

九十一年度環保署/國科會空污防制科研合作計畫

有機性有害空氣污染物排放特性調查與管制策略研究

子計畫二

有機性有害空氣污染物生成機制與控制技術評估

期末報告

(計畫編號：NSC 91-EPA-Z-327-002)

計畫主持人：林銳敏教授

研究人員：梁嘉宏、林允涵

執行單位：國立高雄第一科技大學
環境與安全衛生工程系

中華民國九十二年四月

九十一年度環保署/國科會空污防制科研合作計畫
「有機性有害空氣污染物排放特性調查與管制策略研究」

子計畫二：

「有機性有害空氣污染物生成機制與控制技術評估」

期末報告目錄

目錄	
圖目錄	
表目錄	
中英文摘要	
一 緒論.....	1
(一) 計畫緣起.....	1
(二) 計畫目標.....	2
二 文獻回顧.....	2
(一) 相關研究計畫成果彙整分析.....	2
(二) 控制技術彙整分析.....	7
(三) 控制技術認定程序彙整分析.....	8
三 研究內容及規劃.....	10
(一) 研究方法及進行步驟.....	10
(二) 各子計畫間之關連性及支援性.....	11
四 成果.....	12
(一) 目標污染物的確認.....	12
(二) 生成機制及污染源調查分析.....	12
(三) 排放控制技術分析.....	15
(四) 排放減量評估.....	15
五 討論.....	16
(一) 優先管制順序及排放減量評估.....	16
(二) 排放減量評估.....	16
參考文獻.....	17

圖 目 錄

圖 2-1	MACT 分析流程圖.....	18
圖 3-1	「有機性有害空氣污染物排放影響及管制策略建置研究」 分工合作架構.....	19

表 目 錄

表 1-1	國內建議優先調查之有機性有害空氣污染物.....	20
表 1-2	固定污染源最佳可行控制技術表.....	21
表 4-1	高雄都會區有機性 HAPs 有害權重強度.....	25
表 4-2	目標物種排放源製程排放量(ton/yr)及總量分析.....	26
表 4-3	PU 合成皮製造業製程噴塗機及印刷機 VOCs 排放減量改善 可行控制技術分析.....	27
表 4-4	二氯乙烷化學製造程序污染源減量改善可行控制技術分析.....	27
表 4-5	PU 業控制技術符合 BACT 狀況表(甲苯，管道排放).....	28
表 4-6	石化業控制技術符合 BACT 狀況表(1,2-二氯乙烷，逸散排放).....	28
表 4-7	石化業控制技術符合 BACT 狀況表(苯，逸散排放).....	29
表 4-8	塗料業控制技術符合 BACT 狀況表(甲醛，管道排放).....	29
表 4-9	表面塗料業控制技術符合 BACT 狀況表(苯，管道排放).....	30
表 4-10	塑膠皮製造業控制技術符合 BACT 狀況表(甲醛，管道排放).....	30
表 4-11	目標物種排放源製程減量分析.....	31

中文摘要

固定源排放因環氧乙烷排放至大氣後極易因水份而解離，遂排除環氧乙烷之有害性考量，其中固定源苯以管道排放者以光陽工業股份有限公司第一廠塑膠品塗裝程序為最(2.47E+01 噸/年，佔高雄都會區苯之 82.2%)，苯逸散排放源者以中國石油股份有限公司石化事業部芳香烴製造程序為最(2.05E+02 噸/年，佔 98.5%)；固定源甲苯以管道排放者以三芳化學工業股份有限公司濕式 PU 合成皮製造程序、乾式 PU 合成皮製造程序、凹版印刷程序(6.72E+02 噸/年，佔高雄都會區苯之 51.4%)及上穎工業股份有限公司 PU 製造程序(5.62E+02 噸/年，佔 43.1%)為最；1,2-二氯乙烷以逸散排放者以台灣塑膠工業股份有限公司仁武廠二氯乙烷化學製程程序為最(1.90E+02 噸/年，佔 100%)。

目前國內並未有有害空氣污染物管制規範及排放標準，因此減量評估則利用目前之污染源排放現況(排放濃度、排放量、現有控制措施設備之效率等)輔以與目標排放污染源相關之排放規範及法規(「固定污染源空氣污染物排放標準」、「固定污染源最佳可行控制技術」、「聚氨基甲酸酯合成皮業揮發性有機物空氣污染管制及排放標準」、「汽車製造業表面塗裝作業空氣污染物排放標準」、「揮發性有機物管制及排放標準」等)，加以探討其減量空間。

固定源苯管道排放(光陽工業股份有限公司第一廠塑膠品塗裝程序)減量空間為 14 噸/年，佔高雄都會區苯管道排放之 51%，逸散排放(中國石油股份有限公司石化事業部芳香烴製造程序)減量空間為 54 噸/年，佔 26%；固定甲苯管道排放減量空間分別為 621 噸/年(三芳化學工業股份有限公司濕式 PU 合成皮製造程序及乾式 PU 合成皮製造程序)，佔 48%，492 噸/年(上穎工業股份有限公司 PU 製造程序)，佔 38%；1,2-二氯乙烷逸散排放(台灣塑膠工業股份有限公司仁武廠二氯乙烷化學製程程序)減量空間為 116 噸/年，佔高雄都會區苯管道排放之 61%。

優先管制順序確認主要依據為排放清單，然而經現場調查發現，公私場所之排放現況與污染源資料庫中之排放資料有明顯之差異。因此本研究結果以資料庫排放資料為基準評估所得之優先管制順序及排放減量評估結果與實際現況恐有差異。排放減量評估過程中需考慮之因子包括排放管道排放濃度、現有控制設備之效率、及現有控制設備之操作。

英文摘要

The objective of this research project is to establish a methodology for determining the performance and cost of air pollution control techniques designed to reduce or eliminate the emissions of potentially hazardous air pollutants (HAPs) from sources. The results of this research project could be used by EPA and local air pollution control agency technical personnel for two basic purposes: (1) to respond to inquiries from interested parties (e.g., prospective permit applicants) regarding the HAPs control requirements that would be needed at a specified process or facility, and (2) to evaluate/review permit applications for sources with the potential to emit HAPs.

Results of this research project will provide general technical guidance on controls and but not provide guidance for compliance with specific regulatory requirements for hazardous air pollutants. Specifically, it does not specify design requirements necessary to achieve compliance with standards established under specific programs. Such requirements vary with the hazardous air pollutant emitted and with the emission source; thus, regulatory-specific detailed specifications are beyond the scope of this project.

一、緒論

(一) 計畫緣起

隨著民眾對空氣污染危害性及對衍生性空氣污染物生成機制的認知，有害空氣污染物問題已成為歐美日等先進國家繼一般空氣污染物管制獲具成效後之主要空氣污染管制工作重點，為順應世界潮流並保護民眾健康，環保署於民國 81 年 7 月提出「環境保護五年中程施政計畫」，將有害空氣污染物管制列為重點工作，並積極推動各項有害空氣污染物排放管制規範研訂計畫，以作為推動台灣地區有害空氣污染物管制之基準。

世界各國對有害空氣污染物管制工作時程差異極大，其中以美國起步最早，制定規範亦最完整，自 1970 年代即開始推動各項先驅工作，並自 1990 年起開始管制，日本自 1990 年代開始推動管制無機性及有機性有害空氣污染物，歐洲國家則自 1980 年代即開始推動各項先期作業。

由於有害空氣污染物種類甚多，可能產生有害空氣之污染排放源種類和數量極多，每一種污染源排放特性及各種污染物性質皆不相同，環保署於 84 年開始規劃管制工作前置作業所需之管制架構，其委託研究單位曾針對數十種有害物質進行評估，並提出建議優先調查管制的 30 種有害空氣污染物項目，未來對有害空氣污染物著手進行管制時，將對此類物質優先加以管制，並訂定管制規範。在 30 種優先管制物質中，計有苯等 21 種屬於揮發性有機物(VOCs)(如表 1-1 所示)，重金屬物質 4 種(砷、鉻、鎘、鉛)，酸氣 3 種，多環芳香族碳氫化合物(PAHs)及 Nap(Naphthalene, 萘)，國內建議優先調查之 30 種有害空氣污染物如表 1-1.1 所示。爾後並於 87 年重新檢討評估，建議刪去 PAHs 並增列丙烯晴(Acrylonitrile)、環氧乙烷(Ethylene oxide)、丁酮(Methyl Ethyl ketone)、氯乙烯(Vinyl Chloride)、及甲醛(Formaldehyde)。

