

# 高压喷雾降尘技术在煤矿掘进工作面的应用分析

孙尊学

中煤矿山建设集团有限责任公司三十工程处 安徽 宿州 234000

**摘要:** 煤矿掘进工作面是粉尘污染的重灾区,粉尘不仅严重威胁矿工健康,还易引发安全事故。高压喷雾降尘技术凭借其高效、节能等优势在煤矿粉尘治理中广泛应用。本文详细阐述高压喷雾降尘技术原理,结合具体应用方式探讨其应用效果,分析影响应用效果的因素,并提出优化措施,旨在为提升该技术在煤矿掘进工作面的应用水平提供全面参考。

**关键词:** 高压喷雾降尘技术;煤矿掘进工作面;粉尘治理;应用效果

## 1 引言

在我国煤炭产业蓬勃发展的当下,煤矿掘进工作面的作业强度与规模持续攀升,粉尘问题愈发凸显。掘进过程中产生的大量粉尘,不仅使矿工面临尘肺病等职业病的威胁,还降低了工作面能见度,影响作业安全,甚至可能引发粉尘爆炸等灾难性事故。因此,探寻有效的降尘技术对于保障矿工生命安全和煤矿稳定生产至关重要。高压喷雾降尘技术作为一种先进的粉尘治理手段,在煤矿掘进工作面展现出良好的应用前景。深入研究其技术细节与应用效果,对于优化煤矿粉尘治理方案具有重要现实意义<sup>[1]</sup>。

## 2 高压喷雾降尘技术的工作原理和特点

高压喷雾降尘技术可根据动力来源分为气动和电动两种类型。气动高压喷雾降尘技术利用压缩空气作为动力源,推动高压泵工作;电动高压喷雾降尘技术则依靠电力驱动高压泵。无论采用哪种动力方式,其核心原理都是利用高压泵将水加压至8-20MPa,随后通过特制喷嘴将高压水雾化形成微小水雾颗粒。这些水雾颗粒直径通常处于5-50 $\mu\text{m}$ 之间,具备极大的比表面积。当水雾颗粒与空气中的粉尘颗粒相遇时,由于水雾颗粒表面存在表面张力,会吸附粉尘颗粒,使粉尘颗粒表面被水膜包裹。随着水雾颗粒与粉尘颗粒不断碰撞、凝聚,粉尘颗粒的重量逐渐增加,最终在重力作用下沉降到地面。例如,当水雾颗粒直径为20 $\mu\text{m}$ 时,其比表面积可达1000 $\text{m}^2/\text{g}$ 以上,能够高效捕捉空气中的粉尘颗粒。

## 3 高压喷雾降尘技术在煤矿掘进工作面的具体应用方式

### 3.1 钻眼作业降尘

在综掘机配套钻机装置上安装高压喷雾系统,采用环形或定向喷雾。如在某煤矿掘进工作面,使用EBZ系列综掘机配套钻机时,于钻杆周围均匀安装6个喷嘴形成环形喷雾。喷雾压力设为12MPa,流量12L/min。钻机启

动钻眼时同步开启喷雾系统,水雾形成环绕钻杆的水雾幕,与粉尘充分接触,使其湿润增重,抑制粉尘扩散。现场监测显示,采用此方式后,钻眼作业区域粉尘浓度降幅超75%,改善了作业环境。

### 3.2 爆破作业降尘

爆破作业前,在掘进工作面及附近巷道内布置高压喷雾系统。在巷道顶部和两侧安装喷嘴,形成全方位喷雾降尘网络。在爆破瞬间,立即启动高压喷雾系统。例如,在巷道长度为50m的掘进工作面,每隔5m在顶部和两侧各安装1个喷嘴,共安装20个喷嘴。喷雾压力设定为15MPa,流量为30L/min。爆破时,大量水雾颗粒迅速弥漫在空气中,与爆破产生的粉尘充分混合,使粉尘迅速沉降。经监测,采用该喷雾降尘措施后,爆破后工作面粉尘浓度降低80%以上。此外,还可采用预湿爆破技术,即在爆破前对炮眼周围的岩体进行高压喷雾预湿。在某煤矿试验中,对炮眼周围0.5m范围内的岩体进行预湿,爆破时粉尘产生量降低40%-50%。

### 3.3 装载与运输作业降尘

在装载机和运输设备上安装高压喷雾装置。对于装载机,在铲斗上方和两侧设置喷嘴,装载过程中进行喷雾降尘;对于皮带运输设备,重点在转载点和机头、机尾等易产生粉尘的关键部位安装喷嘴。以常见的皮带机为例,在转载点处安装2个喷嘴,喷雾压力设置为8MPa,流量为8L/min。当物料从上一环节落入皮带机转载点时,高压水雾及时喷出,对物料进行充分湿润。湿润后的物料在后续运输过程中,粉尘飞扬现象得到显著抑制。经监测,采用此喷雾降尘措施后,转载点粉尘浓度降低60%-70%,有效减少了粉尘对周边环境和设备的影响,同时也降低了粉尘爆炸等安全隐患,确保了皮带运输作业的安全、稳定运行。

