

莫里耳圖與空氣濕線圖應用

目錄

- 莫里耳圖應用
- 空氣濕線圖應用
- 結論

莫里耳圖應用

- 冷凍理論用語說明：

比熱(specific heat):

單位質量1kg的物質，升高1°C (1K)溫度所需加入的熱量稱之。

- 比熱可分成兩種。

一為定壓比熱(constant pressure specific heat), C_p 表示，

一為定容比熱(constant volume specific heat), C_v 表示。

- 比熱的單位：

SI制→ $\text{kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ 或 $\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$

英制→ $\text{BTU/lbm} \cdot ^\circ\text{F}$ 或 BTU/lbm

- 固體與液體→定壓下體積變化很微小→ $C_p = C_v$

水：一大氣壓0°C 的場合→ $C_p = 4.186 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$

- 氣體→定壓下體積有一定變化→ $C_p > C_v$

空氣：一大氣壓0°C 的場合→ $C_p = 1.005 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$

冷凍理論用語說明

- 顯熱 (sensible heat)

將熱加諸物體上時，此熱專用於使物體之溫度上昇，而不同於使物體產生相位之變化者，稱為顯熱。顯熱量與熱加於物體前後之溫度差成正比，即顯熱量 = 物體重 × 比熱 × 溫度差。

- 潛熱(latent heat)

物體由固相變成液相以及由液相變成氣相 (反之亦同)，作相位之變化時，必有熱量之加入 (或取出)，以改變分子之集合狀態。此加入 (或取出) 之熱量，僅供物體作相位上之變化，而不使物體溫度上昇時，加入 (或取出) 之熱量稱為潛熱。

冷凍理論用語說明

- 熱量單位(J, kJ) :

換算值→ $1\text{J} = \text{W} \cdot \text{s}$ 、 $1\text{ kJ} = 1/4.186\text{ kcal} = 238.8\text{ cal}$
 $1\text{ kcal} = 4.1868\text{ kJ}$ 、 $1\text{ kW} = 3600\text{ kJ/h} = 860\text{ kcal}$

- 絕對溫度(K):

絕對溫度是熱力學上的一種單位，任何物質的分子能量最低時溫度定為絕對零度(0°K)，是一種極限溫度，在此溫度下分子運動不再具有可轉移給其他系統的能量稱之。

絕對溫度 $T(\text{K}) = 273.15 + t^\circ\text{C}$

水的冰點→ $0^\circ\text{C} = 273\text{ K}$ 、 $0\text{ K} = -273^\circ\text{C}$

- 錶壓力(Mpa g): 在一大氣壓下計算的壓力稱之。

錶壓力 (Mpa g) = 絕對壓力(Mpa a) - 0.1013 (Mpa)

目前市面壓力錶所顯示壓力 → 錶壓力

冷凍理論用語說明

- 焓(Enthalpy, kJ/kg): 以物質所含有的總能量以熱量單位表示稱之，通常以 h 表示。

應用→水的焓值以 0°C 定為0、乾空氣的焓值以 0°C 定為0

- 1h_熵(Entropy, $\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$): 某物質在一定溫度下所得之熱量，除以絕對溫度所得之值稱之，通常以 S 表示。
- 1J_過熱度(SH , deg): 低壓側冷媒離開蒸發器之溫度點若高於其壓力之飽和溫度值，其溫度高於飽和溫度之差值稱之。過熱度之目的在於防止液態冷媒之回流。

