

# 梅钢3号烧结机烟气脱硫生产实践

杨全武 吴贤甫 李和平

(梅山钢铁公司炼铁厂)

**摘要** 在国家节能减排政策的推动下,梅钢3号烧结机增设了烟气脱硫系统。本文介绍了该脱硫系统的脱硫原理及工艺流程,对系统投运后的生产情况、运行效果以及运行成本进行了总结,并就目前存在的不足进行了讨论,同时提出了相应的改进建议。

**关键词** 烧结机 烟气脱硫 生产实践

## 1 概述

钢铁企业是仅次于电厂的SO<sub>2</sub>排放大户,而烧结过程排放的SO<sub>2</sub>约占整个钢铁企业SO<sub>2</sub>排放总量的60%。随着国家环保标准的日益严格以及防治大气污染立法的不断完善,烧结烟气SO<sub>2</sub>排放问题已受到政府高度关注。为严格执行环境保护政策,实现可持续发展,作为环境友好型企业的宝钢率先在国内建设了大型烧结机烟气脱硫装置,以促进宝钢的环境效益和经济效益协调发展,树立绿色宝钢的公众形象。

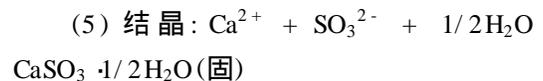
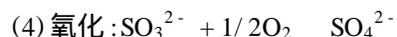
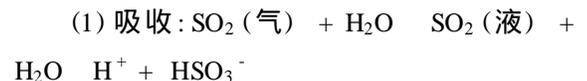
根据宝钢股份以及南京市环保局对梅钢SO<sub>2</sub>排放总量控制要求,以及梅钢自身发展的需要,决定对烧结烟气量大、SO<sub>2</sub>浓度含量高的3号烧结机增设脱硫装置。

3号烧结机烟气脱硫工程由宝钢工程技术公司(BSEE)进行工厂设计,宝钢研究院提供技术支持,采用宝钢自主集成创新的气喷旋冲湿式石灰石-石膏法。本项目是国内采用该工艺技术在烧结机烟气脱硫中使用的第一家,也是大中型烧结机进行全风量脱硫的第一家。本工程于2007年4月28日开始打桩,2008年2月28日建成并开始系统负荷调试,5月14日通过南京市环保局验收。系统投运后,每年可减少SO<sub>2</sub>排放约4500t。

## 2 3号机烟气脱硫系统简介

### 2.1 脱硫工艺原理

经过烧结主抽风机的烟气由脱硫增压风机引入脱硫系统,在吸收塔内与石灰石浆液发生一系列的物理化学反应。整个脱硫过程中,SO<sub>2</sub>与浆液发生的化学反应主要分为五个步骤:



### 2.2 脱硫系统工艺流程

3号烧结机烟气脱硫工艺流程如图1所示,整个装置主要由石灰石制浆系统、烟气系统、吸收塔系统、石膏脱水系统等组成。

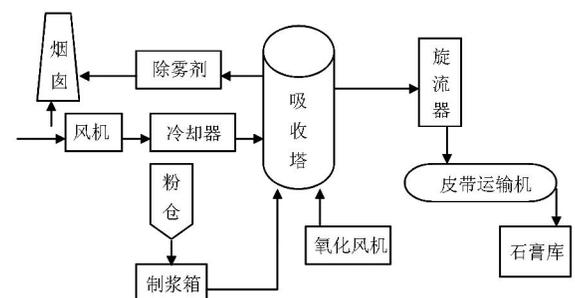


图1 梅钢3号烧结机烟气脱硫工艺流程图

由图1可知,烧结烟气经电除尘器除尘后,

由主抽风机出口管顶面垂直引出,经原烟气挡板切换后,由增压风机增压送入冷却器。在冷却器中,通过喷入的烟气冷却水和浆液将烟温降到 80 以下,并除去部分烟气杂质。冷却后的烟气进入脱硫塔,通过塔内喷气装置使烟气以很高的流速冲入浆液池中,气液发生强烈的掺混、破碎、旋冲,两相高效传质,完成  $\text{SO}_2$  被吸收的化学反应和烟尘被洗涤的物理过程。净化后的烟气经吸收塔上部的上升管进入除雾器,除去水雾后的烟气再经出口挡板切换进入烟窗,排入大气。

