

流光放电氨法烟气脱硫技术及其应用

汪家铭

(川化集团有限责任公司 四川 成都 610301)

摘 要:随着社会经济的不断发展和对环境要求的日益严格,脱硫技术的应用领域也越来越广泛,新型高效脱硫技术也不断开发成功,并在生产应用中取得令人满意的效果。简要介绍了流光放电氨法烟气脱硫新技术的发展概况、基本原理、工艺流程、技术特点及其在相关企业的应用实例。

关键词:烟气 脱硫技术 流光放电氨法

含硫烟气是造成大气污染、酸雨和温室效应的主要根源,烟气脱硫被认为是控制 SO_2 的最行之有效的途径,我国的脱硫技术在引进国外技术基础上,已进入了消化创新阶段,总体上达到国外先进水平,但脱硫技术较为单一,在工业废气脱硫领域中,烟气燃烧后脱硫工艺仍是商业上最大规模推广应用的脱硫方式。烟气气体脱硫方法分为干法脱硫和湿法脱硫。传统干法脱硫硫容低,脱硫成本高。湿法脱硫有胺法、改良 ADA 法、栲胶法、PDS 法、络合铁法等氧化还原法,这些方法采用传统板式塔或填料塔,存在设备体积大、投资高等问题,因此当前急需开发出具有巨大市场潜力和广阔应用前景的高效环保脱硫新技术,可用于处理各种低、中、高硫煤种的燃煤锅炉和工业炉窑以及化工、化肥、冶金、钢铁、建材等行业产生的各种流量的烟气处理,同时将含硫烟气排放的 SO_2 回收用于补充国内短缺的硫资源。流光放电氨法脱硫就是近期国内开发的并已得到成功应用的一种新型高效脱硫技术。

1 发展概况

等离子体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用于烟气净化领域,能同时去除烟气中的 SO_2 、 NO_x 、VOCs 和重金属,被认为是最具发展前景的烟气净化技术。目前,在荷兰、日本和中国都进行着工业化示范研究,在我国已成为重点支持的科技发展方向之一和一种具有自主知识产权

的新型烟气脱硫处理技术。

流光放电氨法烟气脱硫脱硝技术是国家“863”计划研究课题,由广东杰特科技发展有限公司联合多所知名高校组成的课题攻关专家组承担,经过历时 5 年的研究和开发,目前该技术已拥有 12 项国内实用新型专利、4 项国内发明专利、1 项国际发明专利,并已获得国家“863”计划能源技术领域洁净煤技术主题专家组的验收,获得以建示范装置为目标的滚动支持^[1]。

2 基本原理

在传统氨法脱硫的基础上,该技术采用高频高压交直流叠加电源使反应器发生电晕放电,产生的高能激发电子电离烟气中的 O_2 、 H_2O 、 N_2 等气体分子,在相似的电极结构和电压水平条件下,利用流光头表面产生的高能电子打开化学键,在大电场形成高浓度活性粒子,即等离子体。这些活性粒子能够激发产生 OH^\cdot 、 O^\cdot 等氧化性极强的离子和自由基,在有添加剂氨存在的条件下,这些活性粒子直接或间接作用于烟气中的 SO_2 和 NO_x ,并将其氧化生成稳定的铵盐,实现脱硫脱硝、氧化亚硫酸盐等目的,同时产生捕集微细雾粒的等离子体高压电场。

流光放电氨法烟气脱硫脱硝技术充分利用了等离子体自由基的强氧化性和氨吸收的化学特性实现烟气脱硫脱硝,同时在此过程中还能副产硫酸铵和硝酸铵等化肥。该技术采用电子半导体高频开关器件及高频开关电源技术,克服了原有电子束和脉冲电晕方法的电源无法工业化应用的弊端^[2]。

