

人工智能在变电站状态检修领域的应用与发展

吴研

山东省科技大学, 山东 济南 250031

DOI: 10.61369/SSSD.2025060019

摘 要 : 随着电力行业的发展, 智能化水平不断提高, 其中变电站扮演着重要角色, 其状态与检修工作发挥了重要作用。传统变电站的检修存在一些问题, 难以满足现代化电力系统需求, 而人工智能的发展, 为变电站检修带来新的机遇, 有助于提升状态检修效果。本文从变电站状态检修领域出发, 分析人工智能在变电站状态检修中的关键技术, 并提出具体的应用场景旨在提升变电站状态检修效果, 为其智能化发展积累经验。

关 键 词 : 人工智能; 变电站; 状态检修

Application and Development of Artificial Intelligence in Substation Condition-Based Maintenance

Wu Yan

Shandong University of Science and Technology, Jinan, Shandong 250031

Abstract : With the development of the power industry, the level of intelligence has been continuously improved. Among them, the substation plays an important role, and its status and maintenance work have played a significant role. The maintenance of traditional substations has some problems, which are difficult to meet the needs of modern power systems. However, the development of artificial intelligence has brought new opportunities for substation maintenance, which helps to improve the effect of condition-based maintenance. Starting from the field of substation condition-based maintenance, this paper analyzes the key technologies of artificial intelligence in substation condition-based maintenance and puts forward specific application scenarios, aiming to improve the effect of substation condition-based maintenance and accumulate experience for its intelligent development.

Keywords : artificial intelligence; substation; condition-based maintenance

引言

在整个电力系统中, 变电站可以进行电能转换、分配, 其运行的稳定与可靠性关系到电力系统的平稳运行。为了确保变电站设备的平稳运行, 需要重视状态检修的开展, 进行设备状态监测、评估, 明确设备可能存在的隐患, 并制定科学合理的检修计划, 有效减少故障的发生概率, 使设备具有更高的使用寿命。传统变电站状态的检修过于依赖人工与定期巡检, 存在劳动强度大, 很难全面精确的反应设备运行情况, 同时, 定期检修工作容易出现过度检修、检修不足等问题, 增加检修活动的成本, 很难及时发现设备故障。随着人工智能技术的发展, 并广泛应用于各领域, 在变电站状态的检修环节, 可以了解设备状态, 进行定时监测、诊断, 从而切实提升检修工作质量, 减少电力系统存在的运行风险。

一、人工智能在变电站状态检修中的关键技术

(一) 故障诊断算法

第一, 专家系统是将知识作为基础的人工智能系统, 其可以模拟专家的思维过程, 从而有效解决复杂问题。在变电量状态检修活动中, 通过使用专家系统可以模拟电力领域专家经验与知识, 借助规则形式有效储存在知识库内。当开展设备的故障诊断时, 可以结合输入设备的状态信息进行良好的推理活动, 并使用知识库蕴含的规则开展逻辑性的推理与判断, 并得出合理的故障

诊断结果。^[1]专家系统具有解释能力, 可以将故障诊断过程依据有效展现出来, 方便工作人员理解与接受。但专家系统的性能极大程度上依赖知识库, 有的质量与完整性存在较大的知识获取难度。相较于复杂故障模式, 其推理能力较为有限。

第二, 人工神经网络, 指的是模拟生物神经网络结构与功能的模型, 其通常由大量神经元相互连接而构成, 表现出良好的非线性映射与自学能力。在具体变电站状态检修活动中, 人工神经网络可以收集设备故障样本, 开展良好的训练, 并建设设备状态与故障的映射联系, 从而开展良好的诊断活动。^[2]人工神经网络能

够处理复杂的线性问题，能够容忍数据蕴含的噪声，具有较快的诊断速度，但其也表现出一些缺点，如训练活动需要样本，数据参数调整作为支撑，具体的诊断结果缺乏良好的解释性。

