

類 科：化學工程

科 目：輸送現象與單元操作

考試時間：2 小時

座號：_____

※注意：(一)可以使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

(三)本科目得以本國文字或英文作答。

- 一、一牛頓流體 (Newtonian fluid) 以層流 (laminar flow) 流經長度為 L 、半徑為 R 之水平圓管。流體之密度 ρ 及黏度 μ 皆為定值。進出口壓力差為 ΔP 。
- (一)請求解體積流率 (volumetric flow rate) Q 。(15 分)
- (二)請求解泛寧摩擦係數 (Fanning friction factor) f 與雷諾數 (Reynolds number) Re 間之關係式。(10 分)
- (三)上述所得摩擦係數 f 與雷諾數 Re 間之關係式，是否適用於非圓形管內層流之流動？並請解釋其理由。(4 分)
- (四)對於平滑圓管之紊流 (turbulent flow) 而言， $f=0.046 Re^{-0.2}$ ($5 \times 10^4 < Re < 1 \times 10^6$)。請問此公式是否適用於非圓形管內紊流之流動？並請解釋其理由。(4 分)
- (五)如上述層流或紊流之摩擦係數公式可適用於非圓形管內之流動，此時雷諾數 Re 之直徑應如何定義？(5 分)
- 二、使用一泵將 25°C 之水從位於地平面之蓄水池輸送至高處之吸收塔，水流量為 $9 \text{ m}^3/\text{h}$ ，水之密度為 $998 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。水管出口高於地平面 5 m 。從蓄水池至水管出口之 50-mm 水管的摩擦損耗 (friction loss) 共為 $2.5 \text{ J}/\text{kg}$ 。假如泵只能輸出 0.1 kW 的功率，蓄水池的水面須維持在何高度？(20 分)
- 三、一泵在夜間時利用離峰電力將河水輸送至離河面 500 ft 高之山丘上蓄水池。在日間時將蓄水池之水經渦輪 (turbine) 回流至河流以協助日間供電。水之密度為 $62.3 \text{ lb}/\text{ft}^3$ 。
- (一)輸送河流水共用到兩條各長 $2,500 \text{ ft}$ 的 30-inch 圓管，流量各為 $20,000 \text{ gal}/\text{min}$ 。管路之摩擦損耗 (friction loss) 相當於 15 ft 水柱。如泵效率 (efficiency) 為 85% ，所需之泵功率 (power) 為多少馬力 (horsepower)？(15 分)
- (二)日間回流如流量相同，渦輪效率為 85% ，渦輪產生之功率為多少馬力？(5 分)
- (三)此水力儲能系統之總效率 (overall efficiency) 為何？(2 分)
- 單位換算： $1 \text{ ft}^3/\text{s} = 448.83 \text{ gal}/\text{min}$, $1 \text{ ft} = 12 \text{ in}$, $g = 32.174 \text{ ft}/\text{s}^2$, $1 \text{ hp} = 550 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f/\text{s}$
- 四、一逆向流 (counterflow) 之熱交換器中，熱流從 120°C 降溫為 40°C ，冷流從 20°C 增溫為 60°C 。如熱交換器以同向流 (parallel flow) 操作，熱流及冷流之出口溫各為多少？(20 分)