

多效旋风分离器压降的实验研究

戚贵强, 王立新

(青岛科技大学 化工学院, 山东 青岛 266042)

摘要: 为了有效提高新型多效旋风分离器对粒径为 $0.1\sim 3\ \mu\text{m}$ 颗粒的分离效率, 获取该设备的阻力性能, 采用实验方法研究该新型多效旋风分离器压降与进口风速的关系, 并与 Lapple 型旋风分离器进行比较。结果表明: 进口风速为 $5\sim 30\ \text{m/s}$ 时, 主体直径为 $0.25\ \text{m}$ 的多效旋风分离器总阻力系数为 7.29 , 其中, 一级和二级预分离螺旋管的阻力系数分别为 1.04 和 1.73 ; 主体的阻力系数为 4.52 。直径为 $0.25\ \text{m}$ 的 Lapple 型旋风分离器的阻力系数为 7.21 。

关键词: 旋风分离器; 压降; 除尘

中图分类号: TQ051.8 **文献标志码:** A

文章编号: 1008-5548(2010)05-0069-03

Experimental Study of Pressure Drop for Multi-effect Cyclone Separator

Qi Guiqiang, Wang Lixin

(College of Chemical Engineering, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China)

Abstract: In order to increase the collection efficiency for particle with size of $0.1\sim 3\ \mu\text{m}$ by the new type multi-effect cyclone separator and obtain its pressure drop performance, the total pressure drop for five types of cyclone separator was studied by experiments and was compared with Lapple cyclone. The results showed that within $5\sim 30\ \text{m/s}$ inlet velocity, the drag coefficient was 7.29 for the multi-effect cyclone separator with diameter of $0.25\ \text{m}$, 1.04 for the first stage of helical pipe, 1.73 for the second stage, and 4.52 for the cylinder. The drag coefficient of Lapple cyclone with diameter of $0.25\ \text{m}$ was 7.21 .

Key words: cyclone separator; pressure drop; dust separation

旋风分离器的压降和分离效率是衡量其工作性能的重要技术指标, 但是提高分离效率往往伴随着压降的增加。文献中提到了多种减阻措施, 尽管大部分减阻装置减阻效果明显, 却因效率下降幅度大和结构复杂不易维修而失去实际意义^[1-4]。

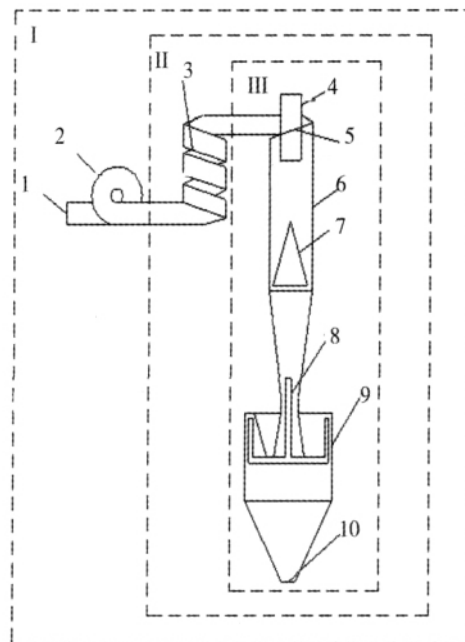
多效旋风分离器(multi-effect cyclone separator, 简称 MECS)通过集成多种措施, 减小了放大效应, 提高了 $0.1\sim 3\ \mu\text{m}$ 细粉尘的分离效率^[5]。为了深入了解多效旋风分离器的阻力性能, 本文中通过实验研究了其压降与进口风速的关系。

1 实验

1.1 实验装置

多效旋风分离器的结构如图 1 所示。前部设置一级预分离螺旋管, 二级预分离螺旋管, 顶盖设计成螺旋板, 内部安装稳流锥, 下部设有吸气回流系统。主要尺寸如下: 一级预分离螺旋管外径为 $0.225\ \text{m}$, 内径为 $0.1\ \text{m}$; 二级预分离螺旋管外径为 $0.25\ \text{m}$, 内径为 $0.125\ \text{m}$; 筒体直径为 $0.25\ \text{m}$, 高度为 $1\ \text{m}$ 。

