

# DJ-5 型塔板在燕化乙烯装置 丙烯精馏塔改造中的应用

齐东峰<sup>1</sup>,何健烽<sup>2</sup>,姚克俭<sup>2\*</sup>

(1. 中国石油化工股份有限公司北京燕山分公司,北京 102500;

2. 浙江工业大学化学工程与材料学院,浙江 杭州 310032)

**摘要:**在保持塔体不动的情况下,采用 DJ-5 型塔板(新型固定阀悬挂式降液管塔板)一代一更换燕化乙烯装置丙烯精馏塔原料孔塔板。在保证塔顶丙烯产品摩尔分数大于 99.6% 的前提下,塔釜丙烯损失由摩尔分数 42.69% 降至 7.67%,并提高了处理能力。改造结果表明,DJ-5 型塔板具有分离效率高和处理能力大的优点。

**关键词:**乙烯装置;丙烯精馏塔;改造;DJ-5 型塔板

**中图分类号:**TQ051.8

**文献标志码:**A

**文章编号:**0253-4320(2014)02-0128-03

## Application of DJ-5 tray in revamping of C<sub>3</sub> splitter in ethylene plant in Yanshan

QI Dong-feng<sup>1</sup>, HE Jian-feng<sup>2</sup>, YAO Ke-jian<sup>2\*</sup>

(1. Sinopec Beijing Yanshan Company, Beijing 102500, China; 2. College of Chemical Engineering and Materials Science, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310032, China)

**Abstract:** In the case of utilizing original tower, DJ-5 trays (new fixed valve rectangular suspending downcomer directing tray) are used to replace the slant-hole trays of C<sub>3</sub> splitter one by one in the ethylene plant in Yanshan. After revamping, the capacity is increased. In the premise of above 99.6% of the propylene mole purity, the propylene loss from bottom of column is reduced from 42.69% to 7.67%. The result of revamping shows that DJ-5 tray has characteristics of high separation efficiency and large capacity.

**Key words:** ethylene plant; C<sub>3</sub> splitter; revamp; DJ-5 tray

在乙烯装置中,丙烯和丙烷混合物的分离由丙烯精馏塔完成。丙烯精馏塔塔顶采出聚合级丙烯产品(丙烯摩尔分数高于 99.6%),塔底采出丙烷产品,丙烯精馏塔是乙烯装置的关键塔之一。然而丙烯和丙烷的相对挥发度较低,分离难度大,因此所需的塔板数多,回流比大,能量消耗高。

中国石化燕山分公司化工一厂裂解装置在投用 4 台气体炉时,裂解气组成发生较大变化,其中丙烷/丙烯比设计值大,由于丙烯精馏系统(DA-456/DA-406)能力不够,装置不得不加大丙烯精馏塔返 DA-1406 塔的处理量,DA-1406 塔釜丙烯损失在 20% 左右,丙烯损失严重。

经各塔操作情况的详细分析,决定对 DA-456 塔进行塔内件改造。经过多次的技术论证,决定采用浙江工业大学化学工程设计研究所开发的新型固定阀悬挂式降液管塔板(简称 DJ-5 型塔板),在不动塔体的前提下,一代一更换原塔斜孔塔板。本次技术改造取得了成功,使产品质量和塔釜损失得到明显改善,处理能力明显提高。

## 1 原塔情况介绍

### 1.1 原塔工艺介绍

如图 1 所示,来自甲烷汽提塔的 C<sub>3</sub> 物流分成 2 股,一股进入 1<sup>#</sup>丙烯精馏塔 DA-406,另一股进入 2<sup>#</sup>丙烯精馏塔 DA-456, C<sub>3</sub> 物流分别在 2 个塔中将丙烯从丙烷中分离出来,两塔顶部气相用冷却水冷凝,冷凝后的液相一部分用作回流,另一部分作为产品采出。两塔均用急冷水作再沸加热介质,塔釜物流则进入丙烯回收塔 DA-1406,在丙烯回收塔中,

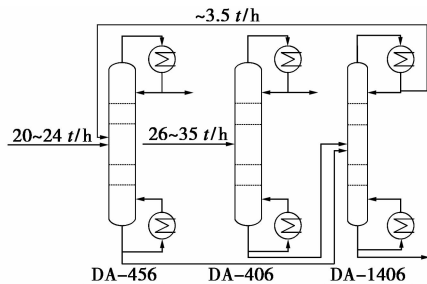


图 1 原塔工艺流程

收稿日期:2013-09-11

作者简介:齐东峰(1979-),男,学士,高级工程师,从事石油化工生产和技术管理;姚克俭(1959-),男,教授,博士生导师,主要从事传质与分离的研究,通讯联系人,0571-88033585, yaokj@zjut.edu.cn。

将丙烷中的丙烯进一步汽提出来返回 DA-456, DA-1406 塔釜物料送至裂解炉作循环丙烷。

## 1.2 原塔塔设备介绍

改造前,丙烯精馏系统 1<sup>#</sup> 丙烯精馏塔 (DA-406) 和 2<sup>#</sup> 丙烯精馏塔 (DA-456) 的结构参数见表 1。

表 1 改造前 DA-406/DA-456 结构参数

参数	DA-406	DA-456
塔径/mm	4500	4800
塔板数/层	165	180
塔板类型	浮阀塔板	斜孔塔板

## 1.3 原塔运行情况介绍及分析

对丙烯精馏系统的运行数据进行分析并模拟计算发现,由于工艺调整,1<sup>#</sup> 丙烯精馏塔 (DA-406) 的进料量远大于原工艺包设计数据,但回流量受冷凝器及冷剂、回流泵等限制,只能达到 361 t/h 左右,无法保证原工艺包设计回流比,而由于处理能力大增,使塔板效率下降,在保证塔顶丙烯产品质量的情况下,塔釜出料中的丙烯摩尔分数远高于原工艺包设计数值,塔釜物料需送去 DA-1406 塔继续处理。若该塔的处理量恢复原设计处理量,则可以保证塔板效率。

2<sup>#</sup> 丙烯精馏塔 (DA-456) 的塔径和塔板数皆多于 1<sup>#</sup> 丙烯精馏塔 (DA-406),能达到的最大回流量约为 392 t/h,但该塔的处理量小于 DA-406 塔,塔釜丙烯含量也达不到原工艺包设计要求。由此可见,该塔塔板效率远低于正常值。

因此,该丙烯精馏系统处理能力提高和能耗物耗下降的瓶颈在于 DA-456 塔,需要对其塔内件进行改造以提高塔板效率和处理能力。该塔正常后同时也可以分担 DA-406 塔一部分进料,DA-406 塔负荷降低后可以减少塔釜丙烯损失,从而减少两塔塔釜去 DA-1406 塔的处理量,降低 DA-1406 塔的负荷。改造可以提高丙烯精馏系统产量,同时降低整个系统能耗,实现节能降耗减排。

## 2 改造方案的确定

通过以上分析可知,须对原 2<sup>#</sup> 丙烯精馏塔 (DA-456) 的塔内件进行改造。为了减少投资,改造方案应利旧原塔体并且不增加塔的高度。由于 DA-456 是加压下的大回流比操作,液体通量很大,而 DA-456 的板间距精馏段和提馏段分别只有 375 mm 和 450 mm,因此给改造带来了极大的挑战。改造所需塔内件必须同时具备以下特点:①处理能力

大;②传质效率高;③结构简单可实现不动火施工。

通过广泛地综合比较,改造方案选择了浙江工业大学化学工程设计研究所开发的 DJ-5 型塔板<sup>[1-3]</sup>。

### 2.1 DJ-5 型塔板

DJ-5 型塔板采用 1 根或多根矩形悬挂式降液管作为降液通道,上下相邻两层塔板的降液管互相垂直排列<sup>[1]</sup>,塔板上的鼓泡元件采用新型固定阀<sup>[2]</sup>(参见图 2)。因此,DJ-5 型塔板具有处理能力大、传质效率高、抗堵性能好和价格低廉等优良特点。

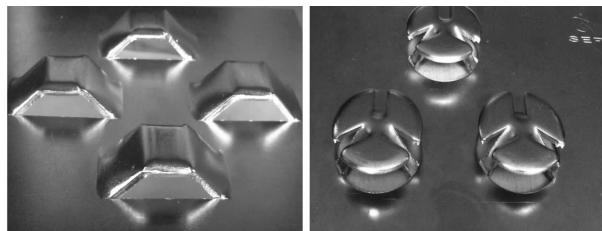


图 2 新型固定阀结构(条阀/圆阀)

#### 2.1.1 处理能力大

DJ-5 型塔板采用矩形悬挂降液管(如图 3 所示),降液管设在塔板中部,溢流周边较弓形降液管要大 1 倍以上,同时塔板上没有受液区,鼓泡面积也相应增大,因此可承受更大的液体通量和气体负荷,同时由于塔板上液层厚度适宜,板压降较小,可减少漏液和雾沫夹带量。另一方面,DJ-5 型塔板采用新型固定阀作为鼓泡元件(如图 2 所示),由于其特殊的结构,可以大大降低雾沫夹带量,增大塔板的气体处理能力。因此 DJ-5 型塔板具有处理能力大、操作弹性宽的优良特点,可适应负荷较大范围波动工况的正常操作<sup>[4]</sup>。

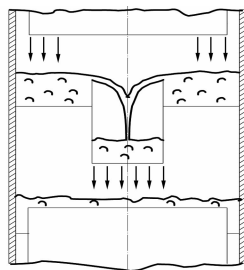


图 3 矩形悬挂式降液管

#### 2.1.2 塔板效率高

一般的固定阀塔板,其气流均从固定阀侧孔中以水平方向吹入液层,与从相邻的固定阀侧孔中喷出的气流在两固定阀之间发生对冲现象(如图 4 所示),两股对冲的气流不仅使塔板上的液体向上飞溅,增大液 ■ 夹带,减小塔板的处理能力和操作弹性,而且流体对冲碰撞会消耗能量,增加塔板的压

降。同时,气流以水平方向吹入液层,会将液体吹入相邻固定阀侧孔中成为漏液,增大漏液量,减小塔板的操作弹性,降低塔板的传质效率。

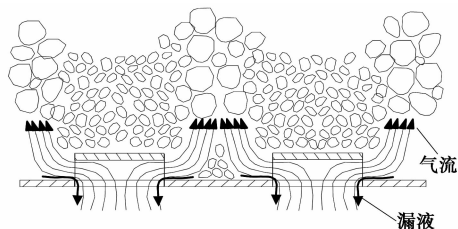


图 4 一般固定阀塔板上气液接触示意图

新型固定阀针对传统固定阀的缺点,塔板上的固定阀阀面侧边具有向下弯曲的折边,改变了从固定阀侧孔中吹出的气体的方向,使气体从固定阀侧孔中斜向下吹到塔板板面上(如图 5 所示),因此减少了雾沫夹带量和漏液量,提高塔板的处理能力和操作弹性,同时强化了塔板上气液接触传质,提高了塔板传质效率<sup>[5]</sup>。在受液区设置新型固定阀还可以减少 DJ-5 型塔板的冲击漏液量,提高塔板效率<sup>[6]</sup>。

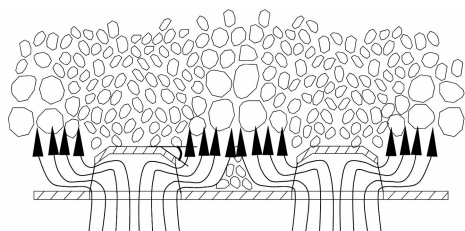


图 5 新型固定阀塔板上气液接触示意图

## 2.2 改造措施

通过以上分析可以看出,DJ-5 型塔板可以满足丙烯精馏塔的改造要求。在改造中,对原塔的塔径、塔高、接管尺寸和位置均不做改变,拆除原塔所有可拆卸部件,用 DJ-5 型塔板一代一更换原塔 180 层斜孔塔板,同时将原液体分布管改为 DJ 塔板专用液体分布器。

## 3 改造结果

2011 年 9 月,丙烯精馏系统开车一次成功,2<sup>#</sup>丙烯精馏塔(DA-456)运行情况良好。改造后,2<sup>#</sup>丙烯精馏塔(DA-456)丙烯产品摩尔分数在 99.6% 以上,处理量为 20 ~ 24 t/h,塔的操作弹性范围为 85% ~ 150%。表 2 为 2<sup>#</sup>丙烯精馏塔(DA-456)改造前后操作情况的对比。

从表 2 中数据可以看出,2<sup>#</sup>丙烯精馏塔(DA-456)使用 DJ-5 型塔板更换原斜孔塔板后,分离效率有了明显的提高,塔顶丙烯产品摩尔分数为 99.76%,塔釜丙烯损失由改造前的摩尔分数

表 2 DA-456 改造前后操作情况的对比

项目	改造前	改造后
操作参数		
进料量/(t·h <sup>-1</sup> )	19.1	20.3
塔顶采出/(t·h <sup>-1</sup> )	14.97	18.02
回流量/(t·h <sup>-1</sup> )	384	366
回流比	25.7	20.3
塔顶温度/℃	43.85	43.88
塔釜温度/℃	53.78	54.14
塔顶压力/MPa	1.75	1.72
丙烯产品摩尔分数/%		
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	≥99.6	99.76
塔釜摩尔分数/%		
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	42.69	7.67
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	42.66	49.16
丙炔	3.56	23.67
丙二烯	4.21	19.06
oC <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	0.34	0.27
混合 C <sub>4</sub>	0	0
其他	6.54	0.17

42.69% 下降到了 7.67%。减少了丙烯损失,增大了丙烯产量,达到了改造的目的。

## 4 结论

(1)原塔板效率过低是引起丙烯精馏塔塔釜丙烯损失过大的关键原因。

(2)在不动原塔体的情况下,使用 DJ-5 型塔板一代一更换原塔斜孔塔板,成功实现了丙烯精馏塔的扩产节能降耗改造。

(3)DJ-5 型塔板具有传质效率高、处理能力大、抗堵性能好和改造费用低等优良特性,特别适用于化工分离塔系特别是乙烯分离系统的节能降耗扩产改造。

## 参考文献

- [1] 俞晓梅,徐崇嗣,朱锦忠,等. 矩形悬挂降液管导流塔板: CN, 97103869.4[P]. 1997-04-03.
- [2] 姚克俭,王良华,俞晓梅. 高效大通量固定阀塔板: CN, 02155028. X[P]. 2002-12-20.
- [3] 姚克俭,章渊昶,王良华,等. 大通量高效 DJ 系列塔板的研究以及在乙烯工业中的应用[J]. 化工进展,2005,24(s1):52-56.
- [4] 章渊昶,王良华,朱菊香,等. 新型固定阀悬挂降液管塔板的开发与工业应用[J]. 石油化工,2003,32(10):896-899.
- [5] 刘炳炎,王良华,章渊昶,等. 带折边固定阀结构对塔板效率的影响[J]. 石油化工,2008,37(6):588-591.
- [6] 姚克俭,王良华,俞晓梅. 悬挂降液管塔板的冲击漏液及其对传质效率的影响[J]. 高校化学工程学报,2002,16(2):135-138. ■