

煤矿信息化综合监控平台的应用分析

赵瑞涛^{1,2}

1. 天地（常州）自动化股份有限公司 江苏 常州 213125
2. 中煤科工集团常州研究院有限公司 江苏 常州 213001

摘要：为提升煤矿智能化、安全化、高效化生产水平，本文以煤矿信息化综合监控平台为研究对象，阐述其整体架构、核心模块与关键支撑技术，从安全生产、生产运营、设备运维、应急管理四大维度分析实际应用成效。同时剖析平台应用中数据、技术、运维、管理层面存在的突出问题，针对性提出数据标准化、技术迭代、人才培养、管理融合等优化对策，为煤矿智能化管控平台的落地提质、效能升级提供实践参考。

关键词：煤矿；信息化综合监控平台；应用

引言：随着煤炭行业智能化转型深入推进，传统煤矿分散式监测、人工管控模式，存在监管滞后、效率偏低、风险防控薄弱等短板，难以适配现代化矿井安全生产需求。煤矿信息化综合监控平台依托物联网、大数据、数字孪生等前沿技术，实现矿井多源数据融合与全场景智能管控。为充分发挥平台应用价值，本文系统梳理平台架构与功能，结合现场应用实况分析优劣，深挖现存问题并制定优化方案，助力煤矿实现安全、高效、低碳的智能化生产发展。

1 煤矿信息化综合监控平台概述与架构体系

1.1 平台核心定义与建设目标

（1）核心定义：平台是集成安全监测、生产调度、设备运维、人员管理于一体的煤矿智能化综合监控系统，通过数据中台融合井下多源异构信息，形成“感知—传输—分析—决策”闭环管理链路。（2）建设目标：一是实现全矿井数据统一采集与标准化存储，消除信息孤岛；二是构建实时监控与动态预警机制，对瓦斯超限、设备异常等风险秒级响应；三是建立协同管控与应急联动体系，提升跨部门指挥效率；四是支撑大数据驱动的智能决策，为生产优化、灾害防治提供量化依据。

1.2 平台整体架构设计

（1）感知执行层：部署各类传感器、矿用摄像机、定位卡、巡检机器人等前端设备，覆盖采掘面、运输巷、机电硐室等关键区域，执行环境参数采集与设备状态感知。（2）网络传输层：依托工业以太网、5G专网及物联网网关，构建高带宽、低延迟、冗余可靠的数据传输通道，保障井下海量数据实时上云。（3）数据中台层：建立多源数据融合引擎，对异构数据进行清洗、对齐、存储与关联分析，形成统一数据服务接口，支撑上层应用敏捷开发。（4）智能应用层：围绕安全监控、生

产管控、设备运维、应急调度四大领域，开发模块化业务应用，实现业务协同与可视化管理^[1]。

1.3 平台核心功能模块

（1）安全环境监控模块：实时监测瓦斯浓度、粉尘浓度、水文水位、顶板离层等参数，自动生成趋势曲线并触发超限报警。（2）生产运行监控模块：动态跟踪采煤量、掘进进尺、运输皮带速度、通风负压等生产指标，生成班报日报及效率分析图表。（3）人员设备管控模块：基于UWB精确定位实现人员轨迹回放与电子围栏管理，同时监测设备振动、温度、电流等状态，建立故障预测与维护台账。（4）应急调度决策模块：集成隐患上报、报警分级、预案匹配与一键广播通知功能，支持多方语音会商和救援资源可视调度。

1.4 平台核心支撑技术

（1）物联网感知技术：采用多协议适配边缘网关，支持RS485、CAN、Wi-Fi等接口，实现井下多维度数据低功耗、高可靠采集。（2）大数据分析技术：运用时序数据库与流计算引擎，进行异常检测、关联规则挖掘和风险趋势预测，支撑主动预警。（3）智能图像识别与算法技术：基于深度学习的YOLO模型识别违章行为（如未戴安全帽、闯红灯），并结合频谱分析实现设备故障早期诊断。（4）数字孪生技术：构建矿井三维高精度模型，实时映射采掘进度、风压分布及人员位置，实现仿真推演与应急模拟演练。

2 煤矿信息化综合监控平台实际应用分析

2.1 安全生产领域应用

（1）井下环境安全实时监测：平台在采掘面、上隅角、回风巷等关键区域部署激光甲烷、电化学一氧化碳、红外温度及粉尘浓度传感器，以毫秒级采样频率将数据汇聚至中心。系统设定多级动态阈值，结合气象参

