



台灣化學工程學會
112 學年(2023-2024)大學部學生程序設計競賽題目

題目：設計一個產能 10,000 Nm³/h 之氫氣製程

說明：

氫能列為台灣 2050 年淨零排放路徑之一，以目前的技術而言，綠氫的成本仍然太高，且綠電不足；以天然氣或甲醇為原料的藍氫是可行的方法。

1. 氫氣之品質要求，如表一所示

表一：氫氣產品之規格需求

| | |
|-------------------|------------------------|
| H ₂ 純度 | 99.99% by vol. 以上 |
| 一氧化碳含量 | 0.1 ppm by vol. 以下 |
| 壓力 | 8 kg/cm ² G |
| 溫度 | 40 °C |

2. 製造方法

設計『藍氫』製程，以天然氣或甲醇為原料，加入蒸汽，在反應器內進行重組(Steam Reforming)生產氫氣/CO₂，分離 CO₂ 之後，再利用 H₂-PSA (Pressure Swing Adsorption) 分離精製得到氫氣；副生的二氧化碳必須捕捉、液化製成工業級 CO₂。H₂-PSA 尾氣仍含有高濃度 H₂、CO₂ 可考慮回收，但須力求最適化設計。

提醒設計注意事項：

- 捕捉 CO₂ 的方法要考慮微量汙染之預防。
- 排氣與廢水排放必須優於符合台灣法令要求；排氣所含化學物質濃度必須低於嗅覺閾值。

3. 原物料及公用流體之價格，如表二所示

表二：原物料及公用流體之單價

| | |
|--|------------------------|
| 甲醇 (純度 99.9% by wt.) | 350 USD/MT |
| 天然氣 (壓力 20 kg/cm ² G，溫度：常溫) | 20 元台幣/Nm ³ |
| CO ₂ 工業級 (純度 99.5%以上，詳列表五) | 3 元台幣/公斤 |
| CO ₂ 電子級 (純度 99.9999%以上，詳列表五) | 30 元台幣/公斤 |
| 氫氣 99.99% | 100 元台幣/公斤 |
| 飽和蒸汽 Steam (壓力 20 kg/cm ² G) | 1700 元台幣/公噸 |
| 電力 | 4.5 元台幣/kWh |
| 純水 | 25 元台幣/公噸 |
| 冷卻水 (供應 33 °C，回水不得超過 43°C) | 0.1 元台幣/kkcal |
| 冰水 (供應 5 °C，回水不得超過 10°C) | 0.32 元台幣/kkcal |
| 滷水 (供應 -25 °C，回流不得超過 -20 °C) | 3.5 元台幣/kkcal |
| 廢水處理 | 15 元台幣/公噸 |

表三：甲醇製氫法之甲醇規格要求

| 成分 | | 含量要求 |
|----|------------------|-----------------|
| 1. | Acetone | 30 ppmw (Max.) |
| 2. | Methanol | 99.9 wt% (Min.) |
| 3. | Ethanol | 50 ppmw (Max.) |
| 4. | Total Chloride | 3 ppmw (Max.) |
| 5. | Total Sulfide | 3 ppmw (Max.) |
| 6. | H ₂ O | 0.1 wt% (Max.) |

表四：中油進口天然氣規格

| 成分 | | 含量 |
|----|------------------|-------------|
| 1. | Methane | 89.39 mole% |
| 2. | Ethane | 7.24 mole% |
| 3. | Propane | 2.26 mole% |
| 4. | Isobutane | 0.41 mole% |
| 5. | n-Butane | 0.47 mole% |
| 6. | Isopentane | 0.05 mole% |
| 7. | n-Pentane | 0.02 mole% |
| 8. | S content | 0.004 mole% |

表五：副產 CO₂ 的品質要求

| 項目 | | 工業級 | 電子級 |
|--------------|-------------------------------|----------|------------|
| Assay | molar % | ≥ 99.5 | ≥ 99.99999 |
| Hydrocarbons | molar ppm, as CH ₄ | | ≤ 0.01 |
| Moisture | molar ppm | | ≤ 0.08 |
| Odor | | odorless | odorless |