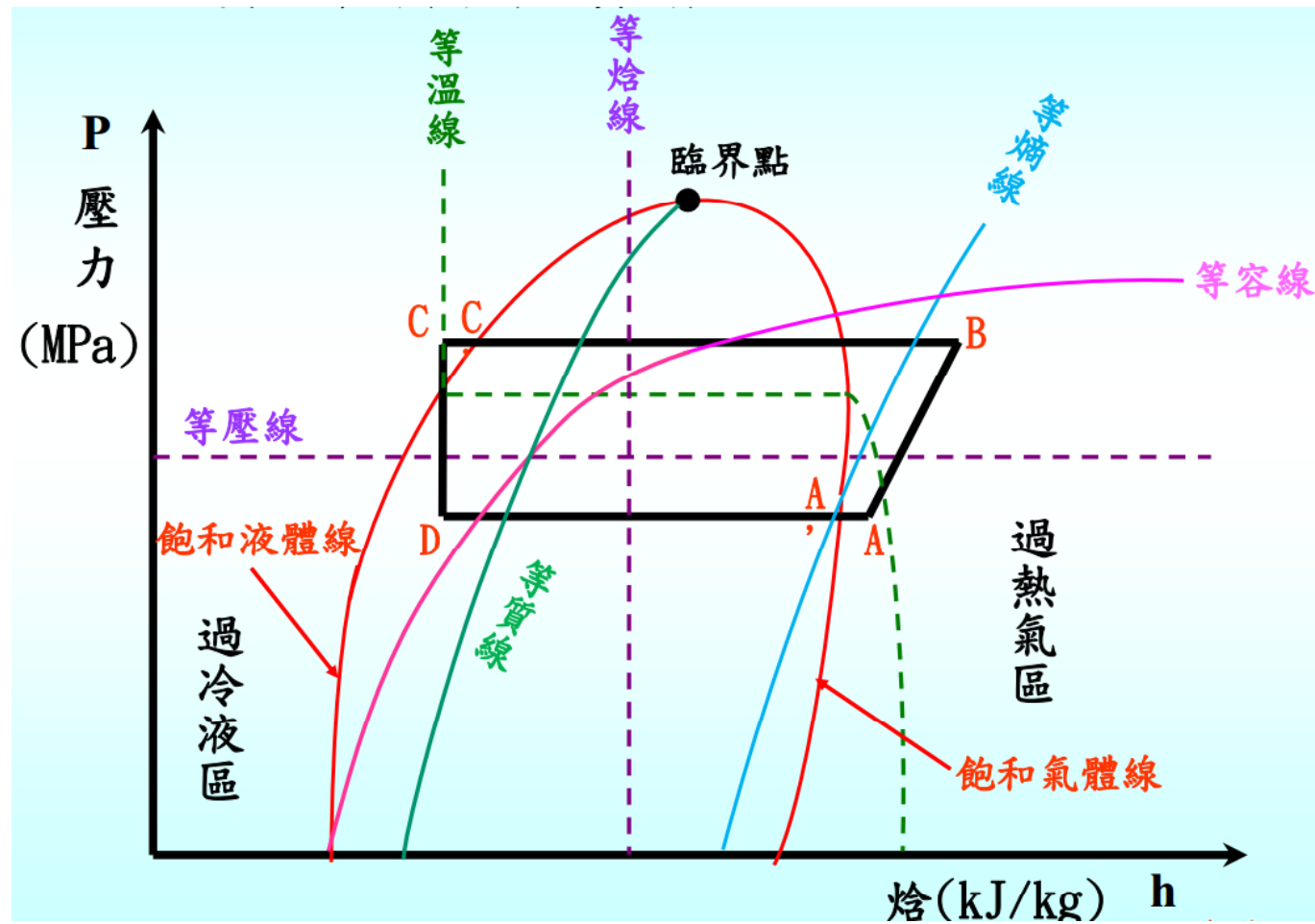
$SH \downarrow \rightarrow$ 冷媒液態壓縮。

$SH \uparrow \rightarrow$ 冷媒之比容 $\uparrow$ 、冷媒循環量 $\downarrow$ 、冷氣能力 $\downarrow$ 。

冷凍理論用語說明

- 過冷度(SC, deg): 高壓側冷媒離開冷凝器之溫度點若低於該壓力之飽和溫度值，其溫度低於飽和溫度之差值稱之。
- 過冷度之目的：
提高凝縮能力。
防止進入毛細管時冷媒有氣泡造成分配不均。

莫里耳圖(冷媒性質圖)



