

试验研究

氨法脱硫试验研究分析

高善彬¹, 鲁希振²

(1. 山东电力工程咨询院有限公司, 山东, 250013;

2. 大唐黄岛发电有限责任公司, 266500)

摘要: 为研究氨法脱硫中气液比、吸收液 pH 值、吸收液浓度以及进口烟温对脱硫效果的影响, 设计了一套实验台, 以亚硫酸铵为吸收剂进行了实验研究和分析。结果表明, 气液比越小, 脱硫效率越高; 吸收液 pH 值越大, 脱硫效果越好; 脱硫效率随吸收液浓度的增大先增加后减小, 中间存在最大值; 而温度对脱硫效果的影响不大。同时可根据此结果, 气液比选择在 0.2~0.25L/m³ 范围, pH 值选择为 6~7.5 范围, 吸收液浓度为 5.5% 左右时, 可使脱硫效果达到最好。

关键字: 氨法脱硫; 亚硫酸铵; 影响因素; 脱硫效果

中图分类号: X773

文献标识码: A

文章编号: 1006-8159(2012)04-0027-03

EXPERIMENTAL STUDY AND ANALYSIS OF DESULPHURIZATION BY AMMONIA METHOD

SHAN Bin Gao¹, XI Zhen Lu²

(1. Shandong Electric Power Engineering Consulting Institute Corporation, Shan Dong,

250013; 2. Datang Huangdao power generation limited liability company)

Abstract: To study the effect of desulphurization from gas/liquid ratio, pH value and concentration of absorption liquid, and entrance temperature of flue gas, the paper designed an experimental plant and made the experimental study and analysis. Results showed that the smaller of the gas/liquid ratio was, the higher of the efficiency of desulphurization would be. With the pH value of absorption liquid increasing, the efficiency of desulphurization would also go up. While it would increase first and then go down if the concentration of absorption liquid got higher and there would be a maximum. The temperature of flue gas had little impact on the efficiency of desulphurization. Meanwhile, it would make the the efficiency of desulphurization get better if the gas/liquid ratio was chosen at 0.2~0.25L/m³, pH value at 6~7.5 and concentration of absorption liquid at about 5.5%.

Keywords: Desulphurization by Ammonia Method; ammonium sulfite; effect factor; efficiency of desulphurization

0 引言

随着我国经济的快速发展, 在最近二三十年中, 能源的需求量也在不断增长, 作为一次能源的

煤炭, 在相当长的时期内仍然是我国主要能量来源。目前, 中国电力能源结构中, 煤电约占 3/4, 而且在今后相当长的时期不会有很大的变化。燃煤电厂在将一次能源煤炭转换为二次能源电力的过程中, 会产生废气、废水、灰渣及噪声等污染物, 其废气中的 SO₂ 是大气的主要污染物之一, SO₂ 的

收稿日期: 2012-02-12

作者简介: 高善彬(1980-), 男, 山东, 学历, 硕士, 研究方向为电厂脱硫脱销

大量排放既严重污染环境又造成硫资源的巨大浪费。2002年,全国废气中SO₂排放总量为1 926.6万吨,其中工业来源的排放量1 562.0万t,生活来源的排放量364.6万t。部分城市SO₂污染严重,南方地区酸雨污染较重,酸雨控制区内90%以上的城市出现了酸雨。为进一步贯彻环境保护基本国策,实施可持续发展战略,落实《2010年远景目标纲要》,中国政府近年来出台了《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国大气污染防治法》等一系列法规和标准。“十五”计划规定,2005年后“两控区”内的SO₂排放量要减少20%。因此,脱硫工程的建设属于当前国家重点鼓励和发展的项目,项目的建设是符合国家产业政策的^[1]。

目前世界各国研究开发的脱硫技术达200多种,这些技术按燃烧过程可分为三大类:燃烧前脱硫、燃烧中脱硫、燃烧后脱硫,即烟气脱硫(FGD)。后一种脱硫技术是目前应用最广、效率最高的脱硫技术。烟气脱硫按工艺特点可分为干法,半干法和湿法三大类。湿法脱硫主要为石灰/石灰石法^[2-3]、钠碱双碱法、钠盐循环法、碱式硫酸铝-石膏法等^[4-8],其优点是脱硫率高、操作稳定且经验多,但存在着易造成二次污染,脱硫后的烟气需再加热,易造成腐蚀和结垢等问题。而氨法脱硫技术将回收的二氧化硫、氨全部转化为化肥,不产生任何废水、废液和废渣,没有二次污染,是一项真正意义上的将污染物全部资源化,符合循环经济要求的脱硫技术,具有高效、低能耗、防腐蚀以及运行可靠等优点。因此,本文针对氨法烟气脱硫的主要影响因素进行了模拟实验,研究其对脱硫效率的影响。

