

安全监控系统赋能煤矿安全生产管理优化研究

鲁亚军

库车市科兴煤炭实业有限公司, 新疆 库车 842000

摘要: 煤炭是我国能源供应的重要支柱, 煤矿安全生产始终是行业发展的底线要求。传统煤矿安全管理依赖人工巡检与经验判断, 存在隐患发现滞后、覆盖范围有限、管控精准度不足等短板。安全监控系统可实现井下环境与作业状态的全天候感知, 是提升安全管理水平的重要技术支撑。本文结合煤矿井下作业的环境特点, 分析当前安全监控系统应用与管理融合的现存痛点, 从系统建设、数据应用、人员能力、管理机制四个层面提出优化路径, 助力煤矿安全生产管理向主动预防型升级。

关键词: 煤矿安全; 安全监控系统; 安全生产管理; 智能感知; 风险预警

DOI: 10.64649/yh.shygl.issn3105-0085.202608015

0 引言

煤炭产业支撑着国民经济的稳定运行, 煤矿安全生产直接关系到从业人员生命安全与能源供应稳定。井下作业空间封闭、地质条件复杂, 瓦斯积聚、顶板垮落、水害等风险始终伴随生产全过程, 安全管控难度远高于地面行业。传统安全管理模式以人工巡检、定期排查为主要手段, 受人员精力、专业能力与作业环境限制, 难以实现全时段、全区域的风险覆盖, 隐患发现普遍滞后, 事故防控的主动性不足^[1]。随着数字化技术向矿山领域渗透, 安全监控系统已成为煤矿标配, 但多数矿井存在重硬件建设、轻管理融合的问题, 系统效用未能充分释放。因此, 探索安全监控系统与安全生产管理深度融合的优化路径, 对提升煤矿风险防控能力、防范重特大安全事故、推动行业高质量发展具有重要的现实意义。

1 煤矿安全监控系统的应用价值

安全监控系统通过在井下布设各类传感器与采集终端, 可实现对井下环境、设备状态、人员位置的实时监测, 为安全生产管理提供多维度支撑。

一是拓展管控覆盖范围, 弥补人工巡检的时空局限。井下传感器可24小时不间断运行, 实时采集瓦斯浓度、一氧化碳含量、风速、温度、顶板压力等环境参数, 不受班次、天气、人员状态影响, 可覆盖人工巡检难以到达的区域, 实现全时段、全区域的风险感知。

二是前移风险防控关口, 推动管理从被动整改向主动预防转变。系统可根据预设阈值触发报警, 在隐患萌芽阶段及时发出警示, 避免隐患扩大演变为事故。相较于传统事后追责的管理模式, 监控系统可实现风险早发现、早处置, 大幅降低事故发生概率。

三是实现管理全程留痕, 支撑责任追溯与

流程优化。所有监测数据、报警记录、处置过程均自动存储归档, 不可随意篡改, 既可为事故溯源提供客观依据, 也可通过历史数据分析管理短板, 持续优化管控流程。

四是提升管理运行效率, 优化人力配置。自动化监测替代了部分重复性的人工巡检工作, 可将安全管理人员从繁琐的日常巡查中解放出来, 将精力集中在隐患整改、风险研判等高价值环节, 提升整体安全管理的效能。

2 安全监控系统赋能煤矿安全管理的现存痛点

2.1 系统建设不均衡, 前端感知存在盲区

一方面, 不同规模矿井的系统建设水平差异显著。大型国有煤矿普遍配备了较为完善的监控体系, 而部分中小型煤矿受资金与技术限制, 监控设备更新不及时, 传感器老化、失效问题突出, 监测参数仅覆盖最基础的瓦斯浓度, 对顶板压力、微震、水害等风险缺乏监测手段。据行业抽样调研显示, 近四成地方中小型煤矿的监控设备服役年限超过5年, 部分传感器灵敏度下降, 数据偏差超过10%, 无法满足精准监测要求。部分矿井为节省成本, 传感器布设密度不足, 仅在主要巷道设置点位, 采掘工作面、盲巷、临时作业点等风险高发区域存在监测盲区。

另一方面, 多系统割裂形成数据孤岛。多数煤矿同时运行瓦斯监控、人员定位、视频监控、机电设备监测等多个独立系统, 各系统由不同厂商建设, 数据标准不统一, 无法实现互联互通。管理人员查看不同维度数据需要切换多个平台, 无法形成完整的安全态势画像, 也难以开展多维度的关联分析, 系统的整体效能被稀释。

2.2 数据应用层次浅, 智能预警能力不足

首先, 多数系统仍停留在数据采集与超限报警的基础阶段, 数据价值未得到充分挖掘。

系统仅能在参数超过阈值时发出警报,无法结合历史数据与环境变化趋势预判风险,对于缓慢上升的瓦斯浓度、逐步增大的顶板压力等渐进式隐患,预警时机偏晚,管控的前瞻性不足。

