

文章编号:1673-0062(2011)02-0033-04

生物质与惰性颗粒流化特性的实验研究

邹家柱,刘泽华

(南华大学 机械工程学院,湖南 衡阳 421001)

摘要:生物质的流化转化是获取生物质能的重要方法之一,单纯的生物质不易流化,在生物质中加入惰性颗粒(石英砂)形成双组份混合物可实现流化.因此有必要对生物质及其与惰性颗粒的流化特性进行研究.该论文在冷态(室温)的条件下,采用降速法,对稻壳、油菜秸秆以及它们相对应的双组份混合体系的流化特性进行了研究.结果表明石英砂的最小流化速度的理论值与实测值相符;单一组份的生物质颗粒(稻壳或油菜秸秆颗粒)不能正常流化;在稻壳或油菜秸秆颗粒和石英砂双组份混合体系中,稻壳/油菜秸秆的质量分率小于 60% 时,稻壳/油菜秸秆与石英砂双组份能很好的流化.

关键词:流态化;生物质;惰性颗粒(石英砂);流化特性

中图分类号:TQ546.2;S216.2 **文献标识码:**B

The Character of Fluidization Experimental Research for Biomass and Inert Particles

ZOU Jia-zhu, LIU Ze-hua

(School of Mechanical Engineering, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China)

Abstract: Conversion of biomass in fluidization is one of the main methods to obtain biomass energy. It's difficult to fluidize pure biomass in this experiment. But it's easy to fluidize for the biomass that inert particles(sand) is added to. It is necessary to study the fluidization characteristics of the biomass and inert particles and their mixture. Velocity-reducing method had been applied to research the fluidization characteristics of rice husk, sand or rape straw, sand and their mixture at atmospheric temperature. From the results, the minimum velocity of fluidization was according with calculation value of sand. Pure rice husk or rape straw could not perform normal fluidization. Mixture of rice husk and sand or rape straw and sand can be normally fluidized when the proportion of biomass was smaller ($\leq 60\%$).

key words: fluidization; biomass; inert particles(sand); fluidization characteristics

收稿日期:2011-04-02

作者简介:邹家柱(1977-),男,湖南省衡阳人,南华大学机械工程学院实验师,硕士.主要研究方向:流体机械设计与研究.

我国生物质资源丰富,每年农作物秸秆资源产量超过 720 Mt 约合 360 Mt 标准煤^[1]. 我国的稻谷年产量 400 Mt,可获得稻壳 80 Mt 约合 40 Mt^[2]. 生物质作为一种可再生能源,其利用受到世界各国的普遍关注. 生物质气化是一种非常有效的能源利用方式,可以生产燃气和化学合成气. 而利用流化床气化具有可以进行大批量处理、具有良好的传热传质性能以及过程易于控制等优点,是生物质气化的重要方式之一. 但由于生物质颗粒形状极不规则、表面粗糙、水分含量很高、颗粒之间容易结团、且颗粒之间的特性差异较大,所以造成很多单纯的生物质颗粒不易或者不能流化^[3]. 在流化床中加入容易流化的惰性颗粒(石英砂),使其与生物质构成双组份混合物,就可以改善生物质的流化特性,可以解决生物质的难以流化的问题. 研究惰性颗粒与生物质的双组份混合物流化特性,得出混合物的最小流化速度是研究生物质流化床转化的前提和基础. 本实验选用油菜秸秆和稻壳进行实验,对单组份生物秸秆的及其惰性粒子(石英砂)混合的流化特性进行研究分析. 湖南地区的油菜秸秆和稻壳资源非常丰富,利用这两种生物质作为对象进行研究,有很广阔的发展前景和经济意义.

1 实验部分

1.1 实验装置简介

本实验采用的实验装置是由南华大学自行研制的小型流化床生物质热裂解装置. 该装置示意图如图 1 所示,流化床由 D 120 mm 有机玻璃圆柱制成,高 1 200 mm. 流化介质由空气压缩机提供,空气经过多孔硅酸铝纤维布风板进入流化床,布风板孔径 1.5 mm,开孔率 1.25%. 流化空气流量由流量计测定,床层压降通过压差计计量,顶部加一个布袋过滤器,来收集逸出流化床的颗粒.

