

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

子計畫一

不同污染源有機性有害空氣污染物
排放特徵與排放係數調查研究

(計畫編號：NSC 91-EPA-Z-242-002)

期末報告

計畫主持人：江鴻龍教授

共同主持人：許逸群教授

研究人員：熊錦華、邱聖峰、馬森義

執行單位：輔英科技大學環境工程衛生系

崑山科技大學環境工程系

中華民國九十二年四月

中文摘要

本研究主要乃彙整國內外有害空氣污染物相關研究及文獻，建立排放量推估方法，探討台灣地區排放源排放有機性有害空氣污染物(VOCs 部分)特徵，調查研究區域內污染源有機性有害空氣污染物(VOCs 部分) 排放清單。研究區域以因應 HAPs 管制需求迫切之高雄都會區為對象，以揮發性有機物為研究標的，發展計畫相關研究內容。掌握目前國內對污染源有害空氣污染物排放特徵資料。

固定源先行彙整相關研究報告，配合環保署空氣污染物之排放數據資料庫 (TEDS 4.2)，瞭解區域內排放量較大行業之相關製程，高雄縣/市固定源有機物排放行業中以石油煉製業、石油化工製造業、PU 合成皮、表面塗裝業、鋼鐵冶煉業及電子業等行業排放較大，製程逸散排放與管道排放皆極重要。移動源部分因不同車種（汽油車、機車與柴油車）間有機性有害空氣污染物(VOCs 部分)排放特徵頗具差異，經彙整 (TEDS 4.2) 數據資料庫，瞭解高雄縣/市移動源排放量較大 HAPs 成份為甲苯、苯、二甲苯、乙苯、苯乙烯，由汽油車所致排放均較二行程/四行程機車為高。

計算研究區域有機性 HAPs 排放量及有害權重強度，管道排放以甲苯、二甲苯、苯為主，逸散排放則為甲苯、苯、1,2-二氯乙烷。移動源排放以甲苯、苯、二甲苯為主，考量不同污染物有害權重強度後，以苯為主要標的的污染物。

考量排放量及有害權重因子後，高雄工業都會區固定源排放 HAPs 以環氧乙烷(大氣中易反應停留時間短，影響相對降低)、1,2-二氯乙烷、苯、甲醛、三氯乙烯、氯乙烷為主要污染物；移動源則以苯為最重要之有機性 HAPs。而高雄縣/市固定污染源 HAPs (VOCs 部分) 苯、1,2-二氯乙烷、環氧乙烷、甲醛、氯乙烷、三氯乙烯排放量依序為 235、190、183、115、92.5、90.3 ton/year。

移動污染源 HAPs(VOCs 部分) 甲苯、苯、二甲苯、乙苯、苯乙烯排放量依序為 2,541.7、1,217.8、1,117.4、346.4、339.6 ton/year。

關鍵字：有害空氣污染物、揮發性有機化合物、固定源、移動源、排放係數

英文摘要

The problems of air toxic emission and secondary air pollutants are concerned by the public. In Europe, America and Japan, the control of hazardous air pollutants (HAPs) is becoming an issue after the achievement of the criteria air pollutant control. The literatures of HAPs are comprehended in this study. Besides, the emission sources, speciation profile, localized emission factor, detailed list of HAPs are investigated. The investigative area focuses on the Kaohsiung industrial metropolitan and the VOCs are the target HAPs. Base on the literatures and the Taiwan Emission Data System (TEDS 4.2), we select the major VOC emission sources (i.e. oil-refining industry, petrochemical industry, PU synthetic leather and surface coating etc.) to survey the VOC emission factor and speciation profile.

The major HAPs emission sources are including oil-refining industry, petrochemical industry, PU synthetic leather, surface coating, steel refinery and electrical industry in the Kaohsiung metropolitan. In addition, the both of stack emission and fugitive emission are the important sources of HAPs. Furthermore, the emission of passenger car is higher than 2-stroke and 4-stroke motorcycle.

The major HAPs species are toluene (2542 ton/yr), benzene (1218 ton/yr), xylene (1117 ton/yr), ethylbenzene (346 ton/yr), and styrene (340 ton/yr) of mobile sources. For stationary sources, toluene, exylene and benzene emitted from stack and toluene, benzene and 1,2-dichloroethane emitted from fugitive sources.

To consider the hazardous weighting factor, benzene is the target HAP of mobile sources and benzene (235 ton/yr), 1,2-dichloroethane (190 ton/yr), formaldehyde (183 ton/yr), ethylene oxide (115 ton/yr), vinyl chloride (93 ton/yr) and trichloroethylene (90 ton/yr) are the target HAPs of stationary sources

Key words : hazardous air pollutants; volatile organic compounds; stationary source; mobile source; emission factor

子計畫一

「不同污染源有機性有害空氣污染物排放特徵與排放係數調查研究」

目錄

中文摘要	I
英文摘要	II
第一章 緒論	1
1-1 研究背景	1
1-2 研究目的	1
第二章 文獻回顧	3
2-1 固定源排放特徵	4
2-2 移動源排放特徵	6
第三章 研究方法	8
3-1 有害空氣污染物排放清單	8
3-2 固定源採樣分析方法	8
3-3 移動源採樣分析方法	8
1. 機車採樣方法	8
2. 汽車採樣方法	10
3. 車輛篩選	11
第四章 結果與討論	12
4-1 有機性有害空氣污染物排放量推估	12
4-1-1 高雄地區固定污染源排放量估算方法	12
1. TEDS4.2 資料處理	12
2. FIRE6.22 有機 HAPs 排放分率換算	13
3. 固定源有機 HAPs 排放量推估	13
4-1.2 高雄地區移動污染源排放量估算方法	13
1. 移動源排放量推估	13
2. 機車有機 HAPs 排放係數推估	14

3. 汽車有機 HAPs 排放係數推估 -----	14
4-1.3 計畫目標污染物篩選確認-----	15
4-2 固定源有機性有害空氣污染物特性 -----	15
1. 煙道採樣分析 -----	15
2. 固定源有機性 HAPs 排放清單-----	16
4-3 移動源有機性有害空氣污染物特性 -----	17
1. 汽/機車採樣分析 -----	17
2. 移動源有機性 HAPs 排放清單-----	17
4-4 有機性 HAPs 有害權重強度 -----	18
1. 固定源有機性 HAPs 有害權重強度-----	18
2. 移動源有機性 HAPs 有害權重強度-----	19
第五章 結論 -----	20

圖目錄

圖 3-2-1 煙道採樣現場示意圖	23
圖 3-3-1 機車採樣現場示意圖	24
圖 3-3-2 汽油車採樣示意圖	24
圖 4-1-1 固定源有機 HAPs 排放估算流程圖	25
圖 4-1-2 移動源有機 HAPs 排放估算流程圖	26

表目錄

表 4-2-1 10 處固定源排放管道有機 HAPs 檢測值與排放量結果-----	27
表 4-2-2 固定源煙道檢測值與 FIRE 模擬結果比較-----	30
表 4-2-3 高雄縣市前 50 大固定源有機性污染物排放清單(公噸/年)-----	32
表 4-2-4 高雄縣市前 50 大固定源有機性污染物排放清單(公噸/年)-----	33
表 4-2-5 高雄縣/市主要行業固定源有機性 HAPs 排放清單(ton/year)-----	34
表 4-3-1 汽油車廢氣污染物排放係數-----	35
表 4-3-2 機車廢氣污染物排放係數-----	35
表 4-3-3 汽油車引擎廢氣有機性 HAPs 排放係數(mg/km)-----	35
表 4-3-4 機車廢氣有機性 HAPs 排放係數(mg/km)-----	36
表 4-3-5 高雄都會區車輛有機性 HAPs 年總排放量-----	36
表 4-4-1 高雄都會區有機性 HAPs 有害權重強度-----	37

第一章 緒論

1-1 研究背景

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。國內環保署於民國 83 年公佈國內建議優先列管 30 種有害空氣污染物，並分為揮發性有機化合物(21 種)、重金屬(4 種)、酸氣(3 種)及其他(PAHs 及奈；2 種)等四類化學品，台灣地區目前已建立內含碳氫化合物排放數據之「台灣地區排放源資料庫」(Taiwan Emission Databases, TED 4)，但此項排放源資料庫並未包括碳氫化合物特徵組成資料，無法獲致細項有機性有害空氣污染物排放數據。因此，對有害空氣污染物之管制，仍有待基本資料之建構。

依環保署資料顯示臺灣地區民國八十六年污染源排放量貢獻比例 NMHC 主要來自工業表面塗裝佔 15%、工業製程佔 9%、工業溶劑使用佔 9%、汽油車佔 19%、機車佔 10%、營建施工佔 15%、商業消費佔 13%及其他佔 10%。此排放推估結果顯示固定源及移動源之 NMHC 排放量及排放特性皆應受重視。以台灣地區 NMHC 區位排放量分析北部佔 34%、高屏佔 20%、中部 19%、雲嘉南佔 17%；此結果顯示高屏地區 NMHC 污染排放之嚴重性，且其中約 84%排放集中於高雄都會區，因而調查建立高雄都會區有機性有害空氣污染物基本資料，為目前高屏空品區急切工作。

彙整國內有關有害空氣污染物調查資料顯示，目前資料大多以固定源產業特徵 HAPs 排放調查為主，相關文獻援引國外 SPECIATE 指紋估算固定源有機性 HAPs 排放量，亦存在排放係數指紋是否援用適當與正確等問題；而移動污染源有害空氣污染物排放亦僅具少數汽油車、柴油車、機車排放特徵資料，且移動源因不同車種間，有機性有害空氣污染物排放特徵頗具差異。因而本計畫之執行工作除補強固定污染源中有關有害空氣污染物之不足外，亦將針對目前資料較欠缺之移動源排放有機性有害空氣污染物特徵，建立較完善之排放資料與排放清單。污染源有機性有害空氣污染物排放量推估及排放清單建置、排放清單及排放量查驗為有害空氣污染物管制策略必要基本資料，亦彙整污染源排放特徵結構資料供控制技術減量(子計畫二)與管制策略(子計畫三)參考。

1-2 研究目的

1. 收集與解析國內外污染源排放有機性 HAPs 資料
2. 建構污染源排放量推估方法

3. 建置污染源有機性 HAPs (VOCs 部分) 排放清單
4. 篩選 VOCs 排放量大固定源並實測其排放特徵
5. 篩選受測汽/機車與動力計測試分析
6. 解析固定源有機性 HAPs (VOCs 部分) 特徵結構與排放係數
7. 解析移動源有機性 HAPs (VOCs 部分) 特徵結構與排放係數
8. 估算高雄都會區污染源 HAPs (VOCs 部分) 排放貢獻

第二章 文獻回顧

依據 1990 年美國空氣清淨法公告 189 種有害空氣污染物中，有機性 HAPs 佔有 70%之譜，97%有機性 HAPs 均為揮發性有機物。典型揮發性有機污染物排放源可分為人為排放源（固定源、移動源）及自然源（生物源、非生物源）兩大類。人為排放源多肇因於石化相關產業之製程及產品消費行為。援引國內環保署資料顯示，臺灣地區民國八十六年空氣防制方案污染控制減量後人為污染源 NMHC 總排放量中，固定源占 33%，其次為移動源占 31%、建築施工占 15%、商業消費占 13%，其他占 8%，國內外典型都市地區主要 VOC 排放源為固定源和移動源。

