

文章编号: 1005- 8893 (2006) 03- 0016- 04

新型液相介质气体净化器脱硫效率初探和 优化实验设计研究*

李定龙¹, 张杨帆¹, 王伟强², 杨家华²

(1. 江苏工业学院 环境与安全工程系, 江苏 常州 213164; 2. 河海水环境工程公司, 江苏 常州 213000)

摘要: 新型液相介质气体净化器是一种复合净化机理的针对中小型燃煤工业锅炉的脱硫除尘一体化装置, 通过初步应用表明, 其脱硫效率可达 70% 以上, 整个系统运行稳定可靠。但是由于没有建立参数优化标准, 制约了其市场化应用前景, 所以本文也探讨了优化实验设计。

关键词: 气体净化器; 脱硫; 初步应用; 工业锅炉; 实验研究

中图分类号: X 703

文献标识码: A

Primary Study of the Desulphurization Efficiency of a New Type of Air- Purifier and Optimization Experiment Design

LI Ding-long¹, ZHANG Yang-fan¹, WANG Wei-qiang², YANG Jia-hua²

(1. Department of Environmental and Safety Engineering, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213164, China; 2. Hehai Environmental Company, Changzhou 213000, China)

Abstract: A new air- purifier was designed and preliminary study revealed that 70% of SO₂ can be removed at pH 5 with a *L/G* ratio of 25 when this air- purifier was applied to a power plant. However, the absence of working parameters limited its commercialization. To optimize the factors affecting the removal efficiency of SO₂, an optimization experiment was designed.

Key words: air purifier; flue gas desulphurization; primary application; industry boiler; experimental investigation

二氧化硫的污染是我国大气污染的主要来源之一^[1]。我国是燃煤大国, 在一次性能源消费量及构成中, 煤所占的比例高达 70%, 而 SO₂ 排放量的 90% 来自于燃煤^[2]。据统计, 我国的二氧化硫排放量中, 中小型燃煤锅炉排放量占工业总排放量的 45% 左右^[3]。因此, 控制中小型燃煤锅炉 SO₂ 排放, 对于控制我国大气污染, 改善大气质量有着重要作用^[4]。

我国对于中小型燃煤锅炉烟气脱硫技术十分重视, 但由于多种原因至今尚无国内自行研制的烟气脱硫装置投入大规模工业化运行^[5]。随着环境形式的日趋严峻, 不少专家和工程技术人员在此方面进行了有益的探索。本课题组开发出一套新型液相介质气体净化装置, 并已申报国家专利。该装置采用独特的设计使得气体与液体之间的接触面积大大增加, 使得气体和液体充分接触, 从而提高脱硫效

* 收稿日期: 2006- 04- 28

作者简介: 李定龙 (1963-), 男, 安徽全椒人, 教授, 博士。

率, 同时降低能耗, 显示出良好的开发应用前景。

1 初步应用与探讨

1.1 脱硫效率

净化器连续运行 6 h, 以焚烧炉稳定工作段作为检测时段, 利用进出口烟气中 SO_2 的质量浓度计算脱硫效率。计算式如下:

$$\eta = \frac{c_1 - c_2}{c_1} \times 100\%$$

式中: η — 脱硫效率, %; c_1 — 进气中 SO_2 质量浓度, mg/m^3 ; c_2 — 出气中 SO_2 质量浓度, mg/m^3 。计算结果见表 1。

表 1 脱硫效率

Table 1 Desulfurization efficiency

测点	气体流量 $/\text{Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	进口 SO_2 质量浓度 $/(\text{mg}/\text{m}^3)$	出口 SO_2 质量浓度 $/(\text{mg}/\text{m}^3)$	脱硫效率 $/\%$
1	557	30	7	70
2	567	35	11	69
3	557	40	11	73
4	587	38	12	71
5	579	42	12	72

初步应用结果表明, 该净化器脱硫效率基本能达到 70% 以上, 系统运行安全可靠, 性能稳定, 显示出良好的应用前景。虽然与现有的一些湿式脱硫技术的脱硫效率^[6]相比较低, 但是经过优化该净化器的工作条件, 该净化器的脱硫效率会有较大提高。

