

第一章

觀念與定義





【內文教學區】



1-1 熱力學之定義與重要觀念

一、熱力學

研究能量轉換以及與能量有關之物質的物理性質變化之科學，稱為熱力學（Thermodynamics）。

二、工程熱力學

將熱力學所發展出來的理論，應用在實際的工程上，例如：熱機、冷凍機、燃燒、空氣調節等方面之科學，稱為工程熱力學（Engineering Thermodynamics）或熱工學。

三、熱機學

- （一）本質上屬於工程熱力學，但其涉及的機械較多。
- （二）廣義之熱機（Heat Engine）：凡利用熱能以發生動力之機械，以及利用動力以產生熱效果及冷凍效果之機械均稱之。
- （三）狹義之熱機：指利用熱能以發生動力之機械。

四、連體之重要觀念

- （一）以巨觀之角度在探討物理問題時，若該問題中之物質分子的平均自由路徑相較於此問題之特徵長度甚小時，則不考慮每一個分子的行為，所以一般會假設此物質為連體（continuum），而不是由個別分子所組成。
- （二）在許多工程應用上，連體之觀念十分合理，且使用上很方便，也與實際相符合。
- （三）平均自由路徑（mean free path）：一個分子與其他分子的連續兩次碰撞間的距離大小之平均值。平均自由路徑在下列兩個情形會變小：

1. 單位體積內之分子數增加。
 2. 分子之截面積增加。
- (四) 特徵長度 (characteristic length)：指該物體長度中有代表意義之長度；例如：觀察一個球體，它的特徵長度就是該球體的半徑或直徑。對於具有特徵長度之物體，只要其特徵長度不變，其性質就不會發生變化。



1-2 名詞定義

一、系統

研究之對象或注意力集中之某空間區域稱為系統 (system)。

二、邊界

系統之表面稱為邊界 (boundary)，可為靜止或移動的。

三、環境

邊界以外之物理空間區域稱為環境 (environment 或 surrounding)。

四、封閉系統

- (一) 系統內質量固定且無法進出邊界，具此特性者稱為封閉系統或密閉系統 (closed system)，如圖 1-1 所示。
- (二) 封閉系統具有質量固定之特性，故又稱為控制質量系統 (control mass system)，簡稱 C.M.。
- (三) 特點：
 1. $\delta m_{in} = \delta m_{out} = 0$ 。
 2. 熱或功或其他熱力學性質之變化量可等於零或不等於零。
- (四) 如圖 1-1 為活塞一氣缸運動，當氣缸 (系統) 受熱時會膨脹；相反的，當氣缸被冷卻時，則系統會收縮。



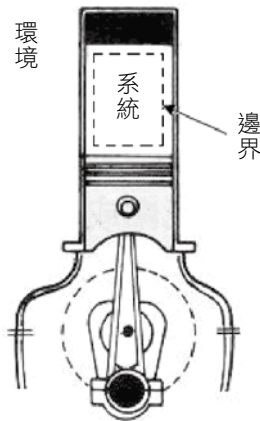


圖 1-1 封閉系統（活塞—氣缸）

五、開放系統

- (一) 系統內有質量進出邊界，具此特性者稱為開放系統（open system），如圖 1-2 所示之系統。
- (二) 開放系統又稱為控制體積系統（control volume system），簡稱 C.V.，而 C.V. 之表面稱為控制表面（control surface），簡稱 C.S.。
- (三) 特點：
 1. $\delta m_{in} \neq 0, \delta m_{out} \neq 0$ 。
 2. 熱或功或其他熱力學性質之變化量可等於零或不等於零。
- (四) 若一開放系統之控制體積內任何一點之熱力學性質均不隨時間改變而改變，則此系統為穩定流動系統（steady flow system）。即 $\frac{\partial n_{C.V.}}{\partial t} = 0$ ，而 $\frac{\partial n_{C.S.}}{\partial t} = 0$ 或 $\neq 0$ ，式中 n 為任意熱力學性質。
- (五) 若 $\frac{\partial n_{C.V.}}{\partial p} = 0$ ，式中 p 表示位置（position），則稱此系統為均勻流動系統（uniform flow system），其性質不隨位置而變。
- (六) 如圖 1-2(a) 為氣球洩氣過程，其邊界隨時間而改變；而圖 1-2(b) 為管流及渦輪機，其邊界固定保持不變。

