

转化热负荷升温优化技术的研究与应用

刘元戎 魏占鸿 陈晓雪 谢成

[摘要] 制酸系统转化器共有四层，其中前三层为一段转化部分，第四层为二段转化部分，转化器的压力依次降低，各层温度和转化率也不相同。当冶炼炉窑非连续性生产性期间，为保证转化系统的温度，我们需要投入电炉对转化孤立保温。但由于电炉一般位于主气路的后端，在初步升温期间，较低温度的烟气直接进入高温度的转化器一层没有任何的作用，不仅无故浪费转化器温度，而且延长了电炉的投入时间，电耗偏高。通过分析转化器温差范围，改进电炉的升温方式，实现热能综合利用，可大大减少电炉带来的电耗偏高的问题。

[关键词] 电炉升温 电耗 热能利用

Transformation temperature heat load optimization and application technology

Yuanrong Liu,Zhanhong Wei,Xiaoxue Chen,Chen Xie

(The chemical plant of JinChuan company in GanSu province,737100)

Abstract: Acid system converter with four floors, of which the first three for the reforming section, the fourth layer is a secondary reforming section, the conversion of the pressure in order to reduce the layers of temperature and conversion rate is not the same. When the smelting furnace discontinuity productive period, in order to ensure temperature conversion system, we need to invest in an electric furnace converted isolated insulation. However, due to an electric furnace is generally at the rear end of the main air passage during the initial heating, low temperature flue gas directly into the high temperature of the converter layer does not have any role, not only a waste of converter temperature for no reason, and to extend the furnace input time, power consumption is high. By analyzing the reformer temperature range, improved heating furnace, to achieve energy utilization, can greatly reduce the problem of high electric power consumption caused.

Keywords: electric heating; electricity consumption; energy use

制酸系统转化工序作为烟气制酸反应的重要过程，其温度、烟气气量、气浓对整个制酸系统转化率和产量有着直接的影响。当冶炼炉窑需要进行换枪等停料维护时，此时烟气的气量有所下降，气浓也不高，此时的烟气带入转化系统势必会造成转化器反应热起不来，不仅不会提高SO₂转化为SO₃的转化率，反而会将已经处于热平衡的转化器温度给降低。而转化率过低，势必影响制酸系统的产量，甚至造成后段尾气处理工序SO₂超标而引起环保事故。

1、传统的升温方式原理

依次经过净化、干燥后的冶炼烟气通过 SO₂ 风机输送至转化工序的外热交，依次通过换热器加热后进入转化器一层、二层、三层（每层配套有换热器），一段反应后经过冷却风机对含有较高 SO₃ 的烟气送入中间吸收塔制酸。此时低温烟气再次通过换热器换热后进入转化器四层进行二段反应，同样通过冷却风机冷却后送入最终吸收塔制酸。为保证时刻可以对转化器进行调温，保证较高的转化率，在风机的出口分别配置有电炉升温线、冷激线以便于对转化器温度的掌控。其工艺流程图如下图所示：

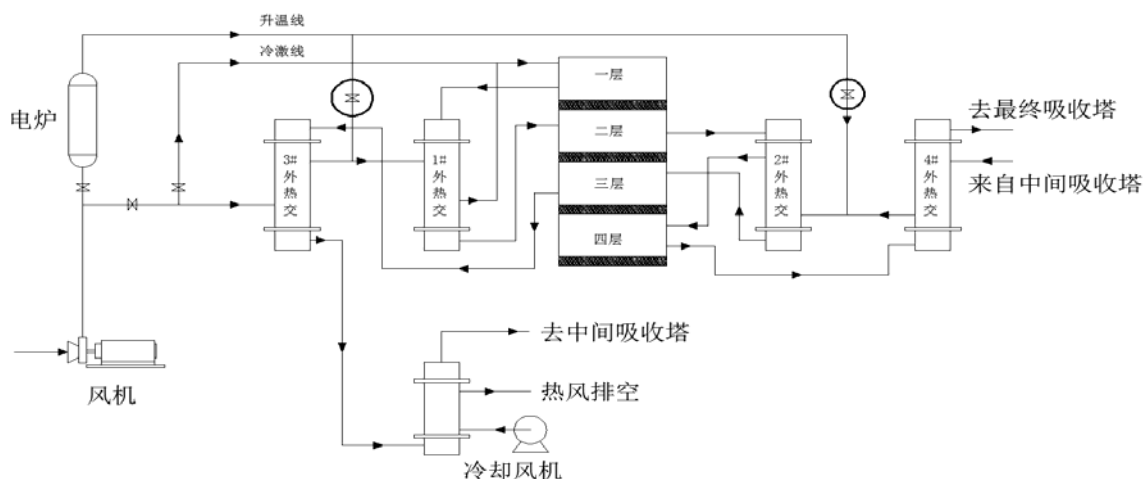


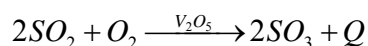
图 1 制酸系统转化工序工艺流程图

从上图中可以看出，风机出口依次有升温线和冷激线，而图中圆圈标识的即为升温阀门，包括有一层升温阀和四层升温阀；冷激线一般只有一层冷激阀。

一般为了保证转化器较高的转化率，一层入口温度是其最为关键的指标，根据触媒特性的不同，基本要求在 390℃ 方可带入烟气，一方面是为了防止触媒低温运行而造成触媒活性降低；另一方面保证触媒的起燃温度达到最佳，所以转化器一层的温度控制尤为关键。

