

# 19 万 t/a 醋酸乙烯精馏装置的技术改造

陈华茂<sup>1,2</sup> 刘永忠<sup>1</sup> 付武华<sup>2</sup>

(1. 西安交通大学环境与化学工程学院, 陕西 西安 710049; 2. 中国石化集团四川维尼纶厂, 重庆 401254)

**摘要:**应用计算机模拟了进料热状况对醋酸乙烯精馏系统的影响,并计算了不同回流比下的塔板数、能耗、冷却负荷等参数值,通过改变进料热状况消除塔内恒浓区,优选出最佳精馏方案,即进料气化率 20%、回流比为 2、理论板数为 63。应用复合斜孔塔板代替筛板塔板,对醋酸乙烯精馏塔进行了技术改造。改造后装置生产能力提高至 19 万 t/a,节能 20%,产品质量稳定,醋酸乙烯精馏塔运行周期延长至 4 年。

**关键词:**复合斜孔塔板;醋酸乙烯;精馏塔;恒浓区

中图分类号:TQ051.81

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2004)12-0045-03

## Technical transformation of 190 kt/a vinyl acetate distillation unit

CHEN Hua-mao<sup>1,2</sup>, LIU Yong-zhong<sup>1</sup>, FU Wu-hua<sup>2</sup>

(1. School of Environmental and Chemical Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China;

2. SINOPEC Sichuan Vinyon Works, Chongqing 401254, China)

**Abstract:** The influence of the feed heat state on the distillation system, and the number of trays, the energy consumption and condenser charge under different reflux ratio were simulated and calculated. After the feed heat state was changed, the concentration-constant zone in the distillation tower was eliminated, and the optimized distillation strategy was selected: 20% of feed gasification rate, 2 of reflux ratio and 63 of theoretical tray number. The vinyl acetate distillation column was modified by using the complex slant-hole tray in stead of sieve plate tray, the unit capacity was increased to 190 kt/a, and the energy consumption was decreased by 20%, the quality of the vinyl acetate product was stable, and the running periods of the vinyl acetate distillation column was prolonged to 4 years.

**Key words:** complex slant-hole tray; vinyl acetate; distillation column; concentration-constant zone

在醋酸乙烯(VAc)生产中,醋酸乙烯精馏塔主要进行 VAc 与醋酸(HAc)及其他轻组分(如乙醛、丙酮、水等)的分离。中国石化集团四川维尼纶厂醋酸乙烯精馏塔原设计为孔径 3 mm 的筛板塔,由于 VAc 易聚合生成聚醋酸乙烯等黏性物质,在生产过程中常出现堵塔、液泛等现象,该塔的运行效果直接影响到装置的长周期运行和 VAc 产品质量。2002 年,四川维尼纶厂采用惠生(上海)化工工程有限公司复合斜孔塔板代替原筛板塔板,配合其他配套技术改造,将醋酸乙烯精馏系统生产能力由 9 万 t/a 提高至 19 万 t/a,并成功地解决了精馏塔板易堵塞的难题,延长了该系统的运行周期,同时实现了工艺节能和简化,满足了生产需要。

## 1 VAc 精馏工艺的计算机模拟与优化设计

### 1.1 原料特点及工艺要求

由天然气乙炔路线生产的粗醋酸乙烯经脱气、粗馏等系统除去溶解乙炔气及大部分乙醛、丙酮、水

等轻组分后作为醋酸乙烯精馏塔的进料,精馏提纯后得到精醋酸乙烯,进料及产品组成见表 1。

表 1 进料及产品组成

|                     | 进料     | 产品      |
|---------------------|--------|---------|
| 质量分数/%              |        |         |
| HAc                 | 59.170 | ≤0.0040 |
| VAc                 | 40.150 | ≥99.90  |
| CH <sub>3</sub> CHO | 0.008  | ≤0.0040 |
| 丁烯醛                 | 0.018  | ≤0.0005 |
| H <sub>2</sub> O    | 0.006  | ≤0.0400 |
| 其他组分                | 0.648  | ≤0.0515 |

由于醋酸乙烯的聚合特性,醋酸乙烯精馏塔进料板附近易因 VAc 聚合物堵塞塔板,使塔压升高,从而使精馏塔运行状况恶化,塔釜残液中醋酸乙烯含量高,严重影响该系统长周期稳定运行。

### 1.2 精馏塔工况的计算机模拟

针对醋酸乙烯精馏塔易因 VAc 聚合物堵塞,且堵塞多位于进料板附近数块板的问题,四川维尼纶厂与四川大学合作,对 9 万 t/a VAc 精馏塔工况进

收稿日期:2004-09-02

作者简介:陈华茂(1974-),男,硕士生,工程师,主要从事醋酸乙烯生产技术管理工作,13883817806, chen\_huamao@yahoo.com.cn;刘永忠(1968-),博士,副教授,主要研究方向为化工分离工程和化工过程的数学模拟。

