

静电旋风除尘技术的现场试验*

许德玄 曲志和

(东北师范大学静电研究所, 长春 130024)

摘 要 对静电旋风除尘技术的机理进行探讨. 现场试验表明, 此技术用于电厂旋风水膜除尘器的改造, 可将平均除尘效率由 92.55% 提高到 98.4%, 且对不同浓度的烟尘除尘效率比较稳定. 在处理烟气流量为 $10600 \text{ N m}^3/\text{h}$ 时, 阻力为 $800\sim 920 \text{ Pa}$, 高压电源的单位能耗为 $0.2 \text{ W} \cdot \text{h}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$.

关键词 静电旋风除尘, 旋风水膜除尘, 高压电极.

目前我国许多中小电厂仍采用旋风水膜除尘器, 其降尘效率一般为 90%—93%. 随着大气污染控制标准的提高, 对这些除尘器的更新和改造已成为亟待解决的问题. 若全部更换为静电除尘器, 会因造价高和占地面积大而难以实现. 采用静电旋风除尘技术, 在原有的旋风水膜除尘器中增设高压电极, 使其在离心力除尘机理基础上增加静电除尘机理, 可以在不增加占地面积的条件下, 以较少的投资有效地提高除尘效率, 从而达到国家对污染控制的要求.

1 静电旋风除尘机理

采用静电旋风除尘技术, 烟气常以筒体的切线方向从下部进入除尘器, 并沿筒壁螺旋上升. 烟气中的尘粒受离心力和静电力的共同作用被收集于筒壁, 且被沿壁下淌的水膜冲洗掉. 水膜既起清灰作用, 又是静电除尘的接地极. 烟气中的尘粒受力情况为:

$$F_e + F_c - F_d - F_i = 0 \quad (1)$$

其中 F_e 为静电力, F_c 为离心力, F_d 为气体的粘滞阻力, F_i 为惯性力. 将各种作用力的表达式代入(1)式得出:

$$qE_0 + mv^2/R - 6\pi\mu w - mdw/dt = 0 \quad (2)$$

式中, q 为尘粒荷电量, E_0 为收尘电场强度, m 为尘粒的质量, v 为尘粒旋转的平均线速度, R 为尘粒旋转的平均半径, a 为尘粒半径, μ 为气体粘滞系数, w 为尘粒向筒壁的驱进速度, t 为时间. 解此微分方程并根据除尘参数进行简化,

得出驱进速度表达式:

$$w = \frac{1}{6\pi\mu} (qE_0 + m \frac{v^2}{R}) \quad (3)$$

对于较大的粉尘(半径 $a > 1 \mu\text{m}$), 只考虑电场荷电的影响, 尘粒驱进速度为:

$$w = \frac{2\epsilon_0 E_0 E_p a}{3\mu} + \frac{2v^2 a^2}{9\mu R} \quad (4)$$

其中, ϵ_0 为真空介电系数, E_p 为荷电场强. 式(4)中等号后第 1 项为静电力的作用效果, 第 2 项为离心力作用效果. 对于较小粉尘(半径 $a < 1 \mu\text{m}$), 主要考虑扩散荷电的影响和 Cunningham 修正^[1], 且尘粒所受离心力可忽略, 得出尘粒驱进速度为:

$$w = \frac{E_p k T}{6\pi\epsilon_0 \mu} (1 + \frac{A_0 \lambda}{a}) \ln(1 + \frac{\pi a u N_0 e^2 t}{k T}) \quad (5)$$

式中, k 为玻尔兹曼常数, T 为绝对温度, u 为气体离子均方根速度, N_0 为离子密度, e 为电子电荷, t 为荷电时间, $(1 + A_0 \lambda/a)$ 为 Cunningham 修正系数, λ 为气体分子平均自由程.

由公式(4)和(5)可以看出, 在旋风水膜的离心力除尘机理基础上, 加静电收尘机理形成静电旋风除尘技术, 不仅能提高较大粉尘的驱进速度, 特别是对离心力无法收集的微小粉尘也具有显著的收集效果. 其收集效果亦符合 Deutsch 公式.

