

煤矿机电设备故障诊断技术应用进展

陶琛

神东煤炭集团石圪台煤矿 陕西榆林 719315

DOI:10.12238/ems.v7i9.15247

[摘要] 煤矿机电设备故障诊断技术是保障煤矿安全生产、提高生产效率的重要手段,本文对煤矿机电设备故障诊断技术的研究现状进行了较为全面的阐述,分析其在煤矿机车、通风机、煤矿机械、刮板输送机关键装备上的应用现状,诊断模型自适应能力不足,传感器可靠性有待提高等问题,将为煤矿机电设备故障诊断技术的进一步发展与应用提供理论依据,推动煤炭工业安全高效生产。

[关键词] 煤矿; 机电设备; 故障诊断技术

引言

煤炭一直是我国能源结构的核心,是一种重要的基础能源,长期以来,煤炭所占比例一直很高,虽然随着新能源的快速发展,煤炭所占比例也随之波动,但是在不久的将来,煤炭仍将成为中国能源安全与稳定供应的重要动力。在煤炭运输过程中,铲运机、皮带输送机等设备构成了庞大的运输网络,保证了煤炭的及时、平稳运输。通风设备的作用是向地下作业场所输送新鲜空气,排出有害气体,保证作业人员的安全与健康,这些设备一旦出现故障,轻则中断生产,造成巨大的经济损失,甚至造成重大安全事故,危及员工生命和财产安全。因此,保证煤矿机电设备的稳定运行,是提高煤炭生产效率,降低成本,确保安全生产的关键。

1. 主要故障诊断技术类型

1.1 基于传感器监测技术

传感器监测技术是设备故障诊断的基础,它利用多种传感器对设备运行状态进行实时监测,为后续故障分析提供必要的数据支持,常用的传感器有振动,温度,压力,电流等。振动传感器是一种基于压电效应的传感器,当设备发生振动时,通过传感器将振动信号转化成电信号输出,其幅值、频率等参数与设备的振动状态有着密切的关系。如设备正常工作时,振动信号幅值、频率处于某一稳定范围,当设备出现诸如轴承磨损、传动等故障时,振动信号幅值增大,频率成分发生变化。温度传感器采用热敏电阻、热电偶等敏感元件,利用电阻或热电势随温度变化的特征,对重要设备进行温度测量^[1]。压力传感器检测压力传感器的形变,把压力信号转换成电信号,用于监控设备内部压力的变化。电流传感器是

利用电磁感应原理对被测装置的工作电流进行检测的,由于设备负荷的变动,电动机故障等因素的影响,造成了电流的不正常波动。为此,利用这些传感器实时获取设备运行参数,能够及时发现设备运行状态的微小变化,为故障诊断提供全面、准确的数据支撑。

1.2 信号处理与分析技术

信号处理与分析技术是一种有效的方法,主要包括时域、频域和时频分析等,时域法就是直接对时序信号进行分析,并求出均值、方差、峰值指数等统计量,均值反映了信号的平均值,方差反映了信号的波动性,峰值指标对信号的影响成分更为敏感。例如,如果装置出现故障,信号的变化率和峰值指数就会大大增加,通过对这些参数的监测与分析,能够预先判断装置是否存在异常。频域分析就是利用傅立叶变换等方法对信号进行频域变换,并对其频谱成分及能量分布进行分析。傅里叶变换是建立在每一周期函数可由正弦和余弦函数和这一原则之上的,该算法将时域信号分解成不同频率的正弦波,叠加得到信号的频谱,根据各频率分量的幅值,可辨识出设备的自然频率及干扰频率。功率谱估计就是对信号的频谱分布进行估计,并对其能量集中区域进行分析,从而为故障诊断提供更为精确的频谱特征信息。时频分析法将时域与频域信息相结合,能对非平稳信号进行有效的处理,小波变换是一种基于小波变换的多尺度分解方法,它是一种基于小波变换的小波分析方法,该方法在探测信号的突变性和瞬态性方面有其独特的优越性。短时傅立叶变换是一种基于傅立叶变换的短时傅立叶变换方法,它利用窗函数把信号分割成若干个小周期,然后对每个小周期做傅立叶变换,从

