

SCST-231-53 型低变催化剂介绍及使用总结

向雨鑫，敬东梅

(重庆建峰化工股份有限公司)

摘要：介绍低变工艺特点及催化剂性能，并总结半年的使用情况，SCST-231-53 型催化剂是铜-锌-铝系催化剂，它有选择性好，活性好，强度高，活性温度低等特点，是一种优良的新型低温变换催化剂。

关键词：低变；催化剂；使用；总结

1 工艺简介

重庆建峰化工股份有限公司一化合成氨装置，采用节能型美国布朗深冷净化工艺，日产 1000t 合成氨，采用两段转化。来自二段炉的冷却至 388℃ 的工艺气进入高温变换炉（简称高变），在此，一氧化碳与蒸汽反应，生成二氧化碳和氢，在高变中，大约 65% 的一氧化碳被变化。高变出口气体残余一氧化碳 35%（干基），温度 443℃ 的工艺气经换热后被冷却到 204℃，然后进入低温变换炉（简称低变）中，剩余的一氧化碳有大约 89% 被变化为二氧化碳，低变出口气体残余一氧化碳为 0.38%，富含二氧化碳 17.17%（干基），温度 231℃，压力 2.81MPa 的工艺气进入二氧化碳脱除工序，工艺流程见图 1。

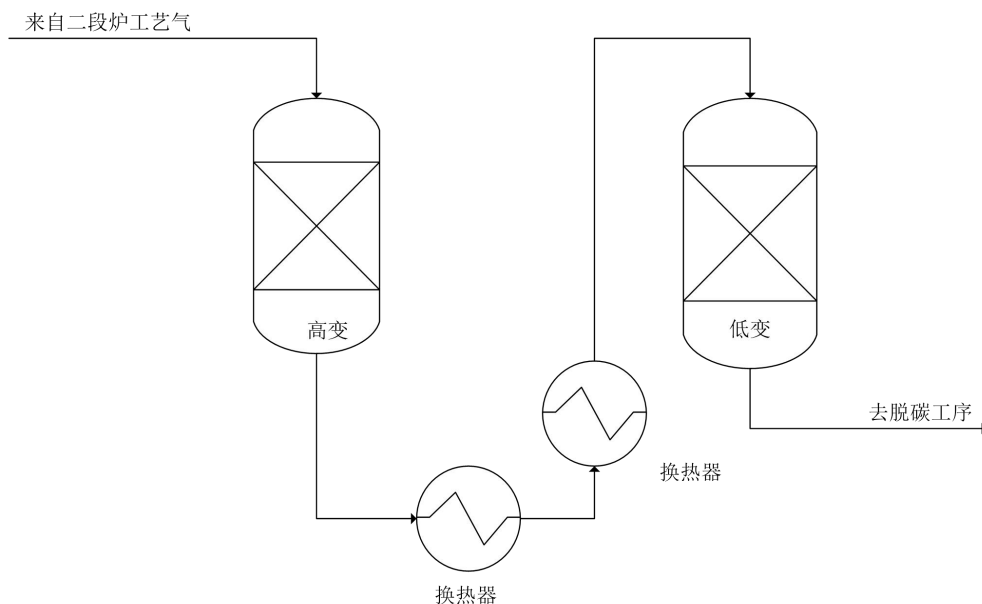


图 1 两段变换流程图

温度是变换工序最重要的工艺条件，变换反应是放热反应，随着反应的进行，温度不断升高。大体上 CO 浓度每降低 1%（干基），温度要升高 $9/(1+w)$ 至 $10/(1+w)$ °C（式中 w 代表 H_2O/CO ）。温度升高，平衡常数减小，而反应速率常数增大，所以对变换

工序的设计应综合考虑，一般都设置高温变换和低温变换两步工序，前者是重点从反应速率考虑，在高温下使高浓度的 CO 快速降为低浓度，后者是从反应平衡角度考虑，在较低温度下使工艺气中 CO 降至要求值。

2 SCST-231-53 型低变催化剂介绍

2.1 SCST -231 的特点

该催化剂是蜀泰自主开发研制而成的高性能低变催化剂，既继承了传统催化剂的优点，又吸取了近年来催化剂理论研究的新观点、新理论，使 SCST-231-53 与传统相比具有独特的优异性能。具有升温还原快，节省开车时间，催化剂烧失重低，活化过程中对催化剂骨架损坏小、体积收缩小、孔容大、孔径分布适宜。

