

# 冲击式惯性分离器效率及影响因素的试验研究

上官新会 张子栋 刘文铁 何伟才 王怀彬 王 蓉

(哈尔滨工业大学)

〔摘要〕在试验基础上提出了循环流化床中各种冲击式惯性分离器的效率比较标准——收集效率的概念,指出了影响收集效率的因素,并通过对槽形分离器的试验,具体分析了收集效率影响因素的大小。

关键词 惯性分离器 收集效率 循环流化床

## 1 前 言

分离器是循环流化床锅炉中一个极其重要的部件。目前较多采用的旋风分离器存在着尺寸大、阻力大等缺点,而惯性分离器是能克服这些缺点的一种新型分离器<sup>[1]</sup>。惯性分离器中,前途最广泛的又是由气流冲击圆管理论为基础的各种冲击式惯性分离器<sup>[2]</sup>。

惯性分离,是利用携带颗粒的气流在冲击阻挡件时所具有的原惯性来完成固体颗粒的分离的。如图1所示。

气流携带颗粒撞击圆管(直径为 $D$ )。颗粒3绕圆管而过,则认为没被分离;颗粒1、2撞击或摩擦到圆管边缘,则认为被分离。以 $\delta$ 表示图示的两条极限流线的距离,并认为在这流线之间的颗粒均被分离,则分离效率 $\eta_T = \delta/D$ <sup>[3]</sup>。

对多种惯性分离器(如图2所示)的分离效率有计算值和实测值之分。作者所要郑重提出的是:计算效率的计算过程是十分繁杂艰难的,一般都以圆管为简化模型,这

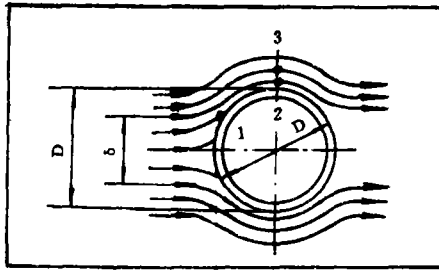


图 1

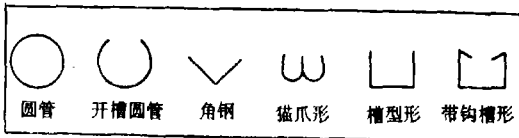


图 2

样,就不可避免带来难以预料的误差;实际测量得到的所谓真实效率虽然准确可信,但却模糊了许多本质因素的影响,使人们难以从中找出改进的方向。因此,有必要提出一个评价各类“圆管分离器”基础上发

展的分离器的标准,这个标准既简明,又反映实质。

收稿日期 1991-03-15 修改定稿 1991-09-10

本文联系人 张子栋 男 55 哈尔滨工业大学热能工程教研室 150006

颗粒被分离是颗粒从气流中完全脱离, 这个分离过程实际上经历了两个阶段: 第一阶段, 如前所述, 颗粒碰撞到分离器上(所得到的也就是计算效率); 第二阶段, 碰撞到分离器上的颗粒被收集到灰斗中, 而完全脱离气流。只有完整地经历这两个阶段, 颗粒才算是真正分离。在一般分离器研究中, 人们往往忽略了第二阶段或者是认为第二阶段完成得极为简单。事实上, 分离过程的第二阶段——颗粒收集阶段的好坏直接影响到真实效率。所以, 必须根据实际分离过程的两个阶段, 相应建立效率标准。第一阶段, 已经用计算效率 $\eta_T$ 表示。第二阶段即收集阶段, 本文提出用收集效率的概念表征(以 $\eta_0$ 表示)很易理解: 收集效率就是可能碰撞到分离器上的颗粒数与在灰斗中收集到的颗粒数的比值。这样, 实际过程分离效率(真实效率)便是计算效率和收集效率的乘积。收集效率概念的提出, 强化了分离过程阶段的划分, 概念明确, 又反映各种分离器的本质(以后详叙), 因此, 收集效率是反映一种分离器性能的重要指标之一, 更是评定各种“圆管分离器”基础上发展的冲击式惯性分离器效率高低的本质标准。

