

冷凍空調工程講義

第一回

502246-1



考友社 出版發行

第一講 冷凍原理精要

命題重點

一、物質三態變化

1. 物質之存在具有固態、液態、氣態三種狀態。
2. 固態物質具有一定之體積及形狀。
3. 液態物質具有一定之體積，但無一定之形狀，形狀常隨容器之形狀而定。
4. 氣態物質無一定之體積及形狀，因容器而異。
5. 物質之存在狀態可因吸熱或放熱而改變；固體吸熱後變為液體，謂之融解；如冰融解成水。液體吸熱後變為氣體，謂之氣化或蒸發；如水蒸發成水蒸氣。氣體放熱後變為液體，謂之液化或凝結；如水蒸氣凝結成水。液體放熱後變為固體，謂之凝固；如水凝固為冰。固體吸熱後變為氣體，謂之昇華；如乾冰昇華為二氧化碳。如圖 1 - 1 示。

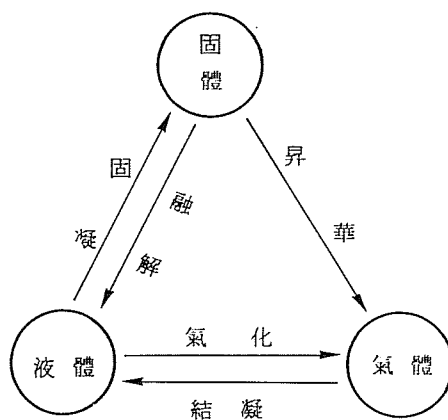


圖 1-1 物質之三態變化

6. 物質融解時所吸收之熱量為融解熱，反之凝固時所放出之熱量為凝固熱，冰之融解熱及水之凝固熱為 80 KCal/Kg 或 144 BTU/Lb。
7. 物質蒸發時所吸收之熱量為氣化熱，反之凝結時所放出之熱量為凝結熱，水之氣化熱及水蒸氣之凝結熱為 539 KCal/Kg 或 970 BTU/Lb。

二、溫度與濕度

1. 溫度係用來表示物質之冷熱程度，溫度愈高，我們的感覺愈熱，反之則感覺愈冷。但溫度高低並非代表該物質含熱量之多寡，而與該物質之特性及重量有關；例如 100 Kg 10°C 之水與 1 Kg 70°C 之水，前者溫度較低，感覺較冷，但其含熱量却較多。
2. 溫度之單位：
 - (1) 公制用攝氏單位，以 °C 表示；英制用華氏單位，以 °F 表示。
 - (2) 攝氏溫度 (°C)：攝氏溫度之制定是將純水在一個標準大氣壓力下，其凝固為冰之溫度定為 0°C，而其蒸發為水蒸氣之溫度定為 100°C，二者之間平均分成 100 等分，每一等分為 1°C。
 - (3) 華氏溫度 (°F)：華氏溫度之制定是將純水在一個標準大氣壓力下，其凝固為冰之溫度定為 32°F，而其蒸發為水蒸氣之溫度定為 212°F，二者之間平均分成 180 等分，每一等分為 1°F。
 - (4) 絕對溫度 (°K 或 °R)：氣體在 0 °C 以下時，溫度每降低一度，其體積便會減少 1/273，若將溫度持續下降至 -273 °C，則此時氣體之體積將完全喪失，其體積變為零，並且失去所有的能，所有分子運動全部停止，此溫度定為絕對零度，以 °K 表示，或稱克氏 (KELVIN) 溫度。若以華氏計之則為 -460 °F，以 °R 表示，或稱藍氏 (RANKINE) 溫度。
3. 溫度之換算：
 - (1) 攝氏→華氏： $^{\circ}\text{F} = (^{\circ}\text{C} * 9/5) + 32$ 。
 - (2) 華氏→攝氏： $^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) * 5/9$ 。
 - (3) 攝氏絕對溫度： $^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$ 或 $^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{R} * 5/9$ 。
 - (4) 華氏絕對溫度： $^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 460$ 或 $^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{K} * 9/5$ 。
4. 重點溫度：
 - (1) 水之冰點為 0 °C 或 32 °F 或 273 °K 或 492 °R。
 - (2) 水之沸點為 100°C 或 212°F 或 373 °K 或 672 °R。
 - (3) 華氏 -40 °F 等於攝氏 -40 °C。
5. 濕度：空氣中所含有水氣的多寡稱為濕度或絕對濕度，其單位在公制中為 Kg / Kg 乾空氣，在英制中為 Grains / Lb 乾空氣。
6. 相對濕度：當空氣中完全充滿水蒸氣時，我們稱之為飽和。空氣中所容許含有之水氣的量與空氣之溫度有關，低溫時飽和空氣中的水蒸氣含量較少，反之在高溫時則在飽和時空氣中所含有之水蒸氣量較多。實際上空氣大