2.2 催化剂参数

表 1 低变催化剂参数

催化剂型号		SCST -231-53 (2020 年)	B205-1 (2015 年)
规格 (mm)		$\phi 5 \times (5 \sim 6)$	$\phi 6 \times (4 \sim 6)$
堆比重 (t/m^3)		1.2-1.3	1.1-1.2
化学组成	CuO (%)	≥ 40	≥ 42
	ZnO (%)	≥ 42	≥ 42
	Al ₂ O ₃ (%)	≥ 8	≥ 8
抗毒性能		采用了新的附载型中和生产方式，使催化剂本身硫容大大增加，新的加料方式，使其具有较适宜的孔结构和较高的 ZnO 含量，其饱和硫容可达 20%。	即使硫的浓度低至 1×10^{-6} (1ppm)，也会逐渐积累起来而缩短催化剂寿命。
操作温度 (°C)		175~280	170~250
生产厂家		四川蜀泰	辽河
装填量 (t)		60.63	57

2.3 催化剂烧失重

SCST-231-53 型催化剂烧失重实测值仅 6.03%，物理水几乎为零，B206 烧失重达 15-17%，其中游离水约 10%，国产氨络合法生产的低变催化剂烧失重一般超过 10%，

其中游离水 2-3%，因而 SCST-231-53 催化剂在升温还原过程中，既可加快升温速度又可省去多次恒温脱水，大大缩短开车时间，提高了催化剂实际有效组份总量。

3 催化剂使用情况

3.1 催化剂、支撑球装填

将经过过筛的 18T ϕ 25mm、7.25T ϕ 16mm 支撑球依次装填到低温变换炉底部，再装填 SCST-231-53 型催化剂 60.63T，然后装填 T402 型脱氯剂 8T，再铺上 ϕ 2.5mm \times 2.5mm \times 0.6mm 的钢丝网，最后在装填 ϕ 25mm 支撑球 5T，总共高度 5400mm。

3.2 催化剂还原

2019 年 12 月低变床层升温速率 10~15 $^{\circ}$ C/h，在升至 120 $^{\circ}$ C 时恒温 2 小时，然后开始再次升温，当床层温度提至 160 $^{\circ}$ C，物理出水 450Kg，远小于上一炉催化剂的物理出水量。然后开始试配氢 0.2%，最后开始化学出水 5650Kg，如表 2。当结束还原总计耗时 84 小时。

表 2 除水量

物理水	450Kg
化学水	5650Kg

催化剂还原出水重量为 61000Kg，最终得出 SCST-231-53 型催化剂的含水量为 1.006，该催化剂含水量低，而且床层温度在 160 $^{\circ}$ C 时催化剂已有良好活性。

3.3 催化剂运行情况

3.3.1 催化剂温升情况

(1) 2019 年 11 更换低变催化剂，从 2019 年 12 月开车后一直运行正常，从图 2 和图 3 趋势对比上看，低变催化运行半年后温升都在第二和第三床层，且第二床层都是 9 $^{\circ}$ C，第三床层都是 11 $^{\circ}$ C。

