

综掘工作面综合降尘系统的研究

周伟光

(山西金地煤焦有限公司赤峪煤矿, 山西 吕梁 032100)

摘要 在煤矿井下巷道掘进时, 很多巷道采用了综掘技术。综掘技术不仅保证了巷道断面成型, 还保证了掘进的安全, 特别适合大断面岩巷的掘进。然而, 在综掘机破岩过程中会产生大量的粉尘, 这是因为掘进机的钻头与岩体摩擦时产生的大量岩石碎屑随着局部通风而弥漫在空气中, 高浓度的粉尘不仅降低了作业空间的可见度, 还会危害工人的身体健康。为此, 需要采取有效的措施对综掘工作面进行降尘。本文围绕着粉尘的危害及降尘原理进行论述, 重点分析了综掘工作面综合降尘系统。

关键词 综掘工作面 粉尘 综合降尘系统

中图分类号: TD714.4

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)08-0140-03

现阶段综掘是矿井巷道主要掘进方式, 同时也是井下主要产尘点。随着矿井综合机械化水平的不断提升以及采掘速度不断增加, 井下采掘作业面粉尘浓度均不断提升, 给井下作业人员身体健康以及作业环境等均造成显著影响。现阶段矿井降尘主要采用通风、喷雾等方式, 存在降尘效率低, 呼吸性粉尘防治效果不佳等问题, 当掘进巷道顶底板岩性为遇水膨胀、崩解的软岩时, 喷雾降尘会降低巷道围岩强度, 从而制约巷道围岩控制。

1 粉尘的危害与特征

粉尘是指生产过程中形成的微小矿石颗粒悬浮于空气中。在综掘工作面, 粉尘的质量浓度可以达到 $300\sim 1000\text{mg}/\text{m}^3$, 是国家标准 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 的几百倍。如此高的粉尘浓度不仅降低了工作面作业空间的能见度, 还危害到工人的身体健康。在煤矿井下作业时, 工人的眼睛由于没有防护, 通常会进入大量的粉尘, 这增加了工人患眼部疾病的风险, 容易造成眼睛干涩和视线模糊等。虽然工人在鼻部已经做了防护, 但是仍不可避免地会吸入一定量的粉尘。这些粉尘容易堆积在肺部, 随着堆积量的增加, 容易引发严重的职业病, 主要是尘肺病。工人一旦患上尘肺病会出现呼吸困难的症状, 从而丧失劳动能力。当综掘机电设备上堆积大量的粉尘时, 会导致一些关键部件出现腐蚀和磨损的问题, 影响设备的使用寿命。当粉尘进入到综掘机电设备液压系统内部时, 容易导致液压设备管路出现堵塞的情况, 造成动力不足, 甚至引发严重的机械故障。值得注意的是, 设备的粉尘并不容易清理, 一些粉尘

遇水后容易凝结成坚固的物质。综掘工作面粉尘主要是综掘过程中产生的细小颗粒, 以及少量顶底板泥页岩、砂岩等截割产生的细小颗粒。综掘过程中能被高速气流吹散的细小颗粒粒径范围在 $7\sim 200\mu\text{m}$ 之间。综掘粉尘的产生与粉尘特性关系密切, 防尘技术选择也与矿尘的性质密切相关。综掘过程中在机械力的作用下, 一次尘化作用于粉尘的能量不足以使粉尘扩散飞扬, 尘粒不可能单独在综掘空间内传播, 造成局部环境粉尘污染现象。在综掘施工过程中, 外部风流致使粉尘扩散, 主要有: 除尘风机吸风流、除尘喷雾流场、供风风筒风流、综掘摇臂以及滚筒旋转风流, 这些风流场对二次扬尘作用越明显, 危害越大^[1]。

2 产尘方面

综掘工作面掘进过程中, 支护、凿岩、机械材料装卸、爆破以及片帮冒顶等过程产生大量粉尘, 尤其凿岩机作业打炮眼以及爆破时更易产生高浓度粉尘。根据统计数据显示, 尘肺病患者中大多从事煤矿井下一线生产工作多年, 且煤矿岩石综掘工作面工作人员患病率远高于其他工作地点, 原因在于, 综掘面的粉尘量为煤矿井下粉尘浓度最高的地点。煤矿井下综掘工作面掘进过程中产尘量大的原因在于: 煤壁未受到外界压力时, 各个方向受力不变, 而当综掘机的截割头与煤壁接触时, 破坏了原有的受力平衡, 在截割头与煤壁的接触点产生了1个三向的应力状态, 受力不平衡, 导致煤壁挤压变形, 进而产生破碎; 综掘机截割头继续向前, 压缩接触点煤块, 产生密实核, 密实核应力大于四周煤块应力, 煤块将会被进一步挤压粉

碎,截割头后撤时,接触点应力急剧减小,伴有细小的煤块破碎并下落,此时便有大量的煤尘产生^[2]。

3 降尘原理

在实际生产过程中,需要采取合适的降尘措施,这就要明确降尘的机理。粉尘是空气中的一种固体悬浮物,因此,可以采取2种方式来进行降尘:

