

转化冷激烟气平衡调配的烟气控温 技术研究应用

金川集团有限公司化工厂 施梦莹

【摘要】 本文简述了温度对转化器的影响因素，为避免前段过热、后段热量不足的现象，提出了一套有效的，使用的冷激烟气平衡调配方案，实际生产证明通过冷激烟气的平衡调配，显著优化了转化热量平衡分布，有效保证了烟气温度的恒定。

【关键词】 冷激烟气 冷激阀门 热平衡 转化率

前言

转化工序是硫酸生产的核心，转化率越高，则硫的利用率越高，环境污染越小。转化流程是 SO_2 在冷热换热器或热热换热器进行气-气换热，经过升温的 SO_2 再进入转化器转化成 SO_3 ， SO_3 再进入冷热换热器或热热换热器进行气-气换热，经过降温后的 SO_3 再进入吸收塔吸收成硫酸的过程。

1 转化器内的温度控制

影响转化率的因素有很多，主要有气量、气速、 SO_2 浓度、转化器各层温度、压力、催化剂用量等。温度对转化率和设备耐热程度的影响起着举足轻重的作用。在转化过程中通过分段控制不同的转化温度来实现较快的反应速度和较高的转化率，温度的调节主要靠各段换热器加入的冷激烟气，将较低温度的 SO_2 烟气通过冷激烟道直接或间接对转化器及换热器进行降温。而冷激烟道是从主气管线上接出一根支管绕过换热器通入下一换热器或直接通入转化器即可，通过控制烟气在换热器的换热量，实现控制转化器各层温度的烟道，因其方便、简单而被普遍采用。

1.1 温度对平衡转化率与反应速度的影响

平衡转化率与反应速度对温度的关系是矛盾的。 SO_2 氧化成 SO_3 的反应是一个可逆的放热反应，其反应方程式如下： $\text{SO}_2 + 1/2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_3 + Q$

SO_2 转化在 18°C 时反应热为 96.2KJ/mol ，反应热与温度的变化关系如图 1 所示。一切放热的化学反应，降低温度都会使平衡转化率提高，这是一个规律。 SO_2 转化反应是放热反应，因此平衡转化率也随反应温度的降低而升高。

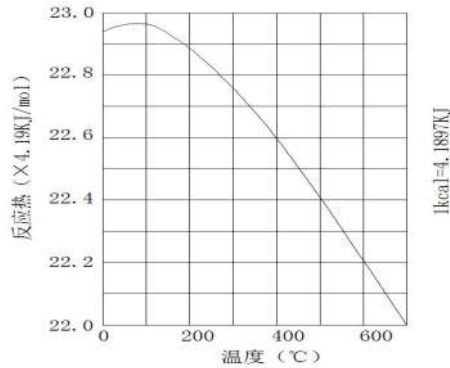


图 1 反应热与温度的变化关系

一个化学反应所以能够进行，主要是具有一定能量的反应分子相互碰撞的结果。并不是所有碰撞的分子都能反应，只有少数活泼的分子，它们的能量比全部分子的平均能量超过一定数值后才能在碰撞中发生反应。这个必须比平均能量超过的能量，称作这个反应的活化能，用符号 E 表示。根据气体动力理论可以知道，具备 $\geq E$ 能量的分子，其分数是近似于 $e^{-E/RT}$ 。如果反应物质各分子之间相互碰撞的总次数为 Z ，则导致这些分子进行反应的有效碰撞次数便等于 $Z \cdot e^{-E/RT}$ 。碰撞总次数比例为反应物质浓度的相乘积，则 SO_2 转化反应碰撞总次数比例为 $Z = k_0 \cdot C_a \cdot C_b$ ，其中 C_a 、 C_b 为反应物 SO_2 与 O_2 的浓度。

由此，反应的分子数目为：

$$k_0 \cdot e^{-E/RT} \cdot C_a \cdot C_b = k \cdot C_a \cdot C_b$$

反应速度常数为：

$$k = k_0 \cdot e^{-E/RT} \quad (1-1)$$

由式 (1-1) 可知，在其它条件相同的时候， E 值越大则反应速度越小， SO_2 转化反应活化能为 209340J/mol 左右，在一般高温下反应速度仍然很慢，还不能达到工业生产的需要。

根据放热反应的机理，降低温度会促使化学平衡向 SO_3 生成的方向移动，则可以提高 SO_2 的平衡转化率，但降低温度的同时还会降低反应速率。所以，在控制转化器温度的指标时，不仅要考虑有较高的转化率，同时还要考虑有较高的反应速度来选择最适宜温度。

1.2 温度对转化器内触媒的影响

SO_2 与 SO_2 分子的直接反应速度很慢，甚至在高温状态下也难以察觉，这是由于这一气相均相反应的活化能很高，所以在工业生产中需加入催化剂，加快 SO_2 与 SO_2 反应。触媒活性温度范围介于起燃温度与耐热温度之间，若低于起燃温度，不能使 SO_2 进入转化器后很快的进行反应，反应速度慢不利于生产，若长期高于耐热温度，触媒会迅速老化失去活性。所以应将转化器内温度控制在起燃温度与耐热温度之间。

2 冷激烟气平衡调配控温技术的创新与应用

由于冶炼和制酸生产格局不断变化，53万吨系统满负荷带烟气，导致转化器一层、三层、四层、五层入口烟气温度过高，IV#外热交壳程和管程温度均超过设计范围。为最大限度的回收冶炼烟气，对转化冷激烟道进行改造并创新了冷激烟气平衡调配控温技术，如图2所示。安装冷激阀门7318，在降低I#外热交壳程温度的同时降低转化器一层的温度，将转化器一层出来的SO₃的热量转移至转化器二层。并安装冷激阀门7319，将IV#外热交由热热交换器变成冷热交换器，在降低IV#外热交壳程的温度的同时，进一步降低转化四层和五层的温度，将转化器三层出来的SO₃的热量转移至第一吸收塔。由II#出入口引至III#入口引至IV#外热交入口的这条管线上安装冷激烟道，同时增加管道直径，并安装冷激阀门7308和冷激阀门7314，降低II#外热交壳程和转化三层的温度。

