

淡江大學水資源及環境工程學系碩士班

碩士論文

指導教授：陳俊成 博士

大台北地區捷運系統啟用對都會空氣品質的影響

The operation of Taipei MRT on Taipei metropolitan
air quality

研究生：蘇子源 撰

中 華 民 國 103 年 6 月

致謝

於研究所兩年求學過程中，誠摯的感謝指導教授 陳俊成老師在學業與日常生活上諄諄教誨。學業上，在論文寫作給予指導，研究過程中時時提醒當中忽略細節和注意事項；日常生活中教導了許多待人處事之道，受益良多。願指導教授陳俊成老師事事順心順利。

論文口試期間，感謝口試委員 鄭耀文教授及 江旭成教授參加學生論文口試，對於論文上給予許多寶貴的建議及指正，使論文更加的完善。

在論文完成期間，感謝楊文龍學長與呂建德學長在模式上之提點與建議，並給予協助與鼓勵，在此獻上誠摯的謝意。此外還要感謝系上 戴璽恆教授不僅願意將系上超級電腦出借，在模式上也给予了寶貴的意見，在此特別感謝。

這兩年於學校中的生活，感謝學姐欣惠，學長冠璋、政憲、彥霖、宇澈、威任、沛儒，共同進退的夥伴民生、學仁，學妹欣敏，學弟昱閔、浩東、胤廷及各家班成員，彼此在學業與生活上互相照顧，豐富了我的研究生生活，使我過的多采多姿。

最後感謝我深愛的家人們和關心我的好友，有你們的體諒與支持讓我能跨過人生的障礙，願你們能一起分享這成果。

蘇子源 謹誌

中華民國 103 年 6 月

論文名稱：大台北地區捷運系統啟用對都會空氣品質的影響 頁數：88

校系(所)組別：淡江大學水資源及環境工程學系(研究所)環工組

畢業時間及提要別： 102 學年度第 2 學期

碩士學位論文提要

研究生：蘇子源

指導教授：陳俊成 博士

論文提要內容：

都會區由於人口集中且大量私人交通運具穿梭其間，使得交通工具成為都會區主要空氣汙染排放來源。而探討大台北都會區的交通空氣汙染問題需將新北市及台北市整體納入考量較符合實際狀況的範圍。本研究依據陳等人過去所開發用來評估大台北地區交通移動污染源之管理模式，加以擴充改良，建立大台北地區交通污染源評估系統，並驗證模式的合理性與可用性，另外以此模式評估大台北地區捷運系統與模式所建構之路網完整性與合理性。

本研究結合旅次分析模式及交通空氣污染評估模式兩種模式。旅次分析模式的功用為處理旅次資料並尋求最佳路徑；交通空氣污染評估模式則以系統動態學之因果回饋機制為基礎，整合運具選擇子模式、車流子模式以及交通排放子模式三種子模式，計算並比較交通建設完工及管理策略執行前後，交通空氣污染物排放改變量。

研究中利用模擬結果與台北市政府相關行政機關公佈之數據資料相比較，經此驗證動作證明模式之模擬結果與現況相符合。另外，模擬捷運松山線、機場線、環狀線等交通建設完工後之評估。在整個旅次數量上機車旅次減少最多，但汽車旅次卻無明顯增減；旅次空間分布上汽車車輛多集中於主要道路、快速道路與高速公路，有效紓緩一般道路車流量。在汙染物排放量上，各汙染物皆有減少的情形，其原因大部分來自於機車排放的減少；汙染物空間分布上減少汙染物排放效果較為明顯的區域為台北市。

關鍵詞：空氣污染排放源、旅次分析模式、交通空氣污染評估模式、系統動態學

Title of Thesis: The operation of Taipei MRT on Taipei metropolitan air quality

Total pages:88

Keyword: Traffic emission, System Dynamics, Trip analysis, Air quality

Name of Institute: Department of Water Resources and Environmental Engineering,
Tamkang University

Graduate date: June, 2014

Degree conferred: Master of Engineering

Dr. Luke Chen
陳俊成 博士

Abstract:

Traffic emission is the main air pollutant source in urban area. Since the sources are close to the pedestrian and people in commercial districts, the citizen's exposure risk caused by the traffic air pollution source is concerned. Air quality has become one of important indicators of urban life quality. To evaluate the correlation between traffic air pollutants emission and air quality of Taipei metropolitan area, one need to include two administration districts, namely Taipei City and Taipei County. The extended model is more appropriate to reflect the current situation of transportation system and activities in Taipei metropolitan area than before. The model is validated and calibrated to confirm its assessment applications. Moreover, this model assesses the integrity and the rationality of the Taipei country transportation district and road network constructed by model.

This study includes two models, trip analysis model and traffic emission assessment model. The trip analysis model is to model trips and routes in the metropolitan's transportation network. The traffic emission assessment model integrates three sub-model by System Dynamics theory, namely the Logit sub-model, traffic flow sub-model and traffic emission sub-model. The models then were used to calculate and to compare the air pollutant emission change before and after the mentioned transportation infrastructures were accomplished.

In the study, the model was confirmed by the processes of validation and calibration with government published data. Evaluation of transportation construction simulation Songshan MRT lines, airport lines, lines, and after the completion of the ring. The number of trips up to the whole motorcycle trips, but there was no detectable change in car trips. The spatial distribution of automotive vehicles and more focused on the major roads, expressways and highways, to relieve the general road traffic. The total emission of NO_x, HC, and CO in Taipei metropolitan area is expected to be reduced because of motorcycle are reduced. The total emission of NO_x, HC, and CO is reduced in Xinbei City more than in Taipei City.

目錄

| | |
|---------------------------|----|
| 第一章 前言 | 1 |
| 1-1 研究動機..... | 1 |
| 1-2 研究目的..... | 1 |
| 1-3 研究範圍..... | 1 |
| 第二章 文獻回顧 | 3 |
| 2-1 交通空氣汙染物..... | 3 |
| 2-2 大台北地區交通汙染現況..... | 4 |
| 2-3 交通汙染源控制方法..... | 5 |
| 2-3-1 技術面..... | 5 |
| 2-3-2 管理面..... | 9 |
| 2-4 移動性汙染源排放清冊..... | 10 |
| 2-4-1 排放清冊定義..... | 10 |
| 2-4-2 排放量推估..... | 10 |
| 2-4-3 排放量推估方法..... | 11 |
| 2-4-4 目的與用途..... | 12 |
| 2-4-5 汚染源分類..... | 13 |
| 2-5 Mobile-Taiwan 模式..... | 15 |
| 第三章 研究方法 | 17 |
| 3-1 旅次分析模式..... | 19 |
| 3-1-1 交通分區設定..... | 19 |
| 3-1-2 路網規劃..... | 20 |
| 3-1-3 旅次分配..... | 22 |
| 3-1-4 路徑分析..... | 26 |
| 3-2 交通空氣污染評估模式..... | 27 |
| 3-2-1 運具選擇子模式..... | 28 |
| 3-2-2 車流子模式..... | 33 |
| 3-2-3 交通排放子模式..... | 35 |
| 3-2-4 系統動態學..... | 40 |
| 3-3 系統流程與假設..... | 45 |
| 3-3-1 系統流程..... | 45 |
| 3-3-2 系統假設條件..... | 46 |
| 第四章 結果與討論 | 48 |

| | | |
|-------|----------------------|----|
| 4-1 | 系統驗證與校正..... | 48 |
| 4-1-1 | 背景值與統計數據比較..... | 48 |
| 4-2 | 各捷運路線背景資料..... | 50 |
| 4-3 | 松山線完工前後之比較..... | 52 |
| 4-4 | 機場線完工前後之比較..... | 60 |
| 4-5 | 環狀線完工前後之比較..... | 67 |
| 4-6 | 綜合評估..... | 75 |
| 4-6-1 | 背景值與各條捷運路線完工後比較..... | 75 |
| 第五章 | 結論與建議 | 83 |
| 5-1 | 結論..... | 83 |
| 5-2 | 建議..... | 84 |



圖目錄

| | |
|---|----|
| 圖 3-1 空氣污染減量策略評估系統架構圖 | 17 |
| 圖 3-2 路網擴充分布圖 | 18 |
| 圖 3-3 本研究交通分區圖 | 20 |
| 圖 3-4 本研究探討之道路路網 | 21 |
| 圖 3-5 系統動態學理論架構圖 | 28 |
| 圖 3-6 效用函數架構 | 33 |
| 圖 3-8 小客車之 NOx 排放係數和車速之關係圖 | 37 |
| 圖 3-9 小客車之 CO 排放係數及車速之關係圖 | 37 |
| 圖 3-10 小客車之 HC 排放係數及車速之關係圖 | 38 |
| 圖 3-11 機車之 NOx 排放係數及車速之關係圖 | 38 |
| 圖 3-12 機車之 CO 排放係數及車速之關係圖 | 38 |
| 圖 3-13 機車之 HC 排放係數及車速之關係圖 | 39 |
| 圖 3-14 公車之 NOx 排放係數及車速之關係圖 | 39 |
| 圖 3-15 公車之 CO 排放係數及車速之關係圖 | 40 |
| 圖 3-16 公車之 HC 排放係數及車速之關係圖 | 40 |
| 圖 3-17 本研究負性因果回饋環路 | 41 |
| 3-18 本研究整體因果關係圖 | 42 |
| 圖 3-19 機車效用關係圖 | 42 |
| 圖 3-20 汽車效用關係圖 | 43 |
| 圖 3-21 公車效用關係圖 | 43 |
| 圖 3-22 計程車效用關係圖 | 44 |
| 圖 3-23 捷運效用關係圖 | 44 |
| 圖 3-24 計程車司機效用關係圖 | 45 |
| 圖 3-25 交通空氣污染減量策略評估系統之作業流程 | 46 |
| 圖 4-1 本研究與捷運公司 2013 年報告之旅運量比較圖 | 48 |
| 圖 4-2 本研究與台北市政府捷運工程局 2011 年資料之旅次分布比較圖 | 49 |
| 圖 4-3 捷運建設願景圖 | 52 |
| 圖 4-4 各運具旅次佔總旅次之比例分布比較圖 | 53 |
| 圖 4-5 各運具旅次改變時間分布圖 | 53 |
| 圖 4-6 各運具數量改變時間分布圖 | 54 |
| 圖 4-7 機車旅次變化之空間分布圖 | 54 |
| 圖 4-8 汽車旅次變化之空間分布圖 | 55 |
| 圖 4-9 NOx 排放變化量之時間分布圖 | 56 |
| 圖 4-10 HC 排放變化量之時間分布圖 | 57 |
| 圖 4-11 CO 排放變化量之時間分布圖 | 57 |

| | |
|--------------------------------|----|
| 圖 4-12 NOx 變化量之空間分布圖 | 58 |
| 圖 4-13 HC 變化量之空間分布圖 | 58 |
| 圖 4-14 CO 變化量之空間分布圖 | 59 |
| 圖 4-15 各運具旅次佔總旅次之比例分布比較圖 | 60 |
| 圖 4-16 各運具旅次改變時間分布圖 | 61 |
| 圖 4-17 各運具數量改變時間分布圖 | 61 |
| 圖 4-18 機車旅次變化之空間分布圖 | 62 |
| 圖 4-19 汽車旅次變化之空間分布圖 | 62 |
| 圖 4-20 NOx 排放變化量之時間分布圖 | 64 |
| 圖 4-21 HC 排放變化量之時間分布圖 | 65 |
| 圖 4-22 CO 排放變化量之時間分布圖 | 65 |
| 圖 4-23 NOx 變化量之空間分布圖 | 66 |
| 圖 4-24 HC 變化量之空間分布圖 | 66 |
| 圖 4-25 CO 變化量之空間分布圖 | 67 |
| 圖 4-26 各運具旅次佔總旅次之比例分布比較圖 | 68 |
| 圖 4-27 各運具旅次改變時間分布圖 | 68 |
| 圖 4-28 各運具數量改變時間分布圖 | 69 |
| 圖 4-29 機車旅次變化之空間分布圖 | 69 |
| 圖 4-30 汽車旅次變化之空間分布圖 | 70 |
| 圖 4-30 NOx 排放變化量之時間分布圖 | 71 |
| 圖 4-31 HC 排放變化量之時間分布圖 | 72 |
| 圖 4-32 CO 排放變化量之時間分布圖 | 72 |
| 圖 4-33 NOx 變化量之空間分布圖 | 73 |
| 圖 4-34 HC 變化量之空間分布圖 | 73 |
| 圖 4-35 CO 變化量之空間分布圖 | 74 |
| 圖 4-36 各運具旅次佔總旅次之比例分布比較圖 | 75 |
| 圖 4-37 各運具旅次改變時間分布圖 | 76 |
| 圖 4-38 各運具數量改變時間分布圖 | 76 |
| 圖 4-39 機車旅次變化之空間分布圖 | 77 |
| 圖 4-40 汽車旅次變化之空間分布圖 | 77 |
| 圖 4-41 NOx 排放變化量之時間分布圖 | 79 |
| 圖 4-42 HC 排放變化量之時間分布圖 | 80 |
| 圖 4-43 CO 排放變化量之時間分布圖 | 80 |
| 圖 4-44 NOx 變化量之空間分布圖 | 81 |
| 圖 4-45 HC 變化量之空間分布圖 | 81 |
| 圖 4-46 CO 變化量之空間分布圖 | 82 |

表目錄

| | |
|---------------------------------|----|
| 表 2-1 新北市、台北市歷年小客車和機車成長數量 | 4 |
| 表 3-1 交通分區編號與節點數量 | 19 |
| 表 3-2 本研究所選用之道路..... | 21 |
| 表 3-3 各交通分區間出發即到達屢次矩陣..... | 24 |
| 表 3-4 各時段出發時間之旅次比例 | 25 |
| 表 3-5 各時段到達時間之旅次比例 | 26 |
| 表 3-6 各運具可行範圍 | 27 |
| 表 3-7 各路徑之可行運具組合 | 27 |
| 表 3-8 運具使用成本..... | 30 |
| 表 3-9 捷運費率計算表 | 30 |
| 表 3-10 運具使用之車外時間..... | 31 |
| 表 3-11 運具選擇子模式之效用函數係數 | 32 |
| 表 3-12 汽車之污染物排放模式係數與車型比例 | 35 |
| 表 3-13 機車之污染物排放模式係數與車型比例 | 36 |
| 表 3-14 公車之污染物排放模式係數與車型比例 | 36 |
| 表 4-1 捷運松山線完工後各污染物之排放總量比較表..... | 56 |
| 表 4-2 捷運機場線完工後各污染物之排放總量比較表..... | 64 |
| 表 4-4 各條捷運線完工後各污染物之排放總量比較表..... | 79 |

第一章 前言

1-1 研究動機

都會區由於人口集中且大量私人交通運具穿梭其間，使得交通工具成為都會區主要空氣汙染排放來源。交通運具產生的空氣汙染物中有氮氧化物(NO_x)、一氧化碳(CO)、非甲烷碳氫化合物(HC)等，對居民身體健康及生活品質皆有相當程度的影響。

探討大台北都會區的交通空氣汙染問題需將新北市及台北市整體納入考量較符合實際狀況的範圍。新北市與台北市近年來路網規劃越來越完整，大眾交通運輸工具在路線、班次與數量上也日漸滿足整個大台北地區民眾需求。因此探討交通相關之問題需將新北市與台北市整個納入考量。

目前大台北都會區內興建好的捷運有文山內湖線、南港-板橋-土城線、中和新蘆線、淡水-新店-信義線、西門-台電大樓支線、小碧潭支線、新北投支線，而未來新增的松山線、機場線、環狀線將使大台北都會區交通更加便捷，民眾使用私人運具意願降低，舒緩市區交通負荷，降低都會區內的交通空氣汙染來源。

1-2 研究目的

本研究針對楊等人過去所開發用來評估大台北地區交通移動污染源之管理模式，擴充改良加入新北市與台北市之快速道路與捷運於大台北都會區之模擬區域範圍，合理反映出大台北地區之交通現況，並驗證模式的合理性及可靠度。另外並以此模式模擬捷運系統對於大台北地區交通汙染源之排放總量與區位或路段分布之變化及影響。

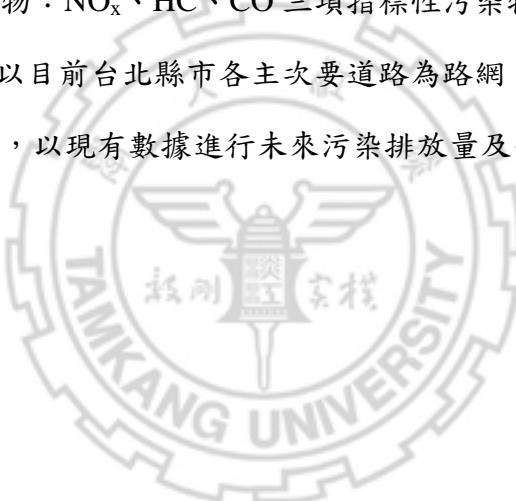
1-3 研究範圍

本研究利用系統動態學之因果為回饋機制為基礎，結合運具選擇子模式、車流子模式及交通排放子模式三種子模式，經計算後探討各種不同的分區情況及更

新路網後，對於大台北地區旅次運具使用與交通污染排放(本研究考慮 CO、HC 及 NO_x 等三項指標污染物)的變化及污染量與分布的改變。

本研究之研究範圍如下：

1. 研究區域範圍：主要為大台北地區，以台北縣市為研究範圍，包括台北市 12 個行政區以及台北縣部分區域，台北縣分為東、西、南三大區，其中東區包含：汐止、深坑、石碇。西區包含：三重、蘆洲、新莊、五股、八里、淡水、樹林、泰山、林口、鶯歌。南區包含：永和、中和、板橋、土城、新店、三峽。另外加上模擬範圍外一區，共 16 區。
2. 研究探討的運具：汽車、機車、公車、計程車及捷運 5 種交通工具。
3. 研究探討的污染物：NO_x、HC、CO 三項指標性污染物。
4. 研究探討路網：以目前台北縣市各主次要道路為路網，並增加近期興建之快速道路及捷運線，以現有數據進行未來污染排放量及分布之計算。



第二章 文獻回顧

2-1 交通空氣汙染物

交通空氣污染依其本身之特性區分為粒狀污染物，如灰塵和燃燒不完全的含碳物質，以及氣態污染物，即常溫常壓下為氣體之 CO、HC、NO_x 等。此外依污染物之產生方式又區分為原生性和衍生性污染物，主要的差別在於原生性污染物如 NO_x、HC 等雖可直接對環境造成影響，但是其中許多污染物在大氣中受陽光催化仍會繼續反應，產生其它不同影程度的衍生性污染物，如臭氧、PAN、PBN 等。無論如何，兩者的濃度和影響力均會隨著時間和空間不斷地改變。

交通工具及狀況有關的氣態污染物主要為 CO、HC 及 NO_x，其排放特性簡述如下：(張全寶，1989)

HC（碳氫化合物）係來自曲軸箱、廢氣及油箱與化油器之蒸氣。曲軸箱的廢氣排放是於空氣與燃料混合物噴洩時產生，油箱與化油器係由於引擎停止操作，引擎的熱量發散使化油器變熱所致；至於廢氣則是由於接近燃燒室有一層驟冷區域，使空氣無法完全燃燒所致。

CO（一氧化碳）為汽油燃燒時，引擎內燃料燃燒不完全產物，為無色、無味、無臭的氣體。隨者空燃比越小，排放程度越嚴重。其排放濃度在空轉與減速時特高，而排出量則以加速時最高。

NO_x（氮氧化物）包括一氧化氮和二氧化氮，主要是因為汽缸內之高燃燒溫度，使混合用空氣中之氮和氧結和成一氧化氮，繼而再與空氣中的氧形成二氧化氮。通常含一氧化氮的排氣與空氣混合後會急速冷卻，因此一氧化氮無法分解，並有小部份形成二氧化氮，使機動車輛排氣中含有高濃度的氮氧化物。

此外，HC 與 NO_x 會在陽光下引發光化學反應，生成臭氧、PAN、甲醛等衍生性污染物，產生煙霧（Smog），造成人的眼睛不適、喉痛等影響。

2-2 大台北地區交通汙染現況

台灣地狹人稠，都會區型態遍及台灣地區，大台北都會區為一工商發達的城市，更是人口集中地方，使得人們所依賴之交通工具日益增加，其排放的廢氣便成為都市中空氣污染的最大來源。人們對於交通工具的需求，使用機動車輛快速成長，根據交通部的統計資料，就新北市和台北市而言，於民國 101 年起所登記的小客車，新北市和台北市各有 818,705 及 675,228 輛；新北市和台北市機車則各有 2,368,911 及 1,099,934 輛，由表 2-1 可以得知新北市小客車的年平均成長率為 1.28%；台北市小客車年平均成長率為 0.92%，新北市機車的年平均成長率為 2.46%；台北市機車年平均成長率為 1.13%(交通部統計處，103)。近年來小客車有成長的趨勢，而機車呈現減少的現象，推估這種現象有可能是因為近年來路網愈來愈完整，大眾交通運輸在班次和數量已漸漸能應付大台北地區民眾需求而路線也幾乎遍及整個大台北地區。民眾對於機車的使用偏向於短距離路程，所以當到達目的地距離不遠時，民眾在大眾交通運具和機車之間的選擇上便偏向搭乘大眾運具。

表 2-1 新北市、台北市歷年小客車和機車成長數量

| 項目 年份 | 新北市 | | | | 台北市 | | | |
|----------|---------|--------|-----------|--------|---------|--------|-----------|--------|
| | 小客車 | 成長率 | 機車 | 成長率 | 小客車 | 成長率 | 機車 | 成長率 |
| 93 | 746,816 | 2.18% | 1,978,602 | 3.93% | 635,189 | 2.09% | 1,018,384 | 2.42% |
| 94 | 777,422 | 4.10% | 2,035,899 | 2.90% | 650,519 | 2.41% | 1,030,972 | 1.24% |
| 95 | 781,990 | 0.59% | 2,093,606 | 2.83% | 654,854 | 0.67% | 1,046,148 | 1.47% |
| 96 | 779,982 | -0.26% | 2,155,794 | 2.97% | 650,181 | -0.71% | 1,063,662 | 1.67% |
| 97 | 775,516 | -0.57% | 2,213,634 | 2.68% | 639,709 | -1.61% | 1,080,660 | 1.60% |
| 98 | 776,945 | 0.18% | 2,259,828 | 2.09% | 637,354 | -0.37% | 1,092,788 | 1.12% |
| 99 | 788,531 | 1.49% | 2,304,572 | 1.98% | 646,502 | 1.44% | 1,094,564 | 0.16% |
| 100 | 805,505 | 2.15% | 2,359,775 | 2.40% | 664,044 | 2.71% | 1,101,578 | 0.64% |
| 101 | 818,705 | 1.64% | 2,368,911 | 0.39% | 675,228 | 1.68% | 1,099,934 | -0.15% |
| 102 | 840,541 | 2.67% | 2,269,139 | -4.21% | 686,234 | 1.63% | 1,034,810 | -5.92% |
| 年平均成長率 | | 1.42% | | 1.79% | | 0.99% | | 0.43% |

資料來源：交通部統計處

根據行政院環保署公佈 2007 年空氣汙染排放清冊查詢，台北市的空氣汙染物中，每年約有 12,866 公噸的氮氧化合物(NOx)、15,470 公噸的非甲烷碳氫化合物(NMHC)及 65,910 公噸的一氧化碳(CO)來自於移動汙染源，分別佔 NOx 、 NMHC 、 CO 總量的 86.45% 、 37.33% 、 99.08% 。新北市的空氣汙染物中，每年約有 29,286 公噸的氮氧化合物(NOx)、 28,840 公噸的非甲烷碳氫化合物(NMHC)及 114,765 公噸的一氧化碳(CO)來自於移動汙染源，分別佔 NOx 、 NMHC 、 CO 總量的 72.83% 、 25.58% 、 96.36% (環保署， 2011)。由此資料可知移動汙染源對於大台北地區的空氣品質影響程度甚大，因此如何有效減少移動汙染源之排放，降低其對環境造成之影響將是提升大台北地區空氣品質重要因素。

2-3 交通汙染源控制方法

移動汙染源的控制可從技術面和管理面兩種方法進行管制。以下就兩種控制方法加以說明。

2-3-1 技術面

隨著石油危機與全球暖化等議題，世界各國無不投入大量的資金與人力，積極研發使用替代性能源車輛，如電動車、油電混合車、氫燃料車及液化石油氣車等；其中液化石油氣車是使用無鉛汽油/液化石油氣(LPG, Liquefied Petroleum Gas)作為車用燃料的低碳環保車，又簡稱為 LPG 車，近年來已被有效推廣於歐美日韓等國，根據 2009 年世界液化石油氣協會(WLPGA, World LP Gas Association)資料統計，全球使用液化石油氣作為車用燃料的至少有 80 個國家，使用車輛數約有 1,460 萬輛，分別集中於韓國、波蘭及義大利等，這些國家為減緩高油價對民生之衝擊，不僅致力於推廣使用 LPG 車，政策上也有賦稅減免、改裝補助或強制規範等措施，藉以鼓勵民眾踴躍改裝，分散能源使用。

有鑑於歐美各國使用 LPG 車已相當普遍，且專家學者研究結果顯示，LPG 車確實有降低廢氣污染與減少二氧化碳排放的優勢，因此，行政院遂於 78 年同意開放使用 LPG 車，並由經濟部主導成立跨部會推動小組，環保署依分工負責

推動工作，終於 85 年 3 月 LPG 車合法上路，初期以都會區行駛里程數較高的計程車為推動對象。

95 年受到國際油價高漲，政府為減緩高油價對民生之衝擊，積極推動使用油氣雙燃料車，行政院於 97 年 1 月 21 日核定辦理「油氣（LPG）雙燃料車推廣計畫」，該計畫係跨部會共同推動計畫，實施策略有油氣雙燃料新車貨物稅定額減徵 2 萬 5,000 元、執行氣價補助每公升補助 2 元、分年增設加氣站、公務車優先採購及改裝、開放三廂式以外車種改裝、確保改裝品質制(修)定相關法規、維持穩定油氣價差以及新購或改裝補助 2 萬 5,000 元加氣券等八項。歷年成效數據 98 年度計程車共改裝 1,413 輛，自用車共改裝 359 輛，99 年度計程車共改裝 1,671 輛，自用車共改裝 269 輛，整體改裝數量仍持續穩定成長，加氣站數截至 100 年 5 月底止，已增加至 50 座。

環保署依院核定計畫實施策略權責分工，於 97 年 3 月 21 日修正發布「降低車用液化石油氣售價補助辦法」，延長每公升補助 2 元之補助期限至 99 年 12 月 31 日。配合「油氣（LPG）雙燃料車推廣計畫」之實施，環保署於 99 年 12 月 24 日重新修正發布「降低車用液化石油氣售價補助辦法」，補助期限延長至 101 年 12 月 31 日止，其補助金額以 99 年 12 月 31 日當日之 95 無鉛汽油與車用液化石油氣（環保署補助）售價之價差為基準，浮動調整補助金額，維持油氣價差基準。但每公升車用液化石油氣補助金額不得逾新臺幣 2 元。(行政院環保署，2013)

民國 76 年交通部曾公佈如何識別使用液化石油器(LPG)為燃料的計程車之方法，鼓勵民眾檢舉這類“載著流動炸彈”滿街跑的瓦斯車；曾幾何時，經濟部於日前公開指出支持“瓦斯車”上路，環保署也表示樂觀其成，中油公司更一改過去堅決反對的立場，同意開放液化石油氣為車輛燃料使用，一連串改變，交通部也於民國 79 年修定有關規定，允許瓦斯車於民國 80 年 7 月開始使用，這些措施大大影響了目前國內汽車廠商。

導致這項能源政策的大幅轉變，主要原因有三：

1. 使用液化石油氣的安全技術已明顯提昇，危險率顯著下降，已無這方面顧慮。
2. 台灣都會區的空氣污染日益嚴重，其中車輛廢氣污染佔了 1/3 以上，而使用液化石油氣(LPG)為車輛燃料，將有助於改善空氣品質，減少廢氣污染。
3. 經濟效益觀點，液化石油氣之熱值約 12034kcal/kg，較汽油熱值(約 11200kcal/kg)高，且兩者又都是由原油提煉的「聯產品」，可以互通有無，在能源危機之下，有效運用有限資源才是上策。

根據中油公司「液化石油氣做為汽車燃料的可行性研究報告」指出，一公升汽油平均約可使汽車跑 9.09 公里，而一公升液化石油氣則約 7 公里，目前高級汽油一公升 17.0 元，液化石油氣(LPG)一公斤 26 元，折合一公升為 10.5 元，所以一塊錢的汽油其行駛效率為 0.52 公里；而 LPG 則為 0.67 公里，現今採浮動油價，此為參考數值。故總述使用液化石油氣做汽車之燃料，其優缺點如下：
(楊成宗，等，2010)

優點：

- (1) 價格較低廉——目前國內 LPG 較汽油燃料價格低廉，約為汽油營運價格的 60%，對一般營業汽車而言，可以降低其營業成本。以 1 公升而言(舉例 98 年 11 月之燃料價格計算)

營業汽油車 30 元／10 公里 = 3 元／公里(1 公升／30 元)

$$3 \times 250 \text{ 公里} / \text{日} = 750 \text{ 元} / \text{日}$$

營業瓦斯車 16.7 元／9 公里 = 1.86 元／公里(1 公升／16.7 元)

$$1.86 \times 250 \text{ 公里} / \text{日} \approx 465 \text{ 元} / \text{日}$$

相較之下 $750 - 465 = 285$ 元／日

每年節省 $285 \text{ 元} / \text{日} \times 365 \text{ 天} = 104,025 \text{ 元}$

- (2) 燃料性佳——由於LPG 在常溫常壓下為氣態，易於和空氣完全混合燃燒，且熱值又高，對引擎本體、火星塞及機油等較不會有凝結、侵蝕或沖淡的

影響。

- (3) 排氣污染少——使用LPG 為燃料之汽車與使用汽油為燃料之汽車，其排氣成份比較，使用LPG 者因燃燒較完全，故污染量明顯降低，請見表2-2。
- (4) 行駛性能佳——由於LPG 之辛烷值號數(約110~125)較汽油(約92~97)高，抗爆品質佳，不易產生爆震，適合高壓縮比引擎。且LPG 本身因採用高壓液態貯存，具有壓力不須燃料泵浦，所以汽車行駛性能良好，引擎之噪音及振動小，嚴寒天氣仍易於起動。
- (5) 減少溫室效應——使用LPG 為燃料的車輛，其排氣成分中二氧化碳較汽油車少，對溫室效應影響較低。
- (6) 減少苯的排放——苯會造成人體致癌，LPG 車之排氣中幾乎不含苯，可降低對人體的傷害。
- (7) 無鉛與硫化物及燃料蒸發污染問題。

