

矿山机电设备的检测技术

李志军^{1,2,3}

- 1. 青海省高原绿色建筑与建材工程技术研究中心 青海 西宁 810000
- 2. 青海省建筑建材科学研究院有限责任公司 青海 西宁 810000
- 3. 青海省高原绿色建筑与生态社区重点实验室 青海 西宁 810000

摘 要：矿山机电设备检测技术是保障矿山安全生产与高效运行的关键。本文阐述其重要性，包括保障生产安全、提升生产效率、降低生产成本等方面。详细介绍振动检测、红外热像检测、油液分析检测等关键技术，分析其原理与应用场景。同时探讨矿山机电设备检测技术智能化、数字化、多技术融合及在线实时监测的发展趋势，为矿山机电设备检测技术的优化与应用提供参考，助力矿山行业高质量发展。

关键词：矿山；机电；设备；检测；技术

引言：在矿山开采行业中，机电设备是生产作业的核心支撑，其运行状态直接关系到矿山生产的安全与效益。随着矿山开采规模扩大和设备复杂度提升，设备故障风险加剧，传统检测方式难以满足需求。矿山机电设备检测技术通过对设备运行参数和状态的精准监测与分析，能够及时发现潜在故障隐患，避免事故发生。因此，深入研究矿山机电设备检测技术的重要性、关键技术及发展趋势，对保障矿山安全生产、提高生产效率、推动行业可持续发展具有重要意义。

1 矿山机电设备检测的重要性

1.1 保障矿山生产安全

矿山作业环境复杂，机电设备长期在高粉尘、潮湿、振动等恶劣条件下运行，一旦发生故障，极易引发重大安全事故。通过先进的检测技术，如振动检测、红外热像检测等，可实时监测设备运行状态，提前发现设备零部件磨损、松动、过热等异常情况。例如，利用红外热像仪能快速检测电气设备的异常发热点，及时避免因电气故障引发的火灾；振动检测技术可捕捉设备轴承、齿轮等关键部件的振动变化，提前预警机械故障，防止设备突然停机或损坏导致的人员伤亡，为矿山生产筑牢安全防线，确保矿工生命安全和矿山稳定运营。

1.2 提高矿山生产效率

矿山生产流程紧密，机电设备的稳定运行是保障生产连续性的关键。传统人工巡检方式效率低、误差大，难以发现设备潜在故障，易导致设备突发停机，影响生产进度。采用先进检测技术，如油液分析检测技术，可通过分析润滑油中磨损颗粒的成分、数量和形态，判断设备内部零件的磨损情况，提前安排维修计划，减少非计划停机时间。电气设备检测技术能及时诊断电气系统

故障，保障供电稳定。此外，在线实时监测技术可对设备运行参数进行持续监测，一旦发现异常立即预警，维修人员可迅速响应，快速处理故障，使设备尽快恢复运行，从而显著提高矿山生产效率，保障生产任务按时完成。

1.3 降低矿山生产成本

矿山机电设备的采购、维修和更换成本高昂，不合理的维护策略会大幅增加企业运营成本。有效的检测技术可帮助企业制定科学的设备维护计划。利用无损检测技术，在不破坏设备结构的前提下，检测设备内部缺陷，避免过度拆解和不必要的维修。通过对设备运行数据的长期监测与分析，能够准确预测设备零部件的剩余使用寿命，在零部件即将失效前进行更换，减少因零部件过度磨损导致的设备损坏，降低维修成本和设备更换频率。同时，及时发现并解决设备故障隐患，避免因设备故障引发的生产中断和原材料浪费，从多方面降低矿山生产成本，提高企业经济效益和市场竞争力^[1]。

2 矿山机电设备检测关键技术

2.1 振动检测技术

振动检测技术基于设备运行时机械部件振动信号与设备状态的关联性，通过传感器采集设备运行过程中的振动信号，利用频谱分析、时域分析等信号处理方法，将原始振动信号转化为便于分析的频谱图或波形图，从而判断设备的运行状态。在矿山中，振动检测技术广泛应用于破碎机、通风机、提升机等大型旋转设备。例如，提升机在运行过程中，若轴承出现磨损、不对中或不平衡等故障，其振动信号的频率、幅值等参数会发生明显变化。通过对振动信号的实时监测和分析，技术人员可以准确判断故障类型和位置，如发现轴承外圈磨损时，频谱图中会出现特定频率的峰值。该技术的优势在

于能够在设备运行状态下实现非接触式检测,对设备的正常运行几乎无干扰,且检测灵敏度高,可在故障初期捕捉到微小的振动变化,为设备维护争取充足时间。然而,振动检测技术也存在局限性,矿山现场复杂的振动环境容易产生干扰信号,影响检测结果的准确性;同时,对于一些复杂的振动故障,需要专业的技术人员结合丰富的经验进行分析判断。

