

發光二極體 (LED) 製造廠之 作業環境測定計畫撰寫範例



中華民國 98 年 11 月 10 日

目 錄

範例說明

第一部份：

一、訂定作業環境測定之目標	(1)
二、建立組織及成員之職責	(3)
三、蒐集基本資料	(5)
四、訂定與執行採樣策略	(14)
五、量測數據的處理與應用	(27)
六、檢討改進	(30)
七、文件管理	(32)

第二部份：模擬實廠擬定參考範例

閃閃發亮公司作業環境測定計畫

範例說明

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。

本範例所提及的採樣策略主要是針對化學性因子為研擬對象，由於物理性因子的危害源明顯具體且可能暴露的人員較為明確，故可直接掌握危害源並對從事該作業的相關人員進行測定，但化學性因子相對於物理性因子來說，複雜度明顯高出許多，由於作業人員可能因製程不同、暴露多種化學品再加上作業時間、作業環境等因素的影響，導致眾多的作業人員其暴露情形不易掌握，因此要如何利用有限的採樣經費，逐步並確實去掌握所有作業人員的暴露實態，則必須仰賴一套有邏輯的方法來評估應如何進行測定。本範例針對發光二極體製造業，提供「作業環境測定計畫撰寫範例及模擬廠參考範例」，希望能藉助本撰寫範例之引導，真正協助事業單位訂定一份屬於自己公司的作業環境測定計畫書。

本範例內容分為兩大部分，第一部份為闡述作業環境測定計畫各要項之做法，共有七個章節，第二部份則提供一個模擬廠之參考例，以協助事業單位更容易瞭解一份完整之作業環境測定計畫應包含之內容。本範例所

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【IOSH87-A313】)。(2) 美國工業衛生技師學會(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」。本範例綜合上述資料之內容，提供發光二極體(LED)製造廠擬訂一份完整的作業環境測定計畫之參考做法。在該範例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1所示，各項工作之作法將分別詳述於下面各節。

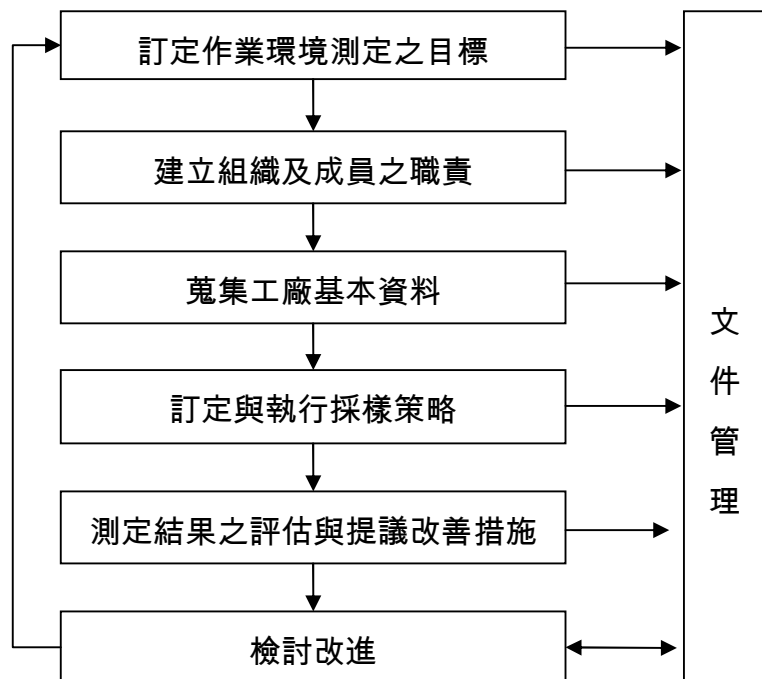


圖 1 含採樣策略之作業環境測定計畫架構圖

本範例除協助提供事業單位作業環境測定計畫擬定方法之外，在此亦特別提醒事業單位依據「勞工作業環境測定實施辦法修正草案」第 12 條規定，僱用從事特別危害健康作業之勞工人數在 100 人以上之事業單位，其作業環境測定計畫應事先報中央主管機關認可；事業單位將其作業環境測定計畫委由作業環境測定機構或執業之工礦衛生技師辦理時，作業環境測定計畫應由其事先報中央主管機關認可，並納入交付承攬之採購契約執行及驗收。但事業單位作業環境測定計畫實施績效經中央主管機關認可者，不在此限。因此 LED 廠若有進行法令規範之特別危害健康作業(如「製造、處置或使用砷及其化合物或其重量比超過百分之一之混合物」的特別危害健康作業)，即應配合此項規定進行相關措施。

一、訂定作業環境測定之目標

【說明：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，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 1 為模擬的作業環境測定目標參考選項，各公司可挑選符合自己實際狀況的選項做為目標，亦或是自行撰寫合適之內容，兩者皆可。

表 1 作業環境測定目標之參考選項

範 例 內 容	屬性說明
為符合『勞工作業環境測定實施辦法』之相關規定。	符合法令基本要求
依法每半年執行作業環境測定相關工作。	符合法令基本要求
為同時符合『勞工作業環境測定實施辦法』及『勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準』之相關規定。	符合法令基本要求
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。	除符合法令基本要求外，更進階優於法令

範 例 內 容	屬性說明
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。	除符合法令基本要求外，更進階優於法令
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。	除符合法令基本要求外，更進階優於法令
建立一套完整的作業環境測定評估系統，逐步瞭解每一個工作人員的暴露實態，以建置全廠人員的暴露基礎資料。	除符合法令基本要求外，更進階優於法令
.....,,
.....,,

