

59-62

11

旋转射流降尘的实验研究*

Studies on Dust-Laying with Swirl-Water Jet

彭 航

Peng Hang

廖振方

Liao Zhenfang

(资源及环境工程学院, 重庆, 630044)

摘 要 介绍了矿用防尘射流主要参数的最佳值并在不同压力下对旋转射流, 脉冲射流及普通射流的降尘参数进行了实验分析。

关键词 旋转射流; 脉冲射流; 降尘

中国图书资料分类法分类号

除尘 煤矿 TD 714.4

ABSTRACT The main optimum parameters of laying dust for mine is introduced in this paper. The related parameters of laying dust with swirl, pulsed and ordinary water jet are analysed respectively at different water pressures.

KEYWORDS swirl water jet; layin the dust; pulsed water jet

粉尘防治技术是现代煤矿生产工艺中必不可少的安全措施之一,七十年代以来,随着机械化,自动化水平的提高,煤矿开采强度越来越大,工作场地的煤尘量也越来越多,它不仅影响工人的身体健康,而且煤尘在一定条件下还具有爆炸性,严重威胁着煤矿的安全生产。

当前矿井防尘的基本手段为喷雾降尘,喷嘴的品质直接影响着降尘效果,因此寻求一种性能好的喷嘴是喷雾防尘研究的核心。

为了有效的除尘,近年来人们根据大量的实验和理论分析^[1],提出雾滴粒径和尘粒粒径满足如下关系式时效果最佳。即: $D/d = 8$ (1)

式中 D —雾滴粒径 m ; d —尘粒粒径 m

不过(1)式未考虑尘粒及雾滴的物理化学性质以及尘粒的溶解性等因素,但它表明应根据尘源的情况来选择雾滴粒径。不同的工作场地尘粒粒径不一定相同,故用同一规格的喷嘴和压力却不能在不同工作场地均能获得很满意的效果。

今设尘粒为球形(近来有人^[2]建议应采用正六边形),则由(1)式可得出雾滴水粒的体积与尘粒质量之最佳关系为 $V/M = 512/\rho$ (2)

式中: V —雾滴水粒的体积 m^3 ; M —尘粒的平均加权质量 kg ; ρ —尘粒的密度 kg/m^3

从而可获得雾化水粒捕获粉尘的区段长度 L 为 $L = d^2 u / 1.18 \nu m$ (3)

式中: u —雾化水粒的相对速度 m/s ; ν —介质(空气)的运动粘度 m^2/s 。

由此可知,要获得好的降尘效果就应:1) 选择好适合尘源要求的雾化水粒度,其所需的这种粒度应能很方便的实现;2) 雾化水粒的相对速度应大,以便提高其捕尘区段长度,即

喷雾射流段的有效长度。

作者在分析了国内外现有防尘喷嘴的基础上提出了带有多头螺旋导槽的喷嘴,实验表明该喷嘴基本上达到了上述要求。

1 旋转射流的喷雾降尘机理

当压力一定时,水流流经带有螺旋导槽的喷嘴后,喷射出来的射流为一螺旋状的旋转射流,含尘空气被卷吸入射流中时,它的流动路线是先垂直地穿过射流边界,继而改变其流向(大约 $\pi/2$ rad),再伴随射流一起运动,卷入的空气形成大旋涡并向其中心衰减,从而使空气及悬浮其中的尘粒具有较强的纵向和横向运动,基于惯性被卷吸的空气(含尘粒)和雾粒在运动过程中凝聚,其凝聚速度决定于单位体积的能量耗散 E_d ,即

$$E_d = p/K, \quad \text{J/m}^3 \quad (4)$$

式中: p —水压力, Pa; K —引射混合系数

图 1 列出了除尘效果 B 、 E_d 与喷嘴出口前水压之关系,由图可知,当 E_d 达到某一数值时,除尘效果 B 就趋于一稳定数值,亦即再增大 E_d (例如水压)并不能增加除尘效果。故作者不同意那种过大增加水压(例如 10 MPa)来增加除尘效果,而应提高射流有效长度段(水粒与含尘空气一起流动的区段)内的雾化水粒的浓度。大家知道,在射流有效段的外部,含尘空气与水粒具有很大的相对速度,它们作相互垂直地运动。穿过射流界面而卷入的含尘空气的速度是随距喷嘴距离的增加而减小,卷入的含尘空气将小的水粒从射流有效段的周边搬移到其中心,从而使射流有效段内的水粒直径要比其在周边处的水粒直径小二至三倍。由于射流有效段长度在喷雾降尘中起着关键的作用,故有的学者又再按其降尘效果把它分成三个区带,关于这个问题我们将在另一篇文章作详细报导。但不管怎样,作者认为射流有效段的品质应列为喷雾降尘的一个重要参数,而国内现行的某些标准确未列入,故在此提出。

