

chapter



職業安全管理甲級學科 試題解析（含共同科目）

工作項目 01 職業安全衛生相關法規

工作項目 02 職業安全衛生計畫及管理

工作項目 03 專業課程

90006 職業安全衛生共同科目

90007 工作倫理與職業道德共同科目

90008 環境保護共同科目

90009 節能減碳共同科目



碁峯

www.gotop.com.tw



5. (4) 依機械設備器具安全資訊申報登錄辦法規定，申報者有因登錄產品瑕疵造成重大傷害或危害者，中央主管機關應對產品安全資訊登錄，採取下列何種處置？

① 註銷 ② 退回 ③ 通知改善及補件 ④ 廢止。

解析

依機械設備器具安全資訊申報登錄辦法第 23 條第 1 項第 3 款：

有下列情形之一者，中央主管機關應廢止產品安全資訊登錄：

- 一、經購、取樣檢驗結果不符合安全標準。
- 二、通知限期提供檢驗報告、符合性佐證文件或樣品，屆期無正當理由仍未提供。
- 三、因瑕疵造成重大傷害或危害。
- 四、產品未符合標示規定，經通知限期改正，屆期未改正。
- 五、未依規定期限保存產品符合性聲明書及技術文件。

6. (2) 依勞動基準法規定，女工分娩前後，雇主應給予產假幾星期？

① 6 ② 8 ③ 10 ④ 12。

解析

依勞動基準法第 50 條：

女工分娩前後，應停止工作，給予產假 8 星期；妊娠 3 個月以上流產者，應停止工作，給予產假 4 星期。

前項女工受僱工作在 6 個月以上者，停止工作期間工資照給；未滿 6 個月者減半發給。

7. (3) 事業單位所聘僱外國人連續曠職幾日失去聯繫時，雇主應通報主管機關？

① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4。

解析

依據就業服務法第 56 條規定：

受聘僱之外國人有連續曠職 3 日失去聯繫或聘僱關係終止之情事，雇主應於 3 日內以書面載明相關事項通知當地主管機關、入出國管理機關及警察機關。但受聘僱之外國人有曠職失去聯繫之情事，雇主得以書面通知入出國管理機關及警察機關執行查察。

8. (4) 我國技能檢定及發證相關事宜，係規範於下列何者？

① 就業服務法 ② 職業安全衛生法 ③ 勞動檢查法 ④ 職業訓練法。

解析

技能檢定及發證相關事宜於勞動部管轄，規範於職業訓練法之中。

9. (1) 勞工或雇主對於職業疾病經醫師診斷認有異議時，得檢附有關資料，向下列何者申請認定？

① 直轄市、縣(市)主管機關 ② 勞工保險監理委員會
③ 該管勞動檢查機構 ④ 中央衛生主管機關。

解析

依據勞工職業災害保險及保護法(簡稱災保法)，選項①之答案也應不正確。惟本題目前尚依勞動部公告試題為準，請讀者參考以下詳解：

災保法自 111 年 5 月 1 日施行日起，職業災害勞工保護法不再適用。依災保法第 75 條規定，原職業疾病鑑(認)定改由中央主管機關鑑定單軌一級制。



10. (2) 事業單位對勞動檢查機構所發檢查結果通知書有異議時，依勞動檢查法規定應於通知書送達之次日起多少日內，以書面敘明理由向勞動檢查機構提出？
① 7 ② 10 ③ 15 ④ 30。

解析

依據勞動檢查法施行細則第 21 條：

事業單位對勞動檢查機構所發檢查結果通知書有異議時，應於通知書送達之次日起 10 日內，以書面敘明理由向勞動檢查機構提出。
前項通知書所定改善期限在勞動檢查機構另為適當處分前，不因事業單位之異議而停止計算。

11. (3) 高壓氣體類壓力容器 1 日之處理能力 1,000 立方公尺之下列何種氣體之工作場所，不屬於勞動檢查法所稱之危險性工作場所？
① 氧氣 ② 有毒氣體 ③ 氮氣 ④ 可燃性氣體。

解析

依據危險性工作場所審查及檢查辦法第 2 條第 3 款：

丙類指蒸汽鍋爐之傳熱面積在 500 平方公尺以上，或高壓氣體類壓力容器一日之冷凍能力在 150 公噸以上或處理能力符合下列規定之一者：
一、1,000 立方公尺以上之氧氣、有毒性及可燃性高壓氣體。
二、5,000 立方公尺以上之前款以外之高壓氣體。

12. (3) 下列何者屬職業安全衛生設施規則所稱之危險物？
① 毒性物質 ② 劇毒物質 ③ 可燃性氣體 ④ 腐蝕性物質。

解析

依據職業安全衛生設施規則所稱危險物包含：

一、爆炸性物質。
二、著火性物質。
三、易燃液體。
四、氧化性物質。
五、可燃性氣體。

13. (2) 職業安全衛生法所定之身體檢查，於僱用勞工從事新工作時，為識別其工作適性之檢查為下列何者？
① 健康檢查 ② 體格檢查 ③ 特殊健康檢查 ④ 特定健康檢查。

