

# 伊泰锅炉循环流化床烟气脱硫技术研究

郭小江, 马海丽

(内蒙古伊泰煤制油有限责任公司, 内蒙古 鄂尔多斯 010300)

**摘要:** 为提高烟气脱硫效率, 在分析循环流化床脱硫工艺的基础上, 根据煤质分析, 选取了系统的烟气设计参数和脱硫剂参数并对脱硫效率进行分析。结果表明, 循环流化床烟气脱硫技术与炉内喷钙法相结合可以达到 90% 的脱硫效率,  $\text{SO}_2$  的排放浓度小于  $200 \text{ mg/m}^3$ , 可以满足《锅炉大气污染物排放标准》的相关要求。与湿法脱硫技术相比, 循环流化床烟气脱硫技术具有设备紧凑, 投资少, 占地小, 特别适用于现有机组的改造工程, 脱硫剂利用效率高, 脱硫产物为干灰, 不会产生二次污染等优点。但循环流化床烟气脱硫技术也存在着脱硫效率较湿法脱硫技术偏低, 对锅炉负荷的变化适应性差, 运行控制要求较高等不足。

**关键词:** 循环烟气流化床; 烟气脱硫; 脱硫效率

中图分类号: TK229.66 文献标志码: A 文章编号: 1006-6772(2014)06-0122-03

## Application of flue gas circulation fluidized bed desulfurization project technical in Yitai

GUO Xiaojiang, MA Haili

(Inner Mongolia Yitai CTO Co., Ltd., Ordos 010300, China)

**Abstract:** In order to improve flue gas desulfurization efficiency, this paper first analyzed the desulfurization technology of circulating fluidized bed, then chose the system design parameters and desulfurizer based on the coal properties. At last, the authors analyzed the desulfurization efficiency. The results showed that the combination of the technique and furnace sorbent injection technology improved the desulfurization efficiency to 90%. The  $\text{SO}_2$  emission concentration was less than  $200 \text{ mg/m}^3$  and met the Standards for Boiler Discharge of Atmospheric Pollutants. Compared with the wet FGD technology, the technique had the advantages of compact structure, small investment, high efficiency, dry desulfurization product and without secondary pollutants. While its disadvantages also existed such as low desulfurization efficiency, poor adaptability dealing the changes of boiler load, higher operational control requirements.

**Key words:** flue gas circulating fluidized bed; flue gas desulfurization; desulfurization efficiency

## 0 引言

伊泰动力车间目前使用的锅炉为 2 台额定工况 (MCR) 为  $200 \text{ t/h}$ , 压力为  $9.81 \text{ MPa(G)}$ , 过热蒸汽温度为  $540 \text{ }^\circ\text{C}$  的循环流化床锅炉及其辅助设备和子系统。正常工况下一开一备运行。目前脱硫采用燃煤中加入石灰石粉炉内脱硫, 此方法脱硫效率较低, 不能满足 GB 13271—2014《锅炉大气污染物排放标准》要求, 必须进行改造。烟气脱硫技术按脱硫产

物的干湿状态, 可以分为湿法、半干法和干法<sup>[1-3]</sup>。湿法技术占地较大, 投资较高, 设备易腐蚀, 且脱硫废水容易引起二次污染; 半干法克服了湿法这些缺陷, 尤其是循环流化床烟气脱硫技术较多应用在国内小机组的烟气脱硫改造项目, 具有占地小, 投资省, 运行费用低, 无二次污染等优点<sup>[4-5]</sup>。考虑到伊泰厂房布置紧凑, 资金有限等情况, 采用炉内喷钙后接循环流化床烟气脱硫技术, 烟气尾部配置布袋除尘器, 该装置于 2013 年 11 月完成系统调试, 12

收稿日期: 2014-06-30; 责任编辑: 孙淑君 DOI: 10.13226/j.issn.1006-6772.2014.06.032

作者简介: 郭小江(1968—), 男, 内蒙古呼和浩特人, 现任内蒙古伊泰煤制油有限责任公司总工程师, 从事设备、电气及仪表运行管理工作。E-mail: 76562621@qq.com

引用格式: 郭小江, 马海丽. 伊泰锅炉循环流化床烟气脱硫技术研究[J]. 洁净煤技术, 2014, 20(6): 122-124.

