

# hyd型低压除尘喷嘴雾化特性的实验研究

邬长福 欧阳启明 陈祖云 陈亮

(江西理工大学 资源与环境工程学院 江西 赣州 341000)

**摘要:**针对细微颗粒粉尘的治理问题,设计出模拟湿式除尘系统的实验平台,采用清水作为雾化介质,研究了hyd型低压精细雾化除尘喷嘴在孔径为0.4、0.5和0.8 mm时,不同雾化压力参数下流量、雾化角、雾化粒径等雾化特性。采用容积法测量喷嘴流量特性,基于Matlab和ScopePhoto软件分析得出喷嘴孔径为0.4、0.5和0.8 mm时雾化角、雾化粒径大小及分布。绘制出雾化特性与压力的关系曲线,并通过Matlab软件对曲线进行拟合得出雾化压力与流量、雾化角和粒径的关系式。结果表明:雾化流量、雾化角与雾化压力成正相关,雾化粒径与雾化压力成反相关;流量特性和雾化粒径受喷嘴孔径的影响较大,孔径越大雾化角受压力的影响减小;实验结果为研究水雾在粉尘治理中的应用提供指导作用。

**关键词:**湿式除尘系统; 低压除尘喷嘴; 雾化特性; 曲线拟合

中图分类号: TD714+.4 文献标识码: A  
DOI: 10.16146/j.cnki.rndlgc.2016.05.015

## 引言

随着喷嘴在消防、环保、化工等工程领域的广泛应用,对喷嘴雾化性能的要求越来越高,国内外许多学者对喷嘴的雾化特性进行了研究。在理论研究方面,刘乃玲等对液体雾化机理及其雾化特性进行了理论分析<sup>[1]</sup>,建立了雾化喷嘴与平均直径的准则关系式;在雾化降尘应用方面,程卫民、杨刚等研究了雾化压力与雾化粒度的关系<sup>[2-3]</sup>,对雾化粒度指标和雾化粒度的测定方法进行了分析,并得出最佳降尘效果的雾化压力;在消防灭火方面,Gunnar Heskestad等从理论和实验两个方面对水雾灭火的特性进行了研究<sup>[4]</sup>,并分析了漩涡喷嘴SMD索达尔平均直径的关联式;与此同时液体雾化在喷雾降温、烟气脱

硫、农作物喷灌、液体燃料的喷雾燃烧中也被广泛应用<sup>[5-9]</sup>;在雾化降尘的应用领域中,雾化质量是表征喷嘴性能的重要参数,更是影响降尘效果的重要因素,对于细微颗粒粉尘,需要有相应粒径水雾和水雾密度才能有效的去除<sup>[10-14]</sup>。由于高压雾化喷嘴所需运行压力较高,一般为2.0~2.5 MPa<sup>[15]</sup>,为确保运行的安全以致运行维护量较大,且目前国内外针对低压雾化降尘技术的研究还比较少,因此,本实验针对低压雾化除尘喷嘴在不同压力下运行时的流量、雾化粒径和雾化角等雾化性能进行了实验研究。以期掌握该类型喷嘴的雾化特性及变化规律,为研究喷雾降尘提供理论参考与实践指导。

## 1 实验装置及雾化机理

### 1.1 实验装置

实验装置系统如图1所示,包括增压雾化系统、数据采集处理系统、循环系统三部分。本实验以清水为雾化介质,考虑喷嘴出水孔径过小和增压水泵进出水量的守恒,喷雾及其控制系统包括进水和回水系统,由液压阀进行开关控制。喷嘴自带过滤网以避免水中杂质将其堵塞。通过自吸式增压水泵对喷嘴进行供水,同时通过液压阀控制喷嘴喷雾压力,其压力可直接通过预先安装好的压力表直接读出。由有效像素为1800万的数码相机进行喷雾图像采集,雾化粒径及其分布特性通过电子生物显微镜将数据传输到电脑进行观察计算实现。

实验喷嘴为hyd型低压精细实心锥形喷雾除尘喷嘴,图2为喷嘴的结构示意图,其工作原理是水流

收稿日期:2015-07-10; 修订日期:2015-07-26

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51464016);江西省教育厅基金资助项目(GJJ14421)

作者简介:邬长福(1963-)男,江西理工大学教授。

通讯作者:欧阳启明(1990-)男,江西理工大学硕士研究生。

经水泵增压后输送至喷嘴,进行过滤器的过滤,然后被推送至切线计量槽进入旋转室产生高速旋转,最后通过喷口喷出,形成液膜及破碎的液滴。为了能够更好的达到除尘要求,雾化质量是关键,本研究通过研究喷嘴在不同参数条件下的雾化特性,以期掌握雾化质量的控制技术从而为荷电水雾除尘技术提供一定的理论基础。

