

國立交通大學  
運輸與物流管理學系

碩士論文

輕型車油耗與廢氣排放之道路實測與實驗室  
測試比較分析

Comparative Study of Field and Laboratory Tests for the  
Evaluation of Fuel Consumption and Air Pollutant  
Emission in Light Duty Vehicles

研究生：林意純

指導教授：鍾易詩

中華民國 一〇七年 六月

輕型車油耗與廢氣排放之道路實測與實驗室測試比較分析

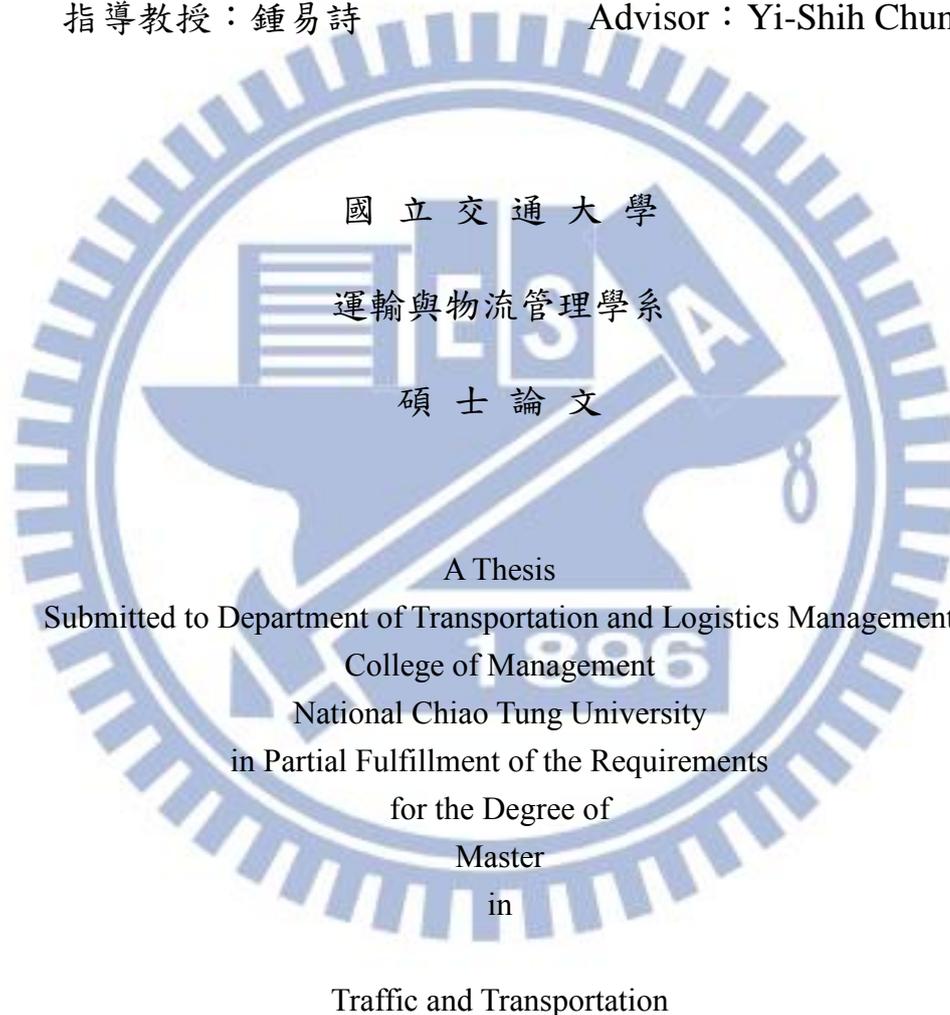
Comparative Study of Field and Laboratory Tests for the Evaluation of  
Fuel Consumption and Air Pollutant Emissions in Light Duty Vehicles

研究生：林意純

Student : Yi-Chun Lin

指導教授：鍾易詩

Advisor : Yi-Shih Chung



June 2018

Taipei, Taiwan, Republic of China

中華民國一〇七年六月

## 輕型車油耗與廢氣排放之道路實測與實驗室測試比較分析

學生：林意純

指導教授：鍾易詩 教授

國立交通大學運輸與物流管理學系碩士班

### 摘要

新車進口銷售前必須接受廢氣排放檢測，該測試過程卻於實驗室進行，而有實際駕駛過程所產生的排放與檢測結果不符之現象，歐盟近年亦著手研擬道路測試相關規範，使檢測結果更具代表性。本研究使用輕型車輛於不同測試環境下，其所產生的油耗和廢氣排放進行比較分析，數據來源之一為工研院所提供的 WLTC 實驗室測試以及在新竹進行道路測試，其二為運研所提供的 FTP-75 和 NEDC 實驗室測試資料，透過車輛比功率模式，建立本研究之 VSP Mode，並在相同 VSP Mode 下比較車輛在道路實測和實驗室測試的油耗、CO、THC 和 NOx 排放差異，最後則是使用多層次線性模式說明影響油耗和排放的因素。

研究結果先依 FTP-75 和 NEDC 分別建立 VSP Mode，發現低 VSP Mode 下道路和實驗室測試沒有顯著差異，VSP Mode 越高，道路所產生的油耗和 CO 排放明顯多於實驗室測試，THC 則相反；多層次線性模式結果說明引擎轉速在不同行車階段下最顯著影響油耗，節氣門開度會因為在道路或 WLTC 測試之不同而顯著影響 CO 排放量，若考慮所有測試型態，不同測試型態對油耗的差異不大，道路測試產生的平均 CO 排放量較其他測試高，而 WLTC 測試會因為速度增加，CO 排放量增加的幅度最大；FTP-75 所產生的 THC 排放量比其他測試來的高，而在道路和 NEDC 測試下環境溫度的變化會使得 THC 排放量較其他測試明顯；不同測試型態對 NOx 排放量沒有明顯差異，建議未來道路測試可著重於速度、引擎轉速和節氣門開度之規範。

**關鍵字：**油耗、CO、THC、NOx、道路實測、實驗室測試、VSP Mode、多層次線性模式



## 誌謝

時間無聲無息的流逝，直到為兩年的碩士生活劃下句點後才發現，這些日子是多值得回味，謝謝老師們給了我們滿滿的學識，謝謝每位同學為研究生生活增添樂趣，憶起撰寫論文的過程中，最感謝的就是我的指導老師鍾老師，總在我對問題百思不得其解中給我方向，讓我陷入論文深淵之時從旁協助我，身旁也有很多學長姐、朋友願意與我一同討論，幫助我注意到一些盲點，在我一開始對軟體不熟悉時也幫忙我許多，在論文專討上，每位老師也都對我的論文提供不同的意見以及看法，最後在論文口試中，真的很感謝我的口試委員曾老師和吳老師所給的建議和鼓勵，最後也感謝家人的支持，讓我能無後顧之憂的完成學業，這段研究所生活佔整個求學過程也許不長，影響卻深刻，謝謝大家。

林意純 謹誌於

國立交通大學 運輸與物流管理學系碩士班

中華民國一〇七年六月

# 目錄

中文摘要 .....	I
英文摘要 .....	II
誌謝 .....	III
目錄 .....	IV
表目錄 .....	VII
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 .....	4
1.3 研究範圍與對象 .....	4
1.4 研究流程 .....	4
第二章 文獻回顧 .....	6
2.1 台灣車輛廢氣排放管制現況 .....	6
2.1.1 FTP-75 & HWFET .....	7
2.1.2 NEDC .....	9
2.1.3 WLTC .....	10
2.2 台灣油耗、排放與行車型態之研究 .....	15
2.3 行車型態之分析與建立 .....	18
2.4 VSP 應用 .....	21
2.5 道路實測與法定行車型態之比較 .....	25
2.5.1 能耗與排放量之差異 .....	25
2.5.2 能耗與排放量差異之影響因素 .....	26

2.6	歐盟對實際道路測試之規範 .....	28
第三章	研究方法 .....	30
3.1	研究架構 .....	30
3.2	實際道路測試背景 .....	32
3.2.1	測試車輛 .....	32
3.2.2	測試路線 .....	33
3.2.3	PEMS 與資料蒐集項目 .....	34
3.3	實驗室測試背景 .....	35
3.4	數據分析流程與方法 .....	37
3.4.1	數據分析流程 .....	37
3.4.2	行車型態 .....	39
3.4.3	VSP .....	40
3.4.4	VSP Mode 與油耗、廢氣排放量之估計 .....	42
3.4.5	車輛油耗與排放之影響因素 .....	43
第四章	資料處理與特性分析 .....	45
4.1	基本統計 .....	45
4.1.1	實際道路測試車輛 .....	45
4.1.2	實驗室測試車輛 .....	54
4.2	行車型態分析 .....	63
4.2.1	實際道路測試之行車型態圖 .....	64
4.2.2	行車型態下之基本參數 .....	65
4.3	資料特性分析之小結 .....	75
第五章	道路與實驗室測試之比較分析 .....	76
5.1	VSP Mode 分類 .....	76
5.1.1	VSP Mode 分類過程與結果 .....	77

5.1.2	VSP Mode 下道路與實驗室測試之差異 .....	84
5.2	以迴歸模式進行差異比較分析 .....	90
5.2.1	多元迴歸模式 .....	90
5.2.2	多層次線性模式 .....	96
5.3	道路與實驗室測試之比較分析小結 .....	109
第六章	結論與建議 .....	110
6.1	結論 .....	110
6.2	建議 .....	112
參考文獻	.....	113
附錄一、	道路測試車之速度與油耗散布圖 .....	117
附錄二、	道路測試車之速度與 CO 排放量散布圖 .....	119
附錄三、	道路測試車之速度與 NOx 排放量散布圖 .....	121
附錄四、	道路測試車之速度與 THC 排放量散布圖 .....	123
附錄五、	道路測試 F 車之主要變數與反應變數散布圖 .....	126

## 表目錄

表 2.1.1 美國行車型態比較 .....	9
表 2.1.2 車輛等級分類表 .....	11
表 2.1.3 WLTC 基本參數表.....	11
表 2.1.4 WLTC 與 NEDC 基本參數比較.....	14
表 2.1.5 美國與歐盟輕型車行車型態之比較 .....	15
表 2.2.1 臺灣代表地區行車型態 .....	17
表 2.3.1 Seers 之行車型態參數.....	19
表 2.4.1 EPA 之 VSP Mode 分類.....	24
表 2.5.1 影響油耗或 CO <sub>2</sub> 排放量之因素.....	28
表 2.6.1 歐盟實際道路測試規範 .....	28
表 3.2.1 實際道路測試車輛之基本資料 .....	32
表 3.2.2 歐盟測試規範對照國內法規 .....	33
表 3.2.3 道路測試資料蒐集之項目 .....	35
表 3.3.1 實驗室測試車輛之基本資料 .....	36
表 3.3.2 實驗室測試之資料收集項目 .....	37
表 3.4.1 比較分析之測試車數據資料整理表 .....	39
表 3.4.3 以固定或非固定組距分類 VSP 之優缺點 .....	42
表 3.4.4 車輛油耗與排放之影響因素 .....	44
表 4.1.1 道路測試之各車輛主要變數平均數和標準差 .....	46
表 4.1.2 實驗室測試車之各變數平均值與標準差 .....	55
表 4.2.1 實際道路測試之基本參數表 .....	66
表 4.2.2 道路測試之變異數同質性檢定 .....	66
表 4.2.3 道路測試之變異數分析表 .....	67

表 4.2.4	道路測試之事後比較檢定 .....	68
表 4.2.5	FTP-75 之基本參數表 .....	69
表 4.2.6	FTP-75 測試之變異數同質性檢定 .....	70
表 4.2.7	FTP-75 測試之變異數分析 .....	70
表 4.2.8	FTP-75 測試之事後比較檢定 .....	71
表 4.2.9	NEDC 測試之基本參數表 .....	72
表 4.2.10	NEDC 測試之變異數同質性檢定 .....	73
表 4.2.11	NEDC 測試之變異數分析 .....	73
表 4.2.12	NEDC 測試之事後比較檢定 .....	74
表 5.1.1	比較分析之測試車整理 .....	76
表 5.1.2	Honda 進行 FTP-75 測試之變異數分析 .....	78
表 5.1.3	Honda 進行 NEDC 測試之變異數分析 .....	78
表 5.1.4	Toyota 進行 FTP-75 測試之變異數分析 .....	78
表 5.1.5	Mitsubishi 進行 FTP-75 測試之變異數分析 .....	79
表 5.1.6	Mitsubishi 進行 NEDC 測試之變異數分析表 .....	79
表 5.1.7	Honda 進行 FTP-75 測試之變異數分析 .....	80
表 5.1.8	Honda 進行 NEDC 測試之變異數分析 .....	80
表 5.1.9	Toyota 進行 FTP-75 測試之變異數分析 .....	81
表 5.1.10	Mitsubishi 進行 FTP-75 測試之變異數分析 .....	81
表 5.1.11	Mitsubishi 進行 NEDC 測試之變異數分析表 .....	82
表 5.1.12	FTP-75 測試之 Mode 分類 .....	83
表 5.1.13	NEDC 測試之 VSP Mode 分類 .....	83
表 5.1.14	測試型態與本研究 Mode 分類之變異數分析 .....	84
表 5.1.15	多層次線性模式之 ICC 值 .....	85
表 5.2.1	WLTC 測試車所提供之變數 .....	92

表 5.2.2	不同車型下道路與 WLTC 測試之迴歸分析.....	94
表 5.2.3	相同車型下道路與 WLTC 測試之迴歸分析.....	96
表 5.2.4	油耗之隨機效果單因子變異數模式—行車階段和測試型態 .....	97
表 5.2.5	油耗之多層次線性模式—行車階段 .....	98
表 5.2.6	CO 之隨機效果單因子變異數模式—行車階段和測試型態.....	99
表 5.2.7	CO 之多層次線性模式—測試型態.....	100
表 5.2.8	油耗之隨機效果單因子變異數模式—測試型態和車型 .....	101
表 5.2.9	油耗之多層次線性模式—車型 .....	101
表 5.2.10	CO 之隨機效果單因子變異數模式—測試型態和車型.....	103
表 5.2.11	CO 之多層次線性模式—測試型態 .....	104
表 5.2.12	THC 之隨機效果單因子變異數模式—測試型態和車型 .....	106
表 5.2.13	THC 之多層次線性模式—測試型態 .....	106
表 5.2.14	NO <sub>x</sub> 之隨機效果單因子變異數模式—測試型態和車型.....	108

## 圖目錄

圖 1.1.1 臺灣 103 年運輸部門燃料燃燒二氧化碳排放占比 .....	1
圖 1.1.2 臺灣 103 年運輸部門燃料燃燒氧化亞氮排放占比 .....	1
圖 1.1.3 台灣平均每百人汽車登記數 .....	2
圖 1.4.1 研究流程圖 .....	5
圖 2.1.1 FTP-75 行車型態 .....	8
圖 2.1.2 HWFET 行車型態 .....	8
圖 2.1.3 NEDC 行車型態 .....	10
圖 2.1.4 WLTC Class3 行車型態 .....	13
圖 2.2.1 台北市行車型態 .....	18
圖 2.2.2 高雄市行車型態 .....	18
圖 2.2.3 台中市行車型態 .....	18
圖 3.1.1 研究架構圖 .....	31
圖 3.4.1 數據分析流程 .....	38
圖 4.1.1 道路測試車之速度油耗散佈圖 (以 D1 車為例) .....	48
圖 4.1.2 道路測試車之速度與 CO 排放量散佈圖 .....	48
圖 4.1.3 道路測試車之速度與 NOx 排放量散佈圖 .....	49
圖 4.1.4 道路測試車之速度與 THC 散佈圖 .....	51
圖 4.1.5 道路測試車之油耗與主要變數散佈圖 .....	52
圖 4.1.6 道路測試車之 CO 排放量與主要變數散佈圖 .....	53
圖 4.1.7 道路測試車之 THC 排放量與主要變數散佈圖 .....	53
圖 4.1.8 道路測試車之 NOx 排放量與主要變數散佈圖 .....	54
圖 4.1.9 FTP-75 測試車之主要變數與油耗散佈圖 .....	56
圖 4.1.10 FTP-75 測試車之主要變數與 CO 排放量散佈圖 .....	57

圖 4.1.11	FTP-75 測試車之主要變數與 THC 排放量散佈圖 .....	58
圖 4.1.12	FTP-75 測試車之主要變數與 NO <sub>x</sub> 散佈圖 .....	59
圖 4.1.13	NEDC 測試車之主要變數與油耗散佈圖 .....	60
圖 4.1.14	NEDC 測試車之主要變數與 CO 排放量散佈圖 .....	61
圖 4.1.15	NEDC 測試車之主要變數與 THC 排放量散佈圖 .....	62
圖 4.1.16	NEDC 測試車之主要變數與 NO <sub>x</sub> 排放量散佈圖 .....	63
圖 4.2.1	道路測試車行車型態圖 .....	64
圖 5.1.1	不同 VSP Mode 下 Honda 道路與 FTP-75 之油耗量 .....	87
圖 5.1.2	不同 VSP Mode 下 Honda 道路與 FTP-75 之 THC 排放量 .....	87
圖 5.1.3	不同 VSP Mode 下 Honda 道路與 NEDC 車之油耗量 .....	88
圖 5.1.4	不同 VSP Mode 下 Honda 道路與 NEDC 車之 CO 排放量 .....	89
圖 5.1.5	不同 VSP Mode 下 Honda 道路與 NEDC 車之 THC 排放量 .....	90
圖 5.2.1	道路和實驗室測試車之油耗與廢氣排放散佈圖 .....	92
圖 5.2.2	油耗之多層次線性模式隨機效果—車型 .....	103
圖 5.2.3	CO 之多層次線性模式隨機效果—測試型態 .....	105
圖 5.2.4	THC 之多層次線性模式隨機效果—測試型態 .....	108

# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

隨著科技日益發展，全球氣候變遷也成了各國所正視的問題之一，加強管制溫室氣體排放已成為國際趨勢，而台灣也致力於推動各項節能減碳策略，根據 2016 年中華民國國家溫室氣體排放清冊報告，可以看出運輸部門中的公路運輸對於溫室氣體的排放仍占相當高比例 (圖 1.1.1、圖 1.1.2)，因此交通部、環保署等單位提出一些行動方案像是推廣綠色運具、打造以人為本的都市交通環境、提升運輸系統能源使用效率，對於車輛的使用監理、數量管理甚至是法規標準的制定也都投入不少研究，期待能達到環境保護之目標，並改善國內空氣品質。

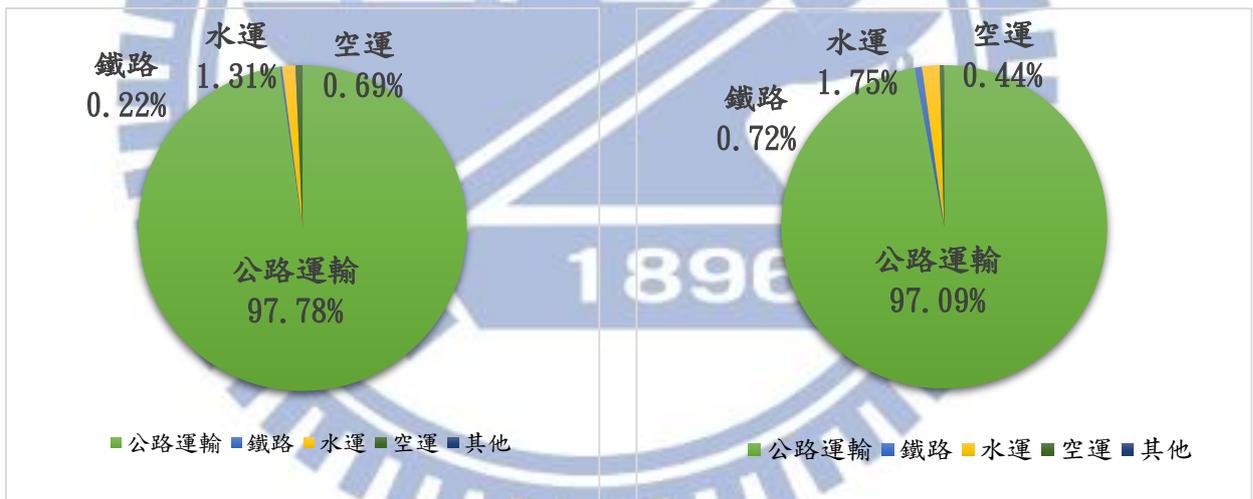


圖 1.1.2 臺灣 103 年運輸部門燃料燃燒二氧化碳排放占比

圖 1.1.1 臺灣 103 年運輸部門燃料燃燒氧化亞氮排放占比

根據交通部運輸研究所統計資料顯示，民國 90 年開始汽車持有數呈現增加趨勢，到民國 105 年汽車持有數達 672 萬輛，另外從交通部統計查詢網資料顯示台灣從民國 77 年開始平均每百人汽車登記數也不斷增加 (圖 1.1.3)。德國海德堡環境及預測研究所曾假設當一輛輕型車連續十年每年行駛 1300 公里，推估

終其一生會排放 368.1 公斤的一氧化碳、89.5 公斤的氮氧化物和 2040 百萬立方公尺的空氣汙染，實為可觀，而車輛廢氣排放物成分以一氧化碳(CO)、氮氧化物(NO<sub>x</sub>)及碳氫化合物(HC)為主，CO 會使得血紅素降低運送氧氣之能力、氮氧化物(NO、NO<sub>2</sub>，合稱為 NO<sub>x</sub>)則是因為汽缸內燃燒溫度高，使得空氣中氮氣與氧氣反應生成氮氧化物，進而造成呼吸道疾病，以上著名的汽車廢氣排放物因會對人體、動物健康和環境造成傷害，儼然成為各國空氣汙染防制法所規定之法定空氣汙染物，加上民眾對於空氣汙染危害性的認知亦日趨成熟，政府部門也應該在車輛廢氣排放方面採取把關措施。



圖 1.1.3 台灣平均每百人汽車登記數

資料來源：交通部公路總局。機動車輛登記數。取自 <https://data.gov.tw/> 內政部戶政司。人口數。取自 <https://www.ris.gov.tw/346>

再加上近期國外陸續發生的幾起實驗室油耗與汙染測試值與實際上路數據差異過大的事件，因此台灣環保署在 2016 年表示未來會加嚴車輛廢氣排放的標準，並訂定國內第六期汽油汽車廢氣排放標準，根據交通工具空氣汙染物排放標準第三條修正草案總說明，將於民國 108 年 9 月 1 日開始實施汽油及替代清潔燃料引擎汽車排氣管排放空氣汙染物標準，主要參考歐盟六期 (Euro 6) 汽油車排放廢氣標準及其相關檢測方法，並新增世界輕負載車輛測試型態 (Worldwide harmonized Light vehicles Test Cycle, WLTC)，仍同時承認美國汽油

車排放廢氣標準，維持雙軌制，期待能進一步改善國內車輛廢氣污染問題。

車輛能耗與排放特性會隨地區特性、道路類型、交通狀況而有所差異，即使採用國外標準或實驗數據，在應用上仍需視國內環境特性予以修正調整，目前台灣依循的車輛污染排放測試程序 (NEDC 及 FTP-75) 都是在實驗室進行，車輛能源消耗與廢氣排放特性參數乃受到實驗室儀器影響，駕駛型態、環境變數如交通壅塞、天候狀況條件都控制在限定的範圍內，因此無法真正顯現車輛實際道路行駛下的燃油特性和廢氣排放量，需要經過多步驟修正才能推估出與實際較接近的油耗與廢氣排放量。

近年來，由於氣體分析儀器的改良，許多國家開始導入車載污染量測系統 (Portable Emission Measurement System, PEMS)，可以量測汽車瞬時廢氣污染物濃度，且儀器也能置於車輛中，而此系統也被應用於進行實際道路排放測試 (Real Driving Emission, RDE)，使得在真實駕駛情況下量測排放物之願景得以實現，改善實驗室測試過程中所忽略的影響變數，因此比較由實車上路所量測到的資料與實驗室測試結果的差異，能協助環保署評估輕型車輛之道路污染排放特性及驗證機制，進而完善國內車輛廢氣排放管理制度。

過去研究車輛排放物所使用的參數多為速度、加速度，也有專家提出車輛比功率 (vehicle specific power, VSP) 之概念，速度與加速度雖容易代表交通特性，但並未考慮道路特性像是坡度對油耗與廢氣排放的影響，因此將車速、加減速與坡度三大參數整合成的車輛比功率 VSP 公式，並被視為是能夠有效代替呈現引擎運轉狀態，且跟排放相關性較高的參數，有鑑於此，為了使得道路實測資料與實驗室測試資料，這兩種有所差異的資料型態能有相同的比較基礎，並且考慮選用能夠代表車輛駕駛行為和駕駛環境的轉換方式，故藉由 VSP 和車輛比功率分群結果 (VSP Mode) 以利後續比較兩者之差異。

## 1.2 研究目的

1. 利用法規認證之實驗室測試程序資料並結合車輛比功率 (VSP) 模式，建立本研究之 VSP Mode。
2. 在相同 VSP Mode 下比較車輛於道路實測和實驗室測試的油耗、CO、THC 和 NO<sub>x</sub> 排放，再以多層次線性模式考量其他因素，提出兩種測試環境對燃油消耗與廢氣排放的差異。

## 1.3 研究範圍與對象

本研究之對象以輕型車為主，根據美國環保署 (EPA) 對 Light-duty Vehicles 簡稱 LDV，又稱為小客車，其定義為車輛總重不超過 8500 磅 (約 3855 公斤) 的車輛，國內將 LDV 翻譯為輕型車。根據道路交通安全規則第三條，汽車依其使用性質，分為客車、貨車、客貨兩用車、代用客車、特種車和機車，其中，小客車定義為座位在九座以下之客車或座位在二十四座以下之幼童專用車，其座位之計算包括駕駛人及幼童管理人在內。

## 1.4 研究流程

本研究首先會介紹研究背景、動機，並界定研究範圍與目標；第二步確認行車型態的定義，並著手整理與台灣相關之法定行車型態，藉由回顧行車型態相關之文獻，以探討行車型態在車輛油耗與廢氣排放中的應用方式，包括探討道路實測和實驗室測試之間差異的文獻；再者開始介紹工研院機械所量測的資料、車輛比功率 (VSP) 以及車輛比功率分類方式 (VSP Mode)，透過 VSP 分析實際道路量測資料，並以此結果做為 VSP Mode 的分類依據；最後，則是探討道路實測資料與實驗室測試數據兩者之間的差異，並提出本研究之結論與建議。

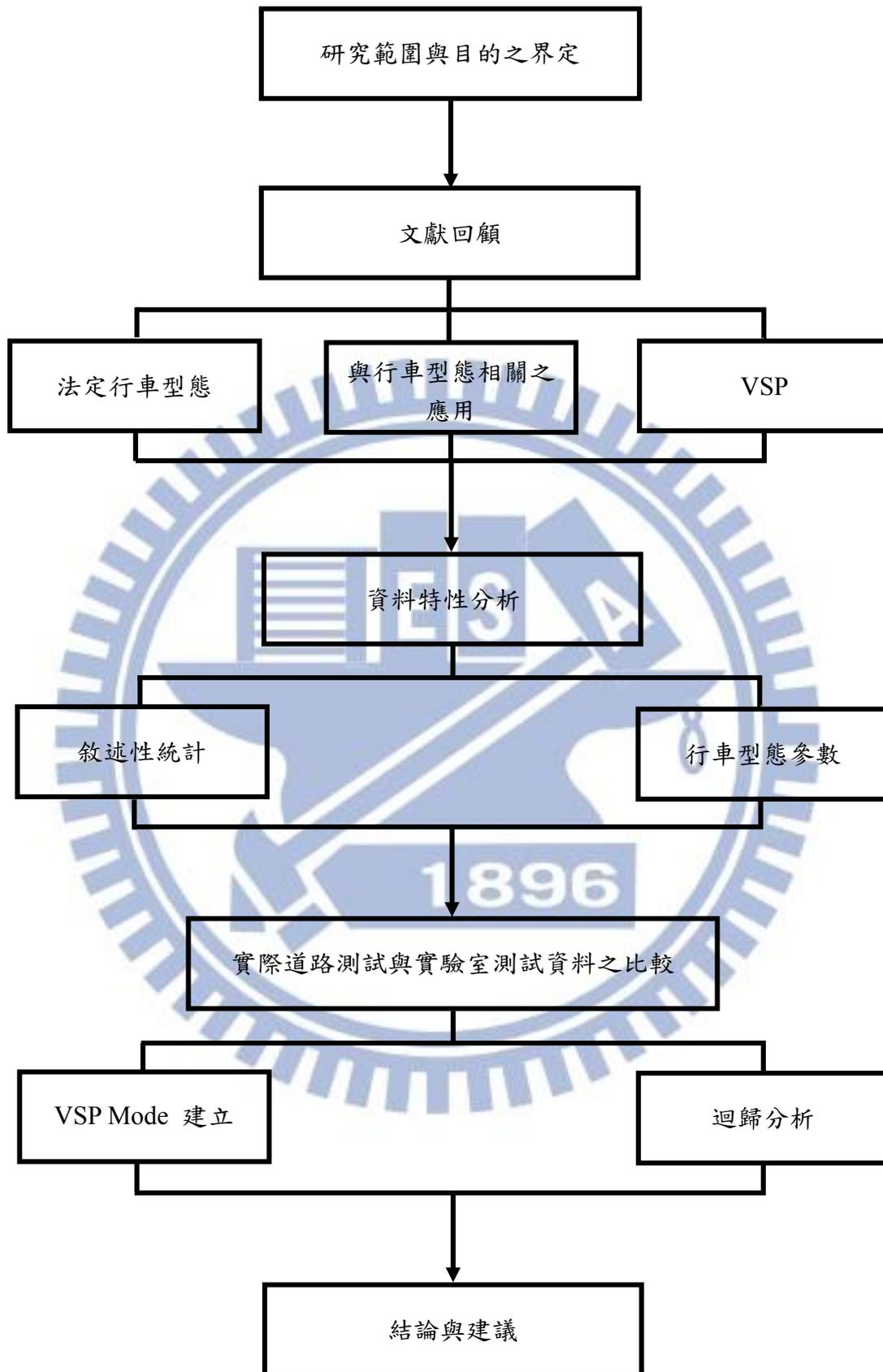


圖 1.4.1 研究流程圖

## 第二章 文獻回顧

本章節先介紹國內車輛廢氣排放之管制現況，並整理國內目前以及未來會採用的行車型態測試內容，另外也彙整與行車型態相關之文獻，包含行車型態之建立、實際道路測試與法定行車型態之結果比較，其中也特別提出文獻中應用到 VSP 模式和 VSP Mode 的部分，以了解模式中參數及變數使用上之異同，以及對 VSP Mode 之分類做進一步的瞭解。

### 2.1 台灣車輛廢氣排放管制現況

台灣從 2012 年 10 月實施汽油車第五期排放標準，同時採納歐盟及美國的管制規定，根據能源管理法第十五條：「廠商製造或進口中央主管機關指定之車輛供國內使用者，其車輛之能源效率，應符合中央主管機關容許耗用能源之規定，並應標示能源耗用量及其效率。不符合前項容許耗用能源規定之車輛，不准進口或在國內銷售。」因此各型車輛在販售前均必須通過油耗與排放之法規審查檢驗測試，並參考歐、美相關管制規定，分別訂定行車型態排放測試、引擎惰轉狀態測試、油氣蒸發汙染測試、耐久測試及車上診斷系統 (On-Board Diagnostics, OBD) 測試等多項管制項目，並公告測試結果，而國內車輛廢氣排放測試方法與程序，主要以行車型態為主，車輛依環境狀況、使用條件，如車輛載重規定為原車重+EU/FTP 法規配重、不開頭燈、不開空調等，並使用特定測試燃油，於實驗室車體動力計上以特定行車型態駕駛，如歐盟 NEDC 和美國 FTP-75，所得之平均能耗和廢氣排放，以 km/l 和 g/km 為單位。

上述所提及 FTP-75、NEDC 和第一章所提到的 WLTC 在國外以 Driving Cycle 稱之，根據台灣汽油及替代清潔燃料引擎汽車車型排氣審驗合格證明核發撤銷及廢止辦法：「駕駛循環，又稱 Driving Cycle，是指車上診斷系統對空氣汙染防制設備及相關元件執行一次完整診斷評估所需之車輛駕駛過程，包含下列

三個階段：(一) 引擎啟動運轉、(二) 駕駛一段時間後將引擎熄火、(三) 下一次引擎啟動前靜置足夠時間等各階段之完整循環。」而彭柏鈞(民 91) 把 Driving Cycle 翻譯為行車型態，並指出過去有文獻將行車型態分為法定行車型態與非法定行車型態兩種。廖士勛(民 101) 認為行車型態一般可定義為於一時間段及特定地區範圍內，獲得其單位時間內行車速度分布情形及駕駛特性，含怠速、定速、加速及減速，此一連串行車狀態可代表此地區或道路之某一特定車輛的行駛模式。

### 2.1.1 FTP-75 & HWFET

FTP-75 (Federal Test Procedure-75) 指在特定時間內，以時間—車速資料，來代表某一特定區域或交通路線的行車狀況，以作為測定車輛平均能耗參數的比較基礎，是美國國家環境保護署 (EPA) 用來衡量小汽車的燃油效率和廢氣排放的認證標準，也是台灣目前輕型車之法定汙染行車型態檢測程序，完整的 FTP-75 駕駛循環有三階段，分別為 505 秒的冷啟動階段、864 秒的暫態階段和 505 秒熱啟動階段。

2007 年美國國家環境保護署加入 SFTP (Supplemental Federal Test Procedure) 測試程序，用以反映實際道路行車型態情況，包括以下三種狀況：

1. US06 在測試過程中的最高速度達 130km/h 並以猛烈加減速的駕駛方式，用以代表較激進的駕駛行為。
2. SC03 此測試在 FTP-75 循環中加入使用空調的情況。
3. 冷循環則是在周圍環境為  $-7^{\circ}\text{C}$  下所做的測試。

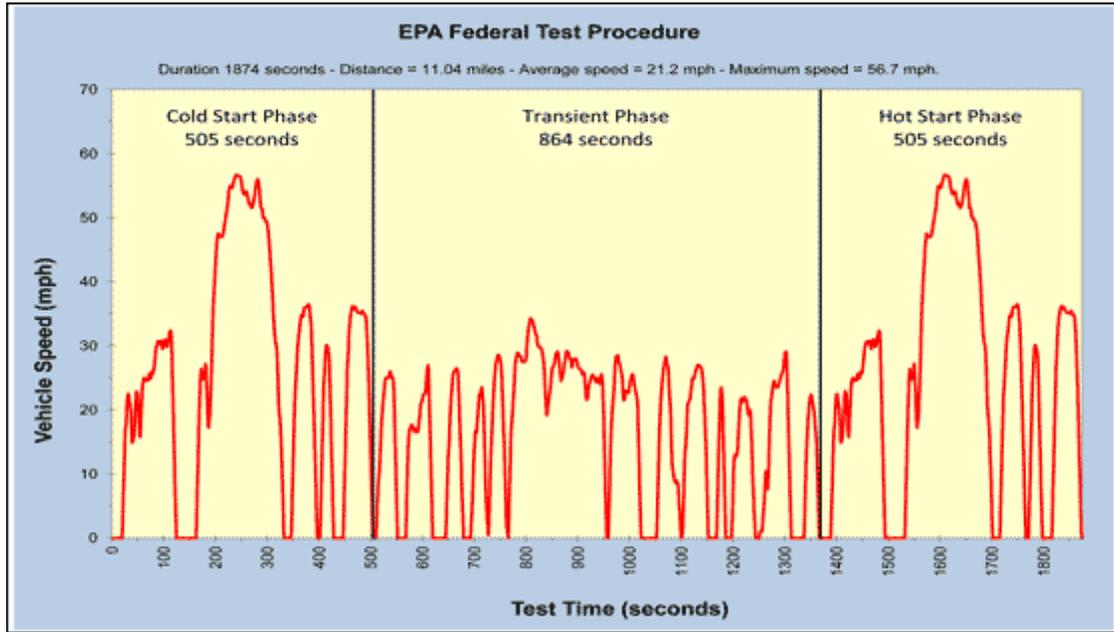


圖 2.1.1 FTP-75 行車型態

資料來源：EPA, <https://www.epa.gov/>

HWFET (Highway Fuel Economy Test Cycle) 為 FTP-75 測試下評估輕型車在高速公路行駛的燃油效率，測試時間為 765 秒、測試距離 16.45 公里、平均速度 77.7 km/h、最高行駛速度 96.4 km/h。

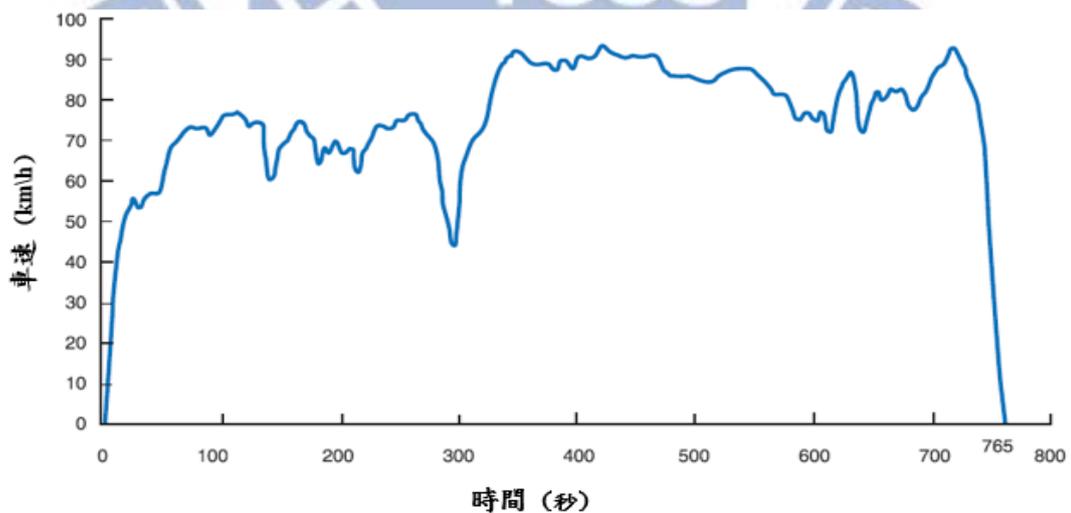


圖 2.1.2 HWFET 行車型態

資料來源：經濟部能源局，民國 105 年車輛油耗指南。

將美國行車型態的測試參數於下表做整理跟比較，包括市區、高速公路和SFTP 下的三種測試程序。

表 2.1.1 美國行車型態比較

循環方式	市區	高速公路	US06	SC03	冷循環
旅程類型	低速、走走停停	順暢之高速公路行駛	更高速度猛加減速	在戶外溫度炎熱情況下使用空調	戶外溫度低的情況下做市區行駛
運轉時間	31 min	12.5 min	10 min	9.9 min	31 min
模擬里程	11 mile	10 mile	8 mile	3.6 mile	11 mile
最高速度	56 mph	60 mph	80 mph	54.8 mph	56 mph
平均速度	20 mph	48 mph	48 mph	22 mph	20 mph
最大加速度	3.3 mph/sec	3.2 mph/sec	8.46 mph/sec	5.1 mph/sec	3.3 mph/sec
停止次數	23	0	4	5	23
怠速時間比例	18 %	0 %	7 %	19 %	18 %
引擎啟動	冷啟動	熱啟動	熱啟動	熱啟動	冷啟動
實驗室溫度	68-86 °F			95 °F	20 °F
車輛空調	關	關	關	開	關

註：引擎啟動指車輛引擎要達到行駛溫度才能發揮其最佳燃油效率。

資料來源：EPA, <https://www.epa.gov/> & 林國顯等 (民 97)