「台南縣有害空氣污染物調查分析研究報告」，有害空氣污染調查研究對象為碳氫化合物(HC)、O₃、VOCs 及氣象條件，其中參數可提供修正短期 O₃ 改善計畫之參考，本研究選擇有害空氣污染物揮發性有機化合物(VOCs)中之六項為主要監測目標：苯、苯乙烯、乙苯、甲苯、鄰二甲苯、間對甲苯。報告中指出揮發性有機化合物(VOCs)推估之排放總量苯為 3,937.1 公噸、甲苯為 6,319.8 公噸、鄰二甲苯為 1,169.9 公噸、間對甲苯為 3,906.8 公噸、對甲苯為 1,452.1 公噸。現場檢測 VOCs 方面，苯的濃度，甲苯濃度 11.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ~36.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；乙苯 (1.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ~7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)；間對甲苯 (0.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ~9.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)；鄰二甲苯 (1.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ~5.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)；苯乙烯 (0.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ~2.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)。

國外文獻方面，1996 年國際空氣品質與排放趨勢報告亦統計 1993 年排放資料，依全球排放量明列前二十名有害空氣污染物(Hazardous Air Pollutants, HAPs)排放，毒性物種皆為揮發性有機物，殊不見重金屬、酸性氣體、多環芳香烴等其它有害空氣污染物。該清單中雖以移動源道路排放 1,389,111 公噸/年之排放量為最大，但有機化學品製造、人造纖維、煉油、塑膠樹脂、聚氨酯(PU)合成、二羥基醇乾燥、鍋爐燃燒以及表面塗裝等固定源工業製程排放量，每年亦分別有數萬至數十萬公噸不等之排放量。

1989 年 Scheff 指出石油精煉業排放之 VOC 以烷烴類（乙烷、丙烷、丁烷、正己烷）、苯、甲苯、二甲苯為主，而汽車排放之 VOC 則以乙烯、丙烯、丁烷、戊烷、苯、甲苯、二甲苯為主；1986 年 Wadden 以飛機採樣收集東京上空 300~1500 公尺處之空氣樣品，再藉由受體模式分析發現，車輛排放廢氣所致 VOC 約佔區域性排放量 (7.0%)，汽油蒸發所致約佔(10.5%)，石化煉油排放佔(26.0%)，油漆溶劑揮發排放佔 (27.2%)，其餘排放源佔(0.93%)，可見典型之都會地區主要排放源多來自車輛和工廠排放。

美國環保署指出，1990 年全美國空氣污染物排放總量中，汽機車等交通工具排放 VOCs (Volatile Organic Compounds) 佔排放量(29%)、氮氧化物(NO_x)佔排放量(33%)、一氧化碳(CO)佔排放量(65%)。而汽機車排放之污染物更是佔都會地區人為排放污染總量之絕大部份。以舊金山地區而言，ROG (Reactive Organic Gas) 佔總排放量(38%)、NO_x 佔總排放量(58%)及 CO 佔總排放量(75%)。而台灣地區 86 年空氣污染物排放清單估算結果亦顯示，車輛排放部份在移動污染源中 NO_x 的貢獻量佔(49%)、NMHC 的貢獻量佔(36%)及 CO 的貢獻量佔(85%)。

1991 年 Dann 研究加拿大都會地區空氣品質發現其 VOCs 成份相對組成與美國都會區相當一致，反應出 VOCs 的主要貢獻來自於移動性污染源。1996 年 Scheff 以受體模式解析密西根州臭氧問題(SEMOS)時，發現底特律都會地區移動性污染源為其大氣主要 VOCs 排放源，其模式推估結果 NMHC 佔總量之(43~53%)，而固定源排放具間歇性且僅佔(20~29%)。

1991年Edwards曾對21家有機化學品製造工廠進行VOC排放調查分析，選擇之污染物為苯、甲苯、二甲苯、苯乙烯和總碳氫化合物，結果發現VOC排放量由製程尾氣排放所致者佔(53%)，逸散源排放佔(41%)，儲槽和負載操作平衡排放佔(5%)，溢出所致排放則小於(1%)。Edwards 亦援引加拿大之VOC排放目錄(Emission Inventory)指出，交通運輸污染源佔排放量(48.4%)，各種溶劑使用排放佔(27%)，工業製程排放佔(14%)，燃料燃燒排放佔(9.1%)，露天焚燒排放佔(1.1%)。

Dann (1992) 指出在美國全國性之致癌風險通常約有 35~55%係由揮發性有機物所致。而國內所初步建立之有害空氣污染物優先管制名單，列為前十名內者就有 5 項為苯環揮發性有機物包括：苯、苯乙烯、乙苯、甲苯、二甲苯等，其中除苯乙烯外，皆為常見且高濃度之汽機車排放物種。

2-1 固定源排放特徵

環保署 84 年「有害空氣污染物苯乙烯、三氯乙烯暨 1,2-二氯乙烷排放標準及管制規範研訂計畫」報告中指出，國內排放苯乙烯之行業別及排放量以塑、橡膠製造業最大，排放量 12,600 公噸/年，佔台灣地區總排放量 83%；其次為化學材料製造業，排放量 2,480 公噸/年，佔總排放量 16%，主要排放源為石化中游之石化原料製程排氣。三氯乙烯的主要排放行業為金屬製品製造業(50%)，其次是電子器材製造業(35%)及表面塗裝業(8%)，排放特性以溶劑清洗製程及表面塗裝製程排氣為主。1,2-二氯乙烷主要排放源為石化中游原料製造業，大部分由工廠儲槽或製程設備元件逸散，少部份(約

10%)為管道排放。

環保署 85 年「有害空氣污染物二甲基甲醯胺、酚、甲苯暨二甲苯排放調查及管制規範研訂計畫」報告，對國內生產此四種污染物之製造商進行年產能調查，結果指出於 1998 年時國內甲苯年產能為 92,600 公噸，二甲苯之年產則可達 969,200 公噸，二甲基甲醯胺年產能可達 50,000 公噸，酚年產能將達 230,000 公噸；甲苯為應用十分廣泛之化學溶劑，主要相關行業有電子半導體業、塗料與油漆製造業、PU 合成皮、塑橡膠業、染顏料業、加油站等；鄰二甲苯主要是製造鄰苯二甲酐，間二甲苯主要為生產間苯二甲酸，間苯二甲酸可用於聚酯樹脂及新尼龍纖維之製造，而對二甲苯主要為生產純對苯二甲酸，純對苯二甲酸是製造聚酯纖維的原料。產生二甲基甲醯胺之主要行業為 PU 合成皮及聚丙烯業；酚的主要應用是在酚醛樹脂生產(約 43%)，其次是丙二酚製造(約 30%)。

環保署 85 年「有害空氣污染物甲醇、 喃、甲酚、甲基異丁酮、醋酸丁酯、二硫化碳暨環氧乙烷排放調查及管制規範研訂計畫」針對以上七種有害空氣污染物研擬管制規範，報告中指出可能之污染來源為農藥業(甲醇)及清潔劑製造業(甲醇)、塑橡膠業(甲醇、甲基異丁酮、環氧乙烷)、表面塗裝業(甲酚、醋酸丁酯)、紙漿人造纖維業(二硫化碳、環氧乙烷)、石油化學業(甲醇、甲基異丁酮、醋酸丁酯)等。排放此七種有害空氣污染物之主要製程，甲醇主要來自醋酸製程(使用量 73,920 公噸/年)，甲酚主要用於漆包線塗裝製程(使用量 1,980 公噸/年)，甲基異丁酮主要使用在表面塗裝及 PVC 油墨製程(使用量 5,800 公噸/年)，醋酸丁酯主要來自表面塗裝及 PU 合成皮製程(使用量 1,600 公噸/年)，二硫化碳主要來自碳製造(10,440 公噸/年)，環氧乙烷主要來自乙二醇製程(使用量 130,000 公噸/年)， 喃國內無生產工廠。

石化業、表面塗裝、鋼鐵及金屬相關產業、燃燒源、電子業等相關產業及產品被認為是揮發性有機物主要固定污染源。援引臺灣地區民國八十六年空氣防制方案污染控制減量後人為污染源 NMHC 排放資料，固定源所致污染排放以工業製程、工業表面塗裝與工業溶劑使用為 VOC 重要排放源，分別占 NMHC 總排放量 9.3、14.2、8.8%。其中，工業製程以石化/煉油工業占 NMHC 總排放量 4.1% 為最多。石化工業為大氣環境 VOC 重要排放源，其可能由製程反應、燃燒、原料操作貯存、廢水及廢氣控制處理等單元排放，造成廠區內、周界及附近區域複雜空氣污染問題，甚至對大區域空氣品質造成影響。

國內蔡氏(1998)彙整並檢測 72 處南高屏地區 VOCs 排放量高之 ABS、聚氯乙

烯、壓克力樹脂、PU 合成皮、對苯二甲酸、環氧乙烷、乙二醇等相關製程煙道，結果顯示不同製程煙道排放 VOCs 特徵與濃度皆差異很大，與美國 AP-42 資料比較，國內製程 VOCs 排放係數多較 1996 年美國 AP-42 排放資料庫為低，部分製程 VOCs 特徵成份與 SPECIATE3.0 指紋資料庫頗具差異。

2-2 移動源排放特徵

Bailey (1990) 汽機車濃度測量方式與地點之差異，亦會對排放係數造成影響，對於不同地點之汽車 THC 排放係數實測值，和路旁及動力計實測值作一比較，研究中發現芳香族類排放係數較高物種為甲苯、間,對-二甲苯。

Seizinger 等(1991)研究燃油成份與觸媒對汽車排氣中苯與甲苯濃度影響發現，排氣中苯與甲苯的濃度與燃油中之含量呈高度相關，而觸媒對苯的去除效率約 74~95%，而對碳氫化合物之去除效率約 82~91%。美國南加州空品局在有害空氣污染物暴露研究 II 中指出，以固定監測及移動監測器進行採樣，將所採集之樣品進行分析，排放濃度較高之污染物種以甲苯、苯、二氯甲烷、及苯乙烯。

Schmitz 等人(2000)以 GC-FID 分析汽油及柴油車經 FTP-75 行車型態排氣中 VOC 廢氣組成，其結果顯示於汽油車中配有觸媒之車輛於冷起動、穩定態及熱起動 alkanes, alkenes, alkynes, aromatic, carbonyls, phenol 及 cresols 排放係數分別介於 5.47-130.2、0.38-62.63、0.04-21.00、2.92-250.81、3.59-12.26 與 1.54-1.66 mg/km。而未配有觸媒之汽油車於冷起動、穩定態及熱起動之排放係數 alkanes, alkenes, alkynes, aromatic, carbonyls, phenol 及 cresols 分別介於 567.6-661.87、291.71-344.27、77.32-139.12、975.62-1266.70、90.42-113.58 與 6.05-15.80 mg/km。柴油車於冷起動、穩定態及熱起動之排放係數 alkanes, alkenes, alkynes, aromatic, carbonyls, phenol 及 cresols 分別介於 5.16-8.23、20.23-44.35、4.15-8.83、4.56-9.14、17.07-25.67 與 1.49-1.61 mg/km。

Leong 等人(2002)探討曼谷地區來自機車污染源苯濃度及以動力計測試機車廢氣中苯濃度，其研究結果顯示非尖峰時段大氣苯濃度約 16.3-30.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，尖峰時段則介於 15.1-42.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之間。而經由動力計採樣分析苯濃度為 3.02-109.68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，且二行程機車排氣中苯濃度約為四行程濃度 5 倍。Hao 等人(2000)以 ISCST3 估算北京市區的污染源，結果顯示在 HC 化合物方面，轎車排放係數為 4.3 g/km、吉普車：6.2 g/km、迷你小車：5.7 g/km、貨車：9.5 g/km、汽車：29.6 g/km、機車：2.9 g/km。

