

信息化技术在煤炭安全生产中的应用

杨 欣

鄂尔多斯市能源局 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘 要：煤炭井下作业环境复杂、工序繁多，传统人工管控模式存在信息滞后、管控疏漏等诸多短板，难以适配现代化生产的安全管理需求。本文结合煤炭生产作业特征与安全管控要点，系统梳理各类信息化技术的适配原理与应用类型，依托感知采集、数据传输、数据处理及集成平台四大架构，搭建完整的煤矿安全生产信息化管控体系，深入拓展技术在环境监测、设备管控、人员管理及隐患预警中的落地场景，从设备布局、数据管理、系统运维、人员素养四个维度完善优化举措，全面提升煤炭安全生产的精细化与数字化管控水平。

关键词：煤炭生产；安全生产；信息化技术；智能监测；安全管控

引言：煤炭产业作为我国能源体系的重要支撑，井下生产的复杂性、动态性给安全管理工作带来诸多挑战。传统安全生产管理高度依赖人工经验开展巡查、判别与管控，信息采集不及时、数据整合不全面、隐患排查不彻底等问题长期存在，制约着煤矿安全管理质量的提升。信息化数字化手段能够突破传统人工管控的局限，实现井下生产状态的全天候、全方位动态把控。推进信息化技术与煤炭安全生产深度融合，搭建系统化数字管控体系，是优化煤矿现场管理、规范生产流程、规避安全隐患的重要途径^[1]。

1 煤炭安全生产与信息化技术基础概述

1.1 煤炭安全生产作业特征

煤炭生产多以井下作业模式为主，作业空间相对封闭，整体环境结构复杂多变。井下巷道布局层次交错，采掘工作面空间受限，人员与设备的活动范围受到固定约束。地质条件会随采掘推进持续发生变化，围岩状态、地层结构存在不确定性，外界环境的细微变动都可能引发不稳定工况。作业流程包含采掘、运输、通风、支护等多个工序，工序衔接紧密且作业链条较长。人工参与环节较多，人员长期处于高负荷作业状态，人为操作带来的不确定因素贯穿生产全程。传统生产模式依靠人工现场巡查与经验判断开展管理工作，信息获取存在滞后性，环境状态的动态变化难以被及时捕捉，整体生产过程具备明显的动态性与复杂性。

1.2 煤炭安全生产核心管控维度

煤炭安全生产管控围绕生产全流程形成多维度管理内容，覆盖环境、设备、人员与隐患管理多个层面。环境管控聚焦井下各类工况条件，对空间内的环境状态、地层变化、通风状态开展常态化管理，维持作业空间的基础生产条件。设备管控针对井下采掘、输送、支护等

各类生产设备，落实设备运行状态的常态化管理，保障设备可以稳定维持生产运转。人员管控聚焦一线作业人员的在岗状态、作业行为与活动范围，规范人员作业流程，约束不规范操作行为。隐患管理针对生产过程中滋生的各类安全问题，落实排查、梳理与管控工作，阻断隐患持续演化的通道，维持煤炭生产的整体安全秩序。

1.3 煤炭生产引入信息化的适配原理

煤炭生产传统管理模式依赖人工实操与经验判别，信息采集方式单一，数据更新速度缓慢，无法适配动态变化的井下生产工况。信息化技术依托数字化采集、传输、处理模式，改变传统人工管控的固有短板。该技术可以突破人工巡查的空间与时间限制，对井下各类生产状态开展持续性捕捉与记录。数字化处理模式能够对繁杂的生产信息进行分类梳理与整合筛选，替代传统人工统计的粗放模式。技术应用可实现生产状态的动态梳理，让各类生产信息的传递更加顺畅，为煤炭安全生产的精细化管理提供基础支撑，适配现代煤炭生产的管控发展需求。

1.4 煤炭行业常用信息化技术类型

煤炭行业适配生产场景的信息化技术种类丰富，各类技术适配不同的生产管控场景。传感感知技术多用于井下环境数据与设备状态的采集工作，捕捉各类动态生产数据，完成基础信息收集。网络传输技术承担井下各类数据的输送任务，搭建稳定的信息传输通道，保障数据可以稳定上传与交互。数据处理技术针对海量生产数据开展整理、分类与分析工作，提炼有效生产信息。智能监控技术用于井下作业画面与作业状态的实时把控，实现现场工况的远程可视管理。信息化运维技术负责各类设备、系统的日常维护与更新，保障信息化体系可以长期稳定运行，支撑煤炭安全生产常态化管控。