二、建立組織及成員之職責

【說明：為使作業環境測定各項工作權責分明，必須先建立相關組織及成員之權責，以確保各項工作皆有專人負責。】

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化學性因子作業環境測定人員，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化學性因子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(若是廠內本身就具備乙級化學性因子作業環境測定人員，則可由其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 2。

表 2 建立組織及成員職責之參考例

人員類別	負責人 (單位) 姓名	職責
僱主	王 XX	1.掌握勞工對於化學品的暴露實態 2.提供勞工安全無虞的工作場所
工安部 勞工安全衛生人員	陳 XX	1.評估廠內危害並進行作業特性調查，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 (人員) 代表	製造部：馬 XX 製程部：張 XX 設備部：王 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	李 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)	XX 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。 3.檢視研析作業環境測定結果，並回饋至下一次採樣策略規劃參考。 4.提供專業諮詢

註：若公司已聘僱之勞工安全衛生人員具有乙級以上之化學性因子作業環境測定人員資格者，即可執行各項採樣工作，因此相關事項可列入該勞工安全衛生人員之職責內。

三、蒐集基本資料

【說明：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製程流程說明、現場配置圖、作業內容調查、人員組織配置、有害物質資訊及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。

(一) 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儘可能加以標註，但若有害物的物種繁多，可於有害物資訊之部分再加以說明。

發光二極體主要由晶粒發光，在此以氮化鎵 LED 為例，簡介晶粒的製作方法。發光二極體是半導體材料，需要先進行磊晶成長，也就是在基板上成長 P 型及 N 型半導體。氮化鎵 LED 多成長在藍寶

石基板上，成長的方法以有機金屬化學氣相沉積法 (metal organic chemical - vapor deposition, MOCVD) 為大宗。在進行化學氣相沉積時，把含有被沉積材料的氣體，導入受到嚴密控制的反應室內。當這些氣體在受熱的基板表面上起化學反應時，會在基板表面產生一層固態薄膜。成長完氮化鎵磊晶片後，需要進行晶粒製程，把磊晶片製成一顆顆的發光二極體晶粒供下游封裝。晶粒製程可分為電極製作的前段製程 (晶粒前段製程流程圖請參閱圖 2)，以及把磊晶片分割為獨立晶粒的後段製程兩部分(包含後段製程之完整晶粒製造過程請參考圖 3)。前段製程包含許多黃光、蒸鍍、蝕刻、剝離等製程，因此需要在無塵室等級的環境下製作。而後段製程需要避免製作過程中的靜電損傷元件，因此特別注重靜電防護的問題。

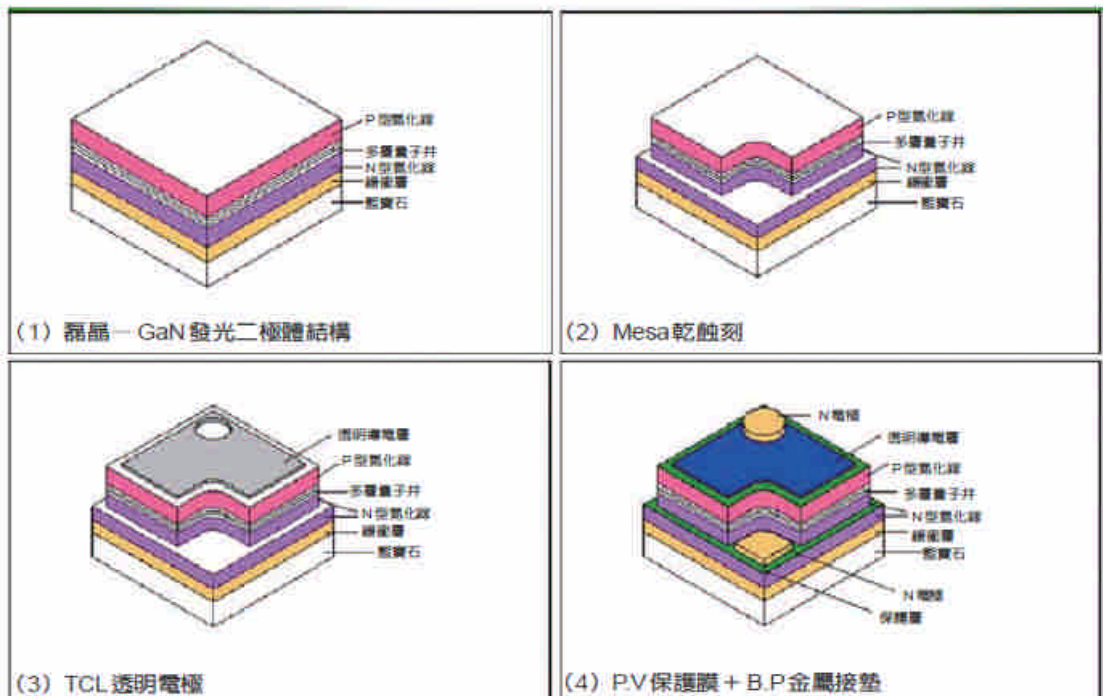


圖 2 晶粒電極製作的前段製程(資料來源：科學發展 2009 年 3 月)

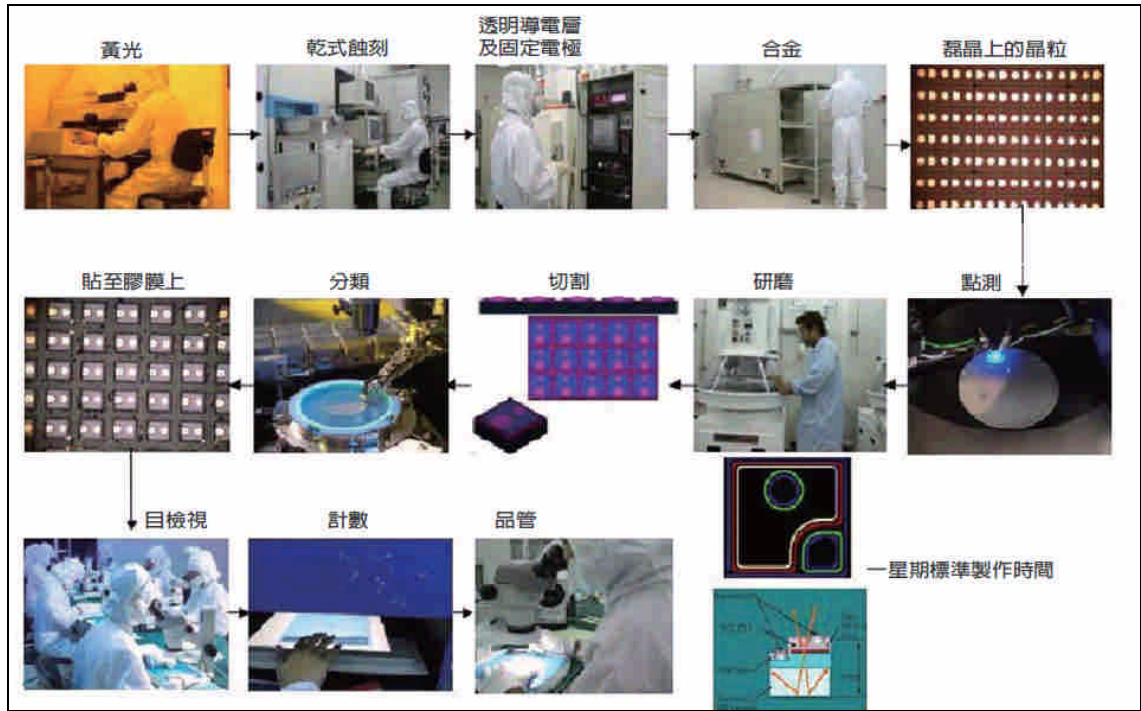


圖 3 完整的氮化鎵發光二極體晶粒製作流程

(二) 現場配置圖：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，才能規劃相關的作業環境測定工作，因此配置圖是必須建立的基本資料之一。現場配置圖應清楚的標示各作業區的相對位置，示意圖如圖 4 所示。

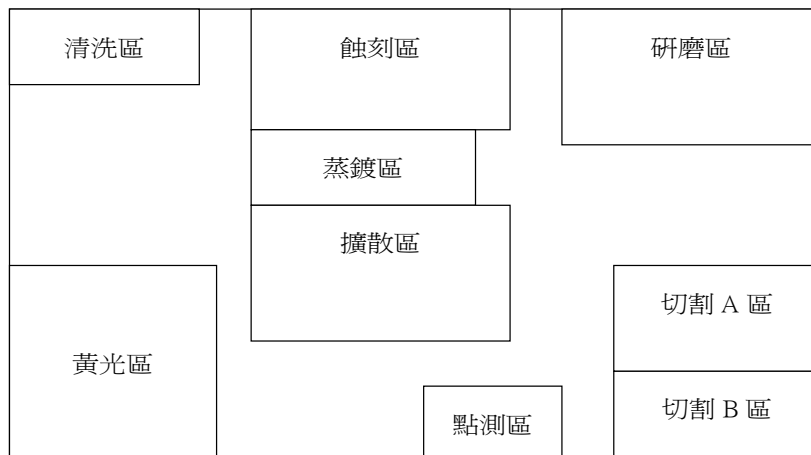


圖 4 現場配置示意圖

(三) 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。基本上以各項例行性作業為主，但若公司有足夠資源則建議連非例行性作業一併進行調查。調查內容建議包含：部門名稱、作業名稱、作業區域、使用化學品、作業屬性、作業時間(小時/週)、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，如研磨作業、蒸鍍作業、蝕刻作業等。
- 3.作業區域：依現況清楚完整標示該作業之實際位置，例如研磨區、蝕刻區、蒸鍍區等。
- 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加以調查並記錄。
- 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.作業時間(小時/週)：針對進行該項作業每週所需時間進行記錄，例如蝕刻作業人員每天在該區作業為4小時，一星期若工作5天，則其作業時間可記錄為20小時/週。
- 7.化學品用量(Kg/週)：化學品使用量的多寡，會影響到人員暴露的

嚴重度，如某化學品的健康危害性較小，但使用量若非常大，則對於作業人員的危害，不一定會小於健康危害性較大，用量極少的化學品，因此應可能調查出作業時化學品的用量。

8.通風工程：一般在 LED 廠因無塵室之設計皆已有良好的整體換氣，而部分機台會另設置局部排氣裝置，部分機台因製程要求已設計為密閉系統，甚至是雙層密閉，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.雙層密閉製程、2.密閉製程、3.半密閉系統、4.局部排氣、5.整體換氣。

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（如作業員與製程工程師），因此需針對各作業中人的職務進行調查（如作業員、製程工程師、設備工程師等），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 LED 製造業進行的作業調查之參考格式如表 3 之參考例所示，表格填寫簡要說明摘要見表格中第二列。

表 3 作業內容調查表之參考格式

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>	每週使用量 <kg/週>	通風工程	作業人員職務	作業人數
填入部門名稱	填入作業名稱	依現況簡述	A; B; C (多種化學品分別列出)	簡述屬例行或 非例行作業	只可填數字	只可填數字	只可填數字	填 1~5 1:雙層密閉製程 2:密閉製程 3:半密閉製程 4:局部排氣 5:整體換氣	填入進行該作 業之人員職務	填入進行該 作業之人數
磊晶群 磊晶生產處 製造一部 二課	產品生產	磊晶區	三甲基鋁	例行作業	7	5	1.5	1	技術員	16
			三甲基鎵		7	5	20	1		
			三乙基鎵		7	5	5	1		
			三甲基銻		7	5	2.8	1		
			矽甲烷/氫氣		7	5	0.5	1		
磊晶群 磊晶生產處 設備部 二課	機台維護、保養 設備清洗	磊晶區 設備清洗區 磊晶 scrubber	三甲基鋁	例行作業	5	4	1.5	4	工程師	1
			三甲基鎵		5	4	20	4		
			三乙基鎵		5	4	5	4		
			三甲基銻		5	4	2.8	4		
			矽甲烷/氫氣		5	4	0.5	4		
製程群 製程生產處 製造一部 一課	產品生產	黃光區	光阻液 DNR-L300	例行作業	7	5	15L	1	技術員	8
			光阻加強附著劑 (HMDS)		7	5	12L	1		
			顯影劑(TMAH)		7	5	400L	1		
			正光阻液 EPG-516		7	5	28L	1		

(四) 人員組織配置：由於作業環境測定主要目的為評估勞工於作業環境的暴露實態，根據我國目前勞工安全衛生法相關規章之規定及美國工業衛生協會 (AIHA) 之建議，多以評估個人暴露量為主。為了有系統的掌握全廠人員暴露的分佈情形，在進行作業環境測定規劃時，除了依據暴露型態之不同建立各個相似暴露群之外，亦必須掌握各個相似暴露群所包含的人員，因此必須建立人員組織這項基本資料，以利後續規劃之進行。建立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。

(五) 有害物的相關資訊：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。另外由於 LED 廠使用的物種繁多，建議可於加以註明該物質是否需進行作業環境測定、是否有容許濃度標準，以及是否有相關毒理資訊等，以利後續進行分類規劃時可以較為簡便。整理格式之參考表格見表 4。

表 4 有害物相關資訊彙整參考表格

中文名稱	CAS_No	英文名稱	分子式	分子量	蒸氣壓 (mmHg@25°C)	物理 狀態	容許濃度			LD50 (mg/kg)	致癌性 IARC	致癌性 ACGIH	空氣中有 害物容許 濃度標準	勞工作業 環境測定 實施辦法
							TWA	STEL	Ceiling					
丙酮	67-64-1	Acetone	CH ₃ COCH ₃	58.08	180.00	液體	750 ppm	937.5 ppm	-	5800 mg/kg	-	-	✓	✓
異丙醇	67-63-0	Isopropyl Alcohol	C ₃ H ₈ O	60.10	33.56	液體	400 ppm	500 ppm	-	5045 mg/kg	Group 3	-	✓	✓
硫酸	7664-93-9	Sulfuric Acid	H ₂ SO ₄	98.08	< 0.3	液體	1 mg/m ³	2 mg/m ³	-	2,140 mg/kg	-	-	V	V
氨氣	7664-41-7	Ammonia	NH ₃	17.03	5975.81	氣體	50 ppm	75 ppm	-	-	-	-	V	
矽甲烷	7803-62-5	Silicon Tetrahydride	SiH ₄	32.12	760.00	氣體	5ppm	10ppm	-	-	-	-		-
雙氧水	7722-84-1	Hydrogen Peroxide	H ₂ O ₂	34.01	0.37	液體	1 ppm	2 ppm	-	376 mg/kg	Group 3	A3	V	
氫氧化鈉	1310-73-2	Sodium Hydroxide	NaOH	40.00	11.63	固體	2 mg/m ³	4 mg/m ³	-	40 mg/kg	-	-	V	-
氫氧化鉀	1310-58-3	Potassium Hydroxide	KOH	56.11	0.30	固體	-	-	-	273mg/kg	-	-	-	-

(六) 歷年作業環境資料：對於歷年之作業環境測定資料若是僅以書面建檔留存，而沒有將歷年所測定之結果重點式的整理並標示，未來累積龐大的資料，一時之間若要瞭解歷年的測定結果，將會耗時耗力。因此若能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，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 5 所示。

表 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	量測點狀況說明	改善對策	備註
97 年上半年 環測資料	化學性：全數合格 物理性：全數合格	--	--	--	--
97 年下半年 環測資料	化學性：全數合格 物理性：全數合格	--	--	--	--
98 年上半年 環測資料	化學性：1 測點異常 物理性：全數合格	化學室 3l m6： 異丙醇測值與以往測定結果不同 IPA：65 ppm	採樣當天進行機台擦拭時，技術員未確實依照標準作業流程將擦拭機台後沾滿 IPA 的擦拭布放入密封袋中，而是置放在作業現場，導致採樣當天 IPA 濃度高於往常。	確實要求技術員依照標準作業程序進行，若無則記警告一次。	容許濃度標準 IPA：400 ppm

四、訂定與執行採樣策略

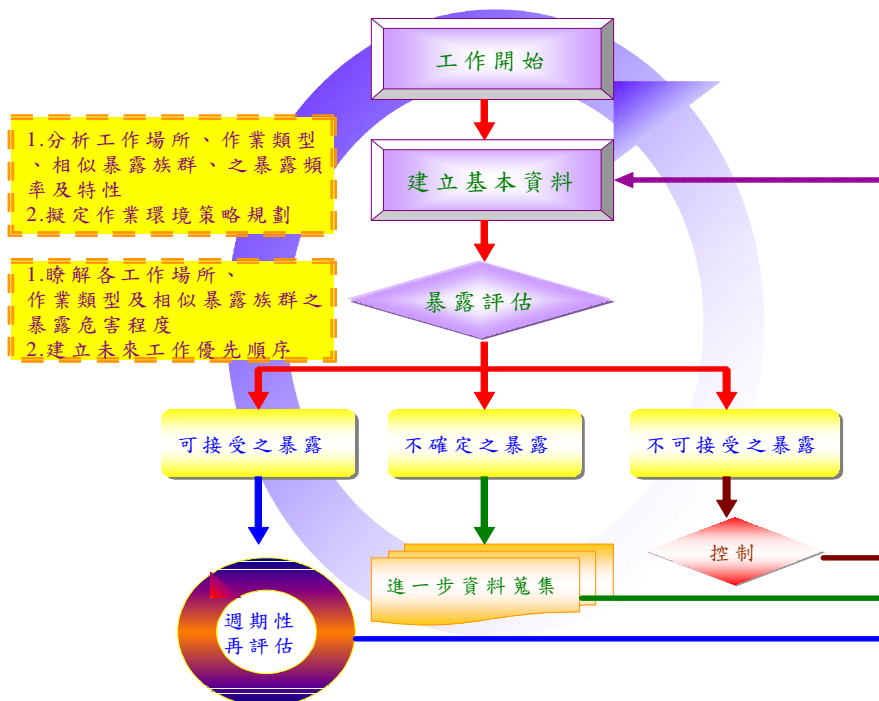
【說明：為使作業環境測定工作確實有效實行，必須訂定完善的採樣策略以確實掌握有意義的暴露數據，採樣策略可依工廠規模及特性適時的簡化。】

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。由於各廠的狀況不盡相同（如規模大小廠、新舊廠等），因此各廠的採樣策略將不會完全相同。訂定採樣策略，只要確實瞭解並掌握各個製程單元及人員可能的暴露特性，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前述章節所言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範例之建議方法擬定策略並執行）。

1. 建立採樣策略

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），但是對於作業現場人數眾多的事業單位，應如何做到瞭解工廠內所有工作人員的暴露實態，此時運用相似暴露族群(Similar Exposure Group, SEG)的概念是最簡便的方法。所謂相似暴露族群就是指某一群勞工，因工作過程的性質(所用的化學物質、其操作方式)及頻率相似，故推測其有相同的暴露實態，該族群勞工稱之為相似暴露群。因此在擬訂策略之前，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 年針對暴露評估所提出之建議做法，其流程架構如圖 5 所示。



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

圖 5 暴露評估流程圖

因此上圖裡的暴露評估工作，就是要建立良善合乎邏輯的採樣策略以評估各相似暴露族群之暴露狀況。採樣策略整體規劃流程必須運用前段章節所建立的基本資料才能確實執行，執行流程如圖 6 所示，主要的工作項目將區分成危

害鑑認、初步危害分析及採樣點規劃三大項。因此首要工作就是要進行危害的鑑認，藉由瞭解各個相似暴露族群的作業危害特性，爾後再使用客觀的分析方法對每一個相似暴露族群進行初步危害分析，最後將各個暴露族群的危害等級依照高低順序進行排序，再依據各廠的資源多寡進行採樣點的規劃，以逐年逐步的週期循環持續進行，將可漸進式的掌握全廠勞工的暴露狀態。以下將針對危害鑑認、初步危害分析及採樣點規劃三項主要之工作進行更深入的說明。

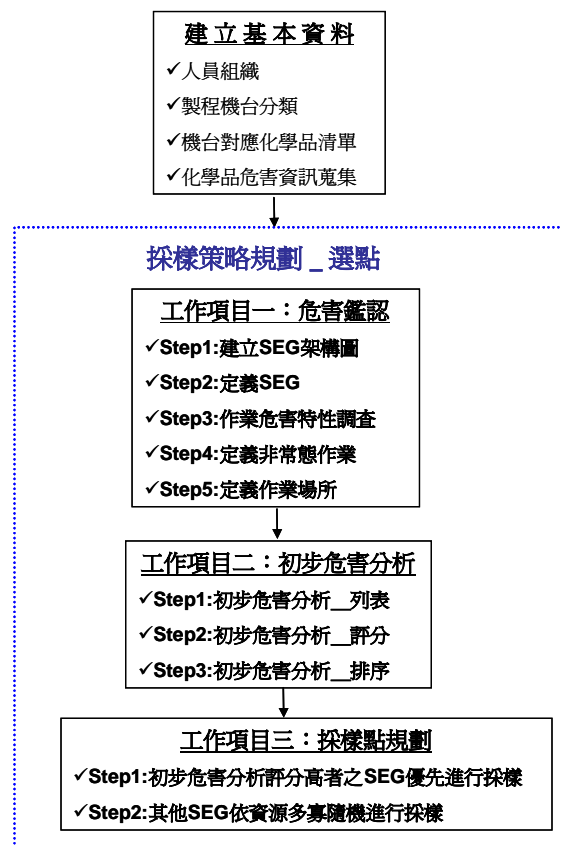


圖 6 採樣策略規劃之流程圖

工作項目一：危害鑑認

在危害鑑認的工作項目中應先將所有人員依其作業型態之不同，大致區分為不同的相似暴露群，再針對各個不同的相似暴露族群區進行作業危害調查，調查的範圍可依據各公司自己的經營政策來決定，如果是積極的照顧勞工的健

康願意盡所能的提供健康的工作環境，則可以全面性的進行調查，包含常態性作業及非常態性作業以及作業場所等，但是如果公司政策只是基於符合法令的要求，則只需要對於常態性作業進行瞭解。一旦掌握了這些不同相似暴露族群的各種作業可能產生的危害後，才能再進行下一步的初步危害分析。進行危害鑑認的第一個步驟就是要建立廠內相似暴露族群。

Step1：建立 SEG 架構圖

適當的將工作人員劃分為各種相似暴露群(SEG)，同一暴露族群內，因為每個人工作類似，所以可以利用個人或少數人的評估結果代表群內每一個人的暴露狀況。根據危害等級評估結果實行有效的管理，可以針對全部工作人員、全部工作時間、全部健康危害物質進行系統性的評估，協助廠內勞工安全衛生管理人員（甚至是雇主）掌握工作場所內的全盤狀況，而非僅止於瞭解侷限於各種假設之下的特定工作狀況或針對少數人員(最高暴露群)的暴露狀況。

相似暴露族群的分類原則隨著公司本身的特異性而異，並沒有一定的分類規則，最重要的是選擇適合公司的特性，能快速而簡單地將工作人員劃分，最好也能兼顧管理層面的需求，盡量以公司固有的基礎，如職務、製程等來分類。根據實際經驗，部分新廠因為本身工廠設計流程及動線較為流暢，因此作業人員並不需要橫跨數個作業區，僅需負責單一作業區即可，這樣類型的公司，即可極為簡單的利用公司組織的部門 v.s 作業區域來進行分類即可，如在蝕刻區的作業員為一個相似暴露群，蝕刻區的設備工程師又是另一個相似暴露群，以此類推。反之，有些舊廠因本身設計之動線、或是人員之調配設計必須是作業區互相交錯，而人員也必須相互支援，如此類型的

事業單位在劃分相似暴露群則較為複雜，必須收集更完備的現場及人員資訊才能加以分類。上述兩種類型 SEG 之分類參考範例見圖 7 及表 6。

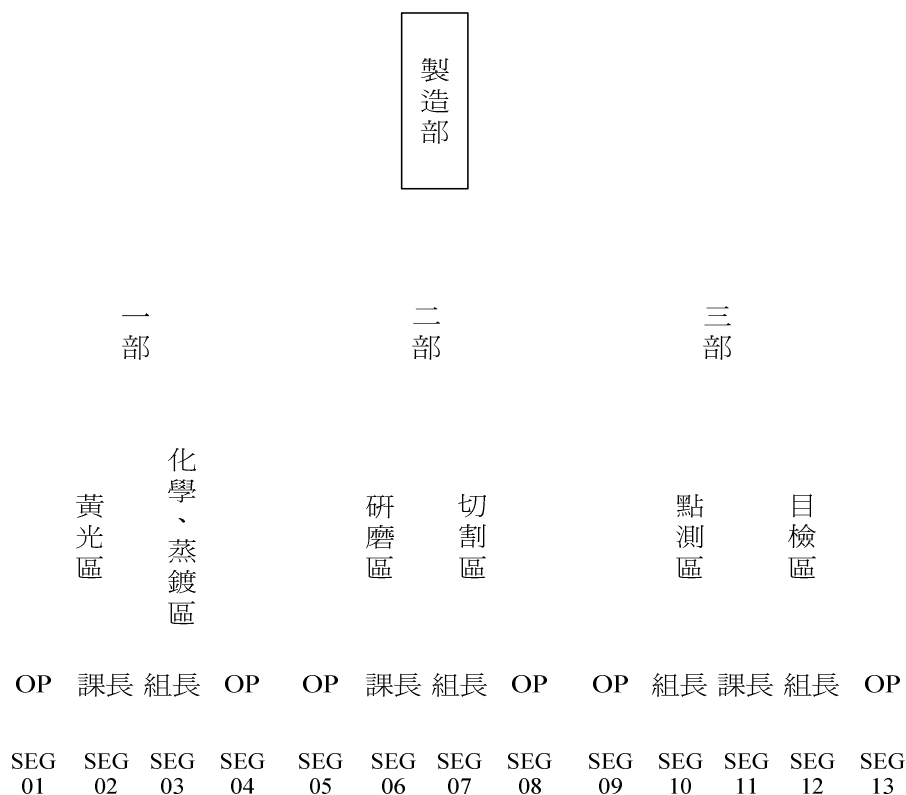


圖 7 依公司組織的部門 v.s 作業區劃分 SEG 之參考例

表 6 依作業區域 v.s 人員職務劃分 SEG 之參考例

SEG No.	作業區域	人員職務	作業型態
S01	A28+A06	作業員	機台操作
S02	B03	作業員	機台操作
S03	C29+A33	製程工程師	故障排除、參數調整
S04	A03+B05	製程工程師	故障排除、參數調整
S05	A17	作業員	機台操作
S06	D16	作業員	機台操作
S07	A15+A16	作業員	機台操作
S08	A15+A16+A09	設備工程師	PM、維修、點檢
S09	A33	作業員	機台操作
S10	A29+A33	設備工程師	PM、維修、點檢
S11	B13+B09	作業員	機台操作

Step2 : 定義 SEG

根據 SEG 架構圖，將相似暴露的人員歸納在一起，並歸納其使用的化學品。參考格式如表 7。

表 7 SEG 內容說明 (以表 6 為例)

SEG 代號	說明 (作業人員職務)	人數	使用化學品
S01	在 A28+A06 作業區負責機台操作之作業員	5	丙酮
			異丙醇
			顯影劑(TMAH)
			光阻加強附著劑(HMDS)
S02	在 B03 作業區負責機台操作之作業員	2	砷化鎵晶片

Step3 : 作業危害特性調查

評估一個相似暴露族群長時間的暴露情形 (例行性的常態作業)，要考慮到該族群全部的作業類型，意即所從事的不同作業名稱，如操作機台、巡視機台、保養機台等，每個作業類型所使用的化學品、控制措施及使用時間等危害特性都要調查，調查內容參考格式參見表 8。

表 8 作業危害特性調查表

SEG 代號	作業人員職務	人數	作業區域	作業類型	使用化學品	使用量 (kg/週)	作業時間 (小時/週)	控制措施

--	--	--	--	--	--	--	--	--

Step4：定義非常態作業（可依公司政策選擇性決定是否進行）

除了評估相似暴露族群的長時間暴露之外，因為操作時間短暫而容易輕忽的非常態作業也可能造成極高的暴露情形，這種暴露時間較短的作業類型若是只進行長時間的測定，測定結果勢必會被其他的低暴露稀釋掉而被忽略，因此需要特別針對作業時間在 1 個小時之內或非每天都進行的非常態作業進行評估，所以必須將所有非常態作業都定義出來後並調查其危害情形。

Step5：定義作業場所（可依公司政策選擇性決定是否進行）

根據我國目前勞工安全衛生法相關規章之規定及美國 AIHA 之建議，當測定目的為瞭解勞工的暴露量時，以個人採樣方式為主，區域採樣為輔，但若事業單位本身依據以往的測定結果顯示有需要進一步監測的部分，可以定義需進行區域採樣的測定點。

工作項目二：初步危害分析

當各暴露族群的危害鑑認完成後，接下來就是要瞭解各個暴露族群在廠內中相對而言到底哪一個可能是具有較高的危害風險，以及每一個暴露族群的危害高低排序為何，才能有效規劃合宜的採樣點。初步危害分析主要是利用風險的觀念，暴露危害的高低來自於兩大因素，一個是所暴露的化學物質本身的毒性高低，另一個是暴露的程度的嚴重度，最後為了使初步危害分析評估的結果更為可信，當評估過程中的資料正確性不是非常肯定，則在評估過程中會再給予一個不確定度(可視為安全因子)的因子，以使初步危害分析結果更具意義。因此要進行初步危害分析，將有三個步驟。

Step1：初步危害分析 _ 列表

將危害鑑認所定義出的 SEG、非常態作業 (為可選擇項目)、作業場所等項目，以可能的暴露危害物展開，並依照化學物質本身毒性高低 (也就是所謂的健康危害物指數(HHR)); 以及暴露程度的嚴重性 (評估因子可從物理狀態 (蒸汽壓)、使用量、使用時間、控制措施等項目綜合評斷)，最後加上不確定度等資訊來共同進行等級評比，因此必須將上述評估項目進行列表。

Step2：初步危害分析 _ 評分

由於該初步危害分析之評比是針對廠內各種暴露狀況的危害程度進行初步的相對比較，因此評比的方式僅要能區分相對危害高低即可，並無絕對單一的標準。將工作項目一所鑑認後可能的相似暴露群所暴露的危害物種類，依照健康危害物指數(HHR)、物理狀態 (蒸氣壓)、使用量、使用時間、控制措施及不確定度分別評分，提供各項因子的評比參考例如表 9、表 10 及表 11 所示，事業單位可依據實際狀況調整各項因子評比的級距，以真正達到可區分各項因子危害高低之目的。

依據初步危害分析所得之相對危害性為健康危害等級(HHR)、暴露危害等級(ER)、不確定度(UR)三項得分相乘所得到的乘積。計算公式為：相對危害性= HHR ×ER ×UR。HHR 值可以直接參照表 9 所列之級距，而 ER 值則為暴露危害各項因子評比 (參照表 10 所列之級距) 後之幾何平均值，計算公式為： $ER = (\text{物理狀態 (蒸氣壓)} \times \text{使用量} \times \text{使用時間} \times \text{控制措施})^{1/4}$ 。

若是 ER 值所需評比之參數資訊獲得有困難，如缺少蒸氣壓資料或是使用量無法評估，則僅以現有之資料來評比，但因為缺少評比參數將導致資料之可信度

降低，因此可以 UR 值來進行修正，評比方式參見表 11。

表 9 健康危害指數 (HHR) 評比

評分	職業暴露標準 (TLV-TWA, ppm)	急毒性指標		致癌分類	
		LD ₅₀ (mg / kg)	LC ₅₀ (mg / L)	(IARC)	(ACGIH)
5	<1	≤ 25	≤ 0.25	1	A1
4	≥1 to <10	>25 to ≤200	> 0.25 to ≤ 1	2A	A2
3	≥10 to <100	>200 to ≤2,000	> 1 to ≤ 5	2B	A3
2	≥100 to <1000	>2,000 to ≤5,000	> 5 to ≤ 25	3	A4
1	≥ 1000	>5,000	> 25	4	A5

表 10 暴露危害 (ER) 各項因子危害指數評比

項目 等級	蒸氣壓 (mmHg@25°C)	使用量		時間(小時)	工程控制
6	≥6000	≥1000 L	≥2000 kg	≥35	無任何防護
5	≥1000 to <6000	≥500 to <1000 L	≥1000 to <2000 kg	≥30 to <35	僅個人防護具
4	≥500 to <1000	≥300 to <500 L	≥100 to <1000 kg	≥20 to <30	整體換氣
3	≥100 to <500	≥100 to <300 L	≥10 to <100 kg	≥10 to <20	局部排氣
2	≥1 to <100	≥10 to <100 L	≥1 to <10 kg	≥0 to <10	單層密閉措施
1	<1	<10 L	<1 kg	-	二次密閉設施與 其他防護

表 11 不確定性 (UR) 指數評比

UR 等級	評分依據
5	ER 評比項目缺 4 項目
4	ER 評比項目缺 3 項目
3	ER 評比項目缺 2 項目
2	ER 評比項目缺 1 項目
1	ER 評比項目全齊

Step3：初步危害分析_排序

完成初步危害分析評分後，可以得到每一個相似暴露族群（或非常態作業）的每個危害物之相對危害性總分，後續再將各個相似暴露族群評比後的相對危害性由大至小依序排序，參考例請參見表 12。另外，若同時對非常態作業進行分析，則排序評比應分開來進行。

表 12 初步危害分析_列表_評分_排序

SEG代號	使用化學品	健康危害等級 (HHR)	蒸汽壓 (VP)	使用量 (OA)	使用時間 (T)	控制措施 (Control)	暴露危害等級 (ER)	不確定度 (UR)	暴露危害評比 (EHR)
PH004	MAK	2	2	3	4	2	2.63	2	10.52
PH003	PGME	2	3	3	1	2	2.06	2	8.24
PH003	PGMEA	2	3	3	1	2	2.06	2	8.24
PH004	PGME	2	3	2	1	2	1.86	2	7.44
PH004	PGMEA	2	3	2	1	2	1.86	2	7.44
PH003	NMP	1	1	2	1	2	1.41	2	2.82
PH004	NMP	1	1	2	1	2	1.41	2	2.82

工作項目三：採樣點規劃

經過了完整的資料收集、危害鑑認、初步危害分析一套完整的程序，評估者可依據初步危害分析排序的結果，依相對危害性總分高低選擇採樣點，原則上相對危害性較高的製程或程序建議優先進行量測，同時法令要求必須進行量測的物種也必須一併納入採樣點選擇的規劃中。評估者可根據初步危害分析所得相對危害性排序及經濟考量來選擇實際檢測的採樣點數，若當次測定礙於資源有限之考量，未能全部完成所有相似暴露群之測定，則根據 AIHA 職業暴露評估及管理策略中所提及之迴路精神（參考圖 5），將尚未進行採樣評估的部分逐漸於後續的暴露評估規劃中完成，如此幾次的循環下來，將可逐步掌握全廠所有相似暴露群的暴露狀況，使每年度的作業環境測定經費能做最有效的運

用。

上述方法為一套完整的具邏輯性的採樣策略規劃方法，基本上是最完整，多數的事業單位也能夠依循執行。但是針對作業性變動極大的事業單位，也就是一個工作人員必須同時兼顧多個作業區及多部機台，機動性極大，因此無法確定每天在特定機台的作業時間以及有害物的使用量，因此要獲得可信的資訊來進行初步危害分析之評比，有其困難性，因此對於此類型之事業單位，建議的作法仍是應該先收集足夠的資訊來劃分相似暴露群，再逐步於每一次的測定中分批針對各個相似暴露族群來進行測定，以逐漸瞭解並掌握每一個相似暴露族群之暴露狀況。

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。因此事業單位委託合格之作業環境測定機構/人員來進行環測時，對於採樣技術應要求作業環境測定機構/人員必須依據勞委會公告之採樣分析建議方法來進行，事業單位可將廠內必須要進行作業環測之物種所使用之採樣分析方法整理如表 13 所示。

表 13 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
氫氟酸	矽膠管 (400mg/200mg)	200 ~ 500 mL/min	最小 3 L 最大 100 L	例行性	穩定	2901
硫酸	矽膠管 (400mg/200mg)	200 ~ 500 mL/min	最小 3 L 最大 100 L	例行性	穩定	2901
異丙醇	活性碳管 (100mg/50mg)	10-200 mL/min	最小 0.2 L 最大 7.5L	例行性	15 天 25 °C	1904

3.執行採樣之注意事項

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，為使採樣分析資料正確並可作為後續改善之依據，執行採樣時將進行現場觀察並針對重點項目查核，以確認執行品質。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佩戴防護具等等，現場採樣查核表參考格式見表 14。

表 14 現場採樣查核表

查核項目	是	否	備註
1.是否由合格的作業環境測定人員執行採樣			作業環境測定人員姓名：
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.勞工是否佩戴正確的防護具			

五、量測數據的處理與應用

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。

(一) 建立各個相似暴露群的暴露實態

經由各項步驟規劃後所獲得的測定結果，必須要善加利用才能獲得應有的成效。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。

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，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 15 所示。

表 15 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)

(二) 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，則考量其相加效應，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 C1,C2,C3...Cn 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，T1,T2,T3...Tn 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。

(三) 以作業環境測定結果作為後續測定及環境控制之依據

作業環境測定資料是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測定時優先進行測定。

(四) 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佩戴與管理方式，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。

六、檢討改進

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。自評表參考格式如表 16 所示。

除此之外，若事業單位製程、作業時間及頻率、使用化學品種類、或是工程控制措施等因子有改變，而影響到 SEG 的劃分或初步危害分析的評比，皆應再重新檢討及修正作業環境測定計畫內容，訂定符合現況的採樣規劃。

表 16 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				

項 目	內 容	是否符合規定			查核結果紀錄
		是	否	不完全	
	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				
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。				
	4.是否進行環測資料統計分析推論				
查核日期：					
查核人：			審核人：		

七、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。文件管理應把握查詢方便、資料完整兩項原則，並兼顧實際管理上考量，如明訂文件保存年限、資料保存格式及存放地點等。文件保存清單之格式依據表 17 所示。

表 17 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