

目錄

第一章 前言	1
1-1 緣起	1
1-2 目的	2
1-3 手冊內容概述	3
1-4 手冊使用說明	5
第二章 暴露評估與分級管理	6
2-1 全面性暴露評估概念	6
2-2 法令規定	8
2-3 暴露評估流程	12
第三章 半定量評估方法實務案例	27
3-1 半定量暴露風險評估工具簡介	27
3-2 ILO-CCB 案例	39
3-3 新加坡 SQRA 案例	50
第四章 定量推估模式實務案例	72
4-1 定量暴露風險評估工具簡介	72
4-2 評估結果分級與管理	85
4-3 定量推估模式案例_飽和蒸氣壓	88
4-4 定量推估模式案例_二暴露區	92
4-5 定量推估模式案例_替代指標物	100
第五章 化學品暴露管理系統實務案例	110
5-1 系統建置重點	110
5-2 全面性暴露評估判定案例	114
5-3 分級管理與風險減緩案例	121
第六章 結論	126
參考資料	127

圖目錄

圖 2-1 國內暴露評估流程架構	14
圖 2-2 化學品暴露評估及分級管理執行流程圖	22
圖 3-1 ILO-CCB 實施 5 步驟.....	27
圖 3-2 製程溫度及沸點判定液體逸散程度.....	30
圖 3-3 風險等級對照表	36
圖 3-4 現場配置圖	42
圖 3-5 工業用氯化鐵、氯化亞鐵製程.....	45
圖 3-6 現場局部排氣控制措施設置情形.....	53
圖 3-7 局部排氣控制措施參考（以蒸氣脫脂作業為例）	59
圖 3-8 隔離措施參考圖（以蒸氣脫脂作業加上蓋為例）	60
圖 3-9 模板製程流程圖	61
圖 3-10 攪拌槽密閉設計範例（開口加蓋及設置局部排氣裝置）	71
圖 4-1 飽和蒸氣壓示意圖	78
圖 4-2 飽和蒸氣壓線上工具畫面（含公式）	78
圖 4-3 二暴露區模式示意圖	79
圖 4-4 二暴露區推估公式	80
圖 4-5 二暴露區參數說明	81
圖 4-6 均勻混合模式示意圖	82
圖 4-7 完全混合模式參數說明	83
圖 4-8 IHSTAT 統計表（執行畫面案例）	85
圖 4-9 印刷電路板製程	88
圖 4-10 飽和蒸氣壓計算結果	90
圖 4-11 二暴露區（甲基丙烯酸樹脂）推估結果.....	94
圖 4-12 二暴露區（二丙二醇甲醚）推估結果.....	97
圖 4-13 二暴露區（乙二醇丁醚）推估結果.....	98
圖 4-14 印染製程流程簡介.....	100

圖 4-15 A攪拌區	102
圖 4-16 B廠 2F 倒料區（左圖）及 1F 卸料區（右圖）	102
圖 4-17 利用 PID 與二甲基甲醯胺監測結果線性迴歸圖	103
圖 4-18 作業環境監測與直讀式儀器偵測執行示意圖	106
圖 4-19 環氧樹脂課 PID 直讀測定濃度變化趨勢	107
圖 4-20 PID 量測濃度分佈模擬示意圖	108
圖 4-21 環氧氯丙烷作業環境檢測與 PID 線性迴歸分析	108
圖 4-22 環氧氯丙烷環境監測結果與統計分析	108
圖 4-23 作業環境監測評估結果分級	109
圖 5-1 密封元件廠製程及其危害化學品清查對照圖（執行參考） .	114
圖 5-2 防護具濾毒罐防護效能期限測試（執行參考）	123
圖 5-3 呼吸防護具吸收劑破出曲線	124

表目錄

表 2-1 常見半定量評估工具參考彙整表.....	15
表 2-2 常見定量推估模式參考彙整表.....	19
表 2-3 化學品管理評估小組執行分工職掌表（參考範例）.....	23
表 2-4 危害性化學品清單暨風險評估表（參考範例）.....	24
表 3-1 GHS 健康危害分類與危害群組對應表.....	28
表 3-2 化學品逸散程度判定原則.....	29
表 3-3 化學品使用量之判定.....	30
表 3-4 ILO-CCB 風險等級矩陣.....	31
表 3-5 以急毒性「 LC_{50} 與 LD_{50} 」判定危害等級.....	32
表 3-6 以「後果/危害類別」區分或制定危害等級.....	33
表 3-7 暴露指數與暴露等級對照表.....	34
表 3-8 新加坡 SQRA 暴露等級分類原則.....	35
表 3-9 半定量評估工具選用時機及注意事項.....	37
表 3-10 化學品清單（摘錄）.....	39
表 3-11 廠方原規劃之相似暴露族群（SEG）.....	42
表 3-12 經輔導後重新規劃之相似暴露族群（SEG）.....	42
表 3-13 半定量暴露資料收集與風險等級判別記錄表.....	44
表 3-14 原化學物質清單.....	45
表 3-15 廠商原規劃之相似暴露群（SEG）.....	47
表 3-16 重新彙整化學物質清單.....	47
表 3-17 重新規劃之相似暴露群（SEG）.....	47
表 3-18 半定量暴露資料收集與風險等級判別記錄表.....	48
表 3-19 陽極處理流程說明.....	50
表 3-20 化學品清單（摘錄）.....	51
表 3-21 半定量 ILO-CCB 暴露評估與風險等級（摘錄）.....	54
表 3-22 半定量新加坡 SQRA 暴露評估與風險等級（摘錄）.....	56

表 3-23 半定量風險等級判定與控制措施執行記錄摘錄.....	58
表 3-24 化學品清單（摘錄）	62
表 3-25 SEG 劃分一覽表.....	64
表 3-26 半定量與定量暴露分級執行結果（摘錄）	65
表 3-27 危害性化學品清單參考格式.....	69
表 3-28 調和製程之危害性化學品暴露評估判定記錄（摘錄）	70
表 4-1 讀式儀器種類與測量物質一覽表	72
表 4-2 定量推估模式之內容大綱與特色.....	74
表 4-3 十分法則（Rule of ten） [7]	79
表 4-4 定量濃度之暴露風險等級.....	86
表 4-5 評估結果分級參考對照表.....	87
表 5-1 執行管理系統應注意事項	111
表 5-2 化學品管理評估小組執行分工職掌表（參考案例）	117
表 5-3 SEG 分組一覽表.....	117
表 5-4 ILO-CCB 半定量危害分級執行結果（摘錄）	119
表 5-5 油封清洗區風險暴露分級管理紀錄（摘錄）	122

第一章 前言

1-1 緣起

隨著工業技術的發展，工廠所使用的化學品也與日俱增，因此勞工暴露在職業衛生危害的機會也大幅增加。據職業安全衛生署統計[1]，作業場所使用的化學品種類達 10 萬種，其中具 CNS 15030 健康危害之物質至少約為 19,000 種、492 種具容許濃度標準、職業安全衛生法公告須實施作業環境監測之化學品僅 91 種。雖化學品種類如此繁複，但目前工廠僅針對部分化學品進行暴露評估，其餘多數化學品多無執行暴露評估，且現階段國內外所建立的化學品風險評估方法及管理控制措施，普遍屬通則性作法與建議，而產業、製程或特殊作業暴露之實務案例並不多見，以及多數業者仍期許對於如何導入化學品分級管理制度有參考方向。

爰此，經濟部工業局為保護勞工健康與衛生，降低勞工暴露於化學品危害的風險，並協助事業單位能自主管理，自 105 年投入化學品暴露分級管理輔導資源之外，今年特制定本實務應用手冊供相似產業或製程之事業單位使用。本手冊是依據歷年輔導事業單位之經驗及參考歐美國家、新加坡等先進國家現行化學品分級管理作法之進行編撰。

手冊內容包括暴露評估與分級管理、法令規定、暴露評估流程、半定量與定量推估模式實務案例，以及化學品暴露管理系統實務案例。為使不同規模之企業更加瞭解化學品分級管理執行流程與如何規劃完善之管理制度，提供常見作業或製程案例進行說明。期冀藉此手冊能幫助企業，善用評估工具，自主落實化學品暴露評估及控制措施，掌握勞工化學品暴露風險，並保護勞工健康安全，能同時兼顧企業永續經營之目的。

1-2 目的

依據職業安全衛生法之精神，執行全面性化學品之管理，針對全
面具危害性之化學品，進行全面性暴露評估及分級管理，掌握各族群
健康危害風險，尤其高暴露風險族群及易感族群之暴露實況，亦可做
為預防或控制危害之基礎，以降低勞工潛在健康暴露風險。

經濟部工業局為協助發展我國產業之目的事業主管機關，自 105
年投入輔導資源協助事業單位改善較高風險之作業場所，本手冊彙整
歷年輔導實務案例供事業單位參考使用，期事業單位善用各式暴露評
估工具，逐步落實自主管理。本手冊制定之目的：

1. 提升事業單位之自主管理能力：

現今國內面臨檢查員人力不足，稽核能力待提升等問題，反觀全
球各國對化學品暴露評估逐已重視，加上勞工危害意識抬頭，各
企業應擺脫過往僅靠主管機關立法與稽查機制之被動式管理，進
而主動提升內部自主管理能力；除可提升企業形象，亦可獲得政
府單位、客戶端之認同度，增進企業之競爭力。

2. 善用輔佐工具，便利業者參考使用：

工欲善其事，必先利其器，藉由本手冊之實務案例，可免除蒐整
之寶貴時間，順利完成相關執行工作。

3. 從輔導案例作為借鏡，解決現有執行問題：

就企業規模與內部執行之問題，透過本手冊各種案例說明，做為
借鏡與臨摹，得以解決現有執行之困難，期能落實執行化學品暴
露分級管理之工作。

1-3 手冊內容概述

本手冊依據職業安全衛生法第 11 條第 2 項之規定：「雇主對於具有危害性之化學品，應依其健康危害、散布狀況及使用量等情形，評估風險等級並採取分級管理措施」，並參考勞動部職業安全衛生署所發布之危害性化學品評估及分級管理技術指引之執行流程所建立。

本手冊提供各式產業、不同企業規模欲執行化學品分級管理及暴露評估之事業單位參考使用。除介紹暴露評估相關法規及方法判定外、亦用電鍍、印刷電路板（PCB）之網印印刷、金屬加工、合成樹脂調和作業、廢水處理及靜電噴塗等常見化學暴露製程之執行實務案例（包含半定量評估方法與定量推估模式），提供業界有相似製程或化學品暴露特性時得以參考。另提供將化學品暴露分級管理導入既有安全衛生管理系統之實務案例，對於有意願瞭解或執行職業安全衛生管理系統的事業單位，亦有不少幫助。

本實務應用手冊整體架構略述如下：

1. 首先說明全面性暴露評估概念與其重要性，導正企業規劃執行化學品暴露評估邏輯合宜性。其次統整及說明台灣現行化學品暴露評估相關法規，使事業單位瞭解執行化學品暴露評估之法源要求與執行依據，並說明如何執行暴露評估方法及判定流程，有助釐清與確認執行方法之正確性。
2. 為使事業單位更加瞭解化學品暴露分級管理的執行流程並依據事業單位規模、製程分別執行，本手冊第三章說明半定量評估方法、選用時機、評估結果分級與管理。凡符合國家標準 CNS 15030 化學品分類，具健康危害而無「勞工作業場所容許濃度標準」之化學品，得以半定量評估方法執行，符合之對象以及選用時機將以中小型企業或微型企業實務案例加以說明，且說明相似暴露族群運用時機。第四章定量推估模式執行方法則以大型企業被鑑定出高暴露危害製程或易受忽略之短時間暴露作業為實務案例，並依風險評估等

級分別提供相對應的暴露控制措施建議供事業單位參考。

3. 最後，以全面性暴露評估判定案例說明該如何落實化學品暴露評估及實施控制管理措施，以達全方位控管化學品暴露危害與預防工作之目的。本實務手冊所擬訂之章節及內容均經以輔導之事業單位實際訪查與討論，以及經產、學界專家學者之審查與建議做修正，擬訂完成本實務手冊。

本手冊適用於暴露於化學性危害因子之各產業別之事業單位，實務案例內容說明包括清查化學品種類、相似暴露族群 SEG 劃分及危害辨識，風險評估及分級管理與暴露控制措施。以產業常見重要或高暴露危害製程，例如：電鍍、印刷電路板（PCB）之網印印刷、金屬加工、合成樹脂調和作業、廢水處理及靜電噴塗等。原則上，各實例執行化學品暴露評估手法雷同，惟執行流程與相關表單依企業規模、化學品種類數量及人力資源等略有差異。

若事業單位有法規公告需實施環測之化學品，不論規模大小，事業單位應訂定作業環境監測計畫及規劃採樣策略，並實施作業環境監測，針對評估結果高風險等級應提出適宜之改善控制措施。其餘具 CNS 15030 健康危害之化學品風險評估方式不同，若勞工人數未滿 500 人或從事特別危害健康作業人數未滿 100 人之事業單位，則以執行半定量評估方式為主；當勞工人數大於 500 人或從事特別危害健康作業人數大於 100 人之事業單位，針對無容許暴露濃度標準之化學品須執行半定量評估外，具有容許暴露濃度標準者須以科學根據之採樣分析方法或運用定量推估模式實施暴露評估。

惟需注意事項為工作場所內同時暴露兩種以上濃度之時，應先以相加效應確認合法狀況。當有任一危害物質暴露濃度超過勞動部訂定之有害物容許濃度標準，則必須優先進行作業環境控制及改善，以達到降低勞工暴露於職業衛生危害因子的機會。

1-4 手冊使用說明

本實務手冊整體架構如下：

第一章 前言

本章簡述撰寫本實務手冊之緣起、目的及手冊內容概述，提供事業單位使用本手冊前可先瞭解整體架構及各章節重點，以減少摸索及搜尋時間。

第二章 暴露評估與分級管理

本章首先說明全面性暴露評估，導正執行化學品暴露評估之邏輯概念。循序介紹國內化學品暴露評估相關規定、收集化學品資料與提供 SEGs 概念說明暴露評估執行方法。提供暴露評估工具選用建議與執行流程說明，有助釐清與確認執行之正確性。

第三章 半定量評估方法實務案例

本章介紹兩種國內常用半定量評估工具（ILO-CCB、新加坡評估職業暴露有害化學品半定量方法（SQRA））操作步驟、使用限制及注意事項、評估工具選用時機與建議，並藉由實務案例說明適當分級與管理建議。

第四章 定量推估模式實務案例

本章介紹三種較常用的定量評估模式之內容與特色，並說明定量推估模式工具時選用時機與建議，透過實務案例說明分級與管理建議。

第五章 化學品暴露管理系統實務案例

以全面性暴露評估執行說明化學品暴露評估及實施控制管理措施，有效控管化學品暴露危害與預防工作，並以橡膠製造業實務案例進行說明。

第六章 結論

目前暴露評估面臨執行上之限制或困境，化學品暴露評估技術上仍應持續精進；經濟部工業局也將持續建置推廣至更多產業。

第二章 暴露評估與分級管理

2-1 全面性暴露評估概念

隨著科技精進、產業作業型態變化，工作上所使用之危害性化學品種類及暴露類型日益多元，掌握有害物暴露實態及評估暴露狀況是促進職業衛生預防職業病之首要工作。作業環境監測是定量評估勞工暴露實態最直接方式，然而依我國「勞工作業場所容許濃度標準」，目前僅訂有 492 種化學物質之作業場所容許暴露濃度標準，且尚欠缺完備之採樣分析方法；另我國現行作業環境監測實施辦法（以下簡稱監測辦法）所規範應實施監測之項目共 91 種。

化學品暴露評估範圍應具 CNS 15030 健康危害或訂有容許濃度、及須實施作業環境監測之化學品為主；應用技術有半定量評估方法、定量推估模式、直讀式儀器及作業環境監測等。我國對於危害性化學品分級管理定義，乃依危害性化學品之健康危害特性及暴露，就評估結果評定其風險等級所採取對應之控制或管理措施。有鑑於此，我國除依法執行作業環境測定以評估勞工暴露狀況外，半定量暴露評估技術亦可輔以化學品分級管理（Chemical Control Banding，以下簡稱 CCB）[2]之概念，藉使初步了解作業場所之暴露概況，再依據不同之暴露分級管理等級進行管理與擬訂適當控制策略。據此不僅可節省執行作業環境監測所需耗費之大量人力及物力，且推估出尚未訂定容許暴露濃度限值之化學品的相對暴露風險，亦可合理分配有限之資源並達到保護勞工之最大效益。

評估化學品對勞工可能之健康危害風險分級時，主要是要有效管理掌握勞工暴露化學品危害風險是否在可接受範圍。因此執行化學品暴露評估首先應以全面性暴露評估策略（Comprehensive exposure assessment strategy）[3]為出發點，秉持完整循環概念從全廠各單位、各工作站別所有人員使用化學品資料收集與取得開始，將具健康危害之化學品清單列出，再藉由相似暴露族群（Similar exposure group，

簡稱 SEGs：指工作型態、危害種類、暴露時間及濃度大致相同，具有類似暴露狀況之一群勞工；同一暴露群內每個人工作類似，可利用個人單獨或少數人的評估結果代表群內每一個人的暴露狀況)劃分與執行後續之暴露評估工作。接續進行初步暴露危害風險評估，且可結合環測計畫及採樣策略，再將採樣結果數據利用統計方法將資料分析描繪其暴露實態(Exposure profile)，以掌握各 SEG 族群暴露情形[4]，最後再依暴露實態與設定標準決定其結果是否可被接受；當暴露過量超出風險接受範圍時，應要決定後續控管措施、改善方法等，如此循環反復定期檢討持續改進。理論上在有限資源條件下，使用本法時可先對最高潛在風險之暴露族群進行評估，再逐年完成各 SEG 之暴露評估。但實際執行過程若遭遇 SEG 之暴露變異大，且暴露接近所設定之暴露標準時，則規劃採樣策略時需用更多的樣本才足以描述暴露實態。

初次執行化學品暴露評估及分級之事業單位，得依事業單位組織規模、製程狀況選擇半定量或定量評估方法執行。然而，在進行化學品暴露評估時，所遭遇最大挑戰是如何在複雜多變的環境下獲得可靠的評估結果。依「化學品評估及分級管理技術指引」將化學品暴露評估，SEGs 劃分應依組織架構、製程等條件視需求，若是微型企業（指中小企業經常僱用員工數未滿 5 人之事業）或僅有單一製程及化學品種類極少者，則可簡化無需刻意再劃分 SEG。

化學品暴露評估有分為半定量評估方法及定量評估方法，不論何種方法，其目的均為掌握了解現場作業場人員使用化學品之暴露風險是否在可接受範圍。半定量評估若採用 ILO-CCB 方式，該結果風險屬 3、4 等級（中、高度風險），或部份資料缺乏或受到限制（如：氣體不適用）時，建議採用其他半定量方法，例：新加坡評估職業暴露有害化學品半定量方法（SQRA）（以下簡稱新加坡 SQRA），亦可進一步採用定量推估模式。若該物質具法定容許濃度標準及採樣方法，

亦可直接採用定量監測方法實施作業環境監測並依採樣分析結果來評估現場暴露實態，確認其風險等級再檢討控制或風險減緩實施。我國作業環境監測制度因應法令要求已執行多年，但長期以來事業單位之採樣策略均無法有系統性完整描述勞工之暴露情形；實務執行現況多半事業單位以組織之單位劃分 SEG，整理歸納符合環測要求之物質進行風險評估，未將化學品危害評估與分級結果、具法定容許濃度標準之中、高風險之物質納入並規劃其採樣策略與執行採樣分析。隨製程多元化，人員可能同時在兩個以上單位作業，若再以原有方式執行極可能低估其危害暴露風險，也無法全面檢視暴露實態。

2-2 法令規定

我國 103 年新修正公布之職業安全衛生法，針對具健康危害化學品之暴露評估與管理，已以「全面掌握、多元評估、基於科學、風險分級及分級管理」之精神，全面翻修化學品暴露評估與管理制度，要求企業善盡勞工康保護之責。本手冊主要依據「職業安全衛生法」及其附屬法規「危害性化學品評估及分級管理辦法」對於化學品分級管理之要求，說明事業單位應針對廠內所使用之具健康危害性化學品，進行評估風險等級並採取分級管理措施之相關規範。我國化學品暴露評估與分級管理相關法規摘要如下：

1. 職業安全衛生法（修正日期 102.07.03）

- 【第 10 條】雇主對於具有危害性之化學品，應予標示、製備清單及揭示安全資料表，並採取必要之通識措施。
- 【第 11 條】雇主對於前條之化學品，應依其健康危害、散布狀況及使用量等情形，評估風險等級，並採取分級管理措施。
- 【第 12 條】雇主對於中央主管機關訂有容許濃度標準之作業場所，應確保勞工之危害暴露低於標準值。

2. 勞工作業環境監測實施辦法（修正日期 105.11.02）

- 【第 9 條】依本辦法第 7~8 條所列之作業場所，雇主於引進或

修改製程、作業程序、材料及設備時，應評估其勞工暴露之風險，有增加暴露風險之虞者，應即實施作業環境監測。

承上，依據『勞工作業環境監測實施辦法』對作業環境監測的定義，為掌握勞工作業環境實態及評估勞工暴露狀況所實施之規劃、採樣、分析或儀器測量。

3. 有機溶劑中毒預防規則（修正日期 103.06.25）

➤ 【第 6 條】雇主使勞工於下列規定之作業場所作業，應依下列規定，設置必要之控制設備：

一、於室內作業場所或儲槽等之作業場所，從事有關第一種有機溶劑或其混存物之作業，應於各該作業場所設置密閉設備或局部排氣裝置。

二、於室內作業場所或儲槽等之作業場所，從事有關第二種有機溶劑或其混存物之作業，應於各該作業場所設置密閉設備、局部排氣裝置或整體換氣裝置。

三、於儲槽等之作業場所或通風不充分之室內作業場所，從事有關第三種有機溶劑或其混存物之作業，應於各該作業場所設置密閉設備、局部排氣裝置或整體換氣裝置。

前項控制設備，應依有機溶劑之健康危害分類、散布狀況及使用量等情形，評估風險等級，並依風險等級選擇有效之控制設備。第一項各款對於從事本規則第二條第十二款及同項第二款、第三款對於以噴布方式從事第二條第四款至第六款、第八款或第九款規定之作業者，不適用之。

4. 特定化學物質危害預防標準（修正日期 105.01.30）

➤ 【第 6 條】為防止特定化學物質引起職業災害，雇主應致力確認所使用物質之毒性，尋求替代物之使用、建立適當作業方法、改善有關設施與作業環境並採取其他必要措施。

➤ 【第 6-1 條】雇主使勞工從事特定化學物質作業者，對於健康

管理、作業環境監測、妊娠與分娩後女性勞工及未滿十八歲勞工保護與入槽安全等事項，應依勞工健康保護規則、勞工作業環境監測實施辦法、妊娠與分娩後女性及未滿十八歲勞工禁止從事危險性或有害性工作認定標準、缺氧症預防規則及職業安全衛生設施規則所定之局限空間作業等相關規定辦理。

- 【第 16-1 條】依該預防標準第 13~15 條，應設置之控制設備，應依特定化學物質之健康危害分類、散布狀況及使用量等情形，評估風險等級，並依風險等級選擇有效之控制設備。

5. 危害性化學品評估及分級管理辦法（修正日期 103.12.31）

- 【第 4 條】雇主使勞工製造、處置或使用之化學品，符合國家標準 CNS 15030 化學品分類，具有健康危害者，應評估其危害及暴露程度，劃分風險等級，並採取對應之分級管理措施。
- 【第 6 條】第四條之評估及分級管理，雇主應至少每三年執行一次，因化學品之種類、操作程序或製程條件變更，而有增加暴露風險之虞者，應於變更前或變更後三個月內，重新進行評估與分級。
- 【第 7 條】雇主辦理前條之評估及分級管理，應參照中央主管機關公告之技術指引，或採取其他具同等科學基礎之評估及管理方法辦理。
- 【第 8 條】中央主管機關對於本辦法第四條之化學品，訂有容許濃度標準，而事業單位從事特別危害健康作業之勞工人數在一百人以上，或總勞工人數五百人以上者，雇主應依有科學根據之採樣分析方法或運用定量推估模式，實施暴露評估。
- 【第 9 條】雇主應依勞工作業環境監測實施辦法所訂之監測及期程規定，實施前條化學品之暴露評估，必要時並得輔以其他半定量、定量之評估模式或工具實施之。
- 【第 10 條】雇主對於上述前二條化學品之暴露評估結果，應

依下列風險等級，分別採取控制或管理措施：

- 一、第一級管理：暴露濃度低於容許濃度標準二分之一者，除應持續維持原有之控制或管理措施外，製程或作業內容變更時，並採行適當之變更管理措施。
- 二、第二級管理：暴露濃度低於容許濃度標準但高於或等於其二分之一者，應就製程設備、作業程序或作業方法實施檢點，採取必要之改善措施。
- 三、第三級管理：暴露濃度高於或等於容許濃度標準者，應即採取有效控制措施，並於完成改善後重新評估，確保暴露濃度低於容許濃度標準。

依該法第 7 條規定所提及採取其他具同等科學基礎之方法，其方法包括半定量評估方法 (ILO-CCB、SQRA) 及定量推估模式（飽和蒸氣壓、二暴露區、均勻混合、其他替代評估技術）及定量監測（環測、統計分析）。立法精神乃要求雇主以 P-D-C-A 的運作精神，全面掌握暴露風險並依法定期檢討與留存紀錄備查，落實化學品管理工作。

2-3 暴露評估流程

一、暴露評估方法

化學品風險評估係指以定性、半定量或定量之方法，評量或估算勞工暴露於化學品之健康危害情形。

進行危害性化學品暴露評估，首先應清查所有化學品，並判斷化學品是否符合 CNS 15030 具有健康危害及是否符合排除範圍，接著判定是否為特化/有機/鉛/粉塵等法規規定之物質，且訂有容許濃度標準與是否為勞工作業環境監測實施辦法規定應辦理監測項目。排除應辦理監測者，最後所剩餘之危害性化學品，再依其危害及暴露程度運用各項評估工具特性，劃分風險等級與採取對應之分級管理措施。依危害性化學品評估及分級管理技術指引[5]流程架構，執行流程概念如圖 2-1 國內暴露評估流程架構所示。

藉由判斷該化學物質是否具備容許濃度標準（Permissible Exposure Limits, PEL, 以下簡稱 PEL）進行暴露評估之方法之決策，可分為：

(一) **半定量評估方法**：未具有 PEL 者，可以風險矩陣等方式執行半定量評估與依評估結果進行分級管理；詳細介紹請參閱第三章。

(二) **定量推估模式**：運用定量推估模式如飽和蒸氣壓、二暴露區、完全混合等推估模式實施暴露評估，其濃度結果與 PEL 比較所得相對暴露風險（暴露指數或比值）進行分級管理；詳細介紹請參閱第四章。

(三) **定量監測評估方法**：具有 PEL 者，又屬於作業環境監測實施辦法規範之化學品，需定期進行監測評估者（共 91 種），須依作業環境監測辦法定期執行。監測結果以統計推估模式，利用統計演算理論，分析多次暴露濃度值，求其統計意義，獲得完整暴露實態變化，惟建議應至少有 6 筆以上歷年數據