而得到信号在时间、频率上的局域特性。

1.3 智能诊断技术

智能诊断技术能够通过人工智能算法对海量错误样本进行学习训练,实现对设备故障的自动诊断与预测。神经网络是模拟人脑神经元结构与功能的一种计算机模型,该方法以设备运行参数作为输入层输入,并对输入信号进行非线性变换,并对隐层神经元进行加权计算。初始层的结果是对故障进行分类,神经网络通过学习大量已知错误样本,不断调整神经元间的连接权值,使其能精确识别各种错误模式。支持向量机是在统计学习理论基础上,通过寻找最优分类面,从不同类别中尽可能地分离出样本数据^[2]。近年来,深度学习算法如卷积神经网络、递归神经网络等已被广泛地应用于故障诊断中,可折叠神经网络通过折叠层、池化层、完美连通层等结构对图像和信号进行特征提取,该算法具有较强的特征提取与分类能力,适用于对设备部件表面缺陷等图像类型误差数据的处理。循环神经网络对时间序列数据具有很强的处理能力,能够检测出数据的时序依赖关系,对设备故障的发展趋势进行预测。

2. 煤矿机电设备故障诊断技术应用进展

2.1 早期诊断技术应用

在煤矿机电设备故障诊断技术发展初期,以人工经验为主,依靠简单的仪器辨识为主,人工经验诊断是指维修人员根据多年的工作经验,通过对设备运行时的声、振、温等状况进行直观的观察与评价,从而判断出设备有没有故障,故障的大概性质和位置。例如,有经验的维修人员就能预先判断出采煤机运转时发出的异常声音是由传动装置磨损,轴承故障,还是其它机械零件引起的,简单的仪器检测主要是利用万用表、温度计、测速仪等简单的测试工具,来测量设备的电参数,温度,速度等,从而获得设备的基本运行状态。用万用表测量电器的电压、电流,判断电路有无短路、断线等故障,用温度计测量重要零件的温度,检查过热情况。

但是,该方法存在很多局限。一方面,人工经验诊断依赖于维修人员的专业知识与经验,同样的错误现象,不同的维修人员会有不同的评价,具有较强的主观性。另外,单纯的仪表辨识范围有限,仅能获取设备的部分参数信息,无法全面反映设备的整体工作状态,然而,这些简单的仪器测量精度不高,很难对微小的误差变化进行精确检测与量化,严

重影响了故障诊断的精度与可靠性。

2.2 新型故障诊断技术探索

大数据分析技术能够对煤矿机电设备运行过程中产生的海量多源数据进行有效处理与挖掘,煤矿机电设备在生产过程中产生了大量的数据,其中包括设备运行参数、故障报警和维修记录等。大数据分析利用分布式存储与并行计算等技术,挖掘数据间潜在的关联关系与规律,实现设备故障的精确诊断与预测。采用大数据分析技术,对设备运行及故障数据进行分析,建立设备故障预报模型,实现设备故障类型及发生次数的预测,为设备维修管理提供科学依据。通过大数据分析,对设备运行效率及能耗进行分析与评估,为企业优化运营策略、提升生产效率提供支撑。物联网技术将煤矿机电设备接入到一个巨大的网络中,实现设备与设备之间、设备与系统间的互联与数据交换,该系统通过在设备上安装大量的传感器及智能终端,实时采集设备运行状态信息,并将其上传至物联网平台^[3]。物联网平台对这些数据进行集中管理与分析,对设备运行状态进行实时监测,并及时发现异常状况。通过物联网技术,实现设备的远程控制与协同作业,提升煤矿生产的自动化、智能化程度,煤炭输送系统采用物联网技术,实现了刮板输送机、皮带输送机等设备的协同工作,根据出煤量自动调节设备运行速度,提高输送效率,节能降耗。基于云计算的煤矿机电装备故障诊断技术是解决这一难题的有效途径,云计算平台可根据故障诊断需求动态分配计算资源,实现对海量设备监测数据的快速处理。虽然这些新技术在煤矿机电系统故障诊断方面有着广泛的应用前景,但是要实现其实用化还面临着许多挑战,大数据分析需要处理海量数据,对数据的质量与效率提出了更高的要求。煤矿井下复杂环境下物联网技术面临着信号不稳定、设备兼容性差等问题,亟需对通信技术及设备接口标准进行优化。在云计算平台中,用户对安全与可靠的需求也十分关注,如何在保证数据安全存储的前提下,保证系统稳定运行,防止数据丢失,防止恶意攻击,是云计算技术在煤矿应用中亟待解决的关键问题。区块链技术在实际应用中还处于探索阶段,在性能、扩展性等方面还有待进一步提升,如何在保障区块链安全的前提下,提高处理效率、降低应用成本,是促进区块链技术在煤矿机电设备故障诊断中推广应用的关键。

