

煤矿机电运输系统智能监测与故障预警技术应用

虎建龙

宁夏王洼煤业有限公司银洞沟煤矿 宁夏 固原 756505

摘 要：现阶段煤矿机电运输系统逐步向自动化、智能化转型，传统人工巡检、事后故障处置模式，已无法适配现代化煤矿连续生产的运行需求。本文围绕当下煤矿机电运输智能监测与故障预警核心技术展开研究，梳理系统运行现存的监测滞后、故障预判缺失、运维效率偏低等核心问题，结合当前矿山智能化发展趋势，介绍智能感知、数据传输、智能预警、一体化运维等新技术的应用路径，分析各类技术的实操价值与落地优势，明确智能化技术对机电运输系统安全稳定运行的支撑作用，为煤矿机电运输智能化升级、降低设备故障率、提升矿山生产运维水平提供实操参考。

关键词：煤矿机电；运输系统；智能化改造；智能监测；故障预警技术

引言

煤矿机电运输系统承担井下物料输送、设备运转、能源供给的核心功能，是煤矿生产的核心配套系统，其运行稳定性直接决定矿山生产效率与作业安全。传统煤矿机电运输运维工作，主要依靠工作人员定期现场巡检、设备故障停机后维修的模式开展，数据采集频次低、覆盖范围有限，无法及时捕捉设备隐性故障。随着煤矿开采规模扩大、开采深度增加，机电运输设备数量增多、运行负荷持续提升，设备运行工况更复杂，传统运维模式的短板持续凸显。当下 5G 通信、智能传感、大数据分析等技术在矿山领域快速普及，推动煤矿机电运输运维从被动维修向主动预判、智能管控转型，成为煤矿智能化建设、实现安全生产降本增效的核心举措。

1 煤矿机电运输系统运行现状及智能化改造必要性

当前国内多数煤矿的机电运输系统，已经完成基础自动化改造，摆脱了纯人工操作的模式，皮带运输、轨道运输、机电供电、排水通风等系统可实现基础自动化运行。但整体智能化水平仍处于初级阶段，多数系统仅实现现场设备启停控制、基础数据简单采集，没有形成完整的智能化监测、预警、运维闭环体系。在设备运行监测方面，多数煤矿仍采用定点、定时的人工巡检方式，仅能记录设备表面运行状态，无法持续采集设备温度、振动、负荷、运行偏差等精细化数据，设备长期处于亚健康运行状态的问题无法被及时发现。机电运输设备故障处置方面，目前主流模式仍为故障发生、设备停机后开展维修，属于被动式运维。皮带跑偏、电机过载、线路老化、轨道运输卡顿等常见故障，前期都会出现细微数据变化，但传统监测手段无法捕捉这类隐性信

号，导致小故障逐步演变为设备停机、系统停运问题，直接影响煤矿连续生产^[1]。部分老旧矿井的机电运输设备服役时间较长，设备部件老化、性能衰减问题突出，设备运行稳定性持续下降，进一步增加故障发生概率。从行业发展层面来看，矿山智能化已经成为煤炭行业转型的核心方向，国内大中型煤矿陆续开展机电系统智能化升级改造。传统人工运维模式人力成本高、巡检误差大、响应速度慢，无法适配现代化煤矿高效、安全、低耗的生产要求。智能监测与故障预警技术，可实现机电运输设备全时段、全覆盖的数据采集与状态监测，提前识别故障隐患，替代大量重复性人工巡检工作，缩短故障处置时长，降低设备运维成本。

2 煤矿机电运输智能监测与故障预警核心技术体系

2.1 多源智能感知技术

多源智能感知技术是机电运输系统智能化监测的基础，核心是通过各类新型传感设备，替代人工完成井下机电运输设备运行数据的全方位、不间断采集。不同于传统单一传感器仅采集基础运行数据的模式，当前新型感知技术可实现多维度数据同步采集，覆盖机电设备温度、振动、转速、负荷、位移、电流、电压等核心运行参数，同时可监测皮带运输煤流、异物、跑偏、堆煤等工况状态。现阶段矿山感知设备逐步实现小型化、防爆化、低功耗升级，适配井下潮湿、粉尘、复杂巷道的特殊作业环境。激光扫描、视觉识别、毫米波感知等新型技术，逐步替代传统接触式传感设备，无需与设备直接接触即可完成数据采集，减少设备磨损对监测精度的影响。UWB 定位、惯性测量单元融合感知技术，可精准采集井下轨道运输车辆、单轨吊的运行位置、运行速度、