Sawyer 等人(2000)探討美國 1995 年道路汽油車(汽車及貨車)、機車、柴油車(包括

柴油貨車及巴士)VOC 排放量分別為 1580、101、840 tpd；非道路車輛排放汽油車(休閒、遊憩設備)、柴油車(包括農業、建築、商業船舶、火車用途等)、飛機 VOC 排放量分別為 4790、690、600 tpd。不包括生物源美國地區 VOC 排放量約 60,000 tpd。

國內何氏(1999)曾研究汽油車及柴油車 VOC 排放特徵，其結果顯示汽油車中主要成分為 Toluene、Benzene、m,p-Xylene、1,2,4-Trimethylbenzene, 2-Methylpentane、Isopentane、Propylene 及 o-Xylene 等；而柴油車中 VOC 濃度遠低於汽油車，其主要成分為 1,3,4-Trimethylbenzene、1,3,5-Trimethylbenzene、Benzene、n-Nonane、Toluene、Ethylbenzene、m,p-Xylene 及 o-Xylene 等。

翁氏(1998)及劉氏(2000)調查機車引擎排氣 VOC 特性，結果顯示二行程機車排放量遠大於四行程，且舊車排放量大於新車。主要 VOC 成分為 Isopentane、2-Methylpentane、3-Methylpentane、Toluene，而醛酮類成分則以 Formaldehyde、Acetaldehyde 及 Acetone 為主。由汽、機車及柴油車 VOC 主要成分分析，其中確實有多種成分為目前環保署所優先列管之有害空氣污染物，因而更突顯移動源廢氣中有機性有害空氣污染物排放特徵建立之重要性。

第三章 研究方法

3-1 有害空氣污染物排放清單

研究主要乃彙整國內外有害空氣污染物相關研究及文獻，建立排放量推估方法，探討台灣地區排放源排放有機性有害空氣污染物(VOCs 部分)特徵，調查研究區域內污染源有機性有害空氣污染物(VOCs 部分)排放清單。研究區域以因應 HAPs 管制需求迫切之高雄都會區為對象，而揮發性有機物為研究標的，並發展計畫相關研究內容。參考國內對污染源有害空氣污染物排放特徵調查資料，以實測分析補充部分不足之污染源 VOCs 特徵與排放係數，逐步建構國內排放清單。

3-2 固定源採樣分析方法

固定源採樣分析法主要依 (88) 環檢字第 27670 號 NIEAA722.71B 「排放管道中氣態有機化合物檢測方法-採樣袋採樣之氣相層析法」。採樣方法係將檢測工廠排放煙道廢氣收集於 Tedlar 採樣袋後再送回實驗室以 GC/FID 分析廢氣有機成份，並求得各項有機物種類及濃度。如圖 3-2-1 所示。

3-3 移動源採樣分析方法

1. 機車採樣方法

(1)動力計操作

受測機車於國內機車製造廠商品管之動力計實驗室，定期進行動力計與分析儀器之保養與校正。實驗室的設備包括：：動力計主體(HORIBA MEXA-8320)、駕駛模擬螢幕、風場模擬系統、排氣稀釋系統、定容等比例採樣系統(HORIBA CVS-51S)及 THC、CO 和 NO_x 即時分析儀器(ONO SOKKI)。

車輛測試時乃由駕駛者依駕駛模擬螢幕指示行駛 ECE 行車型態，而行駛時風場模擬系統亦會依行駛速度模擬類似風場，採樣現場如圖 3-3-1 所示。採樣管線為一密閉管路，為模擬真實大氣環境排放，尾氣排放經稀釋系統後以文氏管等比例定容採集，並由 THC、CO 及 NO_x 監測儀器進行連續取樣分析。每次測試後亦會自動測試滾輪磨擦力以了解速度測值之正確性。

(2)排氣之測定

機車之尾氣採樣區分為兩個採樣系統，分別為機車排氣採樣及不同行車型態採樣。在機車排氣採樣部份乃將受測機車在 ECE 模式行駛期間之排氣以空氣定比例吸釋後，由文氏管定容等比例取樣至 Tedlar 採樣袋，於採樣完成後即刻抽取至監測儀器中分析其 CO、HC、NO_x 濃度。在不同行車型態採樣方面，依美國方

法 18 之組合型採樣袋採樣法將採樣袋裝置於兩組氣密性佳之採樣箱中，樣品可藉由泵浦將採樣箱中抽真空而將氣體吸入採樣袋中。

以三向閥控制不同行車型態（怠速、加速、等速、減速）排放之污染物分別或混合收集於採樣袋中，配合相關駕駛輔助器、車體動力計與實驗室的环境控制等設備，記錄排氣量等有關參數，並於現場分析其排放總碳氫化合物、NO_x 及 CO 濃度。因此，為配合動力計四次循環行駛流程並考量取樣之代表性，每部機車有 7 袋氣體樣品包括怠速、加速、等速、減速等 5 袋樣品(其中等速行車型態區分為時速 30 公里及 50 公里兩種等級)及整個循環採樣之一袋樣品和一袋空白樣品。

(3)採樣設備

本研究採用方法 18 之「組合型採樣袋採樣與分析之採樣方法」，將 Tedlar 採樣袋置於氣密性之剛性容器中，藉由泵浦將容器抽真空而將氣體吸入採樣袋中。使用採樣袋前需各以乾淨空氣及氮氣清洗採樣袋，並以真空泵浦抽出，視採樣袋狀況決定清洗次數。讓惰性氣體停留在採樣袋內 24 小時或更久時間，以便確認可能由採樣袋材質脫附生成之有機成份，並測試洩漏狀況。最後再以高靈敏度氣相層析儀分析內部可能存在之物質。而採樣管線皆以耐熱之鐵氟龍製成，並以不鏽鋼材質之連接頭串接，以避免機車排氣高熱產生之化學物質。

(4)機車測試前準備

進行機車污染排放測試前，受測機車毋需如汽車必須在 20°C 至 30°C 溫度下靜止停放 6 小時，但需做完必要檢查與記錄後方可直接進行測試。測試前，準備污染排放量測試系統，其主要包括車體動力計與廢氣取樣分析系統兩大部份，調整所須設備包括：定容取樣系統、廢氣分析系統、駕駛輔助器及車體動力計與實驗室的环境控制測試室，車輛啟動後依據行車型態週期連續行駛四次暖車，或以定速 50 kph 暖車至少 10 km 以上，並怠速 40 秒後，方進行測試。

(5)機車採樣流程

因機車廠商並無設備測量不同行車型態之排氣量，所以每輛檢測機車在進行 ECE 行車型態測試前將先測量該機車在不同定速下之平均轉速以求出機車行駛速度與轉速之關係曲線，配合各行車型態之平均速度與維持時間以換算成各行車型態下之排氣量。

進行 ECE 行車型態測試時，由動力計駕駛輔助器之顯示來改變行駛的狀態

與速度以進行四次 ECE 循環測試。因各行車型態每次持續時間皆只有數十秒時間，不足以採集足夠氣體以供分析，故每個樣品採樣將依行駛時間，採集兩個以上相同行車型態排氣。同時以兩組採樣設備輪流進行採樣，最後一個循環則以較低的流量進行整個循環採樣。採樣完將採樣袋置於不透光之黑色塑膠袋中，迅速帶回實驗室中以 GC/MS 分析。

2. 汽車採樣方法

參考國內行車型態測試規定與方法，以動力計模擬不同行車型態，依美國 FTP-75 方法，藉由採樣袋採集汽油車於三行車階段及各行車階段下不同行車型態之排放尾氣，以氣相層析儀與質譜儀定性定量解析各項有機污染物之特徵組成及濃度。

(1) 車體動力計簡述

測試用之汽車動力計為國內財團法人慶齡動力實驗室所提供，其為一經環保署確認合格之密閉式動力計實驗室，並定期進行動力計與分析儀器之保養與校正。實驗室的設備包括：動力計主體、駕駛模擬螢幕、風場模擬系統、排氣稀釋系統、定容等比例採樣系統及 THC、CO 和 NO_x 等分析儀器。

車輛測試時乃由駕駛者依駕駛模擬螢幕指示行駛 FTP-75 行車型態，而行駛時風場模擬系統亦會依行駛速度模擬類似風場，採樣現場如圖 3-3-2 所示。採樣管線為一密閉管路，為模擬真實大氣環境排放，尾氣排放經稀釋系統後以文氏管等比例定容採集，並由 THC、CO 及 NO_x 監測儀器進行連續取樣分析。每次測試後亦會自動測試滾輪磨擦力以瞭解速度測值之正確性，並分析實驗室之背景濃度以瞭解背景干擾並將其扣除。

我國有關機動車輛行車型態測試規定及方法，民國 79 年 7 月 1 日起汽車改依美國 FTP-75 測試方法及標準，機車仍以 ECE 測試。因此本研究以目前法規訂定之美國 FTP-75 方法作為研究測試之行車型態。

(2) 採樣時段之選擇

車輛測試前需放置 12~36 小時以上，實驗室溫度保持 20-30°C，全程測試時間為 2,477 秒，相當行駛里程為 17.48 公里，平均車速 34.1 km/hr，最高車速為 91.2 km/hr。

(3) 引擎排氣之測定

採樣方式為將收集預做 THC、CO 及 NO_x 分析儀測定的 25 升採樣袋，待完成測定後，依美國方法 18 之組合型採樣袋採樣法將採樣袋裝置於密閉性佳採樣

箱中，樣品可藉由泵浦將採樣箱中抽成負壓而將 25 升採樣袋中氣體收集至 3 升採樣袋中，此部份樣品來自於稀釋系統之後，所有樣品均經過約 8~30 倍左右的稀釋。VOCs 樣品來自於稀釋系統之前，因此樣品並沒有經過稀釋。採樣完成後將採樣袋置入黑色不透光塑膠袋，迅速帶回實驗室中以 GC/MS 進行分析。

(4)採樣設備

①採樣袋：採用美國SKC公司出品之3升採樣袋。

採樣袋之清洗：將採樣袋置於烘箱以70°C加熱，再以惰性氣體(氮氣)清洗採樣袋，清洗次數視採樣袋污染狀況而決定，一般約30次左右。之後讓氮氣停留在採樣袋內24小時進行測漏，然後以GC/MS做空白分析，以測定內部可能存在之污染物，直至採樣袋乾淨為止。

②真空箱：採用美國SKC公司出品之真空箱。

(5)採樣程序

①將採樣袋置於真空箱中，真空箱關閉後，箱子內與外界呈隔離狀態。

②再以鐵弗龍軟管連接泵浦與真空箱之VACUUM孔。

③啟動已流量校正過之泵浦，環境之空氣由真空箱之SAMPLE孔進入採樣袋；採樣結束後關閉泵浦，將採樣袋進氣口關閉後，並將其收藏於黑色塑膠袋內。

3. 車輛篩選

(1)機車篩選

本研究選擇均符合第三期排放標準之機車（均為民國 87 年以後出廠），規劃時考慮引擎型式、已行駛里程數及較常見之機車車型等特性參數，挑選出 15 部機車進行動力計實驗，探討機車在實際環境中排放揮發性有機物之情形。

(2)汽油車篩選

本研究亦篩選七輛經由遙測所得的車輛進行車體動力計實驗，以瞭解汽油車排放有機性有害空氣污染物(VOCs 部份)之排氣特徵與排放係數，估算其 VOCs 排放量，建置移動污染源有機性有害空氣污染物排放清單。

