

# 環保署/國科會空污防制科研合作計畫期末報告

機車車用油品產銷現況調查及管制策略研擬之研究一

子計畫：油品改善對機車排放空氣污染之影響及排放係數建立研究

**NSC 92-EPA-Z-324-001**

子計畫主持人：楊錫賢

研究人員：劉旭崇、楊世瑜

執行單位：朝陽科技大學 環境工程與管理系

中華民國九十三年一月

## 摘要

根據交通部統計處資料顯示台閩地區機動車輛登記總數已達 1,836 萬輛，其中機車的數量就有 1,227 萬輛，佔機動車輛總數的 66.8%，使得平均每百人擁有的機車數達到 61 輛，密度為世界第一，而機車所排放的空氣污染物就成為影響台灣地區空氣品質的主要因素之一。因此使得如何透過一些政策及措施改善機車所造成的污染問題，成為我國相關主管機關環境政策制定與管理上相當重要的一環。本研究計畫根據引擎型式、行駛里程及排氣量，挑選出 8 輛測試用機車(2 輛四行程噴射引擎、4 輛四行程化油器引擎及 2 輛二行程化油器引擎機車)，將機車架設於動力計上，採用「機器腳踏車冷車行車型態排氣污染測試方法及程序」及 CNS 11386 行車型態測試方法，使用中油市售油(基礎油)及調配 8 種不同油品參數之測試用油進行實車測試。研究結果顯示在傳統空氣污染物方面，使用市售無鉛汽油為燃料噴射引擎機車 CO 之排放係數為 0.789 ~ 1.88 g/km、THC 為 0.194 ~ 0.594 g/km、NO<sub>x</sub> 為 0.213 ~ 0.297 g/km，四行程引擎機車 CO 排放係數為 2.46 ~ 10.4 g/km、THC 為 0.430 ~ 1.24 g/km、NO<sub>x</sub> 為 0.113 ~ 0.397 g/km，二行程引擎機車 CO 排放係數為 2.23 ~ 4.01 g/km、THC 為 0.939 ~ 1.22 g/km、NO<sub>x</sub> 為 0.046 ~ 0.065 g/km。所有車種冷車啟動行車型態之排放係數均大於熱車啟動，車種 HC 排放量為二行程引擎>四行程引擎>四行程噴射引擎。多環芳香烴化合物(PAHs)方面，基礎油之測試結果：噴射引擎機車總 PAHs 排放係數為 928 ~ 3246 μg/km，四行程引擎機車總芳香烴排放係數為 943 ~ 5357 μg/km，二行程引擎機車總芳香烴排放係數為 545 ~ 1968 μg/km。油品中 Nap 濃度由 111 mg/L 增加至 22174 mg/L 會使 CO 增加 9.94 % ~ 11.03 %、NO<sub>x</sub> 增加 21.9 % ~ 24.3 %，油品中 Pyr 濃度由 3.27 mg/L 增加至 655 mg/L，CO 增加 8.52 % ~ 9.94 %、NO<sub>x</sub> 增加 8.52 % ~ 11.6 %，油品中 DBA 濃度由 0.00054 mg/L 增加至 0.33 mg/L 會使 CO 增加 14.6 % ~ 27.8 %、NO<sub>x</sub> 增加 10.4 % ~ 18.0 %，油品中 COR 濃度由 0.043 mg/L 增加至 12.7 mg/L 會使 CO 增加 11.2 % ~ 24.3 %、NO<sub>x</sub> 增加 7.57 % ~ 79.2 %，顯示添加不同環數之 PAHs 於油品中，對 CO 及 NO<sub>x</sub> 的排放有負面的影響。另外油品中 Nap 濃度由 111 mg/L 增加至 22174 mg/L 會使 Nap 之排放量於噴射引擎機車、四行程引擎機車及二行程引擎機車分別增加 18.8 %、14.0 % 及 438 %，油品中 Pyr 濃度由 3.27 mg/L 增加至 655 mg/L 時，Pyr 之排放量僅於二行程引擎中有些許的增加，油品中 DBA 濃度由 0.00054 mg/L 增加至 0.33 mg/L 時，其增加量僅於噴射引擎增加，油品中 COR 濃度由 0.043 mg/L 增加至 12.7 mg/L 時，其排放量比基礎油低。以上結果顯示，添加分子量小、環數少的芳香烴，其排放量會隨添加量增加而增加；反之，則無此趨勢。本研究結果值得提供空氣污染防治工作之建議為：1. 先前國內機車排放係數之推估皆未包括噴射引擎機車，未來噴射引擎機車市場佔有率將大幅提升，因此僅以二行程及四行程

化油器引擎機車來推估機車污染物排放量可能造成一定程度的誤差。本研究  
研究成果可提供環保單位進行排放量推估之參考。2.本研究結果顯示油品中芳  
香烴對法定污染物與多環芳香烴化合物之排放皆有負面之影響，因此管制  
油品中芳香烴含量對排放廢氣減量有正面成效。

## Abstract

There are over 12 million motorcycles in Taiwan, which is 67% of all vehicles. Averagely, there are 0.61 motorcycles for each person, which is highest all over the world. Motorcycles are the major source to reduce air quality in Taiwan. Therefore, reduction of air pollutant emission from motorcycle is the important part of the air pollution control strategy in Taiwan. In this study, eight motorcycles (including two 4-stroke injection type engine, four 4-stroke carburetor type engine and two 2-stroke carburetor type engine motorcycles) were installed on the dynamometer to measure the air pollutant emission factors. The selection of these test motorcycles is on the basis of the engine type, mileage, and displacement. The driving mode is CNS11386 driving cycle for cold start and hot start in this study. The test fuel is 95 lead free commercial gasoline (base) produced by Chinese Petroleum Corporation. Furthermore, benzene and 4 polycyclic aromatic hydrocarbons were blended for testing. The results show that the criteria air pollutant emission factors of carbon monoxide (CO), total hydrocarbon (THC), nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) for base fuel are CO: 0.789 - 1.88 g/km, THC: 0.194 - 0.594 g/km, NO<sub>x</sub>: 0.213 - 0.297 g/km for 4-stroke injection type engine; CO: 2.46 - 10.4 g/km, THC: 0.43 - 0.1.24 g/km, NO<sub>x</sub>: 0.113 - 0.397 g/km for 4-stroke carburetor engine, CO: 2.23 - 4.01 g/km, THC: 0.939 - 1.22 g/km, NO<sub>x</sub>: 0.046 - 0.065 g/km for 2-stroke type engine. The emission factors of criteria air pollutants for cold start driving cycle are higher than those of warm start driving cycle for all types of motorcycles. THC emission factor for all test motorcycles is 2-stroke carburetor engine > 4-stroke carburetor engine > 4-stroke injection engine. Total polycyclic aromatic hydrocarbon (PAHs) emission factors for base fuel are 928 - 3246 μg/km for 4-stroke injection engine, 943 - 5357 μg/km for 4-stroke carburetor engine, 545 - 1968 μg/km for 2-stroke carburetor engine. While Nap content in test fuel was increased from 111 to 22174 mg/L, the emission factor of CO increases 9.94 % - 11.0 %, NO<sub>x</sub> increase 21.9 % - 24.3 %, Pyr content in test fuel was increased from 3.27 to 655 mg/L, the emission factor of CO increased 8.52 % ~ 9.94 %, NO<sub>x</sub> increased 8.52 % - 11.6 %, the DBA content was increased from 0.00054 to 0.33 mg/L, the emission factor of CO increased 14.6 % - 27.8 %, NO<sub>x</sub> increased 10.4 % - 18.0 %, the COR content was increased from 0.043 to 12.7 mg/L, the emission factor of CO increased 11.2 % - 24.3 %, NO<sub>x</sub> increased 7.57 % ~ 79.2 %. The results indicate that the addition of PAHs in fuel would result in the higher emission of CO and NO<sub>x</sub>. While Nap content was increased from 111 to 22174 mg/L, emissions of Nap from 4-stroke injection engine, 4-stroke carburetor engine, 2-stroke carburetor engine increased 18.8 %, 14.0 % and 438 %, respectively; Pyr content was increased from 3.27 to 655 mg/L, emissions of Pyr from 2-stroke carburetor engine did not increase significantly. DBA content

was increased from 0.00054 to 0.33 mg/L, emission of DBA increased only for in 4-stroke injection engine. While COR content was increased from 0.043 to 12.7 mg/L, COR emission from all three types of motorcycles is lower than that of base fuel. The results show that addition of low molecular weight and low ring-PAHs, the PAHs emission would increase significantly.

## 目 錄

摘要.....	I
Abstract.....	III
表目錄.....	VII
圖目錄.....	VIII
第一章 前言.....	1
1-1 計畫緣起.....	1
1-2 計畫目標.....	2
第二章 文獻回顧.....	3
2-1 機車引擎.....	3
2-1-1 二行程引擎.....	3
2-1-2 四行程引擎.....	3
2-1-3 噴射引擎.....	4
2-1-4 機車引擎排放特性.....	4
2-1-5 機車排放污染物的危害.....	5
2-2 油品.....	6
2-2-1 成分組成.....	6
2-2-2 世界油品品質規範.....	7
2-3 機車行車型態.....	9
2-3-1 CNS 11386.....	9
2-3-2 冷熱車測試.....	10
第三章 實驗設備與方法.....	11
3-1 採樣規劃.....	11
3-1-1 測試油品種類.....	11
3-1-2 使用機車種類.....	11
3-1-3 測試程序與方法.....	12
3-2 廢氣採樣設備.....	13
3-2-1 定容取樣系統(Constant Volume System).....	13
3-2-2 PAHs 採樣系統.....	14
3-3 分析設備與方法.....	14
3-3-1 一氧化碳/二氧化碳分析儀(CO/CO <sub>2</sub> Analyzer).....	14
3-3-2 氮氧化物分析儀(NO <sub>x</sub> Analyzer).....	14
3-3-3 碳氫化合物分析儀(Hydrocarbon Analyzer).....	14
3-3-4 氣相層析質譜儀(GC/MS).....	15
3-3-5 毒性污染物(Aromatics)分析方法.....	15
第四章 結果與討論.....	18

4-1 傳統污染物排放係數.....	18
4-1-1 模式模擬.....	18
4-1-2 隧道實驗.....	21
4-1-3 實車動力計測試.....	21
4-1-4 各種測試結果綜合比較.....	26
4-2 油品對傳統空氣污染物排放係數之影響.....	31
4-2-1 苯.....	31
4-2-2 芳香烴.....	33
4-3 芳香烴排放係數.....	35
4-3-1 相關研究測試結果.....	35
4-3-2 本研究建立之排放係數.....	38
4-4 油品中芳香烴含量與排放廢氣中芳香烴濃度之關係.....	46
第五章 結論.....	52
參考文獻.....	54
附 錄 一 車用汽柴油成分及性能管制標準.....	56
附 錄 二 機器腳踏車冷車行車型態排氣污染測試方法及程序.....	61
附 錄 三 機器腳踏車排氣污染量試驗法.....	85
附 錄 四 交通工具空氣污染物排放標準.....	97

## 表目錄

表 2-1-1 一氧化碳對人體之影響 .....	5
表 3-1-1 本研究測試油品 .....	11
表 3-1-2 本研究計畫測試用機車 .....	12
表 4-1-1 Mobile-Taiwan 中零里程排放率及劣化率數值 .....	19
表 4-1-2 民國 92 年台北市機車污染物排放係數 .....	19
表 4-1-3 民國 92 年高雄市機車污染物排放係數 .....	20
表 4-1-4 民國 92 年台灣省機車污染物排放係數 .....	20
表 4-1-5 Mobile-Taiwan 轉換 CNS 11386 之機車污染物排放係數 .....	20
表 4-1-6 利用動力計檢測機車污染物排放係數 .....	22
表 4-1-7 以動力計測試機車污染排放係數 .....	23
表 4-1-8 台中市機車污染物排放係數 .....	23
表 4-1-9 台中縣機車污染物排放係數 .....	23
表 4-1-10 南投縣機車污染物排放係數 .....	23
表 4-1-11 彰化縣機車污染物排放係數 .....	23
表 4-1-12 以 ECE 行車型態動力計測試結果 .....	24
表 4-1-13 台北市行車型態動力計測試結果 .....	24
表 4-1-14 台中市行車型態動力計測試結果 .....	24
表 4-1-15 高雄市行車型態動力計測試結果 .....	25
表 4-1-16 本計畫動力計測試機車污染排放係數量測結果 .....	26
表 4-1-17 Mobile-Taiwan 2.0 轉換成 CNS 11386 排放係數形式 .....	27
表 4-1-18 相關研究二行程機車排放係數比較 .....	29
表 4-1-19 相關研究四行程機車排放係數比較 .....	30
表 4-2-1 Base 與 Fuel 1 及 Fuel 2 排放係數之比較 .....	32
表 4-2-2 苯含量與污染排放之變化 .....	32
表 4-2-3 基礎油與添加芳香煙油品之排放係數 .....	33
表 4-2-4 芳香煙含量污染排放之比較 .....	35
表 4-3-1 移動性污染源之排放係數 .....	36
表 4-3-2 二行程機車於不同轉速下粒狀物相 PAHs 之排放係數 .....	37
表 4-3-3 四行程機車惰轉情形下 17 種粒狀物相 PAHs 之排放因子 .....	38
表 4-3-4 基礎油之 PAHs 排放係數 .....	39
表 4-3-4 基礎油之 PAHs 排放係數 .....	43
表 4-3-4 基礎油之固相 PAHs 排放係數 .....	44
表 4-4-1 添加 Nap 油品之 PAHs 排放係數 .....	48
表 4-4-2 添加 Pyr 油品之 PAHs 排放係數 .....	49
表 4-4-3 添加 DBA 油品之 PAHs 排放係數 .....	50
表 4-4-4 添加 COR 油品之 PAHs 排放係數 .....	51



## 圖目錄

圖 2-3-1 冷熱車排污測試差異之比較 .....	10
圖 3-1-1 CNS11386 行車型態 .....	13
圖 3-2-1 機車排放廢氣採樣系統圖 .....	15
圖 3-3-1 玻璃套筒填裝示意圖 .....	17
圖 4-3-1 各種引擎冷、熱車總排放係數 .....	46

# 第一章 前言

## 1-1 計畫緣起

台灣地區近年來由於經濟發展迅速，平均所得提高，使得機動車輛數量日益激增。而機車因具有機動性、便捷、停車方便、價格便宜等特性，成為台灣地區最普遍之個人交通工具，根據交通部統計處資料顯示台閩地區機動車輛登記總數已達 1,836 萬輛，其中機車的數量就有 1,227 萬輛，佔機動車輛總數的 66.8%，使得平均每百人擁有的機車數達到 61 輛，密度為世界第一，而機車所排放的空氣污染物就成為影響台灣地區空氣品質的主要因素之一。根據統計，目前我國機車每年產生約佔全國總排放量 10% 的一氧化碳及碳氫化合物等傳統污染物，導致其因能源消耗量及污染排放量的增加所對環境形成的壓力，成為我國環境保護工作中一項不容忽視的議題，也因此使得如何透過一些政策及措施改善機車所造成的污染問題，成為我國相關主管機關環境政策制定與管理上相當重要的一環。

環保署移動性污染源管制策略包括清潔車輛、清潔燃料及運輸管理三方面，車用油品之改善對於空氣污染物之減量有直接且絕對正面之效益。環保署於民國九十一年底修正我國「車用汽柴油成分及性能管制標準」，針對國內車用汽油成分標準中之硫含量與氧含量進行大幅度修正，並預定於民國九十六年起增加芳香烴及烯烴含量之管制要求。車用汽油對移動性源排放污染物具有根本性之影響，管制汽油之物理及化學性質，依世界各國不同之交通工具需求狀況而異，與汽油煉製技術與市場需求相關。我國相關汽油規範均參考自歐美先進國家標準與國際環保趨勢，並不全然可以符合國內現況與需求。然而台灣地區引擎排氣量小於 150 c.c. 以下之機車數量佔機動車輛總數 60% 以上，且多以小型單缸二行程或四行程機車為主，其污染排放係數並不同於多汽缸引擎汽車。根據美國環保署發展之複合模式，針對汽油成分標準所進行之電腦模式運算雖能依不同輸入汽油成分參數輸出其污染排放係數，但並不推薦使用於單缸之機車引擎。由於重新開發機車專用油品並非一蹴可幾，但針對輕中型機車引擎研擬適用之油品規範，對目前機車數量龐大且污染排放可觀之環境負荷實有研究之必要性。

在制定空氣污染管制策略及評估減量成效上，排放係數為最重要之參數。國內目前機車各種空氣污染物之排放係數以中鼎公司之 Mobile Taiwan 最為完整，此推估模式主要修改自美國 Mobile 程式，美國 Mobile 推估模式已發展至 Mobile 6.0 版，可提供不同參數下排放係數之推估。另外美國最主要的資料庫“Compilation of Air Pollution Emission Factor (AP-42)”亦於第二冊整理移動污染源之排放係數。雖然目前國內外已建立機車排放資料庫，然國內 Mobile Taiwan 資料庫已老舊，國外資料庫不見得適用於我國。再者，國內機車油品改善後排放係數務必須進行修正。因此，本子計畫將根據以不同油品進行測試，評估油品改善對機車排放廢氣之影響，並建立

排放空氣污染物之排放係數。

## 1-2 計畫目標

本計畫預計達成下列目標：

### 1. 解析油品改善對機車排放廢氣之影響。

本計畫以符合現階段及下階段「車用汽柴油成分及性能管制標準」油品進行油品改善對機車排放廢氣之影響研究，本研究將分別討論油品參數(特別是芳香烴)對排放廢氣之影響。

### 2. 進行實車污染排放測試

本計畫欲以不同型式引擎之機車，包括噴射引擎、四行程化油器引擎及二行程化油器引擎，進行 CNS 11386 行車形態之實車動力計污染排放測試。

### 3. 建立機車排放空氣污染物之排放係數

油品改善後機車排放污染物應會降低，同時隨著四期排放標準實施，機車引擎技術亦將有所提升(如化油器引擎為噴射引擎所取代)，這些進步皆可能降低機車之排放係數。本計畫將建立目前最新之機車污染排放係數，作為污染總量推估及管制之參考。

