

煤矿机械设备智能化技术在安全生产中的应用

杨小军

窑街煤电集团有限公司金河煤矿 甘肃 兰州 730080

摘要: 本文阐述煤矿机械设备智能化技术,涵盖定义、核心要素与主要类型。介绍其在开采、运输、通风排水、安全监测预警及设备维护管理等环节的应用,并探讨技术融合深化、应用场景拓展、安全保障能力提升等发展趋势。智能化技术对煤矿安全生产意义重大,有助于提高生产效率与安全性。

关键词: 煤矿机械设备;智能化技术;安全生产;应用场景;安全保障

引言:煤矿生产环境复杂,安全隐患多,安全生产至关重要。煤矿机械设备智能化技术作为保障安全生产的关键手段,正逐步改变传统生产模式。该技术融合多种先进科技,赋予设备自主感知、分析处理信息和执行任务的能力,可有效应对复杂井下环境,提升生产效率与安全性,成为煤矿行业发展的重要方向。

1 煤矿机械设备智能化技术

1.1 智能化技术的定义与核心要素

智能化技术是融合多种先进科技形成的技术体系,通过该体系赋予煤矿机械设备自主感知、分析处理信息和执行任务的能力。其核心在于利用技术手段,让设备适应复杂多变的井下环境,实现高效、安全运行。传感器技术作为智能化的基础支撑,在煤矿井下承担信息采集重任。各类传感器分布于设备和作业环境中,压力传感器实时监测液压支架工作阻力,确保支架支护状态稳定;温度传感器持续追踪电机、电缆等设备部件温度,预防过热引发故障;气体传感器专注检测瓦斯、粉尘等有害气体浓度,保障作业环境安全。这些传感器将物理信号转换为可处理的数字信号,为后续数据传输与分析提供原始信息。数据传输技术搭建起信息交互的通道。煤矿井下复杂的电磁环境与特殊空间结构,对数据传输提出高要求。无线网络技术采用专用频段与加密协议,实现设备间及设备与控制中心的快速数据交互。光纤通信以大容量、低损耗特性,保障海量数据稳定传输,确保信息及时准确送达处理终端。数据分析与处理技术是智能化实现的关键环节。通过特定算法对采集数据深度处理,去除噪声,提取反映设备运行状态和环境变化的有效特征。基于历史数据,运用机器学习等方法训练模型,实现对设备故障趋势预测、环境参数变化预判,为后续决策和控制提供依据。

1.2 煤矿机械设备智能化技术的主要类型

1.2.1 自动化控制技术

自动化控制技术实现煤矿机械设备自主运行与精准操作。采煤机自动截割系统依据煤层厚度、硬度传感器反馈,实时调整滚筒高度、牵引速度。记忆截割功能记录人工操作轨迹,后续运行自动复刻,减少人为误差。掘进机导向控制系统借助激光定位与惯性导航,自动修正掘进方向,保障巷道成型精度。可编程逻辑控制器依据预设程序和实时参数,协同控制液压、电气系统,实现截割、装运、支护等工序自动化衔接,降低人工干预,提升生产效率与安全性。

1.2.2 物联网监测技术

物联网监测技术构建煤矿设备与环境的全面感知网络。设备和传感器作为网络节点接入物联网平台,液压支架压力、位移数据实时上传,便于远程查看工作状态。带式输送机沿线温度、跑偏、撕裂等传感器持续监测设备运行状况^[1]。物联网平台整合多源数据,构建设备虚拟模型,直观展示运行全貌。监测数据超阈值时,系统自动预警,提示维护人员排查隐患,保障生产连续性。

1.2.3 大数据分析技术

大数据分析技术致力于深度挖掘煤矿生产过程中产生的数据价值。通过采集设备从投入使用到报废整个生命周期的数据、生产环境数据以及操作人员的操作记录数据等,构建起庞大的数据仓库。运用聚类分析算法对设备运行数据进行分类,从而清晰地区分正常运行模式与异常运行模式。借助关联分析方法,能够挖掘出各个参数之间潜在的关联关系,例如通风量与瓦斯浓度之间的关系、设备负载与能耗之间的关系等。时序分析则可以对设备性能的衰退趋势进行预测,以便提前制定科学合理的维护计划。基于大数据分析的结果,可以对设备运行参数进行优化,制定节能降耗策略,还能够发现生产流程中存在的瓶颈问题,为煤矿生产管理决策提供有力的数据支持,推动煤矿生产模式从经验驱动向数据驱动转变。

