

九十二年度環保署/國科會空污防制科技研究合作計畫

都會區有害性空氣污染物之管制策略及效益評估

子計畫二

工業都會區有害空氣污染物控制技術及效益評估

(計畫編號：NSC 92-EPA-Z-327-003)

期末報告

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

中華民國九十三年一月

九十二年度環保署/國科會空污防制科技研究合作計畫
「都會區有害性空氣污染物之管制策略及效益評估」
子計畫二：
「工業都會區有害空氣污染物控制技術及效益評估」
期末報告目錄

| | |
|--------------------------|----|
| 目錄 | |
| 圖目錄 | |
| 表目錄 | |
| 中英文摘要..... | i |
| 第一章 緒論..... | 1 |
| (一) 計畫緣起..... | 1 |
| (二) 計畫目標..... | 1 |
| 第二章 文獻回顧..... | 2 |
| (一) 控制技術彙整分析..... | 2 |
| (二) 控制技術成本效益分析..... | 3 |
| 第三章 研究內容及規劃..... | 5 |
| (一) 研究方法及進行步驟..... | 5 |
| (二) 各子計畫間之關連性及支援性..... | 5 |
| 第四章 成果..... | 6 |
| (一) 目標污染物的確認..... | 6 |
| (二) 固定污染源控制成本評估方法分析..... | 17 |
| (三) 排放控制技術減量評估..... | 18 |
| (四) 排放控制減量潛勢分析..... | 24 |
| 第五章 結論..... | 31 |
| 參考文獻..... | 32 |

圖目錄

| | |
|--------------------------|----|
| 圖 4.1 控制設備問卷值與估算值比值..... | 19 |
| 圖 4.2 減量趨勢流程圖..... | 26 |

表目錄

| | |
|--|----|
| 表 4.1 高雄都會區固定源管道對二甲苯排放物種製程..... | 7 |
| 表 4.2 高雄都會區固定源管道甲醛排放物種製程..... | 7 |
| 表 4.3 高雄都會區固定源管道甲苯排放物種製程..... | 8 |
| 表 4.4 高雄都會區固定源管道苯排放物種製程..... | 9 |
| 表 4.5 高雄都會區固定源管道氯乙烯排放物種製程..... | 9 |
| 表 4.6 高雄都會區固定源逸散對二甲苯排放物種製程..... | 10 |
| 表 4.7 高雄都會區固定源逸散甲醛排放物種製程..... | 11 |
| 表 4.8 高雄都會區固定源逸散氯乙烯排放物種製程..... | 11 |
| 表 4.9 高雄都會區固定源逸散甲苯排放物種製程..... | 12 |
| 表 4.10 高雄都會區固定源逸散苯排放物種製程..... | 13 |
| 表 4.11 目標物種排放源製程排放量(ton/yr)及總量分析..... | 14 |
| 表 4.12 高雄都會區固定源排放工廠問卷名單及回收情況..... | 20 |
| 表 4.13 固定污染源有機性有害空氣污染物廢氣燃燒塔控制成本調查計算結果..... | 21 |
| 表 4.14 固定污染源有機性有害空氣污染物固定床活性炭吸附設備控制成本調查計算結果..... | 21 |
| 表 4.15 固定污染源有機性有害空氣污染物吸收系統控制成本調查計算結果..... | 22 |
| 表 4.16 固定污染源有機性有害空氣污染物冷凝系統控制成本調查計算結果..... | 23 |
| 表 4.17 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..... | 25 |
| 表 4.18 石化煉製業重油脫硫程序污染源減量改善可行控制技術分析..... | 25 |
| 表 4.19 VOCs 控制技術符合 BACT 狀況表..... | 27 |
| 表 4.20 目標物種排放源製程減量分析..... | 30 |

中文摘要

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」，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。

本計畫以固定源管道排放量為主，其中 1,2-二氯乙烷、三氯乙烯二物種在固定源管道排放量中並無排放量，將加入對二甲苯物種。固定源管道苯排放以 I 廠馬林酞製造程序為最、固定源逸散苯排放主要以 H 廠中各製程總排放量為最；固定源管道甲苯排放以 A 廠 PU 皮製造程序乾式為最、固定源逸散甲苯排放主要以 H 廠中各製程總排放量為最；固定源管道氯乙烯排放以 F 廠聚氯乙烯化學製造程序為最、固定源逸散氯乙烯排放以 F 廠聚氯乙烯化學製造程序為最；固定源管道甲醛排放以 E 廠甲醛製造程序為最、固定源逸散甲醛排放以 J 廠甲醛製造程序和三聚甲醛化學製造程序為主；固定源管道對二甲苯排放以 D 廠對苯二甲酸化學製造程序為最、固定源逸散對二甲苯排放主要以 H 廠中各製程總排放量為最。

在成本計算方面本計畫擬採行迴歸與計量經濟法或統計圖表法，其成本變數資料來源除了問卷取得以外，輔以國內資料庫取得所需成本變數如環保署固定污染源資料庫、經濟部工業統計調查報告等資料庫，計算出所需成本。

固定源對二甲苯管道排放減量空間為 0.15 噸/年、固定源對二甲苯逸散排放減量空間為 10.43 噸/年；固定源氯乙烯管道排放減量空間為 0.88 噸/年、固定源氯乙烯逸散減量空間為 17.28 噸/年；固定源甲醛逸散排放減量空間為 2.50 噸/年；固定源苯逸散減量空間為 58.1 噸/年；固定源甲苯逸散減量空間為 29.72 噸/年。

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果與實際現況恐有差異。

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。

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，目前於空氣污染防制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」，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佳可行控制技術基準。

本計畫規劃執行之目標為：

1. 篩選優先控制 HAPs 物種及污染源類別。
2. 有機性有害空氣污染物排放控制技術分析。
3. 有機性有害空氣污染物排放控制技術成本及效益分析。

4. 有機性有害空氣污染物可行之排放減量技術。
5. 有機性有害空氣污染物減量趨勢。

二、文獻回顧

(一)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

(二) 控制技術成本效益分析

成本效益乃選擇控制技術時用以評估控制技術經濟可行性之主要標準。成本效益評析步驟可分為二部份：控制成本估算和成本效益評估。以下即就此兩方面分別進行說明：

1. 控制成本估算

控制成本估算包括初設之「固定投資總額」及操作期之「總年成本」。控制設備「固定投資總額」是指控制設備最初設置所需之總成本，即為「初設成本」，是「總直接成本」及「總間接成本」之和。

$$TCC = TDC + TIC$$

其中，TCC：設備固定投資總額

TDC：總直接成本

TIC：總間接成本

總直接成本包括控制設備總購置成本、直接裝設成本、整地施工費用、建築物施工費用；總間接成本包括工程設計、建造、簽約、試車、性能測試等費用，各項成本因子佔固定投資總額之比例視個案狀況而不同，在獲得合理控制設備費用後，即可估算所需控制設備固定投資總額。

「總年成本」為控制設備於操作期間每年所需之總成本，即為「年操作成本」。其成本因子主要包括年直接成本、年間接成本、及回收報酬三項。其關係如下：

$$TAC = DAC + IAC - RC$$

其中，TAC：總年成本

DAC：年直接成本

IAC：年間接成本

RC：回收報酬

「年直接成本」包括公用物料損耗(燃料、電力、蒸氣、材料費等)及操作維護勞力成本支出。「年間接成本」為無關控制設備操作之成本損耗，包括管理費、財產稅、保險費及年賦成本。「回收報酬」是因採用該項控制設備所導致之

