数据穿透驱动的非煤矿山双重预防机制数智化监管模式研究与应用*

孙旭[1],张双清[2],颜晴琼[3]

(1.郴州市应急救援指挥中心, 湖南 郴州市 423000;
2.郴州市应急管理综合行政执法支队, 湖南 郴州市 423000;
3.湖南铭生安全科技有限责任公司, 湖南 长沙 410012)

摘要:为解决双重预防机制在监管端普遍存在的数据孤岛、风险识别依赖固定阈值、难以穿透企业底层数据等突出问题,探索监管端数智化转型的有效路径,提出"数据穿透—分级预警—响应闭环—执法落地"四级监管框架。该框架通过实现企业底层感知数据与监管端的实时互联,利用时空行为验证、空间静态验证、数据一致性验证等方法,对隐患排查、整改治理及监测数据真实性进行交叉校验。在此基础上,建立预警综合指数模型,实现风险动态识别与分级响应,同时探索基于数字化证据链与"安全风险动态画像"的差异化精准执法路径,提升监管的及时性和精准度。实证结果表明,该模式使矿山监管效能提升超60%,有效降低了事故发生频次,为推动双重预防机制从形式运行向实质运行转变提供了科学方案,为建设更加高效、智能的非煤矿山安全治理体系提供了可行路径。

关键词:双重预防机制;非煤矿山;安全监管;数据穿透;分级响应

中图分类号:TD76 **文献标识码**:A **文章编号**:1005-2763(2026)09-0274-08

Research and Application of Data Penetration-Driven Digital-Intelligent Supervision Mode for Dual Prevention Mechanism in Non-Coal Mines

Sun Xu[1], *Zhang Shuangqing*[2], *Yan Qingqiong*[3]

(1.Chenzhou Emergency Rescue Command Centre, Chenzhou, Hunan 423000, China;
2.Chenzhou Emergency Management Comprehensive Administrative Law Enforcement Detachment, Chenzhou, Hunan 423000, China;
3.Hunan Mingsheng Safety Technology Co., Ltd., Changsha, Hunan 410012, China)

Abstract: To address prominent problems prevalent at the regulatory end of the dual-prevention mechanism, including data island, risk identification relying on fixed thresholds, and difficulties in penetrating enterprise underlying data, and to explore an effective path for digital-intelligent transformation of the regulatory end, a four-level regulatory framework of "data penetration-early warning grading-closed-loop response-law-enforcement implementation" was proposed. By realizing real-time interconnection between enterprise underlying sensing data and the regulatory end, this framework conducts cross-verification on the authenticity of hazard investigation, rectification management and monitoring data using methods such as spatio-temporal behavior verification, spatial static verification, and data consistency verification. On this basis, an early warning comprehensive index model was established to realize dynamic risk identification and hierarchical response. At the same time, a differentiated and accurate law enforcement path based on a digital evidence chain and "dynamic safety risk profile" was explored to improve the timeliness and accuracy of supervision. The empirical results show that this model improves the efficiency of mine supervision by more than 60% and effectively reduces the frequency of accidents. It provides a scientific scheme for promoting the transformation of the dual prevention mechanism from formal operation to substantive operation, and provides a feasible path for building a more efficient and intelligent safety governance system for non-coal mines.

Key words: Dual prevention mechanism, Non-coal mine, Safety supervision, Data penetration, Hierarchical response

* **收稿日期**:2026-03-08
作者简介:孙旭(1986—),男,辽宁盘锦人,工程师,主要从事非煤矿山安全监管工作。E-mail:czfm2199782@163.com

0 引言

安全生产是矿山行业高质量发展的底线要求。非煤矿山作为我国工业原材料供应的重要支撑,其生产作业环境复杂、风险点多面广、事故诱因多样,使得安全监管工作面临严峻挑战。我国于2016年提出双重预防机制这一系统性安全管理理念,核心是将安全风险分级管控与隐患排查治理环节结合,是具有中国特色的安全生产风险防控模式[1]。双重预防机制的构建推动了企业安全管理从“事后处置”向“事前预防”转变,使生产安全事故起数和死亡人数大幅度下降,持续推动企业安全管理水平不断提升[2]。2025年,国家矿山安全监察局先后出台《矿山安全风险监测预警处置工作管理办法(试行)》[3]和《金属非金属地下矿山感知数据接入规范(试行)》[4]两份核心文件,从制度层面明确了矿山感知数据的接入标准、监测预警的处置流程和监管部门的工作职责,要求各地建立统一的矿山安全风险监测预警平台,实现企业感知数据与监管端的直连互通。这标志着非煤矿山安全监管正式进入“数据驱动”时代,也表明非煤矿山双重预防机制建设从以“企业自主建设”为主,转向“政府统一监管、规范推进”的全新阶段。