解析

職業安全衛生法施行細則第 27 條：

本法第 20 條第 1 項所稱體格檢查，指於僱用勞工時，為識別勞工工作適性，考量其是否有不適合作業之疾病所實施之身體檢查。

14. (3) 依職業安全衛生管理辦法規定，職業安全衛生委員會之任務為下列何者？
① 執行職業災害防止事項
② 執行定期或不定期巡視
③ 協調、建議職業安全衛生管理計畫
④ 釐訂職業安全衛生管理計畫。



解析

依據職業安全衛生管理辦法第 12 條：

委員會應每 3 個月至少開會一次，辦理下列事項：

- 一、對雇主擬訂之職業安全衛生政策提出建議。
- 二、協調、建議職業安全衛生管理計畫。
- 三、審議安全、衛生教育訓練實施計畫。
- 四、審議作業環境監測計畫、監測結果及採行措施。
- 五、審議健康管理、職業病預防及健康促進事項。
- 六、審議各項安全衛生提案。
- 七、審議事業單位自動檢查及安全衛生稽核事項。
- 八、審議機械、設備或原料、材料危害之預防措施。
- 九、審議職業災害調查報告。
- 十、考核現場安全衛生管理績效。
- 十一、審議承攬業務安全衛生管理事項。
- 十二、其他有關職業安全衛生管理事項。

15. (4) 依職業安全衛生法所處之罰鍰由下列何者執行？

- ① 司法機關
- ② 稅務機關
- ③ 勞動檢查機構
- ④ 主管機關。

解析

職業安全衛生法所處之罰鍰由主管機關執行。主管機關或勞動檢查機構檢查發現認有違反職安法或勞檢法規定之行政罰鍰案件，應即擬具職業安全衛生法或勞動檢查法罰鍰處分書稿，連同有關文件依行政程序核定後，送達受處分人。

16. (4) 拒絕、規避或妨礙依職業安全衛生法規定之檢查者，可處下列何種處罰？

- ① 3 年以下有期徒刑
- ② 新臺幣 3 千元以下之罰鍰
- ③ 新臺幣 3 萬元以上 6 萬元以下罰鍰
- ④ 新臺幣 3 萬元以上 30 萬元以下罰鍰。

解析

依據職業安全衛生法之第 43 條有下列情形之一者，處新臺幣 3 萬元以上 30 萬元以下罰鍰：

- 一、違反第 10 條第 1 項、第 11 條第 1 項、第 23 條第 2 項之規定，經通知限期改善，屆期未改善。
- 二、違反第 6 條第 1 項、第 12 條第 1 項、第 3 項、第 14 條第 2 項、第 16 條第 1 項、第 19 條第 1 項、第 24 條、第 31 條第 1 項、第 2 項或第 37 條第 1 項、第 2 項之規定；違反第 6 條第 2 項致發生職業病。
- 三、違反第 15 條第 1 項、第 2 項之規定，並得按次處罰。
- 四、規避、妨礙或拒絕本法規定之檢查、調查、抽驗、市場查驗或查核。

chapter



術科重點暨試題解析

特別說明

術科題幹中後加註之()文字，為法規之關鍵字，是作者群為使讀者較容易記憶與聯想，因此將法規關鍵字標註其中，以利讀者參考運用。



碁峯

www.gotop.com.tw



拾壹、危害性化學品危害評估及管理

本節提要及趨勢

因國際間工業發展迅速，各產業使用之化學品數量及種類劇增，勞工於工作場所受到化學品危害之風險日增；危害化學品數量龐大，職業暴露限值 (OELs) 建置速度不及，且超出各國政府及廠商的能力範圍，因此國際組織與各國政府或民間機構透過不同研究或調查，針對化學品健康風險議題，致力發展出具經濟有效且易懂、易執行的工作場所共通性評估方法，使危害性化學品危害評估及管理可以更為落實可行。

本節學習重點：能有效推動危害性化學品危害評估管理制度。

本節題型參考法規

「危害性化學品評估及分級管理辦法」第 4、10 條。

「危害性化學品評估及分級管理技術指引」第 5 點。

化學品分級管理運用手冊。

重點精華

一、化學品分級原則及分級管理措施等。

暴露評估分級管理	評估方法	實施期程	控制方法
第一級管理	暴露濃度 < 1/2 容許濃度	至少每 3 年 評估 1 次	持續維持原有之控制或管理措施外，製程或作業內容變更時，並採行適當之變更管理措施。
第二級管理	1/2 容許濃度 ≤ 暴露濃度 < 容許濃度	至少每年 評估 1 次	應就製程設備、作業程序或作業方法實施檢點，採取必要之改善措施。
第三級管理	容許濃度 ≤ 暴露濃度	至少每 3 個月 評估 1 次	應即採取有效控制措施，並於完成改善後重新評估，確保暴露濃度低於容許暴露標準。