物料及能量回收效益，進而抵銷操作中之成本消耗。資本回收報酬(CRC)之計算係以資本回收因子(CRF)乘上設備固定投資總額(TCC)而得。

$$CRC = CRF \times TCC$$

$$CRF = [i(1+i)^n] / [i(1+i)^n - 1]$$

其中，CRC：年主要回收報酬

CRF：資本回收因子

TCC：設備固定投資總額

I：年利率

n：設備使用年限

2. 成本效益評估

成本效益乃指「減少每公噸污染物所需之處理成本」，此參數為決定控制設備是否有負面經濟衝擊之衡量指標。

$$\text{成本效益} = (\text{每年控制成本}) / (\text{基準排放率} - \text{控制後排放率})$$

其中，每年控制成本：元/年

基準排放率：公噸/年

控制後排放率：公噸/年

基準排放率是指該污染源未加任何控制設備條件下之排放上限，上限操作情況並不表示此污染源操作處於最差狀況，實際上限排放率可用物理上之操作限制來計算，且須準確地反應此污染源真正操作上限。若欲申請排放污染源以相同類型工廠操作經驗作為評估基準，須以最接近實際上限作為比較成本效益之參考。

分析經濟衝擊方面尚須考慮增量成本效益，即為控制選項間之成本效益，其計算式如下：

$$\text{增量成本效益} = (\text{控制成本} - \text{次嚴控制選擇之年成本}) / (\text{次嚴控制選擇之排放率} - \text{控制選擇排放率})$$

其中，增量成本效益：元/噸

控制成本：元/年

次嚴控制選擇之年成本：元/年

比較增量成本效益之意義在評估「控制選項在某一效率時所需成本之合理性」，只有在前述成本估算及基準排放率切合實際情況下，增量成本效益才會合理。

三、研究內容及規劃

(一) 研究方法及進行步驟

1. 篩選優先控制 HAPs 物種及污染源類別。
2. 有機性有害空氣污染物排放控制技術分析。
3. 有機性有害空氣污染物排放控制技術成本及效益分析。
4. 有機性有害空氣污染物可行之排放減量技術。
5. 有機性有害空氣污染物減量趨勢。

以下即針對規劃之研究內容、項目、及步驟詳述如下：

1. 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。

2. 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。

3. 有機性有害空氣污染物排放控制技術成本及效益分析。

可行之有機性有害空氣污染物之控制減量技術評估過程中，其中一個非常重要之考量因子即為成本效益評估。因此，本計畫將參考最大可達成控制技術認定程序，分析前述主要排放源排放有機性有害空氣污染物控制技術之成本效益。

4. 有機性有害空氣污染物可行之排放減量技術。

基於第一年有關最佳可達成控制技術(BACT)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。

5. 有機性有害空氣污染物減量趨勢。

基於第一年研究成果，對於優先選出行業別進行減量空間計畫，即可彙整高雄都會區排放有機性有害空氣污染物減量空間，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。

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。子計畫一以高雄縣市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。本計畫依子計畫一的排放清單選出了五種污染物種分別為苯、氯乙烯、1,2-二氯乙烷、甲醛、甲苯、三氯乙烯等物種。並選定了六種行業別分別為鋼鐵冶煉業、石油化工原料製造業、石油煉製業、合成樹脂及塑膠製造業、塗料、漆料及相關產品製造業、合成橡膠製造業等行業別。

本計畫以固定源排放量為主，經整理解析後目標物種排放源製程排放量及總量分析如表 4.1 至 4.11 所示。

固定源管道苯排放以 I 廠馬林酞製造程序為最(21.00 噸/年，佔高雄都會區 37.4%)、H 廠重油脫硫程序次之(18.79 噸/年，佔高雄都會區 33.4%)；固定源管道甲苯排放以 A 廠 PU 皮製造程序乾式為最(198.96 噸/年，佔高雄都會區 74.0%)、PU 皮製造程序濕式次之(18.24 噸/年，分別佔高雄都會區 6.8%)；固定源管道氯乙烯排放以 F 廠聚氯乙烯化學製造程序為最(45.30 噸/年，佔高雄都會區 69.4%)、A 廠 PVC 皮製造程序次之(16.90 噸/年，佔高雄都會區 25.9%)；固定源管道甲醛排放以 E 廠甲醛製造程序為最(23.07 噸/年，佔高雄都會區 62.4%)、J 廠三聚甲醛化學製造程序(11.59 噸/年，佔高雄都會區 31.4%)；固定源管道對二甲苯排放以 D 廠對苯二甲酸化學製造程序為最(453.81 噸/年，佔高雄都會區 92.4%)。

固定源逸散苯排放主要因為各製程排放量所佔高雄都會區排放量比例不高，故將以廠來區分，主要以 H 廠中各製程總排放量為最(總排放量為 518.88 噸/年，佔高雄都會區 41.3%)；固定源逸散甲苯排放主要因為各製程排放量所佔高雄都會區排放量比例不高，故將以廠來區分，主要以 H 廠中各製程總排放量為最(總排放量為 287.06 噸/年，佔高雄都會區 25.8%)、C 廠儲槽次之(266.46 噸/年，佔高雄都會區 23.9%)；固定源逸散氯乙烯排放以 F 廠聚氯乙烯化學製造程序為最(19.06 噸/年，佔高雄都會區 48.1%)、G 廠丙烯酸及丙烯酸脂類化學製造程序次之(16.01 噸/年，佔高雄都會區 39.3%)；固定源逸散甲醛排放以 J 廠甲醛製造程序和三聚甲醛化學製造程序為主(為 6.56 噸/年和 6.50 噸/年，分別佔 33.7%及 33.4%)；固定源逸散對二甲苯排放主要因為各製程排放量所佔高雄都會區排放量比例不高，故將以廠來區分，主要以 H 廠中各製程總排放量為最(總排放量為 79.45 噸/年，佔高雄都會區 35.7%)。

表 4.1 高雄都會區固定源管道對二甲苯排放物種製程

| 排序 | 製程別 | 公私場所 | 行業別 | 排放量 (噸/年) | 總排放量 (噸/年) | 百分比 (%) | 累積百分比 (%) |
|----|---------------|------|------------|--------------|---------------|------------|--------------|
| 1 | 對苯二甲酸化學製造程序 | D | 石油化工原料製造 | 453.81 | 481.64 | 92.4 | 92.4 |
| 2 | 聚丁烯對苯二甲酸酯製造程序 | E | 合成樹脂及塑膠製造業 | 23.07 | | 4.8 | 97.2 |

註：網底部份表選定製成

表 4.2 高雄都會區固定源管道 甲醛 排放物種製程

| 排序 | 製程別 | 公私場所 | 行業別 | 排放量 (噸/年) | 總排放量 (噸/年) | 百分比 (%) | 累積百分比 (%) |
|----|------------|------|------------|--------------|---------------|------------|--------------|
| 1 | 甲醛製造程序 | E | 合成樹脂及塑膠製造業 | 23.07 | 36.96 | 62.4 | 62.4 |
| 2 | 三聚甲醛化學製造程序 | J | 石油化工原料製造 | 11.59 | | 31.4 | 93.8 |

註：網底部份表選定製成

表 4.3 高雄都會區固定源管道 甲苯 排放物種製程

| 排序 | 製程別 | 公私場所 | 行業別 | 排放量 (噸/年) | 總排放量 (噸/年) | 百分比 (%) | 累積百分比 (%) |
|----|--------------|------|------------|--------------|---------------|------------|--------------|
| 1 | PU 皮製造程序(乾式) | A | 合成樹脂及塑膠製造業 | 198.96 | 268.79 | 74.0 | 74.0 |
| 2 | PU 皮製造程序(濕式) | | | 18.24 | | 6.8 | 80.8 |
| 3 | 苯乙烯化學製造程序 | B | 石油化工原料製造 | 11.91 | | 4.4 | 85.2 |
| | | K | 石油化工原料製造 | 4.79 | | 1.8 | 87.0 |
| 4 | 重油脫硫程序 | H | 石油煉製業 | 10.39 | | 3.9 | 90.9 |
| 5 | 夫酸酐化學製造程序 | L | 石油化工原料製造 | 6.00 | | 2.2 | 93.1 |
| 6 | 油漆化學製造程序 | M | 塗料漆料相關製造業 | 5.77 | | 2.1 | 95.3 |
| | | N | 塗料漆料相關製造業 | 1.18 | | 0.4 | 95.7 |
| | | O | 塗料漆料相關製造業 | 1.13 | | 0.4 | 96.1 |
| | | P | 塗料漆料相關製造業 | 0.20 | | 0.1 | 96.2 |

