

第四章 作業環境測定	4-1
4.1 作業環境測定介紹.....	4-1
4.2 塗料業之作業環境測定計畫製作說明.....	4-2
4.2.1 訂定作業環境測定之目標	4-3
4.2.2 建立組織及成員之職責	4-4
4.2.3 蒐集工廠基本資料	4-6
4.2.4 訂定與執行採樣策略.....	4-15
4.2.5 測定結果之評估與提議改善措施	4-24
4.2.6 改善評估.....	4-28
4.2.7 文件管理.....	4-30

第四章 作業環境測定

4.1 作業環境測定介紹

作業環境測定之目的是為了讓雇主掌握勞工作業環境實態以及評估勞工暴露狀況所實施的規劃、採樣、分析或儀器測量，因此必須要擬訂適當的策略，才有可能達到這樣的目的。

大多數事業單位所熟知的作業環境測定，多指遵循勞工作業環境測定實施辦法中第 6、7 條明定需進行測定的項目及期限，本實務手冊中所言之作業環境測定也是針對此種類型所提出相關的做法。除此之外，若工廠接獲勞工抱怨或是針對製程變動等有特定目的需要進行瞭解，也可以對其作業環境進行測定，但為使本章節可以更聚焦在法令所要求作業環境測定之相關工作，因此這些因特殊目的而進行作業環境測定之採樣策略規劃，將不在本手冊討論之範圍中。

根據勞工作業環境測定實施辦法第 6、7、9 條之要求，事業單位必須依法進行作業環境測定，於實施作業環境測定之前應先訂定含採樣策略之作業環境測定計畫，且依實際需要檢討更新。本手冊之後續章節，將協助並教導事業單位，逐步的建立屬於該工廠的作業環境測定計畫書，並於最後的章節中提供一份完整的參考例給事業單位參考。

4.2 塗料業之作業環境測定計畫製作說明

為避免勞工於作業場所因暴露有害物而對身體造成傷害，「勞工安全衛生法」第七條規定：雇主對於中央主管機關指定之作業場所應依規定實施作業環境測定。「勞工作業環境測定實施辦法」第二條指出：作業環境測定，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規劃、採樣、分析或儀器測量。另於第九條規定：雇主依前條實施作業環境測定時，應訂定並依實際需要檢討更新含採樣策略之作業環境測定計畫。因此，為使作業環境測定可確實達到上述目標，在執行作業環境測定之前必須擬訂含有採樣策略之作業環境測定計畫。

本手冊內所提及制訂作業環境測定計畫之方法，主要參考之資料來源有三：(1) 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所「化學性暴露作業環境測定計畫技術手冊」(編號【OSH87-A313】)。(2) 美國工業衛生協會(AIHA)於 1998 年所改版之職業暴露評估與管理之策略。"A Strategy for Assessing and Managing Occupational Exposures"(1998)。(3) 南部科學工業園區管理局/勞委會勞工安全衛生研究所/工研院環安中心等於民國 91 年所共同制訂之「台南科學工業園區勞工作業環境測定計畫制訂手冊」。本技術手冊綜合上述資料之內容，提供塗料業者擬訂一份完整的作業環境測定計畫之參考做法。在該技術手冊中所建議的計畫書內容包含下列七項工作，分別為訂定作業環境測定目標、建立組織及成員之職責、蒐集工廠基本資料、訂定與執行採樣策略、處理與應用數據、檢討改進及文件管理等。各工作項目之關係如圖 4-1 所示，各項工作內容亦將分別詳述於下面各節。

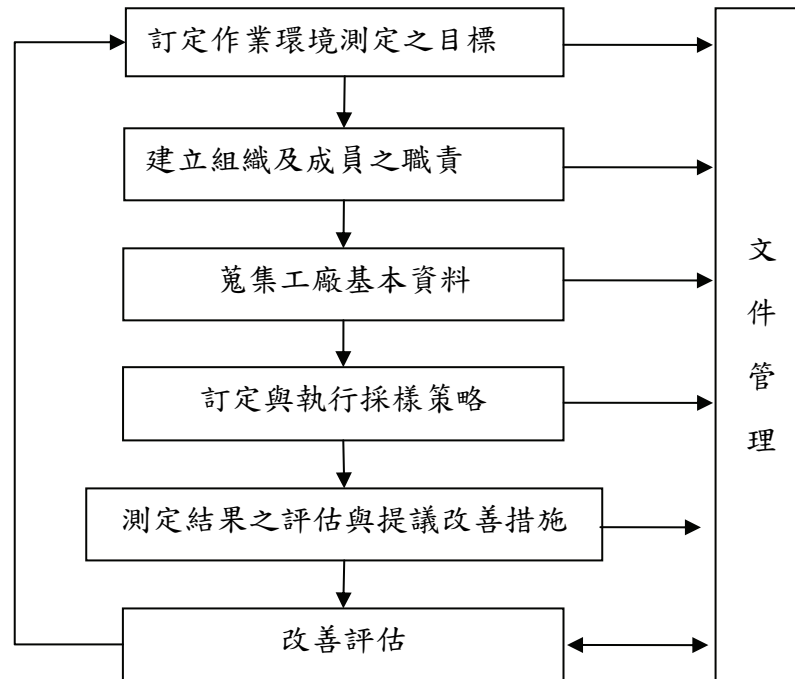


圖 4-1 含採樣策略之作業環境測定計畫架構圖

4.2.1 訂定作業環境測定之目標

【欲使作業環境測定工作有遵循的標準，必須先制定工作目標。】

作業環境測定的目標必須要與職業安全衛生政策相互配合。一個公司的職業安全衛生政策可以讓外界及員工瞭解公司維護工作場所安全衛生的態度及誠意，讓勞工瞭解工作場所環境與個人健康的重要性，並經由人人參與達到員工對企業的向心力，為事業單位進行作業環境測定工作的最高指導方針。

一個公司的職業安全衛生政策可能不會改變，但是作業環境測定目標必須依實際狀況逐年修正，例如：有些公司剛成立，作業環境測定制度尚未建立，勞工之暴露情形也完全不知，因此該階段的作業環境測定目標就可設定為「掌握勞工工作現場之暴露實態」，若該公司已執行作業環境測定一段時間，此時的目標就可以設定為「保障勞工免於作業場所中有害物的危害，使暴露的濃度合於法令標準，提供勞工健康舒適的工作環境」。各公司可自行依據工廠現況，設定於某一階段預計達到階段性的方向。表

4-1 為模擬工廠的作業環境測定目標參考選項，各公司可從中挑選符合工廠實際狀況的選項做為該廠之目標，亦或是自行撰寫合適之內容，兩者皆可。

表 4-1 作業環境測定目標之參考選項

選項	範 例 內 容
1	為評估勞工作業環境空氣中有害物濃度是否符合『勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準』或自行設定優於法令管制標準之規定。
2	依規定每半年執行作業環境測定，並逐步瞭解平時及非例行性作業人員之暴露實態。
3	瞭解每一個工作人員（相似暴露群）的暴露實態，並逐步降低暴露至容許濃度以下。
4	鑑定出嚴重的暴露來源，評估其危害成分及勞工暴露濃度，並逐步控制勞工暴露值在 1/2 容許濃度以下。

4.2.2 建立組織及成員之職責

【為使作業環境測定各項工作權責分明，必須先確立相關組織及成員之權責。】

作業環境測定工作的執行，非一人可獨立完成，而是要仰賴一個小組。例如在測定工作執行之前，需要有廠方人員提出作業環境測定規劃（在規劃的過程中亦需要有勞工代表提出實際需求），接下來的採樣工作則有兩種方式可以進行，一是交由採購人員對勞委會認可之作業環境測定機構/執業之工礦衛生技師，進行工作委託等相關事宜並安排時間至作業現場進行測定工作（需有現場主管及勞工配合），另一種方式若是事業單位本身就已僱用乙級以上之作業環境測定人員，則可由該人員依據相關採樣規定自行進行測定，但不論是由勞委會認可之作業環境測定機構/執業之工礦衛生技師或是由廠內乙級作業環境測定人員進行採樣工作，採集後之樣本皆應送請認可實驗室進行化驗分析，最後再由作業環境測定機構/執業之工礦衛生技師出具檢測報告給事業單位（若廠內本身就有乙級作業環境測定人員，則可自行採樣後送交認可實驗室進行分析後出具測試報告）。這一連串繁瑣之流程，必須要有一個專屬組織來完成，而過程中的各項工作更必須要權責分明且指定專人負責，才可使作業環境測定工作順利進行。

