

# 丁二烯精馏塔过程控制系统优化

王蕊

(唐山学院, 河北 唐山 063020)

**摘要:**采用前馈、串级、均匀控制等复杂控制回路,对某丁二烯精馏塔过程控制系统进行优化,克服了原 PID 控制方案的不足,提高了装置的自动化水平,在降低能耗、减少溶剂消耗、加强装置高负荷下的运行周期及提高装置盈利能力方面有重要的实用价值。

**关键词:**精馏塔;丁二烯;过程控制;前馈控制;串级控制;均匀控制

中图分类号:TQ051.81;TQ028.13

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2008)05-0064-03

## Process control system optimization of butadiene distillation column

WANG Rui

(Tangshan College, Tangshan 063020, China)

**Abstract:** The process control system of butadiene distillation column is optimized with a complicated control loop system which include a front feedback control, a series step control and a uniformity control. the disadvantages which exist in the conventional control system have got to be overcome, the automatization level of the device is improved. It has important practical value for reduction of energy consumption and reduction of solvent consumption, and it can prolong the running period of the device under high load, and it's helpful to enhance the economic benefits for the corporation.

**Key words:** distillation column; butadiene; process control; front feedback control; series step control; uniformity control

1,3-丁二烯是一种重要的石油化工基础有机原料和合成橡胶单体,在石油化工烯烃原料中的地位仅次于乙烯和丙烯。近几年来我国丁二烯消费增速较快,市场供不应求,使得丁二烯的价格逐步上扬,为节能降耗、提高产量,除对工艺流程等进行优化外,还必须对控制系统进行优化,以保证生产装置在高负荷下稳定运行来提高装置的经济效益。某丁二烯生产装置原控制方案全由简单的 PID 回路构成,有些操作由人工完成,自动化程度低,造成了操作人员工作强度大,很多情况下生产依赖于操作人员的经验、水平和责任心,这些因素的存在也使得生产常常变得不稳定。本文针对该问题提出了对 PID 控制回路的改进方案,对某些控制点采用复杂控制回路,如均匀控制、前馈控制、串级控制等,为装置减少投入、提高产出、控制产品质量、安全运行及装置的长周期运行打下了基础,提高了装置自动化水平。

## 1 控制要求及干扰因素

为了保证精馏生产工序安全、高效持续进行,改造生产工艺提出如下控制要求:

(1)保证产品质量。以塔顶产品的纯度作为质

量参数进行控制,构建质量控制系统。

(2)保证平稳生产。首先要使精馏塔的进料参数保持稳定;其次为了维持塔的物料平衡,要控制塔顶和塔底产品采出量,使其和等于进料量;再次塔内的储液量应保持在限定的范围内;最后要控制塔内压力稳定。

(3)满足约束条件。系统必须满足一些参数的极限值所限定的约束条件,如塔内气体流速的上下限、塔内压力极限值等。

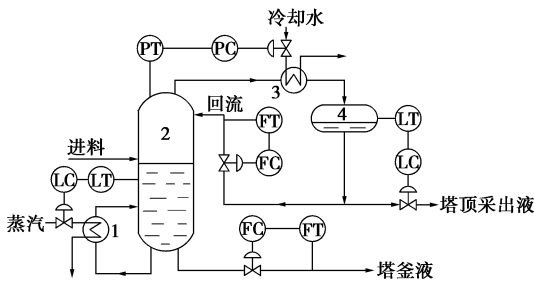
(4)节能要求及经济性。主要是再沸器的加热量和冷凝器的冷却能量消耗。

影响产品质量指标和平稳生产的主要干扰因素有:①进料流量( $F$ )的波动;②进料成分( $Z_F$ )的变化;③进料温度( $T_F$ )和进料热焐值( $Q_F$ )的变化;④再沸器加热剂输入热量的变化;⑤冷却剂在冷凝器内吸收热量的变化;⑥环境温度的变化。

## 2 系统原控制方案

该丁二烯精馏塔原控制方案完全由简单的 PID 控制回路构成,其控制简图如图 1 所示:塔顶采出由回流罐液位控制,塔釜液位通过再沸器的加入蒸汽

量控制,塔顶回流及塔底采出用单回路流量定值给定控制,而塔顶压力由通过冷凝器的冷却水量控制。在原有的控制系统条件下,为了保证塔顶产品质量的合格,往往通过人工调整回流及塔釜采出控制回路的给定值,加大回流采出量。回流量的增加必然增加能耗,塔釜采出量的提高则降低了产品回收率,造成资源的浪费;此外,原有的控制系统自动化程度低、操作人员工作强度大、生产稳定性差,难以适应高负荷下的稳定运行<sup>[1]</sup>。



