

# 蒸發裝置

---



# 單元學習內容

---

➡ 蒸發操作的方式

➡ 蒸發設備的介紹

➡ 蒸發裝置的附件



# 蒸發操作的兩大方式

---

■ 溶液的加熱方式

■ 汽液的分離方式



# 蒸發操作的加熱方式

---

- ➡ 直接火加熱
- ➡ 電加熱
- ➡ 浸燃加熱
- ➡ 間接加熱



# 直接火加熱

---

- ➡ 加熱方式：利用燃料的燃燒  
火焰直接加熱
- ➡ 缺點：溫度控制不易
- ➡ 加熱的溫度較高
- ➡ 用於高溫燃燒



# 電加熱

---

- ➡ 加熱方式：利用電能的直接或間接加熱
- ➡ 缺點：價格高不普遍
- ➡ 效率高，溫度易控制



# 浸燃加熱

---

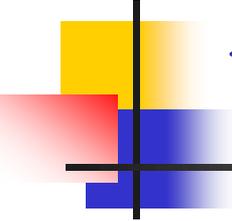
- ➡ 加熱方式：利用燃料的燃燒火焰，以高溫氣體直接通入溶液中加熱。
- ➡ 缺點：氣體中含二氧化碳及未完全燃燒物，易污染溶液。
- ➡ 熱輸送率高，能源利用率高。
- ➡ 僅用於特殊用途。



# 間接火加熱

---

➡ 一般常用熱媒的間接加熱



# 蒸發操作的汽液分離方式

---

- ➡ 真空抽氣法
- ➡ 大氣壓力下任其逸散於大氣中
- ➡ 離心分離法



# 蒸發設備

---

- ➡ 依熱傳方式區分
- ➡ 依被蒸發液體的受熱方式區分
- ➡ 依蒸發器構造區分



# 蒸發設備— 依熱傳方式區分

- 直接火加熱
- 利用夾層以熱流體進行熱交換而蒸發
- 利用水蒸氣冷凝的潛熱以適當面積來加熱



# 蒸發設備 - 依受熱方式區分

---

➡ 自然循環蒸發器

➡ 強制循環蒸發器

# 蒸發設備— 依蒸發器構造區分

➤ 短管式蒸發器

(Short-tube evaporator)

➤ 長管式蒸發器

(Long-tube evaporator)

➤ 強制循環蒸發器

(Forced-circulation evaporator)



# 短管式蒸發器

---

- ➡ 用來作熱交換的管子較短
- ➡ 一般在18公尺以下
- ➡ 依擺設方式不同可分為
  - 橫管式蒸發器 (Horizontal tube evaporator)
  - 直管式蒸發器 (Vertical tube evaporator)



# 橫管式蒸發器

---

- 加熱蒸汽在管內流動，欲蒸發的溶液在管外殼側產生沸騰蒸汽，由上方管子抽出。
- 溶液在管外以自然對流方式傳熱。



# 橫管式蒸發器優點

---

➡ 構造簡單

➡ 價格低廉



# 橫管式蒸發器缺點

---

- ➡ 傳熱效果較差，熱總包係數小
- ➡ 泡沫無法消除
- ➡ 積垢不易清除



# 直管式熱交換器

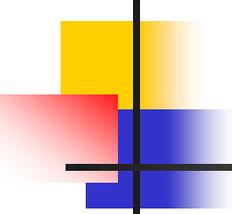
- 熱交換器管子以垂直方式置於蒸發桶的下半部
- 加熱的蒸汽是在管外流動，經過加熱的溶液及蒸汽，則在管內向上浮升
- 冷溶液由中間的大管向下沈



# 直管式蒸發器優點

---

- ➡ 管內積垢易清除
- ➡ 泡沫可以用檔板消除
- ➡ 對流良好，熱總包係數大於橫管式



# 直管式蒸發器

- 構造與直立短管式相似，管子較長，約為3.5~7公尺間，以促進自然對流的真空蒸發。
- 蒸汽在管外冷凝，溶液在垂直長管內沸騰上升，溶液下降的管子則移到蒸發器的外面。
- 管列上方加檔板，以破壞氣泡。



