

目錄

第一章 前言	1
1-1 緣起	1
1-2 產品安全標準的特色	2
1-3 風險評估對設計者的意義	3
1-4 風險評估與採購者的關係	4
1-5 風險評估對使用者的意義	6
1-6 手冊使用說明與適用範圍	7
第二章 機械設備安全制度制定背景	8
2-1 國內法令背景	8
2-2 國際機械設備安全相關制度之探討	12
第三章 風險評估的實施方法	31
3-1 風險評估之概要	31
3-2 風險評估實施前的準備作業	34
3-3 步驟 1：確認機械設備的限制	35
3-4 步驟 2：危害辯識	40
3-5 步驟 3：風險評估	52
3-6 步驟 4：風險評估結果分析	58
3-7 步驟 5：降低風險	58
第四章 風險評估的案例分析—以烤箱為例	60
4-1 輔導對象選定	60
4-2 輔導流程說明	65
4-3 步驟 1：確認機械設備的限制	66
4-4 步驟 2：危害源辨識實例	69
4-5 步驟 3：風險評估實例	75
4-6 步驟 4：風險評估結果分析實例	83
4-7 步驟 5：降低風險實例	85

第五章 热風烤箱設備安全衛生查核表	87
第六章 結論與建議	93
參考文獻	95
名詞釋義	97
附錄	101
附錄一、A 設備商烤箱之失效模式與影響分析（FMEA）結果	102
附錄二、B 設備商烤箱之失效模式與影響分析（FMEA）結果	112
附錄三、A 設備商烤箱之工作安全分析（JSA）結果	121
附錄四、B 設備商烤箱之工作安全分析（JSA）結果	131
附錄五、烤箱之失誤樹（FTA）分析結果	139

圖 目 錄

圖 2-1 製造業重大職災類型（勞動部民國 104 年，不含交通事故）	9
圖 2-2 製造業職災媒介物（勞動部民國 104 年，不含交通事故）	10
圖 2-3 國內機械設備安全相關法令	11
圖 2-4 國際機械安全標準 ISO/IEC Guide51 基本架構	14
圖 2-5 國際標準 ISO 12100 以設計者角度之降低風險流程	15
圖 3-1 風險評估實施流程	33
圖 3-2 確認機械設備限制條件之目的	38
圖 3-3 危害發生的過程與結果	40
圖 3-4 危害源分析手法的分類及範例	41
圖 3-5 失誤樹分析之範例圖	49
圖 3-6 危害風險評估之要點整理	53
圖 3-7 風險矩陣法相關範例圖	55
圖 3-8 定義風險等級之樹狀圖範例	57
圖 3-9 ISO/IEC Guide 51 之規定的降低風險優先順序	59
圖 4-1 製程設備風險評估技術輔導申請流程及說明	61
圖 4-2 生產設備設計製造階段風險評估執行流程圖	66
圖 4-3 SEMI S10 風險評估矩陣表	78
圖 4-4 確認機械安全性之查證及確認妥當性之流程	85
附圖 1、電線走火引發局部大火	141
附圖 2、機台內部油漬引發局部大火	142
附圖 3、排風管油漬引發局部大火	143
附圖 4、有機溶劑在機台內部引發全廠大火	144
附圖 5、有機溶劑在機台內部引發全廠大火	146

表 目 錄

表 2-1 國際標準 ISO 12100 之標準分類	16
表 2-2 美國機械安全之相關標準	18
表 2-3 個別檢定及型式檢定類別表	28
表 3-1 機械設備的壽命週期範例	36
表 3-2 合理可預見的錯誤使用之發生時機	36
表 3-3 機械設備發生的功能異常	37
表 3-4 實施機械設備的風險評估前應明確的事項之範例	39
表 3-5 檢核表分析法所需之時間參考	43
表 3-6 What-If 分析表單範例	43
表 3-7 What-If 分析法所需之時間參考	44
表 3-8 危害與可操作性分析法所需之時間參考	45
表 3-9 FMEA 表單格式範例	45
表 3-10 FMEA 實施必要花費之時間	47
表 3-11 製作失誤樹圖之相關記號圖示	48
表 3-12 失誤樹分析法所需之時間參考	50
表 3-13 JSA 分析表參考例	50
表 3-14 事件造成的危害嚴重度分級基準（參考風險評估技術指引劃分） ..	54
表 3-15 事件發生機率的分級基準（參考風險評估技術指引劃分）	54
表 3-16 風險等級分類表	57
表 4-1 印刷電路板業高危害風險之設備比較	62
表 4-2 輔導廠商相關基本資料	64
表 4-3 機械設備限制條件表單範例	68
表 4-4 初步危害分析表單範例	69
表 4-5 輔導廠商烤箱設備危害因子說明及相關改善建議	69
表 4-6 本案例 FMEA 危害鑑別表單欄位範例	74
表 4-7 本案例 JSA 危害鑑別表單欄位範例	75
表 4-8 FMEA 危害鑑別與風險評估表單範例	75
表 4-9 JSA 危害鑑別與風險評估表單範例	75
表 4-10 事件造成的危害嚴重程度（參考 SEMI S10 等級劃分）	76

表 4-11 風險要素：危害嚴重程度的考慮事項	77
表 4-12 事件發生危害的機率（參考 SEMI S10 等級劃分）	77
表 4-13 風險要素：可能造成危害的考慮事項	78
表 4-14 風險等級的判斷基準	79
表 4-15 輔導廠商風險評估重點摘錄	79
表 4-16 輔導廠商之烤箱設備風險評估結果分析與說明	83
表 4-17 热風烤箱設備安全衛生查核表單	88

所有權歸公司所有

第一章 前言

1-1 緣起

為提升國內設備及機械之安全，並保障勞工權益，勞動部於民國 103 年通過「職業安全衛生法」的法令新增及修訂，其中第 5 條第 2 項明定：「機械、設備、器具、原料、材料等物件之設計、製造或輸入者，及工程之設計或施工者，應於設計、製造、輸入或施工規劃階段實施風險評估，致力防止此等物件於使用或工程施工時發生職業災害」。意即新法中，為了有效降低機械、設備於使用中發生之職業災害及危害風險，依本質較安全化之設計策略，要求所有機械、設備等產品出廠前，須事先於設計、製造階段實施風險評估。此亦表示，新法令除原先屬於末段管理的安全查察制度外，增加屬於源頭管理的安全驗證制，並依據風險評估結果，檢討機械、設備安全設計之方策，以確實降低機械、設備之殘餘風險，保障使用者之人身安全。

經濟部工業局為協助產業及事業單位加強製程設備風險評估技術及提升源頭管理的理念，以符合新修法令的規定並使產業能夠永續發展，特委託社團法人中華民國工業安全衛生協會（以下簡稱工安協會）於民國 105 年度起規劃『生產設備設計製造階段風險評估技術輔導』，藉此幫助事業單位依設備、機械、器具操作使用時可能產生之危害風險，於設計、製造階段進行風險評估，進而採取相關危害預防措施以提升機械安全等級，達到機械、設備本質安全與源頭管理之目的。

工業局 105 年度計畫以印刷電路板產業為輔導對象，在工安協會與台灣電路板協會合作下，選定該產業製程設備兩家供應製造商會員進行輔導。此輔導計畫之特色係透過輔導機械設備製造供應商以風險管理技術，針對機械設備之設計製造，進行危害辨識、風險評估及提出本質安全設計策略，依風險評估結果持續查證、檢討及改善，以避免末端使用之操作者發生災害。另藉由本次輔導成果，將生產設備製造如何辦理風險評估，予以宣導推廣，供機械設備製造者參考。

1-2 產品安全標準的特色

職業安全衛生法修法後，對於機械、設備或器具之安全進一步要求設計、製造者的安全驗證制度，除此之外，國際間亦有對於產品安全的基本要求。隨著國內機械設備等產品出售不再侷限於國內市場，尚有機械設備外銷，為達致與國際接軌之目的，降低機械、設備於國際間貿易的障礙及風險，因此產品安全的規範標準應符合國內法令要求之外，亦須一併考量國外安全法令與標準。

然而，為確保機械設備製造供應商所設計、製造的產品是否符合安全性要求，產品必須經過一系列的評估、測試、驗證規格標示及使用說明評估等多道程序，而這些過程構成了產品安全與否的基本要素。然而，要成為一項所謂符合「安全」的產品，除了上述幾項必須通過的工程評估條件之外，還要結合產品查驗、統計數據、分析原因、提出改善方案等工廠製造生產的品質管理與控制，才能確保每一個產品都符合安全的要求[1]。

所謂之產品的安全性，應用測試和認證之方法來評估產品的安全效能，流程是必須先行分類產品的功能性質，來決定這些產品所應符合之安全規範。即使是一樣的產品，在不同的使用環境、操作條件或功能性分類等條件下，其所應符合的安全規範標準也會有所不同。對於機械設備而言，發展一套適用該項機械設備的安全規範標準，不但可以加強機械設備製造供應商安全產品在國際間流通，也可保障使用者的健康與安全。目前全球越來越多國家認為有必要透過風險評估來制定機械設備安全標準，以提升機械設備產品之安全等級，加強產品的競爭力。國際相關機械安全標準之訂定例如國際標準化組織的 ISO/IEC、歐盟的標準 (EN)、日本厚生勞動省頒布的機械總括性安全基準之指針及韓國產業安全衛生機構基於產業安全保險法訂定的 S-Mark 與 KCs-Mark 認證、標示制度等。上述國際產品安全標準目的皆在落實源頭管理，導引機械製造供應商降低機械設備潛在危害風險、提升機械安全等級，藉此預防產業災害[2]。

1-3 風險評估對設計者的意義

以機械設備設計製造者而言，實施風險評估及安全設計的必要性除了符合本國法令之要求（職業安全衛生法第 5 條第 2 項及第 6 條相關規定），更重要的是保障機械設備使用者之人身安全。以職業安全的角度而言，「人可能會犯錯，機械難免會故障」，若想從源頭控制的理念消弭危害，從事機械設備設計、製造者應以本質較安全設計為出發點，並以風險評估技術為輔助工具，從源頭設計之初發現風險並予以改善控制，透過安全設計提升機械安全性能，實現機械本質安全化來降低風險。

我國經濟部標準檢驗局為保護本國勞工職場上之工作安全，降低使用機器設備及工作環境之直接或間接危害風險，在民國 100 年 1 月期間公布國家標準 CNS 15434 「機械安全—防護裝置—設計與建構固定式和移動式防護裝置之一般要求」。此標準提供機械設備之設計、製造者，於安全防護裝置設計及製造初期，更加積極充分地考量任何可能發生安全危害之因素，透過事前進行危害鑑別及分析手法，再利用風險評估之技術或管理工具，降低甚至消除任何可辨識出的危害因子，以作為設計及架構適當之安全防護裝置或對策的參考，而非消極的完成機械設備製造後[3]，再進行二次或額外加裝的機械安全防護或使用個人防護裝備等方式，來避免使用者遭受重大之危害[4]。

依據產業價值鏈資訊平台顯示，生產設備設計製造商屬於供應鏈之上游，若於產品開發階段即導入風險評估之方法，廠商事先發現原本設計中的潛在危害風險，透過不斷修正及重複風險評估，將機械設備產品中的殘餘風險降低至社會及使用者可以接受的程度。則可藉此降低機具設備在使用的過程中發生職業災害等意外，達到源頭管理之目的。

1-4 風險評估與採購者的關係

目前使用廠商在設備採購上可能有兩種情形：選用已有設備機型或在安全與製程要求上客製化。然而使用端在安全議題要求上客製化往往礙於專業知識之限制其客製化之功能或有缺失或有不完備之處。因此，將設備風險評估分析結果化為設備查核表，降低潛在危害發生，更顯示其重要性。

前述我國於民國 103 年新修訂之職業安全衛生明定機械設備在設計製造階段應實施風險評估，以保障使用端在操作、使用機台設備之人身安全。國內法規職業安全衛生管理辦法第 12 條第 1 項規定，雇主應依其事業規模、特性，訂定職業安全衛生管理計畫，執行包含採購管理在內之職業安全衛生事項，並留存紀錄備查。同辦法第 12 條第 4 項規定：第一類事業勞工人數在三百人以上之事業單位，關於機械、器具、設備、物料、原料及個人防護具等之採購、租賃，其契約內容應有符合法令及實際需要之職業安全衛生具體規範，並於驗收、使用前確認其符合規定。為符合職安衛新法之規定，使用者或雇主有義務保障該事業單位員工之安全，使用或採購已實施風險評估且符合安全規範之機械設備，也因此使用者或雇主得於採購機械設備時，明確定義採購及驗收規範，並要求製造供應商提供必要之安全措施與安全標準證明。

我國政府為協助事業單位建立及推動職業安全衛生管理系統，勞動部已發佈職業安全衛生管理系統（以下簡稱 TOSHMS）指引，其中第 4.3.7 節對採購的要求，明確指出「組織應訂定維持程序，確保在採購貨物與接受服務前確認符合國家法令規章及組織本身職業安全衛生的要求，且在使用前可達成各項安全衛生要求」。對於事業單位規劃及執行之採購管理的過程中與安全衛生有關的要求與作法另有「採購管理技術指引」提供採購基本原則、作業流程及建議性作法，以作為事業單位之參考依據[5]。

指引說明採購管理的作業流程首要步驟，即為研訂採購管理制度/程序及計畫，明示事業單位應依其規模及風險特性，要求該事業安全衛生部門、請購單位及採購部門等相關單位，於機械、器具、設備、物料、原料及個人防護具等之採購（含租賃）事項，建立、實施及維持可符合安全衛生法規及職業安全衛生管理系統等相關規範要求之採購管理制度/程序及計畫。除此之外，請購單位在提出工程、財物或勞務等採購之前，應先確認是否有安全衛生上之需求，並將其納入請購單或契約中。參照「加強公共工程職業安全衛生管

理作業要點」規定，將假設工程安全納入規範、設計，要求設計成果應含安全衛生建議圖說及計價文件，據以納為安全衛生規格，要求廠商辦理並列為履約要件，供應廠商須提供施工計畫或說明書，內容須包含工程圖、施工方法或標準、工程之潛在危害及風險、相關控制措施及安全衛生管理計畫等勞務採購之規格要求。然而，為避免不同人員對相同工程、財物或勞務所需安全衛生規格認知之差異，得事先訂出各類採購所需之安全衛生規格，作為請購、採購及驗收之依據。對於機械設備之安全衛生規格，制訂方式可由危害辨識及風險評估之結果，鑑別出關鍵性項目。新增的機械、設備或化學物質等之採購，請購部門應先考量安全衛生法規及相關規範上之要求，並依據危害辨識及風險評估結果確認出所需之安全衛生規格，再將其納入採購規格或契約中。後續採購案之審核、採購執行及驗收皆須符合安全衛生要求所需規格及相關要求事項，以確保人員之安全與健康[6]。

國際規範如 ISO 14121（機械安全：風險評估原則）中亦有參考依據，如實施機械設備風險評估必須涵及機械設備的整個壽命週期，包括採購、安裝試車及使用等，皆應考量可能引起之安全衛生相關危害，因此採購者必要時將所需安全設計之規格納入機械設備採購規範中。另外，新版 ISO 45001 職業健康與安全管理系統 DIS 版（Occupational health and safety management systems）相較於 OHSAS 18001 對於所採購的商品、設備及服務相關之控制措施，除依其風險評估、鑑別之法令規章要求，並且建立產品、原物料、設備、貨物之採購等作業管制，更加強採購、供應商與承包商控管，組織須依下述層次結構，建立足以達到風險降低的程序[7]：

1. 危害消除（Hazard Elimination）
2. 以較不危害的物質、程序、作業或設備取代（Substitution）
3. 利用工程控制（Engineering Controls）
4. 用安全標示、標記和警告(示)裝置和行政控制（Administrative Controls）
5. 使用個人防護設備（Personal Protective Equipment, PPE）

台灣職業安全衛生法雖已有第 6 條至第 9 條及第 16 條管制約束指定之機械設備和危險性機械設備必須通過型式驗證，並定期實施檢點等安全措施。但國內尚有未被納入職安法規範的特殊機械設備，為保護使用端之安全，事業單位執行採購管理如何有效應用危害辨識及風險評估達到實質的安全，將

是一個重要課題。

1-5 風險評估對使用者的意義

近年來，許多機械設備產品於使用、操作或試車等生命週期階段常發生職業災害意外案例，考量機械設備之危害發生型態，於正常運轉、停機維修或裝機試車等，不論是「人接觸到機械設備」或「機械設備碰觸到人」，皆屬危險能量傳遞而發生災害。舉凡機械設備引起火災、化學洩漏災害、漏電或感電及切割夾捲等重大意外發生，生產設備故障或安全裝置失效，輕則造成工廠生產停滯、額外的維護改善成本；嚴重則不僅造成工廠火災爆炸、大量財產損失、人員失能傷害甚至死亡事件之發生。

若以使用者的角度而言，設備製造商在生產機械設備設計、製造階段及針對操作步驟實施風險評估，除了使用及操作時較趨安全之外，更有提高事業單位市場競爭力、促進企業安全經營及提升使用者安全意識等作用。

由上述原因可以瞭解，機械設備等產品本質安全對於使用者的意義甚大，如何安全、安心使用或操作生產設備會是使用者或經營者的重要顧慮。然若生產設備於設計、製造階段實施風險評估，分析生產設備之潛在危害因子，預先評估可能產生之影響及嚴重程度，進而納入本質較安全設計之概念，甚至推行型式驗證合格的生產設備，降低生產或使用時發生的機械設備相關職業災害，對於企業使用者及經營者而言將能放心生產，另也有助於此機械設備產品所屬事業單位形象提升，增加設備製造供應商在市場上的競爭力。

此也顯示，產業為提升生產效率，所採用生產設備或機具逐步朝向高速自動化及功能複合化，隨之而來發生意外之風險也相對提高。綜合上述，風險評估技術不僅針對設備製造供應商，也對企業經營者或設備使用者有連帶之影響，實踐風險評估對於安全經營之理念及整體安全文化提升有著密不可分之關係。

1-6 手冊使用說明與適用範圍

本手冊編撰目的首在提供讀者瞭解生產設備風險評估技術方法及協助事業單位提高生產設備安全等級之成效。因此手冊首先說明編撰緣起及目的，接著介紹國內外機械設備安全標準訂定，進而介紹風險評估之執行方式及建置安全衛生檢核表，最後以烤箱為案例，產出熱風烤箱設備之安全衛生查核表。各章節之內容大綱說明如下：

第一章 前言—界定本手冊之適用範圍、適用對象、目的，並說明風險評估對於經營者與設計者之相互關係。

第二章 背景說明—說明國內對於機械設備相關之法令背景、簡述國際間機械安全相關的制度與標準。並提出產品開發過程中執行風險評估需要注意的事項。

第三章 風險評估實施方法—闡述風險評估的原則及作業流程。

第四章 風險評估的實例—本章節主要以實際臨廠輔導案例加強論述，製作風險評估方法與降低風險參考案例供業界參考。

第五章 產出熱風烤箱設備之安全衛生查核表。

第六章 結論與建議—手冊總結與後續推廣之建議。

名詞釋義—風險危害相關之用語與定義。

參考文獻—列出本手冊引用之相關文件。

附錄—提供烤箱之 FMEA、JSA 及 FTA 分析結果。

第二章 機械設備安全制度制定背景

2-1 國內法令背景

職業安全衛生法（原名為勞工安全衛生法）自民國 63 年公布施行後，實施經歷數十年內僅有營造業、製造業等十四產業別及受僱勞工為保護對象。為符合國際勞工組織（International Labour Organization, ILO）及聯合國公約之規範，經勞動部修法，並經立法院三讀通過後，正式於民國 103 年頒布職業安全衛生法。其中，修法說明新法修訂重點之一為「建構機械、設備及化學品源頭管理機制」，且因應本國現代科技研發進步，新機械設備、新物質及新材料等日漸增加，致使工作者暴露於新的風險危害，因此於職安法第 5 條第 2 項明定：「機械、設備、器具、原料、材料等物件之設計、製造或輸入者，及工程之設計或施工者，應於設計、製造、輸入或施工規劃階段實施風險評估，致力防止此等物件於使用或工程施工時發生職業災害。」。

由上述背景得知，為提升國內機械、設備及器具使用之安全，持續降低國內機械設備相關之職業災害，並強化源頭管理及本質安全設計之理念，其安全意識及責任歸屬由雇主（使用者）轉向要求機械設備之設計、製造者，藉由出廠前事先評估其危害性及風險，並採取本質較安全設計及安全對策之手段提升機械設備安全等級，以保障後續使用者之作業安全。

近年來國內製造業勞動人力嚴重缺乏，事業單位普遍且大量使用快速自動化、模組化機械設備以降低人力成本，如此發展的結果，若無有效安全化機械控制及操作系統，致使人員接觸機械設備危險因子的風險將大幅增加，此也說明操作機械設備遭遇危害機率與傷害嚴重性將擴大。依據國內勞動部職業安全衛生署 104 年勞動檢查年報統計，民國 104 年度製造業共發生 5,496 件職業災害事件（不含交通事故意外），其中以被夾、被捲居首位，共有 1,440 人次，占製造業總職業災害人次比率約 27%；其次是被切、割、擦傷共有 971 人次，占 16%。此兩者職業災害類型以機械性相關危害為主，且被夾、被捲、被刺、割、擦傷及被撞等機械性傷害占製造業總職業災害人次比率約五成。如圖 2-1 所示[8]。

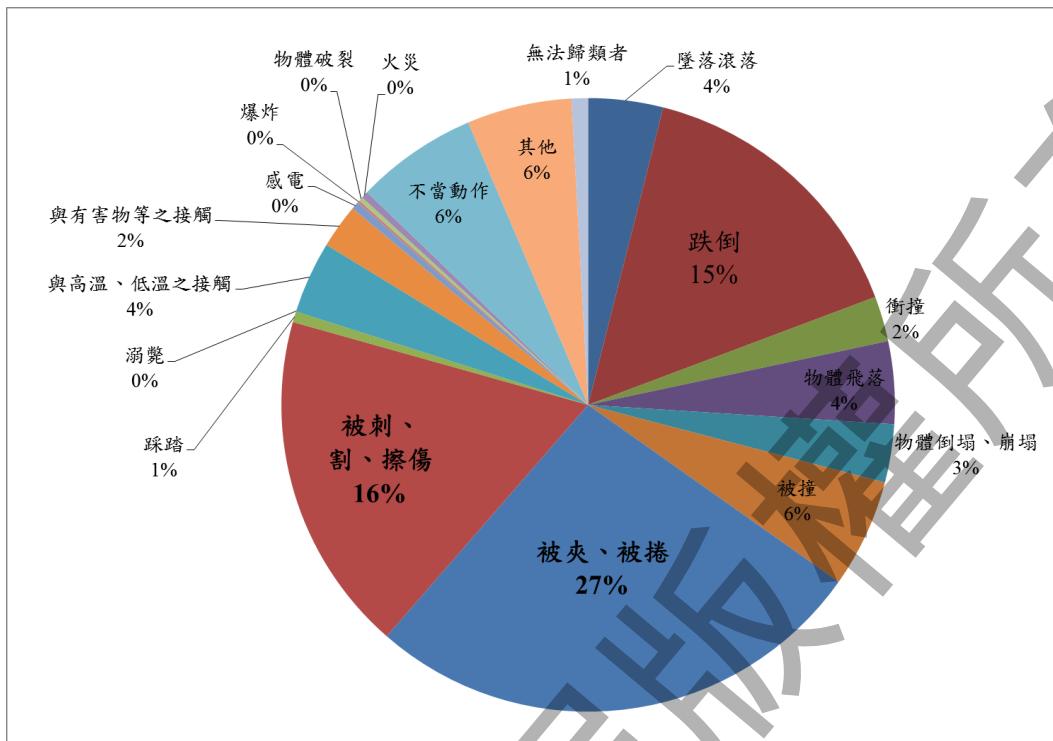


圖 2-1 製造業重大職災類型（勞動部民國 104 年，不含交通事故）

下圖 2-2 為我國 104 年製造業職業災害統計與媒介物之關係，由圖中可知，以機械、設備及器具為直接原因的職業災害比率將近四成以上。由上述職業災害統計結果大致可瞭解我國在降低既有機械性切、割、夾、捲職災所面臨之挑戰，另也反映出機械、設備及器具大型化、模組化、大量取代人工勞力，職災發生的媒介物別於以往已有改變。隨著工業擴展，工業所需之生產機械設備越來越先進，機械設備漸趨自動化，機械性的職災原因也不再局限於切割夾捲危害，而是存在複合型態的風險危害，諸如感電、人因性、化學品暴露、火災爆炸等，如何防止或降低未來機械設備危害的發生，將會是此計畫的一大課題。

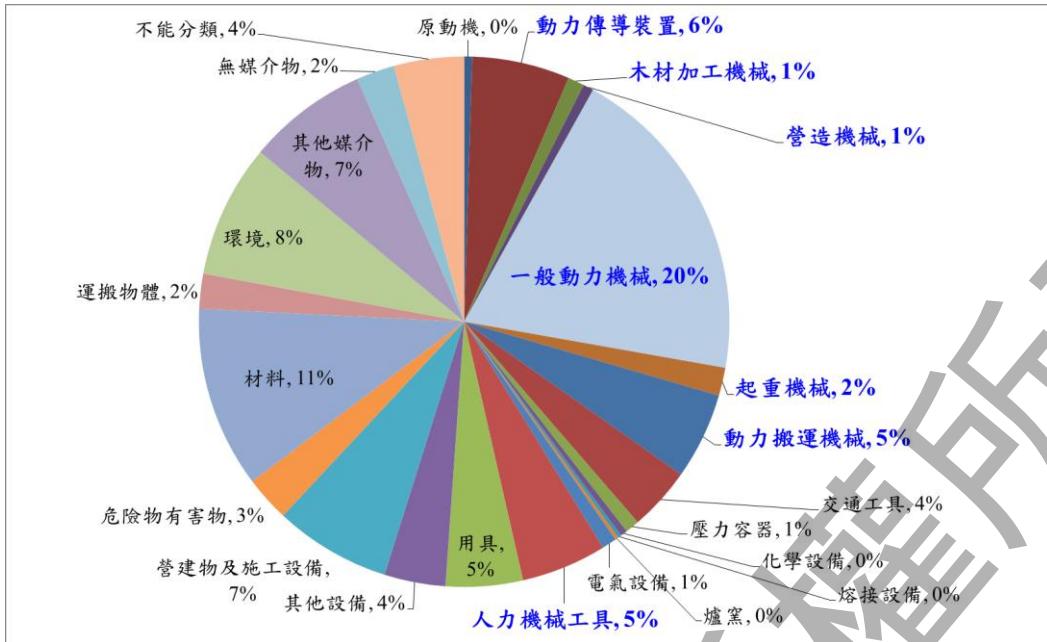


圖 2-2 製造業職災媒介物（勞動部民國 104 年，不含交通事故）

國內職業安全衛生法規對於機械設備安全，除了職業安全衛生法第五條第二項明定機械設備應於設計、製造或輸入階段實施風險評估。又於同一法規之第六條有一般性機械設備災害防止的規定，第七條、第八條規定被指定或公告列入型式驗證之機械、設備及器具其構造、性能及防護裝置未符合安全規範者或非經驗證合格者，不得產製運出廠場、供應、設置或使用等。型式驗證（Type Certification）指由驗證機構對某一型式之機械、設備或器具等產品，審驗符合安全標準之程序。凡是對某一產品驗證合格者，即代表同一型式產品均屬合格，產品應有書面認證及張貼合格標章。另符合前述職安法第七條至第九條之安全標準者，應於指定之資訊申報網站登錄，並於其產製或輸入之產品明顯處張貼安全標示，此是參考歐盟自我宣告及韓國驗證資訊登錄制度，建置製造者或輸入者自我宣告及標示機制。在職業安全衛生法下，政府另訂有「職業安全衛生設施規則」、「危險性機械及設備安全檢查規則」、「起重升降機具安全規則」、「機械設備器具安全標準」等相關法令及標準。

若以國內職業安全衛生法規體系而言，將機械設備區分為三大類別。第一類別為母法第 16 條規範的危險性機械設備，包括移動式起重機、固定式起重機、人自臂起重桿、鍋爐、壓力容器等，適用法規有危險性機械及設備安全檢查規則」、「起重升降機具安全規則」及「鍋爐及壓力容器安全規則」等；第二類別為母法第 7 條至第 9 條由中央主管機關指定之機械、設備或器具，包含動力衝剪機械、手推刨床、木材加工用圓盤鋸、研磨機與研磨輪、防爆

電器設備等應通過型式驗證者，適用法規有「機械設備器具安全標準」等；第三類別為前述兩項類別以外之所有機械設備皆屬之，法規則參考「職業安全衛生設施規則」，另包括工業用機器人，泛指具有操作機及記憶裝置，並依記憶裝置之訊息，操作機可自由作伸縮、屈伸、上下移動、左右移動、旋轉或為前述動作之複合動作之機器，適用法規為「工業用機器人危害預防標準」。如圖 2-3 所示。

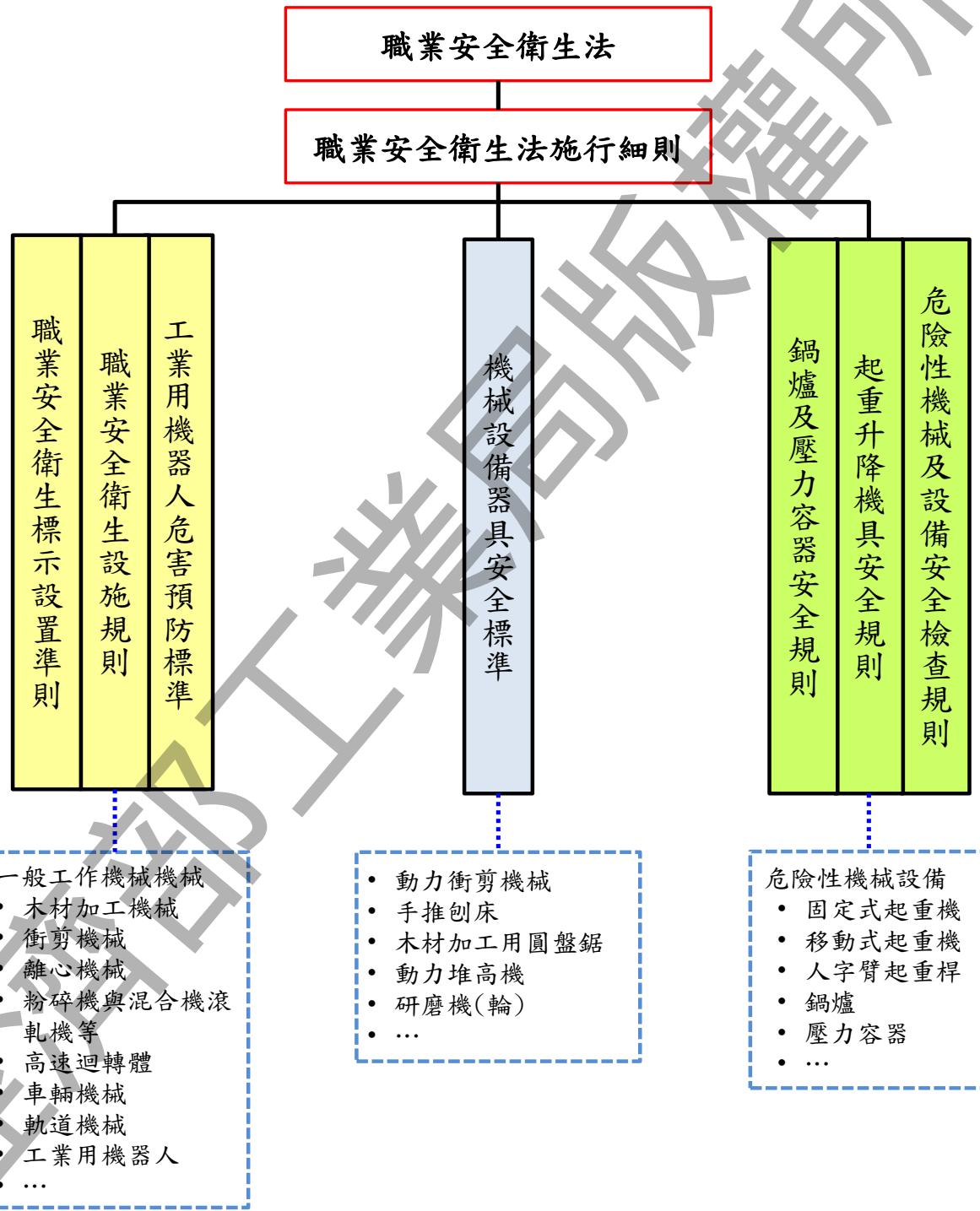


圖 2-3 國內機械設備安全相關法令

至於機械設備風險評估方面，民國 103 年以前僅有「勞工安全衛生組織管理及自動檢查辦法」第十二條第一項提及「雇主應依其事業規模、特性，訂定勞工安全衛生管理計畫，並執行工作環境或作業危害之辨識、評估及控制等安全衛生事項」。由上述法令內容得知，風險評估屬於雇主保護勞工而必須執行之安全衛生事項，意即機器風險評估與採購安全機械設備的部分亦屬雇主（使用者）的責任範圍。職業安全衛生新法也將風險評估的工作項目轉由機械設備源頭的製造、供應廠商來實施，由此可知，國內對於機械安全防護性能已有相當之安全規定，原先屬於末端管理，且法律責任歸屬大部分都在雇主（使用者）的安全查察制，透過新法令增列源頭管理的安全驗證制，藉此要求機械設備設計、製造者提升安全機械設備性能來保障勞工作業的安全，安全責任也不再只是雇主（使用者）需要關注的議題。

然而，屬源頭管理的「安全驗證制」逐漸成為國際上對安全考量的主流思維，但除了機台外銷國外的機械製造業者外，國內大部分中小型機械設備製造業者對於風險降低及控制為出發點的機械安全驗證制度相當陌生，且大部分雇主和使用者並不完全具備危害辨識及風險評估能力。這也是國內未來發展生產設備風險評估技術需努力的方向之一。爰此，此手冊之編撰希冀提供機械設備製造、供應商於設計、製造階段危害分析及風險評估之方法，將此機械安全化之手段，訂定為可廣泛應用於所有機械設備的安全方策之流程基準。

2-2 國際機械設備安全相關制度之探討

機械設備安全制度及標準，除了前述提到台灣職業安全衛生法及其相關法令之外，近年國際間廣泛針對一般機械設備安全已有制定共同規則與技術規範，其限制製造者、輸入者或供應者對於不符安全標準之機械、設備、器具，不得製造出廠、輸入、租賃、供應或設置。為了提升機械產品的安全，世界各國都訂定有相關標準及發展符合機械設備安全操作模式或安全檢定制度等。以歐洲為例，針對歐盟 (EU) 境內使用的機械設備，不論其製造地點，凡在歐洲銷售的機械設備，均必須符合歐盟相關機械安全標準 (EN)，且應強制由歐洲認證機構檢驗合格且通過歐盟 CE 安全認證標章，表示該機械設備符合安全標準，才可在歐洲輸入、出廠販賣、使用或設置等。另外也包括國際標準化組織的 ISO/IEC、日本工業規格 (JIS) 及厚生勞働省針對機械類頒布

的機械總括性安全基準之指針、及韓國產業安全衛生機構基於產業安全保險法訂定的 S-Mark 與 KCs-Mark 認證、標示制度等。

(一) 國際標準化組織—ISO/IEC Guide 51

國際間對於機械相關的安全標準最廣為熟知的，即是國際標準化組織 ISO/IEC 在制定個別機械安全相關標準前，共同訂定的安全標準之指導綱要 (Safety aspects--Guidelines for their inclusion in Standards，簡稱 ISO/IEC Guide 51)。該指導綱要認為應以風險等級來評價安全，認為這世上並不存在絕對的安全，意即不存在「零風險」。指南中提到安全的定義是所謂「沒有無法接受的風險 (Freedom from unacceptable risk)」，然而安全性是由當前社會能否容許來評斷決定，也就是能否將風險降低到社會可接受之等級。簡言之，最高等級的安全，仍存在殘餘風險[1]。

ISO/IEC Guide 51 為提供設計者可以在機械設計階段，依據此指導綱要的層級架構，逐一考量機械整體至個別零組件的特定安全需求實行設計，以達到降低風險之目的。該指導綱要於其第 7.1 節「安全性標準類別」將安全性標準架構分為 A 類—基本安全標準、B 類—群組安全標準以及 C 類—個別機械（產品）安全標準等三大類（如圖 2-4 所示）[4]。

- A 類標準：屬於規範的頂端，包含所有機械具有共同適用的安全相關基本理念、設計之基本原則及通則等。
- B 類標準：機械泛用（廣泛）安全事項（如安全距離等）和安全防護裝置（如雙手操作開關等）之規範，此類涵蓋大部分之機械類安全性或單一安全防護裝置之標準。
- C 類標準：規範特別指定之機械設備，及各個機械類組（Group）之詳細安全要求事項的標準。例如工業機器人、帶鋸機、無人搬運車、CNC 車床等，或前述未納入 A 類與 B 類規範標準之個別機械設備或器具等。

原則上，若該機械設備或產品未納入 C 類標準，就適用 A 類標準與 B 類標準。反之，如果沒有 A 類標準，則 B 類與 C 類標準將缺乏原則可循，亦無法發揮機械設備之最大安全效能，相對的風險降低的效果也將受限[2]。

