

108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）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：工業安全技師
科 目：風險危害評估
考試時間：2 小時

座號：_____

※注意：(一)禁止使用電子計算器。

(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、先進國家為進行石化業者或相關行業，如運輸、供銷、使用高度危險物品業者的危害分析，以防止易燃易爆或毒性物質可能造成的危害，常以下列系統安全分析技術進行風險評估，如：(1)WHAT-IF 分析與檢查表、(2)PHA 初步危害分析、(3)HAZOP 危害與操作性研究、(4)DOW INDEX 道氏指數或(5)ETA 事件樹分析等，請略述此五種分析方法在系統壽命周期中實施的時機。(25 分)

二、當重大危害發生後，會以效應模式分析災害發生時呈現的物理現象，如排放（discharge）、汽化（evaporation）和散布（dispersion），及其所造成的物理效應。

(一)請說明危害物質排放與散布模式。(10 分)

(二)今有丙烷自加壓氣體容器中排出，容器中丙烷溫度為 30°C 、壓力為 6 kg/cm^2 ，請計算丙烷自直徑 10 mm 的排出口排放的速率，假設容器外環境溫度為 30°C ，丙烷蒸氣壓可予以忽略不計。（ 30°C 時，丙烷的熱容率 = 1.15 、丙烷的飽和蒸氣壓 = 9.5 kg/cm^2 ）。 $1\text{ 公斤/平方厘米} = 98066.5\text{ 牛頓/平方米}$ 。(10 分)

氣體排放公式	$Q_v = c \frac{A \cdot P}{a_0} \psi$ ，其中： Q_v = 氣體排放率 (kg/s) c = 排放係數 = 0.85 A = 排出口面積 (m^2) P = 上游絕對壓力 (N/m^2) a_0 = 在溫度 T 的氣體音速 = 245.4 m/s ψ = 流量係數 = 0.685
液體排放公式	$Q_L = cA\rho \left(\frac{2(P - P_a)}{\rho} + 2gh \right)^{\frac{1}{2}}$ ，其中： Q_L = 液體排放率 (kg/s) c = 排放係數 = 0.61 A = 排出口面積 (m^2) ρ = 丙烷液體密度 = 490 kg/m^3 P = 上游絕對壓力 (N/m^2) P_a = 下游絕對壓力 (N/m^2) h = 排出口上方的液體高度 (m)

三、由失誤模式/原因的相依性 (dependent failure events) 所引起多重/複式元件的故障，進而導致事故的發生時，可以用共同原因失誤模式 (common cause failure, CCF) 進行分析，且其機率可引用 Beta 因子估算：

$$\beta = \frac{\lambda_c}{\lambda_c + \lambda_i}$$

其中 λ_i = 元件之獨立失誤事件的失誤率
 λ_c = 考慮 CCF 事件的失誤率

今有一連續攪拌槽反應器，需有連續穩定的反應物進流量，以防溢流而導致危害物外洩的潛在危害，故該反應器設有液位過高時緊急連鎖卸料閥裝置，可使反應終止。如下圖所示，該反應器底部設有兩個緊急卸料閥 V1 與 V2，該卸料閥是由一組三選二的選擇邏輯單元 (voting logic unit, VLU) 所控制。

- (一)請做此反應器於液位過高時緊急卸料閥故障的失誤樹分析。(15 分)
(二)考慮此系統具有多重/複式卸料閥的共同原因失誤 (不考慮液位訊號線路的共同原因失誤)，計算此系統因液位過高而導致危害物外洩的機率。(15 分)

假設各元件之年故障率如下：

卸料閥的 Beta 因子為 0.2

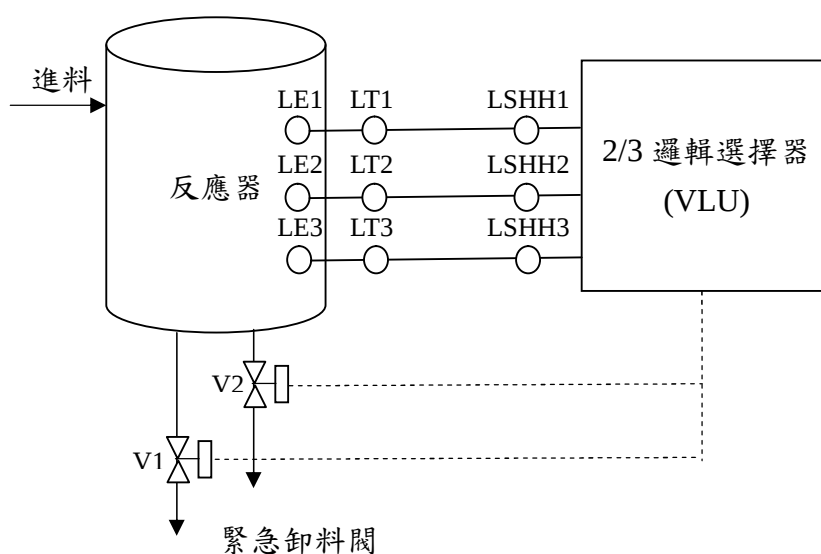
卸料閥：0.1/year (包括反應器至閥體的管線、閥本體及閥的操作員)

三選二邏輯單元 (VLU)：0.005/year

液位感測元件 (LE)：0.3/year

液位訊號傳送器 (LT)：0.1/year

高液位開關 (LSHH)：0.025/year



四、道氏指數（Dow Index）與邦德指數（Mond Index）是危害分析技術中較常見的相對危害等級分析技術。其中，道氏指數僅適用於化學製程單元，作為化學工廠防範火災與爆炸參考用之指數，而邦德指數則可用於彌補道氏指數之不足，如毒性危害評估。請針對此兩種指數的估算基礎，說明下列問題：

(一)道氏指數於評估火災與爆炸危害的基礎為何？如何實施道氏指數危害分析？（20 分）

(二)邦德指數於評估毒性危害的基礎為何？（5 分）