

# 紫外/过氧化氢法同时脱硫脱硝的研究

马双忱, 马京香, 赵毅, 苏敏

(华北电力大学 环境科学与工程学院, 河北保定 071003)

**摘要:**介绍了 UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 脱除废气中污染物的研究进展。分析了 UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 体系的强氧化性对模拟烟气中 SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>x</sub> 的脱除作用, 在最佳实验条件下, 应用 UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 对 SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>x</sub> 的脱除效率可达到 95% 以上。对 UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 体系脱除 SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>x</sub> 的反应机理进行了分析, 提出自由基反应是使污染物得以氧化脱除的基础。指出此方法可用于改造现有的湿式烟气脱硫塔, 使之成为具有烟气多污染物控制能力的大气污染控制设备。

**关键词:**燃煤电厂; 脱硫脱硝; UV; 过氧化氢; 羟基自由基

中图分类号: X701.7 文献标识码: A

## 引言

目前, 较为成熟和应用最广泛的烟气脱硫技术为石灰石-石膏法 (FGD), 脱硝则多采用选择性催化还原法 (SCR)。电厂同时安装两种脱除装置在经济上存在巨大的压力。近年来, 越来越多的学者开始研究同时脱除烟气中多污染物<sup>[1~3]</sup>, 如电子束法和活性炭法等。也有学者研究对现有脱硫脱硝设备进行改进以使其能同时脱除多种污染物。赵毅等人对干法脱硫工艺进行了改造, 使用高活性吸收剂, 实现了 SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>x</sub> 的同时脱除, 其脱除效率可分别达到 86% 和 64%<sup>[4]</sup>。

燃煤电厂烟气净化的难点为 NO 的脱除, NO 在液相中溶解度较小, 导致其转化及吸收困难。高级氧化技术历来在环境污染治理方面有广泛的应用, 其特点为利用羟基自由基 (·OH) 的强氧化性氧化降解污染物的毒性, 使之转化为毒性较小、易于去除的物质<sup>[5]</sup>。·OH 对于 NO 来说是一种理想的氧化剂, 它氧化能力强 (标准电极电位为 2.8 V), 反应速度快, 氧化彻底, 反应产物为高价态的 NO<sub>x</sub> 和 H<sub>2</sub>O<sup>[6]</sup>。

Greiner 提出 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 吸收紫外光 (UV) 光解可产生 ·OH<sup>[7]</sup>。David Cooper 等人在低温下在烟道气内设

置 UV 灯激发 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 发生反应, 氧化 NO, 得出高温下烟气中的 NO 可达到 10% ~ 70% 的转化率<sup>[8~9]</sup>。UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 法脱硫脱硝技术在国内的研究并不多。对于我国燃煤电厂来说, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 是一种相对廉价的吸收剂, 而对于 UV 来说, 电厂能源取用方便, 成本低。因此, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 法脱硫脱硝对于燃煤电厂烟气污染物控制存在很大开发潜力, 研究的目的在于如何应用最少的资源获得最理想的污染物控制效果。

本实验研究了 UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 体系产生 ·OH, 氧化吸收模拟烟气中的 SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>x</sub>, 旨在将此方法可作为一种独立的技术进行多污染物的控制或用于改造现有湿式脱硫塔达到同时脱硫脱硝的目的。

## 1 UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 体系脱硫脱硝机理

过氧化氢 (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 本身就是一种强氧化剂, 其氧化性比氯酸、二氧化氯和高锰酸钾强, 如表 1 所示, 可将有机或无机毒性污染物氧化成无毒或较易为微生物分解的化合物, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 对 NO 也有一定的氧化作用。H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 在日光的照射下也可产生 ·OH, 但是生成量较小, 对 NO 的脱除效率较小。

