

文章编号:1006-4303(2002)05-0489-03

填料塔中液体分布器的结构改进

朱菊香,胡松平,姚克俭

(浙江工业大学 化工学院, 浙江 杭州 310032)

摘要:液体分布器是十分重要的塔内件,一个性能良好的填料塔除了填料本身的因素外,液体分布器同样起着重要的作用。文章总结填料塔中排管式液体分布器的工程设计、制造、安装经验,提出对传统排管式液体分布器进行合理的结构改进。结果表明,改进后的排管式液体分布器能有效提高液体分布器的初始分布质量并相应提高填料塔的传质效率,具有广阔的应用前景。

关键词:液体分布器; 结构改进; 初始分布; 传质效率

中图分类号: TQ 053

文献标识码: A

Structure modification of liquid distributor for packed column

ZHU Ju-xiang, HU Song-ping, YAO Ke-jian

(College of Chemical Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310032, China)

Abstract: The liquid distributor is a kind of important column internal. Besides the packing itself, a good liquid distributor plays a great role in a well-operated packed column as well. This paper summarized the design, manufacture and installation of ladder liquid distributor in a packed column and proposed a reasonable modification for the common ladder liquid distributor. The application showed that the modified ladder liquid distributor could efficiently improve the liquid initial distribution and the mass transfer efficiency of a packed column. It had better prospect in industry.

Key words: liquid distributor; structure modification; initial distribution; mass transfer efficiency

0 前 言

填料塔是化工生产中广泛使用的气液直接接触传质设备。它具有结构简单、传质效率高、压降小、装置灵活等优点。在处理分离要求高的物料以及用于真空操作时,有其独特的优越性。一个性能良好的填料塔除了填料本身的因素外,塔内件同样起着重要的作用。塔内均匀的液体分布是填料塔良好操作的必要条件之一。即使性能良好的填料,也会因为液体的不良分布而引起填料有效湿润面积减少以及沟流的产生致使效率的降低,而良好均匀的液体分布要靠液体分布器实现。对于难分离物系,由于所需理论级数较多,需选用高性能液体分布器。对于填料层中理论级数多,且接近最小回流比 $R_{\min}$ 或最小液气比 $(L/V)_{\min}$ 分布点数要尽可能多,或者采取其他分布措施,以防止在塔顶形成夹紧点;对于理论级数较少的填料塔则不可过高的追求分布点数,以免增加造价。总之,液体分布器的设计,包括结构形式、几何尺寸、液位高度或压头大小及每平方米的分布点数,阻力等都要考虑周到^[1-3]。

液体初始分布均匀与否,除了取决于分布器本身结构外,还与分布器的制造和安装有关。通过对装

收稿日期:2001-01-30;修订日期:2002-06-25

作者简介:朱菊香(1965-),女,浙江义乌人,讲师,硕士,主要从事传质与分离的研究。

有管-槽式分布器的工业填料吸收塔进行研究,发现因分布器安装不善引起的分布偏差可达83.5%,而因制造工艺误差所引起的分布偏差为40%。由此可见,合理的结构设计、良好的制造工艺、精细的安装可大大改善分布器的操作^[1,4]。

1 排管式液体分布器的工作原理

排管式液体分布器借助孔口以上液层产生的静压或管路的泵送压力,迫使液体从小孔流出,注入塔内。液体分布器的送液能力 L (m^3/s),按下式计算^[4]

$$L = \frac{\pi}{4} d^2 n \phi \sqrt{2gh} \quad (1)$$

式中: L 为液体流量, m^3/s ; d 为小孔直径, m ; n 为布液孔数; ϕ 为小孔流量系数,通常可取 $\phi = 0.6 \sim 0.62$; g 为重力加速度, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$; h 为孔口以上的液层高度, m ; 或 $h = (p_2 - p_1)/\gamma$ 为布液装置的工作压头, m ; p_2 为分布器内液体的压力, Pa ; p_1 为塔内的压力, Pa ; γ 为液体的重度, N/m^3 。

