

本书研究内容荣获
“天津市科学技术进步二等奖”

环境工程技术培训系列丛书

SDA脱硫除尘工艺 技术手册

SDA TUOLIU CHUCHEN GONGYI
JISHU SHOUCHE

马艳宁 / 主编

中国环境出版社

| 系列丛书

SDA 脱硫除尘工艺技术手册

马艳宁 主编

中国环境出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

SDA 脱硫除尘工艺技术手册/马艳宁主编. —北京: 中国环境出版社, 2016.8

(环境工程技术培训系列丛书)

ISBN 978-7-5111-2829-4

I. ①S… II. ①马… III. ①烟气脱硫—技术手册

IV. ①X701-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 117135 号

出 版 人 王新程

责任编辑 丁莞歆

责任校对 尹 芳

封面设计 岳 帅

出版发行 中国环境出版社

(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)

网 址: <http://www.cesp.com.cn>

电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn

联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)

010-67175507 (环境科学分社)

发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司

经 销 各地新华书店

版 次 2016 年 8 月第 1 版

印 次 2016 年 8 月第 1 次印刷

开 本 880×1230 1/32

印 张 6 插页 1

字 数 150 千字

定 价 28.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

编委会

主 编：马艳宁

副主编：张宏强 张金凤 刘晓亮 常治铁

冯海军 汤 笑 徐 淼 崔少为

编 委：李金锁 徐 磊 金庆波 白石磊

许丹宇 张庆文 刘 莉 康 磊

牛会生 刘宝强 徐彦旺 陈 涛

韩 利 翟 宇 戴承昊 杜琳曼

张 葳 王立宝 王冠宁 王世斌

李 琬 张 彪 张 炜 张 洋

前 言

二氧化硫是形成 $\text{PM}_{2.5}$ 的重要因素,钢铁行业二氧化硫排放量仅次于电力行业,其中烧结烟气二氧化硫年排放量占钢铁企业年排放量的 40%~60%,所以降低烧结烟气中二氧化硫浓度是治理二氧化硫和 $\text{PM}_{2.5}$ 污染的重点。

目前烟气脱硫技术大致可分为湿法、干法、半干法三大类。湿法主要以石灰石/石膏法等脱硫工艺为代表,干法主要以循环流化床法等脱硫工艺为代表,而半干法是在二者基础上衍生而成的,主要以旋转喷雾干燥脱硫工艺(简称 SDA)为代表。

本手册以天津某钢铁公司烧结烟气半干法脱硫除尘系统为例,对半干法脱硫除尘工艺进行了详细介绍,并对系统运行操作、设备及设施的运行维护管理等工作进行阐述,对系统的安全管理和各种规章制度进行简要说明,图文结合紧密,具有较强的实用性和指导性,期望能够对烧结烟气脱硫工程的设计、施工、运营等工作起到借鉴作用。

在本手册的编制过程中,得到了各设备厂家的大力帮助和支持,在此表示感谢。同时,由于编者水平和知识有限,疏漏、错误和不当之处在所难免,恳请广大同行和读者朋友批评指正。

编 者

2016 年 6 月

目 录

第 1 章	烧结烟气脱硫除尘工艺	1
1.1	SDA 工艺介绍	1
1.2	SDA 工艺在烧结机烟气脱硫中的技术优势	3
第 2 章	典型应用项目工程概况	6
2.1	项目概况	6
2.2	工艺设计	7
2.3	工艺流程图	10
第 3 章	系统运行操作规程	11
3.1	脱硫系统整体运行程序	11
3.2	脱硫塔系统操作规程	21
3.3	石灰浆液、循环浆液系统操作规程	27
3.4	输灰清灰系统操作流程	32
3.5	公辅系统操作流程	35
3.6	增压风机操作流程	37
3.7	稀油站操作流程	39
3.8	系统冬季停机注意事项	40

第4章 安全技术规程	42
4.1 安全技术通则	42
4.2 系统设备安全技术规程	43
4.3 浆液制备系统安全技术规程	44
4.4 脱硫塔安全技术规程	45
4.5 布袋除尘安全技术规程	46
4.6 布袋除尘箱体清料安全规定	46
4.7 卸灰阀安全技术规程	47
4.8 刮板机安全技术规程	47
4.9 渣浆池安全技术规程	47
4.10 增压风机安全技术规程	48
4.11 运行故障处理安全规定	48
4.12 设备故障处理安全规定	49
4.13 疏通风管路安全规定	49
第5章 单体设备说明、点检及保养	50
5.1 脱硫除尘系统	50
5.2 浆液制备系统	87
5.3 循环浆液制备供给系统	109
5.4 脱硫灰输送系统	112
5.5 公辅系统	120
5.6 仪表及控制设备	126
5.7 建议点检路线	137