表 1 一些氧化剂的标准电极电势<sup>[10]</sup>

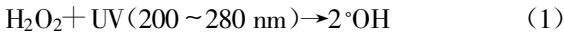
氧化剂	电极反应	标准电极电位 φ <sup>0</sup> /V
F <sub>2</sub>	$\frac{1}{2}F_2 + e \rightleftharpoons \frac{1}{2}F^-$	2.87
·OH	$\cdot OH + H^+ + e \rightleftharpoons H_2O$	2.80
O <sub>3</sub>	$O_3 + 2H^+ + 2e \rightleftharpoons H_2O + O_2$	2.07
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	$H_2O_2 + 2H^+ + 2e \rightleftharpoons 2H_2O$	1.77
MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	$MnO_4^- + 8H^+ + 5e \rightleftharpoons Mn^{2+} + 4H_2O$	1.52
ClO <sub>2</sub>	$ClO_2 + e \rightleftharpoons Cl^- + O_2$	1.50
Cl <sub>2</sub>	$Cl_2 + 2e \rightleftharpoons 2Cl^-$	1.36
O <sub>2</sub>	$O_2 + 2H^+ + 2e \rightleftharpoons H_2O$	1.23

UV 的加入大大提高了 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的氧化能力, 使 NO

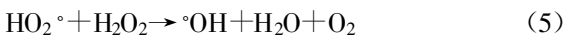
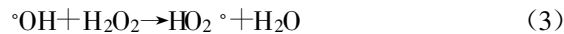
收稿日期: 2008-08-05; 修订日期: 2008-12-08

作者简介: 马双忱 (1968-), 男, 辽宁大连人, 华北电力大学副教授。

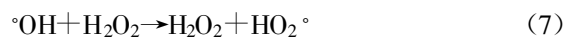
的氧化得以在低温下进行<sup>[7]</sup>。UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 体系属于高级氧化技术的范畴, 主要应用体系产生的<sup>·</sup>OH 的强氧化性来氧化难降解的有毒有害物质。对于 UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 脱硫脱硝体系, 如何产生最大量的<sup>·</sup>OH 是反应的关键。H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 在 UV 的照射作用下产生<sup>·</sup>OH 的过程为:



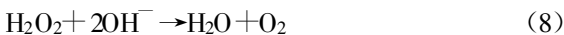
H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 光分解为自由基<sup>·</sup>OH、H<sup>·</sup>和 HO<sub>2</sub><sup>·</sup>, 而它们的存在又促使 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 分解, 引发链反应, 产生更多的<sup>·</sup>OH:



利用 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 光解产生<sup>·</sup>OH 的主要缺点是 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 对光的吸收率太低。由于水对紫外光有着固有的高吸收率, 除非使用过量的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 否则 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 光解效率会很低。但是当 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 浓度较高时, 光解反应的逆反应,<sup>·</sup>OH 将被湮灭, 量子产率下降:

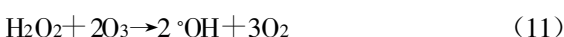


H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 是一种弱酸, 其在强酸性条件下过于稳定, 从而降低了氧化能力。另外, 溶液中大量的 H<sup>+</sup> 影响了 NO 氧化为 HNO<sub>3</sub> 反应的进行, 不利于 NO、NO<sub>2</sub> 的吸收, 致使 NO<sub>x</sub> 脱除效率下降。但是在碱性条件下, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 将快速分解, 其速度远比酸性条件下快, 分解反应为:



H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 在高温下分解加速, 降低了溶液中 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的浓度。当温度超过一定范围后, 虽然加快了<sup>·</sup>OH 的生成速率, 然而由于 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 稳定性差, 受热容易分解生成 H<sub>2</sub>O 和 O<sub>2</sub>, 温度越高分解速率就越快。这样 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 被无效消耗, 氧化剂的利用率降低, 从而 NO<sub>x</sub> 去除率开始下降。

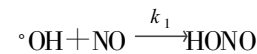
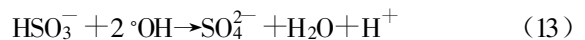
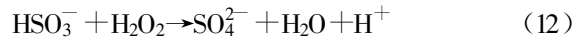
O<sub>2</sub> 与 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的协同作用可使<sup>·</sup>OH 的产生大量增加, 这是由于当向系统中通入 O<sub>2</sub> 时, O<sub>2</sub> 吸收紫外光后, 生成 O<sub>3</sub>, O<sub>3</sub> 经分解成为 O<sub>2</sub> 和原子氧, 原子氧与 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 再反应, 这一进程加大了<sup>·</sup>OH 的浓度:



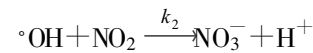
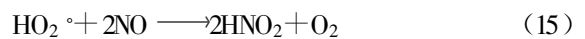
金属离子 M 存在时, M 的羟基配合物发生了光

敏化反应, 生成高价 M 离子和<sup>·</sup>OH, 生成高价 M 离子又与 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 反应产生 M(OH)<sup>n+</sup> 络合离子, 如此循环体系不断产生<sup>·</sup>OH, M(OH)<sup>n+</sup> 络合离子在紫外光照射下的光子效率较高, 其在紫外光照射下可以转化为 M<sup>n+</sup>, 进而加速产生了<sup>·</sup>OH 的速度, 反应极大地增加了<sup>·</sup>OH 的生成量, 最终使 NO<sub>x</sub> 的脱除效率升高。

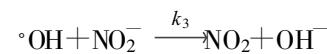
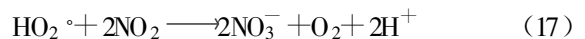
在上述反应过程中, 产生的大量自由基(主要为<sup>·</sup>OH 自由基)同 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 溶液中的溶解的 SO<sub>2</sub>、NO、NO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub><sup>-</sup> 和 HONO 反应生成 HONO、NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 和 NO<sub>2</sub>, 主要反应式为:



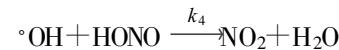
$$k_1 = 1.0 \times 10^{10} \text{ L} / (\text{mol} \cdot \text{s}) \quad (14)$$



$$k_2 = 1.3 \times 10^9 \text{ L} / (\text{mol} \cdot \text{s}) \quad (16)$$



$$k_3 = 1.0 \times 10^{10} \text{ L} / (\text{mol} \cdot \text{s}) \quad (18)$$



$$k_4 = 1.0 \times 10^9 \text{ L} / (\text{mol} \cdot \text{s}) \quad (19)$$

总结上述反应, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 体系脱除烟气中 SO<sub>2</sub> 的反应较易进行, 反应后 SO<sub>2</sub> 在溶液中的存在形式主要为 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>; NO 的转化主要为<sup>·</sup>OH 氧化的结果。H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 和 O<sub>3</sub> 对 NO 的转化也起一定作用, 但是受 pH 值和 O<sub>2</sub> 浓度的影响较大。

## 2 UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 法脱硫脱硝实验

根据反应原理, 通过自制反应器对 UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 体系脱硫脱硝进行了实验研究。Cooper 等学者皆采用向烟气中喷入 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的方法<sup>[8]</sup>, 如前人不同的是, 本实验采取液相吸收的方法脱除烟气中的 SO<sub>2</sub> 及 NO<sub>x</sub>, 考察多种因素的变化对 SO<sub>2</sub> 及 NO<sub>x</sub> 脱除效率的影响。实验中尝试加入催化离子 M, 以提高 NO 的转化效率, 实验流程如图 1 所示。

实验发现, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 溶液浓度在 5% (wt) 左右, pH 值在 2.7 ~ 3.8 之间时, 对 NO<sub>x</sub> 的脱除效果最好; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 溶液温度需控制在 55 °C 以下, 70 °C 以上时, 对 NO<sub>x</sub> 的脱除效果较差。O<sub>2</sub> 的通入对 NO<sub>x</sub> 的脱除起到促进作用。一般而言, 在其它实验条件一定时, 氧

