阀门故障诊断信息技术应用研究

曹二帅 池汇泉 杨鹏伟
中鸿阀门股份有限公司 河北 邯郸 056700

摘 要 在现代工业系统中，阀门作为关键的流体控制设备，承担着调节、切换和控制流体的作用。阀门的正常运行对保障生产过程的稳定性、提高能源利用效率及维护系统安全性至关重要。然而，由于阀门长期处于高压、高温、高速流体流动的恶劣环境中，容易受到腐蚀、磨损、疲劳等多种因素的影响，导致性能下降、故障发生，甚至引发严重的系统事故。阀门的故障诊断与维护管理始终是工业设备管理中的重要课题之一。本文通过系统性地分析阀门故障诊断信息技术的现状与挑战，并提出相应的技术对策，旨在为工业设备管理领域提供基于信息技术的智能诊断解决方案，为实现工业系统的智能化、自动化提供支持，推动工业设备维护与管理的革命性变革。

关键词 阀门；故障诊断；信息技术；应用

Research on the Application of Information Technology in Valve Fault Diagnosis

Cao Er-shuai, Chi Hui-quan, Yang Peng-wei
Zhonghong Valve Co., Ltd., Handan 056700, Hebei Province, China

Abstract In modern industrial systems, valves, as crucial fluid control devices, play a vital role in regulating, switching, and controlling fluid flow. The normal operation of valves is essential for ensuring the stability of the production process, improving energy utilization efficiency, and maintaining system safety. However, due to the harsh environment of high pressure, high temperature, and high-speed fluid flow that valves are exposed to for long periods, they are prone to various factors such as corrosion, wear, and fatigue, leading to performance degradation, faults, and even serious system accidents. The fault diagnosis and maintenance management of valves have always been one of the important topics in industrial equipment management. This paper systematically analyzes the current status and challenges of valve fault diagnosis information technology and proposes corresponding technical countermeasures, aiming to provide an intelligent diagnosis solution based on information technology for the field of industrial equipment management, support the realization of intelligence and automation in industrial systems, and promote revolutionary changes in industrial equipment maintenance and management.

Key words Valves; Fault Diagnosis; Information Technology; Application

传统的阀门故障诊断方法多依赖于人工巡检、定期检查或经验判断，这些方法存在一定的局限性。随着信息技术和自动化技术的快速发展，基于智能传感器、物联网、大数据、人工智能等新兴技术的阀门故障诊断系统逐渐成为解决传统诊断方法局限性的重要手段。然而，尽管阀门故障诊断技术在近年来取得了显著进展，仍然面临许多技术难题。传感器精度、数据采集频率、信号噪声抑制、故障特征提取及数据处理算法效率等问题，依然制约着该技术的广泛应用。因此，如何进一步提升监测系统的精度、响应速度及抗干扰能力，仍然是阀门故障诊断技术亟待解决的问题。

1 阀门故障诊断信息技术的重要性

阀门作为工业系统中的主要执行元件，其工作状况会直接影响流体输送、压力调节和系统的安全。传统的人工巡检或者经验判断的方法，受监测频率、检测精度及人员经验的不同，不能及时、准确地掌握阀门的工作状态，在大规模的工业生产系统中，故障排查耗时长，存在漏检的风险。因此，利用信息技术进行阀门故障诊断有重大意义。信息技术可以实现阀门状态的实时监测和数据采集，利用传感器采集压力、流量、温度、振动、开度等方面的运行参数，再经过数据传输与存储系统集中管理。利用信号处理技术以及数据分析的方法，可以提取故障的特征，发现潜在的异常，预测阀门性能衰退的趋势。同时，人工智能算法可以对历史与实时的数据进行学习和模式识别，提高故障诊断的准确率与响应速度[1]。

2 阀门故障诊断信息技术存在的问题

2.1 传感器采集精度限制

传感器是阀门故障诊断过程中获取阀门运行状态的重要元件，其采集精度直接影响后续数据分析和故障识别的准确性。但是目前实际应用中，传感器存在精度受限的问题，主要是传

感器对于微小参数变化的响应不够灵敏，造成压力、流量、开度、振动等关键运行指标的采集出现偏差。精度限制不但会使监测数据与实际运行状态出现偏差，而且有可能把潜在的故障信号隐藏起来或者造成误判。另外，不同种类的传感器量程、灵敏度及响应时间不同，使得多点监测的数据在对比分析时会出现不一致的现象[2]。

