

人工智能在工业设备故障诊断中的应用与实践

阮文豪

科大讯飞股份有限公司 浙江杭州

【摘要】随着工业智能化水平的不断提高，人工智能在工业设备故障诊断中展现了巨大的潜力。利用人工智能技术，如机器学习、深度学习和数据挖掘，能够对设备运行状态进行实时监控，并精准识别潜在故障。通过对历史数据的分析与处理，AI 系统能够自动判断设备健康状况并提供预警，从而大大提高了故障诊断的效率和准确性。本研究探讨了人工智能在工业设备故障诊断中的应用，分析了其技术优势和实施中的挑战，并提出了未来的发展方向。

【关键词】人工智能；工业设备；故障诊断；机器学习；深度学习

【收稿日期】2025 年 5 月 15 日

【出刊日期】2025 年 6 月 6 日

【DOI】10.12208/j.aics.20250008

Application and practice of Artificial Intelligence in industrial equipment fault diagnosis

Wenhao Ruan

IFlytek, Hangzhou, Zhejiang

【Abstract】 With the continuous improvement of industrial intelligence, artificial intelligence has demonstrated great potential in fault diagnosis of industrial equipment. Using artificial intelligence technologies such as machine learning, deep learning, and data mining, it is possible to conduct real-time monitoring of equipment operation status and accurately identify potential faults. Through the analysis and processing of historical data, AI systems can automatically judge the health status of equipment and provide early warnings, which significantly improves the efficiency and accuracy of fault diagnosis. This study explores the application of artificial intelligence in industrial equipment fault diagnosis, analyzes its technical advantages and challenges in implementation, and proposes future development directions.

【Keywords】 Artificial Intelligence; Industrial equipment; Fault diagnosis; Machine learning; Deep learning

引言

工业设备的故障不仅会导致生产效率的下降，还可能引发安全事故和高额的维修成本。故障诊断成为确保设备长期可靠运行的重要任务。传统的故障诊断方法依赖于人工经验和定期检查，但随着设备运行的复杂性增加，这些方法的效率和准确性往往受到限制。近年来，人工智能技术迅速发展，成为解决这一问题的有效工具。通过深度学习和机器学习算法，AI 能够处理海量数据，识别设备故障的潜在风险，提供更为精准的预测和诊断方案。本文将探讨人工智能在工业设备故障诊断中的应用，并分析其优势与面临的挑战。

1 人工智能在工业设备故障诊断中的技术优势

人工智能技术在工业设备故障诊断中的技术优势主要体现在其高效的故障预测能力和精准的诊断结果上。传统的故障诊断方法通常依赖于设备的物理指标

或人工经验，这些方法往往难以应对复杂的工业环境和设备故障的多样性。人工智能技术则通过对大量历史数据的分析和深度学习模型的训练，能够更全面地了解设备的运行状态，并实时监控其各项性能参数。这种数据驱动的方法使得 AI 能够发现潜在故障的早期迹象，提前预警，从而避免突发性故障带来的生产停滞和高额维修费用。AI 还能够处理多维度、海量的数据，远超传统人工分析的能力，大大提高了故障诊断的效率和精度。

通过引入机器学习和深度学习算法，人工智能能够根据设备的运行特性、故障模式以及维修记录等多种数据源进行学习，自动优化诊断模型。这些模型能够不断从新数据中提取规律，并不断自我完善，从而在面对未知的故障类型时依然能够做出有效的预测。基于深度神经网络（DNN）和卷积神经网络（CNN）的模

型,能够识别和分析设备运行过程中微弱的异常信号,准确区分故障与正常状态。相比传统的基于阈值设定的诊断方法, AI 的自适应能力和智能决策能力使得其在处理复杂环境下的故障诊断时具备更高的灵活性和准确性。

人工智能在工业设备故障诊断中的应用还具有显著的实时性优势。传统的设备诊断需要依赖人工巡检,无法做到对设备运行状态的连续、实时监控。而人工智能系统可以通过传感器和物联网技术,实时收集设备的运行数据并进行分析,确保故障能够在最早期被发现。这种实时性不仅提高了故障的预测准确性,还为设备的维护提供了科学依据,确保了生产的连续性和稳定性^[1]。通过实时分析, AI 不仅能够识别当前的故障,还能通过趋势分析,预测设备可能出现的问题,做到防患于未然,为生产线的平稳运行提供有力支持。人工智能在工业设备故障诊断中的应用,不仅提升了诊断的准确性和效率,还增强了设备管理的前瞻性和可靠性。

