



濕度與空氣調節

單元學習內容

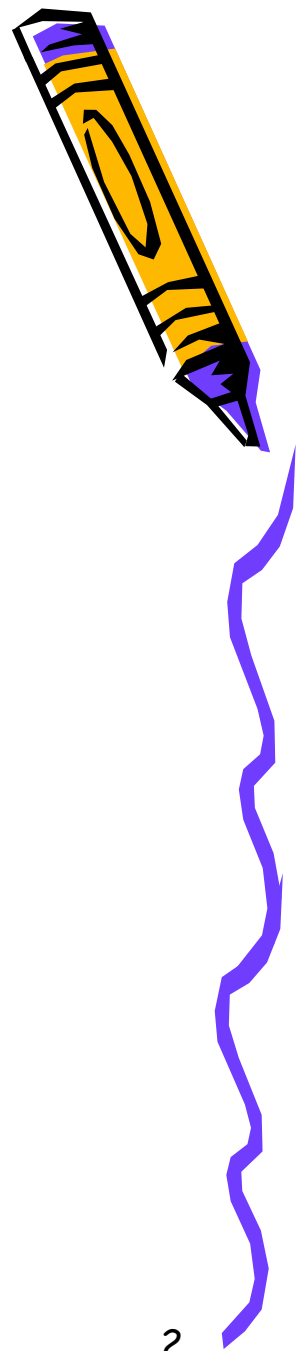
🌸 名詞定義

🌸 濕度表

🌸 濕度計

🌸 空氣調節

🌸 涼水塔



濕度 (humidity) 的定義

✿ 空氣中水蒸氣含量的多寡，常以單位質量乾空氣所含水蒸氣的量來表示。

✿ 表示法：

$$\text{濕度} = \frac{\text{水蒸氣的含量}}{\text{單位質量乾空氣}}$$



濕度公式的推導



✿ 假設濕空氣的總壓力為 P_t ，空氣中水蒸氣的分壓為 P_A ，則乾空氣的分壓為 $P_t - P_A$

✿ 又由濕度的定義知

$$H = \frac{W_{H_2O}}{W_{\text{dry air}}}$$



濕度公式的推導



$$\begin{aligned} H &= \frac{w_{\text{H}_2\text{O}}}{W_{\text{dry air}}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}} M_{\text{H}_2\text{O}}}{n_{\text{dry air}} M_{\text{dry air}}} \\ &= \frac{P_{\text{H}_2\text{O}} M_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{dry air}} M_{\text{dry air}}} = \frac{18 P_{\text{H}_2\text{O}}}{29(P_t - P_{\text{H}_2\text{O}})} \end{aligned}$$



濕度相關名詞定義

✿ 絕對濕度(humidity)

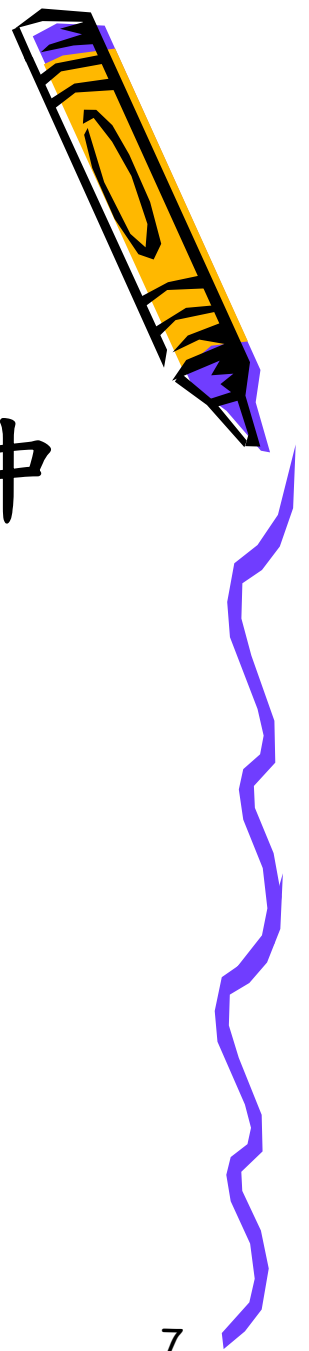
✿ 飽和濕度(saturated humidity)