## 2.1.2 NEDC

車輛污染管制最早於歐盟開始導入，而當時發展的行車型態僅有市區，且最大時速僅有 50 公里/小時，修正後加入非市區的行車型態，且最高時速達

120 公里/小時，也成了新歐洲行車型態 (NEDC, New European Driving Cycle)，包含四個 UDC 和一個 EUDC，其中 UDC 指市區行車型態，每次測試時間為 195 秒，行駛距離約一公里；EUDC 為高速型態，測試時間為 400 秒，行駛距離約 7 公里，總測試距離約 11.3 公里、平均速度約 33.6 公里/小時，其時間—速度圖於圖 2.1.3，且歐盟 Euro5 及 Euro6b 均以 NEDC 測試型態檢測車輛行車型態排放，其中 Euro5 指歐盟規定車輛第五期排放標準的通稱；Euro6b 指歐盟規定之車輛第六期 Euro6b 的排放標準。

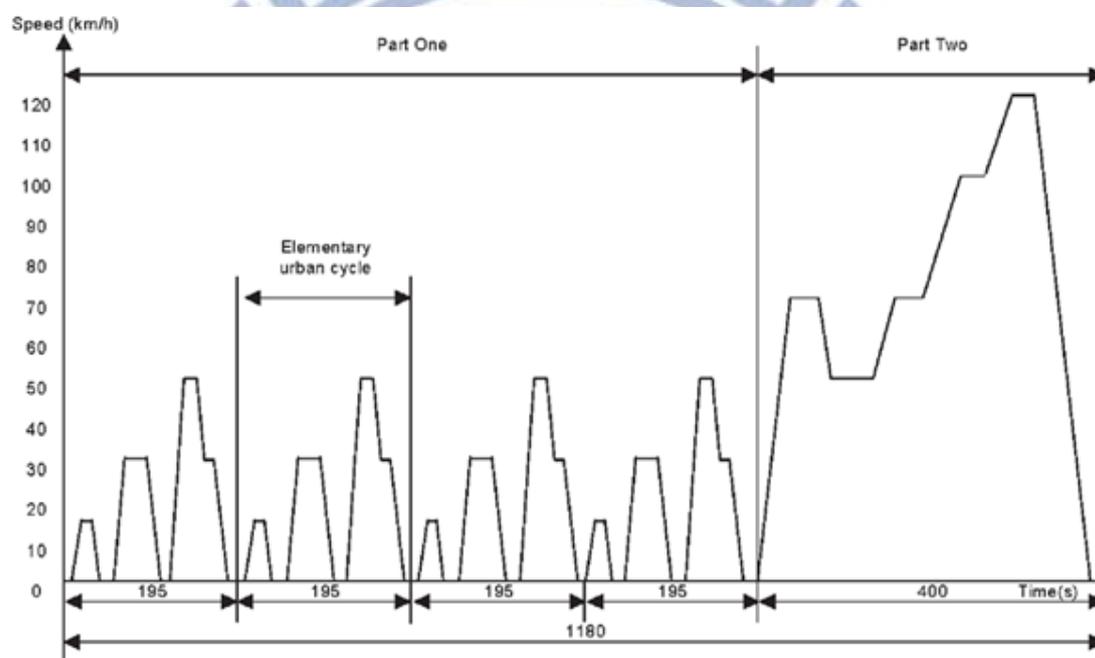


圖 2.1.3 NEDC 行車型態

資料來源：TOYOTA, <http://blog.toyota.co.uk/>

### 2.1.3 WLTC

為 WP.29 (The UNECE World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations, 世界車輛法規協調論壇) 從 2008 年開始提倡的測試標準，可更加貼近實際道路駕駛狀況與滿足各國汽車認證需求，研究多年隨機行車型態測試程序和車載污

染量測程序後，訂定世界輕負載車輛法規測試程序 (World-wide harmonized Light duty Test Procedures, WLTP)，依馬力/車重比 (power-to-mass ratio, w/kg)、最高行駛速度之不同將測試車輛分成 Class1、2、3a 和 3b 四種等級 (表 2.1.2)，且依速度差異分成四個階段 (Low、Medium、High、Extra high)，並組合成 WLTC (World-wide harmonized Light duty Test Cycle) 行車型態 (表 2.1.3)。

表 2.1.2 車輛等級分類表

車輛等級分類	馬力/車重比	最大速度
Class 1	PMR ≤ 22	-
Class 2	34 ≥ PMR > 22	-
Class 3a	PMR > 34	< 120km/h
Class 3b		≥ 120km/h

資料來源：DieselNet, <https://www.dieselnets.com/standards/cycles/index.php>

表 2.1.3 WLTC 基本參數表

分類	速度	測試時間 (秒)	停止時間 (秒)	測試距離 (km)	最高速度 (km/h)	平均速度(不含停止時間) (km/h)	平均速度(含停止時間) (km/h)	最大減速度 (km/h)	最大加速度 (km/h)
<b>Class 3b</b>	低速	589	156	3095	56.5	25.7	18.9	-1.47	1.47
	中速	433	48	4756	6.6	44.5	39.5	-1.49	1.57
	高速	455	31	7162	97.4	60.8	56.7	-1.49	1.58

分類	速度	測試時間(秒)	停止時間(秒)	測試距離(km)	最高速度(km/h)	平均速度(不含停止時間)(km/h)	平均速度(含停止時間)(km/h)	最大減速度(km/h)	最大加速度(km/h)
	超高速	323	7	8254	131.3	94.0	92.0	-1.21	1.03
<b>Class 3a</b>	低速	589	156	3095	56.5	25.7	18.9	-1.47	1.47
	中速	433	48	4721	76.6	44.1	39.3	-1.47	1.28
	高速	455	31	7124	97.4	60.5	56.4	-1.49	1.58
	超高速	323	7	8254	131.3	94.0	92.0	-1.21	1.03
<b>Class 2</b>	低速	589	155	3101	51.4	25.7	19.0	-0.94	0.90
	中速	433	48	4737	74.7	44.3	39.4	-0.93	0.96
	高速	455	30	6792	85.2	57.5	53.7	-1.11	0.85
	超高速	323	7	8019	123.1	91.4	89.4	-1.06	0.65
<b>Class 1</b>	低速	589	154	3330	49.1	27.6	20.4	-1.00	0.76
	中速	433	48	4767	64.4	44.6	39.6	-0.53	0.63

資料來源：DieseINet, <https://www.dieseln.net/standards/cycles/index.php>

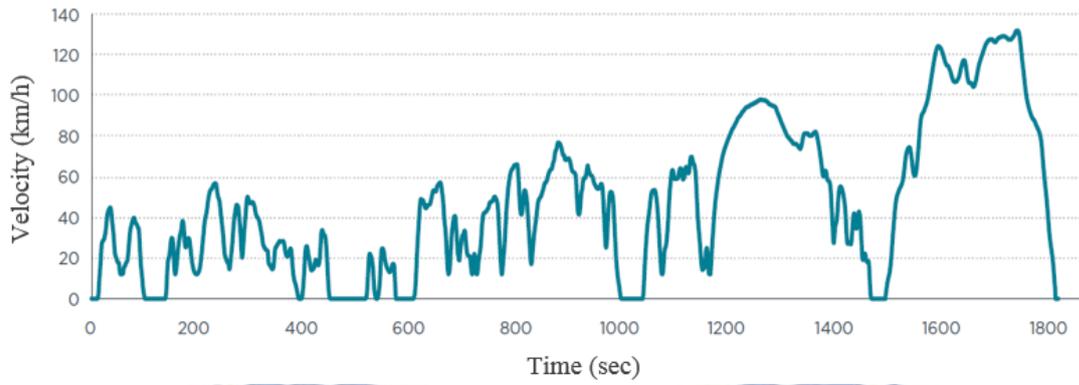


圖 2.1.4 WLTC Class3 行車型態

資料來源：ICCT (2014)



依據 2014 年 International Council on Clean Transportation 的報告，針對 WLTC 與 NEDC 行車型態的差異進行比較，如表 2.1.4 所示。

表 2.1.4 WLTC 與 NEDC 基本參數比較

項目	單位	NEDC		WLTC		
啟動狀態		冷啟動		冷啟動		
行駛時間	s	1180		1800		
距離	km	11.03		23.27		
平均速度	km/hr	33.6		46.5		
最大速度	km/hr	120.0		131.3		
行車型態 各階段時間和占比	停止	s	280	23.7%	226	12.6%
	定速	s	475	40.3%	66	3.7%
	加速	s	247	20.9%	789	43.8%
	減速	s	178	15.1%	719	39.9%
加速度	平均	m/s <sup>2</sup>	0.59		0.41	
	最大	m/s <sup>2</sup>	1.04		1.67	
減速度	平均	m/s <sup>2</sup>	-0.82		-0.46	
	最大	m/s <sup>2</sup>	-1.39		-1.50	

下表將以上三種台灣目前與未來所參照的國外法定測試行車型態之基本參數歸納在表 2.1.5。

表 2.1.5 美國與歐盟輕型車行車型態之比較

行車型態		單位	FTP-75	NEDC	WLTC
運轉總時間		s	1874	1180	1800
行駛總里程		km	17.77	10.93	23.27
平均行駛速度		km/h	34.12	33.35	46.5
最高行駛速度		km/h	91.25	120	131.3
平均加速度		m/s <sup>2</sup>	0.51	0.59	0.41
平均減速度		m/s <sup>2</sup>	-0.58	-0.82	-0.46
行車型 態各階 段占比	停止	%	17.9	23.7%	12.6%
	定速	%	7.7	40.3%	3.7%
	加速	%	39.4	20.9%	43.8%
	減速	%	35	15.1%	39.9%

## 2.2 台灣油耗、排放與行車型態之研究

林國顯等(民 97) 由運輸規劃角度出發，目標為在運輸規劃評估模式中納入能源消耗與排放之關聯分析，利用兩部輕型車（中華 Space Gear 2.4、國瑞 TOYOTA Yaris 1.5E）作為實驗車並搭配車載量測設備（On-Board Emission Measurement, OEM）執行道路實驗與對應之實驗室實驗，蒐集車輛動態行駛能耗與排放數據，以及對應的道路幾何特性、瞬時車速等，以能耗和 CO<sub>2</sub> 排放為主要研究對象，建立推估模式的基礎如下：

$$N99 = a + bV + cV^2 + dV^3$$

N99 為每秒之 FUEL、CO<sub>2</sub> 或 NO<sub>x</sub> (g/s)；V 為每秒之瞬時速度 (km/hr)；

a、b、c、d：各項之係數

該文獻將實車測試結果在各車速下的平均油耗值和各廢氣排放值代入後，

即可求得各項車輛汙染排放係數以及判定係數 ( $R^2$ )，進而推估車輛汙染排放量，最後檢定實驗環境與行車型態之相關性，以建立車輛動態能耗、排放特性與公路運輸系統之關聯性。

蘇振維(民 104) 認為近年來國內旅運需求型態改變，總旅次數不再大幅成長，總延車公里數成長有限，傳統上以旅行距離計算公路運輸能耗與廢氣排放方法無法敏感估算，因此建構完整的大客車動態能耗和  $CO_2$  排放推估模式，以提供後續搭配交通模擬、運輸規劃模式應用時，能夠衡量出各交通運輸方案在能耗與溫室氣體排放的差異性，以協助交通運輸方案評估。透過文獻回顧，得知影響大客車能耗、排放特性之因素包括動態特性和靜態特性，其中動態特性有道路類型、坡度、尖離峰、開啟空調、開車頭燈、車重和車輛速度與加減速度；靜態特性包括年份、車型、引擎與車輛技術、累積行駛里程、車齡和保養程度之差異，以上變數依資料來源能取得程度不同，採部分變數加以應用。

環保署於民國 92 年，委託道成國際工程顧問股份有限公司，執行台灣地區汽車汙染現況調查及代表性行車型態相關性測試計劃，執行之工作包括台灣地區代表性行車型態調查，利用追車及樣本資料統計分析，建立包括臺北、臺中及高雄等市區行車型態。樣本的取得方式是以裝有車速記錄器之實驗車在代表性城市之主要道路附近，隨機選取一輛即將啟動之車輛並進行追車，直到該車輛停止，而車輛停止處即為當日第一次調查的起點，一樣在附近隨機選取啟動之車輛進行追車，直到該車停止，而停止地點為下一筆樣本起點。若當中丟或者樣本的旅行時間過短，則捨棄該次樣本，實驗車停車，在附近等待即將啟動的車輛為追蹤對象，屬於起迄追車法。

表 2.2.1 臺灣代表地區行車型態

特性	臺北市	臺中市	高雄市
型態時間 (秒)	956	1032	757
行駛里程 (km)	5.46	6.08	4.10
平均速度含停等 (km/h)	20.48	21.15	19.42
平均速度不含停等(km/h)	22.76	27.18	24.40
最大速度 (km/h)	59.90	48.30	45.70
對大加速度 (km/h-s)	6.23	6.70	7.00
平均加速度 (km/h-s)	1.42	1.56	1.65
最大減速度 (km/h-s)	7.30	9.60	10.40
平均減速度(km/h-s)	1.52	1.78	1.55
停等比例 (%)	9.79	22.32	20.53

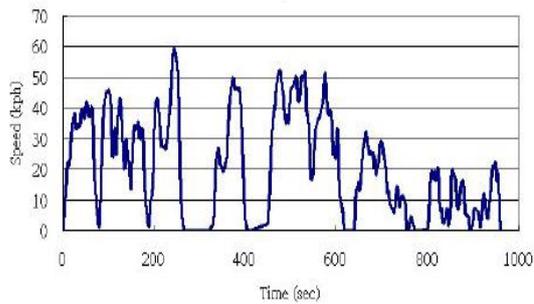


圖 2.2.1 台北市行車型態

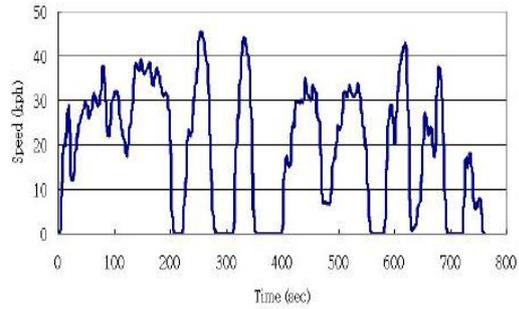


圖 2.2.2 高雄市行車型態

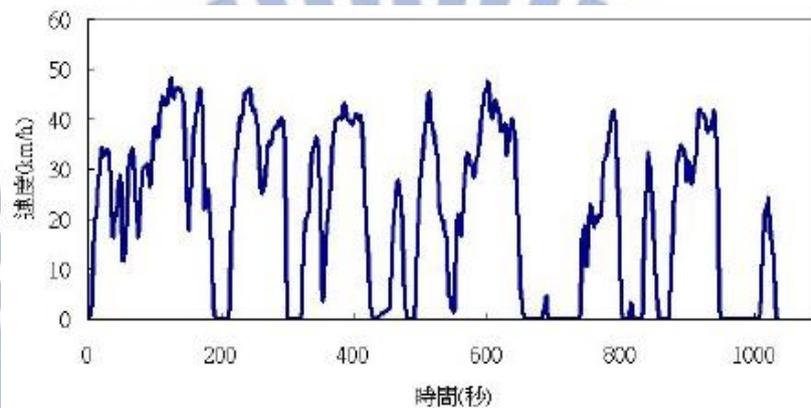


圖 2.2.3 台中市行車型態

## 2.3 行車型態之分析與建立

Rahka et al. (2003) 評估駕駛過程中對油耗、HC、CO、NO<sub>x</sub> 排放量之影響，得到車輛在加減速階段的 HC 和 CO 排放較巡航階段明顯之結論，但若在高速情況下以較溫和的方式進行加減速是可以降低車輛之廢氣排放，另外減速階段的廢氣排放量低於加速階段，除了評估以速度作為油耗與污染排放指標外，將車輛於駕駛過程中停車行為的影響也納入考慮，結果顯示在車輛駕駛過程中有一次暫停時將會有較高的油耗與排放汙染。

Knez et al. (2014) 研究斯洛維尼亞的第三大城市 Celje 的駕駛模式，利用 TangoGPS 收集資料建立行車型態，並與伊斯坦堡和的愛丁堡的行車型態做比

較，實驗車型為 Peugeot 5008，裝設 TangoGPS 並紀錄時間、行駛距離、速度、加減速、海拔高度等，測試時間為早上七點、下午四點跟六點，分析閒置、怠速、加減速和定速行駛的時間比例，並認為加減速階段是行車型態的重要組成，每個城市會因為不同地理、交通特性，各階段比例多寡有所差異，如愛丁堡定速行駛時間的比例相當低，這與該城市多為丘陵地形有關係。該研究也證實上坡時油耗量較多；其他大城市相比，Celje 平均旅行速度較高，行車型態各階段所占的時間比例也差異不大，此研究結果認為應對不同區域進行研究並建立各自的行車型態是有必要的。

Seers et al. (2015) 建立兩種車型的行車型態，一種是行駛於加拿大瓦利菲爾德 (Salaberry-de-Valleyfield) 的郊區和高速公路的車輛，負責運送設備和工人；另一種是加拿大蒙特婁 Pierre Elliot Trudeau International Airport (PETIA) 機場停機坪的拖拉車。研究方法為在兩種實驗車上裝車載診斷系統 (OBD-II) 以蒐集資料，並計算出平均速度和最大行駛速度等其他參數定義。

表 2.3.1 Seers et al. 之行車型態參數

參數	定義
怠速	$v=0$ km/h
加速段	$a>1$ m/s <sup>2</sup> ; $v>5$ km/h
減速段	$a<-1$ m/s <sup>2</sup> ; $v>5$ km/h
巡航	$-1<a<1$ m/s <sup>2</sup> ; $v>5$ km/h
起步	$0<v<5$ km/h
正動能 (Positive kinetic energy, PKE)	$PKE = \frac{1}{D} \sum_{i=1}^{n-1} (v_{i+1}^2 - v_i^2), \forall v_{i+1} > v_i$ 用來測試是否激進駕駛
SAFD matrix	車速—加減速分布矩陣圖

最後建立行車型態指標，指標建立方法如下：

行車型態的建立過程是反覆的，先隨機選取 Microtrip<sup>1</sup>，再加上初始的怠速階段和其他怠速階段，使循環期間達 1200 秒，不斷隨機抽取而得到數個候選循環，並計算出每個候選循環的  $\Delta_{\text{cycle}}$ <sup>2</sup>

過程中提出兩個行車型態並建立循環指標，SdV 之  $\Delta_{\text{cycle}}$  為 0.486；PETIA 之  $\Delta_{\text{cycle}}$  為 0.149，最後分析兩個行車型態下的油耗、廢氣排放量（含 CO、NO<sub>X</sub>、THC、CO<sub>2</sub>）和平均循環速度，研究結果認為這兩種的道路實測數據具有高 PKE、高怠速比例，最大速度也比一般行車型態來的大，因此一般的行車型態並不適用於此二車型，進而開發新的行車型態，以估計油耗、廢氣排放量。過去文獻指出油耗、廢氣排放量和 PKE、平均行駛速度有高度相關，故藉由實驗數據，得到結果為行車型態的平均速度可以預測 CO<sub>2</sub> 的排放量。

Wang et al. (2008) 認為目前的行車型態並無法準確評估中國車輛的廢氣排放，因此收集北京、上海、重慶、天津、成都、寧波和吉林等 11 個城市的交通旅行資料，將調查道路分成高速公路、主要道路和市區道路，調查時間則分成尖峰和非尖峰，利用跟車調查法所得到的數據建立行車型態模式。行車型態參數有平均行駛速度（含空轉與不含空轉階段）、平均加速度、平均減速度以及怠速、加速度、定速、減速度的時間比例和正加速度動能（PKE）。該文獻建立了 11 個城市的行車型態，中國各城市在平均速度、平均加速度和加速階段的時間比例這三項與歐盟的 ECE 和美國的 FTP-72 有相當大的差異，也證實發展屬於自己國家的行車型態之必要。

---

<sup>1</sup> Microtrip 定義為循環過程中，速度為零到下次速度零的一段但不包含怠速階段。

$$^2 \Delta_{\text{cycle}} = \sum_{i=1}^n \frac{\theta_i - \varepsilon_i}{\min(\theta_i; \varepsilon_i)} + \delta_{SAFD}$$

$\theta_i - \varepsilon_i$  表示候選循環和實際數據的差異

$\delta_{SAFD}$  為實際數據、候選循環兩者的平方和

當  $\Delta_{\text{cycle}} = 0$  時表示候選循環和實際道路行為一致

Achour and Olabi (2016) 整理各國家或城市所開發的行車型態，有希臘雅典、愛丁堡、義大利和法國等，雅典的行車型態採用歐盟 NEDC 以及非法定的雅典行車型態 (ADC)，利用實測資料分析發現，行車型態有很大的比例是在怠速階段，也鮮少存在定速階段；在法國也有研究認為實際行車型態比法定行車型態更具代表性，因此建立都市、鄉村和高速公路三種不同的行車型態，最後提出都柏林和阿勒坡以時間速度圖為主的行車型態，並估算 CO，HC 和 NO<sub>x</sub> 之排放。

廖士勛(民 101) 利用固定追車法，於台南都會區六條主要道路上進行一般工作日和週末機車行車狀態之調查，進而建立台南都會區兩種時段的行車型態(一般工作日和週末)，其行車型態建構參數包括含怠速階段的平均行駛速率、不含怠速階段的平均行駛速率、怠速時間比例、定速時間比例、加速時間比例以及減速時間比例，看出台南機車平均行駛速度高、加速度占比時間長，也得出台南機車多以高速行駛之特徵。

Ho et al. (2014) 提出建立屬於新加坡行車型態之重要性，利用隨機追車法並在實驗車上裝設車載汙染量測系統收集數據，所選用之行車型態參數包括 2400 秒的時間速度圖、平均行駛速度、最大行駛速度、最大加速度、最大減速度、平均加速度、平均減速度、怠速時間比例、定速時間比例、加速時間占比、減速時間占比、啟動時間占比、每公里平均停等次數。

## 2.4 VSP 應用

VSP (vehicle specific power) 稱為車輛比功率，是車輛單位重量的功率輸出，單位為千瓦/噸 (kw/ton) 或瓦/公斤 (w/kg)，車輛排放之污染氣體或 CO<sub>2</sub> 與能耗有關，而能耗與車輛在道路上行駛所需克服的摩擦阻力、空氣阻力、坡度、加減速率等密切關連，因此車輛比功率便成為代表各級車輛能耗與排放的

共同複合性指標。(林國顯等，民 97)

中華經濟研究院(民 101) 提到民國 99 年至民國 101 年行政院環保署移動污染源排放總量推估、管制策略擬定與縣市執行成效考評計畫案中，針對民國 98、99 年移動源排放量加以推估驗證規劃，針對七個地區重要通勤路徑進行共 49 趟實地測試，並使用車輛比功率 (VSP) 作為參數，其中乃是藉由 PEMS 所蒐集之逐秒排放數據建構微觀車輛污染排放模型，來估算車輛污染物排放量，以解析 VSP 對車輛排放之影響。

$$VSP = v \times [(1.1 \times a) + (9.81 \times (\text{atan}(\sin(\text{grade}))))] + 0.132 + 0.000302 \times v^3$$

其中 VSP = 車輛比功率 ( $\frac{kW}{ton}$ )、 $v$  = 車速 (m/s)、 $a$  = 加速度 ( $m/s^2$ )、  
grade = 路面坡度 (%)

依固定組距分成 22 個 VSP Mode，並觀察在不同 VSP Mode 下車輛污染排放及燃料消耗變化情形，觀察到排放及油耗在低 VSP 時隨 VSP 增加而上升，但在 VSP Mode 10 附近開始下降，VSP Mode 11 (怠速情況) 下最低，接下來又快速上升，但在高 VSP 約 17 時增加量漸趨平緩。並嘗試以 VSP 為自變數、污染物和油耗排放率為應變數建立三次曲線排放模型，結果顯示模型判定係數除 2010 CAMRY 之 HC 外皆高於 0.8，顯示所建立之模式配適度高且解釋效能佳。

Farias et al. (2015) 利用車輛比功率公式以及 VSP Mode 對 PEMS 所收集到 19 輛 Euro5 車的數據資料進行分析，並依車輛比功率發展油耗之估計模式、檢定其預測能力，其引用之 VSP 公式為

$$VSP = v(1.1a + 9.81 \cdot \text{grade} + 0.132) + 3.02 \times 10^{-4} \times V^3$$

其中 grade 代表道路坡度(%),  $v$ 、 $a$  分別是速度(英哩/小時)與加速度(英哩/秒<sup>2</sup>)  
一般 VSP Mode 分為 14 群，此研究將車輛比功率 VSP 單位設為 w/kg 並分為 53 群，從  $VSP < -20$  到  $VSP > 30$ ，且每組組距為 1。

另外根據 Zhuo Yao (2013) 之研究中所使用的 VSP 公式為

$$VSP = v(1.1a + 9.81 \cdot grade + 0.132) + 3.02 \times 10^{-4} \times V^3$$

並說明 J. L. Jiménez (1999) 為第一個發展此數學式，另外也提到 Song et al. (2010)、Song and Yu (2011) 和 Zhao et al. (2012) 都將 VSP 從 -20 kw/ton 至 20 kw/ton 進行分類，且以每組組距 1 kw/ton 進行區分；而該研究因為有 98.32% 的數據分布於 -30 kw/ton 至 45 kw/ton，故 VSP Mode 以每組組距 1 kw/ton 進行區分，以盡量涵蓋所有數據。

Duarte et al. (2016) 使用的 VSP 公式為

$$VSP = v(1.1a + 9.81 \cdot grade + 0.132) + 3.02 \times 10^{-4} \times V^3$$

其中 grade 代表道路坡度(%)；v、a 分別是速度(英哩/小時)與加速度(英哩/秒<sup>2</sup>)而 VSP Mode 的分類方式則是依照美國 EPA 所提出的分類，從 -2 到 39 w/kg 共分成 14 群，如表 2.4.1。

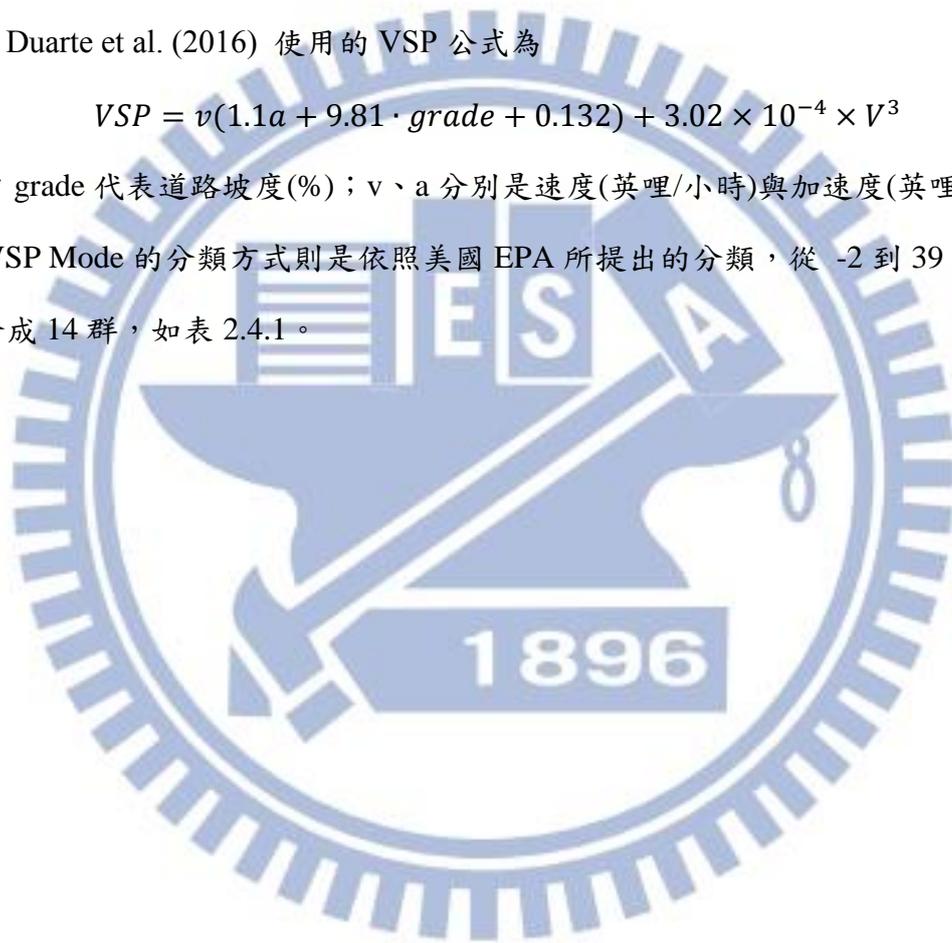


表 2.4.1 EPA 之 VSP Mode 分類

VSP Mode	Definition	VSP Mode	Definition	VSP Mode	Definition	VSP Mode	Definition
1	$VSP < -2$	5	$4 \leq VSP < 7$	9	$16 \leq VSP < 19$	13	$33 \leq VSP < 39$
2	$-2 \leq VSP < 0$	6	$7 \leq VSP < 10$	10	$19 \leq VSP < 23$	14	$39 \leq VSP$
3	$0 \leq VSP < 1$	7	$10 \leq VSP < 13$	11	$23 \leq VSP < 28$		
4	$1 \leq VSP < 4$	8	$13 \leq VSP < 16$	12	$28 \leq VSP < 33$		

表 2.4.2 VSP 模式

	VSP 模式
Jiménez-Palacios (1999) 、Zhuo et al. (2013) 、 Farias et al. (2015) 、Duarte et al. (2016)	$VSP = v (1.1a + 9.81 \cdot \text{grade} + 0.132) + 3.02 \times 10^{-4} \times v^3$
Wang H. (2010) 、Huan Liu (2012) 、ISSRC (2008) 、Zahra Ghadiri (2017)	$VSP = v \times [(1.1 \times a) + (9.81 \times (a \times \tan(\sin(\text{grade}))) + 0.132] + 0.000302 \times v^3$
Zhang et al. (2014) 、Frey.(2002)	$VSP = v (1.1a + 9.81 \cdot \sin(\text{grade}) + 0.132) + 3.02 \times 10^{-4} \times v^3$

## 2.5 道路實測與法定行車型態之比較

### 2.5.1 能耗與排放量之差異

Zhang et al. (2014) 計算 30 台輕型車的燃油消耗與二氧化碳的排放，於實驗車上裝載 PEMS、GPS 等偵測器，量測平均、瞬時、最大和最小行駛速度、加減速、坡度、油耗和廢氣排放量等，並藉由 VSP 公式來代表車輛運行狀況，公式為  $VSP = v(1.1a + 9.81 \sin(\text{grade}) + 0.132) + 3.02 \times 10^{-4} \times V^3$

VSP 為馬力與車重比，單位：kw/ton

$V$  為瞬時車速，單位：m/s

$a$  為加速度，單位：m/s<sup>2</sup>

$\text{grade}$  為坡度，由 GPS 量測出，單位：%

該研究指出道路實測結果與 NEDC 兩者在平均速度上相當接近，但在燃油消耗這方面，道路實測結果比 NEDC 結果還要來的高約 0.09 l/km，在 CO<sub>2</sub>、CO 和 THC 也比標準高，這結果未來可能會改變中國在排放標準之制定。

Duarte et al. (2016) 為了分析實際車輛使用與排放標準間的差異，在 16 輛符合 EURO 5 標準的輕型車裝設 PEMS 系統以收集 CO<sub>2</sub>、HC、NO<sub>x</sub> 之排放數據，實驗車的推進系統包括點燃式發動機、壓縮點火引擎、並聯式混合動力電動汽車和全混合動力車。比較 NEDC、WLTP Class 3 Cycle 的油耗和廢氣排放，發現實測結果的油耗與 CO<sub>2</sub> 排放較 NEDC 高；WLTP Class 3 cycle 的油耗與 CO<sub>2</sub> 排放較 NEDC 低約 6%、HC 排放較 NEDC 低 26%、NO<sub>x</sub> 較 NEDC 高 1%，可見 WLTP Class 3 cycle 標準是比較嚴苛的。

Ho et al. (2014) 目前新加坡所沿用的法定測試程序為歐盟 NEDC，但在建立新加坡行車型態後該研究提出與新加坡駕駛特性與歐盟法規 NEDC 之差異，雖然在平均速度上大致相同，但怠速時間與最大速度等其他速度上的特性有明顯的差異，進而影響新加坡道路實測結果之 NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>、HC 排放量，與新加

坡實測結果相比 NEDC 低估 5% 的油耗、5% 的 CO<sub>2</sub>、22% 的 HC 和 47% 的 NO<sub>x</sub>。

## 2.5.2 能耗與排放量差異之影響因素

Ihab (2005) 指出內燃機是導致空氣污染的主要來源，主要會產生揮發性有機化合物(VOCs)、一氧化碳(CO)、氮氧化物和氣懸膠體等，將實驗車裝設道路排放量測系統(OEM)以收集實驗車在兩條不同路線行駛下所產生的污染排放和燃油消耗，而這兩條路線都屬於交通量不高的路段，首先測試不同速度對油耗率和排放率的影響，將速度固定在 56、72、88 和 104 km/h，發現速度增加，油耗也增加，而當速度從 72 km/h 增加到 104 km/h，瞬時 NO<sub>x</sub>、HC、CO 和 CO<sub>2</sub> 排放也明顯增加，但速度從 72 km/h 降低到 56 km/h 時，排放率也有增加趨勢；加速度部分，該研究分成激烈、正常和溫和加減速，分別代表在 25 秒內速度上升到 125 km/h、60 秒內速度上升到 125 km/h 和 70 秒內速度上升到 104 km/h，研究結果顯示，如果操作過程從溫和加減速到激烈加減速，污染排放量是會減少的，但若持續一段較長距離，則激烈的加減速的確會造成污染排放增加。

Fontaras et al. (2017) 整理出幾個會造成實驗室測試的油耗和 CO<sub>2</sub> 排放量和道路測試結果有差異的原因：

1. 車重：NEDC 測試中指出車重減少的確會降低燃油消耗，但多數文獻中鮮少探討基本車重與油耗的關係，大部分認為造成小汽車車重差異的主要原因是承載人數，因此較常討論每人公里減少多少 CO<sub>2</sub> 排放。

2. 空氣阻力：在 NEDC 測試中，當空氣阻力增加 20%，將使油耗減少 3% 到 7%；當空氣阻力增加 10%，將使 CO<sub>2</sub> 排放減少 1.2% 到 2.4%。

3. 滾動阻力：車速、溫度與輪胎種類等皆會影響滾動阻力，NEDC 測試結果也顯示當滾動阻力降低 5% 到 30%，燃油消耗會減少 1% 到 3.5%

4. 車輛內部系統：空調、加熱和轉向輔助系統等。當車輛在市區行駛時，開啟冷氣的油耗量就比沒有開還多了 1.4 (l/100km)，而提供額外的輔助系統也會增加油耗，便有文獻指出在高速公路行駛時，轉向輔助系統有 76% 時間呈現空轉。

5. 胎壓：有研究指出胎壓較低的情況下，油耗會較高。

6. 海拔高度：當在海拔高度較高的地方會因為空氣密度較低，而使得油耗較低。

7. 坡度：坡度對 CO<sub>2</sub> 排放有顯著的影響，研究顯示當坡度為 0.25%，CO<sub>2</sub> 的排放增加 2%，坡度為 1%，CO<sub>2</sub> 的排放增加 5%；坡度為 -0.25%，油耗減少 1%，坡度為 -1%，油耗減少 3.5%

8. 道路鋪面種類：在瑞典的研究指出在速度 50 km/h 時，相較於瀝青混凝土鋪面，水泥混凝土鋪面的油耗增加 0.8%，在速度 70 km/h 下，油耗增加了 3.3 %。

其他像是環境溫度、濕度也會有影響，當面臨交通壅塞時，油耗與碳排也會較高，最後駕駛行為，像是急加減速，也會導致油耗與 CO<sub>2</sub> 排放增加，將提到會影響油耗或 CO<sub>2</sub> 排放的因素，整理至表 2.5.1。

表 2.5.1 油耗或 CO<sub>2</sub> 排放量之影響因素

影響因子	因素
車輛駕駛人	速度、加速度、怠速狀況、是否接受環保駕駛訓練、是否使用 ADAS (先進駕駛輔助系統)、是否開窗
車輛特性或系統	車重、空氣阻力、滾動阻力、空調系統、輔助轉向系統
外在駕駛環境	環境溫度、環境相對濕度、海拔高度、風向、坡度、路面平整度、道路鋪面種類、交通量

## 2.6 歐盟對實際道路測試之規範

道路實測 (Real Driving Emissions, RDE) 乃為了建立更具代表性的小汽車廢氣排放檢測程序，目前正在發展中，從 2021 年起將會全面應用於新車，實測路線須包含市區、郊區以及高速公路，將規範內容整理至表 2.6.1。(ICCT, 2017)

表 2.6.1 歐盟實際道路測試規範

項目	規範內容	
測試時間	90-120 分鐘	
測試距離	市區	> 16 km
	郊區	> 16 km
	高速公路	> 16 km
測試路段等級 占比	市區	29% - 44%
	郊區	23% - 43%
	高速公路	23% - 43%

項目	規範內容	
平均速度	市區	15 – 40 km/h
	郊區	60 – 90 km/h
	高速公路	> 90km/h (> 100 km/h 至少五分鐘)
車輛負載		≤ 90% 車重
海拔高度 <sup>3</sup>	正常	0 – 700 公尺
	例外	700 – 1300 公尺
海拔高度差		路線起始點與終點的高度差不可超過 100 公尺
周圍溫度	正常	0°C 到 30°C
	例外	-7°C 到 0°C 和 30°C 到 35°C
停等時間占比		6% 到 30% 的市區行駛時間
最高速度		145 km/h (160 km/h 需占 3% 高速公路駕駛時間)

<sup>3</sup> 依周圍環境與海拔高度之不同，可分成正常與例外兩種情況，如果測試資料屬於例外情況，則污染物的量測值須除以 1.6 用以校正。

## 第三章 研究方法

在實驗車裝設車載汙染量測系統 (Portable Emission Measurement System, PEMS) 並於道路與實驗室進行測試，相較於實驗室測試，道路測試較不易控制測試之影響變因，使得量測結果變異較大，卻可以真實呈現車輛於道路行駛之排放情況，European Commission Joint Research Center 也曾在12輛實驗車上裝載車載汙染量測系統，證實道路實測結果與實驗室測試結果是有差異的，如道路實測之CO<sub>2</sub> 排放比實驗室測試高11% 至30% (Duarte et al., 2015)。本研究之數據來源之一為工研院執行的測試，測試流程為車輛於實驗室利用定容取樣系統先進行WLTC行車型態測試，待所有實驗室測試完成後，再依法規選取適當路線並於實際道路進行油耗與廢氣排放的測試，此外本研究另一數據來源為交通部運研所在實驗室所進行的NEDC和FTP-75行車型態測試，比較道路與實驗室測試在油耗、CO、THC和NO<sub>x</sub>差異。

### 3.1 研究架構

從國內外與行車型態相關文獻的應用方式，找出本研究分析輕型車之油耗與廢氣排放的主要方法，並歸納出主要的行車型態參數，藉此和台灣目前所依循、未來所引入的國外行車型態測試內容進行比較，以利瞭解資料狀態與國內的駕駛特性，因此先透過車載汙染排放量測系統所收集到的實際道路運行資料，將比較方式分為兩種，一為計算出每秒的車輛比功率 (VSP) 並建立適合國內 VSP Mode 的分類方式，再分析不同 VSP Mode 下道路實測資料與實驗室量測資料的油耗、CO、THC 以及 NO<sub>x</sub> 之排放量，讓兩種不同測試背景下的資料，於相同的基準上突顯出兩者在能源消耗以及廢氣排放之差異；二為藉由迴歸分析，將 VSP Mode 無法考慮到之變數納入比較之條件，更進一步了解影響車輛的油耗和廢氣排放有哪些因素。

