

第二节 填料塔

一、填料塔的结构

填料塔由塔体、填料和填料塔附件三部分组成

1. 塔体

一般为立式圆形筒体，内装一定高度的填料，塔体顶部和底部开有气、液体的进出通道。
动画演示

2. 填料

是填料塔工作的核心

3. 附件

① 填料支承装置

由具有气体上升通路的填料支承板构成，有栅板和升气管两种：





动画演示

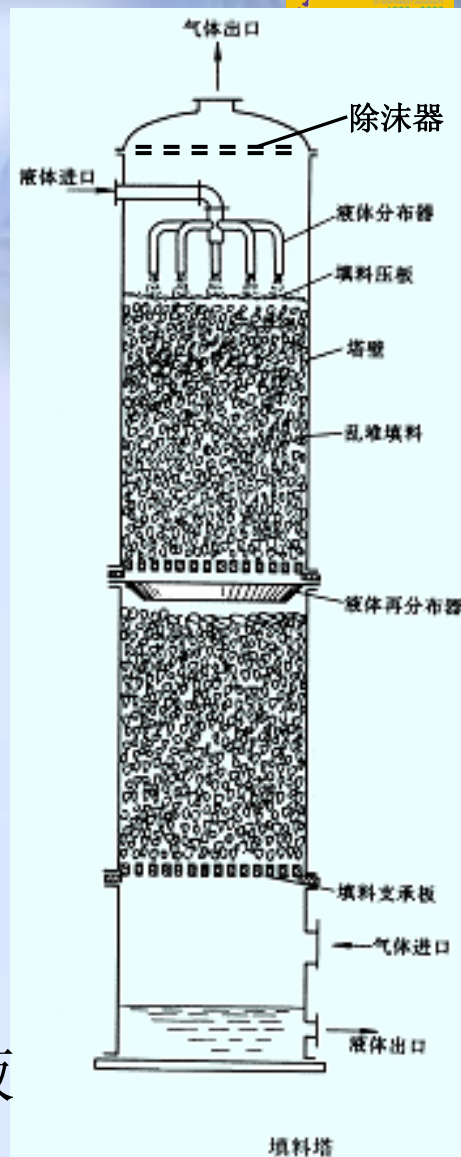
② 液体分布器

液体从填料塔顶部进入，经其使之分布均匀，增大填料的润湿表面和 g 、 l 接触面积，增强传质和分离效果。常用的有：

I 莲蓬式：结构简单、孔小、易堵塞；

II 多孔管式或喷淋式：气体阻力小，适于小液量大气量的场合；

动画演示1 & 2



III 齿槽式：自由截面积大、不易堵塞，适于大直径填料塔；

IV 筛孔管式：液体分布均匀、气阻大，用于气体负荷小场合。

③ 液体再分布器

多为锥形再分布装置，防止液体的偏流或壁流现象。

④ 除沫器

用于除去出口气体中的液滴，常用除沫器的类型：折流板式、丝网式和旋流板式等。

动画演示

⑤ 填料压板：

设置在填料层顶部，有时也用挡网，以防止操作中因气速波动而使填料引起的冲动或损坏。





二、填料特性与类型

1. 填料特性

① 比表面积 a_t

定义为单位体积填料层的填料面积，以 a_t 表示，单位： m^2/m^3

同一类型填料，尺寸 $\downarrow \rightarrow a_t \uparrow \rightarrow$ 传质面积 \uparrow $a_t = n \cdot a_0$

② 空隙率 ε

指干塔状态单位体积填料所具有的空隙率， m^3/m^3

$$\varepsilon = 1 - n \cdot V_0 \quad \varepsilon \uparrow \rightarrow \Delta p \downarrow$$