註：網底部份表選定製成

表 4.4 高雄都會區固定源管道 苯 排放物種製程

| 排序 | 製程別 | 公私場所 | 行業別 | 排放量 (噸/年) | 總排放量 (噸/年) | 百分比 (%) | 累積百分比 (%) |
|----|-----------|------|----------|--------------|---------------|------------|--------------|
| 1 | 馬林酞製造程序 | I | 石油化工原料製造 | 21.00 | 56.20 | 37.4 | 37.4 |
| 2 | 重油脫硫程序 | H | 石油煉製業 | 18.79 | | 33.4 | 70.8 |
| 3 | 芳香烴製造程序 | Q | 石油化工原料製造 | 3.94 | | 7.0 | 77.8 |
| 4 | 異丙苯化學製造程序 | R | 石油化工原料製造 | 4.94 | | 8.8 | 86.6 |
| 5 | 輕油裂解程序 | Q | 石油煉製業 | 2.20 | | 3.9 | 90.5 |

註：網底部份表選定製成

表 4.5 高雄都會區固定源管道 氯乙烯 排放物種製程

| 排序 | 製程別 | 公私場所 | 行業別 | 排放量 (噸/年) | 總排放量 (噸/年) | 百分比 (%) | 累積百分比 (%) |
|----|----------------|------|------------|--------------|---------------|------------|--------------|
| 1 | 聚氯乙烯化學製造程序 | F | 石油化工原料製造 | 45.30 | 65.31 | 69.4 | 69.4 |
| 2 | PVC 皮製造程序 | A | 合成樹脂及塑膠製造業 | 16.90 | | 25.9 | 95.2 |
| 3 | 乙烯-丙烯共聚物化學製造程序 | G | 石油化工原料製造 | 3.11 | | 4.8 | 100.0 |

註：網底部份表選定製成

表 4.6 高雄都會區固定源逸散對二甲苯排放物種製程

| 排序 | 製程別 | 公私場所 | 行業別 | 排放量 (噸/年) | 總排放量 (噸/年) | 百分比 (%) | 累積百分比 (%) |
|----|------------|------|-------|--------------|---------------|------------|--------------|
| 1 | 戊烷異構化程序 | H | 石油煉製業 | 37.35 | 218.92 | 17.1 | 17.1 |
| | 煤組程序 | | | 27.78 | | 12.7 | 29.8 |
| | 硫黃回收處理程序 | | | 5.10 | | 2.3 | 29.8 |
| | 柴油加氫處理程序 | | | 3.90 | | 1.8 | 32.1 |
| | 輕油分煉程序 | | | 2.08 | | 1.0 | 33.9 |
| | 重油脫硫程序 | | | 1.83 | | 0.8 | 34.9 |
| | 油氣純化程序 | | | 1.41 | | 0.6 | 35.7 |
| 2 | 芳香烴製造程序 | S | 石油煉製業 | 30.89 | 218.92 | 14.1 | 36.3 |
| | 輕油裂解程序 | | | 22.95 | | 10.5 | 50.4 |
| | 加氫脫硫處理程序 | | | 13.83 | | 6.3 | 60.9 |
| | 第二異構化程序 | | | 11.35 | | 5.2 | 67.2 |
| | 低硫燃油處理程序 | | | 4.21 | | 1.9 | 72.4 |
| | 低硫燃油尾氣處理程序 | | | 3.41 | | 1.6 | 74.3 |
| | 殘渣油氣化程序 | | | 2.92 | | 1.3 | 75.9 |
| | 氫氣純化程序 | | | 2.53 | | 1.2 | 77.2 |
| | LPG 處理程序 | | | 1.65 | | 0.8 | 78.4 |
| | 觸媒重組程序 | | | 1.12 | | 0.5 | 79.2 |
| | 異戊烷分離程序 | | | 0.35 | | 0.2 | 79.7 |

註：網底部份表選定製成

表 4.7 高雄都會區固定源逸散甲醛 排放物種製程

| 排序 | 製程別 | 公私場所 | 行業別 | 排放量 (噸/年) | 總排放量 (噸/年) | 百分比 (%) | 累積百分比 (%) |
|----|------------|------|----------|--------------|---------------|------------|--------------|
| 1 | 甲醛製造程序 | J | 石油化工原料製造 | 6.56 | 19.45 | 33.7 | 33.7 |
| 2 | 三聚甲醛化學製造程序 | | | 6.50 | | 33.4 | 67.1 |
| 3 | 儲槽 | T | 石油化工原料製造 | 1.11 | | 5.7 | 72.9 |

註：網底部份表選定製成

表 4.8 高雄都會區固定源逸散 氣乙烯 排放物種製程

| 排序 | 製程別 | 公私場所 | 行業別 | 排放量 (噸/年) | 總排放量 (噸/年) | 百分比 (%) | 累積百分比 (%) |
|----|-----------------|------|------------|--------------|---------------|------------|--------------|
| 1 | 聚氣乙烯化學製造程序 | F | 石油化工原料製造 | 19.06 | 40.70 | 48.1 | 48.1 |
| 2 | 乙烯-丙烯共聚合物化學製造程序 | G | 石油化工原料製造 | 16.01 | | 39.3 | 87.4 |
| 3 | 丙烯酸及丙烯酸酯類化學製造程序 | U | 合成樹脂及塑膠製造業 | 5.13 | | 12.6 | 100.0 |

註：網底部份表選定製成

表 4.9 高雄都會區固定源逸散 甲苯 排放物種製程

| 排序 | 製程別 | 公私場所 | 行業別 | 排放量 (噸/年) | 總排放量 (噸/年) | 百分比 (%) | 累積百分比 (%) | |
|----|------------|------|----------|--------------|---------------|------------|--------------|------|
| 1 | 戊烷異構化程序 | H | 石油煉製業 | 134.95 | 1114.00 | 12.1 | 12.1 | |
| | 媒組程序 | | | 100.36 | | 9.0 | 21.1 | |
| | 硫磺回收處理程序 | | | 18.44 | | 1.7 | 22.8 | |
| | 柴油加氫處理程序 | | | 14.10 | | 1.3 | 24.0 | |
| | 輕油分煉程序 | | | 7.50 | | 0.7 | 24.7 | |
| | 重油脫硫程序 | | | 6.61 | | 0.6 | 25.3 | |
| | 油氣純化程序 | | | 5.10 | | 0.5 | 25.8 | |
| 2 | 儲槽 | C | 石油化工原料製造 | 266.46 | | | 23.9 | 49.7 |
| 3 | 輕油裂解程序 | S | 石油煉製業 | 82.92 | | | 7.4 | 57.1 |
| | 加氫脫硫處理程序 | | | 49.98 | | 4.5 | 61.6 | |
| | 第二異構化程序 | | | 41.01 | | 3.7 | 65.3 | |
| | 芳香烴製造程序 | | | 17.92 | 1.6 | 66.9 | | |
| | 低硫燃油處理程序 | | | 15.23 | 1.4 | 68.3 | | |
| | 低硫燃油尾氣處理程序 | | | 12.33 | 1.1 | 69.4 | | |
| | 殘渣油氣化程序 | | | 10.54 | 0.9 | 70.3 | | |
| | 氫氣純化程序 | | | 9.15 | 0.8 | 71.1 | | |
| | LPG 處理程序 | | | 5.94 | 0.5 | 71.7 | | |
| | 觸媒重組程序 | | | 4.03 | 0.4 | 72.0 | | |
| | 異戊烷分離程序 | | | 1.27 | 0.1 | 72.2 | | |

