

填料塔操作特性

王志萍

青岛科技大学化工原理教研室

Tel: 0532-84022879

Email: wangzhiping@qust.edu.cn

本节主要内容

- (1) 填料层的持液量
- (2) 塔的压降与液泛气速
- (3) 液泛
- (4) 液体的喷淋密度和填料的润湿性能
- (5) 返混




1、填料层的持液量

- 概念：一定操作条件，单位体积填料层内在填料表面和填料空隙中积存的液体体积， $\text{m}^3\text{液体}/\text{m}^3\text{填料层}$

总持液量 H_t 、静持液量 H_s 、动持液量 H_o ：

$$H_t = H_s + H_o$$

- 要求：适当的持液量对操作与传质有利，过大的持液量导致压强降增大，生产能力降低
 - 持液量由实验测定或者由经验公式估算
-
- 

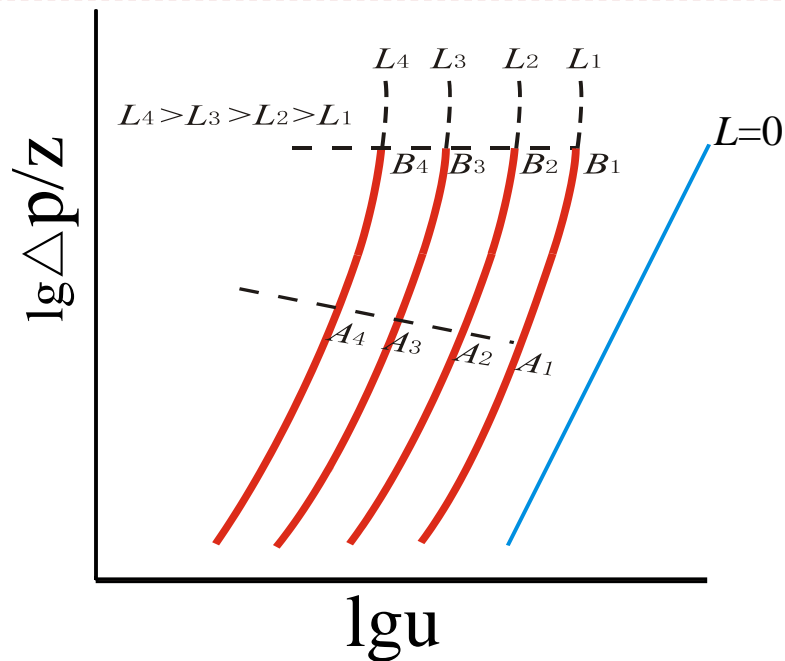
2、塔的压降与液泛气速

- 对于气液逆流接触的填料塔的操作，当液体流量一定时，随着气速的提高，气体通过填料层的压降也不断提高。
- 压降决定了塔的动力消耗，是塔设计的重要参数
- 以每米压降 $\Delta p/z$ 与空塔气速 u 及淋洒密度 L 的关系表示



2、塔的压降与液泛气速

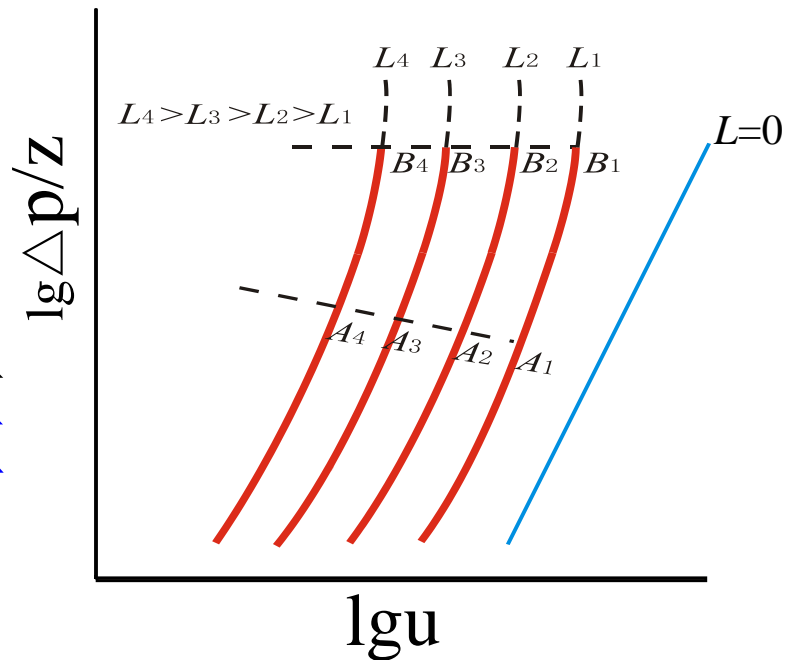
在图中，线 $L=0$ 表示无液体喷淋时，干填料 $\Delta P/Z \sim u$ 关系，称为**干填料线**，直线，斜率为 $1.8 \sim 2.0$ 。



