

株洲市白马精炼厂冶炼烟气脱硫工程设计

李方文^{1,2}, 刘文华¹, 刘芬¹, 吴建锋², 徐晓虹²

(1. 湖南科技大学化学化工学院, 湖南湘潭 411201;

2. 武汉理工大学材料科学与工程学院, 湖北武汉 430070)

摘要:根据株洲市白马精炼厂新址的生产设计要求与厂方提供的相关资料,本着高效、经济、实用的原则,设计了一套年产粗铅 5 000 t 冶炼烟气脱硫工艺,采用二级除尘和电厂冲灰水作为脱硫剂。经株洲市环保监测站验收,各项控制指标均能达到国家标准。经成本核算,该工程具有明显的经济效益、环保效益和社会效益。

关键词:冶炼烟气;除尘;脱硫;治理;效益

中图分类号: TQ031.9; TQ062.2

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2006)S1-0267-04

Design of smelting smoke desulfurization for Baima smeltery in Zhuzhou

LI Fang-wen^{1,2}, LIU Wen-hua¹, LIU Fen¹, WU Jian-feng², XU Xiao-hong²

(1. College of Chemistry and Chemical Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;

2. College of Materials Science and Technology, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430070, China)

Abstract: According to the demand of the process of new Baima smeltery (plant) and relative data provided, a process for smelting smoke desulfurization was devised that its rated output is 5 000 t/a of crude Lead. In the process, two-phase removal of ash was adopted and the water for rinsing ash fly of the power plant was used for desulfurization. The results indicated that all the dominative parameters could meet with the national standards. It was reported that the project has resulted in good benefits either in economy, environment protection or in society after cost accounting.

Key words: smelting smoke; ash removal; desulfurization; disposal; benefit

株洲市石峰区白马精炼厂是以含铅废渣(特别是清水塘工业区炼钢企业的含铅废渣)为原料进一步冶炼回收金属铅的冶金企业,生产规模为年产量分数 96% 的粗铅 5 000 t。该厂原厂址生产没有专用的原料库房,无组织产生的粉尘较多,且没有很好地控制粉尘扩散;炼铅工艺为火法冶炼,冶炼烟气采用袋式除尘器收尘,但没有安装脱硫设施,SO₂ 排放总量较大,排放浓度超标严重;风机噪声对周边环境也有一定的影响。工厂属有色金属冶炼行业,原厂址选择与株洲城市发展远景规划不相符合,环境问题较为突出。为保护环境和周围居民的身体康,该厂进行移址搬迁,并进行工艺改造。为确保搬迁改造后工程设计合理且高效地运行,该厂特委托湖南科技大学承担“含铅废渣炼铅烟气除尘脱硫排烟系统工程设计”。

1 原始参数及处理要求

烟气原始设计参数如表 1 所示,烟气排放指标如表 2 所示。

表 1 烟气原始设计参数

烟气总体积 流量/m ³ h ⁻¹	烟气 SO ₂ 初始质量 浓度/mg·m ⁻³	铅尘初始质量 浓度/mg·m ⁻³	脱硫剂 pH (电厂脱灰水)
44000	3500 ~ 4500	2000 ~ 3000	11 ~ 13

表 2 烟气排放指标

格林曼 黑度	出口 SO ₂ 质量 浓度/mg·m ⁻³	出口烟尘质量 浓度/mg·m ⁻³	铅尘质量浓度/ mg·m ⁻³
≤1 级	≤850	≤100	≤10

注:以上指标均为保证值。

2 流程设计

2.1 设计依据

GB 9078—1996《工业炉窑大气污染物排放标准》二级; GB 12348—1990《工业企业厂界噪声标准》; 株洲市石峰区白马精炼厂厂区(新址)平面布置示意图; 株洲市石峰区白马精炼厂提供的相关资料。

收稿日期: 2006-03-09

作者简介: 李方文(1970-), 男, 博士研究生, 副教授, 从事环境材料和环境污染治理的研究与教学工作, lifangweng1@sohu.com; 吴建锋(1962-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 从事环境材料的研发与教学。