2 现场试验系统

* 国家“九五”科技攻关项目(96-910-02-01)
收稿日期: 1997-05-03

设计和制造的静电旋风水膜除尘试验装置总高度 5.7m, 筒体最大直径为 1m. 大小为热电厂现有旋风水膜除尘器的 1/3. 试验装置和现有旋风水膜除尘器保持相同的 v^2/R 比值(v 旋转烟气的平均线速度, R 旋转烟气的平均半径). 净化后的气体由筒体上部出口外排. 环形喷水管使筒体内壁产生均匀下淌的水膜, 不断冲洗内壁粉尘, 并经水封的卸灰管排出. 静电旋风除尘现场试验装置的安装系统如图 1 所示.

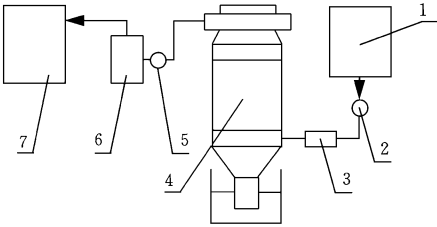


图 1 静电旋风除尘现场试验装置的安装系统
1. 3# 进风道 2. 进口测点 3. 插板阀门 4. 静电旋风除尘试验装置 5. 出口测点 6. 引风机 7. 4# 进风道

试验烟气由 6 号炉 3# 进风道 1 引进, 经插板阀门 3 进入试验装置, 净化后烟气从试验装置上端侧面排出, 经引风机进入 6 号炉 4# 进风道. 静电旋风除尘试验装置的进出口测量点均设置在稳定管段上, 如图 1 所示.

浓度测量采用 2 台 PND-32 型静压平衡内滤式采样装置, 在除尘装置出入口同时进行多点等速采样. 并采用标准毕托管、微压计和 U 型压力计测量烟气流速和阻力.

3 试验结果和讨论

3.1 现场试验装置和伏安特性

在标准试验条件下(锅炉负荷 210t; 烟气流量 10600Nm³/h; 水膜供水量 0.43t/h; 烟气温度 160 ; 烟气湿度 16%), 现场试验装置的伏安特性如图 2 所示.

此试验装置高压电极起晕电压为 30kV, 最高稳定工作状态为高压 78kV, 电流 1.7mA.

3.2 高电压对除尘效率的影响

在标准试验条件下, 高压对试验装置除尘效率的影响如图 3 所示.

在未加高压时, 试验装置中只有离心力除

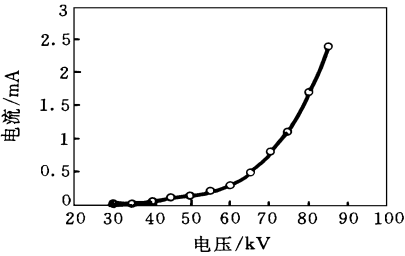


图 2 现场试验装置的伏安特性曲线

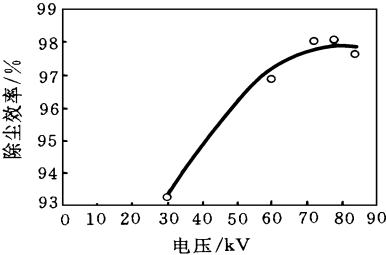


图 3 高电压对除尘效率的影响

尘机理起作用(仅相当于旋风水膜除尘器), 其除尘效率为 92.6%. 当高压达到起晕电压值(30kV) 以后, 静电除尘机理开始起作用, 且随着电压的升高除尘效率逐渐提高. 高压达到 78kV 时, 除尘效率达到 98%. 高压再升高, 因电晕放电不稳定效率反而下降. 最佳除尘高压值为 78kV (如图 3 所示), 对应平均场强为 2.6kV/cm.

根据静电除尘理论, 只要低于火花放电电压, 电晕放电电压越高(即平均场强越高), 则除尘效率越高. 本试验装置的平均场强只能达到 2.6kV/cm, 这是由于高压电极的安装稳定性欠佳, 在旋转气流中有一定晃动. 若对实际旋风除尘器进行改造, 较大的安装空间有利于高压电极的稳定, 平均场强不难达到 3kV/cm 以上, 从而进一步提高除尘效率.

3.3 处理风量对除尘效率的影响

在标准试验条件下, 高压加至 77- 78kV 时, 改变处理风量导致试验装置的除尘效率变化如图 4 所示.