第四章 結果與討論

4-1 有機性有害空氣污染物排放量推估

固定源部份，高雄都會區排放管道，固定源有機性 HAPs 排放量推估方法架構，為參考現行污染源排放資料庫數據，配合 SCC Code 及細項有機污染物排放分率換算，建構固定源有機 HAPs 排放清單。為瞭解固定源有機性 HAPs 排放係數現況，確認排放清單之正確性，本研究亦抽樣採集具代表性排放管道有機性 HAP 樣品，獲致其排放特徵資料，估算固定源有機性 HAPs 排放現況，建置高雄都會區具代表性固定源排放有機性 HAPs 實測資料。

固定源有機 HAPs 排放清單乃參考 TEDS4.2 資料庫及高雄縣/市固定污染源管制計畫之 THC 定檢數據，援引污染源分類碼 (Source Classify Code) 及行業別資料，彙整單一工廠排放管道與製程逸散之 THC 排放資料，配合 FIRE6.22 載錄細項有機污染物排放係數之分率換算，估算單一工廠之管道排放與製程逸散有機 HAPs 排放量，固定源有機 HAPs 排放量估算建構流程如圖 4-1-1。

移動源部份，由 TEDS4.2 資料彙整高雄都會區不同道路移動源 THC 排放量後，再依據汽油車及機車(分二行程及四行程)引擎廢氣分析中揮發性有害空氣污染物與 THC 之比例，再將各道路不同移動源 THC 排放量乘以揮發性有害空氣污染物與 THC 比值，將可獲得各道路不同移動源揮發性有害空氣污染物排放量。移動源有機 HAPs 排放量估算建構流程如圖 4-1-2。

4-1-1 高雄地區固定污染源排放量估算方法

參考 TEDS4.2 資料庫及高雄縣/市固定污染源管制計畫載錄 THC 排放及定檢數據，配合援引前述 SCC Code 及 FIRE6.22 所篩分計算目標固定源細項有機污染物排放係數之換算分率，估算單一工廠之管道排放與製程逸散有機 HAPs 排放量後，彙集研究區域 THC 排放前 50 大工廠之有機 HAPs 排放清單。推估計算步驟如下：

1. TEDS4.2 資料處理：

首先將 TEDS4.2 固定源管制編碼為 E4600043-E5603735 (高雄市)及 S1500032-S3700030 (高雄縣)兩千餘座工廠資料選出。依資料中 THC 排放數據加以排序，配合高雄縣/市固定污染源管制計畫之 THC 定檢數據，建置固定源碳氫化合物排放清單。其次，配合 TEDS4.2 所載錄污染源、管道、製程編碼等相關資料，彙編單一工廠管道排放與製程逸散之 THC 排放量。

2. FIRE6.22 有機 HAPs 排放分率換算：

彙整前述 TEDS4.2 所載錄高雄縣/市固定源製程污染源分類碼及行業別資料，援引 FIRE6.22 排放資料庫，載錄所有 SCC Code 之污染物排放係數，進而篩分細項有機污染物排放係數，換算有機污染物排放分率。為確認篩分步驟及有機污染物排放分率之正確性，分率換算前，亦將細項有機污染物排放係數加總，並與 FIRE6.22 所載錄該項 SCC Code 之總有機化合物（TOC）排放係數加以比對。

3. 固定源有機 HAPs 排放量推估：

援引步驟（2）所彙整 FIRE6.22 有機 HAPs 排放分率資料，依據個別工廠相關製程之 SCC Code，配合步驟（1）所彙編單一工廠管道排放與製程逸散之 THC 排放量，彙整單一工廠有機 HAPs 管道排放與製程逸散量，建置研究區域 THC 排放前 50 大工廠之有機 HAPs 排放清單。

4-1-2 高雄地區移動污染源排放量估算方法

將 TEDS4.2 資料庫中高雄都會區（高雄縣+高雄市）之 HC 及 NMHC 數據加總計算，得知各道路別之 THC 排放量，再以 HAPs 物種在總 VOCs 中所佔比例與 THC 排放量相乘，便求得各 HAPs 物種之排放量。

1. 移動源排放量推估

(1)HAPs 資料處理：(TEDS4.2)

- 首先將 TEDS4.2 資料中 DICT 編碼為 0201-0211(高雄市)及 4201-4227(高雄縣)資料選出。
- 將二行程機車、四行程機車、汽油自用小客車、汽油計程小客車資料分別集中處理。
- 將二行程機車、四行程機車、汽油自用小客車、汽油計程小客車資料中 HC 及 NMHC 數據加總。
- 再將 HC 及 NMHC 加總之數據以道路別統計(此時所得數據為各道路別之 THC 排放量)。

(2)HAPs 資料處理：(排放係數)

- 將汽（機）車所排放之廢氣 VOCs 物種以表列出。
- 將汽（機）車 VOCs 各物種之排放係數加總（VOCs 排放係數）。
- 單一物種排放係數/VOCs 排放係數。

- VOCs 排放係數/THC 排放係數。
- (單一物種排放係數/VOCs 排放係數) × (VOCs 排放係數/THC 排放係數) × (THC 排放量) = 該物種之年排放量。

2. 機車有機 HAPs 排放係數推估

於不同行車階段，依 Method18 之「組合型採樣袋採樣與分析法」進行機車廢氣採樣，由於採樣袋所收集氣體為機車引擎直接排氣，故無需針對背景濃度值做修正，其排放係數計算公式如下：

$$E.F. = (C_i \times V_i) / D_i$$

其中 E.F. 為不同行車階段之 VOCs 排放係數 (mg/km)，

C_i 為不同行車階段之 VOCs 排放濃度 (mg/m³)，

V_i 為不同行車階段在 298K，101.33kPa 之標準狀況下排氣體積 (m³)，

D_i 為每一不同行車階段之行駛距離 (km)。

3. 汽車有機 HAPs 排放係數推估

(1) 單一行車階段及各行車階段不同行車型態下之計算

$$V = Q \times T / D$$

$$E = m \times V$$

$$EF = E / L$$

其中 V 為各行車階段或型態下廢氣體積 (Nm³)，Q 為定容流量 (Nm³/min)，T 為各行車型態下時間 (min)，D 為稀釋倍數，E 為排放量 (mg VOCs)，m 為 VOCs 濃度 (mg / Nm³)，EF 為排放係數 (mg VOCs / km)，L 為模擬行駛里程數 (km)。

(2) 單一車輛之計算

依據美國 FTP-75 行車型態之規定，單一車輛之排放濃度及係數計算是由各行車階段經加權後而求得，其計算方式如下：

$$M = (0.43 \times P1 + P2 + 0.57 \times P3) \div (0.43 \times V1 + V2 + 0.57 \times V3)$$

$$EF = (0.43 \times P1 + P2 + 0.57 \times P3) \div (0.43 \times L1 + L2 + 0.57 \times L3)$$

其中 M 為排放濃度 (g VOCs / Nm³)，EF 為排放係數 (g VOCs / Km)，P1 為 phase-1 排放量 (g VOCs)，P2 為 phase-2 排放量 (g VOCs)，P3 為 phase-3 排放量 (g VOCs)，V1 為 phase-1 廢氣體積 (Nm³)，V2 為 phase-2 廢氣體積 (Nm³)，V3 為 phase-3 廢氣體積 (Nm³)，L1 為 phase-1 模擬行駛里程數 (km)，L2 為 phase-2 模擬行駛里程數 (km)，L3 為 phase-3 模擬行駛里程數 (km)。

4-1-3 計畫目標污染物篩選確認

依據前述高雄縣/市固定源及移動源有機性 HAP 排放量估算，配合環保署建議優先列管有機性 HAPs 之環境空氣限值，以「有害權重強度」評量研究區域各項有機化合物之健康風險。「有害權重強度」計算公式為：

$$\text{有害權重強度} = \text{單一有機性 HAPs 排放量} / \text{該有機性 HAP 環境空氣限值}$$

經統計估算污染源特徵有機性 HAPs 之有害權重強度，分別篩選固定源及移動源之目標有機性 HAPs，並彙整污染源行業別、排放特徵、車行里程等相關資料，提供控制減量（子計劃二）及風險評估（子計劃三）參考。

4-2 固定源有機性有害空氣污染物特性

1. 煙道採樣分析

煙道檢測名單乃依循前述高雄縣/市固定源 THC 排放前 50 大工廠名單，配合環保署及高雄市執行固定污染源管制計畫，篩選 10 處煙道 THC 檢測作業名單，並規劃執行單一 VOCs 採樣分析，目前已完成 10 處固定源排放管道檢測及 VOCs 特徵濃度解析。固定源 10 處煙道採樣分析結果摘錄如表 4-2-1。

在檢測數據中發現電子、半導體類工廠排放有機性有害空氣污染物，以甲苯的量為最高，依序為二甲苯、苯、苯乙烯、乙烯，但在考量環境限值後，進行有害權重強度的計算，結果二甲苯的有害權重強度為最高，依序為甲苯、乙苯、苯乙烯、苯。表面塗裝業方面，以甲苯排放量最大，依序為二甲苯、苯乙烯、乙苯、苯，考量環境限值後，其有害權重強度依序為二甲苯、苯乙烯、甲苯、乙苯、苯。油漆化學製程方面，以二甲苯排放量最高，依序為苯乙烯、甲苯、乙苯、苯，而有害權重強度亦以二甲苯最高，第二為苯乙烯，依序為乙苯、甲苯、苯。

參考國內過去有關高雄縣/市固定源 THC/VOCs 固定源排放管道檢測數據，比較 6 處煙道有機性 HAP 檢測排放值與 TED/FIRE 模擬結果如表 4-2-2。其中前 3 處為石化工業排放管道檢測值與 TED/FIRE 模擬結果，無論有機性 HAP 特徵成分及其排放量皆具差異，部分管道（如表 4-2-2 序號 3）甚至會因 FIRE 資料庫未具該製程 SCC 之污染物排放數據，造成有機性 HAP 排放量無法模擬。就特徵污染物而言，實測結果之 VOCs 特徵成分數目較 FIRE 模擬成分為多，此與石化工業相關製程複雜，原物料種類及純度有關；但 FIRE 模擬之重要排放物種（如序號 2 之 PU 皮製造程序之甲苯、丁酮）與實測相同，顯示 FIRE 模擬結果實具一定代表性。此外，如同排放量推估時所推測般，序號 1 環氧乙烷製程排放管道檢測結果 THC 檢測值

雖具高值，但 VOCs 檢測結果卻未見環氧乙烷排放，顯示多數環氧乙烷於排放時已分解，其危害性已大幅降低。

相較於石化工業之有機性 HAP 檢測模擬結果，表面塗裝、油漆化學製程等原料及製程複雜度不高之製程，其排放管道檢測值與 TED/FIRE 之定性定量模擬結果就較為一致（如表 4-2-2 序號 4、5、6）。綜合上述結果顯示原物料及製程複雜程度對 TED/FIRE 模擬結果影響甚鉅，不過，若 SCC 分類碼使用正確，FIRE 對製程重要有機性 HAP 物種定性模擬具一定代表性。

