

智能通风技术在非煤矿井中的应用

丁明宏, 邱水林, 王富刚, 吴义鑫

(明创慧远(贵州)技术有限公司, 贵州 贵阳 550003)

[摘要] 矿井通风智能化是矿山智能化建设的重要组成部分。概述了非煤矿山智能通风系统的构成与功能, 重点介绍了矿井通风系统智能感知、通风网络实时解算、通风系统故障诊断、AI 智能化视频识别等关键技术。针对非煤矿山井下通风网络复杂、无防爆要求等特点, 详细分析了非煤矿井智能通风系统建设中的通风网络评估与整改、通风设备变频改造、风门风窗自动控制与调节等关键环节。

[关键词] 非煤矿井; 智能通风; 网络解算; 故障诊断

[中图分类号] TD724

[文献标志码] B

[文章编号] 1003-8884(2023)05-0062-05

DOI: 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2023.05.011

0 引言

矿井通风是矿井生产环节中最基本环节, 其在矿井建设和生产中一直占有非常重要的地位。矿井通风系统利用主通风机提供动力, 不断地从地面向井下供给新鲜空气, 并将生产中产生的炮烟、粉尘等有毒有害气体及时排出。通过配置矿井局部通风机以便向掘进工作面提供新鲜风流, 稀释巷道内有害气体与粉尘浓度, 改善工作面环境。同时矿井通风系统还需配置通风构筑物对矿井通风系统中的风流进行必要的调控, 保证风流按生产需要的路线流动。因此, 矿井通风系统对保障井下工人安全和身体健康发挥着至关重要的作用。随着物联网、新型传感、人工智能等技术在矿山行业的不断应用, 矿井智能通风已成为矿山智能化建设的重要内容。

目前, 国内针对矿井智能通风系统的研究集中在通风智能感知及远程控制, 无人化, 三维通风模拟, 智能化分析与决策等方面。周福宝等^[1]对矿井智能通风原理、关键技术及其系统组成进行了研究,

并在煤矿现场开展了相关试验; 白怡明^[2]通过曹家滩煤矿智能通风系统设计实践, 对矿井智能通风系统组成与原理, 智能通风软件设计, 智能通风系统关键技术等进行了深入分析; 魏连江等^[3]研究了超声波在线测量矿井风速和巷道全断面风速的测量系统及方法; 张浪等^[4]针对中煤科工集团研发的 VentAnaly 三维矿井通风智能决策软件、定量调节自动风窗、远程自动平衡风门、自动测风仪、局部通风机智能控制系统等智能通风装备及系统进行了详细阐述。然而, 上述研究大多是针对煤矿通风应用场景, 国内针对非煤矿井通风场景的智能化研究比较少。非煤矿井通风系统通常具有通风环境无瓦斯, 通风网络比煤矿更复杂, 通风装备无须防爆但须矿安认证等特点, 实现智能通风难度更高。因此, 针对非煤矿井进行智能通风技术应用研究具有重要意义。

1 矿井智能通风概述

矿井智能通风是运用物联网技术对矿井通风环境的全息数据进行精准感知, 利用流体力学理论, 通风工程及人工智能算法等技术实时分析通风系统状态, 在对井下通风网络实时解算的基础上下达控制指令, 远程控制通风设施进行精准联动调控, 并及时反馈信息, 实现通风设施管控自动化、系统优化常态化、故障诊断精准化及决策方案智能化, 最终形成全面感知、实时分析、智能决策、精准调控及自主学习的智能通风模式。

[收稿日期] 2023-06-20

[第一作者] 丁明宏(1971—), 湖南湘乡人, 大学本科, 主要从事矿山安全与智能化方面的技术实践工作, 现任明创慧远科技集团有限公司董事长。

[引用格式] 丁明宏, 邱水林, 王富刚, 等. 智能通风技术在非煤矿井中的应用[J]. 有色设备, 2023, 37(5): 62-66.

