到更多电力站点，推动电力行业的智能化转型。

4 结语

智能监测与维护技术的广泛应用，标志着电力设备维护进入了智能化、自动化的新时代。通过实时数据采集、智能诊断和故障预警，电网运行的可靠性和安全性得到了有效提升。本文通过实际案例分析了这些技术的应用效果，证明了其在优化检修流程、降低维护成本和减少故障停电方面的优势。随着物联网、大数据和人工智能技术的进一步发展，智能监测与维护技术将在未来的电力系统中发挥更加重要的作用，推动电网的持续稳定发展。

[参考文献]

- [1]杨熙，包时通，董俊根，等.变电检修作业仿真培训系统的智能评价方法[J].电工技术，2024，（14）：169-172.D0I: 10.19768/j.cnki.dgjs.2024.14.048.
- [2]张静.智能变电站输变电设备状态监测控制系统[J].信息系统工程，2015，（01）：22.
- [3]张继勋.智能化变电设备检修初探[J].科技信息，2014，（09）：214.
- [4]王少华，胡文堂，梅冰笑，等.浙江电网输变电设备智能化及状态检修体系[J].高压电器，2013，49(04)：8-13.D0I: 10.13296/j.1001-1609.hva.2013.04.004.
- [5]杨超，张霖.变电设备状态监测智能系统的研究[J].电气技术，2012，（12）：57-62.