

情境三

蒸发操作技术

任务一：了解蒸发过程

任务二：蒸发过程分析

任务三：蒸发设备

任务四：蒸发器操作

下页



蒸发操作技术

任务一 了解蒸发过程

- 一、蒸发操作过程案例
- 二、蒸发过程分类
- 三、多效蒸发流程
- 四、蒸发操作应掌握知识和内容

下页





一、蒸发过程案例

(一) 蒸发过程在化工生产中的应用

- 原理：蒸发是溶液浓缩的单元操作。它采用加热的方法，使溶有不挥发性溶质的溶液沸腾，其中的部分溶剂被气化除去，而溶液得到浓缩。
- 1、获得浓缩的溶液产品，如果汁、牛奶的浓缩等；
- 2、将溶液蒸发增浓后，在进一步处理（如冷却结晶），以获得固体产品，如烧碱、抗生素、糖等；
- 3、获得纯净的溶剂产品，如海水蒸发脱盐制取淡水等



(二) 蒸发操作特点

- 1、蒸发目的是为了溶剂汽化，因此被蒸发的溶液应具有挥发性的溶剂和不挥发性的溶质组成。
- 2、蒸发操作是一个传热壁面两侧流体均有相变的传热过程，又是一个溶剂从液态转变成气态的传质过程，但溶剂汽化速率主要取决于热量传递速率，因此蒸发体现的主要还是传热规律。
- 3、蒸发操作处理的是含有不挥发性溶质的溶液，在相同温度下，溶液的蒸汽压低于纯溶剂的蒸汽压，所有在相同压力下，溶液的沸点高于纯溶剂的沸点。
- 4、蒸发操作不同于一般传热过程，溶液性质往往对蒸发器的设计提出特殊要求。
- 5、蒸发操作中要将大量溶剂汽化，需要消耗大量的热能，因此，蒸发操作的节能问题将比一般传热过程更为突出。

(三) 蒸发过程案例

1、尿素的生产

图7-1所示为水溶液全循环法生产尿素的流程示意图。分离出的尿液在不同真空度下加热蒸发，低压分离器出口尿液浓度达99.7%（质量分数）以上，用熔融尿素泵16打入造粒塔17，经造粒喷头成为尿粒，在塔底得到尿素成品。

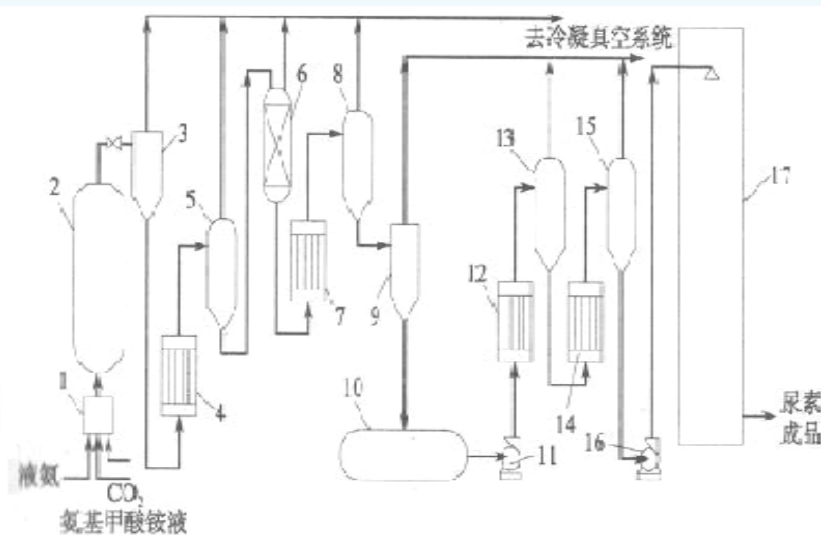


图 7-1 水溶液全循环法合成尿素流程示意图

1—欲反应器；2—尿素合成塔；3—预分离器；4—高压循环加热器；5—高压循环分离器；6—精馏塔；7—低压循环加热器；8—低压分离；9—闪蒸槽；10—尿液贮槽；11—尿素溶液泵；12—一段蒸发加热器；13—一段蒸发分离器；14—二段蒸发加热器；15—二段蒸发分离器；16—熔融尿素泵；17—造粒塔



2、烧碱的生产

- 隔膜法生产烧碱的主要过程如图7-2所示。从隔膜电解槽出来的电解液中NaOH的含量较低，
- 因此生产上可将稀碱液蒸发，使其中大量的水分发生汽化并除去，这样原碱液中的溶质NaOH的浓度就得到了提高。通过蒸发可以得到42%或50%左右符合工艺要求的浓碱液。