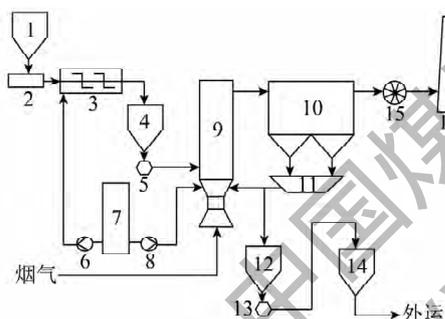
GUO Xiaojiang, MA Haili. Application of flue gas circulation fluidized bed desulfurization project technical in Yitai[J]. Clean Coal Technology, 2014, 20(6): 122-124.

月进入试运行。

## 1 工艺流程

循环流化床脱硫工艺是采用干态的消石灰作为吸收剂,在反应器内吸收剂与  $\text{SO}_2$  发生反应达到去除烟气中  $\text{SO}_2$  的目的。通过吸收剂的多次再循环,延长吸收剂与烟气的接触时间,提高烟气的脱硫效率<sup>[6]</sup>。

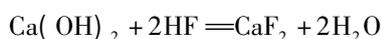
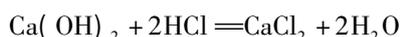
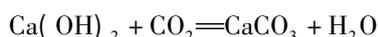
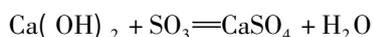
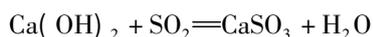
由原有除尘器收集大部分飞灰的锅炉烟气进入脱硫系统后被引入反应塔底部的文丘里装置,烟气被加速。吸收剂和工艺水也从脱硫塔的底部加入,喷入的工艺水使烟气降至  $65 \sim 90\text{ }^\circ\text{C}$ ,高速的烟气使水进一步雾化。增湿了烟气与吸收剂的混合,吸收剂与烟气中的  $\text{SO}_2$  反应,生成亚硫酸钙、硫酸钙等。带有大量固体颗粒的烟气从脱硫塔上部排出,然后进入脱硫布袋除尘器。大部分固体颗粒通过布袋除尘器下的再循环系统,返回脱硫塔继续参加反应,少部分脱硫渣经仓泵系统输入到灰库。净化后的烟气通过引风机排入烟囱。工艺流程如图1所示。



1—生石灰仓;2—螺旋给料器;3—消化器;4—消石灰仓;5—消石灰仓泵;6—高压水泵;7—脱硫灰中间仓;8—终产物仓泵;9—脱硫塔;10—布袋除尘器;11—船型料仓;12—终产物仓;13—增压风机;14—烟囱;15—工艺水箱;16—消化水泵

图1 循环烟气流化床工艺流程

脱硫塔内发生的化学反应如下



## 2 设计参数

### 2.1 煤质分析

锅炉燃煤来源为薛家湾煤田,煤质分析见表1。

表1 薛家湾煤田煤质分析

项 目	设计煤种	校核煤种
$M_t / \%$	5.74	11.12
$A_{ar} / \%$	30.81	28.67
$w(C_{ar}) / \%$	48.97	46.17
$w(H_{ar}) / \%$	3.28	2.86
$w(O_{ar}) / \%$	9.98	9.17
$w(N_{ar}) / \%$	0.87	0.77
$w(S_{ar}) / \%$	0.35	1.25
$V_{ar} / \%$	41.06	38.94
$Q_{net,ar} / (\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1})$	18.51	17.73

### 2.2 设计烟气参数

根据煤质分析数据以及业主提供其他数据计算得到相关的烟气参数:

