

文章编号: 1671-251X(2022)08-0114-08

DOI: 10.13272/j.issn.1671-251x.2022030071

基于风险监测预警的非煤矿山安全监管监察模式

姜红年^{1,2}, 陈小林^{3,4}, 王超^{3,4}, 胡然^{3,4}, 张羽^{3,4}

(1. 国家矿山安全监察局江苏局, 江苏 南京 210024; 2. 江苏省应急管理厅, 江苏 南京 210024;

3. 中煤科工集团常州研究院有限公司, 江苏 常州 213015;

4. 天地(常州)自动化股份有限公司, 江苏 常州 213015)

摘要: 目前非煤矿山安全监管监察主要包括安全管理检查、现场安全监管检查 2 种方式, 分别依托安全信息化管理平台和监察人员现场检查, 监察效率低, 信息获取不及时, 且难以实现动态全面监管。针对上述问题, 考虑非煤矿山多、散、贫、小的特点和不同类别非煤矿山风险及信息化管控程度的差异性, 提出了一种基于风险监测预警的非煤矿山安全监管监察模式, 即基于非煤矿山风险监测预警系统, 从中抽取人员、环境、设备设施、管理及监测专题 5 个方面的风险监测指标数据, 以风险点、风险面 2 种方式分别进行单一风险预警分析和综合风险报警分析, 实现单一风险预警分级推送和综合风险报警分级管控。梳理了各类别非煤矿山监测数据和专题, 介绍了单一风险分级预警触发及处置机制, 重点阐述了综合风险研判分级监管模型的构建过程; 基于非煤矿山风险监测数据建立风险监测指标体系; 采用熵权法对风险监测指标赋权, 并制定评分标准, 对非煤矿山风险指标打分; 基于指标权重和得分确定矿山企业综合风险等级。基于风险监测预警的非煤矿山安全监管监察模式实现了监管部门对非煤矿山在不同监管周期、不同范围的分级监管监察, 优化了监管监察资源配置, 提高了监管监察效率。

关键词: 非煤矿山; 监管监察; 风险监测; 风险研判; 分级监管; 分级预警; 监测专题

中图分类号: TD76

文献标志码: A

Non-coal mine safety supervision mode based on risk monitoring and early warning

JIANG Hongnian^{1,2}, CHEN Xiaolin^{3,4}, WANG Chao^{3,4}, HU Ran^{3,4}, ZHANG Yu^{3,4}

(1. National Mine Safety Administration Jiangsu Bureau, Nanjing 210024, China; 2. Department of Emergency Management of Jiangsu Province, Nanjing 210024, China; 3. CCTEG Changzhou Research Institute, Changzhou 213015, China; 4. Tiandi(Changzhou) Automation Co., Ltd., Changzhou 213015, China)

Abstract: At present, non-coal mine safety supervision mainly includes safety management inspection and on-site safety supervision inspection. They rely on safety information management platform and on-site inspection by safety inspectors respectively. There are problems of low supervision efficiency, delayed information acquisition, and it is difficult to realize dynamic and comprehensive supervision. In view of the above problems, this paper puts forward a non-coal mine safety supervision mode based on risk monitoring and early warning, considering the characteristics of non-coal mines, such as large number, scattered, poor, small, and the differences in risks and informatization management and control of different types of non-coal mines. Based on the risk monitoring and early warning system of non-coal mine, the risk monitoring index data in five aspects of personnel, environment, equipment and facilities, management and monitoring topics are extracted. The single risk early warning analysis and comprehensive risk alarm analysis are carried out in two ways of risk point and

收稿日期: 2022-03-22; 修回日期: 2022-08-10; 责任编辑: 李明。

基金项目: 中煤科工集团重点研发计划项目(2020-TD-ZD019)。

作者简介: 姜红年(1972—), 男, 江苏盐城人, 高级工程师, 注册安全工程师, 硕士, 现主要从事矿山安全监管监察工作, E-mail: 1171561172@qq.com。通信作者: 王超(1995—), 男, 安徽芜湖人, 硕士, 主要从事矿山安全信息化、智能化技术研究工作, E-mail: wc13515102266@163.com。

引用格式: 姜红年, 陈小林, 王超, 等. 基于风险监测预警的非煤矿山安全监管监察模式[J]. 工矿自动化, 2022, 48(8): 114-121.

JIANG Hongnian, CHEN Xiaolin, WANG Chao, et al. Non-coal mine safety supervision mode based on risk monitoring and early warning[J]. Journal of Mine Automation, 2022, 48(8): 114-121.



扫码移动阅读

risk surface respectively. The graded push of single risk early warning and the graded control of comprehensive risk alarm can be realized. The monitoring data and special topics of various types of non-coal mines are sorted out. The trigger and disposal mechanism of single risk graded early warning is introduced. This study focuses on the construction process of the model for comprehensive risk research and judgment and graded supervision. Based on the risk monitoring data of non-coal mines, the risk monitoring index system is established. The entropy weight method is adopted to give weight to the risk monitoring index, and the scoring standard is formulated to score the risk index of non-coal mines. Based on the index weight and score, the comprehensive risk level of mining enterprises is determined. The non-coal mine safety supervision mode based on risk monitoring and early warning realizes the graded supervision and inspection of non-coal mines by supervision departments under different supervision periods and ranges. The mode optimizes the allocation of supervision and inspection resources, and improves the efficiency of supervision and inspection.