進行統計分析，避免資料數據不足，導致統計分析結果可信度偏低或代表性不佳等問題。評估其暴露實態之第 95 百分位濃度 (X_{95})，並與 PEL 對照所得暴露指數（比值），進行分級管理。具有 PEL 但不屬於作業環境監測規範者(492 種)，亦可依此方法實施。

上述方式越接近暴露實態，相對具有較高的成本。事業單位實地進行風險評估時，往往可能由於環測資料數據不足或資訊不足受到限制，不易進行完整的定量評估。

此時建議可藉由半定量評估方法，配合工作場所之實際暴露情形，對使用之化學品進行初步危害判定，建立相關資料與紀錄；如有中高風險或訂有 PEL，而事業單位從事特別危害健康作業之勞工人數在一百人以上，或總勞工人數五百人以上者，雇主應依有科學根據之之採樣分析方法或運用定量推估模式，實施暴露評估。採用半定量及定量評估工具之使用限制、需要資訊，請參考表 2-1、表 2-2。

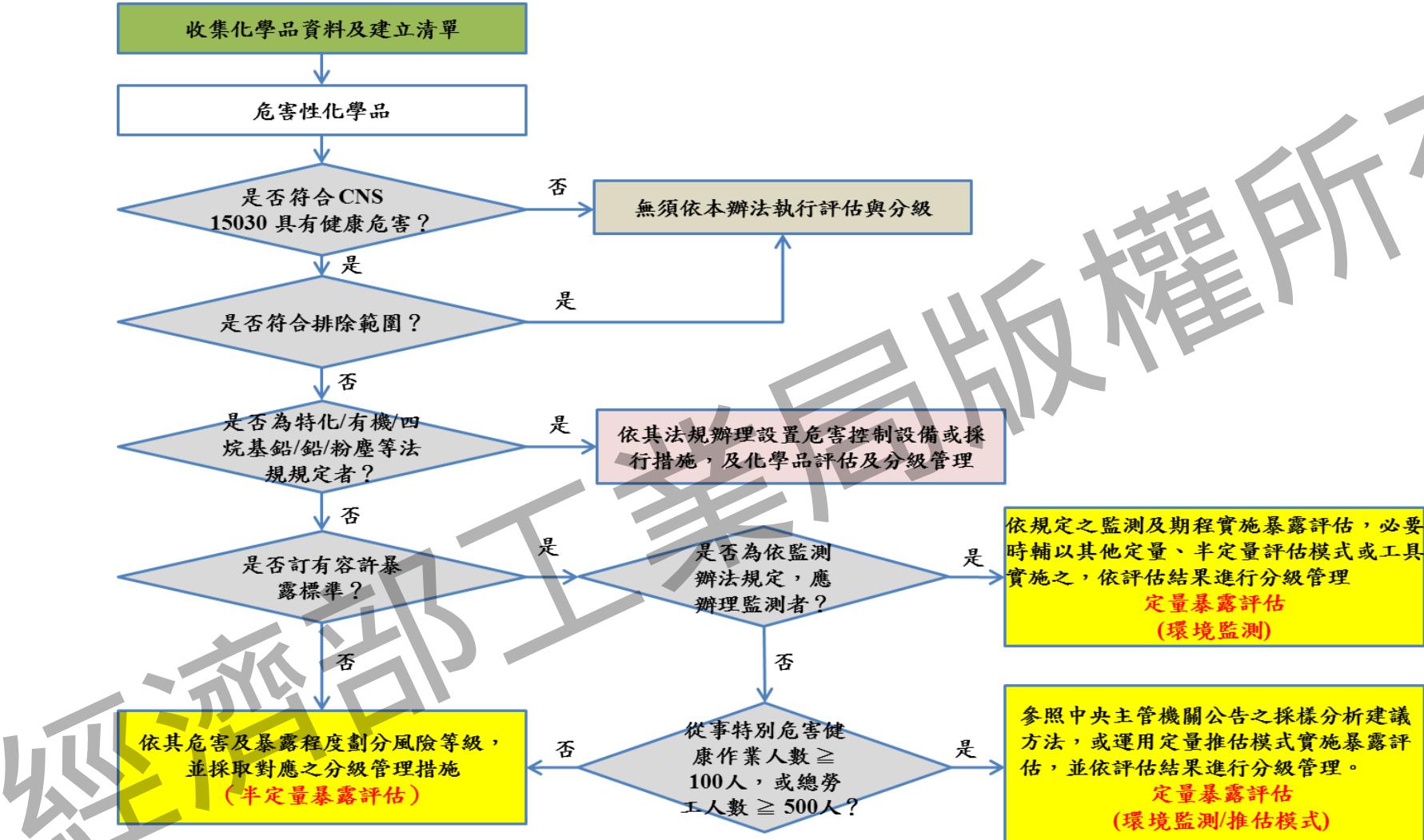


圖 2-1 國內暴露評估流程架構

表 2-1 常見半定量評估工具參考彙整表

工具名稱	國家	使用限制	需要資訊	工具資訊與參考來源	適用對象	備註
國際化學品控制工具箱 (ILO-ICCT)	國際勞工組織 (ILO)	適用於化學品狀態為固體及液體之評估；需有完整「危害分類」資訊	化學品安全資料表 (SDS) 危害物質 GHS 健康危害分類、使用量及逸散程度等	線上工具： https://ccb.osha.gov.tw/content/evaluation/Evaluation_in.aspx#head2	中小企業	國內採用 ILO-ICCT 方法目前已越來越受到事業單位普遍使用，與其他英、德、日等工具性質相似，且皆未考量控制措施
物質健康危害控制要點 (COSHH 要點)	英國職業安全衛生署 (HSE)	適用於化學品物理狀態為固體及液體之評估	化學品安全資料表 (SDS) GHS 健康危害分類或歐盟 R-phrase、固體粉塵度/液體揮發度，如蒸氣壓等資訊及使用量、操作時間等	線上工具： http://www.hse.gov.uk/coshh/essentials/coshh-tool.htm	中小企業	
德國工作場所危害物質管控制計畫 (EMKG-EXPO-TOOL)	德國	適用於化學品物理狀態為固體及液體之評估	化學品安全資料表 (SDS) GHS 健康危害分類或歐盟 R-phrase、固體粉塵度/液體揮發度、化學品使用量等	https://www.baua.de/EN/Home/Home_node.html	中小企業	

工具名稱	國家	使用限制	需要資訊	工具資訊與參考來源	適用對象	備註
日本實施風險評估支援系統	日本	適用於化學品物理狀態為固體及液體之評估	化學品安全資料表 (SDS) GHS 健康危害分類、固體粉塵度/液體揮發度、化學品使用量等	線上工具： http://anzeninfo.mhlw.go.jp/ras/user/anzen/kag/ras_start.html	中小企業	
新加坡評估職業暴露有害化學品半定量方法 (SQRA)	新加坡 人力部 (MOM)	適用於化學品狀態為固體、液體或氣體之評估；化學品資訊需完整（例如其他如 LD ₅₀ 、LC ₅₀ 等）	化學品安全資料表 (SDS) 危害物質 GHS 健康危害分類，或半致死劑量/濃度 (LD ₅₀ /LC ₅₀)、蒸氣壓等資訊及使用量、危害控制措施、操作時間等參數	https://www.wshc.sg/files/wshc/upload/cms/file/2014/A%20Semi quantitative%20Method%20Assess%20Occupational%20Exposure%20Harmful%20Che.pdf	不拘	為一套有害化學品風險評估規範；以風險矩陣的方式來判斷出風險等級及管理方法

工具名稱	國家	使用限制	需要資訊	工具資訊與參考來源	適用對象	備註
荷蘭物質管理線上工具 (Stoffenmanager)	荷蘭	適用化學品狀態為固體粉末、揮發性/非揮發性液體之評估	化學品安全資料表 (SDS) GHS 健康危害分類、固體粉塵度/液體蒸氣壓、製程中對於化學物質之處理方式現場控制措施(分成局部控制/整體換氣)、現場環境釋放因子、暴露使用量、操作時間等參數	線上工具： https://stoffenmanager.nl/Default.aspx	不拘	荷蘭計畫 (Dutch Programme) 中，為了加強工作場所有害物管理政策，協助中小企業更小心處置危害物質所發展的核心工具，現已轉型由民間機構持續開發建置
歐洲針對性風險評估 (ECETOC TRA)	歐洲化學品生態毒理學與毒理學中心 (ECETOC)	適用於化學品狀態為固體、液體或氣體之評估	需參考化學品安全資料表 (SDS) 輸入第 9 項物質化特性資訊及廠場運作暴露資訊	http://www.ecetoc.org/tools/targeted-risk-assessment-tra/	不拘	使用者僅需輸入物質物化特性及廠場運作暴露資訊，推估可能之職業暴露濃度 (劑量) 為何，並進一步估算是否超

工具名稱	國家	使用限制	需要資訊	工具資訊與參考來源	適用對象	備註
						過可容忍風險；除勞工外，亦有針對環境及消費者進行評估

經濟部工業局版權所有

表 2-2 常見定量推估模式參考彙整表

模式名稱	假設條件	適用情形	使用限制	需要資訊	備註
飽和蒸氣壓模式 (Saturation vapor pressure Model)	1. 有限的作業空間 2. 使用理想氣體定律（溫度 25°C） 3. 作業場所空間中無通風換氣 4. 化學物質持續散佈在作業場所空間之空氣有足夠時間達到平衡	1. 現場通風或其他可用資訊不足； 2. 氣體或蒸氣之散布； 3. 初步暴露評估	與實際情形差距較大；不適用模擬霧狀氣體散布	化學品分子量、化學品飽和蒸氣壓、室內大氣壓力	基礎評估
完全混合模式 (Well-Mixed Model)	1. 有限的作業空間 2. 室內空氣均勻混合 3. 化學品持續散布至空氣中 4. 化學品散佈率 (GA) 不隨時間而改變 5. 忽略化學品散佈對空氣通量造成的影响 6. 無沈降 7. 由供氣系統進入室內之化學品濃度不隨時間改變	氣體或蒸氣之散布	無法模擬實際工作場所中暴露濃度之空間差異，可能低估化學品散布源附近之暴露量	室內空間大小、作業時間、空間通氣率	進階評估： 室內空氣均勻混合
二暴露區模式 (Two-Zone)	1. 假設空間存在兩個接鄰的區帶： 接近散布源的近場 vs 空間中其他區域的	氣體或蒸氣之散布可模擬作業勞工呼吸帶	不適用散布情形呈層狀分布	近場及遠場空間之體積	進階評估： 考量空間差

模式名稱	假設條件	適用情形	使用限制	需要資訊	備註
Model)	遠場 2. 區帶內空氣均勻混合 3. 在兩區帶間空氣流通是有限的 4. 空氣同時以相同通氣率進出遠場及近場 5. 無沈降 6. 化學品散布率為定值	空間中之暴露量	之作業情境	積、近場及遠場間空氣流通率、化學品散布（蒸發）率、空間通氣率、時間	異之暴露量推估

二、暴露評估流程

事業單位在執行化學品分級管理或導入化學品管理制度時，可參考圖 2-2 執行流程並以 P-D-C-A 原則定期執行，惟化學品種類、操作程序或操作條件變更，有增加暴露風險之虞，應於變更前或變更後三個月內重新實施暴露評估。

步驟一：啟動評估機制

化學品暴露評估工作乃屬化學品管理部份之一，為使各項工作確實執行，依企業規模大小可由專責人員或成立評估小組負責執行相關工作，使評估工作得以順利進行並瞭解化學品管理狀況，評估小組成員可視各公司之需求增減。評估小組分工人員職掌可參考如表 2-3。

步驟二：基本資料收集

1. 確認化學品是否皆有安全資料表（Safety Data Sheet, SDS）；同時參考「危害性化學品標示及通識規則」之危害清單，清查公司具有健康危害的化學品，加以列表，並整合建立化學品清單，清單資料越完整，越有助判定評估工作；若不具有健康危害條件項目則無須執行評估與分級。
2. 逐一確認化學品安全資料表中資料，例如：SDS 中第二項危害辨識資料、第八項暴露預防措施(控制參數：日時量平均容許濃度)、第九項物理及化學性質（沸點、蒸氣壓）及第十一項毒性資料及化學品使用量等，建置至清單以利後續彙整管理，如表 2-4。
3. 判斷化學品屬於固體或液體、調查固體粉塵度（以外觀判別其大小）或液體揮發度（以沸點判別其揮發度），並調查使用量等。

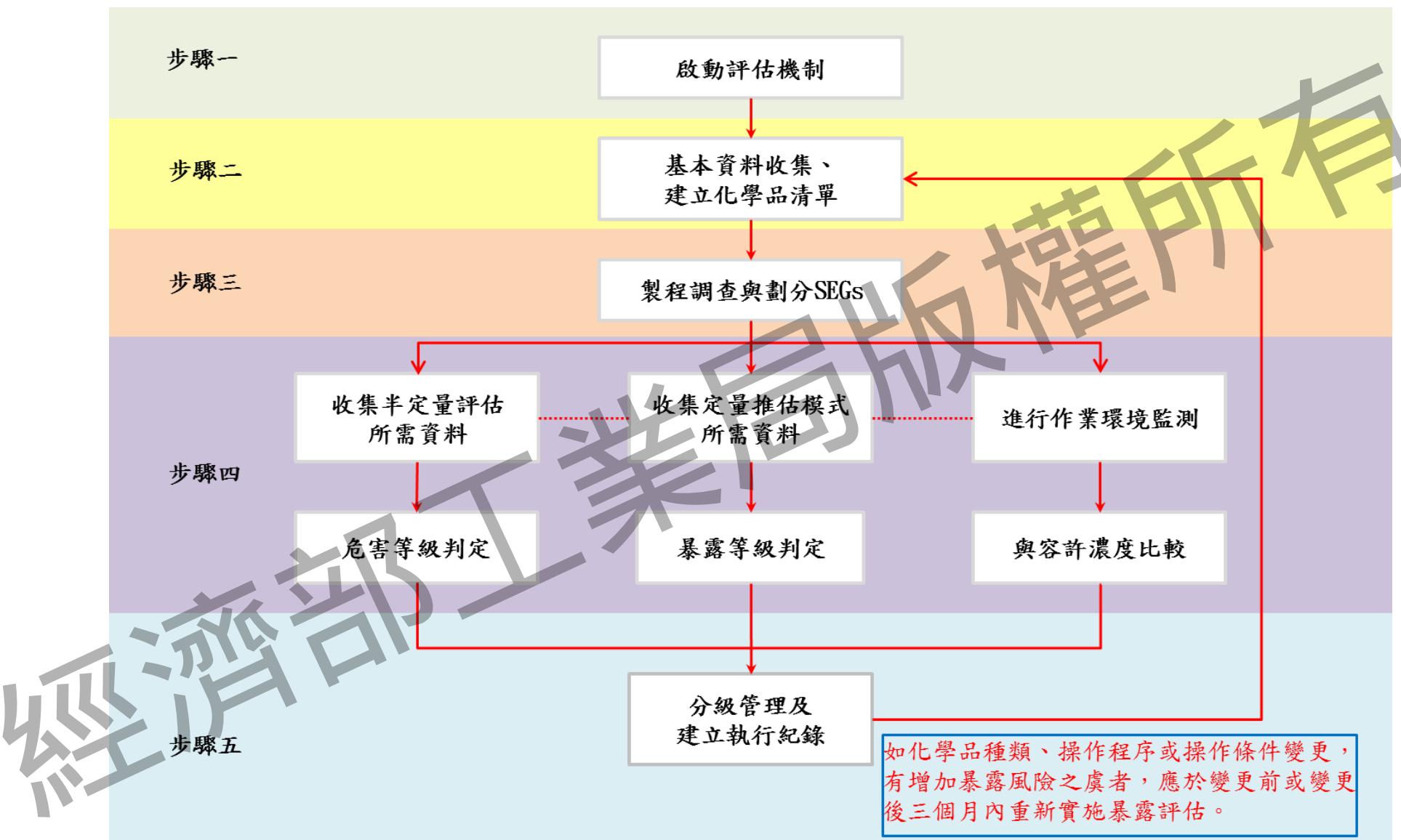


圖 2-2 化學品暴露評估及分級管理執行流程圖

表 2-3 化學品管理評估小組執行分工職掌表（參考範例）

負責單位/人員	姓名/職稱	職掌分工內容
採購	王○○	<ol style="list-style-type: none"> 索取安全資料表 SDS (確認 16 項)。 與供應商溝通、傳遞符法性要求與重要訊息。 協助調查 SDS 資訊 (更新異動)。
生產線主管	黃○○	<ol style="list-style-type: none"> 提供產線使用化學品相關資訊。 協助製作危害清單。 落實儲存、使用管理。 產線發生化學暴露異常須通報，並協助調查。 共同參與討論環境測定規劃事項。

表 2-4 危害性化學品清單暨風險評估表（參考範例）

公司名稱：

供應商或製造商		物品名稱/ 化學品名稱	主要成分 (混合物成分不只 一個)	安全資料表 CAS No.	容許暴 露標準 TWA	物質狀 態液體/ 固體	蒸氣壓 (mmHg)	沸點 (°C)	具健康危害 (Y/N)	危害辨識資訊	化學品使用資料							應採樣 監測 (Y/N)	使用風 險評估 方法	(現有)控制 措施	檢討改善 措施	下次評估 日期	
名稱簡寫	SDS編號										使用或作業 地點	作業類型	人 數	每月平均數量 kg)	每週使用 量(kg)	每週作業 時間(小時)	使用部門/ 管理者	SEG分類					
○○	01	A	A1																				
○○	02	B	B1																				
			B2																				

雇主/主管：

工安/管理人員：

評估人員/評估日期：

步驟三：製程調查與劃分 SEGs

接著判定需進行半定量評估分級管理之危害性化學品種類，且應充份確認有使用化學品之區域，包括作業區域、研發/實驗室、廢水處理區等，建立各相似暴露群（SEGs）化學品清單。

要能全面掌握勞工暴露狀況及評估暴露風險，劃分相似暴露群（SEGs）是重要關鍵，一群工作者使用同一危害化學品有相同的暴露狀況，因其無論製程、原物料使用、及其接觸危害物的時間與頻率等，都具有類似之時間-活動模式。相似暴露群的判定，可藉由工作者的作業內容、所使用的原料物質、製程環境條件、通風控制設備、原料物質化特性等，做為判定之主要分類依據。

因此，藉由基本資料瞭解化學品健康危害程度（危害辨識資料或毒性資料），及作業現場調查實際瞭解暴露可能性、暴露型態（固體或液體）、逸散程度、使用量、暴露時間、控制措施現況…等，均是很重要的其中一步。

以印刷電路板製程為例，同網印作業有油墨調和區與印刷區同時都有乙二醇丁醚（BCS）之暴露，但作業型態與製程、加上作業時間有所差異，可細分為不同類型的 SEGs，例如：網印-工程師-油墨調和-BCS、網印-工程師-印刷-BCS 等。另微型企業（中小企業發展條例第四條第二項所稱小規模企業，指中小企業經常僱用員工數未滿 5 人之事業）或僅有單一製程加上所使用化學品種類極少，例如金屬加工製造使用之潤滑油、工業酒精（成份甲醇），則無需劃分 SEG，直接進行暴露評估即可。

步驟四：選定評估工具與判定風險等級

若事業單位有使用法規公告需實施環測之化學品，不論規模大小，事業單位皆須依規定實施作業環境監測，及針對評估結果風險等級較高之化學品提出改善控制措施。除法規公告需環測項目外，其餘具 CNS 15030 健康危害之化學品風險評估方式依企業規模大

小而定。若勞工人數未滿 500 人或從事特別危害健康作業人數未滿 100 人之事業單位，執行化學品暴露評估得以半定量評估方法進行，常見之半定量評估工具如表 2-1；勞工人數大於 500 人或從事特別危害健康作業人數大於 100 人之事業單位，針對無容許暴露濃度標準之化學品須執行半定量評估分級管理外，另有容許暴露濃度標準之物質須以定量推估模式或定量環境監測方法執行。

依不同半定量、定量評估工具之選用，而有不同分級方式與使用限制與資訊需求等，一般而言評估結果可劃分為 4~5 風險等級，詳細請參考後續第三章、第四章節的詳細介紹。

步驟五：分級管理及建立執行紀錄

確認風險等級，完成分級管理後應進行檢討並採取適當管理與控制措施（例如工程改善、減量、以低毒性取代、縮短工時），並將執行紀錄歸檔留存。若控制措施仍不可行時，則需考量其他半定量或定量評估方法（例如定量推估、定量監測）重新檢討、評估直至控制措施可行或風險可有效減緩；此外應定期重新評估或若使用之化學品之種類、操作程序或製程條件變更時，應立即評估並擬定管理措施，分級管理執行紀錄樣式可參考如第五章或以 EXCEL 列表方式彙整，樣式無特別限定，以使用單位方便管理為原則。

第三章 半定量評估方法實務案例

3-1 半定量暴露風險評估工具簡介

為協助事業單位全面性評估，作業環境中因危害性化學品之暴露可能影響勞工健康風險，許多國家紛紛利用「化學品分級管理（Chemical Control Banding, CCB）」之概念，發展適合事業單位使用的化學品暴露風險評估之半定量評估工具。國內除了職業安全衛生署所建置 ILO-CCB 工具外，建議事業單位亦可依企業規模、管理需求等採用國際間具有同等科學基礎之方法（如新加坡 SQRA、英國 COSHH 要點、荷蘭 Stoffenmanager 業等）表 2-1 說明。

半定量暴露風險評估工具之概念乃基於在沒有定量暴露濃度資料及容許暴露濃度規範時，可利用化學品的「危害分類」及「暴露狀況」等資訊，進行暴露評估及風險分級，並依不同的暴露風險等級實施適當之風險減緩控制措施。兩種國內常用化學品分級管理之半定量評估工具有 ILO-CCB 「國際化學品控制工具箱」及新加坡「有害化學品風險評估規範」（簡稱 SQRA），以下就此兩種工具進行說明。

一、ILO-CCB 「國際化學品控制工具箱」

ILO 化學品分級管理工具分為 5 個步驟執行，如圖 3-1。



圖 3-1 ILO-CCB 實施 5 步驟

步驟一：劃分危害群組

ILO-CCB 係以化學品為評估對象，參考化學品之 SDS 所記載 GHS 危害分類為主，故危害群組以 GHS 健康危害分類劃分，共分 6 組（A-E 組及 S 組）如表 3-1。A-E 組為吸入性危害分類，S 組則為皮膚及眼睛接觸危害分類。

表 3-1 GHS 健康危害分類與危害群組對應表

危害群組 [#]	GHS 健康危害分類*
E	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 生殖細胞致突變性物質第 1、2 級 ◆ 致癌物質第 1 級 ◆ 呼吸道過敏物質第 1 級
D	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 急毒性物質，任何暴露途徑第 1、2 級 ◆ 致癌物質第 2 級 ◆ 生殖毒性物質第 1、2 級 ◆ 特定標的器官系統毒性物質~重複暴露第 1 級
C	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 急毒性物質，任何暴露途徑第 3 級 ◆ 特定標的器官系統毒性物質~重複暴露第 2 級 ◆ 特定標的器官系統毒性物質~單一暴露第 1 級 ◆ 特定標的器官系統毒性物質~單一暴露第 3 級（呼吸道刺激） ◆ 腐蝕/刺激皮膚物質第 1 級 ◆ 嚴重損傷/刺激眼睛物質第 1 級 ◆ 皮膚過敏物質第 1 級
B	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 急毒性物質，任何暴露途徑第 4 級 ◆ 特定標的器官系統毒性物質~單一暴露第 2 級
A	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 急毒性物質，任何暴露途徑第 5 級 ◆ 腐蝕/刺激皮膚物質第 2、3 級 ◆ 嚴重損傷/刺激眼睛物質第 2 級 ◆ 所有未被分類至其他群組的粉塵或液體

危害群組 [#]	GHS 健康危害分類*
S (皮膚及 眼睛接觸)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 急毒性物質，皮膚接觸第 1、2、3、4 級 ◆ 特定標的器官系統毒性物質~單一暴露（皮膚接觸）第 1、2 級 ◆ 特定標的器官系統毒性物質~重複暴露（皮膚接觸）第 1、2 級 ◆ 腐蝕/刺激皮膚物質第 1、2 級 ◆ 嚴重損傷/刺激眼睛物質第 1、2 級 ◆ 皮膚過敏物質第 1 級

備註 1：*化學品 GHS 健康危害分類同時可分多個危害群組時，應依 E、D..A 之優先順序選擇。

備註 2：#化學品同時具吸入性危害分類（A~E 組）與皮膚及眼睛接觸危害（S 組），則兩者須同時考量。

步驟二：判定逸散程度

考量化學品之物理型態會影響其散佈至空氣中之情形，進而影響勞工之暴露量，故此步驟將依化學品之粉塵度（針對固體物質）或沸點與製程溫度（針對液體物質），來判定化學品之逸散程度，其判定依據如表 3-2 及圖 3-2。

表 3-2 化學品逸散程度判定原則

逸散程度	固體粉塵度	常溫下液體揮發度
低	為不會碎屑的固體小球。使用時可以看到細小的粉塵，如 PVC 小球。	沸點大於 150 °C
中	晶體狀或粒狀固體，使用中可以看到粉塵，但很快就下沉，使用後粉塵留在表面，如肥皂粉。	沸點介於 50 至 150 °C
高	細微、輕重量的粉末。使用時可以看到塵霧形成，並在空氣中保留數分鐘，如：水泥、黑煙末、粉筆灰。	沸點低於 50 °C

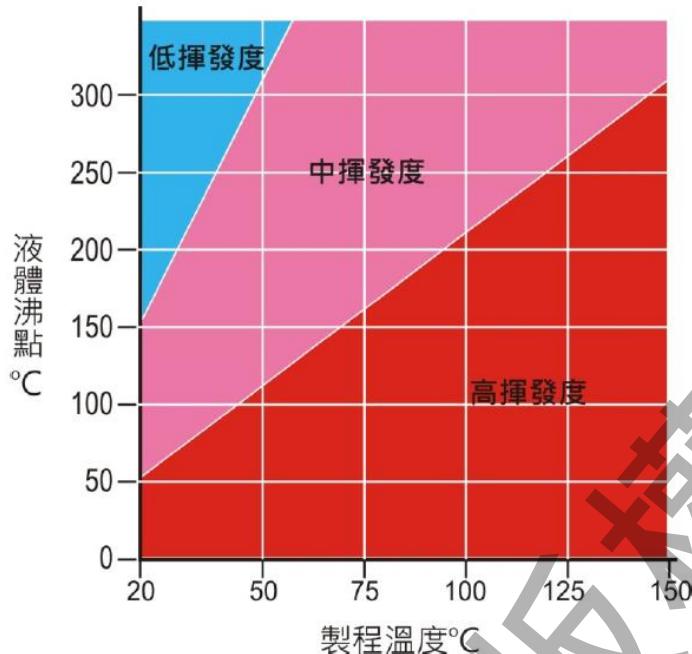


圖 3-2 製程溫度及沸點判定液體逸散程度

步驟三：選擇使用量

化學品使用量之多寡會影響該物質之暴露量，故此步驟將找出危害性化學品之使用量（指製程中每一批材料之用量或於連續製程中每天之用量），並依表 3-3 判定該化學品之使用為小量、中量或大量。

表 3-3 化學品使用量之判定

使用量	固體		液體	
	重量	包裝型態	容量	包裝型態
小量	公克 (<1公斤)	小袋或瓶子	毫升 (<1公升)	瓶罐
中量	公斤 (1~1000公斤)	小桶或圓桶	公升 (1~1000公升)	圓桶
大量	公噸 (\geq 1000公斤)	大批	立方公尺 (\geq 1000公升)	大量

