

人工智能技术在电力设备运维检修中的应用与实践

张 纲

国能江苏电力工程技术有限公司 江苏 镇江 212001

摘 要：文章探讨了人工智能技术在电力设备运维检修中的应用与实践。通过分析人工智能技术如何提升故障检测与预测、优化运维策略、实现远程监控与诊断以及推动智能巡检的发展，揭示人工智能技术在电力设备运维检修领域中的巨大潜力和实际应用价值。实践案例表明，人工智能技术的引入显著提高运维效率和质量，降低运维成本和安全风险，为电力企业的可持续发展提供有力支持。

关键词：人工智能；电力工程；自动化

引言：随着电力行业的快速发展和电网规模的不断扩大，电力设备运维检修面临着前所未有的挑战。传统的人工运维方式存在效率低下、成本高昂、安全风险大等问题，难以满足现代电力系统的需求。探索和应用人工智能技术成为解决这些问题的关键。本文旨在分析人工智能技术在电力设备运维检修中的应用与实践，期为电力行业的可持续发展提供新的思路和方法。

1 人工智能技术在电力设备运维检修中的应用基础

1.1 人工智能技术概述

人工智能技术是一门广泛且复杂的领域，旨在使计算机和机器能够模拟、实现甚至超越人类的智能。它是指通过计算机程序或机器来模拟、实现人类智能的技术和方法，使计算机具有感知、理解、判断、推理、学习、识别、生成、交互等一系列类似于人类智能的能力，并力求在这些方面达到或超越人类的表现。人工智能技术的核心包括多个方面，其中机器学习、计算机视觉、自然语言处理（NLP）等技术领域在电力设备运维检修中发挥着重要作用。机器学习使计算机能够从数据中自动发现模式并进行预测，为电力设备故障预测提供了有力支持；计算机视觉使计算机能够理解和解释图像和视频数据，包括图像识别、目标检测等，这在电力设备外观检查、故障部位识别等方面具有广泛应用；自然语言处理技术则能够从多模态资料以及非结构资料中抽取设备的运维检修信息，形成不同概念或实体之间的关系，为电力设备知识库的构建和智能搜索工作提供了基础。随着技术的不断进步，人工智能技术正朝着更加智能化、多样化和普及化的方向发展。

1.2 电力设备运维检修概述

电力设备运维检修是指对电力系统中的各类设备进行日常的检查、保养、维修和故障处理等一系列活动，以保证电力设备的正常运行和电力供应的可靠性。电力

设备是电力系统中的重要组成内容，包括变压器、高低压柜、输电线路、断路器等关键设备，这些设备在运行中产生的不同类型、不同程度的故障都会直接影响整个电力系统的安全稳定运行。电力设备运维检修的内容主要包括设备检查、设备保养、设备维修和故障处理等方面^[1]。设备检查是定期对电力设备进行检查，了解设备的运行状态，发觉潜在的安全隐患；设备保养是根据设备的使用情况，定期进行清洁、润滑、紧固等保养工作，延长设备的使用寿命；设备维修是对发生故障的设备进行维修，使其恢复正常运行；故障处理则是对电力系统发生的故障进行及时、有效的处理，减少故障对电力供应的影响。电力设备运维检修的周期应根据设备类型、运行状况、环境等因素制定，同时巡检人员应具备相应的专业技能和责任心，严格遵守安全操作规程，保证人身和设备安全。巡检记录是电力设备日常巡检的重要资料，应详细记录每次巡检的内容、发觉的问题及处理措施，以便后续分析和改进。

2 电力设备运维检修的重要性

电力设备运维检修的重要性不言而喻，它是确保电力系统安全、稳定、高效运行的关键环节。电力设备作为电力系统的核心组成部分，其运行状态直接影响到电能的传输、分配和使用。一旦设备出现故障或异常，不仅可能导致电力中断，影响人们的日常生活和生产活动，还可能引发安全事故，造成人员伤亡和财产损失。定期对电力设备进行运维检修，及时发现并处理潜在的安全隐患，对于预防事故发生、保障电网稳定运行具有重要意义，通过运维检修，还可以延长设备的使用寿命，提高设备的可靠性和经济性，降低电力系统的运维成本。

3 电力设备运维检修现状分析

3.1 人力成本高

当前电力设备运维检修工作正面临着一个显著的现状,即人力成本居高不下。由于电力设备种类繁多、分布广泛,且需要定期进行巡检、测试和维护,这往往需要大量的运维人员投入。随着电力行业的快速发展和电网规模的扩大,对运维人员的需求也在不断增加,运维人员的招聘、培训和管理成本都相对较高,给企业带来了不小的经济压力。运维工作往往需要在恶劣的环境条件下进行,如高温、严寒、雨雪等天气,这也增加运维人员的劳动强度和健康风险,进一步推高人力成本。

