

經濟部所屬事業機構 111 年新進職員甄試試題

類 別：機械

科 目：1. 熱力學與熱機學 2. 流體力學與流體機械

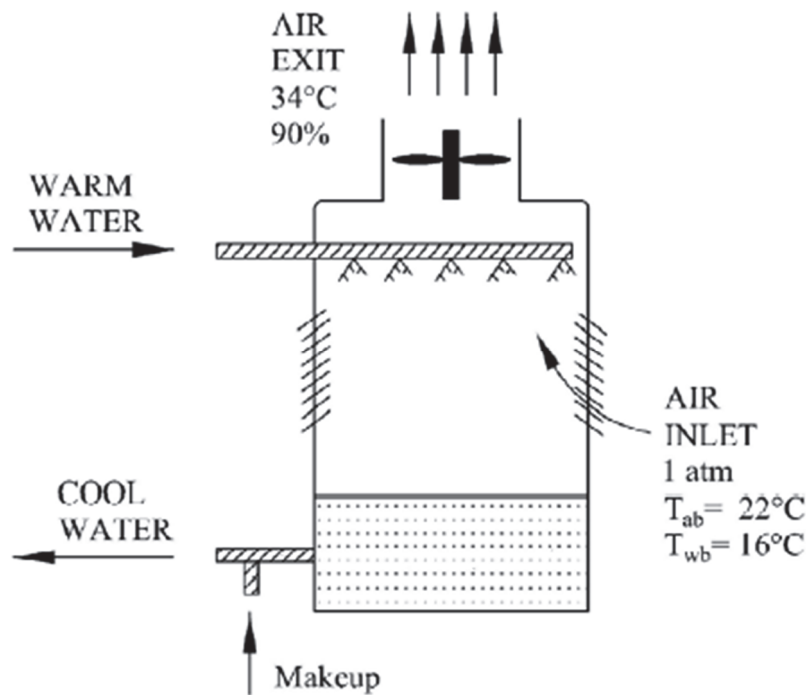
李函老師解題

一、有一冷卻水塔如【圖 1】所示，有能力將 60kg/s 的水由 40 °C 冷卻至 26 °C。空氣進入塔內的狀態為 1atm，乾球溫度為 22 °C，濕球溫度為 16 °C。空氣離開塔時的狀態為 34 °C，相對溼度為 90%。

經查濕度圖及性質圖得知 $h_1=44.7\text{kJ/kg dry air}$ ，絕對溼度 $w_1=0.0089\text{kg H}_2\text{O/kg dry air}$ ， $v_1=0.849\text{m}^3/\text{kg dry air}$ ； $h_2=113.5\text{kJ/kg dry air}$ ，絕對溼度 $w_2=0.0309\text{kg H}_2\text{O/kg dry air}$ ； $h_3=167.57\text{kJ/kg H}_2\text{O}$ ； $h_4=109.07\text{kJ/kg H}_2\text{O}$ ，請計算下列各項(計算至小數點後第 2 位，以下四捨五入)。(2 題，每題 5 分，共 10 分)

(一) 空氣之體積流率為多少 m^3/s ？

(二) 補充水之質量流率為多少 kg/s ？



【圖 1】

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★★

2. 《破題關鍵》屬於熱力學之濕空氣與空氣調節中，冷卻水塔之考題應用。

【擬答】

(1) 空氣之質量守恆： $\dot{m}_{a1} = \dot{m}_{a2} = \dot{m}_a$

水之質量守恆： $\dot{m}_3 + \dot{m}_{v1} = \dot{m}_4 + \dot{m}_{v2} \Rightarrow \dot{m}_3 + \omega_1 \dot{m}_{a1} = \dot{m}_4 + \omega_2 \dot{m}_{a2}$

能量守恆： $\dot{m}_{a2} h_2 + \dot{m}_4 h_4 = \dot{m}_{a1} h_1 + \dot{m}_3 h_3 \Rightarrow \dot{m}_a = \frac{\dot{m}_3 (h_3 - h_4)}{(h_2 - h_1) - (\omega_2 - \omega_1) h_4}$