缺點：

- (1) 車廂空間受限制——因車輛後廂須裝設LPG 高壓貯液桶(約25~40kg)，使空間變得較狹小。
- (2) 車型受限制——由於車後貯氣箱之裝置，故不適用於箱型車或斜背式汽車。
- (3) 成本較高——由於使用LPG 當燃料時，須依安全規定配管及車箱隔間，成本增加。
- (4) 加氣站問題——由於目前台灣地區之各處加油站，少有添加LPG 之設備，若LPG 汽車上路，仍須中油公司大力配合，在各處加油站增添此項加氣設備才可，但硬體設備裝設所費不貲，且費時，非一蹴可及，故可以預見的是加氣站將僅能著重於某些都會區，使用上仍較汽油不方便。
- (5) 引擎氣門座較易磨損。
- (6) 低溫起動不佳。
- (7) 輸出馬力略低於汽油引擎。
- (8) 以同里程數相比較較汽油消耗量高。

2-3-2 管理面

近年來，環保署針對移動污染源陸續推動多項管制措施，包括：汽油車、機車及柴油車之逐期加嚴排放標準、使用中機車排氣定檢、補助客運業更新車輛及客運業排放污染改善、補助民眾購買低污染車輛、推廣使用電動汽機車、引進潔淨車輛、改善油品品質、獎勵檢舉烏賊車輛等，各種空氣污染物排放量在管制下已有效減少。然而，隨著社會經濟型態的改變，加上持續顯著成長的機動車輛，為更有效管制其污染排放，目前移動污染源管制主軸如下(行政院環保署空氣品質改善維護資訊網，2013)：

1. 新車管制：

- (1) 逐期加嚴排放標準
- (2) 新車型審驗及新車抽檢
- (3) 審驗及核章電子化

2. 使用中車輛管制：

- (1) 機車排氣定期檢驗
- (2) 機車柴油不定期檢驗
- (3) 鼓勵檢舉烏賊車
- (4) 加速淘汰老舊二行程機車
- (5) 推動使用中汽油車保檢合一制度
- (6) 推動使用中柴油車維修保養制度

3. 潔淨燃料推動：

- (1) 車用汽柴油管制標準
- (2) 徵收車用油品空污費
- (3) 取締非法油品
- (4) 推動增加油氣雙燃料車及加氣站
- (5) 補助液化石油氣氣價

4. 低汙染車輛推廣：

- (1) 推廣使用電動機車、電動汽車及電動公車
- (2) 推動建置電池交換營運系統
- (3) 補助購買電動輔助自行車、電動自行車

5. 交通管理措施：

- (1) 鼓勵使用大眾交通運輸系統
- (2) 推廣環保駕駛

● 環保駕駛：

聰明且更省油的駕駛行為。環保駕駛是一種善用新科技，同時亦能增加行車安全的新型態駕駛文化。環保駕駛的好處有更安全的駕駛、降低燃油消耗，節省成本、較舒適的乘坐經驗、降低溫室氣體排放，舒緩暖化趨勢。

- (3) 推動停車熄火措施

2-4 移動性汙染源排放清冊

2-4-1 排放清冊定義

排放清冊一般是指國家、區域或公司/事業單位等所有活動產生的污染排放總量，故涵蓋的污染源即包括其權轄範圍區域內的所有固定污染源及移動污染源，或點、面、線及自然源(含生物源、火山爆發、海鹽飛沫...)等(環保署，2013)。

國內全國性排放清冊(Taiwan Emission Data System)即涵蓋各類污染源排放量的總排放量資料庫，簡稱[TEDS7.1]。

2-4-2 排放量推估

所謂排放量推估，即針對各類污染源可能會排放至空氣中污染量的多寡進行推估，為空氣污染防治、健康風險管理及管制策略法規研擬等的基礎背景資料(環

保署，2013)。

空氣污染物排放量推估的方式包括間接推估方法（排放係數法），及直接測定方法（工廠煙囪/排放管道、排放口的量測）。後者為最可靠的方法，但需較高的成本，故僅能做有限的實測，對於重要者、重點處或特殊者才進行實地直接測定，一般則較常採用間接的、學理的估計方法進行排放量的推估，尤其是針對整個工廠或區域性排放量的推估，最常採用排放係數推估的方式。

2-4-3 排放量推估方法

空氣污染物排放量的推估可分為下列幾種方法(環保署，2013)：

第一種方法為直接推估方法：由量測排放污染物的濃度配合量測之體積流量推估而得，最常應用在工廠煙囪/排放口的排放量推估。

第二種為質量平衡法：由物質輸入與輸出間的平衡關係進行估算。

第三種為工程計算方法：利用物質成份特性及理論公式進行估算。

第四種推估方式為間接推估方法：即排放係數推估法，利用一具代表性的係數因子配合活動強度進行推估。

直接推估法是最可靠的方法，但需較高成本，實際上僅能做有限的量測，針對重要者、重點處或特殊者才進行實地測定；質量平衡法及工程計算方法應用上需有該排放源輸入物質的相關活動操作參數方能準確計算；而最方便及最常使用的方法係利用排放係數進行推估。

以排放係數法推估排放量的基本公式如下：

$$\text{排放量} = \text{排放係數} \times \text{活動強度} \times \text{控制因子}$$

「排放係數」或稱「排放因子」(Emission Factor)之定義為「每單位生產量（或能源消耗量或服務量）所排出空氣污染物的量」，大多數狀況下是由可取得的且品質可被接受的數據平均之結果，一般假設其可代表某類污染源的平均排放狀況。

「活動強度」(Activity Intensity)是指一段時間內之生產量（或能源消耗量或服務量）大小，主要配合排放係數之單位項目代入推估。

「控制因子」係指污染源受到控制後與控制前之排放量比值，其等於（1－污染控制設備或措施的削減率）。

「排放係數」、「活動強度」及「控制因子」為排放量推估所需蒐集與彙整的三大資料。

對於「排放係數」的選取，國內目前僅有少數依實測建立之「排放係數」資料，應用上大部分係參考美國環保署所出版的"Compilation of Air Pollution Emission Factors"（簡記 AP-42）或近年其整併各類係數資料系統建置之 Fire()資料庫中的排放係數；「活動強度」則需採各工廠或事業單位實際之統計量；「控制因子」亦需採用各工廠或事業單位實際所採用的控制設備資料。

排放係數為排放量估計的基石，藉由排放係數的建立，才使得萬般複雜的排放源之排放量估計，系統化為可操作的估計程序。對於排放係數，國內目前自行發展出者相當有限，美國環保署及歐洲環境署（European Environment Agency, EEA）則已投入幾十年的時間各自建立了排放係數資料系統，為目前國際上較為普遍被引用之資料，其中又以美國已建立的污染源排放係數類別較多，故國內普遍應用上以參考美國排放係數資料庫為主。

2-4-4 目的與用途

空氣污染排放量推估的主要用途可歸納如下(環保署，2013)：

1. 空氣品質管理成效檢討及管制策略之研擬：除了空氣品質監測數據外，排放量的變化趨勢為空氣污染管理檢討上可直接反應成效之數據，尤其是推動總量管制時。就環保主管機關而言，在進行空氣污染減量或總量管制之策略措施研擬時，通常會結合氣象資料，利用擴散模式工具先進行空氣品質的擴散模擬，由各類排放源排放總量與空氣品質模擬結果之分析，評估那些是主要排放源貢獻者，經由擴散模式擴擬，推求達到環境空氣品質目標下所需的總

量及管制措施，研擬符合經濟效益之管制措施組合。確定管制措施後實際推動行時即可依據排放量的變化來監督或檢視管制的功效。

2. 空氣污染管理應用工具：排放量應用在空氣污染的管理上，對既有污染源及新增污染源一般有不同的管理方式：

(1) 既有污染源：包括空氣污染許可排放量核定、空氣污染排放量之定期申報、空氣污染防治費徵收、總量管制及排放交易等。

(2) 新增污染源：環境影響評估或許可申請階段的擴散模式模擬，評估空氣品質濃度增量影響。

以上顯示，在評估污染排放對空氣品質的影響時，是需進一步結合氣象因素採用空氣品質擴散模式工具予以評析，排放資料的準確度及解析度會影響模擬結果之準確性，因此，在用途上，若需進行擴散模擬分析時就需考量模擬時所需資訊的需求，除排放總量外，其空間及時間的解析與排放口的相關資料就顯得重要，在資料整理時需一併考量。

2-4-5 汚染源分類

一般空氣污染來源依形成的因素大致可分為人為產生的及自然界所產生的污染等兩大類，隨著不同的產生來源其排放之特性亦隨之而異。人為產生的污染來源主要來自於燃燒的行為，因燃燒的不完全或燃料中的成份經與空氣反應後產生的廢氣排放，或其他在操作過程當中所造成塵土的捲揚所產生的逸散性粒狀物排放，或因操作過程中含有揮發性成份的碳氫化合物氣體在收集處理不當狀況下的逸散性排放，例如：發電機、工廠鍋爐、車輛、船舶或飛機引擎燃燒、露天燃燒、製程操作或設備的逸散性排放、土木營建施工或道路揚塵逸散排放、油漆及揮發性用品的逸散排放等。非人類或人類活動產生排放者稱之為自然界污染來源，亦包括燃燒排放及逸散性之排放，例如：火山爆發、森林或大草原火災、植物及樹木、大型裸露地及海鹽逸散等排放。

對於污染源之分類一般有兩種方式，第一種分類方式係分成固定污染源

(Stationary Source)及移動污染源(Mobile Source)；第二種分類方式係依資料庫推估檔案處理方式，將其分成點污染源(Point Source，簡稱點源)、線污染源(Line Source，簡稱線源)、面污染源(Area Source，簡稱面源)及自然源，即目前[TEDS]排放量污染源之分類方式(環保署，2013)。

1. 點污染源：

點污染源主要是指有列管之公私場所，公私場所中的污染源依排放型式又可區分為自排放管道排出者及逸散性排出者，應用於模式模擬時，一般將管道排放者視為點源而逸散排放者視為面源輸入。

2. 面污染源：

面污染源係指未能列入點源及線源之分佈範圍較廣而單一排放較小的污染源；此外，點污染源中可能有遺漏者亦以面源方式補充推估之。依據其排放操作之型式可將其區分為燃燒行為產生之排放及非燃燒行為操作所產生之逸散性排放；逸散性排放源又分為粒狀物及碳氫化合物兩類，而燃燒源中則包括非公路運輸類別及排放量較小而分佈範圍廣的固定污染源。應用於模式模擬時，即為面源輸入。

3. 線污染源：

線污染源主要是指公路運輸工具之排放，依其排放型式包括燃燒排放(車輛排放尾氣)及逸散排放(包括蒸發、行駛、停等、輪胎磨損、剎車磨損等逸散排放)，應用於模式模擬時，一般將其視為面源或線源輸入。[TEDS7.1]及之前版本資料庫中估算之車種區分為九類，包括自用小客車、營業小客車(即計程車)、汽油小貨車、柴油小貨車、公車、客運車、大客車、大貨車、二行程機車及四行程機車。[TEDS7.1]版增加了柴油小客車(93年開始開放進口)及LPG小客車(營業小客車為主)兩類。

4. 自然源：

自然源排放，目前在[TEDS7.1]資料庫中估算者主要為植被(即生物源)之逸散性碳氫化物排放及大型裸露地(併入面源)的粒狀物逸散性排放等。

2-5 Mobile-Taiwan 模式

國內對於 NO_x、HC 及 CO 之排放係數有較完整的評估是以 Mobile-Taiwan2.0 模式進行推估，其修改自美國環保署所發展之 MOBILE5a 程式。

中鼎公司自民國 79 年開始參與環保署及各縣市環保局空氣污染總量推估與管制規劃之多項計畫，在上述之計畫中，陸續引進當時美國最新版本之 MOBILE 程式，並參酌引用國內最新可得之數據，加以修改調整，成為 MOBILE-Taiwan 程式，最新版之 MOBILE-Taiwan 係中鼎公司於 85 年與美國 Energy and Environmental Analysis Inc.(簡稱 EEA 公司)合作，根據台灣車輛狀況將 MOBILE5a 程式改寫成適用於台灣之模式 MOBILE-Taiwan 2.0。

就 Mobile-Taiwan 程式應用時，影響結果較為顯著之主要輸入參數如下列所示，所列參數即為國內各版本排放量更新時車輛排放係數方面主要需檢討修正之項目，為[TEDS7.1]推估採用之相關輸入參數(環保署，2013)：

1. 零里程排放率及劣化係數：指新車之基本排放率及行駛過後隨里程增加可能之污染劣化率，此參數主要需由實際車輛測試結果統計分析而得。
2. 年平均車行里程：為各車種之平均統計值，資料主要是由相關調查所得，若有實際具代性之調查值，應儘量優先採用。模式中可再細分成不同車齡車行里程之設定，但國內因相關資料並不完整，故若無詳細之各車齡車行里程資料，則建議各車齡採用相同之年平均車行里程。
3. 車齡分佈：目前國內交通部統計處每年出版之統計資料均有提供各車種 1 年以下、1~3 年、3~5 年、5~7 年、7~10 年及 10 年以上車齡之車輛數資料，但由於排放係數推估程式中需輸入各車種 25 年逐年之車齡分佈，故該資料之解析，無法直接應用，中間年份資料建議可概略以線性內插方式估算。

4. 環境背景參數：推估模式中需輸入之相關環境背景參數較重要者包括有油品揮發度(RVP)、油品含氧率(ether-based 或 alcohol-based)、每日最低溫度及最高溫度以及操作模式比例，其中前兩項可由國內之汽油油品規範中查到，至於溫度方面資料則由氣象站之資料統計而得。

使用 Mobile-Taiwan 進行推估所需要之輸入檔十分龐大，而傳統的運輸需求模式中並運具選擇間的回饋機制，在進一步推估空氣污染物排放量時可能產生誤差，且無法進行動態的決策因果分析，因此本研究以大台北都會區為推估範圍，整合運具選擇、車流及交通排放三種子模式，以系統動態學之因果回饋理論進行交通污染評估，並且可觀察交通空氣污染在空間分布之變化。



第三章 研究方法

本研究評估模式是根據楊文龍(2001)以 System Dynamic 為架構所撰發展之模式，主要針對都會區交通空氣污染排放量的變化與交通管理政策關係的決策支援系統，以協助決策者評估政策實施對空氣品質的影響程度。在此主要對模式中分區、路網規劃及節點配置對模式模擬出之都會區交通空氣污染量的影響。其模擬模式結合旅次分析模式及交通空氣污染評估模式兩種模式。其中旅次分析模式主要功能為處理旅次資料並找尋最佳路徑；交通空氣污染評估模式則以系統動態學之因果回饋機制為基礎，整合運具選擇子模式、車流子模式以及交通排放子模式三種子模式。用以計算並比較交通建設完工及交通管理策略執行前後，交通空氣污染物排放改變量與空間分布變化(楊文龍，2001)。在此主要對模式中分區、路網規劃及節點配置對模式模擬出之都會區交通空氣污染量的影響。以找尋系統最適合及合理的資料庫建構，並使模式達到最高的效率，以做為爾後相關研究的參考依據。模式之架構如圖 3-1 所示。

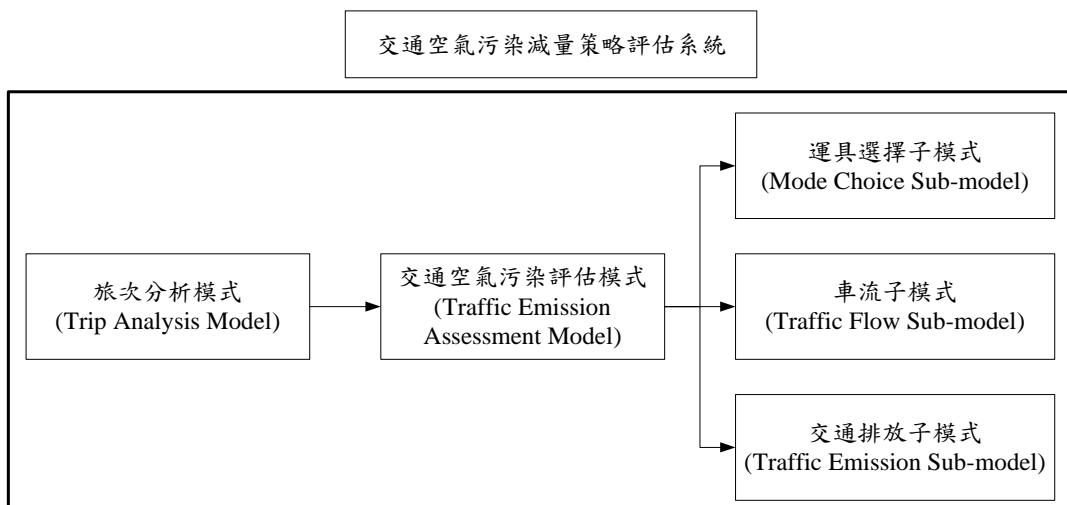


圖 3-1 空氣污染減量策略評估系統架構圖

本研究針對此模式中資料庫進行更新與擴充。更新部份為：模式中各運具產

生污染物之排放係數以環保署公佈之「民國 96~110 年之車輛排放係數推估結果」(環保署，2013)，採用民國 102 年資料更新；汽車平均載客數以民國 102 年交通部交通調查提要分析公佈之「101 年自用小客車使用狀況調查摘要分析」更新為 2.4 人(交通部統計處，2013)；計程車平均載客數以民國 100 年交通部交通調查提要分析公佈之「100 年計程車營運狀況調查」更新為 2.3 人(交通部統計處，2012)；機車平均載客數以民國 101 年交通部統計處公佈之「100 年機車使用狀況調查報告」更新為 1.28 人(交通部統計處，2012)；計程車費率調漲以台北縣政府交通局民國 96 年公佈之「計程車資訊」將計程車起跳費率、計程車續跳費率、計程車延滯計時加以更新(台北縣政府交通局，2013)；油價以經濟部能源局資料更新為每公升 35 元(經濟部能源局，2013)；各區旅次移動狀況由於無最新調查資料可供引用，本研究以 2010 年交通部運輸研究所公佈「台北都會區住戶交通旅次調查」乘以人口成長係數外推而得，以合理推斷旅次現況，而這些參數的更新也使模式模擬結果更符合現況。

路網部分擴充新北環河快速道路、台 65 快速道路和捷運信義線、蘆洲線、新莊線、松山線、機場線、環狀線。路網之分布狀況如圖 3-2 所示。

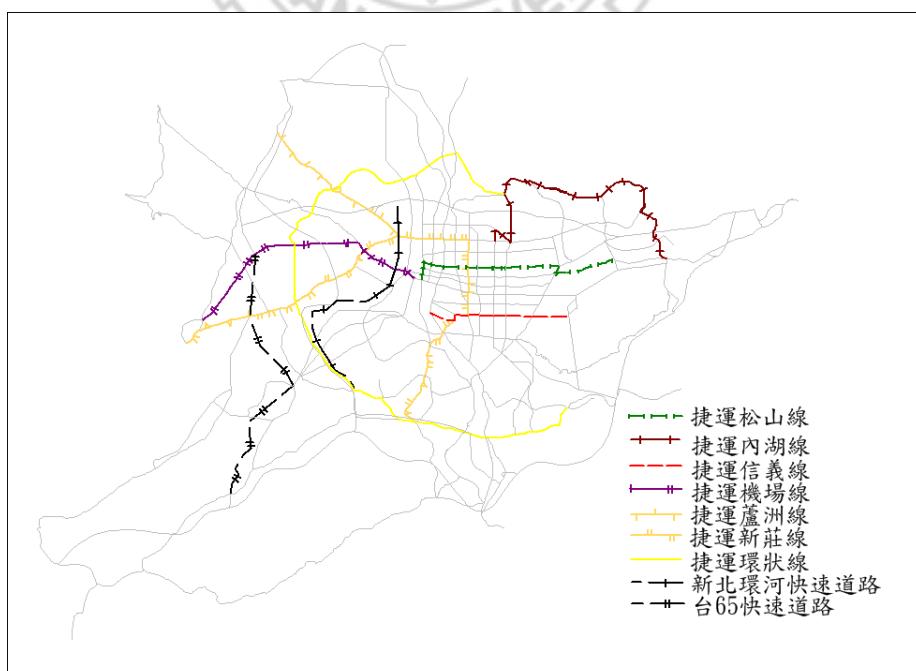


圖 3-2 路網擴充分布圖

3-1 旅次分析模式

都會區旅運需求分析為交通運輸系統歸劃程序中最為重要的部份，傳統的旅運需要模式為程序性旅運需求分析，此模式的建立包分成四個階段，即旅次發生，旅次分配，運具分配與路網指派(Oppenheim,N, 1995)(施鴻志，1984)。本研究參考此規劃原理，將台北縣市之道路交通系統利用 Mapinfo 之 GIS 軟體繪製研究所需之路網，並利用其資料庫功能，輸入道路之屬性並匯出以提供交通空氣污染排放量系統模擬計算時所需之資料。旅次分析模式的 4 個主要程序分別為交通分區設定、路網規劃、旅次分配以及路徑分析，各作業分述如下。

3-1-1 交通分區設定

交通分區設定主要利用所得旅次活動範圍進行交通分區劃分。本研究主要探討的範圍為大台北地區，主要包含台北市 12 個行政區及台北縣，將台北縣分為東、西、南 3 大區，及非研究範圍 1 區，一共劃分為 16 區個交通分區。如圖 3-3 各分區之地理位置。

表 3-1 交通分區編號與節點數量

| | 中 正 區 | 萬 華 區 | 大 安 區 | 信 義 區 | 南 港 區 | 大 同 區 | 中 山 區 | 松 山 區 | 內 湖 區 | 士 林 區 | 北 投 區 | 文 山 區 | 新 北 市 東 區 | 新 北 市 西 區 | 新 北 市 南 區 | 區 外 | 總 計 |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|--------|
| 分區編號 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | |
| 節點數 | 15 | 5 | 15 | 8 | 8 | 13 | 26 | 9 | 15 | 8 | 7 | 12 | 5 | 46 | 13 | 12 | 217 |

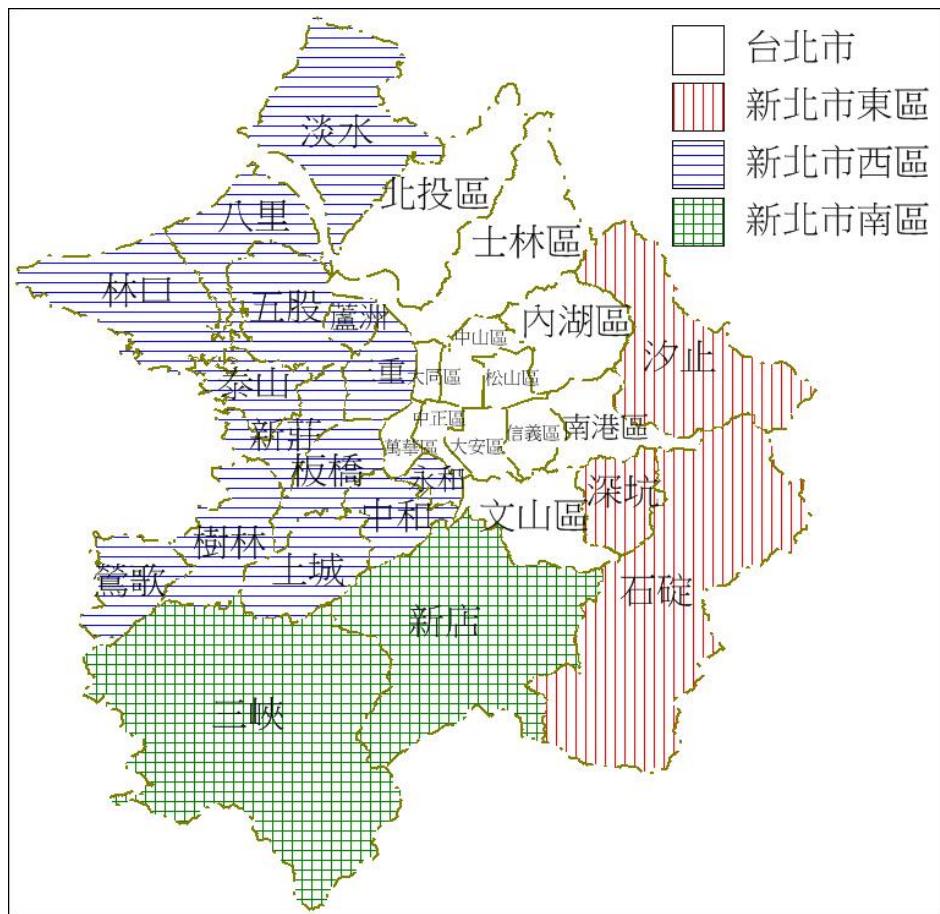


圖 3-3 本研究交通分區圖

3-1-2 路網規劃

路網規劃主要目的為整理研究區域內之道路。主要工作包括：道路選擇、地圖繪製、節點設定及編號、路段資料輸入等。利用 MapInfo 繪製路網、標定節點、計算節點座標及路段長度，並以其資料庫功能，整理模式所需之道路相關資料，包括各路段之起點、迄點、路長、路寬、可行運具等。

本研究擴充新北環河快速道路、台 65 快速道路和捷運內湖線、信義線、機場線、蘆洲線、新莊線、環狀線。目前採用大台北地區 76 條主次要幹道、17 條高架道路、10 條捷運路線，包含 217 個節點組合成 380 條路段之路網。主要分布資料如圖 3-4 及表 3-2。



圖 3-4 本研究探討之道路路網

表 3-2 本研究所選用之道路

| 平面道路(74 餘條) | | 高架道路(13 條) | 捷運路線(11 條) |
|-------------|-------|------------|------------|
| 八德路 | 松江路 | 中山高速公路 | 捷運淡水線 |
| 大度路 | 長安東西路 | 北部第二高速公路 | 捷運新店線 |
| 大業路 | 信義路 | 水源快速道路 | 捷運板南線 |
| 中山南北路 | 南京東西路 | 環河南北快速道路 | 捷運木柵線 |
| 中正路 | 南港路 | 環東快速道路 | 捷運中和線 |
| 中華路 | 研究院路 | 洲美快速道路 | 捷運內湖線 |
| 仁愛路 | 重慶南北路 | 信義支線快速道路 | 捷運信義線 |
| 內湖路 | 基隆路 | 市民高架道路 | 捷運新莊線 |
| 木柵路 | 康寧路 | 新生高架道路 | 捷運蘆洲線 |
| 北安路 | 提頂大道 | 建國高架道路 | 捷運機場線 |
| 民生東西路 | 復興南北路 | 基隆路高架道路 | 捷運環狀線 |
| 民權東西路 | 敦化南北路 | 提頂路高架道路 | 捷運松山線 |
| 民族東西路 | 新生南路 | 八里-新店快速道路 | |
| 向陽路 | 撫遠街 | 新北環河快速道路 | |
| 成功路 | 興隆路 | 台 65 線快速道路 | |

| | | | |
|-------|-------|--|--|
| 辛亥路 | 羅斯福路 | | |
| 和平東西路 | 松山路 | | |
| 忠孝東西路 | 松德路 | | |
| 承德路 | 禮明街 | | |
| 新店復興路 | 新店中正路 | | |
| 北宜路 | 新店北新路 | | |
| 新店中興路 | 新店安和路 | | |
| 永和中正路 | 永和路 | | |
| 中和路 | 中和景平路 | | |
| 中和中正路 | 安康路 | | |
| 三重新新路 | 三重三和路 | | |
| 集賢路 | 板橋四川路 | | |
| 縣民大道 | 板橋中山路 | | |
| 板橋文化路 | 板橋民族路 | | |
| 板橋民權路 | 板橋民生路 | | |
| 新莊思源路 | 成泰路 | | |
| 新莊中正路 | 新莊中山路 | | |
| 新五路 | 新樹路 | | |
| 大安路 | 土城中央路 | | |
| 樹林中正路 | 泰林路 | | |
| 鶯歌中正路 | 三峽中正路 | | |
| 鶯歌復興路 | 三峽介壽路 | | |

3-1-3 旅次分配

旅次分配主要針對了解某交通分區的旅次發生，各交通分區間旅次移動的空間分布型態，亦即產生日標區域各時段節點間之旅次活動量，依據現有之旅次起迄空間分布型態與影響分布的變數，來協助規劃預測未來之旅次空間分布，作為交通規劃之依據。

各區旅次移動狀況引用台北市政府捷運工程局於民國 99 年所建立之旅次行為資料庫。此資料庫為對大台北都會區進行家戶旅次行為調查後，依此調查資料進行趨勢分析與未來預測之分析結果而成。其資料內容僅對 9000 戶進行調查，為使其資料能較為合理的推測旅次現況，便將之乘以內政部統計處所公布之新北

市與台北市各區人口成長比例係數外推而得。其起迄矩陣如表 3-3 所示。

利用表 3-4 與表 3-5 之出發到達時間比例將旅次分配成一日 24 個時段，再將每一時段各交通分區之旅次平均分配至該區各節點，外縣市之旅次則分配至 14 條聯外道路的 14 個入口節點，藉此產生路網中點對點之旅次活動量。

$$T_{Z_i N_k / Z_j N_m} = T_{Z_i / Z_j} \times P_{Z_i N_k} \times P_{Z_j N_m} \dots \dots \dots \quad (3.1)$$

