

流态化浓相输粉及计量的试验研究

阎维平 徐通模

(西安交通大学)

【摘要】 本项试验研究工作实现了流态化浓相的稳定输送,试验测定了在常压及增压情况下流化床给粉量随床层压降变化的规律,成功地解决了煤粉难以正常流化的问题。叙述了采用流化方法进行计量的基本原理,介绍了自动计量系统,并对计量精度进行了检验。

关键词 流态化 输粉 粉体计量

1 引言

粉体的两相流动研究及生产实践均要求对粉体的质量流量进行准确的计量。但是,由于气固两相流动的特殊性和复杂性,其计量要比各种单相流体的计量困难得多,被公认为是粉体研究中的一大难题。作者基于流态化的基本原理,利用机械搅拌改善了浓相输粉的性能,实现了粉体流的简单和准确的计量,并已作为煤粉计量装置成功地应用于一小型煤粉燃烧试验台。

2 流态化浓相输送及计量的基本原理

处于流态化下的粉体床层具有某些与液体十分相似的性质。由于流态化下的各个颗粒均处于悬浮状态,且不依靠其它颗粒的支撑来维持其位置,因而,从流化床中流出的粉体浓相可谓是混合极佳的充气流动,混合均匀性大大优于其它给粉方式所得到的浓相流动。本项试验工作在采用机械扰动方法解决了超细煤粉良好流化问题的同时,在给粉出

口区域造成了离心流化床状态,因而可以以更高的混合比来稳定地输粉。

粉体流量的计量基于流态化的一个基本原理,即,处于流化状态下的粉体床层的阻力压降恒等于单位床层截面上的粉体质量,而且不依粉体性质及其它因素的变化而改变。因此在一定的出口条件下,通过测量并记录床内压力、床层压降及其变化,即可得出粉体的流量。

3 试验装置及方法

试验装置如图1所示。

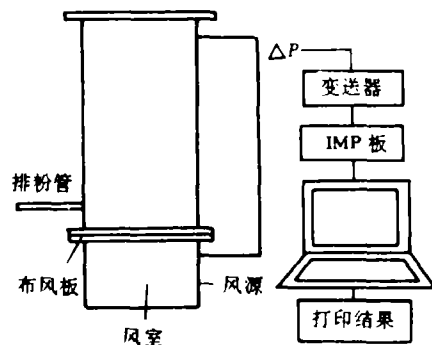


图1 试验装置及计算系统

流化床本体由直径 200 mm 的有机玻璃管制成,高度为 580 mm,布风板开孔率 $\leq 1\%$,且覆有 250 目的金属筛网。流化空气由压气机直接供给,全床可密封升压。煤粉流出口位于布风板以上 70 mm 处。在床的上盖安装一调速电机,通过一垂直轴带动搅拌器旋转。由于测取床层压降的下取压孔极易堵塞,因而,在实测中取风室压力与床上空间压力的差值。因为在计量煤粉流量时仅对压降的变化感兴趣,所以,取风室压力在流化速度不变的情况下影响不大。试验用的煤粉排出管分别为内径 2.5 mm 至 4 mm,长度从 50~1 740 mm 的铜管,排出管均为水平放置。

煤粉流量既可由计量称重的方法确定,也可由读取床层压降变化值来计算。在自动计量系统中,压差信号送入事先标定的差压变送器,转换成电信号后经 IMP 数据采集板送入微机,微机定时采集并记录压差随时间变化的规律,以此得到在某一时间间隔中的煤粉平均流量。图 2 所示为一典型的压差随时间变化的记录数据,由此可计算出在该时间间隔内的煤粉流量为 0.005 1 kg/s。

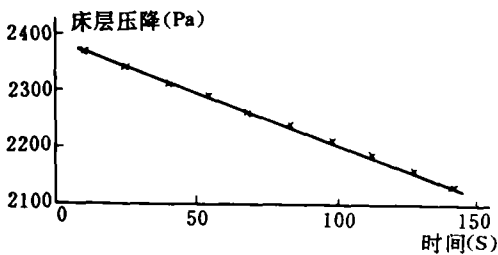


图 2 微机记录的床层压差随时间变化的规律

试验所用煤粉均为电站锅炉用煤粉,最细的煤粉在孔径为 45 μm 的标准筛上的通过率为 41.02%。若按 Geldart 的颗粒分类方法则应属于难于流化的 C 类颗粒,而且,煤粉本身具有粘附性比较强的性质。所以,曾有研究者在煤粉流化研究结果中指出^[1,2],煤粒和

