

加压气固喷射器内静压分布特性的试验研究

熊源泉, 章名耀

(东南大学 洁净煤发电和燃烧技术教育部重点实验室, 江苏 南京 210096)

摘 要: 在增压气力输送系统试验装置上, 对影响收缩型气固喷射器内静压分布特性的关键因素作了较深入地研究。试验研究表明, 静压在气固喷射器收缩段入口处明显急剧上升。气固喷射器内静压随气体喷嘴位置 S 的增大而减小, 而随收缩角 α 的增大而有所提高。提高气体喷嘴出口速度, 气固喷射器内的最大静压值由喷射器收缩段入口处附近迁移至喷射器收缩段出口处附近。此外, 气体喷嘴位置、收缩段的收缩角和输送风对收缩型气固喷射器内的静压分布的影响还与系统背压相关联。

关 键 词: 气力输送; 气体喷嘴; 输送特性; 气固喷射器

中图分类号: TK223.26 文献标识码: A

1 引 言

气固喷射器是气力输送的关键供料设备, 国内外众多研究者^[1, 2, 6, 8, 9]对文丘里型气固喷射器在负压或较低的正压系统中的工作特性进行了较详尽的研究。对于增压条件下运行的全收缩型气固喷射器, 国内外的研究相对较少, 相关的文献报道也很少。作者^[10]在徐州贾汪电厂“15 MW 增压流化床蒸汽/燃气联合循环(PFBC-CC)中试电站工程试验”项目的研究工作中, 煤和石灰石(脱硫剂)的添加采用了多路增压气力输送系统。工程试验中, 发现每路输送管的输送能力和工作上限均与气体喷嘴位置、收缩段的收缩角等有着直接的关系。因此, 更深入地研究增压条件下运行的全收缩型气固喷射器的工作特性是十分必要的。本文主要研究气体喷嘴位置、收缩段的收缩角和输送风对气固喷射器内静压分布特性的影响。

2 试验系统和试验条件

试验系统如图 1 所示, 压气机为容积式无油空

气压缩机, 出力为 $6\text{ m}^3/\text{min}$, 最高压力为 0.7 MPa (表压), 轴功率为 42 kW 。压力仓最大承受压力 1.6 MPa (表压)。喷射器为 $\Phi 108 \times 4.5\text{ mm}$ 圆管形, 出口尺寸为 $\Phi 42 \times 5\text{ mm}$, 落料管尺寸为 $\Phi 108 \times 2\,500\text{ mm}$, 喷射器收缩段角度 α 为 15° 。喷射器气体喷嘴尺寸为 $\Phi 8\text{ mm}$, 内部气体喷嘴位置设计为可调节式, 以适应试验调节范围。输送管径为 $\Phi 42 \times 5\text{ mm}$, 总输送管长 8 m , 其中 90° 的圆弧曲线弯头($R/D=4$)两个。5 个静压测量点, 8 对压差测量点。压力、压差和流量采用计算机进行数据动态记录。

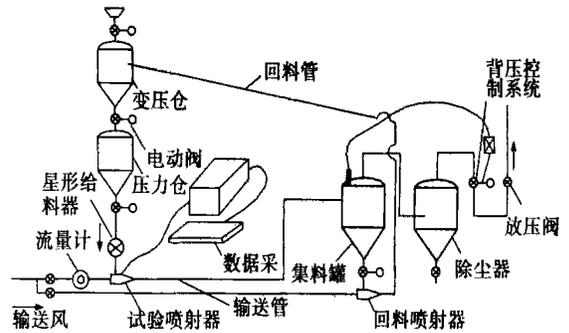
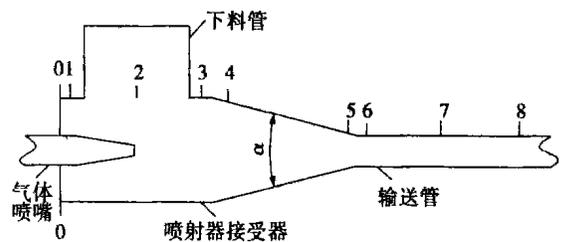


