

智能化技术赋能变电站高效运维

马智东

国网宁夏电力有限公司中卫供电公司

DOI:10.12238/jpm.v6i7.8211

[摘要] 随着电力系统规模不断扩大，传统变电站运维模式已难以满足现代电力供应的需求。智能化技术凭借其高效、精准、智能的特点，为变电站运维带来了新的解决方案。本文深入探讨智能化技术在变电站日常运行与维护中的应用，分析智能化变电站监控与运维系统的构成及功能，阐述智能化技术应用于变电站运维的具体场景与优势，同时剖析其在实施过程中面临的挑战，并提出相应的解决对策，旨在为推动变电站智能化运维发展提供理论与实践参考，提升变电站运维效率与电力系统稳定性。

[关键词] 智能化技术；变电站；运维；监控系统；电力系统

Intelligent technology enables efficient operation and maintenance of substations

Ma Zhidong

State Grid Ningxia Electric Power Co., LTD.Zhongwei Power Supply Company

[Abstract] As the scale of power systems continues to expand, traditional substation operation and maintenance models are no longer sufficient to meet the demands of modern power supply. Intelligent technology, with its efficiency, precision, and intelligence, offers new solutions for substation operation and maintenance. This article delves into the application of intelligent technology in the daily operations and maintenance of substations, analyzing the composition and functions of intelligent substation monitoring and operation and maintenance systems. It also discusses the specific scenarios and advantages of applying intelligent technology in substation operation and maintenance, while examining the challenges faced during implementation. The article proposes corresponding solutions to enhance the efficiency of substation operation and maintenance and the stability of power systems, aiming to provide theoretical and practical references for the development of intelligent substation operation and maintenance.

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

引言

变电站作为电力系统中实现电压变换、电能分配与传输的关键枢纽，其运行的安全性与稳定性直接关系到整个电力网络的可靠供电。近年来，随着经济社会的快速发展，电力需求持续攀升，电网规模日益庞大且结构愈发复杂，传统的变电站运维模式暴露出诸多弊端。人工巡检效率低、故障诊断主观性强、运维成本高且难以实现对设备运行状态的实时、全面监测等问题，严重制约了变电站的高效运行。在此背景下，智能化技术的兴起为变电站运维带来了新的契机。智能化技术通过融合物联网、大数据、人工智能、云计算等先进技术，能够实现对变电站设备的智能化监测、诊断与控制，有效提升运维效率与质量，保障电力系统的安全稳定运行。因此，深入研究智能化技

术在变电站运维中的应用具有重要的现实意义。

一、变电站传统运维模式的现状与问题

（一）人工巡检效率低

在传统变电站运维中，人工巡检是主要的设备监测方式。运维人员需按照固定的巡检路线和周期，对站内各类设备进行逐一检查，包括观察设备外观、记录仪表数据、检测设备温度等。然而，由于变电站设备数量众多、分布范围广，人工巡检往往需要耗费大量的时间和人力，且巡检周期相对较长，难以发现设备运行过程中出现的瞬时故障或早期隐患。例如，在大型变电站中，一次全面的人工巡检可能需要数小时甚至更长时间，在此期间，设备可能已经出现故障但无法及时发现。

（二）故障诊断主观性强

当变电站设备出现故障时，传统的故障诊断主要依赖运维人员的经验和专业知识。运维人员通过对设备故障现象的观察、分析以及以往的维修经验来判断故障原因和位置。这种诊断方式受个人经验和技术水平的影响较大，不同的运维人员可能对同一故障现象得出不同的诊断结论，导致故障诊断的准确性和可靠性难以保证。而且，对于一些复杂的故障，仅依靠人工经验难以快速、准确地定位故障根源，从而延误故障处理时间，影响电力系统的正常运行。

（三）运维成本高

传统变电站运维模式需要投入大量的人力、物力和财力。除了运维人员的工资、福利等人力成本外，还需要购置大量的检测设备和工具，并且设备的定期维护、校准以及更换也需要耗费大量资金。此外，由于人工巡检和故障诊断效率低，导致设备故障停机时间延长，造成电力供应中断，给社会和企业带来巨大的经济损失。同时，传统运维模式难以实现对设备运行状态的精准预测和预防性维护，无法有效降低设备故障率和维修成本。

