

硫酸铵多效蒸发结晶工艺的应用及设计特点

李 琼

(云南铜业股份有限公司西南铜业分公司, 云南昆明 650102)

摘 要: 介绍了硫酸铵溶液蒸发系统采用多效蒸发结晶工艺技术的原理、流程、设备配置及设计特点。采用该工艺提高了硫酸铵溶液处理能力, 减少蒸汽消耗量, 使固体硫酸铵蒸汽消耗由 5 t/t 降为 1.5 t/t, 解决了由于蒸汽供给不足带来的生产压力, 节能效果明显。

关键词: 硫酸铵 多效蒸发结晶 应用 设计

中图分类号: TQ113.7⁺3

文献标志码: B

文章编号: 1002-1507(2018)03-0017-04

Application and design character of ammonium sulfate multiple stage evaporative crystallization processes

LI Qiong

(Yunnan Copper Co., Ltd., Southwest Copper Company, Kunming, Yunnan 650102)

Abstract: The principle, process, equipment configuration and the design characters of the multiple stage evaporative crystallization technology applied in ammonium sulfate solution evaporation system are introduced. The process improves the processing capacity of ammonium sulfate solution and reduces steam consumption. The amount of steam consumption per ton of solid ammonium sulfate is reduced from 5 tons to 1.5 tons. This greatly relieves the stress caused by the insufficient steam supply during production and the energy-saving effect is prominent.

Key words: ammonium sulfate; multiple stage evaporative crystallization; application; design

2013年,云南铜业股份有限公司西南铜业分公司硫酸分厂固体硫酸铵系统为配合SO₂减排治理项目改造而做了局部改造,采用4台单效蒸发器,设计固体硫酸铵生产总能力为22 t/d。在生产过程中由于环保要求的严格,脱硫及尾吸硫酸铵母液实际产量都超出了最初的设计条件,固体硫酸铵的产量最大超出了27 t/d。由于固体硫酸铵工序所需蒸汽由转炉的低压余热锅炉供给,蒸汽压力波动较大,导致蒸发器的生产负荷极不稳定,也影响到整个系统的生产。为了满足生产需要,需改造原有的硫酸铵溶液蒸发系统,将单效蒸发改为多效蒸发,以减少蒸汽消耗量,降低蒸汽供给压力,提高生产能力。

1 硫酸铵多效蒸发结晶工艺简介

1.1 工艺原理和流程^[1-2]

多效蒸发结晶技术是将第一个蒸发器产生的二次蒸汽引入后一个蒸发器的加热室作为热源。结合该厂的实际情况,硫酸铵溶液蒸发系统改造采

用三效蒸发结晶工艺,物料依次进入三效、一效、二效蒸发器强制蒸发装置进行蒸发浓缩,浓缩后的物料由出料泵送至下一工序。

物料流向: 原料液经进料泵送至乏汽预热器、冷凝水预热器换热后,先进入三效蒸发器,再经气动调节阀过料至一效蒸发器,最后经一效过料泵进入到二效蒸发器,一效、二效、三效蒸发器通过轴流泵进行效内循环。蒸发浓缩达到一定浓度时通过出料泵送至稠厚器,然后进入离心机离心分离,硫酸铵产品另行处理,离心母液则返回二效蒸发器继续蒸发浓缩。

蒸汽流向: 由蒸汽总管来的蒸汽进入到一效加热室作为热源;一效分离室产生的二次蒸汽进入到

收稿日期: 2017-11-28。

作者简介: 李琼,女,云南铜业股份有限公司西南铜业分公司高级工程师,主要从事化工设计研究工作。电话: 15825288355; E-mail: lq727583@163.com。

二效加热室,作为二效的热源使用;二效分离室出来的二次蒸汽进入三效加热室,作为三效的热源使用;三效分离室出来的二次蒸汽进入乏汽预热器换热后,再进入间接冷凝器,冷凝下来的冷凝液进入冷凝水罐。蒸发过程中产生的不凝气经真空泵排出至界外。

冷凝水流向:一效加热室产生的蒸汽冷凝水进入冷凝水预热器与原料换热后至下一工序;二效加热室冷凝下来的冷凝液进入三效加热室换热,三效加热室冷凝下来的冷凝液进入冷凝水罐,收集到冷凝水罐的冷凝液再去进行处理后使用。