## 第二章 文獻回顧

### 2-1 機車引擎

引擎汽缸是構成引擎之主體，稱為汽缸體，原理為一圓柱形的空心筒，上端由汽缸蓋封閉，圓柱形的活塞裝配在汽缸內可在汽缸上下往復運動。活塞在汽缸中上下往復運動還無法驅動車輛，所以必須改成為回轉運動。引擎的工作程序可分為：(1)混合氣體進入汽缸內(2)將混合氣體壓縮(3)將混合氣體點火，利用燃燒造成之爆炸作為動力，推動活塞(4)將燃燒後的廢氣排出汽缸外[陳，1993]。機車引擎依其進氣、壓縮、燃燒、排氣等作動程序的不同，可分成二行程及四行程兩種，分述如下。

#### 2-1-1 二行程引擎

在曲軸動了一回轉(活塞 1 往回、2 行程)之間完成一週期的引擎，稱為「二行程一週期引擎」。其作動方式如下[陳，1993]：

##### 1. 進氣：

活塞向下運動，同時壓縮曲軸箱內之混合氣。當活塞離開掃氣孔時，被壓縮之混合氣會經過掃氣孔流入汽缸，當混合氣進入汽缸時，同時將燃燒的廢氣排擠出排氣孔。

##### 2. 壓縮：

活塞向上運動時，將掃氣孔及排氣孔關閉，此時將混合氣壓縮於汽缸內，而活塞離開曲軸箱時，它會造成曲軸箱內部分真空，而打開單向簧閥，此時新的混合氣會被吸入曲軸箱內。

##### 3. 爆炸：

火星塞點火壓縮的混合氣，混合氣會產生爆發，爆發的壓力作用於活塞頂部，推動活塞向下運動時，其作動力經連桿傳至曲軸，而使曲軸加速旋轉。

##### 4. 排氣：

活塞繼續向下運動時，而不阻塞排氣孔，此時廢氣沿著排氣孔排出而降低汽缸壓力。

#### 2-1-2 四行程引擎

在曲軸動了二回轉(活塞 2 往回、4 行程)之間完成一週期的引擎，稱為「四行程一週期引擎」。其作動方式如下[陳，1993]：

##### 1. 進氣：

曲軸由右向左旋轉。此時的曲軸會帶動連桿拉活塞向下運動。活塞向下運動時，此時的進氣閥會打開，混合氣體會被吸入汽缸內，當活塞到達行程底部時，進氣門立即關閉。

##### 2. 壓縮：

此時曲軸繼續轉動，使連桿推活塞向汽缸頭運動。混合氣被活塞壓縮於活塞頂部與汽缸頭之間的燃燒室。

### 3.爆炸：

壓縮的混合氣此時被火星塞點燃。在燃燒室的混合氣因而燃燒，溫度與壓力上升而熱膨脹發生爆發，此爆發的力量作用於活塞頂部而推動活塞向下推動。活塞所受到的力量經連桿傳送至曲軸，使曲軸加速旋轉，此為氣體爆發的力量轉變為引擎動力。

### 4.排氣：

當活塞被爆發的氣體推到行程底部時，此時的排氣門會開。由於曲軸的慣性旋轉再推動活塞往上運動。此時活塞往汽缸頭運動時，會將爆發後的廢氣推出，經排氣門排出汽缸，活塞到達行程頂部時，此時的排氣門立即關閉。

## 2-1-3 噴射引擎

其作用原理係燃料從汽油箱以電動汽油泵壓送到進器歧管上的噴油嘴，藉由汽油壓力調節閥，使燃油壓力保持在 2.5 bars 左右。其特性包括：(1)配合引擎運轉條件決定必要的燃料噴射量，採用反應性佳，準確度高的節流閥速度方式(以引擎轉速與節流閥開度決定燃油噴射量的方式)。(2)燃料的噴射量以及噴射時間的決定，是採用高精確度微電腦。(3)壓力調節閥使進氣歧管壓力與燃油壓力的差經常維持在一定值(2.5 bars)，可對進氣歧管壓力的變化，保持適當的噴油量。(4)量測進氣壓力，進行高地氣壓變化的噴油量補償，擴大行駛區域範圍。(5)怠速控制系統適時供應歧管內二次空氣，有提升怠速穩定及起動性能。

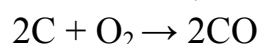
噴射引擎與化油器引擎最大的不同在於，噴射引擎可依週邊溫度和行駛負荷狀況來決定空燃比、燃油噴射量及噴射時間，可以以有效降低 CO、HC 及 NO<sub>x</sub> 等污染物之排放量。

## 2-1-4 機車引擎排放特性[環保署，1999]

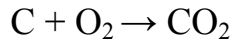
就機車而言，空氣污染物主要為一氧化碳 (CO)、碳氫化合物 (HC) 與氮氧化物 (NO<sub>x</sub>) 三種。在正常狀況下，引擎中的混合油氣燃燒時大多會產生無害的氮氣、二氧化碳及水蒸氣，但也有一部分的毒性氣體會藉著不完全燃燒與燃料洩漏或蒸發而產生如 CO、HC 等。再加上引擎吸入的空氣中除 O<sub>2</sub> 以外其它還含有大量的 N<sub>2</sub>。因此當汽缸內高溫燃燒時，NO<sub>x</sub> 則會經由反應而生成。

### (1) 一氧化碳(CO)

一氧化碳指的是汽油在空氣不足狀態下，產生不完全燃燒的物質。



但在空氣量充足狀態下，完全燃燒時燃料中的碳 (C) 會與空氣中的氧 (O<sub>2</sub>) 結合成無害的二氧化碳 CO<sub>2</sub>。

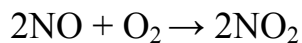
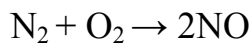


(2) 碳氫化合物(HC)

碳氫化合物是一種未經燃燒的油氣，而排氣管排放出的 HC 是汽油在不完全燃燒狀態下，以燃燒剩的氣體排出。

(3) 氮氧化物(NO<sub>x</sub>)

NO<sub>x</sub> 是氮之氧化物的總稱，氮於空氣中佔的比例約為 80%，由此可知其數量龐大。此時氮不參與反應，反而當引擎燃燒溫度高時，N<sub>2</sub> 和 O<sub>2</sub> 產生化學反應結合形成有害污染物 NO。若再遇到空氣中的 O<sub>2</sub> 就變成 NO<sub>2</sub>，因此當燃燒溫度持續上升，NO<sub>x</sub> 發生機會也急速增加。



2-1-5 機車排放污染物的危害

機車排放之空氣污染物為都市地區空氣污染物主要來源，由機車所排放CO、HC、NO<sub>x</sub> 及懸浮微粒皆與光化學煙霧、有害空氣污染物及能見度有密切關係。以下為各機車污染物種的形成與對人體危害之敘述：

(1) 一氧化碳(CO)

一氧化碳(CO)為無色、無臭，是都會區空氣污染物濃度較高且最具毒性的氣體。一氧化碳與血紅素的親和力是氧與血紅素的240 倍，故一氧化碳容易取代氧分子與血紅素結合，使血紅素無法攜帶氧分子供給人體而致死。當人體吸入少量CO 濃度時，會有頭痛、暈眩、嘔吐、神經系統機能降低之症狀，當隨著濃度增加即會造成胸口壓迫呼吸困難、冷慄、肌肉癱瘓、虛脫，最後喪失意識而死亡，如表2-1-1 所示。一氧化碳比空氣輕，在交通量少的地方很快會逸散，但在交通流量大的道路或十字路口，則會聚集一氧化碳。

表2-1-1 一氧化碳對人體之影響

血紅素與 CO 結合比例 (COHb)	症狀
5~20%	神經系統機能下降
20~50%	頭痛、目眩
50~60%	疲勞、虛脫
60%以上	意識喪失、死亡

(2) 碳氫化合物(HC)

碳氫化合物有惡臭，在濃度高、無風時容易滯留，受陽光照射會因光化反應而產生臭氧，會對人體呼吸系統及中樞神經產生刺激，甚至致癌。

機動車輛排放碳氫化合物，係來自曲軸箱、廢氣及油箱與化油器之蒸氣。曲軸箱的廢棄排放是於空氣與燃料混合物噴洩時產生，廢氣是由於接近燃燒室有一層驟冷區域，使燃料無法完全燃燒所致；至於油箱與化油器則是引擎停止運轉，引擎的熱量散發使得化油器變熱所致。

### (3) 氮氧化物(NO<sub>x</sub>)

包括一氧化氮與二氧化氮，係由汽缸內之高溫燃燒，使空氣中之氮分子與氧分子結合成一氧化氮，繼而再與空氣中的氧形成二氧化氮。從排氣管引擎排出大部分為一氧化氮，小部分形成二氧化氮。一氧化氮為無色無臭之氣體，則可與血紅素快速結合，可能對神經中樞造成影響。二氧化氮係刺激性氣體，會破壞組織細胞，一般長期暴露將會導致慢性肺纖維化、肺氣腫與支氣管炎。除了以上直接影響外，氮氧化物因光化反應形成二次污染物－臭氧。由於引擎構造之差異所致，二行程引擎機車燃燒溫度較四行程引擎機車低，因此其排放之氮氧化物較四行程機車為低。

## 2-2 油品

### 2-2-1 成分組成

一般而言，引擎及燃燒技術改進所獲致之污染排放物改善效果，遠較油品品質的提昇顯著；不過為符合世界各國日益嚴苛的污染管制標準，勢必要朝油品品質的提昇同時著手方能奏效。油品品質管制規範已從性能規範(Performance specification)延伸至環保規範(Environmental specification)，本計畫整理我國「車用汽柴油成分及性能管制標準」中之管制項目[CONCAWE, 1997, 1999；環保署，1998；沈，2002]，分別說明如后。

#### 2-2-1-1 苯含量

由於苯早已被確認俱致癌性，目前世界上許多國家都已限制汽油中苯含量。美國自 1995 年起對於臭氧嚴重未達空氣品質標準地區供應之新配方汽油，限制苯含量不可超過 1.0 vol%，而加州政府自 1996 年 3 月起，規定汽油中苯含量不可超過 1.0 vol%。歐洲方面，歐聯會員國於 1989 年 10 月起對於含鉛汽油設限苯含量為 5.0 vol%，目前則設限為 2.0 vol %及 1.0 vol % 兩種。

#### 2-2-1-2 硫含量

油品中含硫份過多時，硫份在燃燒後，與燃燒所產生之水分結合，形成亞硫酸或硫酸等產物，為腐蝕性高之硫酸類物質，待冷卻後於汽缸壁上，會侵蝕機件表面，更會加速機油變質與油泥之形成。尤其是在低溫、低負荷情況運轉時較嚴重，因而在引擎之排氣系統上常常能發現因硫化物造成之腐蝕現象。就環境層面考量而言，硫含量會造成硫氧化物之排放，因此應予以調降，其要求之方向與性能規範要求相同。

### 2-2-1-3 氧含量

汽油中若添加氧化合物可減少一氧化碳生成量，目前許多國家皆將含氧化合物添加量列入規範。常見之含氧化合物甲基第三丁基醚 (MTBE) 及乙醇 (Ethanol)，具有較高辛烷值，可提升油品品質，但添加過量卻會造成揮發性有機體排放量的增加，因此在設限時須特別注意。

### 2-2-1-4 雷氏蒸氣壓

降低汽油中雷氏蒸氣壓的目的在其中輕質易揮發成分逸散，輕質碳氫化合物與氮氧化物經強烈陽光照射易形成光氧化物，為光化學煙霧之前驅物。美國自 1989 年起便立法管制雷氏蒸氣壓，加州地區自 1996 年起汽油雷氏蒸氣壓限值 7.0 psi。

### 2-2-1-5 芳香烴含量

芳香烴在汽油中扮演提高辛烷值及能源效率之角色，但芳香烴燃燒會導致致癌之苯的形成，美國 AQIRP 的研究成果還指出，在所有的油料性質測試中，芳香烴含量對於總毒性空氣污染物之排放量有最大的影響，多半因為它對於尾氣苯排放量的影響，總芳香烴自 45%減為 20%時，毒性空氣污染物減少 28%。目前美國及歐聯之環保規範已將其列為管制項目之一，油品中芳香烴之來自重組油。

### 2-2-1-6 烯烴含量

烯烴為不飽和碳氫化合物，汽油中的烯烴成分可以提高辛烷值，惟因熱不穩定性，會導致下列之不利影響：1.引擎進料系統形成膠及沈積物，2.蒸發進入大氣，對於臭氧之形成有相當貢獻，3.燃燒產物形成毒性之雙鍵類化合物。美國 Auto/Oil programme 研究結論，指出烯烴含量從 20%減至 5%，可明顯減少臭氧形成潛勢 (Ozone-Forming Potential)，減量效益大約有 70% 是因為減少低分子量烯烴的緣故。

## 2-2-2 世界油品品質規範

全球四大汽車製造業公會(歐洲的ACEA，美國的AAM 及EMA，日本的JAMA)共同提出搭配不同車輛技術之最佳化油品規格，稱之為世界油品憲章(World-Wide Fuel Charter)，該憲章分別將汽油分為四類：

第一類：適用於完全沒有或僅具最基本排放控制設備之車輛。

第二類：適用於US Tier 0 或Tier1，EURO 1 或2，及其他相當排放標準之車輛。

第三類：適用於US California LEV, ULEV 及EURO 3,4，或其他相當排放標準之車輛。

第四類：適用於排放標準最嚴格(例如US California LEV-II，US EPA Tier 2，



EURO 4)之車輛，此種油品質能夠使複雜的NO<sub>x</sub> 及PM 後處理技術發揮最佳效率。

### 2-2-2-1 台灣

台灣地區自民國七十六年開始管制汽油之鉛含量，至民國八十九年一月一日，含鉛汽油之產製走入歷史，環保署也在這時候開啟汽油全方位管制的新紀元。管制項目包括苯含量、硫含量、氧含量、雷氏蒸氣壓及使用美國汽油性能模式(Complex Model)運算之VOCs+NO<sub>x</sub> 與Air Toxics 單位里程排放量，由於Complex Model 輸入之參數除了前述之苯等四個項目外，還包括芳香烴、烯烴及E200、E300，因此管制項目實際上是八項。

### 2-2-2-2 美國聯邦

#### (1)含氧汽油

美國環保署自1989 起開始分成兩階段進行管制雷氏蒸氣壓，第一階段自1989 年至1991 年，第二階段自1992 年起，至1995 年新配方汽油執行後，該管制要求仍適用於臭氧嚴重未達標準地區。另自1992 年起要求一氧化碳未達標準地區，冬季(11月至隔年2月)販賣之汽油中含氧量不可低於2.7 wt%，此即「含氧汽油(Oxygenated Gasoline)」。

#### (2)新配方汽油

1990 年美國聯邦空氣清潔法修正案(CAAA)規定，新配方汽油須符合“一般要求”及“性能要求”。一般要求項目包括雷氏蒸氣壓(RVP)、氧含量、苯含量等，性能項目包括揮發性有機物(VOC)、氮氧化物(NO<sub>x</sub>)及毒性空氣污染物(Air Toxics，包括苯、1,3 丁二烯、甲醛、乙醛及多環有機物質POM)排放量之削減率。是否達成削減目標，必須以一個衡量基準(baseline)及一套數學模式來驗證。美國環保署以1990 年為基準年，數學模式方面，第一階段(1995.1999 年)前段使用簡單模式，第一階段後段(1997 年開始)及第二階段(2000 年開始)使用複合模式。簡單模式輸入雷氏蒸氣壓、氧含量及苯含量三個參數，經過模式運算後得出VOC 及Toxics 之排放係數；複合模式輸入雷氏蒸氣壓、氧含量、苯含量、硫含量、烯烴含量、芳香烴含量、E200 及E300 八個參數，經過式運算後得出VOC、NO<sub>x</sub> 及Toxics 之排放係數。第一階段揮發性有機化合物(VOCs)及有害空氣污染物(Air Toxics)排放削減率必須達到17%，氮氧化物排放削減率必須達到1.5%(即Toxics 須小於44.5 mg/km，VOCs + NO<sub>x</sub> 須小於1577 mg/km)，其衡量基準為1990 年各油公司汽油平均品質；第二階段以1990 年全美汽油平均品質為基準，揮發性有機化合物排放削減率必須達到27%，有害空氣污染物排放削減率必須達到22%，氮氧化物排放削減率必須達到7% (40 CFR Part 80, 1994)，即TOXICs 需小於41.9 mg/km，VOCs + NO<sub>x</sub> 需小於1440 mg/km。

#### (3)Tier 2 硫含量標準

車輛需有先進之污染控制技術/設備並且控制技術能發揮原設計之效率，才能符合美國環保署於2000年10月公告之Tier 2 Motor Vehicle emissions standards，Tier 2 硫含量標準乃配合此需要而產生。自2000起凡業者生產之汽油硫含量年平均值，低於各階段之標準限值者，則採用總量管制中之儲存、抵換及交易制度，藉由經濟誘因促使業者能在標準實施前，提早降低汽油中硫含量之平均值。

#### 2-2-2-3 美國加州

第一階段新配方汽油(CaRFG1，1992年開始施行)