2.2 红外热像检测技术

红外热像检测技术依据物体自身的红外辐射特性,通过红外热像仪将物体表面的热分布状况转化为直观的热图像,不同温度区域在图像中呈现出不同的颜色或灰度,从而实现对设备温度分布的可视化检测。在矿山机电设备检测中,该技术常用于电气设备、传动部件和液压系统的检测。例如,在检查高压开关柜时,通过红外热像仪可以清晰观察到触头接触不良、电缆接头过热等故障,过热部位在热图像中会呈现出明显的高温区域。对于液压系统,红外热像检测能够发现管道堵塞、液压阀泄漏等导致的局部温度异常。红外热像检测技术具有非接触、检测速度快、可视化程度高的特点,可在不影响设备正常运行的情况下,快速对大面积设备进行扫描检测,及时发现潜在的热故障隐患。此外,热图像能够直观反映设备的温度分布情况,便于技术人员进行故障分析和定位。但该技术也存在一定的不足,检测结果易受环境温度、湿度、物体表面发射率等因素影响,在检测前需要对设备表面进行清洁处理,并准确设置发射率等参数,以确保检测结果的准确性。

2.3 油液分析检测技术

油液分析检测技术以润滑油为检测对象,通过对油液的物理化学性能分析、污染度检测和磨损颗粒分析,获取设备摩擦副的运行状态信息。在物理化学性能分析中,检测油液的黏度、酸值、水分等指标,判断油液是否氧化变质、受到污染或性能下降;污染度检测主要评估油液中固体颗粒的数量、尺寸和分布情况;磨损颗粒分析则利用铁谱分析、光谱分析等方法,研究油液中磨损颗粒的成分、形态和数量,从而判断设备零部件的磨损类型和程度。在矿山机械中,油液分析检测技术常用于对液压系统、齿轮箱、轴承等润滑部位的检测。例如,在齿轮箱运行过程中,通过对润滑油进行铁谱分析,若发现大量的片状、切削状磨损颗粒,说明齿轮可能存在严重的磨损或胶合故障;光谱分析能够检测出油液中各种金属元素的含量,判断不同材质零部件的磨损情况。该技术可以在设备运行状态下取样检测,获取设备内部零部件磨损的早期信息,为设备的预防性维护提

供科学依据。但油液分析检测过程较为复杂,对检测设备和人员的技术要求较高,且检测周期相对较长,难以实现实时在线监测。

2.4 无损检测技术

无损检测技术是在不破坏被检测对象内部结构和使用性能的前提下,利用声、光、电、磁等物理特性,对设备内部缺陷进行检测和评估的技术。在矿山机电设备检测中,常用的无损检测方法包括超声检测、射线检测、磁粉检测和渗透检测等。超声检测利用超声波在不同介质中的传播特性,当超声波遇到缺陷时会发生反射、折射和散射等现象,通过接收和分析反射波信号,可检测出设备内部的裂纹、气孔、夹杂等缺陷;射线检测则是利用射线(如X射线、 γ 射线)穿透被检测物体,根据缺陷对射线吸收和衰减程度的不同,在底片或探测器上形成不同的影像,从而判断缺陷的位置、大小和形状。磁粉检测适用于铁磁性材料表面和近表面缺陷的检测,通过在被检测物体表面施加磁场,使缺陷处产生漏磁场吸附磁粉,形成明显的磁痕,直观显示缺陷位置;渗透检测则是利用液体的毛细管作用,将含有染料或荧光物质的渗透剂涂覆在被检测物体表面,使渗透剂渗入缺陷中,然后去除表面多余渗透剂,施加显像剂,使缺陷中的渗透剂吸附到表面,从而显示出缺陷的形状和位置。无损检测技术能够有效检测设备内部缺陷,为设备的质量评估和寿命预测提供重要依据,但不同的无损检测方法有其适用范围和局限性,在实际应用中需要根据设备的材质、结构和检测要求合理选择检测方法。

2.5 电气设备检测技术

电气设备检测技术是针对矿山电气设备的电气性能、绝缘状况和运行状态进行检测的一系列技术手段。矿山电气设备种类繁多,包括变压器、高压开关柜、电动机、电缆等,其安全稳定运行对矿山生产至关重要。在电气设备检测中,绝缘电阻检测是最基本的检测项目之一,通过测量设备绝缘电阻值,判断设备绝缘性能是否良好,若绝缘电阻值低于规定标准,说明设备可能存在绝缘受潮、老化或损坏等问题。介质损耗因数检测能够检测电气设备绝缘介质在交流电压作用下的能量损耗情况,发现绝缘内部的局部缺陷和老化现象。对于变压器,还会进行绕组直流电阻测量、变比测试、短路阻抗测试等项目,以检查变压器绕组的连接是否正确、是否存在匝间短路等故障;高压开关柜则需要进行接触电阻测试、耐压试验等,确保开关触头接触良好,绝缘性能满足要求。此外,随着智能检测技术的发展,在线局部放电检测技术逐渐应用于电气设备检测中,通过传感器

