

國立交通大學交通運輸研究所

碩士論文

汽機車污染排放關鍵影響因素之分析

Identification of Key Factors Affecting the
Emissions of Cars and Motorcycles

指導教授：邱裕鈞

研 究 生：陳岱杰

中 華 民 國 九 十 七 年 六 月

汽機車污染排放關鍵影響因素之分析
Identification of Key Factors Affecting the
Emissions of Cars and Motorcycles

研 究 生：陳岱杰

Student: Tai-Chieh Chen

指導教授：邱裕鈞

Advisor: Yu-Chiun Chiou

國 立 交 通 大 學

交通運輸研究所

碩 士 論 文

A Thesis

Submitted to Institute of Traffic and Transportation

College of Management

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Traffic and Transportation

June 2008

Taipei, Taiwan, Republic of China

中 華 民 國 九 十 七 年 六 月

汽機車污染排放關鍵影響因素之分析

研究生：陳岱杰

指導教授：邱裕鈞

國立交通大學交通運輸研究所 碩士班

摘要

隨著臺灣經濟之成長、道路基礎設施的擴建，同時也使得機動車輛之使用愈來愈頻繁，且數量不斷增加。民國 79 年，臺灣地區車輛之登記數，汽車約為 230 萬輛，機車約為 710 萬輛；但至 2007 年，分別各增加為 670 萬與 1400 萬輛，其成長速度不容忽視。顯然地，這不僅導致都市與城際間之交通擁擠問題，甚至造成更嚴重之空氣污染。在許多都會地區，機動車輛所排放之廢氣甚至被視為空氣污染的主要來源。因此，相關主管機關如環保署便實施車輛定檢計畫，希望車輛污染排放能合乎標準，進而有效地減少空氣污染問題。

本研究回顧車輛污染相關文獻，大多根據車輛定檢資料來找出具有高污染性之車輛；但其僅限於對車輛特性之探討(即直接影響)，例如車齡、排氣量、燃油類型、手/自排車、廠牌、汽缸數與觸媒轉換器等，其他間接影響之變數如駕駛人之社經背景、使用行為與主要用車區域等亦會影響到碳氫化合物(Hydrocarbon, HC)與一氧化碳(Carbon Monoxide, CO)之排放。因此，本研究即分別針對汽、機車之污染進行探討，主要分為兩部分：(1)根據汽、機車之定檢資料，找出機動車輛 HC 與 CO 排放之直接影響(direct effect)因素(2)納入問卷資料，進一步分析污染排放之間接影響(indirect effect)因子。

在直接影響因素之探討方面，透過迴歸分析(Regression Analysis)分析發現，汽車之車齡、排氣量、汽缸數、車重、行駛里程與廠牌對 HC 與 CO 排放均有顯著的影響；而機車方面之關鍵影響因子則為車齡、排氣量、行駛里程、二/四行程與廠牌。另外，為了得到駕駛人相關資訊，本研究進行全國家戶機動車輛問卷調查，共郵寄 90000 份，回收之有效份數為 5981 份。藉由車牌號碼之配對，將定檢與問卷資料串聯，並利用結構方程模式(Structural Equation Modeling, SEM)來分析車主社經背景、主要用車區域、車輛使用行為、車輛基本特性與污染排放濃度(HC、CO)之因果關係。結果顯示，車主社經背景與主要用車區域對車輛基本特性有顯著的影響，車輛基本特性又會進一步影響車輛使用行為；在污染排放濃度上，則會受到車輛使用行為與車輛基本特性之影響而有所不同。另外，在總影響方面，汽、機車之車輛基本特性構面，其對污染排放濃度之總影響均為-0.76；而汽車之車主社經背景構面對污染排放濃度之總影響為 0.24，機車則為 0.08。最後，根據以上分析結果，提出具體之車輛污染管制策略，以期能減少對環境的衝擊。

關鍵詞：污染、機動車輛、迴歸分析、結構方程模式

Identification of Key Factors Affecting the Emissions of Cars and Motorcycles

Student: Tai-Chieh Chen

Advisor: Yu-Chiun Chiou

Institute of Traffic and Transportation
National Chiao Tung University

ABSTRACT

The blossom of economic growth in Taiwan associated with the continuous construction of highway infrastructures for convenient movements of people and freights has inevitably brought a rapid growth of private vehicles over the past decades. In 1990, for instance, there were only 2.3 million cars and 7.1 million motorcycles registered; in 2007, the numbers of registered cars and motorcycles have increased to 6.7 millions and 14.0 millions, respectively, which were almost three times and double of the 1990 figures. The trend toward greater use of private vehicles has not only created ubiquitous congestion on the urban roads and intercity highways, but also resulted in excessive emissions that have broken the ecological balance. In metropolitan areas, the poor air quality has been mainly resulted from the mobile emissions of these vehicles. Thus, the Environment Protection Authorities at the central and local levels have endeavored to vehicle inspection and maintenance programs (I/M) and other control initiatives aiming to effectively restrain the air pollution from these mobile polluting sources.

Many studies even attempted to identify the high-polluting vehicles based on the I/M database. However, only vehicle-related factors (i.e., direct factors) such as vehicle age, engine size, type of fuels, automatic/manual, brand, number of cylinders, catalytic converter, and gas mileage were recorded in the database. Other indirect factors such as drivers' demographics, usage of vehicles, type of regions may also cause these vehicles high-polluting. To propose effective control strategies, a clear understanding of who, where and why these high-emitters are still in use is imperative. The objectives of this paper are twofold: (1) to identify the key direct factors significantly affecting the emissions of hydrocarbon (HC) and carbon monoxide (CO) of cars and motorcycles, according to the I/M database; (2) to

further identify the key indirect factors making these vehicles so high-polluting.

The direct factors significantly affecting the emissions of HC and CO can be identified by regressing HC and CO, respectively, on the characteristics of car and motorcycle. It is found that the key direct factors significantly affecting car emissions are age, engine size, number of cylinders, weight, mileage traveled, and brand. In contrast, the key direct factors for motorcycle emissions are age, engine size, mileage traveled, 2-stroke/4-stroke, and brand. The profiles of some high-polluting vehicles are clearly identified, accordingly. Furthermore, this study also conducted a nationwide post-mail questionnaire survey on some 90 thousand car and motorcycle owners, with 5981 valid samples returned. The I/M dataset and the returned questionnaire dataset are matched via the vehicle license-plate number so as to scrutinize who, where, and why the identified high-emitters are still in use. Structural equations modeling (SEM) was then employed to test the hypothesized cause-effect relationships among five constructs: driver demographics, vehicle usage, regions, vehicle characteristics, and emissions. The results show that the constructs of driver demographics and regions have significant effects on the vehicle characteristics. The construct of vehicle characteristics has then significant influence on the construct of vehicle usage. Moreover, the direct factors causing the high emissions levels of HC and CO are the two constructs: vehicle usage and vehicle characteristics. In terms of total effect to the construct of emissions, the construct of vehicle characteristics has the highest total effect of -0.76 for both cars and motorcycles, followed by the construct of driver demographics with total effect of 0.24 for cars and 0.08 for motorcycles. Based on the direct/indirect factors found as well as their relationships identified, some relevant emission control strategies are proposed and discussed.

Keywords: emissions, motor vehicles, regression analysis, structural equation modeling.

誌謝

首先誠摯的感謝指導教授邱裕鈞博士，老師悉心的教導使我得以順利完成碩士論文，不時的討論並指點我正確的方向，使我在這兩年中獲益良多，老師對學問的嚴謹更是我學習的典範。成大交管陳勁甫教授與暨南土木周榮昌教授在學位論文口試上循循善誘，點出研究及撰寫上許多未盡完善之處，其指正與寶貴意見，使我更能掌握論文之徵結所在，受益匪淺。

兩年的日子裡，學習到很多事。在撰寫論文過程中，藉由每一次與邱老師的討論，從釐清論文方向至完成論文，老師均能不厭其煩地解說、體諒及說明，使得本論文能夠更完整而嚴謹。在這過程中，最重要的即是訓練邏輯思考能力，能夠發現問題所在，並進一步解決問題。此外，在論文卡關時，也要感謝陳穆臻老師熱心的協助，讓我的問題能迎刃而解。

lab 裡共同的生活點滴，課業上的討論、聊八卦與吃吃喝喝等，感謝所有同學們的陪伴，不論是充滿歡樂或是煎熬的日子，兩年的碩士生活因為有他們而變得多采多姿；打排球、打橋牌、打麻將、吃火鍋、樂華夜市吃冰、唱歌、宜蘭班遊、中部班遊、南機場夜市覓食、土城看螢火蟲……等，這些都讓我留下無法忘懷的回憶。

最後要感謝我的父母與家人，因為有他們在物質與精神上之支持，才能讓我無後顧之憂地求學，順利完成學業。

陳岱杰 謹誌於交通大學交通運輸研究所

2008.06.24

目錄

中文摘要.....	II
英文摘要.....	III
誌謝.....	V
目錄.....	VI
表目錄.....	VIII
圖目錄.....	X
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 研究範圍與限制.....	2
1.4 研究流程與內容.....	3
第二章 文獻回顧.....	6
2.1 車輛定檢資料.....	7
2.2 遙感探測資料.....	15
2.3 實驗室測試與相關理論模式文獻.....	22
2.4 小結.....	27
第三章 資料蒐集與分析.....	32
3.1 資料蒐集處理.....	32
3.1.1 定檢資料蒐集.....	32
3.1.2 家戶機動車輛問卷調查.....	35
3.1.2.1 問卷內容設計與變數擷取.....	35
3.1.2.2 問卷發放與回收情形.....	36
3.1.3 定檢資料與家戶機動車輛問卷串聯.....	37
3.2 敘述性統計分析.....	38
3.2.1 定檢資料分析.....	38
3.2.2 定檢與問卷資料串聯分析.....	41
3.3 小結.....	48
第四章 研究方法.....	50
4.1 聯立迴歸.....	50
4.1.1 基本特性.....	50
4.1.2 假設前提與應用限制.....	51
4.2 多變量變異數分析.....	52
4.2.1 基本特性.....	52
4.2.2 顯著性檢定.....	53
4.3 結構方程模式.....	56
4.3.1 測量模式.....	57

4.3.2 結構模式.....	59
4.4 小結.....	63
第五章 模式建構與校估.....	64
5.1 污染排放之聯立迴歸模式.....	64
5.1.1 汽車污染排放模式.....	65
5.1.2 機車污染排放模式.....	68
5.2 車齡與車型污染類別分析.....	70
5.2.1 汽車車齡與車型分類.....	71
5.2.2 機車車齡與車型分類.....	78
5.3 污染排放之結構方程模式.....	86
5.3.1 汽車污染排放結構模式.....	88
5.3.2 機車污染排放結構模式.....	94
5.4 小結.....	101
第六章 結論與建議.....	103
6.1 結論.....	103
6.2 建議.....	104
參考文獻.....	106
附錄一 汽車問卷.....	110
附錄二 機車問卷.....	114

表目錄

表 2.1 車輛定檢資料文獻彙整.....	12
表 2.2 遙感探測資料文獻彙整.....	20
表 2.3 實驗室測試與相關理論模式文獻彙整.....	26
表 2.4 車輛污染文獻(汽車)常用變數彙整.....	29
表 2.5 車輛污染文獻(機車)常用變數彙整.....	31
表 3.1 各區監理單位提供之定檢資料欄位.....	33
表 3.2 問卷發放與回收情形.....	36
表 3.3 臺北市監理處定檢資料敘述性統計.....	39
表 3.4 各汽車廠牌車輛所佔比例.....	39
表 3.5 機車定檢資料敘述性統計.....	40
表 3.6 二/四行程車輛所佔比例.....	41
表 3.7 各機車廠牌車輛所佔比例.....	41
表 3.8 定檢與問卷資料串聯完成彙整表.....	41
表 3.9 各縣市社經統計資料.....	43
表 3.10 各區域所包含之縣市.....	44
表 3.11 汽車資料串聯後各連續變數之敘述性統計.....	44
表 3.12 汽車資料串聯後各類別變數之敘述性統計.....	45
表 3.13 機車資料串聯後各連續變數之敘述性統計.....	47
表 3.14 機車資料串聯後各類別變數之敘述性統計.....	47
表 4.1 ANOVA 分析表.....	53
表 4.2 Wilks' lambda 轉換成 F 分配.....	55
表 4.3 MANOVA 分析表.....	56
表 4.4 各種契合度指標的比較.....	62
表 5.1 汽車污染排放聯立迴歸模式.....	65
表 5.2 汽車之 HC 與 CO 污染排放模式.....	66
表 5.3 機車污染排放聯立模式.....	68
表 5.4 機車之 HC 與 CO 污染排放模式.....	69
表 5.5 汽車各車齡之車輛數與平均污染排放濃度.....	72
表 5.6 汽車各車齡群組之車輛數與平均污染排放濃度.....	73
表 5.7 汽車各車齡群組之 MANOVA 分析結果.....	74
表 5.8 汽車各車齡群組之 HC 與 CO Tukey 檢定結果表.....	75
表 5.9 汽車不同排氣量車輛之分類.....	76
表 5.10 汽車各排氣量群組之車輛數與平均污染排放濃度.....	77
表 5.11 汽車各排氣量群組之 MANOVA 分析結果.....	77
表 5.12 汽車各排氣量群組之 HC 與 CO Tukey 檢定結果表.....	78
表 5.13 機車各車齡之車輛數與平均污染排放濃度.....	79

表 5.14 機車各車齡群組之車輛數與平均污染排放濃度.....	80
表 5.15 機車各車齡群組之 MANOVA 分析結果	81
表 5.16 機車各車齡群組之 HC 與 CO Tukey 檢定結果表	82
表 5.17 機車各排氣量群組之車輛數與平均污染排放濃度.....	84
表 5.18 機車各排氣量群組之 MANOVA 分析結果	84
表 5.19 機車各排氣量群組之 HC 與 CO Tukey 檢定結果表	85
表 5.20 關聯模式變數說明.....	87
表 5.21 汽車關聯模式各測量模型校估結果.....	89
表 5.22 車輛使用行為測量模型參數校估結果.....	90
表 5.23 汽車污染關聯模式配適度表.....	91
表 5.24 汽車結構模型路徑分析結果.....	91
表 5.25 汽車關聯模式 C3~C5 之總影響	93
表 5.26 機車關聯模式各測量模型校估結果.....	95
表 5.27 機車關聯模式各測量模型校估結果(修改 1).....	96
表 5.28 機車污染關聯模式配適度表.....	97
表 5.29 機車關聯模式各測量模型校估結果(修改 2).....	98
表 5.30 機車污染關聯模式配適度表(修改後).....	99
表 5.31 機車結構模型路徑分析結果.....	99
表 5.32 機車關聯模式 C3~C5 之總影響	101

圖目錄

圖 1.1 研究流程圖.....	3
圖 2.1 移動污染源由排放至沉澱過程示意圖(Mayer, 1999).....	6
圖 2.2 遙測及相關測量儀器架設圖(Chan <i>et al.</i> , 2002)	16
圖 2.3 車齡與科技因子對移動污染源排放之關聯性(Zachariadis <i>et al.</i> , 2001)	24
圖 3.1 定檢資料與家戶機動車輛問卷串聯示意圖.....	37
圖 4.1 三個觀察變項的測量模式圖(吳明隆, 2006).....	57
圖 4.2 中介變項示意圖(吳明隆, 2006).....	59
圖 4.3 一外生潛在變項與二個內生潛在變項結構模式圖(吳明隆, 2006).....	60
圖 5.1 汽車各車齡之車輛數分佈情形.....	72
圖 5.2 汽車各車齡車輛之平均污染排放濃度.....	73
圖 5.3 汽車各車齡群組之平均污染排放濃度.....	74
圖 5.4 汽車各排氣量群組之車輛平均污染排放濃度.....	77
圖 5.5 機車各車齡之車輛平均污染排放濃度.....	79
圖 5.6 機車各車齡群組之車輛平均污染排放濃度.....	80
圖 5.7 機車各排氣量車輛之 HC 排放濃度情形	83
圖 5.8 機車各排氣量車輛之 CO 排放濃度情形	83
圖 5.9 機車各排氣量群組之平均污染排放濃度.....	84
圖 5.10 汽、機車之結構模型.....	86
圖 5.11 汽車污染排放關聯模式.....	88
圖 5.12 修改後之汽車污染排放關聯模式.....	90
圖 5.13 汽車結構模型標準化路徑係數結果.....	92
圖 5.14 機車污染排放關聯模式.....	94
圖 5.15 機車結構模型標準化路徑係數結果.....	100

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

世界上不論是開發中國家或是已開發國家，均存在著空氣污染問題，又空氣污染的來源可分為固定污染源與移動污染源。顧名思義，固定污染源即非因本身動力而改變位置之污染源，包括工廠之煙囪排放、廠內逸散、營建施工產生之粉塵逸散、露天燃燒等；相反地，移動污染源則具有動力，會改變位置之污染源，機動車輛所排放之污染即是。相較之下，明顯地在污染的管制方面，移動污染源會較固定污染源來的困難與複雜；而也較受到大家所重視。

移動污染源如碳氫化合物(Hydrocarbon, HC)與一氧化碳(Carbon monoxide, CO)主要係機動車輛排放所造成。而根據國內外研究顯示，機動車輛確實為空氣污染的主因之一。這些機動車輛所使用之能源絕大部份仍仰賴石油產品，使得運輸部門之石油產品消耗量僅次於工業部門，且呈現逐年快速成長之趨勢，同時，也導致嚴重空氣污染排放的問題。

以臺灣為例，隨著經濟發展，國民所得提高，生活品質的要求也隨之提高，造成機動車輛的快速成長。由於我國地狹人稠，都會地區各種空氣污染物排放，不僅嚴重影響都會地區的空气品質，更可能對民眾身體健康造成危害。至民國 96 年 6 月底，機動車輛登記數共有 20,487,647 輛，其中機車(重型、輕型)為 13,722,897 輛(佔 66%)，汽車則為 6,764,750 輛(佔 33%)；民國 85 底之車輛數為 14,273,465 輛，民國 95 年底為 20,307,197 輛，平均年成長率為 4.2%，有不斷上升之趨勢。汽機車所排放之污染物主要有懸浮微粒(PM)、一氧化碳(CO)、碳氫化合物(HC)、氮氧化物(NO_x)、鉛(PB)、硫氧化物(SO_x)等，除污染物本身會對人體造成危害外，氮氧化物及碳氫化合物更是光化學煙霧及形成臭氧的前驅物。根據相關研究調查，目前臺灣最嚴重環境問題仍是空氣污染，其原因為移動污染源(汽機車等交通工具)佔全部選項最多，為 43.9%；汽機車排放廢氣已成為民眾對於空氣污染改善最關心的議題之一。因此，如何降低車輛的污染排放，進而提高民眾居住的環境品質，已成了政府施政刻不容緩的問題。

為了降低車輛污染的排放，相關管制措施亦紛紛實施。如車輛定檢計畫(Inspection and Maintenance, I/M)之實行，其中包括汽車與機車定檢，規定車輛必須定期接受檢驗，檢測項目除了車輛性能外，最重要的即移動污染源排放之管

制。以臺灣為例，汽、機車定檢所檢測的污染源有 HC、CO 與 CO₂，該車輛檢測結果必須符合當期排放標準，才視為合格。因此，本研究即利用 I/M 檢測之移動污染源資料，以此為依據做更進一步的分析與探討。此外，過去文獻中資料來源主要以 I/M 資料或遙感探測(Remote Sensing)資料獨立分析，未考慮到駕駛人特性或社經變數等資料；而駕駛特性與社經資料等因素又會影響移動污染源排放濃度；鑒於此觀點，本研究亦對全國進行家戶機動車輛問卷調查，希望藉由回收的問卷與 I/M 資料串聯，進一步得到該車輛駕駛人之特性與相關資料，在詮釋移動污染源排放部分能更趨完整且符合實際。

1.2 研究目的

本研究旨在利用汽、機車定檢資料，找出影響移動污染源排放濃度之相關因子，並納入駕駛人特性與社經資料等變數進行分析，以期望在移動污染源政策之擬定與管制方面能更加合理且完善，進一步降低移動污染源對環境的衝擊。因此，本研究主要目的在於探討下列課題：

1. 蒐集各區監理機關與環保署之汽、機車定檢資料，經過資料篩選與處理後，利用資料庫之污染濃度以及車輛特性變數，以聯立迴歸技術建立污染排放之車輛影響特性模式，據以研析影響汽機車污染排放之重要車輛特性。
2. 將污染排放性質顯著不同之汽機車類型加以區隔分類，以提供主管機關研擬車輛污染管制策略參考。
3. 進行全國家戶機動車輛使用行為問卷調查，再依車牌號碼串聯定檢資料，利用結構方程模式建立污染排放影響因素之整體關聯架構模式，據以探討車主(主要駕駛人)社經背景、車輛使用行為、車輛基本特性，以及主要用車區域等構面或因素，對污染排放之影響。
4. 依據車輛特性模式(聯立迴歸)及整體關聯架構模式(結構方程模式)之主要發現，研提汽機車排放污染之具體改善策略。

1.3 研究範圍與限制

本研究係主要針對機動車輛所排放之移動污染源進行研究，其範圍與限制概述如下：

1. 針對機動車輛所排放之移動污染源進行探討，包括一氧化碳(CO)與碳氫化合物(HC)；機動車輛則以自用小客車與機車為主，貨車、計程車、大客車等營

業用車則不在本研究範圍內。

2. 本研究之資料來源係由交通部各地區之監理機關(汽車定檢資料)與環保署(機車定檢資料)而得，而臺灣地區汽、機車之檢測方式以引擎為惰轉狀態為主，因此無法得知車輛於行駛中移動污染源的排放情形；換言之，速度、加速度與污染排放濃度之關聯性不在本研究探討範圍內。
3. 依據臺灣現行法規，汽車出廠未滿五年者免于檢驗，機車出廠未滿三年者亦免驗；另外，老舊車輛為移動污染源排放之主要來源。因此，汽車車齡為五年以下、機車車齡為三年以下者，則不在本研究範圍內。

1.4 研究流程與內容

本研究之研究流程圖如圖 1.1 所示。流程中各階段之細節詳述如後。

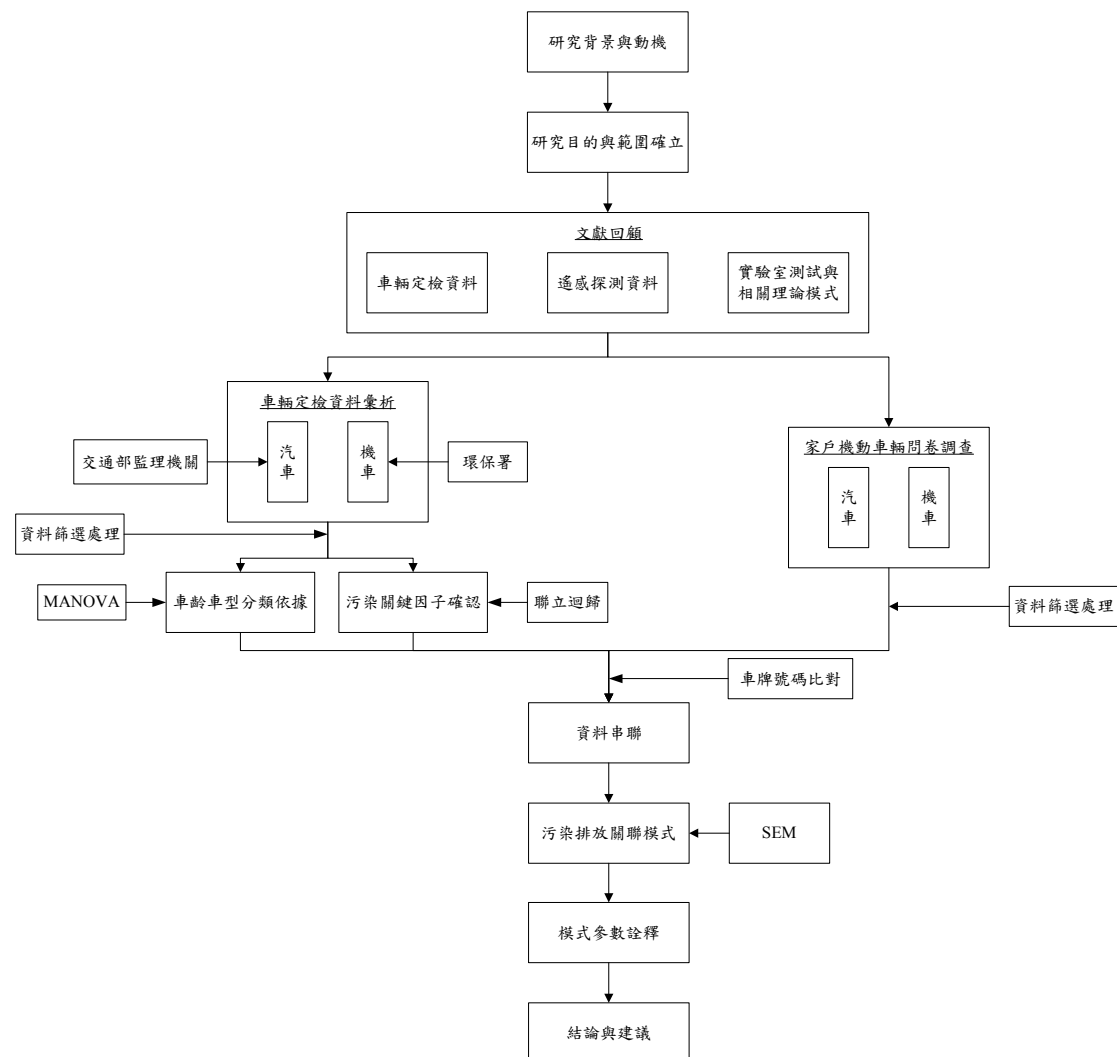


圖 1.1 研究流程圖

1. 研究背景與動機

根據目前之時空背景下，了解本研究課題之重要性，進而產生欲針對此課題進行深入探討之動機。

2. 研究目的與範圍確立

確定研究目的為何，並界定此研究之範疇與後續工作。

3. 文獻回顧

依資料來源主要可分為車輛定檢資料與遙感探測資料，兩者在資料型態上之差異在上一章節中已陳述過，在此予以省略；此外，尚有些許文獻主要是以實驗室測試法及相關理論模式之研提為主。因此，在本研究中，主要將車輛污染之相關文獻分為三類，即車輛定檢資料、遙測資料、實驗室測試與相關理論模式三類。

4. 車輛定檢資料彙析

定檢資料主要包括汽車與機車兩部分；汽車資料主要來自交通部各地區之監理機關，機車資料則由環保署所取得。在經過資料轉換、處理與篩選後，分別對汽、機車進行基本敘述性統計分析，以讓後續工作能順利進行。

5. 家戶機動車輛問卷調查

在本研究中，除了納入車輛特性變數外，並考慮駕駛人特性、社經資料等因素與移動污染源排放之關聯性。因此，本研究亦著手研擬家戶機動車輛問卷調查，分為汽車與機車針對全國發放。

6. 污染關鍵因子確認

在納入分析之變數的選取上，主要根據車輛污染相關文獻與交通部各地區監理機關、環保署所提供的定檢資料而決定。之後便利用聯立迴歸建立汽、機車污染排放模式，探討移動污染源排放與解釋變數間之關係，找出對污染排放濃度有顯著影響的變數，並觀察其正、負向關係。相信此結果在污染管制或政策擬定上會有一定的幫助。

7. 車齡車型分類依據

利用多變量變異數分析(Multivariate Analysis of Variance, MANOVA)方法，針對重要之車輛特性變數進行檢定分析，將污染程度類似之車種集聚，以建立車齡車型之分類依據。

8. 資料串聯

此階段主要工作為將車輛定檢資料與回收家戶機動車輛問卷合併，即利用問卷上所標示之車牌號碼與定檢資料庫進行配對，了解各問卷汽、機之移動污染源排放濃度與駕駛人特性與社經變數等資料。

9. 污染排放關聯模式

利用結構方程模式，探討車主社經背景、車輛使用行為、車輛基本特性，以及主要用車區域與污染排放等變項間之因果關係。

10. 模式參數詮釋

依據車輛特性因子模式(聯立迴歸)及整體關聯架構模式(結構方程模式)相關參數之詮釋，研析其政策意涵，並據以提出改善策略。

11. 結論與建議

綜合以上各階段之內容與分析結果進行評論、綜整，並提出後續研究之建議。

第二章 文獻回顧

近年來由於環保意識的抬頭與政府開始重視永續運輸的發展，但空氣污染問題卻遲遲未能有效地解決。Mayer (1999)指出大多的城市均面臨嚴重的空氣污染問題，且其污染程度有日漸增加之趨勢，這有可能是因為人口成長、土地使用與生活型態改變等因素所造成。移動污染源之排放大多來自人為因素，以機動車輛為最主要的污染來源，從排放、傳播直到沉澱，其中會受到許多因素的影響，如風速、風向、氣溫與潮濕度等影響；圖 2.1 為移動污染源自排放到沉澱與相關影響因子之過程示意圖。

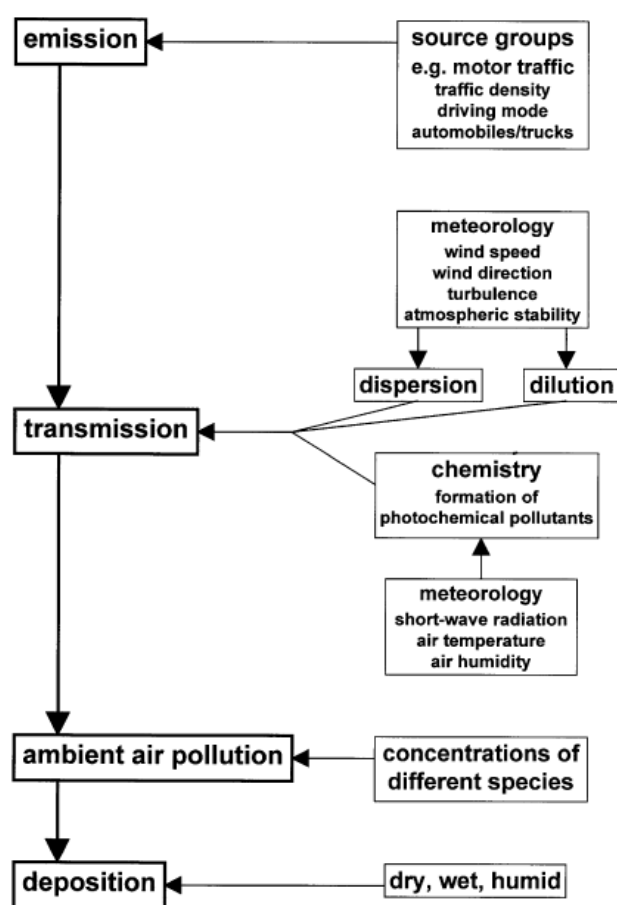


圖 2.1 移動污染源由排放至沉澱過程示意圖(Mayer, 1999)

既然機動車輛所排放之廢氣為空氣污染的主因之一，因此在許多國家，例如美國、臺灣等，均要求車輛需履行定期車輛檢驗(Inspection and Maintenance, I/M)，但其計畫實行之效果，是否能找出具有高污染之車輛，或是影響車輛檢驗不合格的主要因素，卻是值得懷疑的。鑒於此觀點，便有許多學者對於此課題進行深入研究，以期望使車輛定檢計畫能實施的更有效率，有效地降低移動污染源

之排放。

回顧車輛排放污染之相關文獻，若以資料取得的方式為依據，可分為(1)車輛定檢(I/M)資料與(2)遙感探測(Remote Sensing)偵測而得之資料；另外尚有實驗室測試與相關理論模式研提之文獻。

2.1 車輛定檢資料

實施 I/M 計畫之國家不在少數，如美國、歐洲等皆亦落實車輛定檢政策，除了確保車輛之性能與設備可安全無虞地使用外，最重要地即針對污染排放濃度進行檢測，希望可找出高污染車輛加以管制，甚至汰舊換新，以減少移動污染源之排放，維持良好空氣品質。以臺灣為例，機動車輛之定期檢驗可分為汽車與機車，所檢驗之移動污染源主要為碳氫化合物(hydrocarbon, HC)、一氧化碳(carbon monoxide, CO)與二氧化碳(carbon dioxide, CO₂)。自用小客車方面，出廠未滿五年者免予定檢；五年以上未滿十年者，一年一驗；十年以上者，一年二驗。在機車方面，出廠未滿三年無需受檢；若滿三年才需每年實施定檢一次。而在排放標準上，目前汽車為第三期排放標準，機車則為第五期排放標準。有關車輛定檢資料之文獻詳述如後。

交通運輸是造成空氣污染的主要來源，而其中的 CO、HC 與 NO_x，大部分又來自於少數車輛所排放，呈不對稱之關係。Wolf *et al.* (1998)認為階層迴歸樹(Hierarchical tree based regression) 有以下優點(1)具有彈性，可決定欲分類的群數與使用的變數(2)可考慮車輛數量與科技對於污染排放之影響(3)從眾多的機動車輛中，將高污染車輛(high-emitter)挑選出來。因此，便以此方法分析 CO、HC、NO_x 與其他相關變數之關聯性。資料方面，分別經過資料轉換(conversion)、處理(cleansing)與篩選(screening)後，共 15061 筆。使用變數有車齡、車重、排氣量、手/自排、燃油系統與觸媒轉換器類型。階層迴歸樹分析結果分為 CO、HC 與 NO_x 三部分(1)CO：觸媒轉換器類型為最重要之變數，其次分別為車齡、排氣量與燃油系統(2)HC：車齡為最重要變數，其次為觸媒轉換器類型(3)NO_x：重要程度由高至低為觸媒轉換器類型、車齡與車重。

藉由以上文獻可概略得到一結論，交通運輸是空氣污染的主因之一，而大多移動污染源又來自於少數具有高污染之車輛；因此，許多國家便紛紛推行車輛定檢計畫，以找出危害環境之車輛，進一步減少空氣污染。I/M 計畫之主要目的為

找出具有高污染性之車輛，進而降低移動污染源對環境的衝擊；在美國的許多城市中亦均規定車輛須定期接受檢驗。但在整個計畫執行的效果上卻備受爭議，尤其是在成本與效益上無法得到認同。鑒於此觀點，Washburn *et al.* (2001)利用西雅圖(Seattle)1994 年之 I/M 資料(1990~1994 出廠之車輛)，以聯立迴歸分析(Simultaneous Regression Analysis)構建 CO、CO₂、HC 之排放模式，並使用三階段最小平方法(Three-Stage Least Squares, 3SLS)校估參數，找出最有可能在車輛檢驗時不合格之車輛，也就是在污染環境上，那些屬於高污染群(high-polluting vehicles)。其中有一假設：CO、CO₂、HC 之排放濃度不只與車輛特性等變數有關，且彼此會互相影響，如 2.1 式：

$$\begin{aligned} \text{CO}_n &= \alpha + \beta X_n + \delta \text{CO}_{2n} + \phi \text{HC}_n + \varepsilon_{1n} \\ \text{CO}_{2n} &= \gamma + \eta V_n + \psi \text{CO}_n + \kappa \text{HC}_n + \varepsilon_{2n} \\ \text{HC}_n &= \lambda + \mu U_n + \nu \text{CO}_n + \pi \text{CO}_{2n} + \varepsilon_{3n} \end{aligned} \quad (2.1)$$

其中，X_n：影響一氧化碳(CO_n)排放濃度之變數；

V_n：影響二氧化碳(CO_{2n})排放濃度之變數；

U_n：影響碳氫化合物(HC_n)排放濃度之變數。

在模式分析方面，主要分為定速(cruise-mode)與惰轉(idle-mode)兩部分，分別為 35,451 與 43,602 筆資料，針對車輛在不同情況下之 CO、CO₂ 與 HC 排放進行分析；採用變數有汽油含氧添加劑、汽缸數、廠牌、車齡與行駛里程。以整體來看，車齡、廠牌、汽缸數、行駛里程與汽油含氧添加劑對於移動污染源排放濃度有顯著的影響；GM 廠牌車輛之不合格率最高，亞洲地區廠牌之車輛則較低。