規定雷氏蒸氣壓於夏季時不可超過7.8 psi、含鉛汽油全面禁用、必須添加積碳控制添加劑(Deposit Control Additives)。

第二階段新配方汽油(CaRFG2，1996年6月實施)煉油業可以就「單一標準(Flat limits)」或是「平均標準(Averaging limits)」擇一適用。Flat limits 意指煉油廠各批次生產之汽油均需符合標準；Averaging limits 意指煉油廠於一定期間內所生產之各批次汽油成分平均值須不超過限值，這種平均限值通常輔以單批汽油不可超過Cap limits 之規定。

第三階段新配方汽油(CaRFG3，預定2003年1月實施)

本階段加嚴之項目主要為苯含量及硫含量，苯含量之Flat limits 由1.0 vol% 降到0.8 vol%，硫含量之Flat limits 由40 ppmw 降至20 ppmw。

#### 2-2-2-4 歐盟

1996年歐聯委員會要求所有會員國於2000年開始全面使用無鉛汽油及新的汽油規範，將硫含量由500 ppmw 降低至150 ppmw，苯含量由5.0 vol%降低至1.0 vol%，並增列芳香烴含量及烯烴含量之限值，分別為42 vol%、18 vol%。此外，並確定自2005年起進一步降低硫含量至50 ppmw，芳香烴含量35 vol%。

#### 2-3 機車行車型態

行車型態方面，目前世界各先進國家所採用汽車排放廢氣測試程序，可歸納為三大體系，分別為美國聯邦標準測試程序(Federal Test Procedure, FTP)、歐洲經濟體測試程序(Economic Commission for Europe, ECE)及日本10、11及10/15段測試程序(Japan 10、11、10/15 Mode)。

##### 2-3-1 CNS 11386

目前國際上比較常用在機車排氣污染測試方法主要有兩種類型，分別為美國環保署聯邦測試程序之行車型態與歐洲經濟聯盟之行車型態，分別為FTP-75及ECE-40(或EEC)。而台灣自1998年1月1日開始採用機車測試程序(ECE40)。然而，在考量我國民眾使用機車習慣及行駛之狀況下，原本ECE40之熱車測試程序已較無法符合民眾實際使用狀況需要，故除了訂

定更嚴格排放標準外，亦考慮檢討測試程序，才能有效管制實際狀況之污染排放量。故環保署訂定之第四期標準時以冷車測試程序為考量，目前環保署已研訂測試程序之標準步驟，係參考歐洲 ECE-15 污染排放測試程序，測試流程中與原測試流程之主要差異，在於將原熱車過程取消，於發動引擎惰轉 40 秒後開始取樣，並在測試前車輛靜置 6~30 小時[環保署，1995]。本研究所測試的行車型態分別為熱車行車型態和冷車行車型態，測出其排氣污染量，加以進行分析、採樣。

## 2-3-2 冷熱車測試

### (一) 熱車行車型態測試步驟：

1. 將測試車固定安全後，連接排氣收集管。
2. 以怠速惰轉暖車至少 2 至 3 分鐘後，準備進行採樣。
3. 進行試驗、取樣，其結果即為行車排氣污染量。

### (二) 冷車行車型態測試步驟：

1. 車輛靜置：測試前車輛靜置 6~36 小時，冷置溫度為 20~30°C。
2. 冷車啟動引擎：10 秒內必須發動引擎。
3. 冷車行車型態測試：發動引擎即惰速 40 秒後開始取樣，進行污染測試。
4. 進行試驗、取樣，其結果即為行車排氣污染量。

冷熱車測試主要差異在於冷車行車型態排放污染測試取消暖車程序，直接進行冷啟動與採樣，其差異示如圖 2-3-1。

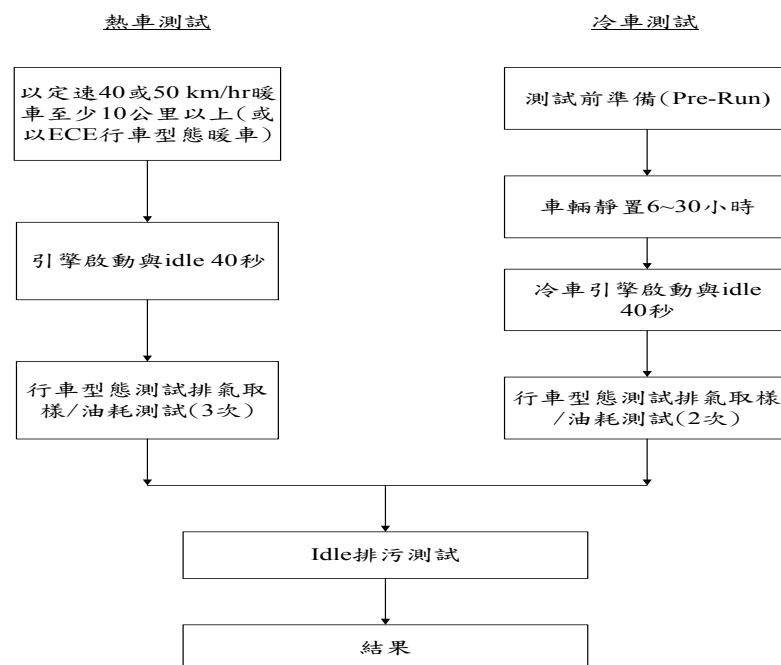


圖 2-3-1 冷熱車排污測試差異之比較

## 第三章 實驗設備與方法

### 3-1 採樣規劃

#### 3-1-1 測試油品種類

影響油品排放廢氣之參數相當多，欲探討油品中某一成分對空氣污染之影響一般大多以添加或混合(Blend)方法來改變(增加)油品中某一成分之含量。本研究計畫亦以此方法(添加)進行實驗用油品之配製，本研究先進行市面上購得之中油 95 無鉛汽油之全規範分析，依此分析結果來調配目前法規規定油品參數的添加量，在法定油品參數方面，本研究將測試油品中法定油品參數添加至下列數量，苯含量加至 11%；在多環芳香烴化合物方面，亦先將市售中油 95 無鉛汽油進行多環芳香烴含量分析，在本計畫欲添加之多環芳香烴化合物方面，其濃度在 0.00054 mg/L~110 mg/L 之間，將中油市售油中的 Nap 含量添加至市售油品的 200 倍(22174 mg/L)、Pyr 含量添加至市售油品的 200 倍(655 mg/L)、DBA 含量添加至市售油品的 600 倍(0.33 mg/L)、COR 含量添加至市售油品的 300 倍(12.7 mg/L)，所有測試用油列於表 3-1-1。

表3-1-1 本研究測試油品

油品編號	說明
Base	中油市售油(基礎油)
Fuel 1	中油市售油 50%+由正庚烷與異辛烷調配成辛烷值為 95 之溶劑 50%
Fuel 2	中油市售油，調整苯含量 (加至 10%)
Fuel 3	中油市售油，調整 Nap 含量 (加至市售油品的 200 倍)
Fuel 4	中油市售油，調整 Pyr 含量(加至市售油品的 200 倍)
Fuel 5	中油市售油，調整 DBA 含量 (加至市售油品的 600 倍)
Fuel 6	中油市售油，調整 COR 含量 (加至加至市售油品的 300 倍)

#### 3-1-2 使用機車種類

本研究計畫為期能了解我國機車排放污染物的實際情形，將目前市面上佔機動車輛總數較多的二行程引擎機車及四行程化油器引擎機車進行實車污染排放測試。另外，機車製造商已經開始生產比化油器引擎更環保的噴射引擎機車，未來第四期排放標準實施後，噴射引擎機車勢必會是下一階段的機車主流車種，因此本研究也將進行噴射引擎機車的實車污染排放測試，並預期可以建立噴射引擎機車之排放係數，供進行污染控制策略之用。

本研究使用車輛之選擇，係根據引擎型式、行駛里程及排氣量，挑選出 8 輛測試用機車，編號分別為 A、B、C、D、E、F、G、H，選用機車的標準為依引擎形式區分可分為四行程噴射引擎、四行程化油器引擎及二行程化油器引擎，因為我國目前所有機車總數中仍以四行程化油器引擎機車

及二行程化油器引擎機車佔最多，但是若要符合未來空氣污染排放標準，噴射引擎機車勢必是未來的趨勢，所以本研究就以目前市場上較為普遍的四行程化油器引擎及二行程化油器引擎、噴射引擎機車進行測試；在我國環保署所訂定的「交通工具空氣污染物排放標準」中新車型審驗須符合一萬五千里耐久試驗。因此，本研究計畫就以行駛里程一萬五千里為區隔，在一萬五千里以下的機車為新車、一萬五千里以上為舊車；另外，排氣量的選擇方面，數量佔最多的四行程化油器引擎及二行程化油器引擎機車排氣量為 125 c.c 和 50 c.c 佔最多，所以本研究選擇 4 輛 125c.c 四行程化油器引擎機車及 2 輛 50 c.c 二行程化油器引擎機車；在四行程噴射引擎機車方面，目前市場上四行程噴射引擎機車的排氣量，均在 125 c.c 以上，因此，四行程噴射引擎機車選用就以 125 c.c 為主，測試機車資料如表 3-1-2。

表3-1-2 本研究計畫測試用機車

編號 說明	A	B	C	D	E	F	G	H
引擎形式	四行程 噴射	四行程 噴射	四行程 化油器	四行程 化油器	四行程 化油器	四行程 化油器	二行程 化油器	二行程 化油器
排氣量 (c.c)	125	125	125	125	125	125	50	50
新/舊車*	新	舊	新	舊	新	舊	新	舊

\*依行駛里程區分為：行駛里程 15,000 公里以上為舊車  
行駛里程 15,000 公里以內為新車

在表 3-1-2 中，將所有的機車種類分成三大類，分別為四行程噴射引擎機車、四行程化油器引擎機車及二行程化油引擎機車。於四行程噴射引擎中，選定二輛車用意在於比較同廠牌及同車型間行駛里程對於污染物排放的影響；在四行程化油器引擎方面，本型車種在市場上佔的比例較高，所以選用了四輛不同廠牌的機車，目的在了解不同廠牌及不同車型其排放係數是否有差異性；二行程機車被認為是排放污染嚴重的車輛，在市場上也已經漸漸淘汰，因此，在二行程化油器引擎只選用了二輛機車來進行污染排放測試。

### 3-1-3 測試程序與方法

目前世界各先進國家所採用汽車排放廢氣測試程序，可歸納為三大體系，分別為美國聯邦標準測試程序(Federal Test Procedure, FTP)，歐洲經濟體測試程序(Economic Commission for Europe, ECE)及日本 10、11 及 10/15 段測試程序(Japan 10、11、10/15 Mode)。

依據交通部在民國 84 年所做的調查報告指出國內將近有 70 %機車使用者每日的平均行駛里程在 10 公里以內，且平均單程里程數在 5 公里以

內，由此數據顯示與目前使用的熱車運轉型態(CNS 11386)的測試單程里程 14 公里相差甚大。由於當機車引擎在溫度較低時冷啟動，此時機車的污染排放控制設備(如觸媒轉化器)未達到其工作溫度，無法有效的減低空氣污染物的排放，因此冷車啟動所排放的空氣污染物遠高於熱車轉型態，污染量高達 3 倍[林, 1999]。我國環保署所訂定的「交通工具空氣污染物排放標準」中，規定在民國九十三年一月一號起實施的第四期標準中新車審驗及新車檢驗需採冷車行車型態，測試程序如下：

於測試前，受測車輛必須於 20 至 30 度的溫度下車輛靜止停放 6~30 小時，在做完必要之檢查之後可直接進行測試。測試時，車輛冷啟動後依據 ECE 行車型態於怠速 40 秒後再進行四次 ECE 循環行駛。

本研究計畫亦採用冷車行車型態進行污染排放測試，CNS 11386 行車型態如圖 3-1-1 所示，冷熱車的主要差異在於冷車行車型態取消暖車行車型態，直接在車輛冷啟動時進行採樣。

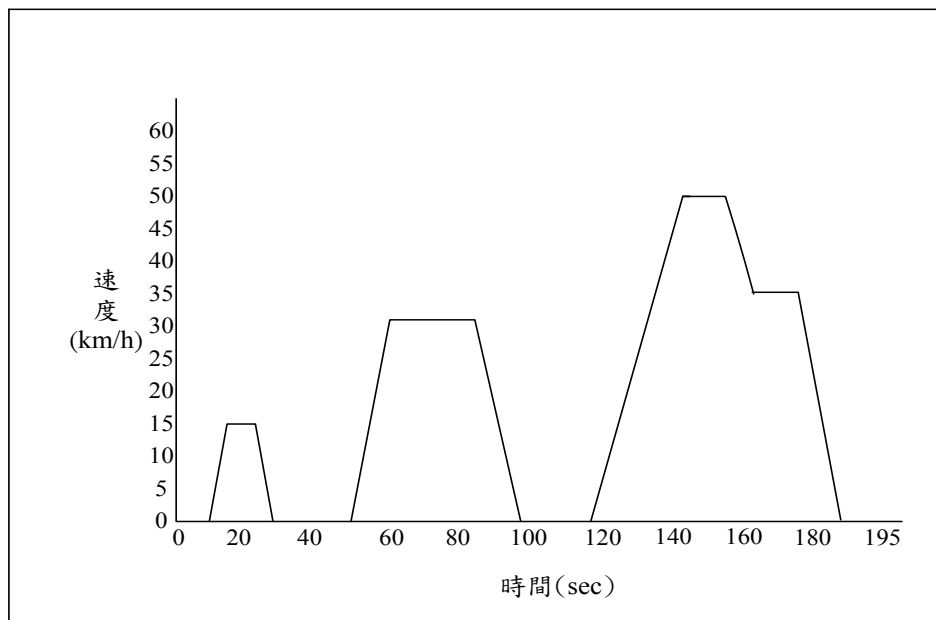


圖 3-1-1 CNS11386 行車型態

## 3-2 廢氣採樣設備

### 3-2-1 定容取樣系統(Constant Volume System)

採樣進行時，測試機車置於動力計上，依所輸入之行車型態驅動模擬，由駕駛者依行駛速度模擬類似風場，尾端連接一密閉之採樣管線，進行機車排氣全程採樣。為模擬真實大氣環境排放，尾氣排放經空氣定比稀釋後以文氏管等比例定容採樣至採樣袋，待所指定之行車型態測試完成後，再以 CO、HC 及 NO<sub>x</sub> 自動監測儀器進行分析。

### 3-2-2 PAHs 採樣系統

機車廢氣排出後導入稀釋管道，稀釋氣體以鼓風機由外界空氣引進。機車引擎所排放之廢氣在稀釋管道內經過充份混合後進入後續之固相及氣相 PAHs 採樣系統。採樣系統之配置符合美國 Code of the Federal Regulations (CFR)之規定。懸浮微粒 (固相 PAHs) 由直徑 47 mm 之濾紙在氣體溫度低於 52°C 下收集，分上下兩層，下層備份 (Back-up) 濾紙為防止貫穿用。收集氣相 PAHs 之玻璃套筒按裝於固相 PAHs 收集器後，玻璃套筒內充填 XAD-16 吸附劑用以吸收氣相 PAHs。

### 3-3 分析設備與方法

#### 3-3-1 一氧化碳/二氧化碳分析儀(CO/CO<sub>2</sub> Analyzer)

一氧化碳/二氧化碳的分析將採用由日本 Horiba 公司所製造，型號 MEXA-8320 三部 NDIR 型量測單元所組成。儀器重複性可達全刻度 +/-1%。對於不同濃度範圍之一氧化碳量測並可選擇 High/Low CO 分別由兩部設定不同濃度量測範圍的分析單元來執行。

#### 3-3-2 氮氧化物分析儀(NO<sub>x</sub> Analyzer)

氮氧化物的分析將採用由日本 Horiba 公司所製造，型號 MEXA-8320 NO/NO<sub>x</sub> 分析儀及一部 Signal Noxgen-3R 轉換器所組成。NO<sub>x</sub> 分析儀可控制量測精度在 +/- 5% 以內，並有 10/25/100/250/1000/ 2500/10000 ppm 等七段量測範圍調整；而 NO<sub>x</sub> 轉換器則用來將 NO<sub>2</sub> 轉換為 NO，以驗證分析儀的轉換效率是否在 90% 以上。

#### 3-3-3 碳氫化合物分析儀(Hydrocarbon Analyzer)

碳氫化合物的分析採用由日本 Horiba 公司所製造，型號 MEXA-8320 分析儀。此設備包括偵測及控制兩個單元，並有保溫與加熱管維持所取樣品溫度在 191°C。而且還可分 0-20/50/100/ 200/ 500/1000/2000/5000/10000 ppm 等多段濃度偵測範圍。