转化工序设备由热交换器和转化器组成，SO₂烟气在热交换器中升温后进入转化器通过触媒催化氧化后转化为SO₃。换热后的SO₃烟气通过余热锅炉，温度下降至吸收要求，进入吸收塔。因此，转化工序保持热量平衡。冷激烟道在降温的同时就是一个热量转移的过程，是将这层的热量间接转移至后续各层，此时应时刻关注冷激阀门的开度及开关时间长短，来保证适当的热量移向后续转化层，使系统转化率不受影响。

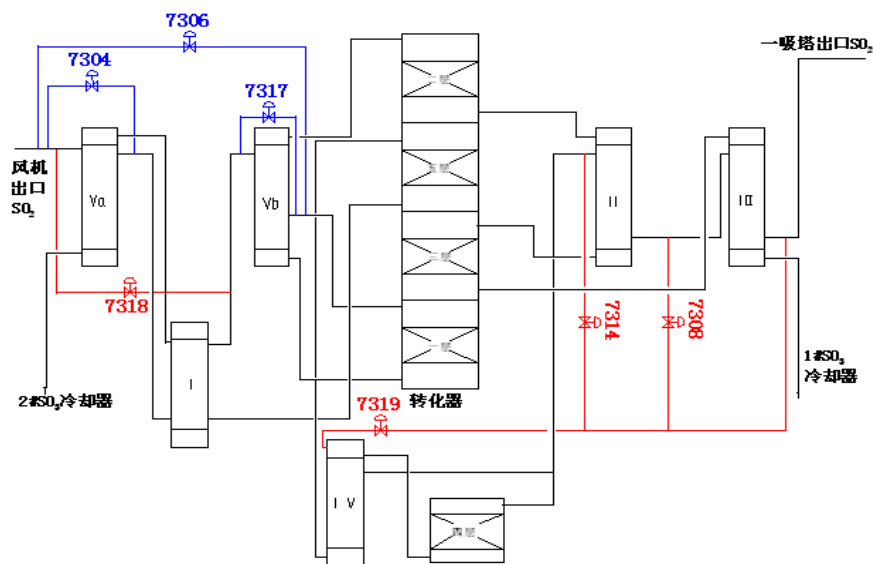


图 2 53 万吨转化冷激烟道改造后工艺流程详图

3 冷激烟气平衡调配控温技术的应用效果

冷激烟道改造后，改善了转化器四层、五层触媒过烧，4#外热交换热烟气温度过高的现象，具

体温度情况如表一所示。

由表一可看出，检修后随着4#外热交SO₂入口烟气温度由350℃以上降至50℃-90℃左右，转化器四层入口烟气温度由检修前的450℃-500℃降至检修后的410℃左右，4#外热交SO₂入口烟气温度由检修前的500℃左右降至检修后的480℃左右，转化器五层入口烟气温度由检修前的450℃-490℃降至检修后的400℃左右。转化三层、四层和五层触媒表层温度基本维持在410℃-430℃左右，均较检修前有所降低，避免了转化后段因长期温度过高导致的转化器、外热交设备变形。同时将转化热量后移至余热锅炉，增加余热锅炉蒸汽产量。

表一 冷激烟道改造前后53万吨转化四层、五层及4#外热交烟气温度情况

	风量(万Nm ³ /h)	SO ₂ 浓度(%)	4#外热交壳程入口	4#外热交壳程出口	4#外热交管程入口	4#外热交管程出口	转化器四层入口	转化器四层出口	转化器五层入口	转化器五层出口
检修前	15.8	11.07	395	488	500	463	498	500	463	425
检修后	18	11	58	421	475	399	410	475	399	408
检修前	17.6	10.5	390	491	504	480	463	504	480	415
检修后	18.8	10.6	62.9	419	477	393	411	477	393	405
检修前	18.4	10.01	409	497	505	487	491	505	487	437
检修后	18.6	10.05	64	434	492	411	411	492	411	403
检修前	18.8	9.5	373	474	481	453	456	481	453	421
检修后	18.8	9.5	65	415	473	394	409	473	394	402

4 结语

通过冷激烟道，利用冷激阀门来调节转化器各层温度，将各层转化的烟气温度恒定，避免了各层温度出现较大波动的现象，实现了转化器内各触媒层温度的控制。特殊情况下，冷激烟道可以将高浓度烟气输送至转化后段，增加后段的反应热，为转化器升温。最终，通过冷激烟气的平衡调配，显著优化了转化热量平衡分布；降低了电炉的投用频次；延长了设备的使用寿命；提升了转化率。

【参考文献】

[1] 孙治忠. 硫酸生产操作问答 [M]. 甘肃: 金川集团股份有限公司化工厂, 2009. 190-191.

**Conversion of cold shock balanced deployment of smoke temperature
control technology research and application**

SHI Mengying

(Jinchuan Group Co.,Ltd., Jinchang City Gansu Province 737100)

Abstract: Based on jinchuan company type acid conversion of mature technological system and cold shock valve adjustment, puts forward a set of effective, easy cold shock flue gas balance the deployment of the ideas and experience.

Key words: Cold shock flue gas; Cold shock valve; Heat balance; Conversion rate