

矿山安全风险智能监测 预警系统研究

Research on Intelligent Monitoring and Early Warning System for Mine Safety Risks

王竑达¹, 司书国², 王 淼², 张博文¹, 于倩倩³(1. 中国联合网络通信集团有限公司, 北京 100033; 2. 中国联通山东分公司, 山东 济南 250001; 3. 联通数字科技有限公司, 北京 100033)

Wang Hongda¹, Si Shuguo², Wang Miao², Zhang Bowen¹, Yu Qianqian³(1. China United Network Communications Group Co., Ltd., Beijing 100033, China; 2. China Unicom Shandong Branch, Jinan 250001, China; 3. China Unicom Digital Technology Co., Ltd., Beijing 100033)

摘要:

近年来矿山安全问题频发, 各地政府部门高度重视对矿山的安全监管。通过分析当前矿山安全监管现状, 梳理了矿山安全监管监察数字化转型存在的问题。结合人工智能、大数据等新一代技术, 提出了关于矿山监管部门的矿山安全风险智能监测预警系统。介绍了安全风险一张图、视频智能检测、风险智能识别、风险闭环管理及应急通信调度等系统功能, 阐述了视频智能分析平台和大数据分析平台等系统功能的实现基础, 为提高矿山安全监管执法水平、推进智能化矿山建设、保障矿山安全生产提供参考。

Abstract:

In recent years, safety problems in mines have occurred frequently, and local government departments have increased their safety supervision and management of mines. It analyzes the current situation of mine safety supervision and management, sorts out the problems existing in the digital transformation of mine safety supervision and inspection. Combined with artificial intelligence, big data and other new generation technologies, it puts forward an intelligent monitoring and early warning system for mine safety risks in mining supervision departments. It introduces the functions of safety risk one map, video intelligent detection, risk intelligent identification, risk closed-loop management and emergency communication dispatch, and expounds the implementation basis of video intelligent analysis platform and big data analysis platform, providing reference for improving the level of mine safety supervision and enforcement, promoting intelligent mining construction, and ensuring safe mining production.

Keywords:

Mine safety; Artificial intelligence; Monitoring and early warning; Mine safety supervision department

引用格式: 王竑达, 司书国, 王淼, 等. 矿山安全风险智能监测预警系统研究[J]. 邮电设计技术, 2024(11):25-30.

0 引言

矿山行业作为工业的重要组成部分, 在我国工业中占据着重要地位。但同时其具有生产环境复杂、作业场景多样等特点, 属于特殊高危行业^[1-2]。为保障工业稳定发展和矿山安全生产, 2023年9月, 中共中央办

关键词:

矿山安全; 人工智能; 监测预警; 矿山监管部门

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2024.11.005

文章编号:1007-3043(2024)11-0025-06

中图分类号:TN915.1

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



公厅、国务院办公厅下发的《关于进一步加强矿山安全生产工作的意见》, 指出提高科技创新支撑能力, 强化矿山安全科技支撑体系建设; 健全矿山安全管理体系, 严格开展风险辨识评估并实施分级管控, 提升风险监测预警处置能力; 加强矿山多灾种和灾害链综合监测、风险早期识别和预警预报能力建设。

各地方矿山监管部门需持续增强监测预警能力。当前监管部门的监督管理工作存在诸多问题, 如难以

收稿日期:2024-10-09

发现矿企潜在风险并及时预警;监管监察工作依旧依靠现场检查方式,时效性低且难以全面覆盖;矿山生产全过程监控和风险管理尚未形成完整闭环;政府与企业应急互动渠道未打通,应急响应速度待提高等^[3-4]。

为解决上述问题,本文基于大数据、人工智能等新一代信息技术,围绕当前矿山监察监管存在的瓶颈问题,梳理了其数字化转型需求,并针对性地提出了一套面向监管部门的矿山安全风险智能监测预警系统,设计了满足对区域范围内矿山企业监测预警的系统功能,阐述了支撑系统功能实现的视频智能分析平台和大数据分析平台。本文为有效提升矿山监管部门执法效果,保障矿山有序安全稳定生产提供了一定参考价值^[5-7]。

1 矿山安全监管现状及数字化转型分析

1.1 矿山安全监管现状分析

随着智能化矿山建设的推进,传统监管方式逐渐难以满足对矿山安全监管监察的需求,主要存在风险难发现、监管不全面、全过程监控和风险管理未闭环等问题^[8-9],难以发现矿企潜在风险并及时预警。矿山企业在生产过程中,存在矿区地质风险、设备老化、操作不规范、安全培训不足等问题,预警机制的缺失或不完善会导致无法及时识别并处理潜在风险。

