

金属非金属矿山开采中粉尘污染防治技术新进展

董红军

新疆西拓矿业有限公司 新疆 哈密 839000

摘要：随着科技进步与环保意识提升，金属非金属矿山粉尘污染防治技术取得显著进展。智能化防尘监测预警系统、自动化喷雾洒水系统的应用提高了防尘效率；组合式除尘器、新型湿式除尘技术及高效过滤材料的研发增强了除尘效果；协同治理技术的探索实现了多种防尘技术的有机结合。同时，管理与政策的创新也为粉尘污染防治提供了有力保障，推动了矿山开采的绿色发展。

关键词：金属非金属矿山开采；粉尘污染防治技术；新进展

引言：金属非金属矿山开采过程中产生的粉尘不仅危害矿工健康，还污染环境，影响生态平衡。近年来，随着科技发展和环保法规的严格，粉尘污染防治技术成为研究热点。本文综述了当前粉尘污染防治技术的最新进展，探讨了智能化、高效除尘设备及协同治理等新技术手段，旨在为矿山企业提供科学、有效的防尘策略，促进矿业可持续发展，保障矿工健康与环境安全。

1 金属非金属矿山粉尘的来源与特性

1.1 粉尘来源分析

（1）矿石破碎与筛分过程：矿石经过爆破、铲装后，会被送入破碎机进行破碎，再经过筛分设备筛分成不同粒度的产品。这两个过程中，矿石受到强烈的挤压、撞击和振动，导致矿石间隙中的空气被猛烈挤压出来，形成粉尘。特别是在筛分过程中，物料随振动筛快速振动，极易产生扬尘。（2）采掘与运输环节：在金属非金属矿山的采掘过程中，凿岩机、电铲等设备的作业会产生大量的粉尘。此外，矿石在运输过程中，由于路面振动、车辆碾压等原因，沉积的粉尘会再次扬起，形成二次扬尘。特别是电动轮汽车在卸岩时，由于岩石的碰撞、摩擦，会产生大量的粉尘。（3）露天矿山的自然风蚀：在露天矿山，自然风蚀也是一个重要的粉尘来源。强风会吹起地面的粉尘颗粒，使其在空气中悬浮并随风扩散。特别是在干旱、半干旱地区，这种自然风蚀现象更为严重^[1]。

1.2 粉尘的组成与特性

（1）粉尘的化学与物理特性：金属非金属矿山粉尘的化学成分复杂，主要包括矿物性粉尘、金属性粉尘等。这些粉尘颗粒表面往往吸附有一层空气薄膜，阻碍了粉尘间或水滴与粉尘间的凝聚沉降。此外，粉尘的分散度、粒度、浓度等物理特性也直接影响其危害程度。

（2）粉尘颗粒大小与分布：粉尘颗粒的大小和分布是

影响其悬浮时间和被吸入可能性的关键因素。一般来说，颗粒越小，在空气中悬浮的时间越长，被人体吸入的可能性就越大。金属非金属矿山粉尘的粒度分布范围广泛，从小于微米的超细颗粒到肉眼可见的较大颗粒都有。（3）粉尘中有毒有害物质的含量：部分金属非金属矿山粉尘中含有有毒有害物质，如游离二氧化硅等。长期吸入这些粉尘会对人体健康造成严重影响，如引发尘肺病等职业病。

2 传统粉尘污染防治技术概述

2.1 湿式作业法

湿式作业法通过增加空气湿度或使粉尘与水结合来降低粉尘浓度，是最基本的防尘手段之一。（1）喷雾洒水：在矿石破碎、筛分、运输等关键作业点安装喷雾装置，通过洒水或喷雾使空气中的粉尘颗粒湿润、下沉。这种方法简单易行，但耗水量大，且需要定期维护和更换喷雾设备。（2）建设湿地：在矿山周边或内部建设人工湿地，利用湿地植物的过滤和吸附作用，将流经湿地的含尘水流中的粉尘去除。这种方法适用于雨量充沛、水源充足的地区，但对环境有一定的改造要求。

2.2 干式除尘法

干式除尘法通过物理方式将空气中的粉尘颗粒捕集并去除。（1）布袋除尘器：利用滤袋过滤原理，将含尘气体通过滤袋时，粉尘被滤袋捕集，达到除尘目的。布袋除尘器除尘效率高，但维护成本较高，且对高温、高湿、腐蚀性强等恶劣工况适应性差。（2）电除尘器：利用高压静电场使含尘气体中的粉尘颗粒荷电，并在电场力作用下被收集到极板上。电除尘器除尘效率高，但能耗大，且对粉尘比电阻有一定要求。（3）脉冲除尘器：利用高压气体脉冲产生的强烈冲击力，使滤袋上的粉尘脱落并落入灰斗。脉冲除尘器结构紧凑，占地面积小，但滤袋寿命有限，需要定期更换。