③ 填料因子 Φ

I 干填料因子： a_t / ε^3 ，单位： $1/m$ ；

II 湿填料因子：填料淋湿后 $a_t \downarrow \rightarrow \varepsilon \downarrow$ ，填料选择的重要依据，

一般 $\Phi > a_t / \varepsilon^3$



2. 填料类型

① 填料分类

I 按材料种类：分瓷质填料、金属填料、塑料填料等；

II 按装填方式：分为整砌和乱堆两种。前者 a_t 、 n 、 a_t/ε^3 均大于后者，但 ε 小于前者；

III 按形状分类：可分为环形、鞍形、波纹形及网体填料。

② 常用填料的类型

I 环形填料：包括拉西环、鲍尔环和阶梯环；



拉西环 [动画](#)



鲍尔环 [动画](#)



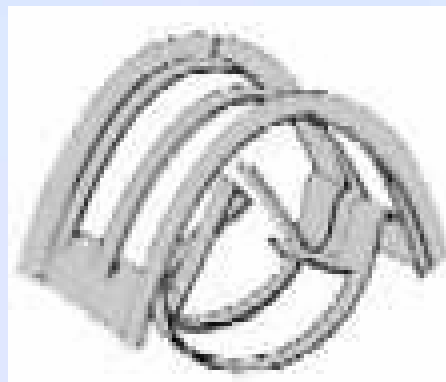
阶梯环



II 鞍形填料:

包括矩鞍形填料 [动画](#)

和弧鞍形填料。 [动画](#)



矩鞍形填料

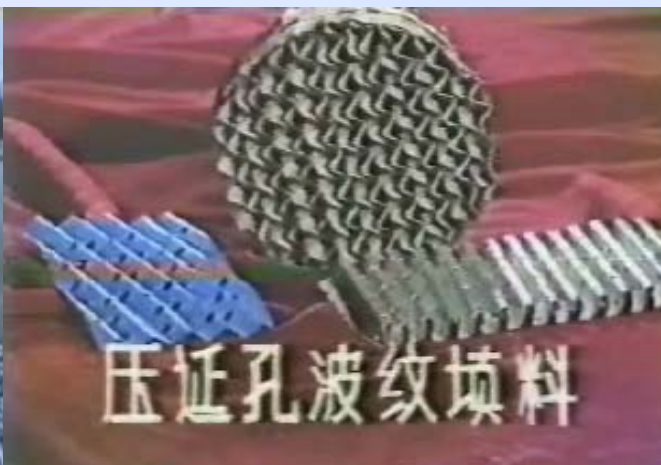


弧鞍形填料

III 波纹形填料: 包括实体和网体两种, 实体为波纹板填料, 网体波纹填料包括丝网Sulzer填料, θ 网环和鞍形网等。



板波纹



丝网波纹 [动画](#)



θ 环





三、填料塔内气液两相流动

1. 填料塔的流体力学性能

① 喷淋密度 L :

指塔内单位面积、单位时间液体的喷淋量。以 L 表示, $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{s}$

② 塔压降 Δp :

指气体通过每米填料层高度时的压力降, Pa/m (填料);

③ 空塔气速 u :

指仅气体通过整个塔截面时的速度, m/s ;

④ 润湿速率 L_w :

指在塔截面上填料周边单位长度上液体的体积流量, $\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$

⑤ 持液量:

指单位体积填料层中滞留的液体体积。



2. 气体通过填料层的压降

① $\Delta p \sim u$ 曲线

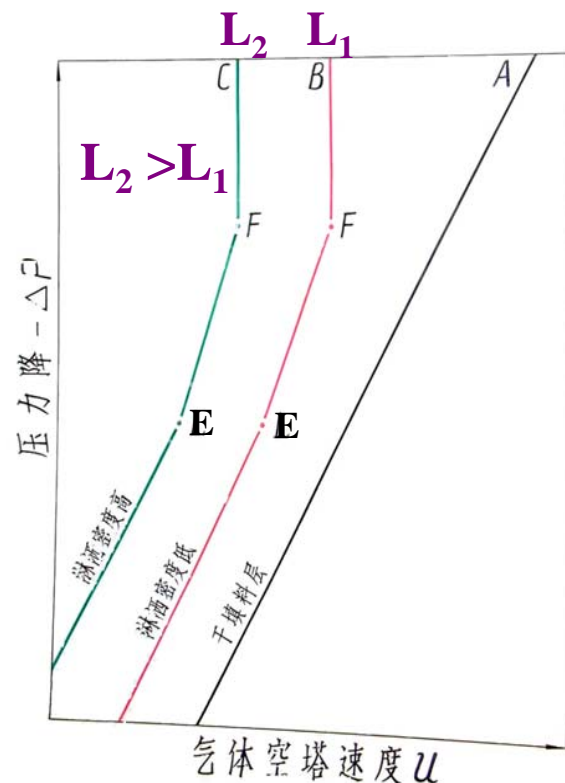
对逆流填料吸收塔，在不同的 L 下， $\Delta p \sim u$ 曲线可在双对数坐标作图：

I $L=0$ ，干填料层的 $\Delta p \propto u^{1.8 \sim 2}$ ，表明气体通过填料层时为湍流流动；

II 恒持液量区 (E 点以下)： u 小，气液流动与气速 u 无关，与干填料层线平行；

III 载液区 ($E \sim F$ 点)： $L \uparrow$ 使空隙率 $\varepsilon \downarrow$ 引起气体流通通道减小，同一 u 下 L 大则压降 Δp 大；此时持液量增加，开始出现气液交互作用现象，将 E 点称为**载点**。超过载点气速后， $\Delta P \propto u^{>2.0}$ ；

填料层压力降的变化(对数坐标)



E——载点 F——泛点

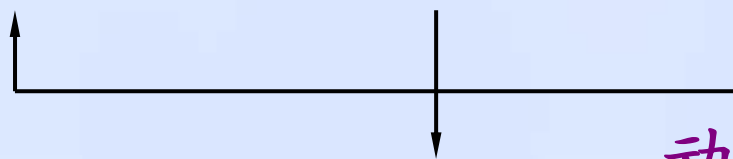




IV 液泛区(超过F点):

$u \uparrow \uparrow$ ，液体在塔内大量积累，开始出现传质恶化、气流脉动等液泛现象；将 F 点称为**泛点**，此气速称**泛点气速**，用 u_f 或 u_{max} 表示。此时 $\Delta P \propto u^{10}$ ，斜率急剧增加，使填料塔不能正常操作。

空塔气速不变 \rightarrow 实际气速 $u \uparrow \rightarrow$ 液膜厚度 $\uparrow \rightarrow \epsilon \downarrow$



液泛、淹塔

动画演示

3. 泛点气速的计算

① 泛点气速的影响因素

I 填料特性：与 a_t 、 ϵ 和 Φ 有关；

II 流体物性：与气、液相密度 ρ_G 、 ρ_L 及液体粘度 μ_L 有关；

III 操作条件：主要受液气比影响： $\frac{L'}{V'} \uparrow \Rightarrow u_{max} \text{ (或 } u_f) \downarrow$



② 泛点气速的计算

此关联图显示出压降与泛点、填料因子、液汽比等参数的关系。

应用：

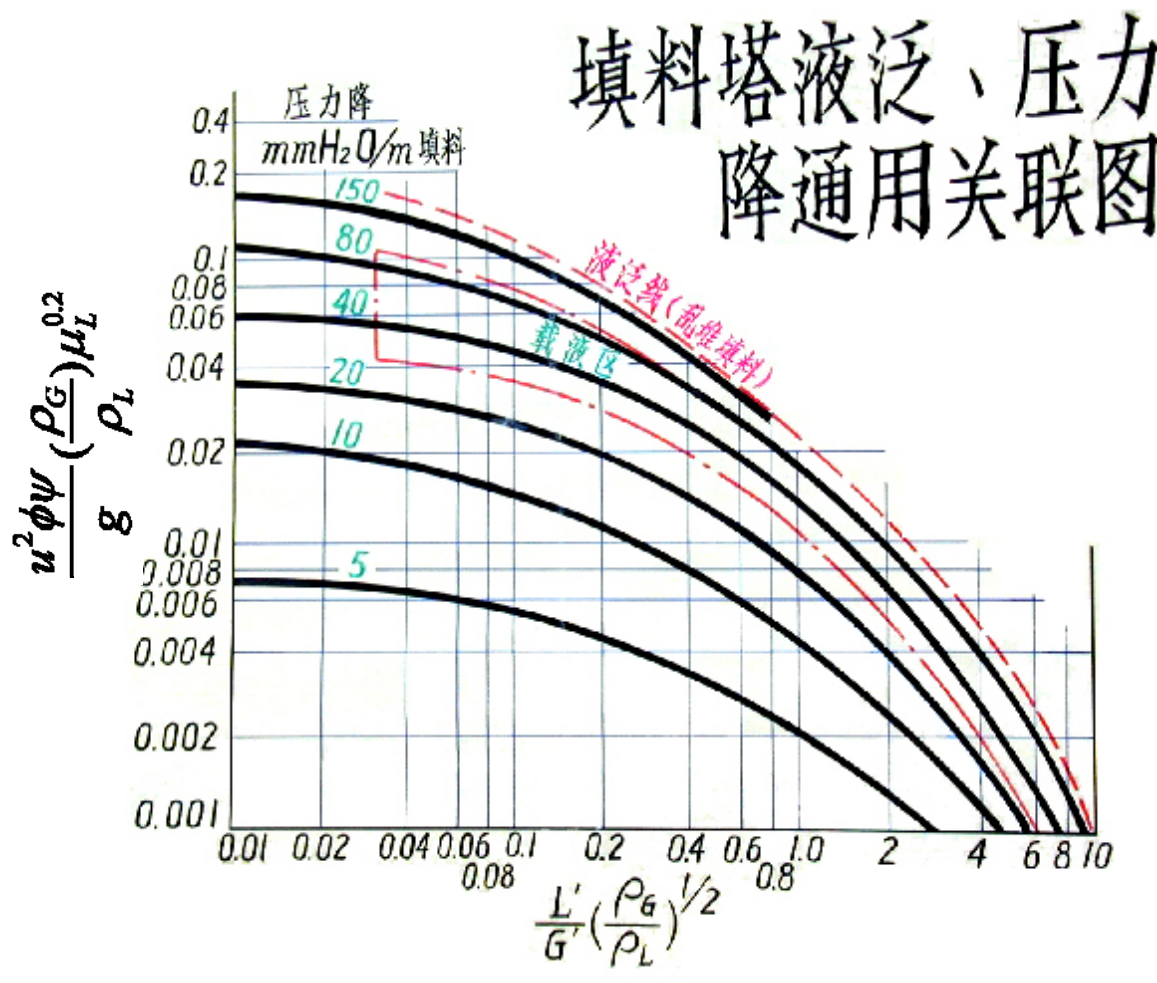
- ◆ 求泛点气速 u_f ;
- ◆ 根据允许压降值计算空塔气速或根据空塔气速来计算压降。

常压塔：

$\Delta P = 15 \sim 50 \text{ mmH}_2\text{O/m}$ 填料；

真空塔：

$\Delta P < 8 \text{ mmH}_2\text{O/m}$ 填料。



Eckert关联图（参见P199图10-54）





4. 塔径的计算

填料塔设计时，根据气体处理量 $V_S(\text{m}^3/\text{s})$ 确定液气比，利用Eckert关联图计算出液泛气速 u_f ，取设计的空塔气速为：

$$u=(0.5\sim 0.8) u_f$$

注意：对于吸收，进塔的气体量最大， V_S 以此为基准。

所求填料塔的塔径 D_T 为：

$$D_T = \sqrt{\frac{4V_S}{\pi \cdot u}}$$

计算出的塔径 D_T 应按照压力容器公称直径标准圆整



本章完

