

# 低倍率循环流化床槽型惯性分离器的试验研究

何伟才 张子栋 王怀彬 刘文铁 上官新会 王蓉

(哈尔滨工业大学)

〔摘要〕 槽型惯性分离器结构简单、安装方便、阻力小、分离效率能适应于低倍率循环流化床锅炉。作者在实验的基础上对影响分离效率的槽型结构、节距、颗粒浓度、颗粒直径等因素进行了研究。

关键词 循环流化床 惯性分离器 分离效率

## 1 前 言

分离器是循环流化床锅炉的关键设备之一。它的结构将影响锅炉的布局及体积;它的分离效率将影响循环倍率及循环的稳定,还将影响燃烧效率、脱硫率及受热面的布置。目前大多数循环流化床都采用旋风分离器,但旋风分离器存在着难于克服的缺点:阻力损失大、磨损严重、热惯性大、不便于锅炉的启动与调节,随着循环流化床锅炉向大容量的发展,旋风分离器的体积过于庞大<sup>〔1〕</sup>。故而寻求新型分离器已成为开发循环流化床锅炉的一个重要课题。

分离器的研究必须综合考虑燃烧效率、设备投资、运行费用及我国现阶段的国情。在其它因素不变的情况下,燃烧效率与循环倍率有着直接的关系,循环倍率越大,燃烧效率越高。但当循环倍率大于2.5后,再增大循环倍率,燃烧效率基本保持不变<sup>〔2〕</sup>,却增加了运行费用。考虑到我国目前电力紧张及辅机设

备较落后,采用低倍率循环流化床锅炉是能源利用的可行方案。而低倍率循环流化床锅炉对分离器的分离效率要求不很高,(70—80)%的分离效率可使循环倍率在3.3—5之间<sup>〔3〕</sup>。惯性冲击式分离器的分离效率可以满足低倍率循环流化床的循环要求,达到提高锅炉燃烧效率的目的。由于其具有结构简单、布置方便、占用空间小、热惯性小等优点,故引起了各国的重视并进行了大量的应用研究。瑞典 Studsvik 公司对 U 型梁分离器进行了研究,具体结构没有报道;西安交通大学对槽型管惯性冲击式分离器进行了模化实验研究<sup>〔4〕</sup>,结构如图 1(a)所示;东北电力学院也对迷宫式惯性分离器进行了模化实验研究<sup>〔5〕</sup>,如图 1(b)所示。这两种形式的惯性分离器都存在着最大的局部磨损问题,且分离元件的深宽比  $b/a$  偏小,导致分离空间小、分离效率偏低。我们研究的槽型惯性分离器如图 1(c)所示,槽型结构可以避免最大的局部磨损问题,可以选取分离元件最佳的深宽比数值。

收稿日期 1992-01-04

本文联系人 何伟才 男 28 硕士研究生 510180 广州市盘福路医国后街1号

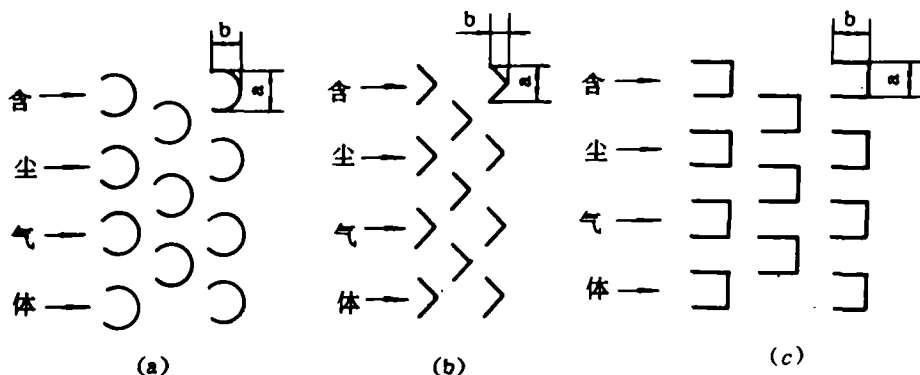


图 1 三种形式的惯性分离器

## 2 实验装置与方法

实验装置如图 2 所示。实验系统采用负压系统。物料经过气流加速后，撞击槽型分离器而被分离下来，没被分离下来的颗粒经旋风分离器分离后可回用。分离区间的模型高 280×宽 680×长 550(mm)，可保证每排横向装 6-7 根分离元件，纵向装 7-8 排的分元件。分离元件的尺寸为宽 45×高 50×长 350(mm)，风道气体流速可达 8-9 m/s，实验物料是密度为  $\rho_p = 1\ 200\ \text{kg/m}^3$  的不同粒径的煤灰。结构优化时采用  $d_p = 224 \sim 240\ \mu\text{m}$  的颗粒做实验。

