

# 高效导向筛板在 26 万 t/a 聚氯乙烯 低沸精馏塔中的应用

皮 耀<sup>1</sup>, 王宝华<sup>2</sup>, 李群生<sup>1</sup>, 张泽廷<sup>1</sup>

(1. 北京化工大学化学工程学院, 北京 100029; 2. 北京中医药大学药学院, 北京 100029)

**摘要:**基于 26 万 t/a 聚氯乙烯低沸塔板分离能力低下, 介绍了大通量导向筛板在聚氯乙烯低沸精馏塔技术改造中的应用, 分析了其结构特点, 研究了该筛板操作性能。用化工过程模拟软件对改造方案进行了计算机模拟与优化, 在优化方案的基础上对设备进行了改造。结果表明, 大通量导向筛板和原传统塔板相比, 生产能力、分离效率均有明显提高, 而能耗显著降低。

**关键词:**精馏; 聚氯乙烯; 导向筛板; 低沸精馏塔

中图分类号: TQ205

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2006)S1-0295-03

## Application of high efficient flow-guided sieve tray in low boiling distillation of PVC plant

PI Yao<sup>1</sup>, WANG Bao-hua<sup>2</sup>, LI Qun-sheng<sup>1</sup>, ZHANG Ze-ting<sup>1</sup>

(1. School of Chemical Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China;

2. Beijing University of Chinese Medicine and Pharmacology, Beijing 100029, China)

**Abstract:** Considering the poor separative ability of low boiling distillation in a PVC plant which has a production capacity of 260 kt/a. The application of high efficient flow-guided sieve tray in the innovation of poly-chlorethylene distillation column was introduced, and its machinery characteristic was analyzed. Its operational performance was studied too. The advanced simulative software was used to optimize and simulate the innovation project. The result indicated that the application performance of high efficient flow-guided sieve tray was far better than the former conventional tray. After the innovation, the process capacity rose to nearly twice as the predecessor's capacity, with the efficiency evidently improved, and the energy consuming decreased enormously.

**Key words:** distillation; poly-chlorethylene; flow-guided sieve tray; low boiling distillation

在聚氯乙烯生产过程中, 精馏工段主要对中间产品进行分离、提纯。某厂年产聚氯乙烯 26 万 t, 其高沸塔和低沸塔将主产物氯乙烯与副产物二氯乙烷和乙炔等进行分离, 将副产物从系统中除去。该生产工艺为: 原料首先进入低沸塔, 在塔顶得到乙炔, 在塔釜则得到氯乙烯和二氯乙烷, 再将塔釜得到的二氯乙烷和氯乙烯加入高沸塔, 待进一步分离后, 在塔顶得到较纯净的氯乙烯, 副产物二氯乙烷则主要聚集在塔釜。

该厂低沸塔原设计采用传统塔板, 塔径为 600 mm, 塔板 42 块。由于分离能力低, 该塔塔顶、塔釜产品长期不能达到设计指标, 随乙炔排放的氯乙烯含量严重超标, 增加了原料消耗; 同时由于塔釜得到的氯乙烯和二氯乙烷中含有少量乙炔, 致使其通过

高沸塔进一步分离后得到的氯乙烯中也含有少量乙炔, 在氯乙烯聚合釜内, 乙炔通过副反应生成多种有害杂质, 严重影响了最终产品聚氯乙烯的质量。因此必须对该塔重新进行设计, 提出合理的技改方案, 使其达到设计分离指标; 同时也将提高精馏塔的生产能力, 扩大产量, 打通该塔生产中的“瓶颈”。

### 1 精馏工艺的计算机模拟与优化设计

26 万 t/a 聚氯乙烯高、低沸塔的原料组成为: 氯乙烯体积分数 99.50%; 重关键组分以 1, 1-二氯乙烷体积分数计为 0.40% (其中包括反式 1, 2-二氯乙烷、1, 2-二氯乙烷和乙醛等物质); 轻关键组分以乙炔体积分数计为 0.10% (包括氯甲烷、甲烷、乙烷、丙烷、丁烷等物质)。其中氯乙烯为易自聚物, 原塔

收稿日期: 2005-11-11; 修回日期: 2006-03-17

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (No. 20476005); 中国石化股份有限公司资助项目 (No. X501021)

作者简介: 皮耀 (1981-), 男, 硕士生; 李群生 (1963-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事传质与分离工程领域的研究, 010-64449695, liqunsheng@263.net。

采用浮阀塔板时,在加料板附近及塔釜上面的几块塔板上常发生自聚现象,致使生产经常中途停车处理,影响了生产能力,增大了消耗,技术改造应尽量克服这一缺点。

### 1.1 精馏方案的计算机模拟

26 万 t/a 聚氯乙烯低沸塔原塔操作回流比( $R$ )为 0.60 左右,根据现代精馏设计注重节能和提高产品质量、降低残液含量(从而减少物料损失,降低消耗)的要求,对原塔的精馏工艺,分别取  $R = 1.00$ 、0.75、0.50、0.25 这几种方案,在满足设计分离要求的条件下,采用计算机模拟设计,详细计算出各方案条件下的塔板数、能耗、冷却负荷以及逐板的温度、压力和组成等,并将回流比与塔板数( $R - N$ )、回流比与能耗( $R - Q_R$ )、回流比与冷却负荷( $R - Q_C$ )的关系,分别示于图 1 至图 3。

