非煤地下矿山双重预防机制信息化系统开发与应用*

廖文景[1,2]，朱振威[1]，戴军[1,3]，王淇萱[1,3]，曾凡超[1,2]

（1.长沙矿山研究院有限责任公司， 湖南 长沙 410012；
2.金属矿山安全技术国家重点实验室， 湖南 长沙 410012；
3.湖南省矿山地质灾害防治与环境再造工程技术研究中心， 湖南 长沙 410012）

摘要：为满足当前非煤矿山风险分级管控与隐患排查治理双重预防机制信息化系统建设的需求，按照双重预防机制建设流程，基于“9+X风险辨识法”与“人本评估法”，采用“一平台、两端、三层次”的业务架构，开发了一套基于B/S架构的非煤地下矿山双重预防机制信息化系统。通过“平台+终端”的数据协同，实现了矿山企业双重预防机制建设与管理工作的全流程精细化与智能化，有效推动了风险管控透明化与隐患治理扁平化。该系统在试点矿山推广应用结果表明，隐患排查治理达成率实现了100%，管理效率提升了90%，显著提升了矿山安全管理效能，促进了全员安全责任体系的落实，推动了安全管理的数字化转型，为非煤矿山企业安全生产标准化建设提供了有力支持。

关键词：非煤地下矿山；双重预防机制；风险分级管控；隐患排查治理；信息化技术

中图分类号：TD76 **文献标识码**：A **文章编号**：1005-2763(2026)07-0071-11

Development and Application of an Information System for the Dual Prevention Mechanism in Non-Coal Underground Mines

Liao Wenjing[1,2], *Zhu Zhenwei*[1], *Dai Jun*[1,3], *Wang Qixuan*[1,3], *Zeng Fanchao*[1,2]

(1.Changsha Institute of Mining Research Co., Ltd., Changsha, Hunan 410012, China;
2.State Key Laboratory of Safety Technology of Metal Mines, Changsha, Hunan 410012, China;
3.Hunan Provincial Engineering Technology Research Center for Mine Geological Disaster Prevention and Control & Environmental Reconstruction, Changsha, Hunan 410012, China)

Abstract: To satisfy the current demand for the construction of information systems supporting the dual prevention mechanism—specifically, hierarchical risk control and hidden danger investigation and governance—in non-coal mines, a Browser/Server (B/S) architecture-based information system tailored for non-coal underground mines was developed. In accordance with the implementation workflow of the dual prevention mechanism, the system was grounded in the “9+X risk identification method” and the “human-centric evaluation method”, and adopted a business architecture comprising “one platform, two terminals, and three levels”. Through data collaboration between the platform and terminals, it had realized entire-process refined and intelligent construction and management of the dual prevention mechanism in mining enterprises, which effectively promoted transparent risk control and flattened hidden danger governance. The application results in pilot mines demonstrate that the completion rate of hidden danger investigation and governance reaches 100%, and management efficiency increases by 90%. The system significantly enhances mine safety management efficacy, facilitates the implementation of the all-staff safety responsibility system, drives the digital transformation of safety management, and provides robust support for the construction of work safety standardization in non-coal mining enterprises.

Key words: Non-coal underground mine, Dual prevention mechanism, Hierarchical risk control, Hidden danger investigation and governance, Information technology

---

* **收稿日期**：2025-05-27
基金项目：金属矿山安全技术国家重点实验室科创基金项目(ZX22J017)；湖南省应急管理厅科技专项项目(2023YJT005)
作者简介：廖文景(1983—)，男，湖南汨罗人，硕士，正高级工程师，主要从事非煤矿山安全风险基础理论创新和管控技术研究工作。
E-mail:65323569@qq.com

0 引言

2016年1月,习近平总书记首次提出,易发重特大事故的行业领域要开展风险分级管控和隐患排查治理双重预防性工作机制建设[1-2]。2021年9月,新修订的《中华人民共和国安全生产法》明确双重预防机制建设为企业的法定职责[3]。双重预防机制作为一种契合新时代要求的安全生产管理理念,通过将“风险管理”与“隐患排查治理”有机融合、推动关口前移,着力破解“认不清”“想不到”等问题,实现预防为主的目标[4]。

近年来,为规范各行业双重预防机制的建设发展,全国各地区陆续出台了相应的实施细则、指南或建设规范[5-7],并取得了显著成效[8-12]。2020年,河南省发布了《河南省煤矿安全生产风险分级管控与事故隐患排查治理双重预防体系建设规定》,山西煤矿安全监察局颁布了《山西省煤矿安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制实施指南》;2021年,河南省发布团体标准《企业双重预防体系信息平台技术规范》;2022年,应急管理部印发《关于印发危险化学品企业双重预防机制数字化建设指南(试行)的通知》;2023年,河北省颁布地方标准《企业双重预防机制信息管理平台建设规范》。当前,双重预防机制已成为矿山安全管理的核心内容[13]。

矿山双重预防机制的落地离不开数字化工具的支撑,如何通过信息化手段优化安全管理流程,成为学界与业界共同关注的课题。针对这一问题,国内外学者已开展系列研究并取得阶段性成果。李月晴等[14]运用物联网技术建立了矿山数字化管控平台,有效提升了矿山生产效率与管理能力。王文凯等[15]基于3S技术搭建了矿山监测监管信息化平台,实现了矿山信息化、动态化监管。Wang等[16]基于数字孪生技术弥补了矿山传统安全管理的不足。由于我国是双重预防机制的提出者,国内学者在矿山双重预防机制与信息化方面成果更为丰富。李垚萱等[17]开发了双重防控体系流程运转程序和表单化表征,实现了双重防控机制安全信息的实时传递和即时推送。胡建华等[18]开发了矿山双控安全管理平台,该平台具有安全培训、风险分级评价、重大风险管控和隐患闭环治理等功能,可为矿山智能化安全管理提供有效模式。陈洋洋等[19]设计并应用了集安全检查管理、风险分级管控、隐患排查治理于一体的智能化综合安全管控系统,实现了对风险隐患的闭环管理和动态管控,进而创建了磷矿安全管理新模式。

