

文章编号:1671-251X(2020)03-0105-04

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.17554

# 煤矿安全风险防控及预警系统设计

徐晓建

(常州信息职业技术学院 资产经营公司, 江苏 常州 213164)



扫码移动阅读

**摘要:**针对目前煤矿安全风险防控缺乏体系化、时效性差、被动响应等问题,设计了一种煤矿安全风险防控及预警系统。该系统以煤矿安全风险库为基础,利用风险地图实现风险状态变化各环节的动态监视;根据异常事件等级进行分级消息推送及现场异常联动处置,提高了异常事件响应及处置效率;利用安全网格细化风险防控的空间粒度,实现安全网格—作业区域—全矿的安全指数及安全等级评估,有效落实了各级安全管理层的主体责任。该系统有助于煤矿建立全方位、多重安全风险分级防控体系,有效提升了煤矿安全生产保障能力。

**关键词:**煤矿安全; 风险防控; 风险预警; 风险评估; 风险地图; 安全网格  
中图分类号:TD76      文献标志码:A

Design of coal mine safety risk prevention and control and early warning system

XU Xiaojian

(Asset Management Company, Changzhou College of Informaiton Technology, Changzhou 213164, China)

**Abstract:** Aiming at problems of lack of systematization, poor timeliness and passive response in coal mine safety risk prevention and control, a coal mine safety risk prevention and control and early warning system was designed. Based on coal mine safety risk database, the system uses risk map to realize dynamic monitoring of each link of risk state change. According to level of abnormal event, hierarchical message push and on-site abnormal linkage disposal are carried out, which improve response and disposal efficiency of abnormal event. Safety grid is used to refine spatial granularity of risk prevention and control, safety index and safety grade assessment of safety grid, operation area and whole mine are realized, and main responsibility of safety management at all levels is effectively implemented. The system is helpful for coal mine to establish comprehensive and multiple safety risk prevention and control system, and effectively improve coal mine safety production guarantee capacity.

**Key words:** coal mine safety; risk prevention and control; risk early warning; risk assessment; risk map; safety grid

## 0 引言

煤矿生产系统在空间上立体分布、时间上动态发展<sup>[1]</sup>,瓦斯爆炸、水害、火灾、冲击地压等煤矿事故具有动态性、随机性和模糊性<sup>[2]</sup>,不同事故之间在时间和空间上具有相关性。为从源头上防范和遏制煤矿事故的发生,需要对煤矿安全进行风险防控。然

而,煤矿安全风险防控普遍存在如下问题:风险防控缺乏体系化<sup>[3-4]</sup>,难以全方位掌握风险致灾因素及变化特征;缺少风险量变过程的动态监视,风险防控时效性差<sup>[5]</sup>;各级管理层无法及时掌握风险防控责任范围内的安全状况,仅当异常事件发生后进行响应处置<sup>[6-7]</sup>,风险防控处在被动响应模式。鉴此,本文设计了一种煤矿安全风险防控及预警系统,可提升

收稿日期:2020-02-13;修回日期:2020-03-23;责任编辑:盛男。

作者简介:徐晓建(1978—),男,江苏扬州人,工程师,硕士,主要研究方向为计算机网络,E-mail:979612379@qq.com。

引用格式:徐晓建.煤矿安全风险防控及预警系统设计[J].工矿自动化,2020,46(3):105-108.

XU Xiaojian. Design of coal mine safety risk prevention and control and early warning system[J]. Industry and Mine Automation, 2020,46(3):105-108.

煤矿安全风险防控的系统性、时效性与主动性。

1 系统功能

基于 SOA(Service-Oriented Architecture,面向服务的架构)设计思路,面向业务组件应用进行煤矿安全风险防控及预警系统功能模块化设计,如图 1 所示。

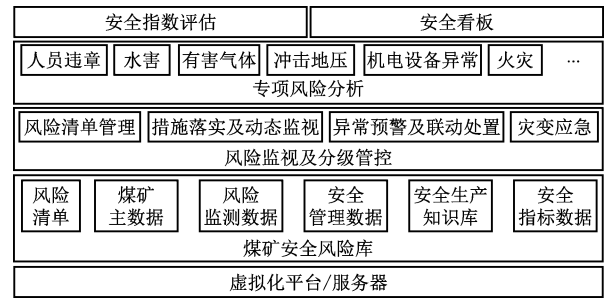


图 1 煤矿安全风险防控及预警系统功能架构

Fig. 1 Function architecture of coal mine safety risk prevention and control and early warning system