试验表明, 若处理风量过大, 则增加了试验装置的除尘负担, 效率有所下降. 而处理风量偏

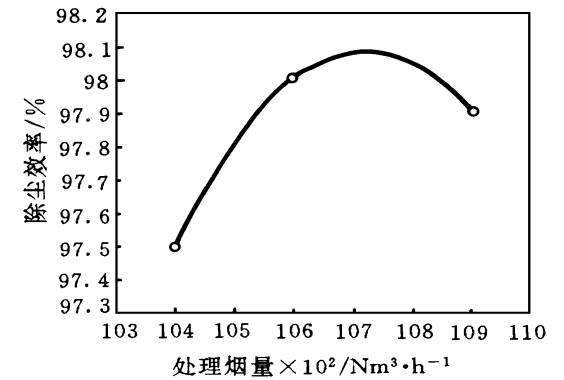


图4 处理烟量对除尘效率的影响

小,则试验装置进口速度降低,试验装置内不能形成良好的气流旋转条件,部分气体不能沿筒壁旋转上升,而是经旋风筒体中央部分直接上升,从而2种除尘机理均不起作用,导致除尘效率下降.故处理烟气量应适宜,最佳处理烟气量略高于 $10600\text{Nm}^3/\text{h}$.

3.4 锅炉负载对除尘效率的影响

在标准试验条件下,高压加至77kV左右时.改变锅炉负荷对试验装置的除尘效率的影响如图5所示.

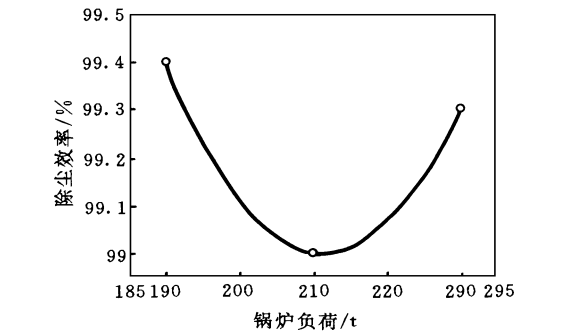


图5 锅炉负荷对除尘效率的影响

试验表明,在锅炉负荷变化范围内,除尘效率比较稳定.除尘效率存在一最低值,为98%,而较大或较小的负荷变化均可获得更大的除尘效率.锅炉负荷的增加会引起烟尘浓度的提高.静电旋风水膜除尘性能在高烟气浓度条件下获得较高除尘效率,和湿式静电除尘器能防止电

晕阻塞现象是一致的^[2].

3.5 水量对除尘效率的影响

在标准试验条件下,高压加至75kV,调节环形喷水管的水量,得出水量和除尘效率的关系如图6所示.从图6可以看出,水量小时除尘效率低,这是由于此时水膜没能覆盖全部筒壁,这相当于减少了静电除尘的收集面积.适当加大水量对提高效率有利.但当水量达到 1.6t/h 时,大水量引起水的飞溅,可能导致偶尔产生火花放电现象,影响除尘器的正常运行.

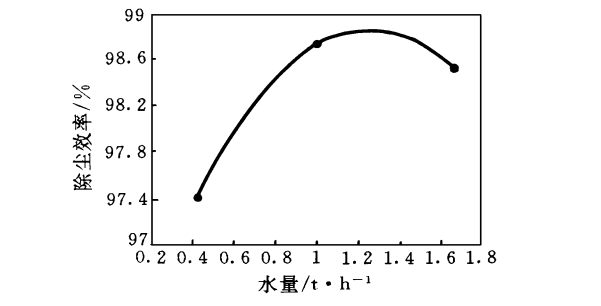


图6 水量对除尘效率的影响

4 结论

(1) 在多种工况条件下,静电旋风除尘现场试验装置平均的除尘效率为98.4%,比原有旋风水膜除尘平均效率(92.55%)提高了5.85%.

(2) 静电旋风除尘技术.在处理烟气量为 $10600\text{Nm}^3/\text{h}$ 条件下,高压电源的单位能耗为 $0.2\text{W} \cdot \text{h} / (\text{m}^3 \cdot \text{h})$,除尘试验装置阻力为 $800 - 920\text{Pa}$,较旋风水膜除尘运行费用增加甚微.

(3) 静电旋风除尘技术能在不同烟气浓度条件下,保持较稳定的除尘效率.