3. 技术面临的挑战与应用优势

3.1 面临的挑战

矿井环境湿度大,粉尘多,电磁干扰强,地质条件复杂。这些恶劣的环境因素给机电设备自身带来了巨大的挑战。在高湿环境中,易造成设备金属构件的锈蚀,破坏其机械、电气性能,增大设备失效的几率,高尘环境下,装备散热能力下降,部件磨损加剧,同时灰尘还会渗入传感器等检测设备,降低测量精度与可靠性。故障诊断技术依赖于设备运行数据的质量与完整度,而在实际应用过程中,数据质量与管理存在诸多问题。一方面,煤矿井下环境复杂,传感器易受干扰或损伤,导致采集到的数据中含有噪声、缺失、离群值等现象,严重影响故障诊断的精度与可靠性。在强电磁干扰条件下,传感器会产生误报,从而导致基于这些数据进行故障诊断。另一方面,煤矿机电设备种类繁多,数据源种类繁多,设备间数据格式及接口标准的不统一,给数据的整合与管理带来了困难,所以如何对海量异构数据进行有效清理、整合与管理,构建统一的数据标准与平台,是实现故障诊断技术高效应用的关键。这就要求故障诊断模型具有较强的自适应能力,并能对实际生产工况进行动态调整与优化,在实际应用中,由于运行工况多变,一些基于模型的故障诊断方法往往不能准确地识别故障状态,造成误诊和漏诊。

3.2 故障诊断技术应用优势

通过对设备运行状态进行实时监测,能够及时发现设备运行参数的微小变化,从而及早发现故障隐患,当参数超出正常范围时,系统能迅速报警,提醒操作人员采取相应措施,这样就避免了设备在发生重大故障时才被检测出来,从而大大提高了设备运行的可靠性,降低了由于设备突发故障而造成的生产中断和经济损失。矿井通风机是保障井下作业环境安全的关键设备,它的稳定运行对保证矿井安全具有重要意义,该技术可以实时地监测到风机的运行参数,如电机温度、轴承振动等,一旦发现异常温升或者振动振幅增大,就能及时发现可能存在的电机故障或者轴承磨损等问题,提前安排维修人员进行维修,保证风机正常运转,为井下作业人员创造一个安全的工作环境。这样,维修人员就可以对维修工具及备件有针对性地进行准备,降低维修过程中的盲目性,降低测试出错的成本,从而大大缩短维修周期,降低故障率。

该方法能够快速、准确地诊断出故障,极大地提高了维修效率,缩短了设备的停工期,在刮板输送机出现故障的情况下,通过对电动机电流、链张力等参数的分析,可以迅速判断出刮板输送机是否出现了故障,是否出现了断链或其它零部件的故障,然后维修人员可根据故障诊断结果迅速修复,恢复设备正常运转,保证煤炭运输的顺利进行^[4]。在煤矿生产过程中,非计划停产将造成生产中断,进而导致煤炭产量下降,人工成本上升,利用故障诊断技术,可将非计划停机时间降至最低,保证煤矿生产的高效率。在煤矿生产过程中,设备故障是造成安全事故的主要原因,故障诊断技术能够及时发现设备存在的安全隐患,并采取相应的对策,预防因故障而导致的安全事故发生,保证操作者的人身安全与健康。通过对制动系统、提升机钢丝绳等关键部件的实时监测与故障诊断,能够及时发现制动失效、钢丝绳断裂等安全隐患,并对其进行提前维修或更换,避免在提升过程中发生罐陷等重大事故,保证操作人员升降井的安全。

结语

煤矿机电设备的故障诊断已由早期的人工经验和简单的仪器辨识发展到融合多学科技术,达到了实时监测、智能诊断、远程控制与维修的目的。电力设备振动监测、油液分析、红外探测及故障诊断是煤矿机电装备安全稳定运行的重要手段。与此同时,大数据分析,物联网,云计算,区块链等新兴技术为故障诊断注入了新的活力,显示出良好的应用前景。但在实际应用中,煤矿井下环境恶劣,数据质量与管理困难,诊断模型自适应能力不足等问题亟待解决。

[参考文献]

- [1]陈会利,邵华一.煤矿机电设备的故障诊断与预防性维护技术研究[J].现代制造技术与装备,2024,60(7):170-172.
- [2]张美玲,陈兴翔,汤家府.煤矿机电设备远程监测与故障诊断技术研究[J].电气技术与经济,2024(4):364-367.
- [3]张少华.煤矿机电设备实时监测故障诊断技术应用研究[J].设备管理与维修,2023(24):161-163.
- [4]马恭朴.故障诊断技术在煤矿机电设备维修中的应用分析[J].内蒙古煤炭经济,2024(16):94-96.