Key words: non-coal mine; supervision and inspection; risk monitoring; risk research and judgment; graded supervision; graded early warning; monitoring topic

0 引言

2021年全国发生非煤矿山事故265起,死亡325人,其中较大以上事故8起,死亡55人,事故起数是煤矿的近3倍,死亡人数是煤矿的近2倍。整体来看,非煤矿山呈现“事故基数大,人员伤亡多”的现象。2021年国家矿山安全监察局在非煤矿山明查暗访和督导检查工作中发现,非煤矿山存在办矿意识淡薄、边建边采、以采代建、擅自改动生产系统、采矿工艺与设计不符、风险隐患排查处理不及时、互抢资源、超层越界开采等违法违规行为^[1]。现阶段对非煤矿山的地方监管监察手段依靠基层执法人员通过管理平台审查或现场走访检查,主要是查看非煤矿山安全标准化及“双控”等资料,巡查生产现场、生产设备是否存在隐患和风险^[2]。该方式存在以下问题:①受时空限制,监管监察效率不高,信息获取不及时,应急响应不充分^[3]。采用基于人工填报信息的管理模式,无法实时监测,地方政府难以全面系统地掌握非煤矿山企业动态变化的安全生产状况。②缺少风险监测预警功能。目前,非煤矿山监测内容、监测技术还不明晰,其风险监测预警系统尚未建设。③各级安全监察单位与其监管地区非煤矿山数量不匹配。

从国家政策、地方政府、非煤矿山企业三方主体的要求出发^[4-8],有必要建立以风险为核心的安全监管监察模式。但我国非煤矿山呈现多、散、贫、小的基本特征^[9],不同类别的非煤矿山风险不同,且信息化管控程度不同。为了实现对不同类别非煤矿山风险的一致化管控,提高非煤矿山安全监管监察效率,本文采用互联网+监测技术,将风险对象化处理,抽取以风险为维度的监测数据,以风险点和风险面的方式,分别进行单一风险预警分析和综合风险报警

分析,构建基于风险监测预警的非煤矿山监管监察模式。

1 非煤矿山安全监管监察模式

1.1 当前非煤矿山监管监察模式

非煤矿山主要分为金属非金属地下矿山、金属非金属露天矿山及尾矿库。此外,考虑岩盐矿特殊的钻井水溶开采岩盐技术及其钻井涌卤污染周围环境问题,需区别于地下矿山,独立设置监测采卤参数的传感器和地面沉降专题。现阶段主要通过安全管理检查和现场安全监管检查2种模式进行非煤矿山监管监察^[10]。安全管理检查内容主要包括证照信息、双重预防机制、外包工程管理、安全生产管理机构及人员配备、安全投入、应急管理、管理制度、教育培训、安全设施设计及其重大变更情况,以及设计、现状评价及资质验收。

对于不同类型的非煤矿山,现场安全监管检查内容存在较大差异。对于地下矿山,重点检查内容包括:矿井安全出口,采矿方法,矿(岩)柱留设;提升设备检测检验报告及证书有效期;各种制动、过卷防护保护装置,联锁闭锁装置;阻车器,防跑车装置;主要通风机运行及备用电动机完备情况;“三专两探一撤”措施执行情况;排水系统证书及运行情况,防治水专业技术人员配备情况,排水泵及管道数量、型号,防水门设置;变压器设备证书、检查维保记录、是否双独立线路设计,变电硐室出口、标高合规性;废弃巷道、采空区储水排查情况;便携式气体检测仪器和自救装备,通信设备,出入管理制度执行情况。对于露天矿山,重点检查内容包括:开采方式,台阶参数,交叉作业、同一平台铲装作业、上下台阶同时铲装作业情况;边坡在线监测系统,边坡稳定性分析报告;运输路段坡度、急转弯度合理性,防护栏、警

示牌、卸货场所挡车设施设置;电线、电缆裸露情况;排土场堆积参数及稳定性分析报告;小型露天矿开采合规性。对于尾矿库,重点检查内容包括:库底平均纵坡、标准化等级、抗震设防烈度、设计等别、坝体参数、排洪设施形式等参数是否符合安全要求;尾矿库安全风险评估报告,“一库一策”执行情况;尾矿库在线监测系统建设及运行情况;井、斜槽、隧洞等排洪设施运行情况;排洪构筑物质量检测报告;值班制度管理、汛期安全防护与物资准备等报告。对于岩盐矿,重点检查内容包括:岩盐开采地面沉降年度监测报告;地下溶腔记录(地下溶腔底板和腔顶的深度、位置及不同深度的溶腔直径等监测数据);PLC,DCS(Distributed Control System, 分布式控制系统)运行情况及其流量、压力等监测数据异常情况;注水井及卤水井储量情况等。

