

气固两相撞击流强化传热传质机理研究

杜 敏¹ 周 宾²

(1. 江苏大学 能源与动力工程学院 江苏 镇江 212013; 2. 东南大学 空间科学与技术研究院 江苏 南京 210096)

摘 要: 气固两相撞击流是强化气固相间传递过程的有效手段之一。在自行设计的撞击流实验装置上,以固体颗粒的干燥实验为手段,基于撞击流内的温度变化规律研究了撞击流对传热传质过程的强化机理,并分析了加料方式和喷嘴间距对传热传质过程的影响规律。结果显示,高度湍动的撞击区对热质传递过程有明显的强化作用;撞击流中颗粒向反向气流中的渗透和振荡运动进一步强化了撞击流中的传热传质过程;在相同加料速率条件下,单喷嘴加料与双喷嘴加料对传热传质总体效果(干燥性能)的影响并不明显,喷嘴间距的增大有利于撞击流内热质传递过程的进行。

关 键 词: 气固两相撞击流; 传热传质; 强化机理; 温差; 加料方式; 喷嘴间距

中图分类号: TQ021. 3; TQ021. 4 文献标识码: A

引 言

相间热质传递过程是能源、化工领域广泛涉及的问题。撞击流概念最初就是针对强化气固相间传递问题而提出的^[1],其基本构思是使两股气固两相流同轴高速相向运动而撞击,产生一个高度湍动区,并在撞击瞬间达到极高的相间相对速度。这种独特的流场结构为强化相间热质传递过程提供了很好的条件。因此,撞击流在煤气化、燃烧、干燥、吸收和萃取等涉及相间传递的工业过程中具有广阔的应用前景。

由于流体力学理论的完善性,目前对于单相撞击流的研究是最全面和深入的^[2~3],而对于气固两相撞击流的研究则相对较少。在理论模型研究方面,目前针对气固两相撞击流所建立的模型多为单颗粒模型^[4~6],忽略了颗粒间相互作用,因而没有反映颗粒碰撞效应。文献[7~9]逐步建立了考虑颗粒碰撞的多颗粒气固两相撞击流理论模型,并通过分析得到了更为合理的计算结果。在实验研究方面,Elperin 等人采用放射性标记颗粒示踪的方法确

定撞击流中颗粒浓度在轴向及径向上的分布^[10]。许建良等人采用化学示踪法对气化炉内颗粒的停留时间分布进行了实验研究^[11]。还有一些研究者采用实验方法对气固撞击流中干燥的总体性能(如容积传热传质系数)进行了研究^[12~13],并给出了撞击流中热质传递的有效体积等。但目前对于气固两相撞击流对传热传质强化机理的研究几乎为零。

本研究在实验室规模的气固两相撞击流实验装置上,以小米的干燥实验为手段,尝试基于实验系统内各温度测点的温度变化规律分析撞击流对传热传质过程的强化机理,为相应的工程应用奠定一定的理论基础。需要指出,在本实验条件下,小米脱除的为表面游离水,若要对小米内部结合水进行彻底干燥,需对撞击流装置进行改造或与其它技术方法相结合。

1 实验装置与方法

1.1 实验系统

实验系统如图 1 所示,包括气路系统、加料系统、实验段、控制与数据采集系统 4 个部分。空气由风机送至电加热器加热到实验所需温度,然后经过两对称安装的进气管路相向地输送到实验段;湿物料颗粒(小米)由左右两侧螺旋加料器在加速管的前端加入到热气流中,在加速管中由高速气流携带加速,最后被送至实验段完成撞击干燥过程,干物料及废气由实验段的上下出口排出。

实验系统中的温度测点分布如图 1 所示,其中温度测点 4~8 位于实验段的中心轴线上,测点 7、8 分别测量实验段上下出口的温度,测点 5、6 分别测量筒体上部与下部中心点的温度,测点 4 测量撞击流中心的温度,测点 4 与测点 5、6 之间的距离均为 265 mm。为了测量气流由喷嘴出口到撞击流中心

收稿日期: 2013 - 03 - 14; 修订日期: 2013 - 04 - 10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50976024); 江苏大学高级人才专项资助项目(11JDG152)