2 煤炭安全生产信息化整体架构

2.1 安全信息感知采集架构

安全信息感知采集架构属于煤炭安全生产信息化体系的底层基础,承担全场景生产信息的获取工作。这套架构依托各类前端感知设备搭建而成,布设点位覆盖井下采掘工作面、巷道通道、设备机房等全部生产区域。架构内部包含环境感知模块、设备感知模块以及人员感知模块,不同模块对应差异化的信息采集内容。环境感知模块负责捕捉井下气体浓度、温湿度、通风状态等环境参数。设备感知模块记录生产设备的运行状态、工作参数以及启停情况。人员感知模块统计作业人员的位置信息与在岗状态。多模块协同运作可以全方位覆盖生产场景,捕捉生产过程中的各类基础信息,为后续数据传输与处理提供完整、真实的原始数据来源^[2]。

2.2 安全数据传输交互架构

安全数据传输交互架构承担信息化体系的数据流转任务,是衔接前端采集设备与后端处理平台的关键纽带。架构依托井下有线与无线传输网络组建专属传输链路,适配井下复杂的作业环境与封闭空间特性。网络链路根据生产区域分布完成全覆盖布设,消除数据传输的信号盲区与传输断点。该架构可以承接感知采集架构输出的各类原始数据,按照既定传输规则完成数据上传、下发与交互工作。架构内置专属数据传输协议,对各类传输数据进行规范约束,保障数据传输过程的完整性与准确性,规避数据丢失、乱码、错位等问题,维持整个信息化体系的数据流转秩序。

2.3 安全数据整合处理架构

安全数据整合处理架构是信息化体系的数据中枢,负责对传输而来的海量生产数据进行规整梳理。井下生产产生的数据类型繁杂,涵盖数值数据、图像数据、状态数据等多种形式,原始数据存在杂乱无序、冗余量大的特点。这套架构具备数据分类、筛选、清洗、规整的基础功能,可对零散的原始数据进行统一梳理。架构能够剔除无效冗余数据,保留具备应用价值的有效信息,对不同维度、不同类型的数据进行分类归集。规整后的标准化数据可以适配各类管控场景的使用需求,为安全研判、生产管控、隐患梳理等工作提供精准的数据支撑。

2.4 安全生产信息化集成平台架构

安全生产信息化集成平台架构是整个信息化体系的核心载体,汇总整合前端所有层级的功能与数据资源。平台打破单一模块独立运行的局限,将感知采集、数据传输、数据处理等各类功能单元进行统筹整合。平台内部划分多个功能分区,分别对应环境管控、设备管理、

人员管理、隐患管理等不同生产板块。各功能分区保持独立运行的同时,实现数据资源互通共享,打通不同管控板块的数据壁垒。平台可集中展示井下整体生产工况,统筹各类安全生产信息,为现场安全管理、生产调度、隐患管控提供统一的数字化操作载体,搭建起完整的安全生产信息化管控体系。

3 信息化技术在煤炭安全生产中的应用场景

3.1 井下作业环境智能监测应用

井下作业环境存在极强的动态变化属性,各类环境参数的波动会直接影响生产开展的安全性。信息化技术可搭建全天候的智能监测模式,替代传统人工定时巡检的作业模式。各类传感设备布设于井下采掘面、回风巷道、硐室等关键区域,持续捕捉空间内部的气体含量、温度湿度、通风风量等关键参数。系统可自主记录环境数据的变化规律,捕捉参数波动带来的工况变化。监测体系可覆盖井下全域空间,弥补人工巡检存在的疏漏问题。稳定的数据采集模式能够持续反馈井下环境真实状态,让环境管控工作更具针对性,为井下通风调整、区域管控、作业启停等管理工作提供可靠参考^[3]。

3.2 生产设备智能安全管控应用

煤炭井下生产依托大量机电设备完成采掘、运输、支护等工序,设备运行状态直接决定生产整体稳定性。信息化技术可对各类生产设备开展数字化管控,实现设备运行状态的全方位把控。技术设备可采集设备运行转速、负荷、温度、运行时长等基础参数,记录设备日常运行的完整状态。系统可梳理设备运行中的异常工况,捕捉设备老化、部件磨损、操作不当引发的运行偏差。依托数字化记录内容,管理人员可掌握设备运行规律,合理安排设备检修、保养与轮换工作。数字化管控模式摆脱传统定期检修的固化模式,让设备管理贴合实际运行工况,降低设备故障引发的安全问题。

3.3 井下作业人员动态安全管理应用

井下作业人员分布区域广、流动路线复杂,人工管理模式难以精准掌握全员作业状态。信息化技术依托定位与信息采集设备,搭建人员动态管理场景。系统可精准识别井下人员的实时位置、行走轨迹、在岗时长等信息,梳理人员作业的活动范围。管理终端可汇总井下人员分布情况,掌握各作业区域的人员配置状态。针对人员进入危险区域、滞留超时、脱离作业区域等行为,系统可做出有效识别。数字化管理模式可以规范井下人员作业行为,规范人员行走路线,减少违规作业、误入禁区等情况,夯实人员安全管理的基础条件。