硫酸铵三效蒸发结晶工艺流程见图1。

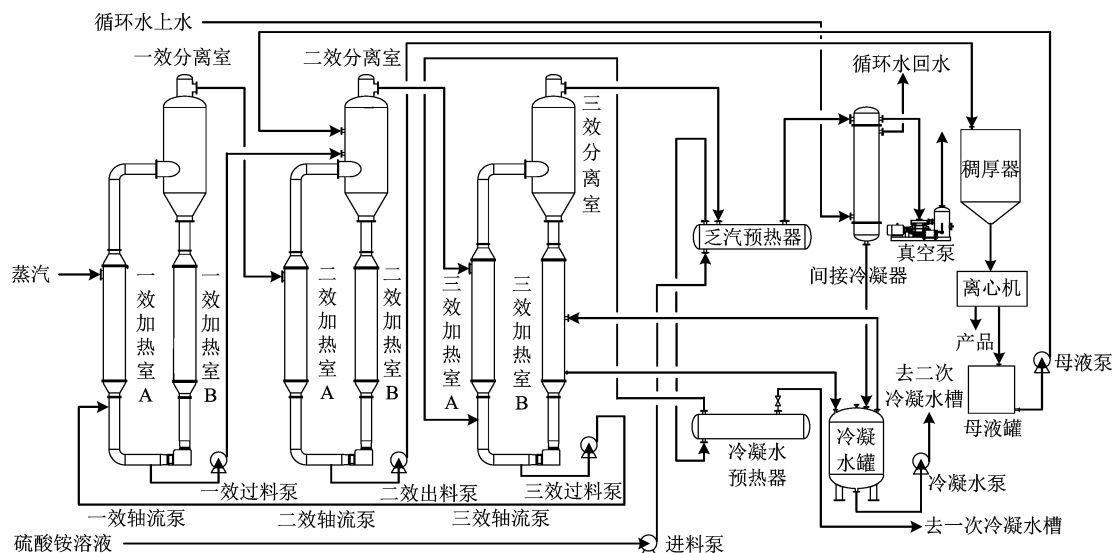


图1 硫酸铵三效蒸发结晶工艺流程

进入三效蒸发结晶装置的硫酸铵溶液处理设计能力为 $15 \text{ m}^3/\text{h}$, 进料密度为 1.2 kg/L , 出料密度为 1.5 kg/L , 进料温度 25°C , 蒸汽压力 $0.1 \sim 0.2 \text{ MPa}$, 设计为 8 h/d 间断生产, 每年生产 330 d 。

1.2 工艺设备配置情况

硫酸铵三效蒸发结晶装置采用真空强制外循

环蒸发器以及浮选器相结合的蒸发系统,一效、二效、三效分别配置2台加热室、1台分离室、1台轴流泵,同时配置2台过料泵、1台出料泵、1台间接冷凝器、1台乏汽预热器、1台冷凝水预热器和1套真空机组等。硫酸铵三效蒸发结晶工艺主要设备参数见表1。

表1 硫酸铵三效蒸发结晶工艺主要设备参数

序号	设备名称	规格型号	材质	数量/台
1	一效加热室	105 m^2 $\phi 800 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$ 换热管 $\phi 38 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \times 5\,000 \text{ mm}$	管程 316L, 壳程 Q235	2
2	一效分离室	$\phi 1\,600 \text{ mm} \times 3\,000 \text{ mm}$ $\delta = 8 \text{ mm}$	316L	1
3	二效加热室	105 m^2 $\phi 800 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$ 换热管 $\phi 38 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \times 5\,000 \text{ mm}$	316L	2
4	二效分离室	$\phi 2\,000 \text{ mm} \times 3\,000 \text{ mm}$ $\delta = 10 \text{ mm}$	316L	1
5	三效加热室	105 m^2 $\phi 800 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$ 换热管 $\phi 38 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \times 5\,000 \text{ mm}$	316L	2
6	三效分离室	$\phi 2\,200 \text{ mm} \times 3\,500 \text{ mm}$ $\delta = 10 \text{ mm}$	316L	1
7	间接冷凝器	108 m^2 $\phi 1\,000 \text{ mm}$ 换热管 $\phi 32 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \times 5\,000 \text{ mm}$	管程 316L, 壳程 Q235	1
8	乏汽预热器	$F = 70 \text{ m}^2$	316L	1
9	冷凝水预热器	$F = 20 \text{ m}^2$	管程 316L, 壳程 Q235	1
10	冷凝水罐	$V = 10 \text{ m}^3$ $\delta = 10 \text{ mm}$	316L	1
11	母液罐	$V = 5 \text{ m}^3$ $\delta = 8 \text{ mm}$	316L	1
12	轴流泵	$Q = 1\,270 \text{ m}^3/\text{h}$ $H = 4 \text{ m}$ $P = 30 \text{ kW}$	接触物料部分 316L	3