美國空氣清淨法修正案(Clear Air Act Amendment)中，已建立完成有害空氣污染物最大可行控制技術(maximum achievable control technology, MACT)認定程序，且最佳可行控制技術(best achievable control technology, BACT)認定程序亦已建置；在國內方面，並沒有與美國 MACT 相類似之控制技術認定程序，目前於空氣污染防治法第六及八條中述及應採用最佳可行控制技術，並於 90 年 10 月 30 日公告(92 年 1 月 1 日實施)「固定污染源最佳可行控制技術」(節錄如表 1-2 所示)，對排放粒狀物、硫氧化物、氮氧化物、及揮發性有機物

排放源規範其最佳可行控制技術，而未針對排放有害空氣污染源有特定之規範。因此本計畫將以有機性有害空氣污染物主要排放源為對象，解析其產生及生成機制、排放控制技術及效率，輔以國內外 BACT 控制技術套用之可能性，掌握其可能減量，以達成改善空氣品質、維護環境及健康之目標。

(二) 計畫目標

本計畫規劃執行之重點為：

1. 有害空氣污染物之規劃及研究應以高雄都會區為重點。
2. 有害空氣污染物之規劃及研究應以有機性有害空氣污染物種為優先及重點。
3. 有害空氣污染物管制之規劃及研究應先建立一多因子考量且可行之最大可行控制技術基準。

本計畫規劃執行之目標為：

1. HAPs 排放 MACT 認定程序。
2. 篩選優先控制 HAPs 物種及污染源類別。
3. 有機性有害空氣污染物生成排放機制探討。
4. 有機性有害空氣污染物排放控制技術分析。
5. 有機性有害空氣污染物排放控制技術成本及效益分析。
6. 有機性有害空氣污染物可行之排放減量技術。

二、文獻回顧

(一) 相關研究計畫成果彙整分析

1. 「有害空氣污染物流佈研究計畫」，八十八年度，高雄縣政府環境保護局該計畫針對高雄縣地區有害空氣污染物 (HAPs) 之十四種揮發性有機物 (簡稱 HAP-V)、十六種多環芳香烴化合物 (簡稱 HAP-P) 與十種金屬元素 (簡稱 HAP-M) 進行流佈研究，藉由四季實地監測調查探討有害空氣污染物 HAP-V、HAP-P、HAP-M 濃度時空流佈在季節、日/夜間的差異性，並推估 HAP-V 與 HAP-M 排放量。

該計畫 HAPs 實地監測調查包含仁武、大寮、林園、岡山、橋頭（春、冬季）或美濃（夏、秋季）等五站。HAP-V 濃度林園、仁武較高，岡山、大寮次之，及橋頭最低，美濃站夏季有明顯外來污染物與累積現象；同時各站甲苯平均濃度偏高。HAP-V 分析結果芳香族皆高於國內監測之數據，除 Ethylbenene 濃度與 Vienna 相似外，其餘物種濃度也均大於國外數據。HAP-P 濃度以仁武最高、大寮、林園、岡山次之，橋頭與美濃最低，全縣總 PAHs 濃度最高值較高雄市及雲林縣為高，但比台北市、嘉義市與台南市低。各站不同粒徑 PAHs 濃度分佈，PM₁₀ 約佔 TSP 總 PAHs 濃度 75% 而 PM_{2.5} 則佔 TSP 總 PAHs 40~45%。HAP-M 金屬元素之日、夜比值是夜間濃度較日間為高，尤其 Pb 元素夜間值均高於日間甚多；另外 Cr 元素以岡山最高，As 與 Cd 除美濃偏低外其餘各站無明顯差異。

推估方法以 TEDS 85 年資料與 SPECIATE 推估 VOC 個別成份排放量，再配合 HAPs 危害性資料篩選，建立高雄縣之 HAPs 中 VOCs 類與金屬元素類資料庫。高雄縣 HAPs 排放量推估，HAP-V 總排放量佔 VOCs 化合物總量 14%，HAP-V 空間分佈以仁武鄉最高，林園鄉、路竹鄉次之。HAP-V 物種排放量以苯乙烯最高，甲苯次之。未來排放量推估自民國 85 年至 90 年成長 22%，民國 90 年 HAPs 總排放量預估為 10461 噸。

HAPs 流佈由 HAP-P、HAP-V、HAP-M 分別探討，PAHs 類季節流佈，粒子單位質量 PAHs 濃度值以夏季最高，秋、春季次之，冬季最低；而氣相 PAHs 濃度由高至低依序為冬季、春季、秋季、夏季，其中夏季美濃站測值因累積作用有偏高現象；PM_{2.5} 所含 PAHs 以冬季濃度較春、秋季為高，夏季有最低濃度值，其中 PM_{2.5} 十六種 PAHs 化合物季節濃度分佈差異性較 PM_{2.5-10} 為小。至於夜/日流佈方面，氣相 PAHs 之夜/日比值較固相為大（岡山除外）可能是夜間擴散不易相關。各測站 HAP-V 流佈方面，HAP-V 隨季節變化，春、冬季 BTEX 類與其他類 VOCs 濃度皆偏低，秋季則兩類 VOCs 均有略高濃度值，夏季因降雨灑沈較多，其 HAP-V 濃度視物種而定，BTEX 類濃度值較低，其他類 VOCs 則有較大濃度值；而各站 HAP-V 濃度累積濃度皆最高為美濃（夏季），林園次之，仁武、岡山、大寮再次之、橋頭最低。HAP-V 夜/日濃度流佈，BTEX 類夜間濃度值普遍較日間為高，而其他類 VOCs 則無此現象。HAP-V 周界監測與推估量關係，甲苯與 1,2-二氯乙烷實地監測值與推估量有高度正相關性，而苯乙烯的排放量與監測值相關性低，其中最大偏異值為美濃；美濃鎮推估排放量雖然最低，但實測濃度則是全縣最高，可能

與季節風帶來其他地苯乙烯污染有關。

HAP-M 在各測站間流佈，Pb 元素質量濃度以岡山最高；岡山 Cr 元素濃度因受常地水泥製造業有較大濃度值。但美濃隨季節風向（西南風）與三面環山影響，擁有全縣粒子含 Cr 元素單位質量的最大濃度值。As、Cd 金屬元素濃度（ng/ μ g）在仁武、大寮有較高濃度，美濃則無明顯濃度蓄積現象。夜/日流佈方面，各站 Pb 元素濃度夜/日比值明顯較大，夜間 As 元素濃度普遍較日間高，均可能日夜間擴散不易所影響。HAPs 四種金屬元素中以 Cr 元素隨季節風向與地形特性有顯著的空間流佈特性；As、Cd、Pb 元素空間流佈特性則不明顯。HAPs 金屬元素（Cr、Pb、Cd、As）排放量與實測濃度比較，Cr 元素有最大相關性，Pb、Cd 元素具中等具關性，As 元素最低。總而言之，HAP-V 為氣相物質有較大空間流佈特性，地形特徵、與物種特性等因子影響 HAP-V 之流佈。HAP-M 質量濃度之流佈，主要受元素負載粒子特性影響，亦與季節風向，周邊地形等因素相關。

HAP-V 管制策略與防治措施，依據物種危害性與管制之可行性進行研擬，建議 HAP-V 物種優先管制順序則為苯、苯乙烯、二氯乙烷等物種；HAP-E 管制順序以 Cr、Pb 為優先管制對象，HAPs 管制策略建議分為一般排放管制與異常排放管制，一般排放管制建議由點源管制削減策略著手，持續對 HAP 製程廢氣燃燒塔、製程排放管道、儲槽、及設備元件等項目加強稽查，並建議由 VOCs 總量（或 THC）改為 個別化合物申報與查核。HAPs 異常排放預防與應變措施，如儲槽方面應儘可能降低儲存量，並以阻絕設施（防溢堤、水幕系統、泡沫系統等）降低異常排放的危害性。依據上述 HAP 流佈資料顯示，高縣未來的工業區設立宜慎選地點與產業，部分高污染工業（加工業）在縣內北境各鄉設立應審慎考量，儘可能避免山區附近有污染物的傳輸與累積。