2.3 源头控制与个体防护

源头控制与个体防护是粉尘污染防治的重要组成部分。(1) 粉尘产生源的封闭与封装: 对粉尘产生源进行封闭处理, 减少粉尘外溢。例如, 在矿石破碎机、筛分机等设备周围设置密闭罩, 将粉尘控制在密闭空间内。

(2) 改善矿山通风系统: 优化矿山通风系统, 提高通风效率, 降低粉尘浓度。通过合理布置通风巷道、调整通风风量等措施, 使含尘空气尽快排出矿井。(3) 矿工个人防护用品: 为矿工配备防尘口罩、防尘眼镜等个人防护用品, 减少粉尘对矿工的伤害。同时, 加强矿工的职业健康培训, 提高其对粉尘危害的认识和防护意识。

3 金属非金属矿山开采中粉尘污染防治技术新进展

3.1 智能化防尘技术

随着科技的飞速发展, 智能化防尘技术逐渐成为矿山粉尘防治的重要手段。(1) 智能化防尘监测预警系统: 该系统通过高精度传感器实时监测矿山空气中的粉尘浓度, 结合先进的算法对数据进行处理和分析, 一旦发现粉尘浓度超过预设阈值, 立即触发预警机制, 提醒管理人员及时采取防尘措施。这种系统不仅能够实现粉尘浓度的实时监测和预警, 还能通过数据分析为矿山防尘策略的制定提供科学依据。(2) 自动化喷雾与洒水系统: 该系统能够根据智能化防尘监测预警系统的指令, 自动调整喷雾和洒水的强度和频率, 从而实现对粉尘的精准控制。这种自动化系统在提高工作效率的同时, 还减少了水资源的浪费。此外, 一些先进的自动化喷雾与洒水系统还能够根据矿山的实际情况进行智能化调节, 如根据风向、风速等环境因素调整喷雾方向, 确保防尘效果最大化^[2]。

3.2 高效除尘设备的研发与应用

高效除尘设备的研发与应用是金属非金属矿山粉尘防治的关键。(1) 组合式除尘器的设计: 组合式除尘器将多种除尘技术融为一体, 如旋风除尘、布袋除尘、静电除尘等, 通过优化各组件的结构和参数, 实现粉尘的高效捕集。这种除尘器不仅除尘效率高, 而且能够适应不同的工况条件, 如高温、高湿、腐蚀性气体等。此外, 组合式除尘器还具有占地面积小、维护方便等优点, 逐渐成为矿山除尘领域的主流设备。(2) 新型湿式除尘技术的进展: 新型湿式除尘技术通过改进传统湿式除尘器的结构和工作原理, 提高了除尘效率和稳定性。例如, 一些新型湿式除尘器采用高效的喷嘴和喷雾方式, 使水雾颗粒更加细小均匀, 与粉尘颗粒的接触面积更大, 从而提高了除尘效果。此外, 还有一些新型湿式除尘器通过增加辅助设备, 如超声波雾化器、气泡发生

器等, 进一步增强了除尘能力。(3) 高效过滤材料的研发: 高效过滤材料是布袋除尘器、静电除尘器等除尘设备的关键部件。近年来, 随着材料科学的不断进步, 高效过滤材料的性能得到了大幅提升。这些新材料具有更高的过滤效率、更强的耐腐蚀性、更长的使用寿命等特点, 能够适应更加恶劣的工况条件。例如, 一些新型纳米纤维过滤材料具有极高的比表面积和孔隙率, 能够高效捕集微小粉尘颗粒, 同时保持良好的透气性。

3.3 协同治理技术的探索与实践

协同治理技术是指将多种防尘技术有机结合, 形成优势互补的治理体系。(1) 不同治理技术的交叉应用: 在矿山粉尘防治中, 不同治理技术各有优劣。因此, 将多种技术交叉应用, 形成协同治理效应, 成为当前的研究热点。例如, 可以将湿式作业法与干式除尘法相结合, 利用湿式作业法降低粉尘浓度, 再利用干式除尘器对剩余粉尘进行捕集。此外, 还可以将源头控制与个体防护相结合, 通过封闭粉尘产生源、改善通风系统等措施减少粉尘排放, 同时为矿工提供有效的个人防护用品^[3]。

(2) 综合防尘治理方案的制定与实施: 针对矿山的实际情况, 制定综合防尘治理方案是确保防尘效果的关键。综合防尘治理方案应包括源头控制、过程治理、末端除尘等多个环节, 并根据矿山的粉尘特性、工况条件等因素进行个性化设计。方案的实施需要矿山管理层的全力支持和员工的积极参与, 确保各项防尘措施得到有效执行。