安全管理检查、现场安全监管检查这 2 种监管监察模式分别依托安全信息化管理平台和安全监察人员现场检查。基于非煤矿山多而散的特性,只通过平台材料审查和人员现场检查难以实现动态全面监管,亟需构建基于风险监测预警的非煤矿山监管监察模式,由“人员检查、静态监察”的现场监管转变成“系统监测、动态预警”的远程监管。

1.2 基于风险监测预警的非煤矿山监管监察模式

基于风险监测预警的非煤矿山监管监察模式是以非煤矿山风险监测预警系统为依托,抽取人员、环境、设备设施、管理及监测专题 5 个方面的风险监测指标数据,以风险点、风险面 2 种方式分别对数据进行单一风险预警分析和综合风险报警分析,以实现单一风险预警分级推送和综合风险报警分级管控,如图 1 所示。

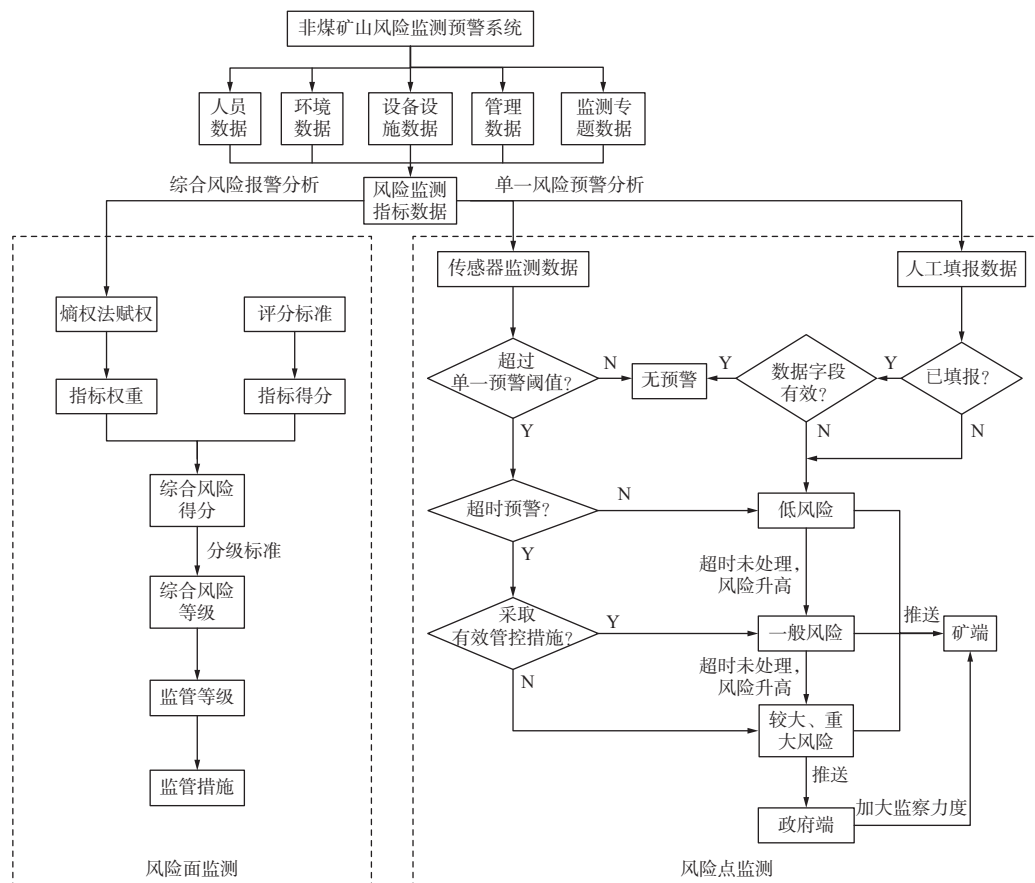


图 1 基于风险监测预警的非煤矿山安全监管监察模式流程

Fig. 1 Flow of non-coal mine safety supervision mode based on risk monitoring and early warning

风险点监测对象是人工填报数据及传感器监测数据。人工填报数据包括矿山基础信息及安全生产管理过程中产生的文件;传感器监测数据包括环境气体、人员及视频等数据。若数据未填报或填报数据字段无效,会触发低风险预警,若长时间未处置,预警等级会随时间按低风险→一般风险→较大风险→重大风险顺序逐步增大;若传感器监测数据超

过设定的单一预警阈值,会触发单一风险预警,即时通知矿端管理人员,若长时间未采取有效管控措施,风险会进一步升级,当触发较大风险预警时,预警信息自动上传至政府端监测预警平台,如一氧化碳体积分数超过 24×10^{-6} ,触发单一风险预警,若时长超过 2 min,则预警信息上传至政府端监测预警平台。

