

矿井通风安全监控存在的问题与对策

陈宇江

神木县隆德矿业有限责任公司 陕西 榆林 719000

摘要: 矿井通风安全监控是保障煤矿井下作业安全、规避通风灾害的核心技术管控手段,是煤矿安全生产体系的关键支撑。当前我国煤矿通风安全监控工作普遍存在前端设备运行稳定性差、系统数据管控体系不完善、现场运维管理不规范等突出问题,严重制约通风安全风险防控效能。本文系统梳理矿井通风安全监控体系的核心构成与运行特性,从设备适配性、系统功能配置、运维管理机制三个维度深入剖析现存问题的深层成因。结合井下复杂作业环境与智能化管控需求,针对性提出设备优化升级、系统功能迭代、运维体系规范等专项优化对策。研究成果可有效弥补矿井通风监控管控短板,提升通风隐患预判与应急处置能力,为煤矿通风安全精细化、智能化、闭环化管控提供技术与管理参考。

关键词: 矿井通风; 安全监控; 设备运维; 数据监测; 安全管控

引言: 矿井通风安全监控是保障煤矿井下作业安全、规避通风灾害的核心技术管控手段,是煤矿安全生产体系的关键支撑。当前我国煤矿通风安全监控工作普遍存在前端设备运行稳定性差、系统数据管控体系不完善、现场运维管理不规范等突出问题,严重制约通风安全风险防控效能。本文系统梳理矿井通风安全监控体系的核心构成与运行特性,从设备适配性、系统功能配置、运维管理机制三个维度深入剖析现存问题的深层成因。结合井下复杂作业环境与智能化管控需求,针对性提出设备优化升级、系统功能迭代、运维体系规范等专项优化对策。研究成果可有效弥补矿井通风监控管控短板,提升通风隐患预判与应急处置能力,为煤矿通风安全精细化、智能化、闭环化管控提供技术与管理参考。

1 矿井通风安全监控概述

矿井通风安全监控是煤矿安全生产管控体系中的核心组成部分,依托专业化监测传感设备、工业级数据传输系统、后台智能管控平台,对井下全作业面的通风风量、风速、风压、各类有害气体浓度、环境温湿度、主要通风机与局部通风机运行状态等核心参数进行全天候、动态化、不间断监测的专项管控体系。其核心功能是实时捕捉井下通风环境动态变化与通风设备的实际运行状态,第一时间识别风流短路、风流停滞、有害气体异常积聚、通风设备非正常停运等各类安全隐患,为通风系统动态调整、井下作业面安全管控、应急处置决策提供精准、可追溯的数据支撑^[1]。

完整的矿井通风安全监控体系主要由前端多参数监测传感器、本安型数据传输线路、地面后台监控终端、分级预警反馈模块、通风设备联动调控模块构成,各模

块按预设技术标准协同运行,实现通风参数现场采集、稳定传输、智能分析、分级预警、远程调控的全流程一体化管控。相较于地面常规工业监测体系,矿井通风安全监控对监测数据的精准度、井下设备的长期运行稳定性、异常工况的响应时效性要求更高,且所有井下设备需要长期适配高粉尘、高潮湿、空间巷道结构复杂、存在爆炸风险的特殊作业环境,整体运行管控难度显著提升,在实际部署与长期运行过程中也更容易出现各类设备运行故障与体系管控漏洞。

2 矿井通风安全监控现存核心问题

2.1 前端监控设备运行稳定性不足

井下复杂的作业环境是导致通风安全监控设备故障频发的主要原因,多数前端监测传感器、监测设备长期处于高粉尘、高湿度、含腐蚀性气体的工况中,设备极易出现老化、损耗、灵敏度下降等问题。部分气体传感器、风速传感器长期使用后,会出现监测灵敏度衰减、参数漂移的情况,无法精准捕捉井下通风参数变化,导致监测数据偏差较大。同时,井下作业过程中的机械震动、落尘遮挡、设备磕碰等外力影响,会频繁造成传感器探头堵塞、线路松动、设备移位等故障,直接导致监测点位失效、数据中断、参数失真。此外,部分监控设备长期处于连续运行状态,缺乏常态化的检修与校准,设备隐性故障无法及时排查,大幅降低了前端监控设备的运行稳定性与监测可靠性。