1.2 液气比的影响

液气比对脱硫效率的影响见图 1。

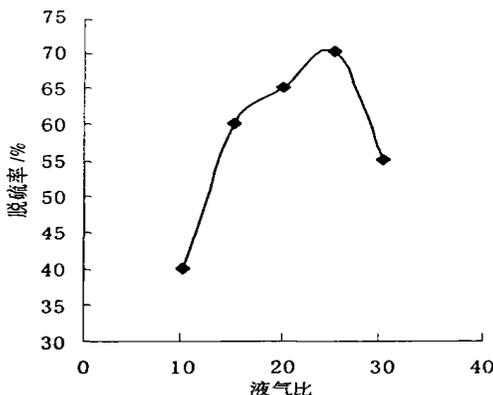


图 1 液气比对脱硫效率的影响

Fig. 1 Influence of L/G ratio on the desulfurization efficiency

从图 1 可以看出, 在进口 SO_2 质量浓度, pH 基本稳定的情况下, 液气比越大脱硫效率越高, 当液气比增加到一定程度时, 脱硫效率基本稳定, 这是因为当液气比越大, 单位时间内进入脱硫装置的石灰水越多, 其碱性物质也越多, 被吸收 SO_2 的量越多; 但从图中可看出, 并非液气比越大越好, 因为停留时间会随着液气比的增加而减小, 削减了传质效率提高对 SO_2 吸收有利的强度; 若减少吸收剂用量, 即减少液气比时, 出口浆液 pH 降低, 再循环进入脱硫装置时吸收推动力减少, 要想达到理想的脱硫效率, 就有必要增加碱性物质的加入量, 从而使投资增加。由化学平衡理论可知, 无限地增加碱性物质的量, 并不能使脱硫效率达到 100%。实验结果表明液气比适当的操作范围为 15 ~ 25。

1.3 pH 的影响

利用车间的酸洗废液作为脱硫循环吸收液, 对 pH 的影响进行了研究。pH 对脱硫效率的影响见图 2。

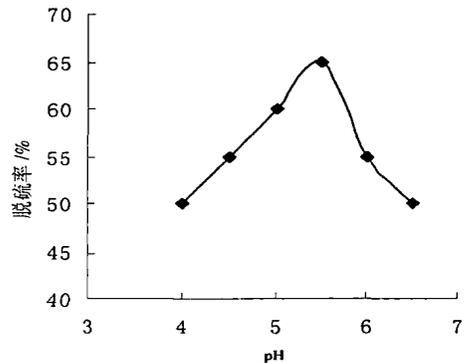


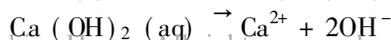
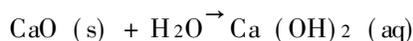
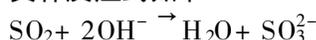
图 2 pH 对脱硫效率的影响

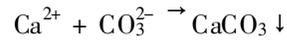
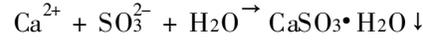
Fig. 2 Effect of pH on the desulfurization efficiency

不同 pH 下石灰石湿法脱硫反应机理可以分成以下几个阶段:

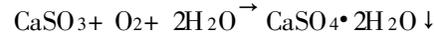
(1) 气液传质, 水合和离解过程, 即 SO_2 进入液相生成含硫阴离子。

(2) 体系 $\text{pH} > 7 \sim 8$ 时, 在此 pH 范围内液相中含硫阴离子主要是 SO_3^{2-} , 浆液中的脱硫剂主要是 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 它离解出 Ca^{2+} 和 OH^- , 液相中的 H^+ 与离解出来的 OH^- 发生酸碱中和反应生成水分子, 离解出的 Ca^{2+} 与 SO_3^{2-} 生成 $\text{CaSO}_3 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ 。具体反应式如下:





此外，由于烟气及吸收液中的氧气存在，又发生如下反应：



由于 $CaSO_3 \cdot H_2O$ 和 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ 在水中的溶解度都很小，很容易达到饱和和结晶出来，所以 pH 过高容易结垢。

(3) 体系 $pH < 7 \sim 8$ 时，在此 pH 范围内液相中含硫阴离子主要是 HSO_3^- 。在这阶段，溶液中的脱硫成分主要为 $CaSO_4 \cdot 1/2H_2O$ ，它离解出的 SO_3^{2-} 与溶液中的 H^+ 生成 HSO_3^- ， HSO_3^- 则与 Ca^{2+} 结合成 $Ca(HSO_3)_2$ 。

生成的 $Ca(HSO_3)_2$ 溶解度较大，不存在过饱和和结晶析出的问题，同时，在此 pH 范围内， CO_2 在水中的溶解度很小，几乎不会生成 $CaCO_3$ ，所以，这个阶段一般不会产生结垢^[7,8]。所以，为了避免结垢的产生，并且尽可能的提高脱硫效率，pH 一般控制在 5.0~ 5.5。

通过初步应用表明，该净化器脱硫效率能达到 70% 以上，运行稳定，显示出良好的市场应用前景；但是由于前期缺乏实验研究，还没有建立参数的优化标准，制约了其标准化和市场化推广；需要通过实验对净化器的净化特性作进一步的研究和探讨。

2 实验装置和构想

为了观察和研究该装置脱硫的过程和优选操作参数，在实验室内进行了此装置的脱硫实验研究。

2.1 实验装置

本实验中的主要装置为焚烧炉和气体净化器。

2.1.1 焚烧炉

为模拟烟气产生的真实状态，减少实验结果与真实工况的差异，特设计制造了此焚烧炉，来作为烟气发生器，其构造见图 3。

此焚烧炉设计燃煤量为 30 kg/h；炉本体采用立式拱型结构，外壳采用水夹套双层钢材构架，内部选用优质耐火砖，提高热效率，炉内温度高；在燃烧供氧的设计上，采用炉排底部喷风，上部耐火炉墙内设有喷风嘴（材质为耐高温不锈钢），其独有的供风方式使炉内燃烧更快捷、更充分；正常运行时炉内呈微负压，保证了运行的安全性；炉体外