其中 $Z_i N_k$ 為交通分區 Z_i 之第 k 個節點，為由交通分區 Z_i 至 Z_j 之旅次量，為由交通分區 Z_i 出發之旅次中節點 $Z_i N_k$ 所佔之比例，為到達節點 $Z_j N_m$ 之旅次量佔到達 Z_j 旅次之比例，為由節點 $Z_i N_k$ 至 $Z_j N_m$ 之旅次量。在本研究中，各區內之出發及到達旅次被平均分配至各點，即同一交通分區內各節點之旅次比例同相。

$$P_{Z_i N_k} = \frac{1}{A_{Z_i}} \dots \dots \dots \quad (3.2)$$

其中 A_{Z_i} 為交通分區 Z_i 之節點數。



表 3-3 各交通分區間出發即到達屢次矩陣

| O/D | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|-----|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|
| 1 | 91756 | 107713 | 20962 | 15285 | 7424 | 7436 | 13219 | 6492 | 5311 | 7819 | 6934 | 10623 | 2617 | 74265 | 14162 | 8690 |
| 2 | 107713 | 126446 | 24608 | 17943 | 8715 | 8729 | 15518 | 7621 | 6235 | 9179 | 8140 | 12470 | 3072 | 87181 | 16625 | 10202 |
| 3 | 21528 | 25273 | 199816 | 145699 | 70768 | 12636 | 22465 | 31406 | 23401 | 11750 | 10419 | 21553 | 13653 | 71957 | 20772 | 14314 |
| 4 | 15698 | 18428 | 145699 | 106239 | 51602 | 9214 | 16380 | 22900 | 17063 | 8567 | 7597 | 15716 | 9956 | 52469 | 15147 | 10437 |
| 5 | 7675 | 8951 | 70768 | 51602 | 25064 | 4475 | 7956 | 11123 | 8288 | 4161 | 3690 | 7633 | 4836 | 25485 | 7357 | 5070 |
| 6 | 7648 | 8978 | 12636 | 9214 | 4475 | 51709 | 91927 | 14779 | 9237 | 12973 | 11505 | 5080 | 2725 | 46751 | 6274 | 8447 |
| 7 | 13597 | 15962 | 22465 | 16380 | 7956 | 91927 | 163426 | 26274 | 16421 | 23064 | 20453 | 9032 | 4845 | 83112 | 11154 | 15017 |
| 8 | 692 | 7621 | 32022 | 23349 | 11341 | 14779 | 26274 | 155234 | 16678 | 10199 | 9045 | 8980 | 6641 | 45217 | 7938 | 10765 |
| 9 | 5311 | 6235 | 23401 | 17063 | 8288 | 9237 | 16421 | 16678 | 279677 | 12239 | 10854 | 6415 | 23798 | 30965 | 3775 | 15872 |
| 10 | 7819 | 9179 | 12729 | 9281 | 4508 | 13218 | 23499 | 10199 | 12239 | 190638 | 169056 | 5440 | 2006 | 52145 | 5491 | 14471 |
| 11 | 6934 | 8140 | 11288 | 8231 | 3998 | 11722 | 20839 | 9045 | 10854 | 169056 | 149917 | 4824 | 1779 | 46242 | 4869 | 12833 |
| 12 | 10623 | 12470 | 20937 | 15267 | 7415 | 5542 | 9853 | 8980 | 6415 | 5440 | 4824 | 230926 | 5598 | 28430 | 41430 | 7932 |
| 13 | 2617 | 3072 | 14110 | 10289 | 4997 | 3068 | 5454 | 7593 | 23798 | 2006 | 1779 | 6550 | 195368 | 10709 | 3690 | 80284 |
| 14 | 72706 | 83351 | 55725 | 40633 | 19736 | 48249 | 85776 | 46666 | 32101 | 52825 | 46845 | 26252 | 10709 | 4083758 | 167678 | 352149 |
| 15 | 14162 | 16625 | 21376 | 15587 | 7571 | 6727 | 11959 | 7938 | 3775 | 4824 | 4278 | 42300 | 3690 | 168066 | 360146 | 17211 |
| 16 | 8479 | 9953 | 14090 | 10274 | 4990 | 8001 | 14224 | 8364 | 14736 | 15139 | 13426 | 9571 | 79332 | 357003 | 15953 | 0 |

表 3-4 各時段出發時間之旅次比例

| 時段 | 比例 | 時段 | 比例 |
|-------------|--------|-------------|--------|
| 0:01-1:00 | 0.11% | 12:01-13:00 | 2.80% |
| 1:01-2:00 | 0.04% | 13:01-14:00 | 2.36% |
| 2:01-3:00 | 0.08% | 14:01-15:00 | 2.72% |
| 3:01-4:00 | 0.23% | 15:01-16:00 | 7.94% |
| 4:01-5:00 | 0.76% | 16:01-17:00 | 10.45% |
| 5:01-6:00 | 4.29% | 17:01-18:00 | 8.33% |
| 6:01-7:00 | 16.67% | 18:01-19:00 | 4.30% |
| 7:01-8:00 | 10.06% | 19:01-20:00 | 3.14% |
| 8:01-9:00 | 5.17% | 20:01-21:00 | 3.44% |
| 9:01-10:00 | 4.40% | 21:01-22:00 | 2.18% |
| 10:01-11:00 | 3.03% | 22:01-23:00 | 0.77% |
| 11:01-12:00 | 6.47% | 23:01-0:00 | 0.25% |

表 3-5 各時段到達時間之旅次比例

| 時段 | 比例 | 時段 | 比例 |
|-------------|--------|-------------|-------|
| 0:01-1:00 | 0.19% | 12:01-13:00 | 3.01% |
| 1:01-2:00 | 0.05% | 13:01-14:00 | 2.33% |
| 2:01-3:00 | 0.06% | 14:01-15:00 | 2.33% |
| 3:01-4:00 | 0.18% | 15:01-16:00 | 7.09% |
| 4:01-5:00 | 0.56% | 16:01-17:00 | 8.47% |
| 5:01-6:00 | 2.05% | 17:01-18:00 | 9.75% |
| 6:01-7:00 | 15.14% | 18:01-19:00 | 5.58% |
| 7:01-8:00 | 11.75% | 19:01-20:00 | 3.50% |
| 8:01-9:00 | 6.30% | 20:01-21:00 | 3.33% |
| 9:01-10:00 | 4.57% | 21:01-22:00 | 2.70% |
| 10:01-11:00 | 3.05% | 22:01-23:00 | 1.21% |
| 11:01-12:00 | 6.42% | 23:01-0:00 | 0.38% |

3-1-4 路徑分析

路徑分析主要功能為從路網中尋找出所有旅次從起點至迄點間的最佳路徑及替選之道路，選擇路徑主要原則為經過最少路口及最短路徑總合做為選擇之主要原則，選出 3 條路徑做為該起迄點間之替選路徑。路徑之可行運具組合如表 3-6，另外考慮轉乘狀況，所以每條路徑最多有 17 種組合可提供選擇。因此，對任一起迄點之旅次而言，合併路線和運具共計最多有 51 種選擇，表 3-5 為各運具可行之範圍。

表 3-6 各運具可行範圍

| 運具 | 可行範圍 |
|-----|-------------------------|
| 機車 | 除了高架路段及快速道路以外，其餘路段皆可使用。 |
| 汽車 | 所有路段皆可以使用。 |
| 公車 | 除了高架路段及快速道路以外，其餘路段皆可使用。 |
| 計程車 | 所有路段皆可以使用。 |
| 捷運 | 僅在有捷運系統之路段可使用。 |

表 3-7 各路徑之可行運具組合

| 單一運具 | 兩種組合運具 | 三種組合運具 |
|------|--------|-----------|
| 機車 | 機車轉捷運 | 機車轉捷運轉公車 |
| 汽車 | 汽車轉捷運 | 汽車轉捷運轉公車 |
| 公車 | 公車轉捷運 | 機車轉捷運轉計程車 |
| 計程車 | 計程車轉捷運 | 汽車轉捷運轉計程車 |
| 捷運 | | 公車轉捷運轉機車 |
| | | 公車轉捷運轉汽車 |
| | | 計程車轉捷運轉機車 |
| | | 計程車轉捷運轉汽車 |

3-2 交通空氣污染評估模式

傳統的交通排放模式如 Mobile 著重於污染量計算，將交通條件如車數、車速等視為獨立之輸入變量，而分別輸入模式中計算總排放量，卻忽略這些變量彼此間的相互影響。在本研究中，考慮車數、車速和污染物排放三者之間的互動關係，這些互動因素包括(蔡萬春，2003)：

- 由於都會區內道路容量有限，故道路上運具數量多寡會與行車速度相互影響。
- 各運具數量由使用者決定，運具數量會影響車速，車速又會改變旅行時間，而旅行時間為使用者決定運具種類的一個重要參數。
- 空氣污染物的排放量會隨各運具車速和數量的變化而隨之改變。

交通污染評估模式中，為了反應車速及相關變數對於上路車數的影響，利用運具選擇子模式，在各種交通條件下評估可能之運具分配；車流子模式則引用車流理論分析車輛數目對於車速之影響；而各種運具之數量、車速和污染物 NOx、HC 及 CO 的排放量關係，則以交通排放子模式模擬並計算。最後利用系統動態學之理論及方法，將車速、車數及污染量整合為一隨著時序而彼此互動的模擬模式，評估各種策略對於交通及環境系統所產生的整體影響。整體模式架構如圖 3-5 所示，以下將分別詳細的介紹三種子模式。

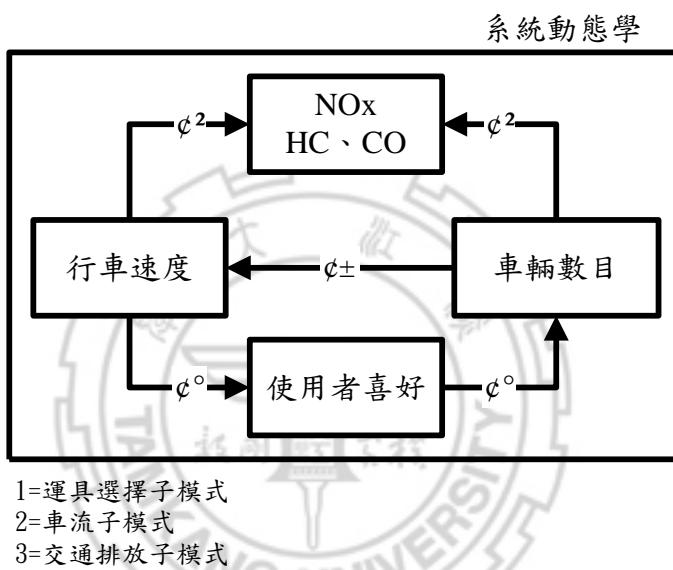


圖 3-5 系統動態學理論架構圖

3-2-1 運具選擇子模式

旅運需求模式依旅次資料運用方式可分為總體需求模式和個體需求模式，個體需求模式由於總體需求模式無法完善的說明旅行者的旅運行為，而成為近年來運具選擇模式之主流。個體需求模式最基本的假設為每一旅行者皆為旅運行為的決策者，故旅運需求模式需能反映個別旅行者之旅運需求(施鴻志，1984)。

個體需求模式之理論基礎來自個體選擇模式，亦稱行為模式，其理論基礎主要來自經濟學的消費者行為理論以及心理學的選擇行為理論(曾國雄，等，1988)。羅吉特(Logit)與普比洛(Probit)模式族系是目前用於個體運具選擇行為最常見之

模式結構，由於普比洛模式非常複雜，所以相關研究多選用羅吉特模式(段良雄，等，1998)。

消費者行為的個體選擇模式以效用函數為出發點，是假設消費者在選擇各種可能的替選方案時，會採用效用最大的原則。

$$U_{it} > U_{jt} \quad j \in A_t, \quad j \neq i \dots \dots \dots (3.3)$$

其中 U_{it} 為替選方案 i 所帶給 t 使用者的效用， A_t 為替選方案之集合。多項羅吉特 (Multinomial Logit, MNL) 之標準模式如下。

$$P(i:A_t) = \frac{e^{U_i}}{\sum_j e^{U_j}} \dots \dots \dots (3.4)$$

其中 $U_i = \sum_a \beta_a X_{ia}$ 為運具 i 之效用， X_{ia} 為解釋變數， β_a 為效用函數係數， $P(i:A_t)$ 則為運具 i 之被選機率。

面臨運具選擇的使用者視為決策者，針對各種目標，如最短旅行時間、最小旅行成本以及最大的舒適程度等，利用效用理論(Kenny,R.L.，1976)評估其對於交通工具的選擇，乃羅吉特運具選擇模式的特色。本研究引用羅吉特模式作為運具選擇子模式之基礎，所使用之變量包括旅行成本與所得之比值、車內旅行時間、車外轉接時間和旅程之比值、以及舒適度。各變量之考量以及設定如下：

[成本／所得]：反映使用者對於運具成本的考慮，包括購車成本、操作成本（油耗、油價、票價、維修保養費），同時和其所得作一比較，因為一般高收入者對於高成本之交通工具的接受會比低收入者高。每月之個人薪資所得為 45,541 元(行政院主計處，2014)。其他各項運具之使用成本 (林國顯，等，2011)(台北市法規查詢，2011)如表 3-8 及表 3-9。另外，在私人運具的操作成本上，燃料成本佔了很大的比例，而油料的消耗和車輛的行駛速度有關，故在模式中引用環保署所公佈的汽機車之耗油係數，汽車耗油係數設定為 8.7 km/L，而機車之耗油係數為 27.89 km/L[TEDS7.1]。耗油係數其倒數乘上目前汽油單價每公升 35 元，即可得該運具每公里之耗油成本，並累加計算之。

表 3-8 運具使用成本

| 項目 | 機車 | 汽車 | 公車 | 計程車 |
|-----------------|--------|---------|----|-----|
| 購車成本(元) | 63,000 | 782,000 | 0 | 0 |
| 終身里程(公里) | 75,000 | 150,000 | 0 | 0 |
| 維修成本(元/公里) | 2.08 | 4.95 | 0 | 0 |
| 停車成本(元/次) | 0.24 | 180 | 0 | 0 |
| 操作成本(元/公里) | 油耗 | 油耗 | 0 | 0 |
| 基本票價(元/1.25 公里) | 0 | 0 | 15 | 70 |
| 計程票價(元/250 公尺) | 0 | 0 | | 5 |
| 計時票價(元/100 秒) | 0 | 0 | | 5 |
| 夜間加成 | 0 | 0 | | +20 |

表 3-9 捷運費率計算表

| 搭乘距離 | 票價 |
|---------------------|------|
| 小(等)於 5 公里 | 16 元 |
| 大於 5 公里小(等)於 8 公里 | 20 元 |
| 大於 8 公里小(等)於 11 公里 | 24 元 |
| 大於 11 公里小(等)於 14 公里 | 28 元 |
| 大於 14 公里小(等)於 17 公里 | 32 元 |
| 大於 17 公里小(等)於 20 公里 | 36 元 |
| 大於 20 公里小(等)於 23 公里 | 40 元 |
| 大於 23 公里小(等)於 27 公里 | 44 元 |
| 大於 27 公里小(等)於 31 公里 | 48 元 |
| 大於 31 公里 | 52 元 |

[車內時間]：反映使用者對於車速之考量，為一般民眾選擇交通工具時的重要因素之一。本研究中之車內時間是由使用者選用之路徑中各路段之長度以及運具車速分段計算，加總成為該運具之車內時間。

[車外時間／距離]：反映使用者對於非旅途中所花費時間之考慮，包括等車時間、步行至車站之時間、步行至停車位之時間、私人運具停車時間等，同時和其至目的地之旅程長短作一比較，因為旅程較遠者較不在乎長時間的等車及停車；相反地，短程旅客對長時間等車及停車之意願較低。各運具使用之車外時間設定如表所示。

表 3-10 運具使用之車外時間

| 項目 | 機車 | 汽車 | 公車 | 計程車 | 捷運 |
|---------|----|----|----|-----|----|
| 等車時間(分) | 0 | 0 | 班距 | 10 | 班距 |
| 走路時間(分) | 0 | 15 | 10 | 10 | 10 |
| 停車時間(分) | 0 | 30 | 0 | 0 | 0 |

[舒適度]：傳統之運具選擇模式著重於以民眾意向之調查，評估民眾使用運具之喜好。調查結果經迴歸分析後仍存在一常數項，故此常數項可視為民眾對該交通工具選擇的主觀差別與成見之效用函數，因此以舒適度來取代使用者對選擇各種交通工具間之差別的主觀感受之效用函數(葉嘉純，2003)。模式之效用函數係數引用文獻(段良雄，等，1998)之調查結果並據以計算舒適度之係數，如表所示。

表 3-11 運具選擇子模式之效用函數係數

| 變數 | 變數單位 | 係數 | 係數值 |
|---------|-----------|------------|--------|
| 成本/所得 | NT/NT1000 | β_1 | -0.466 |
| 車內時間 | Minute | β_2 | -0.057 |
| 車外時間/距離 | Minute/Km | β_3 | -0.145 |
| 舒適度 | | β_4 | 1 |
| 空間因素 | | β'_1 | -0.500 |
| 駕駛因素 | | β'_2 | -1.372 |
| 天候因素 | | β'_3 | -0.314 |

本模式影響舒適度的考慮變數包括天候因素、駕駛因素及空間因素，以下分別對此三項說明。

1. 天候因素：為天氣影響對使用該交通工具時的改變程度，主要針對機車的使用者必須受到日曬雨淋之影響。
2. 駕駛因素：為使用者在選用該運具時必須花費心思和體力駕駛的缺點，顯示出搭乘大眾運輸工具使用者不用勞神費力的優點。
3. 空間因素：為使用者使用交通工具時，運具車內擁擠程度，針對大眾運輸工具共用之擁擠缺點與私人運具的舒適及隱私。

因大眾運輸工具包括公車、計程車及捷運，且其考慮公車及捷運有固定班次及計程車司機的喜好係數，故其車數並非由使用者決定，當發生過多使用者選用時會產生超載情形，因此模式中有運具在分配機制，即當產生過超載之使用者依其他運具之效用選擇其他運具。總效用的計算架構如圖 3-6 所示。

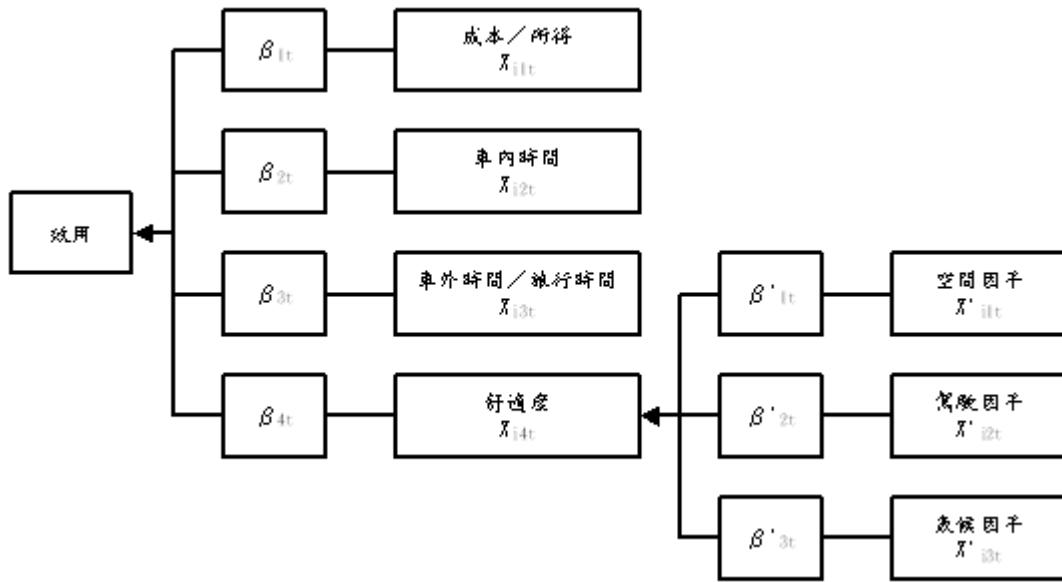


圖 3-6 效用函數架構

3-2-2 車流子模式

流量的基本特性主要以流量、密度及速度三個基本要素來描述車輛行進的特性(梁祖全，2002)。本研究所採用的車流特性模式為 Underwood 模式，其模式為一指數曲線，其特色為車速隨著車流密度增加遞減且永遠不會為零，此現象較符合實際狀況(楊文龍，2001)，引用 Underwood 模式為基礎設計車流子模式之計算函數，並據此分別計算各運具之車速。於模式中使用之函數如下所示(Gerlough,D.L et al. , 1975)：

$$V_i = V_{f(i)} \times e^{\left(\frac{-K}{C_i K_{m(i)}}\right)} \quad \dots \dots \dots (3.5)$$

$$K = \frac{\sum_i^3 C_i A_i}{L_r} \quad \dots \dots \dots (3.6)$$

其中 $V_{f(i)}$ 為運具 i 之自由速率 (free-flow speed) (km/hr) , $K_{m(i)}$ 為個別最大流量密度 (optimum density) (輛/km) , C_i 為運具 i 之當量 , A_i 為該路段運具 i 之數量(輛) , L_r 則為路段長度(km)。本研究則引用其函數型態以連結在特定道路寬度下，各運具數量和車速間之關係。由於傳統以流量計算旅行時間的運輸需求模式

有重覆計算旅次的現象，故本研究改以密度計算車速，並配合路段長度求出旅行時間。另外，以文獻(郭敏能，1976)之方法設計一飽和密度(saturated density)，定義為單位路段所能容納的最大車輛數，並據此計算最大流量密度。

$$K_{m(i)} = \frac{K_{s(i)}}{e} \dots \dots \dots (3.7)$$

$$K_{s(i)} = \left[\frac{W_r}{W_{m(i)}} \right] \times \left[\frac{1000}{L_{m(i)}} \right] \dots \dots \dots (3.8)$$

其中 $K_{s(i)}$ 為運具 i 之飽和密度， W_r 為路寬(m)， $W_{m(i)}$ 和 $L_{m(i)}$ 則分別為運具 i 之動態長度及寬度(m)。圖 3-7 是由上述理論所繪製之車速和總密度之關係圖。

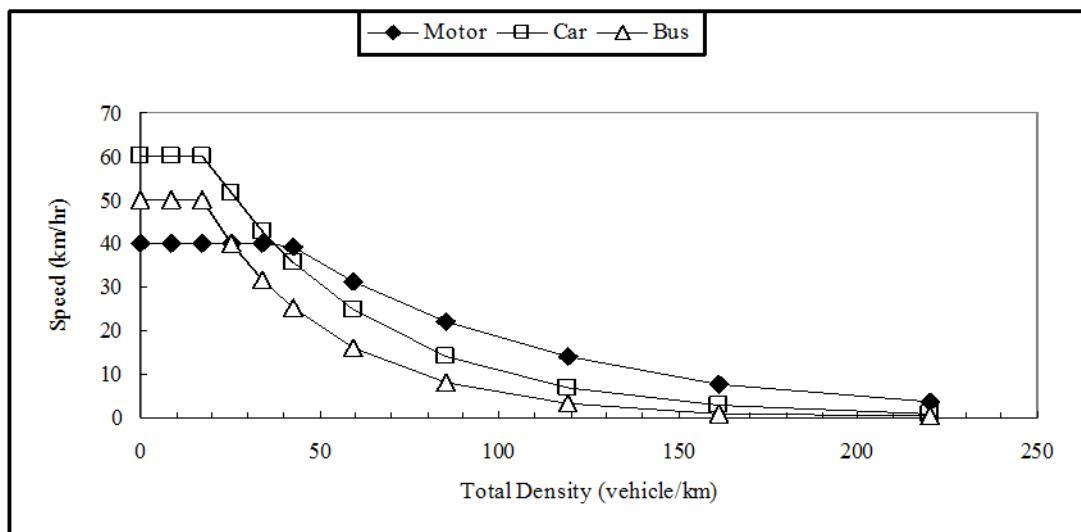


圖 3-7 三種交通工具之數量和其速度關係圖

在模式應用方面，當各起迄點之旅次決定其使用路徑及運具後，私人運具使用者數量除以平均載客率而得車數，運具數量依據路段面積比例被平均分配並累加至各個路段。公車之數量以目前台北市之公車路線數乘上每小時發車次數而得之總上路數量，再按道路面積比例平均分配至各路段。計程車之數量則以前一天之司機效用計算該時段之總車數，最大車數為 50,000 輛，再依需求量分配至各路段。據此計算出各路段之各運具車數。

每一路段之各運具車數採用傳統之三種運具當量，將機車及公車分別依 0.3 及 2.5 之當量換算成汽車之等似數量，並加總計算成為該路段之車流總密度。而

後以此總密度分別計算三種運具之各別車速。有公車專用道的路段，則將公車獨立行駛於一個車道計算，其中一個車道的寬度設定為 3 公尺，其它運具則使用剩下的路寬。而捷運是採高架或地下軌道設計，其車數及操作均和路面其它運具無關，且不產生任何空氣污染物質，故在車流子模式中不加以計算。

3-2-3 交通排放子模式

交通排放子模式是依據白仁德(白仁德，1989)利用多元迴歸分析建立各污染物之排放模式。其函數型態如下：

$$Y = a + bV + cV^2 \dots\dots\dots(3.9)$$

其中 Y 為污染物排放係數 (g/km)，V 為車速 (km/hr)，a、b、c 則分別為模式係數。本研究將交通運具分為汽車、機車以及公車三類，其中小客車及公車以單一車種計算，而機車則分為二行程機車及四行程機車兩類。其中所引用之排放係數是環保署所公佈以 Mobile-Taiwan2.0 程式所推估「台北縣市 96~110 年車輛排放係數推估結果」[環保署，2013]，研究中採用民國 101 年資料，利用各類車型在不同速度時之排放係數，將這些排放係數及車速帶入式(3.9)以迴歸分析求出模式中的係數 a、b、c。而各種運具之車型比例則依台北市政府所公佈「台北市機動車輛登記數」分別計算之。各種車型比例及模式係數如表 3-11 至 3-13 表所示。

表 3-12 汽車之污染物排放模式係數與車型比例

| 汙染物種類 | 排放係數 | | | Ratio |
|-------|----------|----------|----------|-------|
| | a | b | c | |
| NOx | 0.670173 | -0.02052 | 0.000648 | 1 |
| CO | 15.80103 | -1.35822 | 0.044948 | 1 |
| HC | 15.05195 | -1.94548 | 0.071849 | 1 |

表 3-13 機車之污染物排放模式係數與車型比例

| 汙染物種類 | 排放係數 | | | Ratio |
|-------|----------|----------|----------|-------|
| | a | b | c | |
| NOx | 0.24616 | -0.00825 | 0.000236 | 1 |
| CO | 16.72343 | -1.51293 | 0.047208 | 1 |
| HC | 5.80626 | -0.46831 | 0.014227 | 1 |

表 3-14 公車之污染物排放模式係數與車型比例

| 汙染物種類 | 排放係數 | | | Ratio |
|-------|-------|--------|--------|-------|
| | a | b | c | |
| NOx | 13.08 | -0.366 | 0.006 | 1 |
| CO | 10.66 | -0.516 | 0.01 | 1 |
| HC | 1.14 | -0.037 | 0.0006 | 1 |

污染物排放量與車速關係圖如圖 3-8 至 3-16 所示。由圖中可發現，在 NOx 方面，小客車、機車與公車在時速於 30km/hr、20km/hr、50km/hr 時排放量最低，車速變快或漸慢，NOx 排放量則隨之增加。在 HC 方面，小客車與公車隨著車速增加排放量減少，機車部分則是時速於 80km/hr 時排放量最低。在 CO 方面，三種車輛與污染量分界點則在車速 80km/hr，時速大於 80km/hr 時，污染量隨車速遞增，但增量的幅度不大；小於 80km/hr 時，污染量和車速呈現反比關係。

