

污染防治技术研究开发

中日合作研究成果集

中日友好环境保护中心公害防治技术部 编

中国环境科学出版社



污染防治技术研究与开发

——中日合作研究成果集

中日友好环境保护中心公害防治技术部 编

中国环境科学出版社

• 北 京 •

图书在版编目 (CIP) 数据

污染防治技术研究与开发: 中日合作研究成果集/ 中日友好环境保护中心公害防治技术部编. —北京: 中国环境科学出版社, 2000. 11

ISBN 7-80163-041-6

I. 污... II. 中... III. 污染防治-技术-文集
IV. X5-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 56865 号

中国环境科学出版社出版发行
(100036 北京海淀区普惠南里 14 号)
北京市联华印刷厂印刷
各地新华书店经售

*

2000 年 11 月第 一 版 开本 787×1092 1/16
2000 年 11 月第一次印刷 印张 20 1/4
印数 1—1 000 字数 500 千字

定价: 68.00 元

前 言

公害防治技术部（以下简称公害部）是我国政府利用日本政府无偿援助资金建设的国家重点环境保护项目——中日友好环境保护中心的一个下属部，于 1996 年 5 月 5 日举行落成典礼并投入运行使用。在日本政府无偿援助的六套环境污染控制模拟实验装置及近 300 台件分析测试仪器设备的基础上，在公害部内部组建了八个实验室，实验室人员由中国环境科学研究院相应研究所的科研人员兼职组成。

公害部科研业务包括两个方面：一是承担中日友好环境保护中心归口管理的中日专项技术合作计划的科研任务；二是承担中国环境科学研究院归口管理的科研任务。公害部的实验室承担了国家“九五”攻关课题，国家环保总局课题，国家自然科学基金课题，企业委托项目，世界银行贷款项目，日本 JICA 技术合作研究项目及其它国际合作研究项目等多方面的研究和技术开发。

自建成后运转 5 年以来，特别是在实施第二期 JICA 技术合作期间，公害部在大气污染防治技术(半干半湿排烟脱硫技术、循环流化床烟气脱硫技术、机动车排放检测和排气催化净化技术等)，固体废物污染防治技术(垃圾填埋技术、堆肥技术及焚烧处理技术等)，水污染防治技术(膜分离技术、光催化氧化技术、优势菌处理技术、UASB 技术、JAS 曝气系统开发应用技术和有用物质回收技术等)，化学品测试技术和化学物质分析技术等领域的研究和技术开发方面取得了丰硕成果。

本成果集中汇集了 33 篇公害部实验室已公开发表的论文和尚未公开发表的科研成果，以及 4 篇具有实用参考价值的专题论述。这些成果是公害部

科技人员在公害部实验室完成的，或作为 JICA 进修生在日本的研究机构完成的，以及由日本来华 JICA 专家在公害部工作期间完成的。这些论文和专题论述是公害部科技人员和日本来华 JICA 专家辛勤劳动的果实，是中日合作的成果。

在成果集出版之际，衷心祝愿公害部百尺竿头更进一步，为改善我国环境，研究开发更多更实用的环境污染控制技术；祝愿中日技术合作取得更多的成果。

在成果集编辑出版过程中，得到了许多同志的大力支持和帮助，特别是日本国际协力事业团（JICA）中日友好环境保护中心项目第二阶段技术合作专家组为出版提供了资金，在此谨表谢意。

由于时间仓促，编辑水平有限，对于成果集中不妥和错误之处，欢迎批评指正。

编 者

2000 年 8 月

第一编

大气污染防治技术

半干半湿法烟气脱硫技术研究*

张 凡 张 伟 杨霓云 王红梅 崔 平 王山珊

摘 要 在实验的基础上, 分析了半干半湿法烟气脱硫技术的优点。根据影响该技术脱硫效率的主要因素, 通过实验, 较系统地研究了温距与喷嘴布局、入塔烟温、Ca/S 摩尔比、脱硫灰循环利用等对脱硫效率的影响, 并对脱硫灰制砖的成分配制也进行了讨论。实验结果表明, 在整体 Ca/S 摩尔比为 1.5~1.7 时, 该技术工艺可以达到 80% 以上的脱硫效率。

关键词 半干半湿法 烟气 脱硫 脱硫剂

1997 年我国排放 SO₂ 的总量已达 2 700 多万 t, 成为世界上 SO₂ 排放最多的国家。SO₂ 的大量排放不仅引起了党和政府的高度重视, 同时, 也引起了周边国家的关注。控制 SO₂ 的排放已到了刻不容缓的地步。