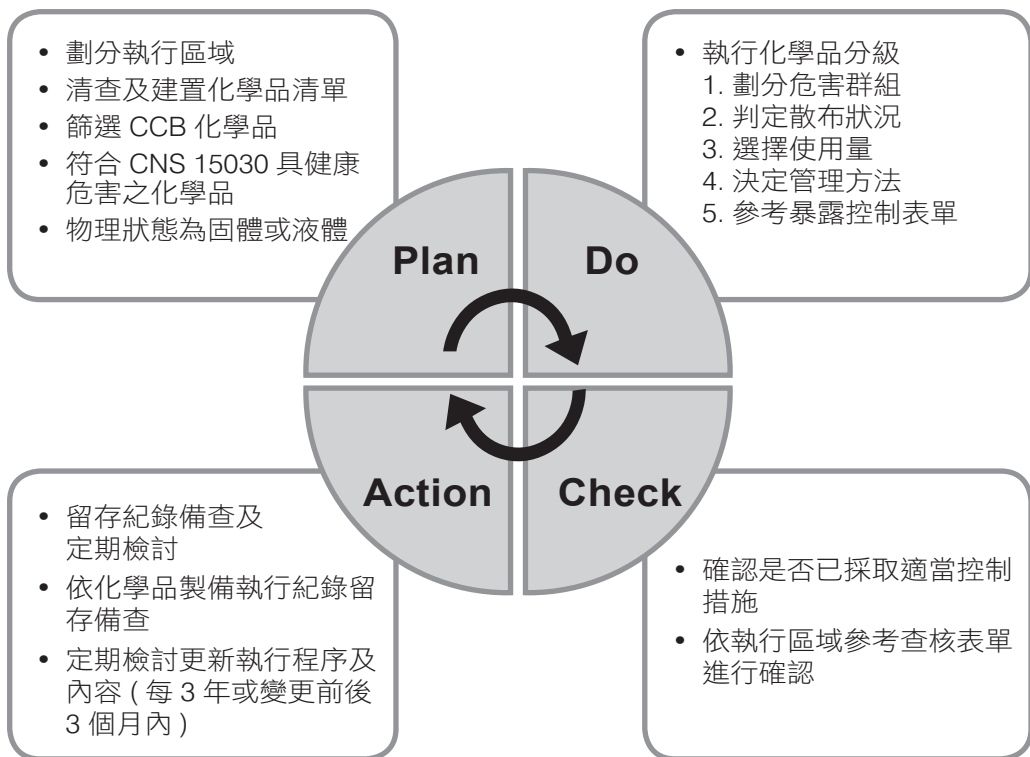
參考題型

請回答下列有關我國化學品健康危害分級管理 (Chemical Control Banding, CCB) 工具之問題：

- 一、何謂 CCB 工具？
- 二、扼要說明 CCB 各步驟及其內容。
- 三、CCB 工具有何限制或不足之處？

答

- 一、我國化學品分級管理 (Chemical Control Banding, CCB) 工具主要係利用化學品本身的健康危害特性，加上使用時潛在暴露的程度 (如使用量、散布狀況)，透過風險矩陣的方式來判斷出風險等級及建議之管理方法，進而採取相關風險減緩或控制措施來加以改善。



化學品分級管理 (CCB)

- 二、CCB 各步驟及其內容說明如下：

1. 步驟一：劃分危害群組。

根據化學品的 GHS 健康危害分類及分級，利用 GHS 健康危害分類與危害群組對應表找出相對應的危害群組，以進行後續的危害暴露及評估程序。



2. 步驟二：判定散布狀況。

化學品的物理型態會影響其散布到空氣中的狀況，此階段是利用固體的粉塵度及液體的揮發度來決定其散布狀況。粉塵度或揮發度愈高的化學品，表示愈容易散布到空氣中。

3. 步驟三：選擇使用量。

由於化學品的使用量多寡會影響到製程中該化學品的暴露量，故將製程中的使用量納入考量，可依其中之附表判定化學品的使用量為小量、中量或大量。

4. 步驟四：決定管理方法。

利用前面步驟一～三的結果，根據化學品的危害群組、使用量、粉塵度或揮發度，對照的風險矩陣，即可判斷出該化學品在設定的環境條件下的風險等級。

5. 步驟五：參考暴露控制表單。

依據步驟四判斷出風險等級 / 管理方法後，可對照暴露控制表單，依據作業型態來選擇適當的暴露控制表單。所提供的管理措施包括整體換氣、局部排氣、密閉操作、暴露濃度監測、呼吸防護具、尋求專家建議等。

三、CCB 工具限制或不足之處如下列：

1. 無法取代或去除個人暴露監測的必要性，應與傳統暴露監測及 OELs 適度搭配運用。
2. 並非所有職業危害種類（如切割夾捲）皆可用分級管理策略解決。
3. 分級管理為快速初篩的簡易評估方法，將危害性物質分級後採取不同管控措施，必要時或特殊情況下，仍應採用較複雜的工具或方法來評估勞工健康風險。



參考題型

- 一、請說明依危害性化學品評估及分級管理辦法及技術指引規定，雇主使勞工製造、處置、使用符合何條件化學品，應採取分級管理措施？
- 二、使用之化學品依勞工作業場所容許暴露標準已定有容許暴露標準者，如何實施分級管理措施（請就事業單位勞工人數達 500 人規模說明）？
- 三、又請說明依風險等級，分別採取控制或管理措施為何？