1 实验设计

为了研究氨法脱硫特性,搭建了一套实验系统,如图1所示。实验空气由风机供给,经缓冲箱后与SO₂气体混合形成烟气,SO₂由SO₂钢瓶提供,用于调节烟气中的SO₂至所需的浓度。SO₂和烟气在混和室内充分混和后,进入脱硫塔。塔径为150 mm,塔高1.5 m,塔内装有3级旋流板,脱硫塔顶部装有高效除雾器。

额定烟气量150~300 L/min,并用烟气分析仪(德国德图TESTO 350Pro烟气分析仪)测量烟气中SO₂的浓度。其中脱硫液水中亚硫酸铵作为吸收液,大部分的SO₂都会在脱硫塔中和氨水反应,

从而被吸收。

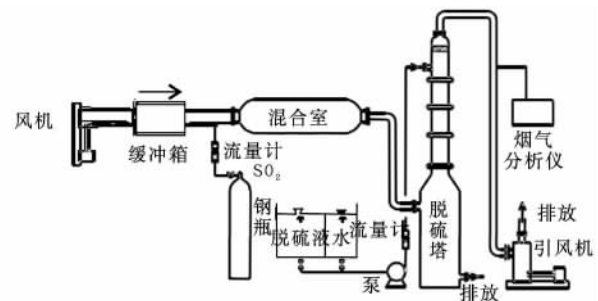


图1 氨法脱硫实验系统

2 氨法脱硫的原理

烟气与氨水在脱硫塔某一特定位置内混合发生脱硫反应,生成亚硫酸铵,亚硫酸铵溶液流入脱硫塔底部的氧化段,用氧化风机送入的空气进行强制氧化,将亚硫酸盐氧化成硫酸盐;氧化后的吸收液经泵送入脱硫塔浓缩段进行浓缩结晶,形成固含量5%~10%的硫酸铵浆液;硫酸铵浆液经硫酸铵泵送入硫酸铵系统。脱硫后的净烟气经除雾器除去烟气中携带的液沫和雾滴,再经塔顶烟囱直接排出。工艺水从塔顶补入,既冲洗除雾器又保持系统的水平衡。其化学反应原理为^[9-10]:



3 实验结果分析

氨法脱硫工艺运行稳定阶段的脱硫剂是亚硫酸铵,这是脱硫工艺的主要部分。本文以亚硫酸铵为吸收剂进行实验和分析,讨论影响氨法脱硫效果的影响因素,主要考察气液比、吸收液PH值、吸收液浓度以及进口烟温对脱硫效率的影响。

3.1 气液比对脱硫效率的影响

亚硫酸铵吸收液的气液比对脱硫效率的影响见图2所示,其中烟气量为160 m³/h,SO₂浓度为2 650 mg/m³,亚硫酸铵浓度为5%,气温为30℃。

由图2可知,氨法脱硫效率与气液比大致成线性关系,而且随着气液比的增大,脱硫效率逐渐降低。气液比高时,吸收液不够多,导致其与烟气中的二氧化硫接触面积比较小,传热系数低,反应时间短,从而有比较大一部分二氧化硫没有被吸

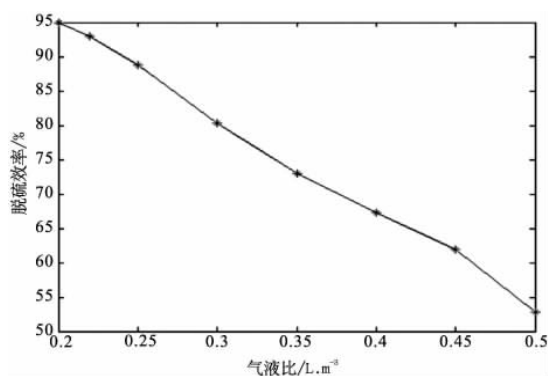


图2 气液比与脱硫效率关系

收,所以导致二氧化硫脱硫效率低。最低时,气液比为 0.5 L/m^3 ,脱硫效率只有 53% ,而当气液比达到 0.2 L/m^3 时,脱硫效率可以上升到 96% 。

3.2 吸收液 PH 值与脱硫效率的关系

在烟气量为 $160 \text{ m}^3/\text{h}$, SO_2 浓度为 2650 mg/m^3 ,亚硫酸铵浓度为 5% ,气温为 30°C ,气液比为 0.3 L/m^3 时,吸收液 pH 值与脱硫效率的关系曲线如图 3 所示。

