

# 第10章 气液传质设备

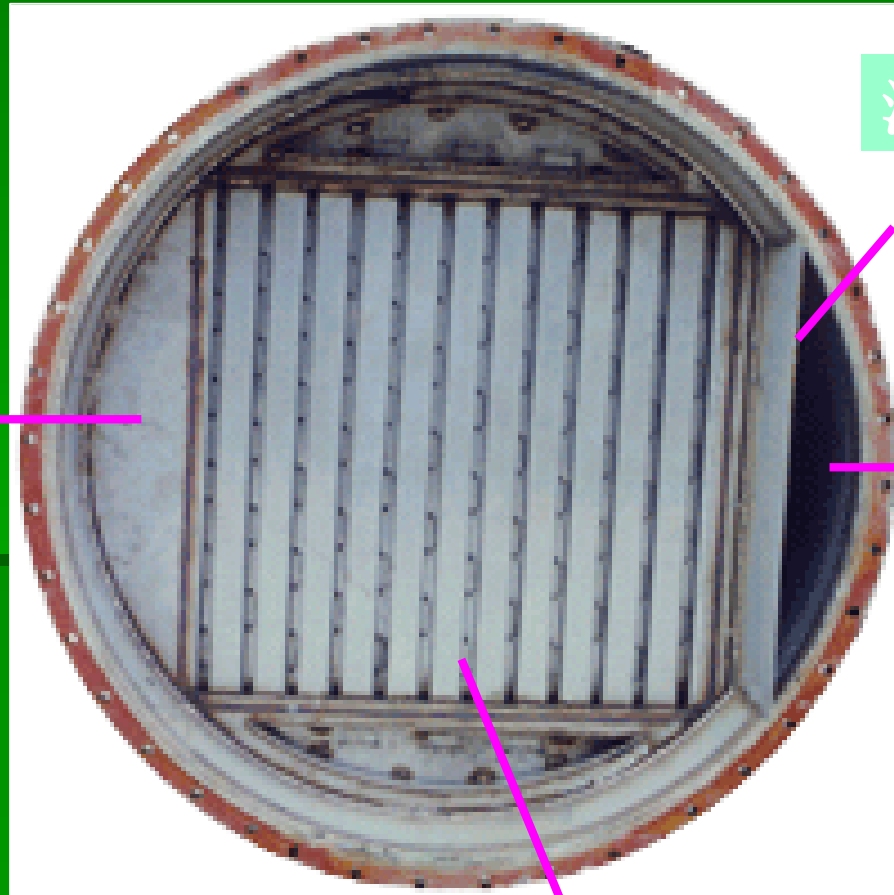
## 10.1 板式塔

- 一、板式塔类型、结构及特点
- 二、塔板的流体力学性能
- 三、塔径和塔高的估算
- 四、塔板负荷性能图
- 五、塔板设计要点



# 一、板式塔类型、结构及特点:

受液区



溢流堰

降液管

开孔区

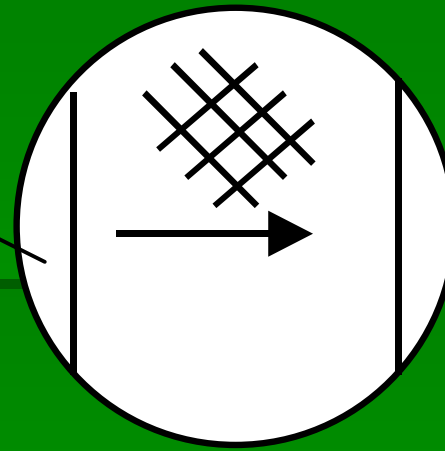


西安建筑科技大学  
Xi'an University of Architecture and Technology

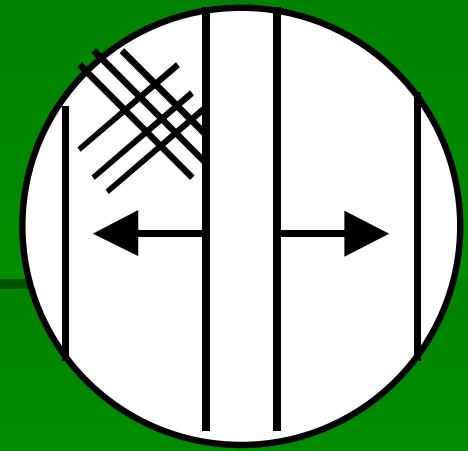
液流形式

- i 单流型
- i 多流型
- i U型流
- i 阶梯型流

受液盘

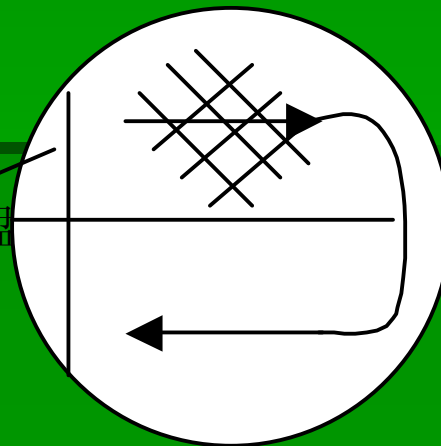


单流型



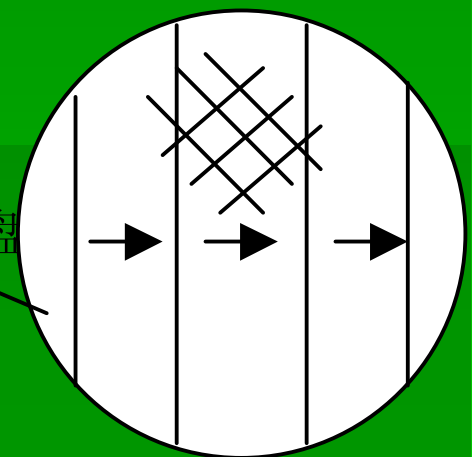
双流型

受液盘



U流型

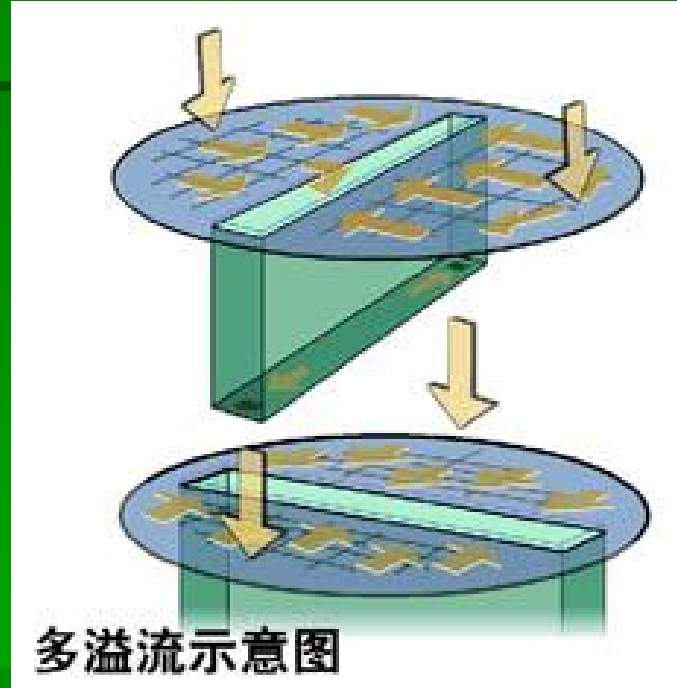
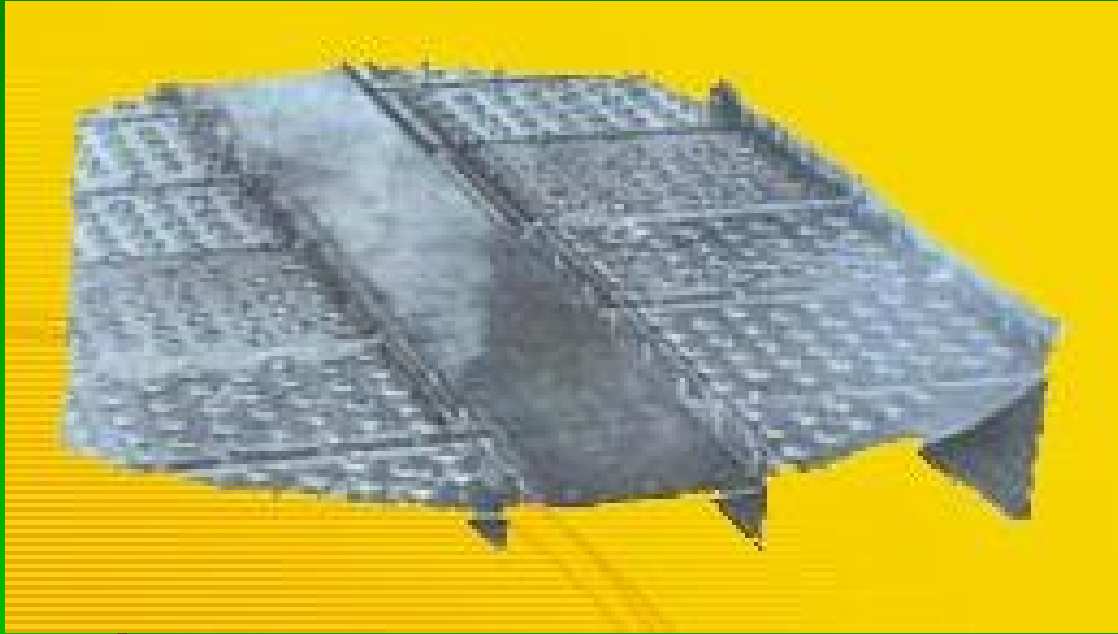
受液盘



阶梯型流<sup>3</sup>



西安建筑科技大学  
Xi'an University of Architecture and Technology



## 双流型塔板



溢流塔板又分为：

泡罩型

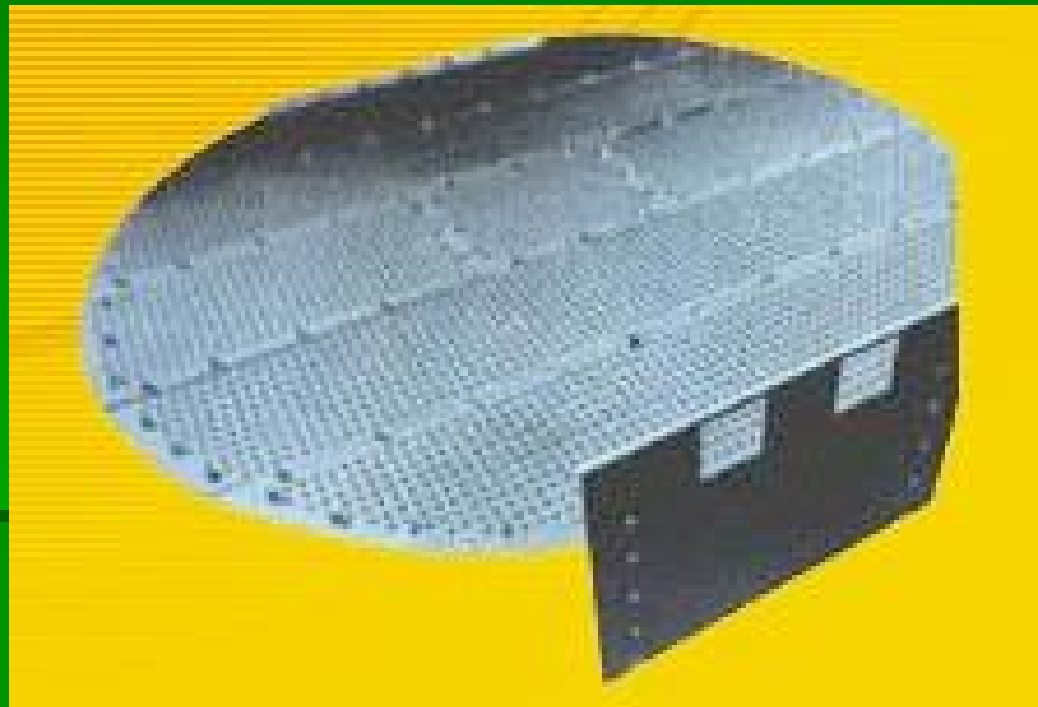
**优点：**弹性大、操作稳定可靠。

**缺点：**结构复杂，制造成本高，压降大，液泛气速低，故生产能力较小。



筛孔型

特点：结构简单、造价低、压降小、生产能力大、操作弹性可达2~3、



浮阀型 **特点:** 结构上较泡罩简单, 比筛板复杂, 操作弹性大、  
生产能力大。



## 各种浮阀：

阀型：F1型、V型、T型、A型

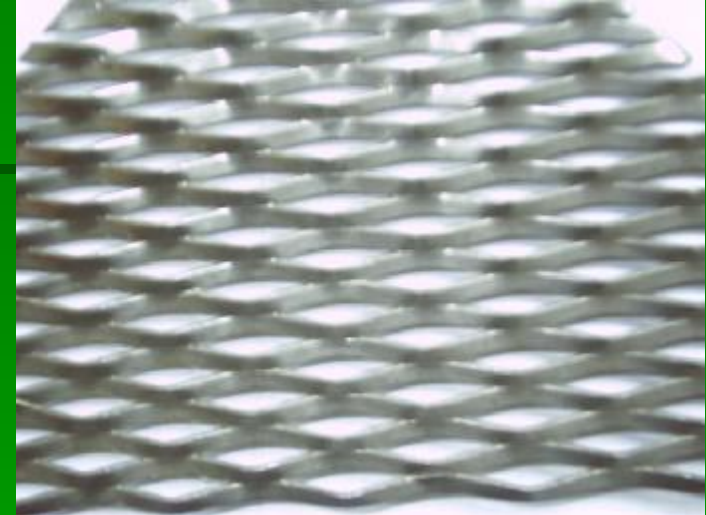




## 其它型



旋流塔板



压延孔板



斜孔塔板



气液接触方式有三种：

- i 鼓泡接触状态
- ii 泡沫接触状态
- iii 喷雾接触状态

气液两相在设备中要有良好的接触：  
接触充分，接触面要大，相界面不断更新



## 二、塔板的流体力学性能

1. 严重漏液
2. 过量的液沫夹带
3. 液泛
4. 塔板上的液面落差
5. 塔板上液体的返混
6. 气体通过塔板的压降
7. 液体停留时间



1. **严重漏液** **不良后果**: 降低板效, 严重时使板上不能积液, 是塔不良的操作现象之一。

**产生的原因**: 气速过小, 或气体分布严重不均、液体分布严重不均。

2. **过量的液沫夹带**

**不良后果**: (1) 降低板效、  
(2) 将不挥发性物质逐板送至塔顶造成产品污染,  
(3) 严重时造成液泛。

**产生的原因**: 气体输送夹带  
飞溅夹带

**夹带量通常  $e_G < 0.1\text{kg 液体/kg 干气体}$**



西安建筑科技大学

Xi'an University of Architecture and Technology

### 3. 液泛（淹塔）

**不良后果：**塔压力降急剧增大、板效急剧减小、  
是不正常操作现象之一

**产生原因：**

- (1) 气体流量过大，产生了过量的液沫夹带，
- (2) 液体负荷过大，降液管的截面积不够，

### 4、塔板上的液面落差

**产生原因：**液体在塔板上横向流动时要克服流动阻力  
(摩擦阻力、形体阻力)。

**不良后果：**液面落差会导致气流分布不均



西安建筑科技大学

Xi'an University of Architecture and Technology

## 5、板上液体的返混

减少返混对传质是有利的

## 6、气体通过塔板的压降 -----单板压降

产生原因：

$$h_p = \text{干板压降} + \text{液层压降} = h_c + h_l \quad (\text{加和模型})$$

不良后果：

- (1) 单板压降大，气体流动阻力大，对输送要求较高。
- (2) 过高的单板压降会使塔顶与塔底的压差较大，从而影响体系的相平衡关系以及气液流动情况，这对真空操作尤为重要。

一般，常压塔：单板压降 40~65mmH<sub>2</sub>O

减压塔：单板压降 10~35mmH<sub>2</sub>O

## 7. 液体在降液管内的停留时间 <sup>≈</sup>3~5s



西安建筑科技大学

Xi'an University of Architecture and Technology

### 三、塔径和塔高的估算

$$D = \sqrt{\frac{4V_G}{pu}}$$

$$Z = N_e \times H_T$$

$$u = (0.6 \sim 0.8)u_F$$

气速上限为泛点气速，用  $u_F$  表示，由经验式计算或图查取。

$H_T$  与塔径之间的关系如表 1 所示：

表 1 板间距参考数值

塔径 D(m)	0.3~0.6	0.6~1.0	1.0~2.0	2.0~4.0
板间距 $H_T$ (mm)	200~350	250~400	250~600	300~600



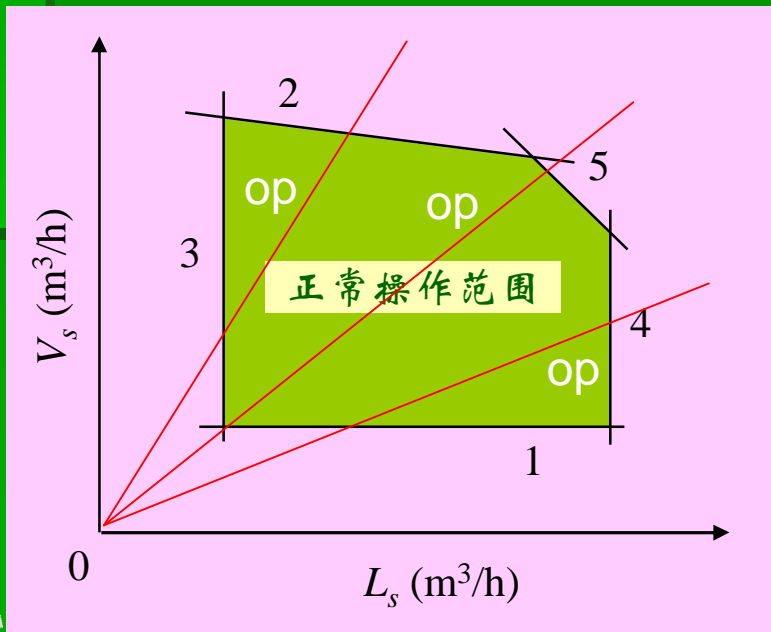
西安建筑科技大学

Xi'an University of Architecture and Technology

## 四、塔板负荷性能图

为一定任务设计的塔板，在一定气、液相负荷范围内才能实现良好的气、液流动与接触状态，有高的板效率。有必要对已设计的塔确定出其气、液相操作范围。

操作弹性=气量上限/气量下限      操作弹性要求大于 2~3



1. 漏液线(气相负荷下限线)
2. 过量液沫夹带线(气相负荷上限线)
3. 液相负荷下限线
4. 液相负荷上限线
5. 溢流液泛线





## 五、塔板设计要点

**设计内容：**板型：筛板、浮阀等

板上液流型式：单流、双流等

板间距  $H_T$

塔径  $D$

板上结构：开孔情况、溢流装置结构

**设计方法：**

根据经验选定一些结构参数<sup>®</sup> 设计其他参数<sup>®</sup> 校核各项流体力学性能<sup>®</sup> 画负荷性能图

若流体力学性能不好，则调整相应结构参数



西安建筑科技大学

Xi'an University of Architecture and Technology

## 10.2 填料塔

- 一、填料塔结构及填料
- 二、填料塔的流体力学性能
- 三、填料塔的传质性能
- 四、填料塔的附属结构



# 一、填料塔结构及填料



# 一、填料塔结构及填料

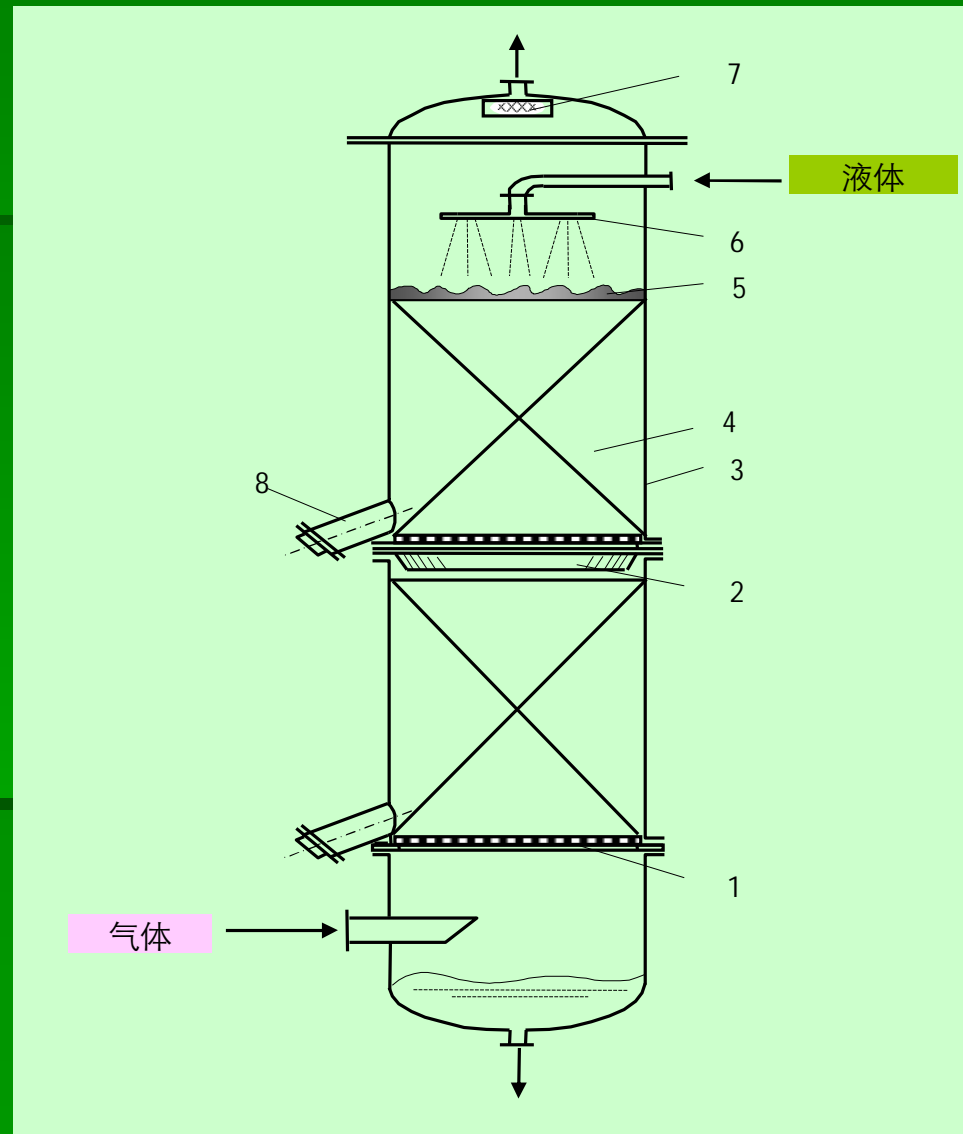
填料塔



西安建筑科技大学  
Xi'an University of Architecture and Technology

# 一、填料塔结构及填料

## 1. 填料塔结构



## 2、填料

填料特性

- $a_v$  比表面积
- $\epsilon$  空隙率
- $K_f$  填料因子

类型： 个体填料  
规整填料

在选择填料时，一般要求：

比表面积及空隙率要大，  
填料的润湿性要好，  
气体通过能力大，阻力小，  
液体滞留量小，  
单位体积填料的重量轻，  
造价低，并有足够的机械强度。



## (1) 个体填料：环形



拉西环

高度和外径相等；  
可用陶瓷和金属制造，  
存在严重的壁偏流和沟流现象，  
液体滞留量大，  
传质效率不高，  
气体通过能力低，  
阻力大。



## (1) 个体填料：环形



内十字环

内螺旋环





## (1) 个体填料：环形



鲍尔环

其构造大大提高了环内空间与环内表面的利用率，而且使气液流通顺畅，有利于气液进入环内。

因此，鲍尔环比拉西环传质效率高、气体通过能力大。



## (1) 个体填料：环形



### 阶梯环

高度仅为直径的一半；

环的一端制成喇叭口，这种喇叭结构，使填料个体之间多呈点接触；  
与鲍尔环相比，其气体通量高，阻力小，传质效率大。



西安建筑科技大学

Xi'an University of Architecture and Technology

## (1) 个体填料：环形



DC环



# (1) 个体填料：环形



OX环



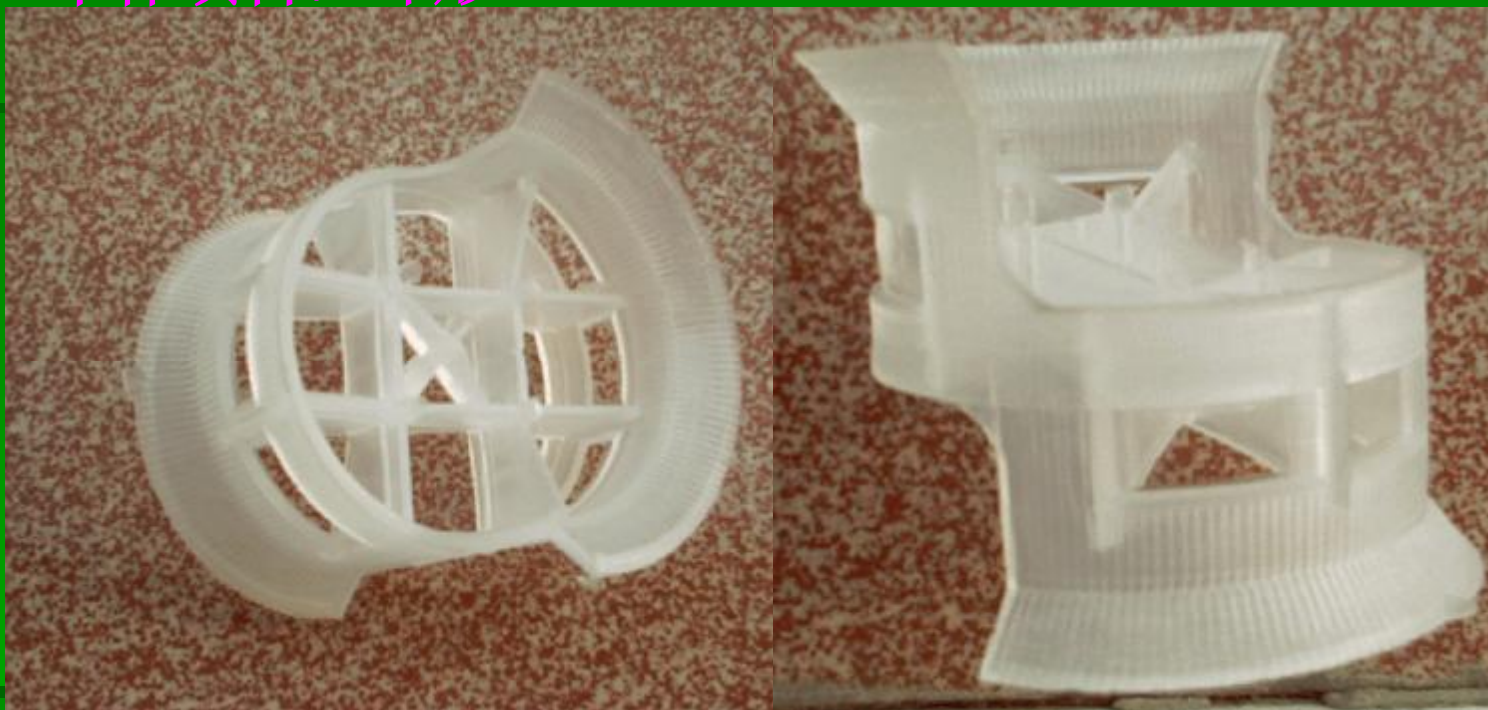
扁环



28



## (1) 个体填料：环形



共轭环



## (1) 个体填料：鞍形



陶瓷弧鞍

属敞开型填料，敞开型填料的特点是：

表面全部敞开，不分内外，因而表面利用率高，不易积液，气体流动阻力小，制造也方便。

弧鞍形填料是两面对称结构，在塔内堆积时容易造成填料相互重叠，从而产生沟流，目前已较少使用。



## (1) 个体填料：鞍形

属敞开型填料。



矩鞍

矩鞍形填料结构不对称，堆积时不会重叠，填料均匀性大为提高。

矩鞍形填料传质性能比拉西环好，但比鲍尔环差，但在制造上比鲍尔环方便。

矩鞍形填料的缺点是，因开放式结构使其强度差，特别是瓷质填料，易破碎。



## (1) 个体填料：鞍环形



金属鞍环填料综合了环形填料通量大及鞍形填料的液体再分布性能好的优点，其性能优于环形填料和鞍形填料。

金属鞍环





(1) 个体填料:



塑料花环

多面空心球

海尔环



## (2) 规整填料： 以整砌的方式装填在塔内

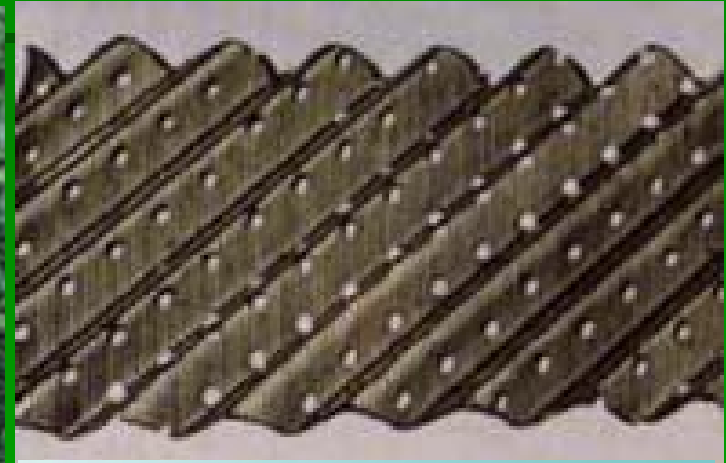
规整填料已有很多，如波纹填料（金属、陶瓷）、栅格类填料。

金属波纹填料主要有：

金属刺孔波纹填料、金属板网波纹填料、  
金属孔板波纹填料、金属丝网波纹填料等



## (2) 规整填料：波纹填料



金属孔板波纹填料

陶瓷孔板波纹填料



## (2) 规整填料：波纹填料



金属波纹填料



西安建筑科技大学  
Xi'an University of Architecture and Technology

## (2) 规整填料：栅格类填料



格栅填料（格利希填料）



与散装填料相比，规整填料具有以下优点：

传质效率高、压降低、处理量大、持液量小、放大效应不明显、操作弹性大等一系列优点。同时使大塔径的填料塔工业化成为可能。

从环形填料、鞍形填料到鞍环形填料，从个体填料、到规整填料，人们千方百计地改进填料结构，目的是增加填料比表面积以提高传质效率，增加填料的空隙率以降低流动阻力、加大流体通量，改善填料堆积性能以防止填料的嵌套叠合，从而有利于液体的均布、降低壁效应。



西安建筑科技大学

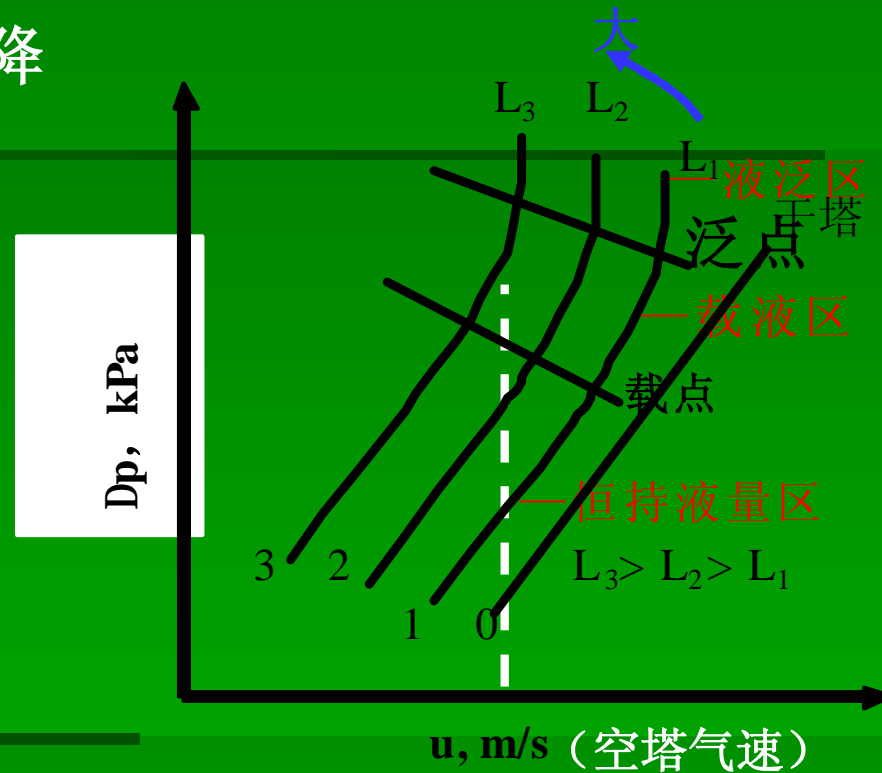
Xi'an University of Architecture and Technology

## 二、填料塔的流体力学性能

### 1、气体通过填料层的压力降

适宜操作应在载点气速和泛点气速之间

$$u = (0.6 \sim 0.8)u_F$$



填料层的  $D_p \sim u$  关系

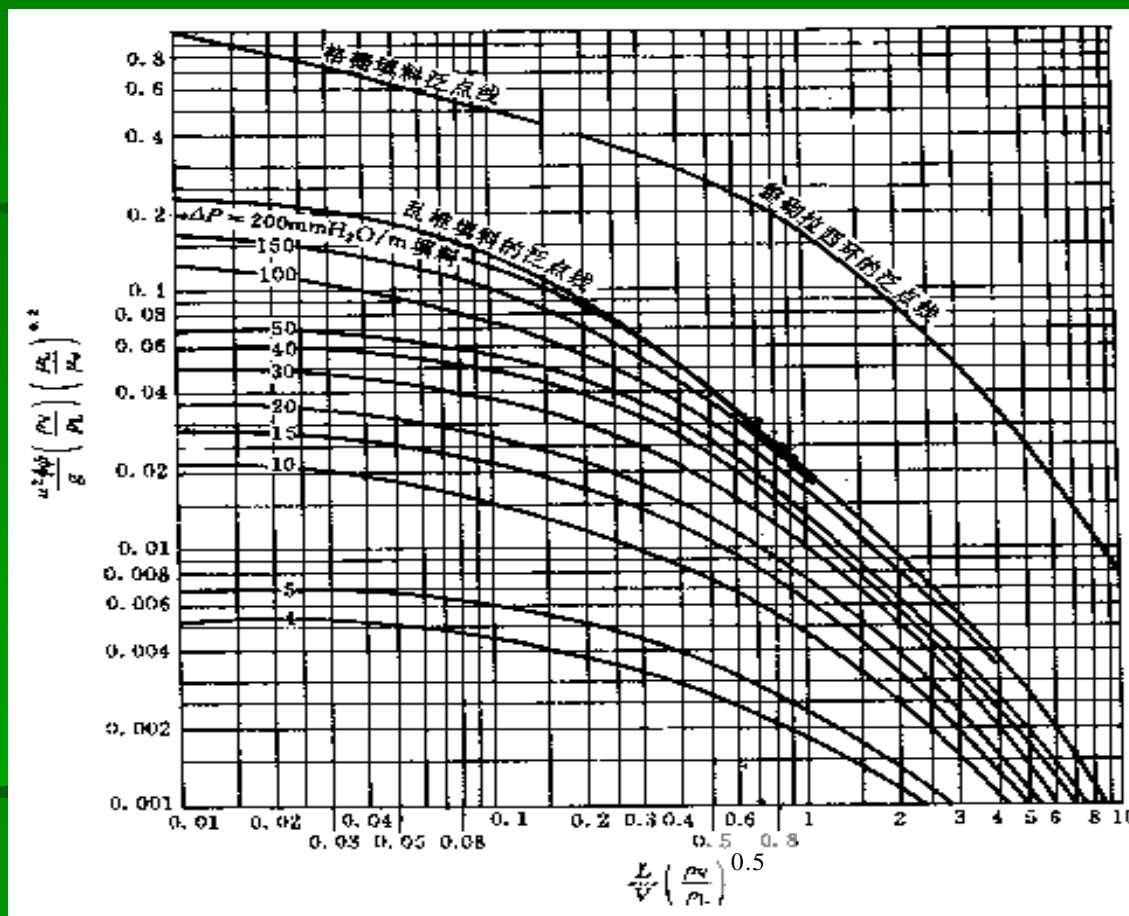
L---喷淋量



西安建筑科技大学

Xi'an University of Architecture and Technology

## 2、液泛



埃克特通用关联图

