

等离子体技术在燃煤烟气脱硝脱硫中的应用

张甲

(兰州石化职业技术学院, 甘肃 兰州 730060)

[摘 要]近年来由于煤炭消费的快速增长,大量氮、硫烟气的无节制排放,导致我国局部地区产生严重的大气污染。新型高效的烟气脱硝脱硫技术随之受到关注。对等离子体脱硝脱硫技术的发展现状进行了综述,并对其工业化应用及其发展前景做了介绍和分析。

[关键词]大气污染;等离子体脱硝脱硫;流光放电氨法脱硫

[中图分类号]TQ

[文献标识码]A

[文章编号]1007-1865(2014)21-0170-01

Plasma Technology in the Application of Coal-fired Flue Gas Denitration Desulfurization

Zhang Jia

(Department of Applied Chemistry Engineering, Lanzhou Petrochemical College of vocational Technology, Lanzhou 730070, China)

Abstract: In recent years, due to the rapid growth in coal consumption, the uncontrolled emissions of nitrogen and sulfur fumes, leading to localized areas of serious air pollution. New high efficiency of flue gas desulfurization and denitration technologies followed had been paid more attention. In this paper, on the plasma current development of desulfurization and denitration technology were reviewed, and its industrial application and its development prospects are introduced and analyzed.

Keywords: air pollution; plasma; desulfurization and denitration technology; Streamer discharge ammonia desulphurization

我国是世界上最大的煤炭生产和消费国,煤炭消耗量占一次能源消费量的76%左右。随着经济的快速发展,煤碳消耗的增加,燃煤造成的大气污染日趋严重,尤其是2014年初在华北、华东地区持续出现的雾霾天气,严重影响了当地居民的正常生活和地区的经济发展。燃煤产生的氮氧化物和硫化物,是导致大气污染的主要原因,造成的具体危害有^[1]:(1)形成酸雨、雾霾;(2)与碳氢化合物作用形成光化学污染;(3)加速臭氧层的破坏;(4)对人体致毒、对动植物有损害。燃煤烟气脱硝、脱硫已成为控制和治理大气污染的重要课题。

我国的烟气脱硝、脱硫技术逐步步入自主创新的阶段,在引进国外技术的基础上,结合我国实际情况,开发出了一些新技术新工艺,总体上达到了国际先进水平。等离子体技术就是新型高效的脱硝、脱硫技术。

1 等离子体技术发展状况

等离子体技术是上世纪70年代发展起来的脱硝、脱硫技术。它是采用放电或射线照射等方法产生的正负离子总体相等的电离气体,是由电子、离子、原子、分子和自由基等粒子组成的一种新的物质聚集态。等离子空气净化技术能同时去除烟气中的SO₂、SO₃、NO、NO₂、N₂O_x、VOCs和重金属,被认为是最具发展前景的烟气净化技术^[2]。其优点是不产生废水废渣,无二次污染物产生;对不同含硫量的烟气有较好的适应性;其副产品硫酸铵和硝酸铵,可用作化肥原料。等离子技术已成为我国具有自主知识产权的新型烟气脱硝、脱硫技术,同时也成为国家重点支持的科技发展项目。

1.1 等离子体脱硝技术

目前应用广泛的烟气脱硝技术有湿法脱硝和干法脱硝,等离子体活化法是上世纪80年代发展起来的一种新型、高效、低耗的烟气脱硝技术。其原理主要是通过能量巨大的辐射波作用于烟气中,并激发其中的气体分子,使之产生自由电子和活性基团,从而与NO_x反应达到脱硝目的。根据高能电子的来源可分为电子束法(EBDC)^[3]和脉冲电晕等离子法(PPCP)^[4]。

电子束法(EBDC)最早由日本科学家提出,它是利用阴极并经电场加速形成高能电子束(500~800 keV),这些电子束通过辐射的方式,可以使含硝烟气产生化学反应,生成OH·、O·和HO₂·等自由基,这些自由基可以和SO₂生成硫酸,和NO_x生成硝酸,最后经过分离达到净化目的。该法已达中试阶段,脱硝率达75%左右,脱硫率达90%以上^[5]。

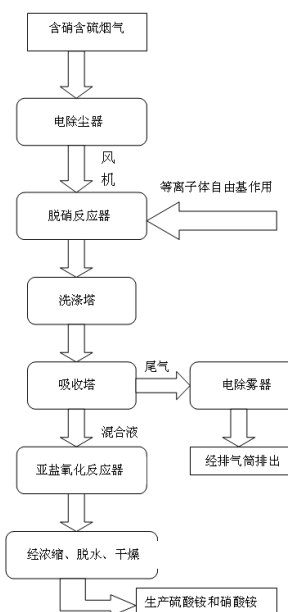
脉冲电晕法(PPCP)是在电子束法的基础上发展起来的。用脉冲高压电源代替加速器,用脉冲高压电源来代替加速器产生等离子体,即用几万伏的高压脉冲放电得到高能电子。在超高压脉冲放电下,空间电场强度突然发生巨大的变化,需处理的烟气在反应器中被瞬间激活,在很短的时间内(ns)分子的自由能激增,形成