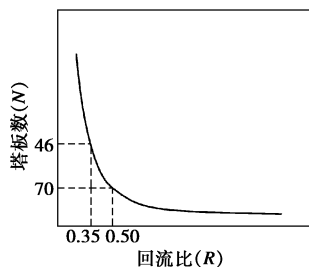


图 1 回流比与塔板数的关系

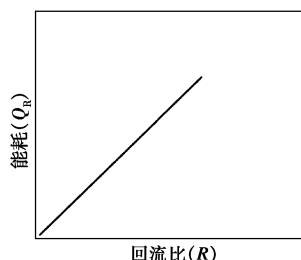


图 2 回流比与能耗的关系

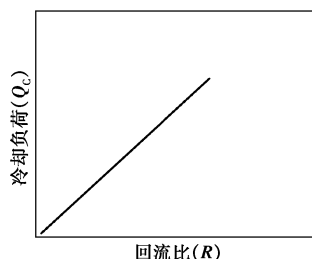


图 3 回流比与冷却负荷的关系

### 1.2 精馏方案的优化与选择

从图 1 至图 3 中可以看出:当  $R = 0.35$ 、 $N = 46$  时, $R$  再增大, $N$  减少已不太明显;而当  $R$  低于 0.50 时, $N$  会急剧增加。通过对设计方案详细计算,确

定采用  $R = 0.35$ 、 $N = 46$  的优化方案。这时设备投资不太高( $N$  较小), $R$  由原来的 0.60 左右降至 0.35,节约能耗约 30%,同时由于  $R$  降低,塔内负荷减小,由此还可提高塔的生产能力。

## 2 高效导向筛板的特点

导向筛板是 20 世纪 60 年代由美国联合碳化物公司(Union Carbide Corporation)林德子公司开发的,国内北京化工大学进行了系统研究<sup>[1-3]</sup>。从导向筛板塔导向孔喷出的水平气流均匀、稳定地推动板上液流前进,大大增加了塔板的抗污性和抗堵能力,克服了液面梯度和非活化区,提高了传质效率和生产能力。目前导向筛板已广泛应用于石油化工、轻工、香料等领域。在酒精工业,导向筛板使固体质量分数为 10% 的黏稠的成熟醪在塔板上均匀前进,解决了长期存在的堵塔和液泛问题,并增产约 50%;在邻、对硝基氯苯精馏过程中,导向筛板解决了理论板数要求多、压降低的难题;在维尼纶行业<sup>[4]</sup>,导向筛板对含有固体物料、黏性物料、易自聚物料和发泡物质的物料,消除了堵塔、液泛、雾沫夹带等现象,有效地解决了其精馏难度大的问题。这种塔板还具有结构简单、造价低廉、维修方便等特点。

## 3 导向筛板在低沸塔中的应用

### 3.1 导向筛板的压力降

导向筛板的气流通孔由导向孔与普通筛孔组成。由实验测定的单个筛孔和单个导向孔阻力系数分别为筛孔阻力系数  $\xi_s = 2.02$ ,导向孔阻力系数  $\xi_f = 1.54$ 。导向孔阻力系数较筛孔小。推导出导向筛板压力降为:

$$h_{DF} = h_{DS} \cdot k \quad (1)$$

其中: $h_{DF}$  为导向筛板压力降; $h_{DS}$  为筛板压力降; $k$  为导向筛板压力降修正系数。经过筛板塔压力降与上式对比,并用实验数据回归可得:

$$h_{DF} = 0.051k' \left( \frac{u_0}{c_0} \right)^2 \frac{\rho_v}{\rho_L} (1 - \varphi^2) \quad (2)$$

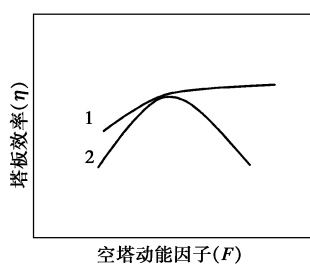
$$k' = (1 + 0.145\varphi')^{-2} \quad (3)$$

由于  $\varphi'$  恒为正值,所以,对于导向筛板, $k' < 1$ ,由式(1)知  $h_{DF} < h_{DS}$ ,即导向筛板压力降比普通筛板压力降要低。

### 3.2 导向筛板的板效率、操作弹性与生产能力

图 4 为导向筛板的板效率  $\eta$  和生产能力(以空塔动能因子  $F$  表示)与浮阀塔的比较图。从图中可以看出,导向筛板的平均板效率比浮阀塔高出

20%~30%,尤其是在高负荷时,甚至能达到40%,改进后的高效导向筛板效率更高。因此,导向筛板在高负荷时较浮阀塔更具优势,导向筛板塔的生产能力较浮阀塔能高出30%~50%。若以板效率下降15%作为正常操作区,则导向筛板与浮阀塔板操作弹性相近。