在吸收塔内  $\text{SO}_2$  与石灰石浆液接触,生成亚硫酸钙,并与烟气中的氧及由氧化风机鼓入的氧反应,生成硫酸钙。石膏浆液由石膏排出泵打入石膏旋流器进行一级脱水,溢流进入回收水箱,底流进入真空皮带脱水机进行二级脱水,生成含水率 10% 的石膏 ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ),然后送入石膏库,并定期用卡车装载运出。

### 3 脱硫系统的生产运行效果

#### 3.1 运行作业率

3 号机烟气脱硫系统自 2008 年 3 月 9 日晶种入塔投运以来,由于缺乏可直接借鉴的经验,且脱硫设备性能不稳定,系统运行状况不是很理想。经过不断的调试、整改与完善优化,运行状况逐步得到稳定,脱硫系统与烧结机的同步作业率也相应提高。投运以来的运行情况见表 1。

由表 1 可看出,脱硫系统刚开始投运的前 3 个月,由于脱硫设备的种种问题,必须进行停机维修处理和整改,因而前 3 个月的脱硫作业率

水平很低。随着不断的整改完善,脱硫系统设备基本实现了稳定运行,但还经常出现新的设备故障以及脱硫吸收塔结垢、管道堵塞磨损等问题。为此,我们充分利用 3 号烧结机停机检修和高炉仓满停机的机会对脱硫系统进行检修,7~9 月,脱硫系统基本能够保持和烧结同步运行,同步作业率达到 99% 以上。

表 1 3 号烧结机烟气脱硫系统作业率

月份	烧结机 日历作 业率/ %	脱硫作 业时间 / min	脱硫日 历作业 率/ %	同步作 业率 / %
3	93.93	20065	44.95	47.85
4	97.20	14160	32.78	33.72
5	74.74	28415	63.65	85.17
6	92.16	37620	87.08	94.49
7	94.69	42130	94.38	99.67
8	85.84	38145	85.45	99.54
9	94.07	40250	93.17	99.04
累计	90.32	220785	71.65	79.33

#### 3.2 主要生产指标

脱硫系统投用后,通过边生产、边摸索,对系统的操作参数、脱硫与烧结的匹配等问题进行了摸索总结,使脱硫效率稳定在 90% 以上。

表 2 3 号烧结机脱硫系统主要操作参数

月份	石灰石 浓度/ %	石膏浓 度/ %	pH 值	吸收塔 液位/ m	Ca/ S
3	30.0	15.0	5.00	5.15	0.81
4	29.2	22.2	5.05	5.14	1.12
5	22.1	13.77	5.30	5.14	0.75
6	24.7	5.74	5.64	5.18	1.06
7	26.2	7.9	5.82	5.13	1.18
8	25.4	9.58	6.07	5.19	1.39
9	26.8	10.72	6.12	5.34	1.43
累计	26.4	12.13	5.57	5.18	1.10

表 3 3 号烧结机脱硫系统生产指标

月份	$\text{SO}_2$ 进口浓度 / $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$	$\text{SO}_2$ 出口浓度 / $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$	脱硫率 / %	粉尘进口浓度 / $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$	粉尘出口浓度 / $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$	除尘率 / %	石膏品位 / %	石膏产量 / t
3	1394.13	144.45	90.13	271.00	38.00	86.64	86.00	435.00
4	1266.84	58.38	95.81	78.49	69.02	20.06	95.61	417.48
5	1513.20	250.6	84.31	150.30	23.30	85.31	95.54	763.44
6	1267.64	155.56	88.78	114.80	35.86	71.44	94.86	1049.50
7	1316.31	71.40	94.36	176.3	47.6	71.90	95.04	1383.24
8	1309.30	51.16	95.47	146.9	29.93	76.38	86.08	1611.14
9	1508.60	73.30	94.42	141.4	29	76.45	92.98	1514.68
累计	1368.0	114.98	91.57	154.2	38.96	74.65	92.30	7174.48