单一风险预警处置见表 1,流程如图 2 所示。非

煤矿山风险监测预警系统产生的预警信息通过系统消息、APP 消息、手机短信 3 种方式进行推送,按照预警等级推送至不同范围内的相关人员,经核查后,由矿端落实处置措施,并逐级上报相关部门和领导。以重大风险预警处置流程为例,系统出现“重大风险”预警消息时,利用系统消息、APP 消息、手机短信推送至省应急管理厅,省应急管理厅、市应急管

理局组织相关人员开展远程监察或现场核查,协调矿端进行详情核查、风险处理,处理完毕后由调度员在系统内填报预警处理情况说明,同时由矿端上报市应急管理局、省应急管理厅,市应急管理局相关人员填报预警处置情况说明,消除预警状态,形成问题闭环。

表 1 单一风险预警处置

预警等级	推送对象	信息推送方式	参与主体	上报流程	时间要求
低风险	矿领导	系统消息	矿领导、调度中心	调度中心→矿领导	响应时间≤8 h, 处理时间≤12 h
一般风险	矿领导	系统消息、APP 消息	矿领导、调度中心	调度中心→矿领导	响应时间≤4 h, 处理时间≤8 h
较大风险	市应急管理局	系统消息、APP 消息、 手机短信	市应急管理局、集团领导、 矿领导、调度中心	调度中心→矿领导→集团领导→ 市应急管理局	响应时间≤1 h, 处理时间≤4 h
重大风险	省应急管理厅	系统消息、APP 消息、 手机短信	省应急管理厅、市应急管理局、 集团领导、矿领导、调度中心	调度中心→矿领导→集团领导→ 市应急管理局→省应急管理厅	响应时间≤0.5 h, 处理时间≤4 h

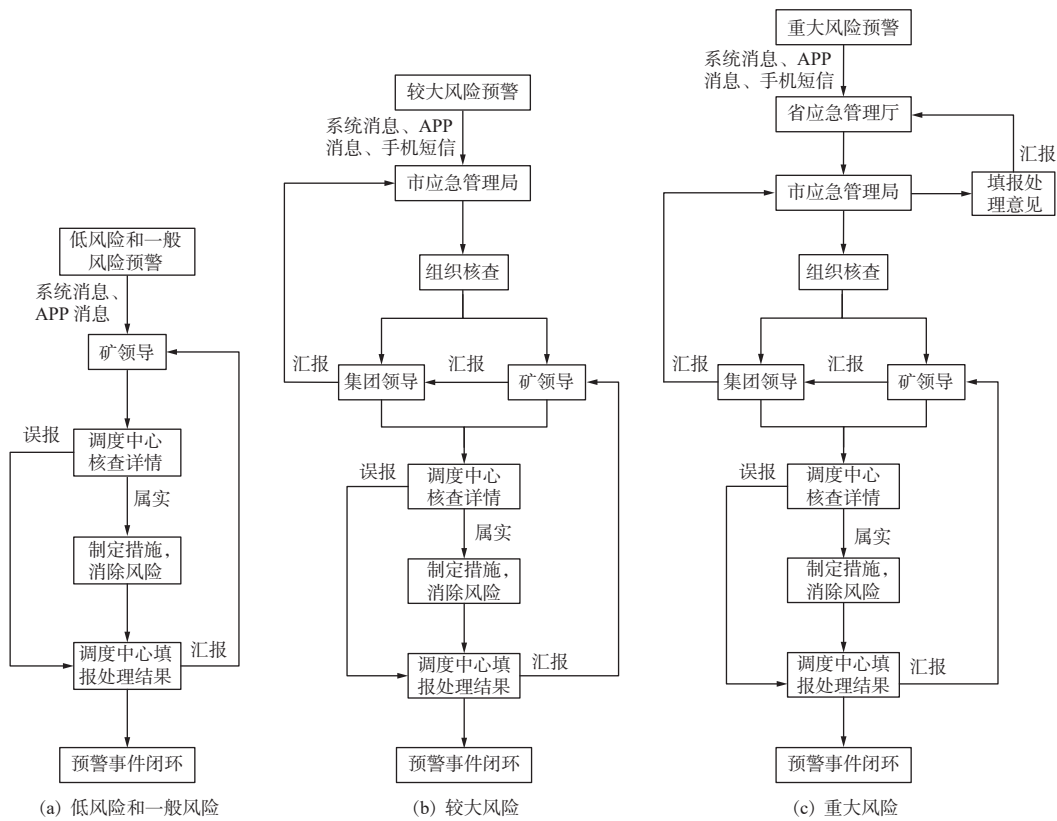


图 2 单一风险预警处置流程

Fig. 2 Flow of early warning and disposal of single risk

风险面监测对象是人员、环境、设备设施、管理及监测专题 5 个方面的风险监测指标。风险面监测的目的是实现非煤矿山风险综合研判,按照确定指标体系→熵权法赋权→评价各指标得分情况→计算综合风险得分→将综合风险得分由高到低排序并划分综合风险等级→根据综合风险等级确定监管等级→采取对应监管周期和措施的评价流程,实现非

