

煤矿井下粉尘分析与治理

屈晓宏

国家能源集团榆林能源有限责任公司郭家湾煤矿分公司 陕西 榆林 719000

摘要: 煤矿井下粉尘主要产生于煤炭生产和巷道掘进过程中, 粉尘浓度高且危害严重。粉尘不仅污染作业环境, 损害工人健康, 易引发尘肺病等职业病, 还加速机械设备磨损, 缩短精密仪器使用寿命, 并存在爆炸隐患。防尘与除尘是煤矿粉尘治理的主要手段, 包括改进采掘机械结构、湿式凿岩、煤层注水、通风除尘等。然而, 粉尘治理仍面临诸多挑战, 需加强监测体系, 完善防治措施, 确保从业人员生命健康, 促进煤矿安全生产。

关键词: 煤矿; 井下粉尘; 治理

引言: 煤矿井下粉尘问题一直是煤矿安全生产与工人健康保障的重要议题。粉尘不仅严重影响作业环境的空气质量, 增加工人罹患尘肺病等职业病的风险, 还对煤矿机械设备造成磨损, 甚至可能引发粉尘爆炸等严重安全事故。因此, 深入分析煤矿井下粉尘的来源、特性及其危害, 并探讨有效的治理技术和措施, 对于保障煤矿安全生产、保护工人健康、提高煤矿生产效率具有重要意义。本文旨在综合探讨煤矿井下粉尘问题, 并提出相应的治理策略。

1 煤矿井下粉尘的来源与特性

1.1 粉尘的来源

煤矿井下粉尘主要来源于多个环节, 其产生机制复杂且多样。(1) 采煤过程中的煤尘产生: 这是煤矿井下粉尘的主要来源之一。在煤炭开采过程中, 煤层受到机械化采煤设备的截割、破碎, 煤层破裂以及装载、转载、卸载和仓储等过程中均会产生大量煤尘。特别是当采煤机滚筒上的截齿与煤体碰撞时, 会产生高强度的粉尘。这种粉尘不仅量大, 而且粒度细小, 对工人健康构成严重威胁。(2) 掘进过程中的岩尘产生: 在巷道掘进作业中, 掘进机截割头对煤岩层的截割、碰撞、爆破等作业会产生大量岩尘。这些粉尘来源于煤岩层的破碎、研磨和抛洒过程。此外, 掘进过程中的支护作业, 如液压支架的移架、升降等, 也会导致顶板、底板变形并产生粉尘。(3) 其他作业环节(如运输、支护等)的粉尘产生: 煤矿井下的运输环节, 如皮带输送机、转载机等设备的运行, 煤炭装卸作业中的高度差导致煤流掉落, 都会产生粉尘。支护作业中的打钻、锚杆安装等步骤也会导致煤体破碎, 进而产生粉尘。这些粉尘虽然相比采煤和掘进过程产生的粉尘量较少, 但仍不可忽视其对作业环境和工人健康的危害。

1.2 粉尘的特性

煤矿井下粉尘具有多种特性, 这些特性直接决定了粉尘的危害程度和治理难度。(1) 粉尘的分散度与粒径分布: 粉尘的分散度是指粉尘颗粒在空气中的分散程度, 通常以粉尘粒径的分布来表示。粒径越小的粉尘颗粒, 在空气中越难沉降, 分散度越高。煤矿井下粉尘的粒径分布广泛, 从小于2微米的呼吸性粉尘到大于10微米的可见粉尘均有存在。这些细小的粉尘颗粒极易被吸入人体肺部, 造成尘肺病等职业病。(2) 粉尘的粘附性与磨损性: 粉尘颗粒之间以及粉尘与固体表面之间具有粘附性质, 这种粘附性不仅会导致粉尘颗粒增大, 还会在除尘器中造成粉尘的堆积和堵塞。同时, 粉尘的磨损性也很强, 粉尘颗粒在运输过程中会磨损设备表面, 降低设备的使用寿命^[1]。(3) 粉尘的带电性与爆炸性: 煤矿井下粉尘颗粒在摩擦、碰撞过程中容易带电, 这种带电性质会进一步加剧粉尘的扩散和污染。更重要的是, 一些粉尘(如煤尘)在达到一定浓度和温度条件下具有爆炸性, 一旦发生爆炸, 后果将不堪设想。