部分時間並非為飽和狀態，其飽和含水容量因溫度而異，其乾燥或潮濕之程度不能以其實際含有水蒸氣量（即絕對濕度）來表示，而必需以其實際含水量與其飽和含水量之比以百分率表示之，稱之為相對濕度，簡稱RH。

7. 另一種表示空氣潮濕程度之方法是以乾球溫度與濕球溫度表示之：

- (1) 乾球溫度：以溫度計在乾燥之情況下量得之溫度稱為乾球溫度，以DB表示之，例如 30 °C DB。
- (2) 濕球溫度：將溫度計之感溫球部份用紗布包紮，並使紗布保持潮濕狀態，此時感溫球上紗布的水份蒸發時吸收熱量，感溫球之溫度下降，而使溫度計指示之溫度下降，此時溫度計指示之溫度稱為濕球溫度，以WB表示之，例如 25 °C WB。
- (3) 當空氣中之含水量飽和時，紗布上之水份即無法蒸發，感溫球溫度與乾燥時相同，即乾球溫度與濕球溫度相等，其相對濕度為 100 %。
- (4) 若空氣中之含水量未達飽和，則濕球溫度較乾球溫度為低，濕球溫度與乾球差愈大，則表空氣之相對濕度愈低，濕球溫度恒小於或等於乾球溫度。

8. 露點溫度：空氣中水蒸氣開始凝結之溫度稱為露點溫度，以DP表示之。飽和空氣之乾球溫度、濕球溫度、露點溫度三者相等，非飽和空氣之乾球溫度 > 濕球溫度 > 露點溫度，即愈乾燥空氣之露點溫度愈低，亦即欲使其水蒸氣凝結之所需的溫度亦愈低。

9. 溫度之量測：

- (1) 酒精溫度計：在玻璃毛細管內充入填加紅色顏料之酒精，酒精隨溫度高低而升降，價格低廉，為一般人常用之溫度計。但其在較高溫或低溫時，酒精之容積與溫度之變化比例與常溫時不同，因而產生較大之誤差，故在較高溫或低溫時較不適用。
- (2) 水銀溫度計：構造與酒精溫度計相同，但管內充入水銀。其容積與溫度之變化比例較均勻，故其準確度較酒精溫度計為高，但其價格較昂貴。
- (3) 電子溫度計：通常以熱電偶之原理製成，其準確度較高，且對微小之溫度變化亦能感知，靈敏度亦較高，價格隨電子材料之進步而逐漸下降，有取代其它溫度計之趨勢。

10. 濕度之量測：

- (1) 乾濕溫度計法：分別以乾球溫度計與濕球溫度計測得乾球溫度與濕球溫度，在由空氣特性表或空氣線圖查得其絕對濕度與相對濕度。
- (2) 濕度計法：利用毛髮會隨濕度變化而伸縮之特性，拉動濕度計之指針，可指示空氣之相對濕度。

三、壓 力

1. 所謂壓力是指每單位面積所受之垂直力，其單位在公制為 Kg/cm^2 ，在英制為 Lb/in^2 或 Psi 。
2. 大氣壓力：在地球表面因空氣本身有重量，垂直對地球表面施加重力，亦即地球表面承受大氣層所施加之壓力，此壓力稱為大氣壓力。離地球表面愈遠，大氣壓力愈小；愈接近地球表面，大氣壓力愈大。在海平面測得之大氣壓力為標準大氣壓力（簡稱為 ATM），其值在公制為 $1.033 \text{ Kg}/\text{cm}^2$ ，在英制為 $14.7 \text{ Lb}/\text{in}^2$ 或 14.7 Psi 。
3. 錶壓力：將大氣壓力定為基準零開始起算，所測得之壓力值稱為錶壓力；其單位在公制中為 $\text{Kg}/\text{cm}^2 \text{ G}$ ，在英制中為 $\text{Lb}/\text{in}^2 \text{ G}$ 或 Psig 。
4. 絕對壓力：將絕對真空之壓力定為零點開始起算，所測得之壓力值稱為絕對壓力；其單位在公制為 $\text{Kg}/\text{cm}^2 \text{ abs}$ ，在英制中為 $\text{Lb}/\text{in}^2 \text{ abs}$ 或 Psia 。
5. 大氣壓力、錶壓力與絕對壓力之關係：

$$\begin{aligned} \text{絕對壓力} &= \text{錶壓力} + \text{大氣壓力} \\ &= \text{錶壓力 } \text{Kg}/\text{cm}^2 + 1.033 \quad [\text{公制 } \text{Kg}/\text{cm}^2 \text{ abs}] \\ &= \text{錶壓力 } \text{Psig} + 14.7 \quad [\text{英制 } \text{Psia}] \end{aligned}$$

