

國立臺灣大學工學院土木工程學系

博士論文

Department of Civil Engineering

College of Engineering

National Taiwan University

Doctoral Dissertation

公車捷運系統發展策略與技術應用之研究

Development Strategies and Technology Application of
Bus Rapid Transit System



Ying-Chih Lu

指導教授：張學孔 博士

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

中華民國 98 年 7 月

July, 2009



國立臺灣大學博士學位論文
口試委員會審定書

公車捷運系統發展策略與技術應用之研究

Development Strategies and Technology
Application of Bus Rapid Transit System

本論文係呂英志 (D91521002) 在國立臺灣大學土木工程學系博士班完成之博士學位論文，於民國 98 年 7 月 13 日承下列考試委員審查通過及口試及格，特此證明

口試委員：

張學孔

(指導教授)

陳武正

馮正庚

陳毅堯

蕭壽昆

張貴賢

魏健宏

張國鎮

系主任



誌謝

本論文得以完成，首先要感謝對學生悉心指導的張學孔博士，從最初 BRT 的概念、研究的構想、資料蒐集與彙整、乃至問題的解析及論文內容修改上，均蒙恩師的細心指導；而張老師在研究與實務上堅持的態度，也為學生在研究及待人處事立下典範，尤其更要感謝老師這麼多年來對學生生活及課業上的關懷與照顧。

論文審查與口試期間，承蒙陳武正博士、曹壽民博士、馮正民博士、張堂賢博士、陳敦基博士、魏健宏博士在百忙之中撥空對學生論文架構的觀念與細部寶貴的建議，使得論文內容更臻完備，特此感謝。同時也要感謝本系龍天立博士、周義華教授、周家蓓博士、許添本博士、賴勇成博士及榮退的羅永光博士多年來的鼓勵及給我充實的專業學識與指導。更感謝多年來國內外產、官、學、研各界先進在各種場合給我的指教與鼓勵。

這本論文的完成過程主要來自多年來周遊列國的實地訪查與研究討論，過程中感謝 BRT 研究團隊夥伴的陪伴與協助：昱達、奇軒、世忠、千山、志勳、韋伶、浩華、亭元、家豪、倍瑜、芝旭、沛儒、紀凱、美夙，謝謝你們!!，也感謝負責交通組務的陳思文小姐及邱德霖先生，協助我解決很多棘手的行政程序與生活瑣事。

多年來陪伴我的好友們，謝謝你們容忍我這幾年來的失約，欠你們的，我一定會還，放心!!。

最後，謹以此篇論文獻給我最深愛的父母與家人，雖然父母親年事已高，但仍全力支持我繼續唸書，使我無後顧之憂，身為人子更覺惶恐與感激。感謝這麼多人，讓我覺得自己是一個幸運的人，因為有這麼多人在幫助我，謝謝!!



摘要

公車捷運系統(Bus Rapid Transit, BRT)係整合軌道運輸服務品質與公共汽車營運彈，應用專用路權、優先號誌、智慧運輸技術、乾淨能源車輛、電子收費、行銷策略等方法或功能設計，以有效改善公共汽車營運之可靠度及服務品質，同時基於工期短與建設經費較低之優勢，BRT 經過完整的規劃與設計能夠儘速形成大眾運輸路網並落實大眾運輸導向之都市發展策略(Transit Oriented Development, TOD)。檢視現有規劃方法與大眾運輸發展政策，BRT 在理論與實務上仍較缺乏系統性的評估分析與相關規劃設計準則，因此在大眾運輸系統規劃與政策評估過程中，常引發 BRT 在服務功能與系統設計之相關討論與爭議。為使各城市在發展 BRT 時能界定所需之發展策略及規劃適合的 BRT 技術應用，本研究針對 BRT 發展策略與技術應用面進行剖析。首先，本研究透過文獻收集與實地查訪全球發展 BRT 著名的城市進行案例分析，以系統性分類與評估方法歸納出各類型 BRT 發展策略，期能達到 TOD 政策目標。在技術應用選擇方面，因應 BRT 系統的建設與營運彈性，本研究建立 BRT 技術選擇評估架構，藉由營運績效及系統建置成本的整合評估，評選出適當的 BRT 技術組合。本研究結果可提供規劃決策者在訂定 BRT 發展策略以及選用適當技術之參考。

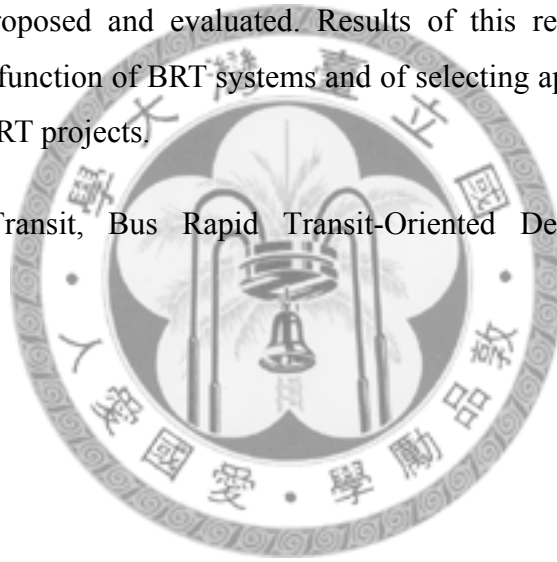
關鍵詞：大眾捷運系統，公車捷運系統、公車捷運導向之都市發展策略，方案評估分析



ABSTRACT

Bus Rapid Transit (BRT) system integrates efficiency of rail transport and flexibility of bus transport to achieve fast, convenient, comfortable, and low pollution goals. Due to features of comparatively low cost and short construction period, a well planned and designed BRT network can also help of implementing the Transit-Oriented Development (TOD) policy, which has been recognized as an essential policy in land use planning and urban development for achieving sustainability. This study explores how various strategies and technology application for BRT to attain TOD. First, various BRT systems in representative cities are then compiled and compared based on literature review and field survey. Strategies and technologies of applying BRT for TOD planning are then proposed and evaluated. Results of this research should help of defining the role and function of BRT systems and of selecting appropriate technologies for development of BRT projects.

Keywords: Rapid Transit, Bus Rapid Transit-Oriented Development (BRTOD), Alternatives Analysis

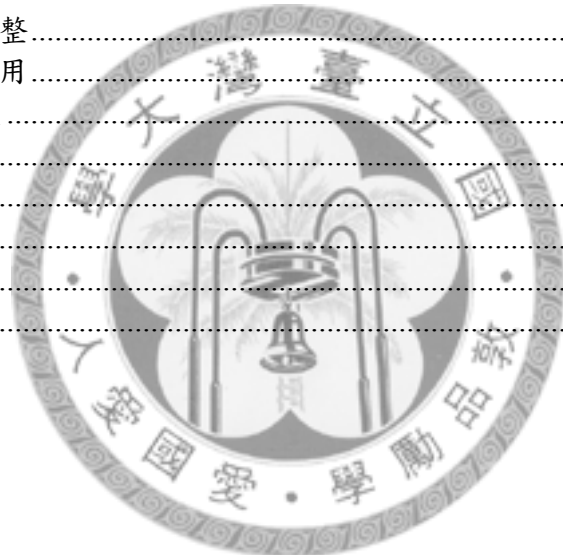




目錄

誌謝	i
摘要	iii
ABSTRACT	v
目錄	vii
圖目錄	ix
表目錄	xiii
第一章 緒論	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究範圍	2
1.4 研究內容與流程	3
第二章 BRT 特性與文獻評析	5
2.1 BRT 定義及發展背景	5
2.1.1 BRT 定義	5
2.1.2 BRT 規劃動機	7
2.1.3 規劃理念	8
2.1.4 發展歷程	10
2.2 BRT 特性	12
2.2.1 BRT 系統之特性	12
2.2.2 BRT 系統與傳統公車之比較	13
2.3 BRT 文獻評析	15
2.3.1 BRT 參考手冊	15
2.3.1 BRT 相關研究	18
2.4 全球 BRT 發展經驗現況	20
2.5 BRT 國內現況比較	23
2.5.1 台北市公車專用道	23
2.5.2 嘉義 BRT 系統	28
2.5.3 國內 BRT 之初步檢討分析	32
第三章 BRT 系統特性與績效分析	35
3.1 BRT 特性及績效分析	35
3.2 案例分析	46
3.2.1 邁阿密	47
3.2.2 洛杉磯	55
3.2.3 北京	69
3.2.4 波哥大	90
3.2.5 常州	101
3.3 綜合討論	106
第四章 BRT 發展策略	109
4.1 TOD 發展特性與都市大眾運輸	109
4.2 BRTOD 案例分析	120

4.2.1 巴西 Curitiba：以公車捷運為導向之 BRTOD 模式.....	120
4.2.2 中國北京：MRT+BRTOD 模式.....	124
4.2.3 加拿大渥太華(Ottawa)：由 LRTOD 改為 BRTOD 模式.....	126
4.3 BRTOD 效益評估.....	129
4.3 綜合評析.....	133
第五章 發展策略與技術選擇之評估.....	135
5.1 BRT 技術選擇與系統績效.....	135
5.2 ITS 技術應用於 BRT 系統之選擇.....	149
5.3 BRT 發展策略與技術選擇架構.....	189
5.4 綜合分析.....	200
第六章 結論與建議.....	203
6.1 具體貢獻.....	203
6.2 結論.....	204
6.2 建議.....	207
參考文獻.....	209
附錄一 BRT 案例彙整.....	217
附錄二 BRT 技術應用.....	233
2.1 公車專用道.....	233
2.2 車站.....	238
2.3 車輛.....	246
2.4 導引.....	253
2.5 票證系統.....	258
2.6 ITS 技術.....	269



圖目錄

圖 1.4-1 研究流程圖	4
圖 2.5-1 台北市公車專用道路線圖	24
圖 2.5-2 嘉義 BRT 系統路線圖	29
圖 2.5-3 嘉義 BRT 公車捷運專用車道設置狀況	29
圖 2.5-4 嘉義 BRT 系統所使用之低底盤公車	30
圖 2.5-5 嘉義 BRT 低底盤公車車內空間與設施	30
圖 2.5-6 嘉義 BRT 系統所使用之一般公車	30
圖 3.1-1 各城市 BRT 系統開始年期與路網長度	37
圖 3.1-2 各城市 BRT 系統旅次量比較圖	38
圖 3.1-3 各城市 BRT 系統旅次量/人口數比較圖	38
圖 3.1-4 各城市 BRT 系統旅次量比較圖	39
圖 3.1-5 各城市 BRT 系統尖峰營運速率比較圖	40
圖 3.1-6 營運生產力—各城市 BRT 系統每車公里搭乘人數比較圖	41
圖 3.1-7 投資生產力—各城市 BRT 系統每車每日搭乘人數比較圖	41
圖 3.1-8 各城市 BRT 系統成本比較圖	42
圖 3.1-9 各城市 BRT 系統費率比較圖	43
圖 3.1-10 各城市 BRT 營運速率與尖峰小時旅次數比較圖	44
圖 3.1-11 BRT 系統所在地區面積比較圖	45
圖 3.1-12 各 BRT 系統所在地區人口比較圖	45
圖 3.1-13 各 BRT 系統所在地區人口密度比較圖	46
圖 3.2-1 South Miami-Dade Busway	49
圖 3.2-2 邁阿密 BRT 一般小型車站	51
圖 3.2-3 停靠區增設超車道	51
圖 3.2-4 邁阿密 BRT 使用車輛	51
圖 3.2-5 公車專用道於 US1 上之配置圖	52
圖 3.2-6 專用道上號誌	52
圖 3.2-7 專用道與 US1 上號誌整合	52
圖 3.2-8 洛杉磯運輸系統現況圖	56
圖 3.2-9 洛杉磯第一期示範計畫路線圖	59
圖 3.2-10 The Metro Rapid Program 計畫路線圖	60
圖 3.2-11 橘線路線圖	61
圖 3.2-12 地鐵紅線、輕軌金線與 BRT 橘線圖	62
圖 3.2-13 橘線車站示意圖	62
圖 3.2-14 路段專用與路口混合方式車道圖	63
圖 3.2-15 橘線使用之車輛	64
圖 3.2-16 車頭自行車架圖	64
圖 3.2-17 電子自動售票機	65
圖 3.2-18 電子票證機	65
圖 3.2-19 車上及車站資訊系統	65
圖 3.2-20 南中軸 BRT 的規劃路線	71

圖 3.2-21	北京 BRT 遠程環狀放射狀路網圖	73
圖 3.2-22	北京南中軸 BRT 現有路網圖	74
圖 3.2-23	北京南中軸 BRT 區間車形式	74
圖 3.2-24	中央島式站台	76
圖 3.2-25	中央島式站台俯視圖	76
圖 3.2-26	中央側式站台	76
圖 3.2-27	中央側式站台俯視圖	76
圖 3.2-28	半高式站台	77
圖 3.2-29	站台車門等高上下車	77
圖 3.2-30	站內售票收費亭	77
圖 3.2-31	站內售票收費	77
圖 3.2-32	站台防護設施	77
圖 3.2-33	感應式月台門	77
圖 3.2-34	島式站台候車秩序	78
圖 3.2-35	行人天橋	78
圖 3.2-36	北京南中軸 BRT 之封閉性	78
圖 3.2-37	前門-天壇段混合車道	79
圖 3.2-38	天壇-永定門公車專用車道	79
圖 3.2-39	永定門-三營門公車專用車道	80
圖 3.2-40	三營門-東高地公車專用道	80
圖 3.2-41	車輛外觀	81
圖 3.2-42	車輛內部	81
圖 3.2-43	無障礙設施	82
圖 3.2-44	站內售票收費亭	82
圖 3.2-45	BRT 專用號誌	83
圖 3.2-46	電子站牌	83
圖 3.2-47	車站資訊服務系統	83
圖 3.2-48	前門站轉乘圖	84
圖 3.2-49	立體轉乘俯視圖	84
圖 3.2-50	立體轉乘側視圖	84
圖 3.2-51	波哥大市區道路狀況	91
圖 3.2-52	波哥大 BRT 規劃路線	93
圖 3.2-53	與站台同高之車門	94
圖 3.2-54	波哥大 BRT 站台狀況	94
圖 3.2-55	波哥大 BRT 車道佈設狀況	95
圖 3.2-56	波哥大 BRT 主線公車	96
圖 3.2-57	波哥大 BRT 支線公車	96
圖 3.2-58	波哥大 BRT 中央行控中心監控室	97
圖 3.2-59	波哥大 BRT 系統收費閘門	98
圖 3.2-60	波哥大自行車路網	99
圖 3.2-61	常州市 BRT 路網規劃	103
圖 3.2-62	常州 BRT 專用道與車站	104
圖 3.2-63	其他交通方式移轉為 BRT 的乘客比例	106
圖 4.2-1	巴西 Curitiba 之公車路網發展	121