2. 「高雄市工業區排放健康危害物(HAPs)之環境影響暨人員暴露評估」，八十九年度，高雄市政府環境保護局該研究目的在探討高雄市空氣污染與健康之相關性，以期找出影響民眾健康危害較大之污染物。研究內容包括：收集歷年環境量測相關資料及工廠基本資料，針對前鎮區工廠及前鎮、三民區，進行廠內量測及廠外環境量測，並配合空氣品質監測數據、癌症資料、健保資料及民眾問卷，進行相關性統計分析。

該研究選擇前鎮區八家污染量較大之工廠，以 OP-FTIR 進行廠內量測，

共測得 25 種化合物，其中以氯乙烯、1,2-二氯乙烷、苯之濃度值有所偏高，分別有 9.3%、14.3%、14.3%之樣本平均值高於 1/50TWA 值（100、200、100ppb）。而廠外環境量測，則以 TO-14 進行冬、夏兩季採樣，分別於前鎮、三民區各測得冬季 23 種、21 種，夏季 14 種、9 種化合物，兩區皆是冬季測得較多之化合物。其中前鎮區之氯乙烯、1,2-二氯乙烷、苯之濃度仍有偏高值，尤其是氯乙烯出現 4.5%之樣本平均值高於周界容許濃度（200ppb），顯然是受到工廠排放或逸散之污染物的影響。而三民區之甲苯卻明顯高於前鎮區，有 4.5%之樣本平均值高於 1/4 周界容許濃度（500ppb），顯然汽、機車等交通相關之污染不可小覷。

空氣品質監測站資料（72 年 8 月至 89 年 8 月），經分析結果發現，一般氣態污染物，前鎮區的 SO₂、NO₂ 及 CO 高於三民區，相反的，三民區則以 O₃ 較高，而且有逐年愈見上昇的趨勢。而粒狀污染物方面，除了落塵量外，其他 TSP、PM₁₀ 以及鉛，皆出現三民區高於前鎮區的現象，而且 PM₁₀ 的改善幅度不彰。

癌症資料分析，針對可能與空氣污染有相關及發生率較高之癌症，進行前鎮、三民區累積發生率（民國 68 年 1 月至 88 年 11 月）之分析探討。結果發現三民區之大部分癌症發生率均低於前鎮區。而且兩區的肺癌累積發生率男性皆居第二位，前鎮區 40~64 歲年齡層者顯著高於三民區有 1.26 倍。而女性肺癌皆佔第四位（子宮頸癌、乳癌列居一、二位），前鎮區 65 歲以上者累積發生率顯著高於三民區有 1.39 倍。肝癌的累積發生率，兩區的男性更是皆高居第一位，以全人口而言，其總年齡層也出現前鎮區顯著高於三民區有 1.14 倍。

由健保資料疾病就診頻率顯示，前鎮區的急性氣管炎、肺炎、流行性感冒、慢性支氣管炎、肺氣腫、慢性阻塞性肺部疾病等皆高於三民區，而後者的支氣管擴張症則高於前者。

民眾問卷訪視有效問卷 323 份之分析結果，表示居家附近有異味者前鎮區高達 91.2%，出現時間多為晚上及深夜，三民區亦有 67.4%。前者有 45.0%認為異味來源為附近工廠，且能明確說出工廠名稱；另有 29.0%表示來自於附近河川（前鎮河）。後者表示來源為其他（攤販及垃圾）與附近下水道，各佔 29.2%及 27.1%，與環境衛生比較有相關。

綜合以上結果，加上歷年 HAPs 的數據，雖然無法將 HAPs 據以定量描

述健康效應；但由癌症及健保疾病可推論，HAPs 對健康之不良影響有部分程度之貢獻量。另一方面，由相關性分析發現 NO₂ 及 O₃ 之存在，皆可推論不利於癌症之控制。

3. 「產業因應有害空氣污染物管制之對策研究」，八十四年度，經濟部工業局該計畫主要目標乃建立整體工作架構，解析國內主要相關產業為因應有害空氣污染物管制所應採取對策。主要工作為解析國外有害空氣污染物管制架構精義、執程序及積效目標，並探討台灣地區推動此項管制策略所需配合推動執行工作。

該計畫指出美國在 1990 年前對有害空氣污染物管制並無十分明確規範，主要是以健康基礎訂定有害空氣污染物標準。1990 年 CAA 修正案中針對有害空氣污染物管制方案主要為 Title-III，例出 189 種有害空氣污染物、公佈了污染源分類、污染源分類之 MACT 標準及提早減量計畫。CAA 修正法要求利用 MACT 來減少 HAP 排放量，既存設備之 MACT 標準為：所有污染源最佳操作效能前 12% 之控制效果或名冊少於 30 種污染源時需達最佳操作效能前 5 名之控制效果；對新設或改建設備其 MACT 標準至少要和現行單一最佳控制之排放控制一樣嚴格。MACT 標準可經由改變製程、裝設污染防治設備、更換原料或訓練操作等方法來達成。美國各州之有害空氣污染物計畫差異極大通常以政策及規範二種方法來發展計畫，可區分成大氣濃度計畫、控制技術要求及危險性評估。

亞洲國家，香港及日本對有害空氣污染物已著手管制。香港根據「空氣污染管制條例」進行規範，並採行許可證制度；日本則在「空氣污染防治法」中管制石棉、三氯乙烯、四氯乙烯及一些重金屬等 HAP 排放；並正積極建立完整之管制規範。歐洲各國中，法國、荷蘭、瑞典、瑞士、德國對 HAP 均有控制計畫。利用定量風險評估之效益導向（Effect-oriented）及技術基礎排放控制之污染源導向（Source-oriented）為控制政策原理，分別訂定符合需要之環境空氣品質基準。OECD 會員國除自訂規範外也研訂跨國性行動，對實際排放減量及產品回收設立許多優先方案，並決定優先列管污染物及訂定排放減量值。

台灣地區至今對於有害空氣污染物管制並無訂定直接且明確之法令。分析國內現有各相關法令管制之有毒及有害物質，可以歸納得國內排放之主要有害空氣污染物為以下幾各類別：揮發性有機物（VOCs）、重金屬、酸性氣

體及氟化物等，其中則以 VOCs 佔大多數，其次則為重金屬及其化合物。

目前石化工廠針對 VOCs 排放控制主要仍以固定排放管道為重點。但對第二大排放源製程設備元件逸散則幾無任何控制，因此未來石化工業之改善重點除增加製程排放口控制設備排放率外，設備元件逸散排放控制亦需加強。

對國內某一石化廠進行實際採樣及配合廠家之排放檢測資料進行有害空氣污染物排放量之估算及比對。結果顯示應用 AP-42 簡易程式之估算方法與實際採及配合廠家之排放資料進行之估算方法兩者間頗具差異，不僅污染物種極為不同，兩者估算之排放量亦有三倍之譜，主要之差異乃於製程逸散 VOCs 之估算方法。

(二) 控制技術彙整分析

在彙整建置可行之有害空氣污染物控制減量技術及後續成本效益分析前，本計畫首先蒐集分析目前各主要排放源排放有機性有害空氣污染物排放控制技術，目前常見有機性有害空氣污染物之控制技術則簡述如下：

1. 有機性有害空氣污染物之控制技術

氣態有害空氣污染物可由許多附加控制技術來達到減量目的。控制技術通常可分為三類：

- (1) 破壞法，如：燃燒。
- (2) 回收法，如：吸附、吸收及冷凝。
- (3) 生物法，以技術生物處理。

以下為幾種常見之氣態有害空氣污染物控制技術

- 熱焚化法
- 觸媒焚化法
- 活性炭吸附法
- 吸收法
- 冷凝法
- 生物濾床法

- 生物滴濾塔

2. 逸散污染源之控制設備

(1) 儲槽逸散排放控制技術

- 熱焚化法
- 吸附法
- 吸收法
- 冷凝法
- 廢氣燃燒塔焚化
- 鍋爐/製程加熱爐
- 固定頂槽改裝為內浮頂槽
- 固定頂槽汰換為浮頂槽
- 固定頂槽汰換為壓力槽
- 壓力及真空閥控制