- 1.使空气中的粉尘沉积到地面上。考虑到粉尘的质量较小,自然下沉需要的时间较长,通常需要采用其他辅助材料使粉尘下降;

- 2.加快空气流动,稀释空气中的粉尘,从而实现降尘。

第一种方式的原理是利用重力来进行降尘,第二种方式的原理是利用空气流动进行降尘。然而,井下空间狭窄,需要采用联合方式来降尘^[3]。

4 综掘工作面综合降尘系统分析

4.1 通风降尘

矿井通风按照通风工作方式可分为压入式通风、抽出式通风与混合式通风3种。其中,压入式通风适用于掘进工作面,主要特点在于通过局部通风机作为矿井通风的动力风筒,利用动力风筒进行导风,我国掘进工作面大都采用这种通风方式。在掘进巷道出口口的进风侧外大约10m的位置布置局部通风机,局部通风机将新鲜风流通过风筒送至掘进面,同时将掘进工作面产生的含尘气流排出掘进工作面,采用将风机布置在通风巷道中的方式,通风的安全性得以提高。此外,与抽出式通风相比,压入式通风风流射流强度高,风流有效射程远,能够稀释和排出更多体积的含尘气体,通风效率高,工作面粉尘浓度降低速率快。由于采用压入式通风,风筒出口的风速较大,综掘工作面掘进过程中产生的粉尘能够及时排出,安全性增加,这样可以起到预防瓦斯聚集的作用,降低瓦斯带来的危害;同时,由于通风风速较大,对于掘进工作面的降温也能起到一定的促进作用,压入式通风所采用的风筒为方便安装、质量较轻且成本相对廉价的柔性风筒。压入式通风方式也有其缺点:当含尘的污风气流沿着巷道排出时,由于采用压入式通风,在风筒出口处会形成射流区,射流区射流会导致周围形成涡流区域,含尘气流进入涡流区域内,粉尘聚集于涡流区域,致使该区域内的粉尘浓度上升,而掘进面的工作人员又大多正好处于该涡流区域内,对其身体健康影响较

大;同时,随着掘进工作面不断向前开采,排出污风所需时间逐渐增加。煤矿井下多采用串联通风系统,当掘进工作面通风与其他工作面相联通时,可能会导致掘进工作面的污风扩散到其他工作面,导致粉尘污染更加严重^[4]。

4.2 控制粉尘外溢

采用附壁风筒将局部供风全部或者绝大部分改为吹至巷道断面及周壁的径向风流;在除尘风机吸入风流作用下在巷道迎头形成充满整个断面的并阻碍粉尘向外扩散的气幕,将截割头破岩时产生的粉尘控制在空气幕与迎头岩壁间,达到降低粉尘外溢目的,降低粉尘对综掘司机的影响并改善巷道内空气质量。附壁风筒是形成径向新鲜风流气幕关键,传统的钢质或者铁质附壁风筒具有重量重、移动以及安全不方便等问题。而高分子附壁风筒具有质量轻、抗静电以及阻燃等特点,可大幅降低工作人员劳动强度,故而在巷道迎头使用。采用高分子材料附壁风筒对风流进行控制,现场使用的附壁风筒长度为1.7m,通过附壁风筒侧向出风口以及内部圆形挡板控制风流方向,打开圆形挡板后可将90%风流流向改为径向,剩余10%从轴向出风口排出;关闭圆形挡板后则风流100%由轴向排出^[5]。

4.3 喷雾降尘系统

目前最有效的最广泛使用的湿式除尘方法,粉尘微粒与水雾颗粒碰撞、拦截产生重力沉降等来捕集粉尘。但掘进机内喷雾的喷嘴易发生堵塞,实现降尘和维护都比较困难,外喷雾水流量大,不仅锈蚀机器,还会导致煤的含水量增大,掘进机喷雾系统还存在电机冷却水的低压和喷雾水的高压之间的矛盾。

目前,综掘机上都装有喷雾降尘系统。在掘进过程中,通过不断地喷雾来进行降尘。喷雾时需要合理地控制水雾颗粒。水雾颗粒过大,可以快速使粉尘下沉,但是难以快速降低粉尘的浓度;水雾颗粒过小,可以使水与粉尘充分结合,但这会导致粉尘下沉的速度过慢,不利于快速降低粉尘的浓度。在综掘工作面,需要快速降低空气中的粉尘浓度,这就要求水雾颗粒不能太小。考虑到很多粉尘与水相溶过慢,通常情况下,在喷雾液中加入添加剂。添加剂的类型则需要根据粉尘的类型来确定,主要有肥皂水、洗衣粉等,可以通过比较各种添加剂条件下的润湿角来比较添加剂的效果。需要注意的是,虽然喷雾降尘系统能快速降低掘进工作面空气粉尘的浓度,但是粉尘的浓度还是高于