✿ 相對濕度(relative humidity)

✿ 百分濕度(percentage humidity)



絕對濕度-H



❁ 定義：單位質量的乾空氣中所含水蒸氣的質量

❁ 表示法：

$$H = \frac{18P_A}{29(P_t - P_A)}$$



濕度的計算

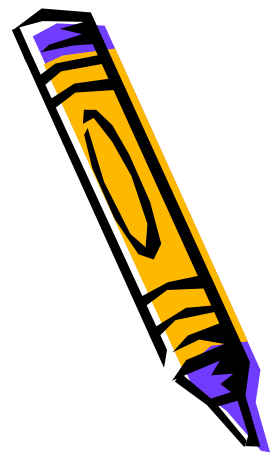


✿ 教室內溫度為 26.7°C ，壓力為 1atm ，空氣中的水蒸氣分壓為 3.21KPa ，而已知在 26.7°C 下的飽和蒸汽壓為 3.50KPa ，求濕度為何？



濕度計算解

$$\begin{aligned} H &= \frac{18P_A}{29(P_t - P_A)} \\ &= \frac{18 \times 3.21}{29(101.3 - 3.21)} \\ &= 0.0203 \text{KgH}_2\text{O} / \text{Kg乾空氣} \end{aligned}$$



飽和濕度- H_s



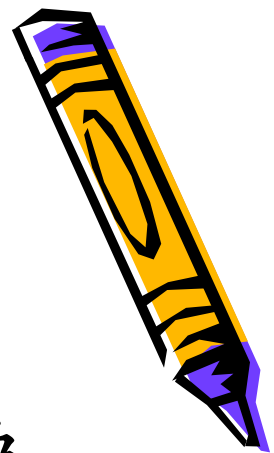
❁ 定義：單位質量的乾空氣中所含飽和水蒸氣的質量

❁ 表示法：

$$H_s = \frac{18P_s}{29(P_t - P_s)}$$



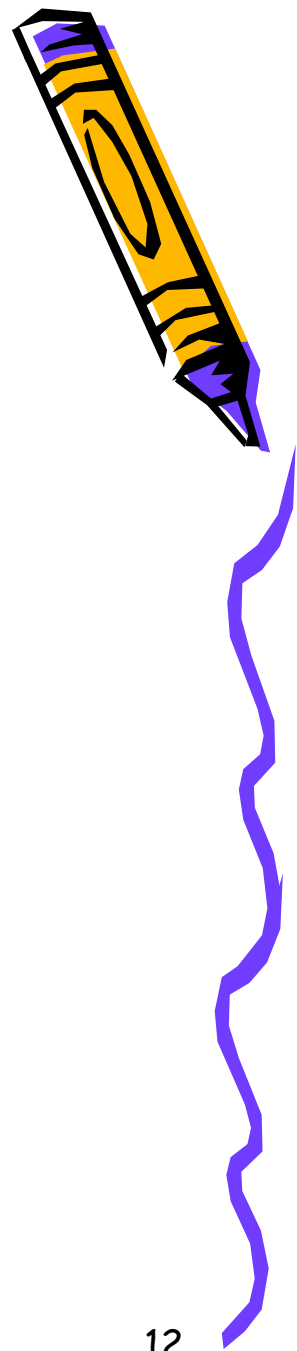
飽和濕度的計算



✿ 教室內溫度為 26.7°C ，壓力為 1atm ，空氣中的水蒸氣分壓為 3.21KPa ，而已知在 26.7°C 下的飽和蒸汽壓為 3.50KPa ，求飽和濕度為何？



飽和濕度計算解



$$\begin{aligned}H_s &= \frac{18P_s}{29(P_t - P_s)} \\&= \frac{18 \times 3.50}{29(101.3 - 3.50)} \\&= 0.0222 \text{ Kg } H_2O / \text{ Kg 乾空氣}\end{aligned}$$



