

提高 CFB 锅炉炉内脱硫效率的试验研究

杨振森¹, 刘 彬², 陈宁武¹, 张思海¹, 王海涛², 王鹏利², 高洪培²

(1. 宁夏国华宁东发电有限公司, 宁夏 银川 751400;
2. 中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司, 北京 100098)

摘要: 为了提高 CFB 锅炉脱硫效率, 以宁夏国华宁东发电有限公司 330MW CFB 锅炉炉内脱硫系统为试验对象进行了研究。发现影响脱硫效率的主要因素有 CFB 锅炉运行床温、上下二次风配比、床压、石灰石粒度、石灰石品质等。通过优化调整, 在降低 20%~40% 石灰石耗量的基础上, 脱硫效率可达 96%, SO_2 排放质量浓度可控制在 100 mg/m^3 以内。试验研究表明, CFB 锅炉采用炉内脱硫, SO_2 排放浓度满足最新环保标准要求。

关键词: 脱硫效率; 脱硫剂粒径; CaO 利用率; 反应活性; 优化调整

中图分类号: X701.3

文献标识码: A

文章编号: 1006-6772(2012)06-0072-04

Experimental research on desulfuration efficiency improvement of CFB boiler

YANG Zhen-sen¹, LIU Bin², CHEN Ning-wu¹, ZHANG Si-hai¹, WANG Hai-tao², WANG Peng-li², GAO Hong-pe²

(1. Ningxia Guohua Ningdong Power Generation Co., Ltd., Yinchuan 751400, China;

2. China Huaneng Clean Energy Research Institute, Beijing 100098, China)

Abstract: To improve the desulfuration efficiency of CFB boiler, investigate the desulfuration system of 330 MW CFB boiler in Ningxia Guohua Ningdong Power Generation Company. The main influencing factors are bed temperature, ratio of upper and lower secondary wind, bed pressure, particle size and CaCO_3 quality. After transformation, with 20 percent to 40 percent less CaCO_3 consumption, the desulfuration efficiency reaches up to 96 percent, the SO_2 emission concentration could be controlled below 100 mg/m^3 , meeting the newest national environmental protection standards.

Key words: desulfuration efficiency; desulfurizer particle size; CaO utilization rate; reactivity; optimization and adjust

循环流化床(CFB)锅炉具有环保性能好、燃料适应性广等优点,在中国及世界范围内得到了广泛应用。环保性能好主要体现在 CFB 锅炉具有的炉内添加石灰石高效脱硫和低氮氧化物排放燃烧技术^[1-2]。

CFB 锅炉炉内脱硫通过将石灰石粉喷入炉膛,高温煅烧分解生成 CaO,与烟气中的 SO_2 发生固硫

反应生成 CaSO_4 ,反应产物随灰渣排出,系统简单,投资少,运行费用低,脱硫效率高^[3]。

宁夏国华宁东发电有限公司 330 MW 机组是由东方锅炉(集团)股份有限公司制造的亚临界、一次中间再热、自然循环汽包炉,配置上海汽轮机有限公司设计制造的亚临界、一次中间再热、单轴、双缸双排汽、直接空冷凝汽式汽轮机。该机组自投运以

收稿日期: 2012-08-28 责任编辑: 宫在芹

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2011BAA02B02)

作者简介: 杨振森(1978—)男,宁夏盐池人,工程师,主要从事 CFB 循环流化床锅炉运行管理工作。

引用格式: 杨振森,刘 彬,陈宁武,等.提高 CFB 锅炉炉内脱硫效率的试验研究[J].洁净煤技术,2012,18(6):72-75.

来, 脱硫效率达不到设计值, SO_2 排放较高, 不能满足 GB 13223—2011《火电厂大气污染物排放标准》的要求。为了使机组满足要求, 需要对炉内干法脱硫系统进行诊断和优化试验研究。

