某烧结机脱硫系统改造及效果

骆艳霞，宋德夫

（内蒙古包钢钢联股份有限公司炼铁厂，内蒙古 包头 014010）

摘 要： 针对某烧结机脱硫系统实际生产中遇到的问题，在充分分析和考量的基础上，对预处理段、吸收塔及除雾段等关键设备进行了大修改造。改造后近一年来，脱硫系统运行良好，各项技术指标得到改善，二氧化硫处理能力和脱硫效率提高，达到环保要求，满足了炼铁生产的需要。

关键词： 烧结机；吸收塔；改造；脱硫效率

中图分类号： TF124.5 **文献标识码：** B **文章编号：** 1009－5438(2017)01－0011－04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.01.004

Transformation of the Sintering Machine Desulphurization System and Its Effect

LUO Yan－xia, SONG De－fu

(*Ironmaking Plant of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp., Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*)

Abstract: Aiming at the problems encountered in the actual production of the sintering machine desulphurization system, the key equipment such as pretreatment section, absorption tower and defogging section were overhauled on the basis of thorough analysis and consideration. For nearly a year after transformation, the desulphurization system has been running well, the technical indexes as well as the sulfur dioxide treatment capacity and the desulphurization efficiency have been improved to meet the requirements of environmental protection and the need of ironmaking production.

Key words: sintering machine; absorption tower; transformation; desulphurization efficiency

烧结工艺过程中SO_2的排放量占整个钢铁企业生产系统S排放量的60%[1]，随着烧结矿产量的大幅度增加和高硫矿的大幅度使用，SO_2的排放量也随之增加，要有效地控制烧结废气中SO_2的排放，必须不断地对烧结烟气脱硫系统进行升级或改造，才能满足日益严格的环保要求。某烟气脱硫工程（Flue Gas Desulfurization 即 FGD），自投产以来，已经运行3年时间，原设计SO_2的处理能力小，现工况偏高，出口SO_2浓度不能达标排放，故进行扩容优化改造，保证出口SO_2在200 mg/m^{3}以下，粉尘在50 mg/m^{3}以下达标排放。

1 工艺设计

1.1 工艺简述

本脱硫工艺采用气喷旋冲湿式石灰石/石膏法，烧结机生产的烟气经过主抽风机后直接进入增压风机，增加压头后两路烟气混合进入冷却预处理装置，在烟气冷却区域中，喷入补给水和吸收塔内浆液，使得烟气被冷却到饱和状态，来自烟气冷却区域的烟气进入由上隔板和下隔板形成的封闭的吸收塔入口烟室，装在入口烟室下隔板的喷射管将烟气导入吸收塔内部。在吸收塔内部发生SO_2的吸收、氧化、石

收稿日期： 2016－08－26

作者简介： 骆艳霞(1990－)，女，内蒙古包头市人，环境保护助理工程师，现从事环保工作。

中国知网 https://www.cnki.net

膏结晶等所有反应。发生上述一系列反应后，烟气通过上升管流入位于入口烟室上方的出口烟室，然后流出吸收塔，处理后的烟气通过除雾器除去携带的液滴，然后排放至烟囱。

1.2 工艺参数

工艺设计参数见表1。

表1 工艺设计参数

项目	内容
烟气量/($m^3 \cdot h^{-1}$)	$1.74 \times 10^6 \times 2$
烟气温度/℃	110
入口含尘量/($mg \cdot m^{-3}$)	100
脱硫塔入口 SO_2 浓度/($mg \cdot m^{-3}$)	6 000
脱硫塔出口 SO_2 浓度/($mg \cdot m^{-3}$)	200
脱硫塔出口粉尘浓度/($mg \cdot m^{-3}$)	50
系统阻力损失/Pa	≤4 000

2 改造内容

2.1 预处理段升级改造

预处理段是在烟气通过增压风机后进入吸收塔之前所设的一段处理单元，主要功能是为烟气降温，并起到对烟气预处理的效果。原预处理段设二级冷却方式，一级采用工艺水冷却方式；二级采用浆液冷却方式。其存在问题是内部冷却管与喷嘴结垢堵塞、腐蚀严重，冷却管喷嘴的结垢有滚雪球现象，即一旦发生结垢，便迅速发展扩大，系统压力损失陡增，气(液)流量、脱硫效率下降，浆液喷洒覆盖面较小，导致冷却效果不好，没有很好的起到提前给烟气降温、降尘除氟的效果。针对这个问题，提出如下整改意见：

粉尘和浆液容易在吸收塔入口干湿交界处产生积累形成灰垢，粉尘浓度高的时候积垢现象非常严重，在入口处形成的 $CaSO_3 \cdot 1/2H_2O$ 软垢会很快被空气氧化成 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ 硬垢，难以消除[2]。由冷却水管和冷却喷嘴组成第一级冷却正是处于干湿交界，在这里的喷嘴极易发生堵塞、结垢现象，因此采用在线连续冲洗，尽量减少积垢，冷却器的冲洗水由工艺水槽供水，用于冲洗积灰。由塔底浆液和浆液管路及浆液喷嘴组成第二级冷却，继续使烟气降温，以提高脱硫效率和防止结垢。在预处理段，喷入补给水和吸收塔内浆液，使得烟气被冷却到饱和状态。为优化冷却效果，现将预处理段升级改造。

(1) 一级冷却：更换6根冷却管和喷嘴。

(2) 二级冷却：两层浆液冷却位置及浆液进口保持不变，浆液冷却母管、支管和喷嘴都重新布置，布置考虑两层浆液冷却互为备用，保证开一层浆液冷却时喷嘴的覆盖面。

(3) 对原有浆液冷却泵进行改造升级，在流量与扬程均能满足工艺需求的前提下，选择功率小的水泵，从而达到降本增效的目的，改造前后的参数对比见表2。

表2 改造前后浆液冷却泵参数对比

项目	规格型号	扬程/m	流量/($m^3 \cdot h^{-1}$)	容量/kW
原浆液冷却泵	LCF300/635	45	850	250
现浆液冷却泵	300－250－40T	40	850	200

2.2 吸收塔改造

2.2.1 原吸收塔存在的问题

原吸收塔处理烟气量为 $1.74 \times 10^6 \times 2$ m^3/h，入口 SO_2 浓度平均为3 000 mg/m^3，入口粉尘浓度为200 mg/m^3，采用鼓泡法，供浆泵为2台LCF40/350I离心泵，排浆泵为2台LCF50/460I离心泵，氧化风机为2台C150－1.567/0.877鼓风机，1用1备，生产中存在以下问题：

(1) 随着烧结矿产量的增加和高硫矿的大幅度使用，FGD入口 SO_2 浓度频繁超出设计平均值3 000 mg/m^3，超出原有FGD处理能力，全负荷运行也难以满足新环保要求达标排放。

(2) 塔内喷爆管容易形成堵塞，导致阻力增大，致使频繁出现正压运行，引起烟气外泄的概率增加，造成二次污染。

(3) 由于入口 SO_2 平均浓度由原来的设计值3 000 mg/m^3增加至最高6 000 mg/m^3，氧化风机和石膏排出泵设计能力不足，氧化风利用率低，副产物 $CaSO_4$ 含量低。

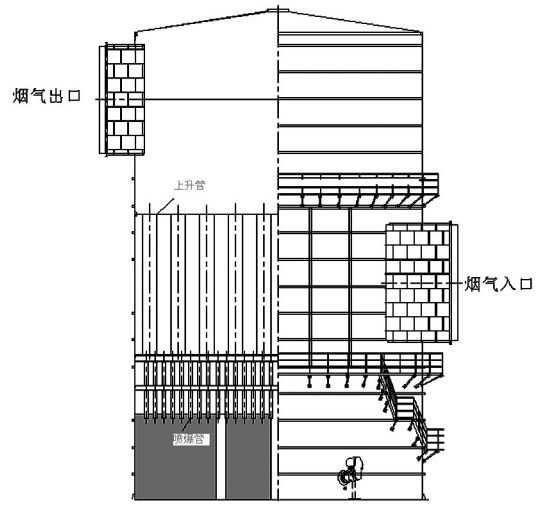
2.2.2 改造方案

(1) 原来的吸收塔供浆泵采用的是2台LCF40/350I离心泵，$Q=30$ m^3/h，$H=45$ m，排浆泵采用的是2台LCF50/460I离心泵，$Q=75$ m^3/h，$H=80$ m，它所能达到的 SO_2 处理能力有限，现工况较原来有些偏高，在严峻的环保形式下，已不能满足达标排放要求。为此，将2台供浆泵更换成HSW80－65－50BS离心泵，$Q=120$ m^3/h，$H=25$ m，2台排浆泵更换为125－100－75KPT离心泵，$Q=120$ m^3/h，$H=65$ m，同时增大相应的管道配件设施，更换大流量的

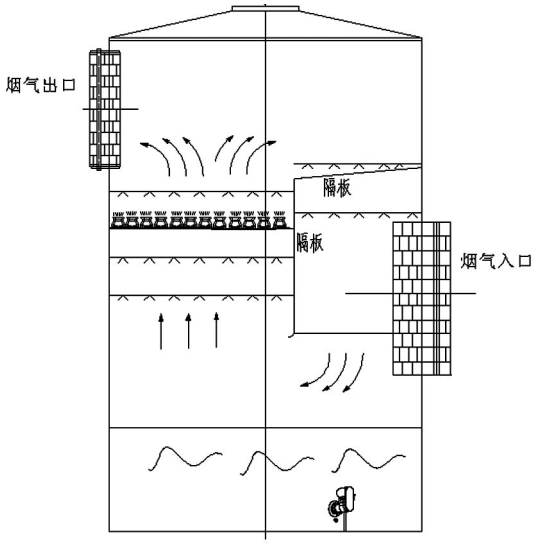
中国知网 https://www.cnki.net

设备后，有效的增加了吸收塔内部浆液的循环能力，SO_2 的处理能力有所提高，根据数据收集、分析及效果显示，FGD 的处理能力大大增加，入口 SO_2 浓度超出 5 000 mg/m^3 运行时，出口 SO_2 浓度能控制在 200 mg/m^3 以内达标排放。

(2) 原吸收塔采用鼓泡法(见图 1(a))，经常出现结垢、堵塞、憋压现象，经专家研究论证后，决定采用喷淋法(见图 1(b))。将原吸收塔内部构件全部拆除，包括上下隔板及冲洗喷嘴、上升管、泻流管、气喷管及隔栅板等，只有浆液池及氧化风管保持不变，并且在塔内新建三层喷淋层和塔内除雾器，同时增加 5 台循环泵进行塔内浆液循环。在此结构下，烟气流通阻力变小，同时延长了浆液和烟气的接触时间，增强了浆液和烟气的传质效果，从而提高脱硫效率。



(a) 改造前



(b) 改造后

图 1　改造前后吸收塔内部结构及烟气走向

(3) 工艺采用强制氧化工艺，FGD 的氧化效果和氧化能力主要受吸收塔浆液池的浆液密度、自然氧化率、浆液深度、浆液温度、pH 等的影响，而且采用不同的氧化空气设计形式也会影响设备的运行和总的效果[2]，吸收塔内部氧化风管的布局采用延伸式，小气泡喷散、多孔布局方式，有效的防止了氧化风在吸收塔内的冲击，防止由于气喷管掉落而影响系统稳定运行。

浆液密度会影响空气静压头，一般控制在 1 100 ~ 1 200 kg/m^3，而浆液深度越深，气泡停留时间就越长，氧气溶解量越多，氧化利用率就越高，一般控制在 5 ~ 7 m。

原氧化风机采用 C150 - 1.567/0.877 鼓风机，Q = 7 130 m^3/h，P = 68 kPa，一用一备，现随着设计处理能力的提升，鼓入吸收塔内部的空气量也需要随之增加，氧化空气量取决于 SO_2 摩尔数，与烟气量、烟气中 SO_2 浓度、脱硫效率等因素有关，可表达如下公式[3]：

$$M_{SO_2} = \frac{10^{-6} \times Q_{gas} \times C_{SO_2} \times \eta}{64}$$

根据氧化反应原理，得到氧化空气流量计算公式，其中氧化化学反应当量摩尔比为 0.5，标态气体体积为 22.4 m^3/(kmol)，SO_2 摩尔质量为 64 g/mol，空气中氧气份额为 0.21。

$$Q = \frac{0.5 \times 22.4 \times M_{SO_2} \times (1 - \alpha)}{0.21 \times \beta}$$

式中：Q —氧化空气量，m^3/h；

M_{SO_2} —SO_2 的摩尔数，kmol/h；

Q_{gas} —烟气量，m^3/h；

C_{SO_2} —烟气中 SO_2 浓度，mg/m^3

η —SO_2 脱除效率；

α —SO_2 自然氧化率，一般取 0.1 ~ 0.2；

β —强制氧化率，一般设计为 0.3 ~ 0.4。

计算对比后改选用新设备，满足了吸收塔内部所需的氧化风量，使亚硫酸钙 $CaSO_3 \cdot 1/2\ H_2O$ 充分氧化生成二水石膏($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)，从而达到降低烟气中 SO_2 含量的目的。