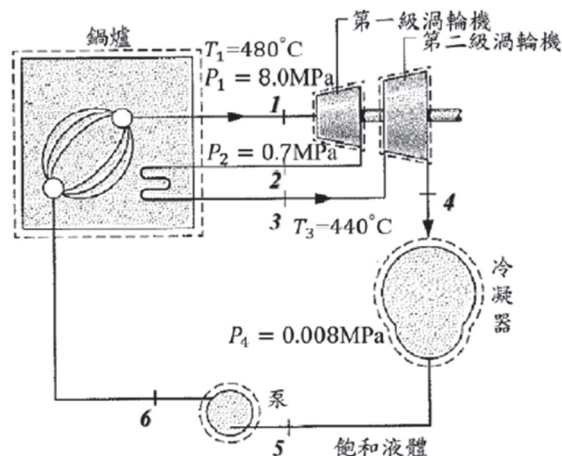
$\therefore \dot{m}_a = 52.86\text{kg/s}$ ，故 $Q_a = \dot{m}_a v_1 = 44.88\text{m}^3/\text{s}$

(2) $\dot{m}_{\text{補充水}} = \dot{m}_a (\omega_2 - \omega_1) = 1.16\text{kg/s}$ 。

二、如【圖 2】所示，一朗肯循環(Rankine Cycle)具有過熱及再熱過程，工作流體為蒸氣，蒸氣進入第一級渦輪機狀為 $P_1=8\text{MPa}$ ， $T_1=480^\circ\text{C}$ ，出口狀態膨脹至 $P_2=0.7\text{MPa}$ ，被再加熱(Reheated)至 $T_3=440^\circ\text{C}$ ，然後進入第二級渦輪機內膨脹至 $P_4=0.008\text{MPa}$ ，而後進入至冷凝器，淨輸出發電量為 100MW 。假設渦輪機與泵為等熵過程(Isentropic)，請計算下列各項(計算至小數點後第 3 位，以下四捨五入)。(4 題，共 25 分)

- (一)此循環之熱效率為多少%?(5 分)
- (二)此蒸氣之質量流率為多少 kg/h ?(5 分)
- (三)此循環中，冷凝器之熱量損失為多少 MW ?(5 分)
- (四)假設每一級渦輪機等熵效率為 85% ，此循環之熱效率為多少%?(10 分)

Properties of water : Superheated-vapor Table				
P=0.7MPa (Tsat = 164.97 °C)				
溫度 T (°C)	比容 v (m ³ /kg)	內能 u(kJ/kg)	焓 h(kJ/kg)	熵 s (kJ/kg-K)
400	0.4397	2960.9	3268.7	7.6350
440	0.4667	3026.6	3353.3	7.7571
500	0.5070	3126.8	3481.7	7.9299
P=8MPa (Tast = 164.97 °C)				
溫度 T (°C)	比容 v (m ³ /kg)	內能 u (kJ/kg)	焓 h (kJ/kg)	熵 s (kJ/kg-K)
400	0.03432	2863.8	3138.3	6.3634
440	0.03742	2946.7	3246.1	6.5190
500	0.04175	3064.3	3398.3	6.7240



【圖 2】

Properties of Saturated Water (Liquid-Vapor) : Pressure Table									
壓力 (MPa)	溫度 T (°C)	比容 v (m ³ /kg)		內能 u(kJ/kg)		焓 h(kJ/kg)		熵 s (kJ/kg-K)	
		v _f × 10 ⁻³	v _g	u _f	u _g	h _f	h _g	s _f	s _g
0.008MPa	41.51	1.0084	18.103	173.87	2432.2	173.88	2577.0	0.5926	8.2287
0.7MPa	165.0	1.1080	0.2729	696.44	2572.5	697.22	2763.5	1.9922	6.7080
8MPa	295.1	1.3842	0.02352	1305.6	2569.8	1316.6	2758.0	3.2068	5.7432

