

先进节能技术在硫酸干吸中的应用

云南云天化股份有限公司云峰分公司 念吉红

【摘要】 云天化云峰分公司产能 300 kt/a 硫酸（A 系列）装置，在硫酸生产中，应突出节能技改、节约能源，云峰分公司对装置干吸系统进行了技术改造与创新。节能技术措施有，用规整填料代替传统的阶梯环，清除玻璃纤维过滤器、分酸槽内沉积的酸泥，干吸循环槽的清理，尾吸塔及循环槽清理，生产工艺的调整。并对技改后进行了 72 小时考核，数据说明技改取得了好的成效。

【关键词】 云峰分公司 300 kt/a 硫酸 干吸 节能技改

为使云峰的产能更加平衡，生产装置配套更加齐全，有利于提高企业经济效益。在硫酸生产中，应突出节能技改、节约能源、提高热能利用率，2015 年云峰分公司对 300 kt/a 硫酸（A 系列）装置干吸系统进行了技术改造与创新。

1 工艺流程

干吸酸系统采用三塔二槽，即干燥塔和第一吸收塔合用一个循环槽，第二吸收塔单独使用一个循环槽。干吸系统均用 97.8~98.5%硫酸干燥和吸收。两个循环槽均采用卧式槽，底部用连通管相连。这种配制取消了循环槽之间的串酸管线。干燥塔顶喷淋酸温度为 $\leq 65^{\circ}\text{C}$ 、浓度为 97.8~98.5%，干燥塔吸收进入的空气所含水分后自塔底排至干吸循环槽，出塔酸温约 70°C 。

由转化器三段出来的转化气经换热冷却后，进入第一吸收塔，塔顶用 $\leq 75^{\circ}\text{C}$ ，浓度为 97.8~98.8%硫酸喷淋，吸收 SO_3 后的酸温约为 97°C ，与干燥塔下塔酸混合后，用工艺水调节干吸塔循环酸浓度至 97.8~98.5%，再由干吸循环泵分别送入干燥塔酸冷却器和第一吸收塔酸冷却器，进口酸温约为 $\leq 105^{\circ}\text{C}$ ，出口酸温分别为 $\leq 65^{\circ}\text{C}$ 和 $\leq 75^{\circ}\text{C}$ ，再进入干燥塔和第一吸收塔进行喷淋，成品酸自循环泵出口引自成品酸冷却器冷却至 $\leq 40^{\circ}\text{C}$ 左右输送到装置外成品酸贮槽贮存。由转化器四段来的二次转化气经换热后进入第二吸收塔，该塔采用 $\leq 75^{\circ}\text{C}$ 、浓度为 97.8~98.8%硫酸喷淋，吸收 SO_3 后的酸自塔底流入第二吸收塔循环槽，出塔酸温约为 77°C ，第二吸收塔循环槽酸浓度通过补充工艺水来调节。再由第二吸收塔循环泵送至第二吸收塔酸冷却器冷却，进口酸温为 $\leq 105^{\circ}\text{C}$ ，出口酸温 $\leq 75^{\circ}\text{C}$ ，再进入第二吸收塔，增多的循环酸由连通管流入干吸循环槽。整个制酸过程主要反应为： $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + 132.5\text{kJ/mol}$ 。

为了更好地保护环境，防止 SO_2 尾气对周围环境及农作物的污染，设置了尾气回收塔。从塔顶喷淋亚硫酸铵—亚硫酸氢铵溶液吸收尾气中的 SO_2 和 SO_3 ，使尾气达到国家排放标准，经 80m

高放空烟囱排入大气。吸收母液自塔底处入母液循环槽，通过加入稀氨水使吸收液中 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3/\text{NH}_4\text{H SO}_3$ 比值不变，多余的母液送往母液分解槽处理后，稀酸送磷酸使用。

2 节能技术措施

分公司 300 kt/a 硫酸（A 系列）装置干吸系统，对装置的设计、设备的质量、工程安装质量、设备运行状况、生产能力、产品质量及环保运行效果的检验。不仅可以取得大量、真实的第一手生产数据，而且也可以充分暴露工艺、设备上还存在的问题，为技术改造、节能降耗、降低成本及实施最佳工艺生产控制提供指导。主要技改措施有以下几个方面。