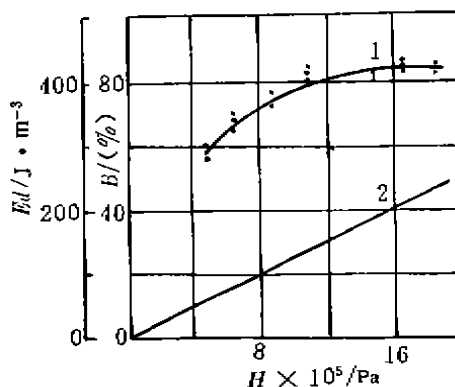


图 1 B 、 E_d 与喷嘴出口前水压的关系

2 实验观察及测定

2.1 螺旋状旋转射流的形状和结构

a) 当射流工作压力较低、喷射速度较小时,液体在喷嘴出口呈现麻花纹股状流动。随着压力升高、喷射速度加大、工作液体在喷嘴出口处出现一个中空收口的泡状流动,见图 2。

b) 当工作压力继续升高、喷射速度继续增大,液体在喷嘴出口开始形成一个渐扩开口的圆锥薄膜状流动,雾化角增大,随着圆锥直径的增大,相应的锥膜厚度不断变薄,最后锥膜被破坏而形成如图 3 雾化流动。

c) 当工作压力和相应的喷射速度再继续增大,液体在喷嘴出口所形成的旋转锥膜得到

加强,雾化角增大,液体与气体紊动混合加快,雾化更加强烈。见图4。



图2 麻花形胶股状流动 $p = 0.6 \text{ MPa}$

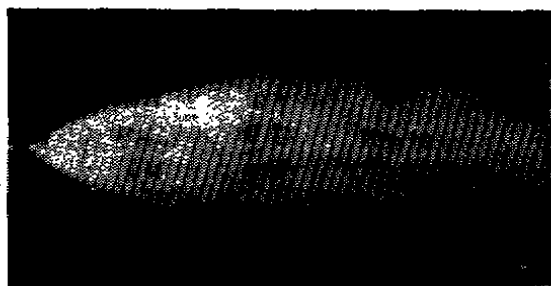


图3 $p = 2 \text{ MPa}$ 时形成的雾化流动

d) 进一步提高工作压力,喷射速度也相应加大,雾化更为强烈,但雾化角略减小,射程增大,最后,雾化角趋于一个定值,雾粒的粒径随压力的增加不断减小,在喷嘴出口附近处出现汽雾。见图5。

低压射流喷雾时,喷射速度比较低,雾化角小,分散成的雾粒粒度大,当雾粒离开喷嘴一段距离后,就很快进入衰减区,衰减区降尘效率极低,因为这时的雾粒处于自重下沉状态,没有足够的能量与粉尘碰撞凝结。

高压喷雾则不同,它所喷出的高速旋转水射流经过很短距离就分散成细小雾粒,并在雾粒之后形成一股气流,射流中雾粒的继续运动除了压力的作用外,也有气流的作用。试验表明:当压力达 4 MPa 时就有较强的含尘气流被卷吸入雾区;压力超过 6 MPa 时,卷吸作用十分强烈,雾粒在射流有效长度段内的运动速度超过了沉降速度,不出现低压喷雾时明显的衰减区,如图5所示。

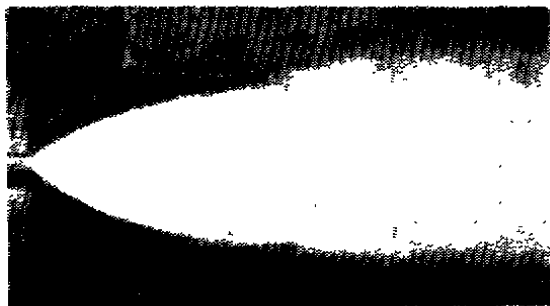


图4 $p = 4 \text{ MPa}$ 时的雾化流动

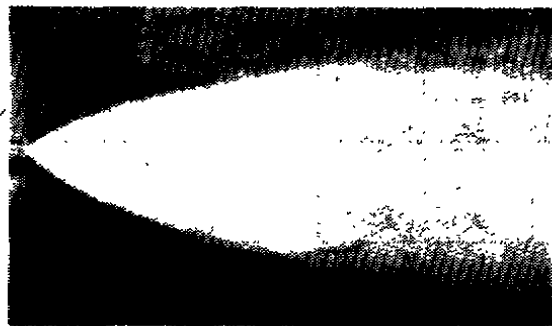


图5 $p = 6 \text{ MPa}$ 时的雾化流动

2.2 射流有效段直径的变化规律

射流直径对降尘效果有重大影响,因为射流有效段直径决定喷雾面积,喷雾面积越大,对粉尘碰撞、拦截的范围也越大,捕尘效率将明显增加,图6测出螺旋式旋转射流和普通射流在不同压力下的射流直径 D 。在相同条件下,由图6可以看出,螺旋式旋转射流直径比普通射直径大4倍左右。

