

液包式雾化喷嘴出口锥角优化实验研究

张竞争,刘定平

(华南理工大学 电力学院,广东 广州 510640)

摘 要:液包式雾化喷嘴是一种新型脱硫雾化喷嘴,其出口锥角直接影响其雾化性能。采用图 3 所示实验台架,选用喷嘴出口锥角开展实验,并利用 Winner318 型激光粒径分析仪,进行了雾化特性试验。结果表明,内锥角的变化对雾化角的影响明显,而外锥角的变化对雾化角基本无影响;内、外锥角的改变对平均雾化粒径基本无影响,喷嘴的雾化角和平均雾化粒径随着气液压力比的增大而减小,当气液压力比达到 1.5 后,气液压力比的影响作用降低。

关 键 词:液包;喷嘴;锥角;雾化特性

中图分类号:TK224 文献标识码:A

引 言

雾化喷嘴在工业、农业等领域中应用广泛,它是喷雾系统装置的主要部件。通过喷嘴的雾化作用可以使液体雾化成雾滴,这些雾滴与相应介质发生热质交换等相互作用,实现能量传递、质量传递和化学反应等目的。雾化性能是喷嘴优劣的重要指标。喷嘴的结构和工作压力影响雾滴的尺寸和速度范围的分布^[1]。研究喷嘴结构对雾化特性的影响,有利于改进喷嘴的结构,优化雾化特性,减少喷雾介质的浪费,提高其工作效率,降低工作能耗。

液包式雾化喷嘴作为一种双流体喷嘴,与一般喷嘴在结构上的不同之处在于实现的是液体包裹气体,进而实现液体工质的雾化。

国内外在双流体喷嘴雾化特性方面的研究主要集中于对外混及内-外混相结合双流体喷嘴在不同气液质量比及石灰石浆液浓度的雾化特性的研究^[2-3],在喷嘴结构方面对非对称形流道的管内流动的状况的研究^[4]。对于出口锥角对雾化特性的研究尚未见报道。

本研究以一种新型液包式雾化喷嘴为研究对象,通过设计制作了不同的出口锥角,利用激光粒子测试仪及图像分析技术,研究液包式雾化喷嘴的喷

口内、外锥角的变化对雾化角及雾化粒径的影响。其结论为液包式雾化喷嘴结构优化设计提供了依据。

1 液包式雾化喷嘴工作原理

液包式雾化喷嘴是一种双流体雾化喷嘴。喷嘴内通道流动着高速气体,外通道流动着液体。两种流体运动到喷嘴出口处的空腔后,气体被液体包裹,形成混合流,继续高速运动。气液混合流在脱离喷嘴的时刻失去喷嘴管壁的约束而迅速膨胀,气体爆炸将液体的液柱或液膜击碎形成雾滴,达到雾化的目的。

2 液包式雾化喷嘴结构分析

液包式雾化嘴主要由内外两层管道组成。中心管道内流动的工质可以为高速运动着的空气或蒸汽,外部管道流动的介质为较低速的液体。气体从中心管内高速喷出后被液体包裹着继续向前运动,气体和液体之间发生相互作用而实现液体的雾化。为了实验研究的可操作性,喷嘴前端设计成可更换螺纹结构,基本结构如图 1 所示。

液包式雾化喷嘴的雾化特性主要体现在雾化角与雾化粒径。喷嘴的结构和喷雾介质的工作压力、物理性质与雾化特性关系密切。其出口锥角对喷嘴雾化特性有一定影响,也是结构设计的一个重要方面。本研究主要通过实验研究出口锥角对喷嘴雾化特性的影响。

喷嘴的雾化锥角有两种定义:一是喷嘴出口中心点到喷雾炬外包络线的两条切线之间的夹角 α ;另一种是以喷口为中心,在距喷嘴端面 L 处与喷雾曲面的交点连线的夹角 α' 。本研究采用前一种 α