圖 4.2-2 巴西 Curitiba 之 TOD 發展示意圖	124
圖 4.2-3 北京地鐵 2 號線出口與 BRT 轉乘標示	125
圖 4.2-4 渥太華之多核心發展與 BRT 路線	127
圖 4.3-1 MRT 與 BRT 各年期 CO ₂ 排放量	131
圖 4.3-2 MRT 與 BRT 各年期燃油消耗量	132
圖 6.1-1 渥太華 BRT 與 LRT 路網圖	147
圖 6.1-1 BRT 發展策略示意圖	148
圖 5.2-1 乘客群體評估架構	158
圖 5.2-2 公車業者群體評估架構	161
圖 5.2-3 交管單位群體評估架構	162
圖 5.2-4 ITS 技術應用於 BRT 系統整體評估架構	164
圖 5.2-5 ITS 應用於 BRT 專家系統操作流程	186
圖 5.3-1 BRT 技術應用與方案選擇	190





表目錄

表 2.4-1 世界各國 BRT 系統發展現況.....	22
表 2.4-2 中國北京與常州 BRT 系統比較.....	23
表 2.5-1 台北市公車專用道實施現況.....	25
表 2.5-2 嘉義 BRT 系統營運時間推估表.....	31
表 2.5-3 嘉義 BRT 系統沿線路段配置型式.....	31
表 2.5-4 嘉義 BRT 系統台設計型式.....	32
表 2.5-5 BRT 常見之規劃錯誤及國內 BRT 之比較.....	33
表 3.2-1 邁阿密 BRT 系統所帶來之成本節省.....	48
表 3.2-2 BRT 系統各階段工程.....	49
表 3.2-3 載客成長率之績效.....	54
表 3.2-4 其他效益分析.....	54
表 3.2-5 BRT 特性比較表.....	59
表 3.2-6 LA 第二期計畫替選方案表.....	60
表 3.2-7 BRT 橋線與輕軌金線旅次比較表.....	67
表 3.2-8 BRT 橋線旅行時間與平均速率表.....	67
表 3.2-9 BRT 橋線成本細目表.....	68
表 3.2-10 BRT 橋線與輕軌金線場站成本比較表.....	68
表 3.2-11 BRT 橋線與輕軌金線營運成本比較表.....	69
表 3.2-12 地鐵、輕軌與 BRT 之比較.....	75
表 3.2-13 南中軸路線整合方案.....	88
表 3.2-14 一般車輛與 BRT 車輛的速率比較 單位：km/h.....	88
表 3.2-15 BRT 建置前後路段交通量變化表.....	88
表 3.2-16 TransMilenio 系統績效分析.....	100
表 3.2-17 TransMilenio 系統預估運量.....	100
表 3.2-18 TransMilenio 系統優缺點比較.....	101
表 3.2-19 常州市 BRT 路網規劃方案.....	103
表 3.2-20 常州 BRT 一號線營運績效.....	105
表 4.1-1 都市大眾運輸系統特性比較.....	116
表 4.1-2 都市大眾運輸系統績效比較.....	116
表 4.1-3 以 BRT 為主要運輸骨幹之都市.....	117
表 4.1-4 以 BRT 聯接通勤走廊.....	118
表 4.1-5 以 BRT 作為軌道運輸延伸線補充或過渡系統.....	118
表 4.1-6 以 BRT 改善都市環境.....	119
表 4.2-1 巴西各都市之大眾運輸服務績效比較.....	122
表 4.3-1 以 BRTOD 情境之溫室氣體效益.....	130
表 4.3-2 MRT 與 BRT 模式之二氧化碳排放量比較.....	131
表 4.3-3 MRT 與 BRT 模式之燃油消耗量比較.....	132
表 5.1-1 BRT 為主要運輸系統之特性比較.....	138
表 5.1-2 BRT 作為連接都市運輸走廊之系統特性比較.....	140
表 5.1-3 BRT 作為軌道運輸延伸線補充或過渡系統之系統特性比較.....	143

表 5.1-4 BRT 作改善都市環境之系統特性比較.....	145
表 5.2-1 ITS 於 BRT 之服務功能.....	152
表 5.2-2 問卷調查與回收情形.....	165
表 5.2-3 乘客群體標的與準則權重值.....	167
表 5.2-4 乘客準則重要性排名及權重.....	167
表 5.2-2 乘客群體服務功能之權重分析.....	168
表 5.2-2 公車業者對於服務功能需求.....	170
表 5.2-2 公車業者準則重要性排名及權重.....	170
表 5.2-2 修正前公車業者功能需求權重表.....	171
表 5.2-2 修正後公車業者功能需求權重表.....	171
表 5.2-10 交管單位準則重要性排名.....	173
表 5.2-11 交管單位服務功能需求權重表.....	173
表 5.2-12 總目標下各目標之權重.....	174
表 5.2-13 各標的相對權重.....	174
表 5.2-14 總目標下各準則之相對重要性.....	175
表 5.2-15 總目標下各服務功能需求權重及排序.....	176
表 5.2-16 功能-技術轉換矩陣.....	178
表 5.2-17 服務功能項目.....	180
表 5.2-18 各項技術說明.....	181
表 5.2-19 技術相對實用性權重.....	183
表 6.2-20 技術分類情形.....	185
表 5.2-21 嘉義 BRT 服務功能統計.....	187
表 5.2-22 系統評估技術與規劃技術之比較.....	188
表 5.3-1 BRT 設計要素與吸引運量百分比.....	191
表 5.3-2 不同設計方式所影響之 BRT 吸引運量效果.....	191
表 5.3-3 常州 BRT 與嘉義 BRT 之比較.....	192
表 5.3-4 不同設計方式所影響之 BRT 吸引運量效果(情境一).....	193
表 5.3-5 運量分析(情境一).....	194
表 5.3-6 系統建置成本分析(情境一).....	195
表 5.3-7 不同設計方式所影響之 BRT 吸引旅次效果(基隆市).....	196
表 5.3-8 運量分析(基隆市).....	197
表 5.3-9 系統建置成本分析(高架式).....	199
表 5.3-10 系統建置成本分析(平面式).....	199
表 5.4-1 常州 BRT 發展模式於台灣適用性之建議.....	201
表 5.4-2 LA 橘線 BRT 發展模式於台灣適用性之建議.....	201

第一章 緒論

1.1 研究背景

永續發展(Sustainable Development)為近年來國際社會展望未來一個重要的願景策略，為達永續目標與配合大眾運輸導向發展(Transit-Oriented Development, TOD)的政策理念，使用大眾運輸系統解決交通與都市發展的問題已經成為世界的趨勢。大眾運輸系統中，公車系統最為普及使用，然而傳統公車之營運效率與服務品質常無法滿足民眾對運輸品質的要求。公車常因一般道路交通壅塞問題造成旅行時間延誤、路線彎繞、車輛老舊等問題，使得乘客不願意搭乘，而對公車需求降低、班次減少惡性循環的結果更使得公車班次持續減少、財務上無法更新車輛，並加深傳統公車不佳之形象。

公車捷運系統(Bus Rapid Transit, BRT)針對傳統公車的問題加以改善，結合專用路權、舒適的候車設施、智慧運輸技術、乾淨能源與大容量車輛、改良之收費系統、行銷策略等方法，有效改善公車旅行時間之可靠度及民眾對公車的形像觀感，並結合 TOD 土地發展策略，可以減少乘客至運輸場站的旅行距離及私人運具的使用並增加戶及戶(Door-to-Door)可及性，不僅保持了公車系統原有的彈性，也兼具了軌道運輸的可靠性與副大眾運輸系統的可及性。同時，由於 BRT 具有建設期短、成本低之特性，能在短期間內形成完整路網，發揮大眾運輸路網在環境與能源之具體效益，因而成為近十年來國際上如世界銀行(The World Bank)、國際能源機構(International Energy Agency, IEA)、亞洲開發銀行(Asian Development Bank, ADB)、亞洲城市清潔空氣行動組織(Clean Air Initiative for Asian Cities, CAI-Asia)、能源基金會(The Energy Foundation)、藍月基金會(Blue Moon Fund)等相關公部門與非政府組織(Non-governmental organizations, NGOs)所共同認同與推動的永續大眾運輸發展方向。

一般對於軌道型式的大眾捷運系統(Mass Rapid Transit, MRT)和輕軌捷運系統(Light Rail Transit, LRT)的規劃、設計、興建與營運管理，均已有相當成熟的規範

和準則，並已經累積多年實務經驗，但因軌道形式的大眾運輸系統需要龐大建設與維護經費，且無法在短期內形成路網形成大眾運輸服務的優勢快速解決民眾急迫需求之交通問題。因此具有工期短、費用低的 BRT 系統成為一項新的合理選擇。

由於 BRT 能依照其所服務的環境條件及需求量進行規劃、設計與管理，且具有因應未來環境及運量變動，逐步將設施升級的特性，而經過完整的規劃與設計的 BRT，更可達到軌道大眾運輸系統的服務品質。這種營運與建設的彈性雖然讓 BRT 系統相較於其他大眾運輸系統擁有相對優勢，但也使規劃推動 BRT 系統的相關單位難以進行評估選擇，同時也增加 BRT 系統設施設計之困難度。為使各城市在發展 BRT 時能界定所需之發展策略及規劃適合的 BRT 技術應用，在發展策略方面，本研究首先針對全球發展 BRT 系統著名的城市進行完整的案例分析，以系統性分類與評估方法歸納出各類型的 BRT 發展策略及對應之技術特性與營運績效。在技術應用選擇方面，因應 BRT 系統的建設與營運彈性，本研究則研擬出 BRT 技術選擇評估架構，藉由營運績效及系統建置成本的整合評估，評選出適當的 BRT 技術組合。評估結果將可提供規劃決策者在規劃 BRT 發展策略下選用適當技術應用之建議，以達到發展 BRT 的效果。

1.2 研究目的

基於上述動機與背景，本研究具體目的如下：

1. 分析國內外 BRT 系統之發展歷程與營運績效，並以個案分析方式探討在不同城市 BRT 之功能定位及系統技術特性，以研擬適合 BRT 發展之策略。
2. 以大眾運輸導向 TOD 之論點，比較 BRT 及其他大眾運輸運具型式之功能特性及績效表現，歸納出以 BRT 落實 TOD 政策之規劃策略。
3. 建立整合 BRT 技術應用與發展策略之評估架構，並發展 BRT-ITS 技術選擇架構，提供決策者在規劃 BRT 之參考基礎。

1.3 研究範圍

本研究之範圍為國內外規劃、興建及營運中的 BRT 系統。

1.4 研究內容與流程

根據前述之研究背景、目的及範圍，本研究之內容及流程，如圖 1.4-1 所示，分述如下：

1. 國內外 BRT 發展案例分析

(1) 功能定位與系統特性

本研究蒐集綜整國內外推動 BRT 之主客觀背景條件、推動動機、功能定位、發展經驗、發展現況及未來趨勢，並與國內現況比較。

(2) 設計要素及技術應用

根據 BRT 各項設計要素的組成，分析各種 BRT 系統組成要素所應用之技術及績效。

2. BRT 發展策略研究

本研究綜整分析 BRT 在各城市中之定位與發展，歸納出主要的 BRT 發展策略類型。

3. BRT 技術應用選擇架構

(1) 比較與歸納分析在不同 BRT 發展策略下，所應用之技術型式、營運績效及系統效益。

(2) 整合營運績效與系統建置成本評估模式，研擬 BRT 技術方案組合。

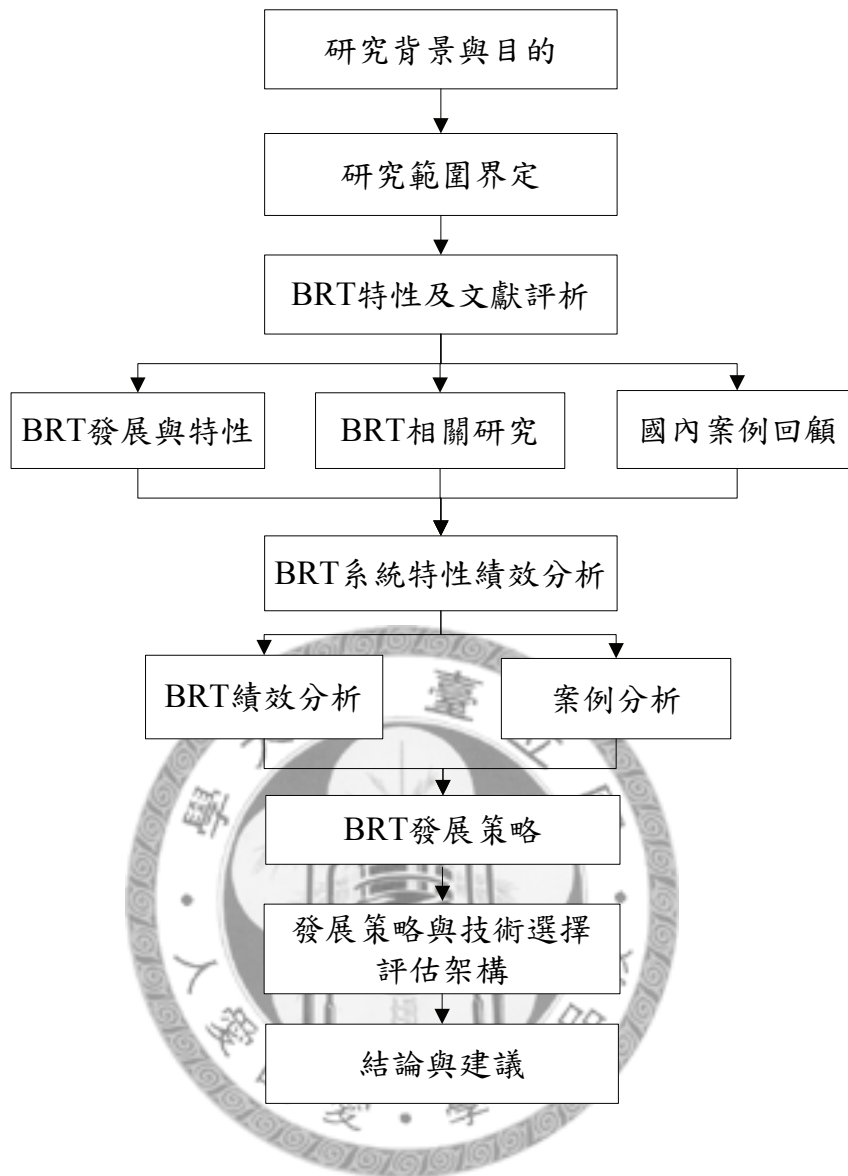


圖 1.4-1 研究流程圖

第二章 BRT 特性與文獻評析

本章說明 BRT 系統之定義、發展背景、功能定位、國際經驗以及國內相關系統發展情況；同時，基於 BRT 系統的規劃動機、規劃理念以及發展簡歷，再根據 BRT 系統的功能特性，本章亦歸納出 BRT 在都市運輸體系中的發展潛力與定位，最後彙整世界各城市 BRT 系統的發展概況，並回顧國內之台北市公車專用道與嘉義 BRT 系統發展現況。