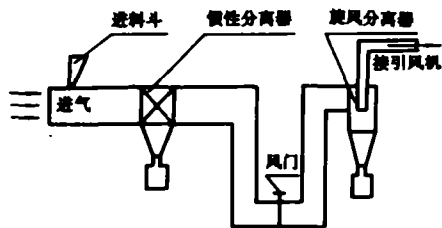


图 2 实验系统图

采用笛形管测量风道的气流速度，U 形管测量分离器的阻力损失。颗粒浓度及分离效率可采用如下公式计算：

$$c = \frac{G_i}{V_\infty \cdot A \cdot \tau} \quad (\text{g/m}^3) \quad (1)$$

$$\eta = G_c / G_i \quad (2)$$

其中： $G_i$ —实验进入颗粒重量，g；  
 $V_\infty$ —气流速度，m/s；  
 $G_c$ —分离颗粒重量，g；  
 $A$ —风道流通截面积， $\text{m}^2$ ；  
 $\tau$ —实验时间。

## 3 实验结果与讨论

### 3.1 槽的相对深度对分离效率的影响

由图 3 可知，当槽的深宽比  $b/a$  过小时，由于颗粒的碰撞反弹与返混作用，使分离效率偏低，增大  $b/a$  值可使分离效率提高。但进一步增大  $b/a$  值时，由于最大限度上避免了反弹与返混的影响，使分离效率基本保持不变。相反， $b/a$  值的增大反而增加材料和气流阻力。一般选取  $b/a = 1.1$  左右〔6〕。

### 3.2 横向相对节距对分离效率的影响

定义  $\delta_1 = s_1/a$  为横向相对节距。由图 4 可知，当  $\delta_1$  较大时，分离元件之间的相互影响较小，每根分离元件的分离效率较大，随着  $\delta_1$  的增大，每排的分元件则相应减少，总的分离效率降低。当横向相对节距太小时，虽然分离元件增加了，使得分离面积增大，但由于分离元件之间的夹缝气流速度增大，造成颗粒的返混与卷吸严重，因而分离效率提高不

大。实验得出最佳横向相对节距为  $\delta_1 = 2.38$ 。

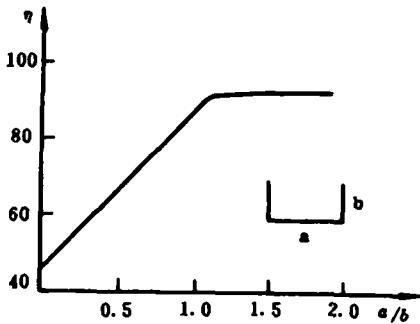


图 3 单根分离元件分离效率随  $b/a$  的变化

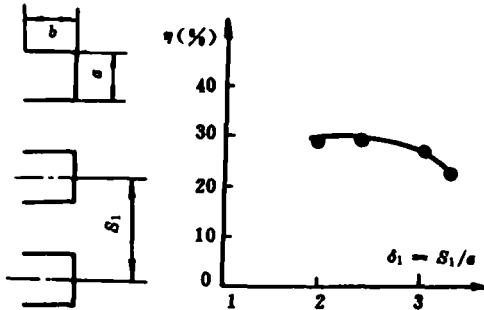


图 4 分离效率与横向相对节距的关系

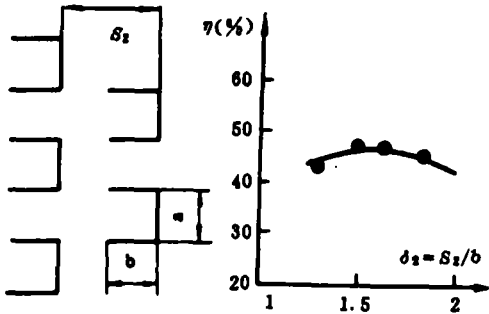


图 5 分离效率与纵向相对节距的关系

### 3.3 纵向相对节距对分离效率的影响

定义  $\delta_2 = s_2/b$  为纵向相对节距,从图 5 可以看出,纵向相对节距有一最佳值。纵向相对节距太大,使得撞击第二排的颗粒浓度降低,从而导致分离效率下降。纵向相对节距  $\delta_2$  太小会导致卷吸的加强,也使分离效率下降。试验结果表明最佳纵向相对节距为 1.60。