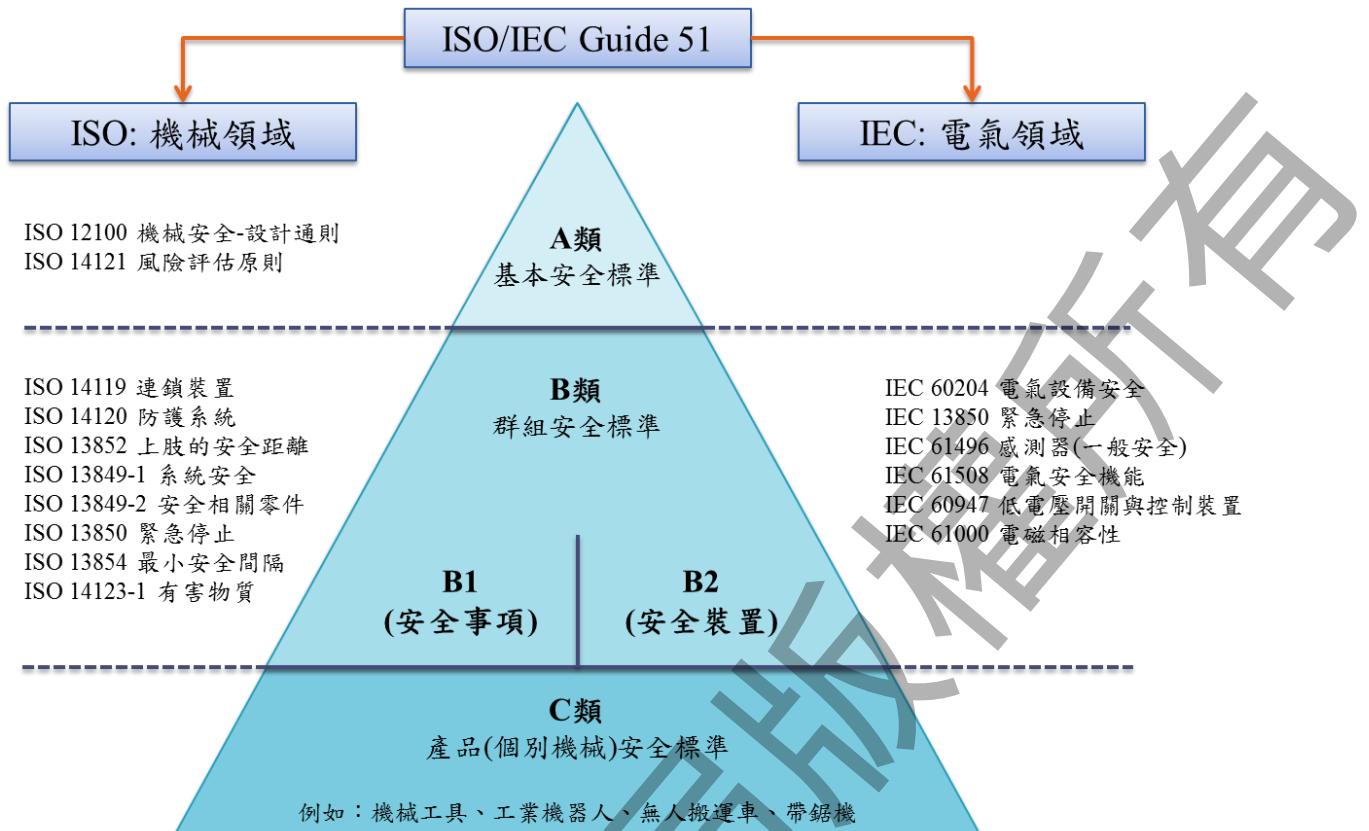


圖 2-4 國際機械安全標準 ISO/IEC Guide51 基本架構

(二) 國際標準化組織—ISO 12100:2010

國際標準化組織 (ISO) 於西元 2003 年轉換歐盟機械安全指令之 BS EN 292 成為國際標準 ISO 12100，最初制定的版本僅對於使用者操作、使用機械設備提供安全衛生相關之基本安全防護對策及注意事項說明。後因西元 2003 年增訂納入機械設計者之觀點，及大量源頭管理之理念，提供製造供應商風險評估與降低風險之參考作法，因此修訂 ISO 12100:2003『機械安全—設計用一般原則—風險評估和風險降低』(Safety of machinery - General principles for design - Risk assessment and risk reduction)。並於西元 2010 年，在技術觀點原封不動的前提下，公布國際標準 ISO 12100:2010，其條文中相關基本概念、設計通則即降低風險的流程也影響日本、韓國等國家機械相關標準之制定[9]。

由前述圖 4 可知，國際標準 ISO 12100 位階屬於 ISO/IEC Guide 51 三層架構之 A 類標準，意即適用於所有機械設備之基本安全性考量，並作為 B 類規格(群組安全規格)或 C 類規格(個別產品安全規格)的基礎。然而，ISO 12100 又分為兩大部分，第一部份 (ISO 12100-1) — 基本概念、方法論，內容包含了

標準適用範圍、機械設備設計時須考慮之所有危害源、風險降低之流程與策略等基本概念說明；第二部分（ISO 12100-2）—為技術原則、方法、使用範例說明。製造供應商必須由設計、製造階段即遵循 ISO 12100 內容所述之程序及原則，在降低機械性風險的前提下追求機械的安全（如下圖 2-5）[10]。

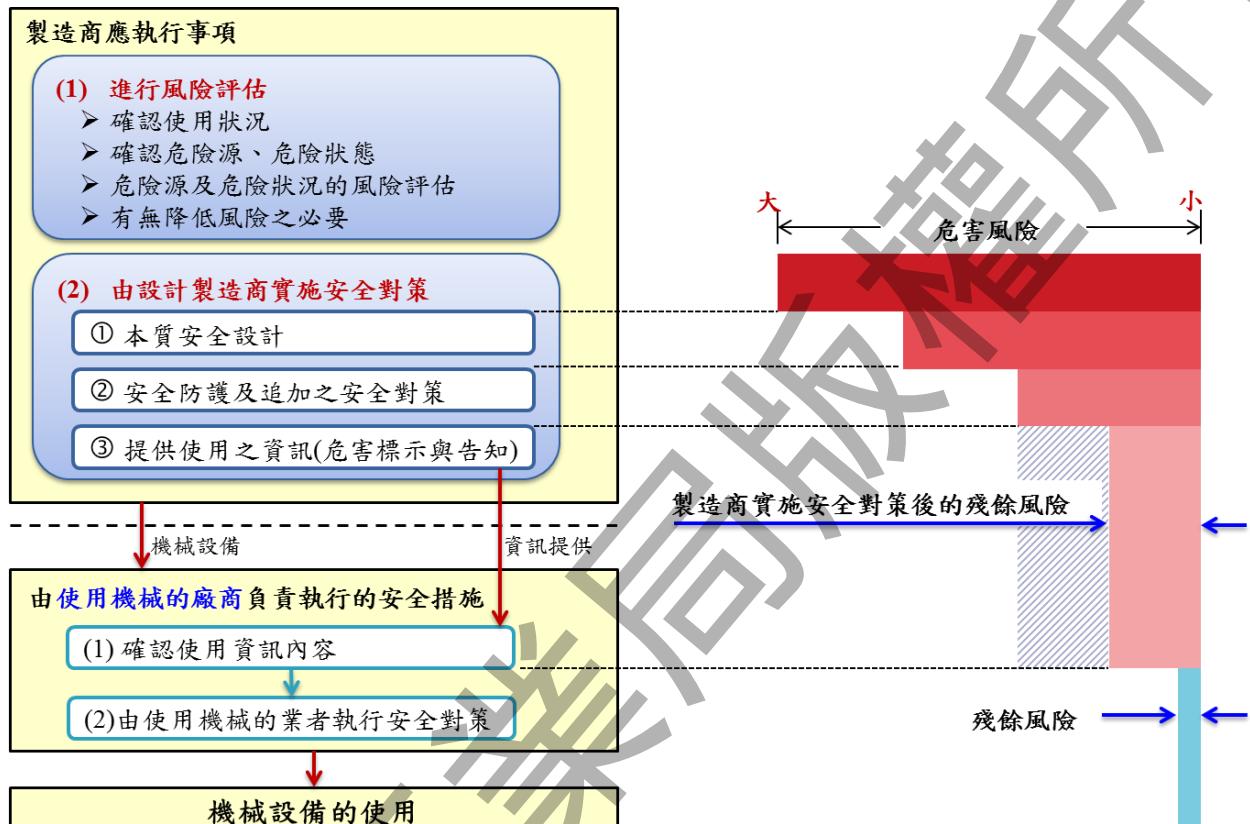


圖 2-5 國際標準 ISO 12100 以設計者角度之降低風險流程

ISO 12100:2010 對於機械安全性標準的分類 ISO/IEC Guide 51 大致相同，唯 B 類與 C 類標準的名稱有些許差異，ISO 12100 之 B 類標準為通用安全性標準 (generic safety standards)，而 ISO/IEC Guide 51 稱 B 類標準為群組安全性標準 (group safety standards)；C 類標準為機器安全性標準 (machine safety standards)，而 ISO/IEC Guide 51 則為產品安全性標準 (product safety standards)。ISO 12100 標準分類如下表 2-1 所示[4]。

表 2-1 國際標準 ISO 12100 之標準分類

標準類別	備註說明	原文
A類標準 「基本安全標準」 (basic safety standards)	說明基本概念，設計原則及一般安全性規範之規格，可適用於一般所有機械設備。	Type-A standards (basic safety standards) giving basic concepts, principles for design and general aspects that can be applied to machinery.
B類標準 「通用安全標準」 (generic safety standards)	針對應用於多種機械的安全功能或安全裝置而編寫的標準。又可概分為B1及B2兩類。	Type-B standards (generic safety standards) dealing with one safety aspect or one type of safeguard that can be used across a wide range of machinery.
B1類：特定安全功能之相關規格	例：安全距離、表面溫度、噪音	Type-B1 standards on particular safety aspects (for example, safety distances, surface temperature, noise).
B2類：關於安全相關裝置之規格	例：雙手控制裝置、連鎖裝置、壓力感應設備、光柵等	Type-B2 standards on safeguards (for example, two-hand controls, interlocking devices, pressure-sensitive devices, guards).
C類標準 「機械安全性標準」 (machine safety standards)	針對於特定機械或機械群體之詳細安全要求事項加以規範。	Type-C standards (machine safety standards) dealing with detailed safety requirements for a particular machine or group of machines.
參考來源：國際標準ISO 12100		

(三) 歐盟制度—歐盟機械安全指令

歐盟機械相關安全制度最早可追溯至西元 1967 年歐洲組立各國共同體時，各會員國對於機械設備產品皆有型式驗證和製造設計等特殊考量，以致於相關法令及標準規範無法取得共識，此將影響所有在歐洲市場流通、輸入、販售或使用的機械設備產品，造成貿易障礙及競爭力喪失等問題[11]。

因此，歐盟為能有效解決貿易障礙等問題，提升產品於國際市場之競爭優勢，並要求機械設備必須滿足機械設備基本安全衛生項目與保障使用者安全之目的，歐洲標準化委員會（European Committee for Standards, CEN）於西元 1991 年與國際標準化組織（ISO）簽訂『維也納協議（Vienna Agreement）』，隨即成立「機械安全技術委員會（ISO/TC 199）」，透過雙方技術合作，移植歐盟制定的 EN 標準至 ISO 國際安全標準，並於西元 1995 年歐盟機械安全指令

正式生效，強制執行若無 EC 指令規範之 CE 標章之機械設備產品不得銷入歐洲之法令。主要目的將機械安全主要規範對象轉為要求機械製造供應廠商，提供製造商於機械設備設計製造階段之基本安全概念與設計原則，促使各國有關機械相關安全標準的基準達成一致[12]。

該指令適用於所有機械設備，其所規定之安全衛生等重大要求事項具有強制性效力，若考量現今的技術水準，機械製造商並不一定能達成指令安全衛生事項中所有訂定的目標。因此，製造商在進行機械設備設計及製造時，應盡可能地符合或趨近這些目標為原則。然而，機械設備製造商為能完整定義所有此機台產生之危害風險，因此有義務針對這些可預期之危害實施風險評估，最後再依據風險評估之結果進行降低風險的設計或生產，以保障使用者之安全。

（四）美國國家標準協會（ANSI）

美國與歐盟國家有很大的區別。歐盟是二十幾個成員國聯合起來使用統一標準，並且在成員國內強制實施新方法指令。儘管其統一的標準是自願性的，實際上，不按指令規定的協調標準工作，就很難符合強制的指令的要求，結果造成了保證基本健康與安全的協調標準的事實上的強制執行。而美國則似乎是從法律的角度，更注重與消費者（而非生產者）相關產品的安全問題。標準可以由各家自訂，只要買賣雙方認同即可，但其產品的後果一旦違反了一定的法律法規或威脅到某一方的利益，從消費者、第三方機構直至政府將追究到底。

如果說歐盟是標準上的高度集中制，則美國在標準的統一方面，就是高度的分散制度。由於美國目前存在的標準體系可以繼續適應國內市場的需求，而且允許用可接受的技術和安全水準開發產品。長期以來，美國推行的是民間標準優先的標準化政策，鼓勵政府部門參與民間團體的標準化活動，調動各方面的積極因素，形成相互競爭的多元化標準體系。根據美國法律，各州和聯邦機構都可以自行制定產品標準，規定產品的性質如品質等級、安全、性能或規格、包裝及標籤等。但是，這些“與標準相關的慣例”不得給美國對外貿易製造不必要的障礙，且必須表明與“某一合法的國內目標”相一致，比如為了保護健康與保險、安全、環境和消費者利益。

美國國家標準學會（American National Standard Institute, ANSI）為美國非

營利性的民間標準化團體，作為美國的代表參與 ISO 和 IEC 的工作。最早於西元 1918 年由美國材料試驗協會 (ASTM)、美國機械工程師協會 (ASME)、美國礦業與冶金工程師協會 (ASMME)、美國土木工程師協會 (ASCE)、美國電氣工程師協會 (AIEE) 等組織，共同組織成立「美國工程標準委員會 (AESC)」，並於西元 1969 年更改為現名。美國國家標準學會是經聯邦政府授權協調美國境內各機關團體的標準化活動，另負責審核及批准各專業領域所制定之規格後，再將其登錄為美國標準規格。到目前為止，ANSI 批准了 1 萬多個美國國家標準 (ANS)，用於工作場地、消費者和公眾的防護的安全標準有 1200 多個。ANSI 認為標準是在自願基礎上使用的指南，一旦其被與健康、安全和環境保護相關的法律、法規所引用或參照，標準就變成強制性的。

然而，有關機械安全之相關規格是由美國機械工程師協會 (ASME) 協助 ANSI 制定產品規格，包括工作機器的相關安全規格 (ANSI/B11 規範) 及機械設備產品之安全需求等，此外，ANSI 也沿用 ISO 12100:2010 之標準訂定 ANSI/ISO 12100:2012 (Safety of machinery – General principles for design – Risk assessment and risk reduction) [13]，目的協助美國境內機械製造設計商在產品設計製造階段完成風險評估，標準條文皆調和與國際標準一致以供業者依循規定施行。

而美國標準和法規中的「須」(shall) 一詞其實等於「必須」(must)，表示所訂定的是強制條件，詳見表 2-2 從標準的分類上看，這些標準基本都屬於 C 類標準，即專用機械標準。

表 2-2 美國機械安全之相關標準

編號	ANSI標準號	中文名稱	標準名稱
1	ANSI B11.1 2001	機械動力壓力機的安全要求	Safety Requirements for Mechanical Power Presses
2	ANSI B11.2 1995 (R05)	液體壓力機的製造、維護和使用的安全要求	Hydraulic Power Presses- Safety Requirements for Construction, Care, and Use
3	ANSI B11.3 2002	折彎機的安全要求	Safety Requirements for Power Press Brakes
4	ANSI B11.4 2003	剪床的安全要求	Safety Requirements for Shears

5	ANSI B11.5 1998 (R02)	機床.鋼鐵製品的製造、維護和使用的安全要求	Ironworkers- Safety Requirements for Construction, Care, and Use
6	ANSI B11.6 2001	非自動控制的或手動控制的旋轉機床的安全要求	Safety Requirements for Manual Turning Machines with or without Automatic Control
7	ANSI B11.7 1995 (R05)	冷鐓機和冷成型機的製造、維護和使用的安全要求	Cold Headers & Cold Formers- Safety Requirements for Construction, Care, and Use
8	ANSI B11.8 2001	手動控制的或非自動控制的磨床、鑽床和鏜床的安全要求	Safety Requirements for Manual Milling, Drilling, & Boring Machines with or without Automatic Control
9	ANSI B11.9 1975 (R05)	磨床的製造、維護和使用的安全要求	Safety Requirements for the Construction, Care, and Use of Grinding Machines
10	ANSI B11.10 2003	金屬鋸床的安全要求	Safety Requirements for Metal Sawing Machines
11	ANSI B11.11 2001	齒輪和齒條切削機械的安全要求	Safety Requirements for Gear and Spline Cutting Machines
12	ANSI B11.12 1996	滾軋成型和滾軋彎曲機床的安全要求	Safety Requirements for Roll Forming & Roll Bending Machines
13	ANSI B11.13 1992 (R98)	單軸、多軸自動棒材、卡盤車床的製造、維護和使用的安全要求	Single and Multiple-Spindle Automatic Bar, and Chucking Machines- Safety Requirements for Construction, Care, and Use
14	ANSI B11.14 1996	卷切機的製造、維護和使用安全要求	Coil Slitting Machines- Safety Requirements for
15	ANSI B11.15 2001	導管、管體和形材彎曲機的安全要求	Safety Requirements for Pipe, Tube and Shape Bending Machines
16	ANSI B11.16 2003	粉末/金屬壓力機的安全要求	Safety Requirements for Powder/Metal Compacting

			Presses
17	ANSI B11.17 2004	臥式液力擠壓機的安全要求	Safety Requirements for Horizontal Hydraulic Extrusion Presses
18	ANSI B11.18 1997	卷材、薄鋼板和鋼板加工用機械和機械裝置——製造、維護和使用的安全要求	Machines and Machinery Systems for Processing Strip, Sheet or Plate from Coiled Configuration - Safety Requirements for Construction, Care and Use
19	ANSI B11.19 2003	安全裝置的性能標準	Performance Criteria for Safeguarding
20	ANSI B11.20 2004	完整製造業系統的安全要求	Safety Requirements for Integrated Manufacturing Systems
21	ANSI B11.21 1997	使用鐳射處理材料的機床的安全要求	Safety Requirements for Machine Tools Using Lasers for Processing Materials
22	ANSI B11.22 2002	中心旋轉和自動數位控制旋轉機床的安全要求	Safety Requirements for Turning Centers and Automatic Numerically Controlled Turning Machines
23	ANSI B11.23 2002	中心加工和自動數位控制磨床、鑽床、鏜床的安全要求	Safety Requirements for Machining Centers and Automatic Numerically Controlled Milling, Drilling and Boring Machines
24	ANSI B11.24 2002	傳送機的安全要求	Safety Requirements for Transfer Machines
25	ANSI/ASME B15.1-2000	機械動力傳輸設備的安全性標準	Safety Standard for Mechanical Power Transmission Apparatus
26	ANSI B71.3-2005	室外動力設備.掃雪機.安全規範	Snow Throwers - Safety Specifications
27	ANSI B71.7-1985	電動圓木劈裂機.安全規範	Powered Log Splitters - Safety Specifications

28	ANSI/OPEI B71.8-1996	室外電力設備.後走式動力旋轉分蘖機和手持耕耘機.安全規範	Outdoor Power Equipment - Walk-Behind Powered Rotary Tillers and Hand Supported Cultivators - Safety Specifications
29	ANSI B77.2-2004	纜車.安全要求	Funiculars - Safety Requirements
30	ANSI B151.15-1985	塑膠機械.擠注模壓機.製造,維護和使用的安全要求	Plastics Machinery, Extrusion Blow Molding
31	ANSI/SPI B151.28-1995	塑膠機械.泡沫塑料切割或拋光機.製造、維護和使用的安全要求	Plastics Machinery - Machines to Cut, Slit, or Buff Plastic Foams - Safety Requirements for the Manufacture, Care, and Use
32	ANSI/SPI B151.7-1996	塑膠機械.塑膠擠壓機.製造、維護和使用的安全要求	Plastics Machinery - Plastics Extrusion Machines - Requirements for the Manufacture, Care and Use
33	ANSI/SPI B151.1-1997	塑膠機械.臥式注射成型機.製造、維護和使用的安全要求	Plastics Machinery - Horizontal Injection Molding Machines - Safety Requirements for Manufacture, Care, and Use
34	ANSI/SPI B151.27-2003	塑膠機械.與臥式注射成型機一起使用的機器人.集成、維護和使用的安全要求	Safety Requirements for the Integration, Care and Use of Robots Used with Horizontal & Vertical Injection Molding Machines
35	ANSI/ASTM E2148-2003	金屬加工或金屬切削液衛生與安全相關文獻的使用指南	Guide For Using Documents Related to Metalworking or Metal removal Fluid health and safety
36	ANSI O1.1-1992	木材機械的安全要求	Woodworking Machinery - Safety Requirements
37	ANSI S2.60-1987	平衡機的外殼和其他安全指南	Balancing Machines - Enclosures and Other Safety

			Measures
38	ANSI Z136.1 Errata-1993	鐳射的安全使用.附錄	Safe use of lasers;
39	ANSI Z245.1-1992	垃圾的收集,處理和處置設備.移動式垃圾收集和壓實設備的安全要求	Mobile Refuse Collection and Compaction Equipment--Safety Requirements
40	ANSI SNT-101-200 2	動力工具.可攜式壓縮空氣驅動的緊固件旋入工具.安全要求	Safety Requirements for Power. Tools, Portable, Compressed-Air-Actuated Fastener Driving Tools
41	ANSI/UL763- 2004	電動商用食品準備機器的安全標準	Standard for Safety for Motor-Operated Commercial Food Preparing Machines
42	ANSI/UL109 0-1995	電動掃雪車的安全標準	Standard for Safety for Electric Snow Movers
43	ANSI/UL215 7-1995	電動洗衣機和甩幹機的安全標準	Standard for Safety for Electric Clothes Washing Machines and Extractors
44	ANSI/UL215 8-2004	電動衣物烘乾機的安全標準	Standard for Safety for Electric Clothes Dryers
45	ANSI/UL603 35-1-2003	家用和類似用途電器的安全.第1部分:一般要求	Safety of Household and Similar Electrical Appliances, Part 1: General Requirements
46	ANSI/UL603 35-2-34-2002	家用和類似用途電器的安全.第2-34部分:電動壓縮機的特殊要求	Household and Similar Electrical Appliances, Part 2: Particular Requirements for Motor-Compressors
47	ANSI/UL607 45-1-2004	掌上型電動工具的標準.安全.第1部分:一般要求	Hand-Held Motor-Operated Electric Tools - Safety - Part 1: General Requirements
48	ANSI/UL607 45-2-1-2004	掌上型電動工具的標準.安全.第2-1部分:鑽和衝擊鑽的特殊要求	Hand-Held Motor-Operated Electric Tools - Safety - Part 2-1: Particular Requirements for Drills and Impact Drills
49	ANSI/UL607 45-2-2-2004	掌上型電動工具的安全標準.安全.第2-2	Hand-Held Motor-Operated Electric Tools - Safety - Part

		部分:旋具和衝擊式扳手的特殊要求	2-2: Particular Requirements for Screwdrivers and Impact Wrenches
50	ANSI/UL607 45-2-4-2004	掌上型電動工具的安全標準.安全.第2-4部分:打磨器和隨機軌道打磨器的特殊要求	Hand-Held Motor-Operated Electric Tools - Safety - Part 2-4: Particular Requirements for Sanders and Polishers Other Than Disk Type
51	ANSI/UL607 45-2-5-2004	掌上型電動工具的標準.安全.第2-5部分:圓盤踞的特殊要求	Hand-Held Motor-Operated Electric Tools - Safety - Part 2-5: Particular Requirements for Circular Saws
52	ANSI/UL607 45-2-6-2004	掌上型電動工具的標準.安全.第2-6部分:電錘的特殊要求	Hand-Held Motor-Operated Electric Tools - Safety - Part 2-6: Particular Requirements for Hammers
53	ANSI/UL607 45-2-8-2004	掌上型電動工具的安全標準.安全.第2-8部分:剪切機和步沖輪廓機的特殊要求	Hand-Held Motor-Operated Electric Tools - Safety - Part 2-8: Particular Requirements for Shears and Nibblers
54	ANSI/UL607 45-2-9-2004	掌上型電動工具的安全標準.安全.第2-9部分:攻絲機的特殊要求	Hand-Held Motor-Operated Electric Tools - Safety - Part 2-9: Particular Requirements for Tappers
55	ANSI/UL607 45-2-11-2004	掌上型電動工具的安全標準.安全.第2-11部分:往復鋸的特殊要求	Hand-Held Motor-Operated Electric Tools - Safety - Part 2-11: Particular Requirements for
56	ANSI/UL607 45-2-12-2005	手持電動工具——安全——第2—12部分:混凝土振動器的特殊要求	Hand-Held Motor-Operated Electric Tools - Safety - Part 2-12: Particular Requirements For Concrete Vibrators
57	ANSI/UL607 45-2-14-2004	掌上型電動工具的標準.安全.第2-14部分:電刨的特殊要求	Hand-Held Motor-Operated Electric Tools - Safety - Part 2-14: Particular Requirements for Planers

58	ANSI/UL607 45-2-17-2004	掌上型電動工具的 標準.安全.第2-17部 分:木銑和修整機的 特殊要求	Hand-Held Motor-Operated Electric Tools - Safety - Part 2-17: Particular Requirements for Routers and Trimmers
59	UL 60745 -2-18-2005	手持電動工具—— 安全——第2—18部 分：橡皮膏工具的特 殊要求	Hand-Held Motor-Operated Electric Tools - Safety - Part 2-18: Particular Requirements For Strapping Tools
60	UL 60745 -2-20-2005	手持電動工具—— 安全——第2—20部 分：帶鋸的特殊要求	Hand-Held Motor-Operated Electric Tools - Safety - Part 2-20: Particular Requirements For Band Saws
61	UL 60745 -2-21-2005	手持電動工具—— 安全——第2—21部 分：污水清潔器的特 殊要求	Hand-Held Motor-Operated Electric Tools - Safety - Part 2-21: Particular Requirements For Drain Cleaners

ASME 標準

1	ASME A17.1 Handbook-19 96	升降機和自動電梯 的安全代碼.手冊	Handbook on Safety Code for Elevators and Escalators
2	ASME A17.1a Addenda-200 2	升降機和自動電梯 的安全代碼.附錄	Safety Code for Elevators and Escalators
3	ASME A17.1b Addenda-200 3	提升機和自動電梯 安全規範.補充件	Safety Code for Elevators and Escalators
4	ASME A17.3-2002	現有升降機和自動 電梯的安全規程	Safety Code for Existing Elevators and Escalators
5	ASME A18.1-2003	平臺式升降機和樓 梯間座椅式升降機 的安全標準	Safety Standard for Platform Lifts and Stairway Chairlifts
6	ASME A90.1-2003	帶式載人升降機的 安全標準	Safety Standard for Belt Manlifts
7	ASME A120.1-2001	建築物維修用電動 升降平臺的安全要	Safety Requirements for Powered Platforms for

		求	Building Maintenance
8	ASME B15.1-2000	機械動力傳動設備 的安全標準	Safety Standard for Mechanical Power Transmission Apparatus
9	ASME B19.1-1995	空氣壓縮機系統的 安全標準	Safety Standard for Air Compressor Systems
10	ASME B19.3a Addenda-199 4	加工工業用壓縮機 的安全標準.修改件	Safety Standard for Compressors for Process Industries
11	ASME B20.1-2003	輸送裝置及有關設 備的安全標準	Safety standard for conveyors and related equipment
12	ASME B56.1-2004	低升程和高升程貨 車的安全標準	Safety standard for low lift and high lift trucks (powered and nonpowered industrial trucks)
13	ASME B56.6-2002	不平地段作業叉車 的安全標準	Safety standard for rough terrain forklift trucks
14	ASME B56.8a Addenda-199 4	人和料運載工具的 安全標準.修改件	Safety Standard for Personnel and Burden Carriers
15	ASME B56.9a Addenda-199 2	人工作業工業牽引 拖拉機的安全標準 修改件	Safety Standard for Operator Controlled Industrial Tow Tractors
16	ASME B56.10-1992	人工作業高提升工 業裝卸車的安全標 準	Safety Standard for Manually Propelled High Lift Industrial
17	ASME B107.48M-19 98	手工工具.金屬衝床 和衝子.安全要求	Metal Punches and Drift Pins: Safety Requirements

（五）日本厚生勞動省—機械之總括性安全基準之指針

在日本的法律法規中，與機械產品密切相關的是《工業標準化法》、《勞動安全衛生法》和《產品責任法》。

1. 《工業標準化法》

頒佈於1949年6月，經多次修訂。該法適用於工礦產品（藥品、農藥、蠶絲及農林物資除外），涉及通產省、運輸省和厚生省三個主管部門，以通產省占多數（占總指定產品的94.2%）。

日本《工業標準化法》的目的是希望通過制定和普及適當且合理的工業標準來促進工業標準化，以期改善工礦產品的品質，提高生產效率及促進其他產品生產的合理化，交易的簡化和公正，以及產品使用和消費的合理化，並以此增加公共福利。日本工業標準化法的主要內容由兩部分構成：一個是“日本工業規格”（Japanese Industrial Standards，簡稱JIS）的制定，一個是JIS的合格評定制度。這兩個內容將在後面兩節中給與介紹。

2. 《勞動安全衛生法》

早在1947年日本中央政府成立勞動省後，便頒佈了《勞動基準法》。由於60至70年代初，日本經濟以6%至10%的年增長率發展，經濟發展的初期，成為日本工傷事故發生頻率和傷亡人數最高的時期，1961年工傷死亡人數達到了6,700餘人。為加強國內安全衛生管理，《勞動安全衛生法》於1972年頒佈，經過不斷修訂和補充，建立了日本的勞動安全衛生法律體系，安全衛生狀況不斷得到改善，到1998年工傷死亡人數僅為1,884人。《勞動安全衛生法》是依據第一層次的安全衛生立法基準法《勞動基準法》而制定的。勞動部根據《勞動安全衛生法》制定了《勞動安全衛生規則》，進一步增強了其安全衛生管理的可操作性和時效性。

《勞動安全衛生法》共12章122條，由國會審議通過，是日本安全衛生管理的主要法律。主要內容包括：總則；工業事故預防；安全衛生管理的組織與職責；工傷與職業病預防措施；機械安全管理；有害物質安全衛生管理；工人上崗要求及管理辦法；保持和促進勞動衛生管理辦法；創造舒適工作環境的要求；許可證的管理；安全衛生促進計畫；勞動安全諮詢和勞動衛生諮詢的管理；監察。

日本的《勞動安全衛生法》第3條第1款規定，企業主不僅要遵守本法律中為防止勞動災害而規定的最低基準，而且必須通過舒適愉快的作業環境和改善勞動條件，以便確保作業場所勞動者的安全和健康。此外企業主必須對國家實施有關防止勞動災害的對策予以合作。第2款規定設計、製造或進口機械、儀器及其他設備者、製造或進口原材料者以及建設或涉及建築物者，在設計、製造、進口或建設這些東西時，必須盡可能做到有利於防止因使用這些而引起的勞動災害。

為了防止使用危險性的機械設備或在作業時產生危險或有害的機械設備等而引發的勞動事故，該法規定了有關機械設備應符合的標準。對這些標準適用的機械設備，為了判明其是否符合這些標準，規定了對其檢查的制度（個別檢定或型式檢定制度）。檢定合格者發給證書，並要求貼上適當標誌。列入安全勞動法檢查範圍的機械產品主要有：吊車、搬運機、木工圓鋸機和壓力機等。《勞動安全衛生規則》則是從安全生產的角度，規定了安全標準、衛生標準、特殊管理辦法囊括了從標準、法規的制定，安全衛生監督、檢驗，到工傷保險與補償等縱向一攬子事務，是安全衛生管理者的工作指南，也是知法、守法和執法的依據。

3.《產品責任法》

《產品責任法》於1995年7月生效。規定產品如有缺陷，以致造成人命傷亡或財產損失，不論該等缺陷是因製造上的無意或故意錯失而引起，製造商均須負賠償責任。

厚生省勞動部訂定的構造規格等共49種，必須接受檢定的機械有16種。其他未規定者可申請「安全認定試驗」或「安全性能試驗」。安全認定試驗，是關於那些非檢定對象的機械器具，及製造者或進口業者的自願性要求，遵從國際規格和國內規格等進行安全性能的認定的制度。安全性能試驗：藉由國內外的標準、規格要求，執行安全性能試驗和化學物質的危險性評估。分成個別檢定及型式檢定如下表2-3：

表 2-3 個別檢定及型式檢定類別表

個別檢定
(1)熱製橡膠、橡膠化合物或合成樹脂的滾輥機和其緊急停止裝置(電氣式煞車裝置)
(2)第二種壓力容器
(3)小型鍋爐
(4)小型壓力容器
型式檢定：
(5)衝床、剪床的安全裝置
(6)防爆構造電氣機械器具
(7)起重機或移動式起重機的過捲預防裝置
(8)防塵面罩
(9)防毒面具
(10)木材加工用圓盤鋸反撥預防裝置、鋸齒接觸預防裝置
(11)動力衝壓機械
(12)交流電弧焊接機用自動防止電擊裝置
(13)絕緣用保護具
(14)絕緣用防護具
(15)保護帽
(16)熱製橡膠、橡膠化合物或合成樹脂的滾輥機和其緊急停止裝置(非電氣式煞車裝置)

日本國內標準化的活動自西元 1995 年世界貿易組織 (WTO) 核准日本加入並正式參與世界性的協力體制後逐漸發展。為了讓日本機械設備等產品在國際上達到貿易自由化的目標，日本本身為會員國有義務將國際規格 ISO/IEC 加以整合並致力於國際工業標準化活動，因而制定屬於日本的工業標準規格 (JIS)。例如制定「JIS B 97001-1：機械安全及設計適用之一般原則、基本用語及方法」以呼應國際標準 ISO 12100-1；「JIS B 97002：機械安全之風險評估原則及方法論」對應國際標準 ISO 14121 等[14]。

然而，日本厚生勞動省因應歐盟安全制度及國際標準之制定，並積極提升國人安全意識和改變以往對安全的認知，將實施危害性分析及風險評估視

為應努力達成之義務。因此厚生勞動省於西元 2001 年頒布「機械之總括性安全基準之指針」。該指針參考納入 ISO 12100 對機械設計者降低風險的步驟，於製造生產設備及機械設備類別產品時必須將本質安全之概念納入設計考量，並同時導入設備使用端或業者必須擬定其使用作業時的安全防護對策之理念。也就是說，日本厚生勞動省訂定此機械安全指針的特點在於適用所有機械設備，並將安全責任轉而要求製造設計者，於設計、製造階段即對可預期發生的執行危害分析並加以控制和消除，若無法消除危害則採取有效的安全防護措施，以確保使用端操作使用機械安全性為前提下執行本質安全設計與安全對策[15]。

該指針內容涵蓋機械性的危害源(該指針附件 A)、本質安全設計方策(該指針附件 B)、安全防護及其附加方法(該指針附件 C、D)及使用資訊之內容(該指針附件 E)等確保機械安全之指針。藉此指針文件以明確的機械安全化流程，從執行風險評估開始到實施安全對策，最後來到使用端的廠商確認使用機械設備的安全資訊，以落實降低殘餘風險，提升機械安全等級並降低職業災害發生之目的。

(六) 韓國產業安全衛生機構—S-Mark, KCs Mark

受到歐盟安全制度的影響，以及韓國於西元 1995 年正式加入國際貿易組織 (WTO)，為避免機械產品在國際流通時形成貿易障礙，韓國產業安全衛生組織 (KOSHA) 為保護人類健康和生命安全或動植物的健康、生命和環境安全以及保護國內資源所必需時，產業資源部長可根據總統令規定，採取特別措施，限制或禁止物品的進口或出口。根據產業安全保險法第 34 條第 2 款的規定，於西元 1997 年制定產品自我送檢的 S-Mark 認證制度，針對機械設備製造商的產品安全性、可靠度及品質管理能力進行審驗，若符合該認證制度的安全衛生基準時，即發給 S-Mark 認證標章。藉此制度指引製造廠商或企業設計或製造具安全效能之機械設備產品，以降低產業之機械性職業災害。

此外，韓國政府因應國家標準基本法之修訂，將原先的 13 種認證標誌統一改制為單一標章，即是 KCs Mark。此新制度於西元 2009 年正式生效，規範對象包含製造供應商設計、製造與輸入韓國境內的所有機械設備。KCs Mark 將原來的安全查察制度改為安全認證，指定之機械設備產品須進行型式檢定或個別檢定(相當 CE 標示制度的 B+C 模式)，並仿照歐盟的 CE 標示制度，

增加了符合聲明的符合方式，以及西元 2010 年導入自我宣告（僅提出技術文件，相當 CE 標示制度的 A 模式）的認證模式。隔年，韓國政府開始推動設計階段的風險評估，且自 2013 年起 KCs Mark 標示制度更新新增「自律安全確認申告」的符合方式，並納入更多的產品項目[2]。