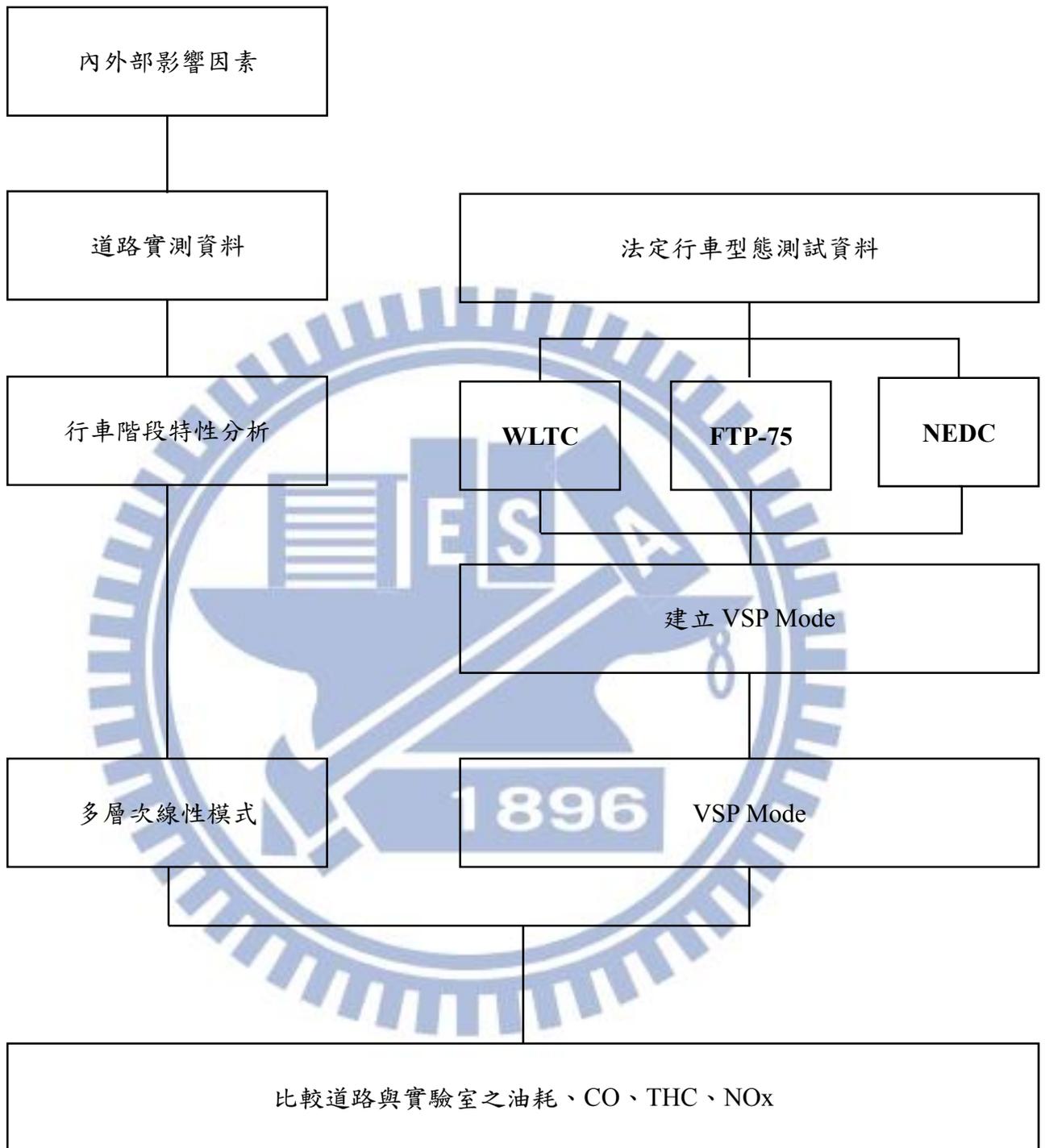


圖 3.1.1 研究架構圖

## 3.2 實際道路測試背景

工業技術研究院機械與機電系統研究所於民國 105 年利用車載汙染量測系統 PEMS 進行道路實測，蒐集 14 輛不同車型的輕型車於實際道路運行之資料，實測日期從民國 105 年五月到九月、地點在新竹，固定一位駕駛，在三種不同公路等級之路段行駛且每筆資料皆在平日上午做收集。

### 3.2.1 測試車輛

本研究測試在實際道路行駛的車共有 14 輛，相同英文字母、不同數字之編號者，表示為同一廠牌不同車型之車輛，表 3.2.1 為依照排氣量大小排序的每輛車基本資料。

表 3.2.1 實際道路測試車輛之基本資料

編號	排氣量 (c.c.)	車重 (kg)	最大馬力 (kw/rpm)	最大扭力	油箱容量 (公升)
A1	998	1360	92/6000	17.3kg-m/1400-4500rpm	55
B	1197	1245	81/4600-5600	175Nm/1400-4000rpm	50
K	1242	1015	69.9/6000	12.03 kg-m/4800rpm	42
C	1598	1322	200/6000	330Nm/1900rpm	53
D1	1798	1280	103/6400	17.6Nm/4000rpm	55
D2	1987	1520	107/6200	187Nm/3600rpm	60
E	1998	1530	121/6000	210Nm/4000rpm	56
D3	1998	1480	123/6500	20.3kg-m/4600rpm	70
A2	1998	1720	178/5500	35.7kg-m/3000rpm	60
F	2354	1505	140/7000	222Nm/4400rpm	58
G	2488	1526	124.5/6000	231Nm/4400rpm	60
H	2498	1609	175/5800	24kg-m/4000rpm	60
I	2979	2105	225/5800	400Nm/1200-5000rpm	85
J	3696	1809	244.7/7000	37kg-m/5200rpm	76

### 3.2.2 測試路線

測試路線乃根據 692/2008/EC 規定，完整測試路段之組成須行駛於都市 (urban)、郊區 (rural) 與高快速公路 (motorway) 且占總測試路段長度各約三分之一，占比誤差為±10%，並將 692/2008/EC 與國內公路法第二條之規定對照於表 3.2.1。

表 3.2.2 歐盟測試規範對照國內法規

歐盟 692/2008/EC		國內公路法		
路段	規定測試占比	公路等級	最高設計速率	功能系統定位
Urban	34%±10%	四級路	50 km/h	主要公路
Rural	33%±10%	三級路	80 km/h	主要公路
Motorway	33%±10%	一級路	120 km/h	高速公路

測試路線長 57.4 公里、時間約 90 分鐘，由工研院中興院區東大門開始

#### (一) 都市

1. 縣道 123 路口→竹東下公館中油
2. 竹東下公館中油→左轉台三縣往68快速道路
3. 68快速道路匝道加、減速段→香山濕地路口→美山聯絡道
4. 美山聯絡道→左轉台1線省道
5. 台1線省道→右轉東大路往竹中路口 (縣道 122)

#### (二) 郊區

1. 工研院東大門→竹東縣道 123 路口
2. 68 快速道路匝道加、減速段
3. 南寮台 15 省道→香山濕地路口

4. 竹中路口→往縣道 122 抵工研院東大門

(三) 快速公路

68 快速道路竹東端→南寮端

### 3.2.3 PEMS 與資料蒐集項目

車輛開發認證過程，對於能源消耗、污染排放等特性參數等性能的驗證方式，一般是在實驗室裡，利用底盤動力計及污染分析取樣設備，以特定的行車型態進行排放量測，然因實驗室測試無法真正反應現實環境中交通狀況、氣候變化及道路影響等情形，為更切合實際道路排放狀況，因此發展車載排放量測設備 (Portable Emission Measurement Systems，以下簡稱 PEMS)，用以記錄不同參數下的逐秒變化，來滿足實車道路之排放量測需求，其基本組件應包含法規管制中氣狀污染物之氣體分析儀，如 CO 和 CO<sub>2</sub> 透過非分散式紅外線 (NDIR) 感測器偵測、THC 藉由火焰離子化偵測器 (FID)，另外還有排氣流量計、全球衛星定位系統 (GPS)、OBD 和環境溫度、壓力感測器 (Liu, 2017)，將 PEMS 設備安裝於車輛上，並執行 Regulation (EU) 2016/427 中針對輕型車進行道路污染測試時的要求，除了 3.3.1 所提到的路線要求外，對於車輛的測試重量也有所規定，車輛的基本負載應為一個駕駛、一個測試證人以及測試設備。

表 3.2.3 道路測試資料蒐集之項目

分類	參數
外部環境	環境溫度 (°C) 、環境相對溼度 (%) 、海拔高度 (m) 、GPS 緯度 (deg) 、GPS 經度 (deg) 、大氣壓力 (kPa) 、坡度(%)
內部系統	瞬時距離 (km) 、相對時間 (s) 、瞬時速度 (km/h) 、燃油消耗量 (g/s) 、電壓 (V) 、引擎轉速 (rpm) 、節氣門開度 (%) 、排氣流率 (m <sup>3</sup> /min) 、排氣溫度 (°C) 、排氣壓力 (kPa) 、引擎冷卻水溫度 (°C)
廢氣排放成分	CO 重量 (g/s) 、CO <sub>2</sub> 重量 (g/s) 、THC 重量 (g/s) 、NO 重量 (g/s) 、NO <sub>2</sub> 重量 (g/s) 、NO <sub>x</sub> 重量 (g/s)

### 3.3 實驗室測試背景

交通部運輸研究所曾依現行行車型態 FTP-75、NEDC 之規定進行污染和油耗的測試，車載取樣分析設備則採用 HORIBA OBS-2000，使用實驗車重包含原車重及法規配重，而工研院也提供一輛車進行 WLTC 行車型態的測試，因此實驗室測試車輛有四種不同車款，總共有 18 筆實驗室測試資料，表 3.3.1 為三部實驗室測試車輛的基本資料以及依照不同行車型態下所進行的實驗次數，過程皆使用市售 95 無鉛汽油，實驗油品雖為分批採購，但油品參數相當穩定，不會顯著影響本實驗數據。

表 3.3.1 實驗室測試車輛之基本資料

編號	M	D4	F1	K
排氣量 (c.c.)	2350	1497	1799	1242
車重 (kg)	2150	1050	1215	1015
最大馬力	132/5500 (PS/rpm)	110/6000 (PS/rpm)	140/6300 (hp/rpm)	93.8/6000 (hp/rpm)
最大扭力 (Kg-m/rpm)	19.6/2500	14.4/4200	17.7/ 4300	12.03/4800
油箱容量 (公升)	66	42	50	42
輪胎尺寸	215/60R16	175/65R14	195/65R15	185/55R16
壓縮比	9.5	10.5	10.5	11
不同行車型態下各測試車所進行的實驗次數				
FTP-75	3	3	3	0
NEDC	3	0	6	0
WLTC	0	0	0	1

註：馬力的單位除了 horsepower (簡稱：hp，1hp=0.7454kW)，在德國則為 Pferdestärke (簡稱：PS，1PS=0.735kW)

另外，污染分析量測設備真正能夠量測的是廢氣排放中各污染物的體積濃度，為了能夠求得各種污染物的重量，必須透過體積流量計獲得瞬間的排氣流速，再與其同一瞬間的污染物體積濃度及密度相乘 (如 CO 之密度為 1.164、CO<sub>2</sub> 之密度為 1.83、THC 之密度為 0.5768、NO<sub>x</sub> 之密度為 1.913)，如此才能獲得瞬間所排放污染物的重量。

表 3.3.2 實驗室測試之資料收集項目

分類	參數
外部環境	環境溫度(°C)*、環境相對溼度(%)*、大氣壓力(kPa)*、坡度(%)*
內部系統	瞬時距離(km)*、相對時間(s)*、瞬時速度(km/h)*、燃油消耗(g/s)*、電壓(V)、引擎轉速(rpm)、節氣門開度(%)、排氣流率(m <sup>3</sup> /min)、排氣溫度(°C)、排氣壓力(kPa)、引擎冷卻水溫度(°C)
廢氣排放成分	CO 體積濃度(%)、CO <sub>2</sub> 體積濃度(%)、THC 體積濃度(%)、NO <sub>x</sub> 體積濃度(%)、CO 重量(g/s)、CO <sub>2</sub> 重量(g/s)、THC 重量(g/s)、NO 重量(g/s)、NO <sub>2</sub> 重量(g/s)、NO <sub>x</sub> 重量(g/s)

註：\*為 FTP-75、NEDC 和 WLTC 三種行車型態皆有測試的變數

## 3.4 數據分析流程與方法

### 3.4.1 數據分析流程

透過在實驗室和實際道路量測之數據資料，表 3.4.1 包括每輛車測試的次數以及該輛車所測試的秒數，即資料筆數，以散佈圖和變異數分析了解本研究之資料特性，再使用 VSP 模式，並依照 VSP Mode 分類原則建立本研究之 VSP Mode，而後進行比較，最後透過多層次線性模式找出顯著影響油耗或是排放之因素。

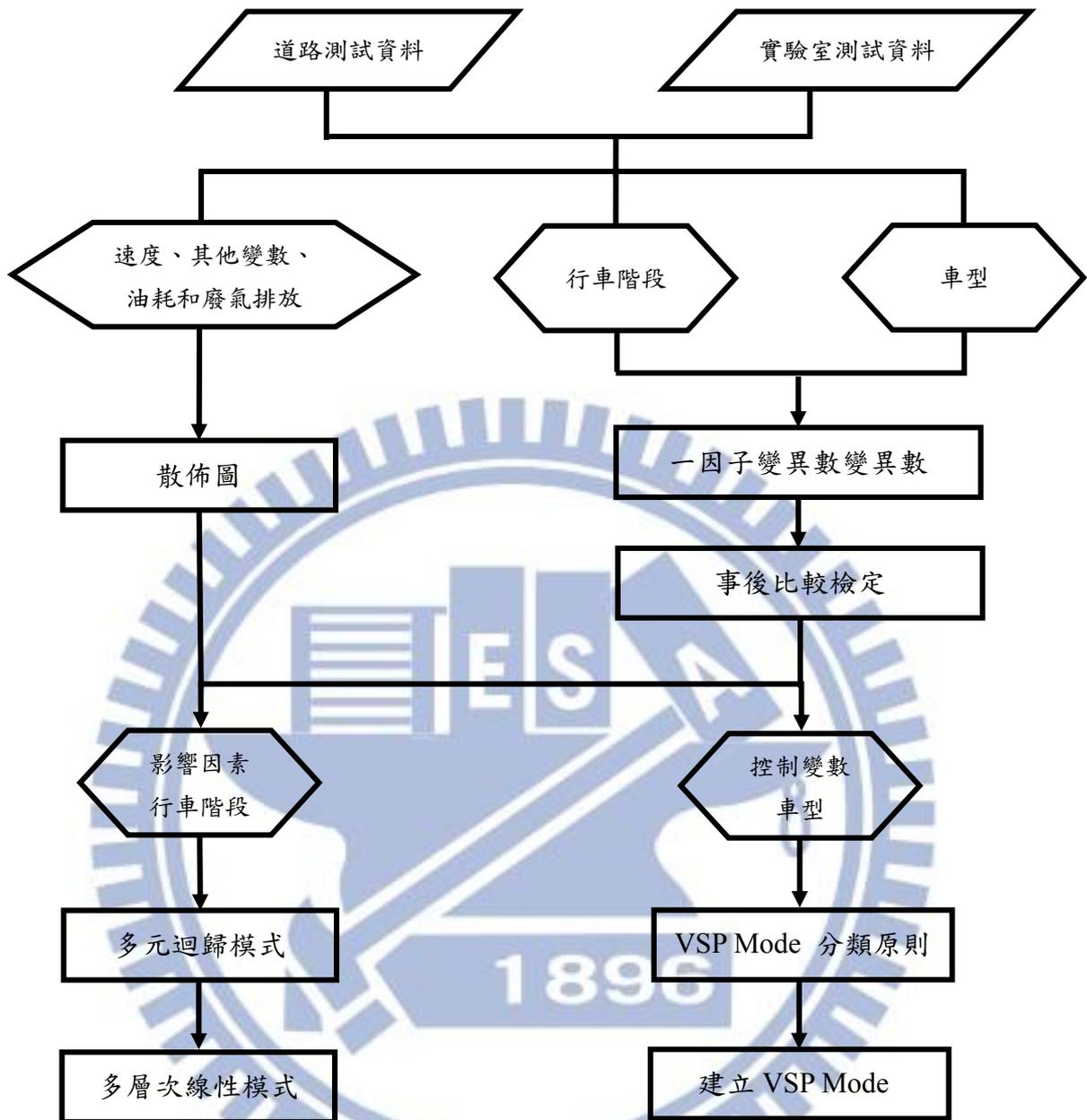


圖 3.4.1 數據分析流程

本研究有 14 輛道路測試，實驗室測試部分，則有 3 輛 FTP-75 測試車、2 輛 NEDC 測試車以及 1 輛 WLTC 測試車，相同英文字母、不同數字之編號者，表示為同一廠牌不同車型之車輛。

表 3.4.1 比較分析之測試車數據資料整理表

測試型態	編號									
	測試次數					資料筆數				
道路	A1		A2		B		C		D1	
	1	2797	1	3372	1	2880	1	4525	1	5029
	D2		D3		E		F		G	
	1	3175	1	5409	1	5522	1	3324	1	5134
	H		I		J		K			
	1	5048	1	4773	1	3083	1	4215		
FTP-75	M		D4		F1					
	3	5557	3	5255	3	5565				
NEDC	M		F1							
	3	3230	6	6459						
WLTC	K									
	1	1689								

將 14 輛道路測試車、3 輛 FTP-75 測試車和 2 輛 NEDC 測試車透過變異數同質性檢定、變異數分析和事後比較檢定，探討車型與行車階段因子在各測試間之差異。VSP Mode，則是利用表 5.1.1 之測試車進行 VSP Mode 的建立與比較，最後多層次線性模式則主要是以 K 車進行道路測試和實驗室測試之數據建立模式。

### 3.4.2 行車型態

本研究利用工研院和運研所收集到的實際道路行駛資料、實驗室測試資料計算出不同行車型態下的基本參數值，以利了解該資料之特性，並根據環保署(民 101) 將行駛過程分成四部分，稱之為行車階段，分別有怠速、巡航、加速

和減速階段，探討每個階段的車輛廢氣排放量、油耗量。

1. 平均行駛速率

單位：km/h，一趟完整循環下的平均速率，含怠速階段。

2. 平均加速度

單位：km/h-s，車輛速度變化大於 1 km/h-s 為加速狀況，取其平均。

3. 平均減速度

單位：km/h-s，車輛速度變化小於 -1 km/h-s 為減速狀況，取其平均。

4. 怠速時間百分比

單位：%，車速介於 0 km/h 到 3 km/h 且加速度在 0 到 1 km/h-s 或減速度在 -1 到 0 km/h-s 的總時間占總測試時間之比例

5. 巡航時間百分比

單位：%，車速大於 3 km/h 且加速度在 0 到 1 km/h-s 或減速度在 -1 到 0 km/h-s 的總時間占總測試時間之比例。

6. 加速時間百分比

單位：%，加速度大於 1 km/h-s 的總時間占總測試時間之比例。

7. 減速時間百分比

單位：%，減速度小於 -1 km/h-s 的總時間占總測試時間之比例。

### 3.4.3 VSP

VSP (vehicle specific power) 稱為車輛比功率，將空氣阻力、車輛滾動摩擦、坡度以及車輛本身加減速等特性一併納入考量，與車輛引擎功率成正比，而引擎又與真實車輛行車情況之廢氣排放物有關，如果開車過程中常常走走停停或怠速時間較長，此時進入引擎的空氣流量及流速也會較小，而導致積碳快速，增加車輛排氣污染物；若駕駛過程經常急加速，這時引擎一定增加噴油量

來符合駕駛者的需求，耗油量增加，大量的碳粒也因此產生。

由於車輛引擎輸出瞬時馬力時需克服車輛滾動摩擦力和空氣阻力，故 Jimenez-Palacios (1999) 對車輛比功率做以下推導公式。

### Vehicle Specific Power

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\frac{d}{dt}(KE + PE) + F_{\text{rolling}} \cdot V + F_{\text{aerodynamic}} \cdot V}{m} \\
 &= \frac{\frac{d}{dt}(\frac{1}{2}m \cdot (1 + \varepsilon_i) \cdot V^2 + mgh) + C_R mg \cdot V + \frac{1}{2} \rho_a C_D A (V + V_W)^2 \cdot V}{m} \\
 &= V \cdot (a \cdot (1 + \varepsilon_i) \cdot V^2 + g \cdot \text{grade} + g \cdot C_R) + \frac{1}{2} \rho_a \frac{C_D A}{m} (V + V_W)^2 \cdot V
 \end{aligned}$$

其中，

$m$  = 車重(kg) ;  $v$  = 車速(m/s) ;  $a$  = 加速度(m/s<sup>2</sup>) ;  $\varepsilon_i$  = 質量因子

$h$  = 車高(m) ;  $\text{grade}$  = 坡度(車輛垂直位移/水平位移)

$g$  = 重力加速度=9.8 m/s<sup>2</sup> ;  $C_R$  = 滾動阻力係數

$C_D$  = 空氣阻力係數 ;  $A$  = 車輛前方面積(m<sup>2</sup>)

$\rho_a$  = 周圍空氣密度(kg/m<sup>3</sup>) ;  $V_W$  = 正對車輛風速(m/s<sup>2</sup>)

將部分參數帶入過去研究所得到的基本數值，使公式僅受速度、加速度和坡度之影響，公式如下

$$VSP = v \cdot (1.1a + 9.81 \cdot \text{grade} + 0.132) + 3.02 \times 10^{-4} \times v^3$$

其中  $VSP$  = 車輛比功率 (kw/ton) ,  $\text{grade}$  = 坡度 (%) ,  $v$  = 車速 (km/h) ,  $a$  = 加速度 (km/h/s)

本研究將以此公式作為數據處理程序之一，即是將道路和實驗室測試資料分別求得每秒 VSP 數值。

### 3.4.4 VSP Mode 與油耗、廢氣排放量之估計

美國環保署建立了一種區段式排放模式，以車輛比功率 VSP 為基本參數去建構車輛行為和能耗之間的關係式，為探討 VSP 對車輛排放之影響，其分析方式乃將 VSP 以固定或非固定組距之方式分組，結果以 VSP Mode 稱之，因此分組方式並非特定，表 3.4.1 說明其優缺點。

表 3.4.2 以固定或非固定組距分類 VSP 之優缺點

VSP Mode 分類方式	固定組距	非固定組距
優點	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 可保留原始資料，方便後續的應用與資料庫的整合</li> <li>2. 可依研究需要進行資料之合併</li> </ol>	在正常行駛條件下，每一個組距內的資料數量大致相符
缺點	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 當個別資料點不足時，容易造成偏差</li> <li>2. 每組內的原始資料數量可能有較大差異</li> </ol>	無法保有各別原始資料，若要探討各別之資料時，較無法發揮

常見的是由 North Carolina State University 所定義的 NCSU VSP Mode 依非固定組距方式分成 14 個 Mode，而此分類乃是針對收集到的數據結果所分得，Frey, H. C. et al. (2003) 提到 VSP Mode 分類的群數並不限於 14 VSP Mode，另外，車輛比功率的分群門檻值設定有以下兩個原則：1. 分群後之各群平均耗油率必須彼此具有差異和 2. 沒有任何單一分群可以支配油耗量的預測 (鍾易詩和林欣慧，民 106 & Frey et al., 2007) 根據第二章文獻回顧中 VSP Mode 分類方式相當多，大部分為了涵蓋大部分測試數據下所轉換的 VSP，使得 VSP Mode 有範圍大、組距小、群數多之特性，而蔡承祐 (民 99) 也認為以當地數據特性所建立的分類方式較適合用於當地所量測的資料，因此本研究以運研所所

提供的實驗室測試資料來建立 VSP Mode，並嘗試固定組距與非固定組距兩種分類方式，VSP Mode 建立流程與結果於章節 5.1 搭配實際數據資料進行說明。

使用本研究建立的 VSP Mode，透過隨機效果單因子變異數分析模式，並藉由組內相關係數 (Intraclass Correlation Coefficient, ICC) 判定有多少比例的油耗或排放量差異是由於在道路或實驗室，不同測試環境下所造成，且當組內相關係數值大於 0.05 時，代表造成依變項的組間變異是不可以忽略的，最後提出不同 VSP Mode 下，道路和實驗室的油耗或排放差異比較。

$$\text{層 1: } Y_{ij} = \beta_{0j} + r_{ij}, r_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$$

$$\text{層 2: } \beta_{0j} = r_{00} + u_{0j}, u_{0j} \sim N(0, \tau_{00})$$

$$\text{ICC} = \frac{\tau_{00}}{\tau_{00} + \sigma^2}$$

### 3.4.5 車輛油耗與排放之影響因素

文獻回顧中 Georgios (2017) 提到車輛在道路行駛和在實驗室測試的油耗與 CO<sub>2</sub> 排放量，造成兩種環境下有差異的主要因素可簡單分為人、車、環境三大類，將這些因素與道路測試車所收集到的資料 (表 3.2.3) 做比較並整理至表 3.4.2，後續將考慮使用這些變數與油耗、廢氣排放物 CO、NO<sub>x</sub> 和 THC 做多層次線性模式，會先判斷各組間資料對依變項是否有差異，先以 ICC 值做判斷，若有則再進行多層次線性模式，模式設計如以下公式，從混合模式可以看到，誤差項不只有第一層，第二層的誤差項  $u_{0j}$ 、 $u_{1j}$  也進入到模式中，結合不同誤差項假設找出真正影響油耗或排放的重要變數。

$$\text{層 1: } Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}X_{ij} + \varepsilon_{ij}, \varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$$

$$\text{層 2: } \beta_{0j} = r_{00} + u_{0j}, u_{0j} \sim N(0, \tau_{00})$$

$$\beta_{1j} = r_{10} + u_{1j}, u_{1j} \sim N(0, \tau_{11})$$

$$\text{混合模式: } Y_{ij} = r_{00} + r_{10}X_{ij} + u_{0j} + u_{1j}X_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

再將不同解釋變數逐一加入隨機效果項，找出測試型態不同或是行車階段差異會顯著影響油耗或排放的因素，吳明隆(民 102) 提到在多層次模式的分析程序中，以單因子變異數隨機效果變異數模式，作為基準模式，以此比較加入新變數後，殘差項的變異數減少程度，作為投入模型解釋變項的解釋力。

表 3.4.3 車輛油耗與排放之影響因素

影響因子	因素
車輛駕駛人	速度、加速度、行車階段、節氣門開度
車輛特性或系統	引擎轉速、排氣流率、排氣壓力、排氣溫度、引擎冷卻水溫度
外在駕駛環境	環境溫度、環境相對濕度、大氣壓力、坡度、時間

## 第四章 資料處理與特性分析

本章將第三章所介紹的方法應用於實際道路測試以及實驗室測試所收集到的數據資料，包括測試車輛基本資料介紹、主要變數和反應變數的基本統計結果、道路測試車和實驗室測試車的行車型態參數比較，最後探討兩種不同資料對油耗和廢氣排放的變異程度。

### 4.1 基本統計

為了解不同測試車輛所收集到的數據資料特性，此節將分成實際道路測試與實驗室測試兩部分做論述，首先分析每輛車在不同變數下的統計結果，再觀察每輛車不同速度對油耗與廢氣排放狀況，並且探討不同主要變數下與油耗和廢氣排放的關係。

#### 4.1.1 實際道路測試車輛

表 4.1.1 為各變數之平均值和標準差，除了了解不同變數的特性外，也可判斷資料有無異常情況，初步整理發現部分反應變數有負值，像是 CO、THC 和 NO<sub>x</sub> 排放量，CO 負值狀況不到 0.1%、THC 約占 10%、NO<sub>x</sub> 占比則有 13%，經詢問資料收集方說明為資料收集過程所產生之問題，本研究先直接予以刪除。

根據表 4.1.1 統計結果，編號 K 車平均 CO 排放量最高，A2 車、C 車的平均 NO<sub>x</sub> 排放量最高，E 車、D3 車和 D1 車的平均 CO 排放量最低，其中 D3 車的 NO<sub>x</sub> 排放量也是最低的；THC 的排放量則普遍偏低，又以 H 車為最低 THC 排放量；油耗部分，14 輛車平均每秒油耗多在 1 g 左右，平均油耗最高為 F 車、最低為 D1 車。

平均速度 50 km/h 以上的車有 F、B、A1 和 K 車，皆不屬於油耗或廢氣排

放量高的車，40 km/h 以下的則有 E、G、D3 車，其中 E 車與 D3 車在部分的廢氣排放量為最低的車；每車加減速變數的平均值皆大於 0，呈現車輛處於加速狀態大於減速，也可以看出 K 車相較於其他車，加速度偏高，E 車、I 車和 D3 車則相當接近零；平均引擎轉速多落在 1300 到 1550 rpm 間，超過的有 4 輛車 B、C、A1、K，其中 A1 車之平均引擎轉速高達 1,938.104 rpm；最後，B 車和 A2 車之坡度大於 4%，其中 A2 車也是平均 NO<sub>x</sub> 排放量最高的車型，而有 5 輛車的平均坡度小於 0.5%，其中 E 車跟 D3 為平均坡度最低的二車，剛好也是平均 CO 和 NO<sub>x</sub> 排放量最低的車型。

表 4.1.1 道路測試之各車輛主要變數平均數和標準差

編號		油耗	CO	THC	NO <sub>x</sub>	速度	加速度	引擎 轉速	坡度
		g/s	mg/s	mg/s	mg/s	km/h	km/h-s	rpm	%
<b>A1</b>	$\bar{x}$	0.987	5	0.2	0.2	52.167	0.014	1,938.10	1.982
	sd	0.746	10	0.3	1	33.096	3.604	548.716	47.345
<b>A2</b>	$\bar{x}$	1.002	8	0.2	1	49.95	0.00002	1,504.41	4.149
	sd	0.881	16	1	6	34.776	2.868	449.139	78.911
<b>B</b>	$\bar{x}$	0.746	4	0.1	0.2	51.62	0.0001	1,587.47	4.159
	sd	0.614	10	0.3	1	33.49	4.08	447.364	212.25
<b>C</b>	$\bar{x}$	0.772	8	1	1	45.593	0.001	1,750.05	0.968
	sd	0.738	37	4	10	32.332	2.074	621.658	39.512
<b>D1</b>	$\bar{x}$	0.593	1	0.02	0.1	40.317	0.00002	1,339.36	0.446
	sd	0.659	3	0.05	0.3	35.3	2.056	535.545	3.477
<b>D2</b>	$\bar{x}$	1.148	4	0.02	0.1	49.824	0.0002	1,496.61	0.562
	sd	0.959	4	0.04	0.1	32.624	3.451	554.604	6.498
<b>D3</b>	$\bar{x}$	0.694	1	0.1	0.03	38.086	0.00001	1,337.06	0.141
	sd	0.662	2	0.2	0.1	34.348	1.858	698.519	2.636

編號		油耗	CO	THC	NO <sub>x</sub>	速度	加速度	引擎 轉速	坡度
		g/s	mg/s	mg/s	mg/s	km/h	km/h-s	rpm	%
<b>E</b>	$\bar{x}$	0.627	1	0.1	0.1	37.361	0.00001	1,329.16	0.23
	sd	0.643	2	0.2	1	33.94	1.783	510.787	2.893
<b>F</b>	$\bar{x}$	1.099	4	0.1	0.1	52.344	0.003	1,531.52	0.318
	sd	0.932	6	0.1	0.3	31.834	3.012	530.457	9.616
<b>G</b>	$\bar{x}$	0.721	5	0.1	0.1	39.051	0.00002	1,264.36	0.417
	sd	0.64	13	0.2	0.3	33.252	2.025	376.622	9.249
<b>H</b>	$\bar{x}$	0.725	4	0.01	0.1	41.968	0.006	1,357.12	1.974
	sd	0.69	77	0.04	0.3	33.367	1.901	514.915	79.435
<b>I</b>	$\bar{x}$	1.071	3	0.1	0.1	42.825	0.00001	1,239.33	2.589
	sd	0.905	4	1	0.2	32.359	2.065	412.103	225.719
<b>J</b>	$\bar{x}$	0.962	3	0.1	0.1	43.626	0.00002	1,334.14	1.7
	sd	0.822	3	0.3	0.3	36.399	3.593	508.448	59.84
<b>K</b>	$\bar{x}$	0.809	10.5	0.1	0.06	55.825	0.0266	1,885.1	0.332
	sd	0.743	100	0.7	0.3	32.977	3.545	778.259	15.938

目前道路測試所提供的測試規範便是以速度為主，因此對每輛車繪製速度與油耗、CO、NO<sub>x</sub>、THC 的散佈圖（附錄一至附錄四），以了解不同車輛在油耗、廢氣排放的資料分布狀況。

進行道路測試的 14 輛車在不同速度下，與油耗變數多呈現線性關係（附錄一），隨速度越快，油耗變異越大，且 C、D1、D3、E、G、H、I 車（圖 4.1.1）在速度 50km/h 下資料較密集。

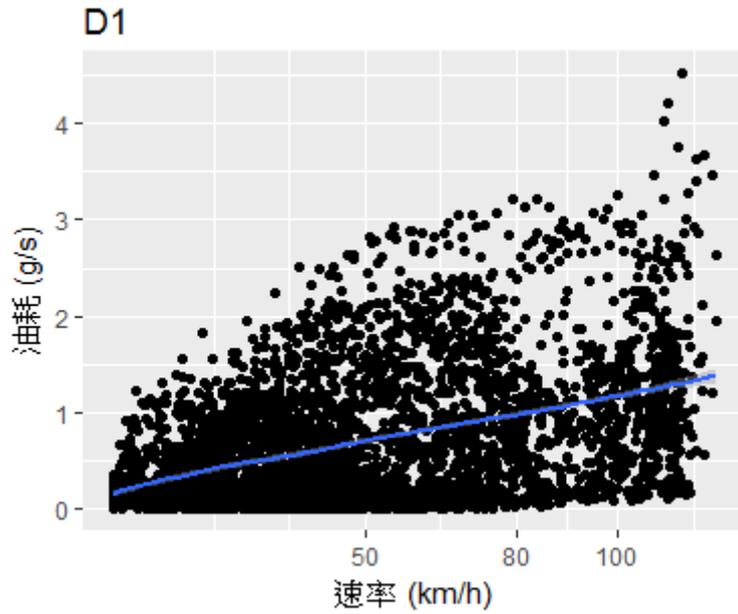


圖 4.1.1 道路測試車之速度油耗散佈圖 (以 D1 車為例)

速度與 CO 排放量幾乎沒有明顯的線性關係，像 A1、B、C、D1、D3、H 車 (如圖 4.1.2 a)，可能因為有少數的離群值，導致無法觀察出分散狀況，F、I 車的線性關係也沒有很明顯，但資料較分散一些，A2、D4、E、G、J 車 (如圖 4.1.2 b) 的線性關係較明顯一點，且不同速度下平均 CO 排放量變化較大。

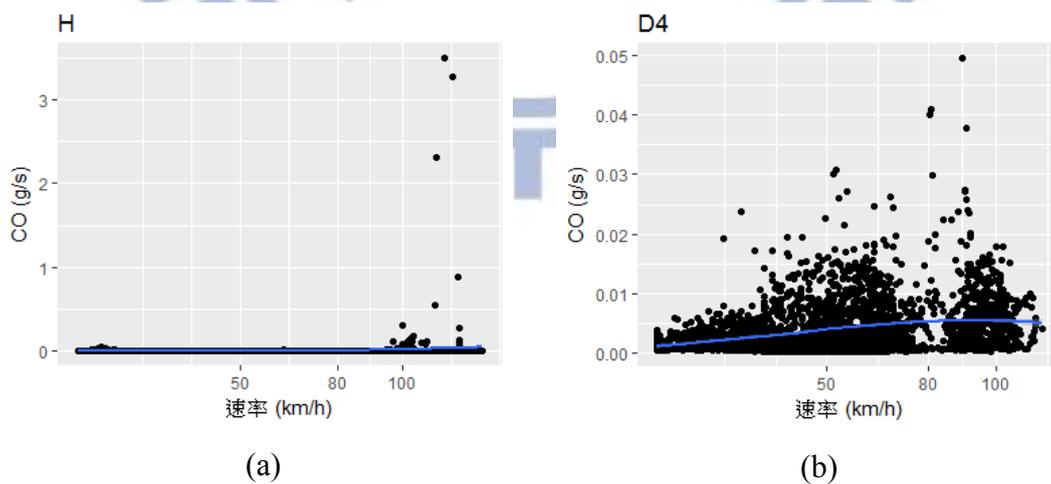


圖 4.1.2 道路測試車之速度與 CO 排放量散佈圖

大多車輛與 NO<sub>x</sub> 的排放量沒有明顯的線性關係，且 NO<sub>x</sub> 的排放量大多接近 0，A2、D3、F、G 車（如圖 4.1.3 a）在速度 50km/h - 100 km/h 資料變化大，B 和 E 車（如圖 4.1.3 b）則是在極高速和低速都有較大變異的 NO<sub>x</sub> 排放量，A1 和 J 車（如圖 4.1.3 c）有離群值使得資料趨勢較不明顯，D1、H、I 和 D4 車（如圖 4.1.3 d）在速度 50 km/h 左右的排放量多寡有明顯不同。

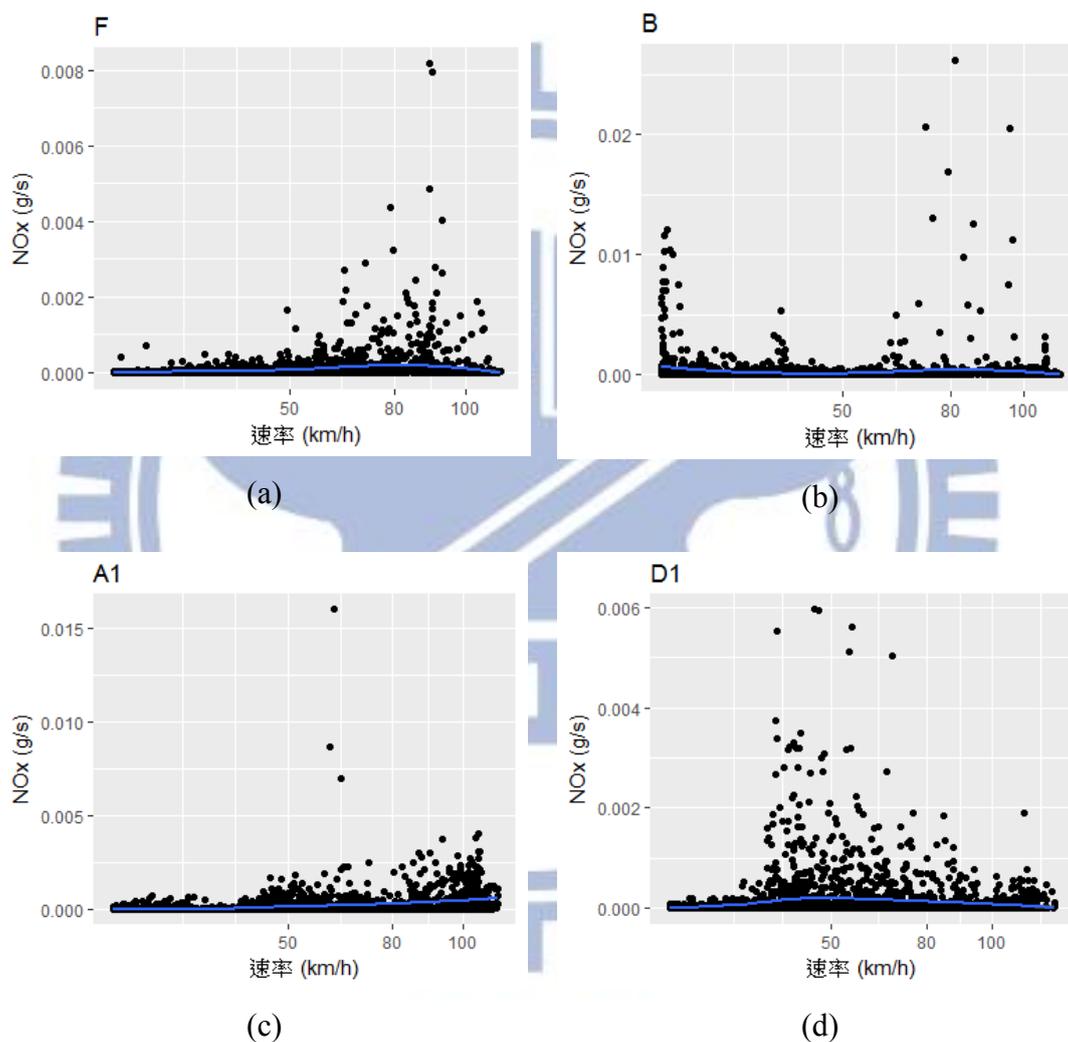


圖 4.1.3 道路測試車之速度與 NO<sub>x</sub> 排放量散佈圖

D2、D3、E、G、J 車（如圖 4.1.4 a）速度大於 80 km/h 後，THC 的排放變化量較大，B 和 I 車（如圖 4.1.4 b）在速度接近 0 時，排放量差異大，D4、F 車（如圖 4.1.4 c）在速度 50-80 km/h 間 THC 排放量略高於其他速度，C、H