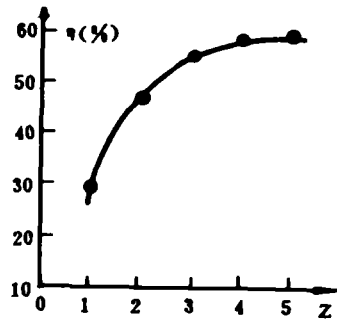


图 6 分离效率与纵向排数的关系

### 3.4 分离元件排数对分离效率的影响

如图 6 所示,分离效率随纵向排数增加而提高,但超过 4 排后,分离效率基本保持不变,增加排数反而增加阻力损失。因此,建议采用 4~6 排的分元件,这样分离器占用空间较小,结构紧凑。

### 3.5 流速与颗粒浓度对分离效率的影响

由图 7 可知,同一浓度下,随着速度的提高,颗粒的惯性增大,分离效率提高。由于颗粒之间相互作用的影响,使颗粒浓度对分离效率的影响有一最佳值(100  $g/m^3$  左右)。此值与低倍率循环流化床悬浮段出口的颗粒浓度接近。

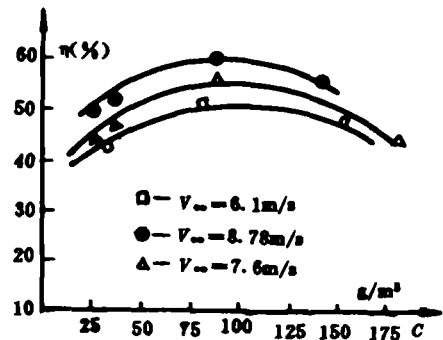


图 7 分离效率与流速及颗粒浓度的关系

### 3.6 颗粒直径对分离效率的影响

颗粒粒度越大,惯性也越大,从而使分离效率越高。当颗粒大到某一值时,分离效率不再随颗粒直径而变化(如图 8 所示)。

### 3.7 分离效率与 $st_k$ 数的关系

图 9 为分离效率随  $st_k$  数的变化规律。 $st_k$

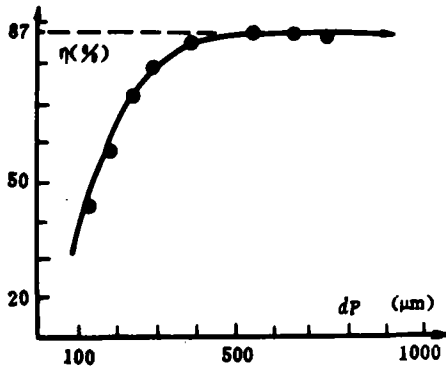


图8 分离效率与颗粒粒径的关系

数越大,表明颗粒的惯性越大,分离效率越高。回归成效率公式为:

$$\eta = 1 / (1.11 + 1/st_k) \quad (3)$$

其中:  $st_k = \rho_p d_p^2 V_\infty / 18\mu a$

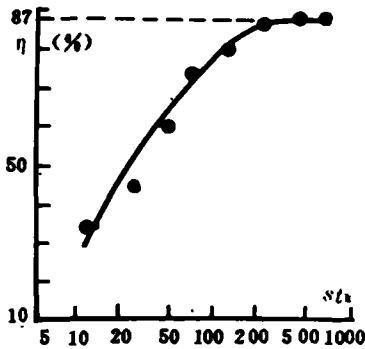


图9 分离效率与 st\_k 数的关系

### 3.8 分离器的阻力特性

由图 10 可知,分离器的阻力特性随纵向排数成直线关系变化。排数过多,不但不能提高分离效率,反而增加阻力。当纵向排数为 4 时,阻力系数为 3.8,比旋风分离器的阻力小得多。

