

煤矿多灾种融合预警技术与装备

李明建

瓦斯、顶板、火灾、水害、粉尘灾害仍是我国煤矿的主要灾害，目前对各类灾害都已建立了较为完善的监测预警系统，实现了对各类灾害的监控报警，但仍存在五大灾害之间数据集成程度低、预警能力弱、模型融合度不高、自分析与优化能力不足等问题。针对上述问题，中煤科工集团重庆研究院有限公司基于物联网、大数据、Web、GIS等技术，研发了矿井灾害预警综合管控平台，高度融合各灾害防治过程中“人、机、环、管”各环节信息，利用构建跨时空、全覆盖、多参量的大数据融合预警模型和灾害分区、分级、联动控制策略，可实现煤矿井下各作业场所瓦斯、顶板、火灾、水害、粉尘等灾害危险，以及整体安全状态的全面感知、智能辨识、融合预警、联控控制和应急救援辅助，以达到煤矿灾害预警及防控的灾种全覆盖、信息全包含、时间全天候、控制全联动，可显著提高煤矿多灾害综合分析和联合管控能力。

煤矿多灾种融合预警技术原理

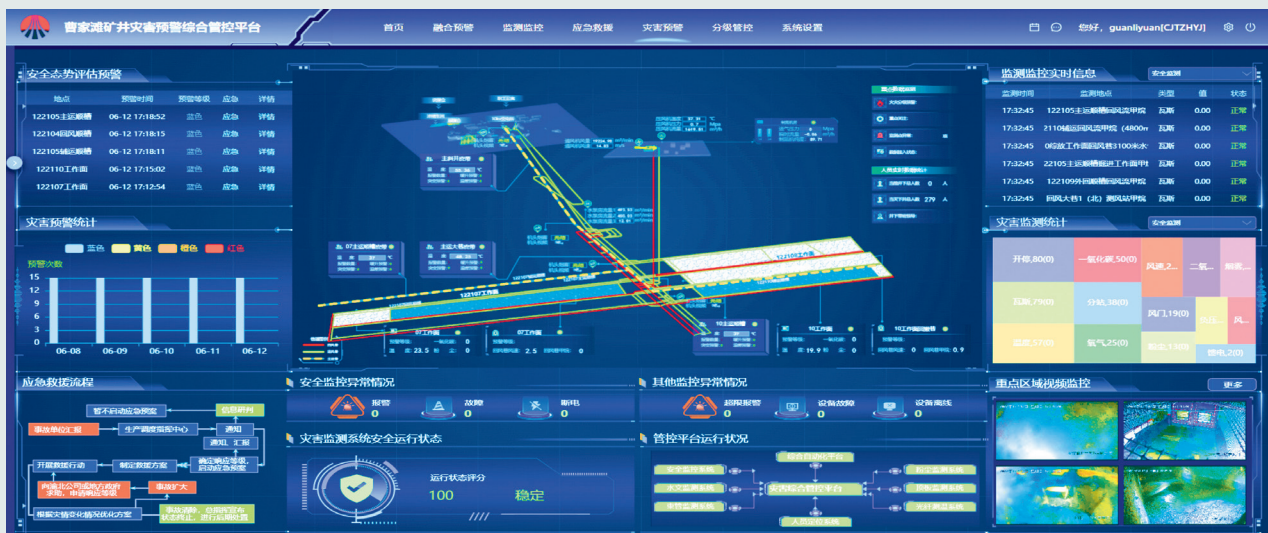
(1) 多灾害监测数据集成。目前，煤矿灾害监测数据存在大量数据孤岛现象，各监测系统独立运行，数据共享差且利用率低。多灾害监测数据的集成融合是多灾害融合预警的前提，充分利用各类灾害传感器在时空上的互补关系，通过开发多灾害

数据采集接口，设计统一的多灾害数据存储数据仓库，对各类结构和非结构化数据进行分类存储，应用大数据平台实现对煤矿安全监控、瓦斯监测、火灾监测、矿压监测、水文监测、粉尘监测、车辆和人员定位等数据的统一集成，为后续多灾害融合预警提供数据支撑。