2.1 BRT 定義及發展背景

2.1.1 BRT 定義

BRT 的原文是“Bus Rapid Transit”，在台灣稱為「公車捷運系統」，在中國則稱為「快速公交」，BRT 的概念近年來在全世界逐漸廣為應用，成為許多都市尋求具成本效益之大眾運輸解決方案，也由於部分城市 BRT 系統實施後所展現的良好成果，根據鄭永忠(2003)、濮大威等人(2004)、Chang(2008)以及近年來相關的研究與規劃報告，可將國內外 BRT 的相關定義與特性整理如下：

一、美國聯邦大眾運輸總署(Federal Transit Administration, FTA)之定義

BRT 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，結合使用智慧運輸技術、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，並且結合運輸導向之土地使用發展政策之運輸系統。

二、能源基金會(Energy Foundation)之定義

「公車捷運系統」係利用改良之公車車輛，營運在公共交通專用道路空間上，保持軌道交通的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。

三、美國大眾運輸合作研究計畫(Transit Cooperative Research Program, TCRP)之定

義

Levinson et al. (2003) 在其研究報告「TCRP Report90：Bus Rapid Transit Systems」中定義：「BRT 是一種彈性化、採用膠輪的快速交通工具，並結合車站、車輛、服務、車道與 ITS 等元素成為一個具備鮮明識別意象之整合的系統。其設計可迎合所服務的市場與實體環境，並可在一個多變的環境中逐步施行」。

四、國際運輸與發展政策中心(Institute for Transportation & Development Policy, ITDP)之定義

BRT 是以公車為基礎的高品質大眾運輸系統，提供快速運送、專有路權設施、高效率及顧客導向服務，具有軌道運輸營運績效特點的低成本都市運輸系統(Wright et al., 2007)。

五、Vuchic 教授於“Urban Transit Systems and Technology”專書中之定義

BRT 是一個整合專有路權、車輛專用設計、ITS 技術及高頻率且可靠服務的系統，BRT 的整合設計可比一般公車系統在營運上具有更高速率、高可靠度及高安全性(Vuchic, 2007)。

六、交通部「公車捷運化設計手冊之研究」之定義

「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(濮大威等人，2004)。

七、張有恆教授於「都市公共運輸」定義

「公車捷運化」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率(張有恆，2009)。

綜合上述文獻的定義，BRT 是一個整合了設施、服務、便利以及藉由改善速率、可靠度與軌道大眾運輸營運效率等更具親和力之整合型大眾運輸系統。在技

術應用層面，BRT 有時也被類比於膠輪式的都市捷運系統(Rubber-Tired Rapid Transit, RTRT)，但具備比捷運更大的營運彈性與較低的投資與營運成本。

在 Wright et al.(2007)於 ITDP 編輯的 2007 年版 BRT 規劃手冊(Bus Rapid Transit Planning Guide)將公車營運分為 Informal Transit Service(非正式大眾運輸)、Conventional Bus Service(一般公車)、Basic Busway(公車專用道路)、BRT-lite(準公車捷運)、BRT(公車捷運)、Full BRT(完全公車捷運)等不同階段型態。其中 Full BRT 應完整具備之軌道捷運服務品質、整合之路線與路網、封閉式車站、車外收費與驗票、密集班次及快速、現代化清潔能源車輛、鮮明一致之行銷、顧客至上等八大要素，而該研究亦將台北市公車專用道系統納入 BRT-lite(或稱 Pri-BRT)。

2.1.2 BRT 規劃動機

鼓勵大眾運輸系統之使用，並結合土地使用推動大眾運輸導向之都市發展(TOD)政策，已是解決交通與都市發展問題的必要方向。

TOD 概念之推動即在於創造便捷舒適、公平之大眾運輸服務路網，且結合都市設計手段以大眾運輸場站作為區域發展核心，創造場站及周圍地區高密度混合土地使用。目前多數 TOD 發展模式於運輸系統之應用方面，都將軌道系統視為較能有效落實 TOD 理念的運輸策略，然而這樣的觀念並非絕對正確，在都市大眾運輸體系之中，公車系統所運輸的旅客其實遠較其他系統如捷運、市區鐵路及其他副大眾運輸系統都還要高，但傳統公車之服務水準與品質時常為民眾所詬病，無法滿足民眾對行的品質的要求，因此在規劃建設新的大眾運輸系統時，常將公車系統屏除在外。

隨著科技的發展，大眾運輸系統的技術也跟著日新月異，BRT 改善了傳統公車系統服務水準低落的問題，提昇了公車服務之品質與效率，BRT 系統整合車道、車站、收費型式、車輛、服務及智慧運輸技術等元素，同時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，能以合理的成本快速地解決交通問題，而不會為地方政府或營運業者帶來財務上的負擔，並且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。此外，張學孔(2004)認為配合獎勵大眾運輸

與引進綠色公車等方式，BRT 系統可以落實「環境永續」(Environmental Sustainability)的願景，相較於其他大眾運輸系統，其低廉的興建成本使 BRT 系統在「經濟與財務永續」(Economic/Financial Sustainability)和「社會永續」(Social Sustainability)兩方面占有相對優勢，而較短的興建時程與較大的擴建彈性等特性，更讓 BRT 系統能夠達成「政策與制度永續」(Governance Sustainability)，因此近年來 BRT 系統成為具有相當競爭力的大眾運輸系統且受到政府與學界的重視，成為國際上公認最能符合永續發展的大眾運輸系統之一。

2.1.3 規劃理念

美國 FTA 對於 BRT 系統提出一個觀念，就是「軌道思維，運用公車」(Think Rail, Use Buses)，這個觀念充分說明了公車捷運系統之精神所在就是應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。

在現今社會逐漸回到重視「以人為本」的都市設計概念，根據楊子葆(1998)的分析，推動 BRT 系統與同是地面快速運輸系統之輕軌系統，應同樣具有以下四種新的社會意義。

(1) 恢復都市中行人與公共運輸乘客的尊嚴與地位

在都市裡，行人與公共運輸乘客可以說是最符合都市整體利益的社會個體。行人安步當車，使用最節約能源、最環保、最不具環境「攻擊性」的交通方式；公共運具的乘客則忍受不便、犧牲部份的個人利益(例如，私人運具「及門服務」的便利與舒適)，搭乘公共運輸而成就都市整體利益。尤其公共運輸的使用者大多屬於如殘障者、老人、小孩、家庭婦女、學生與低收入者等社會弱勢團體或階層，就社會公平原則而言，社會弱勢團體應該受到更多的照顧，特別是在地面道路設施之使用上。因此，作為主要大眾運輸工具的公車系統若佔據一部分有限的道路空間，並具有優先行駛權，如此將迫使私人小汽車在市區的行動喪失競爭力，突顯兩者在都市交通體系中地位的差距，不但能恢復都市中行人與公共運輸乘客的尊嚴與地位，也能吸引新的公共運輸使用者，這也是近年來國際間所強調的運輸需求管理(Transportation

Demand Management, TDM)。

(2) 維護市民對都市較親密的生活接觸，恢復街道的活力

現代 BRT 系統期望解決的不僅是都市交通問題，也希望重新省思現代都市裡市民與都市環境的關係。現代化社會潮流產生之「私人機動化」與「都市捷運化」，徹底改變了大部分市民的生活。使得越來越多的私人小汽車使用，人們因而常常停留在與外在公共空間隔絕的私人小空間裡，讓市民與都市環境產生疏離；即使搭乘公共運輸，「立體化隔離式專有路權」的捷運系統則讓公共運輸乘客的都市旅次簡化成「點到點」(Point-to-Point)的單調活動，只有目的沒有過程，地下化的捷運系統甚至漸漸讓公共運輸使用者失去對城市意象的記憶，失去對城市的親密與歸屬感。BRT 系統之發展可以重拾人們對於地面大眾運輸意象與信心，強調「地面」才是人類活動的最佳場所，如今各城市也將路權逐漸還給行人或自行車，人行天橋、地下道逐漸取消，地面之大眾運輸可以讓市民留在地面活動，維護市民對都市較親密的生活接觸，可以促進人與人、人與城市、人與環境之持續與豐富的互動，唯有如此的充分互動才能恢復街道的生氣、促進都市源源不斷的創新與發展。

(3) 讓地面大眾運輸工具成為街道的延伸

大眾運輸留在地面上，可以提供乘客更好的視野、更好的運轉條件及愉快的運輸過程，同時地面大眾運輸高度的可及性，也讓「大眾運輸的空間融入都市公共空間」與「讓地面大眾運輸工具成為街道的延伸」的想法成為可能，這也是大眾運輸導向 TOD 的目標。當然，BRT 之使用不可避免地將面臨與其他道路使用者造成的許多介面衝突問題，因此需要更細緻、更複雜的運輸規劃、及都市規劃的配合，而 BRT 系統所擁有的使用彈性與效率，確實可提供良好的機會，讓地面運輸工具成為街道的延伸並提供高品質之服務。

(4) 在都市發展意義上，BRT 系統引入「成長管理」的概念，實現城市「永續經營」的理想

在象徵意義上，傳統捷運立體化的建設讓渡出地面空間給私人運具，是一種消極式另求出路方法。但 BRT 系統則可充分使用道路空間，並與私人小運具之運輸互相競爭，BRT 系統可以利用優先路權，展示與鼓勵大眾運輸工具發展及抑制私人運具發展的價值觀。「成長管理」即為基於對城市資源有限的認識，接受城市規模不可能無限擴大的觀念，而進行之有限資源合理分配管理。在交通議題上，則以高效率(高運量)、高競爭優勢(在市區比私人運具更快速的移動)、高可及性與低傷害性(低污染)的大眾運輸系統，可以充分使用有限道路空間，並且不作「擴張性的空間投資」(地下停車場、高架或地下捷運系統)，在城市財政足以負荷之下實現「永續經營」的理想。

在這四種新的社會意義的支持下，BRT 系統之發展，越來越受到政府決策者、城市規劃與交通規劃專業者以及廣大市民的重視與青睞，而 BRT 系統所具有的廉價、工期短、高效率特性，也提供所有都會區一個健全地面公共運輸發展之良好機會。

2.1.4 發展歷程

BRT 系統是起源於南美洲的運輸模式國際上許多建置完成並且營運中的 BRT 系統展現出良好的成效，而使越來越多的地區如美國、英國、中國及南美洲等國家也都積極推動 BRT 系統之建置。

1974 年，巴西 Curitiba 是最早大規模的將公車科技之發展融入於公車運輸系統之城市，然而在 Curitiba 大規模 BRT 系統之發展前，就已有其他小規模的發展以助於這觀念的建立，因此 BRT 概念起源可以追溯到以 1963 年美國的快速道路及公車專用道之出現為代表，然而上述的公車專用道系統之發展仍然不盡理想，直到 BRT 系統在巴西 Curitiba 出現，才真的啟動了 BRT 的新歷程，而加拿大首都渥太華以相對較高成本提供絕對路權的公車專用路(Busways)更是另一類 BRT 系統發展模式。

Curitiba 市 BRT 的起源，可以說是被原地下鐵提案所激起之靈感，由於缺少足夠的資金，因此迫使原有之地下鐵大眾運輸系統必須改變成其他具創意與更低成

本之運輸系統來替代，因此 Curitiba 開始進行發展都市中心放射狀的公車專用道。在缺少鐵路運輸系統及汽車道路發展之資源下，Curitiba 創造出一個低成本且品質高的替代方案，就是以快速公車代替地鐵系統。如今巴西 Curitiba 的 BRT 系統擁有足以容納 270 名乘客的多節連結公車、65 公里的公車專用道與 340 公里的支線快速轉乘系統，成為世界 BRT 的典範。

在 Curitiba 後，雖然南美其他主要城市皆有不同規模與型式 BRT 系統，但哥倫比亞波哥大(Bogota)的全功能 BRT 系統，在諸多國際組織如國際能源組織 (IEA)、國際運輸與發展政策研究中心(Institute for Transportation & Development Policy)、世界銀行 (World Bank)、亞洲開發銀行 (ADB)、能源基金會(Energy Foundation)、乃至聯合國環境組織 (UNEP) 之背書，其決策、規劃、設計乃至營運經驗開始推向全世界。哥倫比亞 2008 年全國人口數為 4,445 萬，人口密度每平方公里達 40 人，而波哥大則為 710 萬人口以上的城市，波哥大的案例提供了 BRT 系統能夠提供高容量、滿足高乘客需求量之證明，也進而於 2000 年起引起全球對 BRT 的矚目，進而影響 BRT 之發展，本研究將於案例分析中詳細論述。