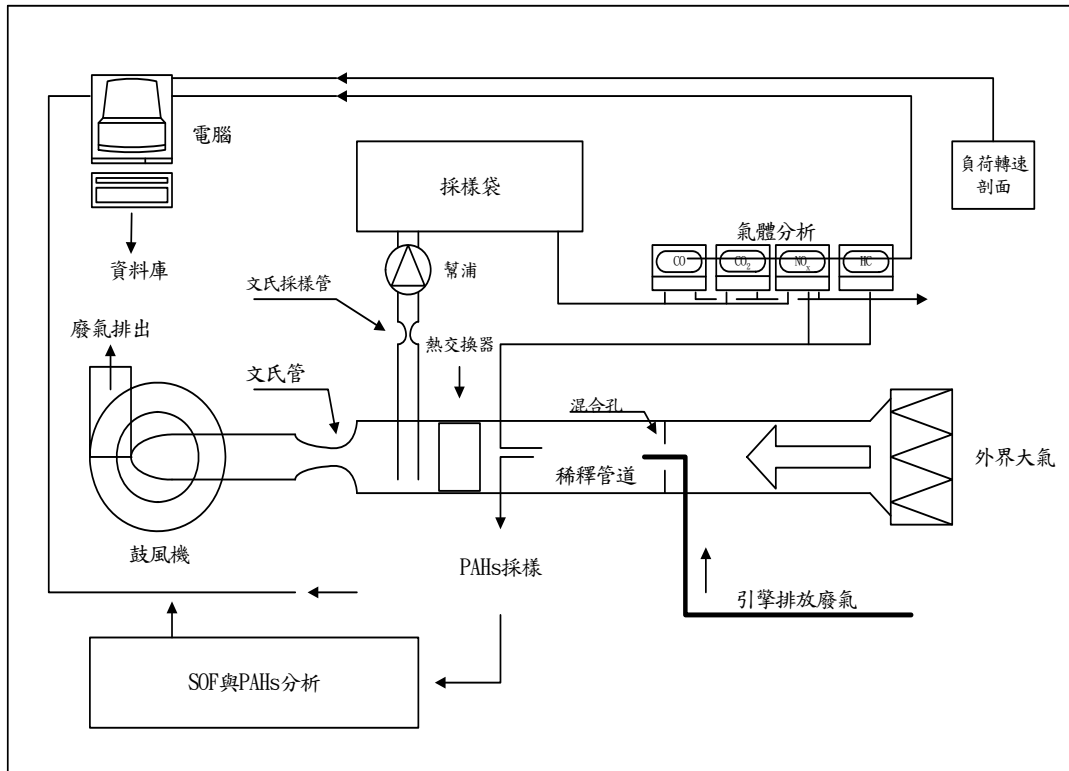


圖 3-2-1 機車排放廢氣採樣系統圖

### 3-3-4 氣相層析質譜儀(GC/MS)

本計畫將使用之分析儀器為 Agilent 6890/5973N 之氣相層析質譜儀(Gas Chromatography/Mass Spectrometer, GC/MS)進行 PAHs 之分析。氣相層析儀質譜儀內配置之管柱為 Agilent Ultra 2，內徑 0.32 mm，厚度 0.17  $\mu\text{m}$ ，長度為 50 m。其升溫程式為：初始溫度 50 $^{\circ}\text{C}$ 。第一段升溫速率 20 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ，升至 100 $^{\circ}\text{C}$ 。第二段升溫速率為 3 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ，由 100 $^{\circ}\text{C}$  升至 290 $^{\circ}\text{C}$  後維持定溫 40 分鐘。樣本注射口之溫度設定為 310 $^{\circ}\text{C}$ ，而離子源(ion source)之溫度設定為 310 $^{\circ}\text{C}$ 。

### 3-3-5 毒性污染物(Aromatics)分析方法

利用煙道PAHs採樣系統進行採樣，測定圓形濾紙上粒狀物所含之PAHs，即代表粒狀物相PAHs之含量，而分析由玻璃套筒(含PUF及XAD-16樹脂)所吸附之PAHs，即稱為氣相PAHs，冷凝水及管線殘留亦分別進行分析。由於PAHs之濃度無法以直接監測法測得，因此採得之樣品必須先經前處理步驟，才能以儀器測定之，PAHs採樣及分析測定流程，其前處理及分析程序包括萃取、濃縮、管柱淨化、再濃縮及氣相層析質譜儀分析。程序分述如下：

#### (1) 樣品萃取

有效的萃取分析為PAH定性及定量的重要步驟，由於PAH本身之極性不



高，易溶於非極性或弱極性之有機溶劑中，本研究使用之萃取液乃按體積由50%二氯甲烷(Dichloromethane)及50%正己烷(n-Hexane)配製而成。將採樣過程取得粒狀污染物之濾紙樣本先置於乾燥器中二十四小時，使其含水分達到平衡，經稱重後可求得粒狀污染物之質量。採樣後濾筒之萃取方法為將其置入小型索氏萃取器(高16公分，內徑4公分)中萃取。萃取器底下之圓底燒瓶之容積為300 mL，內置250 mL的正己烷及二氯甲烷混合液(體積比為1:1)，萃取24小時。萃取完畢後，讓萃取器冷卻。收集氣相PAHs之樣品(玻璃套筒)，則置於大型索氏萃取器(高20公分，內徑7公分)內，內置700 mL的正己烷及二氯甲烷混合液(體積比為1:1)，萃取24小時，每小時4個循環。萃取過程所有裝置一律放置於抽氣櫃中，萃取程序進行時，抽氣之馬達必須打開，以避免溶劑蒸氣蓄積室內危害人體健康或引起火災。在萃取過程中，為減少PAHs之衰減，應儘量避免光線之照射。萃取後之PAH樣品經高純氮氣吹拂法濃縮至2 mL，再進行後續之淨化程序。不論任何樣品，在採樣後3天內必須進行萃取程序，萃取後10天內必須完成GC/MS之分析程序。

#### (2) 萃取液濃縮

萃取液以高純度氮氣吹拂法濃縮。氮氣吹拂法，係將樣品以高純氮氣緩慢吹拂濃縮樣品至約2 mL。

#### (3) 萃取液淨化

本實驗採用管柱分離之淨化法，淨化之目的係為去除樣品中之干擾物質，以避免氣相層析儀分析時產生過多雜訊，影響分析結果。淨化管填裝方式係將已處理過之矽膠 (Silica gel) 17 g與正己烷充分攪拌後，再以乳頭吸管吸取，填入淨化管中。矽膠上方，覆上1 g無水硫酸鈉，使萃取液中之水分及其他高極性物質得以與樣品分離。管柱中所填充之矽膠及無水硫酸鈉須經預處理才能使用，矽膠須先置於105°C 之烘箱內乾燥8小時，稱重15 g再加3% 之蒸餾水予以活化。而無水硫酸鈉則於淨化前置於400°C 烘箱內活化24小時。在最初使用之前，先用正己烷清洗淨化管以去除任何微量之污染物。之後將2 mL之樣本倒入淨化管內再加入25 mL之正己烷沖洗管柱內殘留之PAHs，再以體積200 mL之正己烷倒入淨化管中，由三角錐瓶收集淨化液。

#### (4) 淨化液再濃縮

淨化完之溶液再以氮氣吹拂至1.0 mL，裝於密閉之棕色玻璃小瓶內，以GC/MS分析；若無法馬上分析，樣品須置於冰箱冷凍庫中低溫保存，以減少樣品中PAHs之衰化反應。

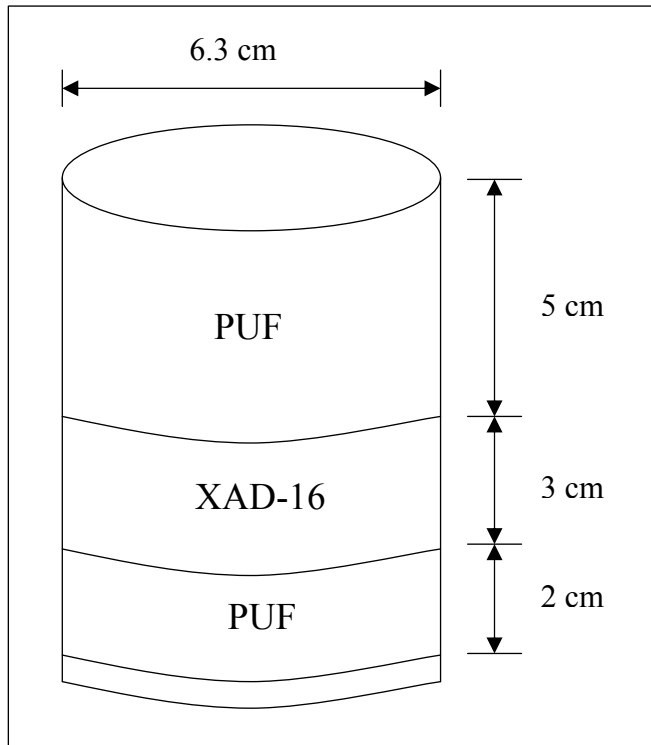


圖 3-3-1 玻璃套筒填裝示意圖

## 第四章 結果與討論

### 4-1 傳統污染物排放係數

移動污染源污染排放量推估一般可採用以下三種方法：污染源實測資料計算、質量平衡法及排放係數等方法；其中污染源實測資料計算及質量平衡法可用來估算少數污染源外，絕大部分的污染源污染排放量都須依靠排放係數法進行推估。排放係數的推估方式可以由模式模擬、隧道實驗及實車動力計實驗等方式進行。

#### 4-1-1 模式模擬

Mobile-Taiwan 機動車輛排放係數推估模式是由中鼎公司於民國 85 年根據台灣本土車輛現況與美國 Energy and Environmental Analysis Inc. (EAA) 合作，根據美國環保署(U.S. EPA)所發展的 Mobile 5a 程式修改而成，而 Mobile 系列汽柴油機車排放係數推估模式，是一個以 Fortran 語言所撰寫的電腦模式，主要可以模擬推估模式年介於 1950 年~2050 年之間各種車輛的排放係數。在 Mobile-Taiwan 中，中鼎公司加入了許多本土化的數據使得 Mobile-Taiwan 排放係數推估模式可以更加地符合台灣地區汽機車污染排放特性。目前 Mobile-Taiwan 的最新版本為 Mobile-Taiwan 2.0；而國內的移動污染源排放量大多以 Mobile-Taiwan 2.0 進行推估。

本研究亦利用中鼎公司的 Mobile-Taiwan 2.0 排放係數推估模式進行排放係數之模式模擬，主要輸入的參數為車齡分布、年平均車行里程、零里程排放率及劣化率，得到為民國 83 到民國 92 年的機車排放係數。表 4-1-1 列出二行程機車與四行程機車之零里程排放率及劣化率數值，零里程排放率及劣化率指新車之基本排放率及車輛行駛後隨里程增加所造成之污染增加量，在本研究中此參數是由中鼎公司所建立的台灣地區空氣污染物排放資料庫 TEDS 5.1 所得到的；表 4-1-2 ~ 表 4-1-4 分別為 Mobile-Taiwan 2.0 排放係數推估模式模擬而得之民國 92 年台北市、高雄市及台灣省之機車污染物排放係數，車種分為二行程及四行程機車，所模擬出的結果包含行車速度為 5~100 km/h 之排放係數，由這些模擬出的結果可以發現在行車速度較低時，污染物的排放係數都較高；在 80 km/h 時污染物的排放係數為最低，但超過 80 km/h 後污染物排放係數又呈現上升的趨勢。

在中鼎公司建立 Mobile-Taiwan 2.0 時，四行程噴射引擎機車市場上佔有率相當低，程式並未設計模擬噴射引擎機車排放係數，因此本研究在進行 Mobile-Taiwan 2.0 模式模擬時，無法產生噴射引擎機車的污染物排放係數。

表4-1-1 Mobile-Taiwan中零里程排放率及劣化率數值

車種	年份 (民國)	CO		HC		NO <sub>x</sub>	
		零里程 排放率	劣化率	零里程 排放率	劣化率	零里程 排放率	劣化率
二行程機車	76 前	8.941	2.098	5.542	0.947	0.390	0.000
	77~79	7.714	1.810	4.689	0.802	0.330	0.000
	80	4.839	1.135	2.998	0.513	0.184	0.000
	81	1.964	0.461	1.308	0.224	0.038	0.000
	82~86	1.964	0.461	1.308	0.224	0.038	0.000
	87~91	1.248	0.136	0.694	0.083	0.039	0.009
	92 後	1.248	0.136	0.483	0.056	0.027	0.006
四行程機車	76 前	9.633	0.945	3.112	0.880	2.822	0.063
	77~79	8.311	0.815	2.633	0.744	2.388	0.053
	80	5.385	0.528	1.565	0.442	1.353	0.030
	81	2.460	0.241	0.497	0.140	0.319	0.007
	82~86	2.460	0.241	0.497	0.140	0.319	0.007
	87~91	1.288	0.176	0.265	0.042	0.225	0.024
	92 後	1.247	0.176	0.191	0.022	0.292	0.009

註：零里程排放率單位為 g/km；劣化率的單位為(g/km)/10,000 km。

表4-1-2 民國92年台北市機車污染物排放係數

車種 車速(km/h)	二行程機車			四行程機車		
	CO(g/km)	THC(g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)	CO(g/km)	THC(g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)
5	21.98	9.86	0.08	19.35	5.97	0.59
10	11.96	5.96	0.07	10.51	3.67	0.52
15	7.80	4.25	0.06	6.83	2.66	0.48
20	5.75	3.38	0.06	5.03	2.15	0.47
25	4.61	2.89	0.06	4.02	1.86	0.48
30	3.88	2.58	0.07	3.38	1.68	0.50
40	2.96	2.19	0.08	2.57	1.44	0.56
50	2.34	1.92	0.08	2.03	1.29	0.62
60	1.93	1.73	0.09	1.66	1.17	0.66
70	1.67	1.61	0.09	1.44	1.11	0.68
80	1.57	1.57	0.10	1.34	1.08	0.74
90	1.91	1.65	0.12	1.64	1.13	0.89
100	4.22	2.17	0.14	3.62	1.43	1.04

表4-1-3 民國92年高雄市機車污染物排放係數

車種 車速(km/h)	二行程機車			四行程機車		
	CO(g/km)	THC(g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)	CO(g/km)	THC(g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)
5	22.22	9.80	0.08	20.36	6.28	0.59
10	12.09	5.93	0.07	11.06	3.83	0.52
15	7.88	4.23	0.06	7.19	2.75	0.48
20	5.81	3.37	0.06	5.30	2.20	0.47
25	4.65	2.88	0.06	4.23	1.90	0.48
30	3.91	2.58	0.07	3.56	1.70	0.50
40	2.98	2.19	0.07	2.70	1.45	0.56
50	2.37	1.92	0.08	2.14	1.29	0.62
60	1.94	1.73	0.09	1.75	1.17	0.66
70	1.69	1.62	0.09	1.51	1.09	0.68
80	1.58	1.58	0.10	1.42	1.07	0.74
90	1.93	1.65	0.12	1.73	1.12	0.89
100	4.25	2.17	0.14	3.82	1.44	1.04

表4-1-4 民國92年台灣省機車污染物排放係數

車種 車速(km/h)	二行程機車			四行程機車		
	CO(g/km)	THC(g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)	CO(g/km)	THC(g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)
5	19.22	8.93	0.08	18.05	5.31	0.56
10	10.45	5.49	0.07	9.80	3.34	0.50
15	6.80	3.98	0.06	6.37	2.47	0.46
20	5.02	3.21	0.06	4.69	2.04	0.45
25	4.01	2.78	0.06	3.74	1.79	0.46
30	3.37	2.51	0.07	3.15	1.63	0.48
40	2.57	2.16	0.07	2.39	1.43	0.54
50	2.03	1.92	0.08	1.89	1.30	0.60
60	1.67	1.75	0.09	1.54	1.20	0.63
70	1.45	1.65	0.09	1.34	1.15	0.66
80	1.36	1.62	0.10	1.25	1.13	0.71
90	1.65	1.69	0.12	1.52	1.16	0.86
100	3.65	2.14	0.13	3.37	1.42	1.00

表4-1-5 Mobile-Taiwan 轉換CNS 11386之機車污染物排放係數

車種 車速(km/h)	二行程機車			四行程機車		
	CO(g/km)	THC(g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)	CO(g/km)	THC(g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)
台北市	3.92	2.60	0.073	3.42	1.69	0.534
高雄市	3.96	2.60	0.071	3.60	1.80	0.534
台灣省	3.41	2.52	0.071	3.189	1.64	0.514

表 4-1-5 為參考 CNS 11386 之定速時間之權重，將 Mobile-Taiwan 2.0 模式模擬各種定速運轉之排放係數，轉換成與 CNS 11386 類似運轉型態下之排放係數，以利與本研究之實測資料進行比較分析。轉換的方法為先找出 CNS 11386 之定速行駛時間 15 km/h、32 km/h、35 km/h 及 50 km/h，分別為 8 sec、24 sec、13 sec 及 12 sec，因一個測試為 4 個 CNS 11386 循環，總共時間為 32 sec、96 sec、42 sec 及 48 sec，總和為 228 sec，定速時間權重為 14.0 %、42.1 %、22.8 % 及 21.1 %，將 Mobile-Taiwan 2.0 模擬數值中的 15 km/h、32 km/h、35 km/h 及 50 km/h 之污染物排放係數乘上定速時間權重後，加總各污染物在 15 km/h、32 km/h、35 km/h 及 50 km/h 轉換後之排放係數，即得與 CNS 11386 行車形態類似之排放係數。

#### 4-1-2 隧道實驗

隧道實驗能反應出實際車輛行駛狀況之污染排放，而且較不受外界大氣條件的影響，所以在國內外都有相當多相關的研究。國外隧道實驗研究最早由 Lonneman 等在 1974 年開始進行；1981 年 Grose 和 Norbek 在賓夕法尼亞州的 Allegheny Mountain 隧道進行研究，結果指出在輕型小客車 CO、HC、NO<sub>x</sub> 之排放係數分別為 8.9、1.1、1.2 g/km。在隧道實驗相關研究中，因國外的機車數量稀少，以致於大部分的相關研究都集中在汽、柴油車上；在國內因為大多數的隧道都只有汽車及柴油車通行，所以國內在此方面的研究尚屬少見。

#### 4-1-3 實車動力計測試

目前世界國所採行的行車型態大致上都以先進國家所發展的行車型態為主，分別為美國聯邦標準測試程序(Federal Test Procedure, FTP)、歐洲經濟體測試程序(Economic Commission for Europe, ECE)及日本 10/11 mode 測試程序。