(2) 融合灾害预警模型。灾害预警模型主要分为单因素和多因素综合模型，其中单因素模型仅能反映突出主控的某一方面，而多因素综合模型受主观因素影响大，预警原因难以追溯。通过研究多源信息融合动态预警模型，可实现多指标自动优选与融合分析、模型的自学习调优，以及预警原因自动追溯，避免极值法、权重法等传统多指标分析方法难以处理矛盾指标、相似度过高指标、不敏感指标、缺失指标、指标弱化等问题，并减少人为因素干扰。

(3) 瓦斯超限智能预警。瓦斯超限智能预警是通过监测工作面瓦斯浓度、矿压、通风量等与瓦斯超限直接相关的数据，并融合智能瓦斯巡检数据，建立瓦斯流场动态仿真模型和多维度瓦斯超限预警指标体系，基于层次分析法建立瓦斯超限风险判别模型，实现瓦斯超限的分级智能预警。

瓦斯灾害智能精准预警系统具备瓦斯浓度预测、含量反演、停风瓦斯预测及超限综合预警功能：①基于长短时间记忆人工神经网络（LSTM）



陕煤集团曹家滩煤矿灾害综合管控平台应用

建立的自适应性瓦斯浓度预测模型,实现瓦斯浓度的实时、智能预测;②利用自动化采集的安全监控数据、通风风量、生产数据等参数,可实现瓦斯含量的动态实时反演与预测;③根据瓦斯运移规律以及质量守恒定理,对停风后掘进巷道瓦斯涌出规律进行理论计算与模拟仿真,实现停风后巷道瓦斯涌出及浓度变化预测分析;④利用瓦斯浓度及瓦斯涌出预测结果,基于瓦斯涌出、瓦斯地质、通风情况、抽采情况、大气压情况等方面的综合指标体系,实现瓦斯超限风险的在线分析及预警。

(4) 避灾路线智能规划。目前煤矿制定的紧急避灾固定路线可能存在避灾路线被阻断、逃生条件发生变化等情况,因此在避灾路线智能规划方法研究中新增了巷道坡度、通道通行条件、环境安全等因素,建立了井下避灾路线动态规划策略,能够及时动态地调整避灾路线,并通过智能广播、智能矿灯等方式将避灾路线信息发布给井下人员,确保遇险人员能够安全快速地逃生。

(5) 矿井灾害预警综合管控平台。矿井灾害预警综合管控平台集成监测监控、融合预警、煤矿安全风险态势分析、分级管控和应急救援等模块,形成了多灾种预警和联动控制于一体的综合管控平台。该平台具有以下优势:①兼容煤矿瓦斯、水害、火灾、顶板冒落、冲击地压、粉尘等灾害主流监测、预警系统,可通过网络直接获取井下所有地点所有灾害的监测和预警数据,无需增加任何冗余设施和监控人员;②跨时空、全覆盖、多参量的大数据融合预警模型高度融合矿井灾害防治技术及装备、安全管理等信息,涵盖灾害防治“人、机、环、管”全流程、各环节所有信息,可实现作业地

点及矿井安全态势的连续评估和超前预警,使灾害防治方向更明确、针对性更强;③完善的分区、分级联控控制策略,可无缝对接矿井广播、视频、生产、通风、运输、排水、防灭火等通信、控制系统,实现预警联动控制;④跨平台、跨网络、“云-边-端”的系统联合部署模式,可实现灾害的原地分析、就地控制,并打通监测、预警信息井上井下联动的“最后一公里”;⑤避灾路线的智能、最优规划,可根据预警结果自动调用,实现灾害应急救援的辅助指挥。

实践应用

煤矿多灾种融合预警技术在陕煤集团曹家滩煤矿成功应用,通过对各灾害监测数据进行集成,同时融合视频监控、人员定位等信息,实现了曹家滩煤矿“人、机、环、管”的高度集成和融合。应用煤矿多灾种融合预警技术,实现了多灾害预警的智能决策和成因溯源分析,设计了曹家滩煤矿避灾路线智能规划模型,研究了灾害分级管控和联动控制策略。通过系统地建设及应用煤矿多灾种融合预警技术,实现了曹家滩煤矿多灾害的融合智能预警和控制,大幅提升了曹家滩煤矿的灾害预警智能化水平。

■ 责任编辑: 李金松

作者简介:

李明建, 研究员, 硕士, 主要从事煤矿安全智能化技术研究与系统研发方面的工作。Tel: 023-65239172, E-mail: cqlmj@foxmail.com。

作者单位: 中煤科工集团重庆研究院有限公司
<http://cqcteg.ccteg.cn>