

# 填料

## 散装填料

1907年, 拉西环 (Rasching Ring)

20世纪50年代, 鲍尔环 (Pall Ring) .....



木屑  
碎石

无定型



Rasching Ring



Pall Ring



θ环



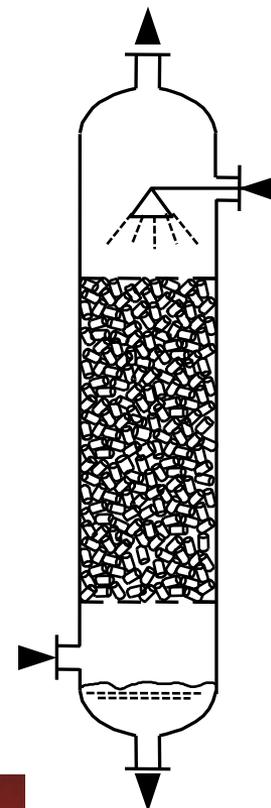
IMTP



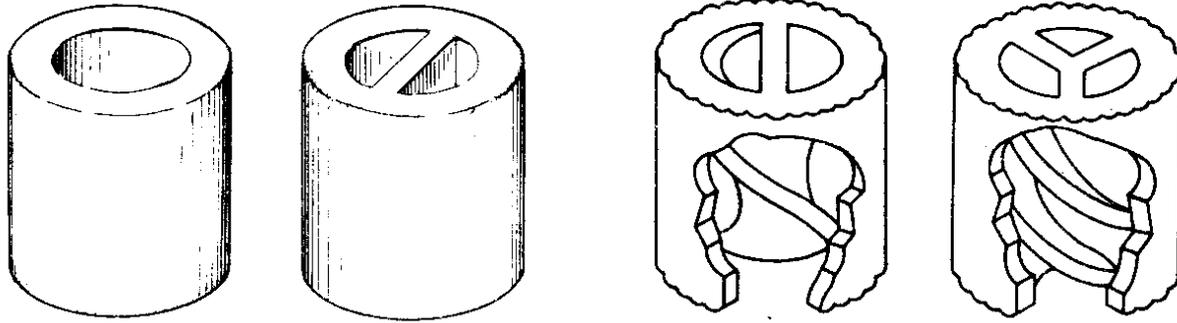
C.M.R.