除了美國推行 I/M 計畫外，墨西哥亦於 1996 年 10 月開始實施。但 Riveros (2002)指出，即使 I/M 計畫持續進行，目前卻仍面臨嚴重的空氣污染問題，尤其是車輛所排放的移動污染源。若車輛使用於大眾運輸(如計程車)，其所排放的 HC 與 CO 會較私人使用來的多，因此對於這些車輛應規定予以配備有效且耐用的觸媒轉換器以降低對環境的衝擊。若車輛具有污染排放控制設備，其排放濃度約可減少 10 倍。文中以 Volkswagen 廠牌之車輛為研究對象，其結果顯示，雖為同廠牌但車型不同之車輛，其污染排放濃度卻不盡相同；這可能是由於各車輛之配備與性能不同。此外，觸媒轉換器會隨著時間而老化、效能較差；而這也間接指出車齡增加，其 HC、CO 等污染源亦可能會隨著增加。

根據美國環保署(Environmental Protection Agency, EPA)研究指出，機動車輛所排放的移動污染源對環境造成重大的衝擊，尤其是空氣污染；約佔了 NO 的 33%、揮發性有機化合物(Volatile Organic Compounds, VOCs)的 25%，HC 則超過 50%。儘管污染排放控制設備的進步，但許多車輛仍然具有高污染性。在美國奧勒岡州(Oregon)，當地的環保機構(Department of Environmental Quality, DEQ)實施 I/M 計畫，規定波特蘭(Portland)與 Rogue Valley 區域的車輛每兩年要檢測一次，而 I/M 計畫被視為一有效解決都市空污問題的方法，但也有不同層面之評論(1)在減少空氣污染的方法中，I/M 不如預期那麼有效率，也不符合經濟效益(2)在 I/M 計畫中，規定車輛必須通過檢驗標準，卻未要求盡可能地減少車輛排放之污染(最小化)。相關研究甚至指出，車輛第一次未通過檢驗，但複檢卻通過了，而沒有更換任何車輛零件。因此 Bin (2003)以波特蘭與奧勒岡之 I/M 檢驗計畫，利用 Logit 迴歸找出會影響 CO 與 HC 排放濃度之因子，以期望能使 I/M 計畫實施更有效率。文中考慮進口車、客車、自排、噴射引擎、空氣泵、氣缸數、車齡、排氣量、行駛里程等變數，資料共 20428 筆。結果指出，Chrysler 與 Nissan 之不合格率相對較高，Ford 與 Toyota 則較低；車齡、排氣量、行駛里程對於 HC、CO 排放濃度有顯著的影響；隨著車齡愈高(車齡 10 年以上不合格率大幅增加)、行駛里程愈多(CO & HC，大於 90000 公里後不合格率大幅增加)、排氣量愈小(CO & HC，排氣量小於 2000cc.之不合格率較高)，其檢驗失敗的機率也就愈大。進口車之檢驗合格率較國產車為高；客車之合格率也較非客車為高。此外，隨著汽缸數增加，客車之不合格率也較高，但非客車之不合格率反而降低。

Beydoun and Guldman (2006)則針對 I/M 計畫之研究進行更進一步的探討，除了車輛特性變數之外，考慮更多的外在因素來對於 HC、CO 與 NO_x 排放濃度之影響。該研究利用麻薩諸塞州(Massachusetts)、馬里蘭州(Maryland)與伊利諾州(Illinois)三個州 2001 年之 I/M 資料，約 400 萬筆；考慮變數則有車齡、行駛里程、車重、燃油效率(僅麻薩諸塞州之 I/M 資料有此變數)、排氣量、汽缸數、季節、廠牌、維修保養，利用 Logit 模式找出對於檢驗不合格車輛有顯著影響的因子；並利用迴歸分析，分為客車與貨車，建立各廠牌車輛之 HC、CO 與 NO_x 排放模式。在 Logit 模式(以檢驗不合格率依據)分析結果指出：

1. 除了 Massachusetts，其他兩州在冬天受檢之車輛較不容易通過檢驗，夏天則相反。
2. 老舊車輛較不容易通過檢驗。
3. 車輛廠牌亦為是否能通過檢驗一重要的因素。在客車方面，BMW 合格率較

高，Hyundai、Mitsubishi、Chrysler 與 GM 等廠牌車輛則較低；在貨車方面，Honda、Nissan、Toyota 之檢驗合格率較高，Mitsubishi、Mazda、Chrysler 較低。

4. 貨車之排氣量愈大，不合格愈高；客車則相反。
5. 行駛里程愈高，不合格率愈高。
6. 車重愈輕，不合格率愈高。
7. 不常保養之車輛較容易檢驗不合格。
8. 麻薩諸塞州之結果指出，燃油效率愈高，不合格率愈低。

另外，從迴歸分析之結果(以 CO、HC 與 NO_x 排放濃度為依據)可發現行駛里程、車齡、冬天與汽缸數對於移動污染源排放濃度呈正向關係；燃油效率、春天、夏天與排氣量對污染排放濃度則呈負向關係。若車輛有定期維修保養，污染排放濃度則較低；但並非所有廠牌之車輛均如此。

除了 Washburn *et al.* (2001)因 I/M 計畫實施之效果與成本備受懷疑，而以車輛檢驗資料為依據，進行深入的分析外，Choo *et al.* (2007)亦鑒於加州 BAR(Bureau of Automotive Repair)機關所使用之 HEP 模式(High-Emitter Profile model)，其主要目的為從眾多的車輛當中，找出那一群是空氣污染(HC、CO、CO₂、O₂ 與 NO)的主要來源；而 HEP 模式為一羅吉斯迴歸模式(Logistic Regression model)，在加州之 I/M 計畫中被視為效率低、不合乎成本的，應該要予以改善。因此，文中採用加州之車輛檢驗資料，利用多項羅吉特模式(Multinomial Logit model)進行分析，並與 HEP 模式比較其篩選高污染車輛之績效。資料共 837,829 筆，一部分用來構建模式，另一部分則作為驗證用。考慮變數有行駛里程、排氣量、車齡、化油器系統、噴射引擎、污染排放控制設備、廠牌與惰轉/定速。分析結果指出，行駛里程、車齡、廠牌與污染排放控制系統均為顯著之變數。在模式驗證方面，MNL 的篩選準確度為 81%，HEP 模式則為 71%。此外，MNL 尚有一優點，可篩選出合格、不合格與高污染車輛，而 HEP 模式則無法找出檢驗不合格之車輛；而這也顯示顯示多項羅吉特模式在篩選污染車輛方面優於 HEP 模式。

臺灣地區由於人口眾多，機動化程度亦相當高。不同於美國、日本與歐洲國家，臺灣機動車輛之組成，機車可說是佔了絕大部分，使車流行為更為複雜，同時也衍生許多的交通擁擠與空氣污染問題。基於此觀點，機車排放之移動污染源

亦為研究人員所欲探討的課題之一。

至民國 96 年 6 月底止，臺灣之機車登記總數約有 1300 萬輛，平均不到兩人就持有一輛，密度非常高；而環保署亦指出，臺灣的空氣污染問題，如 CO、HC 與 NO_x，機動車輛便分別各佔了總量的 83%、49%與 33%；其中機車又各佔了 38%、64%與 3%，這也間接顯示空氣污染問題，交通運輸是主因。因此，Lin *et al.* (2006)便以臺灣地區 1996~2002 年環保署機車定檢資料(共 5,548,188 筆)為基礎，探討引擎類型(二行程/四行程)、排氣量、車齡、廠牌、不合格率與地理特性對於污染排放濃度之影響。研究範圍為中臺灣四縣市(臺中縣市、彰化縣與南投縣)，機車主要分為四類(光陽、三陽、山葉與其他)，其中光陽、三陽與山葉之市場佔有率為 94%。研究結果顯示(1)在機車特性方面，山葉與其他廠牌車輛排放較多之移動污染源(HC、CO)；相較於四行程機車，二行程之機車亦會排放較多之 HC(相差 10 倍)與 CO；車齡與 HC、CO 呈正向之關係，排氣量與 HC、CO 則呈負向之關係(2)不合格率方面，由於 CO 值過高而不合格之比例較 HC 高 4 倍，建議可提高 HC 之檢驗標準(3)地理特性則指出臺中市之機車污染排放濃度較其他縣市機車為高，這可能是由於駕駛特性之關係(行駛里程短、速率較低、行車溫度較低)，無法達到工作溫度，導致觸媒轉換器無法發揮最大功效。

另外，Chang and Yeh (2006)亦以機車為研究對象，探討臺灣區域，機車車齡與排氣檢查績效之關係。臺灣地區之機車持有率為全球最高的，尤其是 150cc. 以下，具有高可及性與低耗油性，最為民眾喜愛。文中主要利用 Cox 迴歸模型與群落分析(Cluster Analysis)兩方法。在群落分析方面，以平均受檢率(Average Inspection Rate)、定檢站密度(Inspection Station Density)、平均不合格率(Average Ineligibility Rate)、CO 與 HC 五個變數，將約 10000 筆資料進行群落分析，共分為兩群。以檢驗績效來說，北臺灣較南臺灣好；若某區域之檢驗績效越差，平均車齡也會愈高；機車平均持有期間為 13.3 年，可能是造成空氣污染的主因之一。另外，在 Cox 迴歸模型方面，因變數為車輛汰換率(disposal hazard rate)，考慮車輛狀況(是否為二手車)、排氣量大小、持有人性別、持有人年齡、消費特性以及機車定檢績效對汰換率的影響，分為兩個模式進行分析。結果顯示，年齡較大之車輛持有人對車輛之使用年限較久；消費特性與定檢率若增加，將會促使車輛持有人提早汰換車輛；相反地，若不合格率增加，則會降低提早汰換車輛之機率。

綜合以上車輛定檢資料相關文獻，彙整如表 2.1 所示。

表 2.1 車輛定檢資料文獻彙整

作者	樣本數	移動 污染源	分析方法	考慮變數	重要變數/ 分析結果
Wolf <i>et al.</i> (1998)	15,061	CO HC NO _x	階層迴歸樹	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 車齡 ✓ 廠牌 ✓ 車重 ✓ 排氣量 ✓ 自/手排 ✓ 燃油配備 ✓ 觸媒轉換器 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 車齡 ✓ 車重 ✓ 排氣量 ✓ 燃油配備 ✓ 觸媒轉換器
Washburn <i>et al.</i> (2001)	79,053	CO CO ₂ HC	聯立迴歸	<ul style="list-style-type: none"> ✓ CO ✓ CO₂ ✓ HC ✓ 燃油類型 ✓ 汽缸數 ✓ 廠牌 ✓ 車齡 ✓ 行駛里程 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ CO ✓ CO₂ ✓ HC ✓ 燃油類型 ✓ 汽缸數 ✓ 廠牌 ✓ 車齡 ✓ 行駛里程
Riveros (2002)	-	CO NO _x	-	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 車型 ✓ 觸媒轉換器 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 車型 ✓ 觸媒轉換器(-)
Bin (2003)	20,428	CO HC	Logit 迴歸	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 進口/國產車 ✓ 客車 ✓ 自/手排 ✓ 噴射引擎 ✓ 空氣泵 ✓ 汽缸數 ✓ 車齡 ✓ 排氣量 ✓ 行駛里程 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 進口車(-) ✓ 客車(-) ✓ 噴射引擎(-) ✓ 空氣泵(+) ✓ 汽缸數(+) ✓ 車齡(+) ✓ 排氣量(-) ✓ 行駛里程(+)

表 2.1 車輛定檢資料文獻彙整(續)

作者	樣本數	移動 污 染 源	分析方法	考慮變數	重要變數/ 分析結果
Beydoun and Guldmann (2006)	3,834,604	CO HC NO _x	✓ Logit 模式 ✓ 迴歸分析	✓ 車齡 ✓ 行駛里程 ✓ 車重 ✓ 燃油效率 ✓ 排氣量 ✓ 汽缸數 ✓ 季節 ✓ 廠牌 ✓ 維修保養	✓ 車齡(+) ✓ 行駛里程(+) ✓ 燃油效率(-) ✓ 排氣量(-) ✓ 汽缸數(+) ✓ 季節 ✓ 廠牌 ✓ 維修保養(-)
Choo <i>et al.</i> (2007)	837,829	HC CO CO ₂ O ₂ NO	多項羅吉特 模式	✓ 行駛里程 ✓ 排氣量 ✓ 車齡 ✓ 化油器 ✓ 噴射引擎 ✓ 污染排放控制 系統 ✓ 惰轉/行駛 ✓ 廠牌	✓ 行駛里程(+) ✓ 排氣量(-) ✓ 車齡(+) ✓ 化油器(+) ✓ 噴射引擎(-) ✓ 污染排放控制 系統(-) ✓ 廠牌
Lin <i>et al.</i> (2006)	5,548,188 (機車)	CO HC	✓ 相關分析 ✓ 逐步迴歸 分析	✓ 二行程/四行程 ✓ 排氣量 ✓ 車齡 ✓ 廠牌 ✓ 不合格率 ✓ 地理特性	✓ 二行程 ✓ 排氣量(-) ✓ 車齡(+) ✓ 廠牌 ✓ 不合格率 ✓ 地理特性
Chang and Yeh (2006)	10,780 (機車)	CO HC	✓ 群落分析 ✓ Cox 迴歸 模型	✓ 二手車 ✓ 排氣量 ✓ 持有人年齡 ✓ 持有人性別 ✓ 消費傾向 ✓ 定檢率 ✓ 檢驗站密度 ✓ 不合格率	✓ 二手車(-) ✓ 排氣量(+) ✓ 持有人年齡(-) ✓ 持有人性別 ✓ 消費傾向(+) ✓ 定檢率(+) ✓ 不合格率(-)

根據表 2.1 之車輛定檢資料文獻彙整進行評析，詳述如下。

1. 臺灣實施車輛定檢計畫(I/M)已行之有年，此為一義務性之政策，而國外亦不例外，如美國、墨西哥等。臺灣地區之車輛定檢項目眾多，包括煞車、燈泡、車重、行駛里程與排氣檢查等，其中最重要的即為排氣檢驗。其規定檢測之移動污染源有 CO、HC 與 CO₂ 三類，採惰轉(idle)檢驗，檢測結果必須低於當期之污染排放標準才視為合格，若不符合標準則需進一步的保養、維修後，再行複檢。而國外之 I/M 計畫，以美國為例，視地區不同而有所差異，主要污染源為 HC 與 NO；除了惰轉檢驗外，尚有定速(cruise)檢驗，以更進一步了解車輛在行駛狀態時移動污染源排放情形。
2. 由於實施 I/M 計畫之各地區車輛不在少數，加上某些定檢項目的檢驗數據需依賴人工鍵入電腦，難免會有手誤或欄位空白的情況發生。因此，在蒐集到車輛定檢資料後，為顧及日後研究之結果與數據合理性，必先經過初步的篩選與處理後，刪除空白欄位與數據過大或過小之資料。也因為如此，所剩餘之資料筆數與車輛總數會有差距。
3. 從文獻中可觀察出，國外大多文獻之研究對象為汽車；各國 I/M 計畫所檢測的移動污染源有 CO、HC、CO₂、O₂、NO(nitrogen oxide)與 VOCs(Volatile Organic Compound)等，因地而異。整體來說，主要的移動污染源為 HC 與 CO。在機車定檢資料文獻方面，以臺灣為例，亦主要為 CO 與 HC。
4. 在研究方法上，則有許多的不同，例如迴歸分析、階層迴歸樹、聯立迴歸、多項羅吉特模式、群落分析、Cox 迴歸模型與 Logit 模式等，但整體來說，均以迴歸之相關方法為主。此外，亦有部分文獻以散佈圖或直方圖的方式來探討不同因素、狀況下移動污染源之排放情形。兩者之分析結果，以重要變數之影響為例，均類似，並未有大相逕庭的情況發生。
5. 在車輛定檢資料相關文獻中，各文章所考慮的變數大同小異，較重要之變數如車齡、排氣量、汽缸數、行駛里程、觸媒轉換器、車重與廠牌等，大多均有納入分析過程中。較特殊或較難得到之變數資料，如前一次檢驗時間(Anilovich and Hakkert, 1996)、自/手排(Wolf *et al.*, 1998)、燃油類型(Washburn *et al.*, 2001)、客/貨車(Bin, 2003)、空氣泵(Bin, 2003)、燃油效率(Beydoun and Guldman, 2006)、季節(Beydoun and Guldman, 2006)、維修保養(Beydoun and Guldman, 2006)、惰轉/定速(Choo *et al.*, 2007)與燃油設備(Wolf *et al.*, 1998; Bin, 2003; Choo *et al.*, 2007)等。在機車方面，則以車齡、引擎類型(二行程/四行程)、行駛里程、排氣量、廠牌等為較重要之變數。
6. 變數顯著性與對移動污染源之影響方面，概略可整理出幾個變數，主要可分

為對污染源之排放有正向與負向關係。具有正向關係之變數為車齡、行駛里程、汽缸數、空氣泵與燃油設備(為化油器)；具有負向關係之變數則有客車、燃油設備(為噴射引擎)、排氣量、燃油效率、春/夏天、維修保養、觸媒轉換器等。在機車方面，與汽車並無太大之不同。

7. 綜合以上車輛定檢資料文獻評論，可得知機車定檢之文獻均以臺灣地區為主，這可歸咎於臺灣地區環境較特殊，地狹人稠，加上機車具有高可及性、高機動性、燃油效率高與價格低廉，且政府對於該運具無積極、強烈的管制手段，才會造成目前之高持有率狀況。

2.2 遙感探測資料

使用遙感探測來檢驗行駛中汽車排氣量的技術，係由美國科羅拉多州丹佛大學所發展，其原理主要是利用紅外線穿過汽車所排廢氣時，特定波長的紅外線能量會被一氧化碳及碳氫化合物吸收，便可間接測得其濃度。因其量測時間短、不影響車流、架設容易且所需人力少等特性，美國政府已用其做為篩選高污染車輛的工具。

我國目前對於車輛污染排放之管制系統原已相當完整，從新車型審驗、新車抽驗、車廠本身的品保品管與車輛定期檢驗，都有相關的管制措施在執行。但對於使用中的車輛，由於環保局路邊攔檢實施需大量人力，使得稽查效率無法提升。運用排氣遙測之技術後，將可有效彌補此項缺失。因此，環保署特於 1996 年度起自美國引進汽車排氣遙測儀器，以檢測收集行駛中汽車排氣資料。而在 1999 年 1 月 20 日修正公布之空氣污染防治法，已於第 40 條中將遙測檢測之方式列入。2003 年公告汽車排放空氣污染遙測篩選標準，由於遙測測定時間短、數量大，可成為高污染車輛之篩選工具，將高污染車輛選出後，再由環保局從中稽查，將可收到促使車主保養車輛改善污染之目的。

臺灣自 1996 年度起引進汽車排氣遙測技術，並逐漸擴大於全國進行汽車排氣遙測計畫，2005 年度共分北中南三區於 17 縣市進行共 16 萬輛次之汽車排氣遙測工作。汽車排氣遙測之結果，主要可用於通知高污染車輛檢驗及使用中車輛檢驗之車型選擇依據。由於其偵測資料具有一定之準確度且效率高，且可設置在不同的道路上。此外，若配合車牌辨識系統與測速設備，除了 HC 與 CO 外，尚可得到速度、加速度與車輛特性等資料；也因為如此，便有許多研究中之資料係均由遙測儀器而得。遙測資料之蒐集與儀器架設如圖 2.2 所示。

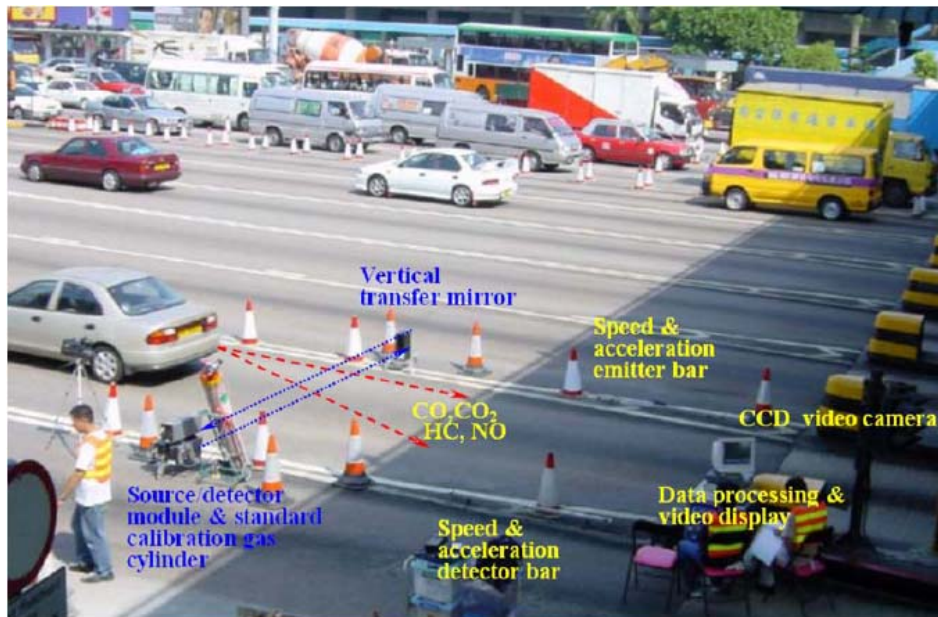


圖 2.2 遙測及相關測量儀器架設圖(Chan *et al.*, 2002)

在遙測資料相關文獻方面，Muncaster *et al.* (1996)利用丹佛大學所發展的紅外線遙測設備，蒐集車輛排放污染資料，探討 CO 與車齡兩者間之關係。觀測位置選定 Middlesbrough 與倫敦(London)，為避免某一年內車輛筆數過少之問題，資料經過處理後，車齡之分佈範圍為 1983~1993 年出廠之車輛，並利用迴歸分析建立 Middlesbrough 與 London 之污染排放模式，樣本數分別為 6,509 與 7,397 筆。模式如下(2.2 與 2.3 式)：

(1) London :

$$CO=12.66-0.131M \quad (2.2)$$

$$R^2=0.88$$

(2) Middlesbrough :

$$CO=10.3-0.106M \quad (2.3)$$

$$R^2=0.77$$

其中，

M：車輛出廠日期

結果發現，隨著車齡愈高，CO 之排放濃度也隨著增加。文中亦以 CO 排放濃度為基準分為五群，發現大部分的 CO 來自少數車輛之排放；也就是說，若針對該少數高污染車輛進行管制，即可減少約 40~51%之 CO。此外，英國於 1993 年亦規定新車須具備三元觸媒轉換器以降低車輛污染之排放。

在過去的認知中，機動車輛之燃油效率對於移動污染源排放濃度，尤其是新車，兩者間似乎沒有關聯，且隨著車齡愈來愈大，污染排放控制系統之性能亦較差。因此，Harrington (1997)利用迴歸分析方法，假設燃油效率與污染排放濃度彼此間存在關聯性，探討燃油效率、車齡、進口/國產車、所得對於車輛排放 HC、CO 之影響；並且比較 gpm(gram-per-mile)與 gpg(gram-per-gallon)模式在分析車輛污染排放之劣化率上，何者較適合。資料來自遙測設備偵測而得，有效樣本數共 67000 筆。結果指出，gpg 模式在分析上有較好的詮釋能力；此外，亦證實燃油效率較高之車輛，其污染排放濃度較低；隨著車齡愈高，HC 與 CO 排放濃度亦愈高；相較於國產車，進口車之污染排放濃度較低。若該車輛持有人所得較高，其污染排放濃度亦會較低。

機動車輛為空氣污染的主要的來源之一，這似乎是無庸至疑的。過去許多模式大多利用旅次長度來推估車輛所排放的污染量，而其準確性亦受到質疑。因此，Singer and Harley (2000)以燃油特性為依據，推估洛杉磯 1997 年夏天之 CO、VOC 與 1991~1997 之 CO 減少量；車齡、所得與排放濃度之關係亦在探討的範圍內。資料由遙測設備所偵測而得，35 個觀測位置，約 60000 筆資料。結果得知，相較於新車，老舊車輛之 CO 與 VOC 排放係數較高，且平均所得較低駕駛人之車輛其污染排放濃度約為高所得駕駛人車輛的 2 倍，這可能歸咎於高所得區域之車輛較低所得區域之車輛新；但以新車來說，兩區域之移動污染源排放濃度差異不大，但車輛之劣化速度則以低所得區域之車輛較快。污染排放量的推估結果方面，每天約排放 4700 ± 500 公噸之 CO 與 550 ± 90 公噸之 VOC；1991~1997 年之 CO 約減少 20%，燃油使用增加 8%，CO 之排放係數減少 26%。

墨西哥為一人口密度且車輛持有率高的國家，自然而然也衍生空氣污染問題。在 1998 年，機動車輛所排放的污染便各佔了 CO、NO 與 VOC 之 98%、77% 與 35%；儼然地機動車輛為空氣污染的來源之一。Schifter *et al.* (2003)選定 12 個觀測位置，利用遙測設備偵測車輛之 CO、HC 與 NO 資料為依據(共 42822 筆)，探討車齡、污染排放標準與觸媒轉換器對於移動污染源排放濃度之關係。結果指出，車齡對於 CO、HC 與 NO 之排放濃度呈 Gamma 分配，也就是說少數高污染車輛為污染的主要來源；其中，10%高污染車輛便分別佔 CO、HC 與 NO 排放總量之 45%、25%與 29%。在 1988 後出廠之車輛，由於設定新的污染排放標準，HC 與 CO 有顯著的降低；另外，在 1992 年出廠後之車輛，規定配備觸媒轉換器，而使 CO、HC 與 NO 有更大幅度的減少。整體來說，隨著車齡愈高，移動污染

源之排放濃度亦會愈高。最後，該研究亦將車輛分類，發現計程車所排放的 NO 最高；而這可能是因為行駛里程因素而導致的結果。

根據香港政府之研究報告指出，機動車輛所排放之廢氣為空氣污染的主要來源。基於永續發展之理念，許多車輛管制措施與污染排放標準亦紛紛實施，為就是要追求較好的空氣品質。Chan *et al.* (2004)利用遙測設備偵測得到的資料，透過迴歸分析方法探討，以找出 CO、HC 與 NO 之污染排放因子，並建立各車齡車輛之污染排放係數模式。資料共來自九個觀測位置，共 8544 筆，其中分析對象僅使用汽油之車輛(1990~2001 年)。其結果發現車齡、排氣量與駕駛特性均為影響污染排放濃度之重要因子。在車齡分面，與移動污染源之排放濃度呈正向關係；尤其是 1992 後出廠之車輛，香港政府規定車輛須使用無鉛汽油且須具備三元觸媒轉換器(three-way catalytic converter)，大幅降低污染之排放濃度。排氣量則與污染排放濃度呈負向關係。另外，在駕駛特性方面，CO 與 HC 會隨著速度的增加而減少，最後趨近一定值；相較之下 NO 則呈較不規則的變化。

Chan and Ning (2005)指出，在過去文獻中，機動車輛污染之排放為都市空氣污染之主因；而遙測技術被視為一有效且可快速偵測車輛之污染排放數據，在美國、臺灣與香港等被廣泛使用。本文係延伸 Chan *et al.* (2004)對於汽油車輛污染移動污染源排放之研究，亦根據香港九個遙測觀測位置所蒐集到的資料，共 6321 筆，進一步分析柴油車輛之 NO、HC、CO 排放情形，利用迴歸分析建立各年度(1990~2001)與各車種之車輛污染排放係數模式，並與汽油車輛比較。結果指出，車齡、排氣量、車型與駕駛特性對於排放係數皆有顯著的關聯性。CO、HC 與 NO 會隨著行駛速度的增加而減少，分別在速度為 60 公里/小時、60 公里/小時與 55 公里/小時後趨近平穩。當速度為 10、30、50、70 公里/小時時，在 HC 與 CO 方面，汽油車輛所排放之廢氣量較柴油車輛高，HC 分別為為 3.4、6、9.2、15.5 倍，CO 分別為 2.2、2.7、2.7、3.3 倍；HC 則相反，柴油車輛之污染量較汽油車輛高，分別為 9.1、7.3、5.6、2.9 倍。

如同世界上其他國家之排放清單，機動車輛為主要的污染源之一，墨西哥亦不例外；該國家之空氣污染中，以 THC、CO 與 NO 為例，為機動車輛所排放之比例分別佔了 40%、80%與 81%。Schifter *et al.* (2005)利用 12 個觀測位置之遙測設備所蒐集到的車輛特性與污染排放資料(42822 筆)為依據，以排氣量來推導燃油效率模式，並探討不同車齡車輛之污染排放係數。由分析結果可得知，隨著排

氣量愈大，燃油效率也就愈低；CO、HC 與 NO 之平均排放係數為 113.5 ± 13 、 13.1 ± 1.9 與 $9.84 \pm 2.3 \text{ g l}^{-1}$ ，相較於其他國家如美國與歐洲，約高 2~4 倍，且配備觸媒轉換器之車輛排放較少之移動污染源。此外，2000 年小型車與中型車每日 CO、HC 與 NO 排放量分別為 2065、238 與 179 公噸。

Ko and Cho (2006)則以臺灣為研究對象，對於中臺灣挑選 20 個地點，利用遙測儀器所得到的排放資料(HC、NO、CO)，藉由迴歸分析方法考慮車齡、觀測位置、速度、加速度等因素與移動污染源排放濃度之關聯性。觀測位置選定國道收費站、市區道路與農村道路，以觀測到不同車流型態對於污染排放之關聯性。觀測期間為 1999 年 10 月至 2000 年 12 月，資料筆數共 528,725 筆。研究結果指出，約一半之 HC、CO 與 NO 來自於 7%、15%與 15%之車輛所排放；觀測的位置、速度與加速度對於移動污染源亦有顯著的影響。在市區與農村道路之污染排放濃度較高；速度對於 CO、HC 與 NO 呈非線性關係，但加速度對於 CO、HC 則呈線性關係，如 2.4 與 2.5 式。加速度愈高，污染排放濃度則愈低。此外，較老舊之車輛為高污染源，並不會隨著觀測位置不同而改變。

(1) CO

$$\begin{aligned}\text{CO}[\%] &= -0.1295A + 1.1549 \\ R^2 &= 0.9752\end{aligned}\tag{2.4}$$

(2) HC

$$\begin{aligned}\text{HC}[\text{ppm}] &= -26.947A + 236.87 \\ R^2 &= 0.9886\end{aligned}\tag{2.5}$$

其中，

A：加速度(m/s^2)

在每個國家中，機動車輛均被視為空氣污染的主要來源之一，尤其開發中國家更是如此。中國之環保機關亦指出車輛所排放之廢氣對環境造成眾大的污染；在 2004，機動車輛 NO 之排放便佔了其總量之 50%。Guo *et al.* (2007)該研究選定杭州五個觀測位置，利用遙測技術所偵測到的 CO、NO、HC 資料(共 32260 筆)，納入車齡、車輛設備與車型等變數進行分析。結果指出，10%最具高污染的車輛對於 CO、HC 與 NO 分別佔了 35.12%、51.39%、43.91%，意謂大多污染排放量來自少數車輛所排放；車齡與移動污染源排放濃度成正比，自從 2000 年開始，中國當地逐步淘汰非使用無鉛汽油之車輛與推行三元觸媒轉換器，大量減少車輛廢氣的排放濃度。此外，相較於美國及亞洲國家，杭州當地所排放之 CO

與 HC 均較高，NO 則較低；且 CO、HC、NO 污染量之分佈呈 Gamma 分配。

綜合以上遙感探測資料相關文獻，彙整如表 2.2 所示。

表 2.2 遙感探測資料文獻彙整

作者	樣本數	移動 污染源	分析方法	考慮變數	重要變數/ 分析結果
Muncaster <i>et al.</i> (1996)	13,906	CO	迴歸分析	✓ 車齡	✓ 車齡(+)
Harrington (1997)	67,000	CO HC	迴歸分析	✓ 燃油效率 ✓ 車齡 ✓ 進口 ✓ 所得	✓ 燃油效率(-) ✓ 車齡(+) ✓ 進口車(-) ✓ 所得(-)
Singer and Harley (2000)	60,000	CO VOC	-	✓ 車齡 ✓ 所得	✓ 車齡(+) ✓ 所得(-) ✓ 低所得區域車輛 劣化速度較快
Schifter <i>et al.</i> (2003)	42,822	CO HC NO	-	✓ 車齡 ✓ 污染排放標準 ✓ 觸媒轉換器	✓ 車齡(+) ✓ 污染排放標準(-) ✓ 觸媒轉換器(-) ✓ 計程車排放較多 NO
Chan <i>et al.</i> (2004)	8,544	CO HC NO	迴歸分析	✓ 車齡 ✓ 排氣量 ✓ 行駛速度 ✓ 觸媒轉換器	✓ 車齡(+) ✓ 排氣量(-) ✓ 行駛速度 ✓ 觸媒轉換器(-)
Chan and Ning (2005)	6,321	CO HC NO	迴歸分析	✓ 車齡 ✓ 排氣量 ✓ 車輛類型 ✓ 行駛速度	✓ 車齡 ✓ 排氣量 ✓ 車輛類型 ✓ 行駛速度(-) ✓ 柴油車污染量較 汽油車高

表 2.2 遙感探測資料文獻彙整(續)

作者	樣本數	移動 污染源	分析方法	考慮變數	重要變數/ 分析結果
Schifter <i>et al.</i> (2005)	42,822	CO THC NO	-	✓ 車齡 ✓ 排氣量 ✓ 燃油效率 ✓ 速度 ✓ 加速度 ✓ 觸媒轉換器	✓ 車齡 ✓ 觸媒轉換器(-) ✓ 排氣量愈大，燃油效率愈低
Ko and Cho (2006)	528,725	CO HC NO	迴歸分析	✓ 車齡 ✓ 觀測位置 ✓ 速度 ✓ 加速度	✓ 車齡(+) ✓ 加速度(-) ✓ 市區與農村道路之車輛污染排放濃度較高 ✓ 速度對於 CO、HC 與 NO 呈非線性關係
Guo <i>et al.</i> (2007)	32,260	CO HC NO	-	✓ 車齡 ✓ 觸媒轉換器	✓ 車齡(+) ✓ 觸媒轉換器(-)

根據表 2.2 之遙測資料文獻彙整進行評析，詳述如下。

1. 自從美國丹佛大學於 1996 年發展遙測技術來偵測車輛移動污染源排放濃度後，許多國家皆引進該技術，如英國、中國與臺灣等，希望除了固有的車輛定檢計畫外，尚能配合遙感探測及相關儀器之輔助，找出在道路行駛上具有高污染之車輛，進一步降低對環境的衝擊。
2. 而利用遙測技術來蒐集車輛污染排放資料，其主要的儀器架設方式為一車道設置一組，並且可依據需求架設在不同的道路環境，以了解不同車流型態之污染排放濃度。除了利用遙測設備來偵測移動污染源外，主要還會配合測速器(速度、加速度)、車牌辨識設備或照相機，如此一來便可進行車輛配對之工作，得知通過觀測位置車輛之污染排放情形。例如設置在高速公路收費站下游，除了可蒐到移動污染源等資料，尚可得到速度、加速度等資料。
3. 相較於 I/M 計畫，遙測資料文獻之資料筆數顯的較少，且研究對象均為汽車。主要是由於利用遙測設備在蒐集資料時，取決於觀測位置之決定，若架設在交通要塞處，蒐集到的資料自然會較多；若架設在市郊或農村道路，其資料

量也就較少。此外，在資料蒐集完成後，欲進行資料分析之前，為確保合理性與準確性，亦需經過篩選與過濾的處理，避免分析結果出現偏差。因此在篩選前後之資料量也會存在差距。