监管监察工作依旧依靠现场检查方式。现场检查是监管监察的传统工作方式,可以用最直接的方式对现场进行监管,但由于监管机构的人力资源和工作时间的限制,监察频率较低,无法对所有矿区进行全面、持续的监管。

矿山生产全过程监控和风险管理尚未形成完整闭环。由于缺少针对生产全流程闭环的监察和 risk 管理系统,风险监测和管理存在潜在断点,会导致风险评估不准确,无法及时采取防范和应对措施。

政府与企业应急互动渠道未打通。当矿山生产作业发生紧急情况时,当前的监管方式缺乏有效的应急协调沟通方式,政府和企业之间的沟通不畅,导致在紧急情况下无法快速、有效地采取行动,延误救援和应急响应。

1.2 矿山安全监管数字化转型分析

针对现有矿山监管存在的监管监察方式单一、矿山安全监管未闭环、应急互动渠道未打通等问题,为推动矿山安全监管数字化升级,矿山安全监管需要在

监测预警能力、监管监察方式、风险及应急管理等方面加以优化。

a) 增强监测预警能力。运用“视频智能分析”技术及时发现人员违规、设备异常等风险隐患,弥补人工视频巡查的不足;并运用“大数据”技术实时分析各矿企的监测数据,识别“明停暗开”等隐蔽风险。

b) 提升监管监察效能。推动矿山安全监管监察模式向远程化、可视化以及“互联网+监管”方式转变,解决人工现场巡查不及时、特殊场所监管不到位的问题^[10]。

c) 风险全链条闭环管理。实现“发现问题、督促整改、反馈结果”的全链条监督管理,让风险从看得清到能处置,从能处置到全流程追踪,提高矿山安全监管监察的效率。

d) 应急事件政企联动。打通政府与企业的应急互动渠道,基于矿企调度室的高清摄像头和音视频通信软件,实现安全监管监察部门与矿企的风险事故信息实时共享、应急事件实时视频会商。

2 矿山安全风险智能监测预警系统概述

矿山安全风险智能监测预警系统是中国联通为满足矿山监管部门监察管理需求建设的自研产品,充分利用了新一代信息技术,实现煤矿及重点非煤矿山关键地点、重点部位重大安全风险的实时识别、监测和精准研判,提高矿山安全监管监察执法效能。

2.1 系统总体目标

系统总体要解决风险发现难、现场巡查难、过程追踪难、应急沟通难等难题。矿山安全风险智能监测预警系统实现了风险智能发现,该功能依托视频 AI 智能识别和大数据分析技术,可实时监控区域内的违规违法行为,解决了风险发现难、不及时等问题;实现了安全远程巡查,解决了现场巡查难、人力不足的问题;实现了应急视频会商,打通了跨部门、单位的应急通信渠道,加快应急处置响应速度并进行精准救援。

2.2 系统定位

系统运用大数据、AI 视频识别技术,通过对企业视频监控系统、环境监测系统、智能用电设备及人员系统的数据分析、预警,全时空监测企业“人、机、环、管”四要素的安全风险,实现“发现问题、督促整改、反馈结果”的全链条监督闭环管理,促进监管监察部门安全监管模式的创新,提高矿山安全监管监察水平

(见图1)。

2.3 系统总体架构

系统根据矿山监管部门的监管需求进行建设,其中系统功能部分为监管部门提供服务。视频智能分析平台和大数据分析平台作为系统功能实现的基础,其部分基础能力可开放给矿山企业,以满足矿山企业风险防控和监管部门监测的需求^[11-12]。

系统功能支持以大屏、PC端、移动端的方式呈现,其中,大屏和PC端系统采用B/S结构,移动端采用C/S结构。在具体部署方面,对于系统功能和基础能力,监管部门通常采用云架构技术进行部署;对于部分开放给矿山企业的基础能力,企业通常采用算力服务器

或算力盒子的形式进行部署。

具体地,视频智能分析平台的源数据来自重点场所和点位的视频监控,该平台通过AI算法和相应的系统功能,实现对潜在风险的识别和评估。大数据分析平台的源数据主要来自视频智能分析平台和其他业务系统,该平台可完成数据的采集、处理和分析等工作。矿山安全风险智能监测预警系统依托上述2个平台实现其功能,并同步至系统呈现部分,直观地展示数据(见图2)。

