



工作項目 02：職業安全衛生計畫及管理

1. (1) 人為失誤 (Human Error) 可藉由以下何種分析加以預防？

- ① 虛驚事件分析 ② 作業環境測定
③ 靜電量測 ④ 失效樹分析。

解析

虛驚事故 (Near Miss) 的定義：未造成人員傷亡、財產損失、製程中斷，但引起人員驚嚇之事件。藉由虛驚事故學習其發生原因、調查並分發調查報告，讓大家有機會從事故中學習經驗，可以降低人為失誤的發生。

2. (4) 依職業安全衛生管理辦法規定，應由何者訂定職業安全衛生管理計畫？

- ① 作業勞工 ② 勞工局 ③ 現場監督人員 ④ 雇主。

解析

雇主應依其事業單位之規模、性質，訂定職業安全衛生管理計畫；並設置安全衛生組織、人員，實施安全衛生管理及自動檢查。

3. (4) 下列何者是訂定職業安全衛生管理計畫，先要確立的重點？

- ① 計畫項目 ② 計畫期間 ③ 計畫目標 ④ 基本方針。

解析

- 職業安全衛生管理計畫的順序為基本方針>計畫目標>計畫項目>計畫內容、計畫期間、預算等細項資訊。
- 基本方針係提示職業安全衛生管理計畫一年期間之主要工作方向，其內容為職業安全衛生管理計畫項目之基礎，並以簡潔之文字表示。

4. (4) 依職業安全衛生管理辦法規定，雇主使勞工從事缺氧危險作業時，應使該勞工就其作業有關事項實施何種檢查？

- ① 設備之定期檢查 ② 機械設備之重點檢查
③ 機械設備之作業檢點 ④ 作業檢點。

解析

職業安全衛生管理辦法第 68 條：

雇主使勞工從事缺氧危險或局限空間作業時，應使該勞工就其作業有關事項實施檢點。

5. (3) 依職業安全衛生法規定，安全衛生工作守則應由下列何者訂定？

- ① 雇主 ② 勞工 ③ 雇主會同勞工代表 ④ 勞動部。

解析

職業安全衛生法第 34 條：

雇主應依本法及有關規定會同勞工代表訂定適合其需要之安全衛生工作守則，報經勞動檢查機構備查後，公告實施。

勞工對於前項安全衛生工作守則，應切實遵行。

6. (1) 依職業安全衛生法規定，安全衛生工作守則訂定後，下列何種程序為正確？

- ① 應報經勞動檢查機構備查 ② 應報經地方主管機關備查
③ 經雇主核定後實施 ④ 應報警察機關備查。



解析

與第 5 題考同一個法規，應整體記憶。

雇主應依本法及有關規定會同勞工代表訂定適合其需要之安全衛生工作守則，報經勞動檢查機構備查後，公告實施。勞工對於前項安全衛生工作守則，應切實遵行。

7. (2) 勞工未切實遵行安全衛生工作守則，主管機關最高可處罰鍰新台幣多少元？
① 1,000 ② 3,000 ③ 6,000 ④ 9,000。

解析

職業安全衛生法第 46 條：

違反第 20 條第 6 項、第 32 條第 3 項或第 34 條第 2 項（勞工對於安全衛生工作守則未遵行）之規定者，處新臺幣 3,000 元以下罰鍰。

8. (3) 安全衛生工作守則製作，下列何者不符合要求？
① 法令基本原則 ② 合理可實施原則
③ 責任由勞工負責 ④ 規定程序可修訂。

解析

安全衛生工作守則應以法規為基礎，在合理可實施且可以根據情況酌予修訂，而此守則由雇主會同勞工代表一起訂定，責任不僅由勞工負責。

9. (4) 依職業安全衛生管理辦法規定，各項安全衛生提案應送請下列何者審議？
① 職業安全衛生管理單位 ② 董事會
③ 監事會 ④ 職業安全衛生委員會。

解析

職業安全衛生委員會：對雇主擬訂之安全衛生政策提出建議，並審議、協調及建議安全衛生相關事項。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。

10. (3) 依職業安全衛生管理辦法之規定，僱用勞工人數多少人以上之事業單位，雇主除應依規模、特性訂出職業安全衛生管理計畫外，另應訂定職業安全衛生管理規章要求各級主管及管理、指揮、監督有關人員執行？
① 30 ② 50 ③ 100 ④ 200。



