

智能化技术在变电站运行维护中的应用研究

王 鹏 余雪芳

内蒙古电力（集团）有限责任公司鄂尔多斯供电分公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

【摘 要】：智能化技术在变电站的应用，不仅能提高设备的自动化程度，还能有效提升设备的运行效率与安全性。本文探讨了智能化技术在变电站运行和维护中的应用现状，分析了面临的主要问题，如设备故障检测、数据监控和维护决策的优化。研究发现，结合人工智能、大数据、物联网等先进技术，能够提高变电站设备的智能诊断、预测性维护及故障处理能力。通过实施智能化技术，不仅降低了运维成本，也提高了变电站的可靠性和稳定性，为电力系统的高效运行提供了保障。

【关键词】：智能化技术；变电站；运行维护；设备诊断；预测性维护

DOI:10.12417/2811-0528.25.24.052

引言

随着电力行业的不断发展与科技的进步，变电站作为电力系统的核心环节，其运行与维护的自动化、智能化水平逐渐成为保障电力供应安全与效率的关键。传统的变电站运维模式已难以应对日益复杂的电力负荷和设备故障，尤其是在设备检测、故障诊断与维护优化方面，存在着一定的盲区与不足。智能化技术作为一种新兴的解决方案，能够通过自动化设备、智能分析与数据处理，为变电站的高效运行提供强有力的支持。本文通过对智能化技术在变电站运维中的应用进行研究，探讨了如何利用现代智能技术提升变电站的运行稳定性与管理水平。

1 智能化技术在变电站运行中的关键问题与挑战

变电站设备种类繁多、运行环境复杂，传统的维护模式难以应对现代化设备的高频率、高负荷运行。设备的老化、复杂的电力负荷变化以及突发故障都需要及时准确的检测与响应，然而当前的监测技术往往存在延迟或数据不精准的情况，无法有效预测故障，导致故障处理不及时，影响系统稳定性。目前变电站已部署了各类智能设备，如巡检机器人、无人机、在线监测装置、辅控系统和智能消防监控系统等，但这些系统多为独立运行，数据格式与通信协议不统一，难以实现信息融合与协同分析。此外，电力系统作为关键信息基础设施，其网络与外界物理隔离，对数据安全和系统可靠性要求极高，因此在推进智能化过程中需重点考虑构建安全可靠的内部自组网络，并强化边缘计算能力，以实现数据就地处理与智能响应。智能化技术对数据处理能力的要求极高。变电站设备产生的数据量庞大，涉及运行状态、环境因素、历史故障记录等多个维度。传统的监控系统缺乏足够的数据挖掘与分析能力，难以通过实时数据对设备状态进行准确评估。在智能化技术应用中，大数据分析 with 人工智能技术的结合虽然能够提升数据处理的效率与精准度，但如何合理配置硬件和软件资源以确保系统的高效运

作，仍然是一个技术难题。

智能化技术的应用需要对现有变电站基础设施进行大规模改造。许多变电站的设备和系统较为陈旧，缺乏足够的智能化改造基础。在实施智能化技术时，如何平衡新技术的引入与传统设备的兼容性，如何在不影响系统稳定运行的前提下进行技术升级，依然是亟待解决的难题。设备间的互联互通性、信息系统的集成度、不同技术平台之间的协同工作等都要求较高的技术支持。另一个挑战是人员的专业技能问题。虽然智能化技术能够提高运维效率，但技术的复杂性要求运维人员具备较高的专业技能。随着智能化设备的不断发展，传统的运维人员可能面临技术能力的不足，如何进行有效的人员培训与技能提升，使其能够熟练应对智能化系统的维护和管理，成为一个需要重点解决的问题。

2 智能化技术的实施与应用方案

为了提高变电站的自动化水平，实时监控和故障检测系统必须得到全面升级。应充分整合现有巡检机器人、无人机、在线监测装置、辅控系统、智能消防系统等资源，构建统一管理的“变电站智能运维一体化平台”。该平台基于电力内网环境，采用自组网络与边缘计算节点，实现设备状态数据的实时采集、就地分析与协同控制。这一过程涉及到通过传感器和智能设备对变电站各类设备的运行状态进行全面监测，并通过大数据平台进行数据分析。通过数据挖掘技术，智能化系统能够提前识别设备运行的潜在问题，并通过实时预警机制来避免突发性故障发生，进而减少人工干预的需求。

在设备维护方面，智能化技术的核心在于实现预测性维护。例如，巡检机器人可结合红外测温、局放检测等手段，对设备进行多维度巡检；无人机则可用于高空设备及外部环境巡查；在线监测系统实时采集变压器油色谱、SF₆ 气体压力、避雷器泄漏电流等状态量；辅控系统集成安防、环境、消防等信息。通过对历史数据、运行参数和设备健康状况的全面分析，