控制烟气 SO₂ 排放的方法很多, 大体归纳起来有 3 种^[1], 即湿法、半干法和干法。其脱硫效率、投资和运行费用见表 1。

表 1 不同脱硫技术比较

名 称	脱硫效率(%)	投资百分比 ¹⁾	运行费用 ²⁾ (元/t)
湿法	90~99	10	1 000~1 700
半干法	65~85	8	700~1 200
干法	50~80	6~7	700~1 200

注: 1) 投资百分比指脱硫设备占整体设备的百分比;

2) 以 SO₂ 计。

从表 1 看出, 3 种烟气脱硫 (FGD) 技术各有特点: 湿法脱硫效率高, 投资大, 运行费用高; 干法脱硫效率较低, 但投资少; 半干法脱硫效率居中, 投资也居中, 其运行费用和干法基本持平。

半干半湿法 FGD 技术属于半干法 FGD 范畴, 它是在克服旋转喷雾法的制浆系统庞大、设备磨损以及炉内喷钙尾部增湿法的钙硫比过高等缺点的基础上而发展起来的一种新型半干法 FGD 技术。它具有投资少、运行费用低、占地少、无腐蚀和脱硫灰可制砖等诸多优点, 其详细情况见表 2。

从表 2 看出, 半干半湿法 FGD 技术同其他两种半干法相比, 仍具有一定的优势, 是一种具有开发价值的新技术。

* 基金项目: 国家“九五”科技攻关课题 (96-910-01-03)。

本文刊载于《环境科学研究》2000 年第 1 期。

表 2 不同半干法 FGD 技术性能比较

名 称	投资比较 ¹⁾	运行费用 ²⁾ (元/t)	占地面积 (m ²)	腐蚀性	脱硫灰 利用
旋转喷雾法 FGD	1	900	300	无	
炉内喷钙尾部增湿 FGD	0.75	800	200	无	
半干半湿法 FGD	0.75	750	250	无	制砖

注：1) 以 30t/h 锅炉及附属设备等为例；

2) 以 SO₂ 计。

1 工艺路线

半干半湿法 FGD 工艺路线见图 1。

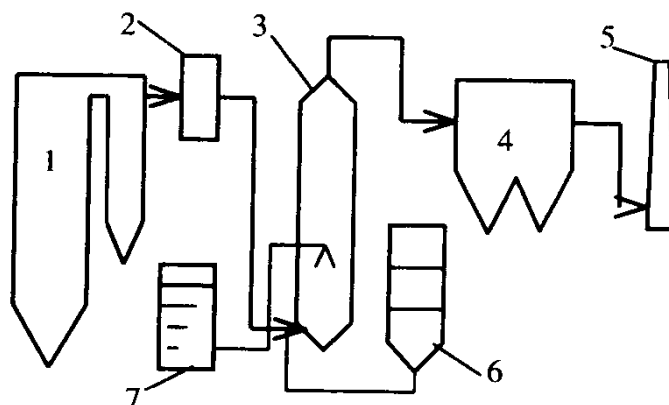
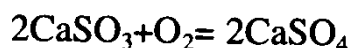
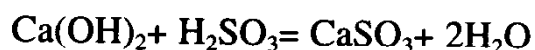
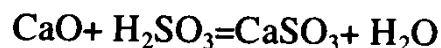
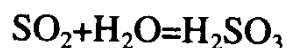


图 1 半干半湿法 FGD 工艺路线

1—锅炉；2—省煤器；3—脱硫塔；4—集尘装置（EST 或 FF）；

5—烟囱；6—脱硫剂；7—加湿水箱

由图 1 可知，锅炉烟气直接进入脱硫塔，在入塔之前，同脱硫剂（CaO 或 Ca(OH)₂ 粉末）混合，塔内喷淋水雾。在塔中，SO₂、水、脱硫剂三者之间发生如下反应：



本工艺省去了旋转喷雾法制浆系统，变喷入 Ca(OH)₂ 水溶液为喷入 CaO 或 Ca(OH)₂ 粉末和喷水雾；同时也克服了炉内喷钙法 SO₂ 和 CaO 反应效率低、反应时间长的缺点，提高了钙的利用效率。形成了保持旋转喷雾法脱硫效率高、钙利用效率高和炉内喷钙法工艺简单的优点，因而具有很好的发展前景。