3.2 故障识别与预测能力不足

在电力设备运维检修过程中,故障识别与预测能力的不足是一个亟待解决的问题。传统的运维方式主要依赖于运维人员的经验和直觉,通过巡检和测试来发现设备的异常情况,这种方式往往存在滞后性,难以在故障发生前进行准确的预测和预警。由于电力设备的复杂性和多样性,运维人员很难在短时间内全面掌握设备的运行状态和潜在风险^[2]。

3.3 维护周期长

电力设备运维检修的另一个现状是维护周期长。由于电力设备的运行寿命较长,且需要定期进行维护和保养,这导致了运维检修工作的周期性较长。在维护周期内,设备可能会因为各种原因出现异常情况,如老化、磨损、腐蚀等,这些异常情况如果不及时处理,可能会引发更严重的故障,由于维护周期的限制,运维人员往往难以在短时间内对所有设备进行检查和维修。

4 人工智能技术在电力设备运维检修中的应用

4.1 故障检测与预测

人工智能技术在电力设备运维检修中的首要应用是故障检测与预测。传统的电力设备故障检测主要依赖于运维人员的经验和直觉,通过巡检和测试来发现设备的异常情况,这种方式往往存在滞后性,难以在故障发生前进行准确的预测和预警。人工智能系统可以通过对电力设备进行传感器数据的实时监测和采集,获取大量的设备状态信息。这些信息包括设备的温度、振动、电流、电压等关键参数,能够全面反映设备的运行状态。通过对这些数据的分析和处理,人工智能系统可以实现对设备故障的早期诊断。例如,一些先进的变电站运维系统已经开始使用生成对抗网络(GANs)来模拟设备的各种运行情况,提前识别可能出现的隐患,以便采取预防性措施。人工智能系统还能够通过对历史故障数据的分析和学习,识别和预测设备故障的潜在因素。通过对大量历史数据的挖掘和分析,人工智能系统可以建立故障预测模型,准确预测设备未来可能出现的故障类型和

时间。这种预测模型可以根据设备的运行状态和特定的环境条件进行动态调整,提高预测的准确性和精确度。借助这些预测结果,运维人员可以提前采取必要的措施,避免设备故障对生产和运营的影响,从而降低维修成本和停运损失。据统计,引入人工智能技术后,电力设备的故障检测准确率提高了约30%,故障预测准确率提高了约20%。这不仅显著提升运维效率,还大大降低设备故障对电力系统的影响。

4.2 智能决策支持系统

人工智能技术在电力设备运维检修中的另一个重要应用是智能决策支持系统。传统的运维决策主要依赖于运维人员的经验和直觉,缺乏科学性和准确性。而人工智能系统可以通过对大量数据的分析和处理,为运维人员提供科学的决策支持。智能决策支持系统可以基于设备的运行状态、历史故障数据以及运维人员的经验知识,构建设备健康状态评估模型。通过对设备健康状态的实时监测和评估,系统可以及时发现设备的异常情况,并给出相应的处理建议。智能决策支持系统还可以根据设备的运行状态和运维需求,自动调整运维策略。例如,在设备高负荷运行期间,系统可以增加巡检频次和监测参数,以确保设备的安全稳定运行。在设备低负荷运行期间,系统可以减少巡检频次和监测参数,以降低运维成本。通过引入智能决策支持系统,电力设备运维检修的决策过程变得更加科学、准确和高效。

4.3 远程监控与诊断

人工智能技术在电力设备运维检修中的另一个重要应用是远程监控与诊断。传统的运维方式往往需要运维人员亲自到现场进行巡检和诊断,这不仅耗时耗力,还难以保证诊断的准确性和及时性。而人工智能系统可以通过远程监控和诊断技术,实现对电力设备的实时监控和远程诊断。远程监控与诊断系统可以通过网络将电力设备的运行状态数据传输到远程监控中心^[3]。在远程监控中心,运维人员可以通过计算机或移动设备实时查看设备的运行状态和监测数据,人工智能系统还可以对监测数据进行实时分析和处理,及时发现设备的异常情况并给出相应的处理建议。远程监控与诊断系统还可以利用虚拟现实(VR)和增强现实(AR)技术,为运维人员提供沉浸式的诊断体验。通过佩戴VR或AR设备,运维人员可以远程查看设备的内部结构和工作原理,对设备进行虚拟巡检和诊断。引入远程监控与诊断技术后,电力设备的运维成本降低约20%,运维效率提高约30%。这不仅显著提升运维效率,还降低运维成本,为电力企业的可持续发展提供有力支持。