二、智能化技术在变电站运维中的优势

（一）实时全面监测

智能化技术借助物联网传感器技术，能够实现对变电站设备运行状态的实时、全面监测。在变电站内的变压器、断路器、隔离开关等关键设备上安装各类传感器，如温度传感器、振动传感器、局放传感器等，可实时采集设备的温度、振动、局部放电等数据。这些数据通过无线网络传输至监控中心，运维人员能够在第一时间获取设备的运行信息，及时发现设备的异常情况，为故障预警和处理提供有力支持。例如，通过温度传感器实时监测变压器绕组和油温的变化，一旦温度超过设定阈值，系统将立即发出警报，提醒运维人员采取相应措施，避免设备因过热而损坏。

（二）精准故障诊断

基于大数据和人工智能技术，智能化变电站运维系统能够对采集到的大量设备运行数据进行深度分析和处理。通过建立设备故障模型和算法，系统可以自动识别设备故障特征，实现精准的故障诊断和定位。与传统的人工诊断方式相比，智能化故障诊断具有更高的准确性和效率。例如，利用机器学习算法对变压器局部放电数据进行分析，能够快速判断局部放电的类型、严重程度以及故障位置，为维修人员提供准确的维修方案，缩短故障处理时间，提高电力系统的可靠性。

（三）智能决策与控制

智能化技术还能够实现变电站运维的智能决策与控制。通过云计算技术对海量的设备运行数据和历史运维数据进行分析 and 挖掘，结合电力系统的运行状况和负荷需求，系统可以自

动生成最优的运维策略和控制方案。例如，根据设备的健康状态和预测的故障概率，系统可以合理安排设备的检修计划，实现预防性维护，避免设备故障的发生；同时，在电力系统出现异常或故障时，系统能够自动采取相应的控制措施，如调整变压器分接头、切换断路器等，保障电力系统的稳定运行。

（四）降低运维成本

智能化变电站运维模式通过实现设备的智能化监测和预防性维护，能够有效降低设备故障率和维修成本。由于能够提前发现设备故障隐患并及时进行处理，减少了设备的大修和更换次数，延长了设备的使用寿命。同时，智能化技术的应用减少了人工巡检的工作量，降低了人力成本。此外，智能决策与控制功能还能够优化电力系统的运行方式，提高能源利用效率，进一步降低运维成本。

三、智能化技术在变电站运维中的具体应用场景

（一）设备状态监测

在变电站设备状态监测方面，智能化技术发挥着重要作用。以变压器为例，通过安装各类传感器，可实时监测变压器的油温、绕组温度、油中气体成分、局部放电等参数。基于这些数据，利用大数据分析和人工智能算法，能够对变压器的健康状况进行评估和预测。当发现变压器存在潜在故障时，系统及时发出预警信息，提醒运维人员进行进一步检查和处理。同样，对于断路器、隔离开关等设备，也可以通过传感器监测其机械特性、电气参数等，实现对设备状态的全面感知和智能评估。

（二）视频监控与安全防护

智能化视频监控系统在变电站安全防护中得到广泛应用。在变电站内安装高清摄像头和智能分析设备，能够实时监控站内的人员活动、设备运行情况以及周边环境。利用视频分析技术，系统可以自动识别人员的违规行为，如未佩戴安全帽、擅自进入危险区域等，并及时发出警报。同时，视频监控系统还可以与其他安全防护系统（如门禁系统、周界防范系统等）进行联动，实现对变电站的全方位安全防护。例如，当周界防范系统检测到有非法入侵时，视频监控系统会自动将摄像头切换到相应区域，对入侵行为进行实时录像和跟踪。

（三）智能巡检机器人应用

智能巡检机器人在变电站运维中的应用逐渐普及。智能巡检机器人搭载多种传感器和检测设备，能够按照预设的路线和任务自主对变电站设备进行巡检。机器人可以对设备进行外观检查、红外测温、局放检测等操作，并将采集到的数据实时传输至监控中心。与人工巡检相比，智能巡检机器人具有不受环境因素影响、巡检效率高、数据准确性强等优点。例如，在恶劣天气条件下（如高温、暴雨、大雪等），智能巡检机器人依

然能够正常工作，完成设备巡检任务，而人工巡检则可能受到限制甚至无法进行。

(四) 电网运行分析与优化

利用智能化技术对电网运行数据进行分析和优化，能够提高电力系统的运行效率和稳定性。通过采集电网的电压、电流、功率等实时数据，结合历史数据和负荷预测模型，运用大数据分析和人工智能算法，对电网的运行状态进行评估和预测。根据分析结果，系统可以自动调整变压器分接头、优化无功补偿装置的配置、合理安排电网运行方式等，实现电网的经济、高效运行。例如，在用电高峰时段，通过优化电网运行方式，降低线路损耗，提高供电能力，保障电力供应的可靠性。

