

数字技术驱动变电站智能运维升级

赵朝

国网中卫供电公司

DOI:10.12238/jpm.v6i7.8207

[摘要] 随着电力需求的持续增长和电网规模的不断扩大，变电站的运维管理面临着更高的要求和挑战。传统的运维模式已难以满足现代电网安全、可靠、高效运行的需求。数字技术的飞速发展为变电站智能运维升级提供了强大的技术支撑。本文深入探讨数字技术在变电站智能运维中的应用，分析其对提升运维效率、保障电网安全稳定运行的重要作用，通过实际案例展示数字技术驱动下变电站智能运维的变革与成效，旨在为推动电力行业智能化发展提供参考。

[关键词] 数字技术；变电站；智能运维；电力系统

Digital technology drives the upgrade of intelligent operation and maintenance of substations

Zhao Chao

State Grid Zhongwei Power Supply Company 755000

[Abstract] As the demand for electricity continues to grow and the scale of power grids expands, the operation and maintenance (O&M) management of substations face higher demands and challenges. Traditional O&M models can no longer meet the modern grid's needs for safety, reliability, and efficiency. The rapid advancement of digital technology has provided robust support for the intelligent O&M upgrade of substations. This article delves into the application of digital technology in the intelligent O&M of substations, analyzing its significant role in enhancing O&M efficiency and ensuring the safe and stable operation of the power grid. It showcases the transformation and effectiveness of intelligent O&M driven by digital technology through practical case studies, aiming to provide a reference for the intelligent development of the power industry.

[Key words] digital technology; substation; intelligent operation and maintenance; power system

一、引言

变电站作为电力系统的关键枢纽，承担着电压变换、电能分配和电力控制等重要任务。其运行的可靠性和稳定性直接关系到整个电力系统的安全与供电质量。在过去，变电站的运维主要依赖人工巡检、经验判断以及传统的监测手段。这种运维模式存在效率低下、响应滞后、无法实时全面掌握设备状态等诸多弊端。例如，人工巡检受时间、人力和巡检人员经验水平的限制，难以发现设备潜在的细微故障；在设备出现故障时，故障排查和定位往往耗费大量时间，导致停电时间延长，给社

会生产和生活带来严重影响。

近年来，数字技术如物联网、大数据、人工智能、云计算等取得了突破性进展，并逐渐广泛应用于各个领域。在电力行业，数字技术为变电站运维带来了全新的思路和方法，推动其向智能化方向升级。通过数字技术的应用，变电站能够实现设备状态的实时感知、数据的高效采集与分析、故障的精准预测与诊断以及运维决策的智能化制定，从而显著提高运维效率，降低运维成本，增强电网运行的安全性和可靠性。因此，研究数字技术驱动下的变电站智能运维升级具有重要的现实意义。

和应用价值。

二、数字技术在变电站智能运维中的应用

2.1 物联网技术实现设备状态实时感知

物联网技术通过在变电站设备上部署大量的传感器，如温度传感器、压力传感器、振动传感器、电流传感器、电压传感器等，实现对设备运行状态参数的实时采集。这些传感器将采集到的数据通过无线或有线通信网络传输至数据处理中心，使运维人员能够实时掌握设备的运行温度、压力、振动情况、电气参数等信息。例如，在变压器上安装温度传感器和油位传感器，可以实时监测变压器的油温及油位变化。一旦油温过高或油位异常，系统能够立即发出警报，提醒运维人员及时采取措施，避免变压器因过热或缺油而损坏。据相关统计，采用物联网技术实现设备状态实时感知后，能够提前发现约 80% 的设备潜在故障，有效降低设备故障率。

2.2 大数据技术助力数据深度分析与决策

变电站在运行过程中会产生海量的数据，包括设备运行数据、环境数据、操作记录数据等。大数据技术能够对这些数据进行高效存储、管理和深度分析。通过建立数据模型和数据分析算法，挖掘数据背后的规律和潜在信息。例如，通过对设备历史运行数据的分析，可以建立设备的健康状态评估模型，预测设备的剩余使用寿命；对电网负荷数据的分析，能够准确预测负荷变化趋势，为电网的调度和运维提供决策依据。某地区电网利用大数据技术对变电站设备运行数据进行分析后，优化了设备的检修计划，使设备检修的针对性提高了 30%，同时减少了不必要的检修次数，降低了运维成本。

