

自动化生产线设备故障预测方法探讨

杨小勇

云南能投威信分公司 云南昭通

【摘要】自动化生产线的高效运作是现代制造业的重要组成部分，而设备故障的预测与预防对于提升生产效率至关重要。本文探讨了自动化生产线设备故障预测的方法，重点分析了数据采集、特征提取、建模及优化算法等关键环节。通过对常见故障的分析，结合机器学习和数据分析技术，提出了基于故障模式识别的预测方法。本文还讨论了故障预测模型的实际应用，及其在生产线维护与优化中的作用。准确的故障预测能够显著降低设备停机时间，提高生产线的稳定性与效益。

【关键词】自动化生产线；设备故障预测；机器学习；故障模式识别；数据分析

【收稿日期】2025年11月5日 **【出刊日期】**2025年12月6日 **【DOI】**10.12208/j.jeea.20250235

Exploration of equipment fault prediction methods for automated production lines

Xiaoyong Yang

Yunnan energy investment Weixin Branch, Zhaotong, Yunnan

【Abstract】 The efficient operation of automated production lines is a crucial component of modern manufacturing, and the prediction and prevention of equipment faults are vital for improving production efficiency. This paper explores the methods for predicting equipment faults in automated production lines, with a focus on analyzing key links such as data collection, feature extraction, modeling, and optimization algorithms. Through the analysis of common faults, combined with machine learning and data analysis technologies, a prediction method based on fault pattern recognition is proposed. The paper also discusses the practical application of fault prediction models and their role in the maintenance and optimization of production lines. Accurate fault prediction can significantly reduce equipment downtime and improve the stability and efficiency of production lines.

【Keywords】 Automated production line; Equipment fault prediction; Machine learning; Fault pattern recognition; Data analysis

引言

自动化生产线在提高生产效率、降低劳动成本等方面具有无可比拟的优势。然而，生产线上的设备故障一直是影响其稳定性和生产效率的主要问题之一。设备故障的突发性与不可预见性往往导致生产中断，给企业带来巨大的经济损失。如何通过先进的技术手段有效预测设备故障，成为制造业亟待解决的重要课题。传统的故障检测方法主要依赖于人工巡检与定期维护，但这些方法的局限性日益显现。随着大数据、物联网和人工智能技术的发展，基于数据驱动的故障预测方法逐渐成为主流。本文将从故障预测的原理出发，探讨适用于自动化生产线的预测技术及其应用，提出一种更高效、更智能的故障预测方法，旨在通过技术创新优化生产线的运行与维护模式。

1 自动化生产线设备故障的常见类型与原因分析

自动化生产线的设备故障种类繁多，主要包括机械故障、电气故障、传感器故障以及控制系统故障等。机械故障通常包括零部件磨损、变形或断裂，往往是由过度负荷、长期使用或缺乏有效的维护保养导致的。这类故障一旦发生，往往会导致生产线停机或产生不合格品，影响生产效率和产品质量。电气故障则多见于电动机、变频器、传动装置等部件，可能由于电流波动、设备老化或接线不良等原因引起。电气系统的故障不仅影响生产线的正常运行，还可能对其他设备造成二次伤害，因此对于电气系统的故障诊断尤为重要。

在现代自动化生产线上，传感器作为关键设备之一，广泛应用于温度、压力、湿度、速度等多种参数的监测。如果传感器出现故障，可能会导致数据偏差，影

响后续的控制决策，最终导致生产效率下降或产品质量问题。控制系统故障则是影响生产线稳定性的重要因素之一，尤其是自动化控制系统（如 PLC、DCS）的故障，可能引发整个生产流程的崩溃^[1]。控制系统故障的原因可能是程序错误、硬件故障、信号干扰等，往往需要快速定位和修复才能恢复生产。

设备故障的原因多种多样，其中外部因素、设备本身的质量和维护管理水平是主要的影响因素。外部因素包括环境温湿度变化、操作人员的工作习惯以及生产过程中的物料不合格等，这些因素在不同程度上对设备的正常运作产生影响。设备本身的质量是故障发生的内在原因，许多生产线设备在设计和制造过程中可能存在缺陷或质量问题，导致设备运行中出现不可预见的故障。而维护管理不到位、缺乏有效的预测和预防措施，也是造成设备故障的一个关键因素，尤其是在大型自动化生产线中，定期检查、保养和及时更换零部件的工作至关重要。