2. 固定源有機性 HAPs 排放清單

彙整高雄縣/市前 50 大工廠有機化合物排放量資料如表 4-2-3，前 50 大有機污染物排放量為 16,870 公噸/年，其中，管道排放與製程逸散之有機污染物排放量分別為 5,178、11,692 公噸/年，分別佔前 50 大總排放量 31% 及 69%。依據有機污染物排放量，分析研究區域重要特徵行業及其有機污染物排放量依序為鋼鐵冶煉業（4,842 公噸/年）、石油煉製業（4,168 公噸/年）、石油化工製造業（2,314 公噸/年）、PU 合成皮（2,194 公噸/年）、表面塗裝業（1,461 公噸/年），五行業 14,478 公噸/年，佔前 50 大總排放量之 86%。其餘如合成樹脂及塑膠製造業亦達 529 公噸/年，而電子業僅具 110 公噸/年。解析五行業有機污染物排放特徵顯示，鋼鐵冶煉業、石油煉製業有機污染物排放 90% 以上皆源自製程逸散；PU 合成皮 90% 以上來自管道排放；石油化工製造業 67% 源自製程逸散，33% 來自管道排放；表面塗裝業 15% 源自製程逸散，85% 來自管道排放。

彙整前 50 大工廠單項有機化合物排放量如表 4-2-4，其中，排放量特徵物種依序為甲烷（5,374 公噸/年）、甲苯（1,780 公噸/年）、二甲苯（429 公噸/年）、苯乙烯（238 公噸/年）、丁二烯（236 公噸/年）、苯（235 公噸/年）、1,2-二氯乙烷（190 公噸/年）、環氧乙烷（183 公噸/年）、甲醛（115 公噸/年）。另環保署建議優先列管有機性 HAPs 之排放量分別為氯乙炔（92.5 公噸/年）、三氯乙炔（90.3 公噸/年）、二甲基甲醯胺（59.0 公噸/年）、酚（10.3 公噸/年）。前述鋼鐵冶煉業 THC 排放量雖為行業別中最大，但因其 85% THC 排放為甲烷，故其有害程度不高；其次，甲苯多為 PU 合成皮所貢獻，達 1,780 公噸/年，其餘 30% 由石油煉製業及表面塗裝業等製程排放；而二甲苯排放貢獻較為多元，41% 為表面塗裝業所貢獻，25% 為 PTA 製程所排放，23% 源自石油煉製業所逸散，其餘則零星分佈於其他石油化工製造業、合成樹脂及塑膠製造業等相關製程；另外，丁二烯、苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙炔、

氯乙烯等有機化合物，其 80%以上之排放量亦源自石油化工製造業或石油煉製業單一製程所貢獻，如丁二烯由丁二烯化學製程排放；苯主要由芳香烴製程所逸散；1,2-二氯乙烷、氯乙烯由氯乙烯製程逸散、三氯乙烯由聚氯乙烯製程所排放。表 4-2-5 彙整高雄市固定源 HAPs 排放主要行業為石油化學相關產業包括：塑膠、皮製品、石油化業、石油煉製、表面塗裝業、煉鋼及電子業。

4-3 移動源有機性有害空氣污染物特性

表 4-3-1 說明新、使用中及高污染汽油車引擎廢氣中 THC、CO、NO_x 及 51 種 VOC 排放係數，其中 THC 排放係數為介於 0.15-2.39g/km 之間，CO 排放係數為介於 1.11-17.3 g/km 之間，NO_x 排放係數為介於 0.06-2.14 g/km 之間，而 51 種 VOCs 之排放係數則介於 82.5-1111 mg/km 之間。此結果顯示車齡高、少維修保養之車輛確實造成大量之空氣污染物排放。

表 4-3-2 表示機車引擎廢氣中 THC、CO、NO_x 及 48 種 VOC 排放係數，其中二行程新車 THC、CO、NO_x 及 48 種 VOC 排放係數分別為 0.91、1.01、0.03 及 0.31 g/km；四行程新車空氣污染物排放係數 THC 為 0.36 g/km、CO 為 1.70 g/km、NO_x 為 0.19 g/km 及 48 種 VOC 為 0.34 g/km。二行程舊車廢氣中 THC、CO、NO_x 及 48 種 VOC 排放係數分別為 2.29、4.86、0.004、1.48 g/km。四行程舊車空氣污染物排放係數 THC 為 0.67 g/km、CO 為 4.85 g/km、NO_x 為 0.16 g/km 及 48 種 VOC 為 0.43 g/km。

由機車引擎排氣分析結果顯示，二行程機車 THC 排放係數遠高於四行程機車；但由於四行程引擎之燃燒效率提升卻也成 NO_x 排放係數高於二行程。車齡引擎劣化造成舊車之排放係數遠高於新車。

1. 汽/機車採樣分析

汽機車檢測部分，目前完成 6 部汽/機車之廢氣檢測，其中機車 VOCs 特徵濃度解析，CO 排放係數介於 2.99-4.60 g/km 之間，HC 排放係數介於 0.39-0.66 g/km 之間，NO_x 排放係數介於 0.12-0.26 g/km 之間，有機性 HAPs 物種苯、甲苯、苯乙烯、間、對-二甲苯、乙苯及鄰-二甲苯二行程舊車排放濃度分別為 2,110.0 μg/m³、13,421.1 μg/m³、108.1 μg/m³、1,072.8 μg/m³、687.9 μg/m³ 及 1,012.3 μg/m³；四行程新車排放濃度分別為 6,376.4 μg/m³、19,925.6 μg/m³、953.9 μg/m³、1,433.4 μg/m³、961.4 μg/m³ 及 1,104.1 μg/m³。

2. 移動源有機性 HAPs 排放清單

汽車及機車引擎排氣中揮發性有害 HAPs 主要為 Benzene、Toluene、

Ethylbenzene、m,p-Xylene、Styrene 及 o-Xylene 等六種。

表 4-3-3 表示汽油車引擎廢氣中 51 種 VOCs 之排放係數，其中六種有機性 HAPs 排放係數 Benzene、Toluene、Ethylbenzene、m,p-Xylene、Styrene 及 o-Xylene 分別為 6.5 mg/km、12.6 mg/km、2.0 mg/km、4.9 mg/km、0.1 mg/km、2.7 mg/km。因柴油車廢氣中所含 VOC 平均濃度 ($340.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 遠低於汽車 ($92.4 \text{mg}/\text{m}^3$) 及機車 ($71.5 \text{mg}/\text{m}^3$)，因此不列入討論。由於 HAP 與 THC 係數比值關係與 TEDS4.2 中所獲得之高雄都會區各道路車種 THC 排放量，求取各道路車種 Benzene、Toluene、Ethylbenzene、Xylene 及 Styrene 五種有機性 HAPs 排放量。

表 4-3-4 為機車廢氣中六種有機性 HAPs 排放係數，其結果顯示二行程新/舊機車引擎廢氣中 Benzene、Toluene、Ethylbenzene、m,p-Xylene、Styrene 及 o-Xylene 分別為 13.5/57.4、28.4/139、2.9/12.0、3.5/14.4、0.4/1.4 及 2.7/13.2 mg/km；四行程新/舊機車引擎廢氣中 Benzene、Toluene、Ethylbenzene、m,p-Xylene、Styrene 及 o-Xylene 分別為 14.1/20.4、31.7/61.0、3.1/5.5、4.0/7.7、0.4/0.6 及 3.0/6.0 mg/km。結果顯示新機車廢氣中有機性 HAPs 排放係數，二、四行程差異不大。但舊機車中二行程之排放係數則大於四行程。

表 4-3-5 說明高雄都會區移動源苯、甲苯、乙苯、二甲苯、苯乙烯年排放總量依序為 1,217.8、2,541.7、346.4、1,117.4、339.6 噸。

4-4 有機性 HAPs 有害權重強度

1. 固定源有機性 HAPs 有害權重強度

依據環保署建議優先列管有機性 HAPs 之環境空氣限值，以「有害權重強度」評量各項有機化合物之健康風險。確認高雄縣/市污量與有害潛勢較大之有機性 HAPs 及其相關製程。分析高雄縣/市前 50 大固定源各有機性 HAPs 之「有害權重強度」顯示，環氧乙烷之有害權重強度最高達 $627 \times 10^{11} \text{m}^3/\text{day}$ ，其次依序為氯乙炔 ($253 \times 10^{11} \text{m}^3/\text{day}$)、1,2-二氯乙烷 ($130 \times 10^{11} \text{m}^3/\text{day}$)、苯 ($67 \times 10^{11} \text{m}^3/\text{day}$)、甲醛 ($39.6 \times 10^{11} \text{m}^3/\text{day}$)、三氯乙炔 ($6.32 \times 10^{11} \text{m}^3/\text{day}$)、氯乙炔 ($253.0 \text{m}^3/\text{day}$)。環氧乙烷排放量雖僅為高雄縣/市有機化合物總排放量 1.1%，惟其環境空氣限值 ($0.008 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 甚低，致使有害權重強度遠高於其他成分，權重強度排名明顯超前，但考量基於大氣中反應性、停留時間遠低於一般持久性之有機性之有害空氣污染物，致使其影響程度降低，氯乙炔、1,2-二氯乙烷、苯、甲醛、三氯乙炔皆屬相同情形；而甲苯排放量雖高達 1,780 公噸/年，因其環境空氣限值 ($400 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 較高，故固定源排放甲

苯之有害權重強度僅為 $0.1 \times 10^{11} \text{ m}^3/\text{day}$ ，二甲苯亦屬相同情形，有害權重強度僅為 $0.002 \times 10^{11} \text{ m}^3/\text{day}$ 。高雄縣/市固定源排放特徵有機性 HAPs 之有害權重強度及其對應之環境空氣限值如表 4-4-1。

2. 移動源有機性 HAPs 有害權重強度

根據環保署建議優先列管之有機性 HAPs 之環境空氣限值 (AALG)，將以「有害權重強度」評量各項有機性 HAPs 之健康風險。分析高雄都會區移動源之五種有機性 HAPs 之「有害權重強度」顯示，苯之有害權重強度最高達 $352 \times 10^{11} \text{ m}^3/\text{day}$ ，其次依序為甲苯 ($0.18 \times 10^{11} \text{ m}^3/\text{day}$)、乙苯 ($0.0096 \times 10^{11} \text{ m}^3/\text{day}$)、二甲苯 ($0.006 \times 10^{11} \text{ m}^3/\text{day}$)、苯乙烯 ($0.0094 \times 10^{11} \text{ m}^3/\text{day}$)。因而可確認苯為高雄都會區移動源排放最重要之有機性 HAPs。高雄都會區移動源源排放特徵有機性 HAPs 之有害權重強度及其對應之環境空氣限值如表 4-4-1。

第五章 結論

1. 高雄縣/市固定污染源 HAPs (VOCs 部分) 苯、1,2-二氯乙烷、環氧乙烷、甲醛、氯乙烯、三氯乙烯排放量依序為 235、190、183、115、93、90 ton/year。
2. 高雄縣/市移動污染源 HAPs 排放量甲苯、苯、二甲苯、乙苯、苯乙烯排放量依序為 2542、1218、1117、346、340 ton/year。
3. 高雄縣/市移動源排放量較大 HAPs 成份為甲苯、苯、二甲苯、乙苯、苯乙烯，由汽油車所致排放量較機車為高。
4. 高雄縣/市固定源有機性 HAPs 主要排放以石油煉製業、石油化工製造業、PU 合成皮及表面塗裝業、煉鋼、電子等主要行業排放較大，製程逸散排放與管道排放皆極重要。
5. 考量排放量及有害權因子後，高雄工業都會區固定源排放 HAPs 以環氧乙烷、1,2-二氯乙烷、苯、甲醛、三氯乙烯、氯乙烯為主要污染物；移動源則以苯為最重要之有機性 HAPs。