車（如圖 4.1.4 d）因為離群值而沒有發現明顯的關係，A2、D1 車（如圖 4.1.4 e）有線性關係但斜率小，A1 車（如圖 4.1.4 f）的變化量則有較明顯的趨勢，約在速度 50 和 100 km/h 下 THC 排放變化量明顯大增。

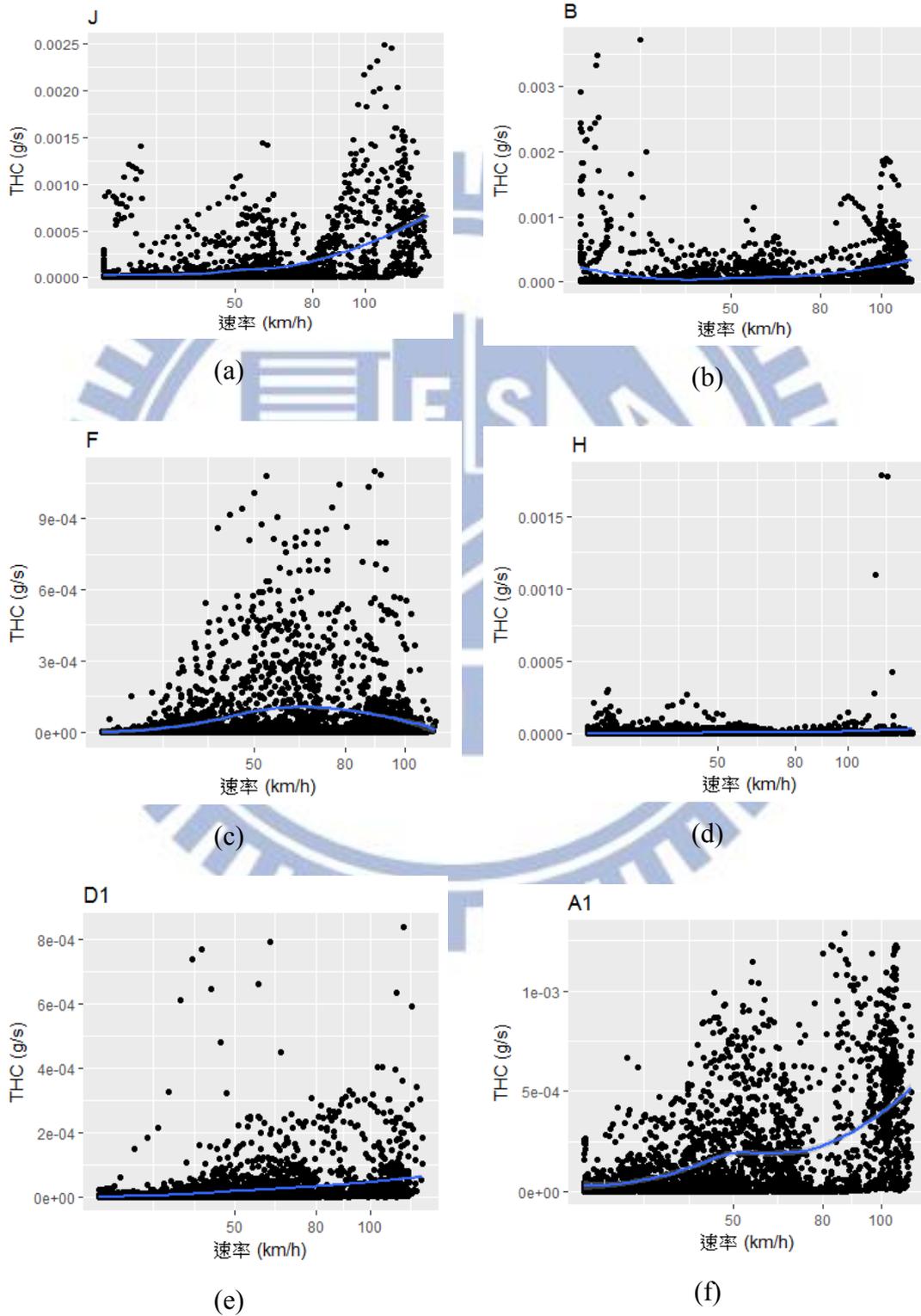


圖 4.1.4 道路測試車之速度與 THC 散佈圖

本研究後續會建立油耗和各種廢氣排放迴歸式，以找出影響油耗或 CO、THC、NO<sub>x</sub> 的主要因素，因此先嘗試了解各種主要變數與反應變數之關係，F1 車是 FTP-75 和 NEDC 行車型態測試皆有進行的車輛，有鑑於 F1 車與實際道路測試車輛 F 車屬於同廠牌車輛，在此先以 F 車做代表。

將所有主要變數與反應變數做散佈圖後發現，與油耗有較明顯的線性關係的變數有排氣流率、引擎轉速、節氣門開度和排氣壓力（如圖 4.1.5），但排氣壓力在 100 kPa 時略有小高峰而後隨壓力增加而減少一點點油耗，但最後油耗仍是大幅上升情況；當反應變數為 CO 排放量時，此四個變數仍有線性關係，但較不明顯，當 X 軸數值越大時，CO 變化量也有的遞增之現象（如圖 4.1.6）；另外反應變數為 THC，一開始四個變數對 THC 排放量都沒有明顯的關係，但當排氣流率大於 1 m<sup>3</sup>/min、引擎轉速大於 2000rpm 時，THC 排放量急速增加，節氣門開度大於 25%、排氣壓力接近 102 kPa 才開始有明顯的正線性關係（如圖 4.1.7）；排氣流率、引擎轉速、節氣門開度和排氣壓力四個變數不論是對油耗、CO、THC 排放量，都呈現出線性關係，但對 NO<sub>x</sub> 排放量卻不明顯（如圖 4.1.8），其他主要變數像是環境濕度、環境相對溫度等對 NO<sub>x</sub> 的關係亦是如此，附錄五為其他變數對油耗和三種廢氣排放量的散佈圖。

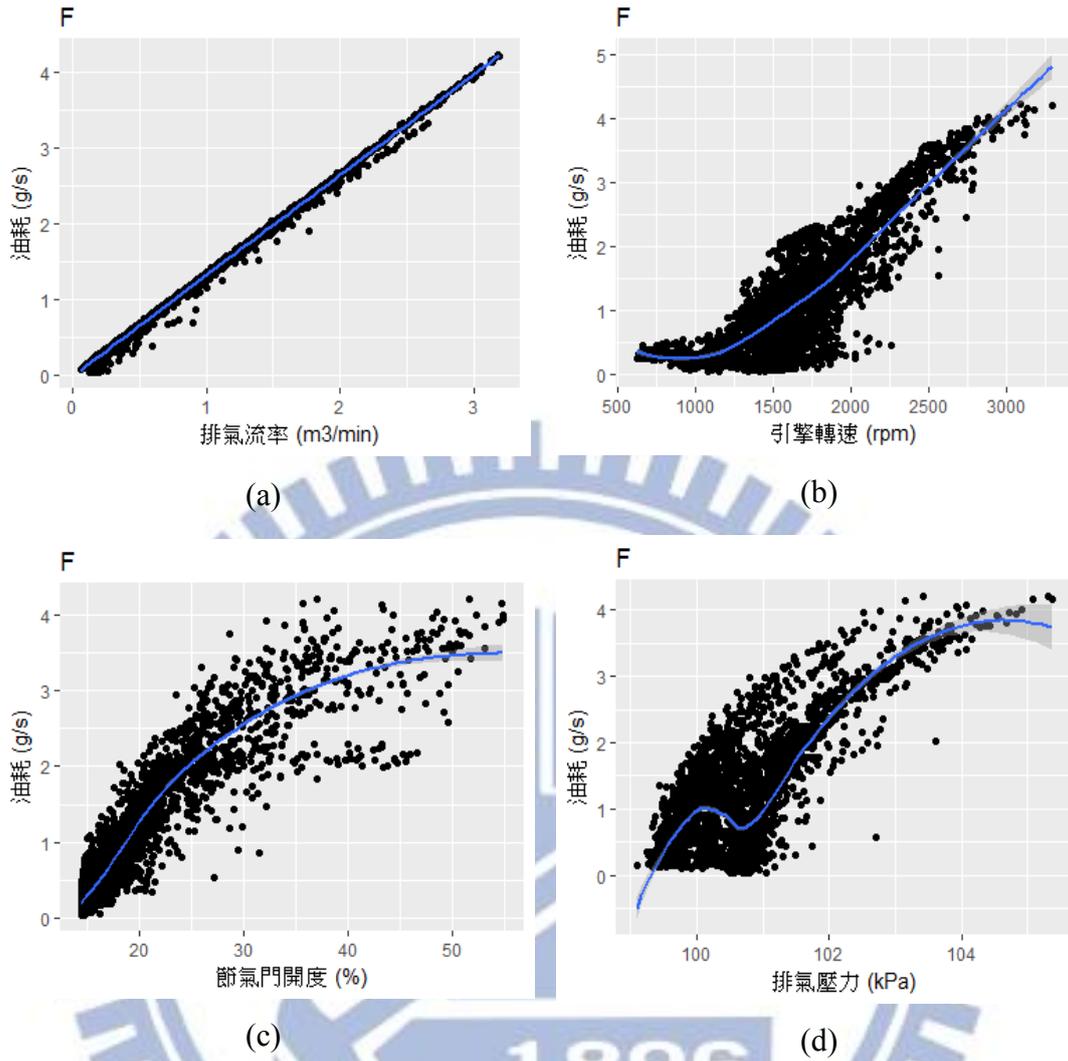
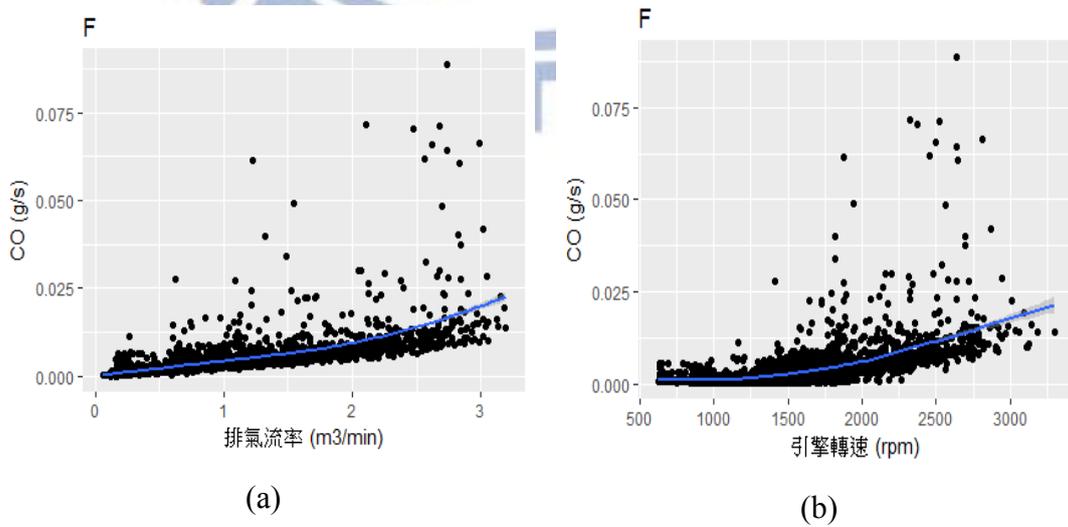


圖 4.1.5 道路測試車之油耗與主要變數散佈圖



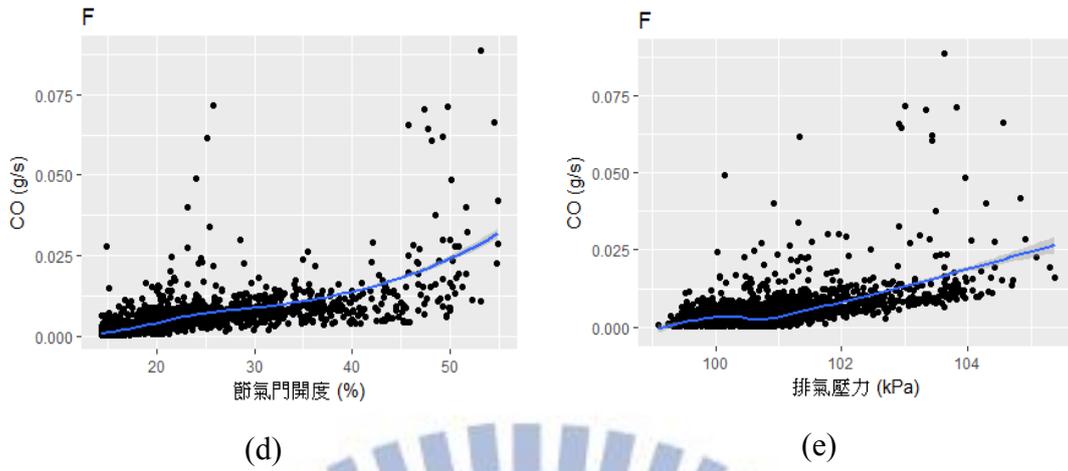


圖 4.1.6 道路測試車之 CO 排放量與主要變數散佈圖

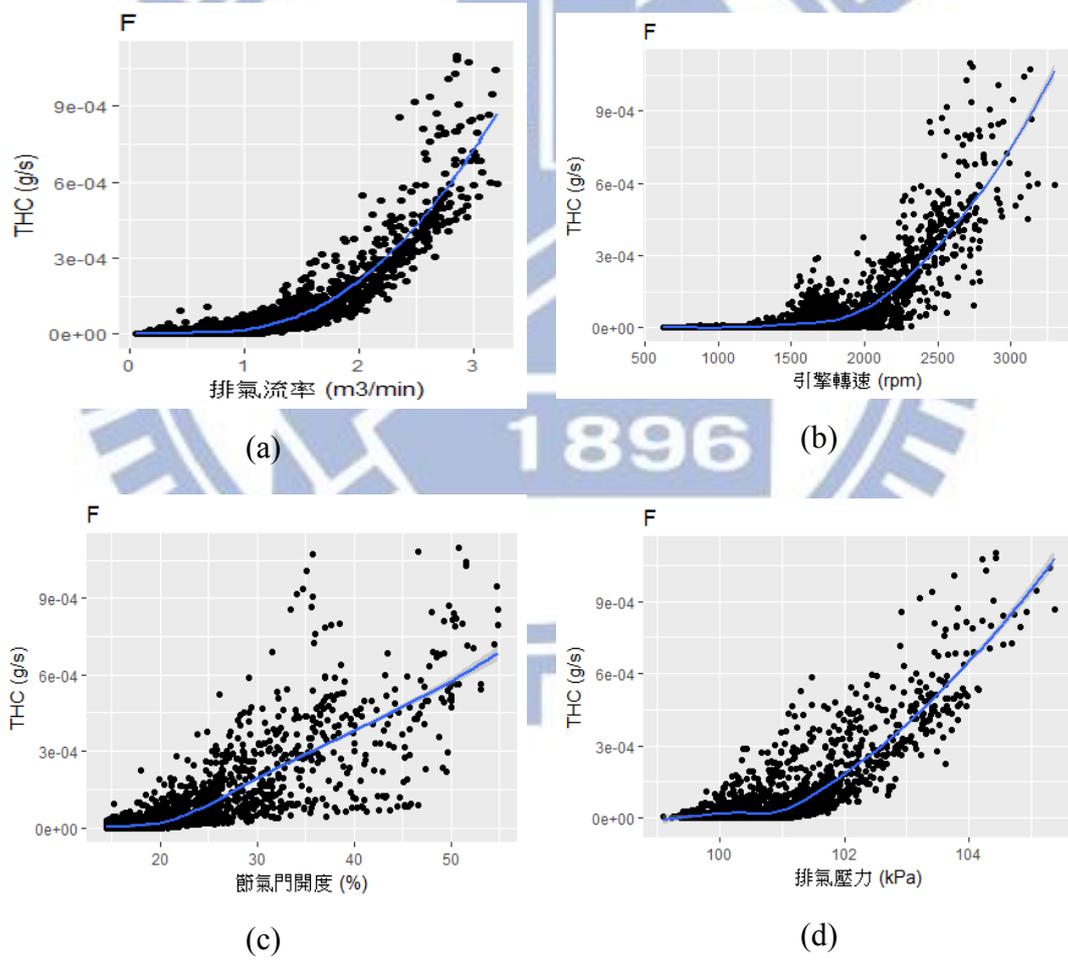


圖 4.1.7 道路測試車之 THC 排放量與主要變數散佈圖

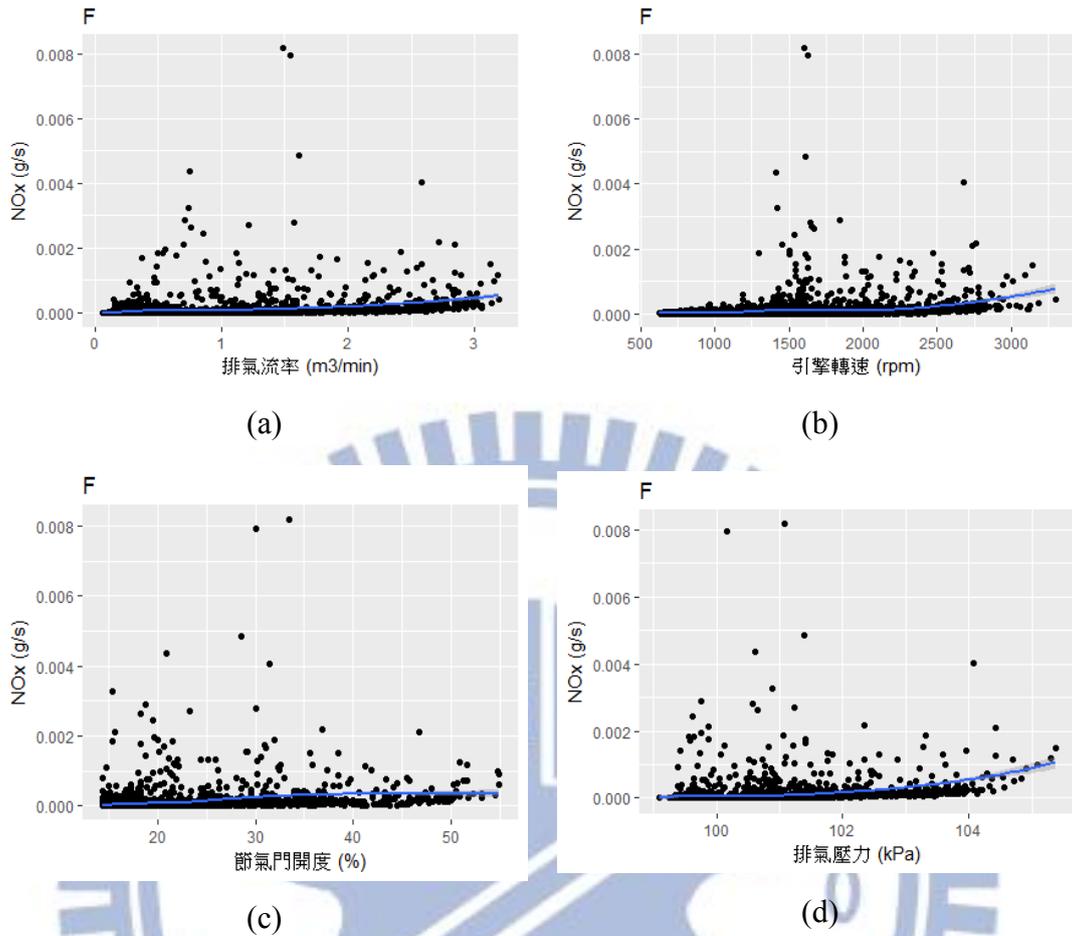


圖 4.1.8 道路測試車之 NOx 排放量與主要變數散佈圖

#### 4.1.2 實驗室測試車輛

表 4.1.2 為運研所所提供之三部測試車輛，且其依照 NEDC 或 FTP-75 行車型態在實驗室進行測試的數據資料分析結果，一開始統計分析結果發現，部分排放量出現負值的狀況，根據運研所報告解釋，實驗室數據在測試過程中，透過連續的袋取樣，除了收集車輛之排氣樣本外，同時亦會加入背景空氣進入取樣袋中，導致排放被稀釋，因此會有短時間沖淡樣本之數據，且經過逐項檢查確認各種廢氣排放量的異常狀況大部分都不到 0.1%，因此直接刪除。

經重新計算結果得表 4.1.2，對相同廠牌車進行不同測試型態—F1 車進行討

論，發現 NEDC 測試下，每秒的 CO、NO<sub>x</sub>、THC 排放量比 FTP-75 還要少許多，其中又以 CO 平均排放量的差異為最大，且 FTP-75 測試下廢氣排放量的資料分散程度都比 NEDC 來的大；M 車面對兩種測試差異不大，像 THC 和 NO<sub>x</sub> 排放量的平均值相同，但這兩種行車型態的每秒油耗 M 車約為 F1 車的 1.5 倍；同樣是進行 FTP-75 測試 D4 車與 F1 車在油耗、CO、NO<sub>x</sub> 排放量的結果較相似；主要變數中五個結果的平均加減速落在 -0.002 到 0.005 間，另外這三輛車不論是進行哪一種測試，速度與環境相對濕度此二變數的結果也算大同小異。

表 4.1.2 實驗室測試車之各變數平均值與標準差

測試型態		NEDC		FTP-75		
		M	F1	M	D4	F1
測試車編號						
油耗 (g/s)	平均數	0.936	0.573	1.011	0.581	0.638
	標準差	0.862	0.395	0.949	0.576	0.564
CO (mg/s)	平均數	22	0.4	15	6	6
	標準差	95	1	68	44	44
THC (mg/s)	平均數	2	0.2	2	1	0.4
	標準差	6	0.1	10	7	1
NO <sub>x</sub> (mg/s)	平均數	1	0.04	1	0.3	0.2
	標準差	2	0.1	2	1	1
速度 (km/h)	平均數	35.371	35.231	33.485	34.007	33.14
	標準差	31.498	31.552	26.123	26.378	26.157
加減速(km/h-s)	平均數	0.005	-0.002	0	-0.001	0.002
	標準差	1.551	1.556	2.424	2.497	2.43
環境相對溼度(%)	平均數	51.585	52.36	51.609	54.803	50.255
	標準差	1.135	0.882	0.958	1.338	1.209

接下來要來看不同行車型態測試 FTP-75 和 NEDC，在各速度、加速度和 VSP 變數下油耗和廢氣排放的關係圖，以下使用與道路測試車相同廠牌之 F1 車測試資料。

速度與油耗呈現線性，但在速度約在 60-70 km/h 油耗有一段落差，速度為 0 時，仍有燃油消耗；加速度在 0 左右油耗的變化量最大；VSP 為負值的時候與油耗之關係較平緩，大於 0 之後則呈現明顯的線性關係。

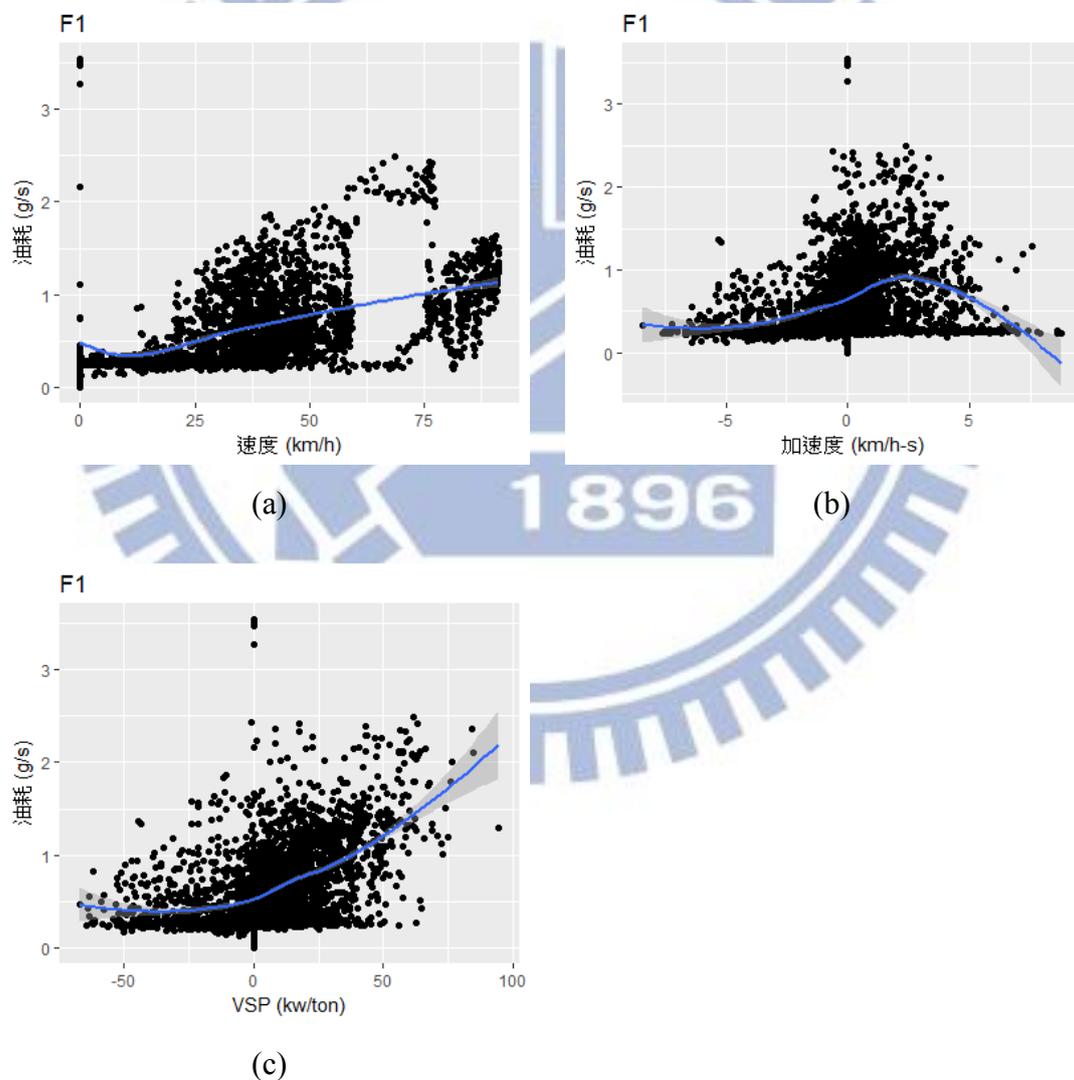


圖 4.1.9 FTP-75 測試車之主要變數與油耗散佈圖

不論是速度、加速度和 VSP 為 0 時仍有 CO 排放量，可能與怠速行車階段有關，而在此時所產生之 CO 排放明顯高於其他速度或是加減速，進而造成三個變數與 CO 沒有明顯的線性關係（如圖 4.1.10），而 THC 排放量也面臨一樣的情況（如圖 4.1.11）。

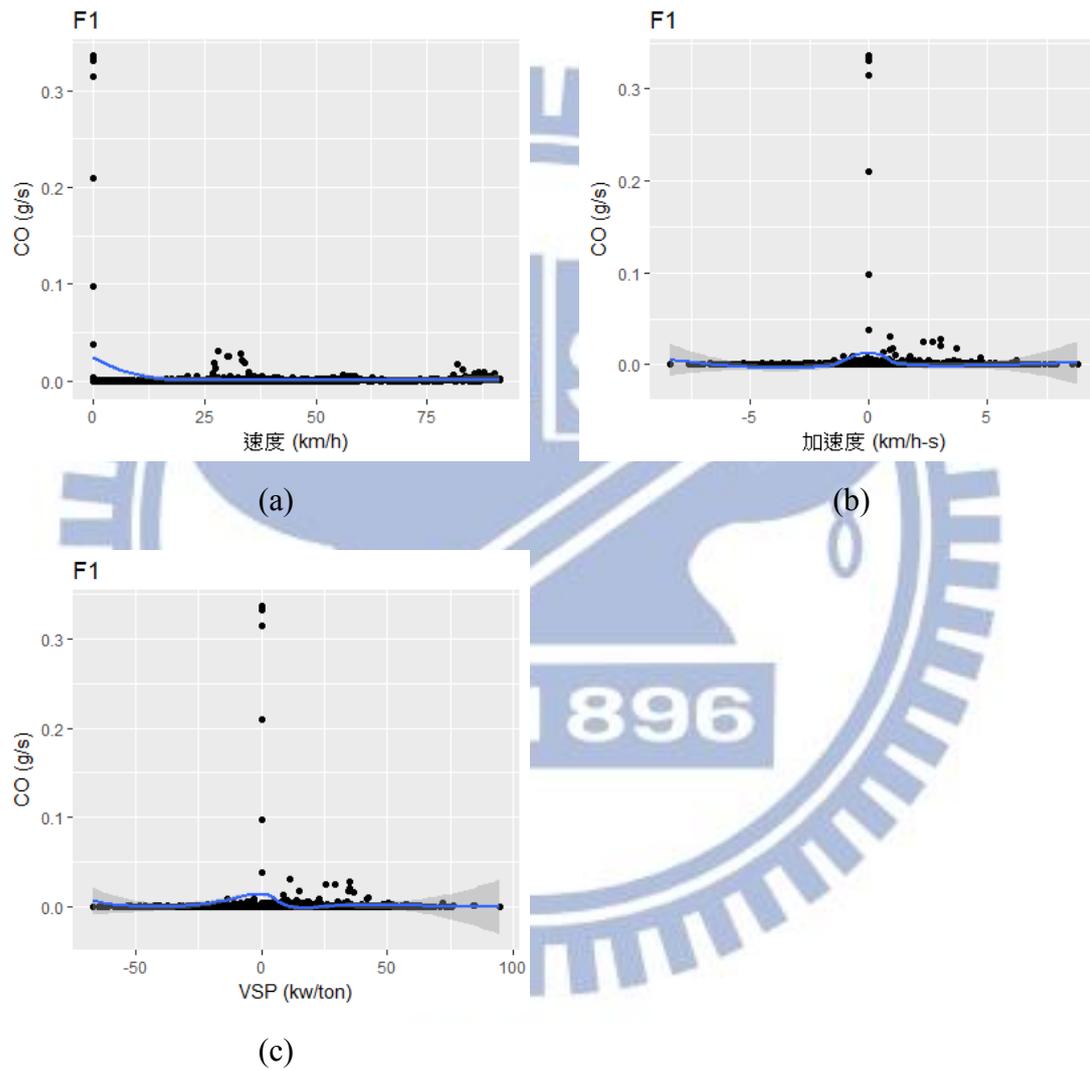


圖 4.1.10 FTP-75 測試車之主要變數與 CO 排放量散佈圖

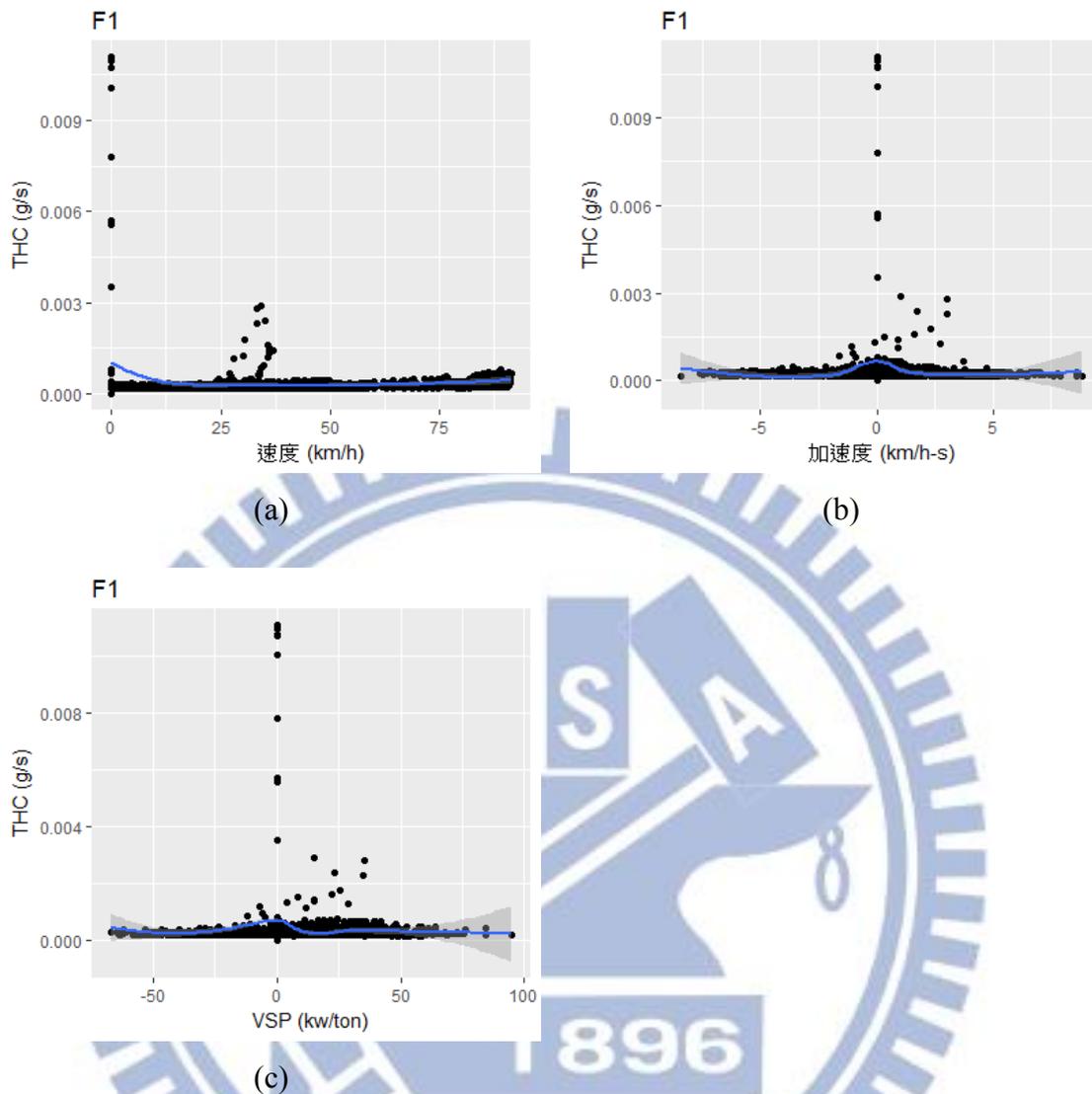


圖 4.1.11 FTP-75 測試車之主要變數與 THC 排放量散佈圖

在速度為 0 時有部分呈現很高的 NO<sub>x</sub> 排放量；在加減速在 0 左右其有較多的 NO<sub>x</sub> 排放且變異大，而 CO 和 THC 排放量大部分趨近於 0，NO<sub>x</sub> 在速度介於 25 到 55 km/h 之間有比較明顯的差異，VSP 與 NO<sub>x</sub> 之散佈圖也有一樣的結果。

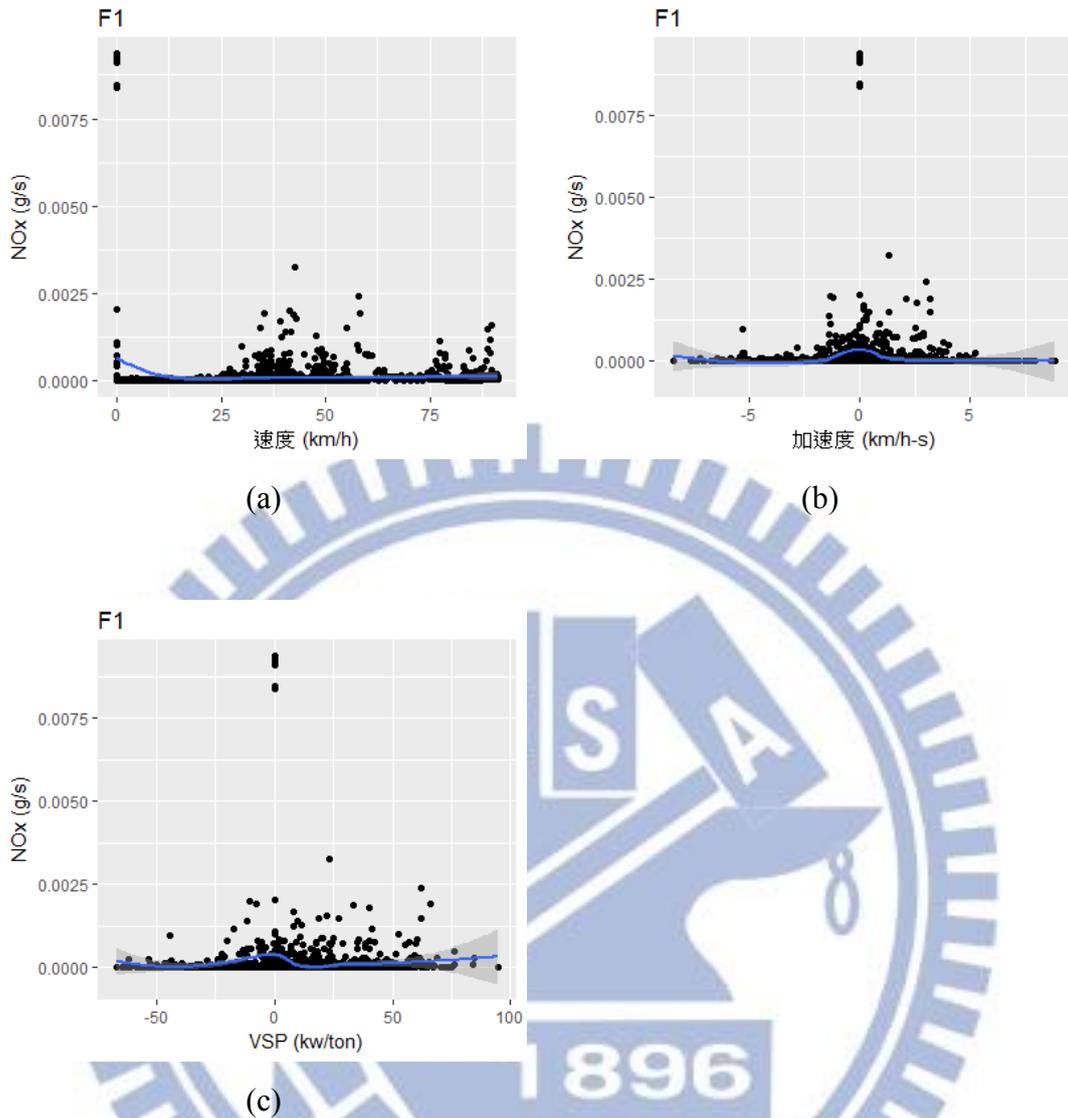


圖 4.1.12 FTP-75 測試車之主要變數與 NOx 散佈圖

圖 4.1.13 為 F1 車進行 NEDC 測試後，所得到油耗與主要變數散佈圖，當速度增加，油耗也會跟著增加，在速度超過 75 km/h 之後，增加的幅度更大，此外本研究認為速度與油耗分佈，相較於道路測試較不自然，推測與 NEDC 此種車型態之設計有關，加減速在 0 左右油耗的變異程度最大，沒有明顯的線性關係，但將油耗與 VSP 做散佈圖，則有相當明顯的線性關係，圖(d) 則將速度與加減速一起探討對油耗的影響，在相同速度區間下，減速的油耗較低於加速