1—浮阀板;2—导向筛板

图4 导向筛板与浮阀板效率的比较

### 3.3 导向筛板在低沸塔技术改造中的应用

根据上述讨论结果,在对低沸塔(生产能力8万t/a)的技术改造中,选用高效导向筛板替代原塔板,以达到扩产(新建扩产至26万t/a)和提高分离效率、降低塔压降的目的。根据计算机模拟结果及气液负荷数据,并以图4所示的生产能力与效率关系为基础,对低沸塔进行流体力学与传质性能设计。新塔在技术改造后一次试车成功,开车2h后塔顶、塔釜各参数即达到了设计要求指标,生产能力增大40%;乙炔等低沸物质量分数小于 $8 \times 10^{-6}$ ;单体氯乙烯总纯度达到99.99%;回流比由0.60左右降为0.35。表1列出了技改前后的技术指标对比。

由表1可知,技改后塔的生产能力提高,回流比与塔压降低,分离性能变好,塔的技术指标和经济性能大幅度提高。

表1 技改前后的技术指标

项目	生产能力/ 万 t·a <sup>-1</sup>	回流比	塔顶乙炔等低沸物	塔压降/
			质量分数/ $\times 10^{-6}$	kPa
原工艺	8	0.60	20	30
新建装置工艺目标	26	0.50	$\leq 10$	20
新建装置实际参数	26	0.35	$\leq 8$	20

## 4 技改后的经济效益分析

高效导向筛板结构简单、制造容易、安装方便,技术改造设备投资较低。而带来经济效益包括:

(1)节能。回流比由0.60左右降为0.35,减少能耗约30%,折合经济效益150万元。

(2)提高产品质量。产品中乙炔等低沸物质量分数由 $2.0 \times 10^{-5}$ 降为 $8.0 \times 10^{-6}$ ,二氯乙烷等高沸物分数由小于 $1.0 \times 10^{-4}$ 降到 $3.0 \times 10^{-5}$ 以下;水分质量分数小于 $1.0 \times 10^{-4}$ ;单体氯乙烯总纯度由99.50%提高为99.99%(干基),得到更高质量产品。每年折合经济效益150万元。

(3)产量增加。技改打通了氯乙烯精馏分离的“瓶颈”,使产量增加,同样每年可带来经济效益约200万元。

仅以上几项合计,每年就可带来经济效益500万元,而技改设备投资仅8万元。

## 参考文献

- [1] 史季芬,叶咏恒,周亚夫,等.大孔径导向筛板流体力学性能研究[J].化学工程,1980(5):33-44.
- [2] 兰州石油机械研究所.现代塔器技术[M].北京:烃加工出版社,1990.258-263.
- [3] 化学工程手册编委会.化学工程手册:第3卷[M].北京:化学工业出版社,1989.
- [4] 李群生,张泽庭,赵宝山.聚乙烯醇聚合二塔的技术改造[J].现代化工,2001,21(4):39-41. ■

## 国际采矿与金属协会(ICMM)与中国国际矿业企业工作组(CIMG)宣布成为新的同盟

国际采矿与金属协会(ICMM)和中国国际矿业企业工作组(CIMG)已宣布建立同盟来提高中国国内采矿业可持续发展的意识。

ICMM成立于2001年,在促进全球金属和采矿工业的可持续发展实践中起到了领导性角色,其中包括ICMM 14名公司成员签署的《可持续发展框架》。

目前,ICMM与化工、能源、矿产以及工人联合会(ICEM)以及国际劳工组织(ILO)一同就健康和安全问题与我国政府对话。其主要目的在于通过共享技术及实际案例帮助我国政府在我国采矿业贯彻安全文化。与CIMG结盟将会是ICMM非常有意义的前进。ICMM秘书长 Paul Mitchell说“我们致力于与国家组织合作提高我们的工作效率,我们期望将来可以与CIMG有更进一步的合作”。中国国际矿业企业工作组的负责人 Auslan Ishmael说

“ICMM与CIMG维护促进矿业可持续发展成果”。在未来几个月,ICMM和CIMG计划共同工作,以提高ICMM提出的良好的矿业实践方法”。

国际矿业和金属协会(ICMM)是国际上代表采矿和金属工业的一个领导的组织。其授权的重要的一部分是致力于可持续发展。ICMM的目标是在采矿、矿石及金属行业得到广泛的认可,并成为可持续发展的贡献者。

中国国际矿业企业工作组(CIMG)是一个由对中国矿业发展有兴趣的中国和国际矿业企业及其服务商以及个人组成的组织。中国国际矿业企业工作组致力于通过建立中国政府与有意到中国进行投资的企业建立与中国政府部门进行沟通的渠道,使各企业能够分享非竞争性的信息,并就各方均关心的问题向中国政府提出对话解决以促进中国矿业行业的投资与发展。(新华美通)