

板式塔塔板结构的新设计法 ——负荷性能图法

宋孝勇

(盐城工学院化学工程系, 盐城 224003)

摘要 提出由负荷性能图中各性能曲线计算式确定塔板主要结构尺寸。通过浮阀塔负荷性能图中各性能曲线与塔板各主要结构尺寸的简要分析, 阐述了设计步骤。

关键词 板式塔 设计方法 负荷性能图

分类号 TQ053

系统物性、气液负荷和塔板结构尺寸是影响板式塔操作状况和分离效果的三个主要因素^[1,2]。在系统物性的气液负荷已经确定的条件下, 塔板的设计就是结构尺寸的确定。由于在实际操作中, 气液负荷会发生波动, 因此塔板设计中重要的一点要求是弹性要大^[2,3]。检验塔板设计是否合理的主要方法是用负荷性能图。塔板负荷性能图如图1所示^[1]。

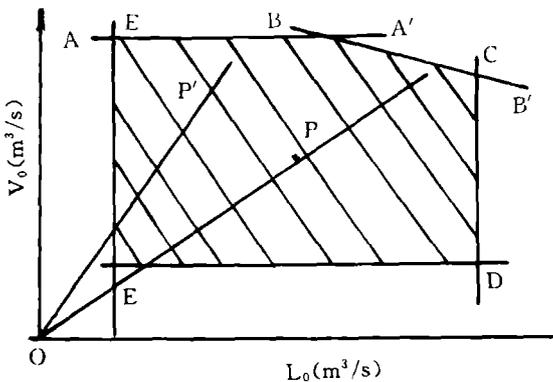


图1 塔板负荷性能图

迄今为止, 板式塔塔板设计步骤大致可分为以下几步^[4]:

- (1) 按允许的雾沫夹带和液泛值初估塔径。
- (2) 根据初估塔径, 进行板面设计计算。
- (3) 对设计的塔板进行各项校核。
- (4) 绘制该板的负荷性能图。

在第(3)、第(4)步以后, 如果认为设计结果不理想, 则需对某些参数进行修改, 重新按设计步骤

进行计算, 一直到满意为止。

从上述设计步骤看, 塔板各结构尺寸设计是否合理最后在负荷性能图上反映出来。由于影响塔板正常操作的结构尺寸因素较多, 而且板面设计又较复杂, 所以按照这种设计方法, 一是很难保证塔板的操作弹性, $a = V_{s, \max} / V_{s, \min}$ 等于或接近设计的要求值, 而且更难保证上操作弹性 $a_1 = V_{s, \max} / V_{s, 0}$ 和下操作弹性 $a_2 = V_{s, 0} / V_{s, \min}$ 等于或接近设计的要求值; 二是很难保证正常负荷性能图基本是由5根线组成, 常常其中有的性能曲线离其它性能曲线所组成的正常操作范围较远, 这说明有些结构尺寸设计得不够好。

因此为了克服以往板式塔设计带来的困难, 本文提出塔板主要结构尺寸的新设计方法。这个方法基本思路是由设计操作负荷和设计操作弹性(包括 a_1 和 a_2), 确定气液最大负荷和最小负荷, 从而确定了负荷性能图各性能曲线所围成的范围, 然后直接由各性能曲线计算式确定塔板各主要结构尺寸。所以称该法为负荷性能图法。

板式塔的负荷性能图中5条线在图中所处的位置与塔板结构尺寸有密切的关系。本文主要根据浮阀单溢流塔板负荷性能图中各性能曲线与塔板各主要结构尺寸关系的简要分析, 得出负荷性能图法的设计步骤。

1 负荷性能图中各性能曲线与塔板主要

结构尺寸的简要分析

1.1 雾沫夹带上限线 AA'

雾沫夹带上限线 AA' 可根据式(1)作出。

$$\text{泛点率} = \frac{V_s \sqrt{\frac{\rho_v}{\rho_l - \rho_v}}}{0.78KC_F A_1} \quad (1)$$

由式(1)可直接算出塔径 $D^{[1]}$, 并同时确定板间距^[5] H_1 。 D 增大, 此线向上移。

1.2 泄漏线 DE

泄漏线 DE 由式(2)作出

$$V_s = \frac{\pi}{4} D^2 \Psi \frac{5}{\sqrt{\rho_v}} \quad (2)$$

如果 D 由式(1)确定, 那么根据 $V_{s, \min}$ 由式(2)可直接算出开孔率 Ψ 。 Ψ 对于常减压塔要求在 10%~13% 范围内^[5]。 如果 Ψ 大于 13%, 说明 D 太小, 应适当加大 D 直到符合要求。 D 和 Ψ 越小, 此线向下移。

1.3 液相负荷上限线 CD

液相负荷上限线 CD 由式(3)作出。

$$\theta = \frac{A_t \cdot H_T}{L_s} \quad (3)$$

当 D 和 H_T 由式(1)和式(2)确定时, 则根据最大液相负荷 $V_{s, \max}$ 由式(3)可直接算出堰长系数^[5] X_w , 若 X_w 大于 0.8, 说明 D 偏小, 应适当加大 D 直到符合要求。 D 和 X_w 增大, 此线向右移。

1.4 液泛线 BB'

液泛线 BB' 由式(4)作出。

$$\begin{aligned} \varnothing(H_T + h_w) = & 5.34 \frac{\rho_v}{\rho_l} \cdot \frac{\mu_o^2}{z_g} + 0.153 \left(\frac{L_s}{l_w h_o} \right)^2 + \\ & (1 + \epsilon_o) \left[h_w + \frac{2.84}{1000} E \left(\frac{3600 L_s}{L_o} \right)^{\frac{2}{3}} \right] \end{aligned} \quad (4)$$

$$\text{其中 } \mu_o = \frac{V_s}{\frac{\pi}{4} D^2 \Psi}, h_o = \frac{L_s}{L_w \mu_o'}$$

当 D 、 H_T 和 Ψ 由式(1)~(3)确定时, 则得出 V_s - L_s 关系式^[1], 根据最大气相负荷 $L_{s, \max}$ 可算出 L_s , 如果 L_s 计算值大于或等于 $V_{s, \max}$, 则上面确定的塔板各主要结构尺寸合适, 否则适当加大 H_T 或 Ψ , 直到符合要求。 H_T 和 Ψ 增大, 此线向上移。

1.5 液相负荷下限线 EE'

液相负荷下限线 EE' 由式(5)作出。

$$h_o = \frac{2.84}{1000} E \left(\frac{3600 L_s}{L_o} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (5)$$

当 D 和 X_w 由式(1)~式(3)确定时, 可由式(5)算出 L_s , 若 $L_s \leq L_{s, \min}$, 则上面确定的塔板各主

要结构尺寸合适, 否则适当加大 D 或 X_w , 直到符合要求。 D 和 X_w 越大, 此线越向左移。

因此, 从上面分析可得出: 当物系、气液负荷和操作弹性(包括 a_1 和 a_2)一定时, 根据负荷性能图中各性能曲线计算式可直接确定塔板各主要结构尺寸。 从而保证了 a_1 和 a_2 在所要求的设计范围内。

2 设计步骤

2.1 确定最大与最小气液负荷

根据 V_{s0} 、 L_{s0} 、 a_1 和 a_2 得出 $V_{s, \max}$ 、 $V_{s, \min}$ 、 $L_{s, \max}$ 和 $L_{s, \min}$ 。

2.2 初步确定 D 和 H_T

由于在设计和实际操作中, 最大气液相负荷常常由雾沫夹带所控制, 所以由式(1)按 $V_s = V_{s, \max}$ 初步计算出 D 和 H_T , D 作进一步圆整。

2.3 校核 D 和初步确定 Ψ

根据第 2.2 步得出的 D 由式(2)按 $V_s = V_{s, \max}$ 初步得出 Ψ 。 若 Ψ 值低于 10%, 以下按 10% 计算; 若高于 13%, 则适当加大 D , 直到达到符合要求为止。

2.4 校核 D 和初步确定 X_w

根据第 2.2 步和第 2.3 步得出的 D 中较大值由式(3)按 $L_s = L_{s, \max}$ 初步得出 X_w , 得出的 X_w 值若低于 0.5, 以下按 0.5 计算, 若高于 0.8, 则适当加大 D , 达到符合要求为止。

2.5 校核 D 、 H_T 、 Ψ 和 X_w

由第 2.2 步至第 2.4 步得出的 D 中最大值 H_T 、 Ψ 和 X_w 代入式(4)中按 $V_s = V_{s, \max}$ 得出 L_s , 若 $L_s \geq L_{s, \max}$, 则上述塔板结构尺寸合理, 否则可调整阀孔气速 μ_o 和降液管底隙高度 h_o 等, 如果必要, 可加大 H_T 和 Ψ , 直至达到要求为止。

同样由上述得出的 D 、 H_T 和 X_w 代入式(5)中, 若 $L_s \leq L_{s, \min}$ 值, 则上述塔板结构尺寸合理, 否则可适当加大 D 或 X_w , 至达到要求为止。

2.6 绘制负荷性能图

根据上述各步最后确定出塔板的主要结构尺寸, 其中包括 D 、 H_T 、 Ψ 和 X_w 等, 重新核算各性能曲线, 然后绘制负荷性能图。

2.7 进行板面设计和塔板流体力学计算

由于上面确定的塔板各主要结构尺寸能保证塔在正常的范围内操作, 所以可直接进行板面设计和塔板流体力学计算, 完成整个塔板的设计工作。

3 结论

在系统物性和气液负荷确定的条件下,根据设计操作条件(包括 a_1 和 a_2)由负荷性能图中各性能曲线计算式,可直接确定塔板各主要结构尺寸。板式塔塔板主要结构尺寸的这种新设计方法——负荷性能图法能保证操作弹性(包括 a_1 和 a_2)符合设计要求;能保证负荷性能图尽可能由 5

根性能曲线组成。本文仅通过浮阀单溢流塔板负荷性能图中各性能曲线与塔板各主要结构尺寸关系作简要分析,阐述了其设计步骤。对于其它板式塔,可作类似的处理。负荷性能图法设计计算简单,克服了以前在板式塔设计过程中,反复调整塔板各结构尺寸也难以达到要求的困难,从而为板式塔的快速、准确和优化设计提供了更完善的设计技术。

参 考 文 献

- 1 天津大学化工原理教研室. 化工原理. 天津:天津科学出版社,1985
- 2 陈敏恒,丛德滋,方图南. 化工原理. 北京:化学工业出版社,1986
- 3 《化学工程手册》编辑委员会. 气液传质设备. 化学工程手册(第13篇). 北京:化学工业出版社,1979
- 4 蒋维钧,雷良恒,刘茂林. 化工原理. 下册. 北京:清华大学出版社,1993
- 5 上海化工学院《基础化学工程》编写组. 基础化学工程. 上海:上海科学技术出版社,1979

A New Design Method of the Trays in plate Columns ——Capacity Graph Method

Song Xiaoyong

(Department of Chemical Engineering of Yancheng
Institute of Technology, Yancheng 224003, PRC)

Abstract This paper puts forward a new design method, i. e. Each major structural size of the trays is determined directly from the formulas of performance curve in the capacity graph. The design steps are expounded through the brief analyses of the relation between each performance curve in the capacity graph of valve tray column and each major structural size of the tray.

Keywords plate column; design method; capacity graph

(上转第18页)

PS studies on the Properties and Synthesis of new Macroporous Weakly Acidic Resins

Tang Shuhe

(Department of Chemistry Yancheng Teachers College, Yancheng 224002, PRC)

Abstract the properties and synthesis of new macroporous weakly acidic resins have been studied. The results showed that this new resins have superior physical-chemical properties and low production cost. This resins are way suitable for water treatment.

Keywords Weakly acidic resins; water treatment; working exchange capacity