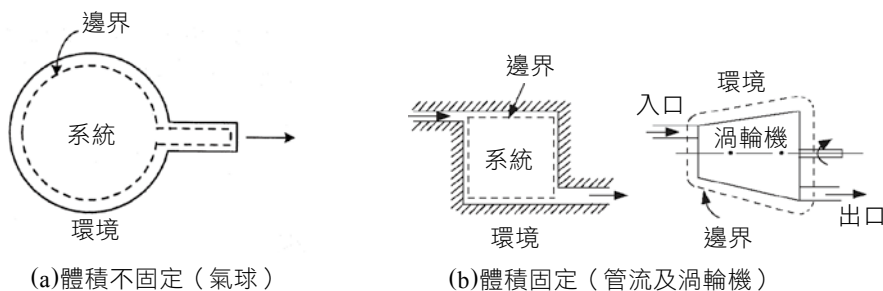


圖 1-2 開放系統

六、絕熱系統

- （一）系統和環境之間無熱交互作用，稱為絕熱系統（adiabatic system）。
- （二）絕熱系統雖無熱交互作用，但仍允許質量進出邊界，且系統可對外輸出或輸入功。

七、隔離系統

- （一）不受環境影響且與環境之間無質量及能量（熱與功）進出邊界之系統稱為隔離系統（isolated system）或稱孤立系統。
- （二）封閉、開放、絕熱及隔離系統之特性比較：

	質量進出	能量進出
封閉系統	×	○
開放系統	○	○
絕熱系統	○	熱：×
		功：○
隔離系統	×	×

八、性質

- （一）描述任何系統狀態之特性者，稱為性質（property）。
- （二）即系統中顯而易見之特性，例如：溫度、壓力、質量、內能、比容、比重等。

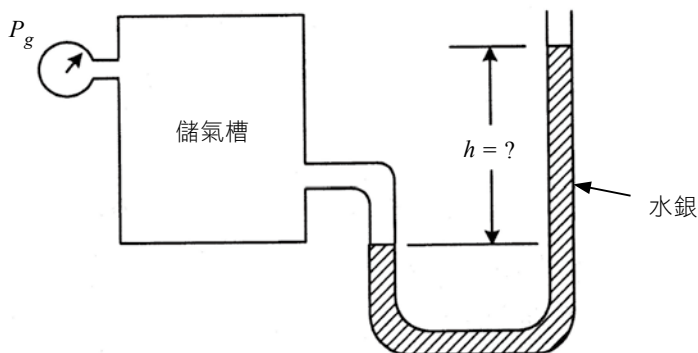


功與熱兩者只能在系統邊界處觀察到，而且都表示通過系統邊界之能量。

功與熱之大小與所行經之路徑有關，故為路徑函數（非狀態函數），在數學上非狀態函數為非正合微分。



1-20



►►【解析】

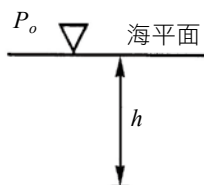
$$P_g = \rho gh \Rightarrow 200 \times 10^3 = 13600 \times 9.81 \times h \Rightarrow h = 1.5(\text{m})$$

即水銀兩液面之高度差為 1.5(m)

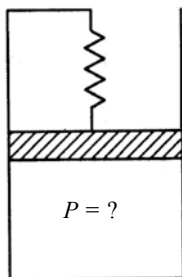
四、試求作用在海面下 30m 處之潛水夫身上的壓力約為多少？（若當地之大氣壓為 101kPa，且海水之比重為 1.03）

►►【解析】

$$P = P_o + \gamma h = P_o + \gamma_w S \times h = 101 \times 10^3 + 9810 \times 1.03 \times 30 = 404.13(\text{kPa})$$



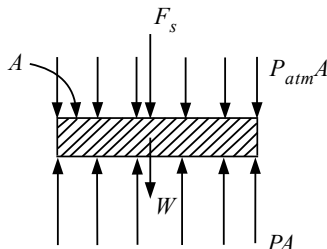
五、如下圖所示之無摩擦活塞—氣缸裝置，若活塞之重量為 50N 且截面積為 40cm^2 ，而在活塞上則安裝一彈簧並施以活塞 60N 之作用力。若環境之壓力為 100kPa，試求氣缸內之壓力值。





►►【解析】

取活塞之自由體圖如下：



由力平衡方程式可得： $PA - F_s - W - P_{atm}A = 0$
 $\therefore P \times (40 \times 10^4) - 60 - 50 - 100 \times 10^3 \times (40 \times 10^{-4}) = 0$
 $\Rightarrow P = 127500(\text{Pa}) = 127.5(\text{kPa})$
 因此，氣缸內之壓力值為 127.5kPa。

六、正式比賽所用的足球應符合以下的標準： $P_g = 90\text{kPa}$ ， $V = 2650\text{cm}^3$ 。假設大氣壓力為 $P_0 = 101\text{kPa}$ ，若比賽是在下列三種氣溫條件下進行：