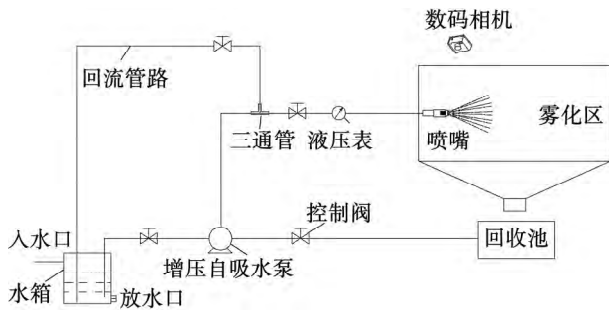


图 1 实验装置示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the test device

### 1.2 雾化机理

液滴的雾化是指高速射流扰动周围空气产生振动波,该波反作用于液膜,当波的发展速率达到最大

时,克服液体表面张力和粘滞力使得液膜在波谷和波峰间断裂成带状或膜状,经过多次剪切断裂,最终在表面张力的作用下,收缩成球状液滴。

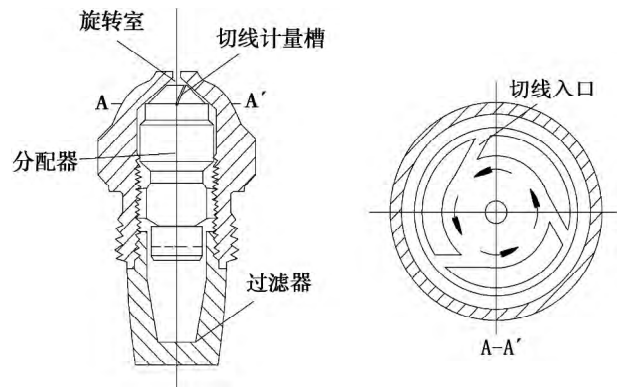


图 2 喷嘴结构示意图

Fig. 2 Schematic diagram of the structure of a nozzle

喷嘴雾化液滴的形成基本可以归纳为 3 种情况:(1)直接破碎;(2)带状割裂;(3)液膜破碎,如图 3 所示<sup>[16]</sup>。3 种雾化机理交叉产生作用,也可能同时作用,但是至少有一种是主要雾化形式,3 种形式的雾化机理均与过流介质的特性、喷嘴结构以及周围空气扰动有关。

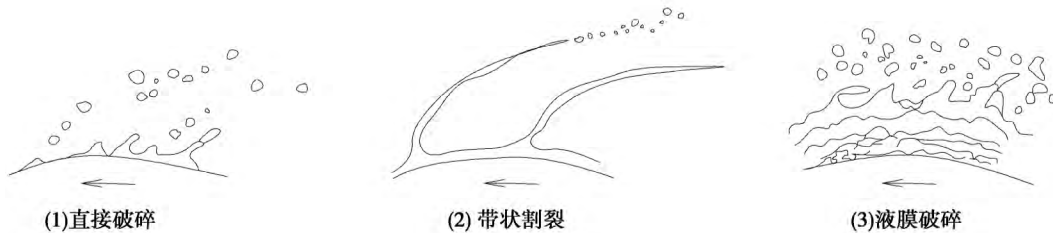


图 3 液滴雾化机理示意图

Fig. 3 Schematic diagram of the liquid drop atomization mechanism

## 2 实验方法

### 2.1 雾化流量的测定

雾化流量是影响雾化质量的关键因素之一。流量越大,雾化颗粒数量相对增加,有利于粉尘的捕集。由于本实验采用的喷嘴喷雾流量极小,很难通过一般流量计进行精确测定,为了更精确的测定喷

嘴的流量特性,本实验采用了容积法进行测定。通过调节喷雾压力为 0.1、0.2、0.3、0.4 和 0.5 MPa 且达到稳定时,用已知质量的量杯直接对着喷嘴出口进行水雾收集,同时用秒表计时器进行计时,将收集的水雾通过精度为 0.1 mg 的电子分析天平进行测定并记录。为减少人为操作误差,本实验在固定压力下测量三组数值进行加权平均,从而根据雾滴质量和收集时间获得不同压力下喷嘴的流量参数。

### 2.2 雾化角的提取

雾化角对喷雾范围大小影响至关重要,雾化角越大,且分散度较低时,雾化特性较稳定<sup>[17]</sup>。本实验雾化角的提取是将喷雾图像导入计算机,雾化角的提取过程如图 4 所示。利用 Matlab 软件进行图像类型转换、图像分割及特征(边缘线)提取,将实际喷雾图像进行二值图像转换,在黑色背景的映衬

下喷雾轮廓清晰可见,通过 Matlab 自带的 edge 函数进行喷雾边缘线的提取,得到边缘轮廓线,然后通过编程对边缘轮廓线上点的提取,用最小二乘法进行边界点的线性拟合,从而获得两条拟合直线。设拟合直线的斜率分别为  $k_1$  和  $k_2$ ,通过输入命令  $\text{alph} = \text{atand}(\text{abs}((k_1 - k_2) / (1 + k_1 \cdot k_2)))$ ,从而求得拟合直线的夹角,即雾化角。