解析

職業安全衛生管理辦法第 12-1 條：

雇主應依其事業單位之規模、性質，訂定職業安全衛生管理計畫，要求各級主管及負責指揮、監督之有關人員執行；勞工人數在 30 人以下之事業單位，得以安全衛生管理執行紀錄或文件代替職業安全衛生管理計畫。勞工人數在 100 人以上之事業單位，應另訂定職業安全衛生管理規章。第 1 項職業安全衛生管理事項之執行，應作成紀錄，並保存 3 年。

11. (3) 下列何者非勞工健康管理計畫之目的？

- ① 依勞工之身體及心理狀況，分配適當工作
- ② 早期偵知有害作業場所各種影響，評估安全衛生管理措施是否適當並提出改善措施
- ③ 防止機械設備之捲夾危害
- ④ 減少勞工因工傷病之缺工。

解析

勞工健康管理計畫經由體格檢查以及定期健康檢查，掌握勞工健康狀況、並透過適當分配勞工工作、改善作業環境、辦理勞工傷病醫療照顧、急救事宜、健康教育、衛生指導及推展健康促進活動等協助勞工保持或促進其健康，也減少傷病之缺工情況。

12. (4) 下列何者非健康促進的項目？

- ① 有氧運動
- ② 八段錦
- ③ 戒菸計畫
- ④ 指認呼喚。

解析

① 有氧運動包含韻律舞蹈等可以促進心肺功能之運動。
 ② 八段錦養生操與有氧運動一樣屬於身體活動的項目。
 ③ 戒菸計畫也是健康促進常考慮的項目。
 ④ 指認呼喚(指差確認)是一種透過身體各種感官(包括視覺、大腦意識、身體動作、口誦及聽覺)並用協調，以增加操控器械的注意力的職業安全動作方法。

13. (1) 依職業安全衛生管理辦法規定，下列何種機械設備應實施重點檢查？

- ① 局部排氣裝置
- ② 動力堆高機
- ③ 車輛系營建機械
- ④ 衝壓機械。

解析

雇主對局部排氣裝置或除塵裝置，於開始使用、拆卸、改裝或修理時，應依下列規定實施重點檢查：

- 一、導管或排氣機粉塵之聚積狀況。
- 二、導管接合部分之狀況。
- 三、吸氣及排氣之能力。
- 四、其他保持性能之必要事項。

14. (1) 依職業安全衛生設施規則規定，有易燃性液體蒸氣或可燃性氣體存在致有爆炸之虞之作業場所，應在何時測定其濃度？

- ① 作業前
- ② 作業後
- ③ 每日
- ④ 每月。

解析

雇主對於作業場所有易燃液體之蒸氣、可燃性氣體或爆燃性粉塵以外之可燃性粉塵滯留，而有爆炸、火災之虞者，應依危險特性採取通風、換氣、除塵等措施外，應指定專人對於前述蒸氣、氣體之濃度，於作業前測定之。



15. (3) 依職業安全衛生設施規則規定，作業前應測定可燃性氣體或易燃性液體蒸氣，其濃度達爆炸下限值之多少百分比以上時，應即刻使勞工退避至安全場所？ ① 10 ② 20 ③ 30 ④ 40。

解析

蒸氣或氣體之濃度達爆炸下限值之 30% 以上時，應即刻使勞工退避至安全場所，並停止使用煙火及其他為點火源之虞之機具，並應加強通風。

16. (3) 實施自動檢查以後，必須採取下列何項措施始能達到防止職業災害，保障職業安全與健康之目的？
① 聘請專家指導 ② 提出檢查報告 ③ 切實改善 ④ 舉行研討會。

解析

自動檢查發現問題後，應不斷且切實的持續改善。經由規劃(Plan)、實施(Do)、檢查(Check)及改進(Action)等管理功能(PDCA)，實現安全衛生管理目標，提升安全衛生管理水準。

17. (3) 下列哪種事業單位依職業安全衛生管理辦法規定，僱用勞工人數在 100 人以上需要設置職業安全衛生管理單位？
① 新聞業 ② 醫院 ③ 紡織業 ④ 郵政業。

解析

職業安全衛生管理辦法之事業，依危害風險之不同區分如下：

一、第一類事業：具顯著風險者。(紡織業)

二、第二類事業：具中度風險者。(醫院、郵政業)