综上所述,企业高度重视生产经营单位双重预防机制信息管理平台的建设,但在风险分级管控与现场安全检查维度多呈分立状态,对二者关联性的考量不足,所建信息化系统亦未与现场终端协同运行。同时,近年调研发现,多数非煤矿山企业在双重预防机制信息化建设中缺乏个性化考量,有些企业甚至仍依赖传统纸质报表。有的企业虽已建立信息化的双重预防机制信息管理平台,但风险辨识与分级的理论缺乏普适性,致使部分风险无法被有效辨识或存在分级不合理的情况。另一方面,传统纸质报表依赖人工填写与汇总,耗时费力且易出错,由于纸质工具无法实现实时更新与动态监控,难以及时响应突发情况,且信息传递与共享效率低,严重制约了协同工作与整体运作效果。

针对风险辨识及其分级标准不具普适性、传统纸质工具已无法满足现代矿山安全管理需求的双重难题,亟须借助先进的风险辨识与分级方法及信息化手段提升运行效率与管理水平。因此,开发基于“9+X风险辨识法”与“人本评估法”等信息化技术的双重预防机制系统,可有效满足矿山对风险分级管控与隐患排查治理双重预防信息化建设的需求,对提升非煤矿山安全生产水平具有重要意义。

1 非煤矿山双重预防机制建设流程

1.1 双重预防机制概念

双重预防机制是指通过构建安全风险分级管控和隐患排查治理的双重预防性工作机制,从源头上防范和化解安全风险,实现风险预控和关口前移。该机制从事故预防的内在逻辑和事故致因原理出发,将“风险预控”的先进理念和“隐患排查治理”的成功经验有机结合,旨在将风险控制在隐患形成之前、将隐患消除在事故发生之前,从而有效预防和减少生产安全事故的发生,实现由“管事故”转变为“管风险”[20]。

1.2 非煤矿山双重预防机制建设流程

2022年3月,湖南省出台了《非煤矿山安全风险分级管控与隐患排查治理双重预防机制建设工作

指导手册》，该手册结合非煤矿山的生产实际，按照安全风险辨识、风险等级评定、分级管控、隐患排查与治理和持续改进的流程建设双重预防机制，建设流程如图 1 所示[20]。

(1) 在安全风险辨识方面，运用“9＋X 风险辨识法”进行安全风险辨识。“9＋X 风险辨识法”旨在突出和抓好非煤矿山主要风险的管控。根据原国家安全生产监督管理总局《关于严防十类非煤矿山生产安全事故的通知》(安监总管一〔2014〕48 号)，结合近十年非煤矿山事故统计，非煤矿山需重点关注 9 类主要生产安全事故风险，包括：中毒窒息、透水、冒顶坍塌、坠罐跑车、火灾、爆炸(火药爆炸、放炮)、瓦斯事故、边坡垮塌、尾矿库溃坝。另外按照《企业职工伤亡事故分类》(GB 6441—1986)辨识出矿山其他风险“X”，包括：高处坠落、触电、车辆伤害、物体打击、机械伤害、起重伤害、淹溺、容器爆炸等。非煤矿山企业结合自身生产实际，辨识出自己的“9＋X”风险，突出风险管控重点。

(2) 在风险等级评定方面，运用“人本评估法”进行风险等级评定。该方法是一种以“人”为中心的风险评估方法，按照关键系统(设备、场所、岗位)的同时作业人数或危及人数进行划分，即人数在 10 人以上的为重大风险，3 人以上、10 人以下的为较大风险，1 人以上、3 人以下的为一般风险，1 人以下的为低风险，分别采用红、橙、黄、蓝四种颜色进行标示(见图 2，颜色标识见电子版)。根据风险辨识和评估结果，建立风险信息数据库，并绘制“红、橙、黄、蓝”四色安全风险空间分布图。

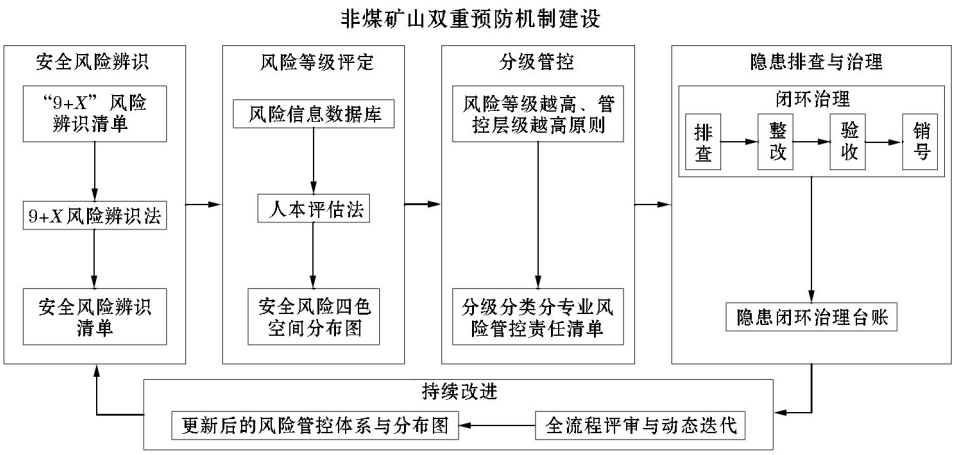


图 1　非煤矿山双重预防机制建设流程

Fig.1　Construction process of dual prevention mechanism for non-coal mines

风险值	风险等级	风险程度	颜色标注
10 人以上	1	重大风险	红
3 人以上、10 人以下	2	较大风险	橙
1 人以上、3 人以下	3	一般风险	黄
1 人以下	4	低风险	蓝
备注：上述所称得到“以上”包括本数，“以下”不包括本数。			