3.4 安全隐患智能识别与预警应用

煤炭生产过程的安全隐患具备隐蔽性、动态性的特点,人工排查难以覆盖全部隐患点位。信息化技术依托智能识别系统,对井下生产场景开展全方位隐患排查工作。视频识别、数据研判等技术手段,可针对环境异常、设备故障、人员违规操作等各类隐患开展识别工作。系统可根据隐患危险等级划分不同处置标准,搭配对应的预警方式传递管控信息。管理人员可依托预警内容快速掌握隐患点位与隐患类型,有序开展隐患处置与现场整改工作。智能识别与预警模式能够缩短隐患发现周期,提升隐患管控效率,筑牢煤炭安全生产的风险防控屏障。

4 煤炭安全生产信息化应用优化路径

4.1 优化信息化设备布设布局

煤炭井下采掘范围会随生产进度持续延伸,固定化的设备布设方式难以适配动态变化的井下场景。老旧布设思路容易出现监测点位稀疏、覆盖不均的问题,部分作业区域存在监测空白。结合井下巷道结构、采掘区域分布与生产推进节奏,可对各类感知、传输设备的安装位置进行统筹调整。针对采掘工作面、回风巷、设备硐室等关键区域加密布设点位,提升重点区域的监测精细程度。对长期闲置、信号薄弱、功能重叠的设备进行移位与整合,精简现场设备排布。合理的布局调整可以拓宽监测覆盖范围,强化前端信息采集的完整性,让硬件设备适配井下复杂多变的生产环境^[4]。

4.2 完善安全数据精细化管理模式

煤炭安全生产运行会产生体量庞大、类型多样的现场数据,粗放式管理容易造成数据杂乱、利用率偏低的问题。粗放的数据处理模式难以挖掘数据内在价值,无法为现场管理提供有效支撑。精细化管理模式可对各类生产数据进行分类归集、分层管理,区分环境监测、设备运行、人员管控等不同数据类目。搭建标准化的数据处理流程,清理无效、重复的冗余信息,规范数据存储与调用形式。细化数据管理标准可以提升数据规整度,让各类数据形成有序的资源体系,为安全研判、生产调度、隐患治理提供扎实的数据支撑,提升数字化管控的精细程度。

4.3 健全信息化系统运维管理制度

信息化设备与系统长期处于潮湿、粉尘较多的井下环境,零部件损耗、信号干扰、系统卡顿等问题容易频

繁出现。缺少完备的运维管理方式,会导致信息化体系运行稳定性下降,影响日常安全生产管控工作。针对性搭建常态化运维管理体系,制定适配井下工况的设备检修、系统排查、故障修复流程。明确运维工作的检查重点与维护频次,定期排查硬件设备运行状态与软件系统运行工况。落实系统漏洞修复、数据备份、设备除尘校准等基础工作,减少系统故障发生频次。稳定的运维体系可以保障信息化平台持续平稳运行,维持数字化管控工作的连续性。

4.4 提升全员信息化操作应用素养

信息化系统的落地应用效果,依托一线作业人员与管理人员的操作能力。煤炭行业部分在岗人员传统作业思维根深蒂固,对数字化设备与智能系统的操作掌握不够熟练,操作规范性存在明显不足。常态化开展信息化技能培训工作,围绕设备基础操作、系统功能使用、数据查看研判、简单故障处理等内容开展系统化教学。结合岗位属性划分培训内容,让不同岗位人员掌握适配自身工作的数字化应用技能。逐步转变传统作业思维,培养人员数字化管控意识,减少人为操作失误带来的系统运行问题,夯实煤炭安全生产信息化建设的人力基础。

结束语

煤炭安全生产管理的提质增效,离不开信息化技术的深度赋能与系统落地。完整的信息化架构可统筹井下环境监测、设备运维、人员管控与隐患预警等核心工作,有效弥补传统人工管控的短板。结合矿井生产实际优化硬件布局、细化数据管理、规范系统运维并提升人员数字化操作能力,能够持续优化现场管控模式,夯实井下安全生产基础,推动煤矿安全管理向精细化、智能化方向稳步升级。

参考文献

- [1]李杰.信息化技术在煤炭安全生产中的应用[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(18):157-159.
- [2]邵兵.煤炭安全生产中信息化技术的应用研究[J].内蒙古煤炭经济,2024(10):111-113.
- [3]苏中良,刘淑中.煤炭安全生产中信息化技术的应用[J].数字技术与应用,2025,43(5):109-111.
- [4]王奇.科普信息化技术在煤矿安全生产中的应用探讨[J].科技视界,2023(17):17-20.