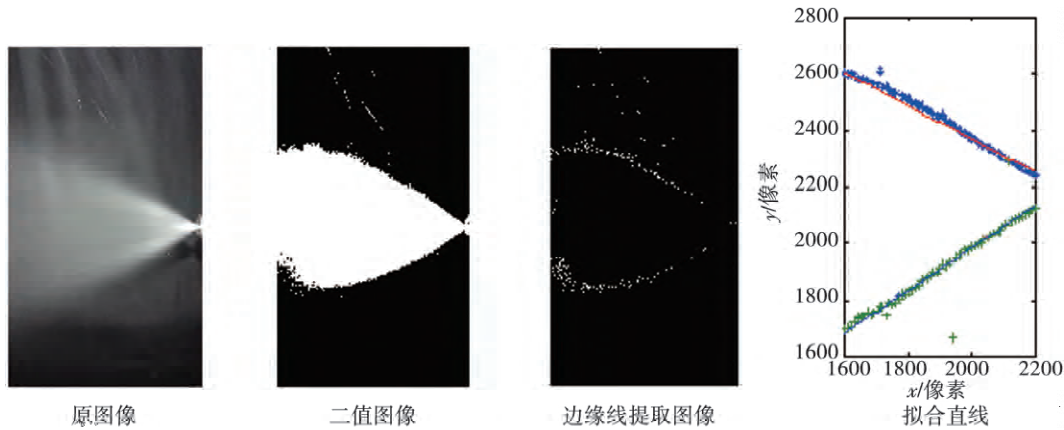


图 4 雾化角提取过程

Fig. 4 Atomization angle extraction process

### 2.3 雾化粒径的实验

雾化粒径是喷嘴雾化特性参数之一。液滴尺寸和粒径分布是衡量喷嘴雾化特性优劣的重要指标。雾化区主要是由不同颗粒大小的雾滴群组成,理论上为了便于描述和评定喷嘴雾化特性,需要预先确定一个液滴尺寸分布表达式来衡量雾化粒径的大小或质量。本次实验采用 SMD,又称容积-表面平均直径,它是以假定雾化场的雾滴群粒大小均相等,其直径为  $D_{32}$ ,且其体积-表面积之比与真实雾滴体积-表面积之比相等,即:

$$\frac{\frac{1}{6} \pi N_{32} D_{32}^3}{\pi N_{32} D_{32}^2} = \frac{\frac{1}{6} \pi \sum (n_i d_i^3)}{\pi \sum (n_i d_i^2)} \quad (1)$$

则

$$D_{32} = \frac{\sum (n_i d_i^3)}{\sum (n_i d_i^2)} \quad (2)$$

式中:  $D_{32}$ 、 $d_i$ —雾滴直径,  $\mu\text{m}$ ;  $n_i$ —直径  $d_i$  的雾滴数;  $N_{32}$ —直径  $D_{32}$  的雾滴数。

由于实验条件有限,雾滴粒径及其分布主要通

过生物显微镜进行处理,其主要步骤为:将培养皿放恒温水浴中,加入凡士林使其均匀分布于培养皿中,冷却后加入硅油,制作出水雾捕集的载体,通过培养皿捕集到的雾滴,在生物显微镜下观察,将电子目镜连接在电脑上,如图 5 所示。对培养皿进行划区分块,直至观察的雾滴数量大于 200 颗,通过 ScopePhoto 软件自带的测量工具对各分块区域内的雾滴尺寸进行测量取平均值,将得到的结果除以显微镜放大倍数,即得出分布于不同空间位置的雾滴平均粒径。

### 3 实验结果分析

本次实验是基于雾化理论基础,对孔径为 0.4、0.5 和 0.8 mm 的喷嘴 1、喷嘴 2 和喷嘴 3 的流量特性、雾化角以及雾化粒径分布等对荷电水雾降尘有重大影响的参数进行了试验研究。由于实验条件的有限,对雾化粒子运动形式、气化特性等参数尚未考虑。

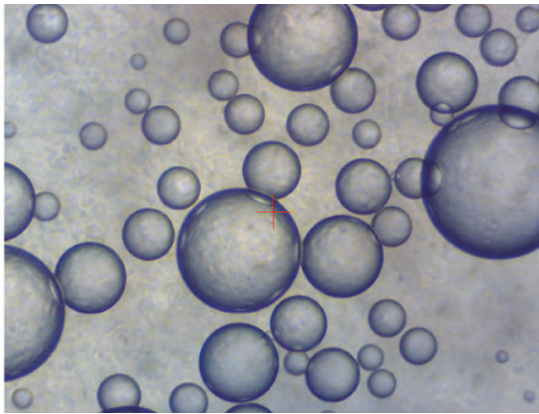


图 5 生物显微镜下液滴

Fig. 5 Liquid drop under a biological microscope

### 3.1 雾化流量特性分析

喷雾流量特性是指不同供水压力下喷嘴流量的变化规律。根据容积法测得的喷嘴流量特性参数，绘制出喷嘴流量与压力的关系曲线，如图 6 所示。实验结果表明：在同一压力下喷嘴 3 的流量大约是喷嘴 1 的 10 倍和喷嘴 2 的 6 倍。随着雾化压力的增大，喷嘴流量增大。在达到一定压力时，由于受喷嘴自身结构参数的影响，流量变化率逐渐减小。不同孔径的喷嘴，孔径越大喷雾流量也越大，且其变化率随压力的变化也不同。

