

基于大数据的机械设备自动化维护策略研究

王建龙

敬业钢铁有限公司，河北石家庄，050400；

摘要：伴随着工业设备复杂性以及运行环境多样化等特点，机械设备传统维护方法渐渐显露出诸多不足，特别是高效性与及时性。建立在大数据基础上的自动化维护策略，给设备维护带来一种全新解决方案。通过对各种传感器数据的收集并结合大数据分析技术能够对设备的状态进行实时监测，对可能出现的故障进行预测并执行智能的维护决策。文章论述了机械设备自动化维护过程中大数据的关键技术问题，主要涉及数据采集和传感器技术，数据分析和分析方法以及预测性维护算法和模型，对自动化维护策略在制定和执行过程中所面临的挑战进行了分析，预测了今后发展趋势。

关键词：机械设备；自动化维护；预测性维护；智能决策

DOI：10.69979/3029-2727.25.04.029

引言

随着现代工业设备日趋复杂化，运行负荷越来越大，机械设备传统维护方法受到了很多挑战，特别是在确保设备高效平稳运行上，出现了预防性维护过多，故障修复拖延等现象。大数据技术应运而生，给机械设备维修工作带来了新角度与新手段。利用传感器及物联网技术对实时运行数据进行收集，再结合大数据分析及预测模型可以更准确的监测设备的状态，对故障的发生进行预测及维护策略优化。自动化维护在增强设备可靠性的同时也有效地减少维护成本及停机时间。文章将对机械设备自动化维修中大数据的运用进行深入探究，对其中的关键技术以及实施策略进行分析。

1 基于大数据的机械设备维护概述

1.1 机械设备维护的传统方法

传统机械设备维修方法有预防性维修，故障修复维修等。预防性维护基于设备使用时间或工作量进行定期检修，旨在降低设备故障率，但这一方法容易导致过度维护或缺乏及时的修复。故障修复和维护是在设备出现问题之后进行的，尽管这样可以极大地减少维护成本，但也存在设备长时间停机和影响生产效率的风险。这些传统方法往往依赖于经验且维修周期固定，缺少对设备状态进行实时监测与精确预测。

1.2 大数据技术在设备维护中的应用

大数据技术可以通过对设备在工作过程中温度，压力和振动等各种数据进行收集来对其工作情况进行实时监测。对这些数据进行处理与分析，可为设备维护工作提供一个综合的，动态的角度。一是在大数据分析的基础上，可以对设备可能存在的故障风险进行辨识，通过建立预测模型进行提前预警以达到预防性修复故障的目的。相较于传统方法，大数据可以显著提升维护准确性及时效性，缩短不必要停机时间；二是大数据能够对维修资源进行优化分配，降低设备由于过度检修或者未及时检修而造成的负面影响，提高生产效率。利用大数据技术使设备维护不限于周期性检修，向更智能化、更准确预测性维护转变。

1.3 自动化维护的定义与发展趋势

自动化维护就是借助信息技术与自动化设备来实现机械设备自主监测，诊断，决策与维修的过程。区别于传统人工干预维护方式，自动化维护可以依靠先进算法及控制系统实现设备无人值守或较少人工干预管理。在大数据，物联网以及人工智能技术飞速发展的背景下，自动化维护已逐步成为未来设备管理发展趋势。自动化系统通过大数据分析能够实现故障诊断，预警以及维修计划安排的智能化功能，大大提高设备运行效率与稳定性。目前工业领域中自动化维护的运用正在逐渐加深，由单一设备自动监控发展到对整个生产系统进行全方位智能化管理。在今后科

技日趋完善、成本逐渐下降的情况下，自动化维护有希望成为一种普及性的解决方案并给更多的产业带来益处。

2 大数据在机械设备自动化维护中的关键技术

2.1 数据采集与传感器技术

在机械设备自动化维护过程中，数据获取是首要环节，而精准的传感器技术则是获取优质数据的关键所在^[1]。一方面现代机械设备一般都安装有各种传感器，例如温度传感器，压力传感器和振动传感器，它们可以实时采集设备运行状态的信息，并且通过无线网络传输到中央控制系统。

表 1 不同传感器在常见设备维护中的应用及采集精度

| 传感器类型 | 应用设备 | 采集精度 | 采集频率 | 备注 |
|-------|-------|---------------------------|------|-------------|
| 温度传感器 | 电机、泵 | $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ | 每分钟 | 温度变化反映设备过载 |
| 振动传感器 | 轴承、泵 | $\pm 0.2\text{ mm/s}$ | 每秒 | 振动波动可检测磨损 |
| 压力传感器 | 管道、锅炉 | $\pm 1\%$ | 每小时 | 压力不稳定可能引发故障 |

2.2 数据处理与分析方法

数据处理作为大数据应用的核心，决定着由传感器获取到的原始数据是否可以有效转换为具有可操作性的数据。数据预处理阶段一是要滤除传感器数据中的噪声，保证数据纯净。处理噪声的常见方法有小波变换和傅里叶变换，这两种技术都能高效地去除外部干扰产生的无效信号；二是需要对数据进行特征抽取。常见的特征提取技术包括主成分分析（PCA）和线性判别分析（LDA）。这两种方法能够将高维数据压缩为低维数据，从而降低计算的复杂性，同时保留最具辨识性的特征；三是在数据分析中使用了机器学习技术，例如支持向量机（SVM）和决策树，这些技术可以通过分析设备的过去数据来预测其未来的运行状态。机械设备自动化维修时，利用该数据处理流程能够有效地确定设备可能存在的故障模式并产生相关维修建议。

2.3 预测性维护算法与模型

预测性维护作为大数据应用的一个重要方向，在于通过分析设备的历史数据来预测其可能出现的故障以达到提前维修的目的。常用预测性维护算法主要有基于回归分析建立预测模型，基于神经网络建立深度学习模型等。一是回归分析方法可以依据设备运行参数和历史故障间的关系建立数学模型来对未来设备故障风险进行预测；二是神经网络模型能够通过模拟人脑神经元之间的连接模式，在更为复杂的非线性数据集上寻找到规律，并据此进行更

温度传感器能监测装置的过热情况，振动传感器能反映装置有无不平衡和磨损情况，压力传感器能感知装置内压力的变化情况。这些传感器被整合到设备控制系统中，对设备状态进行实时监测，以保证能及时发现可能发生的故障。另一方面随着物联网（IoT）技术的不断进步，机械系统中集成了更多的传感器和智能设备，数据采集方式也从传统的手工方式转变为自动化方式，这极大地提高了数据的准确度和实时响应性。表 1 所示是常用设备维修中不同传感器的使用情况和采集精度差异情况，可供深入了解数据采集技术实际效果时参考。

为精确的预测分析。深度学习算法，特别是卷积神经网络（CNN）和长短时记忆网络（LSTM），在处理时间序列数据方面表现出色，能够通过连续的数据输入进行故障预测。

3 基于大数据的自动化维护策略设计

3.1 实时监控与故障诊断策略

通过各种设备上部署如振动传感器、温度传感器和压力传感器等多种传感器，我们能够实时收集设备的运行数据，并利用数据处理系统进行实时的在线监测。比如对振动传感器来说，装置发生异常振动后，系统可以瞬时捕获这一信息，从而引发报警机制。基于该方法的故障诊断策略主要由异常检测和模式识别两部分组成，并利用算法对传感器数据进行分析以判断装置是否处于异常状态。在大数据分析的基础上，该系统能够对历史故障数据和当前运行状态进行比对，迅速定位潜在故障源并提前预测故障^[2]。该实时监控系统和故障诊断策略相结合可以将设备停机时间降到最低并提高生产效率。故该故障诊断系统既能实现设备出现故障后的报警，又能推荐适当的维护方案以引导操作人员开展高效的维护工作。

3.2 智能调度与维修决策系统

智能调度及维修决策系统作为机械设备自动化维护的一个重要环节，目的在于利用大数据分析来优化维修流程、提高维修效率、降低成本。一是该智能调度系统实时

采集设备健康状况数据并基于设备故障预测结果以及维护优先级对维修资源进行自动调度。比如在某设备预测到将要出现故障的情况下,调度系统将对维修人员及备件准备工作进行优先选择,从而保证在故障出现时能够得到快速处置。并且维修决策系统根据设备运行数据以及维护历史对不同故障情境进行维修策略分析并选择最适宜的维修方案。二是该系统能够根据设备重要程度,故障类型和维修人员技能水平等因素自动产生维修计划并结合现场反馈进行实时调整。该智能化决策系统能有效地避免人工决策时主观误差的产生,提高了维修决策准确性和时效性。

3.3 系统优化与反馈机制

系统优化和反馈机制对机械设备的自动化维护起到关键作用^[3]。一是通过不断地监测和数据分析,该系统可以发现维修过程中的不足,及时优化和调整。比如当设备发生故障后,该系统不但能够迅速做出反应和抢修,而且还能够记录下每一次检修的详细流程,检修效果和所采用的技术手段等。该系统能够根据这些信息对各种维护方案进行实际效果评价并形成动态优化机制。在长时间的工作中,该系统通过机器学习的方式对诊断算法进行持续的优化,以增强预测精度及响应速度;二是设计了反馈机制,使操作人员及技术支持团队能够实时得到设备运行及维护情况的反馈,然后不断地对维护策略进行调整,以保证设备有效运行。比如在检修时,如果某个零件更换频率过高,系统将通过零件故障模式进行分析,并给出改进建议来延长其使用寿命。同时通过数据反馈使系统能够不断地对设备运行参数进行优化设置,以保证设备处于最佳的工作状态。

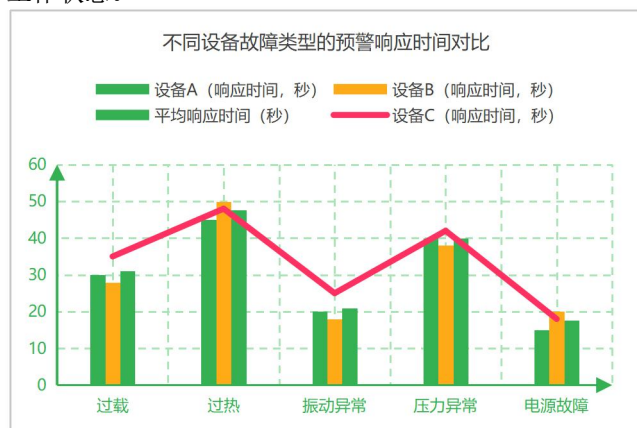


图 1 不同设备故障类型的预警响应时间对比

4 基于大数据的自动化维护策略实施与挑战

4.1 数据质量与安全问题

在以大数据为基础的自动化维护策略的实现中,数据质量与安全性这两个关键问题不容忽视。一方面数据质量对维护决策准确性和可靠性有着直接的影响。由于设备传感器所采集到的数据会受环境因素干扰而产生噪声,缺失或者错误数据等问题,因此需要数据处理系统有较强的数据清洗和修复能力。同时为了保证数据的全面性和准确性,必须对多源数据进行融合以避免单一数据源所造成的偏差。另一方面资料的安全性亦是一个重大问题^[4]。机械设备维护中所收集到的数据一般都会涉及到企业核心技术以及生产信息等,如果数据出现泄漏或者受到恶意攻击都会给企业带来严重经济损失以及声誉损害。所以必须对数据进行严格加密与访问控制,以保证数据传输与存储安全。在数据量越来越大、信息化程度越来越高的情况下,如何对数据进行有效的管理与保护已成为促进自动化维护工作的瓶颈问题之一。

4.2 设备与系统的集成问题

设备和系统的集成问题,是在大数据基础上实现自动化维护策略的重大难题。在实践中,一方面很多企业设备都使用了不同厂家,不同类型的各种设备,其通讯协议,数据接口以及控制系统都不相同。这种多样化设备环境使系统集成复杂化,特别是信息传递与数据共享,常常很难无缝连接。为使设备和维护系统之间能够有效衔接,需要制定兼容性良好的接口标准以及数据格式来保证设备能够与大数据平台之间能够高效互动。另一方面设备与自动化维护系统深度集成需兼顾实时性与稳定性。比如在传感器和数据处理平台之间进行实时数据传输就需要非常高的精度,而任何时延都会对维护决策精度造成影响。故企业在系统架构优化及接口开发方面需投入大量技术资源,以克服硬件设备及软件平台协调困难问题,保障设备及维护系统高效合作。

4.3 维护人员的培训与技术支持

在促进以大数据为核心的自动化维护系统的实现过程中,维护人员培训和技术支持又是不容忽视的^[5]。尽管自动化维护系统能够借助大数据分析和人工智能来提升

维护效率,但是对系统的运行与管理仍有赖于技术娴熟的技术人员。一方面传统机械设备维护对操作人员经验依赖性较强,现代自动化维护系统要求维护人员必须具有一定数据分析能力以及系统操作技能。故企业必须对维护人员进行针对性的培训,帮助他们掌握新技术、新工具的使用,并熟悉数据分析平台的操作流程。另一方面建立技术支持体系也是非常关键的。伴随着系统复杂度的提高,维护人员可能会在实际运行过程中遭遇到各种各样的技术难题,需要企业及时提供技术支撑与服务,包括系统故障排除,算法更新和软件硬件维护。企业可以通过系统化培训及技术支持等手段,切实提高维护人员专业水平,保障大数据自动化维护战略的顺利实施及长期平稳运营。

5 结论

以大数据为基础的自动化维护策略已成为现代工业设备管理中的一个重要发展方向。通过实时数据采集及智能分析可以准确识别出设备可能出现的故障并做出预测性的维修,使故障的出现及停机时间降到最低。尽管目前

仍面临数据质量、安全性、系统集成等一系列挑战,但随着技术的进步与应用的深入,今后大数据和自动化维护系统将更为完善,广泛应用于更多行业。强化设备和系统的集成,提高维护人员专业能力以及优化数据处理和预测模型等都会对实现设备的高效和智能化管理起到保证作用。

参考文献

- [1] 范迪. 基于大数据分析的智能自动化运营维护策略探究[J]. 今日自动化, 2024(5): 170-172.
- [2] 张欢. 基于大数据分析的石油仪表设备自动化维修决策支持系统研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024(18).
- [3] 徐明磊. 基于大数据的自动化系统故障预测与维护策略分析[J]. 集成电路应用, 2024(9).
- [4] 宋鹏 岳梦奎. 基于大数据分析的电网火灾风险预测与防范策略研究[J]. 2024.
- [5] 赵健寿. 基于大数据的自动化决策支持系统研究[J]. 2024.