第 6 章	应急预案	138
6.1	能源介质供应故障应急处理预案	138
6.2	生产工艺故障应急处理预案	139
6.3	设备故障应急处理预案	142
6.4	设备故障应急停机情况	147
第 7 章	脱硫运行管理制度	148
7.1	总则	148
7.2	组织领导与职权	149
7.3	岗位责任制度	150
7.4	工作管理制度	158
7.5	员工培训、考核制度	165
7.6	设备管理制度	168
7.7	安全生产管理制度	181
7.8	文明生产管理制度	181

根据国内烧结机及球团烟气脱硫的应用情况，目前旋转喷雾干燥（SDA）烟气脱硫技术应用于烧结烟气脱硫已获得巨大成功，该技术成熟可靠、运行稳定，解决了烧结烟气风量、二氧化硫（ SO_2 ）浓度及烟温波动大和脱硫渣资源化脱节等难题。

1.1 SDA 工艺介绍

旋转喷雾干燥（SDA）烟气脱硫技术是于 20 世纪 70 年早期由丹麦 Niro 公司研制开发的。其脱硫过程是生石灰加水配制成含固率 20%~25% 的熟石灰 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ 浆液，通过雾化器雾化成 30~80 μm 的雾滴喷入脱硫塔内，塔内石灰浆雾滴（吸收剂）瞬间吸收烟气中的 SO_2 ，达到脱除 SO_2 及其他酸性介质的目的。同时，球团废气热量瞬间干燥喷入塔内的液滴，形成干固体粉状料，由袋式除尘器捕集。脱硫工艺流程简单，脱硫塔为空塔结构，工艺示意图 1-1 和图 1-2。

针对烟气的变化，只需一个简单的浆液调节阀自动调节给浆量，即可轻松实现自动跟踪烟气负荷变化，同时保证整个脱硫系统在干态下运行，保证其温度大于酸露点温度 15℃ 以上，以避免系统结露。

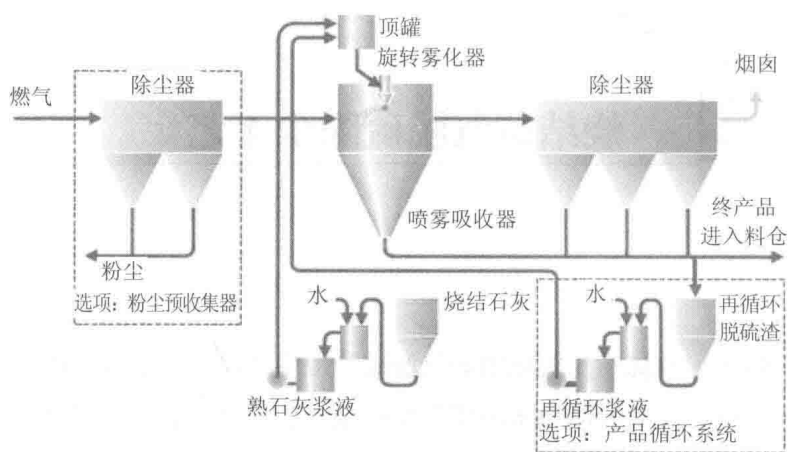


图 1-1 脱硫简要工艺

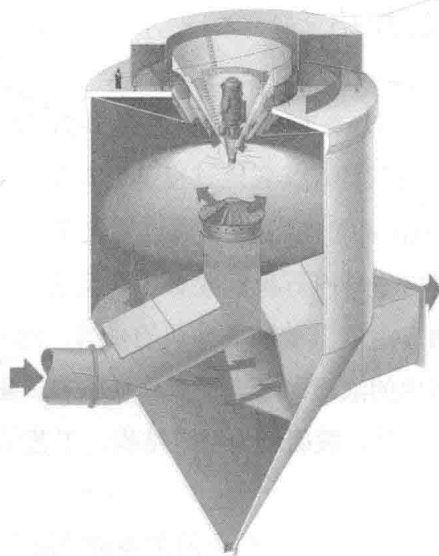


图 1-2 脱硫塔内部结构

该工艺技术已成熟,第一台旋转喷雾干燥脱硫装置于1980年应用在美国北方电网的河滨电站,至今已成功运行了36年,目前广泛应用于电力、冶金、化工、垃圾焚烧、乳制品等行业,在美国、德国、奥地利、意大利、丹麦、芬兰等国家应用较多。在美国脱硫市场上,旋转喷雾干燥脱硫工艺占有干(半干)法脱硫工艺市场总量的91%。在电力行业单塔最大烟气处理能力已达 $200\text{万 m}^3/\text{h}$ 。