收稿日期:2012-03-18; 修订日期:2012-07-07

基金项目:广东省科技计划项目、广州黄埔科技计划《高效烟气脱硫超 声波雾化喷嘴的研发》基金资助项目(2011B090400289、1137)

作者简介:张竞争(1987-),男,湖北襄阳人,华南理工大学硕士研究生。

进行雾化角的研究。

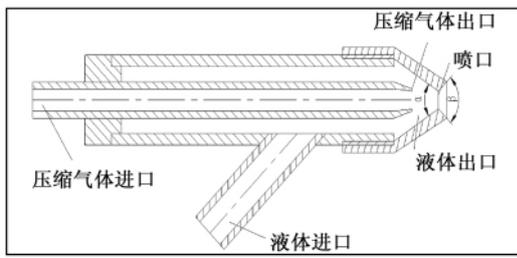


图 1 液包式喷嘴结构示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the structure of a liquid bag type nozzle atomization nozzle

3 实验研究

3.1 实验方案

为了研究喷嘴的喷口内、外锥角的变化对于喷嘴雾化性能的影响,喷嘴中心管道流通的气体介质采用高压空气,外通道流通的液体介质采用清水。同时,为了消除喷嘴其它部分结构或加工工艺上的影响,采用保持喷嘴主体部分不变,喷嘴前端为可拆卸的螺纹连接结构,如图 1 所示。

喷嘴头部可更换件在结构上对喷口的内、外锥角进行了组合,定义:(内锥角,外锥角) = (α , β)。为了比较相同内锥角下、不同外锥角对雾化性能的影响及相同外锥角下、不同内锥角对雾化性能的影响,选择喷口角度的组合形式有以下 4 种:(90° , 90°)、(90° , 120°)、(120° , 90°)、(120° , 120°)。不同锥角的喷头盖结构如图 2 所示。