活化分子。这些活化分子会发生频繁的碰撞,与此同时将动能转化为分子内能,使得原有的化学键断裂,并生成新的单一原子气体或单质固体微粒,达到烟气净化目的。该法的脱硝效果显著,氮氧化物的去除率均可达到80%以上,同时还可以脱除烟气中的重金属粉尘,除尘效果亦优于传统的静电除尘技术,已经成为一种脱硝、脱氮、除尘一体化的新技术^[6]。

1.2 等离子体脱硫技术

等离子体脱硫技术是采用放电或射线照射等方法产生正负离子总体相等的电离气体,通过产生的粒子聚集物将烟气中的含硫物质去除。目前,在我国研究较为成熟的脱硫技术是流光放电氨法烟气脱硫技术。该技术已拥有12项国内实用新型专利、4项国内发明专利和1项国际发明专利^[7]。

流光放电氨法烟气脱硫系统由电除尘器、引风机、脱硝反应器、洗涤塔、吸收塔、亚盐氧化反应器、电除雾器等组成。工艺流程如下:



(下转第174页)

[收稿日期] 2014-08-18

[作者简介] 张甲(1983-),男,甘肃兰州人,硕士研究生,讲师,长期从事石油化工方向的的教学和研究。

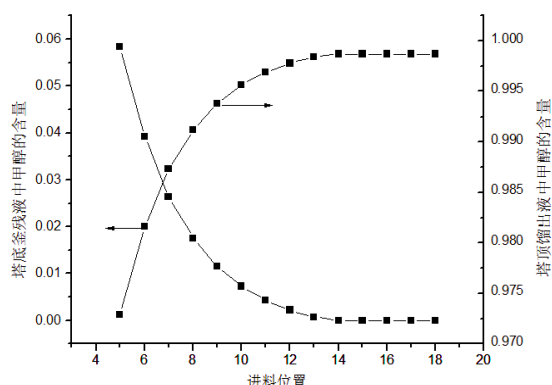


图 2 进料位置对分离效果的影响
Fig.2 Effect of the feeding stage for separation

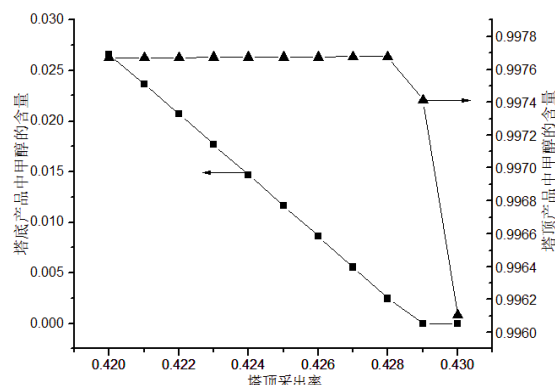


图 4 塔顶采出率对分离效果的影响
Fig.4 Effect of distillate to feed ratio for separation

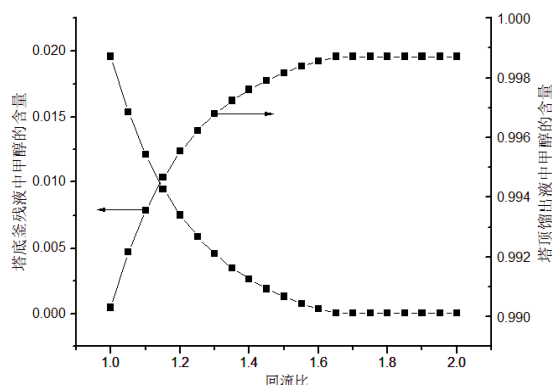


图 3 回流比对分离效果的影响
Fig.3 Effect of the reflux ratio for separation

3 结论

化工原理课程设计中利用 Aspen Plus 通用化工模拟软件可以更方便地对各影响因素进行分析和优化,快捷高效,可以弥补手工计算耗时耗力的缺憾。但传统手工计算在锻炼学生对物性数据计算与查取,精馏塔计算原理、塔内件设计、流体力学核算方面的理解和掌握具有不可替代的作用。所以因将二者结合起来,以更好地理解精馏设备计算的意义。

参考文献

- [1]毛进林,王小露. Aspen Plus 在煤制甲醇三塔精馏工艺中的应用[J]. 广州化工, 2013, 41(3): 135-136.
- [2]许维秀,李其京. 理论塔板数的几种计算机辅助计算[J]. 荆楚理工学院学报, 2010, 25(11): 5-9.
- [3]贾绍义. 化工原理课程设计[M]. 天津: 天津大学出版社, 2002: 116-117.

