第 9 卷◆第 4 期◆版本 1.0◆2026 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4732 /（中图刊号）：561GL001

煤矿智能化开采工作面安全管控技术探究

张龙
甘肃靖煤能源有限公司大水头煤矿分公司
DOI:10.32629/gmsm.v9i4.2511

[摘　要] 煤矿智能化开采是煤炭工业高质量发展的必然选择,而工作面是高危作业区域,在安全管理方面面临着技术创新和管理创新的双重考验。基于此,本文阐述了智能化开采工作面安全管理的变化实质,指出了目前工作面的安全监控中所存在的问题,主要是缺乏多元信息集成的平台,风险监测预警系统不够完善,工作人员的操作水平参差不齐等方面的问题。针对存在的问题,提出了基于物联网和大数据的工作面多元信息集成监控系统,融入人工智能的风险评估及智能化管理方案,一体化智能化安全预警平台等核心技术手段,并在安全责任制度、标准化作业程序、人员教育及定期演练等方面进行了管理保障方案的阐述。针对某一个具体的智能化工作面案例进行分析,介绍了技术应用的效果以及如何实现“人机环管”的结合。通过研究得出结论,智能化开采工作面的安全管理必须同步进行技术改进和管理升级,建立一个动态感知、准确预警、联动控制、封闭管理的安全体系,才有可能解决好智能化开采的新安全风险。
[关键词] 煤矿智能化；开采工作面；安全管控；多源信息融合；人工智能
中图分类号：TD67　文献标识码：A

Research on safety management and control technology of intelligent mining working face in coal mines

Long Zhang
Dashiutou Coal Mine Branch of Gansu Jingmei Energy Co., Ltd.

[Abstract] Intelligent mining of coal mines is an inevitable choice for the high-quality development of the coal industry. The working face is a high-risk operation area, and safety management faces the dual test of technological innovation and management innovation. This article explains the essence of changes in the safety management of intelligent mining working faces, and points out the existing problems in the current safety monitoring of working faces, mainly the lack of a multi-information integration platform, the imperfect risk monitoring and early warning system, and the uneven operational levels of staff. In response to the two aspects of the problem, a multi-information integrated monitoring system for the work surface based on the Internet of Things and big data was proposed, which incorporated artificial intelligence risk assessment and intelligent management solutions, integrated intelligent safety early warning platform and other core technical means. It also elaborated on the management guarantee plan in terms of safety responsibility system, standardized operating procedures, personnel education and regular drills. This article analyzes a specific case of intelligent work surfaces, introduces the effects of technology application and how to achieve the integration of "human-machine environmental management". Through research, it is concluded that the safety management of intelligent mining working faces must simultaneously carry out technical improvements and management upgrades, and establish a safety system with dynamic perception, accurate early warning, linkage control, and closed management. Only then can it be possible to solve the new safety risks of intelligent mining.
[Key words] coal mine intelligence; mining working face; safety control; multi-source information fusion; artificial intelligence

引言

随着新一代信息技术与煤炭开采技术的深度融合,煤矿智能化建设已进入实质性建设阶段,作为煤矿生产中最危险的工作环境,采煤工作面的智能化程度对矿井安全和生产效益起着

Copyright © This work is licensed under a Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4732 /（中图刊号）：561GL001

决定性作用,采煤机记忆切割、液压支架自动跟机、运输系统自动联动等技术的应用使工作面作业方式由密集型人力劳动向少人化、集中化控制发展,但是智能化开采并没有自动消除安全隐患,反而使风险结构由传统的以人的不安全行为为主变为了人和机器、环境、控制系统高度结合的系统性风险,传统的基于经验判断、阈值报警、人工巡检的安全防控方式已经不能够满足智能化工作面的需求,现阶段一些矿井虽然建立了智能化采煤工作面,但还存在着信息孤岛,计算能力不够,报警和执行分离,工人素质不相称等诸多问题,阻碍了智能化设备的安全性能的正常发挥。因此,对智能化开采工作面的安全管控技术进行系统的研究是十分必要的,明确其技术路线以及管理方法,由被动式的应对转为主动式的防范是十分必要的。本文总结了现状的问题,提出了解决方案,结合实际应用进行了说明,为煤矿智能化安全建设提供了参考。

1 煤矿智能化开采工作面与安全管理概述

煤矿智能开采工作面是指以采煤机自适应割煤、液压支架自动跟机移架、刮板机、转载机智能化联动、泵站自动供液等功能为基础,利用传感网、控制网、决策软件实现采煤过程的少人化或者局部无人化的综采工作面,对其安全状况不再是依靠现场人员的观测,而是通过数据采集、分析建模以及自动控制完成,安全管理的对象也由单纯的以人的行为为主,扩展到了设备健康状况、环境因素变化、控制系统的稳定性和人机互动的协调性等多个方面。因此智能化工作面的安全管理不仅仅是对水、火、瓦斯、顶板等传统危害因素进行防范,还要对算法失效、通信故障、指令错误、人机界面误读等问题进行防控,建立一套符合智能化开采工艺要求的安全管控技术体系及管理模式是保证工作面安全生产的前提条件。

