

尿素湿法烟气脱硫研究

黄建洪¹, 岑超平¹, 张德见¹, 宁平²

(1. 国家环境保护总局 华南环境科学研究所, 广东 广州 510655;

2 昆明理工大学 环境科学与工程学院, 云南 昆明 650093)

摘要: 研究了填料、液气比、烟气温度、吸收液 pH 值、烟气停留时间、烟气 SO₂ 浓度等对尿素湿法烟气脱硫效率的影响. 实验结果表明烟气温度在 60~100℃, 吸收液 pH 值在 8 左右, 停留时间约为 2 s, 液气比为 3 时的烟气脱硫综合效果最佳.

关键词: SO₂ 烟气; 尿素; 湿法脱硫

中图分类号: X701.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2006)03-0058-03

Study on Flue Gas Desulfurization by Urea Solution

HUANG Jian-hong¹, CEN Chao-ping¹, ZHANG De-jian¹, NING Ping²

(1. South China Institute of Environmental Science, SEPA, Guangzhou 510655, China;

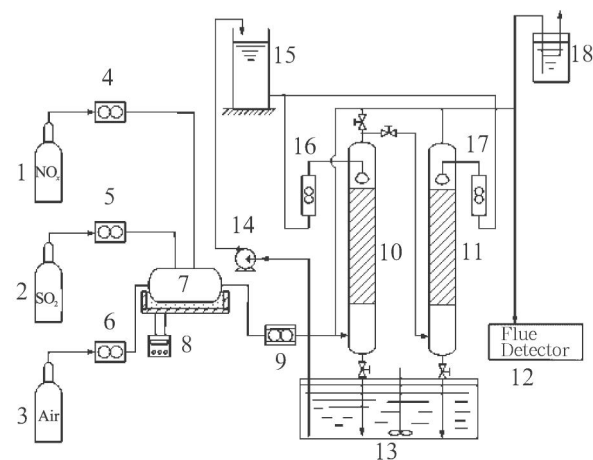
2. Faculty of Environmental Science and Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstract: Factors of packing kinds, liquid and gas ratio, flue gas temperature, urea solution pH value, remained time and SO₂ concentration of flue gas which have effects on flue gas desulfurization (FGD) by urea solution are studied. Results show that the optimal conditions for FGD by urea solution are that flue gas temperature is 60~100℃, urea solution pH value is about 8, remained time in packing column is 2 s and liquid and gas ratio is 3.

Key words: SO₂ flue gas; urea solution; wet desulfurization

0 引言

我国是一个煤储量丰富的国家, 煤炭占一次能源的 75%, 能源消耗结构对煤的过分依赖导致了环境污染的加剧. 煤炭燃烧烟气所含烟尘、SO₂、氮氧化物等有害物质是造成大气污染、酸雨和温室效应的主要根源^[1], 为了控制 SO₂ 污染, 我国已经制定了 SO₂ 控制区和酸雨控制区的“两控区”规划, 以逐步解决我国的酸雨和 SO₂ 的污染问题. 目前国内外湿法烟气脱硫的成熟技术主要有石灰石-石膏法、双碱法、海水脱硫法、氨吸收法、氧化镁法等, 其中石灰石法所占比重较大^[2]. 尿素湿法烟气脱硫作为一项新的湿法脱硫技术具有潜在的研究价值^[3].



1. NO_x 2. SO₂ 3. 压缩空气; 4, 5, 6, 9, 16, 17. 流量计; 7. 混合器; 8. 砂浴; 10, 11. 吸收塔; 12. 烟气分析仪; 13. 吸收液储槽; 14. 循环泵; 15. 高位储液槽; 18. 尾气吸收瓶

图1 尿素湿法烟气脱硫实验装置图

Fig.1 Flow chart of FGD system by urea absorbent

收稿日期: 2005-07-14. 基金项目: 科技部 863 计划资助项目 (项目编号: 2002AA529160).