1.1 煤矿安全风险库

依托虚拟化平台或服务器资源,构建煤矿安全风险库,实现风险清单、煤矿主数据、风险监测数据、安全管理数据、安全指标数据、安全生产知识库的分类管理与集中存储<sup>[8]</sup>,如图 2 所示。① 风险清单作为煤矿安全风险库的基础,是各风险辨识与评估后形成的风险集合,包括风险类型、风险位置、风险等级、风险责任人、风险管控措施及手段、风险控制标准等。② 煤矿主数据包括煤矿基础数据、安全网格、地理空间数据,其中安全网格为在煤矿作业区域基础上细分的风险防控物理空间范围<sup>[9]</sup>。③ 风险监测数据包括针对环境、设备、人员的传感器实时监测数据。④ 安全管理数据包括隐患治理数据、人员培训记录、领导带班履职记录等。⑤ 安全指标数据包括以时间戳为标记的专项风险指标、网格安全指数及煤矿安全指数。⑥ 安全生产知识库由风险防控体系文件、政策法规、作业规程、隐患处置标准库及应急预案库组成。



图 2 煤矿安全风险库结构

Fig. 2 Structure of coal mine safety risk database

1.2 风险监视及分级管控

围绕风险登记、风险受控、风险失控、事故等风险状态变化环节,形成风险清单管理、措施落实及动态监视、异常预警及联动处置、灾变应急等风险监视

及分级管控业务功能,如图 3 所示。① 风险清单管理。煤矿风险清单管理是根据煤矿生产过程中的工序变化、作业环境变化、新危险源出现等情况,进行系统性、制度化、经常性的管理过程。② 措施落实及动态监视。根据风险类型、风险位置、风险等级、风险责任人、风险控制标准等,通过风险传感监测、人工巡检、智能视频识别及员工教育培训等风险管控手段<sup>[10]</sup>,实现风险管控措施的具体落实;融合煤矿地理地测数据、风险监测数据、安全管理数据等,应用 2D/3D 建模工具,基于同一时空坐标体系构建风险地图,可通过安全网格或空间坐标查看风险信息,实现煤矿风险分布、风险数据及状态的可视化动态监视。③ 异常预警及联动处置。当风险防控过程中出现缺失、漏洞或风险管控措施失效时,根据预设的异常事件判定等级、异常所处安全网格及风险防控职责范围,通过个人智能终端、计算机、井下本安显示屏、井下本安智能终端等载体进行异常事件的消息推送及分级预警,驱动现场异常联动处置装置执行控制命令,以标准工作流程驱动隐患治理及人员违章的闭环管理<sup>[11]</sup>。④ 灾变应急。依据事故类型、危害程度、灾变地点,启动相应的应急预案;通过与应急调度通信系统联动<sup>[12]</sup>,实现与政府部门、集团领导及上级调度管理部门的应急响应及协同救援;通过应急救援管理模块,实时查询作业环境变化、灾变区域人员分布、避灾逃生线路、应急组织、救援物资分布等救援辅助信息,实现应急救援执行过程的全记录;应急救援结束后,对灾变演变及应急救援过程进行事后分析。

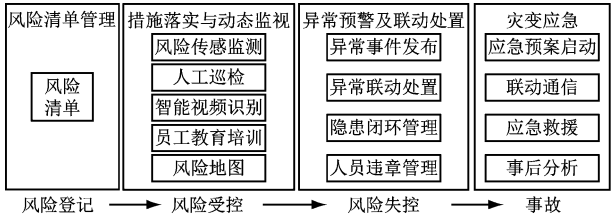


图 3 风险监视及分级管控业务流

Fig. 3 Business flow of risk monitoring and hierarchical control

1.3 专项风险分析

针对人员违章、水害、有害气体、冲击地压、机电设备异常及火灾等煤矿重大专项风险,融合煤矿主数据、风险监测数据、安全管理数据,应用专项风险分析模型计算煤矿安全风险关键指标,根据关键指标定义蓝、黄、橙、红 4 级风险等级。例如针对煤矿采空区内因火灾专项风险分析,融合采空区遗煤分布形态、工作面基础信息、工作面推进度及采空区光纤测温或红外束管监测系统数据,根据采空区内因火灾分析模型,分析采空区自燃“三带”(散热带、自

燃带、窒息带)分布范围<sup>[13]</sup>、温度场变化规律、气体成分及浓度,优化采空区防灭火测点布置方案,根据工作面最短自然发火期计算出工作面每日最小推进距离,确保煤矿综采工作面的安全开采。

1.4 安全指数评估

从风险管控措施落实情况、隐患排查治理效率、异常预警及联动处置执行效率、重大专项风险治理效果、灾变应急响应效率及救援过程等评估维度,结合煤矿基础数据、风险监测数据、安全管理数据、风险地理空间分布、风险状态及等级历史变化记录、风险异常频率等风险防控过程数据,应用层次分析法<sup>[14]</sup>、熵权法<sup>[15-16]</sup>或模糊算法<sup>[17-18]</sup>实现安全网格安全指数及安全等级评估,并逐级推演计算出作业区域及全矿安全指数与安全等级。其中安全等级通过安全指数的区间划分定义为安全、较安全、一般安全、危险 4 个等级。

