

智能监测系统在采矿工作面动态管控中的应用研究

张凯强

重庆松藻煤矿有限责任公司 重庆 400000

【摘要】：针对采矿工作面动态管控存在监测实时性弱、风险识别精度不高、多源监测数据融合利用程度低等行业痛点，为化解井下工况管控粗放、隐患处置滞后的现实难题，结合工作面复杂多变的作业环境，融合智能监测、深度学习算法与大数据分析技术，搭建全域实时监测体系、智能风险预判模型及多源数据融合管控平台。该体系改善传统监测数据滞后、信息孤立、风险识别片面等弊端，达成工作面全域工况实时感知、隐蔽隐患精准预判、异构数据高效集成，优化动态管控机制，增强安全防控实力与提升生产精细化管控水平，为矿山智能、安全、高效生产提供可行技术参考。

【关键词】：智能监测系统；采矿工作面；动态管控；数据融合；风险预判

DOI:10.12417/2811-0528.26.16.032

引言

采矿工作面是矿山开采作业的核心区域，井下地质条件复杂、作业工况动态多变，各类安全风险隐患伴随采掘作业持续产生，其管控水平直接决定矿山生产的安全性与效率。当前矿山开采规模化、智能化发展趋势显著，传统人工巡检、定点监测的管控模式，已无法适配井下动态化、复杂化的作业场景。监测数据滞后、风险识别片面、数据资源割裂等问题，极易引发安全管控漏洞，制约矿山安全生产高质量发展。为破解采矿工作面动态管控的各类难题，推动粗放式管控向智能化、精细化管控转型，本文引入智能监测技术，从监测体系、风险识别、数据融合多维度开展应用研究，探索适配采矿工作面的高效动态管控方案。

1 采矿工作面动态管控现存问题分析

1.1 传统监测方式实时性不足引发的管控滞后

采矿工作面的地质环境与作业工况整体呈现动态演化特征，围岩受力状态、顶板形变程度、瓦斯含量浓度、机械设备运行参数等核心监测指标均存在持续波动，传统监测手段多依靠人工定时巡检与定点周期性采样采集数据，固定的采集时间间隔难以覆盖工作面全天的动态变化细节。井下各类安全隐患的产生与发展具备突发及瞬时变化特点，现场细微的工况异常会在短周期内快速蔓延恶化，滞后获取的监测数据难以匹配工作面实时作业状态，现场细微的工况变动无法被及时捕捉。现场管控工作依托滞后数据开展，很难适配采矿现场复杂多变的作业条件，安全隐患排查与现场问题处置会出现明显滞后问题，矿山现场安全管控质量与生产调度精度都会受到明显影响，难以保障井下采矿作业的整体安全性与生产运行稳定性。

1.2 工作面动态风险识别精准度偏低

采矿工作面作业环境具备极强的动态变化特性，围岩应

力、瓦斯浓度、粉尘密度及顶板岩层状态等风险因子会随采掘推进持续发生不规则变动，传统风险识别模式多依托固定监测点位、周期性人工巡检及静态阈值判定标准开展工作，难以适配工作面实时变化的风险工况。常规监测手段仅能捕捉局部、表层的风险数据，无法对隐蔽性、渐变式的安全隐患进行全方位感知，深层围岩裂隙发育、局部瓦斯积聚、顶板微小位移等细微风险信号极易被遗漏。各类风险监测数据处于独立分散状态，未形成多维度数据联动分析体系，单一数据指标无法精准研判风险叠加、耦合引发的复合型安全隐患，导致风险识别结果存在滞后性、片面性，大幅降低工作面整体风险识别的精准度与可靠性。

1.3 多源监测数据融合与利用效率低下

采矿工作面运行过程中会同步产生围岩应力、设备运行参数、环境气体浓度、巷道变形等多维度监测数据，各类数据依托不同监测设备采集，数据格式、采样频率、传输协议存在显著差异^[1]。工作面现有管控体系缺乏标准化的数据整合处理机制，各类监测数据处于独立存储、分散管理的割裂状态，无法实现数据的互联互通与深度联动。异构数据未经过统一清洗、筛选与融合处理，大量冗余、滞后、失真数据混杂在有效数据中，大幅降低数据精准度与可用性。现场管控仅能对单一数据进行浅层分析，无法挖掘多源数据间的内在关联与动态变化规律，海量监测数据资源难以转化为支撑工作面风险预判、工况调控、动态管理的有效依据，造成数据资源严重浪费，制约工作面动态管控的精细化与智能化落地。

