白云铁矿采暖锅炉环保技术的改造

章发光,门翠波,李耀庭

(包钢(集团)公司白云铁矿,内蒙古 包头 014080)

摘 要: 白云铁矿现有2台20 t/h民用采暖煤粉锅炉,污染物排放浓度不符合国家标准及要求,为保护环境,减少污染,选用布袋式除尘器进行除尘改造,并结合铁矿实际情况运用湿法脱硫、低温臭氧氧化湿法脱硝等技术实现对烟气的净化,以达到除尘的目标要求,效果显著。

关键词: 锅炉; 环保技术; 集中供热

中图分类号: TK223.27 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2017)03-0074-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.03.021

Transformation of Environmental Protection Technology for Heating Boiler of Bayan Obo Iron Mine

ZHANG Fa-guang, MEN Cui-bo, LI Yao-ting

(*Bayan Obo Iron Mine of Baotou Steel (Group) Corp., Baotou* 014080, *Nei Monggol, China*)

Abstract: There are 2 sets of 20 t/h civil heating pulverized coal boilers in Bayan Obo Iron Mine, and the pollutant emission concentration does not meet the national standards and requirements. In order to protect environment and reduce pollution, fiber bag precipitator is adopted for dust removing reformation. Combined with the actual situation of Iron Mine, the purification of flue gas is realized by technologies such as wet desulphurization and low temperature ozonation wet denitration so as to achieve the goal of dust removal, and the effect is remarkable.

Key words: boiler; environmental protection technology; central heating

白云铁矿集中供热锅炉房,现有2台20 t燃煤热水锅炉,锅炉烟气采用水浴除尘后排放,灰渣经沉淀、过滤后外售。外排废气中的二氧化硫、硫化物、氮氧化物的排放浓度不能满足国家相关标准和要求。为实现达标排放,对2台锅炉烟气净化系统进行除尘、脱硫、脱硝技术改造。

1 方案的选择

根据锅炉烟气条件进行工艺路线的经济技术比较后,对包钢白云铁矿2×20 t/h热水锅炉(链条炉)的排放烟气进行除尘脱硫脱硝改造,除尘采用低压脉冲袋式除尘器,脱硫脱硝采用臭氧氧化+石灰石膏法脱硫协同脱硝的处理工艺。脱硫采用两炉一塔配置,一台锅炉配置一套除尘脱硝设施。

1.1 除尘器的选型

为了保证脱硫装置的效率、脱硫系统副产物(石膏)的品质以及系统最终颗粒物向大气排放浓度,要求锅炉烟气进入脱硫系统的粉尘浓度必须≤100 mg/m^3。现有国内主流的除尘技术有电除尘器、重力除尘器、袋式除尘器、电袋复合除尘器等[1]。其中低压脉冲清灰袋式除尘器具有效率高,阻力低,使用寿命长,成本低等特点,在国内锅炉除

收稿日期: 2016-09-28

作者简介: 章发光(1981-),男,甘肃省兰州市人,供热通风与空调工程工程师,现主要从事工程管理工作。

尘使用较为普遍。结合现场情况及烟气排放要求，选择低压脉冲袋式除尘器，除尘器结构可简单的分为进气烟箱、灰斗、壳体、滤袋、净气室等装置组成。

1.2　烟气脱硫

烟气脱硫分为湿法、干法/半干法，目前国内外均有应用。结合包钢白云铁矿 2 台 20 t/h 锅炉小型燃煤锅炉的实际情况，分析现阶段国内主要脱硫工艺进行对比，见表 1，选择石灰石膏湿法脱硫工艺。

表 1　本项目与其它湿法工艺综合性能的对比表

处理工艺	原料	液气比	SO_2 处理费用/(元·t^{-1})	适用类型
钠碱法、双碱法	NaOH	3～6	2 895	小型锅炉，运行费用高
石灰石石膏法	$CaCO_3$	12～26	215	小型锅炉，运行费用低
半干法	$Ca(OH)_2$	3～6	744	中小型锅炉，缺水地区，运行控制要求高
石灰法	CaO	6～9	507	中小型锅炉，运行费用中等
镁法	MgO	6～8	744	中小型锅炉，运行费用低
氨水法	NH_3(20%)	2～4	3613	化工厂

湿法烟气脱硫(WFGD)[2]是采用液体吸收剂净化烟气中的 SO_2，常见的有：石灰石/石灰—石膏法、氧化镁法等等，其脱硫效率一般达 95% 以上。吸收剂与水配成吸收液，经过与烟气逆流洗涤，经过一系列的物理化学反应将烟气中的 SO_2 固定在吸收剂内，达到脱硫的目的。