姿态数据,实现运输设备动态状态的实时把控。多源感知技术打破了传统监测数据单一、采集间断的局限,为后续故障分析、预警判断提供完整、精准的数据支撑。

2.2 高速稳定数据传输技术

数据传输是连接井下感知设备与地面管控平台的关键环节,直接决定监测数据的实时性与故障预警的及时性。传统煤矿井下多采用有线网络传输数据,布线复杂、改造难度大、传输延迟高,无法适配海量传感数据的同步传输需求,也难以支撑移动运输设备的动态数据传输。随着矿山 5G 技术的全面普及,井下数据传输模式实现全面升级^[2]。5G 矿山专用网络具备低延迟、大带宽、广连接的特点,可同时接入数百台传感设备,同步传输高清视频、动态工况、设备参数等各类数据,数据传输延迟控制在毫秒级,满足实时监测与快速预警的运行要求。同时,Mesh 自组网、无线物联网等辅助传输技术,可适配井下巷道遮挡、设备移动的复杂场景,弥补 5G 网络信号覆盖盲区。

2.3 大数据智能分析与预警技术

大数据智能分析与预警技术是实现故障提前预判的核心,核心是依托后台数据平台,对采集的海量设备运行数据进行整理、比对、分析,实现故障隐患的主动识别。传统运维模式依靠人工对照设备参数标准判断运行状态,效率低、误差大,无法应对海量数据的分析工作。智能化预警系统可自主存储设备正常运行参数、历史故障数据,建立标准化数据模型。系统运行过程中,平台会实时将设备实时运行数据与标准数据模型、历史故障数据进行比对,识别数据异常波动情况。针对机电运输设备常见的过载、过热、卡顿、跑偏、部件老化等问题,系统可通过数据变化趋势判断故障发展状态,区分轻微异常、一般隐患、重大故障三个等级,对应发出不同预警信号。

3 智能监测与故障预警技术在机电运输系统的具体应用

3.1 主皮带运输系统智能监测与故障预警

主皮带运输系统是煤矿原煤输送的核心设备,运行时长最长、运行负荷波动最大,也是机电运输系统中故障高发的设备,传统皮带运维主要依靠人工巡查跑偏、撕裂、堆煤问题,故障漏判、晚判问题普遍存在。智能监测与预警技术可实现皮带运输全流程、全时段的智能管控,彻底改变传统运维模式。现阶段皮带运输系统会批量部署视觉识别传感器、激光扫描设备、温度振动传感器,全方位采集皮带运行状态数据。视觉识别与激

光扫描技术可实时监测皮带表面状态、煤流输送量,精准识别皮带跑偏、纵向撕裂、局部磨损、异物卡顿等问题,无需人工现场查看即可捕捉细微异常^[3]。温度与振动传感器持续采集皮带电机、滚筒、轴承的运行参数,通过数据变化判断设备部件老化、润滑不足、负荷超标等隐性隐患。后台智能平台会结合皮带运行时长、负荷变化、环境参数,分析设备运行状态的变化趋势,针对轻微跑偏、局部磨损等初期隐患,提前发出预警信号,提醒运维人员及时调整处置,避免隐患扩大。针对严重撕裂、大面积堆煤、电机超温等重大故障,系统可实现自动报警、联锁停机,杜绝设备损坏、安全事故发生。同时系统可根据煤流大小智能匹配皮带运行速度,实现煤多快转、煤少慢转的自适应运行,在保障输送效率的同时,降低设备无效损耗,减少故障发生频次。

3.2 井下辅助运输系统智能监测与故障预警

井下辅助运输系统包含单轨吊、轨道运输车、无轨胶轮车等设备,主要负责井下物料、设备、人员运输,设备移动性强、运行路线复杂、作业场景分散,传统监测模式无法实现全程动态管控,设备脱轨、卡顿、运行故障等问题难以提前预判。智能监测与预警技术的应用,实现了辅助运输设备动态、全方位的智能管控。目前井下辅助运输设备均搭载 UWB 定位模块、姿态感知传感器、运行参数采集设备,实时采集设备运行位置、行驶速度、车身姿态、电机工况、制动状态等核心数据。定位技术可精准锁定每台运输设备的井下实时位置,划定设备运行电子围栏,避免设备串道、违规行驶、近距离交汇等问题,规避碰撞事故风险。姿态传感器可实时监测设备运行过程中的倾斜、颠簸、偏移状态,判断轨道平整度、设备运行稳定性,提前识别轨道变形、部件松动等隐患。后台管控平台可整合所有辅助运输设备的运行数据,实现设备集中调度、状态统一监测。系统可根据井下作业需求、设备分布情况,智能规划运输路线、调配运输设备,提升运输效率。同时针对设备制动失灵、速度异常、定位偏移等故障隐患,系统可实时发出预警提示,同步记录故障数据与运行轨迹,方便运维人员快速定位问题、排查处置,解决了辅助运输设备分散、监测难度大、故障预判难的行业痛点。