2 智能监测系统优化采矿工作面动态管控的应用策略

2.1 搭建实时动态监测体系提升管控时效性

采矿工作面地质条件、设备运行状态及环境参数处于持续

动态变化中,传统静态定时监测模式存在数据滞后、覆盖盲区等短板,难以适配井下复杂工况的管控需求。依托智能监测系统搭建全方位实时动态监测体系,可针对工作面围岩位移、顶板压力、瓦斯浓度、粉尘密度及采掘设备运行参数等核心指标布设一体化传感设备,实现全域数据的秒级采集与同步传输。系统依托云端数据处理模块完成监测数据的实时解析、筛选与分类研判,精准捕捉工作面细微工况波动与潜在安全隐患,打破传统监测数据断档、滞后的局限。常态化、动态化的数据更新与分析机制,能够精准匹配采矿工作面不间断作业的动态特性,为现场工况调整、隐患前置处置提供精准的数据支撑,大幅提升工作面动态管控的响应速度与精准度。

2.2 引入智能识别算法强化风险预判能力

智能识别算法可深度适配采矿工作面复杂多变的作业环境,依托深度学习、机器视觉与大数据分析技术,对工作面围岩变形、设备运行状态、瓦斯浓度、粉尘分布等多维度风险数据进行精细化挖掘与智能解析^[2]。该算法能够突破传统监测模式滞后性、单一性的局限,对海量实时监测数据进行特征提取、分类筛选与规律研判,精准捕捉采矿作业中隐蔽性强、变化速度快的安全隐患,可有效识别围岩微位移异常、采掘设备故障前兆、有害气体局部积聚等各类潜在风险隐患。通过搭建动态风险预判模型,算法可结合工作面采掘推进进度、地质条件实时变化等动态变量,完成风险等级的自动分级与趋势推演,实现从被动事后监测向主动事前预判、事中动态预警的模式转变,精准锁定高危作业区域与风险时段,为采矿工作面动态管控的精准施策、风险前置防控提供可靠的数据支撑与技术依据。

参考文献:

- [1] 肖黎俊,刘红梅,石发强,等.基于数字孪生的煤矿智能管控平台架构研究与实现[J].矿业安全与环保,2023,50(5):43-49.
- [2] 闫建武.煤矿智能通风与监测系统研究[J].机械管理开发,2022,37(6):223-224.
- [3] 梁奎.煤矿空压机智能运行监测系统设计与应用[J].矿业装备,2025,(11):10-12.

2.3 构建数据融合平台实现管控精细化赋能

采矿工作面动态管控涉及环境参数、设备运行、围岩状态、人员作业等多维度离散数据,单一数据源的监测模式存在信息割裂、数据利用率低、管控盲区较多等问题,难以适配复杂采矿场景的动态管控需求^[3]。搭建专业化数据融合平台可对接工作面各类智能监测终端与传感设备,实时采集瓦斯浓度、顶板位移、设备工况、巷道温湿度等海量异构数据,依托大数据清洗、归一化处理与智能融合算法完成多源数据的整合归类与深度解析。平台可打破各监测模块的数据壁垒,实现零散数据的联动关联与同步更新,精准挖掘采矿工作面作业过程中的隐性风险与动态变化规律。基于融合后的全域数据可搭建可视化管控模型,对工作面作业状态进行实时动态研判,细化各作业环节的管控标准与预警阈值,推动采矿工作面管控模式从传统粗放式被动管控,转向全维度、高精度、动态化的精细化主动管控。

3 结语

传统采矿工作面动态管控存有监测滞后、风险识别精度不足、多源数据利用效率偏低等问题,无法匹配复杂井下作业动态安全管控要求。智能监测系统构建全域实时监测体系,弥补传统监测时效性缺陷,运用智能识别算法精准预判各类隐蔽隐患,依靠多源数据融合平台打通信息隔阂。系统归集采矿全流程工况数据,挖掘数据内在联系与演变规律,促使工作面管控由粗放被动转为精细主动动态管控,切实提高井下作业安全水平与生产效能,为矿山安全生产朝着智能化、精细化方向转型筑牢技术保障,同时可实现开采全过程可追溯、风险分级闭环处置,持续降低井下安全事故发生率。