2 数据采集与特征提取在故障预测中的关键作用

在自动化生产线设备故障预测中，数据采集与特征提取是至关重要的基础工作。通过对设备运行过程中的各种信号进行采集，可以获得反映设备状态的重要数据。这些数据通常包括设备的温度、振动、压力、功率等多个维度，能够全面反映设备的运行情况。现代自动化生产线普遍采用传感器与物联网技术进行实时数据采集，这些数据可以通过无线网络传输至中央控制系统，实现远程监控与分析。数据采集的精度和全面性直接影响到故障预测的准确性，因此在数据采集过程中需要确保传感器的精度以及数据传输的稳定性。

特征提取是从大量采集的数据中提取有效信息的过程。由于生产线设备的运行数据通常是高维且冗杂的，如何从中筛选出与故障相关的关键特征，是实现准确故障预测的关键环节。常见的特征提取方法包括时域分析、频域分析和时频域分析等。在振动信号的分析中，时域分析可以帮助识别设备是否存在异常振动，而频域分析则能揭示机械部件的磨损或故障频率。通过特征提取，可以将原始数据转化为更具意义的特征，从而为后续的故障预测提供更加可靠的数据基础。

数据的质量和处理方式对特征提取也有着重要影响。在实际应用中，采集到的原始数据常常存在噪声、缺失值或不一致性等问题，如何对这些问题进行有效处理是数据分析中的一个挑战^[2]。常见的数据预处理方法包括去噪、平滑、插值以及数据清洗等，这些方法有助于提高数据的可靠性和一致性。通过对数据进行有

效的清洗和转换，可以保证特征提取结果的准确性，为后续的故障预测模型提供高质量的数据支持。

3 机器学习算法在故障预测中的应用与优化

机器学习算法已经成为自动化生产线设备故障预测中的重要工具。通过对历史数据进行学习，机器学习模型能够挖掘出设备故障与设备状态之间的潜在关系，从而预测未来可能出现的故障。常见的机器学习算法包括回归分析、支持向量机（SVM）、决策树、随机森林、神经网络等。每种算法都有其特点和适用场景，例如支持向量机适用于小样本数据集的分类问题，而神经网络则在处理大规模数据集时具有较强的预测能力。

在实际应用中，机器学习算法的优化对提高故障预测准确性至关重要。优化不仅仅是选择合适的算法，还涉及到对模型参数的调节与训练数据的处理。选择适当的算法对于捕捉设备故障规律至关重要。随机森林算法因其在处理多维数据集时能够有效处理大量特征信息，且具有较强的抗过拟合能力，常用于复杂故障预测任务。模型参数的调优同样是优化过程中的核心环节。若模型参数设置不当，可能会导致模型的欠拟合或过拟合，从而影响其预测准确性。常见的调优方法包括交叉验证和网格搜索，这些方法能够通过多次试验找到最佳的超参数组合。训练数据的增强也是优化的一个重要方向，通过扩展数据集，增加数据多样性，能够进一步提高模型的泛化能力和预测准确性。

机器学习算法在设备故障预测中的应用不仅仅依赖于单一模型，而是更多地通过集成学习方法将多个算法的优势结合在一起，以提高预测的准确性和鲁棒性。集成学习方法包括投票法、加权平均法、Boosting、Bagging 等，这些方法通过将多个模型的预测结果进行结合，可以有效减少单一模型的偏差与方差，提高故障预测的稳定性^[3-7]。随机森林作为一种集成学习方法，能够通过集成多个决策树的结果，显著提升模型的泛化能力。在此基础上，深度学习的应用逐渐得到重视，尤其是在大数据环境下，深度神经网络（DNN）等深度学习模型能够自动从复杂的原始数据中提取有用特征，避免人工特征工程的复杂性。这些深度学习模型通过对海量数据的训练，能捕捉到传统方法难以识别的潜在故障模式，进而显著提高预测的精度和准确性。