- (一) 25°C
- (二) 0°C
- (三) 35°C

如果在室溫為 25°C 的條件下對足球進行充氣，試計算上述三種氣溫下的比賽用球，它們的充氣壓力（錶壓力）及球內的空氣量各為多少？

►►【解析】

已知 $P = P_g + P_0 = 90 + 101 = 191\text{kPa}$ ， $V = 2650\text{cm}^3 = 2650 \times 10^{-6}\text{m}^3$ ， $P_0 = 101\text{kPa}$ ， $T_0 = 25^\circ\text{C} = 298\text{K}$

$$\therefore PV = m_1RT_1 = m_2RT_2 = m_3RT_3$$

$\therefore$ 在三種氣溫下的比賽用球，球內應有的空氣量分別為：

$$T_1 = 25^\circ\text{C} \text{ 時, } m_1 = \frac{PV}{RT_1} = \frac{191 \times 2650 \times 10^{-6}}{0.287 \times (25 + 273)} = 5.92 \times 10^{-3} (\text{kg})$$

$$T_2 = 0^\circ\text{C} \text{ 時, } m_2 = \frac{PV}{RT_2} = \frac{191 \times 2650 \times 10^{-6}}{0.287 \times (0 + 273)} = 6.46 \times 10^{-3} (\text{kg})$$

$$T_3 = 35^\circ\text{C} \text{ 時, } m_3 = \frac{PV}{RT_3} = \frac{191 \times 2650 \times 10^{-6}}{0.287 \times (35 + 273)} = 5.72 \times 10^{-3} (\text{kg})$$

在室溫為 25°C 的條件下對足球進行充氣，而達到上述空氣量要求時的充氣壓力分別為：

$$P_1 = \frac{m_1RT_0}{V} = \frac{5.92 \times 10^{-3} \times 0.287 \times 298}{2650 \times 10^{-6}} = 191.1(\text{kPa})$$

$$\therefore P_{g1} = P_1 - P_0 = 191.1 - 101 = 90.1(\text{kPa})$$

$$P_2 = \frac{m_2RT_0}{V} = \frac{6.46 \times 10^{-3} \times 0.287 \times 298}{2650 \times 10^{-6}} = 208.5 (\text{kPa})$$

$$\therefore P_{g2} = P_2 - P_0 = 208.5 - 101 = 107.5(\text{kPa})$$

$$P_3 = \frac{m_3 RT_0}{V} = \frac{5.72 \times 10^{-3} \times 0.287 \times 298}{2650 \times 10^{-6}} = 184.7(\text{kPa})$$

$$\therefore P_{g3} = P_3 - P_0 = 184.7 - 101 = 83.7(\text{kPa})$$

七、一汽車在 1.1 小時內消耗汽油 37.5 公升，已知輸出的功率為 64kW，汽油的發熱量為 44000kJ/kg，汽油的密度為 0.75g/cm³。試求汽車通過排氣、水箱及機件的散熱所放出的熱量。

►►【解析】

$$V = 37.5 \text{ 公升} = 37500\text{cm}^3, \rho = 0.75\text{g/cm}^3 = 0.75 \times 10^{-3}\text{kg/cm}^3$$

在 1.1 小時內消耗的汽油為 37.5 公升，這些汽油所發出的熱量為：

$$Q_{in} = mq_H = (V \times \rho)q_H = (37500 \times 0.75 \times 10^{-3}) \times 44000 = 1237500(\text{kJ})$$

在 1.1 小時內汽車所輸出的功為：

$$W_{out} = \dot{W}_{out} \times t = 64 \times 1.1 \times 3600 = 253440(\text{kJ})$$

因此，由能量守恆可知在 1.1 小時內汽車通過排氣、水箱及機件的散熱所放出的熱量為：

$$Q_{out} = Q_{in} - W_{out} = 1237500 - 253440 = 984060(\text{kJ})$$

八、在活塞—氣缸中，內部體積由 2m³膨脹至 3m³，而此過程壓力一直維持 200kPa，且輪軸對系統內部作功 400kJ，試求：

(一) 活塞所作之功。

(二) 系統之淨功。

►►【解析】

(一) 活塞所作之功即為移動邊界所作之功，且此過程中壓力為定值，故：

$$W_b = \int_1^2 P dV = P(V_2 - V_1)$$

因此，可得活塞所作之功為： $W_b = 200 \times (3 - 2) = 200(\text{kJ})$ （正值表示輸出功）

(二) 系統之淨功為活塞所作之功與輪軸功之和，其中輪軸功為輸入功，故為負值。因此，系統之淨功為：

$$W_{net} = W_b + W_{shaft} \Rightarrow W_{net} = 200 + (-400) = -200(\text{kJ}) \quad (\text{負值表示輸入功})$$

九、一屋容積 170m³，包含 200kg 空氣。一半的空氣由屋中抽出且壓縮至一槽中形成 7m³ 容積。求：

(一) 槽中空氣密度為何？

(二) 屋中剩餘空氣的密度為何？

►►【解析】

$$\therefore \text{密度之定義 } \rho \equiv \frac{m}{V}$$

$$\therefore \text{槽中空氣密度 } \rho_{\text{槽中}} = \frac{100}{7} = 14.29 (\text{kg/m}^3)$$

$$\text{屋中剩餘空氣密度 } \rho_{\text{屋內}} = \frac{100}{170} = 0.588 (\text{kg/m}^3)$$

