

114 年化學品運作安全進階技術輔導案例 3

電子零組件製造業

案例3 O技企業股份有限公司-失效模式與關鍵性影響分析(FMECA)



！業者遭遇挑戰

在 PCB 製程中，強酸、強鹼、易燃溶劑與高壓氣體都屬高風險物質。O技部分設備也出現 漏水、馬達損壞、電氣迴路異常等問題，任何異常都可能是事故起點，若未及時改善，可能造成：

- 化學液外洩 □生產停擺 □設備短路
- 作業人員暴露風險

然而，能否在事故發生前就看出「風險的形狀」？

輔導成果

透過專家輔導與跨部門實務操作：

- ◆ 建立設備失效模式清單
- ◆ 判斷失效影響與風險等級
- ◆ 計算可量化的風險優先數 (RPN)
- ◆ 確立高風險項目改善順序



預期 效益

- ✦ 提升設備穩定度與產能
- ✦ 降低突發停機與外洩風險
- ✦ 跨部門人員更能掌握風險來源
- ✦ 逐步建立「智慧維護」基礎
- ✦ 強化整體製程安全文化

一、工廠背景

本案例對象為印刷電路板（Printed Circuit Board, PCB）製造業者，主要產品包含厚銅板、盲埋孔板、高層板（6 至 46 層）及具散熱功能之鋁基板，產品廣泛應用於網路通訊、電源供應、自動控制系統、工業電腦、醫療設備與車用電子等關鍵產業。

該公司長期依循 IPC 國際電路板標準進行製造，產品品質可符合 Class II 與 Class III 等級要求，並持續投入高精密自動化設備與智慧製造產線，以因應高階電子產品對可靠度與穩定性的要求。

在環安衛與設備管理方面，廠內製程涉及多項高風險化學物質與設備系統，包括高腐蝕性酸鹼液、揮發性有機溶劑及製程用高壓氣體，設備若發生失效，除影響生產穩定外，亦可能引發化學品洩漏、火災、爆炸或人員暴露等重大製程安全風險，因此具備導入系統化設備失效分析與量化風險管理之高度必要性。

二、製程設備特性與潛在風險

PCB 製程中大量仰賴泵浦、管線、閥件、感測器及控制系統，以確保化學液穩定輸送與製程條件精準控制。常見潛在風險包含：

- 高腐蝕性化學液系統：如氫氟酸、硝酸、氫氧化鉀等，若因泵

浦或管線失效造成外洩，可能導致人員灼傷、設備腐蝕與環境污染。

- 揮發性溶劑系統：異丙醇、丙酮等溶劑於高濃度或通風不足情境下，具火災與爆炸潛勢。
- 高壓氣體設備：如氮氣、氨氣等，若閥件或控制系統失效，可能造成毒性暴露或爆炸性氣雲形成。

此外，設備長期運轉所造成之老化、環境濕氣、溫度循環與維修策略不足，皆可能導致重複性失效，若未能系統化盤點與量化分析，容易形成隱性高風險設備族群。

三、分析方法與輔導過程

本次輔導以失效模式與關鍵性影響分析（Failure Mode Effects and Criticality Analysis, FMECA）為核心方法，協助業者建立設備層級之量化風險評估能力。輔導流程包含：

（一）跨部門種子小組建立

由製程、設備、工務及安環等部門人員組成分析團隊，建立共同的風險語言與分析邏輯。

（二）FMECA 理論教學與實例說明

透過系統化課程說明失效模式鑑別、嚴重度（S）、發生機率（O）與可偵測性（D）評分原則，以及 RPN（Risk Priority Number）之應用方式。

（三）案例實作演練

以廠內實際設備資料與維修紀錄為基礎，逐步拆解設備可能失效模式、分析失效後果，並量化風險關鍵性。

表 1 馬達風險優先數盤點表

項目	結果	備註
Severity (S)	6/10	具功能影響但不至於立即危害人員
Occurrence (O)	7/10	四筆工單中三筆與“漏水相關”

Detection (D)	4/10	日常巡檢可察覺，但無自動監測
$RPN = S \times O \times D$	$6 \times 7 \times 4 = 168$	屬於需改善之失效項

(四) 成果討論與專業校正

針對高 RPN 失效項目進行檢視，研提改善方向與後續管理策略，確保分析結果具實務可行性與延續性。

四、改善措施與技術建議

依據 FMECA 分析結果，輔導團隊提出以下重點建議：

(一) 設備工程與設計面改善

1. 針對離心泵浦與水洗系統，建議導入雙重機械軸封或高耐腐蝕材質。
2. 強化馬達與管線接頭之防水、防潮設計，降低冷凝水滲漏風險。

(二) 預防性與預測性維護策略

1. 將高 RPN 設備族群列入預防性保養重點項目。
2. 建立密封件與耗材壽命資料庫，作為更換週期與材料選型依據。

(三) 監測與偵測能力提升

1. 導入溫濕度、震動或運轉狀態監測，提升早期異常偵測能力。
2. 針對關鍵感測器，評估雙感測或交叉比對設計，以降低誤判風險。

(四) 預防性與預測性維護策略

1. 將 FMECA 分析結果納入設備管理文件與教育訓練內容。
2. 作為後續風險基準檢查 (RBI) 與設備完整性管理之基礎資料。

透過本次輔導，業者已成功導入 FMECA 方法，並以實際設備維修

紀錄為基礎，建立具量化依據之設備風險分析架構。分析結果不僅協助廠內清楚辨識重複性失效與高關鍵性設備族群，也使設備管理由經驗判斷逐步轉向「以風險為核心」的科學化決策模式。