行计算机模拟。将模拟结果与现场取样分析对照,结果基本吻合。对精馏塔工况的模拟结果见图1。

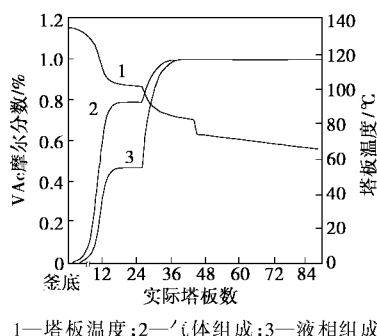


图1 冷液进料下计算机模拟参数图

通过对满负荷冷液进料(96℃)工况的计算机模拟发现,在进料板自下而上18~26块塔板之间VAc浓度几乎没有变化。在该进料状态下,塔内上升蒸汽部分冷凝,使提馏段液相负荷过大,而上升蒸汽量偏小,造成回流比 $R$ 偏小。对满负荷冷液进料下运行时回流比 $R$ 与最小回流比 $R_{\min}$ 的计算表明, $R$ 与 $R_{\min}$ 接近,故在进料板附近存在恒浓区,进而使VAc在塔内停留时间延长,VAc自聚生成聚合物堵塞塔板。为消除这个问题,应降低提馏段液相负荷,消除恒浓区。图2是进料气化率为15%时的计算机模拟参数图。

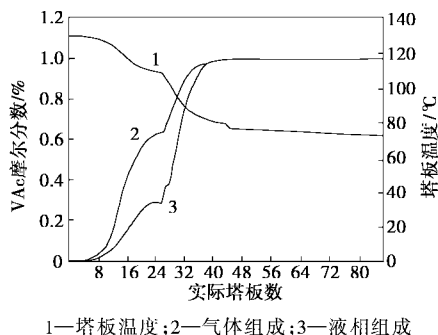


图2 进料气化率为15%的计算机模拟参数图

由图2可知,提高进料气化率,能有效消除恒浓区。2001年,对精馏塔进料增设换热器,以提高进料温度至部分气化(15%),并将灵敏板改至第19块板,灵敏温度控制在107~112℃,使提馏段液相负荷减轻,上升蒸汽量增加, $R/R_{\min}$ 比值提高,全塔的温度、浓度分布更趋合理,对减少VAc聚合非常有利。

提高进料气化率后,恒浓区消除,塔况明显好转,但并不能完全解决VAc聚合物堵塞塔板问题。因此,最好的办法是选择一种不易堵塞的适用于易聚合物系的塔板。

### 1.3 精馏方案的选择与优化

在冷液进料下高负荷运行时,由于提馏段冷凝

负荷过大,在进料板附近形成恒浓区,不利于组分分离,且在此区域易造成塔板堵塞。提高进料温度,采用部分气化进料,可有效消除恒浓区。因此,对新醋酸乙烯精馏塔的理论计算和计算机模拟采用部分气化进料(气化率20%),根据技术改造扩能要求,进料量为65 t/h。

#### 1.3.1 最小回流比 $R_{\min}$ 和最小理论板数 $N_{\min}$ 的计算

醋酸乙烯精馏为清晰分割。 $R_{\min}$ 和 $N_{\min}$ 采用HAc和VAc这2个关键组分进行简化计算。经计算,平均相对挥发度为4.448,在进料气化率为20%、液化率 $q=0.8$ 时, $R_{\min}=0.9$ 。由芬斯克(Fenske)公式代数计算得到最小理论板数 $N_{\min}=41.5$ 。

#### 1.3.2 不同回流比下的能耗和理论板数

对VAc精馏分别取回流比 $R=0.92$ 和 $R=1.0\sim 2.5$ 等多种方案,在满足分离要求的前提下,对精馏塔进行计算机模拟计算和设计,计算出各种方案下的塔板数、能耗、冷却负荷以及逐板温度、压力、组成等,并将回流比与理论板数( $R-N$ )、能耗( $R-Q_R$ )、冷凝负荷( $R-Q_C$ )的关系分别示于图3。

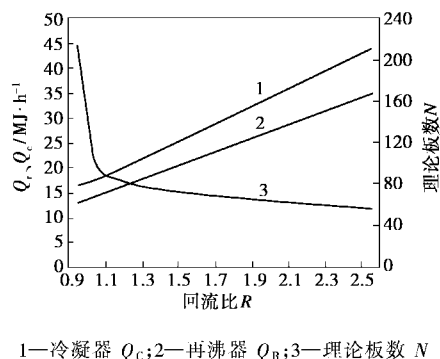


图3 不同回流比下的能耗及理论板数

#### 1.3.3 方案选择

根据上述理论计算以及惠生(上海)化工工程有限公司进行的醋酸乙烯精馏塔水力学计算结果,综合考虑复合斜孔塔板效率、塔高、塔径等多种因素,选定进料气化率20%,回流比 $R=2$ ,理论板数为63,塔板型式为复合斜孔塔板。

## 2 复合斜孔塔板在醋酸乙烯精馏塔中的应用

### 2.1 复合斜孔塔板的特点

复合斜孔塔板的结构见图4。

复合斜孔塔板是将斜孔塔板的气相通道——斜孔的排列方向做一定的调整,使板上气相对液相流动产生一定的推动作用,缩短液相在板上的停留时间,使板上液层厚度降低,板压降减小,从而达到增