相對濕度- H_R



❁ 定義：空氣中所含水蒸氣的分壓與同溫下飽和蒸汽壓的百分比

❁ 表示法：

$$H_R = \frac{P_A}{P_S} \times 100\%$$



相對濕度的計算



✿ 教室內溫度為 26.7°C ，壓力為 1atm ，空氣中的水蒸氣分壓為 3.21KPa ，而已知在 26.7°C 下的飽和蒸汽壓為 3.50KPa ，求相對濕度為何？



相對濕度計算解



$$H_R = \frac{P_A}{P_S} \times 100\%$$
$$= \frac{3.21}{3.50} \times 100\% = 91.7\%$$



百分濕度- H_p



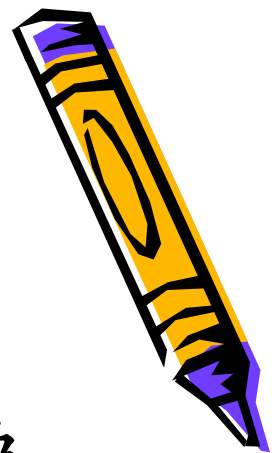
❁ 定義：某地方空氣的濕度與同溫下飽和濕度的百分比

❁ 表示法：

$$H_p = \frac{H}{H_s} \times 100\%$$



濕度百分率的計算



✿ 教室內溫度為 26.7°C ，壓力為 1atm ，空氣中的水蒸氣分壓為 3.21KPa ，而已知在 26.7°C 下的飽和蒸汽壓為 3.50KPa ，求濕度百分率為何？



濕度百分率計算解



$$\begin{aligned}H_P &= \frac{H}{H_S} \times 100\% \\ &= \frac{0.0203}{0.0222} \times 100\% = 91.4\%\end{aligned}$$



濕度相關性質

- ✿ 濕比熱(humid heat)
- ✿ 濕比容(humid volume)
- ✿ 露點(dew point)
- ✿ 絕熱冷卻溫度(adiabatic cooling temperature)



濕比熱



❁ 定義：使每公斤乾空氣及所含水蒸氣溫度升高 1°C 所需的熱量。

❁ 表示法：

$$C_s (\text{KJ} / \text{Kg 乾空氣} \cdot ^{\circ}\text{C}) = 1.005 + 1.88H$$



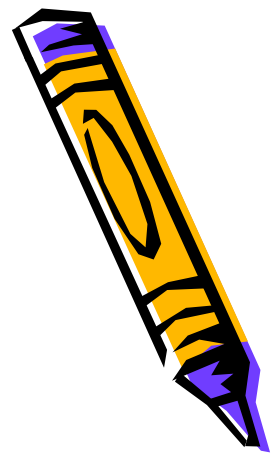
例題



✿ 將濕度 $0.04\text{KgH}_2\text{O/Kg}$ 乾空氣的空氣 100Kg (乾空氣計)，從 25°C 加熱到 85°C ，需要多少熱量？以知空氣的平均濕比熱為 1.08KJ/Kg 乾空氣 $^\circ\text{C}$



例題解



$$\begin{aligned} \text{熱量 } Q &= m_d C_S (t_f - t_i) \\ &= 100 \times 1.08 \times (85 - 25) \\ &= 6480 \text{ KJ} \end{aligned}$$



濕比容- V_H



🌸 定義：每公斤乾空氣及所含的水蒸氣所佔的體積

🌸 表示法：
$$V_H = \frac{22.4}{273} \left(\frac{1}{29} + \frac{H}{18} \right) T$$
$$= (2.83 \times 10^{-3} + 4.56 \times 10^{-3} H) T$$