(本文文献格式: 达云祥, 王智娟, 王海燕, 等. 计算机模拟在甲醇——水精馏塔设计中的应用[J]. 广东化工, 2014, 41(21): 173-174)

(上接第 170 页)

含硫含硝烟气经电除尘器除尘后,由风机送入放电脱硝反应器,在等离子体作用下进行脱硝反应,得到 NO_2 和少量 N_2 。脱硝后的烟气进入洗涤塔,经过增湿降温后进入吸收塔。氨吸收剂与大部分 SO_2 和 NO_2 反应,得到 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ 和 NH_4HSO_3 的混合液,并适量的将混合液送入亚盐氧化反应器中,保证吸收系统物料平衡,同时使 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ 氧化为 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 。氧化后的溶液经预洗塔浓缩后,再经脱水干燥生产硫酸铵和硝酸铵。吸收塔的尾气经电除雾器作用,采用离子抑雾技术,可以达到抑制残氧逸出、高效捕集雾粒子和控制 SO_3 等效果,能够将残氨的逸出质量浓度控制在 5 mg/L 以下^[8]。

2 等离子体脱硝、脱硫技术的应用

1997年成都热电厂与原日本EBARA公司合作,引进电子束脱硫技术,并在200 MW机组锅炉上投入运行。经一段时间的运行调试,其实际脱硫率平均50 %~85 %之间,脱硝效率18 %,均达到国内领先水平。该装置年运行费用800万元,脱硫成本1000元/ tSO_2 。该技术又推广至杭州协联热电有限公司,其发电机组也建立了电子束法烟气净化装置,处理烟气量达到 $30\text{万 m}^3/\text{h}$ ^[9]。

2010年初在中国石化巴陵石油化工有限公司启动建设了国内首套流光放电氨法烟气脱硫脱硝项目。2011年3月,该项目投产运行,生产出来的硫酸铵溶液浓度(质量分数,下同)为35 %~38 %,达到设计要求的上限。经湖南省环保局监测,烟气中的 SO_2 的浓度为 10 mg/m^3 ,低于设计标准 100 mg/m^3 ,远低于国家标准 400 mg/m^3 。该装置投产后,巴陵石化动力事业部排放的 SO_2 量从原来的7776 kg/天,降至64.8 kg/天,降幅达到99.2 %。该技术可以解决常规氨法硫酸铵氧化速率、尾气逸氨、硫酸夹带以及气溶胶酸雾等难题,同时增加一体化脱硝能力。装置的中间产品经处理后,还可以作为生产氮肥、磷肥的原料。

3 结语

等离子体脱硝脱硫技术是新一代的燃煤烟气净化技术,对不同含硫量的烟气有较好的适应性。处理过程不产生废水、废渣等二次污染,改进了传统脱硫技术的单一脱硫、亚盐氧化效率较低、尾气含氨和酸雾逸出、吸收塔易堵等缺陷。其代表流光放电氨法脱硫技术,更是具有运行稳定,能耗低,投资少,占地面积小,易于推广等优点,具有广阔的市场前景。

参考文献

- [1]任剑峰. 大气中氮氧化物的污染与防治[J]. 科技情报开发与经济, 2003, (5): 92-93.
- [2]汪家铭. 新型高效烟气脱硫技术的发展与应用. 石油化工技术与经济, 2011, 27(6): 48-51.
- [3]Paur H R. EBDS 5-Process. Velzen D (ed), 1991: 1835-2003.
- [4]Masuda S. Pure & Appl. Chem, 1998, 60(5): 7275-7310.
- [5]陈理. 烟气中 SO_2 及 NO_x 污染防治新进展[J]. 化工进展, 1997, (6): 20-23.
- [6]王银生,季学军. 脉冲电晕等离子体脱硫脱氮与除尘技术[J]. 大气污染防治, 2000, 19(1): 17-19.
- [7]胡小吐,邓咏佳. 流光放电等离子体氨法烟气脱硫脱硝技术概述[J]. 硫磺设计与粉体工程, 2009(5): 11-14.
- [8]岳涛,支德安,杨明珍. 我国燃煤火电厂烟气脱硫脱硝技术发展现状[J]. 能源研究与信息, 2008, 24(3): 25-19.
- [9]贾立军,刘炳光. 我国烟气脱硫技术综述[J]. 盐业与化工, 2006, 35(5): 35-39.

(本文文献格式: 张甲. 等离子体技术在燃煤烟气脱硝脱硫中的应用[J]. 广东化工, 2014, 41(21): 170)