

doi:10.3969/j.issn.1007-7545.2020.02.017

离子液脱硫装置的优化

王俊荣

(江西铜业股份有限公司 贵溪冶炼厂,江西 贵溪 335424)

摘要:介绍了离子液脱硫技术的工艺原理、工艺流程、工艺特点及贵溪冶炼厂现有的硫酸二、四系列离子液脱硫装置、熔炼一系统环集烟气离子液脱硫装置的运行情况。通过工艺设计优化,不断提高了离子液脱硫装置的脱硫效率和运行稳定性,降低了能源消耗。

关键词:烟气;离子液;脱硫效率;蒸汽;工艺优化;解析率

中图分类号:TF811

文献标志码:A

文章编号:1007-7545(2020)02-0080-04

Optimization of Ionic Liquid Desulfurization Device

WANG Jun-rong

(Guixi Smelter, Jiangxi Copper Company Limited, Guixi 335424, Jiangxi, China)

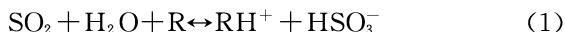
Abstracts: Technical principle, technological process and technological characteristics of ionic liquid desulfurization technology and its operation in Guixi Smelter were introduced. Through optimization of process design, desulfurization efficiency and operation stability of ionic liquid desulfurization equipment are continuously improved, and energy consumption is reduced.

Key words: flue gas; ionic liquid; desulfurization efficiency; steam; process optimization; analytical rate

江西铜业集团(贵溪)防腐工程有限公司于2014年在硫酸四系列成功进行了离子液脱硫装置的工业试验,近年来江西铜业股份有限公司贵溪冶炼厂(以下简称贵冶)先后投资建设了硫酸二系列和四系列离子液脱硫装置、熔炼一系统和熔炼二系统环集离子液脱硫装置。目前这四套离子液脱硫装置运行情况良好,本文从这四套脱硫装置的运行情况、工艺原理、设备配置及工艺优化等方面进行分析阐述。

1 离子液脱硫技术的工艺原理

离子液脱硫工艺采用的是以有机阳离子、无机阴离子为主,添加少量活化剂、抗氧化剂和 SO_3 抑制剂组成的有机胺水溶液,其脱硫机理^[1]如下:



式中R代表离子液脱硫剂,(1)式是可逆反应,

低温下反应从左向右进行,高温下反应从右向左进行。循环吸收法正是利用此原理,在低温下吸收二氧化硫,高温下将吸收剂中二氧化硫再生出来,从而达到脱除和回收烟气中 SO_2 的目的^[2]。贵冶采用的离子液脱硫工艺流程图如图1所示。

2 运行情况

硫酸二系列、硫酸四系列以及熔炼一系统环集烟气离子液脱硫装置入口烟气量及组成见表1。两套制酸尾气经离子液脱硫装置处理后,排放烟气的 SO_2 浓度降到 30 mg/m^3 以下,运行指标稳定,设备运行情况良好,电耗、蒸汽、离子液等能源消耗均处于设计之内。解析出的高浓度 SO_2 返回制酸系统进行制酸,在实现制酸尾气达标排放的同时,每年可回收硫酸1400多吨,实现了环保和经济效益的双丰收^[3]。