根据双重预防机制的建设要求,其核心要点之一是通过信息化技术建设企业信息系统,促进企业与信息化的交互和融合,实现安全生产环节全方位信息监管,推进数字化、智能化管控赋能,保障企业安全生产[5-6]。因此,目前研究主要聚焦于解决“企业内部怎么管”的问题,如陈洋洋等[7]利用系统移动端和Web端的跨平台协作,实现磷矿山风险隐患的闭环管理和动态管控,使事故发生概率环比降低了12.67%。梁玉霞等[8]利用自主开发的非煤矿山双重预防信息流转系统,将风险管控与隐患治理的理念流转程序进行系统化构建。张旭等[9]指出,矸山铁矿通过推进双重预防机制运行信息管理平台建设,全面提升了隐患排查治理的积极性、主动性及综合管控水平。张胜利等[10]则基于双重预防机制实现了矿山企业对安全文化的建设实践,既提高了双重预防机制的创建和运行质量,又使安全文化建设不虚、不空、有质感。

然而,在双重预防机制建设从“企业自主建设”向“政府统一监管、规范推进”转型的实际落地过程中,随着非煤矿山安全风险监测系统、人员定位系统和双重预防信息化平台的逐步建设,矿山企业已积累大量生产运行数据。但目前大部分系统仍停留在“数据采集—人工查看—经验处置”的阶段,存在数据孤岛、风险识别依赖固定阈值、监管部门难以穿透企业底层数据等问题,导致双重预防机制在部分矿山出现“线上运行、线下脱节”的现象[11]。同时,在矿山安全监管逐步由“经验监管”向“数据监管”转变的过程中,传统依赖人工经验和固定规则的监管模式已难以适应复杂矿山场景下风险动态演化的实际需求。如何利用数据穿透、智能分析与动态研判技术,实现监管端对风险的主动识别与精准干预,已成为当前非煤矿山安全治理的重要方向。

因此,为满足当前非煤矿山安全监管工作的实际需求,聚焦“数据穿透”与“预警响应”两个环节,提出“数据穿透—分级预警—响应闭环—执法落地”四级监管框架。通过设计监管端数据穿透机制、构建科学的预警分级与响应处置体系、探索数据驱动的精准执法路径,在双重预防机制建设转型过程中,实现其由“形式运行”向“实质运行”的转变,为构建科学、高效、智能的非煤矿山安全治理体系提供可行路径,推动行业安全生产整体水平持续提升。

1 监管端数据穿透机制设计

数据穿透是实现非煤矿山双重预防精准监管的基础和前提,其核心目标是打破企业与监管端之间的数据壁垒,实现企业底层安全生产数据向监管端的实时、真实、全面推送,让监管部门“看得到、看得清、看得透”企业的安全生产状况。为此,需要明确企业端与监管端之间的程序关联,实现数据的标准化及自动化流转。

具体而言,通过对企业现有数据接口进行标准化改造,同时监管部门搭建统一的数据接收平台,从而形成“企业现场采集—系统自动上传—监管平台统一接收—数据实时分析”的闭环数据流转模式[12]。具体流转程序如图1所示。

由图1可以看出,企业端通过各类感知设备、管理系统完成安全生产数据的现场采集,主要包括隐患排查数据、风险管控数据、人员定位数据、监测监控数据等;对数据按照统一标准进行格式化处理,并以20 s/次的上传频率实时推送至监管端统一数据平台,实现数据的实时更新;监管端数据平台对接收的各类数据进行整合、存储、分析,实现“上报—派单—整改—验收”全过程的数据可视化,确保安全生

产责任落实到岗、到人,为监管决策、预警分析、执法处置提供真实、全面的基础数据支撑。同时,数据流转过程中实现了企业端与监管端的双向数据互通,监管端可通过平台向企业端下发监管指令、整改要求,企业端及时反馈整改进展和结果,形成数据交互闭环。通过时空行为验证、空间静态验证、数据一致性验证三种交叉验证模型,对人员行为、整改位置和监测数据进行综合核验,结果见表1。