2 当前智能化工作面安全管控面临的主要问题

目前煤矿智能化工作面安全管理仍有以下几个方面的缺陷:多源监测信息融合不够充分,工作面各种类型的传感器信息分散于不同的子系统之中,没有一个统一的时空基准和标准的数据接口,难以对工作面安全情况有一个完整的认识,如支架工作阻力、微震、采煤机位置等信息不能关联起来就无法知道顶板压力以及采煤速度之间的关系,从而影响预警的准确性;风险识别以及决策智能化水平较低,部分监控系统还是以单一参数阈值报警的形式为主,对多种因素相互叠加的复杂的风险识别能力不强,瓦斯超限、顶板冒落、截割问题等非线性、延迟性问题无法正确地进行预警,错误报警和漏报的现象较多,并且系统发现风险之后也不能自动匹配对应的处理措施,仍然需要进行人工判断操作,反应速度和准确率较低;安全预警平台之间缺乏协同合作,安全监控、人员定位、生产控制、应急广播等各自为战,相互之间缺乏信息的沟通交流,难以做到感知——评估——预报——连锁控制的闭环,一些整合平台只做了数据展示的工作,预警信息不能及时变成采煤机减速、支架封闭、人员撤离等控制指令,安全保障的作用有限;人员的安全素养与智能化设备之间存在着一定的差距,工作人员对于智能设备的原理、算法、数据特征等方面的理解不够深入,容易造成误解或者误操作,还有一些工作人员还是依赖传统的工作经验,对智能化的安全预警没有足够的信任,甚至随意去掉自动保护的功能,带来新的隐患,而且还缺少一套适合智能化工作面的安全责任分配,标准化的作业流程,检修维护的管理制度等标准的规章制度,容易出现管理空白和责任不清的问题。这些都阻碍了智能化工作面的安全效益发挥到极致,亟待在技术和管理上共同来解决。

3 提升煤矿智能化开采工作面安全管控水平的技术对策

3.1基于物联网与大数据的多源信息融合监测系统

建立高效稳定的多元信息融合监控体系,要以煤矿智能化开采工作面物联网感知层为基础,对采煤机运行情况、液压支架的位置及压力值、刮板输送机的负荷、泵站情况、瓦斯浓度、风速、粉尘浓度、顶板下沉情况、人员位置及视频图像等信息进行集中采集和标准化处理,在井下设置边缘计算节点,对数据进行时间同步、异常值剔除、滤波及特征提取等操作,减少上传延迟及通信负担,在地面大数据平台上建立工作面统一的数据仓库,对不同传感器的数据集中保存及共享使用,在此基础上,利用卡尔曼滤波、D-S证据理论、贝叶斯网络等方法使不同传感器的数据在时间、空间上对准融合,得到工作面安全状况的整体反映,比如通过对液压支架的工作阻力、活柱下缩量以及微震事件、顶板离层等数据进行联合分析来判断顶板断裂位置及来压强度;将采煤机的运行速度、截割电机电流等信息与瓦斯浓度、通风量等进行匹配关联,来发现运行速度过快导致的瓦斯涌出异常,从而形成统一的信息采集和集成模式,为之后的智能分析、隐患排查、预控措施等奠定良好的数据基础,避免由于信息缺失造成的误判现象。

3.2应用人工智能的风险识别与智能决策方法

多源数据融合基础上加入机器学习以及深度学习的方法能够大大提高危险预见能力和精准度,对于顶板灾害,使用长短时记忆网络、门控循环单元等时序模型对支架压力、活柱下缩量、微震能量等数据进行学习和预测,结合工作面推进速度和地质条件进行预警,能够准确预报周期来压的时间和强度;对于瓦斯涌出异常,建立瓦斯浓度与风量、采煤机运行速度、煤层瓦斯含量、地质情况的多元关系模型,提前发现涌出异常的预兆并计算风险概率;在视觉监控上采用计算机视觉技术对工作面的视频流进行实时监控分析可以及时发现人员误入采煤机运行范围、液压支架护帮板未及时打开、架间空隙过大、设备位移等危险情况,比人工监测更具有持久性、及时性、稳定性、不受劳累影响的特点;在智能决策上,建立工作面安全的知识图谱,将风险事件、致灾因素、解决措施、安全规程的知识系统化地联系起来,当系统检测到危险时自动匹配并给出相应的解决方案,例如降低采煤机牵引速度、停止割煤、闭锁支架动作、启动声光报警或者联锁断电等操作,在集控平台上告知工人进行确认,算法要具有可解释性,给出风险等级的同时还要列出主要影响因素及相关证据,增强工作人员对系统的信心以及配合度。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