煤矿山综合风险分级管控。

2 非煤矿山监测数据及专题

2.1 监测数据

非煤矿山监测数据包括风险基本数据、风险管理数据、传感器监测数据 3 类。不同类型非煤矿山的风险基本数据和风险管理数据基本相同,但传感

器监测数据差别较大。

风险基本数据主要是矿山基本信息,包括矿山简介、证照信息、图纸专项信息、从业人员信息、安全技术管理体系信息、主要生产系统档案信息、工艺及设备信息。

风险管理数据主要是安全生产管理中产生的一系列文件信息,包括企业年度、专项风险辨识评估后

形成的风险清单,企业在隐患排查治理、应急管理、事故管理、教育培训、特种设备管理过程中形成的台账记录。

传感器监测数据包括环境监测数据、人员监测数据、视频监控数据。各类非煤矿山传感器监测数据见表 2。

表 2 非煤矿山传感器监测数据

Table 2 Sensor monitoring data of non-coal mine

非煤矿山类型	环境监测数据	人员监测数据	视频监控数据
金属非金属地下矿山	① 井下环境中的氧气、温度、一氧化碳、二氧化碳、二氧化氮、烟雾监测数据,高含硫地下矿山中硫化氢、二氧化硫浓度,存在铀、钍等放射性元素的地下矿山中氡(钍射气)及其子体浓度;② 风压、风速、通风机开停状态等;③ 井下地压、顶底板变形数据等	持卡人员基本信息,持卡人员出/入井时刻、出/入重点区域时刻、出/入限制区域时刻等,出/入井的持卡人员总数,持卡人员下井活动路线信息,领导带班信息,工作异常的持卡人员基本信息、分布等报警数据	提升人员的井口信号房、提升机房,井口、调车场等人员进出场所,紧急避险设施及井下爆破器材库、油库、中央变电所等主要硐室的视频监控数据
金属非金属露天矿山	① 露天矿山(排土场)中温度、粉尘、噪声、氧气、一氧化碳、二氧化氮等监测数据;② 露天矿山(排土场)中表面位移、内部位移、应力、质点速度、渗透压力、地下水位、降雨量、裂隙等	露天矿山(排土场)人员进/离场时间	露天矿山(排土场)采场主要边坡、出入口、主要作业区域、爆破器材库、采场高点等位置的视频监控数据
尾矿库	干滩、库水位、表面位移、浸润线、降雨量、内部位移等	—	滩顶放矿处、排尾管道、坝体下游坡、排洪设施进出口、库水位尺、干滩标杆等位置的视频监控数据
岩盐矿	采输卤设备流量、压力等	—	钻井口、运输干线交叉口、重点设备和关键部位等位置的视频监控数据

2.2 监测专题

非煤矿山不仅要建设视频监控和安全信息化管理系统^[11],还要对各类非煤矿山易发生的重大事故建设监测专题,见表 3。

表 3 非煤矿山重大事故监测专题

Table 3 Monitoring topics of serious accidents in non-coal mine

重大事故	专题	内容描述
金属非金属地下矿山冒顶、片帮、透水	冲击地压监测	监测工作面矿压、巷道矿压、微震等,系统自动生成报表、曲线图等
	水害治理	通过各种传感器检测风速、雨量、水温、水流速度、水位、风向、水质、水量数据及其视频、图像等,实现在线监测与预警
金属非金属露天矿山滑坡	边坡监测	根据露天矿山采场边坡高度、边坡角、地质条件、稳定性等指标确定不同的监测等级,结合边坡分区的安全监测等级要求,对爆破震动、边坡变形、水文气象、采动应力进行监测
尾矿库溃坝	位移监测	监测坝体表面位移、内部位移、坝体渗流压力、绕坝渗流、渗流量、渗流水浑浊度、干滩、库水位、降水量、排洪设施运行数据、库区地质滑坡体数据等
岩盐矿地表塌陷	地面沉降监测	根据DZ/T 0283—2015《地面沉降调查与监测规范》,对地面沉降及其伴生地裂缝进行调查与监测,并将调查记录资料和成果报告电子化归档,形成岩盐开采地面沉降监测报告 ^[12]

3 综合风险研判分级监管模型

3.1 模型构建

非煤矿山风险面监测通过建立综合风险研判分

级监管模型(以下简称分级监管模型)实现综合风险报警分级管控。该模型可通过划分企业风险级别来建立^[13]。

基于非煤矿山风险监测预警系统数据构建分级监管模型,并将该模型应用于风险监测预警系统是实现在线实时预警、分级推送、响应处置的前提^[14]。基于现有数据提取风险监测指标,构建风险监测指标体系;利用熵权法进行数据分析,对风险监测指标赋权,进而制定评分标准,对本地下辖非煤矿山企业各指标进行打分;基于指标权重和得分确定企业综合风险等级。

(1) 指标体系。考虑各类非煤矿山监测专题内容,从人员、设备设施、环境、管理、监测专题 5 类风险监测内容中选取较为全面合理的风险监测指标,见表 4。指标选取遵循应用尽用原则,即指标应最大限度地覆盖人员、设备设施、环境、管理多方面信息,并考虑非煤矿山不同类别,对可能导致重大事故的事件建立监测专题,尽可能地使用非煤矿山风险监测预警系统现存的数据字段,以便将分级监管模型应用到风险监测预警系统中,实现指标得分及排名自动输出。