BRT 由早先的美國快速道路與專用道的發展，到拉丁美洲的建設與興盛，現又傳至各個已開發國家，成為大眾運輸系統的新趨勢之一。如今的 BRT 系統，以拉丁美洲的波哥大、Curitiba 以及在 1996 年首先帶領運用電氣無軌巴士科技而開拓了乾淨燃料科技的 Quito 有全世界最完整的 BRT 系統；在北美洲的國家中，以加拿大渥太華有良好的 BRT 系統以及洛杉磯市以 BRT 作為捷運延伸線為典範；在亞洲，BRT 系統以中國推動最快，目前已有北京、杭州、常州、廈門、鄭州、濟南、重慶等標準 BRT 系統，另有昆明、大連等城市具有初階 BRT(Pre-BRT)系統的公車專用道路網；台灣則有嘉義 BRT、台北市公車專用道；韓國首爾亦有與地鐵完整搭配的公車專用道路網，此外日本名古屋、印尼雅加達、印度新德里、土耳其伊斯坦堡均有不同型式的 BRT 系統，在非洲則陸續規劃與興建南非 Gauteng、奈及利亞 Lagos 等城市的初階 BRT 系統。

2.2 BRT 特性

本節內容包括 BRT 系統之特性、BRT 系統與傳統公車之比較以及 BRT 系統於都市運輸體系中之定位。

2.2.1 BRT 系統之特性

根據濮大威等人(2004)在「公車捷運化設計手冊」以及濮大威、張學孔等人(2004)中的研究，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時間延滯亦須改善，因此，車輛具有多車門且車門加大、車輛台階與站台齊平，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，而採用連結公車或多連結公車可到每車 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，一般指自動車輛辨識技術(Automatic Vehicle Identification, AVI)、全球衛星定位(Global Positioning System, 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、壓縮天然氣(Compressed Natural Gas, CNG)、液化石油氣(Liquefied Petroleum Gas, 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、書是等特色更能夠建立嶄新形象，吸引更多客源，對都市行銷亦有莫大的助益。

上述八大特性亦即 BRT 技術應用之結果，相關 BRT 技術應用方式之敘述請參照附錄二 BRT 技術應用之內容。

2.2.2 BRT 系統與傳統公車之比較

公車運輸型式種類眾多，除了車型大小、使用技術不同之外，最主要的差異在於公車在道路行駛之型式，基本的街道公車型式有以下三種：

- (1) 公車營運在一般道路上，沒有專用權與優先權。
- (2) 公車享有有限的優先權如公車專用車道與交通號誌優先等。
- (3) 公車營運在指定專用的設施如公車專用道路(Busway)，並與一般道路交通之互相影響最小。

強調優先權與快速運行的公車系統或 BRT 系統是以第二種或第三種型式行駛之街道公車系統，而公車系統擁有不同程度的優先待遇與設施專用程度，也會表現出不同的營運特性與效率。

公車為都市地區最廣泛使用的大眾運輸工具，在營運方式方面由於公車行駛在混合交通的道路上，亦受其他車流干擾，並且公車停靠站多，靠站及離站公車的匯入與匯出容易產生延滯，旅客上下車及收費過程也造成時間的浪費。此外，公車在營運管理方面也有一些不良的問題產生，導致公車服務品質低落。

例如在平均行駛速率方面，傳統公車平均速率約 5-15 公里/小時、每日平均行駛里程 100-300 公里，若使用 BRT 系統則可達到平均速率 20-25 公里/小時、每日平均行駛里程 500 公里，可以提升車輛之使用效率。在服務頻率方面，傳統公車通常為 10-20 分鐘一班車，使用 BRT 系統之班距可降為 10 分鐘以內，中南美洲國家系統尖峰時甚至可達每分鐘一班車。在旅客舒適度方面，傳統公車之擁擠、座位少，使用 BRT 系統之大容量公車設計可提供更多座位及更多車門以方便快速上下車。在路線與時刻表資訊方面，傳統公車之路線與時刻表較複雜而不容易了解，BRT 系統則為遵守時刻表的高服務頻率之高可靠度運輸系統，並有改良之路線圖與標示、提供即時顯示資訊。在營運路線及轉乘方面，傳統公車之公車路線通常未良好整合，轉乘設施之提供較少，BRT 系統則為一完全的整合系統，通常為提供一票到底的運輸，其運輸服務協調良好可降低轉乘時間，而其他副大眾運輸路線可轉乘 BRT 系統接駁路線。在安全方面，傳統公車一般無特別安全設施提供，BRT 系統使用監視設備或特殊車站設計，提供旅客持續與嚴密的安全保障。

因此，若與傳統公車比較，根據鄭永忠(2003)的研究中指出，BRT 系統的設計可以解決「時間延滯」、「營運管理」、「服務品質」等傳統公車產生的問題。在時間延滯問題方面，公車營運在市區道路或郊區幹道上，會面對幾種型式的延滯，

這些延滯造成公車的營運速度比其他行駛車輛還低，所以減少運行延滯是發展 BRT 系統的關鍵因素，其中包含交通擁擠與車流交錯的延滯、路口交通號誌的延滯、右轉車流導致的延滯等問題。在營運管理方面，傳統公車主要有車輛調度與管理不良、駕駛超速及危險駕駛行為、廢氣排放污染、未重視市場行銷。另外在傳統公車也會有路線班次規劃不良、過站不停、資訊不足等服務品質低落問題。

2.3 BRT 文獻評析

BRT 長期以來由於類型繁多，一直無法有正式明確的定義與定位，也就是先有 BRT 的實務經驗才陸續開始對 BRT 進行實務分析與理論研究，進而發展 BRT 的規劃、設計與管理方法。許多 BRT 研究散見於各種大眾運輸的研究，如公車專用道、先進大眾運輸系統技術(Advanced Public Transportation System, APTS)、大眾運輸服務品質提升方法等、永續發展、大眾運輸導向發展(TOD)等文獻中。但由於 BRT 強調是一個整合式公共運輸系統，如 2.2 節中 BRT 的特性所敘述，包含了路權(車道)、車輛、車站、收費系統、ITS 技術、能源技術、土地使用及行銷等要素，而要素之間彼此交互影響產生的結果，對 BRT 績效影響是整體性而非單一性，以下針對 BRT 相關文獻進行回顧與探討：

2.3.1 BRT 參考手冊

BRT 目前並沒有統一且正式的技术規範，僅有彙整案例經驗手冊式供規劃設計者參考，茲列相關參考手冊列表如下：

一、BRT 整體系統相關：

- (1) Wright, L. (2003). “Bus Rapid Transit” , Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities Module 3b.

本手冊為 BRT 最早彙整、有系統描述 BRT 架構之參考手冊，由德國技術公司(Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, GTZ)基於永續運輸的規劃手冊中其中一本關於 BRT 的規劃手冊，內容包含了 BRT 的規劃、

先期調查、法律、教育、工程設計、整合、財務等章節內容，但僅止於簡單敘述性介紹內容。

- (2) Levinson, H. et al. (2003). Bus Rapid Transit Volume 1: Case Studies in Bus Rapid Transit, Transit Cooperative Research Program, Report 90, TRB.
- (3) Levinson H. et al. (2003). Bus Rapid Transit Volume 2: Implementation Guidelines, Transit Cooperative Research Program, Report 90, TRB.

(2)(3)為 BRT 早期最完整的規劃設計手冊，該手冊分為兩部分，第一冊為各國案例經驗的探討，內容共三章，主要整理了北美 14 個城市、歐洲 3 個城市、南美 6 個城市以及澳洲 3 個城市進行相關經驗與課題的探討。第二冊則為詳細的規劃設計手冊，內容共有九章，包含車道、車站、交通工程、車輛、ITS、營運、財務等課題，主要由第一冊的案例進行 BRT 組成元素的細部介紹。

- (4) Diaz B. et al. (2004). Characteristics of Bus Rapid Transit for Decision Making, Federal Transit Administration Demonstration Program.

本手冊主要是針對給決策者進行 BRT 系統元素的參考依據，內容共計五章，仍是以 BRT 組成元素為主，詳細介紹各組成的元素特性及相關問題，並在每章節末均會以實際案例經驗讓決策者瞭解系統元素在國際經驗中如何實施。由於各國 BRT 發展快速，本研究報告於 2009 年 2 月出版更新，將美國經驗以及其他主要發展 BRT 城市之經驗彙整，並從 BRT 組成元素特性、績效、效益詳細討論其相關性。

- (5) Wright, L and Hook, W. (2007). Bus Rapid Transit Planning Guide, published by Institute for Transportation Development and Policy, June.

本手冊為最新版且最完整的 BRT 參考手冊，由國際機構交通及發展政策研究所(Institute for Transportation and Development Policy, ITDP)發行，內容達 800 餘頁，分成四部分 20 個章節，包含從最開始的規劃組織、調查、路網規劃、評估、路線設計、工程設計、ITS、票務系統、財務、

土地使用、行銷，乃至於整個 BRT 計畫的實行過程均有詳細的介紹與分析，在附錄並有世界主要 BRT 系統的比較與 BRT 專業國際顧問等資料。

- (6) Levinson, H. et al. (2007). Bus Rapid Transit Practitioner's Guide, Transit cooperative research program, Report 118, TRB.

本手冊以 2004 年版的 CBRT 為基礎，並藉由調查、統計及推估每項 BRT 組成要素之影響。與其他手冊相異之處，除了一般 BRT 手冊對系統元素的介紹外，另外用實際的規劃方法，以數學模式的方式提出相關規劃建議，尤其是因應 BRT 組成元素的彈性，究竟選擇何種組成元素會影響到 BRT 整體績效的多寡，在本手冊裡有詳細的探討。

- (7) 交通部，公車捷運化設計手冊之研究

濮大威等人(2004)受交通部委託完成台灣第一本公車捷運化設計手冊的先期研究，主要分成二部分，分別為 BRT 的全球經驗探討、設計手冊與示範計畫之執行，並詳細說明 BRT 引進國內後相關課題及因應方案，研究結果也對目前台北市的公車專用道提出路線整併、設備等級提升等建議。

二、車輛相關：

CALSTART, INC. (2006). Vehicle Catalog-A Compendium of Vehicles and Powertrain-Systems for Bus Rapid Transit Service 2006 Update, Federal Transit Administration.

此手冊由美國 FTA 發行，類似於車輛型錄，提供目前在各地區使用之 BRT 車輛經驗，過去每年發行一次，但自 2006 年後已無更新。內容包含車輛型式、長度、容量、配置、能源、舒適性、使用地區、車商資訊等，能給欲規劃 BRT 系統採用車輛時之參考。

三、導軌公車相關設計手冊：

David Phillips, D. (2004). Guided Busway Design Handbook. British in-situ Paving Association, Blackwater, Camberley, Surrey

由於導軌式導引系統亦為 BRT 所採行的技術之一，該設計手冊為導軌公車首本設計手冊，有鑑於歐洲地區導軌公車有其發展趨勢，各地區均在爭取政府支持和資助興建，因此導軌公車將發揮關鍵作用提供財政可負擔的公共運輸需求，此手冊由 Arup 工程顧問所編寫，該本手冊藉由近年來在導軌公車的設計與施工的經驗提出最佳的實行方法與原則，包含完整的導軌專案、問題、可行性、適法性、細部設計、安全等課題。也由其他專家提出相關建議：如設計建造顧問、公車業者、車輛設計業者等。其專案範圍包含英國及其他國家區，有市區低速導軌公車的應用，也有高速類似 LRT 的公車專用道系統。

2.3.1 BRT 相關研究

BRT 的研究多半集中在案例分析，而分析的方式一般都會先引進最早發展的南美 Curitiba 或 Bogota 的 BRT 系統談起。案例分析的好處在於可以呈現其豐富的不同實際情境，讓政策決策者更可以參考案例經驗具體擬定政策方向。Cervero(1998)認為案例分析也可以詳述社會、政策的複雜性與潛在性，但也必須呈現在案例分析下除了定性描述外，定量的歸納也同要重要。Diaz and Scheck (2000)最先回顧美國城市發展 BRT 的經驗，當時美國仍處於 BRT 的學習階段，該研究先以南美洲的 BRT 經驗，並相望藉由引進 BRT 的概念，加上美國對 ITS 技術應用的發展，以提高當時美國公車專用道的營運效率，Miller and Buckley(2001)則將 BRT 所面臨的課題進行分類，分別有政策、市場、資金、安全及規劃相關課題，並提出相關發展策略的參考。Hidalgo et al. (2008) 受世界銀行委託，每年均對世界主要 BRT 系統進行績效統計及分析，分析範圍包括各項績效表現及成敗因素關鍵，藉此檢視 BRT 設計成效與推動 BRT 建設。鄭永忠(2003)則先回顧全球主要 BRT 系統發展的歷程，並詳細比較其發展條件及組成要素，再以 SWOT 的方法，評估在台灣未來可能發展的策略及所面臨的課題，並提出相關政府及民間所必須先期進行之研發與計畫。濮大威、張學孔等人(2004)則以 BRT 在台灣本土化之課題為主體，

分析 BRT 引進台灣可能面臨的問題，呼籲政府應注視 BRT 的發展，並協助相關法令及政策的修訂，許添本等人(2006)則針對輕軌及 BRT 之納管方式，分別就道路工程、交通工程與交通安全執法三方面進行探討，並以因子分析的方式，擬定相關分析表作為日後實施 LRT 或 BRT 時規劃與改善之參考依據。