捕捉电气设备内部局部放电产生的脉冲电流、超声波、电磁辐射等信号,实现对设备绝缘缺陷的早期诊断。电气设备检测技术对于保障矿山供电系统的安全稳定运行、预防电气事故发生具有重要意义,但部分检测项目需要停电进行,对矿山生产会产生一定影响,因此在线检测技术的发展和运用愈发重要^[2]。

3 矿山机电设备检测技术发展趋势

3.1 智能化检测

智能化检测是矿山机电设备检测的前沿方向,深度融合人工智能与机器学习技术。通过构建深度学习模型,系统可自主学习设备运行数据特征,实现故障的智能识别与诊断。例如,运用卷积神经网络分析设备振动频谱,能精准定位轴承磨损、齿轮故障等问题,摆脱人工复杂的特征提取流程。智能化检测系统具备故障预测能力,基于历史数据与实时监测信息,通过算法模型预估设备故障概率,提前规划维护方案,减少突发停机。智能巡检机器人的应用也日益广泛,其搭载多类型传感器,可在复杂矿山环境中自主检测设备,借助图像识别、语音交互等技术与后台实时联动,大幅提升检测效率。但目前智能化检测面临数据质量不均、模型泛化能力弱等难题,亟待优化数据处理与模型训练技术。

3.2 数字化检测

数字化检测依托大数据与云计算技术,实现矿山机电设备检测数据的全流程数字化管理。在设备关键部位部署传感器,实时采集振动、温度、压力等多维数据,并上传至云端存储。借助大数据分析技术,挖掘海量数据价值,构建设备运行状态评估模型,实现设备健康状况的量化判断。例如,通过分析设备振动数据特征,结合历史故障数据,可准确判断设备运行状态及潜在风险。数字化检测支持设备全生命周期管理,完整记录设备从采购到报废的所有数据,为设备选型、维护策略制定提供数据支撑。数字孪生技术的应用,可在虚拟空间模拟设备运行,提前预判故障、优化参数。不过,数字化检测需高度重视数据安全与隐私保护,强化数据加密防护措施。

3.3 多技术融合

单一检测技术存在局限性,多技术融合成为矿山机电设备检测的必然趋势。将振动检测、红外热像检测、

油液分析检测等技术结合,能实现优势互补,提升故障诊断的准确性。以齿轮箱检测为例,振动检测发现啮合异常,红外热像判断过热情况,油液分析确定磨损程度,综合分析可精准诊断故障。同时,检测技术与通信、控制技术融合,通过物联网实现数据实时传输与共享,支持远程监控。检测结果与设备控制系统联动,异常时自动调整参数或触发报警,实现设备智能控制。尽管多技术融合显著增强检测效果,但在技术集成、数据融合处理方面仍存在挑战,需探索统一的融合标准与方法。

3.4 在线实时监测

在线实时监测突破传统离线检测局限,是保障矿山机电设备稳定运行的关键。通过在设备关键部位安装高精度传感器,实时采集运行参数,并借助无线通信技术传输至监控中心。数据分析系统对数据实时处理,一旦参数异常立即报警,便于及时处置。以矿山提升机为例,在线监测系统实时跟踪钢丝绳张力、电机电流、轴承温度等参数,异常时迅速预警,防止事故发生。该技术还能分析参数变化趋势,预测设备性能衰退,提前安排维护。结合云计算与边缘计算,实现数据分布式处理,提升效率、降低传输压力。但在线实时监测对传感器可靠性、数据传输稳定性及系统处理能力要求极高,需持续优化硬件与软件技术^[3]。

结束语

综上所述,矿山机电设备检测技术是矿山安全生产与高效运营的重要保障。从保障安全、提升效率到降低成本,检测技术的重要性贯穿矿山生产全流程;振动检测、红外热像检测等关键技术各展所长,为设备运行状态监测提供有力支撑。如今,智能化、数字化、多技术融合与在线实时监测的发展趋势,更是为矿山机电设备检测注入新动能。

参考文献

- [1]韩玉祥.矿山机电设备故障诊断技术分析[J].信息记录材料,2022,18(11):124-126.
- [2]高崎山.矿山机电设备故障诊断技术探讨[J].建材与装饰,2021(41):204-205.
- [3]郭亚存.关于矿山机电设备检修中故障诊断技术的应用探讨[J].机械管理开发,2021,32(09):170-172.