第一作者简介: 黄建洪 (1978~), 男, 工学硕士. 主要研究方向: 环境工程的研究与设计. E-mail: huangjianhong78@163.com

1 实验部分

1.1 实验装置

实验烟气为模拟烟气,即将压缩空气、SO₂和 NO_x按实际烟气的比例进行混和.本实验的模拟烟气浓度由进吸收塔前的检测口检测以减小误差.烟气温度由恒温砂浴控制,吸收反应塔的排液管上有阀门,实验过程根据测定参数的需要可以关闭排液阀.一定浓度的尿素吸收液由塔顶往下流入填料层,模拟烟气则由塔底往上进入填料层与吸收剂接触进行反应,净化后的烟气经过尾气吸收瓶净化后排放,反应后的吸收液回收分析检测或用水浴干燥后制成产品分析检测.实验装置如图 1 所示.

1.2 分析方法

烟气成分检测采用英国 KANE 的 KM9106 型烟气分析仪. SO₂ 去除率,即脱硫率 (DS) 按如下公式计算:

$$D_s = \frac{C_{SO} - X_{St}}{C_{SO}} \times 100\%$$

式中, C_{SO} 为吸收塔进口处检测的 SO₂ 浓度 (mg/m³), X_{St} 为吸收塔出口处检测的 SO₂ 浓度 (mg/m³).

2 结果与讨论

2.1 液气比对 SO₂ 去除率的影响

烟气中 SO₂ 的浓度为 1 800 mg/m³,烟气温度为 20 ℃,填料层高度均为 80 cm,尿素吸收液浓度为 6%,气速为 0.4 m/s 如图 2 所示为 16 mm × 16 mm 的不锈钢鲍尔环与 10 mm × 10 mm 的陶瓷拉西环两种填料的不同液气比与烟气中 SO₂ 去除率的关系,从图中可以看出,在液气比小于 1 时,鲍尔环与拉西环的脱硫率基本相同,这是因为在低液气比情况下两种填料表面都未全部被利用,而在液气比大于 2 时,鲍尔环的效率明显比拉西环要高,这是由于液气比大于 2 时两者的表面全部被润湿,因此比表面积大的鲍尔环所能提供的反应接触面积比拉西环要大的缘故.同时从图中还可以看出尿素湿法烟气脱硫的最佳液气比应该在 2.0 ~ 3.0 之间.

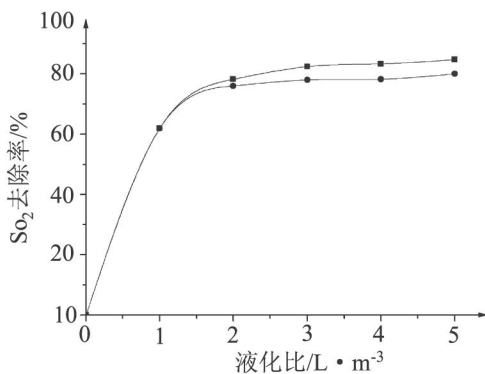


图2 液气比与SO₂去除率的关系

Fig.2 The relation between liquid and gas ratio and SO₂ removal ratio

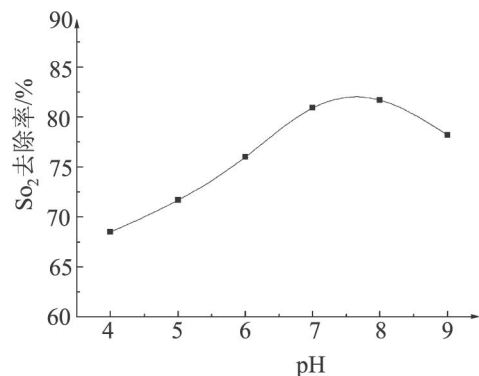


图3 吸收液pH值与SO₂去除率的关系

Fig.3 Therelation of absorbent pH and SO₂ removal ratio

2.2 吸收液 pH 值对烟气脱硫率的影响

如图 3 所示为在温度为 20 ℃ 时尿素吸收液的初始 pH 值与 SO₂ 去除率的关系,由图中可以看出,在 pH 值小于 7 的情况下,SO₂ 的去除率均小于 80%,在 pH 值为 7.5 到 8 时的 SO₂ 去除率最高为 82% 左右,这是因为酸性条件下 SO₂ 在尿素水溶液中的溶解度减小,使气相扩散速率成为脱硫率的控制因素,而 pH 值过大使尿素分解出 NH₃ 而使脱硫率降低,实验结果表明 pH 值为 8 左右为最适宜值.

