

矿山灾害综合风险分析平台建设研究

陈巍

中安智讯(北京)信息科技有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v7i12.2058

[摘要] 针对当前矿山灾害分析能力弱、灾害预警时效性差、综合预警系统平台缺失等问题,提出构建矿山灾害综合风险分析平台,系统平台通过接入矿山安全监控、人员定位、视频监控、风险隐患、三维地质模型等系统数据,实现矿山在线监测系统功能的实施。通过构建矿山风险分析预警指标体系和预警分析模型,实现对矿山多灾种的在线实时评估与风险预警。系统平台涵盖:灾害风险指标管理、灾害风险模型管理、灾害风险预警分析、灾害风险研判处置以及灾害预警知识图谱等功能。系统平台的建设将提升矿山的灾害风险预警能力,为矿山灾害风险分析提供技术支撑。

[关键词] 灾害分析; 预警研究; 平台

中图分类号: F840.64 文献标识码: A

Research on the Construction of a Comprehensive Risk Analysis Platform for Mining Disasters

Wei Chen

Zhong'an Zhi Xun (Beijing) Information Technology Co., Ltd

[Abstract] In response to the current problems such as weak disaster analysis capabilities, poor disaster warning timeliness, and the lack of a comprehensive early warning platform, it is proposed to build a comprehensive risk analysis platform for mine disasters. The system platform achieves real-time access and analysis of mine online monitoring systems by accessing from mine safety monitoring, personnel positioning, video monitoring, risk hidden dangers, three-dimensional geological models, and other systems. By constructing a mine risk analysis and warning indicator system and an early warning analysis model, it is possible to achieve online real-time assessment and risk early warning for various mine disasters. The system platform covers such as disaster risk indicator management, disaster risk model management, disaster risk early warning analysis, disaster risk judgment and disposal, and disaster early warning knowledge graph. The construction the system platform will improve the disaster risk early warning capability of the mine and provide technical support for the risk analysis of mine disasters.

[Key words] disaster analysis; early warning research; platform

近年来国家能源局、国家矿山安全监察局先后印发了《煤矿智能化建设指南(2021年版)》、《国家级智能化示范煤矿验收管理办法》等相关文件,极大的促进了矿山智能化的建设。现阶段,大部分煤矿企业已经建设了相应的综合管控平台,实现了矿山企业多维数据的统一采集、综合展现。但煤矿对于相应灾害的分析并未实现统一的管理和多灾种的综合预警分析,并未建立融合分级预警模型,未实现灾害在线融合预警分析和发布,使得矿山在灾害预警方面存在一定的短板,无法对异常事件进行多系统多数据的关联分析^[1-3]。因此,本文结合当前煤矿灾害系统特点,梳理各类灾害关键评价指标体系和预警分析模型,用于对矿山灾害综合风险分析平台建设^[4-5],实现对各类灾害指标、