3 工艺流程

一套完整的流光放电氨法烟气脱硫脱硝系统由

电除尘器、引风机、脱硝反应器、预洗塔、吸收塔、亚盐氧化反应器、电除雾器等组成,见图 1。

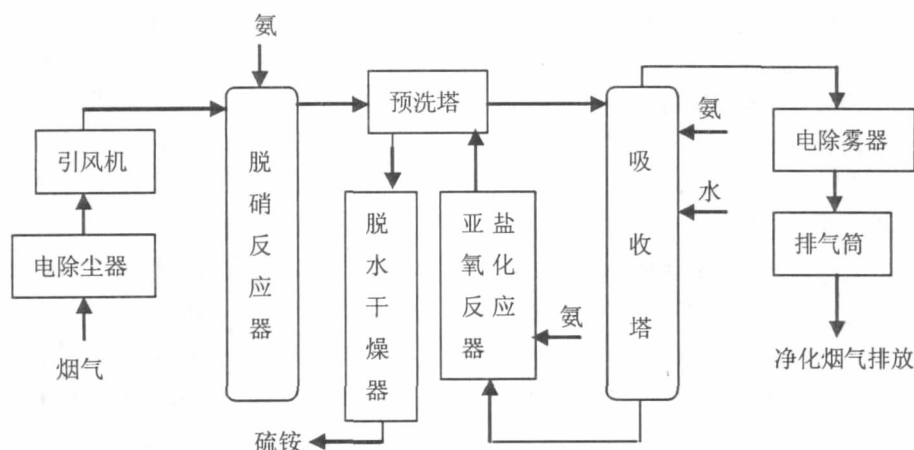


图 1 流光放电氨法烟气脱硫脱硝工艺流程图

含硫含硝的烟气经电除尘器除尘后,由风机送入放电脱硝反应器,反应器中的烟气流量、 SO_2 浓度、烟气温度、氨注入量、蒸汽注入量、交直流叠加电源电压、生成液 pH 值和生成液摩尔浓度等都直接影响系统的运行状况。在等离子体作用下进行脱硝反应,等离子体自由基 $\text{OH}\cdot$ 、 $\text{O}\cdot$ 、 $\text{N}\cdot$ 、 $\text{HO}_2\cdot$ 、 O_3 、 NH_2 等与 NO_x 进行吸收与氧化反应,在有氨存在的条件下,将 NO 氧化为 NO_2 ,部分 NO 被还原为 N_2 。脱硝后的烟气进入预洗塔,增湿降温后进入吸收塔,氨吸收剂与大部分 SO_2 和 NO_x 产生热化学反应,并被 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ 和 NH_4HSO_3 的混合液吸收。在保持物料平衡的情况下,适量地将吸收塔生成液输送到亚盐氧化反应器中,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。出吸收塔的尾气经电除雾器抑制残氧逸出、高效捕集雾粒子和控制 SO_3 等处理后由排气筒排放。采用等离子抑雾技术,在等离子体的作用下,以低浓度气相氨作为吸收剂,进行超强除雾可把残氨的逸出浓度控制在 5×10^{-6} 以下^[3]。

4 技术特点

以氨做吸收剂的硫回收具有脱氮、除尘效率高的特点,并可实现废渣、废水、废气三个“零排放”,而且由于生成物的综合利用,不仅使其运行成本费用几乎为零,还可为企业带来可观的经济效益。吸收剂氨源的供应也很方便,我国中小型合成氨厂很多,几乎遍布各县市,若有废氨水的地方,用作吸收剂,更可大大节省装置运行费用,经济效益将更加可观

^[4]。该技术协同利用等离子体氧化与氨吸收的净化效应,可有效脱除烟气中的 SO_2 和 NO_x ,对于颗粒物、汞、氯化物和碳氢化合物等也具有较好的去除效果。在处理气量为 $12000\text{m}^3/\text{h}$ 的试验装置中已实现脱硫率大于 95%,脱硝率大于 40%,等离子体能耗小于 $1.8\text{Wh}/\text{m}^3$,氨泄漏低于 5×10^{-6} ,生成硫酸铵干粉总氮量达到 20.49%的技术指标。

与传统的氨法脱硫相比,流光放电氨法烟气脱硫脱硝以氨为吸收剂,以硫酸铵和硝酸铵等化肥为最终产品,可以利用废氨水,完全实现资源化,不产生二次污染。在等离子体作用下,脱硫效率 95%以上,脱硝效率 40%以上,具有装置运行可靠、投资省、能耗低、氨损少、吸收速率高、排放达标等特点。该技术可广泛用于燃煤、燃油和焚烧烟气的净化处理,特别适合有氨源,而且铵肥销路较好的地区。

5 应用实例

国内首套流光放电氨法烟气脱硫脱硝项目于 2010 年年初在中石化巴陵石化公司启动建设,2011 年 3 月 2 日上午,该项目在中石化巴陵石化公司动力事业部进入试生产阶段,到 3 月 20 日,实现 168 h 连续试运行。3 月 13 日生产出来的硫铵溶液浓度达到设计要求 35%~38%的设计上限。经湖南省环保局检测,烟气中 SO_2 的含量为 $10\text{mg}/\text{m}^3$,低于设计的 $100\text{mg}/\text{m}^3$,远低于国家标准 $400\text{mg}/\text{m}^3$ 。该装置投产后,动力事业部每天排放的 SO_2 量将从原来的 7776kg 降为 64.8kg,降幅达 99.2%。

