

湿法烟气脱硫系统除雾器特性试验研究

杨 柳¹, 王世和¹, 王小明², 金定强²

(1. 东南大学 市政工程系, 江苏 南京 210096; 2. 国电南京环境保护研究所, 江苏 南京 210096)

摘 要: 分析了除雾原理后, 针对除雾器的不同布置方式, 通过大量试验测定了除雾器的压力降和速度, 利用水平衡法计算了除雾效率, 分析了除雾器气流速度、布置方式对除雾效率的影响及气流速度和压力降的关系, 为该型除雾器的工业化应用提供了很有价值的参考依据。

关 键 词: 湿式烟气脱硫; 试验研究; 除雾器; 除雾特性

中图分类号: X701.3 文献标识码: A

1 引 言

据初步统计, 现有火电厂中约有 $3\,000 \times 10^4$ kW 机组 SO_2 排放超标。为实现达标排放, “十五”期间, 我国进一步加大火电厂二氧化硫排放控制力度, 重点在二氧化硫超标排放电厂燃煤硫份大于 1% 的电厂、重点城市周边电厂以及新建电厂实施排烟脱硫。“十五”期间新投产的煤电装机约 $4\,500 \times 10^4$ kW 左右规模, 为满足国家环保要求, 预计约有 80% 容量的新建煤电机组需配备脱硫装置(含洁净煤发电技术)。其中湿式烟气脱硫技术(Wet Flue Gas Desulfurization, WFGD)是最成熟的工艺, 在已投产的项目中该工艺占到 80% 以上。除雾器是湿法脱硫系统中的关键设备, 但国内大中型机组的烟气脱硫系统中使用的除雾器大部分为进口。从这个现象可以看出: 除雾器是烟气脱硫系统中比较重要的一个部件, 也说明我国目前除雾器的研究与生产还比较落后。

本研究成果为除雾器的国产化打下了坚实的理论基础。

2 除雾原理

在烟气脱硫系统中所使用的除雾器是撞击式除

雾器。在该型除雾器中, 液滴被目标所捕捉是通过惯性碰撞、直接拦截和扩散 3 种机理完成的。当带水烟气进入除雾器后, 由于烟气流向的改变, 产生的离心力将烟气中的部分水滴撞击在迎面的壁上, 在烟气冲刷的作用下, 将壁面上的液膜汇集在与下一个通道相连的拐点处, 形成较厚的水帘后沿壁流下。在挡板式除雾器中, 非常细小的粒子运动轨迹是远离直线形的。因此, 折板除雾器适用于相对粗大粒子的分离。对于细小的液滴粒子来说, 必须应用其它形式的除雾器。

3 试验概况

3.1 试验装置及流程

3.1.1 除雾器的布置方式

在本次实验中, 共采用了两种形式的除雾器叶片: 一种是弧形除雾器, 材料是 UPVC, 委托厂方加工; 另一种是折板形除雾器, 材料用 0.35 mm 厚的镀锌铁皮, 自行加工。除雾器叶片间距分别为 0.02 m、0.03 m 和 0.04 m; 除雾器的布置方式共有 3 种: 菱形布置(单级为人形、双级为菱形)、垂直布置及水平布置。

3.1.2 试验装置

试验装置如图 1 所示。

除雾器段采用 $\delta=8$ mm 的有机玻璃粘接。离心风机型号 4-72No. 6A, 额定流量 $1\,500 \text{ m}^3/\text{h}$, 电机功率 5.5 kW。对风机采用变频调速, 其运行频率区间是 10.2 ~ 50 Hz。管道泵型号 40SG9-30, $Q=9 \text{ m}^3/\text{h}$, 扬程 $H=30$ m。

3.1.3 水雾化装置

采用在 UPVC 管道上打眼($\varphi=1.5$ mm)的方法,

收稿日期: 2004-07-02; 修订日期: 2004-12-09

基金项目: 国家 863 计划基金资助项目(2001AA 642020)