2 矿井智能通风系统构建

矿井智能通风系统通常采用设备感知执行层、传输控制层及管理层三层架构(图1)。各种传感

器、执行器和设备控制装置构成设备感知执行层;矿井工业环网、PLC控制柜(箱)及数据采集分站等构成传输控制层;监控计算机、服务器、智能通风系统软件等构成管理层。

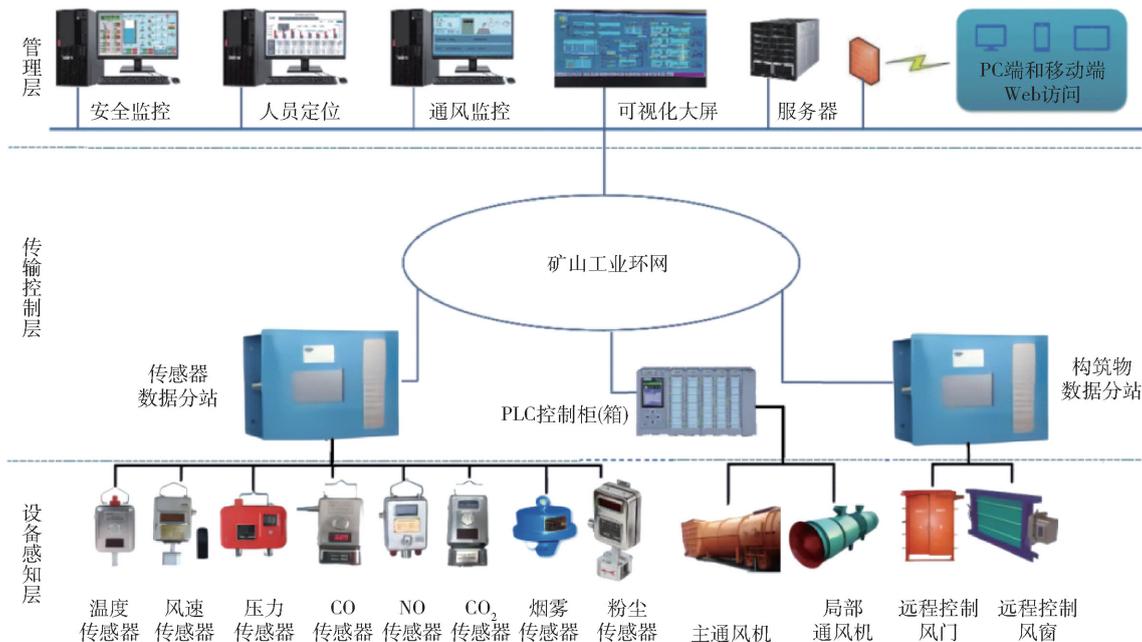


图1 矿井智能通风系统架构

矿井智能通风系统首先需对矿井通风设备、设施进行智能化控制改造,地面主通风机配置PLC控制柜、环境监测、设备状态监测传感器;井下局部通风机配置PLC控制箱、设备状态监测传感器;通风构筑物配置数据采集分站、状态监测传感器。通过系统化改造可实现对矿井主通风机、井下局部通风机及通风构筑物的集中监测与控制。通常通风设备应具备变频控制功能。

矿井智能通风系统需采集矿井相关位置的风速、风压(绝对压力)、空气温度、有害气体浓度、粉尘浓度及烟雾浓度等环境参数;设备温度、振动、电流、电压、开停及风门(风窗)位置等设备、设施状态参数。需要对风门(风窗)等设施进行自动控制改造,并安装人车识别装置、视频监控系统、声光报警器等。因此,现场改造应根据矿井实际进行系统化设计,合理配置传感器、执行器,确保矿井通风信息的全面感知与控制指令的精准执行。

矿山地面调度指挥中心配置服务器、通风监控电脑等硬件,安装智能通风数据分析及逻辑控制软件,软件通过矿井工业环网系统采集矿井环境监测系统、人员位置监测系统、可编程控制器、传输分站

