

新型矩形垂直筛板的研究

吴海龙, 李群生, 王爱军

(北京化工大学化学工程学院, 北京 100029)

摘要: 研究开发了一种矩形垂直筛板。该塔板上设置数个由板孔、升气筒、矩形罩、底隙所构成的矩形帽罩单元, 在单元内气、液呈喷射状态接触, 实现两相传质传热。流体力学性能和传质性能实验结果证明: 矩形垂直筛板具有较低的压降和较小的漏液比, 可以在空塔动能因子 $1.3 \sim 3.0 \text{ kg}^{1/2}/(\text{m}^{1/2} \cdot \text{s})$ 、液流强度 $2.7 \sim 21.6 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{h})$ 范围内正常操作, 具有较大的生产处理能力和较宽的稳定操作范围。

关键词: 矩形垂直筛板; 塔板结构; 塔板压降; 雾沫夹带; 漏液量

中图分类号: TQ051.8

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2005)09-0057-03

Study on a novel rectangular vertical sieve-tray

WU Hai-long, LI Qun-sheng, WANG Ai-jun

(School of Chemical Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: A kind of rectangular vertical sieve-tray has been developed. This tray is provided with some cover units made up of plate holes, gas riser, rectangular cover and liquid inlet holes. The gas and liquid phase are contacted in spray state in the units to realize two phase heat and mass transfer. The studies on fluid mechanics and mass transfer showed that the pressure drop of this tray was low and liquid leakage was small, therefore, this tray has greater production processing capability and a wider stable operation range. It can operate with kinetic energy factor of $1.3 \sim 3.0 \text{ kg}^{1/2}/(\text{m}^{1/2} \cdot \text{s}^1)$ in empty column, and in the liquid intensity $2.7 \sim 21.6 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{h})$.

Key words: rectangular vertical sieve-tray; plate structure; pressure drop; entrainment; liquid leakage

日本三井造船株式会社 (Mitsui Engineering & Ship Building Co., Ltd.) 20 世纪 70 年代开发的新型垂直筛板 (New VST), 由于其特性优良已得到广泛的应用^[1]。在此基础上, 笔者开发了一种新型塔板——矩形垂直筛板 (Rectangular Vertical Sieve-tray, 简称 RVST)。实验表明, RVST 具有良好的流体力学特性和传质特性, 是一种应用前途很广的塔板。

1 RVST 的结构及原理

RVST 的外部结构如图 1 所示, 在塔板上并排开有 4 个矩形的大孔, 孔上有相应的矩形帽罩, 帽罩由罩体、盖板和内部的一倒三角状挡板组成, 帽罩上设挡板, 两侧设 Z 字形挡液板。罩体尺寸大小为 $200 \text{ mm} \times 70 \text{ mm} \times 140 \text{ mm}$, 罩体上开有雾沫分离圆孔, 孔径为 6 mm 。罩体底部开设 10 mm 缝隙, 以便流体流通。顶部盖板起阻止气液向上流动作用。操作时, 塔板上的液体从进液孔进入升气筒, 在筒内被从板孔上升的气流冲击、拉膜、破碎成液滴, 分散悬浮在气流中, 而后夹带着液滴的气流从上罩或下罩向下

斜向喷出, 液滴在惯性作用下与气体分离回到塔板上, 气体则进入上层塔板。图 2 显示了 RVST 的操作状况。

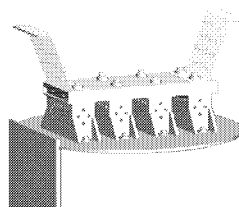


图 1 塔板结构示意图

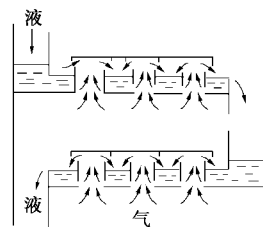


图 2 RVST 单元操作状态

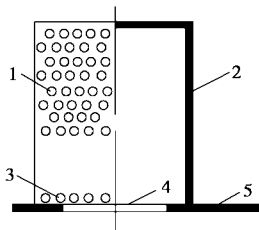
与 New VST 类似, RVST 单元内气液呈喷射型接触, 在罩内气相为连续相, 液体呈分散相, 气液两相

收稿日期: 2005-06-03; 修回日期: 2005-07-21

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (20476005); 中国石化股份有限公司资助项目 (X501021)

作者简介: 吴海龙 (1981-), 男, 硕士生, 从事传质与分离工程方面的研究; 李群生 (1963-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事传质与分离工程领域的研究, 通讯联系人, 010-64449695, liqunsheng@263.net。