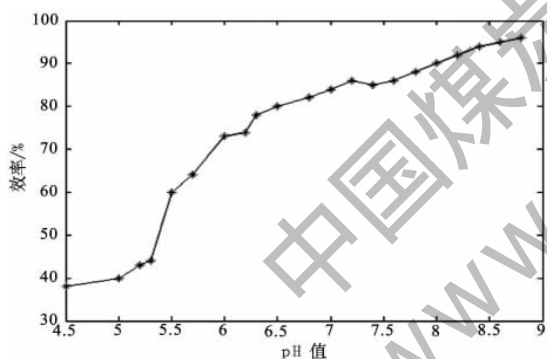


图3 吸收液 PH 值与脱硫效率的关系

实验中进行了 21 组工况测试,将测得的数据处理得到图 3 关系曲线,由图可知,脱硫效率随着吸收液 pH 值得增大而增大,pH 值 $4.5\sim 5.4$ 之间时脱硫效率随 pH 值上升得比较缓慢,之后上升速率加大,当 pH 值达到 8.8 时,脱硫效率上升到了 96% 。中间过程出现一个比较平稳的阶段,即 pH 值为 $6\sim 7.5$ 时,脱硫效率增加量不超过 10% ,属于比较平稳的阶段。

3.3 吸收液浓度与脱硫效率的关系

在研究吸收液浓度和脱硫效率影响时,我们做了 20 组工况,选取其中 14 组得到图 4 关系曲线,实验工况为,烟气量为 $160 \text{ m}^3/\text{h}$, SO_2 浓度为 2650 mg/m^3 ,气温为 30°C ,气液比为 0.3 L/m^3 。由

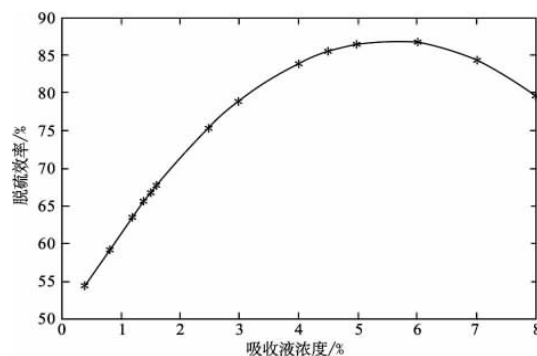


图4 吸收液浓度与脱硫效率的关系

图 4 可知脱硫效率随吸收液浓度增大出现先增大后减小的规律,在中间会有最大值出现,即会有一个最佳的吸收液浓度使得脱硫效率达到最好。这个最大值大概在吸收液浓度为 5.5% 时出现。

3.4 进口烟温与脱硫效率的关系

烟气温度会影响化学反应速度,所以为了研究其会不会对脱硫效率产生影响,我们设定了多个烟气温度,分别为 25°C 、 30°C 、 45°C 、 50°C 、 60°C 、 70°C 、 80°C 、 90°C 、 100°C 以及 115°C 。实验工况为,烟气量为 $160 \text{ m}^3/\text{h}$, SO_2 浓度为 2650 mg/m^3 ,亚硫酸铵浓度为 5% ,气液比为 0.3 L/m^3 。实验结果见图 5 所示,由图可知,温度对氨法脱硫效率的影响比较小,温度从 $25^\circ\text{C}\sim 100^\circ\text{C}$ 变化过程中,脱硫效率基本不变,原因是亚硫酸铵吸收 SO_2 的反应是传质控制的反应,并非反应控制。

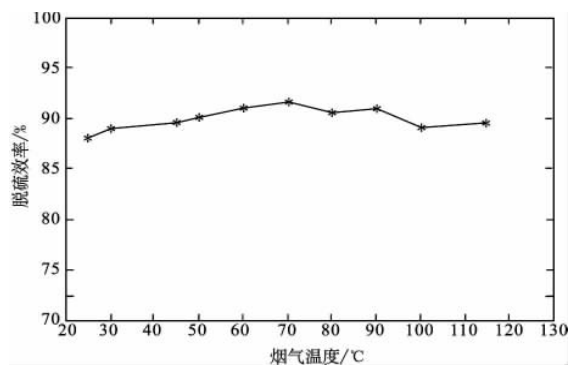


图5 进口烟温与脱硫效率的关系

从以上各影响因素对脱硫效率的影响,我们还可以控制各个参量,使得脱硫效率最大化。首先考虑气液比,气液比在 $0.2\sim 0.25$ 时脱硫效率最大且比较平稳;pH 值越大脱硫效果越好,但是 pH 值太高,氨气容易挥发,吸收液利用率不高,当 pH 值为 $6\sim 7.5$ 时,脱硫效率增加量不超过 10% ,比

较稳定,选择此段 pH 值比较合适;吸收液浓度为 5.5 %左右时,脱硫效率达到最大;而温度对脱硫效率影响不大。

4 结论

文章通过实验研究了氨法脱硫中脱硫效率的相关影响因素,对气液比、吸收液 pH 值、吸收液浓度以及进口烟温和脱硫效率的关系进行了深入的分析和研究,得到如下结果:

(1)气液比越小,脱硫效率越高;吸收液 pH 值越大,脱硫效果越好;脱硫效率随吸收液浓度增大,先增加后减小,中间存在最大值;温度对脱硫效果的影响不大。

(2)通过对影响因素的分析,得到使脱硫效果比较好的参数控制范围。即在烟气量为 160 m³/h, SO₂ 浓度为 2 650 mg/m³ 下,气液比选择在 0.2~0.25 L/m³ 范围内,pH 值选择为 6~7.5,吸收液浓度为 5.5 %左右时,实验表明脱硫效果最好,这一结果对实际工程应用有一定指导意义。

参考文献

- [1]王文宗,武文江.火电厂烟气脱硫及脱销实用技术[M].北京:中国水利水电出版社,2009.
- [2]宏哲,梁丽丽,武海俊.湿法烟气脱硫中亚硫酸钙氧化技术的研究进展[J].电力科技与环保,2010,26(2):26-268.
- [3]张永,葛介龙,李文勇等.半干法烟气脱硫中 SO₂ 排放控制研究[J].电力科技与环保,2010,26(2):29-30.
- [4]谷新春,王伟文,王立新等.环流式旋风除尘器内流场的数值模拟[J].高校化学工程学报,2007,21(3):411-416.
- [5]Stefen Obermair, Jakob Woisetschlager, Gemot Staudinger. Investigation of the flow pattern in different dust outlet geometries of a gas cyclone by laser Doppler velocimetry [J]. Powder Technology, 2003, 138 (223): 2392-2511.
- [6]王宏伟,于凤丽,路洋.烟气脱硫技术的应用与发展[J].黄金,2006,27(2):492-511.
- [7]周长丽,郭东萍,薛士科.燃煤电厂烟气脱硫技术进展[J].中国煤炭,2007,33(7):642-651.
- [8]吕强三,张俊杰,李红霞.工业废气除尘脱硫技术的进展[J].河北理工大学学报,2010,31(1):106-108.
- [9]陈梅倩,何伯述,陈广华,等.氨法脱硫反应特性的化学动力学分析[J].环境科学学报,2005,25(7):886-890.
- [10]颜金培,杨林军,鲍静静等.氨法脱硫过程烟气中细颗粒物的变化特性[J].中国电机工程学报,2009,29(5):21-26.

(上接第 14 页)

物系统,人们对于生物反应器配置的发展有越来越浓厚的兴趣。

参考文献

- [1] Sarria V, Deront M, Péringier P, Pulgarin C. Degradation of a biorecalcitrant dye precursor present in industrial wastewaters by a new integrated iron (III) photoassisted-biological treatment. Appl. Catal. B Environ. 2003a, 40, 231-246.
- [2] Scott JP, Ollis DF. Integration of chemical and biological oxidation processes for water treatment: review and recommendations. Environ. Prog. 1995, 14, 88-103.
- [3] Chelme-Ayala P, Gamal El-Din M, Smith DW. Degradation of bromoxynil tri?uralin in natural water by direct photolysis and UV plus H₂O₂ advanced oxidation processes. Water Res. 2010, 44, 2221-2228.
- [4] Kitsiou V, Filippidis N, Mantzavinos D, Poullos I. Heterogeneous and homogeneous photocatalytic degradation of the insecticide imidacloprid in aqueous solutions. Appl. Catal. B Environ. 2009, 86,

27-35.

- [5] Benitez FJ, Acero JL, Real FJ. Degradation of carbofuran by using ozone, UV radiation and advanced oxidation processes. J. Hazard Mater. 2002a, B89, 51-65.
- [6] Belgiorno V, Rizzo L, Fatta D, Rocca CD, Lofrano G, Nikolaou A, et al. Review on endocrine disrupting-emerging compounds in urban wastewater: occurrence and removal by photocatalysis and ultrasonic irradiation for wastewater reuse. Desalination 2007, 215, 166-176.
- [7] García-Montaño J, Torrades F, García-Hortal JA, Doménech X, Peral J. Degradation of Procion Red H-E7B reactive dye by coupling a photo-Fenton system with a sequencing batch reactor. J. Hazard Mater. 2006b, B134, 220-229.
- [8] Rodrigues MAS, Amado FDR, Xavier JLN, Streit KF, Bernardes AM, Ferreira JZ. Application of photoelectrochemical-electrodialysis treatment for the recovery and reuse of water from tannery effluents. J. Cleaner Prod. 2008a, 16, 605-611.
- [9] Steensen M. Chemical oxidation for the treatment of leachate-process comparison and results from full-scale plants. Water Sci. Technol. 1997, 35, 249-256.