中的矿井环境参数、设备设施状态参数及作业人员位置信息进行实时分析。在对井下通风网络实时解算的基础上对风门开度、风窗面积及风机功率进行实时动态调整,以达到各供风点所需风量自动按照最优方式分配的目的,同时保证井下通风系统的稳定性、可靠性和经济性。

3 矿井智能通风系统具备的主要功能

1)智能通风系统软件能够根据矿山实际,建立可编辑的矿井三维通风系统模型。井下巷道、采场、通风设备、通风构筑物及其他主要机电设备设施均可实现数字空间的三维建模,快速生成三维通风立体图、二维通风网络图及二/三维风速流量图等^[5]。从而为通风系统管控提供二/三维仿真工具。

2)利用多通道超声波测速等新型传感器精确测量风速,实时获取井下风量、风速、风压等数据,智能分析矿井通风网络阻力分布情况,分析影响矿井通风效率的主要因素,发现异常及时预警。同时可显示系统的报警信息、故障信息,并可按单位、类型、持续时间、间隔和日期等进行组合查询。

3)智能通风系统软件能采集包括测量类空间

数据、井巷工程属性数据、通风设备设施数据、环境监测及人员位置监测等各类业务数据。通过风网实时解算和对多元数据进行深度分析,给出主通风机、局部通风机、风门、风窗等设备设施调节方案,实现

矿井通风智能调节。同时,可实现自然分风、按需分风、逃生模拟及风门开关模拟等功能。还可以任意设定风路固定风量及风压,实现风流按需分配解算和动态模拟^[5],如图 2 所示。



图 2 网络解算软件风量模拟分析

4)能动态模拟井下有害气体浓度、扩散路径和扩散时间,辅助进行灾害预案制定和紧急情况下人员撤退路径分析。

5)具有自检和联机诊断校验的能力,以便于准确、快速进行故障定位,保证系统的运行平稳。井下系统具备自我控制能力,在地面信号中断的情况下,也能正常运行。

6)具有对主通风机等系统主要设备进行远程在线监控和故障诊断功能。通过采集设备关键节点的振动、电流、声音、温度等信号,并结合设备的运行时间、故障记录等信息进行大数据分析,建立设备故障机理模型,实现设备故障预警与寿命评估。

7)通过建立通风动力装置数据库模型,进行选型与运行工况点分析,实现调速、反风计算与决策,对矿井通风系统进行优化和测风分析。

8)具备统计分析功能。实现对矿井通风各类数据的综合统计分析,并以图表、图形、曲线、记录等方式实时展示各类数据之间的关联关系,为矿井通风效率分析及关联因素分析提供决策依据。

4 智能通风系统常用技术与应用

4.1 通风系统智能感知技术

通风系统信息智能精准感知是矿井智能通风的

基础,现场实施除风速、风压、温度、一氧化碳、二氧化碳及粉尘等传感器的配置数量和位置应满足精确测风和环境状态识别的需要外,还要考虑井下实际环境以及传感器适用性等问题。否则,测量结果难以反映现场真实情况,数据可靠性较低。

为有效解决以上问题,应考虑从新型传感器选用、传感器布置方式和通风参数数据处理三方面进行系统方案优化,实现智能通风参数实时精准监测。以测量风速为例,关键测风点可以选用多通道超声波测速传感器,改“点风速”测风方式为“面风速”。改变传统测风方法下出现的巷道内风速测量值片面、偏差大等现象,提高测风精度,多通道超声波测速传感器测风原理与设备如图 3 所示。在对通风参数的数据处理方面,可通过改进相关算法,对异常监测数据进行处理优化,结合现场实际分析风速、风量、风压之间的规律等措施进行改善。

4.2 矿井通风网络实时解算

通风网络解算是智能通风与控制的底层核心技术。卢新明等^[6]从风网的拓扑结构和状态方程入手,已对自然分风、按需供风计算和风阻调节等理论难题进行了深入探索,并将风网解算方法广泛应用于按需调风优化、均压、联合调节、在线闭环调控、测

