

矿山机电设备故障的检测技术分析

孙发兴^{1,2,3}

1. 青海省高原绿色建筑与生态社区重点实验室 青海 西宁 810008
2. 青海省高原绿色建筑与建材工程技术研究中心 青海 西宁 810008
3. 青海省建筑建材科学研究院有限责任公司 青海 西宁 810008

摘要：矿山机电设备作为矿石开采、加工和运输的核心设备，其运行状态直接影响到矿山生产的安全性和效率。本文概述了矿山机电设备的种类及其在矿山生产中的重要性，分析了设备故障的类型与原因。在传统检测技术方面，介绍了直观检查法、仪表测量法和经验判断法。在现代检测技术中，阐述了振动监测技术、油液分析技术、红外热成像技术和声发射检测技术的实用操作要点。探讨了人工智能、机器学习和物联网技术在智能矿山机电设备故障检测中的应用。本文旨在为矿山机电设备的故障检测提供全面、实用的技术指导，以提高矿山生产的安全性和效率。

关键词：矿山；机电设备；故障的检测技术

引言：随着矿山开采规模的扩大和开采深度的增加，对设备的要求也越来越高。但设备在长期运行中难免会出现各种故障，如机械故障、电气故障等，这些故障不仅会影响生产效率，还可能引发安全事故。研究矿山机电设备故障的检测技术，及时发现并处理潜在故障，对于保障矿山生产的连续性和稳定性具有重要意义。

1 矿山机电设备概述

矿山机电设备承担着矿石开采、加工、运输等一系列关键任务。随着科技的进步和矿山行业的发展，矿山机电设备的种类和功能也在不断丰富和完善。从广义上讲，矿山机电设备涵盖了采矿、选矿、探矿以及矿石加工等各个环节所需的机械设备。这些设备通常具有高度的专业性和针对性，以适应不同矿山的地质条件、矿石性质和开采需求。在采矿环节，常见的机电设备包括采矿机、掘进机、装载机等，它们能够高效地挖掘和装载矿石；在选矿环节，破碎机、磨矿机、分级机、磁选机等设备则发挥着至关重要的作用，它们通过物理或化学方法将矿石中的有用成分分离出来；而在矿石加工和运输环节，则需要使用到各种输送机、提升机、压滤机等设备。随着矿山开采规模的扩大和开采深度的增加，对矿山机电设备的要求也越来越高。现代矿山机电设备要求具备高效、节能、环保的特点，还需要具备高度的自动化和智能化水平。许多现代矿山已经实现了远程监控和无人化操作，这不仅提高了生产效率，还大大降低了安全隐患。矿山机电设备的维护和管理也是确保其稳定运行和延长使用寿命的关键^[1]。定期对设备进行检修和保养，及时发现并处理潜在故障，对于保障矿山生产的连续性和稳定性具有重要意义。

2 矿山机电设备故障检测的重要性

矿山机电设备故障检测在矿山安全生产和高效运营中，其重要性主要体现在以下几个方面：（1）确保矿山安全生产。矿山作业环境复杂多变，机电设备在长时间、高强度的运行下，难免会出现磨损、老化或突发故障。这些故障如果未能及时发现和处理，会导致设备停机，影响生产效率，还可能引发安全事故，对人员和财产造成严重威胁。通过定期或实时的故障检测，可以及时发现设备存在的安全隐患，采取相应的预防措施，从而避免或减少事故的发生。（2）有助于提升矿山运营效率。矿山机电设备是矿山生产的核心，其运行状态直接影响到生产线的整体效率。通过故障检测，可以及时发现设备的异常情况，并快速定位故障点，进行针对性的维修或更换。这不仅可以减少设备停机时间，提高设备的利用率，还可以优化生产流程，提升整体运营效率。

（3）有助于降低矿山运营成本。矿山机电设备的维修和更换成本往往较高，如果设备频繁出现故障，将大大增加企业的运营成本^[2]。而通过有效的故障检测，可以及时发现并处理设备的潜在问题，避免小问题演变成大问题，从而减少维修次数和维修成本。