(2) 裝載操作設備之逸散排放控制技術

- 沈水式裝載(底部裝載)
- 蒸氣收集裝置

(三) 控制技術認定程序彙整分析

控制技術的認定主要可分為最大可行控制技術 (maximum achievable control technology, MACT)及最佳可行控制技術 (best achievable control technology, BACT)，且均有其相對應之認定程序。

1. MACT

國內並沒有 MACT 技術或認定程序，美國環保署研訂實施中之 MACT 認定參考程序，其步驟為：

(1) 提出 MACT 分析(如圖 2-1 所示)

- (2) 提出 MACT 認定申請
- (3) 等待環保單位評鑑
- (4) 接獲 MACT 許可通告
- (5) 開始建造，重造或修繕

2. BACT

在美國方面，決定最佳可行控制技術(BACT)決定之前，不論是作為 BACT 最初之研訂準則或是因應後續更新所需，首先都必須先制定一個 BACT 研訂及審核準則以作為所有政策與執行時的規範。美國並針對不同規模之排放源，建議兩大類別：最佳可行控制技術和小型企業最佳可行控制技術。

美國自 1987 年 12 月起，美國環保署將各類控制技術依控制效率排序，並規定新設或變更之污染源應檢核最嚴格可行控制技術之替代性。在考慮能源、環境及經濟衝擊等因素後，証實該最嚴格可行控制技術無法於此污染源實施時，則考慮次嚴之可行技術。重覆以下步驟，直到完成最佳可行控制技術之選擇。

- (1) 所有控制技術之認定
- (2) 剔除技術上不可行之方案
- (3) 依控制效率排序可行控制技術
- (4) 評估有效控制技術
- (5) BACT 之選擇

在國內方面，依空氣污染制法第六條第三項及第八條第三項規定：在三級防制區或未符合空氣品質標準之總量管制區中，新設或變更固定污染源，應採用最佳可行控制技術。於 90 年 10 月 30 日公告(92 年 1 月 1 日實施，(節錄如表 1-2 所示))「固定污染源最佳可行控制技術」中，針對以下揮發性有機物排放製程：

- (1) 表面塗裝程序
- (2) 具有下列程序之一者：半導體製造程序、二極體製造程序、電晶體製造程序、液晶顯示器製造程序

- (3) 汽車表面塗裝程序
- (4) 油性膠帶製造程序
- (5) 凹版印刷作業程序
- (6) 聚氨基甲酸酯合成皮製造程序
- (7) 聚氯乙烯合成皮製造程序
- (8) 石化製程
- (9) 乾洗作業程序
- (10) 儲槽及裝載操作設施之製程

三、研究內容及規劃

(一) 研究方法及進行步驟

依前述計畫目標所規劃本計畫第一年研究方法及進行步驟之架構，可分為下列幾項：

1. HAPs 排放 MACT 及 BACT 認定程序
2. 篩選優先控制 HAPs 物種及污染源類別
3. 有機性有害空氣污染物生成排放機制探討
4. 有機性有害空氣污染物排放控制技術分析
5. 有機性有害空氣污染物可行之排放減量技術

以下即針對規劃之研究內容、項目、及步驟詳述如下：

1. HAPs 排放 MACT 及 BACT 認定程序

美國聯邦對有害空氣污染物(HAPs)管制現行主導之法令為「空氣清淨法」(CAA)，1990年時，「空氣清淨法修正案」(CAAA)對有害空氣污染物控制始有一整體方案。CAAA是以「技術基礎」(Technology-based)為核心，利用「最大可達成控制技術」(MACT)達到管制有害空氣污染物排放的目的。有害空氣污染物主要管制規範為「Title III--- Hazardous Air Pollution」。

至1997年3月止，美國環保署已對合成有機化學品製造、石油精煉製造、

煉焦爐、清潔用鹵素溶劑等污染源種類公告了有害空氣污染物國家排放標準(NESHAP)。NESHAP 發展控制新設及既存污染源之有害空氣排放是依據 CAAA 第 112(d)設定；要求標準是新設或既存污染源最大可達成之減量，控制標準即稱為「最大可達成控制技術」(MACT)。

2. 篩選優先控制 HAPs 物種及污染源類別

由於有害空氣污染物種類甚多，可能產生有害空氣之污染排放源種類和數量極多，每一種污染源排放特性及各種污染物性質皆不相同。在探討控制減量技術前，本計畫將配合子計畫一所建置有害空氣污染物排放量推估資料，配合有害空氣污染物毒性資料，給予適當之加權考量，以解析高雄都會區中應優先控制 HAPs 物種(以有機性物種為主)及污染源類別，俟後續針對主要污染源類別解析其 MACT 及 BACT。

3. 有機性有害空氣污染物生成排放機制探討

目前國內尚未明確公告有害空氣污染物項目，由於有害空氣污染物種類甚多，可能產生有害空氣之污染排放源種類和數量極多，每一種污染源排放特性及各種污染物性質皆不相同。在探討控制減量技術前，首要之務即為配合前述優先控制 HAPs 物種及污染源類別之分析結果解析有機性有害空氣污染物生成排放機制。

4. 有機性有害空氣污染物排放控制技術分析

在彙整建置可行之有害空氣污染物控制減量技術前，本計畫將蒐集分析目前各主要排放源排放有機性有害空氣污染物排放控制技術，俟後續針對成本效益分析後，得以建立高雄都會區有機性有害空氣污染物可行之控制減量技術。

5 有機性有害空氣污染物可行之排放減量技術

基於前項有關以最大可達成控制技術(MACT)認定程序及控制減量技術成本效益評估之成果，即可彙整高雄都會區排放有機性有害空氣污染物可行之排放減量技術，以提供其他子計畫發展管(控)制策略參考。

(二) 各子計畫間之關連性及支援性

本整合型計畫各子計畫間有極為密切關聯性，如：總計畫除負責建置整體管制策略架構外，並串連各子題工作內容以整合成果；排放清單及排放量

乃為風險評估作業基本必要條件，控制技術應依有害空氣污染物排放特徵分析評估，並提供技術成本有效性供研擬管制策略參考；管制策略污染物排放減量則回饋於正確排放清單並供預估風險改善及管制對策有效性參考。因此，本整合型計畫各子計畫間之關聯性如圖 3-1 所示：

四、成果

(一) 目標污染物的確認

目標污染物及主要排放源之確認主要乃依據子計畫一所建立之排放清單。子計畫一以 TED4.2 污染源資料庫為主並配合 FIRE 排放係數資料庫所計算建置之有機性有害空氣污染物排放清單。配合子計畫三所彙整之有機性有害空氣污染物毒性當量指標，固定源排放控制以環氧乙烷、1,2-二氯乙烷、苯、甲醛、三氯乙烯、甲苯、及苯乙烯主要目標。因環氧乙烷排放至大氣後極易因水份而解離，遂排除環氧乙烷之有害性考量，經整理後目標物種排放源製程排放量及總量分析如表 4-1 所示。

固定源排放控制以環氧乙烷、1,2-二氯乙烷、苯、甲醛、三氯乙烯、甲苯、及苯乙烯主要目標。因環氧乙烷排放至大氣後極易因水份而解離，遂排除環氧乙烷之有害性考量。經解析後目標物種排放源製程排放量及總量分析如表 4-2 所示，其中固定源苯以管道排放者以光陽工業股份有限公司第一廠塑膠品塗裝程序為最(2.47E+01 噸/年，佔高雄都會區苯之 82.2%)，苯逸散排放源者以中國石油股份有限公司石化事業部芳香烴製造程序為最(2.05E+02 噸/年，佔 98.5%)；固定源甲苯以管道排放者以三芳化學工業股份有限公司濕式 PU 合成皮製造程序、乾式 PU 合成皮製造程序、凹版印刷程序(6.72E+02 噸/年，佔高雄都會區苯之 51.4%)及上穎工業股份有限公司 PU 製造程序(5.62E+02 噸/年，佔 43.1%)為最；1,2-二氯乙烷以逸散排放者以台灣塑膠工業股份有限公司仁武廠二氯乙烷化學製程程序為最(1.90E+02 噸/年，佔 100%)。