冷媒基本知識

冷媒又稱製冷劑，是利用相變化潛熱搬運熱量的工作流體。

• 冷媒的命名：

兩位數代表甲烷鹵化物 R-12
R-22
R-□□
└─┬─> 此數為氟原子數
└─┬─> 此數減一為氫原子數

三位數代表乙烷鹵化物 R-134a
R-□□□
└─┬─> 此數為氟原子數
└─┬─> 此數減一為氫原子數

百位數4代表非共沸混合物 R-407C
R- 4□□ R-410A
R-404A

百位數5代表共沸混合物 R-500
R- 5□□

百位數代表無機物 R-744(Co2)
R- 7□□ R-718(水)
└─┬─> 此數為原子量

冷媒基本知識

- 冷媒的物理特性

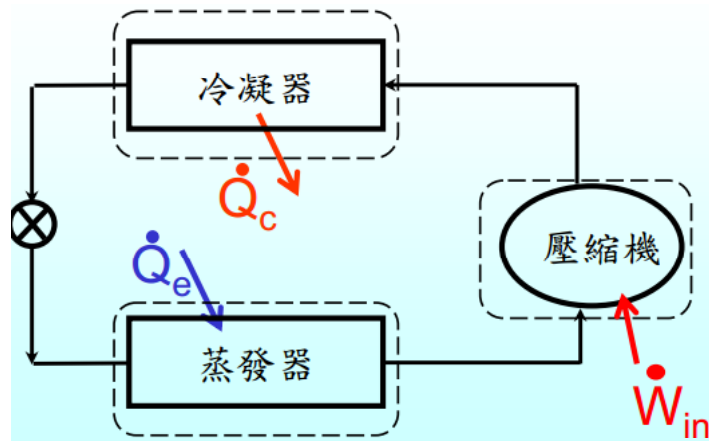
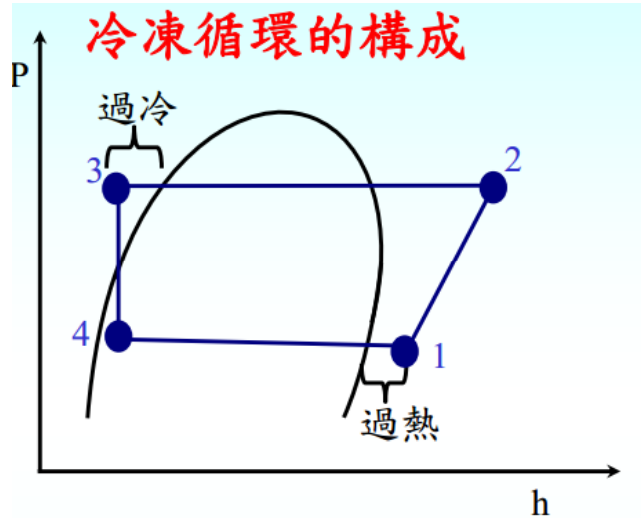
1. 蒸發溫度要低→達低溫冷卻效果。
2. 凝固點低→低溫時不容易凝固。
3. 蒸發潛熱量大→每公斤冷媒吸熱量大，系統循環量可減少。
4. 比容小(密度大)→壓縮機體積可縮小，成本低。
5. 粘滯性低→與冷凍油容易分離，不生變化。
6. 液體比熱大→可減少冷媒量。
7. 壓縮比要低→即高低壓差小達到省電效果。
8. 臨界溫度要高→可用空氣與和水作冷卻劑。
9. 流動性要大→表面張力小、熱傳效果大。
10. 洩漏時容易察覺→例如:氨，有洩漏可馬上處理。

冷媒基本知識

- 冷媒的化學特性
 1. 無爆炸及燃燒性→不能因高壓劇烈膨脹、燃燒而爆炸。
 2. 無刺激性及毒性→對人類及動植物均無害。
 3. 無腐蝕性→對金屬材質不起任何化學作用，可經久耐用。

空調主機常用冷媒	R-22	窗型機、分離式、箱型機、除濕機、冰水機、冷凍機、熱泵
	R-134a	除濕機、冰水機
	R-410A	窗型機、分離式、箱型機、冰水機、熱泵
	R-407C	分離式、箱型機、冰水機
	R-404A	冷凍機
	CO ₂	熱泵

莫里耳圖應用



- 能量守恆 $\dot{Q}_c = \dot{Q}_e + \dot{W}_{in}$
- 冷凍效果 $R.E. = h_1 - h_4$
- 冷凍能力 $\dot{Q}_e$
 $\dot{Q}_e = \dot{m}_r \times R.E. = \dot{m}_r \times (h_1 - h_4)$
- (壓)軸動力(等熵壓縮功)

$$\dot{W}_{in} = \dot{m}_r \times (h_2 - h_1)$$

- E.E.R(能源效率比)

$$E.E.R = (h_1 - h_4) / (h_2 - h_1)$$

莫里耳圖應用

- 設計參數化：

壓縮機之性能根據蒸發溫度、冷凝溫度、過熱度、過冷度決定。

- 設計手法：

→ 決定壓縮機的操作點

→ 使用熱傳增強的方法($Q=U \cdot A \cdot \Delta T_m$)

→ 四大元件各參數值投入試算

→ 實驗驗證

Q ：熱傳量，W

U ：總熱傳係數， $W/m^2 \cdot K$

A ：熱交換器面積， m^2

ΔT_m ：有效溫差， $^{\circ}C$

- 蒸發器尺寸參數改變對系統性能影響？

$A_e \downarrow \rightarrow \Delta T_m \uparrow \rightarrow T_e \downarrow$ 、 $Q_e \downarrow \rightarrow$ 造成蒸發器出口未達完全飽和（蒸發器未完全氣化，液態冷媒可能溢流至壓縮機）

$A_e \uparrow \rightarrow \Delta T_m \downarrow \rightarrow T_e \uparrow$ 、 $Q_e \uparrow \rightarrow$ 蒸發器出口過熱度增加，使得壓縮機吸入溫度提高 $\rightarrow$ 壓縮機吐出溫度也增加，壓縮機耗功增加（過大蒸發器不僅浪費，也會造成系統性能下降。）