2.1 用规整填料代替传统的阶梯环

规整填料具有阻力小，压降低，填料上下接触面以圆滑通道连接，在高汽液负荷下运行平稳。改变传统填料不规整导致塔内硫酸下酸量的不均匀，影响干燥、吸收效果，改变统填料不规整导致气体阻力大，车速降低的现象。规整填料的使用量是传统填料的一半，在高负荷生产时，避免发生“液泛现象”，提高吸收效果。装填量见表一。

表一 各塔装填量

名称	填料高度
干燥塔	2.5m
一吸塔	2.5m
二吸塔	2.5m

防止填料在装填过程中砸碎、带入杂物，阻塞介质通道。清除塔内杂物，检查填料支撑栅格是否牢固、平整。在塔内壁上画出填料装填高度线。装填当日把填料运到预先清扫出的空地解袋，去除碎填料，把填料装入塔中。

2.2 清除玻璃纤维过滤器、分酸槽内沉积的酸泥

全开玻璃纤维过滤器底部排酸阀，尽量将酸排出；玻璃纤维过滤器上部顶盖打开后，用盖板盖好纤维筒，人员下到盖板上用小铲刀将周围酸泥铲入耐酸中提出器外，用耐酸绳将酸泥桶放到地面，酸泥集中到装载机然后送到磷矿堆场，直到上部清理工作结束。

玻璃纤维过滤器下部人孔打开后，按要求穿戴好防护用品，进入器内，用准备好的耐酸桶和铁铲将底部的酸泥清理出来，集中在装载机内后送到磷矿堆场，直到底部清理工作结束。运送到磷矿堆场的酸泥须拌磷矿后并进行掩埋，地面的酸泥用碱中和后再用水冲洗地埝。

在干燥、一吸、二吸丝网拆出前，在填料上铺一层编织袋，待丝网拆出后，入塔用小铲刀将塔壁、分酸管、分酸槽附着的酸泥铲入耐酸桶中提出器外，编织袋上的酸泥倒入耐酸桶中提出器外，把编织袋清出塔外，用耐酸绳将酸泥桶放到地面，酸泥集中到装载机然后送到磷矿堆场，直到塔内清理工作结束。

塔平台及地面污染酸泥、积酸用碳酸钠中和后清理干净；清洗工具的冲洗水进入污酸池送污水处理站。进入玻璃纤维过滤器上部，必须盖好盖板，防止滑跌；S型铁挂钩和耐酸绳连接固定好。

2.3 干吸循环槽的清理

清除干吸循环槽内沉积的酸泥、破碎的耐酸瓷砖、瓷环，同时对各槽耐酸砖进行检查。全开干吸循环槽底部排酸阀，尽量将酸排出。全关干吸循环槽所有进酸阀。进入干吸循环槽内，用铁铲将酸泥铲入耐酸桶中提出槽外。

清理出的碎瓷环或砖用水冲洗干净后送入垃圾坑，地面的酸泥用用水冲洗干净。冲洗水进入污酸池送往污水处理站。

2.4 尾吸塔及循环槽清理

开始清理前，先将轴流风机安装到尾吸塔中部人门处，以便将塔内产生的SO₂气体抽出塔外。焦炭的清理。由清理人员用粪箕清出，装入吊框，用吊车将焦炭吊到地面耐酸地平围堰内；用消防水冲洗干净，除去碎的装入编织袋扎口，堆放在恒电位仪房旁待回填。

丝网的清理。由检修人员将丝网拆出，装入吊框，用吊车将丝网吊到地面；由清洗人员将丝网放入耐酸地平围堰内，用消防水冲洗干净，装车送物资部。

尾吸塔板的清理。由检修人员将塔板拆出，用吊车吊到耐酸地平围堰内；清理人员，用消防水冲洗干净。尾吸塔塔壁的清理。清理人员用消防水从顶部、中部人孔冲洗塔壁，冲洗干净；尾吸塔塔底的清理。将梯子放入尾吸塔固定好，人通过梯子下到尾吸塔底，用铲子将塔底、气体入口管的亚硫酸结晶物铲入编制袋，拿出尾吸塔。

循环槽的清理。空气风机停运后，清理人员用压缩空气把底部沉积的亚硫酸搅拌溶入母液，用循环泵打入稀酸槽处理；清理人员打开底部排污阀，排尽未能送走的母液，排入污水池的母液送入稀酸槽处理；将梯子放入循环槽固定好，人通过梯子下到循环槽底，用铲子将槽底的亚硫酸、碳胡铲入编制袋，拿出尾吸塔；清理人员用消防水冲洗槽壁，污水送至稀酸槽处理。