图 1 气固喷射器工作特性试验系统简图



1-8: 静压测点; 0-0: 测点位置基准

图 2 试验喷射器压力/压差测点布置简图

固体给料量用压力式星形给料器来计量给料量, 输送风流量采用气体涡轮流量传感器进行远程

计量, 并根据输送风来流气源压力对测得的气体流量进行修正。试验输送物料为玻璃珠小球, 玻璃珠粒径为 $\Phi 2 \sim 3 \text{ mm}$, 平均粒径为 2.5 mm , 真比重为 2480 kg/m^3 , 容比重为 1480 kg/m^3 , 球形度约为 1。试验中, 输送管的总长度保持不变, 喷射器上的各测压点相对位置也保持不变, 见图 2。气固喷射器输送特性试验研究参数见表 1 所示。

表 1 本试验研究参数

项 目	参 数
固体输送量 $G_p/\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$	1300~3500
输送系统背压 P_b/MPa (表压)	0.1, 0.2, 0.3
气体喷嘴出口马赫数 Ma	≈ 0.52
喷射器收缩段收缩角 $\alpha/^\circ$	15, 25, 32
气体喷嘴至喷射器收缩段入口的距离 S/mm	20, 74, 101, 138

3 实验结果与讨论

3.1 气体喷嘴位置对气固喷射器内静压分布的影响

气固喷射器内静压分布是一个值得研究的问题, 它有益于人们更清楚地了解喷射器内变化情况。Bohnet 和 Teifke^[3, 11] 以及 Chellappan 和 Ramaiyan^[4] 在低背压下, 对文丘里型气固喷射器内的静压分布进行了研究。图 3 为 Bohnet^[11] 的试验结果(试验条件见表 2)。图 3 的结果表明: 文丘里型气固喷射器内的静压在整个收缩段有显著的上升, 并一直延伸至混合管。较高气体喷嘴出口速度时, 动能转换成静压能出现在混合管全程中, 并在扩张段静压继续回升。很显然, 静压回升的快慢与气体喷嘴出口速度是相关联的。

表 2 Bohnet 试验操作条件

符号	气体喷嘴出口	驱动气体质	总气体质量	卷吸气体质量
	速度/ $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$	量速率/ $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$	速率/ $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$	速率/ $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$
○	199.04	0.0697	0.0794	+0.0097
●	168.74	0.0591	0.0651	+0.0060
□	141.80	0.0497	0.0502	+0.0005
■	127.67	0.0447	0.0437	-0.0010
△	110.47	0.0387	0.0344	-0.0043
▲	105.02	0.0368	0.0321	-0.0047
◇	99.19	0.0347	0.0300	-0.0047

固体质量速率: $0.08/\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$
试验物料: 聚乙烯颗粒, $d_p \approx 3 \text{ mm}$

试验结果见图 4 和图 5, 试验条件为气体喷嘴 Φ 为 8 mm , 气固喷射器的收缩角 α 为 15° , 输送管管径 $\Phi = 42 \times 5 \text{ mm}$ 。从图 4 和图 5 中可发现, 静压在

气固喷射器的收缩段入口处(4号测点)附近有一明显的急剧上升。而后, 静压开始下降, 直到气固喷射器的收缩段出口与输送管入口初始段连接处静压降速达到最大。在输送管入口初始段约 1230 mm 左右(8号测点)后静压降开始趋缓, 气体喷嘴位置对此后的输送管路影响逐渐消失。显然, 这一结果与 Bohnet 以及 Chellappan 和 Ramaiyan 在低背压条件下得到的试验结果有较大差别。研究认为, 气固喷射器的结构、输送质量固气比以及气体喷嘴出口速度是导致这一显著差别的主要原因。Bohnet 和 Chellappan 等人的试验所用气固喷射器的气体喷嘴出口位置离混合管的跨距相对较短($\leq 100 \text{ mm}$), 从收缩型气体喷嘴高速喷射出的气体射流是相当狭窄的^[5, 7], 高速气体在穿过气固喷射器收缩段时, 射流扩张尚未结束。因此, 随气体速度下降, 静压得以提高。还有, Bohnet 和 Chellappan 等人的试验中, 输送质量固气比较小($\mu \leq 3$), 被输送物料在气固两相流中占有的体积百分率极小。气体喷嘴出口速度越大(相对于被输送物料而言), 固体物料对驱动气体射流流场的影响越小。当气体喷嘴出口速度足够大时, 动能转换成静压能的过程便出现在混合管全程中。然而, 本文实验中, 输送质量固气比相对较大($\mu = 7.5 \sim 20$), 气体喷嘴出口离输送管入口的跨距相对较长($> 135 \text{ mm}$), 气体喷嘴出口速度不大($Ma \approx 0.52$)。因此, 固体物料对驱动气体射流流场的影响较大, 固体颗粒的存在使得气体射流迅速扩张, 造成气体射流扩张在气固喷射器的收缩段入口处附近已基本结束, 静压升至最大值。随后, 由于气固两相流与气固喷射器收缩段壁面的摩擦和碰撞, 以及收缩型截面缩小而带来的气体动能的提升, 使得静压开始下降。在收缩段出口和输送管入口连接处, 静压下降的速率最为显著。