3.2 实验装置设计

为了测定液包式雾化喷嘴的喷口在不同内、外锥角组合下的雾化特性,设计了实验装置如图 3 所示。

实验装置由供液系统和供气系统及测量采集系统构成。

供液部分由液体回收箱、储水箱、循环水泵、液体流量计、调节阀、压力表等部件组成,以保证液体介质的持续供应及调节并保持喷嘴供液工作压力的稳定。

供气部分由空压机、调节阀、压力表等组成,以保证对喷嘴的正常供气及调节并保持喷嘴供气工作压力的稳定。

测量采集系统由高速数码相机、激光粒径分析仪、计算机软件采集及分析系统、压力及流量表构成。

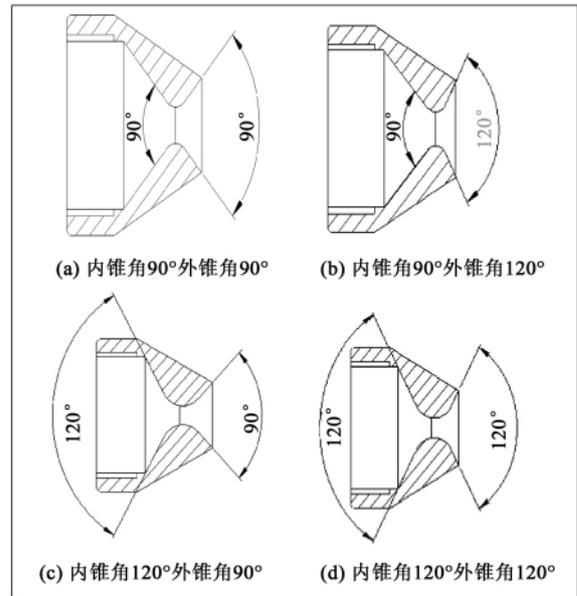


图 2 不同角度组合的喷口

Fig. 2 Nozzle spout in various angle combinations

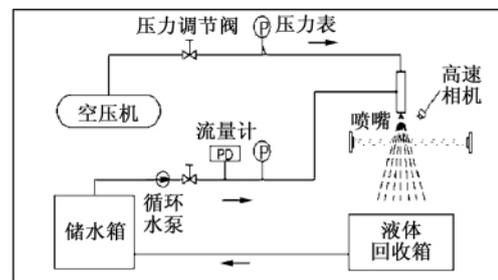


图 3 实验系统示意图

Fig. 3 Schematic drawing of the test system

3.3 实验结果及分析

实验测试并记录了 0.2 MPa 供气压力和 0.15 MPa 供液压力下 4 种不同内、外锥角组合下的喷嘴雾化角及雾化粒径情况。

3.3.1 雾化角实验分析

分析实验记录所得的雾化照片,采用 Image 软件分析,可以得出喷嘴的喷口在 4 种不同的内、外锥角组合情况下的雾化角的大小,如表 1 所示。

通过表 1 中数据分析可知,喷口的内、外锥角的 4 种组合中,以组合(90° , 90°)时,喷嘴的雾化角最大。同时,内锥角为 90° 的情况下雾化效果明显优于内锥角为 120° 的情况。

通过对比不同的组合工况下的雾化角,可以得出:内锥角的大小是喷嘴雾化角的主要影响因素。外锥角的变化对雾化角的大小影响很小。

表 1 不同内、外锥角组合情况下的雾化角/(°)
Tab. 1 Atomization angles in various combinations of the inner and outer cone angles/(°)

内锥角	外锥角	雾化角
90	120	18.06
90	90	20.21
120	120	11.40
120	90	10.64

3.3.2 雾化粒径实验分析

实验利用 Winner318 型激光粒度分析仪对液体雾化粒径进行记录, 得出喷嘴喷口在 4 种不同的内、外锥角组合情况下的雾化粒径分布及大小, 如表 2 所示。

表 2 不同内、外锥角组合下的平均雾化粒径
Tab. 2 Average atomization particle diameter in various combinations of the inner and outer cone angles

内锥角/(°)	外锥角/(°)	$D_{av}/\mu\text{m}$
90	120	168.957
90	90	172.455
120	120	181.658
120	90	171.677

注: 表中 D_{av} 为雾化颗粒的平均粒径

分析表 2 中的数据可得, 喷嘴在 4 种不同的内、外锥角组合情况下的平均雾化粒径变化很小。

表 3 不同内、外锥角组合下的粒径分布
Tab. 3 Particle diameter distribution in various combinations of the inner and outer cone angles

内锥角/(°)	外锥角/(°)	$D_{90}/\mu\text{m}$	$D_{50}/\mu\text{m}$	$D_{10}/\mu\text{m}$
90	120	213.156	174.110	119.521
90	90	213.658	176.837	126.983
120	120	215.274	184.979	144.258
120	90	213.298	175.071	125.778

注: 表中 D_{90} 、 D_{50} 、 D_{10} 表示粒子分布的概率为分别为 90%、50%、10% 对应的粒子直径。

分析表 3 中的数据可得, 喷嘴在 4 种不同的内、外锥角组合下的粒径分布变化很小。

3.3.3 气液压力比对不同锥角组合的雾化角的影响

由图 4 可以看出气液压力比对 4 种不同锥角组合的雾化角的影响趋势总体上是一致的。喷嘴的雾化角随着气液压力比的增大而迅速减小, 当气液压力

比达到 1.5 后, 平均雾化粒径的减小速度变慢。

3.3.4 气液压力比对不同锥角组合平均雾化粒径的影响

由图 5 可以看出, 气液压力比对 4 种不同锥角组合的平均雾化粒径的影响趋势基本一致。喷嘴的平均雾化粒径随着气液压力比的增大而迅速减小, 当气液压力比达到 1.5 后, 平均雾化粒径的减小速度变慢。