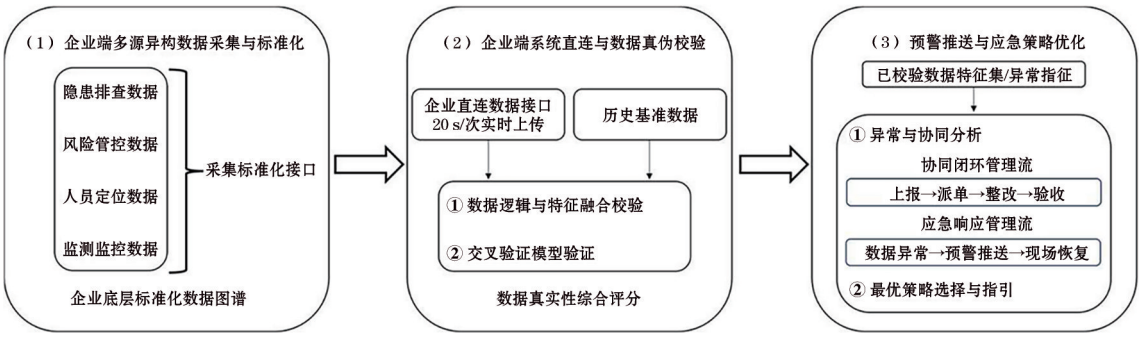


图1 企业端与监管端程序关联图

Fig.1 Procedures correlation of enterprise-level and regulatory-level

表1 交叉验证模型对比

Table 1 Comparison of cross-validation models

对比维度	时空行为验证 (人员定位轨迹和隐患排查时间)	空间静态验证 (整改照片和井下定位)	数据一致性验证 (监测数据和人工记录)
企业端数据源	隐患排查系统提交时间记录与井下实时定位轨迹	手机拍摄照片与井下定位分站静态坐标	监控监测数据与人工日常巡检记录
验证逻辑	对比隐患排查提交时间,与排查人员定位轨迹在该隐患点的停留时间窗口是否重合;核查提交隐患时,人员定位是否显示在该隐患点有效半径内。	对比整改照片生成时的基站ID,与整改人员的定位卡空间坐标是否吻合;核查照片内嵌的位置坐标与井下实际卡位坐标是否一致,照片时间戳与派单时间是否匹配。	计算设备自动监测曲线与人工记录数据点的偏差率;核查人工记录数据与设备自动监测数据是否存在明显矛盾。
判定标准	1.排查人员在隐患点的停留时间窗口与排查提交时间是否重合; 2.提交隐患时,人员定位是否在该隐患点有效半径内; 3.排查时间窗口内有无排查人员在该隐患点的停留轨迹。	1.照片生成的基站ID与整改人员定位卡空间坐标是否吻合; 2.照片内嵌位置坐标与井下实际卡位坐标是否一致; 3.照片时间戳是否明显早于派单时间或晚于整改期限。	1.监测数据与人工记录数据的偏差是否超过设定阈值; 2.人工记录数据与自动监测数据是否完全一致,缺乏合理波动; 3.人工巡检记录是否存在明显的逻辑漏洞。

三种交叉验证的数据真实性校验逻辑具体如下。

(1) 时空行为验证。

定义人员 i 在时间段 Δt 内的实时轨迹集合为 $\boldsymbol{P}_i=\{(\boldsymbol{L}_{it},t)\mid t\in\Delta t\}$,其中 $\boldsymbol{L}_{it}$ 为坐标向量。设隐患排查任务 j 的上报坐标为 $\boldsymbol{L}_j$,提交时间为 t_j,定义验证函数 F_i 如式(1)所示:

$$F_i=\begin{cases}1(\text{正常}),\Delta t\in[t_j-\delta,t_j],\|\boldsymbol{L}_{it}-\boldsymbol{L}_j\|\leqslant R\\0(\text{异常}),\text{其他情况}\end{cases}\tag{1}$$

式中:R 为隐患点有效覆盖半径;δ 为允许的排查所需时长。

(2) 空间静态验证。

定义照片内嵌坐标为 $\boldsymbol{L}_{\mathrm{m}}$,拍摄时手机关联的基站/定位卡坐标为 $\boldsymbol{L}_{\mathrm{s}}$,派单时间为 T_{o},照片拍摄或数据产生的原始时间戳为 T_{p}。定义校验函数 F_{b} 要同时满足空间一致性和时间滞后性,如式(2)所示:

$$F_{\mathrm{b}}=\begin{cases}1(\text{正常}),\|\boldsymbol{L}_{\mathrm{m}}-\boldsymbol{L}_{\mathrm{s}}\|\leqslant\partial\cap T_{\mathrm{p}}>T_{\mathrm{o}}\\0(\text{异常}),\text{其他情况}\end{cases}\tag{2}$$