作者简介: 杜 敏(1981 -),男,山东泰安人,江苏大学讲师,博士。

点之间温度的变化,在测点 4 与喷嘴之间又加了 2 个温度测点 4' 和 4'', 与测点 4 的距离分别为 175 和 125 mm。

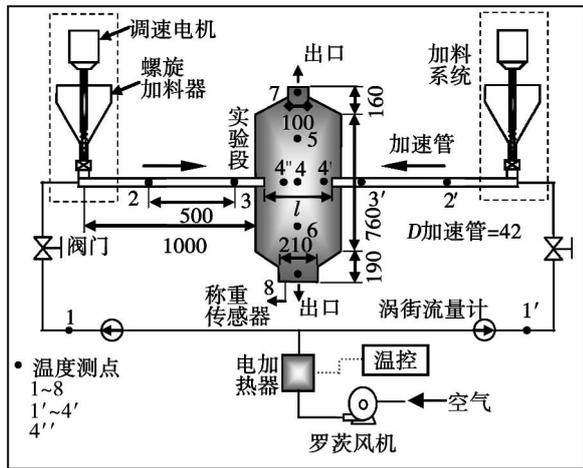


图 1 撞击流干燥实验装置示意图(mm)

Fig. 1 Schematic diagram of an impingement stream drying test device

1.2 实验方法

在实验过程中,干燥介质空气的流量由阀门控制,并由涡街流量计测量,空气温度由自制温控箱控制;湿物料的加料量由调速电机控制,并由实验段出口处的称重传感器实时称量,从而得到每一工况的实时加料量;实验段中,两喷嘴之间的距离 l 由加速管的延长段控制;实验系统中的各测点温度由 E 型热电偶测得。实验前后分别对湿物料和干物料进行取样,由烘箱和电子天平测得其含水率。

评价干燥效果的性能指标主要有:(1) 降水幅度 $\Delta\omega$ (% d. b.) $\Delta\omega = \omega_1 - \omega_2$, 其中 ω_1 为物料的初干基含水率, ω_2 为物料的终干基含水率;(2) 传热速率 q (J/s) $q = W\Delta\omega\lambda/3600$, 其中 λ 为水的气化潜热, W 为干基加料速率;(3) (容积)干燥强度 I (kg/(m³h)) $I = W\Delta\omega/V$, 其中 V 为实验段的体积。

表 1 为 5 种工况的实验参数及部分结果。其中, T_g 为干燥空气的初始温度,等于加料前测点 2 和 2' 的温度平均值;与其它工况相比,工况 3 在撞击面处加了隔板,从而验证撞击区对传热传质过程的强化作用。

2 实验结果与分析

2.1 撞击区对传热传质过程的强化

图 2 为工况 1 各测点温度随时间的变化。由于

实验系统的对称性,图中 $T_{2,a}$ 和 $T_{3,a}$ 分别为测点 2 2' 和测点 3 3' 采集温度值的平均值(下同)。从图中可以看出,加料前,空气温度沿空气流动方向逐渐降低,这是由于实验装置向周围环境的散热造成的。另外,上出口处的温度明显低于下出口,原因在于上出口的直径明显小于下出口直径,在同时作为开放式出口时,直径较小的上出口处阻力较大,空气流量相对较小,流动不顺畅,在散热情况相似时使得温度较下出口处低。加料过程中,各测点温度均逐渐下降,这是由于两个原因造成的:一是温度较低(约 25 ℃)的湿物料进入系统后,从热空气中吸收大量热量来升高颗粒自身的温度;二是颗粒表面水分的蒸发也吸收大量的热量,所以各测点温度都明显下降,直至平衡。另外,在加料瞬间各测点温度几乎同时开始降低,这就说明撞击流内气流及颗粒的停留时间非常短,这是撞击流的一个显著特点。

表 1 实验工况参数与结果

Tab. 1 Parameters under the operating conditions of the test and the test results