2、转化器热反应过程中的分布情况

SO₂ 转化为 SO₃ 的反应过程是一个放热、可逆反应，其化学方程式如下：



而根据影响化学反应速率的影响因素可知温度、浓度、压力对其均有很大的影响，它们的高低影响到转化器每层平衡常数及转化率，因此转化器中各层温度均不相同。

平衡常数及转化率的计算公式如下：

$$K_p = \frac{C^2(SO_3)}{C^2(SO_2) C(O_2)} \quad X_t = \frac{kp}{kp + \sqrt{\frac{100 - 0.5ax_t}{P(b - 0.5ax_t)}}}$$

其中 a 为 SO₂ 起始浓度%、b 为 O₂ 起始浓度%、P 为气体总压力 Pa。下图 2 可以看出制酸系统反应过程中转化器每层的温度分布情况。

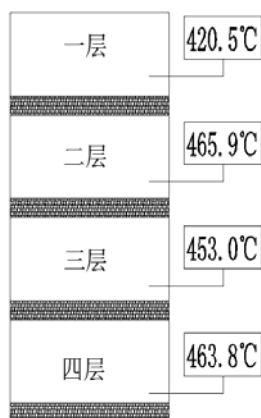


图 2 制酸系统转化器温度分布图

3、传统升温方式的使用现状

当冶炼炉窑发生换枪等非连续性生产作业时，由于此时烟气的量、气浓均较低，烟气条件不好，为了保证转化器的温度和转化率，需根据其时间长短对转化器孤立保温，避免条件不好的烟气将转化器的温度降低。为此，需要投送电炉输送加热后的烟气进入转化器保证温度。电炉转化为热能的计算方式如下所示：

$$P = UI \quad U = IR \quad \text{可得} \quad P = I^2 R$$

$$W = PT \quad \text{可得} \quad W = I^2 RT$$

若电能全部转化为热能可得： $Q = W = I^2 RT$ ，其中 I 为电流 A，R 为电炉总阻值，T 为投运时间，由此可知电炉投运时间越长，转化的热能也就最大。

以某制酸系统电炉为例，电炉总功率为 2000KW，电炉台数 10 组，单组 1.8Ω，带入计算可得： $Q = (2000000/380 \times 10)^2 \times 1.8 \times 1 = 498.6 \text{KJ/s}$ 。

但受电炉自身升温能力的限制、以及烟气流速的影响，造成较低温度的烟气直接进入温度较高的转化器一层，而此部分低温烟气对于高温的一层来说，丝毫起不到加热保温的目的，反而会在热传递的作用下降低一层温度，有时温差高达 30°C 左右；只有当电炉运行平稳后，电炉出口烟气温度高于转化器一层时，方可奏效。此方式方法无形之中造成了部分热能的浪费，延长了电炉的投用时间，电耗偏高。

不同温度烟气混合后的温度变化计算结果如下：

$$\text{以热量守恒定律计算得之：} \quad Q_1 = Q_2, \quad m_1 C(t_1 - t) = m_2 C(t_2 - t)$$

气量和比热均相同，以电炉出口温度 300°C，一层温度 420°C 计算得之：

$$t = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{300 + 420}{2} = 360 \text{ } ^\circ\text{C}$$

4、优化原理及措施

通过分析转化器热负荷，利用转化系统自身的热平衡，优化目前的升温方式，改为先四后一的升温方法，主要有以下几步：

(1)首先在投运电炉初期，将此部分低温烟气直接通过四层升温阀门对烟气升温，杜绝此部分烟气进入转化器一层。

(2)观察电炉出口温度，合理投运电炉的数量，待出口温度达到 500℃左右时，在切换至一层升温阀升温。

(3)杜绝不开电炉出口阀导致电炉内烟气急剧过烧。

(4)间隔投送电炉，而非一次性全投高负荷运行。

(5)周期性调整投运电炉，避免单台电炉长期投运。

5、使用特点及效果

5.1、技术特点

通过先四后一的升温方式，其特点有：

(1)避免转化器一层温降过大的影响。

(2)提高了电炉的利用率，避免了热能的浪费。

(3)节约了升温时间、降低了系统电耗。

(4)转化器各层转化率得到保障。

5.2、应用效果

对传统与先四后一的升温方法进行了试验比较，结果如下表所示：

序 号	先一后四	先四后一	备 注
升温时间 h	18	12	一层温度从 300 升到 390℃
电炉投运台数	46	34	共 48 台
转化器一层转化率%	60.73	61.25	
转化器二层转化率%	64.07	62.08	
转化器三层转化率%	32.12	30.28	
转化器四层转化率%	95.62	95.53	
总转化率%	99.58	99.63	

6、结语

通过将转化器的升温方法改为先四后一的方式后，不仅将电炉的热能有效的利用起来，缩短了升温时间，降低了系统电耗；而且保证了系统的转化率，避免了因转化率偏低而造成的尾气处

理工序的环保指标超标。该法在转化器的升温方法上有着明显的优势,尤其是在冶炼短时间停料补温带烟气非常必要。

[参考文献]

[1] 王志翔. 硫酸生产加工与设备安装新工艺新技术及生产过程分析质量检测新标准实用手册 [M]. 吉林音像出版社, 2005, 8.

[2] 纪罗军, 王海帆. 低浓度烟气非稳态转化制酸工艺的应用 [J]. 硫酸工业, 2006 年 6 期.

[3] 夏彤. 烟气制酸转化工段工艺计算与设备选型 [J]. 广州化工, 2009 年 5 期.

作者简介: 刘元戎, 男, 毕业于兰州交通大学, 大学本科学历, 一级工程师, 就职于金川公司化工厂, 从事行业烟气制酸, 电话: 15101918702, E-mail: hglyr@jnmc.com