

井下视频监控辅助安全监督管理路径研究

鲁亚军

库车市科兴煤炭实业有限公司, 新疆 库车 842000

摘要: 井下开拓工程是矿井建设与生产接续的关键环节, 作业空间封闭、工序交叉频繁、风险动态性强, 传统人工巡查式安全监督存在覆盖盲区多、处置滞后、追溯性差等短板。视频监控作为可视化监督手段, 可有效弥补人工监督的时空局限。本文结合井下开拓工程的作业特点, 梳理当前视频监控在布设适配性、智能分析、流程融合、人员认知层面的现存问题, 从前端布设、智能识别、管控闭环、能力提升四个维度提出落地优化路径, 为提升井下安全监督精细化水平提供参考。

关键词: 井下视频监控; 开拓工程; 安全监督管理; 管控闭环

DOI: 10.64649/yh.shygl.issn3105-0085.202607014

0 引言

井下开拓工程是矿井产能释放与生产接续的前置基础, 普遍具有作业空间狭长、地质条件多变、工序交替频繁的特点, 掘进打眼、爆破作业、出矸运输、临时支护等环节存在顶板垮落、爆破伤人、瓦斯积聚等多重风险, 是煤矿安全管控的重点区域。传统安全监督模式依赖安全员现场巡查, 受井下作业环境复杂、人员精力有限、工作面动态前移等因素制约, 存在监督覆盖不全、隐患发现滞后、违章追溯困难等问题, 难以适配开拓作业的高风险管控需求^[1]。视频监控技术的普及为井下安全监督提供了可视化支撑, 但多数矿井仍存在重硬件部署、轻管理融合的现象, 辅助监督的效用未充分释放。因此, 探索适配井下开拓工程的安全视频监控辅助安全监督管理路径, 对提升安全监督效能、防范掘进作业各类安全事故、保障矿井平稳生产具有重要的现实意义。

1 井下开拓工程安全监督特点与视频监控应用价值

1.1 井下开拓工程安全监督的现实特征

井下开拓工程以巷道掘进为核心作业内容, 涵盖岩巷、煤巷两大类施工场景, 施工过程伴随掘进头持续前移, 作业环境始终处于动态变化中, 给安全监督工作带来多重挑战。一是监督点位动态性强, 开拓工作面随掘进进尺不断推进, 固定监督点位很快出现覆盖盲区, 监督设施需同步跟进调整, 管控难度远大于固定作业场所。二是工序交叉风险集中, 单循环掘进包含打眼、爆破、通风排矸、临时支护、永久支护等多道工序, 不同工序的风险类型差异明显, 爆破环节需警戒防伤人, 支护环节需防控空顶作业, 各工序衔接阶段易出现监督空档。三是环境条件制约监督效果, 井下粉尘大、光

照条件差, 加之巷道狭长存在视野遮挡, 人工巡查难以全面掌握作业细节, 边角区域的违章行为不易被发现。四是班组作业分散, 多数矿井开拓工作面实行三班倒连续作业, 夜班、交接班时段监督力量薄弱, 违规作业易发多发, 传统人工巡查难以实现全时段管控。

1.2 视频监控辅助安全监督的应用价值

视频监控为开拓工程安全监督提供了可视化、可追溯的技术支撑, 应用价值主要体现在四个方面。一是填补时空监督盲区, 监控设备可24小时不间断运行, 覆盖安全员巡查间隙、夜班等薄弱时段, 也可延伸至人工不便频繁进入的爆破警戒区、掘进迎头附近区域, 实现作业全过程不间断监督。二是强化违章追溯能力, 所有作业画面自动存储归档, 发生安全事件或违章纠纷时, 可调取录像还原作业全过程, 明确责任边界, 为事故分析、责任认定提供客观依据。三是倒逼作业行为规范, 作业区域的可视化监督可对一线人员形成持续约束, 有效降低习惯性违章发生率, 据部分矿井试点统计, 工作面加装视频监控后, 空顶作业、不戴安全帽等常见违章率可下降五成以上。四是提升监督管理效率, 远程集中监控可实现一人同时监管多个开拓工作面, 减少安全员无效下井频次, 将监督力量集中到高风险工序与隐蔽隐患排查中, 优化安全管理人力配置。

2 当前井下视频监控辅助安全监督的现存问题

2.1 前端布设适配性不足, 动态作业场景覆盖有盲区

多数矿井的视频监控体系以固定点位布设为主, 适配开拓工作面动态前移的能力不足。一方面, 掘进迎头区域覆盖滞后, 固定摄像头多安装在已完成永久支护的巷道段, 随着掘进