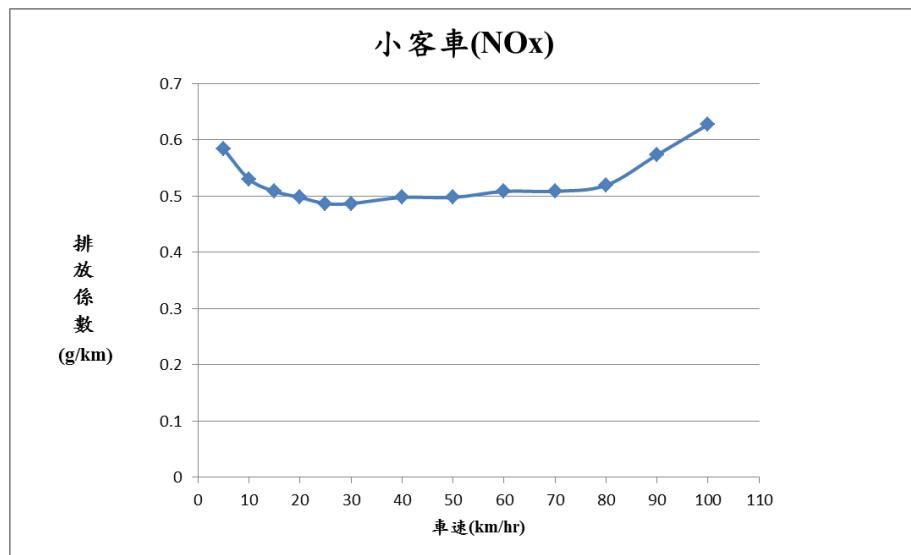


圖 3-8 小客車之 NOx 排放係數和車速之關係圖

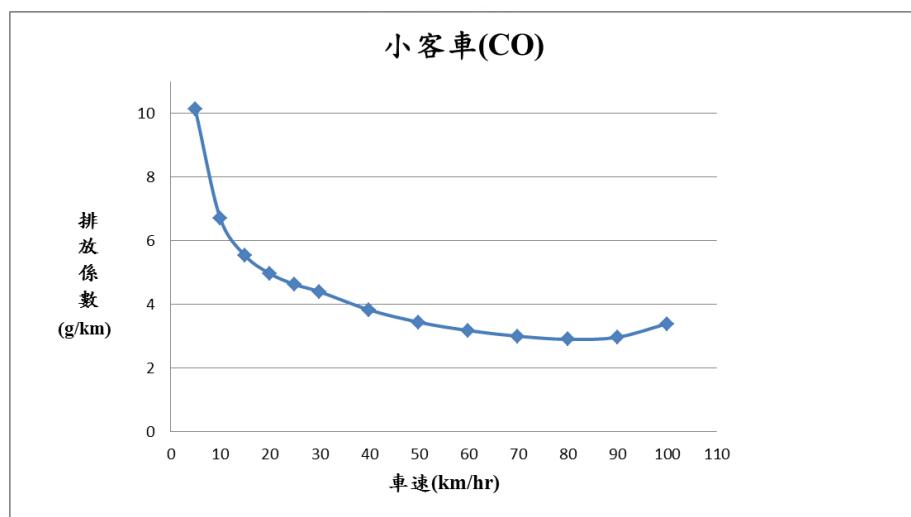


圖 3-9 小客車之 CO 排放係數及車速之關係圖

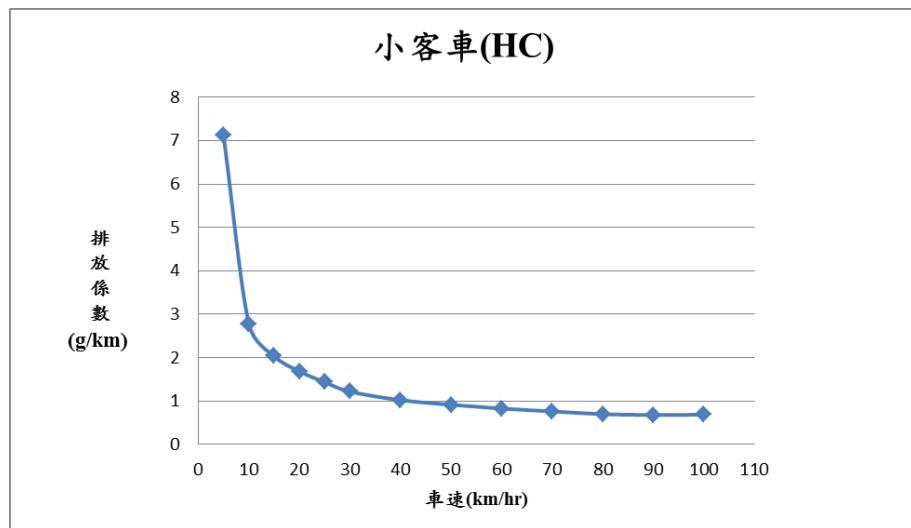


圖 3-10 小客車之 HC 排放係數及車速之關係圖

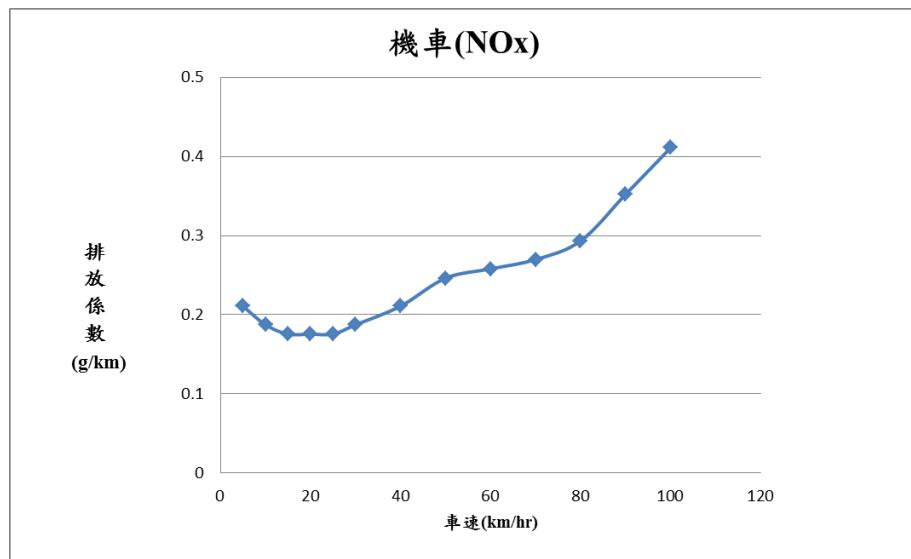


圖 3-11 機車之 NOx 排放係數及車速之關係圖

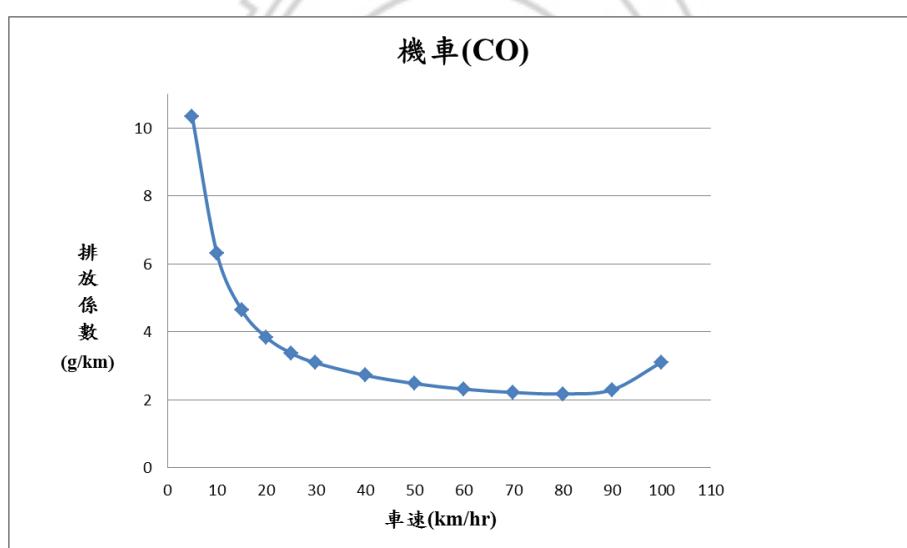


圖 3-12 機車之 CO 排放係數及車速之關係圖

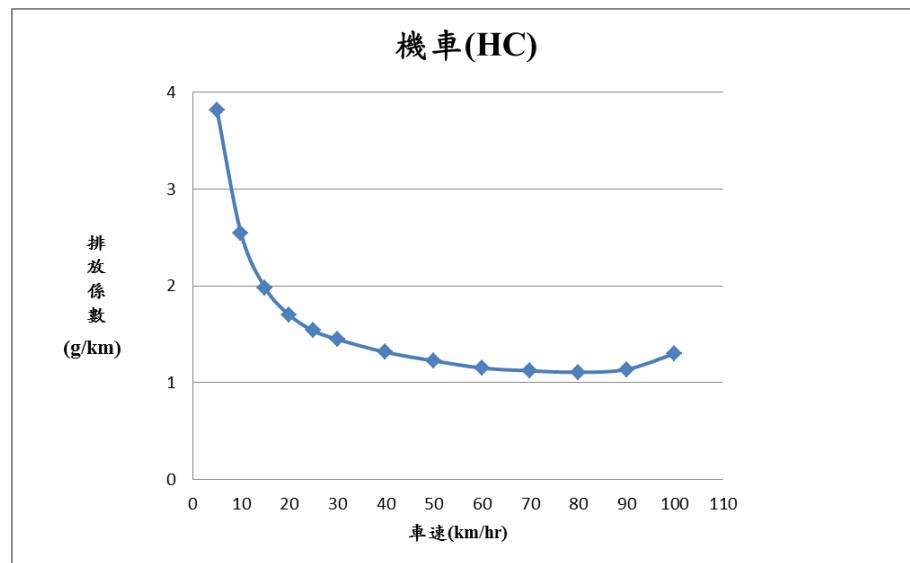


圖 3-13 機車之 HC 排放係數及車速之關係圖

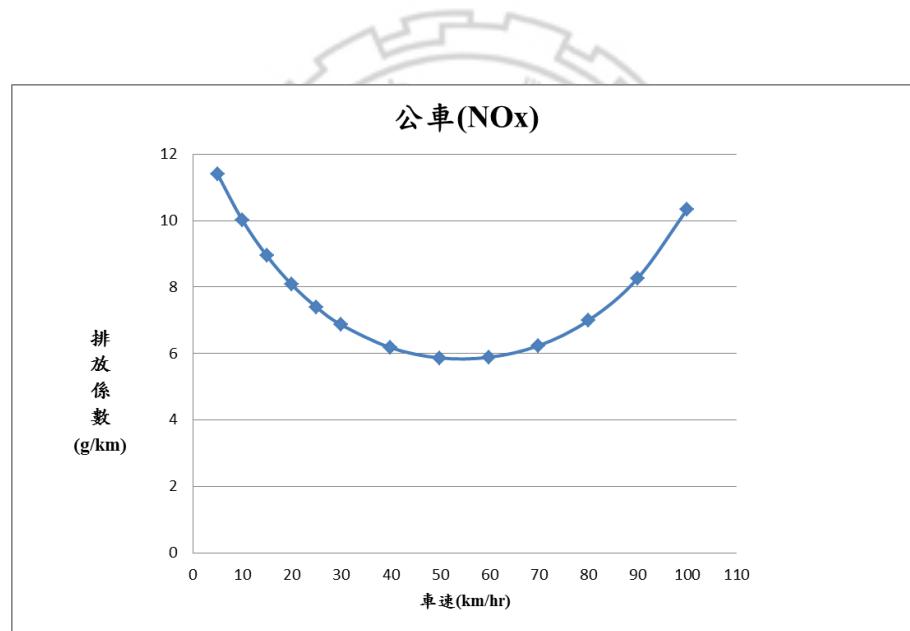


圖 3-14 公車之 NOx 排放係數及車速之關係圖

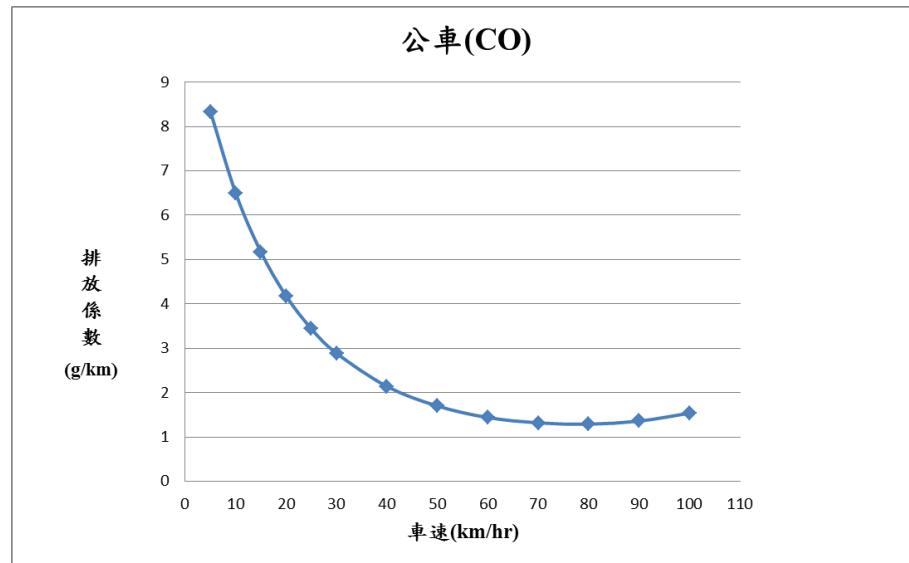


圖 3-15 公車之 CO 排放係數及車速之關係圖

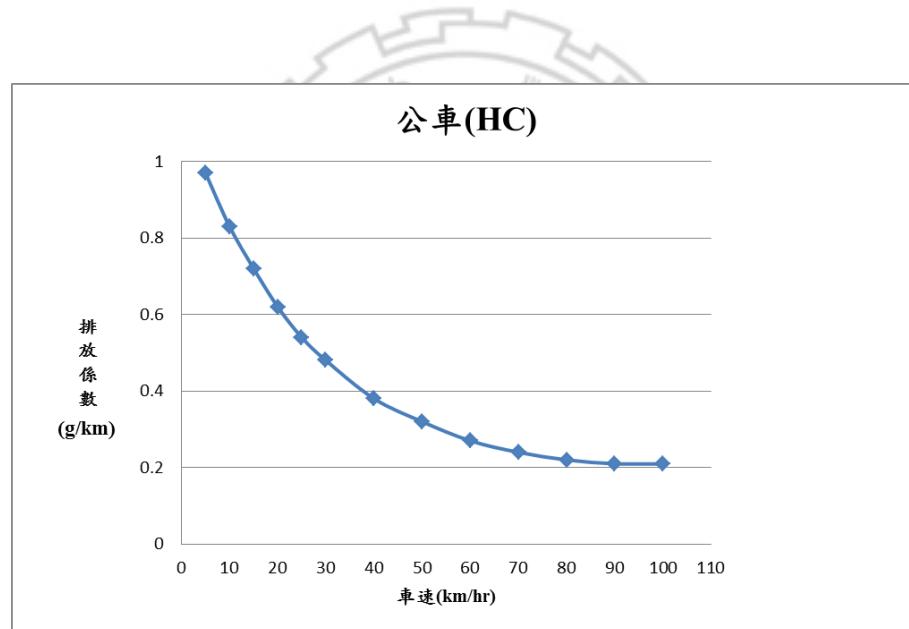


圖 3-16 公車之 HC 排放係數及車速之關係圖

3-2-4 系統動態學

系統動態學(System Dynamics)是在 1956 年由美國麻省理工學院的 Jay W. Forrester 教授，所發展出一套有關企業管理新的管理概念與方法(陶在樸, 1999)，其特色在於在將複雜的系統條理逐一分解，進而將內部單元歸類後利用因果關係將其相互串連，藉此解釋系統內部複雜的動態變化。本研究根據系統動態學方法之一，將系統內部單元列出，以正負號表示其相互間之關係繪製成因果回饋環路

圖。由於本研究中，車速對運具之被選擇及使用率有正面的影響，且運具的使用率增加也將提高道路上之車輛數，故皆為為正性因果關係，但是車輛數增加所造成道路擁擠對車速有負面的影響，故為負性因果關係，此三個元素將構成一負性因果關係回饋環路。本研究之負性因果關係回饋環路如圖 3-17。

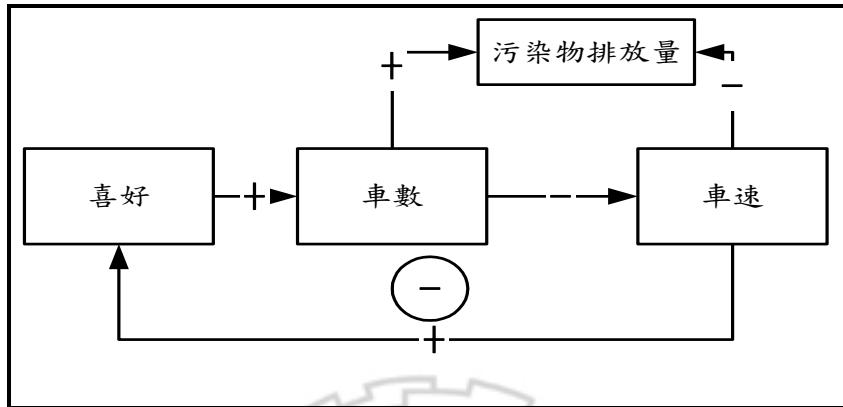
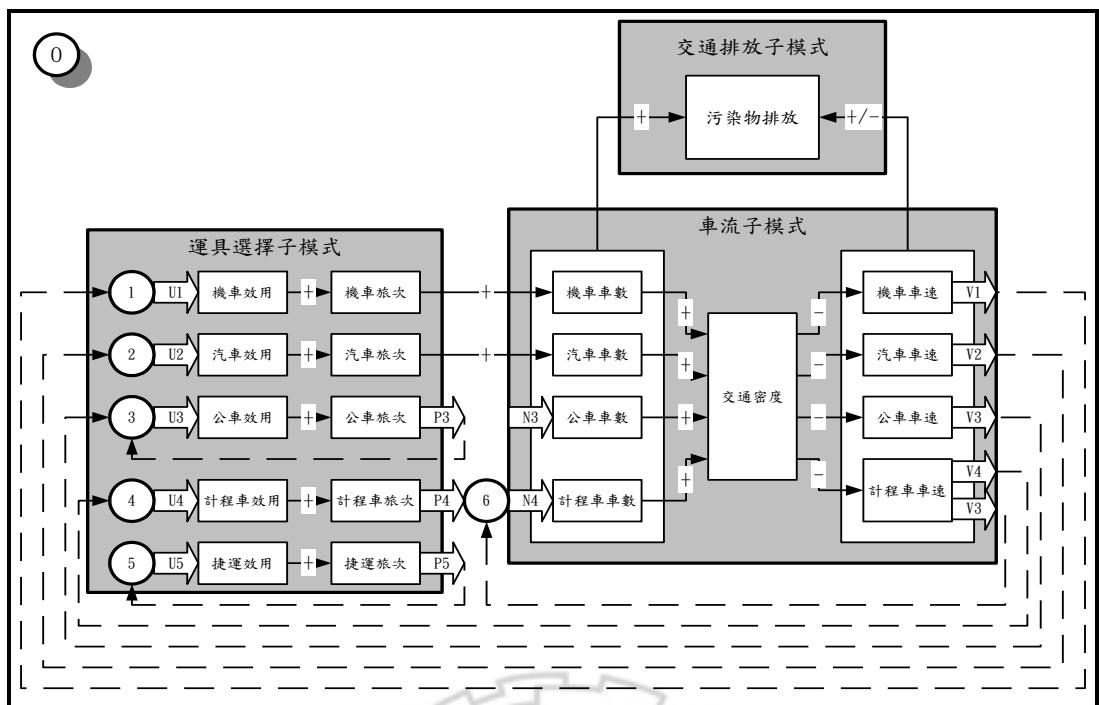


圖 3-17 本研究負性因果回饋環路

就模式整體而言，交通空氣污染物排放量會受到各運具數量以及車速的影響，其系統整體之因果關係回饋圖如圖 3-17。運具之使用者數量和其效用具有正面之因果關係，私人之運具數量由使用者依運具之效用決定，效用越大則使用者愈多，運具數量也隨之遞增；大眾運具工具如公車和捷運之數量由發車頻率決定，雖然其效用和車數無關，但是在固定的車數前題下，使用者數量將回饋影響該運具之效用。計程車之數量則由計程車司機依據其本身之喜好決定，此喜好與載客率、收入及開車成本有關。這些運具數量的總和影響著有限道路容量下之車速，所導致的車速將回饋影響著下一個時序的各運具效用。機車、汽車、公車、計程車、捷運及計程車司機之喜好的效用因果關係圖分別如圖 3-18 至圖 3-24 所示。



3-18 本研究整體因果關係圖

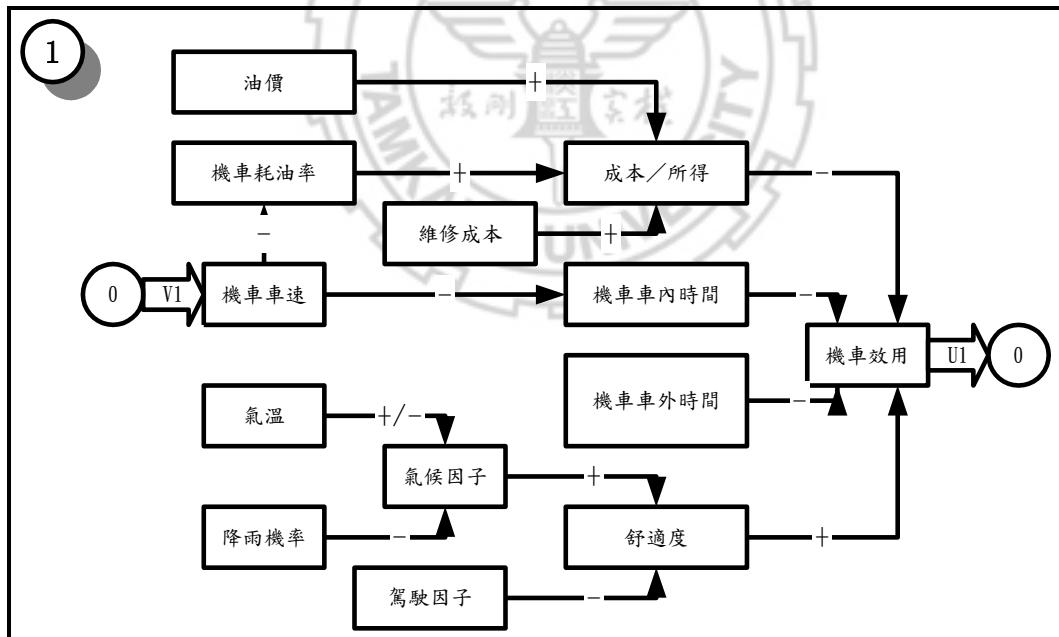


圖 3-19 機車效用關係圖

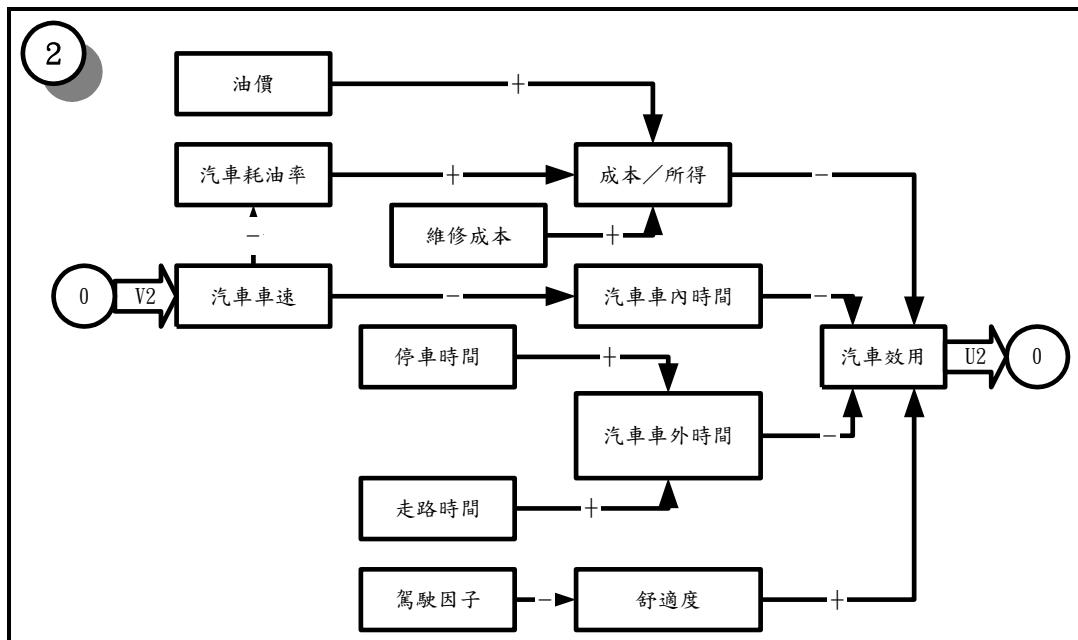


圖 3-20 汽車效用關係圖

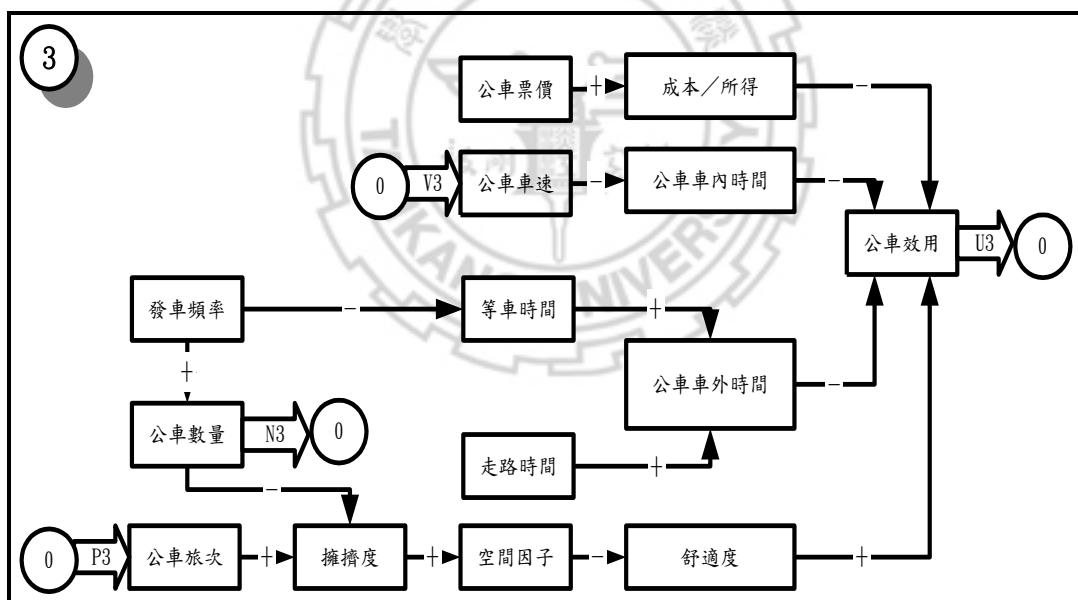


圖 3-21 公車效用關係圖

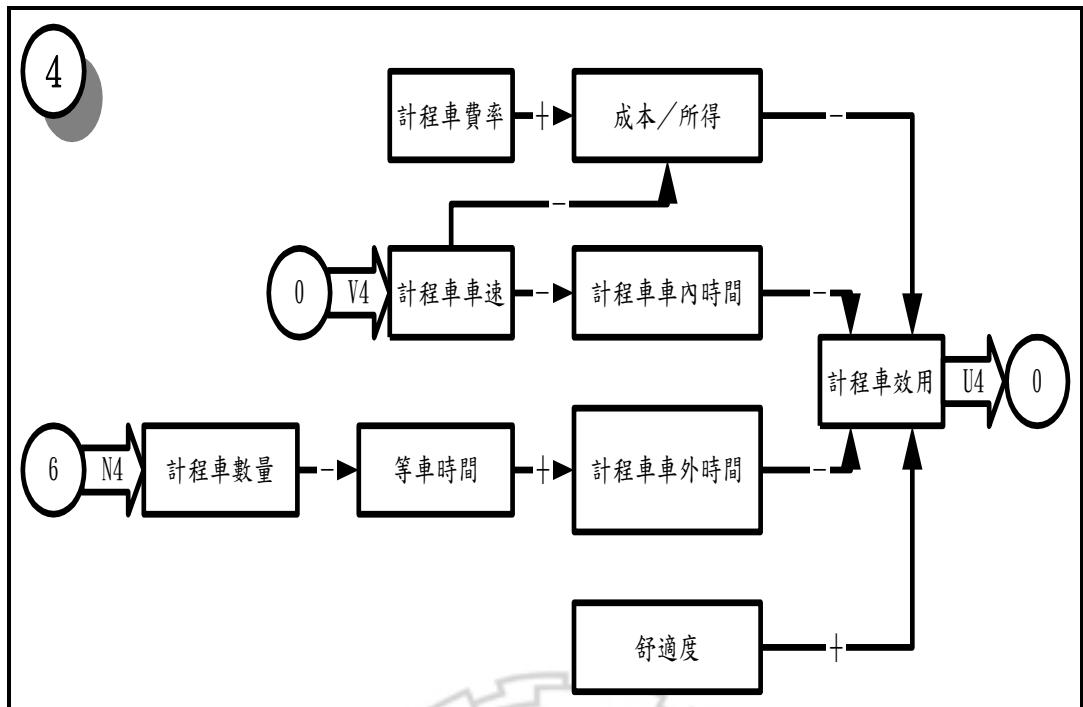


圖 3-22 計程車效用關係圖

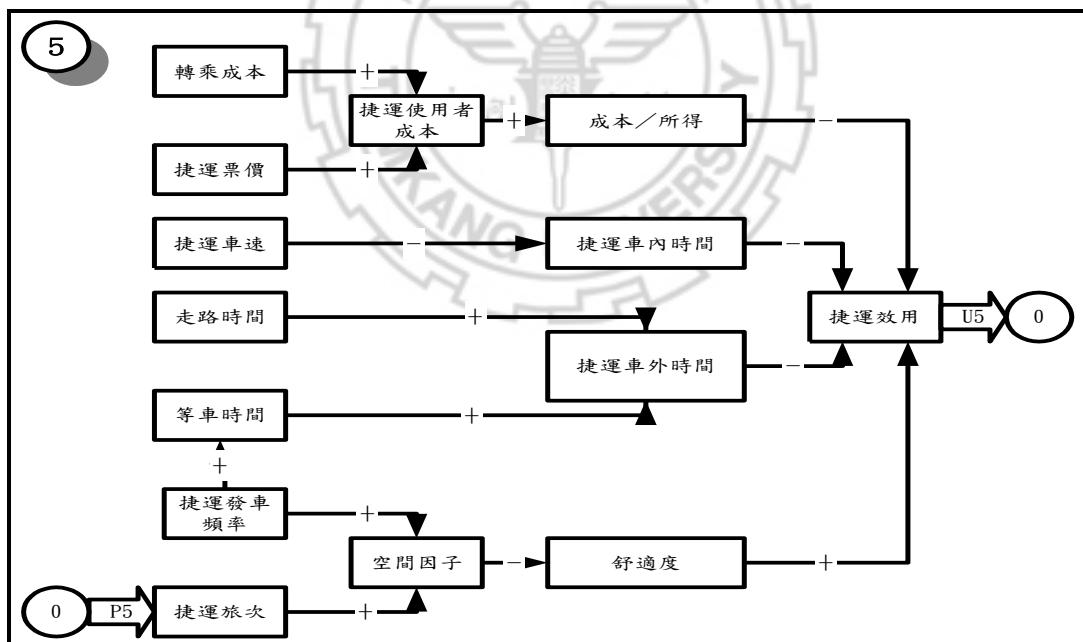


圖 3-23 捷運效用關係圖

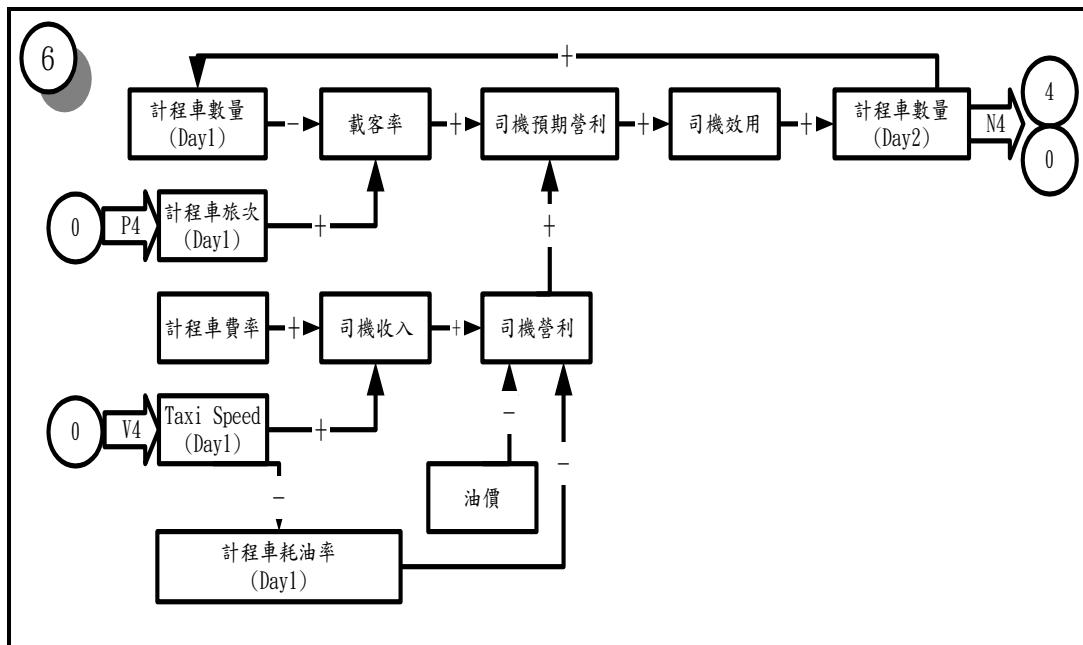


圖 3-24 計程車司機效用關係圖

3-3 系統流程與假設

3-3-1 系統流程

本研究為具有回饋機制之決策支援系統，針對研究區域利用旅次分析模式進行交通分區設定、路網規劃、旅次分配及路徑分析，並將因交通運輸管理策略執行改變之參數設定完成，藉由運具選擇子模式評估旅次運具之分配，同時以車流子模式計算運具分配後各運具之車速，交通排放子模式計算運具及其各自車速所產生的空氣污染排放量。系統中各部分之關連及作業流程如圖 3-25 所示。