	工况 1	工况 2	工况 3	工况 4	工况 5
l/mm	200	400	400	200	200
$W/kg \cdot h^{-1}$	14.6	14.5	14.7	7.2	14.9
T_g/mm	129.6	125.0	125.1	129.6	130.2
加料方式	两喷嘴	两喷嘴	两喷嘴	单喷嘴	单喷嘴
隔板	否	否	是	否	否
$\Delta\omega/\% \text{ d. b.}$	3.46	3.79	3.19	3.7	3.45
$q/J \cdot s^{-1}$	337	369	322	181	345
$I/kg \cdot m^{-3} \cdot h^{-1}$	2.90	3.19	2.78	1.56	2.99

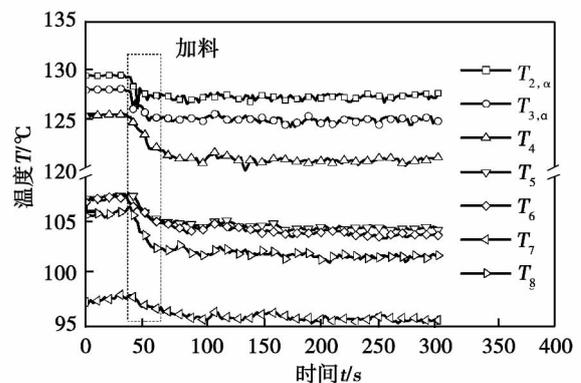


图 2 工况 1 各测点温度随时间的变化

Fig. 2 Changes of temperatures at various measuring points with time under the operating condition No. 1

图 3 为工况 1 各测点加料前后的温度值及相应温差。可以看出,加料后各测点温度均有不同程度的降低。其中测点 4 的降温最为明显,这就充分说明了高度湍动的撞击区对热质传递过程的强化作用,且撞击区内剧烈的颗粒碰撞使颗粒周围滞留边界层遭到破坏,减小了传递过程的阻力,进一步强化了热质传递过程。另外,下出口处的温差明显高于上出口处温差。原因在于物料颗粒经过撞击后在重力的作用下向下运动,几乎所有颗粒从下出口排出(实验过程中,上出口几乎收集不到物料)。在颗粒向下运动的过程中,会与热空气进行换热,达到继续干燥的效果,所以,下出口测点 8 的温差明显高于上出口处测点 7 的值,而测点 6 的温差也稍高于测点 5。

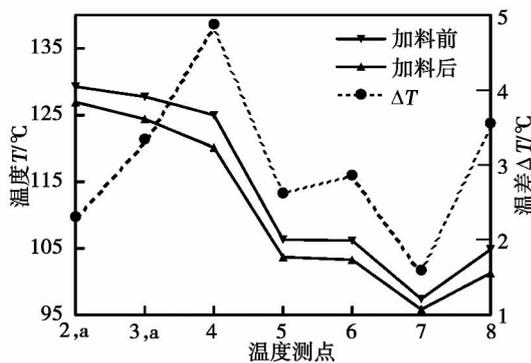


图 3 工况 1 各测点加料前后温度值及相应温差
Fig. 3 Temperature values before and after the material has been fed and the corresponding temperature difference at various measuring points under the operating condition No. 1

2.2 颗粒运动对传热传质过程的强化

为验证颗粒运动规律对传热传质过程的强化,对在撞击面处加隔板(工况 3)和不加隔板(工况 2)两种工况进行了对比分析。在加隔板的工况中,隔板安装在两喷嘴之间的撞击面处,使两股气固两相流不相接触。

图 4 为有无隔板条件下各测点加料前后的温度差,两工况干燥性能指标如表 1 所示。可以看出,隔板的存在大大降低了装置的干燥性能。当不加隔板时,撞击区内的剧烈碰撞使得颗粒在撞击区内滞留富集^[7],并有部分颗粒渗入反向气流,增大了颗粒与气流之间的相对速度,为强化热质传递过程提供了极好的条件,所以测点 4 及其附近测点 4''在加料前后的温差均较大。当在撞击区中央加隔板后,隔

板阻止了颗粒向反向气流中的渗透,阻碍了颗粒在撞击区附近的振荡运动,缩短了颗粒在撞击区内的停留时间,这就使得撞击区附近的热质传递过程大大减弱,所以测点 4 及测点 4''在加料前后的温度差相对较小。也正是由于这些原因,有隔板时物料的降水幅度明显小于无隔板时,在加料速率和撞击室体积一定的情况下,传热速率和干燥强度也相对较小。这也证明了撞击流中颗粒向反向气流中的渗透和振荡运动强化了撞击流中的传热传质过程。