4 故障预测技术在实际生产中的应用与挑战

故障预测技术在自动化生产线中的应用，能够显著提高生产线的可靠性与效率。通过准确预测设备故障，可以提前进行维护或更换，减少设备的停机时间，降低维修成本，从而实现生产的持续高效运行。许多先

进的制造企业已经将故障预测技术应用到实际生产中。汽车制造、电子产品生产等行业通过引入故障预测系统，不仅提高了设备利用率，还减少了由于设备故障引起的生产延误。在这些企业中，故障预测技术已经成为提升整体生产效率和产品质量的重要手段。

故障预测技术的实际应用中仍然面临诸多挑战。数据采集的成本和复杂度较高，尤其是在老旧设备上，可能缺乏必要的传感器和数据采集系统。数据的质量和可靠性问题依然是故障预测中的一个关键难点。采集到的数据可能包含噪声、缺失值或不一致性，这些问题需要通过先进的数据预处理技术进行有效处理^[8]。再次，机器学习模型的泛化能力是另一个亟待解决的问题。虽然机器学习算法可以处理大量数据并从中提取规律，但由于生产线环境复杂多变，模型在实际应用中可能遇到与训练数据差异较大的情况，导致预测效果不佳。如何使模型在不同环境下具有较强的泛化能力，是目前技术发展的一个重要方向。

设备故障预测不仅仅是技术问题，还涉及到组织管理层面的挑战。在实际应用中，如何协调技术团队与生产团队的合作，确保故障预测技术能够高效运作，是企业成功应用故障预测技术的关键之一。预测系统的维护与更新也是一个长期任务，随着设备的运行，故障模式可能发生变化，预测模型也需要不断地调整和优化。企业在投入故障预测技术时，需要具备一定的长期战略规划，保证技术的可持续性与适应性。

5 结语

自动化生产线设备故障预测技术的应用对提高生产效率、降低运营成本具有重要意义。通过结合多种机器学习算法，特别是集成学习和深度学习方法，可以有效提高故障预测的准确性和鲁棒性，确保设备的稳定运行。数据采集与特征提取的质量直接影响预测结果，而机器学习算法的优化与参数调整则是确保高效预测的关键。尽管当前技术仍面临一些挑战，如数据质量问题、模型泛化能力不足等，但随着技术的不断发展和应用实践的积累，设备故障预测技术将在生产管理中发

挥越来越重要的作用，推动制造业向更加智能化、精益化方向发展。

参考文献

- [1] 许雪平.智能制造中机电设备的自动化生产线设计与实现[C]//广西大学广西县域经济发展研究院.第一届工程技术数智赋能县域经济城乡融合发展学术交流会论文集.浙江路帆智能装备科技股份有限公司;,:2025:60-61.
- [2] 王珂晟. 非标自动化装配生产线实训设备的研制[J].装备制造技术,2025,(05):18-22+45.
- [3] 姚正.基于 PLC 控制系统的电力设备自动化生产线升级改造研究[C]//重庆市大数据和人工智能产业协会,重庆建筑编辑部,重庆市建筑协会.智慧建筑与智能经济建设学术研讨会论文集（三）.杭州耀仲建设有限公司;,:2025:1047-1050.
- [4] 宁岩. 钢结构设备自动化生产线的智能控制系统研究 [J].科技资讯,2025,23(03):54-56.
- [5] 吴德安. 基于 Petri 网的电气注塑设备生产线自动化系统仿真与优化[J].机电产品开发与创新,2024,37(06):79-82.
- [6] 姜文涛.智能制造中机电设备的自动化生产线设计与实现[C]//冶金工业教育资源开发中心.2024 精益数字化创新大会平行专场会议——冶金工业专场会议论文集(上册) .河北永洋特钢集团有限公司;,:2024:191-193.
- [7] 卢煜文,伞金辉,王德,等. 烟草生产线中智能设备的集成与自动化控制研究[J].科技资讯,2024,22(18):112-114.
- [8] 姜涛. 自动化生产线安装与调试课程场地及设备升级 [J].山西青年,2024,(09):64-66.

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。

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



OPEN ACCESS