註：網底部份表選定製成

表 4.10 高雄都會區固定源逸散 苯 排放物種製程

| 排序 | 製程別 | 公私場所 | 行業別 | 排放量 (噸/年) | 總排放量 (噸/年) | 百分比 (%) | 累積百分比 (%) |
|----|------------|------|-------|--------------|---------------|------------|--------------|
| 1 | 戊烷異構化程序 | H | 石油煉製業 | 243.93 | 1255.87 | 19.4 | 19.4 |
| | 媒組程序 | | | 181.40 | | 14.4 | 33.9 |
| | 硫磺回收處理程序 | | | 33.34 | | 2.7 | 36.5 |
| | 柴油加氫處理程序 | | | 25.48 | | 2.0 | 38.6 |
| | 輕油分煉程序 | | | 13.56 | | 1.1 | 39.6 |
| | 重油脫硫程序 | | | 11.95 | | 1.0 | 40.6 |
| | 油氣純化程序 | | | 9.22 | | 0.7 | 41.3 |
| 2 | 輕油裂解程序 | S | 石油煉製業 | 149.88 | | 11.9 | 53.3 |
| | 加氫脫硫處理程序 | | | 90.33 | | 7.2 | 60.4 |
| | 第二異構化程序 | | | 74.13 | | 5.9 | 66.3 |
| | 低硫燃油處理程序 | | | 27.52 | | 2.2 | 68.5 |
| | 芳香烴製造程序 | | | 26.22 | | 2.1 | 70.6 |
| | 低硫燃油尾氣處理程序 | | | 22.28 | | 1.8 | 72.4 |
| | 氫氣純化程序 | | | 16.54 | 1.3 | 73.7 | |
| | LPG 處理程序 | | | 10.75 | 0.9 | 74.6 | |
| | 觸媒重組程序 | | | 7.29 | 0.6 | 75.2 | |
| | 異戊烷分離程序 | | | 2.29 | 0.2 | 75.3 | |

註：網底部份表選定製成

表 4-11 目標物種排放源製程排放量(ton/yr)及總量分析

| 物種 | 類別 | 製程別 | 公私場所 | 行業別 | 製程排放量(噸/年) | 總排放量(噸/年) | 排放量比例(%) |
|------|----|-----------------|------|------------|------------|-----------|----------|
| 對二甲苯 | 管道 | 對苯二甲酸化學製造程序 | D | 石油化工原料製造 | 453.81 | 218.92 | 92.4 |
| | 逸散 | 戊烷異構化程序 | H | 石油煉製業 | 37.35 | | 17.1 |
| | | 媒組程序 | | | 27.78 | | 12.7 |
| | | 硫黃回收處理程序 | | | 5.10 | | 2.3 |
| | | 柴油加氫處理程序 | | | 3.90 | | 1.8 |
| | | 輕油分煉程序 | | | 2.08 | | 1.0 |
| | | 重油脫硫程序 | | | 1.83 | | 0.8 |
| | | 油氣純化程序 | | | 1.41 | | 0.6 |
| 甲醛 | 管道 | 甲醛製造程序 | E | 合成樹脂及塑膠製造業 | 23.07 | 36.96 | 62.4 |
| | | 三聚甲醛化學製造程序 | J | 石油化工原料製造 | 11.59 | | 31.4 |
| | 逸散 | 甲醛製造程序 | J | 石油化工原料製造 | 6.56 | 19.45 | 33.7 |
| | | 三聚甲醛化學製造程序 | | | 6.50 | | 33.4 |
| 氯乙烯 | 管道 | 聚氯乙烯化學製造程序 | F | 石油化工原料製造 | 45.30 | 65.31 | 69.4 |
| | | PVC皮製造程序 | A | 合成樹脂及塑膠製造業 | 16.90 | | 25.9 |
| | 逸散 | 聚氯乙烯化學製造程序 | F | 石油化工原料製造 | 19.57 | 40.70 | 48.1 |
| | | 乙烯-丙烯共聚合物化學製造程序 | G | 石油化工原料製造 | 16.01 | | 39.3 |

註：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。

總排放量：高雄都會區該目標物種經管道/逸散排放量。

排放量比例：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 4-11 目標物種排放源製程排放量(ton/yr)及總量分析(續)

| 物種 | 類別 | 製程別 | 公私場所 | 行業別 | 製程排放量(噸/年) | 總排放量(噸/年) | 放量比例(%) |
|----|----|--------------|------|------------|------------|-----------|---------|
| 苯 | 管道 | 馬林酐製造程序 | I | 石油化工原料製造 | 21.00 | 56.20 | 37.4 |
| | | 重油脫硫程序 | H | 石油煉製業 | 18.79 | | 33.4 |
| | 逸散 | 戊烷異構化程序 | H | 石油煉製業 | 243.93 | 1255.87 | 19.4 |
| | | 媒組程序 | | | 181.40 | | 14.4 |
| | | 硫磺回收處理程序 | | | 33.34 | | 2.7 |
| | | 柴油加氫處理程序 | | | 25.48 | | 2.0 |
| | | 輕油分煉程序 | | | 13.56 | | 1.1 |
| | | 重油脫硫程序 | | | 11.95 | | 1.0 |
| | | 油氣純化程序 | | | 9.22 | | 0.7 |
| 甲苯 | 管道 | PU 皮製造程序(乾式) | A | 合成樹脂及塑膠製造業 | 198.96 | 268.79 | 74.0 |
| | | PU 皮製造程序(濕式) | | | 18.24 | | 6.8 |
| | | 苯乙烯化學製造程序 | B | 石油化工原料製造 | 11.91 | | 4.4 |
| | | 重油脫硫程序 | H | 石油煉製業 | 10.39 | | 3.9 |

註：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。

總排放量：高雄都會區該目標物種經管道/逸散排放量。

排放量比例：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 4-11 目標物種排放源製程排放量(ton/yr)及總量分析(續)

| 物種 | 類別 | 製程別 | 公私場所 | 行業別 | 製程排放量(噸/年) | 總排放量(噸/年) | 放量比例(%) |
|----|----|----------|----------|--------|------------|-----------|---------|
| 甲苯 | 逸散 | 戊烷異構化程序 | H | 石油煉製業 | 134.95 | 1114.00 | 12.1 |
| | | 煤組程序 | | | 100.36 | | 9.0 |
| | | 硫磺回收處理程序 | | | 18.44 | | 1.7 |
| | | 柴油加氫處理程序 | | | 14.10 | | 1.3 |
| | | 輕油分煉程序 | | | 7.50 | | 0.7 |
| | | 重油脫硫程序 | | | 6.61 | | 0.6 |
| | | 油氣純化程序 | | | 5.10 | | 0.5 |
| | 儲槽 | C | 石油化工原料製造 | 266.46 | 23.9 | | |

註：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。

總排放量：高雄都會區該目標物種經管道/逸散排放量。

排放量比例：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。

(二)固定污染源控制成本評估方法分析

由於認 BACT 之重要準則為成本效益，故在探討 BACT 相關運作機制時必須將其成本之估算方式納入考量。成本效益的量度是以每單位空氣污染物排放削減量所花費的控制成本來計算，如果每噸的排放削減所花的費用小於所許可最大的控制成本，則此控制技術即為符合成本效益。

一般而言，文獻上估計污染防制成本可分為四種方法：(1)迴歸計量方法；(2)線性規劃法；(3)工程模擬法；(4)統計圖表法。其中工程模擬法是最常被用來估計防制成本的方法。然而忽略了廠商的經濟行為及反應，將造成估計成果有高估或低估的情形出現。而統計圖表法是利用廠商的實際資料作統計，僅能顯現出污染物減量成本的基本統計值，並無法就其成本和減量大小之關係提供資訊，唯有計量方法具備經濟理論之基礎，也同時提供最豐富的資，然而計量方法常受限於完整資料的取得，在文獻上亦不多見。而迴歸與計量經濟分析方法，說明了邊際污染成本函數的建構，利用此邊際成本函數可以討論一個污染源(排放者)，進而討論一個廠內含多個污染源，再推廣到一個空氣品質流通區，甚至於一個大面積的區域的污染排放管制。

然而成本函數之估計必須決定函數之形式，而函數型態的選擇並非易事。常見的成本函數型式可分為：(1)Cobb-Douglas 函數；(2)CES(Constant Elasticity of Substitution) 函數；(3)Translog(Transcendental Logarithmic Function)函數。而運用較廣的為 Translog 函數。