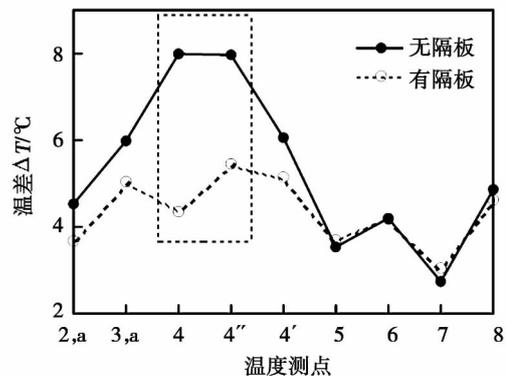


图 4 有无隔板条件下各测点加料前后的温度差
Fig. 4 Temperature difference before and after the material has been fed at various measuring points without any baffle

2.3 加料方式对传热传质过程的影响

加料方式的不同影响撞击流内的颗粒运动规律,进而影响传热传质特性及干燥性能。对双喷嘴加料(工况 1)和单喷嘴加料(工况 4-5)进行了对比研究。其中,工况 4 为工况 1 双喷嘴加料实验结束后,关闭右侧的加料系统(测点 2'和 3'的一侧,如图 1 所示),继续取样作为单喷嘴加料时的实验结果,所以工况 1 的加料速率约为工况 4 的两倍。另外,工况 1 双喷嘴加料时与工况 5 单喷嘴加料时的加料速率基本一致,通过这两个工况的比较可以得出在同一加料速率情况下双喷嘴与单喷嘴加料对传热传质过程的影响。

3 个工况各测点加料前后温差的分布如图 5 所示。与工况 1 相比,工况 4 的加料速率减半,各测点温度将会有所上升,使得加料前后的温差有所降低。从图 5 也可以看出,加料方式的不同对测点 4 的温差变化的影响最为明显。原因在于单喷嘴加料时,来自于左侧喷嘴的物料颗粒在惯性的作用下迅速穿过高度湍动的撞击区,减弱了撞击区内的热质传递

过程,所以测点4加料前后的温差较小。工况5各测点加料前后温度差的变化与工况4类似,只是加料速率的增加导致各测点温差值增大。

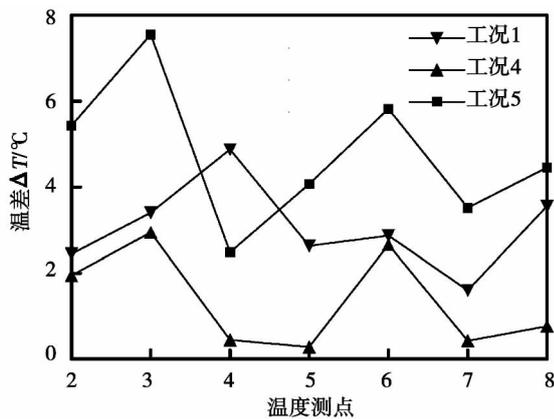


图5 不同加料方式条件下各测点加料前后的温度差

Fig. 5 Temperature differences before and after the material has been fed at various measuring points in various material feeding modes

当双喷嘴加料(工况1)改为单喷嘴加料(工况4)时,物料的降水幅度有所提高,如表1所示。这是因为单喷嘴加料时由于没有来流颗粒的影响,颗粒会在惯性的作用下渗入高温的反向流,增大了颗粒与热气流之间的相对速度及温度差,并延长了颗粒在撞击室内的平均停留时间,强化了传热传质过程,使得物料的降水幅度增加。而对于双喷嘴加料时,虽然两股颗粒的剧烈撞击使得颗粒在高度湍动的撞击区富集,强化了传热传质过程,但是剧烈的撞击也使得部分颗粒过早地离开撞击区,减少物料在撞击室内的平均停留时间,削弱了传热传质过程。总的来说,单喷嘴加料时物料的降水幅度较高。但由于单喷嘴加料时的加料速率仅为双喷嘴加料时的50%,所以传热速率和干燥强度均低于双喷嘴加料时。