2 人工智能故障诊断的实现方法与技术

人工智能故障诊断的实现方法主要依赖于数据驱动模型和算法。通过对工业设备的大量历史数据进行分析, AI 系统能够挖掘出设备运行状态与故障之间的关联性。在实现过程中,数据预处理是非常关键的一步,原始数据通常包含噪声和缺失值,因此需要通过特征提取和数据清洗来提高模型的精度。常见的数据处理方法包括时间序列分析、异常值检测以及特征选择等,这些步骤为后续的机器学习模型奠定了基础。随着技术的进步,深度学习和神经网络模型的引入,使得 AI 能够自动从复杂数据中学习更深层次的规律,从而提高故障诊断的准确性和鲁棒性。

在实现过程中,机器学习和深度学习技术扮演着至关重要的角色。支持向量机(SVM)、随机森林(RF)和决策树(DT)等传统机器学习算法常被用于故障诊断模型的构建,它们能够通过训练数据自动学习设备的正常运行模式,并在出现异常时做出预警。而近年来,深度神经网络(DNN)和卷积神经网络(CNN)等深度学习算法则为故障诊断提供了更为精确的解决方案。这些模型具有强大的特征学习和自适应能力,能够识别出传统方法难以发现的细微故障信号^[2]。生成对抗网络(GAN)和自编码器(AE)等新型深度学习算法,逐渐在故障诊断中展现出更强的故障诊断能力,尤其是在数据不足或者故障模式复杂的情况下,它们能够提高模型的泛化能力和准确率。

人工智能在故障诊断中的实现还依赖于智能感知

和实时数据采集技术。在实际应用中,传感器和物联网(IoT)技术被广泛用于实时监测设备的运行状态,获取设备的各类运行数据,包括温度、压力、振动、功率等关键参数。这些数据通过无线传输系统实时送往 AI 分析平台,并结合云计算技术进行大规模数据处理与存储。通过与设备运行状态的实时比对, AI 系统能够快速识别设备潜在的故障风险,并进行故障定位和诊断。这种实时诊断能力不仅提升了故障预测的及时性,还增强了设备的自我修复能力,为设备的智能化运维提供了强有力的支持。总的来说,人工智能故障诊断技术通过数据采集、模型训练和实时监测的紧密结合,实现了高效、精准的设备健康管理。

3 人工智能在工业设备故障诊断中的应用实例

人工智能在工业设备故障诊断中的应用已经在多个领域取得了显著成效。在制造业中, AI 技术被广泛应用于生产线设备的故障诊断。通过安装在设备上的传感器, AI 系统能够实时收集设备运行过程中的振动、温度、压力等数据,并将其传输至云端进行分析。以某知名汽车制造厂为例,利用基于机器学习的故障诊断系统,能够自动监控生产线设备的运行状态,预测可能出现的故障类型。通过历史数据的分析, AI 系统可以准确判断生产线上的设备是否存在潜在故障,从而提前进行维修或更换配件,避免了由于设备故障导致的生产停滞和损失。这一应用不仅提高了生产效率,还大大降低了维护成本和设备停机时间。

在能源行业,人工智能在风力发电和电力设备故障诊断中的应用也取得了显著进展。风力发电机组作为重要的能源生产设备,其运行状态的实时监控和故障诊断显得尤为重要。通过 AI 算法分析风力发电机的振动信号、温度变化以及电流电压等数据,系统能够识别出风机运行中的异常,并及时发出预警^[3-7]。一些风电场通过引入深度学习技术,能够检测风机齿轮箱、叶片等关键部件的潜在故障。 AI 不仅能够预测设备的剩余寿命,还能根据历史故障模式进行故障诊断和维修方案推荐。这种智能化的运维模式大大提高了风电场的运行可靠性和能源生产效率,同时减少了人力干预和故障响应时间。