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★★★
2. 《破題關鍵》

屬於熱力學之蒸氣動力循環中，朗肯循環之兩階段膨脹及再熱過程之考題應用。

【擬答】

$$\left\{ \begin{array}{l} P_1 = 8\text{MPa} \\ T_1 = 480^\circ\text{C} \end{array} \right. \text{查表並配合內插法可得} \left\{ \begin{array}{l} h_1 = 3347.6\text{kJ/kg} \\ s_1 = 6.6557\text{kJ/kg-K} \end{array} \right.$$

$$\begin{cases} P_2 = 0.7 \text{ MPa} \\ s_2 = s_1 = 6.6557 \text{ kJ/kg-K} \end{cases} \text{查表可得} \begin{cases} h_f = 697.22 \text{ kJ/kg} \\ h_g = 2763.5 \text{ kJ/kg} \\ s_f = 1.9922 \text{ kJ/kg-K} \\ s_g = 6.7080 \text{ kJ/kg-K} \end{cases}$$

$$\therefore x_2 = \frac{s_2 - s_f}{s_g - s_f} = 0.9889, \text{ 故 } h_2 = h_f + x_2 h_{fg} = 2740.6 \text{ kJ/kg}$$

$$\begin{cases} P_3 = P_2 = 0.7 \text{ MPa} \\ T_3 = 440^\circ\text{C} \end{cases} \text{查表可得} \begin{cases} h_3 = 3353.3 \text{ kJ/kg} \\ s_3 = 7.7571 \text{ kJ/kg-K} \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_4 = 0.008 \text{ MPa} \\ s_4 = s_3 = 7.7571 \text{ kJ/kg-K} \end{cases} \text{查表可得} \begin{cases} h_f = 173.88 \text{ kJ/kg} \\ h_g = 2577.0 \text{ kJ/kg} \\ s_f = 0.5926 \text{ kJ/kg-K} \\ s_g = 8.2287 \text{ kJ/kg-K} \end{cases}$$

$$\therefore x_4 = \frac{s_4 - s_f}{s_g - s_f} = 0.9382, \text{ 故 } h_4 = h_f + x_4 h_{fg} = 2428.5 \text{ kJ/kg}$$

$$\begin{cases} P_5 = P_4 = 0.008 \text{ MPa} \\ \text{飽和液體} \end{cases} \text{查表可得} \begin{cases} h_5 = 173.88 \text{ kJ/kg} \\ v_5 = 1.0084 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg} \end{cases}$$

5→6：假設此過程忽略動位能之變化，故由開放系統穩流過程之熱力學第一定律可得

$$q_{56} - w_{56} = \Delta h_{56} = h_6 - h_5$$

$$\text{其中 } q_{56} = 0, w_{56} = -w_p = -w_{in} = -v_5(P_6 - P_5)$$

$$\therefore h_6 = h_5 + v_5(P_6 - P_5) = 181.94 \text{ kJ/kg}$$

$$(-)\eta = \frac{w_{out,net}}{q_{in}} = \frac{w_{out} - w_{in}}{q_{in,鍋爐} + q_{in,再熱器}} = \frac{(w_{t,I} + w_{t,II}) - w_p}{q_{in,過熱} + q_{in,再熱}}$$

1→2：假設此過程忽略動位能之變化，故由開放系統穩流過程之熱力學第一定律可得

$$q_{12} - w_{12} = \Delta h_{12} = h_2 - h_1, \text{ 其中 } q_{12} = 0, w_{12} = w_{t,I} = w_{out,I}$$

$$\therefore w_{t,I} = w_{out,I} = h_1 - h_2$$

3→4：假設此過程忽略動位能之變化，故由開放系統穩流過程之熱力學第一定律可得

$$q_{34} - w_{34} = \Delta h_{34} = h_4 - h_3, \text{ 其中 } q_{34} = 0, w_{34} = w_{t,II} = w_{out,II}$$