图 2　安全风险等级划分标准

Fig.2　Standards for classification of safety risk levels

(3) 在分级管控方面，应遵循“风险等级越高、管控层级越高”的原则，根据安全风险的等级、所需管控的资源、管控层级的能力及控制措施的复杂程度等确定不同层级的风险控制方式，并分级、分类、分专业建立风险管控责任清单，逐级落实管控任务，形成全员参与、层层负责的风险管控机制。

(4) 在隐患排查与治理方面，双重预防机制将风险管控任务转化为具体的隐患排查任务，对照安全风险管控责任清单，开展隐患排查工作。对于因风险管控措施失效或弱化形成的隐患，应进行分级治理，通过建立隐患排查、整改、验收、销号的闭环机制，确保隐患治理的及时性和有效性。

(5) 在持续改进方面,双重预防机制构建了动态迭代的良性循环。企业每年至少开展一次全流程系统性评审,当生产工艺、开采条件、法规标准发生重大变化,或发生生产安全事故、同类隐患反复出现时,及时组织专项评审。结合评审结果动态更新风险数据库、四色安全风险空间分布图及风险管控、隐患排查清单,溯源补齐机制运行短板,畅通一线反馈渠道,并将运行成效纳入安全生产考核,保障双重预防机制持续适配、长效运行。

2 非煤矿山双重预防机制信息化系统设计

2.1 信息化系统设计理念

非煤地下矿山生产环境复杂,冒顶片帮、中毒窒息、透水、爆炸等事故风险众多。传统管理方式效率低、易出错,且因涉及多部门、多岗位,传递信息不畅,协同效率受限。采用信息化技术可实现数据实时采集、动态监测,打破信息孤岛,实现数据共享和实时交互,有效提升各部门的协同工作水平。

基于非煤矿山双重预防机制建设的总体思路与实施流程,秉持“精简、高效、便捷”的信息化理念,系统设计采用“一平台、两端、三层次”的架构,实现风险分级管控与隐患排查治理的全流程管理与业务闭环。功能涵盖安全风险信息数据库、安全风险动态管控、隐患闭环实时跟踪、安全状态监测预警和安全数据统计分析等主要内容,最终通过手持式终端,实现现场数据的及时采集、上报和任务接收。

2.2 系统体系架构设计

为充分兼顾系统的可扩展性、安全性与易用性,系统架构设计采用 B/S 架构,遵循分层设计理念,构建包含数据资源层、数据接口层及界面交互层的体系架构,如图 3 所示。

(1) 数据资源层。采用 MySQL 集群管理结构化业务数据,确保数据安全性和高可用性;基于 Nginx 构建分布式文件存储系统,实现 CAD 图纸、隐患图片等非结构化数据的高效管理;设计统一数据访问接口,支持多种数据格式的标准化存取。

(2) 服务接口层。基于 Spring Boot 框架构建高性能 RESTful API 接口服务,整合 MyBatis-Plus 实现智能化数据持久层操作,通过 Maven 进行标准化依赖管理。集成 Apache POI 组件,支持高并发场景下的 Excel 文档多线程导入与分页流式导出。设计统一异常处理机制和日志监控体系,确保系统稳定性。

(3) 界面交互层。构建跨平台 Hybrid 混合架构,实现 Web/移动双端功能一致性保障与用户体验优化体系。Web 端采用 Vue3.0 + Ant Design Vue 组件化开发模式,基于 Echarts 企业级数据可视化解决方案实现业务数据多维分析看板。移动端实现了与 Android 系统深度适配,结合 CSS3 媒体查询与视口百分比适配算法构建自适应响应式布局体系,实现手机、平板等全设备显示兼容。