另一個重要的課題在於 BRT 與傳統軌道大眾運輸 MRT 與 LRT 之間比較與選擇，Hsu(2009)以成本模式比較了 LRT 與 BRT 的選擇，考慮在車道、車站等不同的型式下，其建造、營運及維修成本之變化，研究結果當 BRT 越朝向立體化的設計，亦即越接近軌道運輸的建設及營運方式，在成本優勢相較於 LRT 會逐漸減少，此結論亦印證目前世界發展 BRT 的趨勢少有以立體化的設計方式，因為採用 BRT 就是希望藉由成本的降低卻能達到與軌道運輸一樣的績效。Zhang(2009)則由 TOD 為出發點，比較了 MRT；LRT、BRT 在容量、成本、及土地利用影響上之差異，相較於 BRT，除 MRT 較具有績效優勢外，LRT 與 BRT 對土地使用與系統容量的影響差距甚小，但成本上 BRT 卻較 LRT 及 MRT 更為節省，若以成本所帶來之效益而言，BRT 會是較佳的選擇。

在 BRT 設計要素的研究，在車道與車站方面，Song et al.(2009)以雙向利用單公車專用道的 BRT 設計(英國 Leeds 亦為相同設計方式)，模擬計算當班距調整時，BRT 系統的績效表現，研究結果認為當班距越長，因為雙向共用單一車道，其車輛於車站等候時間及容量將可大幅提昇，但此結果會違背 BRT 短班距的設計原則，因此適當之最長班距不可超過 20 分鐘。Takeshita et al. (2009) 則以名古屋高架 BRT 為例，分析名古屋 BRT 建置後所帶來之效益，名古屋 BRT 不僅使用高架型式，且用導引技術 (Guideway)，不僅能增加道路容量，且興建後原運輸走廊的大眾運輸運量也顯著提升，更沒有因為使用公車系統對週邊環境帶來不良的影響，該研究認為名古屋 BRT 之所以成功，使用中央式專用式車道及拉長站間距，可有效提升營運速率及系統可靠度。張學孔及孫千山(2006)利用數值模擬方式，分析 BRT 公車專用道設置子車站(Sub-Stop)對車道容量的影響，其結果可發現子車站的設計可以加速車輛到離站，有效提高系統容量及減少車輛於車站之延滯，並以波哥大 BRT 系統進驗證，其單向容量可擴增到 48,000 人/小時，與實際統計的流量值相當接近。胡文菡(2009)則以乘客為出發點，以人體舒適度探討台北市公車專用道之設

置，比較公車專用道設置前後乘客候車之感受，以提供 BRT 在進行車道及車站規劃時的參考。

在票證系統方面，陳韋伶(2006)以 BRT 車輛、車門數、票證型式、等因子，分析票證系統對 BRT 營運所造成的影響，並以成本分析的理論，組合最佳的 BRT 票證系統與系統元素組合方案。賴珮蓁則以票價為出發點，並擬定不同的 BRT 型式，探討票價、補貼與不同型式、不同路線長度、運量、BRT 營收之間的權衡

在 ITS 技術應用方面，由於 ITS 技術應用在大眾運輸系統種類繁多，Hardy et al.(2003)將不同的 ITS 技術對 BRT 可能產生之影響予以分類，並歸納出不同階段與型式的 BRT 發展，所應具備的 ITS 功能與技術。林志勳(2005)藉由專家問卷及專家評點法，評估 ITS 技術應用在 BRT 需求之順序，並開發專家系統協助規劃者尋求最佳技術方案組合。王子棟(2005)則以模擬方式進行嘉義 BRT 優先號誌之測試，研究結果發現優先號誌的實施可改善 BRT 公車準點績效平均停等延滯均減少 4 秒以上，車輛停等百分比均減少 16%以上。

在大眾運輸導向發展方面，Rodriguez and Mojica (2009)比較了波哥大在 BRT 實施前後，帶動沿線土地增值平均 13%~17%的漲幅。張學孔、杜雲龍等人(2001)則以 TOD 為出發點，提出各種大眾運輸系統型式的發展模式，也建議將 BRT 列為未來 TOD 重要發展主軸。郭瑜堅(2007)以都市旅次總成本法，分析以 BRT 為導向之 BRTOD 政策，並以台北市為例進行評估，其研究認為在台北市後續捷運路網若以 BRT 取代捷運，將可以有效降低旅次成本，並達到節能與減碳之效果。羅仕倫(2007)以都市規劃方式，藉由大眾運出導向發展為出發點，探討台中市都市計畫道路實行 BRT 之可行性，並規劃出台中市可行的 BRT 路網方案。張學孔、呂英志(2009)比較以捷運、輕軌及 BRT 作為運輸主軸在全球 TOD 之發展經驗，並以成本、績效、及節能減碳效果分析得 BRT 可藉由本身之彈性因應地區特性進行為不同的發展模式，其績效不亞於捷運或輕軌，但成本卻可有效降低。

2.4 全球 BRT 發展經驗現況

世界各國 BRT 系統之發展現況，根據 Wright 等人 (2007)之統計，總計共 38

個城市有營運中之系統，更有 48 個城市正在規劃或建置 BRT，而本研究進一步實地調查發現，近年來截至 2009 年 6 月，陸續又有台灣嘉義與中國重慶、大連、常州、濟南、廈門、鄭州，以及印度新德里等地的 BRT 系統投入正式營運，世界發展現況彙整如表 2.4-1 所示，表 2.4-2 則是將中國北京與常州兩類不同的 BRT 系統作一初步比較，由其中可以顯現 BRT 系統元件與功能之彈性與多樣性。由 BRT 系統在世界的發展現況可知，因為其實施後的良好成效，促使許多城市起而仿效紛紛規劃興建，表 2.4-1 所統計的案例是所謂廣義的 BRT 系統，即使只有使用公車專用道的系統也納入其中。例如台北市的公車專用道系統，由於設施規劃良好，並且已形成路網規模，故也成為國際知名的案例之一。



表 2.4-1 世界各國 BRT 系統發展現況

	營運中	規劃或建置中
北美洲	Cleveland, Ottawa (Transitway) Boston (Silver Line Waterfront), Eugene (EmX), Los Angeles (Orange Line), Miami (South Miami-Dade Busway), Orlando (Lynx Lymmo), Pittsburgh (Busway)	Brampton, Calgary, Durham region, Edmonton, Mississauga, St. John, Toronto, Victoria, Winnipeg Albany, Atlanta, Baton Rouge, Charlotte, Chicago, Denver, Detroit, El Paso, Fort Collins, Hartford, Houston, Louisville, Milwaukee, Minneapolis and St. Paul, Montgomery County, New York City, Reno, Sacramento, St. Petersburg, Salt Lake City, San Diego, San Francisco, San Jose, Seattle, South Brunswick, Tampa Bay
拉丁美洲	Curitiba (Rede Integrada), Goiania (METROBUS), Porto Alegre (EPTC), São Paulo (Interligado) Santiago (Transantiago) Bogotá (TransMilenio), Pereira (Megabus) Quito (Trolé, Ecovía, Central Norte), Guayaquil (Metrovía) Guatemala City (Transmetro) León (Optibus SIT), Mexico City (Metrobús)	Bucaramanga, Cali, Cartagena, Medellín Barquisimeto, Mérida (Trolmérida) Barranquilla, Soacha (Bogotá) Aguas Calientes, Chihuahua, Guanajuato, Monterrey Querétaro, Torreón, Zapopan Lima (Peru), Managua (Nicaragua), Fort-de-France (Martinique, France), Posadas (Argentina), Rio de Janeiro (Brazil) San José (Costa Rica), Tegucigalpa (Honduras)
歐洲	Caen (Twisto), Clermont Ferrand (Léo 2000), Lyon, Nancy (TVR line 1), Nantes (Line 4), Nice (Busway), Paris (RN305 busway, Mobilien, and Val de Marne busway), Rouen (TEOR), Toulouse (RN88) Amsterdam (Zuidtangent), Eindhoven, Utrecht Bradford (Quality Bus), Crawley (Fastway), Edinburgh (Fastlink), Leeds (Superbus and Elite) Essen (O-Bahn)	Evry-Sénart, Douai, Clermont-Ferrand (Line 1 Lohr system) Bologna Cannes, Montbéliard, Besançon, Lorient, Amiens, Metz, Nancy (Line 2), Caen (Line 2), Valenciennes/Pays de Condé, Nimes, Le Havre Cambridge, Coventry, Kent Thames-side, Leigh
亞洲	Beijing, Changzhou, Dalian, Chongqing, Hangzhou, Jinan, Kunming, Shenyang, Zhangzhou, Changzhou, Delhi, Pune Jakarta (TransJakarta) Nagoya (Yurikamome Line) Seoul Taipei, Chiayi	Xi'an, Chengdu, Guangzhou, Shanghai, Shenzhen, Wuhan, Wuxi Ahmedabad, Bangalore, Indore, Jaipur Kaohsiung, Taoyuan, Taichung, Tainan Bangkok (Thailand), Colombo (Sri Lanka), Haifa (Israel), Hanoi (Vietnam), Ho Chi Minh (Vietnam), Jerusalem (Israel)
大洋洲	Adelaide (O-Bahn), Brisbane (Busway), Sydney(T-Ways)	Canberra Auckland (Northern Busway), Melbourne
非洲	Lagos (Nigeria)	Dar es Salaam Cape Town, Johannesburg, Port Elizabeth, Pretoria Accra (Ghana), Dakar (Senegal),

資料來源：本研究整理、修改自 Wright and Hook(2007)

表 2.4-2 中國北京與常州 BRT 系統比較

系統元素	北京	常州
BRT 路線長度(公里)	16.3	23.77
公車專用道位置	中央分隔帶	快車道外側
站台位置	島式	側式
車站數	18	26+2
車站間平均距離(公尺)	940	760
具有雙車道車站處數	7	無
轉運站	立體轉乘	同站台免費轉運主支線
乘客進出車站方式	人行天橋	平面穿越道
與一般車流隔離方式	柵欄	標線
車輛	18 公尺低底盤公車	18 公尺低底盤公車
ITS 技術	車上、車站動態資訊、優先號誌、行控中心、電子票證	車上、車站動態資訊、優先號誌、行控中心、電子票證、執法系統
平均營運速率(km/hr)	21	22
每日旅次量(人)	150,000	70,000
平均每公里興建成本	2 億元台幣	1 億 5 千萬台幣

資料來源：張學孔、呂英志(2008)

2.5 BRT 國內現況比較

本節內容以台北市公車專用道以及嘉義 BRT 系統為案例，概述 BRT 系統在國內的發展現況。

2.5.1 台北市公車專用道

台北市已有公車專用道及智慧卡收費系統實施，公車專用道系統是發展公車捷運系統的基礎，也是公車捷運系統的簡單型式之一，對於公車營運績效有相當程度的改善。北市公車專用道配合智慧卡收費系統使用，對於其公車營運產生許多正面效應，如能以現況為基礎，再搭配應用號誌優先、候車空間、車站改良、車輛技術、先進技術等設計達到所謂較高層次的公車捷運系統，則不僅可以改善現有公車之營運效率，更可以藉此吸引更多民眾搭乘，擴大大眾運輸旅客市場，改善都會區交通擁擠之狀況。

一、 台北市公車專用道之實施情況

台北市公車專用道於 1992 年開始興建，最早實施路段為仁愛路、信義路之逆

表 2.5-1 台北市公車專用道實施現況

路線別	起點	終點	長度 (公里)	佈設方式	行駛方向	實施日期
松江路	民權東路	長安東路	1.54	內側快車道	雙向、順向	1996.01
新生南路	忠孝東路	和平東路	1.78	外側快車道	雙向、順向	1996.06
新生北路 、松江路	長安東路	八德路	0.33	外側快車道	雙向、順向	2006.11
敦化南北路	民權東路	信義路	3.15	外側快車道	南向順向	1996.01
民權東路	敦化北路	承德路	3.60	內側快車道	雙向、順向	1996.08
民權西路	承德路	延平北路	0.64	內側快車道	雙向、順向	1998.11
南京東路	中山北路	三民路	4.20	內側快車道	雙向、順向	1996.07
仁愛路	中山南路	敦化南路	3.10	外側快車道	西向順、東向逆	1996.07
仁愛路 延伸段	敦化南路	逸仙路	1.20	外側快車道	雙向、順向	1998.10
信義路	中山南路	基隆路	4.50	外側快車道	東向順、西向逆	1996.07
重慶北路	酒泉街	南京西路	2.00	內側快車道	雙向、順向	2001.01
中華路	忠孝西路	愛國西路	1.10	內側快車道	雙向、順向	2001.04
羅斯福路	和平西路	興隆路	3.10	內側快車道	雙向、順向	2006.05

資料來源：台北市交工處網站(2009)

以上表 2.5-1 台北市公車專用道現況來看，設置位置均位於快車道設置，中央分隔之道路如松江路、南京東路、民權東西路、重慶北路等設置於內側快車道，其他型式道路設置位置為外側快車道，設置行駛方向以雙向、順向為主，單行道之道路行駛方向則包含順向與逆向。在時間管制方面，因北市公車末班車發車時間以晚上 11 時為主，午夜 12 時以後公車已逐漸收車停止營運，故公車專用道專用管制時間為凌晨 5 時至午夜 12 時為止。根據國內公車專用道建設經費統計資料來看，台北市公車專用道建設以「新生南路」平均單方向每公里成本約 1,029 萬元為高，而已經取消的「中山南北路」每公里成本約為 171 萬元為最低，10 條公車專用道平均成本約為每公里 582 萬元。

二、 台北市公車專用道特色

根據台北市交通局(2000)及李俊賢(2000)等相關研究指出，台北市公車專用道之構建具有以下幾項主要特色，這些特色展現的成效，也使台北市公車專用道系統成為國際知名的案例之一。

1. 網狀而非僅有走廊性的路網，在捷運路網完成後具有輔助走廊式大眾運輸

系統的功能，俾便健全大眾運輸網路。

2. 棋盤與直捷的公車路線規劃型式，滿足市中心區轉乘及二次交通的利用需求。
3. 採因地制宜的彈性車道佈設，成為民眾肯定的交通工程建設，期能在短時間內，透過調整路線配合路網規模，運用交通工程手段達到運輸效益，因此是為低成本、高效益的運輸系統。
4. 站位佈設多採路口近端設站方式，可提高民眾轉乘之便利性，達成路網轉乘之運輸效益。
5. 重劃道路資源分配，落實「公平」及「人本」之精義。
6. 以專有路權創造大眾運輸優先之意象，並增強公車之競爭優勢，以期紓解交通之擁塞。
7. 由於公車的可靠度提高並縮短旅行時間，提昇民眾使用大眾運輸系統之意願。
8. 藉由路權之區分，達到車流各行其道的交通效益。並藉改善交通及提昇行車秩序，減少空氣污染及美化道路環境。
9. 以運輸走廊之尺度規劃，建立大眾運輸之權威，並藉棋盤式之公車路網與密集之服務班次，建立準捷運系統之服務品質。
10. 於不同道路路型之限制條件下，發揮公車專用道之彈性佈設特性，分別規劃合宜之路權環境。

