

我国大型塔器技术进展与技术创新

赵汝文, 于 健, 高 占

(中国昊华集团公司天津天大天久科技股份有限公司, 天津 300072)

摘要:介绍了我国大型规整填料塔、大型散装填料塔和大型塔盘的技术进展,展示了硬件系列自主创新技术——Zupak、Dapak、Zhaopak、Zugrid 新型规整填料;增强型 IMTP 填料;槽盘、盘槽、盘槽管式液体分布器;辐散式进气初始分布器、新型双切向环流式进气初始分布器;栅梁、一梁托多盘桁架梁、空间网架梁等的结构及性能特点。介绍了以塔器气液分布器优化设计规律、进气初始分布器与二次气体分布盘的优化设计规律、支撑装置的优化设计规律和多溢流塔盘全盘液体优流模型为代表的首创性全塔硬件优化设计规律。列举了集成创新技术及硬件优化规律在两座大型塔中的应用。

关键词:塔器;填料;液体分布器;气体分布器;支撑梁;塔盘;炼油;乙烯

中图分类号:TQ053.5

文献标识码:C

文章编号:0253-4320(2008)09-0005-07

Technological development, innovation and application of large column in China

ZHAO Ru-wen, YU Jian, GAO Zhan

(China Haohua Tianjin Univtech Co., Ltd., Tianjin 300072, China)

Abstract: The technical development in large structured packing column, large random packing column and large column tray in China is introduced. The structure and performance of China's independent technology are presented here including: Zupak, Dapak, Zhaopak, Zugrid and IMTP packing; trough-pan liquid-gas distributor, pan-trough liquid-gas distributor and pan-trough-tube liquid distributor; radial gas initial distributor, new dual tangent heading circumfluence initial gas distributor; grid beam, and truss beam which has one beam with multi-tray, web frame beam, etc. The optimized design rules of some initiated column equipment are also introduced, including column liquid-gas distributor, initial gas distributor, second gas distributor, supporting equipment and liquid flow model multi-overfall column tray. Some examples of the application of innovative technology and optimized design rules are shown.

Key words: column; packing; liquid distributor; gas distributor; supporting beam; tray; oil refinery ethylene

1 000 万 t/a 炼油装置和 100 万 t/a 乙烯装置等大型石油化工企业的建设发展,促进了我国大型塔器技术的现代化。在“自主创新,重点跨越,支撑发展,引领未来”我国现代科技方针及国家发展和改革委员会国产化政策的指引下,我国塔器科技工作者以原创技术和骄人业绩展示了中华大型塔器、技术后来者居上的态势,努力实现大型塔器重点跨越的目标。

1 规整填料、格栅填料和散装填料的技术进展与创新

1.1 垂直板波纹填料

垂直板波纹填料经历了 4 个发展阶段或有 4 种类型:单向斜波、双向斜波、单向曲波和双向曲波^[1]。

1.1.1 单向斜波填料

单向斜波填料的结构特征为:单向波纹、倾斜通道、斜交错排列,旋转 90°安装(见图 1)。它是一种高通量、低压降、高效的工业规整填料。以 250Y 型

为例,每米约 2~3 块理论板,每米填料压降 100~300 Pa。

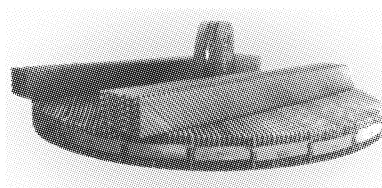


图 1 单向斜波填料

单向斜波填料包括 Mellapak、Flexipac、Gempak、Montzpak、Ralupak 和我国的 JKB 系列波纹填料(天大天久科技股份有限公司)、SM 系列波纹填料(上海化工研究院)、SP 系列波纹填料(南京大学)等。

1.1.2 双向斜波填料

双向斜波填料的结构特征为:双向波纹、倾斜通道、斜交错排列、旋转 90°安装(见图 2)。它与相应型号的单向斜波填料相比,在分离效率不变的情况下,通量可提高 20% 以上,压降降低 30% 以上。

双向斜波填料包括 Rasching Super-pak、Intalox

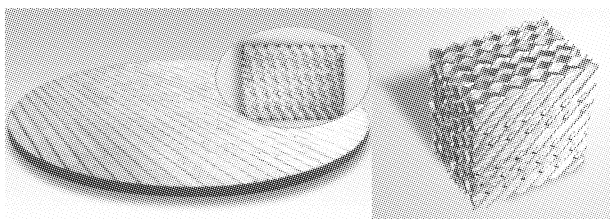


图 2 双向斜波填料

structured Paking 和我国的 Zupak、Dapak(天大天久科技股份有限公司)等。

1.1.3 单向曲波填料

单向曲波填料的结构特征为:单向波纹、弯曲通道、斜交错排列旋转 90°安装(见图 3)。它与相应型号的单向斜波填料相比,在分离效率略有下降的情况下,通量可提高 20%~30%。单向曲波填料包括 Mellapakplus、Flexipac HC、Montzpak typ M 等。

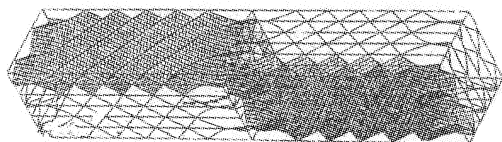


图 3 单向曲波填料

1.1.4 双向曲波填料

双向曲波填料的结构特征为:双向波纹、弯曲通道、斜交错排列旋转 90°安装(见图 4)。它与相应型号的单向斜波填料相比,在分离效率稍有降低的情况下,通量可提高 25%~35%。

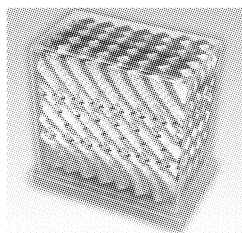


图 4 双向曲波填料

双向曲波填料又称作 Zhaopak,是天大天久公司专利^[2]产品。与当代同类产品相比,具有国际领先水平,是最有价值的规整填料之一。已成功地用于 $\Phi 8\ 400$ 大型塔中。

1.2 垂直格栅填料

1.2.1 单向斜波格栅填料

单向斜波格栅填料的代表是 Mellagrid,其结构特征是:单向光面波纹、倾斜通道、斜交错排列。它与相应的水平格栅(如 EF-25A)相比,通量更大,压力降更低,刚度更大,体积传热系数略低。

1.2.2 双向斜波格栅填料

双向斜波格栅填料——天久格栅填料也称 Zugrid,是天大天久公司的专有技术(见图 5)。其结构特征是:双向光面波纹、倾斜通道、下端带翻边、斜交错排列。它与相应型号(64X)的 Mellagrid 格栅填料相比,通量更大,压力降更低,刚度更大,体积传热系数更高(比 EF-25A 还高)。

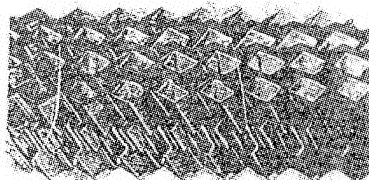


图 5 双向斜波填料天久格栅—Zugrid 64

天久格栅 Zugrid 填料已成功地用在 $\Phi 9\ 000$ 、 $\Phi 8\ 400$ 、 $\Phi 6\ 000$ 等多座大型塔器中。

1.3 散装填料

1.3.1 增强型金属矩鞍环填料

金属矩鞍环——Intalox 填料是一种性能优良、应用广泛的散装填料(见图 6)。其美中不足是环形板条的刚度较差,当床层较高时容易被压扁变形。为此,天大天久公司研发了一种增强型金属矩鞍环专利^[3]产品,极大地提高了环形板条的刚度,其压力降和分离效率与相同型号的 Intalox 填料无异。

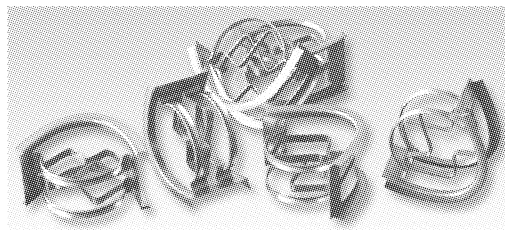


图 6 增强型 IMTP 填料

增强矩鞍环填料已成功地用于 $\Phi 4\ 900$ 、 $\Phi 4\ 800$ 、 $\Phi 5\ 200$ 、 $\Phi 5\ 400$ 、 $\Phi 6\ 200$ 、 $\Phi 8\ 800$ 和 $\Phi 12\ 600$ 等多座大型塔器中。

2 填料塔液体分布器技术进展、技术创新及优化设计规律

2.1 管式液体分布器^[1]

2.1.1 单层排管式液体分布器

该类分布器多用于小塔,在大中型塔中用作预分布管,其结构简单,布液欠均匀。虽然开变径小孔可以改善液体分布的均匀度,但实用性欠佳。切实可行的措施是在各喷淋孔下焊接导液管,可有效地调整并改善一级槽内液位的水平度,并可防止冲击气泡。

2.1.2 双层排管式液体分布器

双层排管式液体分布器也称作复合管式液体分布器。它是一种高弹性管式液体分布器,适用于高弹性中小塔,结构较复杂。

2.1.3 槽管复合式液体分布器

天津大学化学工程研究所将管式液体分布器与槽式液体分布器的二级槽相复合,研制出槽管复合式液体分布器^[4]。这也是一种高弹性液体分布器,其不足之处是抗堵塞能力较差。

2.1.4 盘槽管式气液分布器

盘槽管式气液分布器是天大天久公司的专有技术。它并非螺旋形盘管,而是塔盘或集液盘与槽式、管式液体分布器三合一,把管式液体分布器推进到了一个新阶段。它从结构上彻底解决了管式液体分布器横主管内变速流静压头不相同所造成的各支管喷淋孔喷液量不均匀的问题,有效地提高了盘槽管式液体分布器液体分布的均匀度。

2.2 槽式液体分布器

带管式预分布器的两级槽式液体分布器在大型填料塔中应用颇广。纵观其发展史,可归纳为5个发展阶段。

2.2.1 填料压圈托槽式液体分布器

由于常规填料压圈的刚度不足以支撑其上面的二级槽式液体分布器,因此当填料床层凹凸变形时,槽式液体分布器的水平度难以保证,现已很少采用。

2.2.2 低位悬槽式液体分布器(图7)

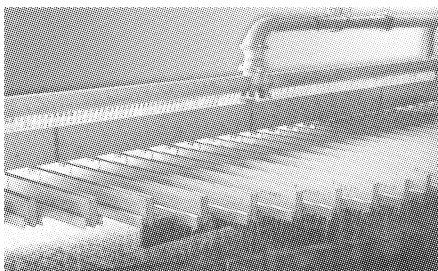


图7 悬槽式液体分布器

利用一个主梁和2个副梁(或弧形立板)将二级槽悬吊起来,悬离填料压圈100~300 mm,一级槽放在二级槽上并三维限位。这样槽式液体分布器的水平度便一劳永逸,不再受填料床层变化的影响。

国内已成功地将用于 $\Phi 9\ 000$ 、 $\Phi 8\ 400$ 、 $\Phi 10\ 000$ 和 $\Phi 10\ 200$ 多座大型塔器中。

2.2.3 埋藏梁托槽式液体分布器

这是一项国产专有技术。在某种情况下,留给槽式液体分布器的空间高度有限,不宜采用低位悬

槽式液体分布器,而又不能采用填料压圈托槽式液体分布器时,埋藏梁托槽式液体分布器应运而生。

在填料层上端,设计2~4根约500 mm高的云梯式栅梁,梁上端面齐平,云梯内外镶嵌填料,填料压圈与梁上端齐平,然后将二级槽放于栅梁上即可。

1998年,天久公司将此技术首次成功地用于茂名石化公司 $\Phi 8\ 400$ 减压塔中。

2.2.4 盘槽式气液分布器(PTLGD)^[5]

盘槽式气液分布器是天大天久公司最新专利产品^[6](见图8)。相对于低位悬槽式液体分布器而言,它是一种结构独特的高位悬槽式液体分布器。它是由塔盘或集液盘与二级槽式液体分布器复合而成的。取前者一个盘字,取后者一个槽字,命名为盘槽式气液分布器。由于塔盘和集液盘是众所周知的成熟技术,二级槽式液体分布器也是成熟的广泛应用的技术,故盘槽式气液分布器虽鲜为人知,但却是成熟可靠的技术。与当代同类技术相比,该技术处于国际领先水平,是最有价值的液体分布器之一。

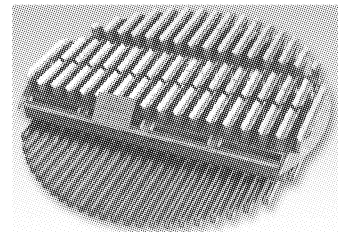


图8 盘槽式气液分布器

盘槽式气液分布器有3种基本模式:①塔盘/二级槽式液体分布器相复合;②集液盘(集油箱)/二级槽式液体分布器相复合;③遮挡式集液环(O形、O形等)/二级槽式液体分布器相复合。

盘槽式气液分布器既具有塔盘或集液盘的功能,又具有两级槽式液体分布器的功能,其突出性能是:

(1)多功能。它既具有塔盘的传质传热、液体收集、气体均布和侧线采出功能;又具有二级槽式液体分布器的高通量、低压降、液体温度及浓度的混合、液体均布和液体淋降传质传热功能;还具有集油箱的液体收集、内回流入槽或不入槽、侧线采出以及外回流液体(或进料)穿越集油箱而直接入槽的功能。

(2)低占位。尤其是用于塔盘/填料复合塔结合部时,其总占位高度比两级槽式、筛孔盘式和槽盘式液体分布器的总占位高度低约1.5 m。

(3)用途广。它可以用于在填料/填料之间、塔盘/填料之间、常规塔盘/穿流塔盘之间,是老塔改造和

新塔设计不可多得的新技术。

2.2.5 新联通槽式液体分布器

常规联通槽式液体分布器难以作为集液-再分布器使用,天大天久公司研发的新联通槽液体分布器却打破了这一常规。该液体分布器的最大特点是其在塔内的总占位高度比其他任何形式的液体分布器都低,而且可以出侧线。它适用于高理论板数、多段床层的填料塔。与当代同类技术比处于国际领先水平,是最有价值的液体分布器之一。

2.3 盘式液体分布器^[1]

盘式液体分布器也经历了 4 个发展阶段,或者说具有 4 种基本结构型式。

2.3.1 筛孔盘式液体分布器

该盘式分布器结构简单,筛孔开在盘底部,占位高度低,抗脏堵能力较差,该产品历史悠久,应用颇广,以美国 NORTON 公司的 117 型为代表。

2.3.2 溢流盘式液体分布器

该分布器升气管上端开溢流孔,占位高度也较低,抗脏堵能力强于筛孔盘式液体分布器。当升气管内的气体动能因子 $F \geq 4.0$ 时,溢流液则被高速气流挟带上去。因此操作弹性较小,应用受到限制,以美国 NORTON 公司 798 型为代表。

2.3.3 列管盘式液体分布器

为解决筛孔盘式液体分布器抗脏堵能力问题,盘底设有上下各伸出一定长度的细管,形似列管式换热器的管束,称之为列管盘式液体分布器。这种液体分布器结构较复杂,检修困难。

2.3.4 槽盘式气液分布器(TPLGD)^[7]

槽盘式气液分布器是天大天久公司的专利^[8]产品(见图 9),是盘式液体分布器的最新进展,该产品属国际首创,达到当代国际领先水平。已被定为国家行业标准^[9],已推广应用于上千座塔中,最大塔径达到 $\Phi 9\ 000$ 。

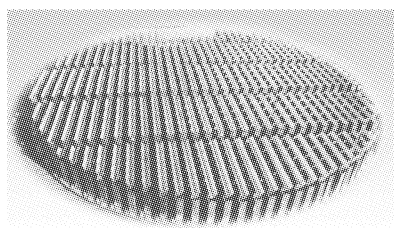


图 9 槽盘式气液分布器

该产品的结构特征为:喷淋孔和溢流孔分别开在矩形升气管的中部上,同一垂线上的异径孔被位于升气管内的导液管罩住。它具有优良的综合性能:

能:低占位、多功能、抗堵塞、带液停、升液位、高弹性、宜采出、适闪蒸、防漏液、耐摆动、利传热、抗变形、混合良、水平恒、气均匀、液均衡、压降低、通量增、用途广、投资省。其主要特性是抗堵塞,多功能和利传热。

2.4 喷嘴式液体分布器

管式、槽式和盘式液体分布器的布液状态由多点分布发展到多线分布,而喷嘴式液体分布器则实现了液体的小粒径面分布。

喷嘴式液体分布器多用于吸收塔、洗涤塔、冷却塔、脱气塔及蒸馏塔的换热段、分馏段中,也可以作为穿流塔盘的液体分布器。

BETE 公司的超大口径抗堵塞喷嘴——SMP 实心圆锥形喷嘴(见图 10)在国内外得到了广泛应用,国内已成功用于 $\Phi 8\ 800$ 、 $\Phi 12\ 600$ 等多座大型塔器中。

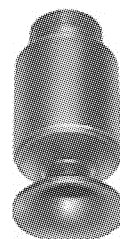


图 10 BETE 公司 SMP 型喷嘴

3 填料塔进气初始分布器与二次气体分布盘的技术进展与创新^[1]

3.1 进气初始分布器的分类

按对称性分为 3 类:轴对称类、面对称类和不对称类。

按流型分为 3 类:导流型、截流型和自流型。

按流路分为 3 类:三维流动、二维流动和一维流动。

按均匀度分为 2 类:粗分型和精分型。

3.2 进气初始分布器的排序初探

(1)轴对称类三维导流型进气初始分布器。如斜喷型辐散式进气初始分布器^[10]。

(2)轴对称类三维复合导流型进气初始分布器。如带复合导流板的逆辐散式进气初始分布器^[10]。

(3)轴对称类二维导流型进气初始分布器。如水平喷辐散式进气初始分布器^[10](见图 11)和多切向式进气初始分布器。

(4)面对称类三维导流型进气初始分布器。如双列倾斜叶片式进气初始分布器^[10]。

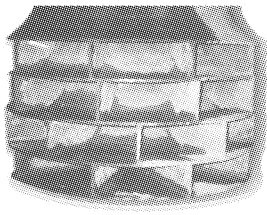


图 11 水平喷辐散式进气初始分布器

(5)面对称类三维复合导流式进气初始分布器。如双列复合叶片式进气初始分布器^[10],双切向环流式进气初始分布器^[10](见图 12)。

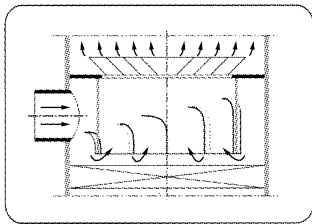


图 12 新型双切向环流式进气初始分布器

(6)面对称类二维导流式进气初始分布器。如双列叶片式进气初始分布器^[10](见图 13)和多径向式进气初始分布器^[10]。

此外,进气初始分布器还应配置二次气体分布盘,以实现两级气体均布。

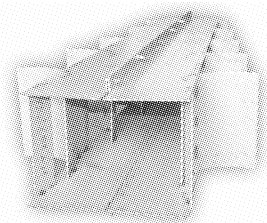


图 13 双列叶片式进气初始分布器

3.3 二次气体分布盘的分类

对于大型及超大型填料塔采用两级布气为佳。如果说进气初始分布器是气体的第一级分布,那么气体分布盘则是气体的第二级分布。二次气体分布盘也可分为二类:粗分型和精分型。

3.4 进气初始分布器与二次气体分布盘的匹配模式

进气初始分布器与二次气体分布盘有 4 种匹配模式,笔者推荐第 1 种模式。

(1)粗分型进气初始分布器/精分型二次气体分布盘。如三维复合导流式进气初始分布器与大孔穿流筛板或角钢塔盘的组合,已成功地用于 $\Phi 9\ 000$ 、 $\Phi 4\ 900$ 、 $\Phi 4\ 800$ 、 $\Phi 5\ 200$ 、 $\Phi 5\ 400$ 和 $\Phi 12\ 600$ 等多座大型塔中。

(2)精分型进气初始分布器/精分型二次气体分布盘。如双切向环流式进气初始分布器与大孔穿流筛板的组合。

(3)精分型进气初始分布器/粗分型二次气体分布盘。如双切向环流式进气初始分布器与槽盘式集液盘的组合,已成功地用于 $\Phi 8\ 200$ 、 $\Phi 8\ 400$ 、 $\Phi 10\ 200$ 等多座大塔减压塔中。

(4)粗分型进气初始分布器/粗分型二次气体分布盘。如双列叶片式进气初始分布器与槽盘式集液盘的组合。

4 大型塔器支撑装置的技术进展与创新

4.1 散装填料支撑装置

散装填料通常采用常规支座、工字钢梁、水平塔圈和驼峰式支撑板。现发展到“五穿型支撑”,即穿流式支座、穿流式栅梁、穿流式支撑圈、穿流式栅板和穿流式龟甲网(或穿流式钢板网)。五穿型支撑已成功地用于 $\Phi 4\ 800$ 、 $\Phi 5\ 200$ 、 $\Phi 4\ 900$ 、 $\Phi 5\ 400$ 、 $\Phi 8\ 800$ 、和 $\Phi 12\ 600$ 等多座大塔中。

4.2 规整填料支撑装置

规整填料多采用常规支座、工字钢梁、垂直(穿流)塔圈和穿流式栅板。现发展到“四穿型支撑”,即穿流式支座、穿流式栅梁、穿流式塔圈和穿流式栅板。

4.3 液体分布器支撑装置

管式液体分布器和喷嘴式液体分布器预分布管的支撑梁多采用自身梁、工字钢梁,常规支座。

悬槽式液体分布器悬挂二级布液槽的主梁多采用工字钢梁,常规支座。

盘槽式液体分布器的支撑梁为复合槽梁与工字钢梁或桁架梁的组合。

盘式液体分布器与集液盘的支撑梁则为工字钢梁、升气管式栅梁或为上托填料下挂底盘的栅梁/桁架梁组成的复合桁架梁。

4.4 大型塔板的支撑装置

大型穿流塔盘的主梁由一梁托一盘的工字钢梁发展到一梁托二盘的工字钢梁和一梁托 N 盘($N \geq 2$)的桁架梁。

大型折流板的主梁由一梁托一块折流板的类工字梁发展到“空间网架梁”。一套空间网架托起了多层多块折流板。空间网架的研发成功,将大型塔桁架梁阶段推进到空间网架新阶段。

大型多溢流($N \geq 3$)塔盘和大型多降液管塔盘的主梁由与降液管垂直的桁架梁发展到与降液管平

行的一梁托 N 盘复合桁架梁和三维空间网架。三维空间网架开创了大型多溢流塔盘和多降液管塔盘支撑主梁的新阶段。

上述塔盘的各种主梁已成功用于 $\Phi 4\ 900$ 、 $\Phi 4\ 800/\Phi 5\ 200$ 、 $\Phi 6\ 200$ 、 $\Phi 9\ 000$ 、 $\Phi 8\ 800$ 、 $\Phi 5\ 400$ 和 $\Phi 12\ 600$ 等多座大塔中。

5 大型四溢流盘全盘流体力学优化设计技术进展与创新

四溢流塔盘常采用等流程长度法和等鼓泡面积法来设计。无论采用哪种设计方法均遵循着“固定堰长,调堰高和调底隙”的常规设计模式。

经多年研究,笔者在恒分子流理论的指导下,研发出全盘流体力学优化设计的新模式。该模型概括为“溢流型塔盘各区中的液流密度($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)相等,液流强度($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)相等,液位高度相等,小孔液流量相等和堰高相等”,简称为“五等原则”。

6 大型塔器中的焊接型盘式液体分布器或集液盘防变形技术进展与创新

6.1 膨胀节

管道或设备壳体的一维膨胀变形采用波纹膨胀节来解决。大型塔器中焊接型盘式液体分布器和集液盘的二维膨胀变形需采用新研发的平面膨胀节来解决。

6.2 平面膨胀节的结构型式及分类

平面膨胀节的基本结构型式有 4 种: Ω 型、U 型、V 型和 L 型及其组合型式。

平面膨胀节可分为 2 类:单向(X、Y、Z、R)平面膨胀节和双向(x/y)平面膨胀节。其中双向平面膨胀节多由 2 个以上的单向平面膨胀节组合而成。

6.3 平面膨胀节的用途

平面膨胀节用于解决盘式液体分布器或集液盘底板的径向膨胀、两梁间底板的单向(X 向)膨胀及相邻 2 块底板间的单向(Y 向)膨胀等场合。

7 塔器硬件集成创新技术在大型塔中的应用

7.1 塔器硬件集成创新技术在乙烯装置汽油分馏塔中的应用

目前国内有 10 套 100 万 t/a 乙烯装置正在陆续建设中。总承包商为林德公司、鲁姆斯公司和 S&W 公司。其中的汽油分馏塔虽都采用三段工艺,但各公司的塔内件各异。林德公司为浮阀/角钢塔盘/角钢塔盘模式(独山子乙烯工程);鲁姆斯公司为(散装

填料+固阀)/固阀/大折流板模式(天津乙烯工程)或固阀/固阀/大折流板模式(镇海乙烯工程);S&W 公司则为波纹穿流筛板/波纹穿流筛板/波纹穿流筛板模式(大庆乙烯工程)。笔者的原则是在工艺包方案的框架内进行优化。天津大乙烯汽油分馏塔(图 14)为一典型实例。

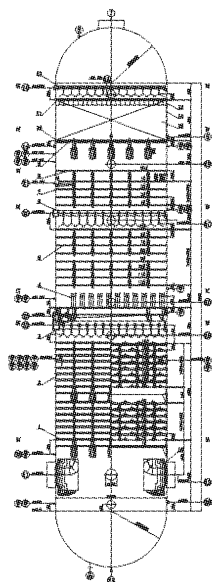


图 14 中石化天津分公司 100 万 t/a 乙烯装置 $\Phi 12\ 600$ 汽油分馏塔简图

在工艺包方案的基础上笔者做了一个和工艺包完全相同的方案:散装填料(4.3 m)+固阀(4 块)/固阀(8 块)/大折流板(16 块)。又做了一个优化方案:散装填料(4.3 m)+大孔穿流筛板(4 块)/大孔穿流筛板(8 块)/中型折流板(16 块)。经中国石化公司 3 次专家论证会,优化方案得以实施。

优化方案主要是采用 12 块大孔穿流筛板取代了工艺包方案中的 4 块双溢流固阀和 8 块四溢流固阀。原因有:

(1)大孔穿流筛板的压降低,约为固阀的 1/2。全塔压降约 9.32 kPa,而工艺包方案全塔压降为 15~22 kPa。优化方案节能、增效明显。据天津石化公司估算,每降低 1 kPa,可以节能 150 kW/h,乙烯收率增加 0.1%,年增经济效益 5 000 万~1 亿元。

(2)大孔穿流筛板的抗堵塞能力优于固阀,更适于长周期(4~5 年)运行。

(3)大孔穿流筛板的体积传热效率高于固阀的传热效率,可确保中油循环段的取热效果,从而为塔顶的低温度及汽油的低干点创造了有利条件。

以上新技术在 $\Phi 4\ 900$ 、 $\Phi 4\ 800/\Phi 5\ 200$ 、 $\Phi 8\ 800$ 、 $\Phi 6\ 200$ 、和 $\Phi 9\ 000$ 汽油分馏塔中得到了

成功应用。

该汽油分馏塔中采用的集成创新技术如下:

(1)分馏段、中质油循环段、急冷油循环段的液体分布器由过去的重力式(如槽盘、槽式等)液体分布器改为压力式(喷嘴)液体分布器。

(2)用增强型 50# 金属矩鞍环取代原 50# 金属矩鞍环。

(3)用栅板/龟甲网复合式床层限制器取代原栅板/金属网复合式床层限制器。

(4)用栅板/龟甲网复合式支撑板取代原驼峰式支撑。

(5)用栅梁取代工字梁。

(6)用 5 块大孔穿流筛板取代分馏段下部的 4 层双溢流固阀,即比工艺包方案增设了一层塔盘。

(7)用 8 层大孔穿流筛板取代中质油循环段的 8 层四溢流固阀。

(8)用一梁托四盘(及五盘)的桁架梁取代双溢流和四溢流塔盘与降液管垂直的桁架梁。

(9)用中型分段式折流板取代工艺包方案中的大型长条折流板。

(10)用 1 套托 8 层的 2 套空间网架梁取代一梁托一板的工艺包方案的长横梁(类工字梁)。

(11)最底层采用角钢塔盘兼作二次气体分布盘取代了一层折流板。

(12)增设了 2 个三维复合导流式进气初始分布器,从而形成了粗分/精分匹配模式的二级气体分布器。天津和镇海有两座相同工艺、不同硬件配置的汽油分馏塔,哪座更优,待观实践。

7.2 塔器硬件集成创新技术在大型炼油装置减压塔中的应用

大型炼油装置润滑油型减压塔是一个国家石油炼制水平的标志性塔器。它和燃料油型减压塔均是规整填料塔的典型范例。自 1985 年以来,天大天久公司用于减压塔、油洗塔及洗涤塔的创新技术已在近 30 套装置中得到应用。

经多年工程实践,笔者总结出了塔器气液分布器优化设计规律^[11]。运用该规律可以很快做出

表 1 润滑油型减压塔和燃料油型减压塔中各段气液分布器的优选

减项循环段	二级悬槽式液体分布器
减一中循环段	喷嘴(燃)、盘槽(润)
减二中循环段	喷嘴(燃)、盘槽(润)
减一线至减五线分馏段及洗涤段	槽盘、盘槽(喷淋密度 < 1.0 时)
汽提段	槽盘

各种塔器中气液分布器的优化设计方案。例如,常减压蒸馏装置中的润滑油型减压塔和燃料油型减压塔中各段的气液分布器优选方法见表 1。

在减压塔的改造与新塔设计中有 3 个具有重大意义的项目:

(1)1990 年济南炼厂北蒸馏 $\Phi 4 200$ 润滑油型减压塔减三/减四线分馏段的技术改造项目,采用了槽盘式气液分布器和碳钢渗铝孔板波段填料 2 项专利技术^[8,12]一次改造成功,获得了国家教委科技进步二等奖。槽盘式气液分布器获国家发明四等奖。该项目为规整填料首次在国内减压塔中应用。

(2)1998 年中石化茂名石化公司国产第一套 500 万 t/a 常减压蒸馏装置润滑油型减压塔,该项目采用了双向斜波填料等 10 多项专利技术和专有技术,一次开车成功并顺利达标。这标志着我国在化工分离工程领域塔器技术研究、设计和应用达到国际先进水平,是我国大型塔器和大型成套装置实现国产化的重要标志。

(3)2000 年抚顺石油一厂东蒸馏 $\Phi 6 400$ 润滑油型减压塔第 2 次改造,这是一座国外某著名公司采用现代规整填料塔技术改造后未达标的减压塔。该项目采用自主创新的 4 项技术一次改造成功,使减四线润滑油的技术指标创该塔历史最好水平。

参考文献

- [1] 赵汝文. 中华大型塔器技术新进展[C]//ACHEMASIA 会议论文. 北京:中国化工学会,2004.
- [2] 天津大学. 组片式波纹填料:中国, ZL95217757.9[P]. 1995-07-31.
- [3] 天津天大天久科技有限公司. 弯曲导流波纹填料:中国, 00250247.X[P]. 2000-09-15.
- [4] 天津大学. 虹吸式高弹性液体分布装置:中国, 92232972.9[P]. 1992-09-10.
- [5] 赵汝文,田桂林,于健. 盘槽式气液分布器的设计及应用[J]. 石油化工设备, 2005, 34(6): 54-55.
- [6] 天津天大天久科技有限公司. 盘槽式气液分布器:中国, 02281730.1[P]. 2002-10-23.
- [7] 赵汝文,田华明,孙津生,等. 槽盘式气液分布器的研究及其在大型塔中的应用[J]. 化学工程, 1993, 21(1): 4-14.
- [8] 天津大学. 组合式液体分布器:中国, 89208579.7[P]. 1989-06-15.
- [9] 国家石油和化学工业局. HG/T21585.1-1998 可拆型槽盘式气液分布器[S]. 北京:化学工业出版社,1998.
- [10] 赵汝文. 填料塔气液分布器优化设计规律[J]. 化学工程, 2006(34): 75-78.
- [11] 赵汝文. 大型塔进气初始分布器及二次气体分布盘的优化设计[J]. 化学工程, 2006, 34(8): 75-77.
- [12] 天津大学. 碳钢渗铝孔板波纹填料:中国, ZL90202144.3[P]. 1990-02-26. ■