

113 年公務人員高等考試三級考試試題

等 別：三等

類 科：機械工程

科 目：熱力學

李函老師解題

一、壓力為 1 MPa、溫度為 350 K 的空氣穩態且等熵地流經一個流道，空氣速度為 200 m/s，試求：（每小題 5 分，共 20 分）

(一)靜滯焓 (Stagnation enthalpy) (單位取 kJ/kg)

(二)靜滯溫度 (Stagnation temperature) (單位取 K)

(三)靜滯壓力 (Stagnation pressure) (單位取 MPa)

(四)馬赫數 (Mach number)

註：假設此空氣為理想氣體，空氣的等壓比熱與等容比熱皆為定值，等壓比熱 $C_p = 1.005$ kJ/(kg·K)，等容比熱 $C_v = 0.718$ kJ/(kg·K)，氣體常數 $R = 0.287$ kJ/(kg·K)，空氣的焓 $h = C_p T$ (T 的單位為 K)。

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★

2. 《破題關鍵》「靜滯(Stagnation)」之意涵、開放系統穩流過程熱力學第一定律之應用、等熵過程溫度與壓力之關係式、理想氣體之音速公式及馬赫數之定義。

【擬答】

(一) $q - w = \Delta h + \Delta ke$ ，其中 $q = 0$ ， $w = 0$ ， $V_2 = 0$

$$\therefore 0 = (h_2 - h_1) + \frac{1}{2}(V_2^2 - V_1^2) \Rightarrow h_2 = h_1 + \frac{1}{2}V_1^2 = C_p T_1 + \frac{1}{2}V_1^2 = 371.75 \text{ kJ/kg}$$

(二) $h_2 = C_p T_2 \Rightarrow T_2 = 369.9 \text{ K}$

(三) $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}$ ，其中 $k = \frac{C_p}{C_v} = 1.4$ ，故 $P_2 = P_1 \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{k}{k-1}} = 1.214 \text{ MPa}$

(四) $C = \sqrt{kRT_1} = 11.86 \text{ m/s}$ ，故 $M = \frac{V_1}{C} = 16.86$

二、一個封閉的活塞/氣缸組合內含初始壓力為 100 kPa、溫度為 25°C、體積為 0.4 m³ 的空氣，其先經過一等容加熱過程直到壓力變為 250 kPa，之後再經過一個等壓加熱過程直到體積變為兩倍。試求：（每小題 10 分，共 30 分）

(一)最終溫度為何？（單位取 K）

(二)在整個過程中，空氣的作功量為何？（單位取 kJ）

(三)在整個過程，加熱空氣的熱量為何？（單位取 kJ）

註：假設此空氣為理想氣體，空氣的等壓比熱與等容比熱皆為定值，等壓比熱 $C_p = 1.005$ kJ/(kg·K)，等容比熱 $C_v = 0.718$ kJ/(kg·K)，氣體常數 $R = 0.287$ kJ/(kg·K)，空氣的比內能變化可以用 $u_2 - u_1 = C_v(T_2 - T_1)$ 來計算。

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★

2. 《破題關鍵》封閉系統等容與等壓過程熱力學第一定律、理想氣體狀態方程式之應用。

【擬答】

1 → 2：等容加熱

$$Q_{12} - W_{12} = \Delta U_{12} = m\Delta u_{12} = mC_v(T_2 - T_1)$$

$$\text{其中 } W_{12} = \int_1^2 P dV = 0, m = \frac{P_1 V_1}{RT_1} = 0.4677 \text{ kg}, \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} = \frac{mRT_2}{mRT_1} \Rightarrow T_2 = \left(\frac{P_2}{P_1}\right) T_1 = 745 \text{ K}$$