三、公車專用道之成效

根據台北市政府交通局(2000)針對公車專用道實施前後的調查結果顯示，公車專用道之設置無論就公車營運、改善行車速率、交通安全及民意反應等方面皆有高度評價。本研究將過去相關績效評估之成果列示如后。

1. 增加公車營運之績效：

公車專用道實施之後，大多數行經公車專用道路線之公車載客人數皆較實施前為高，於1997與1998年間，由於公車專用道之實施，使得平均每日載客數提高2.31%，而每公里營收則於1996與1998年間大幅成長

13.84%。

2. 提昇公車效率：

自 1995 至 1997 年，實施公車專用道後，平均每日公車行駛車輛數及行駛車次分別提昇 6.22%及 11.48%，此項行駛車次成長率大於車輛數的成長率，間接顯示了公車運輸效率之提高。

3. 提昇公車平均行駛速率

根據台北市政府交通局在公車專用道實施前後之行駛速率調查顯示，公車專用道路段在未施行前之總平均行駛速率為 11.6(公里/小時)，1997 年、1999 年實施公車專用道後，其平均旅行速率分別提升為 16.68(公里/小時)、15.03(公里/小時)，而就個別路段而言，各專用道之公車平均行駛速率幾乎皆較實施前為高。

4. 小汽車車流行駛速率亦獲提昇：

實施公車專用道後，雖然有某些路段出現小汽車行駛速率較專用道實施之前為慢，但整體言之，小汽車之平均行駛速率皆較實施前為高。

5. 減少交通事故：

公車專用道可整合車流動線及減少公車停靠對車流之干擾，以有效降低肇事率及減少行車事故之發生。由資料顯示，台北市在公車專用道實施之初期，因駕駛人尚在適應及熟悉動線，肇事率些微提昇；但近年來則逐年明顯減少。以 1998 年與 1995 年之資料相比較，百萬公里肇事率明顯降低了 18.2%。

6. 民眾的支持：

台北市自公車專用道實施之後，包括台北市政府研考會、相關學術機構及多家媒體都曾對於民眾的反應及接受度做過抽樣調查，調查結果顯示，無論是公車乘客、機車與小汽車駕駛者均對公車專用道之設置，給予

極高之評價與支持。整體而言，約有七成以上之受訪者肯定公車專用道之設置。

四、 小結

本節概述台北市公車專用道之實施情況、特色以及成效，由相關統計數字可以發現台北市公車專用道於 1992 年開始興建與營運後，不僅增加平均每日載客數量與提昇公車平均行駛速率，還減少了交通事故的產生，並同時使一般車流的行駛速率也獲得改善，根據台北市公共運輸處的統計資料，2008 年公車專用道平均每日運量約 115 萬人，由此可知，台北市公車專用道的實施績效相當顯著。

2.5.2 嘉義 BRT 系統

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，並培養輕軌運輸客源，至適當年期再轉由輕軌運輸系統承接服務。

嘉義 BRT 系統其路線包括主線、嘉義市區銜接線、嘉義縣治銜接線，其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長庚醫院站，如圖 2.5-2 所示，路線全長 20.43 公里，採用 B 型路權的型式。根據其計畫預估，路線主線台鐵嘉義站後站至高鐵車站間距離約為 15.7 公里，行車時間推估 30 分鐘，平均時速 31.4 公里/小時，各路線之營運推估時間如表 2.5-2 所示，由表中的推估數據可知，優先號誌可以產生相當多的時間節省效益，目前嘉義 BRT 系統的優先號誌設施均已完工亦與公車動態資訊系統同時上線啟用，行車時間高鐵車站至台鐵嘉義站段，因優先號誌完工亦由原本約 35 鐘減至 27 分鐘。



圖 2.5-2 嘉義 BRT 系統路線圖

資料來源：交通部高速鐵路工程局(2005)

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專用車道，專用道佈設方式為快車道內緣式，如圖 2.5-3 所示，其餘路段則依據各別道路現況採混合車流，共設置有 10 個車站，路段配置與站台設計型式如表 2.5-3 與表 2.5-4 所示，未來將視交通量成長與道路實質條件，適時增闢公車專用車道。



圖 2.5-3 嘉義 BRT 公車捷運專用車道設置狀況

資料來源：本研究實地拍攝

在車輛方面，在永續經營及綠色環保發展趨勢下，初期計畫引進 12 輛符合國內環保規定之標準低底盤公車，如圖 2.5-4 所示，其車內通道空間高度近 2.2 公尺，視野良好之大型側窗高度超過 1.4 公尺，可大幅滿足乘客對車內空間寬敞以及乘坐舒適性的需求，車內空間與側向傾斜功能設施如圖 2.5-5；在全部低底盤公車加入營運前，該系統亦利用一般公車提供服務，如圖 2.5-6 所示。



圖 2.5-4 嘉義 BRT 系統所使用之低底盤公車



圖 2.5-5 嘉義 BRT 低底盤公車車內空間與設施



圖 2.5-6 嘉義 BRT 系統所使用之一般公車

根據高鐵嘉義站之運量預測，在 2010 年時，每日將有 38,057 旅次，站間最大運量為 1,292 旅次/尖峰小時，至 2040 年時，平均運量 60,716 旅次/日，站間最大運量 1,995 旅次/尖峰小時。就初期營運資料顯示，2007 年設施尚未全部完成前，平均每日載客數為 418 人，平均每班次載客 3.26 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，平均每日載客數

為 1,781 人，平均每班次載客 13.92 人，2008 年六月取消免費接駁後，運量略微下降至每日載客數 1,073 人，平均每班次載客數 8.38 人，搭乘 BRT 的乘客數約占高鐵嘉義站旅客數的 12%。搭乘 BRT 的乘客對整體嘉義 BRT 的滿意度則為 84%。(崔伯義等人，2008)

表 2.5-2 嘉義 BRT 系統營運時間推估表

起迄位置	距離 (km)	平均時速 (公里/小時)		行車時間(分)		停站時間(分)		所需時間(分)	
		優先 號誌	無優先 號誌	優先 號誌	無優先 號誌	優先 號誌	無優先 號誌	優先 號誌	無優先 號誌
		長庚醫院站~縣政府站	1.300	25	20.6	3.12	3.79	0.6	0.6
縣政府站~崙仔嶺站	1.500	25	20.6	3.60	4.37	0.5	0.5	4.10	4.87
崙仔嶺站~高鐵嘉義站	1.800	25	20.6	4.32	5.25	1.3	1.3	5.62	6.55
高鐵嘉義站~ 嘉義交流道西站	7.140	35	27.4	12.2	15.6	0.6	0.6	12.8	16.2
嘉義交流道西站~ 嘉義交流道東站	1.000	47	45.5	1.28	1.32	0.6	0.6	1.88	1.92
嘉義交流道東站~ 世賢路	3.400	47	42.1	4.34	4.85	0.3	0.3	4.64	5.15
世賢路~中興路	0.860	25	20.8	2.06	2.48	0.1	0.1	2.16	2.58
中興路~友忠路	0.790	25	20.8	1.90	2.28	0.1	0.1	2.00	2.38
友忠路~友信街	0.500	25	20.8	1.20	1.44	0.1	0.1	1.30	1.54
友信街~ 台鐵嘉義後站	0.448	25	26.3	1.08	1.29	-	-	1.08	1.29
合計	18.738	27	27.8	35.1	40.51	4.2	4.2	39.3	46.9

資料來源：交通部高鐵局(2005)

表 2.5-3 嘉義 BRT 系統沿線路段配置型式

路段別	路寬 (m)	路段配置(雙向)					專用道佈設 型式
		分隔(m)	公車專 用道	快車道	混合車 道	人行道	
中興路	30	中央：3	3.5*2	3.5*2	4.5*2	2*2	中央佈設
友忠路	50	中央：3 快慢：3	3.5*2	3.5*4	6.5*2	3.5*2	快車道外側
中央大排	50	中央排水：24 快慢：3 路肩：0.5	3.5*2	-	5*2	-	中央佈設
太保~嘉義 計畫道路	50	中央：3 快慢：3.5	3.5*2	3.5*2	5.5*2	3.5*2	快車道外側
168 縣道	35	-	3.5*2	3.5*2	5.5*2	4*2	中央佈設
1-4 道路	40	中央：1	3.5*1	3.5*2	6*2	3*2	中央佈設

資料來源：交通部高鐵局(2005)

表 2.5-4 嘉義 BRT 系統台設計型式

站位名稱	席位數	站台長度(m)	站台寬度(m)	站台分佈
台鐵嘉義後站	2	35	3	路側
友信街站(友忠路北向)	2	35	3	近端
友信街站(友忠路南向)	2	35	3	遠端
友忠路	2	35	3	遠端
中興路站(中央大排)	2	35	3	遠端
世賢路站(北側)	2	35	3	遠端
世賢路站(南側)	1	35	3	近端
交流道東站	2	35	3	遠端
交流道西站	2	35	3	遠端
高鐵嘉義站	2	-	-	(利用高鐵公車轉運站)
崙仔頂一站	2	35	-	路側
長庚醫院站	-	-	-	路側
崙仔頂二站	2	35	-	路側
縣政府站	2	35	-	路側

資料來源：交通部高鐵局(2005)

2.5.3 國內 BRT 之初步檢討分析

根據高鐵局的研究報告中指出，嘉義 BRT 運量不如預期估計，主要原因有地區發展人口趨勢減緩，沿線重大開發區，如高鐵車站特定區、長庚醫療特區及嘉義縣治地區發展規模均不如預期，加上嘉義 BRT 規劃設計及營運條件，如票價過高、班次密度不足、設站點不足以及轉乘接駁設施未建立等，這些因素都直接影響到民眾搭乘 BRT 的意願 (崔伯義等人，2008)。

在 Wright et al.(2007)的 BRT 規劃手冊中，列出 BRT 常見的幾項規劃錯誤，若以國內目前營運中的嘉義 BRT 及已具備 BRT 雛形的台北市公車專用道進行分析，可得如表 2.5-5 所示，由表中可以看出，目前國內 BRT 仍難以達到預期之服務水準或運量，也尚有很大的進步空間，主因來自過去長期以來國內並不重視公車運輸系統相關建設，致使後來 BRT 引進後，無法透過專業人才妥善規劃 BRT 系統或改善台北市現有之公車專用道，加上任憑公車營運業者進行惡性競爭，使得公車專用道的效率低落，其他車輛也未如預期達到車流分流提高速率之效果，民怨四起的結果導致後期專用道路網之建設無法繼續進行。因此在台灣各縣市後續欲發展 BRT，首要任務就在於充實 BRT 的規劃經驗與專業 BRT 規劃設計人才的培養。

表 2.5-5 BRT 常見之規劃錯誤及國內 BRT 之比較

常見之 BRT 之規劃錯誤	嘉義 BRT	台北市 公車專用道
1. 系統只重單一技術並未依乘客導向進行設計	◎	◎
2. 系統針對目前營運業者設計而非乘客導向		
3. 規劃過程中投資太少	◎	◎
4. 規劃不足或顧問團隊競爭參與規劃招標	◎	◎
5. 規劃系統的過程中的專職專業人員太少	◎	◎
6. 系統初期規模過於侷限	◎	◎
7. 對現有之公車路線未重新整合		◎
8. 對目前大眾運輸管理體系未重新整合	◎	◎
9. 允許現有的公車使用專用道及相關設施而導致 公車專用道擁擠	※	◎
10. 公車經營業者沒有競爭性	◎	
11. 票證系統未獨立運作	◎	
12. 車輛由公部門採購而非公車業者		
13. 主線未進入住宅區或未有良好接駁路線設計	◎	◎
14. 為求容易興建而將系統建置在低需求走廊		
15. 行人到達車站的步行設施簡陋又無安全保障	◎	◎
16. 未與其他運具(如腳踏車、計程車等)進行整合	◎	◎
17. 未結合土地使用達成大眾運輸導向發展目標	◎	◎
18. 僅以目前需求進行車輛及設施規劃	◎	◎
19. 車門及月台門過少而不利乘客快速上下車		◎
20. 未進行宣導與廣告等行銷推廣計畫	※	◎

◎：未進行改善

※：部分已進行改善



第三章 BRT 系統特性與績效分析

本章主要讓大眾運輸規劃或決策者，瞭解對於 BRT 相較於其他方案之優勢所在，並可初步分析 BRT 之對規劃地區的適用性。首先針對目前世界上營運中較為著名的 BRT 系統，進行營運績效與特性之比較；再以案例分析方式，選定邁阿密、洛杉磯、北京、波哥大及常州，進行 BRT 發展歷程的剖析。

3.1 BRT 特性及績效分析

BRT 系統相較於其他大眾運輸系統最大不同之處，在於 BRT 同時保有了軌道大眾運輸的可靠性與公車營運的彈性，且可因應不同的旅次量需求、專用路權的形式、成本預算的限制使用不同的設計與營運方式，但究竟何種城市適合何種 BRT，或是哪一類型的 BRT 適合特定的城市一直是困擾決策者或規劃者的課題，本章針對目前世界上營運中較為著名的 BRT 系統，進行其營運績效與特性之比較，以進行初步的歸納分析。本研究對於 BRT 系統特性與相關績效之跨區比較分析，考量系統代表性及資料完整性，將下列城市區域納入：