4. 由 2.1 節車輛定檢資料文獻回顧可得知，各國 I/M 計畫所檢測、管制的移動污染源主要為 HC 與 CO；但在遙測資料文獻中，除了 HC 與 CO 外，尚有 NO(nitrogen oxide)，臺灣亦是如此。
5. 研究方法方面，較不如 I/M 計畫文獻具有多樣性，本研究中所回顧之遙測資料文獻多為利用迴歸分析方法來探討移動污染源與解釋變數間之關係，或是利用散佈圖之方式觀察污染排放趨勢。
6. 在變數選擇上，由於遙測儀器通常會配合測速器等相關設備，因此可蒐集到較多樣的資料，如速度(Chan *et al.*, 2004; Chan and Ning, 2005; Schifter *et al.*, 2005; Ko and Cho, 2006)與加速度(Schifter *et al.*, 2005; Ko and Cho, 2006)，因此在分析上面，部分文獻會考慮到此兩變數。此外，車齡變數為各文獻均有納入考慮的變數，其他變數如燃油效率(Harrington, 1997; Schifter *et al.*, 2005)、進口車(Harrington, 1997)、所得(Harrington, 1997; Singer and Harley, 2000)、污染排放標準(Schifter *et al.*, 2003)、觸媒轉換器(Schifter *et al.*, 2003; Chan *et al.*, 2004; Schifter *et al.*, 2005; Guo *et al.*, 2007)、排氣量(Chan *et al.*, 2004; Chan and Ning, 2005; Schifter *et al.*, 2005)、車輛類型(Chan and Ning, 2005)與觀測位置(Ko and Cho, 2006)。
7. 變數顯的顯著性方面，車齡與移動污染源排放濃度具有正向關係，排氣量、所得、燃油效率、進口車、污染排放標準、觸媒轉換器、加速度等則呈負向關係。此外，尚有一些其他的發現，如低所得區域車輛劣化速度較快、柴油車排放之污染濃度較汽油車高、排氣量與燃油效率呈負相關、市區與農村道路車輛污染排放濃度較高等結果。
8. 綜合以上遙測資料文獻評析，可以發現遙測資料不如 I/M 計畫之定檢資料來的龐大，這可能是由於遙測儀器在蒐集資料時，取決於其觀測位置，僅能蒐集到通過該路段車輛之移動污染源排放濃度；但其卻能得到速度與加速度等變數資料，這也是遙感探測與 I/M 資料最大的不同。

2.3 實驗室測試與相關理論模式文獻

交通運輸是造成空氣污染的主要來源之一，尤其是 HC 與 CO；隨著車輛科技的發展，這些污染源似乎沒有顯著地減少。Anilovich and Hakkert (1996)指出，空氣污染問題不僅存在於美國、歐洲等先進國家，即使是在以色列，機動化程度

不高的國家，亦存在著此問題。該國家之平均車齡較美國及歐洲國家高，平均車齡為 7.2 年，大於 9 年以上之車輛佔 44.5%，因此，此研究欲找出車齡、前一次檢驗時間、排氣量對於 HC 與 CO 之關聯性。資料取得方式為警察隨機攔檢車輛，根據當地交通機關之路側檢驗程序，分為惰轉與定速(引擎轉速為 3000rpm)檢驗，共有 625 輛車受檢。其結果指出 CO、HC 之排放濃度與車齡有明顯的關聯性，隨著車齡愈高，排放濃度也愈高；前一次檢驗時間與排氣量對於 HC 與 CO 則無顯著關聯性。此外，在車輛之污染排放控制設備方面，應該予以定期檢查維修，以降低空氣污染問題。

Ntziachristos and Samaras (2000)則鑒於在許多排放係數模式中常，通常以速度此變數作為基準來衡量、比較。因此，此篇文章主要以客車並配備三元觸媒轉換器之車輛為研究對象，利用二項迴歸建立排放係數模式，觀察不同速度對於移動污染源排放之影響；此外，並納入行駛里程、排氣量因子對於 CO、HC、NO_x 與 CO₂ 之影響。資料來自許多不同國家，共有 33 個行車型態。分析結果顯示，車輛行駛里程多寡會影響 CO、HC 與 NO_x 之排放濃度，但排氣量則未有顯著影響；在 CO₂ 方面，排氣量為一很重要的影響因子，但行駛里程對於 CO₂ 之排放則較不敏感。

Zachariadis *et al.* (2001)指出路上交通之車輛是空氣污染的主要來源之一，且其對於環境的衝擊與日俱增，尤其是車輛的老舊與科技的進步，對於移動污染源排放濃度都會有顯著的影響。由圖 2.3 可以看出車齡與科技兩因素對於移動污染源排放的影響。隨著車齡增加、污染排放控制系統的劣化，污染排放濃度亦會增加；反之，車輛科技的進步與加強、改善定輛定檢計畫則會降低污染的排放濃度。因此，本研究即針對車齡與車輛科技來構建一模式，量化此兩因素改變對於車輛污染排放之影響；所需資料容易取得、模式較簡單，且適用於許多國家。但該模式中有一假設，即行駛里程、排放係數與車齡彼此獨立，也就是與時間無關。此外，該研究中亦發展車輛汰換模式來計算每年所報廢之車輛。整體來說，唯該假設不符合實際狀況。相關研究指出，當車輛愈老舊，則駕駛人會傾向較少開車且污染排放控制系統(如觸媒轉換器)亦會逐漸老化，未來可再納入這些因素以讓模式更完整。

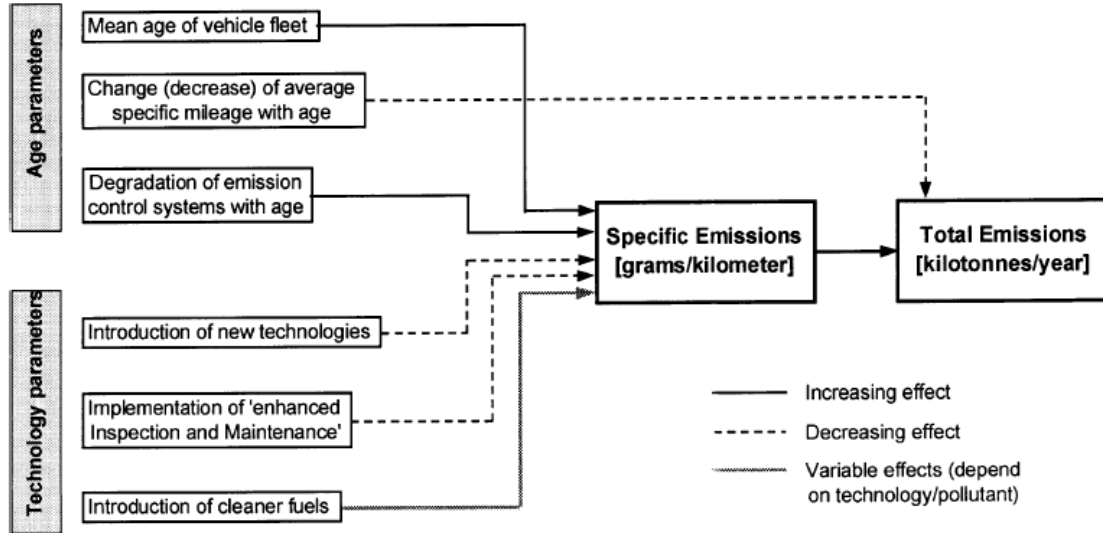


圖 2.3 車齡與科技因子對移動污染源排放之關聯性(Zachariadis *et al.*, 2001)

除了找出解釋變數與移動污染源關聯性及相關理論模式建構外，亦有文獻旨在量化各污染管制計畫所帶來的效益與預期所可減少的污染量。在大城市中，車輛廢氣的排放為空氣污染的主因，因此許多國家紛紛著手研擬改善措施，以降低空氣污染對環境的衝擊。巴西當地政府實施之機動車輛污染管制計畫(Brazilian Motor Vehicle Air Pollution Control Program, PROCONVE)，透過移動污染源排放標準之規定，改善車輛污染排放設備並確認是否達到要求之水準。除了PROCONVE，亦有其他的配套措施，例如提早車輛汰舊換新計畫(Accelerated Vehicle Retirement Program, AVR)與車輛定檢計畫(Vehicle Inspection and Maintenance Program, I/M)。因此，Szwarcfiter *et al.* (2005)分析不同車齡之車輛對於移動污染源之影響，且利用污染排放模式來預測並量化各改善措施之效益，模式如下：

$$E_{p,t} = \sum_{c,i} (F_{c,i,t} \times K_{c,i,t} \times (FE_{c,i,p} \times DR_{c,i,p})) \quad (2.6)$$

其中， $E_{p,t}$ ：機動車輛於第 t 年，某移動污染源 p 之排放量；

$F_{c,i,t}$ ：在第 t 年裡，車齡為 i ，燃油類型為 c 之機動車輛總數；

$K_{c,i,t}$ ：在第 t 年裡，車齡為 i ，燃油類型為 c 之車輛平均行駛公里數；

$FE_{c,i,p}$ ：車齡為 i ，燃油類型為 c ，某移動污染源 p 之平均排放率；

$DR_{c,i,p}$ ：車齡為 i ，燃油類型為 c ，移動污染源 p 第 t 年之劣化率。

分析期間為 2003~2010 年。結果顯示，老舊車輛為污染排放量之主因；PROCONVE 會隨著實施期間愈長，其效益愈來愈大，至 2010 年其空氣污染每

年可減少約 50%。此外，在 AVR 與 I/M 方面，至 2010 年(1)AVR 亦會隨著實施期間愈長，其效益愈來愈大；每年 CO 可減少 56%，HC 為 49%，NO_x 為 29%(2)I/M 並不會隨著實施期間增長而有大幅的變化，每年其 CO 可減少 26%，HC 為 28%(3)若 AVR 與 I/M 同時實施，效益更大，CO 可減少 66%，HC 為 61%。從 2003~2010 年，AVR 共可減少 166.4 萬噸之 CO、16.7 萬噸之 HC、4.3 萬噸之 NO_x；I/M 共可減少 114.3 萬噸之 CO、14 萬噸之 HC；AVR 與 I/M 同時實施，共可減少 232.5 萬噸之 CO、25.1 萬噸之 HC。

在機車方面，Tsai *et al.* (2000)指出自從 1970 年臺灣經濟快速發展，空氣污染之問題也逐漸浮上台面。大量的機動車輛，客車、公車、機車等在都市與鄉村中均被視為嚴重的污染源。尤其是機車，由於具有高機動性與可及性，數量也最為龐大。鑒於在過去文獻中較少人針對機車進行探討，故本研究以此為研究對象，挑選 7 輛新車(二行程 4 輛，四行程 3 輛)、12 輛舊車(二行程 8 輛，四行程 4 輛)，共 19 輛，分析 CO(Carbon monoxide)、THC(Total Hydrocarbon)、NO_x(Nitrogen oxides)與 VOCs(Volatile Organic Compounds)四種移動污染源，在不同車齡(新車、舊車)、引擎類型(二行程、四行程)、行駛里程與是否具備觸媒轉換器其污染排放濃度情形。結果指出，除了 NO_x，舊車所排放之 CO、THC、VOCs 均較新車高，而這可能是因為新車之燃燒效率較好，因此排放較多之 NO_x；相較之下，二行程機車在 THC、CO 與 VOCs 之排放濃度上較四行程機車多；觸媒轉換器可大幅減少 CO、THC、VOCs，而 NO_x 則無明顯差異；行駛里程對於移動污染源排放亦會有顯著的影響。

針對實驗室測試與相關理論模式之文獻彙整如表 2.3。

表 2.3 實驗室測試與相關理論模式文獻彙整

作者	樣本數	移動 污染源	分析方法	考慮變數	重要變數/分析結果
Anilovich and Hakkert (1996)	625	HC CO	迴歸分析	✓ 車齡 ✓ 前一次檢 驗時間 ✓ 排氣量	✓ 車齡(+)
Ntziachristos and Samaras (2000)	33 (行車型態)	CO HC NO _x CO ₂	二項迴歸	✓ 速度 ✓ 行駛里程 ✓ 排氣量	✓ 行駛里程 ✓ 排氣量
Zachariadis <i>et al.</i> (2001)	-	-	-	✓ 車齡 ✓ 車輛科技 ✓ 行駛里程	✓ 針對車齡與車輛 科技構建模式，量 化此兩因素改變 對於污染排放之 影響 ✓ 發展車輛汰換模 式來計算每年所 報廢之車輛
Szwarcfiter <i>et al.</i> (2005)	-	CO HC NO _x	-	✓ 車齡 ✓ 燃油類型 ✓ 行駛里程 ✓ 平均排放 率 ✓ 機動車輛 總數 ✓ 劣化率	✓ 老舊車輛為污染 排放濃度之主因 ✓ AVR 隨著實施期 間愈長，效益愈 大；I/M 則否。 ✓ AVR 與 I/M 同時實 施，效益更大 ✓ 2003~2010 年污染 減少量： (1)AVR -CO: 166.4 萬噸 -HC: 16.7 萬噸 -NO _x : 4.3 萬噸 (2)I/M -CO: 114.3 萬噸 -HC: 14 萬噸 (3)AVR+I/M -CO: 232.5 萬噸 -HC: 25.1 萬噸

表 2.3 實驗室測試與相關理論模式文獻彙整(續)

作者	樣本數	移動污染源	分析方法	考慮變數	重要變數/分析結果
Tsai <i>et al.</i> (2000)	19	CO THC NO _x VOCs	-	✓ 新車/舊車 ✓ 二行程/四行程 ✓ 行駛里程 ✓ 觸媒轉換器	✓ 舊車 ✓ 二行程 ✓ 觸媒轉換器 ✓ 行駛里程

根據表 2.3 之實驗室測試與相關理論模式文獻彙整表可得知，車輛之移動污染源之資料來源尚有實驗室測試法與路邊攔檢等。此外，車輛污染之文獻除了探討解釋變數與移動污染源排放濃度之關係外，亦有理論模式之研提與量化污染排放管制計畫所降低的污染量等課題。在研究方法方面，如迴歸分析、二項迴歸等，也被用來應用在此領域。

2.4 小結

由以上車輛污染相關文獻之回顧可得知，若依資料來源區分，可分為 I/M 資料與遙感探測資料；此外亦有實驗室測試及相關理論模式之文獻。在這些文獻中，其研究目的不外乎探討解釋變數與移動污染源排放濃度間之關聯性、推估污染管制計畫之效益與理論模式之研提；其中以第一類之文獻為較多人所深入研究。

I/M 資料與遙測資料最大的不同，主要有

1. 資料量之多寡

猶如上述所提及，遙測資料之取得方式取決於架設位置且僅能偵測到通過該地點之車輛污染排放情形，進一步篩選出具有高污染性之車輛，並非如 I/M 計畫，為一義務性之政策，規定每車輛均須在一定的時間內接受檢查，以確保車輛之移動污染源排放濃度能符合當期(地)之排放標準；因此，I/M 資料相關文獻之資料量往往會比遙測資料來的龐大許多

2. 靜態 vs.動態檢測

遙測儀器因係由紅外線偵測車輛通過該地點之污染排放濃度，在該時間點上之車輛狀態維持在動態行駛，因此便可搭配測速器等設備來得到速度及加速度等資料，進而分析其對移動污染源之影響程度，而 I/M 計畫多採惰轉檢驗；以臺灣為例，定檢站如各地區監理站或代檢廠，採此種檢驗方式則無

法取得加速度及速度等資料。

在移動污染源之種類方面，共有 HC、CO、CO₂、NO 與 VOCs 等，其中以 HC 與 CO 最受到重視且受到管制。以臺灣為例，車輛定檢計畫主要偵測的移動污染源為 HC、CO；因此在本研究中，便會將此二類移動污染源納入分析中。而在研究方法上，主要以迴歸方法為主，其他如階層迴歸樹、多項羅吉特模式、相關分析與群落分析等，在此領域中亦曾被使用過。

如以上提到，大多車輛污染的相關文獻多在探討解釋變數與移動污染源間之關聯性，而這亦在本文之研究範圍內；其中解釋變數的擷取，要如何選擇重要、適當、可信的變數納入分析過程中為關鍵因素。鑒於此觀點，在文獻回顧的過程中，亦參考各文章中所考慮的變數及對污染排放濃度有顯著影響的變數，將會以此為依據來挑選 I/M 資料中欲保留或刪除之變數。由表 2.1~表 2.3 可得知，車齡、排氣量、汽缸數、行駛里程、廠牌、車重與燃油類型等均為重要且顯著之變數。

綜合以上評論與文獻回顧，車輛污染相關文獻均有一共同的目的，即找出具有高污染性之車輛，進而對其進行管制以減少空氣污染；在這當中，便會利用研究方法構建許多污染排放模式。以迴歸分析方法為例，主要為將所有車輛納入分析過程中，不分車齡與車型來構建排放模式；但仔細觀察，文獻中的研究內容與目的，尚未有文獻將污染性質類似之車輛集聚；也就是說，若可事先將污染性質接近之車輛集聚，在車輛移動污染源排放之管制，甚至政策實施方面，便可更準確且有效的實行。因此，本研究利用相關研究方法來分析解釋變數對移動污染源排放之關聯性，各別建立污染排放模式，找出影響污染排放之關鍵影響因子。此外，將污染性質類似之車輛予以集聚，以提供個體選擇模式方案劃分或主管機關政策研擬之依據。最後，鑒於過去文獻在分析車輛污染課題方面，較少考慮到駕駛行為與社經資料等因素對於移動污染源排放的影響，因此，本研究亦對全國進行家戶機動車輛問卷調查，配合車輛定檢資料來分析；相信對於移動污染源排放之探討、政策之決定與執行上會有幫助。

除了自用小客車外，機車定檢資料之處理、分析程序亦與汽車相同；唯其移動污染源資料以 HC 與 CO 為主。在變數的挑選上，亦參考文獻之分析結果，如車齡、引擎類型(二行程/四行程)、排氣量與行駛里程等均為重要之變數。以上所回顧之定檢資料、遙測資料、實驗室測試與相關理論模式等相關文獻，針對各文

中較常見且重要之變數，分為汽車與機車整理如表 2.4 與表 2.5。

表 2.4 車輛污染文獻(汽車)常用變數彙整

作者 \ 變數	車齡	廠牌	排氣量	車重	自 / 手排	觸媒轉換器	汽缸數	行駛里程	燃油類型	進口 / 國產車	燃油效率	噴射引擎	所得	行駛速度	加速度
Anilovich and Hakkert (1996)	✓		✓												
Muncaster <i>et al.</i> (1996)	✓														
Harrington (1997)	✓									✓	✓		✓		
Wolf <i>et al.</i> (1998)	✓	✓	✓	✓	✓	✓									
Ntziachristos and Samaras (2000)			✓					✓						✓	
Singer and Harley (2000)	✓												✓		
Washburn <i>et al.</i> (2001)	✓	✓					✓	✓	✓						
Zachariadis <i>et al.</i> (2001)	✓							✓							
Riveros (2002)						✓									
Bin (2003)	✓		✓		✓		✓	✓		✓		✓			
Schifter <i>et al.</i> (2003)	✓					✓									
Chan <i>et al.</i> (2004)	✓		✓			✓								✓	

表 2.4 車輛污染文獻(汽車)常用變數彙整(續)

變數 作者	車 齡	廠 牌	排 氣 量	車 重	自 / 手 排	觸 媒 轉 換 器	汽 缸 數	行 駛 里 程	燃 油 類 型	進 口 / 國 產 車	燃 油 效 率	噴 射 引 擎	所 得	行 駛 速 度	加 速 度
Chan and Ning (2005)	✓		✓											✓	
Schifter <i>et al.</i> (2005)	✓		✓								✓			✓	✓
Szwarcfiter <i>et al.</i> (2005)	✓							✓	✓						
Beydoun and Guldmann (2006)	✓	✓	✓	✓			✓	✓			✓				
Ko and Cho (2006)	✓													✓	✓
Choo <i>et al.</i> (2007)	✓	✓	✓					✓				✓			
Guo <i>et al.</i> (2007)	✓					✓									

表 2.5 車輛污染文獻(機車)常用變數彙整

作者 \ 變數	車 齡	新 / 舊 車	行 駛 里 程	二 / 四 行 程	排 氣 量	廠 牌	不 合 格 率	地 理 特 性	觸 媒 轉 換 器	持 有 人 年 齡	持 有 人 性 別	消 費 傾 向	定 檢 率	檢 驗 站 密 度
Tsai <i>et al.</i> (2000)		✓	✓	✓					✓					
Lin <i>et al.</i> (2006)	✓			✓	✓	✓	✓	✓						
Chang and Yeh (2006)		✓			✓		✓			✓	✓	✓	✓	✓

第三章 資料蒐集與分析

為了解各種車型、排氣量、車齡、行駛里程、車重以及汽缸數等因素之污染排放差異(包括 HC 及 CO)，本研究蒐集車輛之定檢資料並進行分析，以提供車輛特性類別及相關參數設定之參考，而車輛定檢資料主要可分為汽車與機車兩類。另外，由於過去對於定檢資料研究之文獻中，顯少考慮到駕駛人社經背景與使用行為等因素對於污染排放濃度影響，因此本研究亦進行全國家戶機動車輛問卷調查，以獲得駕駛人之相關資訊，並進一步將兩者合併以供後續分析。有關定檢資料、機動車輛問卷調查及資料串聯等處理過程分述如後。

3.1 資料蒐集處理

在本研究之資料蒐集與處理方面，主要可以分為三部分：(1)定檢資料(2)家戶機動車輛問卷調查與(3)定檢資料與家戶機動車輛問卷串聯。其中，定檢資料與家戶機動車輛問卷調查分別又可分為汽、機車，分別如後所述。

3.1.1 定檢資料蒐集

汽車定檢資料的來源包括：臺北市政府監理處、高雄市政府監理處，以及公路總局臺北區、新竹區、臺中區、嘉義區及高雄區等五區監理所。機車定檢資料則由環保署提供。其中，高雄市監理處定檢資料經多次聯繫，仍未能取得，而高雄區監理所則因所提供之資料僅有檢驗線之資料，尚缺乏完整之定檢資料。其他各區提供之資料筆數、資料期間及變數欄位彙整如表 3.1 所示。其中，臺北區監理所與臺北市監理處之定檢資料庫屬同一家資訊廠商承作，故此兩單位之定檢資料欄位與格式均相同。而此兩單位之定檢資料庫所包含的變數項目相當豐富，資料也較為齊全，表 3.1 僅列出部分重要解釋變數。另外，臺中區監理所提供的資料中，車重與汽缸數變數欄位內之資料內容均為空白。新竹區及嘉義區監理所之定檢資料中，排氣量、車重、汽缸數，此三類重要解釋變數欄位之資料內容亦均為空白，且在 HC 方面，其檢測值為 400ppm 之資料佔大多數(50%以上)，呈現不合理的現象。因此，在汽車方面，相較之下，臺北市監理處定檢資料之缺漏性較不嚴重，且重要解釋變數之蒐集也較為完整；在機車方面，則以環保署所提供資料為主，其機車定檢資料內容較為一致且完整。以下僅以此兩資料庫之資料分別進行汽、機車污染排放關鍵影響因素之分析。

表 3.1 各區監理單位提供之定檢資料欄位

監理單位	資料筆數	資料期間	資料庫包含之變數欄位													
			車牌號碼	檢驗日期	檢驗時間	廠牌	出廠年月	排氣量	燃油類型	汽缸數	車重	行駛里程	二／四行程	HC	CO	CO ₂
臺北市監理處	2,280,122	90.07.02 95.05.18	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
臺北區監理所	3,540,000	90.05.12 96.04.27	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
新竹區監理所	1,293,795	95.01.02 96.01.17	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
臺中區監理所	4,693,656	93.01.05 96.04.07	✓	✓			✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
嘉義區監理所	1,396,274	92.04.22 96.04.04	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
環保署	6,334,819	95.01.01 95.12.31	✓	✓	✓		✓	✓					✓	✓	✓	

定檢資料庫(如臺北市監理處)中包含許多變數，要從中挑選出潛在影響污染排放之變數亦不容易。因此，為了能快速且有效地找出可能會影響污染排放之關

鍵因素，本研究透過定檢資料之文獻回顧，參考其納入分析且顯著的變數，以利從汽、機車定檢資料庫中將重要變數擷取出來。關於汽、機車定檢資料相關文獻中考慮變數之彙整參考表 2.4 與表 2.5，並各別討論如下。

1. 汽車定檢資料變數選擇

以汽車污染排放模式而言，參考表 2.4 相關文獻所考量之變數，並配合監理處所定檢資料庫所能取得之資料項目，本研究乃以兩種移動污染源(HC、CO)作為因變數，進行模式建構。雖然資料庫內尚包含 CO₂ 排放數值，但根據檢測法令規定，係以 CO₂ 為作為 HC、CO 量測時間點之判斷基準。當 CO₂ 數值大於 6% 時，便進行該時間點之 HC、CO 排放數值之採樣，並同時停止 CO₂ 之量測。故其排放數值未必能反應怠速狀態下 CO₂ 之實際排放狀況，因此，本研究之污染排放關聯模式將不納入此一污染源之分析。至於解釋變數則選擇車齡(由檢驗日期與出廠年月加以推算而得)、廠牌、排氣量、燃油類型、汽缸數、車重，以及行駛里程等 7 個變數。其中，廠牌之類別變數，則依據臺灣市場之汽車市佔率進一步加以分類，分別為 TOYOTA、FORD、NISSAN、HONDA、MITSUBISHI，以及 MAZDA 等 6 大廠牌，其市佔率共高達 80%，其餘廠牌則歸為其他類別。因此，本研究將汽車廠牌共分為 7 大類，以 6 個虛擬變數表之。

2. 機車定檢資料變數選擇

至於機車污染排放關聯模式，則參考表 2.5 相關文獻所考量之變數，並配合環保署機車定檢資料庫所能取得之資料項目，將因變數定為：HC 及 CO，解釋變數則包括車齡、排氣量及二/四行程，共 3 個變數。

由於國內機動車輛數量龐大，而檢驗單位又分為監理處(所)與代檢站；且有些檢測資料在輸入時需以人工鍵入，難免會出現錯誤或偏差。鑒於此因素，為確保數據的合理性及確保未來分析結果的準確性，向臺北市監理處檢驗人員確認各變數之合理範圍。以下為小汽車定檢資料中各變數數值之合理範圍。

1. HC：0~20000ppm；
2. CO：0~15%；
3. 排氣量：599cc.以上；
4. 能源類型：汽油、柴油、電能、液化石油、汽油/液化石油、汽油/電能；
5. 車重：小客車 500 公斤以上，35000 公斤以下；
6. 汽缸數：10 個以下。

另外，在資料的篩選與過濾上，主要可以分為三個階段：(1)第一階段：解釋變數(如車齡、廠牌、排氣量、燃油類型、汽缸數、車重、行駛里程)或被解釋變數(HC、CO)只要有一欄位為空白者(即缺漏值)，該筆資料則予以刪除；(2)第二階段：以臺北市監理處詢問而得之數值範圍為依據，刪除不合理之檢驗數值；此外，在檢驗資料中，數值有缺漏之樣本數量非常龐大，且涵蓋許多車種，這些都必須予以剔除，並僅保留自用小客車車輛；(3)第三階段：為了避免資料鍵檔錯誤之樣本納入模式分析，則依據一般統計用於判斷離散值(outlier)之方法，以該變數 4 倍標準差為範圍進行資料篩選。因此，資料數值落在平均值 4 倍標準差之外者，則均予以刪除。

3.1.2 家戶機動車輛問卷調查

本問卷表頭首先標明調查委託與執行之機關(交通部運輸研究所委託，交通大學交通運輸研究所執行)、注意事項及調查說明，提供受訪者明確之調查目的與正確的填答方式，以有利於有效問卷之產生，提升問卷調查之效率。問卷調查之對象以抽樣車輛之主要駕駛人為調查對象，目的在使能調查實際車輛使用者，其能清楚掌握車輛之使用情形下，正確填答此調查問卷。以下針對問卷內容設計與變數擷取、問卷發放與回收情形如後所述。

3.1.2.1 問卷內容設計與變數擷取

本調查屬於全國性家戶問卷調查，計畫調查之範圍包含臺灣地區 23 縣市(含臺北市、高雄市)之所有家戶，針對家戶車輛持有情形進行問卷調查，並應用監理單位提供之自用小客車及機車母體資料檔，以分層抽樣方式隨機抽取小客車與機車樣本；並以抽取樣本的小客車主要駕駛人、機車主要駕駛人為主要調查對象。

無法透過車輛攔定檢資料而取得之變數如家戶特性變數、駕駛人特性變數等，大部份均須透過家戶調查方式，加以蒐集。因此，本研究依據針對全國持有汽機車之家戶進行大規模家戶個體選擇問卷調查。調查問卷分為汽車問卷與機車問卷兩種，問卷內容大致包括主要駕駛人與車輛基本資料。針對各個部分之問項或變數分別敘述如後。

1. 主要駕駛人之相關資料

- (1) 主要駕駛人性別
- (2) 主要駕駛人年齡
- (3) 主要駕駛人教育程度

- (4) 主要駕駛人月所得
- (5) 主要駕駛人駕駛年資

2. 車輛基本資料

- (1) 車輛廠牌
- (2) 車輛排氣量
- (3) 車輛為手/自排車(機車為打檔/非打檔車)
- (4) 車輛燃油類型
- (5) 車輛主要行駛地區
- (6) 車輛使用頻率(如每週使用本車通勤上班天數)
- (7) 車輛總行駛里程

3.1.2.2 問卷發放與回收情形

本研究擬以臺灣地區自用小客車及機車車輛登記總數為抽樣母體，先以 23 縣市之自用小客車及機車車輛登記數為抽樣副群體層，各層再依車輛之出廠年份及排氣量交叉分類，利用系統抽樣法依所需樣本數，隨機抽出小客車及機車樣本數各 45,000 份。關於問卷之發放與回收情形如表 3.2 所示。

表 3.2 問卷發放與回收情形

項目	總計	汽車	機車
發放份數	90000	45000	45000
回收份數(份)	6594	3738	2856
有效份數(份)	5981	3454	2527
無效份數(份)	613	284	329
有效問卷比例(%)	90.70%	92.40%	88.48%
問卷回收率(%)	7.33%	8.31%	6.35%

由表 3.2 可得知，汽、機車問卷發放份數共有 90,000 份，共計回收 6,594 份，問卷回收率為 7.33%，有效份數為 5981 份，有效問卷比例為 90.70%。其中，汽車問卷回收份數為 3738 份，有效份數為 3454 份(佔 92.40%)；機車問卷回收份數則為 2856 份，有效份數為 2527 份(佔 88.48%)。因此，在後續定檢資料與問卷調查兩者之整合上，便以汽車之有效份數(3738 份)及機車之有效份數(2527 份)來與定檢資料串聯。

3.1.3 定檢資料與家戶機動車輛問卷串聯

在定檢資料與家戶機動車輛問卷之串聯方面，同以上討論，各分為汽、機車定檢資料與機動車輛問卷之合併共兩類。圖 3.1 為資料串聯示意圖。

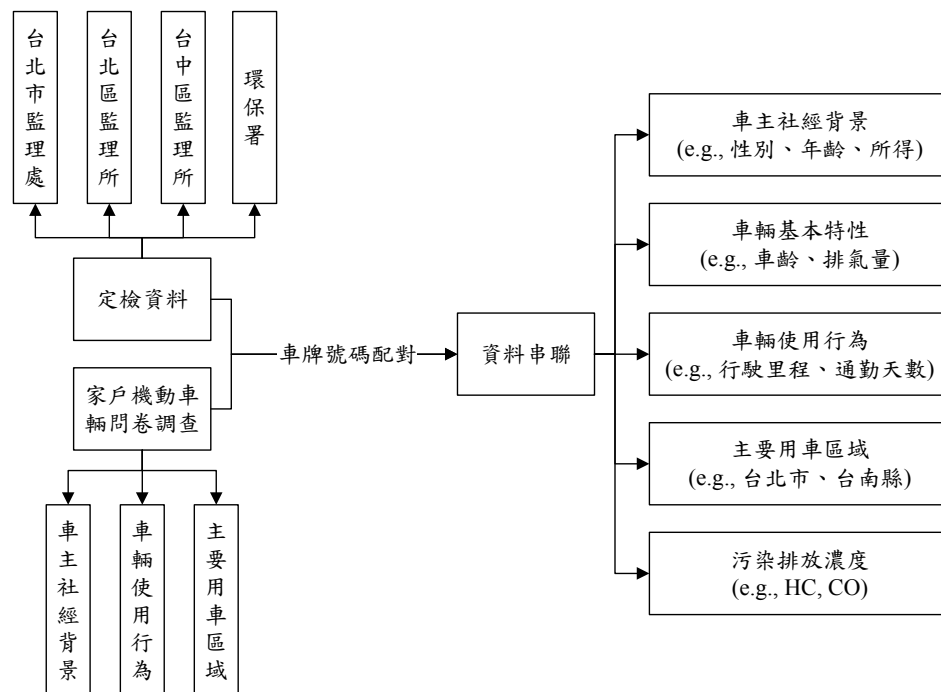


圖 3.1 定檢資料與家戶機動車輛問卷串聯示意圖

圖 3.1 中，定檢資料主要包括四個資料庫，汽車方面為臺北市監理處、臺北區監理所以及臺中區監理所；機車則為環保署。在家戶機動車輛問卷調查方面，主要包含三大類資料，分別為車主社經背景、車輛使用行為與主要用車區域。定檢資料與問卷資料之串聯，主要是透過車牌號碼之配對，進而將車主社經背景、車輛使用行為、車輛基本特性、主要用車區域與污染排放濃度等資料串聯起來，以利進行後續的分析工作。另外，在本研究中，不論是定檢資料或是問卷資料所擷取的變數，各自均可很明確地歸類到所屬之構面；因此，針對以上五大構面進行變數歸類之工作。其各構面所包含之變數如下：

1. 車主社經背景

- (1) 性別
- (2) 年齡
- (3) 教育程度
- (4) 個人月所得

- (5) 駕駛年資
- 2. 主要用車區域
 - (1) 主要都會、次要都會、一般城市
- 3. 車輛基本特性
 - (1) 車齡
 - (2) 手排/自排車(機車則為：打檔/非打檔車)
 - (3) 排氣量
 - (4) 二/四行程(機車)
 - (5) 燃油類型
- 4. 車輛使用行為
 - (1) 總行駛里程
 - (2) 年行駛里程
 - (3) 每週通勤天數
- 5. 污染排放濃度
 - (1) 碳氫化合物(Hydrocarbon, HC)
 - (2) 一氧化碳(Carbon Monoxide, CO)

3.2 敘述性統計分析

汽車定檢資料主要分析臺北市監理處，機車則為環保署提供之定檢資料。另外，定檢與問卷資料串聯之敘述性統計亦分析如後。

3.2.1 定檢資料分析

分為汽車與機車定檢資料，分別敘述如下。

1. 臺北市監理處定檢資料

臺北市監理處所提供之汽車定檢資料共有 2,280,122 筆，經過第一階段與第二階段刪除後之樣本數為 89,854 筆。另外，由於該區之檢驗資料具有較多變數，因此分別以 HC、CO、車齡、排氣量、汽缸數、行駛里程與車重等七個連續變數作為第三階段刪除之依據；經過第三階段刪除所剩餘之資料筆數為 71,338 筆(其中檢驗合格之資料比數有 68825 筆，佔 96.48%；檢驗不合格則有 2513 筆，佔 3.52%)。其中，在燃油類型變數方面，絕大多數車輛均使用無鉛汽油，相較之下，其他燃油類型如使用柴油等之車輛顯的非常稀少，兩者樣本量差距甚大，因此在後續研究上則未考慮此變數對於移動污染源排放之影響。

在本研究中所針對之移動污染源為 HC 與 CO。除此之外，亦對其他變數進行敘述性統計分析，如車齡、排氣量、里程數與車重等。分析結果如表 3.3 所示。由表知，HC 與 CO 之平均排放濃度與標準差分別為 66.09ppm、0.32%與 64.66ppm、0.55%；平均車齡為 9.81 年(此為臺北市監理處定檢車輛之平均車齡，非全國車輛平均車齡)、平均排氣量約為 1620cc.、平均汽缸數約 4 個、平均車重為 1.15 噸，平均行駛里程則約為 105,405 公里；各變數之標準差亦可從該表中得知。

表 3.3 臺北市監理處定檢資料敘述性統計

分析項目	平均數	標準差
HC(ppm)	66.09	64.66
CO(%)	0.32	0.55
車齡(年)	9.81	2.72
排氣量(cc.)	1620.33	368.78
汽缸數(個)	4.1	0.46
車重(噸)	1.15	0.21
行駛里程(公里)	105405.3	62803.92

