

# 煤矿粉尘综合防治及高新技术开发应用研究

朱学亮 郁学猛

汶上义桥煤矿有限责任公司

DOI:10.12238/gmsm.v7i4.1766

**[摘要]** 粉尘不仅影响工人的呼吸健康,导致尘肺病等职业病的发生,还可能引发煤矿内的爆炸和火灾,对安全生产构成重大威胁。现有的防尘技术虽然取得一定成效,但在实际应用中仍存在效率低、成本高、难以实现精准控制等问题。因此,研究和开发新的煤矿粉尘综合防治技术和高新技术,以提高防尘效率,降低环境影响,保障工人安全与健康,成为当前亟待解决的问题。本文主要分析煤矿粉尘综合防治及高新技术开发应用,以期为煤矿行业的健康发展提供科学依据和技术支撑。

**[关键词]** 煤矿粉尘; 综合防治; 高新技术

**中图分类号:** X752 **文献标识码:** A

## Research on Comprehensive Prevention and Control of Coal Mine Dust and Development and Application of High tech

Xueliang Zhu Xuemeng Yu

Wenshang Yiqiao Coal Mine Co., Ltd

**[Abstract]** Dust not only affects the respiratory health of workers, leading to the occurrence of occupational diseases such as pneumoconiosis, but also may cause explosions and fires in coal mines, posing a significant threat to safety production. Although existing dust prevention technologies have achieved certain results, there are still problems such as low efficiency, high cost, and difficulty in achieving precise control in practical applications. Therefore, researching and developing new comprehensive prevention and control technologies and high-tech for coal mine dust, in order to improve dust prevention efficiency, reduce environmental impact, and ensure the safety and health of workers, has become an urgent problem to be solved. This article mainly analyzes the comprehensive prevention and control of coal mine dust and the development and application of high-tech, in order to provide scientific basis and technical support for the healthy development of the coal mining industry.

**[Key words]** coal mine dust; Comprehensive prevention and control; High tech

### 引言

在煤矿生产过程中,大量粉尘排放会恶化矿区生态环境,加剧空气污染,与国家的可持续发展战略相悖。因此,深入研究煤矿粉尘的防治技术和方法,开发高效、智能的高新技术,对于提升煤矿安全水平,保障工人健康权益,促进矿业绿色可持续发展具有重大理论价值和实践意义。同时,通过技术创新推动煤矿行业的科技进步,有助于提高我国煤炭产业的整体竞争力,实现煤矿行业的转型升级<sup>[1]</sup>。

### 1 粉尘产生机理研究

煤矿粉尘的产生,主要源于煤炭开采过程中的破碎、研磨和风化作用。在采掘作业中,钻孔、爆破、装载和运输等活动,导致煤体受到机械力的作用,使煤粒破碎成微小颗粒。煤炭自身的物理性质,如硬度、湿度和结构,也影响粉尘产生的程度。当煤层被切割或压缩时,内部压力释放导致煤体裂解,进一步释放出粉尘。同时,

化学反应也在粉尘形成中起到一定作用,特别是在含硫或含氧较高的煤层中,氧化反应可能导致煤炭自燃,从而释放大量粉尘<sup>[2]</sup>。井下湿度过低也会加剧粉尘飞扬,因为湿润的环境增加颗粒间的黏附力,减少粉尘的悬浮。此外,矿井通风系统的设计和运行状态,也直接影响粉尘的扩散。煤矿粉尘的产生机理如图1所示:

### 2 煤矿粉尘综合防治的重要性

#### 2.1 保障工人健康

煤矿粉尘对工人健康的危害,主要体现在呼吸道疾病和尘肺病上。长期吸入高浓度的煤矿粉尘,可导致工人患上慢性阻塞性肺疾病、尘肺病(如硅沉着病),严重影响呼吸功能,降低生活质量。粉尘中的游离二氧化硅等有害成分还可诱发肺癌。此外,粉尘还携带病原体,增加工人感染肺部疾病的概率<sup>[3]</sup>。因此,粉尘综合防治,有利于保障矿工的生命安全和身体健康,是煤矿安全生产的基本要求。

