

煤矿井下液压支架智能喷雾系统设计

齐艳红 南北彤

中煤北京煤矿机械有限责任公司 北京市 102400

【摘要】煤矿井下的高温、高湿和煤尘等恶劣作业环境对矿工的健康构成严重威胁。本文设计了一种智能喷雾降尘系统，通过自动喷雾技术有效减少煤尘浓度，改善作业环境，提升煤矿生产安全。系统采用基于液压支架的智能喷雾装置，并结合自动控制、远程操作和实时监控功能，实现了煤尘的精确抑制。本文详细介绍了系统的技术方案、工作原理、参数设置、运行工艺及其在煤矿井下的应用效果。通过对煤尘源的精准跟踪和智能喷雾控制，该系统能够有效减少煤尘对矿工健康的危害，确保矿井作业安全。未来，智能喷雾系统将在自动化、智能化方面继续发展，但系统的稳定性和环境适应性仍是推广应用的关键挑战。

【关键词】煤矿井下；智能喷雾；煤尘抑制；自动控制

Design of intelligent spray system of underground hydraulic support in underground coal mine

Qi Yanhong Nan Beitong

China Coal Beijing Coal Mine Machinery Co., LTD. Beijing 102400

【Abstract】The harsh working environment such as high temperature, high humidity and coal dust in underground coal mines pose a serious threat to the health of miners. In this paper, an intelligent spray dust removal system is designed to effectively reduce the coal dust concentration, improve the working environment, and improve the coal mine production safety through the automatic spray technology. The system adopts the intelligent spray device based on hydraulic support, and combines with automatic control, remote operation and real-time monitoring functions to realize the accurate suppression of coal dust. The paper introduces the technical scheme, working principle, parameter setting, operation process and its application effect in detail. Through accurate tracking and intelligent spray control of coal dust source, the system can effectively reduce the harm of coal dust to the health of miners and ensure the safety of mine operation. In the future, the intelligent spray system will continue to develop in terms of automation and intelligence, but the stability and environmental adaptability of the system are still the key challenges for the promotion and application.

【Key words】underground coal mine; intelligent spray; coal dust suppression and automatic control

煤矿井下作业环境充满挑战，尤其是煤尘问题对矿工的健康和煤矿生产安全构成了重大威胁。煤尘不仅是煤矿作业过程中不可避免的副产品，而且在高浓度下容易引发煤尘爆炸，威胁矿井的安全。为有效解决这一问题，设计了一种基于智能喷雾技术的煤尘降尘系统，该系统通过自动喷雾、实时监控和智能控制等手段，有效降低了煤尘浓度，改善了矿井作业环境，为煤矿的安全生产提供了保障。

1. 煤矿井下作业环境分析

煤矿井下作业环境具有极端的特点。矿井深处普遍存在高温、高湿、高尘的环境条件，尤其是煤尘问题。煤尘是煤矿作业过程中不可避免的副产物，不仅对矿工的呼吸系统造成极大危害，而且过量的煤尘还容易形成煤尘爆炸，严重威胁煤矿生产安全。长期暴露于煤尘中，矿工容易患上尘肺病、支气管炎等呼吸系统疾病。煤尘的颗粒物很容易被吸入肺部，导致肺部慢性病变。煤尘积聚到一定浓度时，极易引发煤尘爆炸。爆炸的发生不仅会导致矿井结构受损，还可能造成人员伤亡和严重财产损失。煤尘的长期积累还会对矿井内部环境造成污染，影响矿井通风效果，进一步加重矿井内的有害气体浓度。因此，控制煤尘的产生，特别是在液压支架工作区域，显得尤为重要。

为了实现这一目标，智能喷雾系统应运而生，通过自动喷雾技术，可以有效地减少煤尘浓度，改善作业环境。

2. 智能喷雾系统设计

2.1 技术方案

为解决采煤机截割与推溜移架时期产生量较大的问题，根据喷雾射流原理、采煤机及液压支架结构、对支架架间喷雾除尘系统进行深入研究，最终确定了喷雾喷头的压力为7-8MPa。针对综放采场割煤、移架两个关键工序，通过对作业面支架架间喷雾装置及参数的优化。