1 脱硫效率影响因素

1.1 运行床温

一般规律认为, 床温对脱硫效率影响较大, 这是因为燃烧温度的改变直接影响脱硫反应速度、石灰石颗粒分布及石灰石孔隙堵塞特性, 从而影响脱硫反应和石灰石利用率。 SO_2 排放质量浓度随床温的升高而增大, 脱硫效率先随温度升高而升高, 在 $850 \sim 860 \text{ }^\circ\text{C}$ 时达到最佳值, 温度升高到 $900 \text{ }^\circ\text{C}$ 以后, 脱硫效率开始下降。随温度升高, CaO 内部分布均匀的小晶粒会逐渐融合成大晶粒, 晶粒越来越大, CaO 的比表面积减小, 导致表面结壳, 失去吸收 SO_2 的活性; 在床温超过 $1000 \text{ }^\circ\text{C}$, CaSO_4 还会逆相分解放出 SO_2 , 进一步降低硫酸盐化的化学反应速度^[4]。

图1为石灰石A在相同的石灰石量(28 t/h, 钙硫比最高8.5)、不同床温条件下对脱硫效率的影响。由图1可以看出, 床温在 $890 \sim 938 \text{ }^\circ\text{C}$ 区间时, 脱硫效率随床温的升高而降低, 最高脱硫效率仅为84.1%, SO_2 最低排放量为 498 mg/m^3 。

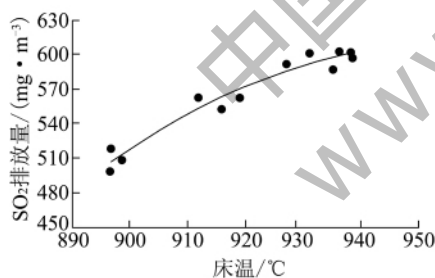


图1 床温与 SO_2 排放的关系

1.2 上下二次风分配

图2为上下二次风分配与 SO_2 排放量的关系。

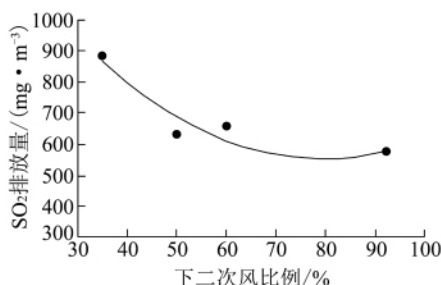


图2 下二次风与 SO_2 排放的关系

由图2可以看出, 在其它因素相对不变时, 上下二次风的分配对脱硫效率有较大影响。分析认为, 这主要是因为床温随着下二次风比例的增加而降低, 脱硫效率随床温的降低而提高。另一方面, 由于石灰石粉剂从下二次风口进入炉膛, 下二次风的增加增强了石灰石粉剂进入炉膛以后的搅混作用, 石灰石粉剂与烟气的充分混合使脱硫效率得以提高^[5]。

1.3 床压

一般规律认为, 对于特定煤种(灰分、成灰特性确定), 在风量不变条件下, 床压的增大可使炉内物料浓度增加, 脱硫粉剂颗粒与煤粉颗粒在炉膛内互相碰撞的频率增加, 脱硫粉剂在炉内的停留时间增加, 而停留时间的增加增大了脱硫反应发生的几率, 有利于提高石灰石的利用率和脱硫效率。图3为床压变化对脱硫效率的影响。由图3可以看出, 随着床压的增大, SO_2 排放量明显降低。

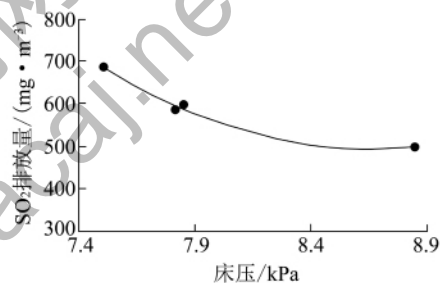


图3 床压与 SO_2 排放的关系

1.4 石灰石粒径

试验研究认为, 石灰石的粒径分布对CFB锅炉炉内脱硫效率影响较大。粒径过细则分离器不能有效捕捉细颗粒, 不利于脱硫剂的循环反复利用; 同时由于石灰石颗粒的终端速度降低, 导致其在炉膛内滞留时间缩短, 石灰石细组分一次通过率增加, 脱硫效率及 CaO 利用率降低。

为了找出脱硫效率较低, SO_2 排放较高的原因, 对石灰石A进行3种粒径试验, 分别为: A1, A2, A3。3种粒径的中位径分别是 $12.77, 101.8, 158.7 \mu\text{m}$ 。图4为A1~A3粒径分布曲线。