参 考 文 献

1 谭天佑,梁凤珍.工业通风除尘技术.北京:中国建筑工程出版社,1984: 56
2 Beltran M R. Proceedings of the 2nd International Conference. Beijing: Institute of Technology Press, 1993: 359

azo-dye aqueous solutions. The photodegradation products of phenol were also determined.

Keywords: photochemistry, photodegradation, wastewater treatment, oil refinery wastewater, coking industry wastewater, phenol.

The Preliminary Study on The Mechanism of Dyes Waste Water Treatment with ACF Electrode

Jia Jinping et al. (Dept. of Applied Chem., Shanghai Jiao Tong Univ., Shanghai, 200240): *Chin. J. Environ. Sci.*, **18**(6), 1997, pp. 31—34

In this article, a new type of electrode made of ACF to treat several simulated dye waste water was studied. Under the electrolytic voltage ranged from 15V to 25V, all the wastewater's chromaticity removals are near 100%, with COD removals within 30%—80%. And the reaction mechanism were figure out preliminarily by various characterization means such as IR, UV, spectrofluorimetry and TOC. Mainly, it may be that the treating processes involve radical reaction and coagulation simultaneously. The radical reaction can combine several organic molecules by radical coupling, so the larger molecule can be coagulated easily.

Keywords: active carbon fiber, electrode, electrochemistry, dyes waste water, reaction mechanism.

Determination and Discussion of Hydraulic Retention Time in Membrane Bioreactor System

Zhang Shaoyuan, Wang Jusi et al. (Research Center for Eco-Environ. Sci., Chinese Academy of Sci., Beijing 100085): *Chin. J. Environ. Sci.*, **18**(6), 1997, pp. 35—38

Based on the microorganism kinetic model the formula for computing the hydraulic retention time in the membrane bioreactor system (MBR) is derived, and then influencing factors of MBR are discussed. The results showed that the influencing factors are listed in order from strength to weakness as maximum specific removal rate K , saturation constant K_s , maintenance coefficient m , net bacteria yield coefficient Y_c and maximum specific growth rate μ_m . Finally, the formula is simplified and its simple form is as follows: $T = 1.1 \times (1/\beta -$

$1) (K_s + L) / K S_0$.

Keywords: membrane bioreactor, wastewater treatment, hydraulic retention time, microbial kinetic model, kinetic constant, operation constant.

The Pilot Test of Electrostatics-cyclone Precipitation Technology

Xu Dexuan and Qu Zhihe (Institute of Electrostatics, Northeast Normal University, Changchun 130024): *Chin. J. Environ. Sci.*, **18**(6), 1997, pp. 39—41

The mechanism of electrostatics-cyclone precipitation technology has been researched in this paper. The pilot demonstration showed that this technology, using to improve the wet cyclone precipitator of power station, can heighten the precipitation efficiency from 92.55% to 98.4%. The precipitation efficiency for different concentration of flue gas is quite stable. When the gas flow is $10600 \text{ Nm}^3/\text{h}$, the resistance is 800—920 Pa and the consumption per unit flow of high voltage power supply is $0.2 \text{ W} \cdot \text{h} / (\text{m}^3 \cdot \text{h})$.

Keywords: electrostatics-cyclone precipitation technology, wet cyclone precipitation, high voltage power.

A Study of Sulfate Reducing Bacteria in Two Phase Anaerobic Process of UASB Reactors

Zhu Jianrong et al. (Dept. of Environ. Eng. Tsinghua Univ., Beijing 100084): *Chin. J. Environ. Sci.*, **18**(6), 1997, pp. 42—44

This paper described the properties of numeration and distribution of sulfate reducing bacteria (SRB) in two phase process of UASB reactors. Using Hungate anaerobic technique and MPN determination method, it was showed that SRB of acidogenic phase are $2.0 \sim 5.7 \times 10^6$ cells/ml, and the population of SRB in methanogenic phase are $0.93 \sim 9.3 \times 10^7$ cells/ml. The difference of SRB between acidogenic and methanogenic phase is about 1 order of magnitude. The numeration of SRB in single UASB reactor is similar to that of methanogenic phase. The distributions of SRB exhibited that the bacterial population of acidogenic and methanogenic phase are 7.5×10^5 and 4.3×10^5 in upper layer of suspended mixed liquids, and 2.5×10^6 and 2.5×10^7 cells/ml in lower layer of anaerobic sludge, re-