三、第三類事業：具低度風險者。(新聞業)

事業單位應依下列規定設職業安全衛生管理單位(以下簡稱管理單位)：

一、第一類事業之事業單位勞工人數在 100 人以上者，應設直接隸屬雇主之專責一級管理單位。

二、第二類事業勞工人數在 300 人以上者，應設直接隸屬雇主之一級管理單位。

18. (3) 依職業安全衛生管理辦法規定，事業單位勞工人數在多少人以上，設職業安全衛生管理單位或置管理人員時，應填具「職業安全衛生管理單位(人員)設置(變更)報備書」陳報勞動檢查機構備查？
① 10 ② 20 ③ 30 ④ 100。

解析

依職業安全衛生管理辦法第 86 條：

勞工人數在 30 人以上之事業單位，依第 2-1 條至第 3-1 條、第 6 條規定設管理單位或置管理人員時，應依中央主管機關公告之內容及方式登錄，陳報勞動檢查機構備查。

19. (3) 依職業安全衛生管理辦法規定，職業安全衛生委員會設置之委員人數最少需要多少人？
① 3 ② 5 ③ 7 ④ 9。

解析

職業安全衛生委員會置委員 7 人以上，除雇主為當然委員及第 5 款(勞工代表)規定者外，由雇主視該事業單位之實際需要指定下列人員組成：

一、職業安全衛生人員。



- 二、事業內各部門之主管、監督、指揮人員。
- 三、與職業安全衛生有關之工程技術人員。
- 四、從事勞工健康服務之醫護人員。
- 五、勞工代表。

20. (3) 依職業安全衛生管理辦法規定，職業安全衛生委員會至少應每幾個月開會 1 次？

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4。

解析

職業安全衛生委員會應每 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。

21. (3) 依職業安全衛生管理辦法規定，事業單位勞工多少人以上，雇主應訂定職業安全衛生管理規章？

- ① 30 ② 50 ③ 100 ④ 300。

解析

職業安全衛生管理辦法第 12-1 條：

雇主應依其事業單位之規模、性質，訂定職業安全衛生管理計畫，要求各級主管及負責指揮、監督之有關人員執行；勞工人數在 30 人以下之事業單位，得以安全衛生管理執行紀錄或文件代替職業安全衛生管理計畫。勞工人數在 100 人以上之事業單位，應另訂定職業安全衛生管理規章。

22. (1) 依職業安全衛生管理辦法規定，職業安全衛生人員離職，應向哪個單位報備？

- ① 當地勞動檢查機構 ② 當地縣(市)政府
 ③ 同業公會 ④ 當地警察局。

解析

職業安全衛生管理辦法第 8 條：

職業安全衛生人員因故未能執行職務時，雇主應即指定適當代理人。其代理期間不得超過 3 個月。

勞工人數在 30 人以上之事業單位，其職業安全衛生人員離職時，應即報當地勞動檢查機構備查。



參、營造作業安全

本節提要及趨勢

鑑於傳統營造工地管理只注重工程進度及品質，卻忽略了施工過程的安全問題，致職業災害發生機率較一般行業為高，工地一旦發生職業災害，因處理災害現場及接受調查等導致作業之停頓，將造成工期延宕；另需支付罹災者的補償，事業主或其代理人（包括執行業務之人、工作場所負責人等）也將面臨法律責任之追究，其後果往往是當初所料想不及的。為協助營造業落實安全衛生管理工作，透過安全衛生規劃、執行、檢核與行動（P、D、C、A）的管理循環機制，實現安全衛生管理目標，達到保護勞工之目的。

本節學習重點：

1. 能瞭解營造作業安全理論。
2. 能應用營造作業災害防止措施。

本節題型參考法規

營造安全衛生設施標準。

職業安全衛生設施規則。

重點精華

- 一、局限空間作業安全。
- 二、屋頂作業安全。
- 三、開挖作業安全。
- 四、施工架（含移動式）作業安全。
- 五、高空工作車作業安全。
- 六、模板支撐安全。
- 七、鋼構作業安全。
- 八、起重吊掛作業安全。
- 九、車輛系營建機械安全。



參考題型

- 一、為防止職業災害的發生，請依採行的優先順序，列出安全防護的 5 個原則。
 - 二、屋頂作業墜落是我國發生重大職災最嚴重的作業及災害類型之一，請依上述安全防護的 5 個原則，就防止屋頂作業之墜落危害，各舉一例說明其可行作法。
- 【61-03】

