



聚酯生产中真空系统的调节与节能探索

李瑞波 (承德石油高等专科学校 化工系)

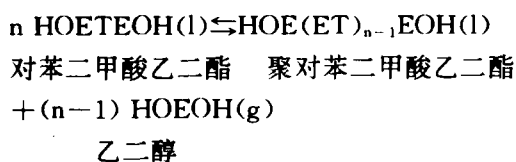
毋俊生 (北京理工大学 化工与材料学院)

摘 要

本文对聚酯生产中的 EG 喷射真空系统的调节过程进行了分析,并提出了一种新的调节方法——提高背压的方法,此法和现行的引入平衡蒸汽法相比,在能量的利用上更加合理,具有较好的节能效果。

一 引 言

聚酯生产过程中重要的环节之一就是在聚合釜中进行的缩聚过程:



因上述反应是可逆反应,故保持聚合釜内较高的真空度,随时将釜内生成的乙二醇(EG)蒸汽抽走,是提高反应转化率的重要因素。实际生产中,用于保持釜内一定的真空度,并不断将 EG 蒸汽抽走的是一个 EG 蒸汽喷射真空系统。由于原料供应或后续工序的制约,聚合釜有时不能处于满负荷运行状态,而又不能让生产线时开时停,所以,就要求聚合釜采取一种满负荷一部分负荷交替运行的操作方式。前已述及,影响反应转化率的主要因素是釜内气相的 EG 蒸汽的压力,采取调节 EG 蒸汽压力即可控制其产量。但具体的调节方法不同时,其效果也有很大的区别。

二 引入平衡蒸汽法

在一级泵的吸入口引入一定量的工作蒸

汽作为平衡蒸汽,以提高釜内的压力,从而将聚合釜的工作状态由满负荷调为部分负荷。

下面结合喷射真空泵的特性曲线,对此法稍加分析:

当聚合釜处于满负荷工作状态时,一级泵的背压为 P_{c1} ,抽吸压力为 P_{s1} ,喷射系数为 U_1^1 ,即图 1 上的 a 点。

这时,引入平衡蒸汽后,喷射系数增大到 U_2^1 ,背压不变,抽吸压力从 P_{s1} 提高到 P_{s2} ,即图 1 上的 b 点。因喷射泵在 a 点工作时,就处于极限工作状态,故在提高流量后,其喷射系数提高到 U_2^1 ,泵此时达到极限真空度 P_{s2} 。

第二、三级泵喷射系数提高,背压亦相应提高,从而经历了一个和一级泵十分类似的调节过程。

此法简单易行,只要在一级泵的入口引

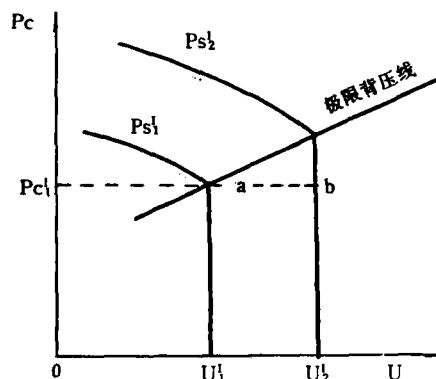


图 1 一级泵操作特性曲线

入适量工作蒸汽作为平衡蒸汽,就可实现将釜内缩聚反应产率降低的目的。但是,此法在能量的利用上不尽合理,因为在调节之后,一级泵所抽吸的气体大部分为引入的平衡蒸汽,而这部分平衡蒸汽的加热、冷凝及输送会消耗相当大的一部分能量。

三 提高出口背压的方法

由喷射真空泵操作特性可知,若适当提高泵的背压,抽吸压力也会相应提高,从而实现降低缩聚反应产率、降低生产负荷的目的。而比较方便的调节方法是适当提高末级泵的背压,逐级影响,最后将一级泵的抽吸压力提高。而要确定末级泵的背压提高量,则必须由一级泵开始依次向上推算。

1. 一级泵的调节

满负荷工作时,泵处于最佳工况点,即图2上的a点。此时,一级泵的抽吸压力为 Ps_1^I ,出口背压为 Pc_1^I ,喷射系数为 U_1^I 。

若调节为半负荷工作状态后,泵的工作点为图上的b点,其抽吸压力为 Ps_2^I ,喷射系数为 $U_2^I=0.5U_1^I$ 。

而此时出口背压提高到 Pc_2^I ,其具体数值可由特性曲线方程式 $Pc=f(U, Ps)$ 而求出。

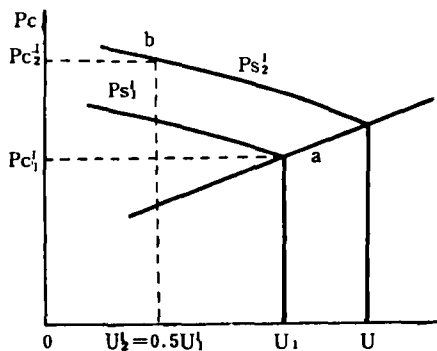


图2 一级泵的调节过程示意图

2. 二级泵的调节

二级泵在调节前处于图3上的a点工

作,其背压为 Pc_1^{II} ,抽吸压力为 Ps_1^{II} ,喷射系数为 U_1^{II} 。

调节后,因二级泵的抽吸压力等于一级泵的出口背压,即: $Ps_2^{II}=Pc_1^I$ 。

而二级泵的喷射系数在调节前后认为近似不变(因为虽然一级泵调节后的喷射系数降低了一倍,但因其喷射系数本来就很低,故其出口蒸汽以工作蒸汽为主,调节前后的流量改变不大,即二级泵的抽吸流量改变不大,故其喷射系数基本不变),即: $U_2^{II}=U_1^{II}$ 。