美國汽車製造協會於 1950 年針對洛杉磯地區進行車輛行車型態發展出 LA-11 mode 行車型態，其後由研究人員將 LA mode 里程長度縮短，建立出都會區車體動力計行車型態(Urban Dynamometer Driving Schedule, UDDS)，最後在 1972 年成立美國聯邦測試程序(FTP72)並採用冷車啟動測試及定容取樣法(Constant Volume Sampling, CVS)。1975 年美國協調研究會發現在洛杉磯地區，車輛除了第一個旅次屬於冷車啟動外，其餘的均介於冷車啟動與熱車啟動之間，若只以 FTP72 來進行污染排放測試並不足以代表實際的狀況，並且可能會產生高估污染排放量的問題，所以研究人員保留了 FTP72 循環一次，之後車輛停止運轉 10 分鐘，在進行前 505 秒之行車型態，此即 FTP75 行車型態。FTP75 行車型態與 FTP72 行車型態同樣為以 CVS 法收集排放廢氣，但同時包含了冷車動即熱車啟動，較能符合實際行

車狀態。

歐洲所使用的車輛污染排放量測試方法為歐洲經濟體所發展的 ECE 行車型態，此行車型態是以冷車啟動來進行污染測試，測試前車輛須於室溫下靜置 6 小時，才能進行下一階段的測試。ECE 行車型態開始前會先進行 40 秒的怠速運轉，再進行 4 次循環運轉。

1973 年日本開始採用 10 mode，此行車型態為熱車啟動來進行污染排放測試，在測試之前必須以時速 40 公里運轉 15 分鐘，達到熱車狀態後，再進行 6 次循環測試；在 1976 日本改採 11 mode 此行車型態與 ECE 行車型態相同是以冷車啟動來進行測試，先進行 25 秒怠速運轉再進行 4 次循環測試。

我國目前所使用的車輛排放污染物測試方法為由歐洲經濟體測試程序 (ECE) 所修改而成的 CNS 11386 機器腳踏車排氣污染量試驗法，但因為我國實際的行車型態與 ECE 測試程序有所差異，所以在國內有許多與建立行車型態相關的研究。其中翁氏等人，在 1995 年利用實車動力計測試進行二行程及四行程機車的污染排氣檢驗，結果列於表 4-1-6。表 4-1-7 為 1997 年陳氏以台北都會區行車型態 (TMDC) 及 ECE 行車型態，進行實車動力計測試之結果。望熙榮等人於 1999 年以實車惰轉污染物排放濃度為依據，進行冷熱車啟動校正及行車型態校正。由於目前法規仍沿用熱車啟動行車型態進行污染排放量測試，且 ECE 行車型態並不符合我國實際之行車型態，故望等人進行冷、熱車行車型態及不同行車型態之排放係數校正，其結果列於表 4-1-8 ~ 表 4-1-11。由表中數據可以發現各污染物之冷車啟動排放係數均為熱車啟動約 2 倍之多。蔡俊鴻等人在 2000 年以 ECE 污染排放測試方法，針對二行程及四行程機車共 19 輛進行實車動力計污染測試，其結果列於表 4-1-12。陳康興等人在 2001 年進行的「都會區機車行車型態與排放係數研究」，分別建立台北市、台中市及高雄市代表性行車型態並且對此三種行車型態進行了實車動力計污染排放測試，結果如表 4-1-11 ~ 表 4-1-14 所示。

表4-1-6 利用動力計檢測機車污染物排放係數[翁，1995]

車種		排放係數(g/km)		
		CO	HC	NO <sub>x</sub>
新	二行程	2.96 <sup>a</sup> ±1.96 <sup>b</sup>	3.28 ±2.02	0.33 ±0.03
	四行程	6.68 ±2.14	1.33 ±1.27	0.52 ±0.12
舊	二行程	29.31 ±21.74	18.18 ±11.4	0.05 ±0.09
	四行程	23.30 ±18.42	2.22 ±1.56	0.36 ±0.22

a：平均值，b：標準

表4-1-7 以動力計測試機車污染排放係數[陳，1997]

行車型態	污染物	二行程機車	四行程機車
TMDC	CO(g/km)	11.36	9.21
	THC(g/km)	6.28	1.52
	NO <sub>x</sub> (g/km)	0.037	0.189
ECE	CO(g/km)	10.61	8.70
	THC(g/km)	5.55	0.883
	NO <sub>x</sub> (g/km)	0.031	0.171

TMDC：台北都會區行車型態

表4-1-8 台中市機車污染物排放係數[望，1999]

台中市		基本排放係數	冷啟動校正	高雄行車型態	台北行車型態
CO	二行程	5.63	10.43	10.86	11.21
	四行程	8.51	16.69	14.84	16.17
HC	二行程	2.70	6.86	6.24	7.62
	四行程	1.67	3.42	3.19	5.15

表4-1-9 台中縣機車污染物排放係數[望，1999]

台中縣		基本排放係數 (g/km)	冷啟動校正 (g/km)	高雄行車型態 (g/km)	台北行車型態 (g/km)
CO	二行程	6.22	11.53	11.72	12.17
	四行程	8.66	17.00	15.08	16.44
HC	二行程	2.83	7.19	6.49	7.96
	四行程	1.92	3.94	3.62	5.88

表4-1-10 南投縣機車污染物排放係數[望，1999]

南投縣		基本排放係數 (g/km)	冷啟動校正 (g/km)	高雄行車型態 (g/km)	台北行車型態 (g/km)
CO	二行程	5.21	9.66	10.26	10.53
	四行程	8.70	17.08	15.14	16.51
HC	二行程	2.50	6.35	5.84	7.10
	四行程	1.52	3.12	2.93	4.71

表4-1-11 彰化縣機車污染物排放係數[望，1999]

彰化縣		基本排放係數 (g/km)	冷啟動校正 (g/km)	高雄行車型態 (g/km)	台北行車型態 (g/km)
CO	二行程	6.33	11.72	11.87	12.34
	四行程	8.38	16.44	14.63	15.95
HC	二行程	2.85	7.23	6.52	8.00
	四行程	1.43	2.94	2.77	4.46



表4-1-12 以ECE行車型態動力計測試結果[Tsai et al., 2000]

車種 \ 排放係數	CO(g/km)	THC(g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)	備註
二行程機車 (12 輛)	2.63 ±1.96	3.28 ±2.01	0.035 ±0.035	新車
	21.72 ±13.86	15.16 ±12.36	0.016 ±0.006	使用中
	39.92 ±27.18	20.04 ±10.29	0.015 ±0.003	使用中
四行程機車 (7 輛)	5.66 ±0.76	1.50 ±1.49	0.46 ±0.040	新車
	36.10 ±13.58	3.20 ±0.56	0.25 ±0.13	使用中

a：平均值，b：標準偏差

表4-1-13 台北市行車型態動力計測試結果[陳，2001]

車種 \ 排放係數	CO(g/km)	THC(g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)	CO <sub>2</sub> (g/km)	油耗(km/l)
二行程機車 (1 輛)	9.14	6.09	0.002	37.85	33.23
四行程機車 (2 輛)	5.72	0.53	0.26	67.50	29.82
	9.87	0.98	0.092	62.60	28.58

表4-1-14 台中市行車型態動力計測試結果[陳，2001]

車種 \ 排放係數	CO(g/km)	THC(g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)	CO <sub>2</sub> (g/km)	油耗(km/l)
二行程機車 (3 輛)	6.58	0.57	0.221	62.75	30.29
	5.53	4.50	0.011	69.69	31.51
	6.97	5.28	0.007	38.46	36.75
四行程機車 (3 輛)	7.75	1.28	0.192	57.47	30.94
	10.24	0.82	0.220	59.69	29.17
	9.80	1.20	0.078	57.59	30.52

表4-1-15 高雄市行車型態動力計測試結果[陳，2001]

車種 \ 排放係數	CO(g/km)	THC(g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)	CO <sub>2</sub> (g/km)	油耗(km/l)
二行程機車 (1 輛)	5.72	2.31	0.014	44.21	38.72
四行程機車 (2 輛)	7.03	1.24	0.222	58.20	31.51
	6.83	2.31	0.014	44.21	38.72

表4-1-16為本計畫使用中油市售95無鉛汽油進行以ECE為行車型態之實車動力計測試數據，在新、舊車的污染排放方面為舊車高於新車，引擎型式上的污染排放的比較，THC的排放係數為二行程引擎機車>四行程引擎機車>噴射引擎機車；另外針對NO<sub>x</sub>進行比較發現，四行程引擎機車、噴射引擎機車比二行程引擎機車高，其原因為四行程引擎與二行程引擎先天上機械構造差異所致，四行程引擎中油氣具較長的停留時間及較高的溫度，因此產生的NO<sub>x</sub> 排放係數值較二行程引擎高。

表4-1-16 本計畫動力計測試機車污染排放係數量測結果

車種 \ 污染物		CO(g/km)	THC(g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)	CO <sub>2</sub> (g/km)	油耗(km/l)
噴射引擎	新(冷車)	1.61	0.594	0.251	66.0	34.2
	新(熱車)	0.789	0.194	0.213	58.0	40.1
	舊(冷車)	1.88	0.459	0.297	54.8	40.5
	舊(熱車)	1.26	0.264	0.247	49.7	45.7
四行程引擎	新(冷車)	4.89	0.852	0.167	64.8	31.3
	新(熱車)	2.46	0.430	0.138	59.6	36.3
	舊(冷車)	7.70	1.06	0.170	61.5	30.6
	舊(熱車)	7.79	0.893	0.113	52.8	34.6
	新(冷車)	4.06	0.944	0.397	62.6	32.7
	舊(冷車)	10.4	1.24	0.160	54.4	31.5
二行程引擎	新(冷車)	3.00	2.72	0.065	57.8	33.1
	新(熱車)	2.23	1.22	0.046	60.3	34.8
	舊(冷車)	3.99	2.32	0.050	53.0	35.4
	舊(熱車)	4.01	0.939	0.041	53.3	37.7

#### 4-1-4 各種測試結果綜合比較

##### 4-1-4-1

模式推估本計畫以 Mobile-Taiwan 2.0 進行模式模擬各種車速之排放係數，並將模擬結果依 CNS 11386 定速時間之權重，轉換成與 CNS 11386 類似運轉型態之排放係數，其結果如表 4-1-17 所示。由表 4-1-17 之分析數據可看出 Mobile-Taiwan 2.0 模擬之結果與本研究二行程及四行程化油器引擎機車實車量測結果差異不大，但與噴射引擎之結果比較後發現 CO 及 THC 兩項模式模擬值比實測值多出約 2 倍。未來，噴射引擎機車將會是下一代低污染機車之代表，但 Mobile-Taiwan 2.0 在建立之初，噴射引擎機車佔有率不高，所以 Mobile-Taiwan 2.0 並未將噴射引擎機車納入，因此，當噴射引擎機車銷售量及市場佔有率提高，推估排放係數時若四行程機車不區分出化油器與噴射引擎，而全部引用 Mobile-Taiwan 2.0 之模擬數值，會有高估實測值的可能

表4-1-17 Mobile-Taiwan 2.0轉換成CNS 11386排放係數形式

量測方法 污染類		二行程機車			四行程機車			噴射引擎機車		
		CO(g/km)	THC(g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)	CO(g/km)	THC(g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)	CO(g/km)	THC(g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)
本 計 畫	新(冷車)	3.00	2.72	0.065	4.89	0.852	0.167	1.61	0.594	0.251
	新(熱車)	2.23	1.22	0.046	2.46	0.430	0.138	0.789	0.194	0.213
	舊(冷車)	3.99	2.32	0.050	7.70	1.06	0.170	1.88	0.459	0.297
	舊(熱車)	4.01	0.939	0.041	7.79	0.893	0.113	1.26	0.264	0.247
	新(冷車)	-	-	-	4.06	0.944	0.397	-	-	-
	舊(冷車)	-	-	-	10.4	1.24	0.160	-	-	-
台北市		3.92	2.60	0.073	3.42	3.42	0.534	-	-	-
高雄市		3.96	2.60	0.071	3.60	3.60	0.534	-	-	-
台灣省		3.41	2.52	0.071	3.19	3.19	0.514	-	-	-

#### 4-1-4-2 實車動力計測試

參照翁氏利用 ECE 行車型態進行實車動力計所得的結果，本研究與其最大的差異分別為二行程機車的 NO<sub>x</sub> 及 THC 的排放係數、四行程機車 CO、NO<sub>x</sub> 及 THC 的部分，翁氏的結果均比本研究高出數倍，其原因在於翁氏進行實車動力計試驗時，第三期機車污染物排放標準尚未實施，所以使用的機車僅符合第二期排放標準，無法達到第三期排放標準較嚴苛的標準。

陳氏等人於 1997 年以 TMDC 及 ECE 行車型態進行實車動力計測試，與本計畫相比較，ECE 行車型態下排放係數除二行程引擎之 NO<sub>x</sub> 排放係數比本計畫低外，其餘污染物排放係數均比本研究高，其原因可能為陳氏使用的機車屬於前一期排放標準的車輛，且廠牌、型式亦與本研究不同。

望熙榮等人於 1999 年以實車惰轉污染物排放濃度為依據，進行冷熱車啟動校正及行車型態校正，其結果與本研究比較均高於本研究量測結果，但在冷熱車比較方面趨勢與本研究一致，均為冷車行車型態排放量大於熱車行車型態排放量。

本計畫所得之結果與蔡氏等人於 2000 年進行 ECE 實車動力計測試作比較後，結果顯示在新車方面排放係數並無太大的差異，但在使用中車輛方面均高出本研究許多；蔡氏等人的研究中採用之使用中車輛的行駛里程為 3,100~210,000 公里，而本研究中所使用的舊車行駛里程，二行程僅 20,666 公里、四行程 320~39,295 公里。由此可知，機車的劣化程度對其污染物排放係數為一個重要的影響因素。

陳氏等人於 1997 年以 TMDC、陳氏等人在 2001 年以台北市、高雄市及台中市行車型態進行機車實車動力計測試，以其結果與本研究作比較，如表 4-1-18、4-1-19 所示。表 4-1-18、4-1-19 顯示，本研究得到的結果與三大都會區行車型態實車動力計測試結果，在 CO 及 THC 兩項污染物排放係數上均為本研究數值較低，但在 NO<sub>x</sub> 排放係數卻呈現相反的結果；原因可分為兩方面進行討論：1.行車型態、2.車齡。

因為 CO 及 THC 之排放主要發生於惰轉、減加速時。因此，可能三大都會區的交通擁塞、紅綠燈等交通號誌多及道路狹隘，造成機車多數的行駛時間在停等交通號誌及減加速；於 NO<sub>x</sub> 排放上，NO<sub>x</sub> 主要在引擎操作效率高及定速行駛的狀況下，才会有高的 NO<sub>x</sub> 排放，因本計畫所使用之行車型態 CNS 11386 是由 ECE 修改而成，ECE 是歐洲經濟體依據歐洲的實際行車狀況建立，歐洲幅員較我國寬闊、道路寬廣，所以 ECE 行車型態(32.3%)比三大都會區行車型態(22~25%)有較長的定速時間。車齡方面，陳康興教授所主持的實驗於 2000 年進行，距離本研究已有相當長的一段時間，這些年來機車空氣污染排放控制技術及引擎科技已有十足的進步，而由以上文獻資料可知舊車的排放係數都高於新車的排放。

表4-1-18 相關研究二行程機車排放係數比較

相關研究	污染物 編號	CO (g/km)	THC (g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)	CO <sub>2</sub> (g/km)	油耗 (km/l)
本計畫	新(冷車)	3.00	2.72	0.065	57.8	33.1
	新(熱車)	2.23	1.22	0.046	60.3	34.8
	舊(冷車)	3.99	2.32	0.050	53.0	35.4
	舊(熱車)	4.01	0.939	0.041	53.3	37.7
翁 (1995)	新	2.96 ±1.96	3.28 ±2.02	0.33 ±0.03	-	-
	舊	29.31 ±21.7	18.18 ±11.4	0.05 ±0.09	-	-
陳 (1997)	TMDC	11.36	6.28	0.037	-	-
	ECE	10.61	5.55	0.031	-	-
望 (1999) 台中市	基本排放係數	5.63	2.70	-	-	-
	冷啟動校正	10.43	6.86	-	-	-
	高雄行車型態	10.86	6.24	-	-	-
	台北行車型態	11.21	7.62	-	-	-
望 (1999) 台中縣	基本排放係數	6.22	2.83	-	-	-
	冷啟動校正	11.53	7.19	-	-	-
	高雄行車型態	11.72	6.49	-	-	-
	台北行車型態	12.17	7.96	-	-	-
望 (1999) 南投縣	基本排放係數	5.21	2.50	-	-	-
	冷啟動校正	9.66	6.35	-	-	-
	高雄行車型態	10.26	5.84	-	-	-
	台北行車型態	10.53	7.10	-	-	-
望 (1999) 彰化縣	基本排放係數	6.33	2.85	-	-	-
	冷啟動校正	11.72	7.23	-	-	-
	高雄行車型態	11.87	6.52	-	-	-
	台北行車型態	12.34	8.00	-	-	-
Tsai et al., (2000)	新	2.63 ±1.96	3.28 ±2.01	0.035 ±0.035	-	-
	舊	21.72 ±13.7	15.16 ±12.4	0.016 ±0.006	-	-
	舊	39.92 ±27.2	20.04 ±10.3	0.015 ±0.003	-	-
陳 (2001)	台北市	9.14	6.09	0.002	37.85	33.23
	台中市	6.58	0.57	0.221	62.75	30.29
		5.53	4.50	0.011	69.69	31.51
		6.97	5.28	0.007	38.46	36.75
	高雄市	5.72	2.31	0.014	44.21	38.72