为使各小孔排液均匀,制造时孔径偏差要小,安装时力求水平,保证各孔受到相同液体静压头的作用。

2 排管式液体分布器的传统结构与改进结构

排管式液体分布器主要由液体分配管和数排布液管组成,液体分配管和布液管端部均用盲板盲死,各布液管的下方开有喷淋小孔。对于塔体分段由法兰连接的小塔,排管式液体分布器做成整体式(如图1所示);对于大塔,排管式液体分布器做成可拆卸结构,以便从人孔进入塔内组装(如图2所示)^[1,2,4,5]。

液体引入排管式液体分布器的方式有两种:一是液体由水平液体分配管一侧(或两侧)引入(如图1所示),通过布液管上的小孔向填料层喷淋;二是液体由垂直的中心管引入(如图2所示),经水平液体分配管通过布液管上的小孔向填料层喷淋。

液体的初始分布对填料塔效率的影响主要归结于它对填料层内液体的分布产生直接的作用。在较小的塔中,初始分布不均可以通过填料的自分布性能得到校正,但达到填料特征分布所

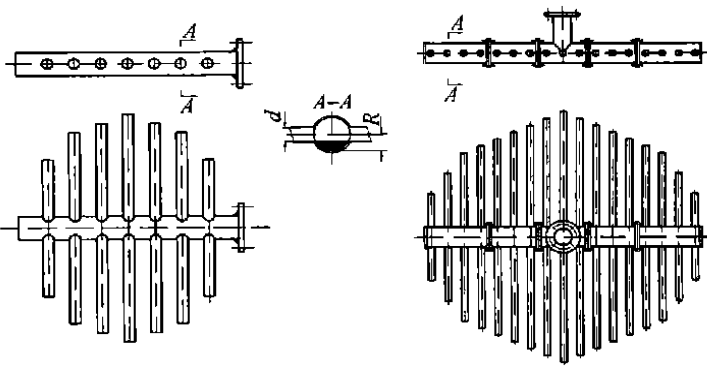


图1 整体排管式液体分布器

图2 分段排管式液体分布器

需的过渡填料高度则随着初始分布不均匀程度的增加而增大。在大型填料塔中,初始分布不均则很难通过填料的自分布性能得到校正,所以填料塔越大,初始分布要求越高。液体初始分布不均往往是由于分布器、压紧装置的设计、制造或安装不当造成的。传统排管式液体分布器的结构设计(如图1,图2所示)。这种结构设计,由于每根布液管与液体分配管都有两个连接面,因此在制造上要保证数排布液管都在同一水平面是不容易的;分布器制作完毕,进行流体力学试验,检验加工精度必须配备专用的试验工作台;在现场安装过程中,水平度的调整也比较困难。这种结构设计,由于液体分配管中的最低液位比布液管中的最低液位低,因此会在液体分配管底部存在死液区,一定程度上影响传质效率。

针对传统排管式液体分布器存在的缺点,我们根据多年工程设计、制造和安装经验,对其结构设计进行合理的改进(如图3,图4所示):(1) 每根布液管与液体分配管的连接面由原来的两个改为一个,减少制造误差,增加水平度的可调性,提高液体分布器的初始分布质量。(2) 为防止液体分配管中死液区

的存在,将布液管与液体分配管的连接方式改为如图所示,保证所有液体都能参与传质,提高传质效率。

3 设计计算

3.1 计算布液孔数 n 和孔径 d

布液孔数及其孔径决定于对液体分布质量的要求及液体流率。对于 CY 型丝网波纹填料,对液体分布质量要求较高,液体分布点密度 DPD 要求大于 300 个分布点;对于 250 Y 型板波纹填料,液体分布点密度 DPD 要求多于 100 个分布点;而对于散装填料,根据填料尺寸,液体分布点密度 DPD 要求 50 ~ 100 个分布点,填料尺寸越大,要求液体分布点密度 DPD 越少^[1,5]。

