

國立臺灣大學工學院土木工程學系

碩士論文

Department of Civil Engineering

College of Engineering

National Taiwan University

Master Thesis

台北大眾捷運後續路網替選方案之評估研究



Pei-Yu Chang

指導教授：張學孔 博士

Advisor: S.K. Jason Chang, Ph.D.

中華民國 98 年 6 月

June, 2009

誌謝

終於到了這一刻，這篇致謝是整本論文中，最甜蜜的忙碌。

首先感謝我的指導教授，張學孔老師，平時您扮演嚴師的角色，在每次課堂、meeting 中，雕塑我們的專業，無論是在學術領域或休閒活動，都從您那得到了許多寶貴的資產。口試前夕，您更是扮演著保護傘的角色，讓不安的心得以安定，來面對碩士生活最後的挑戰，您確確實實是我們的大家長，您的細心呵護，不會讓我像孩子般依賴，反而想讓自己更好、更棒，做您的驕傲。

感謝我的口試委員孫以濬董事長以及鄭永祥老師，謝謝你們犧牲寶貴的周六假日，口試過程中除了提供寶貴的意見，更以平和的語氣取代嚴厲的批判，包容論文的缺誤不足，你們的意見讓這本論文更臻完善，而這份體貼學生更是銘記在心，作為日後待人處事之最高指導原則。

鼎漢的宗益和璟慧可說是完成這本論文的首要功臣，你們不厭其煩的教我 DOTS I，無論是在公司最忙的時候、放假休息的時候，都願意撥空為我解惑，你們已經進入職場，仍能體恤趕論文的壓力，這份體貼和培養後進的心，真的讓我很感動，每次跟你們討論過後總是能暫時放下心頭的大石，謝謝你們，也祝福你們往後一帆風順。

謝謝小張家三位博士班的學長，滔滔不決的奇軒學長、冷面笑匠英志學長、每次抿嘴都讓我很緊張的昱達學長，感謝你們這段時間的鼓勵和具體建議，也提供了許多有用的資料，昱達學長還幫我跟運研所借了三本會把泡麵壓垮的報告書，從來沒有聽說過學長幫忙借書的！還有口試前的簡訊，感動的眼淚頑皮的蹦了出來。三位學長有挖不完的知識，小張家有你們，是整個交通組都羨慕的。

還有 96 級的新、舊朋友們，謝謝你們的陪伴，許多回憶都讓我們點滴在心頭。這兩年我心情是複雜的，從大學到研究所太多轉變，相信出了社會更會「驚喜」連連，無論如何，跟你們在一起就能找回許久未見的純真，可以像貓一樣隨興、像孩子一樣開懷大笑，謝謝你們！

謝謝我的家人，要知道我愛你們！小狼你好可愛>\\<

倍瑜 98.7.23



摘要

台灣目前大眾運輸相關審議機制中，並無嚴謹替選方案分析。檢視台北捷運第三階段路網之可行性研究中，固然闡明選擇軌道捷運系統之原因，然而台北捷運平均每公里 44.07 億元新台幣、路網邊際效益遞減，加上成本、運量以及施工時間的不確定性，採用施工期長、建設成本高之軌道捷運系統可能無法及時解決交通問題並達到預期的效益。因此，本研究針對台北捷運第三階段路網，研擬成本效益較佳的替選方案進行比較分析。研究中以台北捷運第三階段路網中的南北線與民生汐止線為對象，建設時考慮大眾捷運系統以及公車捷運系統，配合整體路網，以旅次總成本、燃油消耗量與二氧化碳排放量為評估指標，進行替選方案評估。本研究針對零方案、MRT 及 BRT 替選方案，採用台北都會區整體運輸規劃模式(DOST I)建構替選方案未來年期之大眾運輸路網，其中 BRT 方案之大眾運輸路網較 MRT 方案提早 7 年完成。模式建構時將 BRT 與 MRT 系統之差異反映在票價、營運速率、設站距離及服務班距，同時 BRT 系統採用平面公車專用道，因此行經之路線單向皆縮減一個車道，原先為單向一車道之路段則採混合車流方式，以較低之營運速率進行分析。根據運量預測之結果，BRT 替選方案於 2031 年之大眾運輸使用率最高(47.29%)，私人機動運具使用率最低(44.8%)。替選方案中捷運路網通車之年期，公車使用比例皆受到最大之衝擊，而 BRT 行經路線車道縮減，對私人機動運具旅次產生明顯之移轉效果。此外，BRT 替選方案具有旅次總成本降低以及節能減碳之優勢，分析結果顯示 2031 年 BRT 相較於其他方案之旅次總成本年效益為 106 億，而每年節省 15,581 公秉油耗量，減少 59,037 噸二氧化碳排放量，為 MRT 替選方案效益之 3.8 倍。但由於小汽車之油耗量遠大於其他運輸工具，在未實施較為強制的私人機動車輛管理措施下，各替選方案之油耗及二氧化碳排放量之成長趨勢，並未隨大眾運輸路網增加而趨緩。

關鍵字：公車捷運系統、替選方案分析、旅次總成本、節能減碳

ABSTRACT

In review of public transit development project, there is a lack of appropriate alternatives analysis in Taiwan. In the feasibility studies of Taipei Metro future network, the reason of constructing MRT is only described briefly. However, average cost of Taipei Metro network is 4.4 billion per kilometer and the marginal benefit is decreasing, while the uncertainty of cost, ridership, period of construction, and the expected benefit of MRT system may not be reached. Therefore, this research aims at the alternatives analysis on future network of Taipei Metro. In the alternatives analysis, Eastern Taipei North-South Line and Minshen-Xizhi Line are identified as priority corridor, and therefore 3 alternatives are proposed, namely, DO NOTHING, MRT and BRT. Full trip cost, fuel consumption, CO₂ emission are considered as the performance indicators in evaluation while future public transit network is developed with DOTS I model. It is shown that BRT network is finished 7 years earlier than the original MRT alternative. Differences between MRT and BRT have been reflected on price, operating speed, stop spacing and headway in the model. At-grade bus lane is adopted for BRT system; therefore, one lane is deducted where BRT routes pass through. It is shown from the ridership forecast that bus suffered from obvious ridership decreasing in all alternatives and lane-deduction has significant impact on private mode. BRT alternative has the highest public transit usage (47.29%), lowest private mode usage (44.8%) in 2031, and also has advantage on all other indicators. The results have also identified that, BRT alternative saves 15,581 kl of fuel, reduces 59.037 tons of CO₂ and gains the benefits from full trip cost of 10.6 billion per year. Because the amount of fuel consumed by private vehicles is still much higher in various alternatives, the growing trend of alternatives' fuel-consumption and CO₂-emission do not really reduced without sincere restriction on private vehicle.

Keywords: BRT, Alternatives Analysis, Full Trip Cost, Energy-saving, Green House Gas Emission

目錄

誌謝	I
摘要	III
ABSTRACT	IV
目錄	V
圖目錄	VII
表目錄	IX
第一章 緒論	1
1.1 研究動機	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究範圍	3
1.4 研究方法與內容	3
第二章 文獻回顧與評析	5
2.1 大眾捷運系統	5
2.1.1 大眾捷運系統(Mass Rapid Transit, MRT)	5
2.1.2 輕軌捷運系統(Light Rail Transit, LRT)	5
2.1.3 公車捷運系統(Bus Rapid Transit, BRT)	7
2.1.4 小結	11
2.2 替選方案分析	13
2.2.1 替選方案分析相關文獻	13
2.2.2 小結	17
2.3 運輸需求分析與預測	18
2.3.1 運輸需求分析	19
2.3.2 運輸需求彈性分析	21
2.3.3 台北都會區整體運輸系統發展分析及規劃模式之建立與應用	29
2.3.4 MRT 與 BRT 系統替選相關研究	36
2.3.5 綜合評析	40
第三章 國內外案例分析	41
3.1 台北都會區捷運	41
3.2 嘉義 BRT	47
3.3 哥倫比亞波哥大(Bogata)	49
3.4 中國北京	51
3.5 中國常州	53
3.6 邁阿密 Dade	54
3.7 洛杉磯(L.A. Orange Line)	56
3.8 小結	58
第四章 研究方法與方案擬定	61
4.1 研究方法分析	61
4.1.1 替選方案分析	61
4.1.2 台北都會區整體運輸規劃模式	67
4.1.3 旅次總成本理論	69
4.2 系統替選方案擬定	72
4.2.1 分析路線選擇	72

4.2.2 替選方案未來年期之路網建構	78
4.3 設定系統替選方案外生變數	83
4.3.1 選擇替選方案外生變數	83
4.3.2 替選方案影響運具選擇之參數設定	85
4.4 替選方案初步工程設計規劃	89
4.4.1 替選方案之路權及建設形式	89
4.4.2 BRT 替選方案初步工程設計	93
4.5 小結	96
第五章 台北捷運替選方案預測結果與效益分析	99
5.1 模式驗證	99
5.1.1 大眾運輸旅次處理方式	99
5.1.2 模式驗證	100
5.2 台北捷運路網替選方案預測結果分析	102
5.2.1 零方案	102
5.2.2 MRT 替選方案	105
5.2.3 BRT 替選方案	108
5.2.4 方案比較分析	111
5.2.5 討論	116
5.3 替選方案成本效益分析	118
5.3.1 台北捷運路網替選方案旅次總成本分析	118
5.3.2 節能減碳效益分析	125
第六章 結論與建議	131
6.1 結論	131
6.2 建議	133
參考文獻	135



圖目錄

圖 1-1 研究流程	4
圖 2-1 大眾捷運系統建造經費與運能關係圖	11
圖 2-2 評估內容與方案數量之示意圖	14
圖 2-3 替選方案分析結果呈現之層次	17
圖 2-4 替選方案分析之步驟	18
圖 2-5 英國公車、捷運、郊區鐵路之票價彈性	23
圖 2-6 典型運輸規劃程序	31
圖 2-7 DOTS I 基本架構圖	35
圖 3-1 台北捷運歷年運量趨勢圖	44
圖 3-2 台北捷運歷年單位長度運量趨勢圖	45
圖 3-3 嘉義地理區域圖	47
圖 3-4 嘉義 BRT 行駛路線站位簡圖	48
圖 3-5 Transmilenio 路網圖	50
圖 3-6 公車專用道位置設在快車道外側	54
圖 3-7 地鐵紅線、輕軌黃線與橘線圖	57
圖 4-1 新興公共建設計畫推動階段作業程序	62
圖 4-2 FTA 投資重大交通建設流程圖	64
圖 4-3 本研究台北大眾捷運替選方案分析流程	66
圖 4-4 典型運輸規劃程序	68
圖 4-5 民生汐止線路線示意圖	77
圖 4-6 民生汐止線路線示意圖	78
圖 4-7 本研究分析之對象-台北捷運路網	79
圖 4-8 系統替選方案概念圖	80
圖 4-9 南北線 BRT 高架路段示意圖	91
圖 4-10 民生汐止線 BRT 高架路段示意圖	92
圖 4-11 替選方案於目標年之路網長度	97
圖 5-1 零方案未來年期運具分配比例圖	104
圖 5-2 MRT 替選方案未來年期運具分配比例圖	107
圖 5-3 BRT 替選方案未來年期運具分配比例圖	110
圖 5-4 三方案於未來年期之捷運旅次數	115
圖 5-5 替選方案基礎設施成本	122
圖 5-6 替選方案外部成本	123
圖 5-7 替選方案旅次總成本	124
圖 5-8 交通運輸活動與節能減碳關係圖	126
圖 5-9 燃油消耗與 CO ₂ 排放之增加比例(相較於基年)	130



表目錄

表 1- 1 台北捷運建設三階段的路網.....	1
表 2- 1 國內外相關輕軌運輸系統定義.....	6
表 2- 2 國內外相關公車捷運系統定義.....	7
表 2- 3 路權(車道設計)成本分析表	9
表 2- 4 車輛成本分析表	10
表 2- 5 車站成本分析表	10
表 2- 6 BRT、LRT、MRT 系統特性比較.....	12
表 2- 7 BRT 與 MRT 系統技術型式比較表	13
表 2- 8 影響運具分配的變數.....	19
表 2- 9 總體及個體羅吉特模式之比較.....	20
表 2- 10 影響運具選擇的解釋變數.....	20
表 2- 11 英國公共運輸短、中、長期之票價彈性.....	22
表 2- 12 台北都會區運輸規劃發展回顧.....	29
表 2- 13 郭瑜堅(2003)路網方案	36
表 2- 14 MRT 與 BRT 路網方案各年期運具分配比例(%)	37
表 2- 15 台北都會區各種運輸工具之 CO ₂ 日排放量及燃油日消耗量 ...	38
表 2- 16 MRT 與 BRT 路網二氧化碳排放量及比例	39
表 2- 17 MRT 與 BRT 路網燃油消耗量及比例	39
表 3- 1 城市基本資料表	41
表 3- 2 台北捷運初期路網通車時程.....	42
表 3- 3 台北捷運第一階段路網	42
表 3- 4 台北捷運第二階段路網	43
表 3- 5 台北捷運第三階段路網	43
表 3- 6 城市基本資料	47
表 3- 7 BRT 系統各階段工程	55
表 3- 8 BRT 橘線旅行時間與平均速率表	57
表 3- 9 台北都會區與 6 個城市之基本資料	58
表 3- 10 各案例營運資料表	59
表 3- 11 台北捷運營運資料	60
表 4- 1 可行性作業評估項目及研析要項表	62
表 4- 2 旅次分類表	70
表 4- 3 旅次總成本項目	70
表 4- 4 旅次總成本模式	71
表 4- 5 台北捷運三階路網與一、二階路網之交會點.....	73
表 4- 6 三階路網興建優先順序之評估因子	74
表 4- 7 臺北都會區第三階段路網路線相關資料一覽表	75

表 4- 8 第三階段路網路線之評比得分表	76
表 4- 9 零方案路網建設時程規劃	81
表 4- 10 MRT 替選方案路網建設時程規劃	81
表 4- 11 BRT 替選方案路網建設時程規劃	81
表 4- 12 零方案、MRT、BRT 替選方案未來年期捷運通車長度(公里).	82
表 4- 13 台北都會區未來年交通建設計畫	82
表 4- 14 影響運具分配之變數.....	83
表 4- 15 影響運具選擇之解釋變數.....	84
表 4- 16 影響運具選擇解釋變數之分類	85
表 4- 17 BRT 替選方案票價推估	87
表 4- 18 BRT 系統旅行時間參數推估	87
表 4- 19 零方案、MRT、BRT 替選方案之系統參數	88
表 4- 20 零方案與 MRT 替選方案地下、平面、高架之路線長度(公里).	89
表 4- 21 零方案與 MRT 替選方案中運量、高運量之路線長度(公里)	89
表 4- 22 捷運南北線道路概況及 BRT 建設形式	90
表 4- 23 捷運民生汐止線道路概況及 BRT 建設形式	92
表 4- 24 三階路網 BRT 平面、高架公車專用道長度(公里)	93
表 4- 25 BRT 案例之工程設計	94
表 4- 26 BRT 案例之配套措施	94
表 4- 27 BRT 替選方案初步工程設計	95
表 4- 28 替選方案於各年期之通車長度與系統型式	96
表 4- 29 替選方案建設形式(公里)	96
表 5- 1 捷運轉乘旅次分類規則	100
表 5- 2 通勤捷運轉乘旅次分類規則	100
表 5- 3 2007 年 DOTS I 模式預測之旅次產生數及運具分配比例	100
表 5- 4 台北都會區歷年調查之運具使用比例	102
表 5- 5 零方案各年期各種運具之運量	103
表 5- 6 DOTS I 預測零方案各年期運具分配比例	103
表 5- 7 零方案各年期各種運輸工具運具分配增減比例	105
表 5- 8 MRT 替選方案各年期各種運具之運量	106
表 5- 9 DOTS I 預測 MRT 替選方案各年期運具分配比例	106
表 5- 10 MRT 替選方案各年期各種運輸工具運具分配增減比例	108
表 5- 11 DOTS I 預測 BRT 替選方案各年期運具分配比例	109
表 5- 12 DOTS I 預測 BRT 替選方案各年期各運輸工具旅次數	109
表 5- 13 BRT 替選方案各年期各種運輸工具運具分配增減比例	111
表 5- 14 三個方案各年期運具分配比例	111
表 5- 15 各年期各種運輸工具運具分配增減比例	112
表 5- 16 MRT 替選方案與零方案運具分配比例差值	113

表 5- 17 BRT 替選方案與零方案運具分配比例差值	114
表 5- 18 BRT 替選方案與 MRT 替選方案運具分配比例差值	115
表 5- 19 台北都會區無轉乘旅次成本結構(元/旅次)	118
表 5- 20 BRT 系統基礎設施成本推估-平面公車專用道.....	119
表 5- 21 MRT 基礎設施成本	120
表 5- 23 零方案旅次總成本分析(元/旅次)	120
表 5- 24 MRT 替選方案旅次總成本分析(元/旅次)	120
表 5- 25 BRT 替選方案旅次總成本分析(元/旅次)	121
表 5- 26 各種運輸工具燃油消耗量推估	126
表 5- 27 運輸部門相關各種化石能源二氣化碳排放係數.....	127
表 5- 28 替選方案未來年期燃油消耗量(單位：公秉).....	128
表 5- 29 替選方案未來年期二氣化碳排放量(單位：噸).....	128
表 5- 30 替選方案相對於零方案之節能減碳效益	128
表 5- 31 替選方案油耗量、二氣化碳排放量增加比例(相較於基年)	129





第一章 緒論

1.1 研究動機

台北捷運於民國 85 年木柵線通車、民國 86 年淡水線加入營運，南港線東延段之南港站亦於 97 年底通車，至今已有 6 條營運路線(木柵線、淡水線、中和線、新店線、板南線、南港線東延段等)，路網規模達到 78 公里，每日載運量逾 110 萬人旅次，總載客量逾 30 億人次，目前台北捷運之路網持續拓展中，表 1-1 為台北捷運現有及後續的規劃路網，共計 277.2 公里。

表 1-1 台北捷運建設三階段的路網

階段	第一階段	第二階段	第三階段
路線定位	已完工通車路線	中央核定執行中路線	規劃中路線
路線長度(Km)	76.6	79.8	120.8
預估通車時間	已通車	西元 2014 年	西元 2021 年
預估日運量 (人次)	115 萬	230 萬	360 萬

資料來源：本研究彙整自台北捷運工程局(2007)

對於交通建設方案評估，World Bank(2008)與 FTA(2004)曾明確指出交通問題沒有一定的解決方法，投資交通建設需要龐大的資金，且對環境及社會的影響時間長，未來之土地使用型態、旅行者特性或社會經濟條件等不確定的因素都會影響運量預測之可靠性。因此，為了作出最佳之投資決策，交通建設計畫都應進行「替選方案分析」(Alternatives Analysis, A.A.)。

World Bank(2000)研究 13 個城市的捷運系統財務及營運狀況，研究結果顯示在 13 個系統中，有 10 個系統實際建設成本高於預估值 10% 以上，其中更有 6 個系統高於預估值 50% 以上，亦有 10 個系統興建時間比預期時間多出 50%，在運量的部分，有 8 個系統實際運量低於預估值 50% 以上，指出可行性研究中運量高估、工程費用低估之問題。

郭瑜堅(2007)依據台北捷運路網預計完工之年期與路網長度，利用模擬軟體預測捷運在未來年期之運具分配比例，發現每單位路網長度可帶來之運具分配比例增量在 2011 至 2021 間開始遞減，若路網之效益來自於所吸引的旅次數，即為路網之邊際效益遞減。

投資大眾捷運系統需投入龐大的資金，台北捷運平均每公里造價 44.07 億元(高運量 47.78 億元、中運量 21.75 億元)，相對於軌道捷運系統，公車捷運系統(Bus Rapid Transit, BRT)整合車道、車站、收費型式、車輛、服務及智慧型運輸系統(Intelligent Transportation Systems, ITS)等元素，結合了軌道運輸系統的快速與舒適和公車系統的便利與經濟，擁有因應未來環境及運量變動而於日後逐步將設施升級的特性，成為具有相當競爭力的大眾運輸系統，為國際上公認最能符合永續發展的大眾運輸系統之一。

台灣目前的大眾運輸審議機制與相關法律條文中，並無明確規定在大眾捷運建設應進行替選方案分析，台北捷運第三階段路網之路線僅在可行性研究，以一個章節的篇幅闡明選擇軌道捷運系統之原因；然而，台北捷運系統造價昂貴、路網邊際效益遞減，加上可行性研究中成本、運量以及施工時間的不確定性，採用施工期長、建設成本高昂之軌道捷運系統可能無法及時解決交通問題並達到預期的效益。因此，若能在建設前進行替選方案分析，選擇成本效益較佳的方案，同時以方案比較的方式，將可行性研究中成本低估、運量高估的問題降至最低，將可避免運輸資源閒置、資金浪費等問題，達到永續經營之目標。

1.2 研究目的

本研究欲以台北捷運路網為分析對象，進行大眾捷運系統(Mass Rapid Transit, MRT)以及公車捷運系統(Bus Rapid Transit, BRT)之替選方案分析，考慮「所有路網皆採軌道捷運系統(MRT)」及「部分路網採軌道捷運系統(MRT)、部分路網採公車捷運系統(BRT)」兩種方案，具體目的如下：

- 1、 預測各替選方案在未來年期之大眾運輸旅次量及總體運具分配比例，並分析各方案之社會經濟效益，包含油耗量、二氧化碳排放量、以及旅次總成本。進而可評估「公車捷運系統」(BRT)因施工期較短，而較「大眾捷運系統」(MRT)提早完成大眾運輸路網所帶來之整體效益。
- 2、 以替選方案分析找出較佳之方案後，針對方案分析結果，對大眾運輸政策提出建議，以期實現永續發展之目標。

1.3 研究範圍

本研究之範圍為大台北都會區之捷運路網，包含第一階段以完工通車的路線、第二階段施工中路線，以及第三階段規劃中路線之捷運南北線和民生汐止線。本研究特別著重在尚未定案之第三階段路網，考量可能不同的技術方案，進行比較評估。

1.4 研究方法與內容

本研究回顧國內外城市大眾捷運系統之案例，以歸納的方法分析軌道捷運系統(MRT)與公車捷運系統(BRT)在施工時間、平均營運速率、票價、班距等系統特性之差別，並運用模擬分析的方法，應用運輸規劃模擬分析工具，對於不同的路網分案進行評估分析，了解各方案之旅次總成本、溫室氣體排放與能源耗用之影響。

本研究包括下列內容：

- 1、 文獻收回顧與評析，對於本研究相關之台北捷運後期路網規劃、運輸規劃之運量預測和運具選擇以及國內外城市之案例進行收集與評析，以作為後續工作之基礎。
- 2、 擬定路網方案並設定方案外生變數，根據台北捷運後期路網規劃可以擬定路網方案，而從運具選擇的相關研究以及國內外案例分析可設定方案之外生變數，作為模擬分析的基礎。
- 3、 應用運輸規劃軟體進行運量預測，方案擬定完成後，進行路網之建構並設定相關營運資料，以運輸規劃軟體預測未來各年期的總旅次數以及兩路網方案之運具使用比例，進而可得使用各種運具之旅次數，作為分析的基礎。
- 4、 以運量為基礎分析各方案，評估各路網方案下的燃油消耗量、二氧化碳排放量及旅次總成本，並概估各路網方案之建設與營運成本，進行分析比較。
- 5、 提出結論與建議，總結研究成果，提出具體結論，並對實務及未來研究方向，提出具體建議。

圖 1-1 為本研究之流程。

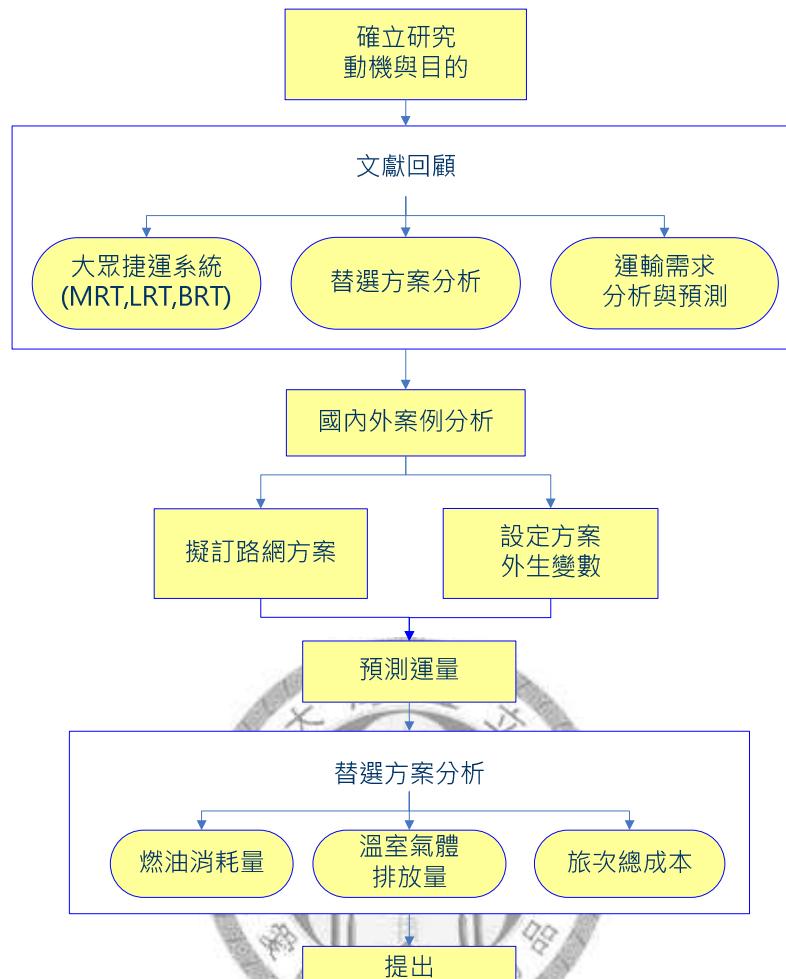


圖 1-1 研究流程

第二章 文獻回顧與評析

本章針對不同的大眾捷運系統型式(MRT、LRT、BRT)、國內外替選方案分析之作法以及運輸需求預測及分析進行文獻回顧，作為本研究後續工作之依據。

2.1 大眾捷運系統

捷運在系統的選擇上，主要分為大眾捷運系統(Mass Rapid Transit, MRT)、輕軌運輸系統(Light Rail Transit, LRT)以及公車捷運系統(Bus Rapid Transit, BRT)，本節將對上述各系統作扼要的說明，並比較其差異。

2.1.1 大眾捷運系統(Mass Rapid Transit, MRT)

國內目前對於大眾捷運系統(Mass Rapid Transit, MRT)的定義已經相當明確，並將之列於大眾捷運法中，係指利用地面、地下或高架設施，不受其他地面交通干擾，採完全獨立專用路權或於路口部分採優先通行號誌處理之非完全獨立專用路權，使用專用動力車輛行駛於專用路線，並以密集班次、大量快速輸送都市及鄰近地區旅客之公共運輸系統。

2.1.2 輕軌捷運系統(Light Rail Transit, LRT)

相較於大眾捷運系統，目前國內外對於輕軌運輸系統(Light Rail Transit, LRT)的定義尚不明確。本節將先回顧國內外相關定義，並彙整如表 2-1，最後將輕軌捷運系統定義為一種「軌道支撐式」的都市公共運輸系統，以架空饋線供應電力而運轉為主，亦可採用其他形式如柴電動力或第三軌供電，且具因地制宜之彈性，能在較小的轉彎半徑，較緩的坡度及街道上行駛；並使用現代化高運量的車輛，為一種簡單的系統，裝配著無閘門之收費系統，簡單的車站和一人駕駛的電聯車，而主要行駛於街道，採專有路權型式進行佈設，必要時於路口採用優先號誌通行；在郊區時以隔離型態高速行駛。

表 2-1 國內外相關輕軌運輸系統定義

提出單位或學者	定義
國際公共運輸聯盟 (International Association of Public Transportation, UITP 之正式報告)	屬於軌道運輸的一種型式，它可以一步一步地在傳統街車、行駛於專用車道之運輸等不同階段中發展。每一個階段都可以是最終階段，但仍保留進化到下一個更高階段的可能性。
美國運輸研究委員會 (Transportation Research Board, TRB)	一種電力驅動之都會區軌道運輸系統。可以以單節車廂或短列車行駛於地面上、地下或高架之隔離式專用車道，或偶爾行駛於街道上。其車輛設計可允許以低月台在軌道平面上下乘客，或高月台在車輛底板平面上下乘客。
德國 RTC (Light Rail Transit Consultants) 總裁 Helmut Gerndt	輕軌不是可明確定義之系統，卻是一概念性方法(Approach):它結合了既有軌道技術中若干營運與技術層面之特點，而能在困難條件下，找出解決方法，其營運績效涵蓋範圍相當廣泛。因應公共運輸發展之趨勢，路線設計需盡可能接近需求點，而輕軌可提供彈性之線形條件，充分利用路廊上有限空間，並接近使用者，甚至可以減少投資成本與景觀衝擊。
英國交通部 (British Department of Transport)	「任何載運旅客的導軌運輸系統，其車輛特徵與幹線鐵路系統並不一致。」其中將輕軌運輸系統分為三類： 1. 全部或部分的輕軌運輸系統行駛於道路上，其中輕軌運輸車輛使用的路權與其他道路使用者(包括行人)分享。 2. 全部或部分的輕軌車輛行駛於道路上，其中輕軌運輸軌道為專用，但仍保留在交通緊急時提供其他道路交通工具使用。 3. 輕軌運輸系統軌道完全與道路交通(包括行人)隔離。
張有恆 「都市公共運輸」	輕軌乃是由電力推展的鐵路車輛，以單節或列車來營運，是具有各種路權型式下營運之「半大眾捷運系統(Semi-rapid Transit)」，其運量介於每小時 6000 人到 20000 人之間。主要針對中型都市或具發展潛力的運輸走廊地帶而設計，以適當的速率和費用提供中等容量的運輸服務。由於其所使用的路權可視情況採用部分在地下、部分在地上或高架，因此每公里造價較其他鐵路運具低，且其具有發展潛力和擴充彈性(可逐漸提升為捷運系統)。

<p>江明穎 「輕軌電車與一般車輛路口衝突風險分析之研究」</p>	<p>一種「軌道支撑式」的都市公共運輸系統，以架空饋線供應電力而運轉為主，亦可採用其他形式如柴電動力或第三軌供電，且具因地制宜之彈性，能在較小的轉彎半徑，較緩的坡度及街道上行駛；並使用現代化高運量的車輛，為一種簡單的系統，裝配著無閘門之收費系統，簡單的車站和一人駕駛的電聯車，而主要行駛於街道，採專有路權型式進行佈設，必要時於路口採用優先號誌通行；在郊區時以隔離型態高速行駛。</p>
---------------------------------------	--

2.1.3 公車捷運系統(Bus Rapid Transit, BRT)

公車捷運系統為近年來新興起的大眾運輸工具，因此國際間對其定義上依舊有或多或少的差異。依據本計畫回顧各國的資料顯示，國內、外文獻常引用的定義如表 2- 2，而本研究建議以交通部「公車捷運化設計手冊之研究」中之定義，即公車捷運系統是以公車運轉，結合完全專用或部分專用路權以及軌道系統營運方式，提供快速、彈性、低成本的公共運輸服務。

表 2-2 國內外相關公車捷運系統定義

提出單位或學者	定義
美國聯邦大眾運輸管理 (Federal Transit Administration, FTA)	為結合軌道大眾運輸系統之品質及公車運輸彈性，運轉在專用之大眾運輸路權、高承載車道、快速道路或一般街道，結合使用智慧型運輸系統技術、大眾運輸優先權、低污染與低噪音之車輛以及快速便利之收費系統，並且結合以運輸為導向之土地使用發展政策之運輸系統。
國際運輸與發展政策中心 (Institute for Transportation & Development Policy, ITDP)	係一高品質、顧客導向的大眾運輸，提供快速、舒適、低成本的都市運輸服務。
能源基金會 (Energy Foundation)	利用改良公車車輛，營運在公共交通專用道路空間上，保持軌道交通特性且具備普通公車靈活性的一種便利、快速的公共交通方式。
TCRP Report90 Bus Rapid	係一整合了設施，服務，便利以及藉由改善速度、可靠度與公車捷運意象等更具親和力

Transit Systems	之整合系統。在許多層面，公車捷運系統如同膠輪式的輕軌系統，但具備更大的營運彈性與較低的投資與營運成本。
張有恆 「都市公共運輸」	主要在經由公車專用路權的提供與交通管制措施之配合，藉以提高公車營運速率，達到快速與便利的目標，期能吸引民眾來使用公車，提高公車系統的載客量。
交通部 「公車捷運化設計手冊之研究」	是以公車運轉，結合完全專用或部分專用路權以及軌道系統營運方式，提供快速、彈性、低成本的公共運輸服務。

一般對於 BRT 系統在功能上應能具備下列特性：

(1) 完全專用或部分專用路權

公車捷運化必須具有完全專用(公車專用道路『Busway』)或部分專用路權(B 型路權)，以確保行車速率與服務品質

(2) 乘客能快速上下車

提昇公車服務品質之關鍵因素除了有專有路權外，乘客上下車所造成的时间延滯亦須改善，因此，車輛具有多車門且車門加大、車輛台階與月台齊平，以加速乘客進出車輛之效率。

(3) 車廂載客量大

傳統公車之容量約為每車 70 人，而採用連結公車或雙連結公車可到每車 160~270 人，提高車載容量。

(4) 高效率收費系統

高效率之收費系統可由電子票證或車外收費來達成。所謂車外收費，係採用與捷運類似之預付系統，配合封閉式車站、匝門收費、電子票證等措施以大幅節省車上收費時間。

(5) 結合 ITS 技術

公車捷運系統節由 ITS 技術可改善公車服務之舒適性、速率、可靠性與安全，一般係自動車輛辨識技術(Automatic Vehicle Identification, AVI)、全球衛星定位(GPS)、自動控制、無線通訊等技術，以提供乘客動態資訊系統、車輛與車站安全防護、與車隊管理系統，同時可結合路口交控設施提供公車號誌優先服務等功能。

(6) 應用清潔能源技術

公車車輛可配合清潔能源車輛技術，包括使用清潔柴油、CNG、LPG、混合電動、電動或燃料電池等清潔能源技術，可大幅改善都市空氣品質。

(7) 與其他運輸工具整合

公車捷運系統具有高度靈活性，可依照地區特性、運輸需求、道路狀況、路網系統等狀況彈性調整行駛路線，同時可以與捷運、公車、計程車、自行車等其他運輸工具整合，形成一綿密、便捷的都市公共運輸網路。

(8) 鮮明的行銷識別系統

公車捷運係提供高品質、顧客導向之運輸服務，公車捷運系統為一地面運輸系統，亦為都市景觀之一部分，其候車亭、轉乘站、車輛與清潔、安全、舒適等特色更能夠建立嶄新形象，吸引更多客源，對都市行銷有莫大的助益。

Kulyk 與 Hardy(2000)指出由 Federal Transit Administration(FTA)定義出四個層級來表示 BRT 系統不同的服務水準，主要以路權、管理層級、車輛及車站等四個項目作為層級區分的標準。參考 FTA(2004)、IBI Group(2003)與 Vehicle Catalog2005 和 2006 的 Vehicle Compendium for BRT，路權(車道設計)、車輛、車站之型式與造價分別如表 2- 3、表 2- 4、表 2- 5 所示。

表 2-3 路權(車道設計)成本分析表

型式	每公里成本(新台幣)
混合車流車道，在瓶頸路口設計停等超越(queue jumper)	190 萬 ~ 550 萬
平面專用道	4700 萬~ 5400 萬

實體區隔，交叉路口混合車流		1.3 億 ~ 1.9 億
完全立體區隔	高架	2.3 億 ~ 5.7 億
	地下	11.3 億 ~ 19.7 億

資料來源：本研究參酌 FTA(2004)相關報告彙整而得

表 2-4 車輛成本分析表

車輛型式	說明	購車成本(新台幣)
標準型公車	40 與 45 吋標準型公車，載客容量約 55 與 65 人，半低底盤設計，車廂內部仍有階梯。	900 萬 ~ 1050 萬
新式標準型	擁有傳統標準型的所有配備，加上 slight body 或是新穎的車體。	900 萬 ~ 1110 萬
傳統雙節公車	2-3 門的部分低底盤公車，較標準型公車增加 50% 乘載量，約 90 人。	1500 萬 ~ 1935 萬
新式雙節公車	最少 3 門的低底盤公車，配合相關的車上設備，可減少一倍的上下車時間。	1890 萬 ~ 2550 萬
特殊型	車型美觀，類似軌道列車，且配合更多 ITS 系統。如光軌車輛、磁性感應器或硬體與車輛整合。	2850 萬 ~ 4800 萬

資料來源：本研究參酌 FTA(2004)相關報告彙整而得

表 2-5 車站成本分析表

車站型式	說明	成本(新台幣/座)
簡易站牌式	除了站牌等基本元素，僅配備一簡單之候車亭。	45 萬 ~ 60 萬
進階站牌式	候車亭經過較精美的設計，可以區別 BRT 和一般公車，通常會有照明、溫度調節等設備。	75 萬 ~ 105 萬
車站	有與 BRT 車底同高之月台，方便乘客上下車，月台間有實體區隔，還有一些乘客服務。	450 萬 ~ 7500 萬
轉運站	具有與車站同等的設備，並可在站內直接轉乘一般公車、大眾捷運或火車。	1.5 億 ~ 6 億

資料來源：本研究參酌 FTA(2004)相關報告彙整而得

2.1.4 小結

大眾捷運系統(Mass Rapid Transit, MRT)、輕軌運輸系統(Light Rail Transit, LRT)以及公車捷運系統(Bus Rapid Transit, BRT)雖同為捷運系統，但在系統特性上有所差異，適用之條件也不同。MRT 之容量、營運速度、可靠度、安全性及營運效率佳，但施工期長、建設成本龐大，軌道系統興建後在營運上較無彈性。LRT 以較小的車廂營運，藉由導軌行駛於路面或高架，在交叉路口時採與其他車流混合的 B 型路權，雖然沒有立體分隔，但尚可維持一定程度的可靠度，因營運速率及車廂容量稍低於捷運，故系統容量較小，屬中運量系統。而 BRT 是將公車系統經過適當的規劃，達到軌道捷運系統之營運速度及可靠度，與 LRT 同為中運量系統，營運上較 LRT 與 MRT 具有彈性。BRT、LRT、MRT 運能與建造經費的關係如下圖，並整理三者之系統特性如表 2- 6。

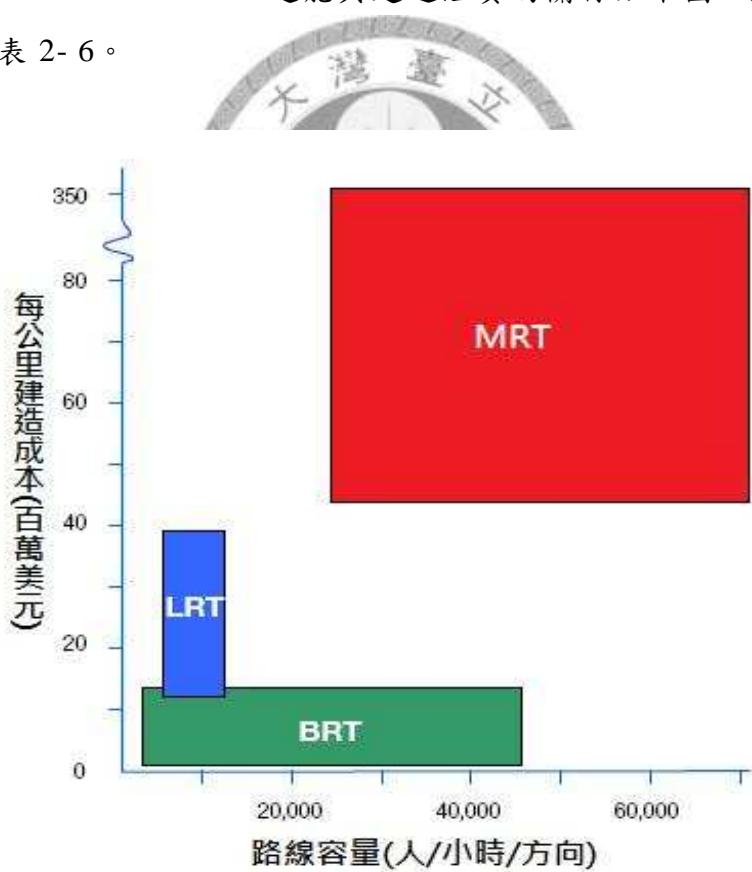


圖 2-1 大眾捷運系統建造經費與運能關係圖

圖表來源：本研究彙整自 Wright et al. (2007)

表 2-6 BRT、LRT、MRT 系統特性比較

	公車捷運系統	輕軌運輸系統	大眾捷運系統
最大速度(Km/H)	50~60	70~80	80~100
營運速度(Km/H)	15~25	20~40	25~60
最大班次(列車/小時)	120~190	40~90	20~40
路線容量 (人/小時/方向)	3,000~45,000	6,000~25,000	25,000~80,000
列車長度 (車廂/車)	1~3	1~4	1~10
車廂長度(公尺)	8~10	14~32	16~23
車廂容量	70~80	200	250
專用路權占路線長之 百分比(%)	20~70	40~90	100
施工期 (約 10 公里)	<18 個月	5 年	8 年以上
站距 (M)	300~400	250~600	800~2,000
平均旅次長度	短~中距離	短~中距離	中~長距離
建設成本 (新台幣/公里)	平面 0.35 億 高架 4 億	高架 5 億 平面 0.2 億~4.5 億 地下 17 億~25 億	高架 30 億 地下 60 億~80 億
車站成本 (新台幣/座)	\$80 萬	高架 1 億 平面 0.2 億 地下 5 億	高架 5 億 地下 12 億
車輛成本 (新台幣/輛)	傳統公車 400 萬 聯結公車 500 萬 ~1,200 萬	6,000 萬	8,000 萬~ 1 億 2 千萬
營運維修成本 (新台幣/車公里)	45	130	160