1. 北美地區：加拿大渥太華(Ottawa Transitway)；美國匹茲堡(Pittsburgh，包含三個系統：South Busway、MLK East Busway、West Busway)、奧蘭多(Orlando Lynx LYMMO)、邁阿密(Miami Busway)、洛杉磯(Los Angeles Orange Line)、Eugene(ExM)、波士頓(Boston Silver Line Waterfront)。
2. 中南美地區：巴西：Curitiba(RIT)、聖保羅(Interligado)、Goiania、Porto Alegre；厄瓜多 Quito(包含三個系統：Trolebus、Ecovia、North)；智利：Santiago(Transantiago)；哥倫比亞：波哥大(Bogota TransMilenio)、Pereira(Megabus)；墨西哥：Leon(SIT-Optibús)、Mexico City(Metrobús Insurgentes)。
3. 亞洲地區：印尼雅加達(Jakarta Transjakarta)；中國：北京(Beijing)、杭州(Hangzhou)、昆明(Kunming)；日本名古屋(Nagoya 導軌式 BRT)；韓國首爾(Seoul)、台北市公車專用道。
4. 歐洲地區：法國 Caen、Nantes、巴黎(Paris Val de Marne)、Rouen；荷蘭阿姆斯特丹(Amsterdam Zuidtangent)、英國 Crawley(Fastway)。

5. 紐澳地區：澳洲：Adelaide(O-bahn 導軌式 BRT)、Brisbane(SE Busway)、雪梨(Sydney Liverpool-Par)；紐西蘭 Eindhoven。

在這些不同的 BRT 系統中，包含的基礎設施型式、車輛技術與營運方式皆有所差異，本研究期能透過比較不同型式的 BRT 營運績效，分析其中差異與都市規模、人口、人口密度等都市環境間的關聯性。以下及針對不同的績效進行分析比較說明，相關比較之資料來源為 Wright et al.(2007)與 Hidalgo et al.(2008)等相關研究對全球營運中的主要 BRT 系統調查之數據：

(1) 開始營運年與路網長度

如圖 3.1-1 所示，各城市 BRT 系統最早為巴西 Goiania，早在 1976 年就有公車專用道的設施，同樣位於巴西的聖保羅則有最大的 BRT 路網達 130 公里，因此 BRT 在中南美洲發展已久，在實施經驗上也日趨成熟；美國匹茲堡雖亦在 70 年代就有公車專用道之設施，但並未持續擴展其路網。此外由圖上可發現在 2000 年後 BRT 在世界各地持續蓬勃發展，許多成功的著名案例如巴西 Curitiba、哥倫比亞波哥大等城市之 BRT 均在 2000 年後才開始發展，但路網擴張速率非常迅速，也得到相當之成效，台北早在 1992 年前後就開始使用公車專用道，路網長度在各城市 BRT 系統中亦屬前幾位。

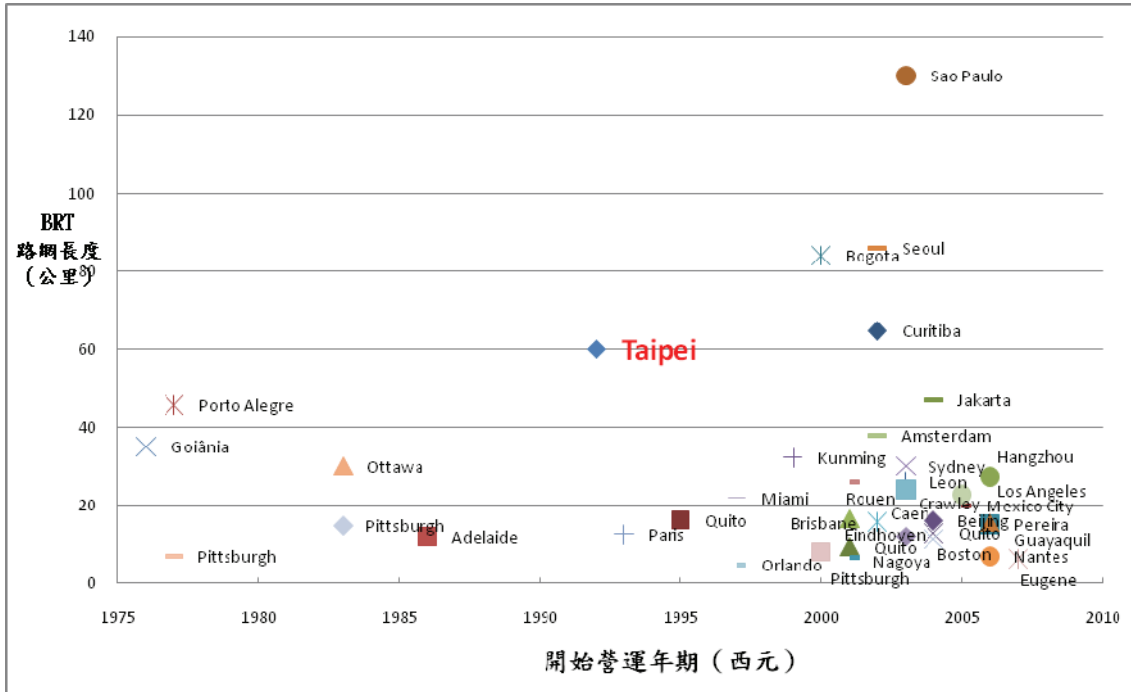


圖 3.1-1 各城市 BRT 系統開始年期與路網長度

(2) 服務旅次量

如圖 3.1-2 所示，各城市系統 BRT 系統服務旅次量最大為巴西聖保羅，可達 8 百餘萬，但單就旅次量而言並不能看出使用率之特性，因此加上與總人口數的對比，可以得到如圖 3.1-3 的分析結果，由圖中可以看出法國的 Caen、台北市公車專用道、巴西的三個主要 BRT 系統與智利 Santiago 均有超過 40% 以上的使用率。

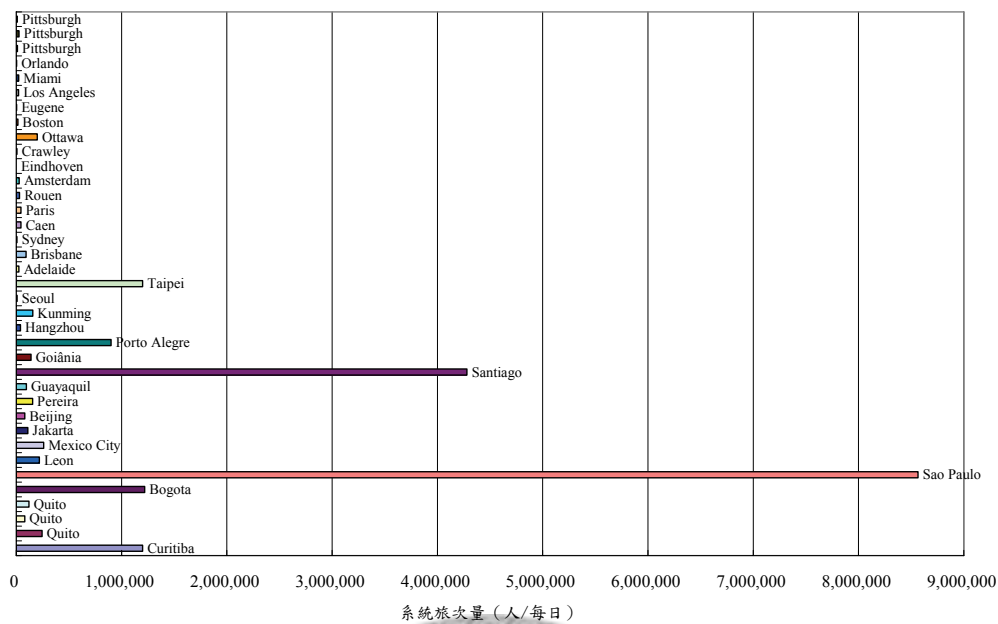


圖 3.1-2 各城市 BRT 系統旅次量比較圖

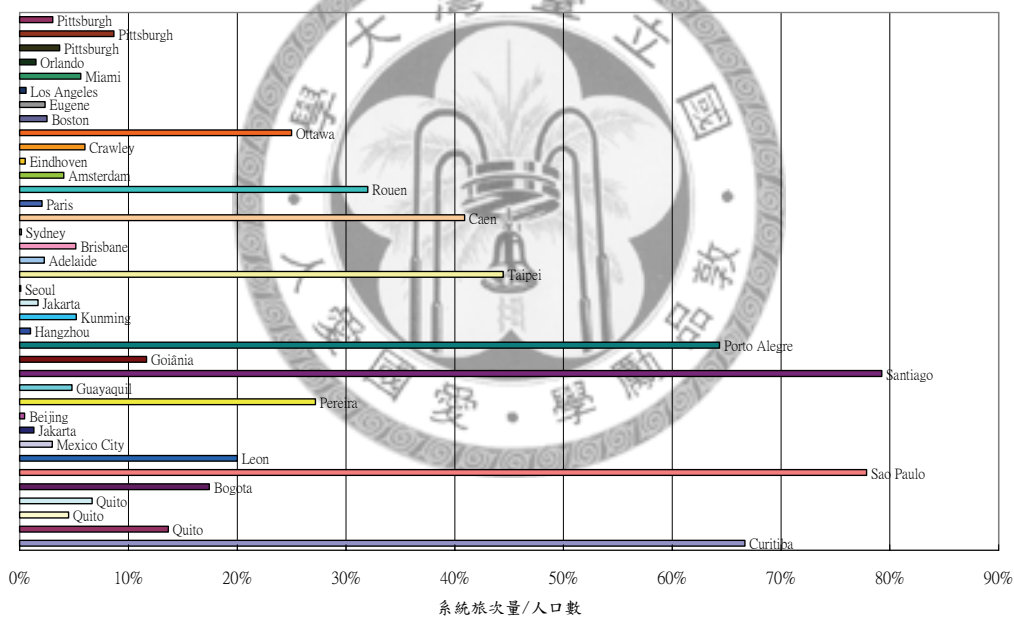


圖 3.1-3 各城市 BRT 系統旅次量/人口數比較圖

(3) 尖峰旅次量

尖峰旅次量可以看出系統在尖峰時段的系統容量，確保 BRT 系統能快速且有效輸運乘客，通常透過系統的妥善設計，如使用大容輛車輛、雙車道或車車道設計，優先號誌等，均可以有效提升系統運量。如圖 3.1-4 所示，波哥大由於在車站設有雙車道設計，最能在尖峰時間輸運最大的乘客量。

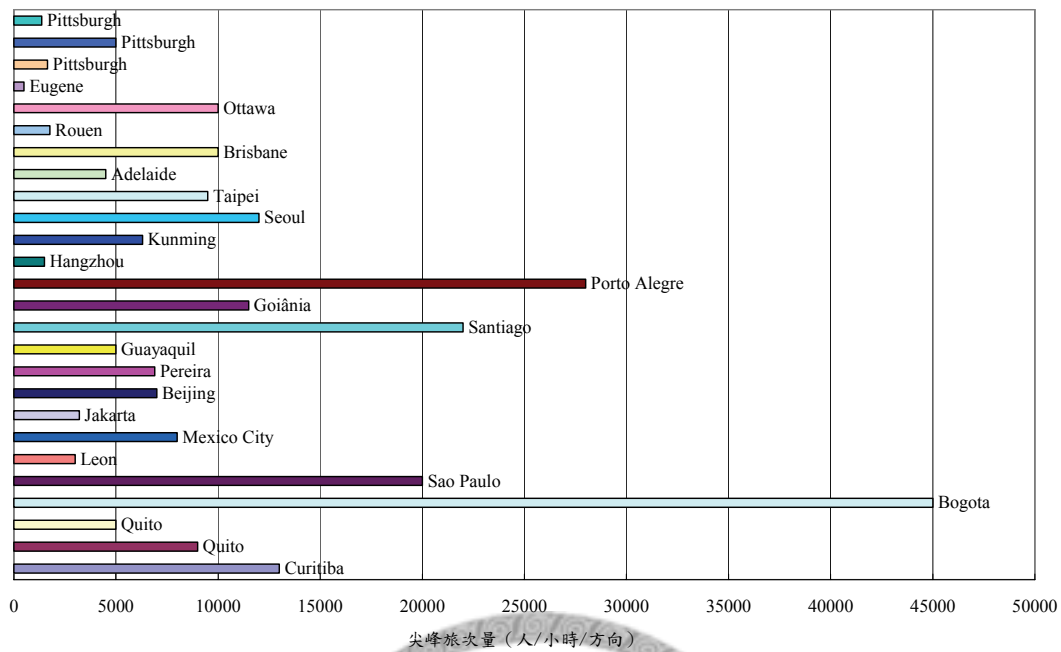


圖 3.1-4 各城市 BRT 系統旅次量比較圖

(4) 營運速率

營運速率為運輸工具最能顯示其移動性(Mobility)的評估指標之一，對 BRT 系統而言，影響營運速率的設計因素很多，包含專用路權的專用程度、是否有超車道或雙車道設計、車輛前後間距的控制、是否有水平等高站台設計或低底盤公車、優先號誌、車上或車外付費、使用智慧卡付費等。

由圖 3.1-5 中可看出，澳洲 Adelaide 為導軌式 BRT O-bahn 系統，具有絕對專有的路權與機械導引設施，可確保車輛的行駛速率，加上其行經郊區路段可提高速率行駛，因此其營運速率亦達最高，同樣位於澳洲的 Brisbane SE Busway 系統，在高速公路路側另闢一條公車專用道路，使原來由郊區進入 Brisbane 使用小汽車約一小時的行駛時間，改為搭乘 BRT 約可省下 30~40 分鐘，此外如荷蘭阿姆斯特丹的電磁導軌 Zuidtangent BRT、日本名古屋的高架導軌式 BRT 都是利用先進技術進行車輛自動導引以提高車輛的行駛速率。