2.3 人工智能技术实现故障精准诊断与预测

人工智能技术中的机器学习、深度学习等算法在变电站故障诊断与预测方面具有强大的能力。通过对大量故障样本数据的学习和训练，建立故障诊断模型和预测模型。当设备出现异常时，模型能够快速准确地判断故障类型和故障位置，并预测故障的发展趋势。例如，利用深度学习算法对变电站设备的红外图像进行分析，可以识别设备是否存在过热故障；通过对设备振动信号的机器学习分析，能够诊断出设备是否存在机械故障。研究表明，采用人工智能技术进行故障诊断，故障诊断准确率可达到 95% 以上，相比传统的故障诊断方法有了大幅提升。

2.4 云计算技术提供强大计算与存储能力

云计算技术为变电站智能运维提供了灵活、高效的计算和存储资源。变电站产生的海量数据以及复杂的数据分析和处理任务，需要强大的计算能力和存储容量来支持。云计算平台可以根据实际需求动态分配计算资源和存储资源，满足变电站智能运维系统对数据处理和存储的要求。同时，通过云计算技术，不同地区的变电站运维人员可以通过网络接入云平台，共享数据和分析结果，实现协同工作。例如，某电力公司采用云计算技术构建变电站智能运维云平台，将下属多个变电站的运维数据集中存储和处理，运维人员可以随时随地通过终端设备访问云平台获取所需信息，大大提高了运维工作的便捷性和协同性。

三、数字技术驱动变电站智能运维升级的成效

3.1 提高运维效率，减少停电时间

传统变电站运维模式下，设备巡检、故障排查和处理主要依靠人工，工作效率低且耗时较长。数字技术驱动的智能运维模式实现了设备状态的实时监测和故障的自动诊断，运维人员可以通过远程监控系统及时发现设备异常，快速定位故障点，并采取相应的处理措施。例如，在某变电站采用智能运维系统后，设备巡检时间从原来的每次数小时缩短至半小时以内，故障处理时间平均缩短了 50% 以上。停电时间的大幅减少，有效提高了供电可靠性，保障了用户的正常用电。据统计，该变电站所在区域的供电可靠率从原来的 99.5% 提升至 99.8%。

3.2 降低运维成本

智能运维模式通过优化设备检修计划、减少人工巡检次数以及提高设备利用率等方式降低了运维成本。一方面，基于大数据分析和故障预测技术，可以实现设备的状态检修，即根据设备的实际运行状态确定检修时间和内容，避免了传统定期检修的盲目性，减少了不必要的检修费用。另一方面，物联网技术和自动化巡检设备的应用，减少了对人工巡检的依赖，降低了人力成本。例如，某变电站在引入智能运维系统后，每年的运维成本降低了约 20%，其中人工成本降低了 30%，设备检修成本降低了 15%。

3.3 增强电网运行安全性和可靠性

数字技术的应用使得变电站设备的运行状态能够得到实时、全面的监测和分析，及时发现设备潜在的故障隐患并进行

处理，有效避免了设备故障引发的电网事故。同时，智能运维系统可以根据电网运行情况和设备状态，自动调整运维策略，优化电网运行方式，提高电网的抗干扰能力和自愈能力。例如，在电网遭受雷击、短路等突发故障时，智能运维系统能够快速判断故障类型和范围，自动隔离故障设备，启动备用设备，确保电网的持续稳定运行。相关数据显示，采用智能运维系统后，某地区电网的事故发生率降低了 40% 以上，电网运行的安全性和可靠性得到了显著增强。