### 3.4 支护作业降尘

在进行支护作业时,在支护作业区域附近设置移动式高压喷雾装置。当进行锚杆支护、架棚支护等作业时,启动喷雾装置,对作业区域进行喷雾降尘。例如,在锚杆支护作业中,使用MYT-150S型液压锚杆钻机,在钻机附近设置移动式喷雾装置,安装2个喷嘴,喷雾压力为10MPa,流量为10L/min。支护作业时,水雾降低了作业区域粉尘浓度,改善了作业环境。经监测,采用该喷雾降尘措施后,支护作业区域粉尘浓度降低65%以上。

#### 4 高压喷雾降尘技术在煤矿掘进工作面的应用效果

##### 4.1 粉尘浓度降低效果显著

通过在多个煤矿掘进工作面实际应用高压喷雾降尘技术,工作面粉尘浓度得到明显降低。以某大型煤矿为例,在未采用高压喷雾降尘技术时,掘进工作面全尘浓度平均达到800mg/m<sup>3</sup>以上,呼吸性粉尘浓度平均达到250mg/m<sup>3</sup>以上。采用高压喷雾降尘技术后,全尘浓度降至80-150mg/m<sup>3</sup>,呼吸性粉尘浓度降至30-50mg/m<sup>3</sup>[2]。在不同掘进工作面进行对比试验,结果显示,采用高压喷雾降尘技术的工作面粉尘浓度比未采用的工作面降低70%-85%,有效改善了工作面空气质量,降低了矿工接触粉尘的浓度,减少了尘肺病等职业病的发生风险。

##### 4.2 能见度提高,作业安全性增强

高压喷雾降尘技术的应用使掘进工作面能见度得到明显改善。在未降尘前,工作面粉尘弥漫,能见度往往不足5m,给矿工操作和设备安全运行带来很大困难。采用高压喷雾降尘后,能见度提高到15-25m以上。例如,在某煤矿掘进工作面,采用高压喷雾降尘技术前,因能见度低,每月发生3-4起因视线不清导致的设备碰撞事故;采用后,事故发生率降至每月1起以下,大大提高了作业安全性。

##### 4.3 设备故障率降低

粉尘对电气设备和其他设备正常运行有很大影响,容易导致设备故障。采用高压喷雾降尘技术后,工作面粉尘浓度降低,减少了粉尘在设备表面的附着,降低了设备因粉尘导致的故障率。例如,某煤矿掘进工作面的电气设备因粉尘引起的故障率在采用高压喷雾降尘技术前每月平均达到6-8次,采用后降至每月1-2次。同时,设备的维修成本也大幅降低,据统计,采用该技术后,设备维修成本降低了40%-50%,减少了生产中断时间,提高了生产效率。

#### 5 影响高压喷雾降尘技术在煤矿掘进工作面应用效果的因素

##### 5.1 喷雾压力

喷雾压力是影响高压喷雾降尘效果的重要因素。喷

雾压力越高,水雾颗粒雾化效果越好,水雾颗粒直径越小,比表面积越大,与粉尘颗粒碰撞和凝聚几率越高,降尘效果越好。但喷雾压力过高会增加设备能耗和运行成本,同时对喷嘴磨损加剧。研究表明,当喷雾压力从5MPa提高到10MPa时,降尘效率可提高20%-30%;当压力从10MPa提高到15MPa时,降尘效率提高幅度逐渐减小,约为10%-15%。因此,需根据实际情况选择合适喷雾压力,一般控制在8-15MPa之间较为适宜。

##### 5.2 水雾颗粒直径

水雾颗粒直径对降尘效果有直接影响。水雾颗粒直径过小,容易随气流飘散,难以与粉尘颗粒有效碰撞;水雾颗粒直径过大,则容易在空气中迅速沉降,无法与粉尘充分接触。研究表明,水雾颗粒直径在10-50μm之间时,降尘效果最佳。因此,在选择喷嘴时,要确保其能够产生合适直径的水雾颗粒。

##### 5.3 喷嘴布置

喷嘴布置方式直接影响喷雾覆盖范围和均匀性,进而影响降尘效果。喷嘴应根据掘进工作面形状、尺寸和粉尘产生源位置合理布置。一般来说,喷嘴应均匀分布在巷道顶部和两侧,形成全方位喷雾降尘网络。同时,要注意喷嘴间距和角度,确保水雾能充分覆盖作业区域,避免出现喷雾死角[3]。例如,在巷道宽度为4m、高度为3m的掘进工作面,喷嘴间距可设置为3-4m,喷嘴与水平面夹角为30°-45°,这样可使喷雾覆盖半径达到2-3m,有效覆盖工作面。

##### 5.4 粉尘性质

粉尘的性质,如粉尘的粒度分布、密度、形状、湿润性等,也会影响高压喷雾降尘效果。不同性质的粉尘对水雾的吸附和凝聚能力不同。例如,细小的粉尘颗粒比粗大的粉尘颗粒更难被水雾捕捉;疏水性粉尘比亲水性粉尘更难湿润和沉降。因此,在应用高压喷雾降尘技术时,需要考虑粉尘的性质,采取相应的措施,如添加湿润剂等,提高降尘效果。