時所產生的油耗。

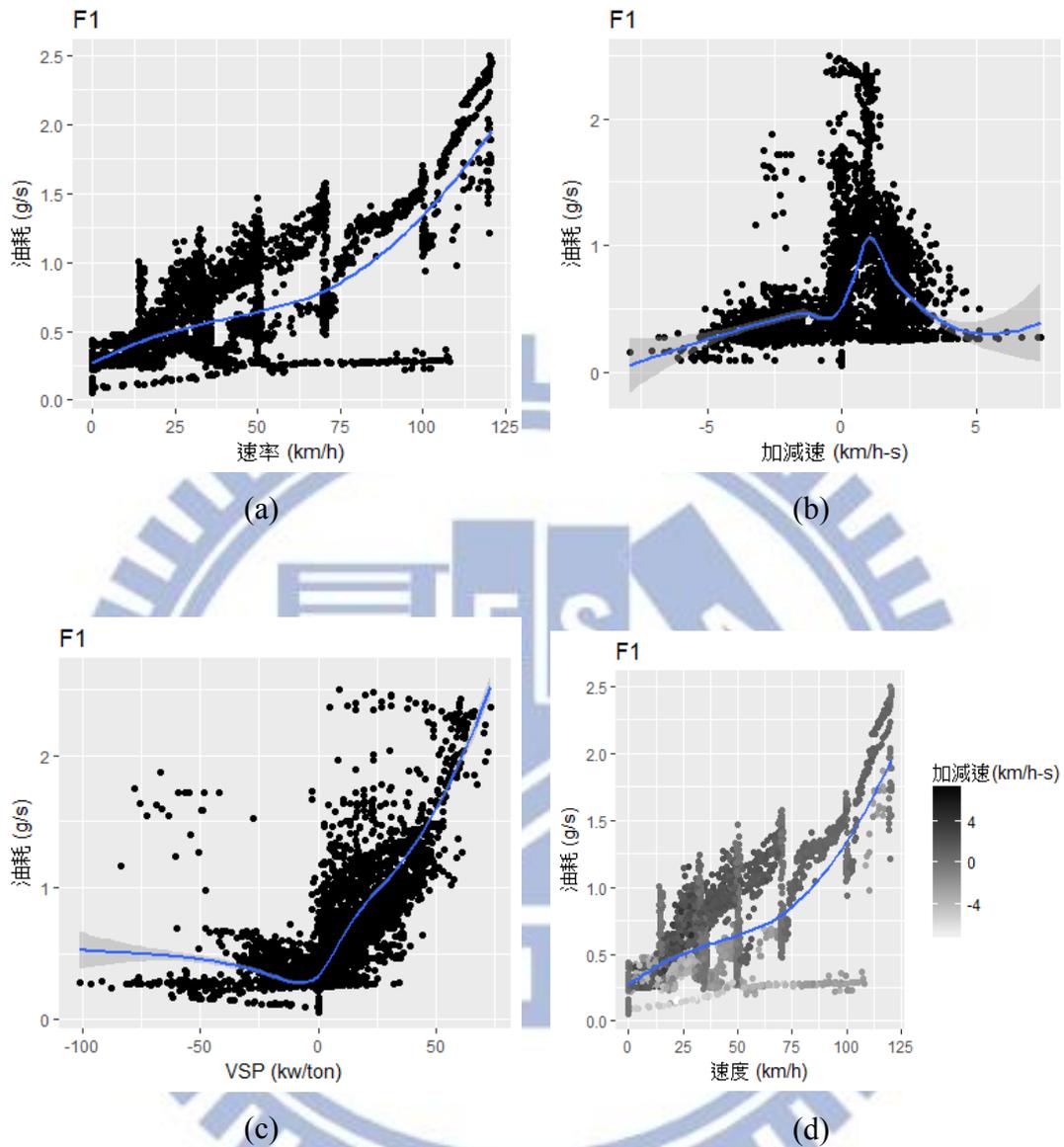


圖 4.1.13 NEDC 測試車之主要變數與油耗散佈圖

圖 4.1.14 為速度、加減速與 VSP 與 CO 排放量的關係，則發現三個變數與 CO 都沒有明顯的線性關係。

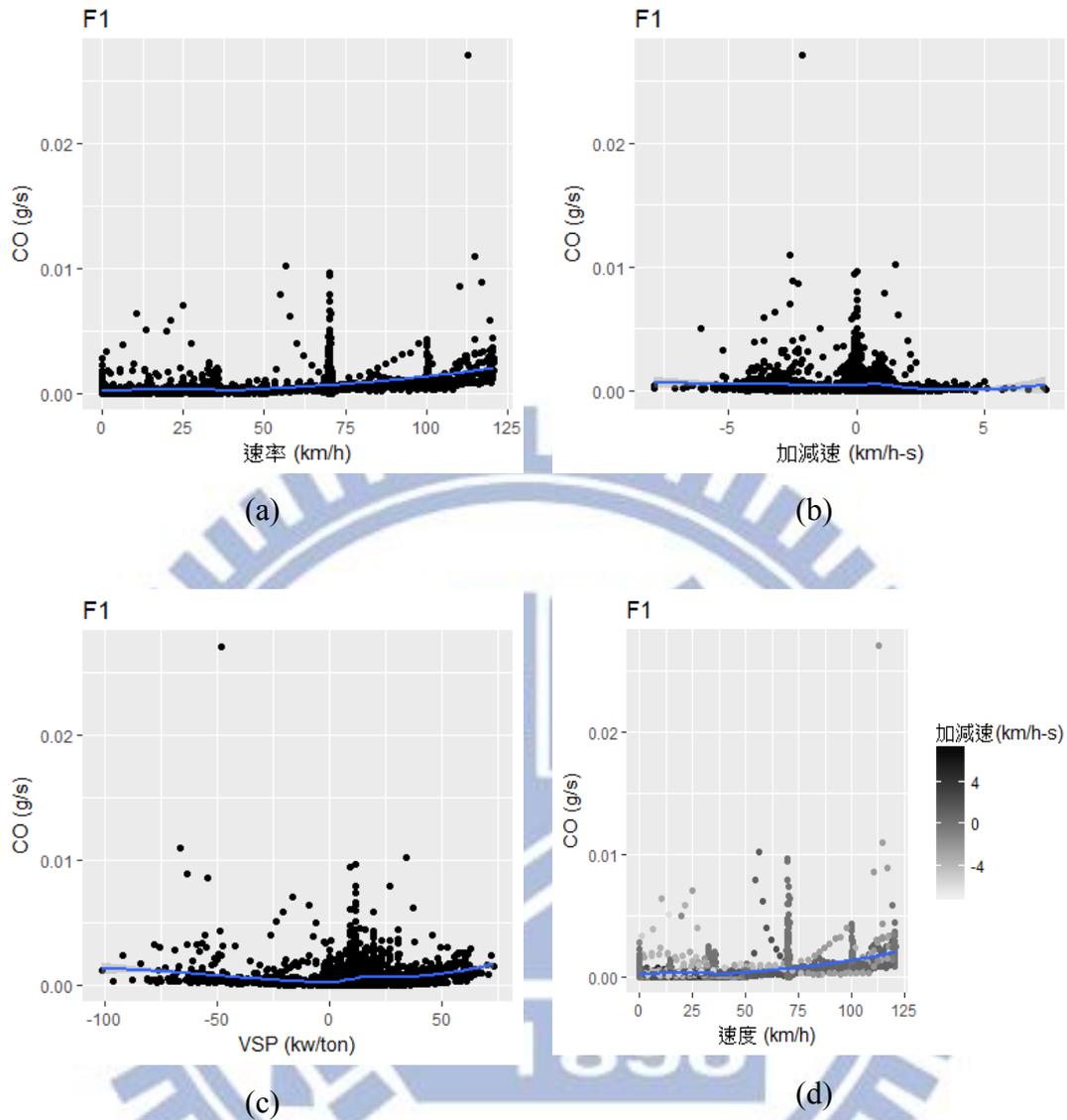


圖 4.1.14 NEDC 測試車之主要變數與 CO 排放量散佈圖

速度在 75 km/h 以前與 THC 較沒有關係，大於 75 km/h 後，速度增加，THC 也明顯增加，可見高速行駛產生之 THC 排放量較高，一樣與油耗有相同的情況，速度與 THC 排放量之分佈相較於道路測試較不自然，且速度 50 以下，THC 排放的變異程度較大，故在此區間下由圖(d)可看出加速所產生的 THC 較減速來的多；加減速在 0 的時候 THC 排放量變化劇烈；VSP 則是在大於 25 kw/ton 後 THC 排放量有明顯上升的趨勢。

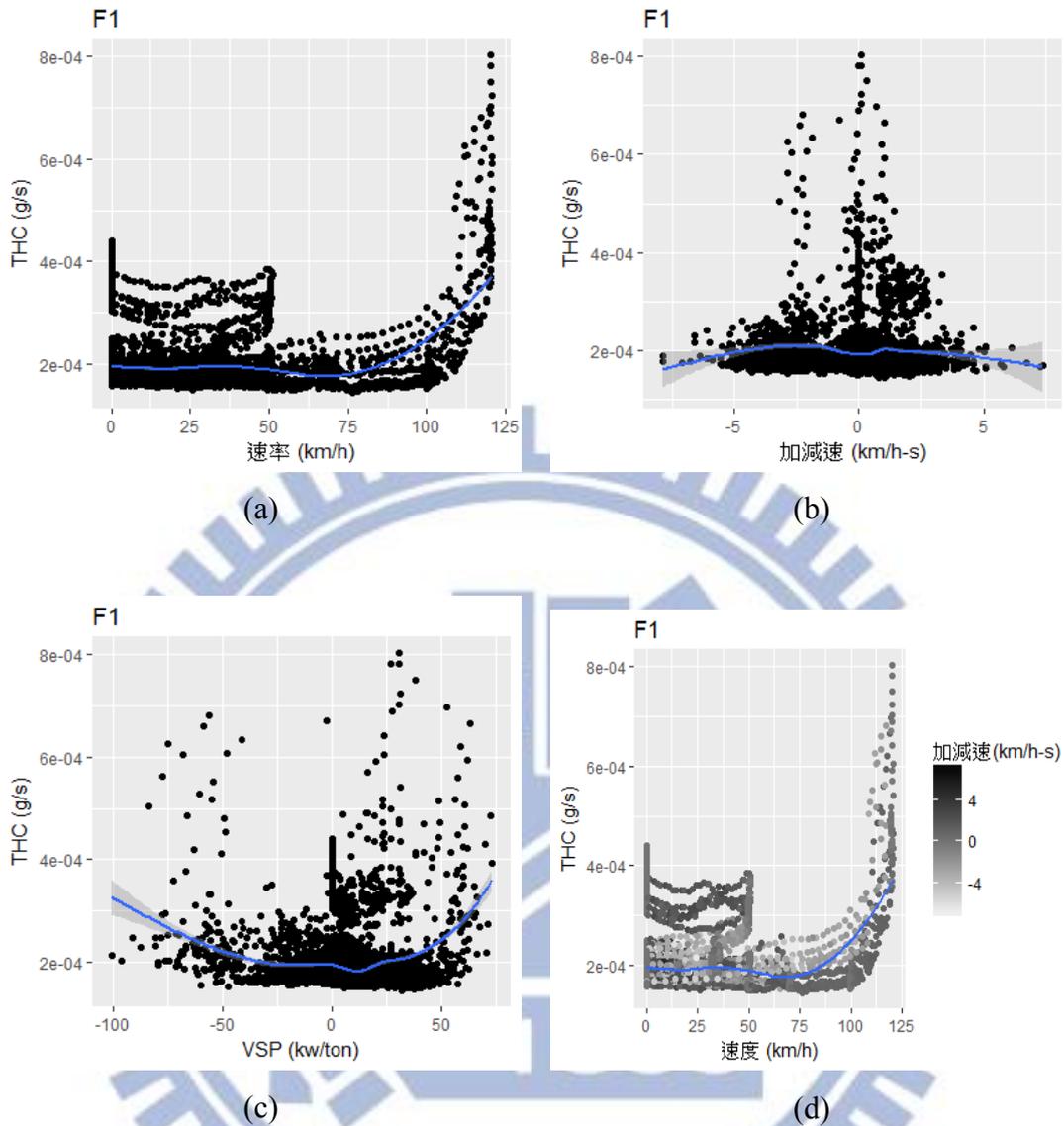


圖 4.1.15 NEDC 測試車之主要變數與 THC 排放量散佈圖

速度對於 NO<sub>x</sub> 的排放趨勢沒有很明顯，在速度 25 到 75 km/h 之間，NO<sub>x</sub> 的變異程度大，但看不出與加減速之關係；而當加減速在 0 的時候 NO<sub>x</sub> 排放量變化較其他時候高，但與油耗相比，則沒有那麼明顯；VSP 則是在大於 0 kw/ton 後 NO<sub>x</sub> 排放量變異程度較 VSP 為負值時來的大。

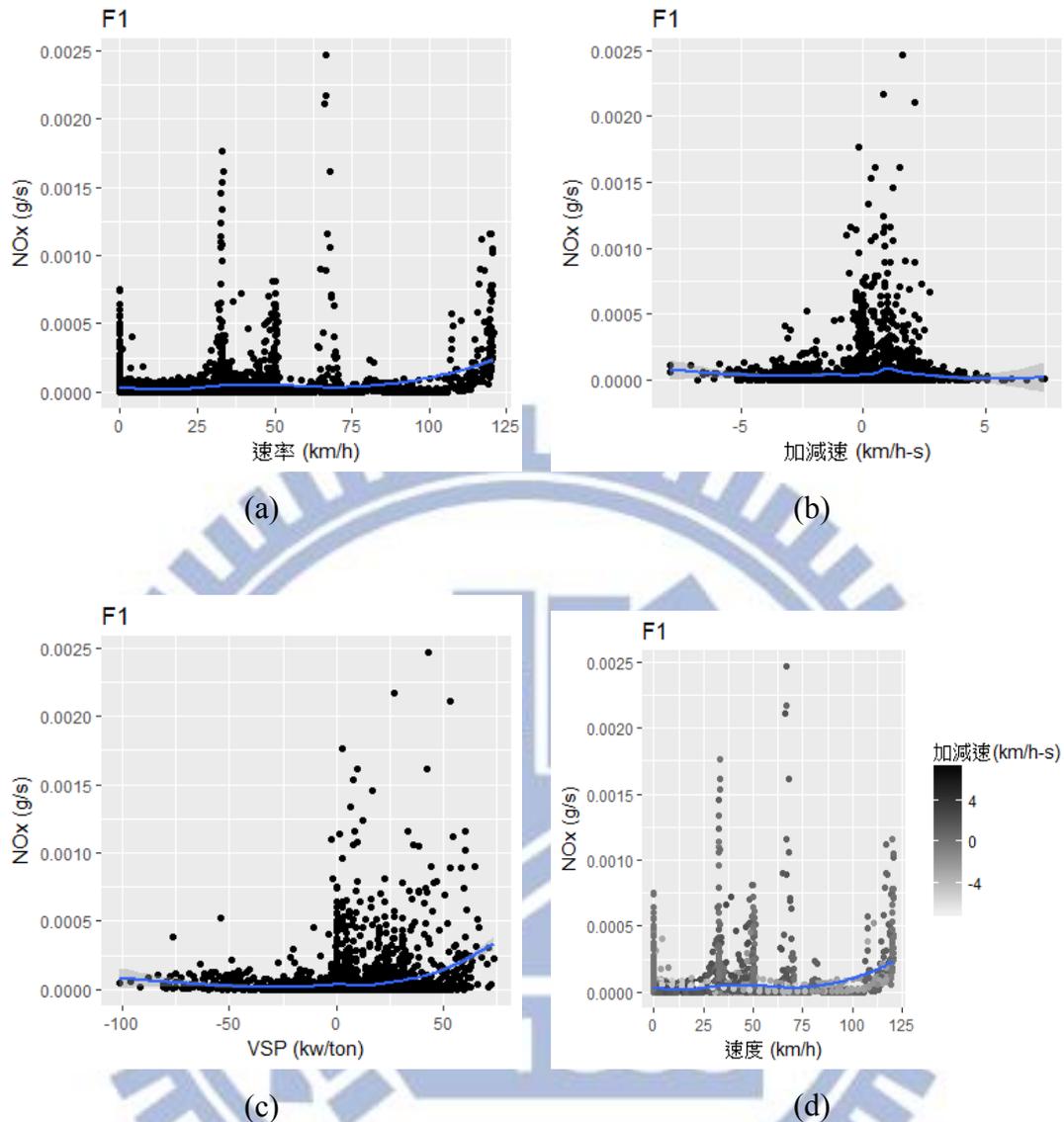


圖 4.1.16 NEDC 測試車之主要變數與 NOx 排放量散佈圖

## 4.2 行車型態分析

車輛在實驗室進行測試即是依循不同法定行車型態下所產生的結果，其測試過程最常以行車型態圖（即時間速度圖）呈現，並且透過章節 3.4.1 所提到的行車型態參數定義，將行車過程切割成怠速、巡航、加速、減速階段四階段。

本研究利用 14 輛在實際道路運行之車輛，首先分析道路測試資料、NEDC

和 FTP-75 在四種不同行車階段下的平均油耗與廢氣排放量之數值差異，並進行變異數分析，檢定不同車型與不同行車階段是否對油耗與廢氣排放有顯著差異，最後利用事後檢定探討不同行車階段與油耗排放之大小關係。

#### 4.2.1 實際道路測試之行車型態圖

將 14 輛車從出發到測試結束，每秒的速度紀錄下來，即為 14 輛車為實際道路測試下之行車型態（圖 4.2.1），一趟駕駛過程的確都是依循一定的速度占比，像每輛車速度約在 80 km/h 以上的駕駛過程約占整個測試過程的五分之一到五分之二，除 K 車以外其他車輛之行車型態大致相似。

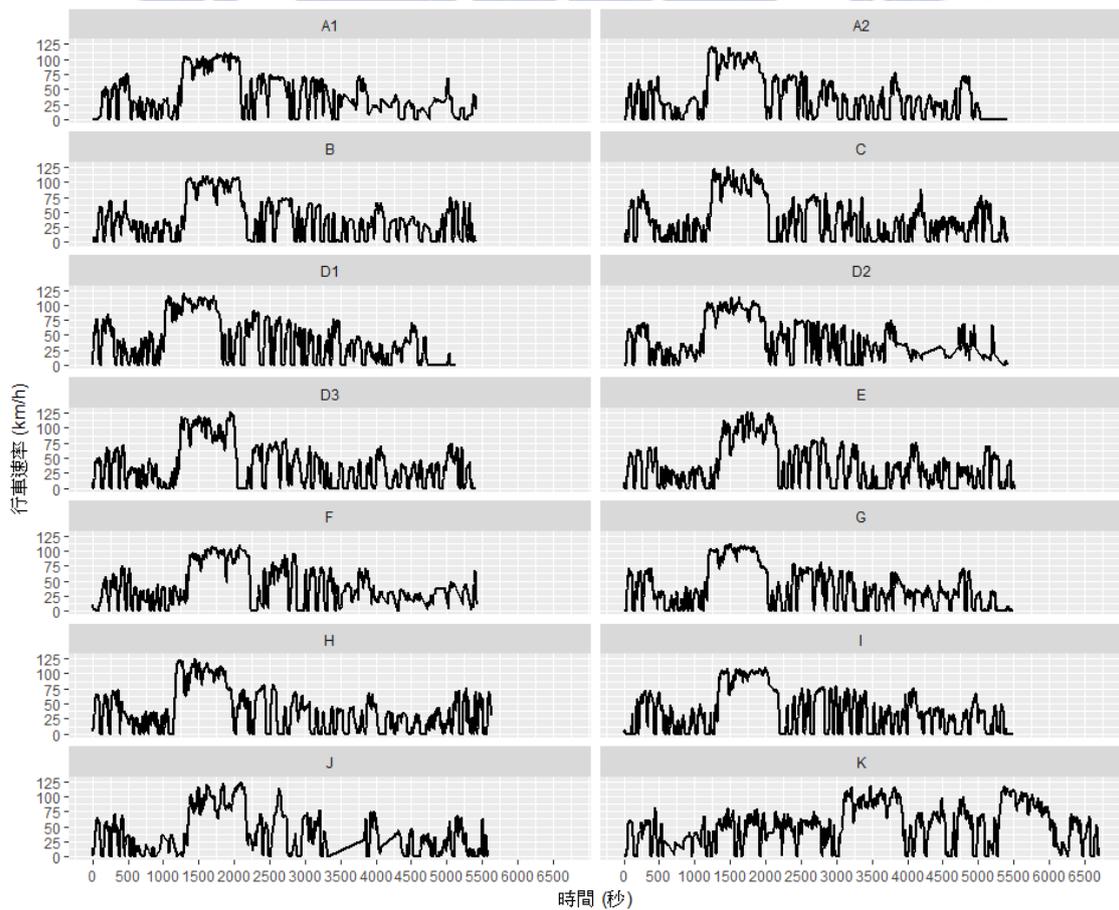


圖 4.2.1 道路測試車行車型態圖

## 4.2.2 行車型態下之基本參數

透過行車型態參數來瞭解車輛在整個行駛過程中的特性，再著重於分析不同行車階段（怠速、巡航、加速、減速階段）下的時間占比、三種廢氣平均排放量以及平均油耗，再藉由變異數分析和事後比較檢定說明不同車型或是不同行車階段對油耗和三種廢氣排放量是否有顯著差異。

在進行變異數分析前，會先進行變異數同質性檢定衡量母體變異數是否同質，在此先以兩群母體之公式說明，假設母體服從常態分配且變異數未知但不相同時，可採用 Welch's T 檢定法，其檢定統計量與自由度如下

$$T = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}, \text{ 其中 } df_{Welch} = \frac{(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2})^2}{\frac{s_1^2/n_1}{n_1-1} + \frac{s_2^2/n_2}{n_2-1}}$$

以下分成道路測試和實驗室測試呈現分析結果。

### (一) 實際道路測試

由表 4.2.1 可以看到車輛大多時間處於巡航階段，其他階段約占行駛時間的五分之一，而巡航階段定義為車速大於 3 km/h 且加速度在 0 到 1 km/h-s 或減速度在 -1 到 0 km/h-s 的總時間占總測試時間之比例，該階段所造成之油耗與廢氣排放量僅次於加速階段，而加速階段的占整個駕駛過程的時間百分比並非最高，但 CO、NO<sub>x</sub>、THC 排放量或是油耗量卻是所有階段中最高的。

表 4.2.1 實際道路測試之基本參數表

行駛時間	54727 秒				
平均行駛速率	43.95 km/h				
平均加速度	2.447996 km/h-s				
平均減速度	-3.025935 km/h-s				
行車階段	時間百分比	平均油耗 (g/s)	平均 CO 排放量 (mg/s)	平均 THC 排放量 (mg/s)	平均 NOx 排放量 (mg/s)
怠速	15.05%	0.265	1	0.1	0.1
巡航	40.39 %	0.897	4	0.1	0.1
加速	24.36 %	1.551	7	0.3	1
減速	20.2%	0.244	1	0.02	0.1

為了探討車輛的油耗與廢氣排放狀況，是否受到不同車型或是不同行車階段而有所影響，因此對油耗、CO、THC、NOx 排放量分別進行單因子變異數分析，而在此之前會先檢定 14 輛車的油耗與廢氣排放量是否符合變異數同質性之假設，檢定結果顯示這 14 輛車的油耗、CO、THC 和 NOx 的變異數不全相同；不同行車階段下的油耗和廢氣排放量變異數也不全相同。

表 4.2.2 道路測試之變異數同質性檢定

因子：車型			
應變數	Bartlett's K-squared	自由度	P 值
油耗	2501.4	13	< 0.0001
CO 排放量	169250	13	< 0.0001
THC 排放量	180940	13	< 0.0001
NOx 排放量	225020	13	< 0.0001
因子：行車階段			

應變數	Bartlett's K-squared	自由度	P 值
油耗	38367	3	< 0.0001
CO 排放量	65438	3	< 0.0001
THC 排放量	45359	3	< 0.0001
NOx 排放量	119180	3	< 0.0001

因此採用 Welch 法所得到的 F 值做調整，結果可以說明當反應變數為油耗時，車型因子對油耗 F 值為 217.33，檢定結果之 P 值小於 0.0001、行車階段因子之 P 值也小於 0.0001，皆達統計顯著水準，表示不同車型對於油耗之多寡有影響，而不同行車階段對於油耗也是有顯著差異；當反應變數改為其他廢氣排放，結果也顯示這十四種車型所產生的 CO、THC、NOx 平均排放量是有顯著差異，當行車階段不論是處於怠速、巡航、加速或減速階段，對於油耗和排放量並不相同。

表 4.2.3 道路測試之變異數分析表

因子：車型		
應變數	Welch F 統計量	P 值
油耗	217.33	< 0.0001
CO 排放量	373.02	< 0.0001
THC 排放量	334.27	< 0.0001
NOx 排放量	83.097	< 0.0001
因子：行車階段		
應變數	Welch F 統計量	P 值
油耗	17554	< 0.0001
CO 排放量	303.05	< 0.0001
THC 排放量	173.45	< 0.0001
NOx 排放量	73.025	< 0.0001

接著探討哪些行車階段會產生較多或較少的的油耗和排放，因此進行事後

比較檢定，但受限於資料的變異數非同質性，故在此使用 Games-Howell 檢定進行事後比較。

由表 4.2.4 可以看到實際道路測試車在加速階段的油耗顯著大於巡航階段，巡航階段也顯著大於怠速階段的油耗量，怠速則顯著高於減速階段；從 CO 排放量的檢定結果，可以看出四階段的順序為加速大於巡航大於減速大於怠速階段；另外，THC 的排放量為加速階段顯著大於巡航階段，巡航顯著大於減速階段，怠速階段也大於減速階段，但巡航與怠速階段沒有顯著差異；最後在各階段 NOx 的排放量依序為加速階段高於巡航階段，再者為怠速階段，怠速和減速階段則是沒有顯著差異結果。

表 4.2.4 道路測試之事後比較檢定

反應變數	油耗 (g/s)		THC (mg/s)	
	平均數差異值	p 值	平均數差異值	p 值
怠速 - 巡航 == 0	-0.635	<0.01	-0.019	0.22
減速 - 巡航 == 0	-0.664	<0.01	-0.09	<0.01
加速 - 巡航 == 0	0.639	<0.01	0.15	<0.01
減速 - 怠速 == 0	-0.029	<0.01	-0.071	<0.01
加速 - 怠速 == 0	1.274	<0.01	0.17	<0.01
加速 - 減速 == 0	1.302	<0.01	0.24	<0.01
反應變數	CO (mg/s)		NOx (mg/s)	
	平均數差異值	p 值	平均數差異值	p 值
怠速 - 巡航 == 0	-4.73	<0.01	-0.091	<0.01
減速 - 巡航 == 0	-4.11	<0.01	-0.086	<0.01
加速 - 巡航 == 0	5.22	<0.01	0.43	<0.01
減速 - 怠速 == 0	0.63	<0.01	0.0058	0.65
加速 - 怠速 == 0	9.95	<0.01	0.52	<0.01
加速 - 減速 == 0	9.33	<0.01	0.52	<0.01

## (二) FTP-75 測試

表 4.2.5 為 FTP-75 行車型態測試結果，怠速階段所產生的三種廢氣排放量都比其他階段來的多，若與平均排放量最低的減速階段相比，怠速階段下的三種廢氣排放皆多出五倍以上，加速階段的平均油耗、巡航階段的時間百分比為四階段中最高，這與道路測試結果相同。

表 4.2.5 FTP-75 之基本參數表

行駛時間	16357 秒				
平均行駛速率	33.53595 km/h				
平均加速度	2.848794 km/h-s				
平均減速度	-3.306233 km/h-s				
行車階段	時間百分比	平均油耗 (g/s)	平均 CO 排放量 (mg/s)	平均 THC 排放量 (mg/s)	平均 NOx 排放量 (mg/s)
怠速	20.16 %	0.571	35	4	1
巡航	37.57 %	0.889	4	1	0.3
加速	22.55 %	0.93	3	0.5	0.5
減速	19.72 %	0.445	2	0.4	0.2

利用 FTP-75 行車型態之數據先進行變異數同質性檢定後再做變異數分析，一樣不符合變異數同質性之假設，因此表 4.2.7 也是採用 Welch 法所得到的 F 值做調整，進行 FTP-75 行車型態測試有三種不一樣的車型，檢定結果顯示不同車型對於油耗和三種不同廢氣排放量都是有顯著的差異，而行車階段因子對於油耗、CO、THC、NOx 排放量之不同也有影響。

表 4.2.6 FTP-75 測試之變異數同質性檢定

因子：車型			
應變數	Bartlett's K-squared	自由度	P 值
油耗	2063.1	2	< 0.0001
CO 排放量	1511.6	2	< 0.0001
THC 排放量	14984	2	< 0.0001
NOx 排放量	2288.8	2	< 0.0001
因子：行車階段			
應變數	Bartlett's K-squared	自由度	P 值
油耗	4191.9	3	< 0.0001
CO 排放量	26289	3	< 0.0001
THC 排放量	47078	3	< 0.0001
NOx 排放量	12349	3	< 0.0001

表 4.2.7 FTP-75 測試之變異數分析

因子：車型		
應變數	Welch F 統計量	P 值
油耗	430.07	< 0.0001
CO 排放量	37.321	< 0.0001
THC 排放量	117.28	< 0.0001
NOx 排放量	197.39	< 0.0001
因子：行車階段		
應變數	Welch F 統計量	P 值
油耗	844.1	< 0.0001
CO 排放量	101.3	< 0.0001
THC 排放量	102.08	< 0.0001
NOx 排放量	126.95	< 0.0001

最後也是使用 Games-Howell 檢定進行事後比較，結果顯示四階段在油耗的大小關係為加速階段油耗量顯著高於所有階段，並與巡航階段沒有顯著差異，兩者皆顯著大於怠速，再大於減速階段；CO 排放量則為怠速大於巡航階段，加速和減速階段則沒有顯著差異；THC 排放量和道路測試之 THC 排放一樣，四階段都有顯著差異，依序為怠速、大於巡航、大於加速並大於減速階段；四階段所產生的 NO<sub>x</sub> 與 THC 排放量一樣都有顯著差異但各階段之排放量多寡並不同，檢定結果一樣是怠速階段的排放量最多，而加速階段為其次，再者為巡航階段，減速階段的 NO<sub>x</sub> 排放量則都顯著低於三階段。

表 4.2.8 FTP-75 測試之事後比較檢定

反應變數	油耗 (g/s)		THC (mg/s)	
	平均數差異值	p 值	平均數差異值	p 值
怠速 - 巡航 == 0	-0.319	<0.01	3.8	<0.01
減速 - 巡航 == 0	-0.443	<0.01	-0.23	<0.01
加速 - 巡航 == 0	0.042	0.02	-0.16	<0.01
減速 - 怠速 == 0	-0.125	<0.01	-4	<0.01
加速 - 怠速 == 0	0.361	<0.01	-4	<0.01
加速 - 減速 == 0	0.486	<0.01	0.069	<0.01
反應變數	CO (mg/s)		NO <sub>x</sub> (mg/s)	
	平均數差異值	p 值	平均數差異值	p 值
怠速 - 巡航 == 0	30.75	<0.01	0.62	<0.01
減速 - 巡航 == 0	-1.85	<0.01	-0.16	<0.01
加速 - 巡航 == 0	-1.2	<0.01	0.13	<0.01
減速 - 怠速 == 0	-32.6	<0.01	-0.78	<0.01

加速 - 怠速 == 0	-31.95	<0.01	-0.49	<0.01
加速 - 減速 == 0	0.65	0.16	0.29	<0.01

### (三) NEDC 測試

在 NEDC 行車型態中，巡航階段仍屬最高比例，平均 CO 排放量與平均油耗也是比其他階段來的高，平均 NOx 排放量僅小於加速階段，加速階段在 NEDC 行車型態下，對廢氣排放的影響沒有實際道路測試時來的大，但油耗量明顯較高，與怠速階段時間占比差不多，油耗卻是多四倍。

表 4.2.9 NEDC 測試之基本參數表

行駛時間	9689 秒				
平均行駛速率	35.2779 km/h				
平均加速度	1.9612 km/h-s				
平均減速度	-2.9124 km/h-s				
行車階段	時間百分比	平均油耗 (g/s)	平均 CO 排放量 (mg/s)	平均 THC 排放量 (mg/s)	平均 NOx 排放量 (mg/s)
怠速	22.31 %	0.291	1	1	0.2
巡航	42.06 %	0.913	10	1	0.3
加速	20.61 %	0.888	9	1	1
減速	15.02 %	0.412	9	1	0.1

有兩種車型進行 NEDC 測試，行車型態依然分為四個階段，為了瞭解車型與行車階段是否對油耗或排放有顯著影響，因此一樣進行變異數分析，而變異數同質性之假設由表 4.2.10 可以看出並不符合假設，故使用 Welch 法得到調整之 F 值與 P 值，當反應變數為油耗時，車型因子達統計顯著水準，行車階段因子之 P 值也小於 0.05，結果表示不同車型對於油耗是有顯著差異的，而不同行

車階段對於油耗多寡也是如此；當反應變數為其他廢氣排放，檢定結果車型之不同對 CO、THC、NOx 之平均排放量也不同，而不論是怠速、巡航、加速或減速階段的三種廢氣排放量有明顯之差異。

表 4.2.10 NEDC 測試之變異數同質性檢定

因子：車型			
應變數	Bartlett's K-squared	自由度	P 值
油耗	2840.2	1	< 0.0001
CO 排放量	51537	1	< 0.0001
THC 排放量	49316	1	< 0.0001
NOx 排放量	27911	1	< 0.0001
因子：行車階段			
應變數	Bartlett's K-squared	自由度	P 值
油耗	7806.6	3	< 0.0001
CO 排放量	9175.5	3	< 0.0001
THC 排放量	4678.9	3	< 0.0001
NOx 排放量	5968.6	3	< 0.0001

表 4.2.11 NEDC 測試之變異數分析

因子：車型		
應變數	Welch F 統計量	P 值
油耗	516.25	< 0.0001
CO 排放量	173.21	< 0.0001
THC 排放量	399.6	< 0.0001
NOx 排放量	309.13	< 0.0001
因子：行車階段		
應變數	Welch F 統計量	P 值

油耗	1685	< 0.0001
CO 排放量	41.038	< 0.0001
THC 排放量	27.085	< 0.0001
NOx 排放量	52.344	< 0.0001

探討四個階段的油耗和廢氣排放量之差異，經由 Games-Howell 檢定可以發現，在油耗方面，加速階段和巡航階段的差異沒有很顯著，但兩者都顯著大於減速階段，怠速階段的油耗則顯著小於前三階段；CO 排放量，在巡航、加速和減速階段都沒有顯著差異，但三階段都是顯著大於怠速階段的 CO 排放量；在 THC 排放量之事後檢定，加速顯著大於怠速和減速階段，而巡航也顯著大於怠速階段，加速對巡航階段而言，排放量也是較大，但並沒有統計上之顯著差異，最後則是怠速和減速階段的 THC 排放量沒有明顯差異；NOx 的排放量，加速階段顯著大於巡航階段再大於怠速階段，最少的 NOx 排放量則是減速階段。

表 4.2.12 NEDC 測試之事後比較檢定

反應變數	油耗 (g/s)		THC (mg/s)	
	平均數差異值	p 值	平均數差異值	p 值
怠速 - 巡航 == 0	-0.623	<0.01	-0.42	<0.01
減速 - 巡航 == 0	-0.501	<0.01	-0.33	<0.01
加速 - 巡航 == 0	-0.025	0.49	0.37	0.01
減速 - 怠速 == 0	0.122	<0.01	0.085	0.31
加速 - 怠速 == 0	0.597	<0.01	0.79	<0.01
加速 - 減速 == 0	0.476	<0.01	0.7	<0.01
反應變數	CO (mg/s)		NOx (mg/s)	
	平均數差異值	p 值	平均數差異值	p 值

怠速 - 巡航 == 0	-8.8	<0.01	-0.12	<0.01
減速 - 巡航 == 0	-1.6	0.8	-0.2	<0.01
加速 - 巡航 == 0	-1.6	0.76	0.26	<0.01
減速 - 怠速 == 0	7.2	<0.01	-0.083	<0.01
加速 - 怠速 == 0	7.2	<0.01	0.37	<0.01
加速 - 減速 == 0	0.023	1	0.46	<0.01

### 4.3 資料特性分析之小結

1. 道路測試車中，油耗與速度的線性關係最為明顯，NO<sub>x</sub> 排放則與速度最沒有明顯線性關係，速度分別和 THC、CO 排放之關係，依不同車型表現出不同狀況，有些一樣有線性關係存在，有些則完全看不出趨勢。
2. 將各個主要變數與道路測試車的油耗和各種廢氣排放繪製散佈圖，有明顯線性關係的變數有引擎轉速、排氣流率、節氣門開度和排氣壓力。
3. 各變數與實驗室測試車，僅有速度與油耗有明顯的線性關係，另外 NEDC 測試車中 VSP 與 THC 和 NO<sub>x</sub> 也略有線性關係存在。
4. 由資料散佈圖可以發現，有少數資料點明顯與其他不同，本研究認為車輛在行駛過程中必然會受到各種影響因素，而產生少部分油耗或排放較高之現象，故在此並不視為離群值處理。
5. 經檢定發現，道路測試車和實驗室測試車都會因為不同車型、不同行車階段，在油耗和 CO、THC、NO<sub>x</sub> 平均排放量有顯著差異，進行事後檢定發現，道路測試車在加速階段的油耗或是其他廢氣排放皆顯著大於巡航階段；FTP-75 下的怠速階段對 CO、THC、NO<sub>x</sub> 的排放量最多，油耗則是在加速和巡航階段顯著高於其他階段；NEDC 測試下的油耗和 CO 排放以怠速階段最少，THC、NO<sub>x</sub> 排放量，在怠速和減速階段沒有顯著差異。

## 第五章 道路與實驗室測試之比較分析

本章將使用 VSP Mode 和多層次線性模式來比較道路和實驗室測試所產生的油耗和排放差異，由於 FTP-75 和 NEDC 測試所收集到的變數種類較少，但進行多次的實驗室測試，因此用此類型的資料建立 VSP Mode，減少建立過程中的變異來源並確保 VSP Mode 符合分類原則，再透過 VSP Mode 讓道路和實驗室資料在不同 VSP Mode 下比較油耗和排放差異，而 WLTC 測試變數種類較多元，因此透過多層次線性模式找出影響車輛油耗或排放的因素。

### 5.1 VSP Mode 分類

為了減少 VSP Mode 建立過程中的變異來源，找相同廠牌或排氣量等級相近的道路測試車和實驗室測試車進行比較，可分成表 5.1.1 四種組合，比較方式可分為三大類，相同車輛進行多次相同測試型態的差異比較、相同車輛進行道路測試跟實驗室測試的差異比較以及相同廠牌不同型號的車輛進行道路測試跟實驗室測試的差異比較。