2 主要设备和技术指标

2.1 主要设备

根据图 1，其主要设备见表 3。

2.2 技术指标

a. 脱硫效率。根据煤中含硫量与烟气中 SO₂ 浓度关系（见表 4）可知，只要脱硫

表3 半干半湿法 FGD 主要设备清单

设备名称	数 量	备 注
脱硫塔	1	碳钢或混凝土, 自制
脱硫剂制备系统	1	日本产
隔膜计量泵	1	日本产
空压机	1	日本产
罗茨风机	1	日本产
喷水系统	1	日本产

表4 煤中硫含量对应产生 SO₂ 的浓度表

煤含硫量 (%)	SO ₂ 浓度 (mg/m ³)	国家标准 (mg/m ³)	达标削减 (mg/m ³)	达标对应脱硫效率 (%)	脱硫后的 SO ₂ 浓度 (mg/m ³)
0.50	400	1 000			
1.00	800	1 000			
1.5	1 200	1 000	200		
2.0	1 600	1 200	400	25	1 200
3.0	2 400	1 200	1 200	50	1 200
4.0	3 200	1 200	2 000	63	1 184
5.0	4 000	1 200	2 800	70	1 200
6.0	4 800	1 200	3 600	75	1 200
7.0	5 600	1 200	4 400	79	1 176
8.0	6 400	1 200	5 200	81	1 216
9.0	7 200	1 200	6 000	83	1 214

效率达到 83%，可以使所有含硫量 9.0% 的煤燃烧产生 SO₂ 达到国家排放标准。当脱硫效率达到 65% 时，可以满足 ≤4% 含硫量煤燃烧烟气中 SO₂ 浓度达到国家排放标准。因此，必须确定半干半湿法 FGD 脱硫效率为 65%~85%。

b. Ca/S 摩尔比。当脱硫效率为 65%~85% 时，Ca/S 比在 1.5~1.7 的范围。

c. 无废水排放。

d. 脱硫灰可制砖。

3 结果及讨论

3.1 影响脱硫效率的因素

3.1.1 温距与喷嘴布局

根据试验，在各喷嘴喷水量相同的条件下，塔内各点或各断面的温度是不相同的，见表 5。

由表 5 可知，在其他条件相同情况下，脱硫塔内不同位置，由于烟气流向不均，造成各点温度不同，在露点值一定条件下，塔中各点温距不同。因此，了解塔内各点的温度是非常重要的。为此，笔者在脱硫塔内安置了 16 个热电偶以了解塔内纵横的温度分布。通过调节热电偶的深度了解塔内不同半径的温度分布，见表 6。

表 5 加湿条件下塔内温度变化

热电偶插入深度 (mm)	测量结果 (°C)	
	顶层西手孔	顶层东手孔
200	45	47
300	48	49
400	49	56
500	46	72
600	46	72
700	46	

表 6 不加湿条件下塔内温度变化

热电偶插入深度 (mm)	测量结果 (°C)	
	方位 30°	方位 0°
400	98	126
500	112	131
600	120	133
700	127	135

注：入塔烟气温度为 140°C。

根据不同点的温度分布，调节不同点的喷水量，并通过喷嘴的布局调节塔内各点温度均在露点以上，通过维持较低的温距，以保证足够高的脱硫效率，同时，使塔内不出现结垢现象。经过以上对喷嘴布局的调整，得到如下试验结果，见图 2（反应塔入口烟气温度为 130°C；SO₂ 浓度为 1 659mg/m³；Ca/S 为 2.2±0.2；烟气量为 1 600Nm³/h）。

由图 2 可知，温距对脱硫效果的影响很大。温距从 18K 降低到 11K，脱硫效率增加 30%。降低温距（增加相对湿度），可明显增加脱硫效率。在温距较低（<12K）时这种趋势更明显。但温距降低到 11K 以下时，调节塔中各点的喷水量均维持在露点以上，已很困难。这也是半干半湿法不能长期稳定达到 90%以上脱硫效率的原因之一。