欲估計出以上函數關係，主要調查的項目包括基本變數和成本函數推估之變數。在廠商基本資料方面，包括：縣市代號、工廠登記証編號、營利事業統一編號、工廠登記名稱、行業別名稱、污染源名稱及編號、電話、傳真及地址等。在成本函數推估變數方面，又可分為三類：污染源特徵，投入價格及污染減量效果。在污染源特徵方面，蒐集的變數包括：工廠規模，營業額，行業代碼，廢氣處理量，最大污染物排放率，操作時間及污染來源方式。在投入價格方面，變數包括：設備資本成本，員工薪資，土地成本，維修費用及操作物料費用。在污染減量效果方面，變數包括：防制前排放量，防制後排放量及防制處理效率。將依上述變數條件，設計出一套問卷，將請各公私場所填寫問卷，來取得所需變數，以利計算成本。

要瞭解污染防制成本與污染防制設備間的關係，必須對各污染物的防制成本作估算。污染防制成本主要的來源有兩大項，包括污染防制的資本成本以及維護成本。其中：

防制的資本成本＝設置費用＝工程費用＋設備費用＋安裝費用＋其他
相關費用(不包含土地費用)

防制的維護成本＝水費＋電費＋藥品費＋人事費＋維修費＋其他相關
費用(如廢棄物處理費用)

可利用防制的資本成本及維護成本推算出污染源年防制總成本。由於污染源所購置的防污設置備通常都有一定的使用年限，為能合理地表達廠商對於防污設備所負擔的每年實際資本成本，必須對廠商購置防污設備資本成本作攤提折現的步驟，其可利用簡單的公式如下：

$$\text{年防制資本成本} = \text{防制資本成本} \times \text{資本還原因子}$$

其中資本還原因子為 $i(1+i)^n / \{(1+i)^n - 1\}$ ，式中 i 代表利率，若是利率愈高，反應時間的機會成本增加，那廠商所負擔的年支出成本也就愈大。

本計畫擬採行迴歸與計量經濟法或統計圖表法，其成本變數資料來源除了問卷取得以外，還可由國內資料庫取得所需成本變數如環保署固定污染源資料庫、經濟部工業統計調查報告等資料庫。

本計畫問卷分配回收情況如表 4.12，並參考「Control Technologies for Hazardous Air Pollutants」內容計算各控制設備成本，彙整如表 4.13 至表 4.16 及圖 4.1。經整理後彙整出主要控制設備為：廢氣燃燒塔、吸收系統、固定床活性碳吸附設備、冷凝系統四種控制設備。各控制設備問卷值與估算值比較如下：

1. 廢氣燃燒塔

(1)初設成本方面除國喬苯乙烯製造程序問卷值比估計值低外，其餘均為估計值高於問卷值。

(2)維修設備成本方面除國喬苯乙烯製造程序問卷值比估計值低外，其餘均為估計值高於問卷值。

2. 吸收系統

(1)初設成本方面問卷值與估計值比值約為 0.5-2 倍左右。

(2)維修設備成本方面問卷值約為估計值的 5-25 倍。

3. 固定床活性碳吸附設備

(1)初設成本方面問卷值約比估計值低約 10 倍。

(2)維修設備成本方面問卷值約比估計值低約 25 倍。

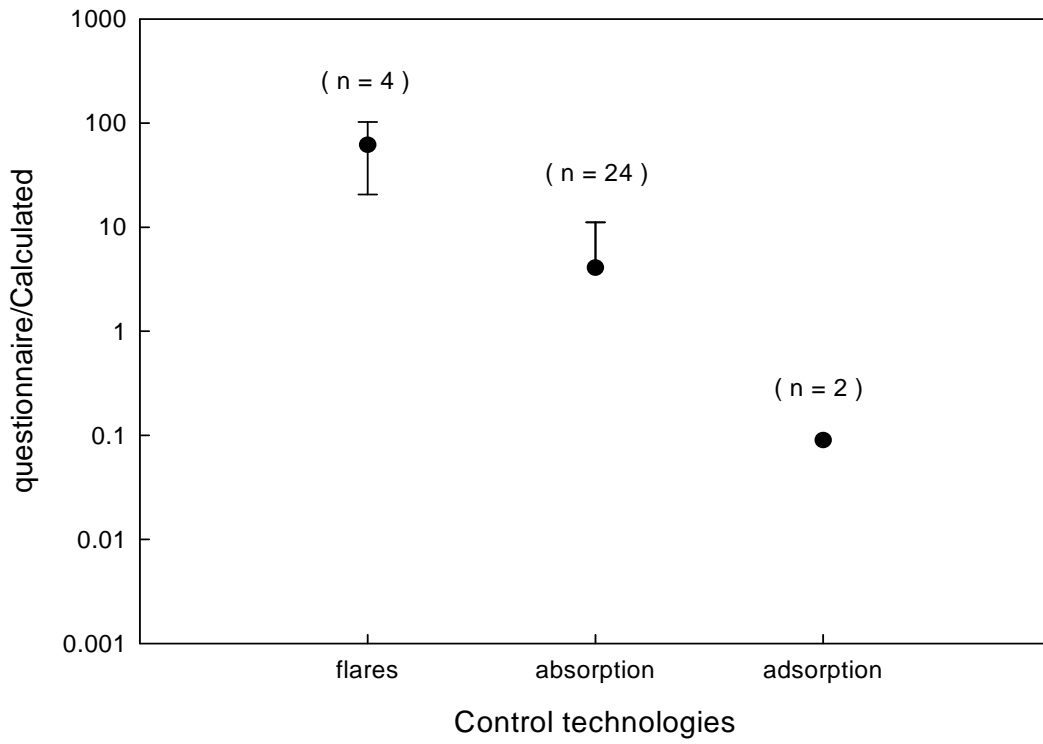
4. 冷凝系統

由於資料不完全，無法分析結果。

(三)排放控制技術減量評估

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」、「汽車製造業表面塗裝作業空

Total capital costs (O/M)



Total annual costs (O/M)