对同一加料速率条件下(工况1,工况5),加料方式对干燥性能的影响并不明显,如表1所示。这主要是由于单喷嘴加料时物料停留时间的延长对干燥过程的强化作用与双喷嘴加料时撞击区对干燥过程的强化作用相当,导致两种加料方式下物料降水幅度、传热速率和干燥强度基本一致。

2.4 喷嘴间距对传热传质过程的影响

喷嘴间距影响撞击流内的颗粒运动规律,进而影响装置的干燥性能。通过对喷嘴间距分别为200

mm(工况1)和400 mm(工况2)两种工况的实验结果进行对比发现,喷嘴间距较小时,干燥性能指标均明显偏低。这是因为喷嘴间距较小时($l = 200$ mm)撞击区内颗粒浓度显著增大^[9],形成一个类似于屏障的颗粒层,阻碍了颗粒向反向流的渗透,缩短了颗粒在撞击区内的平均停留时间。当喷嘴间距增大后($l = 400$ mm),受气相射流的影响,颗粒在向撞击区运动过程中逐渐向周围散开,使得颗粒流到达撞击区时浓度相对较小,减小了颗粒之间的碰撞几率,增加了颗粒渗入反向流的可能性,使得颗粒更深入地渗入反向流,增大了物料与气流间的相对速度,并延长了颗粒的停留时间,使得气流和物料之间的传热传质过程得以充分进行,所以物料的降水幅度升高,在加料速率和撞击室体积一致的情况下,传热速率和干燥强度也相应升高。

3 结论

以小米的干燥实验为手段,得到气固两相撞击流内的温度变化规律,进而分析撞击流对传热传质过程的强化机理以及加料方式、喷嘴间距对传热传质过程的影响规律等。通过研究得到如下主要结论:

(1) 在湿物料干燥的实验中,撞击区内的气流温度降低最为明显,这就充分说明了高度湍动的撞击区对热质传递过程的强化作用。

(2) 撞击流中颗粒向反向气流中的渗透和振荡运动进一步强化了撞击流中的传热传质过程,在撞击区中央加隔板时对干燥性能的消极影响充分证明了这一点。

(3) 在相同加料速率条件下,单喷嘴加料与双喷嘴加料两种加料方式对传热传质总体效果的影响并不明显。

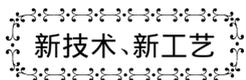
(4) 在其它条件一定的情况下,喷嘴间距的增大有利于撞击流内热质传递过程的进行。

参考文献:

- [1] Elperin I T. Heat and mass transfer in opposing currents [J]. Journal of Engineering Physics, 1961, 6: 62-68.
- [2] 孙志刚,李伟锋,刘海峰.小喷嘴间距撞击流的径向射流速度分布[J].燃烧科学与技术,2010,16(2):165-169.
SUN Zhi-gang, LI Wei-feng, LIU Hai-feng. Radial velocity distribution of the jet flow of an impingement stream in a small clearance between nozzles [J]. Journal of Combustion Science and Technology, 2010, 16(2): 165-169.