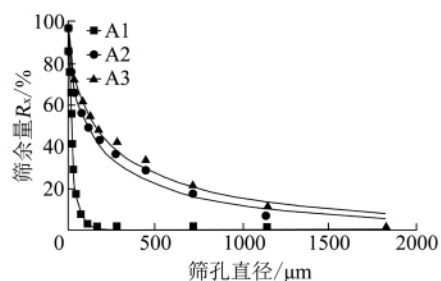


图4 A1~A3粒径分布曲线

图5为脱硫效率随中位径的变化。由图5可知,在相同条件下(同一石灰石、床温、钙硫物质的量比),脱硫效率随石灰石粒径的增大而增大,当粒径增加到一定程度,脱硫效率达到最大值(此值即为本套石灰石系统的最佳石灰石粒径使用范围)。针对国华宁东电厂,石灰石中位径最佳使用范围为100 μm左右,此时可获得较高脱硫效率^[6]。

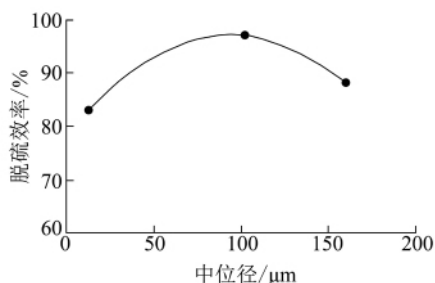


图5 脱硫效率随中位径的变化

1.5 石灰石品质

一种石灰石脱硫剂的好坏主要取决于石灰石纯度、反应活性、晶体结构等诸多因素^[3]。一种品质优良的石灰石不仅要有较高的石灰石纯度,更要有较高的脱硫反应活性,只有这样才能取得较好的脱硫效果^[7-10]。

图6是在煤的全硫、燃烧温度、石灰石粒度、石灰石给入量均相同的情况下,分别添加3种石灰石对应的SO₂排放量。表1是3种石灰石成分分析结果,表2为3种石灰石实验室热重反应活性分析结果。

表1 石灰石成分分析

石灰石样品	ω(CaO) / %	烧失量 / %	ω(KCaCO ₃) / %
A	48.44	43.94	86.5
B	51.05	43.63	91.2
C	50.58	44.05	90.3

表2 CaO利用率与反应能力系数

石灰石样品	反应能力系数 <i>k</i>	CaO利用率 / %
A	24.12	14.00
B	18.79	13.31
C	21.22	13.75

表2中反应能力系数*k*表征石灰石脱硫反应最终可达到的程度。*k*值越大,其石灰石脱硫反应最终可达程度越高;CaO利用率表征反应时间为60 min时,石灰石中CaO的利用程度。表3为石灰石反应能力判别标准。表4为石灰石中CaO利用

率判别标准。

表3 石灰石反应能力判别标准

反应能力等级	反应能力系数 <i>k</i>	反应能力属性
I	>53	高
II	41~53	较高
III	23~41	中等
IV	14~23	较低
V	<14	低

表4 石灰石中CaO利用率判别标准

利用等级	CaO利用率 / %
高	>21
较高	19~21
中等	16~19
较低	13~16
低	<13

综合以上指标可以得出:石灰石A的脱硫性能中等,脱硫反应最终可达中等程度,CaO利用率较低。石灰石B和石灰石C的脱硫性能较差,脱硫反应最终可达程度较低,且反应时间为60 min时,CaO利用率较低。图6为3种石灰石对应SO₂排放量。

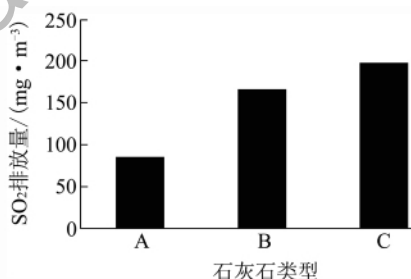


图6 3种石灰石对应SO₂排放量

试验表明,石灰石纯度不是决定石灰石品质的唯一指标,石灰石反应能力属性及石灰石利用率对石灰石脱硫性能具有重要的影响。从图6可以看出,在相同的试验条件下,石灰石A具有较好的脱硫效果。分析认为,石灰石B、C虽然具有较高的纯度,但由于石灰石A具有更强的反应能力活性,因此获得了较好的脱硫效果。