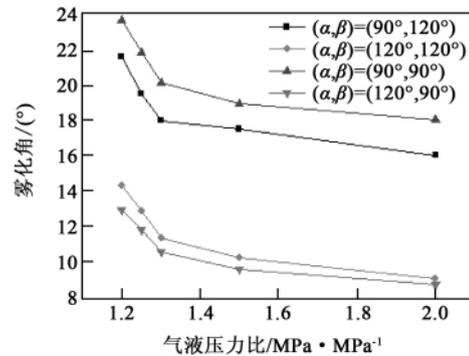


图 4 气液压力比对喷嘴雾化角的影响
Fig. 4 Influence of the gas-liquid pressure ratio on the atomization angle of the nozzle

该种液包式雾化喷嘴是利用气液相互作用实现液体雾化, 在气液压力比增大的过程中, 两者相互作用的剧烈程度也逐渐降低, 因此, 平均粒径的减小速度降低。

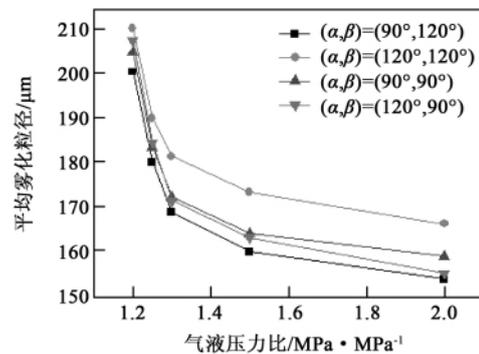


图 5 气液压力比对平均雾化粒径的影响
Fig. 5 Influence of the gas-liquid pressure ratio on the average atomized particle diameter

4 结 论

通过对喷口在 4 种不同内、外锥角组合情况下的液包式雾化喷嘴的雾化特性进行实验研究, 可得

如下结果:

(1) 液包式雾化喷嘴的喷口内、外锥角变化对雾化角的影响不同。其中喷口内锥角对雾化角影响较大,外锥角对雾化角的影响较小。

(2) 当喷口内锥角由 120°变为 90°时,其雾化角可提高 70% 左右。

(3) 液包式雾化喷嘴的喷口锥角变化对雾化粒径几乎没有影响。

(4) 喷嘴的雾化角和平均雾化粒径随着气液压力比的增大而减小,当气液压力比达到 1.5 后,气液压力比的影响作用降低。

参考文献:

[1] Nuyttens D ,Baetens K. Effect of nozzle type ,size and pressure on

spary droplet characteristics [J]. Biosystem Engineering ,2007 ,1: 333 -345.

[2] 蒲 舸 张 力. 石灰浆液喷嘴雾化特性 [J]. 工程热物理学报 2008 29(9) : 1515 - 1517.

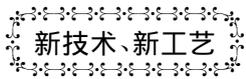
PU Ke ZHANG Li. Atomization characteristics of a lime slurry nozzle [J]. Journal of Engineering Thermophysics 2008 29(9) : 1515 - 1517.

[3] 张 力 李 午 申 ,蒲 舸. 烟气净化双流体喷嘴雾化特性实验 [J]. 环境工程 2006 24(2) : 40 -43.

ZHANG Li ,LI Wu-shen ,PU Ke. An experimental study of the atomization characteristics of a dual fluid nozzle for flue - gas purification [J]. Environmental Engineering 2006 24(2) : 40 -43.

[4] Junha Park ,Seok Chung ,Hoyoung Yun ,et al. Asymmetric nozzle structure for particles converging into a highly confined region [J]. Current Applied Physics 2006 6:992 -995.

(辉 编辑)



三菱重工的 500 MW 级参考装置

据《Gas Turbine World》2012 年年度手册报道 ,GE Energy、三菱重工和 Siemens Power Generation 等公司均已推出了 IGCC(整体煤气化联合循环)动力装置。

作为示例,列出三菱重工推出的商用 500 MW 级 IGCC 参考装置,由 1 台燃气轮机和 1 台汽轮机组成。

燃气轮机	燃气轮机输出功率	汽轮机输出功率	装置总输出功率*	装置净输出功率	装置净效率
M501G	280 MW	215 MW	495 MW	445 MW	43% (HHV)