（二）预测性维护技术

在变电站状态检修领域，预测性维护技术是将设备运行状态数据作为基础进行分析与挖掘，从而预测设备的性能变化，明确故障发生的可能性，并制定相应的维护计划，有效避免设备故障的发生。^[3]在预测性维护过程中，人工智能技术的应用主要表现在以下方面：第一，进行数据采集和预处理。预测性维护的开展往往需要大量采集设备运行数据，如温度、压力以及电压等。人工智能技术能够借助传感器网络实现数据的实时采集并进行预处理，如数据清洗、归一化等，需要提升数据的可靠性。第二，可以进行趋势的预测。人工智能算法的应用，能够对预处理的设备运行数据开展分析，并建设相应的预测模型，判断设备的运行状态与性能趋势。^[4]通过趋势的预测，可以明确设备性能的下降趋势，为预测性维护提供依据。第三，进行故障预警。基于设备性能预测趋势，结果故障诊断模型可以在设备出现故障风险时进行良好的预测活动，及时的发出故障预警，使工作人员采取合理的维护措施。通过故障预警的开展，可以帮助工作人员做好维护准备工作，有效减少故障的停机时间，切实提升设备可用性。

（三）实时监测技术

在变电站状态检修的智能化过程中，实时监测技术发挥了基础性作用，其能够实时获取设备运行信息，为故障诊断和预测性维护提供保障。其中，在实时监测过程中，人工智能技术的应用主要涉及以下层面：第一，传感器技术在实时监测过程中，传感器属于关键设备之一，其能够结合设备的物理量，将其转化为电信号。随着人工智能技术的发展，智能传感器的广泛应用，其具有自诊断、数据处理等功能，有助于数据采集精度与效率的提升。第二，重视数据传输与储存。在实时监测过程中，容易产生大量数据需要进行及时的传输储存。^[5]其中，人工智能技术能够结合云计算，物联网等实现数据实时传输，并将其储存在云端。通过数据云端储存，可以实现数据的集中性管理与共享，为工作人员查看与数据分析提供便利。

二、人工智能在变电站状态检修领域的典型应用场景

（一）变压器状态监测

在变电站的设备组成中，变压器属于重要设备之一，其运行情况直接关系到电力系统的安全稳定运行，工作人员可以通过人工智能技术的应用，实时监测变压器状态，及时发现其可能存在的潜在问题，使变压器运行更加可靠。第一，进行油中溶解气体的分析，在变压器的运行过程中设备中的油，可能由于绝缘设备的老化故障，从而出现各种气体，因此可以对油中溶解气体进行分析，判断变压器故障类型，并认识故障出现的严重程度。人工智能技术能够结合气象色谱开展数据分析，并巧用人工神经网络建设良好的故障诊断模型，从而精确判断变压器出现的故障。^[6]如变压器内部出现热故障时，容易产生甲烷、乙烷等气体，工作

人员能够根据气体类型开展模型推理与浓度分析，精确判断故障的类型与位置，从而提升自身的工作效率。第二，开展振动信号分析工作。在变压器的运行过程中，容易产生振动。其中，振动信号蕴含丰富的设备状态信息，可以借助加速度传感器有效采集变压器的振动信号，并借助人工智能算法分析与处理振动信号，从而识别变气器存在的机械或电气故障。比如变压器，由于绕组松动，容易带来振动信号频率幅值的变化，通过开展相关变化分析，能够明确绕组松动程度。^[7]第三，重视温度的监测。在变压器的运行过程中，为了判断其运行状态，需要了解变压器温度，如果温度过高，会造成绝缘材料的加速老化，影响变压器的使用寿命。通过红外传感器的应用，可以实时监测变压器温度，并使用人工智能算法分析温度数据，从而预测变压器出现的温度变化趋势，及时明确温度异常状况。当发现变压器温度出现异常升高后，系统能够及时的发出预警，方便工作人员开展检查与维护工作。

（二）避雷器老化评估

在变电站的运行过程中，避雷器的应用可以保护电气设备，使其避免遭受雷击、过电压侵害等，其老化程度直接影响到电气设备保护效果。通过使用人工智能技术可以了解避雷器，开展老化评估活动，并明确避雷器出现的老化迹象，有效保障其正常工作。D1进行泄漏电流的分析工作。漏电器在运行过程中难免出现电流的泄漏，其中电流泄漏的大小、波形与避雷器老化程度存在联系。^[8]可以对避雷器泄露电流信号进行采集工作，并巧用人工智能算法分析与处理信号，从而评估避雷器的老化情况。伴随避雷器的老化，其泄漏电流的峰值不断增加，谐波分量也容易出现变化。通过对以上变化开展分析，能够有效判断避雷器的具体老化程度。第二，积极开展绝缘电阻测试工作。为了衡量避雷器的绝缘性能，可以判断绝缘电阻数据，通过对避雷器，绝缘电阻开展测试，能够评估其具体的绝缘情况。人工智能技术能够结合绝缘电阻测试数据建设，绝缘电阻与老化程度的关系，并对避雷器老化情况开展良好的评估活动。^[9]第三，重视外观状态监测活动的开展。工作人员可以使用机械视觉技术，针对避雷器外观开展实时监测。活动发现其可能存在的变形、破损等问题，以上状况的出现，容易对避雷器性能与老化速度产生影响。工作人员可以使用图像识别算法分析处理采集的图像，从而自动识别避雷器存在的外观缺陷，并开展良好的评估活动，判断其对避雷器老化产生的影响。

