

煤矿通风安全管理信息化平台构建

冯家驹

郑州煤炭工业（集团）有限责任公司大平煤矿 河南 登封 452473

摘 要：针对煤矿通风管控滞后、数据零散、隐患闭环效率低等现场问题，结合现行煤矿安全管控规范，本文开展通风安全管理信息化平台构建研究。梳理井下通风管控标准与传统管理痛点，完成平台需求研判、四层架构设计，搭建监测采集、隐患预警、台账管理、作业审批、数据研判五大功能模块，适配矿井现有KJ90X监控系统与环网设备，配套优化数据传输识别技术，搭建网络、终端、数据多层安全防护体系。研究结果可优化矿井通风管理流程，替代传统人工纸质管理模式，提升矿井通风管控精细化水平。

关键词：煤矿通风；安全管理；信息化平台；核心功能模块构建；技术适配性

引言：通风系统是煤矿井下安全生产核心系统，瓦斯超限、风量不足、通风设施失效是矿井高发安全诱因。当下多数中小型煤矿依旧依靠人工测风、线下巡检、纸质台账管理通风工作，存在数据滞后、隐患漏查、资料溯源困难等问题，难以适配智能化矿山建设要求。为补齐通风管理短板，贴合煤矿安监数字化管理要求，本文立足矿井现有硬件组网条件，低成本搭建专属通风信息化管理平台，适合一线通风作业流程完成模块设计、技术适配与防护搭建，助力矿井通风风险可控、作业合规管理。

1 煤矿通风安全管理及信息化平台概述

1.1 煤矿井下通风安全核心管控要求

矿井通风是煤矿井下瓦斯、粉尘、有毒有害气体管控的核心工序，也是井下作业人员供氧、调控井下温湿度的基础保障，必须严格遵循《煤矿安全规程》开展全流程管控。首先要保障井下风量达标，按照采掘工作面、硐室、回风巷道核定风量配比，杜绝风量不足、风流短路、局部无风作业问题。其次严控风流质量，井下氧气浓度、一氧化碳、瓦斯、二氧化氮等气体浓度必须稳定在安全阈值内，及时稀释排放采掘作业产生的有害气体。同时做好通风构筑物管控，风门、风墙、风窗、密闭等设施完好密闭，杜绝漏风、乱开门改变通风流向。此外需落实动态管控，矿井采掘工作面搬迁、巷道整改后，必须及时调整通风系统，保障通风系统稳定可靠，从源头防范通风类安全事故。

1.2 煤矿通风常见安全隐患及管控痛点

依据煤矿现场作业情况，通风类显性隐患集中在局部通风机随意启停、风筒破损漏风、巷道堆积杂物缩小通风断面、瓦斯超限处置不及时、密闭墙体开裂漏风等问题，隐性隐患多为通风系统调整滞后、风量监测点位

布设不合理、高瓦斯区域风流调控不及时。现阶段通风管理管控痛点较为突出，传统人工管理模式效率偏低，依靠巡检人员线下测风、记录数据，数据滞后性强，无法实时掌握井下通风动态。其次通风数据碎片化，风量监测、设备台账、隐患整改数据相互独立，各班组数据无法共享。同时隐患整改闭环难度大，人工排查隐患易出现漏检，隐患整改、复查、归档全流程依靠纸质记录，追责溯源难度高，传统管理模式难以适配当下煤矿智能化、精细化通风管控要求^[1]。

2 煤矿通风安全管理信息化平台总体架构与需求设计

结合矿井通风系统布设标准、煤矿工业物联网组网规范，依托矿井现有井下监控环网、传感终端基础，开展平台需求梳理与架构设计，贴合矿井通风管理业务标准，内容如下：（1）平台建设需求。业务需求：对接井下风压、风量、瓦斯、风门开闭状态等通风监测数据，支持通风图纸管理、通风设施建档、测点信息录入、分级权限管理业务。性能需求：适配井下高粉尘、电磁干扰、潮湿工况，数据传输稳定，兼容矿井原有KJ90X安全监控系统，系统故障率低，支持数据本地留存与云端备份。合规需求：架构设计符合《煤矿智能化建设标准》，数据格式适配煤矿安监部门统一上报标准。（2）平台四层总体架构。感知层：布设井下防爆风速传感器、气体传感器、风门开关采集终端，采集现场通风原始数据。传输层：依托矿井工业以太环网、井下无线专网，完成数据点对点传输。数据层：搭建专属通风数据库，分类存储环境参数、设备信息、巡检台账数据。应用层：面向矿调度室、通风队、安监科，设置分级操作管理端口。（3）数据库配套设计。划分动态监测库、静态设备库、业务台账库三大板块，统一数据编码格式，实现通风各类数据归集互通，减少系统独立运行壁垒^[2]。