此外，在所有定檢有效資料中，各廠牌車輛所佔的比例彙整如表 3.4 所示。在臺北市監理處之定檢資料中，以 MITSUBISHI 廠牌之車輛居多，佔 26.24%，其次為 FORD、TOYOTA 與 NISSAN 等廠牌之車輛。

表 3.4 各汽車廠牌車輛所佔比例

廠牌	樣本數(輛)	百分比
FORD	17300	24.25%
HONDA	1142	1.60%
MAZDA	737	1.03%
NISSAN	13126	18.40%
TOYOTA	14310	20.06%
MITSUBISHI	18722	26.24%
其他	6001	8.41%
總和	71338	100%

2. 環保署定檢資料

在機車定檢資料方面，主要以民國 95 年之定檢資料作為研究對象，總共包含 6,334,819 筆，資料量相當龐大，因此，隨機抽取 1%之資料進行分析。此外，

機車資料庫中所包含的變數不多，納入分析之變數包含 HC、CO、車齡、排氣量與二/四行程，共 5 個。在離群值之剔除方面，機車定檢資料之移動污染源檢測值無一定之範圍，因此針對車齡、排氣量、HC 與 CO 四個變數，以 4 倍標準差為依據來篩選資料，最後共剩下 62,343 筆資料。

在汽車之定檢資料文獻中，鑒於行駛里程與廠牌等變數對於污染排放濃度均有顯著的影響，行駛里程與污染排放會呈正相關，廠牌則可反映不同車輛污染排放控制系統之差異。因此，在機車方面，初步推測此兩變數對於污染排放濃度間存在關聯性。後續又透過與環保署人員之聯繫與接洽，得知在機車定檢時，檢測人員會記錄該車之行駛里程與廠牌，唯此兩變數所儲存之資料庫與定檢資料庫不同，彼此分開維護保管。因此，針對以上之 62,343 筆資料，向環保署索取廠牌及行駛里程資料，並分析其對於污染排放濃度之影響。

在行駛里程資料中，共有 95 年與 94 年之行駛里程。由於該變數亦以人工鍵入方式，為了避免人為失誤而造成分析結果之偏差，若 95 年之行駛里程小於 94 年之行駛里程者，視為無效樣本。另外，在廠牌方面，廠牌之類別變數，處理方式如同汽車，依據臺灣市場之機車市佔率進一步加以分類，分為山葉、三陽以及光陽等三大廠牌，其市佔率約達 85%，其餘廠牌亦歸為其他類別。因此，在本研究中，將機車廠牌分為 4 大類，以 3 個虛擬變數來代表。所剩餘之資料共有 43,095 筆，其敘述性統計分析如表 3.5 所示。

表 3.5 機車定檢資料敘述性統計

分析項目	平均數	標準差
HC(ppm)	2509.53	3000.84
CO(%)	2.13	1.97
車齡(年)	9.53	3.57
排氣量(cc.)	94.83	34.05
行駛里程(公里)	30088.59	18853.22

表 3.5 可看出，隨機抽取之機車定檢資料中，HC 平均排放濃度為 2509.53ppm，CO 則為 2.13%，標準差分別為 3000.84ppm 與 1.97%。在解釋變數方面，平均車齡為 9.53 年，平均排氣量為 94.83cc，平均行駛里程約為 30088 公里，標準差約為 18853 公里；另外，表 3.6 為二行程與四行程機車在資料中所佔

之比例，其中以四行程機車居多，相差約 14%；表 3.7 則為各廠牌在資料中所佔比例，其中，三陽、光陽與山葉在資料中所佔比例差異並不大，分別為 30.71%、31.02%與 32.08%。

表 3.6 二/四行程車輛所佔比例

行程	樣本數(輛)	百分比
二行程	18459	42.83%
四行程	24636	57.17%
總和	43095	100%

表 3.7 各機車廠牌車輛所佔比例

廠牌	樣本數(輛)	百分比
三陽	13233	30.71%
光陽	13367	31.02%
山葉	13827	32.08%
其他	2668	6.19%
總和	43095	100%

3.2.2 定檢與問卷資料串聯分析

藉由定檢資料與問卷資料，將車牌號碼進行配對工作。其中，某車輛同一年內如有兩筆資料，則採用近期之檢驗資料；若出現第一次檢驗未通過，第二次檢驗通過，則採用未通過之檢驗數值。串聯完成之結果如表 3.8 所示。

表 3.8 定檢與問卷資料串聯完成彙整表

問卷類型	回收有效問卷(份)	定檢資料庫	串聯完成資料(份)	總和(份)
汽車	3454	臺北市監理處	190	859
		臺北區監理所	335	
		臺中區監理所	334	
機車	2527	環保署	1322	

另外，在定檢資料與問卷資料串聯之分析，主要分為兩個部分，分別為汽車與機車，針對各部分在資料上之串聯及敘述性統計分析如下。

1. 汽車定檢資料與問卷串聯

在汽車問卷回收方面，共有 6594 份，有效問卷共有 5981 份(佔 90.70%)。在定檢資料庫方面，僅獲得臺北市監理處、臺北區監理所與臺中區監理所之定檢資料，因此將問卷資料與此三單位之定檢資料，進行車牌號碼之配對，進而將兩者資料串聯起來。串聯後之資料筆數臺北市監理處共有 190 筆，臺北區監理所為 335 筆，臺中區監理所則有 334 筆；其資料筆數相較於原始之有效問卷筆數差距不小，主要是由於在問卷調查中，曾對新車進行重點抽樣，車齡在五年以內者不在少數，且在定檢資料中，有許多變數欄位空白的情形，導致車號無法串聯起來。

由於臺北市監理處與臺北區監理所定檢資料庫之格式相同，因此可進一步將其串聯完成之資料合併，共計有 525 筆。但在兩區所串聯完成之資料中，汽缸數與車輛兩變數之缺漏率相當高；汽缸數缺漏之資料共有 496 筆，車重缺漏之資料則有 492 筆，分別各佔 94.48%與 93.71%。因此必須將此兩變數予以剔除。

另外，觀察臺中區監理所之定檢資料庫所包含之變數內容，如表 3.1，可以發現該資料庫中雖有汽缸數與車重變數，但其值均為空白；廠牌與排氣量變數雖無法從該資料庫中獲得，但卻可從問卷資料中之問項取得此兩資訊來填補。如此一來，亦可將臺中區監理所與臺北市監理處、臺北區監理之串聯完成資料合併分析，合計資料共有 859 筆。但在污染排放方面，HC 與 CO 檢測值為 0 為較不合理之情況，因此必須刪除。其中 HC 值為 0 共有 21 筆，刪除後剩 838 筆；CO 則有 90 筆，剔除後共剩 748 筆。

值得一提的是，納入問卷中之「主要用車區域」問項，主要是為了反應區域之特性，又臺灣共有 23 縣市，若直接以此為依據來區別，便會過於繁雜。因此，本研究係透過群落分析(Cluster Analysis)技術，並採用 K-means 演算法之結果。資料則依據行政院主計處所提供的各縣市社經資料，擷取各種不同變數之組合。本研究初步將區域設定為 3 群，分別是「主要都會」、「次要都會」與「一般城市」；最終選取各縣市人口密度、汽車密度、機車密度、家戶每年可支配所得、每人可享有道路面積變數；以上各變數之各縣市統計資料如表 3.9。

表 3.9 各縣市社經統計資料

縣市	人口密度 (人/km ²)	汽車密度 (輛/ km ²)	機車密度 (輛/ km ²)	家戶每年可支 配所得(元/戶)	每人享有道路 面積(m ² /人)
臺北縣	1835.31	437.59	1019.99	930130	8.03
宜蘭縣	214.79	61.53	128.42	767861	29.01
桃園縣	1565.3	501.74	789.43	981273	12.63
新竹縣	341.62	118.02	168.96	957811	20.27
苗栗縣	307.63	103.41	177.22	849510	27.43
臺中縣	752.36	255.85	452.49	810914	22.94
彰化縣	1223.98	392.72	788.05	815377	15.43
南投縣	130.33	44.83	79.01	815573	30.42
雲林縣	564.36	175.95	354.74	764109	28.55
嘉義縣	291.24	89.84	180.49	697288	34.2
臺南縣	548.95	173.35	369.93	747222	33.97
高雄縣	445.98	131.74	336.87	686038	35.31
屏東縣	321.93	90.5	235.8	747713	29.78
臺東縣	67.12	18.61	47.44	624932	41.94
花蓮縣	74.6	22.9	49.14	726258	38.39
澎湖縣	723.49	162.29	487.92	705881	23.21
基隆市	2942.42	673.8	1352.71	782453	15.73
新竹市	3792.23	1232.27	2262.8	1171277	12.58
臺中市	6390.63	2173.23	3552.95	969246	18.9
嘉義市	4537.46	1384.39	3116.65	800693	34.82
臺南市	4327.11	1260.9	3058.7	851949	17.32
臺北市	9684.49	2692.26	3848.97	1262406	7.53
高雄市	9861.84	2814.25	7554.14	970062	11.65

群落分析之結果發現，主要都會所包含縣市有臺北市、臺中市、高雄市；次要都會所包含縣市有臺北縣、基隆市、桃園縣、臺中縣、新竹縣、新竹市、彰化縣、臺南市；一般城市則包含宜蘭縣、花蓮縣、臺東縣、苗栗縣、南投縣、雲林縣、嘉義縣、嘉義市、臺南縣、高雄縣、屏東縣、澎湖縣。然而根據分群結果，仍與一般認知有些許差異，並考量整體臺北都會區的交通運輸環境較為類似，故將臺北縣改列為主要都會，並將最後各區域所包含縣市列表如表3.10所示：

表 3.10 各區域所包含之縣市

區域	包含縣市
主要都會	臺北市、臺中市、高雄市、臺北縣
次要都會	基隆市、桃園縣、臺中縣、新竹縣、新竹市、彰化縣、臺南市
一般城市	宜蘭縣、花蓮縣、臺東縣、苗栗縣、南投縣、雲林縣、嘉義縣、嘉義市、臺南縣、高雄縣、屏東縣、澎湖縣

在主要用車區域上，便以表 3.10 之群落分析結果加以分類，分別為主要都會、次要都會與一般城市，共 3 類。定檢資料與問卷資料串聯完成後，初步將變數共歸類為五大構面，其連續變數與類別變數之敘述性統計如下。

表 3.11 汽車資料串聯後各連續變數之敘述性統計

構面	分析項目	平均數	標準差
車主社經背景	年齡(歲)	48.59	11.41
	個人月所得(萬元)	5.21	11.82
	駕駛年資(年)	21.42	9.50
車輛基本特性	車齡(年)	13.31	5.22
	排氣量(cc.)	1792.67	483.47
車輛使用行為	總行駛里程(公里)	133021.74	90183.28
	年行駛里程(公里)	11656.91	6893.53
	每週通勤天數(天)	2.59	2.60
污染排放濃度	HC(ppm)	115.93	177.23
	CO(%)	0.78	1.43

表 3.12 汽車資料串聯後各類別變數之敘述性統計

構面	分析項目	類別內容	樣本數(輛)	百分比
車主社經背景	性別	男	620	82.89%
		女	128	17.11%
	教育程度	國小以下	49	6.55%
		國中	67	8.96%
		高中職	231	30.88%
		大專	340	45.45%
		碩士以上	61	8.16%
主要用車區域	-	主要都會	296	39.57%
		次要都會	114	15.24%
		一般城市	338	45.19%
車輛基本特性	手/自排車	手排車	210	28.07%
		自排車	538	71.93%
	燃油類型	92 無鉛汽油	179	23.93%
		95 或 98 無鉛汽油	569	76.07%

針對表 3.11 與表 3.12 汽車資料串聯之敘述性統計分析結果討論如下：

(1) 車主社經背景

在本研究所蒐集之資料中，汽車駕駛人平均年齡約 49 歲，平均個人月所得為 5.21 萬元，駕駛人之平均年資則約為 21 年；各變數之標準差亦可從表 3.9 得知。另外，在類別變數方面，主要駕駛人之性別以男性居多，共有 620 份樣本，佔 82.89%，女性則僅有 128 份，佔 17.11%；駕駛人之教育程度以大專(45.45%)佔多數，其次為高中職(30.88%)、國中(8.96%)、碩士以上(8.16%)與國小以下(6.55%)。

(2) 主要用車區域

本構面首先主要將臺灣 23 縣市以群落分析技術進行分群工作，共分為 3 群，分別是主要都會、次要都會與一般城市。再將串聯完成之資料，根據主要駕駛人所填答之“主要在那一地區行駛使用”問項為依據，將之歸類。其結果歸類在主要都會之樣本共有 296 份(39.57%)，次要都會有 114 份(15.24%)，一般城市則有 338

份(45.19%)；相較之下，在本研究所串聯完成之資料中，汽車主要行駛區域在次要都會者較少。這可能是由於無法納入新竹區監理所、嘉義區監理所、高雄區監理所與高雄市監理處之汽車定檢資料進行資串聯而導致。

(3) 車輛基本特性

汽車之平均車齡、車價與排氣量分別各約為 13 年(此非全國汽車之平均車齡)、55 萬元與 1792cc.，標準差則分別為 5.22 年、39.77 萬元與 483.47cc.。其中，大多數為自排車，且燃油類型多使用 95 或 98 無鉛汽油。

(4) 車輛使用行為

汽車之平均年行駛里程為 11657 公里，平均總行駛里程為 133022 公里；而每週平均使用該車通勤天數為 2.59 天。其中，各變數之標準差及樣本數請參閱表 3.9 與表 3.10。

(5) 污染排放濃度

HC 之平均污染排放濃度為 115.93ppm，標準差為 117.23ppm；CO 之平均污染排放濃度則為 0.78%，標準差為 1.43%。

2. 機車定檢資料與問卷串聯

相較於汽車定檢資料與問卷資料之串聯，機車顯的較不繁雜。機車問卷回收份數共 2856 份，有效問卷共有 2527 份(有效問卷比例為 88.48%)。後續工作如同汽車，將環保署機車定檢資料庫與機車問卷進行車牌號碼之配對，由於機車問卷也曾針對新車重點抽樣，車齡在三年以下者亦不在少數。因此，經過車號配對之程序，共有 1322 筆資料串聯完成。各構面內之變數其敘述性統計如表 3.13 與表 3.14 所示。

表 3.13 機車資料串聯後各連續變數之敘述性統計

構面	分析項目	平均數	標準差
車主社經背景	年齡(歲)	41.48	12.91
	個人月所得(萬元)	3.41	2.72
	駕駛年資(年)	18.11	10.41
車輛基本特性	車齡(年)	9.13	3.32
	排氣量(cc.)	99.91	32.54
車輛使用行為	總行駛里程(公里)	32674.01	20150.13
	年行駛里程(公里)	4466.46	3028.69
	每週通勤天數(天)	3.89	2.53
污染排放濃度	HC(ppm)	2120.06	2890.72
	CO(%)	1.96	2.00

表 3.14 機車資料串聯後各類別變數之敘述性統計

構面	分析項目	類別內容	樣本數(輛)	百分比
車主社經背景	性別	男	874	66.11%
		女	448	33.89%
	教育程度	國小以下	90	6.81%
		國中	101	7.64%
		高中職	367	27.76%
		大專	612	46.29%
		碩士以上	152	11.50%
主要用車區域	-	主要都會	570	43.12%
		次要都會	424	32.07%
		一般城市	328	24.81%
車輛基本特性	打檔/非打檔車	打檔車	98	7.41%
		非打檔車	1224	92.59%
	二/四行程	二行程	465	35.17%
		四行程	857	64.83%
	燃油類型	92 無鉛汽油	493	37.29%
		95 或 98 無鉛汽油	829	62.71%

針對表 3.13 與表 3.14 機車資料串聯之敘述性統計討論如下：

(1) 車主社經背景

年齡、個人月所得與駕駛年資之平均值分別為 41.48 歲、3.41 萬元與 18.11 年。在類別變數方面，資料串聯完成後，車輛主要駕駛人為男性者居多，共有 874 份樣本，佔 66.11%，女性則有 448 份樣本，佔 33.89%；另外，主要駕駛人教育程度則以大專較多，共 612 份，所佔比例為 46.29%，其次為高中職、碩士以上之學歷。

(2) 主要用車區域

機車之歸類依據如同汽車，亦以群落分析技術，共分為三群(主要都會、次要都會及一般城市)。歸類之結果顯示，機車主要行駛區域以主要都會居多，共 570 筆資料(43.12%)，其次則為次要都會(共 424 筆，佔 32.07%)與一般城市(共 328 筆，佔 24.81%)。

(3) 車輛基本特性

在車輛基本特性方面，機車串聯完成之平均車齡為 9.13 年，平均排氣量為 99.91cc，標準差則分別各為 3.32 年與 32.54cc。另外，在類別變數方面，非打檔車佔絕大多數，共有 1224 輛(92.59%)，打檔車則僅有 98 輛(7.41%)；四行程車輛佔 64.83%，二行程佔 35.17%；燃油類型則以使用 95 無鉛汽油以上居多，共有 829 輛車，所佔比例為 62.71%。

(4) 車輛使用行為

平均總行駛里程與年行駛里程分別各約為 4466 公里與 32674 公里；而平均每週使用本車(機車)通勤天數為 3.89 天。

(5) 污染排放濃度

HC 與 CO 之平均污染排放濃度分別為 2120.06ppm 與 1.96%，標準差則各為 2890.72ppm 與 2.00%；相較於汽車之移動污染源排放顯的較高。

3.3 小結

綜合以上汽機車定檢資料與問卷資料串聯初步分析，可以發現有下列情形：

1. 以汽車為例，各監理單位所委託之資料維護廠商不盡相同，因此，其包含的

變數欄位也就不同，導致在資料分析及合併作業上之困難。

2. 除了資料庫欄位之外，資料的缺漏也是一嚴重的問題。由以上分析大略可得知，汽車定檢資料，如臺北市監理處與臺北區監理所，其資料經過篩選後之筆數與原始資料相差很大，這主要是由於各變數檢測值之缺漏；機車方面就較無此問題。或許未來主管機關可朝定檢資料之查核機制與品管作業方向作改善。
3. 「一致性」為目前臺灣各級機關所強調之重點，而定檢資料之格式也應如此。因此，本研究建議交通部及主管機關可考慮統一各監理單位資訊廠商之資料庫格式；一來方便於資料傳輸及彙整管理；二來在資料分析與合併上也較容易。
4. 定檢資料與問卷資料之串聯，汽車方面僅能以臺北市監理處、臺北區監理所與臺中區監理所為主，剩餘四監理單位之資料庫(新竹區監理所、嘉義區監理所、高雄區監理所與高雄市監理處)由於檢測值不合理及遲遲未能取得，因此無法加入資料串聯之工作。

第四章 研究方法

在本研究中，係根據汽、機車定檢資料，了解移動污染源與解釋變數間之關聯性，找出重要影響因子。此外，針對關鍵影響因子，將污染排放性質顯著不同之汽、機車類型加以區隔分類。最後，透過家戶機動車輛問卷調查與定檢資料串聯，探討車輛特性、使用行為等與污染排放之關聯性。因此，在研究方法方面，主要會利用聯立迴歸(Simultaneous Regression)、多變量變異數分析(Multivariate Analysis of Variance, MANOVA)與結構方程模式(Structural Equation Modeling, SEM)三方法。根據陳順宇(1998)、林惠玲與陳正倉(2002)、馮正民與邱裕鈞(2004)、吳明隆(2006)、邱皓政(2003)，分別介紹如下。

4.1 聯立迴歸

關於聯立迴歸(Simultaneous Regression)方法之特性、假設前提與應用限制等詳述如下。

4.1.1 基本特性

當系統內有以下兩特性時，即必須以聯立迴歸方法來加以分析：

1. 當系統內有兩個以上的因變數；
2. 因變數間互相具有關聯性，不宜分別獨立建立單一迴歸式。

聯立迴歸之標準型式為如下(4.1 式)：

$$\begin{aligned} \beta_{11}y_{1i} + \beta_{12}y_{2i} + \dots + \beta_{1G}y_{Gi} + \gamma_{11}x_{1i} + \gamma_{12}x_{2i} + \dots + \gamma_{1K}x_{Ki} &= u_{1i} \\ \beta_{21}y_{1i} + \beta_{22}y_{2i} + \dots + \beta_{2G}y_{Gi} + \gamma_{21}x_{1i} + \gamma_{22}x_{2i} + \dots + \gamma_{2K}x_{Ki} &= u_{2i} \\ &\vdots \\ &\vdots \\ &\vdots \\ \beta_{G1}y_{1i} + \beta_{G2}y_{2i} + \dots + \beta_{GG}y_{Gi} + \gamma_{G1}x_{1i} + \gamma_{G2}x_{2i} + \dots + \gamma_{GK}x_{Ki} &= u_{Gi} \end{aligned} \quad (4.1)$$
$$i = 1, 2, \dots, N$$

其中，

y ：因變數；

x ：自變數；

u ：殘差項；

N ：樣本數。

上述聯立迴歸方程式可轉換為引申型式(reduced-form)：

$$\begin{aligned} y_{1i} &= \pi_{11}x_{1i} + \pi_{12}x_{2i} + \dots + \pi_{1K}x_{Ki} + v_{1i} \\ y_{2i} &= \pi_{21}x_{1i} + \pi_{22}x_{2i} + \dots + \pi_{2K}x_{Ki} + v_{2i} \\ &\vdots \\ y_{Gi} &= \pi_{G1}x_{1i} + \pi_{G2}x_{2i} + \dots + \pi_{GK}x_{Ki} + v_{Gi} \\ i &= 1, 2, \dots, N \end{aligned} \quad (4.2)$$

其矩陣型式為： $\mathbf{Y}=\pi\mathbf{X}+\mathbf{V}$ 。由於各殘差項(v)之間互有關聯(共變異矩陣期望值不為零)，若分別以最小平方方法校估上述各式之參數，將導致偏誤之估計值。因此，上述格式必須視為聯立方程式，以特殊方法校估之。最常用於校估聯立迴歸之方法為：

1. 兩階段最小平方方法(two-stage least squares, 2SLS)

2SLS 係先針對一因變數，以最小平方方法對所有自變數進行迴歸，並以其估計值作為替代變數(instrumental variable)，再以最小平方方法分別校估係數。實證上，一般係重覆進行 2SLS 之程序，直到估計的係數和殘差項的共變異矩陣達到收斂為止。唯 2SLS 雖可校估得一致(consistent)估計值，但卻不具效率。

2. 似無相關迴歸法(seemingly unrelated regression estimation, SUR)

SUR 則將數個迴歸式合併為一(樣本數成為 $G \times N$ 個)，並以一般最小平方方法(generalized least squares)加以校估。

3. 三階段最小平方方法(three-stage least squares, 3SLS)。

3SLS 第一階段先校估引申型式之係數，並獲得因變數之預估值，再以 2SLS 校估所有方程式，第二階段則採 SUR 校估方程式間之變異與共變異。最後，在以一般最小平方方法校估參數。

4.1.2 假設前提與應用限制

聯立迴歸應先進行方程式認定(identification)，以確定各參數值能加以校

估。而方程式認定可分為以下三種：

1. 不足認定(under identified)；
2. 適足認定(exactly identified)；
3. 過度認定(over identified)。

若為不足認定(under identified) 則無法校估模式之參數；若為適足認定(exactly identified)與過度認定(over identified)，則可校估其參數值。另外，聯立迴歸之認定條件又可分為階(order)之條件與級(rank)之條件；前者為認定之必要條件，後者為認定之充分條件。最後，在進行參數或迴歸模式檢定時，則必須符合單一迴歸分析之以下假設：

1. 自變數係數之正負號與顯著性符合先驗知識；
2. 無線性重合問題；
3. 誤差項變異數為同質性；
4. 無自我相關現象；
5. 誤差項符合常態分配，平均數之值為 0，變異數為 σ^2 之 $N(0, \sigma^2)$ 。

4.2 多變量變異數分析

針對多變量變異數分析之基本特性與相關檢定統計量等詳述如下。

4.2.1 基本特性

所謂多變量變異數分析(MANOVA)為單變量變異數分析(Analysis of Variance, ANOVA)之延伸。ANOVA 主要是在檢定某單變量三個或三個以上的母體平均數是否相等，或因子對因變數是否有影響，若有某單變量(x)及各組平均數(k)，即檢定

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

$$H_1 : \text{不是所有 } \mu_i \text{ 皆相等}$$

而在選取檢定統計量時，其總變異(total sum of squares, SST)主要可分為組間變異(sum of squares due to factor, SSF)與組內變異(sum of squares due to error, SSE)。組間變異主要係來自各母體間之差異，組內變異即同母體內之隨機差異(詳細過運算過程請自行參閱統計書籍)，如 4.3 式所示：

$$SST=SSF+SSE \quad (4.3)$$

因此，單變量變異數分析之基本原理即比較此兩變異的大小，以檢定母體平均數是否相等之假設。

在統計量方面，ANOVA 是依據 F 值，它是組間均方和(means squares due to factor, MSF)與組內均方和(mean squares due to random error, MSE)的比值，即

$$F = \frac{MSF}{MSE} = \frac{SSF/(k-1)}{SSE/(n-k)} = \frac{B/(k-1)}{W/(N-k)} = \frac{N-k}{k-1} W^{-1}B \quad (4.4)$$

其中 k 為組數， N 為總樣本數， $B=SSF$ ， $W=SSE$ 。若 F 值：

1. $F > F_{k-1, N-k, \alpha}$ ，拒絕 H_0 (即 k 組平均數不相等)
2. $F \leq F_{k-1, N-k, \alpha}$ ，接受 H_0 (即 k 組平均數相等)

單變量變異數分析表如表 4.1。

表 4.1 ANOVA 分析表

變異來源	平方和(SS)	自由度(df)	均方和(MS)	F
組間	SSF	$k-1$	$MSF=SSF/(k-1)$	MSF/MSE
組內	SSE	$N-k$	$MSE=SSE/(N-k)$	
總和	SST	$N-1$		

上述為 ANOVA 之假設與檢定統計量之介紹，至於 MANOVA 之檢定統計量基本上也是計算組間與組內變異，由於是多變量問題，所以在平方和方面，除了各個變數的變異外，也需關心到兩兩變數之間的共變異，因此需要以共變異矩陣(平方和與交叉乘積矩陣)為依據，也就是以組間的共變異矩陣 B ，與組內的共變異矩陣 W 為基礎，但是矩陣無所謂大小的問題，因此兩個矩陣的比值，可利用矩陣特徵值來做判斷大小。特徵統計量主要可分為四種，詳述如後。

4.2.2 顯著性檢定

在計算各種不同統計量前，需要以下三個平方和與交叉相乘矩陣：

1. 組間平方和與交叉相乘矩陣 B (或 SSPA)

$$B = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{x}_i - \bar{x})(\bar{x}_i - \bar{x})' \quad (4.5)$$

2. 組內平方和與交叉相乘矩陣 W (或 SSPE)

$$\begin{aligned} W &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)(x_{ij} - \bar{x}_i)' \\ &= \sum_{i=1}^k (n_i - 1)S_i \end{aligned} \quad (4.6)$$

3. 總的平方和與交叉相乘矩陣 T (或 SSPTO)

$$T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x})(x_{ij} - \bar{x})' \quad (4.7)$$

其中， $\bar{x}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}$ ，第 i 組的樣本平均數向量；

$\bar{x} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} / N$ ，全體資料平均數；

$N = \sum_{i=1}^k n_i$ ，總樣本數；

$S_i = \frac{1}{n_i - 1} \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)(x_{ij} - \bar{x}_i)'$ ，樣本共變異數矩陣；

$S = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x})(x_{ij} - \bar{x})' / (N - 1)$ ，全體資料共變異數矩陣。

有了以上三個交叉相乘矩陣後，在檢定統計量方面，主要有皮耐(Pillai)、侯特齡(Hotelling)分別提出特徵值的和之跡(trace)統計量，魏克斯(Wilks)提出特徵值的乘積之 Λ 統計量，以及洛依(Roy)之最大特徵值等方式，分別詳述如下。

1. Wilks' lambda(魏克斯)

$$\Lambda = \frac{|W|}{|B+W|} = \frac{1}{|I+W^{-1}B|} = \prod_{i=1}^p \frac{1}{1+\lambda_i} = \prod_{i=1}^p (1-\xi_i) \quad (4.8)$$

其中，

p ：變數個數；

k ：組數；

λ_i ： $W^{-1}B$ 的特徵值；

ξ_i ： $(W+B)^{-1}B$ 的特徵值。

在某些情況下， Λ 可轉成 F 分配如表 4.2。

表 4.2 Wilks' lambda 轉換成 F 分配

變數個數	群組數	Λ 值之轉換
$p=1$	$k \geq 2$	$\frac{N-k}{k-1} \left(\frac{1-\Lambda}{\Lambda} \right) \sim F_{k-1, N-k}$
$p=2$	$k \geq 2$	$\frac{N-k}{k-1} \left(\frac{1-\sqrt{\Lambda}}{\sqrt{\Lambda}} \right) \sim F_{2(k-1), 2(N-k-1)}$
$p \geq 1$	$k=2$	$\frac{N-p-1}{p} \left(\frac{1-\Lambda}{\Lambda} \right) \sim F_{p, n-p-1}$
$p \geq 2$	$k=3$	$\frac{N-p-2}{p} \left(\frac{1-\sqrt{\Lambda}}{\sqrt{\Lambda}} \right) \sim F_{2p, 2(n-p-2)}$

2. Pillai(皮耐)

$$U_1 = \text{trace}(B(B+W)^{-1}) = \sum_{i=1}^p \frac{\lambda_i}{1+\lambda_i} = \sum_{i=1}^p \xi_i \quad (4.9)$$

$$F = \frac{2n+s+1}{2m+s+1} \frac{U_1}{s-U_1} \sim F_{s(2m+s+1), s(2n+s+1)} \quad (4.10)$$

其中，

$s = \min(p, k-1)$ ；

$m = 0.5(|p-k+1|-1)$ 。

3. Hotelling(侯特齡)

$$U_2 = \text{trace}(W^{-1}B) = \sum_{i=1}^p \lambda_i = \sum_{i=1}^p \frac{\xi_i}{1 - \xi_i} \quad (4.11)$$

$$F = \frac{2(sn+1)}{s^2(2m+s+1)} U_2 \sim F_{s(2m+s+1), 2(sn+1)} \quad (4.12)$$

4. Roy(洛依)

$$\theta = \lambda_1 \quad (4.13)$$

λ_1 是 $W^{-1}B$ 的最大特徵值，可證明

$$F = \theta \cdot \frac{v-d+k-1}{d} \sim F_{d, v-d+k-1} \quad (4.14)$$

其中，

$$d = \max(p, (k-1)) ;$$

$$v = N - k。$$

MANOVA 檢定結果如表 4.3。

表 4.3 MANOVA 分析表

變異來源	SSP	df
因素	$B = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{x}_i - \bar{x})(\bar{x}_i - \bar{x})'$	$k-1$
誤差	$W = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)(x_{ij} - \bar{x}_i)'$	$N-k$
總和	$T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x})(x_{ij} - \bar{x})'$	$N-1$

4.3 結構方程模式

結構方程模式(Structural Equation Modeling, SEM)最重要的概念由兩個部分

所組成，分別是測量模式(measurement model)與結構模式(structure model)。在測量模式中，反應了觀察變項(observed variable)與潛在變項(latent variable)之間的關係，其構成的數學模型是驗證性因素分析(Confirmatory Factor Analysis, CFA)；在結構模式中為結構關係的假設考驗，透過結構模式，使潛在變項之間的關係可以路徑分析(Path Analysis)的概念來討論。以下便針對測量模式與結構模式進行討論。

4.3.1 測量模式

在 SEM 分析的模式中，一個潛在變項必須以兩個以上的觀察變項來估計，稱為多元指標原則，不同觀察變項間的共變數，反應了潛在變項的共同影響。通常每個觀察變項多少會有不同程度的測量誤差或殘差(觀察變項的變異量中，無法被共同潛在變項解釋的部分)。一個 SEM 分析模式中，觀察變項一定存在，但潛在變項不可能單獨存在，因為在研究過程中，潛在變項並不是真實存在的變項，而是由觀察變項所測量估計出來的。

潛在變項必須透過其外顯的測量指標測得，由於測量會有誤差，所以每個潛在變項解釋觀察變項的變異量不是百分之百，因為其中有測量誤差存在；但若是潛在變項只有一個觀察變項，則潛在變項正好可以全部解釋其測量指標，此時的誤差項值為 0。有三個觀察變項的測量模式如圖 4.1：

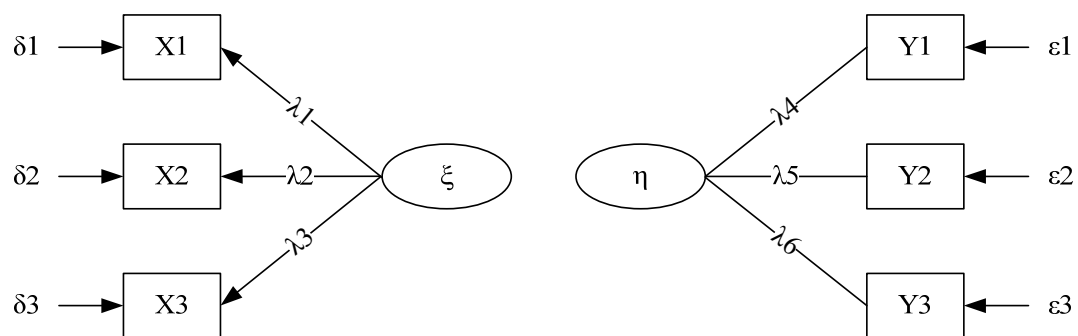


圖 4.1 三個觀察變項的測量模式圖(吳明隆，2006)

上述測量模式的迴歸方程式如下(4.15 式)：

$$\begin{aligned}
X_1 &= \lambda_1 \xi + \delta_1 \\
X_2 &= \lambda_2 \xi + \delta_2 \\
X_3 &= \lambda_3 \xi + \delta_3 \\
Y_1 &= \lambda_4 \eta + \varepsilon_1 \\
Y_2 &= \lambda_5 \eta + \varepsilon_2 \\
Y_3 &= \lambda_6 \eta + \varepsilon_3
\end{aligned}
\tag{4.15}$$

若以矩陣方程式表示如下：

$$\begin{aligned}
X &= \Lambda_X \xi + \delta \\
Y &= \Lambda_Y \eta + \varepsilon
\end{aligned}
\tag{4.16}$$

其中，

- ξ ：外生潛在變項(exogenous latent variables)
- η ：內生潛在變項(endogenous latent variables)
- X ： ξ 的觀察變項或測量指標
- Y ： η 的觀察變項或測量指標
- λ ：因素負荷量(factor loading)
- δ ： X 變項的測量誤差
- ε ： Y 變項的測量誤差
- Λ_X ：為一矩陣，聯結 X 變項對 ξ 變項的因素負荷量
- Λ_Y ：為一矩陣，聯結 Y 變項對 η 變項的因素負荷量

上述測量模式中， ξ 為 X_1 、 X_2 、 X_3 三個觀察變項所共同構建的因素(factor)或潛在變項， λ_1 至 λ_6 為因素負荷量(factor loading)， δ_1 、 δ_2 、 δ_3 與 ε_1 、 ε_2 、 ε_3 可視為是每個觀察變項去估計潛在變項的測量誤差(measurement errors)。每個觀察變項的因素負荷量愈高，表示受到潛在變項影響的強度愈大；因素負荷量愈低，表示受到潛在變項影響的強度愈小。在 SEM 模式中，測量誤差可以被估計出來，可以被視為是一個潛在變項。

測量模式在 SEM 的模型中就是一般所謂的「驗證性因素分析」(Confirmatory Factor Analysis, CFA)，驗證性因素分析的技術是用於檢核數個測量變項可以構成潛在變項的程度(即考驗測量模式中的觀察變項 X 與其潛在變項 ξ 間的因果模式