1.2.4 人工智能决策技术

人工智能决策技术赋予煤矿生产系统自主决策能力。将煤矿领域的专业知识和丰富经验进行整合,构建知识体系,当遇到瓦斯超限、顶板来压等突发状况时,能够迅速匹配相应的解决方案。机器学习算法通过对大量事故案例和正常生产数据的学习与训练,能够准确识别事故发生前的特征信号,提前发出风险预警。在设备调度优化方面,强化学习算法根据煤矿生产目标以及实时的工况信息,动态调整采煤机、运输车辆等设备的运行策略,实现生产资源的最优配置。人工智能决策技术与自动化控制系统紧密联动,在遇到危险场景时能够自动触发应急响应措施,比如瓦斯超标时自动切断电源、启动通风系统,最大程度降低事故造成的损失,全面提升煤矿安全生产的智能化水平。

2 智能化技术在煤矿安全生产中的具体应用

2.1 开采环节的智能化应用

智能采掘设备基于多传感器融合技术构建感知体系。采煤机滚筒配备三维激光扫描仪,实时获取煤层空间分布数据,结合地质勘探预先构建的数字孪生模型,动态调整截割参数。液压支架群采用电液控制系统,通过压力传感器网络实时监测顶板压力变化,当监测到压力异常区域,系统自动启动超前支护程序,增加支架支撑力。掘进机搭载的视觉识别系统能够准确区分煤岩界面,利用图像分析算法优化截割路径,减少截齿损耗的同时提高煤岩分离效率。智能化开采通过多重机制保障安全生产。设备自主运行模式减少人员在高风险区域的暴露时间,如综采工作面的割煤、移架、推溜等工序实现全自动化循环作业。智能监测系统对设备关键部件进行实时状态评估,采煤机截割电机的温度、振动频谱等参数被持续采集,通过机器学习算法识别早期故障特征,提前发出预警。在地质条件复杂区域,三维地质模型与设备控制系统深度融合,当探测到断层、褶皱等构造时,自动降低截割速度并调整截割工艺,避免因地质异常引发设备损坏或冒顶事故。

2.2 运输环节的智能化应用

智能运输系统构建多层次协同控制网络。带式输送机采用分布式控制系统,沿线设置的速度传感器、张力传感器与中央控制器形成闭环控制^[2]。当某一区域出现物料堆积时,系统自动降低前段输送机速度,同时加快后段输送速度,实现物料流量平衡。井下无人驾驶运输车队基于5G通信技术实现车-车、车-路实时信息交互,车辆间距保持系统通过毫米波雷达与激光测距仪协同工作,确保在狭窄巷道中安全行驶。运输过程安全监控形成立

体防护体系。带式输送机的防跑偏系统通过边缘检测传感器实时监测输送带位置,当偏移量超过阈值时,自动调整托辊角度进行纠偏。火灾监测系统综合利用红外热成像与气体传感技术,能够在输送带摩擦升温初期检测到异常温升与一氧化碳浓度变化,及时启动灭火装置。无人驾驶车辆的路径规划算法动态避开临时作业区域,当遇到人员进入行驶路径时,车辆立即进入紧急制动程序,并通过声光报警系统警示周围人员。

2.3 通风与排水环节的智能化应用

智能通风系统采用多目标优化控制策略。井下通风网络模拟软件根据实时瓦斯浓度分布、人员作业位置和设备发热量等因素,动态调整各区域风量分配。主通风机的变频调速系统结合流体力学模型,实现风机效率与能耗的最优匹配。局部通风机采用自适应控制技术,当掘进工作面瓦斯涌出量变化时,自动调节风机转速,确保瓦斯浓度始终低于安全阈值。智能排水系统建立全流程自动化响应机制。水仓水位监测采用超声波与压力传感双重冗余设计,当水位达到警戒值时,系统自动启动备用水泵并关闭相关区域电源。排水管道的泄漏检测系统通过压力波动分析技术,能够快速定位泄漏点并启动紧急堵漏程序。基于历史涌水量数据的预测模型,结合气象预报信息,提前调整排水策略,在雨季来临前增加排水设备检修频次,确保排水系统可靠运行。

2.4 安全监测与预警环节的智能化应用

井下安全监测网络实现多参数融合监测。分布式光纤测温系统实时监测采空区、电缆沟等隐蔽区域温度变化,定位高温点精度可达米级。微震监测系统通过布置在巷道围岩中的传感器阵列,实时捕捉岩层破裂信号,利用地震波反演算法预测冲击地压风险。人员定位系统采用UWB超宽带定位技术,定位精度达到0.3米,能够实时追踪人员位置并在危险区域设置电子围栏,当人员擅自进入时立即报警。智能预警系统构建分级响应机制。基于大数据分析的预警模型综合考虑瓦斯浓度变化速率、温度梯度、压力波动等多维度指标,当指标超过临界值时,系统按照危险等级自动触发不同级别的预警^[3]。低风险预警通过井下广播系统通知相关人员注意观察,中风险预警自动切断作业区域电源并启动应急照明,高风险预警则联动井下所有安全系统,包括自动喷水降尘、关闭风门隔断火源等措施。