其次,预警设置僵化,误报率偏高。多数矿井采用统一的报警阈值,未根据不同区域的地质条件、作业状态进行差异化设置,导致正常作业波动引发的误报频繁出现。长期高频误报会导致值班人员产生麻痹心理,出现报警不重视、不处置的情况,反而削弱了预警的严肃性。

最后,数据与管理决策脱节。大量监测数据仅用于事后统计与合规备查,没有转化为安全管理的决策依据。比如长期积累的瓦斯浓度变化数据、设备故障数据,没有被用于优化巡检路线、制定设备维保计划,数据资源存在浪费。

2.3 人员能力不匹配,系统效用发挥受限

一方面,监控值班人员专业能力参差不齐。部分煤矿的监控岗由后勤人员兼任,未接受系统的专业培训,仅能完成简单的画面查看与报警记录,无法准确判断报警原因,也不能区分真实隐患与误报,异常情况发生时处置不及时、不到位。少数矿井甚至存在值班人员擅自屏蔽报警、修改监测数据的违规行为,让监控系统形同虚设^[2]。

另一方面,一线作业人员对监控系统认知不足。部分井下作业人员认为监控是监管手段,存在抵触情绪,甚至出现人为遮挡传感器、调整监测点位的行为,导致数据失真。同时,一线人员不了解报警后的响应流程,收到预警信息后处置不规范,容易延误隐患处置时机。

除此之外,监控人员与现场管理人员缺乏常态化沟通机制,监控端发现的异常信息传递不顺畅,现场端的作业调整也未同步至监控端,两端信息不对称,影响管控效率。

2.4 监管理念脱节,管理流程未同步优化

第一,报警处置未形成闭环管理。很多煤矿的安全监控系统仅负责报警提示,没有配套标准化的处置流程与责任体系。报警信息发出后,是否通知现场、是否安排核查、整改是否到位,全靠值班人员自主把握,没有明确的时限要求与跟踪机制。部分一般隐患报警后无人跟进整改,长期反复出现,最终演变为重大风险。

第二,安全管理责任未与监控数据绑定。安全考核仍以现场检查结果为主,监控数据反映的隐患、违规行为未纳入考核体系,管控压力无法有效传导至一线班组与个人。对于频繁出现的同类隐患,无法通过考核倒逼责任部门分析根源、彻底整改。

第三,管理模式未随系统升级同步调整。很多煤矿仍沿用传统的人工巡检频次与管理流

程,没有结合监控系统的实时感知能力优化巡检方案,高风险区域巡检不足、低风险区域重复巡检的问题依然存在,人力配置与风险等级不匹配。

3 安全监控系统赋能煤矿安全生产管理的优化路径

3.1 全域覆盖的感知网络升级改造

先要填充电感点位,消除监测盲区。首先矿井根据自身风险分布情况制定分级分类的监测布点方案,在采掘工作面、回风巷、机电硐室、盲巷等危险区域增加瓦斯、一氧化碳、温度、风速、顶板压力、水位等传感器,保证风险高发区监测全覆盖。对临时作业点、回撤工作面等动态作业区进行便携式移动监测,使作业延伸到哪里,监测就覆盖到哪里。

其次推进多系统融合,建立一体化监控平台。统一数据传输标准和接口规范,把瓦斯监测、人员定位、视频监控、机电设备监测等系统的数据接入同一个管控平台,使环境、人员、设备三类数据可以集中展示并进行关联分析。平台可以实现多维度的数据联动查询,例如发生瓦斯超限报警的时候,可以同时看到该区域人员的位置、现场视频、设备的运行状况,使管理人员迅速找到报警的原因^[3]。

最后创建设备常态化运维机制。制定传感器定期校准、巡检、更换制度,安排专人每月对井下传感器进行标校,保证监测数据的准确性;建立设备故障快速响应渠道,传感器发生故障时4小时之内完成更换维修,防止监测盲区长时间存在。

3.2 数据驱动的智能预警体系构建

一是优化预警算法,由原来的超限报警变为趋势预警。根据矿井地质情况、历史事故案例以及长时间的监测数据,建立风险预测模型,对瓦斯浓度上升速度、顶板压力变化趋势等逐渐显现出来的指标进行预警,在参数达到阈值之前发出预警信号,给隐患处置留出足够的时间。瓦斯浓度虽然没有超限,但是10分钟内上升到设定值的时候,就提前发出警报,提醒现场人员查找原因。