答

- 一、依據「危害性化學品評估及分級管理辦法」第 4 條規定，雇主使勞工製造、處置或使用之化學品，符合國家標準 CNS 15030 化學品分類，具有健康危害者，應評估其危害及暴露程度，劃分風險等級，並採取對應之分級管理措施。
- 二、依風險等級，分別採取控制或管理措施如下：
依據「危害性化學品評估及分級管理技術指引」第 5 點規定，雇主使勞工製造、處置、使用定有容許暴露標準化學品，而事業單位規模符合本辦法第 8 條第 1 項規定者，應依附件三所定之流程（如下列），實施作業場所暴露評估，並依評估結果分級。
 1. 作業場所及相關資訊蒐集。
 2. 建立相似暴露族群。
 3. 選擇相似暴露族群執行暴露評估。
 4. 作業環境監測、直讀式儀器、暴露推估模式或其他相關推估方法。
 5. 與容許暴露標準比較後評估結果分級。
- 三、依據「危害性化學品評估及分級管理辦法」第 10 條規定，雇主對於前二條化學品之暴露評估結果，應依下列風險等級，分別採取控制或管理措施：
 1. 第一級管理：暴露濃度低於容許暴露標準 1/2 者，除應持續維持原有之控制或管理措施外，製程或作業內容變更時，並採行適當之變更管理措施。
 2. 第二級管理：暴露濃度低於容許暴露標準但高於或等於其 1/2 者，應就製程設備、作業程序或作業方法實施檢點，採取必要之改善措施。
 3. 第三級管理：暴露濃度高於或等於容許暴露標準者，應即採取有效控制措施，並於完成改善後重新評估，確保暴露濃度低於容許暴露標準。

chapter



計算題精華彙整





參、失誤樹分析 (Fault Tree Analysis, FTA)

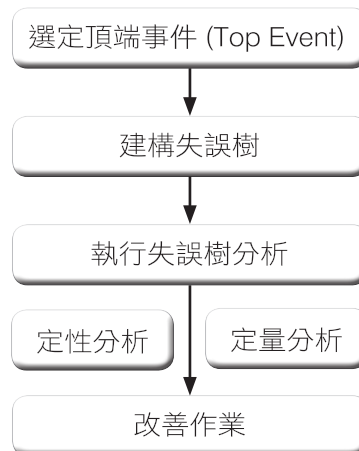
本節提要及趨勢

本節所述失誤樹 (Fault Tree Analysis, FTA)，亦為法規之失誤樹，計算題多以失誤樹作為說明。

先依且閘 (AND Gate) 與或閘 (OR Gate) 寫出失誤樹頂端事件，再應用布林代數簡化失誤樹，求出失誤樹之最小分割集合 (Minimal cut set)。再計算此失誤樹頂端事件 (Top Event) 發生之機率。

重點精華

🔍 失誤樹分析流程圖：



🔍 失誤樹實施步驟：

1. 系統定義：
 - (1) 定義分析範圍及分析邊界。
 - (2) 定義起始條件。
 - (3) 定義頂端事件 (Top Event)。
2. 系統邏輯模型建構：

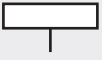
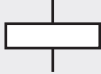
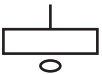




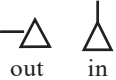
建立失誤樹 (Fault Tree Analysis, FTA)。
3. 共同原因故障模式分析。



4. 定性分析 (Qualitative Analysis) :
 - (1) 布林代數 (Boolean Algebra) 化簡。
 - (2) 找出最小切集合 (Minimal Cut Set, MCS)。
5. 由故障率資料庫搜尋基本事件故障率 (Failure Rate)。
6. 依製程條件、環境因素等修正基本事件故障率。
7. 建立故障率資料庫 / 資料檔。
8. 定量分析 (Quantitative Analysis) :

求出頂端事件 (Top Event)/ 最小分割集合 (MCS) 之故障率及機率，包括：不可靠度 (Unreliability)、不可用度 (Unavailability)、失誤期望值 (Expected Number of Failure) 等。
9. 最小切集合 (MCS) 排序、相對重要性分析 (Importance Analysis)。

Q 失誤樹邏輯符號說明：

名詞	說明	名詞	說明
頂端事件 (top event) 	指重大危害或嚴重事件；如火災、爆炸、外洩、塔槽破損等，是失誤樹分析中邏輯演譯推論的起始。	中間事件 (intermediate event) 	失誤樹分析中邏輯演譯過程中之任一事件。
基本事件 (basic event) 	失誤樹分析中邏輯演譯的末端，通常是設備或元件故障或人為失誤。	未發展事件 (undeveloped event) 	失誤樹分析中因系統邊界或分析範圍之限制，未繼續分析下去之事件；或總括指人為失誤，而不再深究人為失誤的原因。
「或」邏輯閘 (or gate) 	失誤樹分析中兩個(含)以上原因，其中之一發生，就會導致某一中間事件或頂端事件發生。	外部事件 (external event/ house event) 	不期望發生的事件，但並非製程系統定義邊界內的失誤或故障。如冷卻水系統失常，不需在本失誤樹中分析。 (隨時存在，機率=1)
「且」邏輯閘 (and gate) 	失誤樹分析中兩個(含)以上原因同時發生，才會導致某一中間事件或頂端事件發生。	轉頁號 (transfer symbols) 	失誤樹結構很大，一張紙印不下，可轉接其他報表。Transfer out 為由其他報表轉下來的事件，Transfer in 為轉出至其他報表的事件。