表 5.1.1 比較分析之測試車整理

道路	FTP-75	NEDC	WLTC
F 車 2354 c.c. 1 次	Honda civic lx 1799 c.c. 3 次	Honda civic lx 1799 c.c. 6 次	
D1 車 1798 c.c. 1 次	Toyota yaris 1497 c.c. 3 次		

道路	FTP-75	NEDC	WLTC
F 車 2354 c.c. 1 次	Mitsubishi space gear 2350 c.c. 3 次	Mitsubishi space gear 2350 c.c. 3 次	
K 車 1242 c.c. 1 次			K 車 1242 c.c. 1 次

註：經濟部能源局「車輛容許耗用能源標準及檢查管理辦法」中的排氣量等級分成八類，分別為小於 1200 c.c.；1200 < c.c. ≤ 1800；1800 < c.c. ≤ 2400；2400 < c.c. ≤ 3000；3000 < c.c. ≤ 3600；3600 < c.c. ≤ 4200；4200 < c.c. ≤ 5400，及超過 5400 c.c.。

### 5.1.1 VSP Mode 分類過程與結果

#### (一) 確定建立 VSP Mode 之資料

利用相同車輛進行一樣測試型態之資料，檢定多次測試之間的油耗或廢氣排放量是不是有顯著差異，此處使用文獻所提供的 14 VSP Mode 分類，若測試次數變數沒有顯著差異表示該車進行該測試過程所受到的影響更小，表 5.1.2 至表 5.1.5 為這五組資料的變異數分析，後續再用這五組測試資料建立本研究之 VSP Mode 分類。

這五組資料檢定結果皆顯示進行多次測試後，不同測試次數之間的油耗皆沒有顯著差異，但 Honda 進行 6 次 NEDC 測試後，發現該車的 CO 和 THC 排放量在一樣的測試型態是有顯著差異的，但 Mitsubishi 的 NEDC 測試並沒有這樣的結果。

表 5.1.2 Honda 進行 FTP-75 測試之變異數分析

反應變數：油耗			反應變數：THC		
	自由度	P 值		自由度	P 值
測試次數	2	0.9965	測試次數	2	0.05859 .
14 VSP Mode	13	< 0.0001***	14 VSP Mode	13	< 0.0001***
交互作用項	26	0.9999	交互作用項	26	1
反應變數：CO			反應變數：NOx		
測試次數	2	0.9912	測試次數	2	0.9642
14 VSP Mode	13	< 0.0001***	14 VSP Mode	13	< 0.0001***
交互作用項	26	1	交互作用項	26	1

表 5.1.3 Honda 進行 NEDC 測試之變異數分析

反應變數：油耗			反應變數：THC		
	自由度	P 值		自由度	P 值
測試次數	5	0.9654	測試次數	5	< 0.0001***
14 VSP Mode	13	< 0.0001***	14 VSP Mode	13	< 0.0001***
交互作用項	65	0.9001	交互作用項	65	< 0.0001***
反應變數：CO			反應變數：NOx		
測試次數	5	< 0.0001***	測試次數	5	0.4264852
14 VSP Mode	13	< 0.0001***	14 VSP Mode	13	< 0.0001***
交互作用項	65	< 0.0001***	交互作用項	65	0.0002396 ***

表 5.1.4 Toyota 進行 FTP-75 測試之變異數分析

反應變數：油耗			反應變數：THC		
	自由度	P 值		自由度	P 值
測試次數	2	0.02583 *	測試次數	2	0.7149
14 VSP Mode	13	< 0.0001***	14 VSP Mode	13	< 0.0001***
交互作用項	26	0.95362	交互作用項	26	1

反應變數：CO			反應變數：NOx		
測試次數	2	0.6921	測試次數	2	0.3727
14 VSP Mode	13	< 0.0001***	14 VSP Mode	13	< 0.0001***
交互作用項	26	1	交互作用項	26	0.9996

表 5.1.5 Mitsubishi 進行 FTP-75 測試之變異數分析

反應變數：油耗			反應變數：THC		
	自由度	P 值		自由度	P 值
測試次數	2	0.8673	測試次數	2	0.322
14 VSP Mode	13	< 0.0001***	14 VSP Mode	13	< 0.0001***
交互作用項	26	0.9991	交互作用項	26	1
反應變數：CO			反應變數：NOx		
測試次數	2	0.6481	測試次數	2	0.5701
14 VSP Mode	13	< 0.0001***	14 VSP Mode	13	< 0.0001***
交互作用項	26	1	交互作用項	26	0.9147

表 5.1.6 Mitsubishi 進行 NEDC 測試之變異數分析表

反應變數：油耗			反應變數：THC		
	自由度	P 值		自由度	P 值
測試次數	2	0.7542	測試次數	2	0.5994
14 VSP Mode	13	< 0.0001***	14 VSP Mode	13	< 0.0001***
交互作用項	26	0.6744	交互作用項	26	0.39
反應變數：CO			反應變數：NOx		
測試次數	2	0.9813	測試次數	2	0.56745
14 VSP Mode	13	< 0.0001***	14 VSP Mode	13	< 0.0001***
交互作用項	26	0.6509	交互作用項	26	0.00171 **

## (二) 以固定組距方式建立 VSP Mode

根據 Song (2011) Mode 分類方式，表 5.1.1 中六台測試車的逐秒 VSP 值有 90 % 以上的資料點落在 -60 kw/ton 到 60 kw/ton 間，因此以 5 kw/ton 為一組距分成 28 組，檢定不同測試次數與 28 VSP Mode 跟油耗和廢氣排放是否有顯著差異，根據表 5.1.7 到表 5.1.11 檢定結果皆顯示 VSP Mode 分類對油耗和廢氣排放是有顯著差異的。

表 5.1.7 Honda 進行 FTP-75 測試之變異數分析

反應變數：油耗			反應變數：THC		
	自由度	P 值		自由度	P 值
測試次數	2	0.9965	測試次數	2	0.05917
28 VSP Mode	27	< 0.0001***	28 VSP Mode	27	< 0.0001***
交互作用項	54	1	交互作用項	54	1
反應變數：CO			反應變數：NOx		
測試次數	2	0.9912	測試次數	2	0.9643
28 VSP Mode	27	< 0.0001***	28 VSP Mode	27	< 0.0001***
交互作用項	54	1	交互作用項	54	1

表 5.1.8 Honda 進行 NEDC 測試之變異數分析

反應變數：油耗			反應變數：THC		
	自由度	P 值		自由度	P 值
測試次數	5	0.9574	測試次數	5	< 0.0001***
28 VSP Mode	27	< 0.0001***	28 VSP Mode	27	< 0.0001***
交互作用項	134	0.4546	交互作用項	134	< 0.0001***

反應變數：CO			反應變數：NOx		
測試次數	5	< 0.0001***	測試次數	5	0.4003
28 VSP Mode	27	< 0.0001***	28 VSP Mode	27	< 0.0001***
交互作用項	134	< 0.0001***	交互作用項	134	< 0.0001***

表 5.1.9 Toyota 進行 FTP-75 測試之變異數分析

反應變數：油耗			反應變數：THC		
	自由度	P 值		自由度	P 值
測試次數	2	0.02514 *	測試次數	2	0.7153
28 VSP Mode	27	< 0.0001***	28 VSP Mode	27	< 0.0001***
交互作用項	54	1	交互作用項	54	1
反應變數：CO			反應變數：NOx		
測試次數	2	0.6925	測試次數	2	0.373
28 VSP Mode	27	< 0.0001***	28 VSP Mode	27	< 0.0001***
交互作用項	54	1	交互作用項	54	1

表 5.1.10 Mitsubishi 進行 FTP-75 測試之變異數分析

反應變數：油耗			反應變數：THC		
	自由度	P 值		自由度	P 值
測試次數	2	0.8662	測試次數	2	0.3231
28 VSP Mode	27	< 0.0001***	28 VSP Mode	27	< 0.0001***
交互作用項	53	0.9999	交互作用項	53	1
反應變數：CO			反應變數：NOx		
測試次數	2	0.6488	測試次數	2	0.5702
28 VSP Mode	27	< 0.0001***	28 VSP Mode	27	< 0.0001***
交互作用項	53	1	交互作用項	53	0.993

表 5.1.11 Mitsubishi 進行 NEDC 測試之變異數分析表

反應變數：油耗			反應變數：THC		
	自由度	P 值		自由度	P 值
測試次數	2	0.7374	測試次數	2	0.5609
28 VSP Mode	27	< 0.0001***	28 VSP Mode	27	< 0.0001***
交互作用項	54	0.6039	交互作用項	54	0.2925
反應變數：CO			反應變數：NOx		
測試次數	2	0.9756728	測試次數	2	0.5707
28 VSP Mode	27	< 0.0001***	28 VSP Mode	27	< 0.0001***
交互作用項	54	0.0001166 ***	交互作用項	54	0.3526

## (二) 以非固定組距方式建立 VSP Mode

根據文獻回顧中所提到的 VSP Mode 分類原則，分群後之各群平均油耗率必須彼此具有差異且沒有任何單一分群可以支配油耗量的預測，因此事後檢定各組的油耗是否有顯著差異，若沒有顯著則加以合併，過程中發現 NEDC 測試資料其較小的 VSP Mode 較顯著，這與 FTP-75 的測試車輛有所不同，故將為 NEDC 和 FTP-75 分別建立不同 VSP Mode 的分類方式。

表 5.1.12 為 FTP-75 測試型態資料所完成的分類結果共分成 15 個 VSP Mode，套用三部 FTP-75 測試車結果皆顯示不同 VSP Mode 下的油耗有顯著差異，本研究所建立的 VSP Mode 分類與美國 EPA 所建立的 VSP Mode 分類相近，本研究共分為 15 個 VSP Mode，美國 EPA 則有 14 個，且 VSP 小於 0 的組數皆不多，負 VSP 的下的 Mode 較不容易有顯著差異，本研究之 VSP 大於 40 小於 60 仍有顯著差異可以再分割多個 Mode。

表 5.1.12 FTP-75 測試之 Mode 分類

<b>Mode1</b>	$(-\infty, -1]$	<b>Mode 6</b>	$(15, 20]$	<b>Mode 11</b>	$(40, 45]$
<b>Mode 2</b>	$(-1, 1]$	<b>Mode 7</b>	$(20, 25]$	<b>Mode 12</b>	$(45, 50]$
<b>Mode 3</b>	$(1, 5]$	<b>Mode 8</b>	$(25, 30]$	<b>Mode 13</b>	$(50, 55]$
<b>Mode 4</b>	$(5, 10]$	<b>Mode 9</b>	$(30, 35]$	<b>Mode 14</b>	$(55, 60]$
<b>Mode 5</b>	$(10, 15]$	<b>Mode 10</b>	$(35, 40]$	<b>Mode 15</b>	$(60, \infty)$

檢定過程中發現 NEDC 測試對油耗有顯著差異的 VSP Mode，將近二分之一屬於 VSP 小於 0，且當 VSP Mode 組距較小的時候仍然有顯著差異，因此採用與 FTP-75 不一樣的分類方式，表 5.1.13 為利用兩部進行多次 NEDC 測試之車輛所得到的 VSP Mode 分類結果，每車在不同 VSP Mode 下的平均油耗也都有顯著差異。

表 5.1.13 NEDC 測試之 VSP Mode 分類

<b>Mode1</b>	$(-\infty, -54]$	<b>Mode 13</b>	$(-1, 0]$	<b>Mode 25</b>	$(42, 44]$
<b>Mode 2</b>	$(-54, -44]$	<b>Mode 14</b>	$(0, 1]$	<b>Mode 26</b>	$(44, 46]$
<b>Mode 3</b>	$(-44, -32]$	<b>Mode 15</b>	$(1, 14]$	<b>Mode 27</b>	$(46, 48]$
<b>Mode 4</b>	$(-32, -20]$	<b>Mode 16</b>	$(14, 16]$	<b>Mode 28</b>	$(48, 50]$
<b>Mode 5</b>	$(-20, -18]$	<b>Mode 17</b>	$(16, 18]$	<b>Mode 29</b>	$(50, 52]$
<b>Mode 6</b>	$(-18, -16]$	<b>Mode 18</b>	$(18, 22]$	<b>Mode 30</b>	$(52, 54]$
<b>Mode 7</b>	$(-16, -14]$	<b>Mode 19</b>	$(22, 30]$	<b>Mode 31</b>	$(54, 56]$
<b>Mode 8</b>	$(-14, -12]$	<b>Mode 20</b>	$(30, 34]$	<b>Mode 32</b>	$(56, 58]$
<b>Mode 9</b>	$(-12, -8]$	<b>Mode 21</b>	$(34, 36]$	<b>Mode 33</b>	$(58, 60]$
<b>Mode 10</b>	$(-8, -6]$	<b>Mode 22</b>	$(36, 38]$	<b>Mode 34</b>	$(60, \infty)$
<b>Mode 11</b>	$(-6, -4]$	<b>Mode 23</b>	$(38, 40]$		
<b>Mode 12</b>	$(-4, -1]$	<b>Mode 24</b>	$(40, 42]$		

### 5.1.2 VSP Mode 下道路與實驗室測試之差異

利用本研所建立 NEDC 的 34 VSP Mode 和 FTP-75 的 15 VSP Mode 分類與不同測試型態對油耗和廢氣排放做二因子變異數分析，檢定不同測試型態對油耗和排放是否真的具有顯著差異。

表 5.1.14 為檢定結果，僅有 Honda 道路測試和 FTP-75 測試所產生的油耗並沒有顯著差異，其餘道路測試與實驗室測試結果之油耗或廢氣排放皆是有差異的。

表 5.1.14 測試型態與本研究 Mode 分類之變異數分析

Honda 道路測試車和 FTP-75 測試車				
	油耗	CO	THC	NOx
測試型態	< 0.001***	0.0009 ***	< 0.001***	< 0.001***
15 VSP Mode	< 0.001***	< 0.001***	< 0.001***	< 0.001***
交互作用	< 0.001***	< 0.001***	< 0.001***	< 0.001***
Honda 道路測試車和 NEDC 測試車				
測試型態	< 0.001***	< 0.001***	< 0.001***	< 0.001***
34 VSP Mode	< 0.001***	< 0.001***	< 0.001***	< 0.001***
交互作用	< 0.001***	< 0.001***	< 0.001***	0.1656
Toyota 道路測試車和 FTP-75 測試車				
測試型態	0.1768	< 0.001***	< 0.001***	< 0.001***
15 VSP Mode	< 0.001***	< 0.001***	< 0.001***	< 0.001***
交互作用	< 0.001***	< 0.001***	< 0.001***	< 0.001***

根據表 5.1.14 結果顯示道路測試與實驗室測試結果之油耗與排放是具有顯著差異，再加上道路測試車與實驗室測試車為相同廠牌不同車型之車輛，故利用多層次線性模型中隨機效果之設計，將不同測試型態如道路測試或實驗室測

試視為隨機變數而有一誤差項之設定，依變數為該車輛的油耗或廢氣排放量。

表 5.1.15 為兩種廠牌的道路測試車和實驗室測試車在不同測試型態下對油耗或廢氣排放之變異大小，Honda 道路測試車和 FTP-75 測試車之 ICC 值為 0.1193，即油耗在不同測試型態的變異占總油耗變異的 11%，ICC 值最大為 Honda 道路測試車和 NEDC 測試車對 THC 的測試結果，道路和實驗室這兩種測試型態對 THC 排放量明顯不同，最小則為 Honda 車在進行道路和 FTP-75 測試所產生的 CO 排放量，表示 VSP Mode 分類影響 CO 排放量的變異較大，而 ICC 值小於 0.01 的有 Toyota 道路測試車與 FTP-75 測試下的油耗、CO 排放、Honda 道路測試車與 FTP-75 測試下的 CO、NO<sub>x</sub> 以及 Honda 道路測試和 NEDC 實驗室測試下所產生的 NO<sub>x</sub> 排放量，這幾種情況下不同測試型態之變異占油耗或排放的變異較小。

表 5.1.15 多層次線性模式之 ICC 值

比較不同測試型態	ICC
油耗	
Honda 道路測試車(F 車) 和 FTP-75 測試車	0.1688
Honda 道路測試車(F 車) 和 NEDC 測試車	0.2579
Toyota 道路測試車(D1 車) 和 FTP-75 測試車	0
CO	
Honda 道路測試車(F 車) 和 FTP-75 測試車	0.0023
Honda 道路測試車(F 車) 和 NEDC 測試車	0.36
Toyota 道路測試車(D1 車) 和 FTP-75 測試車	0.0153
THC	
Honda 道路測試車(F 車) 和 FTP-75 測試車	0.0628
Honda 道路測試車(F 車) 和 NEDC 測試車	0.54

比較不同測試型態	ICC
Toyota 道路測試車(D1 車) 和 FTP-75 測試車	0.0322
NOx	
Honda 道路測試車(F 車) 和 FTP-75 測試車	0.0068
Honda 道路測試車(F 車) 和 NEDC 測試車	0.018
Toyota 道路測試車(D1 車) 和 FTP-75 測試車	0.0295

由表 5.1.15，ICC 值大於 0.05 共有五種道路與實驗室之比較組合，分別是

- (1) Honda 道路測試車和 FTP-75 測試車所產生的油耗
- (2) Honda 道路測試車和 NEDC 測試車所產生的油耗
- (3) Honda 道路測試車和 NEDC 測試車所產生的 CO 排放量
- (4) Honda 道路測試車和 FTP-75 測試車所產生的 THC 排放量
- (5) Honda 道路測試車和 NEDC 測試車所產生的 THC 排放量

這五個情況表示有 5% 以上的油耗、CO 或 THC 變異是因為在道路或實驗室不同測試型態所造成的，因此後續分析不同 Mode 下道路與實驗室之差異。

圖 5.1.1 為 Honda 道路測試車和 FTP-75 之實驗室測試車在本研究提供的 VSP Mode 下比較道路與實驗室的油耗差異，信賴區間設為 95%，從 Mode 4 開始道路的油耗顯著高於實驗室測試，且 VSP Mode 數越高，道路的油耗也隨之增加，但 THC 在不同 VSP Mode 下 FTP-75 測試的排放量是較高 (圖 5.1.2)，且在 VSP Mode 較低的情況下，FTP-75 所產生的 THC 顯著高於道路測試，然隨著 VSP Mode 越大，道路與實驗室結果逐漸沒有差異，到 VSP Mode 14 和 15 道路之 THC 排放量高於 FTP-75。

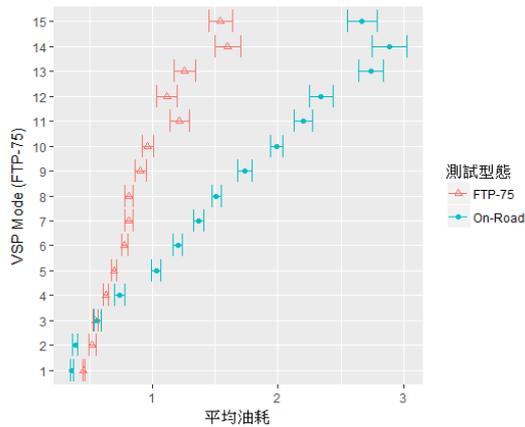


圖 5.1.1 不同 VSP Mode 下 Honda 道路與 FTP-75 之油耗量

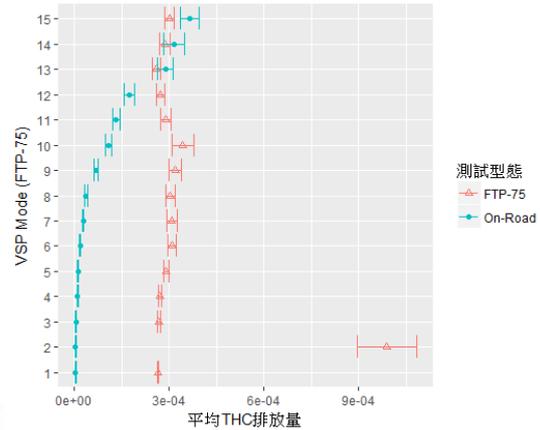


圖 5.1.2 不同 VSP Mode 下 Honda 道路與 FTP-75 之 THC 排放量

觀察 NEDC 的 34 VSP Mode，在油耗方面，大約有七分之一的 VSP Mode 屬於實驗室測試的油耗較道路測試高，且集中在較低的 VSP Mode，VSP 值大約在-20 以下，這與 FTP-75 測試下的 VSP Mode 不太一樣，因為當 VSP 為正值時道路測試下的油耗便開始高於 FTP-75 實驗室測試，但 75%以上的 VSP Mode 都顯示，道路測試下所產生的油耗量都顯著高於 NEDC 實驗室測試的油耗，且隨著 VSP Mode 越大，道路測試所產生的油耗越明顯高於實驗室測試，僅有幾個 VSP Mode 道路與實驗室並沒有顯著差異。

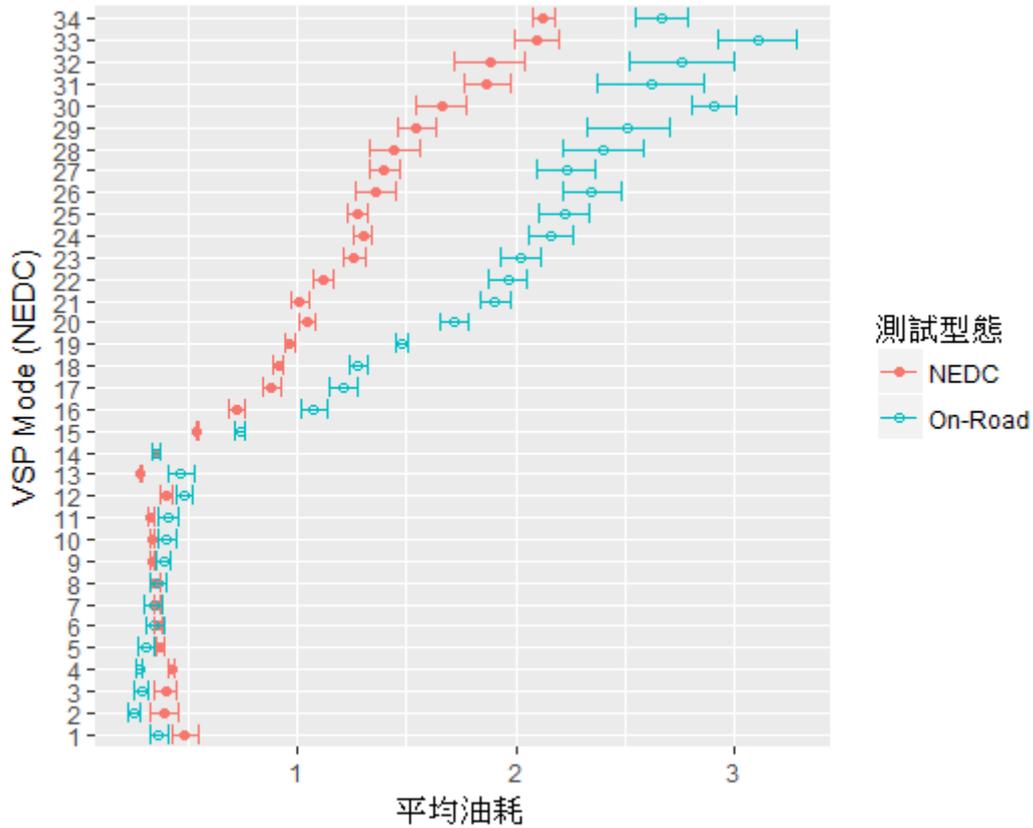


圖 5.1.3 不同 VSP Mode 下 Honda 道路與 NEDC 車之油耗量

道路與 FTP-75 測試對 CO 排放之 ICC 值沒有超過 0.05，顯示道路與 FTP-75 兩種不同測試型態，對於 CO 排放量變異沒有很大，然而在道路與 NEDC 測試比較下，除少數一兩個 VSP Mode 檢定結果為道路與實驗室之 CO 排放量沒有明顯差異，其餘 95% 的 VSP Mode 皆呈現道路測試下的 CO 排放量比 NEDC 實驗室測試所產生的 CO 排放量還要多，且 VSP Mode 越大，道路測試所產生的 CO 排放越多。

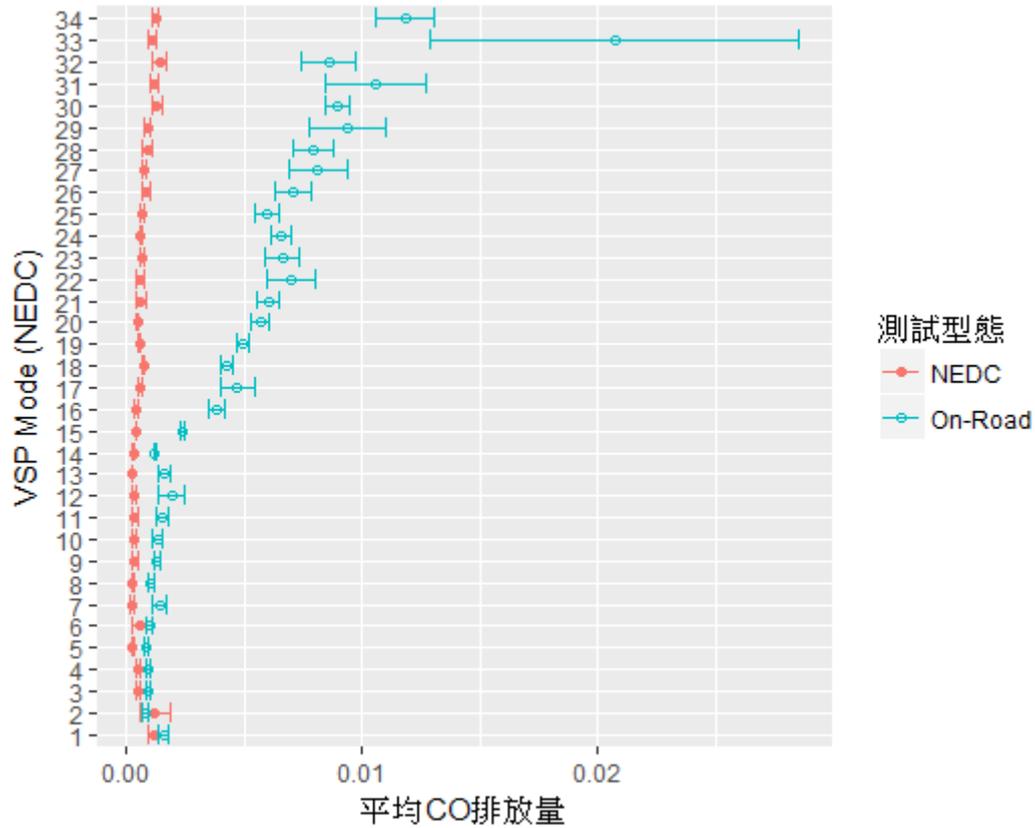


圖 5.1.4 不同 VSP Mode 下 Honda 道路與 NEDC 車之 CO 排放量

圖 5.1.5 與圖 5.1.2 Honda 道路測試車和 FTP-75 測試車比較有相似的結果，於本研究提供的 VSP Mode 下比較道路與 NEDC 的 THC 差異，VSP Mode 越小，NEDC 實驗室測試所產生的 THC 變越顯著高於道路測試，且到 VSP Mode 25 都有如此之現象，而在此之後 Honda 道路測試和 NEDC 測試車才沒有顯著差異，但到最後仍沒有道路測試高於實驗室 THC 排放量之情況，這是與 FTP-75 下的 VSP Mode 結果不一樣的地方。

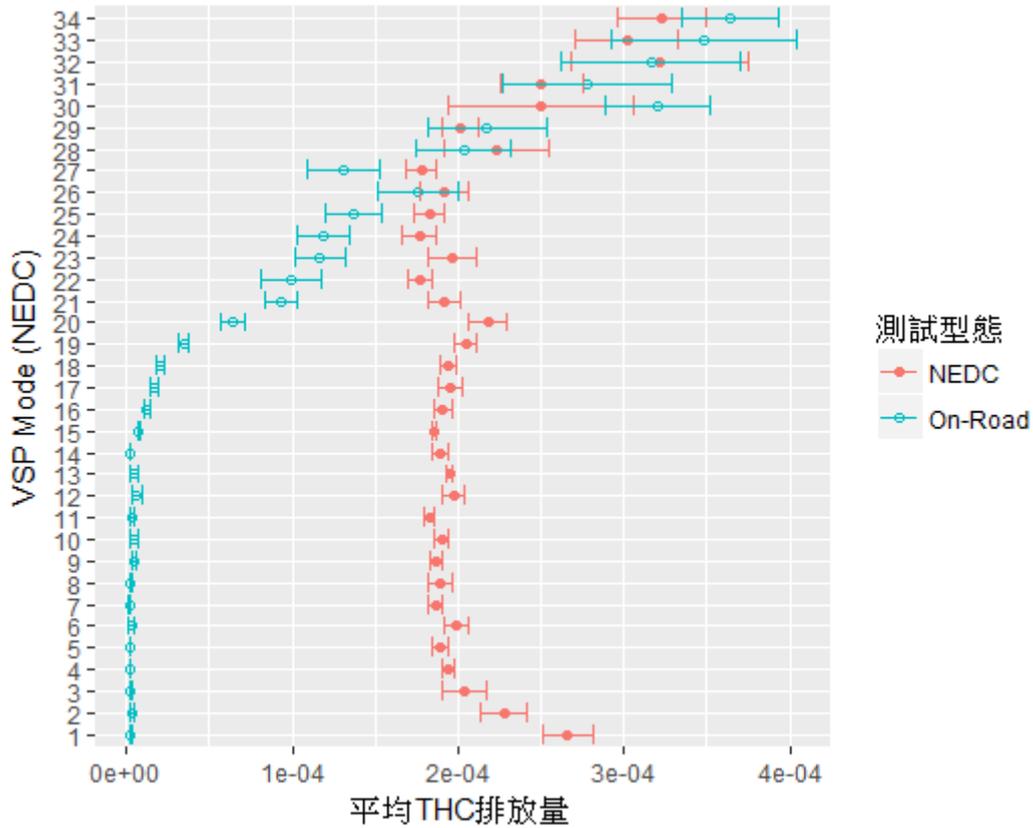


圖 5.1.5 不同 VSP Mode 下 Honda 道路與 NEDC 車之 THC 排放量

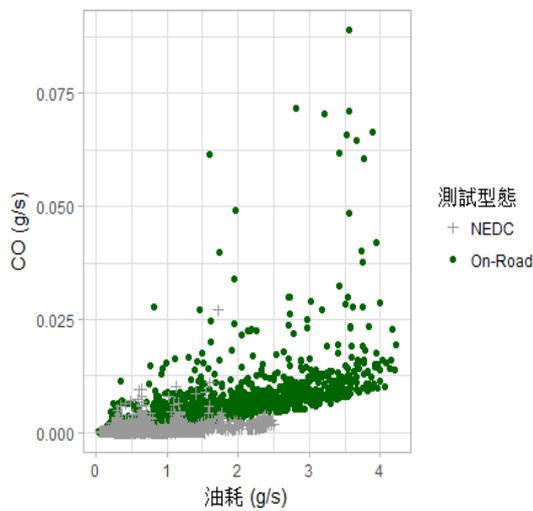
## 5.2 以迴歸模式進行差異比較分析

WLTC 測試車所收集到的資料與另外兩種實驗室測試並不相同，WLTC 測試過程所收集的變數較多元 (表 5.2.1)，因此藉由迴歸模式的建立，將 VSP Mode 無法考慮到的因素加入分析，提出明顯影響油耗或是排放的因素為何。

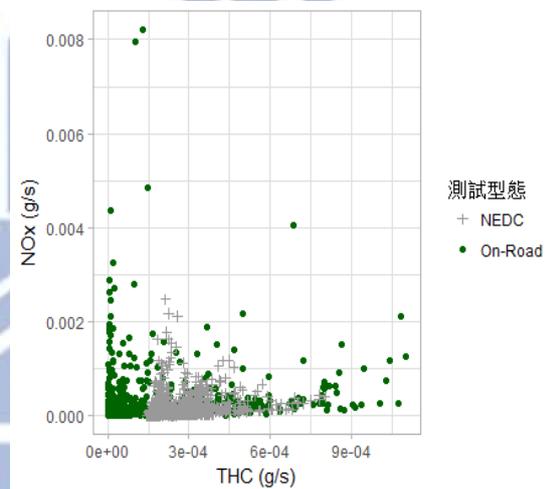
### 5.2.1 多元迴歸模式

此小節討論道路測試資料和實驗室測試資料在油耗、CO、THC、NOx 排放量的差異，先藉由散佈圖觀察兩種資料的分散程度，再透過迴歸模式檢定是否具有顯著差異。

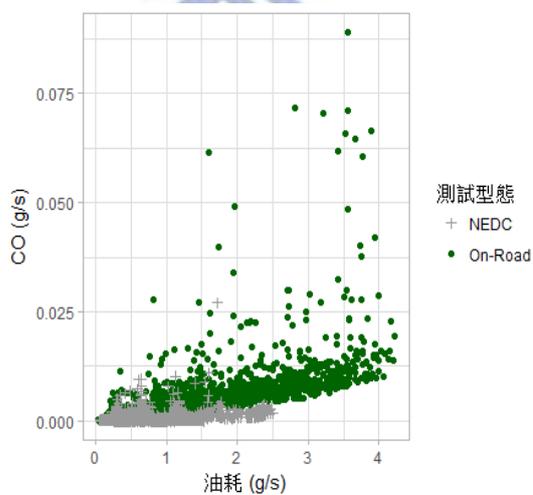
圖 5.2.1 為同一廠牌車輛進行不同行車型態時，他們的油耗與各種廢氣排放之分佈，綠色為道路實測時的資料，灰色則為實驗室測試資料，道路測試資料與 NEDC 相比，不論在油耗或是不同廢氣排放下，道路測試資料比實驗室資料要來的分散（如圖 a、b），而 FTP-75 行車型態除了在油耗和 CO 排放量有少部分的離群值外，資料算集中，但像 THC 和 NOx 的排放差異卻很大，道路測試資料的 THC 反而較集中（如圖 c、d），因此嘗試用不同廠牌車輛進行 FTP-75 測試後與道路測試資料相比較，也有相似的情況產生（如圖 e、f）。



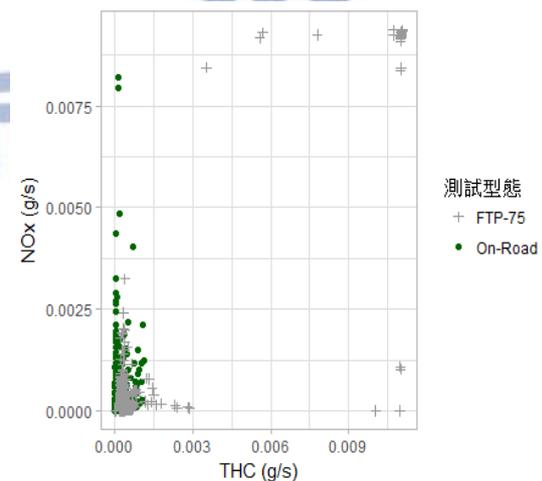
(a)、F 車和 NEDC (F1 車)



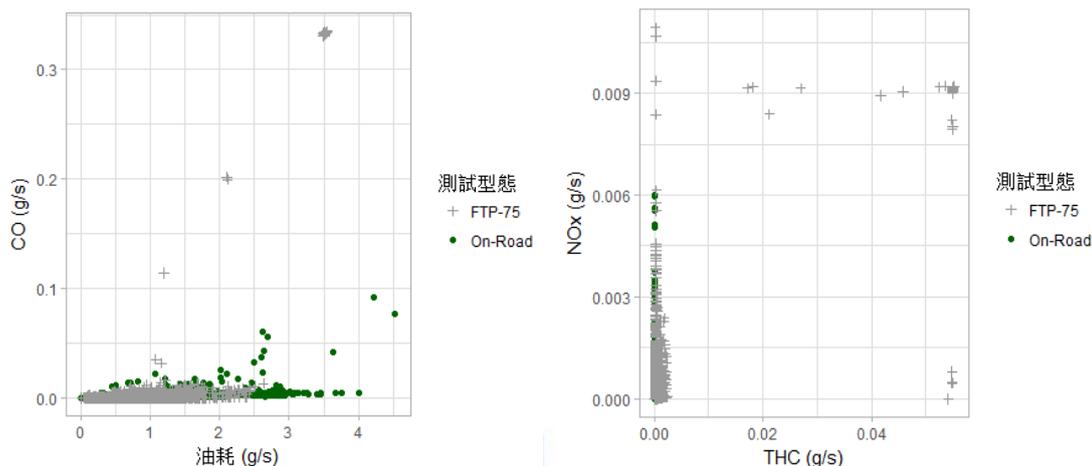
(b)、F 車和 NEDC (F1 車)



(c)、F 車和 FTP-75 (F1 車)



(d)、F 車和 FTP-75 (F1 車)



(e)、D 車和 FTP-75 (D4 車)

(f)、D 車和 FTP-75 (D4 車)

圖 5.2.1 道路和實驗室測試車之油耗與廢氣排放散佈圖

透過迴歸分析了解實際道路測試和實驗室測試在統計上之差異，將道路測試資料與實驗室測試資料合併，建立迴歸模式並將是否為道路測試資料設為 Dummy 變數（Dummy=0 為道路測試資料、Dummy=1 為實驗室測試資料），為了建立有較好解釋能力的迴歸式，因此使用測試過程中收集到變數資料較多元的 WLTC 測試車，但該車進行道路測試所收集到的 THC 和 NO<sub>x</sub> 多為負值，因此找一輛與 WLTC 測試車的排氣量較接近之道路測試車輛—B 車來進行後續之分析，表 5.2.1 為迴歸分析中所會嘗試使用的變數。

表 5.2.1 WLTC 測試車所提供之變數

分類	參數
外部環境	環境溫度 (°C)、環境溼度 (%)、大氣壓力 (kPa)、坡度(%)
內部系統	瞬時速度 (km/h)、瞬時加速度 (km/h-s)、引擎轉速 (rpm)、節氣門開度 (%)、排氣流率 (m <sup>3</sup> /min)、排氣溫度 (°C)、排氣壓力 (kPa)、引擎冷卻水溫度 (°C)
反應變數	CO 重量 (g/s)、THC 重量 (g/s)、NO <sub>x</sub> 重量 (g/s)、油耗 (g/s)

先藉由逐步迴歸法建立模式，反應變數為油耗時，所得到解釋變數有速度、加減速、大氣壓力、節氣門開度、引擎轉速、排氣壓力、排氣溫度、排氣流率和 Dummy 變數，為了避免多個解釋變數之間為線性相依，求取各自變數的變異膨脹因素值，發現大氣壓力、速度、排氣流率和排氣溫度這四個變數之 VIF 值大於 10 且相關係數達 0.7 以上，有共線性情況，故參考迴歸模式之判定係數並將變數刪除後得到表 5.2.2 之模式；CO 排放量的模式建立程序與前面一樣，但所得的顯著變數有些不同，最後選定加減速、引擎轉速、排氣流率、引擎冷卻水溫度、排氣壓力、坡度、環境濕度、Dummy 將這八個變數建立 CO 的迴歸模式；會顯著影響 THC 排放的因素有速度、排氣流率、排氣壓力、引擎冷卻水溫度、環境溫度以及濕度，根據迴歸模式之係數可知道當速度增加一單位，對 THC 排放量會增加 1.0172 倍，而該模式之解釋能力達 61.35%，

最後是 NO<sub>x</sub>，不論嘗試向前選取法、向後刪除法或是逐步迴歸法，所得的 NO<sub>x</sub> 排放量迴歸式解釋能力皆相當低，僅約有 0.2，同前步驟為了避免過度解釋和共線性的狀況刪除一些變數後，得到顯著影響 NO<sub>x</sub> 排放的變數有加減速、環境溫度、排氣流率、引擎冷卻水溫度、坡度和 Dummy 變數。