二是实行分级预警,降低由于误报而产生的干扰。根据各个区域的风险等级和作业状态来设定不同的预警阈值,采掘工作面等风险较高的地方使用较严格的阈值,机电硐室等稳定的地区可以适当放宽阈值;正常生产、检修、放炮等特殊工况有不同的预警标准。另外建立误报反馈机制,值班人员标记出的误报信息会一起被用来改进预警模型,从而不断改善预警的准确程度。根据试点数据可知,采用差异化

的趋势预警以后,矿井无效误报率可以降低40%以上,预警响应的准确性明显提高。

三是创建多端联动的预警响应体系。报警信息发出之后,立即推送到监控室大屏、现场声光报警器、安全员和班组长的移动终端、管理人员手机端,保证警情第一时间传达到责任人。不同的预警会对应不同的处置层级,一般预警由现场安全员负责核查处置,重大预警会自动升级为矿级值班领导,启动应急预案,保证响应层级与风险等级相符^[4]。

3.3 分层分类的人员能力体系建设

一方面加强监控值班队伍专业技能。严格实行持证上岗制度,监控值班人员必须经过专项培训考核合格后才能上岗,培训内容包括系统操作、隐患识别、应急处置、数据研判等各方面。每个季度对技能进行考核,不合格的不能上岗,考核合格后才能上岗。定期派人到井下跟班作业,掌握井下作业环境和设备位置,提高对报警信息现场判断的能力,防止出现脱离实际的纸上谈兵。

另一方面是提高一线作业人员的认知和配合程度。把监控系统的作用、报警响应流程、传感器保护要求加入到班前会和新员工入职培训中,使一线人员明白监控系统是保护自己的工具,而不是监管手段,消除抵触情绪。明确井下作业人员报警响应职责,接到现场预警后立即撤离危险区域、上报情况,严禁私自屏蔽或者破坏监测设备,对违规行为进行追责。

除以上外,在施工现场增加专职监控人员及现场安全员,实行每日交接班制度,交接班时向对方传递当天监测异常、重点区域信息等,达到双方相互配合的目的,共同形成管控合力。

3.4 监管理念融合的管理机制优化

第一,建立报警闭环处置机制。制定标准化的报警处置流程,明确不同等级预警的响应时限、处置责任与整改要求。一般隐患报警后,10分钟内通知现场安全员核查,24小时内完成

整改销号;重大隐患报警后,立即通知现场停工撤人,同时上报矿级领导,全程跟踪整改进度,整改完成并验收合格后方可销号。所有处置过程自动记录归档,做到每一起报警都有核查、有整改、有反馈,形成完整的管理闭环^[5]。

第二,将监控数据纳入安全绩效考核体系。把隐患响应速度、整改完成质量、报警频次、传感器完好率等指标纳入班组与个人的绩效考核,对于及时发现重大隐患、避免事故的人员给予奖励,对于违规破坏设备、拖延隐患整改的予以处罚,通过考核将管控压力传导至每个岗位。

第三,依托监控数据优化安全管理资源配置。分析历史监测数据,识别高风险区域与高发隐患时段,针对性调整巡检路线与人员配置,减少低风险区域的无效巡检,将人力向风险点集中,实现精准管控。比如针对瓦斯波动频繁的工作面,增加巡检频次;对于长期稳定的巷道,适当降低巡检频率,提升安全管理的投入产出比。

4 结语

本文围绕安全监控系统赋能煤矿安全生产管理展开研究,梳理了当前煤矿监控系统建设与管理融合过程中存在的感知盲区、数据应用浅、人员能力不足、机制脱节等痛点,从感知网络升级、智能预警构建、人员能力提升、管理机制优化四个方面提出了系统化的优化路径。安全监控系统本质是技术工具,只有与安全管理流程、责任体系、人员能力深度融合,才能真正发挥风险防控的效用,推动安全管理从经验驱动向数据驱动转变。未来随着人工智能、数字孪生技术的持续渗透,可进一步构建矿井数字孪生安全管控模型,实现风险的全真模拟与精准预判,推动煤矿安全生产管理向更高阶的智能化、主动化方向升级。

参考文献:

- [1] 白瑞勇.面向煤矿生产安全的智能化监控系统研究[J].能源与节能,2026,(5):341-344.
- [2] 王国法,郭清华,周如林,等.新一代煤矿智能安全监控系统研究与展望[J].中国矿业大学学报,2026,55(2):271-287.
- [3] 鲁勇勇,张玉,杨瑞礼.煤矿安全监控系统智能化水平的提升研究[J].中国科技纵横,2026,(6):9-11.
- [4] 沈延松.煤矿安全监控技术发展综述与展望[J].淮南职业技术学院学报,2026,26(1):83-86.
- [5] 郑京尚.煤矿智能安全监控系统的设计及应用分析[J].西部探矿工程,2026,38(1):106-109.

作者简介:鲁亚军(1987.04—),男,汉族,河南夏邑人,本科,工程师,研究方向:煤矿安全管理。