建立失誤樹所使用之符號及名詞



🔍 名詞解釋：

1. 切集合 (Cut Set)：

各種可能發生的狀況或組合，確保頂端事件會發生的集合。

2. 最小切集合 (Minimal Cut Set, MCS)：

任何一個切集合中最少基本事件的組合，這組合中所有基本事件發生即會使頂端事件發生。

3. 邏輯補數 (NOT gate)：

A 集合的補集合 A'，則 $A' = 1 - A$ 。

4. 互補律 (complementarity law)：

令 A' 為 A 的補集合則，如：

(1) $A \times A' = 0$

(2) $A + A' = 1$

5. 冪等律 (idempotent law)：

任何事件在切割集合組合中無需出現一次以上，因為事件的自我交集是沒有意義的（也可說，集合的自我交集等於集合本身），如：

(1) $A \times A = A$

(2) $A + A = A$

(3) $A \times B \times A \times B \times B = A \times B$

(4) $A \times B \times A \times B \times B \times X \times Y = A \times B \times X \times Y$

6. 吸收律 (absorption law)：

任何集合是另一集合的子集合，則該子集合應該被吸收掉，以免機率被重覆計算，如：

(1) $A + A \times B = A$

(2) $A \times B + A \times B \times C = A \times B$

(3) $A + A \times B + X \times Y = A + X \times Y$

7. 笛摩根第一定律：

「和的補數等於各補數之積」，如：

(1) $(A \cup B)' = A' \cap B'$

(2) $(A \cup B \cup C)' = A' \cap B' \cap C'$

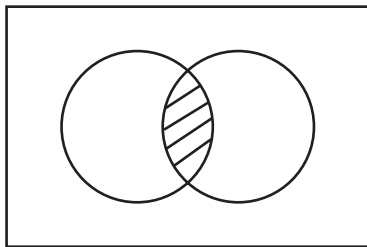


🔍 布林代數化簡法規則：

布林代數用於集合的運算，與普通代數運算法則不同。它可用於失誤樹分析 (Fault Tree Analysis, FTA)，布林代數可以幫助我們將事件表達為另一些基本事件的組合，將系統失效表達為基本元件失效的組合。演算這些方程式即可求出導致系統失效的元件失效組合（即最小切集合），進而根據元件失效概率，計算出系統失效的概率。

布林代數規則如下 (A、B 代表兩個集合)：

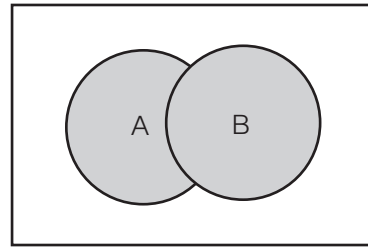
1. 交集與聯集



$$A \cdot B$$

事件 A 與 B 同時發生
(集合交集)

A 與 B 事件同時發生時
才會發生的事件，即
 $P_{A \cdot B} = P_A \cdot P_B$



$$A + B$$

事件 A 與 B 任一發生
(集合聯集)

A、B 聯集的機率則應扣除
重疊部份重覆計算的機率
 $P_{A+B} = P_A + P_B - P_A \cdot P_B$

2. 布林代數規則：

布林代數	規則
冪等律	$A \times A = A$ $A + A = A$
吸收律	$A \times (A + B) = A$ $A + (A \times B) = A$
交換律	$A \times B = B \times A$ $A + B = B + A$
結合律	$A \times (B \times C) = (A \times B) \times C$ $A + (B + C) = (A + B) + C$
分配律	$A \times (B + C) = A \times B + A \times C$ $A + (B \times C) = (A + B) \times (A + C)$



布林代數	規則
互補律	$A + A' = 1$ $A \times A' = 0$ (表示空集)
笛摩根定律	$(A \times B)' = A' + B'$ $(A + B)' = A' \times B'$
對合律	$(A')' = A$
重疊律	$A + A'B = A + B = B + B'A$

頂端事件包含「或閘 (OR Gate)」的發生率：若一頂端事件之組成 (即最小切集合) 至少包含一個「或閘」時，則各部分集合先以「笛摩根第一定律」計算之 (即各部分集合先以「1- 故障率」計算之，並且再互乘)，此時得出的結果是「頂端事件的不發生率」，計算至此即可以「1- 頂端事件的不發生率」再計算之，即可得到「頂端事件的發生率」，如：

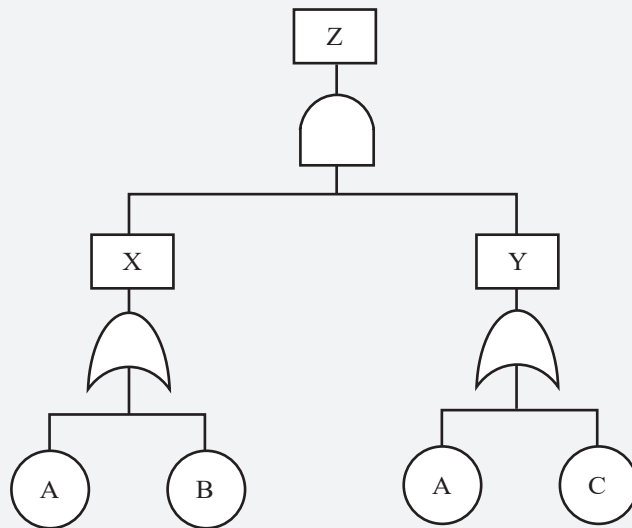
假設某一頂端事件 T 之最小切集合為 A+B，若 A 事件的發生機率為 a，B 事件的發生機率為 b，則頂端事件 T 的發生率計算應為：

$$P(T) = 1 - [1 - P(A)] \times [1 - P(B)]$$

$$= 1 - (1 - a) \times (1 - b)$$

1

請計算下圖失誤樹 (Fault Tree Analysis, FTA) 頂端事件 Z 的發生故障機率。其中 A、B、C 基本事件的故障率分別為 1×10^{-6} 、 2×10^{-3} 、 3×10^{-3} 。