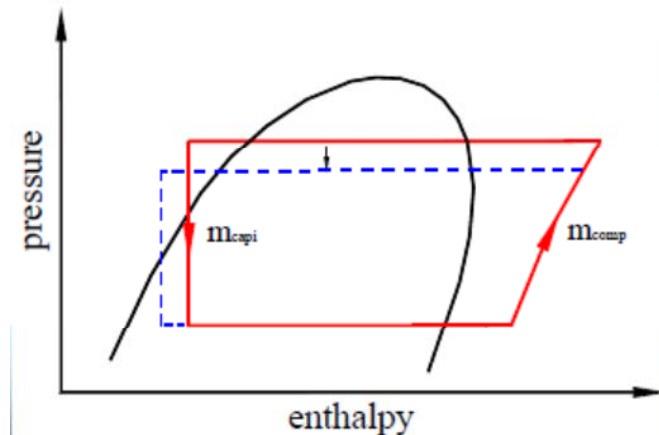
莫里耳圖應用

- 冷凝器尺寸參數改變對系統性能影響?(蒸發器出口改變)

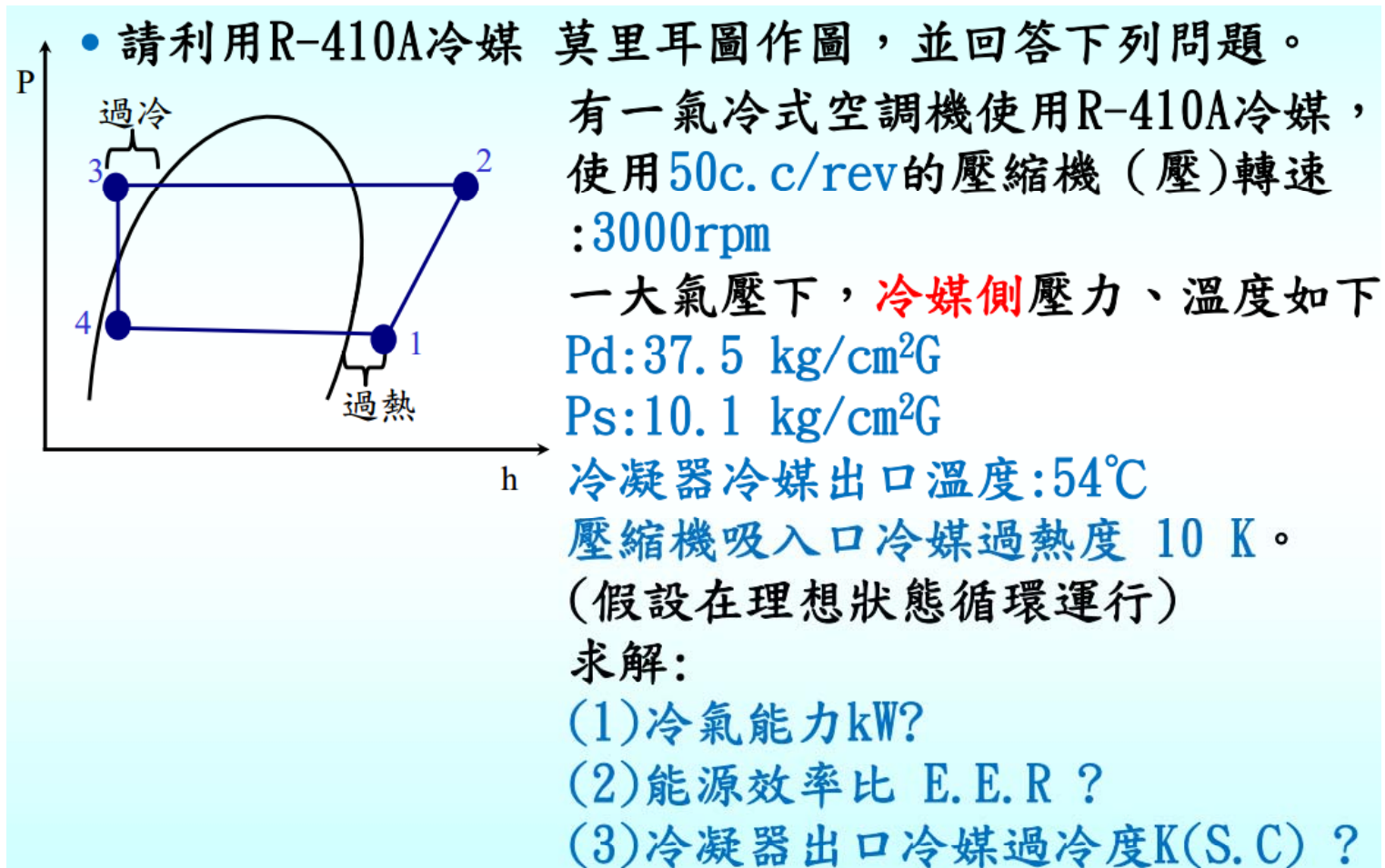
$$Ac \uparrow \rightarrow \Delta T_m \downarrow \rightarrow T_c \downarrow$$