步驟四：決定風險等級管理方法

利用前三步驟「危害群組」、「逸散程度」及「使用量」之評估結果，透過表 3-4 之風險等級矩陣，即可判斷出風險等級及建議之管理方法。暴露風險等級越高其暴露之健康風險越大。

表 3-4 ILO-CCB 風險等級矩陣

使用量	低粉塵度 或揮發度	中揮發度	中粉塵度	高粉塵度 或揮發度
危害群組 A				
小量	1	1	1	1
中量	1	1	1	2
大量	1	1	2	2
危害群組 B				
小量	1	1	1	1
中量	1	2	2	2
大量	1	2	3	3
危害群組 C				
小量	1	2	1	2
中量	2	3	3	3
大量	2	4	4	4
危害群組 D				
小量	2	3	2	3
中量	3	4	4	4
大量	3	4	4	4
危害群組 E				
所有屬於危害群組 E 的化學品皆使用管理方法 4。				

步驟五：參考暴露表單

依據步驟四判定之風險等級，決定其管理方法並選擇適當之暴露控制表單（管理方法 1~4 分別對應風險等級 1~4 級）。所提供之暴露控制措施包括：整體換氣、局部排氣、密閉操作、暴露濃度監測、呼吸防護具及專家建議等。若該化學品同時經判定屬危害群組 S，則亦提供皮膚接觸暴露控制表單。另對於安全裝置或廢棄物處置等作業，亦提供相關之安全及環境控制表單。

二、新加坡「有害化學品風險評估規範」（簡稱 SQRA）

新加坡「有害化學品風險評估規範」同樣是針對危害性化學品劃分不同之「危害等級（Hazard Rating, HR）」及「暴露等級（Exposure Rating, ER）」，進而推估危害性化學品暴露之「風險等級（Risk Rating, RR）」。

步驟一：危害等級（HR）之劃分

危害等級（HR）之劃分可依化學品之「急毒性」或「致癌分類、腐蝕性、刺激性」進行分類。判定原則如下表 3-5 及表 3-6。

表 3-5 以急毒性「 LC_{50} 與 LD_{50} 」判定危害等級

危 害 等 級	給老鼠口服中數致死劑量(LD_{50})每公斤體重毫克	給老鼠或兔子經由皮膚吸收的中數致死劑量(LD_{50})每公斤體重毫克	給老鼠吸入中數致死劑量(LC_{50})每小時吸入氣態毫克量	給老鼠吸入中數致死劑量(LC_{50})每四小時吸入液固態毫克量
2	>2000	>2000	>20	>5
3	$>200 \sim \leq 2000$	$>400 \sim \leq 2000$	$>2.0 \sim \leq 20$	$>1 \sim \leq 5$
4	$>25 \sim \leq 200$	$>50 \sim \leq 400$	$>0.5 \sim \leq 2.0$	$>0.25 \sim \leq 1$
5	≤ 25	≤ 50	≤ 0.5	≤ 0.25

表 3-6 以「後果/危害類別」區分或制定危害等級

危害等級	後果/危害類別
1	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 對健康不知有何不良影響 ◆ ACGIH 致癌物分類為 A5 ◆ 不列為有毒性或有傷害性
2	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 對皮膚、眼睛、口腔黏膜的影響可修復，尚不致於對健康造成嚴重的損害 ◆ ACGIH 致癌物分類為 A4 ◆ 對皮膚有過敏和刺激性
3	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 對人或動物可能為致癌物或致變異物，但無確切資料 ◆ ACGIH 致癌物分類為 A3 ◆ IARC 致癌物分類為 Group 2B ◆ 有腐蝕性（pH 為 3~5 或 9~11），使呼吸器官過敏，具傷害性的化學物質
4	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 據對動物的實驗，可能為致癌物、致變異物或致畸胎物 ◆ ACGIH 致癌物分類為 A2 ◆ IARC 致癌物分類為 Group 2A ◆ 極有腐蝕性（pH 為 0 - 2 或 11.4 - 14） ◆ 毒性的化學物質
5	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 已知對人為致癌物、致變異物、或致畸胎物 ◆ ACGIH 致癌物分類為 A1 ◆ IARC 致癌物分類為 Group 1 ◆ NTP 致癌分類 A ◆ 較毒性的化學物質

步驟二：暴露等級（ER）計算方式

暴露等級（ER）之判定方式，若有執行作業環境監測結果則可依該化學品定量統計評估方式分級，以暴露濃度除以容許濃度值得出暴露指數（以暴露濃度/容許濃度標準或 X_{95} 表示）得到比值後對照其暴露等級，分級越高代表其暴露風險越大，暴露等級對照簡述如表 3-7。現場作業因屬動態，為能合理推估暴露值的分布，因此應收集至少 6 筆以上之量測結果進行統計。

表 3-7 暴露指數與暴露等級對照表

(暴露濃度/容許濃度標準)	暴露等級
$X_{95} < 0.1 \text{ PEL}$	1
$0.1 \text{ PEL} \leq X_{95} < 0.5 \text{ PEL}$	2
$0.5 \text{ PEL} < X_{95} < \text{PEL}$	3
$\text{PEL} \leq X_{95} < 2 \text{ PEL}$	4
$X_{95} \geq 2 \text{ PEL}$	5

備註： X_{95} 為暴露實態之第 95 百分位值

而若無環測資料之風險等級判定，可將作業條件與環境特性，暴露相關之因素等納入考量，如：蒸氣壓或微粒大小（氣動直徑）、OT/PEL（臭度）比率、危害控制措施、每週使用量與暴露時間等。並給予各項暴露因素劃分不同之暴露指數（Exposure Index, EI），共劃分為 1~5 分，分數越高代表其暴露風險也越大，如表 3-8。

暴露等級計算方式如下：

$$ER = (EI_1 \times EI_2 \times \dots \times EI_n)^{1/n}$$

表 3-8 新加坡 SQRA 暴露等級分類原則

暴露指數 暴露因素	1	2	3	4	5
蒸氣壓 (mmHg)	<0.1	>0.1~1	>1.0~10	>10~100	>100
或微粒大小 (氣動直徑 μm)	粗糙、大塊 或的物質	粗糙及乾的 物質	乾及小的微 粒>100	乾及細的微 粒 10-100	乾及微細的 粉末<10
OT/PEL 比率	<0.1	0.1~0.5	>0.5~1	>1~2	≥ 2
危害控制 措施	完全密閉或 良好的排氣 系統	局部排氣且 有定期維護	有局部排氣 但沒有定期 維護	整體換氣	無控制 措施
每週使用量 (Kg)	幾乎可忽略 的使用量<1	少量使用量 1~<10	中等使用量 勞工有訓練 10~<100	大量使用 勞工有訓練 100~<1000	大量使用 勞工有訓練 >1000
每週作業時間	<8 小時	8~16 小時	16~24 小時	24~32 小時	32~40 小時

步驟三：風險等級 (RR) 之推估

風險等級依不同危害等級與暴露等級做出風險矩陣，並求得風險與對照分級管理，如圖 3-3；風險等級 (RR) 越高代表其暴露風險越大。

$$\text{風險等級 (RR)} = [\text{危害等級 (HR)} \times \text{暴露等級 (ER)}]^{1/2}$$

ER \ HR	1	2	3	4	5
1	1	1.4	1.7	2	2.2
2	1.4	2	2.4	2.8	3.2
3	1.7	2.4	3	3.5	3.9
4	2	2.8	3.5	4	4.5
5	2.2	3.2	3.9	4.5	5

1. 可忽略風險
2. 低度風險
3. 中度風險
4. 高度風險
5. 非常高度風險

圖 3-3 新加坡 SQRA 風險等級對照表

步驟四：管理與控風險減緩措施

確認風險等級後應採取相關之管理與風險減緩措施，暴露控制為風險減緩措施其中一環，包括：整體換氣、局部排氣、密閉操作、暴露濃度監測、呼吸防護具及專家建議等。各事業單位可參考公告之化學品分級管理運用手冊，內容已提供簡易的執行紀錄表單及檢核表，以利使用者作為管理、檢查及紀錄之用。

當風險評估分級後其結果為 4 級以上者，視為高度風險，應採取適當工程控制措施，例如加裝通風設備、設備改為密閉操作或獨立隔間作業等。如屬中度風險者，應就製程設備、依作業程序或作業方法實施檢點，採取必要改善措施（如設備操作、維護、監督、自主檢查等）。如屬低度風險者，可採取相關行政管理措施（如人員進出管制、訓練宣導、防護具使用管理等）。

三、我國 ILO-CCB 與新加坡 SQRA 比較

我國 ILO-CCB 乃以 ILO-ICCT 為基礎發展，並以我國危害通識制度推行多年之 GHS 健康危害作為危害分類判斷的依據。執行 ILO-CCB 可搭配暴露控制表單做為控制措施；以合成樹脂接著劑製造產業為例，常見可能暴露危害性化學品製程主要區分為秤重、調和

溶解、灌充、調膠、塗佈等高危害製程，得以針對各製程製作控制表單，相關資訊可參考「合成樹脂接著劑產業化學品暴露分級管理實務手冊」之附件[6]。控制表單可由廠內安全衛生單位或人員依風險分級情形決定採取控制措施，其內容乃結合人員防護、控制設備要求及環境管理等進行全面性管理規劃。

當 ILO-CCB 評估結果為 3 或 4 等級時，或 SDS 資訊不夠完整，得用其他方法重新評估。就新加坡 SQRA 而言，使用方法與 ILO-CCB 相似，且適用固體、液體或氣體狀態之化學品，評估參數較 ILO-CCB 多，因此接受程度高於其他方法。為方便使用者閱讀，更清楚半定量評估工具選用時機及使用注意事項，上述兩種半定量評估工具相關說明彙整如表 3-9。

表 3-9 半定量評估工具選用時機及注意事項

項目 評估工具	我國 ILO-CCB	新加坡 SQRA
使用參數	GHS 健康危害、逸散度、使用量	危害等級及暴露等級 (含控制措施)
風險評估等級	4 級	5 級
控制措施	暴露控制表單	風險控制減緩措施
使用時機	1. 混合液體或固體且具健康危害者，適合使用之半定量暴露風險評估工具。 2. 微型企業、中小企業製程簡單、化學品種類少時。 3. 電鍍、加工、表面處理、藥水調料等作業所使用物質多為水溶性（例：鹽酸、硝酸）； 安全資料表 SDS 資訊不齊	1. 化學品 SDS 缺乏 LD ₅₀ 或 LC ₅₀ 等危害性資訊，此法可採用 SDS 文件中的 GHS 健康危害分類（即 SDS 第二項危害辨識資料），定義為不同層級之危害等級 (HR)，加速評估作業進度亦能避免動物實驗數據取得不易的問題。 2. ILO-CCB 分級後為中、高風險

項目 評估工具	我國 ILO-CCB	新加坡 SQRA
	<p>全，可推估尚未訂定容許暴露濃度限值之化學品的相對暴露風險。</p>	<p>等級，且控制措施有執行困難。</p> <ul style="list-style-type: none"> 3. 中小企業但化學品種類及使用量多。 4. 暴露風險略高時，可採用此法將更多暴露評估納入考量，使其評估結果與實態更為接近。
注意事項	<p>1. 具 PEL 且屬法定監測之化學品，仍須以作業環境監測方式實施，不得以半定量評估方法取代。</p> <p>2. ILO-CCB 模式僅以物質之逸散程度及使用量為暴露等級之評估參數，未考量製程控制措施及暴露時間。如製程溫度較高增加逸散風險、亦或短時間高暴露（例：進料時間小於 1 小時），評估結果可能較易高估化學品之暴露風險。</p>	<p>1. 使用新加坡半定量模式其暴露評比（ER）採用項目應一致，避免引用資訊不足或差異性過大的資料；例如，嗅覺閾值（OT）。</p> <p>2. 同一種化學品經兩種模式評估之危害等級或危害群組可能不一致。例：丙酮或冰醋酸等有機溶劑，參考 SDS 資料經 ILO-CCB 評估為 C 類化學品，但經新加坡模式評估為危害第 2 級。建議可先以 ILO-CCB 進行評估，再針對其評估結果可能過度高估風險等級的部分（如 CCB 評估結果為第 3 或第 4 風險等級者），再進一步以考量較多參數之新加坡模式重新進行評估（含控制措施及暴露頻率、時間），以更準確評估勞工之暴露風險。</p>

3-2 ILO-CCB 案例

【3-2-1 電鍍製程案例】

一、背景說明：

金屬表面處理業員工人數 15 人，配置 1 名丙種職業安全衛生業務主管，以機車零件電鍍金屬表面處理為主要製程。電鍍製程將金屬製品使用熱脫脂劑與碳酸鈉脫脂，再使用硝酸或氟化氫酸洗去除表面氧化與鏽蝕物，經中和後使用碳酸鎳等物質進行鍍鎳，再以鉻酸（三氧化鉻）鍍鉻，鍍鉻完後以重鉻酸鉀、氫氧化鉀進行鈍化處理，乾燥後即完成電鍍作業。製程說明如圖，化學物質則使用鉻酸、硝酸等，如圖 3-4、表 3-10。

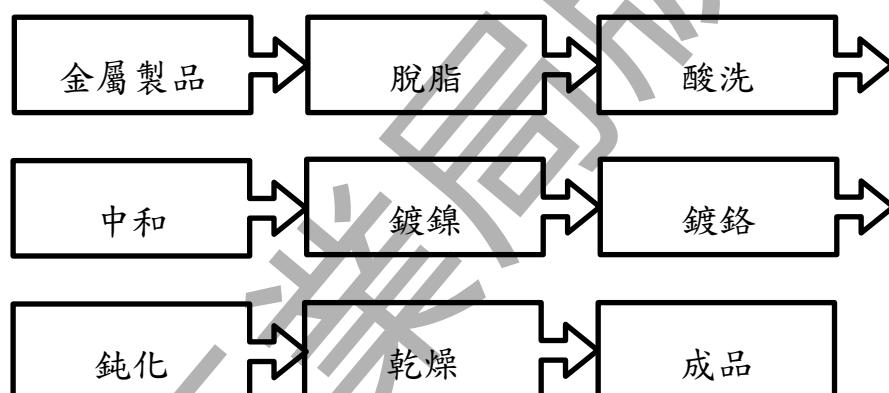


圖 3-4 電鍍製程

表 3-10 化學品清單（摘錄）

項次	中文名稱	CAS No.	英文名稱
1	鉻酸	1333-82-0	Chromic acid
2	重鉻酸鉀	7778-50-9	Potassium dichromate
3	硝酸	7697-37-2	Nitric acid
4	氟化氫	7664-39-3	Hydrogen fluoride
5	硫酸	7664-93-9	Sulfuric acid
6	碳酸鎳	7440-02-0	Nickel (II) carbonate

項次	中文名稱	CAS No.	英文名稱
7	氫氧化鈉	1310-73-2	Sodium hydroxide
8	氫氧化鉀	1310-58-3	Potassium hydroxide

二、化學品管理執行情形：

執行項目	執行狀況	說明
SDS 資料收集	○	
危害性化學品清單	○	
SEG 分類	△	僅分為酸洗、電鍍、廢水區 3 組，未全面考量劃分
半定量評估分級管理	✗	尚未完成化學品分級
定量環境監測	○	鉻酸、硝酸、重鉻酸鉀、硫酸、碳酸鎳與氟化氫已執行環測
暴露分級管理	✗	未執行暴露評估

註：○代表有建置，△代表有建置但不完整，✗代表未建置。

三、面臨問題與採用評估方法：

項目	說明
面臨問題	<ol style="list-style-type: none"> 已收集安全資料表及彙整危害物質清單，但不熟悉操作方法，因此未能執行化學品分級及暴露評估管理。 因製程中各站使用化學品不同，相似暴露群 SEGs 劃分方式未能代表各暴露對象，執行結果恐有低估之可能。
採用評估方法 ILO-CCB	<ol style="list-style-type: none"> 作業區域如圖 3-5，各製程已有區隔，製程包括脫脂、酸洗、中和、鍍鎳（鉻）等作業；輔導前原有相似暴露族群（SEG）資料，如表 3-11。各區使用化學品亦不同，建議應細分了解各作業危害暴露情

項目	說明
	<p>形，因此 SEG 應以作業別區分並建議分為：酸洗作業、鍍鎳作業、鍍鉻作業、鈍化作業、清洗作業、污水處理作業（中和），才能有效進行危害性化學品評估及分級管理，重新規劃 SEG 如表 3-12。</p> <p>2. SEG01 氟化氫、SEG02 鎳之化合物、SEG03 鉻酸、SEG04 重鉻酸鉀、SEG05 硫酸均屬法定規定項目，因此需依勞工作業環境監測實施辦法執行定期監測。</p> <p>3. 依其公司規模及化學品使用種類不多，以 ILO-CCB 方法執行化學品暴露分級管理即可，如：硝酸、氫氧化鉀、碳酸鈉、氫氧化鈉、亞硫酸氫鈉、聚合氯化鋁（PAC）等物質。</p> <p>4. 依前述 ILO-CCB 方法說明，其執行結果根據危害等級、逸散度與使用量等資料判斷風險等級，判定結果除 SEG05 亞硫酸氫鈉與 SEG06 亞硫酸氫鈉風險等級為 4 外，其餘 SEG 風險等級皆為 1~2，如表 3-13。</p>

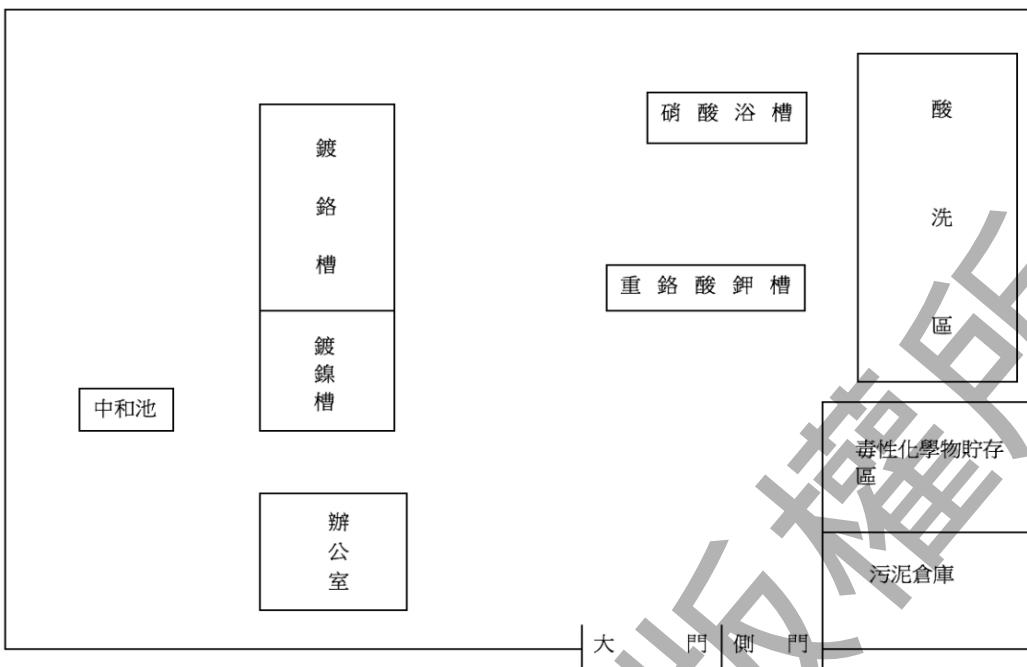


圖 3-5 現場配置圖

表 3-11 廠方原規劃之相似暴露族群 (SEG)

SEG	作業場所	每班暴露人數	暴露危害物
SEG01	酸洗區	2 人	硝酸、氟化氫
SEG02	電鍍區	7 人	三氧化鉻、重鉻酸鉀、碳酸鎳
SEG03	廢水處理區	1 人	硫酸

表 3-12 經輔導後重新規劃之相似暴露族群 (SEG)

SEG	作業場所	作業類型	人數	使用化學品
SEG01	酸洗區	酸洗	2	硝酸、氟化氫
SEG02	鍍鎳區	鍍鎳	3	碳酸鎳
SEG03	鍍鉻區	鍍鉻	3	鉻酸 (三氧化鉻)
SEG04	表面處理	鈍化	1	重鉻酸鉀、氫氧化鉀
SEG04	表面處理	清洗	1	熱脫脂劑 (91% 碳酸鈉)
SEG05	廢水處理區 (中和)	汙水處理	1	硫酸、氫氧化鈉、聚合氯化鋁 (PAC)、亞硫酸氫鈉
SEG06	廢水區	汙水處理	1	亞硫酸氫鈉

四、風險減緩控制措施建議

風險等級 4 管理辦法為特殊規定，風險等級 2 為工程控制。

目前 SEG05、SEG06 亞硫酸氫鈉風險等級為 4，應由專家學者進行評估。由於 ILO-CCB 執行上簡便，但考量參數項目較少，若與作業環境監測相比，就評估結果而言，容易有高估現象。亞硫酸氫鈉具有容許濃度且有採樣方法，因此專家建議進行作業環境測定，依據檢測結果評估暴露等級，再來檢討風險減緩控制措施，以確保勞工健康安全。目前風險等級 2，管理方式均已採用工程控制（局部排氣）或密閉隔離，已符合化學品分級管理要求。

該公司已擬下次環測增加「亞硫酸氫鈉」測定項目，以掌握實際暴露實態。後續依法令規定，定期進行一次暴露評估，確定其風險有否變化；惟製程變更、現場作業環境條件、使用量變化或是原物料變更情形下，應於 3 個月內完成重新評估，以確認風險之符合性。

表 3-13 半定量暴露資料收集與風險等級判別記錄表

SEG	使用區域	作業型態 描述	使用化學品名稱	半定量 ILO-CCB			定量		風險減緩控制措施建議	
				危害 分級	風險 等級	暴露控制表單 選取建議	暴露等級			
							無環測	有環測		
01	酸洗區	酸洗	硝酸	C+S	-	-		1	個人防護具使用、保持例行性環境監測評估	
01	酸洗區	酸洗	氟化氫	D+S	-	-		1	個人防護具使用、保持例行性環境監測評估	
02	鍍鎳區	鍍鎳	碳酸鎳	E+S	-	-		1	個人防護具使用、保持例行性環境監測評估	
03	鍍鉻區	鍍鉻	鉻酸（三氧化鉻）	E+S	-	-		1	個人防護具使用、保持例行性環境監測評估	
04	表面處理	鈍化	重鉻酸鉀	E+S	-	-		1	個人防護具使用、保持例行性環境監測評估	
04	表面處理	鈍化	氫氧化鉀	C+S	2	管理方法 2	-	-	局部排氣使用或既有局部排氣效能檢查、個人防護具使用、建議實施環境監測	
04	表面處理	清洗	熱脫脂劑（91% 碳酸鈉）	B+S	1	管理方法 1	-	-	個人防護具使用、保持例行性評估	
05	廢水處理區	汙水處理	硫酸	C+S	-	-		1	個人防護具使用、保持例行性環境監測評估	
05	廢水處理區	汙水處理	氫氧化鈉	C+S	2	管理方法 2	-	-	局部排氣使用或既有局部排氣效能檢查、個人防護具使用、實施環境監測	
05	廢水處理區	汙水處理	亞硫酸氫鈉	E+S	4	管理方法 4	-	-	建議增加實施環境監測、局部排氣使用或既有局部排氣效能檢查、個人防護具使用	
05	廢水處理區	汙水處理	聚合氯化鋁（PAC）	C+S	1	管理方法 1	-	-	個人防護具使用、保持例行性評估	
06	廢水區	汙水處理	亞硫酸氫鈉	E+S	4	管理方法 4	-	-	建議增加實施環境監測、局部排氣使用或既有局部排氣效能檢查、個人防護具使用	

【3-2-2 水處理製程案例】

一、背景說明：

水處理化學品業，員工人數 18 人，依法設置 1 名丙種職業安全衛生業務主管。主要生產水處理化學品，如：氯化鐵、氯化亞鐵、硫酸亞鐵等。該廠使用氯化亞鐵、硫酸亞鐵再加上廢鋼鐵或廢酸洗液通入氯氣製作氯化鐵、氯化亞鐵和硫酸亞鐵等成品，以氯化鐵、氯化亞鐵製程為例，說明如圖 3-6，化學品清單如表 3-14。

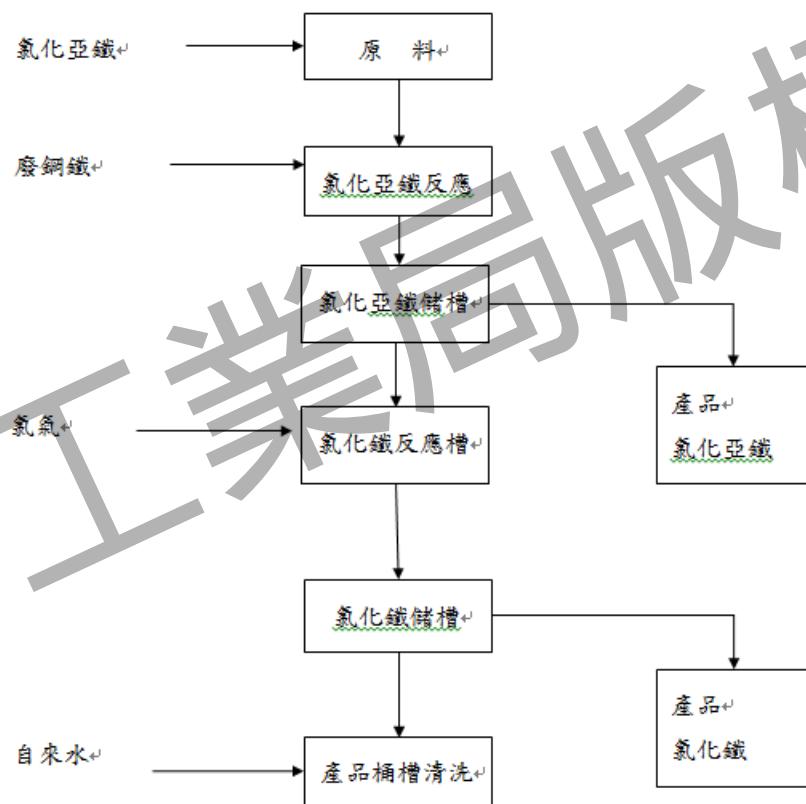


圖 3-6 工業用氯化鐵、氯化亞鐵製程

表 3-14 原化學物質清單

項次	中文名稱	CAS No.	英文名稱
1	氯	7782-50-5	Chlorine
2	氯化亞鐵	7704-84-1	Ferrous Chloride Solution
3	硫酸亞鐵	7782-63-0	Sulfuric acid, iron (2+) salt

二、化學品管理執行情形：

執行項目	執行狀況	說明
SDS 資料收集	△	已有收集氯、氯化亞鐵、硫酸亞鐵，缺少硫酸、鹽酸物質之資料
危害性化學品清單	△	
SEG 分類	△	輔導前僅分氯氣儲存區 1 組，未考量其他使用化學品製程區域
半定量評估分級管理	✗	尚未完成化學品分級
定量環境監測	✗	硫酸 0.1%，認為無須實施環測
暴露分級管理	✗	未執行暴露評估