入口烟气体积 / $\text{m}^3$	240000
入口烟气温度 / $^\circ\text{C}$	135
$\text{H}_2\text{O}$ 体积分数 / $\%$	7.00
$\text{O}_2$ 体积分数(干基) / $\%$	6.00
$\text{SO}_2$ 质量浓度(干基, $\delta\%$ 含氧量) / $(\text{mg} \cdot \text{m}^{-3})$	2000
$\text{SO}_3$ 质量浓度 / $(\text{mg} \cdot \text{m}^{-3})$	20
HCl 质量浓度 / $(\text{mg} \cdot \text{m}^{-3})$	50
HF 质量浓度 / $(\text{mg} \cdot \text{m}^{-3})$	15
烟尘质量浓度 / $(\text{mg} \cdot \text{m}^{-3})$	300
出口排尘质量浓度 / $(\text{mg} \cdot \text{m}^{-3})$	$\leq 30$
设计脱硫率 / $\%$	90
出口 $\text{SO}_2$ 质量浓度 / $(\text{mg} \cdot \text{m}^{-3})$	$\leq 200$

### 2.3 脱硫剂参数

选用生石灰消化后的消石灰作脱硫剂,其成分分析如下:

活性 $\text{CaO}$ (轻烧) 质量分数 / $\%$	$\geq 80$
$\text{CaO}$ 平均粒径 / $\text{mm}$	$< 2$
$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 质量分数 / $\%$	$> 88$
$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 比表面积 / $(\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1})$	$< 15$
反应温度达到 $60\text{ }^\circ\text{C}$ 的时间 / $\text{min}$	$< 4$

## 3 脱硫效率分析

2014年3月10—15日循环流化床烟气脱硫系统检测数据见表2。由表2可以看出:在工况稳定的情况下进入脱硫塔的原烟气流速基本稳定在  $206136.64\text{ m}^3/\text{h}$  左右,在此工况下烟气  $\text{SO}_2$  的排放质量浓度均在  $200\text{ mg}/\text{m}^3$  以下,完全满足 GB 13271—2014《锅炉大气污染物排放标准》的相关要求,脱硫设备的效率较为集中的分布在  $74\% \sim$

85% 循环流化床烟气脱硫法与炉内脱硫结合完全可以达到预期的脱硫效果 综合脱硫效率达到90%以上。

表2 循环流化床烟气脱硫(FGD)系统检测数据

日期	烟气量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ )	$\text{SO}_2$ 质量浓度/( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ )		脱硫效率/%
		FGD入口	FGD出口	
2014-03-09	204422	915.15	185.70	77.76
2014-03-10	200819	747.66	165.85	77.29
2014-03-11	210339	1121.37	170.27	84.84
2014-03-12	219221	914.76	178.61	80.09
2014-03-13	215977	825.65	167.48	79.56
2014-03-14	214102	732.40	160.74	77.49
2014-03-15	215165	708.79	161.52	74.86
平均值	206136.64	852.26	170.02	78.84

## 4 结 语

内蒙古伊泰煤制油有限公司动力车间 $2 \times 200 \text{ t}$ 燃煤锅炉的烟气脱硫采用循环流化床法。在这套系统中循环流化床烟气脱硫法与炉内喷钙技术结合可以使 $\text{SO}_2$ 脱除率达到90%。实践表明,循环流化床烟气脱硫工艺比较适合用于现有小机组的脱硫改造工程。与传统的湿法脱硫相比,其优点主要表现在如下方面:脱硫效率高,对高硫煤也可以达到90%,无制浆系统,节省投资和用地,脱硫剂的利用效率较

高,操作简单,运行可靠,温度适中在烟气露点以上,不需要烟气再热装置,结构紧凑,不需要占用很大的空间,脱硫塔无需加内衬,采用普通碳钢材料即可,脱硫产物为干灰,以固态形式排放,不会产生二次污染。但是,该方法也存在一些不足,如对锅炉负荷的变化适应性差,运行控制要求较高<sup>[7-8]</sup>。目前该方法在伊泰连续稳定运行已有半年时间,这也为国内其他同类型机组选择脱硫方法提供了借鉴意义。