这时,泵的工作点为图上b点,对应的背压 Pc_2^{II} 可由特性曲线方程 $Pc=f(U, Ps)$ 求出。

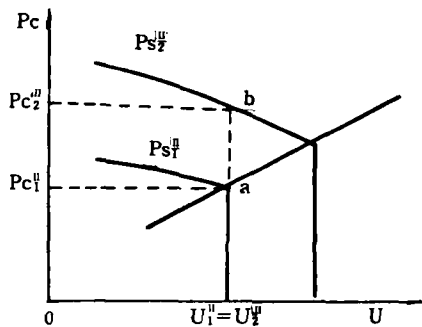


图3 二级泵的调节过程示意图

3. 二级以后各级泵的调节

以后的各级泵的调节过程与二级泵基本相同,即喷射系数基本保持不变,其抽吸压力可由前一级泵的出口背压来确定,这样,调节后的出口背压同样可由特性曲线方程式 $Pc=f(U, Ps)$ 而求出。

因此,只要将末级泵的出口背压由原来的 Pc_1 提高到 Pc_2 ,通过逐级传递,最终会使一级泵的抽吸压力由原来的 Ps_1^I 提高到 Ps_2^I ,从而实现将聚合釜的工作负荷降低的目的。

四 调节计算与比较

1. 引入平衡蒸汽法

引入平衡蒸汽后,假设抽吸压力由 Ps_1^I 提高到 Ps_2^I ,此时一级泵仍处于极限工作状态,故此时相应的喷射系数可由极限状态方

程式求出:

$$U_{\alpha} = \frac{K_s}{K_p} \cdot \frac{\prod_{s=1}^*}{\prod_{p=1}^*} \cdot \frac{a_p^*}{a_s^*} \cdot \frac{P_s}{P_p} \left(\mu \frac{f_3}{f_p^*} - \frac{f_{p1}}{f_p^*} \right)$$

引入的平衡蒸汽的流量 G_b 可由下式求出:

$$G_b = U_{CR} G_p - 0.5 U G_p$$

即为了实现半负荷的工作状态,需额外多消耗 $G_b \text{ kg/h}$ 的平衡蒸汽。

2. 提高出口背压的方法

依上节提出的方法对各级泵的调节的具体推算过程如下:

a. 一级泵

调节后的抽吸压力 $P_{s2}^I = 2P_{s1}^I$

调节后的喷射系数 $U_2^I = 0.5U_1^I$

b. 二级泵

因 $P_{s2}^{II} = P_{c2}^I$ $U_2^{II} = U_1^{II}$

同理可求出其背压为 P_{c2}^{II} 。

c. 三级泵

同上, $P_{s2}^{III} = P_{c2}^{II}$ $U_2^{III} = U_1^{III}$

则其出口背压为 P_{c2}^{III} 。

五 讨 论

通过以上讨论可知,虽然这两种方法都可完成工艺要求的工况调节过程,但从能量利用的角度来评价,其效果是不同的。

本文提出的提高背压的方法不需要引入额外的平衡蒸汽,只需在末级泵的出口适当提高背压即可,因此,在能量的利用上是合理的。而引入平衡蒸汽的方法中,需要在一级泵的吸入口引入相当量的工作蒸汽作为平衡蒸汽,使生产成本明显提高,经济效益下降。对于较大规模的生产过程,探索合理的调节方法,其意义是不言而喻的。

文中符号说明:

| | |
|--------------|--------------|
| P——压力 Pa | U——喷射系数 |
| K——绝热指数 | Π ——相对压力 |
| a——音速 M/S | f——截面积 M^2 |
| μ ——设计参数 | G——质量流量 kg/h |
| 下标: | 上标: |
| s——抽吸气体 | I——一级泵 |
| p——工作气体 | II——二级泵 |
| c——混合气体 | III——三级泵 |
| b——平衡气体 | * |
| | ——临界状态 |

参 考 文 献

- [1]. 索科洛夫 E. Я., 津格尔 H. M. (苏) 喷射器 (黄秋云 译) 科学出版社 1977
- [2]. 王宇志 水蒸汽喷射真空泵应用现状及其发展前景 石油化工设备 Vol23, 1994(4) 47~51
- [3]. John D. ., Anderson, Jr. Modern Compressible Flow. McGraw Hill Inc. New York 1982
- [4]. 毋俊生等, 蒸汽喷射真空泵的计算机辅助设计 北京理工大学学报 1996.2 Vol 16 211~214

ADJUSTMENT AND ENERGY SAVING OF VACCUM SYSTEM IN PET PRODUCTION

Li Ruibo

(The Chemical Engineering Dept. of Chengde Petroleum Industry College)

Wu Junsheng

(Faculty of Chemical Engineering and Materials, Beijing University of Science and Technology)

Abstract

The adjustment course of EG injection vacuum system in PET production is analysed and a new adjusting method—increase of back pressure—is presented in this paper, comparing with current method of introducing balance steam, which is more reasonable in energy utilization and has better effect of energy saving