

經濟部所屬台灣電力股份有限公司 105 年新進博士級人員甄試
類別：二氧化碳捕集與減量技術
科目：程序設計

注意事項	<ol style="list-style-type: none">1. 本試題共 2 頁(A4 紙 1 張)。2. 可使用本甄試簡章規定之電子計算器。3. 本試題分 5 大題，每題配分於題目後標明，共 100 分。須用藍、黑色鋼筆或原子筆在答案卷指定範圍內作答，不提供額外之答案卷，作答時須詳列解答過程，於本試題或其他紙張作答者不予計分。4. 本試題採雙面印刷，請注意正、背面試題。5. 考試結束前離場者，試題須隨答案卷繳回，俟本節考試結束後，始得至原試場或適當處所索取。6. 考試時間：150 分鐘。
------	---

一、二氧化碳捕集的方式可依燃燒分成燃燒後捕集(Post-Combustion Capture)、燃燒前捕集(Pre-Combustion Capture)及富氧燃燒(Oxyfuel Combustion)。請敘述這三種方式之差異性。(12分)

二、請回答下列問題：

(一)燃煤電廠煙道氣常見之污染物包括些什麼？(3分)

(二)對上述各種污染物請列舉一種常被電廠使用的防治方法並簡述其原理。(6分)

(三)今需增加一個終端處理製程，使用鹼性液體捕集 CO₂，請問對上述各種污染排放是會改善還是增加？各種污染物排放對捕集 CO₂ 有什麼影響？(4分)

三、針對 1 mole 含有 11% CO₂ 與 89% N₂ 的煙道氣(Flue gas)，如果於 298 K 下藉由一個分離步驟捕集其中 90% 的 CO₂，因而獲得一股純 CO₂ 氣體與一股富含 N₂ 之混合氣體，純 CO₂ 氣體再經由壓縮步驟使其壓力由 1 bar 增高為 110 bar，如【圖 1】所示。

(一)請決定此分離步驟之最小功需求(minimum work of separation)。(10分)

(二)此分離功若是由 400 K 之水蒸氣提供，以 Carnot 循環考量，設定循環之冷端溫度為 298K，請決定水蒸氣之能耗。(5分)

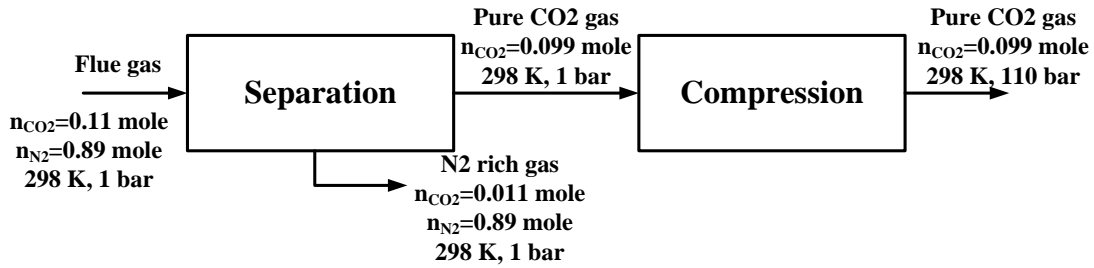
(三)進出壓縮單元之 CO₂ 物流的熱焓(H)與熵(S)如【表 1】所列，請決定此壓縮步驟之理想功需求(ideal work of compression)。(10分)

參考資料：

理想氣體之混合熵(Entropy of mixing)： $\Delta S_{\text{mix}} = -nR \sum y_i \ln y_i$

開放系統理想氣體之熵變化(Entropy change)： $\Delta S_{1-2} = n \left[C_p \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right) - R \ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right) \right]$

氣體常數： $R = 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$



【圖 1】煙道氣二氧化碳分離與壓縮

Temperature (K)	Pressure (bar)	H (kJ/mol)	S (J/mol-K)
298	1	22.257	120.54
298	110	11.166	50.979

【表 1】CO₂ 於 1 bar 與 110 bar 之熱焓與熵

四、一氣體包含 3 mole % 的 A。將此氣體通過一填充塔以水吸收 99% 的 A。吸收塔操作在 25°C 及 1 atm，且氣體及液體之流率分別為 $20 \text{ mol/h} \cdot \text{ft}^2$ 及 $100 \text{ mol/h} \cdot \text{ft}^2$ 。平衡關係式及質傳係數如下：

$$y^* = 3.1x \text{ at } 25^\circ\text{C}$$

$$k_x a = 60 \text{ mol/h} \cdot \text{ft}^3 \cdot \text{unit mole fraction}$$

$$k_y a = 15 \text{ mol/h} \cdot \text{ft}^3 \cdot \text{unit mole fraction}$$

假設恆溫操作及忽略氣體及液體流率之變化，請求解吸收塔塔高。（25 分）

五、請回答下列問題：

(一) 目前有一公司，以台幣 3000 萬的代價建造了年捕集量為 350 噸的二氧化碳先導工廠；實際測試結果每捕集一噸二氧化碳需要 1.5 噸低壓蒸汽(成本約台幣 600 元)。假設其餘操作成本可以忽略不計，此一工廠可以運作 20 年；請問捕集二氧化碳每噸成本是多少？固定成本與操作成本各佔比例多少？（10 分）

(二) 根據化工規模放大設計原則，工廠建造成本與產量的 0.6 次方成正比，操作成本與產量成正比；請問建造一年捕集量為 700000 噸，可用 20 年的二氧化碳捕集工廠，每噸二氧化碳捕集成本是多少？固定成本與操作成本各佔比例多少？（10 分）

(三) 今有一工廠，有大量的低壓廢蒸汽無法使用；請問此一工廠每捕集一噸二氧化碳成本樂觀的估計為多少？（5 分）