中石化巴陵石化公司新建的燃煤锅炉流光放电

氨法烟气脱硫装置处理烟气能力可达 27 万 m^3/h 。该事业部 1 号锅炉脱硫系统改造是中石化集团公司重点督办的环保治理项目之一,首次采用改进型流光放电氨法烟气脱硫脱硝技术,可解决常规氨法中亚硫酸铵氧化速率、尾气逸氨、硫铵夹带以及气溶胶酸雾等难点问题,同时增加一体化脱硝能力。中间产品经处理后形成了铵盐及气体 SO_2 ,铵盐送制肥装置制成成品氮肥或复合肥。气体 SO_2 既可制造液体 SO_2 又可送硫酸制酸装置生产硫酸,而生产所得的硫酸又可用于生产磷酸、磷肥等化学肥料。

6 结 语

流光放电氨法脱硫改进了传统氨法脱硫的单一脱硫、亚盐氧化效率较低、尾气有氨和酸雾逸出、吸收塔内易堵塞等不足之处,同时实现脱硫脱硝一体化,脱硫效率>95%,脱硝效率>40%,装置投资少、占地面积小,运行稳定可靠,为含硫烟气提供了一种高效、低投入、资源化、无二次污染的脱硫工艺,是一种具有自主知识产权的新型高效烟气处理新技术。

该技术适合石化、化肥、化工领域具备氨来源的企业烟气脱硫脱硝需求,可实现以废治废和变废为宝,在达到环境治理目标的同时,又能充分体现良好的经济性,符合节能减排和循环经济的发展方向。随着流光放电氨法烟气脱硫脱硝技术的不断完善,其难以估量的应用前景将显现出来,具有很大的发展潜力。

参考文献

- [1] 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].硫磷设计与粉体工程,2009,(5):11~14.
- [2] 王智,赵瑞娥.燃煤电厂烟气干法脱硫、脱硝一体化技术[EB/OL].<http://www.autooo.net/classid36-id70109.html>, 2011.5.6
- [3] 岳涛,支德安,杨明珍等.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):25~29.
- [4] TS 型火电厂烟气脱硫、脱氮 除尘净化三位一体技术[EB/OL].<http://www.eepc.cn/huanbaogongcheng/feiqichuli/20090219/437.html>,2006.6.3

2011 年乙醛、醋酸及其衍生物技术、市场研讨会《论文集》有售

中国石油和化学工业联合会于 2011 年 9 月 17-19 号在云南昆明市召开了“2011 年乙醛、醋酸及其衍生物技术、市场研讨会”,现尚有少量《论文集》可供出售,每本 100 元(包括邮费),欲购从速,款到即寄。《论文集》的主要内容有:

1)国内醋酸行业形势分析;2)我国醋酸产业形式及建议;3)醋酸生产技术进展与市场分析;4)锆材在醋酸行业的应用前景;5)醋酸酯化合成乙醇工艺及经济性分析;6)钨催化剂催化甲醇羰基化制备乙酸研究进展;7)醋酸中微量碘除技术及应用;8)甲醇羰基化合成醋酸的精制工艺;9)我国甲醇羰基化生产醋酸工艺中脱碘技术进展;10)国产锆材在醋酸项目中的成功应用及展望;11)醋酸废水回收利用技术现状及展望;12)我国醋酸主要下游产品的进出口分析;13)羰基化反应研究和工业应用进展;14)甲醇羰基合成技术评述;15)甲醇羰基制醋酸催化剂的研究;16)我国醋酸酐的生产技术进展及市场分析;17)醋酸、醋酐管线大口径高压旋塞阀密封泄漏解决方案;18)锆材化工离心泵的国产化及其在醋酸化工领域的应用;19)采用高效率长寿命磁力离心泵的价值;20)努力发展醋酸下游衍生物;21)醋酸乙烯及其衍生物的国内外市场分析;22)国内外聚乙烯醇的供需现状及发展前景;23)精对苯二甲酸的技术进展与市场分析;24)对苯二甲酸反倾销立案对行业的影响;25)乙腈的合成及其应用;26)溴乙酸合成工艺研究;27)对位芳纶的开发及应用前景;28)草甘膦合成工艺路线的比较;29)国内外间苯二甲酸的市场分析 30)醋酐羰基化法生产过程中的焦油成因;31)对苯二甲酰氯的生产和应用前景;32)硅胶负载硅钨酸催化合成乙酸正丙酯;33)浅议近期醋酸生产和技术进展;等等。

地 址:江苏省南通市中南世纪城 4 号楼 303 室 (226018) 《乙醛醋酸及其衍生物》编辑部 收
联系人:花永康 电话:0513-81189775, 13962802255 传真:0513-81189776