

现代填料塔分离技术进展与应用

陈大昌 刘乃鸿

上海化工研究院

摘要: 填料塔将逐步取代板式塔。本文对塔填料应用在几种产品的分离上进行了叙述,并介绍了国外各种散堆填料和规整填料的品种和规格。

The Progress and Applications of Morden Packed Tower Separation Technique

Chen Dachang Liu Naihong

Abstract: Packed towers will substitute for Plate towers progressively. In this article, the application of packed towers for separation on several products are narrated, varieties and specification of various packing materials of both irregularly packed and regularly packed tower abroad are also presented.

1 前言

分离技术就是指在没有化学反应发生的情况下分离出混合物中特定组分。这种操作包括蒸馏、吸收、解吸、萃取、结晶、吸附、过滤、蒸发、干燥、离子交换和膜分离等。利用分离技术可为社会提供大量的能源、化工产品和环保设备,对国民经济起着重要的作用。据报道,分离加工在许多工业中占去总投资和操作费的 40~70%,美国化学加工工业的能耗约有 43% 用于分离加工。在诸多的分离操作中蒸馏是最重要的,也是应用最广泛的。实际上就能耗而言,化学加工工业的分离加工所消耗能量有 95% 用于蒸馏。因此蒸馏技术的进展一直受到国内外普遍关注。蒸馏技术领域在改进设计方法、开发新型蒸馏装置和扩大原有蒸馏装置的适用范围以及故障诊断技术三个方面均已取得了重要的进展。

众所周知,蒸馏(精馏)塔分为板式塔和填料塔。板式塔有泡罩塔、筛板塔、浮阀塔及其变种。填料塔有规整填料塔和散堆填料塔。一般来说,板式塔结构较简单,适应性强、易于放大,造价便

宜,但效率低、压降高、持液量大;而填料塔效率高、压降低、持液量小,但成本高,对初始液液体分布很敏感,一定填料高度需装液体再分布器,中、高压操作的传质性能差。在目前运转的塔器中,仍以板式塔为主,开发应用则以现代填料塔为主导。美国著名学者 Fair 教授认为,最近十年蒸馏装置的头号新闻就是汽-液接触的填料塔逐步取代板式塔,规整填料作为低压降具有高传质效率的装置成为佼佼者。这种评价是符合现代填料塔分离技术进展实际情况的。

2 现代塔填料

当今世界从事填料事业的国外著名公司和主要现代塔填料如表 1、2 所示:

表 1 国外现代散堆填料专业公司(机构)和填料

国名	公司(机构)	填料名称
英国	传质公司(Mass Transfer Ltd)	CMR(Cascade Mini-Rings)
美国	诺尔顿(Norton)公司	IMTP(Intalox Metal Tower Packig)
英国	纳特(Nutter)公司	纳特环(Nutter Rings)
美国	莱瓦(Leva)工程实验室	莱瓦环(Leva Rings)
德国	鲍尔芬谢埃脱 (Paul Rauschort)公司	脉冲填料(Impulse-Packing)

表2 国外现代规整填料的主要类型与规格

序号	研制单位	填料牌号	填料类型	材 质	比表面积(m ² /m ³)	备 注
1	Sulzer(瑞士) (苏尔寿)	AX	带孔波纹丝网	不锈钢等	250	要求理论板不多而通量大
		BX	带孔波纹丝网	不锈钢等	500	分离效率高,压降小
		CY	带孔波纹丝网	不锈钢等	700	效率最高,压降较小
		Mollapak	带孔波纹板	不锈钢等	125~500	一般应用
		Kerapak	陶瓷波纹板	硅酸盐	450	腐蚀介质分离
		DX, EX	波纹丝网	不锈钢		用于实验室小塔
2	Glitsch(美) (格利布)	Gempak	带孔波纹网(板)	不锈钢等	45~450	有C型和FF-25A型
		Glitschgrid	格栅	不锈钢等	40~45	
3	Koch(美)	Flexipac	带孔波纹板	不锈钢等	125~500	与Mellapak相同
		Flexigrid	格栅			
4	Kuhnni(瑞士)	Rombopak	网板	不锈钢等	230	
5	Montz(德)	Montz-Pak A3	带孔波纹网	不锈钢等	500	主要用于真空精馏
		Montz-pak B1	波纹状穿孔板	不锈钢等	100~300	用于一般蒸馏
		Montz-pak B3	波纹状穿孔板	不锈钢等	500	介于A3与B1之间, 用于一般蒸馏
		Montz-pak C1	板片	聚四氟乙烯	300	用于分离腐蚀介质
6	Norton(美) (诺尔顿)	Intalox 2T	波纹状穿孔板	不锈钢	220	
		Intalox 3T				
7	Nutter(英) (纳特)	snap-Grid #3	开槽条片	不锈钢		Nutter公司在美国也被 许可生产Montz B1填料
8	Raschig(德)	Ralu-Pak250 YC	带缝隙波纹板	不锈钢 碳钢	250	
9	D. D. R(德)	Pyrapak G	板网片	不锈钢等	180	
		Pyrapak F			350	
		Perform Grid	板波	不锈钢	29,40	
10	日本住友公司 日本月岛机械 日挥公司	各种 Sulzer 填料				
		Rombopak				
		Performgrid				
11	C. C. C. P(原苏联)	各种波纹填料				网和板状均有

3 对现代填料塔分离技术进展的几点看法

3.1 开发新型填料要沿着理想塔填料方向努力。所谓理想塔填料的基本要求是传质效率高、分离能力大、压降低和成本合理。要达到这些要求,填料表面积尽可能大,气液均布,液膜不断更新,气体湍动较大,可以说,阶梯环、环矩鞍、朗博帕克(Rombopat)和各种波纹填料比较接近理想塔填料。今后填料结构和几何尺寸仍然有改进的余

地,但不会太大,除非填料传质机理研究取得重大突破,否则还是鞍环型和波纹型填料占主导地位。

3.2 填料塔分离性能首先取决于填料,其次取决于塔内件等。从理论上讲,采取有效措施,确保塔内气液两相均布,就可以达到放大效应不明显。有效措施包括增强填料润湿性、填料高度合理分段,液体分布器不良分布度小,填料、内件和

塔设备设计、制造、安装正确,保温良好,不产生冷回流和过热现象等等。

3.3 填料塔放大技术研究已获得重大进展,填料塔大型化,已与板式塔抗衡。据报道,美国诺尔顿公司的金属环矩鞍填料塔最大直径达 20 米。瑞士苏尔寿公司和美国格利希公司的板波纹填料塔最大直径也达 14 米。几米直径的填料塔已经普遍应用了。

3.4 新型填料塔应用范围从一般化工扩大到炼油和石油化工,从精馏、吸收操作单元扩大到生化处理和环境保护,从提高产品产量扩大到降低能量和原料单耗,形成了大规模取代传统散堆填料塔和部分板式塔的新局面。

3.5 散堆填料和规则填料各有长短,在各自的适用范围内充分发挥本身优势。在某些特殊场合,不同种类的填料组成填料复合塔,或者组成填料—塔板复合塔,使它们性能相互补充,应用范围扩大。实用表明,规则填料的综合性能比较好,散堆填料即使装进塔内也希望能定向排列,气液两相流动规则化,从而减少阻力,提高分离效率。在规则填料中,许多学者认为波纹填料较佳。

目前新型填料塔大型化的开发应用仍以金属环矩鞍和波纹填料为主。普遍看法是规整填料比散堆填料贵 35~50%,但生产能力和分离效率则比前者提高 10~20%。从塔器技术改造费用看,采用规整填料要多一些,但从缩小塔体积和节能的收益看,费用可以很快回收。虽然目前规整填料尚未成为一种蒸馏操作的理想填料,但最近国外专家预言:“十年后采用规整填料将成为蒸馏操作唯一可取的途径”。

3.6 塑料填料有待进一步开发和扩大应用范围。塑料填料与金属填料相比,具有价格便宜,堆比重小、耐腐蚀和加工简便等优点,然而耐温不高,强度较差,润湿不容易,若能克服这些缺陷,塑料填料将会有更大的发展。

3.7 填料专业公司,大多建立了中试装置、大型液体分布器冷模装置,为用户提供以试验—设计—加工—安装投产一条龙技术服务,销售整套塔装置,以确保用户的产量和质量。

3.8 重视软件开发,充分发挥软件和硬件结合的作用。例如建立物料的热力学、填料流体力学和传质力学数据库,用 Simulation Science, Inc 的 Process 软件模拟过程和优化计算,实施计算机辅助设计(CAD),在中试装置及生产装置采用计算机控制和调优等。

4 我院现代塔填料开发与应用概况

我院研制高效填料可追溯到 60 年代初期。当时为了满足分离稳定性同位素¹⁵N 的填料塔级联装置生产的需要,特地开发了不锈钢螺旋型小颗粒填料。该填料的分离效率高,每米填料理论板数十块之多。70 年代初又特制了磷青铜丝网波纹填料,用特殊表面处理方法解决了水润湿不容易的难题,使其流体力学和传质特性均达到国际同类重水分离试验水平。接着开展了填料塔放大技术研究,开始推广大型丝网波纹填料塔。70 年代末结合现代塔新型通用填料发展动向,从精密填料开发研究进入通用填料开发研究阶段。到 80 年代初先后研制出各种现代鞍环型和板波纹型填料。80 年代末又创新推出网孔板波纹填料。至此我院形成了系列现代散堆填料和规整波纹填料产品,适应不同场合的需要。迄今为止,我院推广工业应用现代填料塔约 1000 座,最大直径 5 米以上,在近百个产品生产中取得了显著经济效益和社会效益,多次荣获国家级、省部级科技成果进步奖和优秀产品奖。

典型应用实例如下:

4.1 对、邻、间硝基甲苯

硝基甲苯是合成甲苯胺和某些染料的重要原料。硝基苯异构体的沸点十分相近,高温下又易炭化,故需采用高效真空精馏分离。

采用三座丝网波纹填料塔全精馏分离新工艺,邻硝基甲苯纯度达 99.97%,对硝基甲苯纯度达 99.7%,产品质量达到德国拜耳公司水平,产品优质,畅销国内外。波纹填料塔与板式塔相比,生产能力提高 2 倍。目前国内由我院承建的硝基甲苯分离装置 7 套,总生产能力达 4 万吨/年,占全国总产量的 70%,年产值 2.5 亿元,利

税超过4千万元/年,而7套装置投资不足4千万元。

4.2 乙苯/苯乙烯

兰州合成橡胶厂进行万吨乙苯/苯乙烯精馏塔技术改造,改用孔板波纹填料塔,效果显著,增产节能,苯乙烯收率提高,釜温和聚合率降低。在高桥化工厂新建年产3万吨苯乙烯精馏装置中,采用Process软件优化设计,选择合理的塔内件,严格制造填料和安装,解决了工程放大技术,开车取得成功,各项技术指标居同行最优。

4.3 环氧丙烷

高桥化工厂用一座孔板波纹填料塔取代三座直径相同的浮阀塔生产环氧丙烷,生产能力提高25~40%,节能三分之二。南京钟山化工厂、清江石油化工厂环氧丙烷精馏塔改造也取得同样的效果。杭州电化厂环氧丙烷精馏塔采用网孔波纹填料单塔取代双塔,质量创优级品,年效益150万元,而填料改造费仅7万元。

4.4 丙烷/丙烯

新疆独山子炼油厂气体分离工段的脱异丁烷塔和丙烯丙烷塔进行技术改造。改造前对该体系加压精馏作了调查研究,仔细分析了国内外有关资料,并用Process软件进行了模拟计算和优化,提出技术改造方案,将原有的浮阀塔改为孔板填料塔。三座塔开车成功,质量和产量均提高。用波纹填料改造这样物系的高压板式精馏塔取得成功,在国内尚属首例。

4.5 紫罗兰酮

该物系属多组分具热敏性的难分离物系。采用丝网波纹填料、降膜式再沸器、无泄漏物料泵组成的高效精密分馏塔及特殊操作方式,制取高纯度紫罗兰酮,产品纯度、颜色、香气均达到国际同类产品水平,收率比旧塔提高2.5倍,效益显

著。

4.6 脱硫化氢

合成氨原料气净化是至关重要的,如脱除 H_2S 。用塑料板波纹填料为主的复合塔及合适塔内件改造原直径1.6米脱硫塔。与原旋流板相比,气体处理量增加50%,出口硫化氢含量由0.1克/米³下降到0.05克/米³,达到部颁标准,稀氨水浓度从16~20滴度下降到12~14滴度,改造偿还期不到2个月。

除上述典型应用实例外,我院还应用化工流程模拟软件Process对精馏塔进行模拟优化,然后进行改造,先后在南京炼油厂、高桥石化公司炼油厂和化工厂等单位都取得了很好的效果,合计年经济收益1千万元以上。

5 结语

综上所述,金属环矩鞍(IMTP)、阶梯环(CMR)和各种波纹填料比较接近理想填料,具有传质效率高、通量大、压降低和价格合理等特点,性能优于传统填料,集中代表了现代塔填料水平。填料塔的放大技术取得重大突破,出现了现代填料塔不仅逐步取代传统填料塔,而且也部分代替大型板式塔,乃至出现了在炼油和石油化工业中与板式塔相抗衡的新局面。估计国内外应用现代填料塔在万座以上,产生了巨大的经济效益和社会效益。这就是现代填料塔分离技术主要发展趋势。现代填料塔开发应用方兴未艾,预计90年代还会持续发展。我国应紧紧跟踪国外填料塔分离技术最新发展动向,在已有基础上及时赶上和达到国际先进水平,以创造更大经济效益和社会效益。

参考文献(略)