##### 5.5 通风条件

掘进工作面的通风条件对高压喷雾降尘效果有重要影响。通风风速过大会将水雾颗粒迅速吹散,使其无法与粉尘充分接触;通风风速过小则不利于粉尘的扩散和排出,容易导致粉尘在工作面积聚。因此,需要合理控制通风风速,一般控制在0.25-4m/s之间,以保证水雾与粉尘的有效混合和沉降。

#### 6 优化高压喷雾降尘技术在煤矿掘进工作面应用的措施

##### 6.1 合理选择和设计喷雾系统

根据掘进工作面实际情况,如巷道尺寸、粉尘产生源分布、通风条件等,合理选择高压泵、喷嘴等设备,并进行科学设计。确保喷雾系统能提供合适喷雾压力和流量,产生符合要求的水雾颗粒直径,并实现良好喷雾覆盖效果。例如,对于巷道较长、粉尘产生量大的掘进工作面,可选择功率较大、流量较高的高压泵;对于粉尘产生源集中的区域,可增加喷嘴数量或调整喷嘴布置方式。同时,要选择质量可靠、性能稳定的设备,提高系统可靠性和使用寿命。

### 6.2 优化喷嘴布置

通过现场试验和数值模拟等方法,优化喷嘴布置方式。根据粉尘产生源位置和粉尘扩散规律,合理调整喷嘴间距、角度和高度,确保水雾能充分覆盖作业区域,特别是粉尘产生量较大区域。例如,在钻眼作业区域,可根据钻眼位置和粉尘扩散方向,调整喷嘴角度,使水雾直接喷射到粉尘产生源;在转载点,可增加喷嘴数量,形成密集喷雾,有效抑制粉尘飞扬。同时,要定期检查喷嘴工作状态,及时清理堵塞喷嘴,保证喷雾效果。

### 6.3 结合其他降尘措施

高压喷雾降尘技术可与其他降尘措施相结合,形成综合降尘体系,进一步提高降尘效果。例如,在钻眼作业时,采用湿式钻眼与高压喷雾相结合方式,湿式钻眼可先降低部分粉尘产生,高压喷雾再对剩余粉尘进行捕捉;在爆破作业中,采用预湿爆破、水封爆破与高压喷雾相结合方法,预湿爆破和水封爆破可减少爆破时粉尘产生量,高压喷雾再对爆破后扩散的粉尘进行沉降;在装载和运输过程中,结合通风除尘、密闭抽尘等措施,通风除尘可加速粉尘排出,密闭抽尘可对局部高浓度粉尘进行收集处理,共同控制粉尘扩散。

### 6.4 加强设备维护和管理

建立健全设备维护和管理制度,定期对高压喷雾降尘系统进行检查、维护和保养。及时更换磨损喷嘴、密封件等易损件,保证设备正常运行。例如,每周对喷嘴进行检查,清理堵塞物;每月对高压泵进行维护,检查

润滑油、密封件等;每季度对系统进行全面检查,包括管道连接、电气控制等<sup>[4]</sup>。同时,要加强对操作人员培训,提高其操作技能和维护水平,确保喷雾系统能发挥最佳降尘效果。

### 6.5 开展粉尘监测和效果评估

在掘进工作面安装粉尘监测设备,实时监测粉尘浓度变化情况。根据监测数据,及时调整喷雾系统参数,优化降尘措施。例如,当监测到某区域粉尘浓度升高时,可适当增加该区域喷嘴喷雾压力或流量。同时,定期对高压喷雾降尘技术应用效果进行评估,总结经验教训,不断改进和完善降尘方案。评估内容包括降尘效率、用水量、设备故障率等指标,通过对比不同时期数据,分析降尘效果变化趋势,为后续优化提供依据。

### 结语

高压喷雾降尘技术在煤矿掘进工作面应用效果显著,能有效降低粉尘浓度,提升能见度,保障矿工健康与安全生产。其效果受喷雾压力、水雾粒径、喷嘴布置及通风条件等因素影响。为进一步提升应用水平,应优化喷雾系统设计与喷嘴布局,结合其他降尘措施,强化设备维护与粉尘监测。未来应加强技术研发,探索更高效、节能的降尘设备,提升粉尘治理水平。同时,需增强企业重视程度,加大资金与技术支持,确保各项措施落实到位,推动煤矿实现安全、绿色与可持续发展。

### 参考文献

- [1]李轶.姚桥煤矿8501综采工作面高压喷雾降尘效果关键影响因素研究[J].能源技术与管理,2023,48(02):101-102.
- [2]王晋波.武甲煤矿3101综采工作面高压喷雾降尘技术[J].煤,2020,29(09):29-31.
- [3]赵晓璐.综采工作面采煤机高压喷雾降尘系统设计及应用分析[J].西部探矿工程,2024,36(01):71-73.
- [4]侯振国.3216采煤工作面高压喷雾降尘技术应用[J].矿业装备,2023,(08):13-15.