主要反应过程由 SO_2 的吸收、石灰的溶解消化、亚硫酸盐的氧化和石膏结晶等一系列物理化学过程组成。在实际工程中，由于氧化程度的不同，还会生成部分半水亚硫酸钙等沉淀物，这是造成设备结垢的原因之一。

FGD 系统中化学反应[3]基本都发生在吸收塔内，吸收塔内化学反应区域见图 1。吸收塔大体可分为吸收区、氧化区和中和区。烟气中的 SO_2 溶入吸收液的过程几乎全部发生在吸收区内，氧化区大致从浆液池液面氧化装置喷嘴下方约 300 mm 处，整个浆液池都可被视为中和区，尤其是氧化区的下面。

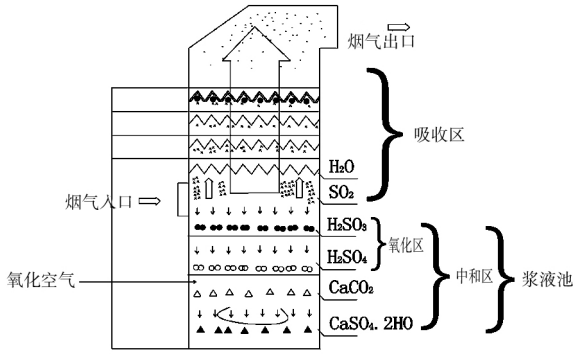


图 1　吸收塔内化学反应区域

本项目脱硫设计方案，与普通湿法脱硫相比，具有以下特点：

(1) 系统简洁，建设期短，占地面积小，尤其适应改造需要。

(2) 系统负荷适应性好，脱硫高效稳定，适应烟气工况；

(3) 采用高流速设计，可以使吸收塔的截面积小、体积小、成本降低；

(4) 液气比小，相比国内传统石灰石石膏湿法脱硫液气比为 12～26，本湿法脱硫装置的 L/G 仅为 6～9，大大减少了动力消耗，节能效果显著；

(5) 对喷嘴的粒径分布要求低，自由畅通孔径大，减少堵塞的可能性，延长了喷嘴的使用寿命。

1.3　烟气脱硝

目前国内锅炉烟气脱硝采用 SCR 和 SNCR 等还原法较多，由于其反映窗口温度较高(至少300 ℃以上)，该方法在电厂等大型锅炉运用广泛，但是在小型民用(工业)锅炉应用十分困难，主要原因为燃烧温度低，负荷波动大，停留时间段等因素限制，无法满足 SCR 和 SNCR 脱硝运行条件。

包钢白云铁矿 2 台 20 t/h 锅炉选择采用低温臭氧氧化湿法吸收的先进脱硝技术，此工艺将 NO_x 在低温下(≥120 ℃)进行转化，利用湿法脱硫的吸收剂将转化产物洗脱带走，可将氮氧化物(主要是 NO)在较低的温度下脱除掉，从而达到脱硝的目的。结合 SCR 和 SNCR 两种还原法工艺的特点，对比氧化法工艺优缺点，结果见表 2。

表2 低温湿法脱硝技术与SCR和SNCR两种技术对比

项目	SCR	SNCR	低温湿法脱硝
方法	还原法	还原法	氧化法
是否需催化剂	是	否	否
反应温度/℃	300～400	900～1 000	≥120
脱硝效率/%	65～85	25～50	≥85
脱硝装置	较复杂	较复杂	简单
设备布置方式	相对固定	相对固定	较灵活
维保难易程度	较复杂	较复杂	简单

此装置只需在脱硫塔入口烟道增设氧化剂喷入段，脱硫脱硝在同一个喷淋塔中完成。是在湿法脱硫装置的基础上，增加氧化剂的供应部分，所以占地小、建设快、投资省。

脱硫、脱硝一体化装置技术脱硫脱硝效率高，增加烟气脱硝功能后并不影响原湿法脱硫效率。此外，低温湿法脱硝技术还可与湿法脱硫有机结合起来，可达到脱硝脱硫一站式处理的效果。低温湿法脱硝技术有以下技术优势：①脱硝脱硫效率高；②反应温度低；③脱硝装置简单；④可与湿法脱硫结合形成一体化烟气处理技术。

2 方案的实施

经过对工艺可行性、净化效率、设备维护等方面慎重考虑，并结合包钢白云铁矿2台20 t/h供热锅炉烟气的实际情况，确定采用低压脉冲袋式除尘+石灰石膏湿法脱硫协同臭氧氧化脱硝工艺。

2.1 除尘系统

每台锅炉对应一套袋式除尘器，设计过滤面积为1 000 m^2，压力损失小于1 500 Pa，除尘效率大于99.8%，出口颗粒物浓度不大于50 mg/m^3。除尘器投运后，除尘效果优于设计要求，净烟气烟尘低于20 mg/m^3，设备运行后除尘器出入口压差，始终较低维持在300 Pa以下。