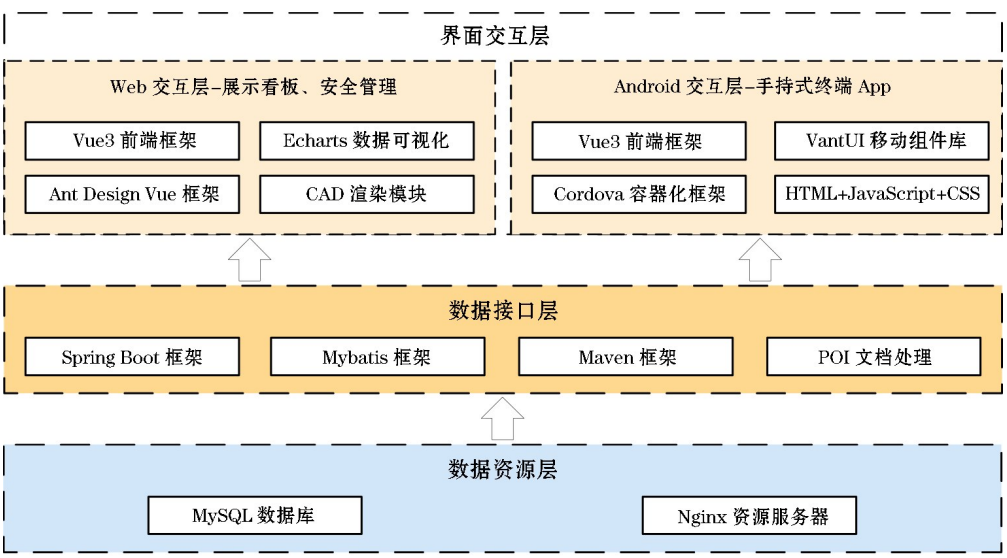


图 3 系统技术架构

Fig.3 Technical architecture of system

2.3　系统业务架构设计

系统采用“一平台、两端、三层次”的业务架构，包括可视化决策平台、安全管理 PC 端和手持式终端，形成完整的业务闭环，如图 4 所示。

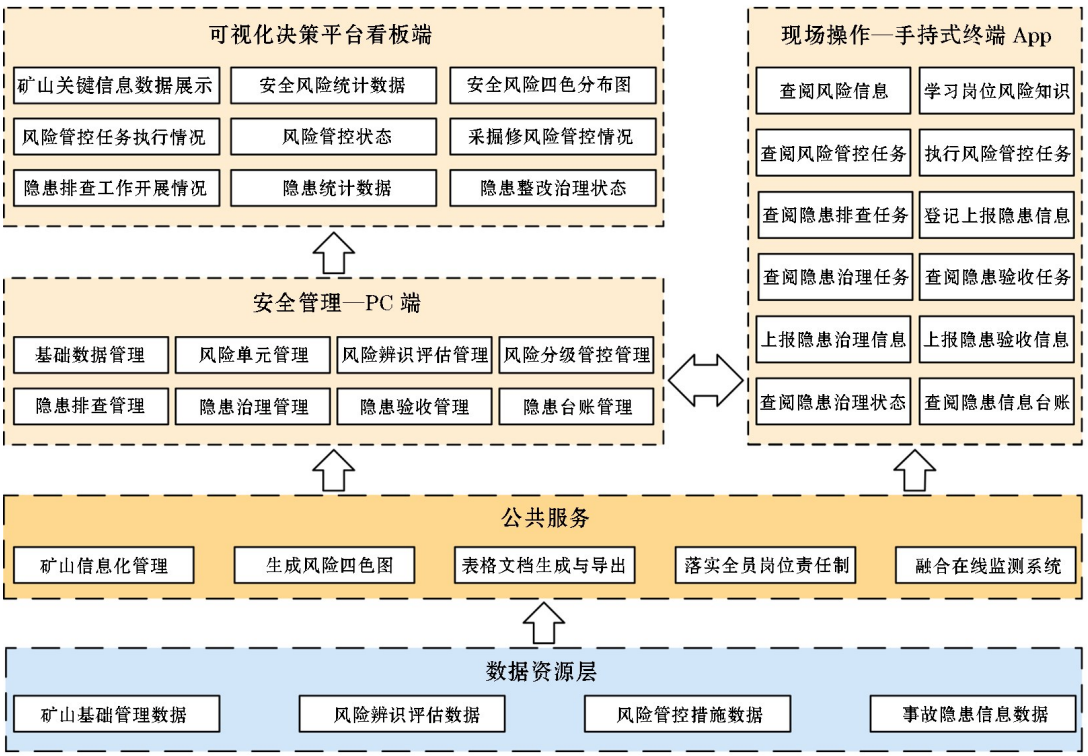


图 4　系统业务架构

Fig.4　Business architecture of system

2.3.1　可视化决策平台

可视化决策平台通过矿山安全生产智能驾驶舱，实现安全态势的实时感知和动态展示。看板端可多维度实时呈现风险四色分布图、全风险统计与分析、风险管控任务执行进度、隐患排查治理状态及重大风险预警信息。该平台可为风险分级预警提供决策支持功能，辅助企业科学调度安全管理资源。

2.3.2　安全管理 PC 端

安全管理 PC 端包含以下 4 个模块：

(1) 基础数据管理模块，通过建立统一的安全管理基础数据库，实现安全生产档案的电子化、标准化管理，并支持多维度数据检索和统计分析；

(2) 安全风险分级管控模块，根据矿山企业的生产组织和风险特点，在划分风险单元、辨识风险类型、评估风险级别、明确管控措施的基础上，结合企业的组织架构制定各层级的安全责任制清单，建立安全生产分级管控数据库，实现风险的分层级精准管控；

(3) 隐患排查治理模块，依据隐患排查治理的“五定原则”，实现隐患排查、分级分类、整改任务派发、过程跟踪与结果验收的全流程闭环管理，同时自动生成隐患排查治理台账，便于实现隐患数据的实时更新和统计分析；

(4) 持续改进模块，建立安全绩效评估体系，涵盖风险趋势分析、隐患类型分析、整改效率分析、事故预测预警及安全投入决策分析等 5 个功能。

2.3.3　手持式终端

手持式终端基于 4G/5G/Wi-Fi 6 无线通信网络，支持二维码扫描识别，便于现场操作人员使用。作业人员采用“扫码巡检”模式，开展风险信息实时查询、管控任务在线执行、隐患信息即时上报及整改任务移动处理。

2.4　系统主要效能

该系统通过“平台＋终端”的数据协同模式，实现风险管控的“透明化”与隐患治理的“扁平化”，有效提升管理效能，其实现安全风险管控及隐患闭环管理流程如图 5 所示。

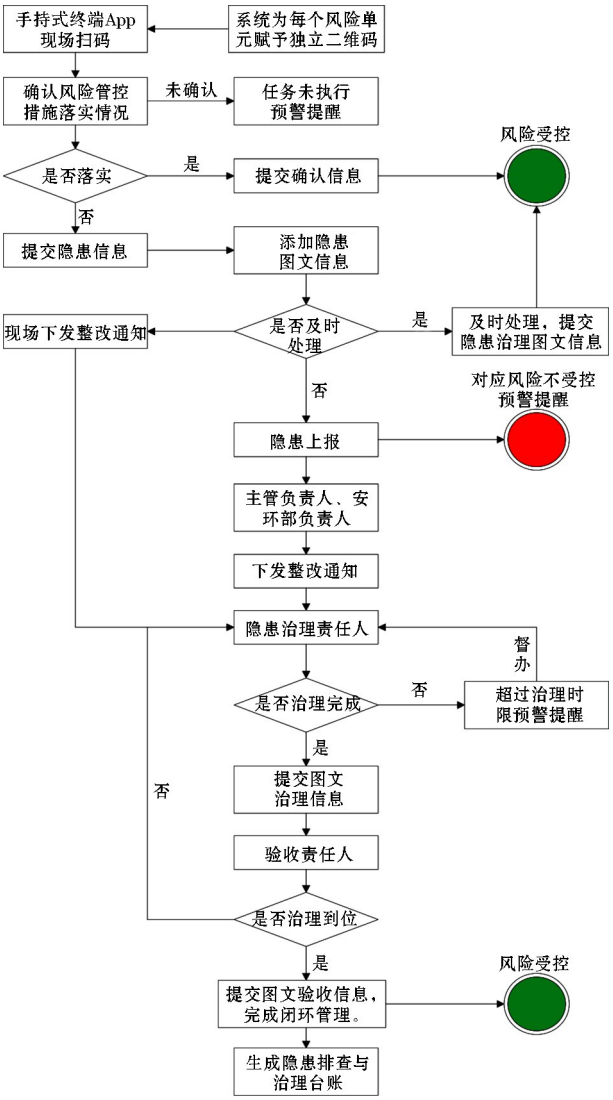


图 5 安全风险管控及隐患闭环管理流程

Fig.5 Flow chart for safety risk control and closed-loop management of hidden danger