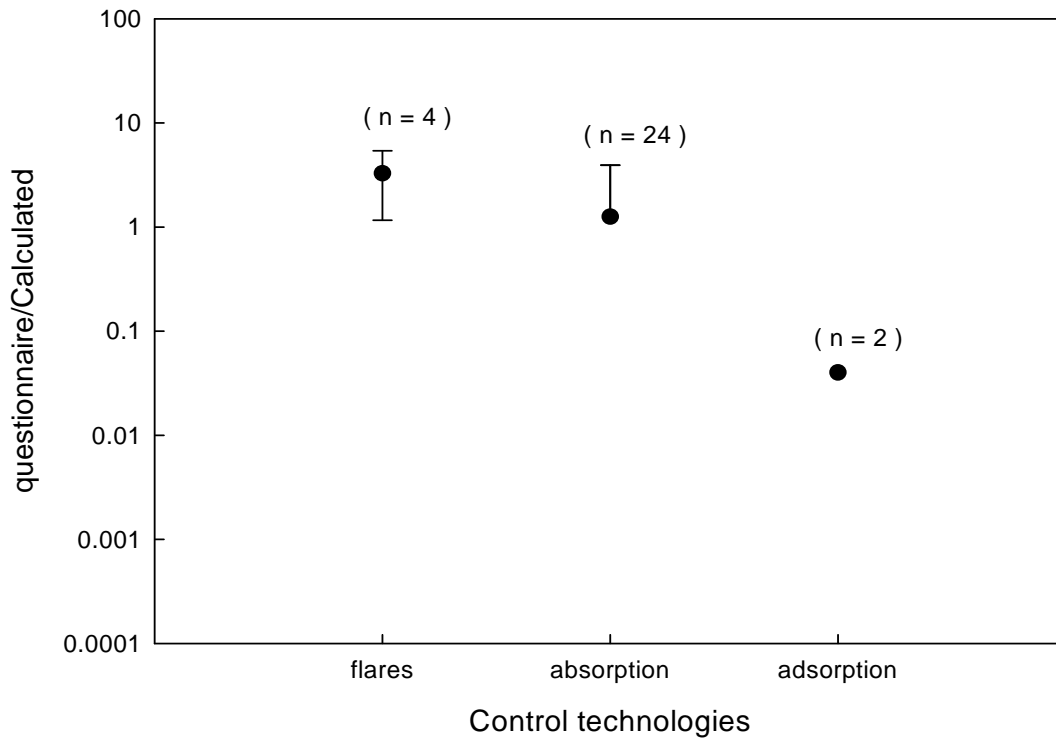


圖 4.1 控制設備問卷值與估算值比值，上圖為設備成本；下圖為維修成本

表 4.12 高雄都會區固定源排放工廠問卷名單及回收情況

| 縣/市 | 公私場所 | 行業別 |
|-----|-------|-------------|
| 高雄市 | 問卷一廠 | 機車製造業 |
| | 問卷二廠 | 軋鋼業、鋼材表面處理業 |
| | 問卷三廠 | 塑膠皮製造業 |
| | 問卷四廠 | 鋼鐵冶煉業 |
| | 問卷五廠 | 石油化學原料製造業 |
| 高雄縣 | 問卷六廠 | 塗料及其相關行業製造業 |
| | 問卷七廠 | 塑膠皮製品製造業 |
| | 問卷八廠 | 塑膠皮製品製造業 |
| | 問卷九廠 | 石油化工原料 |
| | 問卷十廠 | 石油煉製業 |
| | 問卷十一廠 | 石油化工原料 |
| | 問卷十二廠 | 石油化學原料製造業 |
| | 問卷十三廠 | 石油化學製造業 |
| | 問卷十四廠 | 石油化學原料製造業 |

表 4.12 高雄都會區固定源排放工廠問卷名單及回收情況(續)

| 縣市 | 公私場所 | 設備名稱 | 份數 | 備註 |
|-------|-------|------------|-------|-----|
| 高雄縣 | 問卷十三廠 | 吸收系統 | 7 | |
| | | 固定床活性碳吸附設備 | 3 | |
| | | 廢氣燃燒塔 | 3 | |
| | 問卷十四廠 | 吸收系統 | 15 | |
| | 問卷八廠 | 吸收系統 | 1 | |
| | 問卷六廠 | 冷凝系統 | 3 | |
| | 問卷七廠 | 冷凝系統 | 4 | |
| | 問卷十廠 | 廢氣燃燒塔 | 1 | |
| | | 冷凝系統 | 1 | |
| | 問卷九廠 | 吸收系統 | 1 | |
| | 問卷十一廠 | 無 | 0 | 無資料 |
| 問卷十二廠 | 無 | 0 | 無資料 | |
| 高雄市 | 問卷一廠 | 觸媒式焚化爐 | 1 | |
| | 問卷二廠 | 熱式焚化爐 | 2 | |
| | | 固定床活性碳吸附設備 | 1 | |
| | 問卷五廠 | 無 | 0 | 無資料 |
| 問卷四廠 | 無 | 0 | 無防制設備 | |

註：共收集 43 份

表 4.13 固定污染源有機性有害空氣污染物廢氣燃燒塔控制成本調查計算結果

| 公私場所 | 製程別 | 初設成本(萬元) | | | 維修成本(萬元/年) | | |
|-------|-------------|----------|-------|-------|------------|-------|-------|
| | | 問卷值 | 估算值 | 問卷/估算 | 問卷值 | 估算值 | 問卷/估算 |
| 問卷十廠 | 輕油裂解程序 | 34551.0 | 415.5 | 83.16 | 600.0 | 118.3 | 5.07 |
| 問卷十三廠 | 苯乙烯製造程序 | 16.1 | 78.6 | 0.20 | 13.0 | 60.6 | 0.21 |
| | ABS 聚合物製造程序 | 8000.0 | 99.0 | 80.81 | 250.0 | 64.0 | 3.91 |
| | 乙苯製造程序 | 8000.0 | 97.4 | 82.14 | 250.0 | 63.8 | 3.92 |

註”-“表問卷中無此值

“*”表問卷中資料不足

估算值並未加入整地費和建築費

表 4.14 固定污染源有機性有害空氣污染物固定床活性炭吸附設備控制成本調查計算結果

| 公私場所 | 製程別 | 初設成本(萬元) | | | 維修成本(萬元/年) | | |
|-------|-----------|----------|-------|-------|------------|-------|-------|
| | | 問卷值 | 估算值 | 問卷/估算 | 問卷值 | 估算值 | 問卷/估算 |
| 問卷十三廠 | 苯乙烯製造程序 | 200 | * | - | - | * | * |
| | AS 塑膠製造程序 | 31.3 | 343.5 | 0.09 | 4.5 | 111.7 | 0.04 |
| | AS 塑膠製造程序 | 31.3 | 353.0 | 0.09 | 4.5 | 113.6 | 0.04 |
| | 苯乙烯製造程序 | 200 | * | - | - | * | * |

註”-“表問卷中無此值

“*”表問卷中資料不足

估算值並未加入整地費和建築費

表 4.15 固定污染源有機性有害空氣污染物吸收系統控制成本調查計算結果

| 公私場所 | 製程別 | 初設成本(萬元) | | | 維修成本(萬元/年) | | |
|-------|-------------|----------|-------|-------|------------|-------|-------|
| | | 問卷值 | 估算值 | 問卷/估算 | 問卷值 | 估算值 | 問卷/估算 |
| 問卷九廠 | 苯乙烯化學製造程序 | 400 | 263.4 | 1.52 | - | 96.3 | - |
| 問卷十三廠 | AS 塑膠製造程序 | 20.5 | 10.7 | 1.92 | 4.0 | 45.2 | 0.09 |
| | ABS 聚合物製造程序 | 282 | 208.5 | 1.35 | 7.5 | 85.3 | 0.09 |
| | ABS 聚合物製造程序 | 296.3 | 208.5 | 1.42 | 8.5 | 85.3 | 0.10 |
| | ABS 聚合物製造程序 | 270.7 | 186.4 | 1.45 | 7.5 | 80.8 | 0.09 |
| | ABS 聚合物製造程序 | 110.4 | 128.2 | 0.86 | 6.5 | 68.98 | 0.09 |
| | ABS 聚合物製造程序 | 1150.0 | 340.1 | 3.38 | 30.0 | 112.0 | 0.27 |
| 問卷八廠 | PU 合成皮製造程序 | 360.0 | 531.5 | 0.68 | 6.0 | 138.7 | 0.04 |
| 問卷十四廠 | 氫氟酸製造程序 | 500.0 | 19.7 | 25.38 | 120.0 | 41.5 | 2.89 |
| | 廢液焚化製程 | 600.0 | 105.1 | 5.71 | 144.0 | 62.2 | 2.32 |
| | 廢液焚化製程 | 300.0 | 44.7 | 6.71 | 6.0 | 37.7 | 0.16 |
| | 合成纖維製程 | 245.6 | 10.8 | 22.74 | 50.0 | 42.2 | 1.18 |
| | 合成纖維製程 | 49.7 | 42.4 | 1.17 | 40.0 | 48.6 | 0.82 |
| | 聚丙烯腈製程 | 147.0 | 96.3 | 1.53 | 12.5 | 66.0 | 0.19 |
| | 聚丙烯腈製程 | 99.0 | 105.8 | 0.94 | 12.5 | 67.9 | 0.18 |
| | 聚丙烯腈製程 | 61.0 | 75.6 | 0.81 | 12.5 | 61.8 | 0.20 |
| | 聚丙烯腈製程 | 142.0 | 106.2 | 1.34 | 12.5 | 68.0 | 0.18 |
| | 聚丙烯腈製程 | 72.0 | 78.8 | 0.91 | 12.5 | 62.4 | 0.20 |
| | 聚丙烯腈製程 | 66.0 | 72.1 | 0.92 | 12.5 | 61.0 | 0.20 |
| | 聚丙烯腈製程 | 61.0 | 123.8 | 0.49 | 12.5 | 71.5 | 0.17 |
| | 聚丙烯腈製程 | 176 | 152.3 | 1.16 | 12.5 | 77.3 | 0.16 |