3.4 管理与政策的创新

管理与政策的创新是推动金属非金属矿山粉尘污染防治技术进展的重要保障。(1) 粉尘污染防治管理制度的完善: 建立完善的粉尘污染防治管理制度是确保防尘工作有序开展的基础。制度应明确矿山防尘的目标、原则、责任主体、监督考核等内容, 为防尘工作的实施提供制度保障。同时, 还应加强对防尘制度的宣传和培训, 提高矿山员工对防尘工作的认识和重视程度。(2) 粉尘排放标准的制定与执行: 粉尘排放标准是衡量矿山防尘效果的重要依据。应根据矿山的实际情况和防尘技术的发展水平, 制定合理的粉尘排放标准, 并加强对标准的执行和监督。对于超标排放的矿山, 应依法进行处罚, 并督促其整改, 确保防尘效果达标。(3) 环保政策的激励与约束机制: 环保政策是推动矿山粉尘污染防治工作的重要手段。应建立有效的激励与约束机制, 鼓励矿山采用先进的防尘技术和设备, 提高防尘效率。同时, 对于在防尘工作中表现突出的矿山和个人, 应给予表彰和奖励, 以激发其积极性和创造性。此外, 还应加强对防尘工作的监督和考核, 将防尘效果纳入矿山的绩

效考核体系,确保防尘工作得到有效落实^[4]。

4 粉尘污染防治技术面临的挑战与对策

4.1 技术挑战

(1) 治理成本高。粉尘污染防治技术的实施往往伴随着高昂的治理成本,这既包括直接的设备购置、安装与维护费用,也涵盖间接的人力投入、能源消耗等。对于资源有限、经济效益不佳的小型或老旧矿山而言,治理成本的高昂无疑是一大负担,可能导致防尘措施难以全面落实,影响防尘效果。(2) 技术适应性差。矿山地质结构复杂、作业环境多样,粉尘特性各异,这对粉尘污染防治技术提出了极高的适应性要求。然而,现有技术往往难以全面覆盖所有矿山的防尘需求,特别是在极端气候、复杂地质条件下,技术适应性不足的问题尤为突出。这不仅限制了防尘技术的应用范围,也影响了防尘效果的稳定性和持久性。(3) 监测评估体系不完善。有效的监测评估体系是确保粉尘污染防治技术效果的关键。然而,当前许多矿山缺乏科学、全面的粉尘浓度监测手段和防尘效果评估机制。这导致防尘措施的实施效果难以量化评估,无法及时发现和纠正存在的问题,进而影响了防尘工作的持续改进和优化。

4.2 对策与建议

(1) 加大科研投入,降低治理成本。针对治理成本高昂的问题,应加大对粉尘污染防治技术的科研投入,推动技术创新与升级。通过研发更加高效、节能、低成本的防尘技术和设备,降低直接治理成本。同时,鼓励矿山企业采用智能化、自动化手段优化防尘流程,减少人力投入,提高效率。政府可通过设立专项基金、提供税收优惠等方式,激励矿山企业加大科研投入,共同推动防尘技术的成本降低。(2) 研发适应性更强的防治技术。为提高防尘技术的适应性,应加强与地质、气象等领域的跨学科合作,深入研究矿山粉尘的生成机理、传播规律及影响因素。在此基础上,研发具有广泛适应

性、可灵活调整的防尘技术和设备。例如,开发能够根据矿山实际环境自动调节喷雾量、喷雾角度的智能喷雾系统;研发适用于不同粒径、密度粉尘的高效除尘器;以及推广使用生物防尘、化学防尘等新型防尘技术。通过技术创新,提升防尘技术的针对性和实用性。(3) 建立完善的监测评估体系。构建完善的粉尘浓度监测网络和防尘效果评估体系是确保防尘技术有效性的基础。应建立健全矿山粉尘浓度在线监测平台,实现实时监测、预警和数据分析。同时,制定科学合理的防尘效果评估标准和指标,定期对防尘措施的实施效果进行评估。此外,还应加强防尘工作的绩效考核,将防尘效果纳入矿山企业的安全生产责任制和环保考核体系,形成有效的激励和约束机制。通过监测评估体系的完善,推动防尘技术的持续改进和优化。

结束语

综上所述,金属非金属矿山开采中的粉尘污染防治技术正不断取得新进展,智能化、高效化、协同化成为发展趋势。通过持续的技术创新和优化,我们有望实现更加高效、环保的防尘效果。然而,挑战依旧存在,需要政府、企业、科研机构等多方共同努力,加大研发投入,完善政策标准,推动粉尘污染防治技术的广泛应用,为矿山开采的绿色发展贡献力量。

参考文献

- [1]王海宁,张红婴.金属矿山粉尘防治技术研究进展[J].金属矿山,2021,(03):31-32.
- [2]李刚,王卫军.非金属矿开采粉尘污染控制技术研究进展[J].中国矿业,2020,(05):56-57.
- [3]张强,李示波.露天矿山粉尘污染控制技术研究现状与展望[J].矿业研究与开发,2021,(12):121-122.
- [4]张梦雪,吴超.金属矿山粉尘防治技术研究进展[J].金属矿山,2023,(10):104-105.