- [3] Marchisio D L. Large eddy simulation of mixing and reaction in a confined impinging jets reactor [J]. Computers & Chemical Engineering 2009, 33(2): 408 - 420.
- [4] Carrier G F, Fendell F E, Fink S F, et al. Particle transport in a counter-flow [J]. Combustion and Flame, 2001, 126(3): 1630 - 1639.
- [5] 刘红娟, 邹春, 田智威, 等. 撞击流中单颗粒运动行为的数值模拟 [J]. 华中科技大学学报(自然科学版) 2008, 36(5): 106 - 109.
LIU Hong-juan, ZOU Chun, TIAN Zhi-wei, et al. Numerical simulation of a single particle movement behavior in an impingement stream [J]. Journal of Central China University of Science and Technology (Nature Science Edition) 2008, 36(5): 106 - 109.
- [6] Hosseinalipour S M, Mujumdar A S. Superheated steam drying of a single particle in an impinging stream dryer [J]. Drying Technology, 1995, 13(5-7): 1279 - 1303.
- [7] 杜敏, 郝英立, 刘向东. DSMC 方法在大规模气固两相撞击流中的应用 [J]. 化工学报 2009, 60(8): 1950 - 1958.
DU Min, HAO Ying-li, LIU Xiang-dong. Application of the DSMC method in large-scale gas-solid two-phase impingement streams [J]. Journal of Chemical Industry 2009, 60(8): 1950 - 1958.
- [8] 杜敏, 郝英立. 撞击流内相间传热传质理论模型研究 [J]. 工程热物理学报 2010, 31(6): 1037 - 1040.
DU Min, HAO Ying-li. Study of theoretical models for inter-phase heat and mass transfer inside an impingement stream [J]. Journal of Engineering Thermophysics 2010, 31(6): 1037 - 1040.
- [9] Du M, Zhao C S, Zhou B, et al. A modified DSMC method for simulating gas-particle two-phase impinging streams [J]. Chemical Engineering Science 2011, 66(20): 4922 - 4931.
- [10] Elperin I T, Meltser V L, Levental L E, et al. Influence of solid particles concentration on their motion in impinging jets [J]. Series of Physical-Energy Science, 1971, 4: 66 - 74.
- [11] 许建良, 代正华, 李巧红, 等. 气流床气化炉内颗粒停留时间分布 [J]. 化工学报 2008, 59(1): 53 - 57.
XU Jian-liang, DAI Zheng-hua, LI Qiao-hong, et al. Distribution of the particle residence time inside a gas flow bed gasifier [J]. Journal of Chemical Industry 2008, 59(1): 53 - 57.
- [12] Choichareon K, Devahastin S, Soponronnarit S. Performance and energy consumption of an impinging stream dryer for high-moisture particulate materials [J]. Drying Technology, 2010, 28(1): 20 - 29.
- [13] 张涛, 杜敏, 周宾, 等. 气固同轴撞击流干燥试验研究 [J]. 工程热物理学报 2011, 32(11): 1910 - 1912.
ZHANG Tao, DU Min, ZHOU Bin, et al. Experimental study of the drying of a coaxial gas-solid impingement stream [J]. Journal of Engineering Thermophysics 2011, 32(11): 1910 - 1912.

(陈滨 编辑)



新技术、新工艺

乌克兰曙光 - 机器设计科研生产联合体推出 45 和 60 MW 发电用燃气轮机装置

据《Gas Turbine World》2013 年 3 - 4 月刊报道,乌克兰的“曙光-机器设计”燃气轮机制造科研生产联合体推出了 45 和 60 MW 的二型用于 50 Hz 电力生产的新的单轴燃气轮机。

该装置用于简单循环、热电联产和联合循环电站,其应用的额定性能包括:

- GTE - 45 发电机组

在基本负荷 ISO 条件下,额定输出功率为 45 MW,简单循环效率为 34.4%,排气流量为 137 kg/s,排气温度为 550°C。

- GTE - 60 发电机组

在基本负荷 ISO 条件下,额定输出功率为 60 MW,简单循环效率为 37.0%,排气流量为 173 kg/s,排气温度为 520°C。

- 燃气轮机联合循环装置

对于 GTE - 45 1 × 1 装置,额定输出功率为 66.1 MW,净效率为 50.8%;对于 2 × 1 设计,额定输出功率为 132.2 MW,净效率为 50.8%。

(吉桂明 摘译)

Laboratory on Advanced Energy and Power ,Chinese Academy of Sciences ,Research Center for Energy Source and Power ,Engineering Thermophysics Research Institute ,Beijing ,China ,Post Code: 100190) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2013 28(5) . -477 ~481