參考文獻：

1. 翁閔政，1998，“機車排氣之揮發性有機特徵及光化反應性研究”，國立成功大學環境工程研究所碩士論文。
2. 環保月刊 90/12 月號 / 工研院化工所，1998，“行業(十二項製程)有害空氣污染物管制標準研訂”，行政院環境保護署委託研究期末報告(EPA-87-FA14-03-86)。
3. 何文淵，1999，“汽油車引擎廢氣揮發性有機成分及光化反應潛勢”，國立成功大學環境工程研究所碩士論文。
4. 許逸群，2000，“臭氧高濃度區揮發性有機物特徵與排放源關聯性研究”，國立成功大學環境工程研究所博士論文。
5. 劉育穎，2001，“機車排放醛酮類化合物特徵與光化反應性研究”，國立成功大學環境工程研究所碩士論文。
6. 行政院環保署，2001，“空氣排放量清冊更新管理及環境耗損推估計畫”。
7. 台南縣環保局，1997，“台南縣有害空氣污染物調查分析研究”。
8. 行政院環保署，1996，“有害空氣污染物二甲基甲醯胺、酚、甲苯暨二甲苯排放調查及管制規範研訂計畫”。
9. 行政院環保署，1995，“有害空氣污染物苯乙烯、三氯乙烯暨 1,2-二氯乙烷排放標準及管制規範研訂計畫”。
10. 行政院環保署，1996，“有害空氣污染物甲醇、 喃、甲酚、甲基異丁酮、醋酸丁酯、二硫化碳暨環氧乙烷排放調查及管制規範研訂計畫”。
11. Bailey J. C., Schmidl B., and Williams M. L. ,1990, “Speciated Hydrocarbon Emissions from Vehicles Operated Over the Normal Speed Range On the Road ” ,Atmospheric Environment ,Vol.24A ,No.1 ,P43-52.
12. Dann, T.and Wang, D.,1992,“Volatile organic compound measurements in Canadian urban and rural areas : 1989-1990.”85th Annual Meeting,A & WMA, Missouri..
13. Jiming Hao, Dongquan He, Ye Wu, Lixn Fu, Kebin He,2000,“A study of the emission and concentration distribution of vehicular pollutants in the urban area of Beijing Atmospheric environment 34 p453-465.
14. Leong, S. T., Muttamara, S., Laortanakul, P., 2002, Influence of Benzene Emission from Motorcycles on Bangkok Air Quality, Atmos. Environ. 36, 651-661.

15. SCAQMD 「 Multiple Air Toxics Exposure Study II 」 source,1999,http :
//www.aqmd.gov/matesiidf/matestoc.htm.
16. Scheff P. A., Porter J. A., and Doskey P. V. ,1991, “Improvement of VOC Source Fingerprints for Vehicles and Refineries” , the 84th Annual Meeting & Exhibition of the Air & Waste Management Association ,British Columbia.
17. Sawyer, R. F., Harley, R.A., Cadle, S. H., Norbeck, J.M., Slott, R., Bravo, H. A.,2000 ,Mobile Sources Critical Review : 1998 NARSTO Assessment, Atmos. Environ. 34, 2161-2181.56456.
18. Schmitz, T., Hassel, Weber, F. J.,2000, Determination of VOC-components in the Exhaust of Gasoline and Diesel Passenger Cars, Atmos. Environ. 34, 4639-4647.