紙質設計圖稿
所有權歸本公司所有

第三章 風險評估的實施方法

危害分析方法發展相當成熟，至 1980 年代，系統安全分析技術已然完備，總計已發展的方法不下 50 種，若再包括一些特殊用途的技術，則約近 100 種方法。在製造業之應用面上已經相當廣且成熟，勞委會於民國八十三年五月二日依據勞動檢查法第二十六條第二項規定訂定『危險性工作場所審查暨檢查辦法』[16]，明訂五種安全評估方法為：檢核表（Checklist）、如果-結果分析（What If）、危害及可操作性分析（Hazard and Operability Studies, HazOp）、失誤樹分析（Fault Tree Analysis, FTA）與失誤模式與影響分析（Failure Modes and Effects Analysis, FMEA）。在工安管理師、衛生管理師與工安管理員之甲級與乙級證照課程也明訂訓練課程包含：工作安全分析（Job Safety Analysis, JSA）與安全作業標準之製作（五小時含實作二小時）。勞委會於民國 105 年 2 月 19 日依據『勞工安全衛生組織管理及自動檢查辦法』第十二條之一規定訂定『風險評估技術指引』[17]，內含風險評估之作業流程及基本原則…等。依上文所述，亦即包含危害分析方法（FMEA、FTA、What If、Checklist 與 HazOp）與風險評估技術不僅完備且已經明訂於主管機關之行政命令中，故今僅針對危害分析技術之起源簡述其起源。1960 年代，作為系統安全分析技術之一的失誤樹分析（FTA）首先出現。1961 年，貝爾實驗室 H. A. Watson 研發 FTA 與 FMEA，藉以評估小牛洲際飛彈系統的安全性。1962 年 4 月，美國空軍將系統安全工程納入飛彈研究發展計畫之內。NASA 於 1968 年及 1971 年舉辦系統安全研討會，介紹新進的技術與方法。核電工廠繼之，以評估核能電廠的危害與風險。1975 年的 WASH-1400 是全世界第一次對商用核電廠所作較完整的風險評估報告[18]。至於危害分析方法導入我國則是在 80 年代，至今國內大型製造廠的工安部門對於危害分析與風險評估大都相當熟稔。

3-1 風險評估之概要

風險評估是一種確認安全性及危害性的方法，內容包括風險發生的原因、發生的可能性（頻率）、危害程度（嚴重度）、危害持續時間及風險發生的區域等，為確保工作場所之工作人員和其他人員的人身安全、財產，就受評估對象之系統潛在之風險因子完整加以估算與評估，對應其影響和量化風險之等級決定優先順位，並在企業經營有限資源下有效地運用及採取降低風險對策之手段。

工安協會此次輔導團隊使用之風險評估流程係參考 ISO/IEC Guide 51 (指導綱要 51)，自 1990 年初版發行後，一直是許多 ISO、IEC 標準的制定依據，而內容闡述的產品安全標準之制定方針，也成為國際間廣泛遵循之基準。ISO/IEC Guide 51 認為絕對的安全並不存在，所謂之安全性是以風險的大小來評價，並降低殘餘風險的等級至當前社會狀況下可容許的程度[19]。

風險評估技術普遍被使用在電氣、機械設備、化工製程、醫療、金融等各領域。其中在機械設備領域更廣泛用在製程設備、工具機械、生活家電等，在本資料主要以生產設備為對象之風險評估加以概述。為有效界定機械設備危害風險的影響，並評估後續控制措施，風險評估執行的流程（如下圖 3-1 所示）包含下列五個步驟：

1. 確認機械限制（詳見 3-3）
2. 辨識危害源（詳見 3-4）
3. 風險評估（詳見 3-5）
4. 風險評估結果分析（詳見 3-6）
5. 降低殘餘風險（詳見 3-7）

然而，風險評估及風險降低是一個反覆執行的流程，應反覆地檢討及採取適當之降低風險措施來保障其安全性，此外，機械設備移交或安裝至使用端時，亦必須將使用說明、危害告知訊息等相關文件一併轉交予使用者。

步驟分析

STEP 1

鎖定機械設備預設的使用者與可能接觸到產品的人員，確立預期性的使用並估計合理可預見的錯誤使用。

STEP 2

將使用過程各階段所有條件下可能發生的危害源(包含危險狀態及危險事象)辨識出來。

STEP 3

依據危害源之嚴重度及發生頻率，評估機械設備危害因子造成的風險等級。

STEP 4

評估風險是否屬於可容許的範圍內。若無，則必須提出設計變更、安全防護措施等安全對策以降低之。

STEP 5

當風險評估結果為不可容許之等級，則有必要透過下列手法將其降低至可容許的殘餘風險。

1. 本質安全設計
2. 安全防護及追加之安全對策
3. 使用資訊及危害告知

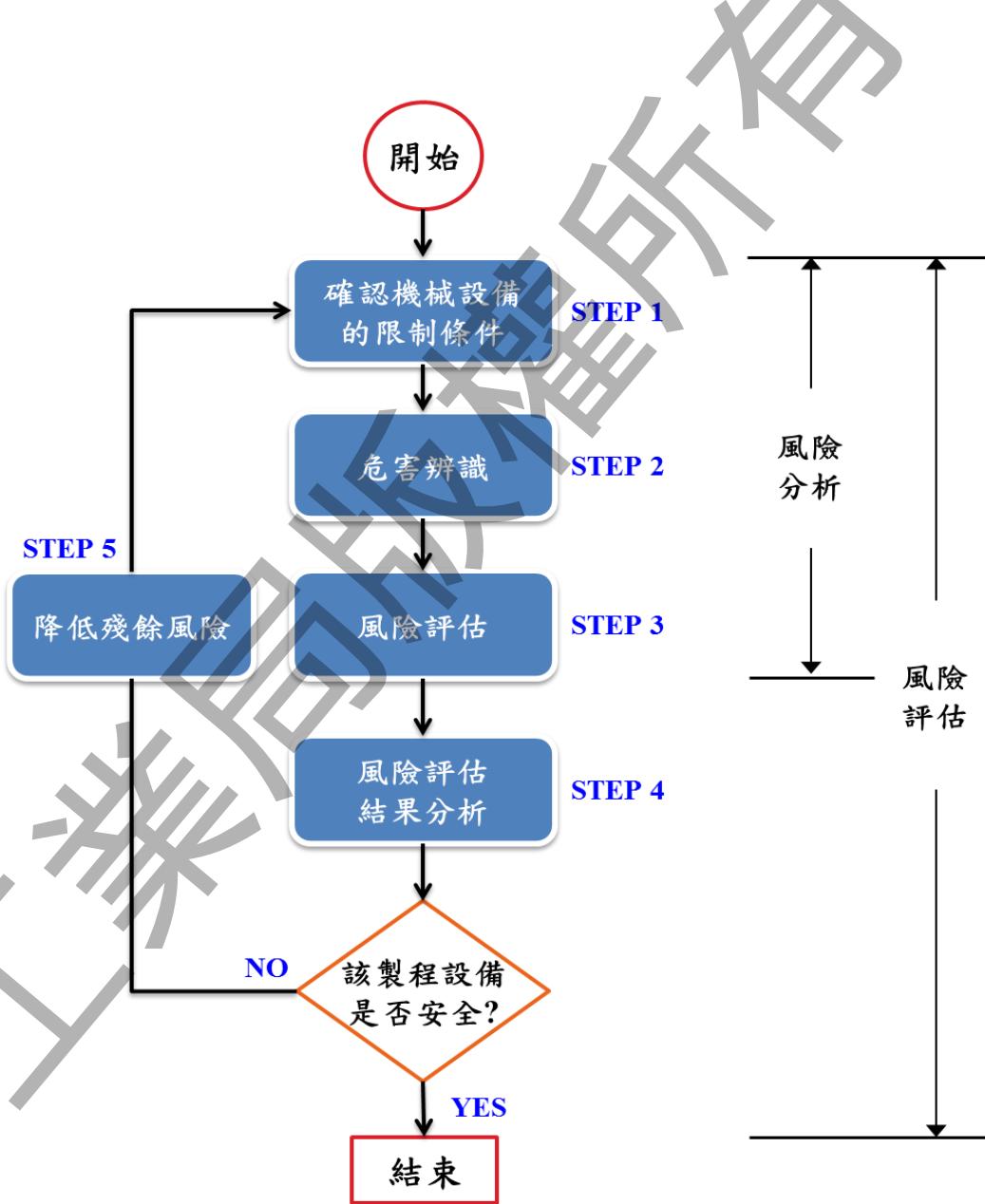


圖 3-1 風險評估實施流程

3-2 風險評估實施前的準備作業

依據國際標準 ISO/TR 14121 (機械安全—風險評估) 技術文件提及事業單位或機械設備製造供應商實施風險評估前應事先準備之作業[20]。

(一) 基本要求：

有關風險評估之目標、範圍、和最後期限應預先定義明確。

(二) 透過團隊進行的方式執行風險評估

1. 基本事項概述

技術上而言，透過團隊執行的風險評估通常較為透徹且有效率，此外，風險評估團隊的規模也因為下列條件而有所不同：

- A. 風險評估方法的選擇
- B. 機械設備的複雜程度
- C. 機械設備使用的製程

該團隊建議應由具備不同領域的學術知識、豐富的經驗與專業技能的專家組成，但團隊可能因規模龐大導致決策方向難以保持一致或達成共識。此外，團隊在風險評估過程中的組成，將根據特定問題所要求的專業技能而有所不同，此時團隊的領導人物將扮演重要的角色，因為他（她）的技能將是決定風險評估成功與否的關鍵。

2. 團隊的組成與作用

工作團隊應有一名領導人，而此領導人應確認所有實施風險評估有關的規劃、執行和記錄（依據 ISO/TR 14121-1 第九章之告示方法），對於有關風險評估所有過程中的任務完全負責，並將評估的結果與建議事項匯報給適當人員。團隊成員應包含下列人選：

- A. 熟知且能回答所有機械設計和功能方面等技術問題的人員
- B. 具備機械操作、調整、維修及保養等豐富經驗的人員
- C. 熟稔相關機械事故、案例之歷史的人員
- D. 熟知相關法律、標準與規範，特別是國際標準 ISO 12100，任何與機械安全相關議題的人員
- E. 瞭解人為操作失誤或不安全因素的人員

3. 執行方法與工具之選擇

由於國際標準 ISO 14121 預期適用於機械複雜性高且潛在危害較

高之機械設備進行風險評估。目前可選用的風險評估方法及工具繁多，選擇方法前宜考慮機械設備種類、危害性質與風險評估的目的。此外，團隊整體技術、特定方法的使用經驗與專業，亦應納入風險評估之考量。

4. 風險評估訊息的來源

風險評估訊息的來源，若是有關「機械方面」，有使用說明書、機械設備限制條件的說明（包括機械壽命週期各階段的描述等）、相關類似的機械設備設計文件、有效的機械設備使用資訊等。若是有關「法令規則方面」，則可參考各國制定的相關法規、國際通用之規範準則、相關機械設備之技術文件、相關安全測試數據。其他如人因性原則應隨設計之發展或改變而新增修訂機械設備更新訊息、相關使用機台之經驗、類似機台發生過的實際案例、事故或故障歷史等。上述來源對於風險評估之實施皆可做為評斷嚴重性及可能性之相關重要依據。

3-3 步驟 1：確認機械設備的限制

生產機械、設備的風險評估首先要從確認機械的限制條件開始認定。一般而言，機械、設備生命週期中的所有狀況在合理可預期的情況下，都必須是具有安全性的，機械設備的生命週期範例可參考表 3-1。各階段的使用狀況，包含機械設備的設計、製造、搬運、販售流通、組裝或設置、調整、試機、一般的使用（操作、清理、保養維護、故障排除等）、解體或報廢（移除設備）等。若根據合理可預見的誤用，則必須考量使用機械設備的作業員或其他人員與機械設備間之關係（表 3-2）及機械功能異常（表 3-3）。

表 3-1 機械設備的壽命週期範例

壽命週期	壽命週期的詳細內容
製造階段	機械設備製造廠商製造機械設備時的階段(包含出貨前的調整、試機等)。
出貨、搬運階段	由機械設備廠商直接搬運或透過搬運業者、租賃業者來搬運機械設備給機械設備使用者的階段。
組裝、設置階段	機械設備廠商在機械設備的使用場所組裝、設置，或在機械設備使用場所透過機械設備使用者的生產技術來組裝、設置的階段。
調整、試機階段	機械設備製造廠商在使用場所進行調整、試機的階段。由機械設備使用者來進行調整、試機的階段。
使用階段	除了機械設備的運轉操作之外，加上重置、保全、故障修理、檢查、清掃、補給等動作的階段。
解體、報廢階段	由使用者、廢棄業者進行解體、報廢機械設備的階段。

參考來源：勞動部勞動及職業安全衛生研究所機械設備安全設計之風險評估手冊，2014 年

表 3-2 合理可預見的錯誤使用之發生時機

1	使用機械設備發生機能失常、事故或故障時，人所產生的反射動作。
2	欠缺集中力或因疏忽（並非故意誤用機械設備）所產生的人為行為。
3	在完成作業的過程中，因採取「最小阻力線」 ^{註1} ，所產生的行為。
4	無論發生何種狀態，為了使機械設備持續操作而施加壓力的行為（因為考慮到機械設備停止後會產生危害）。
5	人的特定行為 (例如孩童或行動不便的人等，可能會與一般身體尺寸的作業員有不同舉動之人)。

註 1：最小阻力線也有人說是「抄近路」、「省略行為」，這是將心理學（形態心理學）領域中的「人類知覺會將目前的事物如何彙整」名稱，以白話的方式加以表現。

參考來源：勞動部勞動及職業安全衛生研究所機械設備安全設計之風險評估手冊，2014 年

表 3-3 機械設備發生的功能異常

1	加工材料、工件的特性或尺寸的變化。
2	機械設備的構成零件或其中之一種（或兩種）機能故障。
3	外部干擾（阻礙：例如電磁干擾、衝擊、振動）。
4	設計錯誤或設計不良（例如軟體程式錯誤）。
5	動力供給異常（例如電壓、空壓的大幅變動）。
6	周圍的狀況（例如因地層下陷導致固定機械設備的地面失去水平）。

參考來源：[21]

因此機械、設備的製造供應廠商應先明確的定義及詳述機械設備的使用狀況及範圍（參閱下圖 3-2），透過這樣的作業步驟，使用者與機械設備的相互關係更明顯被確立了。實施風險評估前，應事先調查並決定該機械、設備使用的範圍，其內容主要可以分為下面三類[21]：

- (一) 使用上的限制：預期性的使用，並估計合理且可預見的錯誤使用，包含機械的正確使用方法、動作、以及可預期的錯誤動作。若考量人員方面，則包含操作或作業人員的性別、年齡、慣用手或是身體能力（如聽覺、聽覺障礙、尺寸、強度等）、可預估的使用人員訓練、經驗及能力的程度等限制。
- (二) 空間上的限制：機械設備的可動作範圍，包括作業人員與機械設備之間的相互關係。並考量發生可預見之機械性危害時，人員暴露於該機械設備危害下之可能性。
- (三) 時間上的限制：應明確表示機械、設備之構成零組件的使用年限、更換時限、更換方法及檢點周期等。

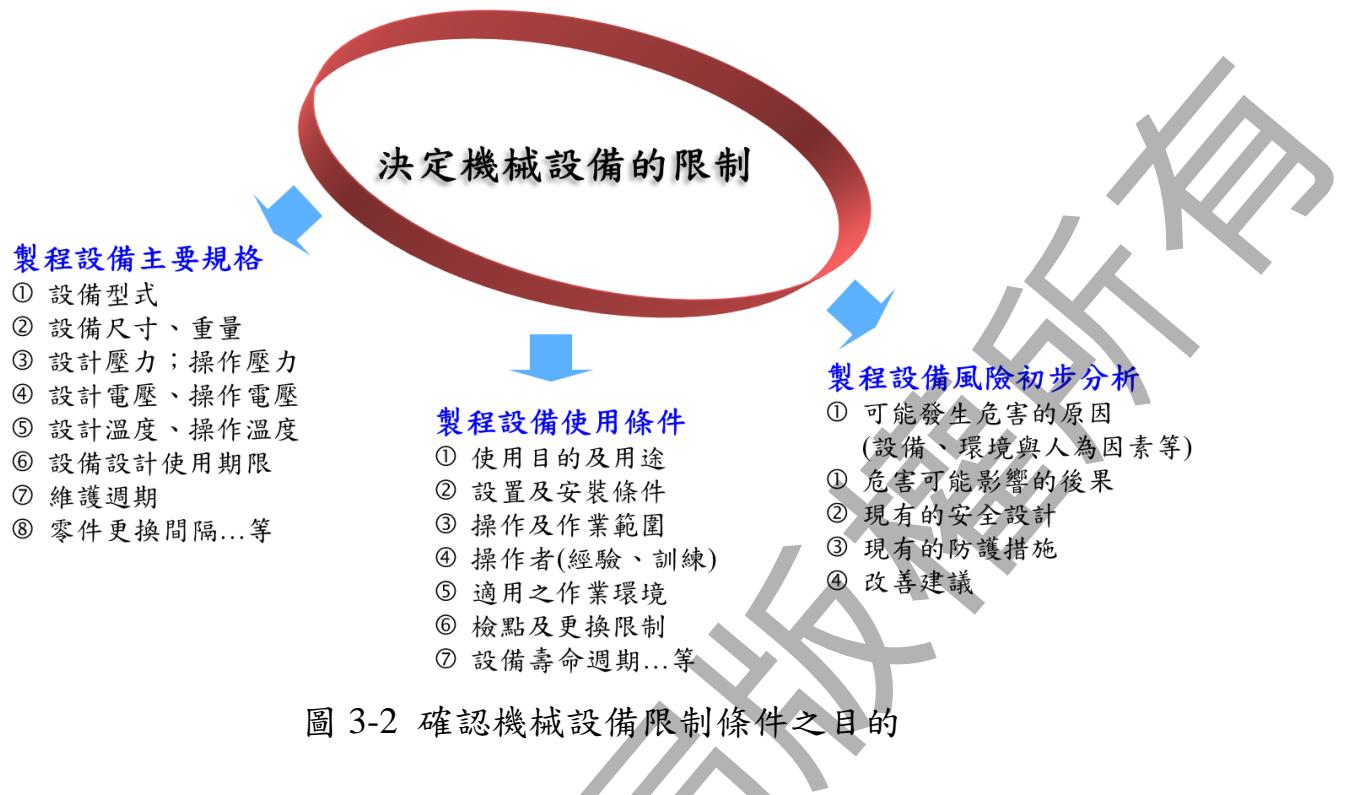


圖 3-2 確認機械設備限制條件之目的

在步驟 1 中，須先考慮機械設備生命週期中的所有階段，決定機械設備的限制規格，並以各個觀點來決定其安全性最受威脅的階段開始實施風險評估。必要時，可用文書方式製備檢查表，以確認這些風險評估所必須之資訊是否完整無缺漏。

確認機械設備限制條件的具體作法可為下述，依據機械設備之使用手冊或說明書等機台基本說明文件來製作確認表單，內容至少須含括機械設備之主要規格、機械設備使用條件，其他如零件更換頻率與種類、教育訓練資格證明、檢點紀錄等資訊亦可列入考量。藉由觀察及表單填寫之方式，盡可能思考並確認此機械設備（生產設備）之所有生命週期可能存在的限制因素或使用條件，以利後續評估人員執行危害辯識及危害分析之重要資訊。就實務上而言，評量者可以是一個人或是一個團體共同集思廣益地思考及蒐集資料。針對機械設備應考慮將所有生命週期切割成數個階段，雖然每個階段都需要執行風險評估，但應先從安全性最受威脅的階段開始進行。下表 3-4 為實施機械設備的風險評估前應明確定義的限制條件之範例。

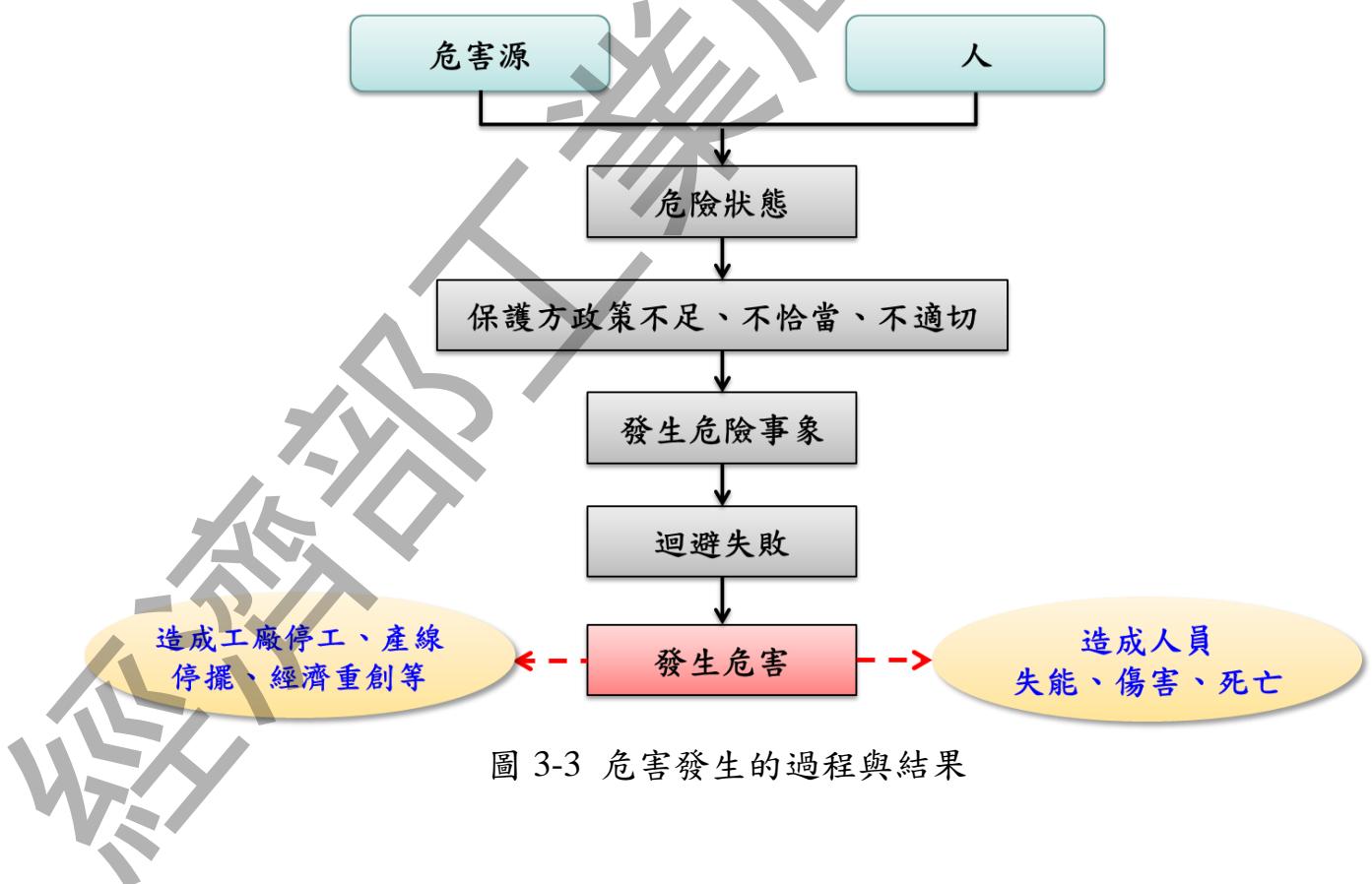
表 3-4 實施機械設備的風險評估前應明確的事項之範例

分類	機械設備的使用狀況	檢查內容	風險評估
機械設備的規格等	機械設備的能力等規格。	明確表示機械設備的能力。	推估風險
	機械設備以及其構成零件在壽命上的條件。	明確表示機械設備的壽命、構成零件的壽命和更換時期(頻率)、更換方法、零件的報廢處理方法等。	推估風險
	機械設備可動件的操作範圍，或安裝機械設備時的空間條件。	除了明確表示機械設備可動件的操作範圍之外，安裝的空間條件也要明示。	推估風險
機械設備的使用目的與用途	機械設備的使用目的與用途。	明確表示機械設備規格書上的目的與用途。	確認危害源
	以機械設備的使用目的與用途來預期作業等。	不止在機械設備的使用階段，在壽命週期上所有與作業相關的內容等，均應明	確認危害源
	合理可預見的錯誤使用。	應明確表示會發生合理可預見的錯誤使用場合。	確認危害源
	在機械設備或軟體的可預期機能失常時，人所產生的行為。	明確表示當機械設備或軟體所導致的機能失常時，人會產生的行為。	確認危害源
預期與機械設備有關連的人員	指操作機械設備的作業員，包含負責維修作業的人員、與該機械設備相關的作業員等，所有可能會接近機械設備，合理可預期的人員。	明確表示誰會在什麼樣的狀況下，可能接近機械設備。	確認危害源
	一般的機械作業員、接受過該機械設備相關訓練之人員、預期可使用機械設備的人員之熟練度、經驗年資、作業能力等水準。	考慮基本上能夠從事工作的所有人員之能力。	推估風險
	使用機械設備的人員所特有的各種能力、特性(視覺或聽覺等五官的狀態、體形、體力、年齡、性別、慣用手等)。	考慮基本上能夠從事工作的所有人員之能力。	推估風險
預期使用設備的期間	機械設備的生命週期。	明確具體地表示機械設備在壽命週期上的每個階段。	確認危害源
預期使用場所	使用機械設備的場所。	明確表示使用場所(也要考慮溫度、濕度、高度等條	推估風險
參考來源：[21]			

3-4 步驟 2：危害辨識

依據 ISO-12100 之規範，決定機械設備的限制條件後，任何發生在機械設備生命週期的所有階段合理可預見的危害風險（永久性或無法預期發生的危害源）、危險狀況及危險事象等，都應被明確辨識出來。在 ISO 12100-1:2003 及 JIS B 9700-1:2004 等文獻裡提到，危害源係定義為「引發危害的潛在根源」。當人員與危害源處在同一空間，因為作業上接觸、靠近、暴露等產生關係時，即可能會形成危險狀態，也就是說，當人員的行動範圍與危害源的發生範圍重合時就會產生危險狀態（如圖 3-3 所示）。發生危險的重合現象可分為空間上的重合和時間上的重合，空間上的重合例如人員進入機械設備的動作範圍，處在同一個空間或領域時；而時間上的重合可以解讀為，人員於機械設備可能產生危險狀態的時間點進入或誤入，造成危害事象的發生[22]。

危害源之判定及辨識是整個風險評估過程中最重要的步驟，因為初始階段若無法明確辨識所有機械設備伴隨的危害源，將無法逐一評估風險等級與控制風險之優先順序，以及是否需要採取危害消除或風險降低的安全對策。



有關危害源的詳細資訊可參考 ISO-12100 及 ISO-14121 之附錄資料。危害源辨識之實施順序如下所示：

- 辨識與機械、設備相關的所有危害源。
- 預估危害源和人員之間可能會發生的危害（含人身危險、健康損害），並辨識所有的危害源、危險現象。

有關機械設備的相關危害源辨識有許多方法，這些方法各有特點，應配合 ISO-12100 或 ISO-14121 之標準化手法，準備一份危害源列表（可參考 ISO-14121 附錄 A）評估現場狀況及條件選擇其中最適切者逐一辨識及確認機械設備可能構成的危害源。有關危害源分析的手法（可參考圖 3-4）[23]，一般常用於危害分析的方法有檢核表（Checklist）、What-If 分析、危害與可操作性分析（Hazard and Operability Studies, HAZOP）、失效模式與影響分析（Failure Modes Effects Analysis, FMEA）、失誤樹分析（Fault Tree Analysis, FTA）、作業安全分析法（Job Safety Analysis，以下簡稱 JSA）等，依據各個方法之特徵性質、評估解析對象、評估目的、資料蒐集情況等條件，採取適切之方法施行。

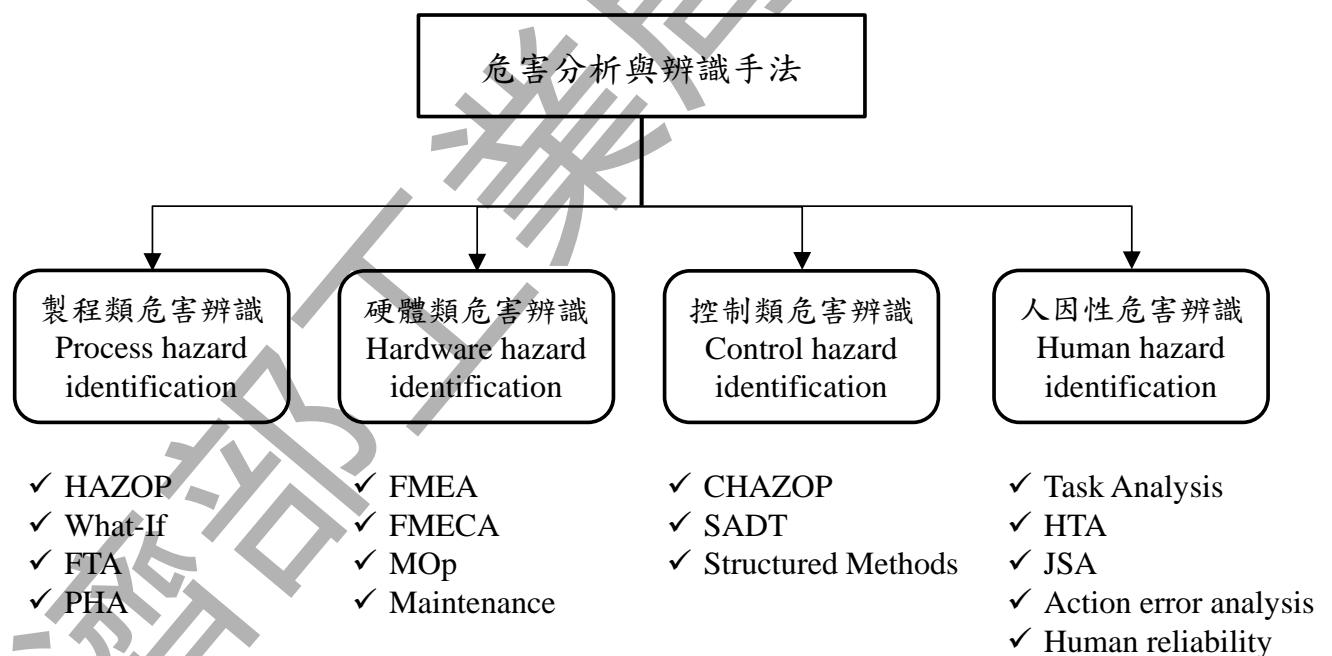


圖 3-4 危害源分析手法的分類及範例[23]

本文以 Checklist、What-If、HAZOP、FMEA、FTA 加以簡介如下：

(一) 檢核表 (Checklist)

檢核表係應用在定性分析中，校對及驗證程序、系統設計或操作方法是否符合標準及合理性的查核，表單一般是利用相關的法規、標準和條例所提供的資訊建立。過去使用檢核表方法的目的係為改善員工操作的可靠度，及不同計畫、製程、系統的執行過程，確認工程是否符合相關的法規與標準規範。檢核表法亦可使用於製程、機械設備初期設計、製造階段，評估過去相似或已使用過的機械設備任何生命週期階段可能產生的潛在危害。

當鑑別某一個工廠內操作的製程、生產線、機械設備等過程可能發生的問題或危害，將這些系統或程序內可能發生的所有危害，以檢核表的方式列出具體項目，通常是針對一系列不同項目的安全措施所做的是非勾選題，再利用制式表單分析軟硬體系統、員工作業方式、機械設備設計、操作失誤或潛在危險情況。依據前述這些危害發生的機率，發生後的嚴重度，決定此項危害的風險值。同時由系統內的安全防護裝置、隔離裝置和偵測裝置等決定是否足以減少危害發生的機率或降低危害造成的影響程度，從而決定是否需要進行改善或設計上的變更。若評估之系統過於複雜，則可將系統分為數個次系統，以方便分析的進行[24]。

然而，檢核表中的查核項目只提供簡單的描述，危害分析受限於制式的格式，並限制評估人員的想像力或直覺辨識可能的危害，亦無法進行事故模擬、事故頻率分析或嚴重程度排序。檢核表分析最明顯的缺點就是檢核表的製作取決於製表者的經驗和能力，檢核表若是由經驗不足或不合適的人員製作，則可能忽略較深入的關鍵項目。因此，檢核表應由不同領域之經驗背景的人員建立或解析。許多情況下，由於此方法不具有分析的過程、呆板、較為制式化，因此不容易徹底辨識出所有可能的危害。檢核表應定期更新並加以檢討，在某些情況分析者可使用一般的檢核表，再結合其它危害評估方法，以彌補單一使用檢核表分析可能忽略的危害，若能結合 What-If 分析，則可獲得較佳的結果[25]。

最後是檢核表結果的書面化（電子化歸檔），從檢核表分析可獲得多項定性數據。然而，通常得到的結果為「是」、「否」、「不適用」，分析註記並將結果記錄於書面或電子化資料。在分析結果報告表應將檢核表納入於附件。此外，分析團隊應就分析項目或檢討中指出檢核表缺陷或不充足

部分，並列入於結果報告書。依據檢核表法不足部分的，將可提供事業單位經營或管理階層考量安全對策，或危害辨識與風險評估建議之依據。文獻中提到一般檢核表分析法需花費之必要時數[26]如下表 3-5。

表 3-5 檢核表分析法所需之時間參考

對象範圍	準備	評估	書面化
單純/小規模系統	2~4 小時	4~8 小時	4~8 小時
複雜/大規模系統	1~3 日	3~5 日	2~4 日

(二) What-If 分析法

What-If 分析法是一種需要團隊成員腦力激盪的分析方式，具有啟發性且不像其它危害辨識方法如此複雜。此種分析技術不需要具體的量化方式或額外的事前規劃，屬於危害分析技術中較為簡單的方法。What-If 分析人員在評估主要議題的過程中，評估團隊的成員以假設對答方式提出各種製程、機械設備、系統設計安全上的問題並相互討論。舉例來說，若團隊討論提出問題「為如果烤箱設備手調式風門因人為失誤將其關閉，那可能產生的影響為何？」，此時評估團隊將集思廣益，以不同面向的角度或資料文件等研究討論，獲得結果為若烤箱設備手調式風門關閉，將造成烤箱內溫度因此升高且有機溶劑濃度蓄積的可能，最嚴重引發火災[27]。最後，評估團隊依此結論可提出相對應的建議與預防措施。因此，What-If 分析在問題假設和回答的過程中，重要議題的紀錄應包括危害、產生的風險、工程控制措施以及可能的解決方法。相關範例表單如表 3-6 所示。

表 3-6 What-If 分析表單範例

What-if 討論議題	產生的影響	現狀之對策	追加檢討項目

簡易的 What-If 分析可由一位或二位人員完成，但複雜性高的製程、機械設備設計等議題則需較多成員的團隊，並將耗費更多的時間在共同討論上。若是由具有豐富經驗分析人員來執行，將使 What-If 分析法的危害

分析過程更有效率。What-If 分析技術被廣泛應用於製程發展設計階段和設備操作生命週期階段，例如建築、電力系統、原物料、產品、貯槽、物料管理、操作程序、作業設計、管理設計、設備安全等。What-If 分析也可以著重於特定調查項目，例如人員保護，公共安全、防火對策或環境安全等。一般 What-If 分析法需花費之必要時數[26]，如下表 3-7。

表 3-7 What-If 分析法所需之時間參考

對象範圍	準備	評估	書面化
單純／小規模系統	4~8 小時	4~8 小時	1~2 日
複雜／大規模系統	1~3 日	3~5 日	1~3 星期

（三）危害與可操作性分析（Hazard and Operability Studies, HAZOP）

危害與可操作性分析的作法簡言之係將系統分為一系列的節點，並將系統的設計基線作為參數（這些參數可以是流量、溫度、壓力、液位、濃度、容量等），再將偏離設計基線的狀況用引導語（如高、低、無、反向、錯誤等）來表示，從而推論出偏離原因並模擬發生異常的情境，及偏離狀態可能引起的影響，系統內的安全防護裝置或措施是否足夠，進而訂定改善措施或行動，以達到保障人員與設備安全的目的[28]。

HAZOP 分析的目的為以系統化的方式詳細的審查製程或操作，判斷製程偏離是否導致不安全的後果， HAZOP 分析技術發展於評估新的設計或技術，也適用於評估所有製程的生命週期階段之風險。初期作業為收集工廠製程的流程圖、管線儀表圖（P&ID）、設備規格、程序控制邏輯圖、操作流程及緊急應變程序等資料，當評估團隊依據前述資料條列出偏離可能的原因和影響，並考量現有防止偏離的防護措施後，進一步判斷保護措施不足的情況下所存在的偏離狀況，再提出相關的建議改善措施以降低可預期的危害。HAZOP 係廣泛應用的危害辨識工具，其分析的成功關鍵包括技術文件的完整性與正確性、評估團隊的專業能力、引導語使用的能力[29]。HAZOP 主要的功能在於危害辨識，若在分析的過程中，將偏離事件發生的頻率納入考量，以定性或半定量的方式描述，再結合風險矩陣亦可達成風險評估的目的及功用。就過去經驗中，危害與可操作性分析法需花

費之必要時數[26]可參考下表 3-8。

表 3-8 危害與可操作性分析法所需之時間參考

對象範圍	準備	評估	書面化
單純／小規模系統	8~12 小時	1~3 日	2~6 日
複雜／大規模系統	2~4 日	1~3 星期	2~6 星期

(四) 失效模式與影響分析 (Failure Modes Effects Analysis, FMEA)

失效模式與影響分析 (下述簡稱為 FMEA) 屬於危害分析中定性的方法，因此法著重於評估個別零組件或元件的失效故障狀態，對產品或系統整體產生可能之影響，因此 FMEA 也適用在可靠度分析中。FMEA 可廣泛運用於機械設備設計、零組件的故障、軟體的程式錯誤等。此法之目的為辨識單一零組件、設備、或系統失效故障可能引發之危害，以及每一個失效模式對系統或設備的潛在影響。藉由簡易的表格分別描述設備元件的名稱與功用、設備失效原因、失效狀態、產生的影響 (危害類型)、既有的控制措施及管理方法等，以辨識可預期的危害。此外，藉由影響分析可判斷系統對於設備失效所產生的反應。分析人員依據分析結果的描述提出設備或系統之改善建議事項，進而修正或改善設計，可增加整體設備或系統的可靠度、維護度及安全性[29]。有關 FMEA 表單範例如表 3-9。

表 3-9 FMEA 表單格式範例

設備名稱：
填表人：

FMEA危害鑑別與風險評估

填表日期：

1.編號及名稱			2.失效模式、原因與影響				3.現有防護設施			4.評估風險			6.控制後預估風險			
編號	元件名稱	功能規格	失效模式	失效原因	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制 (含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級	5.降低風險所採取之控制措施	嚴重性	可能性	風險等級