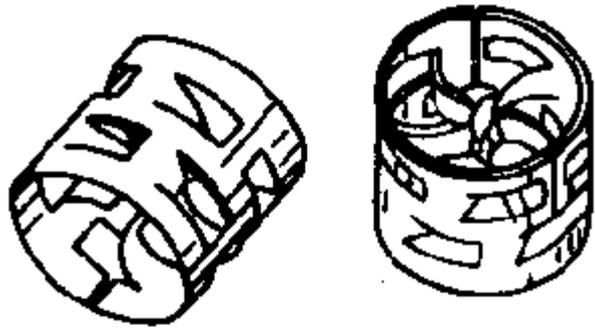
QH-2



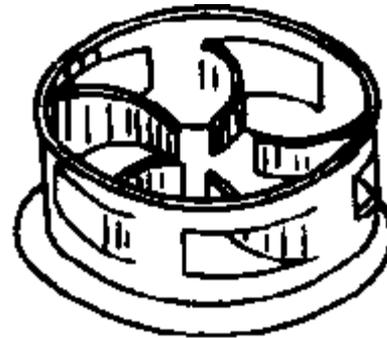
## 拉西环



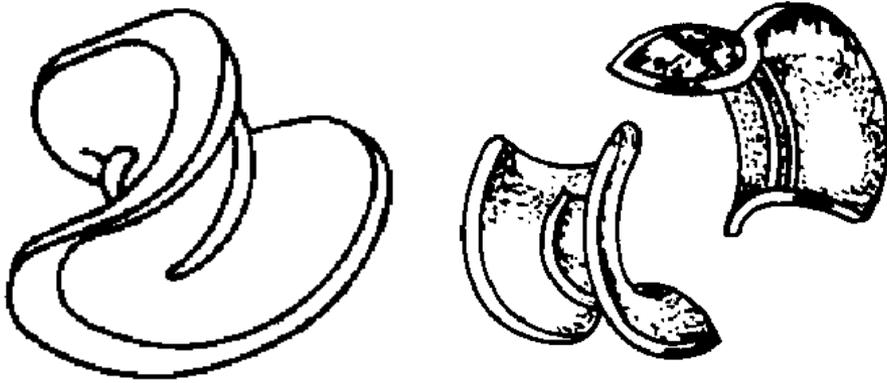
## 鲍尔环



## 阶梯环



弧鞍形、矩鞍形填料



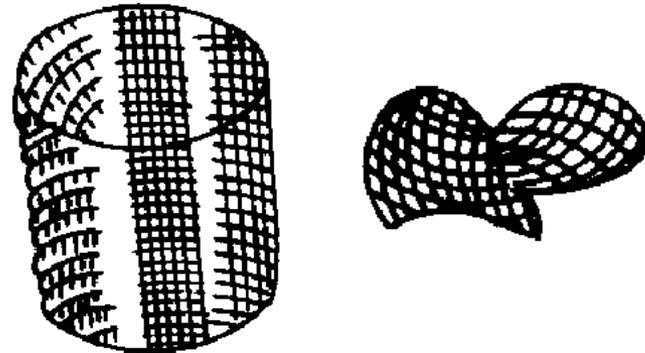
梅花扁环



金属英特洛克斯填料



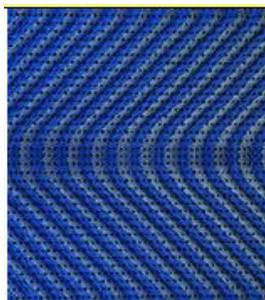
网体填料



# 规整填料



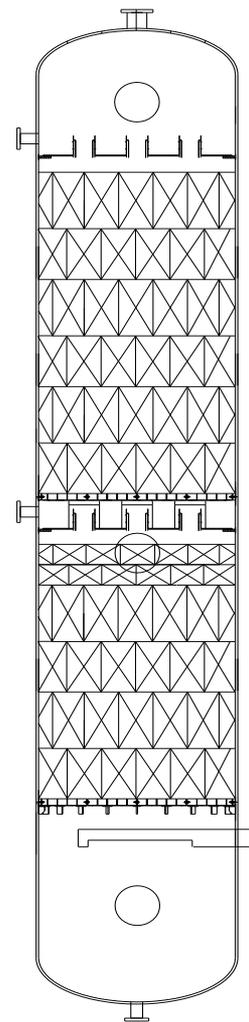
防壁流器



“S”状板波纹

## 填料块立装：

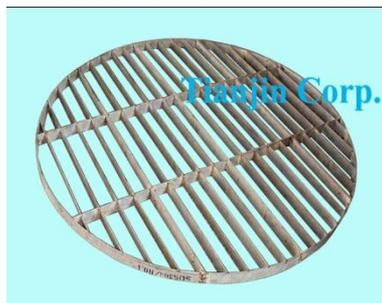
在工业大塔内设置若干单元小塔并联成填料段，段与段之间旋转错位，使流体重新分配，且不能径向大范围流动，以消除“放大效应”



## 填料塔的附属结构

**主要包括：**填料支承装置、液体分布及再分布装置、气体进口分布装置及出口除沫装置等。

**填料支承板：**用以支承填料的部件



栅板式



升气管式



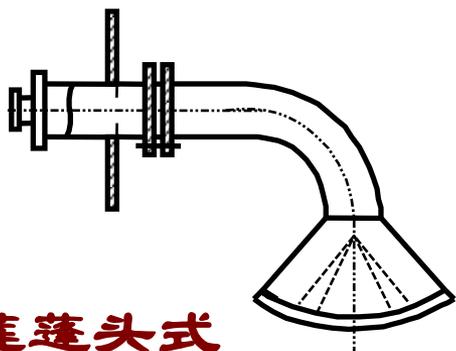
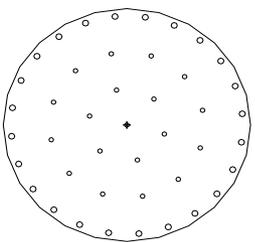
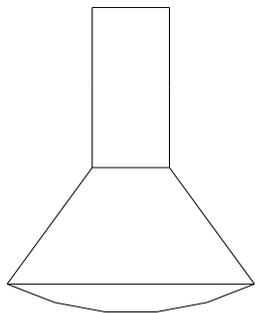
气体喷射式