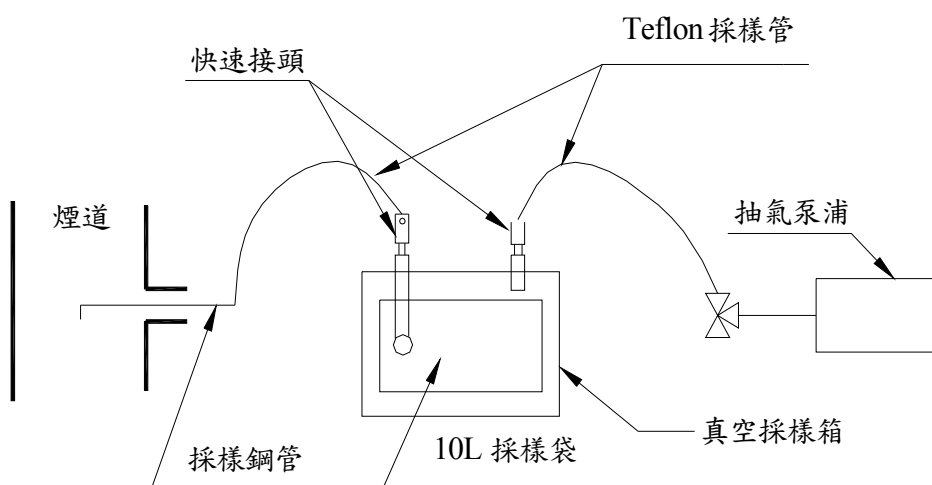


圖 3-2-1 煙道採樣現場示意圖

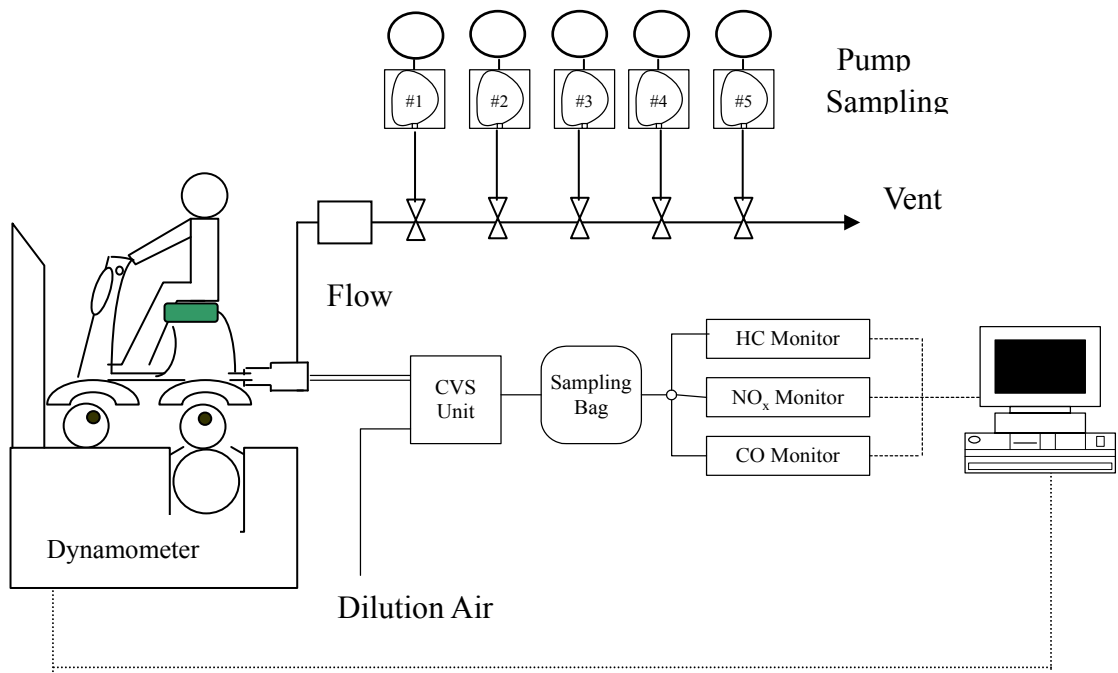


圖 3-3-1 機車採樣現場示意圖

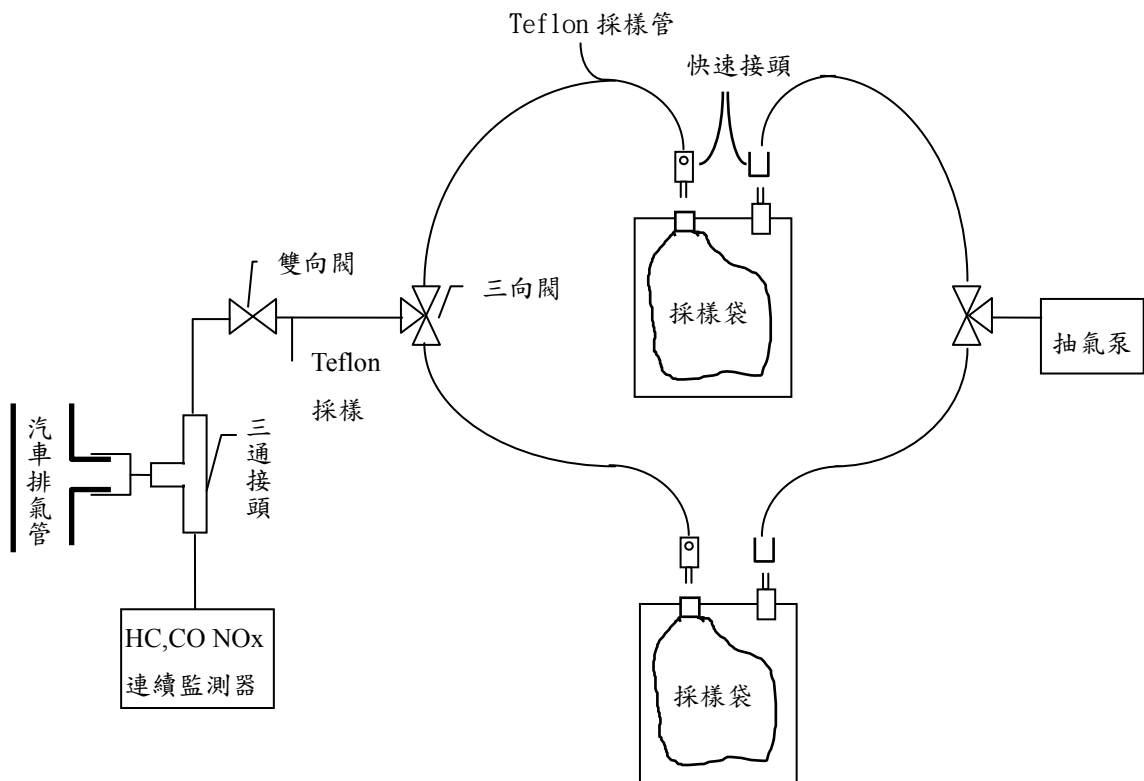


圖 3-3-2 汽油車採樣示意圖

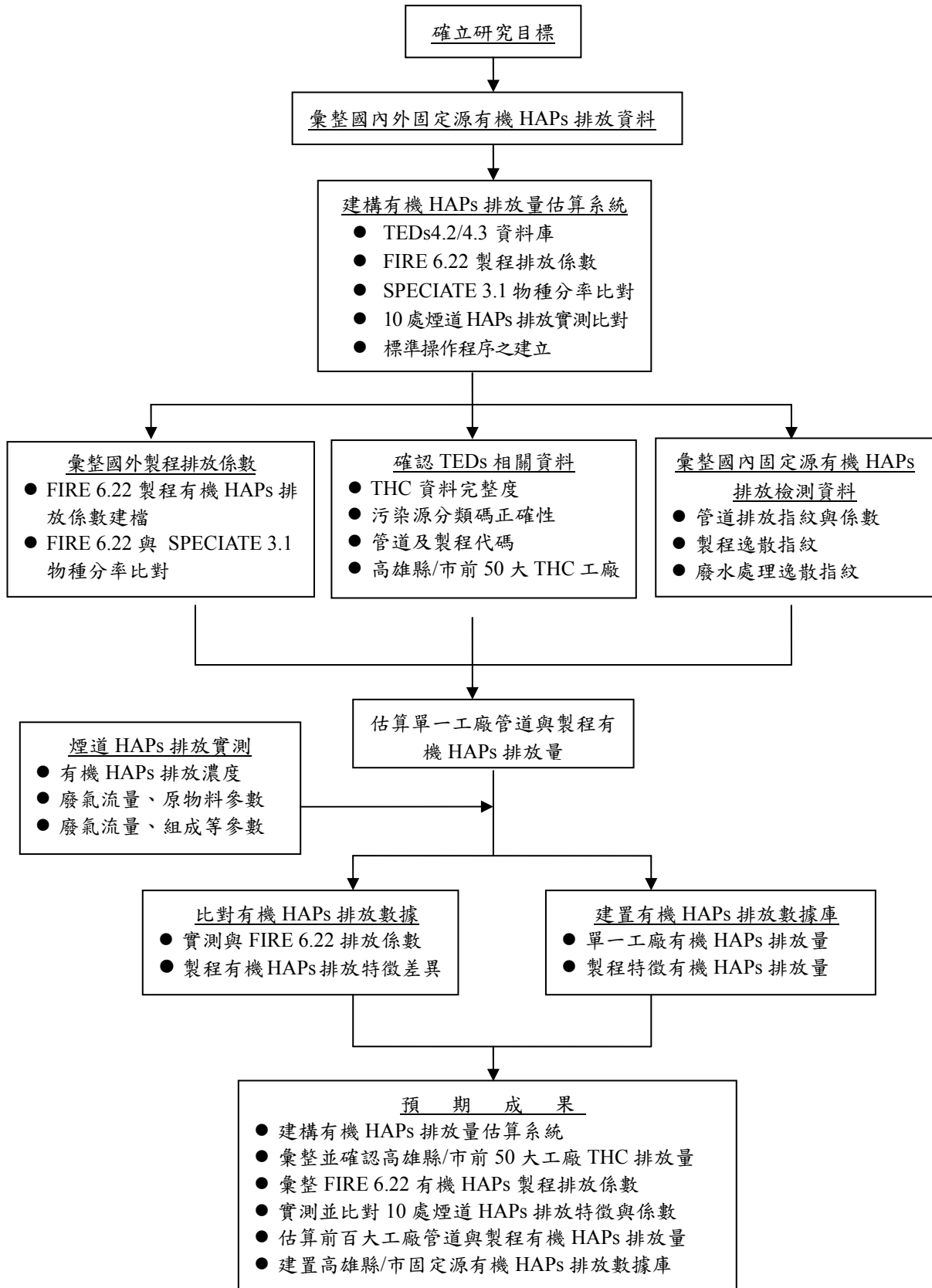


圖 4-1-1 固定源有機 HAPs 排放估算流程圖

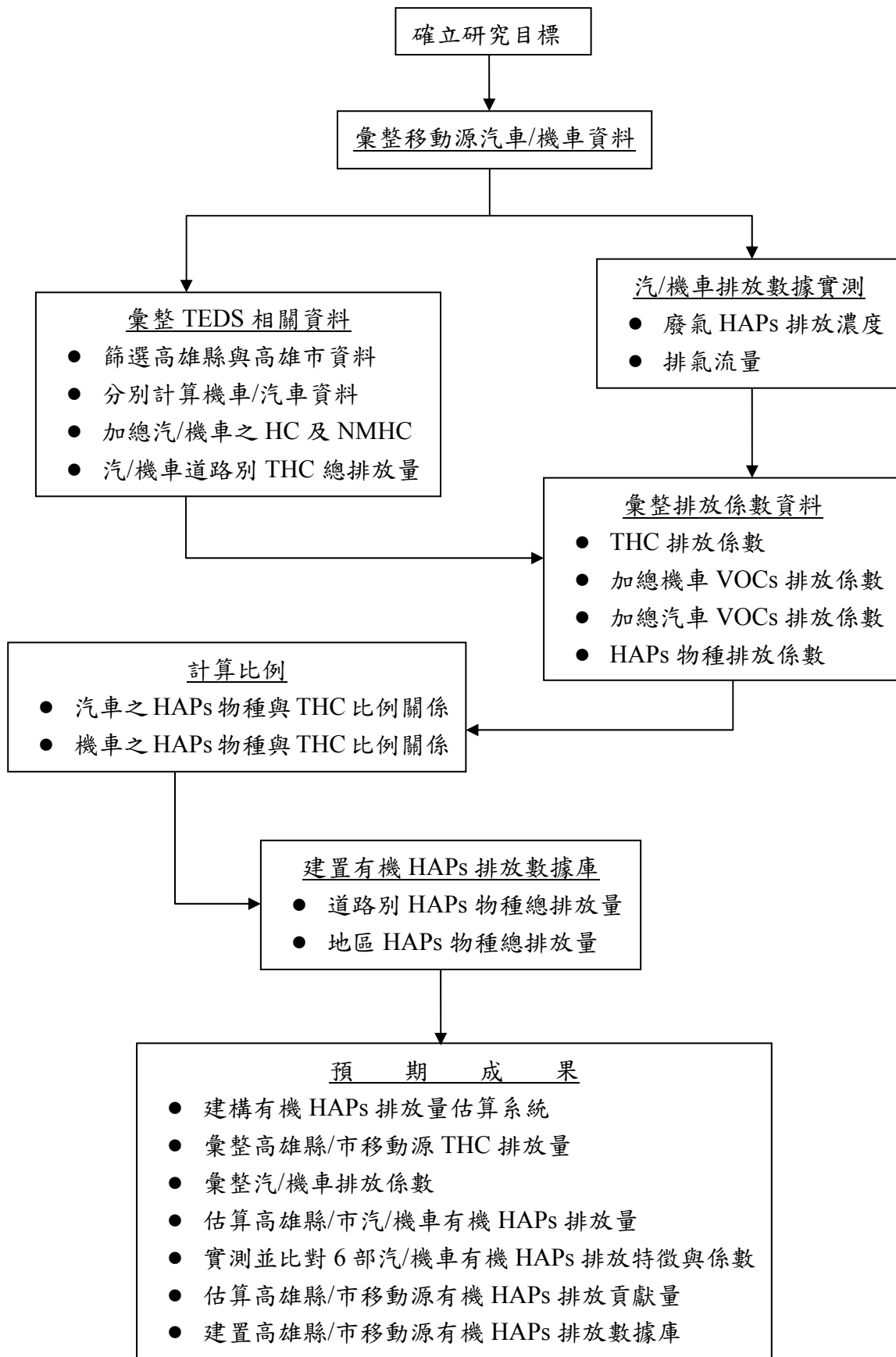


圖 4-1-2 移動源有機 HAPs 排放估算流程圖

表 4-2-1 10 處固定源排放管道有機 HAPs 檢測值與排放量結果

採樣日期	91/11/5		91/11/4		91/10/31		91/10/30	
管制編號	E5600172		E5600565		E4900619		E4900502	
排放口	P016		P007		P018		P002	
廢氣流量	68.3 Nm ³ /min		289 Nm ³ /min		156 Nm ³ /min		40.9 Nm ³ /min	
compounds	ppb	g/s	ppb	g/s	ppb	g/s	ppb	g/s
acrylonitrile	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
dichloromethane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
trans-1,2-dichloromethane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1-dichloromethane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
cis-1,2-dichloromethane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,2-dichloromethane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1,1-trichloromethane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
benzene	93.0	0.0003	161.4	0.0025	91.5	0.0008	97.2	0.0002
carbontetrachloride	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
trichloroethene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
toluene	3069.7	0.0131	6594.5	0.1193	3018.5	0.0293	3729.7	0.0095
tetrachloroethene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
chlorobezene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ethylbenzene	508.2	0.0025	926.2	0.0219	499.8	0.0063	418.5	0.0014
m-xylene	898.1	0.0050	1313.3	0.0310	883.2	0.0112	657.1	0.0022
styrene	733.3	0.0036	723.8	0.0149	721	0.0080	548.4	0.0016
o-xylene	785.8	0.0044	1306.2	0.0308	772.7	0.0098	623.1	0.0021

表 4-2-1 10 處固定源排放管道有機 HAPs 檢測值與排放量結果 (續)

採樣日期	91/12/04		91/11/28		91/11/27		91/11/26	
管制編號	E5402381		E4900619		E4900619		E5600467	
排放口	P002		P023		P015		P001	
廢氣流量	75.6 Nm ³ /min		149 Nm ³ /min		165 Nm ³ /min		170 Nm ³ /min	
compounds	ppb	g/s	ppb	g/s	ppb	g/s	ppb	g/s
acrylonitrile	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
dichloromethane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
trans-1,2-dichloromethane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1-dichloromethane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
cis-1,2-dichloromethane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,2-dichloromethane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1,1-trichloromethane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
benzene	ND	ND	74	0.0006	31	0.0003	175	0.0016
carbontetrachloride	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
trichloroethene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
toluene	1147	0.0054	3392	0.0316	2844	0.0294	3056	0.0325
tetrachloroethene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
chlorobezene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ethylbenzene	334	0.0018	571	0.0069	452	0.0061	1234	0.0171
m-xylene	508	0.0031	753	0.0092	776	0.0105	2053	0.0285
styrene	ND	ND	1086	0.0116	4786	0.0564	4490	0.0545
o-xylene	482	0.0030	632	0.0077	809	0.0109	1555	0.0216

表 4-2-1 10 處固定源排放管道有機 HAPs 檢測值與排放量結果 (續)

採樣日期	91/12/19		91/12/06	
管制編號	E5003299		R0301603	
排放口	P003		P001	
廢氣流量	122 Nm ³ /min		115 Nm ³ /min	
compounds	ppb	g/s	ppb	g/s
acrylonitrile	7400	0.0338	ND	ND
dichloromethane	ND	ND	ND	ND
trans-1,2-dichloromethane	ND	ND	ND	ND
1,1-dichloromethane	ND	ND	ND	ND
cis-1,2-dichloromethane	ND	ND	ND	ND
1,2-dichloromethane	ND	ND	ND	ND
1,1,1-trichloromethane	1800	0.0174	ND	ND
benzene	2515	0.0163	ND	ND
carbontetrachloride	ND	ND	ND	ND
trichloroethene	ND	ND	ND	ND
toluene	11628	0.0888	1653	0.0176
tetrachloroethene	1800	0.0224	ND	ND
chlorobezene	21900	0.2027	ND	ND
ethylbenzene	1280	0.0127	441	0.0061
m-xylene	1720	0.0171	557	0.0077
styrene	500	0.0044	721	0.0088
o-xylene	1380	0.0137	571	0.0079