## 2 试验装置和试验方法

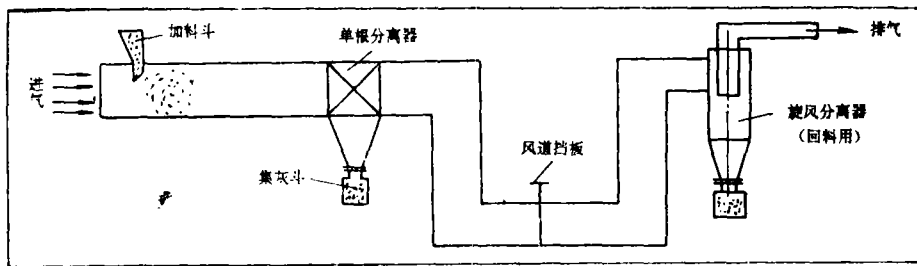


图3 实验台示意图

试验装置如图3所示。在本实验对单根分离器的研究中, 根据相似与模化的准则, 只要保证单值条件 $W'/W''$ , 即保证颗粒在管道中能被充分加速, 就可以正常实验。实验的最大风速为4.36 m/s, 最大粒径231.87  $\mu\text{m}$ , 冷态实验(空气温度14 $^{\circ}\text{C}$ )时, 计算得出的最短加速段长度 $S=1.076\text{ m}$ <sup>[4]</sup>。这对于具有1.8 m加速段的本实验台, 是完全能达到要求的。

实验在660 $\times$ 480的风道中进行。单根分离器装于风道的中间位置, 分离器形状有槽形, 带钩槽形和圆管, 分离器横向截面宽度(对圆管为直径)均为45 mm。

## 3 收集效率计算式

对于“圆管分离器”发展的各种惯性分离器, 其分离过程第一阶段的效率计算式都是相近的<sup>[5]</sup>,

$$\eta_T = 1 - \exp\left[-\frac{Ac}{Ao} \cdot \frac{d_s^2(\rho_s - \rho_g)V}{18\mu r_0}\right] \quad (1)$$

其中:  $d_s$ ——颗粒粒径, m;  
 $V$ ——气流速度, m/s;

$\rho_s$ ——颗粒密度,  $\text{kg/m}^3$ ;

$\mu$ ——气体粘性系数;

$r_0$ ——气流绕流曲率半径,  $\text{m}$ ; 一般取圆管的半径。

而  $A_c/A_0$  实际上是标明分离器填充率的概念, 对单根分离器, 取  $A_c/A_0 =$  分离器横截面宽度  $b$ /通道横截面宽度  $L$ 。

通过试验实测可得真实效率  $\eta_z$ 。这样, 根据收集效率的概念, 收集效率为:

$$\eta_o = \eta_z / \eta_T \tag{2}$$

### 4 试验及分析

#### 4.1 收集效率与粒径的关系

对宽筛分  $0 \sim 250 \mu$  的粉尘进行测试, 得到  $\eta_o, \eta_T, \eta_z$  与  $d_s$  的关系 (如图 4 所示)。

从图 4 中看出, 随着颗粒粒径  $d_s$  的增大, 真实效率和计算效率都随之增大, 但增大的幅度越来越小。两曲线形状也十分相似, 从一个侧面相互证明了  $\eta_T$  计算式和测量的可靠性。

