

doi:10.3969/j.issn.1007-7545.2022.03.015

1 200 kt/a 铜冶炼烟气制酸装置改造及运行实践

林锦富, 张衍训

- (1. 紫金铜业有限公司, 福建 龙岩 364204;
2. 福建省铜绿色生产及伴生资源综合利用重点实验室, 福建 龙岩 364204)

摘要:详细论述了紫金铜业有限公司 1 200 kt/a 冶炼烟气制酸系统的改造方案, 包括烟气净化、转化、吸收、尾气脱硫的改造内容。运行实践证明, 转化率达 99.9% 以上, 系统自动化程度提高, 尾气排放由平均 230 mg/m³ 下降至 43 mg/m³, 节能降耗效果显著, 运行平稳, 经济可行。

关键词:铜冶炼; 烟气; 制酸装置; 扩产; 改造; 运行实践

中图分类号: TF811

文献标志码: A

文章编号: 1007-7545(2022)03-0090-04

Transformation and Operation Practice of 1 200 kt/a Copper Smelting Flue Gas Acid Plant

LIN Jin-fu, ZHANG Yan-xun

- (1. Zijin Copper Co., Ltd., Longyan 364204, Fujian, China;
2. Fujian Key Laboratory for Green Production of Copper and Comprehensive Utilization of Associated Resources, Longyan 364204, Fujian, China)

Abstract: Transformation scheme of 1 200 kt/a copper smelting flue gas acid production system in Zijin Copper Co., Ltd. was described including flue gas purification, transformation, absorption, and tail gas desulfurization. The operation practice shows that automation degree of the system has been improved and the conversion rate is 99.9%. The exhaust gas emission drops from 230 mg/m³ to 43 mg/m³ on average. The effect of energy saving and consumption reduction is remarkable, and the operation is stable and economical.

Key words: copper smelting; flue gas; sulfuric acid plant; production expansion; transformation; operation practice

紫金铜业有限公司(简称紫金铜业)冶炼系统由 300 kt/a 阴极铜扩产至 400 kt/a 阴极铜扩产改造, 由于实际生产中矿铜品位的波动较大, 进入烟气制酸和烟气脱硫系统的烟量相应增大, 需要对烟气制酸系统进行相应扩产改造。本着充分消化吸收国内外先进技术和设备、使生产装置达到国内同类工厂先进水平之理念, 经充分核算和分析确定采用“一头两尾”工艺系统, 即对净化、脱硫进行改造, 并新建

干吸转化工段的工艺方案, 项目自 2021 年 1 月正式接烟气运行, 两套系统运行主要技术指标均达到甚至超出设计预期。

1 方案比选

1.1 设计基础数据比较

400 kt/a 阴极铜规模净化工段入口最大冶炼工况下的烟气条件见表 1^[1]。

收稿日期: 2021-11-15

作者简介: 林锦富(1987-), 男, 工程师; 通信作者: 张衍训(1987-), 男, 工程师

表 1 净化工序入口烟气条件对比^[1]

Table 1 Comparison of flue gas conditions at the entrance of purification process^[1]

名称	冶炼炉	烟气量/(m ³ ·h ⁻¹)	烟气成分/%					
			SO ₃	SO ₂	O ₂	CO ₂	H ₂ O	N ₂
扩产前	FF	7.53×10 ⁴	0.55	27.06	11.01	0.86	3.36	57.16
	FF+CFS1	1.82×10 ⁵	0.32	15.63	11.47	0.36	3.28	68.95
	FF+CFS2	1.84×10 ⁵	0.33	16.07	11.47	0.36	3.26	68.53
	FF+CFB	1.86×10 ⁵	0.32	15.89	11.71	0.35	2.98	68.75
扩产后	FSF+CFB	16.33×10 ⁵	0.33	18.22	11.10	0.93	2.56	66.86
	FSF+CFS2+B	24.67×10 ⁵	0.24	14.53	11.39	0.62	2.47	70.76
	FSF+CFS2+B	24.54×10 ⁵	0.24	14.54	11.39	0.62	2.42	70.79
	FSF+CFB+B	24.96×10 ⁵	0.24	14.73	11.54	0.61	2.25	70.63

注:FF 为闪速熔炼炉,CFS1 为转炉造渣一期,CFS2 为转炉造渣二期,CFB 为转炉造铜期,FSF+CFS2+B 为闪速炉+1 台转炉造渣二期+另一台转炉造铜期

1.2 方案选择

在方案讨论之初,考虑沿用高浓度转化工艺,即在原系统预转化的技术基础上入手,采用非衡态高浓度转化工艺,并增加预吸收系统,虽投资最小、运行费用相对较低,且余热回收率高,但经计算,各设备基本达到最大负荷,其操作弹性相对新增一套系统要差,并且装置的大型化后故障率的升高也会对冶炼系统产生影响。因而借鉴国内金隆、贵冶、祥光等大型铜业项目扩产成功经验,确定本次改造采用新增一套干吸、转化系统,用以满足冶炼系统的操作稳定性和灵活性。