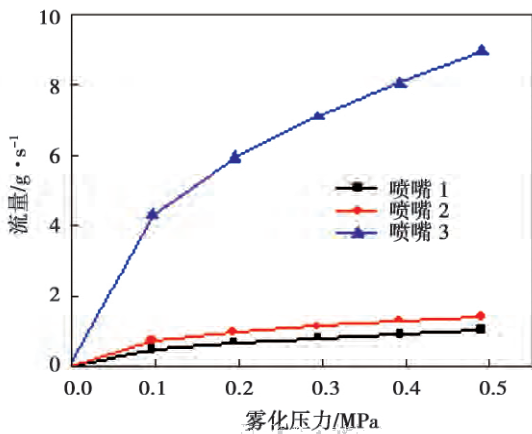


图 6 流量特性曲线

Fig. 6 Flow characteristic curves

### 3.2 雾化角的变化规律分析

基于 Matlab 的雾化图像处理方法得到雾化角与雾化压力之间的关系曲线，如图 7 所示。3 种型

号喷嘴雾化角的变化趋势基本相同，雾化压力较小时，由于要克服液膜表面张力，雾化角未完全张开，雾化角较小。随着雾化压力的不断增加足以克服液体表面张力和粘滞力，使得雾化角不断增大。根据曲线的趋势和文献 [8] 可知，随着雾化压力的进一步增大，雾化角的增幅逐渐减小趋于平缓，最终保持在一定范围不变。不同孔径的喷嘴，孔径越大雾化角变化率随压力的变化越小，且我们可以看出孔径 0.8 mm 的喷嘴雾化角变化最缓慢。

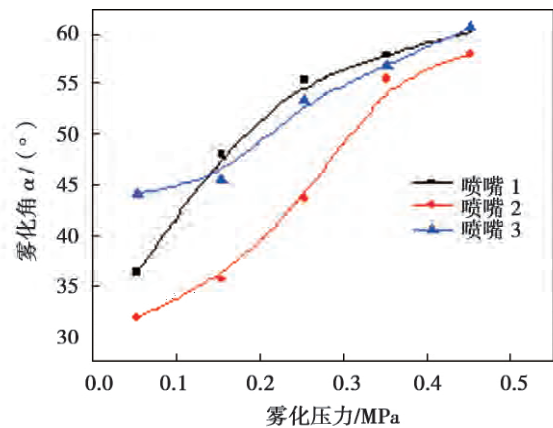


图 7 不同压力的雾化角参数

Fig. 7 Parameter of the atomization angles at various pressures

通过实验数据分析可以看出，影响喷嘴雾化角的主要因素除了雾化压力，还与喷嘴孔径及其结构参数有关。

### 3.3 雾化粒径分布特性

在距离喷嘴 40、80 和 120 mm 处进行采样，分析得到不同孔径喷嘴雾化压力与雾化粒径的关系曲线，如图 8 所示。其中图 8(a) ~ 图 8(c) 为 3 种不同孔径喷嘴雾化粒径与雾化压力的关系曲线，根据实验所得数据分析，喷嘴 1 的粒径分布范围在 15 ~ 40 μm 之间；喷嘴 2 的粒径分布范围在 32 ~ 50 μm；喷嘴 3 的粒径分布范围在 40 ~ 60 μm，且随着雾化压力的增大，射流与周围气流的相对速度增大，以致液膜在气流作用下不断破碎，正如曲线所示，雾化粒径大小与喷雾压力成反比。运动时间变长，液滴在空气中受到碰撞和蒸发作用越明显，因此会出现实