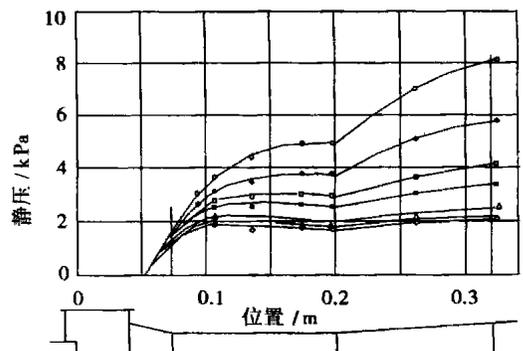


图 3 Bohnet 的试验中静压分布结果

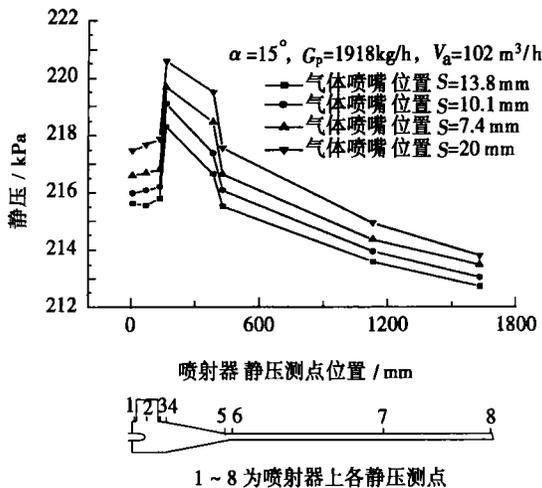


图 4 背压为 200 kPa 时喷射器内静压分布

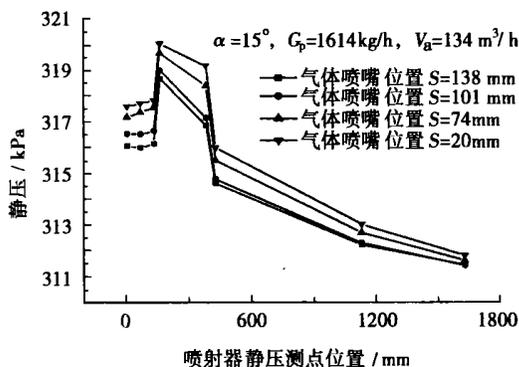


图 5 背压为 300 kPa 时喷射器内静压分布

从图 4 和图 5 中还发现, 气固喷射器内的静压的变化总体趋势与气体喷嘴位置无关。但是, 气体喷嘴位置会影响气固喷射器内的静压大小, 以及输送管入口初始段(即固体颗粒加速段)的压降变化速率。当 S 达到一定值后($S=101$ mm), 继续增大 S , 气固喷射器内静压变化很小。这充分说明, 气体喷嘴位置的变化会影响气固两相混合和能量交换, 以及气固两相流与气固喷射器内壁面和输送管初始段管壁的摩擦与碰撞情况。

3.2 收缩角 α 对气固喷射器内静压分布的影响

图 6 至图 8 是在气体喷嘴 Φ 为 8 mm, 气体喷嘴位置 S 为 74 mm, 输送管道内径 Φ 为 32 mm, 气体喷嘴出口马赫数 Ma 为 0.52 的条件下, 收缩角 α 对气固喷射器内静压分布的影响。从图 6 至图 8 中可知, 收缩角 α 对气固喷射器内静压分布总趋势的影响不大。在气固喷射器的收缩段入口附近(4 号测点)有一显著的静压上升过程, 收缩段出口和输送管