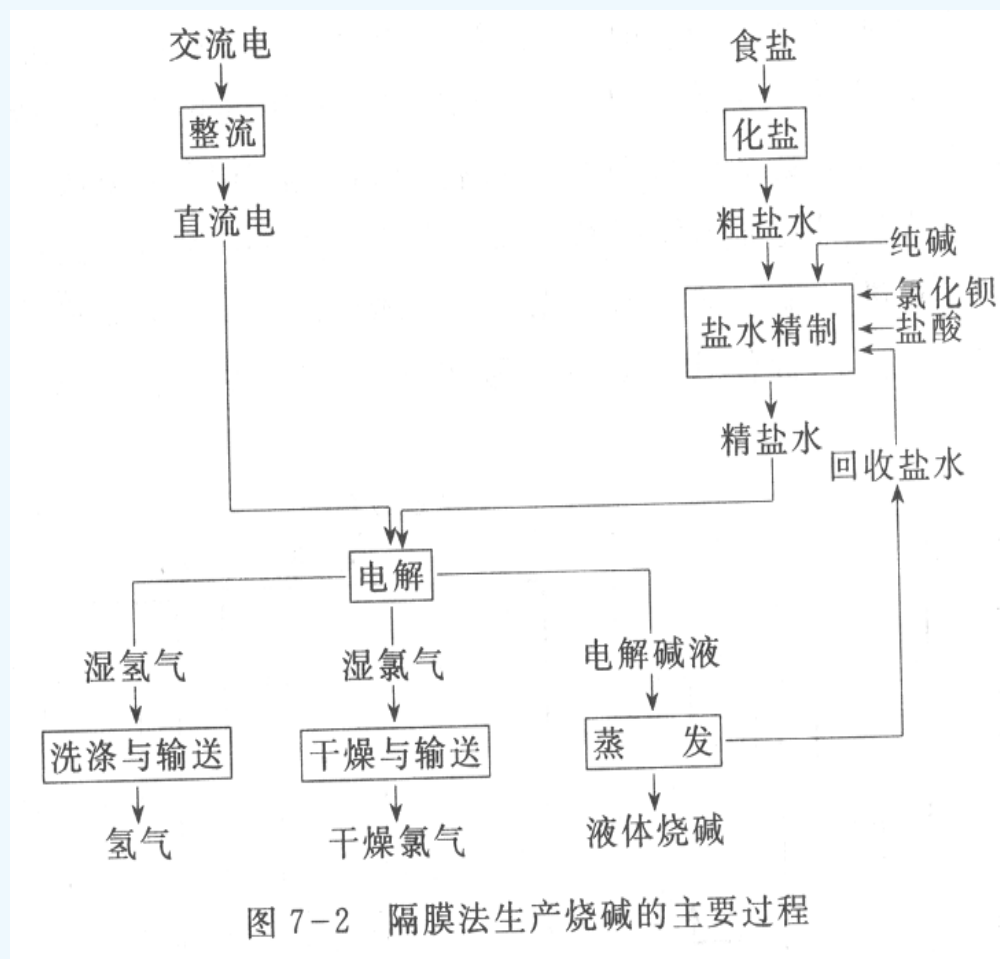


图 7-2 隔膜法生产烧碱的主要过程



二、蒸发过程分类

(一) 按蒸发方式分:

- 1、自然蒸发: 即溶液在低于沸点温度下蒸发, 如海水晒盐, 这种情况下, 因溶剂仅在溶液表面汽化, 溶剂汽化速率低。
- 2、沸腾蒸发: 将溶液加热至沸点, 使之在沸腾状态下蒸发。工业上的蒸发操作基本上皆是此类。

(二) 按加热方式分:

- 1、直接热源加热 它是将燃料与空气混合, 使其燃烧产生的高温火焰和烟气经喷嘴直接喷入被蒸发的溶液中来加热溶液、使溶剂汽化的蒸发过程。
- 2、间接热源加热 容器间壁传给被蒸发的溶液。即在间壁式换热器中进行的传热过程。



(三) 按操作压力分:

- 可分为常压、加压和减压（真空）蒸发操作。很显然，对于热敏性物料，如抗生素溶液、果汁等应在减压下进行。而高粘度物料就应采用加压高温热源加热（如导热油、熔盐等）进行蒸发

(四) 按效数分:

可分为单效与多效蒸发。若蒸发产生的二次蒸汽直接冷凝不再利用，称为单效蒸发，若将二次蒸汽作为下一效加热蒸汽，并将多个蒸发器串联，此蒸发过程即为多效蒸发。

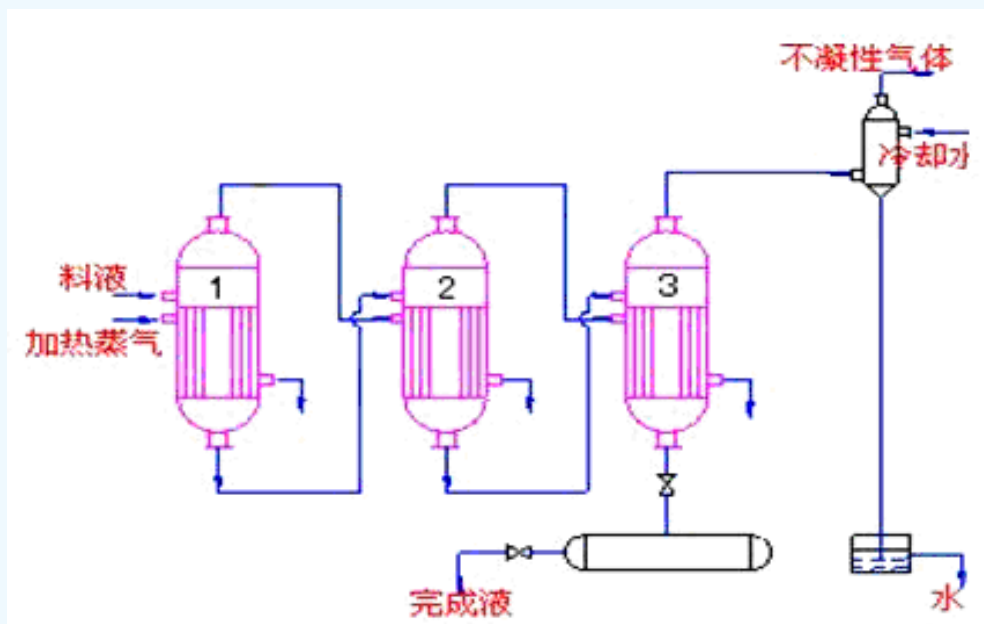


三、多效蒸发操作流程

采用多效蒸发的目的是为了减少新鲜蒸气用量，具体方法是将前一效的二次蒸气作为后一效的加热蒸气。

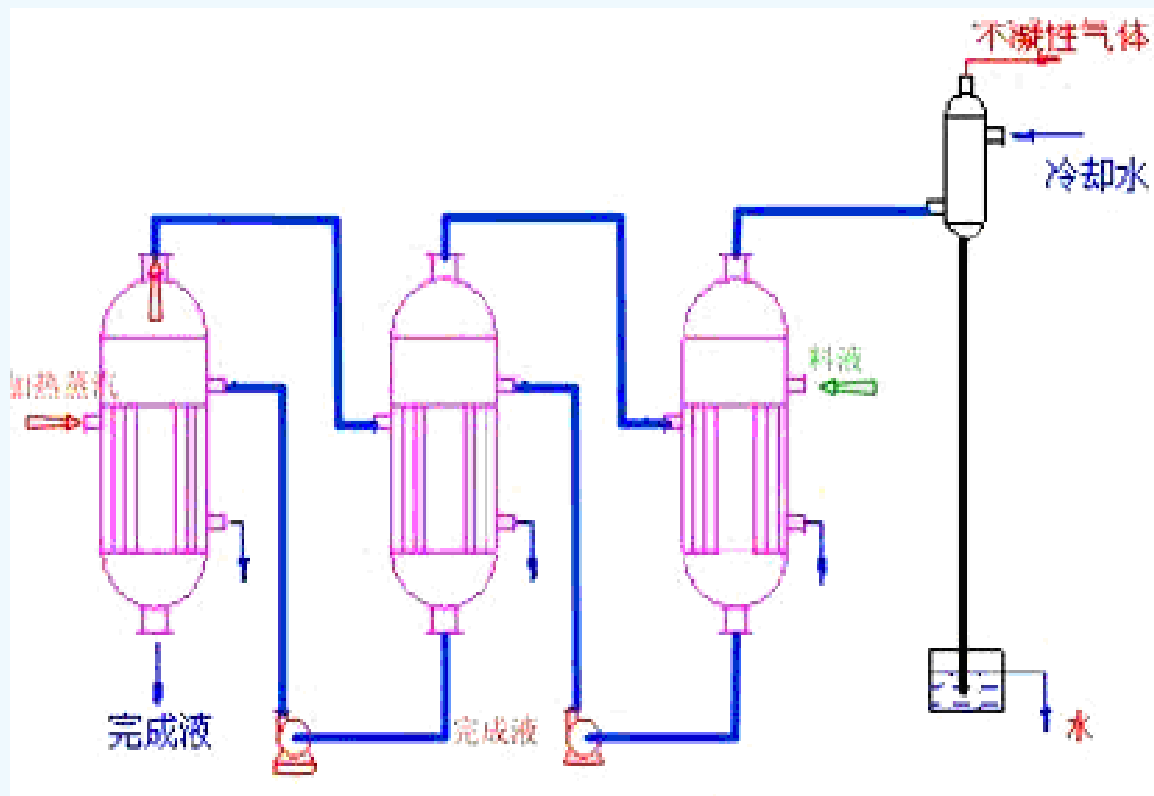
1、并流流程

即加热蒸气和原料液均顺次流经各效。这种加料的特点是前一效到后一效可自动加料，后一效中的物料会产生自蒸发，可多蒸出部分水汽，但溶液的黏度会随效数的增加而增大，使传热系数逐效下降，所以并流加料不适宜处理随浓度增加而增加较高的物料