式中,∂ 为允许的定位误差阈值。

(3) 数据一致性验证。

设自动监控系统在 t 时刻的连续监测值为 $D_{\mathrm{a}}(t)$,人工录入的离散观测值为 $D_{\mathrm{m}}(t)$,得出偏差率 E 如式(3)所示:

$$E=\frac{|D_{\mathrm{m}}(t)-D_{\mathrm{a}}(t)|}{D_{\mathrm{a}}(t)}\times100\%\tag{3}$$

定义数据偏差判定函数为 Ω,如式(4)所示:

$$\Omega=\begin{cases}1(\text{正常}),T_{\min}<E<T_{\max}\\0(\text{异常}),E=0\text{ 或 }E\geqslant T_{\max}\end{cases}\tag{4}$$

式中:$T_{\max}$ 为预设的传感器允许最大误差阈值;$T_{\min}$ 为预设的传感器允许最小误差阈值。

基于上述三种交叉模型,可通过不同数据源之

间的相互比对、相互印证,实现对企业上报数据真实性的精准核验,从而构建起“数据异常—预警推送—现场核查”的闭环,确保监管端接收数据的真实性和可靠性,为监管端科学制定应对策略提供坚实的数据支撑。

2 预警分级与响应处置机制构建

非煤矿山生产作业中的安全风险具有动态性、复杂性、关联性等特点,单一的风险指标难以全面、准确地反映实际风险状况。因此,在实现监管端数据穿透的基础上,需要构建科学的预警分级与响应处置机制,将企业端实时采集的全量感知数据转化为有效的预警信息,实现对非煤矿山安全风险的精准识别、分级预警和快速处置。

为实现上述目标,首先对非煤矿山企业在生产工艺、设备设施、作业环境、人员行为和管理体系等方面存在的多类感知数据进行全量联网,实现系统自动分析、自动预警和自动推送。并设定风险的严重程度(S)、发展趋势(T)和紧迫性(U)为核心风险判定因子[13],得出预警综合指数 I 如式 5 所示。

$$I=\sum_{k\in(S,T,U)} w_k \cdot x_k \tag{5}$$

式中:w_k 为各因子的动态权重,其静态基准值依据专家经验与层次分析法(AHP)确定,并在运行过程中根据企业风险动态画像的五个维度得分进行自适应修正;x_k 为该时刻下非煤矿山在风险严重程度、发展趋势与紧迫性的实时表现分值。

通过模型计算所得的综合指数对安全风险进行量化评估和动态研判,实现对生产工艺、设备设施、人员行为等全量联网数据的自动化分析,并将预警信息等级从高到低划分为红、橙、黄、蓝四级,实现预警的精准推送与分类响应。

在四级分级模型的基础上,进一步构建“企业-县级-市级”三级响应机制,并明确了不同等级预警对应的响应主体和时限要求。其中,蓝色预警会由系统自动推送给企业的安全总监或者当班安全员,要求在 24 h 内完成处置并反馈结果,县级监管部门可实时查看处置进展;黄色预警则由系统自动推送至县级应急管理局,相关部门需要在 48 h 内完成核查工作,并将核查结果录入系统;橙色预警则会自动推送给县级应急管理局分管局长,同时同步推送至市级监管端,要求在 24 h 内启动响应,由县级应急管理局组织执法人员或相关专家赶赴现场核查,并督促企业立即开展整改工作;红色预警实行省级响应、市县配合的模式,预警一旦出现,系统会同时推送到省、市、县三级监管端,企业要立即组织人员撤离,再由省级监管局牵头组织开展核查工作。与此同时,监管端严格执行“值班查看—预警接警—响应处置—分析研判—核查反馈”的闭环流程,对于没有及时接警、未按时反馈的企业,实行分级督办。具体预警分级响应流程如图 2 所示。