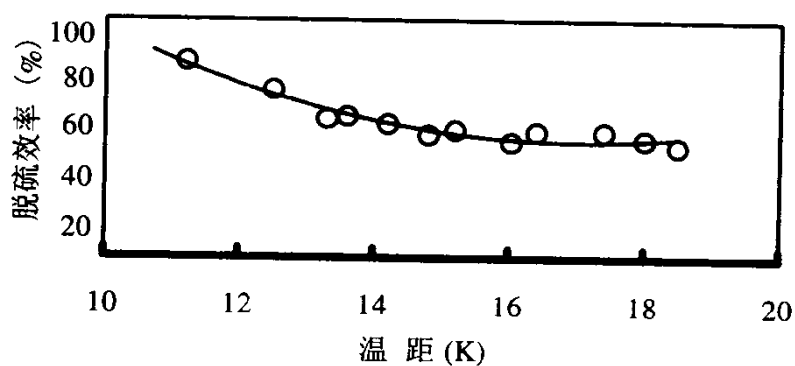


图 2 温距对脱硫效率的影响

3.1.2 入塔烟气温度

入塔烟气温度对脱硫效率的影响见图 3（脱硫剂为 CaO；SO₂ 浓度为 1 659mg/m³；Ca/S 为 2；加湿方法：塔内雾化）。

由图 3 可知，入塔烟气温度对脱硫效率只有微弱的变化。原因是因为烟气的热容

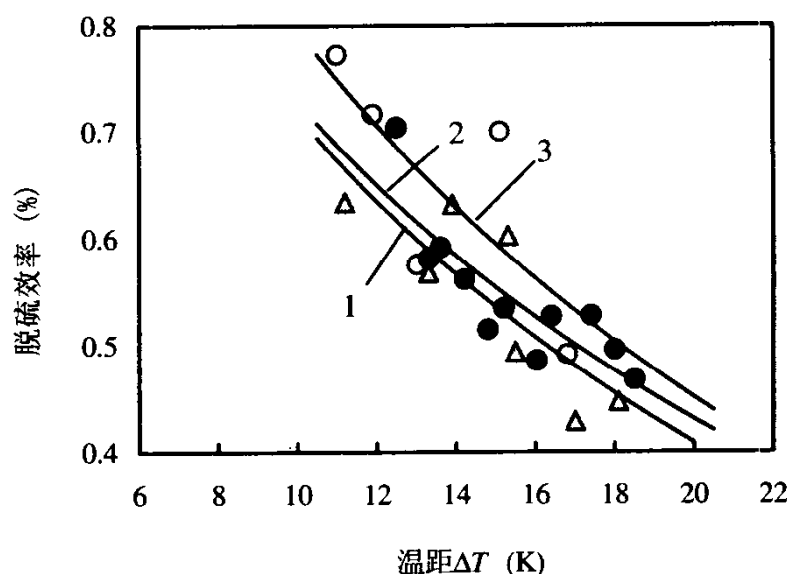


图3 不同入塔烟温条件下温距对脱硫效率的影响

入塔烟温：1—130℃；2—140℃；3—120℃

很低，喷水量的微量增减，足以使露点降到需要的数值。因此，入塔烟气温度并不对脱硫效率产生大的影响。

3.1.3 Ca/S 摩尔比

试验结果见图4 (脱硫剂为CaO；入塔烟温为130℃；温距为15K；SO₂浓度为2288mg/m³；加湿方法：塔内雾化)。在15K温距条件下，欲超过60%的脱硫效率，Ca/S摩尔比不能低于2.0；而超过80%的脱硫效率，Ca/S摩尔比不能低于3.0；此时，CaO（或Ca(OH)₂）过剩值约为100%~200%。

根据前人的研究成果^[2]，脱硫剂吸附硫时，会使脱硫剂表面形成一层产物层，二氧化硫通过产物层扩散到脱硫剂表面的扩散作用成为速率控制因素。当产物层达到一定厚度，将使脱硫反应终止，因而脱硫剂是不可能百分之百地与二氧化硫反应。提高脱硫剂的利用效率应从以下两个方向入手：①减小脱硫剂的粒径；②循环利用脱硫剂。

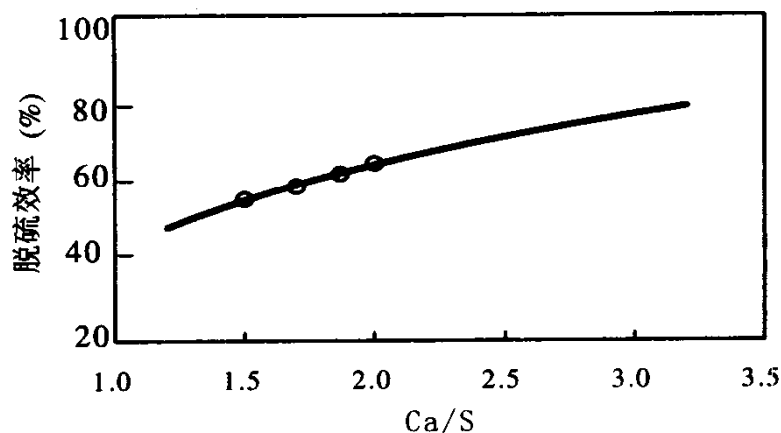


图4 最低Ca/S比选择

3.1.4 脱硫灰的循环利用

超细脱硫剂粉末，可以提高脱硫剂的利用效率，但一般只能提高25%，而且带来实际应用上的诸多不便。试验证明，脱硫灰的循环利用，可大大提高脱硫剂的利用效率，操作也十分方便，见图5。