失效模式與影響分析若納入關鍵性分析共同使用，即所謂失效模式影響與關鍵性分析(Failure Modes, Effects and Criticality Analysis, FMECA) ，

其目的是將原先分析的失效模式考量其發生可能性與嚴重程度並予以分級，發生的可能性可使用數值表示，而影響嚴重程度可由定性的方式表示，配合風險矩陣的應用取得風險等級的高低，以決定改善的優先順序進而提供量化的結果稱為風險優先指數（Risk Priority Number, RPN），達到風險評量之效用。

FMEA 過去多應用於設計變更或系統/設備的修改。使用 FMEA 方法需要個別系統與設備的清單，或是管線與儀器圖、設備功能與失效模式的知識，以及分析人員對設備失效反應，與這些失效後果對工廠的影響應有相當之瞭解。FMEA 最少可由一名人員執行，但其分析結果應由一名以上之專家或團隊共同檢討與審核，以確保分析的正確性、完整性及可靠度。

FMEA 的優點在於設備零組件或系統軟硬體查檢相當徹底，可用於複雜之系統並易於實施操作；但此法的弱點在於較少納入人為錯誤動作（不當操作）或人為疏失所造成的影响，依分析對象之複雜程度與耗費時間成正比，且無法有效地探討多重可能原因組合的共因失效之危害性[30]。

FMEA 方法的執行步驟為：

1. 選擇分析對象與範疇（設備零組件、系統、製程等）並蒐集相關設計或技術資料。
2. 召集或組建一評估團隊，團隊成員須充分瞭解主題內容。
3. 決定實施的方法及 FMEA 分析格式。
4. 列出所有設備零組件或系統條件，並探討失效的原因、狀態及影響（效應）。
5. 評估現況可能預防或減輕失效影響的防護措施或控制措施。
6. 評估失效造成的危害嚴重程度、發生的可能性與操作頻率決定風險優先指數與風險等級。
7. 如有需要，應就風險等級較高的項目提出預防或減輕失效影響的改善建議或控制措施以降低風險。

實施 FMEA 一般須花費的時間[26]如下表 3-10。

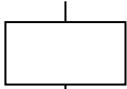
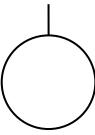
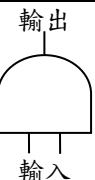
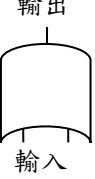
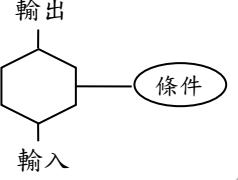
表 3-10 FMEA 實施必要花費之時間

對象範圍	準 備	評 估	書面化
單純／小規模系統	2~6 小時	1~3 日	1~3 日
複雜／大規模系統	1~3 日	1~3 星期	2~4 星期

(五) 失誤樹分析 (Fault Tree Analysis, FTA)

失誤樹分析是具結構性和系統化的方法，利用邏輯演繹的推論方式及不同邏輯閘 (And Gate, Or Gate) 的使用，以圖形的方式描述系統異常事件、設備故障和人為失誤的因果關係導致頂端事件之發生，製作失誤樹圖之相關記號圖示如表 3-11。失誤樹分析主要分為下列四個步驟，依序為定義問題、建立失誤樹、找出最小切集合 (Minimal Cut Set) 及發生機率的計算。圖 3-5 為失誤樹分析的一個例子。

表 3-11 製作失誤樹圖之相關記號圖示

記 號	名 稱	說 明
	事象	由基本事象等組合引起之事象
	基本事件	於此以下無法繼續展開之基本事象。 發生頻率可評估之最低等級之基本事象
	AND Gate	表示所有輸入事件發生時，輸出事件才會發生
	OR Gate	表示至少有一個輸入事件發生時，輸出事件才會發生。
	限制 Gate	表示只有當條件發生時，輸入事件的發生才會導致輸出事件發生。
	非展開事件	表示因資訊不足或技術不完整，無法展開此以下之事件。表示原因未知的失效事件。
	屋型記號	表示平時會發生之事件，可能發生也可能不會發生。
	移向記號	表示移向失誤樹圖上相關部分，或連結之記號。三角形頂上之事件，為表示進入之移向。
	移向記號	與上相同。 自三角形之模線，表示移出之移向。

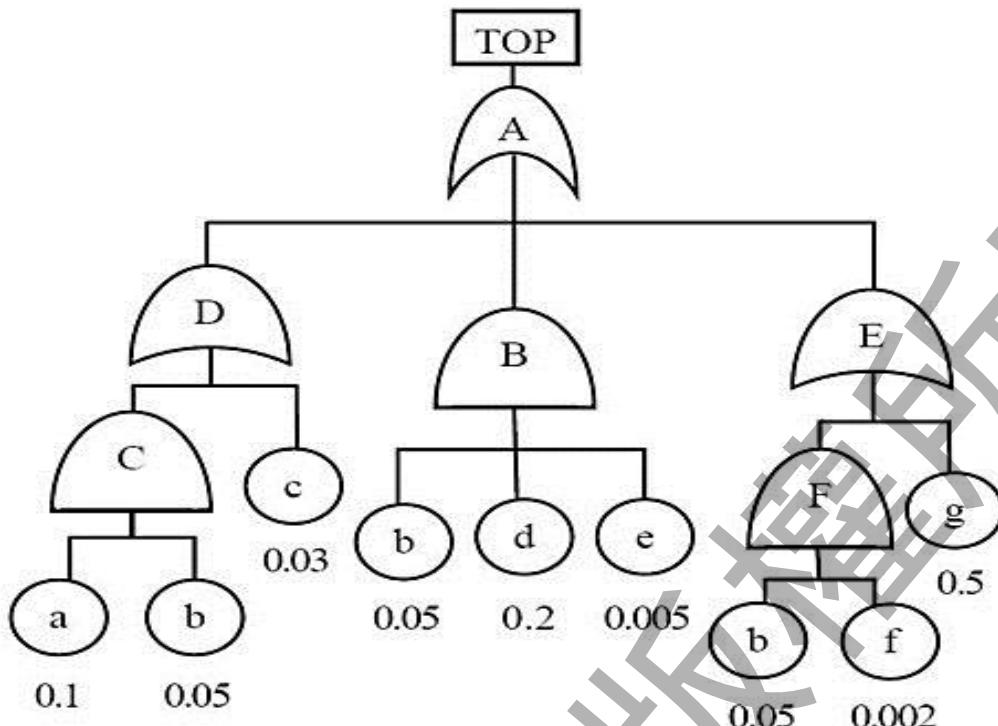


圖 3-5 失誤樹分析之範例圖

失誤樹分析應就人為失誤率和設備零件的硬體失效故障同時考慮，由分析人員辨識出的基本事件，進一步探討發生原因並採取預防或管制措施，以降低事故發生的頻率。若於失誤樹分析中探討人為失誤，應考量作業分析 (Task Analysis)、環境條件、操作狀態和工廠既有標準的作業程序 (SOP)，以辨識出可能發生的危害情形。人為失誤的促成因子則可以利用人為失誤率的數據估算出，影響個人執行力的因素即是構成人為失誤的促成因子，例如員工專業技能、工作壓力等[25]。

失誤樹分析適合解析較複雜的系統，失誤樹分析亦常用於其他危害分析技術辨識出可能的重大危害或關鍵危害時，更進一步分析發生機率的方法。執行失誤樹分析應以受過訓練且經驗豐富的分析人員為主，分析人員對製程、設備或系統的運作和失效模式需有詳盡的瞭解，並有完整的製程流程圖，確保分析的品質及有效性。失誤樹分析儘管被視為危害分析運用廣泛的最佳工具，但此方法仍有其限制，特別是無法確保解析出共同原因的失效或故障，分析結果的可靠性則是取決於失誤樹的結構完整性、合理性和失效率數據的正確性。失誤數分析執行必要花費之時數[26]可參考下表 3-12。

表 3-12 失誤樹分析法所需之時間參考

對象範圍	準備	模式化	評估	書面化
單純／小規模系統	1~3 日	3~6 日	2~4 日	3~5 日
複雜／大規模系統	4~6 日	2~3 星期	1~4 星期	3~5 星期

(六) 作業安全分析 (Job Safety Analysis, JSA)

JSA 挑戰 SOP(SOP, Standard Operation Procedure)往往能找出操作上之潛在危害，進而事前作防範對策。工廠所有作業皆須由人員為之，故皆屬人為操作作業，而複雜的作業則須附加 SOP 及表單。因此完善的 SOP 可說是工廠安全的第一步，而完善的 SOP，需透過作業安全分析法挑戰，並結合工廠已有之資料(例如危險性工作場所申報、環評…等)，以正確分析製程損失或工安危害。以 JSA 挑戰關鍵性的 SOP 有三個目的：(1)針對潛在風險增加步驟、(2)找出關鍵步驟標示紅色以提醒操作者之長期注意，以及(3)針對潛在風險增加保護裝置與維修保養之建議。JSA 亦透過表格分析之方式加以實現，其表格型式如下表 3-13。

表 3-13 JSA 分析表參考例

作業名稱	潛在危害	安全防護器具				
		危害	防護措施	發生機率	嚴重等級	改善建議
操作動作(依操作步驟排)	動作不確實之型態(跳過、部分完成或反向動作)					

針對廠內之作業環境及操作行為要降低其職災，首先須了解製程之作業型態有連續製程、批次製程及單機作業。其作業之不同在於自動化程度高低及生產線之空間與長度，其關係著正常作業下之人為操作(含正常生產與定期維修)、異常作業下之人為操作(異常狀況排除)及特殊狀況下之人為操作三大項。亦即，工廠事務落實至最後，以人為操作及表單紀錄為實際實踐者，故工廠大大小小之事務皆可化為 SOP 及表單，即使只有兩個動作也算。

一般而言，工廠在實施 ISO 時，作業程序書上便會將廠內之 SOP 載

入，亦即實施過 ISO 的公司幾乎都有 SOP 可查閱。但實際的情形是：推動 ISO 時一群人很忙，忙著建立所有文件，較少探究所建立之 SOP 是否可用？較不用功的人員只大概建立 SOP，合理即可，所建立之 SOP 是經不起現場挑戰的；較用功的人員，則只建立一個可用之 SOP，算是達到基本需求。工廠雖有危害性較大之設備或作業，但卻也不是處處皆危害。亦即較實務之作法應該是將 80% 的時間用在關心 20% 之關鍵設備或作業上。也就是當工廠可能有 120 個 SOP 須建立時，我們不要也不可能一次將 120 個 SOP 建立，較實務之作法是：先建立最關鍵 5 個或 10 個即可(包含高溫、高壓、大動力源之正常及異常作業)，依次再將次關鍵之設備或作業逐次建立。也因此 SOP 之制定可依照下列步驟：

1. 經現場實地挑戰，按照此 SOP 之步驟確實可完任務
2. 將 SOP 每一步驟，考慮在『跳過』的情形下，持續進行下一動作，是否可能有重大危害？進而將危害性較大之步驟找出(註：簡易之分析只考慮跳過，進階之分析可考慮『部分完成』、『錯誤動作』及『反向動作』，此為作業安全分析法)
3. 在執行下一動作時，考慮之危害點可從硬體零件故障、軟體故障、人為誤操作、外在因素與環境及天然災害之觀點去思考，再配合前述『安全防護等級』與災害類型作是否安全之判斷
4. 找出重要步驟後之改善方式：(1)於 SOP 上以紅色標示，(2)現場加標示警示，(3)從基本設計改善(亦即此動作沒做時，無法繼續下一動作)，(4)透過管理手段，以表單紀錄配合獎懲之實施

以上所談，為作業安全分析法用於 SOP 之制定，實際仍須落實 SOP 之執行，才能降低職災。也就是安全之人為操作四部曲為：透過作業安全分析法之 SOP 制定、人員教育訓練、SOP 吊掛於現場，及稽核制度與獎懲。故針對危害性較大之設備或作業，在訪視時，往往建議廠商須以處罰為主。

任何危害分析的方法皆有優缺點，規則中並沒有指定分析的方式，只取決於適當性，舉例來說，Checklist、What-If 分析通常適用於評估大規模設施或複雜製程之潛在危害；如擬於製程設計階段或運轉期間中之潛在危害，需全面性加以解析時，則可使用 What-If/Checklist 解析、HAZOP 解析或 FMEA；

HAZOP 與 FTA 適合用於探討製程安全性與生產過程發生的風險；FMEA、FMECA 適合用在元件失效故障等硬體方面的分析；若需要討論人為動作或作業流程，可使用作業安全分析法（JSA）來分析。因此，評估者應視欲分析的狀況（軟體或硬體）來決定使用的危害分析方法，然而，評估者亦可適時運用兩種以上的方法來辨識危害，以達到全面且完整的分析結果。此外，風險辨識與危害分析人員建議應由熟識現場環境及作業的人員擔任，該員的經驗與安全衛生知識將會讓危害辨識此階段更加合理且完整。例如欲辨識生產設備的所有危害源，建議由瞭解生產設備，且操作經驗豐富的現場主管或員工來分析。

根據步驟一產出的機械設備限制條件確認表單，於機械設備生命周期的每個階段執行危害分析，應盡可能地詳細預設作業流程，而作業人員之行為模式也須盡可能地預想使與現實情況相符，以利辨識出所有可能發生、可以預期的潛伏危害因子，並將危害辨識結果（含零組件或製程、危險狀態、危害事象、危害原因等）一一條列至表單。以危害分析手法 FMEA（失效模式與影響分析）為例，將機械設備零組件、系統等所有重要元件視為危害因子，探討每項元件失效、故障、或人為操作失誤等危害狀態、發生原因及可能產生的危害事象，並納入現有防護措施一同研議，以辨識出硬體相關的危害因子，進而評估風險。

3-5 步驟 3：風險評估

由前一步驟將機械設備伴隨的所有危害源、危險狀態辨識出來後，必須逐一預估每項風險。日本產經省之風險評估技術手冊提到，執行風險預估的人員建議以機械設備之設計部門人員（電機設計、機械設計等）和風險評估專家的團隊為主。若能再加上機械設備製造部門、充分瞭解機械設備使用方式及客戶需求的技術服務部門、採購部門等將會使風險評估做得更好。對於各危害源之預估，先以前一步驟所列之可能要因，然後預估並量化可能發生之風險。然而，所謂風險即是危害的嚴重性與發生機率之組合（詳如下圖 3-6），常見且具有代表性的評量風險方法有風險矩陣法、風險圖法及 ISO-13849-1 安全類別分析法等方式[2]。下面即以風險矩陣法及 ISO 13849 控制系統安全類別分析法為範例簡要說明風險評估的手法。



圖 3-6 危害風險評估之要點整理

(一) 風險矩陣法

風險矩陣法是常見的風險評估工具之一，利用定性描述方式來評估危害的風險等級（分數）及決定是否須採取風險降低控制措施的簡單方法。此風險矩陣以「危害的嚴重程度」為縱軸，「危害發生的機率」為橫軸，繪製一矩陣式以組合量化的方式來評估風險等級大小，矩陣大小可依現場實際需求、製程、機械設備種類、評估人員經驗等條件選擇採用 3×3 、 4×4 或 5×5 之分級基準。

危害的嚴重程度可能造成人、財產及環境的損失，若依據國內風險評估技術指引的定義分級，可分為極嚴重至輕微等四個等級如表 3-14，極嚴重可能造成一名或數名人員永久失能或死亡，若以財產而言可能造成工廠關閉或停止生產，通常是指無法恢復的傷害；最低等級為輕微，對人員或財產的影響相對較小，通常是屬於可復原的傷害。

此外，事件發生危害的可能性（機率或概率）以國內風險評估技術指引為例，可以分類為極可能到不太可能發生等四個等級（如表 3-15 所示），依照危害事件發生之機率最高的可能為一年一次以上，在製程、活動或服務之生命週期內可能會發生 5 次以上，反之，可能性最低的定義則是一百年不超過一次，在製程、活動或服務之生命週期內不太會發生。最後，對各項危害事件判別出的危害嚴重性及發生機率，查詢風險矩陣判定出風險等級如圖 3-7，並記錄所有危害因子的風險等級分數，作為後續是否決定降低風險之參考依據。除此之外，亦可將嚴重度及可能性依不同等級給予不同評分基準，再以其乘積作為該危害事件之風險值[31]。

表 3-14 事件造成之危害嚴重度分級基準（參考風險評估技術指引劃分）

等級		人員傷亡	危害影響範圍
S4	重大	造成一人以上死亡、三人以上受傷、或是暴露於無法復原之職業病或致癌的環境中	大量危害物質洩漏； 危害影響範圍擴及廠外，對環境及公眾健康有立即及持續衝擊
S3	高度	造成永久失能或可復原之職業病的災害	中量危害物質洩漏； 危害影響範圍除廠內外，對環境及公眾健康有暫時性衝擊
S2	中度	須外送就醫，且造成工時損失之災害	少量危害物質洩漏； 危害影響限於工廠局部區域
S1	輕度	輕度傷害： 僅須急救處理，或外送就醫，但未造成工時損失之災害	微量危害物質洩漏； 危害影響限於局部設備附近，或無明顯危害

備註：上述分級基準可須依實際需求予以調整（包含等級之增減）。

表 3-15 事件發生機率的分級基準（參考風險評估技術指引劃分）

等級		預期危害事件發生之可能性	防護設施之完整性及有效性
P4	極可能	每年 1 次（含）以上； 在製程、活動或服務之生命週期內可能會發生 5 次以上	未設置必要的防護設施，或所設置之防護設施並無法發揮其功能
P3	較有可能	每 1-10 年 1 次； 在製程、活動或服務之生命週期內可能會發生 2 至 5 次以上	僅設置部分必要的防護設施，或對已設置之防護設施，未定期維護保養或監督查核
P2	有可能	每 10-100 年 1 次； 在製程、活動或服務之生命週期內可能會發生 1 次	已設置必要的防護設施，且有定期維護保養或監督查核使其維持在可用狀態
P1	不太可能	低於 100 年 1 次； 在製程、活動或服務之生命週期內不太會發生	除已設置必要的防護設施外，另增設其他防護設施，且有定期維護保養或監督查核，以維持其應有的功能

備註：1. 上述分級基準可擇一使用，並依實際需求予以調整（包含等級之增減）。

2. 上述所稱必要的防護設施，係指職業安全衛生法規規定必須設置或採取的安全防護設備或措施。

		可能性等級			
		P4	P3	P2	P1
嚴重度等級	S4	5	4	4	3
	S3	4	4	3	3
	S2	4	3	3	2
	S1	3	3	2	1

備註：上述分級基準可須依實際需求予以調整。

圖 3-7 風險矩陣法相關範例圖

(二) ISO13849 之安全類別分析法

國際標準 ISO 13849-1(機械安全—控制系統的安全相關部分—設計通則)係發展自 EN 954-1，此國際標準是規範機械設備安全相關控制系統之安全類別的主要指標。在過去的安全類別思維中，採用機械本身安全裝置和主動安全防護之系統架構決定了安全，但缺乏考慮零組件可靠度的因素，因此也無法實現真正的安全。有鑑於此，機械安全專家逐漸趨向以功能性與可靠度來規範機械的安全。這種思維模式稱作「功能安全」。ISO 13849 即是一種考慮安全控制系統的性能而非針對單一元件之故障模式的分析。有別於 EN 954-1 只評量安全類別之作法，此 ISO 13849-1:2006 年版本引進性能安全等級(PLr)，以量化控制系統安全相關部分可靠度的分析模式，並加入了發生概率的條件，透過了解機械設備生命週期與危害發生的相互關係後，更能使 ISO 13849 的評估方法符合現況[32][33]。

此安全類別分析法是依據原先設計所採取設計對策及安全裝置，考量其發生危害的嚴重程度(輕傷或重傷)、暴露危害的可能性(從完全不會到經常發生)，以及是否可迴避危害的可能性(可以或無法)，將危害源進行風險估算並量化風險結果，以決定該控制系統的安全類別。執行判斷的原則如下：

1. 發生災害的嚴重程度 S (Severity of Injury)

S1：輕傷(擦傷、輕微碰撞等不須住院治療者)

S2：重傷(失能、部分失能、死亡等)

根據最嚴重的傷害程度，對應其安全相關控制系統發生故障而造成的風險進行評估，如為輕傷則選擇 S1，重傷則選擇 S2。

2. 暴露於危險下的頻率 F (Frequency and/or Exposure Time to the Hazard)

F1：鮮少發生或是短時間暴露

F2：經常發生或是長時間暴露

勞工或操作人員幾乎不會接觸或鮮少使用機械設備，暴露機械設備的危險區域時間短則選擇 F1；若人員為了安裝、操作、使用或維修等作業期間必須經常性或持續性的接觸機械設備，長時間暴露於機台的危險區域則選擇 F2。

3. 迴避危害的可能性 P (Possibility of Avoiding the Hazard)

P1：可以

P2：無法迴避

危害是否有機會規避的影響條件可參考下列：

機械相關：例如機械本身是否已有安全防護裝置(光柵、緊急停止等)、操作使用期間是否有主動式監控(偵測器)、是否有效將機械可能產生的危害隔離(護圍、護罩)等。

人員相關：除了人員可能造成的失誤外，還有人員操作機台的熟練程度、使用或維修機台的經驗等。

管理相關：人員操作機台的教育訓練是否充足、機械設備自主檢點制度、機台使用警告標示是否完整等。

當危害狀態發生時，如可以迴避危害則選擇 P1，反之則選擇 P2。

依據上述條件考量危害發生的嚴重度、頻率或機率、迴避風險的可能性所完成的風險評量後，應就個別機械設備或元件的風險評量結果，設定適用各風險等級的安全分類，如下表 3-16 所示。當風險等級被明確定義後，即可參考圖 3-8 以樹狀圖來表示預想的危害嚴重度，列出在危害源/危險事項/危險狀態裡所暴露的頻率、避免風險的可能性等的風險參數。這個方法在日本厚生勞動省「機械的總括性安全基準之相關指針（機械の包括的安全基準に関する指針）」、ISO 13849-1、JIS B 9705-1 等標準文件皆有詳細描述。

表 3-16 風險等級分類表

風險等級	安全分類	對應控制措施類別	備註
I	極輕微的風險	B	可維持現狀
II	輕微的風險	1	視等級實施相對應之改善控制措施
III	中度的風險	2	
IV	嚴重的風險	3	必須盡快實施降低風險的措施
V	極度嚴重的風險	4	

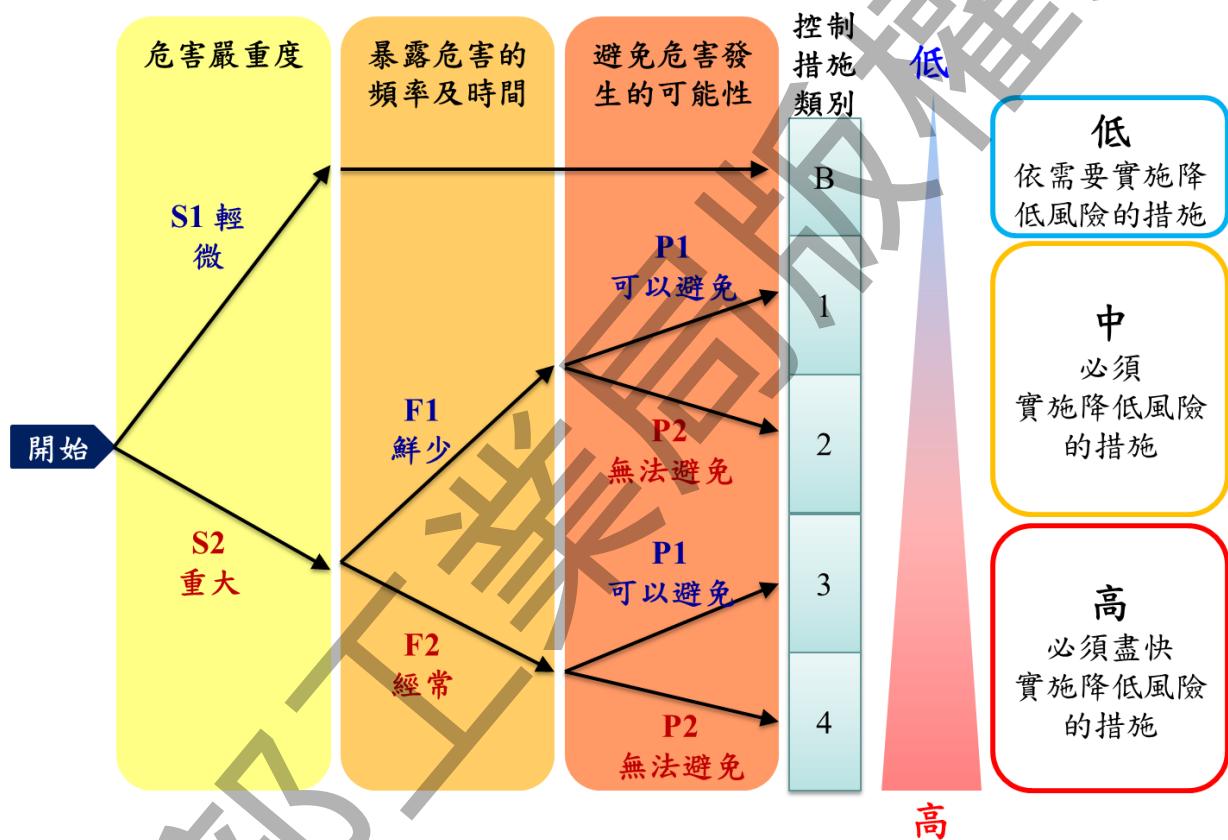


圖 3-8 定義風險等級之樹狀圖範例

3-6 步驟 4：風險評估結果分析

當完成所有危害源分析及風險評估之後，進入到步驟 4 的風險評估結果分析階段，此步驟必須將各項風險評估數據列表排序，由風險等級最高的項目依序列到風險較低者，藉此過程瞭解風險降低與控制改善的優先順序，決策者亦可藉此結果決定是否有必要設法降低風險，並執行降低風險之安全設計與對策，例如擬定設計變更之建議、安全防護裝置或控制措施等。重複實施風險評估之步驟，持續依據每一次的風險評估結果判斷此機械設備或製程是否安全，並檢討機械、設備是否已適當地降低風險等級，若無法達到預期降低風險的目標，則必須考慮執行其他風險降低之對策。

此外，危害分析與風險評估的結果等相關技術文件，應適當地記錄與保存。若機械、設備規格及零組件，甚至是現有的安全防護措施變更或修改，致使機械設備的限制條件或狀況可能改變而造成過往紀錄內容產生差異時，應重新評估風險並適當的更新紀錄。

3-7 步驟 5：降低風險

依據國際標準 ISO 12100 與 ISO 14121 之風險評估流程，若評估結果該製程、機械、設備或器具等判定為風險不可被接受，或是判斷為風險尚未降低到適當可接受的程度，其殘餘風險依然具有相當之危害性時，則應予以研議降低風險的方法並將風險降低之，或進一步檢討製程、機械、設備或器具等設計方針與現有防護對策。

參考 ISO/IEC Guide 51 所制定的降低風險優先順序如圖 3-9 所示，若對該機械設備之風險的判定結果是不可容許，最佳的改善方法是透過本質安全設計的方式，由源頭消除、取代風險。若無法消除風險或修改設計方式，則走向控制改善的第二階段，即適切的運用隔離或工程控制之方式減低風險發生的機率與嚴重度，意即採取安全防護對策，包含防護及控制裝置、主動式監測等。當執行完前述兩個階段後，殘餘風險依然存在且不可被接受時，則實施最後的方法減輕風險造成的危害，係指透過告知使用者機械設備的危害資訊、使用訊息、教育訓練、自動檢查等管理方式減少人員接觸或暴露危害源。藉此反覆執行的風險降低過程，達到殘餘風險可以被接受的程度之目的。

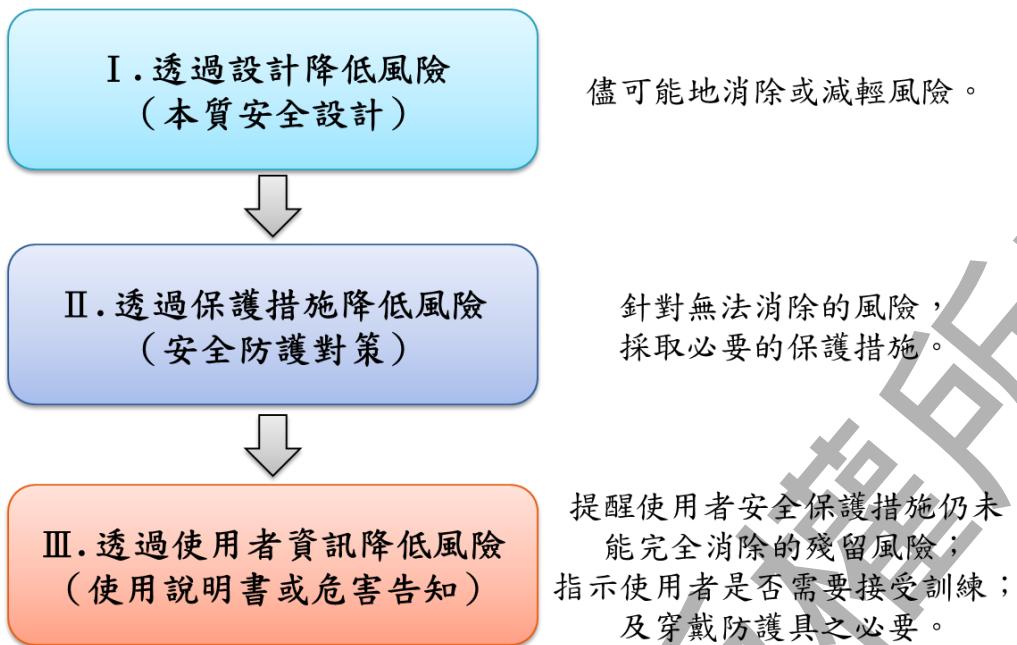


圖 3-9 ISO/IEC Guide 51 之規定的降低風險優先順序

第四章 風險評估的案例分析—以烤箱為例

本輔導案例係經濟部工業局為協助產業及事業單位加強製程設備風險評估技術及提升源頭管理的理念，以符合新修法令的規定並使產業能夠永續發展，特委託社團法人中華民國工業安全衛生協會（以下簡稱工安協會）於民國 105 年度起規劃『生產設備設計製造階段風險評估技術輔導』之輔導實例說明。

4-1 輔導對象選定

本輔導計畫為協助機械設備製造供應商以風險管理技術，針對機械設備之設計製造，進行危害辨識、風險評估及提出本質安全設計策略。今年本團隊挑選一個產業 2 家設備製造供應廠商，並輔導廠商於設計、製造階段實施風險評估，防止設備於使用時發生職業災害。有關輔導對象之選定詳述如下：

（一）產業選定

為協助機械設備製造供應商以風險管理技術，於機械設備設計之初，降低機械設備危害發生的可能性與嚴重程度。此輔導邀請符合資格之各產業公(協)會參與輔導，並選定此一產業 2 家設備製造供應廠商，擇一高危害生產設備，設備項目及廠商名單並送工業局核定。輔導之申請流程詳見圖 4-1。

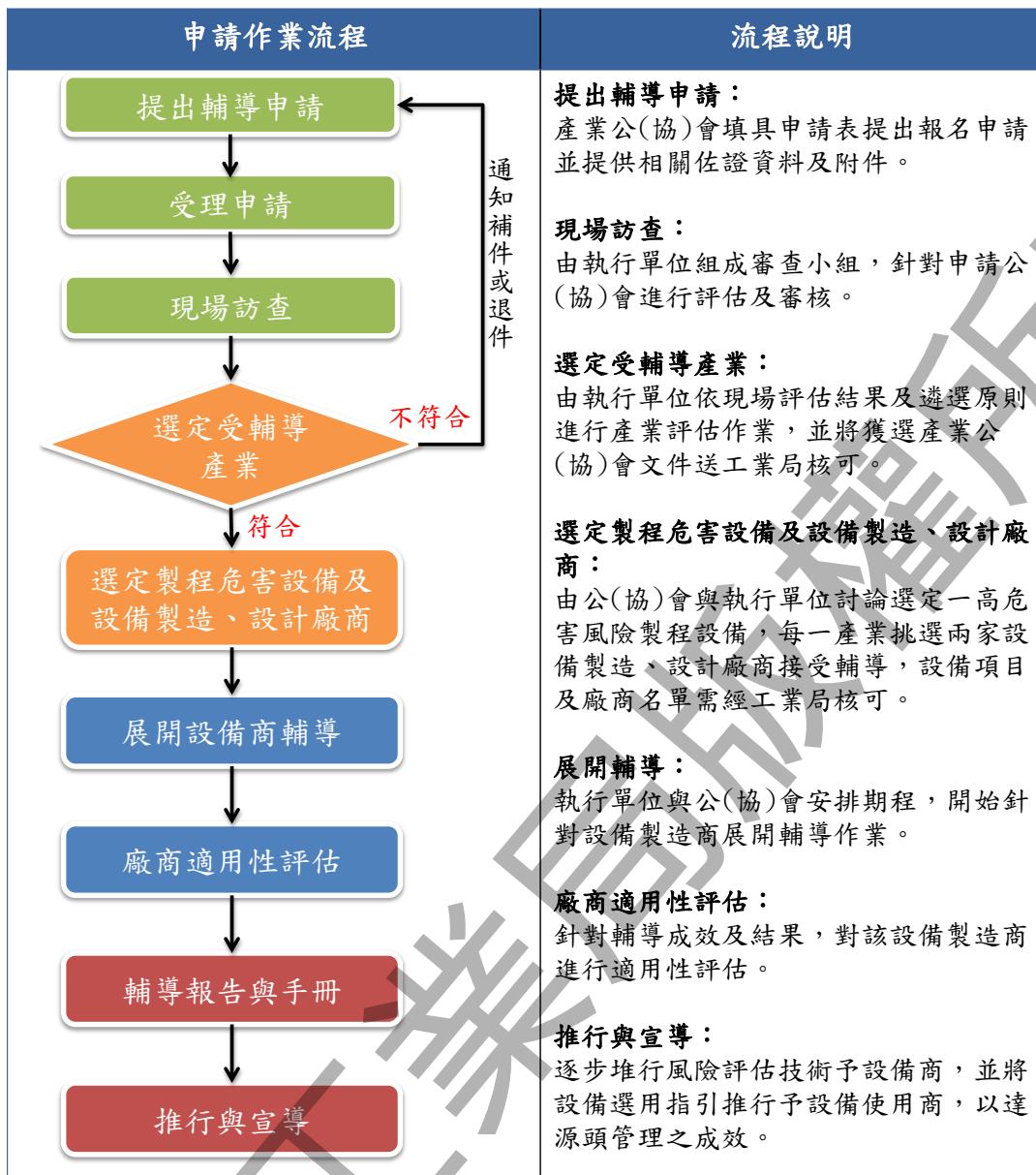


圖 4-1 製程設備風險評估技術輔導申請流程及說明

本團隊透過工業局發放輔導公文後，以電話訪談之方式向 13 個公協會說明輔導目的，增加其報名參與輔導之意願。經受理報名，並偕同外部專家拜訪公協會及執行現場訪視後，選定印刷電路板業為今年受輔導產業。

(二) 製程機械設備選定

本輔導計畫選定印刷電路板業為輔導產業後，須對於該產業的製程中挑選一高危害性的製程機械設備執行風險評估。透過台灣電路板協會內部討論與調查，提出五大高危害性之製程設備，分別有壓合線（天車）、鍋爐（熱媒油）、電鍍線（濕製程）、蝕刻線（濕製程）及烤箱（烤箱作業）。經本團隊專家依上述製程設備之危害性、產業應用層面、國產比例、外銷比例及其他法規標準相關規範等選定原則評分，相關評分結果詳閱下表 4-1。然而，天車及鍋爐在「職業安全衛生法」與「危險性機械及設備安全檢查規則」等法令已有相當之規範。另外，電鍍線及蝕刻線中的濕製程發生火災與化學災害頻率及嚴重度高，屬於印刷電路板業高危害風險之製程，然電鍍線及蝕刻線機台種類繁多，且多為國外進口機台，國產比例低，機台外銷至其他國家的比例也相對較低。烤箱的部分，近年來烤箱引起的火災事故頻繁，火災造成的煙害損傷與財產損失對使用者而言非常龐大。烤箱產業應用層面廣泛，主要以國產為主，經統計約有 40-50% 的烤箱烘箱產品外銷至國外，對本輔導計畫未來推廣風險評估技術及源頭管理有相當之幫助。因此專家評估之結果，今年度輔導計畫將以烤箱設備製造供應商（共計 2 家）為輔導對象。

表 4-1 印刷電路板業高危害風險之設備比較

	壓合線	鍋爐	電鍍線	蝕刻線	烤箱
風險來源	天車作業	熱煤油	濕製程	濕製程	烤箱
危害性	3	3	3	3	2
產業應用層面	3	3	3	3	3
設備國產比例	2	1	1	1	3
外銷比例	1	1	1	1	2
法律標準 相關規範	1	1	2	2	3
總分	10	9	10	10	13

危害性：依設備危害性區分高中低等級，高度風險 3 分；中度 2 分；低度風險 1 分
產業應用層面：三個以上產業使用此設備給 3 分；兩個產業使用給 2 分，僅 PCB 業使用給 1 分
國產(外銷)比例：設備國產(外銷)比例大於五成給 3 分；低於五成 2 分；皆為進口(國內)給 1 分
法律標準相關規範：評估技術需求性。皆無給 3 分；有標準但無法令 2 分；有標準且有法令 1 分

（三）確認輔導廠商

本計畫依前述輔導流程受理印刷電路板業之輔導申請後，並由台灣電路板協會推舉兩家設備製造供應商，分別為 A 設備商與 B 設備商。本團隊藉由臨廠訪視實際瞭解產業及工廠現況，確認輔導廠商有接受製程設備風險輔導之需求，於 105 年 5 月 13 日經工業局核可，確定 A 設備商與 B 設備商為輔導對象。輔導廠商相關基本資料調查結果如表 4-2。