（三）断路器机械特性诊断

断路器是变电站中用于控制和保护电力系统的重要设备，其机械特性的好坏直接影响到断路器的动作可靠性。利用人工智能技术对断路器的机械特性进行诊断，能够及时发现机械故障，提高断路器的运行可靠性。

分合闸时间和速度监测。断路器的分合闸时间和速度是衡量其机械特性的重要参数，通过对这些参数的监测可以判断断路器的机械性能。利用传感器采集断路器分合闸过程中的时间和速度信号，结合人工智能算法对信号进行分析，能够识别断路器的机械故障，如机构卡涩、弹簧老化等。^[10]例如，当断路器机构出现

卡涩时，分合闸时间会延长，速度会降低，通过对这些参数的分析可以及时发现故障。

另外，振动信号分析。断路器在分合闸过程中会产生振动，振动信号中包含了丰富的机械状态信息。利用传感器采集振动信号，通过人工智能算法对信号进行分析和处理，能够识别断路器的机械故障，如轴承磨损、连接件松动等。

三、结束语

综上所述，人工智能技术在变电站状态检修领域的应用，极大地提高了变电站状态检修的效率和质量，为电力系统的安全稳

定运行提供了有力保障。故障诊断算法、预测性维护技术和实时监测技术的不断发展和完善，使得变电站状态检修更加智能化、精准化和高效化。在典型应用场景中，变压器状态监测、避雷器老化评估和断路器机械特性诊断等方面都取得了显著的成效，通过人工智能技术的应用，能够及时发现设备的潜在故障，提前制定维护计划，降低了故障发生率和检修成本。

参考文献

[1] 宋丽, 蔡群峰. 变电站设备状态监测与故障诊断系统优化 [J]. 光源与照明, 2024, (11): 114–116.

[2] 赵俊石, 卢波, 齐光豪, 等. 基于人工智能的变电站设备状态监测与故障诊断技术研究 [J]. 中国高新科技, 2024, (22): 15–17. DOI: 10.13535/j.cnki.10-1507/n.2024.22.04.

[3] 李明, 曹弯弯, 宫帅, 等. 面向变电站“无计划作业”智能研判技术研究及典型案例分析 [C]// 中国电机工程学会电力信息化专业委员会. 2024 电力行业信息化年会论文集. 国网安徽电力有限公司信息通信分公司; , 2024: 306–311. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2024.051346.

[4] 李明, 侯涛, 段赞珂, 等. 基于人工智能技术的变电站智能视频运维系统设计 [J]. 电气技术与经济, 2024, (10): 171–173.

[5] 李扬笛, 林爽, 郑州, 等. 人工智能处理在自动化变电站保护系统中的实时故障诊断与评估 [J]. 自动化与仪器仪表, 2024, (09): 201–205+210.

[6] 徐善荣. 基于智能技术的变电站接线图自动绘制方法分析 [J]. 电子技术, 2024, 53(09): 232–233.

[7] 孙彤. 数字化技术在智能变电站中的应用 [J]. 集成电路应用, 2024, 41(09): 226–227. DOI: 10.19339/j.issn.1674-2583.2024.09.102.

[8] 朱宏刚. 基于智能控制的变电站运检系统分析 [J]. 集成电路应用, 2024, 41(09): 228–229. DOI: 10.19339/j.issn.1674-2583.2024.09.103.

[9] 孙林. 基于人工智能技术的变电站二次设备智能巡检技术 [J]. 通讯世界, 2024, 31(08): 100–102.

[10] 孙红伟, 沈晴飞, 吴林海. 电子信息技术在人工智能领域的应用 [J]. 数字通信世界, 2020, (05): 196–197.