故 $Q_{12} = 150.11 \text{ kJ}$ ，其中正號表示輸入熱。

2 → 3：等壓加熱

$$Q_{23} - W_{23} = \Delta U_{23} = m \Delta u_{23} = m C_v (T_3 - T_2)$$

$$\text{其中 } W_{23} = \int_2^3 P dV = P_2 (V_3 - V_2) = 100 \text{ kJ}, \frac{P_3 V_3}{P_2 V_2} = \frac{mRT_3}{mRT_2} \Rightarrow T_3 = \left(\frac{V_3}{V_2}\right) T_2 = 1490 \text{ K}$$

故 $Q_{23} = 250.18 \text{ kJ}$ ，其中正號表示輸入熱。

$$(\rightarrow) T_3 = 1490 \text{ K}$$

$$(\rightarrow) W_{net} = W_{12} + W_{23} = 100 \text{ kJ}$$

$$(\rightarrow) Q_{net} = Q_{12} + Q_{23} = 400.29 \text{ kJ}$$

三、一個體積為 1.0 m^3 的封閉剛性容器置於一個加熱板上。剛開始的時候，容器內含有水的飽和液 (Saturated liquid) 和飽和汽 (Saturated vapor) 的兩相混合物，在壓力 $P_1 = 1 \text{ bar}$ 的情況下，乾度 (Quality) 為 0.6。經過加熱後，容器內的壓力為 $P_2 = 1.5 \text{ bar}$ 。試利用下方飽和水之特性表決定：

(一) 狀態 1 和 2 的溫度 (單位取 $^{\circ}\text{C}$) (每個答案 5 分，共 10 分)

(二) 狀態 1 和 2 的飽和汽質量 (單位取 kg) (每個答案 5 分，共 10 分)

(三) 如果繼續加熱至容器中的水全部變成飽和汽時，試求此時的壓力 (單位取 bar) (10 分)

Pressure bar	Temperature $^{\circ}\text{C}$	Specific volume m^3/kg	
		Sat. Liquid v_f	Sat. Vapor v_g
0.8	93.50	1.0380×10^{-3}	2.087
0.9	96.71	1.0410×10^{-3}	1.869
1.0	99.63	1.0432×10^{-3}	1.694
1.5	111.4	1.0528×10^{-3}	1.159
2.0	120.2	1.0605×10^{-3}	0.8857
2.5	127.3	1.0672×10^{-3}	0.7187
3.0	133.6	1.0732×10^{-3}	0.6058
3.5	138.9	1.0786×10^{-3}	0.5243
4.0	143.6	1.0836×10^{-3}	0.4625
4.5	147.9	1.0882×10^{-3}	0.4140

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★

2. 《破題關鍵》熱力性質表之應用、乾度之定義與應用。

【擬答】

狀態 1：飽和狀態(液汽共存之兩相混合物)

由 $P_1 = 1 \text{ bar}$ 查表可得 $T_1 = T_{sat@P_1} = 99.63^{\circ}\text{C}$ 及 $v_f = 1.0432 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$ 、

$$v_g = 1.694 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\therefore v_1 = v_f + x_1 v_{fg} = v_f + x_1 (v_g - v_f) = 1.01682 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$V_1 = mv_1 \Rightarrow m = \frac{V_1}{v_1} = 0.9835kg, \text{ 故 } x_1 = \frac{m_{g1}}{m} \Rightarrow m_{g1} = x_1 m = 0.5901kg$$

$$\text{狀態 2: } V_1 = V_2 = 1m^3, m = 0.9835kg, \text{ 故 } v_2 = v_1 = 1.01682 m^3/kg$$

$$\text{由 } P_2 = 1.5bar \text{ 查表可得 } v_f = 1.0528 \times 10^{-3} m^3/kg, v_g = 1.159 m^3/kg$$

