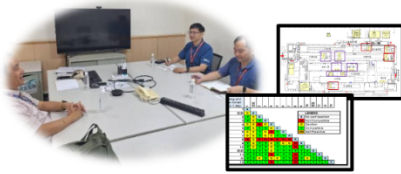


114 年化學品運作安全進階技術輔導案例 2

電子零組件製造業

案例2 台O科技股份有限公司-化學品運作安全分析技術輔導



！業者遭遇挑戰

軟性銅箔基材製造過程中，涉及多種揮發性有機溶劑與高危險氧化性化合物。包含乙醇（Ethanol）、異丙醇（IPA）、甲基乙基酮（MEK）、N-甲基吡咯烷酮（NMP）、丙酮（Acetone）、甲苯（Toluene）、二甲苯（Xylene）等，一旦與氧化劑或酸鹼錯誤接觸，極易導致爆炸或火災。

那麼，我們能否在危害發生前，就先看出「化學反應的風險輪廓」？

輔導成果

以溶劑儲區及化學品儲區為例，模擬化學品反應機制，並以視覺化方式呈現危害等級，發現危害如下：

- ◆ 過氧化氫+丙酮→產生過氧化丙酮，其特性敏感易爆
- ◆ 過氧化二異丙苯+甲苯/二甲苯→具自反應性，可能放熱失控
- ◆ IPA/MEK+強酸→放熱反應並釋放刺激性氣體



預期
效益

- ✦ 使廠內掌握 CRW 分析流程
- ✦ 清楚辨識潛在危害組合
- ✦ 從經驗依賴→科學數據化
- ✦ 從被動應對→預防為主



一、工廠背景

案例 2 為全球前三大軟性銅箔基材製造商，製程涉及多種揮發性有機溶劑與高危險氧化性化合物。其生產過程中需使用乙醇（Ethanol）、異丙醇（IPA）、甲基乙基酮（MEK）、N-甲基吡咯烷酮（NMP）、丙酮（Acetone）、甲苯（Toluene）、二甲苯（Xylene）等，這些物質均具備高蒸氣壓、低閃點、易燃性的特徵，一旦與氧化劑或酸鹼錯誤接觸，極易導致爆炸或火災。

二、揮發性溶劑的特性與潛在風險

基本化學特性下：

- 閃點（Flash Point）低：如丙酮-20°C、MEK-9°C，室溫下即可達到燃燒條件。
- 爆炸極限範圍廣：IPA（LEL 2%、UEL 12%）、甲苯（LEL 1.2%、UEL 7.1%），稍有洩漏便可能達爆炸濃度。
- 蒸氣壓高：丙酮（24.5 kPa@25°C）、MEK（10.1 kPa@25°C），揮發迅速且能在短時間內形成可燃雲團。
- 健康風險：部分溶劑如 NMP 為生殖毒性物質，長期暴露會造成中樞神經系統傷害。

若與過氧化氫 (H₂O₂)、過氧化二異丙苯 (DCP)、強酸 (硝酸、鹽酸) 等物質誤混，可能產生以下情境：

1. 放熱與氣體釋放：溶劑與酸鹼反應會產生氫氣、氯氣，伴隨急劇升溫。
2. 氧化還原爆炸反應：過氧化物與芳香烴、酮類接觸，可能發生鏈鎖自由基反應，誘發爆炸。
3. 二次火災擴散：溶劑蒸氣密度大於空氣，易積聚於地面或坑槽，遇火源瞬間閃燃。

三、分析方法與輔導過程

輔導團隊採用化學品反應性工作表 (Chemical Reactivity Worksheet, CRW)，輸入廠區各儲存區化學品清單，模擬揮發性溶劑與氧化劑、不相容酸鹼組合的反應機制，並以視覺化方式呈現危害等級。

表 1、案例 2 化學品儲區化學品

項次	CAS No.	化學品名稱
1	67-64-1	丙酮
2	123-86-4	乙酸丁酯 / 乙酸正丁酯
3	108-94-1	環己酮
4	80-43-3	過氧化二異丙苯 52% < 含量
5	127-19-5	二甲基乙醯胺
6	34590-94-8	二丙二醇甲醚
7	64-17-5	乙醇/酒精/火酒
8	7722-84-1	過氧化氫/雙氧水
9	78-93-3	丁酮
10	872-50-4	N-甲基吡咯烷酮(NMP)
11	108-88-3	甲苯
12	1330-20-7	二甲苯