2.2 监控系统数据管控存在漏洞

数据是通风安全监控的核心依据,当前矿井通风监控普遍存在数据管控不规范的问题。一方面,数据传输稳定性不足,井下传输线路受环境干扰、线路老化、信

号遮挡等因素影响,容易出现数据延迟、数据丢失、信号中断等情况,导致后台监控终端无法实时掌握井下通风动态,出现监控盲区。另一方面,数据筛选与分析机制不完善,监控系统仅实现基础数据采集与展示,缺乏对异常数据的精准甄别、分类研判功能,部分轻微异常数据被忽略,无法提前预判通风隐患。同时,部分矿井存在数据更新滞后、历史数据留存混乱、数据比对分析缺失等问题,无法通过数据变化规律预判通风系统运行隐患,导致监控数据的应用价值无法充分发挥,难以实现通风安全的前置化防控^[2]。

2.3 监控运维与现场管控不规范

人员运维管控不到位是通风安全监控问题频发的人为核心因素。在日常运维工作中,存在设备巡检不全面、检修流程不规范、校准工作不及时等问题,运维人员多在设备出现明显故障后才开展维修处理,缺乏常态化、预防性的运维意识,隐性故障长期积累,逐步演变为监控失效问题。同时,现场监控点位布设不够合理,部分井下偏远作业区、通风死角、巷道分叉区域存在监控点位缺失、传感器布设密度不足的问题,无法实现井下通风环境全覆盖监控。此外,部分运维人员专业能力不足,对监控设备原理、系统操作、故障排查掌握不熟练,面对设备异常、数据偏差问题时,无法快速精准处理,导致隐患处置滞后,扩大安全风险。

3 矿井通风安全监控问题成因分析

3.1 设备适配性与防护等级不足

部分矿井在通风监控设备选型阶段未严格对照井下实际作业工况划定适配边界,选用的设备防护等级未达到井下高风险作业环境对应的最低标准,设备防尘、防潮、防腐蚀、抗震动性能不足,长期在高粉尘、高湿度、伴随腐蚀性挥发物的复杂井下工况中运行,极易出现核心元件性能衰减与突发性故障损坏。同时,部分服役年限超出行业规程规定的老旧监控设备未按要求及时完成更新换代,设备核心传感元件技术参数落后,监测灵敏度、测量精准度无法适配现代化矿井通风监控的精细化管控需求,运行过程中容易产生超出允许阈值的系统性监测误差。此外,设备安装作业环节未执行标准化防护处理流程,气体传感器探头、本安型传输线路、防爆接线端口等薄弱部位未按规范增设配套防护装置,进一步加剧了设备非正常损耗速度,直接降低全系统的长期运行稳定性^[3]。

3.2 监控系统功能配置不完善

现有通风安全监控系统多侧重基础数据采集与简单预警,智能化、精细化功能配置存在明显短板。系统缺

乏智能数据分析、异常分级预警、隐患趋势研判等核心功能,无法对海量监测数据进行深度处理,难以区分正常数据波动与故障异常数据,导致预警精准度不足,常出现误预警、漏预警现象。同时,监控系统与井下通风调控设备联动性较弱,发现通风参数异常后,无法自动触发通风设备调控、隐患警示等联动操作,完全依赖人工处置,处置效率较低,容易错失隐患管控的最佳时机,无法实现通风安全的自动化、智能化防控。

3.3 运维管理体系与人员能力欠缺

矿井通风监控运维工作缺乏标准化、常态化的管理体系,未建立完善的设备巡检、校准、维修、更换台账,运维工作随机性较强,缺乏系统性规划,导致设备隐性故障无法及时排查。同时,针对运维人员的专业培训体系不完善,人员仅掌握基础设备操作,对故障深度排查、系统调试、数据分析等专业技能掌握不足,整体运维专业水平参差不齐。此外,缺乏有效的考核管控机制,运维人员工作积极性与责任心不足,巡检流于形式,无法保障监控运维工作的质量与效率。

4 优化矿井通风安全监控工作的针对性对策

4.1 优化设备选型与防护,提升设备运行稳定性

结合煤矿井下高粉尘、高潮湿、强震动、存在腐蚀性气体的特殊作业环境特性,针对性优化通风安全监控设备的选型标准,优先选用IP65及以上高防护等级、具备防尘防潮、抗腐蚀、抗冲击震动性能的矿用专业化通风监控设备,所有入井设备必须取得煤矿安全认证,从源头提升设备对井下复杂工况的适配性。(1)建立全矿监控设备全生命周期台账,按季度开展老旧设备、性能衰减设备的专项排查与更换工作,直接淘汰灵敏度不足、测量误差超出规范阈值、故障频发的落后设备,从硬件层面保障前端监测设备长期运行稳定、输出参数精准。强化设备安装施工与日常运维防护,对气体传感器探头、本安型数据传输线路、防爆接线端口等故障高发的薄弱部位,针对性增设配套防护装置,避免粉尘长期遮挡传感元件、水汽侵蚀电路、采掘作业外力碰撞造成的设备损坏。(2)建立严格的设备常态化精度校准机制,严格按照《煤矿安全规程》规定的固定周期对各类通风参数监测传感器进行强制精度校准,及时修正长期运行产生的参数漂移问题,从制度层面杜绝监测数据失真,全面提升前端监控设备的长期运行可靠性与全时段监测精准度^[4]。