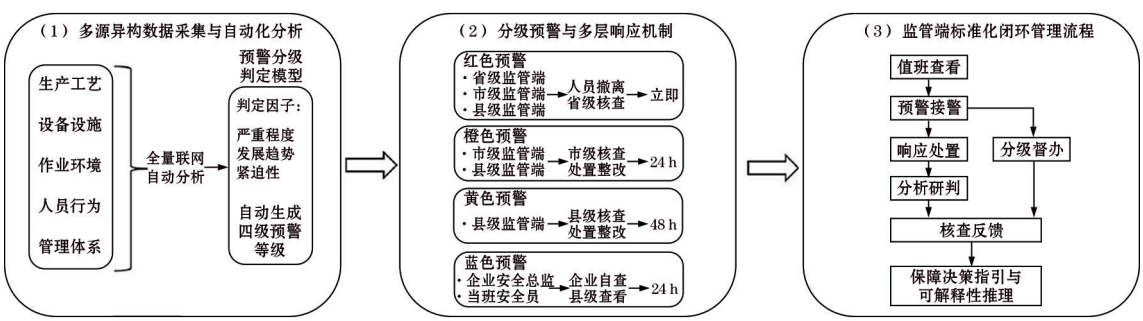


图 2 预警分级响应流程

Fig.2 Flow of graded early warning response

3 数据驱动的精准执法路径

利用预警信息获得的风险提示和执法线索,监管端可通过构建数字化证据链解决传统执法中“取证难、周期长”的问题[14]。当监管端发现黄色及以上预警未按期核查反馈、数据交叉验证识别出明显造假、同类隐患反复出现且企业未采取根本性措施,以及红色预警涉及的违法违规行为等情形出现时,系统将关联“感知异常、交叉验证失效、响应逾期”等节点数据,自动触发执法程序。随后,通过系统自动生成完整的数字化证据链,将“感知数据异常—交叉验证失效—预警推送逾期—现场核查确认”四个关键节点的数据进行关联封装,实现监管端数字化执法[15]。

同时,在数据穿透基础上,可基于专家经验和层次分析法的静态综合评价指标体系[16],监管端为企业建立“安全风险动态画像”,从风险管控能力、隐患治理水平、设备设施安全、人员作业规范、应急处置能力五个维度建立评价指标体系[17-18],对企业安全风险综合评分进行动态更新,并据此实施差异化监管,实现“高风险高频次、低风险少打扰”的监管模式。其中,对于高风险企业,实行“每月必查”,重点检查触发过预警的系统和相关环节;中风险企业则实行“季度抽查”,通过“双随机”的方式来确定具体检查对象;低风险企业采用“半年双随机”检查模式,尽量减少不必要的现场检查。通过差异化检查方式,使监管工作摆脱了以往“地毯式”的盲目检查,转向更为精准的“画像式”监管。

4 工程应用

选取湖南省玉坤矿业集团有限公司(简称玉坤矿业)作为非煤矿山双重预防机制数智化监管试点[19],矿山主营金、锑地下开采,开采规模为 9 万 t/a,矿区面积为 5.908 6 km^2,顶板、通风、提升运输环节风险较为集中。通过接入井下人员定位、通风监测、顶板位移、提升运输及隐患排查治理等数据,实现对矿山主要风险区域的全天候动态监测,依托时空行为、空间静态、数据一致性三类校验模型,常态化开展数据甄别与核验工作。

4.1 应用效果

依托双重预防机制数智化平台,玉坤矿业已初步形成“风险感知—动态预警—隐患治理—闭环验收”的全过程安全管控体系。从平台运行情况来看,矿山在以下事故类型中已实现了较好的风险管控效果。

(1) 坍塌事故。通过顶板位移在线监测、支护巡检与异常趋势预警,实现对重点采场及巷道顶板的风险动态监测。当顶板位移数据超过 3 mm 时,平台立即开启黄色预警,并联动标准化风险数据库推送对应支护与人员撤离措施。应用后,重大事故实现动态清零,顶板风险辨识完整度提升至 90%以上,使顶板异常能够在风险扩大前得到及时处置。

(2) 中毒/窒息事故。通过风速传感器、气体传感器与局部通风设备联动监测,对井下风流异常、局部缺氧及有害气体超限等风险进行 24 h 不间断感知采集并以每 20 s/次的频率自动上传至平台,建立标准数据通道,实现监测实时在线、异常自动识别。

(3) 车辆致害/跑车事故。通过人员定位与运输设备运行轨迹联动分析,当机车司机定位间距小于 5 m 时,系统形成蓝色预警,并配合人员定位、照片坐标、时间戳进行数据验证,实现了异常自动识别与秒级推送,对车辆间距异常、人员误入运输区域等行为进行动态识别。

然而,基于平台“风险研判”和“隐患台账”动态交叉比发现,矿山目前现存重大风险源仍集中在采掘、提升运输和通风系统中。当前平台虽能够实现对多数风险的动态监测与实时预警,但对于复杂风险耦合场景、人员异常行为识别以及事故趋势预测等方面仍存在一定局限性。仍需重点关注的事故类型见表 2。