验过程中,部分雾化粒径随压力增大而增大,从而出现与雾化粒径随压力增大而减小的理论分布规律的偏差。为了更清楚的描述孔径与雾化粒径的关系,

绘制出在距离喷嘴 80 mm 处 3 种不同孔径喷嘴的粒径变化曲线如图 8 (d) 所示。同等条件下,孔径越大雾化粒径也越大。

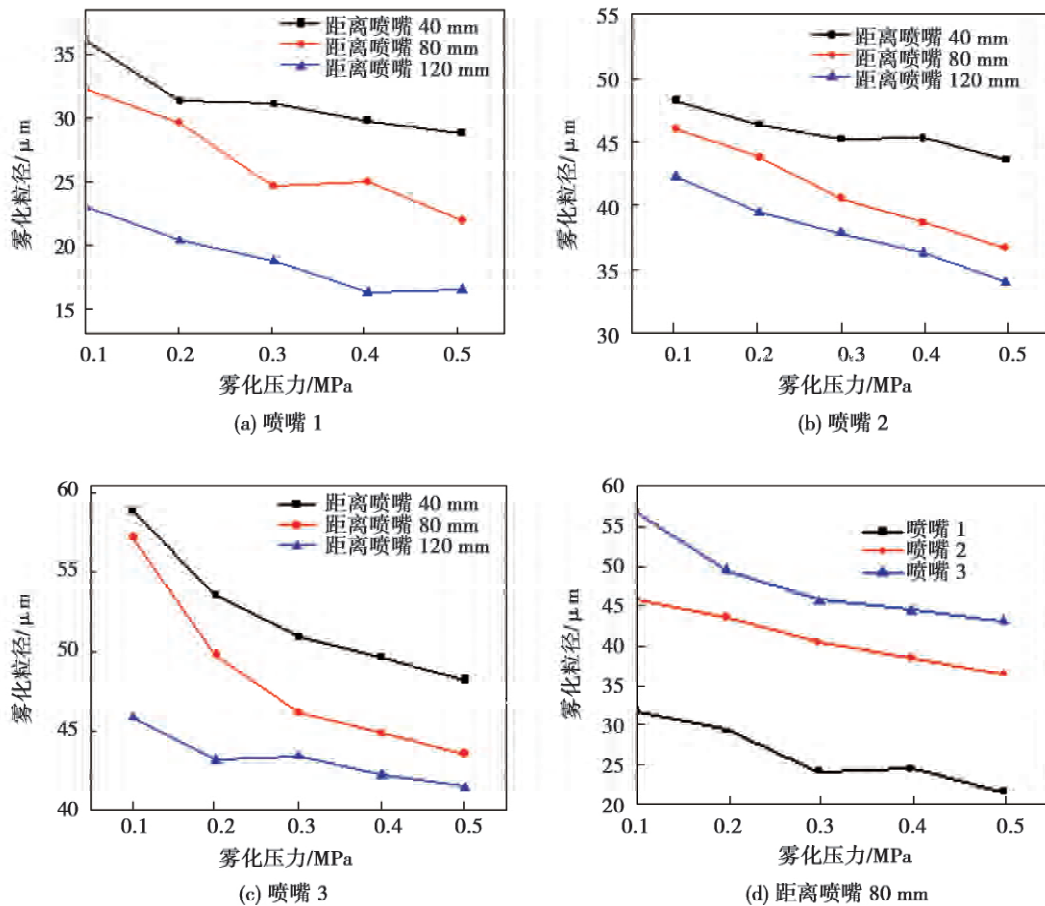


图 8 不同压力下的雾化粒径参数

Fig. 8 Parameter of the atomization particle size at various pressures

3.4 拟合曲线

基于 Matlab 软件曲线函数拟合功能,选取孔径为 0.8 mm 在距离喷嘴 80 mm 处的雾化粒径实验参数进行拟合,参照杨家俊等的拟合经验公式<sup>[17]</sup>,得到如下拟合公式参数、散点及拟合曲线,如图 9 所示:

(1) 选取 Custom Equations 自定义型 得到流量拟合公式为:

$$q = -2.33p + 14.33\sqrt{p} + 0.09 \quad (3)$$

(2) 选取 Polynomial→4th degree polynomial 型拟合公式 得到雾化角的拟合公式为:

$$k = -4558p^4 + 6090.3p^3 - 2846.3p^2 + 591.1p + 0.1 \quad (4)$$

(3) 选取 Power→a(1) + a(2)x.^a(3) 型拟合公式 得到雾化粒径的拟合公式为:

$$d_{32} = 35.76 + 4.93p^{-0.64} \quad (5)$$

式中: q—流量 g/s; k—雾化角 (°); d<sub>32</sub>—粒径, μm; p—雾化压力, MPa。

根据曲线拟合相关系数 R<sup>2</sup>,判断吻合程度,流量拟合曲线、雾化角拟合曲线、雾化粒径拟合曲线的 R<sup>2</sup> 分别为 0.999 7、0.995 9 和 0.998 3,可知拟合公式与实验数据吻合程度较高。