3 矿山安全风险智能监测预警系统功能研究

系统功能位于总体架构功能实现的上层,是政府

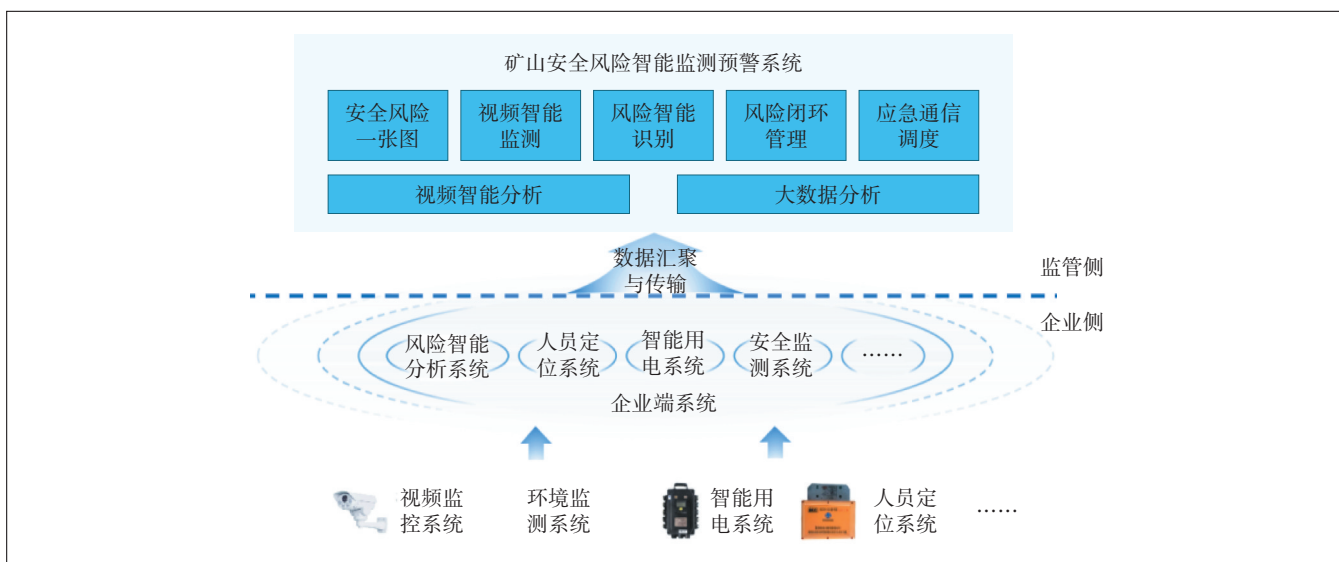


图1 矿山安全风险监测预警系统定位示意



图2 矿山安全风险监测预警系统架构

监管侧预期实现的主要功能。国家有关矿山监管部门对安全风险的监察有具体要求,系统功能设计依据行业标准和政策规定。系统功能建立在底层对基础数据信息的分析识别和分析能力之上,并面向矿山监管部门的监测预警需求进行规划。

3.1 整体功能布局规划

根据《“十四五”国家应急体系规划》《“十四五”矿山安全生产规划》《中共中央办公厅 国务院办公厅关于进一步加强矿山安全生产工作的意见》等国家矿山安全监管相关指示,系统功能主要包括安全风险一张图、风险智能检测识别、风险管理协调3个部分,涉及《煤矿及重点非煤矿山重大灾害风险防控建设工作总体方案》(矿安〔2022〕128号)文件的建设任务要求。

安全风险一张图包括监测预警一张图、安全态势一张图、安全指数一张图3个部分;风险智能监测识别功能包括视频智能监测和风险智能识别2个部分;风险管理协调功能包括风险闭环管理和应急通信调度2个部分(见图3)。

3.2 安全风险一张图模块分析

矿山监管部门通过多种系统呈现方式对矿山企

业生产作业现场和经营信息进行监管,安全风险一张图全面展示了对矿山安全风险的监管数据,为监管人员提供及时可靠的决策支撑。

监测预警一张图通过接入企业视频数据、感知数据,综合运用人工智能、大数据等技术手段,实现对“人、物、环境”等风险因素的实时监测预警。安全态势一张图通过建立安全管理分析模型,对矿山内部开展专项风险分析、对矿山生产系统开展整体风险分析、对区域矿山开展风险分析以及监管力量分析。安全指数一张图平台通过接入矿山监测预警数据、对接监管部门现有信息化平台矿山数据和企业补充填报的有关数据,实现各类矿山安全生产数据的汇聚。