入口连接处附近(5 和 6 号测点之间)静压降速非常明显。在气固两相流进入输送管初始段约 1 230 mm 左右(8 号测点)静压降开始趋缓, 此后静压变化基本与收缩角 α 无关。这说明在输送管初始段约 1 230 mm(8 号测点)之后气固两相流混合趋于稳定, 固体颗粒加速也趋于结束。

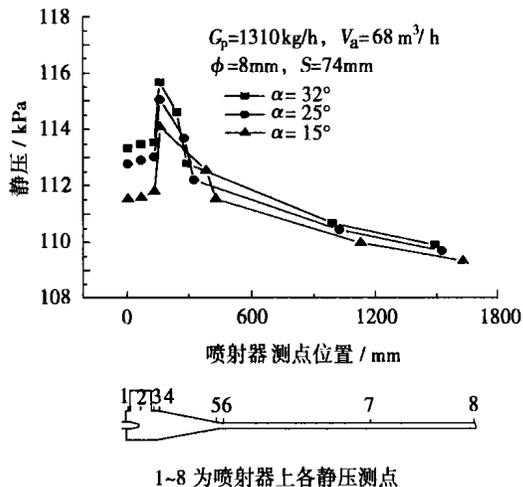


图 6 背压为 100 kPa 时喷射器内静压分布

但是, 收缩角 α 对气固喷射器内及输送管初始段各区域的静压变化速率却有相对较大的影响。在其它条件不变的情况下, 气固喷射器的收缩段入口处之前的静压变化速率基本不受影响, 但静压值因后续压力的影响相应有所提高。在收缩段入口后以及输送管入口初始段, 静压的变化速率均随 α 的增大而增大。其原因认为是收缩角 α 的增大造成了气固喷射器的收缩段以及输送管入口初始段内的气固两相流剧烈扰动, 气体和固体颗粒与气固喷射器的收缩段及输送管入口初始段的壁面的摩擦和碰撞机会增多, 强度增大, 进而造成输送过程中的能量损失增加。

比较图 6 至图 8 中收缩角 α 为 32° 的气固喷射器内静压变化情况, 发现收缩角 α 对气固喷射器内静压分布的影响与系统背压相关联。背压为 100 kPa 时, 图 6 中收缩段入口处(4 号测点)的静压高于收缩段出口处(5 号测点)的静压; 当背压升高至 200 kPa 时, 图 7 中收缩段入口处(4 号测点)的静压略低于收缩段出口处(5 号测点)的静压; 当背压继续升高至 300 kPa 时, 图 8 中收缩段入口处(4 号测点)的静压比收缩段出口处(5 号测点)的静压要高出更多些。通过分析认为, 在相同的气体喷嘴出口速度和固体输送量的条件下, 背压的提高, 使得单位输送气

体介质的动量增大, 质量固气比降低, 固体对气体射流的影响变小, 射流行程相对增长, 动能转换为静压能的范围向气固喷射器的收缩段出口端方向延伸。同时, 收缩角的增大缩短了气固喷射器收缩段的长度, 在 4 号和 5 号静压测点的相对位置不变(4 号静压测点相对于收缩段入口截面间距不变; 5 号静压测点相对与收缩段出口截面间距不变, 如图 2 所示。)的情况下, 4 号和 5 号静压测点间的距离缩短, 5 号静压测点便表现为静压最大值的测点。