→ 冷凝器出口過冷度增加，由於液態冷媒增多，液體比容小，冷媒通過膨脹裝置之阻抗降低，使得通過的冷媒流量增加 → 造成冷凝壓力降低，壓縮機吐出冷媒流量增加。

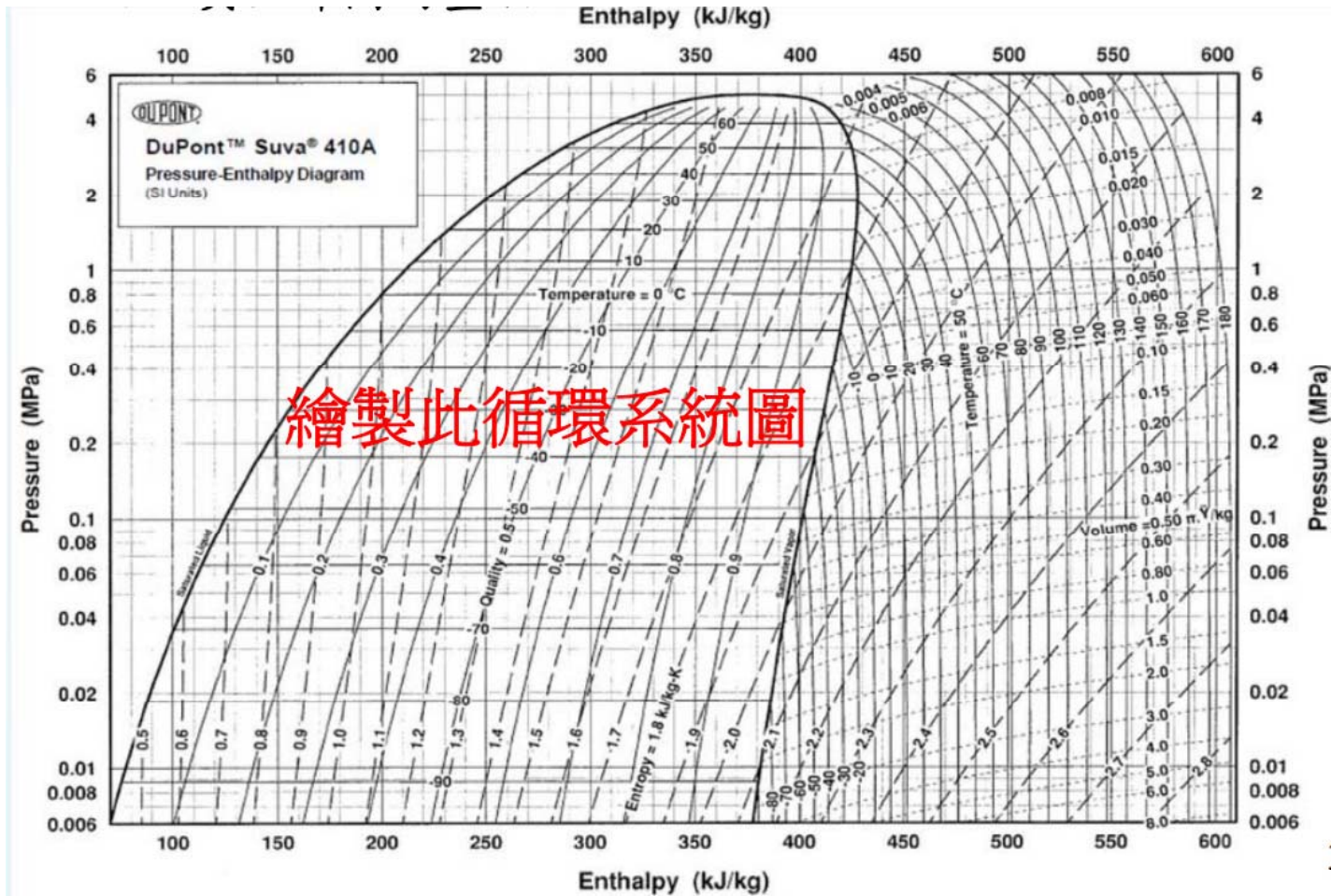
(蒸發器尺寸未相對增加，可能造成蒸發器出口未達完全飽和，製冷能力可能不會跟著提升)