🌸 由濕比容求出濕空氣的體積

$$V = m_d \times V_H$$



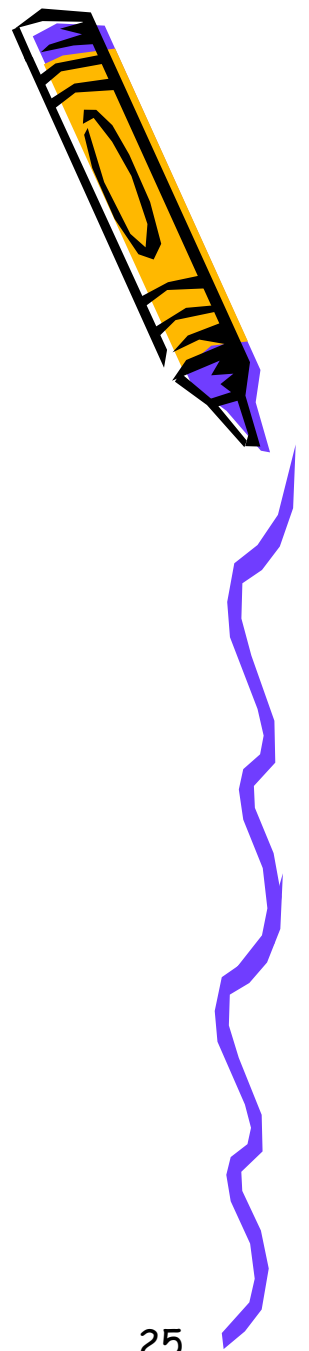
例題



✿ 在 27°C ， 1atm 下的濕度為
 $0.04\text{KgH}_2\text{O}/\text{Kg}$ 乾空氣的乾空
氣 100Kg ，其體積為多少 m^3 ？
已知此空氣在 27°C ， 1atm 下的
濕比容為 $0.904\text{m}^3/\text{Kg}$ 乾空氣。



例題解



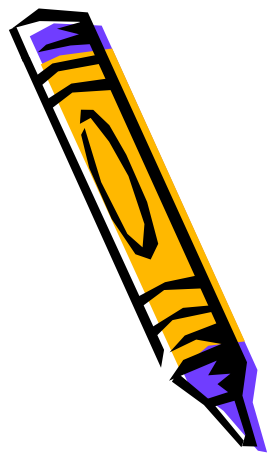
濕空氣的體積 $V = m_d \times V_H$

$$V = 100 \times 0.904 = 90.4 m^3$$



露點- t_d

- ❁ 定義：空氣冷卻到開始有水蒸汽凝結的溫度，稱之。
- ❁ 露點愈高，濕度愈大。



絕熱冷卻溫度- t_s

✿ 密閉的噴霧室中通入溫度為 t ，濕度為 H 的空氣，從室頂連續噴灑溫度為 t_s 的冷水水滴。水滴在落下的過程中表面會從空氣吸收潛熱，蒸發成水蒸氣進入空氣中，使空氣的濕度增加。

✿ 同時，空氣的溫度高於冷水，會向水滴加熱，釋放顯熱而降溫。

✿ 當空氣與水滴達平衡時，空氣的濕度達到飽和，溫度則下降到一定值，稱之為絕熱冷卻溫度。



濕度表的內容



✿ 將一大氣壓下，空氣和水蒸氣混合物的一些性質與溫度的關係，用一個簡便的圖畫出來，方便查詢，這樣的簡便圖稱為濕度圖。

✿ 內容包含



濕度表的應用

- 乾、濕球溫度
- 絕對濕度、飽和濕度
- 濕度百分率
- 露點
- 溼比熱
- 溼比容
- 蒸發潛熱



濕度計



- ❁ 乾濕球溫度計(wet-dry bulb psychrometer)
- ❁ 露點溫度計(dew point psychrometer)
- ❁ 毛髮濕度計(hair hygrometer)
- ❁ 電阻式濕度計(electric resistance hygrometer)



乾濕球溫度計

- ❁ 將兩支溫度計放在一個板上，一支溫度計的球部位不包任何東西，另一支溫度計的球部用紗布包覆。
- ❁ 乾球溫度計所讀取的溫度就是乾球溫度。
- ❁ 濕球溫度計在讀取刻度前，應將紗布潤濕，並完全蓋住球部，然後手握轉動把手，將它旋轉，使濕紗布表面的風速增加，以利水分揮發。停止轉動後讀取溫度。