(2) 2015 年新换催化剂在前半年运行周期内，第三床层温升上涨速度比 2019 年新换催化剂要快，而 19 年新换催化剂第三床层温升还比较平稳。

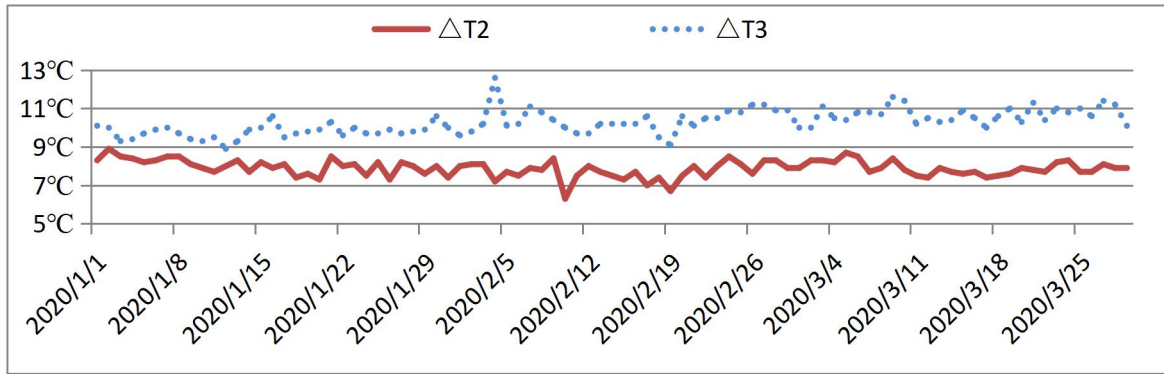


图 2 2019 年更换低变催化剂前半年温升情况

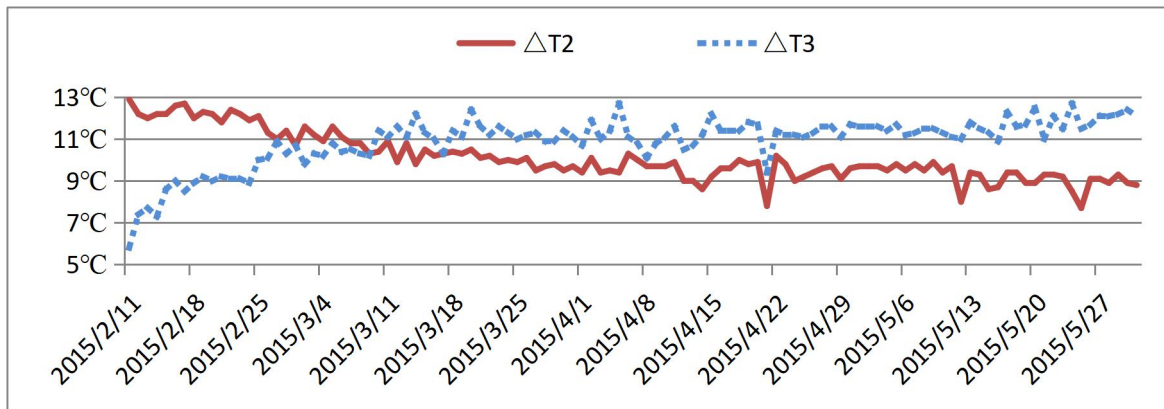


图 3 2015 年更换低变催化剂前半年运行情况

3.3.2 对产氨量影响

(1) 从表 3 中可以看出，这两次更换低变催化剂后出口 CO 含量稳定，目前从数据上看低变催化剂运行情况良好，低变催化剂出口 CO 含量比设计值 0.38% 低，运行良好。

表 3 更换低变催化剂前半年运行情况

月份	20 年低变出口 CO%	20 年高变出口 CO%	15 年低变出口 CO%	15 年高变出口 CO%
1	0.15	2.46	0.15	2.44
	0.16	2.61	0.21	2.99
	0.17	2.59	0.21	3.04
2	0.14	2.58	0.22	3.18
	0.17	2.54	0.22	3.08
	0.18	2.61	0.22	3.03
3	0.17	2.65	0.22	3.11
	0.19	2.69	0.22	3.06
	0.17	2.81	0.23	3.07
4	0.18	2.72	0.22	3.05
	0.19	2.75	0.21	3.12
	0.19	2.62	0.22	3.1

(2) 表 3 中可以看出 2015 年换的低变催化剂入口 CO 含量明显高于 2019 年低变入口 CO 含量，但从图 4 中可以看出在相同条件下，两炉催化剂的转化率基本一致。

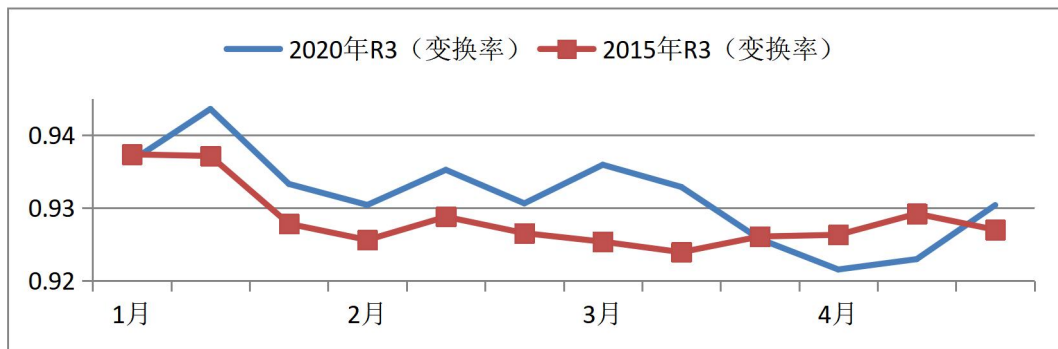


图 4 两炉催化剂前半年变换率

(3) SCST-231-53 型催化出口 CO 含量比 B205-1 型催化剂出口 CO 含量平均低 0.04%，如图 5。系统满负荷时，低变出口干基气量为 7226.1Kmol/h，也就是 2019 年新换催化剂比 2015 年新换催化剂多产氨为：

