

矿山机电设备自动在线监测与故障诊断系统技术分析与探索

刘建军

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司洗选中心， 宁夏银川 750000

摘要：矿山作为重要的资源开采场所，其生产过程离不开各种机电设备的支持。矿山机电设备的运行状况直接关系到矿山的生产安全和经济效益。然而，由于矿山环境复杂恶劣，机电设备长期处于高负荷运行状态，容易出现各种故障。传统的故障检测与诊断方法主要依赖人工巡检和定期维护，不仅效率低下，而且难以实时发现设备的潜在故障。因此，本文重点研究矿山机电设备自动在线监测与故障诊断系统技术，旨在为提高矿山机电设备的管理水平和生产效率提供有益的参考。

关键词：矿山；机电设备；自动在线监测；故障诊断系统；技术

DOI:10.69979/3041-0673.24.2.016

引言：

矿山机电设备在线监测主要目的是保证机器设备可以有序运转，是机电设备发挥作用的重要保障。任何机电事故都有共性和特殊性。但要注意的是，特定类型的机电装置故障并非都会发生，因此检修要有针对性。机电设备管理故障诊断和检测是矿山开采中的重要组成部分，发展和创新可以对机械理论的研究和探索起到很好的促进作用，让机电设备管理的实践经验变得更丰富，可以让矿山机电设备故障得到有效解决，更好地更新事故处理的经验方法体系。

1. 矿山机电设备故障概述

矿山机电设备在矿山生产中起着关键作用，然而其故障的出现会严重影响生产进程。常见的故障类型多样，机械故障方面，如设备零部件的磨损、断裂等。长期在恶劣的矿山环境中运行，承受着巨大的载荷和频繁的振动，像传动部件的齿轮、轴承等易因磨损过度而失效。电气故障也是一大主要问题，包括电路短路、断路，电机故障等^[1]。例如，电机可能因过热而烧毁绕组，或者因电压不稳定而无法正常工作。此外，控制系统故障也时有发生，如传感器失灵导致无法准确监测设备运行参数，控制系统程序错误引发设备误动作等。这些故障不仅会导致生产停滞，还可能引发安全事故，给矿山企业带来巨大的经济损失和人员安全风险。

2. 矿山机电设备自动在线监测与故障诊断系统的重要性

2.1 提高设备可靠性

随着科技的不断进步，矿山机电设备在矿山生产中的作用日益凸显。为确保矿山机电设备的安全、稳定、高效运行，自动在线监测与故障诊断系统的应用变得至关重要。通过实时监测设备的运行参数，能够及时发现设备的异常情况，采取相应的措施进行处理，避免故障的发生，从而提高设备的可靠性和稳定性。

2.2 降低维护成本

自动在线监测系统可以实现对设备的远程监控和诊断，减少了人工巡检的工作量和成本^[2]。同时，通过提前预测设备故障，能够有针对性地进行维护和修理，降低了维修成本。

2.3 保障生产安全

矿山机电设备的故障可能导致严重的安全事故，如设备爆炸、火灾等。自动在线监测与故障诊断系统能够及时发现设备的安全隐患，采取措施进行排除，保障了矿山生产的安全。

3. 矿山机电设备自动在线监测与故障诊断系统技术分析

3.1 传感器技术在矿山机电设备监测中的应用

3.1.1 传感器的类型

1) 温度传感器

用于监测机电设备的温度变化，如电机、轴承等部位的温度。常见的温度传感器有热电偶、热电阻等。

2) 压力传感器

用于测量设备内部的压力，如液压系统、气压系统等等的压力。

3) 振动传感器

检测设备的振动情况，通过分析振动信号可以判断设备的运行状态和故障类型。

4) 电流传感器

监测设备的电流变化，用于判断电机等电气设备的工作状态。

3.1.2 传感器的安装与布局

传感器的安装位置应根据设备的结构和工作原理进行合理选择，以确保能够准确地监测到设备的关键参数^[3]。例如，在电机上安装振动传感器时，应选择在电机的轴承座附近；在液压系统中安装压力传感器时，应安装在关键的压力测点处。

3.1.3 传感器的性能要求

1) 高精度
能够准确地测量设备的运行参数,误差应在允许范围内。

2) 高可靠性
在矿山恶劣的环境下能够长期稳定工作,具有较强的抗干扰能力。

3) 快速响应
能够及时地反映设备的状态变化,以便系统能够及时进行处理。

3.2 数据采集与传输技术

3.2.1 数据采集系统的组成

数据采集系统主要包括传感器、信号调理电路、数据采集卡等部分。传感器将设备的运行参数转换为电信号,信号调理电路对电信号进行放大、滤波等处理,数据采集卡将处理后的信号转换为数字信号,并传输到计算机进行分析处理。