# 直管式蒸發器特點

---

- 蒸發流體的流動速度較快，熱傳效率較好。
- 液體在器內停留時間較短。
- 適用於溫度敏感性以及會產生氣泡的溶液蒸發。
- 積垢不易清除為其缺點。



# 強制循環蒸發器

- 蒸發槽下方的泵把槽內流出的溶液打入上方熱交換器的管側，殼側則通入蒸汽。
- 熱交換器會裝在槽外是因為泵的強制循環，所以產生得流速較快，熱傳速率高。
- 適用於熱敏感性溶液。

# 攪動薄膜蒸發器-1

(agitated-film evaporator)

- ▶ 下降膜式蒸發裝置的改良，具套層的管子內部裝有攪拌器。
- ▶ 溶液從管子的頂部進入被一直立攪拌器攪動成亂流的液體膜此液體膜被套層的蒸氣加熱。

# 攪動薄膜蒸發器-2

- 濃縮液則由管子的底部離開蒸氣則上升至分離器，分離器上的攪拌葉將含液體滴的蒸氣破壞，讓蒸氣從頂部離開。
- 蒸發過程中的蒸氣與溶液間的熱傳主要來自溶液側，因此降低溶液側的熱阻會有效的提高蒸發的熱傳效果。



# 攪動薄膜蒸發器-3

---

## ➡ 降低溶液熱阻的方法

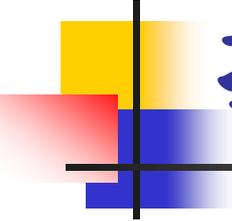
- ① 提高溶液的的流速，來降低溶液側的熱阻。
- ① 對溶液施以機械式的攪拌。



# 攪動薄膜蒸發器的優點

---

- 對黏滯性溶液具有高熱傳係數。
- 適合對溫度敏感性的液體有效。



# 攪動薄膜蒸發器的缺點

---

- ➡ 設備成本高
- ➡ 維護費用大
- ➡ 產能小

# 浸燃蒸發器

(Submerged combustion evaporator)

➡ 燃料氣體與空氣的混合氣在燃燒室中燃燒後，直接通入溶液中，且氣泡向上升，不藉由金屬面來傳熱，由燃燒氣與溶液直接接觸而進行熱輸送。



# 浸燃蒸發器特點

---

- 接觸面積大，熱輸送率高
- 因為沒有傳熱的金屬面所以不會有積垢產生
- 適用於各種氣體燃料及各種形式的反應槽，為一經濟又有效的蒸發器

# 熱離心式蒸發器-1

(Centri-therm evaporator)

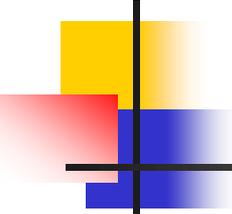
- ➡ 溶液由蒸發器上方進入，經噴嘴噴灑於蒸發器內形成薄液膜，在藉由離心力於受熱情況下流過加熱面而蒸發，迅速而有效的作氣液分離。
- ➡ 濃縮液體由固定管排出。



# 熱離心式蒸發器-2

---

- 蒸發汽體由錐形板的套層內冷凝，再經由導管排出。
- 加熱用的蒸汽進入蒸發器後，在錐形板的套層內冷凝，冷凝水因離心力作用，經由導管排出蒸發器。



# 蒸發器的附件

---

- ➡ 冷凝器
- ➡ 再沸器
- ➡ 祛水器
- ➡ 霧沫分離器
- ➡ 結晶濾除器



# 冷凝器 (Condenser)

---

➡ 將蒸發裝置所產生的蒸汽  
冷凝去除。



# 冷凝器的種類

---

☞ 表面冷凝器 (Surface Condenser)

☞ 接觸冷凝器 (Contact Condenser)

❖ 逆流冷凝器 (Countercurrent Flow Contact Condenser)

❖ 順流式冷凝器 (Parallel-Current Flow Contact Condenser)



# 表面冷凝器

---

- 蒸氣與冷水隔金屬面加熱而將蒸氣冷凝。
- 殼管式熱交換器與套管式熱交換器都是此類。
- 傳熱效果低於接觸冷凝，冷水耗用量較大。



# 接觸冷凝器

---

- 冷水以噴淋的方式與蒸汽直接接觸，蒸發裝置的冷凝多用此類。
- 種類有二
  - 逆流式接觸冷凝器
  - 順流式接觸冷凝器

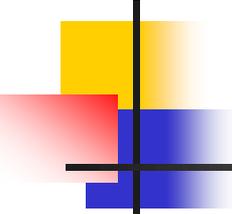
# 逆流式接觸冷凝器

- 蒸氣與冷水逆流接觸，又稱乾式冷凝器。
- 冷水自頂端經檔板噴灑流下；蒸氣則由下方逆向上流與冷水接觸，而被冷凝。
- 由於蒸發器多為真空操作，為使冷水順利排出，須附設大氣腳(長度  $>10\text{m}$ )，利用液柱高差使冷水不致反抽。



