

第七节 气液传质设备

一、分类：板式塔：逐级接触式，内装塔板，气液传质在板上液层空间内进行；
填料塔：连续接触式，内装填料，气液质在填料润湿表面进行。

二、评价塔设备性能的指标 1、生产能力大；

2、分离效率高；

3、阻力小，压降低；

4、操作弹性大；

5、满足工业对生产设备的一般要求：结构简单、造价低、安装维修方便等。

§ 1、板式塔 (P257)

一、板式塔的设计意图

1、在每块塔板上气液两相必须保持密切而充分的接触，为传质过程提供足够大而且不断更新的相际接触表面，以减小传质阻力；

2、在塔内应尽量使气液两相呈逆流流动，以提供较大的传质推动力。

板式塔：总体上气液呈逆流流动；每块塔板上呈均匀错流

二、气液两相接触状态

1、鼓泡接触状态 液体——连续相 气体——分散相

两相接触面积：气泡表面

2、泡沫接触状态 液体——连续相 气体——分散相

两相接触面积：不断更新的液膜表面

3、喷射接触状态 气体——连续相 液体——分散相

两相接触面积：不断更新的液滴表面

三、板式塔的类型 (P314)

1、筛板塔的主要结构：

塔板上有许多筛孔——提供气体上升的通道；

溢流堰——维持塔板上一定高度的液层，以保证在塔板上气液两相有足够的接触面积；

降液管——作为液体从上层塔板流至下层塔板的通道。

2、泡罩塔

3、浮阀塔三种塔板的比较：

- 生产能力：筛板 > 浮阀 > 泡罩；
- 压降：泡罩 > 浮阀 > 筛板；
- 操作弹性：浮阀 > 泡罩 > 筛板；
- 造价：泡罩 > 浮阀 > 筛板；
- 板效率：浮阀、筛板相当 > 泡罩。

四、其它类型塔板

1.舌形塔板与浮动舌形塔板

2.导向筛板

3.ADV 浮阀塔板

五、气体通过塔板的压力降 (P259)

由两部分构成：干板压降 h_0 与液

总压力降： $\Delta H_t = h_0 + h_e$

主要影响因素：气量 $\uparrow \rightarrow \Delta H_t \uparrow$

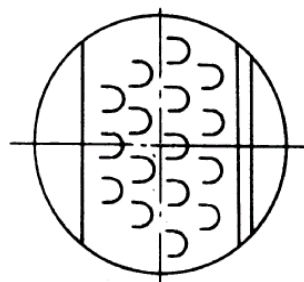
液量 $\uparrow \rightarrow \Delta H_t \uparrow$

板结构：开孔率 $\uparrow$

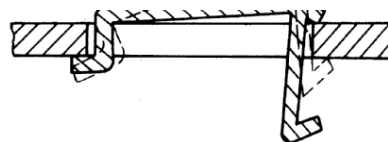
六、筛板塔内气液两相的非理想流动 (p)

反向流动 液沫夹带 气泡

不均匀流动 气体 液体



舌片塔板



浮舌

1、液沫夹带

现象：与液体的流动方向相反

小液滴 $U_{液} < u_{汽}$ 被气流夹带到上层塔板，大液滴沉下来。

主要影响因素：气量 $\uparrow \rightarrow$ 夹带量 $\uparrow$ ；板间距 $H_T \downarrow \rightarrow$ 夹带量 $\uparrow$ ；

要求液沫夹带量 $e_G > 0.1 \text{ kg 液沫/kg 干气}$

2、气泡夹带

原因：液体在降液管内停留时间过短，液体中夹带的气泡来不及解脱，被卷入到下层塔板。一般在降液管内的停留时间需大于 3-5s。

3、气体沿塔板的不均匀流动

液面有落差和液层波动，引起气体分布不均匀。液层厚的地方，汽少；液层薄的地方，汽多。

4、液体沿塔板的不均匀流动

在塔板上，不同部位，液体流程不同，阻力不同，中间部位，流程短而直，阻力小，汽速大，边缘部分，行程长而弯曲，阻力大而流速小，液面落差大。

5、不正常操作现象

(1)、夹带液泛——由液沫夹带引起

影响因素：与板间距 H_T 有关： $H_T \uparrow \rightarrow u_F \uparrow$

液量： $V_L \uparrow \rightarrow u_F \downarrow$

物系性质：易发泡， $u_F \downarrow$

适宜气速： $u = (0.7-0.8) u_{Fu}/u_F$ ——液泛分率

(2)、溢流液泛（降液管液泛）——由降液管通过的液体能力不够引起液量过大

综上所述造成液泛的主要原因：液量过大或板压降过大，通常由气量大造成；

(3)、严重漏液——气体孔速过小或气体分布不均匀，而使有的筛孔无气体通过从而造成液体短路，大量由孔漏下。

产生原因：气量过小或塔板开孔率大

七、塔板负荷性能图 (P265)

1、漏液线——由发生漏液时的干板压降计算。

2、液体流量下限线——由 $h_{ow} = 6 \text{ mm}$ 确定。

3、液体流量上限线——由液体在降液管内的停留时间 $\tau = 3-5 \text{ s}$ 计算。

4、（溢流）液泛线——由 $H_d = \Phi(H_T + h_w)$ 确定。

5、过量液沫夹带线——由液沫夹带量 $e_G = 0.1 \text{ kg 液沫/kg 干气}$ 确定。

§ 2 填料塔 (P205)

填料塔结构简单，压降低，易用耐腐蚀材料制造，是一种重要的汽液传质设备。

填料层内汽液两相呈逆流接触，两相组成沿塔高连续变化。填料的润湿表面即为汽液两相的传质表面。

一、填料塔的结构及填料特性

1、填料塔的结构——主要结构及作用

○ 填料层：提供气液传质面——填料表面形成的液膜面。

○ 液体分布器：均匀分布液体，以避免发生沟流现象。

○ 液体再分布器：避免壁流现象发生。

○ 支撑板：支撑填料层，使气体均匀分布。

○ 除沫器：防止塔顶气体出口处夹带液体。

二、填料作用及特性 (p206-207)

1、填料作用

(1) 提供气液接触面；

(2) 强化气体湍动，降低气相传质阻力；

(3) 更新液膜表面，降低液相传质阻力。

2、填料特性

- (1) 比表面积 a [m^2/m^3]、 $[1/\text{m}]$ 。 a 大，传质面积大。
- (2) 空隙率 ε [m^3/m^3]。 ε 大，传质阻力小，生产能力大。
- (3) 干填料因子 a/m^3 与（湿）填料因子 φ
液泛条件下测得的 a/m^3 — （湿）填料因子 φ 。
- (4) 堆积密度 ρ_p [kg/m^3] 单位体积填料的质量。

3、常用填料（参看：P207 图 5—24）

形 状 { 拉西环（拉西环、鲍尔环、阶梯环）
鞍形（矩鞍形、弧鞍形）
波纹形（板波纹、网状波纹）

材料：陶瓷、金属、塑料

堆放：整砌、乱堆

三、填料塔内的流体力学特性（P208—212）

（一）气体通过填料层的压降（p247 图 5-25）

- 1、恒持液量区： L 点以下， u 小，气液流动几乎与气速无关。 $\Delta P \propto u^{1.8-2.0}$ 且基本与干填料平行。
- 2、载液区： L 点以上， u 大，阻碍液体顺畅下流，持液量增加，此为拦液现象，出现拦液现象时的气速为载点气速，超过载点气速后， $\Delta P \propto u^{2.0}$ 。
- 3、液泛区： $U \uparrow \uparrow$ ，液体在塔内积累而发生液泛，此时的气速称泛点气速。 $\Delta P \propto u$ 斜率急剧增加。塔不能正常操作。

（二）泛点气速的计算（p209 图 5-26）

（三）持液量——操作时单位体积填料层内持有的液体体积。

四、板式塔与填料塔比较

（一）、板式塔适用于：

- 1、塔径较大；
- 2、所需传质单元数或理论板数较多；
- 3、热量需从塔内移除；
- 4、适于较小液量；
- 5、适于处理有悬浮物的液体；
- 6、板式塔便于侧线采出。

（二）、填料塔适用于：

- 1、处理有腐蚀性的物料；
- 2、填料塔压力降较小，适用于真空蒸馏；
- 3、适用于间歇蒸馏或热敏性物料的蒸馏；
- 4、适用于处理易发泡的液体。