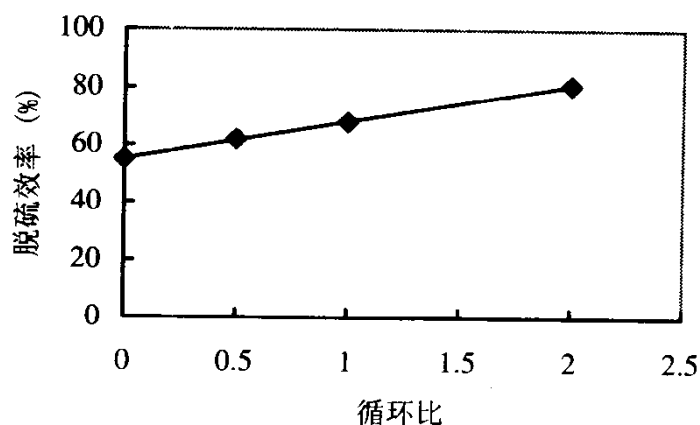


图5 循环比对脱硫效果的影响

由图 5 可知, 当脱硫灰循环利用比例 (以下简称循环比) 是 2 (即 1 份脱硫剂, 2 份脱硫灰), 脱硫效率可达 80% 以上, 相当于 Ca/S 为 1.7。这对于降低 Ca/S 比是相当有意义的。同时试验结果 (见表 7) 还表明, 在相同条件下, 脱硫灰循环利用比纯脱硫剂的脱硫效率还要高。其原因是脱硫灰中含有许多比 CaO 更为活跃的金属氧化物, 如 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 和 MgO 等, 它们的存在有助于二氧化硫的去除。

表 7 循环比对脱硫效果的影响

Ca/S	温距 (K)	循环比	SO ₂ 入口浓度 (mg/m ³)	SO ₂ 出口浓度 (mg/m ³)	SO ₂ 去除率 (%)
1.5	17	0(不循环)	1 287	581	55
		0.5	1 196	449	62
		1	1 356	435	68
		2	1 430	429	70

3.2 脱硫灰制砖

粉煤灰制砖属成熟工艺^[3]。粉煤灰与脱硫灰的最大区别为: 粉煤灰中含 SiO_2 、 Al_2O_3 和 Fe_2O_3 较多, 而脱硫灰中 CaCO_3 、 CaO 、 CaSO_3 和 CaSO_4 较多, 见表 8。粉煤灰制砖, 一般需添加 CaO 或 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 作为激发剂, 以加快水合化合物形成速度, 同时增加砖的强度。

根据脱硫灰和粉煤灰在成分上的区别, 通过在脱硫灰中添加 SiO_2 等物质, 使之达到粉煤灰制砖对各种成分的要求, 即可将粉煤灰蒸养法制砖移植于脱硫灰制砖。试验结果见表 9。

表 8 粉煤灰和脱硫灰成分比较表

种 类	粉煤灰	脱硫渣	种 类	粉煤灰	脱硫渣
SiO_2	40~60	7~8.6	MgO	0.5~2	0.77~1.26
Al_2O_3	17~35	0.7~1.63	SO_3	0.1~2	7~8
Fe_2O_3	2~15	0.5~0.77	Na_2O 及 K_2O	0.5~4	0.51~1.63
CaO	1~10	50~73	烧失量	1~26	3~28.6

注: 脱硫渣包括 CaSO_3 、 CaSO_4 、 CaCO_3 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 等。

表 9 脱硫灰制砖配比与强度关系实验数据表

种 类	脱硫灰 (份)	炉渣 (份)	砂子 (份)	强度 (MPa)
1	250	450	300	30
2	250		750	17
3	300	200	500	20
4	400	200	400	26
5	500	200	300	27
6	600	200	200	25
7	800	100	100	20