露點濕度計



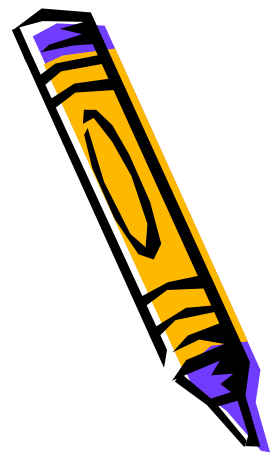
✿ 將一個可調節溫度而且光亮的鏡子放在預測量濕度的空氣中，慢慢降低鏡子溫度，在達到某一溫度時，鏡面會起霧，凝出水滴。這時的溫度就是露點。

✿ 利用露點及室溫，在濕度圖上可查出濕度。



毛髮濕度計

✿ 利用毛髮長度隨濕度而變化的特性



電阻式濕度計



✿ 利用電阻隨濕度大小而變化



空氣調節

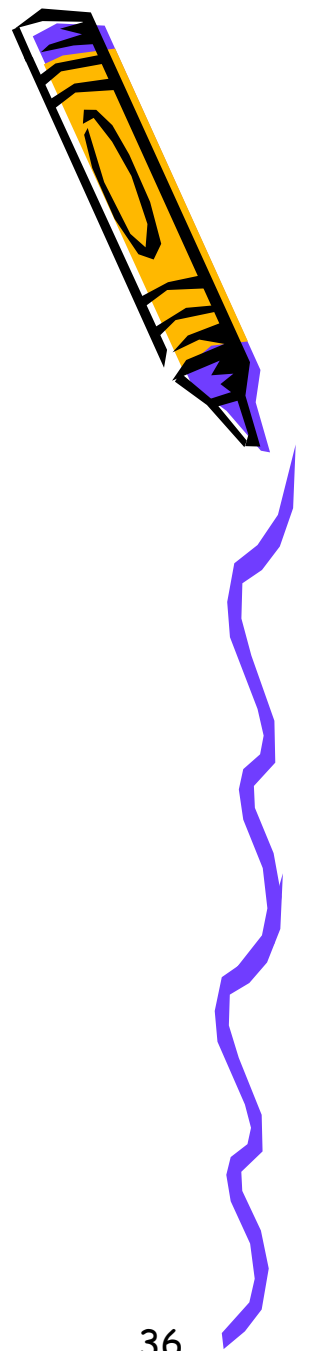


🌸 增濕(humidification): 提高空氣中的水蒸氣含量

🌸 減濕(dehumidification): 減少空氣中的水蒸氣含量



增濕裝置

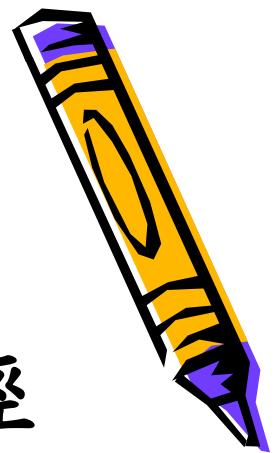


❁ 絕熱冷卻溫度法

❁ 混合水蒸氣法



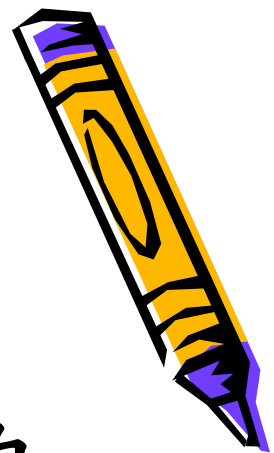
絕熱冷卻法



- ✿ 空氣原料從左邊入口進入，經加熱器升溫後，進入噴霧室。
- ✿ 噴霧室的壁面設有多個噴霧器，噴出水滴將空氣絕熱冷卻。
- ✿ 離開噴霧室的空氣再經一加熱器升溫後被鼓風機抽離。