(二) 生成機制及污染源調查分析

依據前節有關目標污染物確認之資料，以 PU 合成皮製造業 PU 合成皮製造程序(濕式)及石化原料製造業二氯乙烷化學製造程序為例，探討其排放機制及主要排放源：

1. PU 合成皮製造業 PU 合成皮製造程序(濕式)

①製程說明

本製程係以胚布及聚胺樹脂為主原料，經過濕式膠合及後段加工後，產製各類 PU 合成皮革，供下游製造廠商從事各類皮件製品之加工製造，整個製程操作方式採連續式操作。製程操作程序約可區分為配料、膠合、乾燥、研磨、壓紋、噴塗及印刷等項目：

a.配料

本項操作是將合成皮之主原料—聚胺基甲酸乙酯(樹脂)，與溶劑(二甲基甲醯胺)，於攪拌槽內依一定之比例摻配成樹脂液(合成皮膠)，供膠合作業使用。

b.膠合

膠合之目的是於濕式塗佈機內將前項操作過程所產生的樹脂液(合成皮膠)塗覆於胚布上，使其具備 PU 合成皮之雛形，並送入水槽中，使樹脂液凝固附著於胚布上。

c.乾燥

乾燥之功用，係將前項 PU 皮半成品中殘存於皮面內之溶劑予以驅除。是項操作是於乾燥機內進行，係利用蒸汽為熱源，以間接加熱方式去除殘存之溶劑。

d.研磨

經過前述乾燥操作後所產生之產品即為 PU 皮半成品，為符合各類皮件之需求，PU 半成品可視需求程度而選擇研磨或壓紋等項表面處理。研磨操作於研磨機內進行，其目的是賦予合成皮面適度之粗糙度。

e.壓紋

本項操作與研磨作業同為平行操作之加工程序，合成皮如採研磨則不需進行壓紋，選擇壓紋則不需研磨，唯此二項作業可同時進行。壓紋操作主要是利用鑄有圖案之滾輪，於壓紋機上，以熱壓法，將圖案壓印於合成皮面上。

f.噴塗及印刷

此二項操作之功用，均是賦予合成皮面適當之色彩或圖樣，以符合市場之需求。二項操作程序亦採平行方式操作，亦即採用噴塗作業則不需印刷，採用印刷作業則毋需進行噴塗。此二項操作所使用之設備為噴塗機及印刷機，設備之後段均設有乾燥室，用以去除色料中之溶劑成份。

②污染源操作特性

本製程廢氣產生源主要為管道排放源，管道排放源包括塗佈區(濕式塗佈機)、乾燥機及後段加工區(壓紋機、噴塗機、印刷機、及擲皮機)。本製程主要廢氣污染物質大多為 VOCs，主要物種為丁酮及甲苯。

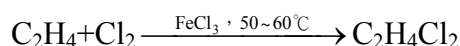
2.石化原料製作業二氯乙烷化學製造程序

①製程說明

本製程生產二氯乙烷依反應原理不同，可分為直接氯化區及氧氯化區，說明如下：

a.直接氯化區

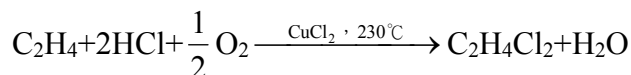
本反應區以乙烯及氯氣為原料，在50~60°C之反應溫度下經FeCl₃觸媒催化而行加成反應產生二氯乙烷(EDC)，反應方程式如下：



由於本區生成EDC因溫度控制在沸點以下，故為液態，其大部分循環充當媒體，一部分溢流而出即為粗EDC成品。

b.氧氯化區

HCl、C₂H₄、及空氣中的氧，三種原料混合後，通過氯化銅觸媒，行氣相氧氯化反應而生成EDC及水，其反應方程式如下：



由於氧氯化反應為一劇烈的放熱反應，此反應熱係藉產生17.6 Kg/cm²的高壓蒸汽移除，而本反應系統設有三座串聯之主反應槽，全量的HCl及乙烯與32~38%空氣混合進入第一座反應槽後，再與32~38%空氣混合後，進入第二座反應槽，最後22~26%空氣再通入第三座反應槽，經過三座反應槽反應所生成的EDC和水，經冷凝器冷凝後，進入分離槽分

離後，液體即送往水洗系統處理，而氣體中含有過量之 C_2H_4 ，此時再加入適量之 Cl_2 ，一起進入第四座反應槽以氧化鋁作觸媒，進行氣相直接氯化反應，以回收其中所含乙烯。

②污染源操作特性

本製程之污染源主要為逸散源，包括揮發性有機液體儲槽及石化製程設備元件，主要為1,2-二氯乙烷。

(三) 排放控制技術分析

依據前節有關目標污染物確認之資料，以 PU 合成皮製造業 PU 合成皮製造程序(濕式)及石化原料製造業二氯乙烷化學製造程序為例，分析探討其排放控制技術：

1. PU 合成皮製造業 PU 合成皮製造程序(濕式)

本製程主要之污染排放為 VOCs，在以排放甲苯及丁酮為主之噴塗機及印刷機等污染源，目前尚未有任何防制設備。PU 合成皮製造業製程噴塗機及印刷機 VOCs 排放減量改善可行控制技術分析則如表 4-3 所示。

2. 石化原料製作業二氯乙烷化學製造程序

本製程主要廢氣污染物質為 VOCs，逸散源部份主要來源包括揮發性有機液體儲槽及石化製程設備元件等。目前之防制設施包括部份設備元件已改換裝為無軸封、雙軸封、及焚化爐。二氯乙烷化學製造程序污染源減量改善可行控制技術分析則如表 4-4 所示。

(四) 排放減量評估

在減量評估方面，主要以技術基準為主。目前國內並未有有害空氣污染物管制規範及排放標準，亦尚未建置 MACT 相關技術認定程序。因此減量評估則利用目前之污染源排放現況(排放濃度、排放量、現有控制措施設備之效率等)輔以與目標排放污染源相關之排放規範及法規(「固定污染源空氣污染物排放標準」、「固定污染源最佳可行控制技術」、「聚氨基甲酸酯合成皮業揮發性有機物空氣污染管制及排放標準」、「汽車製造業表面塗裝作業空氣污染物排放標準」、「揮發性有機物管制及排放標準」等)，加以探討其減量空間。經整理後目標物種排放源製程排放量及總量分析如表 4-5 至 4-11 所示。

固定源苯管道排放(光陽工業股份有限公司第一廠塑膠品塗裝程序)減量空間為 14 噸/年，佔高雄都會區苯管道排放之 51%，逸散排放(中國石油股份有限公司石化事業部芳香烴製造程序)減量空間為 54 噸/年，佔 26%；固定甲苯管道排放減量空間分別為 621 噸/年(三芳化學工業股份有限公司濕式 PU 合成皮製造程序及乾式 PU 合成皮製造程序)，佔 48%，492 噸/年(上穎工業股份有限公司 PU 製造程序)，佔 38%；1,2-二氯乙烷逸散排放(台灣塑膠工業股份有限公司仁武廠二氯乙烷化學製程程序)減量空間為 116 噸/年，佔高雄都會區苯管道排放之 61%。

五、討論

藉本計畫之執行，已成功地建立高雄都會區以毒性當量為評估指標之有機性有害空氣污染物之排放清單、優先管制順序清單，並掌握目標污染物及主要排放源有機性有害空氣污染物之排放機制及目前控制技術與效率。目前國內並未有有害空氣污染物管制規範及排放標準，亦尚未建置 MACT 相關技術認定程序，本計畫亦解析目前之污染源排放現況資料輔以與目標排放污染源相關之排放規範及法規之比較，探討其減量空間。唯以上項目之成果仍有假設條件及資料，仍待後續工作加以討論及澄清：

