

提高 HRS 在高湿度季节的蒸汽产率应用实践

云南云天化股份有限公司云峰分公司 云南宣威 吴仕勇 张通

[摘要] 云南云天化股份云峰分公司硫酸厂 30 万吨 HRS 装置，通过改变串酸和产酸的方式，达到在高湿度季节不向 HRS 系统串酸，成品酸由干燥产出，来达到不向 HRS 稀释器串酸，充分回收 HRS 系统硫酸的稀释热，达到提高 HRS 蒸汽产量的目的。

[关键词] 提高 HRS 高湿度季节 蒸汽产率

1 装置简介

云峰硫酸 HRS 装置，2009 年至今已稳定运行了 5 年多。装置于 2009 年 3 月 27 日动工，10 月 22 日建成并入系统，一次开车成功。后对装置进行 72 小时性能考核，装置的生产能力、各项环保指标、工艺指标均达到了设计要求。

HRS 设计参数：

产量	产品酸	最大蒸汽产量（正常湿度）	最小蒸汽产量（高湿度）	吨酸产汽率
1050t/d	98.5%	24.54t/h	17.47t/h	0.54t/t

2 技改背景

30 万吨/年硫酸装置 HRS 系统，设计产汽率：正常湿度（每摩尔干燥空气含水费 0.0107 摩尔）为 24.54t/h，但在高湿度（每摩尔干燥空气含水费 0.0214 摩尔）季节产汽率为 17.47t/h，下降了 7.07t/h。为提高高湿度季节的蒸汽产率，针对装置的设计特点和配置情况；通过改变串酸和产酸的方式等改造，达到在高湿度季节不向 HRS 系统串酸，充分利用 HRS 回收硫酸的稀释热，达到提高 HRS 蒸汽产量的目的。

3 技改内容

30 万吨硫酸装置干吸三塔酸循环为分槽循环，硫酸厂结合干燥塔配有单独的酸循环槽及当地气候条件进行了工艺计算，改变产酸方式及串酸方式，提高 HRS 的蒸汽产率。通过改造，干燥酸浓度即使在湿度 80% 时空气温度为 15℃ 的含水量的条件下也能达 97.5%，能满足生产需要，完全达到了提高蒸汽产率的目的。

原设计中，HRS 装置 HRS 热回收塔吸收酸全部串到一吸循环槽由一吸产出，干燥酸浓靠一吸与干燥循环槽互串来维持，产品硫酸由一吸循环槽产出。

当空气中的含水量 $\leq 8.6\text{g}/\text{m}^3$ 时不需要从一吸循环串酸到 HRS 系统（相当于湿度为 85%、11℃ 时空气含水量）；

当空气中的含水量达 $10.26\text{g}/\text{m}^3$ 时（相当于湿度为 80%、15℃ 时空气含水量），为维持干燥

酸浓，则需由一吸串 51.17 吨 98.5%硫酸到 HRS 稀释器；低压蒸汽产量将由不串酸时的 24.5 t/h 下降到 17.4t/h，即在高湿度期间 HRS 的蒸汽产量将减少 7.1 吨；HRS 优势不能得到充分发挥。

3.1 干吸系统的物料平衡

工艺状况:气浓 SO₂: 11.0% 转化率: 99.80% 吸收率: 99.98% 班产硫酸: 350t 高湿度含水量:10.26g/m³ (相当于湿度为 80%，温度 15℃) 风机出口水份: 0.1 g/m³ HRS 吸收率: 94%

3.2 炉气组成:

需要的空气量: $700 \times 350 / 8 \times 32 / 98 / 0.9980 / 0.9998 / 0.11 = 91109.50 (\text{Nm}^3/\text{h})$

气体带入水份: $91109.50 \times (10.26 - 0.1) = 1016 (\text{Kg}/\text{h})$

通过计算进入各塔炉气成份组成见下表:

物料	进 HRS 塔炉气			进一吸塔炉气			进二吸塔炉气		
	Nm ³ /h	Kg/h	%	Nm ³ /h	Kg/h	%	Nm ³ /h	Kg/h	%
SO ₃	9420.72	33645.4	10.90	565.24	2018.7	2.02	600.12	2143.3	0.78
SO ₂	601.32	1718.1	0.70	601.32	1717	1.72	1.2	3.43	0.00
O ₂	4400.59	6286.6	5.09	4400.59	6286.6	6.29	4100.5	5857.9	5.35
N ₂	71976.52	89970.7	83.31	71976.52	89970.7	89.98	71976	89970	93.87
合计	86399.15	131619.8	100	77543.67	99993	100	76677.82	97974.6	100

3.3 各塔产酸量

HRS 塔产酸: $33645 \times 0.94 / 80 \times 98 = 38742 (\text{kg}/\text{h})$

折 99.68%硫酸: $38742 / 0.9968 = 38866 (\text{kg}/\text{h})$

一吸塔产酸: $2018.73 / 80 \times 98 = 2472.94 (\text{kg}/\text{h})$

折 98.5%硫酸: $2472.94 / 0.985 = 2510.60 (\text{kg}/\text{h})$

二吸塔产酸: $2143.3 / 80 \times 98 = 2625.54 (\text{kg}/\text{h})$

折 98.0%硫酸: $2625.54 / 0.980 = 2679.12 (\text{kg}/\text{h})$

3.4 各塔串酸量

HRS 塔产酸串到干燥循环槽，由干燥循环槽产出，HRS 塔产酸串到干燥循环槽后干燥酸浓度为: $38866 \times 99.68\% / (38866 + 1016) \times 100\% = 97.14\%$

二吸不加水，通过干燥串酸维持二吸酸浓在 98.0%，需要串入的干燥酸量:

$$(2625.54 + 97.5\% \times X) / (X + 2625.54) \times 100\% = 98.0\%$$

$X = 10502 (\text{kg}/\text{h})$

二吸通过连通管溢流到一吸循环槽的量为: $10502 + 2625.54 = 13127 (\text{kg}/\text{h})$,

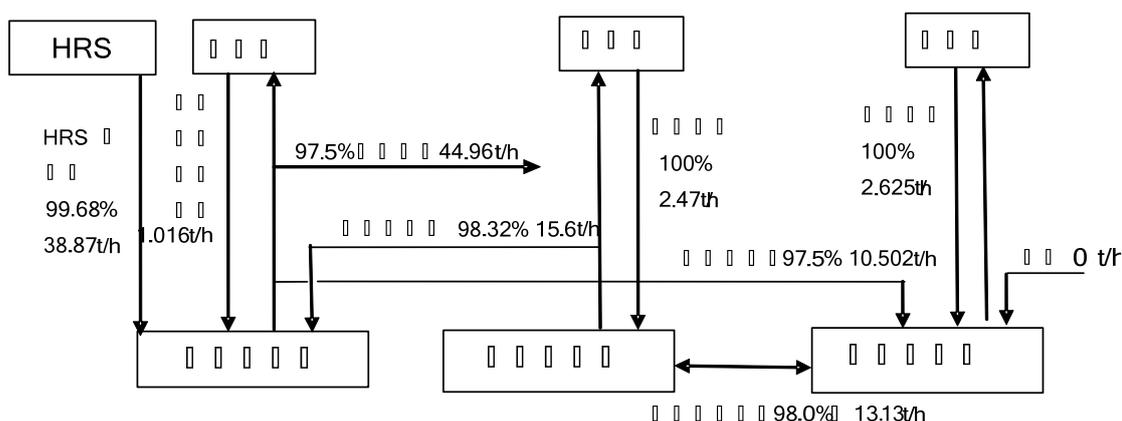
一吸酸浓度： $(13127*98\%+2472.98) / (13127+2472.98) *100\%=98.32\%$

