

干熄焦环境除尘系统脱硫工艺对比

周君强

甘肃酒钢宏兴钢铁股份有限公司焦化厂 甘肃嘉峪关

【摘要】 本文阐述了干熄焦工艺中各个阶段的排放指标、干熄焦环境烟尘的来源、成分、达标处理方法；分析了移动床活性炭工艺、固定床活性炭工艺、碳酸氢钠法脱硫工艺的优劣，并对酒钢宏兴焦化厂采用移动床活性炭工艺进行了探讨。

【关键词】 干熄焦；二氧化硫；工艺路线对比；投资；运行费用；原料与产物

Comparison of desulfurization process of dry coke thermal environment system

Junqiang Zhou

Gansu Jiugang Hongxing Iron and Steel Coking Plant, Jiayuguan, Gansu

【Abstract】 This paper determines the components of dry charcoal coke process: emission index of carbon source, coke quenching smoke environment, analysis of mobile activated carbon process, fixed base process, coke process, coke process, etc. Using high quality, the research on the mobile active process bed of JISCO Hongxing carbonization and coking is carried out.

【Keywords】 Dry coke; Sulfur dioxide; Process route comparison; Investment; Operating cost; Raw materials and products

1 干熄焦的工艺流程

整个干熄焦设备主要包括干熄炉，也称作干熄焦炉，焦排设备，装料设备，1DC（也被称作一次

收尘器），2DC（2DC），升降机，余热锅炉，环境除尘设备，自动控制系统，循环风机，水处理系统，汽轮发电系统等。图 1 是一个流程。

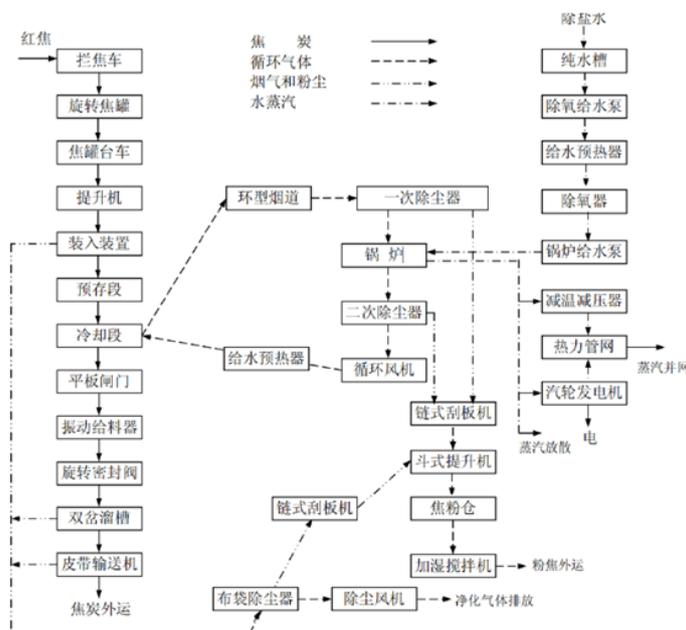


图 1 流程图

传统的干熄焦烟气的排放浓度约为 $200\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。GB16171-2012《炼焦化学工业污染物排放标准》规定，一般区域的干熄焦排放限值为：粉尘浓度小于 $50\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、 SO_2 浓度小于 $100\text{mg}/\text{Nm}^3$ ；特殊限值区域的污染物浓度为：颗粒物浓度不超过 30 毫克/ Nm^3 ， SO_2 浓度不超过 80 毫克/ Nm^3 。按照《关于推进实施钢铁行业超低排放的意见》，环保总局和其他有关部门在今年四月发布的文件中，提出了对干熄焦大气污染物浓度控制在 $10\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、 SO_2 浓度 $<50\text{mg}/\text{Nm}^3$ 的超低排放标准。目前焦化车间的干熄焦烟气脱硫系统大都没有脱硫设备，需要新建。宝钢焦化厂新设流动床活性炭脱硫、宝钢 1 座、邯宝焦化厂新建的氧化钙脱硫剂脱硫技术、3 种方案的比较与分析。