是否與觀察資料契合)。在 SEM 模式中的變項又可區分為「外生變項」(exogenous variables)與「內生變項」(endogenous variables)。外生變項是指在模式當中未受其他變項的影響，但它卻直接影響別的變項，在路徑分析圖中相當於自變項 (independent variables)；內生變項是指在模式當中會受到任一變項的影響，在路徑分析圖中相當於依變項(dependent variable)。另外，若某一個內生變項又形成另一個外生變項，此變項不僅受到外一變項的影響，同時也可能對其他變項產生影響作用，此種同時具有外生變項與內生變項屬性的變項，稱為「中介變項」(mediator)，如圖 4.2。

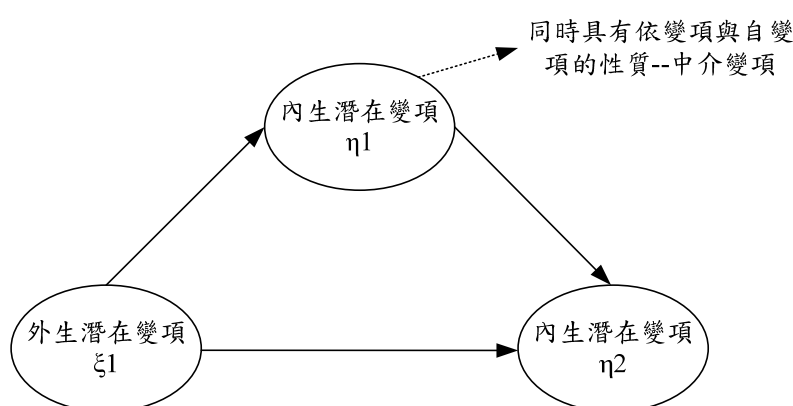


圖 4.2 中介變項示意圖(吳明隆，2006)

4.3.2 結構模式

結構模式即是潛在變項間因果關係的說明，作為因的潛在變項即稱為外生潛在變項，以 ξ 表示；作為果的潛在變項即稱為內生潛在變項，以 η 表示。外生潛在變項對內生潛在變項的解釋變異會受到其他變因的影響，此影響變因稱為干擾潛在變項，以符號 ζ 表示，即結構模式中的干擾因素或殘差值。在 SEM 分析模式中，只有測量模式而無結構模式的迴歸關係，即為驗證性因素分析；相反地，只有結構模式而無測量模式，則潛在變項間因果關係的探討，相當於傳統的「路徑分析」(Path Analysis)，其中的差別在於結構模式是探討潛在變項間的因果關係，而路徑分析是直接探討觀察變項間的因果關係。結構模式所導出的每條方程式稱為結構方程式，此方程式類似多元迴歸中的迴歸係數。有若一迴歸式為：

$$Y=B_0+B_1X_{i1}+B_2X_{i2}+...+B_pX_{ip}+\varepsilon_i \quad (4.17)$$

其中， ε_i 為殘差值，表示依變項(Y)無法被自變項(X)解釋的部分，在測量模式即為測量誤差，在結構模式中為干擾變因或殘差項，表示內生潛在變項無法被外生

潛在變項及其他內生潛在變項可解釋的部分。另外，在迴歸分析中，殘差是被假設與自變項間的關係是相互獨立的，但在 SEM 模式中，殘差項是允許與變項之間帶有關聯的。若以一個外生潛在變項與二個內生潛在變項間的飽和模式為例，如圖 4.3：

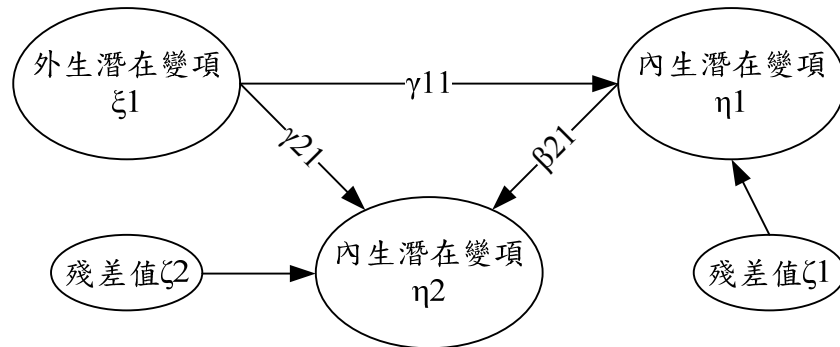


圖 4.3 一外生潛在變項與二個內生潛在變項結構模式圖(吳明隆，2006)

上述潛在變項間的迴歸方程式如下：

$$\begin{aligned}\eta_1 &= \gamma_{11}\xi_1 + \zeta_1 \\ \eta_2 &= \beta_{21}\eta_1 + \gamma_{21}\xi_1 + \zeta_2\end{aligned}\quad (4.18)$$

亦可以矩陣方程式來表示：

$$\eta = \Gamma\xi + \zeta \quad (4.19)$$

或

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta \quad (4.20)$$

其中，

γ ：外生潛在變項(ξ)與內生潛在變項(η)間的迴歸係數

β ：內生潛在變項(η)與內生潛在變項(η)間的迴歸係數

ζ ：內生潛在變項(ξ)的誤差

Γ ：為一矩陣，代表 ξ 變項對 η 變項影響的迴歸係數

B ：為一矩陣，表示 η 變項間有方向性的聯結係數(迴歸係數)

一個廣義的結構方程模式，包括數個測量模式及一個結構模式。在 SEM 模式中，研究者依據理論文獻或經驗法則建立潛在變項與潛在變項間的迴歸關係，亦即確立潛在變項間的結構模式；此外，也要建構潛在變項與其測量指標間的反映關係，即建立各潛在變項與觀察變項間之測量模式。由於 SEM 涉及了數個測量模式及一個結構模式，變項間的關係較為複雜，因而 SEM 的分析即在探究一組複雜變項間的關係，因此在模式界定時必須依循「簡約原則」(principle of parsimony)，同樣一組變數的組合有許多種可能，不同的關係模式可能代表了特定的理論意義，若是研究者可以用一個比較單純、簡單的模型來解釋較多的實際觀察資料的變化，如此，這個模型來反應變項間的真實關係，比較不會得到錯誤的結論。

另外，在模式配適指標驗證方面，有以下幾個項目需要注意：

1. 估計參數中不能有負的誤差變異數，即 δ 與 ε 變項間的共變異矩陣沒有出現負數，且達到顯著水準；
2. 所有誤差變異必須達到顯著水準(t 值 > 1.96)；
3. 估計參數統計量彼此間相關的絕對值不能太接近 1；
4. 潛在變項與其測量變項間之因素負荷量(Λ_X 、 Λ_Y)值最好介於 0.5~0.95 之間；
5. 不能有很大的標準誤。

整體模式之配適度指標及其判斷值如表 4.4：

表 4.4 各種契合度指標的比較

指標	性質	範圍	判斷值	備註
χ^2	理論模型與觀察模型的契合程度	-	$P>0.05$	說明模型解釋能力
χ^2/df	考慮模式複雜度後的卡方值	-	<5	不受模式複雜度影響
CN	產生不顯著卡方值的樣本規模	-	>200	反應樣本規模的適切性
GFI	假設模型可以解釋觀察資料的比例	0-1	>0.90	說明模型解釋力
AGFI	考慮模式複雜度後的 GFI	0-1	>0.90	不受模式複雜度影響
RMR	未標準化假設模型整體殘差	-	<0.05	了解殘差特性
RMSEA	比較理論模型與飽和模式的差距	0-1	<0.08	不受樣本數與模式複雜度影響
NFI	比較假設模型與獨立模型的卡方差異	0-1	>0.90	說明模型較虛無模型的改善程度
CFI	假設模型與獨立模型的非中央性差異	0-1	>0.90	說明模型解釋能力
PGFI	考慮模式的簡約性	0-1	>0.50	說明模型的簡單程度

在交通運輸領域中，結構方程模式已被廣泛應用。如航空旅客滿意度研究 (Chen, 2008)、航空旅客購買意願 (Chen and Chang, 2008) 家戶活動類型課題 (Roorda and Ruiz, 2008)、持有多車輛家戶之車輛使用行為 (Golob *et al.*, 1996)、消

費者網路購物與實體商店購物之關聯性分析(Farag *et al.*, 2007)與通訊與旅運需求關係之驗證(Choo and Mokhtarian, 2007)等。另外，Reisinger and Turner (1999)指出，觀光旅遊課題之研究，由於欲分析之變數，許多無法直接衡量，如旅行動機、滿意度等，因此適合藉由 SEM 方法來進行分析；如旅遊後之行為意向分析(Chen and Tsai, 2007)與地區觀光影響與觀光發展分析(Yoon *et al.*, 2001)等。

4.4 小結

綜合以上討論，本研究中將利用聯立迴歸、MANOVA 與結構方程模式來分析污染排放之課題。鑒於每個方法之特性與其欲完成之課題均不同，因此分別釐清如下：

1. 聯立迴歸

在聯立迴歸之分析上，主要係利用監理單位之車輛定檢資料為分析對象。在汽車方面，以臺北市監理處之定檢資料庫為主；機車則透過環保署所提供之定檢資料來進行分析。對於 HC 與 CO 污染排放之關鍵影響因子進行確認。但由於受限於各單位定檢資料庫所包含之變數，因此，此階段僅針對車輛特性變數進行探討，觀察各變數與污染排放間之關係。

2. MANOVA

經由以上確認污染排放關鍵因子後，挑選重要且高度顯著之變數進行 MANOVA 分析(如車齡、排氣量變數)，將污染性質差異較大之車輛予以分類，以提供主管機關研擬車輛污染管制策略之參考依據。

3. SEM

將定檢與問卷資料串聯完成後，將各變數歸類到其所屬之構面，以得到車主社經背景、主要用車區域、車輛使用行為、車輛基本特性與污染排放濃度等更完整之資料，再利用 SEM 來分析污染排放構面間之關聯性，釐清污染排放之直接與間接影響因子。

第五章 模式建構與校估

關於本研究之資料蒐集與分析、研究方法等均在以上章節陳述過。在本章中，主要介紹各模式之建構及參數校估工作，其中共包含三大部分，分別為污染排放之聯立迴歸模式、汽機車污染類別分析、及污染排放之結構方程模式。

5.1 污染排放之聯立迴歸模式

Washburn *et al.* (2001)之研究中指出，污染排放濃度如 HC、CO，兩者具有相關性。也就是說，CO 對 HC 之污染排放濃度有顯著的影響；而 HC 對 CO 之污染排放濃度亦有顯著的影響。基於此特性，符合聯立迴歸之使用前提。在本小節中，便使用聯立迴歸方法來構建模式。另外，由於其殘差項間具有關聯性，在校估係數之方法上，若以一般最小平方法來校估，將會導致誤差；因此本研究採用三階段最小平方法(3SLS)來進行校估參數之工作。

聯立迴歸分析之模式建構上，因變數均設定為 HC 與 CO，而其各自又為 CO 與 HC 模式中之解釋變數；汽、機車之模式設定如 5.1 式：

$$\begin{aligned} HC &= \alpha + \beta CO + \gamma X_n + \varepsilon_1 \\ CO &= \lambda + \mu HC + \nu U_n + \varepsilon_2 \end{aligned} \quad (5.1)$$

其中，

X_n : 影響 HC 排放之變數

U_n : 影響 CO 排放之變數

而在汽、機車方面，其因變數(HC 與 CO)各自所考慮的解釋變數相同：

1. 汽車

- (1) 車齡(年)
- (2) 排氣量(cc.)
- (3) 汽缸數(個)
- (4) 車重(噸)
- (5) 行駛里程(萬公里)
- (6) 廠牌：共 7 類，分別為 FORD, HONDA, MAZDA, NISSAN, TOYOTA, MITSUBISHI 及其他廠牌，均為虛擬變數(dummy variable)。另外，將 FORD 設為基準，與剩餘之 6 大類作比較。

2. 機車

(1) 車齡(年)

(2) 排氣量(cc.)

(3) 二/四行程：為虛擬變數，將二行程車輛設為基準來與四行程車輛比較。

(4) 行駛里程(萬公里)

(5) 廠牌：共 4 類，分別為三陽，光陽，山葉及其他廠牌，亦均為虛擬變數。其中將三陽廠牌作為基準來進行分析工作，與其他三類作比較。

後續之汽、機車污染排放聯立迴歸模式便以此架構來進行模式之校估，如後所述。

5.1.1 汽車污染排放模式

汽車之 HC 與 CO 污染排放聯立迴歸模式如表 5.1 所示。

表 5.1 汽車污染排放聯立迴歸模式

HC(ppm)				CO(%)			
變數	係數	t-value	VIF	變數	係數	t-value	VIF
常數	30.21	12.74***	0	常數	-0.31	-14.99***	0
CO(%)	84.44	236.3***	1.12	HC(ppm)	0.01	236.3***	1.14
其他廠牌	-10.88	-13.28***	1.24	其他廠牌	0.06	8.98***	1.24
HONDA	-3.08	-1.84*	1.06	HONDA	0.02	1.10	1.06
MAZDA	-9.41	-4.56***	1.04	MAZDA	0.09	5.21***	1.04
NISSAN	-10.36	-15.59***	1.59	NISSAN	0.04	6.87***	1.60
TOYOTA	16.69	26.88***	1.48	TOYOTA	-0.12	-21.45***	1.49
MITSUBISHI	0.87	1.45	1.66	MITSUBISHI	0.02	3.23***	1.66
車齡(年)	1.61	19.42***	1.23	車齡(年)	0.02	23.52***	1.22
排氣量(cc.)	-0.0001	-0.07	3.56	排氣量(cc.)	-0.0001	-13.87***	3.55
汽缸數(個)	2.26	4.19***	1.47	汽缸數(個)	-0.01	-1.24	1.47
車重(噸)	-18.31	-10.57***	3.24	車重(噸)	0.26	17.25***	3.22
行駛里程(萬公里)	0.38	11.46***	1.06	行駛里程(萬公里)	-0.002	-5.65***	1.06
R^2	0.29			R^2	0.27		
R^2_{adj}	0.29			R^2_{adj}	0.27		

註：標記「*」為 $\alpha=0.1$ 下為顯著者；標記「**」為 $\alpha=0.05$ 下為顯著者；標記「***」為 $\alpha=0.01$ 下為顯著者。

由表 5.1 可以發現，在 HC 模式中，僅有 MITSUBISHI 與排氣量變數不顯著，CO 模式中則為 HONDA 與汽缸數不顯著；而各變數之共線性指標(Variance Inflation, VIF)均落在合理範圍內(小於 10)，代表模式中未存在嚴重的共線性問題而導致分析結果之偏差。此外，進一步觀察各變數與污染排放之正、負向關係可以發現，車重與 HC 排放為負相關，行駛里程與 CO 排放則亦為負相關；此與先驗知識及車輛污染相關文獻之分析結果不相符。因此，後續便以單一迴歸來分析 HC 與 CO 排放之關鍵影響因子；即針對模式進行稍微修改，如 5.2 式。

$$HC = \alpha + \gamma X_n + \varepsilon_1 \quad (5.2)$$

$$CO = \lambda + \nu U_n + \varepsilon_2$$

根據 5.2 式，分別進行 HC 與 CO 模式之參數校估，結果如表 5.2。

表 5.2 汽車之 HC 與 CO 污染排放模式

變數	HC(ppm)		CO(%)		VIF
	係數	t-value	係數	t-value	
常數	9.13	3.47***	-0.25	-10.96***	0
其他廠牌	-11.82	-12.99***	-0.01	-1.40	1.24
HONDA	-3.73	-2.01*	-0.01	-0.48	1.06
MAZDA	-3.33	-1.45	0.07	3.63***	1.04
NISSAN	-15.06	-20.42***	-0.06	-8.72***	1.59
TOYOTA	14.87	21.58***	-0.02	-3.60***	1.48
MITSUBISHI	4.90	7.39***	0.05	8.31***	1.65
車齡(年)	6.51	73.07***	0.06	75.25***	1.14
排氣量(cc.)	-0.02	-19.79***	-0.0003	-26.99***	3.53
汽缸數(個)	3.79	6.34***	0.02	3.51***	1.47
車重(噸)	7.48	3.90***	0.31	18.39***	3.22
行駛里程(萬公里)	0.53	14.18***	0.002	5.27***	1.06
R^2	0.12		0.11		-
R^2_{adj}	0.12		0.11		-

註：標記「*」為 $\alpha=0.1$ 下為顯著者；標記「**」為 $\alpha=0.05$ 下為顯著者；標記「***」為 $\alpha=0.01$ 下為顯著者。

在表 5.2 中，廠牌為虛擬變數，也就是其他廠牌、HONDA、MAZDA、NISSAN、TOYOTA 與 MITSUBISHI 變數，若為該廠牌之車輛則變數值為 1，反之則為 0。針對各解釋變數之詮釋如後：

1. 廠牌

根據臺北市監理處之車輛定檢資料之分析結果指出，在 HC 排放濃度上，唯有 MAZDA 廠牌之車輛未顯著($t < 1.96$)；而 CO 方面亦僅部份呈現顯著(即 MAZDA、NISSAN、TOYOTA 與 MITSUBISHI)。由於比較基礎為「FORD」廠牌，故各廠牌迴歸係數之正負號即代表較「FORD」廠牌車輛排放污染濃度之高低。其中，以 HC 而言，以 TOYOTA 最高，其次為 MITSUBISHI；其他廠牌、HONDA 與 NISSAN 之 HC 排放濃度均較 FORD 低。以 CO 而言，則以 MAZDA 最高，其次亦為 MITSUBISHI；相較於 FORD，NISSAN 與 TOYOTA 廠牌車輛之 CO 排放濃度亦較低。

2. 車齡

在 HC 與 CO 兩模式中，車齡均為最顯著之變數($t = 73.07$ 與 75.25)；整體來說，平均隨著車齡增加一年，其所排放之 HC 與 CO 排放濃度分別會增加 6.51ppm 與 0.06%，其具有正相關的關係。而這也符合 Bin (2003)、Beydoun and Guldman (2006)、Washburn *et al.* (2001) 與 Anilovich and Hakkert (1996) 等人之分析結果。

3. 排氣量

排氣量之顯著性($t = -19.79$ 與 -26.99)僅次於車齡，HC 之係數為 -0.02，CO 則為 -0.0003，與移動污染源之排放濃度具有負相關的關係，代表排氣量每增加 1cc. 會減少碳氫化合物 0.02ppm 與一氧化碳 0.0003% 之排放濃度。此一結果亦與車輛污染相關文獻之研究結果一致(Bin, 2003; Beydoun and Guldman, 2006)。

4. 汽缸數

此變數在 HC 與 CO 模式中亦均顯著($t = 6.34$ 與 3.51)，且與污染排放濃度呈正相關，這也意味著隨著汽缸數增大，移動污染源排放濃度(HC 與 CO)也會隨著增加 3.79ppm 與 0.02%；此與 Bin (2003)、Beydoun and Guldman (2006) 之研究結果一致。

5. 車重

車重與移動污染源排放亦具有顯著正相關，即隨著車重增加，污染排放濃度亦愈高。

6. 行駛里程

行駛里程數之變數為顯著變數，對於 HC 與 CO 排放濃度呈正向關係；隨著

行駛里程增加 1 萬公里，HC 與 CO 排放濃度分別會提高 0.53ppm 與 0.002%。此結果符合先驗知識與相關文獻之分析結果。

為了避免各解釋變數間存在共線性問題，因此本研究亦計算 VIF 指標來診斷兩模式。一般來說，VIF 需小於 10，才不會使分析結果呈現偏差。由表 5.2 可以發現，所有解釋變數相關性之診斷指標均在合理的範圍內。

最後，兩模式之解釋能力均偏低，HC 模式之 R^2_{adj} 為 0.12，CO 模式之 R^2_{adj} 則為 0.11。本模式雖預測能力上仍有進一步改善之空間，但在分析上則因重要解釋變數均呈顯著，且正負符號亦與相關文獻結果相同，故在找出影響污染排放之關鍵因素上，分析能力仍可信。

5.1.2 機車污染排放模式

機車之 HC 與 CO 污染排放聯立迴歸模式如表 5.3 所示。

表 5.3 機車污染排放聯立模式

HC(ppm)				CO(%)			
變數	係數	t-value	VIF	變數	係數	t-value	VIF
常數	3790.60	97.5***	0	常數	-1.51	-34.38***	0
CO(%)	718.67	179.85***	1.18	HC(ppm)	0.001	179.85***	2.75
其他廠牌	411.30	11.57***	1.18	其他廠牌	-0.21	-5.91***	1.19
光陽	59.05	2.94***	1.39	光陽	-0.07	-3.43***	1.39
山葉	296.11	14.6***	1.44	山葉	-0.24	-11.67***	1.45
車齡(年)	30.35	12.81***	1.16	車齡(年)	0.01	6.10***	1.16
排氣量(cc.)	-18.64	-44.7***	3.25	排氣量(cc.)	0.01	23.07***	3.43
二/四行程	-2529.05	-86.92***	3.35	二/四行程	1.38	43.6***	4.05
行駛里程(萬公里)	-9.70	-2.16**	1.16	行駛里程(萬公里)	0.02	5.41***	1.16
R^2	0.70			R^2	0.31		
R^2_{adj}	0.70			R^2_{adj}	0.31		

註：標記「*」為 $\alpha=0.1$ 下為顯著者；標記「**」為 $\alpha=0.05$ 下為顯著者；標記「***」為 $\alpha=0.01$ 下為顯著者。

表 5.3 中，所有變數均呈顯著狀態，而共線性指標(VIF)亦均落在合理範圍

內。但在 HC 模式中結果指出，四行程機車之 HC 排放較二行程機車高；而行駛里程與 HC 排放呈負向關係。另外，在 CO 模式方面，排氣量則與 CO 排放呈正相關。由此可得知，機車之污染排放聯立迴歸模式之分析結果與先驗知識及相關文獻並不吻合；因此，如同汽車之分析方式，後續以單一迴歸進行操作，將 HC 與 CO 僅設為內生變數。各模式之參數校估結果如表 5.4。

表 5.4 機車之 HC 與 CO 污染排放模式

變數	HC(ppm)		CO(%)		Variance
	係數	t-value	係數	t-value	Inflation
常數	5636.25	135.99***	2.57	61.75***	0
其他廠牌	540.79	13.77***	0.18	4.57***	1.18
光陽	19.56	0.88	-0.05	-2.47**	1.39
山葉	260.83	11.64***	-0.05	-2.18**	1.44
車齡(年)	84.98	32.73***	0.08	29.18***	1.13
排氣量(cc.)	-24.03	-52.28***	-0.01	-16.28***	3.23
二/四行程	-3200.59	-100.34***	-0.93	-29.19***	3.28
行駛里程(萬公里)	16.30	3.28***	0.04	7.26***	1.16
R^2	0.64		0.15		-
R^2_{adj}	0.64		0.15		-

註：標記「*」為 $\alpha=0.1$ 下為顯著者；標記「**」為 $\alpha=0.05$ 下為顯著者；標記「***」為 $\alpha=0.01$ 下為顯著者。

表 5.4 中之二/四行程為虛擬變數，若其值為 1 代表該車輛為四行程機車，若為 0 則為二行程機車；另外，廠牌方面(其他廠牌、光陽、山葉)如同汽車，若為該廠牌之車輛則變數值為 1，反之則為 0。針對模式各變數之校估結果說明如下。

1. 廠牌

根據環保署所提供之機車定檢資料之分析結果指出，在 HC 模式中，光陽廠牌變數不顯著($t < 1.96$)，而 CO 模式中之廠牌變數均呈現顯著。由於廠牌比較之基礎為「三陽」，如同汽車廠牌之分析，各機車廠牌迴歸係數之正負號即代表較「三陽」廠牌車輛排放污染濃度之高低。以 HC 為例，由於其他廠牌與山葉之係數均為正，相較之下，三陽廠牌車輛之 HC 排放濃度較低，而又以其他廠牌車輛之排放濃度最高；CO 方面，光陽與山葉之迴歸係數均為-0.05，其他廠牌則為

0.18，因此亦可得知光陽與山葉廠牌車輛之平均一氧化碳排放濃度較三陽低 0.05%，其他廠牌之車輛平均高 0.18%。

2. 車齡

在兩模式中，車齡變數均為顯著($t=32.73$ 與 29.18)，且由其係數可以發現，車齡與移動污染源排放濃度均呈正相關，也就是說平均車齡每增加 1 年，其 HC 與 CO 排放濃度分別會提高 84.98ppm 與 0.08%。

3. 排氣量

排氣量亦為顯著的變數之一，且與 HC 與 CO 排放濃度具有負向關係；即隨著排氣量每增加 1cc，HC 與 CO 排放各會減少 24.03ppm 與 0.01%。

4. 二/四行程

若其值為 1，代表四行程機車，若為 0 則為二行程機車；從迴歸分析結果可以發現，二/四行程在 HC 與 CO 模式中為最顯著之變數($t=-100.34$ 與 -29.19)，且其係數皆為負，這也表示四行程機車之污染排放濃度較低；尤其是 HC，相較於二行程機車，約減少 3200ppm。

5. 行駛里程

行駛里程變數在 HC 與 CO 模式中亦均為顯著，且與移動污染源之排放呈正相關。平均機車每行駛 1 萬公里，其 HC 排放濃度會增加 16.3ppm，CO 則為 0.04%，這也符合先驗知識之認知。

在解釋變數之相關性診斷上，如同汽車污染模式，利用 VIF 指標來判斷，是否會導致模式分析結果出現偏差。診斷結果發現，各變數之指標均落在合理之範圍內。另外，HC 模式之解釋能力較佳， R^2_{adj} 為 0.64，CO 模式則較低($R^2_{adj}=0.15$)。其各模式之重要變數均顯著，故在找出影響污染排放濃度之關鍵因素上，分析能力亦仍可信。

5.2 車齡與車型污染類別分析

根據 5.1 節中汽、機車之污染排放模式分析結果可以發現，不論是在 HC 或 CO 模式中，車齡與排氣量均為顯著性非常高之變數，且在相關文獻中亦常被納入分析；另外，若要擬訂車輛污染管制策略，針對車齡或排氣量來實施亦較為容易，且可行性亦較高。因此，在本小節中，便針對此兩變數進行深入的分析，以提供主管機關策略擬訂之參考。

車齡與車型污染分類上，主要可分為汽車與機車兩大類。在模式之建構方

面，車型變數以排氣量來代表，變量則是移動污染源(即 HC 與 CO)，類別變數則分別為車齡與排氣量。由於車齡與排氣量兩變數為連續變數，為能使之能進行 MANOVA 檢定並避免分類結果過於繁雜，因此透過離散化的步驟，先將兩變數轉為類別變數，再與 HC、CO 進行檢定工作。汽車與機車之資料前處理與分析過程如後所述。

5.2.1 汽車車齡與車型分類

以下亦以臺北市監理處車輛定檢資料作為分析基礎。在分析不同車型車齡群組間之 HC 及 CO 兩種污染源排放濃度之顯著差異時，則利用多變量變異數分析 (Multivariate Analysis of Variance, MANOVA) 方法加以檢定。分別說明如下。

1. 汽車車齡

在進行 MANOVA 之前，為避免分類結果群組數過多，導致在檢定上之困難，故先將車齡適當分類，再透過變異數分析來驗證各群組對於污染排放濃度是否有顯著差異。不具有顯著差異之群組則可進一步加以合併，以減少分類群組數，減少後續車型車齡模式設定替選方案時之困擾。表 5.5 為臺北市監理處定檢資料各車齡之車輛數、平均移動污染源排放濃度與標準差；其中以車齡為 7 年之車輛居多，佔 14.48%(10,328 輛)，平均排放之 HC 與 CO 分別為 48.06ppm 與 0.18%。圖 5.1 為車齡分佈圖，圖 5.2 則為各車齡車輛之平均污染排放濃度情形。

表 5.5 汽車各車齡之車輛數與平均污染排放濃度

車齡(年)	樣本數(輛)	百分比	HC(ppm)		CO(%)	
			平均值	標準差	平均值	標準差
6	7552	10.59%	42.45	44.90	0.16	0.28
7	10328	14.48%	48.06	48.12	0.18	0.32
8	9480	13.29%	52.63	51.47	0.21	0.37
9	8310	11.65%	59.02	54.90	0.25	0.42
10	7123	9.98%	66.00	59.94	0.30	0.49
11	7479	10.48%	73.87	65.38	0.34	0.55
12	8487	11.90%	77.71	67.62	0.40	0.60
13	5763	8.08%	86.45	74.83	0.49	0.71
14	3298	4.62%	95.19	82.98	0.60	0.81
15	1832	2.57%	110.83	90.67	0.74	0.90
16	954	1.34%	120.52	99.64	0.95	1.00
17	442	0.62%	135.43	98.27	1.04	1.03
18	185	0.26%	123.06	95.78	0.95	1.03
19	80	0.11%	118.95	94.25	1.33	1.20
20	25	0.04%	160.84	114.73	1.24	1.10
合計	71338	100%	-			

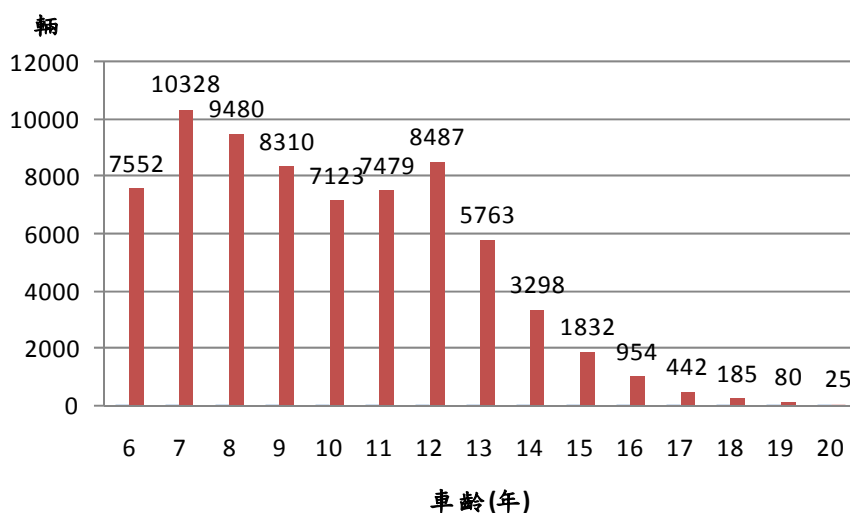


圖 5.1 汽車各車齡之車輛數分佈情形

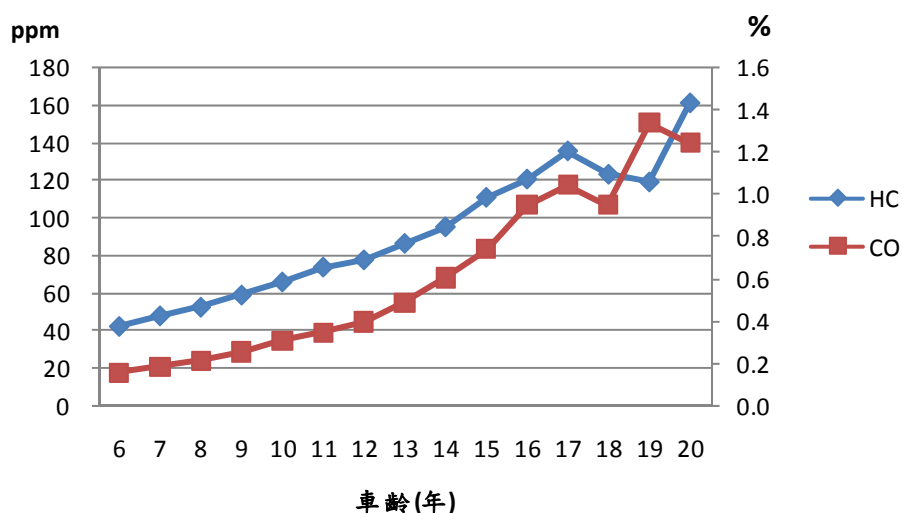


圖 5.2 汽車各車齡車輛之平均污染排放濃度

由圖 5.2 可以發現，整體來說，HC 與 CO 會隨著車齡增加，其污染排放濃度亦愈高；但車齡為 18、19 與 20 年之車輛其趨勢卻有稍微的不同。因此，根據此圖形，先將車齡初步分為 6 組，即 6-8 年, 9-11 年, 12-14 年, 15-17 年, 18-19 年, 20 年以上等，如表 5.6、圖 5.3 所示。其中，以車齡為 6-8 年之車輛佔多數，共 27360 輛(38.35%)。最後，利用 MANOVA 方法來檢定不同車齡群組之移動污染源排放濃度是否具有顯著差異。表 5.7 為車齡之 MANOVA 結果。

表 5.6 汽車各車齡群組之車輛數與平均污染排放濃度

組別	車齡 (年)	樣本數 (輛)	百分比	HC(ppm)		CO(%)	
				平均值	標準差	平均值	標準差
1	6-8	27360	38.35%	48.09	48.62	0.18	0.33
2	9-11	22912	32.12%	66.04	60.36	0.30	0.49
3	12-14	17548	24.60%	83.87	73.40	0.46	0.69
4	15-17	3228	4.52%	117.06	94.81	0.84	0.96
5	18-19	265	0.37%	121.82	95.16	1.06	1.09
6	20	25	0.04%	160.84	114.73	1.24	1.10
合計	-	71338	100%	-			

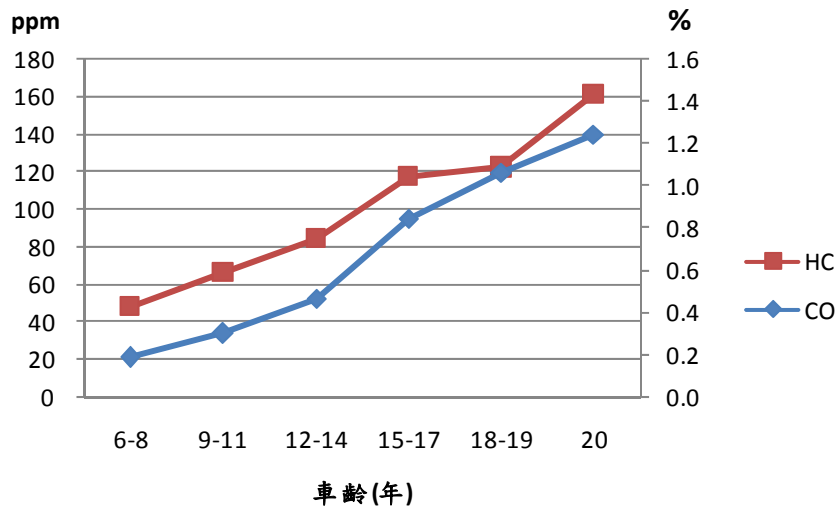


圖 5.3 汽車各車齡群組之平均污染排放濃度

表 5.7 汽車各車齡群組之 MANOVA 分析結果

統計量	數值	P-Value
Wilks' Lambda	0.89	<.0001
Pillai's Trace	0.11	<.0001
Hotelling-Lawley Trace	0.13	<.0001
Roy's Greatest Root	0.13	<.0001

由表 5.7 得知 MANOVA 結果之四種檢定統計量(Wilks, Pillai, Hotelling, Roy)，其中以 Wilks' Lambda 較為常用；P 值小於 0.05，代表車齡變數對 HC 與 CO 之排放濃度有顯著的影響。此外，為了解不同車齡群組間之移動污染源排放濃度差異性，因此利用 Tukey HSD(Honestly Significant Difference)方法來檢定，結果如表 5.8 所示。