（四）輔導執行面臨之挑戰

製程設備風險輔導的兩家輔導廠商表現非常積極，尤其在職業安全衛生法新增訂第 5 條第 2 項後，為符合法規之基本要求，及不同客戶之規格與需求，廠商急需此項風險評估技術之導入。唯輔導廠商對於風險評估的流程與執行方式非常陌生，提供給使用者的規範內容缺乏完整的風險告知及安全設計建議。顯示廠商對於危害風險的認知不足，雖產品都有設計安全裝置或防護，並以客戶之需求為首要出發點。然而，如何提供輔導廠商以安全觀念為出發點之建議與指引將會是本工作項目亟需努力的方向。

表 4-2 輔導廠商相關基本資料

序號	105-MRA-A	105-MRA-B
行業別	29 機械設備製造業 27 電腦、電子產品及光學製品製造業	29 機械設備製造業 25 金屬製品製造業 27 電腦、電子產品及光學製品製造業
主要產品	精密烤箱、熱風爐、紫外線機、紅外線爐、塗佈機、曝光機、熱板機、壓膜機、捲對捲壓膜曝光塗佈設備、PCB 自動噴滾塗烘烤線、熱風自動輸送爐。	PCB 製程烤箱、UV 多層爐、熱風多層爐、熱板多層爐、隧道式熱風設備、紅外線乾燥設備、曝光機、壓膜機、濕膜塗佈設備、步進式曝光機、無氧化烤箱、壓力烤箱、印刷用 UV 乾燥設備、連續式熱風乾燥機等。
供應之製程產品外銷 國外的比例	中等 (約 41-70%)	低 (約 0-40%)
供應之製程產品 是否提供其他 產業使用	IC 半導體產業、光電產業、 FPC 軟性印刷電路板業、LCD、Touch Panel	半導體產業、IC 封裝、光電產業、平面顯示 產業、印刷業、塗裝業

4-2 輔導流程說明

本案例參考製程機械設備適用標準或規範，包括國際標準 ISO 12100、國際標準 ISO 14121、日本總括性機械安全指針、歐盟機械安全指引等相關技術資料，以及 Semi S2 之相關安全基準。配合風險評估技術，依據國際標準 ISO 14121 與台灣「風險評估技術指引」引述之分析程序逐步進行，以建立設備製造供應廠商輔導項目。

初期以技術資料蒐集得知，烤箱所引起的火災事故頻繁，火災造成的煙害損傷與財產損失對事業單位或使用者而言非常龐大。此外，烤箱設備之危害特性除火災爆炸外，還包含化學品暴露、人因性危害及感電等，將於本案例一併探討。烤箱於產業應用層面廣泛，且主要以國內生產為主，經統計約有 40-50% 的烤箱烘箱產品外銷至國外，對印刷電路板產業上、中、下游之事業單位，及對本輔導計畫未來推廣並導入風險評估技術及源頭管理有相當之幫助。本案例執行流程如下圖 4-2 所示。依步驟流程分別臨廠輔導 5 次，於每次進廠皆提供廠商風險評估說明、表單及共同討論，並輔導廠商執行，協助廠商從無到有建立一套適合該單位之機械設備風險評估技術。

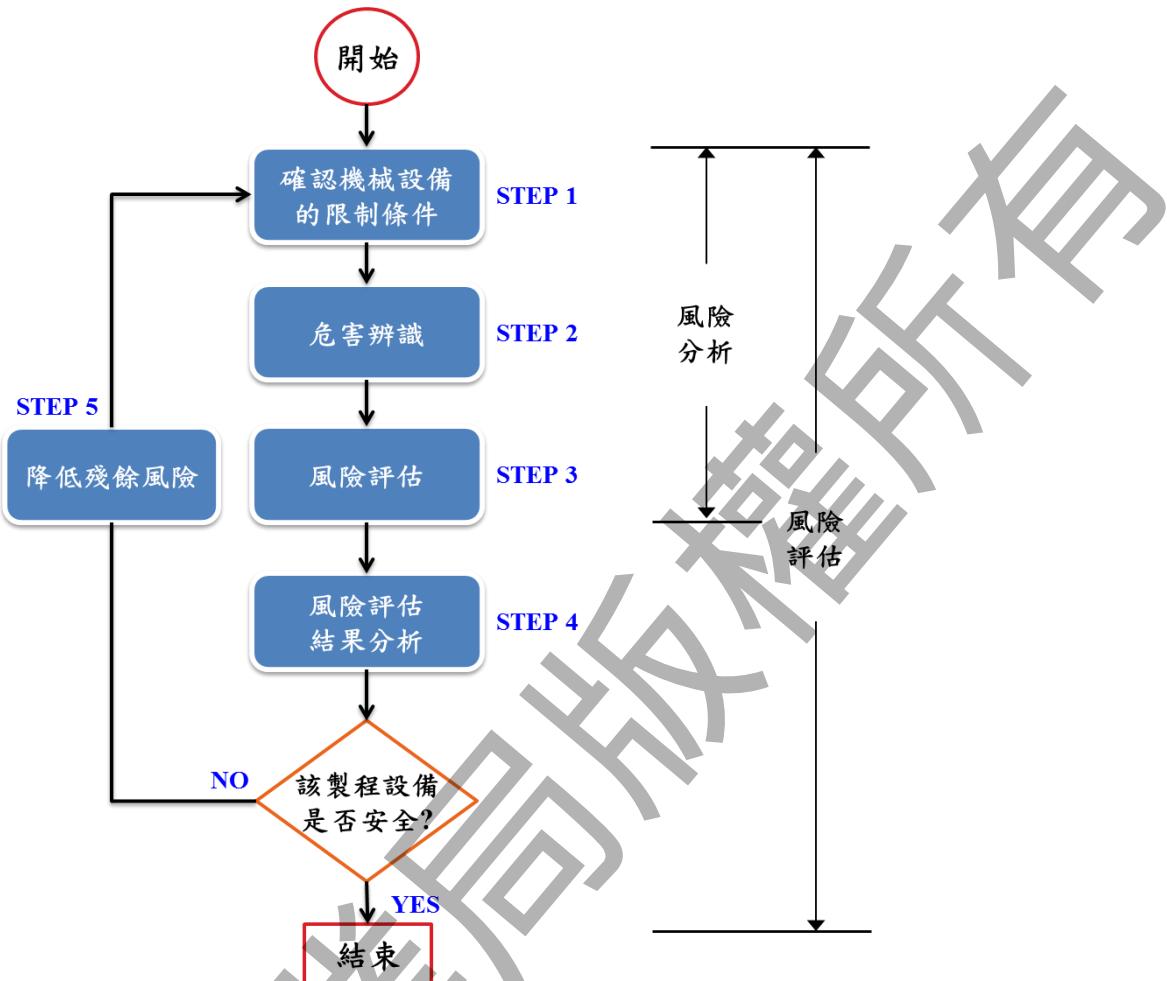


圖 4-2 生產設備設計製造階段風險評估執行流程圖

4-3 步驟 1：確認機械設備的限制

本案例試就 A 設備商與 B 設備商提供之一般烤箱設備，確認其烤箱的使用限制條件。以國際規範 ISO 12100、ISO 14121 與日本機械之總括性安全基準之指針論述的確認方法，於準備進行風險評估前，參考並活用前述表 7「實施機械設備的風險評估前應明確的事項之範例」，製作一機械設備限制條件檢查表作為確認與記錄之工具，表單範例請參考表 4-3，以利分析人員確立烤箱設備於生命週期各階段的限制事項，並檢查內容是否有遺漏或不足等，此為後續風險評估所必須掌握之重要訊息。

本團隊提供輔導廠商機械設備限制條件表單與範例，初次輔導即說明表單項目內容，例如烤箱主要規格（尺寸、型式、設置條件、使用年限等）、使用目的和用途（使用上的限制）、零組件之更換限制（時間上的限制）、烤箱可動範圍或適合的作業環境限制（空間上的限制）等。在合理可預期的情況下，分析人員除了考量烤箱設備本身的規格與性能外，於使用的目的、用途

及操作範圍等，還須考量操作人員正常使用、錯誤使用與人為疏失之可能性。

依本例之確認烤箱設備限制條件的執行過程，提供下列注意事項：

1. 執行烤箱或其他機械設備限制條件確認前，應檢附與參考該機械設備使用手冊或說明書。
2. 確認使用手冊或說明書上的產品資訊是否有遺漏。
3. 依 A 設備商與 B 設備商提供之烤箱規格屬於一般型式，應於表單中的使用目的及用途詳細填寫適用於此類烤箱之「烘烤物」。
4. 依機械設備限制表單評量可能產生危害的對象，限制其操作或使用機台的資格。
5. 以表單找出人員安全性最受威脅的階段開始執行後續風險評估。

表 4-3 機械設備限制條件表單範例

機器名稱：烤箱		
項目		機器的限制規格
機器主要規格	產品型式	SMO-XXX
	設計使用期限	15年
	產品設計尺寸(cm)	內部：W 1360 mm × D 850 mm × H 1280 mm 外部：2200 mm × D 1083 mm × H 2543 mm(含桿式燈高度)
	產品重量(kg)	800kg
	設計壓力	NA
	操作壓力	NA
	使用電壓(V)	AC220V
	輸出最大電力(kw)	25
	設計使用溫度範圍(°C)	+200°C
	操作溫度範圍(°C)	+25~200°C
	設計流量	NA(無氣壓需求)
	操作流量	NA(無氣壓需求)
構成零件的更換間隔		檢點週期1年
機器的使用限制條件	機器的使用目的和用途	1. 級漆乾燥、熱硬化之用 2. 定型及各種加工製程之用
	機器的設置安裝條件	常溫(攝氏20~40度)、常濕(10~70%)。屋內(無腐蝕性氣體、引火性氣體、油霧等)
	機器的可動範圍等	烘烤製程區域
	機器檢點及更換限制	1. 實施周/月/年度定檢。 2. 定期在指定的更換零件期間由專人進行更換。
	機器的生命週期	設計、製造、使用、維修並依廠商而定進行的每年定期點檢。
危害對象	操作人員資格	需要 (僅限於受過教育訓練者操作)
	維修保養人員	須實施安全教育訓練及危害告知
	廠商或服務員	需要 (僅限於特定維護點檢資格的廠商)
	其他第三方	全面禁止進入作業範圍

4-4 步驟 2：危害源辨識實例

危害源辨識的執行方法，本案例是依據國際標準 ISO 12100-1 第四章與 ISO 14121 的附件資料，參考其危害源的詳細資訊辨識烤箱設備生命週期中可能構成的各種危害源（永久性的與無法預期出現的危害源），其中重要的危害源包括烤箱引起的火災爆炸、人員感電、化學品暴露（通風換氣）及人因性危害（人員操作與人機介面）等。本團隊以初步危害分析的手法配合熱風烤箱設計流程與現有使用規範，先對兩間輔導廠商說明初步辨識危害及後果，辨識使用的表單設計如表 4-4 之範例。

表 4-4 初步危害分析表單範例

公司名稱：_____		填表日期：_____		作業場所負責人：_____		填表人：_____			
編號	製程名稱	2. 辨別危害及後果				3. 現有防護設施			
		生命週期的階段	作業區域	作業者資格	危害源	危險狀態	危害事象	工程控制	管理控制
A. 機械性危害源									
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

以本案例兩間輔導廠商之初步危害分析結果作說明，本團隊之專家參酌過去文獻中提及的烤箱事故，並經由現勘烤箱實機之設計與結構，分別提出火災爆炸、化學品暴露、人因性危害及機械安全設計等可能危害因子。兩家輔導廠商的烤箱設備危害因子說明及相關改善建議分別如下表 4-5：

表 4-5 輔導廠商烤箱設備危害因子說明及相關改善建議

A 設備商：	
1. 火災爆炸危害	
1-1	該設備商通用型熱風烘烤設備的烤箱溫度多低於 200°C，但加熱電偶的正常運轉的表面溫度可高於烘箱溫度達 50°C，超過部分有機物質的自燃點，仍可能成為火源（異常時溫度更高），特殊型熱風烘烤設備的烤箱溫度可高達 600°C 以上，有成為引火源的可能。
1-2	A 設備商說明過去業界多起烤箱火災事故，大部分源自於蒸發後的有機物質凝結累積於排風管，致使排風量降低而後引燃可燃性物質。

1-3	A 設備具有直接以有機物蒸發速率估算排風系統所需要換氣量之能力；但缺乏機台正常操作條件下，估算有機物質蒸發速率的能力。
1-4	建議 A 設備商全面檢討使用手冊，確認必要的火災爆炸危害預防安全資訊是否已正確的告知操作人員。
1-5	初步規劃以 FMEA 為主要的設備危害分析方法。惟 FMEA 方式係採單一元件失誤方式進行評估，對於多個元件同時失誤的風險無法掌握，建議可針對重大潛在危害增加諸如 FTA 分析等可以考慮共因失效模式的分析方法。
2.化學品暴露危害（通風換氣）	
2-1	設備使用時系統的排風量可能因積存絲狀殘垢而使排風量降低，但維持系統安全運作所需的最小排風量並未明確告知使用者。
2-2	烤箱之進氣管路與排氣管路皆安裝有手動風門，使用者要如何調整應有明確的說明，以降低人員錯誤使用的機會。
2-3	調整進氣與排氣管路風門皆可達到調整排氣風量的目的，但對烤箱本體爐內的靜壓確會有不同的變化，若欲達到爐內有較高的負壓值時，應將排氣風門完全開啟，僅調整進氣風門即可。
2-4	為確保烤箱設備排氣的效能，應訂定最小風量要求，至少能安裝差壓計。另外，安裝差壓計最好的位置在烤箱排氣出口到排氣管路風門前，且氣流較穩定之排氣管段。
2-5	爐門壓條之洩漏問題及爐門開啟瞬間之逸散問題仍需考量，若無法確保爐門開啟時不會有有害物逸散問題，則應提供客戶於爐門外加裝氣罩的相關規格等資訊。
2-6	客戶安裝二次配排氣風管之規格需明確，若設備本身有風量監測，則優先監測排氣風量值，但若設備無提供風量監測值時，最方便的設備規格仍為提供客戶靜壓需求，並且要求管徑，管徑的規格應確認管內搬運風速可達一定數值，例如 10 m/s 以上。
3.人因性危害	
3-1	A 設備商之烤箱設備開關與上方的「溫度控制」或上方「電流表」的配置，如屬相關的最好用框線或色塊加以圈圍起來，使之成相關聯的控制。
3-2	溫度控制器似乎已經因為下方的「執行開關」，只當作顯示器控制鈕而不具功能，應可用盲蓋板蓋住，以免誤觸。並非所有的操作員，尤其新進人員都很瞭解各個顯示器或控制鈕的作用。

3-3	烤箱上方的「反向指示」只關乎裝機與維修人員，應可移入電控箱中，「動作完成指示」與最上方的「閃光」應可排在一起。
4. 機械設計	
4-1	由於 A 設備商客製化烤箱較多，例如有：氮氣排風、氧氣濃度偵測、安全迴路等措施，為進一步於危害辨識中，列出誤操作、設備故障、危化物暴露與環境不良等因素，所造成或產生的危害。
4-2	建議進一步提供烤箱的相關安全裝置、迴路設計、安全互鎖機制、安全感測元件、定期檢查、零組件更換週期等，以利接下來進行危害辨識與風險評估之參考依據。
4-3	A 設備商之產品中有輸出到歐洲，產品亦有依歐洲之相關安全規定辦理，故建議進一步提供輸歐時的相關符合歐洲安全規定的文件，例如符合：A 類基本安全標準及/或 B 類群組安全標準。以作為後續危害辨識與風險評估之參考。
4-4	除機器的限制事項外，為於危害辨識時填報可能的危害與實施的安全措施，建議可提供烤箱設備完整的規格書、操作/使用說明書等，以作為後續進行風險評估之參考依據。
4-5	由於 A 設備商對所生產的烤箱，是由設計到生產的完整流程，故建議由 A 設備商依 FMEA 範例先進行危害辨識時，提出可做到降低風險的改善措施，然後於專家會議中討論並確認，以利後續進行風險評估與風險等級分析。

B 設備商：

1. 火災爆炸危害	
1-1	該廠商提供之熱風烘烤設備屬於基本簡易型式，較缺乏火災防止相關設計，例如：可燃性氣體濃度偵測器、惰性氣體吹除系統等。
1-2	該公司之通用型熱風烘烤設備的烘箱運轉溫度低於 200°C，但加熱電偶正常運轉時的表面溫度可達 500°C 以上（異常時狀況下之溫度更高），超過多數有機物質的自燃溫度，有成為引火源的可能。
1-3	參考過去烤箱設備發生火災的案例，部份源自於蒸發後的有機物質凝結累積於排風管，致使排風量降低而後引燃可燃性物質，該公司熱風烘烤設備之新設計將排風管由上方移至側面，並增設可以清理廢油積存的濾網結構。
1-4	廠商對熱風烘烤設備的換氣量需求，主要根據累積的工程經驗，未反應烘

	烤物種與烘烤條件下有機物質的蒸發速率來計算所需要的換氣需求量。
1-5	B 設備商表示部分機種會有洩爆窗、洩爆門的設計，其洩爆窗、洩爆門設計的依據規範應確認是否符合標準及現況需求。
2.化學品暴露危害（通風換氣）	
2-1	該廠商烤箱設備排風量的設計以經驗為主，缺乏對易燃性液體蒸氣蒸發速率的評估，較難確認排風量是否足夠。
2-2	由於多數有機易燃物質的分子量均大於空氣(分子量約 29)，故蒸氣易沉降於底部。移至側面的排風裝置建議排風口設置於下方處以增加排風效率。
2-3	B 設備商之烤箱設備進氣管路與排氣管路皆安裝有手動風門，使用者要如何調整應有明確的說明。調整進氣與排氣管路風門皆可達到調整排氣風量的目的，但對烤箱本體爐內的靜壓確會有不同的變化，若欲達到爐內有較高的負壓值時，應將排氣風門完全開啟，僅調整進氣風門即可。
2-4	排氣風管入口處有安裝濾網，可檢討其必要性，濾網的使用會導致排氣量的變動，應有確認排氣量是否足夠的監測裝置，如差壓計。安裝差壓計最好的位置在烤箱排氣出口到濾網入口前，且氣流較穩定的排氣管段。
2-5	烤箱爐內之靜壓值為正壓或負壓可藉由循環風機與氣流通道等相對位置決定，若可採用負壓設計其逸散的可能性較低。
2-6	B 設備商對於客戶安裝二次配排氣風管之規格須更明確，現有規格為風量需求 8CMM，管徑 $\varnothing=6"$ ，但最佳的設備規格為提供客戶靜壓需求，並且要求管徑，管徑的規格應確認管內搬運風速可達 10 m/s 以上。
2-7	爐門壓條之洩漏問題及爐門開啟瞬間之逸散問題仍需考量，若無法確保爐門開啟時不會有有害物逸散問題，則應提供客戶於爐門外加裝氣罩的相關規格等資訊。
3.人因性危害	
3-1	基面安排架構合理。唯「啟動/停止」最好獨立(位置、型式)；兩個「電熱開關」應合併為一（因為都必須同時扳動）。計時器與恆溫計時器最好劃至同一區域，以框線或顏色歸類。
3-2	閃燈和蜂鳴器雙顯示器、相位錯誤關乎裝機維修人員，可以挪至電氣箱內。超溫警報應可和超溫保護器歸類至一類。
3-3	電器箱內的開關等安排可以再加以歸類/分區/或框線依其控制的功能/位置加以歸類分區，並依空間相容性安排，會使維修人員更容易。電器箱內必須有固定的線路圖，以供維修人員參考。

3-4	對於 B 設備商烤箱產品使用說明書，建議內容的部分可以再加以補充，以增加可讀性。包括內容加強的部分，例如本機台之功能、用途等，並建議於說明書或手冊中介紹使用者認識機器各部位之構造名稱及用途等。
3-5	標示及開關之名稱與說明書中之各名稱建議要統一。例如開/關；電源開關；熱風開關最好能相互對應，不要模糊。
4. 機械設計	
4-1	B 設備商可於使用者說明書或手冊中載明可能遭遇風險及產品責任。
4-2	由於危害辨識會由人為誤操作、機器設備會故障、化學物質暴露與環境不良等因素，進行分析考量所造成或產生的危害，故建議進一步提供烤箱的相關安全設計圖、安全裝置、安全感測元件等，以利接下來進行危害辨識與風險評估之進行。
4-3	因為在 ISO/IEC Guide 51 之下，國際安全標準將 EN 標準的 3 階層構造體系移植過來，也是分為 A 類基本安全標準；B 類群組安全標準；以及 C 類個別機械安全標準三大類，規範各個機械類組(group)之詳細安全要求事項的標準。原則上，如果沒有 C 類標準，就適用 B 類標準與 A 類標準。因為 B 設備商的產品中有輸出到歐洲，產品亦有依歐洲之相關安全規定辦理，故建議廠商提供輸歐時的相關符合歐洲安全規定的文件，以作為後續作危害辨識與風險評估之參考。
4-4	由於 B 設備商對所生產的烤箱，是由設計到生產的完整流程，故建議由 B 設備商依輔導流程進行危害辨識時，提出初步可做到降低風險的改善措施，例如：若門無法完全密合時，會造成何種危害？門要密合的程度？使用前中後門的檢查與定期更換零組件時程為何等。
4-5	對於烘烤物進行烘烤可能產生可燃性氣體時，有產生的火災爆炸的可能時，有無相關的防止措施，例如：加裝可燃性氣體濃度偵測器，或參考通風量來控制其濃度等作法，來避免或降低引起火災爆炸所產生的危害與風險。此外，亦可考慮朝防爆型烤箱的方向來設計與製造。

由上述表格初步瞭解兩家輔導廠商在危害源辨識的結果與建議，為了無遺漏且有效的將烤箱設備的潛在危害因子逐一條列檢驗，除了前述的初步危害分析，為避免烤箱其他生命週期階段還有忽略的危害源存在，本團隊除了考量機械設備的硬體零組件，更評估人為操作條件下的危害因子，因此利用更具公信力的危害分析工具，失效模式與影響分析（以下簡稱 FMEA）與作業安全分析（以下簡稱 JSA）來詳細分析烤箱設備之危害源。執行 FMEA 與

JSA 之前，建議廠商以小組型式，至少推選兩位以上瞭解作業製程、或安全衛生管理等知識與經驗的人員。此外，應蒐集該烤箱設備的構造、規格、設計與使用操作說明書等相關文件，將所有烤箱設備的零組件與作業流程逐項一一條列出來，以便確實找出烤箱設備零組件失效故障、人為不安全操作，及共同存在與相互關係所產生的危害源，並能合理推斷設備操作所伴隨的危險狀態。依本例危害源辨識的執行過程提供下列參考建議事項：

1. 執行設備危害分析與風險辨識前，應檢附烤箱設計、規格、結構之使用說明書或手冊（與前述機械設備限制條件相呼應）。
2. 使用說明書須詳細檢視其內容是否有明確定義之危害告知或警示訊息，以利後續評估風險之用。
3. 使用說明書應有詳細標準作業流程，內容應盡可能預設人員操作烤箱之過程，有關人員操作以外的行為也必須盡可能地預想成與現實符合之狀況。
4. 建議以小組型式實施危害辨識，以集思廣益及共同討論的方式確實找出危害源。
5. 機械設備失效故障，或合理可預期之烤箱設備與操作人員之間任何可能產生的危險狀態，共同失效因子也應盡量考慮。
6. 危害源、危害原因、危險狀態與危害事項應確實彙整、條列並記錄，以作為後續風險評估之參考依據如下表 4-6、表 4-7 範例。

表 4-6 本案例 FMEA 危害鑑別表單欄位範例

1. 編號及名稱			2. 失效模式、原因與影響			
編號	元件名稱	功能規格	失效模式	失效原因(請從動力源管制、Fail Safe, 硬體失效、軟體失效、製程特性、人為操作失誤、外力環境、天然災害等方向思考)	危害類型	可能造成影響之情境描述

表 4-7 本案例 JSA 危害鑑別表單欄位範例

1.編號及名稱			2動作不確實造成之危害			
步驟序號	操作動作	說明	動作不確實 (跳過、部分完成、或 反向動作)	失效原因 (一般 只考慮 人為失 誤)	危害類型	可能造成影響 之情境描述

危害源辨識方法是整個風險評估執行過程中重要的步驟之一，若無法完整且詳盡的找出危害源，也將會影響後續風險評估的結果。危害分析與風險評估的詳細執行內容將於下一章節說明。

4-5 步驟 3：風險評估實例

依據前一步驟以 FMEA 與 JSA 之方法辨識危害因子，探討出烤箱設備零組件失效故障與人為操作的危害原因、危害狀態及影響後果，考量設備現有的安全防護與管理措施後，本案例以「風險矩陣」的方式預估可能會發生多少風險，風險評估的完整表單依據 FMEA、JSA 的方法有下列範例如表 4-8、表 4-9。

表 4-8 FMEA 危害鑑別與風險評估表單範例

1.編號及名稱			2失效模式、原因與影響				3.現有防護設施			4.評估風險		
編號	元件名稱	功能規格	失效模式	失效原因(請從動力 源管制、Fail Safe, 硬 體失效、軟體失效、 製程特性、人為操作 失誤、外力環境、天 然災害等方向思考)	危害類型	可能造成影響 之情境描述	工程控制 (含偵測或連鎖)	管理控制	個人 防護具	嚴重性	可能性	風險 等級

表 4-9 JSA 危害鑑別與風險評估表單範例

1.編號及名稱			2動作不確實造成之危害				3.現有防護設施			4.評估風險		
步驟序號	操作動作	說明	動作不確實 (跳過、部分完成、或 反向動作)	失效原因 (一般 只考慮 人為失 誤)	危害類型	可能造成影響 之情境描述	工程控制 (含偵測或連鎖)	管理控制	個人 防護具	嚴重性	可能性	風險 等級

無論使用何種風險評估手法，開始執行之前的首要任務，即是明確定義出「危害嚴重程度」與「事件發生的可能性」之基準。以本案輔導過程為例，係依據國際半導體產業協會規範之標準文件 SEMI S10（風險評估及風險估算過程之安全基準）所訂定的嚴重度、可能性及風險等級基準。

第一步，依其標準所設定的嚴重程度分為極嚴重的等級 1 至輕微的等級 4 共四個層級（表 4-10），嚴重程度一般而言都會將等級 1 設定在可預期範圍內的最壞情況（表 4-11），以本案例而言，係將火災爆炸設定為嚴重等級最高的程度，因為過去經驗來看，烤箱設備造成的火災爆炸事故除了造成工廠生產失損、煙損、財產損失以外，最嚴重可能致使人員受傷死亡。

第二步，依 SEMI S10 之標準設定危害發生的可能性，依其危害發生的頻率區分為經常發生的等級 A 至不易發生的等級 E 共五個層級（表 4-12）。考量危害發生的可能性時，可以綜合考慮下列項目來決定（表 4-13）：

1. 人員暴露於危害源、危害狀態的時間與頻率。
2. 危害現象的發生機率。
3. 發生危害時，是否有機會可以迴避危害。

第三步，將危害發生的風險要素（嚴重性及可能性）設定的結果，套用至風險評估矩陣表中（圖 4-3），以決定風險等級，風險等級的判斷基準依 SEMI S10 訂定如表 4-14。

表 4-10 事件造成的危害嚴重程度（參考 SEMI S10 等級劃分）

嚴重等級	人員安全健康之影響	財產損失之影響
1-極嚴重	永久失去工作能力或死亡	全廠停止生產
2-嚴重	須住院治療或長期休養/復健	次系統停止運轉
3-中度	須至醫療院所接受治療，但不須住院或長期休養/復健	機台/設備當機或損壞
4-輕微	僅暫時不適，或至保健中心接受簡單之急救處理，但不需至醫院治療，且隨即可回工作崗位	僅零組件損壞

表 4-11 風險要素：危害嚴重程度的考慮事項

風險要素	考慮事項	
危害的嚴重性 (危害的重大性)	傷害或損害健康其嚴重程度、直到治癒為止的期間、有無後遺症等	中度傷害 重度傷害 死亡或無法復元
	危害的範圍	(只有一人) (兩人以上)

表 4-12 事件發生危害的機率（參考 SEMI S10 等級劃分）

頻率等級	預期發生頻率
A-經常發生 (Frequent)	一年超過 5 次
B-容易發生 (Likely)	一年超過 1 次，但少於 5 次
C-可能發生 (Possible)	五年超過 1 次，但少於一年 1 次
D-很少發生 (Rare)	十年超過 1 次，但少於五年 1 次
E-不易發生 (Unlikely)	十年不超過 1 次

表 4-13 風險要素：可能造成危害的考慮事項

風險要素	考慮事項					
造成危害的可能性	人員暴露於危害源的頻率和持續時間	<ul style="list-style-type: none"> 接近危險區域的必要性：操作中或保養作業等作業內容。 接近方法：以手動方式將材料放入加工機械等。 滯留在危險區域內的時間。 — 接近人數。 — 接近頻率。 				
	危險現象的發生機率	<ul style="list-style-type: none"> 信賴性的資料：機械設備本體、控制裝置、構成零件等。 災害記錄： <ul style="list-style-type: none"> — 損害健康的記錄。 — 與類似的機械設備做風險比較。 				
	危害限制或迴避的可能性	<ul style="list-style-type: none"> 操作者等的特性：熟練、不熟練、無相關知識。 危險現象的發生速度： <ul style="list-style-type: none"> — 像地震一般無法預測，突然發生。 — 像火災爆發一般，迅速發生。 — 像燃燒不完全一般，一氧化碳的濃度慢慢增加，緩慢發生。 認識風險：一般資訊、直接觀察、危險表示。 人員迴避的可能性：可能、某些條件下可能、不可能。 操作經驗和知識：同一機械設備、類似機械設備、沒有經驗。 				

風險評估矩陣(安全等級) —

風險評估 矩陣		可能 性				
		A	B	C	D	E
嚴 重 度	1	1	1	2	3	4
	2	1	2	3	4	4
	3	2	3	4	4	5
	4	3	4	4	5	5

圖 4-3 SEMI S10 風險評估矩陣表

表 4-14 風險等級的判斷基準

風險等級	風險判斷結果
1	非常重大的風險
2	重大風險
3	中度風險
4	輕度風險
5	非常輕微的風險

前項作業完成設定危害嚴重性、可能性及風險等級之後，即可根據 FMEA 與 JSA 危害分析及辨識的結果，逐一評估每一項熱風烤箱設備零組件、操作或使用熱風烤箱的動作流程的嚴重性、可能性等級，套入風險評估矩陣表求得各項目之風險等級。完成風險評估後，確實將結果記錄於 FMEA 及 JSA 的表單中，以利後續查閱及決定風險優先改善之順序。相關輔導廠商之 FMEA、JSA 風險評估執行摘錄重點如表 4-15，詳細內容並揭示於附錄文件提供參閱。

表 4-15 輔導廠商風險評估重點摘錄

A 設備商：	
項次	風險評估重點說明
1	根據 A 廠商提供之熱風烤箱使用手冊，主要設備元件包含風門、循環風車、變頻器、線材、無熔絲開關、電熱開關、5 個定時器、2 個電流表、2 個異常指示燈、蜂鳴器、啟動/停止開關、接地線、SSR 冷卻風扇等進行安全議題的討論。
2	由於該廠商提出之烤箱設備並不適用含有機溶劑之烘烤物，若客戶有烘烤含有機溶劑之產品，則必須告知原廠購買適當之烤箱設備。因此烤箱中部份元件未考量產品揮發有機溶劑之風險，以風險評量的角度而言，無法完整評估發生火災爆炸的所有可能原因及相對應的控制措施。建議若要完整辨識危害因子，烘烤物的本質也將要納入考量。
3	若考慮烘烤物含有機溶劑等揮發的可能性，建議應考慮揮發速率及濃度問題，評估是否會有有機溶劑蓄積之問題，以決定設備通風排氣與循環系統之效能與適用性。
4	該使用手冊未見其討論接地之功能，由於靜電或設備漏電除了可能造成人員感電之危險以外，若有可燃物或易燃物（如：有機溶劑）可能會造成火災爆炸之危害。建議廠商對烤箱設備的接地之議題多加著墨，並將

	接地之設計與檢點規範納入使用手冊。
5	建議該廠商對於烤箱元件壽命須有清楚地定義及規範，並寫入使用手冊中，以達到告知使用者注意之目的。
6	然 FMEA 的分析理論係以分析產品自身的失效影響，較少探討人為失誤或誤用等因素，因此需藉由工作安全分析 (JSA) 及標準操作流程 (SOP) 來輔助審視。此次輔導針對操作手冊內容中，所描述之人為操作步驟，做重點式的討論，後續由輔導人員自行以工作安全分析分析人為操作之潛在危害。
7	此烤箱設備的使用手冊僅有操作人員應注意的操作流程，然因工作安全分析及風險評估皆須考慮機械設備之生命週期與人員可能接觸機台的時機，因此建議廠商於使用手冊中加入安裝試車流程、維修 (故障排除) 指引等不同時期之注意事項。

B 設備商：

項次	風險評估重點說明
1	根據 B 廠商提供之熱風烤箱使用手冊，主要設備元件包含送風馬達、線材、無熔絲開關、電熱開關、2 個定時器、蜂鳴器、啟動/停止開關、接地線、冷卻風扇、可調式風門加以分析，並由輔導團隊事先初步分析後，再與廠方共同檢討說明。
2	FMEA 的分析理論係以分析產品自身的失效影響，較少探討人為失誤或誤用等因素，因此需藉由 JSA 及標準操作流程 (SOP) 來輔助審視。此次輔導針對人為操作步驟，逐一向廠商確認並討論，後續由輔導團隊自行以 JSA 分析人為操作之潛在危害，並將分析結果回覆給該廠方人員確認。
3	初步以 FMEA 方法做危害分析，於討論過程發現該烤箱設備的蜂鳴器設計、溫度感應線 (偵溫)、冷卻風扇、保險絲設置為潛在風險因子，以工作安全分析法加以確認，人員操作、檢點及發生故障時無法達到「失效也安全 (fail-safe)」之目的，建議持續追蹤並檢討其他連鎖防護機制或安全對策。
4	該廠烤箱使用手冊的操作步驟將安裝試車、操作及維修流程納在一起，致使操作流程無法清楚辨別動作順序，也容易使操作人員混淆。建議廠商將安裝試車流程、操作步驟、維修 (故障排除) 指引等不同時期之注意事項分開撰寫，以人員操作機台的目的分類評估，其中應注意操作人

	員設定溫度開始烘烤產品的步驟，應清楚說明才能降低人員誤動作的發生機率。另可透過教育訓練等管理模式，提供勞工正確操作烤箱設備之訊息。
5	完成操作流程之說明後，建議再執行 JSA 分析來驗證 SOP 的可行性及正確性。除可降低操作過程中人為失誤發生的機率，亦可及早預防人員受到傷害，並透過人員檢點及管理，將失誤造成的危害嚴重度降低。
6	建議廠商應清楚在操作步驟中說明操作人員開始進行烘烤行為之前，應確認烤箱烘烤物為正確物質。以避免使用者誤用或未經允許的製程變更等情形，將其他產品放入該烤箱內烘烤。事先於使用手冊明確告知，對於事故發生後續責任的釐清亦有幫助。

依本例風險評估的執行過程提供下列參考建議事項：

1. 風險評估的實施建議以小組型式進行，依 ISO 12100 之建議，最好的評估小組組成有機械設備的工程部門（機械設計、電機設計、控制設計等）、安全衛生管理部門（風險評估、風險管理）及機械設備製造的製造部門，甚至加入採購部門、品管部門的人員共同參與，將會使風險評估的執行更加完善。
2. 評估小組對於分析評估方法（FMEA、JSA）應有一定程度的瞭解，執行風險評估之前，可透過教育訓練課程與實作演練來使評估人員更加熟悉方法的應用。
3. 依本案例而言，FMEA 較偏重於烤箱設備零組件之硬體、軟體、製程特性的失效影響評估，對於人為不正當的操作與人為疏失的風險分析較為缺乏。因此建議利用 FMEA 配合 JSA 的風險評估手段進行交互驗證，增加危害分析及風險評估的準確性。
4. 烤箱設備風險評估的輔導過程應試圖找出重要元件及關鍵風險來源，分析對象為該熱風精密烤箱之加熱系統（固態電驛、電磁接觸器）、超溫保護及溫控裝置（機械式、電子式溫控裝置）等元件做 FMEA 分析。
5. 由於兩間輔導廠商之熱風精密烤箱整體加熱系統及溫控裝置的元件設計較為複雜，建議配合相對應的安全防護裝置（超溫保護、固態電

驛、通風等)做整體之評估，以確認兩者以上元件同時失效時的可能性及嚴重度。

6. JSA 的部分，針對 A、B 設備商熱風烤箱之電路配置、熱風循環系統及安全裝置等部分。依其使用者說明書上的操作流程，討論並填寫工作安全分析表，以探討可能發生危害的關鍵步驟，以利提出改善操作方法或流程之建議。
7. 以「防災三道門」(預防措施、矯正措施、保護措施)的觀點來看，A、B 設備商在預防措施的部分皆已足夠，建議從後續矯正措施的方面思考發生災情時如何降低傷害，例如：於機台內部加裝 UV/IR 火焰偵測器、CO₂ 自動滅火系統等。
8. 風險評估應配合安全防護裝置的設計與失效的可能性進行綜合評量，以得到較完整之分析結果。並依使用者說明書上的操作流程，討論並填寫工作安全分析表，以探討可能發生危害的關鍵步驟，進而提出改善操作方法或流程之建議。
9. 有關烤箱操作人員的人因性相關危害應納入評估考量，例如：作業姿勢、重複動作的頻率、人機介面的設計、人員心理狀態、對風險的認知能力(取決於訓練、經驗與個人能力)等，皆有可能在推估風險的過程影響最後分析的結果。