气的浓度越高,  $\text{NO}_x$  脱除效率越高,  $\text{O}_2$  浓度  $> 5\%$  时,  $\text{NO}_x$  的脱除效率  $> 80\%$ 。  $\text{SO}_2$  与  $\text{NO}_x$  的相互作用在此实验中表现的并不明显,  $\text{SO}_2$  的通入量大小对  $\text{NO}_x$  的脱除效果影响不大。  $\text{H}_2\text{O}_2$  浓度在  $5\%$  左右, pH 值在  $2.7 \sim 3.8$ , 温度在  $55\text{ }^\circ\text{C}$  以下,  $\text{O}_2$  浓度在  $5\%$  以上,  $\text{NO}_x$  初始浓度在  $200 \sim 600 \text{ mg/m}^3$  之间时,  $\text{NO}_x$  的脱除效率可达到  $80\%$  以上; 在上述反应条件下加入催化离子 M,  $\text{NO}_x$  浓度在  $800 \text{ mg/m}^3$  以上时, 其脱除效率也可达到  $90\%$ ;  $\text{M}^n/\text{M}^{n+1}$  在反应过程中相互转化, 参与了  $\cdot\text{OH}$  的产生过程。  $\text{SO}_2$  的脱除效率受上述各条件因素的影响较小, 其脱除效率一般都能达到  $95\%$  以上。

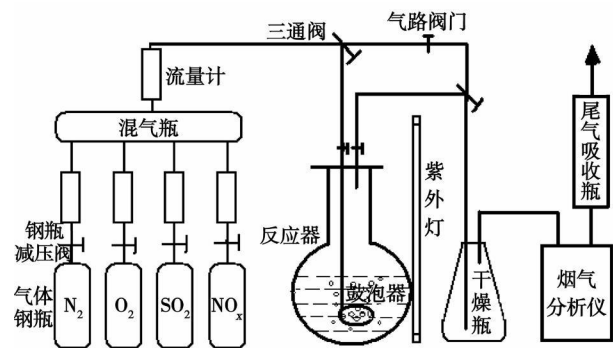


图 1 实验流程图

图 2 和图 3 是  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液浓度与 pH 值对  $\text{NO}_x$  脱除效率的影响曲线。

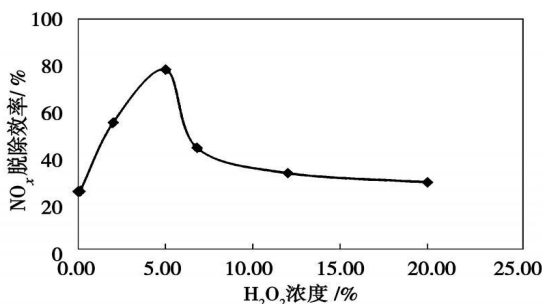


图 2 不同  $\text{H}_2\text{O}_2$  浓度下  $\text{NO}_x$  的脱除效率

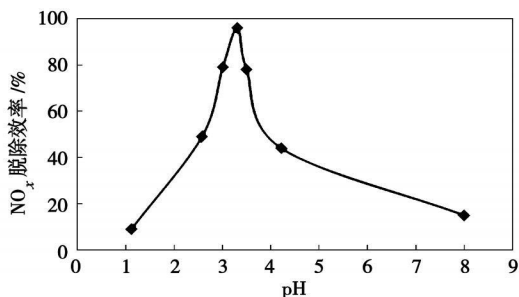


图 3 不同 pH 值条件下  $\text{NO}_x$  的脱除效率变化

实验发现, 以  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液浓度为  $5\%$ , pH 值为  $3.3$ , 控制溶液温度  $30\text{ }^\circ\text{C}$  左右,  $\text{O}_2$  浓度调节到  $6\%$ , 加入催化离子 M,  $\text{NO}_x$  初始浓度  $800 \text{ mg/m}^3$ ,  $\text{SO}_2$  初始浓度  $400 \text{ mg/m}^3$ , UV 频率为  $254 \text{ nm}$ , 强度  $15 \text{ W}$ , 作为最佳实验条件进行实验, 得到该条件下  $\text{NO}_x$  及  $\text{SO}_2$  的脱除效率, 如图 4 所示。由图可知, 在最佳实验条件下,  $\text{NO}_x$  及  $\text{SO}_2$  的脱除效率都可达到  $95\%$ 。反应后溶液中主要为  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、M 高价态离子和剩余的  $\text{H}_2\text{O}_2$ 。