## 4 结论

1 槽型惯性分离器结构简单,安装方

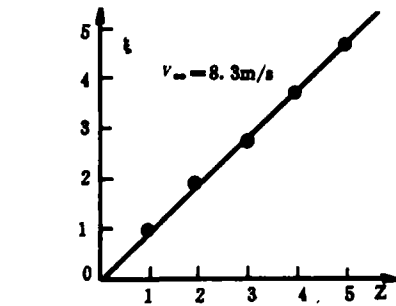


图 10 分离器的阻力系数与纵向排数的关系

便,阻力小,可以满足低倍率循环流化床燃烧的要求。

2 为保持槽型惯性分离器有最大的分离效果,槽型结构尺寸  $b/a$  应保证不小于 1.1。

3 槽型惯性分离器的最佳横向相对节距为 2.38,最佳纵向相对节距为 1.60,纵向排数一般选用 4~6 排。

4 槽型惯性分离器的最佳运行浓度为  $100 \text{ g/m}^3$  左右。

5 槽型惯性分离器的分离效率公式为:  
 $\eta = 1 / (1.11 + 1/st_k)$

## 参 考 文 献

- 1 Basu. A short course on circulating fluidized bed. Supported Canadian International Development Agency, 1991. 5, P: 201-228
- 2 Willian C. Howe. Scope and status of EPRI research activities in atmospheric fluidized bed combustion. 美国电力动力研究所资料,1985.
- 3 鲍亦令,陆慧林等. 低倍率循环流化床锅炉的研究设计. 全国电网情报会议论文,1991. 5
- 4 张永照,李荫堂等. 冲击式槽形管惯性分离器的试验研究. 动力工程,1989(6)
- 5 富震宗,刘伯谦等. 用于循环流化床的迷宫分离器的冷态试验研究. 第五届全国流态化会议论文集,1990
- 6 上官新会,张子栋等. 冲击式惯性分离器效率及影响因素的试验研究. 热能动力工程,1991(6)

(渠源沥 编辑)

(138) **Experimental Research of Coal Abrasion Indexes and Their Use in the Type Selection of Coal Pulverizing Mills**..... Cheng Qinggang, et al. (*Harbin Power Equipment System Design & Research Institute*)

On the basis of an assessment of the main parameters of American YGP abrasion test equipment a MS-YGP abrasion test device has been developed which takes into consideration the specific conditions of Chinese coal types. The wear indexes of some 30 typical types of power generation coals determined by using the above-cited device coincide with the actual conditions of several power plant industrial coal pulverizing mills, testifying to the relatively high reliability of the abrasion test device. The data obtained by using the MS-YGP wear test device can serve as a useful basis for the type selection of industrial coal pulverizing mills. **Key words:** *abrasion test device, coal pulverizing mill, wear, type selection*

(143) **An Experimental Study of a Channel Type Inertial Separator for Low Circulation Fluidized Beds** ..... He Weicai et al. (*Harbin Institute of Technology*)

Channel type inertial separators feature a simple structural design, ease of installation and small resistance with a separation efficiency adaptive to low circulation fluidized bed boilers. Based on experimental data, the authors have studied such factors as channel structure, pitch, particle concentration and particle diameter, etc, which may have an influence on separation efficiency. **Key words:** *circulation fluidized bed, inertial separator, separation efficiency*

(147) **Probability Analysis Method for Predicting Crack Life Time of Pressure Vessels**.....

Yang Zichun, et al. (*Naval Academy of Engineering*)

This paper analyses the safety of pressure vessels affected with cracks by the use of a probability analysis method. On the basis of "Pressure Vessel Fault Evaluation Code" combined with due consideration of material property dispersion and the effect of service environment randomness the authors set forth the procedures for calculating structural reliability index and failure probability and make a prediction of the crack propagation life by employing Monte-Carlo method, thus providing a major technical basis for deciding the running condition and the proper time-between-repair of pressure vessels. **Key words:** *probability analysis method, fracture mechanics, pressure vessel*

(152) **Some Comments on Boiler Periodic Blowdowns**..... Huang Shengqi, et al. (*Wuhan Electrical Engineering School*)