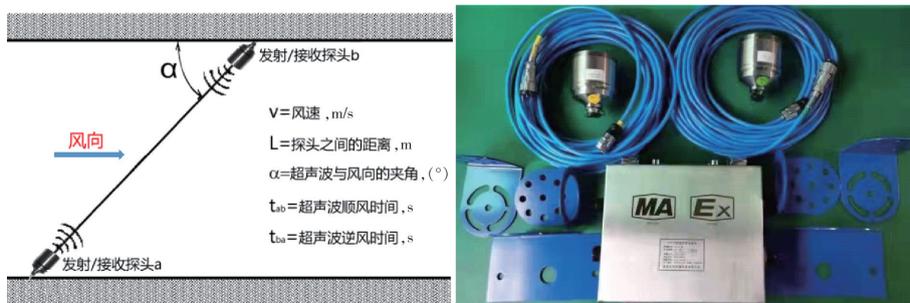


图3 超声波传感器测风原理及设备

风优化布置、通风状态超前预测、通风系统故障诊断、通风设施调控等智能通风领域,为智能通风理论的突破提供了科学依据与可行方法^[2]。同时许多矿业软件提供了矿井通风网络仿真实时解算模块,国内许多智能通风系统方案解决商可提供整体解决方案。

4.3 矿井通风系统故障诊断

矿井通风系统故障的快速准确诊断是保证通风系统智能化稳定运行和实现风流智能调控的关键。矿井通风故障诊断主要是利用矿井通风系统实时监测数据及矿井通风可视化仿真,利用神经网络技术综合分析通风动力设备、通风网络及通风构筑物等方面故障。对系统故障、设备设施故障及时发出报警信息并准确判断故障源。

主通风机是矿井通风系统的核心,建立主通风机在线监测与故障诊断系统,在对主风机运行温度、振动及电流等重要参数进行实时监测的基础上,根据设备的故障特征库建立预警机制,通过智能预警策略进行智能预警,提醒运行维护人员进行设备检修与维护。

智能通风系统软件通过分析得出风速、风量、风压指标可以较好地进行矿井通风系统故障诊断。

4.4 AI 智能化视频识别技术

利用人工智能视频识别技术,建立算法模型并进行深度学习,实现对矿井通风系统设备及构筑物状态的自动识别,周边风险及人员违章行为的实时监控、联动和预警是矿井智能通风系统的重要组成部分。

目前,基于深度学习的目标检测算法在煤矿不同应用场景已获得深度应用。非煤矿井智能通风系统应建立 AI 智能化视频识别平台,对通风系统风门、风窗的开关状态、风机的运转状态及周边环境等进行实时检测。智能识别风门长时间打开、未关严、

风机运转异常;人员、车辆违章通过风门;人员违章操作风机及通风构筑物等事件。当监控视频中出现上述安全隐患事件时,平台软件能立刻分析、保存数据并联动发出警报,通知就近工作人员及时处理,有效预防安全事故。

5 非煤矿井智能通风系统建设的关键环节

5.1 矿井通风网络评估与整改

非煤矿山特别是有色金属矿山一般采用竖井多中段开拓,采场布置分散、通风路线长及通风网络复杂。一些生产矿井由于开采时间长,井下采空区多、废弃巷道多。对此类矿井在实施智能通风系统建设前需对矿井通风网络进行全面评估和整改。

通过现场调研,了解矿井通风网络现状及各用风点通风需求,对风量、风压、有毒有害气体浓度等参数进行现场检测与试验。在现场检测试验的基础上通过封堵、改道、加装通风构筑物等方式,优化矿井通风网络,减少通风阻力。