由表 9 可知, 按第 1 种配方, 制造出的脱硫灰砖的强度可达 30MPa, 是普通红砖强度的 2 倍。

4 结 论

- a. 半干半湿法烟气脱硫工艺可以达到 80% 以上的脱硫效率, 按目前的国际标准, 可以使燃用含硫量 $\leq 9.0\%$ 的煤的锅炉烟气二氧化硫达标排放。
- b. 在保证不湿壁条件下, 温距与喷嘴布局密切相关。在低温距条件下, 烟气温距在露点以上, 并不代表脱硫塔各点温距在露点以上。通过对喷嘴角度及喷水量的调节, 可以保证在较低温距下塔壁不结垢。
- c. 入塔烟气温度对半干半湿法烟气脱硫效率无大的影响。
- d. 要超过 60% 的脱硫效率, Ca/S 摩尔比不能低于 2.0, 而超过 80% 的脱硫效率, Ca/S 摩尔比不能低于 3.0, 但可通过脱硫灰的循环利用, 使 Ca/S 摩尔比为 1.5~1.7。
- e. 在相同条件下, 脱硫灰循环利用比纯脱硫剂的脱硫效率要高。
- f. 半干半湿法工艺的脱硫灰可用于制砖。

参考文献

- 1 冯玲, 杨景玲, 蔡树中. 烟气脱硫技术的发展及应用现状. 环境工程, 1997, 15(2): 19~24
- 2 Yoon H, Stouffer M R. Pilot process variable study of collide desulfurization. Environ Progr, 1988, 17(2): 104~111
- 3 国家环境保护局. 工业废渣建筑材料. 北京: 中国环境科学出版社, 1992. 62~70

The Study on Semi-dry FGD Technology

ZHANG Fan, ZHANG Wei, YANG Niyun, WANG Hongmei,
CUI Ping and WANG Shanshan

Abstract: On the basis of experience results, the benefits of semi-dry FGD technology have been analyzed. Based on the main factors affecting the desulfurization efficiency and through experiments, the approach-to-adiabatic-saturation temperature and nozzle distribution, flue gas inlet temperature, Ca/S molar ratio and SO₂ sorbent recycling affecting desulfurization efficiency are studied systematically. The components of desulfuration ash brick are also discussed. The experience data show that when integrate Ca/S ratio is between 1.5 to 1.7, the desulfurization efficiency of the technology can be more than 80%.

Keywords: Semi-dry; Flue gas; Desulfurization; SO₂ sorbent

半干半湿法烟气脱硫工艺中废脱硫剂循环利用技术研究

杨霓云 张 伟 张 凡 王红梅 崔 平 王山珊 石英杰

摘 要 半干半湿法烟气脱硫工艺投资低、装置简单,适用于中小型工业锅炉及旧锅炉的改造。但是该法脱硫率偏低、脱硫剂利用率低等缺点直接影响其商业应用。废脱硫剂的循环利用技术可以有效提高脱硫剂利用率及 SO_2 去除率而不必增加新鲜脱硫剂费用。废脱硫剂可以直接循环或经磨碎后再循环,后者比前者对 SO_2 去除率的提高更为显著,但是后者需再增加一套固体处置系统。对脱硫剂直接循环我们进行了中试试验,得出循环比率为 1 时,脱硫率由 55% 增加到 67%,试验验证了废脱硫剂循环利用对提高脱硫率的作用。

关键词 烟气脱硫 废脱硫剂 循环利用

1 概 述

半干半湿法烟气脱硫技术是一种简易烟气脱硫技术,其工艺为:向烟道中喷入一定粒度的脱硫剂粉末,烟气夹带着脱硫剂粒子,经过反应塔时,被塔中喷头喷出的雾化水滴增湿活化,使在低温下不易反应的 SO_2 气相与石灰固相转化为该温度下极易反应的气相与液相。生成物在烟气温度下干燥,随烟尘一同被除尘器收集下来。该技术具有投资低、占地面积小、装置简单、无废水污染、比炉内喷钙技术脱硫率高等优点,越来越引起各发达国家的研究人员及商家的巨大兴趣。该技术尤其适用于中小型工业锅炉及旧锅炉的改造,是比较适合我国国情的一种脱硫方法。虽然目前该技术在德国、芬兰、日本、美国及丹麦等国家都已经或正在进行研究及应用,但是我国烟气脱硫领域在半干半湿法技术的应用上仍是空白,对其研究亦刚刚起步,研究内容主要集中在工艺运行参数:反应器出口烟气温距、 Ca/S 摩尔比、烟气入口温度、 SO_2 入口浓度、烟气停留时间等对脱硫效果的影响规律。