註：雙節及三節公車視為 2 個及 3 個車廂。

資料來源：參酌張學孔、呂英志(2008)、張有恆(2007)、Wright et al. (2007)、濮大威、張學孔等人(2004)之研究修改而得

從表 2-6 中可得知 BRT 系統之建設成本低，施工期短，可以在最短的時間內改善交通問題，並提早培養大眾運輸之運量，路線容量由每小時單向 3,000 旅次到 45,000 旅次，且其營運速率上限與大眾捷運系統營運速率下限相同(25 公里/小時)，表示 BRT 系統只要經過完善的規劃設計，配合專有路權、優先號誌、ITS 資訊系統等，亦可達到軌道系統之服務水準，可在不造成中央、地方政府財政負擔的情況下改善都市交通環境，對於新興或較小型、需求較低的城市，是可以考慮的捷運系統，可在規劃之初與軌道捷運系統進行替選方案分析，因此本研究以 BRT 與 MRT(現行規劃)進行替選方案分析，評選較優之方案。

BRT 和 MRT 之系統技術型式比較如表 2-7,BRT 在運輸系統型式上定義為「完全獨占式公車」或「無軌電車專用道」(Exclusive bus/trolleybus lanes)。專用車道沿線以實體隔離，如緣石、柵欄或高低差等方法，或以立體化的車道與其他交通區隔，無任何地面交通交叉路口或任何合法的車輛交通或行人交通入口與其交會衝突，此系統乃以一般公車或無軌電車提供類似捷運的快捷運輸服務。

表 2-7 BRT 與 MRT 系統技術型式比較表

運具		公車捷運系統(BRT)	大眾捷運系統(MRT)
系統組成	路權	以 B 型路權為主，可部分採用 C 型路權，亦可升級為 A 型路權。	以 A 型專用路權為主 (高架、地下)
	支撐	膠輪 + 道路	鋼輪鋼軌
	導引	駕駛、導輪	自動
	推進力	內燃機或電力	電力
	車輛控制	目視	號誌
車輛編組		1-2 車	4-6 車

資料來源：張學孔、郭瑜堅(2005)

2.2 替選方案分析

本節回顧國外替選方案分析之相關文獻，說明替選方案分析之概念、目的、與可行性研究之關係，整理進行替選方案分析之步驟與指導方針，並說明其在投資重大交通建設時的地位，最後檢視國內的情況作小結。

2.2.1 替選方案分析相關文獻

World Bank(2008)替選方案分析(Alternatives Analysis)是一個資訊蒐集的過程，決策者辨識、比較、評估可行的數個方案，藉由所得到的資訊，找出交通問題之最佳解決方法。分析時要針對各替選方案進行成本效益分析，量化與質化的因素皆要納入考量。替選方案分析是一個決策優化的過程，可針對交通問題找出成本效率性(cost-effectiveness)、可負擔性(Affordability)佳之解決方案。交通問題沒有一定的解決方法，投資交通建設需要龐大的資金，對社會環境有長時間的影響(20年以上)，方案分析中存在許多不確定的因素，這些因素會隨時間改變，對成本、效益產生重大的影響，因此需要作替選方案分析，以將這些不確定性減至最低。

替選方案分析與可行性研究(Feasibility Study)不同，可行性研究是針對單一、已決定之方案，在工程、機電以及營運進行深入之規劃設計，替選方案分析則是針對數個可能解決問題之方案進行評估，應於可行性研究之前進行，其規劃設計之程度較可行性研究粗略。一開始面對問題時，應擬定數個替選方案，對各方案進行概略的分析，當較優之方案脫穎而出，則會進行深入之規劃研究，其關係如圖 2-2。

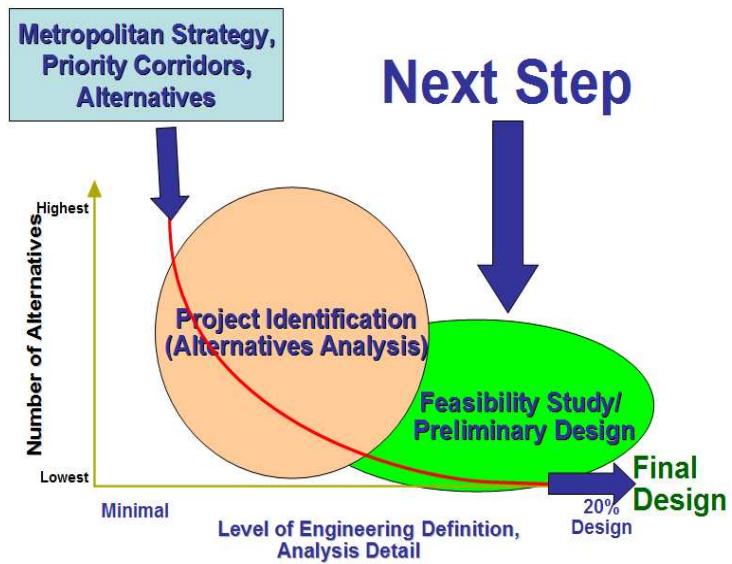


圖 2-2 評估內容與方案數量之示意圖

資料來源：World Bank (2008)

進行替選方案分析的目的是在投資重大的城市交通運輸建設時，提供完整、有架構的資訊，協助決策者選擇適合的系統形式或設計方針。替選方案評估時，最主要是用成本效益分析的方法，指標選用以簡單為原則，定量的指標包括淨現值、投資報酬率、還本周期等，非定量的指標包括風險、安全、汙染等，計算指標時運量要預測避免過度樂觀，考慮成本項目時需將運輸系統生命中期中可能產生的成本全數列入考量。

替選方案分析之指導方針如以下七點：

1、充分了解「替選方案分析」

替選方案分析(Alternatives Analysis)並非可行性研究(Feasibility study)，所有重大的決策都應該經過替選方案分析，替選方案分析之範疇可大可小，從運輸系統之系統形式、路線選擇到經營管理之策略都是分析的範圍。

2、深入了解問題

所有的決策者應深入了解欲解決的問題，找出維持現況時，未來會發生的問題，並找出這些問題的根本原因。以交通擁擠現像為例，其根本的原因可能是土地使用不當、需求或供給面改變，土地使用不當可能是過度分散或單一的發展中心、重要之社經活動場合未與大眾運輸整合、人行道或大眾運輸規劃不良。需求面的改變可能是人口、所得或機動車輛持有改變，或是旅次起訖點改變造成既有之大眾運輸無法提供可及之服務。供給面的改變則可能是大眾運輸、道路之改變。

3、確認目標、目的與評估準則

評估準則可以是成本效率性(Cost-effectiveness)、可負擔性(Affordability)或是其他非交通之議題，如污染、健康或安全等。最常用的成本效率性指標包含延人公里之旅行成本、大眾運輸旅次成本、B/C 值、淨現值、旅行時間節省成本。若採用可負擔性作為評估準則，計算時要納入大眾運輸工具生命週期中所有可能產生之成本，以及現況環境中既有運具在各方案下之成本，尤其是公車系統之成本，許多方案都須仰賴公車運輸的接駁服務來創造效益。評估準則以可衡量、簡單為原則。

4、辨識、蒐集、分析以及預測所需的資訊

欲解決交通問題必須對現況與未來之時空背景有深入之了解，並且慎選分及預測之工具。

5、思考正確的替選方案

擬定替選方案時，不可侷限於對交通運輸既有的觀念，考慮所有可能的系統、方法，除了興建新系統外，可把低成本的管理手段納入考量。零方案與替選方案並非完全對立，要重視方案之間的整合，如興建公共運輸時同時改善道路品質、大眾捷運與公車系統之整合、投資與營運管理策略並重等。擬定替選方案時要分析目標市場的旅次行為，切勿擬定無用、無競爭力之替選方案，要考慮方案在實務營運上、財務上之可行性，以及針對不同之策略進行敏感度分析。

6、發展完整、客觀且可靠的資訊

替選方案資訊要透明，務必誠實客觀的評估成本、效益、相關影響及風險。方案評估是一連串的預測與估計：興建成本、營運成本、旅次量、營運收入等，只要一個環節出錯就會影響方案評估結果，在這些不確定性中，敏感度分析變的非常重要，以避免不可預期之後果。對成本、效益獨立、合理的評估可以增加方案評估的可信度。運量預測時避免過度的樂觀，人口成長、就業率、走路距離、轉乘處罰值等因子都會影響運量預測，並且要將所有可能之成本納入考量。決策者不可預設立場而偏頗特定之方案，對費率、容量錯誤的假設、成本低估、效益高估、風險低估都會影響決策。

7、替選方案分析完整之呈現

確認目標、資料蒐集、擬定替選方案得到完整的資訊並分析後，就可將替選方案分析完整的呈現，呈現時首先要描述欲解決的問題，接著比較替選方案間相對之成本與效益，最後選出最優之方案，並闡述其勝出之原因。

FTA(2005)替選方案分析評估各方案之成本、效益以及對環境的影響，提供決策者充分且完整的資訊，以選擇較優的方案以進行更詳細的設計規劃。FTA 將替選方案分析分成 4 個步驟，第一個步驟為問題描述，了解現況下欲解決之交通問題，並取得相關的資料；第二個步驟為擬定可解決交通問題之方案，並決定分析之方法；第三個步驟為方案分析與評估，最後第四個步驟為根據分析評估結果，選擇最佳之替選方案。替選方案分析結果呈現之方式如圖 2-3。雖然在替選方案分析中應考量所有可能的方案，但為了減少評估分析的時間、成本以及複雜性，分析者會控制替選方案的數量，只選擇幾個較具前瞻性的方案進行分析。

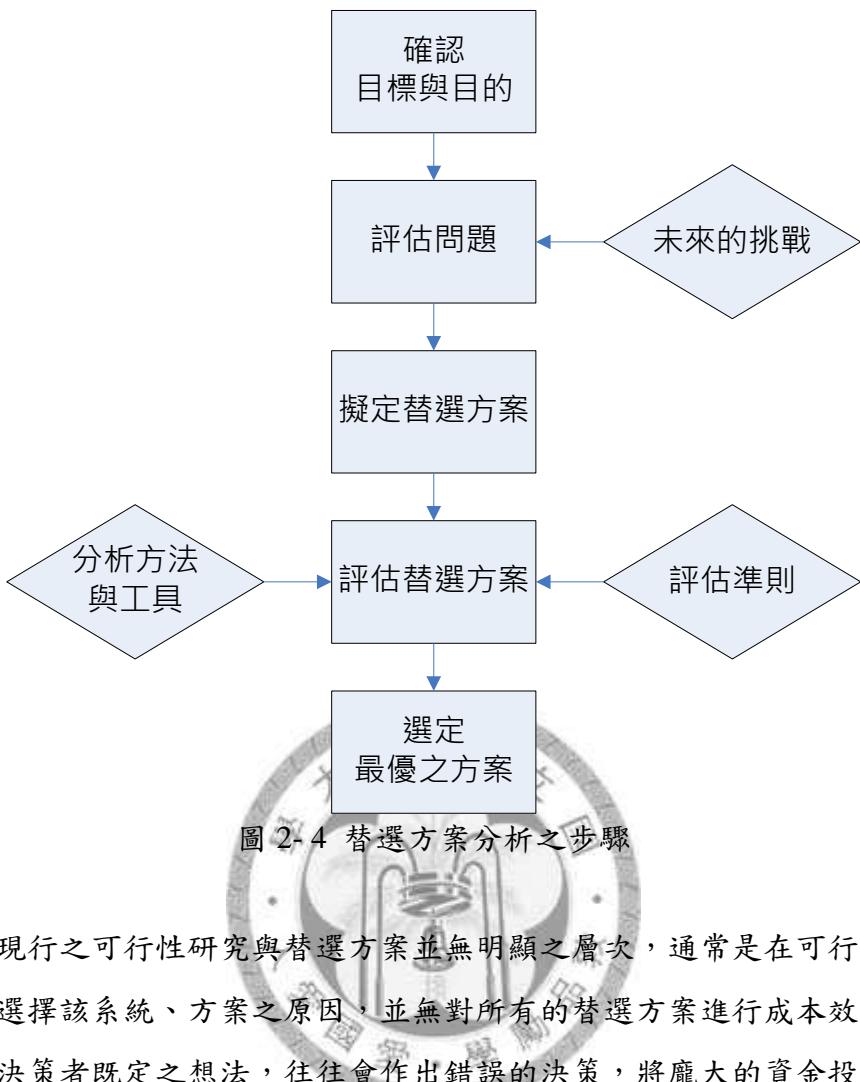


圖 2-3 替選方案分析結果呈現之層次

資料來源：本研究彙整於 FTA(2005)

2.2.2 小結

綜合 FTA(2005)的替選方案四步驟以及 World Bank(2008)之指導方針，本研究整理替選方案分析之步驟如圖 2-4 所示。



國內現行之可行性研究與替選方案並無明顯之層次，通常是在可行性研究中扼要闡明選擇該系統、方案之原因，並無對所有的替選方案進行成本效益分析，很難排除決策者既定之想法，往往會作出錯誤的決策，將龐大的資金投入效益較差之方案。替選方案分析形同虛設的情況下，擴大了分析過程中的不確定性，然而可行性研究中之敏感度分析幅度不大，更容易落入成本低估、效益高估之通病，尤其是當建設大眾捷運時，投入巨額的資金卻達不到預期之運量，加上聯合開發、土地開發效益需要時間培養，造成龐大的財政負擔。為了避免重蹈覆轍，國內專家學者、決策者應該要對各種大眾捷運系統有深入、全盤的了解，再配合替選方案分析與敏感度分析，以確保投資效益並將不確定性降至最低。

2.3 運輸需求分析與預測

無論是替選方案分析中的成本效益分析，或是捷運系統可行性研究中的營運計劃，都建立在運量預測的基礎上，為了使替選方案分析與可行性研究具有參考價值，運量運測之可靠性相當重要，本節回顧運輸需求分析之理論、運輸需求之彈性，並介紹接運輸需求預測的方法與工具，以及對相關之研究與應用。

2.3.1 運輸需求分析

從需求導向的觀點，運輸計劃的目的是要提供足夠的運輸設施以滿足未來的運輸需求，例如我們要事先預測兩地之間未來的運輸需求(交通量)，才能決定是否應該興建道路或捷運，若要興建道路則要多寬才不致產生交通擁擠，若興建捷運應該採取何種系統方能滿足運能，因此，運輸需求分析便成為運輸規劃過程中一項極重要的工作項目。

運輸模式是數學模式的一種，用來衡量運輸系統中各影響因素或變數之間的相互關係，用以描述運輸系統現在及過去的狀況、推導未來可能的狀態、或尋求最佳狀況的決策，具有描述、預測及決策的功能。運輸需求是一種衍生需求，人類為了達某目的而產生旅運行為，為了解釋居民的旅運行為，傳統的運輸規劃系統把人的旅次行為分成四個步驟，分別為旅次發生(Trip Generation)、旅次分佈(Trip Distribution)、運具分配(Modal Split)及交通量指派(Traffic Assignment)。在實際應用上，如果我們要預測未來都市路網上每一路段的交通量，則首先要把研究第區分成交通區，由旅次發生模式預測每一區所產生及吸引的旅次數，其次，再以旅次分佈模式預測這些旅次如何分佈到各區，此步驟可得到各區間往來的旅次數，接下來，運具分配模式決定搭乘各種運輸工具的比例，交通量分派則將各運具的交通量在路網上進行模擬，最後可得到路網上各路段的交通流量與旅行時間。

運具分配(Modal Split)是各區旅行者特性及兩區之間各種運輸工具服務水準已知的情況下，估計各區之間使用各種運輸工具的比率，影響運具分配比率的變數可以分成旅次特性、旅行者特性及運輸系統特性三大類，如表 2-8。

表 2-8 影響運具分配的變數

旅次特性	旅行者特性	運輸系統特性
旅次目的	每戶汽車數	旅行時間比值
是否去市中心	所得	旅行時間差值
旅次長度	居住密度	可及性比值
出發時刻	及業區密度	停車費
	每人汽車數	旅行成本比值
	是否有汽車	旅行成本差值
	每戶上班人數	可及性指標
	到市中心距離	

資料來源：凌瑞賢(2001)

個體行為運具分配模式以使用者的效用函數(或綜合成本)推計使用各種運具的機率，而得各種運具的運量，最常使用的為個體羅吉特模式，總體羅吉特模式則直接引用個體羅吉特模式的函數型態，兩者之比較如表 2-9 所示。

表 2-9 總體及個體羅吉特模式之比較

	總體羅吉特模式	個體羅吉特模式
資料	以分區為單位	個人訪問資料
因變數 P_i	兩地間搭乘 i 種運具的比例	個人選擇 i 種運具的機率
自變數	如表所示	如表所示
函數型態	$P_i = \frac{e^{V_i}}{\sum e^{V_j}}$	$P_i = \frac{e^{V_i}}{\sum e^{V_j}}$
參數校估	最大概似法	最大概似法
預測	直接預測	要經過總計(aggregation)

資料來源：凌瑞賢(2001)

總體羅吉特模式型態如下：

$$P_i = \frac{e^{V_i}}{\sum e^{V_j}}$$

P_i ：某兩地間搭乘 i 運具的比例



V_i ：某兩地間 i 運具的綜合成本或效用 $V_i = f(X_i, U_w)$

X_i ：某兩地間，i 運具之運輸成本(旅行時間、距離等)

U_w ：某兩地的社會經濟特性

以解釋能力來分類，影響個人運具選擇的解釋變數如表 2-10 所示。

表 2-10 影響運具選擇的解釋變數

解釋能力 最強的變數	解釋能力 次強的變數	解釋能力 略強的變數	解釋能力 較低的變數
旅行成本(票價) 車上時間 走路時間 轉車及等車時間 大眾運輸班距 家戶中有駕照人數 是否有自用車 是否有公車服務 薪資	轉車次數 工作地點及業密度 市區或郊區 家戶組成	家戶所得 住宅人口密度 與 CBD 的距離 家戶中有業人數 戶長的年齡 運輸工具可靠性 安全及舒適感	是否到 CBD 上班 性別 年齡 戶長的職業 運具的私密性

資料來源：McFadden(1976)

依變數在羅吉特模式中所指定的方式可分為四類

1、共生變數(Generic Variable)

共生變數是指某一變數存在於各替選方案的效用函數者，因其假設之變數在不同運具之邊際效用相同，所以同一變數在不同運具之參數值皆相同。

2、替選方案特定變數(Alternative Specific Variable)

方案特定變數是指某一變數僅存在某一個方案之效用函數中，因其假設此變數在不同運具之邊際效用有所不同，而在其他替選方案均為零，亦即在各替選方案中的各服務水準屬性的參數皆不相同。

3、替選方案特定常數(Alternative Specific Constants)

此常數的目的在於吸收並表達其他變數無法完全表達出來運具間之差異。若存在此變數，則對該運具而言其值為 1，其餘為 0，但若有 n 個運具可供選擇，則至多僅能指定 n-1 個方案特定常數。

4、社會經濟特性之特定變數

由於同一使用者在不同運具的社會經濟特性均相同，因此若將社會經濟變數指定為共生變數，則無法顯示該變數對於運具選擇差異之影響，因此應將其指定為替選方案特定變數。

2.3.2 運輸需求彈性分析

Transportation Research Laboratory (TRL) 於 2004 年「The demand for public transport: a practical guide」中研究各種影響因素對公共運輸需求之影響，使用一手或二手的資料，針對各種影響因素建立量化的指標，以提供營運者、政府等相關單位參考。以下為該研究中，票價、運輸服務品質、其他運具、所得及小汽車持有以及土地發展對運輸需求的影響之研究成果。

2.3.2.1 票價對運輸需求的影響

票箱收入是公共運輸主要之收入來源，票價需求函數不同，票價改變對營收的影響亦不同，也就是「彈性」的概念。需求的票價彈性為負質，表示需求與票價為負相關，當票價彈性在 0 和 -1 之間時，票價提高會帶來更多的營收。票價彈性為動態的，作研究時可分為短、中、長期作分析，短期通常定義為 1-2 年，中期為 5-7 年，長期為 12-15 或 20 年。票價的改變也會對其他運具產生影響，即為交叉彈性。

該研究探討英國公車、捷運和郊區鐵路之票價彈性和交叉彈性，時間特性分短、中、長期和晨、尖峰，並個別考慮相關的影響因素，表 2-11 為此三種運具短、中、長期之票價彈性。

表 2-11 英國公共運輸短、中、長期之票價彈性

	公車	捷運	郊區鐵路
短期	-0.4	-0.3	-0.6
中期	-0.56	-	-
長期	-1	-0.6	-

資料來源：TRL (2004)

Webster and Bly(1980)認為公共運輸之票價彈性很小，提高票價通常會帶來更多的營收，該研究指出標準的票價彈性為 -0.3，而後續之研究指出此應為短期之票價彈性，但依現行之研究，公共運輸短期之票價彈性約為 -0.4。造成 1980 年代和 2000 年代短期票價彈性之差異主要有兩個原因：

- 1、公共運輸使用者旅次目的(工作旅次、休閒旅次等)組成改變，不同旅次目的的使用者有不同的票價彈性，而當不同旅次目的的比例改變時，彈性也隨之改變。
- 2、即使旅次目的的組成不變，這 20 年間隨著所得、小汽車持有數等社會經濟因素之改變，相同旅次目的使用者之彈性亦會改變。以英國為例，郊區鐵路的短期票價彈性即從 -0.5 上升到 -0.6。

公共運輸長期票價彈性可能會超過 -1，提高票價在短期可能增加營收，但長期勢必因使用者流失造成虧損，欲提高營收應提升服務品質、甚至優惠的票價。圖 2-5 為英國公車、捷運和郊區鐵路，以不同方法計算之票價彈性。

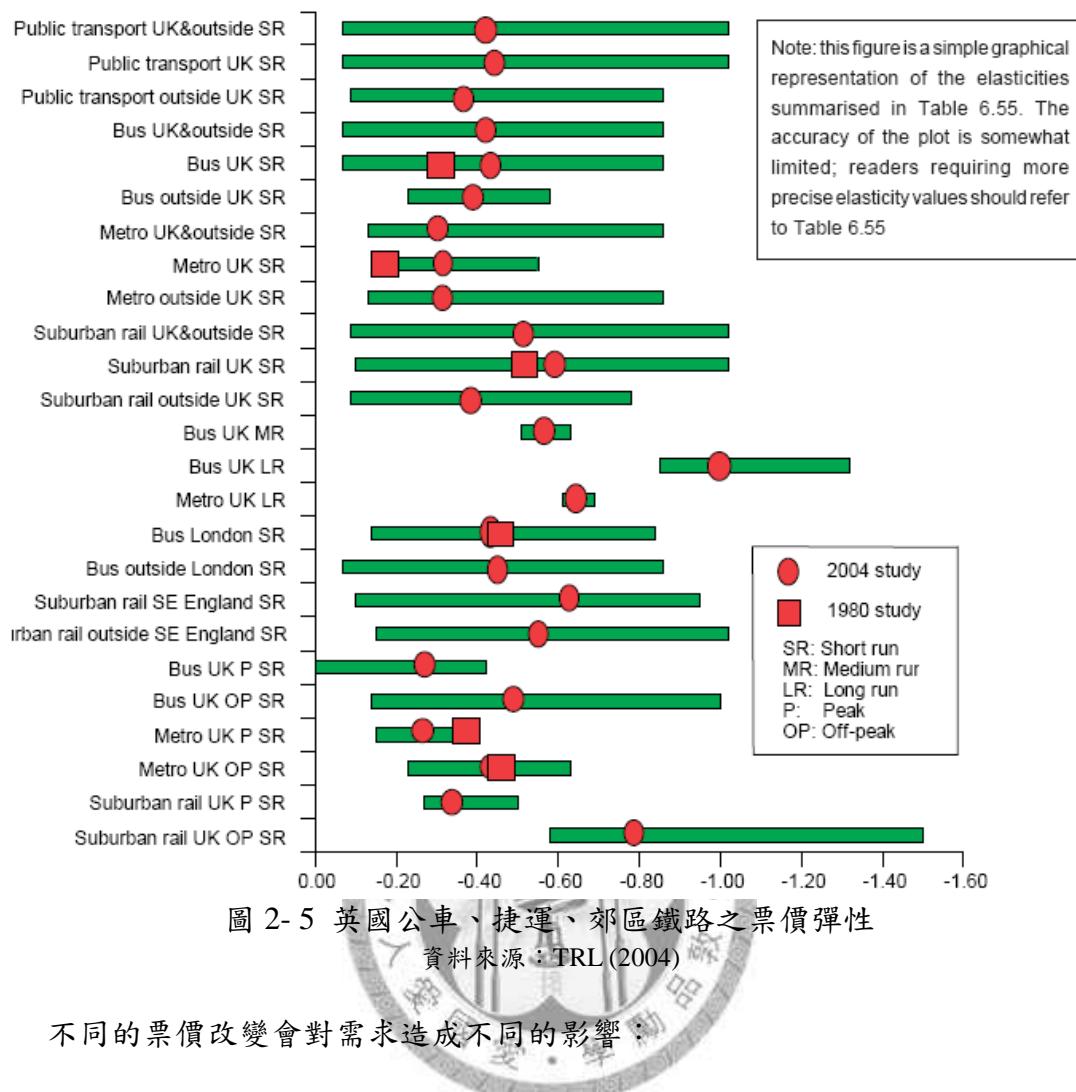


圖 2-5 英國公車、捷運、郊區鐵路之票價彈性

資料來源：TRL (2004)

不同的票價改變會對需求造成不同的影響：

- 1、票價改變之程度：票價增加的幅度越大，票價彈性就越大，長期之改變又較短期大。
- 2、漲價或降價：票價改變的方向不同，對彈性也有不同的影響，一般認為票價彈性為不對稱的，即票價提高或減少相同的比例，彈性不會依比例改變，然目前仍無可信之研究證明票價彈性知不對稱性。
- 3、票價水準：相對於所得之票價水準也會影響票價彈性，以倫敦公車為例，1981年10月到1982年3月相對於倫敦居民所得之票價水準較低，票價彈性約為-0.3，1983年相對於所得支票價水準提高，票價彈性為-0.4。

票價彈性會隨地區而不同，英國郡(shire counties)由於有限的公車服務及小汽車可行性較高，故票價彈性比都會區高，而都會區長期與短期票價彈性的差異也較鄉村地區大。票價彈性亦受城市面積影響，一般來說大城市彈性小、小城市彈性大。倫敦市區之地鐵(LUL)為公車之替代運具，故公車之票價彈性應較高，而倫敦郊區由於公車解除管制和小汽車可行性較高，票價彈性也應較高，故倫敦市區與郊區之票價彈性相去不遠。整體來說，英國東南部之票價彈性較高，探究其原因為倫敦有替代公車的公共運輸系統，及東南部其他地區小汽車持有率高。

票價彈性隨旅次目的而改變，尖峰時刻的旅次通常為工作及上學旅次，時間及目的地較無彈性，而非尖峰旅次多為休閒或其他旅次，時間及目的地較彈性，故尖峰時刻旅次之票價彈性較高。英國離峰時段票價彈性約為尖峰時段之兩倍，郊區鐵路尖、離峰時段之票價彈性差異較公車、捷運大，反應郊區鐵路在離峰時段票價之優惠大於公車、捷運。工作及上學旅次是造成通勤時段交通擁擠的主因，家上時間跟地點的限制，票價彈性較其他旅次目的小，倫敦的旅次大致遵守此規則，除了公車旅次在離峰時段之票價彈性較低。商業目的之旅次較不受票價改變影響，彈性較小。

票價彈性受旅行者特性影響，如小汽車持有狀況、性別、年紀以及所得等，小汽車持有者或是有駕照的大眾運輸使用者票價彈性較高，一般認為較多的男性持有車輛，故男性票價彈性較女性高。大部分老年人或殘障人士之旅次為非必要的，票價彈性應該較高，但這些族群(老年人、殘障人士)通常收入較低或是無法以步行作為替代運具，固票價彈性應較低，綜合這些因素，可解釋老年及殘障人士票價彈性與整體成年人族群的差異。所得的部分，高所得的人通常持有汽車作為替代運具，但也有足夠的能力支應漲價，低所得的人則是有走路的心理準備，因此可歸納高所得族群在旅次距離較長時票價彈性較高，低所得族群在旅次距離較短時票價彈性較高。實務上發現，整體來說高所得族群有較高的票價彈性。

票價彈性受旅次長度影響，以公車來說，短途的旅次可以步行或腳踏車替代，票價彈性較高，而長途旅次付出的票價占所得之比例較大，票價彈性亦較大，中程的旅次票價彈性則較低。由於公車單位長度票價隨旅行距離上升而減少，故長途旅次票價彈性較理論為低。鐵路之票價彈性一般隨距離上升而下降，也是因為

單位長度票價隨旅行距離上升而減少，此因素與「長途旅次付出的票價占所得之比例較大」之權重左右長途旅次之票價彈性。

預付票使用者的票價彈性沒有一致性，有些案例中預付票使用者票價彈性較大，有些案例則較小。而免費接駁服務一般是市中心的短途接駁，主要吸引步行及腳踏車旅次，故票價彈性與一般無異。

2.3.2.2 服務品質對運輸需求的影響

有些公共運輸之特性直接與時間相關，如車內時間、車外時間、班距等，而其他如運具特性、轉乘方便性、服務可靠性、相關資訊提供等非直接與時間相關的特性則需進行量化，可以量化成時間或金錢，與車上時間、票價特性一起考量。或以金錢為單位考量，可指派適當的票價彈性，預測公共運輸的需求。

相關研究以敘述性偏好的方式得到車外時間的權重，公共運輸的車外時間大約為 1.4 至 2.0 倍的車內時間，與旅次和運具種類無明顯相關性，若以腳踏車或開車或其他方法至公共運輸場站車外時間的權重跟步行相去不遠，約為 1.3 到 2.1。

衡量服務間距(Service Intervals)的方法有很多，最常用的為營運車公里數，這個指標與服務班距大致上是反向的關係，但無精確的關係性。公車短期需求的營運公里數彈性為 0.4，長期為 0.7，鐵路短期為 0.75，無長期之資料。需求的服務彈性在下午及周日較大，因下午及周日提供之服務較少。鄉村的服務需求彈性較服務水準高的都會區低，但有時因為都會區內可選擇的替代運具多，服務需求彈性會較低。有些研究使用乘客等候時間和營運車小時等質標預測需求，需求的乘客等候時間彈性為 -0.64，離峰時間更高，需求的營運車小時彈性則為 1。等候時間之於車內時間的權重，公車為 1.6，鐵路為 1.2，也可以用此法預測需求。

速率是影響車內時間(In-vehicle time, IVT)最重要的因素，對於特定的運具，速率改善之空間較小，故較少車內時間對需求影響之研究。一般認為長距離旅次之 IVT 彈性較短距旅次大，因為 IVT 占總旅行時間比例大。少數相關研究指出公車 IVT 彈性為 -0.4 到 -0.6，都市或郊區鐵路為 -0.4 到 -0.9，城際運輸之 IVT 彈性較大，公車為 -2.1，鐵路為 -1.6。大部分的研究將 IVT 和走路及等車時間納入一般化成本

(Generalized Cost, GC)，探討需求之 GC 彈性，英國公車的 GC 彈性為-0.4 到-1.7，LUL 之 GC 彈性為-0.4 到-0.85，國鐵之 GC 彈性為-0.6 到-2.0。將 IVT 納入 GC 時要指派適當的時間價時(Value of time, VOT)：

- 使用者車內的時間價值隨距離增加，其中小汽車使用者增加的比例較大，走路及等車的時間價值隨距離無明顯增加。
- 鐵路旅次車內之時間價值最高，小汽車次之，公車最小。
- 小汽車使用者走路及等車的時間價值高，公車使用者低。
- 使用者走路時間價值約為車內時間價值的兩倍，等車時間價值為車內之兩倍以上。
- 城際運輸和商務旅次之時間價值較其他旅次目的高。
- 都市內之旅次，通勤旅次較休閒旅次時間價值高。
- 城際運輸之旅次，通勤與休閒旅次之時間價值無顯著差別。

運動工具特性(舒適度、整潔等)對需求的影響較難量化，相關研究對公車使用者採用敘述性偏好(Stated preference, SP)的方法，研究使用者對票價、旅行時間和運動工具特性間的權衡，並以金錢為單位表示，結果顯示公車使用者對運動工具特性的重視程度遠小於車內時間。對於鐵路旅次採用 SP 及顯示性偏好的方法，研究運動重置對需求之影響，結果顯示運動重置對需求的貢獻約為改善車內時間之 1-2%。此外，相關研究指出車輛翻新等質於 1.5-2.5% 之票價，車內的擁擠程度會增加內車時間價值，越擁擠時間價值越高，對需求有顯著影響。

研究指出英國地區的乘客不喜歡轉乘，包含車路及等車時間，公車轉乘一次相當於 21 分鐘之 IVT，鐵路轉乘一次相當於 37 分鐘 IVT。轉乘的 penalty 隨旅次目的和地方而改變，例如在都市中班次密集之大眾運動轉乘 penalty 較小。

乘客上下車時間越長，會導致較大的平均旅行時間、旅行時間可靠性較差、停站時間較長影響後續之班表，不同收費系統對需求影響之研究很好，1970 年代倫敦公車從有車掌隨車、車尾上車之紅巴士(Routemaster)換成由前門上車、無車掌之公車，就在單一路線上損失了 10% 之旅次量，考慮移轉到其他路線的旅次，淨損失約為 3-4% 的旅次量。推行車外收費的電子票證除了在費率上有折客，亦可縮

短上下車時間、增加乘客方便性，可吸引更多的使用者。其它與上下車時間有關之因素，如車門數、低底盤公車都可增加需求，低底盤公車約可增加 5-10% 之需求。

簡化之公共運輸路網及公共運輸服務之可及性亦會影響運輸需求。公車路網較軌道運輸路網密集、站點多，路網也較複雜，應該要加強主線之服務水準，並提供接駁主線之區域性服務。鄉村地區面積大，運輸需求密度低，較難規劃有效之公車路線以顧及所有的使用者，可利用小巴士或計程車服務提供小容量但較密集的區域性服務或需求反應式服務，增加使用者至主線服務的可及性。

2.3.2.3 不同運具間需求的互動(Demand Interaction)

不同運具間需求的互動最常以交叉彈性來表示，由於計算交叉彈性之要素較難取得，實務上交叉彈性之計算與運具之使用比例相關。英國倫敦內各運具交叉彈性之研究指出倫敦地鐵(LUL)之需求對公車費率相當敏感，交叉彈性為 0.13，而公車需求對地鐵費率則較不敏感，因為公車服務了許多地鐵未服務之地區，鐵路與地鐵被視為互補之運具，與彼此的票價無明顯互動關係，而小汽車之需求幾乎與地鐵和公車費率無關。其他城市中公共運輸之需求對開車需付出的成本相當敏感，但公共運輸之費率對小汽車之需求較無影響，這表示從私人運具轉移一小部分之旅次至公共運輸，可使公共運輸運量大幅成長，顯示了城市公共、私人運具之使用比例。城際運輸公車與鐵路彼此之交叉彈性大，顯示出此兩種運具之替代性。同一運具，不同的營運者間亦會互相競爭，相關研究認為同一運具之間的競爭可提升服務品質，帶來更多之運量，增加運具使用比例。

2.3.2.4 所得和小汽車持有之影響

所得、小汽車持有數及公共運輸需求彼此相關，英國過去 23 年 GDP 成長 68%，每個家庭之車輛持有數從 0.76 成長至 1.11，而地方公車之旅次減少了三分之一。除了所得和小汽車持有數，影響鐵路需求之因素較複雜，鐵路運量會受到地方道路擁擠程度之影響，由於鐵路服務品質較佳，其需求對於小汽車持有數較不敏感，相反的，自 1980 年以來，倫敦鐵路之通勤旅次增加了 13%。所得、車輛持有數和公共運輸需求之關係可歸納為以下四點：

- 所得成長會增加旅次數，因此會增加小汽車持有率及公共運輸使用率。
- 其他條件不變的狀況下，小汽車持有率增加會減少公共運輸使用率。
- 所得不同，公共運輸需求之小汽車持有彈性會有程度和方向上的不同。
- 所得成長增加旅次長度。

旅行距離和運輸支出會隨所得成長而增加，大部分西歐城市毎年人旅行公里成長 1-2%，較實值 GDP 成長稍小。西歐城市 1990 年到 1998 年機動運具旅行之人公里數成長 19%，其中航空運輸成長 65%，小汽車 18%，公車 9%，鐵路 8%，電車和捷運 5%。英國地區家戶運輸支出占所得的比例從 1981 年的 14.8% 成長到 1990 年之 16.9%，其中包括航空運輸支出。旅次長度之所得彈性約為 0.09-0.21。

由實際經驗可知公車需求之所得彈性為負值(包含小汽車持有數之影響)，長期約為 -0.5 至 -1.0，故公車需求量隨時間而減少，鐵路需求之小汽車持有彈性為負值，但較公車為小，鐵路需求之所得彈性則為正，然而等小汽車持有率趨於飽和，公車需求之所得彈性會變比較小，鐵路則會變大。英國地區家裡有車的人比家裡無車之人少了 66% 之公車旅次、25% 之鐵路旅次。假設所得每年成長 2%，用 NTS 的資料及 Department for Transport 之小汽車持有數模式預測需求彈性，發現鐵路之需求彈性逐年增加(正值)，公車通勤旅次之需求彈性逐年增加(負值)，商務旅次逐年增加(正值)，休閒旅次彈性無顯著改變。

2.3.2.5 土地使用與公共運輸之關係

居住密度高的地區，商業、就業密度也高，可以在住家附近完成生活所需之旅次，因此旅次距離較短，也影響總旅次數和運具選擇。人口密度較大的地區，公共運輸使用率較高，小汽車使用率較低，因為人口密度高的地方平均所得較低、小汽車持有數較低以及停車空間不足。地區面積也影響地區內之主要運具，面積越大旅次數越多，每人每年之旅行距離越長，然而平均旅次長度隨著地區面積越大而縮短。混合土地使用之地區，住家周圍生活機能完善，可縮短旅次長度及對小汽車的依賴，但未必會導致較高的大眾運輸使用率。鄰近公共運輸路線之住家多使用公共運輸通勤，較少使用小汽車，但不能說公共運輸路線影響這些人的選擇，可能是因公共運輸選擇住處。就業機會及中之地區之公共運輸使用率高，次

要地區則較依賴小汽車。小型、緊湊的都市型態帶來較高之公共運輸使用率，典型之型態為單核心之都市(mono-centric urban form)，中心為 CBD，越外圍居住密度越低，此型態都市多配合輻射狀之公共運輸路網，缺點是市中心擁擠造成較長的旅行時間，以及晨、昏峰單方向之高交通量，相關研究認為多核心的都市可改善上述缺點。

可利用土地使用政策增加公共運輸需求，混合土地使用和都市村縮短旅次起訖點的距離，但無法改變就業旅次，對就業旅次來說，工作性質、薪資較便利性重要，對於其他旅次，有時旅次目的訖點之品質較便利性重要，使用者仍可能選擇旅次距離較長但品質較好之訖點。大眾運輸導向發展(TOD)、行人徒步區等都可增加公共運輸之需求。公共運輸建設帶動經濟發展，相關案例發現輕軌建設可刺激沿線房地產、商業、休閒等發展，多由公部門提供誘因、私部門投資。欲評估新建大眾運輸對土地地使用的影響，約需 20 年。

2.3.3 台北都會區整體運輸系統發展分析及規劃模式之建立與應用

運輸需求分析與預測牽扯的因素非常複雜，從家戶數、所得、人口組成、機動車輛持有數等社會經濟條件，到公路路網、大眾運輸路網以及相關政策，都需要納入考量，任何一項資料出錯都會影響預測的結果，因此無論在進行長期的整體運輸規劃或是短期的交通模擬分析，都需要仰賴健全的運輸規劃模式，因此本節首先回顧國內運輸規劃模式的發展狀況，接著對本研究欲使用之 DOTS I 模式作較深入的說明。

2.3.3.1 國內運輸規劃模式發展現況

台北都會區於運輸規劃發展方面較其他都會區發展早且快速，以民國 60 年至今，台北都會區所進行重大之運輸規劃案為例，整理如表 2-12。

表 2-12 台北都會區運輸規劃發展回顧

	軟體	模式	範圍
民國 64 年 台北都會區大眾捷運 系統初步規劃	UTPS	程序性總體需求模式	<ul style="list-style-type: none">• 台北捷運系統初期路網規劃• 中長期運輸規劃