6. 公制壓力單位與英制壓力單位之關係：

$$1 \text{ Kg}/\text{cm}^2 = 14.2 \text{ Psi} = 14.2 \text{ Lb}/\text{in}^2$$
7. 壓力單位亦有以巴斯卡（Pa）為單位，其實用單位為 KPa。

$$1 \text{ KPa} = 1/98 \text{ Kg}/\text{cm}^2 \text{ 或 } 1 \text{ Kg}/\text{cm}^2 = 98 \text{ KPa}$$

$$1 \text{ KPa} = 0.145 \text{ Psi} \text{ 或 } 1 \text{ Psi} = 6.895 \text{ KPa}$$

8. 真空：低於大氣壓力稱為真空，而其壓力稱為真空度或真空壓力，常以水銀柱高度表示之。一標準大氣壓力所測得之水銀柱高度為 76 cmHg 或 29.92 inHg 。真空度以一大氣壓力為零基點向下算，絕對真空時其真空度為 76 cmHg VAC 或 29.92 inHg VAC ，亦即數字愈大表示真空度愈高，如圖 1 - 2 示。真空度與絕對壓力之關係為

$$\begin{aligned} \text{公制：} P &= (1 - H/76) * 1.033 \quad [\text{Kg}/\text{cm}^2 \text{ abs}] \\ \text{英制：} P &= (1 - H/29.92) * 14.7 \quad [\text{Lb}/\text{in}^2 \text{ abs 或 } \text{Psia}] \end{aligned}$$

冷凍系統應抽真空至接近絕真空，以水銀柱高度或一般壓力單位，無法有效辨別其真空度，故其真空度常以 MICRON 為單位；冷凍系統至少應抽至 50 MICRON，一部性能優良之真空泵應能將冷凍系統抽至 5 MICRON 以下之真空度。

$$1 \text{ MICRON} = 10^{-4} \text{ cmHg} = 10^{-3} \text{ mmHg} = 1/250000 \text{ inHg}$$

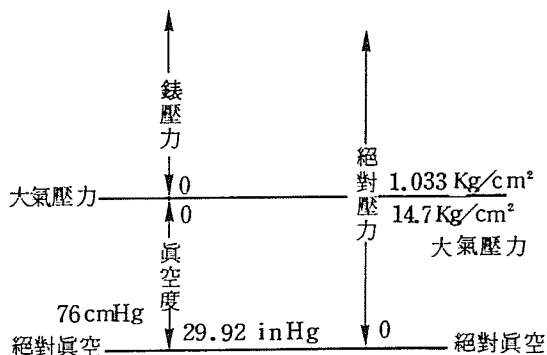


圖 1-2 錶壓力、絕對壓力與真空度

9. 壓力之量測：在冷凍系統之操作及維修常以綜合壓力錶組量測系統之壓力，綜合壓力錶組包含弁座本體、高壓側壓力表、低壓側壓力表、三條冷媒注入管（紅、黃、綠三色），如圖 1-3 示。

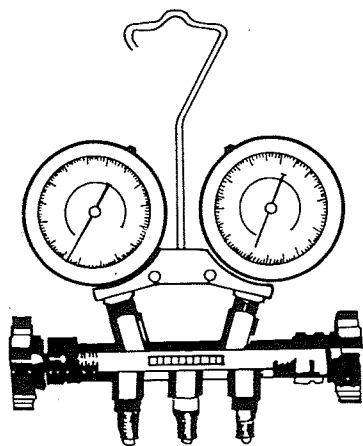


圖 1-3 綜合壓力錶組之高低壓力錶

- (1) 弁座本體：右側為高壓手控弁、高壓壓力錶接頭、高壓紅色橡膠管接頭；左側為低壓手控弁、低壓壓力錶接頭、低壓綠色橡膠管接頭；中間為黃色橡膠管接頭。高壓手控弁順時針方向旋轉為關閉，則高壓管接頭僅與高壓壓力錶相通；逆時針方向旋轉則為打開，則高壓管接頭與高壓壓力錶及中間管接頭相通；低壓側之構造及操作方法與高壓側相同。
- (2) 高壓側壓力錶：其壓力範圍為 $0-35 \text{ Kg/cm}^2$ 或 $0-500 \text{ Lb/in}^2$ ，其刻度有公制、英制或公英制兼而有之。表面內圈通常尚有 R-12、R-22、R-502 等三種冷媒之飽和溫度對照刻度。
- (3) 低壓側壓力錶：為一複式壓力錶，包含有 $0-76 \text{ cmHg}$ 或 $0-30 \text{ inHg}$ 真空度及壓力範圍為 $0-17.5 \text{ Kg/cm}^2$ 或 $0-250 \text{ Lb/in}^2$ 之壓力刻度

