

高风速复合式电收尘器的试验研究

李 伟 李 芳*

(镇江船艇学院, 镇江 212003)

摘 要 应用“高风速”理论,将流体力学、电动力学、静电学有机结合设计出的高风速复合式电收尘器(HWSCESP)系统。试验以收尘效率作为收尘指标,以粉尘初始浓度、有效收尘面积、工作电压和系统风速为影响因素进行试验分析。结果表明,当粉尘初始浓度在 45 g/m^3 ,工作电压在 47 kV ,有效收尘面积为 14.5 m^2 ,系统风速为 3.8 m/s 时,收尘效率可达 99.92% 。从实验结果表明,HWSCESP 是高效率、低成本的新型电收尘器。

关键词 电收尘器 高风速 HWSCESP 实验系统

中图分类号 X701.2 文献标识码 A 文章编号 1673-9108(2007)11-0088-04

An experimental study on high wind speed compound electorstatic precipitators(HWSCESP)

Li Wei Li Fang

(Zhenjiang Craft College, Zhengjiang 212003)

Abstract According to the “high wind speed” theory, the HWSCESP system combines the hydrodynamics, electro dynamics and static electrics. The experiment was carried on with the dust collection efficiency as the index, with initial density of dust, working voltage as the influencing factors, examining the law of influence on the dust collection efficiency of every factor separately. The results indicate that when the dust initial density is about 45 g/m^3 , and when working voltage is 47 kV , the effective dust collection area is 14.5 m^2 and the system wind speed is 3.8 m/s , the dust collection efficiency is up to 99.92% . From this, it is indicated that HWSCESP is the new dust collection device with high efficiency and low cost.

Key words ESP; high wind speed; HWSCESP experimental system

烟尘、粉尘排放量近年来有所波动,但都是触目惊心的超大排放量^[1,2]。随着环保要求的不断提高,电收尘器以其效率优势,从众多收尘设备中脱颖而出。然而,传统的电收尘器为了获得较大的收尘效率,必须把收尘器内的风速降到 $0.6 \sim 1.2 \text{ m/s}$,通常粉尘在收尘器内停留的时间要高达 $4 \sim 5 \text{ s}$ ^[3,4]。这样,就会造成传统电收尘器体积巨大,钢材浪费严重,一次性投资大的问题。为此,我们进行了高风速复合式电收尘器(HWSCESP)的试验研究,取有效驱进速度 $\omega = 0.90 \text{ m/s}$,远高于传统电收尘器的 $\omega = 0.03 \sim 0.18 \text{ m/s}$ 。HWSCESP 系统在理论上是流体力学、电动力学、静电学有机结合,应用到电收尘器当中,是对现有电收尘器的一次变革;实践当中,它将成为发展中国家企业所能承担的高效率、低成本的新型电收尘器。试验以收尘效率作为收尘指标,以粉尘初始浓度和工作电压作为影响因素进行单因素分析,分别考察各因素对收尘效率的影响规律。

1 试验方法

1.1 试验流程

HWSCESP 试验流程如图 1 所示。

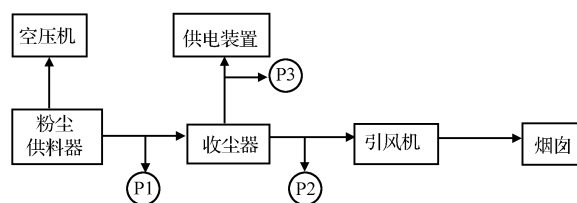


图 1 HWSCESP 试验系统流程

Fig. 1 Flow of HWSCESP experimental system

试验以电收尘器主体,包括电源、风机及粉尘供

收稿日期:2007-03-28; 修订日期:2007-09-14

作者简介:李伟(1980~),男,助教,主要从事大气、电器机械设备开发研究工作。

* 通讯联系人, E-mail: lifang2008.cool@163.com

料装置(空压机及供料器),各部分由管路相连;P1、P2 为气流参数采样点,P3 为电参数检测与控制点。

1.2 试验设备及材料

(1)HWSCESP 系统:自行设计并委托镇江市远东环保机械设备厂加工的 HWSCESP 实验系统。

(2)锅炉飞灰:镇江水泥厂供热锅炉处取的锅炉飞灰。这种飞灰是适用于电收尘器除去的多种粉尘之一。

(3)无胶滤筒:山东省武城消声器材厂生产。

(4)无油空气压缩机—鞍山无油空压机厂生产。

1.3 设计参数

(1)进口压力: $P_j = -1470 \text{ Pa}$;