民國 70~75 年 台北捷運運輸需求預測模式 (TRTSI~TRTSII)	TRANSPORT TRANPLAN	程序性總體需求模式	<ul style="list-style-type: none"> • 台北捷運規劃運量預測分析 • 中長期運輸規劃
民國 76 年 台北市都市運輸規劃系統套裝程式之建立與應用研究計劃報告	UTPS	程序性總體需求模式	<ul style="list-style-type: none"> • 綜合運輸發展 • 交通衝擊評估 • 短中長期運輸規劃
民國 78 年 台北都會區整體運輸規劃之研究	UTPS	程序性總體需求模式	<ul style="list-style-type: none"> • 綜合運輸發展 • 交通衝擊評估 • 短中長期運輸規劃
民國 79 年 交通改善措施效益及影響立即評估電腦模式之建立	SATURN	<ul style="list-style-type: none"> • 交通量指派模式 • 車流模擬模式 	<ul style="list-style-type: none"> • 交通衝擊評估 • 交通改善模擬 • 短期交通模擬操作
民國 83 年 台北都會區整體運輸需求預測模式 (TRTSIII)	TRANSPORT TRANPLAN	程序性總體需求模式	<ul style="list-style-type: none"> • 綜合性運輸發展 • 中長期運輸規劃
民國 86 年 台北都會區整體運輸規劃模式(DOSTI)	TRANSPORT TRANPLAN TAIPEI	程序性總體需求模式	<ul style="list-style-type: none"> • 運輸需求資料庫分析 • 整體運輸需求預測 • 短期交通模擬分析

資料來源：本研究彙整於亞聯顧問有限公司(1997)

國內運輸業務案例以規劃目標年之遠近，大致可分為整體運輸需求及局部性交通模擬分析兩類，而其使用之模式亦有所差異，在此僅對整體運輸需求之規劃模式進行說明。整體運輸規劃所應用之模式，通常會受資料收集、取得之難易度及時間限制等因素，而採用不同之應用模式，一般國內常用的模式可分為總體程序性需求模式、總體直接性需求模式、土地使用與運輸需求整合模式以及成長率法，國內運輸規劃應用軟體所使用的模式均大同小異，基本上是建構程序性總體需求預測模式，說明如下。

程序性總體需求模式是傳統的旅運需求模式，模式建立的程序分為旅次發生(Trip Generation)、旅次分佈(Trip Distribution)、運具分配(Modal Split)和交通量分派(Traffic Assignment)四個步驟。

運輸規劃程序根據以往之發展，通常可概略分為三個階段之研究。第一階段為對都會區運輸現況資料之調查，包括都會區中之人口、社會經濟特性、土地使用型態調查、交通現況調查及現有交通運輸服務設施調查等。第二階段為運輸資料之預測(Forecasting)，如土地使用型態之未來發展預測、未來運輸需求(Travel

Demand)之推估等。第三階段為因應未來都會區中運輸需求之發展，擬訂各種交通運輸方案，配合土地使用發展之修正計劃，以滿足未來之運輸需求，此階段亦對各項計劃、方案進行評估。程序性總體需求模式典型之作業程序如圖 2-6。

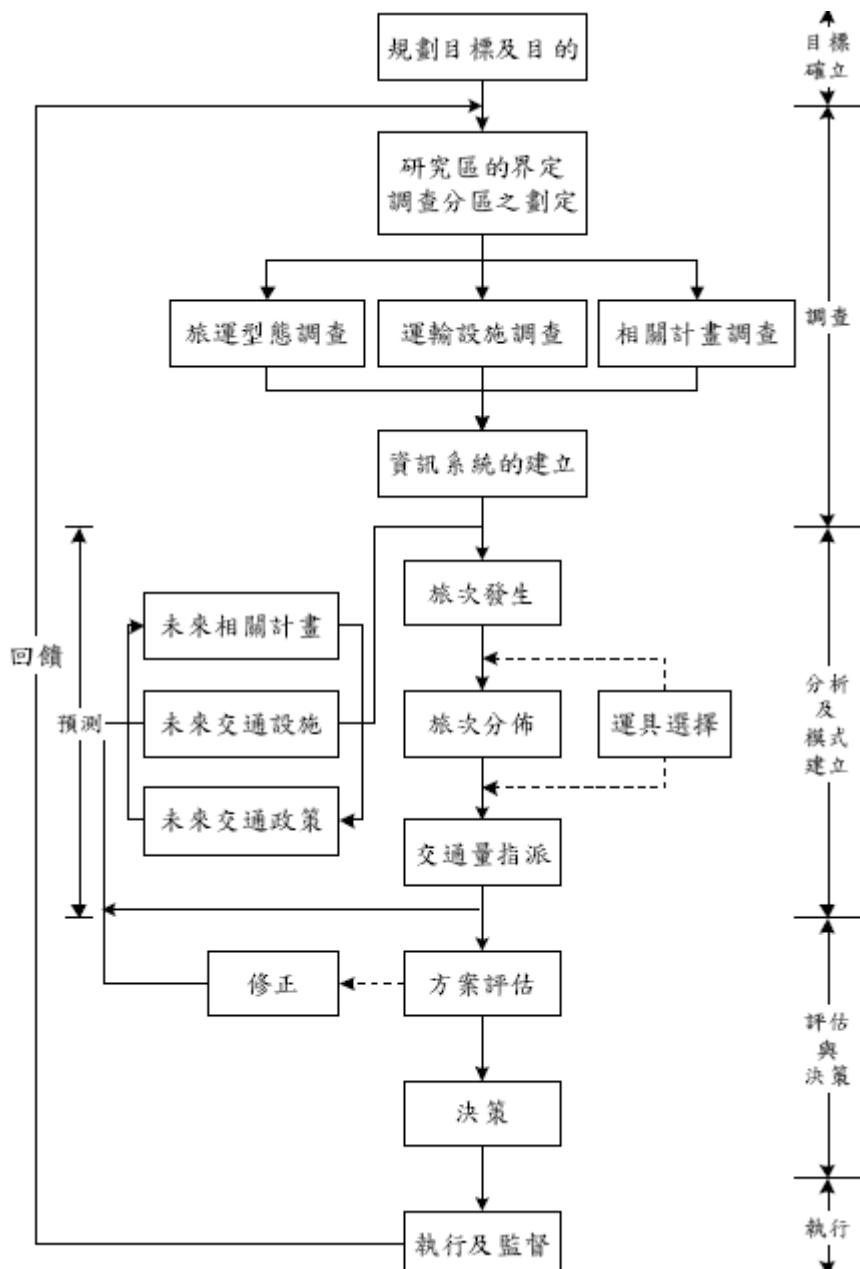


圖 2-6 典型運輸規劃程序
資料來源：交通部運輸研究所(2001)

依程序分類說明：

1、路網分析

路網分析可分為公路路網分析及大眾運輸路網分析兩方面，分析之程序

含路網編製(Network Coding)、最短路徑檢查(Minimum Path Checking)、區間旅行成本計算(Skim Tree)等三步驟。路網之編製通常以節點(Node)及節點所構成之連線(Link)為編製依據。模式之路網分為公路路網與大眾運輸路網，編製公路路網所需資料通常包括各連線之距離、旅行速度、旅行時間、連線之道路特性、速度一流量關係等。大眾運輸路網編製除了節點與連線，尚須各種運具(Mode)之路線、班次、票價、速度等服務水準特性。

2、土地使用預測

都會區中各區位之土地使用發展，對各交通分區之旅次產生、吸引及其流動型態有決定性之影響。土地使用預測包括土地使用型態、強度及其空間分布(Spatial Distribution)等。早期傳統的運輸規劃中，係假定未來的土地使用發展產生活動(Activity)導致運輸需求，因此提供適當的運輸設施規劃以滿足需求。然此種方法忽略了新的運輸設施提供後，亦將對土地使用及旅次型態造成影響，實質上運輸設施規劃與土地使用發展乃相互影響，循環不已。

目前有關土地使用預測之趨勢，已將土地使用模式與運輸需求模式結合，型成整體封閉環路(Closed Loop)，較著名的有柏德曼(S.H.Putman)及貝瑞契曼(J.Berechman)兩氏。柏氏將其發展之 DRAM 土地使用模式，引入傳統運輸規劃之交通量指派模式，形成整合模式。貝氏則以格林-勞利模式(Grain-Lowry Model)為土地使用模式，加上交通量指派模式，而為整合模式。此兩種方法，均係以土地使用模式為出發，導出活動之分佈型態(旅次分佈)，再將其引入運輸需求模式中，獲致新的阻抗矩陣，再回饋(Feed Back)到原來的土地使用模式中，形成一封閉的循環系統。

3、旅次發生

旅次發生模式為傳統運輸規劃程序之第一步。旅次發生預測模式，可分為旅次產生(Trip Production)及旅次吸引(Trip Attraction)兩方面。旅次發生分析，即指交通分區在某一時段內所發生的旅次數，通常與各交通分區之人口、所得、車輛持有等社會變數有關。旅次吸引分析，則指交通分區在某時段內吸引之旅次數，通常與交通分區內之產業人口、土地使用型態、強度、樓地

板面積、機關場所數等有關。

旅次發生預測中通常將旅次依其目的及發生者特性(如車輛持有與否)劃分。旅次目的之分類乃依旅次之起點(Origin, Production)特性及迄點目的(Destination, Attraction)綜合考慮，如由家中出發前往上班地點工作，則可歸類為家工作旅次(Home Based Work Trips)。一般旅次可分類為家工作旅次(HBW)、家上學旅次(HBE)、家其它旅次(HBO，如娛樂、社交旅次等)及非家旅次(NHB)等。

旅次發生之預測方法有成長率法(Growth Factor Method)、土地使用發生率法(Land Use Trip Rate Method)、多元線性迴歸分析法(Multiple Linear Regression Analysis)及類目分析法(Category Analysis)等。

4、旅次分佈

旅次分佈模式通常為運輸規劃程序中之第二或第三步預測分析，若旅次分佈模式在運具分配模式之前可稱之為旅次交替程序(Trip-interchange Process)，反之則稱之為旅次目的程序(Trip-end Process)。旅次分佈分析即指旅次產生區旅次吸引區間旅次流動之情形，一般而言，旅次之分佈數量隨交通分區之引力增加而增加，然隨旅次阻抗力(Resistance to travel)遞增而遞減。

旅次分佈模式大致可分為兩種，其一為成長因素法(Growth Factor Method)，包括：均一成長因素法(Uniform Growth Factor Method)、平均成長因素法(Average Growth Factor Method)、弗拉塔法(Fratar Method)、底特律(Detroit Method)等。其二為綜合性模式，包括：重力模式(Gravity Model)、機會模式(Opportunity Model)、靜電場模式等。

5、運具分配

人們旅行為各交通分區之間可能選擇各種不同的運具，如私人運具(汽、機車)或大眾運輸工具(公車、火車等)，因此選擇運具行為之研究，如稱為運具分配。運具分配亦可視為運輸市場中各運具之競爭。運具分配常與下列因

素有關：

- 旅次特性：如旅次長度、旅次目的、旅次發生之時段(Time of Day)等。
- 旅次發生者之特性：包括個人之所得水準、車輛持有狀況、居住地區之發展密度及其它社會經濟特性。
- 運輸系統之特性：如各種運具之旅行時間、成本、舒適程度、可及性等。

運具分配分析模式包括布吉桑特模式(Puget Sound Model)、東南威斯康辛模式(Southeastern Wisconsin Model)、華盛頓特區模式(Washington D.C. Model)、個體運具選擇行為模式及兩階運具分配模式。

6、路網指派

路網指派包括公路路網指派及大眾運輸路網指派。路網指派之基礎，係假定各旅次選擇路線之依據乃以總旅行時間最少為原則。

公路路網指派方法包括：無容量限制全或無指派法、無容量限制轉換曲線法、容量限制指派法。容量限制逐次增量指派法、路網均衡指派法及多重路徑比例指派法等。

大眾運輸路網指派之原理大致與公路路網指派相仿，唯所需之資料則更為繁瑣，包括大眾運輸路線、班次間距(Headway)、大眾運輸車輛之容量等，且所需處理之問題亦較公路路網複雜且困難，諸如共用路權之路線可能需分別編製不同之連線路線、等車時間之計算、場站之可及行走時間計算、轉車之處理、公車在公路路網中車流速度之計算等。

7、評估

運輸規劃評估分析，通常對各種路網方案進行測試比較，以為運輸設施投資決策之參考依據，包括運輸系統績效分析及環境衝擊分析等。一般係以成本、效益推估分析為方法，其評估之準則不外最小成本、最大經濟效益及最小衝擊等三者。

2.3.3.2 台北都會區整體運輸規劃模式(Department of Transportation System Version I, DOTS I)

「台北都會區運輸規劃模式(DOTS I)」是以台北市政府捷運工程局研發之 TRTS III 為基礎發展而來。其主要之相關模組是結合英國 HFA 公司發展之 TRANSPORT、美國 DKS Associate 所發展之 TRANPLAN 軟體，以及由台北捷運局針對台北都會區之需求所研發的 TAIPEI 等三部分整合而成。DOTS I 的建構是希望充分反映與落實在實務作業上之應用，在模式分析的功能方面將包括兩大子模式，「整體運輸需求預測模式」其分析範圍可涵蓋整個台北都會區，所以對都會區內整體性的運輸特性將可做清楚、合理的分析且可進行長期的運輸政策評估。

「交通模擬分析模式」則可針對較小範圍的地區進行交通車流之模擬分析，為短期即時性之交通評估模式，可針對某交通管理策略進行專案性的分析。本研究同時整合這兩套分析模式及其資料庫，並創造親和性高的視窗作業方式，來提供使用者更方便之應用環境，則再構建「整合界面模式」，其功能為能提供「整體運輸需求預測模式」和「交通模擬分析模式」之路網、OD 及資料庫間的轉換，並將其所有功能整合在視窗作業環境下，而形成完整的評估分析模式，其基本架構如圖 2-7 所示。

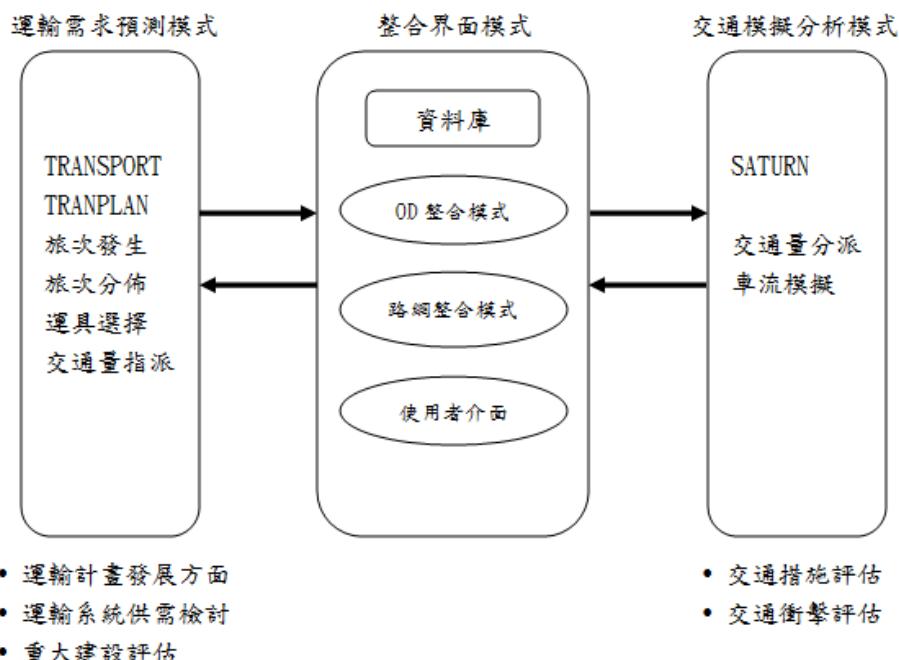


圖 2-7 DOTS I 基本架構圖
資料來源：台北市政府交通局(1997)

在資料分析型態上，DOTS I 模式之旅次目的之種類為基礎，分為家工作旅次(HBW)、家上學旅次(HBE)、家其他旅次(HBO)及非家旅次(NHB)等四種，旅次車輛持有屬性分為有車住戶(VA)與非無車住戶(NVA)兩種，運具使用分為使用機車、汽車(包含小客車、計程車、小貨車、大貨車等)及大眾運輸三種。

理論方法上，旅次發生模組藉由類目分析法與迴歸分析法推導各交通分區之旅次產生與吸引數；旅次分配模組應用重力模式將交通分區*i*產生之旅次數分配到分區*j*；運具選擇模組採多項羅吉特模式，由效用函數求算各交通分區間不同運具使用比例；路網分派模組，在大眾運輸路網使用全有全無指派法，公路路網則為多重運具均衡指派法。在分析程序上，藉由上述之各項模組，以傳統循序性總體旅運需求模式四步驟進行旅運需求推估。

2.3.4 MRT 與 BRT 系統替選相關研究

郭瑜堅(2003)在旅次總成本導向之都市運輸政策評估方法之研究中，使用運輸規劃模式 DOTS I，建立台北都會區在未來年期路網之旅次量分析模式，探討軌道捷運系統(MRT)與公車捷運系統(BRT)政策之效益。郭瑜堅依現行台北捷運路網規劃，考慮 5 個年期，以 2003 年為基年，假設 BRT 整體路網能在 2008 年提早完成，方案擬定如表 2- 13。BRT 路網方案中以公車捷運系統作為台北捷運後期路網的替代系統，而 2003 年中 65.1 公里之捷運路線為已完工通車的部分，故在 BRT 方案中仍採取 MRT 系統。郭瑜堅在擬定路網方案時，面對 MRT 系統和 BRT 系統，僅考慮兩系統興建時程的差別，反應在各年期通車之路網長度，並未考慮系統特性之差別。

表 2- 13 郭瑜堅(2003)路網方案

年期	MRT 路網方案		BRT 路網方案	
	長度(KM)	系統	長度(KM)	系統
2003	65.1	MRT	65.1	MRT
2008	88.9	MRT	189.4	BRT
2011	127.6	MRT	189.4	BRT
2021	189.4	MRT	189.4	BRT
2031	189.4	MRT	189.4	BRT

資料來源：本研究匯整於郭瑜堅(2007)

郭瑜堅將兩種情境方案之年期以 2003 年為基年，利用台北都會區總體運輸規劃模式(DOTS I)，分別推算兩方案在 2008、2011、2021 及 2031 年之總旅次量、各種運具使用比例(如表 2- 14)及兩方案之 MRT 與 BRT 系統旅次量，進而分析兩方案運具之平均總成本、平均基礎設施成本及平均外部成本，根據分析結果，可瞭解 BRT 相對於 MRT 具有提早完成路網及降低基礎設施成本投入之優勢。

表 2- 14 MRT 與 BRT 路網方案各年期運具分配比例(%)

	2003		2008		2011		2021		2022	
	MRT	BRT	MRT	BRT	MRT	BRT	MRT	BRT	MRT	BRT
小客車	29.05		27.42	23.04	24.75	22.07	24.17	21.47	23.20	
機車	29.18		25.98	25.98	23.90	21.89	21.34	18.72	19.82	
計程車	10.18		9.56	8.25	8.60	8.02	8.27	7.71	7.75	
公車	21.22		20.13	20.13	18.93	20.10	15.61	19.36	17.36	
鐵路	2.35		2.26	2.29	2.07	2.46	2.37	2.75	2.48	
捷運	8.02		13.25	24.11	21.75	25.47	28.24	30.00	29.39	
總計	100		100	100	100	100	100	100	100	

資料來源：本研究匯整於張學孔、呂英志(2008)及郭瑜堅(2007)

根據 DOTS I 模式輸出之結果，郭瑜堅認為 BRT 系統具有系統、財務以及旅次成本之優勢，說明如下：

1. 系統優勢：BRT 路網2008年完成後，系統旅次成長為基年之3.52倍，MRT 至2011年才達此水準，而2011年BRT已為基年之4.01 倍。故BRT具時程上之優勢，能提早完成並藉路網效應提早增加大眾運輸旅次量。
2. 財務優勢：BRT系統於2008年完成，年總投入為基年之1.2倍，而MRT已為1.37倍。至2021年MRT路網完成其年總投入已為基年之2.91倍，而BRT仍為1.2 倍。故MRT之資本投入遠超過BRT，財務永續將會是MRT發展必須面臨之重大課題。
3. 旅次成本優勢：BRT、MRT 系統之基礎設施成本於2008及2021年分別降為基年之33%、23%與69%、59%。此顯示BRT在成本低、時程快與路網效應下，能讓旅次之總成本及基礎設施成本提早降低，亦顯示在相同運能下，BRT為一有效之運輸系統。

郭瑜堅將MRT與BRT之策略分析結果，綜合分析如下：

1. 在MRT及BRT方案比較分析部分，由於BRT具有建設時程上的優勢，2008年BRT路網完成後，就能使平均旅次總成本及外部成本分別降為基年之87%及82%；若維持MRT之零方案，要到2031年才能有接近此水準。由情境分析結果顯示，推動BRT相對於MRT之年效益將超過970億台幣。這確實證明了BRT系統具有「興建時程」、社會成本、及外部成本等效益。因此在未來規劃大眾運輸系統時，可優先考量BRT系統之運用。
2. BRT具有系統、財務及旅次總成本之優勢。在系統方面，具體顯現BRT有路網提早完成之優勢，能藉由路網效應提早增加大眾運輸旅次之比例。財務優勢方面，BRT系統各年期投入及基礎設施成本皆遠小於MRT。換言之，BRT在成本低、時程快與路網效應下，能讓旅次之總成本及基礎設施及外部成本提早降低，因而具有顯著之相對優勢。
3. BRT成本分析部分，為使BRT具有高運能及高服務品質，並且符合台北都會區地狹人稠之現況，採用Bogota BRT模式作為分析之基礎。根據Wright(2003)之分析，波哥大之平面BRT系統單位公里成本為182百萬。未來台北都會區若能在系統建置上考量高架與平面並用，並採行相關交通工程措施以維持高運量及高服務品質，將可大幅降低系統建置成本。

郭瑜堅根據方案分析之結果，依據亞聯顧問公司(2001)、行政院環保署(2004)及交通部運輸研究(1998)所之研究，利用排放量、行駛里程及燃油轉換之方法，推估台北都會區各種運輸工具之CO₂日排放量及燃油日消耗量，如表 2- 15。

表 2- 15 台北都會區各種運輸工具之CO₂日排放量及燃油日消耗量

	旅次數	比率	CO ₂ 排放量(噸/日)	燃油消耗(公秉/日)
小客車	3787881	29.05%	9118.67	4396.61
機車	3874269	29.72%	3791.26	1642.81
計程車	1326605	10.18%	2768.12	1277.7
公車	2696471	20.68%	803.04	317.09
鐵路	306385	2.35%	1.52	8.19
捷運	1045701	8.02%	21.22	0.59
總計	13037312	100.00%	16503.83	7642.99

資料來源：郭瑜堅(2007)

BRT 之排放量與路網假設，由於 BRT 路網之建置需滿足路線容量，郭瑜堅參考 2003 年捷運系統平均乘載率及發車班次，以雙節車廂(最大乘載量：每班次 160 人)之 BRT 來建制評估之系統。同時依據能源消耗與行駛公里數之轉換，推估出台北都會區若建置 BRT，其在 2003 年與捷運相同行駛里程數下，二氧化碳之排放量為每日 49.56 公噸，燃油消耗為 19.57 公秉。二氧化碳排放量及燃油消耗量分析結果如表 2-16 以及表 2-17。

表 2-16 MRT 與 BRT 路網二氧化碳排放量及比例

年期	旅次數	旅次增加比例	MRT 路網排放量 (噸/日)	排放量 增率	BRT 路網 排放量 (噸/日)	排放量 增率
2003	13037312	100.00%	16503.83	100.00%	16503.83	100.00%
2008	15285182	117.24%	19449.80	117.85%	16672.08	101.02%
2011	16473197	126.35%	19426.67	171.71%	17831.67	108.05%
2021	18106029	138.88%	20181.78	122.29%	18121.01	109.80%
2031	20501625	157.25%	21760.96	131.85%	21924.24	132.84%

資料來源：郭瑜堅(2007)

由上表可知，台北都會區之旅次數 2003 至 2021 年增加 38.88%，若採 MRT 路網，2021 年 CO₂ 排放量會增加 22.29%。若採 BRT 系統並配合相關政策之時程，二氧化碳排放量至 2021 年僅增加 9.80%。BRT 在 2008 年路網完成後，二氧化碳排放量之增量遠低於 MRT 系統，至 2021 年 MRT 系統完工後，BRT 系統之排放量才逐漸接近 MRT 系統，至 2031 年才會達到相同之排放量。

表 2-17 MRT 與 BRT 路網燃油消耗量及比例

年期	旅次數	旅次 增加比例	MRT 路網消耗量 (公秉/日)	消耗量 增率	BRT 路網 消耗量 (公秉/日)	消耗量 增率
2003	13037312	100.00%	7642.99	100.00%	7642.99	100.00%
2008	15285182	117.24%	8256.79	108.03%	7902.75	92.80%
2011	16473197	126.35%	8144.12	106.56%	7499.59	98.12%
2021	18106029	138.88%	8506.31	111.30%	7718.93	100.99%
2031	20501625	157.25%	9209.14	120.49%	9318.51	121.92%

資料來源：郭瑜堅(2007)

由上表可知，台北都會區之旅次數 2003 至 2021 年增加 38.88%，若採 MRT 路網，2021 年燃油折耗量增加 11.30%，採 BRT 系統並配合相關政策之時程，消耗量至 2021 年僅增加 0.99%。BRT 在 2008 年路網建置完成後，二氧化碳排放量之增量遠低於 MRT 系統之增量，至 2021 年 MRT 系統完工之後，BRT 系統之燃油折

耗量才會逐漸接近 MRT 系統，至 2031 年才會達到相同之排放量。

2.3.5 綜合評析

回顧國內外相關運輸需求預測分析之文獻與研究，得到以下小結：

1. 運輸需求預測為分析重大交通建設可行性之重要工作，牽涉之時間長、層面廣，主要的工作項目為現況運輸設施和行為之調查、未來運輸狀況預測以及方案的擬定與分析，是一項龐大且複雜之工作，國內常用之預測模式為程序性總體需求模式，包含旅次發生、旅次分布、運具選擇及交通量指派四步驟。
2. 運具分配最常用之模式為羅吉特模式，由效用函數求算各交通分區間不同運具使用比例，效用函數將旅行時間、旅行成本等納入考量，有時會加入隨運輸工具而異的常數項(Modal bias)，而影響運具分配之因素繁多，從旅次特性、旅行者特性到運輸系統之特性，任何一項因素改變都可能造成不同的運具分配結果，因此應該這些因素作全盤的考量。
3. 郭瑜堅(2007)運用 DOTS I 作 MRT 與 BRT 之政策分析，僅考量兩系統之施工期，並沒有將 MRT 與 BRT 不同的服務水準反應至模式中，使得 2031 年兩系統路線長度一樣時，兩方案得到一樣的旅次數、運具分配比例，實際上 MRT 與 BRT 有不同的運輸系統特性，在運具分配時應考慮營運速率、設站距離、班距等，若將這些因素納入模式考量，即使在未來年期兩方案之路網規模一樣，仍會有不同之旅次數及運具分配比例。

第三章 國內外案例分析

目前台北都會區主要的大眾運輸為聯營公車與捷運系統，本章除了回顧台北都會區捷運之發展歷程，並挑選了數個國內外之 BRT 的案例，對各城市 BRT 系統之發展歷程、營運概況等進行介紹，並整理案例 BRT 系統之票價、營運速率、服務班距、平均設站距離以及興建時程之長短，作為後續 BRT 替選方案擬訂之參考依據。

3.1 台北都會區捷運

臺北市為中華民國的直轄市，也是中央政府所在地，具有首都地位。其位於台灣北部的臺北盆地，是台灣人口第二多的城市，四面皆與臺北縣接壤，是台灣政治、文化、商業與傳播等的中心。台北縣是台灣北部的一個縣，位處台灣島上最北端，亦是人口最多的行政區，並於 2007 年 1 月，正式升格為直轄市，為台灣第三座直轄市。根據台北縣市交通局統計，至 2008 年 8 月止，其城市基本資料如表 3-1。

表 3-1 城市基本資料表

城市	土地面積 (平方公里)	人口數 (人)	人口密度 (人/平方公里)
台北市	271.80	2,626,000	9,665.52
台北縣	2052.57	3,818,000	1,860.38
大台北都會區	2324.37	6,444,000	2,772.36

資料來源：本研究整理自台北市交通局與台北縣交通局

台北捷運系統的服務範圍為大台北都會區，包含台北市與台北縣兩個城市，台北捷運系統於 1988 年動工，於 1996 年木柵線首度通車，至今共有八條路線開始通車營運，實際營運路網長度達 78.1 公里，各路線通車時程及里程長度如表 3-2 所示，且由台北捷運動工年以及各通車年之營運長度可計算，台北捷運系統平均每年約可興建 3.9 公里。

表 3-2 台北捷運初期路網通車時程

通車年	路線	通車路段	總通車長度 (公里)	單位時間興 建長度 (公里/年)
1996	木柵線	中山國中站—動物園站	10.5	1.3
1997	淡水線	淡水站—中山站	32.4	3.6
	淡水線	中山站—台北車站		
1998	中和線	古亭站—南勢角站	40.3	4.0
	新店線	台北車站—古亭站		
1999	新店線	古亭站—新店站	56.4	5.1
	板橋線	龍山寺站—西門站		
	南港線	西門站—市政府站		
2000	板橋線	龍山寺站—新埔站	65.1	5.4
	小南門線	西門站—中正紀念堂站		
	南港線	市政府站—昆陽站		
2004	小碧潭支線	七張站—小碧潭站	67	4.2
2006	板橋線	新埔站—府中站	74.4	4.1
	土城線	府中站—永寧站		
2008	南港線東延段	昆陽站—南港站	75.9	3.8
台北捷運平均每年興建長度(公里)				3.9

資料來源：台北捷運工程局(2007)

根據台北捷運工程局(2007)年之報告書指出，台北捷運建設可概分為三個階段，第一階段為已完工通車路線，共 76.7 公里，使捷運服務網雛型初具雙十路網架構成形，目前平常日運量達 110 餘萬人次。第二階段為中央已核定之路網，包括於日前通車營運之南港線東延段及其他施工中路線，合計 64.4 公里，另外包括環狀線第一階段 15.4 公里，預測 103 年完成後將使捷運路網長達 156.4 公里，屆時平常日每日運量可達 230 餘萬人次。第三階段為規劃中路線，完工通車後台北都會區捷運路網總長度將可達 270 公里以上，預測每日運量將超過 360 餘萬人次，追求捷運路網最適化與服務面積最大化，各階段路網詳細資料如表 3-3、表 3-4、表 3-5。

表 3-3 台北捷運第一階段路網

路線名稱	起訖站	路線長度 (Km)	車站數	建造型式
木柵線	木柵動物園站 - 中山國中站	10.9	12	高架
淡水線	淡水站 - 中正紀念堂站	23.8	22	高架 平面 地下

中和線	古亭站-南勢角站	5.4	4	地下
新店線	中正紀念堂站(不含)- 新店站 (包括小碧潭支線)	11.2	10	地下
小南門線	西門站 - 中正紀念堂站	1.6	1	地下
南港線	西門站 - 昆陽站	11	11	地下
板橋線	西門站(不含) - 府中站	7.1	5	地下
土城線	府中站(不含) - 永寧站	5.6	4	地下
合計		76.6	69	

資料來源：台北捷運工程局(2007)

表 3-4 台北捷運第二階段路網

路線名稱	預定通車年期	路線長度(Km)
南港線東延段先行通車至南港站	97.12	1.5
內湖線	98.06	14.8
蘆洲線經道岔段至新莊線忠孝新生站	99.12	11.6
南港線東延段全線通車 (南港站至南港展覽館站)	99.12	1
新莊線忠孝新生站經東門站連接古亭站	100.06	2.6
新莊線迴龍站至台北橋站(含新莊機廠)	101.09	11.9
信義線	101	6.4
松山線	102	8.5
台灣桃園國際機場連問捷運系統三重至台北市段	102	4.1
土城線延伸頂埔段	103	2.0
環狀線第一階段	-	15.4
小計	-	79.8

資料來源：台北捷運工程局(2007)

表 3-5 台北捷運第三階段路網

路線名稱	路線長度(Km)		
	北市	北縣	合計
台北市東側地區南北線	14.4	2.7	17.1
民生汐止線	11.0	5.3	16.3
信義線東延段	1.6	-	1.6
安坑線	-	7.8	7.8
三鶯線	-	18.6	18.6
萬大 - 中和 - 樹林線	3.7	18.4	22.1
社子 - 士林 - 北投區域輕軌路網	17.9	-	17.9
環狀線第二階段	10.9	8.5	19.4
合計	59.5	61.3	120.8

資料來源：台北捷運工程局(2007)

台北捷運目前營運長度為 78.1 公里，包含第一階段路網以及第二階段之南港線東延段，中運量系統之平均設站距離為 875 公尺，高運量系統為 1121 公尺，平均票價為 21.92 元新台幣，旅運量方面，台北捷運運量隨著路網規模擴張而逐漸成長，目前每月運量約 125 萬旅次，自 1996 年木柵線通車營運以來，中運量與高運量每季之運量趨勢如圖 3-1 所示。

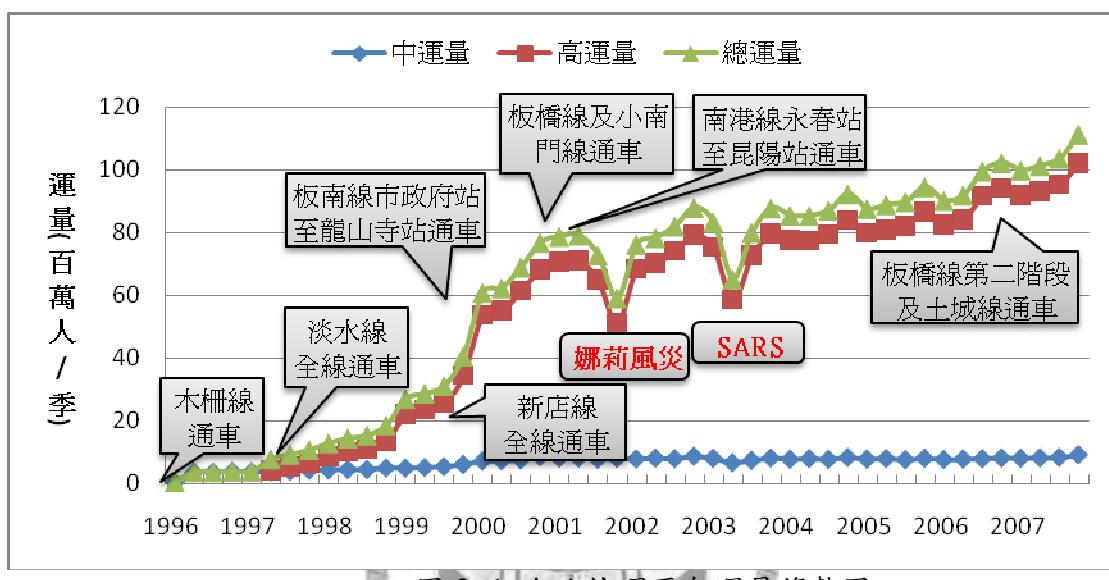


圖 3-1 台北捷運歷年運量趨勢圖

資料來源：蔡奇宏(2008)

由逐年的旅運量分析圖可知，隨著路網擴張，高運量路線的運量有逐漸成長的趨勢，而中運量的木柵線運量無明顯的提昇，呈現穩定的運量。整體運量方面，台北捷運在淡水線通車後，運量穩定成長，1999 年 12 月，板南線市政府站至龍山寺站通車，與淡水線、木柵線形成「雙十路網」，使得捷運運量於 2000 年大幅度成長。之後隨著其它路段陸續通車，運量逐年呈現穩定成長的趨勢，唯 2001 年納莉風災及 2003 年 SARS 事件，使得此兩年度之運量明顯低於正常營運狀況的運量。

隨著捷運路網長度增加，總體運量呈現成長的趨勢，然而運量成長和路網增加的長度並不一定成等比例成長的趨勢。若探討捷運每公里的單位運量，即將該季之運量除以該季之路網長度，可得單位運量趨勢如圖 3-2。

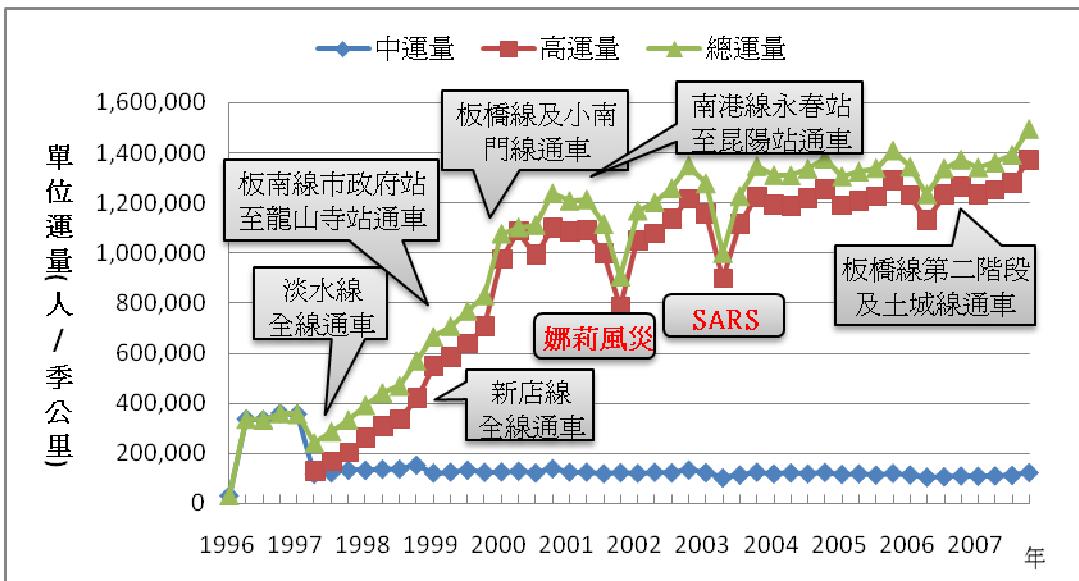


圖 3-2 台北捷運歷年單位長度運量趨勢圖

資料來源：蔡奇宏(2008)

由圖 3-2 可知，在 1997 年 3 月淡水線淡水站至中山站路段通車，捷運單位運量較僅有木柵線營運時為低，直到 1997 年 12 月淡水線中山站至台北車站通車後，單位運量始呈現穩定成長之趨勢。2001 年因娜莉風災，部份路線未能完全通車，使得單位長度的運量下降。在 2002 年第四季之後，扣除 2003 年因 SARS 而影響的運量之外，2004 年之後每單位長度的運量並無明顯的增加，表示 2004 年 9 月小碧潭支線、2006 年 5 月板橋線新埔站至府中站、土城線府中站至永寧站通車後，並未明顯提昇捷運每單位長度的運量。由上述可知，捷運路網擴張雖能提昇總體運量，但若探討增加每單位長度所能新增的運量，則可發現部份路段的通車，每公里平均運量不增反減，代表該路段的興建所帶來的效益並不如其它路段的貢獻。針對此一課題，邱薰論(2007)研究捷運運量路網之效應，利用 T 檢定分析台北捷運路網擴張不同階段之效應。該研究中，假設路線長度延長後，捷運單位長度運量相同，並檢定路線長度延長後，單位運量是否顯著改變。檢定結果中，路段通車後，單位長度運量無明顯改變之路段如下：

1. 淡水線淡水站至中山站通車後，木柵線的單位長度運量無明顯改變。
2. 板橋線龍山寺站至新埔站通車後，整體路網單位長度運量無明顯改變。
3. 南港線市政府站至昆陽站通車後，整體路網單位長度運量無明顯改變。
4. 小碧潭支線通車後，整體路網單位長度運量無明顯改變。
5. 板橋線、土城線新埔至永寧站通車後，整體路網單位長度運量無明顯改變。

邱薰論(2007)由該研究結果定義捷運系統的路網效應：捷運路網形成初期時，單位長度運量會隨著路網長度擴張而增加，而路網規模擴張至一定程度時，單位長度運量變化會趨於穩定，若路網繼續擴大，單位長度運量會下降，此即為捷運運量之路網效應。

由上述可知，不同的捷運路線對於路往運量提昇有不同的效應。路網形成初期，因為路線多集中於市中心地區，可帶來較高的運量，隨著路網逐漸擴張，使用者轉乘更為方便，如台北捷運雙十路網形成後，對於運量提昇的效應最為明顯。然而路網擴張至一定程度後，後續的路網建設，可能多集中在市郊區，使得運量增加的幅度低於初期和中期的路網。因此在規劃捷運路網時，若能考量捷運的路網效應，減少效率不高的路線建設，可考慮改由輕軌系統或公車捷運系統，以提高整體系統營運效率。

在服務水準方面，2007 年中運量之平均行車速率為每小時 30.97 公里，尖峰班距為 2 分 50 秒，離峰班距為 4 分 58 秒，高運量之平均行車速率為每小時 34.32 公里，尖峰班距為 4 分 45 秒，離峰班距為 5 分 46 秒，中、高運量之班距皆符合系統目標值(中運量尖峰 2-4 分鐘、離峰 4-7 分鐘；高運量尖峰 3-7 分鐘、離峰 5-10 分鐘)。