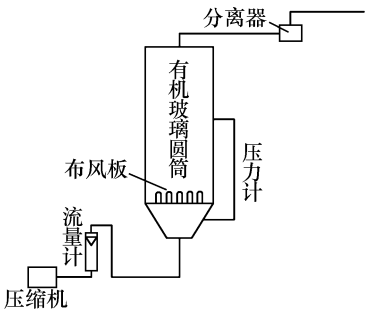


图 1 流化床构成图

Fig. 1 The schematic diagram of fluidization bed

1.2 实验原料

本实验采用的生物质是湖南本地区资源丰富的油菜秸秆和稻壳. 为了方便实验操作,实验前对油菜秸秆进行粉碎加工,然后分别对这两种生物质颗粒进行筛分. 选取 13 ~ 15 目 (1.95 mm ~ 2.25 mm) 油菜秸秆颗粒和稻壳进行实验. 鉴于石英砂直径和生物质颗粒直径差距很大时,在流化过程会出现明显的分层现象,因此,本实验选用 8 ~ 13 (1.2 mm ~ 2.0 mm) 目的石英砂作为惰性颗粒载体. 物料的特性参数如表 1 所示.

表 1 实验颗粒物性参数^[4]

Table 1 Physical properties of experimental particles^[4]

序 号	物料 名称	粒径范围 /mm	长度 l/mm	堆积密度 /(kg · m ⁻³)	实际密度 (kg · m ⁻³)	最小流 化速度 /(m · s ⁻¹)
1	石英砂	1.2 ~ 2.0	—	1 499.87	2 500.00	0.63
2	稻壳	2 ~ 3	6 ~ 9	81.60	950.30	0.50
3	油菜秸 秆颗粒	2 ~ 3	2 ~ 5	85.70	207.50	0.38

1.3 实验方法

本实验采用的是利用压差计测量床层压降的方法建立压降与表观流速的关系曲线,进而研究油菜秸秆和稻壳在不同组分情况下的流化特性. 在实验过程中利用阀门控制风量大小,气体流量 Q 与表观流速 u 之间的关系为:

$$u = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} D^2} \tag{1}$$

式中, D —床层直径,在此为 120 mm.

临界流化速度是研究流化过程的重要参数,需要根据气体通过流化床床层时形成的压差来进行确定,由于生物质的热解温度通常在 400℃ 左右的高温下进行的,所以通过流化床时形成的气体压差难以测得,通常采用在室温(冷态)条件下通常采用速降法来进行测量临界流态化的速度测定,所谓速降法,就是先将气源开启到使流化床处于流态化状态的程度,然后逐渐减少气流,在减少气流的过程中,对此时的压差进行测量,得到压差随流速变化的曲线,从而推断流化床内部的流化特性^[5].

1.4 实验过程

为了使得实验结果有可比性,每次实验用的物料质量不论单组份物料还是双组份混合物均为 1 000 g. 在实验中,首先进行单组份物料的流化实验,用天平分别称量出 1 000 g 的单纯的石英砂、

油菜秸秆颗粒和稻壳分别采用降速法进行流化实验,观察其实验现象,记录相应的实验数据. 再进行双组份物料的流化试验,将石英砂、油菜秸秆和稻壳在天平上称量好后,分别配置成一定比例的油菜秸秆或稻壳与石英砂的双组份混合物(石英砂的在混合物中比例可以调整: 20%, 35%, 60%),经过充分混合均匀后加入流化床中. 在实验中同样采用降速法测定生物质双组份混合物. 即逐渐减少流化气量,在每个气量下停留 5 min,观察流化现象,分别记录下床层高度、床层压降、空气流量、温度等实验数据并直至流化气量为 0^[6]. 在实验过程中,要不断将布袋过滤器收集到的逸出流化床的颗粒返回流化床中,以保持流化床内混合物质量不变. 根据实验数据得出不同组分的流化特征曲线. 选择最佳传热传质的流化特性组份.