验条件的限制, 本文仅考察了输送风量对气固喷射器内的静压分布的影响。

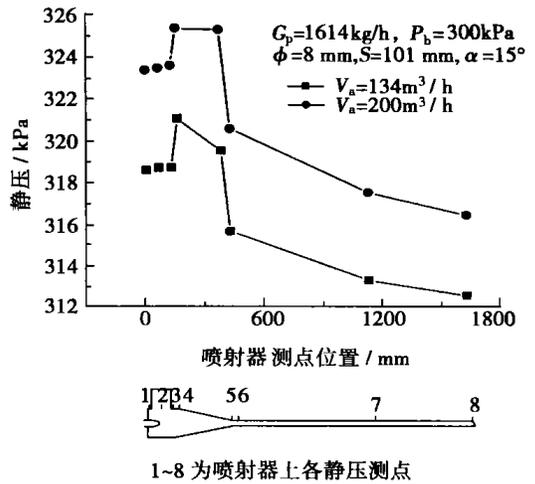


图 9 输送风量对喷射器内静压分布的影响

图 9 为气体喷嘴 Φ 为 8 mm, 气体喷嘴位置 S 为 101 mm, 收缩角 α 为 15° , 输送管道内径 Φ 为 32 mm, 输料量 $G_p=1\ 614\ \text{kg/h}$, 系统背压时 $P_b=300\ \text{kPa}$, 输送风量对气固喷射器内静压分布的影响。从图 9 中可知道, 在其它条件不变的情况下, 增大输送风量(即提高气体喷嘴出口速度), 气固喷射器内的最大静压值由收缩段入口处附近迁移至收缩段出口处附近; 但在进入输送管后, 其静压的变化趋势基本一致。气固喷射器内最大静压值向收缩段出口方向迁移是由气体喷嘴出口速度(或马赫数)的提高引起的。

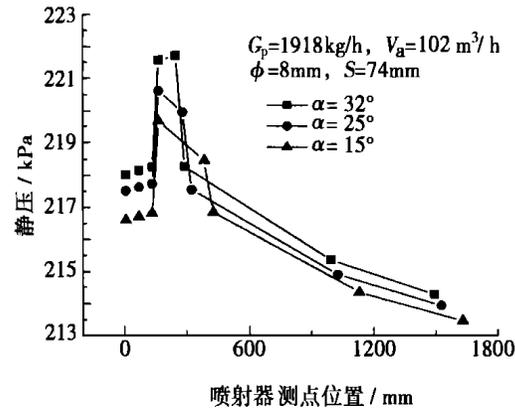


图 7 背压为 200 kPa 时喷射器内静压分布

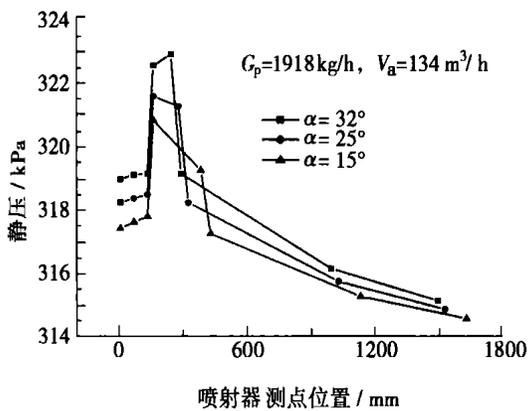


图 8 背压为 300 kPa 时喷射器内静压分布

3.3 输送风对气固喷射器内静压分布的影响

输送风量对气固喷射器的工作特性的影响一般不作特别研究。普遍认为, 只要保证气体喷嘴出口速度足够高($Ma=0.5\sim 0.6$)就可以。但事实上, 输送风的影响与作用远不止于此, 它与气体喷嘴的位置、被输送物料给料量的大小、被输送物料的特性(如密度, 颗粒粒径大小, 粒度分布以及颗粒球形度)以及系统背压等均有关系, 并对物料输送量的大小、能耗和喷射器内静压分布起着较大的影响。由于实

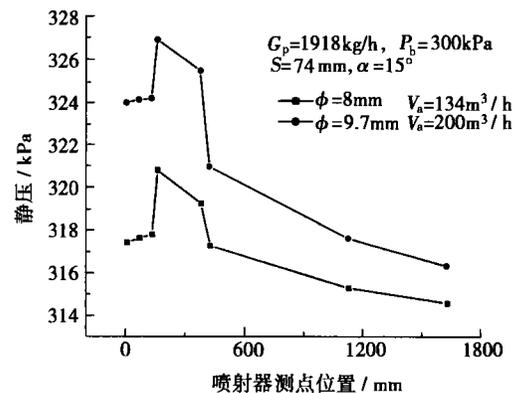


图 10 气体喷嘴尺寸对气固喷射器内静压分布的影响

图 10 为收缩角 α 为 15° , 气体喷嘴位置 S 为 74 mm, 输送管道内径 Φ 为 32 mm, 输料量 $G_p=1\ 918\ \text{kg/h}$, 输送系统背压 $P_b=300\ \text{kPa}$, 气体喷嘴出口马