流化空气要绝对干燥,不得有过细的粉粒存在,否则无法正常流化。本项试验工作中,煤粉的分析基水分在(2~4)%,空气未经处理,但是,通过床中的搅拌装置的作用,破坏了沟流存在的条件,从而达到了良好的流化状态。可观察到床层明显膨胀,床层表面平稳。同时,也由于旋转搅拌的作用,在床层的下部形成离心状态,使给粉出口处的局部床层空隙率低于床层平均空隙率,因而形成超浓相给粉。

4 试验结果及分析

试验观察表明,不经机械搅拌的床层会持续出现沟流,压力波动剧烈,床面起伏不平。但是,煤粉床层经适当地搅拌即可维持良好的流化状态,并且具有明显的 A 类颗粒流化性态,在初始流化与鼓泡流化间床层膨胀幅度很大。床层一旦流化,浓相煤粉即从排出管中平稳连续地如同液体般流出。停止搅拌后,立即出现沟流状态,煤粉同时停止排出。

在床内压力为常压情况下,随着床面的不断下降,在出口管不变的情况下,煤粉流量不断减小。但是,床内粉体所产生的压力又不同于液体床那样与高度成正比。图 3 为试验所测得的在不同出口阻力下煤粉流量随压降的变化关系。

将图 3 的试验数据绘在单对数坐标上则可得一组不同斜率的直线,如图 4 所示。所以,煤粉流量 G 与压降 ΔP 的对数成正比,而比例系数即为直线的斜率,这仅与排出管及出口的阻力特性有关。在该试验范围及量纲下其值约为 $(4.3\sim 6.8)\times 10^{-3}$ 。