表 5.8 汽車各車齡群組之 HC 與 CO Tukey 檢定結果表

Group Comparison	HC (ppm)		CO (%)	
	Difference Between Means	Significant (***)	Difference Between Means	Significant (***)
1 - 2	-17.94	***	-0.12	***
1 - 3	-35.77	***	-0.28	***
1 - 4	-68.97	***	-0.66	***
1 - 5	-73.72	***	-0.88	***
1 - 6	-112.75	***	-1.06	***
2 - 1	17.94	***	0.12	***
2 - 3	-17.83	***	-0.17	***
2 - 4	-51.03	***	-0.54	***
2 - 5	-55.78	***	-0.76	***
2 - 6	-94.80	***	-0.94	***
3 - 1	35.77	***	0.28	***
3 - 2	17.83	***	0.17	***
3 - 4	-33.20	***	-0.38	***
3 - 5	-37.95	***	-0.60	***
3 - 6	-76.97	***	-0.78	***
4 - 1	68.97	***	0.66	***
4 - 2	51.03	***	0.54	***
4 - 3	33.20	***	0.38	***
4 - 5	-4.76		-0.22	***
4 - 6	-43.78	***	-0.40	***
5 - 1	73.72	***	0.88	***
5 - 2	55.78	***	0.76	***
5 - 3	37.95	***	0.60	***
5 - 4	4.76		0.22	***
5 - 6	-39.02	***	-0.18	
6 - 1	112.75	***	1.06	***
6 - 2	94.80	***	0.94	***
6 - 3	76.97	***	0.78	***
6 - 4	43.78	***	0.40	***
6 - 5	39.02	***	0.18	

由表 5.8 可得知，在 HC 方面，群組 4(車齡 15-17 年)與群組 5(車齡 18-19 年)之 HC 平均排放濃度未有顯著差異；在 CO 方面，群組 5(車齡 18-19 年)與群組 6(車齡 20 年)在 CO 平均排放濃度上亦未有顯著差異。因此，可進一步將未顯著之群組各自合併。即將車齡合併為 5 組：(1)HC：6-8 年，9-11 年，12-14 年，15-19

年，20 年(2)CO：6-8 年，9-11 年，12-14 年，15-17 年，18-20 年。最後，基於以上 Tukey 之分析結果，在車齡方面，本研究將汽車之車齡分 6-8 年，9-11 年，12-14 年，15-20 年，共 4 組，以作為車齡分類之依據。

2. 汽車車型

在車型方面，以排氣量基準來分類。表 5.9 為臺灣針對不同排氣量車輛牌照之分類(小客車)。初步以此為依據將車輛之排氣量分組，後續再進行多變量變異數之檢定。

表 5.9 汽車不同排氣量車輛之分類

No.	汽缸總排氣量(立方公分)
1	500 以下
2	501-600
3	601-1200
4	1201-1800
5	1801-2400
6	2401-3000
7	3001-4200
8	4201-5400
9	5401-6600
10	6601-7800
11	7801 以上

根據上表，配合定檢資料，大略可分為 6 組：501-600cc., 601-1200cc., 1201-1800cc., 1801-2400cc., 2401-3000cc., 3001-4200cc.。其中，排氣量 501-600cc. 之車輛數僅有一輛，3001-4200cc. 車輛數則亦僅有 6 輛；由於 MANOVA 檢定所建議之群組(cell)最小樣本數為 20 筆，而兩組之樣本數均明顯地偏低，進而將 501-600cc. 與 601-1200cc. 群組合併，2401-3000cc. 與 3001-4200cc. 合併。因此，初步之分類結果共有 4 組：501-1200cc.(即 1200cc. 以下)，1201-1800cc.，1801-2400cc.，2401-4200cc.。各群組之樣本數所佔比例與平均污染排放濃度如表 5.10 所示，以 1201-1800cc. 之車輛居多，共 38,061 筆，約佔 53%。

表 5.10 汽車各排氣量群組之車輛數與平均污染排放濃度

組別	排氣量 (cc.)	樣本數 (輛)	百分比	HC(ppm)		CO(%)	
				平均值	標準差	平均值	標準差
1	501-1200	10411	14.59%	84.52	76.99	0.58	0.78
2	1201-1800	38061	53.35%	67.04	64.72	0.29	0.52
3	1801-2400	21276	29.82%	57.77	56.29	0.27	0.45
4	2401-4200	1590	2.23%	34.06	43.55	0.17	0.42
合計	-	71338	100%	-			

各群組車輛之平均污染量繪如圖 5.4 所示。由圖知，HC 與 CO 排放濃度大致上會隨著排氣量增加而減少。如同以上車齡變數之分析步驟，利用 MANOVA 探討排氣量變數對於移動污染源之排放是否有顯著影響，分析結果如表 5.11 所示。

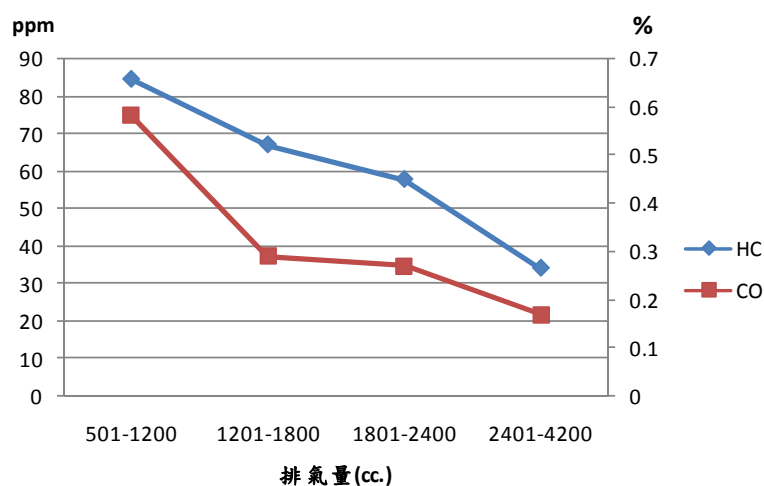


圖 5.4 汽車各排氣量群組之車輛平均污染排放濃度

表 5.11 汽車各排氣量群組之 MANOVA 分析結果

統計量	數值	P-Value
Wilks' Lambda	0.95	<.0001
Pillai's Trace	0.05	<.0001
Hotelling-Lawley Trace	0.05	<.0001
Roy's Greatest Root	0.04	<.0001

表 5.11 中 Wilks' Lambda 之 P 值小於 0.05，代表排氣量對於移動污染源(HC、CO)之排放濃度有顯著的影響。另外，亦進一步利用 Tukey HSD 來檢定不同排氣

量群組之車輛(共 4 組)污染排放濃度之差異性，分析結果如表 5.12。

表 5.12 汽車各排氣量群組之 HC 與 CO Tukey 檢定結果表

Group Comparison	HC(ppm)		CO(%)	
	Difference Between Means	Significant (***)	Difference Between Means	Significant (***)
1 - 2	17.49	***	0.29	***
1 - 3	26.75	***	0.31	***
1 - 4	50.47	***	0.41	***
2 - 1	-17.49	***	-0.29	***
2 - 3	9.26	***	0.02	***
2 - 4	32.98	***	0.12	***
3 - 1	-26.75	***	-0.31	***
3 - 2	-9.26	***	-0.02	***
3 - 4	23.72	***	0.09	***
4 - 1	-50.47	***	-0.41	***
4 - 2	-32.98	***	-0.12	***
4 - 3	-23.72	***	-0.09	***

從表 5.12 中可以發現各排氣量群組車輛 HC 與 CO 之 Tukey HSD 檢定結果一致，不論是在 HC 或 CO 上，組與組之間均有顯著的差異。因此，基於此結果，本研究建議可將汽車車型依排氣量進行分組，即 1200cc.以下，1201-1800cc.，1801-2400cc.，2401-4200cc.，共 4 組。

5.2.2 機車車齡與車型分類

機車車齡與車型之分類亦依上述分析步驟進行，說明如下：

1. 機車車齡

表 5.13 為環保署機車定檢資料各車齡車輛數、平均污染排放濃度與標準差。其中可以發現車齡為 10 年之車輛較多，共 6,106 輛，佔 9.79%，其次為車齡 9 年之車輛(9.19%)。

表 5.13 機車各車齡之車輛數與平均污染排放濃度

車齡(年)	樣本數 (輛)	百分比	HC(ppm)		CO(%)	
			平均值	標準差	平均值	標準差
4	4068	6.53%	1410.07	2244.04	1.59	1.72
5	4691	7.52%	1569.05	2316.62	1.68	1.75
6	4557	7.31%	1629.07	2434.22	1.71	1.78
7	5347	8.58%	1903.97	2671.00	1.73	1.85
8	5590	8.97%	2407.03	2912.23	1.96	1.84
9	5731	9.19%	2593.59	3037.37	2.04	1.87
10	6106	9.79%	2993.88	3094.03	2.29	1.92
11	5473	8.78%	3263.27	3102.07	2.49	1.97
12	5309	8.52%	3267.46	3180.80	2.45	1.97
13	5398	8.66%	3286.51	3283.33	2.57	2.10
14	4332	6.95%	3228.68	3221.16	2.62	2.13
15	2674	4.29%	3027.77	3182.25	2.67	2.19
16	1410	2.26%	3395.30	3190.88	2.83	2.18
17	664	1.07%	3703.37	3229.39	3.06	2.19
18	319	0.51%	4583.27	3084.12	3.18	1.82
19	225	0.36%	4170.97	3147.34	3.05	1.87
20	119	0.19%	3617.81	3010.46	3.13	1.93
21	100	0.16%	3864.58	3002.41	3.26	2.12
22	86	0.14%	4843.81	2946.05	3.47	1.82
23	73	0.12%	5358.30	2930.54	3.48	2.02
24	71	0.11%	4897.18	2621.88	3.07	1.93
合計	62343	100%	-			

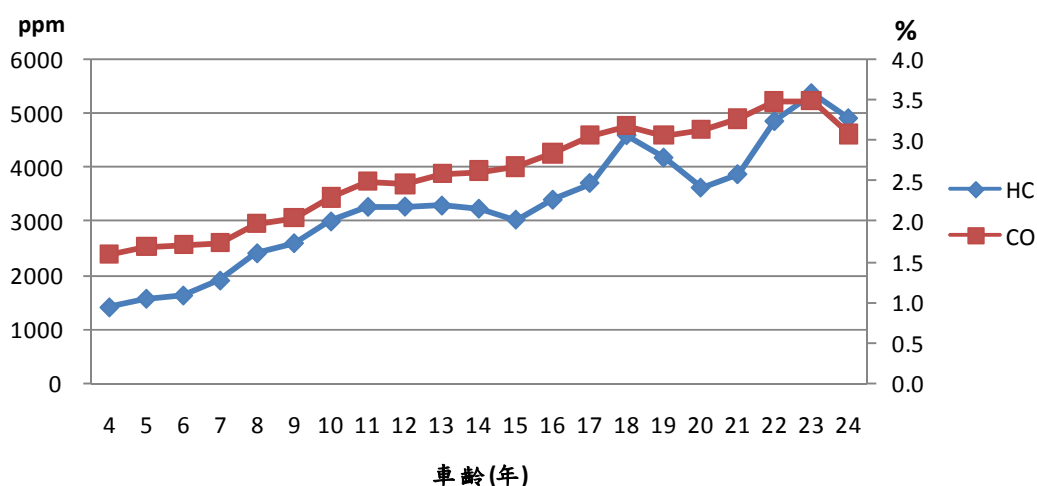


圖 5.5 機車各車齡之車輛平均污染排放濃度

由圖 5.5 可以看出各車齡之車輛平均污染排放濃度成長趨勢，以此為依據初

步將車齡作區隔，共分為 6 組：4-7 年，8-10 年，11-15 年，16-18 年，19-21 年，22-24 年；各組之基本敘述性統計與圖表如表 5.14 及圖 5.6 所示。

表 5.14 機車各車齡群組之車輛數與平均污染排放濃度

組別	車齡 (年)	樣本數 (輛)	百分比	HC(ppm)		CO(%)	
				平均值	標準差	平均值	標準差
1	4-7	18663	29.94%	1645.01	2443.20	1.68	1.78
2	8-10	17427	27.95%	2674.00	3027.92	2.10	1.88
3	11-15	23186	37.19%	3236.02	3195.09	2.54	2.06
4	16-18	2393	3.84%	3639.15	3210.57	2.94	2.14
5	19-21	444	0.71%	3953.71	3081.14	3.12	1.94
6	22-24	230	0.37%	5023.58	2841.80	3.35	1.92
合計	-	62343	100%	-			

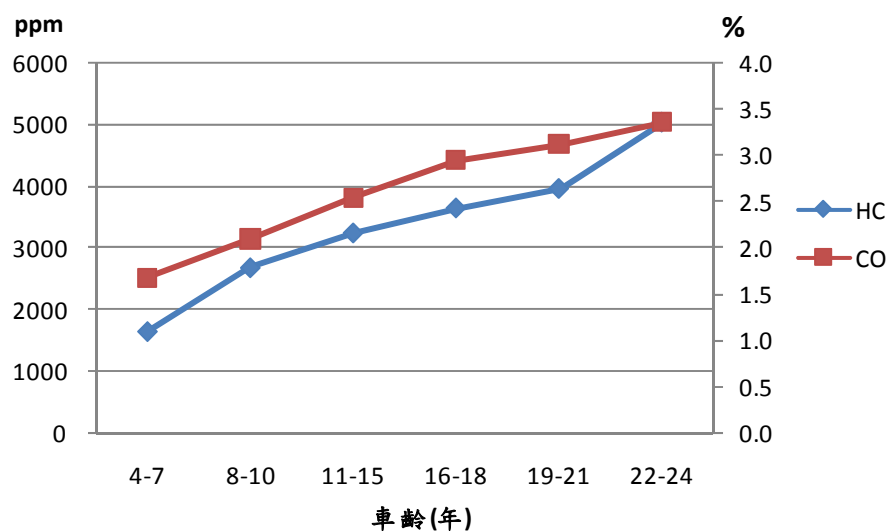


圖 5.6 機車各車齡群組之車輛平均污染排放濃度

由表 5.12 及圖 5.6 知，車齡以 11-15 年群組之車輛居多，共 23,186 輛，佔車輛總數之 37.19%，平均 HC 與 CO 排放濃度分別為 3236.02ppm 與 2.54%。最後，根據各車齡群組，利用 MANOVA 檢定車齡變數對於 HC、CO 是否有顯著的影響，分析結果如表 5.15。

表 5.15 機車各車齡群組之 MANOVA 分析結果

統計量	數值	P-Value
Wilks' Lambda	0.94	<.0001
Pillai's Trace	0.06	<.0001
Hotelling-Lawley Trace	0.07	<.0001
Roy's Greatest Root	0.07	<.0001

四種不同檢定量之 P 值皆小於 0.05，顯示車齡與移動污染源排放濃度有顯著的關聯性。因此，為了探討車齡層級(level)與層級間之差異性，進一步利用 Tukey HSD 方法來檢定，其結果如表 5.16 所示。從 Tukey 之檢定結果主要分為兩部分，分別為 HC 與 CO 排放濃度檢定。在 HC 方面，群組 4(車齡 16-18 年)與群組 5(車齡 19-21 年)在 HC 排放濃度上未有顯著的差異，因此可將兩組合併；在 CO 方面，群組 4(車齡 16-18 年)與群組 5(車齡 19-21 年)無顯著差異，而群組 5 與群組 6(車齡 22-24)又無顯著差異，此三組亦可進行合併。由 Tukey 得到之分組結果為：(1)HC：4-7 年，8-10 年，11-15 年，16-21 年，22-24 年，共 5 組(2)CO：4-7 年，8-10 年，11-15 年，16-24 年，共 4 組。在機車方面，根據以上分析結果，本研究建議可將車齡分為 4 個群組，即 4-7 年，8-10 年，11-15 年，16-24 年。

表 5.16 機車各車齡群組之 HC 與 CO Tukey 檢定結果表

Group Comparison	HC(ppm)		CO(%)	
	Difference Between Means	Significant (***)	Difference Between Means	Significant (***)
1 - 2	-1028.99	***	-0.42	***
1 - 3	-1591.01	***	-0.86	***
1 - 4	-1994.14	***	-1.26	***
1 - 5	-2308.70	***	-1.43	***
1 - 6	-3378.58	***	-1.67	***
2 - 1	1028.99	***	0.42	***
2 - 3	-562.02	***	-0.44	***
2 - 4	-965.15	***	-0.84	***
2 - 5	-1279.71	***	-1.02	***
2 - 6	-2349.58	***	-1.25	***
3 - 1	1591.01	***	0.86	***
3 - 2	562.02	***	0.44	***
3 - 4	-403.13	***	-0.40	***
3 - 5	-717.69	***	-0.57	***
3 - 6	-1787.56	***	-0.80	***
4 - 1	1994.14	***	1.26	***
4 - 2	965.15	***	0.84	***
4 - 3	403.13	***	0.40	***
4 - 5	-314.56		-0.18	
4 - 6	-1384.44	***	-0.41	***
5 - 1	2308.70	***	1.43	***
5 - 2	1279.71	***	1.02	***
5 - 3	717.69	***	0.57	***
5 - 4	314.56		0.18	
5 - 6	-1069.88	***	-0.23	
6 - 1	3378.58	***	1.67	***
6 - 2	2349.58	***	1.25	***
6 - 3	1787.56	***	0.80	***
6 - 4	1384.44	***	0.41	***
6 - 5	1069.88	***	0.23	

2. 機車車型

圖 5.7 與圖 5.8 為隨機抽樣之機車定檢資料(62,343 筆)排氣量對移動污染源排放濃度情形。其中，大致可將排氣量區分為五組：50cc.以下(≤ 50 cc.)，51-90cc.，91-110cc.，111-125cc.，126-150cc.，其各組之樣本數、平均污染排放濃度如表 5.17

及圖 5.9 所示。

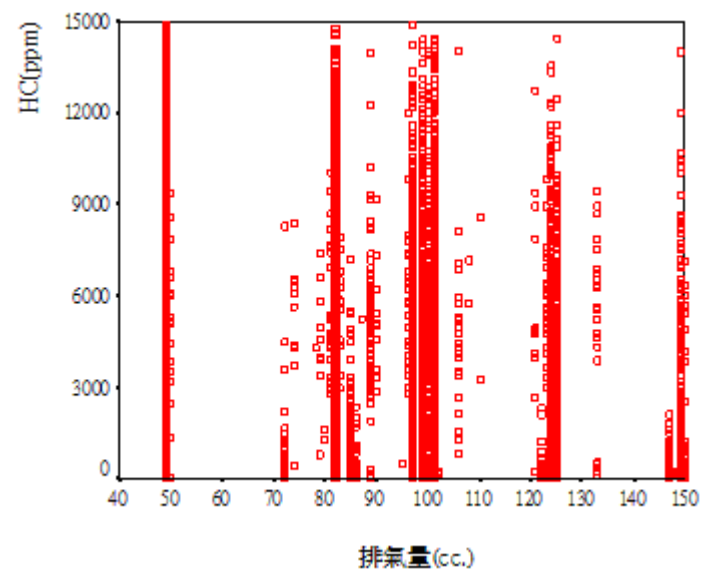


圖 5.7 機車各排氣量車輛之 HC 排放濃度情形

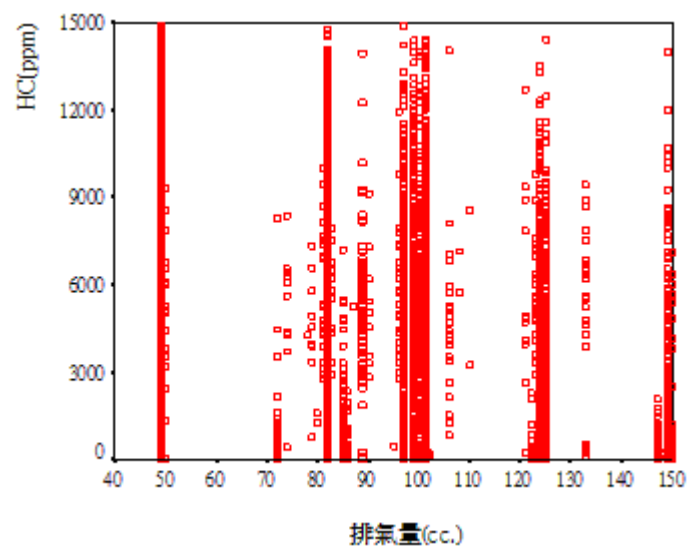


圖 5.8 機車各排氣量車輛之 CO 排放濃度情形

表 5.17 機車各排氣量群組之車輛數與平均污染排放濃度

組別	排氣量 (cc.)	樣本數	百分比	HC(ppm)		CO(%)	
				平均值	標準差	平均值	標準差
1	≤50	20915	33.55%	5276.93	2506.07	3.00	1.70
2	51-90	4558	7.31%	4567.59	2819.58	2.77	1.78
3	91-100	7571	12.14%	2567.98	3027.24	1.95	1.84
4	111-125	27880	44.72%	439.21	971.22	1.57	1.98
5	126-150	1419	2.28%	758.90	1689.76	1.62	1.99
合計	-	62343	100%	-			

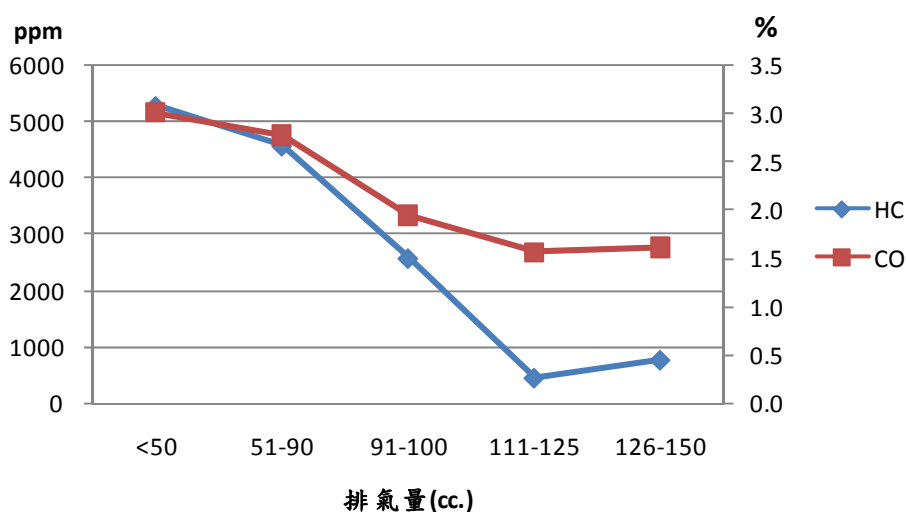


圖 5.9 機車各排氣量群組之平均污染排放濃度

在機車定檢資料中，排氣量群組初步分為 5 組，其中以第 4 組(111-125cc.)之車輛數最多，佔 44.72%(27,880 筆)。從圖 5.9 可知，污染排放濃度大致上會隨著排氣量增加而減少，唯 126-150cc.之車輛有稍微增加之趨勢。最後，為了確定排氣量與移動污染源排放濃度是否有關聯性，亦以 MANOVA 方法同時來檢定排氣量對 HC 與 CO 排放濃度之關係。表 5.18 為排氣量之 MANOVA 分析結果。

表 5.18 機車各排氣量群組之 MANOVA 分析結果

統計量	數值	P-Value
Wilks' Lambda	0.46	<.0001
Pillai's Trace	0.54	<.0001
Hotelling-Lawley Trace	1.16	<.0001
Roy's Greatest Root	1.16	<.0001

表 5.18 之 Wilks' Lambda 檢定量(P 值)小於 0.05，這也代表不同排氣量對於 HC 與 CO 排放濃度是有顯著差異的。另外，Tukey HSD 之檢定結果如表 5.19。

Tukey 之檢定結果亦分為 HC 與 CO 兩部分探討。在 HC 方面，各排氣量群組與群組間之 HC 排放濃度均有顯著的差異；在 CO 方面，群組 4(排氣量 111-125cc.)與群組 5(排氣量 126-150cc.)未有顯著差異，可進行合併。Tukey 所得到的分組結果如下：(1)HC：50cc.以下，51-90cc.，91-110cc.，111-125cc.，126-150cc.，共 5 組(2)CO：50cc.以下，51-90cc.，91-110cc.，111-150cc.，共 4 組。因此，基於以上分析與討論，本研究建議將機車之排氣量分為以下 4 組：50cc.以下，51-90cc.，91-110cc.，111-150cc.，以作為機車車型分類之參考。

表 5.19 機車各排氣量群組之 HC 與 CO Tukey 檢定結果表

Group Comparison	HC(ppm)		CO(%)	
	Difference Between Means	Significant (***)	Difference Between Means	Significant (***)
1 - 2	709.34	***	0.23	***
1 - 3	2708.94	***	1.06	***
1 - 4	4837.71	***	1.44	***
1 - 5	4518.03	***	1.39	***
2 - 1	-709.34	***	-0.23	***
2 - 3	1999.60	***	0.83	***
2 - 4	4128.37	***	1.21	***
2 - 5	3808.69	***	1.16	***
3 - 1	-2708.94	***	-1.06	***
3 - 2	-1999.60	***	-0.83	***
3 - 4	2128.77	***	0.38	***
3 - 5	1809.08	***	0.33	***
4 - 1	-4837.71	***	-1.44	***
4 - 2	-4128.37	***	-1.21	***
4 - 3	-2128.77	***	-0.38	***
4 - 5	-319.69	***	-0.05	
5 - 1	-4518.03	***	-1.39	***
5 - 2	-3808.69	***	-1.16	***
5 - 3	-1809.08	***	-0.33	***
5 - 4	319.69	***	0.05	

5.3 污染排放之結構方程模式

本小節主要係利用結構方程模式來詮釋 HC 與 CO 污染源之排放，主要區分為汽車與機車結構模式。每個關聯模式中均包含 3 個潛在變項，分別為車主社經背景、車輛使用行為與車輛基本特性，另外還有 1 個觀察變項(主要用車區域)；兩模式之分析步驟與過程大同小異。在 3.1.3 小節中，已將資料串聯完成後之變數進行分類工作，各個潛在變項均包含各自的觀察變項，也就是在 SEM 中之測量模型。

在汽、機車之結構模型方面，經由專業知識判斷、部分文獻及專家訪談後，初步假設其變項間之關係，如圖 5.10。

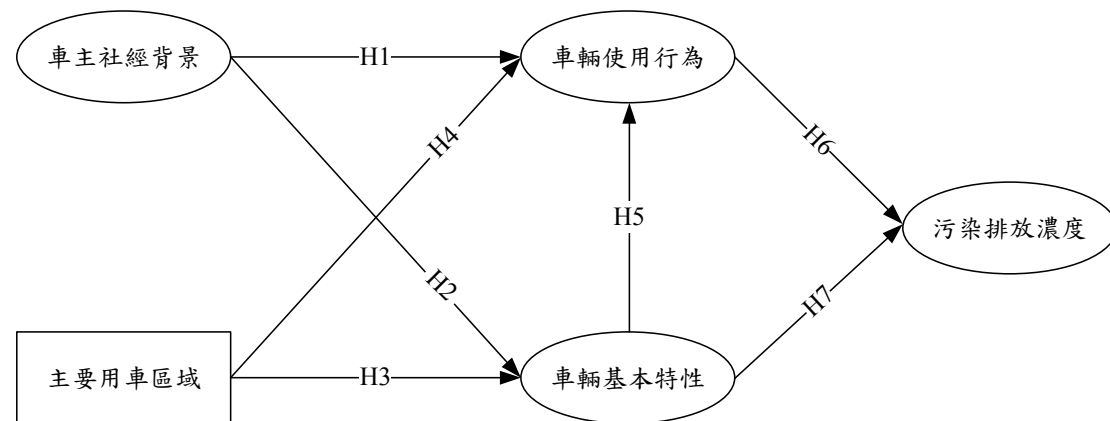


圖 5.10 汽、機車之結構模型

從圖 5.10 可以發現，共假設存在 7 個因果關係：

- H1: 車輛使用行為會受到車主社經背景之影響；
- H2: 車輛基本特性會受到車主社經背景之影響；
- H3: 車輛基本特性會受到主要用車區域之影響；
- H4: 車輛使用行為會受到主要用車區域之影響；
- H5: 車輛使用行為會受到車輛基本特性之影響；
- H6: 污染排放濃度會受到車輛使用行為之影響；
- H7: 污染排放濃度會受到車輛基本特性之影響。

在進行分析之前，針對納入分析之變數說明如表 5.20：

表 5.20 關聯模式變數說明

構面	包含變數	連續變數	類別變數	說明	備註
車主 社經 背景	年齡(歲)	✓		-	主要駕駛人之年齡
	性別		✓	1：男 0：女	主要駕駛人之性別
	教育程度		✓	1：國小以下 2：國中 3：高中 4：大專 5：碩士以上	主要駕駛人之教育程度
	個人月所得(萬元)	✓		-	主要駕駛人之月所得
	駕駛年資(年)	✓		-	主要駕駛人之駕駛年資
主要 用車 區域	-		✓	1：主要都會 2：次要都會 3：一般城市	-
車輛 基本 特性	車齡(年)	✓		-	-
	手/自排車		✓	1：自排車 0：手排車	汽車
	打檔/非打檔車		✓	1：非打檔車 0：打檔車	機車
	排氣量(cc.)	✓		-	-
	燃油類型		✓	1：95 或 98 無鉛汽油 0：92 無鉛汽油	-
	二/四行程		✓	1：四行程 0：二行程	機車
車輛 使用 行為	總行駛里程(公里)	✓		-	-
	年行駛里程(公里)	✓		-	-
	每週通勤天數(天)	✓		-	-
污染 排放 濃度	HC(ppm)	✓		-	-
	CO(%)	✓		-	-

表 5.20 中，模式其所包含的變數可分為連續變數與類別變數。連續變數如年齡、個人月所得、駕駛年資、車齡、排氣量、總行駛里程、年行駛里程、每周天勤天數、HC 與 CO；類別變數為性別、教育程度、主要用車區域、手/自排車(汽車)、打檔/非打檔車(機車)、燃油類型與二/四行程(機車)。在後續分析上，則採用最大概似估計法(Maximum Likelihood Estimation, ML)來進行參數校估之工作。

5.3.1 汽車污染排放結構模式

汽車污染排放關聯模式之架構如圖 5.11 所示。

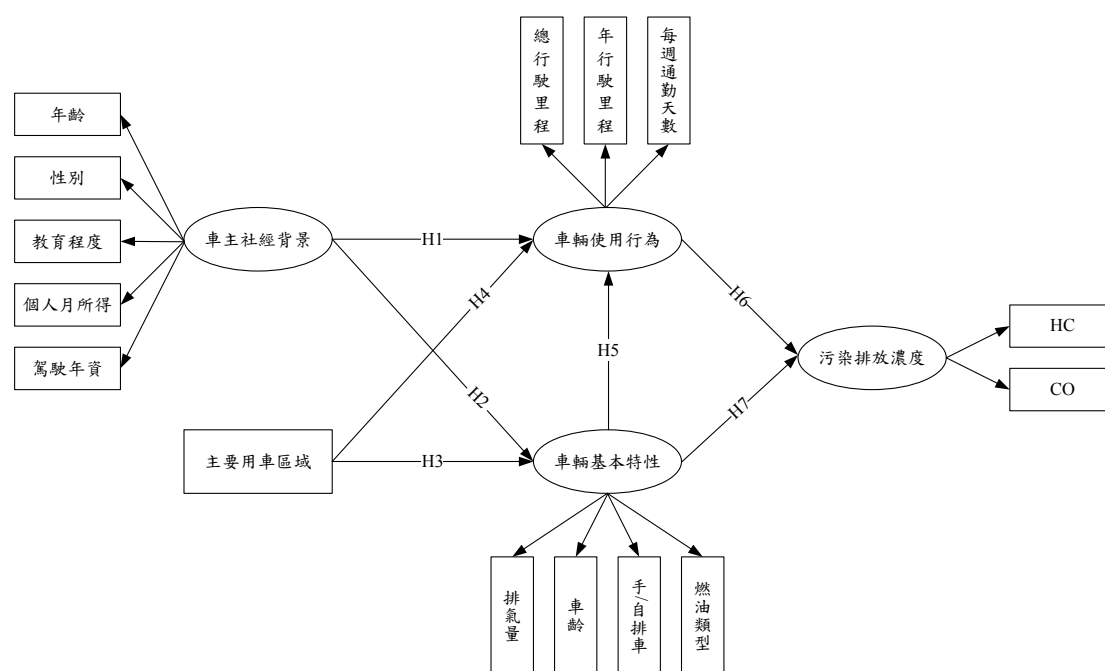


圖 5.11 汽車污染排放關聯模式

而汽車之各測量模型之分析結果如表 5.21。

表 5.21 汽車關聯模式各測量模型校估結果

潛在變項	觀察變項	迴歸係數	因素負荷量	t-value	組合信度	平均變異數抽取量
車主社經背景	年齡	1	0.73	-	0.65	0.33
	性別	0.75	0.33	8.45***		
	教育程度	-0.44	-0.36	-9.45***		
	個人月所得	0.15	0.11	2.86***		
	駕駛年資	1.22	0.94	14.12***		
車輛基本特性	排氣量	1	0.12	-	0.48	0.24
	車齡	-8.49	-0.80	-2.76***		
	手/自排車	9.05	0.46	2.73***		
	燃油類型	5.52	0.29	2.61***		
車輛使用行為	總行駛里程	-	-	-	-	-
	年行駛里程	-	-	-		
	每週通勤天數	-	-	-		
污染排放濃度	HC	1	0.56	-	0.56	0.39
	CO	1.25	0.68	9.49***		

註：標記「*」為 $\alpha=0.1$ 下為顯著者；標記「**」為 $\alpha=0.05$ 下為顯著者；標記「***」為 $\alpha=0.01$ 下為顯著者。

由表 5.21 可以發現，在車主社經背景、車輛基本特性與污染排放濃度構面下之各觀察變項均呈高度顯著。雖有部分變數之因素負荷量小於 0.4，但基於本研究之資料來源均為實際資料，非利用李克特尺度法調查而獲得；相較之下，因素負荷量之值便會較低，因此將此變數予以保留。在各測量模型之組合信度方面，亦可在接受之範圍。值得注意的是，在車輛使用行為之測量模型，透過最大概似法校估後，無法得到收斂之結果，因此便剔除一變數，嘗試所有可能之組合；所得到之結果如表 5.22。

表 5.22 車輛使用行為測量模型參數校估結果

觀察變項	迴歸係數	因素負荷量	t-value	迴歸係數	因素負荷量	t-value	迴歸係數	因素負荷量	t-value
總行駛里程				1	0.27	-	-	-	-
年行駛里程							-	-	-
每週通勤天數	2.14	0.16	3.03***	-1.37	-0.20	-3.76***			

註：標記「*」為 $\alpha=0.1$ 下為顯著者；標記「**」為 $\alpha=0.05$ 下為顯著者；標記「***」為 $\alpha=0.01$ 下為顯著者。

表 5.22 中變數均達到顯著。但若僅納入年行駛里程與每週通勤天數，組合信度為 0.04；若納入總行駛里程與每週通勤天數之組合信度為 0.10；兩者均過低。而總行駛里程與年行駛里程亦無法達到收斂。鑒於此因素，無法構成車輛使用行為此測量模型，因此便以年行駛里程變數來取代此構面，如圖 5.12，以利後續之分析工作能順利進行。

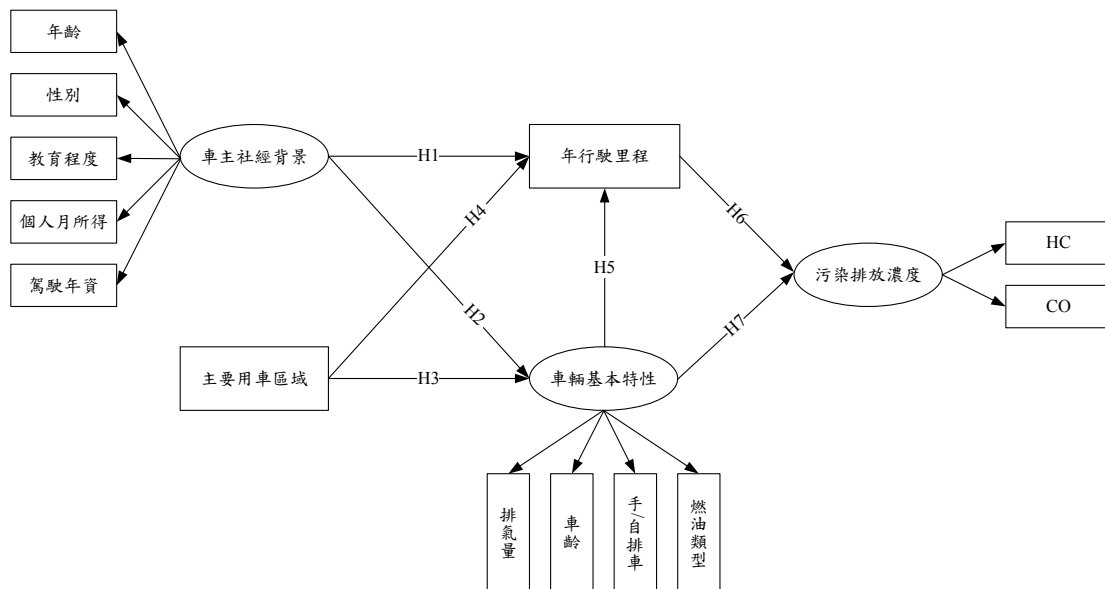


圖 5.12 修改後之汽車污染排放關聯模式

表 5.23 汽車污染關聯模式配適度表

配適度指標	判斷值	校估值
χ^2	-	290.02
χ^2/df	<5	4.83
CN	>200	228
GFI	>0.9	0.94
AGFI	>0.9	0.91
RMR	<0.05	0.01
PGFI	>0.5	0.62
PNFI	>0.5	0.62
RMSEA	<0.08	0.07
NFI	>0.9	0.80
CFI	>0.9	0.84