4-6 步驟 4：風險評估結果分析實例

經前三步驟完成一套風險評估的流程，本團隊分別與 A、B 設備商檢討該廠烤箱設備的風險評估結果，相關資料皆有文件化建檔，以利後續實施降低風險之依據及風險改善後的等級變更。A、B 設備商之烤箱設備風險評估結果分析分別如下表 4-16 說明：

表 4-16 輔導廠商之烤箱設備風險評估結果分析與說明

A 設備商：	
項次	結果分析與說明
1	本次輔導之重點在於指導 A 設備商實施風險評估之後，對於判定為不可接受之危害潛在因子，應施以降低風險之控制措施或對策，以保障機械設備使用者之人身安全。對於風險評估等級為 3 以下者（表示危害等級高），建議於風險評估表中提出建議改善措施，並預估改善後之風險。
2	此次 FMEA、JSA 風險評估以火災、感電、化學品暴露為主要評估項目。火災因為造成之危害嚴重程度極高，包括員工生命危害、工廠煙損或財產損失等，因此嚴重度評量為最嚴重的「1」。同理，若是評估其他項目之風險，亦以最嚴重情形來列嚴重等級。
3	依據 FMEA 風險評估結果顯示，A 設備商最高的「風險等級」為 2，共有三項。其分別是排風管（油漬環境）、加熱區空間（油漬環境）、線材（不符合規格）。等級 3 的共有 6 項，分別是變頻器、可調式風門、線材、冷卻風扇及保險絲。（請參閱附錄一之 FMEA 表內容）
4	本團隊亦完成 JSA 分析，主要目的為評估人為操作可能產生的失誤或不安全的行為造成之危害。根據分析之結果，最高風險等級為 3，分別有檢查機台內部、確認工作物及設定超溫防止器之溫度等三個步驟。（請參閱附錄三之 JSA 表內容）
5	建議 A 設備商以 JSA 分析來驗證 SOP，針對重要步驟以標示紅色、增加步驟或事前之工程改善方式等三方面著手，以降低人為失誤機率及操作失誤所產生之危害程度。
6	JSA 分析結果發現烤箱設備操作與人因性問題相關性高，部分風險來源是人為不正當操作與人為疏失所引起，顯示人員教育訓練與管理措施的落實程度將會關聯到發生機率，進而影響風險評估結果。

B 設備商：	
項次	結果分析與說明
1	此次輔導之重點在於指導 B 設備商風險評估出來之後，對於評估為不可接受之危害潛在因子，即風險評估等級為 3 以下者（表示危害等級高），建議於風險評估表中提出建議改善措施，並預估改善後之風險，以保障機械設備使用者之人身安全。
2	此次 FMEA、JSA 風險評估以火災、感電、化學品暴露為主要評估項目。火災因為造成之危害嚴重程度極高，包括員工生命危害、工廠煙損或財產損失等，因此嚴重度評量為最嚴重的「1」。
3	依據 FMEA 風險評估結果顯示，B 設備商最高的「風險等級」為 2，共有三項。其分別是排風管（油漬環境）、加熱區空間（油漬環境）、線材（不符合規格）。等級 3 的共有 6 項，分別是變頻器、可調式風門、線材、冷卻風扇及保險絲。（請參閱附錄二之 FMEA 表內容）
4	FMEA 有關事故頻率，即相關零組件失效或故障發生頻率，可請零組件供應商提供相關資訊，例如 MTBF 等。。
5	B 設備商之使用手冊中涵蓋安裝及操作分析，但因未提供維修與故障排除程序，故建議 B 設備商後續執行 JSA 時，將其分為安裝試車、日常使用操作、定期保養與維護、維修與故障排除等 4 項詳加分析。
6	本團隊完成該輔導廠商之 JSA 分析，主要重點在於評估人為操作可能產生的失誤或不安全的行為造成之危害。依據 JSA 分析之結果，最高風險等級為 3，分別有檢查機台內部、確認工作物及設定超溫防止器之溫度等三個操作動作。（請參閱附錄四之 JSA 表內容）
7	廠商對於烤箱設備的機械、電機設計相當熟稔，若對其他烤箱產品同步執行 FMEA 及 JSA 分析方法並非難事，唯是否能正確判別關鍵風險或關鍵步驟將是另一挑戰。

4-7 步驟 5：降低風險實例

經過前述四個風險評估的流程，評估出烤箱設備的風險等級之後，若得到的風險評量結果過高，判定為不可接受之風險，應有降低風險之控制措施或對策。

本團隊參考國際標準 ISO 12100、14121 及日本機械之總括性安全基準之指針揭示之方法，提供輔導廠商降低風險三步驟，依序為本質安全設計、安全對策與附加安全防護、最後是使用訊息與危害告知。為確保風險項目執行風險降低方策後之適當性與有效性，應於完成改善或實施保護對策後，再實施危害辨識到風險評估的流程驗證與檢討。而此反覆確認機械設備的安全性的流程依據日本機械之總括性安全基準之指針如圖 4-4，為確認實施於烤箱設備的本質安全設計或安全對策是最適當的風險降低方法，且符合國內職業安全衛生相關法規與國際標準之安全要求事項，需有妥當性的確認不斷查證與不斷地執行風險降低的手法，直到殘餘風險可以被接受為止。

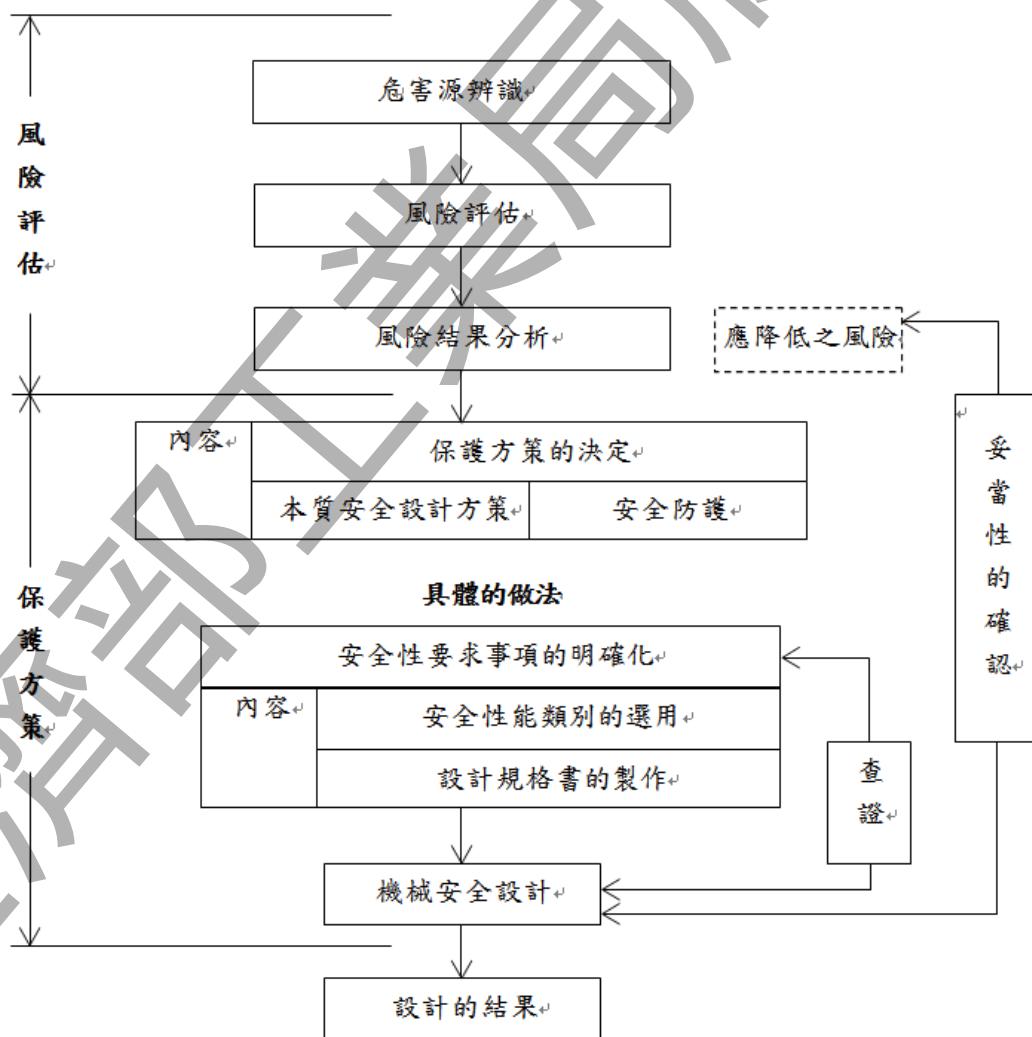


圖 4-4 確認機械安全性之查證及確認妥當性之流程[21]

依本案例降低風險的執行過程提供下列參考建議事項：

1. 依前述風險評估的結果得知危害風險等級與優先改善順序，來判別並斟酌應採取降低風險應實施的安全保護方策，如風險無法落在可以接受的範圍內，則應持續設法降低之並再次評估風險，直到風險降低至可以被接受的範圍，以避免危害發生，保障員工安全。
2. 風險降低之安全保護方策依國際標準 ISO 12100 及國內勞動部勞動及職業安全衛生研究所之建議，以本質安全設計為優先考慮項目，其次是追加安全防護之工程改善對策，最後才是使用訊息或危害告知。
3. 以本質安全設計的理念，零組件或線材更換為更安全、符合國內外認證標準的規格。由源頭管制零組件的安全等級，以達消除危害之目的。
4. 安全防護對策有電流監測裝置、安裝差壓計並於使用前確認負壓足夠、烤箱門外或周圍區域設置氣罩、排風管內部外部皆裝設火災偵測警報器並有足夠滅火效能值之滅火裝置於作業現場等措施。
5. 烤箱設備使用說明書應詳細載明定期清除油漬、定期監督風管清洗及掛簽於現場、使用前檢點項目（電流表、壓差計等讀數）、開啟爐門應注意事項（高溫）等。
6. 建議兩間廠商後續執行 JSA 時，將其分為安裝試車、日常使用操作、定期保養與維護、維修與故障排除等 4 項詳加分析。以釐清烤箱設備每個生命周期可能產生的危害風險。
7. 整體風險評估的流程建議以小組形式，針對該廠之烤箱產品來討論及評估風險議題，才能有效率的發現潛在風險因子，並提出相對應之改善設計方法。

第五章 热風烤箱設備安全衛生查核表

本計畫藉由今年度兩家設備供應商之輔導經驗與成果，產出熱風烤箱設備安全衛生查核表，包含設備安全查核、安裝維修保養作業和人為操查核之內容，詳如表 4-17。

表 4-17 热風烤箱設備安全衛生查核表單

項次	查核項目	選項之必要性 (標配、選配)	查檢方式 (例如：目視、儀器 量測、文件查核等)	參考依據	補充說明
1. 機械或電氣元件設計					
1-1	加熱器應有斷開保護措施	標配	• 文件查核	• S3-0306 • FMEA	避免加熱器熔接而無法停止加熱之目的。
1-2	每個加熱迴路至少有兩組超溫保護機制	標配	• 現場查核	• FMEA	以防止加熱器超溫
1-3	內循環風車應具備監測風車馬達電流值之裝置	標配	• 文件查核 • 現場查核	• FMEA	因循環風車效能變差或故障可能加熱不均勻引發火災。
1-4	內循環風車應具備電流過低時關斷加熱器之連鎖裝置	標配	• 文件查核 • 現場查核	• FMEA	操作手冊中應載明電流過低之警報設定值。
1-5	機台內部加裝濃度感測器，濃度過高連鎖關斷加熱器及發出警報	選配	• 文件查核 • 現場查核	• FMEA • FTA	濃度警報值設定於爆炸下限值之百分之 25
1-6	使用廠商一裝設之外排氣風車應具備監測風車馬達電流值或出口風速之裝置	選配	• 文件查核 • 現場查核	• FMEA	• 裝設權責歸使用廠商。 • 因循環風車效能變差或故障可能造成濃度蓄積進而引發火災。
1-7	使用廠商一裝設之外循環風車應具備電流過低或風速過低時關斷加熱器之連鎖裝置	選配	• 文件查核 • 現場查核	• FMEA	操作手冊中應載明電流過低或風速過低之低警報設定值
1-8	加熱有機溶劑機台，須於加熱區加裝感測器偵測濃度	選配	• 現場查核	• 職業安全衛生設施規則第 177 條 • FMEA	濃度警報值設定於 25% 爆炸下限值
1-9	加熱有機溶劑機台，須於排風管加裝感測器偵測濃度	選配	• 現場查核	• 職業安全衛生設施規則第 177 條 • FMEA • FTA	濃度警報值設定於 25% 爆炸下限值

項次	查核項目	選項之必要性 (標配、選配)	查檢方式 (例如：目視、儀器 量測、文件查核等)	參考依據	補充說明
2. 電氣設計					
2-1	電線線材設計應符合電工法規之規格要求	標配	<ul style="list-style-type: none"> 文件查核 現場查核 	<ul style="list-style-type: none"> 職業安全衛生設施規則第 239、326-7 條 屋內線路裝置規則第 167 條 屋內線路裝置規則第三章第三節 	避免電線產生短路或其它電氣危害事件
2-2	電路應設置過電流保護裝置。	標配	<ul style="list-style-type: none"> 現場查核 	<ul style="list-style-type: none"> 屋內線路裝置規則第 47 條 FMEA 	電線線材類，為避免電流過大引發電線走火。
2-3	電路裝設局部保險絲保護	選配	<ul style="list-style-type: none"> 現場查核 	FMEA	1.避免機台異常超載時無法自動停止電源 2.若有保險絲保護亦可
2-4	設備應有接地線、接地裝置之設計	標配	<ul style="list-style-type: none"> 文件查核 現場查核 	<ul style="list-style-type: none"> 電業供電線路裝置規則第二節 屋內線路裝置規則第 24 條 FMEA 	1.避免人員感電 2.定期量測接地線路
2-5	烤箱設備應設置漏電斷路器	標配	<ul style="list-style-type: none"> 現場查核 	<ul style="list-style-type: none"> FMEA SEMI S3-0306 	此類設備大多為金屬外殼，與人員接觸機會高，避免接地失效時，人員感電
2-6	電力迴路、控制迴路、控制電路、接地及接地導體的電路配線，應該在電線的頭尾兩端依照適用的工業標準的規定顏色加以編碼，或是標示之令其易於辨識	標配	<ul style="list-style-type: none"> 文件查核 現場查核 	<ul style="list-style-type: none"> S2-0706 職業安全衛生設施規則 FMEA 	避免電線因錯接產生短路或其它電氣危害事件

項次	查核項目	選項之必要性 (標配、選配)	查檢方式 (例如：目視、儀器 量測、文件查核等)	參考依據	補充說明
2-7	設備安裝完成後將製造商的名字、機器序號、供應電壓、相數、頻率、電路迴路、設備或其工業控制盤的短路電流容量及全載電流，列在清楚可見之處	標配	<ul style="list-style-type: none"> 文件查核 現場查核 	<ul style="list-style-type: none"> ISO 12100 S2-0706 FMEA 	避免因基本資料不足造成電氣危害事件
2-8	獨立電氣控制箱加裝冷卻風扇	選配	<ul style="list-style-type: none"> 文件查核 現場查核 	<ul style="list-style-type: none"> FMEA 	避免溫度過高，有引發火災疑慮。
3. 安全連鎖&緊急停車					
3-1	安全連鎖啟動時應有閃燈及聲響等裝置立即向操作人員告警。	標配	<ul style="list-style-type: none"> 現場查核 	<ul style="list-style-type: none"> SEMI S2-0706 	通知人員即時處理
3-2	EMO 電路停止機械運作，應該是將設備的控制元件斷電而不是通電	標配	<ul style="list-style-type: none"> 文件查核 現場查核 	<ul style="list-style-type: none"> S2-0706 • 	電路設計之本質安全，防止感電
3-3	EMO 電路應該需要手動復歸，使電源不能自動復歸	標配	<ul style="list-style-type: none"> 文件查核 現場查核 	<ul style="list-style-type: none"> S2-0706 	電路設計之本質安全，防止機台意外啟動
3-4	緊急停車按鈕應該是紅色	標配	<ul style="list-style-type: none"> 現場查核 	<ul style="list-style-type: none"> SEMI S2-0706 	方便操作人員辨識
3-5	緊急停車按鈕之明確標示	標配	<ul style="list-style-type: none"> 現場查核 	<ul style="list-style-type: none"> ISO 12100(p.39 6.3.5.2) SEMI S2-0706 	方便操作人員辨識
3-6	安全連鎖除維修人員或設定權限人員外，其餘人員不能改變其設計功能或設定值	選配	<ul style="list-style-type: none"> 現場查核 	<ul style="list-style-type: none"> SEMI S2-0706 	避免其他非專責人員之誤動作造成危害
4. 使用者告示事項					
4-1	爆炸性、著火性、氧化性及易燃性物質不得加熱	標配	<ul style="list-style-type: none"> 文件查核 	<ul style="list-style-type: none"> 職業安全衛生設施規則第 11、12、13、14、184 條 	避免產生爆炸(爆炸性物質按職業安全衛生設施規則第 11)。應載明於操作手冊
4-2	機台禁止使用之限制應以中英文標示於明顯位置，例如：禁止加熱有機溶劑、加熱溫度之限制...等。並載明於操作手冊中。	標配	<ul style="list-style-type: none"> 文件查核 現場查核 	<ul style="list-style-type: none"> ISO 12100 FTA 	以加強使用限制之管控

項次	查核項目	選項之必要性 (標配、選配)	查檢方式 (例如：目視、儀器 量測、文件查核等)	參考依據	補充說明
4-3	針對超溫保護： 應有裝置顯示設定溫度或機台掛簽標示溫度之 設定	標配	• 現場查核	• ISO 12100 • FMEA	防止超溫保護設定溫度 之人為設定過高，於高 溫時無保護作用，引發 火災
4-4	使用廠商一人為操作 SOP 第一步驟：確認工作物(應標示紅色字體，並載明 於現場 SOP)	標配	• 現場查核	• FMEA • FTA	避免錯放物質(尤其是錯 放有機溶劑)易生火災
4-5	使用廠商—每日檢查 (1) 機台掛簽標示可調式風門開度定已檢查(每日 行車前檢查) (2) 檢查機台內部有無油	標配	• 現場查核	• FMEA • JSA	避免人為操作失誤，風 門幾乎關閉影響排風， 嚴重可能引發火災
4-6	使用廠商—定期保養 (1) 定期清洗加熱空間可能累積之油漬 (2) 定期清洗排氣風管可能累積之油漬	標配	• 現場查核	• FMEA • JSA • FTA	避免殘留之油漬於溫度 過高時容易發生火災
4-7	使用廠商—變更設計、功率或電線線材時，須會 同製造廠商由合格證照人員設計	標配	• 文件查核 • 現場查核	• FMEA • FTA	避免功率變大或線材不 符合規定引發電線走火
4-8	使用廠商—進行維修作業以斷電作業時，以器具 檢查，確認其已停電。並應上鎖或標示「禁止送 電」、「停電作業中」或設置人員監視之	標配	• 文件查核 • 現場查核	• 職業安全衛生設 施規則第 254 條 • S2-0706	避免維修中送電，容易 發生感電危害
4-9	使用廠商—維修保養以活線作業時，應使該作業 勞工戴用絕緣用防護具，或使用活線作業用器具 或其他類似之器具	標配	• 文件查核 • 現場查核	• 職業安全衛生設 施規則第 256、 258、262 條	避免活線作業時發生感 電危害
4-10	控制系統邏輯的修改應透過標準作業程序修改	選配	• 文件查核	• ISO 12100	以減少控制失當所引起 的風險
4-11	現場掛簽：標示烘烤物之可能發生火災溫度	選配	• 現場查核	• FMEA	充足資訊提供及強化現 場人員風險意識

項次	查核項目	選項之必要性 (標配、選配)	查檢方式 (例如：目視、儀器 量測、文件查核等)	參考依據	補充說明
4-12	使用廠商一人為操作 SOP，至少符合其中一項 (i) 門把連鎖溫度降達一定溫度時，始可開啟 (ii) 穿著棉質防護耐溫長袖長褲/衣物，以及配戴 耐溫防護手套及面罩	選配	• 現場查核	• ISO 12100 • 職業安全衛生設 施規則第 22、305 條 • FMEA	開啟箱門時，避免烤箱 內高溫燙傷
5. 其他					
5-1	火警偵測系統啟動時，應該在設備端發出可聽到 聲響及可見到的訊號	標配	• 現場查核	• SEMI S2-0706 • FTA	火警時即時通知人員
5-2	火警偵測系統應提供可維持偵測系統操作 24 小 時的電池或其它法規允許的緊急備用電源	標配	• 現場查核	• SEMI S2-0706 • FTA	以避免停電時偵測系統 失效
5-3	使用廠商一須審慎評估提供機台足夠之滅火裝 置	加熱有機溶劑 為標配，其餘 選配	• 現場查核	• FMEA • FTA	以提供瞬間引發大火之 足夠滅火裝置

第六章 結論與建議

本團隊依今年輔導之成果與經驗，完成生產設備設計製造階段適用之風險評估實務手冊，內容包含風險評估技術之相關法規及常用方法介紹外，並針對輔導廠商之實施流程作說明最後以烤箱之安全衛生檢核表（Checklist）為導入案例，以供設備製造商設計製造及使用廠商採購之參酌依據。此烤箱檢核表也是本手冊之重要產出，其他結論與建議如下：

- (一) 實施生產設備設計風險評估技術是依據風險評估及本質安全的概念，依設備、機械、器具操作使用時可能產生之危害風險，於設計、製造階段進行風險評估，進而採取相關危害預防措施來達到機械設備源頭管理之目的。
- (二) 事業單位為落實職業安全衛生法對生產機械、設備安全之源頭管制理念，應致力於完成機械、設備設計階段之風險評估，以適當之方法或策略降低後端使用者之危害風險。
- (三) 有關本手冊之重點著重於風險評估的執行流程，包含機械設備限制條件調查、辨識危害源、風險分析及風險評估，最後提出降低風險之設計建議與安全方針。藉此專案輔導事業單位或廠商完成生產、製程設備之風險評估，協助廠商建置一套適合該廠商的風險評估技術。
- (四) 風險評估技術協助設備製造供應商符合產業條件、現況及未來發展之安全標準與驗證基準，藉此建立生產機械或設備風險管理系統，進而走向推動驗證制度建立之最終目標。此風險評估技術亦有助於強化機械、設備製造供應廠商提升該產業製程之安全等級，持續推動更有助於整體產業與事業單位之競爭力。
- (五) 生產設備設計、製造階段實行風險評估的相關文件可作為政府機關要求機械設備安全性的證明也可作為向第三方或使用者證明機械設備安全所必要之依據。
- (六) 生產設備風險評估的結果對設備供應製造商或使用者而言，建議應建檔保留，類似機械設備操作使用、維修保養時、採購、或今後實施機械設備的風險評估時，皆可作為參考之依據。

- (七) 機械設備使用說明書或手冊是設備製造供應商提供給使用端的重要使用訊息及危害告知，內容應包含產品規格、設計參數、操作使用步驟、零組件建議更換材質與時間、每日檢點項目、故障排除、使用限制及危害告知等事項，故建議事業單位在實施生產設備風險評估之前，應審視檢討機械設備使用說明書是否正確且完整，並依其建議操作步驟制訂標準作業流程，以使員工遵循之。
- (八) 任何危害分析與風險評估的方法皆有優缺點，如何選用將會影響風險評估結果的有效性及品質，故建議事業單位執行風險評估前，應參考工廠現況、評估對象之機械設備、生產製程、人員經驗能力等，選定適合之評估手法，以確保風險評估的正確性與完整性。
- (九) 依本年度輔導之重點在風險評估技術的系統化過程及評估方法，後續建議可將風險較高或危害性較大的設備依此方法與流程進行。另外，輔導烤箱設備之風險評估依實際情況可自行修改，除了火災、感電等危害外，人因及化學品暴露等健康衛生風險亦可納入評估中。唯健康風險等級可考慮另外訂定。
- (十) 設備供應商對於烤箱設備的機械、電機設計相當熟稔，若對其他烤箱產品同步執行 FMEA 及 JSA 分析方法並非難事，唯是否能正確判別關鍵風險或關鍵步驟將是另一挑戰。建議以小組形式，針對該廠產品來討論及評估風險議題，才能有效率的發現潛在風險因子，並提出相對應之改善設計方法。
- (十一) FMEA、FTA 及 JSA 可結合應用，而從不同的角度將潛在危害找出，並找出因應對策及防制手段之關鍵點。將所分析之結果加入查核表中，則所產出之查核表，考量到設計、維修保養及操作上之風險，可提供使用廠商在該設備之採購基準與危害預防指引。

參考文獻

- [1] 日本經濟產業省，消費生活用製品向けリスクアセスメントのハンドブック，2010
- [2] 勞動部勞動及職業安全衛生研究所，設計階段導入機械安全標準降低風險之探討及個案研究，2013
- [3] 經濟部標準檢驗局，CNS 15434「機械安全—防護裝置—設計與建構固定式和移動式防護裝置之一般要求」，2011
- [4] 經濟部標準檢驗局，標準資料電子報第 37 期，2011 年
- [5] 勞動部職業安全衛生署，採購管理技術指引，2015
- [6] 勞動部職業安全衛生署，採購管理技術指引—附錄一、採購管理技術指引補充說明，2015
- [7] INTERNATIONAL STANDARD, ISO/DIS 45001, 2016
- [8] 職業安全衛生署，104 年勞動檢查年報統計，2015
- [9] 盧光彥，「機械總括性安全基準相關指針」之適用性評估，2008
- [10] INTERNATIONAL STANDARD, ISO 12100, 2010
- [11] 工業安全科技，機械安全的新觀念（上），1995
- [12] 沈育霖，勞工安全衛生簡訊第 120 期機械安全之國際演進趨勢，2013
- [13] American National Standards Institute (ANSI)., ANSI/ISO 12100, 2012
- [14] 社團法人日本機械工業連合會，機械安全の実現のための促進方策に関する調査研究報告書（II）—機械安全を設備安全に展開するための課題と方策に関する調査検討, 2009
- [15] 日本厚生勞動省，機械之總括性安全基準之相關方針，2001
- [16] 勞動部，危險性工作場所審查暨檢查辦法，中華民國 105 年 8 月 11 日勞動部勞職授字第 10502026752 號令修正。
- [17] 勞委會，風險評估技術指引，中華民國九十九年九月九日行政院勞工委員會勞安 1 字第 0990146242 號函修正。
- [18] USNRC, Reactor Safety Study, WASH-1400, 1975.
- [19] 日本經濟產業省，Risk Assessment Handbook，2011
- [20] INTERNATIONAL STANDARD, ISO 14121, 2007
- [21] 勞動部勞動及職業安全衛生研究所機械設備安全設計之風險評估手冊，2014
- [22] 豊田寿夫，リスクアセスメントからマネジメントシステムへ，2010
- [23] 社團法人日本機械工業連合會 RA 事務局，機械工業界リスクアセスメント

ガイドライン，2012

- [24] 日本高壓ガス保安協會，風險評估，2008
- [25] 葉宇光，事件樹於職業安全風險評估應用研究，2009
- [26] Center for Chemical Process Safety(CCPS), Guidelines for hazard evaluation procedures second edition with worked example，1992
- [27] 邱淑靜，台灣半導體相關產業重大災害原因探討與分析，2008
- [28] 黃國強，應用 HAZOP 及 RBI 系統於輕裂工場風險分析及其效益之研究，2003
- [29] 黃清賢，危害分析與風險評估操作手冊，2010
- [30] 王家麟，運用失效模式與影響分析評估矽甲烷供應系統之安全性-以 TFT-LCD 廠為例，2006
- [31] 勞動部職業安全衛生署，風險評估技術指引，2016
- [32] 中央労働災害防止協会，機械設備のリスクアセスメントマニュアル，2010
- [33] 中央労働災害防止協会，機械設備のリスクアセスメントマニュアル 別冊，2010

名詞釋義

(一) 機械 (Machine) —

由構件或零組件組合而成，具有某一特定應用之目的如加工、處理、搬運或包裝等，其中至少有一個零部件是通過驅動、控制和動力系統而運動的。

(二) 危險性或有害性 —

一種情況或連串狀況的改變，產生潛在的受傷、生病或財物損壞。一種作業、情況或環境的潛能，或先天本質性可能產生不良或有害的結果，又稱為危害 (hazard)。

(三) 危害源 —

引發危害的潛在根源。

(四) 危害狀態 (Hazardous situation) —

指人員暴露於至少具有一種危害的環境。

(五) 危害事象 —

由危害狀態到危害發生的過程中，因尚有可能迴避而尚未發生災害的前一個狀態。亦即人員已暴露於危險區域，而危害即將發生，但尚有可能迴避的狀態。

(六) 風險 —

危害發生機率和危害嚴重程度的組合。

(七) 風險估計 (Risk estimation) —

將可能發生的危害嚴重程度及其發生機率明確化。

(八) 風險分析 (Risk analysis) —

確定機械限制條件、危害辨識和風險估計的組合。

(九) 風險評價 (Risk evaluation) —

以風險分析為基礎，判斷是否達成降低風險的目標。

(十) 風險評估 (Risk assessment) —

包含風險分析以及風險評價的所有流程。

(十一) 降低風險 —

考量現有的技術水準後，盡可能地遵循法律法規上的要求事項來降低風險。

(十二) 可容許的風險 (Tolerable risk) —

以社會上現有的評價為基準可接受的風險。

(十三) 殘留風險 (Residual risk) —

採取安全對策之後仍然存在的風險。

(十四) 安全 —

沒有「無法接受的風險」(unacceptable risk)。

(十五) 保護方策 (方案與策略) —

於機械設備設計之初，為了降低（含消除危害，以下同）機械的風險所採取的措施。其內容含本質安全的設計、安全防護手段的實施、附加的保護方案以及使用資訊的提供等。

(十六) 本質安全的設計方策 (Inherently safe design measure) —

不使用護罩或保護裝置（指裝設於機械上，可單獨或與護罩結合使用以降低風險的裝置，如光柵、雙手操作裝置等）而是以設計來改變機械特性，消除危害源而達到保護目的之方案與策略。

(十七) 安全防護 (Safeguarding) —

使用安全防護裝置保護人員之保護措施，這些保護措施使人員遠離那些無法消除的危害或無法以本質安全設計措施充分降低之風險。

(十八) 附加保護方策 —

為了迴避會造成職業災害的緊急情況所採行之保護方案與策略（限本質安全設計、安全防護以及使用資訊以外的手段）。

(十九) 使用資訊 (Information for use) —

為能確保安全且正確的使用機械設備，製造者在機械上黏貼標識、警告、文字、訊號、符號及圖表等措施，或提供使用說明書等手段傳遞使用者的指示事項之資訊。

(二十) 機械的意圖使用 —

設計製造者依設計之功能所預設且明列於使用資訊之機械的使用方式，含安裝、試車、設定、調整、工程切換、運轉、清潔、維護保養等。

(二十一) 合理可預見的錯誤使用—

非依設計製造者之意圖的使用方法，而是按照常理可預見之人的舉動來使用機器。

(二十二) 控制系統的安全相關部份(Safety-Related Part of a Control System)—

回應安全相關輸入信號，創造安全相關輸出信號的控制系統部份。

備註：合併於控制系統的安全相關部份是，在安全相關信號發生時（例如凸輪作動或者位置開關的滾輪位置信號）開始動作，在動力控制要素輸出時（例如接觸器的主接點）結束動作。

(二十三) 性能基準，PL (Performance Level)—

在可能預見的條件下，為了依照控制系統的安全相關部份來特定安全機能的實行能力，所使用的基準。

(二十四) 要求性能基準，PL_r (Required Performance Level)—

要使各種安全機能可達到風險降低的要求，所適用的要求性能基準。

(二十五) 平均危險故障時間(MTTF_d：Mean Times to Dangerous Failure)—

直到發生危險故障為止，平均時間的預估值。

(二十六) 安全功能 (Safety function) —

發生失效或故障時會立即增加風險的機械功能。

(二十七) 類別—

對於障礙的抵抗性 (Fault resistance) 以及在障礙的條件下，對於之後的行為控制系統有安全相關部份的分類，並依該部份的構造配置、障礙檢出以及（或者）這些的信賴性來達成。

(二十八) 故障 (Fault) —

預防性維護或是其他計畫性的行動，或者排除因外部資源不足而無法實行的狀態，以致於無法實行所要求的功能項目狀態。

備註 1： 雖然故障通常是產品自身失效所引發的結果，但即使失效未發生，故障的狀態也可能已經存在。

備註 2：ISO 13849-1 所示的「故障」和「失效」通常做為同義詞使用。

(二十九) 失效 (Failure) —

在項目裡失去了要求實現的機能能力。

備註 1：在失效後，其產品或項目處於故障狀態。

備註 2：「失效」與「故障」的區別在於，「失效」是一次事件，「故障」是一種狀態。

備註 3：在這裡所定義的失效，不適用在軟體所構成的項目。

(三十) 危險失效 (Failure to danger) —

由機械或其動力源產生並會增加風險的任何失效。

(三十一) 共因失效 (Common Cause Failure) —

由單一事件引發不同產品或項目的失效，這些失效事件並無相互關。

備註：共同原因的失效不可與共同模式的失效相混。

(三十二) 系統故障 —

當確定是某種原因的關係而故障時，若不變更設計、製造流程、操作步驟、文書或者其他相關要素，便無法排除的故障。

備註 1：沒有進行變更就修理時，通常無法排除硬體故障的原因。

備註 2：故障原因可以因為進行模擬來誘發使系統故障。

備註 3：下列所示的階段會產生的故障是表示系統故障原因的範例，也包含人類的錯誤行為。

—安全要求規範。

—硬體設計、製造、安裝以及運轉。

—軟體設計、執行等。

(三十三) 隨機硬體故障 —

在時間上不定時地發生，硬體多樣劣化，自結構衍生的故障。

(三十四) 機械控制系統 —

為了使機械要素部份、操作員、外部控制裝置或者是回應這些組合的輸入信號能讓機械如預期般進行動作，而產生輸出信號的系統。

備註：在機械控制系統無論是技術或者是不同技術的組合(例如：電氣、電子式、液壓式、空壓式、機械式)都可使用。

附錄

- 附錄一、A 設備商烤箱之失效模式與影響分析（FMEA）結果
- 附錄二、B 設備商烤箱之失效模式與影響分析（FMEA）結果
- 附錄三、A 設備商烤箱之工作安全分析（JSA）結果
- 附錄四、B 設備商烤箱之工作安全分析（JSA）結果
- 附錄五、烤箱之失誤樹（FTA）結果

附錄一、A 設備商烤箱之失效模式與影響分析 (FMEA) 結果

討論人員：施元斌、張恆瑞、A 設備廠商人員

1.編號及名稱			2 失效模式、原因與影響				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施			6.控制後預估風險		
編號	元件名稱	功能規格	失效模式	失效原因(請從動力源管制、硬體、軟體失效、製程特性、人為操作失誤、外力環境等方向思考)	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級
1	電阻式加熱器	加熱作用	無法加熱	老化、腐蝕環境		製程停產，無重大危害	電流監測											
	電阻式加熱器	加熱作用	無法加熱	台電停電		製程停產，無重大危害												
2	電磁接觸器	接觸或跳開關係加熱器是否加熱	無法停止加熱	電磁接觸器熔接	火災	SSR 固態電驛也故障，導致系統無法停止加熱，工作物過烤，最嚴重導致火災	SSR 固態電驛保護			1	E	4	兩個元件同時故障率低，如果風險不可承受 (1)考慮加電磁接觸器或切斷主電源 (2)兩個加熱器迴路分開					
3	超溫保護器	溫度過高保護，有兩個	故障	老化、腐蝕環境	火災	超溫保護故障，導致過溫保護失效，工作物過烤，最嚴重導致火災	(1)設置第二個超溫保護 (2)尚有兩個製程溫度過高停止加熱			1	E	4						

1.編號及名稱			2 失效模式、原因與影響				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施			6.控制後預估風險		
編號	元件名稱	功能規格	失效模式	失效原因(請從動力源管制、硬體、軟體失效、製程特性、人為操作失誤、外力環境等方向思考)	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級
	超溫保護器	溫度過高保護，有兩個	溫度設定過高	人為操作失誤	火災	工作物過烤，最嚴重導致火災	尚有兩個製程溫度過高停止加熱			1	D	3	如遇加熱有機溶劑或內部容易有油漬環境(1)較安全方式可設UV/IR連鎖CO2自動滅火裝置(2)機台旁須有足夠之滅火裝置	1	E	4		
4	可調式風門	手調式	閥門關閉	人為操作失誤	火災	如加熱有機溶劑，在濃度續積下，如溫度過高最嚴重引發火災。	(1)過溫保護裝置	非有機溶劑專用機則禁止使用有機溶劑		1	D	3	(1)加熱有機溶劑時，可調式風門定為每日行車前檢查之重點項目(操作手冊中說明)(2)加熱有機溶劑時，測風速連鎖停機(3)在烘烤有機溶劑機台則須加裝濃度感測器	2	E	4		
	可調式風門	手調式	閥門關閉	人為操作失誤	化學品暴露	烤箱內之危害性化學品可能自結構脆弱處洩漏至工作環境中，導致員工暴露或吸入有害物質。	廠務端之通風排氣設備與洩漏偵測器。	非有機溶劑專用機則禁止使用有機溶劑		4	D	5	建議可於烤箱設備門外或周圍環境安裝氣罩，降低人員暴露的可能性					

