

114 年化學品運作安全進階技術輔導案例 3

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)

電子零組件製造業



！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

FMEA 分析表	
項目	子項目
1	1.1
2	2.1
3	3.1
4	4.1
5	5.1
6	6.1
7	7.1
8	8.1
9	9.1
10	10.1
11	11.1
12	12.1
13	13.1
14	14.1
15	15.1
16	16.1
17	17.1
18	18.1
19	19.1
20	20.1
21	21.1
22	22.1
23	23.1
24	24.1
25	25.1
26	26.1
27	27.1
28	28.1
29	29.1
30	30.1
31	31.1
32	32.1
33	33.1
34	34.1
35	35.1
36	36.1
37	37.1
38	38.1
39	39.1
40	40.1
41	41.1
42	42.1
43	43.1
44	44.1
45	45.1
46	46.1
47	47.1
48	48.1
49	49.1
50	50.1
51	51.1
52	52.1
53	53.1
54	54.1
55	55.1
56	56.1
57	57.1
58	58.1
59	59.1
60	60.1
61	61.1
62	62.1
63	63.1
64	64.1
65	65.1
66	66.1
67	67.1
68	68.1
69	69.1
70	70.1
71	71.1
72	72.1
73	73.1
74	74.1
75	75.1
76	76.1
77	77.1
78	78.1
79	79.1
80	80.1
81	81.1
82	82.1
83	83.1
84	84.1
85	85.1
86	86.1
87	87.1
88	88.1
89	89.1
90	90.1
91	91.1
92	92.1
93	93.1
94	94.1
95	95.1
96	96.1
97	97.1
98	98.1
99	99.1
100	100.1



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 × O × 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。