$$\therefore w_{t,II} = w_{out,II} = h_3 - h_4$$

5→6：假設此過程忽略動位能之變化，故由開放系統穩流過程之熱力學第一定律可得

$$q_{56} - w_{56} = \Delta h_{56} = h_6 - h_5, \text{ 其中 } q_{56} = 0, w_{56} = -w_p = -w_{in}$$

$$\therefore w_p = h_6 - h_5$$

此循環之單位質量淨輸出功為 $w_{out,net} = w_{out} - w_{in} = w_{t,I} + w_{t,II} - w_p$

$$\therefore w_{out,net} = (h_1 - h_2) + (h_3 - h_4) - (h_6 - h_5)$$

6→1：假設此過程忽略動位能之變化，故由開放系統穩流過程之熱力學第一定律可得

$$q_{61} - w_{61} = \Delta h_{61} = h_1 - h_6, \text{ 其中 } q_{61} = q_{in,過熱}, w_{61} = 0$$

$$\therefore q_{in,過熱} = h_1 - h_6$$

2→3：假設此過程忽略動位能之變化，故由開放系統穩流過程之熱力學第一定律可得

$$q_{23} - w_{23} = \Delta h_{23} = h_3 - h_2, \text{ 其中 } q_{23} = q_{in,再熱}, w_{23} = 0$$

$$\therefore q_{in,再熱} = h_3 - h_2$$

此循環之單位質量總熱傳量為 $q_{in} = q_{in,過熱} + q_{in,再熱} = (h_1 - h_6) + (h_3 - h_2)$

$$\therefore \eta = \frac{w_{out,net}}{q_{in}} = \frac{(h_1 - h_2) + (h_3 - h_4) - (h_6 - h_5)}{(h_1 - h_6) + (h_3 - h_2)} = 40.33\%$$

(二) 設 \dot{m} 為蒸汽之質量流率，故循環之淨輸出功率為

$$\dot{W}_{out,net} = \dot{m}w_{out,net} \Rightarrow \dot{m} = \frac{\dot{W}_{out,net}}{w_{out,net}} = \frac{\dot{W}_{out,net}}{(h_1 - h_2) + (h_3 - h_4) - (h_6 - h_5)}$$

$$\therefore \dot{m} = 65.628 \text{ kg/s} = 236260.8 \text{ kg/h} = 2.363 \times 10^5 \text{ kg/h}$$

(三) 4→5：假設此過程忽略動位能之變化，故由開放系統穩流過程之熱力學第一定律可得

$$q_{45} - w_{45} = \Delta h_{45} = h_5 - h_4, \text{ 其中 } q_{45} = -q_{out}, w_{45} = 0$$

$$\therefore q_{out} = h_4 - h_5$$

$$\text{故 } \dot{Q}_{out} = \dot{m}q_{out} = \dot{m}(h_4 - h_5) = 147966.2 \text{ kW} = 147.966 \text{ MW}$$

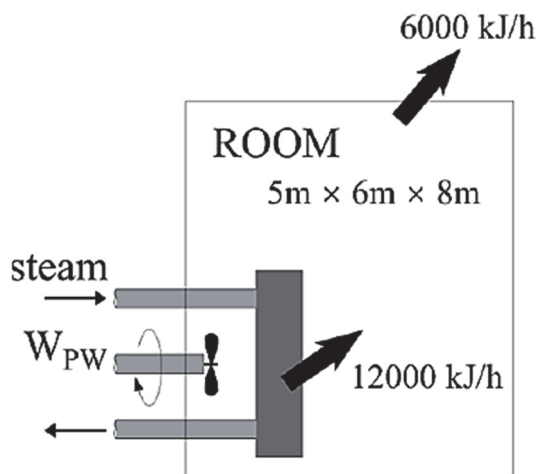
$$(四) \eta_t = \frac{h_1 - h_{2a}}{h_1 - h_{2s}} \Rightarrow h_{2a} = h_1 - \eta_t (h_1 - h_{2s}) = 2831.7 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_t = \frac{h_3 - h_{4a}}{h_3 - h_{4s}} \Rightarrow h_{4a} = h_3 - \eta_t (h_3 - h_{4s}) = 2567.2 \text{ kJ/kg}$$

$$\therefore \eta = \frac{w_{out,net}}{q_{in}} = \frac{(h_1 - h_{2a}) + (h_3 - h_{4a}) - (h_6 - h_5)}{(h_1 - h_6) + (h_3 - h_{2a})} = 35.1\%$$

