

矿山采矿过程中的粉尘控制技术研究

龙金刚

中稀(凉山)稀土有限公司, 四川 凉山彝族自治州 615601

[摘要] 矿山采矿过程中, 粉尘污染是一个严重的环境问题, 影响矿工健康并加剧空气污染。为了有效控制采矿过程中粉尘的产生与扩散, 采用了多种技术措施, 包括喷雾抑尘、通风除尘、吸尘系统等。这些技术通过提高水雾颗粒的附着力、改善矿区通风条件和使用高效过滤设备, 有效降低了粉尘浓度, 减少了粉尘对空气质量的影响。同时, 利用先进的监测系统对矿区粉尘浓度进行实时监控, 并根据数据调整控制策略, 进一步提升了粉尘控制效果。通过这些技术的综合应用, 矿区的工作环境得到了显著改善, 矿工的健康风险得到了有效降低, 也为环境保护作出了贡献。

[关键词] 粉尘控制; 采矿技术; 喷雾抑尘; 通风除尘; 环境保护

DOI: 10.33142/ec.v8i1.15023

中图分类号: TD854

文献标识码: A

Research on Dust Control Technology in Mining Process

LONG Jingang

Zhongxi (Liangshan) Rare Earth Co., Ltd., Liangshan Yi Autonomous Prefecture, Sichuan, 615601, China

Abstract: Dust pollution is a serious environmental problem in the mining process, affecting the health of miners and exacerbating air pollution. In order to effectively control the generation and diffusion of dust in the mining process, a variety of technical measures have been adopted, including spray dust suppression, ventilation and dust removal, dust collection system, etc. These technologies effectively reduce dust concentration and minimize the impact of dust on air quality by increasing the adhesion of water mist particles, improving ventilation conditions in mining areas, and using efficient filtration equipment. At the same time, advanced monitoring systems are used to monitor the dust concentration in the mining area in real time, and control strategies are adjusted based on the data, further improving the dust control effect. Through the comprehensive application of these technologies, the working environment in mining areas has been significantly improved, the health risks of miners have been effectively reduced, and contributions have been made to environmental protection.

Keywords: dust control; mining technology; spray dust suppression; ventilation and dust removal; environmental protection

引言

矿山采矿活动作为资源开采的重要手段, 伴随着大量粉尘的产生, 这不仅对矿工的身体健康构成威胁, 还对周边环境产生负面影响。随着环保法规的日益严格, 传统的粉尘控制方法已难以满足现代矿山的生产需求, 因此, 采用更加高效的粉尘抑制技术成为迫切需要解决的问题。喷雾抑尘、通风除尘及吸尘系统等新技术的应用, 为矿山粉尘治理提供了全新的解决方案, 极大地改善了矿区的作业环境。这些技术的创新与整合, 不仅提高了粉尘控制效率, 还促进了矿山的可持续发展和矿工的健康保障, 具有重要的实践意义和推广价值。

1 矿山采矿过程中的粉尘来源与危害分析

1.1 矿山采矿过程中的粉尘来源分析

矿山采矿过程中, 粉尘的产生主要来源于以下几个方面。首先, 开采作业中的钻孔、爆破和铲装等过程会产生大量的矿石碎屑, 这些碎屑在机械撞击、摩擦和破碎过程中容易分散成细小的粉尘颗粒, 悬浮在空气中。其次, 矿石运输和堆放过程中, 由于矿物质的摩擦、碰撞以及堆积,

矿石表面产生的微小颗粒会随着风力或运输机械的振动而扬起, 进一步形成粉尘污染。最后, 矿山通风系统的工作也可能导致一些地下作业区域的粉尘向地面扩散, 尤其是在低通风量的情况下, 矿山地下的积尘极易被空气流动带入工作区。