根据需要研究对象分为以下几种构型: 图 1 中虚线框 I 内的分离器构型为 I 型; 虚线框 II 内的无一级



1—进口; 2—一级预分离螺旋管; 3—二级预分离螺旋管; 4—排气口;
5—螺旋板型顶盖; 6—主体外壳; 7—稳流锥; 8—吸气回流管;
9—灰仓; 10—排灰口。

图 1 多效旋风分离器的结构示意图

Fig.1 Schematic diagram of multi-effect cyclone separator

收稿日期: 2009-11-05, 修回日期: 2010-01-11。

基金项目: 山东省自然科学基金项目, 编号: Y2006B09。

第一作者简介: 戚贵强(1985-), 男, 硕士, 研究方向为多相流体的流动与分离。E-mail: qigui_qiang@126.com。

通信作者: 王立新(1965-), 男, 副教授, 主要从事多相流体流动与分离的教学与研究。电话: 0532-84022752, E-mail: wanglixin@qust.edu.cn。

预分离螺旋管的分离器构型为 II 型; 虚线框 III 内的仅有主体的分离器构型为 III 型, 将 III 型的螺旋板顶盖改成平板顶盖为 IV 型, 将筒体直径为 0.25 m 的 Lapple 型旋风分离器^[6]作为对比构型。

在工业实践中, 对于分离难度较大的含尘气体, 可以采用构型为 I 或 II, 通常情况下构型 III 即可满足要求。因此, 需要对这几种构型的分离和阻力性能进行详细研究。

1.2 实验流程

实验装置如图 2 所示。设备进口处设有测压孔, 旋风分离器排气口直接通入大气中, 压降用 U 形管压差计测量, 压差计另一端与大气相通。气体流量用比托管测定。实验依次测定 I、II、III、IV 型和 Lapple 型旋风分离器的压降与风速的关系。

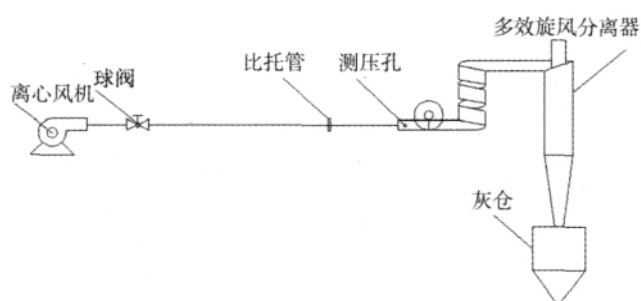


图 2 实验装置图

Fig.2 Flow diagram of experimental apparatus

1.3 实验方法

压降采用下式计算^[7]:

$$\Delta p = \xi \frac{\rho v^2}{2}, \quad (1)$$

式中: Δp 表示系统压降, Pa; ξ 表示阻力系数; ρ 表示空气密度, kg/m^3 ; v 表示气体进口速度, m/s 。

根据实验测量的压降与风速的关系数据, 计算出 Δp 与 $\rho v^2/2$, 利用最小二乘法回归得到 ξ 。

2 结果与讨论

2.1 压降与风速的关系

实验测定了进口风速 5~30 m/s 范围内各种构型的旋风分离器压降与风速的关系。I、II、III 型的压降与风速关系数据如图 3 所示。

实验测得的 IV 型旋风分离器压降与进口风速的关系数据如图 4 所示。

实验测得了筒体直径为 0.25 m 的 Lapple 型旋风分离器压降与风速的关系, 作为对比, 多效旋风分离器压降与风速的关系如图 5 所示。

由图 5 可以看出: 多效旋风分离器压降风速曲线几乎重合, 说明一定风速下两者的压降相差不大。

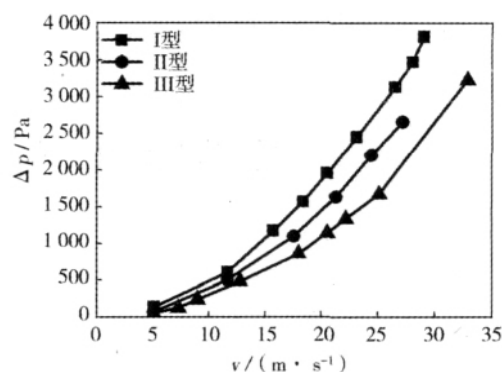


图 3 不同进口风速下 I、II、III 型旋风分离器的压降

Fig.3 Pressure drop of type I, II, III cyclone at different inlet velocity

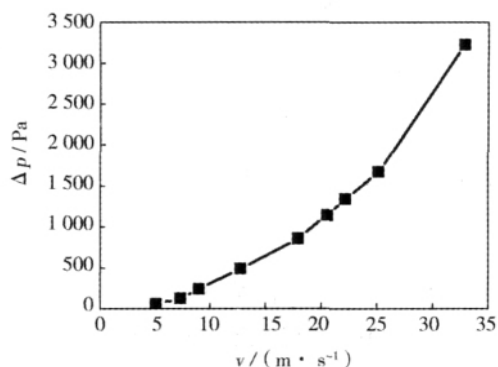


图 4 不同进口风速下 IV 型旋风分离器的压降

Fig.4 Pressure drop of type IV cyclone at different inlet velocity

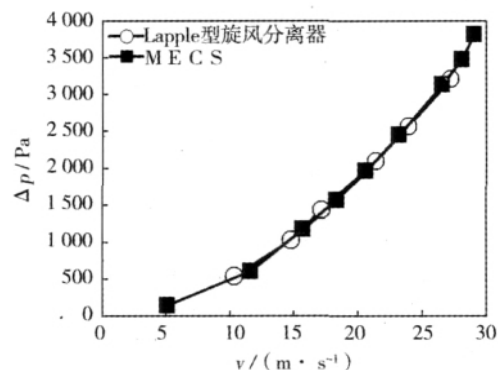


图 5 不同进口风速下 MECS 与 Lapple 型旋风分离器的压降

Fig.5 Pressure drop of MECS and Lapple cyclone at different inlet velocity

2.2 阻力系数

把测得的各种构型旋风分离器压降与风速的关系数据, 按照前述实验方法处理, 得到各种构型旋风分离器的阻力系数列于表 1 中。

I 型的阻力系数减去 II 型的阻力系数得到一级预分离螺旋管的阻力系数, II 型的阻力系数减去 III 型

表 1 各种构型的旋风分离器的阻力系数

Tab. 1 Drag coefficient for five type cyclones

构型	I 型	II 型	III 型	IV 型	Lapple 型
ξ	7.29	6.25	4.52	6.0	7.21

的阻力系数得到二级预分离螺旋管的阻力系数。多效旋风分离器各个部分的阻力系数如表 2 所示。

表 2 多效旋风分离器各部分阻力系数
Tab.2 Drag coefficient for three parts of MECS

设备	MECS	一级	二级	主体
ξ	7.29	1.04	1.73	4.52

直径为 0.25 m 的 Lapple 型旋风分离器的阻力系数为 7.21,文献中直径 0.266 m 的 Lapple 型旋风分离器的阻力系数为 7.19^[8]。说明实验方法准确。

多效旋风分离器的阻力系数为 7.29,相同尺寸的 Lapple 型旋风分离器为 7.21,两者相差 0.08。

III 型的顶盖是螺旋板阻力系数为 4.52, IV 型的顶盖是平板阻力系数为 6.0,两者相差 1.48。

IV 型阻力系数为 6.0, Lapple 型旋风分离器阻力系数为 7.21,两者相差 1.21。说明稳流锥具有减阻效果。

3 结论

本文中测定了进口风速为 5~30 m/s 范围内不同构型的旋风分离器的压降和风速的关系,计算了阻力系数,可以得到以下结论:

1)多效旋风分离器的阻力系数为 7.29,一级预分离螺旋管的阻力系数为 1.04, 占总阻力系数的 14.3%; 二级预分离螺旋管的阻力系数是 1.73, 占 23.7%,主体的阻力系数是 4.52,占 62%。

2) 多效旋风分离器主体的阻力系数为 4.52, 其

顶盖改为平板的阻力系数是 6.0, Lapple 型旋风分离器阻力系数为 7.21, 说明螺旋板顶盖和稳流锥具有减阻效果。

3) 多效旋风分离器阻力系数和相同尺寸的Lapple 型旋风分离器接近。

4) 在工业实践中, 对于分离难度较大的含尘气体,可以采用全构型多效旋风分离器。通常情况下仅主体部分即可满足要求, 此时, 阻力损失要远小于 Lapple 型旋风分离器。

参考文献(References):

[1] 张吉光,张竹茜,钱付平. 降阻条件下旋风分离器的性能[J]. 发电设备, 2003, 17(4): 20-23
[2] 王立新,李会平. 多效旋风分离器:中国,CN101391239[P]. 2009-03-25
[3] 法耶德 M E, 奥顿 L. 粉体工程手册[M]. 北京:化学工业出版社, 1992: 630
[4] 陈明绍, 吴光兴,张大中,等. 除尘技术的基本理论与应用[M]. 北京:中国建筑业出版社, 1981: 111-115
[5] SHEPHERD C B, LAPPLE C E. Flow pattern and pressure drop in cyclone dust collectors[J]. Industrial and Engineering Chemistry, 1940, 32(40): 1 246-1 248
[6] 霍夫曼 A C, 斯坦因 L E. 旋风分离器原理、设计和工程应用[M]. 北京:化学工业出版社, 2004: 147
[7] 孔行健,孙国刚,刘长征,等. 芯管半切旋风分离器的实验研究[J]. 中国粉体技术, 2004, 10(z1): 96-99
[8] COMAS M, COMAS J, CHETRIT C, et al. Cyclone pressure drop and efficiency with and without an inlet vane[J]. Powder Technology, 1991, 66(2): 143-148

欢迎订阅 2011 年《材料导报》(半月刊)

《材料导报》创刊于 1987 年,是由科学技术部主管、科技部西南信息中心主办的中国科技论文源统计期刊,中国科学引文数据库来源期刊,CNKI 期刊全文数据库收录期刊。

《材料导报》半月刊,分为《材料导报》(综述篇)和《材料导报》(研究篇)。

《材料导报》(综述篇)每月 10 日出版,主要栏目有:材料科技发展评述、材料科技政策、新材料新技术介绍、信息发布、专题评论、人物专访及专稿、材料产业论坛、会议报道、国际动态及快讯等。

《材料导报》(研究篇)每月 25 日出版,主要栏目有:材料研究、研究简报、材料加工工艺与应用、材料分析测试与表征、计算模拟、博士论文摘要、新成果转化及产业化等。

《材料导报》全年 24 期,每期约 28 万字,国内外公开发行。刊号:ISSN 1005-023X CN50-1078/TB,邮发代号:78-93,广告经营许可证:渝工商广许可号 020530 号,定价:12.00 元/册。

欢迎各订户到当地邮局定购。漏订者,可直接向材料导报社补订。

通讯地址:重庆市渝北区洪湖西路 18 号 材料导报社 邮编:401121

电话/传真:023-63505701

E-mail:mat-rev@126.com mat-rev@163.com

开户银行:重庆银行七星岗支行

户名:重庆天旭科技信息有限公司

帐号:150101040006888

欢迎投稿、订阅和刊登广告