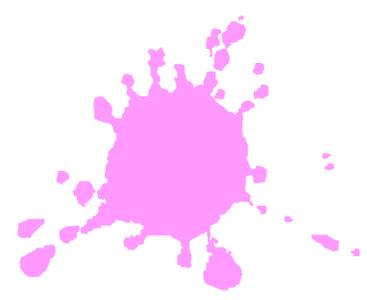
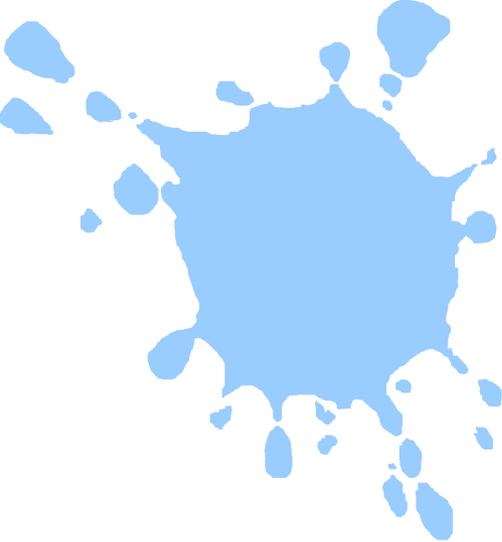




蒸餾裝置





單元學習內容

🌸 精餾的構造

🌸 精餾的操作

精餾的介紹

- ❁ 將混合液體沸騰所產生的蒸氣與液體分離，經冷凝後將部分蒸氣的冷凝液流回蒸餾器內與液體作逆向接觸，也就是說有回流的操作方式稱為**精餾**（Rectification）。
- ❁ 分離混合物最常用的方法之一。

精餾裝置的主要部分

✿ 精餾塔

✿ 重沸器 (reboiler)

✿ 冷凝器 (condenser)



精餾塔

🌸 精餾塔的操作

🌸 精餾塔的構造

🌸 精餾塔の種類

🌸 精餾塔の区分

精餾塔操作

- ✿ 氣體與液體在塔內逆向接觸，待氣體與液體達平衡後，氣相內不易揮發的成分凝結成液體往下流，液相中易揮發的氣體往上升。

精餾塔的構造

- ✿ 外型為一圓柱型塔，塔內放置多個板，或填充填充料，以增加氣-液接觸，並產生質量傳送及熱量傳送，以達到分離混合物的目的。

精餾塔的種類

🌸 板塔 (Plate column)

♣️ 泡罩板 (Bubble-cap column)

♣️ 篩孔板 (Sieve-plate column)

🌸 填充塔 (Packed column)

泡罩板塔構造

- ❁ 塔內放置很多個泡罩板，泡罩的周邊有很多的開口，泡罩的下方有一短管，液體由液體下降管下降後，到下一個泡罩板層，橫越過板面再沿下降管下降。
- ❁ 泡罩板上的蒸氣自板底經短管，沿泡罩周邊的開口上升而與板上的液體接觸。