莫里耳圖的畫法：



莫里耳圖的畫法：



空氣濕線圖 (Psychrometric) 應用

- 空氣濕線圖用語說明：
- **乾球溫度**(dry bulb temperature)：
係普通溫度計置於濕空氣中所量得的溫度(DB)稱之。
- **濕球溫度**(wet bulb temperature)：
係溫度計感溫球包以濕紗布置於1000~2000fpm之濕空氣中所量得的溫度(WB)稱之。
- **露點溫度**(dew point temperature)：
係濕空氣溫度降低至其所含水蒸汽開始凝結之溫度(DP)稱之。
 $P_v = P_s(T_{dp})$ (濕空氣中的水蒸汽壓所對應之溫度)
- **絕對濕度**(absolute humidity)：係指單位體積濕空氣中所含的水蒸汽質量稱之。 $P_v = m_v/V$ (單位：kg H₂Ov/m³)
- **濕度比**(humidity ratio):用W或 ω 表示，係指濕空氣中水蒸汽的質量(m_v)與乾空氣的質量(m_a)之比。 W 或 $\omega = m_v/m_a$

空氣濕線圖 (Psychrometric) 應用

- 空氣濕線圖用語說明：

- 相對濕度(relative humidity)：

係指濕空氣中水蒸汽的分壓(p_v)與該濕空氣乾球溫度所對應的飽和水蒸汽壓(p_s 或 p_g)之比(ϕ)稱之。 $\phi = P_v / P_s (t_{DB})$

- 飽和度：

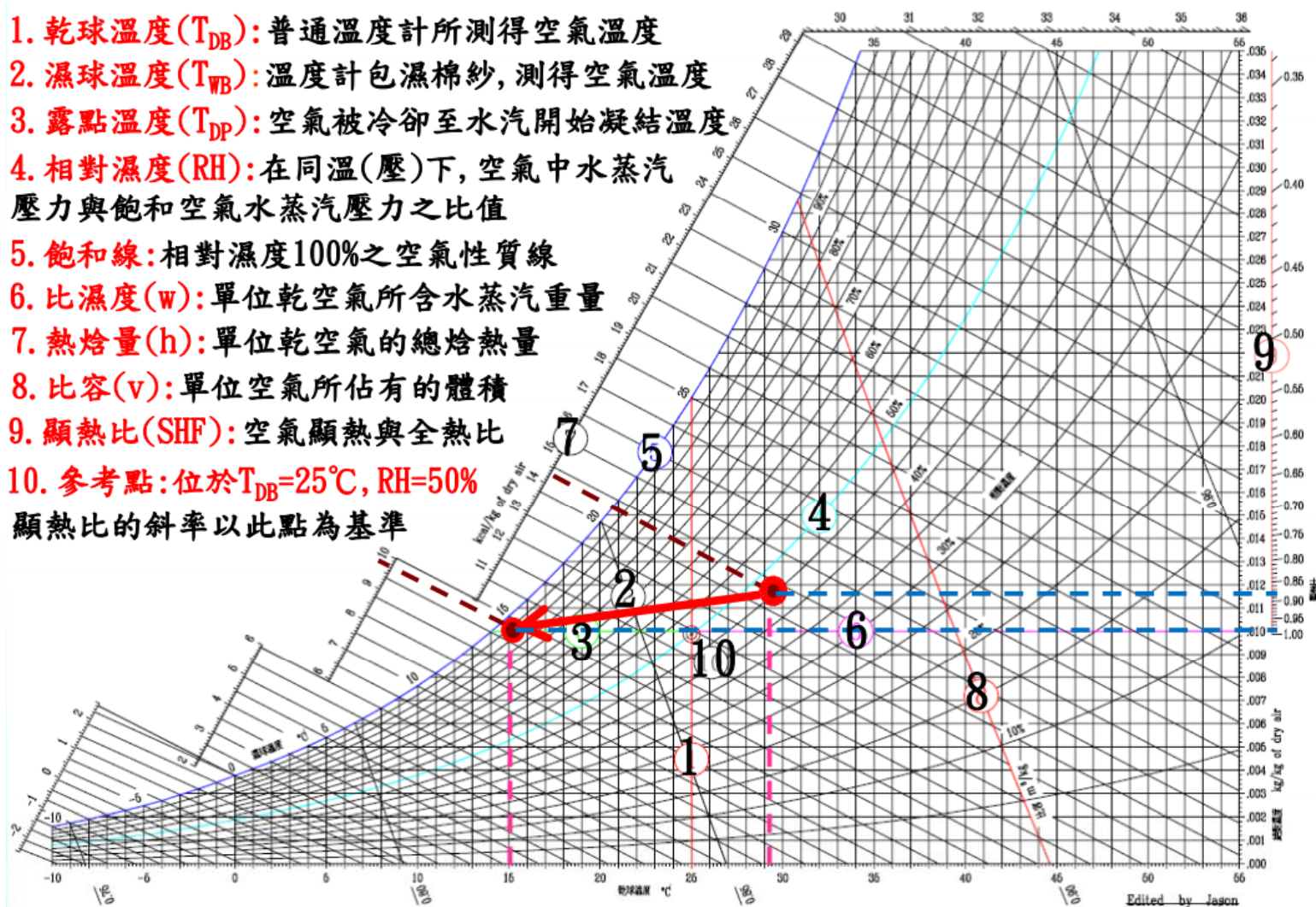
係濕空氣中的濕度比和該溫度下濕空氣飽和時之濕度比之比值。 $\mu = \omega / \omega_s (t_{DB})$