混合水蒸氣法



✿ 空氣原料中直接加入適當的飽和水蒸氣，由於水蒸氣的溫度較高，空氣的濕度及溫度都會升高，然後再以加熱器將空氣加熱到產品所需的溫度。



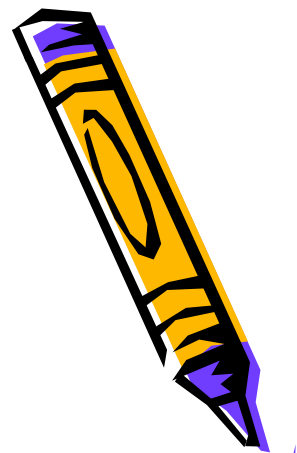
減濕裝置

❁ 冷卻法

❁ 吸收法

❁ 吸附法

❁ 壓縮法



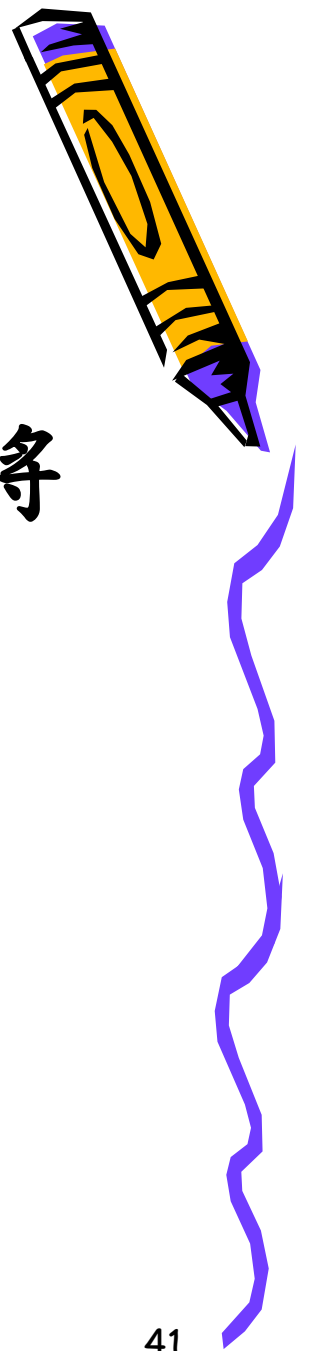
冷卻法



- ❁ 將濕空氣降溫到露點以下，使水蒸氣凝結而減少濕度。
- ❁ 間接冷卻法：使濕空氣與冷凍機的冷卻管表面接觸，而將空氣凝結的減濕方法。
- ❁ 直接冷卻法：將低溫的冷水直接噴灑到濕空氣中，兩流體直接接觸而使水蒸氣凝結。



