

三溢流塔盘技术及工业应用

高光英¹, 刘德新¹, 张志恒², 姜斌^{1,2}, 李鑫钢^{1,2}

(1. 天津大学化工学院, 天津 300072; 2. 天津大学精馏技术国家工程研究中心, 天津 300072)

摘要:针对大型乙烯装置汽油急冷生产特点和存在的问题,开发了大型乙烯装置汽油急冷高强度三溢流塔盘关键技术。对此塔盘进行了流体力学计算和试验研究,结果表明三溢流塔盘技术降低了塔板上的液面梯度和液流行程,使气液分布更均匀。此关键技术应用于中国石化齐鲁石化公司 72 万 t/a 乙烯汽油分馏塔后,各项主要控制指标均达到设计值,完全满足乙烯生产要求。

关键词: 乙烯; 汽油急冷; 三溢流塔板; 浮阀; 工业应用

中图分类号: TQ018

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2008)04-0059-04

Three-pass tray technology and its industrial application

GAO Guang-ying¹, LIU De-xin¹, ZHANG Zhi-heng², JIANG Bin^{1,2}, LI Xin-gang^{1,2}

(1. School of Chemical Engineering and Technology, Tianjin University, Tianjin 300072, China;

2. National Engineering Research Center for Distillation Technology, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: Aimed at the production characters and problems which exist in gasoline fractionator in large-scale ethylene units, high strength three-pass tray technology is exploited. The performance experiments and the computational fluid dynamic (CFD) calculation for the three-pass tray are conducted. The results show that liquid grads and flow pass in the three-pass tray are reduced, and the distributions of gas and liquid are more uniform. After its industrial application in Qilu Company Ltd., SINOPEC, which the production capacity of ethylene is 720kt/a, it shows that the main performance parameters of the gasoline fractionator are consistent with the designed value, which can meet the production requirement for ethylene.

Key words: ethylene; gasoline fractionator; three-pass tray; float valve; industrial application

中国石化齐鲁石化公司 30 万 t/a 乙烯装置采用美国鲁姆斯公司(LGI)的专利技术,于 1987 年 5 月建成投产。该装置于 1998 年 10 月完成了第 1 期技术改造,乙烯装置生产能力达到了 45 万 t/a。为配合该公司合成树脂产品结构调整,乙烯装置在第 1 期改造基础上将进一步提高技术水平并扩大其生产能力,改造目标是将乙烯生产能力由目前的 45 万 t/a 增至 72 万 t/a(最大达到 84 万 t/a)。

该公司的乙烯汽油分馏急冷塔在原有装置位置进行新建,受现场条件限制,经专家论证,新塔最大塔径只能为 9 200 mm,由于生产处理强度高,给塔内件的设计带来较大困难。急冷塔塔径为 9 200 mm 时,一般设计采用四溢流塔板,但是四溢流塔板降液管所占面积较大,使塔板开孔率降低(开孔率最大只能达到 17.88%),减少了塔内气相通道面积。因此使用四溢流塔板会增大喷射液泛的程度,增加塔板压降,不能满足整体工艺包要求。而在 $\Phi 9\ 200\ \text{mm}$

大塔径塔板设计上采用二溢流塔板,则每个流程长度过长,由此给塔板液面梯度控制和弓形区液流控制带来较大的困难,影响到塔板的单板效率。

天津大学精馏技术国家工程研究中心、中国石化齐鲁股份有限公司烯烃厂、中国石化工程建设公司共同合作,基于现代传质理论、计算流体力学等基本理论和方法,开发出了高效三溢流塔板技术。三溢流塔板鼓泡区域采用天津大学专利产品导向梯形浮阀 A 型和导向梯形浮阀 B 型复合塔盘^[1]。计算结果和实施效果表明,三溢流塔盘技术降低了塔板上的液面梯度和液流行程,使气液分布更均匀,从而保证了分馏塔的低压降、高分离效率的要求,同时也使塔板分块结构更合理。

1 三溢流塔板技术

三溢流塔板单层是非对称结构(见图 1),每层塔板有 1 个边降液管和 1 个偏心中降液管。在塔板

收稿日期: 2007-10-11

基金项目: 天津市重点基金资助项目(07JCZDJC02600)

作者简介: 高光英(1979-),女,博士生;022-87401916, xilin79@163.com; 李鑫钢(1961-),男,博士,教授,主要研究方向为传质与分离工程、蒸馏过程大型化、强化与节能等。

的设计中,液体在中间降液管两侧不同溢流区域的流量分配主要是由出口堰的设置决定的。在该项目中,三溢流塔板采用等堰高、按堰长不等量分配的液体分配原则,而根据此原则来确定中间降液管的位置,使得降液管两侧的溢流面积和堰长成正比,这样,两侧液体在塔板上的总体停留时间是一样的,保证了塔板的总效率。

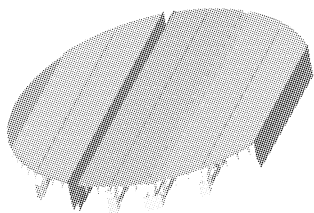


图 1 单层三溢流塔板法结构示意图

1.1 导向梯形浮阀

导向梯形浮阀(SGTV)是天津大学精馏技术国家工程研究中心在国内外应用条形浮阀、固舌和导向筛板等的基础上进行设计研发,由该研究中心所属的北洋国家精馏工程技术发展有限公司生产的高性能浮阀塔板。浮阀按尺寸大小分为 2 种,按阀片形状又分为 A、B 2 种型号(见图 2),该阀吸收了 V 型栅板的优点,将矩形阀片改为梯形阀片,使气流的推液作用得到了加强,特别是 B 型浮阀,在 A 型浮阀侧面开孔的基础上,在阀体的前方增加 1 个开孔,在真正发挥导向作用的同时,加强了阀体的推液作用。该阀体采用可上下浮动调节气体流通面积的浮阀结构,除具有普通浮阀塔板的优点外,导向梯形浮阀塔板的主要特点为:①具有前向推液和两侧斜前方推液作用,有效降低了塔板上气液相返混、气流相

互冲击和鼓泡程度,创造了低液面梯度和更加稳定的板上液体流场,从而减小塔板上的液层高度、塔板压力降;②可减少塔板上的液面落差,从而改善进入塔板的气体分布,并大大减少进口局部漏液的可能性,塔板漏液下限大大降低;③喷射导向梯形浮阀塔板的阀孔动能因子上限更高,气体斜喷有利于抑制雾沫夹带;④改善塔板上的气、液流均匀性,从而改善气液传质性能,传质效率的提高有助于保证汽油分馏塔的分馏要求;⑤浮阀的梯形结构大大提高了塔盘的操作弹性,保证汽油分馏塔可以在较大的弹性范围内正常稳定操作;⑥抗堵塞性能更强,可避免聚合结焦物堵塞;浮阀刚度好、不旋转、不磨损且不会脱落,从而保证汽油分馏塔长周期稳定运行。

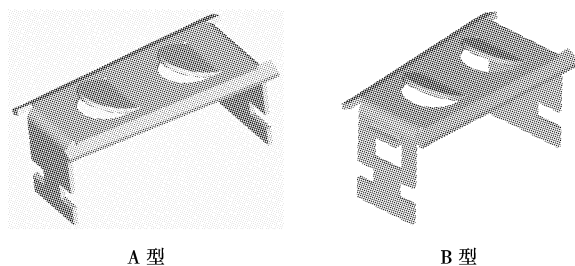


图 2 导向梯形浮阀三维效果图

1.2 流体力学计算

采用 Fluent 流体力学计算软件对三溢流塔盘进行流体力学计算,结果见表 1。计算过程中对流体在塔内的流动进行分拆,并对结构设计结果进行验证。计算结果表明:三溢流塔盘上溢流强度比双溢流盘堰大大降低,板上清液层高度也有所降低。采用三溢流塔盘更好的保证了该塔的汽油和柴油的分离质量。

(上接第 58 页)

1.4 废渣的处理

废渣主要有脂肪腈和脂肪胺的蒸馏残渣。脂肪腈渣可用作抛光膏;脂肪胺渣经处理后可生成脂肪烷基季铵盐,用来生产柔软剂和有机膨润土助剂,实现了“变废为宝”,每吨废渣又能为公司增加 2 000 多元的经济收入。

2 清洁生产的优越性

综上所述,伯胺清洁生产工艺的优越性主要体现在以下几个方面:

- (1) 每吨产品生产比原来节能降耗 10.5%;
- (2) 生产过程从进料反应到出料及包装都使用

微机自动控制,大大降低了职工的劳动强度;

(3) 因原材料利用率高,生产原料单耗比原来降低 12.5%;

(4) 生产环境大大改善,因整个生产过程中不卸压,最大限度地避免了大气污染;

(5) 污水得到有效处理,处理后的废水 COD 质量浓度 < 150 mg/L,氨氮质量浓度 < 45 mg/L,真正实现废水“达标”排放。

脂肪伯胺作为重要的表面活性剂中间体,随着国家环保政策的不断加强和完善,人们环保意识的日益增强,研究和推广脂肪伯胺的清洁生产是非常必要的。该公司实现了脂肪伯胺的清洁生产,对国内同类企业的生产工艺改造提供了有益的借鉴作用。■

表1 双溢流塔盘和三溢流塔盘的性能参数比较

性能数据	最大负荷	
	双溢流塔盘	三溢流塔盘
开孔率/%	20.92	19.49
阀孔动能因子/ $m \cdot s^{-1} \cdot (kg/m^3)^{-1/2}$	13.17	14.14
雾沫夹带量/ $kg \cdot kg^{-1}$	0.044	0.043
板上清液层高度/mm	65	57
堰上溢流强度/ $m^3 \cdot (h \cdot m)^{-1}$	40.81	16.53
单板压降/Pa	697.41	735.88
塔板总压降/Pa	11158.6	11774.1

2 导向梯形浮阀塔盘的试验研究

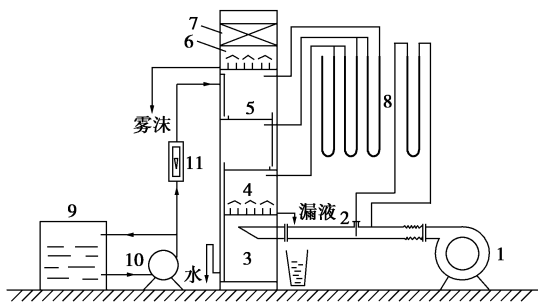
将该岛向浮阀塔盘应用在中国石化齐鲁石化公司72万t/a乙烯装置汽油分馏急冷塔上,对塔内件的大型导向梯形浮阀塔盘进行研究。所用A型浮阀参数见表2,试验参数如表3所示^[2],试验流程图图3^[3]。

表2 浮阀参数

阀孔面积/ mm ²	阀质量/ g	最小开度/ mm	最大开度/ mm	阀间距/ mm	开孔率/ %
3276	98	2.5	9.0	80/100	9.8

表3 试验参数

项目	指标	项目	指标
空塔截面积/m ²	0.25	塔板间距/m	0.48
降液管面积/m ²	0.02	溢流堰高/mm	30/40/50
鼓泡面积/m ²	0.21	溢流堰长/m	0.5
总开孔面积/m ²	0.0244	液流强度/ $m^3 \cdot (h \cdot m)^{-1}$	4/8/12
塔板开孔率/%	9.8	空塔流速/ $m \cdot s^{-1}$	0.2~1.8



1—风机;2—均速管流量传感器;3—塔体;4—气体分布兼漏液收集板;5—试验板;6—雾沫捕集板;7—丝网除沫器;8—U形压差计;9—储水池;10—水泵;11—转子流量计

图3 试验装置与流程图

图4为干板压降随空气流速的变化曲线,图5~图13为不同堰高下塔板流体力学性能参数随空气流速变化的关系曲线。

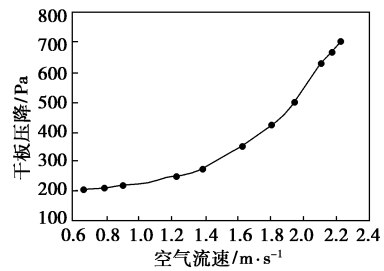
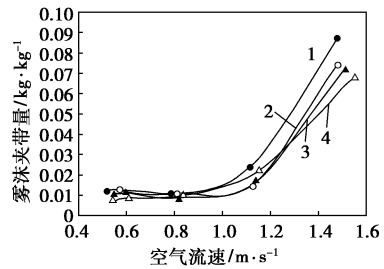
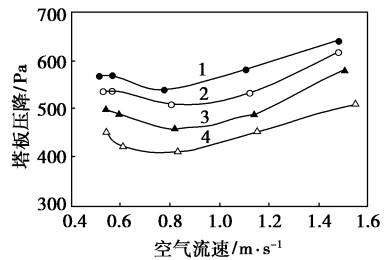


图4 干板压降随空气流速的变化



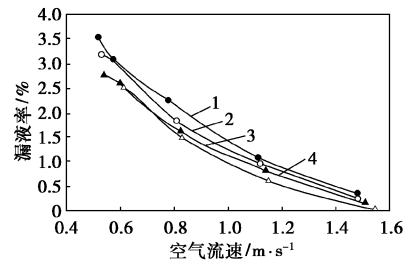
液量/ $m^3 \cdot h^{-1}$:1—10.0;2—8.0;3—4.0;4—1.6

图5 雾沫夹带量随空气流速的变化(堰高50 mm)



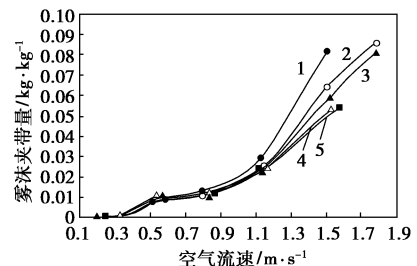
液量/ $m^3 \cdot h^{-1}$:1—10.0;2—8.0;3—4.0;4—1.6

图6 塔板压降随空气流速的变化(堰高50 mm)



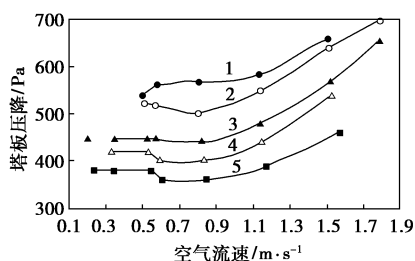
液量/ $m^3 \cdot h^{-1}$:1—10.0;2—8.0;3—4.0;4—1.6

图7 漏液率随空气流速的变化(堰高50 mm)



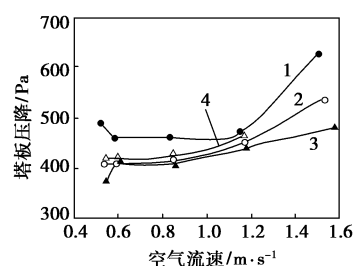
液量/ $m^3 \cdot h^{-1}$:1—12.0;2—10.0;3—8.0;4—4.0;5—1.6

图8 雾沫夹带量随空气流速的变化(堰高40 mm)



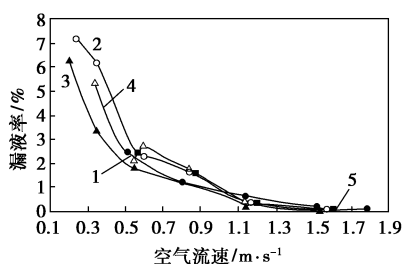
液量/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$: 1—12.0; 2—10.0; 3—8.0; 4—4.0; 5—1.6

图 9 塔板压降随空气流速的变化(堰高 40 mm)



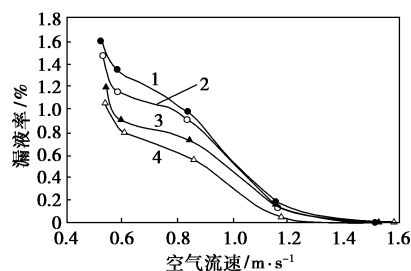
液量/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$: 1—10.0; 2—8.0; 3—4.0; 4—1.6

图 12 塔板压降随空气流速的变化(堰高 30 mm)



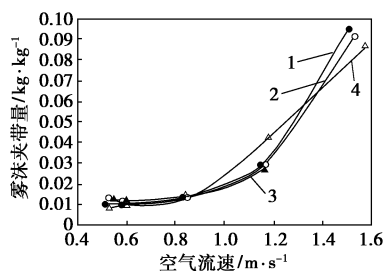
液量/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$: 1—12.0; 2—10.0; 3—8.0; 4—4.0; 5—1.6

图 10 漏液率随空气流速的变化(堰高 40 mm)



液量/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$: 1—10.0; 2—8.0; 3—4.0; 4—1.6

图 13 漏液率随空气流速的变化(堰高 30 mm)



液量/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$: 1—10.0; 2—8.0; 3—4.0; 4—1.6

图 11 雾沫夹带量随空气流速的变化
(堰高 30 mm)

3 结语

中国石化齐鲁股份有限公司烯烃厂 72 万 t/a 乙烯装置汽油分馏急冷塔直径 9.2 m, 为目前国内自行设计制造的最大直径板式精馏塔。三溢流塔盘技术在该塔有限空间内既实现了大通量高强度的生产要求, 又降低了塔板上的液面梯度和液流程程, 使气液分布更均匀, 从而保证了分馏塔的低压降、高分离效率的要求, 同时也使塔板分块结构更合理。

参考文献

- [1] 天津大学. 具有导向作用的梯形浮阀: 中国, 2145059[P]. 1993-11-03.
- [2] 化学工程师手册编辑委员会. 化学工程师手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000: 878-913.
- [3] 张志恒. 浮阀塔板流体力学和传质性能的研究[D]. 天津: 天津大学, 2005. ■

中国石化齐鲁石化公司 72 万 t/a 乙烯改造工
程于 2004 年 10 月 5 日投料并实现一次开车成功,
顺利达到项目控制指标。改造后装置运行平稳, 抗
风险能力提高。装置运行 3 年多来已获得很大社会
效益和经济效益, 直接经济效益达 19 700 万元/a。

阿克苏诺贝尔宁波整合剂工厂正式开工建设

阿克苏诺贝尔公司宣布其设于宁波的整合剂工厂于 2008 年 3 月 6 日正式开工建设, 该公司为此举行了盛大的奠基仪式。

这家新工厂计划于 2009 年投产, 它是阿克苏诺贝尔宁波多元化学品生产基地首个进入厂房兴建阶段的项目。这个面积达 50 公顷的生产基地, 主要供阿克苏诺贝尔功能化学品部使用。到 2010 年, 一家全新的乙烯胺工厂也将建成并投产。

阿克苏诺贝尔功能化学品部总经理麦克维奇 (Bob Margevich) 表示: “宁波多元化生产基地将巩固我们在这个重要市场的领导地位, 满足中国及亚太地区广大客户不断增加的需求。整合剂和乙烯胺工厂将会创造数百个就业机

会, 他们将采用先进的生产技术, 同时达到阿克苏诺贝尔在全球范围实施的严格的健康、安全和环境 (HSE) 标准。”

阿克苏诺贝尔的上述 2 家工厂位于宁波化学工业区, 预计总投入达 2.5 亿欧元。设于该基地的第三家工厂将是功能化学品部的专用纤维素项目。同时, 这个生产基地也将有足够的空间和基础设施满足阿克苏诺贝尔其他业务部门的需要。整合剂作为中间产品或终端产品, 被用在多种不同的应用领域, 比如微量营养素、食物/饮料防腐剂, 它也是照片和底片处理、纸浆漂白以及生产肥皂及去污剂的主要成份。阿克苏诺贝尔整合剂品牌包括 Dissolvine® 和 Ferrazone®。(刘仲)