2.2 设计方案

2.2.1 除尘范围

设计对 12 台烧床和 1 台鼓风熔炼炉的产生点采用集气罩抽风,在除尘器内进行一次除尘,在脱硫塔内进行二次除尘,主要目标放在一次除尘上。

2.2.2 集气罩的设计

根据合同规定,新建厂区的集气罩抽风系统由厂方根据多年的经验自行设计确定,不属于设计组的设计范围。

2.2.3 除尘设备的确定

除尘器采用砖砌简易布袋除尘器,共分 8 个袋房,每 2 个袋房为 1 组(3 组为烧床,1 组为鼓风炉)。该除尘器的技术参数如下:除尘效率 $\geq 99\%$;总过滤面积 $2\,216\text{ m}^2$;滤袋数 480 条;滤袋规格 $d \times l$ ($\Phi 210\text{ mm} \times 7\,000\text{ mm}$);过滤风速 $0.3 \sim 0.4\text{ m/min}$;人工振打清灰;滤袋排放方式采用正方形排列。其中滤袋间距 280 mm ,分成 4 组,每组之间留有 400 mm 检修道,边排滤袋和房体之间留 200 mm 检修道^[1-2]。

2.2.4 脱硫设备的确定

根据本工程处理烟气的产生与排放方式、烟气量、烟气中 SO_2 初始浓度、脱硫效率、电力消耗、厂方能免费或廉价获取的脱硫剂种类等因素,考虑到方便操作调试、维修管理而要求除尘、脱硫设备及通风机均需分单元布置等条件,对江苏宜兴、浙江杭州、湖南长沙、湖南郴州 4 个厂家生产的脱硫装置从设

备可靠性、技术指标、操作条件、投资和运行费用、售后服务等方面进行分析比较,最终选择湖南省长沙市天马节能环保设备厂生产的 SCX—III—4.0 型湿式除尘脱硫装置作为该工程的脱硫设备。SCX—III 型湿式除尘脱硫装置是湖南大学承担的“七五”国家科技攻关环保项目 75—58—02—06(2)的研究成果。该装置综合应用了气液旋转雾化、文丘里、旋流板等先进技术以提高气液传质速率,强化 SO_2 吸收和除雾功能,其优点是脱硫除尘一体化、脱硫率高、阻力小。该装置的主要技术参数为:设备只需 4 台;脱硫剂为废冲灰水 [含 $\text{Ca}(\text{OH})_2$] + 废品固体碱 (含 Na_2CO_3);脱硫效率 $\geq 85\%$;除尘效率 $\geq 80\%$;筒体尺寸 $\Phi 1\,255\text{ mm} \times 4\,810\text{ mm}$;进口风速 19.46 m/s ;出口风速 19.55 m/s ;设备阻力 $< 1\,500\text{ Pa}$;水气比 $0.15/0.3(\text{kg/m}^3)$;用水量 $2.1 \sim 4.3\text{ m}^3/\text{h}$ 。

2.2.5 风机的确定^[3]

(1) 烧床部分

根据工厂的烧床类型、铅日产量、铅烧床废气的排放系数核算和厂方提供布袋除尘器前置风机参数计算,综合考虑工厂原料烧床运行工况、排烟规律、集气罩和管道类型以及布置条件等因素,确定系统布置为 2 台烧床烟气进入除尘器的 1 个袋房,2 个袋房烟气合为 1 个脱硫单元,烧床部分共分 3 个脱硫单元,每个脱硫单元配置 1 台通风机,烧床部分共设置 3 台通风机。经计算,每个脱硫单元通风机的风量为 $12\,000\text{ m}^3/\text{h}$ 。选择系统中最不利的单元

(上接第 266 页)