台北捷運係以 OT 模式作為其建設方式，可謂公有民營之型態，故其初期路網工程款項來自於政府編列特別預算之應，故台北捷運公司並無須分攤建設經費。然而，由於行政院所核定之後續路網財務計畫為將工程款項須分為自償與非自償財源兩部分，而其中自償性財源係由地方政府先借款支應，營運時由營運單位償還貸款本息，因此台北捷運公司自 2003 年開始起分 20 年，逐年需負擔 24 列電聯車採購案經費約 110 餘億元的資本支出，另 2010 年起需負擔第二階段路網新莊蘆洲線、南港東延線建設成本，依捷運工程機構規劃逐年攤還償本利息，於 2010 年至 2012 年每年約需 42 億元。龐大的自償經費負擔，與實際營運狀況恐有鉅額落差，非台北捷運公司所能負擔，故除研擬相關策略外，應於運量偏低之路線考量評選其他系統替代後續路網的延伸線，以確保永續經營之目標。

3.2 嘉義 BRT

嘉義 BRT 的服務範圍主要含蓋嘉義市、嘉義縣太保市(嘉義高鐵站)與朴子市，城市基本資料如表 3- 6，總服務範圍約 176.5 平方公里，服務人口數約為 354,150 人。



圖 3-3 嘉義地理區域圖
資料來源：嘉義縣政府全球資訊網(2009)

表 3-6 城市基本資料

	嘉義市	嘉義縣太保市	嘉義縣朴子市
面積(平方公里)	60.0	66.9	49.6
人口數 (人)	273,973(2008.12)	35,896(2008.12)	44,281(2009.1)
人口密度 (人/平方公里)	4,564.27	536.59	893.24

資料來源：本研究匯整自嘉義縣、市政府網站

嘉義 BRT 系統已於 2008 年 2 月正式通車，該系統係基於高鐵嘉義站聯外運輸需求，並配合政府「發展大眾運輸」與「陸運建設，由公路拓展至軌道」之政策，於高鐵通車初期將以公車捷運系統提供高鐵嘉義站聯外運輸之服務。高鐵嘉義站之聯外系統從輕軌系統改為公車捷運、至全線營運通車，共歷時 8 年，其中包含可行性研究約 5 年，規劃實質做業約 2 個月，設計實質作業約 5 個月以及施工期 7 個月，其中嘉義 BRT 之可行性研究到通車，共歷時 4 年。

嘉義 BRT 路線包括主線、嘉義市區銜接線、嘉義縣治銜接線，主線從高鐵嘉義站至台鐵嘉義站後站，嘉義市區銜接線從台鐵嘉義站後站至嘉義公園，嘉義縣

治銜接線則從高鐵嘉義站至嘉義縣立體育館站，如圖 3-4，路線全長 29.64 公里，採用 B 型路權的型式。嘉義 BRT 系統於太保-嘉義 50 公尺計畫道路、嘉義市世賢路、自由路、友忠路之路段佈設公車捷運專用車道，佈設方式為快車道內緣式，其餘路段則依據各別道路現況採混合車流，共設置 18 個車站，未來將視交通量成長與道路實質條件，適時增闢公車捷運專用車道。由圖 3-4 可知太保-嘉義 50 公尺計畫道路(約 9.2 公里)並無設站，故計算平均站距時將其扣除，扣除後路線總長為 20.44 公里，平均站距約為 1100 公尺。



圖 3-4 嘉義 BRT 行駛路線站位簡圖

資料來源：交通部高速鐵路工程局(2005)

嘉義 BRT 目前共有兩條營運路線，第一條為「嘉義縣立體育館—高鐵嘉義站—台鐵嘉義站—嘉義公園」，營運時間 6-23 時，班距為 20 分鐘，第二條為「高鐵嘉義站—台鐵嘉義站」區間路線，營運時間為 8-16 時，本身班距為 20 分鐘，與第一條路線之混合班距為 10 分鐘。首站至末站之行車時間約為 65 分鐘，平均營運速率为 27.36 公里。基本票價為 22 元新台幣，高鐵嘉義站到台鐵嘉義站為 42 元，最高票價為 80 元(首站至末站)。

就初期營運資料顯示，2007 年設施尚未全部完成前，平均每月載客數為 13,589 人，平均每班次載客 3.54 人。2008 年一月底全線工程完成通車後，加上二月份起台灣高鐵公司提供 BRT 免費接駁車服務，2008 年三月運量增加至 48,992 人，平均每班次載客 12.35 人，行車時間高鐵車站至台鐵嘉義站段，因優先號誌完工亦由超

過 30 分鐘減至 27 分鐘。(交通部高鐵局，2008)

嘉義 BRT 系統僅於太保-嘉義 50 公尺計畫道路、嘉義市世賢路、自由路、友忠路之路段佈設公車捷運專用車道，其餘路段則採混合車流，車輛部分初期僅引進 12 輛低底盤公車，其餘則採用舊式公車，雖然政府有辦理「認識嘉義 BRT 之整合行銷企劃」，嘉義 BRT 在使用者的心目中仍難以跳脫傳統公車之框架，加上服務班距較長(10-20 分鐘)，導致營運績效低落。嘉義 BRT 之可行性研究預測該系統於 2006 年運量可達每日 27,498 人次，然而於 2008 年平均日運量僅達 1307 人次，不到預測運量的十分之一，而台灣高鐵於 2008 年 2 月提供免費接駁服務，3 月之月運量達 48,992 人，優先號誌的實施亦縮短高鐵嘉義站至台鐵嘉義站行車時間，未來希望能藉由相關之政策、配套措施培養路線運量，加強嘉義 BRT 對使用者的拉力，以達到預期之運量水準。

3.3 哥倫比亞波哥大(Bogata)



波哥大在 1886 年起正式成為哥倫比亞共和國，開始發展與建設，使其城市人口不斷增加，目前約為八百多萬，面積 1,776 平方公里，2005 年整個都市之人口數為 8,250,000 人，人口密度為 4,645 人/平方公里，是全國政治、經濟和文化中心以及交通樞紐，根據波哥大市政府統計，2007 年的 GDP 為 4,287 美元。波哥大市區大致沿著南北方向發展，南部多為貧民窟及低收入戶，中部為城市金融、商業為主的中心 CBD 地區，北部地區則為較富裕的中高收入者的居住區，西部地區有機場與工業區，換句話說，城市的貧富差距甚大。

Bus Rapid Transit Policy Center(2008)指出在系統建設前總共約有 95% 左右的道路空間被小汽車所使用，這些小汽車擁有者僅為整個城市人口的 19%，為一種極度不公平的現象。也因為此狀況使得波哥大城市道路在尚未建設系統之前，呈現極度擁擠的狀況。平均一趟旅次要花費 70 分鐘，對整體工商業活動影響很大。且當時城市中僅只有傳統公車一種大眾運輸工具，且系統服務水準極低，造成有能力負擔者會寧可選擇使用私人運具，公車業者也因收入狀況不佳而無法改善服務，導致擁擠的情況無法改善。也正因為無法減少小汽車使用的數量，根據 Menckhoff (2005) 推估，有 70% 的空氣汙染來自於機動車輛，與全世界都在提倡的

環保概念並不相符，種種原因造就了 BRT 發展的可能機會。在 1998 年，當市政府開始發展 BRT 的同時，就以明確表示該建設的目的在提高非機動車的使用，減少小汽車的使用數量以及優先發展公共交通。市長 Penalosa 當時就表示「我的目標是建設一個為兒童著想的城市，而不是為做生意或為汽車搞建設，一個文明的城市應該是孩子們騎自行車可以在戶外到處玩耍而又能呼吸潔淨空氣的城市」，是相當有遠見且相當正確的發展概念，正因為有這樣的概念為主導，波哥大的 BRT 才能有如此成功的發展。

波哥大之 BRT 被命名為「TransMilenio」，中文譯為新世紀公車系統，新世紀公車系統從規劃階段到系統投入營運階段僅僅用了 3 年時間。路線總長 84 公里，最初僅有紅、橘、藍 3 條主線，共 35.5 公里，開始營運後的 5 年中，其他支線逐漸加入營運，主線服務主要幹道，支線服務其周邊城鎮，其中主線部份又分為普通車路線和直達車路線，普通車路線為每站皆停。主線尖峰班距 2 分鐘，離峰班距最高可達 6 分鐘，支線上最高班距可達 3 分鐘，其餘視路線別而定，車站的部分，主線站距 500 公尺、支線 300 公尺，平均營運速率為每小時 26.6 公里。新世紀公車路網如圖 3-5，有紅、橘、藍三條主要幹線，呈現 T 型分佈，支線有七條，主要服務西部鄉鎮及作為主線的延伸，連接機場與工業區的重要區位，支線的服務範圍較廣，該系統提供數十種路線組合讓乘客選擇。未來期望能設計成棋盤式路網，期望能達到 80% 以上的居民皆能在步行 500 公尺以內到達 BRT 車站的目標。新世紀公車系統採用車外收費方式，使用智慧卡於入站時事先收費，可省去上下車付款的時間，一趟車資為 0.36 美金，轉乘不加價。

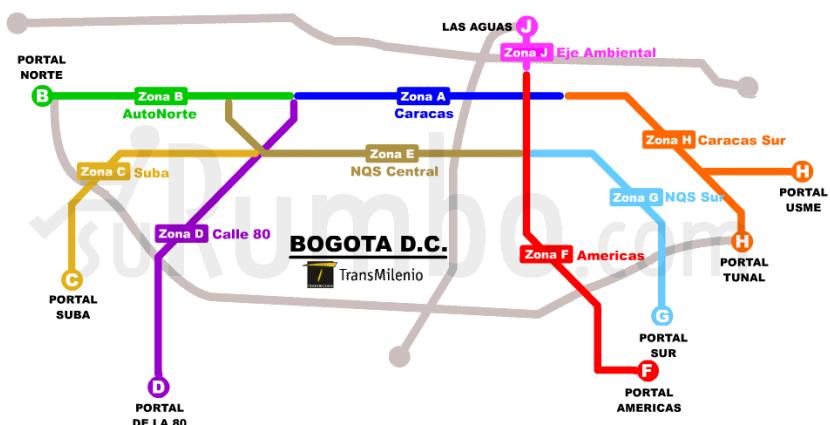


圖 3-5 Transmilenio 路網圖
資料來源：Transmilenio 官方網站(2008)

波哥大 BRT 系統目前每日運量 100 餘萬，The Bus Rapid Transit Policy Center(2008)指出，2000 年開始營運，到 2001 年系統每工作日的平均載客量就達到了 54 萬人次；成長十分迅速，到了 2003 年，已經有 79 萬人次；2005 年，已達到 100 萬人次；已經接近臺北捷運一天的運量，表示其雖然是公車捷運系統，但卻有能力運送這樣高的旅次量，隨著系統不斷擴張後，預測在 2016 年將可達日運量 388 萬人次。

全面性的交通規劃是新世紀公車成功的重要關鍵，透過這樣的規劃讓交通衝擊之影響降至最低，避免民怨產生。透過其各項優點的結合，造就了它成為真正的 BRT 系統，在班距、運量皆可媲美軌道捷運系統，而非只是運用了 ITS 技術的普通公車，這樣的系統讓城市的發展漸趨平衡，期望能縮減貧富的差距，達到社會公平，並以這樣具有國際級水準的系統改變世人對波哥大傳統的負面形象。該系統目前也技術輸出到其他國家，證實其技術即經驗確實具有值得學習的地方。而該系統的缺點為對小汽車使用者的拉力不佳，根據 The Bus Rapid Transit Policy Center 網站對波哥大的案例分析中指出，大約只有 15% 的使用者曾經使用過小汽車。空氣汙染的改善程度還是不及使用電力的輕軌或是捷運系統。新世紀公車缺少即時的動態資訊系統，不管是乘客在家中透過電腦或是在候車處透過 VMS(Variable Message Sign)得知車輛即時的位置的資訊，都是該系統可以考慮的做法，也可透過這樣的資訊提高乘客的滿意度，為系統帶來可能更高的營收。

3.4 中國北京

北京市為中國首都，位於中國華北地區，土地面積 16,808 平方公里(約為台北都會區的 8 倍，全台灣面積的 2/5)，2008 年人口數為 1740 萬人，人口密度為每平方公里 1035 人，生產總值為 10488 億元人民幣，產業方面，農業穩定、糧食豐收，工業生產減速，企業利潤出現下降，人均 GDP 達到 63029 元人民幣。在 2003 年開始規劃 BRT 系統時，全市總人口為 1,456 萬人，較 2002 年增加了 2.3%，其中南中軸路線主要經過的兩個行政區人口總合約 170 萬人。2003 年北京市的生產總值為 3,612 億人民幣，較 2000 年提升了 48%。

北京市的城市道路經數百年的發展形成棋盤式的格局，大眾運輸多沿著棋盤直角邊為走向，為短距離的運輸模式，市內幾條環城道路均為重要幹道。北京市的私人小客車持有率不斷增高，私人運具占總旅次的比例也不斷增加，使用大眾運輸的旅次僅占 24%(黎林峰，2007)。根據中華人民共和國人民統計局的統計資料，截至 2003 年底，北京市共有 1.76 萬輛公車，公車路線 776 條，搭乘大眾運輸的旅次達 41.98 億次(不含計程車)，比前一年下降了 12.6%，其中 88.76% 為搭乘公車的旅次，軌道交通只占 11.24%。為改善交通擁擠及提升大眾運輸的服務水準，北京市的輕軌(13 號線)已於 2003 年全線貫通，地鐵八通線亦開始通車試運，地鐵五號線、四號線、十號線也將陸續開工。高速公路、城市快速道路、主幹道路和城區路網加密工程均加速施建，道路總長及軌道交通運營里程亦在快速增加(中華人民共和國人民統計局，2003)。

北京市南中軸線有 31 條公車路線服務水準不佳，而規劃於該路廊興建之地鐵八號線無法及時提供奧運期間之運輸需求，BRT 系統成本低、興建期短，可於奧運前完工，故以當初規劃地鐵八號線所保留之 18~23 公尺的綠帶，做為 BRT 用地。2004 年北京市政府將南中軸 BRT 列為工程重點之一，並於該年 8 月組建北京暢達通客運股份有限公司，12 月 25 日局部通車試運，2005 年 12 月 30 日全部完工，歷時約一年半。

北京南中軸快速公交北端起於天安門廣場南端的前門箭樓，南端終點站為德茂莊，沿途與二環路、三環路、四環路、五環路及地鐵二號線相切，全長 15.8 公里，共有 17 個車站，平均車站間距為 940 米，站距最短的是三營門-和義南站的 230 米；站距最長的是前門站-天壇站的 2.4 公里。設計速率為 30~35km/hr，但實際平均行駛速度為 25km/hr，單程行駛費時 37 分鐘。為了提供更好的服務，在德茂莊-天壇及三營門-前門兩段設置區間車，尖峰時段 1 分鐘發一班車，離峰時段 2~3 分鐘發一班車。

南中軸 BRT 採用單一票價，每次 1 元人民幣(約台幣 4 元)，使用 IC 卡可享有普通民眾 4 折、學生 2 折的折扣。自 2007 年 10 月起，北京地鐵票價由原本的 3 元人民幣降至 2 元人民幣，北京市發展和管理委員會也於 2008 年 1 月宣布，持「市政交通一卡通」IC 卡乘坐郊區公車亦可享有折扣，伴隨著這些政策的實施，可望

提升民眾搭乘大眾運輸的意願，改善市區交通擁擠狀況。

北京 BRT 系統的實際運量，自全線通車兩年來，已大幅成長。鄭長路等(2007)研究報告中指出，南中軸 BRT 在 2006 年 8 月統計的累積搭乘人數為 2017.1 萬人次，但到 2007 年 6 月，已快速累積至 5253.08 萬人。至 2007 年 9 月時，每日實際客運量平均約為 13 萬，是北京普通公車平均運量的 3.9 倍，若逢假日更可高達每日 22 萬人次，相較於 2006 年 9 月的統計資料，成長了 44%。目前的客運量更與同為放射通勤路線的軌道交通北京八通線相當。除了提升大眾運輸比例，南中軸 BRT 的開通也確實改善了該路段之旅行時間。

3.5 中國常州

常州位於江蘇南部、長江之南，處於長江三角洲中心地帶，與上海、南京等相望，為江蘇省 13 個省轄市之一，為江南名城，同時也是滬寧鐵路的中心，和蘇州、無錫構成蘇錫常都市圈。全市面積 4385 平方公里，2008 年統計之人口數為 357 萬人，人口密度為每平方公里 815 人。市區平均每人年可支配收入 19,089 元(人民幣)，市區平均每人年消費支出 13,789 元(人民幣)。2007 年常州市規劃由「工業為主，服務業為輔」轉為工業與服務業並重，最終希望以「現代服務業為主，製造現代化及高薪化」。

常州 1 號線為常州公共交通集團公司所營運，屬於國有企業，2007 年 5 月 23 日正式通過「常州市快速公交 BRT 一號線(B1)工程可行性研究報告」並 5 月 24 日全線動工，B1 線從規劃到興建完成共花了 11 個月，24.5 公里全線開通費時不到 15 個月，是目前世界上建設 BRT 同等規模期程最短的一條路網。常州 1 號線選取客流幹線構成整個路網，服務更多的市民同時維持了路網良好的辨識性，讓營運整合更容易且能維持較短的發車間隔，有效縮短乘客候車和換乘時間，提高主線效率和通行能力。公車專用道位置設在快車道外側、道路中央可提升 BRT 的運行速率，減少對其他交通形式的干擾，而車門位置設置在右邊(前門上車，後門下車)可方便乘客的無縫轉乘，如圖 3-6 所示。



圖 3-6 公車專用道位置設在快車道外側

B1 線總長為 24.5 公里，其中公車專用道占 21.2 公里，平均營運速率為每小時 22 公里，市中心尖峰小時平均速度可達每小時 18 公里，尖峰班距 2~3 分鐘，一般時段 4~5 分鐘，離峰時段 7~8 分鐘。全線車站數加上首站及末站共有 28 站，車站平均間距為 875 公尺。常州 1 號線主線及支線間同站同向轉乘免費，即在 BRT 站台內，換乘不同的路線不再收取費用，24 公里範圍內全程 1 元人民幣，乘客可以更方便地進行換乘，另外還有刷卡 6 折、學生 3 折、老人 2 折的優惠。B1 線尖峰小時單向運量為 4,500 人次，已達預估運量之約九成，顯示當地政府政策執行之魄力及對需求準確之預估。根據調查顯示，自 B1 線營運以來，常州市民的旅次行為產生改變，選擇 BRT 的比例明顯上升，其中由一般公車移轉過來的比例最高。

3.6 邁阿密 Dade

Miami-Dade 郡(county)位於美國東南方之佛羅里達州，總面積達 6,297 平方公里，其中 5,040 平方公里的面積為土地，其餘 1,257 平方公里的面積為水域(佔總面積 19.96%)。根據 United Census Bureau(2007)資料顯示，該郡人口為 2,402,208 人。最大之城市為邁阿密市，為 Miami-Dade 郡之主要金融商業中心之一，2007 年人口 409,719 人，人口密度 4,433 人/平方公里，每人平均所得為 18,497 美元。主要之大眾運輸系統為通勤鐵路、地鐵與公車系統，每日約 12% 人口使用大眾運輸。

(American Community Survey, 2007)

The Bus Rapid Transit Policy Center (2008)資料指出，若將邁阿密市之地鐵系統作延伸，估計其花費成本將逾 300 萬美元，因其數目過於龐大而選擇 BRT 作為替代方案。路線規劃全長 32.2 公里，並使用原先在 US1 上行駛之公車路權，將其原先營運之公車路線遷移至公車專用道上，並以公車組合路線提供高頻率的公車服

務。總工程分為兩階段，第一階段建設長度為 13.7 公里，並於 1997 年 2 月開始營運。第二階段分為兩部分，第一部分於 2005 年 4 月營運，共長 8.1 公里，第二部分長 10.4 公里，於 2007 年 12 月開始營運，兩階段工程內容如表 3-7。

表 3-7 BRT 系統各階段工程

	開通時間	長度	往返	設施
一期工程	1997 年 2 月	13.7 公里	Dadeland South Metrorail Station to SW 112 Avenue	(a)部分使用專用道 (b)單向 15 公車車站
二期工程 (第一部分)	2005 年 4 月	8.1 公里	SW 112 Avenue to SW 264	(a) 全程專用道 (b) 單向 13 公車車站(第一部分 6 個，第二部分 7 個) (c) 3 停車換乘場於前 8.5 英里處，並另增設額外的 3 個停車轉乘場 (d) 6 個臨時停車接駁區
二期工程 (第二部分)	2007 年 12 月	10.4 公里	SW 264 to SW 344 Street	

資料來源：本研究整理自徐康明(2003)、The Bus Rapid Transit Policy Center(2008)、Parjus, A. (2003)、Miami-Dade Transit(2008)等相關文獻

目前營運路線中包括 2 條普通路線及 4 條快速路線，平均站距為 800 公尺，快速路線之平均營運速度為每小時 28 公里，普通路線每站皆停，平均營運速度為每小時 20 公里。在尖峰時刻其組合路線的平均發車間距為約 2 分鐘，即每小時提供 28 輛公車服務，而離峰時段之平均發車間距則為 10 分鐘，即每小時 6 輛公車進行服務。運量的部分持續成長，依 Miami-Dade Transit 統計資料顯示，2008 年 9 月平均每日運量為 293,400 旅次，較 2008 年 8 月旅次約成長 14.39%，較 2007 年旅次約成長 4.71%，較 2006 年旅次約成長 8.67%。

根據 Miami-Dade Transit(2008)所標示之票價，普通路線票價為單趟 1.5 美元，優惠票 0.75 美元，快速路線票價為 1.85 美元，優惠票為 0.9 美元。殘疾人士及當地就讀 12 年級以下之學童可享優惠票價，殘疾人士若申請並出示證明，則可免費搭乘，使用輪椅人士則不需證明即可免費搭乘。

邁阿密政府以公車系統代替地鐵系統，發展成為大眾運輸之核心，節省了工程的投資建設成本及營運費用，並以節省之成本注於其他交通建設的改善。邁阿密之公車系統亦充分發揮了 BRT 系統之靈活性，將南北向之公車捷運路線、普通公車路線、東西向等支線服務之公車路線及地鐵路線加以整合成一完整系統，以提供不同類型之服務內容。但當地居民亦有反應，公車專用道所造成之噪音對其生活品質造成影響，但其檢測結果顯示影響不大(徐康明，2003)。

3.7 洛杉磯(L.A. Orange Line)

洛杉磯都會區總面積 10,518 平方公里，共轄 89 行政區(CDOT, 2008)，根據 United Census Bureau(2007) 資料顯示，都會區人口統計數為 12,875,587 人，洛杉磯市人口為 3,849,378，人口密度為 1224 人/平方公里，人口成長率約為 33%。1994 年之就業人口統計數為 4,134,000 人，預計至 2020 年將達 5,817,800，就業人口成長率為 41% (SCAOG, 1998)。依洛杉磯統計局資料顯示，洛杉磯主要產業為科技與娛樂產品之國際貿易為主，觀光業亦為其主要產業之一，其亦為全美最大製造中心之一。



洛杉磯橘線自 2000 年開始規劃至 2005 年通車，由 Los Angeles County Metropolitan Transportation Authority (Metro) 營運。不同於第一期計畫路線僅具有有限之 BRT 特性，其為全美第一條具備完善 BRT 特性之「真正的 BRT 路線」。規劃路線主要為銜接地鐵紅線以作為 San Fernando 與西部地區之連繫，另有第一期計畫之 Ventura 路線與其平行且相交匯於地鐵紅線，如圖 3-7。橘線走廊主要以住宅區為主，其組成結構多為單一核心家庭或三至四樓之複合住戶，其商業活動主要聚集於 Warner 中心商業區或北 Hollywood 地區，該處亦為地鐵紅線的西邊終站。橘線路線如圖並與第一期計畫之 Ventura 路線平行並相交匯於地鐵紅線，相較橘線走廊而言，Ventura 走廊為較主要之商業走廊。

Go Metro

1.800.COMMUTE
metro.net

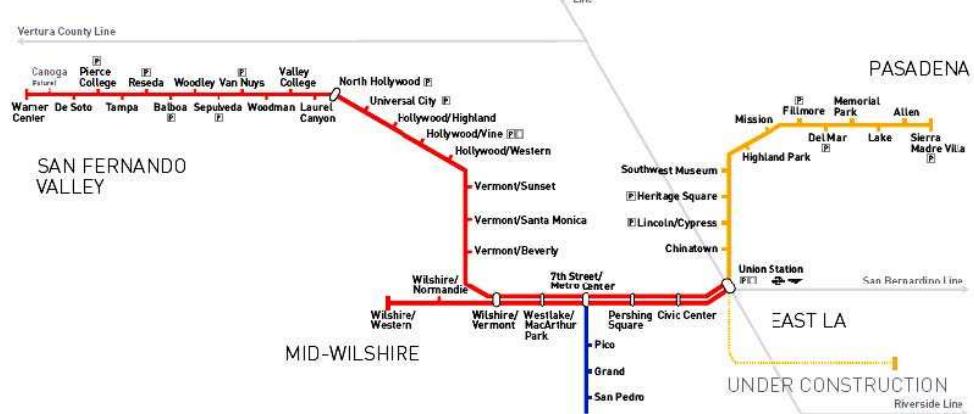


圖 3-7 地鐵紅線、輕軌黃線與橘線圖

資料來源: Metro, <http://www.metro.net/> (2008)

橘線總長 22.5 公里，平均站距為 1610 公尺，班表設計乃配合地鐵紅線之班表以利於轉乘，其發車班距隨時段之不同而有所區別，晨峰與昏峰班距為 5~6 分鐘，一般班距為 10 分鐘，清晨與近深夜之班距為 15~20，週末班距則為 10~20 分鐘，橘線各時段、方向的旅行時間與平均速率如表 3-8，平均營運速率為每小時 29.8 公里，基本費率為 1.25 美金。依據 2006 年的統計數字顯示，其旅次量為平均每日 21,828 旅次，年總旅次量約為 6 百萬旅次，旅次成長量約為地鐵之二倍與當地公車系統之三倍。

表 3-8 BRT 橘線旅行時間與平均速率表

時段	總旅行時間(分)	平均速率(公里/小時)
晨間西行	50	27
晨間東行	41	32.9
晚間西行	51	26.5
晚間東行	41	32.9

資料來源：Gephart (2006)

L.A Orange line 於規劃時期至建造完工通車階段皆備受爭議，其路線原預計建造輕軌並與地鐵紅線和輕軌黃線連接，後因財務計畫等因素改以 BRT 作為替選方案。工程技術方面，L.A Orange line 於主幹線公路交會口設置超車道之設計雖疏緩了尖峰時期之擁塞，但規劃者仍需考量私有運具使用者非法進入超車道之安全問題，以及因交通安全因素而延遲之總旅行時間。此外，部分路段亦於通車後不久顯現鋪面設置缺陷，此為規劃者應於鋪面工程部分應引以為借鏡之處。雖然該區輕軌支持者認為 BRT 系統無法滿足預測之潛在輕軌旅次，對於沿線土地使用之影

響亦不如預測顯著，但根據其延伸路線 Chatsworth 計畫，預計完工後將大幅增加橘線之旅次，雖實行後旅次增加數不如預期，但其僅完工通車一年多，仍處於系統評估階段。

3.8 小結

本節對以上 6 個城市 BRT 系統之發展過程與營運現況作介紹，各城市與台北都會區之基本資料整理如表 3-9，並整理各系統之平均營運速率、營運班距、平均站距、票價以及興建時程如表 3-10，波哥大 BRT 之路線分為主、支線，下表中以主線資料為主，票價的部分以單程票為主，不考慮優待票之折扣，單位的部分以本年度之匯率換算成新台幣，興建時程為平均每年所興建之長度，以設計規劃及施工至通車之時間長度除以路網之長度。

表 3-9 台北都會區與 6 個城市之基本資料

	土地面積 (平方公里)	人口數 (人)	人口密度 (人/平方公里)
大台北都會區	2,324	6,444,000	2,772.36
嘉義市	60	273,973	4,564.27
嘉義縣太保市	66.9	35,896	536.59
嘉義縣朴子市	49.6	44,281	893.24
波哥大	1,776	8,250,000	4,645
中國北京	16,808	1740 萬	1,035
中國常州	4,385	357 萬	815
邁阿密 Dade	5,040	2,402,208	477
洛杉磯	10,518	12,875,587	1224

表 3-10 各案例營運資料表

	平均營運速率 (公里/小時)	營運班距 (分鐘)	平均站距 (公尺)	票價 (新台幣)	興建時程 (公里/年)
嘉義	27.36	尖峰 10 離峰 20	1100	22~80 元	7.4
波哥大	26.6	尖峰 2 離峰 6	主線 500 支線 300	12 元	11.8
北京	25	尖峰 1 離峰 2~3	940	4 元	10.5
常州	22	尖峰 2~3 離峰 7~8	875	4 元	19.6
邁阿密	普通路線 20 快速路線 28	尖峰 2 離峰 10	800	普 50 元 快 61 元	-
洛杉磯	29.8	尖峰 5~6 離峰 10~15	1610	42 元	4.5
平均	25.8	尖峰 3.8 離峰 9.75	970	-	10.76

由表 3-10 中可發現 6 個案例之平均營運速率落在每小時 20 公里至每小時 30 公里之範圍中，平均為每小時 25.8 公里。營運班距的部分，6 個案例的尖峰班距最短為 1 分鐘，最長為 10 分鐘，平均為 3.8 分鐘，離峰班距最短為 2 分鐘，最長為 20 分鐘，平均為 9.75 分鐘，服務班距最密集之城市為北京，最不密集的為嘉義。由於洛杉磯 BRT 系統主要服務郊區地區，平均設站距離最長，達 1610 公尺，類似軌道捷運系統之站距，而以波哥大設站距離最密集，主線 500 公尺、支線 300 公尺，各系統之平均設站距離為 970 公尺。各城市 BRT 之票價差異相當大，最便宜和最貴的城市相差了 10 倍以上，不宜以平均值衡量 BRT 系統支票價，這表示各城市的大眾運輸費率除了機制(單一票價、里程收費等)之不同，亦受國家經濟、消費水準以及大眾運輸相關政策、補貼之影響，以票價最低的北京例，南中軸 BRT 的營運單位認為，大眾運輸的旅行費用不應超過低收入戶家庭平均收入的 10%，北京的南城居民相對而言收入較低，應實施低票價以符合社會公益，故採 1 元人民幣(約台幣 4 元)單一票價，使用 IC 卡、學生證尚有折扣，而以開發國家除了經濟水平較高，對於大眾運輸之可負擔性較不重視，故邁阿密、洛杉磯 BRT 系統之票價較其他城市為高。興建年期的部分缺少邁阿密的資料，其餘 5 個城市 BRT 系統平均每年興建 10.76 公里，其中以中國常州建設效率最佳，規劃、興建到營運僅 11 餘月。表 3-11 為台北捷運中運量、高運量系統之平均營運速率、營運班距、平

均站距、票價以及興建時程，由於台北捷運後續路網建設技術型式皆採高運量系統，故以高運量系統與 BRT 系統之案例作比較，發現台北捷運與 BRT 平均營運速率有顯著之差異，且尖峰班距高於 BRT 但離峰班距較低，設站距離則沒有顯著之差異。

表 3-11 台北捷運營運資料

	中運量	高運量
平均營運速率 (公里/小時)	30.97	34.32
營運班距(分鐘)	尖峰 2 分 50 秒 離峰 4 分 58 秒	尖峰 4 分 45 秒 離峰 5 分 46 秒
平均站距(公尺)	875	1121
票價(新台幣)	平均票價 21.92 元	
興建時程(公里/年)	3.9 公里/年	



第四章 研究方法與方案擬定

本研究所使用的研究方法包含替選方案分析、整體運輸規劃模式以及旅次總成本理論，本章首先對這些研究方法作說明，接著以台北都會區捷運為對象，根據欲解決之交通問題擬定替選方案。台北捷運建設共分為三階段路網規劃，第一階段為已完工通車的部分，第二階段為經行政院核定、施工中之路線，第三階段為規劃中的路線，本章從第三階段路網中，挑選興建優先順序高的路線，考慮採取 MRT 或 BRT，擬定系統之替選方案，並參考第二章案例回顧之結果，設定 BRT 替選方案之外生參數，以配合第一、第二階段之 MRT 路網進行替選方案之成本效益分析。

4.1 研究方法分析

本研究以替選方案分析的概念對台北捷運後期路網作成本效益分析，本節擬定替選方案分析之流程與各步驟應進行之工作，接著介紹分析之工具以及選用的方案評估指標。

4.1.1 替選方案分析

目前台北捷運第三階段路網雖尚未經行政院核定，但皆已進行可行性研究或規劃設計報告，在決定系統型式時，並無進行替選方案分析以選擇成本效益最佳之方案，僅在可行性研究或規劃報告書中，以一個章節的篇幅作各系統的比較，說明選擇使用 MRT 系統之原因，視為替選方案分析。行政院公共工程委員會提出之新興公共建設計畫推動階段作業程序如圖 4-1，可知在推動新興公共建設時，有了計劃構想後的下一個程序為進行可行性研究，並未將替選方案分析獨立為一個程序。大眾捷運法中亦無關之規定，在大眾捷運提案或經費審議過程等條文中，皆未明文規定審議過程中需包含替選方案分析。經過相關文獻之回顧，本研究認為替選方案分析應該與可行性研究獨立，避免對特定方案先入為主的想法，考慮可行之替選方案，作客觀的分析比較。因此本研究希望藉由替選方案分析的概念，將台北捷運後期路網之分析的階段回溯到可行性研究之前，以零方案(維持現況)為比較的基礎，同時考慮 MRT 與 BRT 兩系統做替選方案分析，進行方案評選。

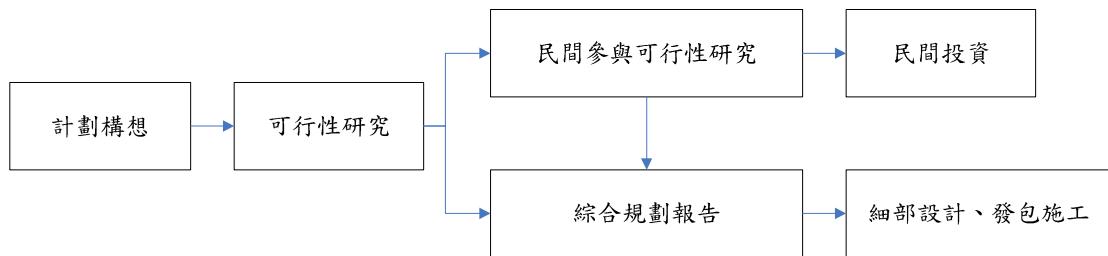


圖 4-1 新興公共建設計畫推動階段作業程序

資料來源：行政院公共工程委員會

替選方案分析不同於可行性研究，表 4-1 為可行性研究應包含的項目與研析之要點，而替選方案分析最主要包含成本效益分析及敏感度分析，對於方案之工程設計等細部的規劃，則不多加著墨，複雜度及所需的時間、成本遠低於可行性研究。FTA(2005)投資重大交通建設的過程如圖 4-1，首先是區性的進行系統規劃(Systems Planning)，找出運輸問題須優先解決之運輸走廊，再針對該走廊進行替選方案分析，分析的項目包含替選方案之成本、效益以及對環境的影響。而初部的工程設計(Preliminary Engineering)以及最終的規劃設計(Final Design)則是在替選方案分析之後，中間經過兩個決策點，當替選方案分析經 FTA 決議通過後，進行細部工程設計，再經過 FTA 決議後，進入最終規劃設計之階段。本研究認為 FTA 投資重大交通建設之流程中，初部的工程設計(Preliminary Engineering)可視為台灣大眾捷運審議過程中的可行性研究，而最後的規劃設計(Final Design)則可視為最終之規劃設計報告。

表 4-1 可行性作業評估項目及研析要項表

評估項目	研析要項	
興辦目的	公共建設目的、計畫構想	
	基地現況說明	基地位置、周邊交通現況，基地使用現況、鄰近資源
市場可行性評估	設置供給及使用現況 (必要時納入附屬事業)	市場供需現況調查分析、供需預測分析
	發展定位、檢討與建議	
	初步營運構想	
	民間參與意願	探討潛在投資對象，必要時進行訪談、問卷調查或召開座談會
法律可行性分析	辦理法定程序	
	重要相關法令問題分析	促參法類、目的事業法、經濟稅賦類、其必要相關法系分析
	計畫特性蒐尋可能觸及之特別法規	法律體系與位階、必要之中國法規與地方單行法規分析、中央目的事業主管機關之法歸疑義解釋

工程技術可行性分析	資料調查分析	資料調查、地形與地質適宜性分析
	土地使用管制規定、營建類相關法規、初步工程規劃、興建時程規劃	
	工程費用估算	規劃設計費、建造費、重置與增置費、維護費、管理費、預備金、利息等
土地取得可行性分析	用地取得難易度分析	用地調查、土地屬權、土地使用可行性分析
	用地取得構想分析	用地調查、土地歸屬、土地使用可行性分析
	用地取得成本	土地取得費、拆遷補償費等
財務可行性分析	基本假設參數	評估基期、評估期間、物價上漲率、折舊方式、稅賦、股東要求報酬、貸款條件(融資利率、借款期限、寬限期、還本期)、資本結構、折現率
	基本規劃資料	興建工程經費或投資經費、營運成本分析(營運維修費用、人事費用、水電通訊費用、管理費用、保險費用、履約保證費用、土地租金、權利金、稅賦)、重置成本基金、營運收入分析
	財務分析	自償率、淨現值、內部報酬率、回收年期、債償比率
	敏感度分析	興建成本、營運成本、重置成本、營運收入、其他
	融資可行性分析	債償比率、負債權益比、分年利息保障倍數
	本業及附屬事業收入、權利金評估	
環境影響分析	環評法令、施工期間之影響分析及改善對策、營運期間之影響分析及改善對策、交通衝擊評估	
可行性綜合評估	彙整可行性分析結果摘要、闡述可行性評估結果之可行條件	

資料來源：行政院公共工程委員會(2005)

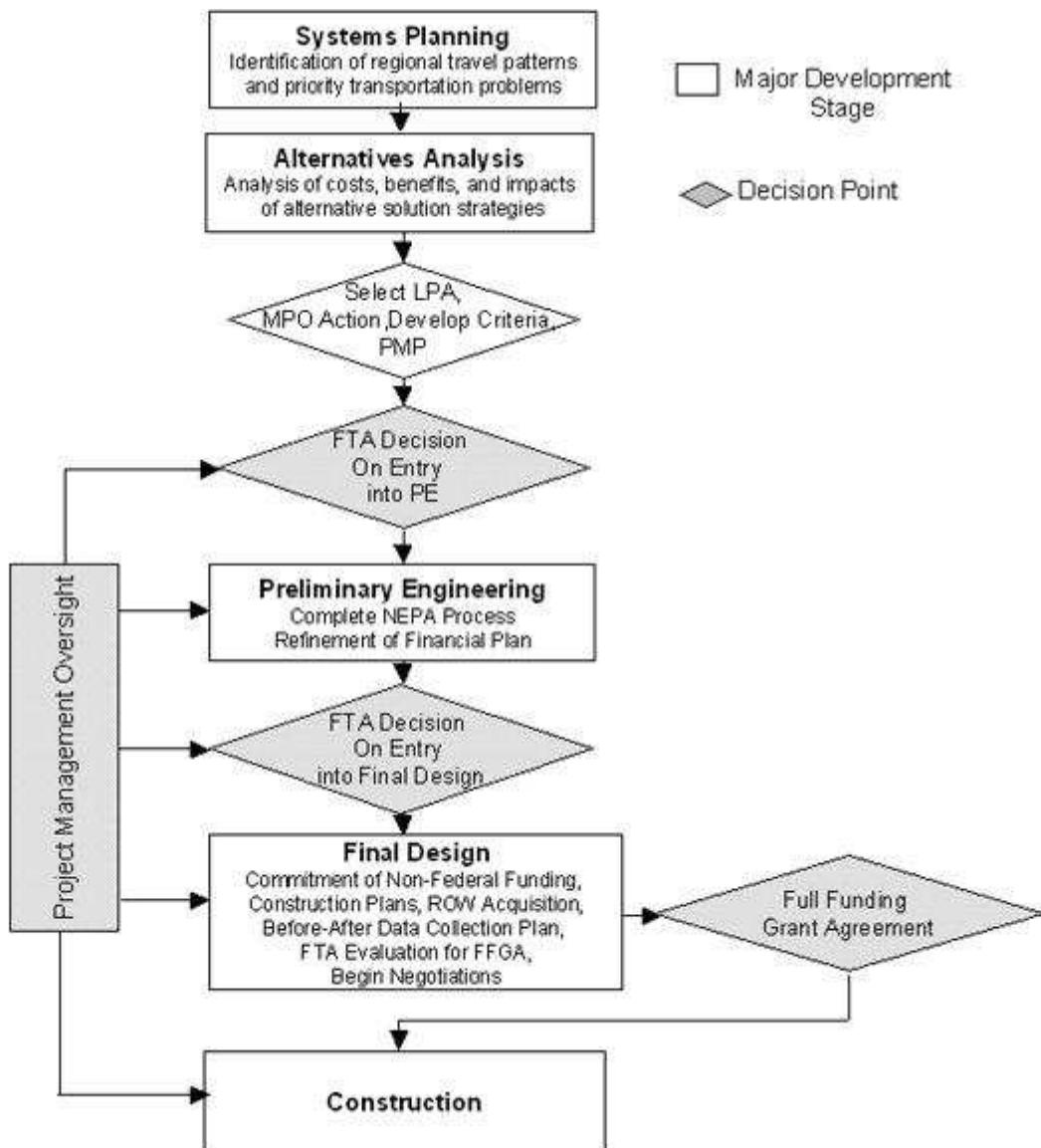


圖 4-2 FTA 投資重大交通建設流程圖

資料來源：FTA (2005)