2 结 语

优化调整后,在同等条件下,石灰石耗量降低了20%~40%,脱硫效率最高可达96%,SO₂排放质量浓度可控制在100 mg/m³以内。试验研究表明,CFB锅炉采用炉内脱硫方式,SO₂排放浓度可满足最新环保标准对SO₂排放的要求。

参考文献:

- [1] 蒋敏华, 肖平. 大型循环流化床锅炉技术 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2009.
- [2] 朱皓强, 芮新红. 循环流化床锅炉设备及系统 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.
- [3] 孙献斌, 黄中. 大型循环流化床锅炉技术与工程应用 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2009.
- [4] 周丽. 循环流化床锅炉脱硫效率的控制 [J]. 能源技术与管理, 2006(4): 56-57, 66.
- [5] 史学锋, 冯波, 陆继东, 等. 流化床煤燃烧中的脱硫研究综述 [J]. 电站系统工程, 1998(6): 18-22.
- [6] 刘彬. 宁夏国华宁东发电有限公司 CFB 锅炉炉内干法脱硫与应用试验研究报告 [R]. 西安: 中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司, 2011.
- [7] 周一工. 循环流化床锅炉石灰石脱硫系统的设计初探 [J]. 黑龙江电力, 2000, 20(4): 50-53.
- [8] 王智微, 张朝阳. 高硫煤在循环流化床燃烧室内的脱硫研究 [J]. 洁净煤技术, 2002, 8(3): 43-46.
- [9] 岑可法, 倪明江, 骆仲泱, 等. 循环流化床锅炉理论设计与运行 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1998.
- [10] 王斌. 循环流化床燃烧脱硫技术 [J]. 煤炭工程, 2002(8): 19-20.

《矿业安全与环保》2013 年征订启事

《矿业安全与环保》杂志是属国家煤矿安全监察局主管, 由中煤科工集团重庆研究院与国家煤矿安全技术工程研究中心共同主办, 面向国内外公开发行的国家级科技期刊, 是煤炭行业具有较高学术影响力的知名期刊之一, 系全国中文核心期刊, 中国学术期刊综合评价数据库来源期刊, 中国知网、中国学术期刊(光盘版)全文收录期刊, 万方数据数字化期刊群全文入网期刊, 中文科技期刊数据库原文收录期刊。

报道内容: 以报道煤矿及非煤矿山安全技术、矿山环境保护技术为宗旨, 包括矿井瓦斯、煤与瓦斯突出防治技术与装备; 矿井通风防灭火技术与装备; 工业粉尘及可燃性气体、粉尘爆炸防治技术与装备; 矿山救援技术与装备; 矿井水害防治技术; 矿山压力与井巷支护技术; 安全与环境监测、控制技术; 物探与岩土工程技术; 煤矿安全管理与评价; 矿山热害、污染治理及综合利用等环保技术; 兼营广告业务。

读者范围: 全国各地煤矿和非煤矿山的企事业单位、管理部门、科研院所、大专院校、图书馆及图书信息部门, 以及美、德、俄、朝、日等国家。

读者对象: 从事矿山安全、环保技术的各级领导、干部, 科研与设计人员, 生产技术人员, 院校师生, 各级监察机关、管理部门人员, 以及相关设备、仪器等生产企业的技术管理干部和技术人员。

《矿业安全与环保》为双月刊、国际标准大 16 开本, 2013 年定价 13.00 元/册, 全年 6 期 78.00 元。本刊刊号为 ISSN 1008-4495、CN 50-1062/TD, 邮发代号 78-35, 欢迎广大读者到当地邮局订阅, 也可随时直接汇款到杂志社订阅(邮局和银行汇款请注明“订刊款”字样)。

欢迎订阅/投稿/刊登广告

地址: 重庆市九龙坡区二郎科城路 6 号·中煤科工集团重庆研究院内

邮政编码: 400039

电话/传真: 023-65239221

电子邮箱: bianjibu@cqccri.com(投稿)

kyaqyhbgg@163.com(广告、发行)

收款单位: 中煤科工集团重庆研究院

账号: 3100024709008904327

开户银行: 工商银行上桥分理处