在前梁内侧左右各安装1个1.2mm口径的螺旋牙水芯喷嘴，有效射程达到3m以上，向煤壁方向喷射，与地面呈60°喷雾，在煤壁与支架之间形成了一道雾屏，进行采煤机割煤前煤壁预喷，以降低割煤粉尘，第二功能是采煤机割煤时滚筒上方对应支架进行喷雾，降低采煤机割煤时产生的粉尘。在顶梁左右各安装一个1.2mm口径的螺旋牙水芯喷嘴，有效射程达到3m以上，与地面呈45°向煤壁喷雾，动作支架进行动作喷雾，降低支架移架时产品的粉尘。该喷嘴还可用于封堵喷，形成第二道雾屏，降低由于巷道内风向流动带来的大量粉尘。

综采面尘源跟踪喷雾降尘系统硬件设备包括 1 台主控箱、N 台分控箱、N 套喷雾模块、若干套无线中继器、遥控器

器、鼠标、稳压电源、供水管路、管路阀门、快接三通等部件组成，连接框图如下图 1：

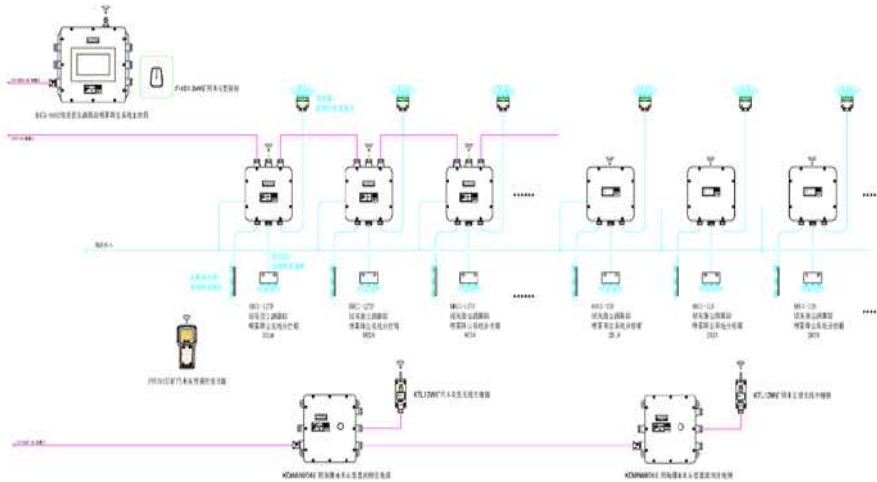


图 1 综采面尘源跟踪喷雾降尘系统框图

2.2 系统参数

系统的主要参数包括：主控设备工作电压为 AC 660V，分控设备为 AC 127V，遥控器由电池供电，中继器为 DC 12V 本安电压。系统容量为 ≥ 300 架，单架工作时功率 $\leq 30W$ 。喷雾延时可在 5~999s 内任意设置，通讯方式采用 2.4G 全无线通讯，通讯协议为 IEEE 802.15.4，通讯距离不小于 200m，具备无线自组网自愈合功能。系统支持光口、电口及 485 通讯接口，控制方式包括远程集控平台的自动或手动控制，以及现场通过无线鼠标操控主控设备或使用无线可视遥控器手动控制。遥控器具有数字选择按键和可视视窗，显示当前架号及喷雾状态，遥控距离不小于 30m。系统与综采智能化及电液控制系统深度融合，实时共享信息，并具备显示、数据存储、无线通讯及参数设置功能。系统可根据需求设置同时开启的多个分控箱内的电动球阀数量，并可设定间隔

数。每个支架配套一组喷雾总成，一组喷雾总成至少配备 3 个不锈钢喷嘴，确保在合理水压及流量下达到最佳雾化效果，且喷射力量强劲，受风速影响较小。喷雾覆盖范围分别为：跟踪喷雾总成 $\geq 1.8m$ 宽 $\times 4.5m$ 高，架间喷雾总成 $\geq 4.2m$ 宽 $\times 4.5m$ 高；每套支架的喷雾总成可独立控制。主控设备采用全彩工控组态屏，显示包括采煤机当前位置、运行方向、风向、运行模式、通讯状态、远程/就地控制等信息。分控设备集成无线信号采集、逻辑控制及执行机构，内置高速无刷电机驱动，多通一体化阀组设计。系统结构稳固、安装维护方便、体积小，不占用液压支架集成空间，主控设备尺寸不超过 $400 \times 400 \times 250mm$ ，分控设备尺寸不超过 $250 \times 350 \times 130mm$ 。系统具备故障自检功能，能定时自动巡检设备状态，检测故障部件并报警，便于检修人员及时处理。