3 非煤矿山双重预防机制信息化系统应用

本研究以湖南省玉坤矿业集团有限公司(以下简称玉坤矿业)为应用载体,基于“非煤矿山双重预防机制信息化系统”开展了实践探索。

3.1 系统功能实现

3.1.1 风险分级管控

通过系统部署,全面辨识并整合了玉坤矿业 15 类风险类型、73 个风险单元及 132 个作业岗位数据,如图 6(a)所示;形成了包含重大风险在内的 4 大类风险管控技术措施(见表 1);建立了风险精细化管控策略的动态数据库,如图 6(b)所示。基于“9+X风险辨识法”并结合以“人”为中心的“人本评估法”,系统智能评定风险等级,并辅以红、橙、黄、蓝四色直观呈现风险分布情况。例如,架空人车斜井因存在工作制动器或安全制动器隐患,且日均使用人数≥10 人,经系统评估为重大风险(红色),并自动匹配确定风险管控层级、管控责任单位和责任人,便于管控任务的精准执行。

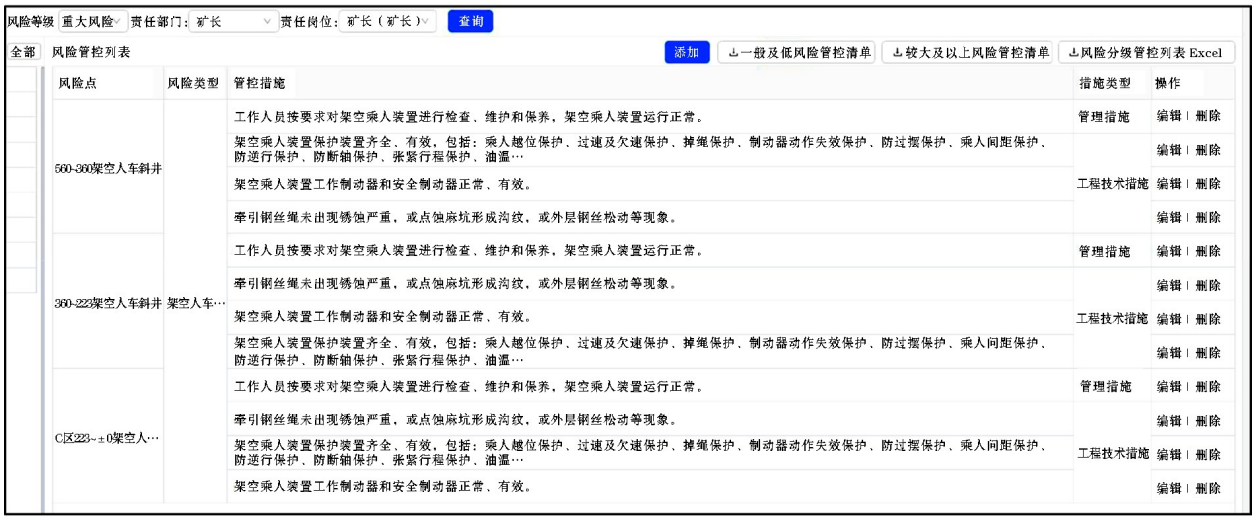
表 1 安全风险分级管控措施类型

Table 1 Types of safety risk classification and control measures

序号	措施类型	风险点	风险类型	管控措施
1	工程技术措施	430 m 主平硐	中毒窒息	封闭废弃巷道和硐室入口,封闭墙上标明编号、封闭时间、责任人、原井巷名称;封闭时留泄水条件。
2	管理措施	430 m 主平硐	车辆伤害	正常行车时机车应在列车前端牵引,无扒乘机车或矿车等违章行为。
3	应急措施	地表炸药库	爆炸	库区消防水池、消火栓、消防沙、灭火器等消防设施配备到位。
4	个体防护措施	地表炸药库	爆炸	炸药库值班人员、保管员、爆破员正确穿戴防静电工作服、自救器等个人防护用品。



(a) 风险辨识



（b）风险管控

图 6　风险分级管控系统界面与清单数据

Fig.6　Risk grading control system interface and inventory data

3.1.2　隐患排查治理

系统构建了“隐患精准排查—智能派单—整改闭环—效果评估”全流程数字化体系，实现了隐患管理从“被动响应”到“主动管控”的转变。根据风险管控措施清单，系统自动生成日常巡检任务与专项排查任务，支持按区域、岗位、设备维度精准推送，并与手持式终端 App 联动，如图 7 所示。井下作业人员操作 App 扫码，即可自动调取作业区域风险清单，逐项核查管控措施落实情况；发现隐患时，可通过“图文＋定位”方式实时上报，替代传统口头汇报模式。同时，系统会自动记录一条隐患从登记到整改治理再到最终验收的全流程信息，包括执行时间、责任部门及责任人，并在各环节保存现场图片，形成清晰的隐患台账。