进尺增加,迎头作业区域很快超出监控范围,而移动摄像机补装不及时,长期存在监督盲区。部分矿井虽配置了移动摄像设备,但线缆拖拽、信号传输配套不完善,掘进推进后常出现画面中断、卡顿的情况,无法稳定发挥作用。另一方面,设备环境适配性不足,普通防爆摄像头在高粉尘、低照度的开拓工作面画面清晰度差,无法识别人员操作细节与支护状态,仅能看到大致人员活动,不具备监督的实用价值^[2]。除此之外,关键工序的针对性布点缺失,爆破警戒区出入口、临时支护作业面等风险集中区域,未设置专属高清监控点位,高风险环节仍依赖人工现场盯守,视频监督缺位。

2.2 智能分析能力薄弱,监督仍依赖人工事后回看

当前多数矿井的井下视频监控仍停留在“录像+人工查看”的基础阶段,智能化程度偏低,无法支撑高效安全监督。一是缺乏智能行为识别能力,系统不具备违章自动识别功能,监督人员需人工回看录像排查违章,单班作业录像回看耗时与实际作业时长相当,工作量极大,实际工作中仅能做到抽看,无法实现全覆盖核查,大量违章行为遗漏未查。二是场景适配性差,现有通用智能识别模型多基于地面场景训练,针对井下开拓作业的专属模型极少,对空顶作业、临时支护不达标、违规进入警戒区等井下特有违章行为识别准确率低,误报、漏报现象频发,难以投入实际应用。三是缺乏工序联动预警机制,无法结合开拓作业的工序节奏开展针对性监督,比如爆破作业前不能自动排查警戒区内人员,支护工序不能自动识别空顶风险,监督的主动性不足。

2.3 监督管理流程脱节,未形成闭环管控机制

视频监控与日常安全监督管理融合度不足,数据价值未充分转化为管控效能。一是预警处置流程不闭环,监控室发现违章或隐患后,多采用电话通知的方式传递信息,没有标准化的派单、整改、复核流程,通知是否到位、整改是否落实、质量是否达标缺乏跟踪,很多问题不了了之,监督威慑力不足。二是数据应用层次浅,视频录像主要用于事故后溯源追责,没有融入日常安全管理,班组绩效考核、工序质量验收、安全隐患排查等工作未将视频记录作为参考依据,大量视频数据闲置浪费。三是监督责任未绑定,视频监督与现场安全监督分属不同岗位,权责划分不清晰,出现问题时容易出现监控岗与安全员相互推诿的情况,管控责任无法落地。

2.4 人员认知与能力不匹配,应用效能折扣

人员层面的短板直接制约视频监控监督效用的发挥。一方面,一线作业人员存在抵触心理,部分掘进班组人员将视频监控视为单纯的监管工具,认为会增加违章处罚概率,存在故意遮挡摄像头、调整监控角度的行为,导致设备无法正常采集画面。开拓班组人员流动性大,新入场人员对监控规则不熟悉,违规操作频发。另一方面,监控值班人员专业能力不足,多数值班人员仅接受过设备操作培训,不了解开拓工程的施工规范与风险点,看不懂作业流程中的违章行为,比如无法判断临时支护数量是否达标、爆破警戒流程是否合规,只能看到明显的未戴安全帽等简单违章,深层次的工序隐患无法识别^[3]。

3 井下视频监控辅助开拓工程安全监督的优化路径

3.1 构建“固定+移动”适配的前端监控网络

针对开拓工作面动态前移的特点,优化前端监控布设方案,实现作业区域的稳定全覆盖。首先,建立分层布点体系,永久巷道、机电硐室、巷道交叉口等固定区域布设高清防爆枪式摄像机,作为长期监控点位;掘进迎头区域配置移动式防爆摄像机,安装在掘进机或临时支护架上,随掘进进尺同步前移,保证迎头20米作业范围全程清晰覆盖,每推进5米调整一次设备位置,避免出现监控盲区。其次,选用适配井下环境的专用设备,采用低照度红外高清摄像头,配套防尘防护罩,保证高粉尘、弱光照环境下画面清晰可辨,能够识别人员操作动作与支护构件细节;关键工序点位选用360度防爆球机,覆盖作业全角度,消除视野死角。第三,优化传输方案,开拓工作面采用无线自组网传输技术,减少线缆布设工作量,适配工作面快速前移的特点,同时预留有线传输接口作为备份,保证视频信号稳定传输。最后,建立设备运维机制,每班安排专人检查摄像机状态,及时清理表面积尘、调整角度,出现故障4小时内完成更换维修,保障设备完好率。