藉由第二章相關文獻之回顧，可大致將替選方案分析分為四個步驟：問題描述、方案擬定、評估分析、選擇最優方案。綜合 World Bank(2008)提出之替選方案分析之指導方針以及 FTA(2005)提出替選方案分析之四步驟，整理各步驟所應包含之工作如下：

1、問題描述

所有的決策者應深入了解欲解決的問題，找出維持現況時，未來會發生的問題，探究根本原因。確認問題後，要辨識、蒐集分析預測時所需的資料，深入了解現在與未來之時空背景，並且慎選分析預測之工具。

2、替選方案擬定

擬定替選方案時，要考慮所有可能的方案，除了興建新系統外，亦可採取運輸管理等低成本的方案。替選方案中要重視運輸工具及管理手段等方法的整合，如興建公共運輸時同時改善道路品質、大眾捷運與公車系統之整合、投資與營運管理策略並重等。擬定替選方案時要分析目標市場的旅次行為，切勿擬定無用、無競爭力之替選方案，要考慮方案在實務營運上、財務上之可行性，以及針對不同之策略進行敏感度分析。

3、方案分析與評估

這個階段要決定評估準則，以可衡量、簡單為原則，評估準則可以是成本效率性(Cost-effectiveness)、可負擔性(Affordability)或是其他非交通之議題，如污染、健康或安全等。FTA(2005)替選方案分析中主要評估其成本、效益以及對環境的影響，以提供決策者決策之依據。替選方案分析時資訊要透明，並誠實客觀的評估成本、效益、相關影響及風險。

方案評估是一連串的預測與估計：興建成本、營運成本、旅次量、營運收入等，只要一個環節出錯就會影響方案評估結果，在這些不確定性中，敏感度分析扮演非常重要的角色，以避免不可預期之後果。運量預測時避免過度的樂觀，人口成長、就業率、走路距離、轉乘處罰值等因子都會影響運量預測，並且要將所有可能之成本納入考量。決策者不可預設立場而偏頗特定之方案，對費率、容量錯誤的假設、成本低估、效益高估、風險低估都會影響決策。

4、最佳方案評選

依據方案分析與評估之結果選擇最佳之替選方案，以進行更深入的工程設計與規劃。評選出最佳之方案後，要將替選方案分析的過程以書面的方式完整的呈現，供決策者、政府或一般民眾閱讀，報告中需涵蓋欲解決的問題、替選方案的資訊、評估準則以及替選方案間評估之結果，最後選出最優之方案，並闡述其勝出之原因。

本研究以台北大眾捷運為分析對象，依據上述替選方案的概念，首先針對台北捷運第三階段路線中，評選出興建優先順序第一的路線，以進行同路廊、不同系統之替選方案分析。由於台北捷運第三階段路網大部分已進入規劃設計之階段，本研究以「回溯」的觀點進行替選方案分析，因此對於當初規劃第三階段路網欲解決之交通問題不多加著墨，而著重於替選方案擬定、方案分析與評估以及最佳方案評選三個階段。方案擬定考慮 MRT 與 BRT 兩替選運具，配合台北捷運先期路網，在相同的路廊上進行分析，分析的工具為台北都會區整體運輸規劃模式(Department of Transportation System Version 1, DOTS 1)，分析時主要考量方案的成本效益，評估指標的選擇應該要包含成本、效益以及其對環境的影響，因此本研究在評估 MRT 替選方案及 BRT 替選方案時，配合近年來綠色運輸的發展，選定燃油消耗量及二氧化碳排放量做為評估指標，並以郭瑜堅(2008)提出之旅次總成本理論，計算替選方案中各運具的旅次總成本，包含各運具之「使用者金錢成本」、「基礎設施成本」、「旅行時間成本」、「外部成本」，將方案的成本面做一綜合之考量。本研究進行台北大眾捷運替選方案分析之流程如圖 4-3。

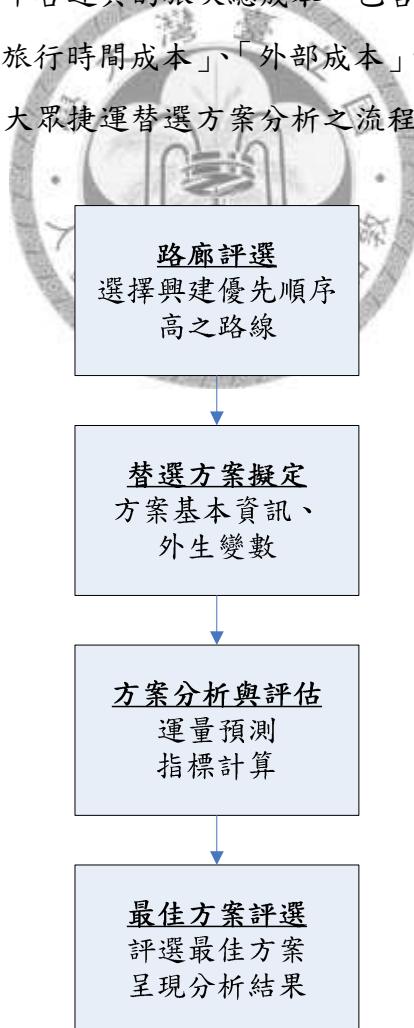


圖 4-3 本研究台北大眾捷運替選方案分析流程
資料來源：本研究彙整於 World Bank(2008)、FTA(2005)

4.1.2 台北都會區整體運輸規劃模式

本研究所應用之分析軟體為 DOTS I，此軟體主要是以台北市政府捷運工程局在規劃之應用軟體 TRT III 為基礎，相關模組結合英國 HFA 公司發展之 TRANSPORT、美國 DKS Associate 所發展之 TRANPLAN 軟體，以及由台北捷運局針對台北都會區之需求所研發的 TAIPEI 等三部分，針對台北都會在交通建設或相關措施實行後，分析旅運需求變化。DOTS I 在分析程序上依照傳統之運輸規劃中總體旅運需求模式之步驟：旅次產生、旅次分佈、運具分配及交通量指派。模式中之資料主要以運輸工具分類，共可分為：鐵路、大眾運輸、汽車、機車，而各種運具皆有四種旅次目的：分別為家工作(HBW)、家學校(HBE)、家其他(HBO)、非家旅次(NHB)。DOTS I 之運算範圍以台北都會(台北縣市、龜山鄉)為主，依照天然之地理屏柵及運輸走廊將台北都會分為六大區域、並再將此六大區域劃分為 388 個交通分區做計算。

理論方法上，旅次發生模組藉由類目分析法與迴歸分析法推導各交通分區之旅次產生與吸引數；旅次分配模組應用重力模式將交通分區 i 產生之旅次數分配到分區 j ；運具選擇模組採多項羅吉特模式，由效用函數求算各交通分區間不同運具使用比例；路網分派模組，在大眾運輸路網使用全有全無指派法，公路路網則為多重運具均衡指派法。在分析程序上，藉由上述之各項模組，以傳統循序性總體旅運需求模式四步驟進行旅運需求推估。

本研究擬運用 DOTS I 整體運輸規劃應用模式，分析台北捷運第三階段路網若改以 BRT 系統營運，於 2007、2011、2014、2021、2031 之整體路網各運具之運量資料。分析時運用程序性總體需求模式，作業程序如圖 4-4。分析時最主要運用到運具分配分析模式，包括布吉桑特模式(Puget Sound Model)、東南威斯康辛模式(Southeastern Wisconsin Model)、華盛頓特區模式(Washington D.C. Model)、個體運具選擇行為模式及兩階運具分配模式。人們旅行為各交通分區之間可能選擇各種不同的運具，如私人運具(汽、機車)或大眾運輸工具(公車、火車等)，因此選擇運具行為之研究，如稱為運具分配。運具分配亦可視為運輸市場中各運具之競爭。運具分配常與下列因素有關：

- 旅次特性：如旅次長度、旅次目的、旅次發生之時段(Time of Day)等。
- 旅次發生者之特性：包括個人之所得水準、車輛持有狀況、居住地區之發展密度及其它社會經濟特性。
- 運輸系統之特性：如各種運具之旅行時間、成本、舒適程度、可及性等。

本研究運用 DOTS I 作為系統替選方案之分析工具，建構未來年期之大眾運輸路網，方案中最主要的變數產生在捷運系統間的差異，使用者旅次特性、社會經濟條件皆相同，因此在運具分配模式中，最主要考量運輸系統的特性作為外生變數選擇之依據。

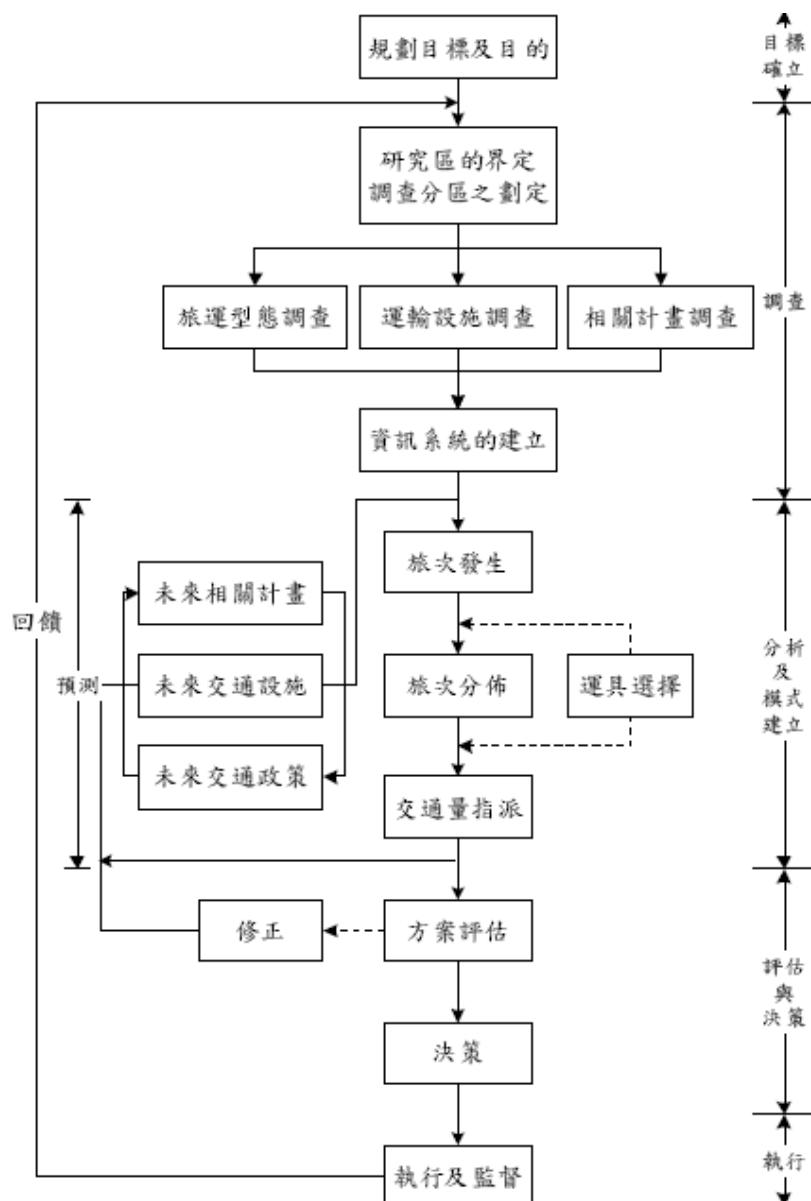


圖 4-4 典型運輸規劃程序
資料來源：交通部運輸研究所(2001)

大眾運輸路網之建構，是為了反應台北都會區現有大眾運輸工具之模擬路網，藉以了解、分析研究範圍內大眾運輸系統供需情形，針對台北都會區之現況，此路網中包括非聯營、聯營公車及鐵路、捷運行駛路線所建立之路網，再加上大眾運輸旅次特性，即由交通分區至公車站、鐵路車站、捷運車站等節點以走路、轉乘等方式連接者才成為完整的大眾運輸路網。由此可建立最短路徑及其最小成本矩陣供旅次分佈、運具選擇、運量及交通量分派等分析之用。大眾運輸路網依各分析年期之大眾運輸系統狀況建立，包含描述大眾運輸路網特性之路段資料，以及描述大眾運輸系統服務所行經之路線資料。路段資料包含路段距離、路段上午尖峰平均速率、下午尖峰平均速率以及非峰平均速率，路線資料包含所行經的路段、上午尖峰班距、下午尖峰班距以及非峰班距。DOTS I 模式中大眾運輸路網運量採用全有全無分派法(All-or-Nothing)，分派使用大眾運輸運具之人旅次至大眾運輸路網上，以反應大眾運輸系統之旅客負荷情形。交通量分派時是將各分區間的運輸需求，依其最小一般成本之路徑進行分派。

4.1.3 旅次總成本理論

社會總成本之意涵，則是顯現於社會永續之分析。依據學理觀點，各種運輸系統旅次必須完全負擔其所需要支付之成本，才能公平合理反映其應付代價亦讓運輸系統之運作趨向最佳。對系統總運量時間作最佳化分析反觀今日運輸規劃模式，以考量旅運成本為重卻忽視了未負擔的成本。過去未能全面性考量之原因，除了社會總成本所包含之相關外部成本項目量化與分析機制並不完全外，外部成本分析之複雜與爭議亦讓規劃軟體難以將其完整納入求解。

郭瑜堅(2007)計算社會總成本將旅次之區分為無轉乘與有轉乘兩部分分析之，無轉乘包含步行、腳踏車、機車、小客車、計程車、公車與捷運七種，並且公車自身轉乘與捷運自身轉乘含括在內。有轉乘旅次係以捷運系統為主要轉乘運具，到離站接駁運具以上述捷運除外之六種運具為分析項目，整理如表 4-2。

表 4-2 旅次分類表

(一)無轉乘型態旅次		
1、步行		
2、腳踏車		
3、機車旅次		
4、小客車旅次		
5、計程車旅次		
6、公車旅次(含公車轉公車)		
7、捷運旅次(含結運轉捷運)		
(二)有轉乘型態之旅次-捷運		
到站	主要運具	離站
1、步行	捷運系統	步行、腳踏車、機車、小客車、計程車、公車
2、腳踏車		步行、腳踏車、機車、小客車、計程車、公車
3、機車		步行、腳踏車、機車、小客車、計程車、公車
4、小客車		步行、腳踏車、機車、小客車、計程車、公車
5、計程車		步行、腳踏車、機車、小客車、計程車、公車
6、公車		步行、腳踏車、機車、小客車、計程車、公車

資料來源：郭瑜堅(2007)

成本項目囊括使用者成本、基礎設施成本、旅行時間成本及外部成本等四項需要分析。其中基礎設施成本及外部成本直接影響了運輸系統的經濟財務和環境維護，牽涉到目前備受關切的永續議題，是首要分析之項目。根據郭瑜堅(2007)將都市旅次總成本模式分類，依據運具別所造成社會總成本，以「使用者金錢成本」、「基礎設施成本」、「旅行時間成本」、「外部成本」四項分類分別進行計算。

表 4-3 彙整成本項目包含之內容。

$$\text{旅次總成本} = \text{使用者金錢成本} + \text{基礎設施成本} + \text{旅行時間成本} + \text{外部成本}$$

表 4-3 旅次總成本項目

旅次總成本項目	成本內容
使用者金錢成本	使用者金錢成本、持有之成本
基礎設施成本	基礎設施建設成本、損壞成本、停車成本
旅行時間成本	運具車內時間成本、車外時間成本
外部成本	空氣汙染、噪音、肇事及擁擠成本

資料來源：郭瑜堅(2007)

郭瑜堅(2007)之研究，將都市旅次行為區為分七種無轉乘旅次以及 36 種捷運乘旅次，總成本模式分類依據運具別所造成社會總成本，以「使用者金錢成本」、「基礎設施成本」、「旅行時間成本」、「外部成本」四項分類分別進行計算，表 4-4

整理出四種成本類型之模式建構。使用者金錢成本係使用者直接付出之貨幣費用，包括使用者每年所需之固定與變動成本；在大眾運具的使用者金錢成本方面，因為票價視為移轉性支付(Transfer Payment)，不計入社會總成本之範疇，因此以營運成本作為使用者金錢成本之計算基礎。以下將列出各種成本之基礎通式，各運具中各項成本之計算公式及詳細計算資料將整理於附錄。並在各章節計算時予以詳加解釋。

表 4-4 旅次總成本模式

成本類型	模式
使用者金錢成本	$C_n^U = \frac{T_n}{f_n}$
時間成本	$C_n^D = \frac{\beta_n O_n + \frac{L_n}{V_n} \times I_n}{L_n}$
基礎設施成本	$C_n^B = \frac{\alpha_n + S_n}{f_n}$
外部成本	$C_n^E = \frac{C_n^{air} + C_n^{noise} + C_n^{accident} + C_n^{congestion}}{T_n \times L_n \times f_n \times 365}$

n：運具別
 T_n ：運具 n 每車公里使用成本(元/車公里)
 α_n ：運具 n 基礎設施成本推估值
 S_n ：運具 n 停車費用(元/車公里)
 β_n ：運具 n 平均車外時間(分鐘)
 O_n ：運具 n 車外時間價值(元/分鐘)
 I_n ：運具 n 車上時間價值(元/分鐘)
 L_n ：運具 n 平均旅次長度(公里/分鐘)
 V_n ：運具 n 平均旅行速度(公里/分鐘)
 f_n ：運具 n 乘載率(人/車)
 C_n^{air} ：運具 n 之空氣汙染成本(元/年)
 C_n^{noise} ：運具 n 之噪音污染成本(元/年)
 $C_n^{accident}$ ：運具 n 所應負擔之肇事成本(元/年)
 $C_n^{congestion}$ ：運具 n 之擁擠成本(元/年)

資料來源：郭瑜堅(2007)

依據上述之分析，本研究將所構建之內部成本、基礎設施成本、旅行時間成本及外部成本模式各部份加總，構建運聚旅次總成本模式如下式所示：

$$TPPC_n = C_n^U + C_n^B + C_n^D + C_n^E$$

式中 $TPPC_n$: 運具 n 每旅次公里之總成本

C_n^U : 運具 n 每旅次公里之使用者金錢成本

C_n^B : 運具 n 每旅次公里之基礎設施成本

C_n^D : 運具 n 每旅次公里之旅行時間成本

C_n^E : 運具 n 每旅次公里之外部成本

藉由總成本分析方法，在旅次總成本評估面，「使用者金錢成本」、「基礎設施成本」、「旅行時間成本」及「外部成本」等各成本項目皆以合理之方法來分析，並未採取引述及假設之方式，因而能合理反映其貨幣化價值。其量化之效益能夠依此做為都市地區制訂運輸政策與相關措施之參考依據，可進一步增加運輸政策與措施及資源分配之公平合理與永續性。

4.2 系統替選方案擬定

本節依據台北捷運工程局所規劃之台北捷運第三階段路網，利用內生報酬率、旅行時間節省、建造經費、自償率等六項評估因子，選擇興建優先順序最高之路線 - 捷運南北線，配合與其十字交叉而成網之民生汐止線，作為評估分析之對象，接著擬訂零方案、MRT 替選方案以及 BRT 替選方案，說明未來年期下個方案之大眾運輸路網以及所採用的系統型式，作為後續 DOTS I 模式中路網建構之依據。

4.2.1 分析路線選擇

台北捷運工程局規劃中之第三階段路網已報核路線，根據報核之先後包括有：安坑線、三鶯線(至鳳鳴)、信義線向東延伸段、社子、士林、北投區域輕軌路網 - 優先線、萬大 - 中和 - 樹林線、捷運南北線及民生汐止線，合計 7 條捷運線，

本研究欲從中選擇 1~2 條路線作為研究對象，進行 MRT 與 BRT 之替選方案分析，為使分析結果能反應台北捷運之路網效益，希望選擇與整體路網交織較多之路線作為分析對象，第三階段路網各路線與整體路網交會點整理如表 4-5，其中以捷運南北線與其他路線之交會點最多，其次民生汐止線，第三名為萬大一中和一樹林線。

表 4-5 台北捷運三階路網與一、二階路網之交會點

路線	交會路線	交會點數
安坑線	環狀線第一階段	1
三鶯線	板橋線	1
信義線東延伸段	信義線	1
社子、士林、北投區域輕軌路網—優先線	淡水線、新莊線、環狀線第二階段	3
萬大一中和一樹林線	新莊線、板橋線、環狀線第一階段、新店線	4
捷運南北線	內湖線、木柵線、松山線、板南線、信義線、新店線、民生汐止線、環狀線第一階段、環狀線第二階段	9
民生汐止線	內湖線、南北線、木柵線、新莊線、淡水線	5

台北捷運工程局(2008)對台北都會區大眾捷運系統第三階段路網路線興建優先順序評比中，為了維持系統的正常營運，各路線興建之門檻為營運票箱收支比大於 1，對於興建優先順序評比，考量之評估因子如表 4-6，而臺北都會區第三階段路網路線相關資料如表 4-7。

表 4-6 三階路網興建優先順序之評估因子

評估因子	內容
經濟內生報酬率	經濟內生報酬率高者對於國家社會的貢獻較大，所以得分較高。
旅行時間節省效益	捷運系統興建完成後期望能提供都會區民眾量大、快速、便捷的大眾運輸服務，並紓緩沿線週邊道路之壅塞情形，使得道路之使用者亦能有時間節省效益。旅行時間節省愈多者得分愈高。
總工程經費需求 (分年工程經費需求數)	如前所述由於交通部軌道次類別之可用額度有限，故可容納之新增捷運建設計畫之項目數極為有限，是以計畫規模小、工程經費需求低者較為有利，本評估項目，總工程經費需求低者，得分數較高。
每增設 1 個捷運車站於都會區全日可增加服務之旅次量	捷運車站是使用者進入捷運系統的通路，每增加設置 1 捷運車站，可以增加服務之全日捷運旅次量愈多，愈能發揮捷運系統效能故愈佳。
自償率	自償率愈高者表示由未來營運期收入回收初期投資成本之比例愈高。
中央政府每增加補助 1 億元於都會區可增加之服務之全日旅次量	中央政府經費補助地方政府之捷運建設計畫，由於資源有限，以每 1 億元於都會區所能服務之全日旅次量多者較佳。

資料來源：台北捷運工程局(2008)

表 4-7 臺北都會區第三階段路網路線相關資料一覽表

路線	長度 (公里)	站數	經費 (億元)	中央補助款 (億元)	經濟IRR值 (%)	營運票箱收支 比 (民國120 年)	計畫自償率	全日運量(人次)	單位經費所創 造全日運量 (人次/億元)	單位中央補助款 所創全日運量 (人次/億元)	目標年 旅行時 間節省 (萬分 鐘/日)
南北線 (含聯開)	17.12	16	893.34	330.78	17.68%	1.81	26.46% (計入聯 開效益)	551,100	616.90	1,666.06	642.0
民生汐止線 (第1期興 建路線) (含聯開)	10.97	9	422.47	155.31	11.60%	1.57	27.55% (計入聯 開效益)	233,100	551.76	1,500.87	577.4
萬大一中和一樹林線 (含聯開)	22.1	22	729.24	343.14	15.75%	1.57	28.42% (計入聯 開效益)	376,000	515.61	1,095.76	729.32
信義線向東延伸段	1.54	2	124.52	47.54	16.25%	1.03	-	41,500	333.28	872.95	66.1
三鶯線 (至鳳鳴)	13.2	10	305.33	183.45	15.24%	1.80	24.48%	164,700	539.42	897.77	637.3
社子、士林、北投區 域輕軌路網一優先線	8.8	10	219.39	65.57	8.07%	1.55	15.50%	133,900	610.34	2,042.13	65.5
安坑線	7.8	10	215.01	138.74	14.35%	1.82 (民國110年)	19.42%	63,000	293.01	454.09	194

資料來源：台北捷運工程局(2008)

台北都會區第三階段路網路線中，信義線東延段係由原系統原路線之延伸，性質上不同於其餘路線，故興建優先順序評估中將路線分為二大類，第一類為原系統原路線既有捷運之延伸，且路線短無法單獨存在，此類僅有信義線東延段；第二類為新興規劃捷運線，含括有安坑線、三鶯線、社子線優先興建路線、萬大線、南北線及民生汐止線等 6 計畫案，故本研究在 BRT 替選方案路線選擇上，僅考慮第二類路線，排列興建優先順序，根據各線之相關工程、運量及財經資料，參照「臺北都會區大眾捷運系統之優先順序評比因子」加以評比，每一因子之給分方式最差者 1 分，最優者之得分數則為參加評比個案數，如現階段參與評比者有 6 個案例，則最優者得 6 分，最後再加總各項評比因子之總得分數如表 4-8。

表 4-8 第三階段路網路線之評比得分表

	IRR 值	旅行時間節省	工程經費總額	自償率	單位車站增加服務旅次	單位中央補助款增加旅次	總分
南北線	6	5	1	4	6	5	27
民生汐止線	2	3	3	5	5	4	22
萬大線	5	6	2	6	4	3	26
三鶯線	4	4	4	3	3	2	20
社子網優先線	1	1	5	1	2	6	16
安坑線	3	2	6	2	1	1	15

資料來源：台北捷運工程局(2008)

根據前述評比之結果得分最高者為南北線及萬大線、最低者為安坑線，依序排列如下：

南北線 > 萬大線 > 民生汐止線 > 三鶯線 > 社子線優先興建路線 > 安坑線

南北線為三階路網興建優先順序第一之路線，而第三名之民生汐止線與南北線呈十字交叉，且與第一、第二階段路網存有 5 個交會點，為第三階段路網交會點第二多之路線(第一多為南北線)，萬大線之興建優先順序雖優於民生汐止線，然其位

於台北縣境，與現有路線交會較少，且與南北線之交互關係甚小(無交會、須經過多次轉車方能互通)，因此在 BRT 路網替選方案中，本研究預期南北線與民生汐止線能與其他路網發揮最大之路網效應，且能自成十字 BRT 路網，因此在第三階段路網中，本研究選擇捷運南北線以及民生汐止線做為研究對象，路線說明如下：

1、南北線：自內湖線劍南站旁之敬業三路、樂群二路、瑞光路、新湖一路後過基隆河接至健康路、沿健康路至光復北路前轉向南續沿光復北路、光復南路、基隆路、辛亥路、新生南路、思源路、過新店溪進入台北縣的永和市及中和市，如圖 4-5，全長 17.1 公里，共設 16 個車站，平均站距約 1067 公尺。

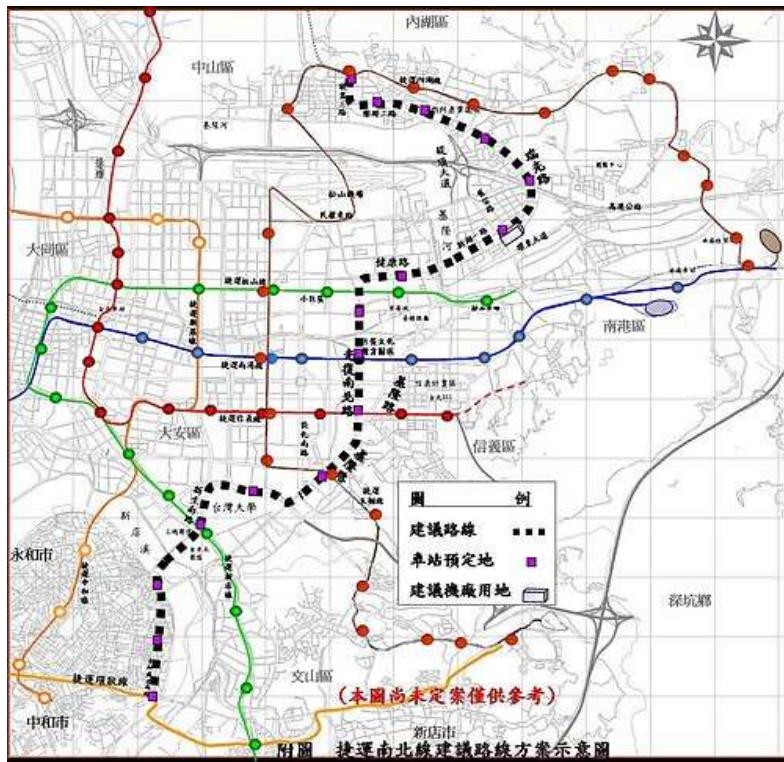


圖 4-5 民生汐止線路線示意圖

資料來源：台北捷運工程局(2009)

2、民生汐止線：以地下型式起自大稻埕沿民生西路經淡水線雙連站(中山北路)，穿過捷運新莊線(松江路)、木柵線(復興北路)後續沿民生東路往東，穿過基隆河後，沿內湖重劃區新湖一路與南北線(規劃中路線)進行轉乘，再穿過高速公路，沿成功路轉民權東路，路線再經葫州里山區由地下轉為高架，跨越中山高經內湖蘆洲里，

再接安康路、吉林街，並於社后地區設置捷運機廠，續向東轉往中興路東側之 30 公尺計畫道路用地，沿計畫道路用地往南至大同路轉向東，再沿大同路與台鐵捷運化汐科園區站銜接轉乘後，轉康誥坑溪轉往新台五路至汐止市公所設置終點站，另沿東湖社后交界處規劃東湖支線採高架型式，如圖 4-6，全長 16.3 公里，共設 15 個車站，平均站距約 1087 公尺。

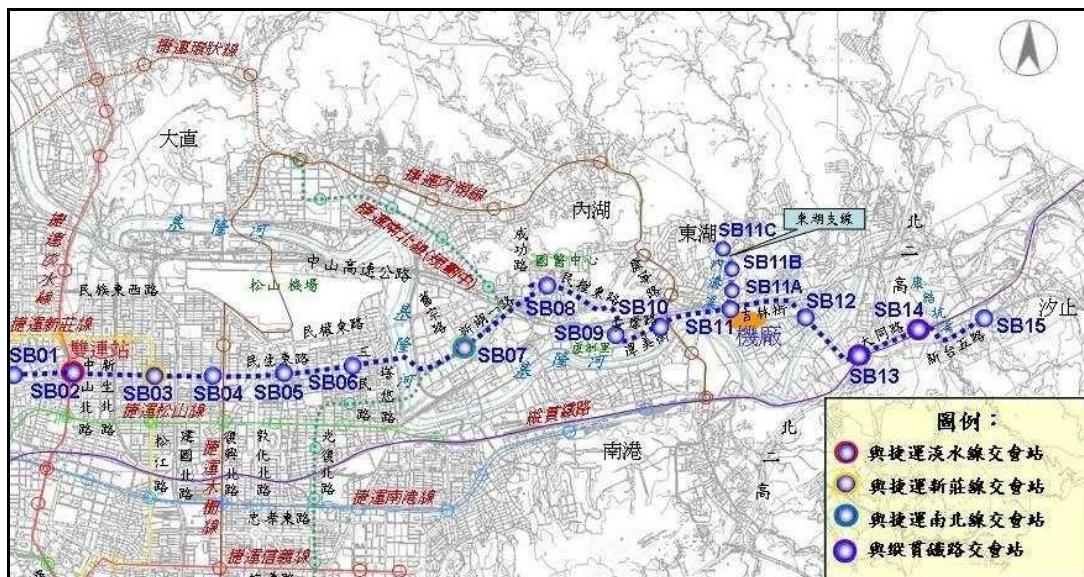


圖 4-6 民生汐止線路線示意圖

資料來源：台北捷運工程局(2009)

4.2.2 替選方案未來年期之路網建構

本研究欲分析之路網為台北捷運第一階段路網(已完工路線共 8 條)76.6 公里、第二階段路網(已核定施工中路線共 11 條)79.8 公里，以及第三階段路網之南北線與民生汐止線 33.4 公里，共 189.8 公里，如圖 4-7。

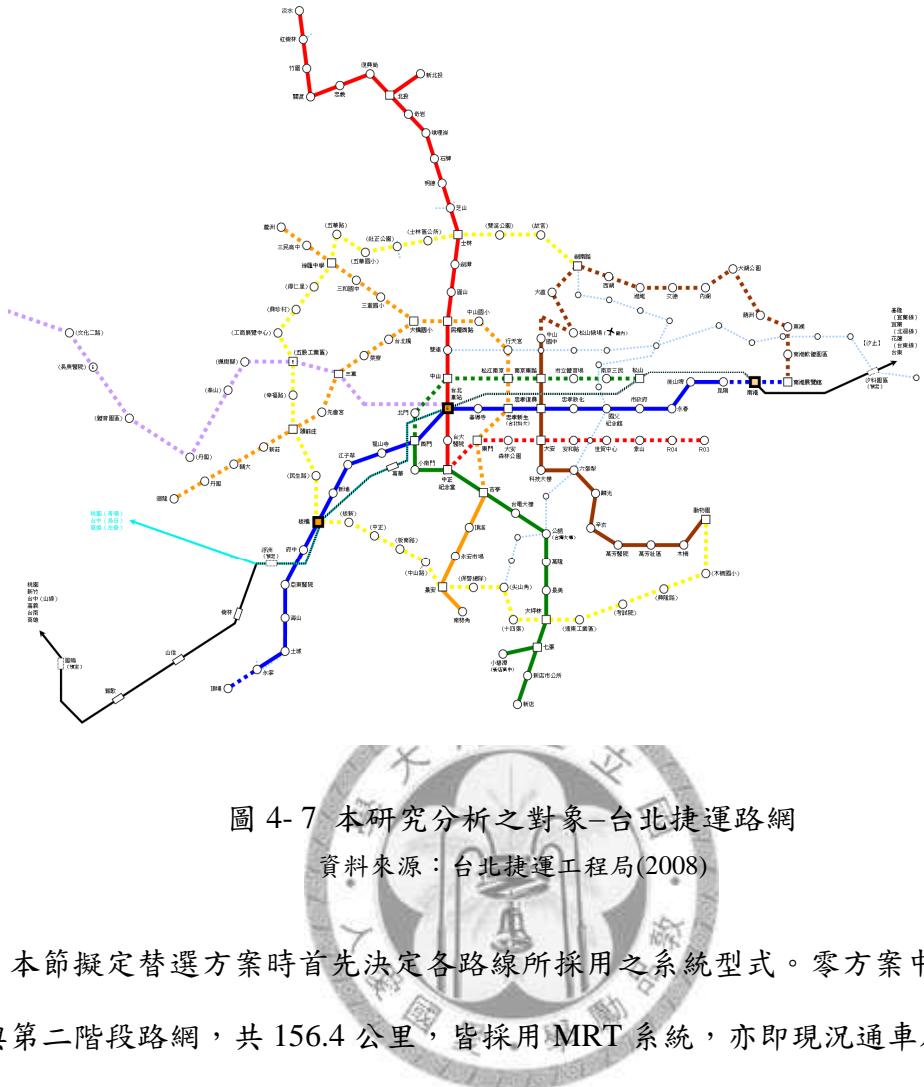


圖 4-7 本研究分析之對象-台北捷運路網

資料來源：台北捷運工程局(2008)

本節擬定替選方案時首先決定各路線所採用之系統型式。零方案中僅包含第一與第二階段路網，共 156.4 公里，皆採用 MRT 系統，亦即現況通車及施工中的路網；MRT 替選方案中三階段之路網共 189.9 公里，依照現行之規劃，皆採用 MRT 系統；BRT 替選方案中，第一階段與第二階段路網 156.4 公里乃已通車或施工中路網，系統形式短期內無法改變，採用 MRT 系統，而第三階段路網中之南北線及民生汐止線目前處於規劃設計階段，尚未受行政院核定，在 MRT 替選方案中採用原定之 MRT 系統，在 BRT 替選方案中則採用 BRT 系統，分析兩替選方案之效益，選擇較優的方案，方案概念如圖 4-8。

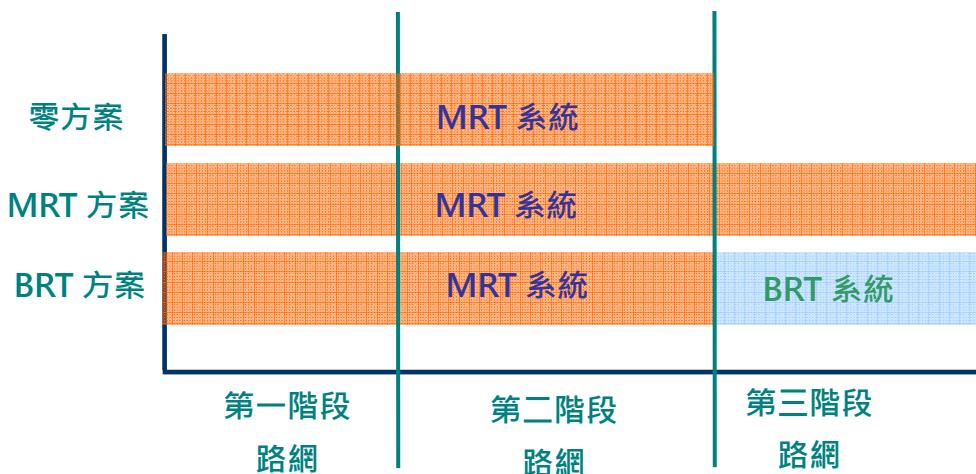


圖 4-8 系統替選方案概念圖

通車年期的部分，本研究參考台北捷運路網時程規劃及交通運輸建設，以 2007 年為基年，規劃 2011、2014、2021、2031 等未來年期之路網，以作為運輸規劃軟體分析與模擬之基礎。零方案、MRT 替選方案與 BRT 替選方案在 2008 年完工通車的路線為第一階段 76.6 公里，根據台北捷運工程局第二階段路網預計之通車時間，假設 2011 年第二階段路網 79.8 公里全數通車，即在西元 2011 年兩方案中捷運路網之營運長度為 156.4 公里。根據 3.1 節中台北都會區捷運案例回顧，台北捷運平均每年可興建 3.9 公里之捷運系統，假設第二階段路網通車後開始興建第三階段路網，MRT 替選方案中，第三階段路網南北線與民生汐止線共 33.4 公里之興建，耗時約 9 年，故 MRT 替選方案中，於 2021 年捷運路網通車長度為 189.9 公里。根據國內外城市 BRT 系統之案例回顧，BRT 系統每年約可興建 10.76 公里，同 MRT 替選方案，假設第二階段路網通車後開始興建第三階段路網，第三階段路網南北線與民生汐止線共 33.4 公里之興建，耗時約 3 年，故 BRT 替選方案中，2014 年之通車長度為 189.8 公里，較 MRT 替選方案提早 7 年完成所有之路網。三方案於各年期下之捷運(MRT+BRT)通車長度整理如表 4-12，零方案、MRT 替選方案與 BRT 替選方案路網建設時程規劃如表 4-9、表 4-10、表 4-11。

表 4-9 零方案路網建設時程規劃

年期(年)	2007	2011	2014	2021	2031
新增路網	木柵線、淡水線、中和線、板南線、新店線、小南門線、土城線	南港線東延段、內湖線、新莊線、蘆洲線、信義線、松山線、機場線部分路段、土城線延伸、環狀線第一階段	無	無	無
里程數 (公里)	0	79.8	0	0	0
總里程數 (公里)	76.6	156.4	156.4	156.4	156.4

表 4-10 MRT 替選方案路網建設時程規劃

年期(年)	2007	2011	2014	2021	2031
新增路網	木柵線、淡水線、中和線、板南線、新店線、小南門線、土城線	南港線東延段、內湖線、新莊線、蘆洲線、信義線、松山線、機場線部分路段、土城線延伸、環狀線第一階段	無	南北線、民汐線	無
里程數 (公里)	0	79.8	0	33.4	0
總里程數 (公里)	76.6	156.4	156.4	189.8	189.8

表 4-11 BRT 替選方案路網建設時程規劃

年期(年)	2008	2011	2014	2021	2031
新增路網	木柵線、淡水線、中和線、板南線、新店線、小南門線、土城線	南港線東延段、內湖線、新莊線、蘆洲線、信義線、松山線、機場線部分路段、土城線延	南北線、民汐線	無	無

		伸、環狀線第一 階段			
里程數 (公里)	0	79.8	33.4	0	0
總里程數 (公里)	76.6	156.4	189.8	189.8	189.8

表 4- 12 零方案、MRT、BRT 替選方案未來年期捷運通車長度(公里)

年期 方案	2007	2011	2014	2021	2031
零方案	76.6	156.4	156.4	156.4	156.4
MRT 替選方案	76.6	156.4	156.4	189.8	189.8
BRT 替選方案	76.6	156.4	189.8	189.8	189.8

DOTS I 模式中路網分為大眾運輸路網以及公路路網，大眾運輸路網包含捷運、公車以及鐵路路網，捷運路網之建構如上所述，公車及鐵路路網則依現行之營運路線建構；公路路網的部分，基年(2007 年)依現行之公路路網建構，未來年期的公路路網則依據表 4- 13 之路網時程規劃及交通運輸建設建構。

表 4- 13 台北都會區未來年交通建設計畫

交通建設計畫	
短 、 中 期 規 劃 目 標 年 (2011 年)	台北市外雙溪沿河快速道路建設計畫
	台北市天母快速道路建設計畫(內湖路以北)
	淡江大橋新建工程計畫
	淡水河北側沿河快速道路建設計畫
	淡海新市鎮連外道路建設計畫(沿河線)
	八里新店線快速道路建設計畫(向北延伸至關渡橋)
	台北縣環河快速道路建設計畫(由三重向北延伸至縣 107)
	台北縣特二號道路建設計畫
	板橋大漢溪南側環河快速道路建設計畫
	中正二橋新建工程計畫
長期規劃目標年 (2031 年)	八里新店線快速道路建設計畫(向北延伸至淡江大橋)