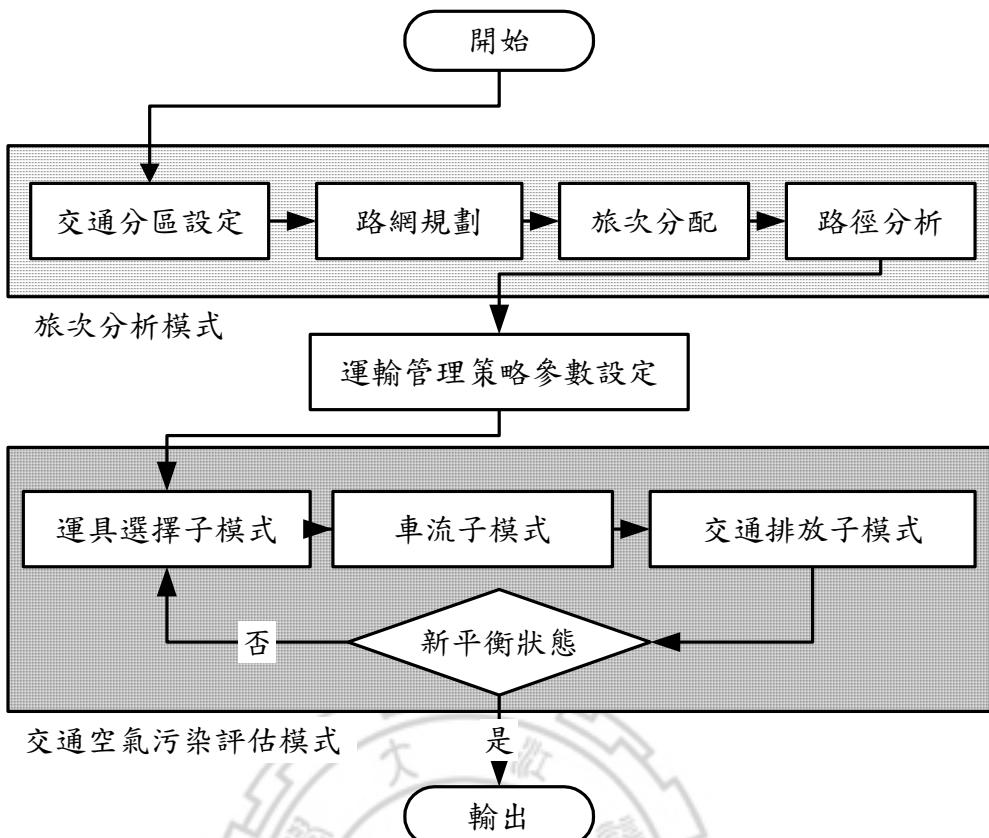


圖 3-25 交通空氣污染減量策略評估系統之作業流程

3-3-2 系統假設條件

決策系統主要由旅次分析及空氣污染評估兩個模式組成，各模式所設定之假設條件分別整理如下：

旅次分析模式部分，主要假設條件如下：

1. 假設相同之交通分區所路網及節點其出發及到達旅次比例皆相同。
2. 假設所有旅次均在同一時段出發及到達，且不考慮跨時段旅次。

空氣污染評估模式部分，主要假設條件如下：

- (1) 旅客出發時間及目的地不變。
- (2) 旅客對於機車及小客車的選擇不受運具持有的限制。
- (3) 旅客的態度不隨時間改變。
- (4) 所有旅客及計程車司機皆為理性決策者，且皆獲得的完整的決策資訊。
- (5) 公車數量均勻分佈於各路段中。

- (6) 各運具之污染物排放量之計算不考慮路口停等狀態之排放。
- (7) 相同車型的運具其耗油排放狀態不變，即不考慮車齡及保養狀態等所造成 的差異。
- (8) 計算車速時，各起迄點上路之運具均勻分佈於路徑中之各路段。
- (9) 各運具旅次量為平日旅運量(不包括六、日及國定假日)。



第四章 結果與討論

4-1 系統驗證與校正

本研究對目前交通建設、都市建設，分別推算其對各運具旅次之分布改變及各運具之數量變化，進而探討未來興建之大眾運輸交通建設對於 NOx、HC、CO 總排放量的影響。

為了驗證模擬結果的合理性與可信度，本研究對系統可靠度進行了幾項驗證，分別為捷運系統旅次校正與各運具旅次分布驗證。

4-1-1 背景值與統計數據比較

捷運系統使用之捷運票卡能準確的統計捷運每日的旅運量紀錄，因此本研究主要以此當作校正依據，以提高評估模式的合理性。

在捷運旅次對系統進行校正部分，台北捷運公司所公布 2013 年捷運每日平均旅運量與模式模擬出之每日捷運旅次相比較，其公布資料平均日運量為 173 萬 8590 人次，而模擬結果為 152 萬 2156 人次，兩者相差 21 萬 6434 人次，誤差約為 12.45%。結果如圖 4-1 所示。

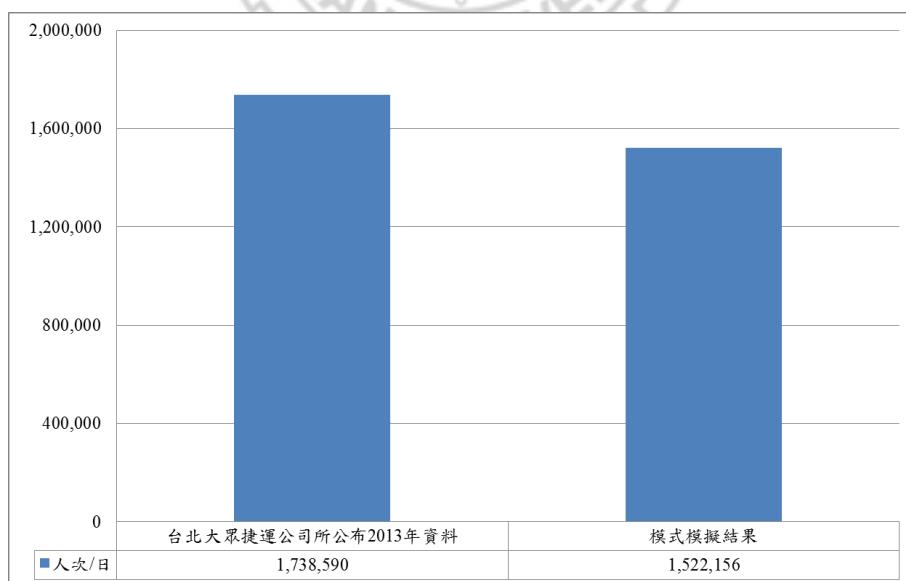


圖 4-1 本研究與捷運公司 2013 年報告之旅運量比較圖

在各運具旅次驗證方面，利用民國 100 年台北市政府捷運工程局所公布之調查報告與模式模擬出的背景值進行比較(台北市政府捷運工程局，2010)。台北市政府捷運工程局之資料是以戶政機關所登記現有住戶作為抽樣母體，以有效樣本 9,000 戶計，整體抽樣率約為母體 0.39%。其各運具旅次分配為：機車旅次為全部旅次的 42%、汽車旅次為全部旅次的 13%、計程車旅次為全部旅次的 1%、大眾運輸旅次為全部旅次的 23%、自行車旅次為全部旅次的 4%、走路旅次為全部旅次的 16%；本研究背景值之各運具旅次分配為：機車旅次為全部旅次的 32%、汽車旅次為全部旅次的 24%、公車旅次為全部旅次的 26%、計程車旅次為全部旅次的 6%、捷運旅次為全部旅次的 12%。在此將自行車、公車、走路皆示為大眾運輸工具。比較結果如圖 4-2 所示，模擬背景值與台北市政府捷運工程局調查資料在機車與大眾運輸旅次部分少了 9.96% 與 5.04%，而汽車與計程車旅次多了 10.64% 與 5.37%。計程車、大眾運輸之誤差值還在可接受範圍，而汽機車方面有此差距推估因進出北市都會區時，連結區內外之道路多以主要道路、高速公路、快速道路為主，故模擬出之汽車車輛較登記車輛數多，但誤差還在可接受範圍內。

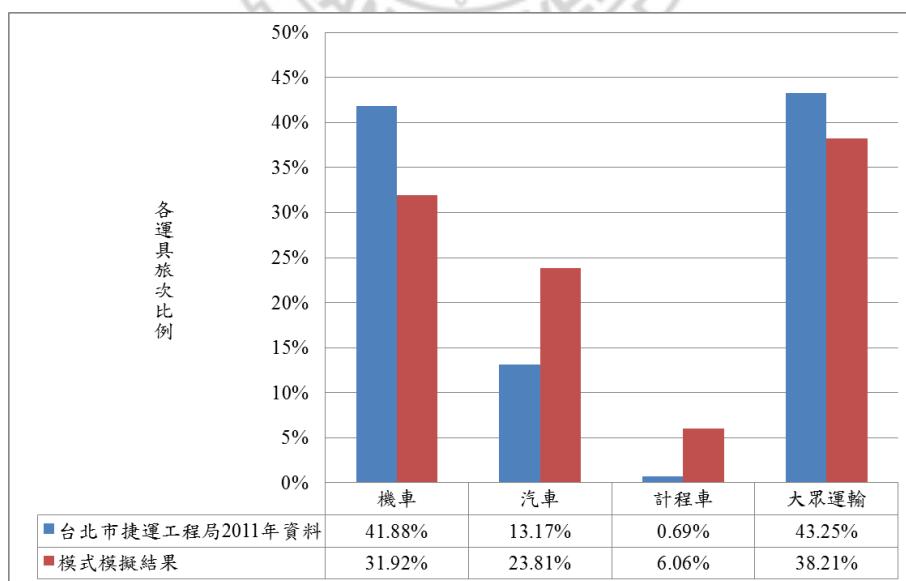


圖 4-2 本研究與台北市政府捷運工程局 2011 年資料之旅次分布比較圖

4-2 各捷運路線背景資料

本研究所評估之大台北地區興建中或規劃中之捷運路線，其完工順序依序為松山線、機場線、環狀線，敘述如下：

松山線：

松山線未來將接續新店線、小南門線，由南港線之西門站西側經中華路接塔城街向北過鄭州路後轉天水路接南京西路、續沿南京西路、南京東路 1 至 5 段，偏向東南轉入八德路 4 段繼續東行至台鐵松山站後站廣場止。計劃路線長約 8.5 公里，沿線設 8 個地下車站（含西門站），全線採地下方式建造。松山線完成後除連接新店線之營運外，並可與南港線、淡水線、新莊線、文湖線轉乘。目前捷運系統工程已於民國 103 年 4 月 1 號起開始穩定性測試前置作業，預定 103 年底前通車。（台北市政府捷運工程局，2013）

機場線：

為連接臺北市與桃園國際機場間之捷運路線，計畫路線由臺灣桃園國際機場第二期航站往東至臺北車站特定專用區，往南經高鐵桃園車站至中壢中豐路與環北路口，全長 51.03 公里，共設 22 個車站。

台北市捷運工程局負責之「三重至臺北段」起自桃園國際機場捷運線三重站南端臨時尾軌，沿三重堤防旁以高架型式配置，過中興橋後利用都市計畫公用事業專用區進入地下，並以潛盾隧道穿越忠孝橋下方後北行，復轉向東穿過淡水河與兩側堤防進入臺北市區，沿市民大道南側經臺北市玉泉公園，穿越西寧北路並與捷運松山線北門站交會後東行，止於臺北車站西側，於地下 3 樓設機場捷運線之臺北站。本路段長約 4.0 公里；主體設施包括：臺北站地下車站 1 座、儲車區、聯合開發共構結構體。第一階段工程將以 104 年底通車為目標。（台北市政府捷運工程局，2013）

環狀線：

環狀線分為兩階段，分別為環狀線第一階段與環狀線北環段及南環段。

1. 環狀線第一階段路線：

環狀線第一階段自新店大坪林站以地下沿新店民權路過中正路後出土續以高架沿中和景平路、中山路、板南路、板橋板新路、縣民大道至板橋火車站、文化路、民生路、新莊思源路、終於五工路（自新店線大坪林站交會站起至新莊新北產業園區段），共 15.4 公里，14 車站(地下 1 站，高架 13 站)，1 座機廠(新店十四張農業區)。目前預定完工年期為 105 年 12 月。

2. 環狀線北環段及南環段路線：

環狀線北環段及南環段路線係銜接第一階段路線，經台北市政府捷運工程局初步檢討建議規劃路線，北環段路線銜接第一階段路線自五工路由高架轉入地下方式續沿五權路、四維路、蘆洲集賢路，循重陽橋經士林社子、中正路、至善路至大直北安路與內湖線劍南路站相交並與捷運南北線接續為止，全長約 14.88 公里，規劃設置 12 座車站，並預定於蘆洲區北側之農業區設置 1 座北機廠，面積約 8.87 公頃；南環段路線自木柵動物園起採地下方式沿新光路穿越山區接秀明路，經政治大學校內四維道，穿越景美溪後行經永安街(或木新路)再接木柵路、穿越景美溪沿遠東工業區旁之防汛道路，續西行於民權路與第一階段路線大坪林站銜接並可轉乘新店線，全長約 5.6 公里，規劃設置 6 座車站（不包括 Y6 大坪林站），採中運量捷運系統以地下方式興建。(台北市政府捷運工程局，2013)

未來環狀線完成後與其他捷運線連結相交形成完整、便捷之捷運路網，捷運路線如圖 4-3 所示。

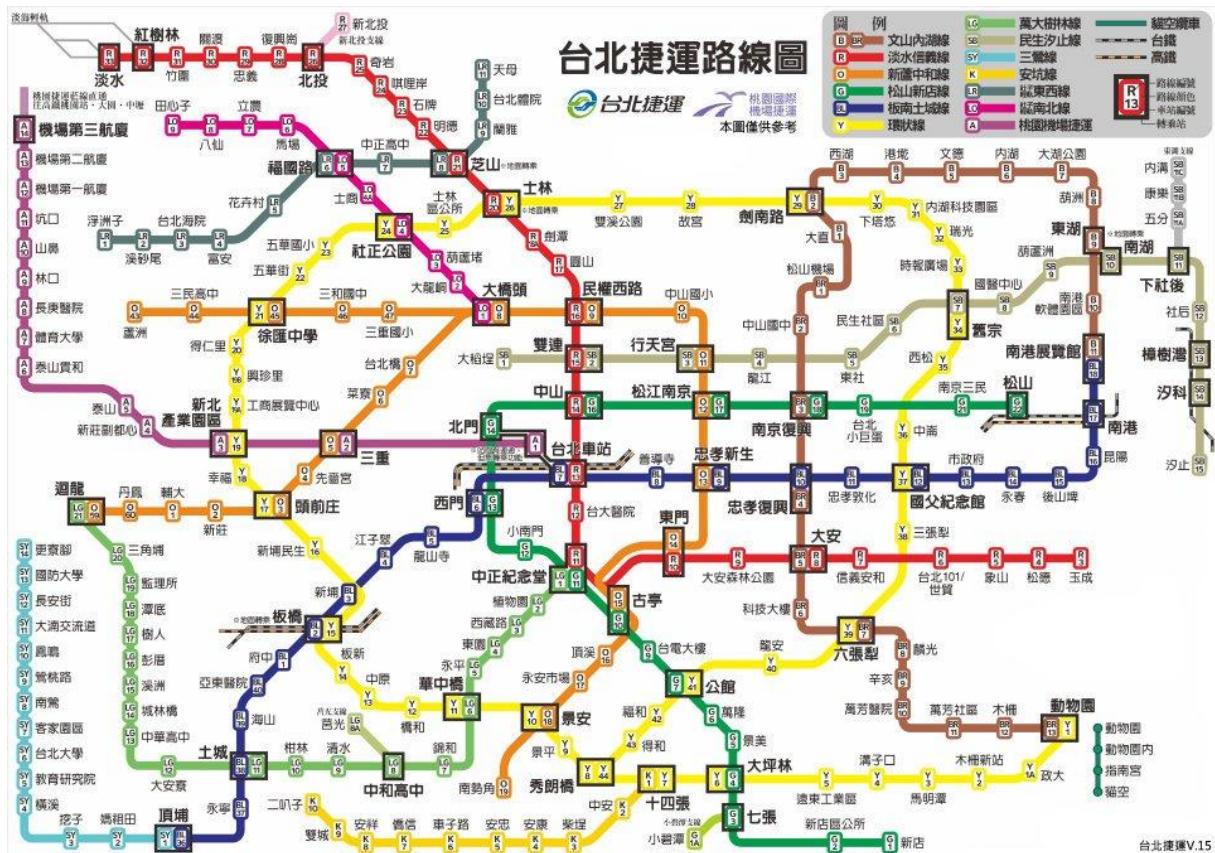


圖 4-3 捷運建設願景圖

4-3 松山線完工前後之比較

本研究評估捷運松山線完工後，在運具旅次分布上，各運具分別佔總旅次比例為：機車佔 31.25%，汽車佔 23.75%，公車佔 26.01%，計程車佔 6.11%，捷運佔 12.88%。在空氣汙染排放方面，NOx、HC、CO 排放總量分別為 48,599.38kg/day、2,362,625kg/day、1,720,290kg/day。松山線完工前後之各運具旅次比例比較如圖 4-4，各運具旅次改變時間分布圖如圖 4-5，各運具數量改變時間分布圖如圖 4-6，機車旅次變化之空間分布圖如圖 4-7，汽車旅次變化之空間分布圖如圖 4-8。

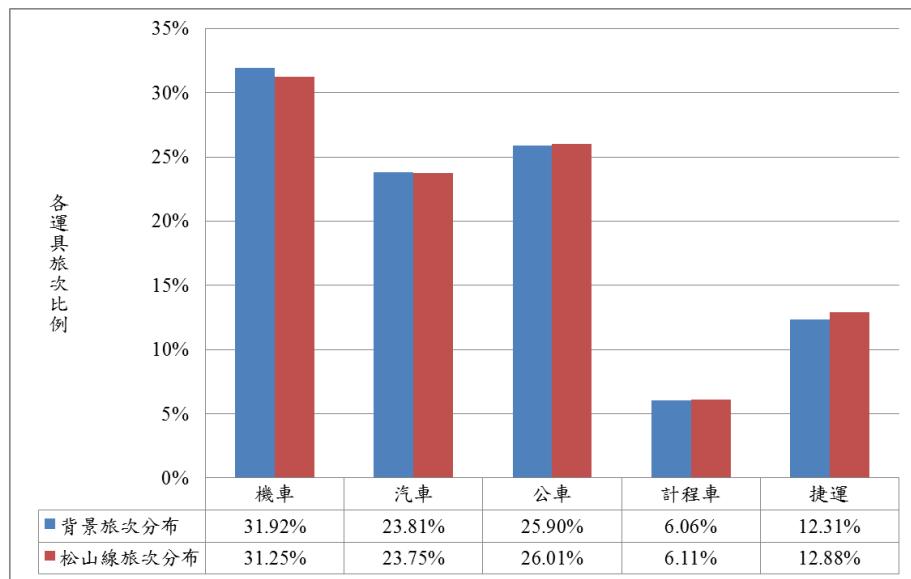


圖 4-4 各運具旅次佔總旅次之比例分布比較圖

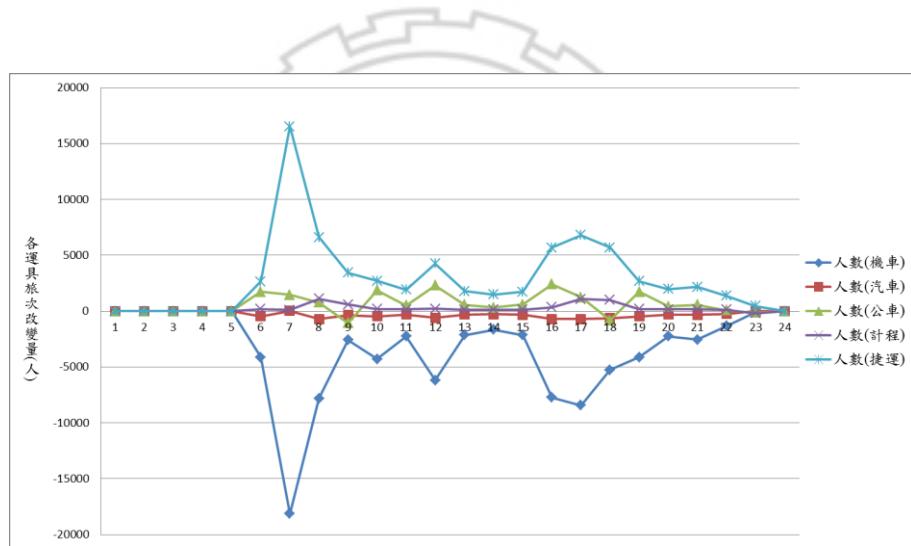


圖 4-5 各運具旅次改變時間分布圖

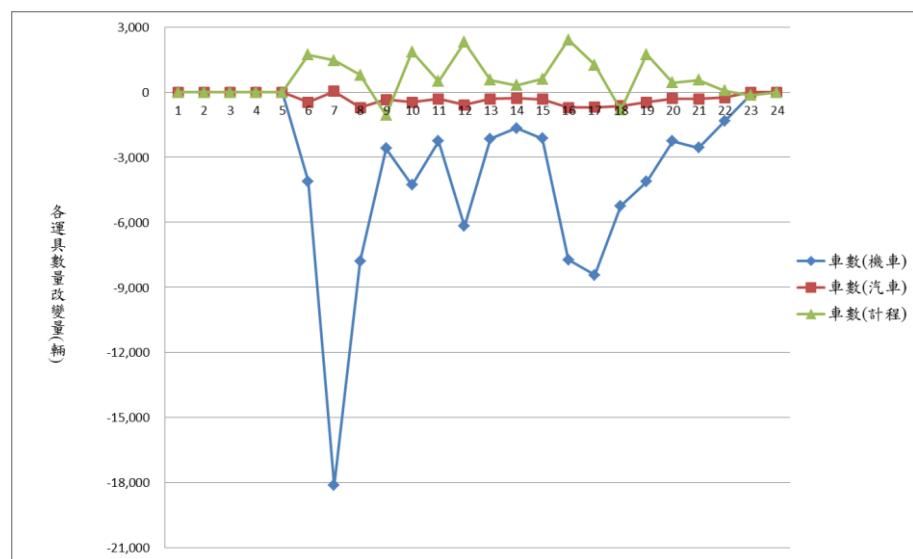


圖 4-6 各運具數量改變時間分布圖

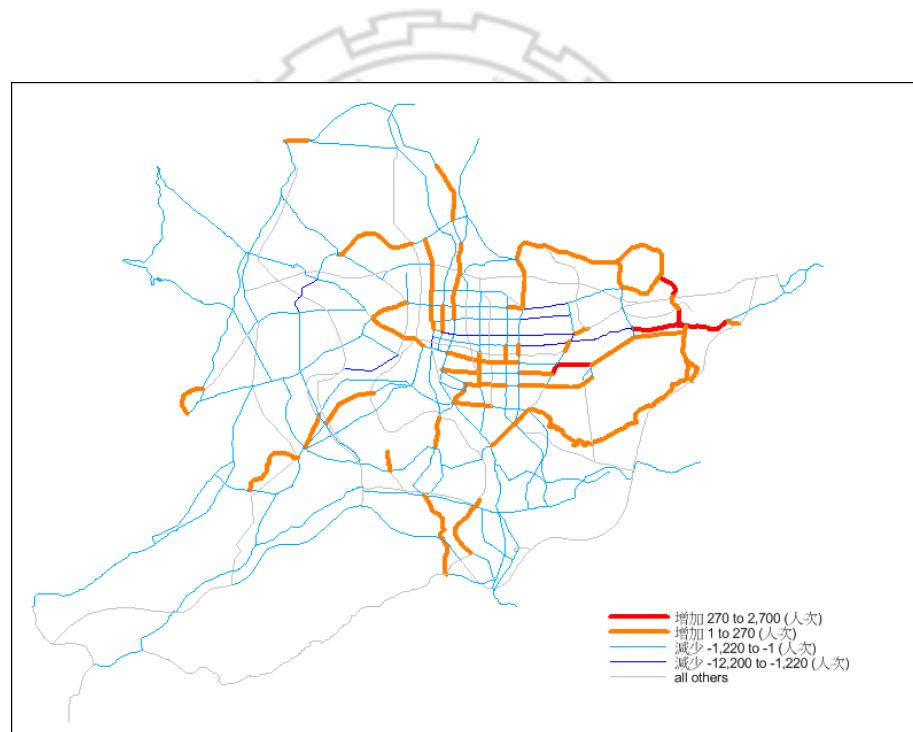


圖 4-7 機車旅次變化之空間分布圖

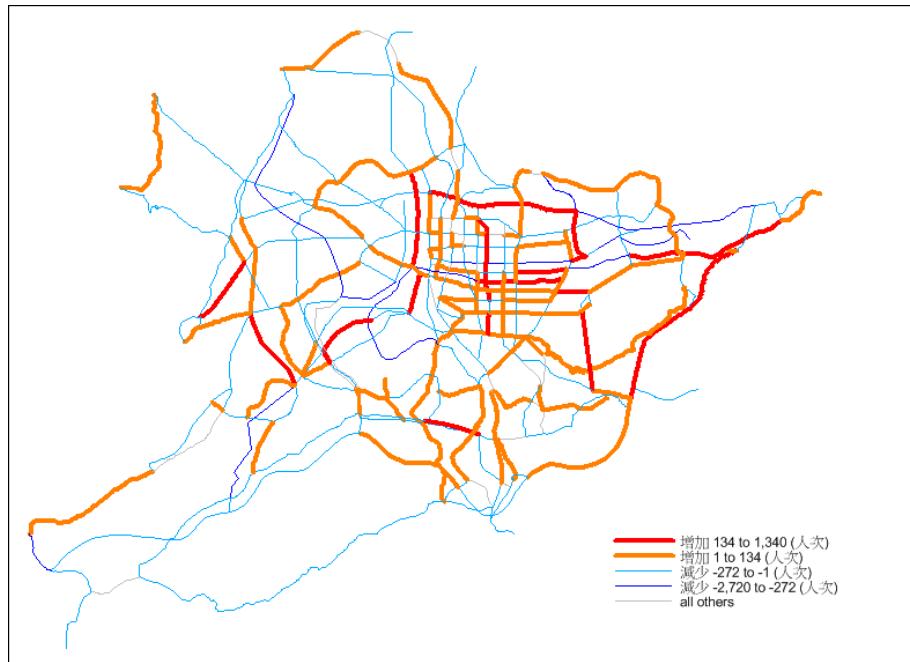


圖 4-8 汽車旅次變化之空間分布圖

由圖 4-4 各運具旅次佔總旅次之比例分布比較圖可以看出選擇捷運、公車、計程車人次各增加了 0.57%、0.12%、0.05%，選擇機車、汽車者分別減少了 0.67%、0.06%，由圖 4-5 各運具旅次改變時間分布圖可以看出在上下班交通尖峰時間搭乘捷運的人數明顯增加，而選用機車人數明顯減少，因轉乘因素，公車部分於上下班尖峰時間也有小幅度增加。主要旅次分布情況如圖 4-7 與圖 4-8，由圖可看出，機車方面在大部分的路段皆為減少，而汽車方面增加的部分大部分為高速公路、高架橋路段和快速道路，一般道路則呈現減少的情形。

在運具數量部份，捷運與公車為固定班次，故在數量上並無任何變化。計程車部份考慮司機喜好，因此在路上行駛之計程車數量並不會因旅次增減有太大的變化，有明顯變化則是機車與汽車的部分。當捷運松山線完工後，在機車數量變化部分，由於捷運的便利性與舒適性，民眾的運具選擇可能轉為搭乘捷運抵達目的地，而放棄搭乘機車，使得機車之使用量降低；而汽車數量變化部分，並無因松山線完工後而有明顯變化，但大部分從一般道路轉移到主要道路、高速公路、高架橋路段和快速道路。

在空氣汙染物排放方面，由表 4-1 比較表可以看出，捷運松山線完工後，NOx、HC、CO 排放總量分別為，48,599.38 kg/day、2,362,625 kg/day 和 1,720,290 kg/day，相較尚未興建時，NOx 增加了 42.84 kg/day，HC 增加了 5,449 kg/day，CO 減少了 207 kg/day。圖 4-9 至圖 4-11 為松山線完工前後，各運具於各時段污染排放量變化分布圖。圖 4-12 至 4-14 為 NOx、HC、CO 兩種汙染物於大台北地區各路線汙染物排放變化之空間分布圖。

表 4-1 捷運松山線完工後各污染物之排放總量比較表

| | NOx | | HC | | CO | |
|-----|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
| | 排放總量 (kg/day) | 增減比例 (%) | 排放總量 (kg/day) | 增減比例 (%) | 排放總量 (kg/day) | 增減比例 (%) |
| 完工前 | 48,556.54 | - | 2,357,176 | - | 1,720,497 | - |
| 完工後 | 48,599.38 | - | 2,362,625 | - | 1,720,290 | - |
| 相差量 | 42.84 | 0.09% | 5,449 | 0.23% | -207 | -0.01% |