1.2 粉尘对矿工健康的危害

矿山采矿过程中产生的粉尘不仅严重影响周围环境质量, 而且对矿工的健康构成直接威胁。长期暴露在高浓度粉尘环境中, 矿工容易患上与尘肺相关的疾病, 如矽肺病、煤矿尘肺病等。这些疾病主要由矿区内的细小粉尘颗粒进入肺部引起, 长期积累会导致肺部功能逐步下降, 严重时甚至可能导致肺功能衰竭, 危及生命。除了尘肺病, 粉尘对呼吸道的长期刺激作用还可能引发支气管炎、哮喘等慢性呼吸系统疾病, 增加矿工的健康负担。粉尘还可能影响心血管健康, 增加心脏病、血管疾病的风险。更为严重的是, 持续的粉尘暴露还会逐渐削弱人体免疫系统, 使矿工更易感染各种疾病, 整体健康状况不断恶化, 最终导致职业病发生率显著上升。除健康风险外, 这还会给矿山

企业带来巨大的社会和经济压力，增加医疗和赔偿成本，并影响矿区的生产效率和劳动生产力。

1.3 粉尘对环境的影响

矿山采矿过程中的粉尘不仅对矿工的健康构成威胁，还对周边环境造成了严重的污染。悬浮在空气中的细小粉尘颗粒会迅速扩散，影响空气质量，导致雾霾加重，严重时可导致能见度降低，给交通和日常生活带来不便。粉尘随着风力传播，沉积到土壤、植被和水体中，破坏当地生态系统的平衡。土壤中的粉尘沉积会导致土壤结构变化，降低其透气性和肥力，进而影响农作物的生长，减少农田的产量和质量。水体中的粉尘不仅可能污染水源，改变水体的 pH 值，还会破坏水生生物的栖息环境，影响生态链的稳定。矿山周边的空气污染还可能导致呼吸道疾病的发生率上升，增加当地居民的健康风险。

2 喷雾抑尘技术在矿山粉尘控制中的应用

2.1 喷雾抑尘技术的原理与基本构成

喷雾抑尘技术通过利用细小的水雾颗粒来捕捉矿山作业过程中产生的粉尘，使其迅速沉降到地面，从而达到减少粉尘扩散的目的。该技术的关键在于喷雾粒径的控制，通常需要将水雾颗粒控制在 10-50 微米之间，这样的粒径既能有效包裹粉尘，又不会因过大颗粒的重力作用迅速落地，影响抑尘效果。喷雾系统的基本构成包括喷雾头、管道、泵站、喷雾控制设备和水源系统。喷雾头通过加压将水转化为细小水雾，喷洒到粉尘源头，控制系统则根据现场粉尘浓度的变化自动调节喷雾量与喷洒频率，以确保最佳的粉尘抑制效果。

2.2 喷雾抑尘技术的应用领域

喷雾抑尘技术在矿山采矿过程中广泛应用，特别是在露天矿区、破碎区、运输通道、堆料区等粉尘易产生的区域。首先，在开采阶段，喷雾系统可以在爆破后直接进行抑尘，减少因矿石爆破带来的大量粉尘扩散。其次，矿石运输过程中，尤其是采用皮带输送系统时，喷雾技术可有效控制因摩擦、碰撞和矿石扬起造成的粉尘。最后，在堆料和堆存矿石的过程中，通过布置喷雾装置，可以防止堆积的矿石因风力作用而引起扬尘。此外，喷雾抑尘技术还可以与矿山的其他粉尘治理措施（如通风除尘系统）结合使用，进一步提高矿山粉尘治理的综合效果。

2.3 喷雾抑尘技术的优势

喷雾抑尘技术具有诸多优点。首先，喷雾系统可根据粉尘浓度实时调整喷水量和喷洒频率，具有较高的自动化水平，减少了人工干预的需求。其次，与传统的干式抑尘方法（如吸尘器、过滤设备）相比，喷雾技术能够覆盖更大范围，尤其适用于大面积的露天作业区域。再次，水雾的微小颗粒能够迅速与粉尘颗粒结合，增强了粉尘的沉降速度，减少了粉尘的扩散，提高了抑尘效率。喷雾抑尘技术的投资相对较低，操作维护简便，且无需消耗大量能源，

