

矿山机械设备维修的故障诊断技术

李文鹏

内蒙古伊泰煤炭股份有限公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘要：矿山机械设备是矿山生产的核心支撑，其运行工况恶劣、联动性强，易出现机械、液压、电气等各类故障，影响生产连续性。本文阐述矿山机械设备常见故障类型及诊断基础，分析振动监测、油液分析、红外热像及智能化融合等主流诊断技术的原理、应用与优劣，结合实践案例总结现有技术存在的问题，提出针对性优化策略与协同方案，为矿山机械设备故障精准诊断、高效维修及安全稳定运行提供理论与实践支撑。

关键词：矿山机械；设备维修；故障诊断技术

引言：矿山生产环境复杂，井下高粉尘、强振动、大负载等工况导致机械设备损耗快、故障频发，单个部件故障易引发连锁反应，造成生产停滞与安全隐患。故障诊断技术作为设备维修的核心前提，能精准定位故障、分析成因，缩短维修时间、降低运维成本。随着智慧矿山建设推进，传统诊断技术已难以满足设备高效运维需求，系统研究故障诊断技术、优化应用方案，对提升矿山生产效率、保障安全意义重大。

1 矿山机械设备常见故障及故障诊断基础

1.1 矿山机械设备概述及运行特点

（1）核心设备分类：矿山生产依赖多种专用设备，核心可分为四类，采掘设备是开采核心，包括采煤机、掘进机，承担煤层开采与巷道掘进任务；运输设备负责物料转运，主要有刮板输送机、胶带输送机，适配井下复杂空间；提升设备以矿井提升机为主，用于人员、设备及矿石的垂直运输；此外还有破碎设备，用于将开采的矿石破碎至合格粒度，保障后续加工。（2）运行特点：矿山机械设备运行工况极为恶劣，井下高粉尘、强振动、大负载及高低温交替环境，对设备损耗极大；同时为保障生产连续性，设备需长时间不间断运行，进一步加速部件老化；加之各设备联动性强，单个部件故障易引发连锁反应，导致整个生产系统停工。

1.2 矿山机械设备常见故障类型及成因

（1）机械结构故障：最常见的有轴承磨损、齿轮损坏、构件变形断裂，主要成因包括设备长期处于大负载工况导致载荷超标，设备材料与井下恶劣环境适配不足，以及润滑系统失效，部件间摩擦加剧，最终引发故障。（2）液压系统故障：主要表现为液压泵泄漏、液压阀卡滞、油液污染，成因多为密封件长期使用老化破损，油液选型与设备工况不匹配，以及管路内杂质堆积导致堵塞，影响液压系统正常传动。（3）电气系统故

障：常见的有传感器失真、电机烧毁、线路短路，由于井下潮湿、粉尘多，易侵蚀电气部件；同时线路铺设不规范、设备长期过载运行，也会导致电气系统故障，影响设备启停与运行控制^[1]。

1.3 故障诊断的核心原理与基本要求

（1）核心原理：以设备运行规律为基础，通过专业仪器采集转速、振动、温度等运行参数，对比设备正常与异常状态下的参数差异，精准识别故障特征，定位故障具体位置，进而分析故障产生的根本成因，为维修提供依据。（2）基本要求：诊断工作需满足精准性、实时性、可靠性，能够适配矿山井下恶劣工况，抵御粉尘、振动干扰；同时诊断操作需便捷，便于维修人员快速掌握和应用，缩短故障处置时间。

1.4 故障诊断的流程与分类

（1）诊断流程：遵循固定逻辑逐步推进，先进行设备状态监测，再采集运行信号，通过专业技术处理信号、过滤干扰，随后识别故障类型，分析故障成因，最终形成完整诊断报告，指导维修作业。（2）诊断分类：按诊断时机可分为事前预警诊断、事中实时诊断、事后追溯诊断，分别对应故障发生前、发生中、发生后的不同诊断需求；按诊断方式可分为离线诊断与在线诊断，离线诊断需停机检测，在线诊断可实现设备运行中实时监测。

2 矿山机械设备维修中主流故障诊断技术

2.1 振动监测诊断技术

（1）技术原理：振动监测诊断技术是矿山机械设备故障诊断中应用最广泛的技术之一，核心是通过在设备关键旋转部件（如轴承、齿轮、转子）上安装专用振动传感器，实时采集设备运行过程中的振动信号，再借助频谱分析、小波变换等专业算法，对振动信号进行分解、过滤干扰，通过识别振动频率、振幅的异常变化，