图 7 手持式终端隐患排查实现

Fig.7 Implementation of hidden danger investigation for handheld terminals

3.1.3 数据统计分析及可视化展示

系统借助多维度数据可视化技术，对安全风险与隐患排查治理情况进行动态呈现和智能分析，为该矿管理层决策提供实时支撑。

在实时监测方面，可视化及大数据分析平台如图 8 所示。

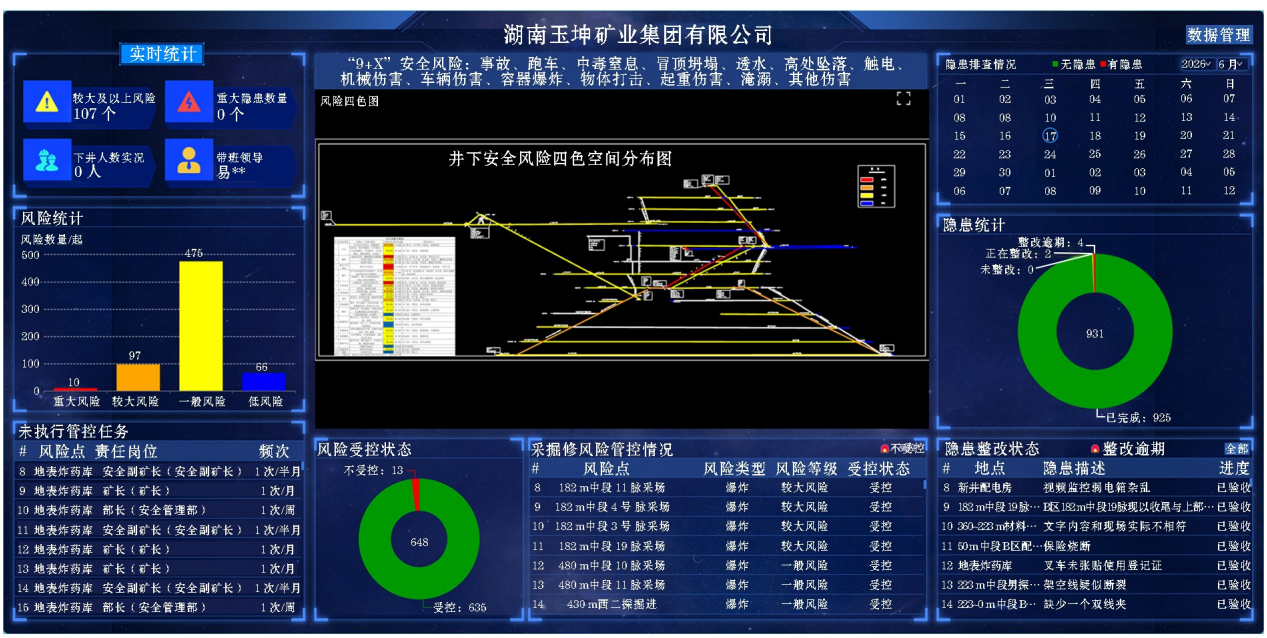


图 8 可视化及大数据分析平台

Fig.8 Visualization and big data analysis platform

从图 8 可以看出，系统首页看板集成显示较大及以上风险数量、重大隐患数量、下井人数及带班领导等信息。在玉坤矿业试点中，系统实时监测到井下＋273 m 中段作业人数为 15 人，因超过阈值 10 人，自动触发区域人数超限预警，并同步向安全管理部门推送预警信息，实现人员管控的动态响应。

在风险分布展示方面，井下风险四色图如图 9 所示。从图 9 可以看出，系统基于三维 GIS 可视化技术，以红、橙、黄、蓝四色直观呈现风险等级分布。例如，520 m 中段因存在中毒窒息风险被标注为黄色，560 m 架空人车斜井因作业人数超 10 人被标注为红色(颜色标识见电子版)，点击风险区域可联动查看管控措施、责任单位及应急处置方案。

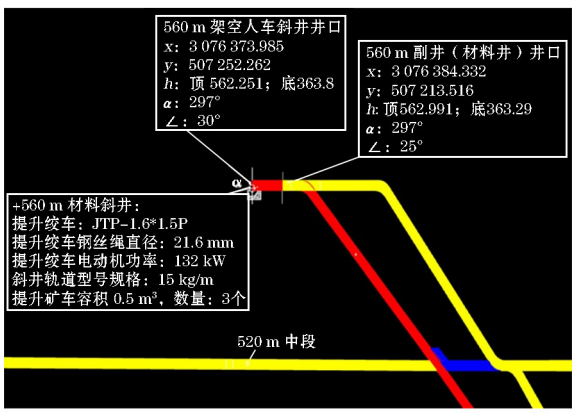


图 9　井下部分区域风险四色图

Fig.9　Four-color map of underground risks in certain region

同时，系统采用柱状图、环形图等对风险等级(如重大风险 10 项、较大风险 69 项)、风险受控状态(受控 470 项，不受控 10 项)、整改状态(已完成 576 条、整改中 1 条，整改逾期 2 条)进行多维度统计。针对采掘修等重点区域设置独立看板，实时跟踪支护质量、通风参数等关键指标，具体指标如图 10 所示。此外，系统还可通过隐患数据及趋势曲线统计预测高风险时段，以辅助资源调配。

采掘修风险管控情况　　不受控

#	风险点	风险类型	风险等级	受控状态
75	C区90-东五探钻探联络加长巷	冒顶坍塌	较大风险	受控
76	C区90-10-2号脉采场	冒顶坍塌	较大风险	不受控
77	C区90-19脉探巷	冒顶坍塌	较大风险	受控
78	430-5#脉采场	冒顶坍塌	较大风险	受控
79	430-7#脉采场	冒顶坍塌	较大风险	受控
80	273A区7号脉采场	冒顶坍塌	较大风险	受控
81	273 B2区9-1号脉采场	冒顶坍塌	较大风险	受控
82	±0 m 中段15脉采场	冒顶坍塌	较大风险	受控