資料來源：本研究彙整亞聯工程顧問股份有限公司(2001)、內政部營建署網站(2005)、交通部網站(2005)

4.3 設定系統替選方案外生變數

3.2 節以台北都會區捷運路網為對象，擬訂了系統替選方案中各路線的系統形式以及通車年期，本節首先了解運輸規劃中影響運具分配之變數，以及模式中可支配之外生變數，遴選出主要影響旅行者選擇運輸工具之因素，最後設定 MRT 替選方案與 BRT 替選方案之外生變數，完成系統替選方案之擬訂。

4.3.1 選擇替選方案外生變數

大眾捷運系統(MRT)與公車捷運系統(BRT)有不同之系統特性與服務水準，在容量、速率、以及給予使用者之感受等皆不相同，採用不同之大眾捷運系統會有不同之運具分配(Modal Split)，產生不同的運具使用比例。運具分配是各區旅行者特性及兩區之間各種運輸工具服務水準已知的情況下，估計各區之間使用各種運輸工具的比率，亦可視為個人運具選擇之加總，影響運具分配的變數可以分成旅次特性、旅行者特性及運輸系統特性三大類，如表 4-14 所示，McFadden(1976)以解釋能力來分類，將影響運具選擇之解釋變數整理如表 4-15。

表 4-14 影響運具分配之變數

旅次特性	旅行者特性	運輸系統特性
旅次目的	每戶汽車數	旅行時間比值
是否去市中心	所得	旅行時間差值
旅次長度	居住密度	可及性比值
出發時刻	及業區密度 每人汽車數 是否有汽車 每戶上班人數 到市中心距離	停車費 旅行成本比值 旅行成本差值 可及性指標

資料來源：凌瑞賢(1989)

表 4-15 影響運具選擇之解釋變數

解釋能力 最強的變數	解釋能力 次強的變數	解釋能力 略強的變數	解釋能力 較低的變數
<u>旅行成本(票價)</u> <u>車上時間</u> <u>走路時間</u> <u>轉車及等車時間</u> <u>大眾運輸班距</u> 家戶中有駕照人數 是否有自用車 是否有公車服務 薪資	<u>轉車次數</u> 工作地點及業密度 市區或郊區 家戶組成	家戶所得 住宅人口密度 與 CBD 的距離 家戶中有業人數 戶長的年齡 <u>運輸工具可靠性</u> <u>安全及舒適感</u>	是否到 CBD 上班 性別 年齡 戶長的職業 <u>運具的私密性</u>

資料來源：McFadden(1976)

本研究擬定零方案、MRT 替選方案與 BRT 替選方案，兩方案中旅次特性與旅行者特性皆相同，主要影響兩方案運具分配之變數為運輸系統特性，包括解釋能力最強之旅行成本(票價)、車上時間、走路時間、轉車及等車時間、大眾運輸班距，解釋能力次強之轉車次數，解釋能力略強之運輸工具可靠性、安全及舒適感，以及解釋能力較低的運具私密性，其中解釋能力略強及較低的變數主要受到個人觀感影響，屬於較難量化之變數。本研究分析替選方案所採用之 DOTS I 模式，模擬時將 MRT 與 BRT 系統特性之差別反應在票價、車內時間以及車外時間，票價為使用者實際付出之成本，車內時間與系統營運速率有關，此處之營運速率隱含了停站時間之長短，車外時間受到班距、站距、走路時間以及轉車次數有關，此外本研究 BRT 系統之車道擬採平面公車專用道路，有鑑於地面 BRT 系統會使得小汽車可使用之車道數減少，影響其行駛速率，故亦將此變數納入考慮，以反應不同替選方案對其他運具所產生的影響。將表 4-15 提及之解釋變數歸類至票價、車內時間、車外時間三大項中，整理如表 4-16，發現使用這三大項變數，可以將解釋能力最強與次強之解釋變數接納入模式考量，無法涵蓋之解釋變數為解釋能力略強和較低之運輸工具可靠性、安全及舒適感以及運具之私密性，由於這三項變數難以量化且解釋能力較低，故在模擬時予以忽略。

表 4-16 影響運具選擇解釋變數之分類

票價	車內時間	車外時間
旅行成本	車上時間	轉車及等車時間 轉車次數 大眾運輸班距 走路時間

旅行成本的部分，本研究以捷運系統之平均票價作為反應替選方案旅行成本之變數；車內時間則以系統之平均營運速率作為輸入之變數；車外時間的部分，假設旅行者步行速率一致，以大眾運輸之班距及設站距離作為反應車外時間的變數，而轉乘的部分，由於 DOTS I 模式中會給予需要進行轉乘之旅次所謂的「懲罰值」(Penalty)，以將轉乘之不方便與不舒適度量化，故在車外時間的部分不予以考量。

4.3.2 替選方案影響運具選擇之參數設定



為了在 DOTS I 模式中反應 MRT 與 BRT 票價、車內時間以及車外時間的不同，經由 3.8 節之歸納，本節將設定零方案、MRT 替選方案與 BRT 替選方案之票價、平均營運速率、平均設站距離以及尖、離峰班距。MRT 替選方案的部分，將依照台北捷運高運量系統現行之營運狀況設定方案參數，故 MRT 替選方案之系統平均營運速率為每小時 34.32 公里，平均票價為 21.92 元；服務班距的部份，根據捷運南北線之規劃報告書，尖峰班距為 2.5 分鐘，離峰班距為 4 分鐘，而民生汐止線在有南北線的情況下，尖峰班距為 2 分鐘，離峰班距為 6.7 分鐘；平均設站距離則依照南北線與民生汐止線之規劃路線長度與設站數目推算，分別為南北線平均 1067 公尺設立一捷運場站，民生汐止線平均 1087 公尺設立一捷運場站。

BRT 替選方案的部分，由於台北都會區僅有公車專用道，並無公車捷運系統，因此參考國內外的案例，蒐集各城市 BRT 系統之平均營運速率、平均設站距離，以案例的平均值作為 BRT 替選方案之參數，設站距離的部分，洛杉磯橘線主要服務郊區地區，設站距離長，而南北線與民生汐止線位於台北市中心，不適合參考

洛杉磯橘線的設站距離，故計算設站距離平均值時不予考量，扣除洛杉磯橘線後，6 個案例之平均設站距離為 843 公尺。

DOTS I 模式中以一般化成本(Generalized Cost)為計算最短路徑之基礎，以作為旅次分佈、運具選擇、路網分派等模組之依據，而大眾運輸之票價則反應在一般化成本中的旅行距離參數(DISTMULT)中，計算方式為：

$$\text{旅行距離參數} = \text{大眾運具每公里運價} / \text{大眾運具時間價值}$$

依據大眾運具每公里之運價(元/公里)及大眾運具使用者之時間價值(元/分鐘)之比值可得大眾運具之旅行時間參數，以「分鐘 / 公里」為單位反應大眾運輸工具之票價。實際上，大眾運輸工具之費率在未來年期應根據物價上漲率與通貨膨脹率調整，但在模式應用中為了降低複雜性，不隨年期調整旅行時間參數，而是固定各種大眾運輸工具旅行參數的相對關係，抵除物價上漲與通貨膨脹之影響。DOTS I 模式中搭乘各種大眾運輸工具使用者之時間價值假設為定值，因此藉由模式中 MRT 系統之旅行時間參數，配合 MRT 與 BRT 系統之每公里運價比值，可得 BRT 系統之旅行時間參數。

大眾運輸系統之票價受國家經濟、消費水準以及相關政策、補貼之影響甚鉅，不宜以案例的平均值表示，目前服務大台北都會區主要之大眾運輸系統為公車與 MRT，一般來說 BRT 系統在使用者心目中的感知不如 MRT 系統但優於公車系統，故在 BRT 系統每公里票價推估時，以符合使用者之感知為原則，故假定 BRT 每公里票價介於公車與台北捷運系統間，以計算 BRT 系統旅行時間參數。台北市聯營公車之票價結構非里程計費，無標準之每公里費率，因此以平均票價和平均旅次長度推估。根據台北捷運公司 2007 年年報，台北捷運系統之平均票價為 21.92 元，平均旅次長度為 7.93 公里。台北市聯營公車現行每段次票價為全票 15 元、學生票 12 元、半票 8 元，根據台北市交通局公共運輸處 97 年度統計之全票、學生票及半

票之使用比例如表 4-17，可推估台北市聯營公車之平均票價為 12.71 元，郭瑜堅 (2007) 推估公車平均旅次長度為 7.92 公里。台北捷運路網替選方案中，BRT 系統旅行時間參數推估如表 4-18，得到 BRT 系統之旅行時間參數為 0.58。

表 4-17 BRT 替選方案票價推估

	全票	學生票	半票	總計
使用人次	336,107,043	179,642,447	136,899,956	652,649,446
使用比例	0.51	0.28	0.21	1.00
票價(新台幣)	15	12	8	-
平均票價 12.71 元(新台幣)				

表 4-18 BRT 系統旅行時間參數推估

	台北捷運	台北市聯營公車	BRT
平均票價(元)	21.92	12.71	-
平均旅次長度(公里)	7.93	7.92	-
每公里票價 (元/公里)	2.76	1.60	2.16
旅行時間參數 (分鐘/公里)	0.74	-	0.58

大眾運輸系統之服務班距可視營運狀況調整，亦不適合以案例之平均值作為模式之參數，大眾運輸之服務班距為 60 除以派車頻率，而派車頻率是以最大站間需求除以乘載率以及車輛容量，然 BRT 系統建置後路廊之運輸需資料不易推算，考量捷運南北線與民生汐止線規劃報告書中預測之最大站間需求龐大，為提供密集、滿足路廊需求之服務，在 BRT 替選方案中，本研究擬以傳統雙節公車或新式雙節公車進行服務，並假設尖峰班距為 1 分鐘，離峰班為 3 分鐘，而未來可視營運狀況作調整。傳統雙節公車為 2-3 門的部分低底盤公車，較標準型公車增加 50% 乘載量，約 90 人；新式雙節公車為最少 3 門的低底盤公車，配合相關的車上設備，可減少一倍的上下車時間。

BRT 替選方案中，本研究採用平面公車專用道為 BRT 系統之車道型式，以實體隔離的方式，如專用道路或圍籬區隔公車專用道車輛與一般車流，在路口則為

混合車流，配合優先號誌使 BRT 車輛得以快速通過交叉路口。本研究公車專用道乃建置於原先之公路道路上，因此在模式設定中，捷運南北線與民生汐止線行經之路線，根據 DOTS I 整體運輸需求預測模式之台北都會區道路系統分類表，調整各路段之道路系統型態，調整之原則為 BRT 系統行經之路段單向皆縮減一個車道，供實體隔離之公車專用道使用。而捷運南北線與民生汐止線行經之部分路段為單向一車道或路權寬度不足，某些路段為河流或現況下無道路，無法建置實體隔離之公車專用道，這些路段則採用高架公車專用道。BRT 系統之營運速率與車道型態有關，因此在有公車專用道之路段，平均營運速率為前述之 25.8 公里/小時，並假設高架公車專用道平均營運速率為 30 公里/小時，輸入至模式中。

根據案例分析的結果，BRT 替選方案之平均營運速率為每小時 25.8 公里，平均設站距離為 843 公尺。旅行時間參數(票價)與服務班距根據上述方式計算，分別為 0.71 元以及尖峰 1 分鐘、離峰 2 分鐘。MRT 與 BRT 替選方案之系統參數整理如表 4-19。

表 4-19 零方案、MRT、BRT 替選方案之系統參數

		零方案、MRT 替選方案	BRT 替選方案
旅行時間參數(分鐘/公里)		0.74	0.58
平均營運速率(公里/小時)		34.32 公里/小時	平面：25.8 公里/小時 高架：30 公里/小時
平均設站距離(公尺)		1077 公尺	843 公尺
服務班距 (分鐘)	南北線	尖峰 2.5 分鐘 離峰 4 分鐘	尖峰 1 分鐘 離峰 3 分鐘
	民生汐止線	尖峰 2 分鐘 離峰 6.7 分鐘	
公路道路型態		不改變	縮減單向一車道

4.4 替選方案初步工程設計規劃

4.4.1 替選方案之路權及建設形式

零方案與 MRT 替選方案之系統形式，依照台北捷運工程局之規劃，採用中運量或高運量之完全專有路權之大眾捷運系統，建造形式包含地下、平面以及高架，根據台北捷運工程局之台北都會區捷運路線工程計畫以及台北都會區捷運系統建設路網分布和捷運南北線、捷運民生汐止線之規劃報告書，整理零方案與 MRT 替選方案之路權及系統形式如表 4- 20 及表 4- 21。南北線與民生汐止線依其規劃報告書，皆採用中運量之 MRT 系統，前者全線以地下方式建造，後者 6.8 公里為地下，9.8 公里為高架建造。

表 4- 20 零方案與 MRT 替選方案地下、平面、高架之路線長度(公里)

	地下	平面	高架	總計
零方案	99.1	9.7	47.6	156.4
MRT 替選方案	123	9.7	57.1	189.8

表 4- 21 零方案與 MRT 替選方案中運量、高運量之路線長度(公里)

	高運量	中運量	總計
零方案	111.2	45.2	156.4
MRT 替選方案	111.2	78.7	189.9

BRT 替選方案的部分，為了設計 BRT 系統之路權與建設形式，本研究彙整捷運南北線與捷運明生汐止線所行經之路線及其道路狀況如，在單向車道數為 1 及路權寬度小於 20 公尺，以及在捷運規劃路線中，現行無道路之路段，採用高架公車專用道，其餘路段建設平面公車專用道，路口為混合路權。

捷運南北線的道路概況及 BRT 建設形式如表 4- 22，其中樂群二路及連接瑞光路之路段、瑞光路連接新湖一路之路段及新湖一路、以及新生南路之後的路段，由於單向車道數及路權寬度不足或現行無道路，採用高架公車專用道，其餘為平面公車專用道，圖 4- 9 為南北線 BRT 高架路段示意圖。

表 4-22 捷運南北線道路概況及 BRT 建設形式

道路名稱	路段	單向 車道數	路權寬度 (公尺)	BRT 建設形式
敬業三路	北安路 — 樂群二路	2	20	平面
樂群二路	敬業三路 — 堤頂大道	1	20	高架
現行無道路*				高架
瑞光路	基湖路 — 民權東路	3	30	平面
現行無道路*				高架
新湖一路	新湖二路 — 堤頂大道	1	15	高架
健康路	塔悠路 — 光復北路	2	30	平面
光復北路	健康路 — 南京路路	3	30	平面
光復南路	南京東路 — 基隆路	3	30	平面
基隆路	光復南路 — 辛亥路	3	30	平面
辛亥路	基隆路 — 新生南路	4	70	平面
新生南路	辛亥路 — 羅斯福路	3	36	平面
現行無道路*				高架
思源路	汀州路 — 永福橋	1	20	高架
成功路一二段	福和橋 — 秀朗路三段	2	18	高架
成功南路	秀朗路三段 — 景平路	2	18	高架

註：*處為需要高架處理之路段



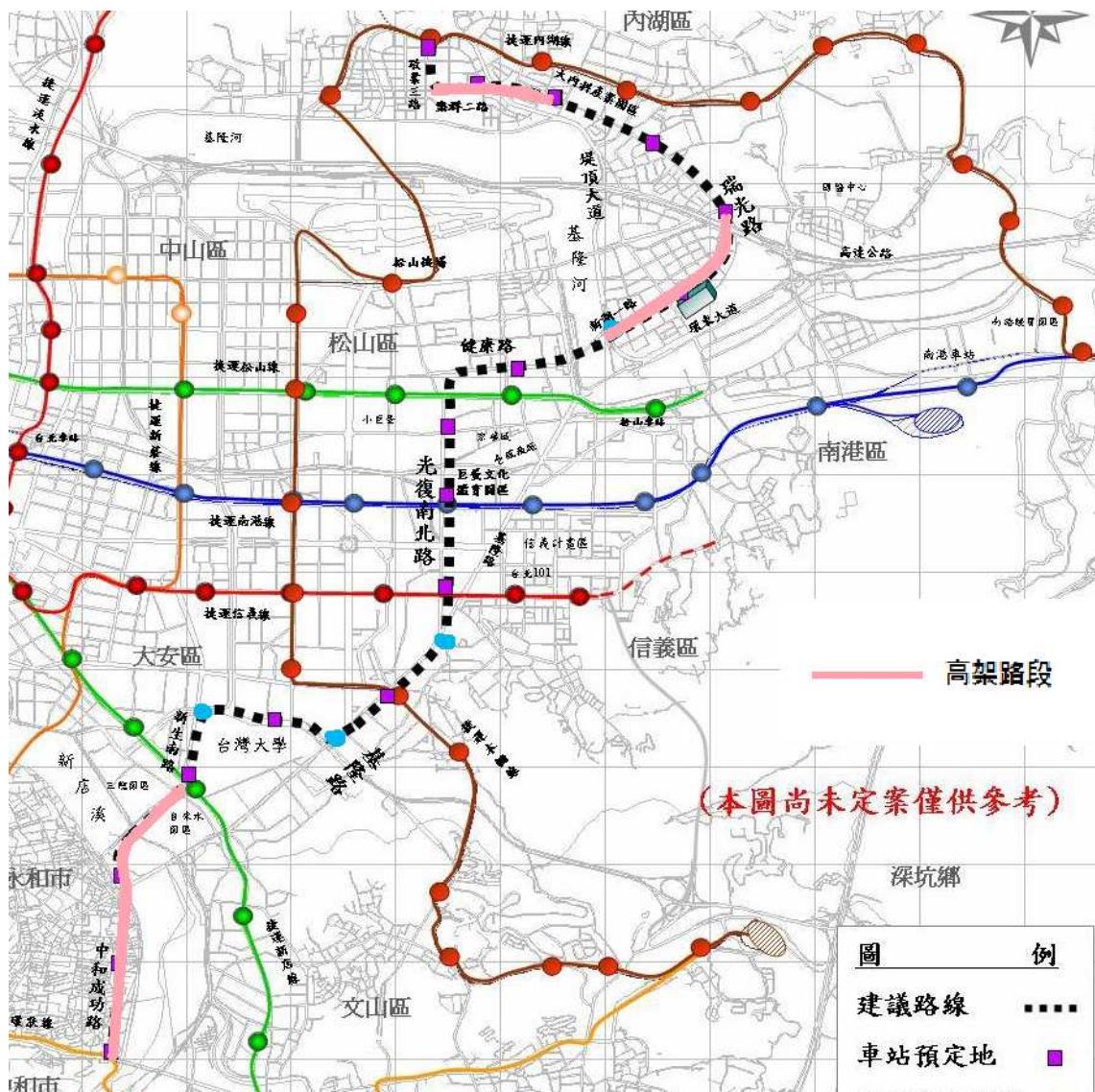


圖 4-9 南北線 BRT 高架路段示意圖

捷運民生汐止線的道路概況及 BRT 建設形式如表 4-23，其中基隆河到成功路二段、民權東與安康路中間之路段到中興路，由於單向車道數及路權寬度不足或現行無道路，採用高架公車專用道，其餘為平面公車專用道，圖 4-10 為民生汐止線 BRT 高架路段示意圖。

表 4-23 捷運民生汐止線道路概況及 BRT 建設形式

道路名稱	路段	單向 車道數	路權寬度 (公尺)	BRT 建設形式
民生西路	重慶北路 — 中山北路	2	25	平面
民生東路	中山北路 — 塔悠路	2	25	平面
基隆河*				高架
新湖一路	堤頂大道一段 — 新湖二路	1	15	高架
現行無道路*				高架
成功路二段	民權東路六段 180 巷 42 弄 — 民權東路	3	18	高架
民權東路	成功路六段 — 無道路	3	35	平面
現行無道路*				高架
安康路	安康路 226 巷 — 南湖大橋	1	12	高架
現行無道路*				高架
吉林街	無道路 — 南陽街	1	6	高架
福德三路	南陽街 — 中興路	1		高架
中興路	福德三路 — 大同路	1	30	高架
大同路	中興路 — 南興路	2	25	平面
新台五路	南興路 — 汐止市公所	3	30	平面

註：*處為需要高架處理之路段

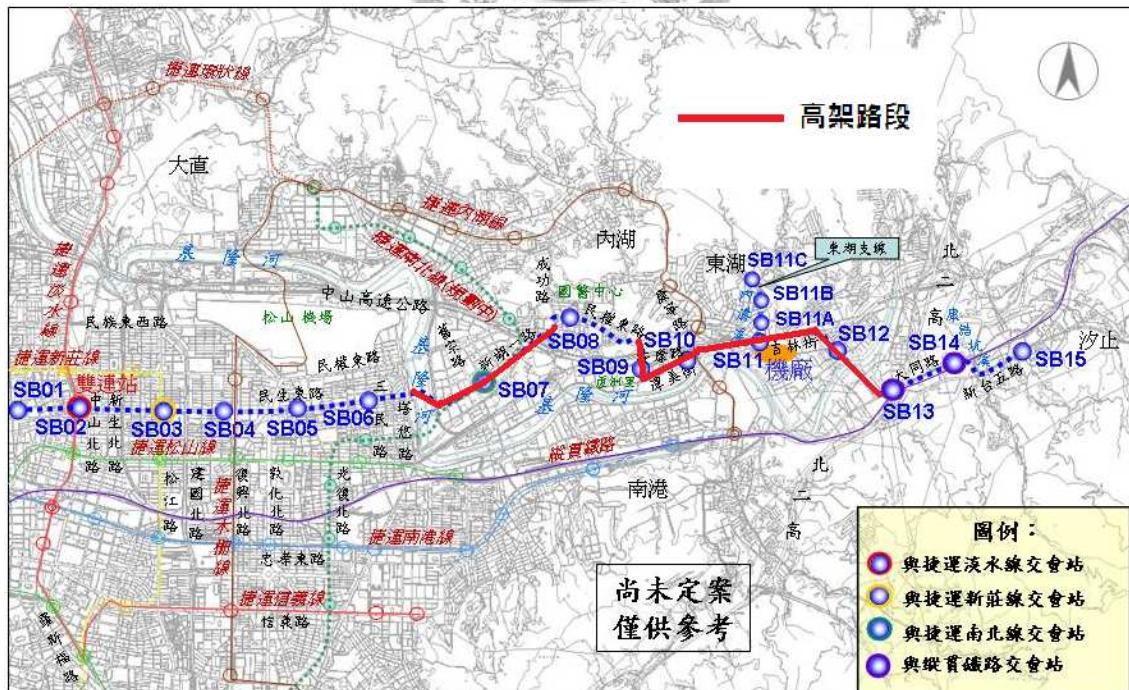


圖 4-10 民生汐止線 BRT 高架路段示意圖

本研究估算南北線與民生汐止線平面與高架公車專用道之公里數如表 4-24，可知 BRT 替選方案中三階路網，約有 6 成的路線以平面公車專用道的形式建設，4 成以高架公車專用道的方式建設。

表 4-24 三階路網 BRT 平面、高架公車專用道長度(公里)

	平面公車專用道	高架公車專用道	總計
捷運南北線	10.7 (62.6%)	6.4 (37.4%)	17.1
捷運民生汐止線	9.2 (56.4%)	7.1 (43.6%)	16.3
總計	19.9 (59.6%)	13.5 (40.3%)	33.4

4.4.2 BRT 替選方案初步工程設計



公車捷運系統之精神為使用軌道運輸系統概念來經營公車，或者利用公車營運達到軌道運輸服務水準。有些專家建議系統計畫應具有一些初步的 BRT 系統特性才能稱為 BRT，這些特性包括「號誌優先系統」、「部分的絕對專用路權」、「現代化的車輛」、「車外收費系統」、「電子車輛定位與資訊提供系統」、「兩套可切換的動力系統」、「美觀舒適的設施」及「低底盤車輛」等，由這些特性歸納，BRT 系統之主要組成元素有三：車道、車站、車輛，而這三項組成元素主要影響 BRT 系統之容量、營運速率、舒適性等，例如專有路權的車道、低底盤的公車、車外收費設計之月台可縮短上、下車時間，進而提升系統之營運速率。本研究在設定 BRT 系統之速率時，是藉由案例之回顧，以 6 個案例 BRT 系統之平均營運速率作為模式之參數，而各個系統的營運速率與其車道、車站與車輛之等級息息相關，因此本節希望藉由案例系統組成元素之回顧，規劃本研究 BRT 替選方案中車道、車站、車輛之等級。各案例之工程設計整理如表 4-25，在車站型式之部分，可參閱表 2-5 之定義。為了提升服務水準 BRT 系統常常會有優先號誌、ITS 設施等配套措施，各案例之配套施設整理如表 4-26。

表 4-25 BRT 案例之工程設計

元素 城市	車道	車站	車輛
嘉義	混合車道，部分公車專用道。	簡易式站牌	標準型低底盤公車 一般公車
波哥大	障礙隔離公車專用道，2~4 車道。	車站	主線新式雙節公車 支線普通公車
北京	柵欄隔離公車專用道，單車道，部分混合車道。	車站	新式雙節公車
常州	公車專用道。	車站	新式雙節公車
邁阿密	排水溝及護欄隔離公車專用道，單車道。	簡易站牌式	柴油/CNG 公車 低底盤雙門連結公車
洛杉磯	雙車道公車專用道。	進階站牌式	CNG 低底盤公車 (三門)

表 4-26 BRT 案例之配套措施

配套 城市	優先號誌	車外收費	平行登車	ITS 系統	超車道
嘉義	●		●	●	
波哥大	●	●	●	●	●
北京	●	●	●	●	●
常州	●	●	●	●	
洛杉磯	●	●	●	●	
邁阿密		●			

由上表可知，在車道的部分，6 個案例城市接採用公車專用道，其中有 3 個城市柵欄、障礙、護欄或排水溝與混合車道實體隔離；車站的部分，有三個城市達到車站的等級，兩個城市使用簡易式站牌，一個城市使用進階式的站牌；車輛的部分，大部分的案例都使用新式雙節公車配合標準式公車營運。配套措施的部分，優先號誌、車外收費、平行登車、ITS 系統皆各有 5 個案例城市之 BRT 系統採用，而這些組成元素、配套措施都與 BRT 系統的速度、容量關係密切。

為了能達到本研究模式中的服務水準，BRT 系統之初步工程設計規劃，參考 6 個案例城市的組成元素與配套措施，車道的部分採用平面之公車專用道路，僅部分路段僅有單向一車道，採用混合車道；車站的部分以車站為主、進階式站牌為輔，且皆以封閉式站台為主；車輛的部分為了滿足路廊尖峰之需求與最大站間運量，擬採用新式雙節公車，配合標準式公車營運，並以柴油或 CNG 為燃料，降低排放量。配套措施則包含交叉路口之優先號誌、車站及車內之 ITS 系統、車外收費以及平行登車。整理 BRT 替選方案之初步交通工程設計如表 4- 27。

表 4- 27 BRT 替選方案初步工程設計

	設備	說明
車道	公車專用道	以柵欄、植栽或緣石實體區隔，交叉路口為混合車流。
	混合車道	單向一車道之路段採用，可在瓶頸路口設計停等超越(queue jumper)。
車站	車站	有與 BRT 車底同高之月台，方便乘客上下車，月台間有實體區隔，還有一些乘客服務。
	進階式站牌	最少 3 門的低底盤公車，配合相關的車上設備，可減少一倍的上下車時間。
車輛	新式雙節公車	最少 3 門的低底盤公車，配合相關的車上設備，可減少一倍的上下車時間。
	新式標準型公車	傳統標準型的所有配備，加上 slight body 或新穎的車體。
配套措施	優先號誌、ITS 系統、平行登車、車外收費	-

4.5 小結

據前述之內容，本章以台北捷運路網為對象，擬定了零方案、MRT 替選方案及 BRT 替選方案，以 2007 年為基年，規劃了兩方案於 2011、2014、2021、2031 等未來年之捷運路網如表 4-9、表 4-10、表 4-11，並以案例分析配合台北地區運輸現況擬定方案之外生變數：平均營運速率、平均設站距離、服務班距以及票價如表 4-19。兩方案於各年期下之捷運路網長度整理如表 4-28 及圖 4-11，本研究將依本章所擬定的路網狀況、外生變數，建構 DOTS I 於未來年期的大眾運輸路網，並將系統參數輸入至模式中。並整理替選方案之建設形式(地下、平面、高架)如，供後續基礎設施成本估算時參考，其中 BRT 替選方案在路口為混合路權，長度占總長度小，在此予以忽略。

表 4-28 替選方案於各年期之通車長度與系統型式

	2007	2011	2014	2021	2031
零方案	76.6 公里	156.4 公里	156.4 公里	156.4 公里	156.4 公里
	MRT	MRT	MRT	MRT	MRT
MRT 替選方案	76.6 公里	156.4 公里	156.4 公里	189.8 公里	189.8 公里
	MRT	MRT	MRT	MRT	MRT
BRT 替選方案	76.6 公里	156.4 公里	189.8 公里	189.8 公里	189.8 公里
	MRT	MRT	MRT+BRT	MRT+BRT	MRT+BRT

表 4-29 替選方案建設形式(公里)

	專用路權			總計
	地下	平面	高架	
零方案	99.1	9.7	47.6	156.4
MRT 替選方案	123	9.7	57.1	189.8
BRT 替選方案	99.1	29.6 (BRT : 19.9)	61.1 (BRT : 13.5)	189.8 (BRT : 33.4)

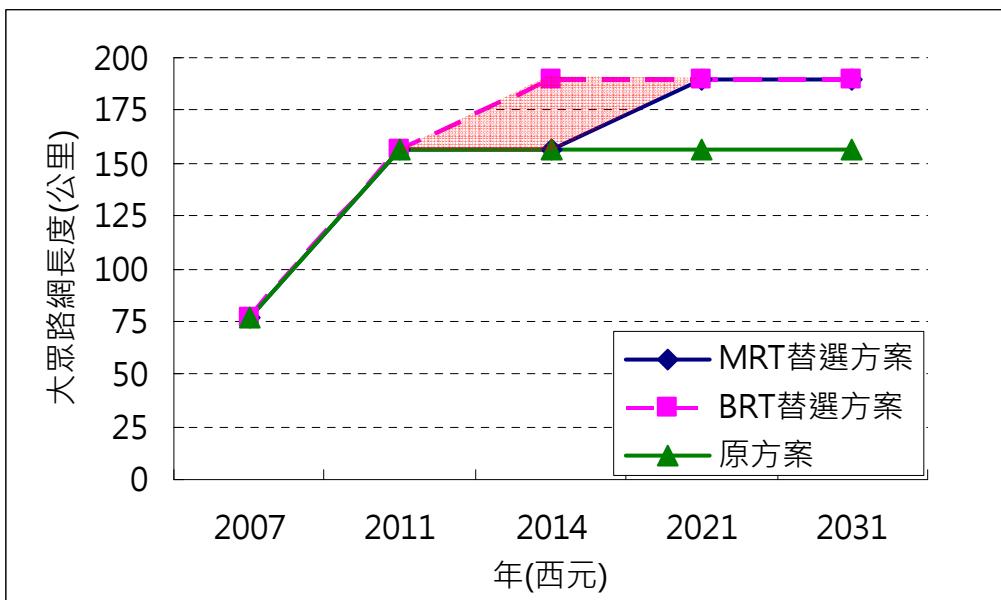


圖 4-11 替選方案於目標年之路網長度

BRT 系統之服務水準普遍較 MRT 系統低，如營運速率、準點率、舒適度及民眾的感知等，這些原因都可能使 BRT 系統吸引的運量不及 MRT 系統，但 BRT 替選方案較 MRT 替選方案提早 7 年完成捷運路網，可提早形成完整的大眾運輸路網，吸引更多的大運運輸旅次，解決交通問題，並培養民眾搭乘大眾運輸的習慣，會產生所謂「路網提早完成之效益」。由圖 4-11 中可知，從 2011 年後，MRT 與 BRT 替選方案之路網長度開始不同，直至 2021 年 MRT 替選方案才追上 BRT 替選方案之路網規模，圖中深色的區塊可視為為 MRT 替選方案與 BRT 替選方案系統服務水準之差異以及路網完成程度不同之權衡，而從 2021 年後至 2031 年，兩方案路網規模一致，可分析系統服務水準所帶來之差異。第四章將會把本章的結果以運輸規劃模式進行分析，並計算三個替選方案量化之指標作為比較的依據。



第五章 台北捷運替選方案預測結果與效益分析

將第四章擬定之路網方案及其外生變數輸入 DOTS I 模式後，可以得到零方案、MRT 替選方案與 BRT 替選方案，在基年與未來年期下私人運具、大眾運輸與副大眾運輸之旅次數以及運具分配比例，本節首先以 2007 年之模式值進行模式之驗證，確定 DOTS I 模式具有足夠之解釋能力，接著對三方案於未來年期之運具分配比例作說明分析與比較，最後以旅次總成本、燃油消耗量與二氧化碳排放量，對替選方案之成本與效益作分析。

5.1 模式驗證

5.1.1 大眾運輸旅次處理方式



大眾運輸旅次在研究範圍內的處理，是將公車、通勤鐵路與捷運系統旅次合併，依起、迄點間最短之路徑，分派至大眾運輸路線上，其中一個旅次可能包含數個使用不同大眾運輸工具之旅次鏈。郭瑜堅(2007)依到、離站運輸工具之不同，將捷運旅次分為 36 種轉乘旅次，考慮的運具包含步行、腳踏車、機車、汽車、計程車以及公車。而本研究所使用之 DOTS I 模式中，大眾運輸間的轉乘尚包含上述運具與通勤鐵路之轉乘，一般來說，公車被視為軌道系統之接駁運具，因此本研究在公車、鐵路與捷運旅次之處理上，以捷運及通勤鐵路旅次為主，公車旅次則依其總運量扣除轉乘捷運及鐵路之旅次；而通勤鐵路與捷運較難判定其主從關係，在兩者轉乘運量之處理上，平均分攤至兩個系統之旅次上，避免重複計算。模式中私人運具(小客車、機車)與副大眾運輸之旅次量與大眾運輸旅次獨立處理，其中與大眾運輸轉乘之旅次並未重複計算，故不多作處理。捷運與通勤鐵路轉乘旅次之旅次歸屬方式整理如表 5-1 與表 5-2，本研究將依此規則將模式中的大眾運輸旅次拆成公車、通勤鐵路與捷運旅次。

表 5-1 捷運轉乘旅次分類規則

到站運具	離站運具	旅次歸屬	說明
步行、公車、腳踏車	步行、公車、腳踏車	捷運旅次	步行及公車通常視為軌道系統之接駁運具，因此屬於捷運旅次。
通勤鐵路	通勤鐵路	一半捷運旅次，一半鐵路旅次	通勤鐵路與捷運無明顯主從關係，因此轉乘運量平分至兩系統。

表 5-2 通勤捷運轉乘旅次分類規則

到站運具	離站運具	旅次歸屬	說明
步行、公車、腳踏車	步行、公車、腳踏車	通勤鐵路旅次	步行及公車通常視為軌道系統之接駁運具，因此屬於捷運旅次。
捷運	捷運	一半捷運旅次，一半通勤鐵路旅次	通勤鐵路與捷運無明顯主從關係，因此轉乘運量平分至兩系統。

5.1.2 模式驗證

本研究應用 DOTS I 整體運輸規劃模式，以 2007 年為基年，配合當年的公路路網、大眾運輸路網以及相關社會經濟資料，得到之旅次產生數及運具分配比例如表 5-3，在 DOTS I 模式中台北都會區每日之旅次量約為 1314 萬人次，其中以機車旅次所占之比例最高，為 32.02%，其次為公車旅次(27.16%)、計程車旅次、捷運旅次(9.19%)以及通勤鐵路旅次(1.6%)。

表 5-3 2007 年 DOTS I 模式預測之旅次產生數及運具分配比例

運具	旅次數(人次/日)	運具分配比例
機車	4,209,881	32.02%
小客車	2,729,716	20.76%
計程車	1,219,748	9.28%
公車	3,571,308	27.16%
通勤鐵路	210,922	1.60%
捷運	1,208,063	9.19%
總計	13,149,638	100.00%

台北都會區整體運輸系統發展分析及規劃模式之建立與應用(1997)沿用 TRTS III 中各模組之參數，驗證參數時，將 TRTS III 模式運算所得之路段分派交通量與現況收集、調查交通量結果作分析比較，兩者間之差距若在 $\pm 20\%$ 內，即表示模式有足夠的解釋能力，若兩者間的差距超過 $\pm 20\%$ ，則須進行大規模之相關調查，並重新檢討、校估模式。本研究主要應用之模組為運具選擇模組，為了驗證模式之解釋能力，需收集大台北都會區各運具在基年的實際旅次數，與模式輸出結果分析比較，然實際的運具使用比例需進行大規模的家訪調查，資料取得不易，僅台北捷運使用電子票證系統，可根據其後端系統之紀錄得到精確的運量統計資料。因此本研究對 DOTS I 模式之驗證分為兩個部分：比較基年台北捷運之實際及預測運量，驗證模式對捷運運量之解釋能力；參考台北都會區歷年家訪調查運具使用比例，分析其變化趨勢，對照 DOTS I 模式預測之機車、小客車、計程車及大眾運輸使用比例之相對關係，驗證其合理性。

台北都會區每日之旅次量約 1300 多萬旅次，根據台北捷運公司 2007 年之年度報告，台北捷運每日之旅次量約為 115 萬人次，約占台北都會區總旅次數之 8.8%，與模式值相差約 5 萬人次，誤差百分比為 4%(誤差與現況之比值)，根據台北都會區整體運輸系統發展分析及規劃模式之建立與應用(1997)驗證 TRTS III 模式參數之標準，DOTS I 預測之基年捷運運量誤差在 $\pm 20\%$ ，表示模式具有解釋能力。台北都會區歷年調查之運具使用比例如表 5- 4，隨著經濟成長與都市發展，台北都會區之汽機車持有數快速的成長，造成民國 64 年到 85 年私人運具使用比例逐年攀升，大眾運輸使用比例逐年下降，直到民國 85 年木柵線通車大眾運輸使用比例方開始回升，小客車之使用比例下降，但機車使用比例仍持續成長。計程車之使用比例無明顯之趨勢，然其從民國 70 年起，其運具使用比例皆遠小於其他運具。民國 64 年，私人運具中之小客車使用比例遠小於機車，隨著小客車使用比例的成長，拉近兩者之差距，但機車之使用比例仍高於小汽車。民國 89 年為最接近本研究基年(2007)之調查年度，其運具分配比例相對關係為：大眾運輸 > 機車 > 小

客車 > 計程車，與 DOTS I 模式預測之結果一致，且私人運具中機車與小客車之比值皆約為 1.5。根據模式值與現況資料之分析與比較，本研究認為 DOTS I 模式之解釋能力足夠，可應用於台北捷運後續路網替選方案之分析，作為方案評選之依據。

表 5-4 台北都會區歷年調查之運具使用比例

運具 年期	大眾運輸 (捷運、公車、 通勤鐵路)	副大眾運輸 (計程車)	私人運具	
			小客車	機車
民國 64 年	68%	4%	4%	24%
民國 70 年	43%	10%	47%	
民國 75 年	46%	5%	22%	27%
民國 80 年	30%	12%	20%	38%
民國 85 年	24%	10%	32%	34%
民國 89 年	31%	8%	25%	36%

資料來源：台北市政府交通局(2003)

5.2 台北捷運路網替選方案預測結果分析

本節說明零方案、MRT 替選方案以及 BRT 替選方案於未來年期之總旅次數及運具分配比例，並分析台北捷運後續路網通車對機車、小客車、計程車、公車及通勤鐵路之衝擊，最後針對三個方案之異同，作分析與比較。

5.2.1 零方案

零方案中的大眾運輸路網乃依現行與施工中的路網，作未來多目標年的預測分析，基年 2007 年之捷運路網為第一階段通車完工之路線，第二階段施工中路線於 2011 年通車營運，不興建第三階段之捷運南北線及民生汐止線，大眾運輸路網總長 156.4 公里。DOTS I 預測零方案未來年期各種運輸工具旅次產生數以及運具分配比例如表 5-5、表 5-6，由下列圖表可知，捷運運具使用比例在未來年期呈現逐年上升的趨勢，公車及小客車逐年下降，機車與計程車則呈現先減後增的趨勢。

表 5-5 零方案各年期各種運具之運量

年期 運具	2007	2011	2014	2021	2031
機車	4,209,881	4,325,035	4,436,988	4,918,472	5,606,306
小客車	2,729,716	2,787,375	2,841,236	3,122,176	3,523,520
計程車	1,219,748	1,238,771	1,260,030	1,372,161	1,532,349
公車	3,571,308	2,900,195	2,849,441	3,035,772	3,301,959
通勤鐵路	210,922	223,901	232,337	277,102	341,053
捷運	1,208,063	3,196,925	3,579,008	4,111,093	4,871,215
總計	13,149,638	14,672,201	15,199,040	16,836,777	19,176,402

表 5-6 DOTS I 預測零方案各年期運具分配比例

年期 運具	2007	2011	2014	2021	2031
機車	32.02%	29.48%	29.19%	29.21%	29.24%
小客車	20.76%	19.00%	18.69%	18.54%	18.37%
計程車	9.28%	8.44%	8.29%	8.15%	7.99%
公車	27.16%	19.77%	18.75%	18.03%	17.22%
通勤鐵路	1.60%	1.53%	1.53%	1.65%	1.78%
捷運	9.19%	21.79%	23.55%	24.42%	25.40%
總計	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