续表 1

序号	设备名称	规格型号	材质	数量/台
13	一效过料泵	$Q=12.5\text{ m}^3/\text{h}$ $H=32\text{ m}$ $P=4\text{ kW}$	接触物料部分 316L	1
14	二效出料泵	$Q=25\text{ m}^3/\text{h}$ $H=50\text{ m}$ $P=11\text{ kW}$	接触物料部分 316L	1
15	三效过料泵	$Q=15\text{ m}^3/\text{h}$ $H=48\text{ m}$ $P=7.5\text{ kW}$	接触物料部分 316L	1
16	冷凝水泵	$Q=15\text{ m}^3/\text{h}$ $H=30\text{ m}$ $P=3\text{ kW}$	接触物料部分 316L	1
17	母液泵	$Q=6.3\text{ m}^3/\text{h}$ $H=30\text{ m}$ $P=4\text{ kW}$	接触物料部分 316L	1
18	真空机组	抽气量 $500\text{ m}^3/\text{h}$ $P=15\text{ kW}$	316L	1 套

选址经过多方案比选,利用厂区现有旧厂房框架以降低土建工程建设投资,整个设计思路是既适应原有设施的布置,又符合设计规范,总体布局紧凑实用。

分离室、间接冷凝器布置在顶层,加热室、乏汽预热器、冷凝水预热器及真空机组布置在中间层,泵等设备布置在底层。硫酸铵三效蒸发结晶工艺立面布置见图 2。

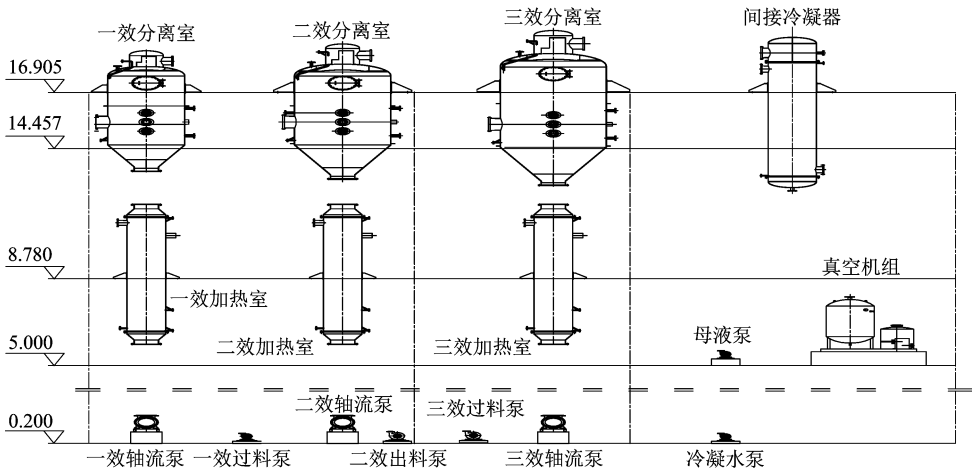


图 2 硫酸铵三效蒸发结晶工艺立面布置

2 运行情况

该厂硫酸铵溶液三效蒸发系统于 2016 年 4 月开始进行试生产,2016 年 9 月正式投入生产,运行状况良好,2017 年 1 月原有的单效蒸发系统取消,全部采用三效蒸发系统。

总体而言,硫酸铵三效蒸发结晶工艺先进、技术可靠稳妥、自动化控制程度高,能够满足该厂固体硫酸铵扩产需求,提高了硫酸铵母液处理能力,降低蒸汽消耗量。硫酸铵三效蒸发系统主要技术经济指标见表 3。

表 3 硫酸铵三效蒸发系统主要技术经济指标

项 目	改造前	改造后
固体硫酸铵产量/($\text{t}\cdot\text{d}^{-1}$)	17	29
母液处理量/($\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$)	3	15
一次蒸汽消耗量/($\text{t}\cdot\text{t}^{-1}$)	5	1.5

3 设计特点

1) 生产工艺成熟先进,节省能源。原料用冷凝水预热、乏汽预热器预热后再进入到蒸发系统,冲

堵水或煮效水采用高温冷凝水,确保不降低进料温度,充分利用了蒸汽的显热、潜热,节能效果显著,比单效蒸发器节约蒸发量 70%左右。

2) 设备选型可靠。设备都是国产的常规化工设备,投资节约,占地面积小。

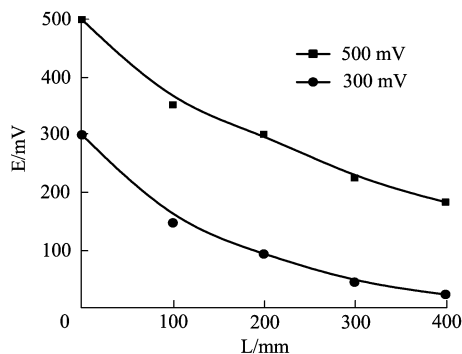
3) 材质的选择。由于硫酸铵母液具有较强的腐蚀性,与物料、二次蒸汽及冷凝水接触部分均采用 316L 不锈钢材质制造。一效加热器通蒸汽的壳程材质为碳钢,并做了必要的增强。设计时尽量降低物料的蒸发温度,以最大限度的减少高温下腐蚀速度。强制循环泵、送料泵、出料泵、冷凝水泵等料泵的过流材质采用 316L 不锈钢。