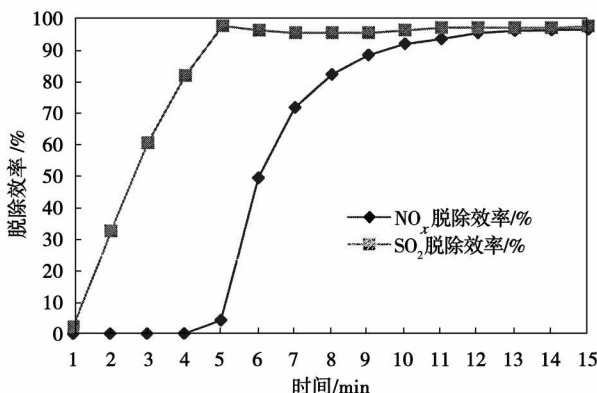


图 4 最佳实验条件下  $\text{NO}_x$  及  $\text{SO}_2$  的脱除效率

### 3 结 论

UV 照射下的  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液中可产生大量的  $\cdot\text{OH}$  自由基, 这些自由基不仅可氧化  $\text{SO}_2$ , 还可将难氧化的  $\text{NO}$  氧化为高价态易溶于水的氮氧化物, 从而可实现  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}$  的液相转化吸收。在  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液浓度  $5\%$ , pH 值  $3.3$ , 溶液温度  $30\text{ }^\circ\text{C}$  左右, 加入催化离子 M, UV 频率  $254 \text{ nm}$ , 强度  $15 \text{ W}$  的条件下,  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}$  可达到  $95\%$  以上的脱除效率。UV/ $\text{H}_2\text{O}_2$  法脱除  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_x$  体系对  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液的 pH 值、温度、 $\text{NO}_x$  及  $\text{SO}_2$  浓度范围等要求与现有石灰石石膏法脱硫设备基本相适应, 因此该方法可考虑用于对现有脱硫吸收塔的改造, 有望发展成为一种较为理想的燃煤电厂烟气多污染物控制方法。

### 参考文献:

[1] 马双忱, 马京香, 赵 毅. 燃煤电厂烟气多污染物控制技术研究与模型分析 // 2007 年火电厂环境保护综合治理技术研讨会论文集 [C]. 郑州: 中国电机工程学会环境保护专业委员会, 2007. 290-296.

[2] 毛本将, 丁伯南. 电子束烟气脱硫技术及工业应用 [J]. 环境保护, 2004, 9: 15-18.

[3] 罗永刚, 李大骥, 杨亚平. 活性炭联合脱硫脱硝工艺 [J]. 热能动力工程, 2001, 16(4): 444-446, 465.

- [4] 赵毅, 马双忱, 黄建军, 等. 高活性吸收剂脱硫和脱氮实验及机理研究[J]. 中国电机工程学报, 2003, 23(10): 236—240.
- [5] 李文书, 李咏梅, 顾国维. 高级氧化技术在持久性有机污染物处理中的应用[J]. 工业水处理, 2004, 24(11): 9—12.
- [6] 赵毅, 秦冬莉, 钟统林, 等. 自由基在环境污染控制技术中的应用[J]. 华北电力大学学报, 2004, 31(5): 85—89.
- [7] GREINER M R. Flash photolysis of  $H_2O_2$  vapors in the presence of  $D_2$ , Ar, and  $H_2^{18}O$ [J]. Chem Phys, 1996, 45: 99—
- [8] COOPER C D, CLAUSEN C A, PETTEY L, et al. Investigation of UV enhanced  $H_2O_2$  oxidation of  $NO_x$  emissions[J]. Environ Eng, 2002, 128(1): 68—72.
- [9] COOPER C D, CLAUSEN C A. Apparatus and method for treating pollutants in a gas using hydrogen peroxide and UV light[P]. US 6969486 Nov 29, 2005.
- [10] 雷乐成, 汪大翠. 水处理高级氧化技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.