图 4 复合斜孔塔板结构

加液相处理能力的目的。试验表明,该塔板的板上液层厚度低、塔板压力降小、雾沫夹带量少,尤其适用于大液相负荷工况。复合斜孔塔板的主要特点有:①处理能力更大;②塔板阻力更低;③保持了较高的板效率;④结构简单,造价低;⑤结构适用于易堵易自聚体系;⑥塔板水平度要求高。

## 2.2 复合斜孔塔板在醋酸乙烯精馏塔中的应用

对醋酸乙烯精馏塔采用复合斜孔塔板,有效解决了因醋酸乙烯聚合堵塞塔板的难题。2002 年 11 月,新醋酸乙烯精馏塔一次试车成功,开车 6 h 后产品达到优等品,并且将新塔生产能力提高至 19 万 t/a。由于板效率高,故液相回流量相对减少,塔压降由原来的 0.052 MPa 降至 0.045 MPa,塔的操作更加平稳。塔釜 VAc 质量分数由原来的 0.05% 降至 0.01% 以下,提高了 VAc 回收率。由于复合斜孔使板上气相具有推动液相在塔板上均匀稳定流动的作用,故物料在板上停留时间缩短,并使塔板具有自清洁能力。装置运行 2 年后塔板依然光亮如新,彻底解决了含有聚醋酸乙烯高黏度物料堵塔的难题。由于斜孔塔板的良好性能,新醋酸乙烯精馏塔自开车以来从未发生过堵塔、液泛、雾沫夹带等异常现象。改造前后的具体指标见表 2。

表 2 改造前后的技术指标对比

|                       | 改造前     | 改造后   |
|-----------------------|---------|-------|
| 投料量/t·h <sup>-1</sup> | 35      | 65    |
| 塔釜残液 VAc 质量分数/%       | 0.05    | <0.01 |
| 产品质量                  | 优等品或合格品 | 优等品   |
| 运行稳定性                 | 不稳定     | 稳定    |
| 运行周期/a                | 0.7~1.2 | 4.0   |
| 塔压降/MPa               | 0.052   | 0.045 |
| 抗堵性                   | 不好      | 很好    |

## 3 技术经济分析

从以下几个方面进行技术经济分析:

(1)节能。由于复合斜孔塔板效率高,比 2 套原精馏系统节能 20%,可节约低压蒸汽 1.8 万 t/a,低压蒸汽按 42.6 元/t 计算,可节约 76.68 万元/a。

(2)节水。技术改造后可节约 33℃ 冷却水 120 万 t/a,冷却水按 0.1 元/t 计算,可节约 12 万元/a。

(3)减少塔釜残液中 VAc 质量分数。精馏塔釜残液中 VAc 质量分数由 0.05% 降低至 0.01% 以下,每年可多回收 VAc 124.8 t,VAc 市场价按 9 000 元/t 计算,可节约 112.32 万元/a。

(4)节省维修费用。由于醋酸乙烯精馏塔运行周期延长至 3~4 年,而原精馏系统每年拆塔检修一次,每次检修费用 30 万元,新精馏塔按 3 年检修一次计,平均每年可节约维修费用 20 万元。

(5)综合经济效益。由于复合斜孔塔板的使用,使精馏塔运行稳定,产品质量提高,为提高后续聚乙烯醇(PVA)产品质量奠定了基础,并为 VAc 产品直接外销提供保证;消除了化工主线的生产瓶颈,生产能力翻番,提高了企业的综合竞争力,每年可创综合经济效益 160 万元。

## 4 结论

(1)通过对醋酸乙烯精馏工艺进行计算机模拟和优化设计计算,确定进料气化率 20%,回流比为 2,理论板数为 63,灵敏温度控制在 107~112℃,消除了进料板附近的恒浓区,使醋酸乙烯精馏塔内组分、温度和气液相流量分布合理,减少塔釜残液中醋酸乙烯的含量。

(2)将醋酸乙烯精馏塔采用复合斜孔塔板,提高了精馏塔运行的稳定性,便于工艺控制,醋酸乙烯精馏系统生产能力由 9 万 t/a 提高至 19 万 t/a。

(3)通过改善板上气液接触,提高了板效率,复合斜孔塔板具有自清洁能力,适用于易堵易聚合物系。醋酸乙烯精馏塔采用复合斜孔塔板,成功地解决了塔板易堵塞的难题,延长了系统的运行周期。

(4)通过技术改造,每年由扩产、节能降耗所带来的经济效益为 382 万元,2 年即可收回全部设备改造费用,在技术经济上是十分合理的。■

## 更正启事

本刊 2004 年增刊第 141~143 页《超声强化超临界流体萃取海藻脱氢乙酸的研究》一文,题名因校对失职而出错,应为《超声强化超临界流体萃取海藻二十二碳六烯酸的研究》,文中第一段“脱氢乙酸(DHA)”有误,应为“二十二碳六烯酸(DHA)”,特此声明更正,并向对该文作者和读者表示诚挚的歉意。

《现代化工》编辑部