图 2 工作界面（运行方向由小到大，顺风）

2.3 运行工艺

尘源跟踪喷雾降尘系统的运行工艺包括两种运行模式：按支架编号由小到大运行和按支架编号由大到小运行。在自

动跟机模式下，系统根据采煤机的位置和运行方向进行喷雾控制。假设采煤机由支架小号向大号运行，当顺风运行时，假设采煤机位置在 58 号分站处，采煤机机身长 10 架（即采

煤机机身位于 54 架至 63 架, 滚筒分别位于 52、53、54 和 63、64、65), 系统按以下步骤运行: 1) 在采煤机前方间隔 15 架处, 开启封堵喷雾功能 (78、79 号分站开启); 2) 在采煤机滚筒前方间隔 6 架处, 开启预喷雾功能 (69 号分站开启); 3) 覆盖左右滚筒采煤区间, 开启跟踪喷雾功能 (52、53、54 号分站开启左滚筒外喷, 63、64、65 号分站开启右滚筒外喷); 4) 在采煤机后方间隔 5 架处, 开启放煤或充填喷雾功能 (49 号分站开启); 5) 在采煤机后方间隔 7 架处, 开启 2 架间喷雾功能 (46、47 号分站开启); 6) 系统预留监控摄像清洗功能。假设采煤机由支架大号向小号逆风运行

时, 采煤机位于 59 号分站, 系统按以下步骤运行: 1) 在采煤机后方间隔 11 架处, 开启 2 架封堵喷雾功能 (74、75 号分站开启); 2) 在采煤机滚筒前方间隔 6 架处, 开启预喷雾功能 (48 号分站开启); 3) 覆盖左右滚筒采煤区间, 开启跟踪喷雾功能 (52、53、54 号分站开启左滚筒外喷, 63、64、65 号分站开启右滚筒外喷); 4) 在采煤机后方间隔 5 架处, 开启放煤或充填喷雾功能 (68 号分站开启); 5) 在采煤机后方间隔 7 架处, 开启架间喷雾功能 (70、71 号分站开启); 6) 系统同样预留了监控摄像清洗功能。



图 3 工作界面 (运行方向由大到小, 逆风)

2.4 功能实现

煤层预湿喷雾功能通过主控箱获取采煤机的位置信号及运行方向, 按设定参数打开前方分控箱内的电动球阀, 进行预湿喷雾降尘, 并在设定延时时间后关闭。割煤作业时, 主控箱根据采煤机割煤位置和设定参数, 自动开启/关闭多道喷雾装置, 智能追踪采煤机两滚筒, 阻隔并除尘, 实现高效除尘。移架作业时, 主控箱根据移架位置, 指令相应支架及周围架间自动开启扇形强雾, 进行喷雾降尘, 并延时关闭。放煤或充填作业时, 主控箱控制相应支架及前后架开启扇形喷雾, 进行智能放煤喷雾除尘。

3 未来发展趋势与挑战

未来, 煤矿井下智能喷雾系统将朝着更加智能化、自动化的方向发展。随着人工智能、物联网等技术的进步, 智能喷雾系统不仅能够实时监控煤尘浓度, 还能够根据矿井内部

的环境变化, 自动调整喷雾策略, 最大限度地提高煤尘抑制效果。然而, 系统的推广应用仍面临一些挑战。例如, 矿井环境的复杂性导致设备维护和管理难度较大, 智能系统的稳定性和长期运行能力也需要进一步验证。

4 结束语

通过对智能喷雾系统的设计与实现, 可以看出该系统在煤矿井下作业中的应用具有显著的降尘效果, 尤其是在减少煤尘浓度、保护矿工健康方面展现了巨大的潜力。随着智能化技术的进一步发展, 未来该系统将更加智能化、自动化, 能够适应更加复杂的矿井环境。然而, 系统的推广仍面临诸多挑战, 如设备维护与管理问题、系统的长期稳定性等。未来的研究将集中在优化系统设计、提高设备的适应性及稳定性, 推动煤矿智能喷雾系统的广泛应用。

参考文献

- [1] 赖春林. 矿用智能喷雾泵站电控系统的设计与研发[D]. 太原理工大学, 2018.
- [2] 赵峰, 姚阳, 张阳, 等. 采煤工作面主煤流智能喷雾系统的设计[J]. 煤矿机械, 2016, 37(09): 8-9.
- [3] 袁雷, 李国平, 武博, 等. 综采面自动定位智能喷雾降尘控制系统[J]. 济南大学学报(自然科学版), 2016, 30(03): 235-240.