收稿日期:2019-10-09

作者简介:王俊荣(1989-),男,江西赣州人,助理工程师。

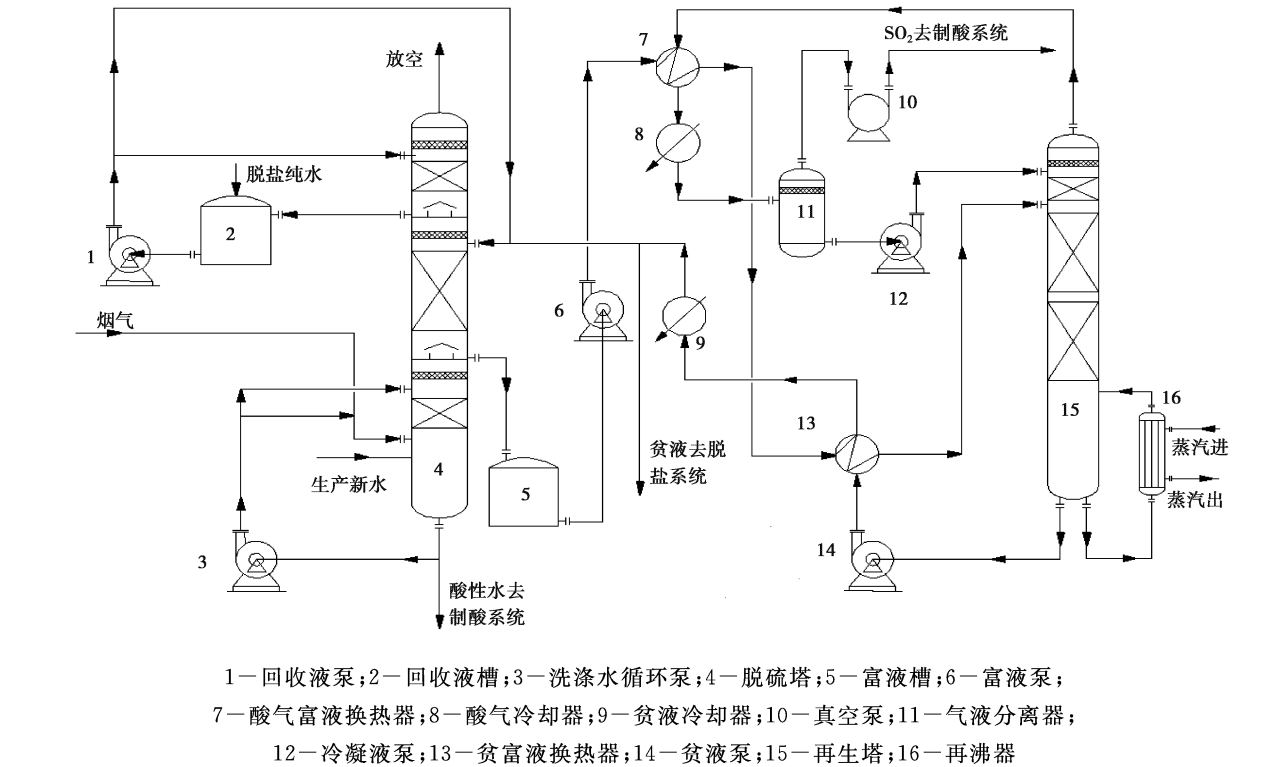


图 1 离子液脱硫工艺流程图

Fig. 1 Process flow chart of ionic liquid desulfurization

熔炼二系统环集烟气脱硫装置还处于试生产阶段,这里不详细阐述。熔炼一系统环集烟气经离子液脱硫装置处理后,排放烟气的 SO₂ 质量浓度降到 80 mg/m³ 以下,装置运行稳定,指标稳定可靠。贵冶采用闪速炉、转炉、阳极炉的冶炼模式,烟气中

SO₂ 浓度波动也较大,尤其是转炉送停风切换期环集烟气 SO₂ 浓度会形成峰值,贵冶采用了“消峰”处理的方式,利用脱硫装置前端的 SO₂ 浓度信号提前增加离子液循环量等措施实现自动调节,有效控制烟气中的 SO₂ 浓度。

表 1 离子液脱硫装置入口烟气量及组成

Table 1 Flux and composition of flue gas at entrance of ionic liquid desulfurization equipment			
项目	硫酸二系列	硫酸四系列	熔炼一系统环集烟气
烟气流量/(m ³ · h ⁻¹)	120 000	80 000	680 000
烟气温度/℃	63	63	70
SO ₂ /(mg · m ⁻³)	600	600	1 500
SO ₃ /(mg · m ⁻³)	<100	<100	≤400
H ₂ O/(mg · m ⁻³)	0	0	10 000
粉尘/(mg · m ⁻³)	0	0	≤50

3 离子液脱硫装置的优化

3.1 SO₂ 解析过程的优化

3.1.1 改变离子液进入再沸器的方式

熔炼一系统环集烟气脱硫装置原设计为图 2 中左侧的方式,离子液通过虹吸原理进入再沸器进行表面换热蒸发,离子液进入再沸器的方式为自然循环,离子液流动速度缓慢、与蒸汽的接触面积受限,在运行一段时间后,发现此种热交换形式效率极低,严重制约解析塔的解析效率,实测解析效率低于

15%,无法满足正常的生产需要。后期通过技术改进及优化,改变了离子液进入再沸器的方式,采用图 2 中右侧的进液方式,离子液进入再沸器的方式为强制循环,大大提高了离子液的流动速度,有效提高了离子液与蒸汽的接触面,换热效果得到质的改善。该方式有效提高了解析塔的解析效率,较好地提高了蒸汽的使用效率,实测数据见表 2。由表 2 可以看出,改变离子液进入再沸器的方式后,大大提高了再沸器的换热效率,解析率由之前的 15% 提高至 50% 左右,满足了正常的生产需求。