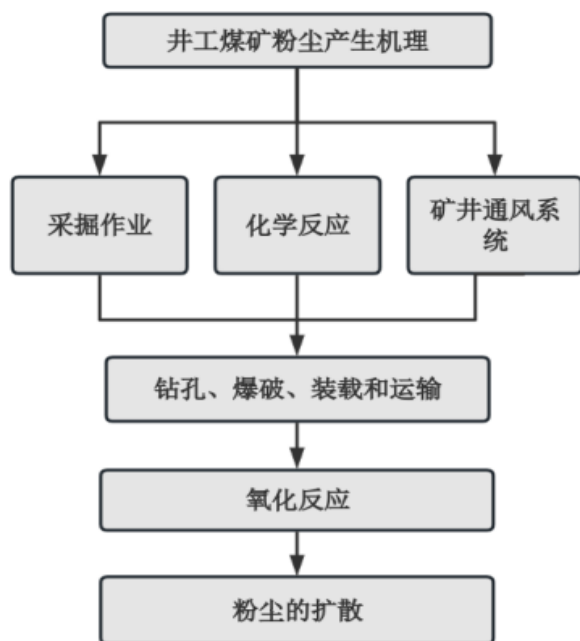


图1 井工煤矿粉尘的产生机理

## 2. 2防止爆炸和火灾

煤矿粉尘是引发煤矿火灾和爆炸事故的重要因素之一。粉尘在一定条件下,如浓度达到爆炸极限、遇到火源或高温热源,会迅速燃烧并释放大量能量,形成爆炸。有效的粉尘控制,可降低爆炸风险,通过抑制粉尘浓度、消除点火源以及提高矿井的防火防爆能力<sup>[4]</sup>。例如,采用高效通风系统可稀释粉尘浓度,避免达到爆炸极限,安装防爆装置和自动灭火系统在初期阶段抑制火源,防止火势蔓延。

## 2. 3维护设备正常运行

粉尘附着在机械设备表面,会增加摩擦阻力,导致机械磨损加剧,降低设备的工作效率。例如,电机、轴承和其他传动部件,因粉尘堆积而散热不良,引发过热甚至烧毁。此外,粉尘还可能进入电气设备内部,造成短路或绝缘性能下降,影响电力系统的稳定性和安全性。因此,有效的防尘措施,可显著延长设备寿命,减少维修成本,同时提高生产连续性和稳定性<sup>[5]</sup>。

## 3 煤矿粉尘综合防治技术

### 3. 1粉尘监测

粉尘监测是煤矿粉尘防治工作的重要组成部分,旨在实时了解井下粉尘浓度,以便及时采取有效措施。当前,常见的监测手段包括机械采样法和在线连续监测系统。机械采样法定期采集空气样本,通过实验室分析确定粉尘浓度,但其存在采样周期长、结果反馈滞后的问题。相比之下,基于激光散射或光吸收原理的在线监测系统,可实时提供数据,提高预警和处理效率。系统通常配备有数据记录和传输功能,便于数据分析和远程监控。

### 3. 2通风系统

通风系统在煤矿粉尘防治中的运用,通过引入新鲜空气和排除含有粉尘的污浊空气,有效降低井下粉尘浓度,改善工作环

境。传统的机械通风方式,主要包括主扇、辅扇以及局部通风机,能提供大范围或局部的气流控制。近年来,智能通风技术的应用,可实时监测井下气体成分和粉尘浓度,自动调整通风设备的工作状态,实现精准通风。例如,采用变频技术控制风机转速,既能节约能源,又能根据实际需求调整风量,减少粉尘积聚。