精准定位故障位置,尤其擅长判断轴承磨损、齿轮损坏、转子不平衡等旋转部件相关故障,其本质是利用设备正常运行与故障状态下的振动特征差异,实现故障识别与预警^[2]。(2)应用场景:该技术主要适用于采掘设备、运输设备等含有旋转部件的设备故障诊断,例如采煤机、刮板输送机、胶带输送机的轴承、齿轮故障诊断,可提前捕捉轴承早期磨损、齿轮齿面损伤等隐性故障,避免故障进一步恶化导致设备停机,为维修工作争取充足时间,保障生产连续性。(3)优缺点:该技术的核心优势在于诊断精度高、响应速度快,能够实现故障早期预警,及时发现设备潜在故障,减少非计划停机损失;但同时存在明显局限性,受矿山井下高粉尘、强振动的恶劣工况影响较大,传感器易受粉尘侵蚀、振动干扰,导致监测数据失真,因此需要定期对传感器进行校准和维护,确保诊断准确性。

2.2 油液分析诊断技术

(1)技术原理:油液分析诊断技术以设备液压系统、润滑系统的油液为核心监测对象,通过专业仪器检测油液中的金属颗粒含量、污染物浓度,以及油液的粘度、酸值、水分等理化指标,结合设备运行规律,判断设备内部部件的磨损程度,进而定位液压系统、润滑系统的故障位置,例如通过油液中金属颗粒含量异常,可判断齿轮箱、液压泵等部件的磨损情况,通过油液污染程度,可排查管路堵塞、密封件老化等故障。(2)应用场景:主要适用于矿山机械设备的液压系统、润滑系统故障诊断,如液压支架、液压泵、齿轮箱等设备的故障排查,可实现无拆卸诊断,无需停机拆解设备即可掌握内部部件磨损状态,有效减少设备拆卸带来的损耗,降低维修成本。(3)优缺点:其显著优点是可实现无拆卸诊断,能精准反映设备内部隐性磨损,为故障诊断提供可靠的数据支撑,且操作相对简便,适配多种矿山设备的液压、润滑系统;不足之处在于检测周期较长,无法实现实时诊断,对于突发性故障的响应速度较慢,难以满足设备实时监测的需求,且检测结果的分析需要专业人员结合经验判断,对操作人员的专业能力有一定要求。

2.3 红外热像诊断技术

(1)技术原理:红外热像诊断技术基于物体热辐射原理,利用红外热像仪捕捉设备表面的温度分布,将不可见的热辐射转化为可见的热像图,通过分析热像图中温度异常区域,定位设备故障位置——设备故障部位往往会因摩擦加剧、电路异常等产生异常发热,表现为热像图中的高温区域,进而判断故障类型,如电气接头

松动、轴承过热、液压阀卡滞等故障,均可通过温度异常实现精准定位^[3]。(2)应用场景:广泛应用于矿山电气设备、高温运行部件的故障诊断,例如矿井提升机电机、电气线路、液压支架液压阀等设备的故障排查,可快速扫描大面积设备,高效发现潜在故障,尤其适用于井下复杂空间内的设备快速检测,无需近距离接触设备,提升检测安全性。(3)优缺点:该技术采用非接触式诊断方式,操作便捷、检测范围广,可快速排查大面积设备的潜在故障,且能有效避免井下恶劣环境对检测人员的伤害;但受环境温度影响较大,若井下环境温度波动剧烈,会干扰温度检测精度,对微小故障的诊断准确性不足,难以捕捉轻微的温度异常,不适用于高精度的微小故障排查。

2.4 智能化融合诊断技术

(1)技术原理:智能化融合诊断技术是当前矿山故障诊断的发展趋势,核心是融合物联网、大数据、人工智能等先进技术,构建设备健康管理系统,通过多个传感器采集设备振动、油液、温度等多源运行数据,利用大数据技术对数据进行整合、分析,借助人工智能算法实现故障特征识别、故障趋势预判,同时通过物联网技术实现数据远程传输,实现设备故障的远程监测、智能预警与故障溯源,打破单一诊断技术的局限性^[4]。(2)应用场景:主要适用于大型矿山的关键设备,如矿井提升机、大型采煤机、液压支架等,适配智慧矿山建设需求,可实现设备运行状态的24小时远程监测,及时发出故障预警,指导维修人员开展维修作业,同时可积累设备运行数据,为设备维护周期优化提供支撑,提升设备运行可靠性。(3)优缺点:该技术的最大优势是诊断智能化程度高,可实现多源数据融合分析,诊断全面性、精准性大幅提升,且能实现远程监测与故障预判,减少人工检测成本,实现设备全生命周期监测;但缺点是前期投入成本较高,设备购置、系统搭建费用不菲,且对技术人员的专业要求高,需要具备物联网、大数据、机械维修等多领域知识,难以在中小型矿山推广应用。