## 参考文献:

- [1] 李后森,杭志莹.彭城电厂回旋式循环流化床烟气干法脱硫技术的应用[J].电力环境保护,2006(15):5-8.
- [2] 李若萍.循环流化床干法烟气脱硫技术的应用[J].江西电力,2009(1):32-34.
- [3] 魏恩宗,王乃华,程世庆,等.运行参数对半干法烟气脱硫性能的影响[J].环境工程,2002,20(6):35-39.
- [4] 祁宁,张悦,陆诗谔,等.循环流化床烟气脱硫机理研究:物料平衡与脱硫效率[J].辽宁化工,2003,32(4):180-182.
- [5] 王忠喜,高霞红.循环流化床烟气脱硫技术及其环境经济可行性探讨[J].污染防治技术,2007,20(2):64-67.
- [6] 中国中轻国际工程有限公司.内蒙古伊泰煤制油有限公司 $2 \times 200 \text{ t/h}$ 锅炉烟气脱硫工程设计说明书[R].鄂尔多斯:内蒙古伊泰煤制油有限责任公司,2013:21-31.
- [7] 王雷,章明川,周月桂,等.半干法烟气脱硫工艺探讨及其进展[J].锅炉技术,2006,36(1):70-74.
- [8] 魏恩宗,程世庆,王乃华,等.半干法烟气脱硫性能实验及其机理分析[J].电力环境保护,2006,19(1):49-52.

(上接第121页)

设计宜按18万t的113%~115%设计,同时还需兼顾必要的设计余量(通常10%~20%)。

4) 选择2~3家有资质、有经验的施工队伍参加建设,利于项目建设进度和工程质量控制。

## 参考文献:

- [1] 李殿君.独立焦化厂焦炉煤气综合利用途径及经济分析[J].洁净煤技术,2007,13(6):40-44.
- [2] 王柱勇,杨滨,刘旺生,等.独立焦化厂焦炉煤气综合利用方式的选择研究[J].应用化工,2006,35(S1):381-391.
- [3] 杨滨,王柱勇.焦炉煤气发电方式及应用[C]//中国煤炭加工与综合利用技术、市场、产业化发展战略研讨会论文集.西安:中国化工学会,2005:244-246.
- [4] 熊志建,邓蜀平,蒋云峰,等.中国焦炉煤气制天然气技术进展及经济性分析[J].洁净煤技术,2010,16(5):1-4.
- [5] 王清华.焦炉煤气制甲醇与制天然气对比分析[J].中国石油和化工标准与质量,2013(12):26.
- [6] 姚占强,任小坤,孙郁何,等.焦炉煤气综合利用制取液化天然

气[J].燃料与化工,2009,40(6):44-46.

- [7] 钱伯章.国内首套焦炉煤气制尿素装置投产[J].化肥工业,2008,35(2):4.
- [8] 周晓奇,李军.新型焦炉煤气精脱硫工艺[J].化工进展,2008,27(S1):366-368.
- [9] 曹宏成,贝昆仑,王鹏.焦炉煤气制甲醇工艺中的净化脱硫探讨[C]//全国炼焦行业协会利用焦炉煤气生产甲醇暨应用研讨会论文集.北京:中国炼焦行业协会,2005:40-43.
- [10] 陈丽萍,李克兵.焦炉煤气制甲醇装置中焦炉气压缩机形式和相匹配的净化工艺选择[C]//全国炼焦行业协会利用焦炉煤气生产甲醇暨应用研讨会论文集.北京:中国炼焦行业协会,2005:73-77.
- [11] 白越川.焦炉煤气催化部分氧化转化炉的设计与运行[J].科技情报开发与经济,2008(20):190-192.
- [12] 吴永霞,代正华,李伟锋,等.焦炉气催化部分氧化的数值模拟[J].化学工程,2008,36(7):28-31.
- [13] 邢涛,金同喜,商青.焦炉气部分氧化之转化炉优化改造[J].广州化工,2011(17):99-100.
- [14] 成海柱,张永发,李香兰.焦炉煤气转化反应器的数值模拟[J].煤炭转化,2010,33(3):38-40.