(2) 评价方法。为避免专家打分评价指标权重时主观性过强的问题,采用熵权法对指标赋权^[15]。

首先进行数据标准化。由于不同指标的量化单

表4 非煤矿山风险监测指标体系及权重

Table 4 Risk monitoring index system and weight of non-coal mine

一级指标	二级指标	三级指标
人员(0.29)	人员定位(0.154)	井下超时人员(0.036)
		当前带班领导(0.024)
		重点区域人员(0.015)
		非法进入人员(0.030)
		区域超员信息(0.018)
	人为作业(0.136)	当前网络状态(0.009)
		平均下井时长(0.022)
		人员经验(0.050)
		人员专业技术能力(0.025)
		按规程操作(0.040)
设备设施(0.214)	大型设备(0.08)	作业监督(0.021)
		大型设备检验(0.045)
	传感器(0.134)	大型设备故障(0.035)
		传感器分布地点(0.038)
		传感器安装数量(0.034)
		传感器故障情况(0.033)
环境(0.158)	视频监控(0.046)	传感器标校情况(0.029)
	参数监测(0.112)	监控报警(0.046)
		实时监控(0.044)
管理(0.134)	基础信息管理(0.021)	实时报警(0.068)
		证照信息(0.003)
		组织架构(0.003)
		安全管理制度(0.003)
		生产系统档案(0.003)
	风险管理(0.027)	从业人员信息(0.003)
		工艺设备管理(0.003)
		矿井图纸(0.003)
	事故管理(0.028)	隐患管理(0.02)
		隐患台账(0.020)
	应急管理(0.038)	风险清单(0.015)
		风险提醒(0.012)
		伤亡事故统计与分析(0.017)
		非伤亡事故统计与分析(0.011)
监测专题(0.204)	金属非金属地下矿山	物资信息(0.007)
		现场救援物资分布(0.009)
		物资库管理(0.009)
		应急培训计划(0.002)
	金属非金属露天矿山	应急演练计划(0.002)
		应急预案(0.009)
		冲击地压监测(0.106)
		水害治理(0.098)
	尾矿库	边坡监测(0.204)
		位移监测(0.204)
	岩盐矿	地面沉降监测(0.204)

位不同,无法直接计算,所以需要对指标进行无量纲化处理。

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - \min x_{ij}}{\max x_{ij} - \min x_{ij}} \tag{1}$$

式中： r_{ij} 为第*i*($i=1, 2, \dots, m$, m 为当地待评价对象即非煤矿山数量)个评价对象第*j*($j=1, 2, \dots, n$, n 为三级指标个数)个三级指标的标准值, $r_{ij} \in (0, 1)$; x_{ij} 为第*i*个评价对象第*j*个三级指标的原始值。

其次,计算第*i*个评价对象第*j*个三级指标的权重:

$$p_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}} \tag{2}$$

然后,计算各三级指标的信息熵:

$$E_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} \tag{3}$$

最后,计算三级指标的熵权:

$$W_j = \frac{1 - E_j}{n - \sum_{j=1}^n E_j} \tag{4}$$

二级指标和一级指标的熵权分别由相应的三级指标和二级指标的熵权相加得到。基于熵权法所得的各评价指标权重见表4。

根据 GB 16423—2020《金属非金属矿山安全规程》、AQ 2032—2011《金属非金属地下矿山人员定位系统建设规范》、AQ/T 2051—2016《金属非金属地下矿山人员定位系统通用技术要求》、AQ/T 2050.1—2016《金属非金属地下矿山 安全标准化规范导则》、AQ/T 2053—2016《金属非金属地下矿山监测监控系统 通用技术要求》、AQ/T 2050.4—2016《金属非金属矿山安全标准化规范 尾矿库实施指南》、AQ 2031—2011《金属非金属地下矿山监测监控系统建设规范》《矿山安全生产风险监测预警系统查看、上报及问题处置工作办法(暂行)》等制定各评价指标的评价方式及评分标准,计算各三级指标得分 S_j 。则非煤矿山综合风险得分为

$$Q = \sum_{j=1}^n W_j S_j \tag{5}$$

(3) 分级标准。依据帕累托法则^[16],高风险企业占比 20%。将各非煤矿山综合风险得分由高到低排序,以 2:3:3:2 的比例划分风险等级,即得分前 20%为低风险,得分前 20%~50%为一般风险,得分前 50%~80%为较大风险,得分后 20%为重大风险。若矿山企业存在死亡事故,则直接评定为高风险(期

限为 3 个月)。监管部门可通过下辖非煤矿山动态风险等级进行分级管控。考虑得分排名的局限性,必然存在高风险矿山,引入风险阈值 R_{\max} , 该值为当地所有非煤矿山综合风险得分平均值的 85%(经过数据分析测算得到)。若矿山企业风险排名位于后 20%,但其综合风险得分大于 R_{\max} ,则风险等级降低为较大风险。