註：○代表有建置，△代表有建置但不完整，✗代表未建置。

三、面臨問題與採用評估方法：

項目	說明
面臨問題	<ol style="list-style-type: none"> 有收集安全資料表及彙整危害物質清單，但不熟悉操作方法因此未能完成化學品分級及暴露評估工作。 未清楚相似暴露群 SEGs 劃分原理，因此僅劃分 1 區儲存區，如表 3-15。 對法令不熟，誤以為 0.1% 硫酸無需進行環測，因此未實施。
採用評估方法 ILO-CCB	<ol style="list-style-type: none"> 該公司規模小，使用化學品種類少，人力有限，因此建議以 ILO-CCB 進行化學品暴露評估即可。 重新調查彙整化學物質清單，彙整後如表 3-16；硫酸雖只有 0.1%，但此為法定之環測項目，且現場使用量大，應納入進行環境監測。非環測項目如氯化亞鐵、硫酸亞鐵、鹽酸則以 ILO-CCB 評估方法進行暴露評估與風險分級。原 SEG 僅以氯氣分為 1 組，無法了解化學品使用暴露風險，現場作業環境已將各項作業以隔間區隔，為能掌握各種不同物質與作業特性之危害暴露情形，因此各相似暴露族群 (SEG) 則以作業區劃分，重新規劃後改為 7 組，如表 3-17。

項目	說明
	3. 依第三章 ILO-CCB 執行方法說明，調查各 SEG 使用化學品的相關資料，再依據危害等級、逸散度與使用量等資料判斷風險等級，除了 SEG 05 硫酸亞鐵反應區風險等級 2，其餘為 1。經判定後硫酸直接納入作業環境監測計畫實施量測，餘項執行結果如表 3-18。

表 3-15 廠商原規劃之相似暴露群 (SEG)

SEG	作業場所	每班暴露人數	暴露危害物
SEG01	氯氣儲存區	2 人	氯氣

表 3-16 重新彙整化學物質清單

項次	中文名稱	CAS No.	英文名稱
1	氯	7782-50-5	Chlorine
2	氯化亞鐵	7704-84-1	Ferrous Chloride Solution
3	硫酸亞鐵	7782-63-0	Sulfuric Heptahydrate
4	硫酸	7664-93-9	Sulfuric acid
5	鹽酸	7647-01-0	Hydrogen chloride

表 3-17 重新規劃之相似暴露群 (SEG)

SEG	作業場所	作業類型	人數	使用化學品
SEG01	氯化亞鐵儲存區	卸料裝填	2	氯化亞鐵
SEG02	廢酸洗液區 I	卸料裝填	2	氯化亞鐵、鹽酸 (0.1%)
SEG03	氯化亞鐵反應區	卸料裝填	2	氯化亞鐵
SEG04	氯化鐵反應區	卸料裝填	2	氯化亞鐵、氯
SEG05	硫酸亞鐵反應區	卸料裝填	2	硫酸亞鐵、硫酸 (0.1%)
SEG06	氯氣儲存區	卸料裝填	2	氯
SEG07	廢酸洗液區 II	卸料裝填	2	氯化亞鐵、鹽酸 (0.1%)

表 3-18 半定量暴露資料收集與風險等級判別記錄表

SEG	使用區域	作業型態描述	使用化學品名稱	半定量 ILO-CCB			定量		風險減緩控制措施建議
				危害分級	暴露等級	暴露控制表單	風險等級		
							選取建議	無環測	有環測
01	氯化亞鐵儲存區	卸料裝填	氯化亞鐵	B+S	1	管理方法 1	-	-	個人防護具使用、保持例行性評估
02	廢酸洗液區 I	卸料裝填	氯化亞鐵	B+S	1	管理方法 1	-	-	個人防護具使用、保持例行性評估
02	廢酸洗液區 I	卸料裝填	鹽酸 (0.1%)	B+S	1	管理方法 1	-	-	個人防護具使用、建議實施環境監測
03	氯化亞鐵反應區	卸料裝填	氯化亞鐵	B+S	1	管理方法 1	-	-	個人防護具使用、保持例行性評估
04	氯化鐵反應區	卸料裝填	氯化亞鐵	B+S	1	管理方法 1	-	-	個人防護具使用、保持例行性評估
04	氯化鐵反應區	卸料裝填	氯	D+S	-	-	-	-	個人防護具使用、實施作業環境監測（必要項）
05	硫酸亞鐵反應區	卸料裝填	硫酸亞鐵	C+S	2	管理方法 2	-	-	個人防護具使用、保持例行性評估
05	硫酸亞鐵反應區	卸料裝填	硫酸 (0.1%)	C+S	-	-	-	-	個人防護具使用、實施作業環境監測（必要項）
06	氯氣儲存區	卸料裝填	氯	D+S	-	-	-	1	個人防護具使用、保持例行性環境監測評估
07	廢酸洗液區 II	卸料裝填	氯化亞鐵	B+S	1	管理方法 1	-	-	個人防護具使用、保持例行性評估
07	廢酸洗液區 II	卸料裝填	鹽酸 (0.1%)	B+S	1	管理方法 1	-	-	個人防護具使用、建議實施環境監測

四、風險減緩控制措施建議

1. SEG05 風險等級為 2 外，其餘 SEG 風險等級皆為 1，管理辦法為工程控制與整體換氣，而該公司目前的管理方式皆為密閉隔離，已經符合化學品分級管理的要求。
2. 其風險等級為 2 級，依法令規定應定期 1 年執行 1 次暴露評估，但若製程變更、現場作業環境條件、使用量變化或是原物料變更情形下，應於 3 個月內完成重新評估，以確認風險之符合性。
3. 防護具應依防護具使用與管理定期檢查、保養，並適切進行汰換，確保使用者之健康安全。

3-3 新加坡 SQRA 案例

【3-3-1 金屬表面處理製程案例】

一、背景說明：

金屬表面處理廠，勞工人數 57 人，金屬處理製程包括：鋁合金陽極處理、硬質陽極處理及曲凸面 UV 移網印，以陽極處理為例，處理流程如表 3-19。製程常用之化學品約有 10 種健康危害化學品。該製程使用之化學品有酸脫脂劑、硝酸、氫氧化鈉、中和劑等共 11 項，化學品清單摘錄如表 3-20。

表 3-19 陽極處理流程說明

步驟	製程	使用化學品	說明
1	上架	無	將產品掛具上
2	脫脂	酸脫脂劑+硫酸	表面油脂去除
3	片鹼	氫氧化鈉	表面氧化物清除
4	中和	硝酸+中和劑	將材質表面維持穩定
5	高溫化學拋光	硝酸+磷酸+硫酸+化拋添加劑+硫酸銅	將表面用化學方式讓表面變光滑
6	低溫化學拋光	硝酸+磷酸+硫酸	將表面用化學方式讓表面呈現出綿密效果
7	氟化氫	氟化氫	將表面咬蝕，讓表面呈化霧面效果
8	陽極	硫酸	將表面用電解方式氧化
9	染色	色料	將產品染色
10	封孔	封孔劑	將表面毛細孔填滿
11	下架	無	

表 3-20 化學品清單（摘錄）

SDS 編號	物品名稱	主要成分	CAS No.	使用資料		
				使用 地點	用途 說明	每月平均數量 (公噸)
1	硫酸	硫酸	7664-93-9	鋁陽 極處 理區	鋁陽 極處 理原 料	2.88
2	磷酸	磷酸	07664-38-2			9.24
3	氫氧化鈉	氫氧化鈉	7697-37-2			2.17
4	氟化氫氫	氟化氫氫	1341-49-7			1.2
5	脫脂劑	酸脫脂劑	無			0.24
6	封孔劑	四水合醋酸鎳	6018-89-9			0.23
8	化拋添加劑	有機酸	無			0.14
9	中和劑	有機酸	無			1.44

二、化學品管理執行情形：

執行項目	執行狀況	說明
SDS 資料收集	○	有依 SDS 執行 GHS 標示
危害性化學品清單	×	未建立
SEG 分類	×	
半定量評估分級管理	×	
定量環境監測	×	
暴露分級管理	×	

註：○代表有建置，△代表有建置但不完整，×代表未建置。

三、面臨問題與採用評估方法：

項目	說明
面臨問題	<p>1. 人員未熟悉法令規定及執行方法，以致執行未完善，包括清單建立、SEG 劃分及執行環境測定、危害性化學品評估及暴露評估分級管理等。</p> <p>2. 現場雖有裝設局部排氣裝置，但效果不佳，無法有效移除有害污染物，如圖 3-7。</p> <p>3. 製程化學使用頻率取決客戶訂單狀況，調查使用資訊無法拿捏、化學品資料不足，以致 ILO-CCB 評估無結果（如表 3-21）。</p> <p>4. 執行 ILO-CCB 風險等級 3 以上，不知如何進行後續工作。</p>
採用評估方法 新加坡 SQRA	<p>1. 依收集 SDS 進行作業內容調查，確認作業型態與暴露情形等資訊建立化學品清單。</p> <p>2. 該公司規模小、化學品種類少及人力有限，以 SEG01 鋁陽極處理區為例，具容許濃度 PEL 如硫酸，為法規要求須實施環測，非法定項目但具容許濃度如：酸脫脂劑、硝酸、氫氧化鈉、中和劑等餘項，採用 ILO-CCB 半定量評估方法執行，執行結果摘錄如表 3-21；篩選出風險等級 3、4 級以硫酸、封孔劑為例，硫酸依法令規定進行環測，因 ILO-CCB 評估辦法並無考量使用頻率與控制措施，可能會導致評估結果高估，不易採取相對應之控制措施。因此另以新加坡之「有害化學品風險評估規範」SQRA 重新評估（增加考量控制措施），結果如表 3-22。由表中可見，即使缺乏蒸氣壓資訊，有其他控制措施、作業時間等亦可做為評估參數進行暴露評估。</p> <p>3. ILO-CCB 與 SQRA 兩種半定量實施評估結果彙整如表 3-23，結果仍為中、高風險等級。半定量評估僅能做為初估，</p>

項目	說明
	不能完全代表現場作業環境暴露實態，因此建議該區應針對高風險之物質進行環測，並依其結果檢討檢視現有控制措施之有效性。



圖 3-7 現場局部排氣控制措施設置情形

表 3-21 半定量 ILO-CCB 暴露評估與風險等級（摘錄）

SEG 編組	SDS 控管編號	物品名稱/ 其他名稱	主要成分	安全資料表 CAS No.	危害（群組）分類	容許 標準	使用資料			GHS SDS	ILO-CCB 評估方法			
							使用地點	用途 說明	每月平 均數量 (公噸)		危害 分類	散布 狀況	使用量	風險 等級
SEG-1	1	硫酸	硫酸	7664-93-9	急毒性物質第 5 級（吞食）、 急毒性物質第 2 級（吸入）、 金屬腐蝕物第 1 級、 腐蝕／刺激皮膚物質第 1 級、 嚴重損傷／刺激眼睛物質第 1 級	1mg/m ³	鋁陽極處理區	鋁陽極處理原料	2.88	<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	D+S	低	中	3
	6	封孔劑	四水合醋酸鎳	6018-89-9	急毒性物質（吞食）第 4 級； 急毒性物質（吸入）第 3 級； 腐蝕／刺激皮膚物質第 2 級；嚴 重損傷／刺激眼睛物質第 2A 級；呼吸道過敏物質第 1 級； 皮膚過敏物質第 1 級； 生殖細胞致突變性物質第 2 級； 致癌物質第 1A 級； 特定標的器官系統毒性物質—單 一暴露第 3 級（呼吸系統）； 特定標的器官系統毒性物質—重	(Ni) 1mg /m ³ (ACGI H)	鋁陽極處理區	鋁陽極處理原料	0.23	<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	E+S	高	中	4

SEG 編組	SDS 控管編號	物品名稱/ 其他名稱	主要成分	安全資料表 CAS No.	危害（群組）分類	容許 標準	使用資料			GHS SDS	ILO-CCB 評估方法			
							使用地點	用途 說明	每月平 均數量 (公噸)		危害 分類	散布 狀況	使用量	風險 等級
					複暴露第 2 級									
SEG-1	8	化拋添加 劑	有機酸（約為 80%）	無	腐蝕/刺激皮膚物質有 3 級、 嚴重損傷/刺激眼睛物質第 2 級、 生殖毒性物質第 1 級、水環境之 危害物質。	N/A	鋁陽極處 理區	鋁陽極處 理原料	0.14	<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	D+S	N/A	中	N/A

表 3-22 半定量新加坡 SQRA 暴露評估與風險等級（摘錄）

SEG 編組	SDS 控管 編號	物品名 稱/其他 名稱	主要 成分	CAS No.	危害（群組）分類	容許標準	使用資料			新加坡 SQRA 評估方法					
							使 用 地 點	用 途 說 明	每 月 平 均 數 量 (公噸)	危 害 等 級 (HR)	蒸 氣 壓	危 害 控 制 措 施	每 週 使 用 量	每 週 作 業 時 間	風 險 計 算 (ER)
SEG-1	1	硫酸	硫酸	7664-93-9	急毒性物質第 5 級（吞食）、 急毒性物質第 2 級（吸入）、 金屬腐蝕物第 1 級、 腐蝕／刺激皮膚物質第 1 級、 嚴重損傷／刺激眼睛物質第 1 級	1mg/m ³	鋁 陽 極 處 理 區	2.88	4	2	2	4	5	3.46	中
	6	封孔劑	四水合 醋酸鎳	6018-89-9	急毒性物質（吞食）第 4 級； 急毒性物質（吸入）第 3 級； 腐蝕／刺激皮膚物質第 2 級；嚴重損傷 ／刺激眼睛物質第 2A 級；呼吸道過敏 物質第 1 級； 皮膚過敏物質第 1 級； 生殖細胞致突變性物質第 2 級；致癌物 質第 1A 級； 特定標的器官系統毒性物質—單一暴 露第 3 級（呼吸系統）；	(Ni) 1mg/m ³ (ACGIH)		0.23	5	N/A	2	3	5	3.92	中 (偏高)

SEG 編組	SDS 控管 編號	物品名 稱/其他 名稱	主要 成分	CAS No.	危害 (群組) 分類	容許標準	使用資料			新加坡 SQRA 評估方法						
							使 用 地 點	用 途 說 明	每 月 平 均 數 量 (公噸)	危 害 等 級 (HR)	蒸 氣 壓	危 害 控 制 措 施	每 週 使 用 量	每 週 作 業 時 間	風 險 計 算 (ER)	風 險 分 級
					特定標的器官系統毒性物質—重複暴露第 2 級											
SEG-1	8	化拋添 加劑	有機酸 (約為 80%)	無	腐蝕/刺激皮膚物質有 3 級、 嚴重損傷/刺激眼睛物質第 2 級、 生殖毒性物質第 1 級、水環境之危害物質。	N/A	鋁 陽 極 處 理 區	N/A	0.14	4	N/A	2	3	5	3.51	中

表 3-23 半定量風險等級判定與控制措施執行記錄摘錄

SEG 群組	SDS No.	使用區域	作業型態 描述	使用化學 品名稱	半定量風險等級		現有控制措施	風險減緩 控制措施建議
					CCB	SQRA		
01	1	鋁陽極處理區	將產品上掛及卸掛	硫酸	3	3.46 (中)	上吸式局部排氣	依法令規定執行環測，依其結果檢討控管措施；局部排氣裝置應進一步確認其抽排效能、檢視有否定期檢查保養。
	6			封孔劑	4	3.92 (中偏高)		含鎳化合物，建議先執行環測採樣，再依其結果進一步確認風險減緩配套措施。

四、風險減緩控制措施建議

同 SEG 不同危害物有不同風險等級時，應以高風險項為主，並對其風險減緩控制方法進行檢討。就本例因同區、同設備同一人作業，因此採以最高風險結果項做為最終該 SEG 之風險結果，也就是以中高風險為最終結果。從分級管理結果發現封孔劑風險等級為 4，其成份為四水合醋酸鎳，由於鎳具有容許濃度標準及採樣分析方法，因此該項物質建議納入環境監測，優於法令規定實施作業環境監測至少進行一次，取得監測結果進行評估與分級管理，以保障作業勞工暴露風險在可接受範圍。

在工程控制方面，得檢視現有局部排氣裝置之有效性，以龍門式化學設備為例，局部排氣有效性應進一步確認，例：通風量是否足夠？現場暴露濃度是否符合法令規定？局部排氣裝置有否定期檢查、清潔保養等。

除此之外，可就設備端兩側增設局部排氣或採用隔離措施減少化學品逸散情形，如圖 3-8、圖 3-9。

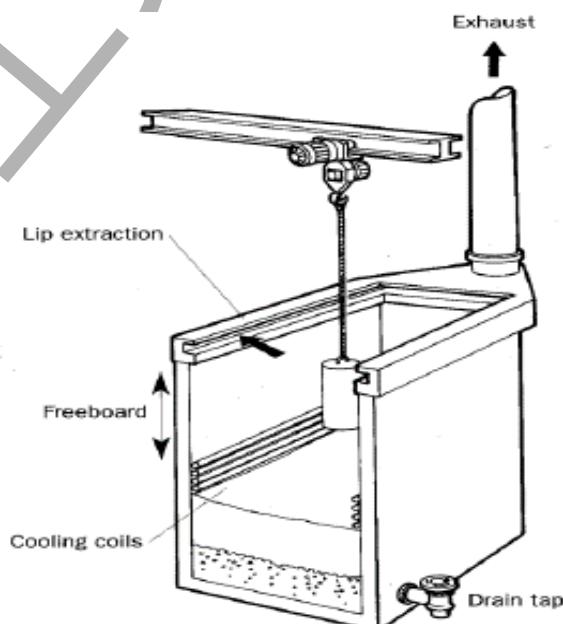


圖 3-8 局部排氣控制措施參考（以蒸氣脫脂作業為例）

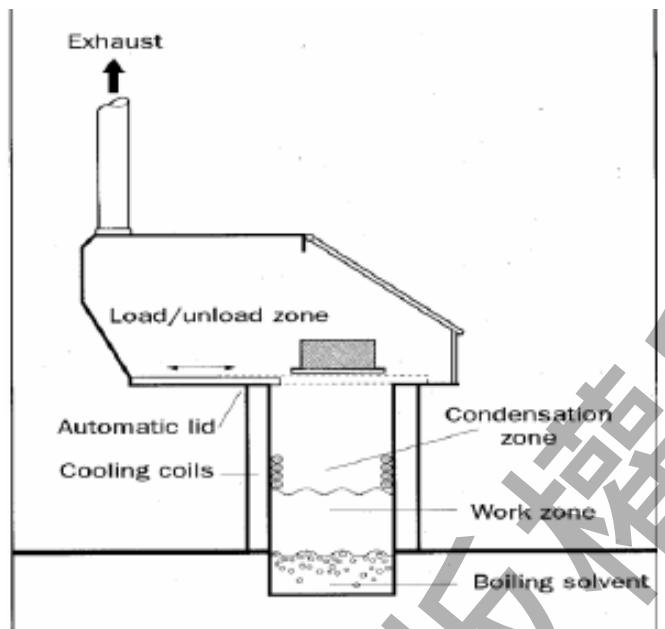


圖 3-9 隔離措施參考圖（以蒸氣脫脂作業加上蓋為例）

【3-3-2 電鍍製程案例】

一、背景說明：

金屬加工廠勞工人數 57 人，主要產品有蝕刻模板、電鍍模板及鐳射模板。製程前處理作業包括脫脂、清潔作業，接續進行電鍍作業，製程說明如圖 3-10。製程所用化學品包括 primer、1210 主劑、1210 硬化劑、鹽酸、丁酮、鎳等共 26 項，化學成份有包括 1-丁醇、乙酸乙酯、甲苯、丁酮等共有 46 項，清單摘錄如表 3-24。

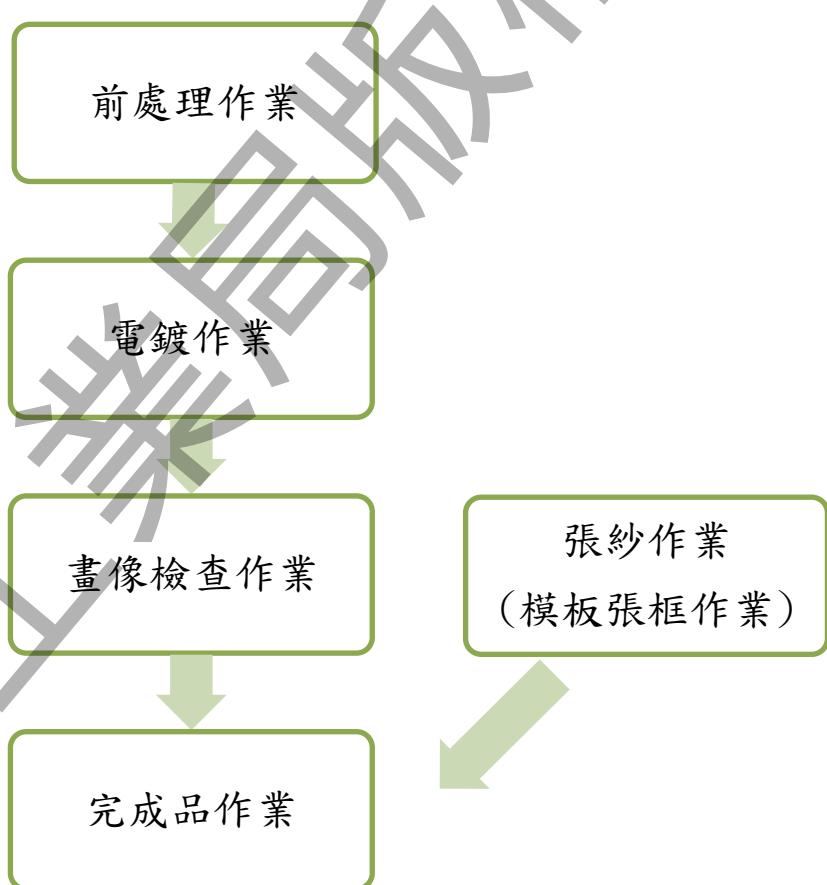


圖 3-10 模板製程流程圖

表 3-24 化學品清單（摘錄）

項次	化學品名稱	危害物質成份	CAS No.
1	Primer	1-丁醇	71-36-3
2	1210 主劑	乙酸乙酯	141-78-6
		甲苯	108-88-3
		丁酮	78-93-3
3	1210 硬化劑	乙酸乙酯	141-78-6
		甲苯二異氰酸酯(65:35 混合物)	26471-62-5
4	鹽酸	氯化氫	7647-01-0
5	MEK	丁酮	78-93-3
6	鎳	鎳	7440-02-0
7	胺礦酸鎳 (II)	胺礦酸鎳 (II)	13770-89-3
8	氯化鎳	氯化鎳	7718-54-9
9	甲醇	甲醇	67-56-1

二、化學品管理執行情形：

執行項目	執行狀況	說明
SDS 資料收集	△	SDS 未全面中文化，待需向供應商溝通
危害性化學品清單	△	使用情形未完成調查（人力有限）
SEG 分類	×	
半定量評估分級管理	×	
定量環境監測	×	未執行（不熟悉執行方法）
暴露分級管理	×	

註：○代表有建置，△代表有建置但不完整，×代表未建置。

三、面臨問題與採用評估方法：

項目	說明
面臨問題	<p>1. 對法令及相關規定未全盤了解，以致多項化學品分級管理（含化學品暴露評估）未執行。</p> <p>2. 導入 ILO-CCB 暴露評估發現有些風險等級為 4（中高風險），因 ILO-CCB 評估方法無考量控制相關措施，推估結果易有高估現象；實際上現場已有局部排氣、使用防護具等控制風險措施。</p> <p>3. 人力有限，且執行職安工作非專職專責。</p>
採用評估方法 新加坡 SQRA	<p>1. 依該公司建立清單，具 CNS 15030 健康危害化學品項進行化學品暴露評估。</p> <p>2. 依公司規模及執行需求，導入半定量評估 ILO-CCB 方法進行暴露評估，執行步驟請參閱本章 3-1 簡介。</p> <p>3. 展開作業內容調查，確認作業型態與暴露情形，以利進行相似暴露族群劃分。相似暴露族群是指工作型態、危害種類、暴露時間及濃度大致相同，具有類似暴露狀況之一群勞工，因此在此依其工作型態分為五個 SEGs，如表 3-25。</p> <p>4. ILO-CCB 項目評估結果為 3、4 等級（中、高風險等級）以 Primer (1-丁醇、甲矽烷類化合物)、1210 主劑 (乙酸乙酯、甲苯、丁酮) 為例，另採用新加坡 SQRA 推估結果為仍為中高風險。</p> <p>5. 因 1-丁醇、乙酸乙酯、甲苯、丁酮均為法定環測項目，依法執行環境監測，經其結果低於 1/2 法定容許濃度標準，因此判定為風險 1，其執行結果紀錄表如表 3-26。</p>

表3-25 SEG劃分一覽表

SEG	區域	職務說明	作業說明	人數	可能接觸之有害物
01	2F-211	作業員	張紗	1	丙酮
					正己烷
					乙酸乙酯
					甲苯
					丁酮
					乙酸異丙酯
02	1F-105	作業員	電鍍	4	甲醇
					鎳、氯化鎳
					鹽酸
03	1F-109	作業員	上膠黏貼	4	甲醇
04	2F-212	作業員	BMS 作業	4	正丁醇
05	3F-301	作業員	回收框處理	1	丁酮

表 3-26 半定量與定量暴露分級執行結果（摘錄）

1. 使用化學品基本資料 (危害物質清單符合危害通識規則所需資料)				2. 執行篩分			3. 暴露分組與 SEG 劃分		4. 風險暴露分級評估方法					5. 風險分級管理		
SDS 編號	化學品 名稱	主要成分與 含量% (混合物全列出)	CAS No.	具有容許 濃度標準	是否需定期 環境監測	相似暴 露族群 (SEG) 編碼	現有 控制 措施	半定量評估方法		定量作業環境監測結果			風險評估結果 等級 (選擇最 適切者，如定 量評估法較半 定量評估方法 適切)	評估結果 風險控制 作為	下次評估 時間	
				是/否	PEL-TWA 值 (ppm 或 mg/m³)			CCB 風險矩 陣分級 結果	SQRA 風險 等級	環測結果濃度 (ppm 或 mg/m³)	Ci/PEL 比值	定量環 測分級 結果				
1	Primer	1-丁醇 (99%~99.5%)	71-36-3	○	100 ppm	SEG3	局部 排氣	3	3.69	<1.539ppm	0.01539	1	採定量評估等 級 1	維持現 況，持續 觀察	2019/06/30 (依法)	
		甲矽烷類化合物 (0.5%-1.0%)	7803-62-5	×	×											
2	1210 主劑	乙酸乙酯 (45%~55%)	141-78-6	○	400 ppm	SEG1	局部 排氣	3	3.72	2.245ppm	0.0056125	1	採定量評估等 級 1	維持現 況，持續 觀察	2019/06/30 (依法)	
		甲苯 (1%~10%)	108-88-3	○	100 ppm					<0.134ppm	0.00134					
		丁酮 (15%~25%)	78-93-3	○	200 ppm					4.285ppm	0.021425					
		聚酯樹脂 (30±1%) (管制對象 外)	Trade Secret	×	×					—	—					