1.編號及名稱			2 失效模式、原因與影響				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施			6.控制後預估風險		
編號	元件名稱	功能規格	失效模式	失效原因(請從動力源管制、硬體、軟體失效、製程特性、人為操作失誤、外力環境等方向思考)	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級
5	循環風車	循環熱風	效能變差	(1)軸承、馬達或葉片鎖緊元件未鎖緊 (2)葉輪太髒無清潔 (3)濾網或風道太髒無清洗 (4)如有變頻器，因人為設定錯誤或操作失誤	火災	效能變差導致 (1)循環量不足，加熱溫度不平均，導致加熱品質不良 (2)排風功能不良，散熱不佳如加熱系統無法停止時，又遇後端排風不良，導致溫昇異常，如遇油漬，最嚴重引發火災	(1)電流過低停止加熱(電流值須人為設定) (2)排風不良導致溫昇有過溫保護。 (3)馬達過載跳脫有連鎖停止加熱	(1)元件及濾網定期維修與清洗 (2)變頻器設定上下限 (3)確認電流設定值		1	E	4	後端排風系統連接備用電力					
	循環風車	循環熱風	無法運轉	(1)馬達故障	火災	無法運轉導致 (1)循環量不足，導致加熱品質不良 (2)排風功能不良，散熱不佳如加熱系統無法停止時，又遇後端排風不良，導致溫昇異常，如遇油漬，最嚴重引發火災	(1)馬達過載跳脫有連鎖停止加熱 (2)無法運轉導致溫昇有過溫保護。			1	E	4	(1)電流監測之警報 系統或自動連鎖 (2)送風馬達連接備用電力					
	循環風車	循環熱風	無法運轉	台電停電		製程停產，無重大危害												

1.編號及名稱			2 失效模式、原因與影響				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施			6.控制後預估風險		
編號	元件名稱	功能規格	失效模式	失效原因(請從動力源管制、硬體、軟體失效、製程特性、人為操作失誤、外力環境等方向思考)	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級
	循環風車	循環熱風	轉向錯誤	人為安裝錯誤或大修時重新安裝錯誤		運轉方向錯誤導致 (1)循環量不足，導致加熱品質不良 (2)排風功能不良，散熱不佳如加熱系統無法停止時，又遇後端排風不良，導致溫昇異常，如遇油漬，最嚴重引發火災	電源相位錯誤時無法啟動 (加裝 APR)	馬達上方貼示轉向標誌										
6	變頻器	改變循環風車轉速	頻率設定過高	人為設定錯誤		負載過高易造成循環風車故障，無法運轉導致 (1)循環量不足，導致加熱品質不良 (2)如加上用戶端排風功能不良，散熱不佳如加熱系統無法停止時，又遇後端排風不良，導致溫昇異常，如遇油漬，最嚴重引發火災	過溫保護							(1)循環風車，電流過高設定警報或連鎖 (2)電流設定值於每日工作前檢查				
	變頻器	改變循環風車轉速	頻率設定過低	人為設定錯誤	火災	風速過低效能變差導致 (1)循環量不足，導致加熱品質不良 (2)如加上用戶端排風功能不良，散熱不佳如加熱系統無法停止時，又遇後端排風不良，導致溫昇異常，如遇油漬，最嚴重引發火災	(1)有一下限頻率			1	D	3	循環風扇電流過低停止加熱	1	E	4		

1.編號及名稱			2 失效模式、原因與影響				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施	6.控制後預估風險		
編號	元件名稱	功能規格	失效模式	失效原因(請從動力源管制、硬體、軟體失效、製程特性、人為操作失誤、外力環境等方向思考)	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級		嚴重性	可能性	風險等級
7	排風管	連接至廢氣處理端	累積油漬	人員未定期清洗	火災	可能引發火災，若油漬累積過多，則易瞬間引發大火，且此處之火災不易察覺		按製程條件排定清洗週期，定期清洗		1	C	2	操作說明書中：建議使用廠商(1)定期監督風管清洗及掛簽於現場(2)排風管內部或外部裝設火災偵測警報器(3)有油漬環境於排風管區裝設足夠之滅火裝置	2	D	4
8	加熱區空間	物質加熱	累積油漬	人員未定期清洗	火災	可能引發火災，若油漬累積過多，則易瞬間引發大火		按製程條件排定清洗週期，定期清洗		1	C	2	操作說明書中：(1)定期監督加熱區清洗及掛簽於現場(2)建議使用廠商於有油漬環境須裝設足夠之滅火裝置	2	D	4
9	線材	本質安全避免電線走火	剝落	老化、腐蝕環境	火災	引發火災	過電流保護	線材定期保養		1	D	3	操作說明書中：建議使用廠商(1)每年檢視電線之本質安全及換修(2)有油漬環境於排風管區裝設足夠之滅火裝置	2	E	4

1.編號及名稱			2 失效模式、原因與影響				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施			6.控制後預估風險		
編號	元件名稱	功能規格	失效模式	失效原因(請從動力源管制、硬體、軟體失效、製程特性、人為操作失誤、外力環境等方向思考)	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級
	線材	本質安全 避免電線走火	線材熔融	變更設計電功率變大	火災	電流過載可能引發火災，如遇加熱有機溶劑或殘留油漬，易造成瞬間大火	過電流保護			1	C	2	(1)不容許隨意變更設計 (於操作說明書中載明：未經原廠變更設計易發生火災，後果須自行負責) (2)如遇加熱有機溶劑或內部容易有油漬環境，較安全方式可設自動滅火裝置 (3)或機台旁有足夠之滅火裝置	2	D	4		

1.編號及名稱			2 失效模式、原因與影響				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施		6.控制後預估風險		
編號	元件名稱	功能規格	失效模式	失效原因(請從動力源管制、硬體、軟體失效、製程特性、人為操作失誤、外力環境等方向思考)	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級			嚴重性	可能性	風險等級
	線材	本質安全 避免電線走火	線材熔融	線材更換較差規格	火災	電流過載可能引發火災 如遇加熱有機溶劑或殘留油漬，易造成瞬間大火				1	D	3	(1)不容許隨意變更線材規格 (於操作說明書中載明：未經原廠變更線材材質易發生火災，後果須自行負責) (2)如遇加熱有機溶劑或內部容易有油漬環境較安全方式可設自動滅火裝置 (2)機台旁須有足夠之滅火裝置	2	E	4	
10	無熔絲開關	異常超載時自動停止電源	無法跳脫	(1)熔接造成無法跳脫 (2)變更設計 (2)其他原因？	火災	電流過載可能引發火災 如遇加熱有機溶劑或殘留油漬，易造成瞬間大火	(1)局部亦有多個保險絲保護 (2)線材選更高規格線材			1	E	4					
11	電熱開關	"ON"開始加熱	無法啟動加熱	元件老化		影響生產無危害											
	電熱開關	"ON"開始加熱	無法關閉	元件老化	火災	電磁接觸器與 SSR 固態電驅同時故障，導致系統無法停止加熱，工作物過烤，最嚴重導致火災	兩個溫度異常保護	拔掉電源線		1	E	4					

1.編號及名稱			2 失效模式、原因與影響				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施	6.控制後預估風險		
編號	元件名稱	功能規格	失效模式	失效原因(請從動力源管制、硬體、軟體失效、製程特性、人為操作失誤、外力環境等方向思考)	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級		嚴重性	可能性	風險等級
12	定時器 A	變頻機延遲啟動訊號定時器(對循環風扇)	無法啟動	元件老化		循環風車無法運轉(參考風車無法運轉處置)										
13	定時器 1	溫度控制器之延遲啟動運轉訊號 A	加熱器無法啟動	老化、腐蝕環境		製程停產無危害										
14	定時器 2	溫度控制器之停止運轉訊號 B	無法啟動	老化、腐蝕環境		無超溫警報，無危害		異常高溫保護	須人員處置							
15	定時器 3	溫度控制器復歸訊號計時器	無結束訊號	老化、腐蝕環境		無危害		超溫保護裝置(O.T.P.超溫防止器)								
16	定時器 4	風車低電流異常訊號計時器	無法啟動	老化、腐蝕環境		低電流保護失效，如循環風車異常，造成異常溫昇	超溫保護裝置(O.T.P.超溫防止器)	定期檢測								
17	電流表 A1	電流顯示指示錶	無法顯示	老化、腐蝕環境		製程停產無危害		故障更換								
18	電流表 A2	電流顯示指示錶	無法顯示	老化、腐蝕環境		製程停產無危害		故障更換								
19	異常指示燈 RL2	溫度異常、風車異常指示燈	無法顯示	老化、腐蝕環境		操作人員不清楚機台異常，繼續操作，但機台無法繼續加熱，無危害	(1)尚有異常指示 RL3 及蜂鳴器	定期保養	指示燈及蜂鳴器定期保養							

1.編號及名稱			2 失效模式、原因與影響				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施		6.控制後預估風險		
編號	元件名稱	功能規格	失效模式	失效原因(請從動力源管制、硬體、軟體失效、製程特性、人為操作失誤、外力環境等方向思考)	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級			嚴重性	可能性	風險等級
						(2)過溫保護											
20	異常指示燈 RL3	溫度異常、風車異常指示燈	無法顯示	老化、腐蝕環境		操作人員不清楚機台異常，繼續操作，但機台無法繼續加熱，無危害	(1)尚有異常指示 RL2 及蜂鳴器 (2)過溫保護	指示燈及蜂鳴器定期保養									
21	蜂鳴器	超溫、風車或烘烤完成指示	無聲響	老化、腐蝕環境		(1)烘烤完成指示無聲響無危害 (2)超溫無聲響，操作人員可以由溫度指示器得知超溫。	兩個異常指示燈號(RL2、RL3)亦可顯示	蜂鳴器及異常指示燈號應定期測試與保養									
22	啟動/停止開關	啟動或停止機器用	無法啟動	元件老化		影響生產無危害											
	啟動/停止開關	啟動或停止機器用	無法停止	元件老化		換另一批料時人員無法成功換料，影響生產無重大危害											
23	接地線	設備接地	未接地	未安裝或維修後人員未接上	感電	漏電時人員碰觸有感電危害		列為季點檢項目		1	D	4					
24	SSR 冷卻風扇	針對 SSR 固態電驛作降溫	停止運轉	老化、腐蝕環境		製程停產無危害	SSR 固態電驛不啟動										

1.編號及名稱			2 失效模式、原因與影響				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施			6.控制後預估風險		
編號	元件名稱	功能規格	失效模式	失效原因(請從動力源管制、硬體、軟體失效、製程特性、人為操作失誤、外力環境等方向思考)	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級
25	冷卻風扇	控制箱內冷卻風扇	無法運轉	老化故障	火災	控制箱溫度過高，電子元件壽命降低，最嚴重可導致電線熔融引發火災				1	C	3	出廠前作風扇不運轉之溫度測試，如溫度過高則考慮加裝溫度監測器或加裝風扇之電流監測或每日行車前檢查之重點項目	1	E	4		
26	保險絲F11、F12	電熱器電源保險絲	規格置換錯誤	人為失誤	火災	負載過大時無保護作用，電線熔融，最嚴重引發火災	無熔絲開關保護			1	D	3	由合格證照人員換修	1	E	4		

附錄二、B 設備商烤箱之失效模式與影響分析 (FMEA) 結果

討論人員：施元斌、張恆瑞、B 設備廠商人員

1.編號及名稱			2 失效模式、原因與影響				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施			6.控制後預估風險		
編號	元件名稱	功能規格	失效模式	失效原因(請從動力源管制、硬體軟體失效、製程特性、人為操作失誤、外力環境等方向思考)	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級
1	電阻式加熱器	加熱作用	無法加熱	老化、腐蝕環境		製程停產，無重大危害	電流監測											
	電阻式加熱器	加熱作用	無法加熱	台電停電		製程停產，無重大危害												
2	電磁接觸器	接觸或跳開關係加熱器是否加熱	無法停止加熱	電磁接觸器熔接	火災	SSR 固態電驛也故障，導致系統無法停止加熱，工作物過烤，最嚴重導致火災	SSR 固態電驛保護			1	E	4	兩個元件同時故障率低，如果風險不可承受 (1)考慮加電磁接觸器或切斷主電源 (2)兩個加熱器迴路分開					
3	機械式超溫保護	三個(電熱器左右兩邊及爐內)，至少會有兩個	無法停止加熱	老化、腐蝕環境	火災	超溫保護故障，導致過溫保護失效，工作物過烤，最嚴重導致火災	設置多個超溫保護			1	E	4						
4	電子式溫控器	一個(兩個溫度及計時器)上限值已固定	無法加熱	老化、腐蝕環境		製程停產				3	D	4						

1.編號及名稱			2 失效模式、原因與影響				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施	6.控制後預估風險		
編號	元件名稱	功能規格	失效模式	失效原因(請從動力源管制、硬體軟體失效、製程特性、人為操作失誤、外力環境等方向思考)	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級		嚴重性	可能性	風險等級
	電子式溫控器	一個(兩個溫度及計時器)上限值已固定	溫度設定過高	人為操作失誤	火災	工作物過烤，最嚴重導致火災	兩個機械式超溫保護			1	D	3	如遇加熱有機溶劑或內部容易有油漬環境(1)較安全方式可設UV/IR連鎖CO2自動滅火裝置(2)機台旁須有足夠之滅火裝置	2	D	4
5	送風馬達	循環熱風	效能變差	(1)軸承、馬達或葉片鎖緊元件未鎖緊(2)濾網太髒無清洗(3)如有變頻器，因人為設定錯誤或操作失誤	火災	效能變差導致(1)循環量不足，加熱溫度不平均，導致加熱品質不良(2)排風功能不良，散熱不佳如加熱系統無法停止時，又遇後端排風不良，導致溫昇異常，如遇油漬，最嚴重引發火災	(1)電流過低停止加熱(電流值須人為設定)(2)排風不良導致溫昇有過溫保護。(3)馬達過載跳脫有連鎖停止加熱	(1)元件及濾網定期維修與清洗(2)變頻器設定上下限(3)確認電流設定值		1	E	4	後端排風系統連接備用電力			
	送風馬達	循環熱風	無法運轉	老化、腐蝕環境	火災	無法運轉導致(1)循環量不足，導致加熱品質不良(2)排風功能不良，散熱不佳如加熱系統無法停止時，又遇後端排風不良，導致溫昇異常，如遇油漬，最嚴重引發火災	(1)馬達過載跳脫有連鎖停止加熱(2)無法運轉導致溫昇有過溫保護。			1	E	4	(1)電流監測之警報系統或自動連鎖(2)送風馬達連接備用電力			

1.編號及名稱			2 失效模式、原因與影響				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施	6.控制後預估風險		
編號	元件名稱	功能規格	失效模式	失效原因(請從動力源管制、硬體軟體失效、製程特性、人為操作失誤、外力環境等方向思考)	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級		嚴重性	可能性	風險等級
	送風馬達	循環熱風	無法運轉	台電停電		製程停產，無重大危害										
	送風馬達	循環熱風	轉向錯誤	人為安裝錯誤或大修時重新安裝錯誤		運轉方向錯誤導致 (1)循環量不足，導致加熱品質不良 (2)排風功能不良，散熱不佳如加熱系統無法停止時，又遇後端排風不良，導致溫昇異常，如遇油漬，最嚴重引發火災	電源相位錯誤時無法啟動(加裝 APR)	馬達上方貼示轉向標誌								
6	變頻器	改變循環風車轉速	頻率設定過高	人為設定錯誤		負載過高易造成循環風車故障，無法運轉導致 (1)循環量不足，導致加熱品質不良 (2)如加上用戶端排風功能不良，散熱不佳如加熱系統無法停止時，又遇後端排風不良，導致溫昇異常，如遇油漬，最嚴重引發火災	過溫保護						(1)循環風車，電流過高設定警報或連鎖 (2)電流設定值於每日工作前檢查			

1.編號及名稱			2 失效模式、原因與影響				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施	6.控制後預估風險		
編號	元件名稱	功能規格	失效模式	失效原因(請從動力源管制、硬體軟體失效、製程特性、人為操作失誤、外力環境等方向思考)	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級		嚴重性	可能性	風險等級
	變頻器	改變循環風車轉速	頻率設定過低	人為設定錯誤	火災	風速過低效能變差導致 (1)循環量不足，導致加熱品質不良 (2)如加上用戶端排風功能不良，散熱不佳如加熱系統無法停止時，又遇後端排風不良，導致溫昇異常，如遇油漬，最嚴重引發火災	(1)有一下限頻率			1	D	3	循環風扇電流過低停止加熱	1	E	4
7	可調式風門	手調式	閥門關閉	人為操作失誤	火災	如加熱有機溶劑，在濃度續積下，如溫度過高最嚴重引發火災。	(1)過溫保護裝置	非有機溶劑專用機則禁止使用有機溶劑		1	D	3	(1)加熱有機溶劑時，可調式風門定為每日行車前檢查之重點項目(操作手冊中說明)(2)加熱有機溶劑時，測風速連鎖停機(3)在烘烤有機溶劑機台則須加裝濃度感測器	2	E	4
7	可調式風門	手調式	閥門關閉	人為操作失誤	化學品暴露	烤箱內之危害性化學品可能自結構脆弱處洩漏至工作環境中，導致員工暴露或吸入有害物質。	廠務端之通風排氣設備與洩漏偵測器。	非有機溶劑專用機則禁止使用有機溶劑		4	D	5	建議可於烤箱設備門外或周圍環境安裝氣罩，降低人員暴露的可能性			

1.編號及名稱			2 失效模式、原因與影響				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施	6.控制後預估風險		
編號	元件名稱	功能規格	失效模式	失效原因(請從動力源管制、硬體軟體失效、製程特性、人為操作失誤、外力環境等方向思考)	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級		嚴重性	可能性	風險等級
8	排風管	連接至廢氣處理端	累積油漬	人員未定期清洗	火災	可能引發火災，若油漬累積過多，則易瞬間引發大火，且此處之火災不易察覺		按製程條件排定清洗週期，定期清洗		1	C	2	操作說明書中：建議使用廠商 (1)定期監督風管清洗及掛簽於現場 (2)排風管內部或外部裝設火災偵測警報器 (3)有油漬環境於排風管區裝設足夠之滅火裝置	2	D	4
9	加熱區空間	物質加熱	累積油漬	人員未定期清洗	火災	可能引發火災，若油漬累積過多，則易瞬間引發大火		按製程條件排定清洗週期，定期清洗		1	C	2	操作說明書中：(1)定期監督加熱區清洗及掛簽於現場 (2)建議使用廠商於有油漬環境須裝設足夠之滅火裝置	2	D	4
10	線材	本質安全避免電線走火	剝落	老化、腐蝕環境	火災	引發火災	過電流保護	線材定期保養		1	D	3	操作說明書中：建議使用廠商(1)每年檢視電線之本質安全及換修(2)有油漬環境於排風管區裝設足夠之滅火裝置	2	E	4

1.編號及名稱			2 失效模式、原因與影響				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施			6.控制後預估風險		
編號	元件名稱	功能規格	失效模式	失效原因(請從動力源管制、硬體軟體失效、製程特性、人為操作失誤、外力環境等方向思考)	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級
線材	本質安全避免電線走火	線材熔融	變更設計電功率變大	火災	電流過載可能引發火災，如遇加熱有機溶劑或殘留油漬，易造成瞬間大火	過電流保護			1	C	2	(1)不容許隨意變更設計 (於操作說明書中載明：未經原廠變更設計易發生火災，後果須自行負責) (2)如遇加熱有機溶劑或內部容易有油漬環境，較安全方式可設自動滅火裝置 (3)或機台旁有足夠之滅火裝置	2	D	4			

1.編號及名稱			2 失效模式、原因與影響				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施	6.控制後預估風險		
編號	元件名稱	功能規格	失效模式	失效原因(請從動力源管制、硬體軟體失效、製程特性、人為操作失誤、外力環境等方向思考)	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級		嚴重性	可能性	風險等級
	線材	本質安全避免電線走火	線材熔融	線材更換較差規格	火災	電流過載可能引發火災如遇加熱有機溶劑或殘留油漬，易造成瞬間大火				1	D	3	(1)不容許隨意變更線材規格(於操作說明書中載明：未經原廠變更線材材質易發生火災，後果須自行負責)(2)如遇加熱有機溶劑或內部容易有油漬環境較安全方式可設自動滅火裝置(2)機台旁須有足夠之滅火裝置	2	E	4
11	無熔絲開關	異常超載時自動停止電源	無法跳脫	(1)熔接造成無法跳脫(2)變更設計(3)其他原因	火災	電流過載可能引發火災如遇加熱有機溶劑或殘留油漬，易造成瞬間大火	(1)局部亦有多個保險絲保護(2)線材選更高規格線材			1	E	4				
12	電熱開關	"ON"開始加熱	無法啟動加熱	老化、腐蝕環境		影響生產無危害										
	電熱開關	"ON"開始加熱	無法關閉	老化、腐蝕環境	火災	電磁接觸器與 SSR 固態電驛同時故障，導致系統無法停止加熱，工作物過烤，最嚴重導致火災	兩個溫度異常保護	拔掉電源線		1	E	4				

1.編號及名稱			2 失效模式、原因與影響				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施	6.控制後預估風險		
編號	元件名稱	功能規格	失效模式	失效原因(請從動力源管制、硬體軟體失效、製程特性、人為操作失誤、外力環境等方向思考)	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級		嚴重性	可能性	風險等級
13	定時器 1	定時預約開機	無法預約定時	元件老化		影響生產無危害										
14	定時器 2	恆溫定時用	無法定時停止加熱	元件老化		影響加熱物之品質無危害	超溫保護裝置(O.T.P.超溫防止器)									
15	雙色指示燈	溫度異常、風車異常指示燈	無法顯示	老化、腐蝕環境		操作人員不清楚機台異常，繼續操作，但機台無法繼續加熱，無危害	(1)尚有蜂鳴器 (2)過溫保護									
16	蜂鳴器	超溫或烘烤完成指示	無聲響	元件老化		(1)烘烤完成指示無聲響無危害 (2)超溫無聲響，操作人員可以由溫度指示器得知超溫。	雙色燈號亦可顯示	蜂鳴器及雙色燈號應定期測試與保養								
17	啟動/停止開關	啟動或停止機器用	無法啟動	元件老化		影響生產無危害										
	啟動/停止開關	啟動或停止機器用	無法停止	元件老化		換另一批料時人員無法成功換料，影響生產無重大危害										
18	接地線	設備接地	未接地	未安裝或維修後人員未接上	感電	漏電時人員碰觸有感電危害		列為季點檢項目		1	D	4				

1.編號及名稱			2 失效模式、原因與影響				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施	6.控制後預估風險		
編號	元件名稱	功能規格	失效模式	失效原因(請從動力源管制、硬體軟體失效、製程特性、人為操作失誤、外力環境等方向思考)	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級		嚴重性	可能性	風險等級
19	冷卻風扇	控制箱內冷卻風扇	無法運轉	老化故障	火災	控制箱溫度過高，最嚴重可能引發火災				1	C	3	出廠前作風扇不運轉之溫度測試，如溫度過高則考慮加裝溫度監測器或加裝風扇之電流監測或每日行車前檢查之重點項目	1	E	4
20	保險絲F1、F2、F3、F4、FS	電熱器電源保險絲	規格置換錯誤	人為失誤	火災	負載過大時無保護作用，電線熔融，最嚴重引發火災	無熔絲開關保護			1	D	3	由合格證照人員換修	1	E	4

附錄三、A 設備商烤箱之工作安全分析 (JSA) 結果

討論人員：施元斌、A 設備廠商人員

1.編號及名稱			2 動作不確實造成之危害				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施			6.控制後預估風險		
步驟序號	操作動作	說明	動作不確實(跳過、部分完成、或反向動作)	失效原因(一般只考慮人為失誤)	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級	降低風險所採取之控制措施	嚴重性	可能性	風險等級		
0	檢查機台內部有無油漬或異物	新增步驟	(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作		(1)火災 (2)火災	(1)跳過，若有油漬，最嚴重火災 (2)部分完成，若有油漬，最嚴重火災 (3)無反向動作		(1)SOP 在此步驟標示紅色及危險符號，以提醒人員注意		(1)1 (2)1	(1)D (2)D	(1)3 (2)3	操作說明書中：建議使用廠商 (1)定期監督風管清洗及掛簽於現場 (2)排風管內部或外部裝設火災偵測警報器 (3)有油漬環境於排風管區裝設足夠之滅火裝置	(1)2 (2)2	(1)D (2)D	(1)4 (2)4		
1	確認工作物		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作		(1)火災	(1)跳過，若物質錯誤尤其是放錯有機溶劑物質可能產生重大危害 (2)部分完成，加熱之數量不對無重大危害 (3)無反向動作		(1)SOP 在此步驟標示紅色及危險符號，以提醒人員注意 (1-1)加強加熱物質之品管，亦有可能在前端之物質標示已錯誤		(1)1	(1)D	(1)3	如遇加熱有機溶劑或內部容易有油漬環境(1)較安全方式可設自動滅火裝置 (2)機台旁須有足夠之滅火裝置	(1)2	(1)D	(1)4		
1-1	台車放置妥當	拆解的步驟	(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作			(1)跳過，無法繼續下一動作 (2)台車未放好，門無法關 (3)以為台車已加熱完成，影響品質無重大危												

1.編號及名稱			2 動作不確實造成之危害				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施	6.控制後預估風險		
步驟序號	操作動作	說明	動作不確實(跳過、部分完成、或反向動作)	失效原因(一般只考慮人為失誤)	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級		嚴重性	可能性	風險等級
					害											
1--2	爐門確實關妥	拆解的步驟	(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作			(1)跳過，無法繼續下一動作 (2)部分完成，無法繼續下一動作 (3)無反向動作										
2	確認外部排風風車開啟		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作		(1)火災、化學品暴露 (2)火災、化學品暴露	(1)跳過，若危害性化學品在烤箱內部蓄積，輕則造成洩漏導致員工暴露。如排風風車未開再加上過溫保護失效，則最嚴重可能火災。 (2)部分完成，同上 (3)無反向動作	廠務端既有的通風排氣設備及洩漏偵測器	排風風車開啟應訂定效能指標(加步驟)		(1)1 (2)1	(1)E (2)E	(1)4 (2)4	1.建議安裝差壓計，於使用時確認負壓足夠。 2.建議於烤箱門外或周圍設置氣罩，降低員工暴露的可能性			
2--1	排風風車效能足夠	新增步驟	(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作		(1)火災、化學品暴露 (2)火災、化學品暴露	(1)跳過，若危害性化學品在烤箱內部蓄積，輕則造成洩漏導致員工暴露。如排風風車未開再加上過溫保護失效，則最嚴重可能火災。 (2)部分完成，同上 (3)無反向動作	廠務端既有的通風排氣設備及洩漏偵測器			(1)1 (2)1	(1)E (2)E	(1)4 (2)4	1.建議安裝差壓計，於使用時確認負壓足夠。 2.建議於烤箱門外或周圍設置氣罩，降低員工暴露的可能性			

1.編號及名稱			2 動作不確實造成之危害				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施			6.控制後預估風險		
步驟序號	操作動作	說明	動作不確實(跳過、部分完成、或反向動作)	失效原因(一般只考慮人為失誤)	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級
3	超溫設定：檢查或設定超溫防止器，設定溫度高於所需烘烤溫度 50°C ~100°C 。		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作		(1)火災 (2)火災	(1)跳過，設定過高，最嚴重火災 (2)部分完成，同上 (3)無反向動作	兩個製程溫度連鎖停止加熱	(1)SOP 在此步驟標示紅色及危險符號，以提醒人員注意		(1)I (2)I	(1)D (2)D	(1)3 (2)3	如遇加熱有機溶劑或內部容易有油漬環境(1)較安全方式可設自動滅火裝置 (2)機台旁須有足夠之滅火裝置	(1)2 (2)2	(1)D (2)D	(1)4 (2)4		
4	將總電源開關開啟(NFB)，電源指示燈亮(WL)。		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作			(1)跳過，無法繼續下一動作無危害 (2)部分完成，無法繼續下一動作無危害 (3)無反向動作												
5	檢查電流表(A1,A2)是否無電流，異常指示燈(RL2,RL3)，蜂鳴器是否有異常指示。		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作		(1)火災 (2)火災	(1)跳過，有異常時又繼續加熱，如過溫保護又故障，最嚴重火災。 (2)部分完成，有異常又繼續加熱，如過溫保護又故障，最嚴重火災。 (3)無反向動作	(1)過溫保護 (2)過溫保護			(1)I (2)I	(1)E (2)E	(1)4 (2)4						

1.編號及名稱			2 動作不確實造成之危害				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施			6.控制後預估風險		
步驟序號	操作動作	說明	動作不確實(跳過、部分完成、或反向動作)	失效原因(一般只考慮人為失誤)	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級
6	按送風開關，開關燈亮，風車開始運轉。		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作		(1)火災 (2)火災	(1)跳過，風車無運轉，如遇工程控制之保護措施失效，最嚴重火災。 (2)部分完成，風車效能不佳，如遇工程控制之保護措施失效，最嚴重火災。 (3)無反向動作	(1)馬達過載跳脫有連鎖停止加熱 (1-1)無法運轉導致溫昇有過溫保護。			(1)I (2)1	(1)E (2)E	(1)4 (2)4						
6-1	查看溫度控制器開始顯示。 (顯示能否判斷溫控器故障)	拆解的步驟	(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作		(1)火災 (2)火災	(1)跳過，如遇溫度控制器故障，最嚴重火災 (2)部分完成，如遇溫度控制器故障，最嚴重火 (3)無反向動作	(1)過溫保護 (2)過溫保護			(1)1 (2)1	(1)E (2)E	(1)4 (2)4						
7	設定或檢查溫度控制器程式組別。		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作			(1)跳過，製程溫度設定錯誤或加熱程序錯誤，影響品質無重大危害 (2)部分完成，製程溫度設定錯誤或加熱程序錯誤，影響品質無重大危害 (3)無反向動作	(1)過溫保護 (2)過溫保護											

1.編號及名稱			2 動作不確實造成之危害				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施			6.控制後預估風險		
步驟序號	操作動作	說明	動作不確實(跳過、部分完成、或反向動作)	失效原因(一般只考慮人為失誤)	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級
8	設定或檢查溫度控制器烘烤程式。		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作			(1)跳過，製程溫度設定錯誤或加熱程序錯誤，影響品質無重大危害 (2)部分完成，製程溫度設定錯誤或加熱程序錯誤，影響品質無重大危害 (3)無反向動作	(1)過溫保護 (2)過溫保護			高	中	黃	高	中	黃	高	中	黃
9	按電熱開關開啟，開關燈亮		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作			(1)跳過，沒有加熱無危害 (2)部分完成，沒有加熱無危害 (3)無反向動作				高	中	黃	高	中	黃	高	中	黃
10	按程式執行開關，開關燈亮，檢查控制器是否執行程式。		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作			(1)跳過，沒有執行程式無危害 (2)部分完成，沒有執行程式無危害 (3)無反向動作				高	中	黃	高	中	黃	高	中	黃
11	檢查溫度控制器溫度是否開始依程式升溫。		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作			(1)跳過，若未按程式升溫，影響生產或品質無危害。 (2)部分完成，若未按程式升溫，影響生產或品質無危害。 (3)無反向動作	(1)過溫保護 (2)過溫保護			高	中	黃	高	中	黃	高	中	黃

1.編號及名稱			2 動作不確實造成之危害				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施			6.控制後預估風險		
步驟序號	操作動作	說明	動作不確實(跳過、部分完成、或反向動作)	失效原因(一般只考慮人為失誤)	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級
11--1	電流表是否有電流指示，電流值是否正確	拆解的步驟	(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作			(1)跳過，若無電流指示，影響生產或品質無危害。 (2)部分完成，影響生產或品質無危害。 (3)無反向動作	(1)無熔絲開關 (2)保險絲											
12	溫度控制器溫度是否開始升溫。		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作			(1)跳過，若升溫不按程序或無升溫，影響生產或品質無危害。 (2)部分完成，若升溫不按程序或無升溫，影響生產或品質無危害。 (3)無反向動作	(1)過溫保護 (2)過溫保護											
13	烘烤動作完成時，動作完成燈指示，旋轉指示燈閃爍指示，蜂鳴器間歇音指示。		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作			(1)跳過，跳過可能性小 (2)部分完成，部分燈號或蜂鳴器無作用無危害。 (3)無反向動作	(1)動作完成燈指示 (2)旋轉指示燈閃爍指示 (3)蜂鳴器間歇音指示 上述三個燈號互為備用											

1.編號及名稱			2 動作不確實造成之危害				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施			6.控制後預估風險		
步驟序號	操作動作	說明	動作不確實(跳過、部分完成、或反向動作)	失效原因(一般只考慮人為失誤)	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級	降低風險所採取之控制措施	嚴重性	可能性	風險等級		
14	檢查溫度控制器是否顯示END。		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作			(1)跳過,若製程未結束影響品質無危害 (2)部分完成,若製程未結束影響品質無危害 (3)無反向動作				(1)1 (2)1	(1)E (2)E	(1)4 (2)4						
15	檢查溫度控制器溫度是否開始下降。		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作		(1)火災 (2)火災 (3)火災	(1)跳過,若溫度未下降,甚或繼續加熱,最嚴重火災 (2)部分完成,若溫度未下降,甚或繼續加熱,最嚴重火災 (3)反向動作,若溫度上升,最嚴重火災	(1)過溫保護 (2)過溫保護 (3)過溫保護			(1)1 (2)1	(1)E (2)E	(1)4 (2)4						
16	檢查電流表是否無電流。		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作		(1)火災 (2)火災 (3)火災	(1)跳過,若有電流指示,加熱設備可能持續加熱,最嚴重火災 (2)部分完成,若有電流指示,加熱設備可能持續加熱,最嚴重火災 (3)反向動作,若有電流指示,加熱設備可能持續加熱,最嚴重火災	(1)過溫保護 (2)過溫保護 (3)過溫保護			(1)1 (2)1	(1)E (2)E	(1)4 (2)4						

1.編號及名稱			2 動作不確實造成之危害				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施			6.控制後預估風險		
步驟序號	操作動作	說明	動作不確實(跳過、部分完成、或反向動作)	失效原因(一般只考慮人為失誤)	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級	降低風險所採取之控制措施	嚴重性	可能性	風險等級		
17	關閉執行開關。		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作		(1)火災 (2)火災	(1)跳過，未關閉執行開關，加熱設備可能持續加熱，最嚴重火災 (2)部分完成，未關閉執行開關，加熱設備可能持續加熱，最嚴重火災 (3)無反向動作	(1)過溫保護 (2)過溫保護 (3)過溫保護			(1)1 (2)1	(1)E (2)E	(1)4 (2)4						
17--1	檢查溫度控制器是否停止執行程式。	拆解的步驟			(1)火災 (2)火災 (3)火災	(1)跳過未檢查，若製程未結束加熱設備可能持續加熱，最嚴重火災。 (2)部分完成，若製程未結束加熱設備可能持續加熱，最嚴重火災。 (3)無反向動作	(1)過溫保護 (2)過溫保護 (3)過溫保護			(1)1 (2)1	(1)E (2)E	(1)4 (2)4						
18	關閉電熱器開關。		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作		(1)火災 (2)火災	(1)跳過，未關閉執行開關，加熱設備可能持續加熱，最嚴重火災 (2)部分完成，未關閉執行開關，加熱設備可能持續加熱，最嚴重火災 (3)無反向動作	(1)過溫保護 (2)過溫保護 (3)過溫保護			(1)1 (2)1	(1)E (2)E	(1)4 (2)4						
19	關閉送風開關。		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作			(1)跳過未關閉，浪費電力無危害 (2)部分完成，浪費電力無危害 (3)無反向動作												

1.編號及名稱			2 動作不確實造成之危害				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施			6.控制後預估風險		
步驟序號	操作動作	說明	動作不確實(跳過、部分完成、或反向動作)	失效原因(一般只考慮人為失誤)	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級
20	開啟爐門，請注意爐內高溫及殘留化學品逸散		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作		(1)燙傷、化學品暴露 (2)燙傷、化學品暴露	(1)跳過，若有微動開關不到設定溫度無法開啟，若可任意開啟，輕則造成員工暴露有害物質，最嚴重手部燙傷 (2)部分完成，若有微動開關不到設定溫度無法開啟，若可任意開啟，輕則造成員工暴露有害物質，最嚴重手部燙傷 (3)反向動作	廠務端既有的通風排氣設備及洩漏偵測器		(1)(2)穿著棉質防護耐溫長袖長褲/衣物 (1-1)(2-1)配戴耐溫防護手套及面罩	(1)3 (2)3	(1)C (2)C	(1)4 (2)4	建議於烤箱門外或周圍設置氣罩，降低員工暴露的可能性					
20-1	穿著棉質防護耐溫長袖長褲/衣物，配戴耐溫防護手套及面罩。	拆解的步驟	(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作		(1)燙傷 (2)燙傷	(1)跳過，最嚴重手部燙傷 (2)部分完成，最嚴重手部燙傷 (3)反向動作			嚴格要求穿著棉質防護耐溫長袖長褲/衣物，配戴耐溫防護手套及面罩。	(1)3 (2)3	(1)C (2)C	(1)4 (2)4						
21	取出工作物請使用棉質手套，注意高溫。		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作			(1)跳過，無法繼續下一動作 (2)部分完成，無法繼續下一動作 (3)反向動作												

1.編號及名稱			2 動作不確實造成之危害				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施			6.控制後預估風險		
步驟序號	操作動作	說明	動作不確實(跳過、部分完成、或反向動作)	失效原因(一般只考慮人為失誤)	危害類型	可能造成影響之情境描述	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級
22	長時間停用， 請關閉總電源 開關(NFB)。		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作			(1)跳過，如電線破損或熔融，長時間停用未關電源，引發火災時現場可能沒人。 (2)部分完成如電線破損或熔融，長時間停用未關電源，引發火災時現場可能沒人。 (3)反向動作	過電流保護(無熔絲及保險絲)			高	中	黃	高	中	黃	低	低	黃