3.2.2 数据采集的频率和精度

数据采集的频率应根据设备的运行特点和故障诊断的需求进行合理选择。对于高速旋转的设备,如风机、离心机等,需要较高的采集频率;对于低速运行的设备,可以适当降低采集频率。数据采集的精度应满足故障诊断的要求,一般来说,精度越高,故障诊断的准确性越高。

3.2.3 数据传输技术

1) 有线传输

包括 RS485、CAN 总线等通信方式。有线传输具有传输稳定、可靠性高的优点,但需要铺设电缆,施工成本较高。

2) 无线传输

如 Wi-Fi、蓝牙、ZigBee 等。无线传输具有安装方便、灵活性高的优点,但受到信号干扰和传输距离的限制。

3.3 数据分析与处理技术

3.3.1 数据分析的方法

1) 时域分析

对采集到的时间序列数据进行分析,如计算均值、方差、峰值等统计参数,通过观察数据的变化趋势来判断设备的运行状态。

2) 频域分析

将时域信号转换为频域信号,通过分析信号的频谱特征来判断设备的故障类型。常用的频域分析方法有傅里叶变换、小波变换等^[4]。

3) 时频域分析

结合时域和频域分析的优点,对信号进行时频域联合分析,能够更全面地了解信号的特征。

3.3.2 数据处理的流程

1) 数据预处理

包括数据清洗、去噪、归一化等操作,以提高数据的质量和可靠性。

2) 特征提取

从原始数据中提取能够反映设备运行状态的特征参数,如振动信号的频谱特征、电流信号的谐波含量等。

3) 状态识别

根据提取的特征参数,采用合适的模式识别算法对设备的运行状态进行分类和识别,判断设备是否正常运行或存在故障。

3.4 故障诊断算法

3.4.1 基于规则的诊断方法

根据专家经验和设备的运行规律,制定一系列的诊断规则。当设备的运行参数满足某一规则时,即可判断设备存在相应的故障。这种方法简单直观,但对于复杂的故障诊断问题,规则的制定较为困难。

3.4.2 基于模型的诊断方法

建立设备的数学模型,通过比较实际运行数据与模型预测数据的差异来判断设备是否存在故障。常用的模型有状态空间模型、神经网络模型等。基于模型的诊断方法具有较高的准确性,但模型的建立需要大量的历史数据和专业知识。

3.4.3 基于数据驱动的诊断方法

直接利用采集到的设备运行数据进行故障诊断,无需建立复杂的数学模型。常用的数据驱动方法有聚类分析、支持向量机、决策树等。这种方法具有较强的适应性和灵活性,但需要大量的样本数据进行训练。

4. 矿山机电设备自动在线监测与故障诊断的有效策略

4.1 构建先进的监测系统架构

4.1.1 全面覆盖关键设备部位

在矿山机电设备中,如提升机的卷筒、制动系统、传动装置等关键部位,需要合理布置多种类型的传感器,如振动传感器、温度传感器、压力传感器等。对于破碎机的轴承、齿轮箱等易损部件,同样要确保传感器能够准确监测其运行参数的变化。

4.1.2 考虑环境因素的影响

矿山环境中存在大量的粉尘、湿度、电磁干扰等不利因素,在传感器的选择和布局时,必须充分考虑这些因素的影响。例如,采用具有防尘、防水、抗电磁干扰性能的传感器,并将其安装在相对稳定且能有效避免外界干扰的位置。

4.2 人工智能算法在故障诊断中的应用

4.2.1 深度学习算法的应用

深度学习算法,如卷积神经网络(CNN)、循环神经网络(RNN)等,具有强大的特征提取和模式识别能力。在故障诊断中,可以将设备的振动信号、声音信号、图像信号等作为输入,通过深度学习算法自动提取故障特征,并进行故障分类和诊断^[5]。

4.2.2 智能诊断系统的构建

基于人工智能算法,构建智能故障诊断系统。该系统可以自动分析设备的运行数据,快速准确地判断故障类型和位置,并提供详细的诊断报告和维修建议。同时,系统还可以不断学习和更新知识,提高故障诊断的准确性和适应性。

4.2.3 多源信息融合技术

将设备的多种监测数据,如振动、温度、压力、电

流等信息进行融合分析,充分利用各种数据之间的关联性和互补性,提高故障诊断的准确性和可靠性。例如,当振动信号和温度信号同时出现异常变化时,可以更准确地判断设备是否存在机械故障或电气故障。

4.3 建立完善的故障诊断模型

4.3.1 基于物理模型的故障诊断方法

1) 设备物理模型的建立

根据矿山机电设备的工作原理和结构特点,建立精确的物理模型。例如,对于提升机,可以建立力学模型和动力学模型,分析其不同工作状态下的受力情况和运动规律;对于通风机,可以建立流体力学模型,研究其内部气流的流动特性。