3.3 风险智能监测识别功能研究

3.3.1 视频智能监测

按照《煤矿及重点非煤矿山重大灾害风险防控建设工作总体方案》(矿安〔2022〕128号)文件要求,系统智能识别算法覆盖主井口、副井口、配电柜等11个矿山关键地点、重要部位的应用场景。系统基于AI视频智能分析平台,实现对矿企关键地点、重点部位的重大风险的实时监测、及时识别。

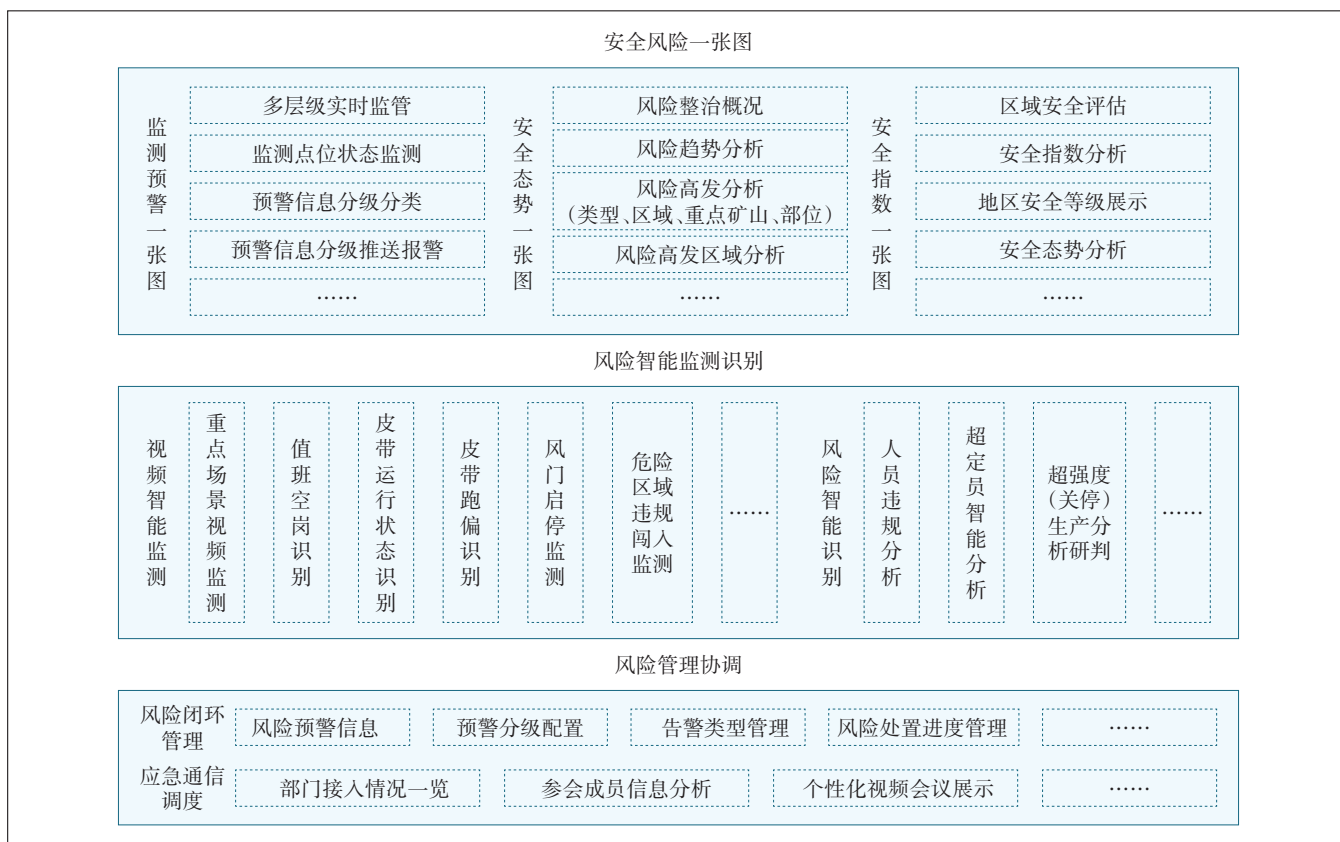


图3 矿山安全风险智能监测预警系统功能整体规划

当前系统智能监测可覆盖井上井下11个应用场景,可识别平均准确率超过90%。系统可对值班空岗识别、安全帽及工作服穿戴识别、提升机危险区域违规闯入、人员乘坐皮带识别、皮带运行状态识别、皮带跑偏识别、风门开启识别、配电室长期无人巡检、巡检人员超长期停留、皮带危险区人员违规闯入、人车同行违规行为等场景的视频进行智能分析(见图4),为生产工作的有序推进提供安全保障^[13-14]。