2.3 水滴粒度的变化规律

前面已论述了水滴的粒度对降尘效果的影响。一般说来,水滴粒度大,分散性差,水滴数量少,与粉尘碰撞和拦截的概率也越小,降尘效率低,尤其对直径小于 $5 \mu\text{m}$ 的呼吸性粉尘效果更差,实验表明螺旋状旋转射流能较好地解决这一问题,我们利用 WL-1 型微粒和雾粒度分析仪分别测量了喷嘴直径都为 1 mm 的普通射流,脉冲射流和螺旋状旋转射流在不同压

力下的水滴粒度。该仪器是根据夫琅和费衍射原理设计的,能定量分析径粒($3\sim 1300\ \mu\text{m}$)及其分布情况,其数据列于表1。由测量结果可以看出,在相同的压力范围内,螺旋状旋转射流的水滴粒度比脉冲射流和普通射流的水滴粒度小,而且雾粒的分布更均匀。随着压力的提高,水滴粒度越来越小。

表 1 不同压力下水滴粒度的变化情况

压 力 p/MPa	在离喷嘴7米的射流中心处		在离喷嘴5米离射流轴1.25米
	普通射流水滴粒度	脉冲射流水滴粒度	旋转射流水滴粒度 μm
2.5	452	150	130
5.0	198	88	77
7.5	96	56	49
10.0	75	43	41
12.5	60	33	30

2.4 水滴蒸发时间的影响因素

在相对湿度为90%的条件下,直径 $10\ \mu\text{m}$ 的雾粒的蒸发时间为1 s,直径 $50\ \mu\text{m}$ 的雾粒的蒸发时间为20 s,雾粒越小,蒸发时间越短。因此,这样小的雾粒即使捕捉到粉尘,在其沉降过程中,也会由于雾粒本身蒸发而丧失降尘作用。

2.5 旋流槽的导程及头数对射流雾化角的影响

由表2可知,在相同压力下,导程小,雾化角大,导程大雾化角小。同时作者还研究了旋流槽的头数,深度和宽度对射流特性的影响。试验表明,三头比较合适,旋转槽的深度应大于或等于旋流槽的宽度。

表 2 喷嘴结构对扩张角大小的影响
(压力为6 MPa)

喷嘴结构	扩张度 ($^{\circ}$)
流槽 6—3线	110
流槽 12—3线	85
流槽 48—45	45

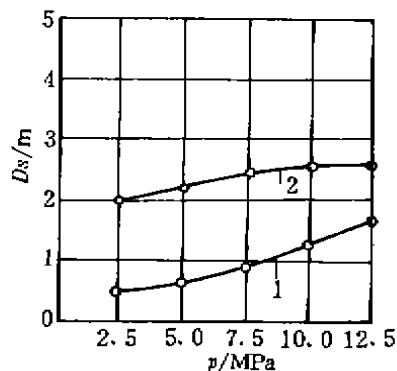


图 6 射流直径的变化规律

1. 普通射流 2. 螺旋状旋转射流
螺旋状旋转射流的普通射流射流直径的比较

3 结 论

通过以上实验和分析,得出以下几点结论:

- 1) 螺旋状旋转射流具有较大的喷雾角和喷雾面积,具有较宽的捕尘面。
- 2) 旋转射流具有较小的水滴粒度和较好的雾粒分散性。
- 3) 由于射流呈螺旋状旋转喷雾射流卷吸能力强,与含尘气体的紊动混合加快,故捕捉粉尘的能力得到了提高。
- 4) 改变螺距和导流槽头数可使螺旋状旋转射流的有效段长度,雾化角及雾粒粒径按用户需求设计,从而能获得较佳的降尘效果。

参 考 文 献

- 1 库鲁科夫 А. С. И др; Научные основы Гидросепарирования Воздушных потоков. Изв. Вузов Горные Журнал, 1991, (7);
- 2 Яруев В. А. и др; Механически Модель пылевых Частицы. Изв. Вузов Горных Журнал, 1990, (1);
- 3 Giffen E. Design and performance of Internal Mixing Multijet Twin Fluid Atomizers Journal of the Institute of Fuel. Dec. 1974, 47(393);