泡罩板的特點

- ❁ 構造複雜，價格昂貴，板效率較高。
- ❁ 氣體阻力較大，需要較大的動能。
- ❁ 歷史最悠久的精餾塔。

篩孔板塔的構造

- ❁ 塔內的板為篩板，將塔分成很多層。
- ❁ 蒸汽透過篩孔形成氣泡在液體內部上升。

篩孔板塔的特點

- ❁ 篩孔板構造簡單，價格便宜，動力損失少。
- ❁ 蒸汽調節不容易：蒸汽流量太小時，液體會從篩孔流下；蒸汽流量太大時，上層的液體溶液無法從下降管流下。

板塔的優、缺點

- ✿優點：氣體與液體分佈均勻。
- ✿缺點：質量傳送的空間利用低。

填充塔的構造

- ❁ 塔內並沒有一層一層的板，是由玻璃、陶瓷或金屬所製成。
- ❁ 填充物的功用在於增加液體和氣體的接觸。

填充塔的優、缺點

- ✿優點：質量傳送空間利用率較高。
- ✿缺點：氣體與液體的分佈不均勻。

板塔的選擇原則

- ✿ 易產生氣泡者
- ✿ 液體中含固體物者
- ✿ 成份具腐蝕性者
- ✿ 有溶解熱者
- ✿ 溫度不穩定者
- ✿ 易生成積垢者
- ✿ 液體流率範圍大者
- ✿ 須精確計算者
- ✿ 塔身基地有重力限制者
- ✿ 塔身面積有限制者
- ✿ 液體不需升舉

填充塔的選擇原則

- ❁ 熱敏感性物質
- ❁ 各成分沸點接近者
- ❁ 液體的黏度高
- ❁ 塔內壓力降較低者
- ❁ 塔內需清潔者
- ❁ 塔高有限制者
- ❁ 溶解度大者
- ❁ 塔徑 < 60cm 者

精餾塔的操作

✿ 精餾塔為維持塔內穩定的操作來確保產品品質，通常會利用控制儀器來控制。

✿ 常裝設的控制器有

♣ PC

♣ TC

♣ LC

♣ FC

精餾塔的操作

- ❁ PC：表示壓力控制器，集液器出口會裝設，用來調節氣體出口閥流量的大小。
- ❁ TC：表示溫度控制器，裝在塔底以調節重沸器中蒸氣進口流量來控制塔底的溫度。
- ❁ LC：表示液面控制器，一個裝在集液器，一個裝在塔底。藉控制器出料閥來控制集液器和塔底的液面高度。
- ❁ FC：在回流管線及進料管線中裝有流量控制器來控制回流速率及進料速率。

精餾塔的區分

- ✿ 進料段：進料自塔中某一板進入，進入的板稱之。
- ✿ 增濃段：進料板以上的部份
- ✿ 氣提段：進料板以下的部份

增濃段(enriching section)

✿功能在使蒸氣中低沸點成分的濃度越往塔頂越增加。

氣提段 (stripping section)

✿ 功能在使蒸氣中高沸點成分的濃度越往塔底越增加。

進料段的五種進料方式

❁ 過冷液體

❁ 飽和液體

❁ 飽和液體與氣體共存

❁ 飽和氣體

❁ 過熱蒸氣

重沸器 (reboiler)

❁ 將塔底流出的液體加熱，使一部份液體汽化成蒸氣流回塔內與液體做逆向接觸，其他的液體作為塔底產品。

冷凝器 (condenser)

- ❁ 將塔頂流出的產品蒸氣冷凝成液體，部份流回塔內與蒸氣做逆向接觸，其餘的液體作為塔頂產品。

精餾塔的質能結算

✿ 總質量結算

$$F = D + B$$

✿ A成分的質量結算

$$Fx_F = Dx_D + Bx_B$$

✿ 能量結算

$$Fh_F + q_r = Dh_D + Bh_B + q_c$$

精餾塔的質量平衡計算

❁ 一精餾塔的苯與甲苯混合液的進料速率為 1000kg/s ，進料中苯含量為 10% ，塔頂產品的出料速率是進料速率的 $1/10$ ；塔頂產品中含 60% 的苯，求塔底產品的出料速率為多少 kg/s ？又塔底產品中苯的含量為何？

精餾塔的質量平衡計算解答

✿ 塔頂產品的流量 = 0.1×1000
= 100 kg/s

✿ 總質量平衡

$$1000 = 100 + B$$

得 $B = 900 \text{ kg/s}$

✿ 以苯做質量平衡

$$1000 \times 0.1 = 100 \times 0.6 + 900 \times X_B$$

$$\therefore X_B = 0.044$$

冷凝器的質能結算

✿ 總物料結算

$$V_1 = L_0 + D = (R + 1)D$$

✿ 能量結算

$$\begin{aligned} q_c &= V_1 H_1 - (L_0 h_0 + D h_D) \\ &= (R_D + 1) D (H_1 - h_D) \end{aligned}$$