表4-1-19 相關研究四行程機車排放係數比較

相關研究 編號	污染物	CO (g/km)	THC (g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)	CO <sub>2</sub> (g/km)	油耗 (km/l)
	本計畫	新(冷車)	4.89	0.852	0.167	64.8
新(熱車)		2.46	0.430	0.138	59.6	36.3
舊(冷車)		7.70	1.06	0.170	61.5	30.6
舊(熱車)		7.79	0.893	0.113	52.8	34.6
新(冷車)		4.06	0.944	0.397	62.6	32.7
舊(冷車)		10.4	1.24	0.160	54.4	31.5
翁 (1995)	新	6.68 ±2.14	1.33 ±1.27	0.52 ±0.12	-	-
	舊	23.30 ±18.4	2.22 ±1.56	0.36 ±0.22	-	-
陳 (1997)	TMDC	9.21	1.52	0.189	-	-
	ECE	8.70	0.883	1.71	-	-
望 (1999) 台中市	基本排放係數	8.51	1.67	-	-	-
	冷啟動校正	16.69	6.86	-	-	-
	高雄行車型態	14.84	3.19	-	-	-
	台北行車型態	16.17	5.15	-	-	-
望(1999) 台中縣	基本排放係數	8.66	1.92	-	-	-
	冷啟動校正	17.00	3.94	-	-	-
	高雄行車型態	15.08	3.62	-	-	-
	台北行車型態	16.44	5.88	-	-	-
望 (1999) 南投縣	基本排放係數	8.70	1.52	-	-	-
	冷啟動校正	17.08	3.12	-	-	-
	高雄行車型態	15.14	2.93	-	-	-
	台北行車型態	16.51	4.71	-	-	-
望 (1999) 彰化縣	基本排放係數	8.38	1.43	-	-	-
	冷啟動校正	16.44	2.94	-	-	-
	高雄行車型態	14.63	2.77	-	-	-
	台北行車型態	15.95	4.46	-	-	-
Tsai et al., (2000)	新	5.66 ±0.76	1.50 ±1.49	0.46 ±0.040	-	-
	舊	36.10 ±13.6	3.20 ±0.56	0.25 ±0.13	-	-
陳 (2001)	台北市	5.72	0.53	0.26	67.50	29.82
		9.87	0.98	0.092	62.60	28.58
	台中市	7.75	1.28	0.192	57.47	30.94
		10.24	0.82	0.220	59.69	29.17
	高雄市	9.80	1.20	0.078	57.59	30.52
		7.03	1.24	0.222	58.20	31.51
		6.83	2.31	0.014	44.21	38.72

總歸以上的測試結果，可以發現影響機車污染物排放係數的因素相當多，包括行車型態、行駛里程、車齡(劣化率)、車種及管制標準等。噴射引擎機車經過政府、廠商大力推廣下，市場佔有率近年來逐漸上升，但卻甚少有與噴射引擎污染排放的相關研究，本計畫採用 2 輛新、舊車分別進行冷、熱車 CNS 11386 污染排氣測試，排放係數分別為 CO:0.789~1.88 g/km、THC:0.194~0.594 g/km、NO<sub>x</sub>:0.213~0.297 g/km。

四行程引擎機車是目前市場上佔有率最高的車種，本計畫之排放係數大多比其他使用 ECE 行車型態之研究低，原因是其他研究使用車種之排放標準及車齡均與本計畫車種不同所造成，若不考慮其他行車型態，本計畫之四行程引擎排放係數為目前最新的量測結果。

自今年底起二行程引擎將全面停產，屆時市面上將不會有新的二行程引擎機車銷售。然而，二行程引擎機車可能在道路上行駛數年，因此，最新的排放係數對移動污染源排放量推估仍相當重要，本研究二行程引擎機車冷車行車型態排放係數為 CO:3.00~3.99 g/km、THC:2.32~2.72 g/km、NO<sub>x</sub>:0.050~0.065 g/km，熱車行車型態排放係數為 CO:2.23~4.01 g/km、THC:0.939~1.22 g/km、NO<sub>x</sub>:0.041~0.046 g/km。不論冷車或熱車型態，本研究量測結果均較先前其他學者所量測之數值低，顯示近年來由於引擎科技、尾氣排放控制設備及油品改善等因素，已使得機車排氣之排放係數降低。

## 4-2 油品對傳統空氣污染物排放係數之影響

### 4-2-1 苯

目前我國環保署所公佈的「車用汽柴油成分及性能管制標準」中，汽油中苯含量的限制為最高不得超過 1.0 vol%，本研究中將基礎油中的苯含量添加至 10 vol%後進行實車動力計污染排放測試，以觀察其污染物排放消長的情況。表 4-2-1 列出 Base (基礎油)及 Fuel 1 及 Fuel 2 各種空氣污染物之排放係數，此三種油品之苯含量分別為 0.8 %、0 %及 11 %。表 4-2-1 中，本研究調配測試用油 Fuel 1，Fuel 1 之成分為 50 % Base 油品與由正庚烷與異辛烷調配成辛烷值為 95 之溶劑 50 %混合而成，目的在於降低 Base 油品中各油品參數的量，與其他添加特定成分之油品一起進行實車測試，觀察其污染物排放的變化。本研究調配之 Fuel 1 經油品分析，苯含量為 0 %。

表 4-2-2 為各種不同含苯量油品排放係數之比較，其計算方法為：

$$I(\%) = \frac{\text{Fuel \#} - \text{Base}}{\text{Base}} \times 100\%$$

I：為增量百分比(%)

Fuel#：為使用各油品之排放係數

Base：使用基礎油之排放係數

表中數值若為正則表示比基礎油排放增加，反之則為減少。由表 4-2-2 之分



析數據可看出，添加低苯含量油品(Fuel 1，0%)之污染排放量於 CO 及 THC 上都有比基礎油污染排放減少 CO：6.21～49.1%、THC：9.43～38.5%，至於二行程引擎，本研究因礙於實際的考量，僅能使用二行程引擎舊車來進行測試，二行程引擎舊車可能是因為行駛里程及車齡的緣故，效果並不顯著。添加高苯含量油品(Fuel 2，11%)於三輛測試車上，噴射引擎新車及二行程引擎舊車 CO 排放量比基礎油增加 19.8～31.1%；噴射引擎新車及四行程引擎新車 NO<sub>x</sub> 排放量比基礎油增加 23.5～50.3%；噴射引擎新車及二行程引擎舊車 THC 排放量比基礎油減少 12.3～41.3%。由以上之比較數據可推測，苯含量高低對 CO 及 NO<sub>x</sub> 排放量有明顯的影響，而苯原本就存在於天然原油中，也是煉製汽油時裂解的產物，若能控制苯含量，除了可以減少尾氣苯的排放，對其他空氣污染物亦有減量的效果。

表4-2-1 Base與Fuel 1及Fuel 2排放係數之比較

油品	車種	污染物				
		CO (g/km)	THC (g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)	CO <sub>2</sub> (g/km)	油耗 (km/l)
Base [苯，0.8%]	噴射引擎(新)	1.61	0.594	0.251	66.0	34.2
	四行程引擎(新)	4.89	0.852	0.167	64.8	31.3
	二行程引擎(舊)	3.99	2.32	0.050	53.0	35.4
Fuel 1 [苯，0%]	噴射引擎(新)	1.51	0.538	0.234	61.46	36.0
	四行程引擎(新)	2.49	0.524	0.231	64.43	33.7
	二行程引擎(舊)	4.17	2.56	0.037	51.90	35.9
Fuel 2 [苯，11%]	噴射引擎(新)	2.11	0.521	0.31	63.2	34.6
	四行程引擎(新)	2.96	0.500	0.251	64.7	33.2
	二行程引擎(舊)	4.78	2.39	0.042	52.4	34.9

表4-2-2 苯含量與污染排放之變化

油品	車種	污染物				
		CO	THC	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	油耗
Fuel 1 [苯，0%]	噴射引擎(新)	-6.21 %	-9.43 %	-6.77 %	-6.88 %	5.26 %
	四行程引擎(新)	-49.1 %	-38.5 %	38.3 %	-0.57 %	7.67 %
	二行程引擎(舊)	4.51 %	10.3 %	-26.0 %	-2.08 %	1.41 %
Fuel 2 [苯，11%]	噴射引擎(新)	31.1 %	-12.3 %	23.5 %	-4.24 %	1.17 %
	四行程引擎(新)	-39.5 %	-41.3 %	50.3 %	-0.15 %	6.07 %
	二行程引擎(舊)	19.8 %	3.02 %	-16.0 %	-1.13 %	-1.41 %

油品、引擎科技及環境保護像是一個緊密的三角形般，缺了其中一角都可能使我們的環境遭受到威脅，汽機車內燃機引擎發明至今，發展過程

中進行了無數次的改良，使其更環保、更省油及更乾淨，但要藉由改良引擎機械設計來達到降低空氣污染物的排放，其發展空間已不大，所以從另一方面「油品」來著手，以期達到低污染之目標。本研究利用不同苯含量油品進行實車測試，結果發現在高苯含量油品，其 CO 及 NO<sub>x</sub> 之排放量均比低苯含量油品增加。因此，適當地限制油品中苯含量有助於減低機車空氣污染物的排放。

#### 4-2-2 芳香烴

表4-2-3 基礎油與添加芳香烴油品之排放係數

油品	車種	污染物				
		CO (g/km)	THC (g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)	CO <sub>2</sub> (g/km)	油耗 (km/l)
Base [基礎油]	噴射引擎(新)	1.61	0.594	0.251	66.0	34.2
	四行程引擎(新)	4.89	0.852	0.167	64.8	31.3
	二行程引擎(舊)	3.99	2.32	0.050	53.0	35.4
Fuel 3 [添加 Nap, 200 倍]	噴射引擎(新)	1.77	0.501	0.306	64.05	34.43
	四行程引擎(新)	3.12	0.516	0.250	64.20	33.3
	二行程引擎(舊)	4.43	2.29	0.047	52.95	35.07
Fuel 4 [添加 Pyr, 200 倍]	噴射引擎(新)	1.77	0.496	0.28	63.25	34.85
	四行程引擎(新)	2.99	0.518	0.237	64.71	33.16
	二行程引擎(舊)	4.33	2.28	0.044	53.24	35.0
Fuel 5 [添加 DBA, 600 倍]	噴射引擎(新)	1.73	0.488	0.277	63.185	34.93
	四行程引擎(新)	3.33	0.52	0.197	62.875	33.77
	二行程引擎(舊)	5.10	2.42	0.04	52.83	34.38
Fuel 6 [添加 COR, 300 倍]	噴射引擎(新)	1.79	0.522	0.27	63.01	34.92
	四行程引擎(新)	3.80	0.526	0.199	63.64	33.05
	二行程引擎(舊)	4.96	2.46	0.042	52.91	34.39

表 4-2-3 為本研究以添加不同環數芳香烴之油品，進行實車動力計測試之結果，多環芳香烴(Polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)是一種由 2 個或個以上之苯環鍵結而成之多環碳氫化合物，其結構複雜且種類族群相當龐大。本研究之基礎油中 PAHs 含量分別為 Nap (Naphthalene)含量 111.8 mg/L、Pyr (Pyrene) 含量 3.27 mg/L、DBA (Dibenz[a,h]anthracene)含量 0.00054 mg/L、COR (Coronene)含量 0.0043 mg/L。

Fuel 3 所添加的是 Nap，添加量約為基礎油含量的 200 倍(22174 mg/L)，Nap 為 2 環之 PAHs，分子量 128，CO 排放係數在噴射引擎機車及二行程引擎機車分別增加了 9.94 % 及 11.0 %，NO<sub>x</sub> 排放係數在噴射引擎機車及四行

程引擎機車分別增加了 21.9 % 及 49.7 %。Pyr 為 4 環的 PAHs，分子量 128，添加量約為基礎油含量的 200 倍(655 mg/L)，CO 排放係數在噴射引擎機車及二行程引擎機車分別增加了 9.94 % 及 8.52 %，NO<sub>x</sub> 排放係數在噴射引擎機車及四行程引擎機車分別增加了 11.6 % 及 41.9 %。DBA 為 5 環 PAHs 化合物，添加量約為基礎油含量的 600 倍(0.33 mg/L)，分子量 278，CO 排放係數在噴射引擎機車及二行程引擎機車分別增加了 14.6 % 及 27.8 %，NO<sub>x</sub> 排放係數在噴射引擎機車及四行程引擎機車分別增加了 10.4 % 及 18.0 %。Fuel 6 添加為分子量 300，環數 7 環的 COR，添加量約為基礎油含量的 300 倍(12.7 mg/L)，CO 排放係數在噴射引擎機車及二行程引擎機車分別增加了 11.2 % 及 24.3 %，NO<sub>x</sub> 排放係數在噴射引擎機車及四行程引擎機車分別增加了 7.57 % 及 19.2 %。

由以上的數據可以看出，添加不同環數之 PAHs 於油品中，對 CO 及 NO<sub>x</sub> 的排放皆有負面的影響；在 Fuel 5 及 Fuel 6 的二行程引擎機車 THC 排放係數呈現增量的趨勢，原因可能是添加的 PAHs 化合物為環數較多，燃燒不完全所造成。

下一階段的「車用汽柴油成分及性能管制標準」將限制芳香烴含量，管制標準為 36 vol %，本研究使用之油品芳香烴含量均超過下一階段管制標準，僅測試用油 Fuel 1(芳香烴含量 19.7 %)符合下一階段管制標準，Fuel 1 排放測試與其他測試用油品排放測試結果列於表 4-2-4。由表 4-2-4 數據顯示，低芳香烴含量油品之排放係數明顯低於其他測試用油品。限制芳香烴含量，可以控制機車空氣污染物的排放。

表4-2-4 芳香烴含量污染排放之比較

油品	車種	污染物				
		CO (g/km)	THC (g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)	CO <sub>2</sub> (g/km)	油耗 (km/l)
Fuel 1 [19.7 %]	噴射引擎(新)	1.51	0.538	0.234	61.46	36.0
	四行程引擎(新)	2.49	0.524	0.231	64.43	33.7
	二行程引擎(舊)	4.17	2.56	0.037	51.90	35.9
Base [39.8 %]	噴射引擎(新)	1.61	0.594	0.251	66.0	34.2
	四行程引擎(新)	4.89	0.852	0.167	64.8	31.3
	二行程引擎(舊)	3.99	2.32	0.050	53.0	35.4
Fuel 2 [52.3 %]	噴射引擎(新)	2.11	0.521	0.31	63.2	34.6
	四行程引擎(新)	2.96	0.500	0.251	64.7	33.2
	二行程引擎(舊)	4.78	2.39	0.042	52.4	34.9
Fuel 3 [40.3 %]	噴射引擎(新)	1.77	0.501	0.306	64.1	34.43
	四行程引擎(新)	3.12	0.516	0.250	64.2	33.3
	二行程引擎(舊)	4.43	2.29	0.047	52.9	35.07
Fuel 4 [38.9 %]	噴射引擎(新)	1.77	0.496	0.28	63.3	34.85
	四行程引擎(新)	2.99	0.518	0.237	64.7	33.16
	二行程引擎(舊)	4.33	2.28	0.044	53.2	35.0
Fuel 5 [38.7 %]	噴射引擎(新)	1.73	0.488	0.277	63.2	34.93
	四行程引擎(新)	3.33	0.52	0.197	62.8	33.77
	二行程引擎(舊)	5.10	2.42	0.04	52.8	34.38
Fuel 6 [38.5 %]	噴射引擎(新)	1.79	0.522	0.27	63.0	34.92
	四行程引擎(新)	3.80	0.526	0.199	63.6	33.05
	二行程引擎(舊)	4.96	2.46	0.042	52.9	34.39

### 4-3 芳香烴排放係數

#### 4-3-1 相關研究測試結果

國內機車芳香烴排放係數建立之研究相當少。米(1998)曾選用三陽 Honda 125 c.c.四行程機車及光陽 Honda 50 c.c.二行程機車架設於引擎測試台，為對機車引擎排氣進行全量採集，於排氣尾管加裝一排氣擴張管，並於擴張管與排氣管之間，連接矽膠管以吸震。選用市售九二無鉛汽油作為燃料，機油為中油之國光牌四行程機油，結果列於表 4-3-1。四行程機車引擎之平均總 PAHs 排放係數為 13200 mg/kL，而二行程機車引擎之平均總 PAHs 排放係數則為 49200 mg/kL。

郭(1998)之研究中，二行程機車於不同轉速下 17 種粒狀相 PAHs 之排放係數如表 4-3-2 所示，其轉速分別為 2000 rpm、2500 rpm、3500 rpm 及 5500 rpm，以 5500 rpm 時的 PAHs 排放係數 2491g/min 為最大；另外，四行程機車 17 種 PAHs 之排放係數亦分別表示如表 4-3-3 所示。

表4-3-1 移動性污染源之排放係數(mg/kL)[米，1998]

PAHs	四行程引擎	二行程引擎
Nap	11700	46100
AcPy	309	322
Acp	72.7	1470
Flu	87.3	134
Ant	360	138
PA	50.0	394
FL	88.1	16.3
Pyr	111	50.5
CYC	30.7	14.3
BaA	14.9	40.1
CHR	3.88	65.5
BbF	9.71	37.1
BkF	0.11	3.92
BeP	7.45	64.8
BaP	65.1	24.6
PER	20.9	90.2
IND	12.4	24.2
DBA	3.24	26.0
BbC	26.9	106
BghiP	27.4	14.8
COR	144	14.1
Total PAHs	13200	49200

表4-3-2 二行程機車於不同轉速下粒狀物相PAHs之排放係數  
( $\mu\text{g}/\text{min}$ )[郭，1998]