3.2 分级监管等级及措施

政府差异化分级监管是划分风险等级的根本目的^[13,17]。根据企业综合风险等级确定监管等级,根据监管等级确定抽查范围及频率,具体见表 5。

表 5 分级监管等级及措施

Table 5 Graded supervision levels and measures

企业综合 风险等级	监管等级	抽查范 围/%	抽查频率	监管措施
重大风险	一级	100	每月 抽查1次	针对扣分严重指标(扣分分值超过总分的75%)的限期整改治理情况进行监管
较大风险	二级	50	每季度 抽查1次	针对扣分较重指标(扣分分值超过总分的50%)的限期整改治理情况进行监管
一般风险	三级	20	每半年 抽查1次	针对扣分一般指标(扣分分值超过总分的25%)的限期整改治理情况进行监管
低风险	四级	10	每年 抽查1次	针对扣分指标的限期整改治理情况进行监管

当地非煤矿山年度平均抽查次数为

$$N = \sum_{k=1}^4 \eta_k s_k N_k \quad (6)$$

式中: η_k ($k=1, 2, 3, 4$, 分别表示监管等级为一、二、三、四级)为监管等级为 k 的非煤矿山占比; s_k 为监管等级为 k 的非煤矿山抽查范围; N_k 为监管等级为 k 的非煤矿山年度抽查次数。

将表 5 中数据代入式(6),得 $N=3.14$ 。若当地非煤矿山数量为 m ,则年度抽查次数为 $3.14m$,较年度普查次数($12m$)减少 74%,监管效率提高 2.82 倍。

4 结论

(1) 目前非煤矿山监管监察模式主要包括安全管理检查和现场安全监管检查 2 种,监测手段落后,信息获取不及时,无法实时监测,且监察效率低,监管监察部门难以全面系统地掌握非煤矿山企业动态变化的安全生产状况。

(2) 基于风险监测预警的非煤矿山监管监察模式从非煤矿山风险监测预警系统中获取人员、环境、设备设施、管理及监测专题 5 个方面的风险监测数据,构建风险监测指标体系,分别以风险点、风险面 2 种方式对数据进行单一风险预警分析和综合风

险报警分析,以实现单一风险预警分级推送和综合风险报警分级管控。

(3) 与现有非煤矿山监管监察模式相比,基于风险监测预警的非煤矿山监管监察模式具有以下特点:① 基于互联网+监察技术,依托非煤矿山风险监测预警系统实现了远程监视和智能巡检,提高了监管监察效率,降低了监察人员现场执法检查频率。② 实现了风险分级预警处置。基于单一风险分级预警触发条件,构建了矿端-集团端-政府端(市应急管理局、省应急管理厅)的风险处置闭环流程,可优化配置及合理利用政府端监察资源。③ 实现了综合风险智能研判。根据综合风险等级(得分),指导矿山企业有针对性地加强安全管理薄弱项建设,实现限期整改项跟踪查询,进一步提高企业安全生产管理水平。

参考文献(References):

- [1] 徐姚. 深层“体检”精准“手术”提升非煤矿山健康指数[N]. 中国应急管理报, 2022-02-09(3).
XU Yao. In-depth "physical examination" and precise "surgery" to improve the health index of non-coal mines[N]. China Emergency Management News, 2022-02-09(3).
- [2] 高亚青. 政府安全监管风险预警方法与模式研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2010.
GAO Yaqing. Research on methods and models of government safety supervision risk early warning[D]. Beijing: China University of Geosciences(Beijing), 2010.
- [3] 康尧. 聚力对标 提升非煤矿山监管水平[J]. 中国应急管理, 2020(11): 54-55.
KANG Yao. Focusing on benchmarking to improve the supervision level of non-coal mines[J]. China Emergency Management, 2020(11): 54-55.
- [4] 李季. 健全国家应急管理体系 防范化解重大风险[J]. 行政管理改革, 2020(3): 4-9.
LI Ji. Improve national emergency management system and prevent major risks[J]. Administration Reform, 2020(3): 4-9.
- [5] 王卸云. 浅谈LEC法在非煤矿山安全评价中的应用[J]. 金属矿山, 2008(1): 110-113.
WANG Xieyun. Preliminary discussion on application of LEC method in safety assessment in non-coal mines[J]. Metal Mine, 2008(1): 110-113.
- [6] 陈小林, 屈世甲, 余九华, 等. 基于风险管控的煤矿安全综合防控体系[J]. 工矿自动化, 2021, 47(8): 15-19.
CHEN Xiaolin, QU Shijia, SHE Jiuhua, et al. Comprehensive prevention and control system of coal mine safety based on risk management and control[J].