$$7226.1 \times 10^3 \times 0.04\% = 2890.44 \text{ mol/h}$$

对应产氨量为：

$$2890.44 \times 2 \div 3 \times 17 / 1000 = 32.758 \text{ Kg/h}$$

半年产氨量为：

$$32.758 \times 24 \times 183 / 1000 = 143.873 \text{ T}$$

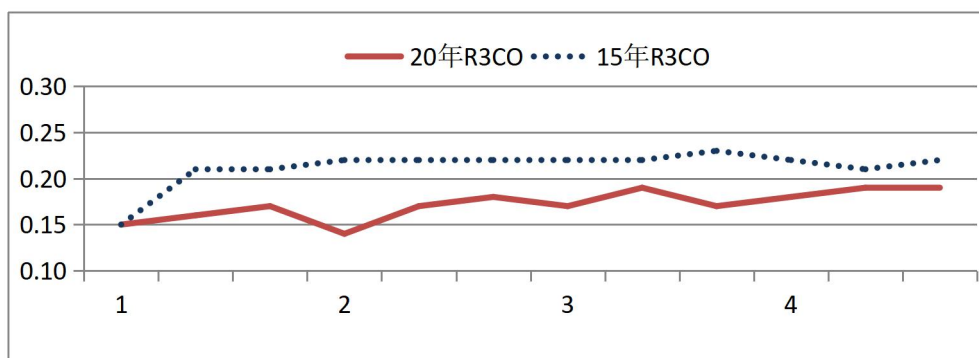


图 5 两次更换催化剂后 CO 含量对比

3.3.3 机械强度

由于 SCST-231-53 型催化剂采用新型负载型共沉淀法生产工艺，改进了的氨络合法、反加法生产方式，一般物料成型打片要加 8-12% 的水，SCST-231-53 用独特的生产工艺，成型不加水，催化剂活性更好。活化过程中对催化剂骨架损坏小、体积收缩小、孔容大、孔径分布适宜，粒子粉碎少，易于提高强度，催化剂孔史丰富。催化剂在沸水中热煮半

小时，颗粒完整，无破碎。

运行时间约 180d，其间，合成系统负荷一直维持 31200m³/h，从整体运行情况看，催化剂床层压差比较稳定，也比较低，具体情况见图 6。

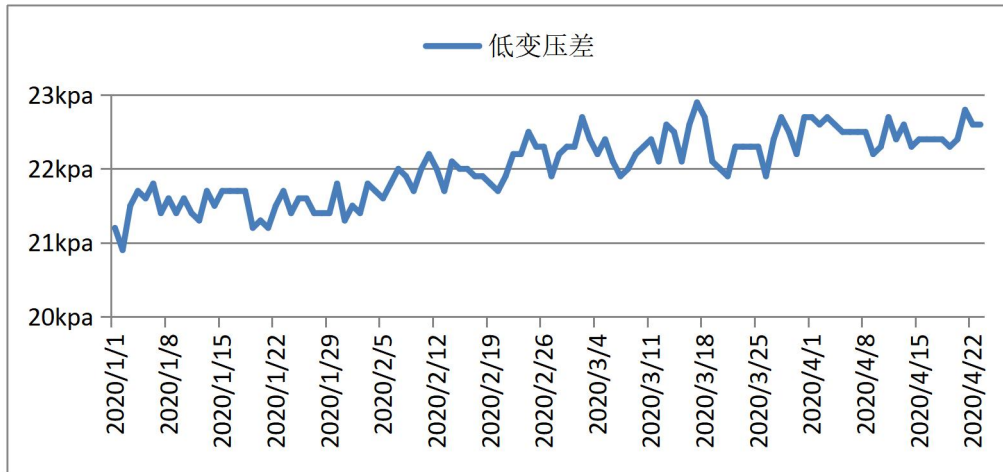


图 6 低变床层压差变换情况

4 总结

(1) SCST-231-53 型催化剂在建峰一化合成氨装置运行半年，各项工艺指标均能达到设计要求，从以上数据分析得出该催化剂活性高，强度高，稳定性好。

(2) 该催化剂出口 CO 含量较低，大大的提高了合成氨产氨量，降低了合成系统消耗，提高了建峰经济效益。

(3) 使用强度好，耐冲刷，在使用和装卸过程中不易破碎，粉尘少，使低变床层压差小，减小了整个系统阻力。