(2)出口压力: $P_e = -3093 \text{ Pa}$;

(3)漏气率: $C_0 = 5\%$;

(4)停留时间: $0.5 \sim 1 \text{ s}$;

(5)当地大气压: $P_0 = 101.3 \text{ kPa}$;

(6)气体温度: $t = 20^\circ\text{C}$;

(7)粉尘微粒直径: $40 \mu\text{m}$;

(8)电晕电极:选用星形电晕电极(放电效果仅次于芒刺状电晕极线^[5],而实验需要经常拆装,后者很容易在操作中受到破坏掉刺),放电点的曲率半径为 $r_A = 0.05 \text{ cm}$,作计算电晕极线半径;

(9)收尘极板:根据上述“高风速”理论,参照前人的研究成果,确定选用自行设计的 ω -2C 型收尘极板,及辅助的 C 型极板;前者宽 200 mm ,高 35 mm ,卷出边半径 20 mm ,卷入边半径 15 mm ,后者宽 100 mm ,高 35 mm ,卷边半径 35 mm ;

(10)电极配置:主收尘极板配 2 根星型电晕线,辅助极板配一根。由于该装备为实验装备,参数可调,且采用大极距技术,故电收尘器同极距取: $B = 380 \sim 500 \text{ mm}$;异极距: $b_0 = 190 \sim 250 \text{ mm}$;放电点与极板间距 $b = 190 \sim 250 \text{ mm}$;放电点间距 $2C = 100 \text{ mm}, 230 \text{ mm}, 245 \text{ mm}$ 间隔。配置如图 2 所示。

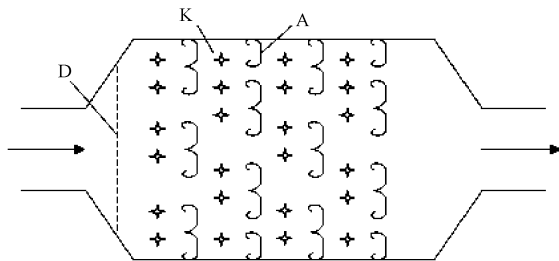


图 2 高风速 ESP 断面视图

Fig. 2 Sectional view of high wind speed ESP

数个 ω -2C 型收尘极板,垂直于含尘气流方向,呈鱼鳞状摆放于电收尘器本体内,如图 2 所示。含尘气流高速向 ω -2C 型收尘极板运动,被极板由中间引流至两侧 C 型槽,再导向至收尘极板表面,由电场作用加以捕集。由图 2 可见,气流沿收尘极板表面绕行,大大延长尘粒运动轨迹,由于摩擦作用,在边界层内风速会迅速降低,使得电场力轻松对粉尘加以捕集。这样既保证了平均风速大大提高,又解决了由于高速粉尘不易捕集的难题。理论和实验表明,ESP 电场气流速度在保证收尘效率不降低条件下,可以提高到 4 m/s ,是现在 ESP 的约 4 倍,在处理风量相同、收尘效率相同的情况下,能把常规电收尘器截面积成数倍减少。由于大幅度提高风速,以极短时间把烟尘驱赶到收尘极上加以捕集,从而大大减小电场长度。体积较现在常规 ESP 大幅减少,实现了 ESP 小型化。