1.3 改造内容

1.3.1 净化工段

一级动力波洗涤器等主体设备利旧,对入口主要过流部件过渡段、逆喷管及其附属接管进行改造。本次大胆尝试使用溢流堰、逆喷管一体设备形式,材质采用玻璃钢内衬石墨砖,同时扩大了通流截面积,为两台转炉同时送风工况留有余量。考虑玻璃钢基体+石墨砖形式对超温工况异常敏感,同步将溢流堰冷却液体流量及其分布点位进行改造。

二级动力波洗涤器更换逆喷管。

电除雾增加一套两级电除雾,与原电除雾形成 4 系列并行装置,考虑两套制酸系统在净化出口分气,考虑气流分布均布问题,对电除雾进出口通断蝶阀进行改造。

1.3.2 干吸工段

干吸工段沿用低位高效塔槽布置,浓酸泵后冷却工艺干吸塔采用碟形底+低位卧式泵槽,运行稳定,可应付短期事故停机;填料采用开孔率高的瓷条梁形式支撑,上装 75 主填料+50 捕沫层异鞍环散堆填料^[2]。

分酸器采用 HD-1 管槽式分酸器,考虑铸铁材质分酸主管使用寿命四年左右,此次改造改用 HD-1 合金材质,便于后期运行维护。

干燥塔捕沫采用效率更高的合金+特氟龙丝混编捕沫器,捕沫效率更高;需要说明的是,一吸、二吸根据塔酸雾情况分别选用布朗型除雾器和碰撞型除雾器,以提高酸雾捕集效率,节约投资。

浓硫酸主管及主要阀门采用 XDS 合金材质,其中,干燥采用 XDS-2 材质,吸收系统采用 XDS-8 材质,根据原系统酸管开口及壁厚检查测试结果分析,内表面基本无腐蚀及变薄趋势,验证了该材质在干吸工段应用的可靠性。

1.3.3 转化工段

转化工段采用Ⅲ-I-Ⅳ-II 换热流程,“3+1”两次转化工艺,开车升温装置改用天然气,系统中温余热在三换出口设置双压余热锅炉回收利用。

1)转化器主体采用多层积木式稳固结构,30408 不锈钢,格栅支撑环板等较容易受热变形区改用 310s 耐高温不锈钢;转化器自上而下为Ⅱ/Ⅳ/Ⅲ/I 布局,温度最高的一层设置在底层;支腿设在转化器底部,坐落在带石墨滑块的安装板上,呈辐射状布置^[3]。

2)换热器采用带旋流网片急扩加速流缩放管壳式换热器,其中Ⅰ、Ⅱ热交换器全部采用耐热不锈钢制造;考虑Ⅲ、Ⅳ冷热交换器运行工况,结合原系统运行常见故障,换热管下半段部分采用耐酸不锈钢材料,以保证冷热交换器在装置酸雾及水分出现异常时,亦能表现良好的使用效果,避免因腐蚀串气导致转化率下降等现象。

3)开工预热装置改用天然气洁净能源,并对预热装置的自动化控制严格把控,实现一键启动,分级调整的控制方式;同时设定异常连锁停炉程序,自动

化程度显著提高,有效避免误操作导致的爆炉事故发生。

4)SO₂主风机选用进口豪顿华 SFP14 型离心风机,风机由集成了高压变频柜、PLC 控制柜、软起柜的动力控制系统驱动,并实现动力驱动与 DCS 集采控制系统无缝衔接,突出特点是可实现变频和工频不停机在线切换功能,灵活性高,调节方便可靠,在系统负荷频繁波动的冶炼烟气制酸系统中应用,可大幅降低制酸电耗。

1.3.4 尾气脱硫工序

目前,世界上低浓度 SO₂ 烟气处理所采用的脱硫工艺很多,本装置硫酸尾气脱硫原采用活性焦脱硫工艺,但该工艺存在再生气含尘高,输送管道容易堵塞,脱硫用活性焦多产于北方,获取比较受限,并随运行年限增加,脱硫能耗、效率逐年下降,不能满足日益提高的环保排放标准等问题。为此,本次扩产改造项目中,将硫酸尾气脱硫工艺改为工艺流程短、脱硫效率高、建设投资低、运行成本低的过氧化氢脱硫工艺。过氧化氢脱硫工艺是近年来新兴的高效环保的脱硫技术,在硫酸尾气脱硫中使用具有硫资源综合利用、脱硫效率高的优点,副产稀酸可以作为补充水加入干吸工段。

2 运行情况

两套系统于 2020 年 12 月份完成对接,2021 年 1 月份升温并正式接受烟气,从运行情况分析,各项指标优异。扩改后系统运行指标如表 2 所示。

表 2 2#制酸系统运行指标

Table 2 Index of No. 2 acid making system

项目	设计指标	运行指标
风机出口水分/(g·m ⁻³)	≤0.1	<0.1
风机出口酸雾/(mg·m ⁻³)	≤5	≤1
转化入口 SO ₂ 浓度/%	12	9.2~12
总转化率/%	99.82	99.91
总吸收率/%	99.99	99.99
W(H ₂ SO ₄)100%硫酸产量/(t·d ⁻¹)	1 176	1 250
二吸出口 SO ₂ 浓度/10 ⁻⁶	140	122
尾气脱硫出口 SO ₂ 浓度/(mg·m ⁻³)	100	50