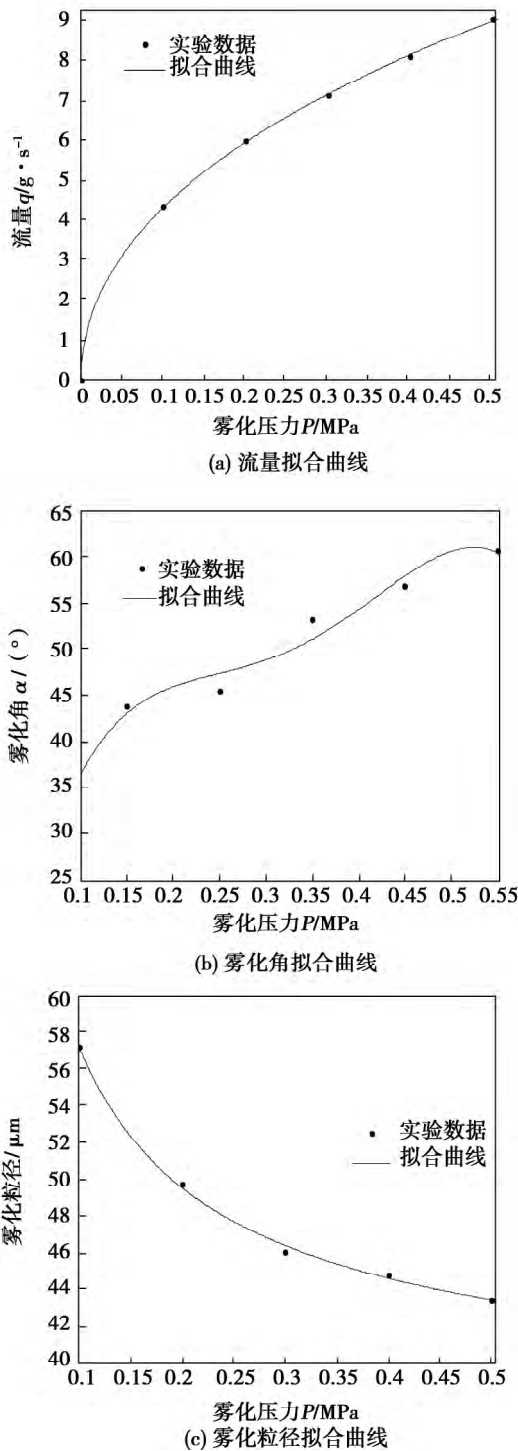


图 9 散点及拟合曲线图

Fig. 9 Chart showing the scattered points and fitting curves

### 4 结 论

通过对荷电水雾除尘系统中的压力式雾化降尘

喷嘴的喷雾流量、雾化角和雾化粒径等雾化性能的研究分析得出结论:

(1) 同一孔径的喷嘴,喷雾流量与喷雾压力成正比相关,达到一定雾化压力后,流量变化趋于平稳。不同孔径的喷嘴,孔径越大喷雾流量也越大,雾滴数量明显增多;

(2) 随着雾化压力的增大,克服液体表面张力和粘滞力,使得雾化角不断增大。且喷嘴孔径越大,雾化角增长越缓慢;

(3) 雾滴粒径在一定范围内,粒径大小与喷雾压力成反比,随着雾化压力的增大而减小,雾化效果越来越好,受喷嘴结构参数的影响,最终趋于平稳;根据实验中雾化粒径随压力增大的突然变大,推断出雾滴在运动过程中存在碰撞凝聚和气化挥发现象;

(4) 从数值拟合来看,喷雾流量是雾化压力平方根的二次多项式;雾化角是雾化压力的四次多项式;雾化粒径与雾化压力成一元非线性幂指数关系。

### 参考文献:

[1] 刘乃玲,张旭.压力式细雾喷嘴雾化特性的研究[J].同济大学学报(自然科学版) 2005,33(12):1677-1679.  
LIU Nai-ling,ZHANG Xu. Research of the atomization characteristics of a pressure type mist nozzle[J]. Journal of Tongji University (Natural Science Edition) 2005,33(12):1677-1679.

[2] 程卫民,周刚,左前明,等.喷嘴喷雾压力与雾化粒度关系的实验研究[J].煤炭学报 2010,35(8):1308-1313.  
CHENG Wei-min,ZHOU Gang,ZUO Qian-ming,et al. Experimental research of the relationship between the atomization pressure and particle sizes [J]. Journal of Coal,2010,35(8):1308-1313.

[3] 杨刚,唐亚鸣,赵磊.干雾抑尘喷嘴雾化粒径与气压关系实验[J].液压与气动 2012(9):126-128.  
YANG Gang,TANG Ya-ming,ZHAO Lei. Experiment conducted for determining the relationship between the atomization particle size by using a dry mist dust suppression nozzle and air pressure [J]. Hydraulics & Pneumatics 2012(9):126-128.

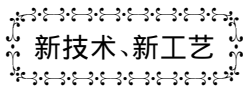
[4] Gunnar H. Scaling the interaction of water sprays and flames [J]. Fire Safety Journal 2002,37:535-548.

[5] 金仁喜,袁江涛,杨立,等.压力喷嘴常温下雾化特性实验研究[J].海军工程大学学报 2012,24(3):52-56.  
JIN Ren-xi,YUAN Jiang-tao,YANG Li,et al. Experimental study and applications of the atomization characteristics of a pressure nozzle at a normal temperature [J]. Journal of Naval Engineering University 2012,24(3):52-56.