根据液体分布点密度 DPD 和塔截面积 A_T ,按下式计算布液孔数

$$n = A_T \cdot \text{DPD} \quad (2)$$

液体分布点密度 DPD 值根据填料特性和塔设备的分离工艺要求选取。 $A_T = \frac{\pi}{4} D_T^2$ 单位 m^2 ,其中 D_T 为塔内径。

根据液体流量 L 和孔流速度 u ,计算布液孔的孔径 $d = \sqrt[n]{\frac{L}{\frac{\pi}{4} u}}$ 并加以圆整,一般孔径宜在 2 ~ 12

范围内,若孔径超出以上范围,可通过改变孔数或孔速加以适当的调整。

3.2 确定液体分配管与布液管的尺寸

液体分配管与布液管的长度由塔径而定,其外圆直径与塔内径之差等于布液管的孔距,以无壁流及能顺利安装为度。二者的截面积由液体流率而定,要求管内流速小于 0.1 m/s,如无特殊情况不可大于 0.3 m/s,一般情况下,液体分配管与液位管截面积相同。布液管由圆管制成,其截面积要大于二倍以上布液孔总面积,但其直径不应小于 15 mm 且不可大于 45 mm,这是为了使分布器自由截面积大于 50%,以减少压力降及雾沫夹带。

4 应用实例

浙江嘉化(集团)有限责任公司 10 000 吨/年苯甲酸项目中的脱轻塔(DN800 × 24693),工艺计算参数是:塔径 $D_T = 800 \text{ mm}$,液体流量 $L = 2.02 \text{ m}^3/\text{h}$,采用 250 Y 型板波纹填料,液体分布点密度 DPD 要求多于 100 个分布点。

4.1 计算布液孔数 n 和孔径 d

根据公式(2):

$$n = A_T \cdot \text{DPD} = \frac{\pi}{4} D_T^2 \cdot \text{DPD} = \frac{\pi}{4} \times 0.8^2 \times 100 = 50$$

假设孔流速度为 1 m/s,用公式计算:

$$d = \sqrt[n]{\frac{L}{\frac{\pi}{4} u}} = \sqrt[50]{\frac{2.02/3.600}{\frac{\pi}{4} \times 1}} = 3.8 \times 10^{-3}$$

(下转第 504 页)