公職王歷屆試題 (111 國營聯招)

三、如【圖 3】所示，一個 $5\text{m} \times 6\text{m} \times 8\text{m}$ 之密閉空間在 120kPa 壓力下以一加熱器加熱，此加熱器傳入熱量為 12000kJ/h ，其上有一 100W 之風扇散布其熱量，而房間另有 6000kJ/h 之熱量散失至室外。假設空氣為理想氣體，其等壓比熱 $C_p=1.005\text{kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$ ，空氣氣體常數 $R=0.287\text{kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$ ，若房間的空氣溫度為 10°C ，請問經過幾秒之後溫度會上升至 20°C (計算至小數點後第 3 位，以下四捨五入)? (15 分)



【圖 3】

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★

2. 《破題關鍵》屬於熱力學之熱力學第一定律中，封閉系統之考題應用。

【擬答】

$$Q - W = \Delta U = mC_v(T_2 - T_1)$$

其中 (1) $Q = Q_{in} - Q_{out} = (\dot{Q}_{in} - \dot{Q}_{out})\Delta t = 1.667\Delta t$

(2) $W = -W_{fan} = -(\dot{W}_{fan}\Delta t) = -0.1\Delta t$

(3) $\forall = 5 \times 6 \times 8 = 240\text{m}^3$

(4) $P_1\forall = mRT_1 \Rightarrow m = 354.588\text{kg}$

(5) $C_p - C_v = R \Rightarrow C_v = C_p - R = 0.718\text{kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$

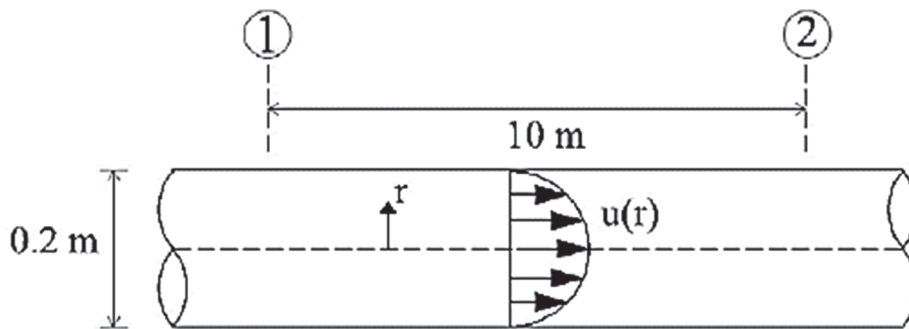
$$\therefore 1.667\Delta t - (-0.1\Delta t) = 354.588 \times 0.718 \times (20 - 10) \Rightarrow \Delta t = 1440.827\text{sec}$$

四、如【圖 4】所示，一穩態(Steady)、完全發展(Fully developed)、層流(Laminar)之圓形截面水平管道中為水之流動，其沿著管道方向之速度分布 u 呈現軸對稱(Axi-symmetric)，且僅與 r 相關。已知其中心軸($r=0$)之流速為 0.01m/s ，且速度分布在任一截面均為拋物線分布，請計算下列各項(計算至小數點後第 3 位，以下四捨五入)。(3 題，共 20 分)

(一)此截面之平均流速為多少 m/s ? (5 分)

(二)已知水之運動黏滯係數(Kinematic viscosity)為 $10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$ ，請證明前述流況確屬為層流之形式。(5 分)

(三)依據力平衡，求①與②之壓力差為多少 N/m^2 ? (10 分)



【圖 4】

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★
2. 《破題關鍵》屬於流體力學之不可壓縮黏性內流場中，圓管內穩定層流之考題應用。