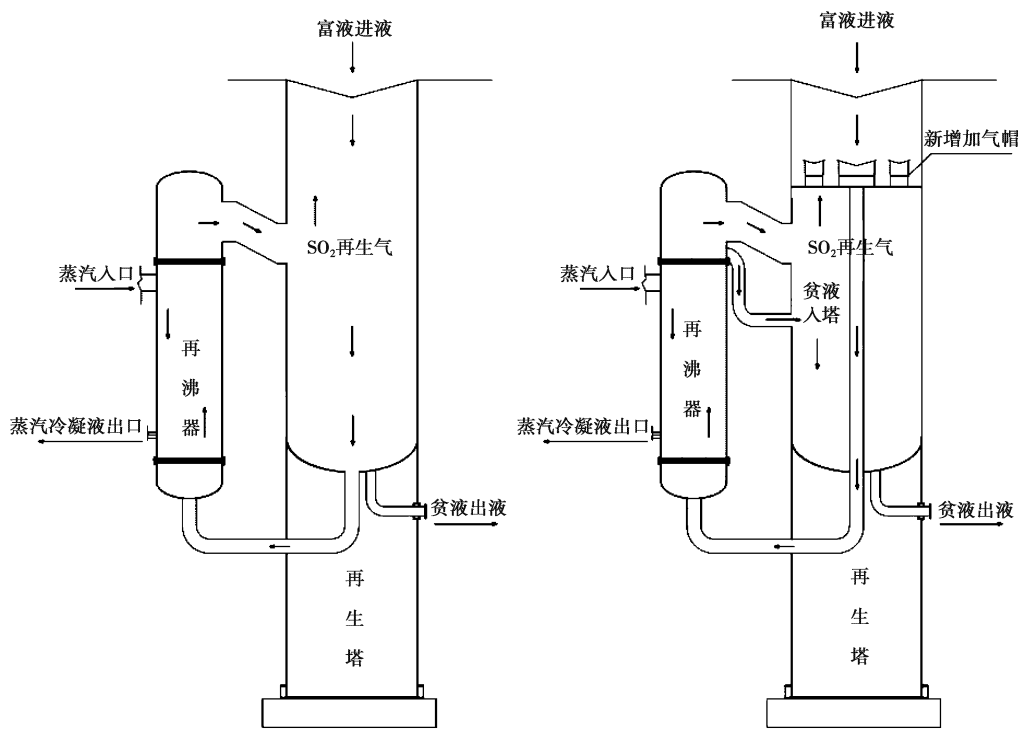


图 2 两种离子液进入再沸器的方式

Fig. 2 Two ways of ionic liquid enters reboiler

表 2 离子液解析数据

Table 2 Analytical data of ionic liquids

序号	解析前离子液		解析后离子液		解析率/%
	pH	SO ₃ ²⁻ /(g·L ⁻¹)	pH	SO ₃ ²⁻ /(g·L ⁻¹)	
1	5.00	28.10	5.80	15.40	45.20
2	4.82	32.78	5.78	15.80	51.80
3	4.65	35.80	5.75	16.20	54.75
4	4.57	38.60	5.80	16.45	57.38

3.1.2 提高蒸汽品质

贵冶目前运行的离子液脱硫装置均使用了厂内余热锅炉的低压蒸汽,具有含水率偏高的特点。离子液的解析过程与蒸汽的压力、温度、用量有直接的关系,实际运行发现,蒸汽中含水量对蒸汽用量和解析率有较大的影响^[6]。通过安装汽水分离罐等方式来提高蒸汽品质,取得了显著的效果,在同等蒸汽耗量的前提下,解析效率提高了10%。

3.2 烟气预洗涤工艺的优化

环集烟气通常采用两级除尘装置^[4],一级为布袋除尘装置,将烟气中的尘含量降低至50 mg/m³以内,二级除尘装置为洗涤塔喷淋进行降温除尘,洗涤塔自下而上分为花环填料、槽盘式液体分布器,高效折流板除沫器。为了提高降温除尘的效果,贵冶的离子液脱硫装置在入塔垂直烟管段增设了两层预洗涤顺流喷嘴,可实现快速喷淋降温、增湿、除尘,经