【60-05-02】



解 失誤樹頂端事件 Z 的發生故障機率計算如下：

$$\begin{aligned} Z &= X \times Y \\ &= (A + B) \times (A + C) \\ &= (A \times A) + (A \times C) + (B \times A) + (B \times C) \end{aligned}$$

因冪等律

$$\begin{aligned} Z &= A + (A \times C) + (B \times A) + (B \times C) \\ &= [(A) \times (1 + C + B)] + (B \times C) \end{aligned}$$

因吸收律

$$Z = (A) + (B \times C)$$

失誤樹頂端事件 P(Z) 之故障機率

$$P(Z) = 1 - [1 - P(A)] \times [1 - P(B \times C)]$$

將故障率代入

$$\begin{aligned} P(Z) &= 1 - [1 - P(A)] \times [1 - P(B \times C)] \\ &= 1 - \{ (1 - 1 \times 10^{-6}) \times [1 - (2 \times 10^{-3} \times 3 \times 10^{-3})] \} \\ &= 1 - [(1 - 1 \times 10^{-6}) \times (1 - 6 \times 10^{-6})] \\ &= 1 - [(0.999999) \times (0.999994)] \\ &= 1 - 0.999993 \\ &\doteq 7 \times 10^{-6} \end{aligned}$$

計算機操作範例：

$$\text{計算式：} 1 - \{ (1 - 1 \times 10^{-6}) \times [1 - (2 \times 10^{-3} \times 3 \times 10^{-3})] \} \doteq 7 \times 10^{-6}$$

提示

AND Gate 相乘

OR Gate 相加

先冪等律

再吸收律

計算機機型	計算機操作說明
CASIO fx82SOLAR	1 - [(...) [(...) 1 - 1 × 10 x ^Y 6 +/- (...)] × [(...) 1 - (... 2 × 10 x ^Y 3 +/- × 3 × 10 x ^Y 3 +/- (...)] (...)] = 7 × 10 ⁻⁶
CASIO fx-82SOLAR II	1 - [(...) [(...) 1 - 1 × 10 x ^Y 6 +/- (...)] × [(...) 1 - (... 2 × 10 x ^Y 3 +/- × 3 × 10 x ^Y 3 +/- (...)] (...)] = 7 × 10 ⁻⁶
E-MORE fx-330s	1 - [(...) [(...) 1 - 1 × 10 SHIFT x ^Y 6 +/- (...)] × [(...) 1 - (... 2 × 10 SHIFT x ^Y 3 +/- × 3 × 10 SHIFT x ^Y 3 +/- (...)] (...)] = 6.999994 × 10 ⁻⁶
E-MORE fx-127	1 - ((1 - 1 EXP +/- 6) × (1 - (2 EXP +/- 3 × 3 EXP +/- 3))) = 0.000006999



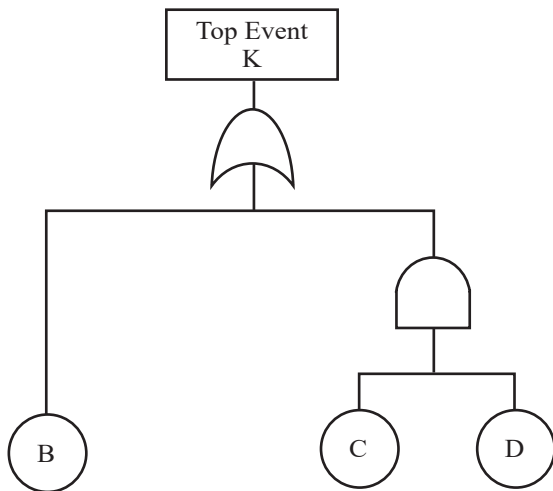
計算機機型	計算機操作說明
AURORA SC600	1 - ((1 - 1 EXP +/- 6)) × (1 - (2 EXP +/- 3 × 3 EXP +/- 3))) = 0.000006999
LIBERTY LB-217CA	1 - [(... [(... 1 - 1 × 10 SHIFT x ^y 6 +/- (...)] × [(... 1 - [(... 2 × 10 SHIFT x ^y 3 +/- × 3 × 10 SHIFT x ^y 3 +/- (...)] (...)] (...)] = 6.999994 × 10 ⁻⁶

2

請回答下列問題：

- 一、如發生頂端事件 K 之布林方程式為 $K=B+CD$ ，其中 B、C、D 為基本事件，請繪製該布林方程式之失誤樹圖 (Fault Tree Analysis,FTA)。(10 分)
- 二、請列出計算式並計算下列失誤樹圖 (Fault Tree Analysis,FTA) 之頂端事件 K 之故障機率值，基本事件 B、C、D 的故障率分別為 $\lambda_B=1.5 \times 10^{-3}$ ， $\lambda_C=4 \times 10^{-4}$ ， $\lambda_D=2 \times 10^{-4}$ 。 【81-05】