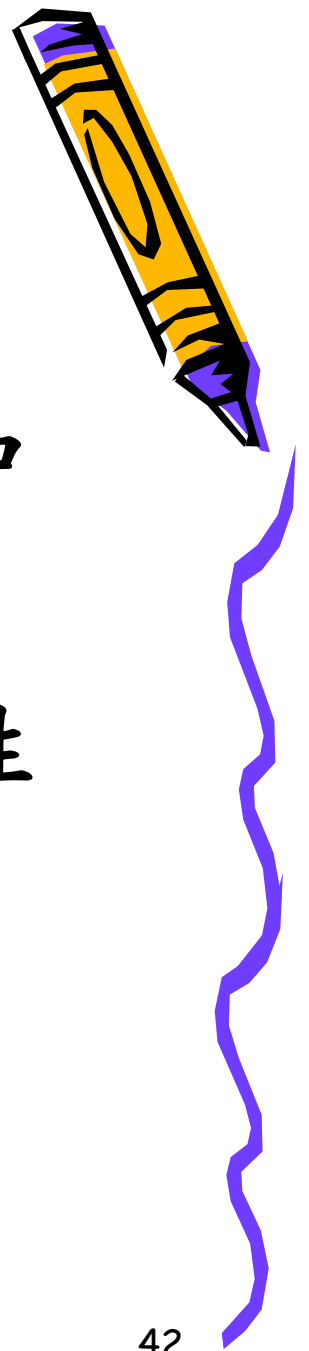
吸收法



✿ 使濕空氣與吸收劑接觸而將水蒸氣去除的減濕方法。



吸附法

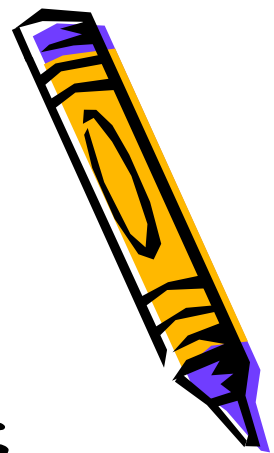


🌸 利用多孔性吸附劑吸附空氣中水分的減濕方法。

🌸 常用的吸附劑有：矽膠、活性白土等。



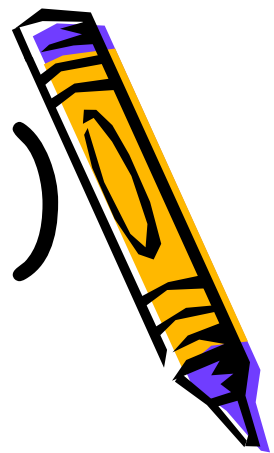
壓縮法



❁ 將濕空氣恆溫加壓，則水蒸氣在增壓至大於飽和蒸汽壓後凝結而減濕。



涼水塔(cooling tower)



- ❁ 涼水定義：將水冷卻的程序稱之。
- ❁ 涼水的裝置稱為涼水塔。



涼水塔



❁ 原理：熱水由泵送至塔頂淋下，經過許多的填充料，分散成水滴，再與冷空氣接觸，使熱水汽化與熱輸送而降低水溫。



涼水塔

方式

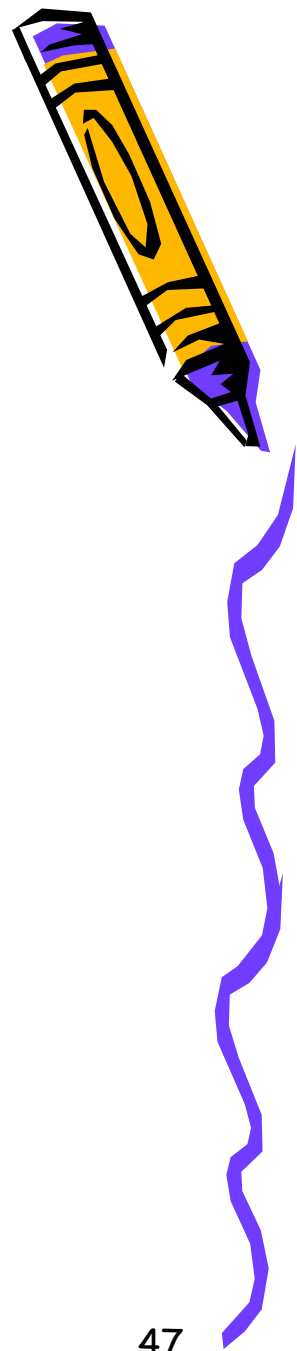
- **自然通風式**：空氣是靠自然風的吹動及浮力的帶動進入塔內。
- **強制通風式**：是靠風扇強制送風，以達到空氣快速通過填料的目的。



自然通風式

🌸 煙囪式涼水塔

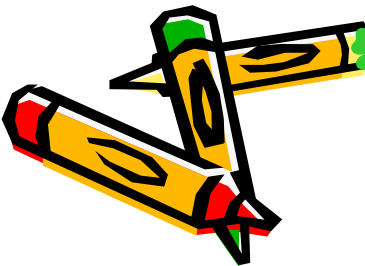
🌸 大氣式涼水塔



煙囪式涼水塔



- ✿ 由於煙囪構造呈下粗上細狀，可加速空氣流動，產生低壓，而與熱水接觸後，溫度升高，密度變小，產生浮力而上升，因而產生吸力將塔外的冷空氣吸入塔內。
- ✿ 適用於核電廠、火力發電廠等大規模的涼水設備。
- ✿ 優點：動力節省。
- ✿ 缺點：增加設備費。



大氣式涼水塔



❁ 塔的四周是開放的，方便空氣吹入，熱水從塔的上端淋下，分散在填料的表面而被空氣降溫。

❁ 適用於處理量小的涼水設備。



強制通風式



- ❁ 涼水效果較好，但動力消耗大。
- ❁ 常見大樓屋頂做為冷氣機的涼水。