表 5.23 為汽車污染關聯模式之整體配適度表。其中可以發現，幾乎全部之指標均通過判斷之標準，唯 NFI 與 CFI 值各為 0.80 與 0.84。顯示汽車模式方面資料與模型間能有良好的契合度。表 5.24 為汽車結構模型路徑分析結果。

表 5.24 汽車結構模型路徑分析結果

假設	路徑	標準化路徑係數	t-value	檢定結果
H1	車主社經背景→車輛使用行為	0.07	1.58	拒絕
H2	車主社經背景→車輛基本特性	-0.30	-2.58**	接受
H3	主要用車區域→車輛基本特性	-0.11	-1.96*	接受
H4	主要用車區域→車輛使用行為	0.01	0.14	拒絕
H5	車輛基本特性→車輛使用行為	0.20	2.34**	接受
H6	車輛使用行為→污染排放濃度	0.10	2.19**	接受
H7	車輛基本特性→污染排放濃度	-0.78	-2.71***	接受

註：標記「*」為 $\alpha=0.1$ 下為顯著者；標記「**」為 $\alpha=0.05$ 下為顯著者；標記「***」為 $\alpha=0.01$ 下為顯著者。

其中可以發現，僅有兩條路徑未呈顯著，即 H1(車輛使用行為會受到車主社經背景之影響)與 H4(車輛使用行為會受到主要用車區域之影響)，其餘 5 條路徑

均顯著。另外，圖 5.13 則為汽車結構模型標準化路徑係數示意圖，車主社經背景、主要用車區域、車輛使用行為(以年行駛里程代表)、車輛基本特性與污染排放濃度分別以代號 C1、C2、C3、C4 及 C5 表示。路徑若為虛線者代表該路徑未達顯著標準；路徑上之數字為標準化路徑係數，括號內之值則為 t-value。

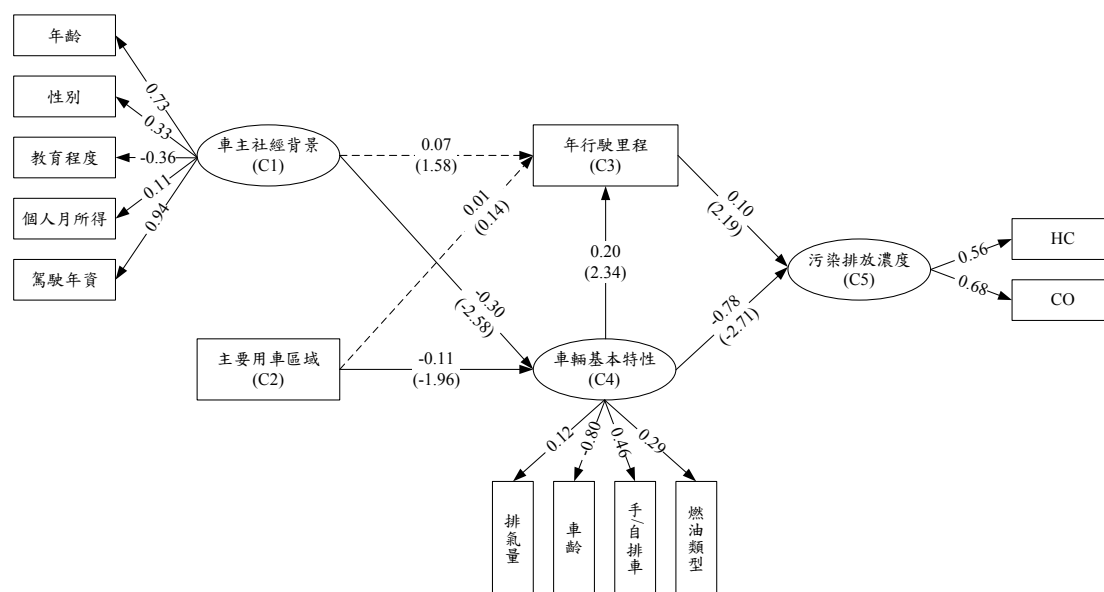


圖 5.13 汽車結構模型標準化路徑係數結果

年行駛里程與車輛基本特性為中介變項。而車輛基本特性會受到車主社經背景與主要用車區域之影響，其標準化路徑係數分別為-0.30 與-0.11，彼此間存在負向的直接影響(direct effects)，且車主社經背景對車輛基本特性之影響程度較大。另外，在年行駛里程方面，分析結果顯示 C1 與 C2 對 C3 均無顯著的影響，這也代表年行駛里程對於主要駕駛人之社經背景與用車區域兩變項較不敏感。H5(年行駛里程會受到車輛基本特性的影響)為顯著的路徑之一，影響程度為 0.20。最後，年行駛里程對污染排放濃度有正向影響，表示里程愈高，其污染排放濃度亦愈高，此符合文獻與先驗知識之結果；車輛基本特性對污染排放濃度亦有顯著影響，且其直接影響程度是所有路徑中最高的(-0.78)。茲將 C3~C5 之影響路徑與總影響(total effects)彙整如表 5.25。

表 5.25 汽車關聯模式 C3~C5 之總影響

構面	C3		C4		C5	
	影響路徑	總影響	影響路徑	總影響	影響路徑	總影響
C1	C1→C3	0.01	C1→C4	-0.30	C1→C3→C5	0.24
	C1→C4→C3				C1→C4→C5	
					C1→C4→C3→C5	
C2	C2→C3	-0.02	C2→C4	-0.11	C2→C3→C5	0.09
	C2→C4→C3				C2→C4→C5	
					C2→C4→C3→C5	
C3	-	-	-	-	C3→C5	0.10
C4	-	-	-	-	C4→C5	-0.76
					C4→C3→C5	

由表 5.25 可以從以下三個構面來探討(1)C3：C2 對 C3 之影響程度(-0.02)較 C1(0.01)大，且具有負向影響(2)C4：受到 C1 與 C2 影響，其中又以 C1 之影響程度較大(3)C5：C4 對 C5 之總影響程度最大，其值為-0.76，其次為 C1(0.24)、C3(0.10)與 C2(0.09)。因此，在汽車污染排放關聯模式方面，影響污染排放濃度之最重要因素即車輛基本特性(C4)；而隨著年行駛里程(C3)愈多，其污染排放濃度亦會增高。

上述均為討論各構面間之直接影響與間接影響，但也可以進一步分析觀察變項與污染排放濃度之關係。以 C1 為例，其對 C5 之總影響程度為 0.24(正向)，而年齡、性別、個人月所得與駕駛年資之因素負荷量均為正，代表這些變數與 C5 亦為正相關；教育程度則為負相關。C4 之觀察變項對 C5 的關係亦可透過此方式而得知。因此，根據汽車污染排放關聯模式之分析結果，可以得到以下結論(1)C1：主要駕駛人之年齡愈高、性別(男生：1；女生：0)為男生、個人月所得愈高以及駕駛年資愈高者，其污染排放濃度亦會愈高；主要駕駛人之教育程度(1：國小以下；2：國中；3：高中；4：大專；5：碩士以上)愈高，污染排放濃度則較低(2)C2：車輛之主要用車區域(1：主要都會；2：次要都會；3：一般城市)在主要都會之縣市內，其污染排較低，而在一般城市中，其污染之排放則較高；推論可能是由於都市化程度愈高的縣市，其平均車齡較低，相對地其污染排放亦較低(3)C3：年行駛里程愈高，車輛污染之排放亦愈高(4)C4：排氣量愈大、車輛為自排車(1：自排；0：手排)、燃油類型(1：95 或 98 無鉛汽油；0：92 無鉛汽油)

為 95 或 98 無鉛汽油之車輛，其污染排放濃度較低；若車齡愈高，其污染排放濃度亦會較高。

5.3.2 機車污染排放結構模式

機車污染排放關聯模式之分析步驟與汽車類似，車主社經背景構面中則包括年齡、性別、教育程度、個人月所得與駕駛年資；車輛使用行為包括總行駛里程、年行駛里程與每週通勤天數；污染排放濃度構面亦為 HC 與 CO 所組成。與汽車模式不同的地方是，在車輛基本特性構面下，納入機車為二/四行程變數。此外，機車未包含手/自排車變數，而為打檔/非打檔車，其關聯架構如圖 5.14。在後續分析上，亦利用最大概似估計法(Maximum Likelihood Estimation, ML)來進行參數校估與假設因果關係驗證之工作。

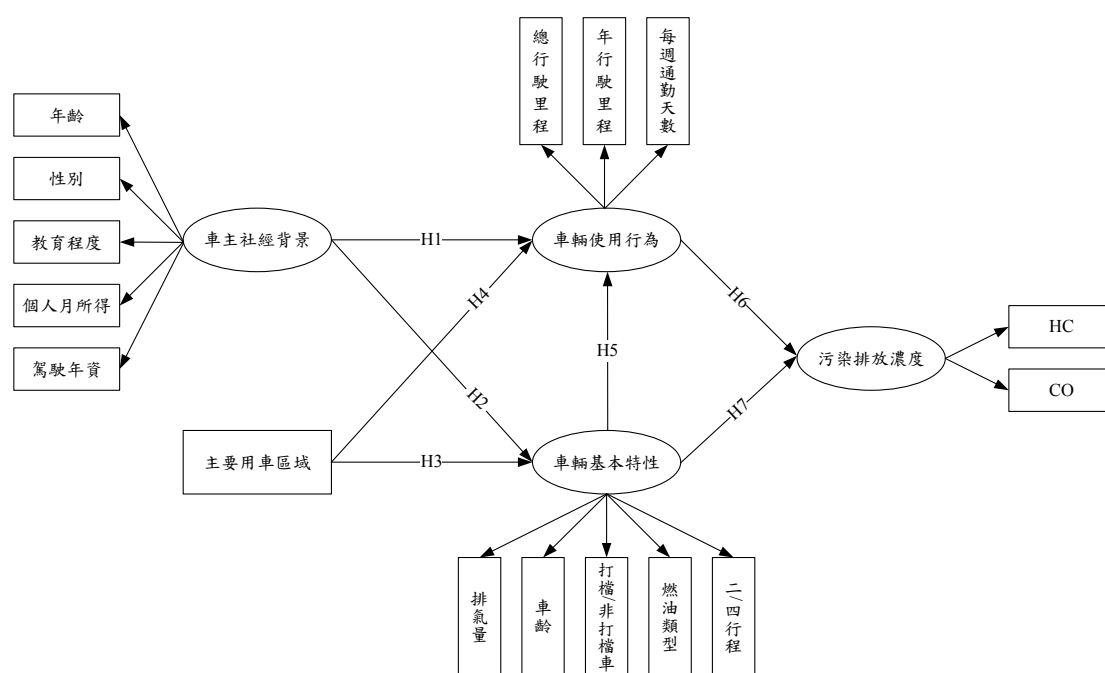


圖 5.14 機車污染排放關聯模式

根據上圖，機車共包含 4 個測量模型，其各個模型之分析結果如表 5.26。

表 5.26 機車關聯模式各測量模型校估結果

潛在變項	觀察變項	迴歸係數	因素負荷量	t-value
車主社經背景	年齡	1	0.96	-
	性別	0.30	0.14	4.70***
	教育程度	-0.37	-0.40	-12.62***
	個人月所得	0.20	0.21	7.01***
	駕駛年資	0.78	0.77	18.62***
車輛基本特性	排氣量	1	0.87	-
	車齡	-0.10	-0.12	-4.14***
	打檔/非打檔車	-0.04	-0.05	-1.55
	燃油類型	0.33	0.20	7.06***
	二/四行程	1.58	0.95	43.79***
車輛使用行為	總行駛里程	1	0.79	-
	年行駛里程	0.82	0.74	10.04***
	每週通勤天數	0.30	0.15	4.62***
污染排放濃度	HC	1	0.99	-
	CO	0.45	0.56	17.66***

註：標記「*」為 $\alpha=0.1$ 下為顯著者；標記「**」為 $\alpha=0.05$ 下為顯著者；標記「***」為 $\alpha=0.01$ 下為顯著者。

機車模式中，各測量模型之觀察變項均有顯著，唯打檔/非打檔車未達顯著狀態。因此，針對車輛基本特性此模型進行修改，將該變數(打檔/非打檔車)予以剔除，結果如表 5.27。

表 5.27 機車關聯模式各測量模型校估結果(修改 1)

潛在變項	觀察變項	迴歸係數	因素負荷量	t-value	組合信度	平均變異數抽取量
車主社經背景	年齡	1	0.96	-	0.65	0.35
	性別	0.30	0.14	4.70***		
	教育程度	-0.37	-0.40	-12.62***		
	個人月所得	0.20	0.21	7.01***		
	駕駛年資	0.78	0.77	18.62***		
車輛基本特性	排氣量	1	0.87	-	0.67	0.43
	車齡	-0.10	-0.12	-4.16***		
	燃油類型	0.33	0.20	7.06***		
	二/四行程	1.58	0.95	43.73***		
車輛使用行為	總行駛里程	1	0.79	-	0.61	0.40
	年行駛里程	0.83	0.74	10.04***		
	每週通勤天數	0.30	0.15	4.63***		
污染排放濃度	HC	1	0.99	-	0.77	0.65
	CO	0.45	0.56	17.67***		

註：標記「*」為 $\alpha=0.1$ 下為顯著者；標記「**」為 $\alpha=0.05$ 下為顯著者；標記「***」為 $\alpha=0.01$ 下為顯著者。

表 5.27 中，可以發現所有觀察變項均呈顯著，且組合信度均大於 0.5，顯著各個測量模型均可被接受，因此便繼續進行後續分析。機車關聯模式之整體配適度如表 5.28。

表 5.28 機車污染關聯模式配適度表

配適度指標	判斷值	校估值
χ^2	-	1429.69
χ^2/df	<5	17.02
CN	>200	109
GFI	>0.9	0.88
AGFI	>0.9	0.83
RMR	<0.05	0.01
PGFI	>0.5	0.62
PNFI	>0.5	0.62
RMSEA	<0.08	0.11
NFI	>0.9	0.78
CFI	>0.9	0.79

機車整體模式之配適度僅有 PGFI(0.62)與 PNFI(0.62)通過(大於 0.5)，其餘指標均未能被接受，顯示機車污染關聯模式與資料之間未能有良好的契合度，需進行進一步之修改。因此，本研究參考 AMOS 軟體分析之結果「Modification Indices」，針對所提供對模型之修改建議，發現車齡對總行駛里程、年行駛里程之 M.I.值分別為 509.86 與 461.8，代表車齡之誤差項與此兩變數之誤差項具有高度關聯性，才會導致模式與資料無法有好的配適度。因此，再進一步將車齡變數剔除，即車輛基本特性下，僅保留排氣量、燃油類型與二/四行程，共 3 個變數，如表 5.29。

表 5.29 機車關聯模式各測量模型校估結果(修改 2)

潛在變項	觀察變項	迴歸係數	因素負荷量	t-value	組合信度	平均變異數抽取量
車主社經背景	年齡	1	0.96	-	0.65	0.35
	性別	0.30	0.14	4.71***		
	教育程度	-0.38	-0.40	-12.63***		
	個人月所得	0.20	0.21	7.00***		
	駕駛年資	0.78	0.77	18.63***		
車輛基本特性	排氣量	1	0.88	-	0.76	0.57
	燃油類型	0.33	0.20	7.01***		
	二/四行程	1.57	0.95	43.84***		
車輛使用行為	總行駛里程	1	0.80	-	0.61	0.40
	年行駛里程	0.79	0.73	10.01***		
	每週通勤天數	0.29	0.15	4.55***		
污染排放濃度	HC	1	0.99	-	0.77	0.64
	CO	0.45	0.55	17.63***		

註：標記「*」為 $\alpha=0.1$ 下為顯著者；標記「**」為 $\alpha=0.05$ 下為顯著者；標記「***」為 $\alpha=0.01$ 下為顯著者。

將車齡變數剔除後，所有變數亦均顯著，組合信度亦在可接受之範圍上。因此，再進行整體模式配適度之分析，如表 5.30。

表 5.30 機車污染關聯模式配適度表(修改後)

配適度指標	判斷值	校估值
χ^2	-	504.77
χ^2/df	<5	7.11
CN	>200	266
GFI	>0.9	0.95
AGFI	>0.9	0.92
RMR	<0.05	0.01
PGFI	>0.5	0.64
PNFI	>0.5	0.71
RMSEA	<0.08	0.07
NFI	>0.9	0.91
CFI	>0.9	0.92

表 5.30 為機車整體模式之各配適度指標彙整表，其中僅有 χ^2/df 未通過。但根據 Golob (2003) 提出 χ^2 容易受樣本數所影響，樣本數愈大(機車關聯模式之樣本數有 1322 筆)，卡方值亦會隨著變大，因此可以 CN 指標作為判斷之依據；而該模式中 CN 值為 266(大於 200)；其於指標亦均通過，顯示修正模式之整體配適度非常良好。而機車結構模型路徑之分析結果如表 5.31。

表 5.31 機車結構模型路徑分析結果

假設	路徑	標準化路徑係數	t-value	檢定結果
H1	車主社經背景→車輛使用行為	-0.01	-0.45	拒絕
H2	車主社經背景→車輛基本特性	-0.10	-3.39***	接受
H3	主要用車區域→車輛基本特性	-0.04	-1.52	拒絕
H4	主要用車區域→車輛使用行為	0.02	0.67	拒絕
H5	車輛基本特性→車輛使用行為	0.31	8.95***	接受
H6	車輛使用行為→污染排放濃度	0.05	2.04**	接受
H7	車輛基本特性→污染排放濃度	-0.77	-32.07***	接受

註：標記「*」為 $\alpha=0.1$ 下為顯著者；標記「**」為 $\alpha=0.05$ 下為顯著者；標記「***」為 $\alpha=0.01$ 下為顯著者。

機車結構模型之路徑分析中，三條路徑未達顯著，即 H1(車輛使用行為會受

到車主社經背景之影響)、H3(車輛基本特性會受到主要用車區域之影響)與H4(車輛使用行為會受到主要用車區域之影響)，其餘 4 條路徑均顯著。另外，圖 5.15 則為機車結構模型標準化路徑係數圖，各構面之代號與汽車結構模型相同，以 C1~C5 表示；路徑為虛線表示該路徑不顯著，路徑上之數字為標準化係數，括號內數值亦為 t-value。

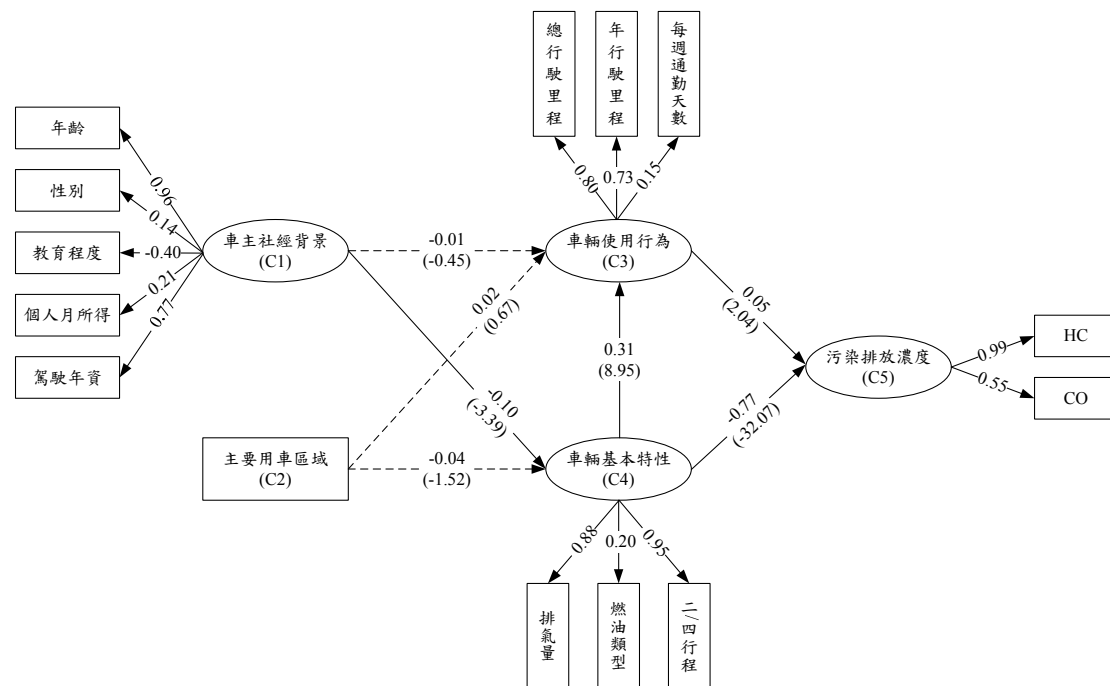


圖 5.15 機車結構模型標準化路徑係數結果

觀察圖 5.15，機車之使用行為(C3)受到車主社經背景(C1)與主要用車區域(C2)之影響較不敏感；而車輛基本特性(C4)僅會受到 C1 之負向直接影響，其值為 -0.10。車輛基本特性對車輛使用行為之直接影響為 0.31。另外，污染排放濃度均會受到 C3 與 C4 之影響，其係數分別為 0.05 與 -0.77；顯示車輛基本特性對於污染排放濃度(C5)仍存在較大的影響程度。C1~C4 對 C5 之影響路徑與總影響(total effects)亦整理如表 5.32。

表 5.32 機車關聯模式 C3~C5 之總影響

構面	C3		C4		C5	
	影響路徑	總影響	影響路徑	總影響	影響路徑	總影響
C1	C1→C3	-0.05	C1→C4	-0.10	C1→C3→C5	0.08
	C1→C4→C3				C1→C4→C5	
					C1→C4→C3→C5	
C2	C2→C3	0.01	C2→C4	-0.04	C2→C3→C5	0.03
	C2→C4→C3				C2→C4→C5	
					C2→C4→C3→C5	
C3	-	-	-	-	C3→C5	0.05
C4	-	-	-	-	C4→C5	-0.76
					C4→C3→C5	

如同汽車關聯模式之分析結果，C4(車輛基本特性)對 C5(污染排放濃度)之總影響程度最大(-0.76)，其次亦為 C1(0.08)、C3(0.05)與 C2(0.03)。這也指出在汽車污染排放濃度之分析上，相較之下車輛之特性仍為較重要之影響因素。此外，亦對 C1~C4 之觀察變項與 C5 之關聯性進行探討。

根據機車污染排放關聯模式之分析結果可發現(1)C1：主要駕駛人年齡愈高、性別為男生、個人月所得愈高及駕駛年資愈高者，其污染排放濃度會較高；教育程度愈高者則相反(2) C2：與汽車之分析結果相同，車輛之主要用車區域(1：主要都會；2：次要都會；3：一般城市)在主要都會之縣市內，其污染排放較低，而在一般城市中，其污染之排放則較高(3)C3：包含之三個觀察變項與污染排放之關係一致；即總行駛里程與年行駛里程愈高、每週使用本車通勤天數愈多者，其污染排放亦會較高(4)C4：排氣量愈大、燃油類型為 95 或 98 無鉛汽油、車輛若為四行程機車(1：四行程；0：二行程)，污染排放濃度則較低。

5.4 小結

本章係利用迴歸分析、MANOVA 與結構方程模式來詮釋車輛污染排放濃度(HC 與 CO)。綜合以上之分析結果可以發現，車齡、排氣量、行駛里程、燃油類型、性別、年齡等因素均會影響移動污染源之排放，又 SEM 之結果發現，其中又以車輛基本特性構面對污染排放濃度之影響最大。若透過以上之關鍵因素，進

而可擬訂空氣污染管制策略，在實施之可行性方面，則以車齡或排氣量為研擬方案之根據較為適宜；其主要可透過經濟手段或行政制度來達到降低污染之目的。

本研究分析結果指出，不論是汽車或是機車，隨著車齡愈高，污染排放濃度亦愈高。但排氣量與污染排放濃度卻呈負向關係；也就是說，隨著排氣量愈大，污染排放濃度會愈小。這可能是由於排氣量較大之車輛，其車價較高；而車價較高，相對地其污染排放控制系統或相關配備可能亦較好。在經濟手段方面，可針對車齡或排氣量之不同，訂定不同稅費之費率等級，如牌照稅、燃料費與保險金額等。此外，行政制度亦為一可行途徑，即可從每年汽、機車之車輛定檢次數來著手，不同車齡與排氣量之汽、機車，如同車齡之管制方式，設立不同之年檢驗次數。若以車齡為擬訂策略之依據，配合本研究 MANOVA 之分析結果，從以上所提及稅費之費率與車輛定檢次數著手，汽車等級則可區分為 5 年以下，6-8 年，9-11 年，12-14 年，15-20 年；機車則為 3 年以下，4-7 年，8-10 年，11-15 年，16-24 年。若以排氣量為依據，汽車則可區分為 1200cc.以下，1201-1800cc.，1801-2400cc.，2401-4200cc.；機車則為 50cc.以下，51-90cc.，91-110cc.，111-150cc.。費率或定檢次數愈高，表示駕駛人應對環境的破壞應付出更多的成本，以期望能抑制駕駛人車輛之使用。經濟手段與行政制度兩者若可同時實施，相信在機動車輛污染之管制上能有顯著之效果。另外，亦可透過新購車或提早汰換車輛之補助，甚至稅費之減免，降低車輛整體之平均車齡，減少高污染機動車輛之產生。

第六章 結論與建議

本研究係蒐集各監理機關之車輛定檢資料，並透過全國家戶機動車輛問卷調查，對汽、機車之污染排放濃度進行探討，而主要可分為三個部分。第一部分為透過迴歸分析模式，找出影響污染排放之關鍵因素。第二部分則利用 MANOVA 方法進行車齡與車型(以排氣量代表)之分類，提供個體選擇模式方案劃分之依據與主管機關研擬空氣污染管制策略之參考。最後，將定檢資料與問卷資料串聯，以結構方程模式來分析車主社經背景、主要用車區域、車輛基本特性、車輛使用行為與污染排放濃度之關聯性。所得到之結論與建議如後所述。

6.1 結論

根據迴歸分析、MANOVA 與結構方程模式之分析結果，汽、機車所得到之結論如下：

1. 迴歸分析

(1) 汽車污染排放模式

車齡、排氣量、汽缸數、車重、行駛里程與廠牌對於 HC 與 CO 之排放上均顯著且為重要之關鍵影響因素。其中，車齡、汽缸數、車重與行駛里程與污染排放具有正相關，排氣量則存在負向關係。

(2) 機車污染排放模式

車齡、排氣量、廠牌、行駛里程與二/四行程變數對移動污染源之排放則呈顯著，表示這些變數對於機車污染之排放有顯著的影響。其中，隨著車齡愈高、行駛里程愈大，污染排放濃度亦會愈高；而排氣量愈大，HC 與 CO 之排放濃度則愈低。此外，四行程機車之污染排放濃度確實較二行程機車低。

2. MANOVA

(1) 汽車：車齡分為 6-8 年，9-11 年，12-14 年，15-20 年；車型則可分為 1200cc. 以下，1201-1800cc.，1801-2400cc.，2401-4200cc.。

(2) 機車：車齡分為 4-7 年，8-10 年，11-15 年，16-24 年；車型則可分為 50cc. 以下，51-90cc.，91-110cc.，111-150cc.。

3. 結構方程模式

在汽、機車污染排放結構模式方面，車輛基本特性對污染排放濃度之影響最大(汽、機車之總影響均為-0.76)，其次為車主社經背景(汽車之總影響為 0.24，機車為 0.08)、車輛使用行為(汽車之總影響為 0.10，機車為 0.05)與主要用車區域(汽

車之總影響為 0.09，機車為 0.03)。而各構面中之觀察變項對污染排放濃度之影響如下：

(1) 汽車污染排放結構模式

在車主社經背景方面，主要駕駛人之年齡愈高、性別為男生、個人月所得愈高以及駕駛年資愈高者，其污染排放濃度亦會愈高；主要駕駛人之教育程度愈高，污染排放濃度則較低。在主要都會內之行駛之汽車，其污染排放濃度較低。在車輛使用行為方面，隨著年行駛里程愈多，其污染排放濃度亦會增高。最後，車輛之基本特性，若排氣量愈大、車輛為自排車、燃油類型為 95 或 98 無鉛汽油之車輛，其污染排放濃度較低；車齡愈高，其污染排放濃度亦會較高。

(2) 機車污染排放結構模式

機車之車主社經背景構面中，其包含之各觀察變項對污染排放濃度之影響趨勢與汽車模式一致；主要駕駛人年齡愈高、性別為男生、個人月所得愈高及駕駛年資愈高者，其污染排放濃度會較高；教育程度愈高者則相反。在主要都會內之行駛之汽車，其污染排放濃度亦較低。車輛使用行為方面，總行駛里程與年行駛里程愈高、每週使用本車通勤天數愈多者，其污染排放亦會較高。車輛基本特性則顯示排氣量愈大、燃油類型為 95 或 98 無鉛汽油、車輛若為四行程機車，污染排放濃度則較低。

6.2 建議

以下針對本研究之限制及分析結果，提出後續研究之建議：

1. 臺灣汽、機車定檢方式主要以惰轉檢驗(idle test)為主，因此無法得到速度、加速度等與 HC、CO 排放濃度之關係。若可配合遙感探測(Remote Sensing)方式來蒐集資料，並進一步與定檢資料串聯分析；抑或學習國外之車輛定檢方式，同時採用惰轉與定速檢驗(cruise test)，如此一來可得到更完整之資料，相信對於移動污染源之詮釋能更符合實際。
2. 本研究之資料來源主要有二，即定檢資料與問卷資料。其中，在定檢資料方面，臺灣地區之汽車定檢資料庫主要共有臺北市監理處、高雄市監理處、臺北區監理所、新竹區監理所、臺中區監理所、嘉義區監理所與高雄區監理所，共 7 個，而因每個資料庫之維護廠商不盡相同，因此其所包含之變數亦不同，且資料缺漏之問題嚴重；這會導致在資料合併、篩選及分析上之困難。機車定檢資料庫則統一由環保署所維護，相較之下缺漏的問題較不嚴重。因此建

議主管機關應統一各地區汽車定檢資料庫格式，並注重對定檢資料之品管。

3. 問卷資料與定檢資料串聯，汽車方面僅以臺北市監理處、臺北區監理所、臺中區監理所之定檢資料庫來與問卷資料串聯，剩於四單位之資料庫由於污染檢測值不合理及礙於時間等因素而未能取得，導致無法加入資料之串聯。
4. 汽、機車迴歸模式之解釋能力偏低，建議後續在資料處理時可進行篩選工作，或是再納入重要之變數進行參數之校估。
5. 在汽、機車污染結構模式之架構方面，由於汽、機車輛污染之相關文獻未曾使用 SEM 方法來詮釋污染排放濃度；因此，在各模式中路徑之假設無法從文獻回顧來支持，僅能以專業知識之判斷來設定其直接與間接影響路徑。
6. 本研究所建立之 SEM 架構，連續變數與虛擬變數實難分列於不同構面下，故僅能以目前之架構進行測量模型與結構模型之參數校估工作。
7. 由於汽車模式中「次要都會」之樣本數過低(114 筆)，小於 SEM 之最低樣本需求數，因此無法將樣本分群，將其視為干擾變數來分別建立 SEM 模式。
8. 受限於資料之蒐集，無法分析同一個人擁有汽車與機車之污染排放課題；建議後續在問卷設計與抽樣時可將此因素納入考慮。

參考文獻

1. 陳順宇(1998)，多變量分析，華泰書局。
2. 林惠玲、陳正倉(2002)，應用統計學，雙葉書廊有限公司。
3. 邱皓政(2003)，結構方程模式：LISREL 的理論技術與應用，雙葉書廊有限公司。
4. 馮正民、邱裕鈞(2004)，研究分析方法，建都文化事業股份有限公司。
5. 吳明隆(2006)，結構方程模式-SIMPLIS 的應用，五南圖書出版股份有限公司。
6. 吳明隆(2007)，結構方程模式-AMOS 的操作與應用，五南圖書出版股份有限公司。
7. 環保署，<http://www.epa.gov.tw/>
8. Anilovich, I. and Hakkert, A.S. (1996), "Survey of vehicle emissions in Israel related to vehicle age and periodic inspection," *Science of the Total Environment*, Vol. 189/190, pp. 197-203.
9. Beydoun, M. and Guldman, J.-M. (2006), "Vehicle characteristics and emissions: Logit and regression analyzes of I/M data from Massachusetts, Maryland, and Illinois," *Transportation Research D*, Vol. 11, pp. 59-76.
10. Bin, O. (2003), "A logit analysis of vehicle emissions using inspection and maintenance testing data," *Transportation Research D*, Vol. 8, pp. 215-227.
11. Chan, T.L., Ning, Z., Leung, C.W., Cheung, C.S., Hung, W.T. and Dong, G. (2004), "On-road remote sensing of petrol vehicle emissions measurement and emission factors estimation in Hong Kong," *Atmospheric Environment*, Vol. 38, pp. 2055-2066.
12. Chan, T.L. and Ning, Z. (2005), "On-road remote sensing of diesel vehicle emissions measurement and emission factors estimation in Hong Kong," *Atmospheric Environment*, Vol. 39, pp. 6843-6856.
13. Chan, T.L., Dong, G., Ning, Z., Hung, W.T., Cheung, C.S. and Leung, C.W. (2002), "On-road remote sensing of petrol vehicle emissions measurement and emission factors estimation for urban driving patterns in Hong Kong," *Proceedings of the Regional Workshop on Better Air Quality in Asian and Pacific Rim Cities (BAQ2002) December 16-18, Hong Kong*, Vol. III, pp. 291-298.
14. Chang, H.-L. and Yeh, T.-H. (2006), "Regional motorcycle age and emissions inspection performance: A Cox regression analysis," *Transportation Research D*, Vol. 11, pp. 324-332.