2.2 数据采集频率不足

阀门故障诊断要对阀门的运行状况进行连续、动态地监测，才能发现故障发生之前和之后的重要变化。但是数据采集频率不够成为影响故障诊断效果的主要因素。采集频率低会造成运行参数离散性过大，使阀门微小异常变化不能被及时记录，不能发现早期故障信号。该问题在快速响应系统里尤其明显，例如阀门在高频启闭或者快速流量变化的条件下，低频采集容易漏掉关键波动，造成诊断延迟或者误判。

2.3 信号噪声抑制困难

阀门故障诊断中传感器采集到的运行数据中常常带有噪声干扰，信号噪声抑制困难是阀门故障诊断中普遍存在的技术问题。噪声主要是由管道振动、泵浦波动、电磁干扰和传感器自身不稳定引起的，会掩盖阀门故障特征，降低异常信号识别度。现有的信号处理方法在复杂的工况下很难完全把故障信息和噪声分开，尤其是在多源信号融合或者高频参数分析的时候，噪声对特征提取的影响更加明显。噪声抑制不彻底会造成诊断算法出现误判或者漏判的情况，进而影响系统对于阀门状态的正确把握。

2.4 故障特征提取复杂

阀门故障特征提取是实现准确诊断的重要步骤，但是在实际使用中却非常复杂。阀门运行参数的改变受流体性质、启闭速度、阀门种类、管网结构等诸多因素的影响，造成故障信号表现形式多种多样，不能用简单的方法进行识别。微小泄漏、卡阻或磨损初期产生的信号很容易被其他正常的波动所掩盖，因此导致特征提取需要极高的精度和灵敏度。传统经验法无法适应复杂的信号环境，时域、频域或者时频域分析等信息技术手段，在处理多参数、多维数据的时候存在计算量巨大、特征选择困难的情况。

2.5 数据处理算法效率低

阀门故障诊断信息系统当中，算法肩负着处理海量的实时监测数据、提取故障特征、阀门的状态进行评定的任务。但是现有的数据处理算法在面对高维、多源、实时的数据时，效率较低。算法计算复杂度高、迭代过程冗长，造成处理速度不能达到实时诊断要求，在快速启闭、高频振动的工况下，延迟会影响故障识别的及时性。另外，算法处理大规模历史数据或者训练深度学习模型时资源消耗大，容易造成数据积压、响应滞后。算法效率低不仅会影响故障诊断系统的实时性，而且还会影响异常预警的可靠性，使阀门异常状态不能被及时发现。

3 阀门故障诊断信息技术的对策

3.1 传感器精度提升技术

在阀门故障诊断中，传感器精度的提升是实现高效监测与准确故障诊断的基础。为提高传感器的精度，可以从以下几个方面着手，见表1。

表1 传感器精度提升技术的具体措施

措施	具体内容
高精度传感器选择	选用具有更高分辨率的传感器，如高精度压力传感器、流量传感器和振动传感器 这些传感器能够提供更细致的数值、数据，有助于准确捕捉阀门的运行状态变化
定期校准	定期对传感器进行标定和校准，确保传感器的工作状态稳定，避免因长期使用导致精度下降
自适应校准技术	根据现场环境变化自动调整传感器的工作参数，提高其在不同工况下的适应性，确保精准度
合理布设传感器	在阀门关键部位布设多个传感器，采用交叉验证的方式确保监测数据的全面性和准确性，进一步提高数据采集的精度

通过以上措施，可以有效提升传感器的精度，确保其能够精确反映阀门的工作状态，为后续故障诊断提供可靠的基础数据。

3.2 高频数据采集技术

高频数据采集技术是确保阀门故障诊断系统能够及时捕捉运行中细微变化的关键。为了提升数据采集频率，需要从硬件和软件2个层面入手，综合提高数据采集系统的响应速度[3]，见表2。

表2 高频数据采集技术的具体措施

措施	具体内容
高带宽采集设备	采用高带宽的数据采集卡和高速传感器，支持更高频率的数据采集。使用更快的信号采集设备能够实时记录阀门的微小变化
优化数据传输	优化传输协议和网络架构，采用高效的无线或有线传输方式，减少数据延迟，确保高频数据能够快速传输至监控平台进行分析
数据处理技术优化	采用分层存储、实时处理和并行计算等技术手段，避免数据丢失和延迟，确保数据采集的连续性和高效性
边缘计算	将数据预处理和分析功能移至数据源附近，通过边缘计算提升数据采集响应速度和处理效率，为实时故障诊断提供准确的数据支持