PAHs	820 rpm (n=4)	1600 rpm (n=4)	2200 rpm (n=4)	2800rpm (n=4)	Total
PA	0.60	4.57	3.95	5.51	3.66
AnT	0.01	0.09	0.07	0.10	0.07
Flu	0.19	1.60	1.77	1.84	1.35
Pyr	0.20	1.23	1.11	1.61	1.04
BCPH	1.00	7.91	7.23	11.20	6.84
BaA	0.13	0.52	0.55	0.69	0.47
CHR	0.58	3.51	3.46	4.93	3.12
BNTH	0.73	6.21	5.62	8.25	5.20
Bep	0.19	0.08	0.13	0.02	0.11
BbF	0.03	0.02	0.03	ND <sup>a</sup>	0.02
BkF	0.02	0.02	0.01	0.03	0.02
BaP	0.04	0.06	0.05	0.10	0.06
DBA	0.05	0.04	0.14	0.03	0.07
Bghip	0.12	0.18	0.15	0.47	0.23
IND	0.01	0.06	ND <sup>b</sup>	ND <sup>b</sup>	0.02
ANTHN	0.05	0.07	0.09	0.10	0.08
COR	0.25	0.88	0.78	2.99	1.23
Total	4.19	26.9	25.1	37.8	-

ND<sup>a</sup> < 0.427ng, ND<sup>b</sup> < 0.344ng

表4-3-3 四行程機車惰轉情形下17種粒狀物相PAHs之排放因子( $\mu\text{g}/\text{min}$ )  
[郭，1998]

PAHs	四行程機車
PA	0.05
AnT	0.001
Flu	0.01
Pyr	0.03
BCPH	0.15
BaA	0.01
CHR	0.06
BNTH	0.07
Bep	0.01
BbF	0.003
BkF	0.002
BaP	0.03
DBA	0.02
Bghip	0.04
IND	0.06
ANTHN	0.01
COR	0.09
Total	0.65

#### 4-3-2 本研究建立之排放係數

為建立台灣地區機車 PAHs 之排放係數，本研究針對二行程化油器、四行程化油器、噴射引擎等三種不同引擎進行實車測試。將機車架設於動力計測試平台上連接 CVS 系統，進行 PAHs 採樣。

表 4-3-4 為本計畫基礎油之 PAHs 排放係數，表 4-3-4 中，每種引擎分別於新舊及冷熱車之區分進行實車測試，在新噴射引擎冷車測試之總 PAHs 排放係數為  $3246 \mu\text{g}/\text{km}$ ，熱車測試之總 PAHs 排放係數為  $928 \mu\text{g}/\text{km}$ ，舊噴射引擎冷車測試之總 PAHs 排放係數為  $1366 \mu\text{g}/\text{km}$ ，熱車測試之總 PAHs 排放係數為  $236 \mu\text{g}/\text{km}$ ；目前台灣機車種類以四行程化油器引擎較多，四行程化油器引擎選擇兩種不同廠牌的車種進行新舊及冷熱車測試，第一種新四行程化油器引擎冷車之總 PAHs 排放係數為  $3364 \mu\text{g}/\text{km}$ ，熱車之總 PAHs 排放係數為  $236 \mu\text{g}/\text{km}$ ，第一種舊四行程化油器引擎冷車之總 PAHs 排放係數為  $3471 \mu\text{g}/\text{km}$ ，熱車之總 PAHs 排放係數為  $2197 \mu\text{g}/\text{km}$ ，第二種新四行程引擎冷車測試之總 PAHs 排放係數為  $5357 \mu\text{g}/\text{km}$ ，舊四行程引擎冷車測試之總 PAHs 排放係數為  $2123 \mu\text{g}/\text{km}$ ；於新二行程化油器引擎，冷車測試之總 PAHs 排放係數為  $545 \mu\text{g}/\text{km}$ ，熱車測試之總 PAHs 排放係數為  $465 \mu\text{g}/\text{km}$ ，舊二行程化油器引擎，冷車測試之總 PAHs 排放係數為  $1968 \mu\text{g}/\text{km}$ ，熱車測試之總 PAHs 排放係數為  $1053 \mu\text{g}/\text{km}$ 。

表4-3-4 基礎油之PAHs排放係數(µg/km)

車種 PAHs	噴射引擎(新)		噴射引擎(舊)		四行程引擎(新)		四行程引擎(舊)		四行程引擎(新)		四行程引擎(舊)		二行程引擎(新)		二行程引擎(舊)	
	冷	熱	冷	熱	冷	熱	冷	熱	冷	冷	冷	熱	冷	熱	冷	熱
Nap	3152	785	1300	164	3217	827	3364	2027	5231	2045	533	444	1866	987		
AcPy	38.6	84.1	26.0	28.8	39.9	57.7	58.9	101.0	57.1	24.9	5.03	8.79	34.6	23.9		
Acp	5.66	16.4	4.50	6.08	6.14	9.71	3.87	10.8	8.19	1.99	1.13	1.98	7.37	5.88		
Flu	17.1	29.4	19.8	13.7	18.2	27.5	10.83	29.6	15.9	9.15	1.94	3.23	23.4	11.5		
PA	12.5	7.11	6.6	6.01	12.8	12.2	13.5	15.2	21.7	9.52	1.28	3.09	19.4	12.3		
Ant	4.78	2.71	2.59	2.24	4.99	4.87	5.21	6.22	10.3	3.70	0.740	1.24	9.26	5.39		
FL	2.04	0.996	1.16	0.920	2.38	1.63	2.34	1.99	3.81	2.07	0.470	0.560	4.76	1.92		
Pyr	2.16	1.01	1.20	0.929	2.57	ND	2.62	2.17	4.44	2.61	1.38	1.28	6.36	2.20		
CYC	0.361	ND	0.134	ND	1.22	ND	0.520	0.285	2.00	13.4	0.100	0.120	1.90	0.313		
BaA	ND	0.00023	ND	ND	0.151	0.056	0.066	0.032	0.101	ND	ND	ND	ND	ND		
CHR	0.241	0.037	0.041	0.041	0.540	0.034	0.194	0.071	0.099	0.861	0.010	0.010	0.076	0.056		
BbF	0.260	0.053	0.136	0.092	0.241	0.028	0.199	0.067	0.081	ND	ND	ND	ND	0.051		
BkF	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.597	0.050	0.040	0.157	0.061		
BeP	0.234	0.177	0.100	0.054	0.506	0.123	0.106	0.174	0.038	0.772	0.300	0.240	0.664	0.087		
BaP	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.050	ND	ND	ND		
PER	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		
IND	ND	0.524	ND	3.39	ND	1.70	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		
DBA	ND	0.207	0.538	ND	0.854	0.361	ND	0.404	ND	0.982	ND	0.010	3.51	2.19		
BbC	ND	0.143	0.307	0.079	ND	ND	ND	0.136	ND	ND	0.030	ND	2.12	ND		
BghiP	9.64	0.211	2.81	2.17	55.7	ND	7.69	1.12	1.55	5.86	0.050	0.010	7.40	ND		
COR	0.571	ND	0.540	0.107	1.10	0.153	0.252	0.200	0.279	1.78	0.060	0.170	ND	0.081		
Total	3246	928	1366	236	3364	943	3471	2197	5357	2123	545	465	1968	1053		





本研究移動污染源排放係數之表示方式為行駛單位里程數所排放污染物重量，單位為 g/km。米(1998)及郭(1998)所建立之排放係數分別以單位油耗所產生污染物重量(mg/kL)及每分鐘產生污染物重量( $\mu\text{g}/\text{min}$ )來表示，單位不同不易進行比較，故將研究建立的排放係數分別轉換成 mg/kL 和  $\mu\text{g}/\text{min}$  進行比較，轉換結果分別列於表 4-3-5 及表 4-3-6。

米(1998)所進行機車 PAHs 排放係數之研究，四行程化油器引擎之平均總 PAHs 排放係數為 13200 mg/kL，而研究中測試結果第一種新四行程化油器引擎冷熱車之排放係數為 34132 ~ 112176 mg/kL 之間，第一種舊四行程化油器引擎冷熱車之排放係數為 75958 ~ 105622 mg/kL 之間，第二種新四行程化油器引擎冷車之排放係數為 191593 mg/kL，第二種舊四行程化油器引擎冷車之排放係數為 65806 mg/kL，其研究的測試結果均高於米孝萱(1998)之排放係數。

米(1998)研究中二行程化油器引擎之平均總 PAHs 排放係數為 49200 mg/kL，而研究中測試結果新二行程化油器引擎冷熱車之排放係數為 17224 ~ 18384 mg/kL 之間，其結果均低於米孝萱(1998)之排放係數，舊二行程化油器引擎冷熱車之排放係數為 38970 ~ 69442 mg/kL 之間，與米孝萱(1998)之排放係數有明顯之差異。

造成排放係數差異推估其原因可能有三點：一是實車測試的機車廠牌不同，其引擎製造技術也不一樣，使得排放係數有明顯的差異，二是油品的品質問題，由於油品製程的複雜性，每批出產油品的成分基質不盡相同，再加上米孝萱(1998)機車引擎測試是使用 92 無鉛汽油，本研究是使用 95 無鉛汽油，辛烷值不同油品中多環芳香烴的含量也不同，可能導致總 PAHs 排放係數的差異，最後則是測試系統的不同，米孝萱(1998)是於引擎測試台中進行全量採集，而此次研究中是以實車測試連接 CVS 系統，進行 PAHs 採樣。



表4-3-4 基礎油之PAHs排放係數(µg/L)

PAHs	噴射引擎(新)		噴射引擎(舊)		四行程引擎(新)		四行程引擎(舊)		四行程引擎(新)		四行程引擎(舊)		四行程引擎(新)	
	冷	熱	冷	熱	冷	熱	冷	熱	冷	冷	冷	熱	冷	熱
Nap	127654	31491	46740	5901	108253	29974	102780	70153	188067	64342	17950	16462	66010	37165
AcPy	1565	3376	935	1035	1342	2093	1799	3497	2053	784	175	326	1222	898
Acp	229	657	162	219	207	352	118	374	295	62.7	39.4	73.3	261	221
Flu	694	1178	713	492	613	998	331	1025	571	288	67.6	120	827	432
PA	505	285	237	216	431	442	412	527	780	300	44.2	115	686	463
Ant	194	109	93.2	80.5	168	177	159	215	371	116	25.6	45.9	327	203
FL	82.7	40.0	41.6	33.1	80.0	59.2	71.5	68.7	137	65.0	16.1	20.6	168	72.39
Pyr	87.3	40.3	43.3	33.4	86.4	ND	80.0	75.0	160	82.1	47.3	47.6	225	83.00
CYC	14.6	ND	4.80	ND	41.0	ND	15.9	9.87	71.8	423	3.58	4.51	67.24	11.80
BaA	ND	0.01	ND	ND	5.07	2.03	2.01	1.09	3.62	ND	0.03	0.01	ND	ND
CHR	9.77	1.48	1.47	1.48	18.2	1.23	5.92	2.46	3.55	27.1	0.36	0.34	2.67	2.10
BbF	10.5	2.11	4.88	3.31	8.11	1.01	6.09	2.33	2.90	ND	ND	ND	ND	1.92
BkF	ND	ND	0.00	ND	ND	ND	ND	ND	ND	18.8	1.60	1.50	5.56	2.28
BeP	9.46	7.12	3.61	1.94	17.03	4.45	3.23	6.02	1.37	24.3	10.2	8.72	23.5	3.29
BaP	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.74	ND	ND	ND
PER	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
IND	ND	21.0	ND	122	ND	61.7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
DBA	ND	8.29	19.3	ND	28.7	13.1	ND	14.0	ND	30.9	ND	0.35	124	82.6
BbC	ND	5.73	11.0	2.82	ND	ND	ND	4.71	ND	ND	1.04	ND	75.0	ND
BghiP	391	8.48	101	78.0	1873	ND	235	38.7	55.6	184	1.54	0.50	262	ND
COR	23.1	ND	19.4	3.85	37.1	5.54	7.70	6.93	10.0	56.1	2.13	6.22	ND	3.07
Total	130843	37225	48458	8178	112176	34132	105622	75958	191593	65806	18384	17224	69442	38970

表4-3-4 基礎油之固相PAHs排放係數(µg/min)

PAHs	噴射引擎(新)		噴射引擎(舊)		四行程引擎(新)		四行程引擎(舊)		四行程引擎(新)		二行程引擎(新)		二行程引擎(新)	
	冷	熱	冷	熱	冷	熱	冷	熱	冷	冷	熱	冷	熱	
Nap	0.076	0.039	N.D.	0.008	N.D.	0.062	0.193	0.118	0.084	0.294	0.251	N.D.	0.058	0.358
AcPy	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.017	0.0002	0.001	0.003
Acp	0.002	N.D.	0.000	0.002	0.000	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.018	0.004	0.001	0.003
Flu	0.030	0.022	0.025	0.027	0.030	0.089	0.030	0.028	0.031	0.030	0.028	0.007	0.034	0.040
PA	0.015	N.D.	N.D.	0.003	0.046	N.D.	0.013	0.003	0.042	0.024	0.081	0.040	0.227	0.067
Ant	0.007	0.002	0.006	0.006	0.009	0.017	0.007	0.006	0.009	0.013	0.010	0.001	0.110	0.010
FL	0.014	0.012	0.005	0.008	0.040	0.010	0.017	0.010	0.034	0.124	0.043	0.004	0.686	0.052
Pyr	0.021	0.016	0.007	0.010	0.050	N.D.	0.022	0.011	0.059	0.199	0.190	0.014	1.10	0.086
CYC	0.027	N.D.	0.031	N.D.	0.205	N.D.	0.052	0.005	0.453	3.96	0.009	0.003	0.548	0.085
BaA	N.D.	0.001	N.D.	0.001	N.D.	0.008	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
CHR	0.037	0.011	0.010	0.008	0.123	0.011	0.037	0.010	N.D.	0.250	0.002	0.001	0.005	0.007
BbF	0.082	0.029	0.036	0.025	0.083	0.028	0.060	0.027	0.021	0.001	0.001	N.D.	0.005	N.D.
BkF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.185	0.009	0.006	0.048	0.018
BeP	0.062	0.023	0.010	0.005	0.182	0.030	0.036	0.025	0.049	0.270	0.079	0.013	0.223	0.011
BaP	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
PER	N.D.	0.186	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
IN.D.	1.87	2.85	0.825	3.41	N.D.	2.54	2.16	4.67	0.672	N.D.	0.01	N.D.	N.D.	N.D.
DBA	N.D.	N.D.	0.164	N.D.	0.261	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.304	N.D.	N.D.	1.07	0.479
BbC	N.D.	N.D.	0.113	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.010	N.D.	0.667	N.D.
BghiP	2.738521	0.045	0.808	0.656	16.7	N.D.	2.05	0.166	N.D.	1.49	0.010	0.003	1.52	N.D.
COR	0.173006	N.D.	0.132	0.033	0.284	0.012	0.023	N.D.	0.052	0.525	0.013	0.003	N.D.	0.002
Total	5.16	3.24	2.17	4.20	18.0	2.81	4.70	5.08	1.51	7.65	0.771	0.099	6.30	1.22

N.D.: Not detected

新車不同引擎進行冷車測試，總 PAHs 排放係數高至低分別為四行程化油器引擎(3364  $\mu\text{g}/\text{km}$ ) > 噴射引擎(3246  $\mu\text{g}/\text{km}$ ) > 二行程化油器引擎(545  $\mu\text{g}/\text{km}$ )，熱車測試時 PAHs 排放係數均低於冷車測試，其總 PAHs 排放係數高至低分別為四行程化油器引擎(3471  $\mu\text{g}/\text{km}$ ) > 二行程化油器引擎(1968  $\mu\text{g}/\text{km}$ ) > 噴射引擎(1366  $\mu\text{g}/\text{km}$ )；舊車不同引擎之冷車測試，總 PAHs 排放係數高至低分別為四行程化油器引擎(3471  $\mu\text{g}/\text{km}$ ) > 二行程化油器引擎(1968  $\mu\text{g}/\text{km}$ ) > 噴射引擎(1366  $\mu\text{g}/\text{km}$ )，舊車之熱車測試，總 PAHs 排放係數高至低分別為四行程化油器引擎(2197  $\mu\text{g}/\text{km}$ ) > 二行程化油器引擎(1053  $\mu\text{g}/\text{km}$ ) > 噴射引擎(236  $\mu\text{g}/\text{km}$ )。

相同引擎比較新舊車之別，就噴射引擎而言，總 PAHs 排放係數新車(3246  $\mu\text{g}/\text{km}$ ) > 舊車(1366  $\mu\text{g}/\text{km}$ )，就四行程化油器引擎而言，總 PAHs 排放係數舊車(3471  $\mu\text{g}/\text{km}$ ) > 新車(3364  $\mu\text{g}/\text{km}$ )，就二行程化油器引擎而言，總 PAHs 排放係數舊車(1968  $\mu\text{g}/\text{km}$ ) > 新車(545  $\mu\text{g}/\text{km}$ )。

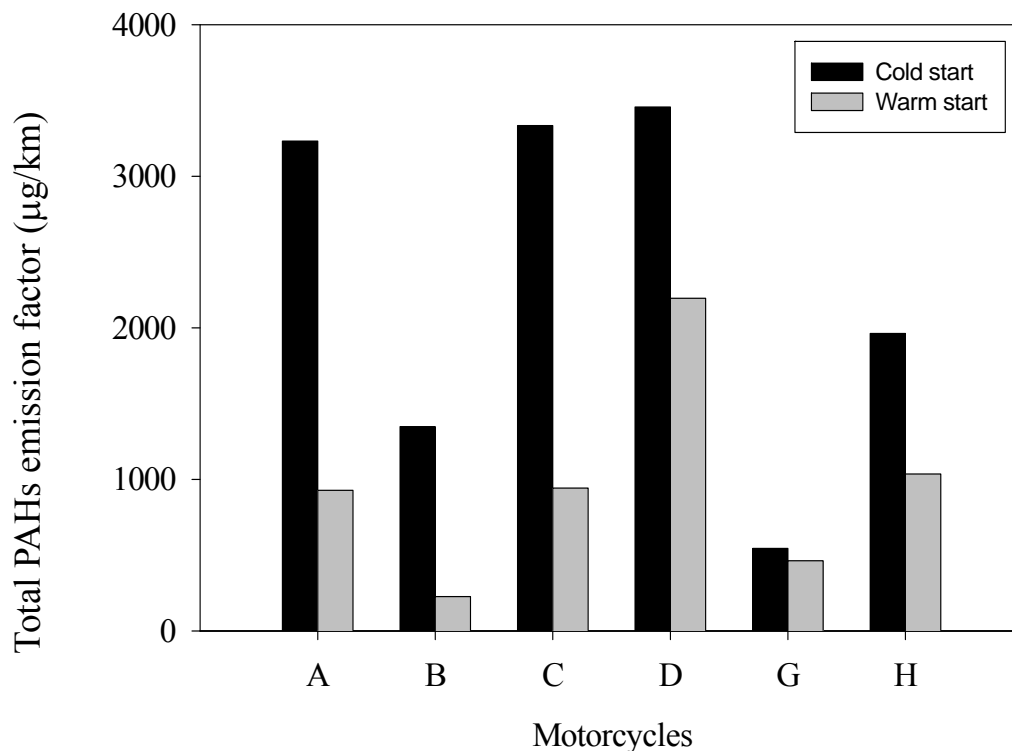


圖 4-3-1 各種引擎冷、熱車總排放係數( $\mu\text{g}/\text{km}$ )