- [Industry and Mine Automation](#), 2021, 47(8): 15-19.
- [7] 薛澜, 周玲. 风险管理: “关口再前移”的有力保障[J]. 中国应急管理, 2007(11): 12-15.
XUE Lan, ZHOU Ling. Risk management: a strong guarantee for "moving the gate forward"[J]. Chinese Emergency Management, 2007(11): 12-15.
- [8] 邵奇, 吴晨光. 精益管理前置风险隐患防控[J]. 企业管理, 2017(增刊2): 328-329.
SHAO Qi, WU Chenguang. Prevention and control of pre-risk hidden dangers in lean management[J]. Enterprise Management, 2017(S2): 328-329.
- [9] 刘长青. 非煤矿山安全现状分析及对策措施[J]. 安全, 2016, 37(7): 42-44.
LIU Changqing. Analysis and countermeasures of safety status of non-coal mines[J]. [Safety](#), 2016, 37(7): 42-44.
- [10] 韩颖. 非煤矿山 安监执法查什么[J]. 劳动保护, 2017(6): 31-33.
HAN Ying. What is the safety supervision law enforcement investigation in non-coal mines[J]. [Labour Protection](#), 2017(6): 31-33.
- [11] 张旭超. 工业网络视频监控系统平台的搭建[J]. 无线互联科技, 2018, 15(7): 24-25.
ZHANG Xuchao. Construction of video surveillance system platform in industrial network[J]. [Wireless Internet Technology](#), 2018, 15(7): 24-25.
- [12] 崔振东, 唐益群. 国内外地面沉降现状与研究[J]. 西北地震学报, 2007(3): 275-278, 292.
CUI Zhendong, TANG Yiqun. Domestic and international recent situation and research of land subsidence disasters[J]. [Northwestern Seismological Journal](#), 2007(3): 275-278, 292.
- [13] 黄拴雷. 企业生产安全事故风险分级及分级监察研究[D]. 北京: 首都经济贸易大学, 2018.
HUANG Shuanlei. Research on risk classification and classification supervision of production safety accidents in enterprises[D]. Beijing: Capital University of Economics and Business, 2018.
- [14] 屈世甲, 武福生. 煤矿智能工作面环境安全监测及预警方法研究[J]. 煤矿安全, 2020, 51(8): 132-135.
QU Shijia, WU Fusheng. Study on environmental safety monitoring and early warning method of intelligent working face for coal mines[J]. [Safety in Coal Mines](#), 2020, 51(8): 132-135.
- [15] 宫雯, 李龙清, 许永刚. 基于熵权法与灰色关联度法的煤矿企业信息化水平评价[J]. 工矿自动化, 2012, 38(3): 23-25.
GONG Wen, LI Longqing, XU Yonggang. Evaluation of coal mine informatization level based on entropy weight method and grey correlation degree method[J]. [Industry and Mine Automation](#), 2012, 38(3): 23-25.
- [16] 刘秀英. 对二八管理法则的诠释[J]. 经济理论与经济管理, 2004(8): 57-59.
LIU Xiuying. Interpretation of the 2-8 management rule[J]. [Economic Theory and Business Management](#), 2004(8): 57-59.
- [17] 刘海峰. 基于风险管理理论的政府安全生产监管模式研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2014.
LIU Haifeng. Research on government safety production supervision model based on risk management theory[D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2014.
- (上接第 61 页)
- [10] 陈洋. 大同矿区特厚煤层采动底板变形及破坏深度研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2021.
CHEN Yang. Study on deformation and failure depth of mining-induced floor of extra-thick coal seam in Datong Mining Area[D]. Xuzhou: China University of Mining and Technology, 2021.
- [11] 高银贵, 孔皖军, 陈永春, 等. 特厚煤层综放开采下工作面底板岩层破坏特征[J]. 能源环境保护, 2021, 35(6): 68-75.
GAO Yingui, KONG Wanjuan, CHEN Yongchun, et al. Study on the failure characteristics of the bottom slate layer in the working face of fully mechanized caving in ultra-thick coal seam[J]. [Energy Environmental Protection](#), 2021, 35(6): 68-75.
- [12] 王升阳, 张志巍. 厚煤层综放开采底板采动破坏及渗流特征[J]. 能源与节能, 2022(4): 10-14.
WANG Shengyang, ZHANG Zhiwei. Mining failure and seepage characteristics of fully mechanized caving floor in thick coal seams[J]. [Energy and Energy Conservation](#), 2022(4): 10-14.
- [13] 郭国强. 综放开采特厚煤层采场底板破坏规律研究[J]. 煤田地质与勘探, 2022, 50(8): 53-61.
GUO Guoqiang. Floor failure law of extra-thick coal seam in fully mechanized caving mining[J]. [Coal Geology & Exploration](#), 2022, 50(8): 53-61.
- [14] 于小鸽, 施龙青, 韩进, 等. 损伤底板破坏深度预测理论及应用[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2016.
YU Xiaoge, SHI Longqing, HAN Jin, et al. Theory and application of failure depth prediction of damaged floor[M]. Beijing: China Coal Industry Publishing House, 2016.
- [15] 钱鸣高, 石平五. 矿山压力与岩层控制[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2003.
QIAN Minggao, SHI Pingwu. Mine pressure and rock control[M]. Xuzhou: China University of Mining and Technology Press, 2003.