# 順流式接觸冷凝器

- 冷水自頂端的噴射器噴出，造成器內負壓，而將蒸發裝置所產生的蒸氣與冷水直接混合成水流，所以又稱濕式冷凝器。
- 爲使蒸氣完全冷凝需在蒸汽入口處由噴入冷水，因噴射器噴出的水流速度很大，足以克服大氣壓力，所以不需大氣腳。



# 祛水器(trap)

---

■ 用途：排除冷凝水，防止蒸氣的逸出。

■ 種類：

- 膨脹式祛水器
- 熱平衡式祛水器
- 桶式祛水器
- 倒斗式祛水器

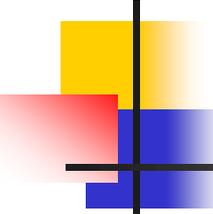
# 膨脹式祛水器 (expansive trap)

- 祛水器中有一皺管，管內充滿油，一端固定，另一端有一錐形閥，當冷凝液聚集於錐形閥外時，皺管因冷卻而產生收縮，將錐形閥拉起使冷凝液流出。
- 當冷凝液排完之後，錐形閥與蒸汽接觸，皺管因受熱膨脹而將閥門再次打開。

# 熱平衡祛水器

(thermal balance trap)

- 原理與膨脹式祛水器相同，不同之處在於皺管改用內裝空氣的波形鼓風葉代替。

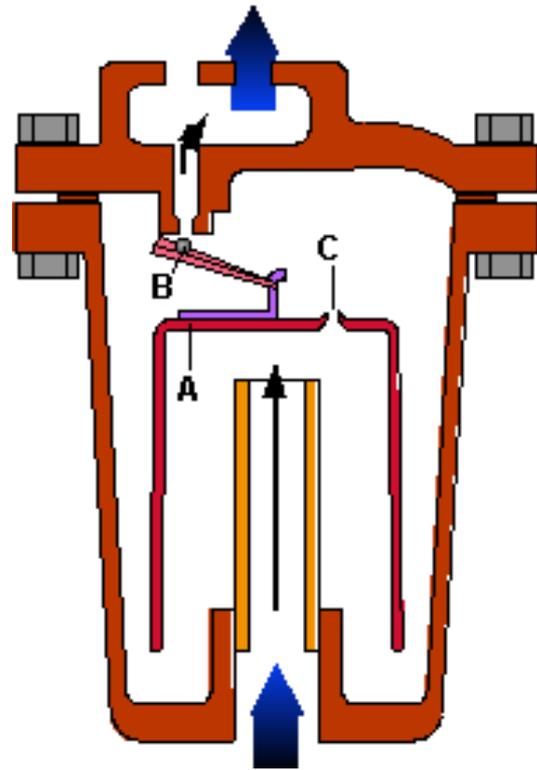


# 桶式祛水器 (pail trap)

- 冷凝液進入器內先聚集在桶外，待冷凝液愈來愈多時，而溢入桶內。
- 直到桶內冷凝液滿時，因重力會大於浮力，桶身下傾，將中心桿下拉，將閥門打開，而冷凝液因受蒸汽壓力而不斷排出。
- 直到重力小於浮力時才會再將閥門關閉。