(一) 優先管制順序及排放減量評估

優先管制順序確認主要依據為排放清單，然而經現場調查發現，公私場所之排放現況與污染源資料庫中之排放資料有明顯之差異。最主要之原因為目前社經條件之變異，部份公私場所之操作並未達操作許可證之核可量，以致於資料庫排放量與實際排放量有明顯之差異。因此本研究結果以資料庫排放資料為基準評估所得之優先管制順序及排放減量評估結果與實際現況恐有差異。

(二) 排放減量評估

本研究排放減量評估過程中需考慮之因子及其於本研究中可能造成之影響簡述如下：

1. 排放管道排放濃度：排放減量評估首先將目標污染物排放管道排放濃度與管制標準加以比較，以評估其減量空間。唯資料庫排放資料與排放管道檢測結果間明顯有差異，且仍有部份排放管道未有檢測資料。因此排放管道排放濃度必要時需取平均值或假設與其他排放管道等值。

2. 現有控制設備之效率：現有控制設備之效率目前均以資料庫中之效率為依據，其來源為許可證申報資料或一般性假設性之效率值，實際之控制效率難以掌握。
3. 現有控制設備之操作：現有控制設備之操作與控制設備效率之設定有密切關係。經現場調查發現，部份之控制設備現場操作情形恐無法達到控制設備之預定效率，因此藉現場調查可評估所得之減量空間評估較接近現況，唯可提升空間仍藉假設值為之。

參考文獻

1. Control Technologies for Hazardous air pollutants. EPA/625/6-91/014U.S. EPA, June 1994.
2. Guidelines for MACT Determination Under Section 112(g). U.S. EPA, March 1994.
3. 產業因應有害空氣污染物管制之對策研究，經濟部工業局，成大環境研究中心，85年1月。
4. 有害空氣污染物管制對產業影響分析與控制技術發展需求研究，經濟部工業局，成大研究發展基金會，87年6月。
5. 行業（十二項製程）有害空氣污染物管制標準研訂，行政院環保署，工研院化工所，87年6月。
6. 都會區有害空氣污染物管理暨對人體健康效應之影響，高雄市環保局，民國90年。
7. 高雄市工業區排放健康危害物(HAPs)之環境影響及人員暴露評估，高雄市環保局，民國89年。
8. 高雄縣有害空氣污染物調查分析與流佈研究，高雄縣環保局，民國88年。