文献[3]曾研究了流态化密相的流出规律,并提出颗粒流率与床层高度的平方根成正比的关系式。

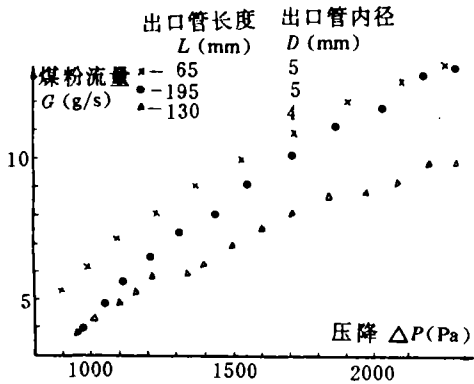


图 3 常压下煤粉流量随床层压降的变化关系

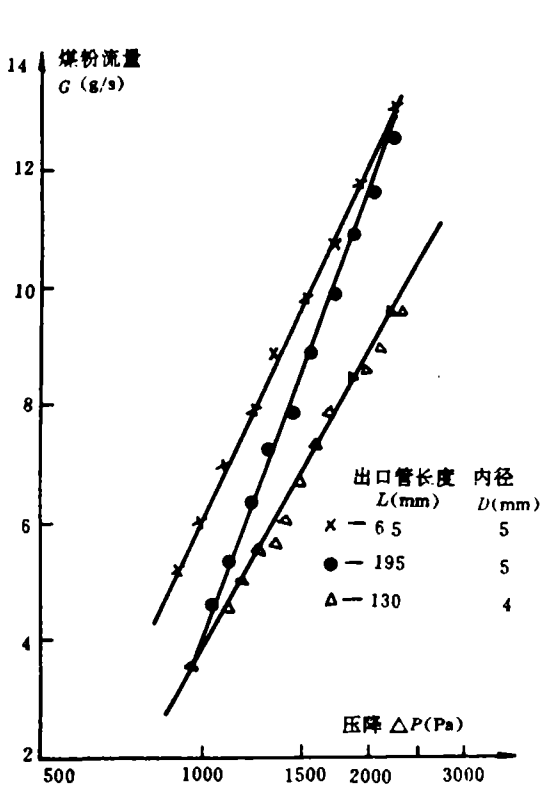


图 4 在单对数坐标下流量与压降的关系

为了消除因床层高度的不断变化对煤粉流出量持续变化的影响,作者对床层增压做了进一步的试验研究,以得到恒定且可控制

的流量,从而具有实际给粉应用的意义。可以预料,当床内压力值增大到某一值而足以抵消床内高度变化所造成的影响时,就可得到几乎不随床层高度变化的恒定流量。

增压试验发现,当床内压力增加至约 4 000 Pa 时,煤粉的流出量就基本不再随床层的压降变化而改变,从而得到恒定的流量。显然,这是由于增压流化时,随着床内压力的增加,床层压降变化的影响不断相对减小的原故,而且,在相同出口阻力条件下,与常压床相比,煤粉流量大为增加,试验结果如图 5 所示。

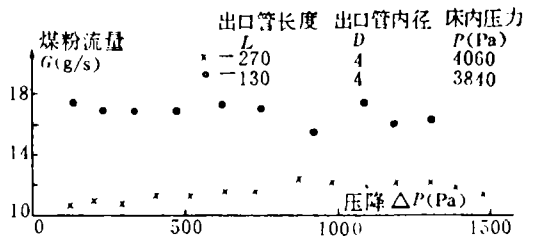


图 5 增压情况下煤粉流量与压降的关系

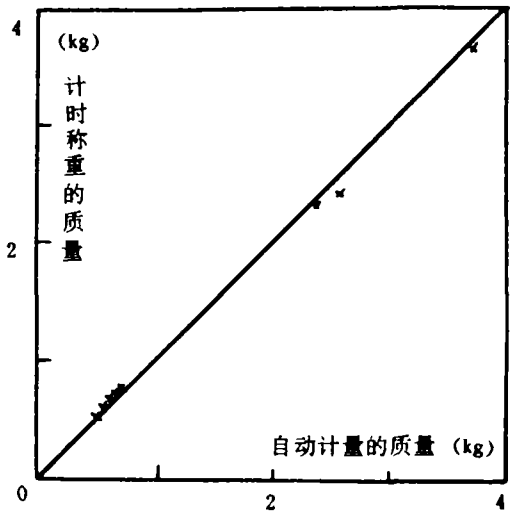


图 6 自动煤粉流量计量与计时称重计量的比较

为检验所采用的微机自动计量系统所得结果的准确性,作者在各个相同的时间间隔内对采集压差信号进行自动计量及采用手工计时称重所得的质量进行了比较,由图6可见,精度是比较满意的。

5 结论

试验研究表明,经采取机械搅拌的方法,煤粉可以达到良好的流化状态。在常压下煤粉排出流量与床层压降的对数成正比,增压至一定值后,输送粉量与流化床层的压降无关,而只取决于床内压力及出口管阻力。在不同的条件下,可分别在内径为2.5至4 mm,长度为50至1740 mm的水平管中稳定输粉。在床内压力为4000 Pa时,煤粉可在内径为4 mm、长1740 mm的水平管中稳定输粉。

常压时,最小的输粉管径在管长为50 mm时为2.5 mm。

本文所述的计量方法的理论根据可靠,装置简单,操作方便,可通过改变出口管的阻力特性或床内压力来变化所要求的给粉流量,与微机相联可进行自动计量,适合于对计量精度要求高、给粉量要求小且均匀的批量工作场合,对连续大容量给粉还的待于进一步的研究。

参 考 文 献

- 1 Altenkirch R A, et al. Fluidized bed feeding of pulverized coal. Powder Technology, 1978,20:189-196
- 2 Wibberley L J, et al. A simple laboratory Feeder for fine particles. Combustion science and Technology, 1986,149:93-97
- 3 Davidson J F, et al. Fluidization. 1971, 中科院化工冶金研究所译, 科学出版社, 1981, PP:527-553

简 讯

先 进 的 水 处 理 法

日本“火力原子力发电”1992年4月号、5月号 and 6月号连续登载了日本氧化水处理法(OWT)评估委员会发表的三篇文章。第一篇文章为“直流锅炉氧化水处理法适用性的基础研究,第一部分—溶解氧对锅炉管材耐腐蚀性的影响。”文中报道,日本全部直流锅炉现行的水处理方法均采用挥发性物质处理法(AVT)。与此成对照,德国和原苏联许多电厂都应用氧化处理法并取得了极好的运行效果。