对评估与整改后的通风系统进行现场通风数据的检测与试验,构建通风系统需风量计算模型,利用系统软件进行三维通风仿真动态模拟,为实际供风量调控提供依据。

5.2 矿井通风机变频调速

矿山智能通风系统以“动调+变频”模式为核心,矿井主通风机须配置变频器或进行变频改造,系统根据需要对通风机运行频率进行调节,达到节能高效效果;井下局部通风机选用智能变频风机或进行变频改造,系统根据需要通过调整变频开关或变频器的运行频率来调整局部通风机工况参数,从而达到调整供风量的目的,使作业面风量维持在较为理想的数值。

与传统的局部通风机相比,变频风机的使用可根据需要精确地调整巷道供风量,既能保证风量需

求,又避免了资源的浪费,实现较为理想的精准供风状态,节约电力消耗,保证了通风系统稳定及作业面安全。

5.3 风门、风窗自动控制与调节

风门应采用自动电、气混合式风门,具备电动、气动自动控制和纯气动手动控制功能,双系统控制交互使用时,具备互锁功能,在电控系统停电或故障状态下,可使用纯气动控制装置启闭风门。同时应具有红外线(光控)传感器开门功能,当行人或者车辆由巷道的任一方向进入时,风门自动装置自动打开风门,同时触发语音声光报警。风窗一般采用电磁阀进行窗叶面积调节。

风门控制安全可靠是智能通风系统项目成功实施的关键,应作为系统方案设计的首要原则。现场实施时根据应用场景可设置如下保障措施。

- 1)规定时间内相关传感器无信号时风门自动关闭。
- 2)设计人车防夹系统。
- 3)正常通行时人员走小门,车辆行大门,灾变时人员可通过小门逃生。
- 4)风门二侧设置手动控制开关,与自动控制冗余配置,手动开关可控制大、小门启闭和急停等。
- 5)紧急情况时可人工远程干预风门启闭。

6 结语

矿山建设智能通风系统不仅能可持续为矿山的安全生产保驾护航,而且能通过系统软件平台的智能控制策略,自动控制变频器实时调节风机功率、风门开闭及风窗开启面积,实现按需通风,从而降低矿井通风能耗。同时,可实现矿井通风系统全流程智能运行,减少人工成本,开创矿井“智能通风无人化管理”的安全高效新模式,具有重要的推广与应用价值。

[参考文献]

- [1] 周福宝,魏连江,夏同强,等. 矿井智能通风原理、关键技术及其初步实现[J]. 煤炭学报,2020,45(6):2225 - 2235.
- [2] 白怡明. 煤矿井下智能通风系统的设计及应用[J]. 智能矿山,2022,3(1):76 - 79.
- [3] 魏连江,康家康,周福宝,等. 一种巷道全断面风量测量系统及方法:112377260 B[P]. 2021-07-02.
- [4] 张浪,姚海飞,李伟,等. 矿井智能通风成套技术装备研究及应用[J]. 智能矿山,2022,3(6):71 - 79.
- [5] 李伟宏,魏志丹. 矿井智能通风控制系统研究及应用[J]. 工矿自动化,2021,47(S1):72 - 74 + 84.
- [6] 卢新明,尹红. 矿井通风智能化理论与技术[J]. 煤炭学报,2020,45(6):2236 - 2247.

Application of Intelligent Ventilation Technology in Non Coal Mine Wells

DING Minghong, QIU Shuilin, WANG Fugang, WU Yixin

Abstract: Intelligent ventilation in mines is an important component of intelligent construction in mines. This article outlines the composition and functions of intelligent ventilation systems for non coal mines, with a focus on key technologies such as intelligent perception of mine ventilation systems, real-time calculation of ventilation networks, fault diagnosis of ventilation systems, and AI intelligent video recognition. In response to the complex ventilation network and lack of explosion-proof requirements in non coal mine underground mines, this paper analyzes in detail the key links in the construction of intelligent ventilation systems for non coal mine mines, such as the evaluation and rectification of ventilation networks, frequency conversion transformation of ventilation equipment, and automatic control and adjustment of air doors and windows.

Key words: non coal mine wells; intelligent ventilation; network solution; fault diagnosis