表 2 重点关注事故类型

Table 2 Key focused accident types

重点事故类型	主要风险诱因	当前管控短板
坍塌	采动扰动、支护滞后	顶板变形趋势预测能力不足
民用爆炸物品爆炸	爆破后人员撤离不彻底	作业行为动态监管不足
跑车	钢丝绳磨损超限、装置机械故障	复合风险动态研判能力不足

基于对已实现有效管控的事故类型,平台累计核验隐患上报千余条,识别出未到现场、轨迹不匹配等虚假上报占隐患上报总数的 3%,虚假上报拦截率 100%,确保隐患排查人员按规定时限对现场隐患进行整改。通过校验治理和验收照片识别,有效甄别异地拍照、超时补拍等异常记录,使整改现场真实性核验准确率超 99%。数智化监管平台应用前后对比见表 3。

由表 3 可知,通过对接风速、顶板位移、人员定位等设备监测数据,识别无合理波动、逻辑矛盾等异常数据,并与人工巡检记录进行对比,计算偏差率不高于 1%。平台接收预警后,企业在 24 h 内处置率达 100%,监管部门可在隐患台账内实时查看处置进度,使矿山隐患整改率从 85%提升至超 99%,监管效能提升超过 60%。

表 3 数智化监管平台应用前后对比

Table 3 Comparison before and after the application of digital intelligent supervision platform

对比维度	传统模式	使用数智化平台	使用效果
事故发生频次	多次停工停产	连续 18 个月平稳运行,重大事故动态清零	重大事故频次下降 100%
违章作业率	违章频发	违章作业率同比下降 30%	违章率降低 30%
隐患排查率	漏报错报多	拍照上报,1～2 min 完成	排查效率提升≥80%
隐患整改周期	平均 3～7 d	平均 1～3 d	整改周期缩短≥50%
隐患整改率	85%	≥99%	整改率提升 14 个百分点
预警响应时间	无自动报警,小时级响应	风险超标实时秒级预警	响应速度提升 99%以上
风险辨识精准度	凭经验、无标准	数据库+一点一码,全覆盖标准化	辨识完整度提升≥90%
安全管理人力成本	专职人员多,成本高	专职人员精简,年省 20 余万元	管理成本降低≥20%
监管执法精准度	地毯式检查	动态画像+数字化证据链,精准监管	监管效能提升≥60%

4.2 优化与改进

数智化监管平台在风险演化规律分析、多源感知融合、智能行为识别及精准监管决策等方面仍存在提升空间,为实现更长效监管,需围绕“感知全面化、分析智能化、预警超前化、监管精准化”的发展方向,对平台功能体系进行持续优化,推动传统风险管控模式向基于数据驱动的主动安全管理模式转变。

(1) 完善感知体系。通过融合人员定位、视频监控、环境监测、设备状态监测等多类型感知数据,在深部采掘工作面、运输巷道、通风系统、提升运输环节以及人员密集区域,优化传感设备布设方案,提高关键风险区域的数据采集密度。

(2) 建立 AI 风险推理模型。基于平台积累的风险数据库、隐患数据、事故案例及现场监测数据,构建人工智能驱动的风险推理模型,深度挖掘风险因素之间的关联关系,建立“风险因素—隐患事件—事故后果”的动态映射关系,实现复杂风险场景下的概率推演和趋势预测,推动风险等级自适应调整,使平台具备对潜在风险发展的提前识别能力,推动安全管理模式由“隐患发现后治理”向“风险演化前干预”转变。

(3) 强化图像智能识别。引入 AI 图像分析技术,在天井、溜井口、配电硐室、运输交叉区域及高风险作业区域部署具备边缘计算能力的智能视频分析设备。对人员安全防护装备佩戴情况、危险区域入侵、人员聚集、违规操作及高风险作业行为进行实时识别,并将识别结果自动关联至风险管控流程,实现“违章行为发现—责任匹配—整改通知—复查验证”的全过程闭环管理。

(4) 打通精准执法路径。依托平台现有动态风险管控、多源交叉校验、分级预警体系,全流程打通“风险感知—数据核验—预警分级—固定证据—线上推送—闭环复查”一体化全过程监管流程。最终形成以数据为核心、模型为支撑、智能算法为驱动的新型安全监管模式,实现双重预防机制由静态管理向动态管控、由经验管理向数据决策、由被动治理向主动防控的全面转变。