过增湿降温的烟气进入脱硫塔洗涤段进一步除却酸雾和烟尘。烟道内采用了特有的雾化喷嘴,可实现高效降温除尘效果,有利于降低塔内的洗涤液循环量,还可节约一定的电耗。

在熔炼二系统环集烟气脱硫的设计上,考虑到实际工况烟气中夹带的酸雾,离子液吸收酸雾后形成热稳定性盐,解析过程无法脱除,极大影响离子液的脱硫效果。通常采用阴离子树脂吸附装置来净化离子液,贵冶从运行成本及脱硫效率考虑,为降低后期离子液净化SO₄²⁻工序的负荷,在洗涤塔后增设了一台高效电除雾,有效控制了烟气中酸雾进入离子液中^[6]。

3.3 离子液净化系统的优化

烟气中的酸雾经预洗涤净化后未吸收的部分仍进入了离子液中,为了净化离子液中的硫酸根,采用了阴离子树脂吸附的脱盐装置,利用树脂的吸附及氢氧化钠的解析实现离子液的净化及树脂的循环使用,采用纯水置换的方式去除脱盐系统中的钠离子,该装置避免不了钠离子进入离子液脱硫系统富集,钠离子含量的增加会与SO₄²⁻形成热稳定性盐,对整套系统的脱硫效率产生一定的影响。

贵冶为解决这一难题,为离子液脱硫装置配套了一套冷冻结晶装置,利用在低温条件离子液中钠

离子形成硫酸钠和亚钠结晶析出,再通过离心设备实现固液分离,在脱除钠离子的同时,也脱除了硫酸根离子,较好地实现了离子液的净化,保证了离子液脱硫装置的高效运行^[7]。

4 结 论

离子液脱硫是一种新兴的湿法烟气脱硫技术,具有投资省、占地面积小、工艺设备简单、运行成本低、吸收剂可以循环利用的特点,脱硫效率高达95%以上,无二次污染,副产品实现硫资源循环使用,综合评价较高,具有较大的应用推广价值。

参考文献

[1]黄凯锋. 烧结机环集烟气离子液吸收脱硫改造[J]. 化工管理,2019(13):207-209.
HUANG K F. Improvement of absorption and desulfuration of flue gas ionic liquid in sintering machine[J]. Chemical Enterprise Management,2019(13):207-209.

[2]林敏清,刘航. 离子液脱硫技术在环集烟气处理中的应用[J]. 有色冶金节能,2018,34(5):43-47.
LIU M Q, LIU H. Application of ionic liquid desulfurization technology in flue gas treatment [J]. Energy Saving of Non-ferrous Metallurgy, 2018, 34(5): 43-47.

[3]岳焕玲,南君芳. 离子液法烟气脱硫技术和石灰石-石膏法烟气脱硫技术在燃煤电厂应用对比分析[J]. 污染防治

技术,2018,31(4):14-18.

YUE H L, NAN J F. The comparison and analysis of ionic liquid process and lime stone-gypsum technology applied to FGD in coal-fired power plant [J]. Pollution Control Technology,2018,31(4):14-18.

[4]林磊,潘浩辉. 离子液循环吸收法有色冶炼烟气脱硫新技术[J]. 世界有色金属,2018(7):14-15.
LIN L, PAN H H. New technology of nonferrous smelter flue gas desulfurization by ionic liquid circulation absorption method[J]. World Nonferrous Metals,2018(7): 14-15.

[5]刘丰. 离子液烟气脱硫技术在铜冶炼中的实践[J]. 化工管理,2017(21):110.
LIU F. Practice of ionic liquid flue gas desulfurization technology in copper smelting [J]. Chemical Enterprise Management,2017(21):110.

[6]吴振山,李瑛. 离子液脱硫技术在奥斯麦特炉冶炼系统中的应用[J]. 硫酸工业,2018(5):27-29,31.
WU Z S, LI Y. Application of ionic liquid desulphurization technology in metallurgical furnace system[J]. Sulphuric Acid Industry,2018(5):27-29,31.

[7]祁茂刚,嵯响亮,布乃祥. 离子液烟气脱硫技术在铜冶炼中的应用[J]. 有色金属(冶炼部分),2015(9):59-60.
QI M G, ZHUO X L, BU N X. Application of ionic liquid flue gas desulfurization technology in copper smelting [J]. Nonferrous Metals (Extractive Metallurgy), 2015 (9): 59-60.