模型的统一管理、灾害预警信息的统一展示以及结合大语言模型实现对相关隐患的深度挖掘,实现对各类灾害的分析、预警、展示、处置,实现灾害的闭环处置^[6-8]。

1 系统架构

矿山灾害综合风险分析平台是由源数据层、数据接入层、数据支撑层、支撑层和应用层构成,技术架构见图1。

①源数据层。在源数据层,主要进行数据的采集工作,接入矿山企业的监测监控数据、图纸数据、基础数据、地质模型数据等结构化和非结构化数据。

②数据接入层。主要实现各类数据的全面接入,实现数据的清洗、治理、入库,为数据高阶应用提供基础支撑。

③数据支撑层。主要实现对接入数据平台的结构化数据和非结构化数据运行状态、数据资产、数据质量等核心关键信息进行监控和管理。

④支撑层。提供协同工作、数据分析、应用开发、系统应用等支撑服务,可以为灾害综合风险系统提供一个可信、高效的运行承载支撑平台。

⑤应用层。主要实现矿山灾害风险指标管理、预警模型管理、大数据管理、预警信息的“一张图”展现、预警信息发布等功能,同时支持系统在PC端和APP端的应用。



图1 系统架构

2 系统功能

2.1 矿山灾害风险评价指标管理

矿山灾害风险评价指标可根据煤矿类型、灾害类型、开采工艺等条件从指标库和模型库中自动选择合适的风险指标体系和预警分析模型,并根据煤矿实际情况进行必要的修改完善。系统根据矿山灾害特点,内置瓦斯、水害、火灾、冲击地压等灾害的基础评价指标库,包括指标的名称、参数值以及获取频次等内容,风险指标管理见图2。

序号	一级指标	二级指标	三级指标	操作
1	人脑动态指标	知识文化程度	人员培训率	修改
2	人脑动态指标	人员培训情况	人员培训率	修改
3	人脑动态指标	人员培训数据	人员培训率	修改
4	人脑动态指标	人员培训数据	人员培训率	修改
5	设备动态指标	设备完好率	设备完好率	修改
6	设备动态指标	设备完好率	设备完好率	修改
7	设备动态指标	设备完好率	设备完好率	修改
8	设备动态指标	设备完好率	设备完好率	修改
9	设备动态指标	设备完好率	设备完好率	修改
10	设备动态指标	设备完好率	设备完好率	修改
11	设备动态指标	设备完好率	设备完好率	修改
12	设备动态指标	设备完好率	设备完好率	修改

图2 风险指标管理界面

风险指标库管理:在风险指标库中,矿山企业可根据自身灾害特点,对灾害指标进行修改与优化,系统用户可查看不同指标权重对风险分析结果的影响情况。有权限的系统用户可对风险指标进行添加、删除、修改等操作后,经提交、审核通过后,保存到风险指标库中。用户可以查看指标库中的指标具体含义、数据来源,隶属于哪些模型等。

2.2 矿山灾害风险评价模型管理

为实现对灾害预警模型的综合管理,需要对所有预警模型进行统一说明和在线模型优化测试。具体功能包括:

预警模型展现:对矿山灾害模型进行统一入口查看。可展现模型类型、模型预警方向、预警模型说明、模型调整说明及风险指标和权重等详细信息,见图3。

序号	模型类型	模型预警方向	模型名称	操作
1	井工矿	瓦斯	矿井瓦斯浓度预测模型	修改
2	井工矿	瓦斯	统计法瓦斯涌出量预测模型	修改
3	井工矿	瓦斯	统计法瓦斯涌出量预测模型	修改
4	井工矿	矿井水	矿井涌水量预测模型	修改
5	井工矿	冲击地压	灰色理论岩层压力预测模型	修改
6	井工矿	冲击地压	神经网络岩层压力预测模型	修改
7	井工矿	火灾	矿井火灾预测模型	修改
8	露天矿	露天矿涌水量	露天矿涌水量预测模型	修改
9	露天矿	边坡失稳	边坡失稳预测模型	修改

图3 预警模型展现

预警模型库管理:系统用户可对本矿应用的具体预警模型进行添加、删除、编辑等操作,经提交、审核通过后,保存到模型库中。系统用户可对指标体系及其权重,系统可设定自动调整指标权重或手动调整指标权重。同时,系统也可实现模型的在线优化和预测分析能力。

2.3 灾害风险态势评价与处置

结合矿山灾害预警分析模型,实现对矿山整体灾害的态势评价与预警。矿山灾害风险等级按照国家风险评价标准,划分成为红橙黄蓝四色预警(红色表示极高风险,橙色表示较高风险,黄色表示高风险,蓝色表示一般风险),系统结合数据分析模型实现井下作业人员违规违章行为、环境监测异常信息等信息,同时支持井下环境气体浓度的预测预警。矿山企业根据不同的预警级别实现不同级别的处置流程和闭环管理措施。矿山灾害风险分级预警处置流程见图4。矿山企业针对预警信息,进行预警处置销号与措施管理,实现预警信息的闭环处置。风险措施管理。