2) 模型参数的识别与校准

通过实验测试和现场数据采集,对建立的物理模型进行参数识别和校准。确定模型中的关键参数,如摩擦系数、弹性模量、阻尼系数等,并根据实际运行数据对模型进行不断调整和优化,使其能够准确反映设备的实际运行状态。

3) 故障诊断与分析

基于物理模型,通过对设备运行参数的监测和分析,判断设备是否存在故障。例如,当提升机的卷筒转速与模型预测值不符时,可能存在传动系统故障;当通风机的出口压力低于模型预期值时,可能存在风道堵塞或风机叶片损坏等故障。通过对故障的深入分析,可以找出故障的根本原因,并制定相应的维修措施。

4.3.2 基于经验知识的故障诊断方法

1) 专家系统的构建

收集矿山机电设备领域的专家知识和经验,建立专家系统。专家系统包含知识库、推理机、解释器等组成部分。知识库中存储了大量的故障案例、诊断规则和维修经验;推理机根据输入的设备运行数据和故障现象,运用知识库中的知识进行推理和判断,给出故障诊断结果和维修建议;解释器负责对诊断结果进行解释和说明,以使用户理解。

2) 模糊逻辑在故障诊断中的应用

对于一些难以用精确数学模型描述的故障现象,可以采用模糊逻辑方法进行诊断。模糊逻辑通过定义模糊集合和模糊规则,将模糊的故障现象转化为可处理的数学模型。例如,对于设备的“轻微故障”“中等故障”“严重故障”等模糊概念,可以通过定义相应的模糊集合和隶属函数,进行模糊推理和判断。

4.4 加强人员培训与技术交流

4.4.1 监测与诊断技术培训

定期组织矿山机电设备监测与诊断技术培训课程,邀请行业专家和技术人员进行授课。培训内容包括传感器技术、数据采集与传输技术、数据分析与处理技术、故障诊断算法等方面的知识和技能。通过理论学习和实际操作相结合的方式,提高员工的专业技术水平。

4.4.2 设备维护与维修培训

开展设备维护与维修培训,使员工熟悉矿山机电设备的结构、原理和维护方法。培训内容包括设备的日常保养、定期检修、故障排除等方面的技能。通过实际案

例分析和现场操作演练,提高员工的设备维护和维修能力。

4.4.3 安全意识培训

加强员工的安全意识培训,使员工充分认识到矿山机电设备故障可能带来的安全风险。培训内容包括安全操作规程、事故应急处理等方面的知识。通过安全警示教育 and 模拟演练,提高员工的安全意识和应急处理能力。

5. 矿山机电设备自动在线监测与故障诊断系统未来发展趋势

5.1 智能化

随着人工智能技术的不断发展,矿山机电设备自动在线监测与故障诊断系统将越来越智能化。系统将能够自动学习和适应设备的运行特点,实现更加准确的故障诊断和预测。

5.2 集成化

将传感器、数据采集、数据分析、故障诊断等功能集成到一个系统中,实现系统的一体化设计 and 应用。这样可以提高系统的可靠性和稳定性,降低系统的成本。

5.3 网络化

通过网络技术,实现设备的远程监控和诊断。用户可以通过互联网随时随地访问系统,了解设备的运行状态和故障信息,提高设备的管理效率。

5.4 多传感器融合

采用多种传感器对设备进行监测,通过传感器融合技术,提高监测数据的准确性和可靠性。同时,多传感器融合还可以实现对设备故障的多角度分析和诊断,提高故障诊断的准确性。

结束语:

综上所述,矿山机电设备自动在线监测与故障诊断系统是保障矿山安全生产和提高生产效率的重要技术手段。通过传感器技术、数据采集与传输技术、数据分析与处理技术以及故障诊断算法的应用,系统能够实时监测设备的运行状态,及时发现设备的故障隐患,并提供准确的故障诊断和维修建议。未来,随着科技的不断进步,系统将朝着智能化、集成化、网络化和多传感器融合的方向发展,为矿山机电设备的安全、稳定、高效运行提供更加有力的保障。

参考文献:

- [1] 杨建军. 矿山机电设备故障诊断及维护管理方式分析[J]. 模型世界, 2020(16): 036.
- [2] 苏鹏声, 王欢. 电力系统设备状态监测与故障诊断技术分析[J]. 电力系统自动化, 2020(1): 27-30.
- [3] 苗琼. 煤矿大型机电设备在线监测与故障诊断系统[J]. 工矿自动化, 2021(3): 7.
- [4] 苏鹏声, 王欢. 电力系统设备状态监测与故障诊断技术分析[J]. 电力系统自动化, 2020(1): 27-30.
- [5] 苗琼. 煤矿大型机电设备在线监测与故障诊断系统[J]. 工矿自动化, 2020(3): 7.