

## 工艺与设备

## 八碳烯分离工艺的研究

魏奇业<sup>1</sup> 高维平<sup>2</sup> 华 贵<sup>1</sup> 栾国彦<sup>2</sup>

(1. 华南理工大学化学工程研究所, 广州 510640; 2. 吉林化工学院, 吉林 132022)

**摘要:**从能量综合集成的角度提出了八碳烯精馏分离工艺, 对所提流程进行了优化模拟计算及分析, 为八碳烯分离工艺的施工图设计提供了充分的依据。投产情况表明, 该研究改变了八碳烯的生产现状, 使得八碳烯生产的经济效益显著提高。

**关键词:**八碳烯; 精馏; 模拟

中图分类号: TQ221

文献标识码: A

## Study on 2,5-dimethyl-2,4-hexadiene separation process

WEI Qi-ye<sup>1</sup>, GAO Wei-ping<sup>2</sup>, HUA Ben<sup>1</sup>, LUAN Guo-yan<sup>2</sup>

(1. Research Institute of Chemical Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China;

2. Jilin Institute of Chemical Technology, Jilin 132022, China)

**Abstract:** Distillation separation process for 2,5-dimethyl-2,4-hexadiene is proposed based on energy integration. Optimal simulation computation and analysis is carried out. Sufficient data are provided for separation process design. Real production proves that the process has improved the present production status of 2,5-dimethyl-2,4-hexadiene and greatly increased the economic performance.

**Key words:** 2,5-dimethyl-2,4-hexadiene; distillation; simulation

八碳烯是重要的农药中间体, 在国内外市场销路非常好, 但由于现有分离工艺存在着很多的问题, 使八碳烯分离收率很低, 产品质量也达不到要求, 同时由于反应过程中没有转化的原料得不到有效地回收再利用, 使八碳烯生产的消耗非常高。为此, 针对八碳烯分离工艺进行研究设计, 提出合理有效的八碳烯连续化、DCS 控制的分离工艺, 以满足生产的要求, 提高企业的经济效益。

## 1 精馏序列的合成

## 1.1 调优规则简述

精馏序列的合成问题可描述为: 对条件(压力、温度、流量和组成)已知的一股料液, 合成一个精馏分离系统, 它能将料液分离成要求得到的确定产品, 而总费用最小。它包含下述 3 个问题: ①找出最优

分割顺序; ②确定最优分离序列中各精馏塔的最优设计和最优操作条件; ③将合成所得序列归入全系统作综合考虑。

随着混合物组分数量的增加, 可行的精馏序列的数目将急剧增加。设待分离混合物有  $N$  个组分, 若用简单塔进行完全分离, 则需用  $(N-1)$  个精馏塔, 最后得到  $N$  个产品。可行的分离序列数  $S_N$  可用下式计算:

$$S_N = \frac{[2(N-1)]!}{N!(N-1)!}$$

表 1 列出了各种  $N$  下的  $S_N$  值。

表 1 可行精馏分离序列数  $S_N$  与混合物组分数  $N$  的关系

$N$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$S_N$	1	2	5	14	42	132	429	1430	4862	16792

收稿日期: 2001-11-27

基金项目: 国家自然科学基金(79931000)、国家重点基础研究发展规划项目(G20000263)、广东省自然科学基金(990638)、(000474)资助项目

作者简介: 魏奇业, 男, 1964 年生, 在职博士生, 副教授, 研究方向为化工过程系统工程; 华贵, 男, 1937 年生, 大学, 教授, 博导, 研究方向为过程系统热力学分析和能量综合优化。

将全部可行序列逐一进行考虑是不实际的。合理的方法是能够得出2~3个经济指标很优的解,从中选出可操作性最好的作为最后解。

许多学者对精馏序列的合成进行了大量的研究<sup>[1~4]</sup>,根据半严格的分析和大量的经验,对于精馏序列的合成有以下主要调优规则:

- ①最困难的分离应放在最后进行;
- ②直接分离序列应予优先考虑;
- ③料液的等摩尔分割应予优先考虑(含量最高的组分应尽早分离);
- ④纯度要求高的组分应放在最后分离。

### 1.2 调优规则的应用<sup>[5]</sup>

调优规则使精馏序列的搜索范围大大缩小,但也可能将最优序列漏掉。对一些具体情况来说,这些规则很可能相互矛盾,而只有一条规则是起主导作用的。因此,在应用这些规则时必须十分小心。最好的方法是:

- ①同时满足(或近似满足)几条规则的序列应予优先考虑;
- ②同时考虑由不同调优规则确定的几种序列;
- ③确定起主要作用的规则;
- ④保留2~3个最好的序列。