表 4-2-2 固定源煙道檢測值與 FIRE 模擬結果比較

序號		1		2		3	
基本	工廠名稱	石油化學製造業		塑膠皮製造業		石油化學製造業	
	製程名稱	環氧乙烷製程		PU皮製造程序		鄰苯二甲酐(鈦酐)製程	
資料	排放口	P003		P424		P002	
煙道	乾基流量(Nm ³ /min)	29.50		409		321	
	溫度 T(°C)	96		43.60		100	
資料	濕度(%)	40		5.01		6.36	
V O C s 組 成 (ton/yr)	VOCs 項目	檢測值	FIRE 6 &TED	檢測值	FIRE 6 &TED	檢測值	FIRE 6 &TED
	甲醇	-	-	5.2	-	3.1	--
	丙酮	-	-	0.6	-	--	--
	丙烯	-	-	-	-	--	--
	二氯甲烷	-	-	-	-	--	--
	1,1-二氯乙烷	-	-	-	-	--	--
	順 1,2-二氯乙烯	-	-	-	-	--	--
	乙酸乙酯	-	-	-	-	--	--
	1,2-二氯乙烷	-	-	-	-	--	--
	1,1,1-三氯乙烷	-	-	-	-	--	--
	正丁醇	-	-	-	-	--	--
	苯	-	-	1.0	-	0.3	--
	四氯甲烷	-	-	-	-	--	--
	丙烯乙酯	-	-	-	-	--	--
	三氯乙烯	-	-	-	-	--	--
	環氧乙烷	--	54.3	-	-	--	--
	甲基異丁基酮	1.2	-	4.0	-	--	--
	甲苯	0.4	-	27.3	15.3	1.0	--
	四氯乙烯	-	-	-	-	--	--
	丁酮	-	-	23.3	16.8	--	--
	乙苯	0.5	-	12.1	-	0.2	--
	間,對-二甲苯	0.7	-	1.3	-	--	--
	苯乙烯	1.9	-	-	-	0.2	--
鄰-二甲苯	-	-	0.4	-	6.7	--	
異丙苯	-	-	0.1	-	6.3	--	
1,3,5-三甲基苯	-	-	-	-	--	--	
THC	THC	48.6	54.3	-	32.1	-	6.0
	NMHC	4.7	-	76.3	-	17.9	-

表 4-2-2 固定源煙道檢測值與 FIRE 模擬結果比較 (續)

序號		4		5		6	
基本資料	工廠名稱	塗裝製造業		塗裝製造業		塗裝製造業	
	製程名稱	金屬表面塗裝程序製品		塑膠製品塗裝程序		塑膠製品塗裝程序	
煙道資料	排放口	P308		P425		P406	
	乾基流量(Nm ³ /min)	954		339		529	
	溫度 T(°C)	52		26		23	
	濕度(%)	6.4		3.6		7.2	
VOCs 項目		檢測值	FIRE 6 &TED	檢測值	FIRE 6 &TED	檢測值	FIRE 6 &TED
V O C s 組 成 (ton/yr)	苯	3.26	0.95	-	0.09	-	0.17
	甲苯	2.91	8.14	1.39	0.81	18.38	14.41
	乙苯	3.06	1.37	2.49	0.13	4.06	2.17
	間,對-二甲苯	3.31	4.16	2.99	0.41	3.89	6.59
	鄰-二甲苯	2.86	1.79	1.46	0.17	2.11	2.83
	苯乙烯	-	-	-	-	-	-
	氯苯	-	-	-	-	-	-
	二氯甲烷	-	-	-	-	-	-
	四氯甲烷	-	-	-	-	-	-
	1,1-二氯乙烷	-	-	-	-	-	-
	1,2-二氯乙烷	-	-	-	-	-	-
	1,1,1-三氯乙烷	-	-	-	-	-	-
	反-1,2-二氯乙烷	-	-	-	-	-	-
	順-1,2-二氯乙烷	-	-	-	-	-	-
	三氯乙烯	-	-	-	-	-	-
四氯乙烯	-	-	-	-	-	-	
丙烯	-	-	-	-	-	-	
	THC	-	16.4	-	1.6	-	26.0
	NMHC	15.4	-	8.3	-	28.4	-

表 4-2-3 高雄縣市前 50 大固定源有機性污染物排放清單(公噸/年)

管制編號	行業別	管道排放	製程逸散	總量
E5600841	鋼鐵冶煉業	0.8	4254	4255
S1900710	石油煉製業	38	3082	3120
S2201154	塑膠皮製品製造	898	306	1204
E4900333	石油煉製業	110	938	1048
S3200811	塑膠皮製品製造	572	--	572
S2200246	塗裝製造業	386	184	570
S2201109	石油化工原料製造業	93	387	480
E5400814	塑膠皮製造業	404	14	418
E5001857	機車製造業	379	--	379
S1900685	化學工業	115	250	365
S1901066	石油化學製造業	83	274	357
E5601722	塗料製造業	284	--	284
S2500536	軋鋼業	50	206	256
S1900649	石油化工原料製造業	202	49	251
E5000930	船舶建造修配業	28	196	224
S2900821	合成樹脂及塑膠業	151	57	208
S2002188	合成樹脂及塑膠業	110	85	195
E5600850	基本化學工業	38	153	191
S1900587	石油化學原料製造業	132	19	151
E5600565	軋鋼業	151	--	151
S1900578	石油化工製造業	54	91	145
S2300401	人造纖維製造業	0.1	134	134
S1900676	化工業	32	101	133
S1900596	石油化工原料製造業	--	132	132
E5600305	基本化學工業	29	90	119
S1900283	化工業	--	95	95
S1901137	石油化學原料製造業	85	8.8	94
E5600332	鋼鐵冶煉業	93	--	93
S1900694	化學工業	0.9	91	92
E5600501	鋼鐵冶煉業	88	--	88
S2201092	化工業	67	13	80
S2201047	石油化工原料製造業	34	46	80
E5400207	金屬製品表面處理業	79	--	79
E5600654	煉鋁業	61	3.6	65
S2003078	合成樹脂及塑膠製造業	20	43	63
S1900630	合成樹脂製造業	41	22	63
S2300410	石油化工原料製造業	12	48	60
E4901812	被動電子元件製造業	58	1.4	59
S1900658	石油化工原料製造業	--	59	59
S2001878	食用油脂製造業	--	58	58
S2002062	合成樹脂及塑膠製造業	36	18	54
E4900404	電腦組件製造業	51	--	51
S2300572	其它化學材料製造業	--	49	49
E5600172	油漆製造業	33	12.0	45
E4901072	壓克力樹脂製造業	4.0	37	41
S1900612	石油化學原料製造業	13	28	41
E4800749	汽車修理保養業	33	--	33
S2500527	鋼材表面處理業	--	29	29
S1900372	石油化學製造業	0.6	28	29
E5001919	機車製造業	28	0.1	28

4-2-4 高雄縣市前 50 大固定源有機性污染物排放清單(公噸/年)

排序	項目	管道	逸散	總計	排序	項目	管道	逸散	總計
1	Methane	831	4543	5374	26	AlkylBenzene	--	50.0	50.0
2	Toluene	1327	453	1780	27	Acetaldehyde	32.4	14.9	47.3
3	Xylene	355	74	429	28	Ethane	3.1	37.2	40.3
4	Styrene	113	125	238	29	Cyclopentane	0.2	38.8	39.0
5	Butadiene	--	236	236	30	Propane	1.6	36.2	37.8
6	Benzene	27.3	208	235	31	3-methylpentane	0.1	34.9	35.0
7	1,2-Dichloroethane	0.1	190	190	32	Isopropanol	--	33.0	33.0
8	Ethylene oxide	54.4	129	183	33	N-heptane	0.1	32.1	32.2
9	N-Pentane	3.2	164	167	34	Ethylbenzene	1.5	30.0	31.5
10	2-Chlorophenol	0.1	166	166	35	N-nonane	0.1	29.1	29.2
11	Hexamethylone	38	113	151	36	Butylalcohol	--	28.7	28.7
12	Acetone	101	47	148	37	N-Butane	2.3	25.2	27.5
13	Butone	117	24	141	38	Methylcyclohexane	0.1	25.9	26.0
14	Polythene	--	132	132	39	Melamine	20.3	3.9	24.2
15	Methyl methacrylate	118	--	118	40	N-Hexane	2.1	21.6	23.7
16	Formaldehyde	68.5	46.3	115	41	2,3-dimethylbutane	0.1	17.9	18.0
17	Isopropylbenene	15.0	96.0	111	42	Methanol	4.2	12.6	16.8
18	Chlorethylene	45.9	46.6	92.5	43	1,2,4-trimethylbenzene	0.1	15.0	15.1
19	Trichloroethylene	--	90.3	90.3	44	Isoprene	--	13.3	13.3
20	2-methylpentane	0.4	74.2	74.6	45	Phenol	--	10.3	10.3
21	Glycol	--	67.6	67.6	46	Acrylic acid	--	6.6	6.6
22	Isopentane	0.3	63.8	64.1	47	1,3,5-trimethylbenzene	--	6.0	6.0
23	Ethylbenzene	23.0	40.0	63.0	48	Isopropylbenzene	--	5.9	5.9
24	Butyl acrylate	23.0	38.0	61.0	49	2,2-dimethylbutane	--	5.5	5.5
25	N,N-Dimethylformamide	26.0	33.0	59.0	50	N-propylbenzene	--	3.7	3.7

表 4-2-5 高雄縣/市主要行業固定源有機性 HAPs 排放清單(ton/year)

行業別	管道排放	製程逸散	總量
塑膠皮製品製造	1233	118	1351
石油化學製造業	416	824	1240
石油煉製業	204	382	586
表面塗裝(處理)業	347	28	375
煉(軋)鋼業	23	51	73
電子業	1	33	34

*援引前 50 大工廠有機化合物排放量資料

表 4-3-1 汽油車廢氣污染物排放係數

汽油車	THC	CO	NO _x	51 種 VOCs
新車 (n=4)	0.15±0.06	1.11±0.7	0.06±0.02	82.5±22.1
使用中車輛 (n=6)	0.17±0.06	1.56±0.6	0.30±0.3	82.7±35.5
高污染車輛 (n=7)	2.39±1.3	17.27±9.1	2.14±0.7	1111.1±770.8

表 4-3-2 機車廢氣污染物排放係數

機車		THC	CO	NO _x	48 種 VOCs
新車	二行程 (n=5)	0.91±0.2	1.01±0.2	0.03±0.01	311.3±82.9
	四行程 (n=5)	0.36±0.1	1.70±0.6	0.19±0.05	344.7±258.6
舊車	二行程 (n=7)	2.29±1.1	4.86±2.9	0.004±0.004	1479.6±634.3
	四行程 (n=8)	0.67±0.6	4.85±3.1	0.16±0.1	433.2±331.3

表 4-3-3 汽油車引擎廢氣有機性 HAPs 排放係數(mg/km)

compound	使用中車輛 (n=6)
Benzene	6.5
Toluene	12.6
Ethylbenzene	2.0
m,p-Xylene	4.9
Styrene	0.1
o-Xylene	2.7

表 4-3-4 機車廢氣有機性 HAPs 排放係數(mg/km)

compounds	二行程		四行程	
	新車 (n=5)	舊車 (n=7)	新車 (n=5)	舊車 (n=8)
Benzene	13.5±8.8	57.4±21.6	14.1±3.9	20.4±17.4
Toluene	28.4±3.1	138.6±56.9	31.7±11.6	61±50.8
Ethylbenzene	2.9±0.5	12±5.2	3.1±1.3	5.5±4.3
m,p-Xylene	3.5±0.6	14.4±7.6	4±1.6	7.7±6.3
Styrene	0.4±0.2	1.4±0.8	0.4±0.1	0.6±0.5
o-Xylene	2.7±0.5	13.2±5.7	3±1.3	6±4.7

表 4-3-5 高雄都會區車輛有機性 HAPs 年總排放量

地區	HAPs 物種 車種	Benzene	Toluene	Ethyl benzene	Xylene	Styrene
		高雄市	二行程機車	164.9	398.1	34.5
	四行程機車	24.6	73.5	6.6	16.5	0.7
	汽油車	565.8	1096.7	174.1	600.6	208.0
高雄縣	二行程機車	102.6	247.8	21.5	49.3	2.5
	四行程機車	26.6	79.4	7.2	17.8	0.8
	汽油車	333.4	646.3	102.6	353.9	123.6
總量(ton/year)		1217.8	2541.7	346.4	1117.4	339.6

表 4-4-1 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