通过液滴的表面更新进行传质。图 3、图 4 为 New VST 帽罩单元及板上操作状况。从图 2、图 4 可看出,New VST 与 RVST 罩内气液接触传质很相似。但夹带着液滴的气流离开帽罩 RVST 方式和 New VST 有很大的差别。在挡板的作用下,气流通过 RVST 时,斜向下喷出,有利于气液的分,夹带着液滴的气流从两侧上升后,Z 字形挡液板就会对其产生一定的阻挡作用,降低气流上升量,从而减小了雾沫夹带。



1—筒孔;2—罩体;3—进液孔;4—板孔;5—塔板

图 3 New VST 帽罩单元结构图

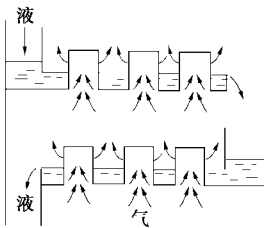


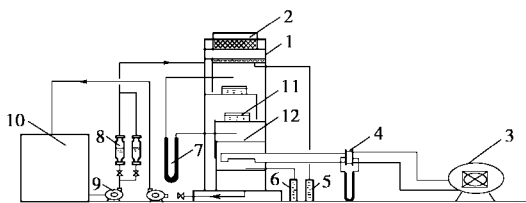
图 4 New VST 操作状态

2 塔板上流体力学及传质性能测定

2.1 操作条件

矩形垂直筛板的流体力学实验是在有机玻璃冷膜实验装置中进行,实验装置由 2 块实验塔板、1 块雾沫夹带捕集板和 1 块气体分布板组成,有机玻璃冷膜装置直径为 600 mm,溢流堰 35 mm,塔板间距 350 mm,以空气-水系统为实验物系。

2.2 实验装置及流程



1—板式塔;2—除雾器;3—风机;4—孔板流量计;
5,6—测量容器;7—压差计;8—转子流量计;9—水泵;
10—水槽;11—实验塔板;12—气体分布板

图 5 实验装置流程图

实验装置流程如图 5 所示。实验过程中,水经水泵由水槽打出,经过转子流量计进入实验塔中,在塔内经由各塔板自上而下流动,到达塔底后再打回水槽。空气由风机经孔板流量计后从塔底进入塔内,自下向上流动,在塔内进行气液接触后,由塔顶排空。在矩形垂直筛板上,气液进行了充分的接触,在此过程中,对矩形垂直筛板进行流体力学性能测试。

2.3 实验结果及讨论

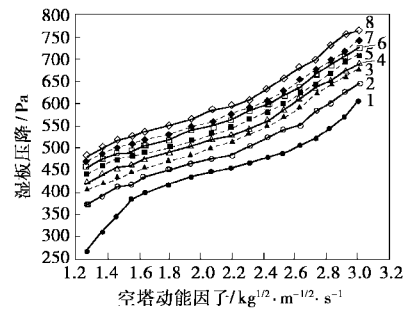
2.3.1 湿板压降

对于一定结构的塔板,影响湿板压降的主要因素有气速、液流强度等。塔板压降用压差计计量。通常计算湿板压降的关联式主要有:加和式、准数关联式和与气速相关联的关系式等。相对来说,使用比较多的方法是加和式,即:

$$\Delta P_T = \Delta P_d + \Delta P_l + \Delta P_o \quad (1)$$

式中, ΔP_T 为湿板压降, Pa; ΔP_d 为干板压降, Pa; ΔP_l 为有效液层阻力, Pa; ΔP_o 为残余压降, Pa。

矩形垂直筛板的湿板压降随空塔动能因子的变化关系如图 6 所示。



液流强度 $L_w/m^3 \cdot (m \cdot h)^{-1}$: 1—2.7; 2—5.4;

3—8.1; 4—10.8; 5—13.5; 6—16.2; 7—18.9; 8—21.6

图 6 湿板压降随空塔动能因子变化关系

由图 6 可知,湿板压降随液流强度的增大而增大,随空塔动能因子的增大而增大。虽然总的变化趋势与干板压降基本相符,但可以明显看出,它随空塔动能因子的上升趋势比干板压降缓和得多。这是因为,矩形垂直筛板属喷射型塔板,气液两相并流接触,当气速较高时,它所提升的液体量也随之增加,这样就相对降低了塔板上的清液层高度,即 ΔP_l 减小,虽然这时的 ΔP_d 增大了,但总 ΔP_T 增大的并不是非常显著。

2.3.2 漏液

漏液也是评价矩形垂直筛板流体力学性能重要的参数之一。实验测定了不同液流强度和气速下的漏液量,并将所计算出的漏液率与空塔动能因子进

行了关联。

依据参考文献[2-3]以及结合本实验结果,分析判断影响漏液率的因素主要为空塔动能因子和液流强度,并且漏液率与空塔动能因子及液流强度关系为:

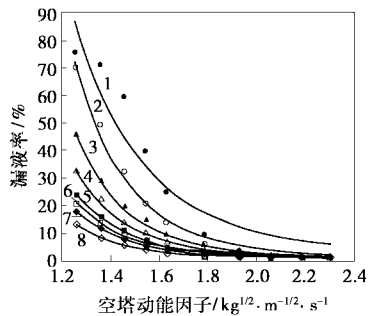
$$q = \alpha \times F^\beta \times L_w^\gamma \quad (2)$$

式中, q 为漏液率; L_w 为液流强度, $\text{m}^3/(\text{m}\cdot\text{h})$; F 为空塔动能因子, $\text{kg}^{1/2}/(\text{m}^{1/2}\cdot\text{s})$ 。

经实验数据进行关联后,所得到的漏液率对空塔动能因子和液流强度的关联式如下:

$$q = 2366 \times F^{-6.16} \times L_w^{-1.19} \quad (3)$$

实验点及关联后曲线如图7所示。



$L_w/\text{m}^3 \cdot (\text{m}\cdot\text{h})^{-1}$: 1—2.7; 2—5.4; 3—8.1;

4—10.8; 5—13.5; 6—16.2; 7—18.9; 8—21.6

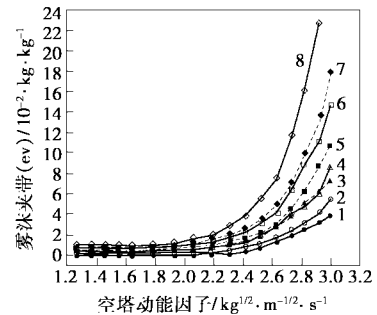
图7 漏液率与空塔动能因子实验点、关联曲线

通过与原测量值相对误差对比分析可知,实验测量值与关联值的相对误差总体在5%以下。关联式基本能反映塔板漏液率随空塔动能因子及液流强度的变化规律^[4]:漏液率随着空塔动能因子和液流强度的增大而减少。

2.3.3 雾沫夹带

在矩形垂直筛板上,雾沫夹带的形成主要是由于液相在气相的夹带下,部分液滴会随气流一起运动。当气速较小时,雾沫夹带可以忽略^[5];但是当气速较大时,雾沫夹带情况就变得越来越显著,直到塔板无法正常操作。

图8是矩形垂直筛板在不同的液流强度下,雾沫夹带随空塔动能因子的变化关系图。从图可知,当空塔动能因子较小时,雾沫夹带非常小,且几乎不随空塔动能因子变化;当空塔动能因子较大时,雾沫夹带随空塔动能因子变化非常显著。同时也可以看到,雾沫夹带随液流强度的增大而增大。



$L_w/\text{m}^3 \cdot (\text{m}\cdot\text{h})^{-1}$: 1—2.7; 2—5.4; 3—8.1;

4—10.8; 5—13.5; 6—16.2; 7—18.9; 8—21.6

图8 雾沫夹带与空塔动能因子关系

3 结论

- (1) 实验证明,矩形垂直筛板具有较低的压降;
- (2) 在帽罩内设置的一倒三角状挡板,以及Z字形挡液板使得矩形垂直筛板的漏液比较小;
- (3) 从塔板性能图可以看出,矩形垂直筛板是一种性能很好的塔板,它可以在空塔动能因子为 $1.3 \sim 3.0 \text{ kg}^{1/2}/(\text{m}^{1/2} \cdot \text{s})$, 液流强度为 $2.7 \sim 21.6 \text{ m}^3/(\text{m}\cdot\text{h})$ 的范围内正常操作,适合应用在处理气液流量变化大的体系。

参考文献

- [1] 郑学明,何鸿业.[J].化学工程,1995,23(2):10-14.
- [2] 杜佩衡,杜剑婷,王荣良.[J].化学工程,2003,31(4):22-26.
- [3] 李好管,温卫东,张贵明.[J].煤化工,2000,93(4):12-16.
- [4] 宋春颖,李群生,张泽廷.[J].化工进展,2001,20(12):36-38,42.
- [5] Jacimović B M. [J]. Chemical Engineering Science, 2000, 55 (18): 3941-3949. ■

您想了解粉体加工技术及相关行业信息吗?

请浏览 中国粉体工业信息网 www.chinapowder.cn

粉碎 分级 纳米颗粒制备 混合 分散 改性 造粒 干燥 烧结 散料输送 储存 粉体检测 粉尘爆炸控制等

010-62772725 62772135(Fax)

清华大学材料系逸夫技术科学楼 2713 室