虽然计算效率和真实效率随粒径的改变而大幅度变化, 但收集效率值却变化很小。排除测量的误差, 则可认为收集效率不随颗粒粒径变化。

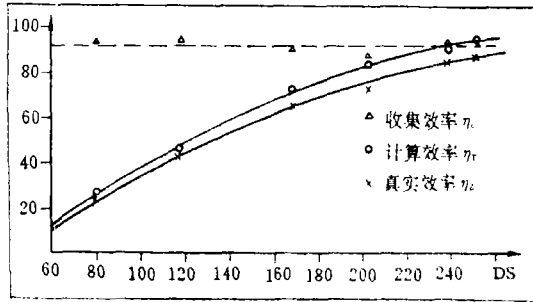


图 4  $\eta_o, \eta_T, \eta_z$  与  $d_s$  关系

这种现象的积极意义是: 在类似本实验条件下, 选定某一粒径的颗粒进行实验, 则可省去大量的实验工作量, 为更快地寻求最佳分离器型式提供方便。

#### 4.2 速度对收集效率的影响

流速  $V$  变化时, 对惯性分离器的效率影响是很大的。一般而言, 流速加大, 颗粒的惯性力加大, 更易直冲分离器; 此外, 流速加大, 流线要到接近分离器处才开始扩展, 颗粒便越易被捕集。表 1 的实验数据表明了这一点。

表 1  $\eta_z, \eta_T, \eta_o$  与  $V$  的关系

$V(\text{m/s})$	3.6	4.0	4.36
$\eta_z(\%)$	41.08	43.32	45.87
$\eta_T(\%)$	45.50	49.08	52.11
$\eta_o(\%)$	90.28	88.27	88.03

表注: 后倾  $15^\circ$  角;  $d_s = 126.52 \mu$ ; 槽形; 高宽比 1:1

但是, 从收集效率  $\eta_o$  的角度看, 随着速度的增加,  $\eta_o$  变化不大甚至有所下降。这是因为, 第一, 气流速度的增加, 使得被气流携带的颗粒的动能也增加, 这样, 颗粒碰撞分离器表面反弹的效应也加大; 第二, 气流速度增加, 使经分离器的气流卷吸能力增强, 这又使得收集困难, 降低了收集效率。

收集效率与速度的关系表明,速度的增长并不永远是真实效率增长的正因素。无限地提高气流速度,真实效率增长会慢慢停滞甚至下降。

**4.3 收集效率与布置角度的关系**

分离器在风道中的角度布置,对分离器的真实效率有很大的影响。有人对此也作过一些研究,但终因用分离效率笼统述之而模糊了本质影响。本文认为,布置角度的改变会根本上改变收集效率。合理的角度布置,是保证有效收集的重要措施。图 5 是实验情况。

由此可见,布置角度的差异,将导致收集效率 $\eta_c$ 发生很大变化,这将同样影响到真实效率 $\eta_r$ 的变化。而且还发现,在后倾 $7^\circ$ 角附近,收集效率将达到最大值。

**4.4 收集效率与分离器形状的关系**

使用不同形状的分离器,最后测出的真实效率肯定是不一样的。其根本原因就在于分离过程第二阶段的收集效率不同。本实验比较了圆管,槽形带钩和槽形分离器的收集效率,从表 2 中可以发现,圆管的收集效率最低。其原因是沉降的粉尘没有被大量地收集,而且碰撞反弹也较其它类型严重。带钩槽形收集效率低于槽形,原因是:虽然带钩槽形能有效地阻挡进入分离器颗粒的碰撞反弹,但颗粒可以进入分离室的通道面积却减小了,这个影响使得收集效率下降。

表 2 分离器形状对收集效率的影响

条 件	形 状	圆 管	槽形带钩	槽 形
$d_s = 136 \mu; -15^\circ$ $V = 4.36 \text{ m/s}$		45.62	61.98	68.80
$d_s = 281.87 \mu; +15^\circ$ $V = 4.36 \text{ m/s}$		60.93	85.13	88.94