气体通过填料层压降示意图

2、塔的压降与液泛气速

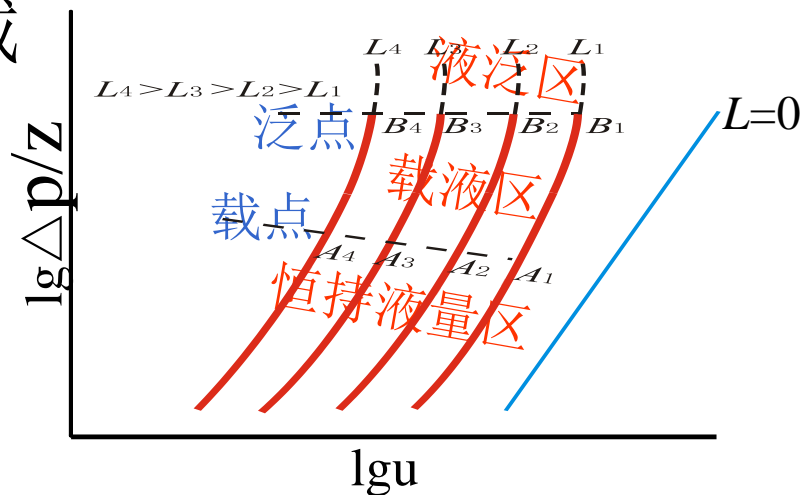
- ▶ 曲线 L_1 、 L_2 、 L_3 ：填料操作压降线，折线，存在两转折点，
- ▶ A称“载点”，B称“泛点”。
- ▶ 这两个点将 $\Delta P/Z \sim u$ 线群分成三个区段，即恒持液量区、载液区和液泛区。



气体通过填料层压降示意图

2、塔的压降与液泛气速

恒持液量区	A点以下区域
载点	A点
载液区	A-B段
泛点	B点
液泛区	B点以上

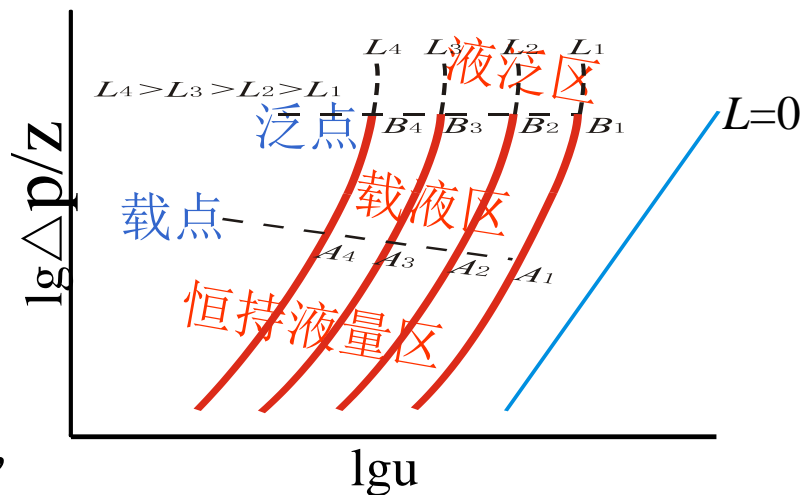


说明：通常情况下，填料塔应气体通过填料层压降示意图在载液区操作。



恒持液量区

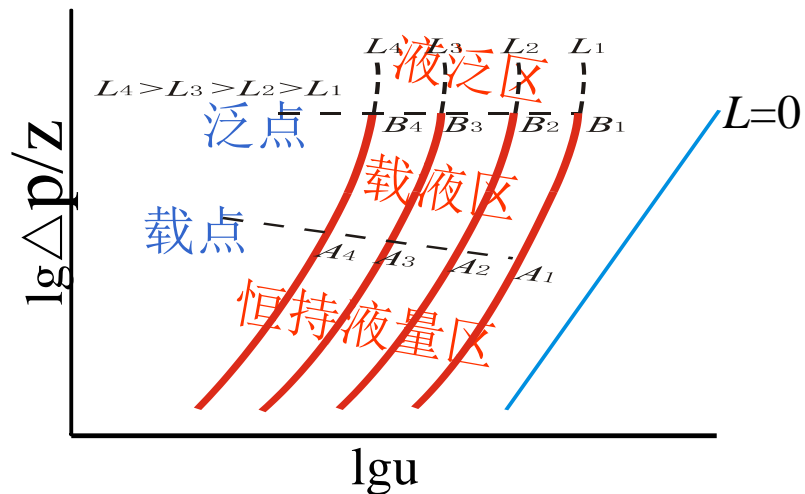
- 气速较低时，液体向下流动不受气流的影响，填料表面覆盖的液膜厚度基本不变，因而填料层的持液量不变。在同一空塔气速下，由于湿填料层内所持液体量占据一定空间，故使气体的真实速度较通过干填料层的速度高，因而压降也大，此时 $\Delta P/Z \sim u$ 位于干填料压降线的左侧，且二者平行。



气体通过填料层压降示意图

载液区

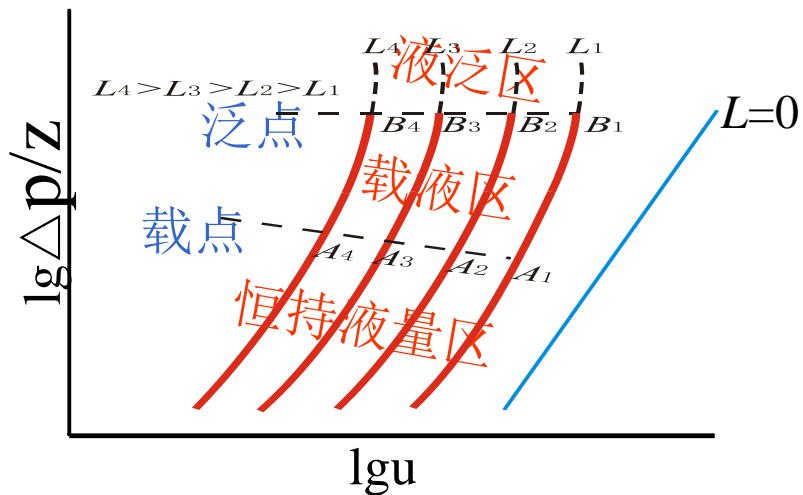
- ▶ 气速增大，气体对液膜的流动产生阻滞作用，液膜增厚，填料层的持液量随气速的增加而增大，此现象称为**拦液**。
- ▶ 开始发生拦液现象时的空塔气速称为**载点气速**，超过载点后，曲线斜率大于2。



气体通过填料层压降示意图

液泛区

- ▶ 气速继续增大，由于液体不能顺利向下流动，填料层的持液量不断增大，填料层内几乎充满液体。气速增加很小便会引起压降的剧增，此现象称为液泛，开始发生液泛现象时的气速称为液泛点气速，以 u_F 表示。此区域内曲线斜率可达10以上。
- ▶ 压降曲线近于垂直上升的转折点称为液泛点



气体通过填料层压降示意图

3、液泛

- ▶ 在泛点气速下，液相:连续相，气相:分散相，此时气体呈**气泡**形式通过液层，气流出现脉动，液体被大量带出塔顶，塔的操作极不稳定，甚至会被破坏，称为**淹塔或液泛**。

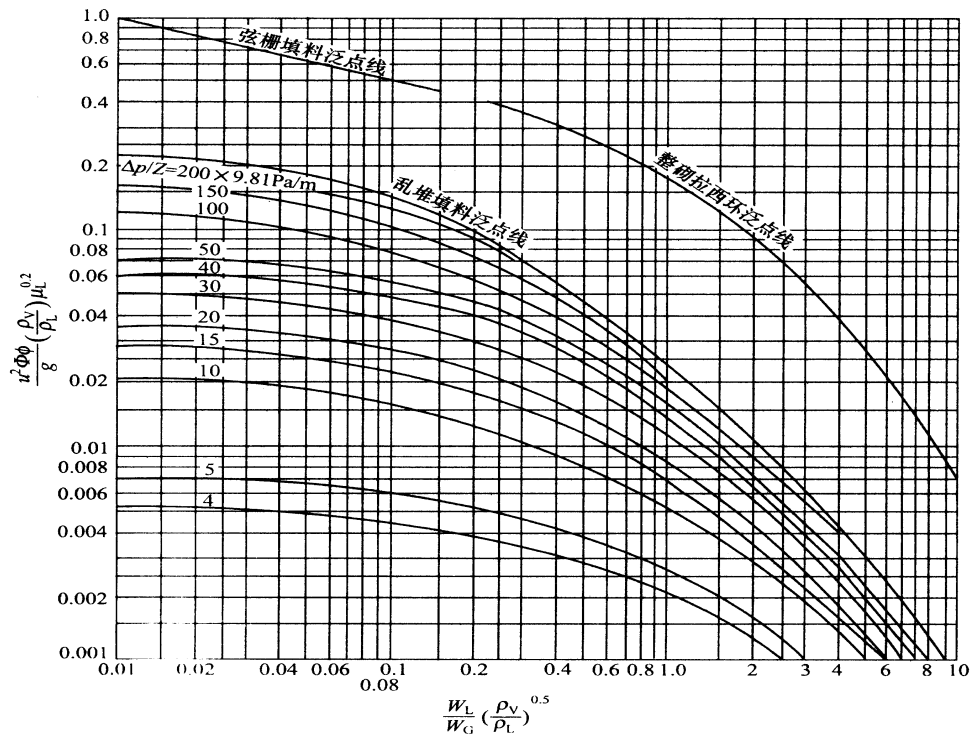


液泛的影响因素

- **填料特性：** 填料因子。填料因子值越小，泛点气速越大，即越不易发生液泛现象。
 - **流体物性：** 气体密度 ρ_v 、液体的密度 ρ_L 和粘度 μ_L 上。气体密度越小，液体的密度越大、粘度越小，则泛点气速越大。
 - **操作的液气比** 愈大，则在一定气速下液体喷淋量愈大，填料层的持液量增加而空隙率减小，故泛点气速愈小。
-



埃克特 (Eckert) 通用关联图



横坐标:

$$\frac{G_L}{G_G} \left(\frac{\rho_V}{\rho_L} \right)^{0.5}, \quad \frac{W_L}{W_G} \left(\frac{\rho_V}{\rho_L} \right)^{0.5} \quad \text{或} \quad \frac{L_s}{V_s} \left(\frac{\rho_L}{\rho_V} \right)^{0.5}$$

纵坐标:

$$\frac{u^2 \psi \phi \rho_V}{g \rho_L} \mu_L^{0.2} \quad \text{或} \quad \frac{G_G^2 \psi \phi}{g \rho_V \rho_L} \mu_L^{0.2}$$

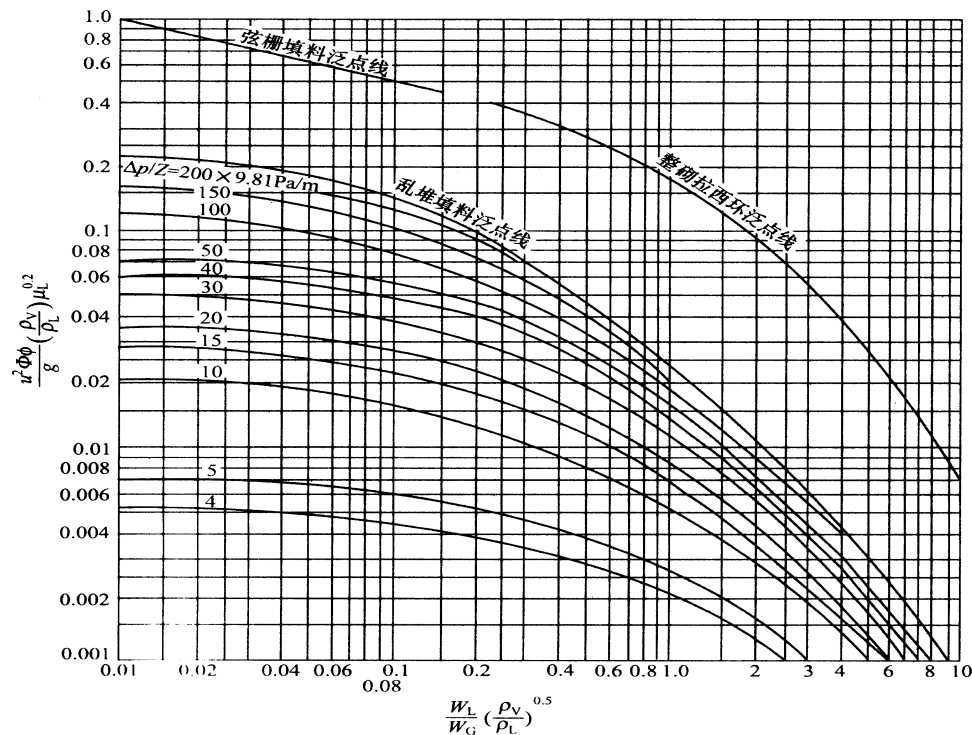


埃克特 (Eckert) 压降通用关联图

适用范围： 各种乱堆填料如拉西环、鲍尔环、矩鞍环。

与泛点线相对应的空塔气速为空塔液泛气速。

利用此图可根据选定的空塔气速求压降，或根据规定的压降求算相应的空塔气速。



4、液体的喷淋密度和填料的润湿性能

喷淋密度：单位时间，单位塔截面上喷淋的液体体积

$$U_{\min} = L_{\min} \sigma$$

小于75mm的填料 $L_{\min}=0.08\text{m}^3/(\text{m}\cdot\text{h})$ —最小润湿速率

大于75mm的填料 $L_{\min}=0.12\text{m}^3/(\text{m}\cdot\text{h})$

措施：增大回流比，液体再循环，减小塔径，适当增加填料层高度

润湿性能：与传质效率密切相关

影响因素：填料材质、表面形状、装填方法



5、返混

原因：气液两相在填料层中的沟流现象，气液的分布不均及塔内的气液湍动使气液微团停留时间不一致

后果：返混，传质平均推动力下降

措施：适当增加传质高度




小结

掌握： 填料塔的压降与空塔气速关系曲线

理解： 填料塔的流体力学性能

了解： 填料塔的设计与选型

推荐阅读书目

1. 王晓红, 田文德. 化工原理. 北京: 化学工业出版社, 2009. (3.5.2节)
 2. 王晓红, 田文德. 化工原理 (下册). 北京: 化学工业出版社, 2012. (4.2.2节)
 3. McCabe W. L., et al, Unit Operations of Chemical Engineering, McGraw-Hill Companies, Inc. New York, USA, 2001
-
- 

本讲结束

下讲内容：固体干燥静力学