圖解精餾塔的操作曲線

✿ 假設流過增濃段或汽提段的每一個板的蒸氣或液體的莫耳流率皆為定值，稱為**恆莫耳溢流**

✿ 即

增濃段蒸氣的莫耳分率 $=V_1=V_2=\cdots=V_{n+1}=V$

增濃段液體的莫耳分率 $=L_0=L_1=\cdots=L_n=L$

汽提段蒸氣的莫耳分率 $=V_{n+1}=V_n=\cdots=V_{m+1}=V'$

汽提段液體的莫耳分率 $=L_0=L_{n-1}=\cdots=L_m=L'$

圖解精餾塔的操作曲線

🌸 增濃段操作曲線

$$y_{n+1} = \frac{L}{V} x_n + \frac{D}{V} x_D = \frac{R_D}{R_D + 1} x + \frac{x_D}{R_D + 1}$$

🌸 汽提段操作曲線

$$y_{m+1} = \frac{L'}{V'} x_m - \frac{B}{V'} x_B$$

🌸 進料線

$$y = -\frac{q}{1-q} x + \frac{x_F}{1-q}$$

q值

❁ 定義：每莫耳進料使塔內液體流所增加的莫耳數

❁ 表示法：

$$q = \frac{L' - L}{F}$$

進料段的進料方式

- ❁ 過冷液體 $q > 1$
- ❁ 飽和液體 $q = 1$
- ❁ 飽和液體與氣體共存 $0 < q < 1$
- ❁ 飽和氣體 $q = 0$
- ❁ 過熱蒸氣 $q < 0$

回流比(reflux ratio)

❁ 定義：塔頂產品冷凝後流回精餾塔的流量(L_0)與塔頂產品流量(D)的比值

❁ 表示法：
$$R = \frac{L_0}{D}$$

❁ 種類

- 全回流
- 最小回流比
- 最適回流比

全回流 (total reflux ratio)

✿ 塔頂產品冷凝後全部回流到精餾塔的操作方式，稱之。

✿ $R \rightarrow \infty$

✿ 操作線與對角線重合

✿ 所需的理想板數最小

最小回流比

(minimum reflux ratio)

- ❁ 回流比降到使操作線、進料線與平衡線相交於一點或操作線與平衡線相切。
- ❁ 所需的板數無限大。

最適回流比

(optimum reflux ratio)

- ❁ 固定成本：建造精餾塔與購買重沸器及冷凝器的費用。
- ❁ 操作成本：重沸器所需的熱媒及冷凝器所需的冷媒費用。
- ❁ 總成本：固定成本+操作成本
- ❁ 最適回流比：以固體成本、操作成本與總成本對回流比作圖，會有一回流比使總成本最低者稱此回流比。

最適操作回流比與 最小回流比的關係

✿ 一般情況下，操作的回流比
等於**1.2~2.0**倍的最小回流比

板效率的種類

✿ 總板效率

✿ 莫飛效率

✿ 局部效率

總板效率 (over-all efficiency)

$$\eta_t = \frac{\text{塔內理想板數}}{\text{實際板數}} = \frac{\text{總理想板數}-1}{\text{實際板數}}$$

莫飛效率

(murphree efficiency)

$\eta_M = \frac{\text{蒸氣流經一實際板時蒸氣中低沸點成分的分率增加量}}{\text{蒸氣流經一理想板時蒸氣中低沸點成分的分率增加量}}$

$$\eta_M = \frac{y_n - y_{n+1}}{y_n^* - y_{n+1}}$$

局部效率 (local efficiency)

$\eta' = \frac{\text{蒸氣流經一實際板特定位置時蒸氣中低沸點成分的分率增加量}}{\text{蒸氣流經一理想板同一位置時蒸氣中低沸點成分的分率增加量}}$

$$\eta' = \frac{y'_n - y'_{n+1}}{y'_{en} - y'_{n+1}}$$