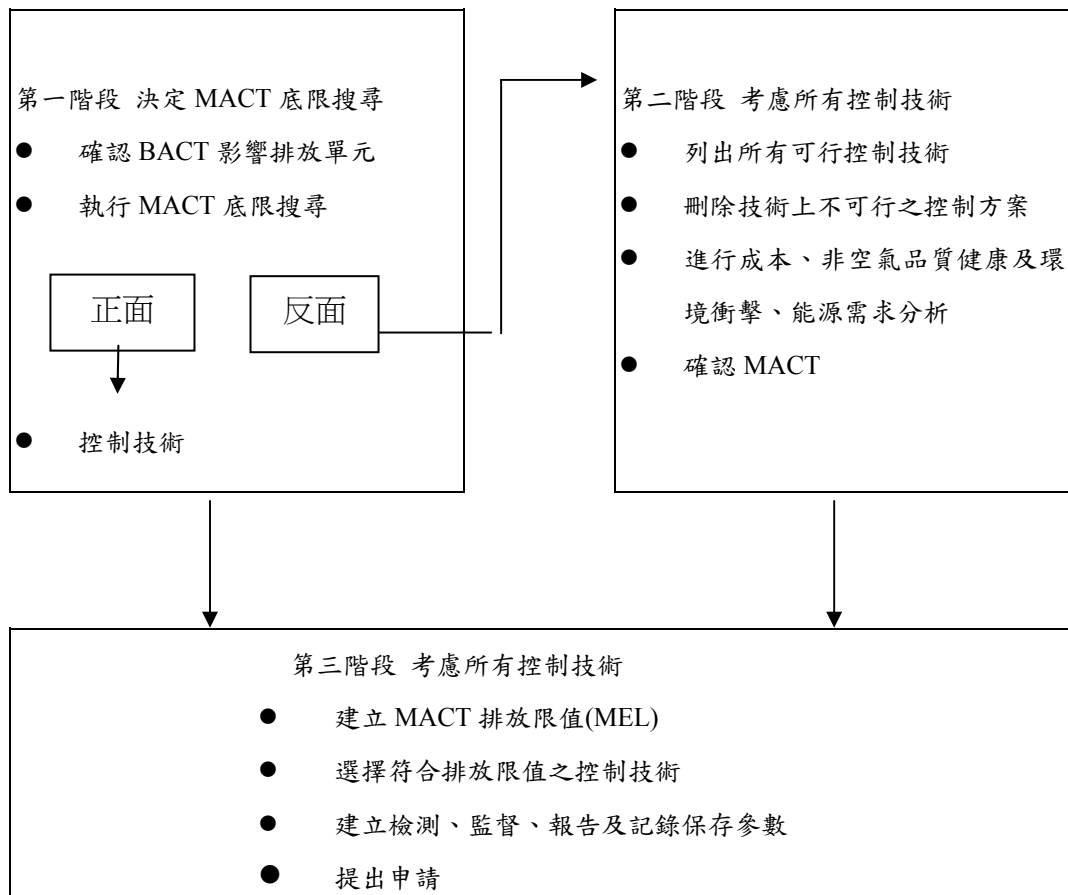


圖 2-1 MACT 分析流程圖

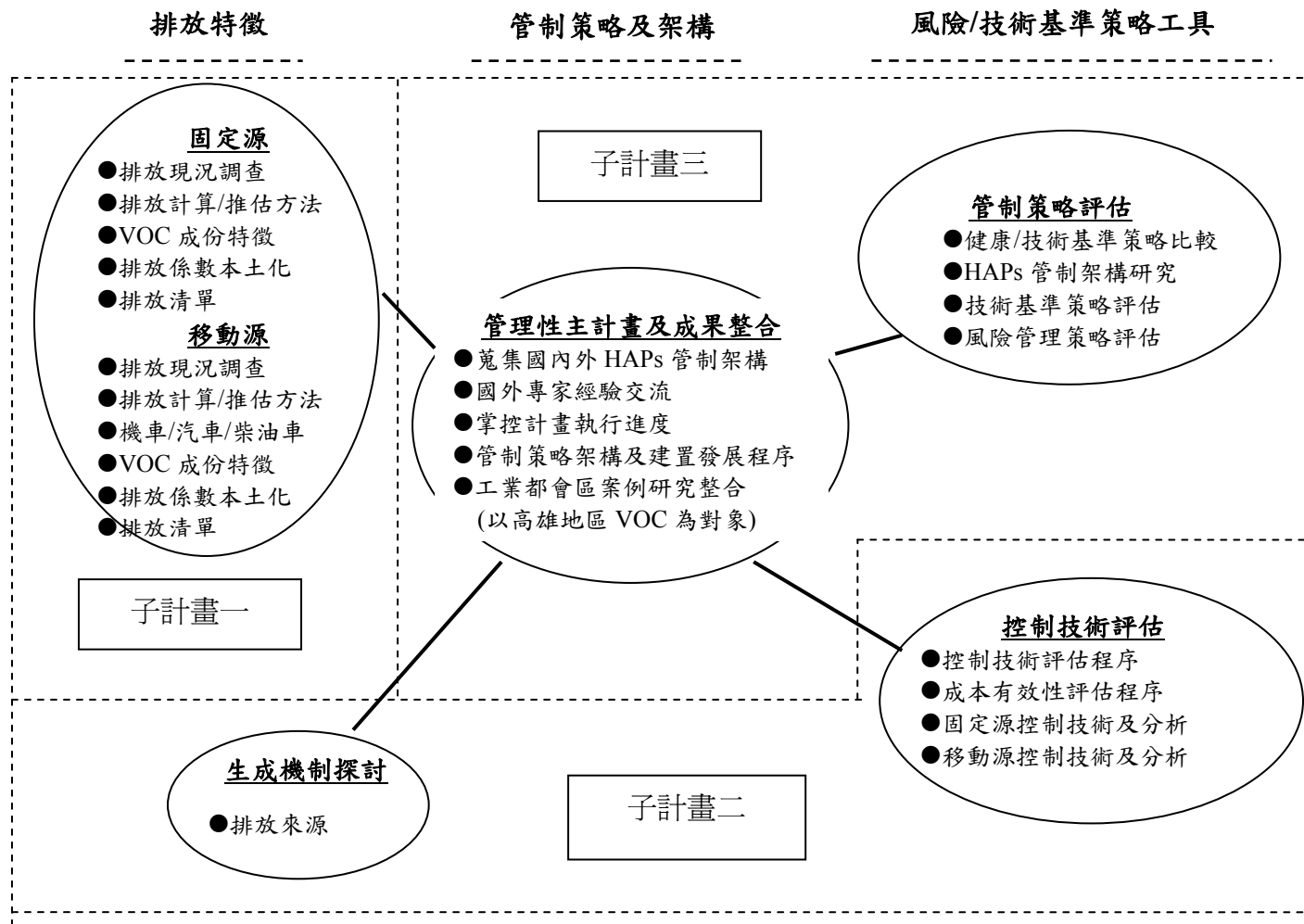


圖 3-1 「有機性有害空氣污染物排放影響及管制策略建置研究」分工合作架構

表 1-1 國內建議優先調查之有機性有害空氣污染物

類別	物 種
揮 發 性 有 機 物	Benzene 苯
	Styrene 苯乙烯
	1,2-Dichloroethane 1,2-二氯乙烷
	Trichloroethylene 三氯乙烯
	Ethylbenzene 乙苯
	Chloroform 氯仿
	Toluene 甲苯
	Xylene 二甲苯
	Tetrachloroethylene 四氯乙烯
	Methylene chlororide 二氯甲烷
	Dimethyl Formamide 二甲基甲醯胺
	1,1-Dichloroethane 1,1-二氯乙烷
	Phenol 酚
	Tetrachloromethane 四氯甲烷
	1,1,1-Trichloroethane 1,1,1-三氯乙烷
	Methanol 甲醇
Furans 呋喃	
Methyl phenol 甲酚	
Methyl isobutyl ketone 甲異丁酮	
Butylacetate 醋酸丁酯	
Carbon disulfide(二硫化碳)	

資料來源：有害空氣污染物管制規範及排放標準研定計畫，行政院環保署，民國八十五年。

表 1-2 固定污染源最佳可行控制技術表

製程	條件說明	污染物	最佳可行控制技術	備註
表面塗裝程序	製程中從事表面塗裝作業，但汽車製造業之表面塗裝作業程序不在此限。	揮發性有機物	1.可行控制技術： (1)熱焚化技術；或 (2)活性碳吸附回收技術。 2.所採行技術應使空氣污染物符合排放濃度小於或等於 100ppm 或排放削減率大於或等於 90%規定。	作業區產生之揮發性有機物應收集處理並由排放管道排放。
具有下列程序之一者： 一、半導體製造程序 二、二極體製造程序 三、電晶體製造程序 四、液晶顯示器製造程序	符合下列條件之一者 一、從事晶片製造、晶圓製造、晶圓封(包)裝、積體電路或其他半導體之生產者。 二、從事二極體、電晶體或液晶顯示器之生產者。	揮發性有機物	1.可行控制技術：熱焚化技術。 2.所採行技術應使空氣污染物符合排放量小於0.6公斤/小時或排放削減率大於或等於 92%。	製程中產生之揮發性有機物應收集處理並由排放管道排放。

表 1-2 固定污染源最佳可行控制技術表(續)

製程	條件說明	污染物	最佳可行控制技術	備註
汽車表面塗裝程序	從事車輛製造及裝配之行業，且具有表面塗裝之作業者。	揮發性有機物	1.可行控制技術： (1)熱焚化技術；或 (2)活性碳吸附回收技術。 2.所採行技術應使空氣污染物符合下列規定： (1)乾燥室排放濃度小於或等於 40 mg/Nm ³ 或排放削減率大於或等於 90%規定。 (2)塗裝作業排放小於或等於 90 克/平方公尺規定。	
油性膠帶製造程序	從事油性膠帶生產者。	揮發性有機物	1.可行控制技術：活性碳吸附回收技術。 2.所採行技術應使空氣污染物符合排放濃度小於或等於 100ppm 或排放削減率大於或等於 85%規定。	
凹版印刷作業程序	使用油墨從事凹版印刷作業者。	揮發性有機物	1.可行控制技術：熱焚化技術。 2.所採行技術應使空氣污染物符合排放濃度小於或等於 150ppm 或排放削減率大於或等於 95%規定。	
石化製程	「揮發性有機物空氣污染管制及排放標準」第七條規定之其他石化製程單元，但不包含該標準第六條規定不適用之對象。	揮發性有機物	1.可行控制技術：熱焚化技術。 2.所採行技術應使空氣污染物符合下列規定之一 (1)製程排放管道採破壞性處理方式者，排放濃度小於或等於 150ppm 或排放削減率大於或等於 95%。 (2)製程排放管道採非破壞性回收處理方式者，排放濃度小於或等於 200ppm 或排放削減率大於或等於 90%。	

表 1-2 固定污染源最佳可行控制技術表(續)

製程	條件說明	污染物	最佳可行控制技術
石化製程	廢水處理場之油水分離池、調勻池及曝氣系統，其廢水處理量每日五千立方公尺以上者。	揮發性有機物	1.可行控制技術： (1)採浮動頂蓋措施；或 (2)採固定頂蓋措施；或 (3)採密閉回收系統。 2.未採加蓋或回收措施者，其液面 10 公分處排放濃度需小於或等於 300ppm。
石化製程	廢氣燃燒塔	揮發性有機物	1.可行控制技術： (1)採用蒸氣輔助燃燒型式；或 (2)增設緩衝塔或加壓凝結設備。 2.因應緊急程序將原物料導入燃燒塔處理之年操作總時數應低於 100 小時。
石化製程	具有氣體壓縮機之設備元件，但不包含「揮發性有機物空氣污染管制及排放標準」第十九條規定不適用之對象。	揮發性有機物	1.可行控制技術： (1)採止漏流體軸封系統；或 (2)採密閉排氣系統並連通至污染防制設備。 2.所採行技術應使空氣污染物符合淨檢測值濃度小於或等於 10,000ppm 或排放削減率大於或等於 98%規定。
石化製程	具有氣體釋壓裝置之設備元件，但不包含「揮發性有機物空氣污染管制及排放標準」第十九條規定不適用之對象。	揮發性有機物	1.可行控制技術： (1)前端裝置破裂盤；或 (2)採密閉排氣系統並連通至污染防制設備。 2.所採行技術應使空氣污染物符合淨檢測值濃度小於或等於 5,000ppm 或排放削減率大於或等於 98%規定。

表 1-2 固定污染源最佳可行控制技術表(續)

製程	條件說明	污染物	最佳可行控制技術
石化製程	具有氣體及輕質液閥之設備元件，但不包含「揮發性有機物空氣污染管制及排放標準」第十九條規定不適用之對象。	揮發性有機物	1.可行控制技術：採無洩漏型式元件。 2.所採行技術應使空氣污染物符合淨檢測值濃度小於或等於 5,000ppm 規定。
石化製程	具有輕質液泵浦之設備元件，但不包含「揮發性有機物空氣污染管制及排放標準」第十九條規定不適用之對象。	揮發性有機物	1.可行控制技術： (1)採無軸封泵浦；或 (2)採雙軸封泵浦。 2.所採行技術應使空氣污染物符合淨檢測值濃度小於或等於 5,000ppm 規定。
各製程	具有固定頂槽之揮發性有機液體儲槽，但不包含「揮發性有機物空氣污染管制及排放標準」第九條規定不適用之對象。	揮發性有機物	1.可行控制技術： (1)採密閉排氣系統並連通至污染防制設備；或 (2)採蒸汽回收系統。 2.所採行技術應使空氣污染物符合下列規定之一： (1)採破壞性處理方式者，排放濃度小於或等於 150ppm 或排放削減率大於或等於 95%。 (2)採非破壞性回收處理方式者，排放濃度小於或等於 200ppm 或排放削減率大於或等於 90%。