2 实验的结果与讨论

2.1 石英砂单组份物料流化特征

采用石英砂作为介质进行实验,通过降速法可以得到如图 2 所示的压降—流速曲线图. 从图 2 中可以看出,当流速超过最小流化速度 0.65 m/s 后,压降趋于平缓,基本不随流速的变化而变化,曲线基本保持水平,表明石英砂物料已经流化. 从图 2 还可以看出,随着流速的减少,压降开始随着流速的减少而降低,表明实验结果与流化床理论是相吻合的. 在实验过程中,压差计读数稳定,未出现沟流节涌现象,在停止通气后,床面较为平整. 这些现象说明,单组份的石英砂颗粒可以很好的实现流化.

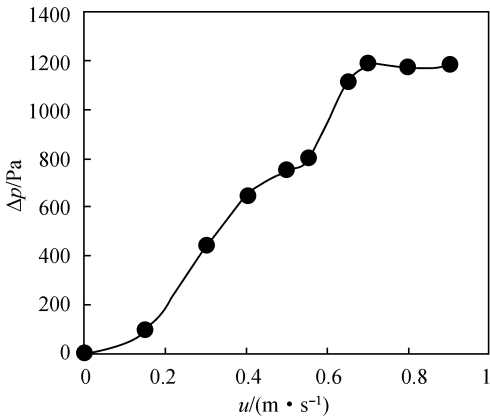


图 2 石英砂流化特征曲线

Fig. 2 Characteristic curve of fluidization of the quartz sand

2.2 生物质单一组份物料流化特性

从图 3 中可以看出单纯稻壳和油菜秸秆颗粒的流化特性. 在实验过程中当流化风速较小时,压降随着风速的增加而增加. 当风速继续加大到 0.27 m/s 左右时,由于形成沟流和空洞,气体短路,压降随着降低. 气量在增加时大部分床料静止不动,少量生物质颗粒被气体从沟流带到床层,空洞和沟流不断塌落和形成. 虽然压降趋于稳定,但整个过程生物质颗粒没有的流化. 油菜秸秆颗粒的单独流化时和稻壳颗粒流化有相似的现象.

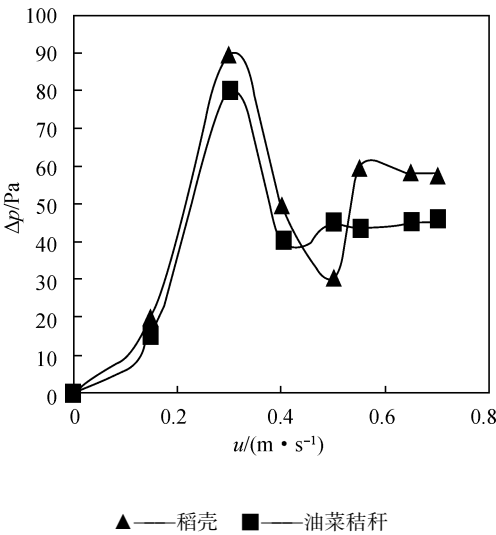


图 3 稻壳和油菜秸秆单一组分的流化特征曲线
Fig. 3 Characteristic curve of fluidization of the rapeseed straw and quartz sand

2.3 双组份物料的流化特征

图 4 和图 5 分别是油菜秸秆颗粒和稻壳与石英砂按照不同比例混合后的流化特征曲线. 当稻壳颗粒质量分率分别为 20% 和 35% 时,石英砂颗粒占主导作用,由于砂粒的粒径很小,填充在稻壳颗粒的间隙中,在小风量时便可以与稻壳颗粒一起混合流化. 由此可以见,石英砂的加入改善了稻壳的流化特性,能使其很好的流化,并且没有出现沟流和空洞;当稻壳质量分率大于 60% 时,在流化床床层中的稻壳颗粒占有很大的体积分率,流化时床层出现类似纯稻壳颗粒的流化现象,出现沟流和空洞不能正常流化. 油菜秸秆颗粒和石英砂按比例混合后的流化现象与稻壳颗粒混合流化现象相类似. 因此,对于稻壳和油菜秸秆,为了保证正常流化,它们的质量分率不适大于 60%.