因此在经济性和环保性上都具有优势。此外，由于水雾颗粒对空气的湿度有一定的调节作用，喷雾技术在干旱地区的矿山应用效果尤为显著。

3 通风与吸尘系统在矿山粉尘治理中的关键作用

3.1 通风系统在矿山粉尘治理中的作用与原理

通风系统是矿山粉尘治理的基础设施之一，其主要作用是通过空气流动将矿区内产生的粉尘稀释并排出地面。良好的通风系统可以将粉尘从矿井或露天矿区内的作业区域及时带走，减少粉尘在空气中的浓度，降低矿工的暴露风险。通风系统的原理是利用风机、通风管道等设施，推动空气流动，使新鲜空气进入矿区的作业区，同时将污染的空气与粉尘排出。矿山通风系统一般分为两种类型：自然通风和机械通风。自然通风利用空气温差和地形差异产生的气流进行通风，适用于一些空气流通良好的矿山环境；而机械通风则通过风机强制空气流动，适用于通风不畅或粉尘浓度较高的矿山，能够有效增加空气流量，保证矿区各作业区域的空气质量。

3.2 吸尘系统的工作原理与应用

吸尘系统通过高效的集尘设备，直接从粉尘源头吸取空气中的粉尘颗粒，将其集中收集并排出，从而实现局部区域的粉尘控制。吸尘系统通常由吸尘器、集尘装置、输送管道及过滤设备组成。其工作原理是通过吸力将矿区作业区域的空气及其中的粉尘颗粒吸入，通过管道输送到集尘装置，再通过滤网将粉尘从空气中分离。过滤后的清洁空气通过排气口释放，避免了粉尘的二次扩散。吸尘系统的应用范围广泛，尤其在矿石破碎、铲装、运输、筛分等产生大量粉尘的作业环节，吸尘装置能够有效收集粉尘，减少粉尘对矿工健康的危害，并防止粉尘在作业区内积聚，降低火灾爆炸等安全隐患。

3.3 通风与吸尘系统的协同作用

在矿山粉尘治理中，通风系统与吸尘系统的协同应用可以实现最佳的抑尘效果。通风系统通过持续的空气流动降低作业区内的粉尘浓度，为矿工提供清新的空气环境；而吸尘系统则直接作用于粉尘源头，通过局部吸收粉尘，减少粉尘的扩散。因此，两者结合使用可以形成互补的优势，既可以减少大范围粉尘的产生，又能针对局部高粉尘浓度区域进行重点控制，提高整体粉尘治理的效果。例如，在矿石破碎作业区，通过吸尘系统将源头粉尘集中吸走，同时借助通风系统将周围空气中的残余粉尘快速排出，达到良好的粉尘抑制效果。在矿山深部作业区域，通风系统与吸尘系统的有效结合不仅能够提供必要的新鲜空气，还能够防止空气中积聚过多的粉尘，从而保障矿井作业的安全。

4 矿山粉尘控制技术的综合评估与发展趋势

4.1 矿山粉尘控制技术的综合评估标准

矿山粉尘控制技术的评估需要从多个维度进行，主要包括抑尘效果、成本效益、安全性、操作便捷性和环境影

响等方面。首先,抑尘效果是技术评估的核心指标,主要衡量技术在实际应用中降低粉尘浓度、减少粉尘扩散的能力。有效的技术应能在不同作业环节和不同环境条件下保持稳定的抑尘效果。其次,成本效益是评价技术应用可行性的重要标准,既包括设备的初期投资成本,也包括其运营和维护成本。对于矿山企业而言,选择具有较高性价比的粉尘控制技术尤为重要。安全性方面,技术的应用应减少对矿工健康的危害,防止由于设备故障或运行不当引发的二次污染或安全事故。操作便捷性则体现在技术的管理、维护和自动化控制的程度,简化操作流程能有效降低人力成本。最后,环境影响是综合评估的重要方面,技术应尽可能减少对环境的负面影响,尤其是在水资源、能源消耗和废弃物排放方面,优选环保的粉尘控制方案。