(编辑 何静芳)

## 《热能动力工程》投稿须知

《热能动力工程》是学术性与技术性相结合的科技期刊, 双月刊, 国内外公开发刊。

《热能动力工程》为国家核心期刊, 已被国内、外著名检索系统收录。本刊为 2003 年第二届国家期刊奖“百种重点期刊”。

《热能动力工程》设置的栏目: 专题综述; 热力涡轮机械; 热力循环; 热力工程; 新能源动力技术; 技术信息。主要报道陆用/船用燃气轮机、汽轮机、锅炉等领域科研成果; 传动元件技术、新能源等实用性强且具有推广价值的先进技术经验。

### 1 投稿简约

(1) 来稿应具有创新性、科学性、准确性。凡属国家、省部级各类科学研究基金资助项目的学术论文, 本刊将优先发表。

(2) 纸质来稿可直接寄本刊编辑部(150036 哈尔滨市香坊区公滨路 452 号); 电子稿件可发送到 mdlgch703@163.com 信箱。

(3) 来稿请勿一稿二投。投稿三个月内, 可查询审阅结果(电话: 0451—55654932), 三个月后稿件可自行处理。来稿不退, 请自留底稿。

(4) 来稿文责自负(学术、保密、署名), 编辑部有权对拟用稿件做必要的修改、删节, 但实质性内容修改要征得作者同意。

(5) 本刊已入《中国学术期刊(光盘)》、《万方数据——数字化期刊群》、《中文科技期刊数据库》, 作者如不同意将文章编入该数据库, 来稿时请声明。

(6) 本刊对录用稿件收取一定的发表费。论文发表后, 按其学术水平、质量、字数付给作者稿酬, 赠杂志 2 本。

### 2 要求和注意事项

(1) 稿件论点明确、逻辑严密、数据可靠、文字精炼、图表清晰, 并作解密处理。

综述性论文以 6000 字为宜。研究性论文以 5000 字为宜。

(2) 题目: 不宜超过 20 字; 作者署名: 最多为 4 人, 其他作者可在文后标注或致谢。第一作者应有自然简介: 姓名、出生年月、性别、民族、籍贯(市(县)人)、职称。单位标至二级部门、省市、邮编。

中文摘要: 具体、清楚、全面的将论文主要内容反映出来, 并将研究目的、试验方法、结果和结论介绍给读者。200 字为宜。对背景材料、评论性语言和公式不宜写入摘要中。必须将中文摘要译成英文。摘要中的英文缩略语在第一次出现时, 应标注全称。

关键词: 所选的关键词应反映文章主题内容(3~8 个为宜)。

中图分类号: 请按“中国图书分类法”第 4 版要求标注。

(3) 文、图、表中的物理计量单位必须符合国家标准。物理量符号一律斜体, 包括上、下角标。

易混各种符号、希文、拉丁字母、大小写、正斜体、上、下角标应用铅笔标注。

(4) 图表随文排版, 全文统一编号。坐标轴要有名称和单位。每篇文章插图 5 幅为宜。表格用三线表(表中无斜、竖线)。

(5) 参考文献必须是公开出版物, 采用顺序编码制著录。外文作者采用姓前名后格式, 名用缩写, 不加缩写点。

几种参考文献的书写格式(其中空格、标点符号、字母照写):

连续出版物: [标引序号] 作者. 文题[J]. 刊名, 年, 卷(期): 起始页码—终止页码.

专 著: [标引序号] 作者. 书名[M]. 出版地, 出版者, 出版年.

译 著: [标引序号] 作者. 书名[M]. 译者. 出版地: 出版者, 出版年.

论 文 集: [标引序号] 作者. 文题// 编者. 文集[C]. 出版地: 出版者, 出版年, 起始—终止页码.

学 位 论 文: [标引序号] 作者. 文题[D]. 所在城市: 保存单位, 年份.

专 利: [标引序号] 申请者. 专利名[P]. 国名: 专利号, 发布日期.

技 术 标 准: [标引序号] 技术标准代号, 技术标准名称[S].