解 一、頂端事件 $K=B+CD$ 之失誤樹圖



提示

- AND Gate 相乘
- OR Gate 相加

二、 $K=B+CD$

失誤樹頂端事件 P(K) 之故障機率

$$P(K) = 1 - [1 - P(B)] \times [1 - P(C \times D)]$$

將故障率代入



$$\begin{aligned}
 P(K) &= 1 - [1 - P(B)] \times [1 - P(C \times D)] \\
 &= 1 - \{ (1 - 1.5 \times 10^{-3}) \times [1 - (4 \times 10^{-4} \times 2 \times 10^{-4})] \} \\
 &= 1 - [(1 - 1.5 \times 10^{-3}) \times (1 - 8 \times 10^{-8})] \\
 &= 1 - [(0.9985) \times (0.99999992)] \\
 &= 1 - 0.99849992 \\
 &\approx 1.50008 \times 10^{-3}
 \end{aligned}$$

3

一化學反應器之相關安全裝置如下圖所示，反應槽內部壓力達到設定壓力時，高壓警報器即發出警報，反應器內裝有壓力開關連接到警報器；此反應器又安裝一套自動（高壓）停機警報系統，當反應器內壓大於警報 (alarm) 設定的壓力時，則停止進料閥入料（壓力指示控制器 (PIC) 將關閉進料閥）。

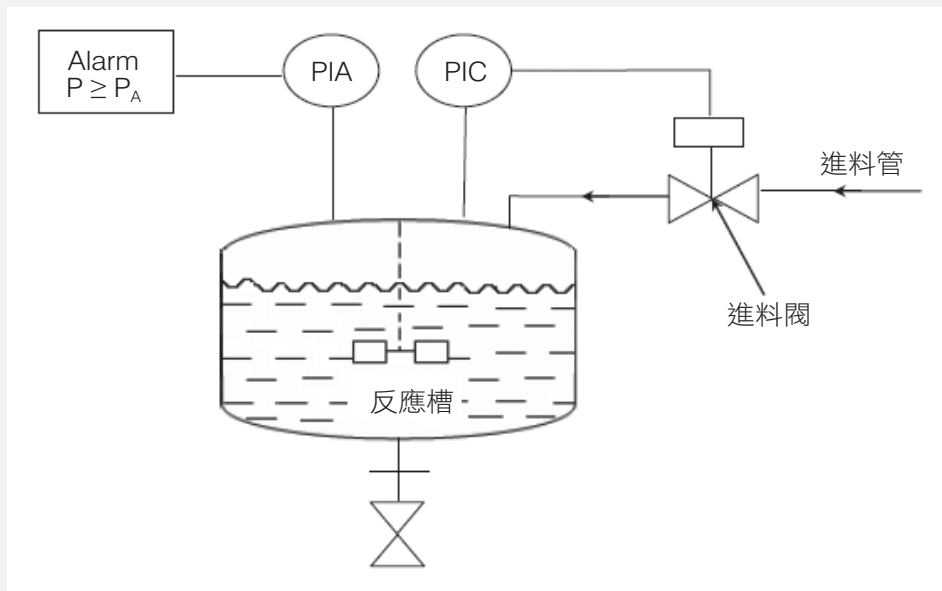
- 一、試繪出此反應器超壓 (over pressure) 之失誤樹 (Fault Tree Analysis, FTA)。
- 二、計算此反應器發生超壓之最小切集合 (minimum cut set)。
- 三、計算反應器發生超壓之機率 (probability)。

壓力指示警報器 (PIA) 故障機率： 10^{-4} ；

警報裝置 (Alarm device) 故障機率： 6×10^{-4} ；

壓力指示控制器 (PIC) 故障機率： 10^{-4} ；

進料閥故障機率： 4×10^{-2} 。

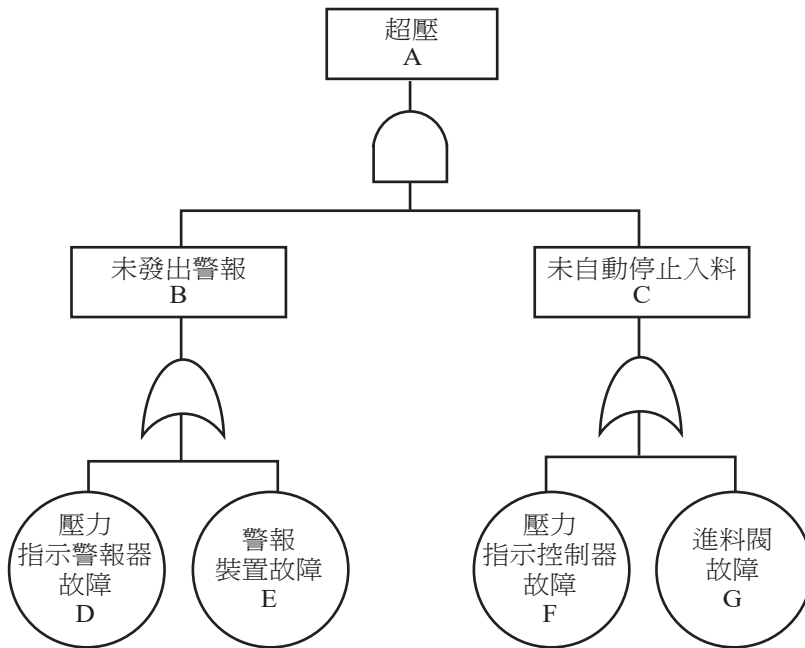


反應器與安全裝置之示意圖

【76-05】



解 一、此反應器超壓 (over pressure) 之失誤樹如下圖：



二、反應器發生超壓之最小切集合：

$$\begin{aligned}
 A &= B \times C \\
 &= (D+E) \times (F+G) \\
 &= D \times F + D \times G + E \times F + E \times G
 \end{aligned}$$