To accurately predict the flow patterns between the liquid tubes will be the precondition for determining the heat and mass transfer performance by using the absorbers and evaporators involved in the horizontal tube falling film technology. As a result the authors set up a horizontal tube falling film test rig and experimentally studied the transition process of the flow patterns between the fluid tubes under different Re numbers with water and calcium chloride solution at four different concentrations serving as the testing fluid. The least variance method was used to perform a fitting of the test data to obtain the transition relationship between flow patterns when the flow rate becomes smaller and bigger and the direction change of the flow rate is neglected. The research results show that the lagging behind phenomena exist in each flow pattern transition processes of the fluid and the transition of the flow patterns of calcium chloride solution corresponding to various Re numbers will decrease with an increase of the solution concentration. When the absorbent mass flow rate is kept unchanged a transition of the flow patterns in the reverse direction may take place with the absorption process. **Key words:** horizontal tube falling film ,calcium chloride solution ,transition of flow pattern

气固两相撞击流强化传热传质机理研究 = **Study of the Mechanism Governing the Intensified Heat and Mass Transfer in a Gas-solid Two-phase Impingement Flow** [刊 ,汉] DU Min(College of Energy Source and Power ,Jiangsu University Zhenjiang ,China ,Post Code: 212013) ,ZHOU Bin(Space Science and Technology Research Institute ,Southeast University ,Nanjing ,China ,Post Code: 210096) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2013 28(5) . -482 ~486

A gas-solid two-phase impingement flow is regarded as one of effective means to intensify the heat and mass transfer process between the gas and solid phase. On a self-designed impingement flow test rig ,with the solid particle drying test serving as the test means ,the mechanism governing the intensified heat and mass transfer process by an impingement flow was studied on the basis of the temperature variation law inside the impingement flow and the law governing the influence of the material adding mode and spacing between the nozzles on the heat and mass transfer process was also analyzed. The results show that the highly turbulent impingement zone has an obvious intensification role on the heat and mass transfer process and the penetration and oscillation movement of the particles in the impingement flow into the reverse gas flow plays a role to further intensify the heat and mass transfer process in the

impingement flow. Under the condition of a same material adding speed ,a single nozzle material addition and dual nozzle material addition have no obvious influence on the overall heat and mass transfer effectiveness(drying performance) and to increase the spacing between nozzles can be favorable to the heat and mass transfer process inside the impingement flow. **Key words:** impingement flow , heat and mass transfer , intensified mechanism , temperature difference

高密度循环流化床出口结构对床内流动特性的影响 = **Influence of the Outlet Structure of a High Density Circulating Fluidized Bed on the Flow Characteristics Inside the Bed** [刊 ,汉] FAN Bao-guo ,ZHANG Jian-shuai ,QIAO Xiao-lei et al(College of Electrical and Power Engineering ,Taiyuan University of Science and Technology ,Taiyuan ,China ,Post Code: 030024) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2013 28(5) . -487 ~ 491

On a $\phi 0.205 \text{ m} \times 7 \text{ m}$ high density circulating fluidized bed cold-state test rig ,studied was the influence of three types of outlet structure(C type smooth outlet ,L type and T type abrupt change outlet) on the main bed axial particle concentration distribution under different circulating flow rates and apparent air speeds respectively. The high density circulation research work was mainly performed on the C type outlet with the maximum circulating flow rate G_s being $220 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ and the particle concentration in the area of the bottom below 3 m being greater than 0.1. The test results show that the C type outlet can make the particle concentration inside the bed assume an exponential attenuation law and the L and T type outlet can both exercise their influence on the axial particle concentration distribution in the whole bed height. The concentration enhancement effectiveness of the T type outlet is better than that of L type and a local concentration enhancement phenomenon emerges in the zone 2 meters away from the centerline of the outlet. **Key words:** high density circulating fluidized bed ,circulating flow rate ,outlet structure , particle concentration

基于 EKF 技术的 CFB 锅炉残碳量估计 = **Application of the Extended Kalman Filtering Technology in the Estimation of the Residual Carbon Content of a CFB Boiler** [刊 ,汉] GAO Ming-ming ,LIU Ji-zhen ,NIU Yu-guang(Beijing City Key Laboratory on Industrial Process Measurement and Control Innovative Technologies and Systems ,National Key Laboratory on New Energy Source Electric Power Systems ,North China University of Electric Power ,Beijing ,China ,Post Code: 102206) ,WU Yu-ping(Sichuan Baima Circulating Fluidized Bed Demonstration Power Plant Co. Ltd. ,Neijiang ,China ,Post Code: 641000) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2013 28(5) . -492 ~ 496