2 煤矿井下粉尘的危害

2.1 对工人健康的危害

粉尘对煤矿工人的健康危害最为直接且深远。长时间暴露在粉尘环境中, 工人面临多种健康风险。(1) 尘肺病等职业病的发生: 尘肺病是煤矿工人最常见的职业病之一, 主要由长期吸入煤尘、岩尘等细小颗粒物引起。这些颗粒物在肺部沉积, 逐渐导致肺部纤维化, 影响呼吸功能。尘肺病不仅使患者呼吸困难、咳嗽、咳痰, 还可能引发肺结核、自发性气胸等并发症, 严重者可导致劳动能力丧失甚至死亡。据统计, 煤矿工人中尘肺病的发病率远高于其他行业, 成为威胁煤矿工人生命健康的头号杀手。(2) 呼吸系统与皮肤系统的损害: 除了尘肺病, 煤矿井下粉尘还会引起其他呼吸系统疾病, 如支气管炎、肺气肿等。粉尘中的有害物质还可能刺激呼吸

道,引发过敏反应和炎症反应。此外,粉尘附着在皮肤上,可引起皮肤炎症、瘙痒等问题,长期接触还可能通过皮肤吸收有害物质,对工人健康造成进一步损害。

2.2 对安全生产的危害

粉尘不仅危害工人健康,还对煤矿的安全生产构成重大威胁。(1)降低作业环境能见度,增加事故风险:粉尘颗粒在空气中悬浮,会大大降低作业环境的能见度,使工人难以看清前方物体,增加了作业过程中的碰撞、跌落等事故风险。特别是在掘进面、采煤面等粉尘浓度较高的区域,工人视线受阻,操作失误的概率显著增加^[2]。(2)粉尘爆炸的危险性:煤矿井下粉尘具有爆炸性,当粉尘浓度达到爆炸极限(通常为每立方米空气中含有数百至数千毫克粉尘),遇到明火、电火花或高温表面时,就可能发生爆炸。粉尘爆炸的威力巨大,不仅能造成人员伤亡,还可能引发矿井坍塌、火灾等次生灾害,对煤矿安全生产构成极大威胁。历史上,因粉尘爆炸导致的煤矿事故屡见不鲜,教训深刻。

2.3 对机械设备的危害

粉尘对煤矿机械设备的危害同样不容忽视。粉尘颗粒具有磨蚀性,长期在机械设备内部沉积、摩擦,会加速设备的磨损,缩短设备的使用寿命。例如,粉尘进入采煤机、掘进机的轴承、齿轮等传动部件,会导致润滑不良、摩擦阻力增大,甚至引发部件卡死、损坏等问题。此外,粉尘还会堵塞机械设备的通风口、散热孔等,影响设备的散热和通风,进一步加剧设备故障的风险。

3 煤矿井下粉尘的治理技术

3.1 防尘措施

防尘措施旨在从源头上减少粉尘的产生,是粉尘治理的首要策略。(1)煤层注水与采空区灌水。煤层注水是一种有效的防尘手段,通过在煤层开采前向煤体中注入压力水,使煤层湿润,从而减少采煤时的粉尘产生。注水过程需严格控制注水压力、注水量和时间,以确保煤层均匀湿润而不影响煤质。对于采空区,灌水也是一种有效的防尘措施,通过向采空区注入适量的水,可以减少煤尘的飞扬和积聚,改善作业环境。(2)湿式凿岩与湿式打眼。湿式凿岩和湿式打眼是在掘进作业中减少粉尘的关键技术。湿式凿岩利用凿岩机产生的压力水湿润凿岩产生的粉尘,使其随水流排出。湿式打眼则是在煤电钻打眼过程中不断向钻杆和炮眼中注入水或水雾,湿润粉尘并减少其飞扬。这两种方法都能显著降低掘进过程中的粉尘浓度。(3)水封爆破与添加水泡泥爆破。水封爆破和添加水泡泥爆破是在爆破作业中减少粉尘的有效手段。水封爆破通过在炮眼中装满水后装入炸药,