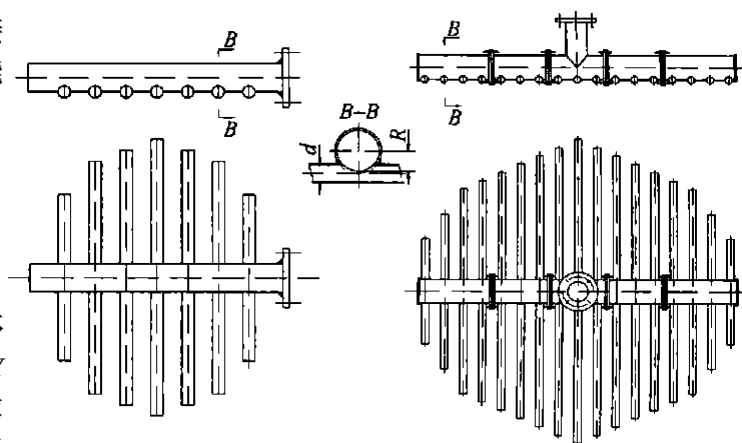


图3 改进型整体排管式液体分布器

图4 改进型分段排管式液体分布器

- [18] Kazuo M, Shuichi I, Youetsu Y. An overview of the research and development of solid polymer electrolyte batteries[J]. *Electrochimica Acta*, 2000, 45: 1 501 - 1 508.
- [19] 江军华, 陈 岚, 吴秉亮. Cu/ G-Nafion 复合电极上硝基苯的电化学还原[J]. *物理化学学报*, 1998, 14(8): 704 - 708.
- [20] 大森秀信, 前田初男. 三价 リン化合物を利用する电解合成[J]. *电气化学[日]*, 1997, 65(8): 622 - 626.
- [21] Sibille S, Ratovelomanana V, Perichon J. Electrochemical conversion of functionalised aryl chlorides and bromides to arylzinc species[J]. *J Chem Soc Chem Commun*, 1992, (3): 283.
- [22] 昆野昭则. 有机电解反应における光及び磁场效果[J]. *电气化学[日]*, 1999, 67(8): 868 - 870.
- [23] 宫 红, 姜 恒, 吕振波. 己二酸绿色合成新途径[J]. *高等学校化学学报*, 2000, 21(7): 1 121 - 1 123.
- [24] 梁文平. 1999 年美国总统绿色化学挑战奖研究工作介绍[J]. *化学进展*, 2000, 12(1): 118 - 120.
- [25] 张士英, 郭伟蓝, 吴达俊. 经典有机合成反应中的新方法[J]. *合成化学*, 2000, 8(2): 115 - 122.
- [26] 闵恩泽. 基本有机化学品生产技术的绿色化[J]. *大自然探索*, 1998, 17(66): 18 - 20.
- [27] 钱生球. 仿生化学对环境保护的影响[A]. 绿色化学技术讨论会论文集[C]. 合肥: 中国科技大学出版社, 1997. 7 678.
- [28] 唐丽灵, 张铭让. 绿色化学在制革中的作用[J]. *皮革化工*, 1999, 16(1): 23 - 24.

(责任编辑: 陈石平)

(上接第 491 页)

4.2 确定液体分配管与布液管的尺寸并校核流速

首先, 在直径为 640 mm(80 % D_T) 的范围内以孔间距 $t = 80$ 均匀布孔, 得到孔数 69 个, 然后根据均匀性、对称性等要求去掉 12 个边缘孔, 实际保留孔数 $n = 57$ 。由实际孔数修正孔径 $d = 3.5 \times 10^{-3}$ m。根据排列得出布液管 9 根, 管径 $\Phi_{32} \times 2$; 液体分配管管径 $\Phi_{57} \times 3.5$ 。

其次, 根据流量核算管内流速: 液体分配管的管内流速计算

$$u_1 = \frac{L}{2 \times \frac{\pi}{4} d_1^2} = \frac{5.61 \times 10^{-4}}{2 \times \frac{\pi}{4} 0.05^2} = 0.143$$

布液管的管内流速计算

$$u_2 = \frac{L}{2 \times \frac{\pi}{4} d_2^2} = \frac{5.61 \times 10^{-4}}{18 \times \frac{\pi}{4} 0.028^2} = 0.052$$

以上结构设计与计算方法还应用于嘉化(集团)有限责任公司 10 000 吨/年苯甲酸项目中的脱酯塔(DN1400 $\times$ 22088)和脱醛塔(DN500 $\times$ 27690)中的液体分布器设计; 同时还应用于正丁基苯胺精馏塔(DN 1000 $\times$ 16512)、三氮唑精馏塔(DN 700 $\times$ 13140)、二氯甲烷回收塔(DN 600 $\times$ 12700)、烯酮醇精馏塔(DN 500 $\times$ 16067)等多种行业 20 多座塔中液体分布器的设计, 实际应用情况表明, 改进型排管式液体分布器保证了这些填料塔运行良好, 达到了设计的分离效果。

5 结 论

在填料塔的操作中, 液体的初始分布对填料塔性能影响最大, 而液体分布器是填料塔中对液体初始分布影响最大的塔内件。本文所述排管式液体分布器的结构改进和设计计算能有效提高液体初始分布质量, 提高填料塔传质效率, 具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 王树楹. 现代填料塔技术指南[M]. 北京: 中国石化出版社, 1998.
- [2] 兰州石油机械研究所. 现代塔器技术[M]. 北京: 烃加工出版社, 1990.
- [3] 董谊仁, 徐崇嗣. 填料塔液体分布器分析[J]. *化学工程*, 1996, 24(4): 25 - 32.
- [4] 魏兆灿, 李宽宏. 化工设备设计全书-塔设备设计[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1988.
- [5] 董谊仁, 过 健. 填料塔排管式液体分布器的研究和设计[J]. *化学工程*, 1990, 18(3): 28 - 34.

(责任编辑: 陈石平)