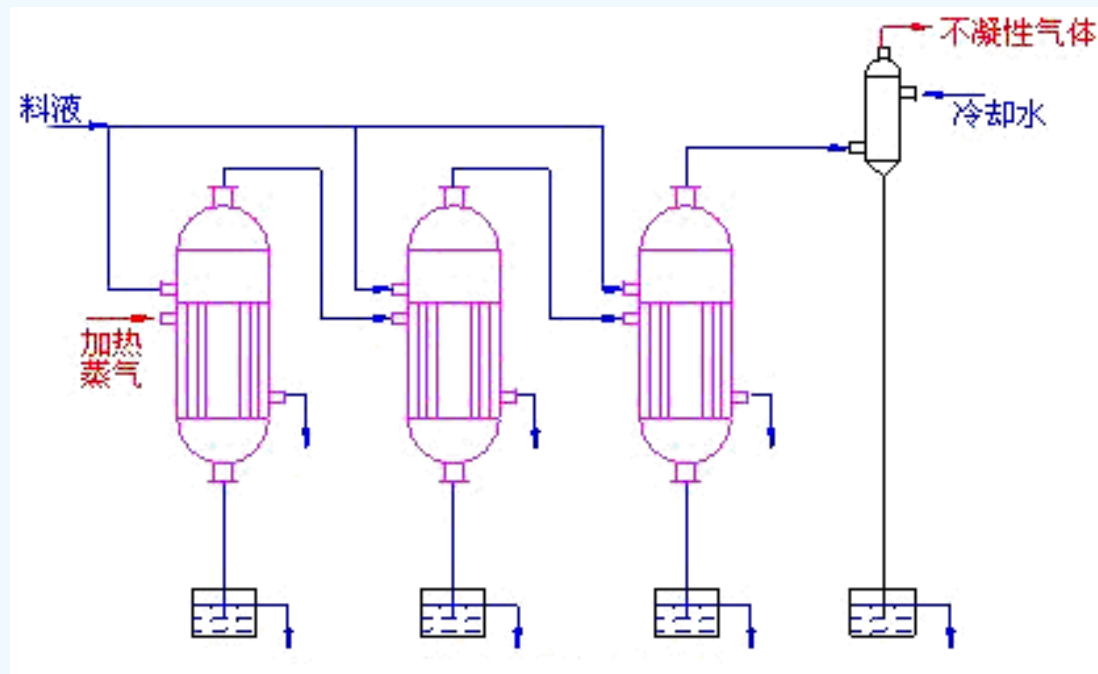
2、逆流流程

即加热蒸气走向与并流相同，而物料走向则与并流相反。这种加料的特点是各效中的传热系数较均匀，适于处理黏度随温度变化较大的物料。



3、平流流程

即加热蒸气走向与并流相同，
与并流相同，
但原料液和完成液则分别从各效中加入和排出。这种流程适用于处理易结晶物料。





四、蒸发操作应掌握的知识 and 能力

- 1、蒸发原理及流程
- 2、单效蒸发的基本计算
- 3、多效蒸发流程及其对节能的意义
- 4、蒸发操作分析
- 5、蒸发器结构特点、操作及维护

蒸发操作技术

任务二 蒸发过程分析

- 一、单效蒸发工艺计算
- 二、蒸发器生产强度及影响因素
- 三、蒸发过程经济性与节能

下页





一、单效蒸发设计计算

- (一) 蒸发水量的计算
- 蒸发操作中，由于溶质是不挥发物质，因此，蒸发前后其质量不变，对它作物料衡算，可得蒸发量，即

$$W = F \left(1 - \frac{x_0}{x_1} \right)$$



(二) 加热蒸气消耗量的计算

- 加热蒸气用量由热量衡算确定。若只利用加热蒸气的冷凝潜热，则冷凝液在饱和温度下排出，其用量为

$$D = \frac{Wr' + Fc_{p0}(t_1 - t_0) + Q_L}{r}$$

- 若溶液为沸点加热，且不计热损失，则为

$$D = \frac{Wr'}{r}$$

- 式中： D/W 称为单位蒸气消耗量， r' 为加热蒸气的冷凝潜热； r 为二次蒸气的冷凝潜热。



(三) 蒸发器传热面积的计算

• 1、传热平均温度差 Δt_m 的确定

$$A = \frac{Q}{K\Delta t_m} = \frac{Dr}{K(T - t_1)}$$

- 在蒸发操作中传热的平均温度差应为 $\Delta t_m = T - t_1$,称为有效温度差,式中 T 为加热蒸气的温度; t_1 为溶液的沸点,此值需通过计算获得。
- 若蒸发操作的热源为饱和水蒸气,则 T 可由水蒸气表查得。
- 溶液的沸点 t_1 ,通常是根据冷凝器的压力 p ,查饱和水蒸气表得二次蒸气得冷凝温度 T' ,再计算出各种温度差损失后,用下式计算:

$$t_1 = T' + \Delta$$



温度差损失包括:

- A、溶液的沸点升高 Δ' B、液柱静压头引起的溶液沸点升高 Δ''

$\Delta'_{\text{常}}$ 为溶液在常压下因溶质存在而较纯溶剂（水）的沸点升高值

$$\Delta' = f\Delta'_{\text{常}}$$

$$f = 0.0162 \frac{(T'+273)^2}{r'}$$

式中 T' 和 r' 均指操作压力下二次蒸气的饱和温度和汽化潜热。

液柱静压头引起的溶液沸点升高，以 Δ'' 表示