### 3. 3湿法除尘

湿法除尘是一种利用水或其他液体介质,捕集和清除煤矿粉尘的技术。其基本原理是通过将含尘气体与液滴接触,使粉尘粒子因碰撞、凝固或表面润湿而沉降下来。湿法除尘在煤矿中广泛应用,主要得益于其高效去除微细粉尘的能力,尤其是对于小于10微米的颗粒,其捕集效率较高。湿法除尘的具体方法包括雾化喷淋、文丘里洗涤器、旋风洗涤器和泡沫除尘等。

### 3. 4喷雾除尘

喷雾除尘是一种广泛应用的煤矿粉尘控制技术,其原理是通过将水雾化成微小的液滴,使液滴与悬浮在空气中的粉尘颗粒碰撞并凝聚,从而实现粉尘的沉降。该方法具有高效、经济且易于实施的特点。在煤矿作业中,喷雾除尘系统通常安装在采掘机械、转载点和输送带等粉尘产生量较大的区域。例如,装载机工作时产生的大量粉尘,通过定向喷雾系统进行有效抑制。喷雾除尘的关键在于雾化质量和喷雾覆盖范围。理想的雾化粒径应小于粉尘颗粒,以提高捕捉效率。此外,雾化设备的选择和喷嘴设计,需根据现场工况调整喷雾角度和压力,以确保最佳的粉尘捕集效果。

### 3. 5化学除尘

化学除尘主要针对难以通过物理方法去除的微细颗粒。在煤矿环境中,化学除尘通常涉及使用化学吸收剂或络合剂来中和或凝聚粉尘。化学物质与粉尘表面的成分发生反应,形成易于沉降的大颗粒,从而降低空气中的粉尘浓度。例如,氨水或其他碱性溶液与煤尘中的酸性成分结合,促使粉尘粒子聚并增大,便于捕集。化学除尘的优势在于其对细小颗粒的高效去除能力,尤其适用于处理粒径小于10微米的超细粉尘。在实际应用中,化学除尘通常与其他防尘措施(如湿法除尘和通风系统)结合使用,形成多级除尘系统,以实现最佳的粉尘控制效果。

## 4 高新技术在煤矿粉尘防治中的应用

### 4. 1智能降尘子系统

智能降尘子系统,是现代煤矿粉尘防治技术的重要创新,利用先进的传感器技术和数据分析算法,实现对粉尘浓度的实时监测与自动控制。该系统包含多参数传感器网络、中央处理器、自动喷淋装置以及无线通信模块。传感器网络以“分布式”的方式部署在矿井各个关键区域,持续检测空气中的粉尘浓度,数据通过无线通信技术传输至中央处理器。中央处理器基于收集到的数据,运用智能算法(如神经网络或模糊逻辑)进行分析,以判断当前工况下的粉尘产生趋势和可能危害。一旦达到预设的阈值,系统自动触发相应的降尘措施,如调整通风系统、启动喷雾装置或实施化学除尘,确保在最短时间内有效降低粉尘浓度。此外,智能降尘子系统还具有自学习和优化功能,根据长期监测

数据不断调整和优化控制策略,以适应不同工况的变化。例如,系统识别并记录特定作业活动与粉尘产生的关联,从而在类似活动开始前预先启动降尘措施,提高防治的针对性和效率。

#### 4.2 纳米技术

利用纳米材料的特殊性质,如高比表面积、优异的吸附能力和化学稳定性,设计高效的除尘解决方案。例如,纳米二氧化钛( $\text{TiO}_2$ )因其光催化性能,在紫外线照射下分解空气中的有机污染物和部分无机粉尘,从而降低粉尘浓度。此外,纳米纤维滤材因其微小孔隙结构,捕获微米甚至纳米级别的粉尘颗粒,有效提高过滤效率,同时保持较低的阻力损失,有利于通风系统的稳定运行。纳米粒子也可用于改进现有的湿法除尘工艺。通过在水中添加纳米粒子,增强水滴对粉尘的润湿性和黏附性,提高湿法除尘的效果。例如,纳米 $\text{SiO}_2$ 的引入,可增加水对煤尘的湿润度,使粉尘更容易被水滴捕获,纳米技术的应用不仅提高了除尘效率,还减少了水资源的消耗。尽管纳米技术在煤矿粉尘防治中表现出诸多优势,但其大规模应用仍面临一些挑战。如纳米材料的制备成本较高,且可能存在潜在的环境和健康风险,需要进一步研究其长期影响并开发安全的处理方法。