3 矿山机械设备故障诊断技术的实践应用与优化策略

3.1 实践应用案例分析

(1)案例一:某大型煤矿刮板输送机长期处于高负载、强振动工况,频繁出现轴承故障导致停机。通过采用振动监测诊断技术,在输送机轴承部位安装防护型振动传感器,实时采集振动信号并进行频谱分析,成功捕捉到轴承早期磨损的振动异常特征,提前发出预警信号。维修人员及时对轴承进行更换,避免了轴承卡死引

发的输送机停机事故,减少非计划停机损失约30%,保障了采掘生产的连续性。(2)案例二:某矿山液压支架在运行中出现动作迟缓、压力不稳定等问题,排查难度较大。采用油液分析与红外热像技术相结合的方式,通过油液检测发现油液中污染物含量超标、金属颗粒增多,初步判断液压部件存在磨损;再利用红外热像仪检测,精准定位到液压阀卡滞部位存在局部过热现象。结合两项技术结果,维修人员快速拆解检修液压阀,清除杂质并更换密封件,彻底解决故障,提升了液压支架运行稳定性。(3)案例三:某矿山为提升矿井提升机运行可靠性,引入智能化融合诊断系统,整合振动监测、油液分析、红外热像等多类数据,通过物联网技术实现数据实时传输与云端分析。系统可远程监测提升机电机、滚筒、轴承等关键部件的运行状态,提前预判故障趋势,累计发出故障预警12次,有效避免了重大故障发生,使提升机运行可靠性提升40%,降低了运维成本。

3.2 现有故障诊断技术存在的问题

(1)技术适配性不足:矿山井下高粉尘、强振动、高低温的恶劣工况,对诊断设备和技术提出了较高要求。部分诊断技术的传感器防护性能不足,易受粉尘、振动干扰,导致监测数据失真,诊断精度大幅下降,难以满足井下设备的诊断需求。(2)技术融合度不够:单一诊断技术存在明显局限性,如振动监测对液压系统故障诊断效果不佳,油液分析无法实现实时监测。目前多技术融合应用范围较窄,未能充分发挥各类技术的优势,导致故障诊断的全面性、精准性不足,难以应对复杂的设备故障。(3)专业人才匮乏:故障诊断技术的应用需要兼具机械、电气、智能化等知识的复合型人才。当前多数矿山企业此类人才短缺,现有人员专业能力不足,难以熟练操作智能化诊断设备、分析诊断数据,制约了先进故障诊断技术的推广与应用。

3.3 故障诊断技术的优化策略

(1)技术适配优化:针对性改进传感器的防护结构,提升其防尘、抗振动、耐高温性能,适应矿山恶劣工况;同时优化诊断算法,增强信号过滤能力,减少环境干扰对诊断结果的影响,提升诊断技术的稳定性与精准性。(2)多技术融合优化:构建多技术融合的故障

诊断体系,整合振动监测、油液分析、红外热像与智能化技术,实现多源信号互补分析,突破单一技术的局限性,全面捕捉设备故障特征,提升故障诊断的全面性和精准度^[5]。(3)人才培养与技术推广:加强复合型人才培养,与院校合作开展定向培训,提升从业人员的专业技能;定期组织技术交流与培训,普及先进诊断技术的应用方法,推动中小型矿山引入先进诊断设备,实现故障诊断技术升级。

3.4 故障诊断与维修的协同优化

(1)建立诊断-维修联动机制:以故障诊断结果为核心,明确故障类型、位置及成因,制定针对性维修方案,避免盲目拆卸维修,减少维修时间和成本,提高维修效率和质量,实现诊断与维修的高效衔接。(2)构建设备全生命周期管理体系:整合故障诊断数据、设备运行记录及维修档案,分析设备磨损规律,优化设备维护周期,从被动维修转向预防性维修,降低设备故障率,延长设备使用寿命,实现设备全生命周期高效管理。

结束语

矿山机械设备故障诊断技术是保障矿山安全生产、提升运维效率的关键手段,传统诊断技术与智能化融合技术的协同应用,有效突破了单一技术的局限性。结合实践案例可知,通过技术适配优化、多技术融合及人才培养,能显著提升故障诊断的精准性与高效性。未来需深化技术创新,推动诊断与维修深度协同,适配智慧矿山发展,为矿山行业高质量发展筑牢保障。

参考文献

- [1]廖振杰.矿山工程中机械设备的故障及维护浅析[J].世界有色金属,2023,(07):36-39.
- [2]杨盼许.矿山工程中机械设备的故障及维护[J].世界有色金属,2024,(12):273-275.
- [3]刘光辉.关于矿山工程中机械设备的故障及维护探讨[J].世界有色金属,2023,(09):42-46.
- [4]于宏春.矿山机械设备的故障检测与管理[J].中国金属通报,2023,(08):114-116.
- [5]刘仕期.矿山机械设备破碎机的故障诊断与维护技术[J].中国高新科技,2023,(08):113-115.