Compatibility Chart for unknown													
Created by: unknown on unknown date													
Last Reviewed by: unknown													
This chart is only valid for the following mixing scenario: Ambient temperature (up to 35° C) mixing of 2 chemicals in an insulated vessel that is not air tight. Storage of the mixture for less than 1 day.													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
空氣	X												
2	C	X											
3	Y	C	X										
4	C	C	N	C	X								
5	Y	C	Y	Y	C	X							
6	C	C	Y	C	N	Y	X						
7	C	C	Y	C	C	Y	Y	X					
8	N	C	N	N	N	N	N	X					
9	Y	C	Y	Y	C	Y	C	C	X				
10	Y	C	Y	Y	C	Y	Y	Y	N	Y	X		
氮氣	Y	Y	Y	Y	C	Y	Y	Y	Y	Y	X		
11	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	N	Y	Y	X	
水	Y	Y	C	Y	C	C	Y	Y	N	Y	C	Y	X
12	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	X

LEGEND

X	No self reaction
N	Not Compatible
C	Caution
Y	Compatible
SR	Self Reactive

圖 1、案例 2 化學品儲區化學品不相容性分析

- 溶劑儲區：溶劑儲存區提醒須留意局部排氣與 VOC 偵測。
- 化學品儲區：確認多項潛在不相容組合：
 - 過氧化氫+丙酮→產生過氧化丙酮（TATP），其特性敏感易爆。
 - 過氧化二異丙苯+甲苯/二甲苯→具自反應性，可能放熱失控。
 - IPA/MEK+強酸→放熱反應並釋放刺激性氣體。

四、改善措施與技術建議

1. 工程控制

- 所有揮發性溶劑儲槽與桶槽建議應氮封，降低氧氣含量。
- 儲存區須設局部排氣與 VOC 偵測器，濃度超過 25% LEL 即警報。
- 需考量防爆區域劃分之結果，依 NFPA 70/IECEX 標準選用具有防爆認證之電氣設備。

2. 儲存與分區

- 建議依據 NFPA 30 易燃液體規範，以「易燃液體（Class I）、可燃液體（Class II）」分區。
- 酮類與醇類應與氧化劑（ H_2O_2 、過氧化物）建議分區存放，至少間隔 5 公尺並設阻隔牆。
- 容器需配置防溢堤、PE 承接盤，避免洩漏後交叉混合。

3. 作業與運輸

- 溶劑轉送作業應採閉管線系統，避免敞口倒料。
- 溶劑轉送時加裝靜電接地，並使用導電軟管，避免火花點燃蒸氣雲。
- 高揮發溶劑（如丙酮）桶槽區應配置泡沫滅火系統。

4. 教育訓練與管理

- 定期實施「溶劑洩漏應變演練」，訓練人員在警報觸發時的疏散與處置。
- 建立電子化 SDS 資料庫，操作員可即時查詢危害與應對措施。
- 引入行為安全觀察，確保員工在桶槽轉送、混合作業中符合標準程序。

5. 監測與持續改善

- 導入智慧監控系統，即時監測 VOC 濃度、溫度與壓力，超標前自動停泵並警示。
- 定期進行溶劑儲區危害及可操作性分析（Hazard and Operability Analysis, HAZOP）或保護層分析（Layer of Protection Analysis, LOPA），確認風險是否隨產能擴張而變動。
- 結合 TOSHMS 與 ISO 45001，建立溶劑管理 KPI，如 VOC 洩漏次數、可燃氣體濃度趨勢。

五、結論

透過本次輔導，案例 2 以 CRW 模擬方式清楚辨識潛在危害組合，更

進一步將數據納入職安衛系統與設施改善計畫。這套做法為 PCB 與電子產業建立了參考模式：

- 從經驗依賴→科學數據化
- 從被動應對→預防為主