作者简介: 杨 柳(1969-), 男, 江苏泰兴人, 东南大学博士研究生, 高级工程师。

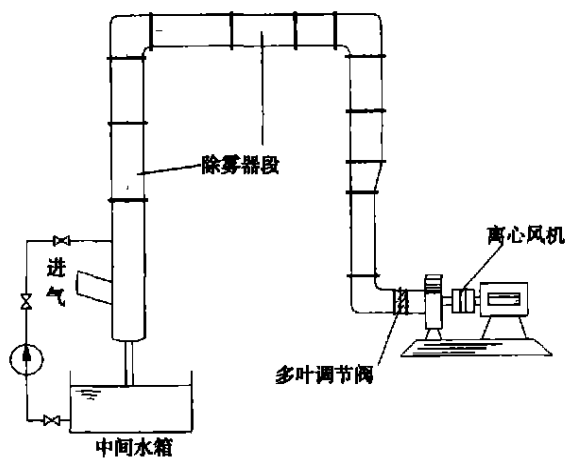


图 1 试验装置示意图

最大流量时有 6 组模拟喷头同时工作。
 本次试验未考虑除雾器的冲洗工况^[1]。

3.2 测试项目及方法

3.2.1 参数测量

需要测量的主要参数有: 压力降、烟气流速、水温、气流温度、空气的相对湿度和测算烟气流液滴浓度等。

3.2.2 测量方法

压力降用皮托管测量, 烟气流速采用热球风速仪测量, 液位用液位计测量。每种状态参数测量 3 组, 再求其平均值。

3.2.3 除雾效率的测定及计算方法

目前国内尚无脱硫系统除雾器性能测试标准^[2], 在本次试验中除雾效率的测量采用的是水平衡法:

当系统中没有除雾器时, 某一速度下, 系统的排水量为 W ; 当系统中安装除雾器时, 在同一速度下, 被气流带走的水量为 W_1 , 则可得除雾效率 η :

$$\eta = 1 - \frac{W_1}{W}$$

3.3 试验研究的主要内容

影响除雾器除雾效率的主要因素有: 除雾器本身的结构因素(包括叶片形式和布置方式); 除雾器的叶片间距; 除雾器的布置级数; 叶片通道中的气流速度。试验研究的主要内容就是根据以上对除雾效率的影响因素进行展开, 并测定相应的试验数据。

4 试验结果与分析

4.1 气流速度对烟气带水负荷的影响

从图 2 可得出, 在空塔情况下, 烟气带水负荷随着气流速度的增大而增加, 并且在速度大于 8 m/s 后, 烟气带水负荷随着气流速度的增大而急剧增加。试验时, 由于装置中有变频器, 因此可精确地再现空塔时的任一速度, 此时的烟气携水量为装置中装有除雾器的携水量, 即为上述的系统排水量 W 。

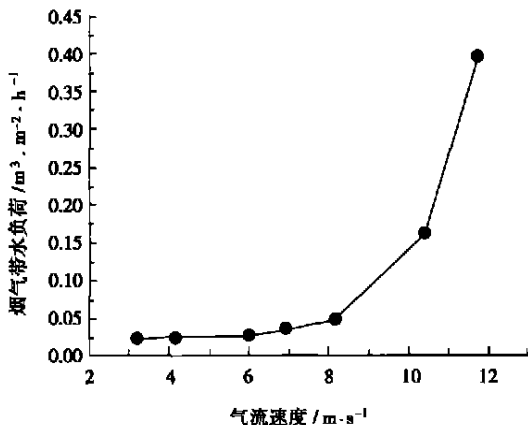


图 2 空塔烟气带水负荷与气流速度的关系

4.2 除雾器布置方式对除雾效率的影响

从图 3 和图 4 中可看出, 在一定范围内, 随着气流速度的增大, 除雾效率增高。在同为 30° 叶片间距下, 单级除雾器布置方式的除雾效率要小于双级除雾器布置, 并且对于除雾器不同的布置方式其除雾效率的差别不大, 只是垂直布置要比其它两种布置方式除雾效率约低 5% 左右。这是由于在菱形布置的条件下相当于增加了除雾面积。

