

第3章 純物質的性質

- ◆ 介紹純物質的概念。
- ◆ 討論 $P-v$ 、 $T-v$ 和 $P-T$ 性質圖和 $P-v-T$ 曲面圖。
- ◆ 介紹如何從物質的狀態表中得到熱力學性質。
- ◆ 介紹理想氣體的概念和理想氣體方程式。
- ◆ 應用理想氣體方程式解決典型的問題。
- ◆ 介紹壓縮性因子，其可代表真實氣體相對於理想氣體的差異。

純物質

- **純物質**：一種物質全部皆由一種固定的化學比例組成。
- 空氣是由多種氣體組成，它也是純物質。
- **壓縮液體或過冷液體**：水以液態存在。
- **飽和液體**：即將要汽化的液體。
- **飽和蒸汽**：將要凝結的蒸汽。
- **為飽和液—汽混合物**：液體和蒸汽共同存在。
- **過熱蒸汽**：蒸汽不凝結的狀態（非飽和蒸汽）。

飽和溫度與飽和壓力

- 水在什麼溫度開始沸騰，取決於壓力；或者說，如果壓力固定，則水的沸點也固定。
- 水在 100°C 開始沸騰是因為我們保持壓力恆定為 1 atm 。
- **飽和溫度** T_{sat} ：在給定的壓力下，純物質開始發生相變化的溫度。
- **飽和壓力** P_{sat} ：在給定溫度下，純物質開始發生相變化的壓力。
- **潛熱**：在物質發生相變化時，吸收或放出的熱。
- **溶化潛熱**：在熔化過程中所吸收的熱量。
- **汽化潛熱**：在汽化過程中所吸收的熱量等於這個物質在蒸發時所吸收的量。
- 潛熱的大小依相變化發生時的溫度壓力而定。
- 在一大氣壓下，水的溶解潛熱為 333.7 kJ/kg ，其汽化潛熱為 2256.5 kJ/kg 。
- 大氣壓力、水的沸騰溫度隨高度而降低。

性質表

對大多數物質而言，熱力學性質太複雜，很難用簡單的方程式表示，所以這些性質通常顯示在各種表中。

一些熱力學性質很容易量測，而那些不能被量測的性質，可以從測量的已知量中的關係式計算得到。

這些測量值和計算值被繪製成各種圖表，以方便使用。

表 A-4：溫度已知之飽和性質

表 A-5：壓力已知之飽和性質

➤ v_f = 飽和液體的比容

➤ v_g = 飽和蒸汽的比容

➤ v_{fg} = 飽和蒸汽的比容與飽和液體的比容之差值 ($v_{fg} = v_g - v_f$)

飽和液體與飽和蒸汽狀態

- 乾度, x ：代表蒸汽的質量與混合物質量的比值。
- 乾度值介於0和1之間。0：表示飽和液體；1：表示飽和蒸汽。
- 飽和液體的性質與混合物中飽和液體的性質是一樣的。
- 在飽和蒸汽曲線的右邊，當溫度高於臨界溫度時，物質以過熱蒸汽的狀態存在。因為過熱蒸汽狀態是以單相存在，溫度和壓力不再是相依性質，所以在表中視為獨立性質。
- 在給定壓力下，性質是依照特定壓力下的溫度列於這些表中，最開始是飽和蒸汽。壓力後面括弧中的溫度表示飽和溫度。

理想氣體狀態方程式

- **狀態方程式**：能將物質的壓力、溫度和比容連結起來的方程式。
- 最簡單也最著名的狀態方程式是理想氣體方程式，它能準確預測氣體在某一性質區域中的 P - v - T 之間的關係。

$$Pv = RT$$

理想氣體狀態方程式

R ：氣體常數

M ：氣體的莫耳質量(kg/kmol)

R_u ：通用氣體常數

$$R_u = \begin{cases} 8.31447 \text{ kJ/kmol} \cdot \text{K} \\ 8.31447 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3/\text{kmol} \cdot \text{K} \\ 0.0831447 \text{ bar} \cdot \text{m}^3/\text{kmol} \cdot \text{K} \\ 1.98588 \text{ Btu/lbmol} \cdot \text{R} \\ 10.7316 \text{ psia} \cdot \text{ft}^3/\text{lbmol} \cdot \text{R} \\ 1545.37 \text{ ft} \cdot \text{lbf/lbmol} \cdot \text{R} \end{cases}$$

水蒸汽是理想氣體嗎？

- 如果壓力低於10 kPa，無論溫度如何，水蒸汽都可以視為理想氣體（誤差低於0.1%）。
- 在高壓下，理想氣體的假設會產生很大的誤差，尤其是在臨界點與飽和線附近。
- 在空氣中，水蒸汽的含量非常小，分壓很低，所以可以認為空氣是理想氣體嗎？
- 在動力廠的蒸汽系統中，壓力通常很高，所以不應該使用理想氣體的假設。

壓縮性因子-理想氣體的偏離度

- **壓縮性因子 z** ：在一定壓力和溫度下與理想氣體行為的偏離度，可以用一個因子來修正。
- z 的值愈偏離1，就表示氣體的行為愈偏離理想氣體行為。
- 在低密度下，氣體表現會非常接近理想氣體（在低壓、高溫條件下）。

對比壓力

$$P_R = \frac{P}{P_{cr}}$$

對比溫度

$$T_R = \frac{T}{T_{cr}}$$

似對比比容

$$v_R = \frac{v_{actual}}{RT_{cr}/P_{cr}}$$