赫数 $Ma \approx 0.52$ 的情况下, 气体喷嘴尺寸对气固喷射器内的静压分布的影响。从图 10 中可看出, 在相同气体喷嘴出口速度的情况下, 增大气体喷嘴尺寸对气固喷射器内的静压分布趋势的影响不明显, 其主要影响在于静压大小, 这是由于输送风量的增加所致。

图 11 为气体喷嘴 $\Phi=8$ mm, 喷射器收缩角 $\alpha=15^\circ$, 气体喷嘴位置 $S=101$ mm, 输送管道内径 $\Phi=32$ mm, 输送风量 $V_a=200$ m³/h, 输送系统背压 $P_b=300$ kPa 时, 不同的输料量下气固喷射器内的静压分布情况。由于输料量的变化改变了质量固气比, 使得气固两相流中固体和气体的体积份额发生了变化, 对气固喷射器内的气体射流流场产生一定的影响。从图 11 中不难发现, 随着输料量的增加, 喷射器内的整体静压增大, 喷射器内静压最大值由收缩段出口处附近(5号测点)移至收缩段入口处附近(4号测点), 其后的各点静压分布大致趋势基本相同。图 11 的结果说明, 随着质量固气比增大, 固体颗粒对气体射流的扰动作用也增强, 气体射流扩张完成越早, 动能转换为静压能的过程结束也就越早。

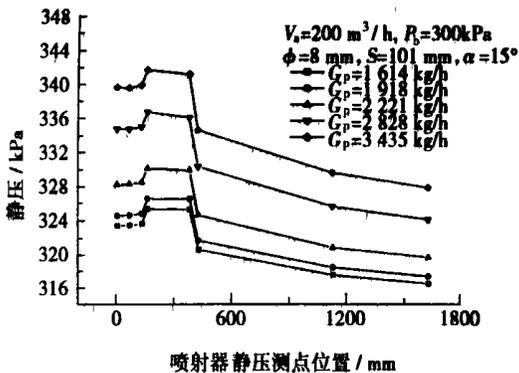


图 11 输料量对喷射器内静压分布的影响

4 结 论

(1) 静压在气固喷射器收缩段入口处明显急剧上升, 而后静压开始下降, 尤其以收缩段出口与输送管入口初始段连接处静压降速最为明显。在输送管入口初始段约 1 230 mm 左右静压降开始趋缓, 说明输送过程逐渐进入稳定状态。

(2) 气固喷射器内静压随气体喷嘴位置 S 的增

大而减小, 而随收缩角的增大而有所提高。此外, 随着系统背压和收缩角 α 的增大喷射器内收缩段入口和收缩段出口静压值大小发生变化, 当背压 $P_b \geq 200$ kPa 时, 收缩角 $\alpha=32^\circ$ 的气固喷射器的收缩段出口静压高于收缩段入口。

(3) 在其它条件不变的情况下, 提高气体喷嘴出口速度, 气固喷射器内的最大静压值由喷射器收缩段入口处附近迁移至喷射器收缩段出口处附近; 而增大固气比却会使得喷射器内的最大静压值由喷射器收缩段出口处附近迁移至喷射器收缩段入口处附近。

参 考 文 献:

- [1] BOHNET M, WAGENKNECHT U. Investigations on flow conditions in gas/ solid-injector[J] . *Ger Chem Eng*, 1978 1(5): 298—304.
- [2] WAGENKNECHT U. Untersuchung det stromungsverhaltnisse und des druckverlaufes in gas/ feststoff injektoren[M] . Dissertation Gernany: TU Braunschweig 1981.
- [3] BOHNET M, TEIFKE J. New results on the efficiency of energy transformation in gas-solid injectors[A] . *Proc Symp Reliable Flow of Particulate Solid*[C] . Bergen Norway, 1985. 1—18.
- [4] CHELLAPPAN S, RAMAIYAN G. Experimental study of design parameters of a gas-solid injector feeder[J] . *Powder Tech*, 1986, 48(2): 141—144.
- [5] KMIEC A, IESCHONSKI K. Analysis of two-phase flows in gas-solids injectors[J] . *Chem Eng J*, 1991, 45(3): 137—147.
- [6] LESCHONSKI K, KMIEC A. Injectors principle of designing and calculational methods[M] . Wroclaw Poland: Technical University Press, 1997.
- [7] KMIEC A, LESCHONSKI K. Numerical caculation methods for solids injectors[J] . *Powder Tech*, 1998, 95(1): 75—78.
- [8] WESTAWAY S F, WOODCOCK C R, MASON J S. Performace of a venturi eductor as a pipeline feeder in a pneumatic conveying system [A] , *Proc Pneumatech 3*[C] . London: Powder Advisory Centre, 1987. 183—197.
- [9] 孙国刚, 时铭显. 气—固喷射器设计参数与性能的研究[J] . *化工机械*, 1996, 23(6): 319—324.
- [10] 熊源泉, 沈湘林, 章名耀, 等. PFBC 中试电站稳态气力输送试验研究[J] . *燃烧科学与技术*, 2001, 7(4): 264—266.
- [11] BOHNET M. Design principles of gas/solids injectors[M] . Braunschweig, Germany: Institute for Process Technology Technical University, 1983.

(渠 源 编 辑)

channel with the use of PIV (particle image velocimetry) and PDA (Phase Doppler Anemometry). As a result, the turbulent-flow speed distribution of the drag-reducing fluid was obtained. The results of the study indicate that in a fully drag-reducing zone the drag-reducing performance of the drag-reducing fluid will increase with an increase in Reynolds number. In a transitional drag-reducing zone the friction factor of the drag-reducing fluid will gradually ascend with an increase in Reynolds number, and finally return to a level comparable to that of a solvent. The speed distribution curves of the drag-reducing fluid at the near-wall surface will tend to approximate to the laminar speed curves of a Newtonian fluid, but there lacks a total congruence of these two curves. At the near-wall surface of the flow channel the intensive vortex fluctuations observable at the time of water turbulent flows will basically disappear in the drag-reducing fluid. In the meantime the speed contour line of the drag-reducing fluid in the above zone will be nearly parallel to the flow channel. In addition, the portion occupied by the parallel contour line is much greater than the corresponding portion taken up during the turbulent flow of the Newtonian fluid, thus drastically suppressing the turbulent flow intensity of the drag-reducing fluid. **Key words:** drag-reducing fluid, turbulence structure, surfactant solution, particle image velocimetry, phase Doppler anemometry

多股射流瓦斯燃烧器湍流扩散火焰尺度的实验研究 = Experimental Study of the Turbulent/diffusion Flame Dimensions of a Multi-jet Gas Burner [刊, 汉] / DUAN Xi-li, WANG Zong-ming, WANG Li-juan, CHOU Xing-qi (College of Mechanical and Electrical Engineering under the Petroleum University, Dongying, China, Post Code: 257061) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2004, 19(2). — 144 ~ 147, 156

With the help of a flame-image analytical method an experimental investigation was conducted of the turbulent/diffusion flame dimension of a multi-jet gas burner, fueled by a hydrogen-rich gas. The impact of burner structural and operating parameters on the length and length/width ratio of the flame has been studied. The results of the study indicate that the length of the flame will increase with an increase in burner-jet orifice total area and gas flow rate, and decrease with an increase in combustion-assisting excess air factor. The flame length and length/width ratio will decrease with an increase in the position angle of an upper layer sprayer-orifice. Meanwhile, it was detected that the gas hydrogen content would have a relatively great influence on the flame dimension. With an increase in the hydrogen content the flame length and length-width ratio will significantly decrease. **Key words:** multiple jets, gas, turbulent-diffusion flame, dimension

加压气固喷射器内静压分布特性的试验研究 = Experimental Research on Static Pressure Distribution Characteristics in a Pressurized Gas-solid Injector [刊, 汉] / XIONG Yuan-quan, ZHANG Ming-yao (Education Ministry Key Laboratory of Clean Coal Power Generation and Combustion Technology and Research Institute of Thermal Energy Engineering under the Southeastern University, Nanjing, China, Post Code: 210096) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2004, 19(2). — 148 ~ 152