从表2、表3可以看出,Ca/S和pH值直接影响SO<sub>2</sub>的脱除效率。随Ca/S和pH值的提高,脱硫率明显上升。在脱硫系统投运的前几个月(3、5、6月),脱硫操作参数Ca/S和pH值控制不高,因而脱硫效果不是很理想,脱硫率基本小于90%,SO<sub>2</sub>排放浓度高于100 mg/Nm<sup>3</sup>,未达到设计指标。通过提高Ca/S和pH值,脱硫率提高到了95%左右,SO<sub>2</sub>排放浓度也达到了小于100 mg/Nm<sup>3</sup>的要求。9月份,3号烧结机的梅精矿(含硫较高)配比由原来的28%提高到31%,为了保证脱硫效果,相应提高了Ca/S和pH值,同时将吸收塔液位适当提高。从表3可以发现,8、9月份脱硫石膏的品位略有下降,这主要是由于提高Ca/S后,吸收塔浆液中有部分未反应的石灰石,使石膏中的石灰石含量增加所致。

### 3.3 运行成本

脱硫系统的运行成本主要由物料消耗成本、能源消耗成本、石膏处理成本和其它费用构成。3号烧结机烟气脱硫系统3~9月份的平均运行成本(即按同步运行时的烧结矿产量计算)列于表4。

表4 3号烧结机脱硫系统3~9月份平均运行成本(元/t)

物料消耗	能源消耗	石膏处理	其它费用	合计
1.01	6.605	0.072	5.09	12.777

由表4可知,3号机烟气脱硫系统的运行成本主要为能源消耗和其它费用。随着能源价格的不断上涨,降低能耗是降低脱硫系统运行成本的关键;同时,如果副产物石膏能够找到市场,产生经济效益,则是降低脱硫成本的有效途径。

## 4 存在的不足与建议

### 4.1 脱硫废水问题

3号烧结机烟气脱硫系统产生的废水量约为3 t/h,废水中含有高浓度的氯离子和其它重金属离子,不能直接外排。如果将这部分废水用于烧结料场喷水,那么氯离子就会进入烧结料返回烧结系统,随烧结废气又回到脱硫系统,

形成闭路循环,造成脱硫系统浆液的氯离子浓度更高,从而排放的废水量更多,氯离子浓度也更高。根据多方面的探讨,解决烧结脱硫废水的措施有:

(1) 对此部分脱硫废水建立专门的废水处理系统。

(2) 将此部分废水处理后,制成氯化钙溶液对烧结矿进行喷洒。

### 4.2 脱硫石膏处理

吸收塔排出的浆液经二次脱水后形成含水(质量分数)10%左右的脱硫石膏,由于烟气SO<sub>2</sub>浓度较高,吸收塔内石灰石浆液与SO<sub>2</sub>反应较为充分,3号烧结机脱硫系统3~9月份产生的石膏品位平均为92.3%,最高达到95.61%,高于一般的电厂石膏和天然石膏。宝钢烧结烟气脱硫石膏纯度高,杂质含量低,主要杂质组分为CaCO<sub>3</sub>和CaSO<sub>3</sub>·1/2H<sub>2</sub>O,灰分杂质主要为SiO<sub>2</sub>和Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,表明其综合利用标准限制小,综合利用的空间大<sup>[1]</sup>。但由于烧结烟气中含有铁元素,使生成的石膏颜色略带浅红。解决脱硫石膏的应用有以下几种建议<sup>[2]</sup>:

- (1) 用作水泥缓凝剂。
- (2) 制作防水纸面石膏板和纤维石膏板。
- (3) 生产石膏空心条板。
- (4) 用作自流平石膏。
- (5) 用于制硫酸铵。
- (6) 改良土壤。

### 4.3 吸收塔内石膏结垢问题

吸收塔内结垢主要为“湿-干”结垢,因水分蒸发而使固体沉积。当有二次冷却浆液喷入吸收塔时,如果浆液的石膏饱和度大于引起均相成核作用的临界饱和度,则浆液中会形成新的晶核,此时微小晶核也会在塔内的各表面上逐步成长,结成坚硬垢淀;当浆液的CaSO<sub>3</sub>·1/2H<sub>2</sub>O饱和度大于引起均相成核作用的临界饱和度时,也会在塔内各表面上逐步结成软垢<sup>[3]</sup>。