四、案例分析

4.1 某地区智能变电站建设与运维实践

某地区电力公司积极推进智能变电站建设与运维数字化转型。在新建的智能变电站中，全面应用物联网技术，对变压器、断路器、互感器等主要设备安装了各类传感器，实现设备状态的实时感知和数据采集。通过大数据平台对采集到的数据进行存储和分析，建立了设备健康评估模型和故障预测模型。同时，引入人工智能技术进行故障诊断，当设备出现异常时，系统能够快速准确地判断故障原因和位置，并提供相应的处理建议。在运维管理方面，利用云计算技术构建了智能运维云平台，实现了运维数据的集中管理和共享，运维人员可以通过手机 APP 或电脑终端随时随地查看变电站设备运行状态、接收故障报警信息并进行运维任务处理。经过一段时间的运行实践，该地区智能变电站的运维效率得到了大幅提升，设备故障率显著降低。例如，以往人工巡检时需要花费大量时间对设备进行逐一检查，且容易出现漏检情况，现在通过智能运维系统，运维人员可以实时掌握设备运行状态，及时发现潜在问题，设备巡检效率提高了 80% 以上。故障处理时间也从原来的平均数小时缩短至 1 小时以内，极大地提高了供电可靠性，为该地区的经济发展和社会稳定提供了有力的电力保障。

4.2 某电力公司变电站智能运维系统应用效果

某电力公司为提升旗下变电站的运维水平，开发并应用了一套变电站智能运维系统。该系统集成了物联网、大数据、人工智能和云计算等数字技术。通过物联网技术，实现了对变电站内 1000 多台设备的运行状态实时监测，每天采集的数据量超过 10 万条。利用大数据技术对这些数据进行深度分析，挖掘设备运行规律和潜在故障特征，建立了 10 余种设备故障预

测模型。人工智能技术则应用于故障诊断和图像识别，能够准确识别设备的异常状态和缺陷。云计算技术为系统提供了强大的计算和存储能力，保证了数据处理的高效性和稳定性。应用该智能运维系统后，该电力公司旗下变电站的设备故障发生率降低了 35%，每年减少停电时间累计达到 1000 小时以上，为用户减少了大量的停电损失。同时，运维成本也得到了有效控制，相比之前降低了 18%，取得了显著的经济效益和社会效益。

五、结论

数字技术的广泛应用为变电站智能运维升级带来了前所未有的机遇，通过物联网、大数据、人工智能和云计算等技术的协同作用，实现了变电站设备状态的实时感知、数据的深度分析、故障的精准诊断与预测以及运维决策的智能化，显著提高了运维效率，降低了运维成本，增强了电网运行的安全性和可靠性。从实际案例来看，数字技术驱动的智能运维模式已在多个地区和电力公司取得了良好的应用效果，展现出巨大的优势和潜力。然而，目前数字技术在变电站智能运维中的应用仍存在一些問題，如数据安全问题、不同厂家设备之间的数据兼容性问题以及数字技术应用的深度和广度有待进一步拓展等。未来，需要进一步加强技术研发和创新，完善相关标准和规范，解决数字技术应用过程中面临的问题，推动数字技术与变电站运维的深度融合，不断提升变电站智能运维水平，为构建更加安全、可靠、高效的现代电力系统奠定坚实基础。

[参考文献]

- [1]陈实，刘畅。物联网技术在变电站设备状态监测中的创新应用 [J]. 电力创新，2024，35（4）：35 - 42.
- [2]张悦，李阳。大数据分析助力变电站运维决策优化的实践研究 [J]. 电网科技前沿，2023，46（6）：78 - 85.
- [3]赵宇，孙晓。基于人工智能的变电站故障诊断模型构建与验证 [J]. 电力自动化进展，2022，40（9）：56 - 63.
- [4]周峰，吴迪。云计算架构下变电站智能运维平台的设计与实现 [J]. 电气技术与应用，2024，43（11）：40 - 46.
- [5]郑强，王慧。智能变电站运维模式变革与数字技术融合应用案例剖析 [J]. 电力系统实践与探索，2023，50（5）：90 - 97.