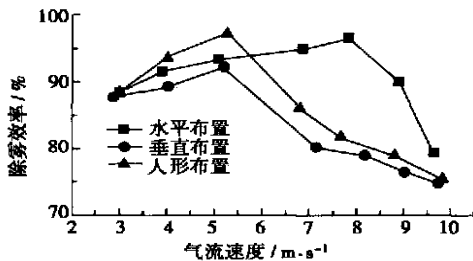


图 3 间距 30 mm 镀锌铁皮单级布置

4.3 除雾器布置方式对临界流速的影响

从图 3 和图 4 中还可得出, 当气流速度增大到一定程度时, 除雾效率随着气流速度的增加而减小, 出现所谓的临界流速。在临界流速以下, 除雾效率随流速的增加而提高; 超过临界值, 气流增大, 效率

急剧下降。临界点的出现, 是由于产生了雾沫的二次夹带所致, 即分离下来的雾沫, 再次被气流带走, 其原因大致是: (1) 撞在叶片上的液滴由于自身动量过大而破裂和飞溅; (2) 气流冲刷叶片表面上的液膜, 将其卷起并带走。因此, 为达到一定的除雾效果, 必须控制流速在一合适范围: 最高速度不能超过临界流速。从上述图中可看出, 对于垂直布置和菱形布置的除雾器, 临界流速约为 5~6 m/s; 对于水平布置的除雾器, 临界流速约为 8 m/s 左右。因此, 在设计烟气脱硫系统时, 要确保除雾器的气流速度能达到所要求的最低除雾效率。

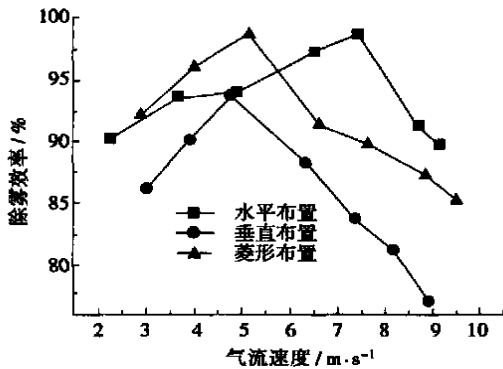


图 4 间距 30 mm 镀锌铁皮双级布置

4.4 气流速度与压力降的关系

由图 5~图 7 可知, 随着气流速度和级数的增加, 压力损失也随之增大, 且除雾器进出口的压力损失随叶片间距的增加而减小。其中镀锌铁皮水平布置间距为 40 mm 的压力损失最低, 这是由于在这种除雾器中出现了短路现象。

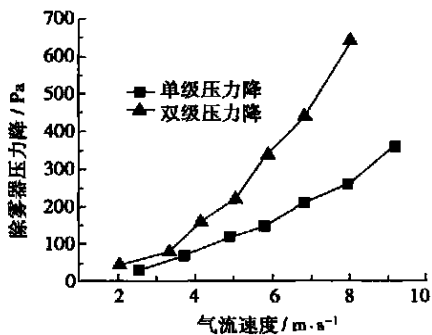


图 5 20 mm 间距高分子塑料除雾器菱形布置

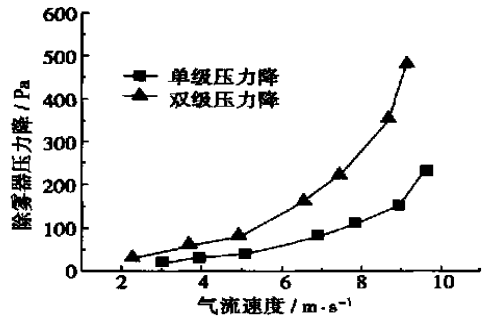


图 6 30 mm 间距镀锌铁皮垂直布置

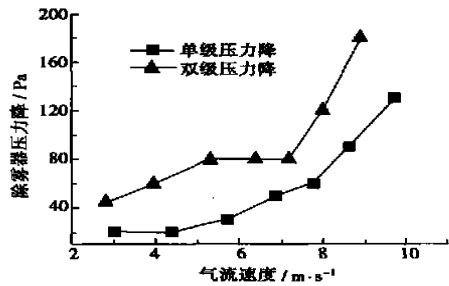


图 7 40 mm 间距镀锌铁皮水平布置

5 结 论

从实验结果中我们可以得出:

(1) 使用合理结构因素组合的叶片式除雾器能够获得较高的除雾效率。

(2) 菱形布置的除雾效率要比水平布置与垂直布置的除雾效率高。

(3) 在临界流速以下, 除雾效率随气速的增加而提高; 超过临界值, 气速增大, 效率急剧下降, 除雾器水平布置比垂直布置的临界流速要大。

(4) 除雾器的设计要以提高除雾效率和降低阻力损失为宗旨, 找到它们的最佳平衡点。

参考文献:

[1] 金定强. 脱硫除雾器设计[J]. 电力环境保护, 2001, 17(4): 16-18.
 [2] 盘思伟, 程诺伟, 姚唯建, 等. 湿法脱硫装置的脱硫效率与除雾器性能测试方法[J]. 电力环境保护, 2002, 18(4): 13-14.

(渠 源 编辑)

湿法烟气脱硫系统除雾器特性试验研究 = **Experimental Investigation of the Characteristics of a Demister in a Wet Flue-gas Desulfurization System** [刊, 汉] / YANG Liu, WANG Shi-he (Department of Municipal Engineering, Southeastern University, Nanjing, China, Post Code: 210096), WANG Xiao-ming (Nanjing Research Institute of Electric Power and Environmental Protection, Nanjing, China, Post Code: 210096) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2005, 20(2). — 145 ~ 147

After an analysis of mist elimination principles and in connection with the different layouts of demisters the pressure drop and air flow speed of demisters were measured through numerous tests. Demisting efficiency was calculated with the use of a water balance method. The influence of air flow speed and layout modes of a demister on its efficiency was analyzed, and the relationship between the air flow speed and pressure drop identified. The results of the above work can serve as a very useful guide and reference for the industrial application of the type of demisters under discussion. **Key words:** wet flue-gas desulfurization, demister, mist elimination characteristics

多孔介质的热物性对往复流动下超绝热火焰的影响 = **The Influence of the Thermophysical Properties of Porous Media on a Superadiabatic Flame under the Condition of Reciprocating Flows** [刊, 汉] / DU Li-ming (Dalian Institute of Chemical Physics under the Chinese Academy of Sciences, Dalian, China, Post Code: 116023), XIE Mao-zhao (Department of Power Engineering, Dalian University of Science & Technology, Dalian, China, Post Code: 116024) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2005, 20(2). — 148 ~ 152

The heat transfer properties of a porous media combustor mainly depend on the thermophysical properties of a porous-media material. Based on the hypothesis of local thermal non-equilibrium between the solid and gas phases the authors have set up a two-dimensional mathematical model for porous-media superadiabatic combustion under the condition of reciprocating flows. The influence of the porous-media specific heat, heat conductivity, dissipation factor and volume heat-exchange factor, etc on temperature distribution and combustion rate was studied in order to provide a theoretical basis for the selection of porous-media materials and the optimized design of a reciprocating-flow porous-media superadiabatic combustor. **Key words:** porous media, superadiabatic combustion, reciprocating flow, thermophysical parameters

气化半焦加压着火特性及燃烧稳定性研究 = **A Study of the Ignition Characteristics and Combustion Stability of Gasified Semi-char under an Elevated Pressure** [刊, 汉] / CHEN Xiao-ping, GU Xiao-bing, DUAN Yu-feng, et al (Education Ministry Key Laboratory of Clean Coal Power Generation and Combustion Technology under the Southeastern University, Nanjing, China, Post Code: 210096) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2005, 20(2). — 153 ~ 157

On a pressurized thermogravimetric analytical device of single-furnace and double sample bucket structure a relatively systematic experimental and theoretical study was conducted of the ignition characteristics and combustion stability of gasified semi-char under an elevated pressure. Investigated was the influence of various factors, such as the categories of semi-char, total pressure, oxygen concentration, particle diameter and heating rate, etc on the ignition characteristics and combustion stability of the above-mentioned semi-char. In addition, with the test data of pure carbon serving as a basic reference the authors have proposed index R_w for judging the degree of combustion stability. The results of the investigation indicate that the main factors which have an impact on the semi-char ignition temperature are: the volatile content of the semi-char, fixed carbon content and pore structure. With the increase in total pressure and oxygen concentration and a decrease in particle diameter the ignition temperature of the semi-char will decrease and the combustion stability increase. There will be a conspicuous rise in semi-char ignition temperature when the heating rate is increased. **Key**