## 2 研究设计依据

### 2.1 原料组成及流量

原料组成见表2。

表2 八碳烯分离系统的原料组成

组分名称	流量/ $\text{t}\cdot\text{d}^{-1}$	质量分数/%
异丁烯	11.08	66.6306
异丁醛	0.680	4.0892
叔丁醇	0.168	1.0103
异丁醇	0.126	0.7577
水	0.410	2.4656
八碳单烯	0.335	2.0146
八碳烯异构体	0.295	1.7740
八碳烯	2.500	15.0340
异丁酸异丁酯	0.335	2.0145
异丁酸	0.084	0.5051
高聚物	0.614	3.6923
合计	16.626	100.00

### 2.2 分离要求

分离过程要求得到八碳烯、异丁烯、异丁醛3个产品,其他组分可以以混合物状态存在。分离满足

下列要求:

八碳烯的纯度 $\geq 98\%$ (质量分数,下同);异丁烯的纯度 $\geq 98\%$ ;异丁醛+水的纯度 $\geq 98\%$ ;八碳烯分离收率 $\geq 95\%$ 。

### 2.3 公用工程条件

加热蒸汽压力0.6 MPa;循环水入口温度25℃,回水温度30℃;循环水压力0.4 MPa;冷却水入口温度5℃,回水温度10℃;冷却水压力0.4 MPa;冷冻盐水入口温度-15℃,回水温度-10℃;冷冻盐水压力0.4 MPa。

## 3 八碳烯精馏系统的模拟计算及流程确定

### 3.1 模拟计算

流程的模拟采用通用模拟软件PRO/II,组分库包含了要分离物系的组分,物性数据库只包含了部分组分间的交互作用参数,其他组分间的交互作用参数需要用UNIFAC方法填充。UNIFAC方法提供了良好的数量级估计,通过加入一个二元基团能量交互作用参数的温度相关式可以提高该方法的准确性。本研究采用修正的UNIFAC方法填充未知的交互作用参数,投产运行表明,此法计算的结果更接近实际。在流程设计过程中,根据工艺过程用能三环节模型<sup>[6]</sup>,对系统用能进行分析;由于1#塔的塔底产物要冷却到10℃进行脱水,而2#塔的进料需要加热,为了节省能量,用1#塔的塔底产物物流加热2#塔的进料流股。

### 3.2 八碳烯分离流程的确定

根据分离物系的流量、组成、组分性质及分离要求,采用精馏序列合成的调优规则,经过模拟计算及分析,并考虑了投资费用、操作费用及操作条件的限制,提出如图1所示的分离工艺流程。

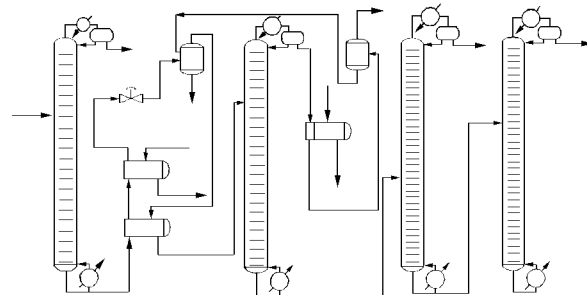


图1 八碳烯分离工艺流程简图

该流程以顺序分离为原则,在第一塔首先脱掉流量大、沸点低的异丁烯,在第二塔脱掉异丁醛,在第三塔脱掉比八碳烯轻的组分,在第四塔脱掉比八

碳烯重的组分,在塔顶得到八碳烯产品。计算中还确定了各塔的结构尺寸及工艺条件,各塔的操作条件见表 3。

表 3 各塔的操作条件

	1#塔	2#塔	3#塔	4#塔
理论板数/块	23	48	69	67
进料板位置(从顶数起)/块	8	13	44	25
回流比	1.0	4.5	3.7	4.0
塔顶温度/℃	43.3	60.1	55.9	104.4
塔釜温度/℃	128.2	104.4	121.9	151.3
塔顶压力/MPa	0.517	0.103	0.040	0.040
塔釜压力/MPa	0.560	0.154	0.060	0.060
进料温度/℃	100.0	82.0	104.4	121.9
进料液化分率/%	0.1539	0.8824	1.0	1.0
再沸器热负荷/GJ·h <sup>-1</sup>	0.1066	0.0961	0.0915	0.1935
冷凝器热负荷/GJ·h <sup>-1</sup>	0.3469	0.0970	0.0899	0.1948
回流温度/℃	40.0	40.0	55.0	60.0

### 3.3 与原流程的对比

原生产流程采用的是间歇精馏,蒸馏时间长,物料在塔中聚合,产品收率低,而且没有转化的反应物料得不到回收利用,使得生产成本过高。新流程在设计过程中充分考虑了物料的聚合特性,缩短了物料在塔中的停留时间,能尽可能回收未转化的反应物料;同时由于对精馏塔设备进行了优化设计,新流程投产运行后,产品收率明显提高,极大地增加了八

碳烯生产的经济效益。

## 4 结论

根据本研究所提工艺流程及参数,进行了八碳烯精馏系统设计,开工运行后,各项指标均符合设计要求,运行良好,表明本研究采用的方法正确合理。在精馏序列的合成中,充分运用调优规则,可以极大地减少计算工作量。在模拟计算中,要尽量采用准确的物性数据,当得不到准确的物性数据时,要根据实际情况选择合适的填充方法,以保证计算的准确性。在新工艺的设计中,要充分考虑能量的集成,在经济合理的条件下,尽可能降低产品的能耗。

## 参考文献

- [1] Tedder D W, Rudd D F. Parametric studies in industrial distillation[J]. AIChE J, 1978, 24(2): 303 ~ 323
- [2] Nishida N, Stephanopoulos G, Westerberg A W. Review of process synthesis[J]. AIChE J, 1981, 27(3): 321 ~ 351
- [3] Malone M F, Glinos K, Marquez F E, et al. Simple, analytical criteria for the sequencing of distillation columns[J]. AIChE J, 1981, 31(4): 683 ~ 689
- [4] 道格拉斯 J M. 化工过程的概念设计[M]. 北京: 化学工业出版社, 1994
- [5] 张瑞生, 沈才大. 化工系统工程基础[M]. 上海: 华东化工学院出版社, 1991
- [6] 华贲. 工艺过程用能分析及综合[M]. 北京: 轻加工出版社, 1989

## 欢迎订阅《全国基础设施项目汇编 2002 版》

《全国基础设施项目汇编》(2002 版)由《中国投资》杂志社(国家计委、国家经贸委主管)、中国拟在建项目网(北京华信捷投资咨询有限公司)共同主持编撰,于 2002 年 3 月 28 日正式出版发行。《全国基础设施项目汇编》(2002 版)精选各省重点建设项目 2 000 余个,同时收录全国各级计经委审批的 2002 年度投资额在 1 000 万元以上的拟建、在建基础设施项目 2 000 余个,并分专题对世界银行贷款项目、亚洲银行贷款项目、日本协力银行和各国政府贷款项目进行详尽介绍。拟建、在建项目类别涉及水利、能源工业、交通、市政建设、冶金、矿山等六大领域,包括项目名称、建设单位、项目简介、联系方式(包括电话、传真、地址、邮编等)、项目进展阶段、投资总额、建设周期等详尽内容。

《全国基础设施项目汇编》(2002 版)定价:480 元/册,邮费 20 元。同时订购单位还将免费获得由中国拟在建项目网提供的 15 周电子版行业网刊,内容包括水工业、电力、交通、矿产冶金、建筑建材、机电、化工等七大行业专刊。

咨询电话:(010)64444105 64444090 联系人:张淑兰 赵秀云

## 中国拟建和在建项目库

该库及时提供全国各地区、各行业(农林水利、能源工业、化工、石化、医药、机械电子、市政房地产、邮电交通、冶金、轻纺食品等)投资额在 1 000 万元以上的拟建(指已批准立项尚未开工的项目)和部分在建项目的详细资料和通信联络信息,预计每年项目总数将超过 2 000 个,每个项目的信息均为经项目业主核实后的最新资料,内容包括:项目简介、建设内容、所需关键设备、投资总额、目前进展情况、资金落实情况、主要投资者简介,以及 1~3 名的项目负责人简介、建设单位(项目业主)、咨询单位(工程设计)的联络信息等,以及投资动态、投资政策等文献资料。该库是在国家计委投资研究所、中国工程咨询协会主持下完成的,项目信息来源权威、稳定、可靠,更新及时。

您可以根据我们提供的信息,对项目跟踪,与业主直接联系,促进业务开展。同时减少人力、物力和财力,降低成本。

相关服务内容:①12 次更新数据服务(每次新增 200~250 条);②免费提供订购当月前的所有项目资料;③每周发送一期专刊,包括化工专刊、机电专刊、电力专刊、交通运输专刊、原材料专刊、建筑建材专刊、水资源专刊。

定价:2950 元/年(提供 12 次更新数据)

更新方式:①从网上下载(通知密码、免邮寄费);②EMS 邮寄软盘。

(北京另收 200 元邮费,外地加收 300 元邮费)。

咨询电话:(010)64444105 64444090 联系人:张淑兰 赵秀云