系统整合了矿山关键点的视频监控画面,为监管部门提供了视频巡查、违规行为一键抓拍上报功能。当监管人员发现风险问题后,可通过视频截图、批注问题来上报风险信息,实现风险排查方式由现场排查向远程巡查的转变。

3.3.2 风险智能识别

a) 人员违规分析。系统运用人员定位设备异常告警、视频AI识别、大数据关联分析等方法,对井下作业人员进行实时精确定位,及时识别并告警井下人员进入危险区域、作业面超定员数量等人员违规行为。

b) 超定员智能分析。矿山监管部门对于非煤矿山重点区域施工操作人员有明确的限制规定,要求进出人员异常报警、授权人员身份识别、进入时间记录等。本模块通过人脸智能识别技术,抓拍实时画面并记录留档,实现下井人员告警分析等功能。

c) 超强度(关停)生产分析研判。通过在变电站、主运输、主通风、主排水、主副提升等重要设备上加装智能用电融合终端,实时监测矿山重要设备的电流、电压、负载等主要数据变化;在采煤机、胶带(刮板)输送机、液压支架上加装智能摄像头,监控相关数据并分析其生产状态,以实现生产状态异常、超强度生产的报警,并生成违章证据。

3.4 风险管理协调功能研究

3.4.1 风险闭环管理

针对发现的风险隐患,系统自动生成告警处置工单,将区域矿山企业风险预警信息可视化,按照标准对预警进行等级配置和处置时限配置,并设定告警类型进行管理,实现风险看得见、风险能处置、超期能告警、流程可追踪的风险闭环管理新模式,全程跟踪风险隐患处置情况,进一步提高安全风险防控水平。

3.4.2 应急通信调度

系统基于矿山调度室安装高清摄像头图像智能分析和音视频通信软件,实时监控调度室值班人员是否空岗、睡岗。当有突发事件或事故应急处置时,系统联动各级矿山安全监管监察部门与矿企进行视频会商,提升应急处置响应效率。

4 系统功能实现基础

系统功能的实现涉及视频信息的智能处理,风险的及时识别并研判,以及多源、多场景数据的采集、治理、分析处理等工作。位于系统总体架构底层的视频智能分析平台和大数据分析平台,满足了对数据处理和智能识别潜在风险的需求,保证了风险智能监测预警的准确性和时效性^[15]。

4.1 视频智能分析平台

系统为矿山监管部门构建视频智能分析能力底座,为被监管的矿山企业提供视频智能分析能力,视频智能分析平台基于此采集各企业需要被监管的数据信息。系统通过汇聚各企业的丰富告警样本数据,对模型算法进行训练、优化并分发至相关企业,进一步提升模型的准确性和应用成效,促进监管监察工作的精细化与智能化。平台主要包括算法仓库、AI算法训练系统、智能视觉一体化管控、云边协同管理和数据分析应用等5个部分,视频智能分析平台子模块能力如表1所示。

4.2 大数据分析平台



图4 视频智能监测功能示意

表1 视频智能分析平台子模块能力

序号	名称	应具备能力
1	算法仓库	结合人员定位系统等业务数据,提供智能化视频分析算法,帮助企业实现矿物采掘生产的风险自动化识别、自动化告警
2	AI算法训练系统	提供算法的一站式开发功能,包括数据管理、数据标注、算法训练、模型评估、模型部署
3	智能视觉一体化管控	提供设备接入、设备管理、智能调度、预警管理、平台运维等模块
4	云边协同管理	将云端和边端一体机进行整合管理,实现数据、应用和服务的共享协同
5	数据分析应用管理	提供多种数据分析应用,以服务的方式开放给上层应用和外部系统

系统为矿山监管部门提供大数据分析“数字底座”,旨在充分利用全国性、政府侧以及企业侧的数据资源,实现数据的深度融合和高效运用。同时,系统通过开展微观场景化、宏观风险态势大数据分析,为挖掘政府侧海量监测数据、识别安全风险、辅助风险研判提供能力平台,为科学决策提供有力支撑。平台主要有全生命周期监控、作业流程配置可视化、数据治理工作台和规则配置可视化4个部分,各个子模块的能力如表2所示。

表2 大数据分析平台子模块能力

序号	名称	应具备能力
1	全生命周期监控	各模块提供相应的监控页面;直观并实时体现出各模块及业务系统的变化情况;从总体上对数据治理的各个环节和过程进行管控
2	作业流程配置可视化	全拖拽式流程设计器;简单操作可完成复杂的ETL作业和作业流程定义;“零”编码、易操作、易阅读、易维护、适用于各类实施人员
3	数据治理工作台	可视化展示各类统计信息;快捷入口,直达关注模块;实时、清晰地查看待办事项;查看各模块情况信息
4	规则配置可视化	质量规则配置可视化;规则可视化界面编辑,“零”编码业务人员易快速上手使用

5 结语

在国家高度重视矿山安全生产的背景下,矿山安全智能监管已成为重要发展趋势。结合新一代信息技术,矿山监管部门将有效提高其灾害智能防控水平。本文提出的监测预警系统是提高矿山安全监管执法水平,保障矿山安全生产的强心剂。监测预警系统基于视频智能分析平台和大数据分析平台等技术底座,针对政府监管和安全生产需要,设计了全面的系统功能,为提高矿山监管部门监察决策保障、促进

智能化矿山建设、提高矿山安全生产提供了一定的参考。

参考文献:

- [1] 白皓,彭英健,陈继福.我国近年来矿山安全生产现状及安全措施[J].中国金属通报,2020(3):216,218.
- [2] 陈阳,吕辉,毕莹,等.国内外典型露天矿山坍塌事故案例分析与启示[J].中国煤炭,2024,50(4):63-67.
- [3] 苏昱.信息化时代下矿山安全监管深层次问题及解决思路[J].世界有色金属,2024(12):223-225.
- [4] 刘懿,史先锋,吴鹏,等.全国非煤矿山总量情况统计分析及监管建议[J].中国安全生产科学技术,2019,15(10):178-183.
- [5] 陶洪明,魏星,张翼翔,等.矿山智能化监察平台研究和分析[J].采矿技术,2023,23(5):189-193.
- [6] 王国法,庞义辉,任怀伟,等.智慧矿山系统工程及关键技术研究与实践[J].煤炭学报,2024,49(1):181-202.
- [7] 丁恩杰,俞啸,夏冰,等.矿山信息化发展及以数字孪生为核心的智慧矿山关键技术[J].煤炭学报,2022,47(1):564-578.
- [8] 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.
- [9] 陈小林.智能化矿山建设背景下的煤矿监管监察模式[J].煤矿安全,2022,53(8):237-241.
- [10] 耿生玲.“互联网+”智能矿山安全监管可靠保障机制研究及应用示范[Z].西宁:青海师范大学,2019.
- [11] 柳小波,范立鹏,秦丽杰,等.机器视觉技术在矿山行业的应用现状与展望[J/OL].有色金属(矿山部分):1-24(2024-08-27)[2024-09-23].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1839.TF.20240824.1732.002.html>.
- [12] 蔡晨晖,梁晓刚,师剑雄,等.矿山视频大数据智能分析与安全生产监控平台研究[J].中国安全生产科学技术,2024,20(1):65-70.
- [13] 李国清,李学玉,侯杰,等.矿山安全隐患辨识与预警大数据分析系统研发[J].金属矿山,2022(6):129-137.
- [14] 杨成龙,李铮.智能视频分析技术在带式输送机中的应用[J].能源与节能,2017(2):42-43,47.
- [15] 蔡万元.浅述大数据在矿山安全监测管理中的应用研究[J].世界有色金属,2019(1):122-123.

作者简介:

王斌达,工程师,硕士,主要从事新一代信息通信技术与能源行业融合应用研究等工作;司书国,高级工程师,学士,主要从事通信工程、工业互联网应用研究等工作;王淼,中国煤炭学会首席科学传播专家,工业互联网技术高级认证专家,主要从事矿山数字化系统研究、智能化矿山建设、矿山5G及IP网络融合应用等工作;张博文,工程师,学士,主要从事5G网络、能源电力通信解决方案等工作;于倩倩,助理工程师,硕士,主要从事工业互联网平台技术的研究工作。