[6] 李兆东,王世和,王小明.湿法脱硫螺旋喷嘴雾化性能[J].东

- 南大学学报: 自然科学版 2008, 38(3): 493-495.  
LI Zhao-dong, WANG Shi-he, WANG Xiao-ming. Atomization characteristics of a wet-method-desulfurization spiral nozzle [J]. Journal of Southeast University (Natural Science Edition) 2008, 38(3): 493-495.
- [7] 陈斌, 郭烈锦, 张西民 等. 喷嘴雾化特性实验研究[J]. 工程热物理学报 2001, 22(2): 237-240.  
CHEN Bin, GUO Lie-jin, ZHANG Xi-min, et al. Experimental research of the atomization characteristics of a nozzle [J]. Journal of Engineering Thermophysics 2002, 22(2): 237-240.
- [8] 曾青华, 孔文俊, 范慧杰 等. 微小流量喷嘴雾化特性实验方法[J]. 热能动力工程 2013, 28(5): 461-464.  
ZENG Qing-hua, KONG Wen-jun, SUI Hui-jie, et al. Method for testing the atomization characteristics of a micro flow nozzle [J]. Journal of Engineering for thermal Energy and Power, 2013, 28(5): 461-464.
- [9] Ochman J, Bialik W, Gil S. An experimental study on liquid fuel atomization [J]. Metalurgija 2015, 54(3): 559-562.
- [10] 汤梦, 刘荣华, 王鹏飞 等. 高压喷雾雾化特性及除尘效率实验研究[J]. 矿业工程研究 2015, 30(1): 76-80.  
TANG Meng, LIU Rong-hua, WANG Peng-fei, et al. Experimental study of the high-pressure spray atomization characteristics and dust removal efficiency [J]. Mining Engineering Research 2015, 30(1): 76-80.
- [11] 时训先, 蒋仲安, 周姝嫣 等. 综采工作面粉尘分布规律的实验研究[J]. 煤炭学报 2008, 33(10): 1117-1121.  
SHI Xun-xian, JIANG Zhong-an, ZHOU Shu-yan, et al. Experimental study of the law governing the dust distribution on a comprehensive mining working face [J]. Journal of Coal, 2008, 33(10): 1117-1121.
- [12] 马素平, 寇子明. 喷雾除尘机理的研究[J]. 煤炭学报 2005, 30(3): 297-300.  
MA Su-ping, KOU Zi-ming. Study of the mechanism governing the dust reduction through spraying [J]. Journal of Coal, 2005, 30(3): 297-300.
- [13] 尚建国, 杨凤玲, 程芳琴. 煤矿井下煤尘治理技术研究进展[J]. 科技情报开发与经济 2009, 33(19): 112-114.  
SHANG Jian-guo, YANG Feng-ling, CHENG Fang-qin. Advances in the study and applications of the coal mine dust prevention and control technology [J]. Scientific and Technological Information Development & Economy 2009, 33(19): 112-113.
- [14] Charinpanitkul T, Tanthapanichakoon W. Deterministic Model Of Open-Space Dust Removal System Using Water Spray Nozzle: Effects Of Polydispersity Of Water Droplet And Dust Particle [J]. Separation & Purification Technology 2011, 77(3): 382-388.
- [15] 冉景煜, 张力, 蒲舸 等. 低压燃油喷嘴在 670 t/h 煤粉锅炉点火中试验研究与应用[J]. 热力发电 2005, 34(6): 28-30.  
RAN Jing-yu, ZHANG Li, PU Ke, et al. Experimental study and applications of a low pressure fuel oil nozzle during the ignition of a 670 t/h pulverized coal-fired boiler [J]. Thermal Power Generation 2005, 34(6): 28-30.
- [16] 候凌云, 候晓春. 喷嘴技术手册 [M]. 北京: 中国石化出版社 2002.  
HOU Ling-yun, HOU Xiao-chun. Nozzle technical handbook [M]. Beijing: China Petrochemical Press 2002.
- [17] 杨家俊, 张冰洁, 刘定平. 螺旋喷嘴雾化特性试验研究[J]. 环境工程 2013, 31(5): 71-74.  
YANG Jia-jun, ZHANG Bing-jie, LIU Ding-ping. Experimental study of the atomization characteristics of a spiral nozzle [J]. Environmental Engineering 2013, 31(5): 71-74.

(刘瑶 编辑)



## 蒸汽发生器给水流量调节系统的试验研究

据《Судоостроение》2014年5~6月刊报道 俄罗斯 НПО “Аврора” (“阿夫洛尔”科研生产联合企业) 的专家对蒸汽发生器给水流量调节系统进行了试验研究。

研究结论如下:

1. 给水流量调节回路的过渡过程主要取决于流量计程序设计中流量离散测量算法;
2. 所研究的调节回路流量系数  $K_n$  (通路的比例系数) 和  $T_N$  (通路的完整时间) 允许在窄范围调整。如果靠  $K_n$  值从 0.5 增加到 1~1.5 将导致回路稳定性丧失, 并使  $T_N$  从 5~7 秒减少到 3 秒;
3. 依据研究结果, 选定了流量计最佳软件方案, 保证了蒸汽发生器的给水流量调节。

(吉桂明 摘译)

lege of Electrical and Power Engineering ,Taiyuan University of Science and Technology ,Taiyuan ,China ,Post Code: 030024) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2016 31(5) . -93 ~98