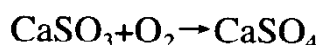
半干半湿法的不足之处在于脱硫率比湿法低,一般为 50%~60%;较短的脱硫剂停留时间(通常为 0.5~3 秒)及不良的传质状况均会导致脱硫剂利用率很低,通常只有 15%~30%。半干半湿法脱硫原理是靠新鲜石灰表面的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 分子和 SO_2 作用,要想追求高的脱硫率,通常有两条途径:加大脱硫剂用量或者提高脱硫剂利用率,而其操作费用首先取决于所用脱硫剂的价格和使用情况,所以最理想的是尽可能增大脱硫剂利用率,减小脱硫剂比率(Ca/S),若靠大量增加石灰消耗量来使 SO_2 去除率增加一点点,在经济上是不合算的^[1]。

在脱硫剂循环利用系统中,收集后的部分固体物质可被循环回到烟道中,停留时

间加长, 为未反应的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 与 SO_2 又提供了一次反应机会。这些固体物质的循环使 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 在系统中的总量增加, 而不用额外增加新鲜石灰的比率, 因此不必增加脱硫剂费用即可使 SO_2 去除率增加。由此可见废脱硫剂循环利用对半干半湿法烟气脱硫技术实现产业化具有重要意义。

2 废脱硫剂循环利用方式

对于半干半湿法烟气脱硫, 当前公认的机理是脱硫剂颗粒与水滴相碰撞, 表面形成一层液膜, 脱硫剂和 SO_2 都向颗粒液膜中溶解, 发生离子反应, 比原来的气固两相的反应速率大大提高^[2]。主要反应如下:



随着反应的进行, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 颗粒外被 CaSO_3 (或 CaSO_4) 所包围, 由于反应产物 CaSO_3 (或 CaSO_4) 的摩尔体积较 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 大, 故 SO_2 或 SO_3^{2-} 通过在微孔中扩散作用进入脱硫剂粒子内部的通道越来越窄, 直至通道被完全“堵塞”^[3]。

根据以上反应机理可知, 收集的脱硫灰中未反应的脱硫剂有两种情况: 其一为未与 H_2O 及 SO_2 进行有效碰撞的石灰粒子, 其二为被 CaSO_3 (或 CaSO_4) 包裹在内的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 。因此废脱硫剂循环利用有两种方式: 一是直接将收集下的脱硫灰与一定比例的新鲜石灰混合后喷入烟气中, 给未反应的石灰颗粒再次提供机会; 另一种方式是将收集的脱硫灰先进行磨碎, 使包裹着 CaSO_3 (或 CaSO_4) 外壳的未反应的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 暴露出来, 再进行循环使用。

3 废脱硫剂循环利用对脱硫效果的影响

美国电力研究院高硫测试中心的中试验厂曾进行了半干半湿法(HYPAS 工艺)脱硫剂循环利用试验, 循环比率(循环固体物质与新鲜石灰的重量比)为 1, 废脱硫剂经过磨碎后再循环, 去除率从 44% 增加到 51%, 而不经磨碎直接循环时, SO_2 去除率由 44% 增加到 48%^[1]。可见“磨碎”可以显著增加废脱硫剂的循环活性, 但需再增加一套固体处置系统, 同时给系统操作增加了一定的复杂性。

我们研究的半干半湿法烟气脱硫技术主要针对中小型工业锅炉, 方法的投资小、占地少、操作简单等是首要考虑的因素, 不必追求高的脱硫效率。因此我们在试验中着重进行了废脱硫剂不经磨碎直接循环利用的试验。

3.1 试验装置

本试验是在中日友好环境保护中心公害部的脱硫除尘试验装置上进行的, 装置处理烟气量为 $2\,000\text{Nm}^3/\text{h}$, 达到中试规模。

试验流程简图见图 1。

3.2 试验参数

烟气流量 $2\,000\text{Nm}^3/\text{h}$, SO_2 入口浓度 500ppm 左右, 脱硫剂 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, Ca/S 摩尔比为 1.5, 温距 17K, 循环比率分别为 0.5, 1, 2。