国外第一台烧结旋转喷雾干燥脱硫装置于1996年成功应用于瑞典基律纳LKAB烧结厂的钢铁行业烟气脱硫,正常运行至今。1998年德国杜依斯堡钢厂烧结机成功应用旋转喷雾干燥脱硫装置,一直使用至今。

国内第一台采用SDA法脱硫的烧结机于2009年12月在鞍钢股份炼铁总厂西区(328m^2)烧结机成功应用,目前一直稳定运行。

1.2 SDA工艺在烧结机烟气脱硫中的技术优势

(1) SDA工艺操作弹性大,对不同的烟气流量、烟气温度和烟气成分能进行快速响应。从SDA工艺的主要控制回路可以看出,SDA工艺通过实时检测进、出口 SO_2 浓度,进、出口烟气的温度,进口烟气的流量,通过顶罐及时调整新鲜石灰浆液和水(或循环浆液)的比例,响应迅速。能够快速适应烟气流量、组分、浓度的变化。

(2) SDA工艺中,吸收浆液被雾化成数十亿颗细小的雾滴,其具有很大的比表面积,能和 SO_2 快速发生反应,反应效率高,吸收率高,并且SDA工艺发生气-液两相反应和气-固两相反应,有力地保证了脱硫效率。

(3) SDA工艺通过控制消化温度和消化时间获得高活性的熟石

灰 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ 浆液，活性越高，比表面积越大，吸收率越高，并且可以使用低质量的生石灰。

(4) SDA 系统可以简单地增设活性炭喷射装置，有效去除二噁英、重金属等污染物。

(5) SDA 工艺可以方便地与脱硝装置衔接。图 1-3 是韩国 POSCO 有色金属冶炼厂建造的 SDA 烟气脱硫装置，在 SDA 系统前面添加了脱硝装置。

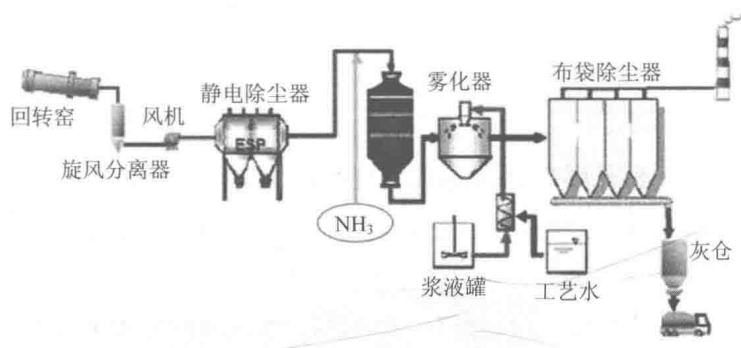


图 1-3 韩国 POSCO 有色金属冶炼厂 SDA 工艺流程

(6) SDA 工艺中脱硫产物输送简单，干燥、自由流动的脱硫产物可以非常容易地采用气力输送方式进行处理。脱硫产物及气力输送见图 1-4。

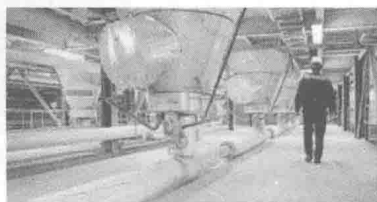


图 1-4 脱硫产物及气粒输送

(7) SDA 工艺不需安装防腐层, 不需要烟气再加热系统, 投资比湿法低 15%~20%。

(8) SDA 工艺水耗低、辅助电耗低, 操作和维护成本低。

(9) SDA 工艺系统简单, 操作容易, 响应快, 可靠性高。

本手册典型案例为天津某钢铁公司 $2 \times 180 \text{ m}^2$ 烧结机烟气治理工程, 设计参数见表 1-1。

表 1-1 天津某钢铁公司 $2 \times 180 \text{ m}^2$ 烧结机烟气参数

烧结机面积	$2 \times 180 \text{ m}^2$
烟气量	$2 \times 108 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$ (工况)
烟气温度	平均 120°C , 最高 180°C , 最低 80°C
入口 SO_2 浓度	$600 \sim 1\,800 \text{ mg/m}^3$
脱硫入口粉尘浓度	$50 \sim 150 \text{ mg/m}^3$
排放要求	$\text{SO}_2 \leq 100 \text{ mg/m}^3$, 粉尘 $\leq 30 \text{ mg/m}^3$
气象条件	冬天 101.7 kPa , 夏季 99.5 kPa

2.1 项目概况

典型案例工程为 $2 \times 180 \text{ m}^2$ 烧结机项目的烟气治理工程，烧结厂年产烧结矿 386 万 t，产生烟气中每年排放 SO_2 约 12 000 t。