在改变 T2 与 T4 塔的操作条件后所消耗能量的变化相同,不影响最终流程的选择。各塔主要参数和能耗如表 5 所示。

表 5 最终流程各塔主要参数和能耗

	操作单元						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	F1
操作压力/MPa	1.00	1.00	1.00	0.30	0.02	0.01	0.01
冷凝器温度/°C	63.5	40.0	—	38.5	60.9	164.9	—
再沸器温度/°C	163.0	86.3	—	175.0	173.0	175.0	260.00
回流比	0.5	1.5	—	1.4	0.3	0.1	—
理论板数	15	12	13	10	10	12	—
冷凝器负荷/ $\text{MJ}\cdot\text{h}^{-1}$	88.20	38.04	0	47.23	107.43	19.23	—
再沸器负荷/ $\text{MJ}\cdot\text{h}^{-1}$	116.20	17.14	0	39.71	87.36	12.96	5.39

3 结语

对轻溶剂 TDI 分离流程进行了分析,利用经验

规则筛选出 5 种可能的流程,分别对这 5 种流程进行严格的模拟计算,找到了最合适的分离序列。结合实际生产情况将 T2、T4 塔顶出料温度调整到 40°C 左右,使得可以用水来冷却塔顶出料,以节省制冷剂用量。在此基础上对各塔最优操作条件进行优化,得到了最终的流程和操作参数。

参考文献

- [1] 赵新强,王延吉. TDI 和 MDI 洁净合成方法的研究进展[J]. 化学通报, 2001(4): 201 - 205.
- [2] 贾鸣. 世界甲苯二异氰酸酯近况[J]. 聚氨酯信息, 2002(9): 18 - 19.
- [3] 刘芙蓉,金鑫丽,王黎. 分离过程及系统模拟[M]. 北京:北京科学出版社, 2001: 345 - 359.
- [4] 吴俊生,邵惠鹤. 精馏设计、操作和控制[M]. 北京:中国石化出版社, 1997: 72 - 81.
- [5] 邓修,吴俊生. 化工分离工程[M]. 北京:科学出版社, 2001: 410 - 413. ■

(第1单元)经阻力平衡计算得此脱硫单元总阻力为3 186.6 Pa。根据风量和风压选择了3台风机,型号为9-26 No.8C;流量14 288 m³/h;压力3 342 Pa;转速1 450 r/min;配用电动机型号为Y200L-4;电机功率为30 kW;生产厂家为长沙华中工业风机厂^[3]。

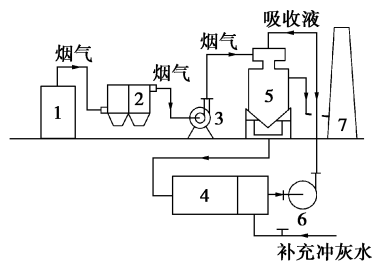
由于第2脱硫单元和第3脱硫单元风机前后的安装与第1组基本相同,仅管道中的阻力稍小,为方便工艺操作和管理,选择与第1单元相同的风机与电机。

(2)熔炼炉部分

根据工厂熔炼鼓风机类型、规格、烟气排放系数核算和厂方提供鼓风机和布袋除尘器前置风机参数计算,确定鼓风机部分脱硫单元风量为8 251 m³/h,这部分的总阻力约为3 094 Pa,选配1台风机:风机型号为9-19 No.11.2 C;体积流量为10 183 m³/h;压力3 185 Pa;转速960 r/min;配用电动机型号为Y180L-6;电机功率18.5 kW;生产厂家为长沙华中工业风机厂。

2.3 工艺流程

根据厂方的用地情况,设计的工艺流程如图1所示^[4]。



1—烧结机与熔炼炉;2—袋式除尘器;3—风机;4—沉淀循环池;
5—脱硫塔;6—水泵;7—烟囱

图1 工艺流程图

烧结床和熔炼炉中的废气经集气罩抽风系统进入袋式除尘器,除去绝大部分废尘后经引风机进入湿式脱硫除尘一体化设备,除去废气中的二氧化硫及进一步除去铅尘,其余废气经烟囱排出。脱硫用的碱液经平流式沉淀池后循环使用,根据碱液中的pH决定是否需要加入固体废碱。