图 10　采掘修风险管控情况

Fig.10　Risk control situation of mining and repair

综上所述，系统构建了从实时监测、风险分布展示到多维度数据统计与趋势分析的完整可视化体系，有效提升了安全管理工作的科学性和精准性。

3.2　系统应用效果

非煤矿山双重预防机制信息化系统在玉坤矿业的应用中，实现了安全管理从“传统经验驱动”向“数字科技赋能”的深度转型，各项关键指标得到显著提升。

(1) 建立了完整的矿山安全风险信息数据库，涵盖该矿 15 种风险类型、73 个风险单元、130 余个作业岗位及 240 余条具体风险管控措施。系统明确了该矿主要风险类型、风险单位、岗位风险清单、管控职责、工作任务和应急处置措施，实现了风险信息的数字化。通过全员共享与实时查询，有效推动了矿山企业全员安全生产责任制的有效落实。

(2) 依托手持式终端的“扫码巡检”功能，支持现场风险管控措施的逐项核查、隐患即时上报、整改任务在线分配及治理过程全程跟踪，同时采用“图文＋定位”的隐患上报方式，确保信息生动具体、准确可靠。该模式有效解决了隐患排查不全面、经验依赖性强、信息传递滞后等问题。各地点一般及重大隐患数量统计如图 11 所示，根据数据统计，隐患排查覆盖了全矿区域，重大事故隐患主要分布在＋430 m 主平硐及动火作业等地点。

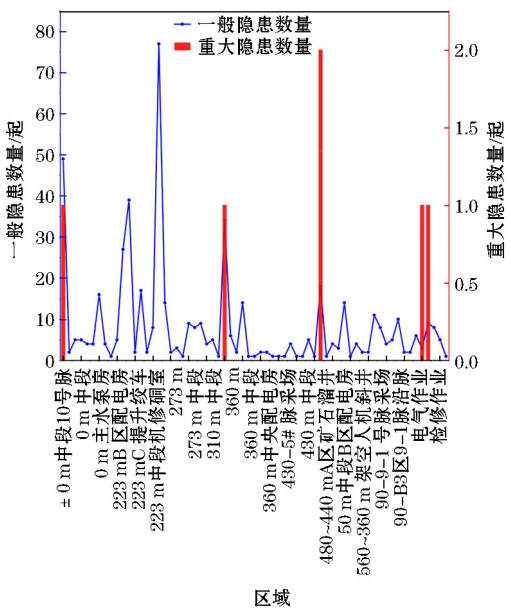


图 11　各地点一般及重大隐患数量统计

Fig.11　Statistics on the number of general and major hidden dangers in each location

(3) 手持式终端和管理 PC 端的数据实时同步，显著提升了信息传递效率和准确率。标准化的整改

流程与指令结合责任人位置信息及专业技能标签,实现了任务的精准推送,大幅提高了隐患治理落实的效率。同时,隐患治理过程可追溯,实现了真正的闭环管理。隐患排查与治理数据对比如图 12 所示,根据对比数据可知,2024 年 10 月至 2025 年 5 月期间矿区隐患治理达成率为 100%,提升了约 30 个百分点。

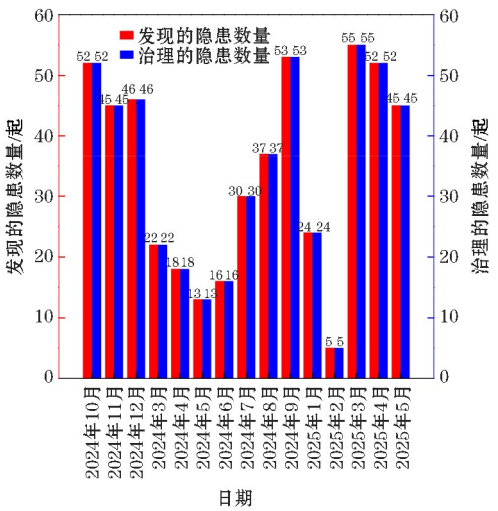


图 12 隐患排查与治理数据对比

Fig.12 Comparison of hidden danger investigation and governance data

(4) 系统运行成效。自系统运行以来,已实现风险管控透明化、风险信息可视化、管控措施标准化、责任落实具体化和隐患治理扁平化,显著提升了风险管控能力与隐患整改效率,大幅降低了安全管理成本,管理效率提升了 90%。数据实时共享、过程全程可溯,同时提供多维度管理视图,支持风险态势实时监控、隐患治理全程跟踪、安全绩效动态评估。

4 结论

根据我国非煤矿山企业双重预防机制建设现状,针对数据统计分析和执行响应的突出问题,以"精简、高效、便捷"为设计理念,采用分布式技术架构设计并开发了"非煤矿山双重预防机制信息化系统",实现数据的高效管理,并在试点矿山成功应用。

(1) 系统设计了"一平台、两端、三层次"的架构。通过安全管理 PC 端实现基础数据的管理、分析与任务分配;手持式移动终端负责现场数据采集和任务执行;可视化决策平台通过多维度数据看板,实现安全态势的实时感知和动态展示,辅助企业科学调度安全管理资源。

(2) 通过试点矿山企业应用,实现了风险管控"透明化"、推动了隐患治理"扁平化",隐患治理达成率为 100%,管理效率提升了 90%,系统的开发为双重预防机制落地提供标准化解决方案。通过管理流程标准化、风险管控精细化、隐患治理规范化,推动矿山安全管理模式的创新,便于企业管理人员实时全面了解安全生产状况、薄弱环节与管理短板,及时调整工作部署。通过逐步减少现有的风险点、降低风险等级,持续提升矿山企业的本质安全程度与现代化安全管理水平。

(3) 系统目前在单个矿山的运用中取得了良好成效,但仍存在较大的扩展空间。后继仍需推广适配各类型矿山,从结构简单的中小型矿山起步,不断扩展系统数据库、优化企业安全管理流程,促进各类型矿山双重预防机制落地。

综上所述,本系统的开发与应用为非煤矿山企业提供了一套完整、简约的双重预防机制信息化解决方案,对防范化解重大安全风险、提升安全管理水平和推进矿山智能化建设具有重要的实践意义和推广价值。

参考文献(References):

[1] 湖南省应急管理厅,长沙矿山研究院有限责任公司.湖南省非煤矿山双重预防机制建设工作指导手册[M].长沙:[出版者不详],2022.
Hunan Provincial Emergency Management Department, Changsha Institute of Mining Research Co., Ltd. Work guidance manual for the construction of dual prevention mechanism in non-coal mines of Hunan Province [M]. Changsha:[s.n.],2022.

[2] 郭涛.基于保护层分析法构建"量锁式"风险分级管控与隐患排查治理双重预防机制模型与应用[J].工业安全与环保,2023,49(8):47-53.
Guo Tao. Modeling and application of dual prevention mechanism of "quantitative lock" risk classification and control and hidden danger investigation and management based on LOPA method [J]. Industrial Safety and Environmental Protection,2023,49(8):47-53.

[3] 贺闪,何延军,任瑞峰.安全双重预防机制建设的实践探讨[J].石化技术,2024,31(5):335-337.
He Shan, He Yanjun, Ren Ruifeng. Practical exploration of the construction of a dual prevention mechanism for safety[J]. Petrochemical Industry Technology,2024,31(5):335-337.

[4] 国务院安全生产委员会办公室.国务院安委会办公室关于实施遏制重特大事故工作指南构建双重预防机制的意见:安委办〔2016〕11 号[N].中国安全生产报,2016-10-14(003).

[5] 贺智勇,许艳之,贺晓琳.河南省煤矿安全管理现状与对策研究[J].河南科技,2023,42(23):60-65.
He Zhiyong, Xu Yanzhi, He Xiaolin. Study on the situation and countermeasures of coal mine safety management in Henan Province[J]. Henan Science and Technology,2023,42(23):60-65.

[6] 张倩.双重预防机制在精细化工领域建设的策略[J].化工管理,2023(29):7-9.
Zhang Qian. Strategy of double prevention mechanism construction in the field of fine chemical industry[J]. Chemical Engineering Management,2023(29):7-9.

[7] 黄东,唐希天.浅谈海洋石油上游企业双重预防机制构建[J].现代职业安全,2023(10):102-104.
Huang Dong, Tang Xitian. On the construction of a dual prevention mechanism for upstream offshore oil enterprises[J]. Modern Occupational Safety,2023(10):102-104.

[8] 王强,林树坤.基于多端应用的煤矿双重预防信息系统研究[J].计算机应用与软件,2023,40(9):93-98.
Wang Qiang, Lin Shukun. Double preventive mechanism information system based on multi terminal application of coal mine[J]. Computer Applications and Software,2023,40(9):93-98.

[9] 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.

[10] 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.

[11] 赵梦洁,杨玉中.基于组合赋权—灰色 VIKOR 的煤矿隐患排查治理能力评估研究[J].矿业安全与环保,2023,50(6):141-146.
Zhao Mengjie, Yang Yuzhong. Study on evaluation of coal mine hidden danger investigation and management capability based on combination weight-gray VIKOR[J]. Mining Safety & Environmental Protection,2023,50(6):141-146.

[12] 胡善志,廖文景,戴军,等.湖南省非煤矿山安全事故统计分析与预防措施[J].矿业研究与开发,2023,43(12):138-143.
Hu Shanzhi, Liao Wenjing, Dai Jun, et al. Statistical analysis and preventive measures of safety accidents in non-coal mines in Hunan Province[J]. Mining Research and Development,2023,43(12):138-143.

[13] 雷长群.安全生产领域基本概念辨析及双重预防机制研究[J].中国安全生产科学技术,2017,13(2):17-21.
Lei Changqun. Study on basic concepts discrimination and double prevention mechanism in the field of work safety[J]. Journal of Safety Science and Technology,2017,13(2):17-21.

[14] 李月晴,牛风蕾,郭庆节,等.基于物联网的矿山数字化管控平台研究与应用[J].中国资源综合利用,2025,43(1):65-69.
Li Yueqing, Niu Fenglei, Guo Qingjie, et al. Research and application of mining digital control platform based on internet of things[J]. China Resources Comprehensive Utilization,2025,43(1):65-69.

[15] 王文凯,宋孟丹,李梦,等.基于 3S 技术的矿山监测监管信息化平台建设研究[J].地质论评,2021,67(增刊1):283-284.
Wang Wenkai, Song Mengdan, Li Meng, et al. Research on the construction of mine monitoring and supervision information platform based on 3S technology[J]. Geological Review,2021,67(Suppl.1):283-284.

[16] Wang Jiaqi, Huang Yanli, Zhai Wenrui, et al. Research on coal mine safety management based on digital twin[J]. Heliyon,2023,9(3):e13608.

[17] 李垚萱,李坤,郭利杰,等.金属非金属矿山双重防控体系信息管理系统设计方法研究[J].中国矿业,2022,31(5):100-106.
Li Yaoxuan, Li Kun, Guo Lijie, et al. Research on design method of information management system of dual prevention and control system in metal and non-metal mines[J]. China Mining Magazine,2022,31(5):100-106.

[18] 胡建华,吴友楠,马凤成,等.矿山安全双控预防性机制信息化平台设计与实现[J].黄金科学技术,2024,32(6):1116-1129.
Hu Jianhua, Wu Younan, Ma Fengcheng, et al. Design and application of information platform for mine safety based on dual control preventive mechanism[J]. Gold Science and Technology,2024,32(6):1116-1129.

[19] 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.

[20] 黄典剑.安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制建设探讨[J].中国安全生产,2017,12(7):36-38.
Huang Dianjian. Discussion on the construction of double preventive mechanisms for classified control of safety risks and investigation and treatment of hidden dangers[J]. China Occupational Safety and Health,2017,12(7):36-38.