数进行复合判断,当瓦斯涌出或风速异常时,自动触发风机变频调节与声光报警,同步推送预警信息至井下广播和手机终端,为人员撤离与应急处置赢得先机^[2]。

(2) 安全隐患闭环管理:依托移动终端与后台系统联动,构建从发现隐患、拍照上传、智能派单、限期整改、现场复核到最终销号的标准化流程。系统根据隐患类型自动匹配整改责任人与标准工时,对临近超期任务发送催办提醒;整改完成后上传对比影像,经安全员远程验收确认方可归档,实现全流程数字化留痕,有效杜绝监管盲区与责任推诿。(3) 作业行为智能监管:利用高分辨率摄像机和深度学习算法,对井下人员未戴安全帽、违规乘坐皮带、闯入掘进机作业半径等违章动作进行实时捕捉。系统在识别后0.5秒内触发本地语音警告并同步录像,同时生成违章事件报告推送至安全科室。通过每日违章热力图分析,管理人员可精准定位高发区域与时段,强化针对性巡查与培训,显著降低人为事故发生率。

2.2 生产运营领域应用

(1) 生产流程动态监控:平台实时采集采煤机牵引速度、刮板机电流、皮带秤流量及主通风机负压等参数,以红绿灯色阶直观展示各环节负荷状态。调度员通过大屏可快速识别运输系统堵煤点或采掘失调区域,及时下达调速或停开机指令,使采、掘、运、通工序协同更加紧凑,整体循环作业效率提升15%以上。(2) 生产数据自动统计分析:系统按班次自动统计原煤产量、掘进进尺、设备运转率及故障停机时长,生成同比环比分析图表及趋势预测曲线。管理层借助移动BI驾驶舱,实时掌握单产水平与接续进度,依据历史数据拟合模型动态调整下月开采计划与人员配置,避免产能过剩或设备闲置,为科学决策提供可靠数据底座。(3) 能耗智能管控:对提升机、通风机、压风机等高耗能设备加装独立电度计量模块,平台实时计算吨煤电耗和工序能耗占比。结合峰谷电价政策,系统自动编排大型设备错峰运行时间表,并设置能耗异常预警。通过对标标杆矿井能耗指标,督促区队优化装载率与空载时长,年综合节电率可达8%~10%,助力绿色低碳生产目标实现^[3]。

2.3 设备运维领域应用

(1) 设备运行状态实时监测:在采煤机摇臂、主水泵轴承、皮带滚筒等关键部位安装振动加速度计和热电偶,平台以频谱图和温度曲线实时呈现健康状态。当振动烈度或温升速率超限时,系统自动比对故障特征库,输出可能故障类型(如齿轮断齿、轴承剥落)及建议检修措施,辅助维修人员快速精准处置。(2) 设备预防性

维护:系统依据设备累计运行时长、负载次数及润滑周期,利用磨损预测模型生成定制化保养计划,提前下发工单至维保班组,明确更换备件与工艺标准。执行后通过蓝牙扫码录入实测数据,形成维护档案。该模式将被动抢修转变为主动预防,设备故障率下降约30%,非计划停机时间明显缩短。(3) 设备全生命周期台账管理:为每台设备建立电子身份证(RFID或二维码),记录从招标采购、安装验收、日常点检、故障维修、备件替换到最终报废的全链条信息。系统自动计量设备役龄,适时提醒强检校验与淘汰更新,支持按机型、厂商进行可靠性对比分析,为后续设备选型及采购策略优化提供客观依据。

2.4 应急管理领域应用

(1) 突发事件自动报警:平台融合瓦斯超限、断电、水位突增、人员求救等多源信号,结合人员定位与GIS地图,快速确定事故点坐标及波及范围。一旦确认报警,系统在2秒内通过调度大屏、井下广播、短信及语音电话同步发布警情,确保矿级领导、救护队及值班员即时获知事件级别与方位,极大缩短应急响应时间。(2) 应急资源智能调度:内置瓦斯爆炸、透水、火灾等专项预案库,匹配事故类型后自动推送避灾路线、救援物资清单及就近仓库坐标。指挥中心利用可视化调度平台,一键调拨呼吸器、排水泵、灭火器材等资源,并向抢险队伍下发任务分工与集合位置,实现人员撤离、设备运输、现场处置的多线并行协同,提升整体救援效率^[4]。(3) 事故数据追溯分析:事后平台自动归集事故前后24小时内的监测曲线、报警日志、视频片段、人员轨迹及通话录音,生成带时间戳的完整回溯报告。安全技术人员通过交叉比对,可精准还原事故演变链条,识别监测盲区与预案缺陷,据此优化传感器布点、完善应急流程并开展全员警示教育,形成闭环改进机制,持续筑牢矿井安全防线。