3 工程造价与环保效益分析

3.1 除尘脱硫主要设备及估价

除尘脱硫工程主要设备及投资估算如表3所示。

表3 主要设备及投资估算

名称	型号/规格	数量	单价/合计/		备注
			万元	万元	
袋式除尘器	砖砌简易型	4组	6.0	24	砖混结构
蓄水池及水泵		1套	2.8	2.8	抽蓄废冲灰水
烟囱	40 m	1座	13.0	13.0	砖混结构
脱硫装置	SCX—Ⅲ—4.0	4台	2.5	10.0	钢壳、瓷芯
吸收液循环泵	40FS-17D	4台	0.1	0.4	聚丙烯塑料
吸收液循环池	5 m × 5 m × 2 m	1个	—	4.0	钢筋混凝土
高压风机	9-26 No.8C	3台	1.6	4.8	钢制品
高压风机	9-19 No.11.2C	1台	1.4	1.4	钢制品
集气罩、管道	非标件	—	—	3.0	钢制品
设备及管道安装	—	—	—	3.0	—
电控系统	—	—	—	2.0	—

3.2 环保效益分析

采取上述除尘脱硫工艺对该厂利用含铅废渣炼铅产生的烟气进行处理,可利用厂区周边单位的废碱水,不足部分用废品固体碱补充。以废治废,节约运行成本,同时可回收炼铅烟灰2 090.9 t/a,有利于回收含铅烟灰而进一步深加工,减少SO₂排放量807.8 t/a。保证外排烟气SO₂质量浓度小于850 mg/m³,烟尘质量浓度小于100 mg/m³,铅尘质量浓度小于10 mg/m³。最大限度地减轻该厂生产对生态环境带来的不利影响,对防治区域SO₂污染,改善株洲市清水塘工业区大气环境质量具有积极意义。

3.3 脱硫运行成本估算

该厂待处理烟气SO₂初始质量浓度为3 500 ~ 4 500 mg/m³,脱硫后达到≤850 mg/m³,即脱硫138.6 kg/h。脱硫运行费用分析如下。

(1) 脱硫剂消耗

需pH为11以上的废碱水(冲灰水)17 t/h,废品固碱1.6 kg/h,因废碱水和废品固体碱基本免费使用,碱耗费仅为抽取废碱水所耗电费(未计废钠碱液运输费),正常运行耗电2.2 kW/h(只抽脱硫碱水),电费按1.0元/kWh计,每月抽碱水耗电1 056元。

(2) 脱硫塔耗电

正常运行耗电32 kW/h(只计脱硫塔增加耗电),电费1.0元/kWh计,每月脱硫电费用15 360元,共计每月脱硫费用为16 416元/月,折合246.8元/t(SO₂);

现环保政策规定SO₂排污费600元/t,即每月应交SO₂排污费39 916.8元。未计废品固体碱及其运输费用,每月节省2.35万元。

4 环保设备管理

该工程主要的环保设备管理是袋式除尘器和脱硫装置的管理,对前者主要是定期检查,及时清灰,如发现破袋、滑袋,应更换滤袋;要注意除尘器阻力变化情况,发现阻力陡增或异常,应及时停机检修,消除隐患。对后者主要是经常检查液封池出水情况,及时清理液封池、循环沉淀池内积灰、污泥、杂物;系统开机前要先开废碱水循环水泵并不得中断供液,保证加入足量脱硫吸收液,发现沉淀池内循环水 pH 低于 9 时则需加入固体废碱。因此应安排一人专门负责环保设备的操作管理和维护。

5 运行结果与工程特点

5.1 运行结果

该除尘脱硫设备于 2005 年 5 月 20 日与主体工程同时施工、安装完毕之后试运行,运行 3 个月于 2005 年 9 月 3 日经株洲市环保监测站连续采样监测,监测结果如表 4 所示。