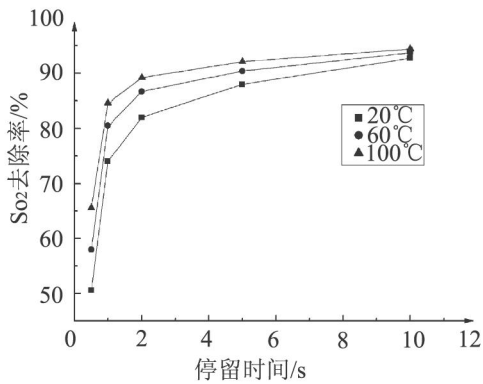


图4 不同温度下SO₂去除率与停留时间的关系
Fig.4 The relation between remained time and SO₂ removal ratio under different temperature

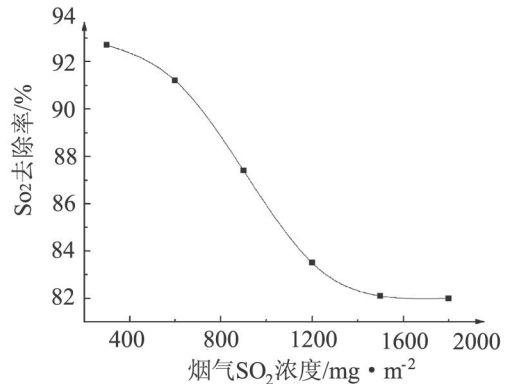


图5 进口烟气SO₂浓度与脱硫率的关系
Fig.5 The relation of SO₂ inlet concentration and desulfurization ratio

2.3 停留时间对烟气脱硫率的影响

烟气在填料层内的停留时间是影响烟气脱硫率的一个重要因素,也是设计填料吸收塔的一个重要参数.图4所示为温度为20、60和100时,停留时间对烟气脱硫效率的影响,由图可知,尿素湿法烟气脱硫效率随烟气温度的升高而增大,但是随着温度的升高,温度对脱硫的贡献率减小.停留时间大于5s时,增大停留时间对烟气脱硫率的影响不明显,说明此时气相扩散速率成为脱硫的控制因素.考虑实际应用要求,较适宜的烟气温度应该在60~100之间,停留时间约为2s.

2.4 烟气中SO₂浓度对脱硫率的影响

烟气中SO₂浓度对脱硫率的影响如图5所示,从图中可以看出,烟气脱硫率随着SO₂浓度的升高而降低,在低浓度段较为明显而在浓度大于1500mg/m³时则不明显,这说明在低浓度段气相扩散速率成为脱硫率的控制因素,而在高浓度段则液相中的化学反应速率成为控制因素,与文献^[4]的结果一致.

3 结论

尿素湿法烟气脱硫技术作为一项资源化治理技术具有良好的研究前景,其对烟气的脱硫效果与许多因素有关,本文主要从研究烟气脱硫率与几个实际操作参数的关系中得出如下结论:

- 1) 吸收反应塔的填料应尽可能采用比表面积大并且符合实际操作要求与经济指标的填料,烟气在填料层的停留时间不低于2s;
- 2) 6%尿素吸收液的pH值应控制在8左右;
- 3) 较适宜的烟气温度为60~100.

参考文献:

- [1] 姚雨,郭占成,赵团. 烟气脱硫脱硝技术的现状与发展[J]. 钢铁, 2003, 18(1): 59 - 63.
- [2] 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: 39 - 40.
- [3] 岑超平,古国榜. 尿素湿法烟气同时脱硫脱氮反应热力学分析[J]. 环境科学与技术, 2004, 27(5): 7 - 12.
- [4] 岑超平,古国榜. 尿素湿法烟气同时脱硫脱氮研究()吸收反应中尿素消耗的动力学方程[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2004, 32(1): 37 - 40.