* 装置性能将随煤燃料和现场条件而变化。

额定性能的设计依据

燃料	次烟煤
现场条件	15℃ 海平面 60% 相对湿度
燃气轮机型号	M501G
供货方式	商业供货
动力部分特性	
启动和备用燃料	天然气
燃料灵活性	合成气,双燃料燃烧
排放	15 mg/kg NO _x ,为达到更低的 NO _x 排放,可采用 SCR(选择催化还原)后处理
气化部分特性	
气化器类型	两级携带流,干式给料
氧化剂	带副产品氧的空气
合成气高温冷却器	对流换热式
酸性气体清除	甲基 = 乙醇胺(MDEA)
灰渣处理方式	排渣
一体化处理	空气,蒸汽

(吉桂明 摘译)

垂直矩形窄通道流动沸腾换热特性实验研究 = **Experimental Study of the Boiling Heat Exchange Characteristics of a Flow in a Vertical Rectangular Narrow Channel** [刊 汉] HUANG Li-hao ,TAO Le-ren ,RUI Sheng-jun ,ZHENG Zhi-gao(College of Energy Source and Power Engineering ,Shanghai University of Science and Technology ,Shanghai ,China ,Post Code: 200093) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2013 ,28 (1) . - 53 ~ 56

The flow boiling heat exchange pertains to a typical two phase flow problem. When a narrow channel is compared with a conventional one ,the flow boiling heat exchange coefficient of the former is markedly higher than that of the latter and the heat exchange mechanism of the former is much more sophisticated. Under the condition of a low pressure ,a supercooling inlet temperature ,different mass flow rates and heating power densities ,the water flow boiling heat exchange characteristics of a vertical rectangular narrow channel with a cross section of 250 mm × 5 mm were experimentally studied. The experimental and analytic results show that the inlet temperature(27 - 60℃) ,mass flow rate(2. 22 - 3. 49 kg/m²s) and heating power density(0 - 12 kW/m²) have an important influence on the saturated boiling starting point and the length of the supercooling section. A high void fraction and limitation of the structure of the channel make the steam-liquid two phase flow unstable and affect the heat exchange coefficient. The heat exchange coefficient will decrease with an increase of the power and the fluid enters into its total convection-based boiling stage. Due to the limitation of the top structure of the section under the test ,with an increase of the dryness ,there will not emerge a dry-out point ,the heat exchange will not get worsened and the heat exchange coefficient will be basically constant with an increase of the power. **Key words:** flow boiling ,narrow channel ,boiling starting point ,void fraction ,dryness

液包式雾化喷嘴出口锥角优化实验研究 = **Experimental Study of the Optimization of the Outlet Cone Angle of a Liquid Bag Type Atomization Nozzle** [刊 汉]ZHANG Jing-zheng ,LIU Ding-ping(College of Electric Power ,South China University of Science and Technology ,Guangzhou ,China ,Post Code: 510640) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2013 ,28(1) . - 57 ~ 60

The liquid bag type atomization nozzle represents a novel type desulfurization atomization nozzle and its outlet cone angle directly affects the atomization performance. The test rig as shown in Fig. 3 was used and a nozzle with a cone angle at the outlet was chosen to conduct a test. The atomization characteristics were tested by using a Winner 318 type laser particle diameter analyzer. The test results show that a change of the inner cone angle conspicuously affects the atomization angle while a change of the outer cone angle basically does not influence the atomization angle. A change of the inner and outer cone angle basically has no influence on the mean atomization particle diameter. Both atomization angle and mean atomization particle diameter of the nozzle will decrease with an increase of the gas/liquid pressure ratio. After the gas/liquid pressure ratio has reached 1. 5 ,the influence of the gas/liquid pressure ratio will become smaller. **Key words:** gas-in-liquid ,nozzle ,cone angle ,atomization characteristics

壁面材料对微火焰熄火影响的实验研究 = **Experimental Study of the Influence of the Wall Surface Material**