1—再沸器;2—精馏塔;3—冷凝器;4—回流罐

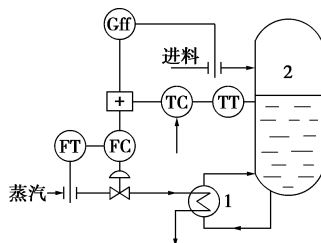
图1 精馏塔原控制方案

### 3 系统优化控制方案

根据控制要求和可能出现干扰的因素,并针对原控制系统的不足,提出以下优化方案。

#### 3.1 塔釜温度控制的优化

精馏塔塔釜温度是产品成分的间接质量指标,要求温度检测点在系统受到干扰时温度变化灵敏,因此塔内测温点设置在灵敏板上,通过控制再沸器蒸汽流量来实现温度的稳定。为抑制进料流量的扰动带来的影响,可设置前馈-反馈控制系统,这种方式对调节阀的要求很高,否则就不能精确实现前馈算法,因此采用前馈-串级控制系统,可降低对调节阀的要求,塔釜温度控制系统结构如图2所示。



1—再沸器;2—精馏塔

图2 精馏塔前馈-串级控制系统

前馈控制器构建如下:

根据前馈控制器的数学模型  $G_{ff}(s) = -\frac{G_{PD}(s)}{G_{PC}(s)}$ ,

又控制通道和干扰通道的传递函数可分别表示为

$$G_{PC}(s) = \frac{K_1}{T_1s + 1} e^{-\tau_1s}, G_{PD}(s) = \frac{K_2}{T_2s + 1} e^{-\tau_2s},$$

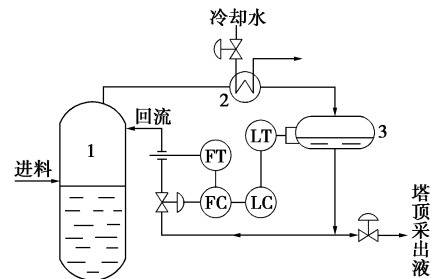
因此,  $G_{ff}(s)$  的表示形式为  $G_{ff}(s) = -K_{ff} \frac{T_1s + 1}{T_2s + 1} e^{-\tau s}$ ,

式中,  $K_{ff} = \frac{K_2}{K_1}$ ,  $\tau = \tau_2 - \tau_1$ 。

前馈控制投运一般采用前馈与反馈系统分别投运,各自确定参数,然后组合起来。调整前馈控制时,反馈控制不介入,需先调整  $K_{ff}$ ,  $K_{ff}$  整定成功后,再引入  $T_1$  与  $T_2$ 。利用计算机控制系统中相应的软件模块,用组态方法很容易实现<sup>[2-3]</sup>。

#### 3.2 塔顶回流量控制的优化

为保证精馏塔物料平衡,使其平稳运行,要控制塔顶和塔底采出量,对塔顶采出用回流量来控制,构成回流罐液位-回流量串级控制系统,控制结构图如图3所示。



1—精馏塔;2—冷凝器;3—回流罐

图3 精馏塔液位-流量串级控制系统

串级控制方案是一种易于实现且效果较好的控制方法,具有单回路控制系统的全部功能,而且还具有自己独特的优点,主要从以下几方面提高了控制质量:①改善了对象特性。与单回路控制系统相比,在相同衰减比的条件下,串级系统的工作频率要高于单回路系统,系统工作频率提高,操作周期缩短,过渡过程时间相对缩短。②系统抗干扰能力增强。串级控制对副环干扰有两级控制措施,即使干扰作用于主环,但由于系统工作频率提高了,比单回路的控制也要及时。③系统具有一定的自适应能力。等效副对象的放大倍数为  $K'_{O2} = \frac{K_{C2} K_V K_{O2}}{1 + K_{C2} K_V K_{O2} K_{m2}}$ ,如果  $K_{C2}$  整定的足够大,副环前向通道的放大倍数将远大于1,则  $K'_{O2} \approx \frac{1}{K_{m2}}$ ,等效副对象的放大倍数与副对象本身放大倍数无关,仅与副回路测量变送元件的放大倍数有关,若副对象  $K_{O2}$  由于某些因素产生了一定的非线性,等效副对象的放大倍数不会受到影响,即具有了自适应的能力<sup>[4]</sup>。

### 3.3 塔釜采出量控制的优化

丁二烯第一精馏塔和第二精馏塔是物料连续的过程,第一塔的出料为第二塔的进料,工艺要求第一塔的液位稳定在一定的范围内,第二塔的进料量也必须平稳,如果设置 2 个单回路控制系统进行控制,2 个控制系统将会发生矛盾,解决这个矛盾的有效办法就是采用均匀控制系统。简单均匀控制系统只适用于干扰较小、对流量均匀程度要求不高的场合,为提高控制效果,采用液位-流量串级均匀控制系统,塔釜采出量控制结构图如图 4 所示。要达到均匀控制的目的,主、副控制器中都不应有微分作用,液位控制器选择 PI 控制作用,流量控制器选择比例控制作用,整定控制器参数时注意控制作用要弱。