1.5 安全看板

以图形、报表、图表等方式综合展示煤矿安全指数评估结果、专项风险关键指标、异常事件发生记录、隐患/违章发生记录、煤矿安全风险库等数据,满足煤矿安全风险防控的决策分析、业务协同、集中展示及综合应用需求。

2 系统设计关键点

(1) 煤矿风险清单。应用问卷调查、头脑风暴、核对表、流程梳理分析、数据分析等方法综合辨识安全网格内存在的风险,根据风险位置、管理对象、事故类型、风险类型、风险发生概率、损失严重程度、危害因素等风险属性评估风险等级,定义风险责任人、风险管控措施及手段、风险控制标准,形成安全网格风险清单,最终汇总形成煤矿风险清单。

(2) 风险地图。基于同一时空坐标体系,实现煤矿安全网格、风险的空间位置坐标定义。应用 2D/3D 建模工具,以图形化方式实现安全网格、风险的地理空间自动标注,并以蓝、黄、橙、红四色实时展示煤矿安全网格的安全指数及等级、风险的分布及状态。当安全网格、风险状态发生变化时,以高亮显示、语音方式提醒安全网格、风险状态变化。

(3) 异常预警及联动处置。针对各类风险异常判定规则建立事件侦听机制,当发生风险异常时,以事件驱动的方式进行风险异常分级预警,根据标准工作流程节点规则,当流程到达节点时进行消息提醒,提示相关人员及时进行事件响应,驱动现场异常联动处置装置执行控制命令。

3 系统优势

(1) 从风险防控源头落实风险传感监测、人工

巡检、智能视频识别及员工教育培训相结合的风险管控措施及手段,融合风险监测数据与安全管理数据,实现风险量变过程的动态监视。基于同一时空坐标体系,以风险地图实现安全网格的安全指数及安全等级、风险分布及状态的动态展示。

(2) 建立煤矿安全生产知识库,以关键字、全文检索方式支持安全生产知识库的查阅,可标准化指导作业现场的安全巡检、流程作业、隐患治理等安全生产工作,实现有章可循、有据可依。

(3) 根据异常事件等级,通过异常事件的分级消息推送及现场异常联动处置,提高了异常事件响应及处置效率,保障隐患及时高效处理。

(4) 将煤矿作业区域细分为安全网格,细化了煤矿安全风险防控的空间粒度,实现安全网格一作业区域一全矿的安全指数及安全等级评估,改变了现有煤矿各级安全风险防控责任不明确现象。当安全网格、作业区域或全矿安全等级发生变化时,各级安全负责人可及时掌握风险防控责任范围内的安全状况,为全方位风险防控及重点安全管控提供依据。

4 结语

煤矿安全风险防控及预警系统以煤矿安全风险库为基础,围绕风险状态变化各环节,利用风险地图实现了风险可视化动态监视;通过异常事件的分级消息推送及现场异常联动处置,保障了隐患及时高效处理;利用安全网格细化风险防控的空间粒度,实现了安全网格一作业区域一全矿的安全指数及安全等级评估,有效落实了各级安全管理层的主体责任。该系统有助于煤矿建立全方位、多重安全风险分级防控体系,有效提升了煤矿安全生产保障能力。

参考文献(References):

[1] 念其锋,施式亮,李润求,等. 基于 PNN 的煤矿安全生产风险综合预警研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2013,9(10):71-77.  
NIAN Qifeng, SHI Shiliang, LI Runqiu, et al. Research on risk early warning of safety production based on PNN in coal mines[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2013,9(10):71-77.

[2] 刘秀丽. 煤矿安全生产与 HSE 管理体系的构建[J]. 山东工业技术, 2016(21):90.  
LIU Xiuli. Construction of mine safety production and HSE management system[J]. Shandong Industrial Technology, 2016(21):90.

[3] 张小锋. 煤矿安全生产管理中的问题及对策研究[J]. 山西师范大学学报(自然科学版), 2013,27(增刊 2): 158-160.