通过一吸串到干燥的酸量为： $13127+2472.98=15599\text{kg/h}$

通过一吸串酸到干燥循环槽，干燥循环槽的浓度为：

$$(99.68\%*38866+98.32\%*15599) / (38866+1016+15599) =97.5\%$$

3.5 各循环槽物料平衡图



通过以上理论物料衡算，在高湿度季节，通过提高进气 SO_2 浓度减少空气带入系统水分含量；利用干燥酸串酸到二吸循环槽控制二吸酸浓度，再将 HRS、一吸、二吸产生的硫酸全部串到干燥循环槽，由干燥循环槽产出，来达到不向 HRS 稀释器串酸，充分回收 HRS 系统硫酸的稀释热，达到提高 HRS 蒸汽产量的目的是完全可行的。

4 工艺描述

来自转化器第三段出口的炉气经低温过热器、省煤器降温至 200°C 后进入热回收塔，热回收塔用浓度 99.0—99.3%、温度为 197°C 硫酸吸收其中 94% 左右的 SO_3 后进入一吸塔，再用 98.5%、 80°C 的酸进一步吸收残余的 SO_3 。

进入热回收塔的硫酸吸收了 SO_3 后，浓度和温度分别升高至 99.7% 和 222°C 左右，进入泵槽，再由循环泵送到 HRS 锅炉降温至 197°C 。离开 HRS 锅炉的酸分成两部份。大部份酸送到稀释器，通过加水将酸浓度调节为 99.0 %-99.3%，进入热回收塔循环。另一小部份经加热器与给水换热后，温度降至 90°C 左右串到干燥循环槽，由干燥循环槽产出。

来自公用工程的脱盐除氧水经加热器与串至干燥循环槽的高温硫酸换热后，被加热到 142°C 进入换热器，在换热器内与来自热回收塔循环泵送出的高温硫酸换热（酸走管侧，水走壳侧），所产生的蒸汽经上升管到蒸汽清洁器进一步汽水分离，然后经送汽阀并入低压蒸汽管，供低压蒸汽用户。

一吸与二吸多余的酸通过一吸串酸阀串到干燥循环槽后，与 HRS 系统串到干燥循环槽的酸一并产出。

5 管道改造

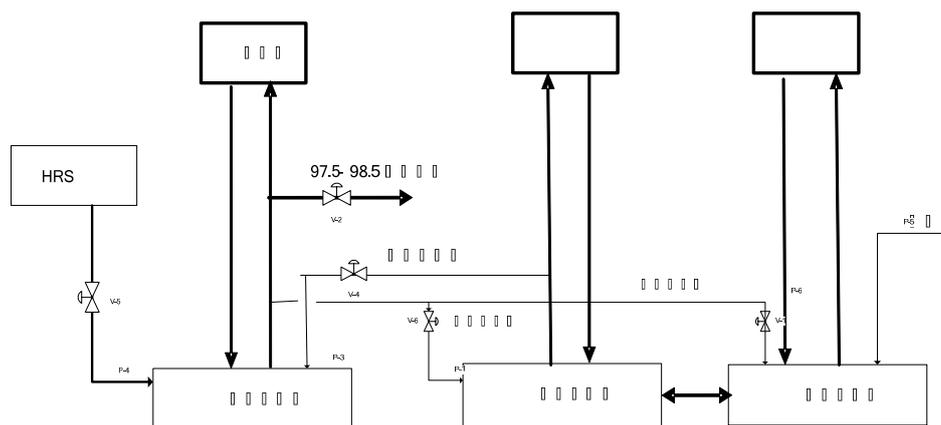
5.1 产酸管线改造

产品酸由原第一吸收产酸改为从干燥产酸，一、二吸收循环槽所产硫酸串入干燥循环槽产出。

5.2 串酸管改造

为了确保干燥酸浓达到 97.5%，通过原有的罐酸管线，将干燥循环槽的酸串一部分到二吸循环槽，维持一吸酸浓在 98.5%、二吸酸浓 98.0%，一吸、二吸不需要加水调节。