2 干熄焦装置 SO_2 来源与处理方案

2.1 干熄焦装置 SO_2 来源

干熄焦烟气排放的烟气主要来源于四个部分，即：干熄炉装炉、预存段上部的烟气、风机后的放散烟气、焦油排放的烟气。干熄炉的装焦是断续的，在装焦与不装焦的情况下，环境除尘风机的高、低、高频率地转换。在不加焦的情况下，周围除尘风机在低转速下运转，保证预存段、循环放散和焦粉的正常引风；在干熄炉装焦条件下，环境除尘风机在高转速下运转，其工作时间约为 50%。已有文献报道，利用干熄焦地面集尘系统排放 SO_2 ，95% 来自于预存段排气口和排气口排气口。

2.2 A 公司焦化厂干熄焦装置

通过对 SO_2 测定值的分析，得到了干熄焦排放气体 SO_2 的精确数据，酒泉炼焦公司焦化厂已委托第三方进行了现场测试。试验表明，140 吨/小时的干熄焦焦排焦炉温度较高， SO_2 浓度较高，在低速工况下为 $600\text{--}700\text{mg}/\text{m}^3$ ，在高速工况下为 $300\text{--}400\text{mg}/\text{m}^3$ 。若将预存段的放散气、排焦装置全部排出，只剩下装料装置，实测最高值为 $738\text{mg}/\text{m}^3$ ，1 次装焦时间为 70 秒，平均浓度为 $400\text{mg}/\text{m}^3$ ，6m 焦炉的结焦时间为 19h，每小时为 5.8 炉，加权计算的小时平均 SO_2 浓度为 $44\text{mg}/\text{m}^3$ 。140t/h 干熄焦预存段的放散气体实测值为 9000 标方/h，焦化设备的计算量为 20000~30000 标方/h，总计量为 30000~40000 标方/h， SO_2 浓度计算量 $800\text{--}1200\text{mg}/\text{m}^3$ ，设计量按 $1000\text{--}1500\text{mg}/\text{m}^3$ 。

2.3 干熄焦装置烟气 SO_2 处理方案

针对干熄焦工艺的特点，从降低投资和运行费用的角度出发，分别对排出部分和排出部分的废气进行了分离纯化，同时，从降低投资和运行费用的角度出发，分别对排出部分和排出部分的废气进行了分离。

3 三种干熄焦脱硫装置工艺流程简介

3.1 移动床活性炭工艺流程

移动床活性炭的脱硫技术包括：袋除尘+移动床活性炭脱硫+加热炉再生法。具体工艺：将待处理的废气先经过冷却、袋式除尘，再送入净化塔，通过活性炭对 SO_2 进行吸附，再将净化后的烟气送回原来的烟道。将 SO_2 吸附后的活性炭送入回收塔进行再生，再利用后的活性炭回到塔循环利用；利用喷氨法将回收的烟气吸入后，通过氧化、浓缩、输送到硫铵生产工艺。

3.2 固定床活性炭工艺流程

采用固定床吸附法处理活性炭的方法，采用袋除尘+固定床活性炭+水洗再生法生产稀硫酸。具体过程：将待处理的废气通过袋式除尘后送入脱硫塔，以活性催化剂为载体，以活性炭为载体，在催化剂的作用下，将空气中的水分、氧气和 SO_2 转化为一定的硫酸，而净化后的废气中含有酸性气体，不能再回到原来的烟囱中。通过对饱和活性炭的吸附，采用分级水洗法进行再生，得到 3% 左右的稀硫酸。活性炭一年要拆解一次粉化的活性炭，三年内清除所有的残渣并进行活化再生。

3.3 氧化钙脱硫工艺流程

采用氧化钙法脱硫+袋式除尘器。流程：将待处理的废气与水蒸气混入脱硫塔中，在催化剂的作用下，烟气中的 SO_2 与钙基脱硫剂（与活性炭相似的模制物）发生中和，然后经袋除尘，再由鼓风机排放到烟囱中。塔底的脱硫剂和塔顶的脱硫剂不间断地补充到塔内，并在一定时间外送。

4 三种干熄焦脱硫装置对比分析

4.1 占地面积与投资对比

本项目预计总投资 3500 万元，不包括周边设备及硫铵设备的改造，每套设备占地 220 平方米；固定床活性炭脱硫技术不包括周边设备及硫铵设备的改造，预计总投资 2800 万元，每套设备占地 300 平方米；不包括周边设备及硫铵设备的改造，预计总