在吸收塔内的气喷管内表面、上升管周围、隔板等处石膏结垢严重,造成气喷管管径缩小甚至堵塞、结垢坍塌砸坏塔内构件、塔内冲洗管

路堵塞、气喷管掉落等问题,严重影响脱硫系统的运行;而且每次检修清理需要大量的劳力,清理时还要注意不能损伤塔内构件,工作效率也不高。为了解决石膏结垢问题,主要措施有:

(1) 保证一次冷却和二次冷却的效果,使入塔烟温控制在合理范围内。

(2) 对塔内冲洗管路进行改造,冲洗的面要多,冲洗水压力要充足;而且冲洗管路要易检修更换以及不易被坍塌的石膏砸坏。

(3) 缩短塔内冲洗时间间隔。

(4) 适当降低吸收塔浆液浓度,适当提高 pH 值。

#### 4.4 脱硫系统腐蚀、磨蚀问题

由于烧结烟气中含有 HF、HCl、SO<sub>2</sub> 等强酸性气体以及重金属离子粉尘,这些物质溶于水后会形成强酸并使浆液中含有氯离子和重金属离子,对设备腐蚀较为严重。在一些浆液流速较高的部位,浆液的腐蚀和磨蚀共同作用对设备影响更大。对于设备的腐蚀与磨蚀,可采取以下措施:

(1) 处于“干-湿”界面的设备慎用不锈钢防腐材料,因这些部位容易发生点腐蚀,建议选用非金属防腐材料。

(2) 要根据自身烟气特点选择合适的防腐材料。

(3) 部分管道可用聚丙烯工程塑料代替衬胶管,以防衬胶管被磨蚀后产生的橡胶块堵塞管道及喷嘴。

(4) 吸收塔内的冲洗管道建议制作成分段式,用法兰连接。部分腐蚀部分更换,无需一处腐蚀整根更换,从而减少运行成本,且方便检修。

## 5 结 语

梅钢 3 号烧结机 (180 m<sup>2</sup>) 是国内大中型烧结机进行全风量脱硫的第一家,采用宝钢自主集成创新的气喷旋冲湿式石灰石-石膏法脱硫工艺,在全国仅有的几家烧结脱硫企业中树立起了自己的特色。湿法脱硫是目前应用最为成熟的一种脱硫工艺,具有脱硫效率高等优点,我厂的运行经验为同行提供了借鉴。同时,建议国家加快对钢铁企业烟气脱硫实施政策扶持,提高企业脱硫的积极性,促进减排目标的实现。

### 参考文献

- 1 王如意,沈晓林. 宝钢烧结烟气脱硫石膏特性分析[J]. 宝钢技术,2008,(3):29~32
- 2 尹连庆,徐铮,孙晶. 脱硫石膏品质影响因素及资源化利用[J]. 电力环境保护,2008,24(1):28~30
- 3 范明豪,刘英卫. 电厂湿式石灰石-石膏烟气脱硫系统建设与运行的若干问题[J]. 安徽电力,2007,24(3):42~47

## Practice of Flue Gas Desulphurization of the 3 Sinter Plant in MEIGANG

Yang Qianwu et al.

**Abstract** Under the guidance of energy saving and SO<sub>2</sub> emission reduction policy, a system of flue gas desulphurization has been established in 3 sintering plant of MEISHAN iron and steel Co.. In this paper, the principle and process flow of the system of flue gas desulphurization were introduced, its production status was summarized and its running effect and cost were analyzed. At the same time, its shortages were also pointed out and some improvement suggestions were put forward.

**Keywords** sintering plant, flue gas desulphurization, practice

## 2008 年全球铁矿石出口量统计

Mt

年份	澳大利亚	巴西	印度	南非	加拿大	俄罗斯	乌克兰	瑞典	哈萨克斯 坦	毛里 塔尼亚	总计
2007	268.6	269.4	91.1	30.3	25.7	31.8	20.7	19.0	13.2	12.6	827.9
2008	308.9	281.7	100.7	31.6	26.1	24.6	22.8	17.2	14.6	11.8	888.5
增幅/%	15	5	11	4	2	-22	10	-10	11	-6	7