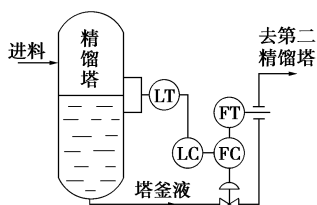


图 4 精馏塔串级均匀控制系统

串级均匀控制系统既可使第一塔的液位保持在允许的范围之内,又可使第二塔进料保持平稳,维持了丁二烯生产前后工序的协调,保证了设备稳定运行。

## 4 结语

在丁二烯精馏塔原控制系统的基础上,合理选用复杂控制回路,对工艺要求的关键测点,引入了前馈-串级控制系统、串级控制系统、串级均匀控制系统几种控制方式,优化了系统控制方案,对降低装置

的能耗、减少溶剂的消耗起到有益的作用,它不仅提高了装置的自动化水平,而且可加强装置在高负荷下的运行周期,提高装置的盈利能力,有很高的实用价值。

### 符号说明

- $G_{ff}(s)$ :前馈控制器传递函数  
 $G_{PD}(s)$ :干扰通道传递函数  
 $G_{PC}(s)$ :控制通道传递函数  
 $K_1$ :控制通道放大倍数  
 $T_1$ :控制通道时间常数(s)  
 $\tau_1$ :控制通道纯滞后时间(s)  
 $K_2$ :干扰通道放大倍数  
 $T_2$ :干扰通道时间常数(s)  
 $\tau_2$ :干扰通道纯滞后时间(s)  
 $K_{ff}$ :前馈控制器静态增益  
 $\tau$ :前馈控制器纯滞后时间(s)  
 $K'_{O2}$ :等效副对象放大倍数  
 $K_{C2}$ :副调节器比例放大系数  
 $K_V$ :调节阀放大倍数  
 $K_{O2}$ :副对象放大倍数  
 $K_{m2}$ :副变送器放大倍数

### 参考文献

- [1] 宋小军.优化丁二烯装置,提高装置经济效益[J].化学工程师,2006,124(1):51-54.
- [2] 王再英,刘淮霞,陈毅静.过程控制系统与仪表[M].北京:机械工业出版社,2006.
- [3] 黄金勇.丁二烯装置第二精馏塔技术改造[J].化学工业与工程技术,2005,26(5):39-41.
- [4] 徐兵.过程控制[M].北京:机械工业出版社,2004. ■

## 创新,服务中国

——霍尼韦尔过程控制部媒体见面会

2008年4月3日,霍尼韦尔在北京举行了一年一度的媒体见面会,此次媒体见面会主题为“创新,服务中国”。霍尼韦尔过程控制部中国区董事总经理刘安先生对霍尼韦尔过程控制部在中国的业务概况向媒体进行了介绍。

刘安先生主要回顾了霍尼韦尔过程控制部2007年在中国市场取得的一些主要成绩,其中包括在华设立首个全球工程服务中心——霍尼韦尔(中国)高科技有限公司,该公司致力于服务本地和国际客户并向霍尼韦尔韩国和日本提供系统工程服务。此外,霍尼韦尔在2007年度同样赢得了众多关乎我国工业民生的重大项目,包括为我国最大的硬纸板生产商玖龙纸业提供过程及质量控制系统,为中国最大的整装海相气田普光气田实施自动化控制解决方案等。

霍尼韦尔持续推出领先技术以及制造业解决方案来帮助全球工业用户应对挑战,解决难题。创新是霍尼韦尔不变的主题。霍尼韦尔过程控制部致力于推动中国经济的高速发展,面对并应付诸如环境、能源等关系国计民生的问题。作为霍尼韦尔自动化控制集团的重要组成部分,霍尼韦尔过程控制部更是利用自身先进的技术以及丰富的工业

行业经验,将其新一代过程知识系统、高技术解决方案、全生命周期服务等诸多应用和服务推广于中国众多工业行业领域,帮助客户提升安全性、稳定性和效率。

刘安先生表示:“2007年是霍尼韦尔过程控制部稳步发展、锐意进取的一年,我们进行了一系列资源整合和调整,建立了新的工程服务中心以及大力推广以 Experion<sup>®</sup> PKS 过程知识系统平台的诸多解决方案在关键行业中的应用,同时创新性的推出了 OneWireless<sup>™</sup> 无线解决方案,通过扩展产品与解决方案组合,加强对客户系统全生命周期管理服务与支持等一系列措施,使我们的业务在2007年实现了同比两位数以上的增长”。

2008年是霍尼韦尔继往开来的一年,霍尼韦尔将继续通过创新的思维,创新的产品和解决方案,创新的服务模式与理念来与中国客户一同成长。霍尼韦尔过程控制部在新的一年里,将在以往的基础上,大力推行以 I-MAC(集成总自动化承包商)的合作方式,同时继续推广其领先的 Experion<sup>®</sup> PKS 过程知识系统以及 OneWireless<sup>™</sup> 无线解决方案,力争为中国客户带来最有价值的回报。(张鹏)