1.4 实验方法

调节风机于适当的风量、供料器灰斗于适当粉尘量、适当的收尘面积以及工作电压。将圆管断面分成若干个等面积圆环,然后将断面两垂直直径上各圆环的中点作为测点进行采样。采样完毕,在采样仪器中读出平均风量、平均风速、平均电压和采样体积等数据,取出采样枪中的滤筒,再次于烘干箱中 105°C 烘干 2 h ,取出置于干燥皿中干燥冷却。之后再次用电子天平称重以计算出总收尘效率 η ,将进口增重输入采样仪中,得到进出口粉尘浓度。

2 试验结果与分析

2.1 粉尘初始浓度对收尘指标的影响

将粉尘初始浓度作为变量,考察其对于收尘效率的作用规律^[6](图 3)。

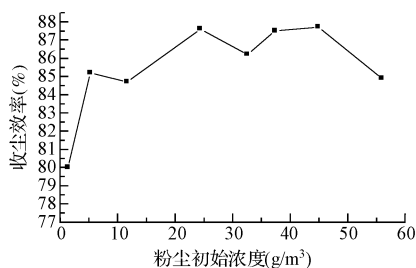


图 3 粉尘初始浓度对收尘效率的影响

Fig. 3 Influence of initial dust density on dust collection efficiency

其他参数情况为:工作电压 47 kV,有效收尘面积 14.5 m^2 ,系统风速稳定在 1.75 m/s 左右,大气压力 101.3 kPa ,平均烟温 9°C 。

图3反映了收尘效率随粉尘浓度变化的规律:(1)粉尘初始浓度 $< 5 \text{ g/m}^3$ 时,收尘效率相对较低;(2)从 5 g/m^3 到 45 g/m^3 时,收尘效率呈相对稳定且逐步上升之势;(3) $> 45 \text{ g/m}^3$ 时收尘效率有所下降。

上述现象,作者认为原因为:(1)粉尘初始浓度 $< 5 \text{ g/m}^3$ 时,系统内粉尘较少,减少了粉尘微粒与电离的气体相结合的机会,收尘效率较低;(2)当粉尘初始浓度由 5 g/m^3 增加到 45 g/m^3 时,情况稳定,尘粒移动速度与离子移动速度相当,电荷活动大大升高,电流升高导致收尘效率提高;(3)粉尘初始浓度 $> 45 \text{ g/m}^3$ 时,系统内粉尘量太大,大部分空间离子电荷给了尘粒,而尘粒移动速度远低于离子移动速度,电荷活动大大降低,使收尘器形成所谓电晕封闭现象,电流下降,因而收尘效率有所下降。

2.2 工作电压对收尘指标的影响

在一定范围内,工作电压越高,收尘效果越好,收尘效率越高。

将工作电压作为变量,考察其对于收尘效率的作用规律(图4)。

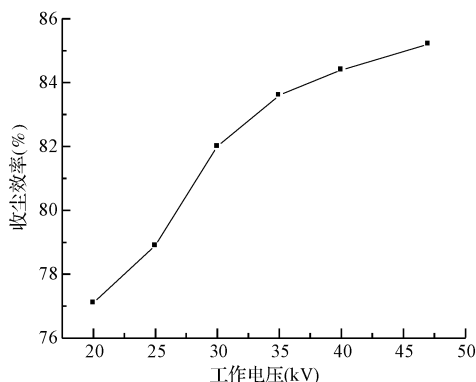


图4 工作电压对收尘效率的影响

Fig. 4 Influence of working voltage on dust collection efficiency

其他参数情况为:粉尘初始浓度约 5 g/m^3 ,有效收尘面积 14.5 m^2 ,系统风速稳定在 1.75 m/s 左右,大气压力 101.1 kPa ,平均烟温 9°C 。