4.4 智能巡检

人工智能技术在电力设备运维检修中的最后一个重要应用是智能巡检。传统的巡检方式往往需要运维人员亲自到现场进行巡检，这不仅耗时耗力，还难以保证巡检的全面性和准确性。而人工智能系统可以通过智能巡检技术，实现对电力设备的自动化巡检和智能化分析。智能巡检系统可以利用无人机、机器人等智能设备对电力设备进行巡检。这些智能设备可以搭载各种传感器和摄像头，对设备进行全方位的监测和拍摄。人工智能系统还可以对监测数据进行实时分析和处理，及时发现设备的异常情况并给出相应的处理建议。智能巡检系统还可以利用计算机视觉和自然语言处理等技术对巡检数据进行智能化分析，通过对巡检图像和文本数据的处理和分析，系统可以自动识别设备的异常情况并给出相应的处理建议。引入智能巡检技术后，电力设备的巡检效率提高约50%，巡检准确性提高约40%。这不仅显著提升巡检效率，还降低巡检成本，为电力企业的可持续发展提供有力支持，智能巡检技术的应用还降低运维人员的劳动强度和健康风险，提高了运维工作的安全性和可靠性。

5 人工智能技术在电力设备运维检修中的实践案例分析

以南方电网抽水蓄能人工智能数据分析平台XS-1000D为例，该平台是我国首个大规模抽水蓄能人工智能数据分析平台，于2023年4月26日正式投入运行。该平台的应用标志着我国近1/4在运装机容量的抽水蓄能设备由传统线下人工管理向线上智能管理转变，为电力设备运维检修带来了革命性的变革。该平台能够基于海量多维数据产出准确的设备状态评价结论，提前预判设备缺陷隐患。它利用人工智能技术，将设备数据分析与检修策略制定相结合，使得RCM（以可靠性为中心的维修）分析更全面、更准确。运维人员可以通过该平台实时了解“设备现在好不好，设备将来修不修”，从而实现了从经验决策向数据决策的转变。在具体实践中，该平台通过数据智能巡检、状态智能诊断和运维模式变革，显著

提升了抽水蓄能电站的运行效率和安全性^[4]。据统计，一年里，运用XS-1000D替代了90%以上的人工巡检，降本增效成效显著。检修周期优化后节约成本约1200万元，节约巡检成本约280万元，节约故障检修维护费用约120万元，减少停电检修可发电增收约160万元，平台一年便可创造约1760万元的经济效益。在2023年迎峰度夏期间，全国电力供需总体紧平衡的形势下，该人工智能分析平台通过数据巡检实现了90%以上的人工巡检机器替代，提前发现设备缺陷隐患30余起，推动南网区域7座抽水蓄能电站日发电量首次突破5000万度，创多年来历史新高。这一实践案例充分展示人工智能技术在电力设备运维检修中的巨大潜力和实际应用价值。通过引入人工智能技术，电力设备运维检修的效率和准确性得到显著提升，同时降低运维成本和安全风险，为电力企业的可持续发展提供有力支持。

结束语

人工智能技术在电力设备运维检修中的应用与实践，不仅显著提升运维效率和质量，还降低运维成本和安全风险。随着技术的不断进步和应用场景的拓展，人工智能将在电力设备运维检修领域发挥更加重要的作用。未来，应继续深化人工智能技术的研发与应用，推动电力设备运维检修向智能化、自动化方向发展，为电力行业的可持续发展贡献更多力量。

参考文献

- [1]唐文虎,牛哲文,赵柏宁,等.数据驱动的人工智能技术在电力设备状态分析中的研究与应用[J].高电压技术,2020(09):2985-2999.
- [2]王哲,刘梓健,邱宇.人工智能技术在电力系统故障诊断中的应用研究[J].电子设计工程,2020,28(02):148-151.
- [3]刘紫熠,李祯祥,王玥,陈晓芳,王季孟.电力系统自动化中人工智能的应用[J].长江信息通信,2022,35(10):71-73
- [4]顾臻,李小平,周磊,等.基于红外图像识别技术的电力设备绝缘自动化检测研究[J].制造业自动化,2022,44(10):174-178.