投资 2500 万元左右,每套主体部分占地 200 平方米。在投资方面,移动床法的一次投资略高;宝钢固定床活性炭脱硫工艺采用的是碳素防腐材料,比移动床活性炭的脱硫工艺稍逊一筹,但是稀酸具有强烈的腐蚀性,防腐层一旦受损,整个设备就会迅速受损,维修工作量大;氧化钙法的一次投资少。

4.2 主要原料与产物(副产品)对比

移动床活性炭脱硫工艺采用活性炭脱硫,氧化钙脱硫进口 SO_2 为 $1.5\text{g}/\text{Nm}^3$,固定床活性炭脱硫工艺采用进口 SO_2 ,按 $0.5\text{g}/\text{Nm}^3$ 的主要原料和产品(副产品)进行比较,得出:移动床活性炭脱硫工艺使用原料为活性炭 90t/年,氨水(折纯)698t/年;所产生的固体废物为 90 吨/年的活性炭粉,不产生废液;副产物是每年 2706 吨的硫酸铵。采用活性炭吸附法脱硫的原料是 25 吨/年的活性炭、8000 吨/年的软水和 16800 吨的工业用水;所产生的固体废物为 25 吨/年的活性炭粉;废水是每年 11953 吨的 3%稀硫酸溶液(含一定的重金属),不产生任何副产物。氧化钙法脱硫的原料是每年 2000 吨的成形氧化钙;副产品氧化钙,硫酸钙,亚硫酸钙,339 吨/年不产生任何废水。

4.3 运行费用对比

采用流动床活性炭和氧化钙法生产的焦炭产能为 320 万吨/年, SO_2 进口量为 1.5 克/立方米,不包括工人的工资和设备维修。根据宝钢的方案,采用固定床活性炭法脱硫,采用 0.5 克/立方米的方法,总风量为 80000 标方/小时。上述三个过程的操作成本分别在表 1, 2, 3 中进行了估计。

活性炭的脱硫费用主要来源于:电费(预计 24 4.7 万元/年)、氨水费用(预计 209.4 万元/年)、焦炉煤气费用(预估 98.1 万元/年)、活性炭费用(预

估 54 万元/年)以及氮气费用(预估 36.8 万元/年),由于副产品为硫酸铵,可冲抵一部分运行成本。氧化钙工艺的脱硫操作费用,预计每年为 6 百万元,电费为 209.7 万元,蒸汽成本为 31.5 万元/年,氮气成本为 9.2 万元/年)。活性炭固定床脱硫技术的运营成本包括:电费(预计 224.7 万元/年)、活性炭(预计每年 70 万元)、软水成本(预计 9 万元/年)、工业水费用(预计 6.3 万元/年)以及氮气费用(预估 9.2 万元/年)。由上述比较可知,固定床法活性炭的脱硫成本是最低的,每年的运营成本为 268.7 万元,相当于每吨焦煤 0.61 元;其中,移动床活性炭的脱硫成本为中等,每年的运营成本为 494.1000 元,折合吨焦 1.54 元;其中,氧化钙的脱硫成本是最高的,其年运营成本为 850.4 万元,折合焦炭 2.6 58 元。

4.4 综合对比分析

上述三种方法的综合比较见表 4。比较了三种方案的优点和不足。①移动式活性炭具有工艺成熟、副产物易于无害化处理、运行费用低、操作简单、汽车倒运量少、原料均能市场化;其不足之处在于,一次性投入略高。②固定床活性炭具有一次投资低,工艺成熟,运行费用低,汽车倒运量小;缺点:一是废水中的稀硫酸中重金属含量高,难以处理;二是每三年要将活性炭拆解清除一次,每 3 年清除所有的残渣并进行活化再生,工作量大;三是活性炭的使用属于专利技术,不能以市场为导向。③氧化钙法具有一次投资低、操作简单、无废液产生等优点,但其缺点是未经工业化应用,使用效果尚需进一步检验;二是操作成本高,三是废品多,四是车辆的倒运量大;五是脱硫工艺属于专有技术,不能以市场为导向。