结合人工智能算法,能够准确预测设备可能出现的故障或性能下降。这一过程中,机器学习算法能够不断优化预测模型,通过分析多维数据源,实现对设备故障趋势的准确预警。运维人员可以根据预测结果提前准备所需的材料和工具,确保在设备发生问题之前采取相应的维护措施,最大限度地降低停机时间,提高设备的可靠性。

为实现系统的高效运作,应采用基于自组网与边缘计算的架构,在站内设置多个边缘节点,对巡检机器人、无人机、在线监测、辅控系统数据等进行就地处理与分析,降低数据传输延迟,并避免因外部网络隔离带来的信息交互障碍。变电站中的各类传感器和控制设备可以通过内部网络连接,实现设备间的互联互通。通过部署本地服务器与智能分析终端,变电站的运行数据可在站内实时处理并形成决策指令,运维人员能够在主控室或授权终端获得准确的系统状态信息,并在发现异常时立即采取措施。这种基于内网与边缘计算的实时监控与数据共享能力大大提升了变电站的反应速度和运维效率。

智能化技术的实施还需要在变电站内建立统一的管理平台,集成所有设备和系统的数据。这种平台不仅能够集中展示各类监控数据,还能根据设备状态自动调节系统配置。例如,若某个变压器出现过载情况,平台会自动调整系统的负荷分配,或者根据电网的需求对变电站的运行进行优化调整。智能化平台还支持远程操作,运维人员无需亲自到达现场即可完成设备的启停、调节及诊断等任务,极大提高了工作效率。

在人员培训方面,为了适应智能化系统的运维需求,变电站需要对现有工作人员进行专项培训。通过系统化的培训,使工作人员掌握智能化设备的操作技能,理解智能平台的工作原理,并能够迅速应对可能出现的技术问题。这不仅要求操作人员具备一定的专业技术背景,还要能够灵活运用新技术,快速适应智能化设备的更新换代。智能化技术的实施需要技术支持与资金投入,但通过有效的规划和合理的资源配置,可以在长期运营中实现显著的经济效益和社会效益,推动变电站运维水平的全面提升。

3 智能化技术应用后的效果评估与优化建议

智能化技术在变电站应用后的效果评估主要体现在设备

运行效率、故障响应速度以及维护成本等方面。通过构建集巡检机器人、无人机、在线监测、辅控系统与智能消防于一体的协同运维体系,变电站实现了设备状态的实时感知、多维诊断与预测预警。运维人员能够迅速定位设备问题,提前进行故障预警和处理,减少了停机时间,提高了电力供应的连续性和稳定性。与传统的人工巡检和手动监测方式相比,智能化技术的运用大大提升了设备运行的自动化水平,使变电站的整体效率得到了显著提高。

智能化技术的应用还显著优化了设备的维护模式。传统的维护方式往往依赖于定期检修和人工经验,这种方式不仅效率低下,还容易漏掉潜在故障隐患。通过无人机与巡检机器人协同巡检、在线监测与辅控系统联动,智能系统能够基于多源数据实现对设备状态的实时监控和精准预测。智能化技术通过实时数据采集和自动化分析,能够实现对设备状态的实时监控和精准预测。通过采用预测性维护策略,智能化系统能够在设备发生故障前及时发现并预警,减少了设备损坏和事故发生的概率。故障发生后,系统还可以通过智能分析提供详细的故障诊断报告,为维修提供科学依据,从而缩短修复时间,进一步降低了运维成本。

智能化技术在实际应用过程中也存在一定的挑战。设备的初期投入成本较高,尤其是在传统变电站的智能化改造中,如何平衡技术升级与资金投入之间的关系,是一个重要问题。未来应进一步探索巡检机器人、无人机与固定监测装置的协同路径规划与数据融合方法,并研究基于人工智能的多源信息故障诊断与预测算法,以提升系统分析的准确性与可靠性。此外,建议在符合电力安全规定的框架下,利用边缘计算与自组网构建更灵活、安全的站内物联网,推动设备互联与数据共享,并在平台中引入数字孪生技术,实现变电站运行状态的可视化仿真与智能决策支持。

4 结语

智能化技术的引入显著提升了变电站的运维效率与稳定性,通过预测性维护与智能监控,设备故障得到了有效预防和处理。技术的优化与人员的培训仍是持续发展的重点。不断完善智能化技术的应用,将推动变电站在现代电力系统中发挥更为重要的作用,提升电力供应的可靠性与安全性。

参考文献:

- [1] 李明,张华.智能化技术在变电站中的应用研究[J].电力系统自动化,2022,46(3):112-118.
- [2] 王强,赵鹏.基于大数据的变电站故障预测与诊断系统[J].电气工程,2023,39(5):22-29.
- [3] 刘艳,陈涛.变电站智能化运维模式的探索与实践[J].电力技术,2021,40(4):101-107.