3 矿山机电设备故障类型与原因分析

3.1 故障类型

机械故障：主要包括轴承损坏、齿轮磨损、轴断裂等。这类故障通常由长期运转导致的机械疲劳、润滑不良或过载使用引起。

电气故障：包括电机故障、线路短路、断路、接触不良等。电气故障可能由设备老化、环境因素（如潮湿、腐蚀）或操作不当导致。

液压与气压系统故障：如泵失效、阀泄漏、管路堵塞等。这类故障多与液压油污染、系统压力不稳定或元件磨损有关。

控制系统故障：涉及PLC（可编程逻辑控制器）、传感器、执行器等。故障可能源于程序错误、硬件故障或信号干扰。

热故障：如电机过热、变压器超温等。通常由散热不良、负载过大或绝缘材料老化引起。

3.2 原因分析

设计与制造缺陷：设备设计不合理或制造工艺不达标，可能导致设备在使用初期就出现故障。

使用环境恶劣：矿山环境复杂，粉尘、湿气、振动等因素加速设备老化，增加故障风险。

操作与维护不当：操作人员缺乏培训或未按规范操作，以及维护不及时或保养不当，都是导致故障的常见原因。

超负荷运行：设备长期在超出设计负荷的条件下运行，会加速部件磨损，缩短使用寿命。

材料老化与磨损：随时间推移，设备内部的材料和部件会因自然老化、磨损而失效。

外部因素干扰：如电力波动、电磁干扰等，可能影响设备的正常运行。

4 矿山机电设备故障的检测技术

4.1 传统矿山机电设备故障检测技术

4.1.1 直观检查法

直观检查法主要依赖于检测人员的视觉、听觉、嗅觉和触觉等感官，通过观察设备的外观、听取设备运行的声音、嗅闻是否有异常气味以及触摸设备的温度等方式，来判断设备是否存在故障。这种方法简单易行，能够迅速发现一些明显的故障迹象，如设备部件的松动、断裂、变形、过热、漏油等。

4.1.2 仪表测量法

仪表测量法是通过使用各种测量仪器，如电压表、电流表、温度计、压力表等，对设备的电气参数、物理参数进行精确测量，从而判断设备是否存在故障。这种方法具有测量准确、数据可记录、便于分析等优点。通过测量电机的电流、电压和功率因数，可以判断电机是否存在过载、短路或断路等故障；通过测量轴承的温度和振动，可以判断轴承的磨损程度和润滑状态。

4.1.3 经验判断法

经验判断法是基于检测人员长期积累的实践经验，通过对设备运行状态、故障现象和维修历史的综合分析，来判断设备故障的原因和部位。这种方法依赖于检

测人员的经验、直觉和判断力，具有快速、灵活的特点。在一些情况下，经验判断法能够迅速定位故障点，提出有效的维修方案。

4.2 现代矿山机电设备故障检测技术

4.2.1 振动监测技术

振动监测技术是一种通过监测设备在运行过程中产生的振动信号，来分析设备状态的技术。在矿山机电设备中，如电机、风机、压缩机等旋转设备，振动信号能够反映设备的运行状况和潜在故障。振动监测技术实用操作要点如下：（1）传感器选择与布置。根据设备类型和监测需求，选择合适的振动传感器，如加速度传感器、速度传感器等。传感器应布置在设备的关键部位，如轴承座、齿轮箱等，以确保捕捉到有效的振动信号。（2）数据采集与处理。通过数据采集系统，实时采集振动信号，并进行预处理，如滤波、去噪等，以提高信号质量。利用振动分析软件，对信号进行时域、频域分析，提取特征参数，如峰值、均方根值、频谱等。（3）故障识别与诊断。基于提取的特征参数，结合设备的历史数据和故障模式库，进行故障识别与诊断。（4）趋势分析与预警。长期监测设备的振动信号，建立振动趋势图，分析设备状态的变化趋势。当振动信号超出预设阈值时，触发预警机制，提醒维护人员采取相应措施。在矿山通风系统中，风机是关键旋转设备^[3]。通过振动监测技术，可以实时监测风机的振动状态，及时发现不平衡、轴承磨损等故障，避免风机停机导致的通风不畅问题。

4.2.2 油液分析技术

油液分析技术是通过分析设备润滑系统中的油液成分和性能变化，来评估设备状态的技术。在矿山机电设备中，油液分析技术常用于监测齿轮箱、液压系统等部件的磨损和污染情况，其技术实用操作要点如下：（1）油样采集。按照规定的采样方法和周期，从设备的润滑系统中采集油样。采样过程中应避免污染，确保油样的代表性。（2）理化性能分析。对采集的油样进行理化性能分析，如粘度、闪点、酸值等，以评估油液的变质程度。（3）光谱分析。利用光谱仪对油样中的金属元素进行分析，确定油液中金属磨粒的种类和浓度。常见的金属元素包括铁、铜、铝等，这些元素的浓度变化可以反映设备的磨损情况。（4）铁谱分析。铁谱分析是一种将油液中的铁磁性磨粒分离并观察其形态和大小的技术。通过铁谱分析，可以直观地了解设备的磨损程度和磨损类型。（5）数据分析与诊断。结合理化性能分析、光谱分析和铁谱分析的结果，对设备的磨损状态和污染程度进行评估。根据评估结果，制定相应的维护措施。在矿