表 4 烟气治理验收监测结果

监测时段	烟气质量 流量/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	烟尘质量 浓度/ $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$	SO ₂ 质量 浓度/ $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$	铅尘质量 浓度/ $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$	格林曼 黑度/ 级
第 1 次	32538	90.5	748	7.8	< 1
第 2 次	34028	83.3	698	6.5	< 1
第 3 次	33524	78.8	801	6.1	< 1
第 4 次	32015	87.1	810	5.9	< 1
范围值	32015 ~ 34028	78.8 ~ 90.5	698 ~ 810	5.9 ~ 7.8	—

由表 4 结果可知,各项控制指标均达到了国家标准二级标准,证明该设计方案可行。

5.2 工程特点

系统运行 3 个月的情况表明,该工程有以下特点:

(1)整个处理系统操作方便、易于管理、稳定可靠,烟囱的排放指标一直稳定在国家标准二级以内。

(2)系统将风机放置于脱硫塔之前,有效地解决了风机带水的问题,防止了风机叶轮的腐蚀,延长了风机的使用寿命,保证了风机的平稳运行。

(3)脱硫剂采用了株洲火力发电厂的冲灰废水,不但满足了排放标准,而且除低了运行成本,符合清洁化生产的指导思想。

(4)脱硫设备采用了脱硫除尘一体化设备,增强了除尘效率。

(5)在原有的基础上增建原料专用仓库,控制物料散落流失,防止了粉尘飞扬扩散。

(6)建立了风机房以便对风机消声降噪,防止噪声对周围环境的危害。

参考文献

- [1] 孙一坚. 简明通风设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997: 101 - 106.
- [2] 黄学敏, 张承中. 大气污染控制工程实践教程[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 121 - 125.
- [3] 魏先勋. 环境工程手册[M]. 长沙: 湖南科学出版社, 2002: 203 - 228.
- [4] 杨松林. 环境工程 CAD 技术应用及实例[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 41 - 48. ■

普莱克斯为中国最大的合资炼铜公司供氧

普莱克斯近日与金隆铜业有限公司(简称“金隆铜业”)签署 15 年长期供气合约,并将在其位于安徽省铜陵市的生产基地提供管道氧气供应。

普莱克斯将在金隆铜业附近建造、管理并运作 3 套总量为 14 100 m³/h(每天约 500 t)的真空变压吸附制氧装置,以满足金隆铜业的闪速炼铜工艺需求。目前,普莱克斯的制氧装置建造工作已经开始,第 1 套制氧机将于 2007 年 1 月向金隆铜业输送氧气,第 2 套装置将于同年 7 月投产使用,第 3 套制氧装置将于 2008 年 8 月正式投产。

谈及此次合作,金隆铜业高层领导表示,金隆铜业有能力不断提高炼铜技术,为此需要一位能够在气体供应系统提供技术专家意见并确保产品质量的合作伙伴。金隆铜业相信普莱克斯能够提供质量上乘、性能稳定的氧气供应,以满足工艺需求。

“我们非常高兴能与中国最大的合资炼铜公司合作。普莱克斯在金属冶炼方面的丰富经验和专业技能,使我

们能提供现代化的供应装置,以满足金隆铜业闪速炼铜技术的工艺需求”。普莱克斯中国区总裁周希龙评价道。

普莱克斯公司旗下的普莱克斯中国公司是国内领先的工业气体供应商,致力为各行各业的客户提供工业气体的生产、销售、配送和增值应用等服务。普莱克斯中国的总部设在上海,在国内共有 14 家独资企业和 11 家合资企业,在华员工逾千人。

金隆铜业有限公司是由铜陵有色金属(集团)公司、住友金属矿山株式会社、住友商事株式会社和平果铝业公司共同组建的大型合资企业,主要生产高纯阴极铜,副产硫酸、黄金、白银等。作为全国有色系统最大的合资企业以及中国第二大阴极铜生产商,金隆铜业 2005 年销售收入达 64 亿元。金隆铜业采用当今世界先进水平的闪速熔炼工艺和装备,劳动生产率大大高于国内企业,产品竞争力国内领先,被安徽省评为“生态经济示范企业”和“环保绿色企业”。公司计划在未来的 3~5 年内,形成年产 40 万 t 高纯阴极铜的生产规模。(新华美通)