本项目烟气量为 $216 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$ ，采用旋转喷雾干燥脱硫工艺 (SDA)。烧结烟气出口 $\text{SO}_2 \leq 100 \text{ mg/m}^3$ ，出口粉尘含量 $\leq 30 \text{ mg/m}^3$ ， SO_2 脱除率可高达 97%。根据该公司实际情况，脱硫副产物作为矿渣磨细粉的添加料回收利用。

项目平面图如图 2-1 所示：



图 2-1 项目总平面示意图

2.2 工艺设计

设置一套半干法脱硫系统，采用一对二方式处理两台烧结机烟气，脱硫系统处理烟气体量为 $2 \times 108 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

处理烟气行进路线为：入口阀门→脱硫塔→除尘器→增压风机→新建烟囱。烟气脱硫工艺系统主要由脱硫除尘系统、脱硫剂（石灰粉）贮存及浆液制备供给系统、循环浆液制备系统、脱硫灰输送及外排系统等组成。

2.2.1 脱硫反应系统

脱硫反应系统位于脱硫塔内，包括顶罐、雾化器及雾化器辅助设备。

烧结主抽风机后烟道引出的原烟气，经挡板切换由烟道分两路引入脱硫塔，原烟气与塔内经雾化的石灰浆雾滴（吸收剂）在脱硫塔内与烟气接触，吸收 SO_2 和其他酸性介质并进入蒸发干燥过程。

2.2.2 脱硫剂（石灰粉）贮存及浆液制备供给系统

脱硫剂采用石灰车间生产的石灰粉，用吸引压送罐车送至脱硫现场的石灰粉仓内存放，浆液制备供给系统由石灰粉仓、计量螺旋给料机、消化罐、振动筛、浆液罐及两套浆液泵、浆液管道和阀门等组成。实现烟气脱硫所需的脱硫剂制备和供给。石灰浆液由石灰浆液泵根据负荷变化定量送入脱硫塔雾化器，石灰浆液泵按一用一备配置。

2.2.3 循环浆液制备供给系统

循环浆液制备供给系统采用脱硫灰做脱硫剂，由循环灰仓、破拱装置、计量螺旋给料机、斗提机、混合罐、振动筛、循环灰浆液罐及两套循环浆液泵、浆液管道和阀门等组成。实现烟气脱硫灰的循环使用。循环灰浆液泵按一用一备配置。

2.2.4 脱硫灰输送系统

布袋除尘器收集的脱硫灰，经除尘器灰斗下部的星形卸灰阀，卸至切出刮板输送机，再输送至集中刮板输送机，然后由斗式提升机送入脱硫灰仓，部分循环使用，部分外排，脱硫灰仓设料位计、破拱装置，灰斗下部设星形卸灰阀、吸引压送罐车接口装置。

2.2.5 除尘器系统

除尘器可以收集烟气产生的粉料，确保烟气排放粉尘含量达标，由布袋除尘器及其 8 个灰仓、脉冲阀等组成。

经布袋除尘器处理的净烟气由增压风机增压，克服脱硫系统阻力，由新建烟囱排入大气。

2.2.6 增压风机及管路系统

整个系统的烟气运行必须要有足够的动力驱动，本项目采用上海鼓风机厂的增压风机提供动力，管路采用钢结构烟道，烟道及与设备连接部位设必要的补偿器，解决热胀冷缩的问题。

2.2.7 公辅系统

公辅系统是指由设备用的水、蒸汽、压缩空气所涉及的所有供给与计量设备,以及为保障设备安全运行,在工艺运行中起到保护、冷却、冲洗、保温等辅助性功能的公用设备组成的系统。

2.2.8 在线监测

为响应环保部门要求,并为设备运行调整参数提供依据,本系统在烟气出、入口均设置了烟气监测系统。

2.2.9 脱硫系统主要设备参数

1. 脱硫塔设备组成

(1) $\Phi 18.8\text{ m}\times 15.8\text{ m}$, 碳钢材质。

(2) 旋转喷雾器: 型号为 F800 Niro, 电机规格为 800 kW、电源为 6 600 V。

(3) 顶部烟气分配器: DGA10000。

(4) 中心烟气分配器: DCS6300。

2. 石灰制浆系统组成

(1) 石灰粉仓 1 个。

(2) 螺旋计量给料秤 1 台, 配 1 台称重传感器。

(3) 石灰消化罐 1 个。

(4) 振动筛 1 个, 形式为圆筛。

(5) 石灰浆液罐 1 个, 按最不利工况 2 h 石灰浆液消耗量的贮量考虑。

(6) 顶部浆液罐(顶罐)位于脱硫塔顶部。