5 结论

通过将企业端风险分级管控、隐患排查治理情况以及安全风险的实时感知与监管端进行数据穿透,构建以数据驱动为核心的安全监管模式,实现对企业风险管控和隐患治理情况的实时核查与监管。通过搭建“数据穿透—分级预警—响应闭环—执法落地”四级监管框架,针对矿山风险处置滞后、企业数据造假、监管盲目粗放等现实问题,有效压缩隐患处置周期、提升风险预警时效性与辨识精准度,为推动非煤矿山双重预防机制由形式化运转转向实质性落地提供技术与管理方案。研究得出以下主要结论。

(1) 构建监管端数据穿透机制,实现精准监管。通过搭建“企业现场采集、系统直接对接、监管实时可见”的闭环数据流转模式,重点接入隐患排查治理、风险分级管控、人员定位、监测监控四类核心数据,并设计时空行为验证、空间静态验证、数据一致性验证三种交叉验证模型,打破企业与监管端之间的数据壁垒,使风险辨识完整度提升超 90%,保证了监管端接收数据的实时性、真实性和全面性。

(2) 建立预警分级与响应处置机制,提升监管效率。以风险严重程度、发展趋势及紧急程度为主要判断依据,构建预警综合指数模型,将预警级别划分为红、橙、黄、蓝四个等级。在此基础上搭建“企业-县级-市级”三级联动响应体系,细化不同级别预警对应的责任主体、处置时限与工作流程,通过闭

环管理与分级督办,确保预警信息精准推送、问题快速处置,使矿山整体响应速度提升了 99%以上,隐患整改率提升了 14 个百分点。

(3) 构建差异化精准监管模式,增强监管实效。通过搭建双重预防机制数智化平台,归集数据校验异常、预警逾期、同类隐患等信息,形成完整数字化证据链,为监管执法提供客观、可追溯的数据支撑。经玉坤矿业试点验证,该数智化监管模式使矿山综合监管效能提升 60%,违章作业率同比下降 30%,充分体现了数据赋能矿山精准监管的实践价值。

尽管基于数据穿透的双重预防机制数智化监管模式已在企业端实现了风险管控、隐患排查治理与安全监管数据的有效连通,但在实际推广应用过程中仍需进一步加强多源异构数据融合能力,提高复杂生产环境下风险识别的全面性与精准性。此外,还需进一步完善数据标准体系、校验机制及监管评价方式,强化企业端与监管端之间的数据协同和业务联动,推动双重预防机制向数据驱动的智能预测和主动防控方向转变,为非煤矿山安全监管模式创新及安全治理能力提升提供持续的技术支撑。

参考文献(References):

[1] 中华人民共和国应急管理部.国家安全监管总局关于印发《非煤矿山安全生产"十三五"规划》的通知[EB/OL].(2017-08-24)[2026-03-03].https://www.mem.gov.cn/gk/gwgg/201708/t20170824_241752.shtml.

[2] 陈海莲.双重预防机制下化工企业安全管理优化研究[J].品牌与标准化,2025(6):158-160.
Chen Hailian. Research on safety management optimization of chemical enterprises under dual prevention mechanism [J]. Brand & Standardization,2025(6):158-160.

[3] 国家矿山安全监察局.国家矿山安全监察局关于印发《矿山安全风险监测预警处置工作管理办法(试行)》的通知[EB/OL].(2025-08-13)[2026-03-03].https://www.chinamine-safety.gov.cn/zfxxgk/fdzdgknr/tzgg/202508/t20250813_554349.shtml

[4] 国家矿山安全监察局.国家矿山安全监察局综合司关于印发《金属非金属地下矿山感知数据接入规范(试行)》的通知[EB/OL].(2025-03-17)[2026-03-03].https://www.chinamine-safety.gov.cn/zfxxgk/fdzdgknr/tzgg/202503/t20250317_522958.shtml

[5] 罗兆琛,胡炜杰,卢永前,等.基于数字化转型的石化企业双重预防机制运行效果提升策略[J].现代化工,2024,44(增刊2):13-18.
Luo Zhaochen, Hu Weijie, Lu Yongqian, et al. Strategies for petrochemical enterprises to improve operational effectiveness of dual prevention mechanism based on digital transformation[J]. Modern Chemical Industry, 2024, 44(Suppl.2):13-18.

[6] 陆建东.双重预防机制安全管理现状及改进措施[J].硫磷设计与粉体工程,2025(5):31-35+58.
Lu Jiandong. Current status and improvement measures of safety management under the dual prevention mechanism [J]. Sulphur Phosphorus & Bulk Materials Handling Related Engineering,2025(5):31-35+58.