四、風險減緩控制措施建議：

工程控制方面，現場電鍍製程均已裝設局部排氣裝置，已符合法令規定。後續針對定期檢查、保養、量測風速確保其效能，並將執行結果紀錄備查。

行政管理方面，建置作業環境監測機制，落實執行其化學品暴露評估及環境監測工作，以有效掌握作業環境暴露之合法性。此外，現場作業人員均配戴個人防護具，維護個人健康安全，同時安排人員進行特殊危害健康檢查（鎳作業、正己烷）。

每半年重新確認現場作業環境、使用化學品情形等條件，若期間有新增、變更製程或原物料等應在三個月內重新並完成暴露評估，亦應檢視環境監測計畫及採樣策略並修正其相關內容。

若該物質具有容許濃度與採樣分析方法，只要經費允許，亦可直接以環境監測方式進行採樣分析或是直讀式儀器量測，其結果會更接近勞工暴露實態，再視評估結果檢討其風險控制措施與管理實施方法，才能達到不浪費資源亦能有效控管化學品之暴露危害。

【3-3-3 水處理藥品製程案例】

一、背景說明：

該公司員工人數 18 人，產品主要以用水及廢水處理藥品為主，如：冷卻水處理藥品（多功能水處理劑、防蝕防垢劑、殺菌劑）、逆混膠&凝膠處理藥劑（高分子凝集劑、污泥脫水劑、重金屬捕捉劑）等。

以調和製程為例，所使用之化學品有：硫酸、鹽酸、次氯酸鈉等。

二、化學品管理執行情形：

執行項目	執行狀況	說明
SDS 資料收集	○	
危害性化學品清單	△	製造、品保皆使用危害性化學品，但未對品保課執行化學品清單調查，且清單內容不全
SEG 分類	○	生產製造、品保、廠務共 3 組
半定量評估分級管理	△	有執行 CCB，但未執行分級管理措施
定量環境監測	✗	未執行
暴露分級管理	✗	未執行

註：○代表有建置，△代表有建置但不完整，✗代表未建置。

三、面臨問題及採用評估方法：

項目	說明
面臨問題	<ol style="list-style-type: none">1. 有執行 CCB，因不熟悉未執行分級管理措施。2. 該廠化學品使用頻率取決與客戶訂單，且 ILO-CCB 評估並無考量使用頻率，可能導致評估結果高估。3. 未全面清查各單位使用化學品情形，恐有低估或忽略其暴露危害風險。
採用評估方法 新加坡 SQRA	<ol style="list-style-type: none">1. 重新清查各單位使用化學品情形，並依表 3-27 清單內容修正 (WORD 或 EXCEL 格式均可)。2. 依公司規模導入 ILO-CCB，係根據化學品之「危害等級」、「使用量」及「逸散程度」，再對應風險矩陣表評估風險等級，其結果有 3、4 級時另以新加坡 SQRA 評估辦法執行，執行結果如表 3-28。

表 3-27 危害性化學品清單參考格式

※※※※※※※※※※※※※※※

化學品名稱：_____

其他名稱：_____

安全資料表索引碼：_____

※※※※※※※※※※※※※

製造者、輸入者

或供應者：_____

地址：_____

電話：_____

※※※※※※※※※※※※※

使用資料

地點	平均	最大	使用者
	數量	數量	
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

※※※※※※※※※※※※※

貯存資料

地點	平均數量	最大數量
_____	_____	_____
_____	_____	_____

※※※※※※※※※※※※※

製單日期：_____

表 3-28 調和製程之危害性化學品暴露評估判定記錄（摘錄）

使用化學品	蒸氣壓或微粒大小	危害控制措施	每週使用量	每週使用時間	暴露等級 ER	$(\text{Risk}) = (\text{HR} \times \text{ER})^{1/2}$	新加坡分級	容許濃度	濃度	C/PEL	暴露等級
硫酸	2	4	1	1	1.7	1.8	2	1mg/m ³	<0.01	0.01	1
鹽酸	5	4	4	1	3.0	3.0	3	5ppm	<0.006	0.0012	1
次氯酸鈉	4	4	5	1	3.0	2.4	2	-	0.006	-	1

四、風險減緩控制措施建議：

該公司目前已有多項工程控制措施(密閉上蓋加局部排氣裝置)，倒料的攪拌槽除加蓋減少逸散，另設置局部排氣裝置做為開蓋投料時，化學品蒸氣逸散之風險減緩措施，已達到化學品分級管理的要求，如圖 3-11。

於行政管理方面，雇主另配給呼吸防護具供予員工配戴，員工應將防護具應妥善保管與適時更換。

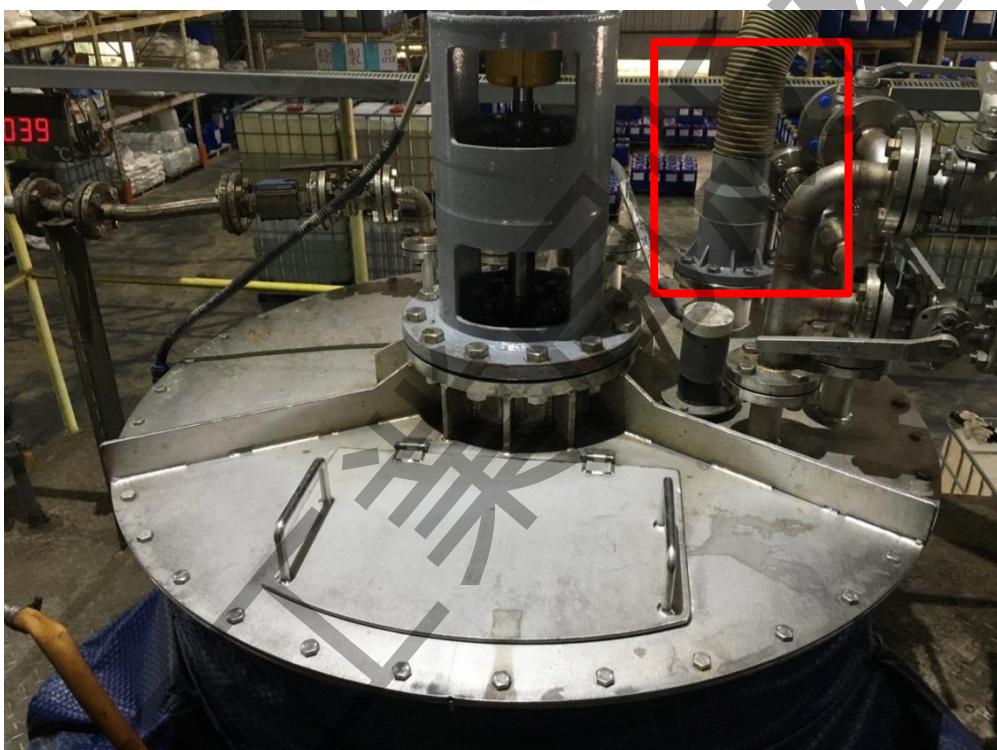


圖 3-11 攪拌槽密閉設計範例（開口加蓋及設置局部排氣裝置）

第四章 定量推估模式實務案例

4-1 定量暴露風險評估工具簡介

各種簡易的模式可作為作業環境監測之先期篩選工具，模式評估雖有不夠精確之缺憾，但若利用高估（Overestimate Exposure）方式仍然能有效的進行篩選，如此不需進行測定即能界定出必須更深入評估的族群，可節省檢測的經費。除此之外，利用模式評估的優點，不但可評估已發生之污染，亦能推論尚未發生的污染，在污染未影響人員之前即進行各種防範及改善。

定量暴露風險評估可利用定量環境監測、直讀式儀器監測、數學模式推估與其他有效推估作業場所勞工暴露濃度等方法來協助執行。定量環境監測以「作業環境監測」(Environmental monitoring)為主，所謂「作業環境監測」係指為掌握勞工作業環境實態及評估勞工暴露狀況所實施之測定。因此依我國目前「職業安全衛生法」有關規章之規定，依作業環境監測之種類及目的可分為區域採樣測定及勞工個人採樣測定。

倘若無採樣分析方法時，可採用直讀式儀器採取空氣中有害物濃度，目前直讀儀器或檢知管可量測化學物質如表 4-1。

表 4-1 直讀式儀器種類與測量物質一覽表

儀器種類	直讀式儀器	檢知管
測量物質	二硫化碳、二氯聯苯胺及鹽類、次乙亞胺、硫化氫、汞、二異氰酸甲苯、苯、甲苯、乙苯、鄰間對二甲苯、醚醇類等	氟化氫、氟化氫、鹽酸、硫酸、硝酸、氨、芳烴類、氯代烴、醋酸、乙醇、三氯乙烯、二氧化碳、四氯乙烯

資訊來源：方傑有限公司儀器商提供

定量推估模式方式主要考量環境中所有相關的因子(如污染物之物化特性、污染物逸散數率與現場通風情形等)對於暴露濃度之影響，亦較能準確推估其暴露程度。暴露預測模式可從簡單的飽和蒸氣壓模式(Saturation vapor pressure model)，至產生速率模式(Generation rate model)、二暴露區模式(Two-zone model)與均勻混合模式(Well-Mixed Model)等，其他尚有如擾流渦漩擴散模式(Turbulent Eddy Diffusion model)等較複雜之數學模式屬於較進階之推估，執行上對產業事業單位負荷較大，故接受度普遍不高。

另一方面，亦可利用替代指標物數據(Surrogate Data)來推估，此方法之概念，意指目標危害物之暴露情形，可由與其同時使用之其他危害物暴露評估結果加以推估。以替代指標物推估目標危害物之情形，亦已廣為工業衛生界使用。特別是當兩者之相對使用量、暴露頻率及時間或製程條件及暴露預防控制措施之執行狀況已知時，則可藉由指標物來推估目標危害物之暴露濃度。另亦可藉由目標有害物之暴露情形與產品產量之相關性，或與目標有害物同時產生之其他有害因子之相關性來推估。

本手冊僅舉其較常用之定量模式推估方式簡介，其主要內容大綱特色與使用建議時機如表 4-2 說明。就現場環境條件選擇合宜之定量推估模式，一般大多會以較簡易之飽和蒸氣壓模式及運用十分法則(表 4-3)，進行概略推估現場作業暴露濃度，如獲得之暴露風險仍不可控制或不符合法令時，則可繼續另外選用其他模式進行推估。

表 4-2 定量推估模式之內容大綱與特色

定量評估模式	內容大綱與特色	使用建議時機
飽和蒸氣壓模式 Saturation Vapor Pressure Model	以「最糟狀況」(Worst case) 假設指某化學品在空氣中的分壓等於其蒸氣壓值，這個模式說明了化學品的空氣中濃度和其在空氣中的飽和濃度相同。	無法取得作業現場風速、與化學品逸散速率等參數時，可利用此模式進行概略推估，然需進行作業場所環境及通風條件調查，並以十分法則（Rule of ten）[12]概念進行現場作業勞工暴露濃度之推估。此模式不適用於模擬霧狀氣體散布之情形。
二暴露區模式 Two-zone Model	將空氣濃度之空間變異性納入考量，將空間模擬成兩個接鄰的區帶，可評估接近化學品發生源之個體暴露量。勞工作業空間被處理成二個接鄰的區帶（即近場/遠場；Near Field/Far Field），近場區帶（簡稱 NF）為環繞化合物發生源和欲估計暴露者呼吸區帶的空間，遠場區帶（簡稱 FF）為近場以外的空間。	將空氣濃度之空間變異性納入考量，將空間模擬成兩個接鄰的區帶，可評估接近化學品發生源之個體暴露量。此模式可應用於秤料、調和溶解或調料作業、檢驗化驗室等。

定量評估模式	內容大綱與特色	使用建議時機
完全混合模式 Well-mixed Room Model	此模式最基本的假設為空氣中有害物在室內完全均勻分佈，有害物濃度不因位置的不同而有所差異。在一個均勻混合空間中，化合物一旦進入此空間，立即和空間中空氣完全混合。化合物在此空間中各個點的濃度完全均勻一致；暴露者相對於發生源所在位置並不重要。惟可能容易低估發生源附近的暴露強度。	此模式最基本的假設為空氣中有害物在室內完全均勻分佈，建議於通風條件屬於整體換氣之作業空間使用，例如：化學品逸散之開放作業區。

有關運用定量模式推估，其中需先求得產生率，或有害物質排放至空氣中的量可利用排放速率（emission rate）及排放係數（emission factor）來推估。排放速率係指單位時間有害物排放至空氣中的量，依據質量平衡之概念，有害物排放量 = 總量（或總使用量）－實際消耗量。因此可利用單位時間（如：每天、每月、每季或每年）有害物之總量及實際消耗量來推估有害物之平均排放速率，並可據以推估長時間之總排放量。此外，亦可利用液體之揮發速率來推估其排放速率，推估公式如下：

$$G(\text{mg/min}) = \frac{165.6 MW^{0.833} P_v \left(0.0345 + \frac{1}{MW} \right)^{0.25}}{T^{0.05}} A \sqrt{\frac{U}{LP_{atm}}}$$

MW ：有害物之分子量 (g/mol)

P_v ：有害物之蒸氣壓 (Pa)

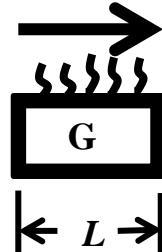
A ：液體表面積 (m^2)

U ：風速 (m/sec)

T ：液體絕對溫度 (K)

L ：液體表面長度 (m) (如右圖)

P_{atm} ：大氣壓力 (Pa)



排放係數 (emission factor) 係指在逸散過程中，有害物之排放量與有害物之使用量、能源消耗量或產品產量等因子之間的關係。藉由排放係數之建立，有害物之排放量，特別是針對混合物之排放源，可有系統的估計各種有害物之排放量。惟需注意前述兩種暴露預測模式未考量控制措施（如：通風設備）之施行狀況，故可能導致高估之結果。另依據美國環保署建議適用在化學品蒸氣壓 35torr (相當於 35mmHg) 以下。若上式不適推估時，關於蒸發速率則建議其他計算方法，例如參考 Caplan 於 1989 年提出之蒸發速率公式：

$$G \left(\frac{\text{mg}}{\text{min}} \right) = 0.0706 \times \text{MW} \times A \times V^{0.625} \times P_{vapor}$$

G：蒸發速率，mg/min

MW：分子量，g/mole

A：蒸發液體表面積，ft²

V：蒸發液體表面風速，fpm

P_{vapor}：蒸氣壓，mmHg

以下僅就適用於有機溶劑相關製程可以選用且較簡單之推估模式，包括飽和蒸氣壓模式、二暴露區模式及完全混合模式。

1. 飽和蒸氣壓模式 (Saturation Vapor Pressure Model)

依據理想氣體定律 ($PV=nRT$)，某一氣體的分壓與空氣中該氣體分子莫耳數成正比，可藉由物質之飽和蒸氣壓推估其逸散至空氣中之濃度，示意圖如圖 4-1。計算需有化學物質容許濃度、蒸氣壓、分子量及大氣壓，物質之蒸氣壓請查閱安全資料表 SDS 第九項物理及化學性質資訊，職業安全衛生署網站已提供線上服務，方便執行人員操作使用，如圖 4-2。

網址：<https://oemd.osha.gov.tw/exposure/content/tools/Tools3.aspx>。

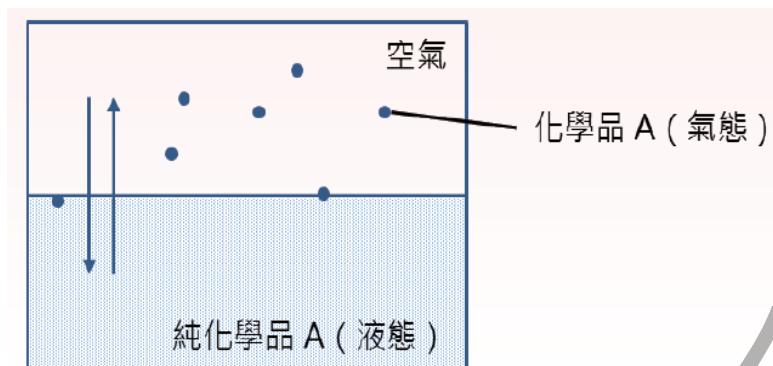


圖 4-1 飽和蒸氣壓示意圖

$$\frac{VP_A}{P_{atm}} \cdot 10^6 = C \text{ (ppm)}$$

$$\frac{VP_A}{P_{atm}} \cdot 10^6 \cdot \frac{MW}{24.45} = C \text{ (mg/m}^3\text{)}$$

- VP_A :化學物質蒸氣壓(mmHg)
- P_{atm} :大氣壓(760 mmHg)
- MW :分子量
- C :濃度(ppm)或(mg/m³)

輸入值

輸出值

輸入值

PEL	<input type="text"/>	<input checked="" type="radio"/> mg/m ³	<input type="radio"/> ppm
MW	<input type="text"/>		
VP _A	<input type="text"/>		
P _{atm}	<input type="text"/>		

計算

輸出值

風險等級

圖 4-2 飽和蒸氣壓線上工具畫面（含公式）

飽和蒸氣壓模式假設現場為一封閉且無通風換氣之作業環境，因此應考量作業現場有無通風換氣，修正推估濃度，因此將公式計算之結果乘以暴露濃度推估因子（十分法則），使暴露濃度推估值更貼近實際現場暴露程度。

表 4-3 十分法則 (Rule of ten) [7]

環境及通風條件	暴露濃度推估
局限空間或無通風	飽和蒸氣濃度 $\times 1/10$
通風不良	飽和蒸氣濃度 $\times 1/100$
整體換氣 (假設每小時換氣率 6 次)	飽和蒸氣濃度 $\times 1/1000$
局部排氣	飽和蒸氣濃度 $\times 1/10000$
密閉作業	飽和蒸氣濃度 $\times 1/100000$

2. 二暴露區模式 (Two-Zone Model)

二暴露區模式將空氣濃度之空間變異性納入考量，在此散佈類型的空間被處理成二個接鄰的區帶（近場、遠場），可評估接近化學品發生源之個體暴露量。近場區帶（簡稱近場，Near Field, NF）為環繞化學品發生源和欲暴露者呼吸區帶的空間，其他區域則為遠場區帶（簡稱遠場，Far Field, FF），如圖 4-3 所示。

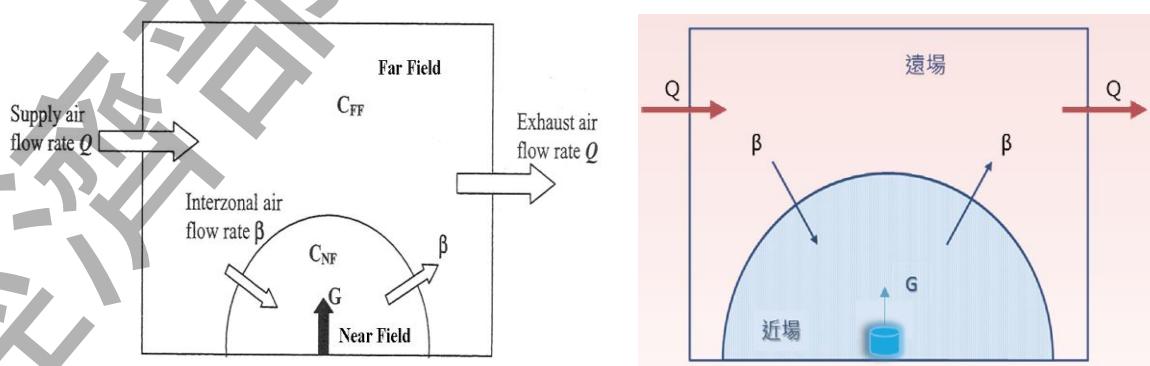


圖 4-3 二暴露區模式示意圖

近場和遠場的體積（單位為 m^3 ）分別以 V_{NF} 和 V_{FF} 表示，二者的總和等於總空間體積 V 。在每一個區帶的空氣是完全均勻混合，但在二個區帶間有一個限制的通氣量。進出遠場空間的供/排氣通氣量為 Q （單位為 m^3/min ），遠近場間的通氣量 β （單位為 m^3/min ）取決於概念上近場的幾何型態和接近發生源的隨機風速 s （單位為 m/min ），所謂近場的幾何型態與發生源到暴露者間的距離有關。

近場和遠場區帶間的通氣量為 β （單位為 m^3/min ），其意指污染物逸散往外擴散速度有多快，影響範圍有多少，而此模式中所提到之 β ，為考慮近場為以發生源為中心點的一個半球，其半徑 r 公尺的半球涵蓋暴露者的呼吸區帶，則近場的自由表面積（surface area, SA）（單位為 m^2 ），是這個概念上空氣能流通的表面積，對一個固體半球的表面積， $SA=2\pi r^2$ ，而在分隔面上具有一隨機的風速 s （ m/min ），公式如圖 4-4。

$$C_{NF}(t) = \frac{G}{Q} + \frac{G}{\beta} + G \left(\frac{\beta \cdot Q + \lambda_2 \cdot V_{NF}(\beta + Q)}{\beta \cdot Q \cdot V_{NF}(\lambda_1 - \lambda_2)} \right) \exp(\lambda_1 t) - G \left(\frac{\beta \cdot Q + \lambda_1 \cdot V_{NF}(\beta + Q)}{\beta \cdot Q \cdot V_{NF}(\lambda_1 - \lambda_2)} \right) \exp(\lambda_2 t)$$

$$C_{FF}(t) = \frac{G}{Q} + G \left(\frac{\lambda_1 \cdot V_N + \beta}{\beta} \right) \left(\frac{\beta \cdot Q + \lambda_2 \cdot V_N(\beta + Q)}{\beta \cdot Q \cdot V_N(\lambda_1 - \lambda_2)} \right) \exp(\lambda_1 t) - G \left(\frac{\lambda_2 \cdot V_N + \beta}{\beta} \right) \left(\frac{\beta \cdot Q + \lambda_1 \cdot V_N(\beta + Q)}{\beta \cdot Q \cdot V_N(\lambda_1 - \lambda_2)} \right) \exp(\lambda_2 t)$$

$$\lambda_1 = 0.5 \left[\left(\frac{\beta \cdot V_F + V_N(\beta + Q)}{V_N \cdot V_F} \right) + \sqrt{\left(\frac{\beta \cdot V_F + V_N(\beta + Q)}{V_N \cdot V_F} \right)^2 - 4 \left(\frac{\beta \cdot Q}{V_N \cdot V_F} \right)} \right]$$

and where:

$$\lambda_2 = 0.5 \left[- \left(\frac{\beta \cdot V_F + V_N(\beta + Q)}{V_N \cdot V_F} \right) - \sqrt{\left(\frac{\beta \cdot V_F + V_N(\beta + Q)}{V_N \cdot V_F} \right)^2 - 4 \left(\frac{\beta \cdot Q}{V_N \cdot V_F} \right)} \right]$$

and where:

$$\beta = \frac{1}{2} \cdot FSA \cdot s$$

圖 4-4 二暴露區推估公式

近場、遠場空間體積以現場作業環境為主，使用二暴露區模式可觀察短時間近距離暴露之濃度變化，因此其時間應以短暫時間為主。職業安全衛生署網站已提供線上服務，方便執行人員操作使用，網址：<https://oemd.osha.gov.tw/exposure/content/tools/Tools5.aspx>，所需參數如圖 4-5 說明。

輸出值

C_{NF} :近場濃度(mg/m^3)
 C_{FF} :遠場濃度(mg/m^3)

輸入值

V_{NF} :近場空間之體積(m^3)
 V_{FF} :遠場空間之體積(m^3)
 G :化學品散布(蒸發)速率(mg/min)
 β :近場及遠場間空氣流通率(m^3/min)
 Q :空間換氣率(m^3/min)
 t :時間(min)
 $\Lambda_1\Lambda_2$:通風系統移除速率常數(min^{-1})
 FSA :近場空間表面積(m^2)
 S :近場與遠場間之風速(m/min)

* V_{NF}	<input type="text"/>
* V_{FF}	<input type="text"/>
* G	<input type="text"/>
* Q	<input type="text"/>
* t	<input type="text"/>
* FSA	<input type="text"/>
* S	<input type="text"/>

計算

近場濃度輸出值
遠場濃度輸出值

圖 4-5 二暴露區參數說明

3. 完全混合模式（Well-mixed Room Model）

此為評估整體換氣裝置性能最基本的方式，基本假設為空氣中有害物在室內完全均勻分佈，有害物濃度不因位置的不同而有所差異。令室內體積為 V ，通風量為 Q ，室內有害物生成率為 G ，室內有害物濃度為 C ，外界有害物濃度為 C_0 ，基於空氣的質量守恆，進氣量與排氣量均與通風量相同（如圖 4-6），即室內有害物變化量 = 室內有害物生成量 + 自外界流入的有害物量 + 排出室外的有害物量。

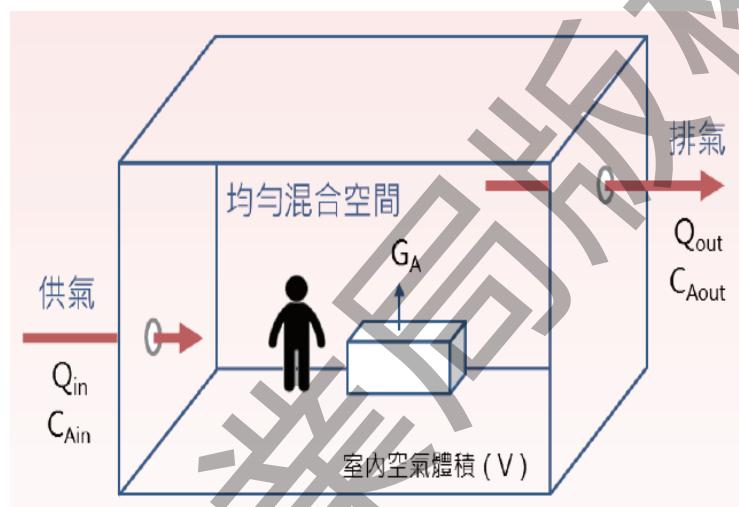


圖 4-6 均勻混合模式示意圖

職業安全衛生署網站已提供線上服務，方便執行人員操作使用，網址：<https://oemd.osha.gov.tw/exposure/content/tools/Tools4.aspx>，所需參數如圖 4-7 說明。

輸入值

G :	逸散速率(mg/min)	<input type="text"/>
V :	作業空間(m ³)	<input type="text"/> PEL <input checked="" type="radio"/> mg/m ³ <input type="radio"/> ppm
K _L :	損失係數	<input type="text"/> G <input type="text"/>
C _{in} :	進入之濃度(mg/m ³)	<input type="text"/> V <input type="text"/>
t :	推估時間(min)	<input type="text"/> K _L <input type="text"/>
Q :	通風換氣量(m ³ /min)	<input type="text"/> C _{in} <input type="text"/>
C ₀ :	初始濃度(mg/m ³)	<input type="text"/> t <input type="text"/> (最大數值480分鐘)
		<input type="text"/> Q <input type="text"/> C ₀ <input type="text"/>

計算

輸出值
風險等級

圖 4-7 完全混合模式參數說明

G 值為化學品散布(蒸散)速率 (mg/min), 其公式表示如下：

$$G = 1000 \times \frac{K_t \times MW \times A(P_V - P_{VB})}{R \times T_L}$$

K : 質量轉換速率 (mg/min) (使用美國環境保護署發展之計算式 $K_t=0.5 \cdot (18/mw)^{1/3}$)

MW : 化學品分子量 (g/mole)

A : 散布(蒸散)源表面積 (m²)

P_V : 化學品平衡蒸氣壓 (atm)

P_{VB} : 化學品受背壓影響之實際蒸氣壓 (atm)