【擬答】

$$(\rightarrow) \bar{V} = \frac{1}{2} u_{\max} = \frac{1}{2} \times 0.01 = 0.005 \text{ m/s} \circ$$

$$(\rightarrow) \text{Re} = \frac{\bar{V}D}{\nu} = \frac{0.005 \times 0.2}{10^{-6}} = 1000 < 2100 \text{ , 故此流況確屬層流之形式。}$$

$$(\rightarrow) \Delta P = P_1 - P_2 = \frac{8\mu\bar{V}L}{r_0^2} = \frac{8\nu\rho\bar{V}L}{r_0^2} = \frac{8 \times 10^{-6} \times 1000 \times 0.005 \times 10}{0.1^2} = 0.040 \text{ N/m}^2$$

112年 虛實整合

多元學習新型態

志光
保成
學儒

重聽OK
旁聽OK

突破傳統上課形式 5大方式彈性又便利

| 面授學習 | 直播學習 | 在家學習 | 視訊學習 | Wifi學習 |

◆ 學習 ◆
零時差

同類科各班別
皆可同步直播上課

◆ 服務 ◆
零死角

服務緊貼需求
隨時掌握學習狀況

線上
課業諮詢

老師
申論批閱

雙師資
雙循環

多元
補課方式

上榜生
經驗親授

時事
專題講座

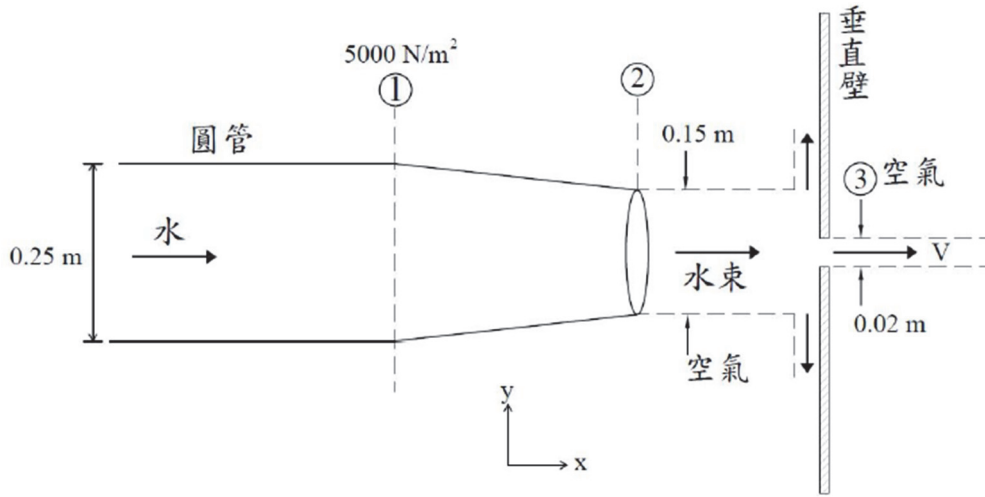
歷屆試題
練習

班導師
制度

各班服務略有不同，詳情請洽全國志光、保成、學儒門市

公職王歷屆試題 (111 國營聯招)

五、如【圖 5】所示，一恆定之水流動於水平圓管(截面②暴露於大氣)，水束自潔面②噴向一個具有圓孔之固定垂直壁，穿過圓孔後之水束速度與截面②相同，其餘則沿壁面方向輻射朝外對稱排開。已知截面②、③與①之直徑分別為 0.15cm、0.02m 與 0.25m，截面①之錶示壓力為 5000N/m²。假設截面②與③之水束維持水平(中心軸皆通過圓孔中心)且截面不變，在忽略摩擦效應之條件下，請計算垂直壁之 x 方向受力為多少 N(計算至小數點後第 3 位，以下四捨五入)? (15 分)



【圖 5】

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★
2. 《破題關鍵》屬於流體力學之柏努利方程式及線性動量方程式之考題應用。