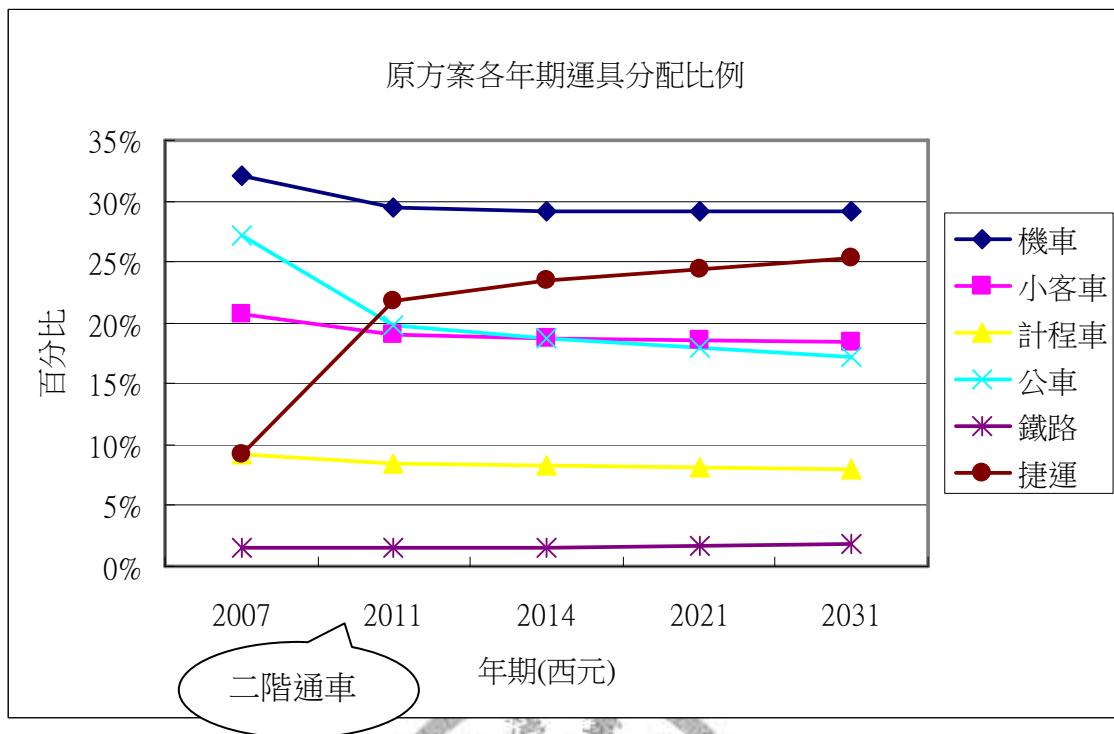


圖 5-1 零方案未來年期運具分配比例圖

本研究接著將各種運輸工具各年期之分配比例增減量，分析如表 5-7。2011 年第二階段路網 79.8 公里通車，捷運之運具使用比例大幅提升 12.6%，對其他運輸工具之衝擊也較 2014、2021、2031 等年期大，其中以對公車之影響最大，2011 年運具分配比例下降了 7.39%，2014、2021、2031 等年期之下降比例皆為其他運輸工具之 3 倍以上，2021 年，小客車之運具使用比例首度高於公車，由此可說明擴建捷運路網所吸引之旅次量，大部分來自原先搭乘公車的旅次，可能是由於新建之捷運路網與部分公車路網重疊，使得捷運與公車被視為替代運具，因此在捷運在完工後應與公車路線整合，以接駁替代競爭。

而新建之捷運路網較難吸引原先使用機車、小客車之旅次，此乃由於私人運具仍有較高之便利性與可及性，且未負擔許多外部成本，使其一般化成本偏低，因此政府在未來政策制定上，應使私人運具使用者付出合理之代價，除了提升社會公平性，更有助於都市大眾運輸之發展。機車之運具使用比例於 2011 年下降了 2.54%，2014 年下降了 0.29%，於 2021 年與 2031 年則是以 0.02% 之固定比例成長，

由此可見二階路網通車對機車之抑制效果為短期的。其中可以發現在 2014、2021、2031 等年期，隨著捷運運具使用比例之上升，小客車之運具使用比例呈現等比例下降之趨勢。

2011 年二階路網通車使捷運之服務範圍與通勤鐵路重疊，通勤鐵路之運具使用比例微幅下降了 0.08%，2014 年維持不變，2021 與 2031 年分別增加了 0.12% 與 0.13%，本研究認為二階捷運路網通車對通勤鐵路產生之衝擊為短期的，長期看來完善的捷運路網可與通勤鐵路相互轉乘接駁，為通勤鐵路帶來更多的運具使用比例。計程車旅次數在 2011 年因二階捷運路網通車受到較大的衝擊，運具使用比例較 2007 年下降了 0.83%，2014、2021 以及 2031 年皆約下降 0.15%。

表 5-7 零方案各年期各種運輸工具運具分配增減比例

年期 運具	2007	2011	2014	2021	2031
機車	0.00%	-2.54%	-0.29%	0.02%	0.02%
小客車	0.00%	-1.76%	-0.30%	-0.15%	-0.17%
計程車	0.00%	-0.83%	-0.15%	-0.14%	-0.16%
公車	0.00%	-7.39%	-1.02%	-0.72%	-0.81%
通勤鐵路	0.00%	-0.08%	0.00%	0.12%	0.13%
捷運	0.00%	12.60%	1.76%	0.87%	0.98%

5.2.2 MRT 替選方案

台北捷運第二階段捷運路網於 2011 年通車，MRT 替選方案考量大內科之發展、北市東區南北向往來龐大交通流量，採用軌道捷運系統，於二階路網通車後繼續興建第三階段路網中的捷運南北線與民生汐止線，並於 2021 年通車營運，捷運路網增加 33.4 公里，共長 189.9 公里。DOTS I 預測 MRT 替選方案未來年期各種運輸工具旅次產生數以及運具分配比例如表 5-8、表 5-9，根據圖 5-2 可知，2011 年第二階段路網 79.8 公里通車，捷運運量呈現大幅之成長，而 2021 年捷運南北線

與民生汐止線 33.4 公里通車，運量成長幅度不如 2011 年，探究其原因有二：2021 年新增路網長度不到 2011 年之一半，且路網邊際效益遞減使得捷運運量成長幅度趨於緩慢。如同零方案之模式預測結果，其他運輸工具亦因為二階路網通車，在 2011 年運量受到較大的衝擊，往後幾個年期運具分配比例的下降幅度趨緩，僅公車在 2021 年捷運南北線與民生汐止線通車時，運具分配比例明顯下降，更使得小客車之運具使用比例於 2021 年超過公車，顯示公車、捷運之路線整合，使兩者存在合作而非競爭之關係，實為發展大眾運輸之當務之急。

表 5-8 MRT 替選方案各年期各種運具之運量

年期 運具	2007	2011	2014	2021	2031
機車	4,209,881	4,325,035	4,436,988	4,898,877	5,579,688
小客車	2,729,716	2,787,375	2,841,236	3,114,013	3,506,518
計程車	1,219,748	1,238,771	1,260,030	1,368,648	1,527,733
公車	3,571,308	2,900,195	2,849,441	2,888,784	3,112,000
通勤鐵路	210,922	223,901	232,337	273,854	335,758
捷運	1,208,063	3,196,925	3,579,008	4,284,059	5,179,495
總計	13,149,638	14,672,201	15,199,040	16,828,236	19,241,192

表 5-9 DOTS I 預測 MRT 替選方案各年期運具分配比例

年期 運具	2007	2011	2014	2021	2031
機車	32.02%	29.48%	29.19%	29.11%	29.00%
小客車	20.76%	19.00%	18.69%	18.50%	18.22%
計程車	9.28%	8.44%	8.29%	8.13%	7.94%
公車	27.16%	19.77%	18.75%	17.17%	16.17%
通勤鐵路	1.60%	1.53%	1.53%	1.63%	1.74%
捷運	9.19%	21.79%	23.55%	25.46%	26.92%
總計	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

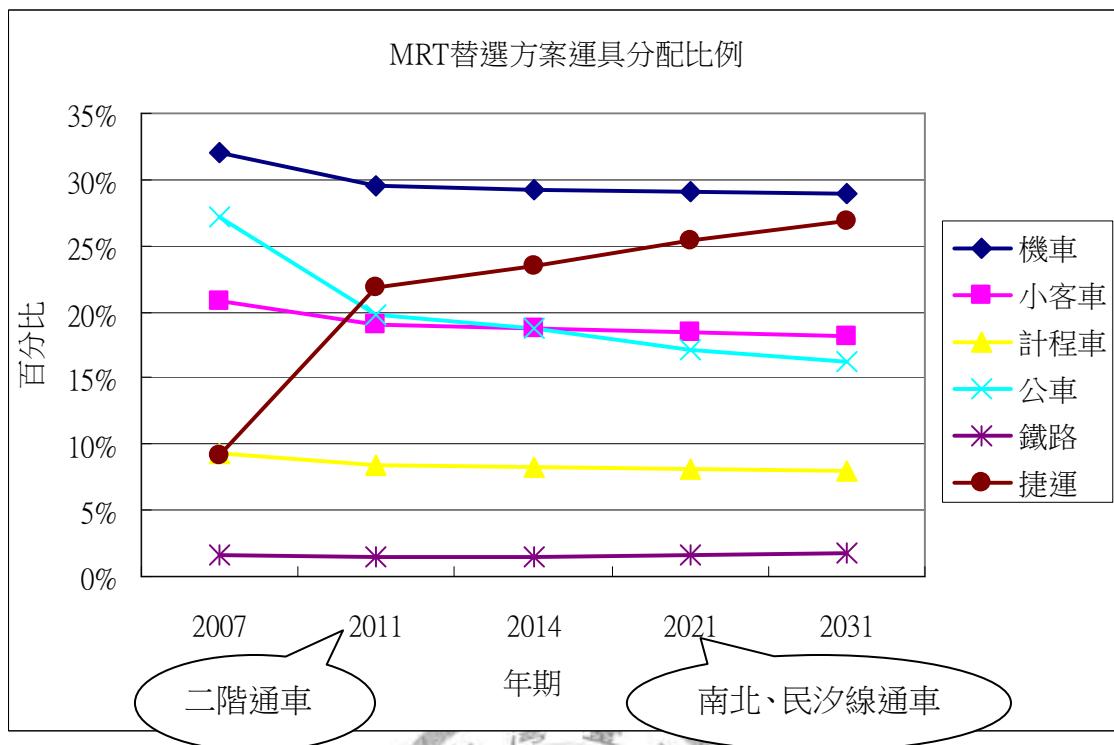


圖 5-2 MRT 替選方案未來年期運具分配比例圖

本研究接著將各種運輸工具各年期之分配比例增減量，分析如表 5-10。MRT 替選方案中，從 2007 年到 2011 年，大眾捷運路網增加了 79.8 公里，使用捷運之比例提高了 12.6%，在這個階段，平均每公里的路網可以增加 0.16% 之捷運使用比例；從 2011 年到 2021 年，大眾捷運路網增加了 33.4 公里，運具使用比例提高了 3.67%，在這個階段，平均每公里路網可以增加約 0.11% 之運具使用比例，若其他影響因素不變，捷運建設之邊際效益從 2007 年到 2021 年呈現遞減的趨勢。公車之運具使用比例受到二階路網通車之影響，於 2011 年下降了 7.36%，2014 年下降了 1.02%，2021 受到三階路網通車之影響，下降了 1.58%，然其受影響之程度已小於 2011 年。

隨著捷運路網的擴張，機車、小客車以及計程車之運具分配比例呈現微幅的下降。2011 年二階路網完工通車，捷運路網增加 79.8 公里，對公車之使用比例產生最嚴重的影響，其次為機車與小客車，再來為計程車，對鐵的影響最小，由此可知對於台北都會區的使用者，捷運與公車被視為替代運具，隨著捷運路網服務

範圍增加，主要吸引原本之公車使用者，較難吸引私人運具及副大眾運輸使用者。2014 年，公車、機車、小客車和計程車之使用比例持續下降，仍是公車之下降幅度最大，鐵路運具使用比例維持不變。2021 年捷運南北線與民生汐止線通車，並未明顯增加其他運輸工具(鐵路除外)之下降幅度。MRT 替選方案整體看來可逐漸減少私人運具之使用比例，但卻對公車之運量造成明顯的衝擊。

表 5-10 MRT 替選方案各年期各種運輸工具運具分配增減比例

年期 運具	2007	2011	2014	2021	2031
機車	0.00%	-2.54%	-0.29%	-0.08%	-0.11%
小客車	0.00%	-1.76%	-0.30%	-0.19%	-0.28%
計程車	0.00%	-0.83%	-0.15%	-0.16%	-0.19%
公車	0.00%	-7.39%	-1.02%	-1.58%	-0.99%
通勤鐵路	0.00%	-0.08%	0.00%	0.10%	0.12%
捷運	0.00%	12.60%	1.76%	1.91%	1.46%

5.2.3 BRT 替選方案

不同於 MRT 替選方案，BRT 替選方案選擇以公車捷運系統興建第三階段路網中的南北線與民生汐止線，由於 BRT 系統施工期較短，提早於 2014 年通車，較 MRT 替選方案提早 7 年完成 189.9 的捷運路網(此處 MRT 與 BRT 皆定義為捷運路網)。DOTS I 預測 MRT 替選方案未來年期各種運輸工具旅次產生數以及運具分配比例如表 5-11、表 5-12，在 BRT 替選方案中，2011 年台北捷運二階路網通車對捷運本身及其他運輸工具之影響同零方案及 MRT 替選方案，在此不多加贅述。2014 年捷運南北線及民生汐止線通車，新增大眾捷運路網 33.4 公里，由圖 5-3 可知，2014 年捷運使用比例大幅上升，公車、機車、小客車受到捷運通車的影響，運具使用比例下降，其中以機車下降幅度最大。2021 年，捷運與機車運具使用比例逐漸趨近，並在 2031 年超過機車之使用比例。計程車與鐵路受南北線與民生汐止線通車之影響則較不明顯。本研究之 BRT 系統擬採平面公車專用道的型式，因此施工期及通車後皆會縮減小汽車車道數，對私人運具產生衝擊。根據 DOTS I 之預測

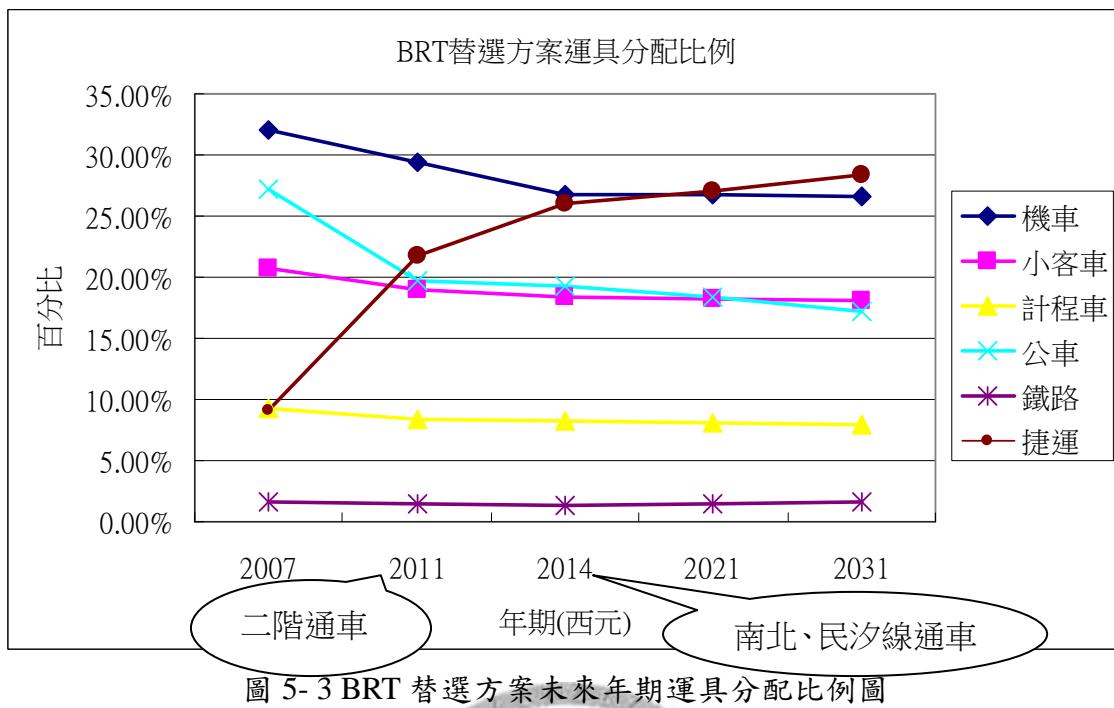
結果，機車運具使用比例從 2011 年道 2014 年明顯得下降，小客車運具使用比例僅平緩下降，表示小汽車車道數縮減對機車造成的影响遠高於小客車，在 BRT 替選方案中，2011 年二階路網通車對公車運量造成之衝擊最大，而於 2014 年捷運南北線與民生汐止線通車，對機車造成之衝擊最大，可說 BRT 路網成功的抑制機車旅次數。

表 5-11 DOTS I 預測 BRT 替選方案各年期運具分配比例

年期 運具	2007	2011	2014	2021	2031
機車	32.02%	29.47%	26.78%	26.72%	26.64%
小客車	20.76%	19.00%	18.40%	18.29%	18.16%
計程車	9.28%	8.44%	8.17%	8.05%	7.92%
公車	27.16%	19.76%	19.30%	18.35%	17.27%
鐵路	1.60%	1.53%	1.38%	1.50%	1.64%
捷運	9.19%	21.79%	25.97%	27.09%	28.37%
總計	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

表 5-12 DOTS I 預測 BRT 替選方案各年期各運輸工具旅次數

年期 運具	2007	2011	2014	2021	2031
機車	4,209,881	4,325,035	4,119,654	4,538,510	5,136,876
小客車	2,729,716	2,787,375	2,830,000	3,106,514	3,501,535
計程車	1,219,748	1,238,771	1,256,487	1,367,731	1,526,650
公車	3,571,308	2,900,195	2,967,866	3,117,472	3,331,194
鐵路	210,922	223,901	212,652	255,402	316,474
捷運	1,208,063	3,196,925	3,994,850	4,602,738	5,471,149
總計	13,149,638	14,674,212	15,381,509	16,988,367	19,283,878



本研究接著將各種運輸工具各年期之分配比例增減量，分析如

表 5-13。2011 年二階路網通車 79.8 公里，捷運運具使用比例上升 12.6%，平均每公里路網可帶來 0.16% 的運具使用比例增量，2014 年新增路網 33.4 公里，約為 2011 年之 0.42 倍，而運具使用比例上升 4.29%，平均每公里路網可帶來 0.13% 的運具使用比例增量，運量成長趨緩，然 2014 年新增路網長度僅為 2011 年之 0.42 倍，機車運具使用比例卻下降了 2.69%，高於 2011 年之下降比例，此乃由於 BRT 系統之通車造成小汽車車道數縮減，服務水準降低對私人運具產生衝擊，機車使用比例的減少，可以減少能源的消耗、改善空氣、噪音汙染、增近交通安全等，為整體路網帶來更多的效益。捷運南北線與民生汐止線之通車，對通勤鐵路之運具使用比例產生先升後降的效果。2021 年及 2031 年捷運及通勤鐵路之運具使用比例持續增加，其他運輸工具的使用比例持續減少，其中公車使用比例之下降幅度逐年增加。

表 5-13 BRT 替選方案各年期各種運輸工具運具分配增減比例

年期 運具	2007	2011	2014	2021	2031
機車	0.00%	-2.54%	-2.69%	-0.07%	-0.08%
小客車	0.00%	-1.76%	-0.60%	-0.11%	-0.13%
計程車	0.00%	-0.83%	-0.27%	-0.12%	-0.13%
公車	0.00%	-7.40%	-0.47%	-0.94%	-1.08%
鐵路	0.00%	-0.08%	-0.14%	0.12%	0.14%
捷運	0.00%	12.60%	4.19%	1.12%	1.28%

5.2.4 方案比較分析

前面的小節就三個替選方案之模式預測結果，作了初步的說明與分析，本研究整理三個方案各年期運具分配比例與各年期各種運輸工具運具分配增減比例如表 5-14、表 5-15，以下就三個方案兩兩比較，說明並分析其異同處。

表 5-14 三個方案各年期運具分配比例

		2007	2011	2014	2021	2031
機車	零方案	32.02%	29.48%	29.19%	29.21%	29.24%
	MRT	32.02%	29.48%	29.19%	29.11%	29.00%
	BRT	32.02%	29.48%	26.78%	26.72%	26.64%
小客車	零方案	20.76%	19.00%	18.69%	18.54%	18.37%
	MRT	20.76%	19.00%	18.69%	18.50%	18.22%
	BRT	20.76%	19.00%	18.40%	18.29%	18.16%
計程車	零方案	9.28%	8.44%	8.29%	8.15%	7.99%
	MRT	9.28%	8.44%	8.29%	8.13%	7.94%
	BRT	9.28%	8.44%	8.17%	8.05%	7.92%
公車	零方案	27.16%	19.77%	18.75%	18.03%	17.22%
	MRT	27.16%	19.77%	18.75%	17.17%	16.17%
	BRT	27.16%	19.77%	19.30%	18.35%	17.27%
鐵路	零方案	1.60%	1.53%	1.53%	1.65%	1.78%
	MRT	1.60%	1.53%	1.53%	1.63%	1.74%
	BRT	1.60%	1.53%	1.38%	1.50%	1.64%
捷運	零方案	9.19%	21.79%	23.55%	24.42%	25.40%
	MRT	9.19%	21.79%	23.55%	25.46%	26.92%
	BRT	9.19%	21.79%	25.97%	27.09%	28.37%

表 5-15 各年期各種運輸工具運具分配增減比例

		2007	2011	2014	2021	2031
機車	零方案	0.00%	-2.54%	-0.29%	0.02%	0.03%
	MRT	0.00%	-2.54%	-0.29%	-0.08%	-0.11%
	BRT	0.00%	-2.54%	-2.69%	-0.06%	-0.08%
小客車	零方案	0.00%	-1.76%	-0.31%	-0.15%	-0.17%
	MRT	0.00%	-1.76%	-0.31%	-0.19%	-0.28%
	BRT	0.00%	-1.76%	-0.60%	-0.11%	-0.13%
計程車	零方案	0.00%	-0.84%	-0.15%	-0.14%	-0.16%
	MRT	0.00%	-0.84%	-0.15%	-0.16%	-0.19%
	BRT	0.00%	-0.84%	-0.27%	-0.12%	-0.13%
公車	零方案	0.00%	-7.39%	-1.02%	-0.72%	-0.81%
	MRT	0.00%	-7.39%	-1.02%	-1.58%	-1.00%
	BRT	0.00%	-7.39%	-0.46%	-0.95%	-1.08%
鐵路	零方案	0.00%	-0.07%	0.00%	0.12%	0.13%
	MRT	0.00%	-0.07%	0.00%	0.10%	0.11%
	BRT	0.00%	-0.07%	-0.15%	0.12%	0.14%
捷運	零方案	0.00%	12.60%	1.76%	0.87%	0.98%
	MRT	0.00%	12.60%	1.76%	1.91%	1.46%
	BRT	0.00%	12.60%	4.18%	1.12%	1.28%

零方案與 MRT 替選方案中，2007、2011 以及 2014 年的大眾運輸路網相同，從 2021 年南北線與民生汐止線通車，路網開始產生差異，在最終目標年 2031 年 MRT 替選方案因三階路網，捷運系統較零方案多出了 30.8 萬旅次數，零方案與 MRT 方案未來年期之運具使用比例之差異如表 5-16。兩方案於 2011 年第二階段捷運路網(79.8 公里)通車，相較於 2007 年，使用捷運之比例成長了 12.6%。2021 年，零方案之大眾運輸路網維持不變，使用捷運之比例為 24.42%，MRT 替選方案捷運南北線和民生汐止線通車(共 33.4 公里)，使用捷運之比例為 25.46%，較零方案高出 1.02%，成長幅度不大，而 MRT 替選方案中機車、小客車、計程車、公車以及通勤鐵路之運具使用比例，受到三階路網通車的影響，皆較零方案為低，然差異不大，其中零方案機車 2021 年之運具使用比例較 2014 年為高，而 MRT 替選方案中因三階路網通車，機車 2021 年之運具使用比例則較 2014 年為低。2031 年，

捷運使用比例持續成長，MRT 替選方案與零方案之差異為 1.52%，高於 2021 年之差異，除了鐵路與計程車較不受捷運影響，零方案與 MRT 替選方案中，其他運輸工具之使用比例之差異皆高於 2021，由此可見捷運南北線與民生汐止線對整體的路網在 2031 年產生較大之影響。

表 5-16 MRT 替選方案與零方案運具分配比例差值(MRT 方案 - 零方案)

年期 運具	2007	2011	2014	2021	2031
機車	0.00%	0.00%	0.00%	- 0.1%	- 0.24%
小客車	0.00%	0.00%	0.00%	- 0.04%	- 0.15%
計程車	0.00%	0.00%	0.00%	- 0.02%	- 0.05%
公車	0.00%	0.00%	0.00%	- 0.86%	- 1.05%
鐵路	0.00%	0.00%	0.00%	-0.02%	-0.04%
捷運	0.00%	0.00%	0.00%	1.02%	1.52%

零方案與 BRT 替選方案中，2007 與 2011 年之大眾運輸路網相同，從 2014 年 BRT 系統之南北線與民生汐止線通車，路網始產生差異，在最終目標年 2031 年，BRT 替選方案因三階路網，捷運系統(包含 MRT 與 BRT)較零方案多出 60 萬之旅次量，未來年期零方案與 MRT 方案之運具使用比例之差異如表 5-17。2014 年採用 BRT 系統之捷運南北線與民生汐止線通車，使捷運使用比例較零方案提高 2.24%，由於 BRT 系統採用平面公車專用道之型式，行經之道路車道縮減，服務水準下降，對機車使用者產生重大的衝擊，BRT 方案之機車使用比例較零方案下降 2.41%，甚於捷運使用比例之增量，而公車使用比例不減反增，表示可能有部分機車或其他運輸工具之使用者轉移至公車。2021 與 2031 年，零方案與 BRT 方案捷運、機車使用的運具分配比例差距皆上升，其他運輸工具則逐漸下降。除了計程車與通勤鐵路，BRT 替選方案在未來年期的大眾運輸使用比例皆較高，私人運具使用比例較低，表示 BRT 替選方案相較於零方案，有提升大眾運輸使用率及抑制私人運具之作用。

表 5-17 BRT 替選方案與零方案運具分配比例差值(BRT 方案 - 零方案)

年期 運具	2007	2011	2014	2021	2031
機車	0.00%	0.00%	- 2.41%	- 2.49%	- 2.6%
小客車	0.00%	0.00%	- 0.29%	- 0.25%	- 0.21%
計程車	0.00%	0.00%	- 0.12%	- 0.1%	- 0.07%
公車	0.00%	0.00%	0.55%	0.32%	0.05%
通勤鐵路	0.00%	0.00%	- 0.18%	- 0.15%	- 0.14%
捷運	0.00%	0.00%	2.24%	2.67%	2.97%

MRT 與 BRT 替選方案中，2007 與 2011 年之大眾運輸路網相同，2014 年 BRT 替選方案南北線與民生汐止線通車，路網開始產生差異，2021 年 MRT 替選方案南北線與民生汐止線通車，達到與 BRT 替選方案相同之路網規模，然採用之系統不同，服務水準也不盡相同，未來年期 BRT 替選方案與 MRT 方案之運具使用比例之差異如表 5-18。2014 年 MRT 替選方案與零方案之運具使用比例相同，與 BRT 替選方案之差異如上所述。2021 年 MRT 替選方案與 BRT 替選方案路網規模相同，然 MRT 替選方案之捷運使用比例較低。MRT 系統之營運速率較高，相同的旅行距離下，車內時間較短，同時，MRT 系統的班距及站距較大，車外時間較長(走路、等待時間)，TRL(2004)使用者走路時間價值約為車內時間價值的 2 倍，而等車時間價值為車內之 2 倍以上，車外時間價值高於車內時間。因此，在 BRT 替選方案中，若 BRT 系統之場站、候車環境經過良好的設計，使用可以美化市容之車輛，且提供舒適、可靠的服務，使其在使用者心目中的形象與 MRT 無異，如此 BRT 系統在車外時間之優勢，加上車道數縮減降低私人運具的服務水準，與 MRT 替選方案相比可吸引較多的運量。同時，BRT 替選方案私人運具(機車、小客車)之運具使用比例皆低於 MRT 替選方案，其中以機車之差異較大，同上所述，此乃由於車道縮減，服務水準降低之故。也由於私人運具服務水準降低，轉移部分的旅次到公車運輸，使得 BRT 替選方案之公車使用比例高於 MRT 替選方案。2031 年，兩方案中各種運輸工具使用比例之差距縮小，其中以小客車與計程車的差異最小。綜合來看，BRT 替選方案較 MRT 替選方案，可帶來較高的大眾運輸使用率。

表 5-18 BRT 替選方案與 MRT 替選方案運具分配比例差值(BRT – MRT)

年期 運具	2007	2011	2014	2021	2031
機車	0.00%	0.00%	- 2.41%	- 2.39%	- 2.36%
小客車	0.00%	0.00%	-0.29 %	- 0.21%	- 0.06%
計程車	0.00%	0.00%	- 0.12%	- 0.08%	- 0.02%
公車	0.00%	0.00%	0.55 %	1.18%	1.1%
鐵路	0.00%	0.00%	-0.15%	- 0.13%	-0.1%
捷運	0.00%	0.00%	2.42%	1.63%	1.45%

本研究比較零方案、MRT 替選方案與 BRT 替選方案在未來年期之捷運運量如圖 5-4，由於三方案於 2007 和 2011 年之大眾捷運路網與運量相同，僅比較 2014、2021 與 2031 三個年期。由下圖可明顯看出 BRT 替選方案中捷運運量最高，其次為 MRT 替選方案，零方案運量最低。在三個年期當中，BRT 替選方案與 MRT 替選方案之捷運運量差距約為 25 萬到 50 萬人次，由此可知相較於所有路網接採用 MRT 系統，以 MRT 路網配合 BRT 路網可帶來較大之旅次量。

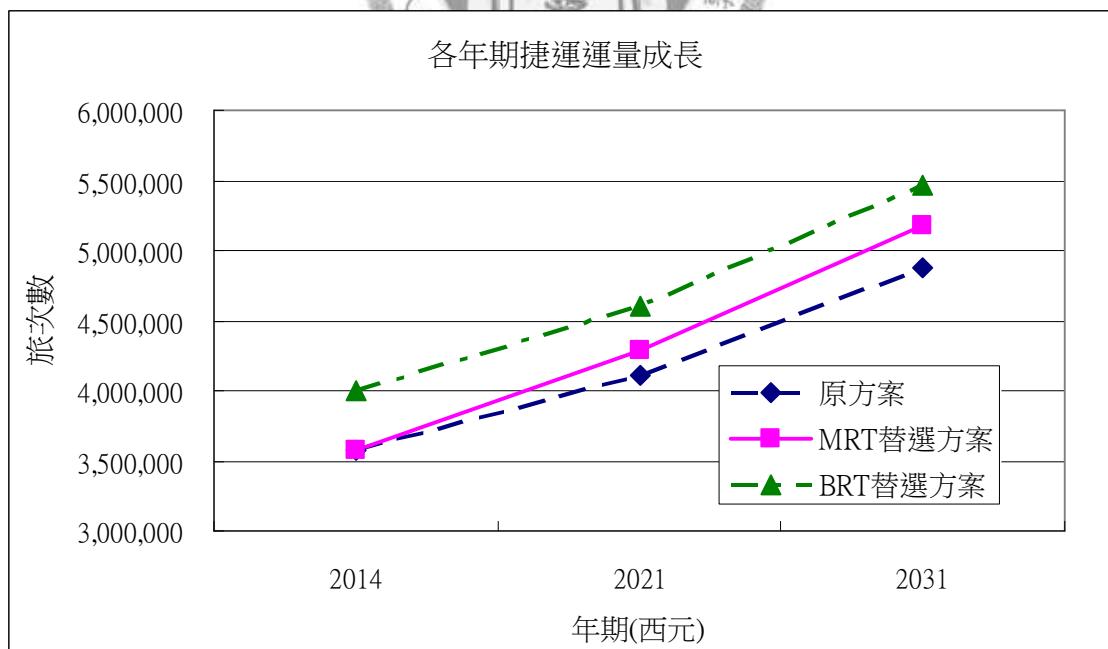


圖 5-4 三方案於未來年期之捷運旅次數

5.2.5 討論

綜合上述對零方案、MRT 替選方案與 BRT 替選方案之比較分析，得到以下結論：

1. 根據比較分析結果，BRT 替選方案在最終目標年(2031 年)之大眾運輸(捷運、公車、通勤鐵路)使用率為 47.29%，為三方案最高，其次為 MRT 替選方案，為 44.84%，零方案之大眾運輸使用比例最小，為 44.40%。MRT 替選方案中，2021 年三階路網通車每公里路網可帶來 0.11% 運具使用比例之增量，而 BRT 替選方案中，2014 年三階路網通車每公里路網可帶來 0.13% 運具使用比例之增量，路網邊際效益高於 MRT 替選方案。
2. 三個方案當中，BRT 替選方案最能抑制私人運具(機車、小客車)之使用比例，該方案在 2031 年之私人運具使用比例為 44.8%，MRT 替選方案為 47.22%，零方案為 47.61%，此乃由於本研究 BRT 替選方案之車道採用平面公車專用道路的型式，僅在路口或是本來只有單向一車道的路段採用混合路權，使得私人運具可使用之車道數減少，服務水準降低，使私人運具旅次轉移至大眾運輸或副大眾運輸，其中以機車受到的影響較大。機車使用比例的減少，可以減少能源的消耗、改善空氣、噪音汙染、增進交通安全等，為整體路網帶來更多的效益。於 2021 與 2031 年，BRT 替選方案為三方案中，小客車使用比例未超過公車使用比例之唯一方案。
3. 三個方案中，無論是二階路網或三階的南北線與民生汐止線，公車的運具使用比例皆因捷運的通車大幅下降，表示新增的捷運路線所吸引的運量大部分來自原先的公車使用者，而非私人運具使用者，原因可能是公車與捷運的服務路線重疊，使兩者在使用者心目中成為替代運具，且私人運具便利性與可及性較高，未負擔許多外部成本，使其一般化成本偏低，因此政府在未來政策制定上，除了應致力於大眾運輸路線整合外，更應使私人運具使用者付出合理之代價，除了提升社會公平性，更有助

於都市大眾運輸之發展。

4. BRT 替選方案中，2014 年捷運南北線與民生汐止線通車，對公車運量之衝擊不如 MRT 替選方案 2021 年南北線與民生汐止線通車時，此乃由於私人運具服務水準降低使得部分使用者轉移至公車，使得捷運通車對公車之衝擊較其他方案小，但仍應著手整合大眾運輸之路線，確立公車運輸與捷運之定位，以合作代替競爭，可為各個替選方案帶來更高的大眾運輸使用比例。
5. MRT 替選方案中，2011 年二階捷運路網通車帶來的捷運使用比例增量為每公里 0.16%，2021 年南北線與民生汐止線通車帶來的增量為 0.11%，由此可知 2011 年後，新建捷運路線之邊際效益遞減。蔡奇宏(2008)計算出最小效率規模下之捷運(指 MRT 系統)路網為 140 公里，當路網長度大於 140 公里後，平均成本會逐漸增加，呈現規模不經濟的情形。MRT 替選方案中，2011 年之捷運路網長度為 156.4 公里，其後捷運路網之邊際效益遞減，與蔡奇宏(2008)之研究成果相符合，故當第二階段路網完工通車後，不應繼續擴建捷運路網，而應改以其他運輸工具服務需要的地區。
6. 在零方案與 MRT 替選方案中，計程車與通勤鐵路運具分配比例於 2011 年二階路網通車時受到衝擊，然在未來年期沒有明顯之差異，表示 MRT 替選方案中於 2021 年通車之捷運南北線及民生汐止線，並未對計程車與通勤鐵路運具分配比例產生影響。BRT 替選方案捷運南北線及民生汐止線於 2014 年通車，對計程車與通勤鐵路之影響大於 MRT 替選方案，原因可能為公路道路服務水準改變，造成其他運輸工具使用比例的變化趨勢較大且較難掌握。

5.3 替選方案成本效益分析

替選方案分析主要為方案之成本效益分析，本節以旅次總成本將替選方案成本面作綜合的考量，效益的部分以環境永續為目標，以燃油消耗量及二氧化碳排放量分析替選方案在對環境之效益。

5.3.1 台北捷運路網替選方案旅次總成本分析

都市運輸政策之制訂，需基於公平合理基礎與永續發展思維，而運輸政策中相關之「基礎設施投資」、「各類運具稅費」、「公共運輸補貼」與「監督管理機制」等措施，必須依賴客觀量化分析與評估基礎，始能形成公平合理之方案。郭瑜堅(2007)彙總不同運具總成本所應涵蓋之項目，並將各種運具之外部性納入分析，以作為模式構建之基礎，並針對都市各種運具建立一套旅次總成本分析模式，而模式中將都會區之旅次分為大眾運輸、私人運輸與副大眾運輸等三大類依社會總成本之觀點，將其區分為「使用者金錢成本」、「基礎設施成本」、「旅行時間成本」與「外部成本」等四部分，最後以台北都會區作實證，求得台北都會區各種旅次之單位成本如表 5-19。

表 5-19 台北都會區無轉乘旅次成本結構(元/旅次)

成本 旅次	使用者金 錢成本	基礎設施 成本	旅行時間 成本	外部成本	總成本
步行	0.00	0.66	14.18	0.00	14.84
腳踏車	0.00	1.09	11.44	0.00	12.53
機車	23.35	23.96	27.16	21.28	95.74
小汽車	139.68	50.58	66.40	78.44	335.10
計程車	12.55	12.04	19.28	72.18	116.06
公車	14.41	1.25	50.59	4.86	71.11
捷運	13.27	30.62	49.05	0.00	92.95

資料來源：郭瑜堅(2007)

運輸工具之「旅次總成本」(Full Trip Cost)量化分析，則是研擬、評估運輸政策方案重要之依據，因此，本研究以郭瑜堅(2007)之旅次總成本理論為基礎，分析零方案、MRT 替選方案以及 BRT 替選方案之旅次總成本，由於求解過程需經由 DOTS I 模式及旅次成本模式之估算，求解過程繁複且所有旅次之成本解相當龐大，因此本研究對於兩方案未來年期的分析皆以運具之平均總成本、平均基礎設施成本及平均外部成本的方式來表示(不考慮轉乘旅次)。其中，外部成本直接影響了運輸系統的經濟財務和環境維護，牽涉到目前備受關切的永續議題，是首要分析之項目。在效益分析部分，由於 BRT 相對於 MRT 具有興建時程及財務上的優勢，本研究除了比較其總成本與外部成本在年期上之優勢，亦對其在大眾運輸旅次之效益及基礎設施成本投入之優勢加以分析。

郭瑜堅(2007)依照第一期已建制完成之 7 條線共 65.1 公里之總土木與機電成本，分別以其使用年限分攤至各年期，計算出 MRT 之基礎設施成本，如表 5- 21。BRT 路網之建設成本，平面公車專用道的部分，以波哥大、常州、北京以及邁阿密之建設成本推估如表 5- 20。高架公車專用道的部分則參考廈門 BRT 系統之建設成本，廈門 BRT 已通車的路線共 58.8 公里，其中 BRT1 號線為高架段，含高架站台、過街天橋、電扶梯等基礎設施，平均每公里建設成本約 6000 萬元人民幣(約 3 億新台幣)。BRT 系統耐用年限的部分，由於國內外無相關案例，因此本研究假設 BRT 系統之使用年限為 20 年，以此計算每年每公里之建設成本。

表 5- 20 BRT 系統基礎設施成本推估-平面公車專用道

城市	每公里建設成本	每年每公里建設成本
波哥大	1.74 億	平面段 60%，高架段 40%，耐用年限 20 年。
北京	1.64 億	
常州	1.35 億	
邁阿密	1.55 億	
平均	1.57 億	
廈門 BRT1 號線 (高架段)	3 億	0.11 億

表 5-21 MRT 基礎設施成本

	每公里路線基礎設施成本	平均每年每公里路線 基礎設施成本
土建成本	3313.39 百萬元	125.84 百萬元
機電成本	992.93 百萬元	6.62 百萬元

資料來源：郭瑜堅(2007)

由於郭瑜堅(2007)旅次總成本理論中，考慮的運輸工具不包含通勤鐵路，根據第四章模式預測結果，通勤鐵路在台北都會區總旅次數所佔之比例不大(小於2%)，且在未來年期之變化幅度較小，因此在計算時，不考慮通勤鐵路，僅考慮機車、小客車、計程車、公車與捷運之旅次總成本。本研究計算零方案、MRT 替選方案以及 BRT 替選方案之旅次總成本如表 5-22、表 5-23、表 5-24。

表 5-22 零方案旅次總成本分析(元/旅次)

年期 成本	2007	2011	2014	2021	2031
基礎設施成本	21.82	21.92	21.54	21.10	20.61
外部成本	31.62	28.67	28.20	27.98	27.73
使用者金錢成本	43.47	40.84	40.41	40.25	40.06
旅行時間成本	43.21	43.60	43.64	43.64	43.63
總成本	140.11	135.04	133.80	132.97	132.03