2.1 转化率

选择在最大工况下进行检测,以避免受较大变化工况的影响,检测结果见表 3。可知,转化工序各层指标均优于设计值。

2.2 硫酸产量和质量

自投产以来,产出的硫酸质量全部达到《工业硫酸》标准 GB/T 534—2014 优等品的要求。

表 3 扩改后 2#转化工序运行指标

Table 3 Operation index of No. 2 conversion

process after transformation				/%
项目	转化一层	转化二层	转化三层	转化四层
设计值	65	88	95.6	99.9
实测值	67.64	89.10	96.91	99.91

3 开机问题及对策

1) 风机变频控制受干扰

2#制酸装置的主风机在启动时,曾数次出现因振动值超标并触发连锁停机。原因是,当主风机启动时,外部电网及风机启动瞬间信号干扰,导致电机震动测点波动,从而触发连锁停机条件。通过一系列的排查、消除干扰等措施后,问题基本解决。

2) 干吸塔槽套管

在国内很多硫酸厂,在开车之初经常出现干吸塔槽浓酸进出口之套管连接法兰处出现渗漏,后期修复异常困难;结合原有系统运行及处理经验,分析主要是施工因素以及开车之初的热胀冷缩导致,因此,在本装置施工阶段即组织专业队伍对套管内及空腔填充进行特殊处理,正常生产至今未发现任何漏点。

3) 转化一层出口和二层进口方圆过渡管根部焊缝泄漏

在转化器和烟气管道设计时便优化了上述位置方圆过渡管连接处的结构,并在施工时对该处焊缝予以加强,解决了方圆过渡管根部焊缝容易发生泄漏的问题。

4) 干燥塔入口玻璃钢烟气管道

熔炼系统因辅助工序供氧影响,降负荷生产,利用此次机会对新干吸、转化系统进行内检,发现干燥塔入口玻璃管道内壁现浓酸烧蚀痕迹,分析主要是熔炼系统炉内点检期间,新系统干燥塔烟气反串导致;利用停机机会对管道内壁进行打磨修复玻璃钢防腐,并分析工艺管路系统,优化后续操作方法。

5) 脱硫自动控制

如前所述,过氧化氢脱硫效率高,工艺洁净不产生二次污染,但开机之初对过氧化氢加入点选择、循环液双氧水浓度控制、异常情况切换等没有基础数据作为支撑。结合装置实际,利用试生产初期摸索切实可行的过氧化氢添加及控制方案,并组织制定详实的自动化控制程序,在系统停机时执行程序下装,测试运行控制效果优越,过氧化

氢单耗下降10%。

4 运行效果

系统经过改造后,经过半年以上的运行,转化率由99.83%提升至99.9%以上,吨酸电耗下降6%,尾排由230 mg/m³下降至50 mg/m³(标态),实现了超低排放,绿色智能化生产水平大幅提升。同时两套制酸系统并行,操作平稳、灵活可靠,尤其对转炉停送风、熔炼系统炉内点检以及熔炼负荷调整等工况波动情况优势凸显。

5 结论

紫金铜业扩产后,制酸产能由最初的820 kt/a提升至1 200 kt/a,设计采用一头两尾生产模式,工艺选择合理、在设计及施工阶段采取的优化措施均实现预期效果,转化率由99.83%提升至99.9%以上,吨酸电耗下降6%,尾排由230 mg/m³下降至50 mg/m³,绿色智能化生产水平大幅提升。

参考文献

- [1] 林锦富,丘逢杭,张衍训. 910 kt/a 冶炼烟气制酸系统挖潜改造及运行实践[J]. 有色金属(冶炼部分),2017(11): 67-70.
LIN J F, QIU F H, ZHANG Y X. Transformation and operation of acid production for 910 kt/a smelting flue gas[J]. Nonferrous Metals (Extractive Metallurgy), 2017(11): 67-70.
- [2] 吴健辉,刘长东,林锦富. 紫金铜业 820 kt/a 铜冶炼烟气制酸装置设计及运行实践[J]. 硫酸工业,2013(5): 7-11.
WU J H, LIU C D, LIN J F. Design and operation of an 820 kt/a sulphuric acid plant based on copper smelter off-gas in Zijin copper[J]. Sulfuric Acid Industry, 2013(5): 7-11.
- [3] 丁华. 双狮精细化工 3 000 t/d 带 HRS 硫磺制酸装置[J]. 硫酸工业,2008(1): 33-38.
DING H. Shuangshi fine chemical's 3 000 t/d sulphur-burning sulphuric acid plant with HRS[J]. Sulfuric Acid Industry, 2008(1): 33-38.