$$\Delta'' = t_{\text{av}} - t_{\text{b}} \text{ 近似计算}$$

式中 t_{av} 、 t_{b} 分别为 p_{av} 、 p' 压力水蒸气的饱和温度。



C、管道阻力产生压降引起的温度差损失 Δ'''

该损失是二次蒸气由分离室出口到冷凝器之间的压降所造成的温度差损失，通常取 $\Delta'''=1^{\circ}\text{C}$ 。

因此，蒸发过程中的总温度差 Δ 损失为
 $\Delta = \Delta' + \Delta'' + \Delta'''$

$$t_1 = t_c' + \Delta = t_c' + \Delta' + \Delta'' + \Delta'''$$



2、总传热系数 K 的确定

- 蒸发器的总传热系数可按下式计算

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + R_i + \frac{b}{\lambda} + R_0 + \frac{1}{\alpha_0}}$$

通常总传热系数 K 仍主要靠现场实测确定，设计时也可查表取值估计。



二、蒸发器的生产能力与生产强度

(一) 蒸发器的生产能力

蒸发器的生产能力可用单位时间内蒸发的水分量来表示。由于蒸发水分量取决于传热量的大小，因此其生产能力也可表示为

$$Q = KA(T - t_1) = Dr$$

(二) 蒸发器的生产强度

蒸发器的生产强度 u 简称蒸发强度，是指单位时间单位传热面积上所蒸发的水量，

$$u = \frac{W}{A} \quad \text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$$

蒸发强度通常可用于评价蒸发器的优劣，对于一定的蒸发任务而言，若蒸发强度越大，则所需的传热面积越小，即设备的投资就越低。



(三) 提高蒸发强度的途径

提高传热温度差

- 1、真空蒸发
- 2、高温热源
- 3、提高蒸汽压力

提高总传热系数

- 1、蒸发器的总传热系数主要取决于溶液的性质、沸腾状况、操作条件以及蒸发器的结构等。
- 2、实现良好的溶液循环流动，及时排除加热室中不凝性气体，定期清洗蒸发器（加热室内管），均是提高和保持蒸发器在高强度下操作的重要措施。



三、蒸发过程的经济性和节能

(一) 蒸发过程的经济性

- 蒸发过程是一个能耗较大的单元操作，通常把能耗也作为评价其优劣的另一个重要评价指标，或称为加热蒸气的经济性，其定义为1kg蒸气可蒸发的水分量，即

$$E=W/D$$

- 额外蒸气的引出，供其它设备使用，可大大提高其经济性，同时还降低了冷凝器的负荷，减少冷却水量。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/137011125151006061>