4.2 升级监控系统功能,完善数据管控体系

对现有在用的矿井通风安全监控系统进行定向功能升级优化,在原有基础管控框架内增设智能数据处理模

块、异常分级预警模块、长周期数据趋势分析模块,配套植入符合煤矿通风安全管控规范的研判算法,实现对海量实时监测数据的自动筛选、异常工况精准研判、风险等级分类预警,从系统层面有效规避传统模式下频发的误预警、漏预警问题,大幅提升系统预警响应的精准度。(1)同步优化井下数据传输整体架构,更换抗干扰型本安传输线路,升级地面与井下信号接收终端设备,针对性屏蔽井下机电设备产生的电磁信号干扰,保障全链路监测数据传输实时、连续、稳定,杜绝数据传输延迟、数据丢包、信号中断等常见运行问题。(2)完善全链条数据管控机制,规范数据采集、加密留存、专业分析、现场应用的全流程管理标准,建立全周期通风监测历史数据电子台账,通过比对不同作业时段、不同采掘推进阶段的通风参数变化规律,精准预判通风系统尚未显性化的潜在隐患。同时,强化监控系统与主通风机、局部通风机、远程调节风窗等通风设备的硬联动功能,实现异常参数触发后自动分级预警、设备自动调控,全面提升通风安全防控的自动化水平,将隐患处置环节前置,避免风险进一步升级^[5]。

4.3 规范现场运维管理,强化人员专业能力

建立标准化、常态化的矿井通风安全监控专项运维管理体系,制定覆盖全品类设备的巡检、校准、维修、保养全链条作业流程,明确不同区域设备的运维频次、作业技术标准与岗位管控责任,将传统故障事后处置模式转向设备故障预防性排查、常态化主动养护,从制度层面杜绝重故障维修、轻日常养护的普遍问题。(1)全面优化井下监控点位布设方案,结合采掘工作面推进动态定期开展监控盲区专项排查,补全偏远巷道、通风死角、临时作业面的缺失监测点位,根据不同区域的风险等级合理调整传感器布设密度与安装高度、安装位置,实现井下全作业区域通风环境全方位、无死角覆盖监控。(2)强化一线运维人员专业化定向培训,围绕监控设备工作原理、现场标准化操作、常见故障快速排查、

后台系统参数调试、监测数据深度分析等核心内容开展分批次专项培训,配套开展现场实操考核,全面提升人员专业技能与现场处置能力。建立配套的运维岗位量化考核机制,细化各环节工作考核指标,强化日常巡检、设备运维、隐患处置全流程的痕迹化管控,倒逼运维人员严格按照规范开展作业,保障通风安全监控体系长期稳定、高效运行。

结束语

综上所述,矿井通风安全监控体系的规范化、智能化运行是煤矿安全生产的重要保障,当前设备性能不足、系统功能滞后、运维管控缺位等多重问题,共同制约了通风安全防控工作质效。设备适配性差、数据管控漏洞、人员专业能力薄弱是各类监控隐患滋生的核心诱因。本文立足矿井井下特殊作业环境,从硬件升级、系统优化、管理提质三个维度提出针对性改进策略,全方位完善通风监控全流程管控体系。通过落实设备全生命周期管理、智能数据防控升级、标准化运维管控等举措,可有效解决传统监控模式的痛点难题,提升通风参数监测精准度与风险预警时效性。以期助力煤矿构建常态化、智能化通风安全防控机制,有效防范化解通风安全风险,为煤矿安全生产稳定运行筑牢坚实基础。

参考文献

- [1]赵鹏,张鹏,商朋强,等.矿井通风安全监控存在的问题与对策研究[J].冶金与材料,2026,46(1):169-171.
- [2]左磊.煤矿矿井通风与安全监控系统存在的问题及优化措施[J].能源与节能,2026,(5):295-297+301.
- [3]王怀德,冯仲文,王小鸽.煤矿瓦斯通风存在的安全问题及防治对策研究[J].煤炭新视界,2026,(1):165-167.
- [4]马金鑫.浅谈矿井通风系统的安全监控研究[J].西部探矿工程,2026,38(2):182-184.
- [5]蒋仕强,郭辉.矿井通风系统优化与安全管理研究[J].有色金属设计,2026,53(2):1-3+11.