2.3　除雾段改造

净化后的烟气继续向上流经吸收塔缓冲段进入水平除雾器(ME)，净烟气中夹带的液滴在缓冲段及除雾器中被除去。除雾器处于非正常工作状态时不仅除雾效果差，烟气携带的液滴多，对环境产生二次污染，而且会使系统能耗增加，影响经济性能，严

中国知网　https://www.cnki.net

重的会影响FGD系统的安全稳定运行[4]。原除雾器的除雾单元形式采用折板式，一级、二级除雾单元间距较小，运行过程中容易出现堵塞问题，从两方面进行改进:

(1)改变除雾器的除雾单元型式，将折板式除雾单元改为流线式，有效减少堵塞，安装方式采用可拆卸的，便于运行维护。

(2)改变除雾单元间距，一级、二级除雾单元间距分别设置为38 mm和25 mm。在除雾器进烟囱90°转弯处设导流装置，防腐层做耐磨处理。

3 改造效果

FGD于2015年5－7月进行改造，由于将吸收塔内部SO_2处理方法由鼓泡法更换为喷淋法，同时增加了氧化风量和内部循环，工艺指标和操作参数也得到优化。大修投产后，多项技术指标有了很大的提高，其中，SO_2处理量提高的同时，出口SO_2能按照最新环保要求达标排放，脱硫效率达到95%以上，出口粉尘降低到30 mg/m^{3}以下达标排放。

改造前入口S浓度不断“挑战”设计限值3 000 mg/m^3，然而处理能力有限，相应的出口S浓度频繁超标，经过改造后，处理能力大大提高，不管入口S浓度怎样攀升，只要在设计范围内，出口SO_2均能达标排放，脱硫效率较改造前提高且稳定。

由于此次大修，对FGD前一道工序即电除尘器同时也进行了改造，有效的控制了FGD入口粉尘含量，改造后，烟气中的粉尘与浆液接触时间加长，内部循环加大，出口粉尘得到有效控制，粉尘去除率也明显提高。

去除SO_2的限制性环节在于气体与浆液的充分反应，而整个系统是否通畅，吸收塔内部浆液与气体是否完全接触，通入的氧气量是否充足，对充分反应至关重要。此次改造，从根本上提高了SO_2处理能力，从源头上解决了系统阻力问题，在设备方面也保证了气液的充分接触，脱硫效率有了很稳定的体现。

4 结论

(1)通过改造，FGD的各项技术指标大幅度提高，SO_2处理能力由原来的平均3 000 mg/m^{3}增加至6 000 mg/m^{3}左右，较好的满足了生产需要，效果显著。

(2)通过对吸收塔内部及相关设备的改造，大大减少了系统运行阻力，促进了烟气中的SO_2、粉尘与石灰石浆液的充分接触，使得脱硫效率、粉尘去除率均显著提高，出口达标排放。

(3)此次改造虽然取得了显著的效果，但由于一些基础性设备的缺陷，仍阻碍了生产的进一步发展。如:系统运行中无废水处理装置;增压风机选型较小，系统一旦出现堵塞现象，就可能发生倒烟、烟气外泄引起二次污染等情况，对日常环境有很大影响。这些有待今后逐步完善。

参 考 文 献

[1] 岑望来，胡勇，李进，等. 烧结烟气脱硫技术现状[J]. 工业安全与环保，2007，(07):27－30.

[2] 赵伟，刘明明，刘超. 烧结机头烟气除氟脱硫系统高效化运行的探索[J]. 包钢科技，2015，(4):76－78.

[3] 杨志忠. 石灰石－石膏湿法烟气脱硫氧化空气研究[D]. 成都:西南交通大学，2009.

[4] 郁永红. 脱硫除雾器堵塞的原因分析及预防[J]. 宁夏电力，2012，(03):58－61.

启 事

本刊已加入“万方数据库”、“中国知网”、“维普数据库”等。凡向本刊投递的稿件一经采用，即视为作者同意将作品的网络传播权及电子版使用权授予本刊，本刊一次性给付的稿酬已包含上述授权的费用。若不同意上述内容者，请在投递的稿件上予以特别声明，以便本刊酌情处理。

本刊编辑部

中国知网 https://www.cnki.net