4) 防结垢堵塞措施。该工艺存在硫酸铵等无机盐在设备内壁及管道内壁结晶沉积结垢问题,为了避免结垢工艺设计上采取如下措施:采用逆循环蒸发结构,短路温差损失小,晶体生长区和晶体沉降区分开,不易形成结垢;每效均采用强制循环的形式,溶液在管内流速加快,使得垢层不易形成,并

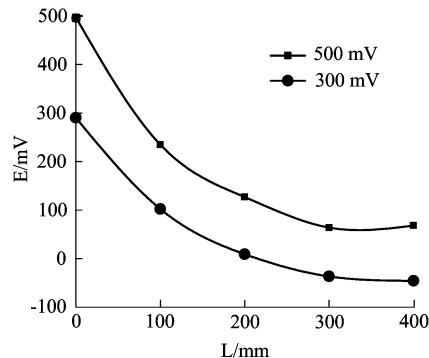
(下转第 23 页)

2.4 控参电位对阳极保护电流分散的影响

图6为在500 mV和300 mV阳极保护设定电位下,90℃时降液管内阳极保护监测电位的分布规律。横坐标为参比电极与管口的距离,纵坐标为参比电极



(a) $\phi 19 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ 降液管



(b) $\phi 15 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ 降液管

图6 控参电位对阳极保护监测电位的影响

由图6可知:同一规格降液管在500 mV和300 mV保护电位下,一定距离内监测电位的分布为2条几乎平行的曲线。表明同一规格降液管在不同的保护电位下,降液管内电位的衰减速度在一定距离内是相同的。

2.5 讨论

总体来说,由于降液管内电流的屏蔽效应,阳极保护电位随距离管口的距离增大而降低。

降液管管径规格、浓硫酸温度、流速和保护电位均对管内电流分散产生影响,在分酸器设计、阳极保护参数制定时,需综合考虑。譬如,管径较小、酸温较高、流速较大时,可提高阳极保护电位,使得整条降液管均达到保护。

所测降液管的阳极保护电位。a图为 $\phi 19 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ 降液管在500 mV和300 mV保护电位下监测电位的分布规律;b图为 $\phi 15 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ 降液管在500 mV和300 mV保护电位下监测电位的分布规律。

3 结论

该试验研究表明:分酸器降液管管径越大,对阳极保护电流的屏蔽越弱,管径越小,对阳极保护电流的屏蔽越强;浓硫酸流速增大,不利于电流的分散和阳极保护的实施;浓硫酸温度升高,降液管内阳极保护电位衰减加大;提高阳极保护电位,有利于降液管的保护。

参考文献:

- [1] 孙治忠.现代硫酸生产操作与技术指南[M].北京:化学工业出版社,2016:138-140.
- [2] 李应祖,李云,田中锋,等.阳极保护不锈钢槽管式分酸器的开发应用[J].中国有色冶金,2008,8(4):50-53.
- [3] 肖世猛,李挺芳,孙克勤,等.不锈钢浓硫酸冷却器阳极保护研究[J].化工机械,1987,14(5):405-415.

(上接第19页)

对垢层有强烈的冲刷作用;管路设计尽量采用直管段,减少弯头,弯头采用大曲率半径弯头;在管路设计上设置排水口,防止管路的堵塞。

4 结语

硫酸铵多效蒸发结晶工艺已成功应用于云南铜业分公司硫酸分厂硫酸铵蒸发系统,为该厂生产规模扩大创造了有利条件,满足了固体硫酸铵扩能的生产要求。采用该工艺将生产固体硫酸铵蒸汽消耗由5 t/t降为1.5 t/t。通过降低蒸汽消耗,从而

缓解蒸汽的供给压力,对企业的发展产生了很好的经济效益与社会效益。由于多效蒸发结晶工艺在硫酸铵系统的成功应用,该厂硫酸铜蒸发系统改造也采用该工艺,并于2017年5月投入使用。

参考文献:

- [1] 叶树滋.硫酸溶液蒸发结晶技术的探讨[J].硫酸工业,2004(2):15-17.
- [2] 杨超松,李永霞,陈建平.采用蒸发结晶技术处理含汞废水[J].聚氯乙烯,2012,40(6):32-34.