## 床层限位圈和填料压板：阻止填料的流化和松动

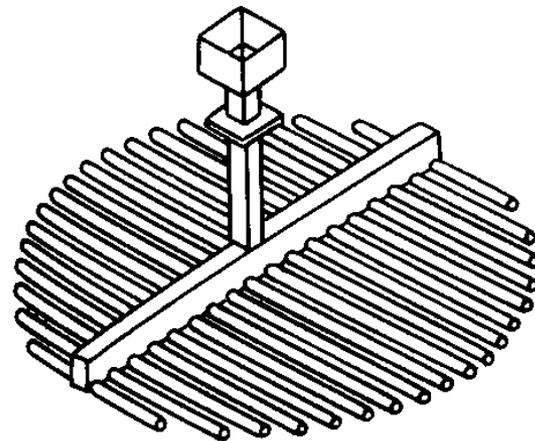
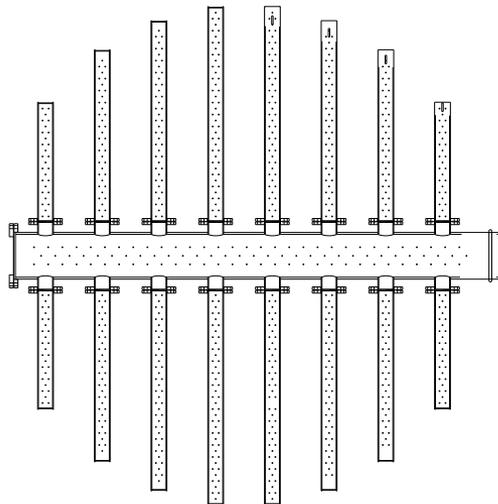
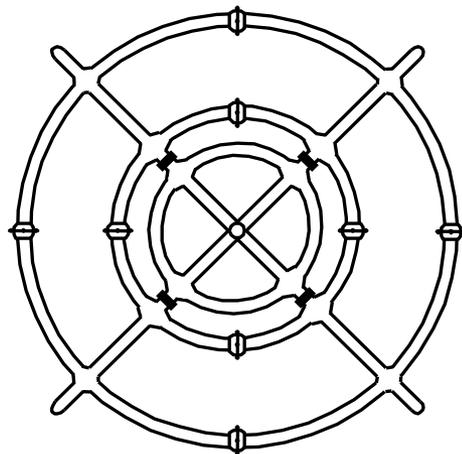


# 液体分布器

将液体均匀分布于填料层顶部



莲蓬头式

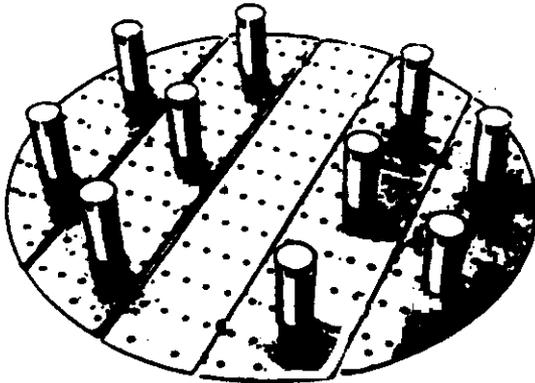


多孔管式分布器

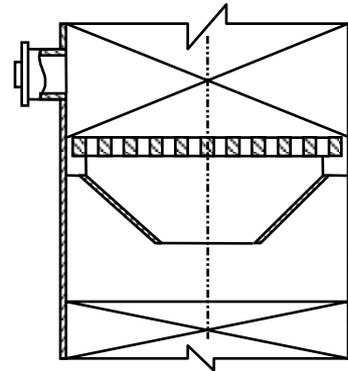
## 液体再分布器

随液体流经的填料层厚度的增加，偏流程度增加，液体的不良分布就越严重。

**解决方法：**安装适当数量的液体再分布器



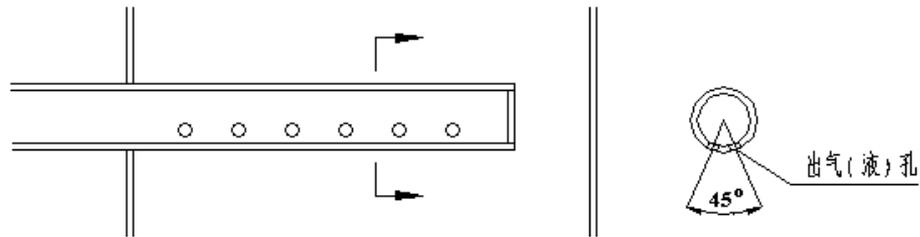
盘式液体再分布器



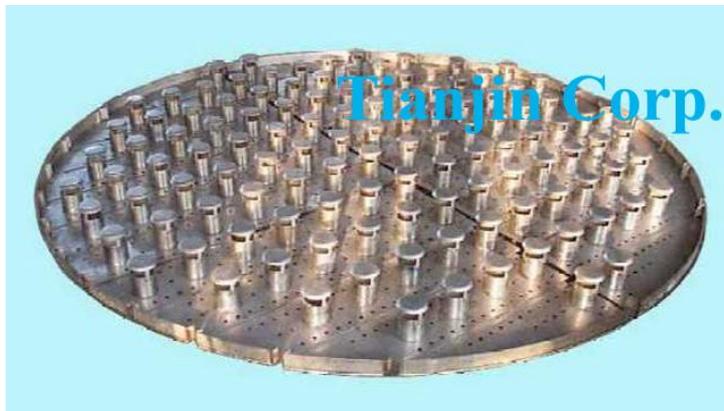
截锥式再分布器

## 气体进口装置和气体分布器

塔直径小于3米，可采用单管底部双排孔分布器。



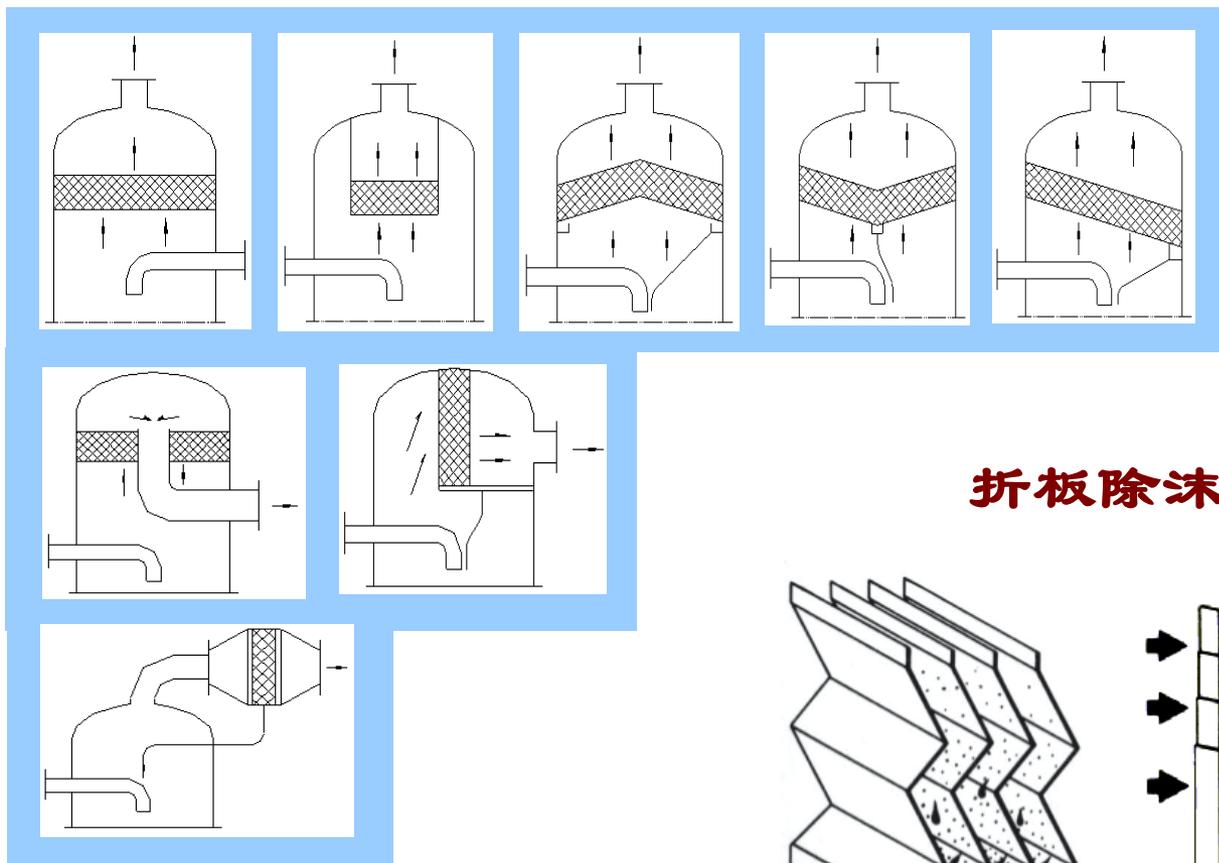
塔直径大于3米可采用多排管式或升气管式气体分布器。



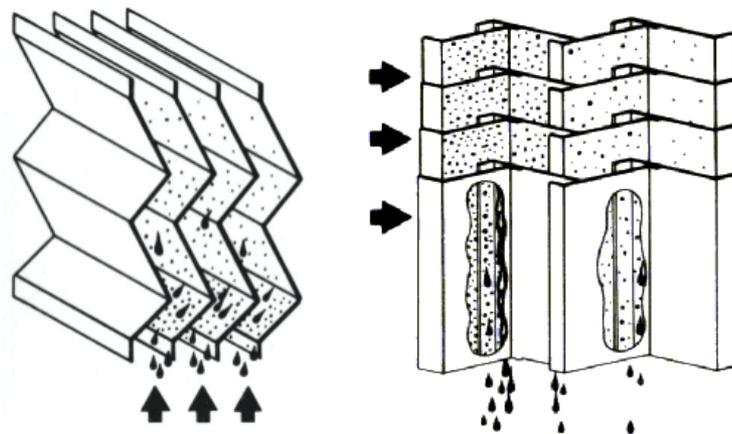
## 除沫器

为缓减液沫夹带，需在塔顶气体出口处设置除沫装置。

### 丝网除沫



### 折板除沫器



## 填料塔工艺设计的主要内容

选择填料材质和规格；

确定所选填料的等板高度和分段高度；

确定填料层高度；

确定塔径以及分配器选型与设计；

进行水力学计算。

## 水力学计算主要内容

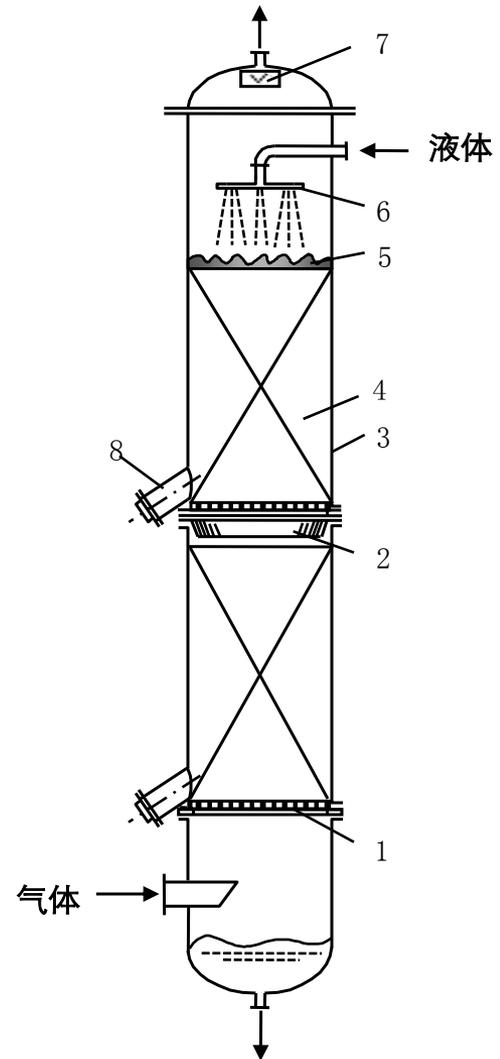
恒定液体流率和恒定液汽比下的液泛率，

填料床层的压降

喷淋密度

气液流动参数

## 绘制塔体简图



## 填料的特征参数

**比表面积  $a$** : 单位体积填料层所具有的表面积( $\text{m}^2/\text{m}^3$ )。大的  $a$  和良好的润湿性能有利于传质速率的提高。对同种填料, 填料尺寸越小,  $a$  越大, 但气体流动的阻力也越大, 处理能力也就越小。

**空隙率  $\varepsilon$** : 单位体积填料所具有的空隙体积( $\text{m}^3/\text{m}^3$ )。是气液两相流动的通道,  $\varepsilon$  大, 气、液通过能力大, 气体流动的阻力小, 与填料的比表面积成反比。

**填料因子  $\phi$** : 填料比表面积与空隙率三次方的比值( $1/\text{m}$ ),  $a/\varepsilon^3$ ; 表示填料的流体力学性能; 值越小, 流动阻力越小。有干填料因子与湿填料因子之分。

**堆积密度  $\rho_p$** : 单位体积填料的质量( $\text{kg}/\text{m}^3$ )。在机械强度允许的条件下, 填料壁要尽量薄, 以减小填料的堆积密度, 从而既可降低成本又可增加空隙率。常见乱堆填料和规整填料的性能参数汇总见附录19。

**持液量：**在填料塔中流动的液体占有一定的体积，操作时单位体积填料的表面上和孔隙内所积存的液体量称为持液量，以 $\text{m}^3$ 液体/ $\text{m}^3$ 填料表示。

**总持液量包括静持液量和动持液量。**

**静持液量：**停止气液进料，排液至无液滴时，仍积存于填料层内的液体量。它与气液负荷无关，只取决于填料和液体特性；

**动持液量：**停止气液进料的瞬间流出的液体量，它不但与填料和液体特性有关，而且和气液相负荷也有关。

**持液量与液膜厚度有关。** 喷淋量 $\uparrow$ →液厚 $\uparrow$ →持液量 $\uparrow$ 。

## 气液两相流动的交互影响和载点

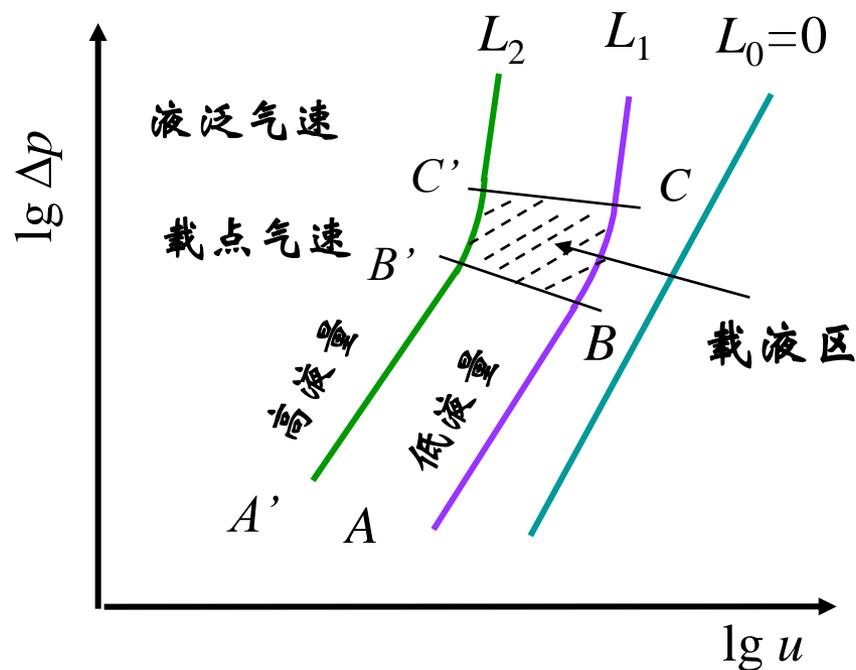
### 压降与气速的关系：

气体通过干填料层的压降  $\Delta p$  与空塔气速  $u$  的关系在双对数坐标上为直线，斜率 1.8~2.0。

有一定持液量时， $\Delta p \sim u$  将不再为简单的直线关系(喷淋密度为  $L_1$ 、 $L_2$  曲线)，且存在两个较明显的转折点

### 原因：

喷淋液体在填料上形成液膜，占据部分空隙，减小了气体的流通截面，故相同空塔气速压降升高。



## 液泛与泛点

接近泛点时的判据：

- ①空塔气速略为增大时，压降急剧增大；
- ②空塔气速略为增大时，传质效率急剧下降；
- ③塔操作不稳定。

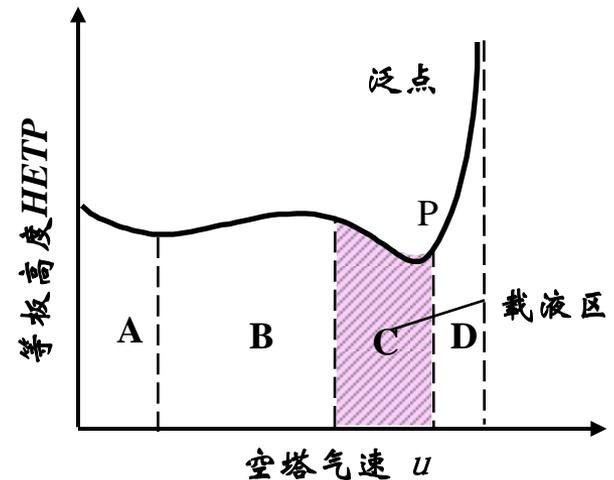
**操作范围：** 填料塔的操作范围不像板式塔的负荷性能图那样有完整的概念，不同种类的填料操作范围不同，可分为四个区域。

**A区：** 气体流速很低，扩散传质过程，分离效果差，等板高度HETP较高；

**B区：** 气速 $\uparrow$ ，液膜湍动促进传质，HETP较小，属于正常的操作区域；

**C区：** 当气速超过载点接近于泛点时，两相交互作用剧烈，传质效果最佳，等板高度最小，但此时操控较难把握；

**D区：** 气速已达到或超过泛点，分离效果下降，等板高度剧增。  
液流量过大，泛点气速下降，正常操作范围B区将缩小。  
液流量过小，填料表面没有完全润湿，传质效果急剧下降。



## HETP与填料段高度的确定

HETP为分离效果相当于一块理论板的填料层高度。

**填料床层高度：**  $H_z = N \times \text{HETP}$

**HETP**取决于物性、气液流的均匀性、喷淋密度、塔内的流动状况、填料尺寸、比表面积、空隙率、润湿性及填料结构等

## 填料塔的安装

塔体倾斜、填充不匀及局部填料破损等均会造成填料层液体在较大范围内分布不均，随着塔径的增大，整体不均匀分配对传质的影响更为显著。

## 塔径

操作气速 $u=(0.5-0.8)u_f$ ，则塔径可根据下式计算：

$$D = \sqrt{\frac{4V_G}{\pi u}}$$

$V_G$ 为气相负荷， $m^3/s$

按上式算出的塔径，应按压力容器公称直径进行圆整，如圆整为600、800、1000、1200 mm 等。

## 压降的计算

填料压降比较低，一般通过实验测定或由生产商提供。