附錄四、B 設備商烤箱之工作安全分析 (JSA) 結果

討論人員：施元斌、B 設備廠商人員

1.編號及名稱			2 動作不確實造成之危害				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施			6.控制後預估風險		
步驟序號	操作動作	說明	動作不確實 (跳過、部分完成、或反向動作)	失效原因 (一般只考慮人為失誤)	危害類型	可能造成影響 之情境描述	工程控制 (含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級	降低風險所採取之控制措施	嚴重性	可能性	風險等級		
0	檢查機台內部有無油漬與異物(每日行車前檢查)		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作		(1)火災 (2)火災	(1)跳過，若有油漬，最嚴重火災 (2)部分完成，若有油漬，最嚴重火災 (3)無反向動作		(1)SOP 在此步驟標示紅色及危險符號，以提醒人員注意		(1)1 (2)1	(1)D (2)D	(1)3 (2)3	操作說明書中：建議使用廠商 (1)定期監督風管清洗及掛簽於現場 (2)排風管內部或外部裝設火災偵測警報器 (3)有油漬環境於排風管區裝設足夠之滅火裝置	(1)2 (2)2	(1)D (2)D	(1)4 (2)4		
1	確認工作物		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作		(1)火災	(1)跳過，若物質錯誤尤其是放錯有機溶劑物質可能產生重大危害 (2)部分完成，加熱之數量不對無重大危害 (3)無反向動作		(1)SOP 在此步驟標示紅色及危險符號，以提醒人員注意 (1-1)加強加熱物質之品管，亦有可能在前端之物質標示已錯誤		(1)1	(1)D	(1)3	如遇加熱有機溶劑或內部容易有油漬環境(1)較安全方式可設自動滅火裝置 (2)機台旁須有足夠之滅火裝置	(1)2	(1)D	(1)4		
2	烘烤物置於烤箱內		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作			(1)跳過，無法繼續下一動作 (2)烘烤物未放好，門無法關 (3)以為烘烤物已加熱完												

1.編號及名稱			2 動作不確實造成之危害				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施			6.控制後預估風險		
步驟序號	操作動作	說明	動作不確實 (跳過、部分完成、或反向動作)	失效原因 (一般只考慮人為失誤)	危害類型	可能造成影響 之情境描述	工程控制 (含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級	降低風險所採取之控制措施	嚴重性	可能性	風險等級		
						成，影響品質無重大危害												
3	爐門確實關妥		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作			(1)跳過，無法繼續下一動作 (2)部分完成，無法繼續下一動作 (3)無反向動作												
4	控制線路送電		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作			(1)跳過，無法繼續下一動作 (2)部分完成，無法繼續下一動作 (3)無反向動作												
5	溫度控制器有溫度顯示		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作		(1)火災 (2)火災	(1)跳過，如遇溫度控制器故障，最嚴重火災 (2)部分完成，如遇溫度控制器故障，最嚴重火 (3)無反向動作	(1)過溫保護 (2)過溫保護			(1)1 (2)1	(1)E (2)E	(1)4 (2)4						

1.編號及名稱			2 動作不確實造成之危害				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施			6.控制後預估風險		
步驟序號	操作動作	說明	動作不確實 (跳過、部分完成、或反向動作)	失效原因 (一般只考慮人為失誤)	危害類型	可能造成影響 之情境描述	工程控制 (含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級	嚴重性	可能性	風險等級
6	確認外部排風風車開啟		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作		(1)火災、化學品暴露 (2)火災、化學品暴露	(1)跳過，若危害性化學品在烤箱內部蓄積，輕則造成洩漏導致員工暴露。如排風風車未開再加上過溫保護失效，則最嚴重可能火災。 (2)部分完成，同上 (3)無反向動作		排風風車開啟應訂定效能指標(加步驟)		(1)1 (2)1	(1)E (2)E	(1)4 (2)4	1.建議安裝差壓計，於使用時確認負壓足夠。 2.建議於烤箱門外或周圍設置氣罩，降低員工暴露的可能性					
7	排風風車效能足夠		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作		(1)火災、化學品暴露 (2)火災、化學品暴露	(1)跳過，若危害性化學品在烤箱內部蓄積，輕則造成洩漏導致員工暴露。如排風風車未開再加上過溫保護失效，則最嚴重可能火災。 (2)部分完成，同上 (3)無反向動作				(1)1 (2)1	(1)E (2)E	(1)4 (2)4	1.建議安裝差壓計，於使用時確認負壓足夠。 2.建議於烤箱門外或周圍設置氣罩，降低員工暴露的可能性					
8	按送風機開關，風車開始運轉。		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作		(1)火災 (2)火災	(1)跳過，風車無運轉，如遇工程控制之保護措施失效，最嚴重火災。 (2)部分完成，風車效能不佳，如遇工程控制之保護措施失效，最嚴重火災。 (3)無反向動作	(1)馬達停止運轉連鎖停止加熱 (1-1)無法運轉導致溫昇有過溫保護。			(1)1 (2)1	(1)E (2)E	(1)4 (2)4						

1.編號及名稱			2 動作不確實造成之危害				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施			6.控制後預估風險		
步驟序號	操作動作	說明	動作不確實 (跳過、部分完成、或反向動作)	失效原因 (一般只考慮人為失誤)	危害類型	可能造成影響 之情境描述	工程控制 (含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級	降低風險所採取之控制措施	嚴重性	可能性	風險等級		
9	設定工作溫度		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作			(1)跳過，製程溫度設定錯誤或加熱程序錯誤，影響品質無重大危害 (2)部分完成，製程溫度設定錯誤或加熱程序錯誤，影響品質無重大危害 (3)無反向動作	(1)過溫保護 (2)過溫保護											
10	設定加熱時間		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作			(1)跳過，製程溫度設定錯誤或加熱程序錯誤，影響品質無重大危害 (2)部分完成，製程溫度設定錯誤或加熱程序錯誤，影響品質無重大危害 (3)無反向動作	(1)過溫保護 (2)過溫保護											
11	設定超溫防止器溫度範圍		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作		(1)火災 (2)火災	(1)跳過，設定過高，最嚴重火災 (2)部分完成，同上 (3)無反向動作		(1)SOP 在此步驟標示紅色及危險符號，以提醒人員注意		(1)1 (2)1	(1)D (2)D	(1)3 (2)3	如遇加熱有機溶劑或內部容易有油漬環境(1)較安全方式可設自動滅火裝置 (2)機台旁須有足夠之滅火裝置	(1)2 (2)2	(1)D (2)D	(1)4 (2)4		

1.編號及名稱			2 動作不確實造成之危害				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施			6.控制後預估風險		
步驟序號	操作動作	說明	動作不確實 (跳過、部分完成、或反向動作)	失效原因 (一般只考慮人為失誤)	危害類型	可能造成影響 之情境描述	工程控制 (含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級	降低風險所採取之控制措施	嚴重性	可能性	風險等級		
12	按下電熱開關		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作			(1)跳過，沒有加熱無危害 (2)部分完成，沒有加熱無危害 (3)無反向動作												
13	按下溫度控制器按鈕(以程式控制)		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作			(1)跳過，程式控制未進行，沒有加熱無危害 (2)部分完成，沒有加熱無危害 (3)無反向動作												
14	查看警報器有無異常		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作		(1)火災 (2)火災	(1)跳過，有異常時又繼續加熱，如過溫保護又故障，最嚴重火災。 (2)部分完成，有異常又繼續加熱，如過溫保護又故障，最嚴重火災。 (3)無反向動作	(1)過溫保護 (2)過溫保護			(1)1 (2)1	(1)E (2)E	(1)4 (2)4						
15	如有故障，在故障排除後跳至步驟4		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作		(1)火災 (2)火災	(1)跳過，有異常時又繼續加熱，如過溫保護又故障，最嚴重火災。 (2)部分完成，有異常又繼續加熱，如過溫保護又故障，最嚴重火災。 (3)無反向動作	(1)過溫保護 (2)過溫保護			(1)1 (2)1	(1)E (2)E	(1)4 (2)4						

1.編號及名稱			2 動作不確實造成之危害				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施			6.控制後預估風險		
步驟序號	操作動作	說明	動作不確實 (跳過、部分完成、或反向動作)	失效原因 (一般只考慮人為失誤)	危害類型	可能造成影響 之情境描述	工程控制 (含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級	降低風險所採取之控制措施	嚴重性	可能性	風險等級		
16	烘烤動作完成時，動作完成，多色指示燈指示及蜂鳴器響起。		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作			(1)跳過，跳過可能性小 (2)部分完成，多色指示燈號或蜂鳴器無作動無危害。 (3)無反向動作	(1)多色指示燈指示 (2)蜂鳴器響起 上述兩個燈號互為備用	多色指示燈及蜂鳴器定期維修或更換										
17	關閉電熱器開關。		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作		(1)火災 (2)火災	(1)跳過，未關閉執行開關，加熱設備可能持續加熱，最嚴重火災 (2)部分完成，未關閉執行開關，加熱設備可能持續加熱，最嚴重火災 (3)無反向動作	(1)過溫保護 (2)過溫保護 (3)過溫保護			(1)1 (2)1	(1)E (2)E	(1)4 (2)4						
18	關閉送風開關。		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作			(1)跳過未關閉，浪費電力無危害 (2)部分完成，浪費電力無危害 (3)無反向動作												

1.編號及名稱			2 動作不確實造成之危害				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施			6.控制後預估風險		
步驟序號	操作動作	說明	動作不確實 (跳過、部分完成、或反向動作)	失效原因 (一般只考慮人為失誤)	危害類型	可能造成影響 之情境描述	工程控制 (含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級	降低風險所採取之控制措施	嚴重性	可能性	風險等級		
20	開啟爐門，請注意爐內高溫及殘留化學品逸散	(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作			(1)燙傷、化學品暴露 (2)燙傷、化學品暴露	(1)跳過，若有微動開關不到設定溫度無法開啟，若可任意開啟，輕則造成員工暴露有害物質，最嚴重手部燙傷 (2)部分完成，若有微動開關不到設定溫度無法開啟，若可任意開啟，輕則造成員工暴露有害物質，最嚴重手部燙傷 (3)反向動作	廠務端既有的通風排氣設備及洩漏偵測器	(1)(2)穿著棉質防護耐溫長袖長褲/衣物 (1-1)(2-1)配戴耐溫防護手套及面罩		(1)3 (2)3	(1)C (2)C	(1)4 (2)4	建議於烤箱門外或周圍設置氣罩，降低員工暴露的可能性					
20	穿著棉質防護耐溫長袖長褲/衣物，配戴耐溫防護手套及面罩。	(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作			(1)燙傷 (2)燙傷	(1)跳過，最嚴重手部燙傷 (2)部分完成，最嚴重手部燙傷 (3)反向動作		嚴格要求穿著棉質防護耐溫長袖長褲/衣物，配戴耐溫防護手套及面罩。		(1)3 (2)3	(1)C (2)C	(1)4 (2)4						
21	取出工作物請使用棉質手套，注意高溫。	(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作				(1)跳過，無法繼續下一動作 (2)部分完成，無法繼續下一動作 (3)反向動作												

1.編號及名稱			2 動作不確實造成之危害				3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施			6.控制後預估風險		
步驟序號	操作動作	說明	動作不確實 (跳過、部分完成、或反向動作)	失效原因 (一般只考慮人為失誤)	危害類型	可能造成影響 之情境描述	工程控制 (含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險等級	降低風險所採取之控制措施	嚴重性	可能性	風險等級		
22	長時間停用， 請關閉總電源 開關		(1)跳過 (2)部分完成 (3)反向動作			(1)跳過，如電線破損或熔融，長時間停用未關電源，引發火災時現場可能沒人。 (2)部分完成如電線破損或熔融，長時間停用未關電源，引發火災時現場可能沒人。 (3)反向動作	過電流保護(無熔絲及保險絲)			高	中	高		高	中	高		
										高	中	高		高	中	高		

附錄五、烤箱之失誤樹 (FTA) 分析結果

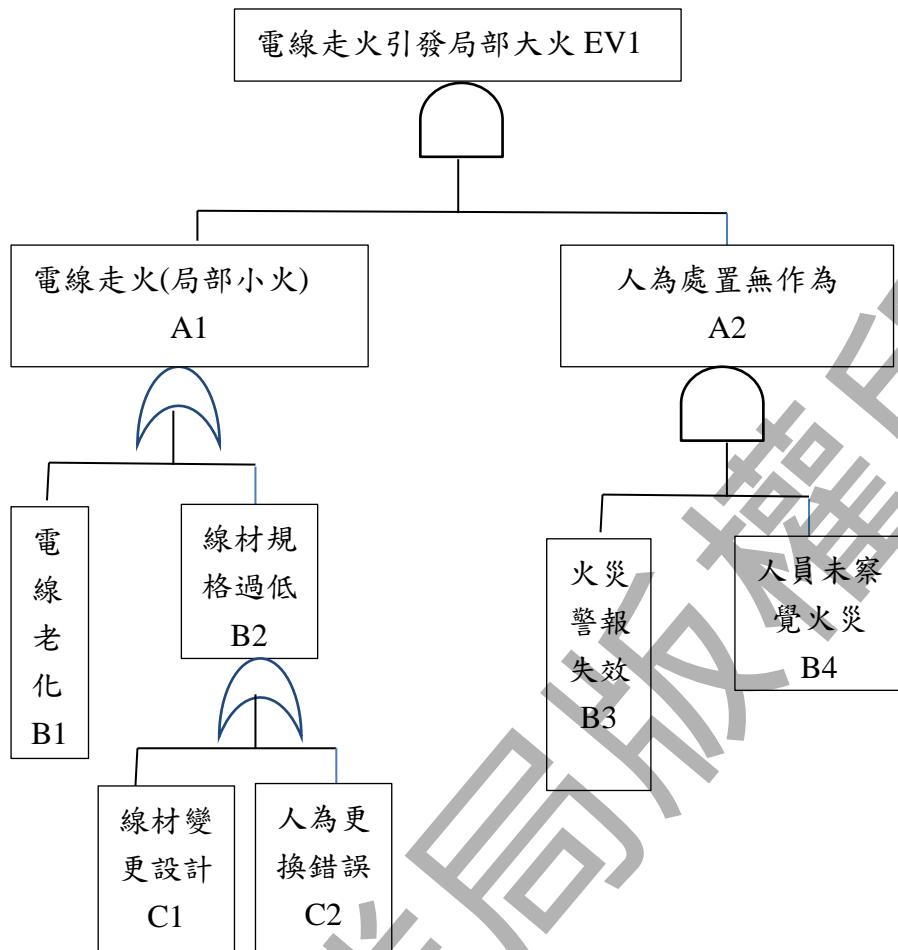
FTA 分析結果如附圖 1 至附圖 5。共有五個頂端事件如下：

- (一) 電線走火引發局部大火 (事件代號：EV1)，如附圖 1。
- (二) 機台內部油漬引發局部大火 (事件代號：EV2)，如附圖 2。
- (三) 排風管油漬引發局部大火 (事件代號：EV3)，如附圖 3。
- (四) 有機溶劑在機台內部引發全廠大火 (事件代號：EV4)，如附圖 4。
- (五) 有機溶劑在機台內部引發全廠大火 (事件代號：EV5)，如附圖 5。

其它中間事件及基本事件如下：

- (1) 電線走火 (局部小火) (事件代號：A1)。
- (2) 人為處置無作為 (事件代號：A2)。
- (3) 內部油漬引發火災 (局部中火) (事件代號：A3)。
- (4) 滅火未及時 (事件代號：A4)。
- (5) 排風管油漬引發火災 (局部中火) (事件代號：A5)。
- (6) 有機溶劑在機台內部引發局部大火 (事件代號：A6)。
- (7) 現場滅火裝置不足 (事件代號：A7)。
- (8) 有機溶劑在排氣管引發局部大火 (事件代號：A8)。
- (9) 電線老化 (事件代號：B1)。
- (10) 線材規格過低 (事件代號：B2)。
- (11) 火災警報失效 (事件代號：B3)。
- (12) 人員未察覺火災 (事件代號：B4)。
- (13) 溫度過高 (事件代號：B5)。
- (14) 機台內部殘留油漬 (事件代號：B6)。
- (15) 人員未及時滅火 (事件代號：B7)。
- (16) 排風管殘留油漬 (事件代號：B8)。
- (17) 溫度過高 2 (事件代號：B9)。
- (18) 機台內部濃度過高 (事件代號：B10)。
- (19) 線材變更設計 (事件代號：C1)。
- (20) 人為更換錯誤 (事件代號：C2)。
- (21) 溫度保護失效 (事件代號：C3)。
- (22) 溫度保護設定值過高 (事件代號：C4)。
- (23) 內部未定期清洗 (事件代號：C5)。
- (24) 內部清洗未完全 (事件代號：C6)。

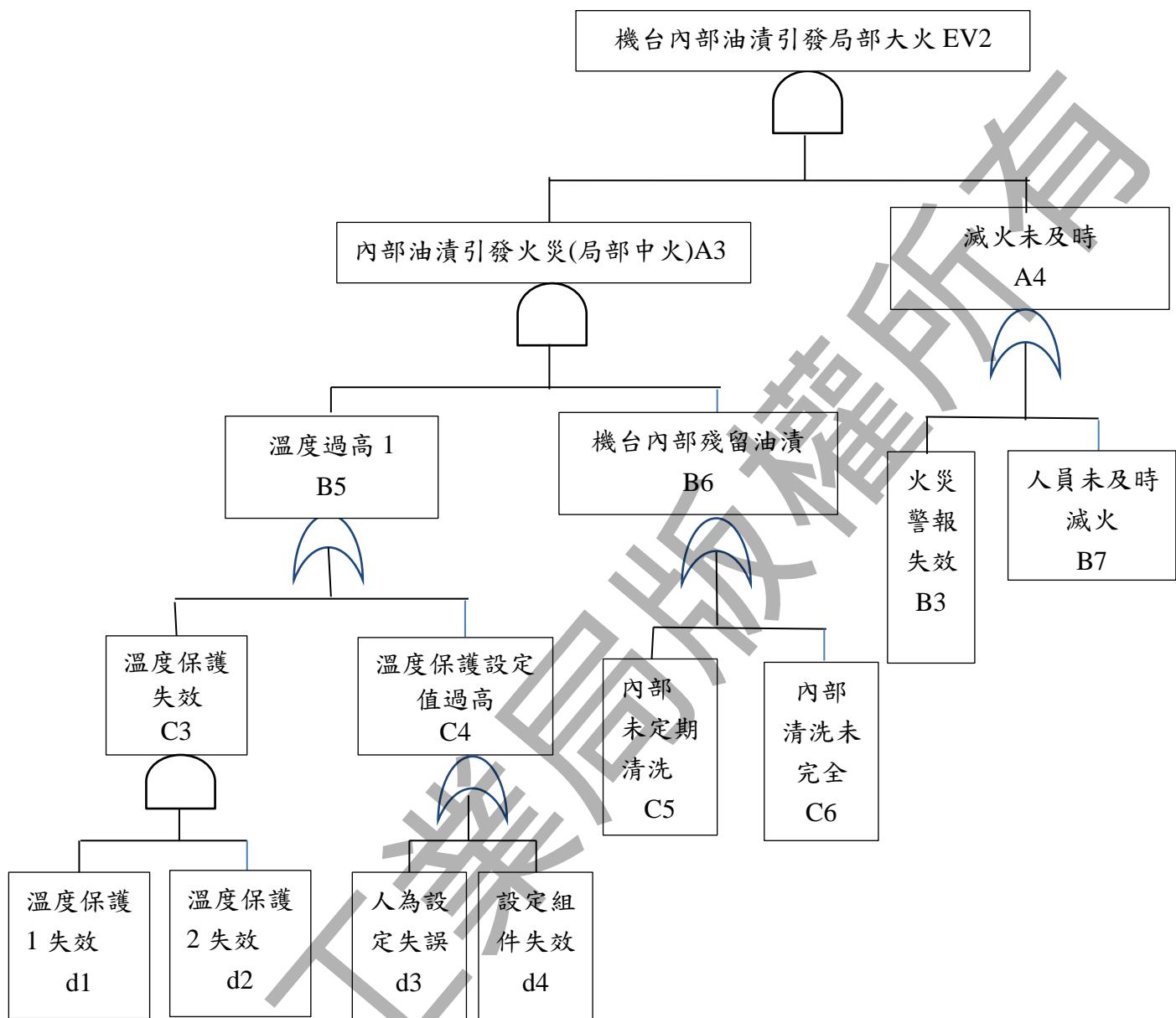
- (25) 排風管未定期清洗（事件代號：C7）。
- (26) 排風管清洗未完全（事件代號：C8）。
- (27) 放錯加熱物（有機溶劑）（事件代號：C9）。
- (28) 排氣風門關閉（事件代號：C10）。
- (29) 排風效能不足（事件代號：C11）。
- (30) 遠端排氣風門關閉（事件代號：C12）。
- (31) 遠端排風效能不足（事件代號：C13）。
- (32) 溫度保護 1 失效（事件代號：d1）。
- (33) 溫度保護 2 失效（事件代號：d2）。
- (34) 人為設定失誤（事件代號：d3）。
- (35) 設定組件失效（事件代號：d4）。
- (36) 外部排氣風扇故障（事件代號：d5）。
- (37) 外部排氣風扇未啟動（事件代號：d6）。
- (38) 排氣風扇配電盤故障或局部停電（事件代號：d7）。
- (39) 遠端排氣風扇故障（事件代號：d8）。
- (40) 遠端排氣風扇未啟動（事件代號：d9）。
- (41) 排氣風扇配電盤故障或局部停電（事件代號：d10）。



附圖 1、電線走火引發局部大火

由附圖 1，根據最小切集合 (Minimum Cut Set) 運算，得到
 $EV1 = A1 * A2$

$$\begin{aligned}
 &= (B1 + B2) * B3 B4 \\
 &= (B1 + C1 + C2) * B3 B4 \\
 &= B1 B3 B4 + C1 B3 B4 + C2 B3 B4
 \end{aligned}$$



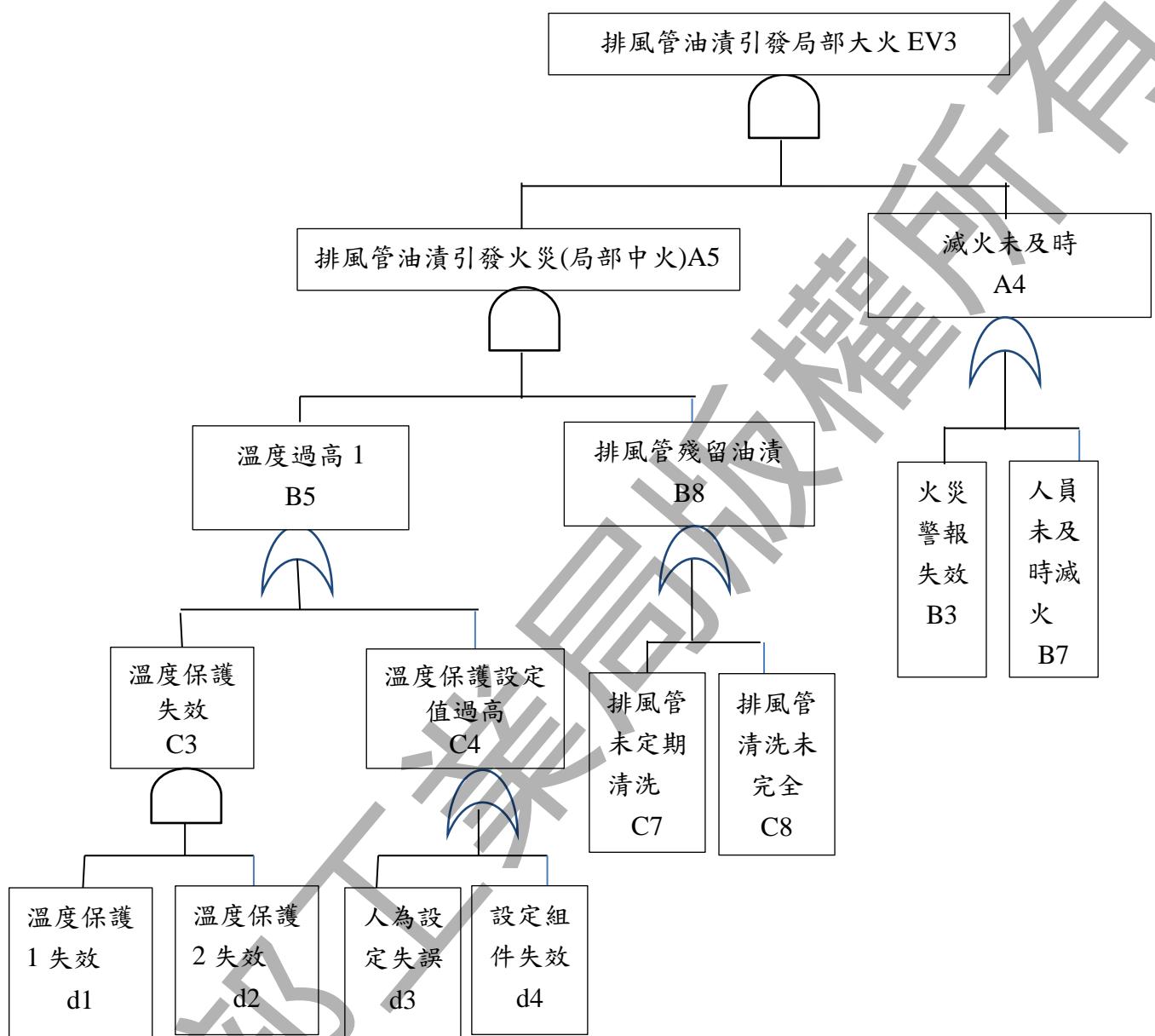
附圖 2、機台內部油漬引發局部大火

由附圖 2，根據最小切集合 (Minimum Cut Set) 運算，得到
 $EV2 = A3 * A4$

$$\begin{aligned}
 &= B5 * B6 * (B3 + B7) \\
 &= (C3 + C4) * (C5 + C6) * (B3 + B7) \\
 &= (d1 d2 + d3 + d4) * (C5 B3 + C5 B7 + C6 B3 + C6 B7) \\
 &= d1 d2 C5 B3 + d1 d2 C5 B7 + d1 d2 C6 B3 + d1 d2 C6 B7 + \\
 &\quad d3 C5 B3 + d3 C5 B7 + d3 C6 B3 + d3 C6 B7 + \\
 &\quad d4 C5 B3 + d4 C5 B7 + d4 C6 B3 + d4 C6 B7
 \end{aligned}$$

(1)在易產生油漬的使用場合，機台內部之定期清洗顯得相當重要。

(2)人為設定錯誤及排風管未定期清洗之後，警報器之及時警示為最後一道防線。



由附圖 3，根據最小切集合 (Minimum Cut Set) 運算，得到

$$EV3 = A5 * A4$$

$$= B5 B8 * (B3 + B7)$$

$$= (C3 + C4) * (C7 + C8) * (B3 + B7)$$

$$= (d1 d2 + d3 + d4) * (C7 B3 + C7 B7 + C8 B3 + C8 B7)$$

$$= d1 d2 C7 B3 + d1 d2 C7 B7 + d1 d2 C8 B3 + d1 d2 C8 B7 +$$

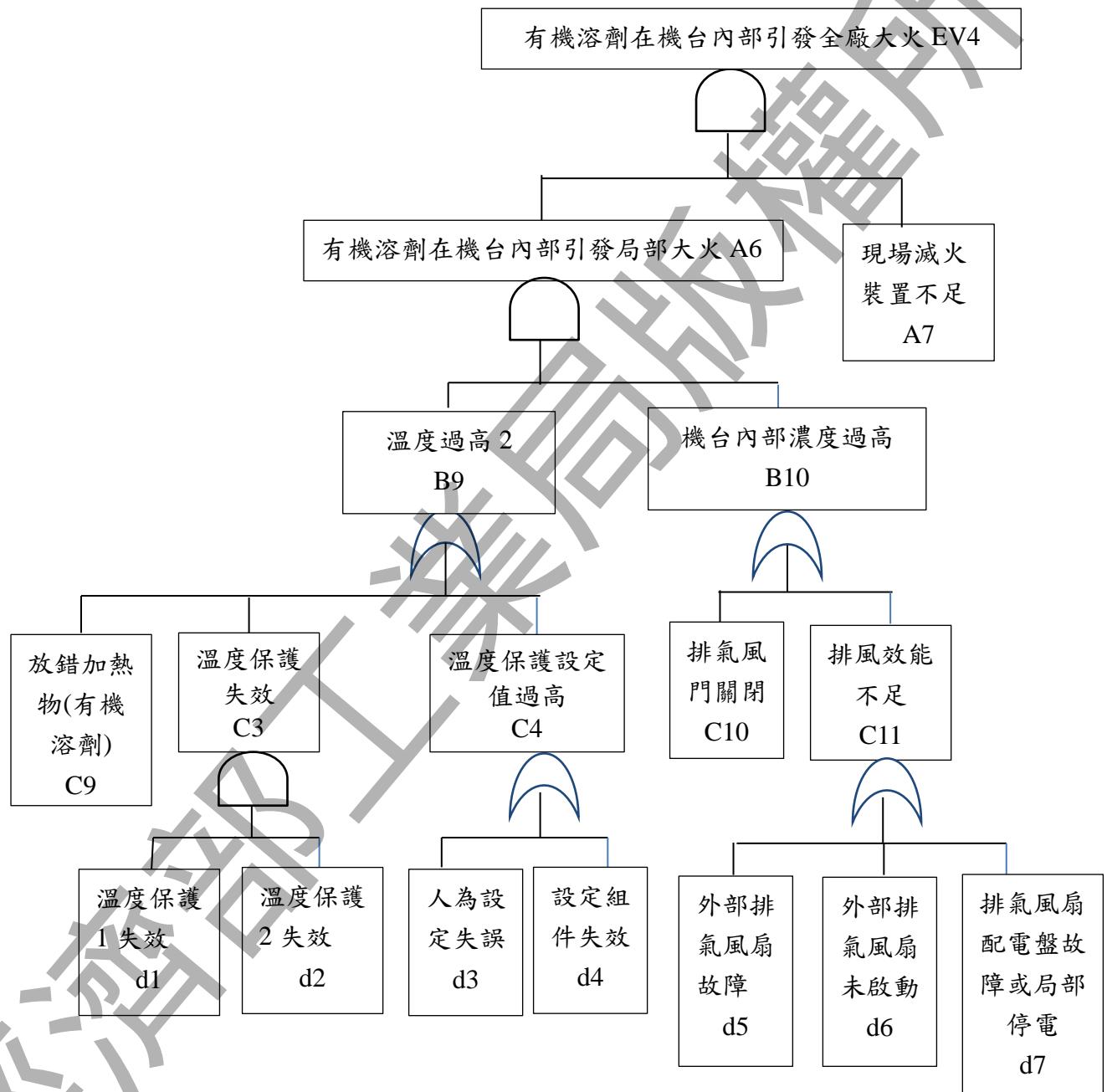
$$d3 C7 B3 + d3 C7 B7 + d3 C8 B3 + d3 C8 B7 +$$

$$d4 C7 B3 + d4 C7 B7 + d4 C8 B3 + d4 C8 B7$$

考量人為操作因素較容易失誤，較關鍵為 d3C7B3+ d3C7 B7+ d3C8 B3+ d3C8 B7。

(1)在易產生油漬的使用場合，排風管之定期清洗

(2)人為設定錯誤及排風管未定期清洗之後，警報器與及時滅火顯得相當重要。



附圖 4、有機溶劑在機台內部引發全廠大火

由附圖 4，根據最小切集合（Minimum Cut Set）運算，得到
 $EV4 = A6 * A7$

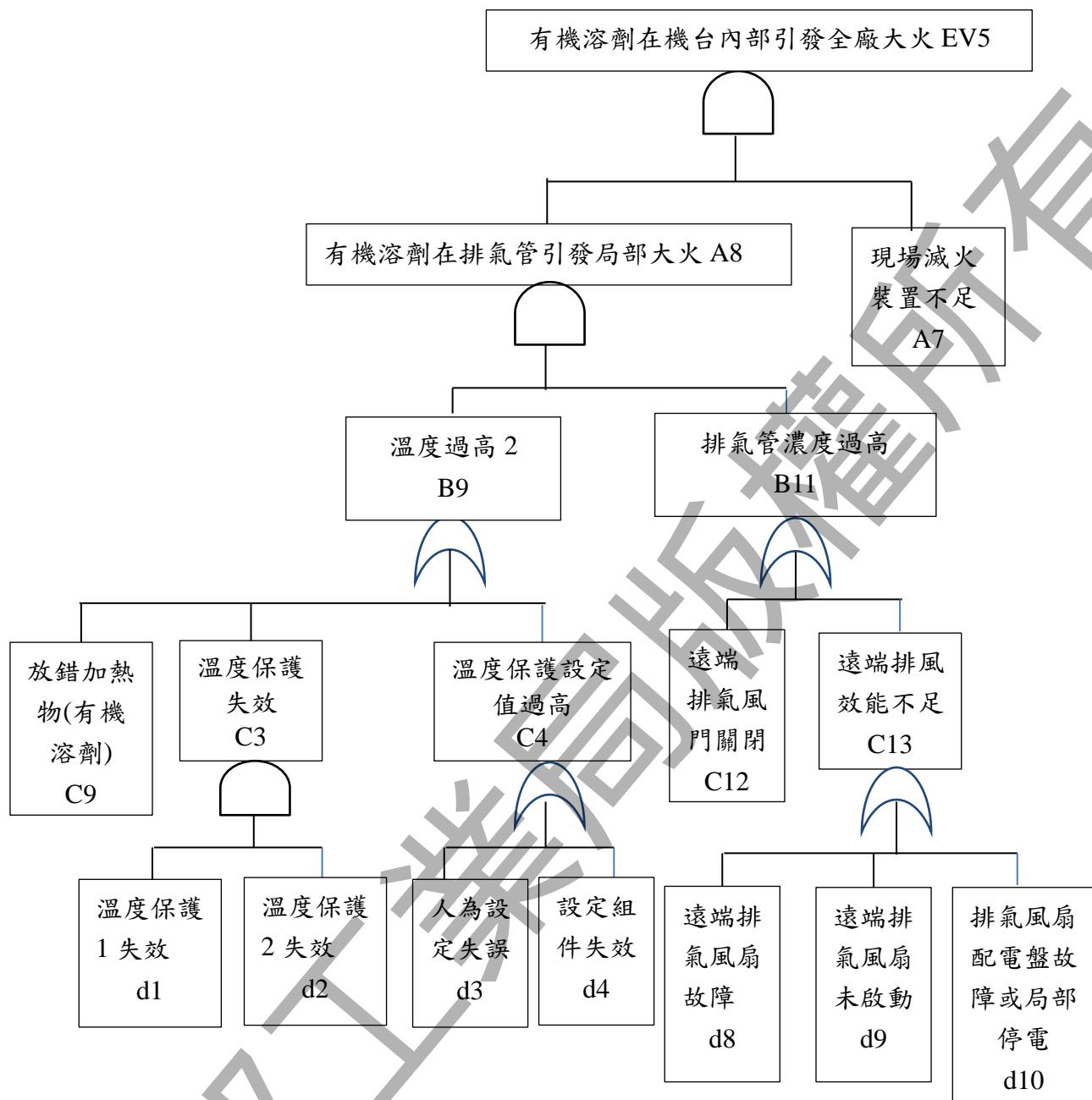
$$\begin{aligned} &= B9 B10 * A7 \\ &= (C9 + C3 + C4) * (C10 + C11) * A7 \\ &= (C9 + d1 d2 + d3 + d4) * (C10 + d5 + d6 + d7) * A7 \end{aligned}$$

因展開過於龐大，先忽略 $d1 d2$ 項，可簡化為

$$\begin{aligned} &= (C9 + d3 + d4) * (C10 + d5 + d6 + d7) * A7 \\ &= (C9 + d3 + d4) * (C10 A7 + d5 A7 + d6 A7 + d7 A7) \\ &= C9 C10 A7 + C9 d5 A7 + C9 d6 A7 + C9 d7 A7 + \\ &\quad d3 C10 A7 + d3 d5 A7 + d3 d6 A7 + d3 d7 A7 + \\ &\quad d4 C10 A7 + d4 d5 A7 + d4 d6 A7 + d4 d7 A7 \end{aligned}$$

考量人為操作因素較容易失誤，較關鍵之集合為 $C9 C10 A7 + d3 C10 A7 + C9 (d5 + d6 + d7) A7$ 。

- (1) 放錯有機溶劑物質，只要裝設濃度感測器並連鎖停機即可阻止火災發生，為第一道防線。
- (2) 亦即放錯有機溶劑物質及排氣風門關閉後，僅剩現場足夠之滅火裝置可阻擋全廠大火。
- (3) 現場足夠之滅火裝置為消滅措施，可阻擋火災之繼續擴大，為最後一道防線。



附圖 5、有機溶劑在機台內部引發全廠大火

由附圖 5，根據最小切集合(Minimum Cut Set)運算，得到

$$EV5 = A8 * A7$$

$$= B9 * B11 * A7$$

$$= (C9 + C3 + C4) * (C12 + C13) * A7$$

$$= (C9 + d1 + d2 + d3 + d4) * (C12 + d5 + d6 + d7) * A7$$

因展開過於龐大，先忽略 d1 d2 項，可簡化為

$$(C9 + d3 + d4) * (C10 + d8 + d9 + d10) * A7$$

$$= (C9 + d3 + d4) * (C10 + A7 + d8 * A7 + d9 * A7 + d10 * A7)$$

= C9 C10 A7+ C9d8 A7+ C9d8 A7+ C9d10 A7+
d3C10 A7+ d3d8 A7+ d3d69A7+ d3d10 A7+
d4C10 A7+ d4d8 A7+ d4d9 A7+ d4d10 A7

較關鍵為 C9 C10 A7+ d3C10 A7+ C9(d8+d9+ d10) A7

- (1) 放錯有機溶劑物質，只要裝設濃度感測器並連鎖停機即可阻止火災發生，其為第一道防線。
- (2) 放錯有機溶劑物質及遠端排氣風門關閉後，僅剩現場足夠之滅火裝置可阻擋全廠大火。
- (3) 現場足夠之滅火裝置為消滅措施，可阻擋火災之繼續擴大，為最後一道防線。