四、智能化变电站运维面临的挑战与对策

(一) 面临的挑战

1. 技术标准与规范不完善：目前，智能化变电站运维相关的技术标准和规范尚不完善，不同厂家生产的设备和系统在接口、通信协议、数据格式等方面存在差异，导致设备之间的兼容性和互操作性较差。这给智能化变电站运维系统的集成和运行带来了困难，增加了系统建设和维护的成本。

2. 网络安全风险：随着智能化技术在变电站运维中的广泛应用，变电站与外部网络的连接日益紧密，网络安全问题变得尤为突出。智能化变电站运维系统面临着黑客攻击、病毒感染、数据泄露等网络安全风险，一旦发生网络安全事件，可能导致变电站设备失控、电力系统瘫痪，造成严重的后果。

3. 专业人才短缺：智能化变电站运维涉及物联网、大数据、人工智能等多种先进技术，对运维人员的专业素质和技术水平要求较高。然而，目前电力行业中既懂电力技术又熟悉智能化技术的复合型专业人才短缺，难以满足智能化变电站运维的需求。这在一定程度上制约了智能化技术在变电站运维中的推广和应用。

4. 数据管理与分析难度大：智能化变电站运维系统在运行过程中会产生海量的数据，如何对这些数据进行有效的管理、存储和分析是一个关键问题。目前，数据管理和分析技术还不够成熟，存在数据质量不高、数据挖掘深度不够、数据分析结果难以有效应用等问题，影响了智能化变电站运维系统功能的发挥。

(二) 解决对策

1. 完善技术标准与规范：加强智能化变电站运维技术标准和规范的研究与制定工作，统一设备接口、通信协议和数据格式等技术要求，提高设备之间的兼容性和互操作性。同时，鼓励企业积极参与标准的制定，推动智能化变电站运维技术的标准化和规范化发展。

2. 加强网络安全防护：建立健全智能化变电站运维系统的网络安全防护体系，采取网络隔离、防火墙、入侵检测、数据加密等多种安全防护措施，保障系统的网络安全。加强对运维人员的网络安全培训，提高其网络安全意识和应急处理能力，定期进行网络安全演练，及时发现和解决网络安全隐患。

3. 加强专业人才培养：加大对智能化变电站运维专业人才的培养力度，通过高校教育、职业培训、企业内部培训等多种途径，培养既懂电力技术又熟悉智能化技术的复合型人才。同时，建立完善的人才激励机制，提高运维人员的待遇和职业发展空间，吸引更多优秀人才投身于智能化变电站运维工作。

4. 提升数据管理与分析能力：采用先进的数据管理和分析技术，提高数据质量和管理水平。建立数据清洗、转换和集成机制，确保数据的准确性和完整性；运用大数据分析和人工智能算法，深入挖掘数据价值，为变电站运维提供科学的决策依据。同时，加强数据共享和应用，促进不同部门之间的数据交流与合作，提高数据的利用效率。

五、结论

智能化技术的应用为变电站高效运维提供了强大的技术支持，有效解决了传统运维模式中存在的诸多问题，显著提升了变电站运维的效率、质量和安全性，降低了运维成本，为电力系统的稳定运行提供了有力保障。然而，智能化变电站运维在发展过程中仍面临着技术标准与规范不完善、网络安全风险、专业人才短缺以及数据管理与分析难度大等挑战。通过完善技术标准与规范、加强网络安全防护、加强专业人才培养以及提升数据管理与分析能力等对策，可以有效应对这些挑战，推动智能化技术在变电站运维中的进一步发展和应用。未来，随着智能化技术的不断进步和创新，变电站运维将朝着更加智能化、自动化、高效化的方向发展，为电力行业的可持续发展奠定坚实的基础。

[参考文献]

- [1]刘健，毕天姝，黄少锋，等。智能变电站技术 [M].北京：中国电力出版社，2015。
- [2]郭创新，孙旻，曹一家，等。智能电网继电保护技术的研究综述 [J].电力系统保护与控制，2011，39（18）：1-8。
- [3]王勇，李勇，王钢，等。基于物联网的智能变电站设备状态监测系统 [J].电力系统自动化，2012，36（18）：106-111。
- [4]宋永端，徐晓，谢开贵，等。智能变电站运维技术研究综述 [J].电力系统保护与控制，2016，44（16）：140-147。
- [5]孙宏斌，郭庆来，王彬，等。智能电网调度控制中心大数据分析处理技术综述 [J].电力系统自动化，2014，38（16）：1-12。