

類 科：化學工程

科 目：化學反應工程學

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。

- 一、有一個一階的基本不可逆化學反應 (first-order elementary irreversible reaction)， $A \rightarrow B$ ，在一栓流反應器 (plug flow reactor, PFR) 中進行，過程中體積流率皆保持定值。
- (一)推導一個關聯反應器體積  $V$  與操作條件 (包含進、出口  $A$  的濃度、速率常數  $k$  與體積流率  $v$ ) 的方程式。(5 分)
- (二)若體積流率為  $0.1 \text{ m}^3/\text{min}$ ，速率常數為  $0.23 \text{ min}^{-1}$ ，試計算將進料濃度降低至原來的 10% 所需要的反應器體積。(5 分)
- (三)若將該化學反應改在一連續攪拌槽反應器 (continuous stirred-tank reactor, CSTR) 中進行，操作條件同(二)小題，試計算所需要的反應器體積。(10 分)
- 二、有兩個體積相等的反應器，一為連續攪拌槽反應器 (CSTR)，另一為栓流反應器 (PFR)。若將這兩個反應器以串聯的方式在定溫下進行一個 2 階的不可逆化學反應， $A \rightarrow B$ ，其速率式可以表示成： $-r_A = kC_A^2 = kC_{A0}^2(1-X)^2$ ，其中  $C_{A0}$  為  $A$  之進料濃度， $k$  為速率常數， $X$  為  $A$  之轉化率 (conversion)。試推導 CSTR 在前及 PFR 在前兩種排列方式之出口轉化率與操作條件 (如  $A$  之進料莫爾流率  $F_{A0}$ ， $A$  之進料濃度  $C_{A0}$ ，速率常數  $k$ ，反應器體積  $V$  等) 的關係式，並比較何種排列方式的出口轉化率較高？(20 分)
- 三、有一氣相可逆反應， $A = 3C$ ，分別在下列兩種反應器中進行，試計算平衡時之轉化率與各成分之濃度：
- (一)純  $A$  在溫度  $400 \text{ K}$  與壓力  $10 \text{ atm}$  下流入一壓降可以忽略的流動式反應器，在該溫度下平衡常數  $K_c$  為  $2.5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{mol}^2$ 。(10 分)
- (二)在一個定容積的批式反應器 (batch reactor) 中進行，起始條件與(一)小題相同。(10 分)
- 四、有液相的平行化學反應 (parallel reactions) 及其速率式如下：
- $$A + B \xrightarrow{k_1} R + T \quad \frac{dC_R}{dt} = k_1 C_A^{1.5} C_B^{0.3}$$
- $$A + B \xrightarrow{k_2} S + U \quad \frac{dC_U}{dt} = k_2 C_A^{0.5} C_B^{1.5}$$
- 其中  $R$  為期望的產物，而  $U$  為無用的旁產物。試就下列各種反應器與進料方式進行分析，並將其按照產率由高到低的順序排列：(每小題 4 分共 20 分)
- (一)單一的栓流反應器 (PFR)， $A$  與  $B$  同時於反應器入口進料。
- (二)單一的連續攪拌槽反應器 (CSTR)，體積與(一)同， $A$  與  $B$  同時進料。
- (三)多個相同的小型連續攪拌槽反應器串聯，總體積與(一)同， $A$  與  $B$  同時於第一個反應器進料。
- (四)單一的栓流反應器， $A$  於反應器入口進料， $B$  則分批於不同位置進料。
- (五)單一的栓流反應器， $B$  於反應器入口進料， $A$  則分批於不同位置進料。

(請接背面)

類 科：化學工程

科 目：化學反應工程學

五、有一個零階 (zero-order) 的放熱液相化學反應， $A \rightarrow B$ ，在一個容積為  $0.2 \text{ m}^3$  的連續攪拌槽反應器 (CSTR) 中進行，操作溫度為  $85^\circ\text{C}$ 。為了控制操作溫度，該反應器裝配有熱夾套，若冷卻劑的溫度為  $0^\circ\text{C}$ ，熱傳係數為  $120 \text{ W/m}^2\text{-K}$ ，試計算所需的最小熱傳面積 (面積若小於該臨界值會有失控爆炸的危險)。已知  $40^\circ\text{C}$  時反應速率為  $1.127 \text{ kmol/m}^3\text{-min}$ ， $50^\circ\text{C}$  時反應速率為  $1.421 \text{ kmol/m}^3\text{-min}$ ，反應器內溶液之熱容 (heat capacity) 為  $4 \text{ J/g}$ ，溶液之密度為  $900 \text{ kg/m}^3$ ，反應熱為  $-500 \text{ J/g}$ ，進料溫度為  $40^\circ\text{C}$ ，進料速率為  $90 \text{ kg/min}$ ，A 的分子量為  $90 \text{ g/mol}$ 。(20 分)