作業環境測定工作進行前，相關細節必須由勞工安全衛生人員於事前規劃並執行；若採樣工作需委外進行，則應會同採購人員評選廠商及驗收；而訂定採樣規劃及執行現場採樣時，亦必須有現場主管及勞工代表之參與，才能得以順利進行；至於委外之作業環境測定機構最好於年度計畫擬訂時就確定，才有充裕的時間進行溝通及協調，使作業環境測定工作做得更加完善。組織建立及成員職責之參考格式見表 4-2。

表 4-2 建立組織及成員職責之參考例

人 員	姓 名	職 責
勞工安全衛生人員	陳 XX	1. 擬定及執行作業環境測定計畫 2. 提出採樣規劃 3. 作業環境測定工作協調及管理 4. 環測過程定期查核 5. 測定結果之評估與提議改進措施 6. 紀錄保存
採購人員	吳 XX	1. 作業環境測定委外工作之採購、簽約與付款。
現場主管	馬 XX	1. 提出作業環境測定需求 2. 提供現場相關資訊 3. 確定受測人員 4. 採取改進措施
勞工代表	葉 XX	1. 提出作業環境測定需求 2. 監督環測工作之執行。
勞委會認可之作業環境測定機構(執業之工礦衛生技師/廠內合格之乙級以上之作業環境測定人員)	AC 顧問公司	1. 受委託執行各項環測工作(以簽約內容為準) 2. 環測目標(人員或地點)工作特性之掌握。

說明：若工廠已聘僱具有乙級以上之作業環境測定人員資格以上之勞工安全衛生人員，即可將執行各項環測工作之事項列入該勞工安全衛生人員之職責內。

4.2.3 蒐集工廠基本資料

【為協助各項作業環境測定工作之進行，工廠必須將各項有用的資料事先整理。】

事業單位在建立作業環境測定計畫前必須先將工廠資料歸納整理，基本資料的建立應涵蓋工作場所（work place）、工作執行型態（work force）及環境因子（environmental agent）等三大層面。由於進行作業環境測定規劃時，工作場所的相關資訊包含製程、廠區平面圖等資訊必須要建立，才能確認可能暴露的危害及地點；另外在工作型態方面，則應對作業內容及人員分配進行調查，才得以掌握暴露可能發生的時間點及人員；至於在環境因子方面，則應掌握有害物質的種類並建立清單，內容應包含其相關的毒理資料；最後對於歷年的作業環境測定資料亦應重點式的加以整理，才能快速掌握工廠歷年的暴露情形。因此綜合上述，必須蒐集工廠的基本資料應包含 1.製程流程說明 2.廠區配置圖 3.作業內容調查 4.人員組織配置 5.有害物質資訊 6.歷年作業環境資料整理等項目，以系統性的方式進行調查並整理，各項資料可參考以下之格式進行整理。

1.製程流程說明

【為了掌握可能的暴露，必須對製程加以瞭解。對於製程的描述可以製程流程圖或以文字說明表示，除此之外，對製程中各單元的相關有害物暴露情境也必須加以標註。】

塗料業主要的製程包含原料混合攪拌、研磨作業、調色作業、過濾秤重與包裝等作業程序。在這些製造過程中，隨著產品的不同，使用的原料成分雖不盡與相同，但主要還是以顏料、樹脂、溶劑及添加劑這四大類為主。其中最有可能經由空氣逸散或藉由皮膚吸收進入人體造成傷害的還是以有機溶劑為主，其次是部分的粉體原料。對大多數的塗料業而言，主要使用的有機溶劑包括：二甲基甲醯胺、甲苯、乙酸乙酯、二甲苯、丁酮及松香水（混合有機溶劑）等，而有些粉體原料則因製程需求會含有二氧化矽（大多為非晶型的二氧化矽）的成分。由於勞工在進行這些作業時可能會暴露到有害物，因此由圖 4-2 即可瞭解塗料的製造過程中各作業可能暴露的有害物狀況。

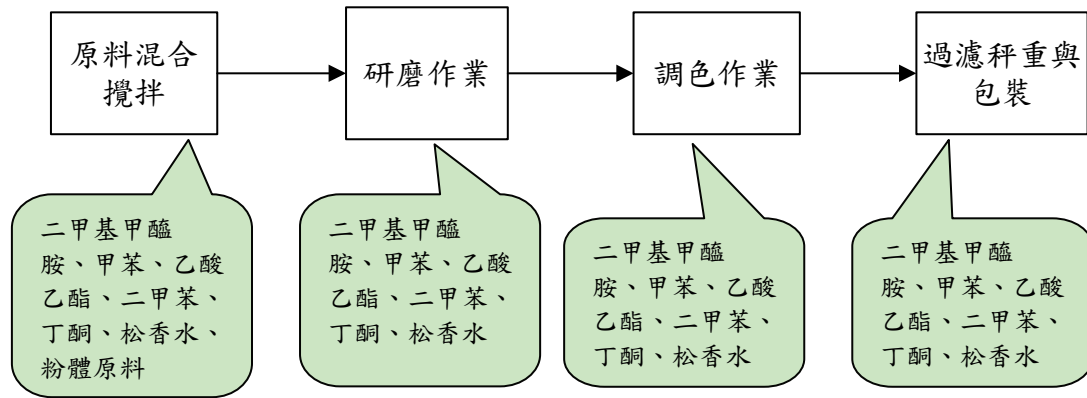


圖 4-2 塗料業製造流程及可能暴露有害物的作業參考例

說明：各工廠可依據實際狀況填寫自己工廠之製程流程。

2. 廠區配置圖

要界定工作場所中各種危害物的分佈區域，首先必須要對工廠各製程區的分佈及配置有清楚的了解，才能幫助廠內工安人員規劃相關的作業環境測定工作，因此廠區配置圖是必須建立的基本資料之一。廠區配置圖應清楚的標示各作業區的相對位置，示意圖如圖 4-3 所示。

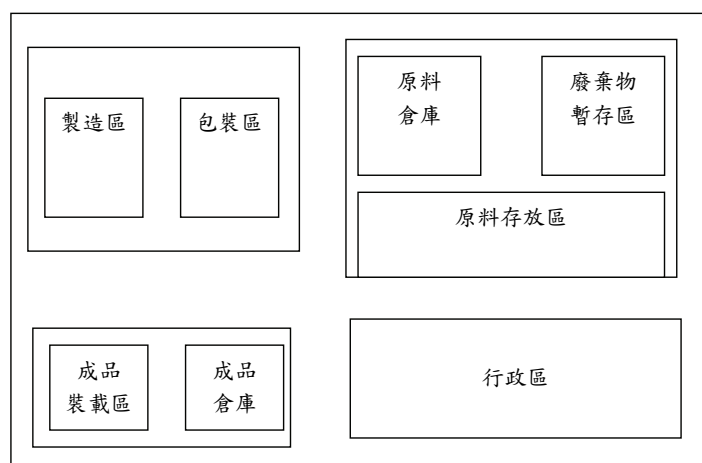


圖 4-3 廠區配置圖參考例

3. 作業內容調查

【作業內容調查的目的，是為了要掌握暴露可能發生的時間點，因此需明確調查各部門的各項作業型態之暴露過程與內容，包含各項例行性及非例行性的作業】

雖然塗料業的製程單純，但是該要有的基本資料仍需建立。因此針對製程中的各個作業，應明確記錄各項作業型態之暴露過程與內容，包括部門名稱、作業名稱、作業區域、使用化學品、作業屬性、作業頻率（次/週）、作業時間（小時/次）、通風工程、作業人員職務及作業人數等。以下逐項說明各項內容：

- (1) 部門名稱：依公司人員組織進行劃分，針對作業狀況再加以細分至工作相近之族群。
- (2) 作業名稱：針對全廠不同製程之作業分別記錄，如原料混合攪拌作業、研磨作業、調色作業、包裝作業、清洗作業等。
- (3) 作業區域：依現況清楚完整標示該作業之實際位置，例如攪拌混合作業區、包裝區、成品存放區等。
- (4) 使用化學品：在執行各項作業時，將可能暴露的化學物質名稱一一記錄，如原料混合攪拌作業可能使用到甲苯、二甲苯、粉體原料，清洗作業可能會使用甲苯、二甲苯、松香水等。
- (5) 作業屬性：依據其作業實際狀況填入，針對定期執行的工作則定義為例行性作業，反之沒有定期執行的作業則為非例行性作業，本案例中之作業類型全屬於例行性作業。
- (6) 作業頻率（次/週）：以每週為單位填入該作業每週進行之次數，例如一星期若工作 5 天，包裝作業每天平均為 2 次，因此作業頻率為 10 次/週。
- (7) 作業時間（小時/次）：針對進行該項作業每次所需時間進行記錄，例如原料混合攪拌作業為批次進行，每次從加料至混合完成假設需要約 30 分鐘，因此可記錄為該作業 0.5 小時/次。

(8) 通風工程：塗料業工廠在通風工程控制方面，在原料混合攪拌作業、研磨作業及包裝作業等處皆應設置局部排氣裝置，但若局部排氣裝置沒有完全覆蓋有害物發散源而導致效果不佳，則在此選項中僅能挑選整體換氣裝置；另外也有些工廠完全無任何工程控制，或是雖然有設置局部排氣裝置，但在作業時並未使用，則同樣應當做該作業無任何工程控制措施。因此可依各作業使用通風工程現況，填入 1~5 之代號。代碼：1.密閉製程、2.半密閉製程、3.局部排氣、4.整體換氣、5.無任何控制。

(9) 作業人員職務：不同作業操作的人員會有所不同，而在相同的作業中也可能因不同的職務，所暴露到化學品的時間不同（如課長與技術員），因此需針對各作業中人的職務進行調查（如組長、技術員等），以作為劃分相似暴露族群的依據。

(10) 作業人數：為了掌握各作業的工作人數，以作為後續相似暴露族群劃分或是選定受測定對象之參考，因此必須記錄執行該項作業之總人數。

根據上述原則，在塗料業進行的作業調查結果如表 4-3 參考例所示。表格填寫簡要說明摘要見表格中第二列，表格各欄位之詳細說明如下：

表 4-3 塗料業作業內容調查參考例

部門名稱	作業名稱	作業區域	使用化學品	作業屬性	作業頻率 <次數/週>	作業時間 <小時/次>	通風工程	作業人員職務	作業人數
填入進行作業之部門名稱	進行之作業名稱	依現況簡述	A; B; C (多種化學品須分別列出)	簡述作業為例行或非例行狀況	只可填數字	只可填數字	填 1~5 1:密閉製程 2:半密閉製程 3:局部排氣 4:整體換氣 5:無通風控制	填入進行該作業之人員職務	填入進行該作業之人數
製造課	原料混合攪拌	製造區	二甲基醃胺	例行性	15	2	3	生產作業員	8
			甲苯						
			乙酸乙酯						
			二甲苯						
			丁酮						
粉體原料									
	研磨作業	製造區	二甲基醃胺	例行性	10	2	3	生產作業員	8
			甲苯						
			乙酸乙酯						
			二甲苯						
			丁酮						
	調色作業	製造區	二甲基醃胺	例行性	15	2	3	生產作業員	8
			甲苯						
			乙酸乙酯						
			二甲苯						
			丁酮						

部門名稱	作業名稱	作業區域	使用化學品	作業屬性	作業頻率 <次數/週>	作業時間 <小時/次>	通風工程	作業人員職務	作業人數
填入進行作業之部門名稱	進行之作業名稱	依現況簡述	A; B; C (多種化學品須分別列出)	簡述作業為例行或非例行狀況	只可填數字	只可填數字	填 1~5 1:密閉製程 2:半密閉製程 3:局部排氣 4:整體換氣 5:無通風控制	填入進行該作業之人員職務	填入進行該作業之人數
	過濾秤重與包裝	包裝區	二甲基醯胺 甲苯 乙酸乙酯 二甲苯 丁酮	例行性	5	1.5	4	包裝作業員	3

4.人員組織配置

作業環境測定主要目的為瞭解勞工的暴露實態，執行時應以個人暴露評估為主。為瞭解作業現場勞工的暴露分佈，建議依作業類型不同進行分類，分類方式可利用既有的人事資料或對廠內各類工作人員及其職務進行調查後，製作人員組織圖，如此便可以全盤掌握所有人員，以提供各項後續採樣規劃之參考。以塗料業工廠進行之人員組織配置參考例如圖 4-4 所示。

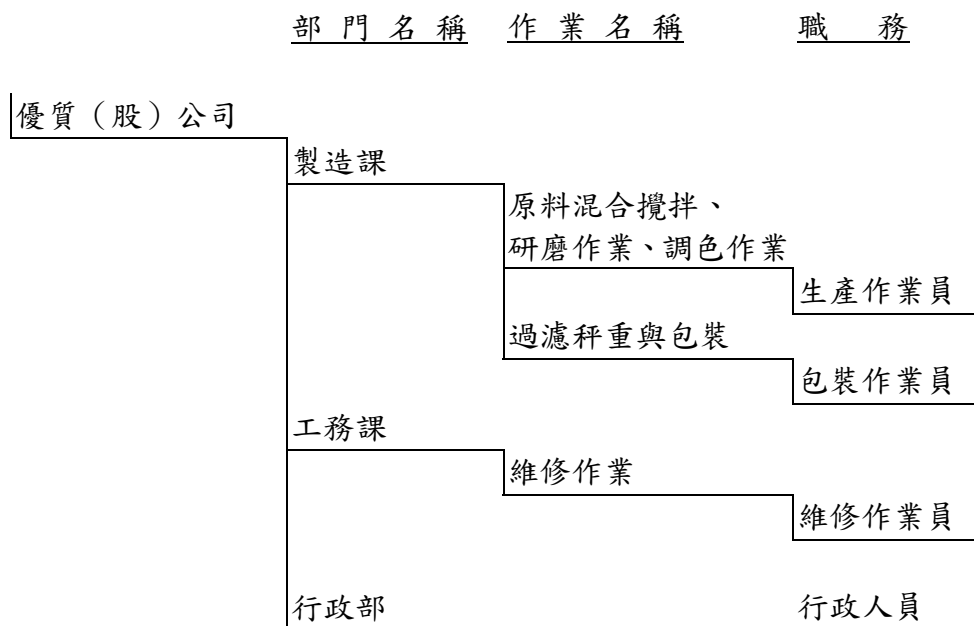


圖 4-4 塗料業工廠人員組織配置圖參考例

5. 有害物資訊

針對可能暴露之有害物，蒐集各項相關資訊，包括中英文名稱、化學文摘社編號 (CAS No)、物化特性、容許濃度、毒理描述、可分析檢測方法等，雖然各項資訊在物質安全資料表內皆有提供，但事業單位不應以擁有物質安全資料表為限。為使資料完整有用，必須將各項有關的資料分類整理，如此方能全盤掌握有害物相關資訊，才有助於評估各種有害物之相對暴露程度及提供檢測分析方法的選擇。一般來說塗料業大多使用的有害物種類及資訊如表 4-4 所示，其中松香水為一種混合溶劑，成分為三甲苯、二甲苯、壬烷、辛烷及苯乙烷，因此下表將標示這些成分之相關資訊。

表 4-4 塗料業主要使用有害物之資訊參考例

CAS_NO	中文名稱	英文名稱	分子式	分子量	蒸汽壓 @20°C (mmHg)	物理狀態	容許濃度(ppm)			LD50 (mg/kg) (大鼠)	致瘤性 IARC	致瘤性 ACGIH
							TWA	STEL	Ceiling			
108-88-3	甲苯	Toluene	C ₇ H ₈	92.14	22	無色液體	100	125	-	<870	3	-
68-12-2	二甲基甲醯胺	Diethyl Formamide	C ₃ H ₇ NO	73.1	2.7	無色至微黃色液體	10	15	-	2800	3	A4
141-78-6	乙酸乙酯	Ethyl Acetate	C ₄ H ₈ O ₂	88.10	73	無色液體	400	500	-	5600	-	-
78-93-3	丁酮	Methyl Ethyl Ketone	C ₄ H ₈ O	72.11	77.5	無色液體	200	250	-	2740	-	-
1330-20-7	二甲苯	Xylene	C ₈ H ₁₀	106.17	6-6.5	無色液體具方香味	100	125	-	4300	3	A4
2555-1-13-7	三甲苯	Trimethyl benzene	C ₉ H ₁₂	120	-	鬱悶味	25	37.5	-	8970	-	-
111-84-2	壬烷	Nonane	C ₉ H ₂₀	128	3.22	汽油味	200	250	-	>15000	-	-
111-65-9	辛烷	Octane	C ₈ H ₁₈	114	10.45	無色液體 汽油味	300	375	-	5630	-	-
100-41-4	苯乙烷	Ethyl benzene	C ₈ H ₁₀	106	7.1	無色液體 芳香味	100	125	-	3500	-	-
13463-67-7	二氧化鈦	Titanium dioxide	TiO ₂	79.9	-	白色粉末	10	15	-	-	-	A4
15468-32-3	二氧化矽	Silica	SiO ₂	60.08	-	無色或白色之無味晶狀固體	註 1	-	-	-	1	A2

註 1：塗料業所使用之粉體原料中所含有的二氧化矽，一般多為非結晶型，所以可視為第四種粉塵的危害。

可呼吸性粉塵：5 mg/m³ 總粉塵：10 mg/m³

註 2：其他未收錄於本表有害物的相關資訊可至「勞委會化學品全球調和制度」網站查詢，網址：<http://ghs.cla.gov.tw/>

6. 歷年作業環境測定資料整理

所謂歷年測定資料主要包含符合法令要求的例行性作業環境測定資料及工廠自行評估作業環境所進行監測的相關資料。通常事業單位對於歷年之作業環境測定資料多以書面建檔留存，因此對於歷年所測定之結果並未重點式的整理並標示，導致工廠無法確實掌握每次測定結果濃度偏高的區域。為此，在年度的作業環境測定計畫書中，建議將歷年的作業環境測定結果報告中，特別需要留意的測定點或人員（測定結果顯示濃度偏高）重點式的列出，並說明該量測點之狀況，如生產線（量）是否正常？局部排氣裝置是否正常運轉等會明顯影響作業環境測定結果之現場條件詳加記錄，以更真實反應測定結果所代表之意義。若能運用過去的監測資料，找出工廠危害可能偏高的作業、區域或人員，做為規劃作業環境測定計畫的參考依據，將更有意義。歷年作業環境測定資料整理之格式可參考表 4-5 所示。

表 4-5 歷年作業環境測定資料整理參考例

資料來源	量測結果	量測點描述	量測狀況說明	備註
95 年環測資料	二甲基甲醯胺：8ppm 乙酸乙酯：100ppm 甲苯：50ppm 二甲苯：45ppm 丁酮：20ppm	原料混合攪拌、研磨作業、調色作業 -林小風 (長時間採樣)	生產線正常 局部排氣裝置正常開啟	※容許濃度標準 二甲基甲醯胺：10ppm 乙酸乙酯：400 ppm 甲苯：100 ppm 二甲苯：100ppm 丁酮：200 ppm
	二甲基甲醯胺：5ppm 乙酸乙酯：50ppm 甲苯：35ppm 二甲苯：ND 丁酮：ND	秤重包裝作業 趙天天 (長時間採樣)	生產線正常 整體換氣裝置正常開啟	
94 年環測資料	二甲基甲醯胺：20ppm 乙酸乙酯：300ppm 甲苯：85ppm 二甲苯：90ppm 丁酮：150ppm	原料混合攪拌、研磨作業、調色作業 -王大海 (長時間採樣)	生產線正常 原混合攪拌作業 局部排氣裝置異常無法使用	
	二甲基甲醯胺：2ppm 乙酸乙酯：20ppm 甲苯：50ppm 二甲苯：ND 丁酮：ND	秤重包裝作業 林小風 (長時間採樣)	生產線正常 整體換氣裝置正常開啟	

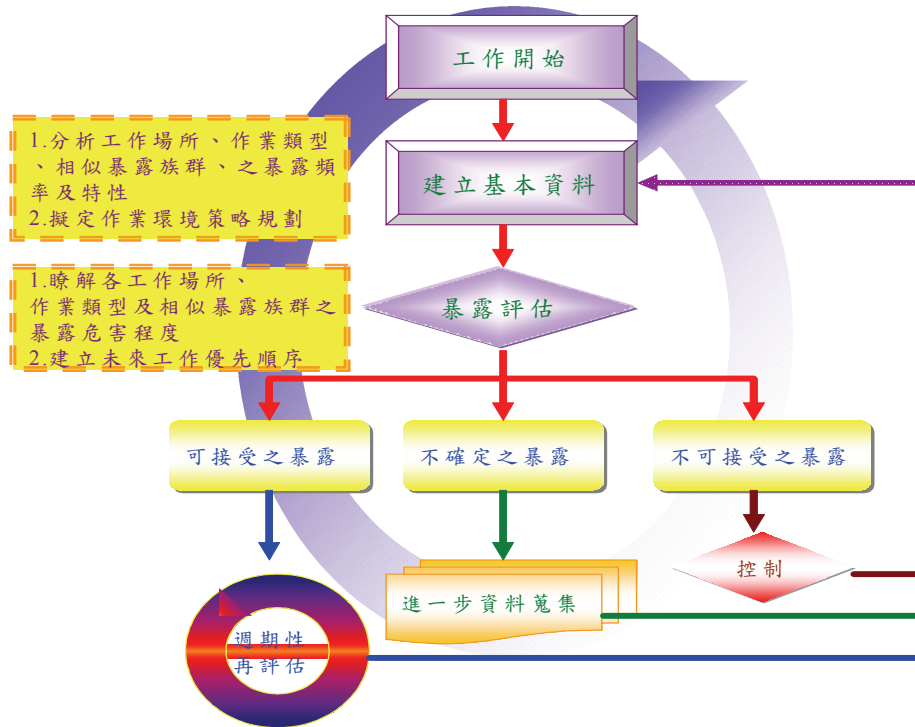
說明：於表 4-5 中量測點狀況說明的欄位相當重要，因為生產線（量）是否正常、局部排氣裝置是否裝設、開啟、有效運轉，都將嚴重影響測定結果，因此應加以說明。

4.2.4 訂定與執行採樣策略

【為使作業環境測定工作確實有效實行，必須訂定完善的採樣策略以確實掌握有意義的暴露數據，採樣策略可依工廠規模及特性適時的簡化。】

在本章節內容主要是協助工廠如何訂定採樣策略並提供採樣工作執行時應注意的事項。由於各廠的規模不盡相同，但是不論規模大小，塗料業的製程並不複雜（有暴露可能的作業極為明確），因此訂定採樣策略，只要確實瞭解並掌握各個製程單元可能的暴露特性，便可以清楚鑑認出應評估的作業及物種，並規劃出欲進行測定之人員。在採樣策略的擬訂中，除了採樣點之選定，對於採樣時應選用之方法及採樣進行時需注意的事項，亦必須確實掌握，才能對整體作業環境測定的品質有良好的控制（若事業單位之採樣策略是委由作業環境測定機構協助擬定，則建議事業單位仍須準備 4.2.3 節之基本資料給作業環境測定機構參考，並要求委託執行之作業環境測定機構依本節之建議方法擬定策略並執行）。

作業環境測定最主要目的之一就是要瞭解工廠內所有工作人員的暴露實態（exposure profile）。由於塗料業的工廠其製程特性並不複雜，因此可用簡便的方式來擬訂採樣策略。但在擬訂策略之前，必須先建立一些重要的觀念，也就是應先利用廠內之基本資料，將廠內的工作人員依暴露狀況劃分為數個相似暴露群(Similar Exposure Group, SEG)，並依據每年作業環境測定的經費，有計畫性的逐步逐次進行評估或量測，以瞭解整廠勞工之暴露實態。若某一暴露群的暴露實態，經評估後顯示現場勞工暴露環境已超過勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準，則視為不可接受之暴露族群，應立即改善現場環境；若勞工暴露實態低於前述之標準，則視為可接受之暴露族群，僅需週期性的進行評估以確認狀況未改變；至於暴露實態尚未完全明瞭之暴露群，必須視為不確定之暴露群，需進一步評估以確認其暴露狀況。藉由這樣週而復始的循環，對工廠重複進行評估以掌握工廠所有暴露群的所有暴露實態。這樣的觀念是美國工業衛生協會於 1998 年提出針對暴露評估所提出之建議做法，流程圖如圖 4-5 所示。



資料來源：美國 AIHA "A Strategy for Assessing and Managing Occupational Exposures"(1998)

圖 4-5 暴露評估流程圖

1.採樣策略之擬訂

要瞭解勞工暴露的實際狀況，則必須依賴作業環境測定，而作業環境測定執行成效好或壞，極重要的關鍵則是在於採樣策略的擬訂。採樣策略最重要的目的就是要以合理的方式選擇正確的採樣位置（例如選擇何人？或是何處？），並以正確的方法（如採樣時間的長短、採樣方法的選擇等）進行現場危害的評估。

採樣策略訂定的方法，依各行業的特性不同會有所差異。以塗料業而言，由於製程單純，因此對於全廠所有勞工的暴露狀況，可以藉由對相似暴露群逐次的瞭解後全數掌握，整體評估架構如圖 4-6 所示。

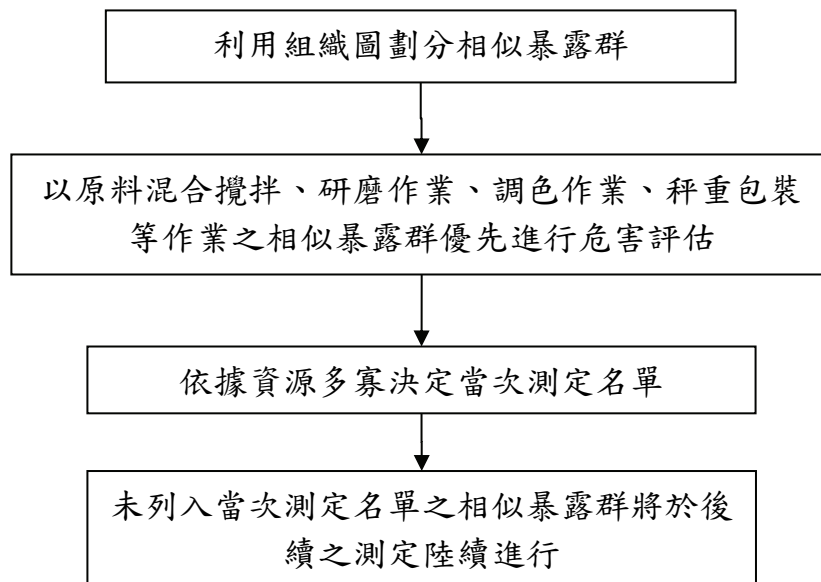


圖 4-6 以相似暴露群進行採樣點整體評估流程圖

a. 利用組織圖劃分相似暴露群

在這樣的一個評估系統中，首先必須加以說明的是相似暴露群 (Similar Exposure Groups, SEGs) 的概念。在一個工廠裡，雖然有許多的工作人員，但這些人員的暴露，幾乎是分佈在數個相同的暴露情境當中，也就是說有數群人是在相同的作業區域，使用同樣的化學物質進行相同的工作，因此若先經由系統性的方式，對所有人員依其工作性質、工作區域及所可能暴露之物質先進行分群，由此即可推估這同一群人的暴露情況是類似的。因此在每次測定中僅需挑選每一個族群內的部份人員進行測定並以統計方法確定該暴露群之暴露實態，同理若工廠內各暴露群的狀況皆得以掌握，如此就可以逐漸放大推估至工廠裡所有作業人員之暴露情形，這就是相似暴露群的概念。

針對相似暴露群的劃分方式，可參考人員組織配置圖，適當的將同部門內進行同一作業類型（含相同的製程、相同的操作方式及使用相同的化學物質）的工作人員劃分為同一個相似暴露群，因此在同一暴露群內，每個人的暴露情形類似，可以利用個人或是少數人的量測結果來代表同一群內每一個人的暴露狀況。例如：以圖 4-4 的組織圖為例，在製造課的原料混合攪拌、研磨作業及調色作業的作業員工作屬性都一樣，故推測其暴露狀況亦類似，所以可以劃分為同一相似暴露族群。同理，過濾秤重與包裝作業之人員狀況亦類似，因此可分別歸類在同一組的相似暴露族群中。至於工務課

的維修作業人員，雖沒有直接的接觸有害物，但是所處的作業環境多少還是會有蓄積的有害物，因此亦應分別以不同的暴露群加以評估。至於行政人員，由於作業場所在辦公室裡，完全沒有接觸有害物之可能，因此可將其另列為不同的相似暴露群。各相似暴露群依作業名稱劃分之後可建立如圖 4-7 之分類架構圖所示。

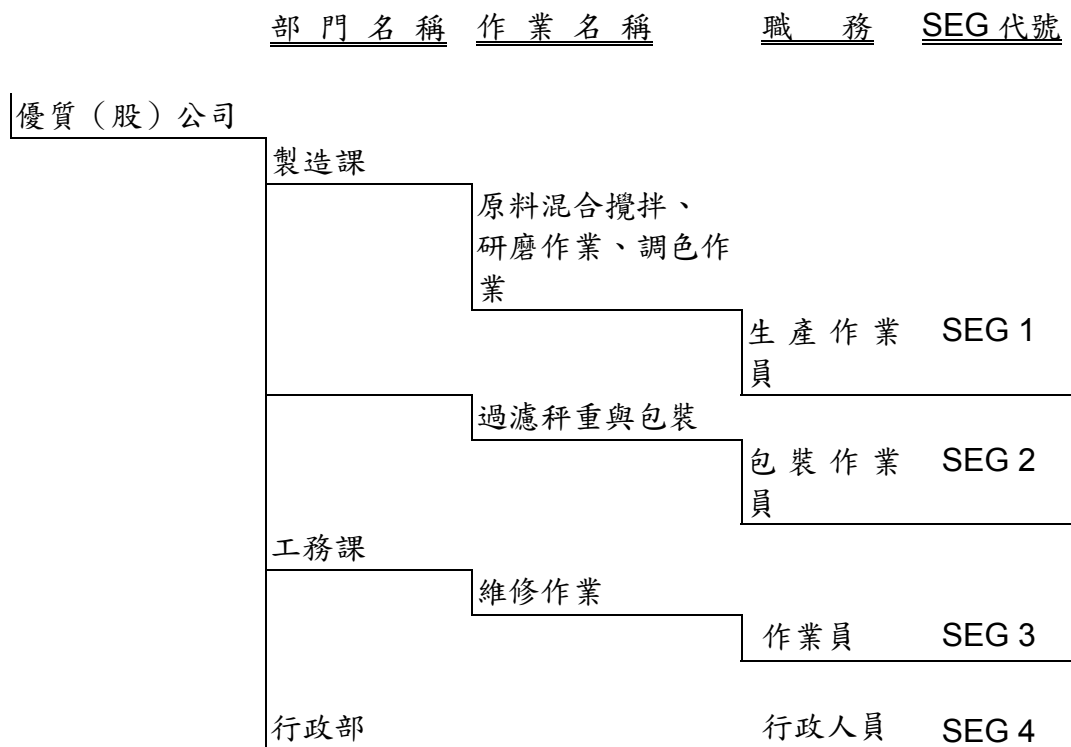


圖 4-7 相似暴露族群分類架構圖

根據上述建立之相似暴露群架構圖，進一步再詳細描述各相似暴露群之人員職務、人數及可能接觸之有害物，以作為後續規劃各個相似暴露族群採樣點數選取參考之用，整理的方式如表 4-7 所示。

表 4-7 相似暴露族群（SEG）分類說明

SEG 代號	作業說明	人數	可能接觸之有害物
SEG 1	原料混合攪拌、 研磨作業、調色作業	8	二甲基甲醯胺、甲苯、乙酸乙酯、二甲苯、丁酮、 粉體原料
SEG 2	過濾秤重與包裝	3	二甲基甲醯胺、甲苯、乙酸乙酯、二甲苯、丁酮
SEG 3	維修作業之作業員	5	二甲基甲醯胺、甲苯、乙酸乙酯、二甲苯、丁酮
SEG 4	行政人員	20	無有害物（二氧化碳、照度）

b. 對各相似暴露群進行危害評估之優先順序

經由前述分析後掌握各作業之暴露特性後，針對塗料廠之化學性因子暴露主要集中在原料混合攪拌、研磨作業、調色作業及過濾秤重與包裝作業之操作人員，而在這些作業中，則以原料混合攪拌及過濾秤重與包裝作業之操作人員，暴露有害物的可能性較高且直接，因此將優先進行評估。至於研磨作業及調色作業之操作人員在大部分的塗料廠中，與原料混合攪拌作業之操作人員多是屬於同一批人，因此可一併加以評估。至於工務課之維修人員，由於在作業現場維修或保養機台時，有可能還是會接觸到有害物，因此仍必須加以評估這些暴露群的暴露狀況。進行評估的優先順序，可置於原料混合攪拌及過濾秤重與包裝等作業之人員之後。至於行政人員，由於沒有接觸到有害物，原則上不需針對這些有機溶劑及粉塵進行作業環境測定，但為了員工的安全起見，可建議於辦公場所進行一次的測定，以確定作業現場所逸散的有害物確實沒有發散到辦公室，但測定的優先順序可放在最後。除此之外，由於中央空調之辦公室仍應符合二氧化碳以及照度在法令上之相關規定，因此辦公室針對這兩個項目必須要進行測定。

因此針對例行性之作業環境測定工作，建議將測定的對象優先集中在原料混合攪拌及過濾秤重與包裝作業之操作人員，並依據作業型態給予合適的採樣時間，如原料混合攪拌作業，若其作業時間為 2 小時，則依據作業時間進行個人採樣，以進行該暴露族群暴露狀況之評估。同理，過濾秤重與包裝作業之狀況亦相同。至於採樣點的選取，則可依據當次的採樣資源，來隨機挑選數位作業人員接受採樣即可，至於本次測定未評估的暴露群，必須在往後的作業環境測定於已納入，以確實掌握整廠勞工之暴露狀況。

另外，特別要加以說明的一點，如果事業單位本身規模不大，其工作型態並不是依不同作業採分工狀態，而是每一個勞工負責一項產品從頭到尾之製造，從原料混合攪拌、研磨、調色到包裝都是相同一位勞工來執行，則其採樣策略就更為簡單，只要依每次採樣資源多寡，挑選數位勞工依其所可能暴露到的有害物來進行測定即可，至

於當次沒有進行測定的人員則必須在下一次測定要進行，在此必須特別強調的是，每一位勞工都必須要進行瞭解，因此可藉由逐次逐年的測定掌握

C. 採樣點規劃

為使作業環境測定資源有效率的運用，各事業單位的評估者可根據法令明訂需進行測定的物質、高危害之作業區域及經濟考量等因素來選擇實際檢測的採樣點數。塗料業所用到的化學物質（請參考表 4-4），大多是屬於勞工作業環境測定實施辦法中明列需定期（至少 6 個月）進行測定的項目，因此須「定期」進行作業環境測定以符合法令之要求，同時確保作業現場有害物未超過容許濃度標準。

在採樣點的選取，原則上以高暴露（原料混合攪拌及過濾包裝作業）的相似暴露群為優先進行評估，由於各廠家之人數多寡不一，若每個相似暴露群的人數不多，建議可將全數的作業人員一起納入評估，但是若為規模較大的工廠（如每個相似暴露群人數有數十人以上）或是單次進行作業環境測定的資源不甚充裕時，則可自每一個相似暴露群中隨機選取幾位受測人員，同一相似暴露族群在經過幾次的循環測定之後，經由統計方式計算，一樣可以逐漸掌握各個相似暴露群之暴露實況。綜合上述，建議採樣點規劃之原則如下：

- (1) 作業中有使用到法令規範（勞工作業環境測定實施辦法、勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準）指定之有害物皆須進行量測。
- (2) 以原料混合攪拌及過濾包裝等作業為優先採樣之族群。
- (3) 每一個相似暴露群之採樣點數，依據各公司現有的預算經費來決定。
- (4) 若工作型態為例行性短時間作業的相似暴露群，則依據其作業時間進行個人採樣。如：原料混合攪拌及過濾包裝作業

若上述規劃中需進行測定的人員，於實際採樣有困難時(如嚴重干擾作業或採樣設備不適合佩掛時)，則可以區域測定之方式取代之，但若要推論至人員暴露，則於採樣時需要詳實的記錄人員的活動才可以進行相關的推估。

若以該次測定的資源設定在 15~20 個測定點，建議規劃的採樣點及其相關資訊如表 4-8 所示。

表 4-8 規劃之採樣點

採樣點	作業名稱	SEG 代號	測定物質	採樣方法
1	原料混合攪拌 (作業員 A)	SEG1	甲苯	個人採樣
2			二甲基甲醯胺	
3			乙酸乙酯	
4			丁酮	
5			二甲苯	
6			粉塵	
7	原料混合攪拌 (作業員 B)	SEG1	甲苯	個人採樣
8			二甲基甲醯胺	
9			乙酸乙酯	
10			丁酮	
11			二甲苯	
12			粉塵	
13	過濾包裝 (作業員 C)	SEG2	甲苯	個人採樣
14			二甲基甲醯胺	
15			乙酸乙酯	
16			丁酮	
17			二甲苯	

至於尚未進行測定來瞭解其暴露狀況之相似暴露群，必須陸續於往後的測定進行評估，依據美國 AIHA 暴露評估理論架構之迴路精神，必須在數次測定之後，才能確實掌握各個相似暴露群之暴露實態。

2.採樣方法之選定

勞工作業環境測定實施辦法第 8 條規定，若事業單位本身已僱用乙級的作業環境測定人員，即可自行執行測定之相關工作，但是若沒有合格的採樣人員，則必須委託合格之作業環境測定機構/人員進行作業環境測定相關工作。對於採樣技術，雖然合格的作業環境測定機構/人員應可確實掌握，但是若事業單位本身也能有一些概念，則對作業環境測定工作的品質就能有更好的保障。針對塗料業有害物的採樣技術，依據勞委會公告之採樣分析建議方法如表 4-9 所示。

表 4-9 勞委會公告採樣分析建議方法

有害物名稱	採樣介質	採樣流率	總採樣體積	樣本運送	穩定性	方法編號
丁酮	活性碳管 (100mg/50mg)	10mL/min~200mL/min	最小:1 L	例行性	14 天 冷藏	1215
甲苯	活性碳管 (100mg/50mg)	10mL/min~200mL/min	最小:1 L	例行性	14 天 冷藏	1215
乙酸乙酯	活性碳管 (100mg/50mg)	10mL/min~200mL/min	最小:1 L	例行性	14 天 冷藏	1215
二甲苯	活性碳管 (100mg/50mg)	≤200 mL/min	最小:12 L 最大:23 L	密封	-	1903
二甲基甲醯胺	活性碳管 (100mg/50mg)	10~200 mL/min	最小:1 L	例行性	14 天 冷藏	1215
二氧化鈦	纖維樹脂濾紙 孔徑 0.8μm	1.5 L/min	100 L	例行性	穩定	3011
二氧化矽 (第四種粉塵之 可呼吸性粉塵)	註 1	註 1	最小:100 L 最大:1920 L	例行性	-	4001

註 1：方法編號 4001 可呼吸性粉塵之採樣設備組合及採樣流率

採樣設備 (介質)	採樣流率 (L/min)	備註
Nylon cyclone + 濾紙	1.7	4μm cut-off size
Higgins-Dewell (HD) cyclone + 濾紙	2.2	4μm cut-off size
SKC Aluminum cyclone + 濾紙	2.5	4μm cut-off size
IOSH 旋風分粒採樣器+ 濾紙	1.7	4μm cut-off size
IOSH 虛擬分粒採樣器+ 濾紙	3.3	4μm cut-off size

說明：1.旋風器 (cyclone)：10-mm cyclone。

2.濾紙：PVC 濾紙，直徑 37mm，孔徑 5μm

3.執行採樣應注意之事項

【為使採樣分析資料正確並可作為後續改善之依據，執行採樣時必須針對各項規定項目再查核，並進行現場觀察。】

依據擬定的作業環測規劃進行採樣時，必須委由具勞委會認可之作業環境測定機構/人員/執業之工礦衛生技師等進行相關工作，並將採集之樣本委託認可之實驗室進行分析，合格之作業環境測定機構及認可實驗室名單可至勞委會網站查詢 http://www.cla.gov.tw/cgi-bin/SM_theme?page=4637f30c（勞委會首頁/業務主題/勞工安全衛生/作業環境測定/環測機構名單）。

於實際執行採樣時，應充分確認各項採樣參數皆已依照上述規劃進行，並對採樣現場進行觀察並記錄，以便掌握採樣狀況，現場觀察的項目如：採樣時勞工的作業狀況、現場生產狀況是否正常、通風設備是否正常運轉以及勞工是否配戴防護具等等，除此更應要求採樣人員應在採樣過程中檢查採樣設備之運轉是否正常、勞工配戴方式是否正常等查核動作，以作為未來測定結果解釋的參考。現場採樣查核表參考例見表 4-10。

表 4-10 現場採樣查核表

查 核 項 目	是	否
1.是否由合格的作業環境測定人員執行採樣		
2.採樣方式、設備及時間是否符合規定		
3.採樣設備於採樣前後是否都有校正		
4.採樣時勞工的作業是否處於正常狀態		
5.採樣時作業現場之生產是否處於正常狀態		
6.採樣現場通風設備是否正常運轉		
7.勞工是否配戴正確的防護具		

4.2.5 測定結果之評估與提議改善措施

經由各項步驟所獲得的測定結果必須善加利用才能獲得應有的成效。一般而言，測定結果可以用來瞭解各個相似暴露群之暴露實態，以作為後續作業環境測定策略擬定修正之參考及工程改善規劃的依據。而各項測定結果亦必須以書面方式通知勞工代表並告知勞工作業環境測定之結果。

1. 建立各個相似暴露群的暴露實態

(1) 針對各個相似暴露群所暴露之單一物種建立其暴露實態及其暴露值

作業環境測定之結果可藉由工業衛生統計軟體套件運算建立各個相似暴露群之暴露實態，亦即所謂的 exposure profile。(可參照圖 4-9 示意圖之分佈曲線)，藉由該軟體協助可對廠內各相似暴露群之劃分方式、暴露分布情形以及是否超過容許濃度標準值等事項有更進一步的瞭解。

所謂相似暴露群之暴露實態，是指各暴露群經由不同時間、好幾次的測定後，彙整這些數據以統計學加以計算，估計並描繪出該相似暴露群其平均的濃度分佈曲線，並以 95% 的信賴區間推估出該相似暴露群之平均暴露濃度，來代表該族群之暴露值(可參照圖 4-9 示意圖之標示說明)。若該族群之暴露值遠低於法定容許濃度值，則有足夠的信心水準顯示該族群之暴露是沒有問題的。因此，要建立各相似暴露群之暴露實態及瞭解其暴露值，必須依賴統計的計算，但過多的統計理論及計算，相信對一般工安人員執行上會有困難，因此對於工廠工安人員而言，其實並不需要深入去瞭解相關的統計理論，只需利用現有商業化的工業衛生統計軟體套件進行運算，運算方法極為簡單，僅需將各相似暴露群歷次測定的作業環境測定值輸入工業衛生統計軟體套件中，軟體將會自動計算所需要之結果(如超過法定容許濃度 OEL 的百分率、估計之平均濃度及濃度分布之 95 百分位數等)，如此即可輕鬆的描述各個相似暴露群之暴露實態及其暴露值，並與現有的法定容許濃度值進行比較，即可作為後續評估工作的依據。

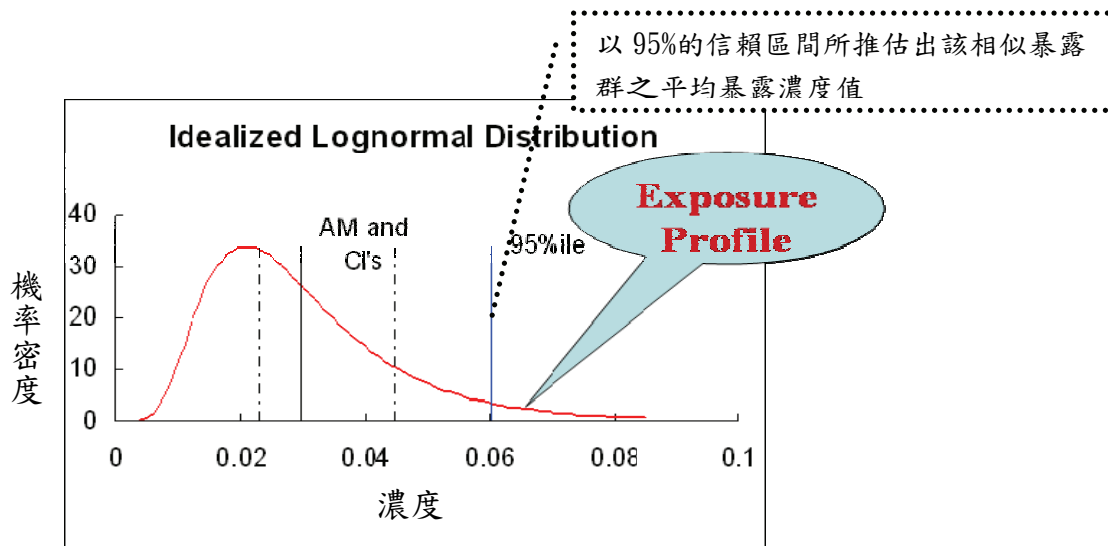


圖 4-9 相似暴露群之暴露實態示意圖

由於樣本數多寡將嚴重影響統計結果之準確性，因此對於每個相似暴露群究竟需要多少的樣本數才符合統計學上的要求，則必須加以規範。若該相似暴露群之平均暴露濃度顯示超過容許濃度或低於 1/10 容許濃度標準（屬於極為確定之暴露狀態），則該相似暴露群只要 6~10 個測定值即可，但若該相似暴露群之平均暴露濃度值是介於 10%~100%容許濃度標準，屬於較不確定的暴露狀態，因此需要較多樣本，才足以達到 95%信賴水準。至於實際所需樣本數，則需依每個相似暴露族群濃度的幾何標準偏差值變異之大小及實測值與容許濃度標準之比值而有所不同，對照如表 4-11 所示。