表 5-23 MRT 替選方案旅次總成本分析(元/旅次)

年期 成本	2007	2011	2014	2021	2031
基礎設施成本	21.82	21.92	21.54	21.78	21.08
外部成本	31.62	28.67	28.20	27.87	27.46
使用者金錢成本	43.47	40.84	40.41	40.17	39.82
旅行時間成本	43.21	43.60	43.64	43.64	43.66
總成本	140.11	135.04	133.80	133.46	132.02

表 5-24 BRT 替選方案旅次總成本分析(元/旅次)

年期 成本	2007	2011	2014	2021	2031
基礎設施成本	21.82	21.92	20.78	20.35	19.86
外部成本	31.62	28.67	27.35	27.14	26.91
使用者金錢成本	43.47	40.84	39.75	39.63	39.48
旅行時間成本	43.21	43.60	44.18	44.19	44.20
總成本	140.11	135.03	132.06	131.31	130.45

零方案、MRT 替選方案與 BRT 替選方案之基礎設施成本整理如圖 5-5，三個替選方案之平均基礎設施成本說明如下：

1. 三替選方案於 2011 年二階捷運通車時，平均每旅次之基礎設施成本較基年增加 0.1 元。
2. 零方案無繼續投資興建捷運路網，於 2014、2021、2031 等年期，隨著捷運旅次之上升，平均每旅次基礎設施成本逐年下降，2031 年為 20.61 元。
3. MRT 替選方案之平均基礎設施成本隨著捷運旅次數成長，2014 年每旅次下降 0.37 元(相較於 2011 年)，2021 年捷運南北線與民生汐止線通車(MRT 系統)，年投入為 44 億元，基礎設施成本再度上升，較 2014 年每旅次增加了 0.24 元，而 2031 年又隨著捷運旅次數成長，下降 0.7 元，平均每旅次基礎設施成本為 21.08 元。
4. BRT 替選方案中，2014 年捷運南北線與民生汐止線(BRT)系統通車，年投入 5400 萬元，僅為 MRT 替選方案中 2021 年同樣路線長度(MRT 系統)之 0.01 倍，平均每旅次之基礎設施成本不因三階路網通車而上升，反而下降了 1.11 元，隨後逐年下降，2031 年每旅次之基礎設施成本為 19.89 元，為三方案最低。
5. 零方案與 MRT 替選方案中，整體路網每旅次之平均基礎設施成本，皆會隨新建之捷運路網通車而上升，這是因為新建路網帶來之運量無法立即攤平龐大之年投入，而隨著運量之成長，平均基礎設施成本方逐漸下降，

MRT 替選方案中，即使到了 2031 年，成長之運量仍不足以使其每旅次平均基礎設施成本小於零方案。BRT 系統之年投入僅為 MRT 系統之 0.01 倍，BRT 替選方案中，每旅次之平均基礎設施成本不隨 BRT 系統通車而上升，在未來年期皆為下降之趨勢。

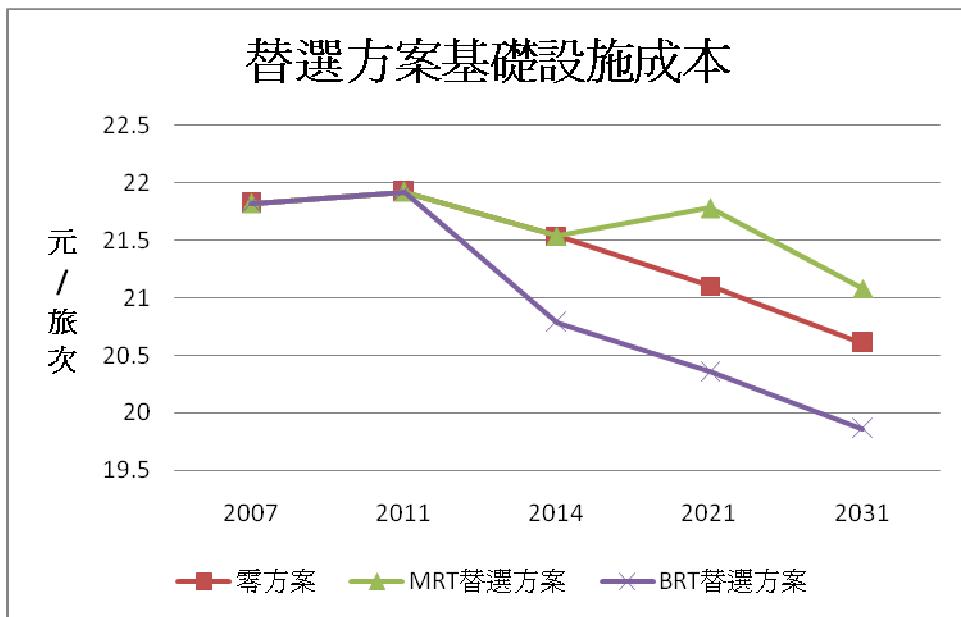


圖 5-5 替選方案基礎設施成本

零方案、MRT 替選方案與 BRT 替選方案之外部成本整理如圖 5-6，三個替選方案之外部成本說明如下：

1. 零方案、MRT 替選方案與 BRT 替選方案整體路網之平均外部成本，在未來年期皆呈現下降之趨勢。
2. 2011 年二階路網通車，捷運旅次大幅成長，對其他運輸工具之旅次皆下降，三方案每旅次之外部成本大幅下降了 2.95 元。
3. BRT 替選方案中，2014 年運南北線與民生汐止線通車，路網增加 33.4 公里，且轉移了許多機車旅次(每旅次外部成本 21.28 元)，使外部成本明顯下降，每旅次外部成本較零方案與 MRT 替選方案同年期下降了 0.85 元。2014、2021、2031 年，相較於零方案與 MRT 替選方案，BRT 替選方案每旅次外部成本皆約低 1 元。

4. MRT 替選方案中，2021 年捷運南北線與民生汐止線通車，路網增加 33.4 公里，然每旅次之外部成本下降幅度有限，僅較零方案同年期下降 0.11 元，仍然高於 BRT 替選方案同年期之平均外部成本，其原因為三階路網通車所轉移之私人運具旅次有限，決大多數之旅次為原先之公車旅次者，然而私人運具為六種運具中外部成本最高的部門，故 MRT 替選方案 2021 年之外部成本下降幅度不大。
5. 三個方案中，以 BRT 替選方案最具外部成本之優勢，而 MRT 替選方案與元方案之平均外部成本差異不大，僅在 2031 年產生較明顯之差異。2031 年 BRT 替選方案之平均每旅次外部成本為 26.91 元，為三方案中最低，零方案為 27.73 元，MRT 替選方案為 27.46 元。

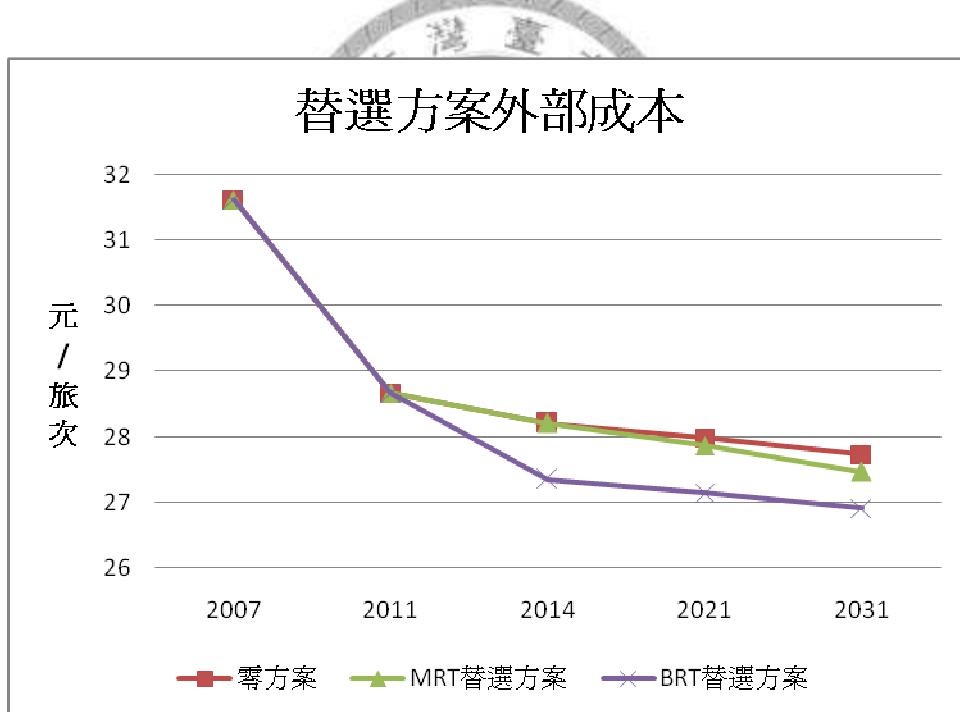


圖 5-6 替選方案外部成本

零方案、MRT 替選方案與 BRT 替選方案之平均旅次總成本整理如，三個替選方案之平均旅次總成本說明如下：

1. MRT 替選方案與零方案之旅次總成本僅在 2021 年產生較大之差異，且 MRT 替選方案之旅次總成本大於零方案，此乃由於 2021 年 MRT 替選方

案投入 44 億，增加基礎設施成本，且其他三項成本項目與零方案沒有顯著之差別。而 MRT 替選方案隨著捷運旅次數之成長，在 2031 年之旅次總成本低於零方案，但差值僅每旅次 0.01 元。

2. 2014 年，BRT 替選方案三階路網通車(33.4 公里、BRT 系統)，由於年投入僅 5400 萬，又可吸引更多大眾運輸旅次，使基礎設施成本下降，外部成本、使用者金錢成本也隨之下降，使得 BRT 替選方案之旅次總成(132.09 元/旅次)本明顯低於其他方案(133.8 元/旅次)，2021、2031 年 BRT 替選方案之旅次總成本皆持續下降，2031 年為每旅次 130.48 元，低於其他方案約每旅次 2 元。

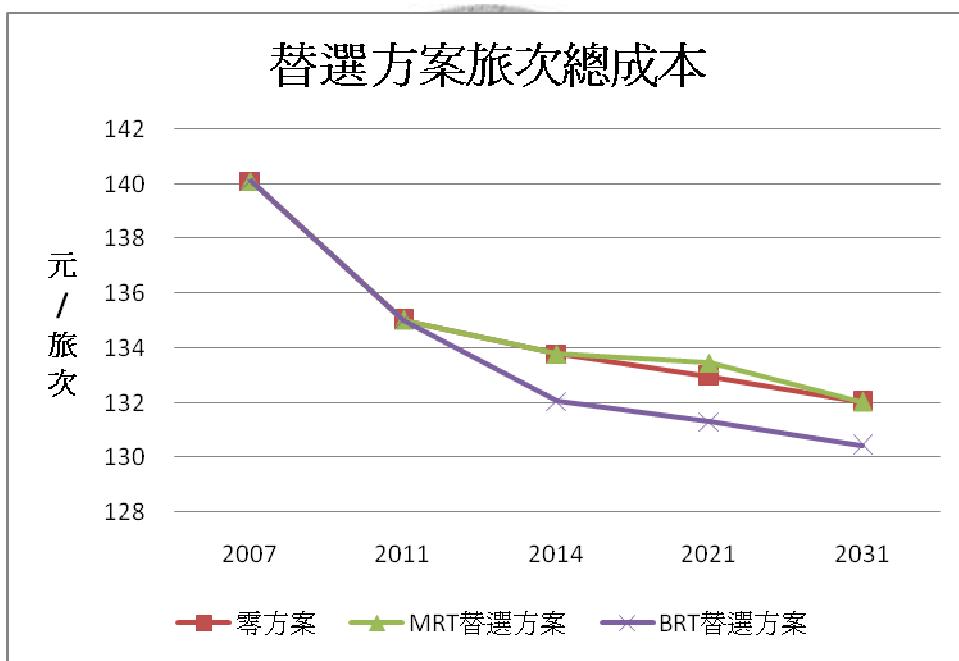


圖 5-7 替選方案旅次總成本

以零方案之每日總旅次數為比較基礎，2014 年，BRT 替選方案相較於零方案與 MRT 替選方案之日效益為 0.25 億(年效益 93 億)；2021 年，BRT 相較於零方案之日效益為 0.27 億(年效益 98 億)，相較於 MRT 替選方案之日效益為 0.35 億(年效益 128 億)；2031 年，BRT 相較於兩方案之日效益為 0.29 億(年效益 106 億)。由此可知，BRT 替選方案具有旅次總成本之優勢，其次為零方案，MRT 替選方案最差。

5.3.2 節能減碳效益分析

「全球氣候變遷」課題已是世界各國所關注的焦點之一，自 1997 年 12 月在日本京都召開聯合國氣候變化綱要公約(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)第三次締約國大會(Third Session of the Conference of Parties, COP3)，通過「京都議定書」規範締約國於溫室氣體的減量標準後，有關環境保護的相關議題更是掀起熱潮。

環顧國內運輸使用能源佔總能源使用的比重日益增加，運輸活動對環境所產生的負面影響，溫室氣體及其他廢氣的排放也與日俱增，根據工研院環能所(2008)之統計，2007 年運輸業所排放之 CO₂ 佔所有部門的 13.3%，位居第三位，僅次於能源轉換工業及工業，為減少二氧化碳的排放，各國積極推動設置再生能源及提高能源使用效率等綠色新政，其中以節約能源為目前各國最重視的因應策略。「八國高峰會」(G8, 2007)認為提升能源效率是最快、最有效且最具成本效益的二氧化碳減量措施；國際能源總署(IEA, 2008)的研究指出，提升能源效率是減緩全球溫室氣體排放的主要措施，其貢獻度占所有措施的 5 成以上。

交通運輸與節能減碳之關係如圖 5-8，為了滿足不斷增加的運輸需求，實有必要檢討及調整運輸政策的重點及方向，研擬永續的運輸政策，以順應永續發展的理念，朝節能減碳之運輸目標邁進，提高運輸服務品質，達到運輸的永續性。因此本研究計算各方案之燃油消耗量及二氧化碳排放量，希望找出能源效率最佳之方案，以達到降低能源使用成本、減少溫室氣體排放以及促進國家能源安全之三贏局面。

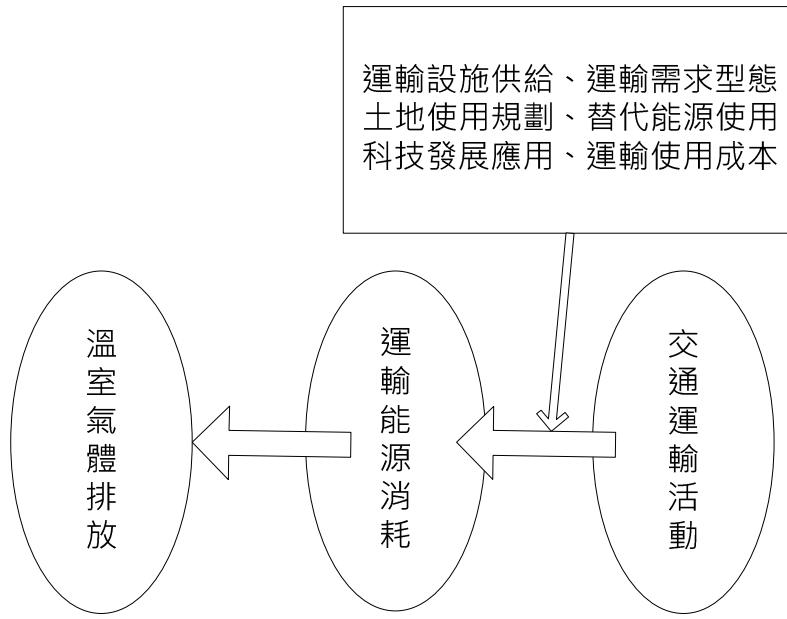


圖 5-8 交通運輸活動與節能減碳關係圖

本研究根據交通部運輸研究所(2001) 各種運輸工具平均每延人公里燃油消耗量，配合郭瑜堅(2007)台北都會區各種運輸工具之平均旅次長度，推估機車、小客車、計程車、公車、通勤鐵路以及捷運每旅次之燃油消耗量如表 5-25，藉以推算替選方案路網每日之燃油消耗量，由於通勤鐵路之平均旅次長度資料調查不易，無法推估其每旅次燃油消耗當量，加上通勤鐵路旅次佔總旅次比例甚小(小於 2%)，且於各年期之變化不大，因此不列入計算。

表 5-25 各種運輸工具燃油消耗量推估

	機車	小客車	計程車	公車	通勤鐵路	捷運
延人公里燃油消耗當量	1.97	5.26	5.26	1.02	0.7	1
平均旅次長度(公里)	8.4	18.5	4.45	7.92	-	7.67
每旅次燃油消耗當量	16.55	97.31	23.41	8.08	-	7.67

註：1 燃油當量 = 0.000012 公秉

資料來源：本研究匯整於交通部運輸研究所(2001)、郭瑜堅(2007)

國內推估運輸部門之溫室氣體排放量，主要是依能源消耗量乘上二氧化碳排放係數推算，採用之排放係數即 IPCC 準則建議之單位燃料排放係數，配合國內燃

料實際熱值代入推估，表 5- 26 為國內運輸部門使用各種化石燃料別的相對熱值與 CO₂ 排放係數對照表。經濟部能源局根據各種燃料之使用比例，提供之耗油當量與 CO₂ 產生量之配比為 2.59(噸/公秉)，本研究將依此計算替選方案於未來年期之二氧化碳排放量。

表 5- 26 運輸部門相關各種化石能源二氧化碳排放係數

燃料別	碳排放 係數	原始單 位	kcal/原 始單位	熱值單 位轉換	碳固定 化比率	碳氧化 率	CO ₂ 排 放系數 (克/原 始單位)
	(T-C/TJ)			J/cal			
汽油	18.9	公升	7800	4.187	0	0.99	2241
航空燃 油	19.5	公升	8000	4.187	0	0.99	2371
航空氣 油	18.9	公升	7500	4.187	0	0.99	2154
柴油	20.2	公升	8800	4.187	0	0.99	2702
燃料油	21.1	公升	9200	4.187	0	0.99	2950
煤油	19.6	公升	8500	4.187	0	0.99	2532
液化石 油氣	17.2	公升	6635	4.187	0	0.99	1735
天然氣	15.3	立方公 尺	9000	4.187		0.995	2103

資料來源：交通部運輸研究所 2006

根據上述之計算基礎，計算替選方案於未來年期之燃油消耗量如

表 5- 27，二氧化碳排放量如表 5- 28，MRT 與 BRT 替選方案相對於零方案之節能減碳效益如表 5- 29，可知：

1. 2014 年通車，BRT 系統替選方案南北線與民生汐止線通車，相較於同一年期零方案與 MRT 替選方案，每日節省了 27 公秉之燃油(年節省 9,855 公秉)，每日減少之二氧化碳排放量為 70.92 公噸(年減少了 25,886 公噸)。
2. 2021 年 MRT 替選方案南北線與民生汐止線通車，相較於零方案，每日節

省了 12.75 公秉的燃油(年節省 4,654 公秉),每日減少了 33.01 噸之二氧化
碳排放量(年減少 12,049 噸);BRT 替零方案相較於零方案,每日節省了
41.82 公秉之燃油(年節省 15,265 公秉),每日減少 108.32 噸之二氧化碳排
放(年減少 39537 噸)。BRT 替選方案之效益約為 MRT 替選方案之 2.6 倍。

3. 2031 年,相較於零方案,MRT 方案每日節省 16.48 公秉油耗量(年節省
6,016 公秉),減少 42.68 噸(年減少 22,795 噸)二氧化碳排放量;BRT 方案
每日節省 62.45 公秉油耗量(年節省 15,581 公秉),減少 161.72 噸二氧化碳
排放量(年減少 59,037 噸)。BRT 方案之效益約為 MRT 方案之 3.8 倍。
4. 從 2021 年到 2031 年,MRT 及 BRT 替選方案之效益呈現成長的趨勢,而
BRT 替選方案效益從 MRT 替選方案之 3.8 倍縮減為 2.6 倍,表示 BRT 替
選方案節能減碳效益與 MRT 替選方案差距減少。

表 5-27 替選方案未來年期燃油消耗量(單位:公秉)

	2007	2011	2014	2021	2031
零方案	4823.74	5037.27	5158.62	5680.84	6426.87
MRT 替選方案	4823.74	5037.27	5158.62	5668.09	6410.39
BRT 替選方案	4823.74	5037.27	5131.23	5639.02	6364.42

表 5-28 替選方案未來年期二氧化碳排放量(單位:噸)

	2007	2011	2014	2021	2031
零方案	12493.49	13046.53	13360.81	14713.37	16645.59
MRT 替選方案	12493.49	13046.53	13360.81	14680.36	16602.91
BRT 替選方案	12493.49	13046.53	13289.89	14605.05	16483.85

表 5-29 替選方案相對於零方案之節能減碳效益

		2007	2011	2014	2021	2031
MRT 替選方案	油耗量 (公秉/年)	0	0	0	4,654	6,016
	二氧化碳排 放量(噸/年)	0	0	0	12,049	22,795
BRT 替選方案	油耗量 (公秉/年)	0	0	9855	15,265	15,581

	二氧化碳排放量(噸/年)	0	0	25,886	39,537	59,037
--	--------------	---	---	--------	--------	--------

並整理燃油消耗量、二氧化碳排放量與總旅次數在未來年期相較於基年之增加比例如表 5- 30，可以發現其增加比例受總旅次成長甚鉅，受大眾捷運路網長度影響甚小：

1. BRT 替選方案三階路網於 2014 年通車，其油耗量、二氧化碳排放量增加比例僅較零方案和 MRT 替選方案減少 0.57%。
2. 2021 年 MRT 替選方案三階路網通車，油耗量、二氧化碳排放量增加比例較零方案減少 0.37%，BRT 替選方案較零方案少 0.87%。
3. 2031 年，MRT 替選方案油耗量、二氧化碳排放量增加比例較零方案少 0.34%，BRT 替選方案較零方案少 1.29%。
4. MRT 替選方案從 2021 到 2031 年，相較於零方案之增加比例下降量逐年期減少；而 BRT 替選方案從 2014 到 2031 年，則呈現先減後增之趨勢，且其下降量皆大於 MRT 替選方案。
5. 雖然 MRT 與 BRT 替選方案之油耗量、二氧化碳排放量增加比例在未來年期皆較零方案為低，但由圖圖 5-9 可知，三方案成長之趨勢無明顯的差別，大致上都是隨總旅次數成長而上升。

表 5- 30 替選方案油耗量、二氧化碳排放量增加比例(相較於基年)

	2007	2011	2014	2021	2031
總旅次增加比例	100.00%	111.59%	116.97%	129.19%	146.65%
零方案	100.00%	104.43%	106.94%	117.77%	133.23%
MRT 替選方案	100.00%	104.43%	106.94%	117.50%	132.89%
BRT 替選方案	100.00%	104.43%	106.37%	116.90%	131.94%

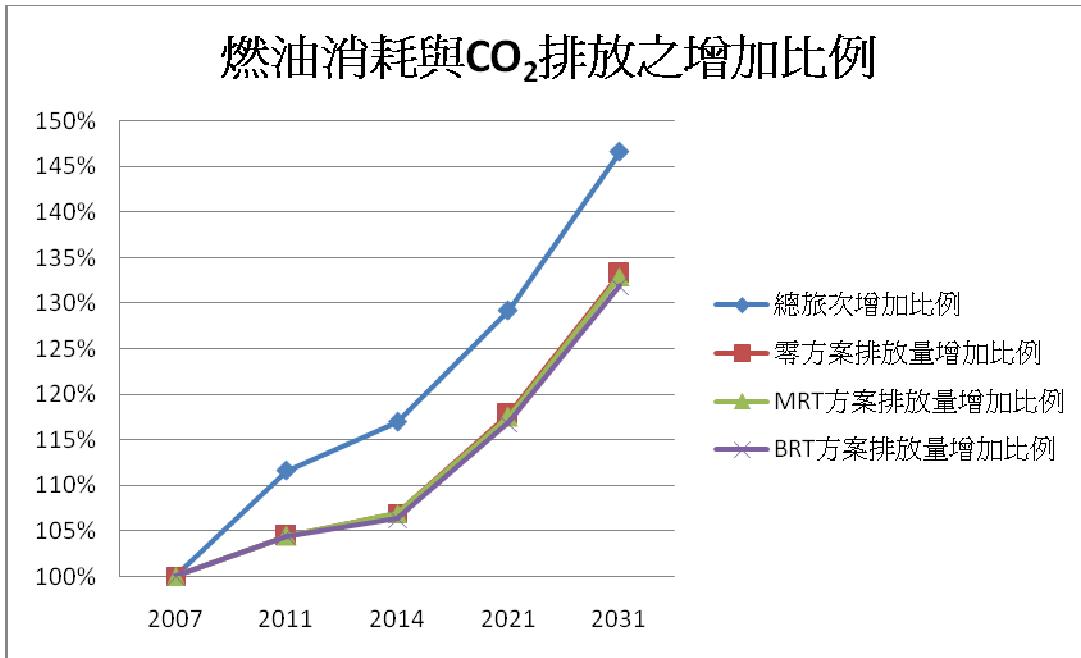


圖 5-9 燃油消耗與 CO₂ 排放之增加比例(相較於基年)

由以上之分析可知，BRT 替選方案在未來年期的具有燃油消耗量節省以及二氧化碳排放量減少之優勢，但比較替選方案未來年期油耗及二氧化碳排放量之成長趨勢，BRT 替選方案並無趨緩的現象，比較台北都會區各種運輸工具燃油消耗當量，小客車之燃油消耗當量為其他運輸工具之 3~12 倍，替選方案中，小客車旅次之燃油消耗量佔總消耗量之 60% 以上，捷運路線之通車對小汽車之抑制能力不足，即使轉移部分私人運具旅次至大眾運輸，仍無法使成長比例趨緩，因此在環境永續之觀點，除了選擇節能減碳效益較佳的替選方案外，亦應重視替選方案與管理手段之整合，例如致力於抑制小客車旅次，相關的做法包含擁擠收費、隨油徵收燃料稅、小客車牌照稅等。

第六章 結論與建議

本研究以替選方案分析之觀念，以台北大眾捷運為對象，考慮 MRT 與 BRT 兩種系統，擬定了三個替選方案，將替選方案之大眾運輸路網和捷運系統之服務水準納入模式考量，進行旅次量、旅次總成本以及節能減碳效益之分析與評估，本章針對研究的過程及分析之結果，提出具體結論與建議。

6.1 結論

1. 本研究比較國內外興建大眾捷運之流程，美國聯邦大眾運輸署(Federal Transit Administration, FTA)投資重大交通建設之流程，必須對數個替選方案進行成本、效益、環境影響之分析，經聯邦大眾運輸署幾次審議後，才能進行細部之工程規劃；反觀台灣新興公共建設之流程，大眾捷運提案或經費審議等條文中，並未規定審議過程中須包含替選方案分析，大眾捷運系統之興建，皆是針對單一、已決定之方案作可行性研究，僅簡要說明選擇該系統的原因，缺乏客觀完整之替選方案分析，容易落入成本低估、運量高估及施工期延宕之通病。
2. 利用 2007 年台北捷運之運量統計，以及過去家訪調查得到之台北都會區運具使用比例，對模式基年的預測資料進行驗証，證明本研究所建構之模式對台北都會區之旅次量與運具分配比例具有足夠的解釋能力。
3. 根據方案預測之結果，BRT 替選方案在最終目標年(2031 年)之大眾運輸使用率最高(47.29%)，其次為 MRT 替選方案(44.84%)，零方案最低(44.40%)；私人運具使用率以 BRT 最低(44.8%)，其次為 MRT 替選方案(47.22%)，零方案最高(47.61%)。因此 BRT 替選方案具有提高大眾運輸使用率及抑制私人運具之優勢。

4. MRT 替選方案 2021 年三階路網通車每公里路網可帶來 0.11% 運具使用比例之增量，而 BRT 替選方案中，2014 年三階路網通車每公里路網可帶來 0.13% 運具使用比例之增量，皆小於 2011 年二階捷運路網通車之 0.16%，兩方案路網邊際效益皆遞減，但 BRT 替選方案之路網邊際效益高於 MRT 替選方案，且對三階路網投入之成本為 MRT 替選方案之 0.01 倍，因此 BRT 替選方案具有路網邊際效益及成本上之優勢。
5. BRT 替選方案採用平面公車專用道路，僅在路口或是本來只有單向一車道的路段採用混合車流，減少私人運具可使用之車道數，服務水準降低，使私人運具旅次轉移至大眾運輸或副大眾運輸。2021 與 2031 年，BRT 替選方案為三方案中，小客車使用比例低於公車之唯一方案。
6. 2014 年，BRT 替選方案相較於零方案與 MRT 替選方案之日效益為 0.25 億(年效益 93 億)；2021 年，BRT 相較於零方案之日效益為 0.27 億(年效益 98 億)，相較於 MRT 替選方案之日效益為 0.35 億(年效益 128 億)；2031 年，BRT 相較於兩方案之日效益為 0.29 億(年效益 106 億)。因此 BRT 替選方案具有旅次總成本之優勢，其次為零方案，而 MRT 替選方案由於投入龐大的資金興建軌道捷運系統，使基礎設施成本大幅增加，造成其效益不如零方案。
7. 2031 年，相較於零方案，MRT 替選方案每日節省 16.48 公秉油耗量(年節省 6016 公秉)，減少 42.68 噸(年減少 22795 噸)二氧化碳排放量；BRT 替選方案每日節省 62.45 公秉油耗量(年節省 15581 公秉)，減少 161.72 噸二氧化碳排放量(年減少 59037 噸)。BRT 替選方案之效益約為 MRT 替選方案之 3.8 倍。因此 BRT 替選方案具有節能減碳之效益。
8. 從 2021 年到 2031 年，MRT 及 BRT 替選方案之效益呈現成長的趨勢，而 BRT 替選方案效益從 MRT 替選方案之 3.8 倍縮減為 2.6 倍，表示 BRT 替選方案節能減碳效益與 MRT 替選方案差距減少。

9. 三個替選方案燃油消耗量、二氧化碳排放量，在未來年期之成長趨勢無明顯差別，大致上都是隨總旅次數成長而上升，受大眾捷運路網之影響較小，此乃由於小客車每旅次之燃油消耗當量為其他運輸工具之 3~12 倍，即使新建大眾捷運轉移部分私人運具旅次至大眾運輸，仍無法使成長比例趨緩。
10. 由於公車與捷運的服務路線重疊，被使用者視為替代運具，且私人運具便利性高，未負擔許多外部成本，一般化成本偏低，因此替選方案中，相較於私人運具，公車的運具使用比例因捷運通車受到之衝擊最大，因此政府在未來政策制定上，除了應致力於大眾運輸路線整合外，更應使私人運具使用者付出合理之代價，除了提升社會公平性，更有助於都市大眾運輸之發展。

6.2 建議

- 
1. 台北都會區整體運輸規劃模式(Department of Transportation System Version I, DOTS I)中，未來年期之運量預測作業為獨立的，並未受到過去年期之影響，而 BRT 替選方案較 MRT 替選方案提早 7 年完成整體路網，依據運輸規劃理論，可提早改變私人運具使用者的習慣、培養大眾運輸運量，得到額外的效益，但受限於現有分析工具與理論模式，並無法反應此效益。因此，建議未來有必要針對運輸系統在時間上的演變對於旅運行為之影響進行探討，或建立一套方法對模式預測結果進行修正。
 2. 本研究在計算總次總成本、燃油消耗量及二氧化碳排放量時，是以郭瑜堅(2007)對台北地區旅次總成本之實證為基礎，於未來年期各種運輸工具之平均旅次長度皆固定，然而未來年期隨著旅行者特性、土地使用型態、大眾運輸路網等改變，各種運輸工具之平均旅次長度亦會隨之改變，本研究未能反應這些改變，建議未來相關研究可對此進行深入之探討。

3. 對於 BRT 系統營運期間的交通衝擊，本研究僅考慮車道縮減對私人運具的影響，然 BRT 系統之營運時常配合優先號誌以提高營運速率，這部分本研究未納入模式考慮。建議後續研究對 BRT 系統在營運期間之交通衝擊作進一步的研究，如號誌路口、停等超越等影響。
4. 本研究進行替選方案分析時，著重在替選方案之運量預測，並在此基礎上計算總次總成本、燃油消耗量及二氧化碳排放量，對工程可行性未多加著墨。建議未來可對規劃路廊之道路狀況做深入的探討，發揮公車捷運系統工程上的彈性，設計適合於台北都會區營運之 BRT 系統。
5. 本研究所設定之替選方案，皆為興建大眾捷運系統(MRT 或 BRT)，建議未來可在方案中加入抑制小汽車之管理手段，如擁擠收費、隨油徵收燃料稅等，配合大眾運輸之興建作評估分析，使大眾捷運系統得以配合政策之輔助，發揮最大的效能。
6. 未來台灣地區欲興建大眾捷運時，可應用本研究之分析流程，BRT 系統特性亦可參照本研究設定原則，依各城市地區之營運速率、班距、站距與票價等參數，進行系統別的替選方案分析。

參考文獻

中文部分：

1. 郭瑜堅(2007)，旅次總成本導向之都市運輸政策評估方法，國立台灣大學土木工程學研究所博士論文。
2. 張學孔、郭瑜堅(2007)，「都市旅次總成本模式構建之研究」，運輸計劃季刊，第三十六卷，第二期，頁 147-182。
3. 陳璟慧(2007)，大眾捷運系統經濟財務永續政策績效分析，國立台灣大學土木工程學研究所碩士論文。
4. 亞聯工程顧問公司(1997)，台北都會區整體運輸系統發展分析及規劃模式之建立與應用，台北市政府交通局委託專題研究報告。
5. 鼎漢國際工程管理顧問股份有限公司，(2003)，台北都會區整體運輸規劃之研究(二)，台北市政府交通局委託。
6. 台北市政府捷運工程局網頁(2009)，網址：
<http://www.dorts.gov.tw/home/home.asp>(最後瀏覽：2009.6.17)
7. 台北捷運公司網頁(2009)，網址：<http://www.trtc.com.tw/c/>(最後瀏覽：2009.6.10)
8. 張學孔等人(2008)，高鐵嘉義站聯外 BRT 執行方案之檢討與建議-我國推動公車捷運系統策略與規範之研究，台大嚴慶工業研究中心。
9. 蔡奇宏(2008)，台北捷運系統成本函數及經濟特性之研究，國立台灣大學土木工程學研究所碩士論文。
10. 潘大威等人(2005)，公車捷運化設計手冊之研究，交通部委託鼎漢國際顧問公司辦理專題研究報告。
11. 鄭永忠(2003)，公車捷運系統發展策略之研究，國立台灣大學土木所碩士論文。
12. 張學孔、呂英志(2008)，大眾運輸導向發展下運輸系統技術方案適用性之比較研究，都市與計畫季刊，第三十六卷，第一期，頁 51-79。
13. 張志榮，都市捷運發展與應用，胡氏圖書出版社。
14. 張志榮，都市捷運：規劃與設計，三民書局。
15. 張有恆、蘇昭旭，現代軌道運輸，人人圖書出版社。
16. 輕型大眾運輸系統實務講習會會議資料，交通部高速鐵路工程局，2008 年。
17. 陳一昌等(1998)，運輸部門能源使用及二氧化碳排放減量策略之規劃，交通部運輸研究所。
18. 吳家慶、林正(2007)，「北京市南中軸路快速公交運營效果分析」，城市交通，第 4 期，頁 76-80。
19. 北京暢達通客運股份有限公司(2006)，北京 BRT 建設與發展，宇恆可持續交通研究中心。
20. 北京市統計局(2004、2007)，「地方年度統計公報」。取自：國家統計局網站

<http://www.stats.gov.cn/>(最後瀏覽：2008.1.26)。

21. 北京市政府(2007)，「北京優先發展公共交通新聞發佈會」。取自：首都之窗 <http://www.beijing.gov.cn/>(最後瀏覽：2008.1.27)
22. 宇恆可持續交通研究中心(2006)，「北京快速公交 1 號線圖集 2」。取自宇恆中心網站：http://www.chinastc.org/DownLoad_cn.asp?class=研究成果(最後點閱日期：2008/1/27)。
23. 徐康明(2003)，邁阿密快速公交系統。取自中國快速公交網站：<http://www.brtchina.org/ReportC/miami.htm> (2008/1/22)。
24. 徐康明譯(2003)，波哥大公車捷運系統之收支平衡，APTA News Letter By George G. Wynne.
25. 潘大威、張學孔、鍾慧諭、陳柏君(2004)，「公車捷運系統本土化之探討」，都市交通，第 19 卷，第 2 期，頁 68-85。
26. 戴煒(2005)，「BRT 技術成功運用的範例——波哥大城市交通掠影」，出自廣州交通規劃研究所: <http://www.gztpri.com/temp/web/index03-2.html>(2008/1/23)
27. 林正、吳家慶(2007)，「北京南中軸路快速公交實施效果」，交通運輸系統工程與資訊，第 4 期，頁 137-142。
28. 林志勳(2006)，整合智慧運輸技術於公車捷運系統之研究，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文
29. 黎林峰(2007)，「北京 BRT 建成與發展—訪北京暢達通客運股份有限公司副總經理閔雅彬」，中國建設信息，2007 年 01 期，頁 31-33。
30. 陳燕凌、郭繼孚、徐康明(2004)，「北京大容量快速公交系統的發展思路和初步行動」，城市交通，第 2 期，頁 25-28。
31. 趙傑(2005)，中國快速公交發展問題及政策研究，能源基金會委託中國城市規劃設計研究院研究。
32. 解建華、徐康明等(2007)，北京快速公交和地鐵的換乘方便性對比分析，宇恆可持續交通研究中心。
33. 解建華、徐康明(2006)，北京快速公交乘客登降速度調查研究，宇恆可持續交通研究中心。
34. 閔雅彬(2006)，「北京 BRT 的建設與發展」，城市車輛，第 6 期，頁 26-27。
35. 羅仕倫(2007)，台中市 BRT 公車捷運系統路網規劃之研究，逢甲大學都市計畫所碩士論文
36. 鼎漢國際工程顧問公司(2005)，公車捷運化設計手冊之研究(1/2)BRT 發展探討，交通部委託研究。
37. 輕型大眾運輸系統實務講習會會議資料，交通部高速鐵路工程局，2008 年。
38. 胡湘麟，高速鐵路及聯外公路簡報資料，高速鐵路工程局，2008 年。

英文部分：

1. TRL(2004),The demand for public transport: a practical guide
2. L. Wright, W. Hook(2007), Bus Rapid Transit Planning Guide, published by ITDP, June
3. TCRP (2008), Bus Rapid Transit practitioner's Guide.
4. FTA (2004), Characteristic of Bus Rapid Transit for Decision-Making.
5. World Bank (2008), A.A. Guidelines in Beijing.
6. FTA (2005), Framework of Alternatives Analysis.
7. M. Baltes et al. (2003), South Miami-Dade Busway System Summary, Federal Transit Administration.
8. Bus Operation Subcommittee (2006), Agenda from Los Angeles County Metropolitan Transportation Authority.
9. Lisa Callaghan/William Vincent (2007), "Preliminary Evaluation of the Metro Orange Line Bus Rapid Transit Project", The Breakthrough Technologies Institute.
10. S.K. Chang and J. Sun(2004), Progress and Prospect of BRT in Taiwan, Technical Report, National Taiwan University.
11. Case Study Miami, from Federal Transit Administration:
http://www.fta.dot.gov/assistance/technology/research_4373.html (2006/8/15).
12. Gephart (2006), Metro Rapid Program Manager's presentation on April 2006
13. Gerhard Menckhoff (2005) , "Latin America Experience in BRT" , Annual Meeting – Institute of Transportation Engineers Melbourn
14. Herbert Levinson et al.(2003), Bus Rapid Transit Volume 1: Case Studies in Bus Rapid Transit, Transit cooperative research program, Report 90, TRB.
15. Herbert Levinson et al.(2003), Bus Rapid Transit Volume 2: Implementation Guidelines, Transit cooperative research program, Report 90, TRB.
16. Los Angeles County Metropolitan Transportation Authority (2008), from:
<http://www.metro.net/> (2008/1/27)
17. Alan Hoffman(2008)," Advanced Network Planning for Bus Rapid Transit: The "Quickway" Model as a Modal Alternative to "Light Rail Lite""", U.S. Department of transportation.
18. Los Angeles Metro (2006), from: <http://www.mta.net/press/pressroom/facts.htm> (2006/6/27)
19. Orange Line Interactive (2008), from:
http://www.metro.net/projects_programs/orangeline/images/ol_interactive.htm (2008/1/27)
20. South Miami-Dade Busway (Miami), from: The Bus Rapid Transit Policy Center

<http://www.gobrt.org/db/project.php?id=219> (2008/1/3).

21. The Transit Coalition (2007), “Historical Metro Gold Line Boardings”, from:
[\(2007/3/30\)](http://thetransitcoalition.us/Metro%20Ridership.htm)
22. Transportation Management & Design, Inc.(2002), Los Angeles Metro Rapid Demonstration Program, Final Report, FTA, US DOT.
23. Transmilenio(bogota), from The Bus Rapid Transit Policy Center:
<http://www.gobrt.org/db/project.php?id=219> (2008/1/23)
24. Transmilenio (2008), from:<http://www.transmilenio.gov.co>