5.3 改造后的流程



6 实施的效果

干燥酸的浓度即使在高湿度的条件（空气含水量为 10.26g/m³ 时或湿度 80%时空气温度为 15℃的含水量）下也能达 97.50%，完全能满足生产需要。

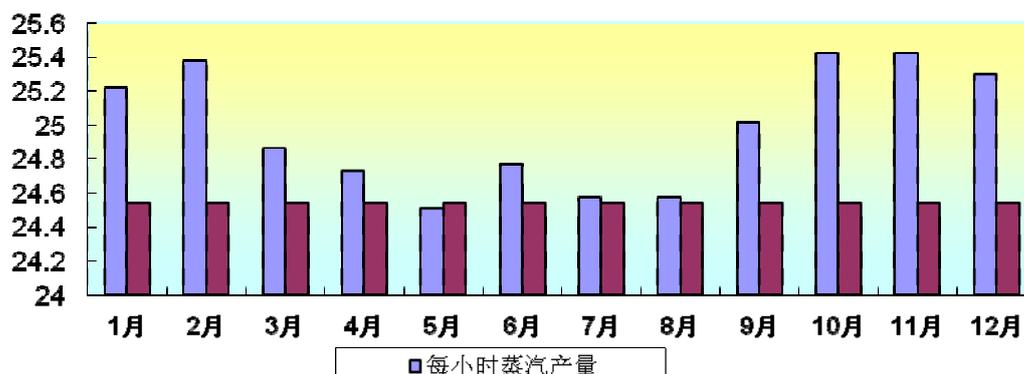
6.1 2014.1—2014.12 年成品酸浓度表

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
产品酸浓度%	98.23	98.20	98.45	98.50	97.71	97.65	97.53	97.54	97.54	97.62	98.20	98.12

6.2 2014 全年 HRS 蒸汽产量:

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
月产量	176	168	185	177	148	178	182	179	180	1891	1830	1882
小时产汽量th	25.22	25.38	24.87	24.73	24.51	24.77	24.57	24.11	25.02	25.42	25.30	
吨酸	0.577	0.581	0.57	0.57	0.571	0.577	0.571	0.572	0.581	0.59	0.591	0.587

6.3 小时 HRS 蒸汽产量情况:



从上表可以看出,从5月-10月的高湿度月份蒸汽产量均到达正常湿度时的设计值。与设计用一吸产 98.5%的硫酸,从一吸循环槽串酸到 HRS 稀释器减少稀释器加水相比,利用干燥产酸,将产品酸浓度降到 97.5%,在高湿度季节能到达正常湿度的蒸汽产量,即多产蒸汽 7.1t/h。

7 结语

结合干燥塔配置有单独的循环槽及当地气候条件,通过改变产酸及串酸方式,在高湿度季节将成品酸浓度降低到低限控制,充分回收硫酸稀释热,提高了 HRS 的蒸汽产率;利用干燥循环槽产酸,产品酸温较低,对输送管道有利;改造与设计相比,只需控制干燥串到一、二吸的循环酸量,不需要加水调节,控制相对简单;通过改造,在高湿度季节每小时仍能多产蒸汽 7.1 吨,在此期间干燥酸浓度最低达 97.50%,现工艺可达到全年不串酸的情况下而满足生产;一年中按最少 6 个月(180 天计)进行串酸,则每年可多产蒸汽(1.0MPa 饱和蒸汽) 3.0672 万吨,自 2014 年 1 月运行至 2014 年 12 月,多产蒸汽 3.0672 万吨,按分公司每吨蒸汽的成本 80 元计算,创经济效益 245.376 万元。相应减少燃煤锅炉煤的使用量,能源得到充分合理利用,具有较好的经济效益、环境效益和社会效益。

作者简介: 吴仕勇,男,云南云天化股份云峰分公司硫酸厂,从事硫酸生产工艺管理工作。电话: 0874-7986850 ; E-mail: 164418415@qq.com。