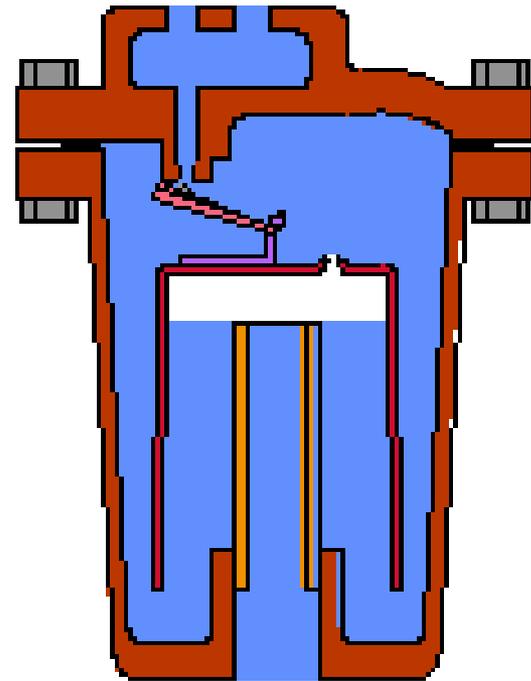
# 倒斗式祛水器 (turn cup trap) 的連續操作-1

■ 蒸汽溢出，  
斗落下，閥  
門打開



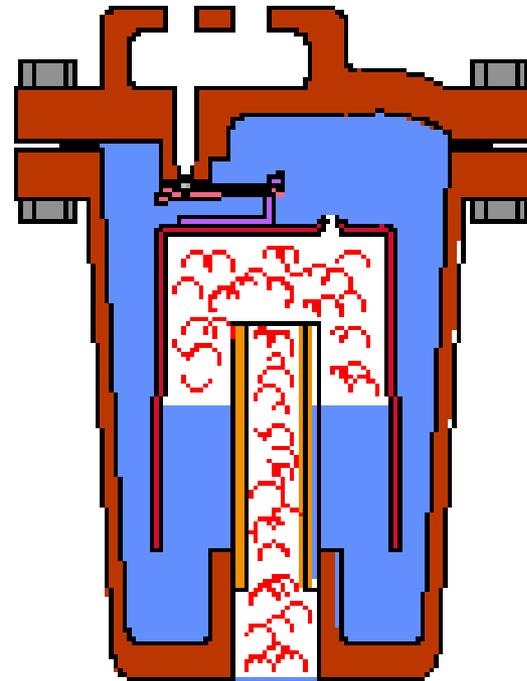
# 倒斗式祛水器的 連續操作-2

- 蒸汽進入，  
冷凝液充滿  
器內，過剩  
的冷凝液自  
頂上排液孔  
溢出



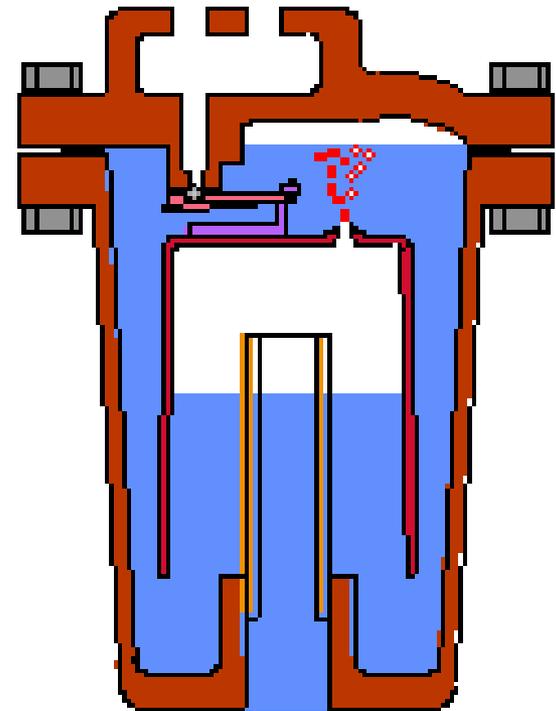
# 倒斗式祛水器的 連續操作-3

- 蒸汽進入器內，充滿斗而將冷凝液排出，使斗上升關閉排液孔。



# 倒斗式祛水器的連續操作

- 蒸汽凝結成液體，冷凝液進入器內充滿斗，空氣自頂上小孔溢出，斗失去浮力而下降



# 霧沫分離器

## (entrainment separator)

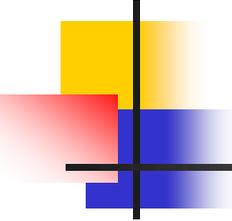
- 蒸發時所產生的蒸氣常會夾帶霧沫，為減少溶質損失，及避免蒸氣冷凝液被污染，需裝設霧沫分離器來分離蒸氣中的液滴。



# 結晶濾除器 (salt filter)

---

- 溶液在蒸發過程中，常會有結晶析出，必須在不影響操作下給予去除。



# 再沸器 (reboiler)

---

- 用來產生蒸汽作為蒸發裝置的熱源。
- 種類
  - 斧式再沸器
  - 管式再沸器