技 术 报 告: [标引序号] 作者. 文题[R]. 报告代码及编号, 地名: 责任单位, 年份.

temperature difference field uniformity, multi-stream plate-fin type heat exchanger, dynamic characteristics, mathematical model

无焰燃烧  $\text{NO}_x$  生成的数值分析和实验研究 = **Numerical Analysis and Experimental Study of  $\text{NO}_x$  Generation in Flameless Combustion**[刊, 汉]/WANG Bao-yuan, YU Yu, LIN Qi-zhao (Department of Thermal Sciences and Energy Source Engineering, China National University of Science and Technology, Hefei, China, Post Code: 230027), XING Xi-an-jun (Anhui Provincial Product Quality Supervision and Testing Research Institute, Hefei, China, Post Code: 230051)// Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2009, 24(6). — 787 ~ 791

Flameless combustion enjoys the merit of reducing  $\text{NO}_x$  emissions. By adopting an eddy dissipation concept (EDC) model based on a coupled skeleton chemical reaction mechanism, a three-dimensional numerical simulation and an experimental verification have been performed of the  $\text{NO}_x$  generation process of a flameless combustion boiler featuring a normal-temperature air admission. It has been found from an analysis that the simulation results obtained by using the model in question are in relatively good agreement with the test actual measuring ones. The flameless combustion can result in excessively low  $\text{NO}_x$  emissions with the emission concentration being below  $20 \times 10^{-6}$ .  $\text{NO}_x$  is generated mainly around a relatively wide space downstream of the jet flow. As the reaction zone is widened, the highest temperature in the combustion chamber is lower than 1 700 K and NO of the thermal type is sharply reduced relative to that of the flame combustion. The fast speed type NO amount is extremely low and the  $\text{N}_2\text{O}$ -transformed type NO becomes the main route for the generation of  $\text{NO}_x$ . **Key words:** flameless combustion, eddy dissipation concept,  $\text{NO}_x$ , reduction of emissions

紫外/过氧化氢法同时脱硫脱硝的研究 = **Research of Ultraviolet/hydrogen-peroxide Method for Simultaneous Desulfuration and Denitrification**[刊, 汉]/MA Shuang-chen, MA Jing-xiang, ZHAO Yi, et al (College of Environment Science and Engineering, North China University of Electric Power, Baoding China, Post Code: 071003)// Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2009, 24(6). — 792 ~ 795

Described were advances in the study of pollutant removal from waste gases by use of ultraviolet/hydrogen peroxide and analyzed was the effect of the strong oxidation property of the UV/ $\text{H}_2\text{O}_2$  system on the removal of  $\text{SO}_2$  and  $\text{NO}_x$  in simulated flue gases. Under optimum test conditions, the removal efficiency of  $\text{SO}_2$  and  $\text{NO}_x$  by use of UV/ $\text{H}_2\text{O}_2$  can be higher than 95%. The authors have analyzed the reaction mechanism for  $\text{SO}_2$  and  $\text{NO}_x$  removal by the UV/ $\text{H}_2\text{O}_2$  system and proposed a theory that the free radical reaction is the basis for oxidation and removal of pollutants. The authors also noted that the method under discussion can be used to reconstruct the existing wet type flue gas desulfuration towers and transform them into atmospheric pollution control devices capable of controlling various pollutants in flue gases. **Key words:** coal-fired power plant, desulfuration and denitrification, ultraviolet (UV), hydrogen peroxide, hydroxyl free radical

气态氨作还原剂的 SNCR 脱硝工艺的试验研究与模拟 = **Experimental Study and Simulation of SNCR (Selective Non-catalytic Reduction) Denitrification Process with Gas-state Ammonia Serving as a Reducing Agent**[刊, 汉]/LIANG Xiu-jin, ZHONG Zhao-ping, JIN Bao-sheng, et al (College of Energy Source and Environment, Southeast University, Nanjing, China, Post Code: 210096)// Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2009, 24(6). — 796 ~ 802

Experimentally studied was the SNCR (selective non-catalytic reduction) denitrification process on a self-developed test rig with ammonia serving as a reducing agent. Its simulation was performed by using chemical reaction dynamics software Chemkin 4.1. It has been found through tests that the inner spray-in mode by use of self-developed and improved type slot TB series nozzles is conspicuously superior to the lateral spray-in mode with  $\text{NO}_x$  removal rate being enhanced. With the  $\text{NO}_x$  removal rate of above 50% serving as a standard, the temperature window obtained by the test ranges from 863 to 937 °C. With an increase of the ammonia/nitrogen ratio, the  $\text{NO}_x$  removal and ammonia leakage rate will increase. When