3 煤矿通风安全管理信息化平台核心功能模块构建

3.1 井下通风参数实时监测采集模块

本模块为平台基础底层模块,对接井下防爆传感终端、局部通风机主控装置、风门电控装置,完成全域通风参数定点采集、数据归集,模块硬件测点布设严格依照《煤矿安全规程》测点布设标准施工。(1)采集参数分类布设。固定测点采集巷道风量、风压、氧气浓度、瓦斯浓度、一氧化碳浓度、巷道温湿度基础参数;动态测点跟随采掘工作面移动布设,重点采集掘进迎头局部通风风速、风筒末端风压数据;构筑物测点采集风门开合角度、密闭墙体压差、调节风窗开度数值。(2)数据采集传输规则设定。设定1s单次高频采集模式,常规环境数据30s打包上传调度平台,超限数据即时上传;剔除井下设备电磁干扰产生的跳变无效数据,统一传感数据格式,实现井下测点数据与地面平台数据同源同步。(3)测点运维管理功能。模块内置测点编号、安装位置、校验周期录入端口,可登记传感器防爆合格证、年检校验报告信息,传感器故障离线后,平台自动标记离线点位,便于通风人员定点检修更换。

3.2 通风隐患智能预警与风险分级管控模块

本模块依托矿井通风安全阈值标准,划分四级风险等级,依托实测通风数据自动判定隐患等级,取消人工定级流程,适配矿井通风风险分级管控台账填报要求。

(1)预警阈值分级划定。一级预警:瓦斯、CO等气体临近规程限值,风量略低于核定标准,属于一般通风风险;二级预警:局部巷道风量不足、风门未闭合,属于较大通风风险;三级预警:有害气体超标、风流短路,属于重大通风风险;四级预警:通风系统紊乱、主通风机运行异常,属于特大通风风险。(2)预警推送管控模式。三级及以上预警同步推送至地面调度终端、井下防爆手机终端,绑定通风队长、安监员、调度员专属账号;预警信息留存点位、时间、参数原始数据,不可后台篡改。(3)隐患闭环建档功能。模块联动隐患整改台账,预警生成隐患工单,限定整改时限、整改责任人,整改完成上传现场核验照片,安监人员线上复核,复核通过方可闭环归档,杜绝纸质台账漏记、补记问题^[3]。

3.3 通风图纸、设备台账一体化管理模块

本模块整合矿井通风纸质资料数字化归档业务,解决矿井通风图纸版本杂乱、设备台账分散管理问题,适配煤矿内业资料年审、安监抽查工作要求。(1)通风图纸数字化管理。支持矿井通风系统图、通风网络图、巷道风量分布图、避灾路线图上传归档,图纸绑定巷道采掘进度,工作面掘进、巷道密闭后,可线上标注修改风

流路径,留存图纸修改记录,区分临时施工图、正式备案图纸。(2)通风设施分类台账管理。分类录入主通风机、局部通风机、风门、风墙、调节风窗、防爆传感器六大类设施信息,登记设备采购编号、安装日期、维保记录、报废年限。(3)设备维保周期管控。模块内置通风设施维保日历,自动提醒风机油脂更换、风门铰链检修、传感器校准作业,关联维保人员打卡记录,实现通风设备全生命周期台账管理。

3.4 通风作业审批、人员调度闭环管理模块

本模块针对井下调风、启封密闭、巷道贯通、局部通风机移位等高风险通风专项作业,搭建线上审批流程,规范井下通风作业人员调度、下井作业流程。(1)专项作业线上分级审批。常规调风作业由通风队内审批,巷道贯通、密闭启封作业需通风副总、安监科双重线上审批,未获取审批工单,井下电控风门、通风机无法远程启停,实现作业前置管控。(2)作业人员调度管控。联动矿井人员定位系统,匹配持证通风工、测风员资质账号,无证人员无法发起通风作业申请;作业人员下井绑定作业工单,平台实时核对作业人员所在巷道点位,杜绝跨区域违规作业。(3)作业完工核验归档。通风作业完工后,测风人员现场实测风量风压,上传实测数据,调度核对通风系统稳定后,办结本次作业工单,所有审批流程、实测数据永久留存归档。

3.5 通风安全数据分析与报表研判模块

本模块归集全模块通风业务数据,自动生成合规通风报表,减少人工制表工作量,数据仅做客观归集统计,不自动干预通风系统运行参数。(1)基础数据统计分类。按日、周、月统计巷道风量均值、气体超限频次、通风设施故障次数、隐患闭环率、专项作业数量五类核心业务数据,拆分采掘工作面、回风大巷、机电硐室分区数据。(2)标准化报表自动生成。自动生成矿井月度通风报表、测风台账、隐患整改报表、设备维保报表,报表格式统一适配当地煤矿监察部门上报格式,支持Excel格式导出打印。(3)通风工况趋势研判。依托历史实测数据,生成风量、瓦斯参数变化折线图,标注巷道采掘推进节点对应的通风参数波动数据,为季度通风系统优化、巷道改风提供原始数据支撑,仅做数据展示,不自主修改通风调控参数^[4]。