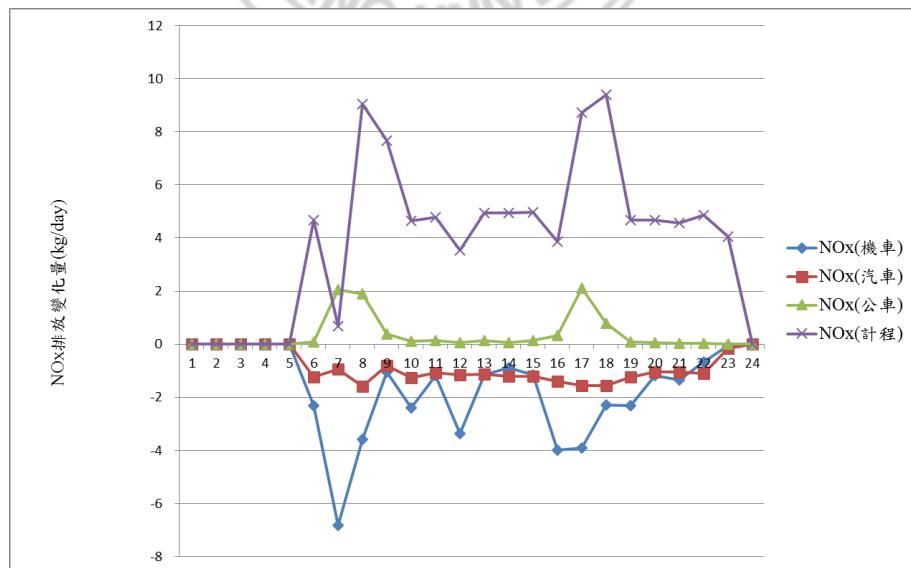


圖 4-9 NOx 排放變化量之時間分布圖

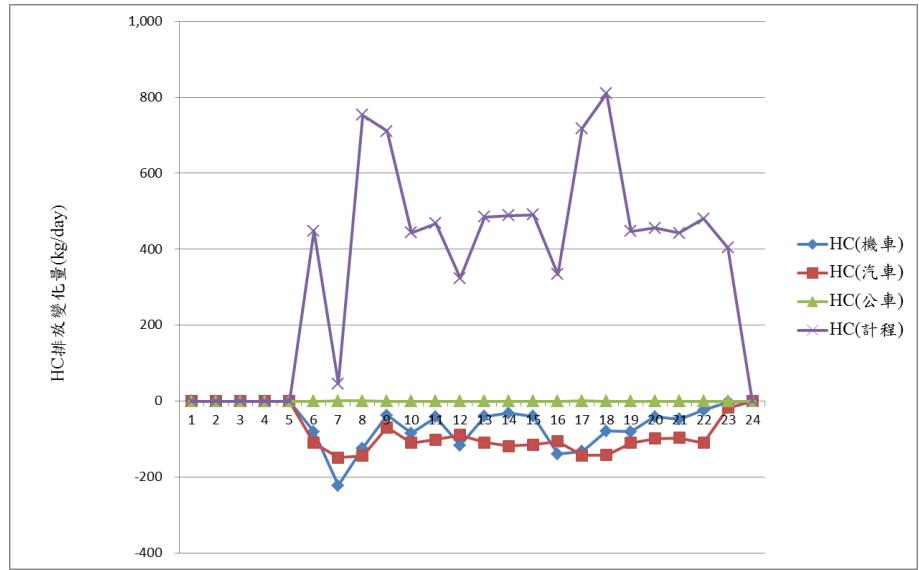


圖 4-10 HC 排放變化量之時間分布圖

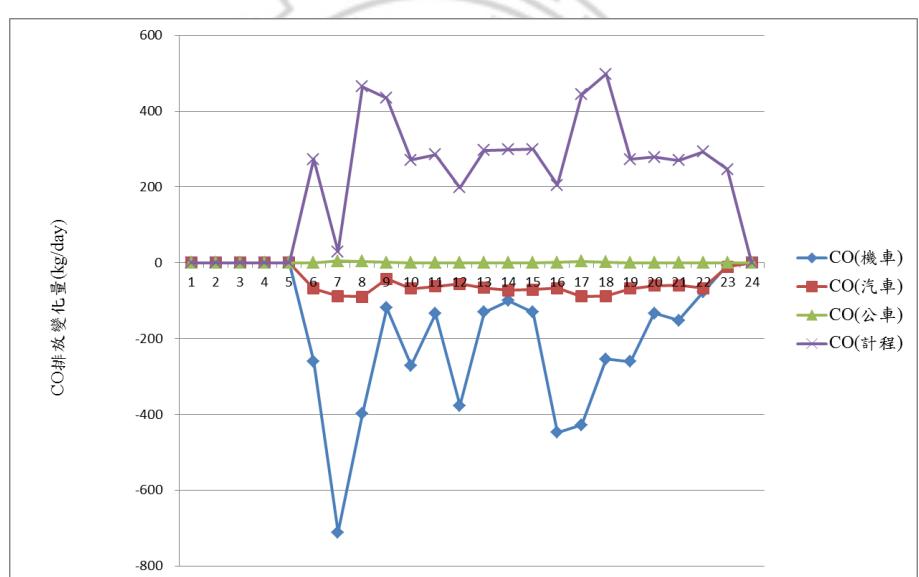


圖 4-11 CO 排放變化量之時間分布圖

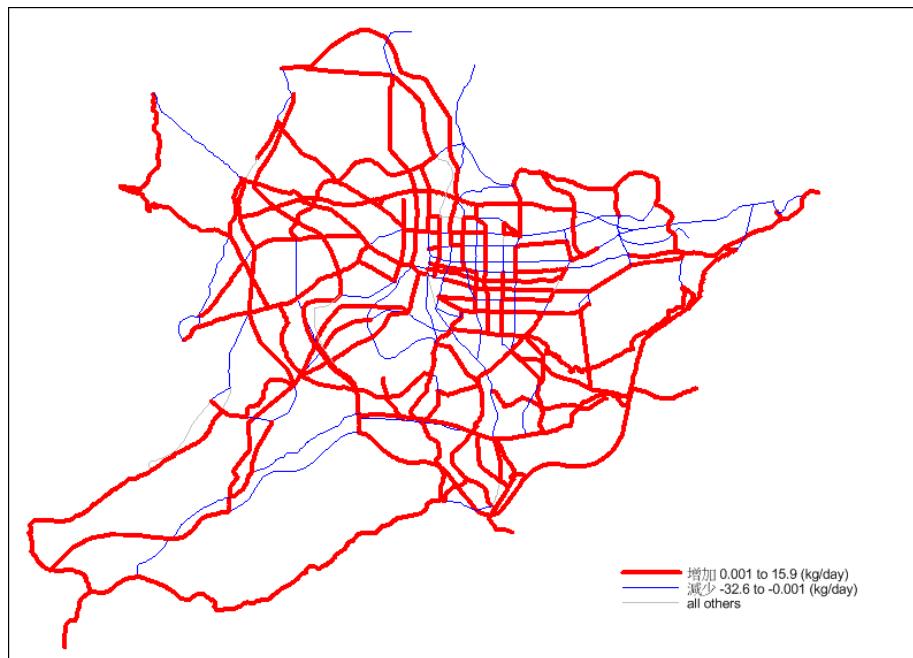


圖 4-12 NOx 變化量之空間分布圖

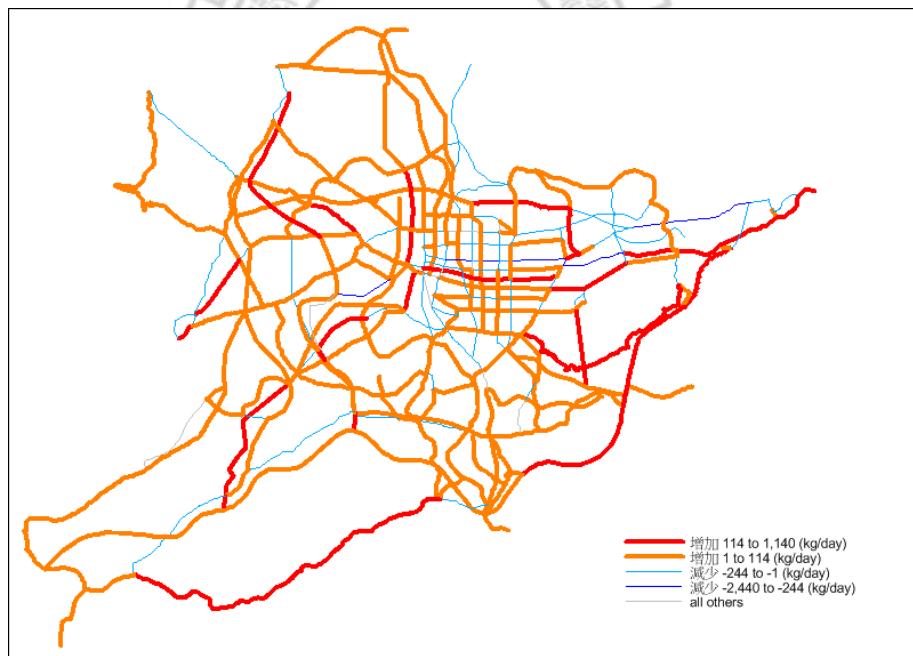


圖 4-13 HC 變化量之空間分布圖

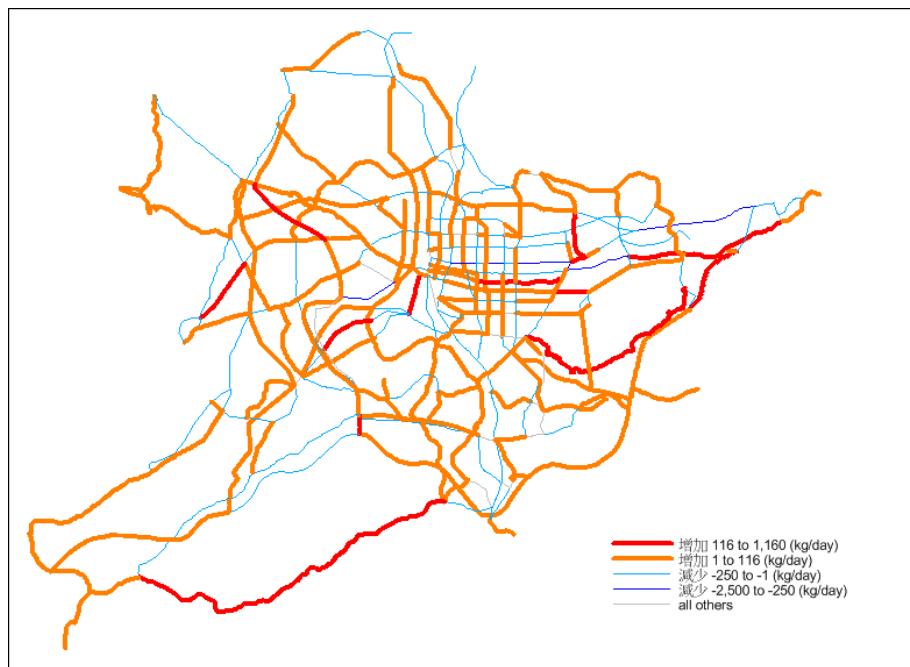


圖 4-14 CO 變化量之空間分布圖

由圖 4-9 至 4-11 可看出機車所排出的 NOx、HC、CO 均呈現減少的情況，而計程車所排放的 NOx、HC、CO 有增加的趨勢，汽車所排出的各汙染物有微量的增加，公車所排出的各汙染物則無明顯增減。汙染物排放量在空間分布上，由圖 4-12 至圖 4-14 可看出，三種汙染物中，除了少部分次要道路外皆呈現增加的情形。綜合以上結果推估可能原因為汽車在無明顯增減其況下，旅次分布卻集中在部分道路造成塞車，使車速減慢，在慢速下 HC 與 CO 排放量最多，Nox 排放量較低，因此造成此種現象。汽車車速於 30km/hr 時，NOx 排放量最低，30~70km/hr 時所排放的汙染物量與 30km/hr 時相比只有微量的增加，70km/hr 後汙染物才會大量增加，而 HC 與 CO，車速小於 80km/hr 時，污染量和車速呈現反比關係。一般道路上雖然汽車數量減少，但計程車數量卻增加了，也因此部分主次要道路排放量呈現增加的情形。而 CO 呈現減少的原因為排放 CO 的運具主要來自於機車，至於各汙染物排放量增加不多的原因在於機車旅次的減少。

就大台北都會區而言，松山線的完工並無有效的降低空氣汙染總量，推估可能原因為捷運松山線所經過之路段路網完善又鄰近板南線，因此對於民眾而言松

山線之完工並不會影響對於汽車的選擇。

4-4 機場線完工前後之比較

依照台北捷運工程局所公布的預定期來看，機場線將在松山線完工後再建設，因此本研究所評估之捷運機場線完工前為松山線已完工之狀態。在運具旅次分布上，各運具分別佔總旅次比例為：機車佔 30.1%，汽車佔 24.03%，公車佔 25.12%，計程車佔 5.55%，捷運佔 15.2%。在空氣汙染排放方面， NOx、HC、CO 排放總量分別為 47,948.02kg/day、2,301,319kg/day、1,677,062kg/day。機場線完工前後之各運具旅次比例比較如圖 4-15，各運具旅次改變時間分布圖如圖 4-16，各運具數量改變時間分布圖如圖 4-17，機車旅次變化之空間分布圖如圖 4-18，汽車旅次變化之空間分布圖如圖 4-19。

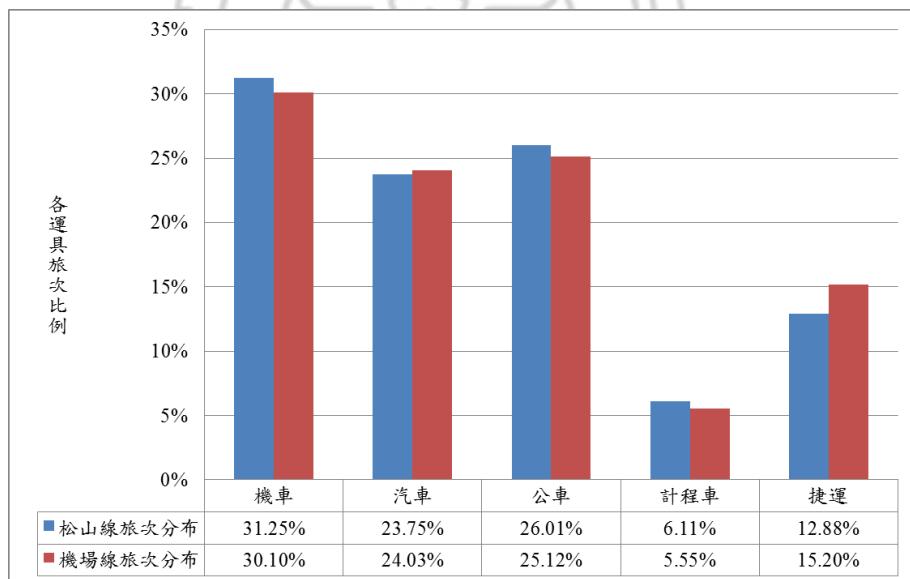


圖 4-15 各運具旅次佔總旅次之比例分布比較圖

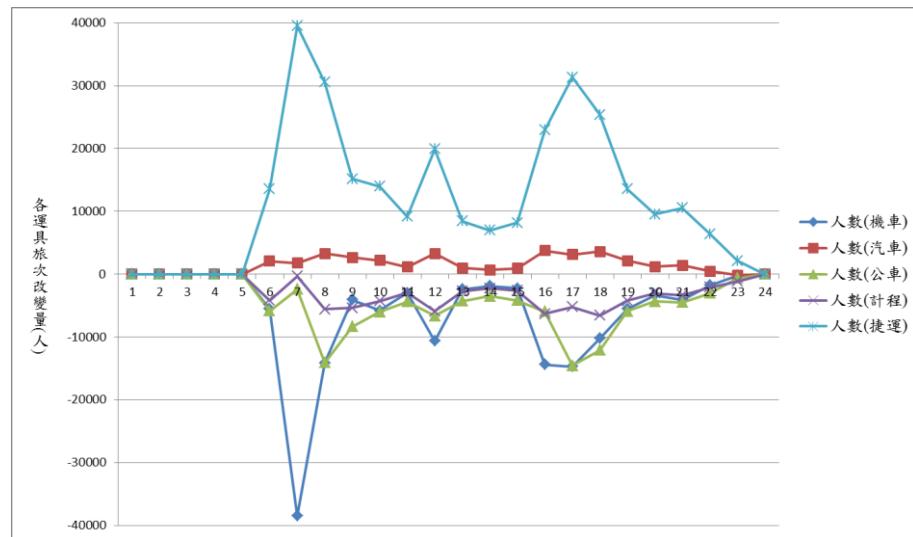


圖 4-16 各運具旅次改變時間分布圖

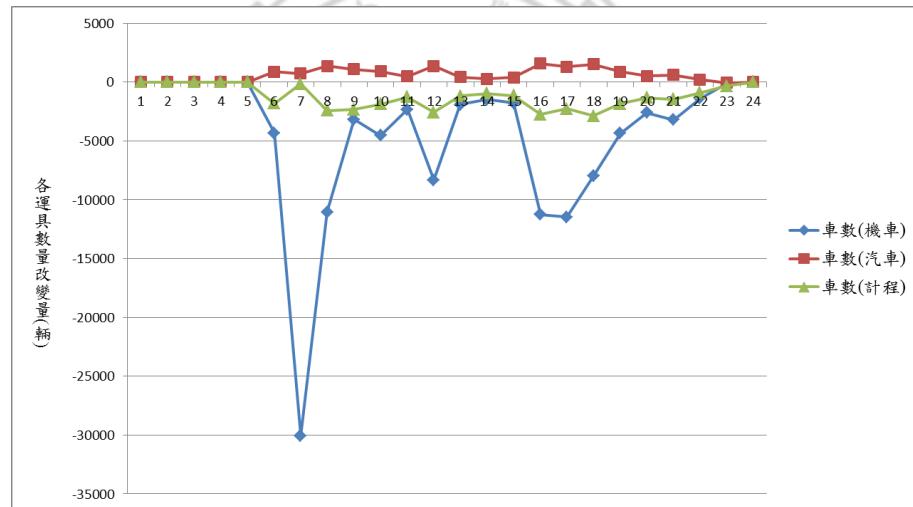


圖 4-17 各運具數量改變時間分布圖

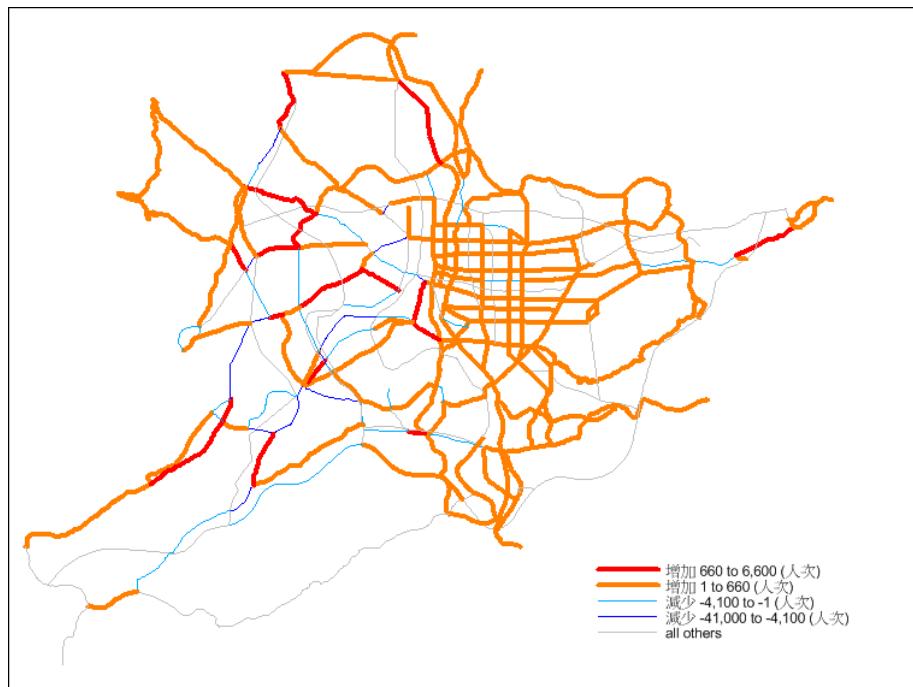


圖 4-18 機車旅次變化之空間分布圖

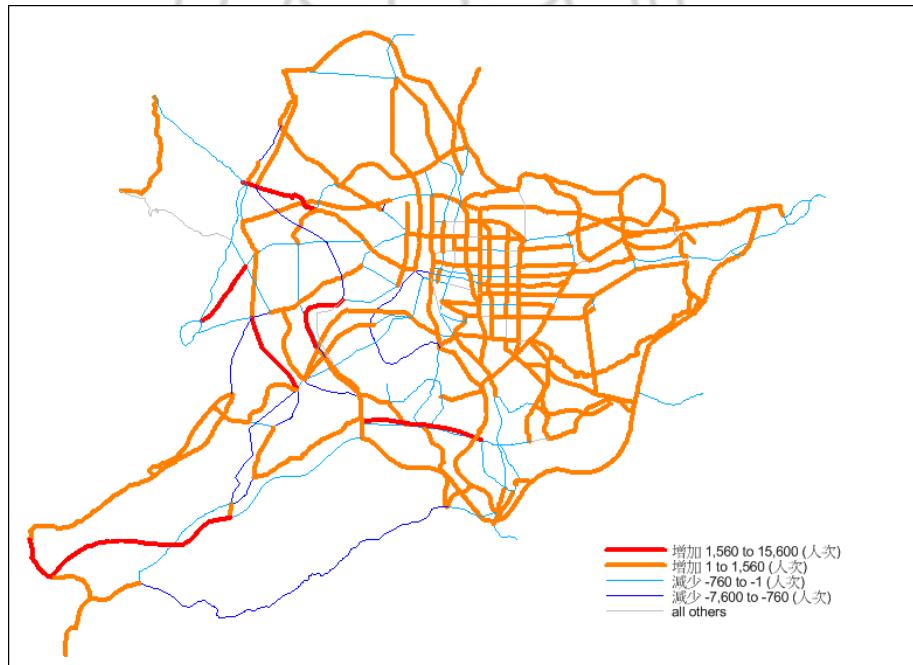


圖 4-19 汽車旅次變化之空間分布圖

由圖 4-15 各運具旅次佔總旅次之比例分布比較圖可以看出選擇汽車、捷運
人次各增加了 0.28%、2.32%，選擇機車、公車、計程車者分別減少了 1.15%、

0.9%、0.55%，由圖 4-16 各運具旅次改變時間分布圖可以看出在上下班交通尖峰時間搭乘捷運的人數明顯增加，而選用機車、公車、計程車人數明顯減少，汽車人數則小量增加，由圖 4-17 各運具數量改變時間分布圖可以看出除了汽車數小量增加外，其餘皆為減少的情況。由上述可知捷運增加的旅次大部分來自於機車與公車旅次的減少，汽車人數與車數雖然有小量增加，但對比交通部統計處所公布的汽車成長率來看，近 5 年汽車成長率約為 2%，模擬結果之汽車成長率約為 1%，此為可以接受範圍。主要旅次分布情況如圖 4-18 與圖 4-19，由圖可看出，當這條捷運路線完工後，機車旅次雖然增加的路段不少，但增加量遠遠不及減少量，汽車旅次增加的路段大部分均為小量增加。

在運具數量部份，捷運與公車為固定班次，故在數量上並無任何變化。計程車部份考慮司機喜好，因此在路上行駛之計程車數量並不會因旅次增減有太大的變化，有明顯變化則是機車與汽車的部分。當捷運機場線完工後，在機車數量變化部分，由於捷運的便利性與舒適性，民眾的運具選擇可能轉為搭乘捷運抵達目的地，而放棄搭乘機車，使得機車之使用量降低；而汽車數量變化部分，雖然較完工前成長了 1%，但對比交通部統計處所公布的近 5 年汽車成長率 2% 來看，汽車成長率有逐漸減少的趨勢，這也表示捷運完工後能有效使民眾購車意願降低。

在空氣汙染物排放方面，由表 4-2 比較表可以看出，捷運機場線完工後，NOx、HC、CO 排放總量分別為 47,948.02 kg/day、2,301,319 kg/day 和 1,677,062 kg/day，相較尚未興建時，NOx 減少了 651.36 kg/day，HC 減少了 61,306 kg/day，CO 減少了 43,228 kg/day，由此表可以得知雖然汽車旅次有微量的增加，但因無特別集中於特定道路使得車速得以維持在較高的情形，再加上機車旅次的減少，因此各汙染物排放量為減少的情況。圖 4-20 至圖 4-22 為機場線完工前後，各運具於各時段污染排放量變化分布圖。圖 4-23 至 4-25 為 NOx、HC、CO 三種汙染物於大台北地區各路段汙染物排放變化之空間分布圖。

表 4-2 捷運機場線完工後各污染物之排放總量比較表

| | NOx | | HC | | CO | |
|-----|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
| | 排放總量 (kg/day) | 增減比例 (%) | 排放總量 (kg/day) | 增減比例 (%) | 排放總量 (kg/day) | 增減比例 (%) |
| 完工前 | 48,599.38 | - | 2,362,625 | - | 1,720,290 | - |
| 完工後 | 47,948.02 | - | 2,301,319 | - | 1,677,062 | - |
| 相差量 | -651.36 | -1.34% | -61,306 | -2.56% | -43,228 | -2.51% |

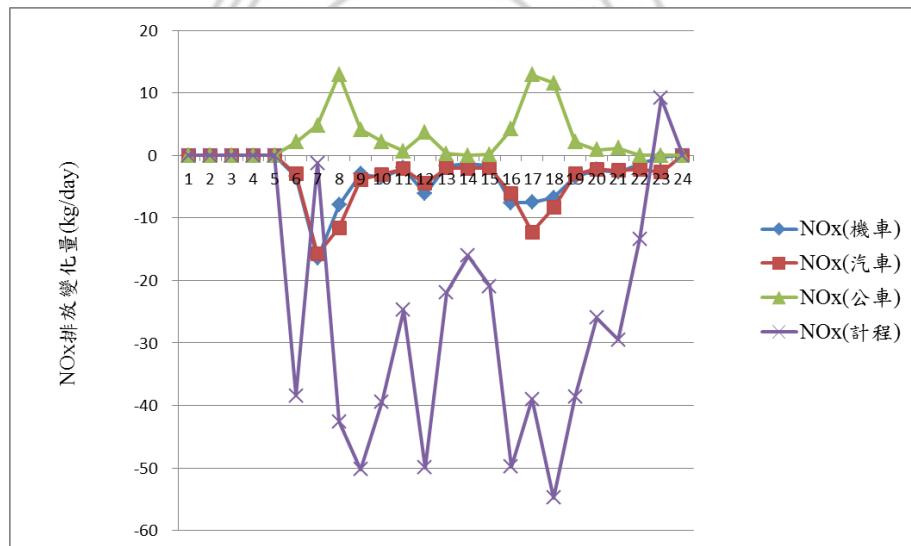


圖 4-20 NOx 排放變化量之時間分布圖

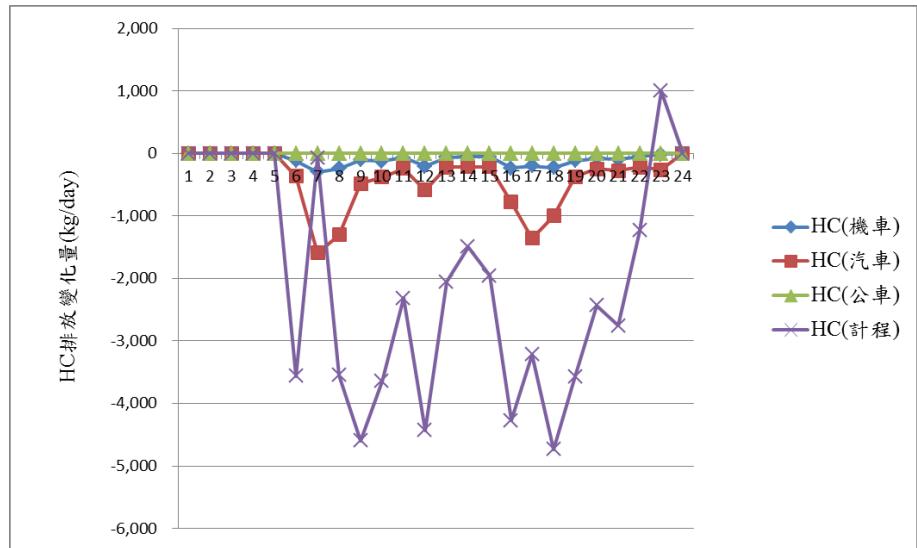


圖 4-21 HC 排放變化量之時間分布圖

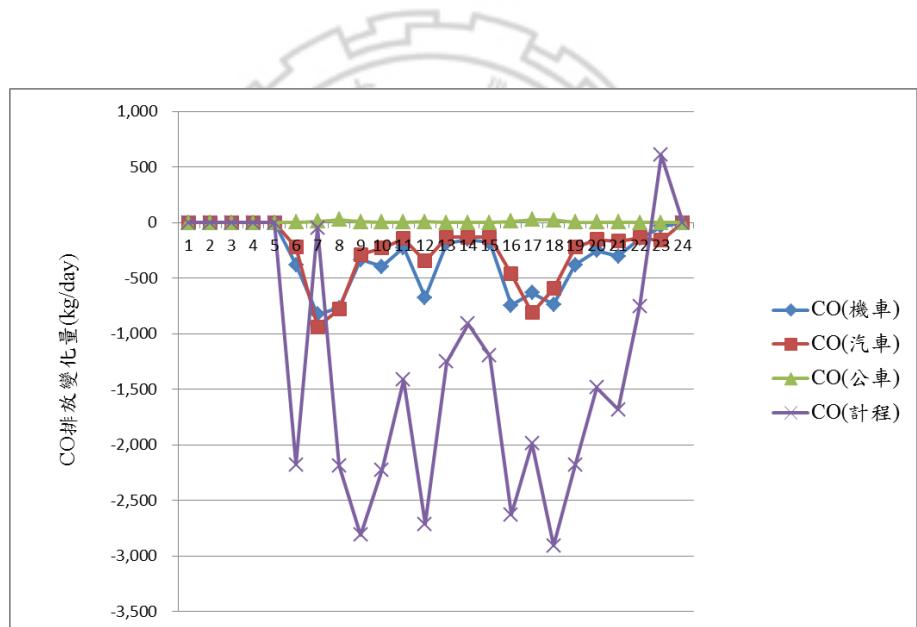


圖 4-22 CO 排放變化量之時間分布圖

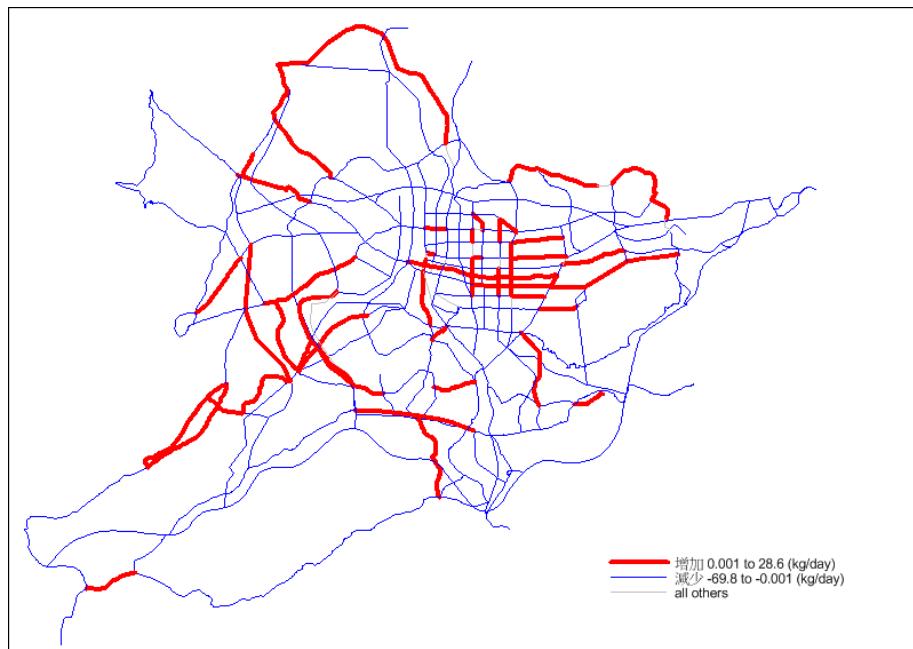


圖 4-23 NOx 變化量之空間分布圖

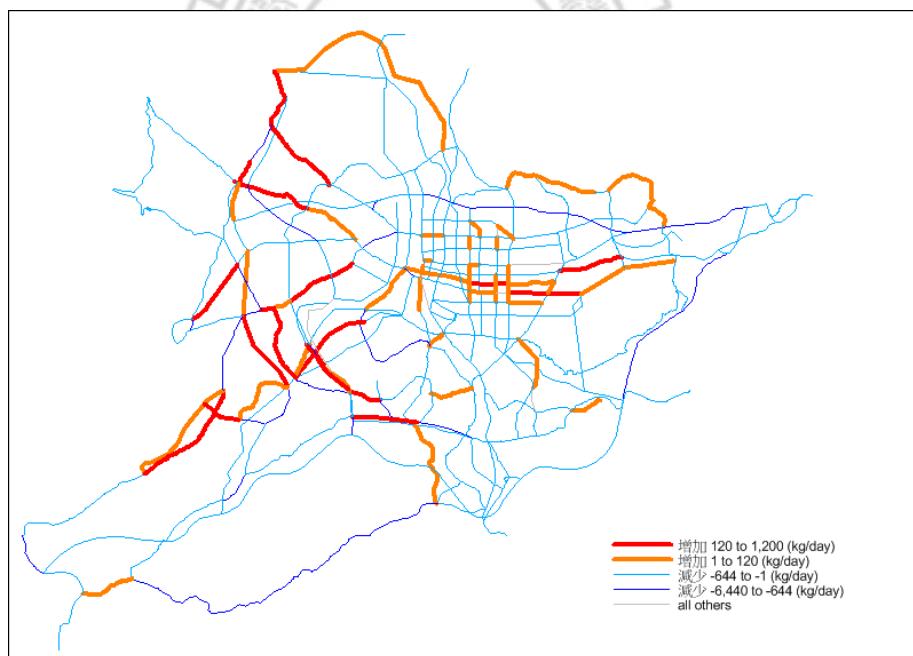


圖 4-24 HC 變化量之空間分布圖

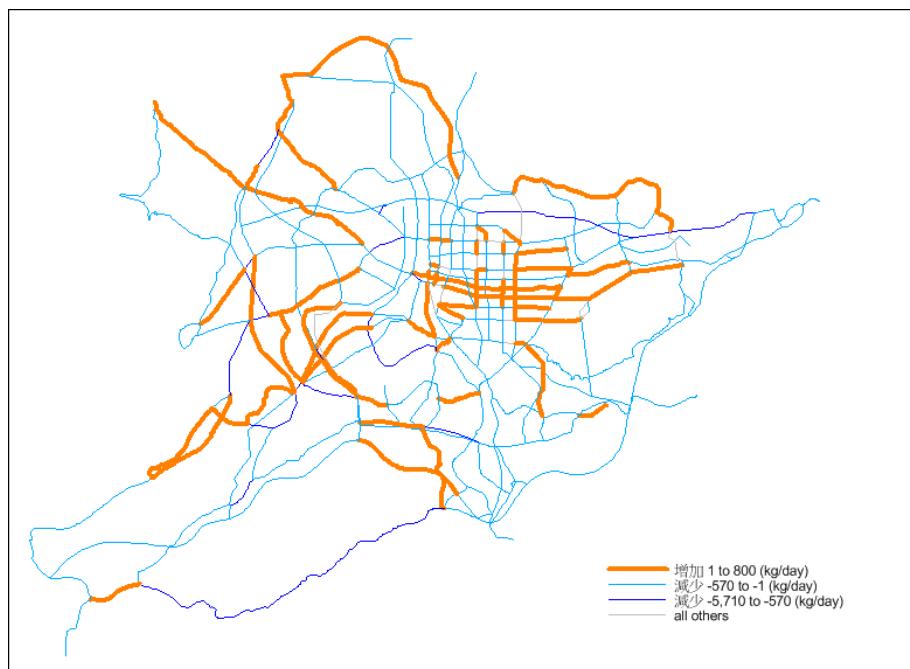


圖 4-25 CO 變化量之空間分布圖

由圖 4-20 至 4-22 可看出，公車在三種汙染物有微量的增加，其他運具方面各種汙染物排放量均為減少的情形。公車汙染物放量幾乎都在巔峰時刻最多，由此可知巔峰時刻道路車流量較大，交通狀況較不順暢，車速無法維持在較高的速度，而公車車速在 60 km/hr 以下時，三種汙染物排放量與時速成反比，因此公車所造成的汙染才會呈現微量的增加。汙染物總量在空間分布上，由圖 4-23 至 4-25 可看出三種汙染物排放量皆為減少的情形，機車旅次大量減少為一重要因素。另一因素為雖然汽車旅次有微量的增加，但因無特別集中於特定道路使得車速得以維持在較高的情形，因此由汽車所排放的汙染量增加較少。綜合可得知汽車所排放汙染物增加量遠遠不及機車數量大量減少下所減少的汙染物總量。