答

- 一、為防止職業災害的發生，依採行的優先順序之安全防護原則如下列：
 1. 消除危害。
 2. 以較低危害的過程、運作或設備取代。
 3. 使用工程管制及工作重組。
 4. 使用行政管制，如標示、警告、教育訓練與管理。
 5. 使用適當且足夠的個人防護具。
- 二、防止屋頂作業之墜落危害可行作法如下列：
 1. 消除危害：
 - (1) 有遇強風、大雨等惡劣氣候致勞工有墜落危險時，應使勞工停止作業。
 - (2) 經由設計或工法之選擇，儘量使勞工於地面完成作業以減少高處作業項目。
 - (3) 經由施工程序之變更，優先施作永久構造物之上下設備或防墜設施。
 2. 以較低危害的過程、運作或設備取代：
以施工架取代合梯、以高空工作車取代屋頂作業。
 3. 使用工程管制及工作重組：
 - (1) 於高差超過 1.5 公尺以上之場所作業時，設置能使勞工安全上下之設備。
 - (2) 於屋架上設置適當強度，且寬度在 30 公分以上之踏板。
 4. 使用行政管制，如標示、警告、教育訓練與管理：
 - (1) 標示：圖示、警語。
 - (2) 警告：設置警戒線。
 - (3) 管理措施：如上鎖、巡檢、專人監視、區域管制等等。
 5. 使用適當且足夠的個人防護具：
使勞工確實使用安全帶、安全帽及其他防止墜落必要之防護具。



參考題型

近年來對於橋梁工程多已採支撐先進工法、懸臂工法等以工作車推進方式施工，試辨識該施工之主要危害有哪些？為預防工作車推進方式施工之危害，請說明可採取之對策有那些？ 【59-02】

答

一、支撐先進工法、懸臂工法等以工作車推進方式施工之潛在危害計有：

1. 工作車倒塌。
2. 節塊倒塌。
3. 物體飛落。
4. 墜落。
5. 感電等。

二、預防工作車推進方式施工之危害，可採取之對策分列如下：

1. 工作車倒塌：工作車於組立、推進移動與拆除過程中，可能因作業不慎、工作車重量失去平衡、工作車導軌固定不牢、移動速度過速、或鋼棒鎖固不良等問題，而使工作車倒塌。

防止對策：

- (1) 工作車組立推進移動、與拆除時應依據相關作業規定執行（如移動速度控制等）。
- (2) 於施作前應進行試車，確實掌握正確的作業流程。

2. 節塊倒塌：整個工作車推至定位後固定不良致無法承受澆置節塊重量，或施預力不足、預力錨定等不良致節塊斷裂而倒塌。

防止對策：

- (1) 工作車推至定位後之固定確實，澆置前檢核無誤。
- (2) 依設計施加預力，預力錨定確定。

3. 物體飛落：懸臂施工係高空作業，其於懸臂工作車組立、懸臂節塊施工、懸臂工作車拆除、甚至橋面附屬工程進行，皆可能發生構件、物料等飛落之可能。

防止對策：

- (1) 對於手工具等應繫牢，或置於工具袋以防止脫落，相關零件（如螺絲等）應集中放置。
- (2) 吊掛作業應依據相關規定執行。
- (3) 工作車周邊與開口處應設置防護網與護欄等以防止物體飛落。

4. 墜落：懸臂式施工係高空作業，因此可能因施工不慎、安全措施不良等因素發生人員墜落，而致人員傷亡。



防止對策：

- (1) 懸臂施工工作面應設置護欄、安全網與警告標誌，並限制非工作人員進入工作範圍。
 - (2) 若因作業因素暫無法設置護欄，則應確實使用安全帶。
5. 感電：懸臂施工過程中使用工具機、電焊機等，可能因使用不慎與相關保護設施不佳而致人員感電。

防止對策：

- (1) 懸臂施工所使用之供電設備應設置漏電斷路器。
- (2) 定期檢查所使用之電氣設備，如有故障或破損應立即檢修。
- (3) 電動機具使用時接地與設備周邊應設置明顯之警告標誌。
- (4) 交流電焊機應裝置自動電擊防止裝置。



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)，亦為法規之故障樹，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：