經計算後得知此反應器發生超壓之最小切集合 (minimum cut set)A 為：DF+DG+EF+EG

提示

 AND Gate 相乘

 OR Gate 相加

三、反應器發生超壓之機率：

- D：壓力指示警報器 (PIA) 故障機率： 10^{-4}
- E：警報裝置 (Alarm device) 故障機率： 6×10^{-4}
- F：壓力指示控制器 (PIC) 故障機率： 10^{-4}
- G：進料閥故障機率： 4×10^{-2}
- $P_1 = D \times F = 10^{-4} \times 10^{-4} = 10^{-8}$
- $P_2 = D \times G = 10^{-4} \times 4 \times 10^{-2} = 4 \times 10^{-6}$
- $P_3 = E \times F = 6 \times 10^{-4} \times 10^{-4} = 6 \times 10^{-8}$
- $P_4 = E \times G = 6 \times 10^{-4} \times 4 \times 10^{-2} = 2.4 \times 10^{-5}$



A：反應器發生超壓之機率

$$\begin{aligned}
 P(A) &= 1 - [(1 - P_1) \times (1 - P_2) \times (1 - P_3) \times (1 - P_4)] \\
 &= 1 - [(1 - 10^{-8}) \times (1 - 4 \times 10^{-6}) \times (1 - 6 \times 10^{-8}) \times (1 - 2.4 \times 10^{-5})] \\
 &= 1 - (0.99997193) \\
 &= 2.8069 \times 10^{-5}
 \end{aligned}$$

經計算後得知此反應器發生超壓之機率 (probability) 為 2.8069×10^{-5}

計算機操作範例：

$$\text{計算式：} 1 - [(1 - 10^{-8})(1 - 4 \times 10^{-6})(1 - 6 \times 10^{-8})(1 - 2.4 \times 10^{-5})] = 2.8069 \times 10^{-5}$$

計算機機型	計算機操作說明
CASIO fx82SOLAR	$1 - [(((((1 - 1 \times 10^{x^y} 8 \text{ +/- } \dots) \times ((((1 - 4 \times 10^{x^y} 6 \text{ +/- } \dots) \times ((((1 - 6 \times 10^{x^y} 8 \text{ +/- } \dots) \times ((((1 - 2.4 \times 10^{x^y} 5 \text{ +/- } \dots) \dots)))))))] = 2.8069 \times 10^{-5}$
CASIO fx-82SOLAR II	$1 - [((((((1 - 1 \times 10^{x^y} 8 \text{ +/- } \dots) \times ((((1 - 4 \times 10^{x^y} 6 \text{ +/- } \dots) \times ((((1 - 6 \times 10^{x^y} 8 \text{ +/- } \dots) \times ((((1 - 2.4 \times 10^{x^y} 5 \text{ +/- } \dots) \dots)))))))] = 2.8069 \times 10^{-5}$
E-MORE fx-330s	$1 - [((((((1 - 1 \times 10 \text{ [SHIFT] } x^y 8 \text{ +/- } \dots) \times ((((1 - 4 \times 10 \text{ [SHIFT] } x^y 6 \text{ +/- } \dots) \times ((((1 - 6 \times 10 \text{ [SHIFT] } x^y 8 \text{ +/- } \dots) \times ((((1 - 2.4 \times 10 \text{ [SHIFT] } x^y 5 \text{ +/- } \dots) \dots))))))] = 2.8069 \times 10^{-5}$
E-MORE fx-127	$1 - (((1 - 1 \text{ [EXP] } +/- 8) \times (1 - 4 \text{ [EXP] } +/- 6) \times (1 - 6 \text{ [EXP] } +/- 8) \times (1 - 2.4 \text{ [EXP] } +/- 5)) = 0.000028069$
AURORA SC600	$1 - (((1 - 1 \text{ [EXP] } +/- 8) \times (1 - 4 \text{ [EXP] } +/- 6) \times (1 - 6 \text{ [EXP] } +/- 8) \times (1 - 2.4 \text{ [EXP] } +/- 5)) = 0.000028069$
LIBERTY LB-217CA	$1 - [((((((1 - 1 \times 10 \text{ [SHIFT] } x^y 8 \text{ +/- } \dots) \times ((((1 - 4 \times 10 \text{ [SHIFT] } x^y 6 \text{ +/- } \dots) \times ((((1 - 6 \times 10 \text{ [SHIFT] } x^y 8 \text{ +/- } \dots) \times ((((1 - 2.4 \times 10 \text{ [SHIFT] } x^y 5 \text{ +/- } \dots) \dots))))))] = 2.8069 \times 10^{-5}$