2.2 低温湿法脱硝

每台锅炉对应一套等离子发生器(见图2)及臭氧注入系统见图3，设计入口NO_x浓度为500 mg/m^3，单台处理风量6.0×10^4 m^3/h，臭氧浓度(体积分数)≥10%，臭氧发生器电耗不大于8.5 kW·h/kg，出口NO_x浓度不大于200 mg/m^3。臭氧发生器选择15 kg加5 kg两种，适应锅炉不同运行工况。



图2 臭氧发生器



图3 等离子发生器及臭氧注入系统

脱硝系统投运后，单日平均氧气耗量为700 kg左右，单台炉电耗约480 kW·h，排放氮氧化物浓度稳定在小于200 mg/m^3。

2.3 脱硫系统

白云铁矿民用采暖锅炉采用两炉一塔配置，设计参数见表3。从运行期间的数据看，氧化钙消化后的碱性较强，脱硫反应速度快，设计液气比选择10 L/m^3。在液气比选上偏保守，该类型工艺可选择液气比为8 L/m^3。

3 实施效果

3.1 本项目实施与后期的运行数据统计

根据项目实施后期的运行数据统计，包钢白云铁矿2台20 t/h供热锅炉本次改造数据全部达标，全部数据优于《锅炉大气污染物排放标准》(GB 13271—2014)的特殊排放限值[4]。石灰—石膏湿法脱硫+臭氧氧化法协同脱硫脱硝技术工艺选型合理，环保设施投运后，经过第三方检测机构的监测，数据及结果见表4，基本实现超净排放。

表 3　脱硫设计参数表

项目	数值	项目	数值
形式	喷淋塔	浆液氯化物含/(mg · L^{-1})	≤20 000
数量/台	1(两炉一塔)	液气流向	逆向
进口烟气量/(m^3 · h^{-1})	120 000	浆池直径/m	3.5
浆液停留时间/min	3.1	总高/m	45
液气比/(L · m^{-3})	10	吸收塔	
烟气流速/(m · s^{-1})	3.4	喷雾层	Q235 - A 衬乙烯基树脂鳞片
烟气停留时间/s	8.6	喷嘴	FRP
钙硫比/(mol · mol^{-1})	1.03	除雾器级数	SiC
		级数	3

表 4　原烟气与净烟气检测数据的比较　mg/m^3

项目	颗粒物排放浓度	SO_2 排放浓度	NO_x 排放浓度
改造前	1 300	887	525
改造后	7	64	48
标准[4]	50	300	300

3.2　改造后的数据统计

在线监测设备选用国内主流产品雪迪龙 900c，根据 2016 年 1—4 月份的运行，对在线监测数据进行统计汇总，数据全部选用标准折算值如图 4 所示。

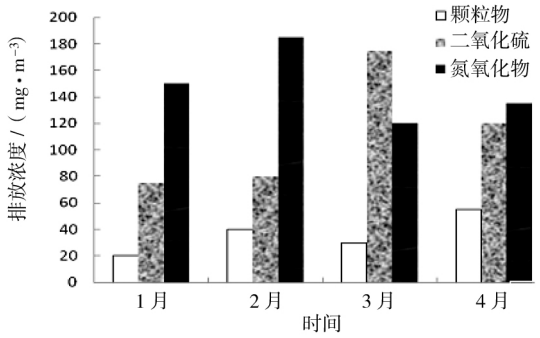


图 4　在线监测数据

4　结论

(1) 除尘器选型时应根据燃煤情况进行烟气量校核，尤其是不同煤种时，烟气排放量多少差异大。

(2) 低温湿法臭氧氧化脱硝工艺适用于中小型民用燃煤锅炉，此工艺氮氧化物排放浓度低于国家标准要求，且运行费用低。

(3) 采用石灰—石膏单减法湿法脱硫技术，在设计初期同样需要校核设计煤种，尤其是重点关注烟气排放量及含硫排放量，在液气比选择上应控制在 8 ~ 10 之间，可获得较高的脱硫效率。

参　考　文　献

[1] 毛锐，刘根凡，邓翔. 布袋除尘器结构改进的数值模拟研究[J]. 环境工程，2015，(3)：77 - 81.

[2] 肖刚，金保升. 烟气湿法脱硫用石灰石溶解速率定量分析[J]. 东南大学学报，2008，(06)：1029 - 1033.

[3] 王振华. 烟气脱硫中 pH 值对脱硫过程的影响[J]. 价值工程，2014，(8)：7 - 11.

[4] GB 13271—2014，锅炉大气污染物排放标准[S].