4-5 環狀線完工前後之比較

依照台北捷運工程局所公布的預定期來看，環狀線將在機場線完工後再建設，因此本研究所評估之捷運機場線完工前為機場線與松山線皆已完工之狀態。

在運具旅次分布上，各運具分別佔總旅次比例為：機車佔 28.41%，汽車佔 23.82%，公車佔 24.92%，計程車佔 4.55%，捷運佔 18.3%。在空氣汙染排放方面，NOx、HC、CO 排放總量分別為 46,559.2kg/day、2,180,277kg/day、1,596,176kg/day。環狀線完工前後之各運具旅次比例比較如圖 4-26，各運具旅次改變時間分布圖如圖 4-27，各運具數量改變時間分布圖如圖 4-28，機車旅次變化之空間分布圖如圖 4-29，汽車旅次變化之空間分布圖如圖 4-30。

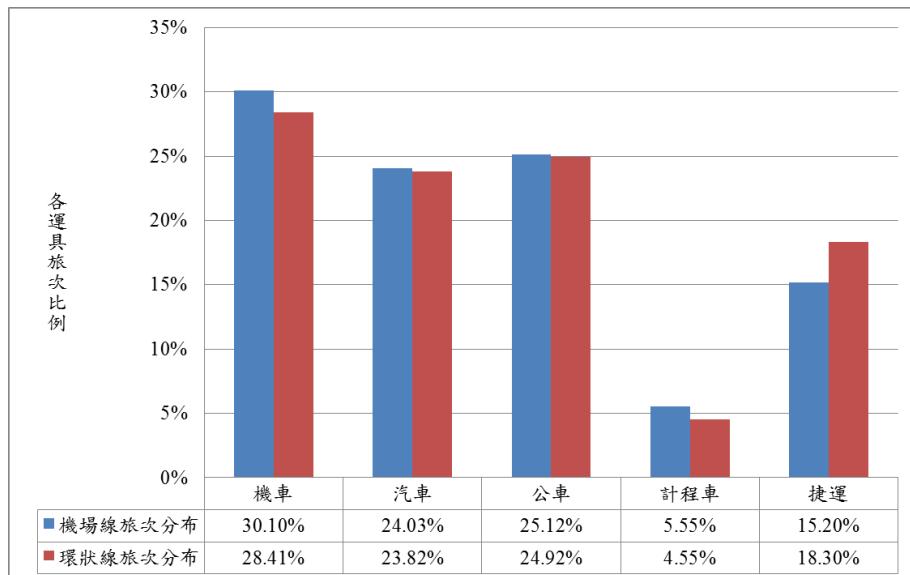


圖 4-26 各運具旅次佔總旅次之比例分布比較圖

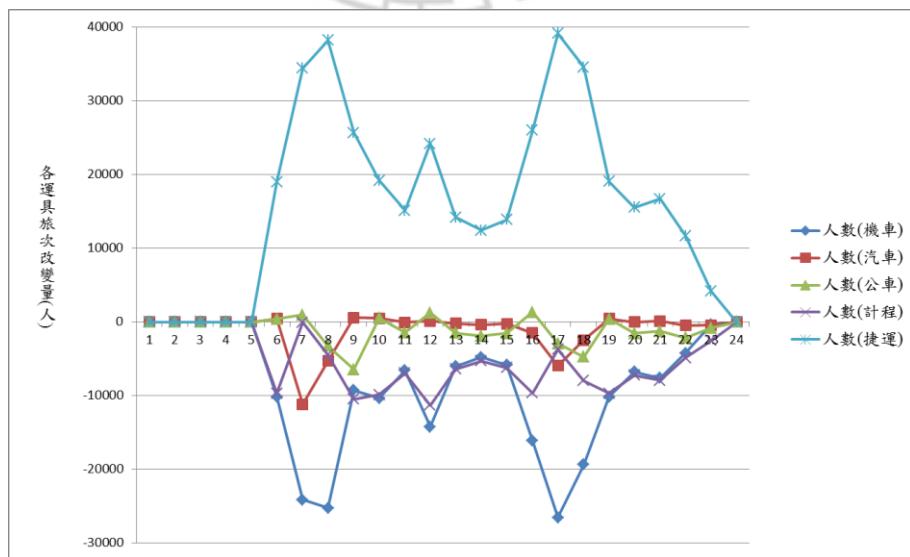


圖 4-27 各運具旅次改變時間分布圖

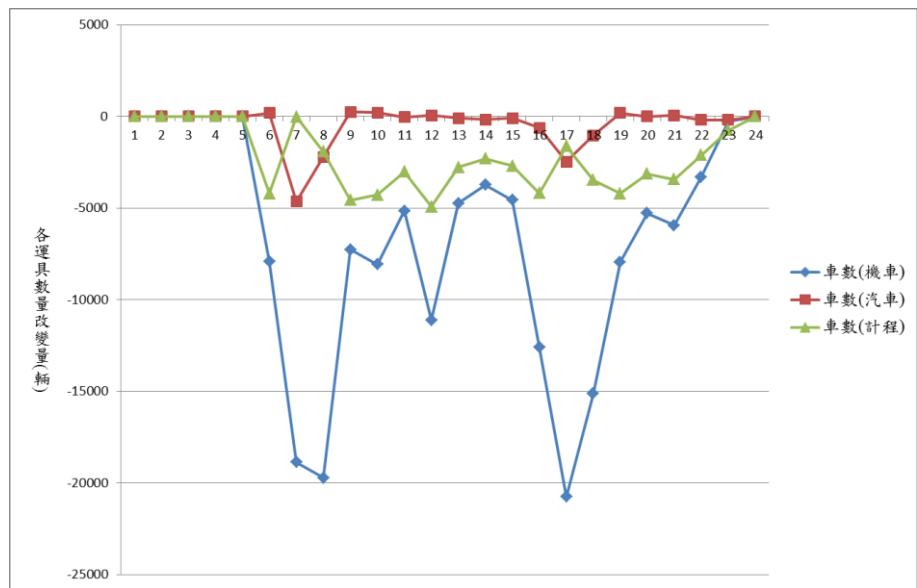


圖 4-28 各運具數量改變時間分布圖

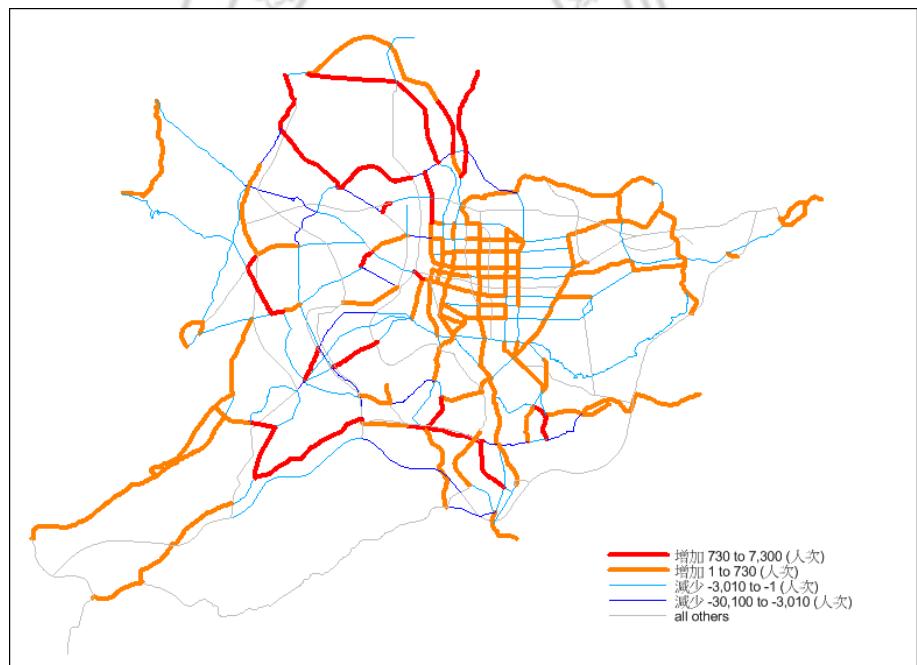


圖 4-29 機車旅次變化之空間分布圖

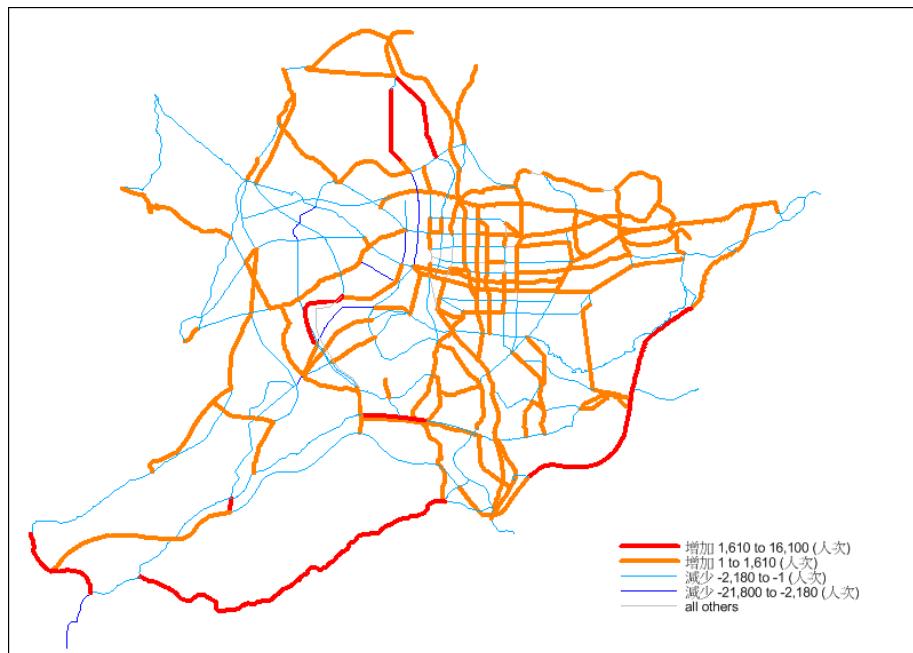


圖 4-30 汽車旅次變化之空間分布圖

由圖 4-26 各運具旅次佔總旅次之比例分布比較圖可以看出選擇捷運人次增加了 3.1%，選擇機車、汽車、公車、計程車者分別減少了 1.68%、0.21%、0.2%、1.01%，由圖 4-27 各運具旅次改變時間分布圖可以看出在上下班交通尖峰時間搭乘捷運的人數明顯增加，而選用機車、汽車、公車、計程車人數明顯減少，由圖 4-28 各運具數量改變時間分布圖可以看出私人運具與計程車皆為減少的情況。主要旅次分布情況如圖 4-29 與圖 4-30，由圖可看出，當這條捷運路線完工後，研究範圍內之路段機車與汽車的人數大部分均為減少的狀況，增加的路段幾乎為快速道路或高速公路，有效舒緩一般道路的汽機車旅次。

在運具數量部份，因捷運與公車為固定班次，故在數量上並不會有所變化，計程車部份考慮司機喜好，因此在路上行駛之計程車數量並不會因旅次增減有太大的變化，有明顯變化則是機車與汽車的部分，當捷運環狀線完工後，由於其便利性與舒適性，民眾的運具選擇較傾向搭乘捷運到達目的地，而放棄搭乘汽機車，使得汽機車之使用量降低。

在空氣汙染物排放方面，由表 4-3 比較表可以看出，捷運環狀線完工後，NOx、

HC、CO 排放總量分別為，46,559.2kg/day、2,180,277kg/day、1,596,176kg/day，相較尚未興建時，NOx 減少了 1,388.82 kg/day，HC 減少了 121,042 kg/day，CO 減少了 80,886 kg/day。圖 4-31 至圖 4-33 為環狀線完工前後，各運具於各時段污染排放量變化分布圖。圖 4-34 至 4-36 為 NOx、HC、CO 三種汙染物於大台北地區各路段汙染物排放變化之空間分布圖。

表 4-3 捷運環狀線完工後各污染物之排放總量比較表

| | NOx | | HC | | CO | |
|-----|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
| | 排放總量 (kg/day) | 增減比例 (%) | 排放總量 (kg/day) | 增減比例 (%) | 排放總量 (kg/day) | 增減比例 (%) |
| 完工前 | 47,948.02 | - | 2,301,319 | - | 1,677,062 | - |
| 完工後 | 46,559.2 | - | 2,180,277 | - | 1,596,176 | - |
| 相差量 | -1,388.82 | -2.9% | -121,042 | -5.26% | -80,886 | -4.82% |

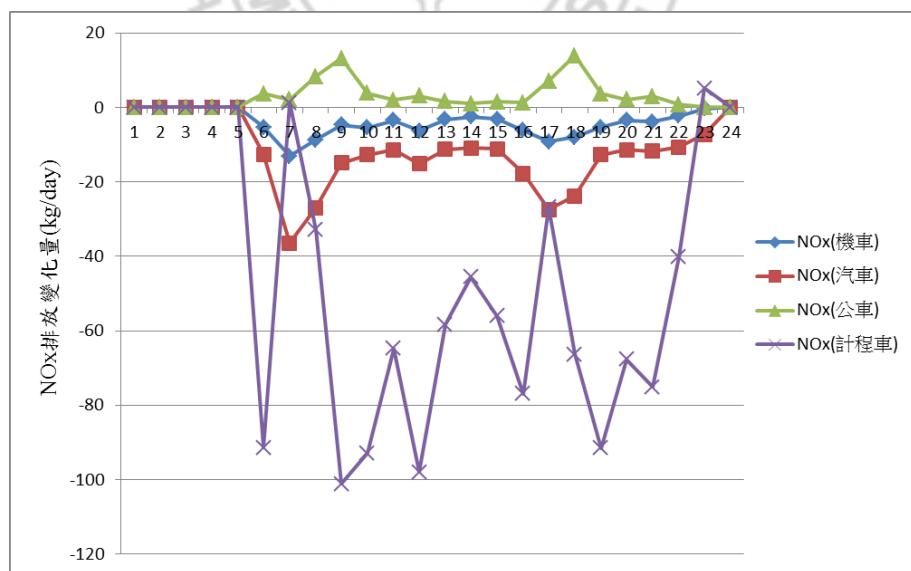


圖 4-30 NOx 排放變化量之時間分布圖

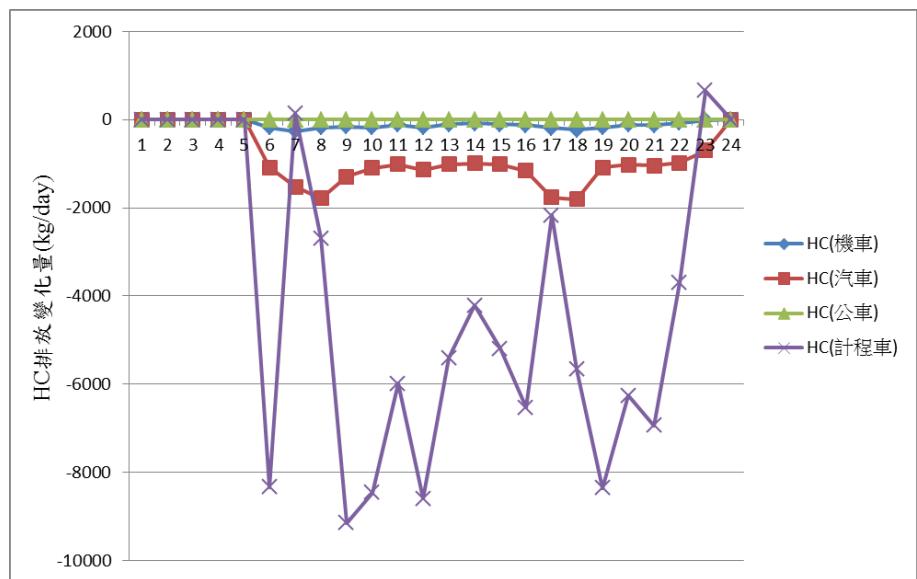


圖 4-31 HC 排放變化量之時間分布圖

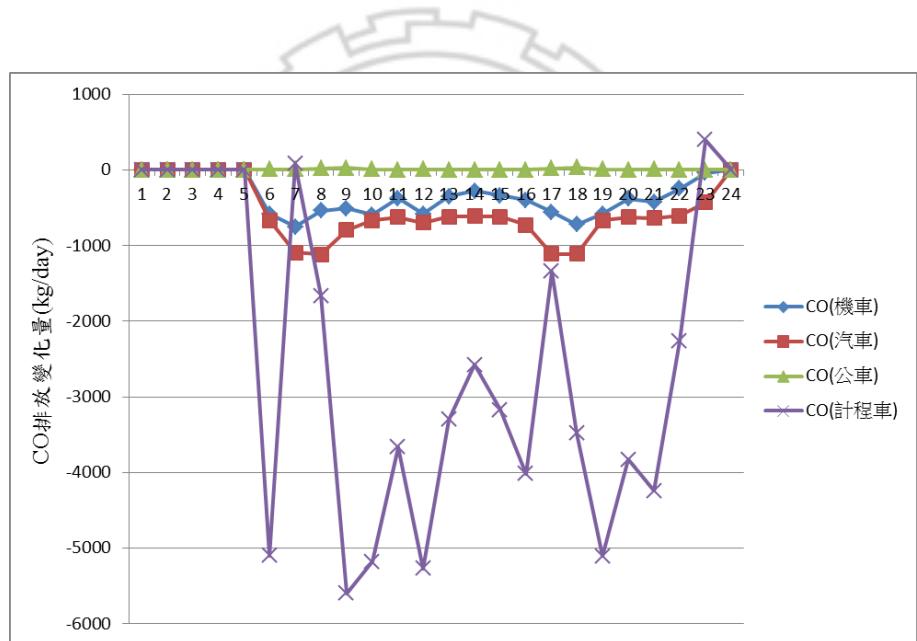


圖 4-32 CO 排放變化量之時間分布圖

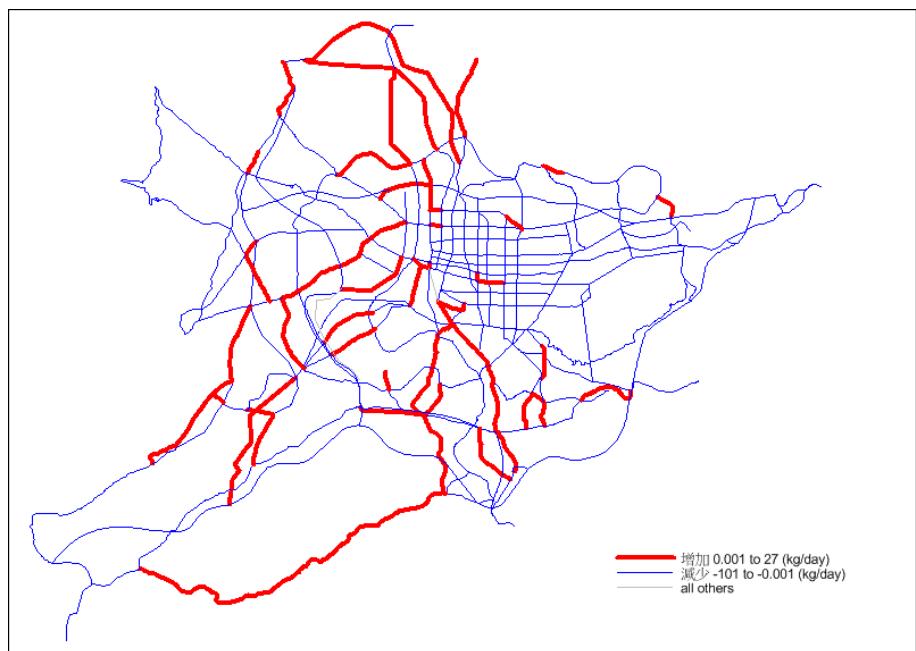


圖 4-33 NOx 變化量之空間分布圖

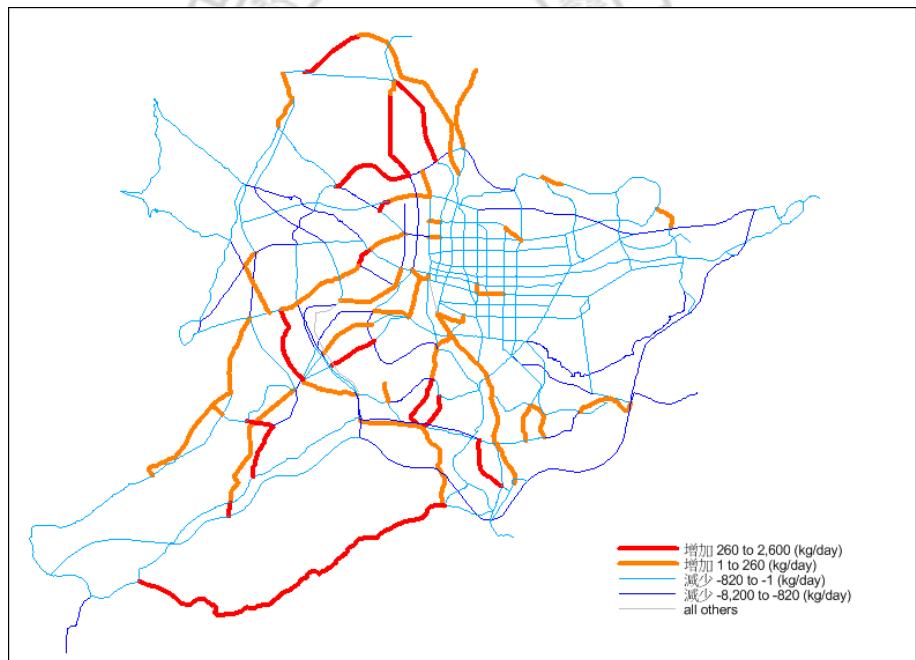


圖 4-34 HC 變化量之空間分布圖

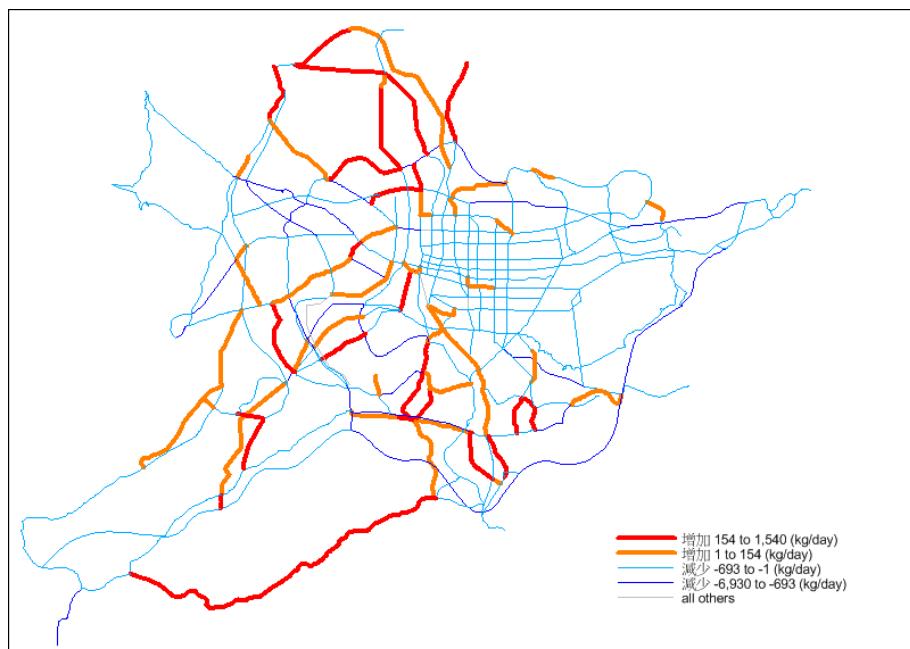


圖 4-35 CO 變化量之空間分布圖

由圖 4-30 至 4-32 可看出，公車所排放的各種汙染物均有微量的增加，其他運具方面各種汙染物排放量均為減少的情形。推測原因為雖然整個大台北都會區汽車車數為減少的情況但部分道路增加數量也相當可觀，而增加車數的道路因車流量增加，交通狀況較不順暢，車速無法維持在較高的速度，而公車車速在 60 km/hr 以下時，三種汙染物排放量與時速成反比，因此公車所造成的汙染才會呈現微量的增加。汙染物總量在空間分布上，由圖 4-33 至 4-35 可看出三種汙染物排放量皆為減少的情形，其中 NOx 排放量減少量最少，推測因道路上車流量減少，交通狀況較為順暢，使車速可以維持在較高的速度，而三種汙染物中 NOx 在時速大於 50 km/hr 時與汙染物排放量成正比，HC 與 CO 污染物排放量則與時速成反比。NOx、HC、CO 主要減少的地區為台北市，增加量幾乎集中在台北市以北與以南，台北市以北增加的有八里、淡水，台北市以南增加的有板橋、中永和、新店，由此可以很明顯看出因環狀線完工受惠的地區為台北市。

4-6 綜合評估

4-6-1 背景值與各條捷運路線完工後比較

本章節對於所有捷運路線完工後做一聯合評估，研究中顯示，當交通建設均完工後，在運具旅次分布上，各運具分別佔總旅次比例為：機車佔 28.41%，汽車佔 23.82%，公車佔 24.92%，計程車佔 4.55%，捷運佔 18.3%。在空氣汙染排放方面，NOx、HC、CO 排放總量分別為 46,559.2kg/day、2,180,277kg/day、1,596,176kg/day。環狀線完工前後之各運具旅次比例比較如圖 4-36，各運具旅次改變時間分布圖如圖 4-37，各運具數量改變時間分布圖如圖 4-38，機車旅次變化之空間分布圖如圖 4-39，汽車旅次變化之空間分布圖如圖 4-40。