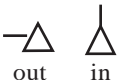
建立失誤樹 (Fault Tree Analysis, FTA)。
3. 共同原因故障模式分析。



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)。

🔍 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)  | 不希望發生的事件，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：

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

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

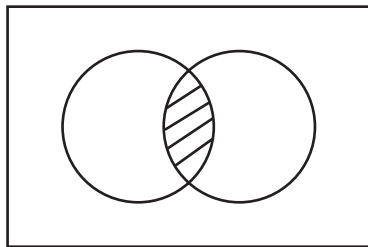


🔍 布林代數化簡法規則：

布林代數用於集合的運算，與普通代數運算法則不同。它可用於故障樹分析 (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)：

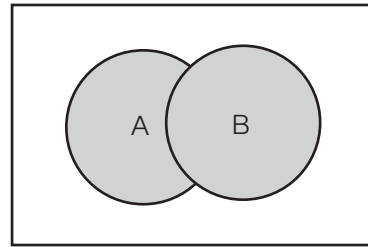
1. 交集與聯集



A · 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 | $A + A'B = A + B = B + B'A$ |

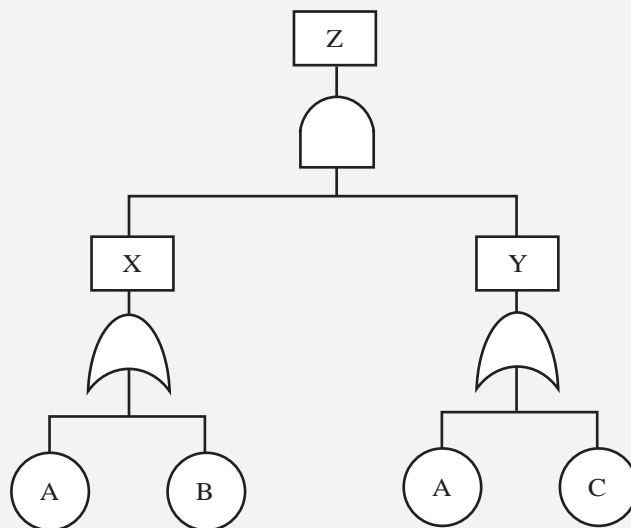
頂端事件包含「或閘 (OR Gate)」的發生率：若一頂端事件之組成（即最小切集合）至少包含一個「或閘」時，則各部分集合先以「笛摩根第一定律」計算之（即各部分集合先以「1-故障率」計算之，並且再互乘），此時得出的結果是「頂端事件的不發生率」，計算至此即可以「1-頂端事件的不發生率」再計算之，即可得到「頂端事件的發生率」，如：

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：

$$\begin{aligned}
 P(T) &= 1 - [1 - P(A)] \times [1 - P(B)] \\
 &= 1 - (1 - a) \times (1 - b)
 \end{aligned}$$

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 |



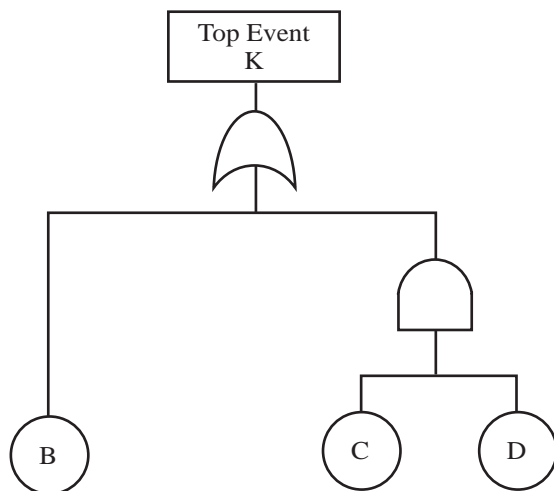
| 計算機機型 | 計算機操作說明 |
|------------------|---|
| AURORA SC600 | 1 - ((1 - 1 EXP +/- 6)) × (1 - (2 EXP +/- 3 × 3 EXP +/- 3)))) = 0.000006999 |
| LIBERTY LB-217CA | 1 - [(... [(... 1 - 1 × 10 SHIFT x ^y 6 +/- (...)] × [(... 1 - [(... 2 × 10 SHIFT x ^y 3 +/- × 3 × 10 SHIFT x ^y 3 +/- (...)] (...)] (...)]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



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