表 1 移动床活性炭脱硫运行费用表

序号	类别	单位	小时消耗量	年消耗量	参考单价/元	年费用/万元	吨焦费用/元
1	活性炭	t	0.010	90	6 000	54.0	0.169
2	液氨	t	0.080	698	3 000	209.4	0.654
3	电	kWh	490.0	4 292 400	0.57	244.7	0.765
4	焦炉煤气	Nm^3/h	160	1 401 600	0.7	98.1	0.307
5	硫酸氨	t	0.309	2 706	-550	-148.8	-0.465
6	氮气	Nm^3/h	200	1 752 000	0.21	36.8	0.115
7	年运行费用	万元	-	-	-	494.1	1.544

表2 氧化钙脱硫运行费用表

序号	类别	单位	小时消耗量	年消耗量	参考单价/元	年费用万元	吨焦费用/元
1	氧化钙	t	0.228	2 000	3 000	600.0	1.875
2	电	kWh	420.0	3 679 200	0.57	209.7	0.655
3	蒸汽	t	0.300	2 628	120	31.5	0.099
4	氮气	Nm ³ /h	50	438 000	0.21	9.2	0.029
5	年运行费用	万元	-	-	-	850.4	2.658

表3 固定床活性炭脱硫运行费用表

序号	类别	单位	小时消耗量	年消耗量	参考单价/元	年费用/万元	吨焦费用/元
1	活性炭	t	0.003	25	28 000	70.0	0.159
2	软水	t	0.193	8 000	9	9.0	0.016
3	工业水	t	1.918	16 800	3	6.3	0.011
4	电	kWh	450.0	3 942 000	0.57	224.7	0.403
5	稀硫酸	t	7.656	11 953	0	0.0	0
6	氮气	Nm ³ /h	50	438 000	0.21	9.2	0.029
7	年运行费用	万元	-	-	-	268.7	0.611

表4 综合对比表

序号	项目	移动床活性炭脱硫	固定床活性炭脱硫	氧化钙脱硫
1	投资	3 500 万元	2 800 万元	2 500~3 000 万元
2	占地	220m ²	300m ²	200m ²
3	运行费用	1.54 元/吨焦	0.61 元/吨焦	2.66 元/吨焦
4	工艺应用	有	有	无
5	脱硫剂来源	市场采购	厂家专有	厂家专有
6	固废	活性炭粉 90t/年	活性炭粉 25 t/年	亚硫酸钙等混合物 3 339t
7	液废	无	3%稀硫酸溶液 11 953 吨/年	无
8	副产品	硫酸铵 2 706 t/年	无	无
9	汽车倒运量	180 t/年	50t/年	5 339 t/年
10	脱硫剂再生	部分连续加热再生	定期全部掏出再生	不需要再生

5 结语

从设备投入、运行费用、运行、固液废的产生等多个角度出发,根据酒钢的实际工作条件,采用干熄焦环境除尘脱 SO₂ 移动床活性炭脱硫工艺更符合酒钢焦化厂工况。

参考文献

- [1] 王保林,曹银平,徐昶辉. 焦炉烟气中 SO₂ 含量的变化分析[J].燃料与化工,2019(1):29-31.
- [2] 张方.干熄焦环境除尘脱硫工艺对比分析[J].河南科技.2021(24):40-42.
- [3] 张晓林.关于干法熄焦提升控制系统电气故障分析与处理[J].化工管理.2018(19):155-156.
- [4] 李从保,杨庆彬,朱靖.干熄焦装入装置烟尘治理的新方法[J].燃料与化工.2021(01):58-61.
- [5] 庞国强,张勃,刘杨.干熄焦烟气脱硫中高活性氢氧化钙脱硫剂的应用[J].化工设计通讯.2021(12):151-152.
- [6] 李东东.干熄焦放散气移动错流床脱硫工艺技术探讨[J].

山西化工.2020(05):100-102.

- [7] 陶明磊,王小伊.干熄焦预存段放散烟气处理技术分析[J].
清洗世界.2022(05):41-43.

收稿日期: 2022 年 8 月 10 日

出刊日期: 2022 年 9 月 25 日

引用本文: 周君强, 干熄焦环境除尘系统脱硫工艺对比[J]. 工程学研究, 2022, 1(3): 102-106

DOI: 10.12208/j.jer.20220076

检索信息: RCCSE 权威核心学术期刊数据库、中国知网 (CNKI Scholar)、万方数据 (WANFANG DATA)、Google Scholar 等数据库收录期刊

版权声明: ©2022 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS