

填料塔结构与工作原理

王志萍

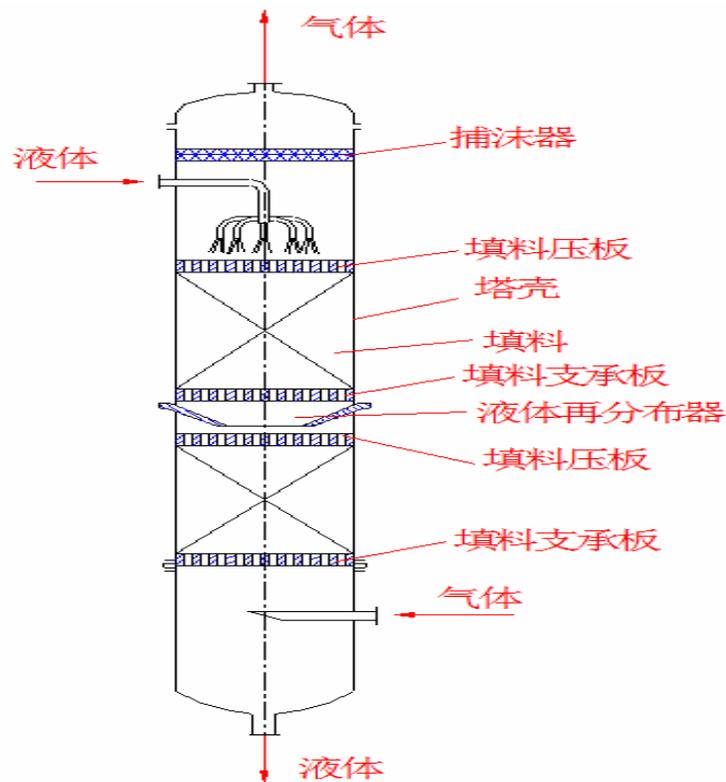
青岛科技大学化工原理教研室

Tel: 0532-84022879

Email: wangzhiping@qust.edu.cn

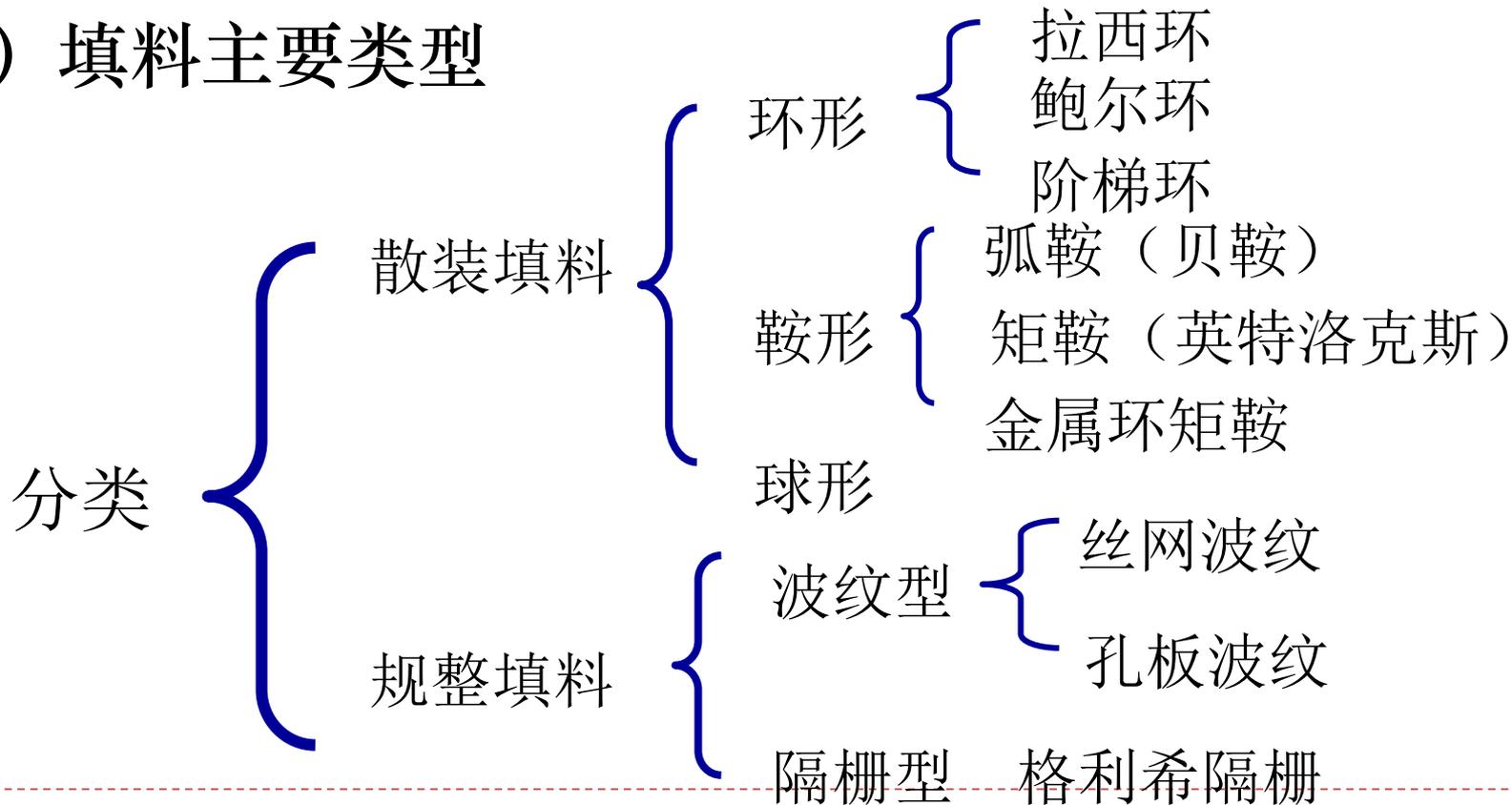
本节主要内容

- (1) 填料的主要类型及性能
- (2) 填料性能参数
- (3) 填料塔附件
- (4) 填料塔与板式塔的比较
- (5) 填料塔的工作原理



一、填料的主要类型及性能

(1) 填料主要类型



几种典型的散装填料



拉西环



金属鲍尔环填料



塑料鲍尔环填料



改型鲍尔环填料



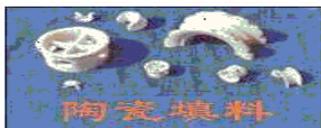
金属阶梯环填料



塑料阶梯环



瓷质弧鞍填料 (左下角)



陶瓷填料

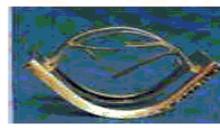
瓷质矩鞍填料 (右下角)



聚丙烯矩鞍填料



金属环矩鞍填料



金属环矩鞍填料 (Intalox)



聚丙烯浮球填料



多面空心球填料

1. 拉西环：外径与高度相等的圆环。

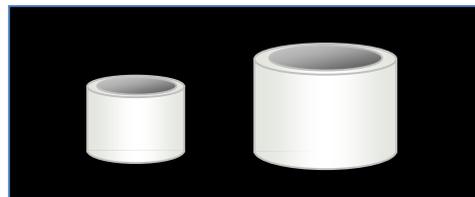
优点：结构简单，制造容易，

流体力学及传质特性研究充分，

是最早使用的一种填料

缺点：沟流、壁流严重、滞留液量大、气液分布较差、

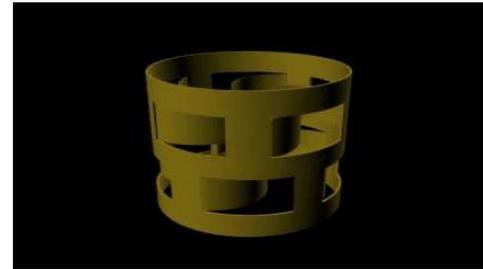
气流阻力大、目前工业上已较少使用



2. 鲍尔环：在拉西环的侧壁上开出两排长方形窗孔，被切开环壁的一侧仍与壁面相连，另一侧向环内弯曲，在环中心相搭。

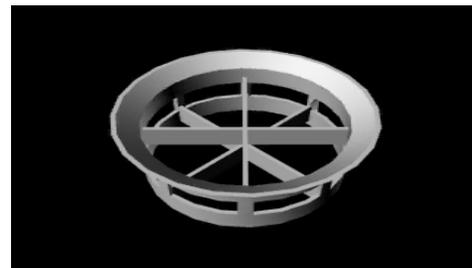
优点：环壁开孔，提高了环内空间与环内表面的利用率，效率高、阻力小、操作弹性大

缺点：结构复杂



3. 阶梯环：高度为直径的一半，环的一端制成喇叭口。

减少了气体阻力，促进液膜
表面更新，提高传质效率



优点：效率高、阻力小、气量大

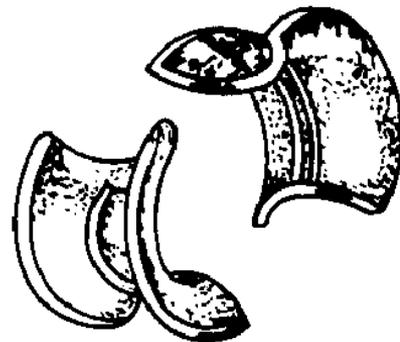
缺点：结构复杂



4. 弧鞍与矩鞍：表面全部敞开，液体在表面两侧均匀流动，表面利用率高。

弧鞍： 易套叠

矩鞍： 两端弧形面改为 矩形面， 且两面大小不等
不套叠、阻力小



5. 金属环矩鞍环：

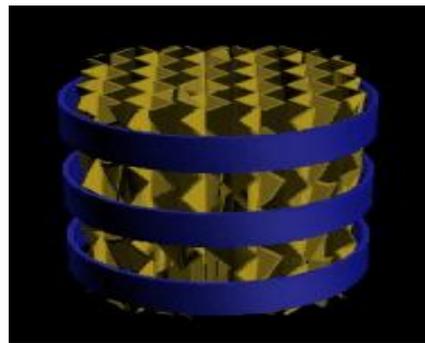
综合了环形填料和鞍形填料的优点，改进了液体分布，阻力减小，通量增大，效率提高，性能优于鲍尔环和矩鞍填料。



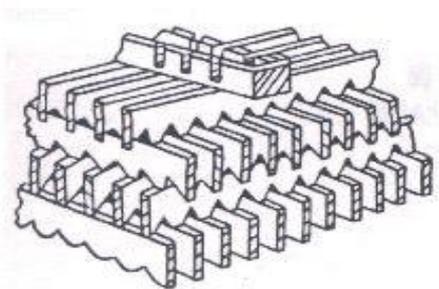
常见的规整填料：

波纹填料（1971）：陶瓷、塑料、金属材料

金属丝网波纹填料：20世纪60年代开发



几种类型的规整填料



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



二、填料性能参数

比表面积、空隙率、填料因子。

①**比表面积 σ** 单位体积填料层提供的填料的表面积

$$\sigma = \frac{\text{填料层表面积 (m}^2\text{)}}{\text{填料层体积 (m}^3\text{)}}$$



②空隙率 Σ ——单位体积填料层的空隙体积

$$\varepsilon = \frac{\text{填料层空隙体积 (m}^3\text{)}}{\text{填料层体积 (m}^3\text{)}}$$

③填料因子——表示填料的流体力学性能

$$\sigma/\varepsilon^3$$

干填料因子，无液体喷淋时 σ/ε^3

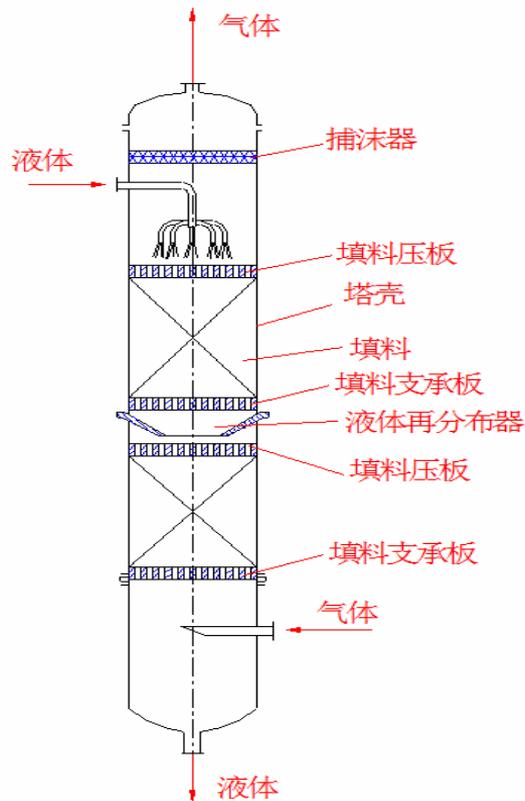
湿填料因子 Φ ，填料被喷淋的液体润湿后，填料表面覆盖一层液膜， σ/ε^3

选择填料时，一般要求：比表面积及空隙率要大、填料的润湿性能好，单位体积填料的质量轻，造价低，并有足够的机械强度。若比表面积增大，即气液两相接触面积增加时，有利于传质。



三、填料塔附件

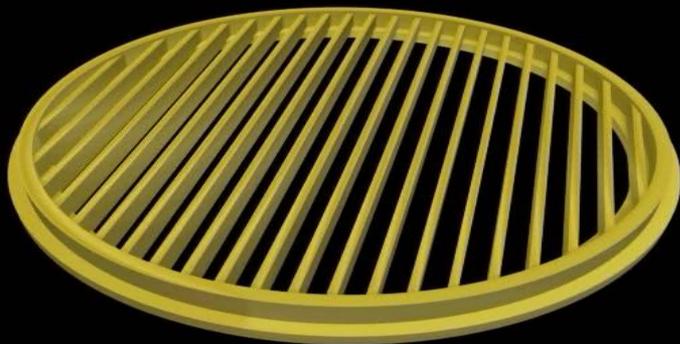
- 1、填料支撑装置
- 2、液体分布装置
- 3、液体再分布装置
- 4、除沫装置
- 5、气体分布装置



1、 填料支撑装置

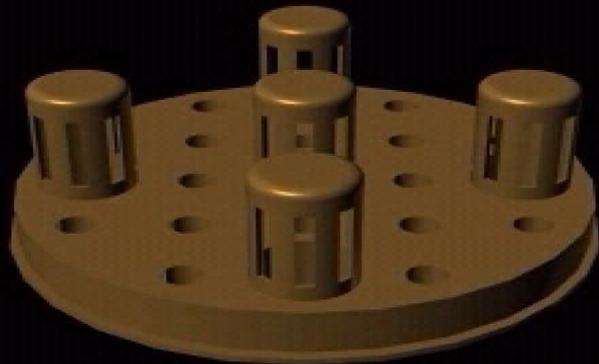
- 作用： 支承填料及塔内持液重量
- 要求： 机械强度，自由截面大于填料层的自由截面
- 种类： 栅板式，升气管式

栅板支承板



东方仿真COPYRIGHT2001

升气管支承板



东方仿真 copyright,2000

2、液体分布装置

- 作用：使液体均匀分布，以提高分离效率
- 种类：莲蓬式，盘式，齿槽式，多孔环管式等

液体分布器



东方仿真 copyright,2000

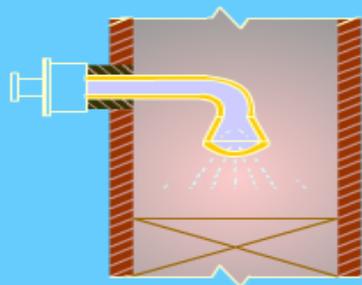
弹溅式分布器



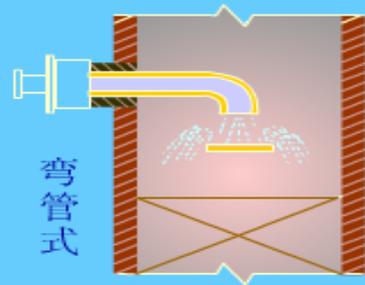
东方仿真 copyright,2000



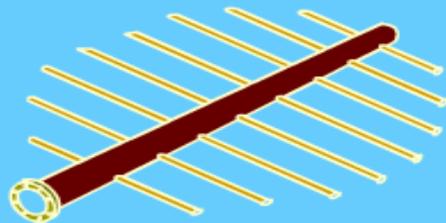
液体分布装置



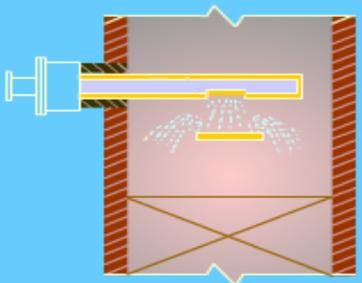
莲蓬式



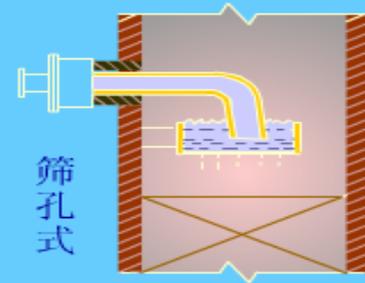
弯管式



多孔管式



缺口式

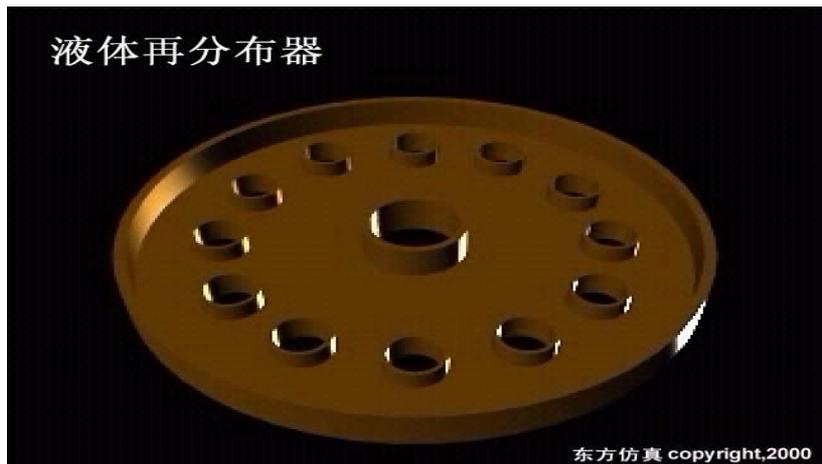


筛孔式

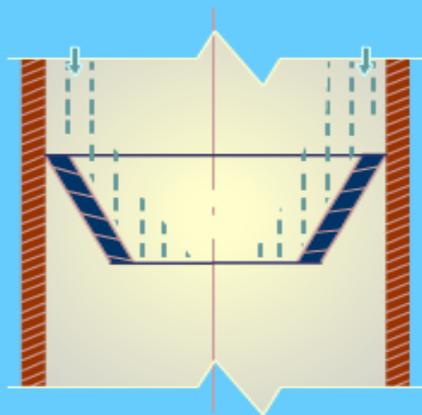


3、液体再分布装置

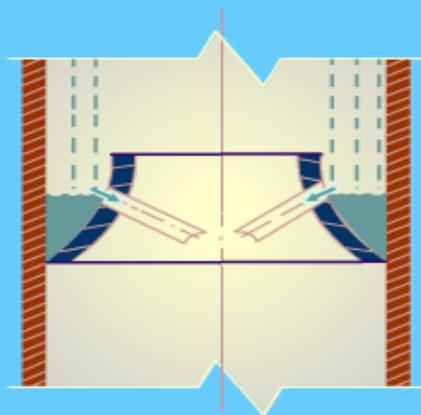
- 原因：液体有偏向塔壁流动的现象
- 作用：重新汇集液体并引向塔中央区域
- 设置：一般6m内需加装
- 整砌填料无需液体再分布器
- 种类：截锥式、槽形、升气管式



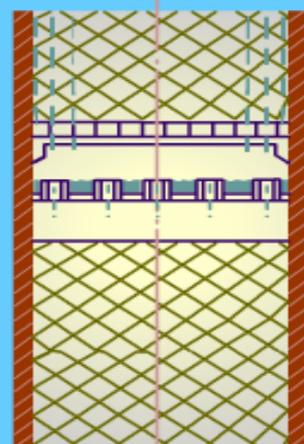
液体再分布装置



锥体形



槽形

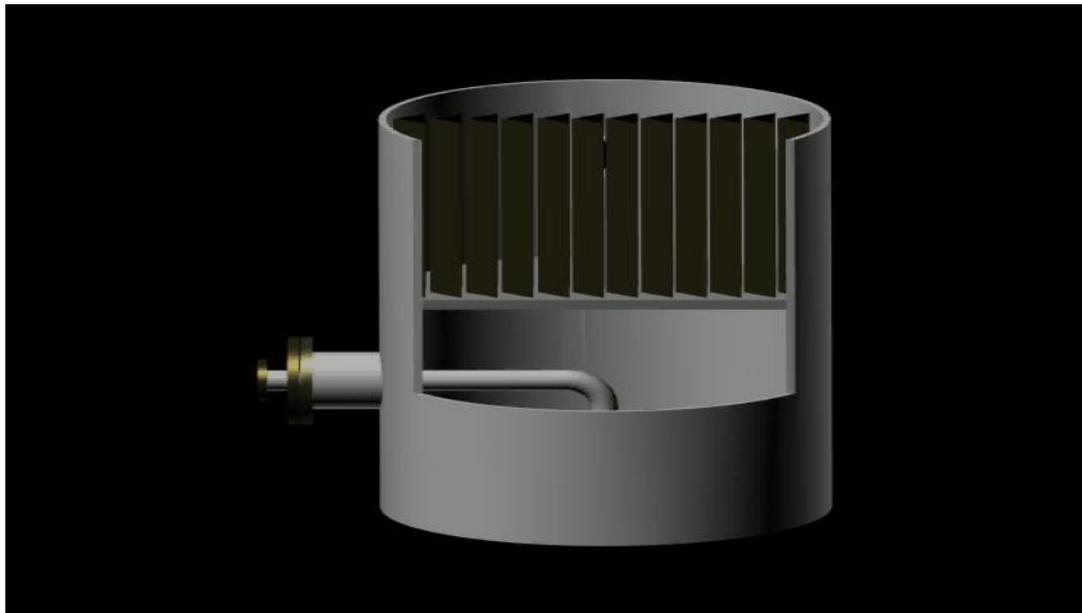


升气管

由于塔中部容易产生“壁流效应”，所以在塔中部有时安装液体再分布装置。

4、除沫装置

- 作用：除去出口气流中的液滴
- 种类：折流板式，旋流板式，丝网式等



5、气体分布装置

- 作用：防止液体倒到罐外，有利于气体均匀进入填料层



四、填料塔与板式塔的比较

1、塔设备的共同要求

- ①相际传质面积大，气液两相接触充分，以获得较高的传质效率；
 - ②生产能力大，在较大的气速下不发生大量的雾沫夹带、拦液、液泛等不正常操作现象；
 - ③操作稳定，操作弹性大，传质效率要高；
 - ④流体通过塔设备的压力降小，且气液接触传质后，两相易于分离；
 - ⑤耐腐蚀，不堵塞，易检修；
 - ⑥结构简单，易于加工、安装。
-



比较

	板式塔	填料塔	备注
造 价	塔越大，单位体积造价越便宜	塔越大，单位体积造价越贵	填料个数随塔体积而增加
分离效率	板效率稳定且大塔效率高于小塔效率	较高，与填料形式及尺寸有密切关系	
压 降	压降较大	相近，丝网填料则较小	
操作性能	较大	较小	填料塔的操作性能与填料有关
液—气比 (L/G)	范围较宽	L/G变化较小，分离效率下降	因板式塔中传质分离有液层作保障
检修清理	方便	不太方便	
耐 腐 性	较差	较好	
塔中持液量	较大（较多）	较小（较少）	
塔中换热可能性	可以实现	较困难	



2、塔设备的选型原则

优先选用板式塔：

- ①液相负荷小，使用填料则其表面不能充分润湿，难以保证分离效率；
 - ②易结垢，有结晶的物料，采用板式塔不易堵塞；
 - ③需要设置塔内部换热元件或多个侧线进料、出料口时，板式塔较适合；
 - ④板式塔内液体滞料量大，操作弹性大，易于稳定，对进料浓度的变化不甚敏感。
-

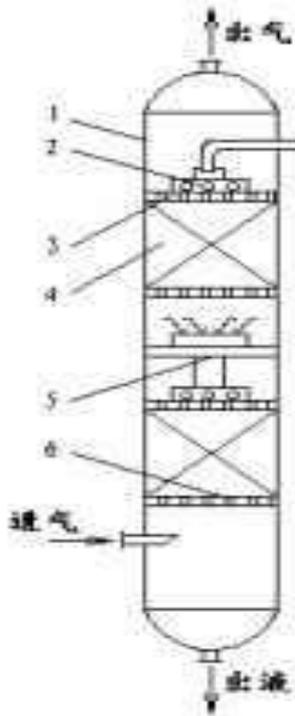


2、塔设备的选型原则

优先选用填料塔：

- ①在分离程度要求高的情况下，采用新型填料可降低塔高；
 - ②新型填料压降低，有利于节能；
 - ③新型填料具有较小的持液量，适合于热敏性物料的蒸馏分离；
 - ④易发泡的物料宜采用填料塔，因为在填料塔内气相主要不是以气泡形式通过液相，可减小发泡的程度；
 - ⑤对于腐蚀性物料，可用耐腐蚀材质的填料。
-
- 

五、填料塔工作原理



气液两相流动方式：逆流或并流

塔内液体为分散相，靠重力自上而下流经全塔，填料表面被向下流动的液体润湿，气体在压强差下自下而上流经全塔，湿表面与上升气流达到连续微分接触传质，故称连续接触式（微分式）传质设备。

小结

掌握：填料塔工作原理

理解：板式塔与填料塔比较

了解：填料性能参数

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. (4.2.1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： 填料塔操作特性