

114年專門職業及技術人員高等考試建築師、
25類科技師（含第二次食品技師）、大地工程
技師考試分階段考試（第二階段考試）
暨普通考試不動產經紀人、記帳士考試試題

等 別：高等考試
類 科：化學工程技師
科 目：程序控制
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)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

一、程序控制為工廠自動化與製程穩定運轉的重要技術手段，透過適當的控制策略與控制器設計，可提升產品品質、一致性與生產效率。請回答下列有關常見控制架構與控制原理的問題：

- (一)請解釋何謂「串級控制」(Cascade Control)。畫出其基本架構(含主、副迴路)，並闡述使用此種控制策略的主要優點與一項關鍵的應用限制。(5 分)
- (二)請比較「開迴路控制」(Open-Loop Control)與「閉迴路控制」(Closed-Loop Control)的定義與優缺點。(5 分)
- (三)請比較「回饋控制」(Feedback Control)與「前饋控制」(Feedforward Control)的控制原理與操作侷限性。(5 分)
- (四)在 PID 控制器中，P (比例)、I (積分)、D (微分)三個控制單元各自的主要功能為何？(6 分)

二、一個液位控制器採用 PI 控制模式，其輸出 $p(t)$ 的數學式為：

$$p(t) = K_c e(t) + \frac{K_c}{\tau_I} \int_0^t e(t') dt' + p_s$$

其中，控制器參數設定為：比例增益 (Proportional Gain) $K_c=2$ (%輸出/%誤差)，積分時間 $\tau_I=4$ 分鐘。

系統最初處於穩定狀態($t<0$)，誤差 $e(t)=0$ ，控制器輸出穩定在偏置值(bias) $p_s = 40\%$ 。

在時間 $t=0$ 時，因上游擾動，使得液位開始下降，產生一個大小為+5%的階級誤差（即 $e(t)=5\%$ for $t \geq 0$ ）。

請計算：

- (一)在誤差發生瞬間 ($t=0^+$)，控制器輸出 $p(t)$ 為何？(5 分)
- (二)在誤差發生 2 分鐘後 ($t=2$ min)，控制器輸出 $p(t)$ 為何？(5 分)
- (三)從 $t=0$ 開始，需要經過多少時間，控制器的輸出會達到飽和上限 100%。(6 分)

三、一間教室的自動冷氣溫控系统使用比例控制 (P control)。

冷氣系統的穩態增益 (steady-state gain) 為 $K_p=1.5$ ，表示冷氣出力每增加 1 單位，室溫在穩態會下降 1.5°C 。最初設定溫度為 27°C ，因為太熱所以現在將設定改為 25°C 。

若控制器增益 (proportional gain) K_c 可調整，請計算在不同 K_c 下的穩態偏差 (offset) 與最終室溫：

案例	控制器增益
A	2
B	5
C	8

請完成下列計算：

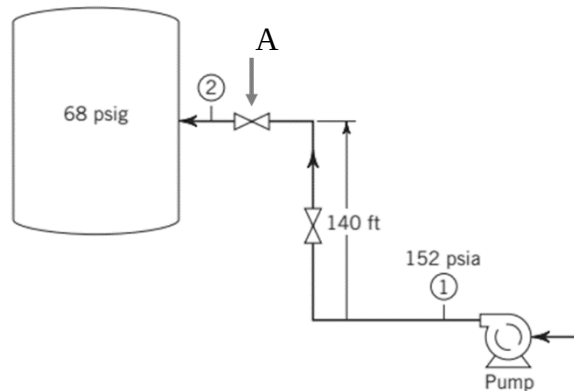
- (一)各案例的穩態偏差 e_{ss} 。(6 分)
- (二)各案例的最終室溫。(6 分)
- (三)比較那一個控制器增益能讓溫度最接近設定值。(5 分)

四、在一個蒸餾塔中，利用回流比 (R) 和蒸汽流率 (S) 以控制餾出物 (x_D) 與底部產品 (x_B) 的組成。當控制迴路被打開，以進行如上所述的控制實驗，並收集到以下數據：

實驗	R(kg/min)	S(kg/min)	x_D	x_B
1	80	25	0.96	0.05
2	90	25	0.94	0.06
3	100	25	0.92	0.08
4	90	20	0.95	0.06
5	90	30	0.97	0.03

請計算此系統的相對增益矩陣 (relative gain array) 以及判斷操控變數 (R、S) 與被控變數 (x_D 、 x_B) 之間，那一個配對方式是最佳的配對。(16 分)

五、圖中的線路中，乙苯以 950 gpm 流動，並且溫度為 445°F(密度為 42.0 lb/ft³)。點 1 與點 2 之間的摩擦壓降為 12.4 psi。



- (一) 假設在 100% 過量容量情況，計算標示處閥（圖中 A）的流量係數。
（10 分）
- (二) 在其他條件不變的情況下，只將該閥的 C_v 改為 250 且該閥為線性。
計算閥門完全打開時通過閥門的流量。（10 分）

$$\text{提示： } \Delta P_o = \left(\frac{1}{C_v^2} + k_l \right) G f^2$$

- (三) 承(二)，計算控制閥的可調範圍能力 (Valve rangeability)。（10 分）