部采用水套保护炉体外壳钢板，同时产生热水供生活使用。内衬耐火材料，具有蓄热作用，可以提高炉温，使燃烧更彻底。

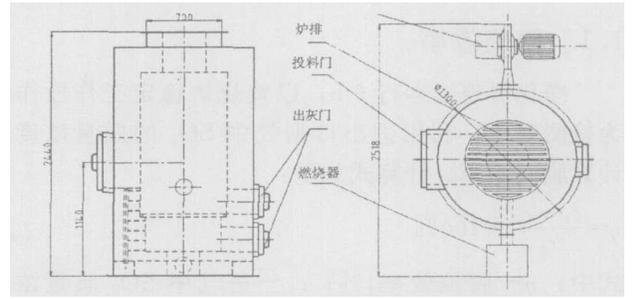


图 3 焚烧炉构造图

Fig. 3 Structure of the incinerator

2.1.2 气体净化器

该净化器把传统的气液接触方式由喷淋式改为冲击式，通过筛网盘这一独特设计，大大改善了气液传质条件，增大了气液接触面积，不仅保证了对亚硫酸根离子完全的氧化，而且提供了脱硫所需要的吸收液的再循环和湍流状态，从而提高了对气体的净化效率。其构造见图 4。

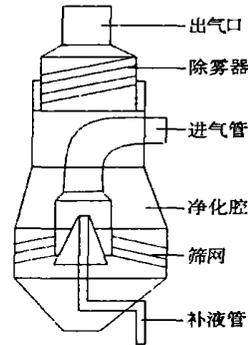


图 4 净化器构造图

Fig. 4 Structure of the air-purifier

2.2 实验方案

2.2.1 实验流程

实验系统流程（图 5）设计为：焚烧炉产生烟气，烟气流量由流量计控制；经袋式除尘器和换热器除尘、降温后，进入气体净化器，与净化器底部的吸收液相遇，发生吸收反应。净化器的筛网加强了这种吸收效果。同时，烟尘也被清除，净化后的烟气经除雾器除雾后，由引风机送入烟道排出。为防止烟气中二氧化硫浓度过低难于检测，实验流程中预备二氧化硫钢瓶，气体流量由计量阀控制；废水处理采用循环系统，气体吸收液由溢流进入循环水漕中，在漕中进行曝气和调节 pH，再由循环水泵送入净化器中使用，从而有效防止二次污染。

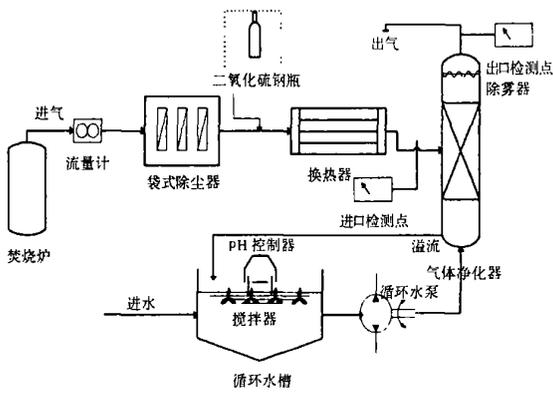


图 5 实验流程图

Fig 5 Experiment flow chart

2.2.2 实验项目

①液相介质特性对脱硫效率的影响。②温度、压力、流速、烟尘浓度、筛网数目对脱硫效率的影响。

3 结论

①该装置脱硫除尘工艺新, 流程简单, 性能稳定, 管理方便, 具有良好的应用前景。②现场初步

实验表明, 装置的脱硫效率能达到 70%, 较佳的运行参数为液气比为 15~25; pH 为 5.0~5.5。③对该装置的脱硫机理进行了探讨。④为了进一步优化该装置的脱硫效率, 本文对于优化实验的工艺流程和设备结构进行了设计。

参考文献:

- [1] 王汉臣. 大气保护与能源利用 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1992.
- [2] 冯玲, 杨景玲, 蔡树中, 等. 烟气脱硫的应用及发展现状 [J]. 环境工程, 2001, 15 (2): 19-24.
- [3] 张慧明. 环境保护 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1994.
- [4] 赵以忻, 向百琴, 仲良喜, 等. 北京市锅炉烟气脱硫设备的现状评价 [J]. 环境科学学报, 2001, (1): 52-56.
- [5] 钟秦. 燃煤烟气脱硫脱硝技术及工程实例 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [6] 鲁萌, 石亚东, 曹勇. 湿式除尘脱硫一体化技术在电厂中的应用设计 [J]. 吉林电力, 2003, 2: 12-15.
- [7] Lancia A. Analysis of Relevant Steps in Wet Flue Gas Desulfurization Processes Using Limestone Slurries [J]. Intem Environ Studies, 1999, 41 (1/2): 27-41.
- [8] Yeh J.T. Integrated Testing of the NO_x and SO_2 Process- Simultaneous Removal of SO_2 and NO_x from Flue Gas [J]. Chem Eng Comm, 1998, 114: 65-88.