註”-“表問卷中無此值

“*”表問卷中資料不足

估算值並未加入整地費和建築費

表 4.16 固定污染源有機性有害空氣污染物冷凝系統控制成本調查計算結果

| 公私場所 | 製程別 | 初設成本(萬元) | | | 維修成本(萬元/年) | | |
|------|----------|----------|-----|-------|------------|-----|-------|
| | | 問卷值 | 估算值 | 問卷/估算 | 問卷值 | 估算值 | 問卷/估算 |
| 問卷九廠 | 乙苯化學製造程序 | 85 | * | * | - | * | * |
| 問卷七廠 | PVC 皮製程 | 106.8 | * | * | - | * | * |
| | PVC 皮製程 | 427.7 | * | * | - | * | * |
| | PVC 皮製程 | 201.1 | * | * | - | * | * |
| | PVC 皮製程 | 201.1 | * | * | - | * | * |
| 問卷六廠 | 油漆製造程序 | 1619.0 | * | * | 70 | * | * |
| | 油漆製造程序 | 1619.0 | * | * | 70 | * | * |
| | 油漆製造程序 | 1619.0 | * | * | 70 | * | * |

註”-“表問卷中無此值

“*”表問卷中資料不足

估算值並未加入整地費和建築費

氣污染物排放標準」、「揮發性有機污染物管制及排放標準」等)，加以探討其減量空間。

依據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 4-17 所示。

2. 石化煉製業重油脫硫程序

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有部份改換裝為無軸封、雙軸封、及焚化爐。重油脫硫程序污染源減量改善可行控制技術分析則如表 4-18 所示。

(四) 排放控制減量潛勢分析

目前本計畫參考相關減量潛勢文獻資料，整理彙整出計算減量空間方法，詳見圖 4.2。而 BACT 資料方面將參考台灣 BACT 資料，並利用現場探查資料，來進行減量潛勢分析。經整理後目標物種排放源製程排放量及總量分析如表 4-20 至 4-20 所示。

固定源對二甲苯管道排放(D 廠對苯二甲酸化學製造程序)減量空間為 0.15 噸/年，佔高雄都會區對二甲苯管道排放之 0.0%；固定源氯乙烯管道排放(F 廠聚氯乙烯化學製造程序)減量空間為 0.88 噸/年，佔高雄都會區氯乙烯管道排放之 1.3%；其餘固定源管道排放量(A 廠 PU 皮製造程序乾、濕式、PVC 皮製造程序、B 廠苯乙烯化學製造程序、E 廠甲醛製造程序、H 廠重油脫硫程序、I 廠馬林酐製造程序、J 廠三聚甲醛化學製造程序)減量空間為 0 噸/年。

固定源對二甲苯逸散排放(以 H 廠煤組程序為主，減量為 3.14 噸/年、重油脫硫程序次之，減量為 2.94 噸/年)減量空間為 10.43 噸/年，佔高雄都會區對二甲苯逸散排放之 4.7%，固定源甲醛逸散排放(以 J 廠甲醛製造程序為主，減量為 2.24 噸/年，三聚甲醛化學製造程序次之，減量為 0.26 噸/年)減量空間為 2.50 噸/年，佔高雄都會區甲醛逸散排放之 12.8%；固定源苯逸散(以 H 廠煤組程序為主，減量為 20.48 噸/年、戊烷異構化學製造程序，減量為 10.49 噸/年)減量空間為 58.1 噸/年，佔高雄都會區苯逸散排放之 4.6%；固定源氯乙烯逸散(以 F 廠聚氯乙烯化學製造程序為主，減量為 9.09 噸/年、G 廠乙烯-丙烯共聚合物化學製造程序，減量為 8.19 噸/年)減量空間為 17.28 噸/年，佔高雄都會區氯乙烯逸散排放之 42.4%；固定源甲苯逸散(以 H 廠煤組程序為主，減量為 11.33 噸/年、戊烷異構化學製造程序，減量為 5.80 噸/年)減量空間為 29.72 噸/年，佔高雄都會區甲苯逸散排放之 2.9%。

表4-17 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4-18 石化煉製業重油脫硫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 |

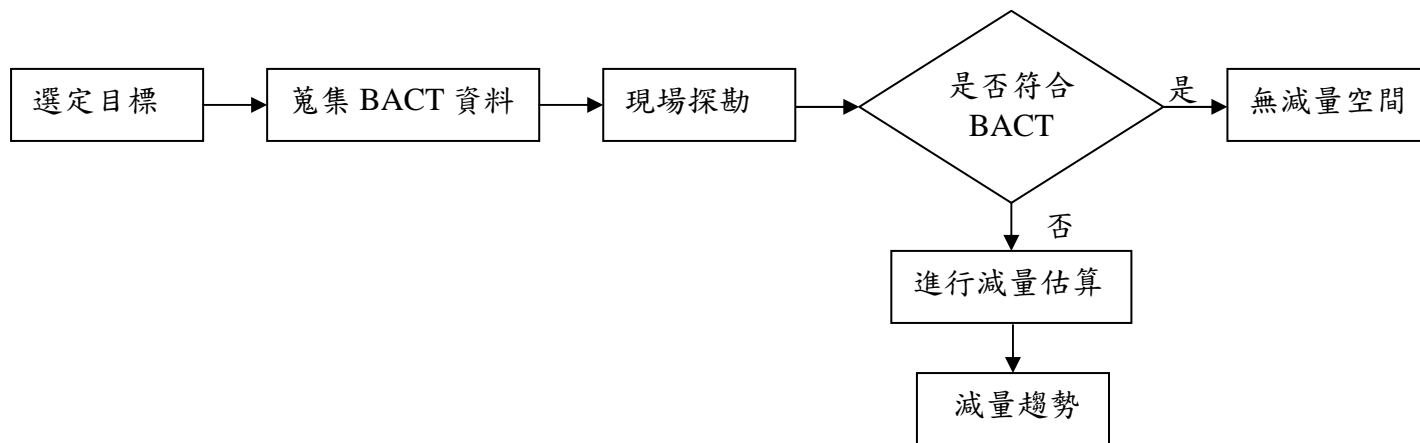


圖 4.2 減量趨勢流程圖

表 4-19 VOCs 控制技術符合 BACT 狀況表

| 工廠 | 製程別 | 污染源 | 污染物種 | 現行控制技術 | 是否符合 BACT 規範 | 減量空間 (ton/yr) |
|----|-----------------|------|------|--------------------------|--------------|---------------|
| A | PU 皮製造程序(濕式) | 排放管道 | 甲苯 | 無 (排放濃度<100 ppm) | ○ | -- |
| | PU 皮製造程序(乾式) | | | | | |
| | PVC 皮製造程序 | 排放管道 | 氯乙烯 | 無 (排放濃度<100 ppm) | ○ | -- |
| B | 苯乙烯化學製造程序 | 排放管道 | 甲苯 | 洗滌塔 (排放濃度<100 ppm) | ○ | -- |
| C | 儲槽 | 儲槽 | 甲苯 | 管路約束通風 | ○ | -- |
| D | 對苯二甲酸化學製造程序 | 排放管道 | 對二甲苯 | 冷凝器+吸收塔+觸媒氧化 | △ | 0.15 |
| E | 甲醛製造程序 | 排放管道 | 甲醛 | 水洗塔(排放濃度<100 ppm) 焚化爐 | ○ | -- |
| F | 聚氯乙烯化學製造程序 | 排放管道 | 氯乙烯 | 吸收塔+燃燒爐+水洗塔 | △ | 0.88 |
| | | 設備元件 | | 無軸封及雙軸封泵浦 | △ | 9.09 |
| G | 乙烯-丙烯共聚合物化學製造程序 | 設備元件 | 氯乙烯 | 無軸封及雙軸封泵浦 | △ | 8.19 |