利用水的浸湿作用减少爆破产生的粉尘。添加水泡泥爆破则是在炮眼底部装入水泡泥,利用水泡泥在爆破时形成的水幕阻挡粉尘的扩散。这两种方法都能显著降低爆破作业产生的粉尘量,改善作业环境^[3]。

3.2 降尘措施

降尘措施通过增加空气中的湿度和加速粉尘颗粒的沉降来降低粉尘浓度。(1)喷雾洒水装置的应用(高压内外喷雾)。喷雾洒水装置是煤矿井下常用的降尘设备,主要包括高压内喷雾和高压外喷雾。高压内喷雾是在采煤机或掘进机的截割头上安装喷嘴,将水直接喷射到截割部位,湿润粉尘并减少其飞扬。高压外喷雾则是在采煤机或掘进机的外部安装喷嘴,向空气中喷洒水雾,形成一道水幕,阻挡粉尘的扩散。这两种方法都能显著降低空气中的粉尘浓度,改善作业环境。(2)通风排尘技术的优化。通风排尘技术是煤矿井下粉尘治理的重要手段之一。通过加强掘进通风管理,合理控制风速与风量,可以有效地将作业环境中的粉尘颗粒随风流带走,并排出矿井外。通风排尘技术的优化包括选择合适的通风方式、风量、风速等参数,以及合理布置通风设施,如局部通风机、风门、风桥等。此外,还需定期检测通风效果,根据实际情况及时调整通风方案,确保通风系统的稳定性和有效性。

3.3 除尘措施

除尘措施是通过机械或化学方法将空气中的粉尘颗粒捕获并去除的关键步骤。(1)除尘器的使用(干式或湿式)。除尘器是煤矿井下常用的除尘设备,主要包括干式除尘器和湿式除尘器。干式除尘器通过过滤材料将空气中的粉尘颗粒捕获,如布袋除尘器、旋风除尘器等。湿式除尘器则是利用水雾或水溶液将粉尘颗粒湿润并捕获,如水膜除尘器、文丘里除尘器等。在选择除尘器时,需要根据粉尘的性质、浓度、粒径分布以及除尘器的除尘效率、运行成本等因素进行综合考虑。同时,还需定期维护除尘器,确保其正常运行和除尘效果。(2)化学除尘技术的探索与应用。化学除尘技术是一种新型的除尘方法,通过向空气中喷洒化学抑尘剂,使粉尘颗粒与化学抑尘剂发生化学反应,形成稳定的固体颗粒或沉淀物,从而达到去除粉尘的目的。化学除尘剂的选择应根据粉尘的成分、性质以及除尘要求来确定。然而,化学除尘技术的应用需要严格控制化学抑尘剂的用量和喷洒方式,以避免对环境和工人健康造成不良影响。因此,在实际应用中需要谨慎评估其安全性和有效性^[4]。

3.4 个体防护措施

个体防护措施是保障工人健康的最后一道防线。在

粉尘浓度较高的作业环境中,工人必须佩戴个人防护装备,以减少粉尘对呼吸系统和皮肤的危害。(1)防尘口罩、面罩等个人防护装备的使用。防尘口罩和面罩是煤矿井下工人常用的个人防护装备。防尘口罩通常采用高效过滤材料制成,能够过滤掉空气中的微小粉尘颗粒。面罩则能够覆盖整个面部,防止粉尘进入眼睛和口腔。在选择防尘口罩和面罩时,需要根据粉尘的性质、浓度以及工人的工作环境和身体状况进行综合考虑。同时,还需定期更换过滤材料或清洗面罩,确保其防护效果。