3.3 机电供电系统智能监测与故障预警

机电供电系统是所有井下运输、生产设备的动力来源,供电系统稳定运行是机电运输系统正常工作的基础,线路老化、电压不稳、负荷过载、开关故障等问题,会直接导致运输设备停机,甚至引发电气安全问题。传统供电系统运维依靠人工定期巡检、跳闸后排

查故障,运维效率低,故障影响范围广。智能监测技术可实现井下供电设备、供电线路的全时段状态监测,在变电所、供电开关、输电线路等关键部位部署智能监测终端,实时采集电流、电压、负荷、线路温度、开关状态等数据^[4]。系统可通过实时数据比对,精准识别电压波动、三相不平衡、线路过载、局部发热等异常状态,提前预判线路老化、设备性能衰减等隐性故障。针对供电系统出现的异常问题,智能预警平台可分级发出预警信号,轻微异常进行弹窗提醒,重大隐患直接触发声光预警,同时联动供电系统实现局部断电保护,避免故障扩大。系统可自主记录每一次供电异常的时间、参数、位置,通过大数据分析梳理供电故障高发点位与高发原因,为供电系统检修、线路改造、设备更换提供数据依据。通过智能化管控,彻底改变供电系统故障被动处置模式,保障机电运输系统供电持续稳定,从源头降低电气故障引发的运输设备停机问题。

3.4 机电运维一体化智能管控应用

传统煤矿机电运输运维工作分工分散,皮带运输、辅助运输、供电系统的监测、检修、调度工作相互独立,数据不互通、管控不统一,容易出现运维衔接漏洞,导致隐患排查不彻底、故障处置不及时。智能监测与预警技术依托一体化管控平台,实现机电运输全系统运维工作的集中化、智能化、闭环化管理。一体化平台整合所有机电运输设备的运行数据、预警记录、检修记录、运行台账,打破各系统的数据壁垒,实现全系统数据共享、状态统一展示。地面管控人员可通过平台实时查看井下所有运输设备、供电设备的运行状态,无需下井巡查即可掌握全系统运行情况。系统可自主统计设备运行时长、故障频次、隐患类型,结合设备运行状态生成智能检修计划,替代传统定期盲目检修模式,实现按

需检修、精准检修。针对系统发出的各类故障预警,平台可自动生成故障工单,推送至对应运维人员,明确故障位置、异常参数、处置优先级^[5]。运维人员完成故障排查修复后,可线上反馈处置结果,形成预警、派单、处置、复核、归档的完整闭环。同时平台可长期积累设备运行与故障数据,持续优化预警模型,逐步提升故障识别精度与预判能力,持续提升煤矿机电运输系统的智能化运维水平,实现减人、增效、保安全的核心目标。

结语

煤矿机电运输系统智能化升级是煤炭行业高质量发展的重要抓手,智能监测与故障预警能够弥补传统运维不足,增强系统运行稳定性。多源感知、高速传输、智能分析、一体化管控等技术适配井下复杂工况,可完成机电运输设备实时状态监测、隐患提前预判与精准运维。该类技术革新传统人工巡检、事后维修模式,降低设备故障,减少停机时间与运维人力成本。伴随智能技术不断迭代,机电运输系统将向着自主感知、预判、运维方向发展,助力煤矿安全生产向智能化、高效化迈进。

参考文献

- [1] 李雲. 煤矿机电运输设备智能监测与故障预警系统设计[J]. 凿岩机械气动工具,2026,52(1):181-183.
- [2] 文奇. 煤矿井下机电运输系统智能监控技术应用[J]. 煤炭新视界,2026,(1):273-275.
- [3] 郝东升. 智能化技术在煤矿机电运输系统中的应用研究[J/OL]. 中国科技期刊数据库工业 A,2026,(1):017-020.
- [4] 张旭. 煤矿机电运输系统智能化改造技术应用[J/OL]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2026,(5):090-093.
- [5] 李尚虎. 基于智能化技术的煤矿机电运输系统优化提升研究[J]. 科技资讯,2026,24(2):72-74.