3.3 信号降噪处理技术

信号降噪处理是提高阀门故障诊断精度的重要技术之一，复杂的工况下噪声信号对阀门监测数据的影响非常大。为了抑制噪声可以采用先进的数字滤波技术，即卡尔曼滤波、小波变换、自适应滤波等。这些滤波算法可以自动去除信号中的噪声成分，只留下有用的信号。其中，小波变换可以有效地处理非平稳信号，把噪声和有用信号分开，适合高频振动信号的降噪。利用多通道信号协同降噪技术，在多传感器采集的基础上，用多通道信号融合、协同滤波的技术提高信号的清晰度。分析多源信号的数据特征可以有效降低单一信号源噪声造成的干扰。另外，对于噪声干扰的多样性，可以采用信号源识别技术，对不同的噪声来源进行识别，并对不同类型的噪声进行有针对性的降噪。对于电磁干扰造成的噪声，可以采用屏蔽、接地等技术，减小干扰对信号采集的影响。在实时监测系统中，结合噪声检测模块和自适应降噪算法，可以不断调整降噪策略，实现动态优化，保证信号高质量采集[4]。

3.4 故障特征提取技术

故障特征提取技术是阀门故障诊断系统的重要部分，需要从大量的监测数据中找出可以真实体现阀门状况的特征信息。故障特征提取在实际应用中会遇到数据量大、变化复杂、噪声干扰等困难。提高故障特征提取精度的途径有时域分析、频域分析、时频域分析等。时域分析主要研究信号的瞬态变化，可以捕捉阀门开闭瞬间产生的瞬态波动；频域分析可以反映信号的频率特性，高频振动信号往往和阀门的磨损、泄漏等故障有密切联系；时频域分析结合了时域和频域的优点，可以处理非平稳信号，提取瞬时频率变化，实现故障特征的高效提取。进一步地，基于深度学习、机器学习的特征自动提取方法也被广泛使用。使用训练好的神经网络或者支持向量机算法模型，可以在大量的原始数据中自动地找出有价值的故障特征，克服了传统方法对于复杂信号处理的不足。另外，采用多参数融合技术，把多个监测参数综合起来做特征提取，可以提高故障识别的准确性、可靠性。

3.5 高效数据处理技术

高效数据处理技术是阀门故障诊断系统中不可缺少的一部分，其任务是对实时采集到的大量数据进行快速处理与分析，从而能够及时发现故障并做出反应。为了提高数据处理效率：首先，可以改进数据压缩算法，压缩数据的同时保留主要信息。利用小波变换的数据压缩方法，可以将高维数据转换为低维数据，减小存储和计算的负担；其次，使用并行计算、分布式处理技术，把数据处理任务分发到不同的处理单元上，提高计算效率；再次，GPU加速技术能大大提高信号处理、特征提取、故障诊断速度，在大数据量、复杂算法情况下保证系统实时性；然后，边缘计算技术可以提升数据处理效率，将数据预处理和部分分析的功能下沉到设备端或者传感器附近，可以减少数据传输和中央处理的负担，提高系统的响应速度；最后，在数据处理算法上，用卷积神经网络（CNN）和长短期记忆网络（LSTM）等深度学习优化算法，可以提高对复杂信号的处理能力，使故障诊断更加准确、高效[5]。

4 结束语

综上所述，阀门故障诊断信息技术在工业设备管理中起着越来越重要的作用，依靠实时监测、数据分析、智能算法可以大幅提高故障识别的准确性、及时性。随着传感器技术、数据采集系统、信号处理方法、算法等不断发展，阀门故障诊断技术也不断完善，逐渐弥补了传统人工检测、经验判断的不足。利用准确的传感器与高频数据采集技术，配合先进的信号降噪和特征提取手段，可以有效去除外界干扰，提升故障诊断的可靠性及及时性。与此同时，数据处理技术的进步，使海量数据得以快速分析，从而给阀门故障预警及维护决策提供数据支持。总体而言，阀门故障诊断信息技术的发展会极大推动智能化、自动化的工业维护体系的建设，提高设备运行效率和系统安全性，推动工业智能化升级。

参考文献

[1]马重,赵众.基于数据驱动方法的控制阀故障诊断[J].化工自动化及仪表,2023,50(2):181-187,230.

[2]王鑫章,杨波,崔泽昊,等.基于组态技术的液压阀门故障智能诊断系统[J].信息与电脑(理论版),2022,34(8):123-125.

[3]尚群立,李梦强,张晶瑜.气动截止阀机理建模及其在阀门故障诊断中的应用[J].浙江工业大学学报,2020,48(2):154-158,216.

[4]黄磊,赵亚明.阀门故障分析及诊断技术研究[J].设备管理与维修,2018(20):146-147.

[5]陈林,王兴松,张逸芳,等.阀门故障诊断技术综述[J].流体机械,2015,43(9):36-42.

（本文编辑 曹 阳）