(2)送风式防尘头盔的应用。送风式防尘头盔是一种新型的个人防护装备,通过向头盔内送入新鲜空气或经过过滤的清洁空气,为工人提供呼吸保护。这种头盔通常配备有小型风机和过滤装置,能够将空气中的粉尘颗粒过滤掉,并将新鲜空气送入头盔内部。送风式防尘头盔适用于粉尘浓度极高且其他防尘措施难以有效控制的作业环境。然而,由于其成本较高且需要定期维护和更换过滤装置,因此在实际应用中需要综合考虑其经济性和实用性。

4 煤矿井下粉尘治理的发展趋势

4.1 提高喷雾降尘设备的现代化水平

喷雾降尘是煤矿井下粉尘治理的传统手段之一,但其效果往往受到设备水平的限制。未来,喷雾降尘设备将更加注重智能化、自动化和精准化。通过引入先进的传感器技术、物联网技术和人工智能技术,实现对粉尘浓度的实时监测和喷雾量的智能调节。这不仅能够提高喷雾降尘的效率,还能减少水资源的浪费。同时,设备的维护和管理也将更加便捷,通过远程监控和数据分析,及时发现并解决设备故障,确保喷雾降尘系统的稳定运行。

4.2 研究减少水使用量的新技术或新工艺

水资源是宝贵的自然资源,减少水使用量对于煤矿井下粉尘治理具有重要意义。未来,将更加注重研发减少水使用量的新技术或新工艺。例如,通过改进喷雾降尘技术,使水雾颗粒更加细小、均匀,提高降尘效率的同时减少水的用量。此外,还可以探索利用其他介质(如空气、化学试剂等)进行降尘,以减少对水资源的依赖。这些新技术或新工艺的研发和应用,将有助于实现煤矿井下粉尘治理的节水目标。

4.3 研发高效的控尘、除尘技术与装备

高效的控尘、除尘技术与装备是煤矿井下粉尘治理的关键。未来,将更加注重研发具有高效、智能、环保等特点的控尘、除尘技术与装备。例如,通过引入先进的过滤材料和技术,提高除尘器的过滤效率和耐用性;利用智能控制系统实现除尘设备的远程监控和自动调节;开发适用于不同作业环境和粉尘类型的除尘装备等。这些技术和装备的研发和应用,将有助于提高煤矿井下粉尘治理的效率和效果。

4.4 难注水煤层的注水技术与装备研发

难注水煤层是煤矿井下粉尘治理的难点之一。未来,将更加注重研发适用于难注水煤层的注水技术与装备。例如,通过改进注水工艺和装备设计,提高注水的均匀性和渗透性;利用先进的探测技术和数据分析方法,确定合理的注水参数和注水方案;开发适用于不同煤层条件和注水需求的注水装备等。这些技术和装备的研发和应用,将有助于解决难注水煤层的粉尘治理问题,提高煤矿的安全生产水平。

结束语

综上所述,煤矿井下粉尘治理是一个系统工程,需从防尘、降尘、除尘及个体防护等多方面综合施策。随着科技的进步和煤矿安全意识的提升,粉尘治理技术不断更新和完善,为煤矿安全生产提供了有力支撑。然而,粉尘问题依旧存在挑战,需持续关注并加大研发力度,探索更为高效、环保的治理手段。未来,煤矿企业应进一步强化粉尘治理意识,加强技术革新,确保治理措施的有效实施,共同营造一个安全、健康的作业环境,保障煤矿生产可持续发展。

参考文献

- [1]刘立仁,许洋铭.三道沟煤矿井下粉尘治理技术应用实践[J].煤矿机械,2023,(16):151-152.
- [2]马云鹏.煤矿井下掘进巷道控尘除尘现状分析与对策[J].现代矿业,2022,(14):128-129.
- [3]樊瑾.煤矿井下粉尘灾害以及防治措施分析[J].当代化工研究,2021,(10):105-106.
- [4]郭丽琴.煤矿井下粉尘检测与治理技术分析[J].山西冶金,2021,(15):156-157.