表 4-1 高雄都會區有機性 HAPs 有害權重強度

有機性 HAPs	有害權重強度 (m ³ /day)			AALG(μg/m ³)
	固定源	移動源	總計	
苯	67.1×10 ¹¹	352×10 ¹¹	419.1×10 ¹¹	0.096
甲苯	0.12×10 ¹¹	0.18×10 ¹¹	0.3×10 ¹¹	400
乙苯	0.0007×10 ¹¹	0.0096×10 ¹¹	0.0103×10 ¹¹	1000
二甲苯	0.002×10 ¹¹	0.006×10 ¹¹	0.008×10 ¹¹	5200
苯乙烯	0.007×10 ¹¹	0.0094×10 ¹¹	0.0164×10 ¹¹	1000
1,2-二氯乙烷	130.1×10 ¹¹	--	130.1×10 ¹¹	0.04
三氯乙烯	6.32×10 ¹¹	--	6.32×10 ¹¹	0.39
氯乙烯	253.0×10 ¹¹	--	253.0×10 ¹¹	0.01
甲醛	39.6×10 ¹¹	--	39.6×10 ¹¹	0.08
環氧乙烷	626.7×10 ¹¹	--	626.7×10 ¹¹	0.008
二甲基甲醯胺	0.054×10 ¹¹	--	0.054×10 ¹¹	0.03

表 4-2 目標物種排放源製程排放量(ton/yr)及總量分析

物種	類別	公私場所	製程(數)	管道/逸散 總排放量	該製程 排放量	管道排放 比例(%)	製程排放 比例(%)
苯	管道	光陽工業股份有限公司第一廠	塑膠品塗裝程序(1)	2.47E+01	2.24E+01	90.5	82.2
	逸散	中國石油股份有限公司石化事業部	芳香烴製造程序(8)	2.05E+02	2.04E+02	98.9	98.5
甲苯	管道	三芳化學工業股份有限公司	濕式 PU 合成皮製造程序(1)	6.72E+02	6.72E+02	51.4	51.4
			乾式 PU 合成皮製造程序(1)				
			凹版印刷程序(1)				
管道	上穎工業股份有限公司	PU 程序程造(1)	5.62E+02	5.62E+02	43.1	43.1	
甲醛	管道	南亞塑膠工業股份有限公司高雄廠	PVC 皮製造程序(1)	1.39E+01	1.34E+01	39.3	37.9
	管道	台灣麗利塗裝股份有限公司	油漆化學製程(1)	1.28E+01	9.31E+00	36.3	26.4
1,2-二氯乙烷	逸散	台灣塑膠工業股份有限公司仁武廠	二氯乙烷化學製程程序(2)	1.90E+02	1.90E+02	100.0	100.0

註 管道/逸散總排放量：此公私場所該目標物種經管道/逸散總排放量。

該製程排放量：此公私場所該製程該目標物種經管道/逸散排放量。

管道排放比例：此公私場所該目標物種經管道/逸散總排放量佔該目標物種於高雄都會區經管道/逸散總排放量之以例。

製程排放比例：此公私場所該目標物種該製程經管道/逸散總排放量佔該目標物種於高雄都會區經管道/逸散總排放量之以例。

表4-3 PU合成皮製造業製程噴塗機及印刷機VOCs排放減量改善可行控制技術分析

實施方案	控制技術	控制效率 (%)	備註
方案一	密閉室內，廢氣抽引至焚化設施處理	>95	1. 需考慮經烘箱後之高溫廢氣及水分對活性碳之影響。 2. 活性碳需定期更換，增加耗材成本。
方案二	半密閉或開放空間，廢氣抽引至活性碳吸附器處理	90	1. 半密閉係指非密閉室，但作業區加裝其他足以防止廢氣向外對流及擴散之屏蔽。 2. 需考慮經烘箱後之高溫廢氣及水分對活性碳之影響。 3. 活性碳需定期更換，增加耗材成本。
方案三	配合溶劑配比的改變，減少丁酮及甲苯用量	-	-

表4-4 二氯乙烷化學製造程序污染源減量改善可行控制技術分析

實施方案	控制技術	控制效率 (%)	備註
方案一	焚化法 (送至鍋爐或焚化爐燃燒)	>95	1. 需評估廢氣抽引至鍋爐或焚化爐之可行性
方案二	能源回收(部份送至製程燃燒源)作燃料燃燒	>95	1. 增加管線成本
方案三	更新或提高吸收塔之防制效率	-	1. 需評估吸收塔防制效率之限制

表 4-5 PU 業控制技術符合 BACT 狀況表(甲苯，管道排放)

公私場所	製程/污染源	現行控制技術	是否符合 BACT 規範	減量空間 (ton/yr)
三芳化學工業 股份有限公司	濕式 PU 合成皮製造程序/管道	洗滌塔	×	433
	乾式 PU 合成皮製造程序/管道	洗滌塔 (排放濃度<150 ppm)	○	---
	凹版印刷程序/管道	無	×	188
上穎工業 股份有限公司	濕式 PU 合成皮製造程序/管道	水洗塔	×	492

表 4-6 石化業控制技術符合 BACT 狀況表(1,2-二氯乙烷，逸散排放)

公私場所	製程/污染源	現行控制技術	是否符合 BACT 規範	減量空間 (ton/yr)
台灣塑膠工業股份 有限公司仁武廠	二氯乙烷化學製程程序(2)/ 設備元件	無軸封及雙軸封泵浦、焚化爐	△	116

表 4-7 石化業控制技術符合 BACT 狀況表(苯，逸散排放)

公私場所	製程/污染源	現行控制技術	是否符合 BACT 規範	減量空間 (ton/yr)
中國石油股份有限公司 石化事業部	芳香烴製造程序(8)/ 設備元件	無軸封及雙軸封泵浦、燃燒塔	△	54

註：“○”表示完全符合；“△”表示部分符合，部分不符合；“×”表示完全不符合。

減量空間之計算方式為由不符合 BACT 之現況至符合規範之排放標準或削減率，所產生之削減量。

表 4-8 塗料業控制技術符合 BACT 狀況表(甲醛，管道排放)

公私場所	製程/污染源	現行控制技術	是否符合 BACT 規範	減量空間 (ton/yr)
台灣麗利塗裝 股份有限公司	油漆化學製程(1)/ 管道	水洗塔 (粒狀物)	×	8

表 4-9 表面塗料業控制技術符合 BACT 狀況表(苯，管道排放)

公私場所	製程/污染源	現行控制技術	是否符合 BACT 規範	減量空間 (ton/yr)
光陽工業股份有限公司第一廠	塑膠品塗裝程序(1)/ 管道	觸媒焚化爐	△	14

表 4-10 塑膠皮製造業控制技術符合 BACT 狀況表(甲醛，管道排放)

公私場所	製程/污染源	現行控制技術	是否符合 BACT 規範	減量空間 (ton/yr)
南亞塑膠工業股份有限公司高雄廠	PVC 皮製造程序(1)/ 管道	無	×	13

註：“○”表示完全符合；“△”表示部分符合，部分不符合；“×”表示完全不符合。

減量空間之計算方式為由不符合 BACT 之現況至符合規範之排放標準或削減率，所產生之削減量。

表 4-11 目標物種排放源製程減量分析

物種	類別	公私場所	製程(數)	減量空間 (ton/yr)	減量貢獻 比例(%)
苯	管道	光陽工業股份有限公司第一廠	塑膠品塗裝程序(1)	14	51
	逸散	中國石油股份有限公司石化事業部	芳香烴製造程序(8)	54	26
甲苯	管道	三芳化學工業股份有限公司	濕式 PU 合成皮製造程序(1)	621	48
			凹版印刷程序(1)		
	管道	上穎工業股份有限公司	PU 程序程造(1)	492	38
甲醛	管道	南亞塑膠工業股份有限公司高雄廠	PVC 皮製造程序(1)	13	37
	管道	台灣麗利塗裝股份有限公司	油漆化學製程(1)	8	23
1,2-二氯乙烷	逸散	台灣塑膠工業股份有限公司仁武廠	二氯乙烷化學製程程序(2)	116	61

註 減量空間：此公私場所該製程該目標物種減量空間。

減量貢獻：此公私場所減量空間對高雄都會區該目標物種總量之減量比例。