On the test facility of a supercharged pneumatic conveying system an in-depth investigation was performed of the key factors, which have an impact on the static-pressure distribution characteristics in a convergent type of gas-solid injectors. The results of the investigation show that a drastic rise in static pressure occurs at the inlet of the convergent section of the gas-solid injector. The static pressure in the gas-solid injector will decrease with an increase in the gas nozzle distance S and increase with an increase in convergent angle α . It is found that with an increase in the gas nozzle outlet speed the maximum static pressure in the gas-solid injector will shift from near the inlet of the injector convergent section to a location near the outlet of the injector convergent section. In addition, the impact of the gas nozzle location, the convergent angle of the convergent section and the conveying air on the static pressure distribution in the convergent type gas-solid

injector has been found to be correlated to the back pressure of the pneumatic conveying system. **Key words:** pneumatic conveying, gas nozzle, transport characteristics, gas-solid injector

排气管偏置对 CFB 锅炉旋风分离器性能的影响 = **The Impact of an Offset Mounted Exhaust Pipe on the Cyclone Separator Performance in a Circular Fluidized Boiler** [刊, 汉] / PENG Lei, LI Jun (College of Energy and Power Engineering under the Xi'an Jiaotong University, Xi'an, China, Post Code: 710049), WANG Guo-hong (Design Department, Dongfang Boiler Group Co. Ltd., Zigong, China, Post Code: 643001) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2004, 19(2). — 153 ~ 156

Through cold-state modeling tests a study was conducted of the influence of an offset mounted exhaust pipe on the performance of a cyclone separator installed on a circular fluidized bed boiler. The results of the tests indicate that the offset mounted exhaust pipe has markedly enhanced the efficiency of the cyclone separator along with a reduction of its total resistance. In view of this the adoption of a suitably offset exhaust pipe can be considered as one of the major methods for improving the performance of the cyclone separator. **Key words:** offset mounted exhaust pipe, separation efficiency, separator resistance, cyclone separator, circular fluidized bed boiler

四墙切圆布置燃烧器炉内实际切圆大小的试验研究 = **Experimental Research on the Actual Diameter of a Tangential Circle in a Tangential-fired Boiler Furnace** [刊, 汉] / TAN Hou-zhang, YU ZHAN-ying, XU Tong-mo, HUI Shi-en (School of Energy and Power Engineering under the Xi'an Jiaotong University, Xi'an, China, Post Code: 710049) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2004, 19(2). — 157 ~ 159, 166

On a 1 MW test rig measurements were taken of the actual tangential circle diameter of a tangential-fired furnace respectively under cold-state and hot-state test conditions. The hot-state test results indicate that in case of firing Yibin anthracite the tangential circle diameter at a primary air section under a hot state test condition is three times that of the supposed diameter. When Shenmu bituminous coal was fired the tangential circle diameter of the primary air section under a hot-state test condition is 7.7 times that of the supposed diameter. The analysis of the test data allows one to predict that under cold-state test conditions the tangential circle diameter along the furnace height assumes a linear increase, and under hot-state test conditions the same diameter undergoes a wave-like increase. **Key words:** pulverized coal combustion, tangential-fired furnace, experimental research

紧凑高效型水平管束降膜蒸发换热器的实验研究 = **Experimental Study of a Falling-film Evaporative Heat Exchanger Composed of Compact and High-efficiency Horizontal Tube Banks** [刊, 汉] / LIU Zhen-hua, ZHANG Tong (College of Mechanical and Power Engineering under the Shanghai Jiaotong University, Shanghai, China, Post Code: 200030) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2004, 19(2). — 160 ~ 162

Under atmospheric conditions a water falling-film evaporative heat-exchange test was performed of compact tube banks composed of single-row and three-row staggered smooth tubes and roll-pressed intensified heat-exchange ones. It has been confirmed that under intermediate and low thermal loads the heat exchange factor of the roll-pressed tubes can be enhanced 3-4 times, thus exhibiting excellent intensified boiling heat-exchange performance. Tube pitch and losses due to liquid-film splatter have a very small influence on evaporative heat exchange characteristics. Also investigated is the difference in heat exchange characteristics of the single row and three-row tube banks. Tests have shown that such difference is more marked in a low Reynolds number zone. **Key words:** intensified heat exchange, evaporation, boiling, falling