3 煤矿信息化综合监控平台应用现存问题与优化对策

3.1 平台应用现存主要问题

(1) 数据层面:矿井各子系统(安全监测、人员定位、生产集控等)独立建设,导致数据标准不统一、接口协议各异,形成严重的数据孤岛;部分传感器数据人工录入或定时上传,更新滞后明显,难以支撑实时决策。(2) 技术层面:AI识别、大数据分析等智能算法在井下复杂环境中识别准确率波动较大,落地效果不及预期;部分老旧设备(如模拟摄像头、老式PLC)通信协议不开放,兼容性改造困难;系统在高并发数据流下偶发卡顿,稳定性有待加强。(3) 运维层面:既懂采矿业

务又精通信息技术的复合型运维人才严重短缺,基层操作人员对平台功能掌握不深,日常使用停留在“看数据”层面,高级分析功能闲置。(4)管理层面:平台功能模块与矿井现有管理制度融合不足,部分业务流程仍沿用线下纸质审批,系统利用率偏低;管理层对平台数据价值认识不够,未建立考核驱动机制,导致平台应用流于形式。

3.2 数据体系优化对策

(1)统一数据采集与传输标准:制定企业级煤矿数据接入规范,明确各子系统必须采用标准通信协议(如ModbusTCP、OPCUA、MQTT)进行数据输出,通过部署前置数据采集网关完成异构数据向统一格式的转换,从物理层和逻辑层双重打通数据壁垒。(2)完善数据清洗与更新机制:构建数据质量管控平台,自动识别并标记异常值、重复值及缺失项,采用插值补录与源端重采相结合的方式修正偏差数据;部署边缘计算节点实现数据本地预处理,关键安全监测数据实现秒级刷新,确保预警信息零延迟。(3)搭建一体化数据共享平台:建设矿井统一数据湖,将安全、生产、设备、地质等多维数据融合存储,对外提供标准API数据服务接口,支撑各业务系统按需调用,实现“一次采集、多方复用”,充分释放数据要素价值。

3.3 技术与系统优化对策

(1)升级硬件设备:制定分批次设备迭代路线图,优先对不支持标准通信协议的老旧传感器、控制器进行替换或加装协议转换网关;部署高性能边缘AI计算盒,分担中心云平台压力,提升现场实时响应能力与系统整体兼容性。(2)优化智能算法模型:利用矿井积累的历史数据进行模型增量训练,引入对抗网络增强算法在低照度、高粉尘环境下的鲁棒性;建立算法效果月度评测机制,根据误报率、漏报率指标持续迭代模型参数,切实提升瓦斯涌出预测、设备故障诊断的准确率。(3)搭建安全防护体系:按照网络安全等级保护要求部署工业防火墙、日志审计系统与堡垒机,实施生产网与管理网的安全域隔离;建立异地冷备与系统热冗余机制,确保核心数据库每日增量备份、平台服务在极端工况下可持

续运行,保障数据安全与系统高可用性^[5]。

3.4 人才与管理优化对策

(1)开展专项技能培训:分层制定培训方案,对操作人员重点开展日常巡检、报警处置等实操训练;对运维人员加强系统架构、数据库管理等技术培训,通过“理论+实操+考核”模式切实提升专业能力。(2)完善运维管理制度:建立平台运维标准化流程,明确系统管理员、数据库管理员、网络安全员等岗位职责与权限清单,制定月度考核指标(如系统在线率、数据准确率),落实奖惩问责机制。(3)推动平台与生产管理深度融合:将平台核心指标(隐患整改率、设备完好率、能耗数据等)纳入区队绩效考核体系,倒逼日常使用;设立“平台应用示范岗”,定期评选应用标杆并推广经验,逐步将平台从“辅助工具”升级为“生产管理核心中枢”,充分释放智能化建设价值。

结束语

煤矿信息化综合监控平台是煤矿智能化建设的核心载体,可有效破解传统生产管控的诸多痛点,在安全防控、降本增效、应急处置等方面具备显著优势。当前平台应用仍存在数据壁垒、技术适配不足、人才匮乏等问题。未来需通过数据体系完善、技术系统升级、人才队伍建设、管理机制优化多维发力,持续打磨平台应用效能,推动煤矿生产管理从传统经验化向数据智能化转型,赋能煤炭行业高质量发展。

参考文献

- [1]樊子恒,王其锋,李刚.融合透明地质与灾害预警的煤矿综合管控平台研究[J].矿业安全与环保,2024,51(05):102-107.
- [2]张倍宁,李伟东,汪义龙,等.基于三级管控架构的智能化综合管控平台[J].煤矿安全,2022,53(06):137-142.
- [3]张林,王国法,刘治国,等.煤矿智能化建设市场现状及发展趋势研究[J].煤炭科学技术,2024,52(11):29-44.
- [4]毛善君,李鑫超,刘孝孔.煤矿智慧矿山一体化监控平台关键技术与应用[J].煤炭学报,2023,48(08):3121-3132.
- [5]杨小勇.煤矿综采工作面多参量智能化安全预警平台研究与应用[J].中国煤炭,2025,51(07):89-94.