2.5 设备维护与管理环节的智能化应用

设备全生命周期管理系统实现预防性维护。通过物联网技术采集设备运行数据,结合设备故障知识库,构建设备健康状态评估模型。系统对采煤机摇臂齿轮箱

的油液光谱分析数据进行实时解读,当检测到铁谱含量异常升高时,提前安排齿轮箱检修。智能巡检机器人搭载多种检测设备,按照预设路线对井下设备进行定期巡检,自动识别设备表面损伤、螺栓松动等隐患,并通过图像识别技术生成巡检报告。智能仓储管理系统优化备件库存。基于设备故障率预测模型和备件消耗历史数据,动态调整备件库存水平。当系统预测某型号轴承即将进入故障高发期时,自动生成采购计划并提醒管理人员。RFID技术实现备件的精准定位与智能盘点,减少人工查找备件的时间成本,确保在设备故障时能够快速更换备件,缩短停机时间。

3 煤矿机械设备智能化技术发展趋势

3.1 技术融合深化

煤矿机械设备智能化发展趋向多技术深度融合。5G通信技术与物联网加速整合,为井下设备提供高速、低延迟数据传输通道。设备间数据交互频次显著提升,实现毫秒级响应,保障设备协同作业精准度。边缘计算技术嵌入设备控制系统,将数据处理前置,减少数据回传压力,提高设备实时决策能力。如采煤机通过边缘计算模块,可快速处理截割传感器数据,即时调整截割参数,适应复杂煤层变化。人工智能与自动化控制深度融合成必然趋势。机器学习算法持续优化,使设备具备更强自学习能力。采煤机截割系统通过不断学习不同地质条件下的截割模式,自动优化截割策略。深度学习技术应用于设备故障诊断,从海量运行数据中识别微小异常特征,提前预判故障。自动化控制与数字孪生技术结合,在地面构建设备虚拟模型,模拟运行状态,辅助优化控制策略,提升设备运行效率与稳定性。

3.2 应用场景拓展

智能化技术应用场景从生产核心环节向辅助环节延伸。在煤矿设备检修维护领域,智能巡检机器人应用增多。机器人搭载视觉、红外、振动检测等多种传感器,按预设路线对设备进行全方位检测。通过图像识别技术判断设备外观损伤,红外热成像检测部件温度异常,振动分析诊断轴承、齿轮等部件故障,实现设备状态智能评估,替代人工巡检,提高检修效率与安全性。安全管理场景不断拓展^[4]。智能化技术应用于人员行为监测,通过视频分析

技术识别人员违规操作行为,如未佩戴防护装备、进入危险区域等,及时发出警报。在应急救援方面,智能搜救机器人投入使用,其具备环境探测、生命体征检测功能,可在灾害现场复杂环境中自主导航,搜索被困人员,为救援提供关键信息,提升应急处置能力。

3.3 安全保障能力持续提升

煤矿机械设备智能化技术在安全保障方面持续升级。安全监测系统向高精度、全方位方向发展。新型传感器灵敏度与可靠性提升,可检测更微小的环境参数变化。如瓦斯传感器检测精度提高,能更早发现瓦斯浓度异常。多传感器融合技术广泛应用,将瓦斯、温度、压力等参数综合分析,提高风险判断准确性,减少误报漏报。智能预警与应急响应机制更加完善。预警模型不断优化,结合更多影响因素进行风险评估。当检测到异常数据,系统快速分析判断风险等级,根据等级启动不同预警级别。低风险仅提示相关人员关注,高风险则自动触发紧急停机、通风系统调整、人员撤离等一系列应急措施。设备间实现应急联动,如发生火灾时,附近的灭火装置、隔离风门、报警系统同时启动,最大限度降低事故危害,保障井下人员与设备安全。

结束语

煤矿机械设备智能化技术在安全生产中意义重大,通过多种技术融合与应用,显著提升了煤矿生产的安全性与效率。随着技术不断发展,其应用场景将进一步拓展,安全保障能力也将持续提升。未来,应持续推进智能化技术创新,促进煤矿行业向更安全、高效、智能的方向发展,为煤炭产业可持续发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1]王国利,胡强,齐玉山.智能控制系统在煤矿机械设备中的运用[J].机械管理开发,2024,39(09):218-220.
- [2]郭军斌,秦兴林.智慧煤矿与智能化开采关键核心技术分析[J].内蒙古煤炭经济,2023(08):19-21.
- [3]魏鑫鑫.智慧煤矿与智能化开采关键核心技术分析[J].内蒙古煤炭经济,2022(21):24-26.
- [4]姜凯.智能化矿山采矿技术中的安全管理问题[J].新疆有色金属,2022,45(05):102-104.