3.3 试验结果

将布袋除尘器收集的脱硫灰部分或全部循环利用, 其中部分未反应的脱硫剂重新

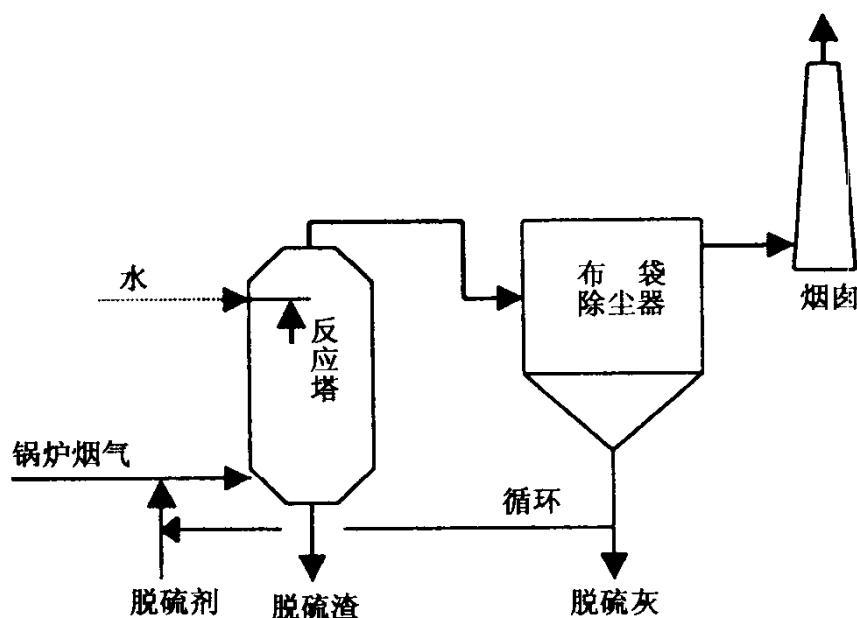


图1 半干法废脱硫剂循环利用工艺流程图

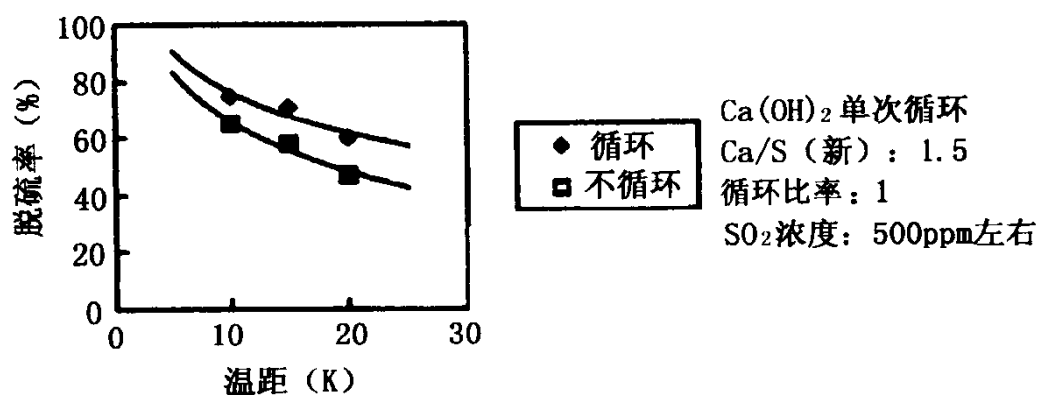


图2 废脱硫剂循环对脱硫效果的影响

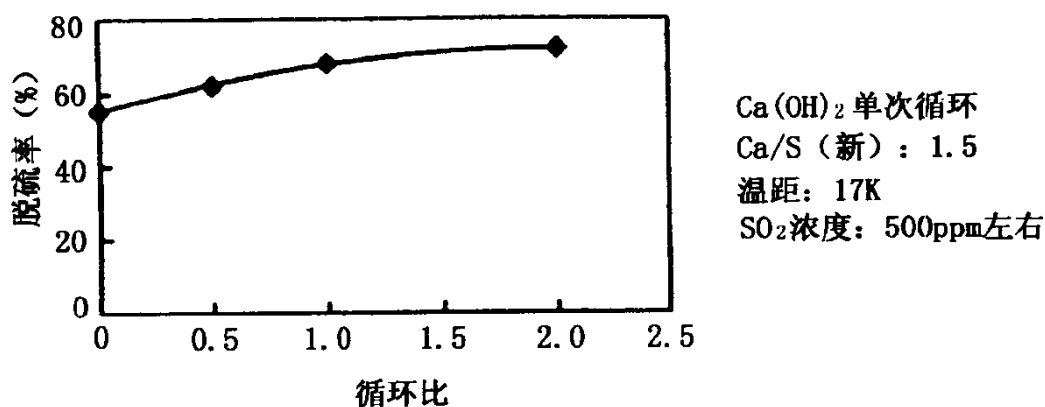


图3 循环比率对脱硫效果的影响

获得反应机会，相当于增加了有效停留时间，提高了脱硫剂的利用率，因此脱硫效率有明显增高。实验数据见图2。

随着循环比率的增加，脱硫率有所提高，但提高的趋势随循环比率的增大而趋于平缓，实验数据见图3。