With pulverized coal in various particle diameters serving as the object of study ,such parameters as the repose angle ,compression rate ,adhesion force and inner friction angle etc. to represent the flowability of pulverized coal were measured by using a repose angel metering device and a Jenike shear test device. The relationship between the particle diameter of pulverized coal and its flowability was evaluated by employing the principal component analytic method and compared with that obtained by adopting the Jenike flow function method. It has been found that when the Jenike flow function method is used to represent the flowability of pulverized coal ,the value calculated by using the flow function will increase from 6.22 to 12.65 with an increase of the particle diameter of pulverized coal ,thus the flowability will become better. When the principal component analytic method is used to represent the flowability of pulverized coal ,the score obtained by using the principal components of the coal sample will decrease from 1.83 to -1.34 ,therefore ,the flowability of pulverized coal will improve. These results are identical to the test ones when Jenike flow function method is used to represent the flowability of pulverized coal. **Key words:** pulverized coal , principal component analysis ,Jenike flow function method ,repose angle

hyd 型低压除尘喷嘴雾化特性的实验研究 = **Experimental Study of the Atomization Characteristics of a HYD Type Low Pressure Dust-removal Nozzle** [刊 ,汉] WU Chang-fu ,OUYANG Qi-ming ,CHEN Zu-yun , CHEN Liang ( College of Resource and Environment Engineering ,Jiangxi University of Science and Technology , Ganzhou ,China ,Post Code: 341000) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2016 31(5) . -99 ~105

To harness the fine and microscopic dust ,designed was a test platform for simulating wet type dust removal systems and with fresh water serving as the atomization medium ,studied were the atomization characteristics of a HYD type low pressure fine atomization dust removal nozzle when the diameter of the aperture was 0.4 mm ,0.5 mm and 0.8 mm at various atomization pressures ,including the flow rate ,atomization angle and particle diameter atomized etc. The volumetric method was used to measure the flow characteristics of the nozzle and on the basis of an analysis by using the software Matlab and ScopePhoto ,the atomization angle ,atomization particle diameter and its distribution were obtained when the diameter of the aperture of the nozzle was 0.4 mm ,0.5 mm and 0.8 mm respectively. The curves showing the relationship between the atomization characteristics and the pressure were plotted and by employing the software Matlab ,the curves were fitted to obtain an atomization pressure and flow rate ,atomization angle



and particle diameter correlation formula. It has been found that the atomization flow rate ,atomization angle and pressure are in a direct proportion and the atomization particle diameter and the atomization pressure are in a negative proportion. The flow characteristics and the atomization particle diameter exercise a big influence on the diameter of the aperture of the nozzle ,the bigger the diameter of the aperture ,the smaller the atomization angle influenced by the pressure. The test results can offer guidance for applications of water mist in controlling the dust. **Key words:** wet type dust removal system ,low pressure dust removal nozzle ,atomization characteristics ,curve fitting

离心泵转速剧烈波动时的瞬时响应特性研究 = **Study of the Transient Response Characteristics of a Centrifugal Pump Undergoing a Drastic Fluctuation in the Rotating Speed** [刊 ,汉] ZHAO Yan-juan ( School of Information Engineering ,Quzhou College of Vocational Technology ,Quzhou ,China ,Post Code: 324000) ZHANG Yu-liang ( School of Mechanical Engineering ,Quzhou College ,Quzhou ,China ,Post Code: 324000) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2016 31( 5) . - 106 ~ 112

To reveal in-depth the transient response characteristics of a centrifugal pump when it has a drastic fluctuation of the rotating speed ,set up was a circulating pipeline system ,including a set of low specific speed centrifugal pump. According to the function defined by users themselves ,sliding mesh method and RNG  $k - \varepsilon$  turbulent flow model ,an unsteady flow self-coupling numerical calculation was performed of the whole system. It has been found that the flow rate response lags behind the rotating speed variation course while the head response features a relatively good nature to follow up the rotating speed variation. The interference between the rotor and stator inside the turbomachinery exercises a most notable influence on the pressure at the outlet of the pump in the stage of the rotating speed acceleration and the pressure at the inlet of the pump in the stage of the rotating speed deceleration ,however ,exerts a relatively small influence on the flow rate and the power needed by the impeller. The evolution of the transient flow field in the process of the fluctuation in the rotating speed totally lags behind the quasi-steady state calculation results. The forgoing can offer important reference for revealing the transient response characteristics of a centrifugal pump. **Key words:** centrifugal pump ,rotating speed drastic fluctuation ,self-coupling calculation ,transient response ,quasi-steady state assumption

跨临界压力下倾斜下降管内水的传热特性试验研究 = **Experimental Study of the Heat Transfer Characteristics of Water in an Oblique Downcomer at a Trans-critical Pressure** [刊 ,汉] WANG Si-yang ,XIE Bei-bei , WANG Long ,YANG Dong ( National Key Laboratory on Multi-phase Flow in Power Engineering ,Xi'an Jiaotong University ,Xi'an ,China ,Post Code: 710049) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2016 31( 5) .