【擬答】

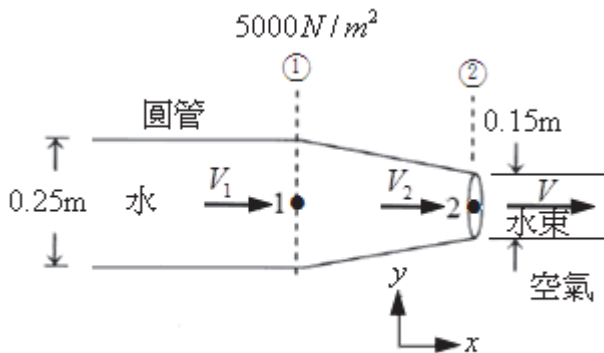


圖1

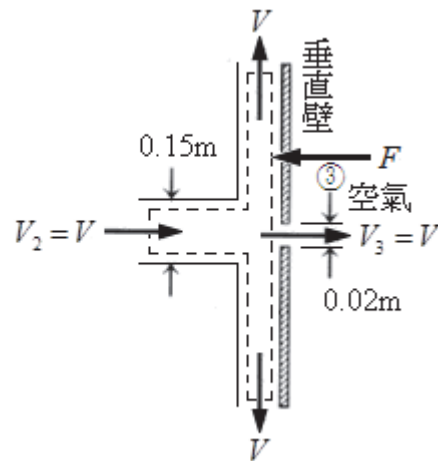


圖2

(一)如圖1所示，取點①及點②代入柏努利方程式中可得

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2$$

其中(1) $P_1 = 5000 \text{ N/m}^2$ (錶壓)， $P_2 = P_{atm} = 0$ (錶壓)

$$(2) Q = V_1 A_1 = V_2 A_2 \Rightarrow V_1 = \frac{A_2}{A_1} V_2 = 0.36 V_2$$

$$(3) z_1 = z_2 = 0$$

$$\therefore \frac{5000}{9810} + \frac{(0.36V_2)^2}{2 \times 9.81} = \frac{V_2^2}{2 \times 9.81} \Rightarrow V_2 = 3.39 \text{ m/s} = V_3 = V$$

(二) 如圖 2 所示，取虛線內為控制體積，由 x 方向之動量方程式可得

$$\sum F_x = \dot{m}(V_{out} - V_{in}) \Rightarrow -F = \dot{m}_3 V_3 - \dot{m}_2 V_2 \Rightarrow F = (A_2 - A_3) \rho V^2$$

其中 F 為垂直壁作用於水上之水平力

$$\therefore F = 199.472 \text{ N} (\leftarrow)$$

故水作用於垂直壁上之水平力 (x 方向受力) 為 $F' = -F = 199.472 \text{ N} (\rightarrow)$

六、有一混凝土矩形渠槽之底寬 $w = 2.5 \text{ m}$ ，渠流深度 $y = 1.8 \text{ m}$ ，渠床糙度 $n = 0.012$ ，渠床縱坡 $S = 0.0036$ ，請計算下列各項(計算至小數點後第 4 位，以下四捨五入)。(3 題，每題 5 分，共 15 分)

(一) 該渠流之正常流量為多少 m^3/s ?

(二) 該渠流之單位能量液頭(比能)為多少 m ?

(三) 該渠流屬於湍流還是緩流(需詳列計算過程)?

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★

2. 《破題關鍵》屬於流體力學之明渠流中，曼寧方程式及比能方程式之考題應用。

【擬答】

$$(一) Q = AV = \frac{1}{n} AR_h^{2/3} S^{1/2}, \text{ 其中 } A = wy = 4.5 \text{ m}^2, R_h = \frac{A}{P} = \frac{wy}{w+2y} = 0.7377 \text{ m}$$

$$\therefore Q = 18.3679 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$(二) E = y + \frac{Q^2}{2gA^2} = 2.6492 \text{ m}$$

$$(三) Fr = \frac{V}{\sqrt{gy}}, \text{ 其中 } V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2} = 4.0817 \text{ m/s}$$

$$\therefore Fr = 0.9713 < 1, \text{ 故為緩流。}$$