国家标准的几十倍。此时,通过增加喷雾的数量已不能进一步降低空气中粉尘的浓度,需要采取其他的降尘措施^[6]。

4.4 泡沫降尘

我国的泡沫降尘技术研究始于20世纪80年代。煤科院上海研究所针对泡沫降尘机理开展了理论与实验分析,但并未广泛应用于实践。20世纪90年代后期,北京科技大学蒋仲安教授利用泡沫在胶带转载点及凿岩区域进行了降尘实验,发现泡沫相对于喷雾的降尘效果有显著提高,并且对呼吸性粉尘的抑制能力特别突出。

21世纪,中国矿业大学王德明教授研究了泡沫降尘理论与工程应用,呼吸性粉尘除尘效率达83.75%。经过多年发展,掘进工作面泡沫降尘系统的核心部件为发泡剂添加装置、泡沫发生装置、泡沫喷射装置3个部分。其中发泡剂添加装置中压力损失最大,其次是发泡器。现有泡沫喷头由于存在结构缺陷,泡沫量损失较大,射流形态难以控制。

4.5 化学除尘

喷雾降尘时普通软化水受到表面张力较高等因素影响,难以将细微的岩尘有效、快速包裹并沉降,从而导致喷雾降尘效果不佳。根据13采区运输大巷掘进时粉尘物SiO₂含量高、颗粒小以及呼吸性粉尘占比高等特点,提出使用新型化学除尘剂进行降尘,采用的除尘剂主要由阴离子表面活性剂、两性离子表面活性剂、非离子表面活性剂以及无机盐等按照0.25%、0.15%、0.20%、0.10%而成。电动除尘剂添加装置结构由计量泵、储液罐、流量计、安全阀、压力表、Y型过滤器等构成,存储在储液罐内的新型化学除尘剂通过Y型过滤器、流量计以及水表后进入到计量泵内,再通过计量泵加压将新型化学除尘剂注入喷雾降尘用水中;Y型过滤器主要用于过滤新型化学除尘剂中大颗粒杂质,避免喷雾系统堵塞;流量计用以控制新型化学除尘剂添加量。在喷雾降尘用水中添加新型化学除尘剂后,喷雾水表面张力≤30mN/m;沉降0.3g以内粉尘耗时≤10s;10s后接触角降低0°;相对于普通的软化水降尘效率提升10%以上^[7]。

4.6 高效除尘技术要点

要把握主要风流场在综掘工作面的变化规律,优化并设计适合综掘工艺的高效除尘风机吸风口结构,以提高污尘空气流的净化效率,并应重视以下方面:

1. 减少粉尘的二次风流影响,及时控制产生。
2. 降低入风口风流风压,提高除尘风机吸风口风压。
3. 除尘风机选定后,可通过除尘风机吸风口结构调整提升风压。

4. 除尘系统由除尘风机本体、环形内凹结构吸风口、风机尾部的排污风、风水联动喷雾降尘系统、配套的掘进巷道分风增压装置及综掘机滚筒侧面媒体润湿孔等部分组成。系统利用分风、增压结构及喷雾降尘系统提升污风吸收能力,调整滚筒出水口位置,利用高压水、离心力进行截割媒体润湿^[8]。

5 结语

综掘工作面内的粉尘浓度较大,对安全生产和工人的生命健康十分不利,非常有必要采取有效的降尘措施。

一种方式是使空气中的粉尘沉积到地面上,但考虑到粉尘的重量较小,自然下沉需要的时间较长,通常需要采用其他辅助材料使粉尘下降。

另一种方式是加快空气流动,将空气中的粉尘进行稀释,从而实现降尘。

针对目前煤矿掘进工作面除尘技术存在诸多问题,为进一步改善综采工作面工人的工作环境,降低粉尘浓度,针对掘进机驾驶员和转运点的粉尘污染问题,长压短抽混合通风技术是一种新的技术创新研究与探索思路。

参考文献:

- [1] 李凡,薛冰,魏肖,等.煤矿井下掘进工作面安全高效过断层方法[J].煤矿机械,2022,43(02):144-146.
- [2] 赵强.综掘工作面综合降尘系统的研究[J].能源与节能,2021(12):145-146.
- [3] 贺艳军,王帅,张昊,等.综掘工作面粉尘防治理论与技术研究进展[J].能源与环保,2021,43(12):25-30.
- [4] 王洪洋.泡沫除尘技术在综掘工作面粉尘防治中的应用[J].山西化工,2021,41(06):164-165,194.
- [5] 刘晓宇.综掘岩巷工作面粉尘综合治理技术研究[J].山西能源学院学报,2021,34(05):9-10,16.
- [6] 张丙泉.综掘工作面综合防尘技术的应用[J].山东煤炭科技,2021,39(09):121-123.
- [7] 上官昌培.岩巷综掘工作面高效除尘系统的现场应用[J].煤矿现代化,2021(01):69-71,75.
- [8] 王利,柴龙成.综掘工作面综合除尘技术装备的研究与应用[J].能源技术与管理,2019,44(02):49-51.