R : 氣體常數 ($8.205 \times 10^{-5} atm \cdot m^3 / ((mole)(K))$)

T_L : 挥發液體之溫度 (K)

所有模式其參數都有不確定性，建議仍應考量各參數的變化對預測濃度的影響，及合理之最大可能暴露濃度。或者，若要更瞭解化學品濃度較實際可能變化情形，則可運用搭配直讀儀器量測結果作為量化指標值（Surrogate Data）輔助推估計算，可易取得大量暴露濃度資訊及預測長期暴露資料，但仍須留意 SEG 或製程推估之差異。

搭配直讀儀器量測時，建議事業單位需選用靈敏度夠佳之風速計，例如建議準備參考如解析度 0.01 m/s、準確度至少在 $\pm 5\%$ 讀值，及測定範圍至少可達到 10 m/s 者，以利定量推估模式計算使用；且儀器需定期進行校正，以確保其有效性。

對於使用推估模式方法建議可由保守假設之模式著手，當預測結果超過 PEL 時，就需要較複雜的模式，若模式預測未達預期成效，則建議應發展或使用更精確的模式（一般需外部資源或專家協助輔導）或執行有代表性的定量監測（較常被使用之方法）。

其他模式可參考職業安全衛生署所提供之線上工具，網址：
<https://oemd.osha.gov.tw/exposure/content/tools/ToolsList.aspx>。

4-2 評估結果分級與管理

無論是定量環境監測或定量模式推估，皆依測定結果與推估結果，進行與容許濃度比較，以進行分級管理。由於須找出各相似暴露族群之暴露實態第 95 百分位暴露濃度值 (X_{95})，進行定量環境監測所獲得結果建議可利用 AIHA 統計分析工具 (IHSTAT 軟體) 進行分析其 X_{95} ，軟體工具執行方式可參考圖 4-8，分別找出各化學物質之 X_{95} 值，再與容許濃度進行比較，以進行分級管理；定量推估結果則不適用 X_{95} 分析。

前述兩者定量結果（推估模式與環境監測），皆依定量暴露評估結果與容許濃度標準之比值，可參考表 4-4。暴露控制分級之分類標準，依『危害性化學品分級管理辦法』第 10 條規定，至少分成三個風險控制等級，提供後續控制或管理措施之決策，以強化危害預防之成效。

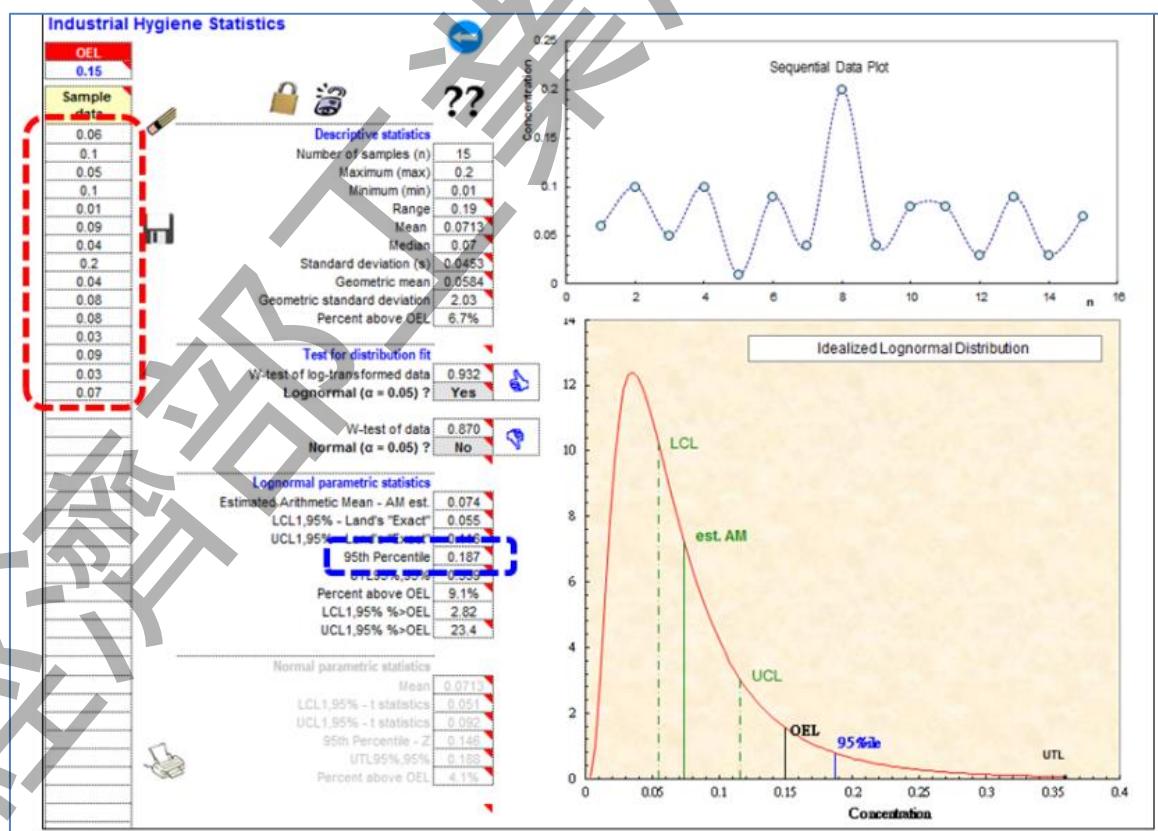


圖 4-8 IHSTAT 統計表（執行畫面案例）

表 4-4 定量濃度之暴露風險等級

有容許濃度者	
範圍	暴露風險等級
$X_{95} < 0.5 \text{ PEL}$	1
$0.5 \text{ PEL} \leq X_{95} < 1.0 \text{ PEL}$	2
$X_{95} \geq 1.0 \text{ PEL}$	3

無論事業單位是參考半定量方法，或以參考 AIHA 定量暴露執行風險評估與分級，對於分成 3 級、4 級還是 5 級之後要採取的控制措施可能容易感到混淆，實務上只要保持「所分級的範圍須涵蓋法規所定 3 個暴露等級的規定」原則，分級管理應可變得相對較簡單。

因此，參考『危害性化學品評估及分級管理技術指引』附件五，能協助事業單位在完成風險評估分級後能更有系統、更方便執行對照應用，並採取對應相關管理措施與紀錄備查，此處建議可整合風險分級概念，參考 AIHA 分級方式至少分為 4 種等級，如此即使事業單位在採用半定量與定量評估方式時均可較容易依循參考，如表 4-5。

表 4-5 評估結果分級參考對照表

風險評估 分級	評估結果分 級對照說明	管理策略原則	指引概念	建議評 估週期	備註
0	1.半定量評估風險等級為 1； 2.或環測濃度結果小於 1/10 倍 PEL 者	建議應持續評估	基礎防護	至少每 3 年	
1	1.半定量評估風險等級為 2； 2.或環測濃度結果小於 1/2 倍 PEL 者	除應持續維持原有之控制或管理措施外，製程或作業內容變更時，採行適當之變更管理措施。	教育宣導	建議每 1 年或至少每 3 年	化學品之種類、操作程序或製程條件變更，有增加暴露風險之虞者，應於變更前或變更後三個月內，重新實施暴露評估。
2	1.半定量評估風險等級為 3； 2.或環測濃度結果大於 1/2 倍 PEL 者	應就製程設備、作業程序或作業方法實施檢點，採取必要之改善措施。	作業檢點、檢查與確實防護	建議每 6 個月或至少每 1 年	
3	1.半定量評估風險等級為 4； 2.或環測濃度結果大於 PEL 者	應採取有效控制措施，並於完成改善後盡快重新評估，確保暴露濃度低於容許濃度標準。	完整防護與工程控制	建議 3 個月內或至少每半年	

註：“PEL”表示容許濃度標準。

4-3 定量推估模式案例_飽和蒸氣壓

【4-3-1 印刷電路板業案例】

一、背景說明：

該公司員工人數 660 人，產品為硬板電路板。製程包括表面處理、電鍍、蝕刻、印刷等，使用化學品有硫酸、鹽酸、硝酸、丁酮、乙二醇丁醚，二丙二醇甲醚等。印刷電路板製程如圖 4-9。

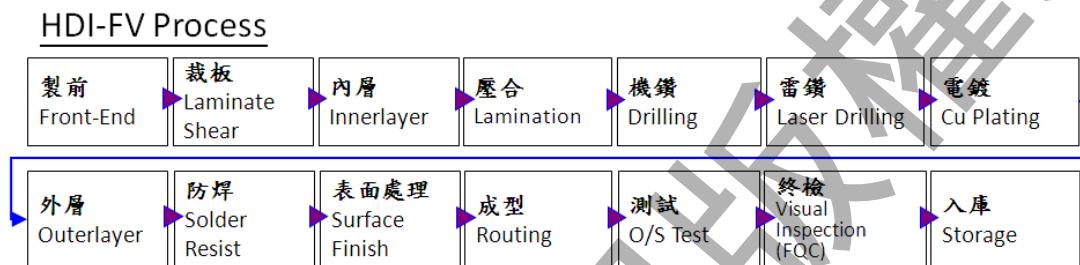


圖 4-9 印刷電路板製程

二、化學品執行面臨問題：

1. 依法令規定依企業規模總勞工人數超過 500 人，從事特別危害健康作業勞工人數 100 人以上，有容許濃度標準之物質應以採樣分析或運用定量推估模式實施暴露評估與分級管理；內部執行單位不熟定量模式推估技術操作及其不了解運用時機，因而僅以 ILO-CCB 執行化學品暴露風險評估。
2. 事業單位為提升人員執行技術能力，以建立定量推估技術方法為前提設計相關訓練課程與實作，培訓人員執行化學品暴露評估能力。以該廠退洗房為例，訪視得知洗版作業為短暫作業時間（約 0.5~1 小時），並使用丁酮進行網版清洗；但查看以往環境監測紀錄僅以個人連續監測為主，可能造成低估短時間高濃度暴露危害風險。

三、採用評估方法：

1. 總揮發性有機化合物直讀式儀器可即時量測場所室內揮發性有機物濃度，該儀器原理係為光離子化法（PID），PID 直讀式儀器可提供即時（real-time）污染物指標，因此使用 PID 進行先期評估量測，以瞭解環境濃度高低之分佈情形。為協助建立定量推估模式技術，以退洗房做為定量推估實作場所。該製程現場環境已設有局部排氣設備，且除了上吸式抽氣以外，另左右兩側亦有抽排孔，增加抽排效果，氣罩內風速約為 0.5~0.8 m/s，作業環境風速約 0.1~0.2 m/s。以 PID 量測到氣罩內 TVOC 為 12.83~20.5 ppm，氣罩外 777~3170 ppb；因清洗劑成份為丁酮，因此現場量測結果視為丁酮之逸散濃度值。
2. 依表 4-2 與作業現場條件比對，現場作業環境風速較弱，飽和蒸氣壓模式僅適用有蒸氣壓之物質，而現場使用物質為有機溶劑具有蒸氣壓（查看安全資料表），依現有條件與飽和蒸氣壓模式使用條件接近，因此選擇飽和蒸氣壓模式進行推估。
3. 依供應商所提供之丁酮安全資料表為主，依供應商提供之安全資料表 SDS，查尋得知資訊如下；藉由職業安全衛生署網站線上工具，輸入容許濃度、丁酮蒸氣壓、大氣壓值，計算結果如圖 4-10。

丁酮蒸氣壓：77.5 mmHg@20°C

分子量：72.1057 g/mole

法定容許濃度 PEL-TWA：200 ppm

$$\frac{VP_A}{P_{atm}} \cdot 10^6 = C \text{ (ppm)}$$

$$\frac{VP_A}{P_{atm}} \cdot 10^6 \cdot \frac{MW}{24.45} = C \text{ (mg/m³)}$$

• VP_A :化學物質蒸氣壓(mmHg)
 • P_{atm} :大氣壓(760 mmHg)
 • MW :分子量
 • C :濃度(ppm)或(mg/m³)

	輸入值	輸出值
PEL	200	<input type="radio"/> mg/m ³ <input checked="" type="radio"/> ppm
VP _A	77.5	
P _{atm}	760	
計算		
輸出值	101973.684210526(ppm)	
風險等級	509.868421052632(第三級管理)	

圖 4-10 飽和蒸氣壓計算結果

4. 使用飽和蒸氣壓模式通常為假設現場為一封閉且無通風換氣之作業環境，因此應考量實際作業環境與通風條件，將公式計算之結果乘以暴露濃度推估因子（十分法則）。作業場所環境及通風條件之調查，並以十分法則概念修正推估之濃度；退洗房洗版作業有使用局部排氣，因此飽和蒸氣壓濃度 $\times 1/10000 = 10.20 \text{ ppm}$
5. 其估算出來結果 10.2 ppm 與 TVOC 量測值 (12.83~20.5 ppm) 相較，其濃度相當接近；因推估模式通常都有高估現象，加上丁酮為法定規定環測物質，因此仍需以環測結果為主。
6. 依「危害性化學品評估及分級管理辦法」第 8 條規定進行暴露評估，以此例其暴露濃度不論以推估模式或是環境監測所得結果，暴露濃度均低於容許濃度標準 1/2。在此是為協助企業建立蒸氣壓推估模式技術訓練，因此以洗版作業作為示範；丁酮為環境監測法定要求之檢測項目，因此仍須定期實施環測。

四、風險減緩控制措施建議：

1. 該區作業經本次觀察，應為短時間作業暴露，以往該區採樣以連續長時間進行採樣，建議該區採樣應以短時間個人劑量進行量測，更能準確掌握勞工暴露實態。
2. 量測結果遠低於 1/2 法定容許暴露濃度標準，因此持續觀察局部排氣裝置運轉狀況、量測氣罩風速與 TVOC 濃度，並予以紀錄，以確保其有效性。如製程、原物料等因素變更，應於 3 個月內重新評估與分級管理。

4-4 定量推估模式案例_二暴露區

【4-4-1 樹脂製程案例】

一、背景說明：

該工廠員工人數 717 人，特別危害健康作業勞工人數約 170 人。主要產品有紙基覆銅箔板，產品應用於電子、電機、半導體、通信、塗料、土木、餐具、容器、鑄造等行業。使用化學品包括如環氧樹脂、環氧樹脂成型粉、貼花樹脂、甲醛、三聚甲醛等。

以乾膜製程為例，先以反應釜製造壓克力樹脂，然後洩料至中間桶暫存，將樹脂及硬化劑等放入調合槽攪拌，壓送至塗佈乾燥清洗區，形成三明治結構的乾膜，乾燥產生的揮發性有機物由觸媒脫臭去除，另設有清洗槽不定時清洗塗佈乾燥機之零件，液態光阻則是將樹脂及硬化劑等放入調合槽攪拌，經過三滾輪混合後裝桶出貨。

化學品管理已完成收集 SDS、製備清單、SEG 劃分，且已實施作業環境監測，也已完成 ILO-CCB 風險評估及分級管理。

二、面臨問題：

1. 半定量評估分級管理分級結果有偏高（三級以上）之管理措施尚未予以適度檢討；具危害性化學品及有容許濃度但無採樣分析方法之化學品尚未執行暴露評估與分級管理。
2. 監測計畫書中所列之化學品僅以需要定期實施監測之化學品為主，尚未考量其他具危害性之化學品，及訂有容許暴露濃度之化學品的使用狀況及暴露情形進行 SEGs 之劃分。
3. 調和溶解及調膠製程特性屬於短時間作業，作業時間雖僅約 30 分鐘至 60 分鐘，但勞工容易因作業型態需近距離接觸反應槽，而有短時間高濃度暴露之風險。

三、採用評估方法：

1. 以乾膜單位之甲基丙烯酸樹脂調配作業為例，鑑於此類製程反應槽為逸散源，且勞工需近距離接觸逸散源，故可利用二暴露區模式（Two-Zone Model）推估近場及遠場中危害性化學品之濃度，該模式示意圖如圖 4-3。該模式進行時需收集參數包括：有害物逸散速率、實廠中空間體積（含近場及遠場空間體積）、近場及遠場之空氣流率（即 β ，可由近場及遠場分隔面之風速及表面積求得）等資訊，線上工具相關資訊請參閱 4-1 章節。

2. V_{NF} ：近場體積，公式如下：

$$V_{NF} = \frac{1}{2} \times \frac{4}{3} \times \pi \times \gamma^3$$

V_{FF} ：遠場體積，現場作業空間體積（V）扣除近場體積（ V_{NF} ）即為之。

γ ：發生源為中心點的一個半球，其半徑 r 公尺的半球涵蓋暴露者的呼吸區帶，通常會以一手臂長度約 0.75 公尺。

$$G = \frac{8.79 \times 10^{-5} \times MW^{0.833} \times VP \times \left(\frac{1}{29} + \frac{1}{MW} \right)^{0.25} \times v^{0.5} \times SA}{T^{0.05} \times Z^{0.5} \times P^{0.5}}$$

MW：該物質分子量

VP：物質之蒸氣壓(查詢 SDS 資料)

v：風速 (m/s)

SA：近場的自由表面積

T：物體表面溫度 (°C)

Z：液體表面長度 (m)

P：大氣壓力 (Pa)

經由該廠現場量測經公式計算後，所得 $G=1.19 \text{ mg/min}$

$Q=VA$ ，風速 V 為 0.05m/s ，面積 A 為 62m^2

$$Q = 60\text{s/min} \times 0.05\text{m/sec} \times 62\text{m}^2 = 186 \text{ m}^3/\text{min}$$

FSA：近場的自由表面積， $2\pi \gamma^2$ ， $\gamma = 2$

3. 將各項數值輸入，計算輸出結果即得近場、遠場濃度值，甲基丙烯酸樹脂計算結果如圖 4-11。

輸出值

C_{NF} :近場濃度(mg/m^3)
 C_{FF} :遠場濃度(mg/m^3)

輸入值

$*V_{NF}$ 16.75
 $*V_{FF}$ 151.25
 $*G$ 1.19
 $*Q$ 186
 $*t$ 15
 $*FSA$ 25.12
 $*S$ 12

計算

近場濃度輸出值 $C_{NF}:0.0142932840794102(\text{mg}/\text{m}^3)$
遠場濃度輸出值 $C_{FF}:0.00639784891136125(\text{mg}/\text{m}^3)$

圖 4-11 二暴露區（甲基丙烯酸樹脂）推估結果

藉由求得危害性化學品之逸散速率 (G) 之後，利用前述職業安全衛生署網站建置之線上工具，選擇二暴露區模式

(Two-Zone model)，輸入遠場體積 (V_{FF})、近場體積 (V_{NF})、危害性化學品逸散速率 (G)、遠場通風換氣率 (Q)、暴露時間 (t)、近場自由表面積 (FSA) 及近場與遠場分隔面之風速 (s)，即獲得近場及遠場危害性化學品之濃度值 (C_{NF} 、 C_{FF})。

4. 近場評估結果 0.0142 mg/m^3 ，遠場濃度則為 0.00639 mg/m^3 ，由於使用暴露模式推估，近場與遠場濃度的差異取決於兩者之間的 β (即近場與遠場之間的空氣流率)， β 值為若 β 非常小，則污染物非常貼近污染源，因此可得較高的濃度值；相反的，若 β 非常大，則污染物很快的從近場逸散至遠場區域，此時近場濃度會有較低之預估值。

選用二暴露區模式通常需依空氣濃度之空間變異性納入考量，將空間模擬成兩個接鄰的區帶，以評估接近化學品發生源之個體暴露量。而若評估假設其空氣中有害物在室內屬於完全均勻分佈，且通風控制是採取整體換氣之作業空間時，則建議還可選用均勻混合模式來推估室內污染物濃度。

四、風險減緩控制措施建議：

1. 操作時間較短，但由化學品暴露結果顯示確實有較高風險，不宜忽略。建議此類型容易受到忽略之短時間健康危害性化學品作業，應持續進行暴露採樣評估。針對操作時間較短，如添加藥水作業，可依控制表單進行現場作業安全的提醒。
2. 另外可加裝直讀式儀器作做為工作前之現場量測確認並紀錄之，確認安全無虞始可作業。建議應持續朝向其他相關單位/製程，進一步了解其風險，以確認人員健康安全。

【4-4-2 印刷電路板製程案例】

一、背景說明：

該公司員工人數 660 人，產品為硬板電路板。製程包括表面處理、電鍍、蝕刻、印刷等，使用化學品有硫酸、鹽酸、硝酸、丁酮、乙二醇丁醚，二丙二醇甲醚等。印刷電路板製程如圖 4-9。

二、面臨問題：

1. 為建立廠內執行定量推估模式之技術方法，以該廠印刷機台區放版架區域為例，以 PID 量測現場濃度約 11~40 ppm，現場使用溶劑包含乙二醇丁醚及二丙二醇甲醚。
2. 該放版區現場為整體換氣，位於人員左、右側，亦可視為污染物之逸散源。

三、採用評估方法：

1. 使用溶劑之資訊如下：

二丙二醇甲醚

蒸氣壓：0.38mmHg@25，位

分子量：148.2g/mole

PEL-TWA：100ppm

濃度：10%~15%

乙二醇丁醚

蒸氣壓：0.76mmHg@20，位

分子量：118.17g/mole

PEL-TWA：25ppm

濃度：100%

$$V_{NF} = \frac{1}{2} \times \frac{4}{3} \times \pi \times r^3$$

$$G \left(\frac{\text{mg}}{\text{min}} \right) = \frac{165.6 \times MW^{0.833} \times P_v \left(0.0345 + \frac{1}{MW} \right)^{0.25} \times A}{T^{0.05}} \times \sqrt{\frac{V}{L \times P_{atm}}}$$

$$\beta = \frac{1}{2} \times FSA \times S = \frac{1}{2} \times 2\pi r^2 \times S$$

輸入值

輸出值

C_{NF} :近場濃度(mg/m^3)
 C_{FF} :遠場濃度(mg/m^3)

V_{NF} :近場空間之體積(m^3)
 V_{FF} :遠場空間之體積(m^3)
 G :化學品散布(蒸發)速率(mg/min)
 β :近場及遠場間空氣流通率(m^3/min)
 Q :空間換氣率(m^3/min)
 t :時間(min)
 Λ_1, Λ_2 :通風系統移除速率常數(min^{-1})
 FSA :近場空間表面積(m^2)
 S :近場與遠場間之風速(m/min)

輸入值	
* V_{NF}	0.88
($r=0.75\text{m}$, 約一手臂長度)	
* V_{FF}	447.28
* G	413.69
* Q	6.48
($Q=VA$)	
* t	240
(以 4 小時估算)	
* FSA	3.53
($FSA = 0.75 \times 0.75 \times \pi \times 2$)	
* S	18
計算	
近場濃度輸出值	$C_{NF}:74.8746894305444(\text{mg}/\text{m}^3)$
遠場濃度輸出值	$C_{FF}:61.8540816981091(\text{mg}/\text{m}^3)$

圖 4-12 二暴露區（二丙二醇甲醚）推估結果

2. 二丙二醇甲醚推估結果如圖 4-12，所得結果經由換算後 ($\text{ppm}=\text{mg}/\text{m}^3 \times \text{g}/\text{m}$ ；氣狀有害物之分子量 (g/mole))，二丙二醇甲醚近場濃度為 12.35 ppm。乙二醇丁醚計算結果如圖 4-13，經由單位換算後之結果為 25.92 ppm。由推估結果得知，乙二醇丁醚濃度已超過法定容許濃度標準，PID 量測現場 TVOC 濃度約 11~40 ppm，此兩物質之推估結果均在合理範圍內。

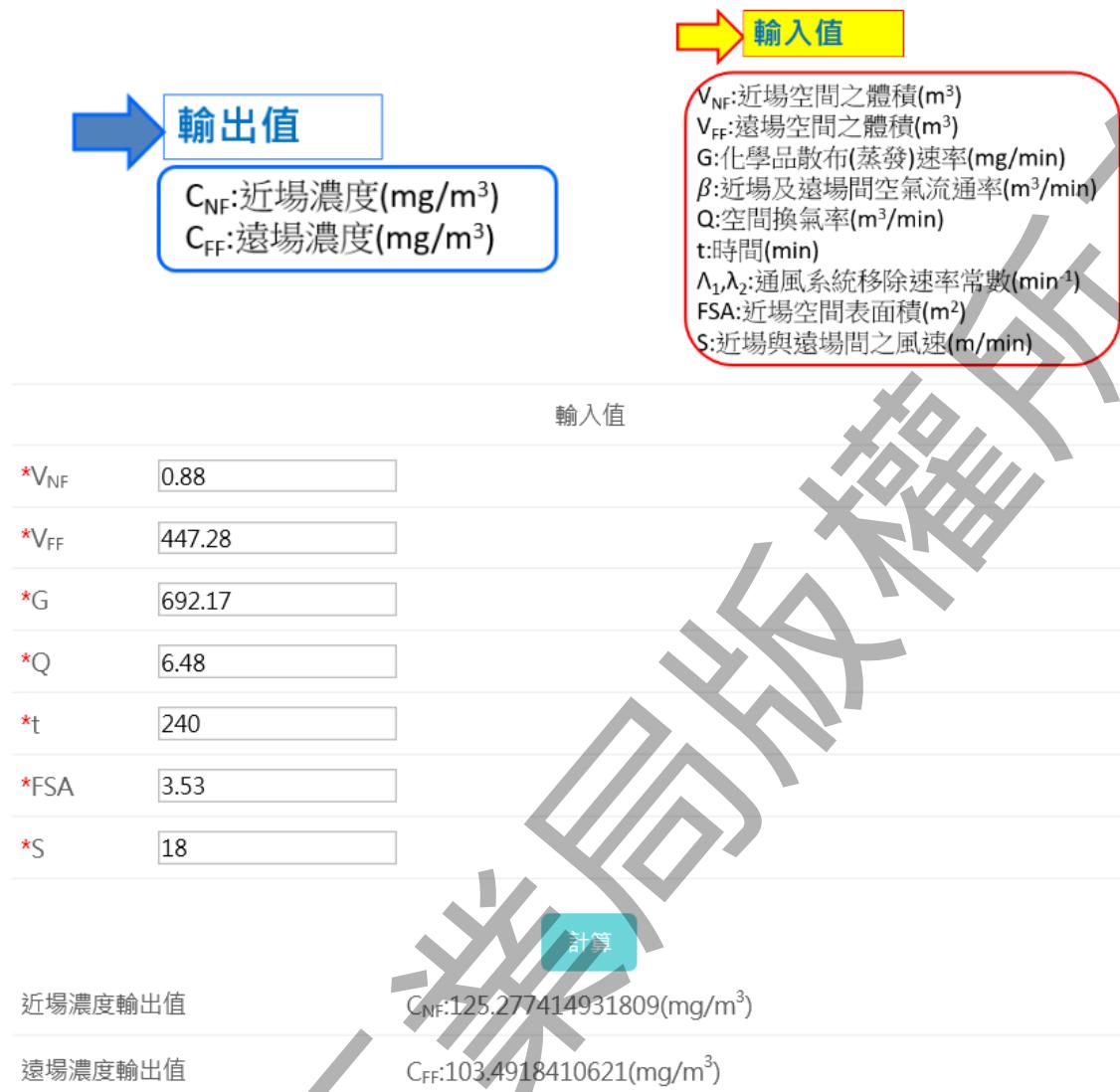


圖 4-13 二暴露區（乙二醇丁醚）推估結果

四、風險減緩控制措施建議：

1. 印刷機台之放版區其推估結果乙二醇丁醚濃度高過容許濃度，因先前該區僅以個人連續採樣，未評估過放版區暴露濃度，此僅為一台之濃度，倘若以全區稼動情形，可能該逸散情形會更加嚴重。
2. 雖然定量推估模式會有高估情形，因此建議應在放版區增列環測點，進行區域採樣且應持續進行暴露採樣評估，並紀錄機台稼動情形，以確實掌握該作業區暴露實態，再視量測結果進行

檢討與探討適宜之工程控制等風險減緩控制措施。

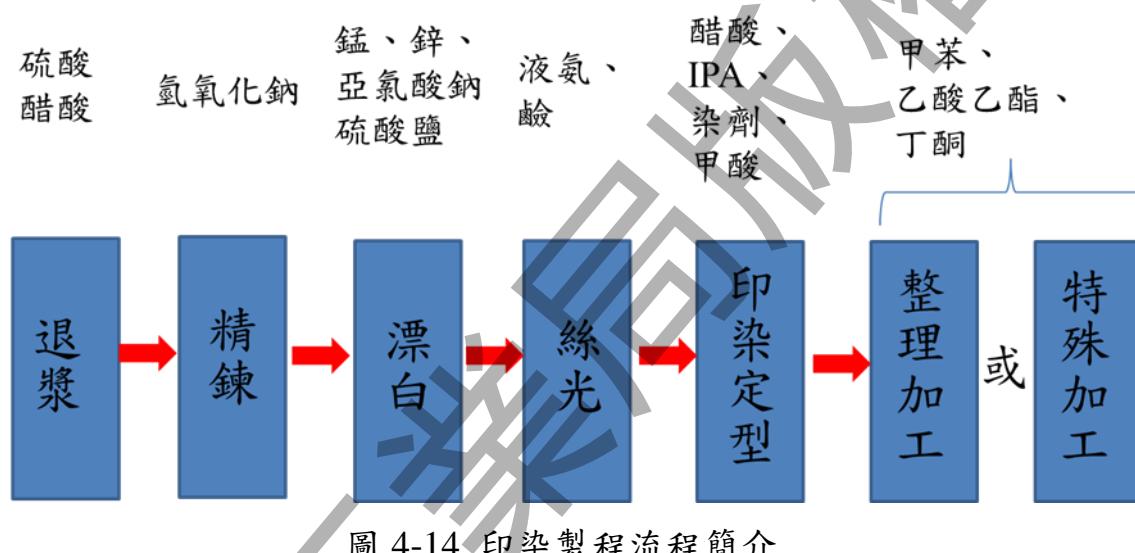
3. 另外如有直讀式儀器亦可做為工作前之現場量測確認並紀錄之，確認安全無虞始可作業。建議應持續朝向其他相關單位/製程，進一步了解其風險，以確認人員健康安全。

4-5 定量推估模式案例_替代指標物

【4-5-1 染整紡織製程案例】[8]

一、背景說明：

此工廠員工人數高達 2,000 人，該公司產品有聚酯加工絲、長纖成品布、印花布、特殊機能性用布加工，並有垂直整合假撚、撚紗、織布、染整、印花、貼合塗佈等特殊後加工工程。印染業製程流程說明如圖 4-14。



該廠已依 ILO-CCB (半定量評估) 方法已全面進行半定量評估。定量評估方面，目前針對定有容許濃度標準之化學品，執行策略採初步先以無通風推估模式評估，或以飽和蒸氣壓推估模式推估之，若以推估模式仍超過標準者，則納入作業環境監測計畫，進行個人採樣暴露評估。另廠方已著手建置該廠化學品源頭管理系統，此管理系統包括企業流程管理（Business Process Management，簡稱 BPM）簽核系統、OSHSAS 18001 新製程新原物料事前審查、及化學品管理現況等，此管理系統有助於廠內大量複雜之化學品管理，且對於危害性化學品之暴露評估針對定性或半定量之健康危害資訊判別亦有所助益。

二、面臨問題：

1. 定量推估模式因安全資料表資訊缺乏(如飽和蒸氣壓模式推估)，而對其它方法不熟悉，無法完成暴露評估工作。
2. 另外，定量監測為較準確、直接的評估方式，然而在有限的成本預算下，作業場所每次僅規劃少量定期環境監測採樣，不易取得相關較高暴露風險作業區之大量暴露濃度資訊與有效預測長期暴露資料，故而忽略全面評估廠區之潛在暴露風險等級。

三、採用評估方法：

1. 除飽和蒸氣壓、二暴露區模式等定量推估方式外，依該廠執行上所遇問題，可利用替代指標之概念，建立作業環境監測結果與直讀式儀器（PID）之預測模式導入暴露預測模式，因此在此以二甲基甲醯胺為例，進行替代指標物之推估方法。
2. 暴露預測模式執行方法，係以直讀式儀器（photoionization detector，簡稱 PID）搭配作業環境監測之採樣原則建議，若規劃為區域採樣者，則以區域採樣定點為中心，蒐集距離該中心周遭 0.5m 範圍內，記錄 6 點的 PID 測值。若為個人採樣者，係隨機量測該工作者工作區域 6 點 PID 之測值。進一步利用線性迴歸找出直讀式儀器總揮發性有機溶劑（Total Volatile Organic Compounds，簡稱 TVOCs）測值與不同化學物質採樣分析結果之相關性，並進一步透過上述之迴歸分析結果，推估至其他 SEG 利用直讀式儀器 TVOC 之測定，以預測該作業環境中不同化學物可能暴露之濃度。然而，在執行 PID 直讀檢測與定量作業環境監測之相關性推估時，仍需先留意所欲推估之化學品項目與直讀儀器有相同之偵測原理，如若相關資訊無法匹配或製程暴露特性不同，務必需注意因應不同暴露族群/製程預測造成之不確定性，且需定期確保是否因製程作業條件之變更，該線性回歸關係條件仍存在。

3. 經由半定量模式執行之結果，篩選廠內最高風險區進行，並以定量監測（區域採樣）與暴露預測模式（PID 直讀式儀器）之採樣點位置執行測定。其中區域包括 A 攪拌區、B 廠 2F 倒料區及 1F 卸料區等。採樣器擺放位置與直讀式 PID 量測位置，如圖 4-15 及圖 4-16 所示。

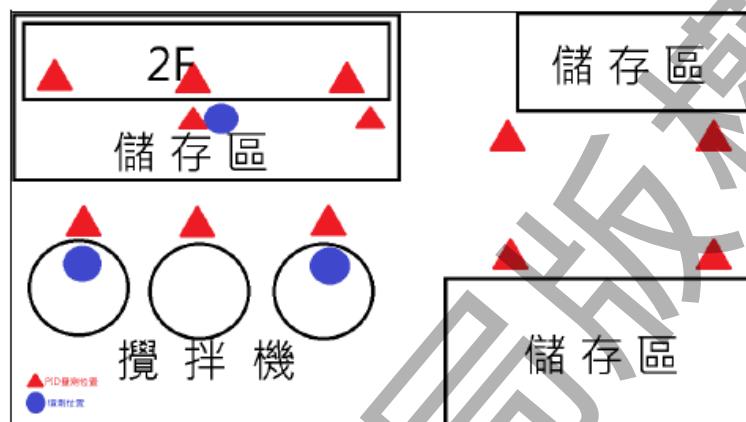


圖 4-15 A 攪拌區

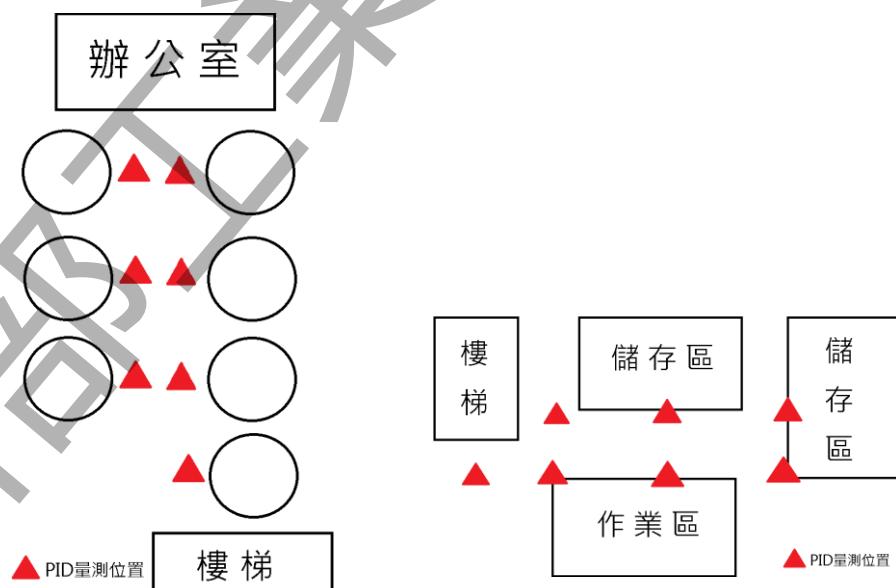


圖 4-16 B 廠 2F 倒料區（左圖）及 1F 卸料區（右圖）

4. 以二甲基甲醯胺量測結果依利用各化學物質之實測值（X）與直讀式儀器（Y），利用簡單線性迴歸分析方法，進行暴露預測模式之建立，即 $y=ax+b$ （x：化學物濃度，y：PID 濃度，濃度單位：ppm），結果發現相似暴露族群預測模式有良好之相關性呈現 $R^2=0.837$ ），化學物質之迴歸模式如圖 4-17 所示，即可有效利用 PID 進行不同化學物質暴露濃度之推估，以建構長期之暴露風險資料庫，可協助事業單位進行更正確之管理決策。

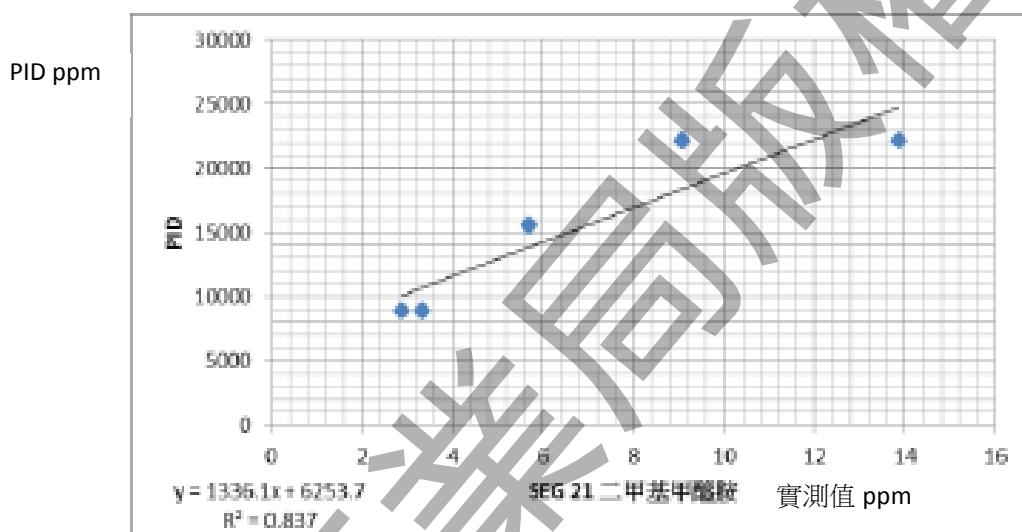


圖 4-17 利用 PID 與二甲基甲醯胺監測結果線性迴歸圖

5. 經由定量監測於 A 攪拌區之二甲基甲醯胺暴露風險等級為 2，因此僅需維持例行性評估，並每年再評估即可。B 廠 2F 倒料區之二甲基甲醯胺暴露風險為 3，應立即進行改善，再重新進行評估。
6. 由於現場執行個人採樣有其困難度，故採區域採樣進行，在執行評估結果上存有高度不確定性，無法確切了解勞工作業之暴露實態，有高估勞工暴露風險之虞。建議可加入作業勞工活動時間量表調查，配合環境監測區域採樣結果，進行作業勞工時量暴露濃度推算，較能代表勞工實際暴露情形。

四、風險減緩控制措施建議：

1. 無論是透過定量環境監測或定量推估模式-替代指標物，皆依其結果與容許濃度進行比較，以利執行分級管理。由於須找出各相似暴露族群之暴露實態的第 95 百分位暴露濃度值 (X_{95})，建議可利用 AIHA 統計分析工具 (IHSTAT)，進行分析 X_{95} ，統計工具可參考圖 4-8，分別找出各化學物質，再與容許濃度進行比較，以進行分級管理。定量結果(推估模式與環境監測)，皆依定量暴露評估結果與容許濃度標準之比值，再依暴露控制分級之分類標準，分成三個風險控制等級，提供後續控制或管理措施之決策，以強化危害預防之成效。
2. 替代指標物亦可透過 PID 解決監測資訊有限（例：採樣樣本數少）之問題，藉由 PID 可以多次量測現場濃度，以利採用軟體進行分析進行評估。
3. 由於現場之暴露濃度可能隨著實際溫或產能等影響化學物質之逸散，而導致暴露濃度變化，暴露時間之長短亦會影響個人暴露濃度，因此須建構長時間暴露濃度，此暴露濃度結果與容許濃度比較分級，以適時調整管理策略。

【4-5-2 樹脂業溶解調和製程案例】

一、背景說明：

該工廠員工人數 717 人，特別危害健康作業勞工人數約 170 人。主要產品有紙基覆銅箔板，產品應用於電子、電機、半導體、通信、塗料、土木、餐具、容器、鑄造等行業。使用化學品包括如環氧樹脂、環氧樹脂成型粉、貼花樹脂、甲醛、三聚甲醛等。

二、面臨問題：

1. 環氧課有樹脂備料時之溶劑調合（環氧氯丙烷、酚醛樹脂等）與濾袋更換等短時間暴露風險。
2. 環氧課溶解調和主要使用化學品為酚醛樹脂與環氧氯丙烷，該項目不屬於法定監測項目，不過因其具有國內之暴露容許標準，環氧課調和溶解（備料）作業，平均作業時間約 1 個小時，其主要暴露之危害性化學品為環氧氯丙烷（暴露容許濃度標準 PEL-TWA 為 2 ppm，國內列管毒化物之一）。環氧課溶解調和主要使用化學品為環氧氯丙烷；英文名稱為 3-Chloro-1,2-epoxypropane 或 Epichlorohydrin（常見簡稱 ECH），常溫下是無色、有刺激性氣味的低粘度、易揮發、不穩定的無色油狀液體，具致癌性之極毒性液體。

三、採用樣評估方法：

1. 依定量評估方法可以採樣監測或試著透過直讀儀器建立定量替代性指標物推估關係，藉此檢討現有控制措施是否足以控制風險。此案例以 PID 直讀式儀器觀測現場 TVOC 濃度變化情形，監測採樣點與直讀式量測點之對照圖如圖 4-18。

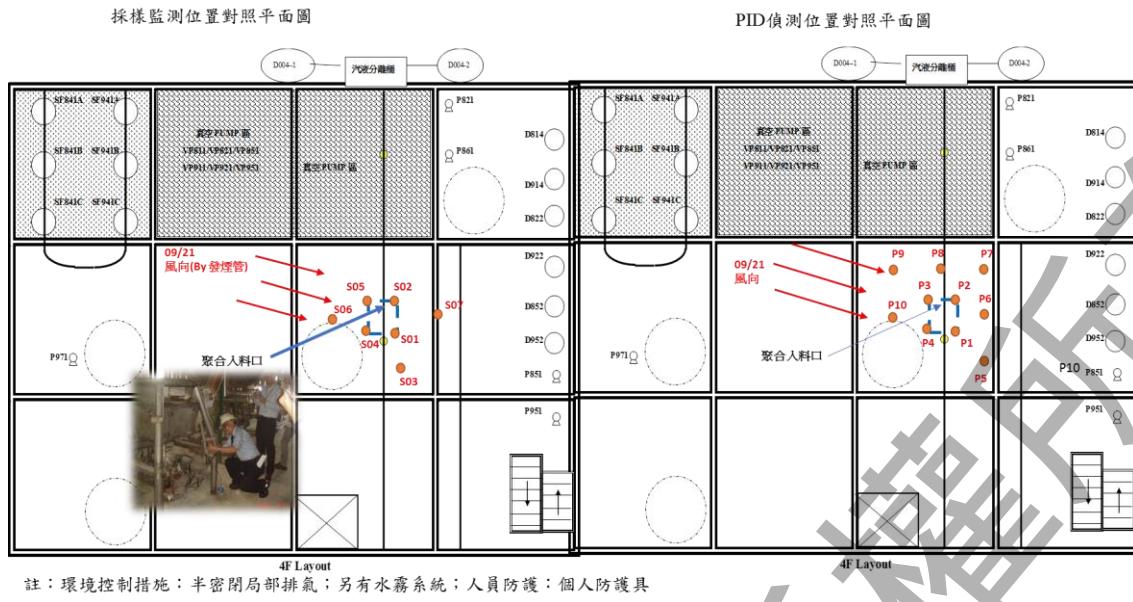


圖 4-18 作業環境監測與直讀式儀器偵測執行示意圖

2. 利用 PID 直讀儀器量測結果其總揮發性有機溶劑(Total Volatile Organic Compounds, 簡稱 TVOCs)濃度約 400~2,500 ppb，且該化學品為主要暴露來源，故推估已有可能超過其暴露容許濃度，因此先進行採樣分析以更準確評估其暴露風險。方法可參考如【4.4.1】案例說明，在執行 PID 直讀檢測與定量作業環境監測之相關性推估時，先留意所欲推估之化學品項目與 PID 直讀儀器有相同之偵測原理；以本案為例，可參考該儀器之原廠參考資訊（如：Epichlorohydrin 的 Compound Libraries），以確立獲得監測結果與直讀儀器測值之線性迴歸相關性。以環氧氯丙烷為例，作業前作業區範圍 PID 濃度約 0.9 ppm，較外圍區域則約 0.5~0.6 ppm；作業期間 PID 檢測值約 1.0~4.3 ppm，其中在洩壓過程有明顯味道逸散，PID 測值可高達約 4.0~12.8 ppm，其餘作業期間則約 1.4~近 3.0 ppm 範圍，PID 直讀測定濃度變化趨勢，環氧氯丙烷入料作業，屬短時間作業(≈1 小時內)，使用 PID 檢測 VOCs 濃度，部分瞬時 VOCs 濃度達 5 ppm，顯示人員在作業過程中仍有瞬間高濃度的暴露風險，但以單次長時間作業環境監測結果卻無法呈現之情形，如圖 4-19。

3. 環氧氯丙烷 PEL-TWA 為 2 ppm，換算其 PEL-STEL 為 4 ppm（變量係數為 2），PID 檢測結果已超過 PEL-TWA 且相當接近 PEL-STEL，仍應注意短時間暴露之問題。有關 PID 執行之示意圖與濃度分佈模擬示意圖請參考圖 4-20。
4. 單一次性的結果進行暴露評估可能有低估暴露風險之虞，可透過多次量測，累積環測結果，並以 X_{95} 統計分析對照容許濃度標準，再據以重新審視檢討 SEG 劇分之合理性，可做為比較製程改善前後與分級結果之差異，如圖 4-21 至圖 4-23。

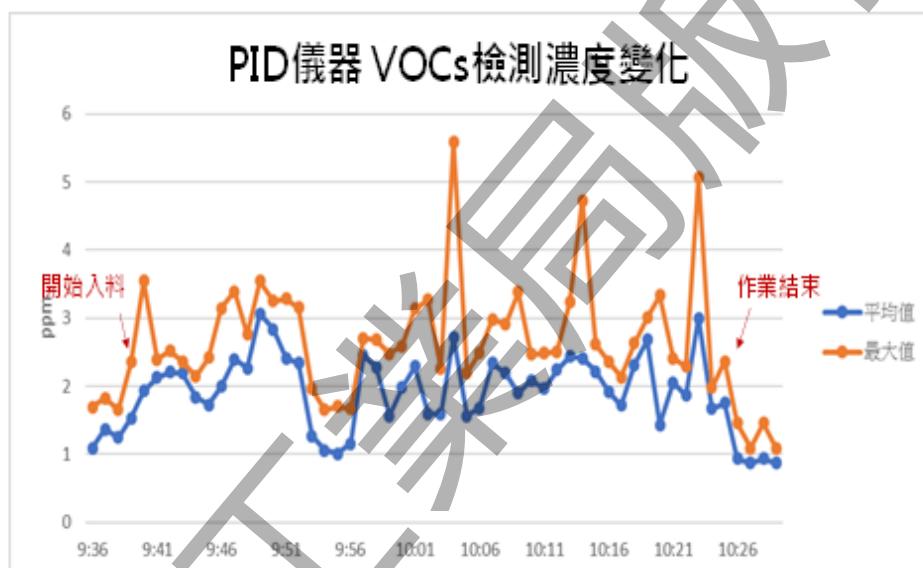


圖 4-19 環氧樹脂課 PID 直讀測定濃度變化趨勢

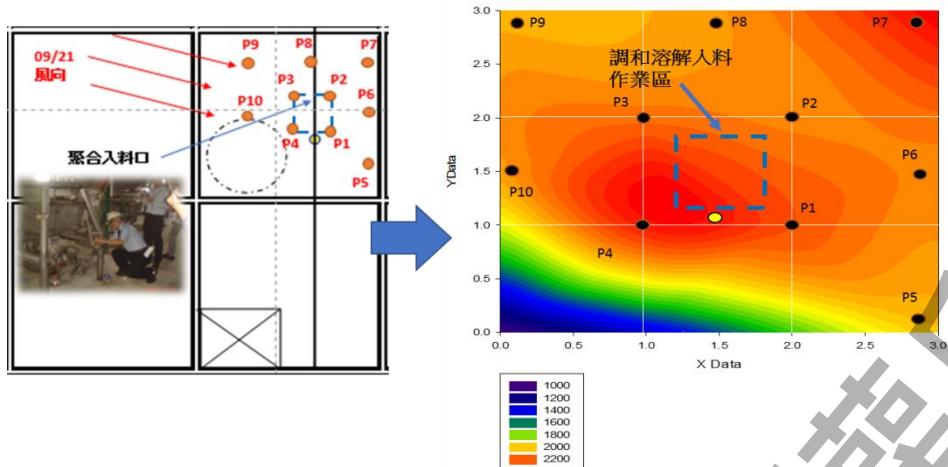


圖 4-20 PID 量測濃度分佈模擬示意圖

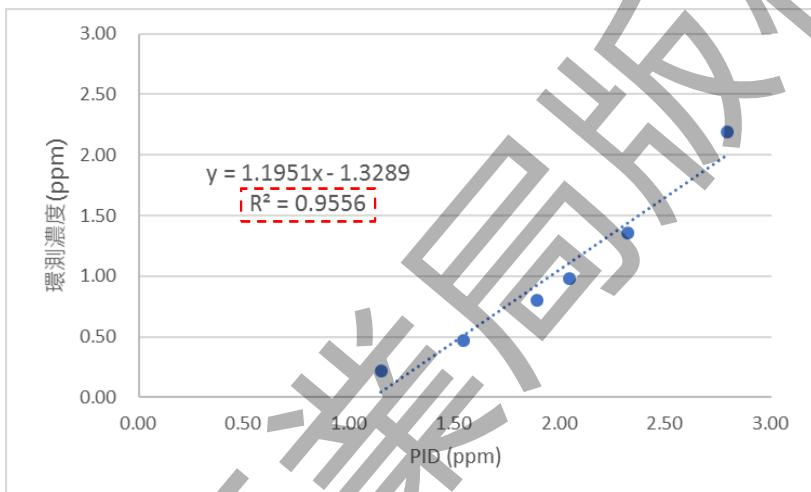


圖 4-21 環氧氯丙烷作業環境檢測與 PID 線性迴歸分析

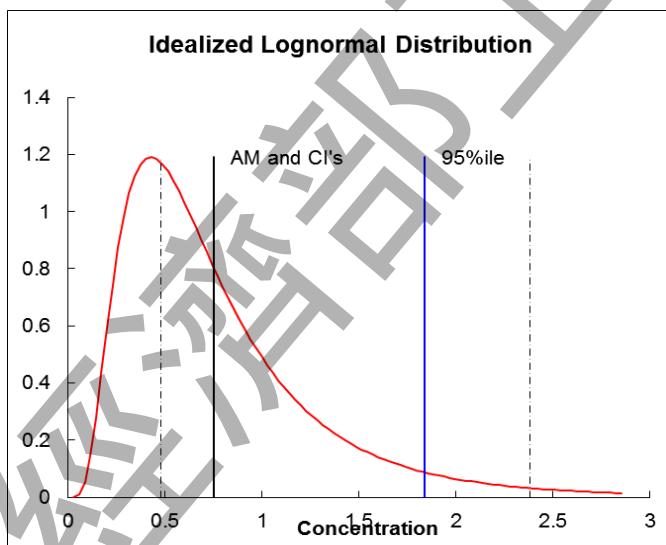


圖 4-22 環氧氯丙烷環境監測結果與統計分析

危害性化學品評估及分級管理技術指引 (104.12.2)

環氯氯丙烷 短時間環境監測結果	
短時間容許暴露濃度(ppm)	4
第95百分位值(X_{95}) (ppm)	1.842

範圍	評估結果分級
$X_{95} < 0.5\text{PEL}$	第一級
$0.5\text{PEL} \leq X_{95} < \text{PEL}$	第二級
$X_{95} \geq \text{PEL}$	第三級

範圍	AIHA 評估結果分級
$X_{95} < 0.01\text{OEL}$	0
$0.01\text{OEL} \leq X_{95} < 0.1\text{OEL}$	1
$0.1\text{OEL} \leq X_{95} < 0.5\text{OEL}$	2
$0.5\text{OEL} \leq X_{95} < \text{OEL}$	3
$X_{95} \geq \text{OEL}$	4

圖 4-23 作業環境監測評估結果分級

四、風險減緩控制措施建議：

- 對於非法定要求但具有容許濃度標準之物質，得依定量評估方法可進行環境監測或由 PID 直讀儀器建立定量替代性指標物推估關係，來解決無法採樣之受限情形。
- 操作時間較短，但由化學品暴露結果顯示確實有較高風險，不宜忽略。建議此類型容易受到忽略之短時間健康危害性化學品作業，應持續進行暴露採樣評估，並可結合 PID 之量測作為暴露評估預警之篩選，以作為是否需進一步精確評估之參考依據。
- 對於監測結果為低於 1/2 法定容許濃度（第一級），依危害性化學品之評估及分級管理執行紀錄應保持三年，並定期或於製程變更時進行更新（至少每三年更新一次）。

第五章 化學品暴露管理系統實務案例

5-1 系統建置重點

許多事業單位在化學品管控上多數均以符合法令要求為目標，廠內化學品均應有危害物質清單、安全資料表（SDS），但對製程中有些測試化學品、客製化流程等需求而未進行變更管理，自行擅自採購其原物料即自行進行測試、生產等相關作業，且未備妥相關文件亦未知會工安單位進行風險評估（化學品致毒性、安全性、現場通風條件是否足夠、人員對其之認知與防護具之防護等級是否符合、廢水處理能力等）及測試後之剩餘原物料廢棄處理等諸項事件，均有可能一時疏忽而造成職災或虛驚事件增加災害風險，因此想要減災降低風險，化學品源頭管理及建置化學品管理機制是刻不容緩。

大多數公司組織健全，但在作業流程、組織對化學品管理執行之分工以及化學品管理相關單位權責未定義清楚，以致推動管理受到影響；若要全面性落實化學品暴露評估與管理，建議應藉由職業安全衛生管理系統標準建立一套管理系統，以 P-D-C-A 管理模式落實執行化學品管理及強化預防控制工作，以達到降低勞工化學品暴露危害及預防職業病發生之目的。執行管理系統之注意事項請參考表 5-1。

表 5-1 執行管理系統應注意事項

項目	建議考量執行方式
規劃 (Plan)	<p>1.組織：</p> <ul style="list-style-type: none"> (1)了解組織背景環境、企業文化與利害關係者需求與期望。 (2)決定職安衛管理系統的範圍及建立相關執行小組。 <p>2.領導、工作者參與：</p> <ul style="list-style-type: none"> (1)領導之承諾，並給予設備、技術或資金等資源。 (2)職業安全衛生政策。 (3)明確定義組織角色、職責及權限。 (4)採購小組配合執行化學品相關管理工作。 <p>3.處理風險與機會之措施：</p> <ul style="list-style-type: none"> (1)危害鑑別、風險與機會評估及決定控制措施。 (2)分工化學品評估及其結果與管理措施，傳達給員工、承攬商及利害相關者。 (3)法規符合性查核。 <p>4.目標及方案：</p> <ul style="list-style-type: none"> (1)依職安衛政策設定目標。 (2)依危害鑑別、風險評估結果提案管理方案，例如化學品管理可依據分級結果、法規規定或其他要求事項，訂定化學品管理之目標及管理方案。
實施 (Do)	<p>1.支援：</p> <ul style="list-style-type: none"> (1)資源、專業能力與認知應有足夠能力執行相關業務。 (2)推動化學品管理，使各人員共同參與及執行。 (3)文件紀錄保存。 <p>2.運作</p>

項目	建議考量執行方式
	<p>(1) 危害鑑別和風險評估所決定的控制措施，其相關管制方式應運用於執行職安衛管理系統運作過程，並應與相關同仁共同討論後採取其相關控制措施。</p> <p>(2) 作業管制：</p> <ul style="list-style-type: none"> A. 變更管理應建立流程，例：化學品相關管制法規修訂時，在實際管制上也需要導入變更管理，以因應需求。 B. 採購管制源頭管理，包含使用前安全性評估、現有設備及人員防護能力、收集安全資料表及建立清單等。 C. 承攬商管理則需有程序進行相關管制作業，以降低承攬商活動對組織、或是工作場所其他利害相關者之影響與衝擊，其對象可包括設備商新機架設、維修、化學品運送、裝卸作業等。 <p>(3) 緊急事件準備與應變一旦發生，需在最短時間進行搶救以及後續應變處理，並將相關信息給承攬商、訪客、政府機關以及當地社區；如有足夠資源應與相關單位一同參與。</p>
檢查 (Check)	<p>檢查功能如同績效評估，可分為：</p> <p>1. 監督、量測、分析及評估</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 如健康檢查結果及作業環境場所量測有害物濃度或暴露模式等可視為主動式績效；被動式績效如洩漏事件及化學品接觸事件分析與原因調查等。 (2) 符合性評估可包括法規查核符合度，文件資料與實際執行之符合性。 <p>2. 內部稽核</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 內部單位交叉定期進行稽核工作，可讓彼此了解化學品管理之專業知能及其重要性；亦可從不同單位、人員進行觀察與了解執行

項目	建議考量執行方式
	<p>現況，做為後續檢討調整之參考。</p> <p>(2) 稽核結果應保存，做為執行稽核方案與稽核結果證據。</p> <p>3.管理審查</p> <p>(1) 定期進行管理階層審查</p> <p>(2) 主管應予以支持與提供足夠資源（環境、人力、財務經費、訓練等）。</p> <p>(3) 管理階層審查包含確定執行狀況、與職業安全衛生管理系統相關內外部議題變化、績效執行資訊、與利害相關者有關的溝通及持續改進的機會。</p>
改進 (Act)	<p>組織應確定改進的機會，採取必要行動，實現其職業安全衛生管理系統的預期結果。</p> <p>1.事件、不符合事項及矯正措施</p> <p>2.持續改進</p>

5-2 全面性暴露評估判定案例

【5-2-1橡膠製造製程案例】

一、背景說明：

某密封元件廠員工人數約為 320 人，特別危害健康作業勞工人數約 90 人。主要產品有引擎油封、變速箱油封、方向機油封、輪軸油封、避震器油封、馬達油封等，運用技術在車輛、工業及農建礦業相關產業。該廠製程及製程使用化學品簡介如圖 5-1，化學品管理上已有收集安全資料表 (SDS)、製作危害物質清單、執行化學品分級管理 (CCB)，但有混合物之物質因資料不足且對整體化學品暴露評估概念及實施方法缺乏，以致未能完整執行暴露分級管理工作。

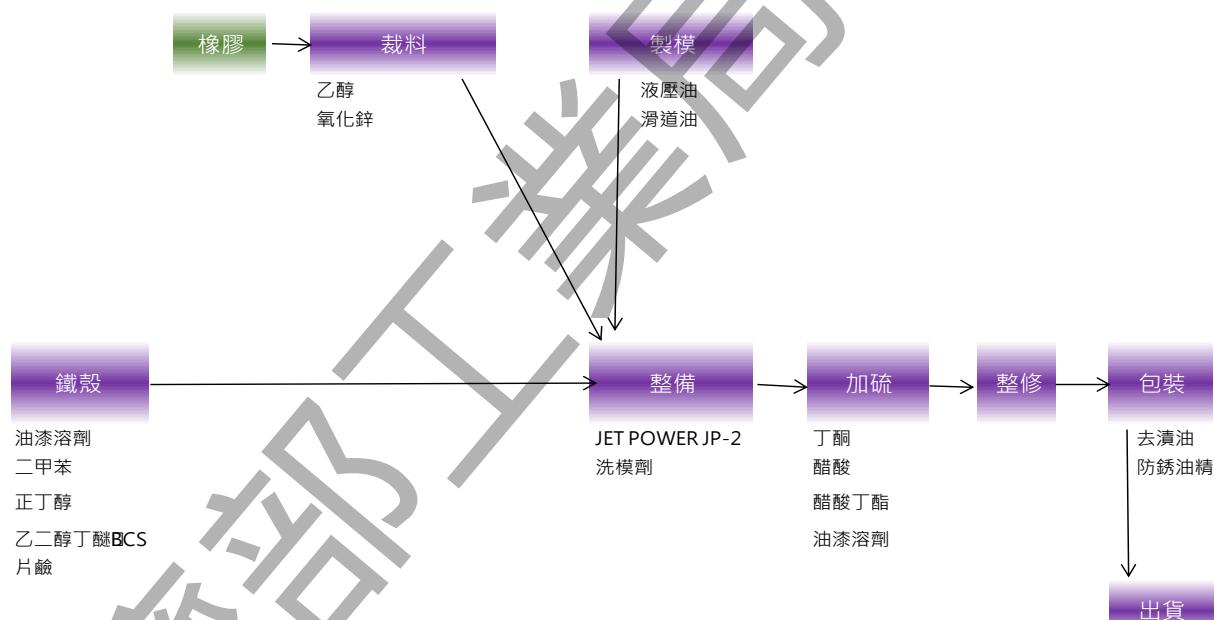


圖 5-1 密封元件廠製程及其危害化學品清查對照圖（執行參考）

二、化學品管理執行情形：

執行項目	執行狀況	說明
SDS 資料收集	△	部份資料未收齊，且有外語版本須再與供應商溝通
危害性化學品清單	△	因 SDS 不齊全未能完整
SEG 分類	△	實驗室未納入 SEG 劃分
半定量評估分級管理	△	資料已建檔，對混合物不知如何執行，因此未完成所有項目
定量環境監測	○	已實施，另加測萘（非法定項）
暴露分級管理	✗	不熟方法（已有環測數據可採定量統計(X_{95})、混合物暴露評估)而未執行。

註：○代表有建置，△代表有建置但不完整，✗代表未建置

三、執行上問題及採用評估方法：

項目	說明
面臨問題	<ol style="list-style-type: none"> 未建立管理機制：執行、協辦單位未有正確完整認知及危害意識，且安全資料表需跨部門索取，收集時程冗長，亦有判讀符合性問題(例：十六大項、語言版問題)。 缺乏技術執行能力：對操作手法不熟只完成部份化學品分級（純物質），但未執行化學品暴露評估（尤以混合物暴露評估）。 未定期檢視環測計畫及採樣策略內容適切性。
採用評估方法	<ol style="list-style-type: none"> 提供管理系統建置方法及訓練：協助內部建置管理機制以及提升人員危害認知與配合度，例如：建立化學品評估小組及執行分工表（表 5-2）、辦理高階主管種子人員

項目	說明
	<p>訓練，並由各部門高階主管向部門同仁進行深耕訓練。</p> <p>2. 完成修訂 SEG 劃分（新增研發室 F0100）如表 5-3。</p> <p>3. 依該廠規模協助完成 ILO-CCB 化學品分級管理如表 5-4；由執行結果發現靜電噴塗區其風險等級為 3 級，考量增加控制參數修正其風險結果，另以新加坡 SQRA 重新評估。以靜電噴漆區 SEG C_1 所使用之油漆溶劑 150 為例，此為混合物，成份為非環測指定項，先採用 ILO-CCB 之風險為 3，接續以新加坡 SQRA 方式其風險下修為 2.7，對照風險等級其結果仍中度風險。</p> <p>4. 為能更進一步確認危害風險確認其暴露實態，針對混合物具有法定容許濃度之物質施以環境監測，1,2,3-三甲基苯與萘之監測結果均低於 1/2 法定容許濃度，暴露風險等級為 1，量測結果低於 1/2 法定容許濃度，且經由相加效應後亦未超過 1。以定量作業監測評估結果做為暴露等級（ER），其風險等級（RR）等級修正為 1.7（HR=3，ER=1），為低度風險（2）。該區域目前控制措施為隔離加局部排氣裝置，已達到化學品分級管理的要求，執行結果如表 5-4。</p> <p>5. 後續修正環境監測計畫及採樣策略，以符合實際現況，有效掌握確認暴露風險在可接受範圍內。</p>

表 5-2 化學品管理評估小組執行分工職掌表（參考案例）

負責單位/人員	姓名/職稱	職掌分工內容
採購	王○○	1. 索取安全資料表 SDS (確認 16 項) 2. 與供應商溝通、傳遞符法性要求與重要訊息 3. 協助調查 SDS 資訊 (更新異動)
生產線主管	黃○○	1. 提供產線使用化學品相關資訊 2. 協助製作危害清單 3. 落實儲存、使用管理 4. 產線發生化學暴露異常須通報，並協助調查 5. 共同參與討論環境測定規劃事項

表 5-3 SEG 分組一覽表

SEG 代號	部門	作業區域	作業描述	作業人數	可能暴露之危害
A0100	加硫課機動組	2F 自動補膠	補膠作業	3	乙酸丁酯、乙酸異丁酯、丁酮、萘、醋酸
B0100	整備課備料組	1F 翻料作業區	翻料作業	13	第四種可呼吸性粉塵、第四種總粉塵
B0200	整備課備料組	1F 裁料機	裁料作業	2	噪音
C0100	供料課接著組	1F 靜電噴塗	噴塗作業	3	乙二醇丁醚、乙苯、二甲苯、四氯乙烯、正丁醇、萘
D0100	整修課包裝組	1F 油封清洗區	清洗作業	3	正己烷、正庚烷、苯
E0100	辦公室	設有中央管理方式之空氣調	-	154	二氧化碳

SEG 代號	部門	作業區域	作業描述	作業人數	可能暴露之危害
		節設備之建築物室內作業場所			
F0100	研發室	三樓研發室	膠料檢測,打膠 翻料、加硫、烘 烤等	10	乙酸丁酯、乙酸異丁 酯、丁酮、萘、醋酸

表 5-4 ILO-CCB 半定量危害分級執行結果 (摘錄)

1. 使用化學品基本資料(危害物質清單 符合危害通識規則所需資料)				2. 執行篩分		3. 暴露分組與SEG劃分		4. 風險暴露分級評估方法										5. 風險分級管理			備註							
化學品	主要成分與含量% (混合物成分均要列出)			使用資料	是否具有健康危害 (CN S15)	是否具有定期環境容許暴露標準 (或有無分析方法)	是否依法需定期環境監測(或有無分析方法)	作業時間	相似暴露族群 (SEG) 編碼 (自編)	現有控制措施	ILO-CCB半定量危害分級				新加坡半定量危害分級 (亦可運用於作業環境監測SEG劃分後尚未執行環測前之暴露風險評估 或可用於SEG重新劃分之檢視用)						定量作業環境監測評估結果			風險評估結果等級 (選擇最適切者 · 如定量評估法較半定量評估方法適切)	評估結果風險控制作為	下次評估時間		
中文名稱	每月平均數量 (Kg)	是/否	是/否	是/否	是/否	是/否	是/否	8小時	C_01	局部排氣	逸散狀況分類	使用量分類	CCB風險矩陣分級結果(級數)	健康危害等級(HR)	暴露等級(ER)				風險等級 (HR*ER) $^{1/2}$	環測結果濃度(ppm或mg/m³)	Ci/PEL比值	定量環測分級結果						
油漆溶劑	1,2,3-三甲基苯	10~14	60	Y	Y			8小時	C_01	局部排氣	D+S	低	10	中	3	3	1	2	6	3	2.45	2.7	0.715ppm	0.03	1	2	2019/4 檢視及定期 檢查局部排 氣設備效能	未提供混合物 PEL值 · 環測結 果僅對具PEL物 質分級 · 未能代 表全體性 · 最終 風險評估等級為2
	1,2,4-三甲基苯	7~11																		2.744ppm								
	4-乙基-1,2-二甲基苯	7~11																										
	萘	=7.1			Y	Y																						
	3-乙基鄰二甲苯	<4																										
	二氫茚	<4																										
	間二乙基苯	<3																										

四、風險減緩控制措施建議：

1. 經由 ILO-CCB、新加坡 SQRA 以及環境監測採樣取得結果過程中，建立事業單位執行化學品暴露評估方法與機制，該 SEG C_1 風險為 2，現場已設有局部排氣設備，因此應確認其運轉及持續維持管理。
2. 該物質暴露濃度低於 1/2 容許濃度標準，可三年評估一次；該事業單位為有效掌握現場作業暴露實態，已納入環測項目。
3. 環測計畫及採樣策略除依「作業環境監測指引」執行，建議應結合化學品暴露評估結果，暴露評估風險較高部份納入，如有容許濃度物質，得以一次性定量監測確認其風險。在化學品暴露評估時 SEG 劃分上以製程、也可以對象或化學物質為主，細部觀察與紀錄各組作業人員所使用化學物質資料（化學品名、物質清單與健康危害特性）、工作項目、職稱、作業類型、暴露特性（尤以留意人員同時暴露兩種以上不同工作），並且以 PDCA 管理精神循環推動與執行，才能確保說寫做一致性；且執行結果與紀錄應揭示勞工周知。
4. 環測紀錄以及局部排氣裝置定檢保養紀錄應妥善保存，至少三年。
5. 如有變更製程、現場作業環境條件、原物料使用量變化或是原物料變更情形，應於 3 個月內完成重新評估，確認暴露風險才能確實掌握之符合性與預防有效性。

5-3 分級管理與風險減緩案例

【5-3-1 風險減緩案例】

一、背景說明：

此例與【5-2-1 案例】為同一事業單位，在此以另一清洗作業區為例說明。油封清洗作業現場裝有防爆型排風扇，現有環境以整體換氣為主，人員進行清洗作業則配戴呼吸防護具。

內部經由評估發現去漬油危害性較高，為降低作業危害風險，現場設備進行汰換，因此施工期間該作業移至空地組搭臨時作業區，人員依然配戴防毒面罩及有機溶劑濾毒罐。該區作業使用去漬油，其成份包括正己烷、正庚烷、苯等，其半定量評估 SQRA 結果與環測採樣結果，其暴露風險等級為 1，如表 5-5。

二、面臨問題：

1. 控制措施應以工程改善為優先，或以取代、隔離等方式降低風險，防護具為最後一道防護線，非第一時間做為選用必要措施。一般而言，無法進行改善工程改善可能是空間限制、經費或其它問題，在無其他辦法時才啟動使用防護具配戴機制，但在個人防護具選用款式以及使用汰換管理多為現在事業單位所面臨的問題。本案例乃因現有設備無法滿足有效預防工作，因此採用個人防護具，而在使用汰換採被動式管理（聞到味道後進行更換），PID 量測現場 TVOC 濃度約 40~50ppm。
2. 現場作業人員配戴使用後未妥善保管，直接置放現場，並無將濾毒罐密封收納，在此情形下濾毒罐持續暴露在空氣中，受到有害物及濕度等影響，濾毒罐中之濾材很容易達到飽和而影響到濾毒罐使用之壽命。
3. 防護具使用並非永久有效，但往往在更換頻率規定上卻是職安人員常受困擾的問題；以此呼吸防護具防護效能期限測試為例，導正使用者與管理者概念。

表 5-5 油封清洗區風險暴露分級管理紀錄（摘錄）

1. 使用化學品基本資料(危害物質清單 符合危害通識規則所需資料)					2. 暴露分組與SEG劃分				3. 風險暴露分級評估方法						4. 風險分級管理			備註		
料號	化學品		主要成分與含量% (混合物成分均要列出)		CAS No.	作業場所(或部門)名稱	作業區域名稱	作業類型 (如連續作業或間歇性作業或不定期作業或週期性作業等)	相似暴露族群 (SEG)編碼 (白碼)	現有控制措施	新加坡半定量危害分級 (亦可運用於作業環境監測SEG劃分尚未執行環測前之暴露風險評估 或可用於SEG重新劃分之檢視用)			定量作業環境監測評估結果			風險評估結果等級 (堪慮應切者, 如定量評估法較半定量評估方法適切)	評估結果風險控制作為	下次評估時間	
	中文名稱	英文名稱	健康危害等級(HR)	暴露等級(ER)	ER得分結果						風險等級 (HR*ER) ^{1/2}	環測結果濃度 (ppm或mg/m ³)	C/PEL比值	定量環測分級結果						
60303000 0070000	去漬油	2-甲基戊烷	6 ~ 11	107-83-5		二廠一樓 包裝組	油封清洗區	油封清洗 彈簧清洗 鑑體換氣	D_01	3	1	173	0.355ppm <0.0651ppm 27.2ppm	50ppm 1ppm 400ppm	1 1 1	1	定期檢視局部排毒設備持續有效運轉	2019/4(依法半年環測一次)	屬第二類有機溶劑應有局部排毒控制設備	
		3-甲基戊烷	6 ~ 11	96-14-0																
		正己烷	10 ~ 14	110-54-3																
		2,2-二甲基戊烷	1 ~ 5	590-35-2																
		甲基環戊烷	1 ~ 5	96-37-7																
		2,4-二甲基戊烷	1 ~ 6	108-08-7																
		苯	=0.1	71-43-2																
		3,3-二甲基戊烷	1 ~ 5	562-49-2																
		2-甲基己烷	12 ~ 17	31394-54-4																
		2,3-二甲基戊烷	3 ~ 8	565-59-3																
		3-甲基己烷	12 ~ 18	589-34-4																
		正庚烷	6 ~ 10	142-82-5																
		2,6-二甲基丁烷	< 3	79-29-8																

三、採用評估方法：

- 考量作業環境受到限制，就現有狀況協助業者，利用防護具進行效能期限測試。收集過程每日均將濾毒罐密封，隔天上班再取出使用，共收集 5 天濾毒罐樣本至合格實驗室進行分析測試，採樣步驟紀錄如圖 5-2。
- 將濾毒罐之吸收劑取出以 GC 測試其中有機物訊號總面積，作為有害物的濃度代表。以所得的濃度值對時間的關係如圖 5-3 所示，為吸收劑的破出曲線 (breakthrough curve)。從破出曲線可看出經過 3 天，吸收劑可對氣態物發揮相當完善的吸收作用，但第 4 天後，吸收劑對氣態物的吸收作用達到飽和，亦即不再有防護效果。
- 綜整上述，建議廠商應定期 3~4 天更換濾毒罐之吸附劑，以維護勞工之健康。

防護具濾毒罐飽和度測試結果

取樣說明：

分別收集第一天至第五天使用的濾毒罐，進行分析，步驟如下

圖示					
說明	油封清洗區 防毒面罩+濾毒罐	濾毒罐外觀	取出活性碳	稱重	加吸附劑待分析

圖 5-2 防護具濾毒罐防護效能期限測試（執行參考）

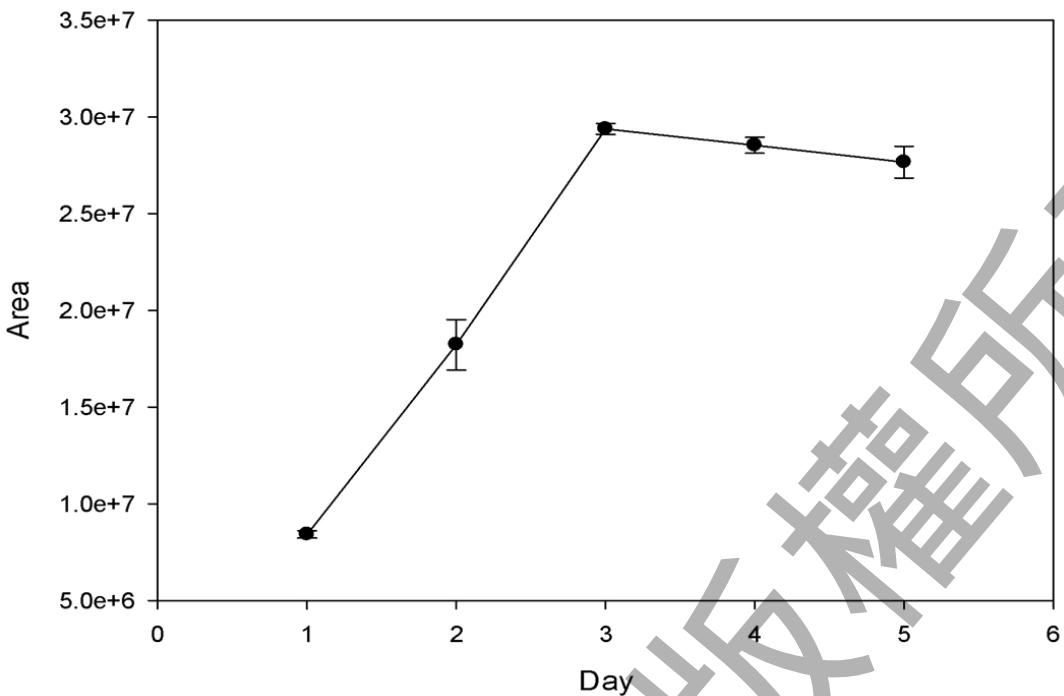


圖 5-3 呼吸防護具吸收劑破出曲線

四、風險減緩採用評估方法：

1. 防護具使用較適合在短暫、臨時作業或特殊狀況等情形。該區之半定量 SQRA 評估結果第 1 等級，其同等條件則以呼吸防護具為替代方法。防護具使用應配合適當保存方法，以避免影響濾毒罐之吸附能力。
2. 除此之外，濾毒罐選用管理研析提及濾毒罐更換時機是常見的管理困擾，主要是現場作業環境污染物濃度會隨化學品使用量而產生變化，加上大氣條件、溫濕度變化以及存放方式等都有可能影響濾毒罐之吸附能力；且選用濾毒罐款式也會有所影響，例如選用複合型濾毒罐吸附混合有害氣體，容易受到氣體間的競爭吸附現象，導致有機性氣體吸附容量下降；換言之，若破出未即時更換，重複配戴可能會有再釋出現象，反而造成吸入更多有害物之負面影響。[\[9\]](#)
3. 本次實驗所得之結果並非永久有效，當使用化學品不同（包含成份異動、增加新品）、作業環境變更（包括移地、空間調整、

擴地使用…等）等可促成濾毒罐吸附能力影響因素，都必須重新測試確認。

4. 建議應建置防護具管理規範並確認其有效性，包括各單位依產業特性選用適宜之防護具、防護具使用及保存、更換條件說明、保養清潔等項；且應向基層人員進行訓練與說明，強化個人對化學品使用之危害認知與意識，懂得保護自身健康安全。

第六章 結論

工作場所危害性化學品之種類及暴露型態隨著製程技術精進而有所改變，加上許多化學品資料源頭管理問題，要能全面掌握有害物之暴露實態及評估暴露狀況實在不易，並非一朝一夕即可達成的。我國職業安全衛生署推行化學品分級管理（Chemical Control Banding，CCB），大多數廠商在法令宣導及鞭策下已多有執行，惟現階段多數事業單位未能有效全面落實，多半乃因執行者欠缺完整概念與技術方法，又或因人力、資源不足又身兼數職、標準採樣方法有限，受到技術上的限制所致。

本手冊所談論的多為有機溶劑物質在進行暴露評估上之執行技術方法，分為半定量、定量評估方式。就定量監測方面除 X_{95} 統計分析技術外，尚有貝氏、蒙地卡羅模擬等；定量推估模式除飽和蒸氣壓、二暴露區、替代指標物、完全混合模式之外，尚包含渦流擴散模式、近場煙流模式等。

而國內所提供之半定量、定量方法多半以蒸氣、氣體較適用；此外，如鹽酸等酸性物質雖有採樣分析方法但較不易量測，可能因物質特性加上製程條件，粒狀污染物就不適用定量推估模式進行。據了解國外已有粒狀污染物評估之相關技術，如 ECETOC 網站。^[10]

綜整上述，仍需持續關注國際與國內化學品暴露分級管理動態，期冀未來能有更精進的評估或環境監測技術，促使事業單位更完善落實執行化學品暴露評估工作，掌握勞工作業環境暴露風險，做好風險減緩控制管理，以保障勞工健康安全。

參考資料

1. 工業區安全伙伴促進計畫網站。勞委會（現為勞動部）101年6月1日起開放廠商辦理既有化學物質增補提報作業。取自：
http://www.muga.org.tw/mugas/news_details.php?nw_id=207
2. 勞動部職業安全衛生署。化學品評估及分級管理。取自：
<https://ccb.osha.gov.tw/content/masterpage/Index.aspx>
3. 蔡朋枝（2018）。危害性化學品暴露評估及分級管理制度之原理、法制、與面臨之挑戰。工業安全衛生月刊（第351期），28-45。
4. Damiano J., Mulhausen, J. R. “A Strategy for Assessing and Managing Occupational Exposures”. American Industrial Hygiene Association (AIHA) Press, 1998.
5. 勞動部職業安全衛生署。危害性化學品評估及分級管理技術指引。取自：<https://www.osha.gov.tw/media/3009/危害性化學品評估及分級管理技術指引.pdf>
6. 經濟部工業局。合成樹脂接著劑產業化學品暴露分級管理技術輔導實務手冊。2017
7. William H.Bullock, and Joselito S. Ignacio. “A Strategy for Assessing and Managing Occupational Exposures Third Edition”. American Industrial Hygiene Association (AIHA), 2006.
8. 經濟部工業局。印染業危害性化學品評估及分級管理實務手冊。2016
9. 勞動部勞動及職業安全衛生研究所。濾毒罐選用管理研析。2017

10. ECETOC (European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemical) . Retried from:
<http://www.ecetoc.org/tools/targeted-risk-assessment-tra/>