在石油和天然气行业, AI 技术同样发挥了重要作用。在钻井平台上,设备故障的及时诊断直接影响到作业安全和生产效率。利用 AI 技术对钻井设备进行实时监测,通过采集井下传感器数据,分析其震动、温度、压力等信息, AI 系统能够识别出设备可能出现的故障并提前预警。通过结合人工智能与物联网技术,某石油

公司成功实现了对钻井设备的远程故障诊断,减少了设备的非计划性停机和维修时间。AI模型能够通过分析设备运行数据,优化维护周期,降低运营成本并提高作业安全性。通过这些实际应用,人工智能技术在提升工业设备故障诊断效率、延长设备使用寿命以及提高整体生产安全性方面发挥了不可或缺的作用。

4 人工智能应用中的挑战与发展趋势

尽管人工智能在工业设备故障诊断中展现了强大的潜力,但在实际应用中仍面临诸多挑战。一个主要的困难是数据质量和数据获取问题。AI模型的准确性高度依赖于数据的质量,在很多工业环境中,设备运行数据往往存在噪声、不完整或不一致的情况。特别是在老旧设备或传感器不完善的情况下,数据的采集和传输常常受到影响,这对AI模型的训练和诊断精度构成了挑战。设备故障的多样性和复杂性也使得AI模型的泛化能力受到考验。即使是经过大量历史数据训练的系统,在遇到未知或新型故障时,仍可能无法有效识别。如何确保AI系统能够适应不断变化的设备状态和故障模式,是目前亟待解决的问题。另一大挑战是工业环境中的实时性要求。工业设备通常需要24小时不间断运行,因此AI系统的诊断能力不仅要准确,还必须具备高效的实时响应能力。这要求AI系统能够在短时间内处理大量实时数据,并做出决策,这对系统的计算能力和数据处理能力提出了更高的要求。

尽管面临挑战,人工智能在工业设备故障诊断中的发展前景仍然非常广阔。随着物联网技术的发展,更多的设备将配备高精度的传感器,实时数据的获取和处理将变得更加便捷。这为AI技术提供了更丰富的训练数据,也为其模型优化和升级奠定了基础。在算法方面,深度学习和强化学习等前沿技术将逐步提升AI系统的自主学习能力和适应性,使其能够应对更多复杂的故障模式。边缘计算的兴起也为AI在工业设备诊断中的应用提供了新的方向^[8]。通过将计算能力下沉到设备端,边缘计算可以有效减少数据传输延迟,提高诊断效率,为设备故障的实时预测和快速响应提供支持。未来,人工智能将不仅仅局限于设备故障诊断,它还将

在设备维护、智能生产调度等方面发挥越来越重要的作用,推动工业设备管理的智能化和自动化发展。

5 结语

人工智能在工业设备故障诊断中的应用展现了巨大的潜力,能够提高故障预测的准确性、实时性和效率。数据质量、故障多样性以及实时处理能力等挑战仍需克服。随着物联网、边缘计算和深度学习等技术的不断进步,AI在工业设备管理中的应用将更加广泛和智能化。未来,AI不仅将提升设备故障诊断能力,还将在生产优化和智能维护等领域发挥重要作用,推动工业领域向更高效、可靠和自动化的方向发展。

参考文献

- [1] 李浩然.人工智能与智能制造在工业4.0时代的融合与创新[J].物联网技术,2025,15(12):121-124+128.
- [2] 马成斌.人工智能技术在工业发展中的应用及趋势探析[J].现代工业经济和信息化,2025,15(01):243-245.
- [3] 温晓东.人工智能在机械制造设备故障诊断与维修中的应用[J].机械管理开发,2024,39(09):310-313.
- [4] 许博皓.人工智能在新能源汽车电力电子设备故障诊断中的应用[J].时代汽车,2024,(13):174-176.
- [5] 鄂加强,赵晓欢,马寅杰.能源动力设备智能故障诊断[M].中国水利水电出版社:202309.225.
- [6] 胡周达,林红冲,李凯璇,等.人工智能在发电厂设备故障诊断中的应用[J].电子技术,2023,52(07):242-243.
- [7] 刘军强.人工智能在电气设备故障诊断中的应用[J].自动化应用,2023,64(07):1-3+6.
- [8] 尹治邦.人工智能在电气设备故障诊断中的应用[J].现代制造技术与装备,2021,57(02):185-186.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS