

并联螺旋填料的研究与开发

刘 钺, 杜风光, 李 晓

(河南天冠企业集团有限公司, 河南 南阳 473000)

摘要: 开发了一种用于精密精馏的新型高效并联螺旋填料, 能够很好地解决现有高效填料的放大效应问题。通过填料的流体力学和传质性能测试, 表明该填料是一种高效、低阻的新型填料, 特别是在传质方面与普通的丝网填料相比优势非常明显。

关键词: 螺旋填料; 精密精馏; 精馏; 放大效应; 传质

中图分类号: TB657. 6; TQ050. 45

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2010)12-0077-03

Research and development of paralleling spiral packing

LIU Yue, DU Feng-guang, LI Xiao

(Henan Tianguan Enterprises Group Co., Ltd., Nanyang 473000, China)

Abstract: A novel paralleling spiral packing with high efficiency used in sophisticated rectification is developed. It can solve the existing problem of efficient amplification effect of filler. The experiment results indicate that this packing has superior properties of higher efficiency and lower resistance than that of normal silk-packing, especially in mass transfer.

Key words: spiral packing; sophisticated rectification; distillation; amplification effect; mass transfer

用于分离沸点非常接近的混合物的精馏塔, 常常要求数十个理论塔板, 有的甚至多达数百个理论塔板, 这类精馏过程近代称之为精密精馏。在大多数情况下, 这类过程的处理量不大, 对填料的要求主要是追求高的分离效率。小型高效填料塔, 塔的效率随塔径的增大而减小, 即所谓的放大效应问题。直径大于 $\Phi 50$ mm 的塔就要考虑液体初始分布的均匀性, 塔径一般在 $\Phi 100$ mm 以上时, 其放大效应就已经很大了, 效率会急剧下降, 所以工业上很少出现 $\Phi 100$ mm 以上的高效填料塔^[1]。

本文中介绍了一种用于精密精馏的新型高效并联螺旋填料, 能够很好地解决现有高效填料的放大效应问题。通过填料的流体力学和传质性能测试, 表明该填料是一种高效、低阻的新型填料, 特别是在传质方面与普通的丝网填料相比优势非常明显。

1 试验部分

项目研究的内容包括填料的基础单元结构、填料的材质、材质的表面处理、与填料相匹配的气液分配器等塔内组件、填料的加工制作方法、填料结构以及同塔内件组成之间的不断优化、填料规格的变化、填料直径的不断放大以及放大后的组装和安装方法; 还有该填料的各项流体力学和传质性能指标, 包括不同结构、不同规格、不同直径填料在不同的试验介质、不同的试验环境下的表现能力。

1.1 试验装置及方法

试验采用直径 100 ~ 500 mm 的塔, 塔内装高效

并联螺旋填料; 液体回流口有液体分布器, 塔顶和塔釜有测温点、测压点和取样点, 供取样和检测用。

1.2 试验物系

试验选用的物系为乙醇-水系统, 即由乙醇和水配成的一定体积分数的溶液, 结合二者的气液平衡曲线计算等板高度和实际塔板压降, 并根据实验结果改进填料结构、材质及匹配的塔内件。

1.3 分析方法

试验采用全回流操作, 平衡 20 min 后取样分析, 检测使用酒精比重计和气相色谱法相结合。

2 结果与讨论

2.1 基础螺旋结构的确立

规整填料开发的着眼点可以归纳为: 强化膜式和喷雾传质, 降低阻力, 并促进两相流体均布, 使规整填料具有高效率、低阻力、大通量和便于放大的特点。高效并联螺旋填料的开发基于此出发点, 重点是保证液体的均匀分布, 增加液体在填料内的停留时间, 从而促进气液两相的充分传质。

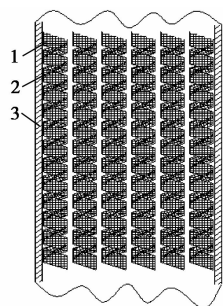
图 1 为单根填料的侧视图, 包括螺旋状的填料单元和用于填料分隔的弹簧护套。图 2 为单元填料的组装模式, 采用并联的方式保证了填料单元的相对独立, 从而保证了液体和气体的通道, 并有利于进一步的组装和放大^[2]。单元结构之间相对独立, 保证了液体的均匀分布, 并最大限度地增加填料表面的有效利用率; 丝网材质促进了液体在填料表面的成膜效果, 螺旋通道增加了液体在填料内的停留

时间,从而有效增加气液传质效果;稳定的结构、整齐的排列保证了填料中的空隙率,为气体提供通道,降低气体阻力,增加通量。



1—网状螺旋填料;2—弹簧护套

图 1 单根填料侧视图



1—网状螺旋填料;2—弹簧护套;3—壳体

图 2 成捆填料侧视图

2.2 填料的性能测试

在 $\Phi 200$ mm 的填料塔中对填料性能进行测定,结果见表 1。表 1 的数据表明 30 cm 高的并联螺旋填料可以将乙醇体积分数从 20% ~ 30% 提高到接近 95%,这在目前的塔填料中处于相对领先的水平。

表 1 高效并联螺旋填料塔基本性能测试试验

塔釜乙醇体积分数/%	塔顶乙醇体积分数/%	塔釜温度/ $^{\circ}\text{C}$	塔顶温度/ $^{\circ}\text{C}$	全塔压降/kPa	塔顶回流量/ $\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$	空塔气速/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
30	95.7	90.0	78.3	0.1	20	0.3
27	95.2	91.2	78.3	0.2	40	0.6
25	94.9	92.0	78.5	0.3	60	0.9
22	94.2	92.5	79.0	0.5	80	1.2
20	92.5	93.8	79.2	0.6	100	1.5

试验结果表明并联螺旋填料具有非常高的传质效率,低气速下每米填料理论塔板数超过 30 块,比

CY700 型丝网填料的效率高 3 倍以上;该填料压降较低,单板压降低于波纹填料,每米填料不超过 1.5 kPa(图 3);填料效率随气速升高而降低,特别是空塔气速超过 1.0 m/s 之后,效率下降较快(图 4);操作弹性和液体负荷较大,空塔气速 1.5 m/s 时没有发生液泛。

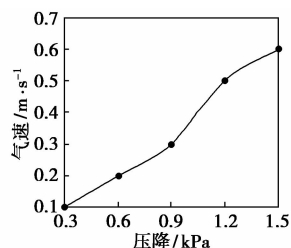


图 3 压降-气速图

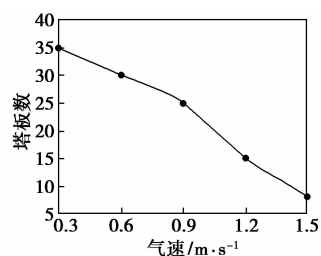


图 4 效率-气速图

2.3 液体分配试验

液体的原始分配会影响到填料表面的有效利用率,提高表面利用率是提高传质效率的重要途径。由于填料结构、气液分布状况等原因,填料所提供的表面并非都成为传质面,有些表面未被液体润湿,有些表面虽被液体润湿,但由于气相偏流,在局部形成死区,气液未能接触,达不到传质的目的,有些液体形成了壁流、沟流,未从填料表面均匀流下。目前许多规整填料所提供的表面在很大程度上未被利用,而且随着填料比表面积的增大,表面利用率下降。通过改变填料结构并配合先进的气液分布器和再分布器,使液体沿填料表面均匀地向下流动。气体在填料空隙中均匀地向上流动,气液充分接触,就可以提高填料的表面利用率^[3]。

针对并联螺旋填料的结构特点,笔者开发了毛细管气液分配器^[4],通过改变液体的原始分配条件,改善填料表面的有效利用率,研究分配同传质之间的关系,数据如表 2。

液体分配试验表明高效并联螺旋填料对液体的初始分配要求非常严格,只有保证液体的均匀分配,才能充分利用填料的表面积;该填料液体自分配能力较差,但能够严格限制液体通道,避免液体的窜流

表2 毛细管气液分配器液体分配试验

回流量/ L·h ⁻¹	体积分数/%							
	塔釜乙醇				塔顶乙醇			
	1#	2#	3#	4#	1#	2#	3#	4#
10	30	30	30	30	83.8	85.5	94.8	95.6
20	30	29	28	28	86.4	90.2	95.2	95.8
30	29	27	26	27	87.5	93.5	95.4	95.8
50	27	26	25	25	93.2	95.2	95.2	95.5
70	25	24	24	23	95.2	95.0	94.5	94.8
90	22	22	22	22	94.8	94.5	94.0	94.0

注:1#~4#分配盘液体通道逐渐减小。

和返混,所以只要初始分配合格,并在适当的操作气速以内,该填料都能发挥很好的传质效果;在保证液体分配盘适当积液的前提下,传质效率同气速成反比,而且没有液体低负荷限制,适合各种精密物系的分离;由于填料结构的特殊性,不存在端效应和沟流、壁流现象,有利于解决放大效应问题。

2.4 填料放大试验

试验采用直径500 mm的连续精馏塔,内装双层不锈钢并联螺旋填料,填料高度3 000 mm,其中精馏段2 000 mm,提馏段1 000 mm,表3是在保证原料体积分数50%恒定的前提下,验证填料的处理能力。

表3 并联螺旋填料放大试验

进料量/ L·h ⁻¹	塔顶采 出量/ L·h ⁻¹	回流 比	塔顶 温度/ ℃	塔釜 温度/ ℃	塔顶乙 醇体积 分数/%	全塔 压降/ kPa	F因子/ m·s ⁻¹ ·(kg/ m ³) ^{-1/2}
200	110	7.3	78.3	102	96.2	0.4	0.8
300	160	6.3	78.3	102	96.2	0.5	1.0
400	210	5.0	78.4	102	96.1	0.6	1.0
500	260	5.0	78.4	102	95.9	0.8	1.2
600	310	4.2	78.4	102	95.8	0.9	1.3
700	360	3.8	78.5	102	95.5	1.1	1.3
800	410	3.6	78.5	102	95.2	1.2	1.5
900	460	3.5	78.7	102	94.9	1.3	1.6

目前在实际应用中每米能够达到20块以上理论塔板的精馏塔都是指实验室规模和小试规模的小型塔,塔的效率随塔径的增大而减小,而且填料的效率越高,问题越明显;虽然这类填料流体的自分布性能较好,但直径大于50 mm以上就要考虑液体初始

分布的均匀,一般直径100 mm以上放大效应就非常明显,所以工业上很少出现大于100 mm直径的高效填料塔。

表3的试验数据表明高效并联螺旋填料即使放大到500 mm直径以上,仍然能够发挥很好的分离效果,属于一种可以工业化应用的高效填料。由于并联螺旋填料单元结构的特殊性,只要在组装过程中保证单元填料的传质效率,就能够任意组成不同直径的精馏塔,而不存在放大效应问题;并联螺旋填料采用相对规整的排列方式,不同于实验室高效填料的散堆模式,能够充分利用填料的空隙率,具有较小的压降和很大的液泛速度,可以很好地解决产量同效率的矛盾。

3 结语

试验数据基本上体现了填料的流体力学和传质性能,表明该填料是一种高效、低阻的新型填料,特别是在传质方面与普通的丝网填料相比优势非常明显。液体分配试验表明高效并联螺旋填料对液体的初始分配要求非常严格,只有保证液体的均匀分配,才能充分利用填料的表面积。并联螺旋填料即使放大到500 mm直径以上,仍然能够发挥很好的分离效果,属于一种可以工业化应用的高效填料。

该技术的关键在于填料的结构、材质以及与之相匹配的各种塔内件。填料的基础结构决定了它所提供的气液交换通道、界面,主要是气体和液体的走向;材质关系到液体在填料表面的成膜效果,影响到传质效率;气液分配器决定了液体在填料中的原始分配以及不同填料段的收集和再分配,是填料效率发挥好坏的关键因素之一,也是影响填料放大效应的关键因素。该技术的另一个关键环节在于填料的加工制作水平和成本,直接影响到该技术推广中的竞争优势。

参考文献

- [1] 兰州石油机械研究所. 现代塔器技术[M]. 2版. 北京:中国石化出版社,2005:727-734.
- [2] 周伟,梁泰安,杜剑婷. 提高塔填料效率研究[J]. 化学工程, 2000,28(6):11-13.
- [3] 上海天之冠可再生能源有限公司. 一种高效精馏填料塔:中国,200510029847.3[P]. 2007-12-19.
- [4] 上海天之冠可再生能源有限公司. 集成型毛细管气液分配器:中国,200520045161.9[P]. 2006-11-08. ■