$\therefore v_f < v_2 < v_g$, 故狀態 2 為飽和狀態(液汽共存之兩相混合物)

$$\therefore v_2 = v_f + x_2 v_{fg} = v_f + x_2 (v_g - v_f) \Rightarrow x_2 = 0.877$$

$$x_2 = \frac{m_{g2}}{m} \Rightarrow m_{g2} = x_2 m = 0.8625kg$$

由於狀態 2 為飽和狀態, 故由 $P_2 = 1.5bar$ 查表可得 $T_2 = T_{sat@P_2} = 111.4^\circ C$

$$\text{狀態 3: } V_3 = V_2 = V_1 = 1m^3, m = 0.9835kg = m_g$$

$$\text{故 } v_3 = v_2 = v_1 = 1.01682 m^3/kg = v_{3g}$$

$$\text{由 } v_{3g} = 1.01682 m^3/kg \text{ 查表並配合內插法可得 } P_3 = 1.76bar$$

$$(\text{一}) T_1 = T_{sat@P_1} = 99.63^\circ C, T_2 = T_{sat@P_2} = 111.4^\circ C$$

$$(\text{二}) m_{g1} = 0.5901kg, m_{g2} = 0.8625kg$$

$$(\text{三}) P_3 = 1.76bar$$

志光 學儒 保成

工科上榜養成規劃

法科架構班
結合實務例子
建構法科概念

扎實正規班
完整堂數
循序漸進

獨家 進階課程
圖解階段複習
解題技巧灌輸

工科全科班
公職+國營
一次到位

主題題庫班
主題教學
考點分析

精華總複習
掌握考點
增強實力

全真模擬考
比照真實考試
檢視應考實力

考前關懷講座
名師最終提點
觀念更加清晰

詳細課程內容, 歡迎至志光學儒保成全國門市洽詢

四、試回答下列兩個問題：

(一)兩部引擎的熱效率均為 40%，引擎 A 從一個 600 K 的高溫熱池 (Thermal reservoir) 吸收熱量，而引擎 B 則從一個 1,200 K 的高溫熱池吸收熱量，兩個引擎都將熱量排給一個溫度為 300 K 的熱池，假設過程中各熱池的溫度皆固定，試分別求出此兩部引擎的第二定律效率。
(每個答案 5 分，共 10 分)

(二)兩部冷凍機的性能係數均為 2.0，冷凍機 C 從一個 300 K 的熱池吸收熱量，而冷凍機 D 則從一個 320 K 的熱池吸收熱量，兩部冷凍機都將熱量排至一個溫度為 400 K 的高溫熱池，假設過程中各熱池的溫度皆固定，試分別求出此兩部冷凍機的第二定律效率。(每個答案 5 分，共 10 分)

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★
2. 《破題關鍵》熱機與冷機之第二定律效率之應用。

【擬答】

(一)

$$\eta_{rev,A} = \left(1 - \frac{T_L}{T_H}\right)_A = 0.5, \text{ 故 } \eta_{II,A} = \frac{\eta_A}{\eta_{rev,A}} = 80\%$$

$$\eta_{rev,B} = \left(1 - \frac{T_L}{T_H}\right)_B = 0.75, \text{ 故 } \eta_{II,B} = \frac{\eta_B}{\eta_{rev,B}} = 53.3\%$$

(二)

$$COP_{rev,C} = \left(\frac{T_L}{T_H - T_L}\right)_C = 3, \text{ 故 } \eta_{II,C} = \frac{COP_C}{COP_{rev,C}} = 66.7\%$$

$$COP_{rev,D} = \left(\frac{T_L}{T_H - T_L}\right)_D = 4, \text{ 故 } \eta_{II,D} = \frac{COP_D}{COP_{rev,D}} = 50\%$$

志光×學儒×保成
為你絕佳助攻

5大衝刺課程

帶你直攻
地方特考

測驗常考易錯

埋頭苦練 不如讓老師點通學習之路

常考題型 知識強化

易錯題型 觀念釐清

總複習

考點update!時事修法update!

關鍵考點

考前複習

最新考情

短期密集

題庫班

各科名師專業訓練 審題神速、答題神準
讀書精熟+答題精準=快速上榜

題庫演練

精準教學

解題技巧

作文實戰班

作文學得好，同時提升寫作能力與論述邏輯

高分
寫作指引

強化
論述深度

架構
分層演練

新式
作文教戰