1. 油耗 = f(加減速, 節氣門開度, 引擎轉速, 大氣壓力, 環境濕度, Dummy)
2.  $\log(\text{CO}) = f(\text{加減速}, \text{引擎轉速}, \text{排氣流率}, \text{引擎冷卻水溫度}, \text{排氣壓力}, \text{坡度}, \text{環境濕度}, \text{Dummy})$
3.  $\log(\text{THC}) = f(\text{速度}, \text{引擎轉速}, \text{排氣流率}, \text{引擎冷卻水溫度}, \text{排氣壓力}, \text{環境濕度}, \text{環境溫度}, \text{Dummy})$
4.  $\log(\text{NO}_x) = f(\text{加減速}, \text{環境溫度}, \text{排氣流率}, \text{引擎冷卻水溫度}, \text{坡度}, \text{Dummy})$

這四個模式的 Dummy 皆為顯著變數，表示當其他條件不變下，實驗室資料與道路測試資料對於油耗、CO、THC 和 NO<sub>x</sub> 排放量有顯著的差異，且根據 Dummy 係數可以得知，當道路測試的平均油耗和各種廢氣排放量皆會比實驗室

測試來的多。

表 5.2.2 不同車型下道路與 WLTC 測試之迴歸分析

	油耗	log (CO)	log (THC)	log (NOx)
速度			0.017*** (0.001)	
排氣流率		2.450*** (0.066)	4.210*** (0.075)	1.629*** (0.074)
加減速	0.011*** (0.001)	0.035*** (0.006)		-0.026*** (0.009)
節氣門開度	0.018*** (0.0002)			
引擎冷卻水溫度		-0.013*** (0.002)	-0.067*** (0.003)	-0.044*** (0.005)
引擎轉速	0.001*** (0.00001)	0.001*** (0.00004)		
排氣壓力		-0.434*** (0.043)	-0.511*** (0.062)	
坡度		-0.001*** (0.0001)		-0.001*** (0.0002)
環境相對溼度	0.004*** (0.001)	0.027*** (0.003)	0.026*** (0.005)	
大氣壓力	-0.033*** (0.01)			
環境溫度			0.558*** (0.077)	0.584*** (0.08)
實驗室或道路測試資料 (Dummy)	-0.153***	-0.188***	-6.316***	-5.578***

	油耗	log (CO)	log (THC)	log (NOx)
	(0.01)	(0.05)	(0.727)	(0.751)
常數項	2.582*** (0.971)	34.093*** (4.305)	28.308*** (6.65)	-21.800*** (1.978)
R <sup>2</sup>	0.825	0.58	0.614	0.175
調整 R <sup>2</sup>	0.825	0.58	0.613	0.173
標準誤	0.27	1.243	1.702	1.89
F 值	3596.812***	788.015***	1036.776***	122.459***
自由度	(6; 4562)	(8; 4560)	(7; 4561)	(6; 4562)

另外也利用相同廠牌與車型的測試車分析其在道路和 WLTC 測試時所產生的油耗與 CO 排放量，受哪些影響因素而有顯著的差異，因此分別建立油耗和 CO 的迴歸模式，並加入實驗室或道路測試的 Dummy 變數，一樣先透過逐步迴歸分析法，先以向前選取法將變數納入模式，當變數進入後再透過向後選取法將不重要的變數刪除，如此反覆進行直到變數可以被選取或是被刪除為止，故挑選出來與油耗相關的變數有速度、加減速、節氣門開度、引擎轉速、排氣壓力、道路或實驗室之 Dummy 變數和大氣壓力，判定係數達 0.95，再透過 VIF 值檢定變數間是否存在共線性的問題，發現速度與引擎轉速、排氣壓力與大氣壓力有線性相依之情況，因此予以刪除，得到表 5.2.3 之多元迴歸模式，而該迴歸模式之係數均顯著且變數 VIF 值也都在 2 左右，也證明道路與實驗室資料的油耗是有顯著差異，而此模式的解釋能力也達 86%。

影響 CO 排放量的變數並不完全和油耗的變數相同，多了大氣壓力和坡度變數，當大氣壓力增加一單位，CO 排放量會多 0.9268 倍，當坡度增加一單位，CO 排放量會多 1.003 倍，其餘變數對油耗的正負向影響關係皆相同，另外 Dummy 變數在 CO 模式為負值，表示道路測試所產生的 CO 排放量顯著高於實驗室。

表 5.2.3 相同車型下道路與 WLTC 測試之迴歸分析

	油耗	log (CO)
加減速	0.009*** (0.001)	0.030*** (0.004)
引擎轉速	0.022*** (0.0003)	0.080*** (0.002)
排氣溫度		0.002*** (0.0003)
排氣壓力	0.074*** (0.004)	
節氣門開度	0.026*** (0.0003)	0.041*** (0.002)
大氣壓力		-0.076*** (0.021)
坡度		0.003*** (0.001)
道路實驗室測試資料 (Dummy)	-0.069*** (0.008)	-0.156*** (0.034)
常數項	-7.830*** (0.381)	-2.278 (2.085)
R <sup>2</sup>	0.86	0.603
調整 R <sup>2</sup>	0.86	0.602
標準誤	0.239	1.191
F 值	8,937.491***	1,577.069***
自由度	(5; 7285)	(7; 7283)

### 5.2.2 多層次線性模式

多元迴歸分析初步證實道路和實驗室測試在油耗或排放上的差異，此節則

是針對相同廠牌相同車型之車輛 (K 車)，藉由多層次線性模式，將不同測試型態視為階層因素，找出哪些因素會因為測試型態不同而顯著影響油耗或排放，也嘗試將不同行車階段如怠速、巡航、加速和減速階段視為階層因素做後續分析。

在隨機效果單因子變異數模式中計算 ICC 值衡量組間變異數和組內變異數的相對程度，說明不同測試型態或是不同行車階段的差異可以解釋油耗或是 CO 排放變異數的程度，由表 5.2.4 分析結果，測試型態之 ICC 值近乎於 0，表示極小的油耗變異是由不同測試環境所造成的，因此不進行多層次迴歸分析；然代表油耗多寡的變異數中約有 44.55% 是由不同行車階段之差異所造成，使油耗依變數存在組間差異，故進行後續之多層次線性模式分析。

表 5.2.4 油耗之隨機效果單因子變異數模式—行車階段和測試型態

油耗			
變異數成分	標準差	ICC	
測試型態	0.0000	0	
行車階段	0.4675	0.4455	
殘差	0.2720		
固定效果	估計值	標準誤	t 值
截距項	0.6160	0.2338	2.634

為了找出哪些因素會顯著影響油耗或排放，先將所有因素放入固定效果，檢定該變數的顯著程度，若變數對油耗或是排放有顯著的影響，則再將這些變數逐一放入隨機效果，以削減百分比衡量該變數所造成的殘差變異數下降比例，探討該變數是否會因為測試環境之不同或是行車階段之差異而影響車輛的油耗或 CO 排放量。

表 5.2.5 模式一之固定效果估計值，節氣門開度、引擎轉速、排氣溫度和大

氣壓力和環境溫度這五個解釋變項對油耗的影響均達統計顯著水準。

模式二到模式六則是將上述五個顯著變數分別投入隨機效果項，與模式一的殘差變異數相比，探討殘差變異數下降比例，例如將節氣門開度解釋變數投入隨機效果項後，殘差變異數從 0.051 降為 0.0501，而削減百分比為

$$\frac{0.051-0.0501}{0.051} = 1\% , \text{表示隨機效果項納入節氣門開度變數後，能解釋不同測試}$$

型態間油耗的變異占總變異的 1%，其中又以引擎轉速的殘差變異數削減百分比為最高約 12%。

表 5.2.5 油耗之多層次線性模式一行車階段

油耗						
模式	一	二	三	四	五	六
<b>固定效果</b>						
截距項	0.762***	0.807***	0.707***	0.751***	0.762***	0.767***
節氣門開度	0.319***	0.377***	0.286***	0.298***	0.319***	0.324***
引擎轉速	0.288***	0.281***	0.289***	0.299***	0.291***	0.283***
排氣溫度	0.021***	0.024***	0.021***	0.012***	0.019***	0.021***
大氣壓力	0.026***	0.027***	0.025***	0.026***	0.009***	0.026***
環境溫度	-0.048***	-0.051***	-0.040***	-0.0430***	-0.051***	-0.039***
<b>變異數成分</b>						
行車階段	0.018	0.028	0.026	0.022	0.017	0.018
節氣門開度		0.009				
引擎轉速			0.014			
排氣溫度				0.007		
大氣壓力					0.001	
環境溫度						0.002
殘差變異數	0.051	0.051	0.045	0.047	0.051	0.051
殘差變異數 削減百分比		1%	12%	9%	2%	1%

在隨機效果變異數模式中 CO 排放總變異有 6.83% 是因為測試型態差異所造成的，僅約 2% 的 CO 排放變異是因為行車階段差異造成，因此後續使用多層次線性模式將不同測試型態視為階層因素，探討因為測試型態差異而顯著影響 CO 排放的因素。

表 5.2.6 CO 之隨機效果單因子變異數模式—行車階段和測試型態

CO			
變異數成分	標準差	ICC	
測試型態	0.0003	0.0683	
行車階段	0.0001	0.0210	
殘差	0.0049		
固定效果	估計值	標準誤	t 值
截距項	0.0193	0.0146	1.318

首先逐一將變數放入固定模式，最後得到顯著的影響因素有節氣門開度、引擎轉速、冷卻水溫度和大氣壓力，且當其他條件不變的情況下，引擎轉速和節氣門開度增加時，CO 的排放量會增加，此模式一之殘差變異數為 0.0043，當加入節氣門開度變數後該模式之殘差變異數下降至 0.0037，下降百分比達 14%，由此推論節氣門開度因素會因為在道路或實驗室測試之不同而顯著影響 CO 多寡，將各變數逐一放入隨機效果後，可以發現引擎轉速和大氣壓力變數也會因為測試型態不同而顯著影響 CO 排放量的變數。

表 5.2.7 CO 之多層次線性模式－測試型態

CO					
模式	一	二	三	四	五
<b>固定效果</b>					
截距項	0.024***	0.037***	0.028***	0.026***	0.274***
節氣門開度	0.007***	0.049***	0.012***	0.008***	0.008***
引擎轉速	0.021***	0.009***	0.028***	0.021***	0.017***
冷卻水溫度	-0.003***	-0.003***	-0.003***	-0.002***	-0.003***
大氣壓力	-0.007***	-0.004***	-0.004***	-0.007***	-0.831***
<b>變異數成分</b>					
測試型態	0.0006	0.0016	0.0007	0.0006	0.1413
節氣門開度		0.0039			
引擎轉速			0.0012		
冷卻水溫度				0.0001	
大氣壓力					1.3578
殘差變異數	0.0043	0.0037	0.0039	0.0043	0.0041
殘差變異數 削減百分比		14%	9%	0%	5%

若將三種實驗室測試型態 FTP-75、NEDC 和 WLTC 和道路測試，不同測試型態因子視為一階層因素，車型視為另一階層因素，所採用之車型分別為 F1、K 和 F 車，此時車型因子的 ICC 值約有 0.14，代表有 14% 油耗變異是因為車型間的差異所造成，測試型態因子的 ICC 值為 0.0045，表示測試型態不同造成的油耗變異很低，因此後續探討因為車型差異而顯著影響油耗的因素有哪些。

最後會再建一個模式探討不同變數對不同測試型態所產生的影響多大，並以隨機效果圖表示，該模式所加入的變數則是參考目前法規在進行測試時所提出的因素包括速度、加減速、環境溫度和大氣壓力。

表 5.2.8 油耗之隨機效果單因子變異數模式－測試型態和車型

油耗			
變異數成分	標準差	ICC	
測試型態	0.0451	0.0045	
車型	0.2531	0.1419	
殘差	0.6209		
固定效果	估計值	標準誤	t 值
截距項	0.8880	0.1483	5.987

一樣將各變數逐一放入固定模式，由於 FTP-75 和 NEDC 測試所收集到的變數較少，僅有速度、加減速、環境溫度、濕度、大氣壓力，因此以這五個變數分析，最後得到顯著的影響因素有速度、加減速、環境溫度和大氣壓力，模式一即是將顯著的變數放入固定模式，再將車型因子視為隨機效果之截距項，a 模式一所得的殘差變異數有 0.269，而後逐一將固定效果中顯著的變數逐一納入隨機效果的斜率項，可以發現並非每個模式之殘差變異數皆有下降，其中因為車型差異而最顯著影響油耗的因素為加減速。

表 5.2.9 油耗之多層次線性模式－車型

油耗					
模式	一	二	三	四	五
<b>固定效果</b>					
截距項	0.881***	0.816***	0.884***	0.713***	0.792***
速度	0.294***	0.372***	0.294***	0.287***	0.371***
加減速	0.190***	0.190***	0.296***	0.189***	0.293***
環境溫度	-0.198***	-0.213***	-0.195***	0.023***	-0.458***
大氣壓力					-0.366
<b>變異數成分</b>					

油耗					
模式	一	二	三	四	五
車型	0.170	0.151	0.111	0.167	0.307
速度		0.0145			0.017
加減速			0.024		0.023
環境溫度				0.449	0.053
大氣壓力					1.108
殘差變異數	0.269	0.265	0.256	0.266	0.251
殘差變異數		1%	5%	1%	
削減百分比					

K 車排氣量為 1242c.c.、F1 車排氣量為 1799c.c.、F 車排氣量為 2354c.c.，由圖 5.2.2 之截距項可以看出排氣量最高的 F 車，其所產生的平均油耗較其他測試車高；當速度增加，K 車所產生的油耗量會比 F 車和 F1 車多，加減速也有一樣的情況，而對 F1 車之油耗增加幅度最低；環境溫度和大氣壓力對三種車型的影響程度依序為 K 車、F 車再者為 F1。

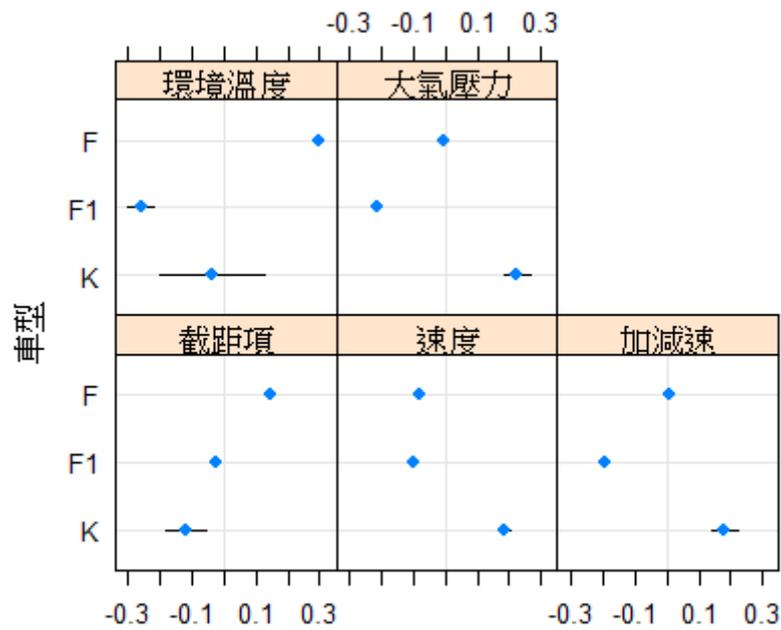


圖 5.2.2 油耗之多層次線性模式隨機效果—車型

由表 5.2.10 測試型態之 ICC 值為 0.44，約有百分之 44 的 CO 排放量變異是因為不同測試型態造成的，接著尋找哪些因素會因為測試型態差異而顯著影響 CO 排放量。

表 5.2.10 CO 之隨機效果單因子變異數模式—測試型態和車型

CO			
變異數成分	標準差	ICC	
測試型態	0.0399	0.4352	
車型	0.0043	0.0051	
殘差	0.0452		
固定效果	估計值	標準誤	t 值
截距項	0.0247	0.0201	1.2260

根據上述的流程找出顯著影響 CO 的因素有速度、加減速、環境溫度和大氣壓力，且當其他情況不變下，速度增加 CO 排放量也會增加，後續將以上四個顯著變數逐一代入隨機效果之斜率項，藉由殘差變異數的下降比例來判斷該變數是否因為測試型態不同而影響 CO 的排放量，結果顯示當加入速度變數，殘差變異數的削減比例達 20%，明顯高於其他模式，可見速度變數對不同測試環境下之 CO 排放量影響最大。

表 5.2.11 CO 之多層次線性模式－測試型態

CO					
模式	一	二	三	四	五
<b>固定效果</b>					
截距項	0.035***	0.005***	0.025***	0.353***	0.009***
速度	0.006***	0.025***	0.006***	0.006***	0.024***
加減速	0.001***	0.001***	0.007***	0.001***	0.005***
環境溫度	-0.511***	-0.002***	0.002***	-0.606***	-
大氣壓力	-0.035***	0.005***	0.025***	-0.353***	-
<b>變異數成分</b>					
測試型態	0.3357	0.0000	0.0012	0.3956	0.0146
速度		0.0021			0.0453
加減速			0.0001		0.0081
環境溫度					0.0126
大氣壓力				0.0939	0.0525
殘差變異數	0.0020	0.0016	0.0020	0.0020	0.0406
殘差變異數 削減百分比		20%	0%	0%	

根據圖 5.2.3，FTP-75 測試所產生的 CO 排放量要比其他測試來的低，而速度變數對 CO 排放量所產生的影響，與 FTP-75 和 NEDC 實驗室測試甚至是道路測試相比，速度增加對 WLTC 測試所產生的 CO 排放量增加程度更多，此外當加速度或環境溫度增加，WLTC 測試所增加 CO 的幅度會比其他測試高；最後，大氣壓力對 FTP-75 測試所產生之 CO 排放量的影響最大。

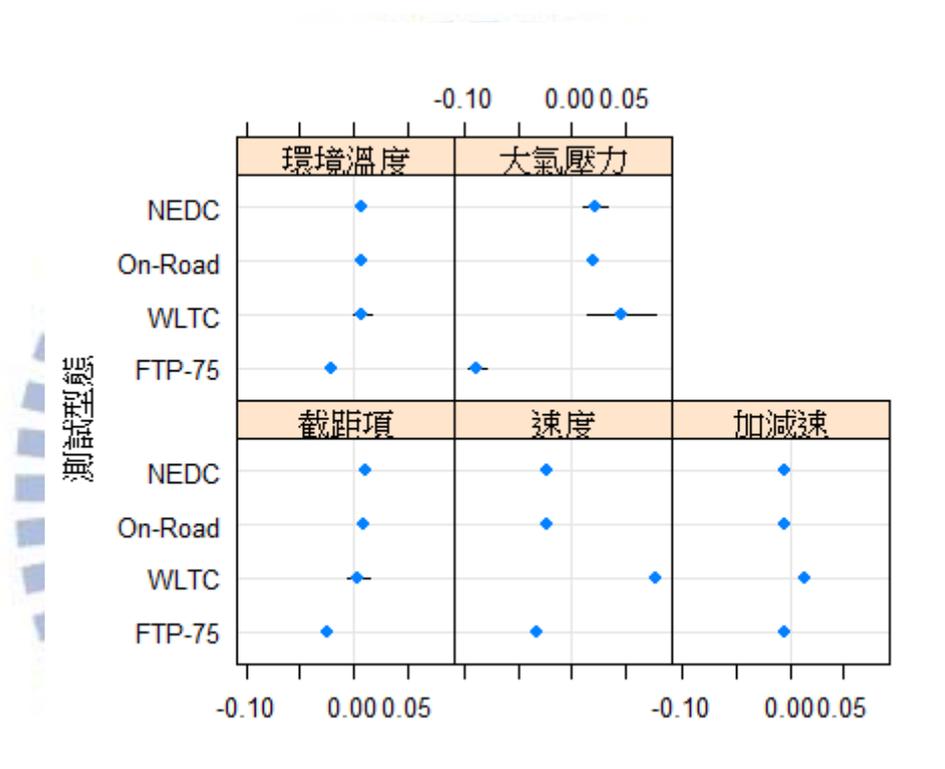


圖 5.2.3 CO 之多層次線性模式隨機效果—測試型態

在隨機效果單因子變異數模式中，組內相關係數 ICC 值說明不同測試型態的差異可以解釋 32.7% 的油耗變異數的程度，故進行後續之多層次分析；而油耗多寡的變異數中有 0.0018 是由不同車型之差異所造成，約佔 0.18%，依變數油耗不存在組間差異，因此不進行車型因子為階層因素之多層次迴歸分析。

表 5.2.12 THC 之隨機效果單因子變異數模式－測試型態和車型

THC			
變異數成分	標準差	ICC	
測試型態	0.0007	0.3271	
車型	$5.2e^{-5}$	0.0018	
殘差	0.001		
固定效果	估計值	標準誤	t 值
截距項	0.0006	0.0004	1.6810

如同以上步驟建立多層次線性模式，找到顯著影響 THC 排放的因素有加減速、大氣壓力和環境溫度，其中又以模式四，加入環境溫度後，該模式之殘差變異數下降比例最多，表示環境溫度變數對不同測試型態下的 THC 排放量影響最大。

表 5.2.13 THC 之多層次線性模式－測試型態

THC					
模式	一	二	三	四	五
<b>固定效果</b>					
截距項	0.00039***	0.00060***	0.00310***	0.00028***	0.00095***
加減速	0.00002***	0.00021***	0.00002***	0.00002***	0.00015***
大氣壓力	-0.00838***	0.00005***	-0.00323***	-0.00026***	-0.00256***
環境溫度	-0.00009***	-0.00007***	-0.00007***	0.00098***	-0.00139***
速度					0.00029
<b>變異數成分</b>					
測試型態	0.00009	$4.201e^{-7}$	0.000032	$7.114e^{-7}$	$3.30e^{-6}$

THC					
模式	一	二	三	四	五
速度					$3.97e^{-7}$
加減速		$1.306e^{-7}$			$6.17e^{-8}$
大氣壓力			0.000039		$2.35e^{-6}$
環境溫度				0.000024	$1.67e^{-5}$
殘差變異數	$1.006e^{-6}$	$9.979e^{-7}$	$1.005e^{-6}$	$9.480e^{-7}$	$9.15e^{-7}$
殘差變異數削減百分比		1%	0%	6%	

根據圖 5.2.4，FTP-75 所產生的平均 THC 排放量比其他測試來的高，受速度和加減速影響而增加 THC 排放量在 WLTC 測試中相對明顯，在 FTP-75 測試中會因為大氣壓力或環境溫度增加，THC 排放量相對較其他測試環境來的低，FTP-75 測試是所有測試型態中因為大氣壓力增加而使 THC 排放減少幅度最多的測試型態。

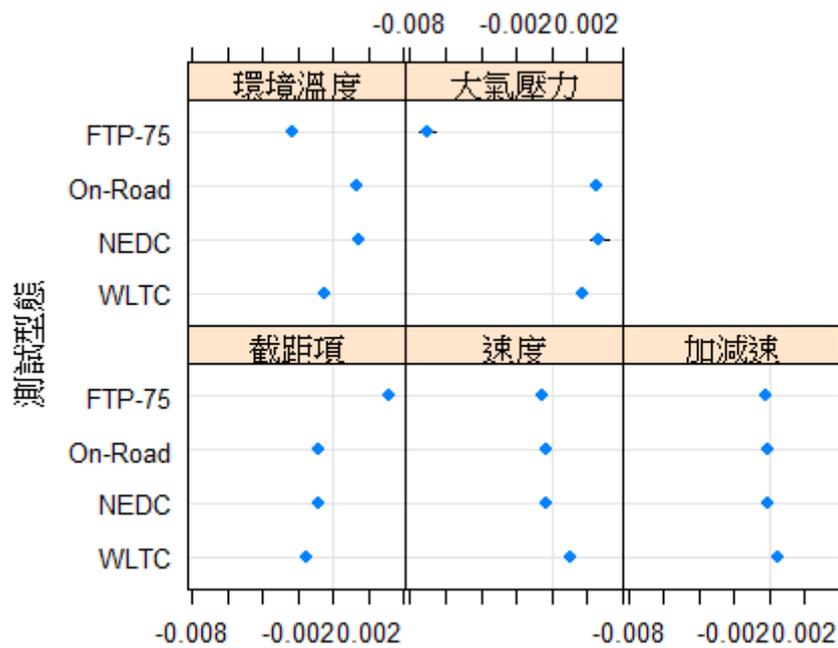


圖 5.2.4 THC 之多層次線性模式隨機效果－測試型態

不論是車型的差異或是不同的測試型態，能解釋 NO<sub>x</sub> 排放量變異數的程度皆不高，其 ICC 值皆不到 0.05，顯示不同的車型或是測試環境有差異，兩者解釋 NO<sub>x</sub> 的變異皆不到百分之五，因此不再進行多層次迴歸分析。

表 5.2.14 NO<sub>x</sub> 之隨機效果單因子變異數模式－測試型態和車型

NO <sub>x</sub>			
變異數成分	標準差	ICC	
測試型態	$7.62e^{-5}$	0.0150	
車型	$1.16e^{-5}$	0.0003	
殘差	$6.18e^{-4}$		
固定效果	估計值	標準誤	t 值
截距項	$1.19e^{-4}$	$3.9e^{-5}$	3.019

### 5.3 道路與實驗室測試之比較分析小結

1. 透過 VSP Mode 比較，發現有五種情況其 5% 以上的油耗、CO 或 THC 變異是因為在道路或實驗室不同測試型態所造成的，分別為 (1) 道路和 FTP-75 之油耗、(2)道路和 NEDC 之油耗、(3) 道路和 NEDC 之 CO 排放量、(4) 道路和 FTP-75 之 THC 排放量以及(5) 道路和 NEDC 之 THC 排放量，進一步分析發現隨著 VSP Mode 越高，道路的油耗和 CO 排放量也隨之增加，並高於實驗室測試；VSP Mode 較低下，不論是 FTP-75 或是 NEDC，實驗室測試所產生的 THC 顯著高於道路測試之 THC 排放量。
2. 以相同車輛進行道路與實驗室 WLTC 測試並比較差異，多層次線性模式分析結果發現不同測試型態佔油耗變異小於 0.05，反而行車階段之差異會顯著影響油耗變異，其中又以引擎轉速對不同行車階段下的油耗影響最大；CO 排放量會受到在道路或進行 WLTC 測試之差異而有些不同，其中又以節氣門開度對不同測試型態下的 CO 多寡影響最大。
3. 若以不同車型、不同測試型態做比較，車型差異明顯影響油耗之變異程度，本研究也證實排氣量最高的車型，其所產生的平均油耗較其他測試車型高；速度和環境溫度變數分別對不同測試型態下的 CO 和 THC 排放量影響最大，其中，當速度增加，對 WLTC 測試所產生的 CO 排放量增加最多，速度和加減速變數對 FTP-75、NEDC 和道路測試所產生之 THC 排放程度沒有太明顯差異，當速度增加或是加速時，對 WLTC 測試所產生的 THC 排放量相對增加較多。

## 第六章 結論與建議

綜合以上分析結果，可得到以下結論與建議

### 6.1 結論

1. 從資料特性分析發現，道路測試車在加速階段的油耗、CO、THC 或 NO<sub>x</sub> 排放皆顯著大於巡航階段以及其他階段；NEDC 測試下的加速階段所產生的油耗或排放也比其他階段來的高；FTP-75 測試下的廢氣排放則是以怠速階段為最多，油耗則與 NEDC 測試一樣，加速和巡航階段顯著高於其他階段。
2. 本研究提供一種方式比較道路和實驗室測試所產生油耗或排放—基於 VSP Mode 做比較，也歸納 VSP Mode 的建立流程，流程如下：  
先透過變異數分析確定多筆測試資料並不具有顯著差異，用較少變異來源的資料建立本研究之 VSP Mode。利用該資料訂定 VSP Mode 的上下界，上下界之間須包含 90% 以上的資料量，再以固定組距的方式分割 VSP Mode，檢定各 VSP Mode 間是否具有顯著差異，若沒有顯著則加以合併，最後 FTP-75 測試建立 15 個 VSP Mode，NEDC 測試建立 34 個 VSP Mode。
3. FTP-75 測試的 15 個 VSP Mode，與美國 EPA 有些許相似，除了 VSP Mode 總數相近外，VSP 小於 0 大多在較小的 VSP Mode (如 VSP Model 1 和 2)，本研究分析之資料在 VSP 介於 40 到 60 間的 VSP Mode 亦有顯著差異，這與美國 EPA 14 個 VSP Mode 不同，另外在分割 VSP Mode 過程中發現 NEDC 測試資料在 VSP 小於 0 時，大部分對油耗仍有顯著差異，因此在負 VSP 下仍分割出 13 個 VSP Mode，使得 NEDC 的 VSP Mode 組數較多。
4. 油耗或廢氣排放物在 VSP Mode 下的特性
  - (1) 在油耗方面，FTP-75 的 15 VSP Mode 中，隨著 VSP Mode 越大，道路

顯著高於實驗室之油耗量，低 VSP Mode 兩者較無顯著差異；NEDC 的 34 VSP Mode 則有 68% VSP Mode，道路測試的油耗較實驗室高，且都出現在較高的 VSP Mode。

- (2) CO 排放量在 NEDC 的 34 VSP Mode 中仍呈現道路測試比實驗室測試所產生排放量高；而道路與 FTP-75 測試所產生的 CO 排放則沒有顯著差異。
  - (3) THC 排放量則與油耗和 CO 不同，實驗室所產生的 THC 排放量不論在 FTP-75 的 15 VSP Mode 或是 NEDC 的 34 VSP Mode，在低 VSP Mode 下道路的 THC 排放較實驗室少，且隨著 VSP Mode 越來越大，道路和實驗室的 THC 排放量逐漸沒有顯著差異。
5. 多層次線性模式分析中一開始採用相同車型之道路和實驗室測試車，發現行車階段之差異佔油耗變異程度很高，其中又以引擎轉速在不同行車階段下最顯著影響油耗；節氣門開度則是會因為在不同測試型態而顯著影響 CO 排放量。
6. 將三種實驗室測試型態 FTP-75、NEDC、WLTC 以及道路測試，這四種不同測試型態因子視為一階層因素，而車型差異視為另一階層因素，結果可分成油耗和三種廢氣排放做解釋
- (1) 油耗：排氣量最大的車型，其平均油耗最大；排氣量最小的車型，會因為速度增加或加速而最顯著增加油耗量。
  - (2) CO：相較於其他測試，WLTC 測試會因為速度增加，CO 排放量增加的幅度最大；且 FTP-75 受環境溫度或大氣壓力增加，CO 排放量減少的幅度最大。
  - (3) THC：FTP-75 所產生的平均 THC 排放量比其他測試來的高，且 WLTC 測試會因為速度增加，比起其他測試所產生的 THC 排放量增加幅度更大。

(4) NO<sub>x</sub>：NO<sub>x</sub> 排放量不會因為車型的差異或是不同的測試型態而有顯著差異。

## 6.2 建議

1. 建議未來研究可收集相同車型之車輛進行道路和三種實驗室測試，以減少誤差來源進而提出更精準之油耗與廢氣排放差異。
2. FTP-75 和 NEDC 測試所收集到的變數種類較少，可利用 WLTC 測試設備進行 FTP-75 和 NEDC 實驗室測試，找出顯著影響油耗或排放之其他重要變數。
3. 由於 WLTC 測試僅有一種車型，且該車進行測試過程中收集到的 THC 和 NO<sub>x</sub> 排放有部分為負值之情況，希望後續研究能收集到更精確的排放數據。
4. 分析結果顯示在實驗室測試所產生的 THC 排放量明顯高於道路測試，因此未來台灣研擬車輛實際道路測試作為彌補實驗室廢氣排放測試之缺口時，對於油耗或是 CO 排放量標準，可著重於節氣門開度、引擎轉速之相關規範，NO<sub>x</sub> 測試結果不論以 VSP Mode 或是多層次線性模式，皆難找出道路和實驗室之差異或影響因素，未來研究可進一步探討 NO<sub>x</sub> 排放。

## 參考文獻

- 林國顯等，「能源消耗、汙染排放與運輸規劃作業關聯分析之研究」，交通部運輸研究所，民國97年。
- 彭柏鈞，「都會區機車行車型態與空氣汙染物排放特性之調查」，國立成功大學環境工程學系，碩士論文，民國91年。
- 蔡承祐，「應用車載排放量測系統於汽油小客車行駛實際道路空氣汙染物排放之研究」，國立台灣大學環境工程學研究所，碩士論文，民國99年。
- 廖士勛，「台南都會區機車行車型態與氣態汙染物排放特性研究」，國立成功大學環境工程學系，碩士論文，民國101年。
- 吳明隆，多層次模式的實務應用，初版，台北，民國102年。
- 蘇振維等，「大客車動態能源消耗與溫室氣體排放參數資料庫擴充與模式檢討」，交通部運輸研究所，民國104年。
- 國立交通大學運輸研究中心，「針對道路即時耗能碳排濃度進行建檔及處理」，民國105年。
- 鍾易詩、林欣慧，「輕型車微觀油耗模式之發展與驗證：以實車上路資料為基礎」，運輸計畫季刊，46:3，民國106年。
- Knez, M., et al. 2014. "The estimation of a driving cycle for Celje and a comparison to other European cities." *Sustainable Cities and Society*, Vol.11, pp.56-60
- Wang, Q., et al. 2008. "Characterization of vehicle driving patterns and development of driving cycles in Chinese cities." *Transportation Research Part D*, Vol.13(5), pp.289-297
- Duarte, G.O. et al. 2016. "Analysis of fuel consumption and pollutant emissions of regulated and alternative driving cycles based on real-world measurements." *Transportation Research Part D*, Vol.44, pp.43-54

- Achour, H. and Olabi, A.G. Driving. 2016. "Driving cycle developments and their impacts on energy consumption of transportation." *Journal of Cleaner Production*, Vol.112, pp.1778-1788
- Seers, P., Nachin, G. and Glaus, M., 2015. "Development of two driving cycles for utility vehicles." *Transportation Research Part D*, Vol.41, pp.377-385
- Zhang, S., et al. 2014. "Real-world fuel consumption and CO<sub>2</sub> (carbon dioxide) emissions by driving conditions for light-duty passenger vehicles in China." *Energy*, Vol.69, pp.247-257
- Peter Mock et al. 2014. "The WLTP: How a new test procedure for cars will affect fuel consumption values in the EU." *International Council on Clean Transportation*
- Wang H. and Fu L., 2010. "Developing a high-resolution vehicular emission inventory by integrating an emission model and a traffic model: Part 1 - Modeling fuel consumption and emissions based on speed and vehicle-specific power." *Journal of the Air & Waste Management Association*, Vol.60, Pages 1471-1475
- Liu, Jia et al., 2017. "On-board measurement of particle numbers and their size distribution from a light-duty diesel vehicle: Influences of VSP and altitude." *Journal of Environmental Sciences*, Vol.57, pp.238-248
- Rakha, H., ASCE, M. and Ding, Y., 2003. "Impact of stops on Vehicle Fuel Consumption and Emissions." *Transportation Engineering*, vol.129, pp.23-32
- Frey, H. C. et al. 2003. "Modeling Mobile Source Emissions Based Upon In-Use and Second-by-Second Data: Development of Conceptual Approaches for EPA's New MOVES Model, Proceedings, Annual Meeting of the Air & Waste Management Association", Pittsburgh, PA

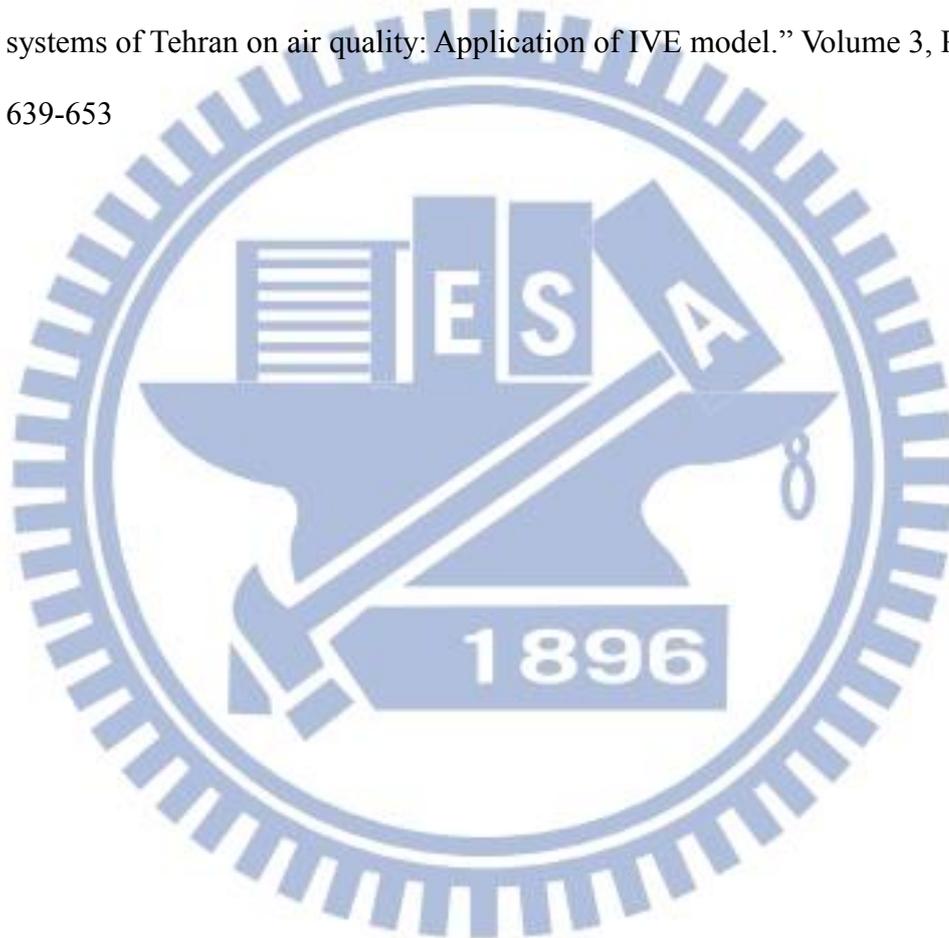
- Farias, T.L. et al. 2015. "Establishing bonds between vehicle certification data and real-world vehicle fuel consumption – A Vehicle Specific Power approach." Energy Conversion and Management, Vol.92, pp.251-265
- ICCT, 2014. "Development of Test Cycle Conversion Factors Among Worldwide Light-Duty Vehicle CO<sub>2</sub> Emission Standards." White Paper.
- Ho, Sze-Hwee et al. 2014. "Developing Singapore Driving Cycle for passenger cars to estimate fuel consumption and vehicular emissions." Atmospheric Environment, Vol.97, pp.353-362
- Zhuo Yao et al. 2013. "Statistical Vehicle Specific Power Profiling for Urban Freeways." Procedia - Social and Behavioral Sciences, Volume 96, Pages 2927-2938
- Fontaras G. et al., 2017. "Fuel consumption and CO<sub>2</sub> emissions from passenger cars in Europe – Laboratory versus real-world emissions." Progress in Energy and Combustion Science, Vol.60, pp.97-131
- El-Shawarby, Ihab et al. 2005. "Comparative field evaluation of vehicle cruise speed and acceleration level impacts on hot stabilized emissions." Transportation Research Part D, Vol.10(1), pp.13-30
- Jimenez-Palacios, J. 1999. "Understanding and Quantifying Motor Vehicle Emissions with Vehicle Specific Power and TILDAS Remote Sensing." PhD Thesis. Massachusetts Institute of Technology, Dept. of Mechanical Engineering.
- ICCT, 2017. "Real-Driving Emissions test procedure for exhaust gas pollutant emissions of cars and light commercial vehicles in Europe." White Paper
- Frey, H., Unal, A., Chen, J., Li, S., Xuan, C., 2002. "Methodology for Developing Modal Emission Rates for EPA's Multi-Scale Motor Vehicle & Equipment Emission System." Technical Report, EPA420-R-02-027, Environmental

Protection Agency, Washington DC.