山挖掘机中,通过油液分析技术,可以实时监测齿轮箱的磨损和污染情况,及时发现齿轮、轴承等部件的磨损问题,避免齿轮箱故障导致的挖掘机停机。

4.2.3 红外热成像技术

红外热成像技术是一种通过测量物体表面温度分布,以热图像形式显示的技术。在矿山机电设备中,红外热成像技术常用于监测设备的过热问题。其技术实用操作要点如下:(1)设备准备。确保设备处于运行状态,以便捕捉到真实的温度分布。对于大型设备,可能需要使用移动式红外热像仪进行远程监测。(2)热像仪设置。根据监测需求,调整红外热像仪的参数,如温度范围、分辨率等。确保热像仪能够捕捉到设备表面的细微温度变化。(3)数据采集与处理。利用红外热像仪采集设备的热图像,并进行预处理,如去噪、增强对比度等。通过热图像分析软件,提取设备的温度分布特征。

故障识别与诊断:结合设备的结构特点和历史数据,对热图像中的异常温度区域进行分析,确定潜在的过热故障点。常见的过热故障包括电气连接不良、散热不良等。(4)报告生成与记录。将热图像和分析结果生成报告,记录设备的温度分布特征和故障点信息,为后续维护和维修提供参考。在矿山变电站中,通过红外热成像技术,可以实时监测电气设备的温度分布,及时发现电气连接不良、散热不良等过热问题,避免电气设备故障导致的停电事故。

4.2.4 声发射检测技术

声发射检测技术是一种通过监测材料内部裂纹扩展、塑性变形等过程产生的声波信号,来评估材料状态和结构完整性的技术。在矿山机电设备中,声发射检测技术常用于监测压力容器、管道等部件的裂纹扩展情况。其技术实用操作要点如下:(1)传感器布置。根据监测需求,在设备的关键部位布置声发射传感器。传感器应能够捕捉到材料内部产生的声波信号。(2)数据采集与处理。利用数据采集系统,实时采集声发射信号,并进行预处理,如滤波、去噪等。利用声发射分析软件,对信号进行特征提取和事件识别。(3)源定位与波形分析:结合设备的结构和声发射信号的特征,对声发射源进行定位。对声发射波形进行分析,了解裂纹扩展的类型和速度。(4)损伤评估与预警。基于声发射源的位置和波形特征,对设备的损伤程度进行评估。当损伤程度超出预设阈值时,触发预警机制,提醒维护人员采

取相应措施。(5)数据分析与报告。将声发射信号的分析结果和损伤评估结果生成报告,记录设备的损伤状态和预警信息,为后续维护和维修提供参考。

4.3 智能矿山机电设备故障检测技术

随着人工智能、机器学习和物联网技术的快速发展,智能矿山机电设备故障检测技术正逐步成为行业的新趋势。以下这些技术提高了故障检测的准确性和效率,还推动了矿山机电设备的智能化升级。(1)人工智能与机器学习在故障检测中的应用:人工智能和机器学习技术通过分析设备的历史数据和运行日志,能够自动识别设备的故障模式和特征。基于机器学习的分类算法可以准确识别设备的异常运行状态,并预测潜在的故障。通过训练深度学习模型,可以对设备的振动信号、油液分析结果等进行智能分析,进一步提高故障检测的精度。(2)深度学习算法在故障预测中的实现:深度学习算法通过构建复杂的神经网络模型,能够捕捉设备状态变化中的细微特征,从而实现更准确的故障预测。在矿山机电设备中,深度学习算法可以分析设备的振动信号、温度数据等,预测设备的剩余使用寿命和潜在故障点。(3)物联网技术在设备状态监测中的融合:物联网技术通过传感器网络、云计算和大数据技术,实现了对矿山机电设备状态的实时监测和数据分析。传感器网络能够实时采集设备的运行数据,并通过云计算平台进行存储和分析^[4]。大数据技术则可以对这些海量数据进行挖掘和处理,提取出有用的故障特征。

结束语:矿山机电设备故障的检测技术涉及多个方面,包括传统方法和现代智能技术。在实际应用中,要根据设备的类型、故障类型以及监测需求,选择合适的检测技术。通过综合运用各种检测技术,可以实现对矿山机电设备状态的实时监测和故障预警,为设备的维护和管理提供有力支持。

参考文献

- [1]陈庆志.矿山机电设备故障的检测技术分析[J].科学与财富,2021,13(5):181-182.
- [2]王春亮.矿山机电设备智能故障检测诊断技术分析[J].内蒙古煤炭经济,2023(6):29-31.
- [3]李鹏翔.矿山机电设备智能故障检测诊断技术[J].世界有色金属,2024(15):16-18.
- [4]刘宗旨.故障诊断技术在矿山机电设备检修中的重要性及运用分析[J].中国设备工程,2022(21):148-150.