精選試題

- () 1. 一冷凍系統低壓壓力過高，可能為 (A)毛細管阻塞 (B)壓縮機壓縮不良 (C)壓縮機運轉太快 (D)以上都可能。
- () 2. 使用R-12之冷凍系統，若改用R-22時，壓縮機所需之動力應比較 (A)高 (B)低 (C)不變 (D)自由選用。
- () 3. R-12與R-22之膨脹閥是 (A)可以 (B)不可以 (C)不一定 (D)以上皆非共同的。
- () 4. 冷媒若與空氣混合在冷凍系統內時 (A)壓力降低 (B)壓力升高 (C)壓力增加且降低冷凍效果 (D)溫度降低。
- () 5. 馬達電流太高時，其可能是冷凝器 (A)內有不凝結氣體 (B)容量太大 (C)內有冷凍油 (D)進出水量太多。
- () 6. 低壓壓力過低，冷凝器不熱，電流減少，其故障為 (A)冷媒過多 (B)管路阻塞 (C)散熱不良 (D)壓縮不良。
- () 7. 乾燥過濾器出入口有顯著之溫度差是表示 (A)正常 (B)堵塞 (C)乾燥過渡劑已飽和 (D)乾燥能力不足。
- () 8. 壓縮機發生液壓縮時應採取之措施為 (A)停止壓縮機 (B)關小吸入閥 (C)打開安全閥 (D)洩放冷媒。
- () 9. 蒸發器出口設U型閘的目的是 (A)集留異物使其不會流入壓縮機 (B)集留液冷媒 (C)防止液壓縮 (D)使冷凍油易於回流。
- () 10. 壓縮機吐出管 (A)應向壓縮機下斜 (B)應向冷凝器下斜 (C)保持絕對水平 (D)任意接配均可。
- () 11. 焊接銅管時，管內通氮氣之目的為 (A)滲氮增加強度 (B)防止焊劑或焊料流入管內 (C)防止氧化 (D)同時試驗焊接之氣密性。
- () 12. 氟氯烴冷凍裝置之系統內有水份時 (A)容易與冷媒溶合 (B)容易與冷凍油溶合 (C)增加結冰能力 (D)容易產生鍍銅現象。
- () 13. 壓縮機頂殼結霜表示 (A)系統有水份 (B)冷媒不完全蒸發 (C)露點太低 (D)冷卻效果良好。
- () 14. 壓縮機發生液壓縮之原因為 (A)冷卻水量急劇變化 (B)冷卻水溫急劇變化 (C)冷凍負荷急劇變化 (D)電壓急劇變化。
- () 15. 冷媒系統有不凝結氣體存在時，容易積留於 (A)冷凝器 (B)蒸發器 (C)受液器(RECEIVER) (D)積蓄器(ACCUMULATOR)。
- () 16. 壓縮機發生液壓縮時 (A)吐出壓力降低 (B)吐出溫度降低 (C)蒸發壓力降低 (D)蒸發溫度降低。
- () 17. R-12冷凍機改用R-22時 (A)氣密試驗從略 (B)冷凍能力不變 (C)馬力不變 (D)更換膨脹閥。

502243-1

- () 18. 壓縮機外殼結霜是屬於 (A)斷熱壓縮 (B)等溫壓縮 (C)濕氣壓縮 (D)乾氣壓縮。
- () 19. 冷媒在液管中閃變時 (FLASH) 會使冷凍能力 (A)增加 (B)不變 (C)減少 (D)兩者無關。
- () 20. 在正常運轉中，壓縮機之吐出溫度較凝結溫度 (A)高 (B)相同 (C)低 (D)或高或低。

〔答案〕

- 1.(B) 2.(A) 3.(B) 4.(C) 5.(A) 6.(B) 7.(B) 8.(A) 9.(C) 10.(B)
- 11.(C) 12.(D) 13.(B) 14.(C) 15.(A) 16.(B) 17.(D) 18.(C) 19.(C) 20.(A)