4.2 综合应用技术的优势与效果

随着矿山作业的复杂性和规模化程度的提高,单一的粉尘控制技术往往难以满足全面治理的需求。因此,综合应用多种技术成为解决矿山粉尘污染的有效途径。例如,将喷雾抑尘与通风除尘系统结合使用,可以在提高粉尘沉降效果的同时,保证空气流动,避免粉尘在矿区内滞留。吸尘系统与喷雾技术的协同应用,可以在局部区域有效降低粉尘浓度,并减少对整个矿区环境的负面影响。在实际应用中,不同技术的结合使用能够覆盖更多的作业环节,全面提高粉尘治理效果,并进一步提升矿山的生产效率和安全性。此外,综合应用技术能够灵活调整治理策略,根据不同环境条件和粉尘浓度进行针对性调整,提高技术的适应性与稳定性,从而为矿山企业带来更大的经济与社会效益。

4.3 技术集成与智能化发展趋势

随着科技进步,矿山粉尘控制技术正向集成化和智能化方向发展。集成化技术将多种粉尘控制方法结合在一起,形成一套完整的系统,通过智能化控制实现不同技术的协调工作。例如,喷雾系统可以与实时监测系统连接,通过传感器和数据分析技术自动检测矿区的粉尘浓度,并根据检测结果调整喷雾频率与水量。通风与吸尘系统也可以通过智能化调节,根据矿区内粉尘分布和风速变化自动优化工作状态,从而最大限度地提高粉尘治理效率。未来,矿山粉尘控制技术将更多地依靠人工智能、大数据和物联网技术,通过对矿区环境的实时监测、数据分析与预测,智能调度各项控制设备,实现更加精准、高效的粉尘治理,进一步提升矿山的环保水平和安全性。

4.4 未来发展方向与挑战

尽管矿山粉尘控制技术已经取得了显著进展,但仍然

面临一些技术和实际应用的挑战。首先,在水资源有限或干旱地区,喷雾抑尘技术的应用受限,因此,如何研发高效且节水的抑尘设备成为技术发展的重要方向。其次,极端气候和复杂地形条件对通风和吸尘系统的影响不容忽视,如何提高设备的适应性和稳定性,确保其在不同环境下持续高效运行,是未来技术发展的关键。此外,技术的可持续性也是一个挑战,许多粉尘控制设备在长期运行中会产生较大的维护成本或能源消耗。因此,未来的粉尘控制技术将更加注重绿色环保,减少对能源的依赖,同时提升设备的耐用性和维修便利性。随着科技不断进步,矿山粉尘治理技术将在智能化、节能环保和高效性方面不断突破,推动矿山行业的可持续发展和环境保护目标的实现。

5 结束语

矿山粉尘污染是影响矿山作业安全、矿工健康以及环境保护的重要问题。随着技术的不断发展,喷雾抑尘、通风与吸尘系统等多种粉尘控制技术逐步应用到矿山作业中,取得了显著的成效。通过这些技术的综合应用,矿区的粉尘浓度得到了有效控制,矿工的职业健康风险大大降低,作业环境得到改善。尽管当前的技术已取得一定的进展,但在水资源短缺、复杂环境适应性和长期运行成本等方面仍面临一定挑战。未来,矿山粉尘控制技术将朝着智能化、节能环保和高效集成的方向发展,利用大数据、物联网等先进技术实现精准监控与智能调度,进一步提升治理效果。持续创新和技术升级将为矿山行业的可持续发展提供有力支持,并为环境保护和社会健康贡献更多力量。

【参考文献】

- [1]郭春,宋骏修,王欣,等. 矿山法施工隧道粉尘控制技术研究现状及进展[J]. 隧道建设(中英文),2020,40(1):68-74.
- [2]马宁. 矿山企业粉尘控制及应对策略[J]. 北方环境,2011,23(8):88-91.
- [3]陶发玉. 采矿作业粉尘危害防护技术调查与研究[J]. 湖南有色金属,2021,37(6):4-6.
- [4]福法纳(Mohamed Lamine Fofana). SMD 露天矿粉尘排放对环境的影响与减排技术研究[D]. 徐州:中国矿业大学,2021.
- [5]贺晓峰,赵明. 采矿爆破粉尘高效凝并技术分析[J]. 中国金属通报,2022(6):17-19.

作者简介:龙金剛(1989.12—),男,四川南充人,现就职于中稀(凉山)稀土有限公司(原四川江铜稀土有限责任公司),地质测量工程师,长期从事矿山测量方面工作。