为了把氧化处理法应用于日本的直流锅炉,氧化水处理法评估委员会研究了溶解氧对锅炉管材耐腐蚀性的影响。使用三组高温回路腐蚀试验结果表明,氧化处理法优于挥发性物质处理法。应用氧化处理法的锅炉管材铁的析出速率和锈皮的数量均小于挥发性物质处理法的相应值。试验证实,氧化处理法改变了氧化物的结构,从 Fe_3O_4 锈层改变到具有 Fe_2O_3 锈层的更良好的保护氧化层。

第二篇文章为“直流锅炉氧化水处理法适用性的基础研究,第二部分—溶解氧对低压汽轮机材料耐腐蚀性的影响。”为了把氧化处理法应用于日本矿物电厂的直流锅炉,十分重要的是要阐明溶解氧对低压汽轮机材料耐腐蚀性的影响。氧化水处理法评估委员会研究了溶解氧对低压汽轮机转子和叶片钢应力腐蚀裂纹和腐蚀疲劳特性的影响。氧化水处理法和挥发性物质处理法的对比试验表明,两种处理方法的应力腐蚀裂纹疲劳特性之间没有什么差异。

第三篇文章为“直流锅炉氧化水处理法适用性基础研究,第三部分—电站应用氧化水处理法实际状况的评论、运行指南和总结。”氧化水处理法评估委员会对国外电站应用氧化水处理法的运行经验进行了评论并制定了日本电站应用氧化水处理法的运行指南并对这一系列研究作了总结。(吉桂明)

- (79) **Experimental study of Fluidized Dense-Phase Coal Powder Transport and Metering**.....Yan Weiping, et al. (*Xian Communications University*)

Through an experimental study and related tests the stable transport of fluidized dense-phase coal powder has been achieved and the variation of the fluidized bed coal dust flow rate under normal and supercharged pressure with fluidized bed pressure drop identified, thus successfully resolving the problem of normal fluidized flow of coal powder. Described in the paper are the basic principles of metering techniques by the use of fluidization method and the automatic metering system employed by the authors with the metering precision being verified. **Key words:** *fluidization, power dust transport, coal power metering*

- (83) **On the Optimal Coordination of Air and Fuel Flow in Industrial Boilers**.....Huang Shengqi, et al. (*Wuhan Biological Product Research Institute*)

This paper deals with an optimal method of coordinatng air and fuel flow rate with a view to attaining efficient combustion and energy-saving. **Key words:** *boiler, fuel and air flow ratio*

- (85) **Design of SHN 0.7-0.4/95 Type Water-Tube Hot-Water Boiler**.....Wu Minbiao, et al. (*Civil boiler Works of Harbin Ship Repair Yard*)

The authors present their design experience of a new type water-tube hot-water boiler, which has currently found wide applications among heat-enegy users. **Key words:** *hot-water boiler, water-tube boiler, design*

- (87) **Boiler Furnace Flame Detection**.....Niu Xia Sen (*Shanghai Marine Equipment Research Institute*)

Based on the physical and chemical phenomena taking place during fuel combustion the author has come up with some commonly used methods for the detection of combustion flame of boilers. Presented in the paper are also the working principle and characteristics of several kinds of detection elements as well as the installation, operation and maintenance of flame detectors. **Key words:** *combustion, flame detection, radiating light, wave length, spectrum response, photo-optical effect*

- (91) **The Economic Benefits and Application Prospects of PG5361 Steam Injected Gas Turbine Generating Sets**.....Zou Jiguo, et al. (*Harbin Marine Boiler & Turbine Research Institute*)

A brief account is given of the first in China steam-injected gas turbine generating set with the economic benefits resulting from its operation being analysed and potential application prospects discussed. **Key words :** *gas turbine, steam injection, economic analysis, application*

- (94) **Distribution Unequalness Analysis of Utility Boiler Uncheduled Shutdown Hours**.....Zhu Jianning (*Nanjing Electrical Engineering Technical School*)