3.2 定制开拓场景专属的智能识别预警功能

依托人工智能技术升级视频分析能力,推动监督从“人工回看”向“智能预警”转变。一是定制开拓作业违章识别模型,采集本矿井下开拓工作面的真实作业样本,针对空顶作业、未佩戴安全帽、违规进入爆破警戒区、临时支护数量不足、出矸设备违规载人等典型违章行

为开展算法训练,提升场景适配性,将识别准确率提升至90%以上,降低误报干扰^[4]。二是设置工序联动预警规则,结合开拓作业循环节奏配置差异化监督策略:爆破作业时段,系统自动识别警戒区内人员滞留情况,发现滞留立即触发井下声光报警与监控室预警,提醒人员撤离;支护作业时段,重点识别空顶作业与支护不达标行为,实时推送告警信息至现场班组长。三是推行智能自动巡检,系统按照设定的时间与路线自动轮巡各开拓工作面,自动抓拍违章行为并生成隐患工单,替代人工轮巡,大幅提升监督覆盖效率。

3.3 嵌入日常管理的闭环监督机制建设

将视频监控深度融入安全监督管理流程,形成全链条管控闭环。首先,建立标准化隐患处置流程,明确“智能预警—派单通知—现场整改—视频复核—归档销号”的完整流程。系统识别到违章或隐患后,自动生成隐患工单,1分钟内推送至对应班组班组长与片区安全员;现场整改完成后,上传整改照片,监控室通过视频画面复核整改效果,确认合格后予以销号;逾期未整改的自动升级预警,上报至安全管理部门,确保每一项隐患都有处置、有结果。其次,深化视频数据的管理应用,每日利用视频抽查各班组的工序合规情况,将抽查结果纳入班组安全绩效考核;每周开展视频数据复盘,分析本周违章高发工序、高发时段与高发班组,针对性调整下周监督重点与巡查频次;关键工序验收时,将视频记录作为辅助依据,核验爆破、支护等工序的合规性,提升验收客观性。最后,明确岗位权责划分,界定监控值班人员与现场安全员的监督职责,监控岗负责实时监测、隐患派单、整改复核,安全员负责现场隐患排查、整改督促,二者信息共享、互为补充,形成监督合力^[5]。

参考文献:

- [1] 李彬.基于WSN的井下安全监控系统设计研究[J].山东煤炭科技,2022,40(7):201-203.
- [2] 王春阳.萨北开发区井下作业视频监督平台研究与应用[J].中外能源,2022,27(4):57-61.
- [3] 杨景峰.基于AI视频识别技术的井下规范操作监控系统设计[J].陕西煤炭,2021,40(1):4-8+46.
- [4] 蒋国超.井下职工需要切实可行的安全生产指导[J].班组天地,2020,(11):7.
- [5] 张智亮,王威,伊明,等.井下安全监控系统设计与实现[J].石油钻探技术,2020,48(6):65-70.

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。

3.4 分层分类的人员能力与认知提升

针对不同岗位人员开展差异化引导与培训,保障视频监督体系落地见效。一方面,强化监控值班人员的业务能力,定期组织关于开拓工程施工规范、工序风险点、违章识别要点等内容的专项培训,让值班人员不仅会操作设备,还能准确判断作业合规性;每月组织一次实操考核,结合现场录像考察违章识别能力,考核不合格的待岗培训,确保岗位能力达标。另一方面,做好一线作业人员的宣导引导,通过班前会、安全培训等渠道,结合事故案例讲解视频监控的安全防护作用,明确监控是保护作业人员安全的屏障,而非单纯的处罚手段,消解抵触情绪;同时明确设备保护规则,对故意遮挡、损坏监控设备的行为严肃处理,规范作业行为。最后,推行“视频+现场”的双轨监督模式,引导安全员利用视频监控提前掌握工作面风险状况,下井时针对性开展重点排查,提升现场监督的精准性,实现技术工具与管理手段的深度融合。

4 结语

本文围绕井下开拓工程的安全监督需求,针对视频监控辅助安全管理的落地痛点展开研究,梳理了前端布设适配不足、智能分析能力薄弱、管理流程脱节、人员能力不匹配四类现存问题,从动态监控网络搭建、场景化智能识别、闭环管控机制构建、人员能力分层提升四个维度提出了具体优化路径。视频监控本质是安全监督的技术辅助工具,只有与现场作业流程、安全管理体系深度融合,才能真正发挥提质增效的作用。未来可进一步结合井下5G专网与数字孪生技术,构建开拓工作面全景可视化监督场景,实现风险的提前预判与精准干预,持续推动井下安全监督从被动追溯向主动预防升级,助力矿井安全生产水平稳步提升。