#### 4-4 油品中芳香烴含量與排放廢氣中芳香烴濃度之關係

本研究利用添加特定芳香烴於基礎油中進行實車動力計測試，以觀察芳香烴含量對排放廢氣之影響，測試結果如表 4-4-1 ~ 表 4-2-2 所示。

表 4-4-1 為添加 Nap 後 21 種 PAHs 之排放係數，Nap 添加量為基礎油中 Nap 含量的 200 倍(22174  $\text{mg}/\text{L}$ )。使用添加 Nap 之油品於噴射引擎、四

行程化油器引擎及二行程引擎之 Nap 排放係數分別為 3745  $\mu\text{g}/\text{km}$ 、3669  $\mu\text{g}/\text{km}$  及 10042  $\mu\text{g}/\text{km}$ ，比未添加 Nap 的基礎油排放係數分別增加 18.8 %、14.0 %及 438 %，由此可知，三種不同引擎型態之機車其尾氣排放之 Nap 量皆隨油中 Nap 添加量而增加。表 4-4-2 為添加 Pyr 後 21 種 PAHs 之排放係數，添加量為基礎油含量的 200 倍(655 mg/L)，使用添加 Pyr 之油品於噴射引擎、四行程引擎及二行程引擎分別為 1.24  $\mu\text{g}/\text{km}$ 、0.997  $\mu\text{g}/\text{km}$  及 6.76  $\mu\text{g}/\text{km}$ ，與基礎油 Pyr 排放係數相比略低，僅於二行程引擎機車呈現增加的變化。表 4-4-3 為添加 DBA 後 21 種 PAHs 之排放係數，添加量為基礎油 DBA 含量的 600 倍(0.33 mg/L)，DBA 排放係數僅於噴射引擎機車有增加，其他車種均為 ND (Not Detected)。表 4-4-4 為添加 COR 後 21 種 PAHs 之排放係數，添加量為基礎油 COR 含量的 300 倍(12.7 mg/L)，使用添加 COR 之油品於噴射引擎、四行程引擎及二行程引擎之 COR 排放係數分別為 0.04  $\mu\text{g}/\text{km}$ 、0.041  $\mu\text{g}/\text{km}$  及 0.042  $\mu\text{g}/\text{km}$ ，均比基礎油中 COR 排放係數 0.571  $\mu\text{g}/\text{km}$ 、1.10  $\mu\text{g}/\text{km}$  低很多。

影響芳香烴排放量的因素有機車種類、性能及芳香烴之分子量大小與環數，本研究中發現添加分子量小及環數少的芳香烴，其排放量會隨著添加量而增加；反之，若添加分子量大及環數較多之芳香烴時則無此趨勢。另一方面，車輛性能狀況是否於每次實車測試時都能相同，也為影響芳香烴排放量之重要因素。



表4-4-1 添加Nap油品之PAHs排放係數

PAHs \ 車種	噴射引擎(新) ( $\mu\text{g}/\text{km}$ )	四行程引擎(新) ( $\mu\text{g}/\text{km}$ )	二行程引擎(舊) ( $\mu\text{g}/\text{km}$ )
Nap	3745	3669	10042
AcPy	5.51	9.02	8.65
Acp	1.10	2.05	2.44
Flu	2.62	5.06	4.69
PA	4.51	4.45	3.39
Ant	2.08	2.80	2.11
FL	1.12	1.41	1.17
Pyr	1.04	1.28	1.35
CYC	0.134	0.154	0.498
BaA	N.D.	0.032	N.D.
CHR	0.016	N.D.	0.002
BbF	N.D.	0.222	0.233
BkF	N.D.	N.D.	N.D.
BeP	0.818	0.987	0.408
BaP	0.116	ND	0.307
PER	N.D.	N.D.	N.D.
IND	N.D.	N.D.	N.D.
DBA	0.444	0.395	1.372
BbC	N.D.	N.D.	N.D.
BghiP	N.D.	N.D.	0.27
COR	0.37	0.28	0.94
Total	3765	3697	10070

N.D. : Not Detected

表4-4-2 添加Pyr油品之PAHs排放係數

PAHs \ 車種	噴射引擎(新) ( $\mu\text{g}/\text{km}$ )	四行程引擎(新) ( $\mu\text{g}/\text{km}$ )	二行程引擎(舊) ( $\mu\text{g}/\text{km}$ )
Nap	3670	3152	9572
AcPy	8.98	9.94	8.52
Acp	2.14	2.72	3.04
Flu	5.15	5.10	5.64
PA	5.46	3.07	3.33
Ant	2.59	2.26	2.70
FL	1.39	0.904	1.23
Pyr	1.24	0.997	6.76
CYC	0.096	0.037	0.024
BaA	0.032	N.D.	0.016
CHR	N.D.	0.002	N.D.
BbF	0.233	0.428	0.618
BkF	N.D.	N.D.	N.D.
BeP	0.767	0.197	0.114
BaP	N.D.	N.D.	N.D.
PER	N.D.	N.D.	N.D.
IND	1.75	N.D.	N.D.
DBA	0.436	0.447	0.824
BbC	N.D.	N.D.	N.D.
BghiP	0.001	N.D.	0.042
COR	0.383	0.374	0.494
Total	3700	3178	9605

N.D. : Not Detected

表4-4-3 添加DBA油品之PAHs排放係數

車種 PAHs	噴射引擎(新) ( $\mu\text{g}/\text{km}$ )	四行程引擎(新) ( $\mu\text{g}/\text{km}$ )	二行程引擎(舊) ( $\mu\text{g}/\text{km}$ )
Nap	69.4	517	577
AcPy	5.74	10.5	22.7
Acp	1.89	2.22	6.18
Flu	2.37	2.01	4.28
PA	6.35	4.82	8.51
Ant	1.20	1.17	2.44
FL	0.688	0.508	0.503
Pyr	0.091	1.17	4.82
CYC	0.201	0.025	0.265
BaA	N.D.	N.D.	0.013
CHR	0.004	0.002	0.282
BbF	0.020	0.006	0.115
BkF	N.D.	N.D.	N.D.
BeP	0.075	0.041	0.492
BaP	0.032	N.D.	N.D.
PER	0.071	N.D.	0.267
IND	N.D.	N.D.	0.290
DBA	0.582	N.D.	ND
BbC	N.D.	N.D.	ND
BghiP	0.006	N.D.	0.073
COR	0.087	0.061	0.014
Total	88.8	540	628

N.D. : Not Detected

表4-4-4 添加COR油品之PAHs排放係數

PAHs \ 車種	噴射引擎(新) ( $\mu\text{g}/\text{km}$ )	四行程引擎(新) ( $\mu\text{g}/\text{km}$ )	二行程引擎(舊) ( $\mu\text{g}/\text{km}$ )
Nap	367	495	7.38
AcPy	8.01	14.1	34.3
Acp	0.117	4.10	9.74
Flu	2.54	2.71	4.96
PA	5.52	4.91	6.61
Ant	1.26	1.51	2.24
FL	0.066	0.532	1.03
Pyr	1.41	1.08	3.86
CYC	0.017	0.006	0.170
BaA	N.D.	N.D.	0.016
CHR	0.008	0.001	0.363
BbF	0.008	0.018	0.028
BkF	N.D.	N.D.	N.D.
BeP	0.071	0.044	0.386
BaP	N.D.	0.031	0.062
PER	N.D.	N.D.	0.278
IND	N.D.	N.D.	ND
DBA	0.142	0.053	2.099
BbC	0.006	0.004	0.064
BghiP	N.D.	N.D.	0.078
COR	0.040	0.041	0.042
Total	386	524	71.6

N.D. : Not Detected

## 第五章 結論

1. 本研究以市售無鉛汽油為燃料，採用「機器腳踏車冷車行車型態排器污染測試方法及程序」及 CNS 11386 行車型態行車型態測試方法經實車動力計測試後，結果發現在不同車種間之 CO 及 THC 排放係數，以二行程引擎最高，四行程噴射引擎為最低。新舊車間 CO、THC 及 NO<sub>x</sub> 排放係數均為舊車>新車。冷、熱車啟動之排放係數為冷車>熱車，相差最高達 3 倍。
2. 本研究利用中鼎公司所發展之 Mobile-Taiwan 2.0 機動車輛排放係數推估模式進行模式模擬，並將其轉換為與 CNS 11386 類似形式之排放係數，二行程機車及四行程化油器引擎機車之排放係數模式推估與實測值差不多。但模式無法模擬噴射機車之排放係數，噴射引擎機車將是下一代低污染機車之代表，若推估排放係數時不區分四行程噴射引擎及四行程化油器引擎，會有高估實測值之可能。
3. 本研究使用市售無鉛汽油為燃料進行實車測試，噴射引擎機車 CO 之排放係數為 0.789 ~ 1.88 g/km、THC 為 0.194 ~ 0.594 g/km、NO<sub>x</sub> 為 0.213 ~ 0.297 g/km，四行程引擎機車 CO 排放係數為 2.46 ~ 10.4 g/km、THC 為 0.430 ~ 1.24 g/km、NO<sub>x</sub> 為 0.113 ~ 0.397 g/km，二行程引擎機車 CO 排放係數為 2.23 ~ 4.01 g/km、THC 為 0.939 ~ 1.22 g/km、NO<sub>x</sub> 為 0.046 ~ 0.065 g/km。歷年之相關研究所推估之機車排放係數結果均比本研究高，近年來，油品品質之管制標準加嚴及機車引擎及尾氣排放控制技術之提昇，均為降低空氣污染物排放係數之重要因素。
4. 油品中苯含量由 0.8 vol% 降至 N.D.(低於儀器偵測極限)，CO、THC 及 NO<sub>x</sub> 之排放係數於四行程噴射引擎、四行程化油器引擎及二行程引擎機車分別減少 6.21 % ~ 49.1 %、9.43 % ~ 38.5 % 及 6.77 % ~ 26.0 %，苯含量由 0.8 vol% 增加至 11 vol%，CO 及 NO<sub>x</sub> 之排放四行程噴射引擎、四行程化油器引擎及二行程引擎機車分別增加 19.8 % ~ 31.1 %、% ~ 38.5 % 及 23.5 % ~ 50.3 %，顯示高苯含量油品對 CO 及 NO<sub>x</sub> 之排放有負面的影響。
5. 本研究以市售無鉛汽油為燃料進行實車 PAHs 排放測試，總 PAHs 排放係數由高至低分別為四行程化油器引擎(2197 µg/km) > 二行程化油器引擎(1053 µg/km) > 噴射引擎(236 µg/km)。
6. 芳香烴含量方面，油品中 Nap 濃度由 111 mg/L 增加至 22174 mg/L 會使 CO 增加 9.94 % ~ 11.03 %、NO<sub>x</sub> 增加 21.9 % ~ 24.3 %，油品中 Pyr 濃度由 3.27 mg/L 增加至 655 mg/L，CO 增加 8.52 % ~ 9.94 %、NO<sub>x</sub> 增加 8.52 % ~ 11.6 %，油品中 DBA 濃度由 0.00054 mg/L 增加至 0.33 mg/L 會使 CO 增加 14.6 % ~ 27.8 %、NO<sub>x</sub> 增加 10.4 % ~ 18.0 %，油品中 COR 濃

度由 0.043 mg/L 增加至 12.7 mg/L 會使 CO 增加 11.2 % ~ 24.3 %、NO<sub>x</sub> 增加 7.57 % ~ 79.2 %，顯示添加不同環數之 PAHs 於油品中，對 CO 及 NO<sub>x</sub> 的排放有負面的影響。

7. 油品中 Nap 濃度由 111 mg/L 增加至 22174 mg/L 會使 Nap 之排放量於噴射引擎機車、四行程引擎機車及二行程引擎機車分別增加 18.8 %、14.0 % 及 438 %，油品中 Pyr 濃度由 3.27 mg/L 增加至 655 mg/L 時，Pyr 之排放量僅於二行程引擎中有些許的增加，油品中 DBA 濃度由 0.00054 mg/L 增加至 0.33 mg/L 時，其增加量僅於噴射引擎增加，油品中 COR 濃度由 0.043 mg/L 增加至 12.7 mg/L 時，其排放量比基礎油低。結果顯示，添加分子量小、環數少的芳香烴，其排放量會隨添加量增加而增加；反之，則無此趨勢。

## 參考文獻

- CNS國家標準，機器腳踏車冷車行車型態排氣污染測試方法及程序(CNS 11386)。
- CONCAWE Report, Motor vehicle emissions regulations and fuelspecifications part 2-detailed information and historic review (1996-2000), No.2 (2001)
- CONCAWE Report, Motor vehicle emissions regulations and fuelspecifications part 1-summary and annual 1999/2000 update, No.1 (2001)
- Mi H. H., Lee W. J., Chen C. B., Yang H. H., Wu S. J., Effect of aromatic content on PAH emission from a heavy-duty diesel engine, *Chemphe*, 41 (2000), 1783-1790
- Mi H. H., Lee W. J., Chen S. J., Lin T. C., Wu T. L., Hu C. J., Effect of the gasoline additive on emission, *Chemphe*, 36(9) (1998) 2031-2041
- Tsai J. H., Hsu Y. H., Weng H. C., Lin W. Y., Jeng F. T., Air pollutant emission factors from new and in-use motorcycles, *Atmospheric Environment*, 34 (2000), 4747-4754
- Kaiser E. W., Siegl W. O., Cotton D. F., Anderson R. W., Effect of Fuel Structure on Emissions from a Spark-Ignited Engine. 3. Olefinic Fuels, *Environ. Sci. Technol.* 27(7), (1993), 1440-1447
- Lonneman W. A., Selia R. L. and Meeks S. A., Non-methane organic composition in the Lincoln tunnel, *Environ. Sci. Technol.* 20 (8), (1986), 790-796
- Westerholm Roger, Christensen Anders, Törnqvist Margareta, Ehrenberg Lars, Rannug Ulf, Sjögren Michael, Rafter Joseph, Soontjens Carol, Almén Jacob, and Grägg Kerstin, Comparison of Exhaust Emissions from Swedish Environmental Classified Diesel Fuel (MK1) and European Program on Emissions, Fuels and Engine Technologies (EPEFE) Reference Fuel: A Chemical and Biological Characterization, with Viewpoints on Cancer Risk, *Environ. Sci. Technol.* 35 (2000), 1748-1754
- 中山大學環境工程研究所，「屏東縣機車行車型態與排放係數之調研究」，屏東縣環保局，2000。
- 米孝萱，「台灣地區車用油品特性及其對空氣污染物排放影響之研究」，博士論文，成功大學環境工程研究所，1998。
- 行政院環境保護署，「南高屏地區空氣污染總量管制計畫規劃-A1 子計畫，南高屏地區移動源排放量整合與推估」，林清和，1999。
- 行政院環境保護署，「移動性污染源污染排放量模式之評估與建立專案研究計畫」，1999。
- 行政院環境保護署，「移動性污染源污染排放量模式之評估與建立專案研究計畫」，1999。
- 行政院環境保護署，「都會區機車行車型態與排放係數研究」，2001。
- 行政院環境保護署，汽車排放空氣污染物機器腳踏車行車型態 檢驗人員訓

- 練教材，1992。
- 行政院環境保護署，「汽機車排放控制系統及惰轉檢驗人員訓練教材」，1999。
- 沈淑貞，「台灣地區車用油品特性及其對空氣污染物排放影響之研究」，碩士論文，台灣大學環境工程研究所，2002。
- 林志峰，「屏東縣機車行車型態與排放係數之調查研究」，國立中山大學環境工程研究所，碩士論文，2000。
- 林達雄，「機車污染排放測試研究與分析」，車輛公會訊，第 51 期，33-40 頁，1998。
- 陳政湧，「汽油引擎」，華興出版商，1993。
- 陳峰毅，「不同油品對機車引擎排放多環芳香烴特徵之影響」，碩士論文，南台科技大學化學工程研究所，2003。
- 陳煥文，「以隧道實驗推估車輛氣態污染物排放係數之研究」，國立成功大學環境工程研究所碩士論文，1997。
- 彰化縣環保局，「彰化縣有害空氣污染物(PAHs)排放管制計畫」，2001。
- 環保署，「汽油、柴油、重油等油品規範研訂及經濟效益評估專案研究計畫」，中鼎公司、清揚公司，1998。



## 附 錄 一 車用汽柴油成分及性能管制標準









## 附 錄 二 機 器 腳 踏 車 冷 車 行 車 型 態 排 氣 污 染 測 試 方 法 及 程 序





















































## 附 錄 三 機 器 腳 踏 車 排 氣 污 染 量 試 驗 法



























## 附 錄 四 交通工具空氣污染物排放標準