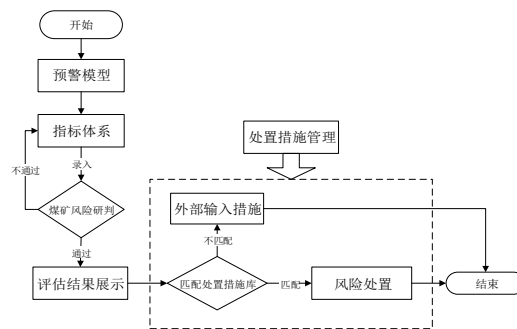


图4 风险研判处置操作流程

2.4 矿山隐患识别技术研究

与此同时,随着人工智能的快速发展,系统平台基于大语言模型和检索增强生成技术,构建包含安全规程、法律法规、风险隐患等多维度信息的知识库。通过自然语言处理技术,对非结构

化文本数据进行深度解析和知识抽取,并结合检索增强生成技术实现隐患特征的快速索引与精准匹配,确保知识库的动态更新和高效检索。实现对现场违章行为的快速识别并匹配生成相应的违规证据及处置建议。构建从安全巡检、隐患识别、问题整改到复检验收的全流程智能化闭环管理体系,实现隐患治理的高效化、精准化和可追溯化,全面提升煤矿安全管理的智能化水平。

2. 5灾害预警知识图谱构建

通过矿山典型事故风险分析,建立历史煤矿事故案例库和风险模型库,汇总一定时间内发生的煤矿事故案例和重大风险报告。通过知识图谱平台进行挖掘分析,利用自然语言处理、聚类分析、深度学习等关键技术,得到一定条件下煤矿事故风险的特征,为煤矿事故风险分析指标体系的建立提供数据支撑和知识保障。

3 结论

本文从矿山灾害综合风险分析平台建设研究的角度出发,梳理当前矿山灾害综合风险面临的问题,给出建设矿山灾害风险综合系统平台总体架构,梳理矿山灾害风险平台整理功能,从灾害指标管理、模型管理、态势评价与预警、风险研判与处置、基于大语言模型的隐患识别以及灾害预警知识图谱等5方面介绍灾害综合风险分析平台。系统平台的建设,将实现矿山企业对自身典型灾害的深度分析与融合应用,在今后的灾害治理与预

警实时研判提供有力的数据支撑。

[参考文献]

- [1]付恩三,白润才,刘光伟.“十三五”期间我国煤矿事故特征及演变趋势分析[J].中国安全科学学报,2022,32(12):88-94.
- [2]付恩三,刘光伟,白润才,等.大数据时代矿山协同监管监察新思路[J].中国安全科学学报,2023,33(8):39-44.
- [3]王鹏.智慧矿山安全管控大数据平台建设探讨[J].煤炭工程,2020,52(8):154-158.
- [4]刘洋,王建林,孙志文,等.煤矿灾害监测预警系统数据中台研究[J].能源与节能,2025,(1):113-115+119.
- [5]管增伦,金峰,疏礼春,等.煤矿灾害预警数据集成管理平台研究与应用[J].中国煤炭,2024,50(7):97-104.
- [6]马鸿廉,王金凤,冯立杰.煤矿灾害预警影响因素仿真分析[J].工业安全与环保,2014,40(10):28-31.
- [7]吕贵春.煤矿重大危险源评价及其决策支持系统研究[D].辽宁工程技术大学,2005.
- [8]汪锦阜,陈运启,王建平,等.煤矿灾害预警平台研究与应用[J].自动化应用,2024,65(S1):439-441.

作者简介:

陈巍(1983--),女,汉族,辽宁省阜新市人,硕士,中安智讯(北京)信息科技有限公司,助理工程师,研究方向:矿山风险安全管理。