3.3构建一体化的智能安全预警平台

一体化智能安全预警平台是安全管控技术落地的主要手段，应该以“感知——评价——预警——控制——反馈”闭环为主要工作方式，全面整合安全监控、生产控制、人员定位、通讯广播、应急救援等系统，接收多源融合监测及人工智能的处理结果，根据预设的风险级别标准发布警报，根据风险等级及种类自动发送联动控制指令，例如顶板来压时降低采煤机的前进速度、停止割煤、锁定相关的支架，通过井下广播以及人员定位卡向危险地带的工作人员发出撤离信号；瓦斯超标时，启动局部通风机调频、断电装置，从而迅速排除隐患。平台还应该有模拟推演及决策支持功能，利用数字孪生或虚拟仿真技术在三维环境中呈现不同的风险状态下的应急响应过程，辅助制定合理的应急方案；系统的结构可以采用微服务的形式并使用统一的数据接口标准，方便各个子系统的接入及扩展，还应该考虑到通信的可靠性及冗余性设计，在井下铺设环网、无线通信、有线备用等多种线路，防止单一网络中断导致的报警及控制无效。因此可以解决当前系统分散、信息不畅、联动不足的问题，大大增强安全管控的及时性和有效性。

4 强化煤矿智能化开采工作面安全管控的管理对策

4.1完善适应智能化的安全责任与标准化操作流程

智能工作面改变了传统岗位分工及工作模式，安全管理主体相应变更，必须明确界定集控员、巡检员、维护员以及安全员的权利和义务，避免职责交叉和管理漏洞。集控员主要负责监控以及修改一些参数，巡检员主要是在工作面上进行设备运行情况监测和异常情况处理，维修人员负责设备的日常维修和故障维修，安全员则对整个工作过程进行监督检查和风险评估，四者之间相互配合，形成协作联动的责任机制。在自动控制与人工干预切换方面也需要有明确的权限范围以及审批程序，避免误操作或者越权操作造成的安全事故，重要的操作应该实行层层审批的制度，在涉及到刮板输送机牵引速度的调节、支架自动跟机的转换等一些重要的环节应该有双人核实或者有班长远程批准方可进行，操作过程要有记录。制定适合智能工作面的标准作业指导书，细化自动跟机的情况下安全检查的内容，人工干预的条件以及方法，设备检修停电挂牌及验电放电的手续，程序代码的修改以及审批程序等内容，让风险分级管控和隐患排查治理的双重预防机制和智能化报警平台结合起来，平台发出的警报消息和风险预警报告自动对应风险级别发送到相关人员手中，作为现场处置及安全管理的参考依据，隐患排查治理的结果也同时上传到系统中，使安全管理从经验主导型变为数据导向型，减少人为疏忽造成的安全隐患。

4.2加强人员技能培训与常态化应急演练

人员素质是智能化安全管理能否发挥作用的决定性因素。智能化工作面需要的是既了解采煤工艺又懂得信息技术的复合型人才，因此需要学习的内容包括智能设备工作原理、传感器及数据的基础原理、智能预警平台的操作方式、报警信息的处理方式、常见故障的判断以及排除方法、人机协作的安全规定等等。采用虚拟现实、增强现实等手段创造一个沉浸式的教学环境，模拟瓦斯超限、顶板来压、采煤机故障、通讯中断等情况，让操作者在接近真实的情况下进行分析判断以及应急处理，增加训练效果。应急演练也要经常化并且要与智能预警系统相结合，检验警报发出、人员撤离、远程控制、现场处置、应急救援等各环节之间的配合情况，演练完成后进行数据分析和过程回放，找出不足之处加以改进。最后，对人员素质进行评价和动态考核，保证在少人情况下每一个人都可以独立面对异常情况。

5 结束语

煤矿智能化开采工作面的安全管理不仅仅是对设备的提升，在技术上和管理上也需要同步改变。本文对目前多种信息集成不足、风险监测智能化低、报警系统联系不紧密以及人员素质不匹配等不足，研制出了基于物联网、大数据的工作面多元信息集成监测平台，引入了智能化的风险识别和智能判断方法，建立了全方位的智能化安全警报平台，实现安全管理由单一的阈值报警转变为多因素的实时监控，由人工干预转变为自动化联动处理。同时，健全安全责任制度、规范操作流程、加强人员教育和常态化演练，落实“人机环管”的联合防护。实践证明只有建立动态感知、及时报警、联锁控制、闭合管理的安全体系，才能有效地应对智能化开采产生的整体安全隐患，达到工作面高产高效的目的。

[参考文献]

[1]张培锦.智能化采掘设备在煤矿高效开采中的应用[J].智慧中国,2026,(8):32-33.

[2]赵文财.煤矿智能化开采技术的关键问题与解决方案[J].能源与节能,2026,(S1):244-246.

[3]公茂强.煤矿开采设备选型配套及开采工艺优化设计[J].矿业装备,2026,(7):29-31.

[4]陈健.采煤工作面智能化开采关键技术及应用实践[J].内蒙古煤炭经济,2025,(12):112-114.

[5]史晓峰,何邦峰,丁永友.煤矿智能矿山自动化开采技术的运用研究[J].内蒙古煤炭经济,2025,(9):151-153.

作者简介：

张龙(1990--),男,汉族,宁夏海原人,本科,机电工程师,研究方向：煤矿智能化。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.