图4反映了收尘效率随工作电压变化的规律:工作电压对收尘效率的作用显著,在其他条件稳定的情况下,收尘效率随着工作电压的提高而提高。

当工作电压由 20 kV 上升至 40 kV 时,收尘效率上升趋势显著;当工作电压由 40 kV 上升至 47 kV 时,收尘效率上升趋势缓和。

2.3 有效收尘面积对收尘指标的影响

将有效收尘面积作为变量,考察其对于收尘效率的作用规律(图5)。

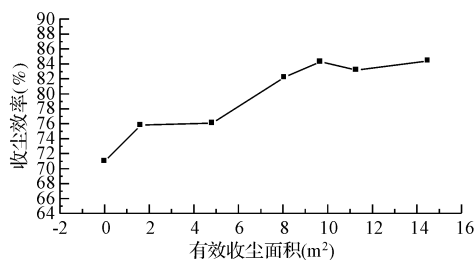


图5 有效收尘面积对收尘效率的影响

Fig. 5 Influence of effective dust collection area on dust collection efficiency

其他参数情况为:粉尘初始浓度约 5 g/m^3 ,工作电压 47 kV ,系统风速稳定在 1.75 m/s 左右,大气压力 101.5 kPa ,平均烟温 10°C 。

图5直观地反映了收尘效率随有效收尘面积变化的规律:在其他条件稳定的情况下,收尘效率随着有效收尘面积的提高而提高。

2.4 系统风速对收尘指标的影响

对于一定型号规格的电收尘器,其收尘效率是指处理风量在一定范围内而言^[7]。传统除尘器认为,气体流速取 $0.6 \sim 1.3 \text{ m/s}$,为宜,但我们采用了数个 ω -2C 型收尘极板以及大极距技术,可将平均风速提高到 4 m/s 。

将系统风速作为变量,考察其对于收尘效率的作用规律(图6)。

其他参数情况为:粉尘初始浓度约 5 g/m^3 ,工作电压 47 kV ,有效收尘面积为 14.5 m^2 ,大气压力 101.6 kPa ,平均烟温 10°C 。

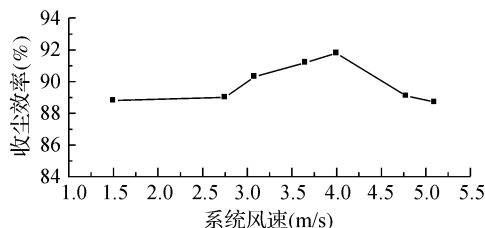


图6 系统风速对收尘效率的影响

Fig. 6 Influence of system wind speed for dust collection efficiency

图 6 反映了收尘效率随系统风速变化的规律:在其他条件稳定的情况下,收尘效率随着系统风速的提高而提高,在风速提高到 4 m/s 时收尘效率最大。当系统风速高于 4 m/s 时,收尘效率开始降低,这是因为由于气流流速增大,减少了粉尘微粒与电离的气体相结合的机会,加大了粉尘微粒被高速气流带走的数量,也加大了二次扬尘,故收尘效率降低。

3 结 论

结合以上数据,再将各参数调整到最佳数据,结果表明:当粉尘初始浓度在 45 g/m^3 ,工作电压在 47 kV,有效收尘面积为 14.5 m^2 ,系统风速为 3.8 m/s 时,收尘效率可达 99.92%。由此可见,HWSCESP 是高效率、低成本的新型电收尘器。

参 考 文 献

- [1] http://www.gov.cn/test/2005-07/28/content_17761.htm
- [2] <http://www.chinawater.net/news/30549.html>
- [3] 白希尧,满书玲. 大风速电收尘器的实验研究. 工业安全与防护,1995,(2):1~5
- [4] 黄莉群,满书玲. 高风速电收尘器的实验研究. 辽宁城乡环境科技,1999,19(2):19~22
- [5] Novikov V. E., Puzanov A. O., Sinkov V. V., et al. Plasma antenna for magneto cumulative generator. International Conference on Antenna Theory and Techniques, Sevastopol, Ukraine, 2003
- [6] 蒋冬青. 提高电收尘器效率的措施. 中国水泥,2002(12):20~21
- [7] 安维默. 用 Excel 管理和分析数据. 北京:人民邮电出版社,2003