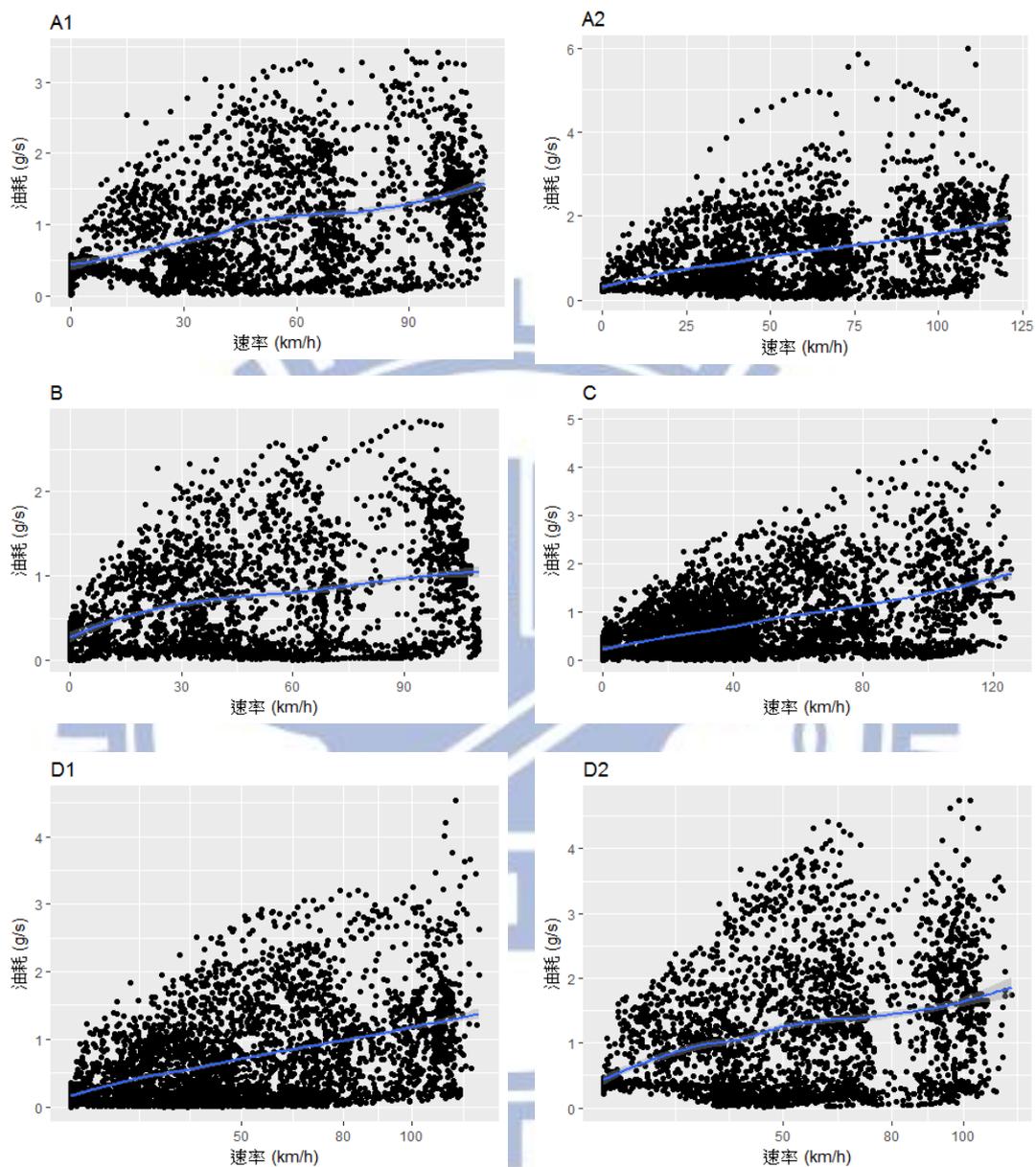
J. Lents and N. Davis, 2004. "IVE Model Users Manual." ISSRC

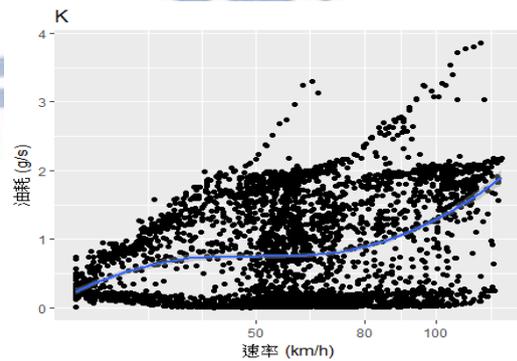
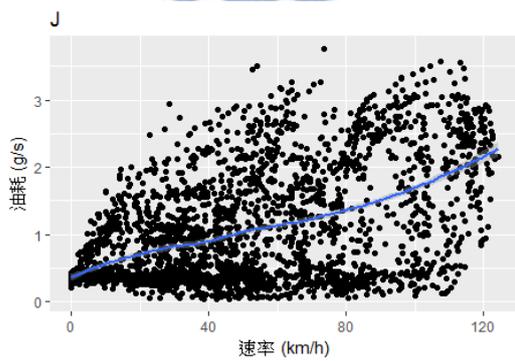
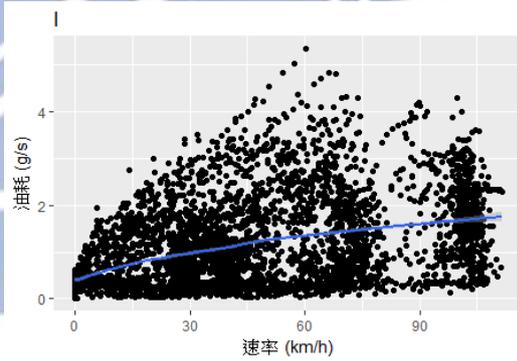
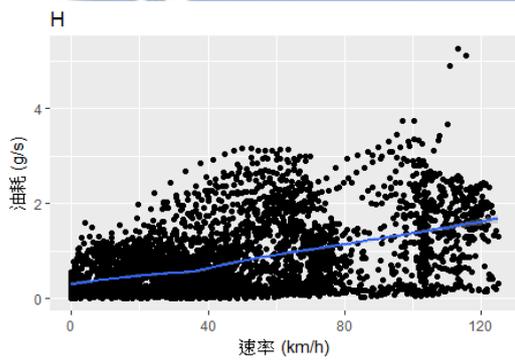
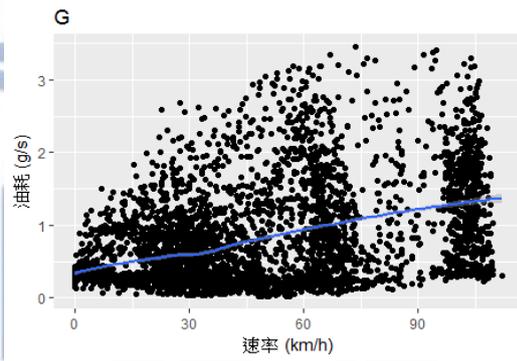
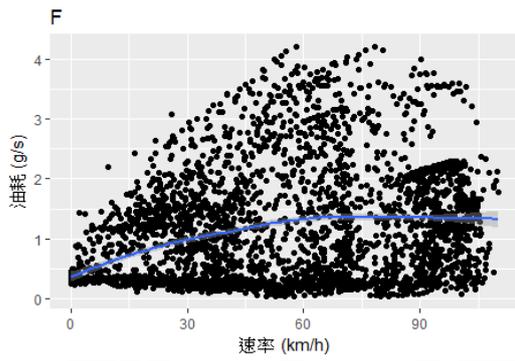
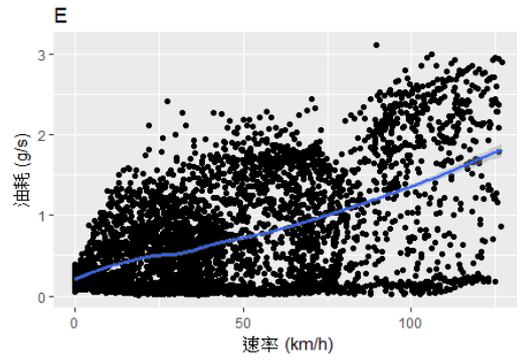
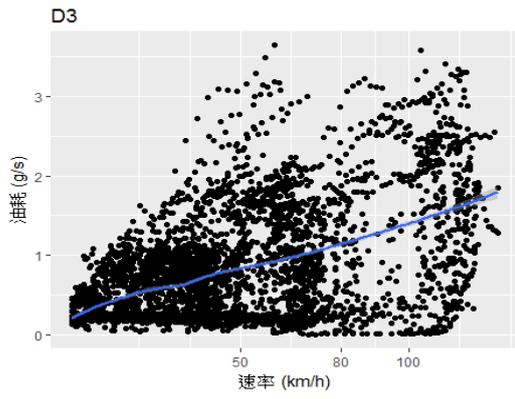
Liu, Huan and Barth, Matthew, 2012. " Identifying the effect of vehicle operating history on vehicle running emissions." Atmospheric Environment, Vol.59, pp.22-29

Zahra Ghadiri et al., 2017. "Evaluation Euro IV of effectiveness in transportation systems of Tehran on air quality: Application of IVE model." Volume 3, Page 639-653

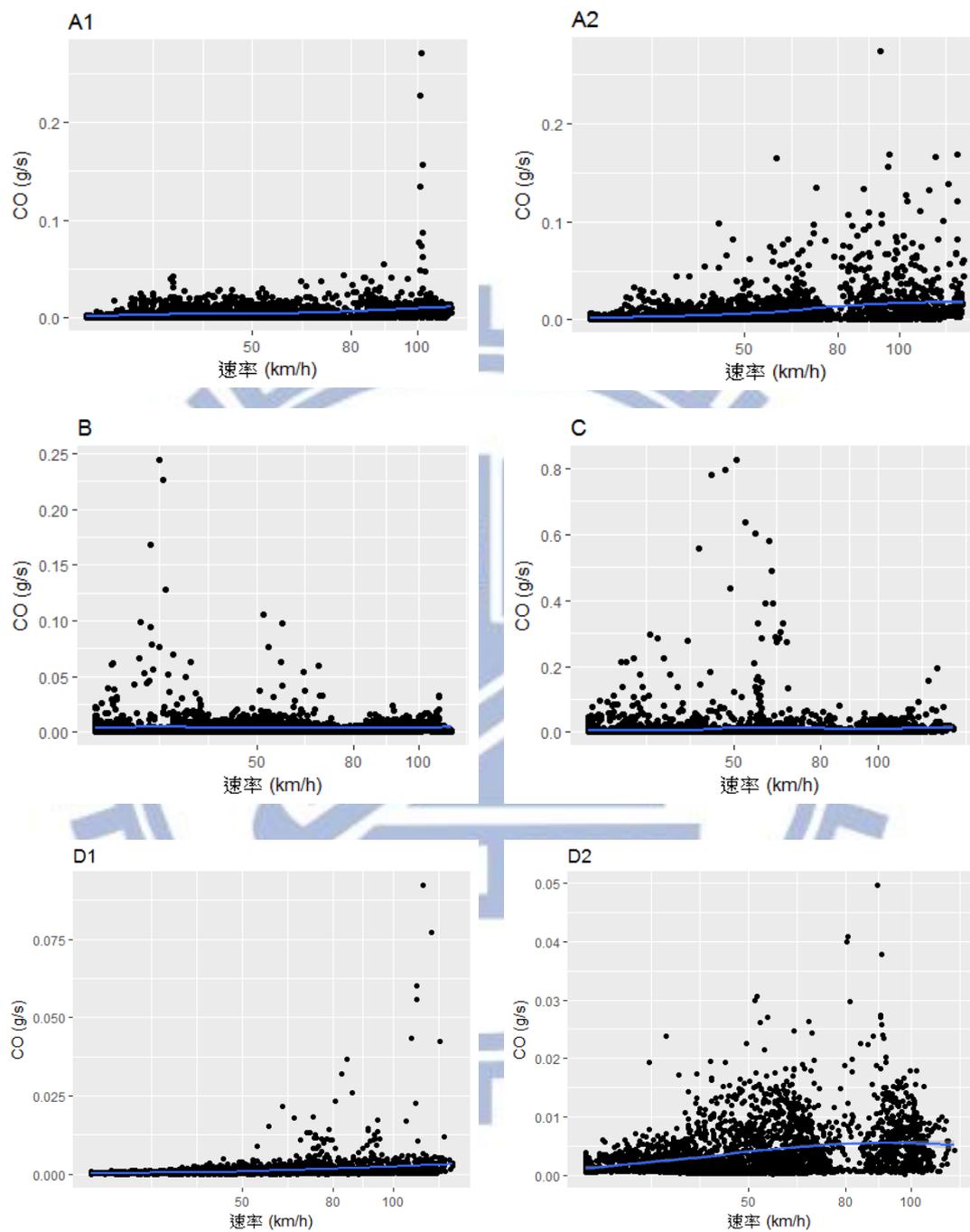


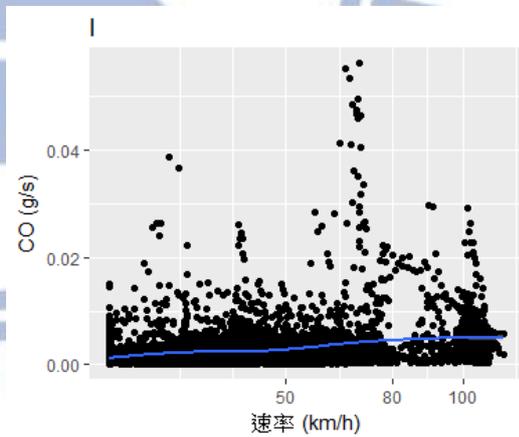
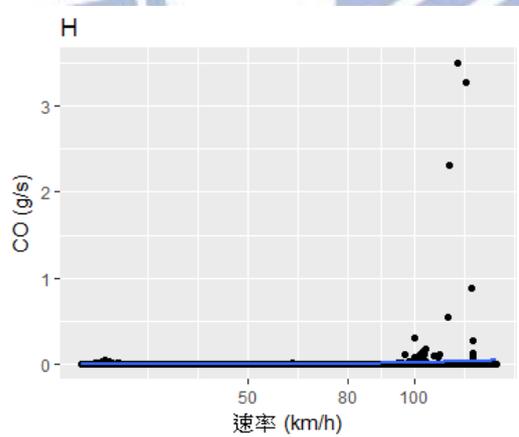
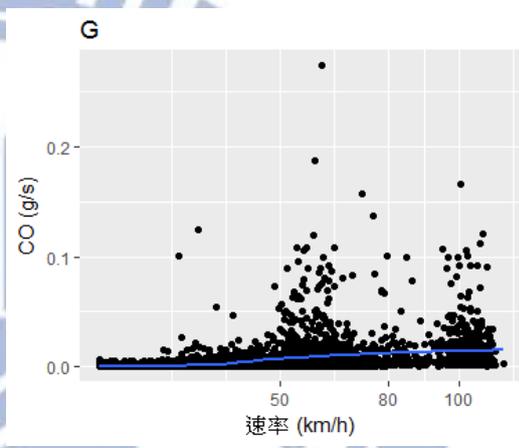
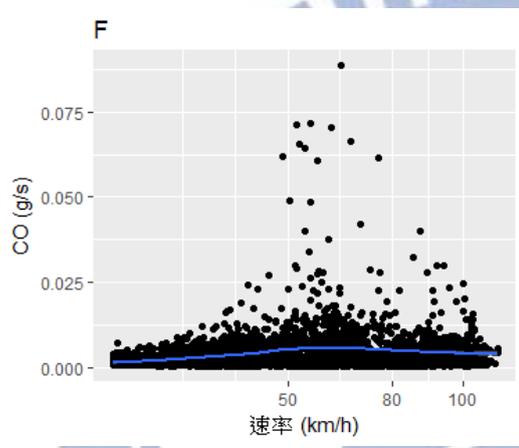
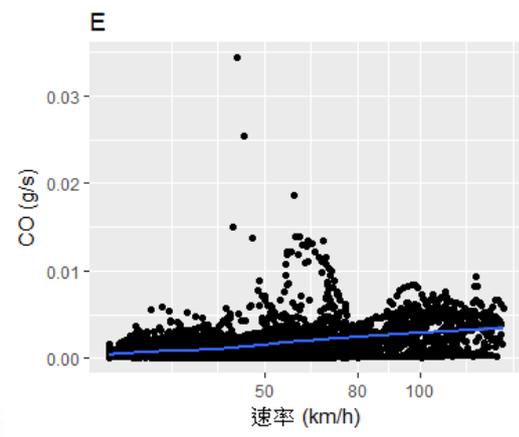
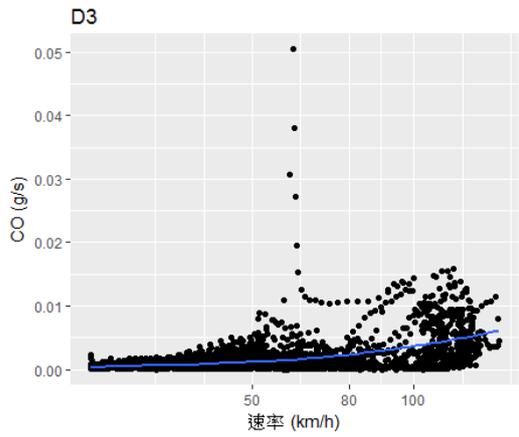
# 附錄一、道路測試車之速度與油耗散布圖

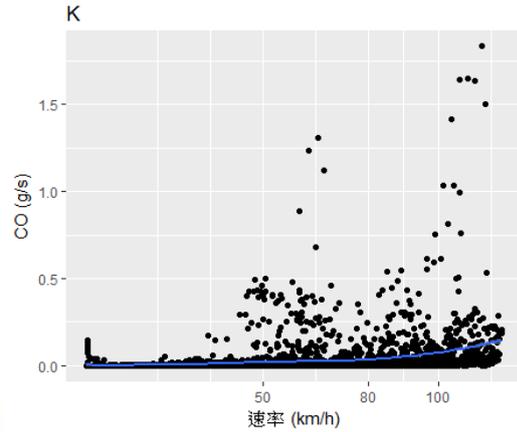
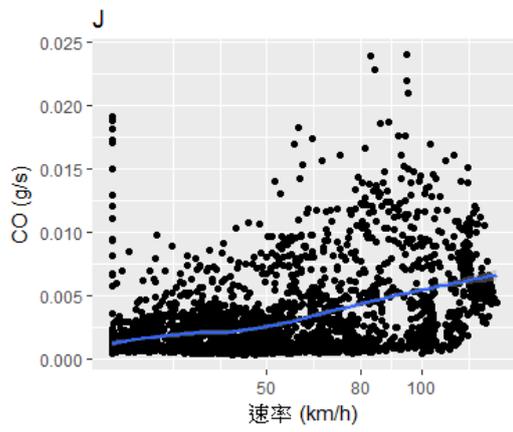




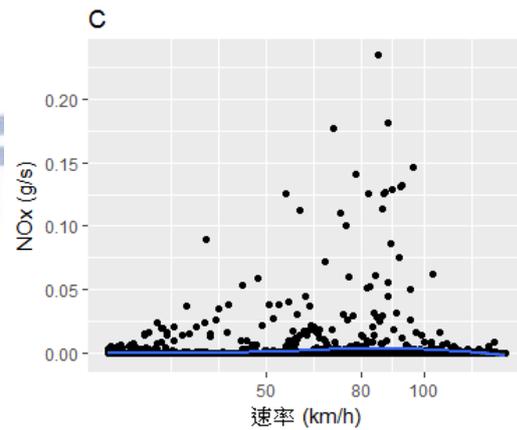
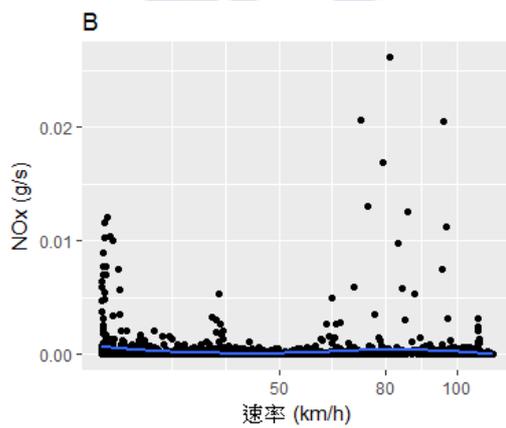
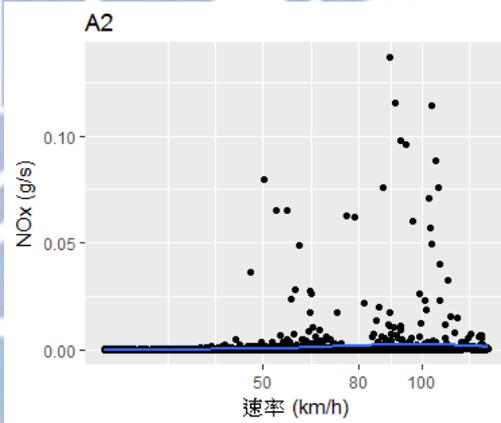
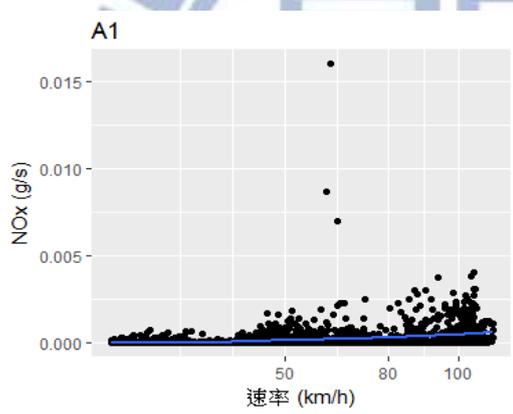
## 附錄二、道路測試車之速度與 CO 排放量散布圖

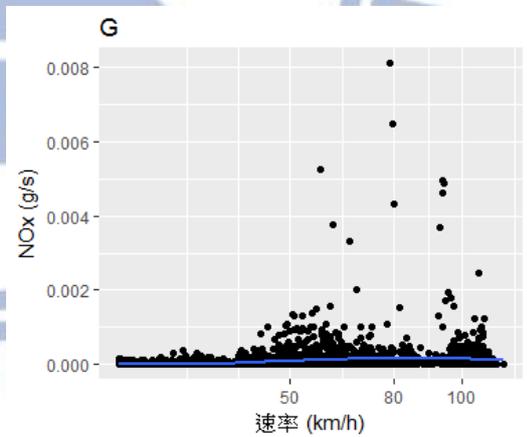
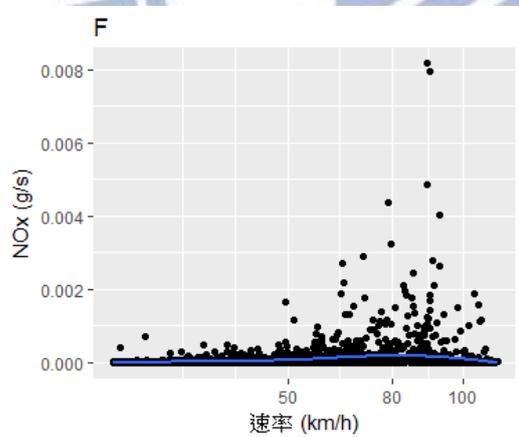
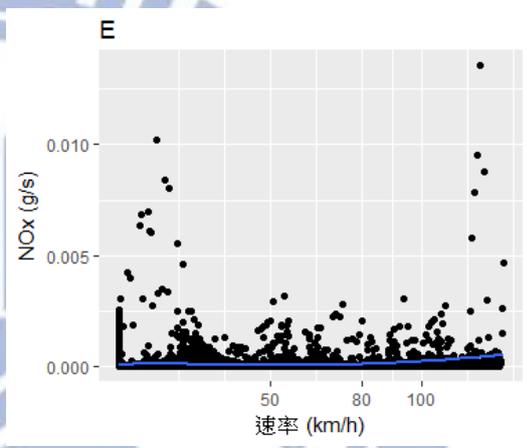
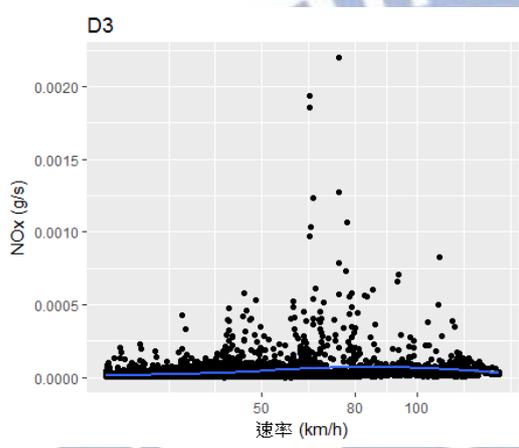
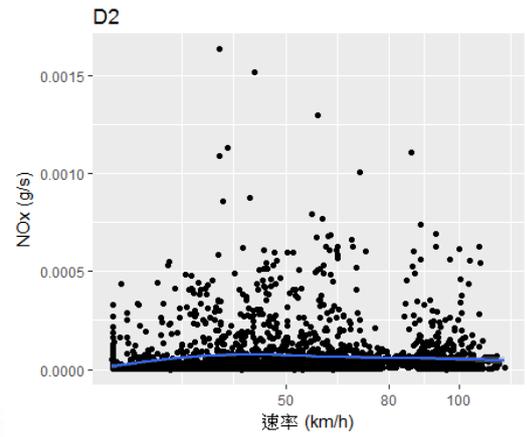
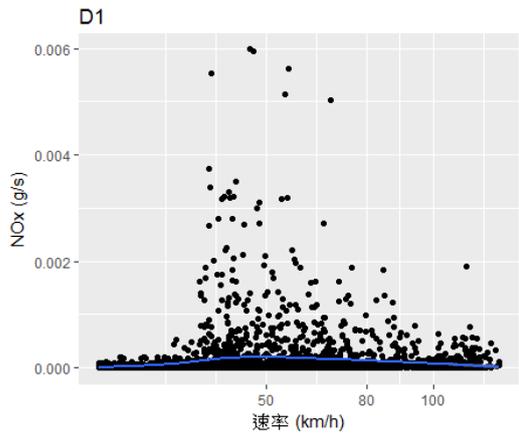


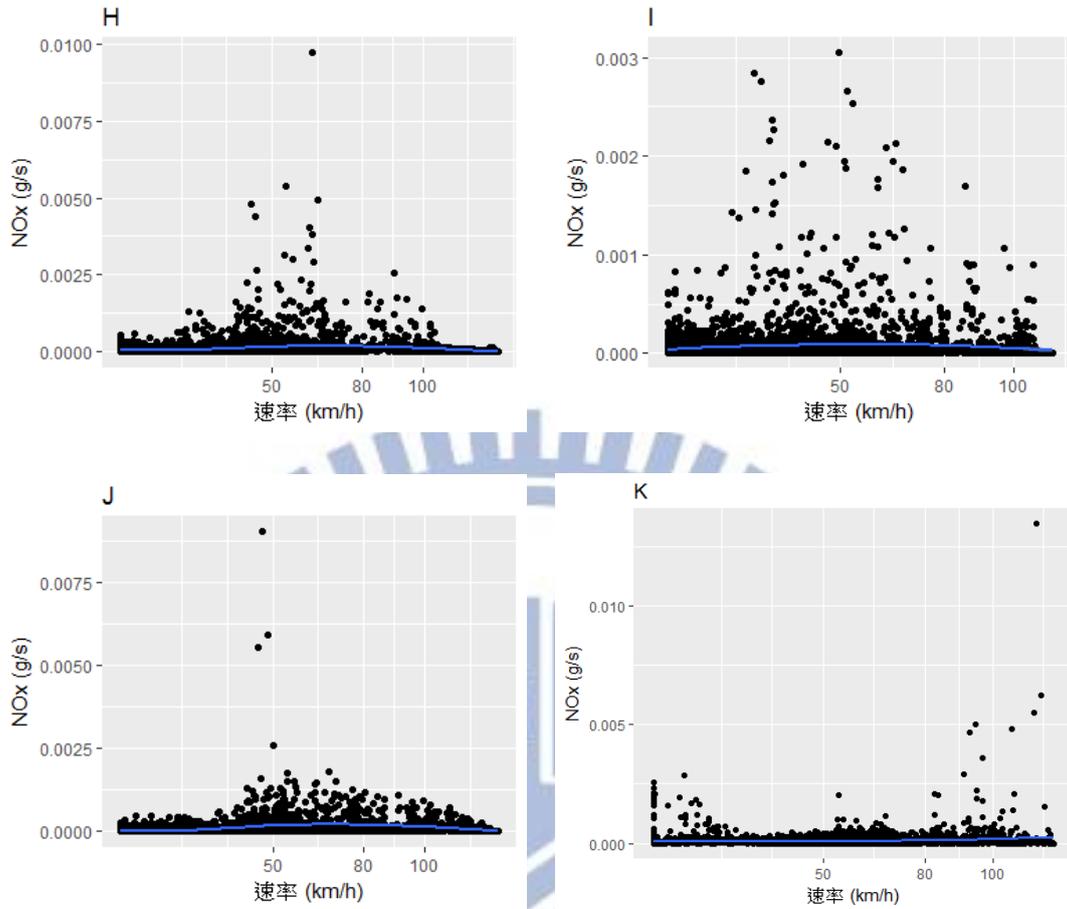




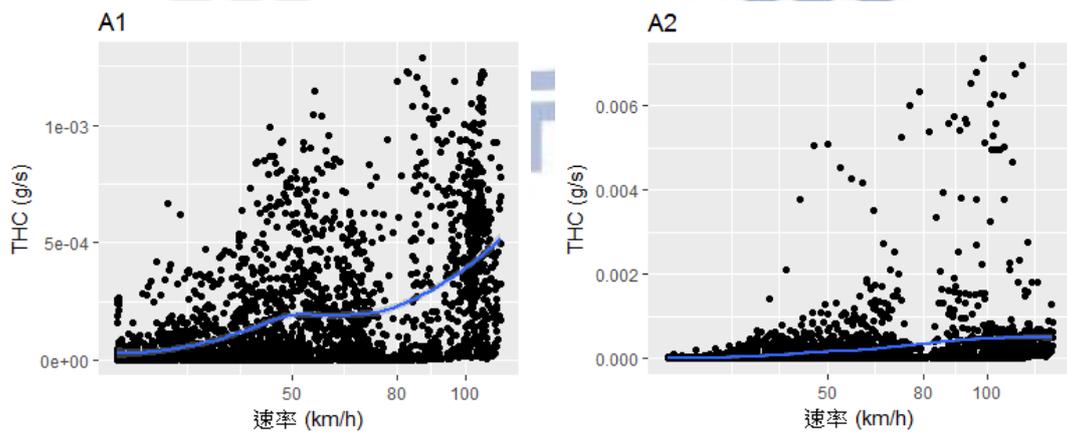
### 附錄三、道路測試車之速度與 NOx 排放量散布圖

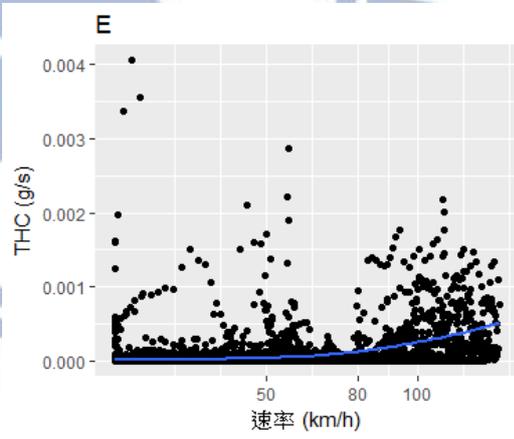
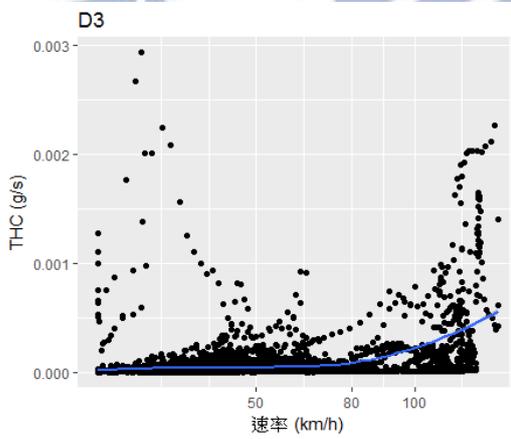
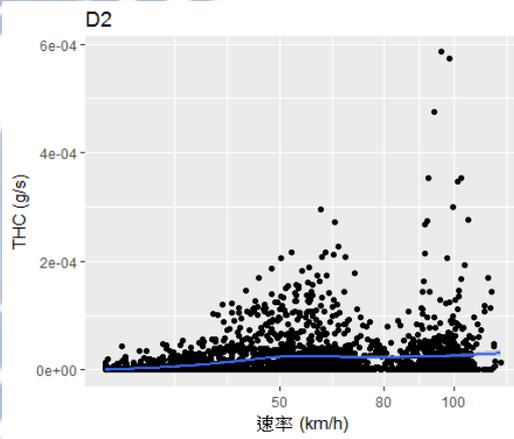
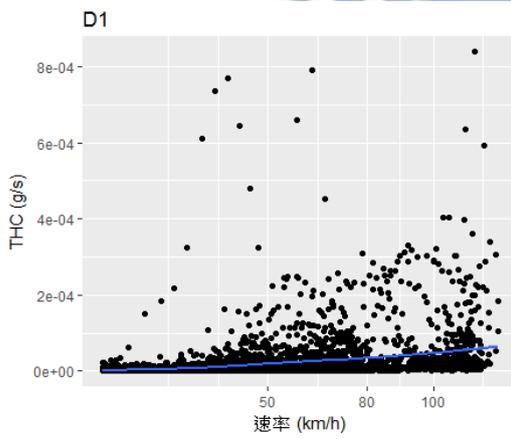
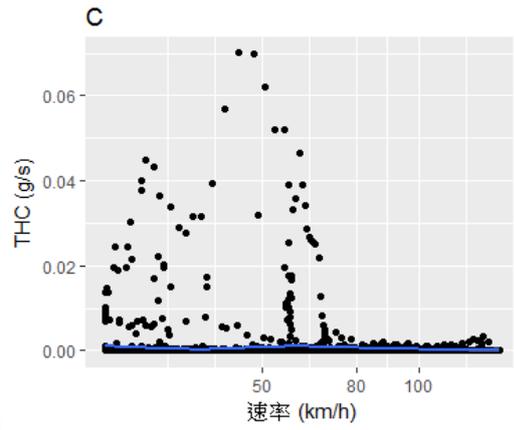
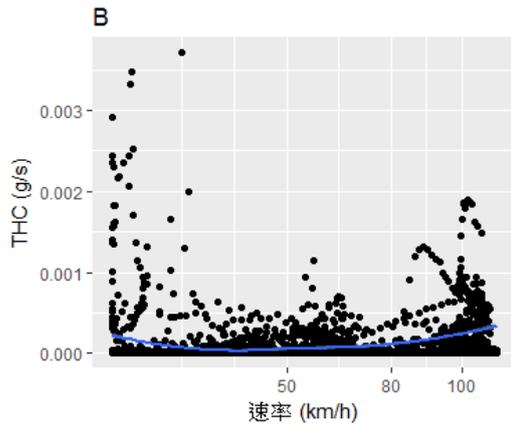


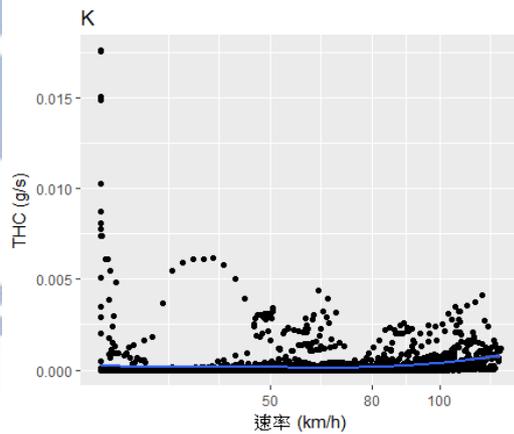
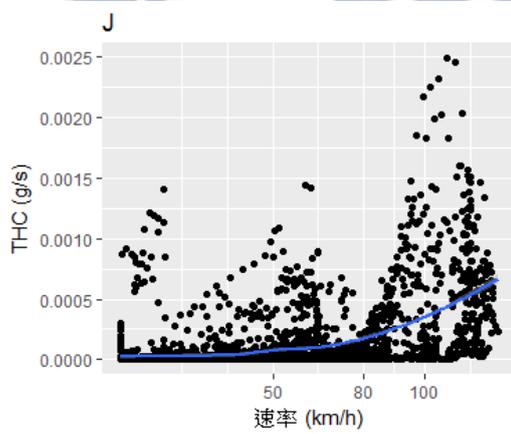
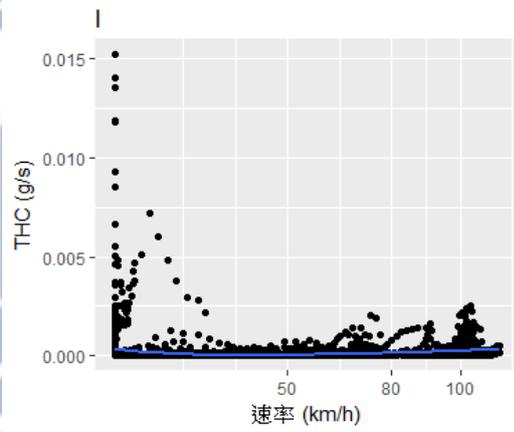
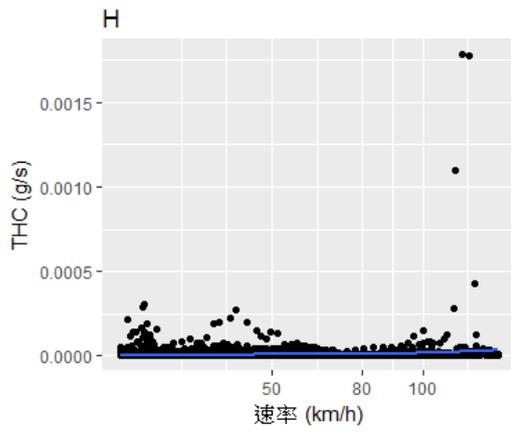
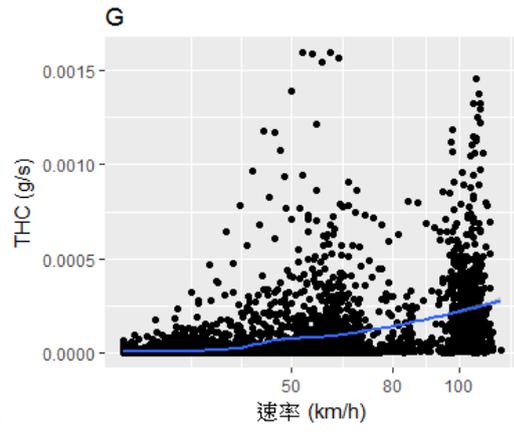
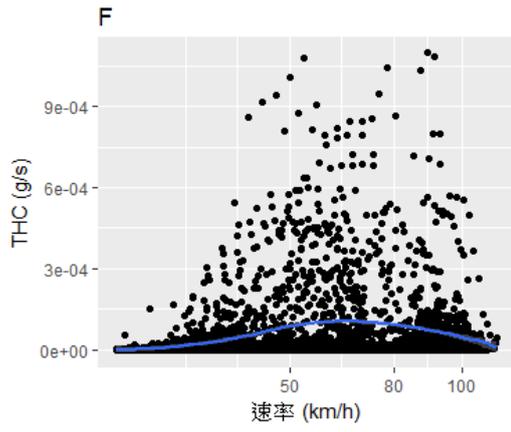




附錄四、道路測試車之速度與 THC 排放量散布圖







## 附錄五、道路測試 F 車之主要變數與反應變數散布圖