尾吸烟囱的清理。打开尾吸塔烟囱的横管上的人门，将竹跳板固定在人门与横管上，人通过竹跳板进入烟囱的横管段，将管壁上的亚硫酸结晶物清理装入编制袋，拿出管外；如管壁上的亚硫酸结晶物太多，则采用风镐将亚硫酸结晶物处理松动后再清理；清理的结晶物从人孔处倒入地面，烟囱清理完毕后，封闭人门。

2.5 工艺生产控制

尾吸塔带液，尾吸塔在负荷较高时，会带出母液。降低负荷和提高液层厚度，可有效改善。分公司是增加一层丝网以杜绝带液。吸收塔循环酸槽与干燥塔循环酸槽的液位须确保准确且各报警完好，否则因循环量不匹配发生漫酸及泵抽空。进二吸塔炉气温度设计值为150℃，比同行控制指标低约10--15℃，是否会产生冷凝酸。

给水流量、液硫累计流量，上塔酸流量计不准，停车机会校表。中压锅炉给水调节阀作用形

式为气开阀，事故状态下处于全关位置，该阀作用形式已改为气闭阀。

三台酸循环泵冷却风扇电机信号要进入 DCS，冷却风扇电机跳车或不运行时不能从微机上及时发现，现已引入 DCS 并同时作报警。

3 性能考核

为了检验装置节能技改的生产能力、产品质量及节约能源、公用工程消耗和环保指标。分公司于 2015 年 6 月 25 日 0:00 至 6 月 27 日 24:00 对装置进行 72 小时性能考核。30 万吨/年硫酸装置 A 系列 72 小时性能考核项目检验测量结果见表二。

表二 72 小时性能考核项目

项 目		单 位	指 标		备 注
			考核项目	考核值	
硫酸生 产能力	考核期硫酸产量 (100%)	t	2700	3121	72 小时产量
	日生产能力	t/d	900	1040	平均日产量
	小时生产能力	t/h	37.5	43.35	小时平均产量
蒸汽产率	吨酸产汽率	t/(t.酸)	1.08	1.21	吨酸产蒸汽
中压蒸汽 产汽能力	考核期蒸汽产量	t	2916	3794	72 小时产量
	日生产能力	t/d	972	1265	平均日产量
	小时生产能力	t/h	40.5	52.69	小时平均产量
蒸汽 质量	蒸汽压力	MPa	3.2-3.8	3.54	考核平均值
原料消耗	液硫消耗	kg/t 酸	≤332	328	考核平均值
系统电耗	电耗	kW.h/t 酸	≤19.53	16	实测值
工艺水	消耗	m ³ /t 硫酸	1.77	1.61	实测值
循环水	消耗	m ³ /t 硫酸	63.87	60.23	实测值
环保指标 (烟囱废气)	SO ₂ 排放浓度	mg/Nm ³	400	294	在线监测值
	酸雾排放浓度	mg/ Nm ³	≤30	27.04	监测值

72 小时性能考核期间共生产硫酸 (100%) 3121 吨，硫酸生产负荷率达到了装置设计能力的 115.59%。平均日产硫酸量 1040 吨，装置硫酸每小时产量为 43.35 吨。平均酸浓度 97.74%。电耗 16 kW.h/t 酸，技改前 35 kW.h/t 酸，下降了 19 kW.h/t 酸。工艺水 1.61 m³/t 硫酸，技改前 2.57 m³/t 硫酸，下降了 0.96 m³/t 硫酸。循环水 60.23 m³/t 硫酸，技改前 65.87 m³/t 硫酸，下降了 5.64 m³/t 硫酸。

72 小时性能考核期间共生产中压蒸汽 3794 吨。平均日产蒸汽 1265 吨，蒸汽每小时产量为

52.69 吨，蒸汽产汽率为 1.21t/(吨.酸)，吨酸产汽率比设计值（1.08 t/吨.酸）高 13.6%。平均蒸汽温度 435℃、平均蒸汽压力 3.55 MPa 。

这些数据说明 30 万吨/年硫酸装置 A 系列是能达到设计生产能力，产品质量合格，完全能满足装置的生产要求，节能技改取得了好的效果。