#### 4.3 实时监测与评估技术

实时监测与评估技术的运用,通过精准的数据采集和快速地分析反馈,有效提高防尘工作的针对性和效率。近年来,随着传感器技术和物联网的发展,煤矿环境的实时监控已成为可能。例如,采用高灵敏度的粉尘浓度传感器,实时检测工作面的粉尘浓度,当浓度超过预设阈值时,系统自动触发警报并启动相应的防尘措施。此外,基于云计算和大数据的智能分析平台整合多源监测数据,进行实时分析和预测。通过对历史数据的学习,识别粉尘产生的模式,预测潜在的高尘区,从而指导防尘工作提前进行,减少粉尘积累。同时,评估技术也得到提升,通过对比不同防尘措施实施前后的粉尘浓度变化,量化评估各种方法的效果,为优化防尘策略提供依据。例如,某煤矿采用无线传感器网络进行粉尘实时监测,结合机器学习算法进行数据分析,成功降低了工作面的粉尘超标率,有效改善了矿工的工作环境。该案例表明,实时监测与评估技术在煤矿粉尘防治中的应用,不仅提升了防尘效果,对安全生产和环境保护起到了积极促进作用。

#### 4.4 矿石气力输送与喷雾降尘技术

矿石气力输送技术,是一种利用高速气流将物料(如煤炭)悬浮并输送到目的地的方法。在煤矿环境中,可有效减少粉尘的产生,在输送过程中将煤粒包裹在气流中,减少颗粒之间的摩擦和碰撞,从而降低了粉尘的溢出。通过精确控制气流速度和压力,确保输送过程中的粉尘浓度保持在较低水平,显著改善工作环境。喷雾降尘技术则是利用水雾化成微小液滴,与悬浮在空气中的粉尘颗粒结合,增加其重量,使其快速沉降。该技术在煤矿开采过程中,尤其是在破碎、装载和运输环节,表现出高效降尘效果。例如,在装载机作业时,设置定向喷雾系统,在源头抑制粉尘扬起,同时避免过多水分影响煤炭质量。结合矿石气力输送与喷雾降尘技术,可实现粉尘防治的双重保险。在实际应用中,这两项技术的集成系统,可实时监测粉尘浓度,自动调整喷雾量和气流参数,达到最佳降尘效果。例如,某煤矿在实施此方案后,粉尘排放量下降了超过80%,大大改善了井下空气质量,同时也减少了对机械设备的磨损,延长了设备寿命。

#### 5 结束语

综上所述,煤矿粉尘防治是一项系统工程,需要多学科交叉、技术创新与管理改进相结合。通过不断研发和应用高新技术,可以预见煤矿工作环境将得到显著改善,工人的健康保障将进一步加强,同时也将促进煤炭行业的可持续发展。未来的研究应继续聚焦于提高防尘技术的智能化、精细化和环保性能,以应对日益严峻的粉尘挑战。

#### [参考文献]

- [1]杨端庆,王培亮,周强.煤矿粉尘综合防治及高新技术开发应用研究[J].中国机械,2023,(7):116-119.
- [2]段元华.煤矿粉尘防治的研究[J].内蒙古煤炭经济,2023,(4):61-63.
- [3]王平,路国强,徐洋.煤矿粉尘及防治技术研究现状与展望[J].现代矿业,2023,39(11):8-13.
- [4]刘新礼.关于综采工作面粉尘综合防治技术的探索[J].矿业装备,2023,(1):14-16.
- [5]刘颖,朱亮,刘振,等.煤矿综采工作面除尘综合技术的应用与研究[J].内蒙古煤炭经济,2023,(3):14-16.