4 信息化平台关键技术适配与安全防护体系搭建

4.1 井下多源通风数据融合传输技术适配

本次平台沿用矿井现有工业以太环网+井下5G专网双传输链路,适配通风多类型异构数据传输,统一井下传感终端传输协议。(1)异构数据协议适配。对接KJ90X

监控系统、局部通风机控制柜、电控风门三类设备,统一Modbus通信协议,整合风量、气体浓度、设备开关状态不同格式数据,消除设备通信壁垒。(2)分区降噪传输技术应用。针对采掘迎头变频器、掘进设备产生的电磁干扰,加装井下信号隔离器,划分固定巷道、掘进动态工作面两类传输频段,过滤波形跳变无效数据。(3)断点续传技术布设。井下巷道垮落、线路故障造成短时断网时,本地采集终端缓存72小时监测数据,网络恢复后自动同步后台,不丢失原始通风监测数据。

4.2 通风异常数据智能识别算法适配优化

摒弃通用识别算法,结合矿井历年通风超限台账,优化适配本矿区工况识别模型,区分设备故障数据、真实工况异常数据。(1)阈值分层筛选算法设定。划定固定安全阈值、浮动工况阈值两类标准,固定阈值遵照《煤矿安全规程》设定,浮动阈值结合采掘深度、巷道风量自动微调参数。(2)畸变数据剔除优化。依托历史数据样本,识别传感器漂移、风吹扰动、设备瞬时脉冲造成的伪超限数据,此类数据不计入隐患预警台账。(3)联动溯源算法适配。识别风流异常数据后,联动抓取对应风门状态、主通风机转速、巷道断面数据,锁定异常诱因,仅完成数据溯源,不自主调控通风设备参数。

4.3 平台网络边界及井下终端安全防护布设

遵循煤矿内网物理隔离要求,从地面后台、井下终端、网络边界三层落实硬件防护,杜绝外网接入、终端篡改风险。(1)网络边界隔离防护。平台内网与矿区办公外网物理断开,边界加装矿山专用工业防火墙,划定通风平台专属网段,禁止跨网段访问、非法端口接入。(2)井下终端防爆加密管控。所有通风传感终端、井下防爆操作屏加装加密芯片,设备参数、测点参数仅可通风运维人员本地修改,远程无法篡改设备底层参数。(3)现场接入端口管控。井下环网接线端口加装物理锁闭装置,闲置端口后台禁用,防止私接设备、篡改传输数据,筑牢现场接入防线^[5]。

4.4 平台数据备份、权限分级管控体系搭建

结合煤矿安监溯源、台账备查要求,搭建权限分级+多重备份一体化管理体系,规范平台人员操作、数据留存标准。(1)四级账号权限划分。一级:系统管理员,负责后台运维;二级:通风管理人员,可修改台账、调取数据;三级:现场运维人员,仅可查看测点、上报隐患;四级:访客账号,仅只读查看基础数据,各级操作日志全程留痕。(2)双重数据备份机制。本地服务器每日自动增量备份通风业务数据,矿区机房异地机柜每周全量备份,备份数据加密存储,禁止私自导出删减。(3)操作溯源管控。平台所有参数修改、工单审批、阈值调整操作绑定人员工号,留存操作时间、操作IP,后台日志不可删除、不可编辑,满足煤矿安全追责备查要求。

结束语:本文完成煤矿通风安全管理信息化平台全流程构建,依据矿区现有设备条件完成架构、功能、技术、防护一体化设计,平台兼容性、实操性适配中小型煤矿使用。本次研究立足现有监控系统改造搭建,无需大规模井下硬件改造,实用性较强。后续可结合采掘工作面动态围岩变化,优化通风预警算法,完善移动端管控功能,进一步适配复杂矿井通风全场景智能化管理。

参考文献

- [1]马迅.永煤矿业智能信息化管控平台建设研究[J].现代矿业,2026,42(3):9-13+91.
- [2]王富.煤矿瓦斯防治技术及通风安全管理措施[J].凿岩机械气动工具,2026,52(2):202-204.
- [3]马路.煤矿矿井瓦斯通风安全管理与预防措施[J].河北安全生产,2026(3):43-45.
- [4]吕鑫宇.煤矿采掘信息化管理平台构建与应用研究[J].煤炭新视界,2025(2):7-9.
- [5]杨玉辉.煤矿安全管理信息系统的构建与效能分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(1):116-119.