- 飽和濕空氣：

係指在該溫度下水蒸汽達於飽和狀態，此DB, DP, WB三種溫度相等，且相對濕度 $\phi = 100\%$ 稱之。

空氣濕線圖說明

1. 乾球溫度(T_{DB}): 普通溫度計所測得空氣溫度
2. 濕球溫度(T_{WB}): 溫度計包濕棉紗, 測得空氣溫度
3. 露點溫度(T_{DP}): 空氣被冷卻至水汽開始凝結溫度
4. 相對濕度(RH): 在同溫(壓)下, 空氣中水蒸汽壓力與飽和空氣水蒸汽壓力之比值
5. 飽和線: 相對濕度100%之空氣性質線
6. 比濕度(w): 單位乾空氣所含水蒸汽重量
7. 熱焓量(h): 單位乾空氣的總焓熱量
8. 比容(v): 單位空氣所佔有的體積
9. 顯熱比(SHF): 空氣顯熱與全熱比
10. 參考點: 位於 $T_{DB}=25^{\circ}\text{C}$, $\text{RH}=50\%$
顯熱比的斜率以此點為基準

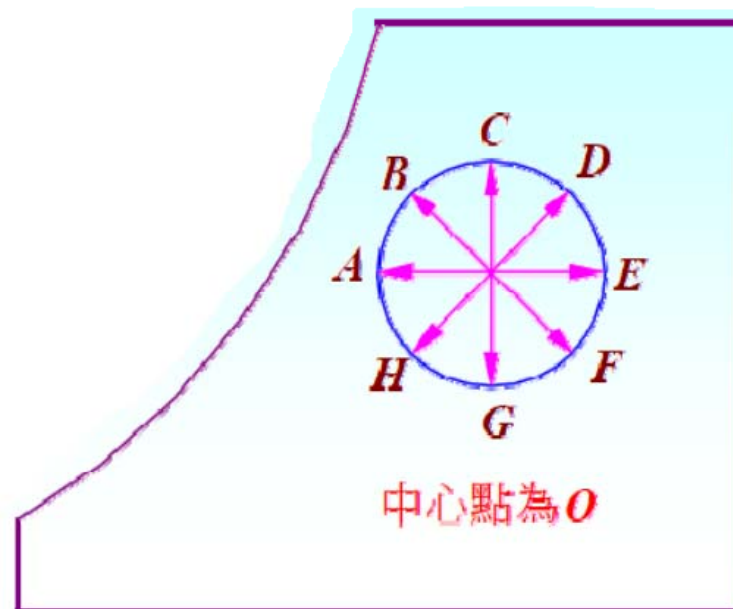


空氣濕線圖說明

• 八種空調過程說明

- $O \rightarrow A$ 純冷卻 (sensible cooling only)
- $O \rightarrow B$ 冷卻加濕 (cooling and humidifying)
- $O \rightarrow C$ 純增濕 (humidifying only)
- $O \rightarrow D$ 加熱增濕 (heating and humidifying)
- $O \rightarrow E$ 純加熱 (sensible heating only)
- $O \rightarrow F$ 化學減濕 (sensible dehumidifying)
- $O \rightarrow G$ 純減濕 (dehumidifying only)
- $O \rightarrow H$ 冷卻減濕 (cooling and dehumidifying)

變化過程	DB	WB	DP	H	RH	W
純冷卻($O \rightarrow A$)	↓	↓	X	↓	↑	X
冷卻加濕($O \rightarrow B$)	↓	X	↑	X	↑	↑
純增濕($O \rightarrow C$)	X	↑	↑	↑	↑	↑
加熱增濕($O \rightarrow D$)	↑	↑	↑	↑	△	↑
純加熱($O \rightarrow E$)	↑	↑	X	↑	↓	△
化學減濕($O \rightarrow F$)	↑	△	↓	△	↓	↓
純減濕($O \rightarrow G$)	X	↓	↓	↓	↓	↓
冷卻減濕($O \rightarrow H$)	↓	↓	↓	↓	△	↓
表中: ↓: 降低 ↑: 升高 X: 不變 △: 不定						



空氣濕線圖說明

- 熱傳量計算說明:

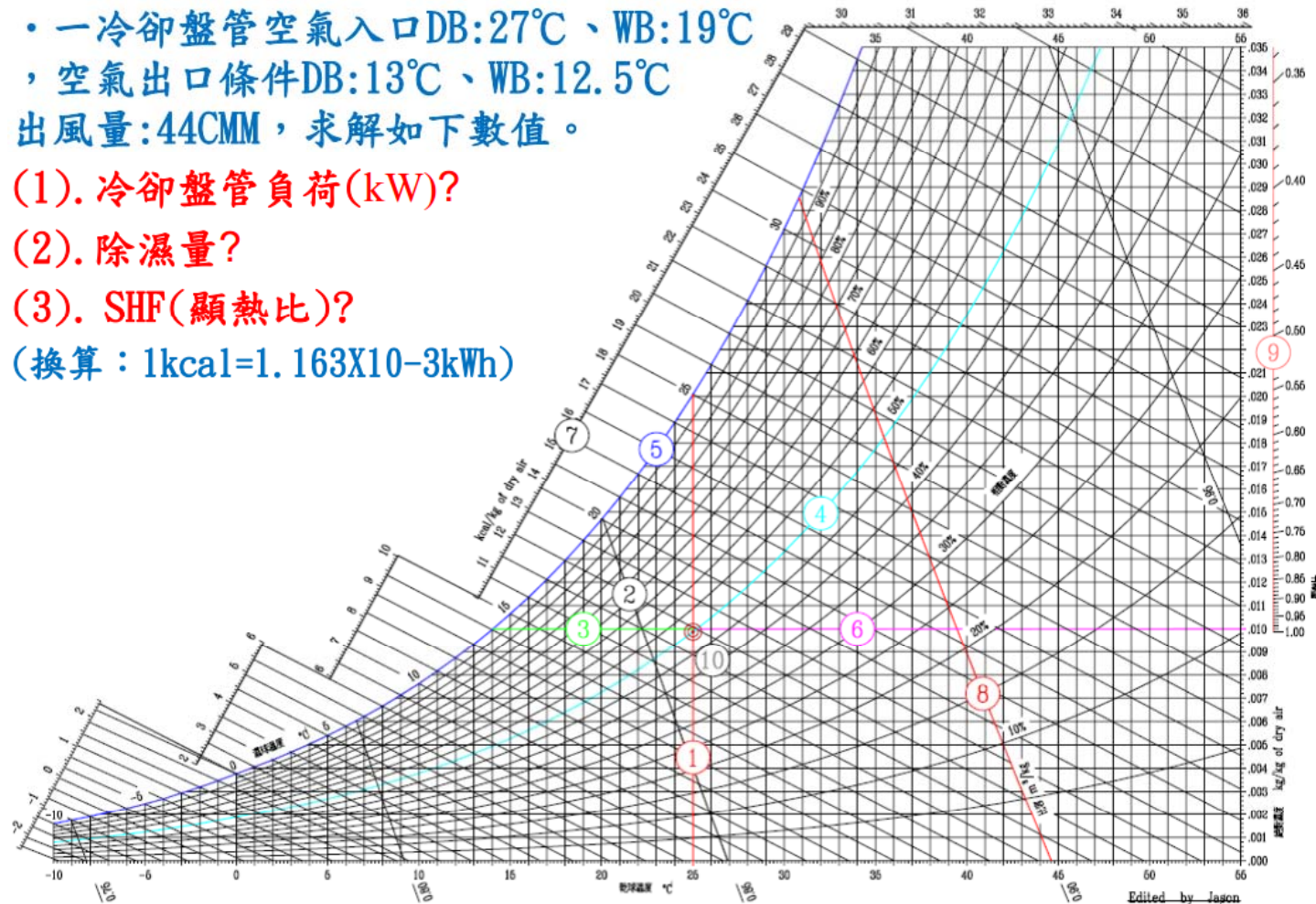
• 一冷卻盤管空氣入口DB:27°C、WB:19°C
，空氣出口條件DB:13°C、WB:12.5°C
出風量:44CMM，求解如下數值。

(1). 冷卻盤管負荷(kW)?

(2). 除濕量?

(3). SHF(顯熱比)?

(換算: $1\text{kcal}=1.163\times 10^{-3}\text{kWh}$)



結論

- 學習冷凍空調的必備工具。
- 1. **冷媒側**: **莫里耳圖**(Molier)，用於蒸汽壓縮循環系統運轉設計的重要工具。
- 2. **空氣側**: 專門探討由空氣與水汽組成的混合氣體的一門學問，稱為**濕空氣線圖**(Psychrometrics)。應用於通風、空調、乾燥、脫水、食品儲藏、堆肥等設計的重要工具。
- 3. 善用這**兩種工具**，你就是冷凍空調界的佼佼者。

參考文獻

- 北科系友會講座_莫里耳圖與空氣線圖應用
‘140510版--陳澤興。