

## 114 年化學品運作安全分析案例 1

### 一、工廠背景

案例 1 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 ( $H_2O_2$ )、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 挥發性溶劑與氧化劑、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 1 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

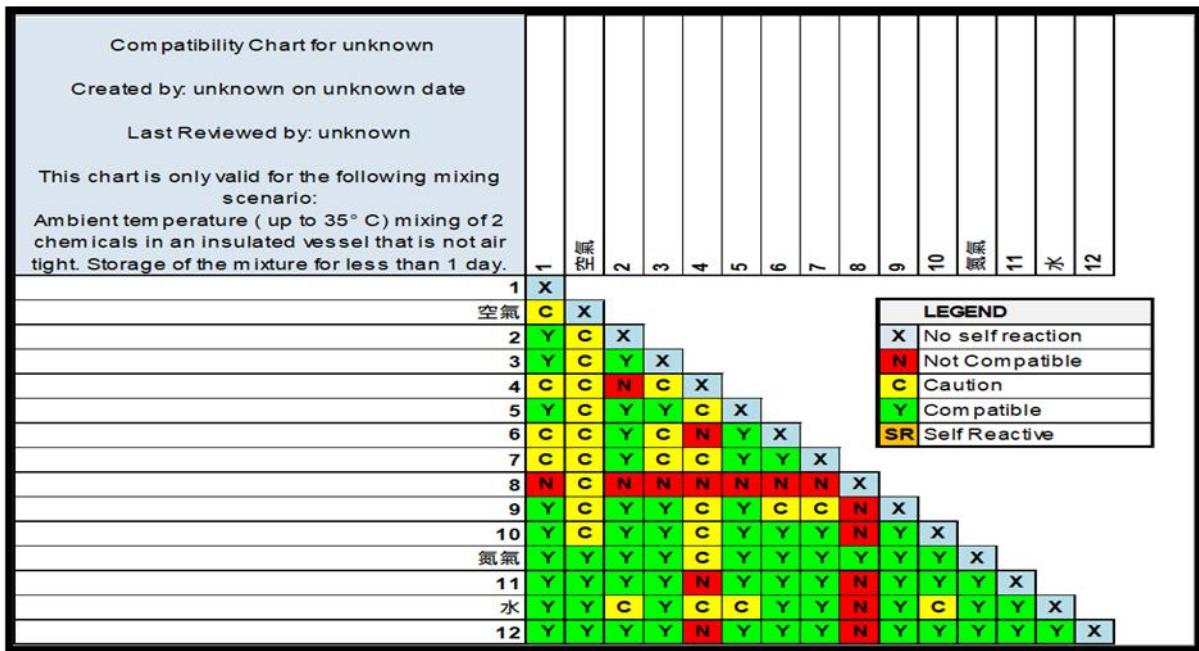


圖 1、案例 1 化學品儲區化學品不相容性分析

- 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 1 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