**4.5 收集效率与分离器结构尺寸的关系**

为进一步探讨分离器的形状影响,本文还对槽形分离器的结构尺寸进行了实验,结果如图 6 所示。

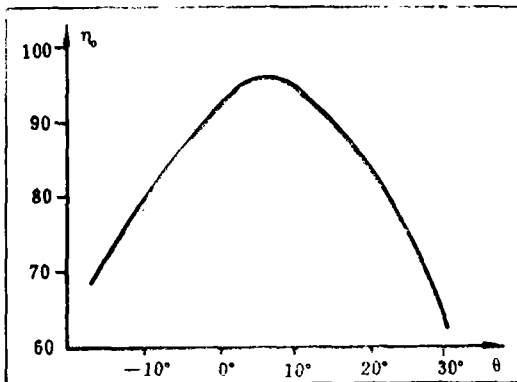


图 5  $\eta_c$ 与 $\theta$ 的关系

$V = 4.36 \text{ m/s}; d_s = 212 \mu;$

后倾为正,槽形,高宽比1:1

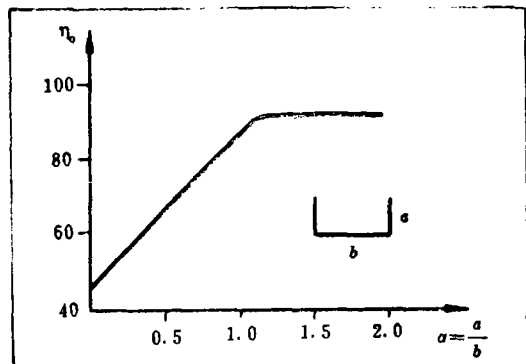


图 6  $\eta_c$ 与 $a$ 关系

从图6中看到,当分离器高宽比 $\alpha$ 值较小时, $\eta$ 较小。随着 $\alpha$ 的增大, $\eta$ 不断增大,但增加的幅度却逐渐减小,最后趋向于不再变化。这种现象告诉我们,在设计槽形分离器时,相对高度值是有一定要求的。太大了,提高的收集效率也有限,而且分离器阻力还会增加。实验结果表明:当 $\alpha=0$ 或 $\alpha$ 值较小时,颗粒再次推向气流而形成二次扬析。

## 5 几点结论

1. 在一定条件下,收集效率与颗粒粒径无关。真实效率随粒径增长而增长。
2. 收集效率随气流速度增加而呈下降趋势。为提高真实效率,不可无限地提高气流速度。
3. 收集效率、真实效率随布置角度变化而变化,变化幅度为30%。(当布置角度变化 $30^\circ$ 时)在后倾 $7^\circ$ 角附近,分离效果最佳。
4. 分离器形状影响收集效率和真实效率。圆管收集效率最低。在较低风速、较小粒径下、槽形分离器优于带钩槽形分离器。
5. 槽形分离器横截面高宽比影响其收集效率。当比值较小时,收集效率很低。超过一定值以后,收集效率达到饱和,实验值为1:1。

## 参 考 文 献

- 1 何佩敦. 我国循环流化床锅炉技术的发展与展望. 电站系统工程, 1989(4)
- 2 张永照. 冲击式槽形管惯性分离器的试验研究. 动力工程, 1989(6):9~13
- 3 陈明昭. 除尘技术的基本理论与应用. 北京: 建筑工业出版社, 1981, 12
- 4 李之光. 相似与模化. 北京: 国防工业出版社, 1982
- 5 谭天佑. 工业通风除尘技术. 北京: 建筑工业出版社, 1984.8

# An Experimental Study of Impulse Inertia Separator Efficiency and Its Influence Factors

Shangguan Xinhui, Zhang Zidong, Liu Wentie, He Weicai  
Wang Huaibin, Wang Rong

(Harbin Institute of Technology)

## Abstract

Based on experiments, the authors propose a concept of collection efficiency which is used as a standard for comparing the efficiency of various impulse inertia separators in circulating fluidized beds. A list of factors is given, which can influence the collection efficiency. Through experiments performed on slot separators the magnitude of such influence on the said efficiency has been analysed.

**Key words:** *inertia separator, collection efficiency, circulating fluidized bed*