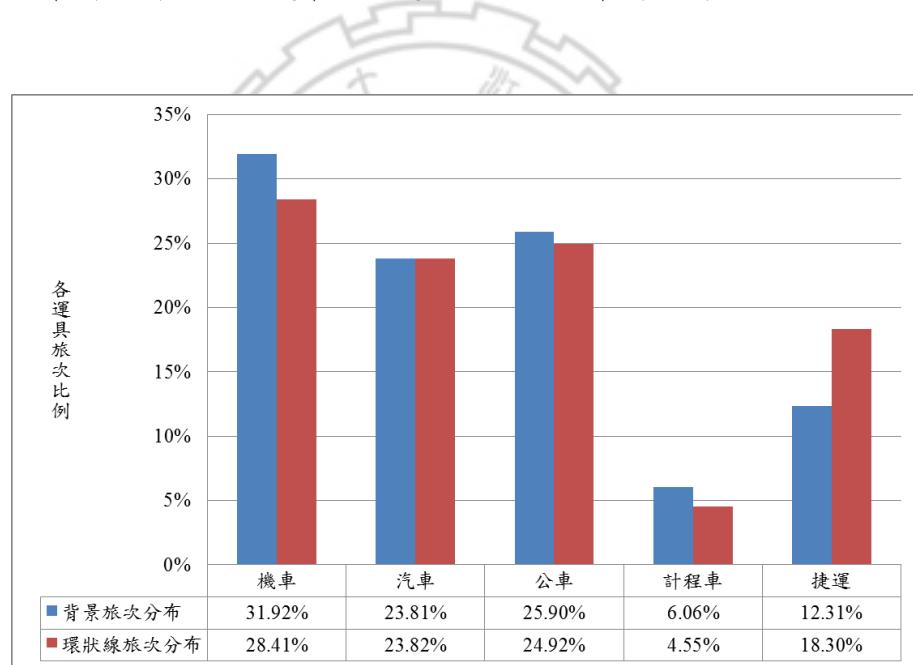


圖 4-36 各運具旅次佔總旅次之比例分布比較圖

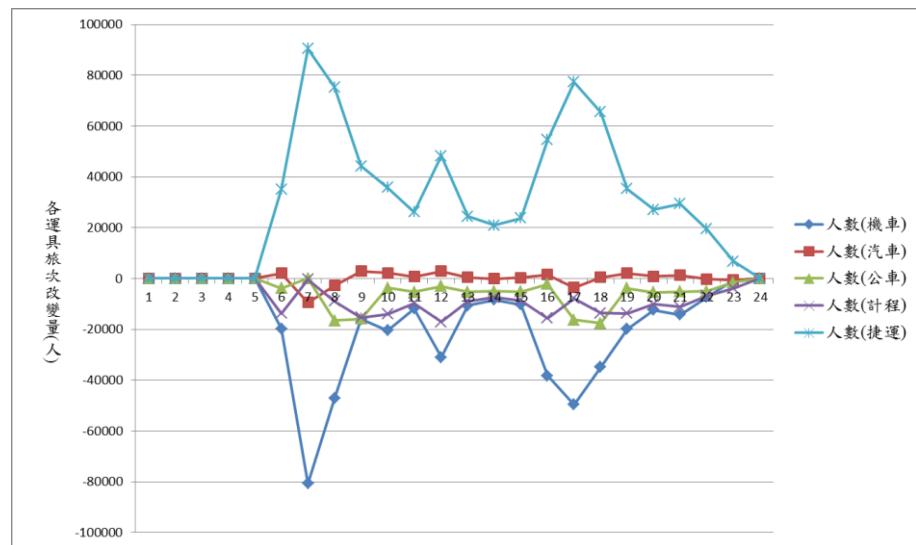


圖 4-37 各運具旅次改變時間分布圖

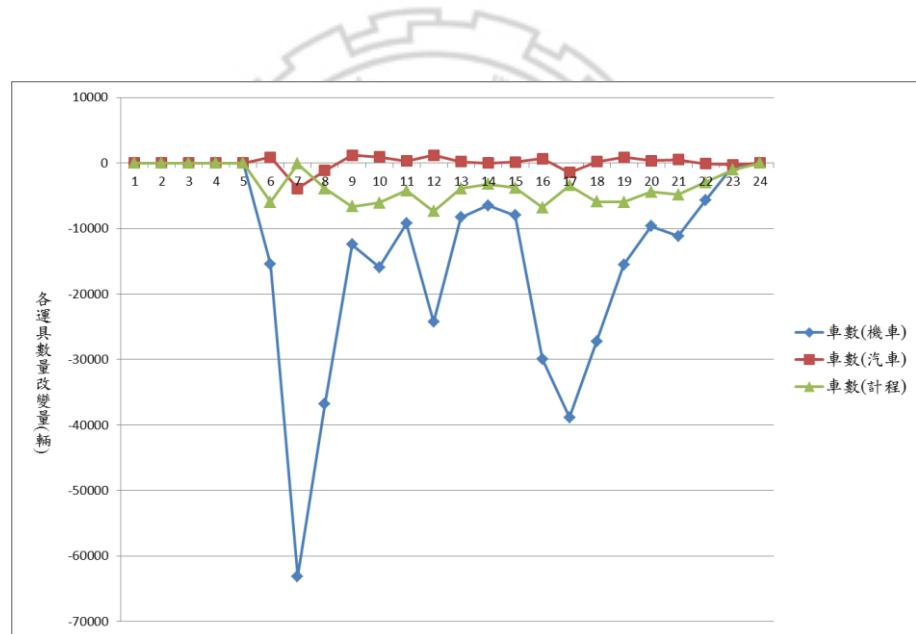


圖 4-38 各運具數量改變時間分布圖

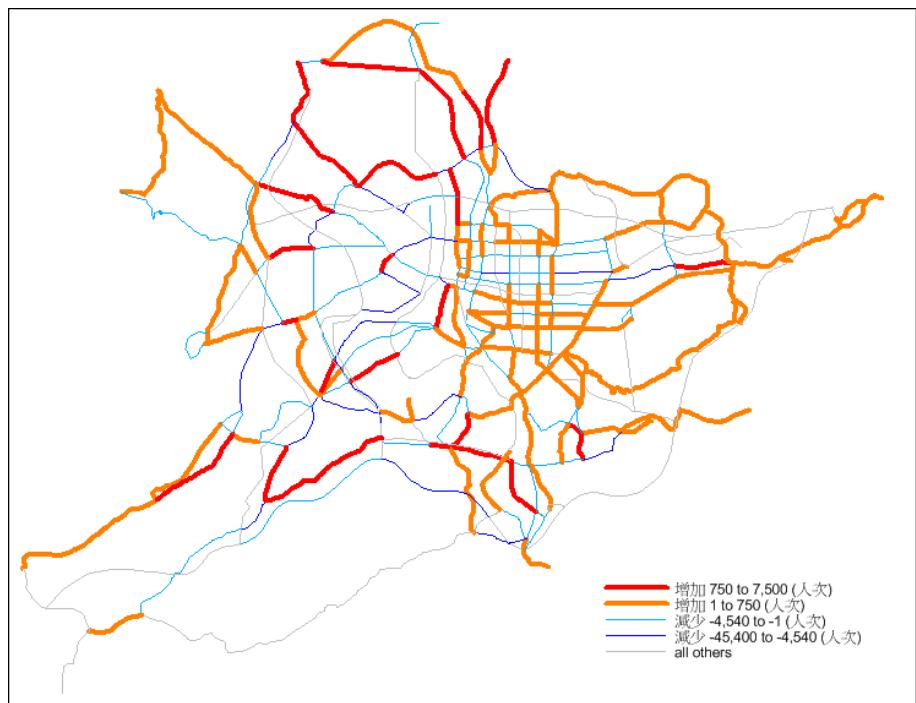


圖 4-39 機車旅次變化之空間分布圖

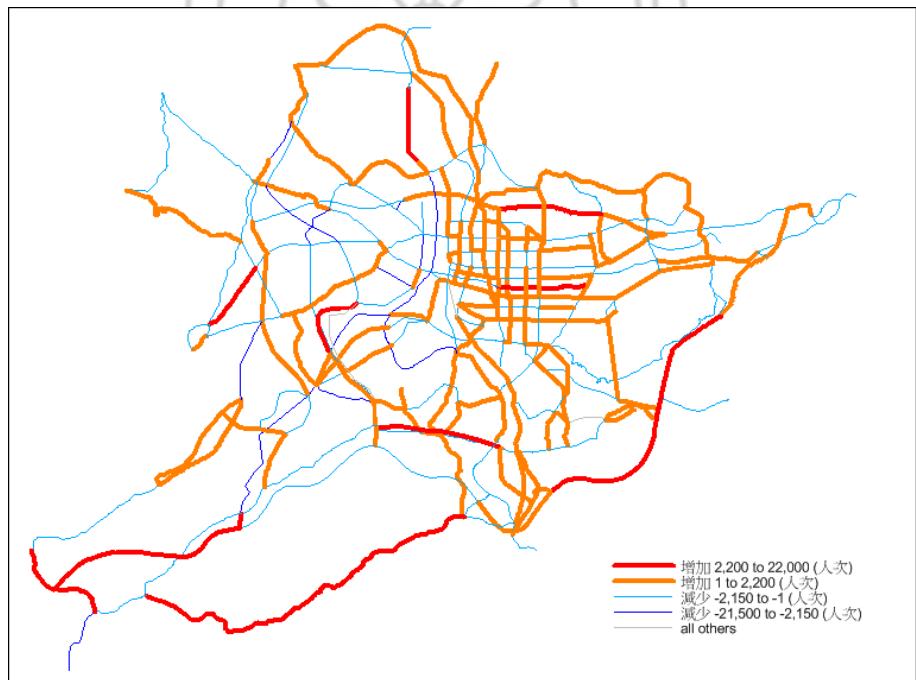


圖 4-40 汽車旅次變化之空間分布圖

由圖 4-36 各運具旅次佔總旅次之比例分布比較圖可以看出選擇捷運、汽車人次分別增加了 5.99%、0.01%，選擇機車、公車、計程車者分別減少了 3.51%、0.98%、1.51%，由圖 4-37 各運具旅次改變時間分布圖可以看出在上下班交通尖峰時間搭乘捷運的人數明顯增加，而選用機車、公車、計程車人數明顯減少，由圖 4-38 各運具數量改變時間分布圖可以看出機車與計程車皆為減少的情況。主要旅次分布情況如圖 4-39 與圖 4-40，由圖可看出，當這條捷運路線完工後，研究範圍內之次要路段汽機車的人數大部分均為減少的狀況，增加的路段幾乎為主要道路、快速道路或高速公路，有效舒緩一般道路的汽機車旅次。

在運具數量部份，因捷運與公車為固定班次，故在數量上並不會有所變化，計程車部份考慮司機喜好，因此在路上行駛之計程車數量並不會因旅次增減有太大的變化，有明顯變化則是機車的部分，當捷運環狀線完工後，由於其便利性與舒適性，民眾的運具選擇較傾向搭乘捷運到達目的地，而放棄搭乘機車，使得機車之使用量降低，汽車的部分雖然幾乎無任何增減量，但在空間分布上可以知道大部分車流量從次要道路轉移到主要道路、快速道路和高速公路。

在空氣汙染物排放方面，由表 4-4 比較表可以看出，捷運環狀線完工後，NOx、HC、CO 排放總量分別為，46,559.2kg/day、2,180,277kg/day、1,596,176kg/day，相較尚未興建時，NOx 減少了 1,997.34 kg/day，HC 減少了 176,899 kg/day，CO 減少了 124,321 kg/day。圖 4-41 至圖 4-43 為環狀線完工前後，各運具於各時段污染排放量變化分布圖。圖 4-44 至 4-46 為 NOx、HC、CO 三種汙染物於大台北地區各路段汙染物排放變化之空間分布圖。

表 4-4 各條捷運線完工後各污染物之排放總量比較表

| | NOx | | HC | | CO | |
|-----|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
| | 排放總量 (kg/day) | 增減比例 (%) | 排放總量 (kg/day) | 增減比例 (%) | 排放總量 (kg/day) | 增減比例 (%) |
| 完工前 | 48,556.54 | - | 2,357,176 | - | 1,720,497 | - |
| 完工後 | 46,559.2 | - | 2,180,277 | - | 1,596,176 | - |
| 相差量 | -1,997.34 | -4.11% | -176,899 | -7.5% | -124,321 | -7.23% |

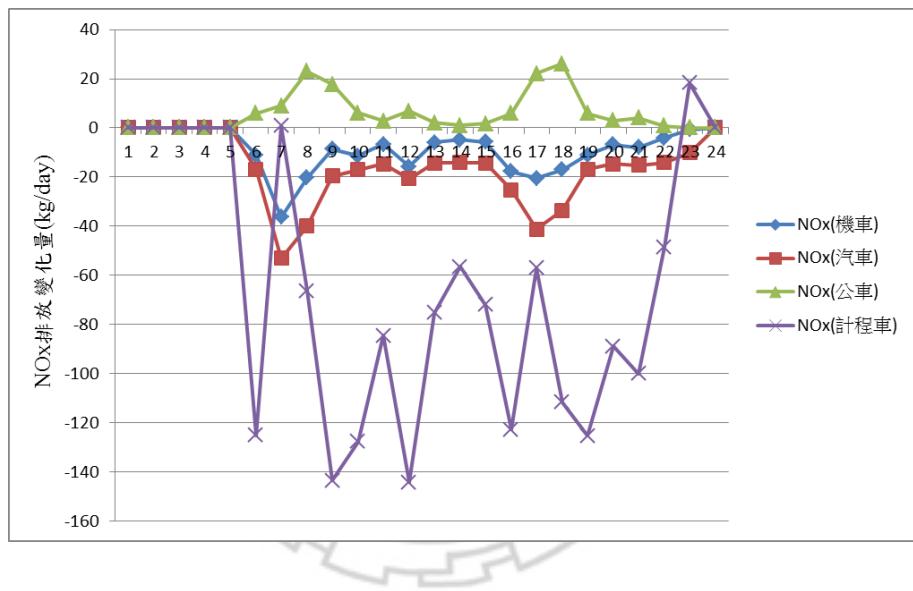


圖 4-41 NOx 排放變化量之時間分布圖

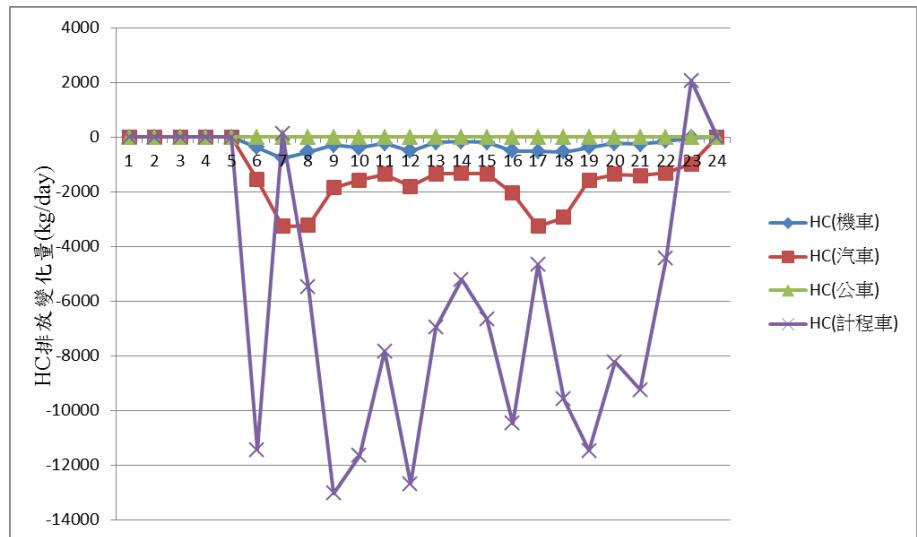


圖 4-42 HC 排放變化量之時間分布圖

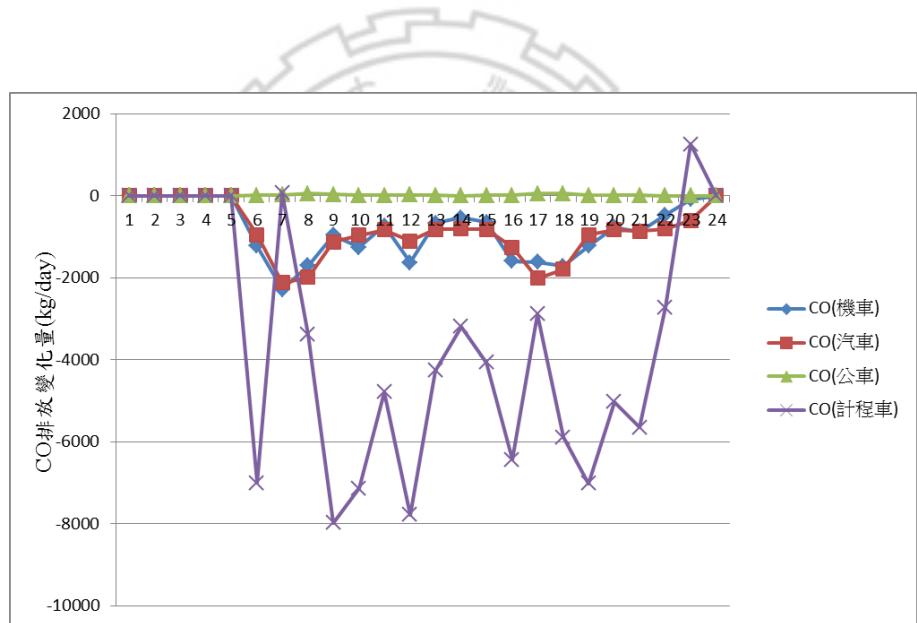


圖 4-43 CO 排放變化量之時間分布圖

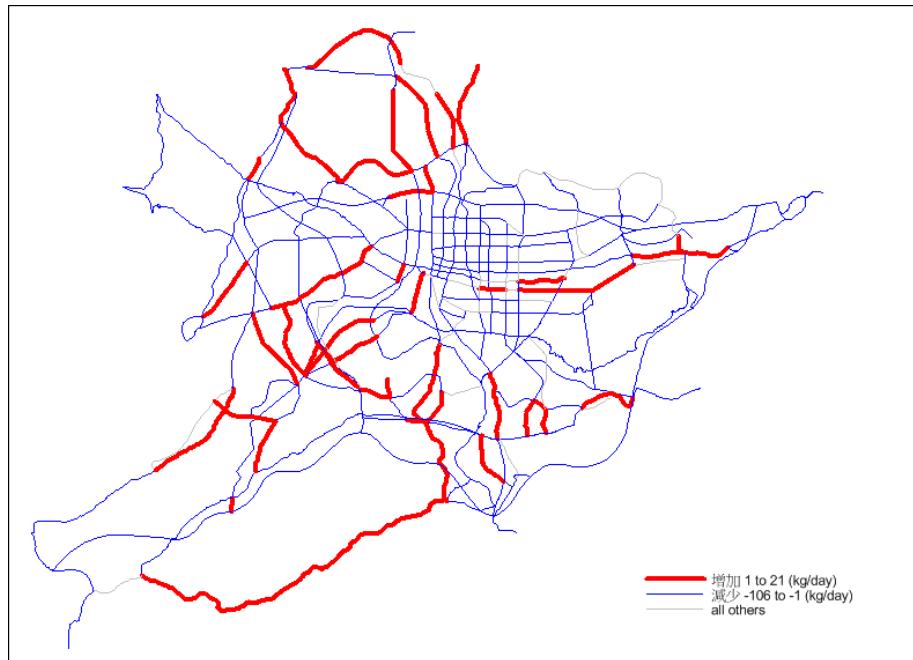


圖 4-44 NOx 變化量之空間分布圖

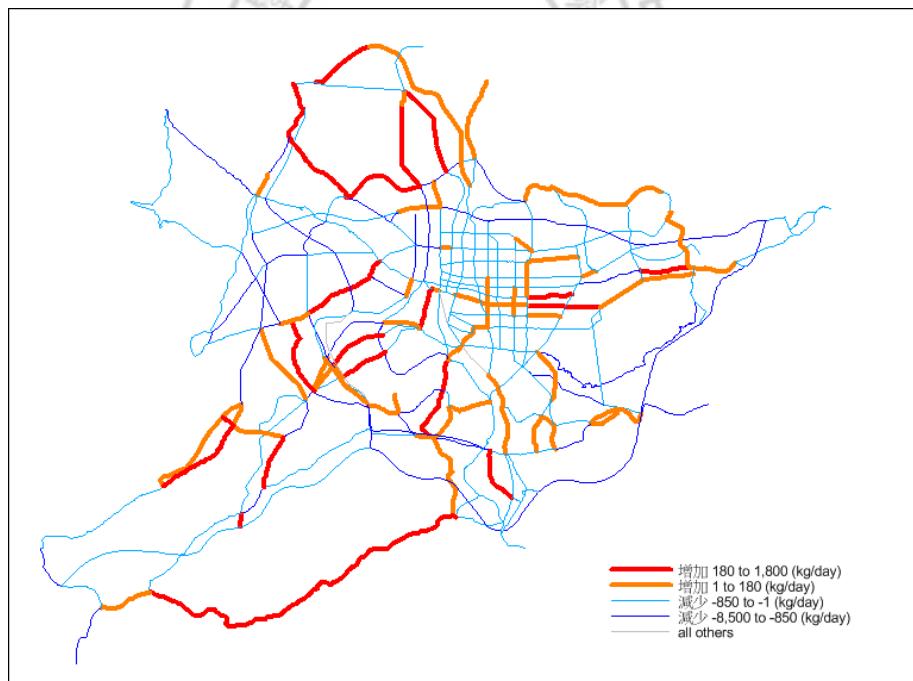


圖 4-45 HC 變化量之空間分布圖

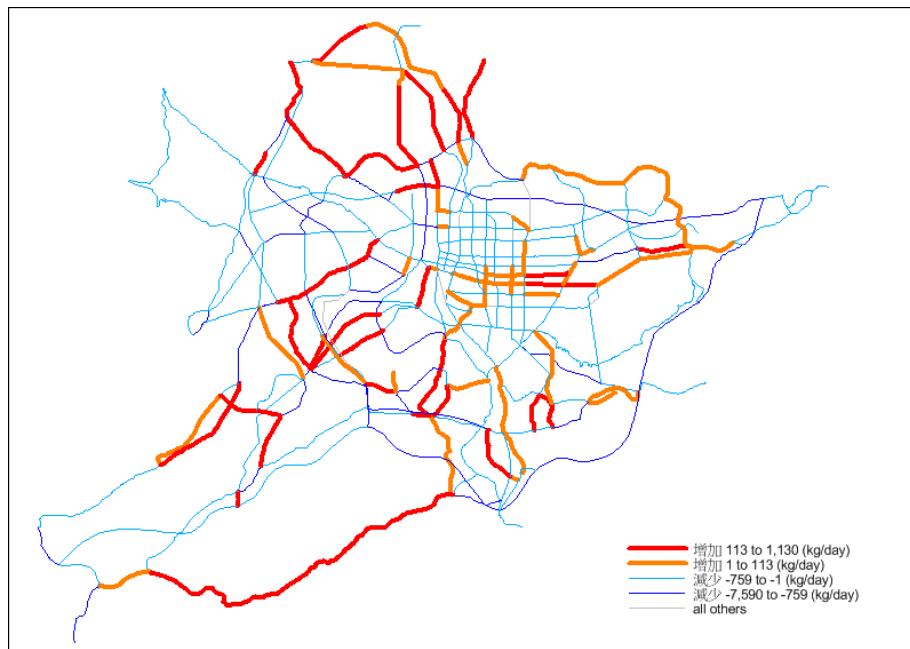


圖 4-46 CO 變化量之空間分布圖

由圖 4-41 至 4-43 可看出，公車所排放的各種汙染物均有微量的增加，其他運具方面各種汙染物排放量均為減少的情形。推測原因為汽車旅次未因環狀線的完工而有所增減，但在空間分布上大部分集中於主要道路上，主要道路因車流量增加，交通狀況較不順暢，車速無法維持在較高的速度，而公車車速在 60 km/hr 以下時，三種汙染物排放量與時速成反比，因此公車所造成的汙染才會呈現微量的增加。汙染物總量在空間分布上，由圖 4-44 至 4-46 可看出三種汙染物排放量皆為減少的情形，其中 NOx 排放量減少量最少，推測因道路上車流量減少，交通狀況較為順暢，使車速可以維持在較高的速度，而三種汙染物中汽車排放之 NOx 在時速大於 50 km/hr 時與汙染物排放量成正比，HC 與 CO 污染物排放量則與時速成反比。NOx、HC、CO 主要減少的地區為台北市，增加量幾乎集中在台北市以北與以南，台北市以北增加的有八里、淡水，台北市以南增加的有板橋、中永和、新店。就整體汙染量來說，當所有捷運路線完工後，可有效減少大台北都會區內汙染物排放量，其中 NOx 減少 4.11%、HC 減少 7.5%、CO 減少 7.23%。

第五章 結論與建議

5-1 結論

本研究建構大台北地區交通汙染評估模式，並針對各捷運路線通車後之汙染量的增減與空間分布變化進行評估。整理結論敘述如下：

1. 本研究利用各運具旅次分布與捷運系統旅次對模式系統進行驗證
 - 捷運旅次分布校正：以捷運公司 2013 年所公布捷運每日平均旅運量為校正參考值，其公布資料平均日運量為 173 萬 8590 人次，而模擬結果為 152 萬 2156 人次，兩者相差 21 萬 6434 人次，誤差約為 12.45%。
 - 各運具旅次分布驗證：利用民國 100 年台北市政府捷運工程局所公布之調查報告與模式模擬出的背景值進行比較(台北市政府捷運工程局，2010)。報告中機車、汽車、大眾運輸、計程車分別為全部旅次的 41.88%、13.17%、43.25%、0.69%；本研究背景值之機車、汽車、大眾運輸、計程車分別為全部旅次的 31.92%、23.81%、38.21%、6.06%，其誤差分別為 9.96%、-10.64%、5.04%、-5.37%。
- 由這些驗證結果可說明此模式與其輸入檔可合理反映出大台北地區目前交通現況。
2. 當松山線完工後，發現此工程並無法有效降低汽機車旅次，但在空間分布上車輛多集中於快速道路、高速公路與主要路段，有效舒緩一般道路車流量。汙染物部分在快速道路、高速公路與主要路段有微量增加，而一般道路為減少的情形。 NO_x 、 HC 分別增加了 0.09%、0.23%， CO 則減少了 0.01%。 HC 明顯增加，推估可能原因為汽機車在無明顯增減其況下，旅次分布卻集中在部分道路造成塞車，使車速減慢，而 HC 排放係數與車速成反比，因此造成此種現象。
3. 當機場線完工後，有效減少了機車旅次 1.15%，但汽車旅次卻微量增加了 0.28%。於空間分布上和松山線完工後有些相似，車輛多集中於快速道路、

高速公路與主要路段，有效舒緩一般道路車流量，但比其更平均分布在增加的路段上，因此在污染物排放量上才會呈現皆為減少的情形。

4. 當環狀線完工後，捷運旅次增加了 3.1%，機車汽車公車計程車分別減少了 1.68%、0.21%、0.2%、1.01%，旅次空間分布上，機車增加部分多集中於捷運路段上及其周圍，而汽車部分增加路段多集中於快速道路、高速公路與主要路段。汙染物排放量部分，NOx、HC、CO 分別減少了 2.9%、5.26%、4.82%。汙染物空間分布上，增加的路段幾乎都位於新北市。
5. 各條捷運線完工後與目前大台北地區現狀進行評估，雖然旅次分布在捷運方面增加了 5.99%，機車、公車、計程車分別減少了 3.51%、0.98%、1.51%，但汽車卻增加了 0.01%。旅次空間分布上，汽車大部分集中於快速道路、高速公路與主要路段。汙染物排放量部分，NOx、HC、CO 分別減少了 4.11%、7.5%、7.23%。汙染物空間分布上，增加的路段幾乎都位於新北市，因為與台北市相比新北市捷運路往較不完整。

5-2 建議

對於系統設計之後續研究方向建議如下：

1. 當增加節點量後，模式運算速度大為下降，甚至到了無法跑的地步，可嘗試改寫模式運算方式或於程式碼中添加平行運算等，以降低運算時間，提高評估效益。
2. 由於目前 visual basic 已跟新到 2013 版本，模式中使用的 6.0 版本於部分 Win7 中無法使用，可嘗試將程式碼改寫成新版本應用於現行軟體中。
3. 目前於運具旅次分布上已不僅僅侷限於本模式中五種交通工具，依調查報告中顯示以自行車和走路方式的民眾不在少數，分別佔 4.45% 與 16.27%，可嘗試於模式中新增運具。

對於系統應用之後續研究方向建議如下：

1. 本研究對於新北市地區路網只選擇部分主次要道路，相較於台北市顯得較為粗糙，之後研究可考慮擴充各區間的路網，使大台北地區路網能建構的更加完整。
2. 由於大眾交通運輸已往外縣市做接軌，如機場線，因此可將路網擴充至外縣市，對於機場線等跨縣市大眾交通運輸於旅次和汙染量在數量與空間分布上將會有更顯著的變化。



參考文獻

1. Susannah Grice et al., "Recent trends and projections of primary NO₂ emissions in Europe, p2154-2167, 2009
2. Vinish Kathuria, "Vehicular pollution control in Delhi" Transportation Research Part D, p373-387, 2002
3. Gerlough, D. L., and Huber, M. J., Traffic Flow Theory- A Monograph. Special Report 165, Transportation Research Board. National Research Council. Washington, D.C. ,1975
4. Kageson, P., "Control Techniques and Strategies for Regional Air Pollution From the Transport Sector / The European Case." Water, Air and Soil Pollution, 85, 225-236(1995)
5. Kenny, R. L. and Raiffa, H., Decision with Multiple Objectives : Preferences and Value Tradeoffs, 1976
6. Yong Geng et al., " Historic and future trends of vehicle emissions in Beijing, 1998e2020:A policy assessment for the most stringent vehicle emission controlprogram in China,p216-229,2014
7. Oppenheim, N., Urban Travel Demand Modeling- From Individual Choices to General Equilibrium, A Wiley-Interscience Publication, 1995
8. Schumacher, L. G., Borglet, S. C., Fosseen, D., Goetz, W.,and Hires, W.G., 1996 , "Heavy-Duty Engine Exhaust EmissionTest Using Methyl Ester Soybean Oil/Diesel Fuel Blends" ,Bioresouce Technology, 57: 31-36.
9. 段良雄、陳雅珍，"個體運具選擇模式之可轉移性分析"，運輸計劃 18:2，1998
10. 段良雄、吳英亮，"不可補償性運具選擇模式之研究"，運輸計劃季刊 14:2 pp169~186，1985.6
11. 陶在樸，"系統動態學"，五南圖書出版有限公司，1999

12. 楊文龍，”交通管理策略對都會空氣品質之影響評估”，淡江大學水資源及環境工程學系博士論文，2001
13. 白仁德，”小客車及機車之污染排放與油耗模式特性之研究”，交通大學運輸研究所碩士論文，1989
14. 施鴻志，”都市交通計劃-理論,實務”，國立編譯館，1984
15. 蔡萬春，”交通污染管制評估模式之參數研究”，淡江大學水資源及環境工程學系碩士論文，2002
16. 葉嘉純，”都會交通建設對空氣品質變化之影響評估”，淡江大學水資源及環境工程學系碩士論文，2003
17. 賴盈如，”台北市移動污染源管理方案研究”，淡江大學水資源及環境工程學系碩士論文，2004
18. 曾國雄、陳君杰，”運具選擇對運輸能源之影響羅吉特模式之應用”，教學與研究, 10, p95~131，1988.6
19. 郭敏能，”慢車道混合車流特性之研究”，台灣大學土木研究所碩士論文，1976
20. 張全寶，”都市道路空氣汙染防治策略認知之研究”，交通大學運輸研究所碩士論文，1989
21. 謝長宏，”系統動態學理論方法與應用”，中興管理顧問公司，1987
22. 林國顯，等，”行車成本調查分析與交通建設計畫經濟效益評估之推廣應用”，交通部運輸研究所，2011
23. 油氣雙燃料車—LPG 引擎，楊成宗、郭中屏 - 全華，2010-05-07 出版
24. ”環保署污染排放量線源推估法”，環保署
25. ”都會區機車行車型態與排放係數研究”，環保署 EPA-90-FA13-03-b034, 2001
26. ”TRTS-IV 第 1 期總結報告”，台北市政府捷運工程局，2010
27. ”空氣污染排放清冊資料庫”[TEDS7.1]，環保署，2013
28. ”空氣污染排放清冊”，環保署，2011

29. 台北市法規查詢系統，<http://www.laws.taipei.gov.tw/lawsystem/wfHome.aspx>
30. 行政院環保署移動污染源管制網，<http://mobile.epa.gov.tw/index.aspx>
31. 經濟部能源局，<http://www.moeaec.gov.tw/>
32. 機動車輛登記數，交通部，<http://www.motc.gov.tw/>
33. 捷運旅運量，台北捷運公司，<http://www.trtc.com.tw/c/index.asp>
34. 台北市政府捷運工程局，<http://www.dorts.gov.tw/>
35. 交通部運輸研究所，<http://www.iot.gov.tw/mp.asp>
36. 行政院環保署，<http://www.epa.gov.tw>
37. 內政部統計處，<http://www.moi.gov.tw/stat/index.asp>