註：1. “○”表示完全符合；“△”表示部分符合，部分不符合；“×”表示完全不符合

2.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

3.減量空間之計算基礎為各廠 90 年度各污染源 VOCs 之推估排放量

表 4-19 VOCs 控制技術符合 BACT 狀況表(續)

| 工廠 | 製程別 | 污染源 | 污染物種 | 現行控制技術 | 是否符合 BACT 規範 | 減量空間 (ton/yr) |
|----|----------|------|------|-----------|--------------|---------------|
| H | 戊烷異構化程序 | 設備元件 | 對二甲苯 | 無軸封及雙軸封泵浦 | △ | 1.61 |
| | | | 苯 | | | 10.49 |
| | | | 甲苯 | | | 5.80 |
| | 煤組程序 | 設備元件 | 對二甲苯 | 無軸封及雙軸封泵浦 | △ | 3.14 |
| | | | 苯 | | | 20.48 |
| | | | 甲苯 | | | 11.33 |
| | 硫磺回收處理程序 | 設備元件 | 對二甲苯 | 無軸封及雙軸封泵浦 | △ | 0.94 |
| | | | 苯 | | | 6.16 |
| | | | 甲苯 | | | 3.41 |
| | 柴油加氫處理程序 | 設備元件 | 對二甲苯 | 無軸封及雙軸封泵浦 | △ | 0.60 |
| | | | 苯 | | | 3.95 |
| | | | 甲苯 | | | 2.10 |
| | 輕油分煉程序 | 設備元件 | 對二甲苯 | 無軸封及雙軸封泵浦 | △ | 1.09 |
| | | | 苯 | | | 7.14 |
| | | | 甲苯 | | | 3.80 |
| | 重油脫硫程序 | 設備元件 | 對二甲苯 | 無軸封及雙軸封泵浦 | △ | 2.94 |
| | | | 苯 | | | 9.18 |
| | | | 甲苯 | | | 3.16 |

註：1. “○”表示完全符合；“△”表示部分符合，部分不符合；“×”表示完全不符合

2.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

3.減量空間之計算基礎為各廠 90 年度各污染源 VOCs 之推估排放量

表 4-19 VOCs 控制技術符合 BACT 狀況表(續)

| 工廠 | 製程別 | 污染源 | 污染物種 | 現行控制技術 | 是否符合 BACT 規範 | 減量空間 (ton/yr) |
|----|------------|------|------|--------------------|--------------|---------------|
| H | 油氣純化程序 | 設備元件 | 對二甲苯 | 無軸封及雙軸封泵浦 | △ | 0.11 |
| | | | 苯 | | | 0.70 |
| | | | 甲苯 | | | 0.39 |
| I | 馬林酞製造程序 | 排放管道 | 苯 | 洗滌塔 | ○ | -- |
| H | 重油脫硫程序 | 排放管道 | 苯 | 廢氣燃燒塔 | ○ | -- |
| J | 三聚甲醛化學製造程序 | 排放管道 | 甲醛 | 洗滌塔 (排放濃度<100 ppm) | ○ | -- |
| | | 設備元件 | 甲醛 | 無軸封及雙軸封泵浦 | △ | 0.26 |
| | 甲醛製造程序 | 設備元件 | 甲醛 | 無軸封及雙軸封泵浦 | △ | 2.24 |

註：1. “○”表示完全符合；“△”表示部分符合，部分不符合；“×”表示完全不符合

2.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

3.減量空間之計算基礎為各廠 90 年度各污染源 VOCs 之推估排放量

表 4-20.目標物種排放源製程減量分析

| 物種 | 類別 | 公私場所 | 製程 | 減量空間 (ton/yr) | 減量貢獻 比例(%) |
|------|----|------|-------------|------------------|---------------|
| 對二甲苯 | 管道 | D | 對苯二甲酸化學製造程序 | 0.15 | 0.0 |
| | 逸散 | H | 戊烷異構化程序 | 1.61 | 0.7 |
| | | | 媒組程序 | 3.14 | 1.4 |
| | | | 硫磺回收處理程序 | 0.94 | 0.4 |
| | | | 柴油加氫處理程序 | 0.60 | 0.3 |
| | | | 輕油分煉程序 | 1.09 | 0.5 |
| | | | 重油脫硫程序 | 2.94 | 1.3 |
| | | | 油氣純化程序 | 0.11 | 0.1 |
| 苯 | 逸散 | H | 戊烷異構化程序 | 10.49 | 0.8 |
| | | | 媒組程序 | 20.48 | 1.6 |
| | | | 硫磺回收處理程序 | 6.16 | 0.5 |
| | | | 柴油加氫處理程序 | 3.95 | 0.3 |
| | | | 輕油分煉程序 | 7.14 | 0.6 |
| | | | 重油脫硫程序 | 9.18 | 0.7 |
| | | | 油氣純化程序 | 0.70 | 0.1 |

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。

表 4-20.目標物種排放源製程減量分析(續)

| 物種 | 類別 | 公私場所 | 製程 | 減量空間 (ton/yr) | 減量貢獻 比例(%) |
|-----|----|------|-----------------|------------------|---------------|
| 甲苯 | 逸散 | H | 戊烷異構化程序 | 5.80 | 0.5 |
| | | | 媒組程序 | 11.33 | 1.0 |
| | | | 硫磺回收處理程序 | 3.14 | 0.3 |
| | | | 柴油加氫處理程序 | 2.10 | 0.2 |
| | | | 輕油分煉程序 | 3.80 | 0.3 |
| | | | 重油脫硫程序 | 3.16 | 0.3 |
| | | | 油氣純化程序 | 0.39 | 0.0 |
| 甲醛 | 逸散 | J | 三聚甲醛化學製造程序 | 0.26 | 1.3 |
| | | | 甲醛製造程序 | 2.24 | 11.5 |
| 氯乙烯 | 管道 | F | 聚氯乙烯化學製造程序 | 0.88 | 1.3 |
| | 逸散 | F | 聚氯乙烯化學製造程序 | 9.09 | 22.3 |
| | | G | 乙烯-丙烯共聚合物化學製造程序 | 8.19 | 20.1 |

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

五、結論

藉本計畫之執行，已成功地建立高雄都會區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。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。

在控制成本方面，問卷值與估算值之間的差異可能受到下列影響：

- 1.初設成本估算值中，並未加入整地費與建築費，造成估算值低估，產生誤差。
- 2.控制設備設置時間不同，造成幣值不一，使問卷中初設成本隨幣值變化，造成初設成本高低不一，產生誤差。
- 3.控制設備可能同時接於多項製程，造成防制設備初設成本偏高，使問卷值高估。

探討 91 年與 92 年間減量空間差異可能受到下列影響：

1. 排放量基準不一

91 年在排放量估算是以高雄都會區所有公私場所進行推估，92 年是針對高雄都會區六大行業進行推估，且排放量估算基準及參考資料因時間不同，導致 91 年與 92 年相同公司場所排放量不一如：A 廠 91 年甲苯排放量為 672 噸/年，92 年甲苯排放量為 224 噸/年。

2. 減量目標排放源及製程別差異

製程方面，因排放量不一致，選出製程 91 年與 92 年差異相當大，只有 A 廠重覆，其餘皆不相同。

3. 減量空間計畫基準不一

91 年減量空間共 1318 噸/年，其中管道方面佔 1148 噸/年，主要減量空間為 A 廠 621 噸/年及 V 廠 492 噸/年；92 年減量空間共噸/年，主要減量空間為 H 廠 98.52 噸/年及 F 廠 9.09 噸/年。91 年 A 廠減量計算是以該製程在最大操作條件下之排放資料為基準，該製程排放濃度大於 100ppm，故需裝設控制效率大於 95% 之防制設備所計算出之減量為 621 噸/年；92 年 A 廠減量計算是以檢測公司檢測該製程在一般操作條件下之排放資料為基準，所計算出該製程無減量空間。

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。