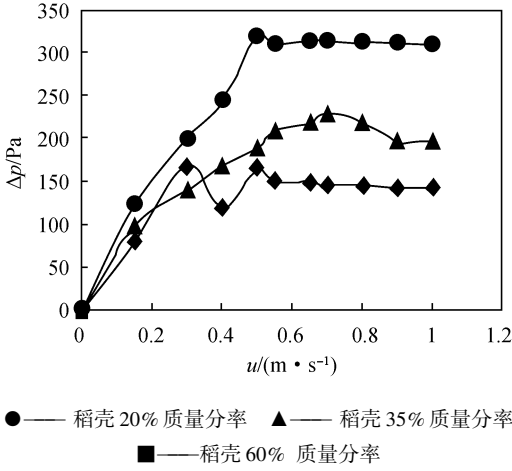


图 4 稻壳与石英混合颗粒流化特征曲线
Fig. 4 Characteristic curve of fluidization of the particles mixed with rice husk and quartz sand

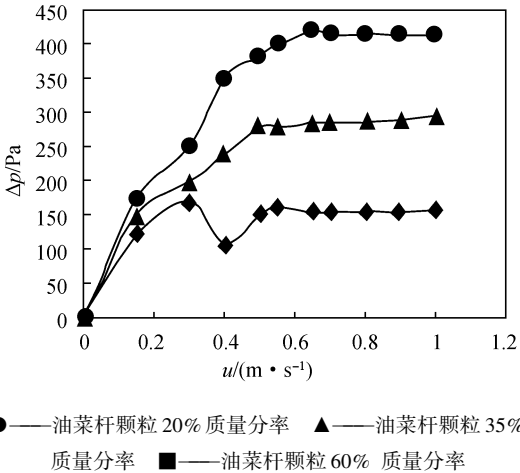


图 5 油菜秆与石英砂混合颗粒流化特征曲线
Fig. 5 Characteristic curve of fluidization of the particles mixed with rape straw and quartz sand

3 结 论

在本实验范围内可以得出以下结论:

- 1) 以粒径 1.2 ~ 2.0 mm 的石英砂单一组份进行实验,流化效果理想,与流化床相关理论吻合.
- 2) 单一组份的生物质颗粒(稻壳或油菜秸秆颗粒)的流化效果很差,流化时间很短,必须加一定比例的惰性粒子(如石英砂)才能更好的流化.
- 3) 在双组份混合体系中:为保证达到足够宽的流化操作范围,在稻壳、油菜秸秆颗粒与石英砂混合物中,稻壳/油菜秸秆的质量分率小于 60% 时,稻壳/油菜秸秆与石英砂双组份能很好的流化,随着稻壳/油菜秸秆颗粒质量分率增大,最小流化速度减少;当稻壳/油菜秸秆颗粒分率大于 60% 时,出现沟流和空洞,不能实现流化.因此在锅炉中,生物质的质量比不宜大于 60%.

参考文献:

[1] 王秀丽. 秸秆发电在我国的发展态势分析[J]. 中国水利电力机械, 2007, 17(3): 56-59.

[2] 刘永乐. 稻谷及其制品加工技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2010.

[3] 程骏. 秸秆发电有望成为我国一种新能源[J]. 中国水利, 2004, 22(3): 33-36.

[4] 李华昌. 实用化学手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 1-229.

[5] 朱锡锋. 木粉和稻壳流化特性[J]. 太阳能学报, 2008, 27(4): 50-52.

[6] 宋新朝. 生物质与煤混合颗粒硫化特性的研究[J]. 煤炭转化, 2005, 28(1): 73-77.