表 4-11 各相似暴露群建立暴露實態所需之樣本數對照表

實測值/OEL 比例	樣本數 (n)				
	變異性小 (GSD=1.5)	GSD=2	變異性中 (GSD=2.5)	GSD=3	變異性大 (GSD=3.5)
0.75	25	82	164	266	384
0.5	7	21	41	67	96
0.25	3	10	19	30	43
0.1	2	6	13	21	30

*GSD = 幾何標準差(geometric standard deviation)

(2)若該相似暴露群所暴露之物種(有機溶劑)非單一種而是好幾種不同的有機溶劑，則必須考量其相加效應

由於勞工在工作場所中所暴露之物種，很少只有單純一種，因此若是暴露在作用相同的物種中（意即該類有害物種若同時存在於空氣中時，對於同組織或同器官有不同程度的傷害），則必須考量其相加之效應，評估之方式則是以下列計算式為之：

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} \dots + \frac{C_n}{T_n} \leq 1$$

其中 $C_1, C_2, C_3 \dots C_n$ 為經由前段敘述評估後各相似暴露群所暴露之單一有害物之暴露值， $T_1, T_2, T_3 \dots T_n$ 為相對應各有害物之法定容許濃度，經由作用相同之多種有害物之加權評估後，其數值必須要小於等於 1 才屬合法。由於塗料業常用的有機溶劑種類較多，因此為確保勞工之暴露狀況，若作業場所中的勞工必須暴露在多種有機溶劑之環境下時，必須要同時考量此相加效應。

【舉例說明】：勞工在工作場所中所暴露有機溶劑共有丁酮、甲苯、乙酸乙酯及二甲苯等 4 種，其中依據物質安全資料表的毒性資料性顯示丁酮及甲苯其作用相同（同時存在會對神經系統有傷害），經由作業環境測定結果，測得丁酮濃度為 100ppm（法定容許濃度為 200ppm）、甲苯濃度為 80ppm（法定容許濃度為 100ppm），經由相加效應的計算如下：

$$\frac{100}{200} + \frac{80}{100} = 1.3 > 1$$

經由上述計算式得知其相加效應值大於 1，雖然丁酮與甲苯在個別的測定數值皆未超過法定容許濃度，但由於其相加效應值 > 1，因此在法令上仍未符合標準，因為可能會對勞工的健康造成損害，應採取相關改善措施。

2. 以作業環境測定結果作為後續測定及環境控制之依據

一般而言，作業環境測定資料多用來作為後續測定工作規劃及製程改善之依據。若經過計算後各相似暴露群之暴露實態確認已超出容許濃度標準值，則該相似暴露群所包含的人員其暴露狀況視為不可接受，必須進行必要之工程、管理或工作方式等控制以降低暴露值，控制方式可對排氣設施進行效能加強，或是減少該暴露群於該作業區之工作時間等，但在各項環境改善工作進行過程中，仍必須教導相關人員需以個人防護具進行防護。至於環境改善工作完成後，仍必須再次評估並確定該相似暴露群之暴露實態低於容許標準，此時方能結束測定工作。

當某一個相似暴露群之暴露實態已確認低於容許濃度標準值，該族群之暴露狀況視為可接受，建議在不減少樣本數的前提下，改進行其他尚未建立完整暴露實態之相似暴露群之測定，而該暴露狀況可接受之相似暴露群是否需再進行測定，則可視其暴露狀況改變時再進行評估。

至於因為測定數據不足，導致無法清楚判斷暴露實態的相似暴露群，或是尚未進行測定的相似暴露群，則必須持續評估並於下次作業環境測定時優先進行測定。

3. 通知勞工量測結果並進行相關措施

在接獲測定結果後，需以書面方式通知勞工其暴露之狀況。當測定結果顯示勞工之暴露濃度，超過法令容許濃度標準時，除了需個別以書面方式通知勞工之外，需要特別加以說明已採取或將採取之控制措施，更進一步確實教導勞工正確之作業方法及防護具配戴與管理方式，使得這些高暴露之勞工能在相關控制措施保護下進行環境改善直到改善工作完成。

4.2.6 改善評估

為檢討作業環境測定規劃與執行是否達成預期目標，各相關部門人員可針對整個作業環境測定計畫之過程進行評估，除了讓廠內各相關部門人員瞭解整體作業環境測定的結果外，並可透過各部門的參與提出全面性的改善對策。

為確保作業環境測定工作皆依規劃進行，工廠可自行訂立自評表來進行評估，並針對成效不佳部份加強執行，逐步使各項工作漸為完整。

表 4-12 作業環境測定執行成效自評表

項 目	內 容	是否符合規定			查核結 果紀錄
		是	否	不完全	
一、作業環 境測定 起始	1. 是否有具體化及文件化的目標				
	2. 各工作項目及權責是否明確並指派專人負責				
	3. 各項工作規劃執行人員是否是合格的作業環境測定人員				
	4. 委託測定時的各項合約是否依規定進行審查				
二、基本資 料蒐集	1. 是否涵蓋所有的化學性危害因子				
	2. 是否涵蓋所有可能暴露之工作人員				
	3. 是否涵蓋所有的工作過程				
	4. 是否涵蓋所有的工作區域				
三、採樣策 略規劃	1. 是否已建立各種人員、過程或區域之危害性				
	2. 是否已界定各測定目標之測定危害因子、測定方法及及採樣或測定時間				
四、作業環 境測定 執行	1. 是否由合格的作業環境測定人員執行採樣或測定				
	2. 採樣方法、測定設備及採樣時間是否符合規定				
	3. 採樣或測定設備於採樣前後是否都有校正				
	4. 是否以勞委會公告的建議方法進行測定				
	5. 採得的樣本是否送交認可之實驗室分析				
	6. 測定結果紀錄是否包含下列內容：測定時間（年、月、日、時）、測定方法、測定處所（含位置圖）、測定條件、測定結果、測定人員姓名（委託測定時須包含測定機構名稱）及依據測定結果採取之必要防範措施事項				

項 目	內 容	是否符合規定			查核結 果紀錄
		是	否	不完全	
五、數據處理、保存及後續改善	1. 作業環境測定結果是否充分告知受測人員				
	2. 作業環境測定結果是否依規定保存或維護				
	3. 是否依據作業環境測定結果規劃適宜的改善措施。				
分項總分(是：2分；否：0分；不完全：1分)					
總 分					

4.2.7 文件管理

完整的文件管理是各項規劃與執行工作最好的存證，文件內容應記錄作業環境測定計畫內各個要項，如作業環境測定目標的訂定、人員編制、基本資料蒐集、採樣策略訂定與執行、數據處理與應用、檢討改進等。在作業環境測定工作建立的過程中，所有的資料文件應予以妥善保存，以作為日後資料的查詢、應用、經驗的傳承及政府機關檢查所需。文件保存清單之格式，可參考表 4-13 所示。

文件處理應把握查詢方便、資料完整兩項原則，並兼顧實際管理上考量，如：

1. 明訂文件保存年限
2. 資料保存格式
3. 存放地點

表 4-13 文件保存清單

文件名稱	文件編號	存放地點	文件格式 (電子/紙本)	文件產出日期	保存期限

說明：本手冊所有內容及表格已提供電子檔案，建議各事業單位若能力許可，可以電腦化進行文件管理，以符合時代潮流趨勢。