15. Chen, C.-F. and Tsai D.-C. (2007), "How destination image and evaluative factors affect behavioral intentions?," *Tourism Management*, Vol. 28, pp. 1115-1122.
16. Chen, C.-F. (2008), "Investigating structural relationships between service quality, perceived value, satisfaction, and behavioral intentions for air passengers: Evidence from Taiwan," *Transportation Research A*, Vol. 42, pp. 709-717.
17. Chen, C.-F. and Chang, Y.-Y. (2008), "Airline brand equity, brand preference, and purchase intentions—The moderating effects of switching costs," *Journal of Air Transport Management*, Vol. 14, pp. 40-42.
18. Choo, S., Shafizadeh, K. and Niemeier D. (2007), "The development of a prescreening model to identify failed and gross polluting vehicles," *Transportation Research D*, Vol. 12, pp. 208-218.
19. Choo, S. and Mokhtarian, P.L. (2007), "Telecommunications and travel demand and supply: Aggregate structural equation models for the US," *Transportation Research A*, Vol. 41, pp. 4-18.
20. Farag, S., Schwanen, T., Dijst, M. and Faber J. (2007), "Shopping online and/or in-store? A structural equation model of the relationships between e-shopping and in-store shopping," *Transportation Research A*, Vol. 41, pp. 125-141.
21. Golob, T.F., Kim, S. and Ren, W. (1996), "How households use different types of vehicles: A structural driver allocation and usage model," *Transportation Research A*, Vol. 30, pp. 103-118.
22. Golob, T.F. (2003), "Structural equation modeling for travel behavior research," *Transportation Research B*, Vol. 37, pp. 1-25.
23. Guo, H., Zhang, Q., Shi, Y. and Wang, D. (2007), "On-road remote sensing measurements and fuel-based motor vehicle emission inventory in Hangzhou, China," *Atmospheric Environment*, Vol. 41, pp. 3095-3107.
24. Harrington, W. (1997), "Fuel economy and motor vehicle emissions," *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 33, pp. 240-252.
25. Ko, Y.-W. and Cho, C.-H. (2006), "Characterization of large fleets of vehicle exhaust emissions in middle Taiwan by remote sensing," *Science of the Total Environment*, Vol. 354, pp. 75-82.
26. Lin, C.-W., Lu, S.-J. and Lin, K.-S. (2006), "Test emission characteristics of motorcycles in Central Taiwan," *Science of the Total Environment*, Vol. 368, pp. 435-443.

27. Mayer, H. (1999), "Air pollution in cities," *Atmospheric Environment*, Vol. 33, pp. 4029-4037.
28. Muncaster, G.M., Hamilton, R.S. and Revitt, D.M. (1996), "Remote sensing of carbon monoxide vehicle emissions," *Science of the Total Environment*, Vol. 189/190, pp. 149-153.
29. Ntziachristos, L. and Samaras, Z. (2000), "Speed-dependent representative emission factors for catalyst passenger cars and influencing parameters," *Atmospheric Environment*, Vol. 34, pp. 4611-4619.
30. Reisinger, Y. and Turner, L. (1999), "Structural equation modeling with Lisrel: application in tourism," *Tourism Management*, Vol. 20, pp. 71-88.
31. Riveros, H.G., Cabrera, E. and Ovalle, P. (2002), "Vehicle inspection and maintenance, and air pollution in Mexico City," *Transportation Research D*, Vol. 7, pp. 73-80.
32. Roorda, M.J. and Ruiz T. (2008), "Long- and short-term dynamics in activity scheduling: A structural equations approach," *Transportation Research A*, Vol. 42, pp. 545-562.
33. Schifter, I., Díaz, L., Durán, J., Guzmán, E., Chávez, O. and López-Salinas, E. (2003), "Remote sensing study of emissions from motor vehicles in the metropolitan area of Mexico city," *Environmental Science & Technology*, Vol. 37, pp. 395-401.
34. Schifter, I., Díaz, L., Múgica, V. and López-Salinas, E. (2005), "Fuel-based motor vehicle emission inventory for the metropolitan area of Mexico city," *Atmospheric Environment*, Vol 39, pp. 931-940.
35. Singer, B.C. and Harley, R.A. (2000), "A fuel-based inventory of motor vehicle exhaustions in the Los Angeles area during summer 1997," *Atmospheric Environment*, Vol. 34, pp. 1783-1795.
36. Szwarcfiter, L., Mendes, F.E. and La Rovere, E.L. (2005), "Enhancing the effects of the Brazilian program to reduce atmospheric pollutant emissions from vehicles," *Transportation Research D*, Vol. 10, pp. 153-160.
37. Tsai, J.-H., Hsu, Y.-H., Weng, H.-C., Lin, W.-Y. and Jeng, F.-T. (2000), "Air pollutant emission factors from new and in-use motorcycles," *Atmospheric Environment*, Vol. 34, pp. 4747-4754.
38. Washburn, S., Seet, J. and Mannering, F. (2001), "Statistical modeling of vehicle

emissions from inspection/maintenance testing data: an exploratory analysis,” *Transportation Research D*, Vol. 6, pp. 21-36.

39. Wolf, J., Guensler, R., Washington, S. and Bachman, W. (1998), “High-emitting vehicle characterization using regression tree analysis,” *Transportation Research Record*, Vol. 1641, pp. 58–65.
40. Yoon, Y., Gursoy, D. and Chen, J.S. (2001), “Validating a tourism development theory with structural equation modeling,” *Tourism Management*, Vol. 22, pp. 363-372.
41. Zachariadis, T., Ntziachristos, L. and Samaras, Z. (2001), “The effect of age and technological change on motor vehicle emissions,” *Transportation Research D*, Vol. 6, pp. 221-227.

附錄一 汽車問卷

敬啟者您好：

- 一、我們是交通大學交通運輸研究所，因近年來，節約能源與環保議題已益形重要，交通部特委託本研究所及中華電信進行大規模之車輛人使用情形調查。在此非常恭喜您！我們從國內眾多機車車籍資料中隨機抽中您，邀請您接受問卷調查。煩請撥冗填寫下列問項，您的寶貴意見將作為未來政府推動節約能源與環保政策之重要依據。為感謝您撥冗填寫，若您填答完整且在期限內回函者，就可參與抽獎活動。頭獎：3 台筆記型電腦(型號：ASUS A8He)、貳獎：60 台 Wii 任天堂電視遊戲機(或等值商品)。本抽獎活動將於民國 96 年 11 月 30 日在交通部運輸研究所公開舉行。
- 二、本問卷調查旨在了解國內家戶小汽車之持有與使用行為，您填答的資料，僅供整體統計與分析之用，絕不個別公布或作為其他用途，並嚴加保密，敬請放心填答。
- 三、本問卷以您府上小汽車（車牌號碼如下方所列，以下簡稱本車）作為調查對象，並請由本車之最常使用人依本車特性加以填寫。
- 四、本問卷務請於民國 96 年 9 月 30 日前填寫完畢，反摺後利用廣告回郵（免貼郵票）寄回，以利後續抽獎作業之進行。
- 五、本問卷調查的相關資訊請參閱交通部運輸研究所網頁(<http://www.iot.gov.tw/mp.asp>)及交通大學交通運輸研究所網頁(<http://www.itt.nctu.edu.tw/chinese/>)之最新消息公佈欄，歡迎上網查詢。

敬祝

闔家平安 萬事如意

交通部運輸研究所

交通大學交通運輸研究所 敬啟

一、家戶基本資料

1. 居住區位：_____縣/市_____鄉/鎮/市/區
2. 戶長年齡：_____歲
3. 戶長性別：☐①男 ☐②女
4. 經常居住在家之總人口數：_____人
5. 經常居住在家之工作人口數：_____人
6. 經常居住在家中且未滿十八歲之人口數：_____人
7. 經常居住在家中且六十五歲以上之人口數：_____人
8. 平均家戶月所得：☐①未滿 5 萬 ☐②5~未滿 10 萬 ☐③10~未滿 15 萬 ☐④15~未滿 20 萬
☐⑤20~未滿 25 萬 ☐⑥25~未滿 30 萬 ☐⑦30 萬以上，請填約_____萬元。
9. 家戶持有自用小汽車與機踏車的數量：小汽車：_____輛；機車：_____輛；腳踏車：_____輛
10. 家戶持有小汽車與機車的駕照數：小汽車：_____張；機車：_____張
11. 您由家中到大眾運輸場站（公車站牌、捷運站或鐵路車站）最近的步行距離為？
☐①0~100 公尺 ☐②101~200 公尺 ☐③201~300 公尺 ☐④301~400 公尺 ☐⑤401~500 公尺 ☐⑥501 公尺~600 公尺
☐⑦601 公尺~700 公尺 ☐⑧701 公尺~800 公尺 ☐⑨801 公尺~900 公尺 ☐⑩901~1,000 公尺 ☐⑪1,001 公尺以上，約_____公尺
12. 請問您府上於民國 95 年 10 月至民國 96 年 9 月期間內，車輛買賣汰換情形（可複選）：
汽車：☐①沒有買車或賣車 ☐②報廢_____輛，車型：_____（如：TOYOTA ALTIS 1.8）
☐③賣車_____輛，車型：_____ ☐④購買新車_____輛，車型：_____
☐⑤購買中古車_____輛，車型：_____
機車：☐①沒有買車或賣車 ☐②報廢_____輛，車型：_____（如：光陽豪邁 125）
☐③賣車_____輛，車型：_____ ☐④購買新車_____輛，車型：_____
☐⑤購買中古車_____輛，車型：_____

二、主要駕駛人之相關資料（請填寫家中最常使用本車之駕駛人資料）

1. 性別：☐①男 ☐②女
2. 年齡：_____歲
3. 職業：☐①軍公教 ☐②工 ☐③商/服務 ☐④農林漁牧 ☐⑤學生 ☐⑥無 ☐⑦其他_____。
4. 教育程度：☐①國小以下 ☐②國中 ☐③高中職 ☐④大專 ☐⑤碩士 ☐⑥博士
5. 平均個人月收入：☐①未滿 2 萬 ☐②2~未滿 4 萬 ☐③4~未滿 6 萬 ☐④6~未滿 8 萬 ☐⑤8~未滿 10 萬
☐⑥10~未滿 12 萬 ☐⑦12 萬以上，請填約_____萬元。
6. 駕駛年資：_____年
7. 您主要是以何種方式上班(學) (請單選)：☐①不必上班(學) ☐②步行 ☐③汽車 ☐④機車 ☐⑤腳踏車
☐⑥公車 ☐⑦捷運 ☐⑧鐵路(含高鐵) ☐⑨計程車 ☐⑩航空
您上班(學)平均單趟花費多少時間自家中出發到達目的地？_____分鐘。
8. 行駛前是否有暖車的習慣：☐①有，平均暖車幾分鐘？_____分鐘 ☐②沒有。
9. 您開車是否經常惰轉 3 分鐘以上 (臨時停車但不熄火的情況)：☐①否 ☐②是，平均每次_____分鐘，
每週平均_____次。
10. 您每隔多久會檢查胎壓一次：☐①每次開車前 ☐②偶爾開車前才檢查 ☐③定檢或進廠保養時才檢查。
11. 本車後車廂有否堆積物品：☐①無 ☐②有，物品重量是否有超過 10 公斤？ ☐①是 ☐②否。
12. 每週獨自一人駕駛本車的次數：_____次，平均每次約行駛_____公里。

三、車輛基本資料 (請以問卷開頭處所列車牌號碼之車輛作為填寫對象，以下簡稱本車)

1. 本車出廠年份 (西元)：_____或民國_____年 (請參考您的汽車行車執照)
2. 本車購買年份 (西元)：_____或民國_____年
3. 本車購買時為：☐①新車 ☐②中古車
4. 本車輛廠牌(如：TOYOTA)為：_____；車輛型號(如：ALTIS 1.8)為：
5. 本車輛為：☐①手排 ☐②自排 ☐③手自排兩用
6. 本車當初之購買價格為：_____萬元
7. 本車排氣量 (cc；立方公分)：_____ (請參考您的汽車行車執照)
8. 本車平均每年行駛公里數約為：_____公里
9. 本車現在的總行駛公里數約為：_____公里 (請參考您的車內里程表)
10. 本車的燃油種類：☐①92 無鉛汽油 ☐②95 無鉛汽油 ☐③98 無鉛汽油 ☐④柴油 ☐⑤電力 ☐⑥液化石油
☐⑦油電混合車 ☐⑧其他
11. 本車平均每公升油料約可行駛幾公里 (即燃油效率)：_____公里 (高速公路)
_____公里 (市區道路)
12. 本車有無使用其他省油 (提高燃油效率) 之添加劑或裝置省油設備：☐①有 ☐②無
13. 本車過去一年中車輛所花費的成本：
 - (1) 大約行駛多少公里進行保養：_____公里；平均每次保養維修費：_____元
 - (2) 平均每月加油費用：_____元
 - (3) 平均每月停車費用：_____元
 - (4) 平均每月通行費用：_____元
 - (5) 平均每年保險費用：_____元
14. 本車主要在那一地區行駛使用：_____縣/市_____鄉/鎮/市/區。
15. 平均每週開本車通勤上班(學)的天數：☐①不使用本車通勤 ☐②1 天 ☐③2 天 ☐④3 天 ☐⑤4 天 ☐⑥5 天
☐⑦6 天 ☐⑧7 天。
 - (1) 平均每次通勤時，①行駛高速公路_____公里，②快速道路_____公里，③市區道路_____公里。
 - (2) 本車經常搭乘人數(含駕駛)為：☐①1 人 ☐②2 人 ☐③3 人 ☐④4 人 ☐⑤5 人 ☐⑥6 人 ☐⑦7 人 ☐⑧8 人以上。
16. 平均每週開本車旅遊或訪友天數：☐①不使用本車旅遊訪友 ☐②1 天 ☐③2 天 ☐④3 天 ☐⑤4 天 ☐⑥5 天 ☐⑦6 天 ☐⑧7

天。

(1) 每次旅遊時，平均約行駛：**①**高速公路_____公里，**②**快速道路_____公里，**③**市區道路_____公里。

(2) 本車經常搭乘人數(含駕駛)為：☐ **①** 1 人 ☐ **②** 2 人 ☐ **③** 3 人 ☐ **④** 4 人 ☐ **⑤** 5 人 ☐ **⑥** 6 人 ☐ **⑦** 7 人 ☐ **⑧** 8 人以上。

17. 您預估未來幾年內會處理本車：☐ **①** 還不知道 ☐ **②** 知道，約_____年處理，處理原因為(可複選)：☐ **①** 您所得增加 ☐ **②** 車齡過高 ☐ **③** 經常故障 ☐ **④** 本車使用成本過高 ☐ **⑤** 本車空間及座位不足 ☐ **⑥** 其他_____。

18. 您未來一年預定如何處理本車：

☐ **①** 繼續使用，而且，您會☐ **①** 不添購汽車或機車 ☐ **②** 添購 1 輛汽車 ☐ **③** 添購 1 輛機車 ☐ **④** 其它_____。

☐ **②** 將本車報廢或賣掉，而且，您會☐ **①** 不添購汽車或機車 ☐ **②** 添購 1 輛汽車 ☐ **③** 添購 1 輛機車 ☐ **④** 其它_____。

四、管理策略之偏好與反應

1. 請問您平常會不會在上午尖峰時段(7:00-9:00 am)進入市區？

☐ **①** 會，請繼續回答下列 3 小題：

(1) 若政府規定自用車輛尖峰時刻進入市區，必須收取每次 **50** 元之進城費用，請問您的作法是？(請單選)

☐ **①** 付費進入市區 ☐ **②** 不進入市區或改於離峰時段再開車進入市區

☐ **③** 改搭別的運輸工具(您會改用何種運輸工具：☐ **①** 步行 ☐ **②** 機車 ☐ **③** 腳踏車 ☐ **④** 公車 ☐ **⑤** 捷運

☐ **⑥** 鐵路(含高鐵) ☐ **⑦** 計程車 ☐ **⑧** 其他_____)

☐ **④** 其他_____。

(2) 若政府規定自用車輛尖峰時刻進入市區，必須收取每次 **20** 元之進城費用，請問您的作法是？(請單選)

☐ **①** 付費進入市區 ☐ **②** 不進入市區或改於離峰時段再開車進入市區

☐ **③** 改搭別的運輸工具(您會改用何種運輸工具：☐ **①** 步行 ☐ **②** 機車 ☐ **③** 腳踏車 ☐ **④** 公車 ☐ **⑤** 捷運

☐ **⑥** 鐵路(含高鐵) ☐ **⑦** 計程車 ☐ **⑧** 其他_____)

☐ **④** 其他_____。

(3) 如果政府規定自用小客車於尖峰時段進入市區實施高乘載管制(需乘滿三人以上)，您的做法是？(請單選)

☐ **①** 繼續開車，想辦法與他人共乘 ☐ **②** 不進入市區或改於離峰時段再開車進入市區

☐ **③** 改搭別的運輸工具(您會改用何種運輸工具：☐ **①** 步行 ☐ **②** 機車 ☐ **③** 腳踏車 ☐ **④** 公車 ☐ **⑤** 捷運

☐ **⑥** 鐵路(含高鐵) ☐ **⑦** 計程車 ☐ **⑧** 其他_____)

☐ **④** 其他_____。

☐ **②** 不會。

2. 若油價每公升上漲 **10%** (以 95 無鉛汽油為例，目前油價為 29.1 元，上漲後為 32.01 元)，請問您是否會繼續以小汽車作為主要的交通工具？

☐ **①** 不會，請繼續回答下列 2 小題：

(1) 請問您通勤上班(學)時將會改用何種運輸工具：☐ **①** 步行 ☐ **②** 機車 ☐ **③** 腳踏車

☐ **④** 公車 ☐ **⑤** 捷運 ☐ **⑥** 鐵路(含高鐵) ☐ **⑦** 計程車 ☐ **⑧** 其他

(2) 請問您旅遊或訪友時將會改用何種運輸工具：☐ **①** 步行 ☐ **②** 機車 ☐ **③** 腳踏車

☐ **④** 公車 ☐ **⑤** 捷運 ☐ **⑥** 鐵路(含高鐵) ☐ **⑦** 計程車 ☐ **⑧** 其他

☐ **②** 會。

3. 若油價每公升上漲 **30%** (以 95 無鉛汽油為例，目前油價為 29.1 元，上漲後為 37.83 元)，請問您是否會繼續以小汽車作為主要的交通工具？

☐ **①** 不會，請繼續回答下列 2 小題：

(1) 請問您通勤上班(學)時將會改用何種運輸工具：☐ **①** 步行 ☐ **②** 機車 ☐ **③** 腳踏車

☐ **④** 公車 ☐ **⑤** 捷運 ☐ **⑥** 鐵路(含高鐵) ☐ **⑦** 計程車 ☐ **⑧** 其他

(2) 請問您旅遊或訪友時將會改用何種運輸工具：☐ **①** 步行 ☐ **②** 機車 ☐ **③** 腳踏車

☐ **④** 公車 ☐ **⑤** 捷運 ☐ **⑥** 鐵路(含高鐵) ☐ **⑦** 計程車 ☐ **⑧** 其他

☐ **②** 會。

4. 如果政府實施買車須自備停車位，請問您會不會再買車？

☐❶不會，繼續使用本車； ☐❷不會，將本車賣掉或報廢； ☐❸會。

5.如果政府要求老舊汽車(10 年以上)的檢驗次數為一年 4 次(目前 10 年以上車輛一年定檢 2 次)，則您會不會因此提早處理本車？

☐❶會，大約在本車車齡_____年時。 ☐❷不會 ☐❸其他_____。

6.如果政府提供免費大眾運輸系統服務(包括：公車、捷運及鐵路)，請問您會如何？

通勤上班(學)時：☐❶會改搭大眾運輸 ☐❷仍會自行開車(原因是：☐❶有自行開車需要。 ☐❷大眾運輸不方便。)

旅遊、探親訪友時：☐❶會改搭大眾運輸 ☐❷仍會自行開車(原因是：☐❶有自行開車需要。 ☐❷大眾運輸不方便。)

7.請問您是否會因能源消耗、環境污染及地球暖化問題，而儘量避免開車？

☐❶不會，因為有自行開車之需要 ☐❷會，但視環境狀況而定，繼續惡化再停止開車 ☐❸會，現在已儘量不開車。

8.請針對下列 4 種低污染車輛及政府提供補助額度資訊，請問您對此 4 種車型的偏好如何？

車輛特性	車型 1	車型 2	車型 3	車型 4
動力能源	柴油	油電混合	液化石油	氫燃料電池
能源價格	26 元/公升	29 元/公升	12 元/公升	29 元/公升
燃油效率	每公升比本車多 3-5 公里	每公升比本車多 4-6 公里	每公升比本車少 2-3 公里	每公升比本車多 3-5 公里
維修費用	每一萬公里 3000-5000 元	每一萬公里 10000 元	每一萬公里 2000-4000 元	每一萬公里 3000-5000 元
車輛價格	較本車新車車價多 10 萬元	較本車新車車價多 10 萬元	較本車新車車價多 5 萬元	較本車新車車價多 10 萬元
能源站	現有加油站均可加油	現有加油站均可加油	僅 1/2 的加油站可提供加氣服務	僅 1/4 的加油站可提供加氫服務
購車補助	無補助	5 萬元/車	5 萬元/車	10 萬元/車

(1) 針對車型 1 的車輛，您會做那一種選擇：☐❶增購車型 1 車輛☐❷賣掉本車再買車型 1 車輛☐❸不會購買車型 1 車輛。

(2) 針對車型 2 的車輛，您會做那一種選擇：☐❶增購車型 2 車輛☐❷賣掉本車再買車型 2 車輛☐❸不會購買車型 2 車輛。

(3) 針對車型 3 的車輛，您會做那一種選擇：☐❶增購車型 3 車輛☐❷賣掉本車再買車型 3 車輛☐❸不會購買車型 3 車輛。

(4) 針對車型 4 的車輛，您會做那一種選擇：☐❶增購車型 4 車輛☐❷賣掉本車再買車型 4 車輛☐❸不會購買車型 4 車輛。

(本問卷到此結束，感謝您撥冗填寫)

(為力求您個人資料的保密，本問卷將由接受交通部委託維運全國公路監理資料中心之中華電信數據通信分公司代為處理問卷寄發及問卷回收彙整作業，請您將本問卷反摺黏貼後，寄回中華電信公司，謝謝您的配合！)

附錄二 機車問卷

敬啟者您好：

- 一、我們是交通大學交通運輸研究所，因近年來，節約能源與環保議題已益形重要，交通部特委託本研究所及中華電信進行大規模之車輛人使用情形調查。在此非常恭喜您！我們從國內眾多機車車籍資料中隨機抽中您，邀請您接受問卷調查。煩請撥冗填寫下列問項，您的寶貴意見將作為未來政府推動節約能源與環保政策之重要依據。為感謝您撥冗填寫，若您填答完整且在期限內回函者，就可參與抽獎活動。頭獎：3 台筆記型電腦(型號：ASUS A8He)、貳獎：60 台 Wii 任天堂電視遊戲機(或等值商品)。本抽獎活動將於民國 96 年 11 月 30 日在交通部運輸研究所公開舉行。
- 二、本問卷調查旨在了解國內家戶機車之持有與使用行為，您填答的資料，僅供整體統計與分析之用，絕不個別公布或作為其他用途，並嚴加保密，敬請放心填答。
- 三、本問卷以您府上機車（車牌號碼如下方所列，以下簡稱**本車**）作為調查對象，並請由本車之**最常使用人**依本車特性加以填寫。
- 四、本問卷務請於民國 96 年 9 月 30 日前填寫完畢，反摺後利用廣告回郵（免貼郵票）寄回，以利後續抽獎作業之進行。
- 五、本問卷調查的相關資訊請參閱交通部運輸研究所網頁(<http://www.iot.gov.tw/mp.asp>)及交通大學交通運輸研究所網頁(<http://www.itt.nctu.edu.tw/chinese/>)之最新消息公佈欄，歡迎上網查詢。

敬祝

闔家平安 萬事如意

交通部運輸研究所

交通大學交通運輸研究所 敬啟

一、家戶基本資料

1. 居住區位：_____縣/市_____鄉/鎮/市/區
2. 戶長年齡：_____歲
3. 戶長性別：☐①男 ☐②女
4. 經常居住在家之總人口數：_____人
5. 經常居住在家之工作人口數：_____人
6. 經常居住在家中且未滿十八歲之人口數：_____人
7. 經常居住在家中且六十五歲以上之人口數：_____人
8. 平均家戶月所得：☐①未滿 5 萬 ☐②5~未滿 10 萬 ☐③10~未滿 15 萬 ☐④15~未滿 20 萬
☐⑤20~未滿 25 萬 ☐⑥25~未滿 30 萬 ☐⑦30 萬以上，請填約_____萬元。
9. 家戶持有自用小汽車與機踏車的數量：小汽車：_____輛；機車：_____輛；腳踏車：_____輛
10. 家戶持有小汽車與機車的駕照數：小汽車：_____張；機車：_____張
11. 您由家中到大眾運輸場站（公車站牌、捷運站或鐵路車站）最近的步行距離為？
☐①0~100 公尺 ☐②101~200 公尺 ☐③201~300 公尺 ☐④301~400 公尺 ☐⑤401~500 公尺 ☐⑥501 公尺~600 公尺
☐⑦601 公尺~700 公尺 ☐⑧701 公尺~800 公尺 ☐⑨801 公尺~900 公尺 ☐⑩901~1,000 公尺 ☐⑪1 公尺以上，約_____公尺
12. 請問您府上於民國 95 年 10 月至民國 96 年 9 月期間內，車輛買賣汰換情形(可複選)：
汽車：☐①沒有買車或賣車 ☐②報廢_____輛，車型：_____ (如：TOYOTA ALTIS 1.8)
☐③賣車_____輛，車型：_____ ☐④購買新車_____輛，車型：_____
☐⑤購買中古車_____輛，車型：_____
機車：☐①沒有買車或賣車 ☐②報廢_____輛，車型：_____ (如：光陽豪邁 125)
☐③賣車_____輛，車型：_____ ☐④購買新車_____輛，車型：_____
☐⑤購買中古車_____輛，車型：_____

二、主要駕駛人之相關資料（請填寫家中最常使用本車之主要駕駛人資料）

1. 性別：☐①男 ☐②女
2. 年齡：_____歲
3. 職業：☐①軍公教 ☐②工 ☐③商/服務 ☐④農林漁牧 ☐⑤學生 ☐⑥無 ☐⑦其他_____
4. 教育程度：☐①國小以下 ☐②國中 ☐③高中職 ☐④大專 ☐⑤碩士 ☐⑥博士
5. 平均個人月收入：☐①未滿 2 萬 ☐②2~未滿 4 萬 ☐③4~未滿 6 萬 ☐④6~未滿 8 萬 ☐⑤8~未滿 10 萬
☐⑥10~未滿 12 萬 ☐⑦12 萬以上，請填約_____萬元。
6. 駕駛年資：_____年
7. 您主要是以何種方式上班(學)（請單選）：☐①不必上班(學) ☐②步行 ☐③汽車 ☐④機車 ☐⑤腳踏車
☐⑥公車 ☐⑦捷運 ☐⑧鐵路(含高鐵) ☐⑨計程車 ☐⑩航空
您平均單趟花費多少時間上班(學)到達地點？_____分鐘
8. 行駛前是否有暖車的習慣：☐①有，平均暖車幾分鐘？_____分鐘 ☐②沒有
9. 您騎車是否經常惰轉 3 分鐘以上(臨時停車但不熄火的情況)：☐①否 ☐②是，平均每次_____分鐘，每週平均_____次。
10. 您每隔多久會檢查胎壓一次：☐①每騎車前 ☐②偶爾騎車前才檢查 ☐③感覺胎壓不足時才檢查。

三、車輛基本資料（請以問卷開頭處所列車牌號碼之車輛作為填寫對象，以下簡稱本車）

1. 本車出廠年份(西元)：_____或民國_____年(請參考您的機車行車執照)
2. 本車購買年份(西元)：_____或民國_____年
3. 本車購買時為：☐①新車 ☐②中古車
4. 本車廠牌(如：光陽)為：_____；車輛型號(如：豪邁 125)為：_____
5. 本車為：☐①打檔車 ☐②非打檔車
6. 本車當初購買價格為：_____萬元
7. 本車排氣量(cc；立方公分)：_____ (請參考您的機車行車執照)
8. 本車平均每年行駛公里數約為：_____公里
9. 本車現在的總行駛公里數約為：_____公里(請參考您的機車里程表)
10. 本車的燃油種類：☐①92 無鉛汽油 ☐②95 無鉛汽油 ☐③98 無鉛汽油 ☐④電力 ☐⑤其他_____
11. 本車平均每公升汽油可行駛幾公里(即燃油效率)：_____公里
12. 本車有無使用其他省油(提高燃油效率)之添加劑或裝置省油設備：☐①有 ☐②無
13. 本車過去一年中車輛所花費的成本：
(1) 大約行駛多少公里進行保養：_____公里；平均每次保養維修費：_____元
(2) 平均每月加油費用：_____元
(3) 平均每月停車費用：_____元
(4) 平均每年保險費用：_____元
14. 本車主要在那一地區行駛使用：_____縣/市_____鄉/鎮/市/區。
15. 平均每週騎本車通勤上班(學)的天數：☐①不騎本車通勤 ☐②1 天 ☐③2 天 ☐④3 天 ☐⑤4 天 ☐⑥5 天 ☐⑦6 天 ☐⑧7 天。
(1) 平均每次通勤時，大約行駛_____公里。
(2) 本車經常搭乘人數(含駕駛)為：☐①1 人 ☐②2 人。
16. 平均每週騎本車旅遊或訪友天數：☐①不騎本車旅遊訪友 ☐②1 天 ☐③2 天 ☐④3 天 ☐⑤4 天 ☐⑥5 天 ☐⑦6 天 ☐⑧7 天
(1) 每次旅遊時，大約行駛_____公里。
(2) 本車經常搭乘人數(含駕駛)為：☐①1 人 ☐②2 人。
17. 您預估未來那一年會處理本車：☐①還不確定 ☐②確定約於民國_____年處理，處理原因為(可複選)：☐①您所得增加 ☐②車齡過高 ☐③經常故障 ☐④本車使用成本過高 ☐⑤本車空間及座位不足 ☐⑥其他_____。
18. 您未來一年內預定如何處理本車：

☐ ①繼續使用，而且，您會：☐ ①不添購汽車或機車 ☐ ②添購 1 輛汽車 ☐ ③添購 1 輛機車 ☐ ④其它_____。

☐ ②將本車報廢或賣掉，而且，您會：☐ ①不添購汽車或機車 ☐ ②添購 1 輛汽車 ☐ ③添購 1 輛機車 ☐ ④其它_____。

四、管理策略之偏好與反應

1. 請問您平常會不會在上午尖峰時段（7:00-9:00 am）進入市區？

☐ ①會，請繼續回答下列 2 小題：

(1) 若政府規定自用機車尖峰時刻進入市區，必須收取每次 50 元之進城費用，請問您的作法是？(請單選)

☐ ①付費進入市區

☐ ②不進入市區或改於離峰時段再騎車進入市區

☐ ③改搭別的運輸工具(您會改用何種運輸工具：☐ ①步行 ☐ ②汽車 ☐ ③腳踏車 ☐ ④公車 ☐ ⑤捷運

☐ ⑥鐵路(含高鐵) ☐ ⑦計程車 ☐ ⑧其他_____)

☐ ④其他_____。

(2) 若政府規定自用機車尖峰時刻進入市區，必須收取每次 20 元之進城費用，請問您的作法是？(請單選)

☐ ①付費進入市區

☐ ②不進入市區或改於離峰時段再騎車進入市區

☐ ③改搭別的運輸工具(您會改用何種運輸工具：☐ ①步行 ☐ ②汽車 ☐ ③腳踏車 ☐ ④公車 ☐ ⑤捷運

☐ ⑥鐵路(含高鐵) ☐ ⑦計程車 ☐ ⑧其他_____)

☐ ④其他_____。

☐ ②不會。

2. 若油價每公升上漲 10% (以 95 無鉛汽油為例，目前油價為 29.1 元，上漲後為 32.01 元)，請問您是否會繼續以機車作為主要的交通工具？

☐ ①不會，請繼續回答下列 2 小題：

(1) 請問您通勤上班(學)時將會改用何種運輸工具：☐ ①步行 ☐ ②機車 ☐ ③腳踏車 ☐ ④公車 ☐ ⑤捷運

☐ ⑥鐵路(含高鐵) ☐ ⑦計程車 ☐ ⑧其他_____

(2) 請問您旅遊或訪友時將會改用何種運輸工具：☐ ①步行 ☐ ②機車 ☐ ③腳踏車 ☐ ④公車 ☐ ⑤捷運

☐ ⑥鐵路(含高鐵) ☐ ⑦計程車 ☐ ⑧其他_____

☐ ②會。

3. 若油價每公升上漲 30% (以 95 無鉛汽油為例，目前油價為 29.1 元，上漲後為 37.83 元)，請問您是否會繼續以機車作為主要的交通工具？

☐ ①不會，請繼續回答下列兩小題：

(1) 請問您通勤上班(學)時將會改用何種運輸工具：☐ ①步行 ☐ ②機車 ☐ ③腳踏車 ☐ ④公車 ☐ ⑤捷運

☐ ⑥鐵路(含高鐵) ☐ ⑦計程車 ☐ ⑧其他_____

(2) 請問您旅遊或訪友時將會改用何種運輸工具：☐ ①步行 ☐ ②機車 ☐ ③腳踏車 ☐ ④公車 ☐ ⑤捷運

☐ ⑥鐵路(含高鐵) ☐ ⑦計程車 ☐ ⑧其他_____

☐ ②會。

4. 如果政府要求老舊機車(10 年以上)的檢驗次數為一年 2 次(目前 10 年以上車輛一年定檢 1 次)，則您會不會因此提早處理本車？

☐ ①會，大約在本車車齡_____年時。 ☐ ②不會 ☐ ③其他_____。

5. 如果政府提供免費大眾運輸系統服務(包括：公車、捷運及鐵路)，請問您會如何？

通勤上班(學)時：☐ ①會改搭大眾運輸 ☐ ②仍會自行騎車(原因是：☐ ①有自行騎車需要。☐ ②大眾運輸不方便。)

旅遊、探親訪友時：☐ ①會改搭大眾運輸 ☐ ②仍會自行騎車(原因是：☐ ①有自行騎車需要。☐ ②大眾運輸不方便。)

6. 請問您是否會因能源消耗、環境污染及地球暖化問題，而儘量避免騎車？

☐ ①不會，因為有騎車之需要。 ☐ ②會，但視環境狀況而定，繼續惡化再停止騎車。 ☐ ③會，現在已儘量不騎車。

7.請針對下列 6 種低污染機車及政府提供補助額度，請問您對此 6 種車型的偏好如何？

車輛特性	車型 1	車型 2	車型 3	車型 4	車型 5	車型 6
動力能源	電力			氫燃料電池		
能源價格	1 度電 3 元			30 元/公升		
能源補充方式	有 110V 插頭處即可充電 (充滿約需 2-3 度電，耗時 5 小時)			現有加油站數均可提供加氫服務	僅一半之加油站可提供加氫服務	僅 1/4 之加油站可提供加氫服務
續航力	充滿電可續航 50 公里	充滿電可續航 75 公里	充滿電可續航 100 公里	假設與您現有之車輛相同		
燃油效率	0.2 元/公里 (相當於汽油機車每公升行駛 140 公里之單位成本)			每公升較汽油機車可多行駛 3-5 公里		
維修費用	12,000 元/年 (換電池費用)			12,000 元/年 (換電池費用)		
車輛價格	假設與您現有之車輛 (即本車) 相同			假設與您現有之車輛 (即本車) 相同		
購車補助	1 萬元/車			1 萬元/車		

- (1) 針對車型 1 的機車，您會做何種選擇：☐❶增購車型 1 機車☐❷賣掉本車再買車型 1 機車☐❸不會購買車型 1 機車。
- (2) 針對車型 2 的機車，您會做何種選擇：☐❶增購車型 2 機車☐❷賣掉本車再買車型 2 機車☐❸不會購買車型 2 機車。
- (3) 針對車型 3 的機車，您會做何種選擇：☐❶增購車型 3 機車☐❷賣掉本車再買車型 3 機車☐❸不會購買車型 3 機車。
- (4) 針對車型 4 的機車，您會做何種選擇：☐❶增購車型 4 機車☐❷賣掉本車再買車型 4 機車☐❸不會購買車型 4 機車。
- (5) 針對車型 5 的機車，您會做何種選擇：☐❶增購車型 5 機車☐❷賣掉本車再買車型 5 機車☐❸不會購買車型 5 機車。
- (6) 針對車型 6 的機車，您會做何種選擇：☐❶增購車型 6 機車☐❷賣掉本車再買車型 6 機車☐❸不會購買車型 6 機車。

(本問卷到此結束，感謝您撥冗填寫)

(為力求您個人資料的保密，本問卷將由接受交通部委託維運全國公路監理資料中心之中華電信數據通信分公司代為處理問卷寄發及問卷回收彙整作業，請您將本問卷反摺黏貼後，寄回中華電信公司，謝謝您的配合！)