- ZHANG Xiaofeng. Research on problems and countermeasures in coal mine safety production management[J]. Journal of Shanxi Normal University (Natural Science Edition), 2013, 27(S2): 158-160.
- [4] 杨金廷, 宋云峰. 煤矿安全生产风险集成管理研究[J]. 河北工程大学学报(自然科学版), 2012, 29(2): 81-84.
- YANG Jinting, SONG Yunfeng. Research on integrated management of coal mine safety production risk[J]. Journal of Hebei University of Engineering (Natural Science Edition), 2012, 29(2): 81-84.
- [5] 高峰, 张胜, 杨杰, 等. 物联网技术、数据融合技术和云计算技术在煤矿安全生产预警平台上的应用[J]. 物联网技术, 2017, 7(3): 108-109.
- GAO Feng, ZHANG Sheng, YANG Jie, et al. Application of Internet of things technology, data fusion technology and cloud computing technology in coal mine safety production early warning platform[J]. Internet of Things Technologies, 2017, 7(3): 108-109.
- [6] 刘年平. 煤矿安全生产风险预警研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2012.
- LIU Nianping. Research on risk early warning in mine safety production [D]. Chongqing: Chongqing University, 2012.
- [7] 柴华. 煤矿安全生产预警机制构建研究[J]. 合作经济与科技, 2015(24): 103-104.
- CHAI Hua. Research on the construction of early warning mechanism of coal mine production safety[J]. Co-Operative Economy & Science, 2015(24): 103-104.
- [8] 方刚, 迪明, 刘韩勇, 等. Fuzzy-AHP 在煤矿安全生产预警中的应用[J]. 中州煤炭, 2014(4): 59-63.
- FANG Gang, DI Ming, LIU Hanyong, et al. Application of Fuzzy-AHP in the safety warning of coal mine production[J]. Zhongzhou Coal, 2014(4): 59-63.
- [9] 陈佳林. 煤矿安全生产大数据预警预测平台研究[J]. 电脑知识与技术, 2018, 14(1): 26-27.
- CHEN Jialin. Research on big data early warning and prediction platform of coal mine safety production[J]. Computer Knowledge and Technology, 2018, 14(1): 26-27.
- [10] 韩安. 基于 Hadoop 的煤矿数据中心架构设计[J]. 工矿自动化, 2019, 45(8): 60-64.
- HAN An. Architecture design of coal mine data center based on Hadoop [J]. Industry and Mine Automation, 2019, 45(8): 60-64.
- [11] 刘宏俊, 李敏敏, 黄敏. “管控一体化”的煤矿安全生产与应急预警系统研究[J]. 轻工设计, 2011(4): 14-15.
- LIU Hongjun, LI Minmin, HUANG Min. Research on coal mine safety production and emergency early warning system with "integrated management and control"[J]. Light Industry Design, 2011(4): 14-15.
- [12] 方刚, 迪明, 刘韩勇, 等. 基于模糊层次分析法的煤矿安全生产预警系统[J]. 工矿自动化, 2013, 39(11): 98-102.
- FANG Gang, DI Ming, LIU Hanyong, et al. Early warning system for coal mine safety production based on fuzzy-analytical hierarchy process[J]. Industry and Mine Automation, 2013, 39(11): 98-102.
- [13] 屈世甲, 安世岗, 武福生, 等. 大采高综采工作面采空区自燃“三带”研究[J]. 工矿自动化, 2019, 45(5): 22-25.
- QU Shijia, AN Shigang, WU Fusheng, et al. Research on spontaneous combustion "three zones" in goaf of fully mechanized working face with large mining height[J]. Industry and Mine Automation, 2019, 45(5): 22-25.
- [14] 高长志, 李艳泽, 王铁林, 等. 模糊综合评判和层次分析法的煤矿安全生产评价[J]. 露天采矿技术, 2013(11): 72-74.
- GAO Changzhi, LI Yanze, WANG Tielin, et al. Fuzzy comprehensive evaluation and analytic hierarchy process of coal mine safety production evaluation[J]. Opencast Mining Technology, 2013(11): 72-74.
- [15] 李远远, 刘光前. 基于 AHP-熵权法的煤矿生产物流安全评价[J]. 安全与环境学报, 2015, 15(3): 29-33.
- LI Yuanyuan, LIU Guangqian. Research on the safety evaluation of coal mine production logistics based on AHP-entropy method [J]. Journal of Safety and Environment, 2015, 15(3): 29-33.
- [16] 张洪杰. 煤矿安全风险综合评价体系及应用研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2010.
- ZHANG Hongjie. Research on comprehensive assessment system and application of coal mine safety risks[D]. Xuzhou: China University of Mining and Technology, 2010.
- [17] 魏效玲, 薛冰军, 曹庆奎. 矿山安全性模糊综合评价的新算法[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2011, 30(2): 212-215.
- WEI Xiaoling, XUE Bingjun, CAO Qingkui. A new algorithm of fuzzy comprehensive evaluation for mine safety[J]. Journal of Liaoning Technical University (Natural Science), 2011, 30(2): 212-215.
- [18] 孟令玲, 冯新刚. 层次分析法和模糊综合评价法在煤矿安全生产评价中的应用研究[J]. 煤炭工程, 2012, 44(8): 114-116.
- MENG Lingling, FENG Xingang. Application of analytic hierarchy process and fuzzy comprehensive evaluation method in coal mine safety production evaluation [J]. Coal Engineering, 2012, 44(8): 114-116.