[7] 陈洋洋,李先福,吝曼卿,等.基于双重预防机制的磷矿山安全管控系统的设计与应用[J].矿业研究与开发,2023,43(1):158-163.
Chen Yangyang, Li Xianfu, Lin Manqing, et al. Design and application of phosphorus mine safety control system based on dual-prevention mechanism[J]. Mining Research and Development,2023,43(1):158-163.

[8] 梁玉霞,陈友良,覃璇,等.非煤矿山双重预防信息流转系统开发与应用[J].矿业安全与环保,2020,47(3):121-126.
Liang Yuxia, Chen Youliang, Qin Xuan, et al. Development and application of dual prevention information transfer system in non-coal mine [J]. Mining Safety & Environmental Protection,2020,47(3):121-126.

[9] 张旭,张俊羽.矿山企业双重预防机制运行信息管理平台建设实践[J].中国金属通报,2025(3):88-90.
Zhang Xu, Zhang Junyu. Construction practice of dual prevention mechanism operation information management platform for mining enterprises[J]. China Metal Bulletin, 2025(3):88-90.

[10] 张胜利,齐彦文.基于双重预防机制的矿山企业安全文化建设实践[J].黄金,2022,43(2):1-5.
Zhang Shengli, Qi Yanwen. Mining enterprise safety culture construction practice based on double prevention mechanism [J].Gold,2022,43(2):1-5.

[11] 张水平,熊思超,陈乐.矿山全员安全风险管控数字化平台的研究与应用[J].矿业研究与开发,2024,44(5):234-242.
Zhang Shuiping, Xiong Sichao, Chen Le. Research and application of digital platform for safety risk management and control of all mine staff[J]. Mining Research and Development,2024,44(5):234-242.

[12] 朱有祥.数字赋能助推危化监管提质增效:山东省青岛市危化品双重预防机制数字化建设调查[J].中国应急管理,2022(4):82-85.
Zhu Youxiang. Digital empowerment promotes quality and efficiency improvement of hazardous chemicals supervision: investigation on digital construction of dual prevention mechanism for hazardous chemicals in Qingdao City, Shandong Province[J]. China Emergency Management,2022(4):82-85.

[13] 李肖,尹力彬,刘峰瑞.高精度三维扫描在矿山安全管理中的应用[J].世界有色金属,2025(17):160-162.
Li Xiao, Yin Libin, Liu Fengrui. Application of high-precision 3D scanning in mine safety management[J]. World Nonferrous Metals,2025(17):160-162.

[14] 白凤波.区块链存证问题研究[D].北京:中国政法大学,2023.

BAI Fengbo. The study of evidence storage issues with blockchain[D]. Beijing:China University of Political Science and Law,2023.

[15] 法子薇,郑旭东,薛国春,等.以据为策:煤矿安全风险预控管理模式之时代变革[J].煤炭经济研究,2026,46(3):190-198.
Fa Ziwei, Zheng Xudong, Xue Guochun, et al. The strategy of evidence: the era of transformation in coal mine risk prevention and control management model [J]. Coal Economic Research,2026,46(3):190-198.

[16] 蒋瑛,戴军,廖文景,等.基于专家经验知识的金属非金属地下矿山安全综合评价研究与应用[J].矿业研究与开发,2025,45(12):162-168.
Jiang Ying, Dai Jun, Liao Wenjing, et al. Research and application of safety comprehensive evaluation for metal and non-metal underground mines based on experience and knowledge of experts [J]. Mining Research and Development, 2025,45(12):162-168.

[17] 李宫觅,肖维.以项目"画像"管理落实双重预防机制的实践探索[J].建筑安全,2025,40(10):75-77+82.
Li Gongmi, Xiao Wei. Practical exploration of implementing the dual prevention mechanism through project "profiling" management[J]. Construction Safety, 2025, 40(10): 75-77+82.

[18] 李志伟,黄起中,赵开功,等.煤化工企业双重预防数字化平台构建与应用[J].中国安全科学学报,2024,34(增刊1):172-178.
Li Zhiwei, Huang Qizhong, Zhao Kaigong, et al. Construction and application of double-prevention digital platform for coal chemical enterprises[J]. China Safety Science Journal,2024,34(Suppl.1):172-178.

[19] 长沙矿山研究院.媒体关注|长沙矿山院自主研发双重预防信息化平台筑牢矿山安全"生命线"[EB/OL].(2026-01-08)[2026-03-03]. http://www.cimr.com.cn/kyxw/qyxw/202601/t20260113_580024.html.