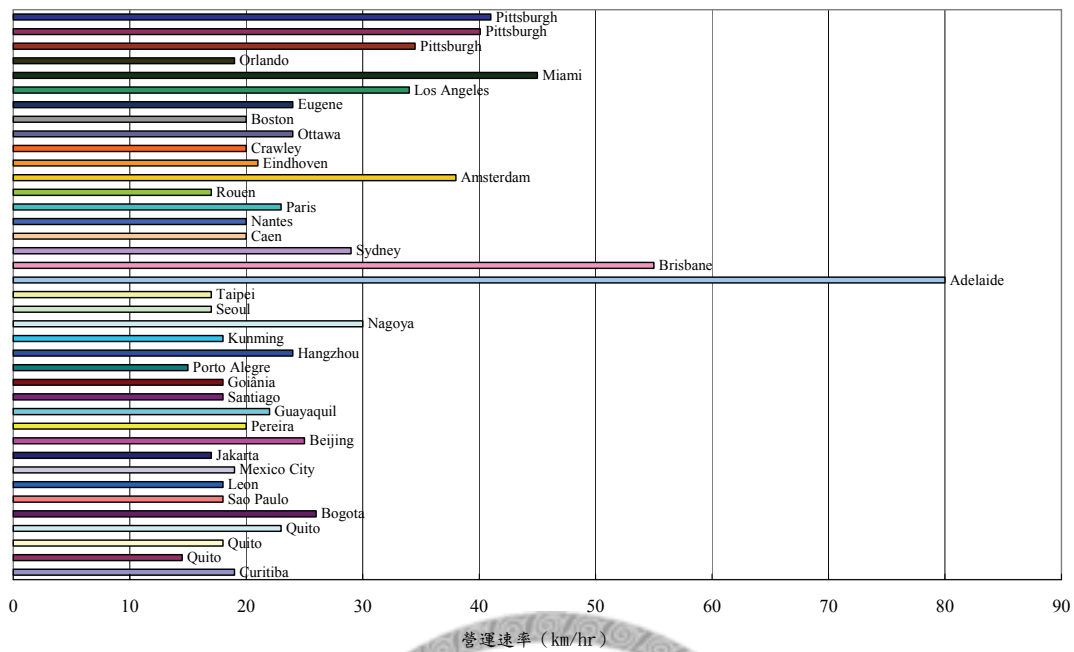


圖 3.1-5 各城市 BRT 系統尖峰營運速率比較圖

(5) 營運生產力(Operational Productivity)與投資生產力(Capital Productivity)

營運生產力定義為產出之搭乘乘客數相對於投入之營運車公里數。影響營運生產力的內生變數包含了路線、班距、長短程、快速與區域公車的設計。高營運生產力通常也隱含高投資生產力，因為投資生產力同樣是以搭乘乘客數但相對於車輛數，亦即表示經營業者對於車輛投資的投入所帶來的乘客產出。如圖 3.1-6 與 3.1-7 所示，在 Mexico City 的 Metrobus BRT 系統，其營運生產力為 10 人/車公里，所對應的投資生產力為 3,095 人/車，而較低水準的營運生產力的 BRT 系統(5 人/車公里)，如北京、雅加達、波哥大等 BRT 系統，其投資生產力亦較其他 BRT 為低。

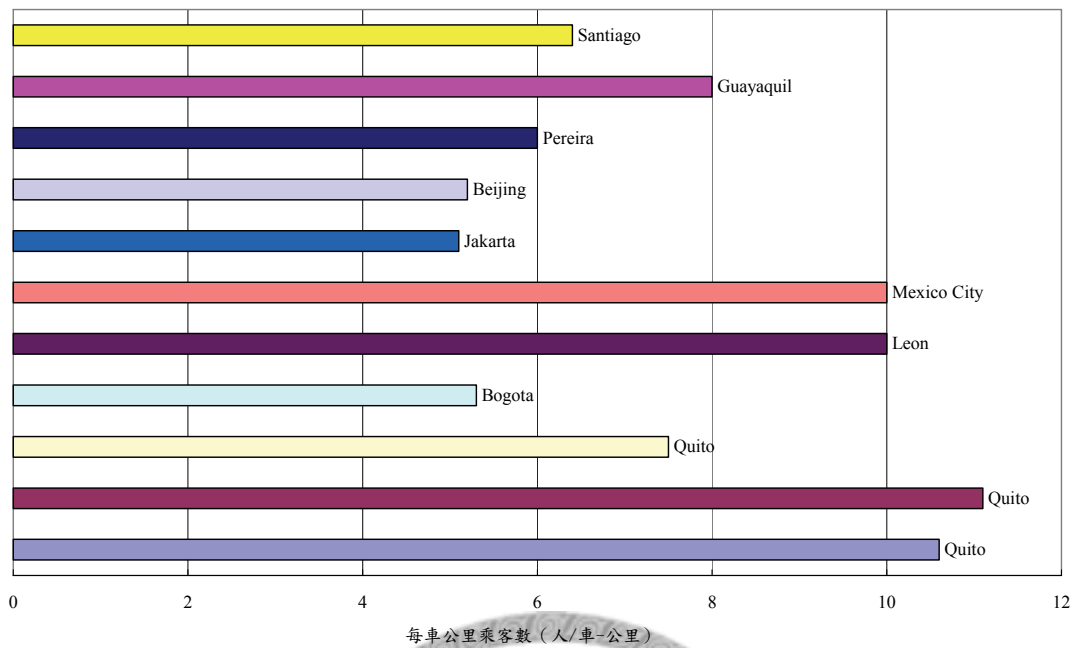


圖 3.1-6 營運生產力—各城市 BRT 系統每車公里搭乘人數比較圖

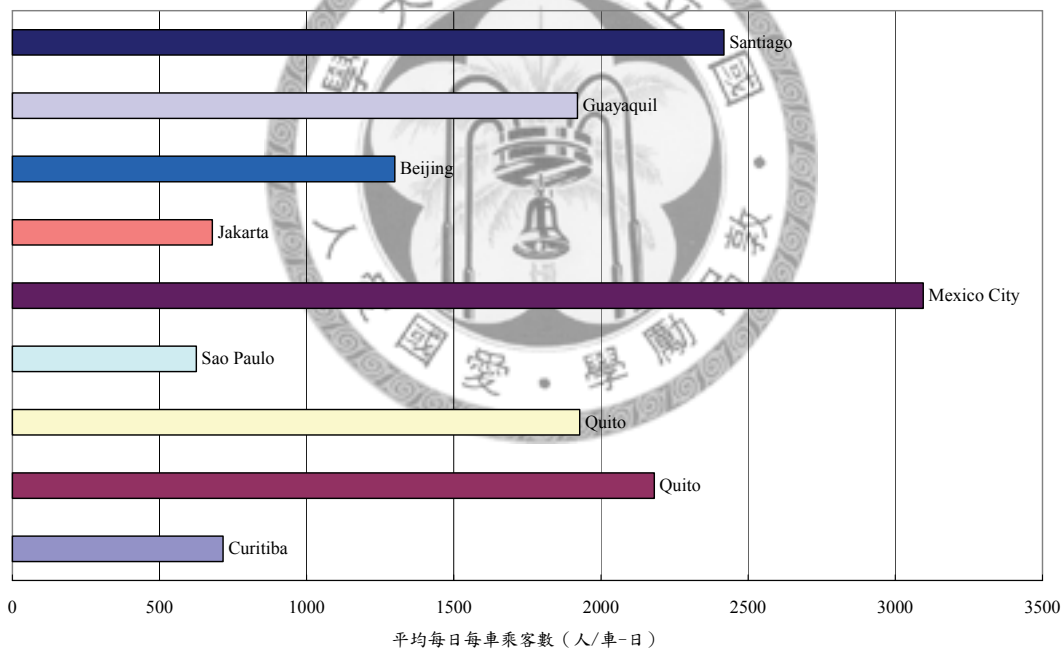


圖 3.1-7 投資生產力—各城市 BRT 系統每車每日搭乘人數比較圖

(6) 建設成本

有關 BRT 成本項主要包含系統規劃成本、基礎設施成本、設備成本、車輛成本等項目，本項所分析的建設成本為平均每公里之成本，包含車輛成本在內。影響建設成本大小主要在於其所採用的系統技術、專用路權等基礎設施，由圖 3.1-8 中，可以看出日本名谷屋由於採用高架公車專用道路且加上機械自動導引設施，因此單位建設成本較高，至於澳洲 Brisbane

公車專用道路(Busways)，在市區內甚至開闢專用隧道，而在市區週邊的高速公路路側是拓寬作為BRT專用新闢，因此其建設成本均較其他區BRT系統為高。台北、韓國首爾均使用一般車道劃設之公車專用道，屬於初階的BRT系統，建設成本則較其他BRT系統為低。

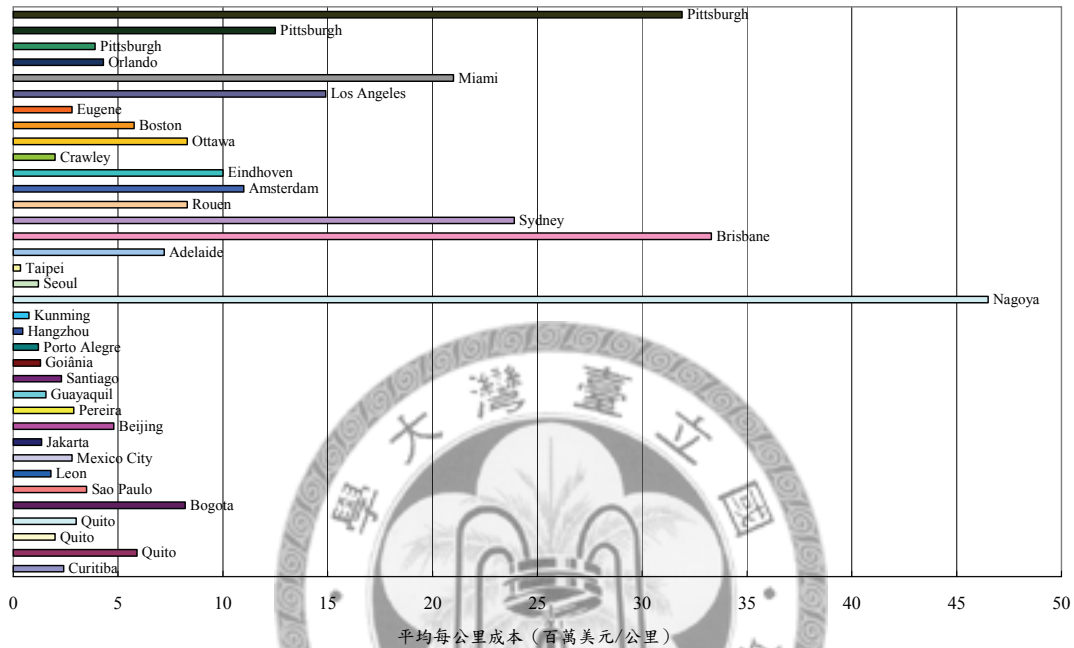


圖 3.1-8 各城市 BRT 系統成本比較圖

(7) 費率

費率的影響主要在於政府對 BRT 系統是否補助，且系統營運業者所考慮之自償率等因素。如圖 3.1-9 所示，一般 BRT 系統之費率均在 1 美元左右，僅有歐洲與澳洲地區之 BRT 費率較高。新系統如美國的 Eugene，採用多節式公車、中央式公車專用道近似於輕軌的工程設計方式，目前仍為免費搭乘。

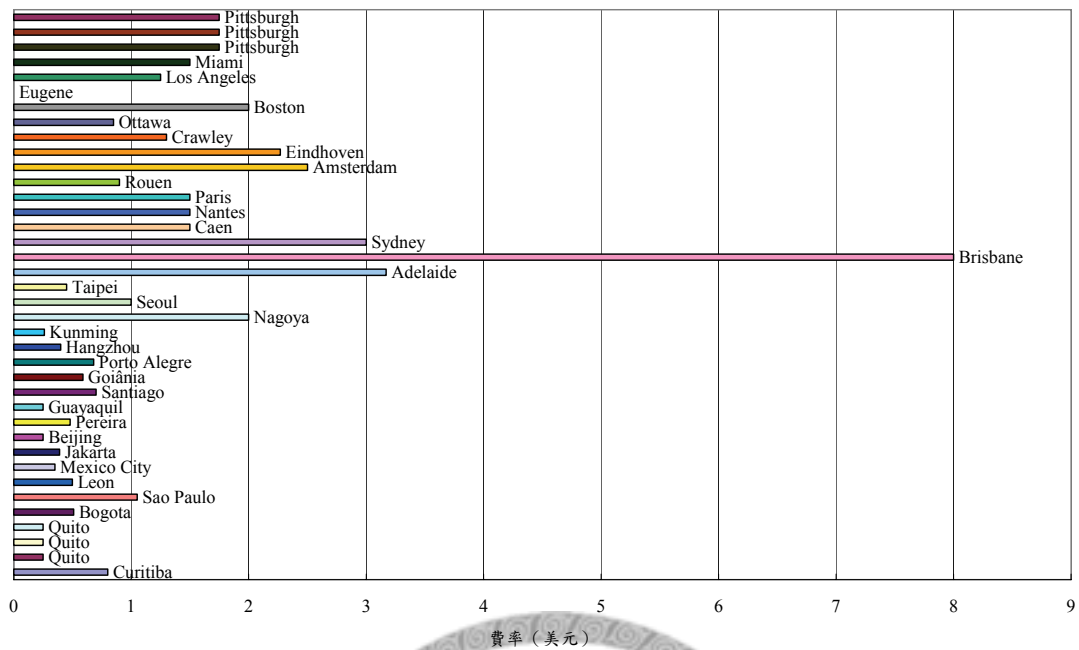


圖 3.1-9 各城市 BRT 系統費率比較圖

(8) 營運績效比較

一般選用 BRT 無非是希望用較低的建設成本、較快時效得到不亞於軌道運輸的系統服務容量與營運效率，因此本研究試圖將各系統服務旅次量與營運速率進行交叉比較，但考慮系統服務旅次數會因服務時間長短有所差異，因此以尖峰小時旅次數與營運速率進行比較。由圖 3.1-10 中可以看出，BRT 服務範圍主要集中在尖峰小時旅次量 5,000~15,000 人之間，營運速率在 17~40km/hr 之間，若採用公車專用道路的設計可以更有效提升營運速率(例如 Adelaide、Brisbane)、而雙車道或多車道的設計以及良好的轉乘方式則有助於提升尖峰小時的旅次數(例如波哥大)。

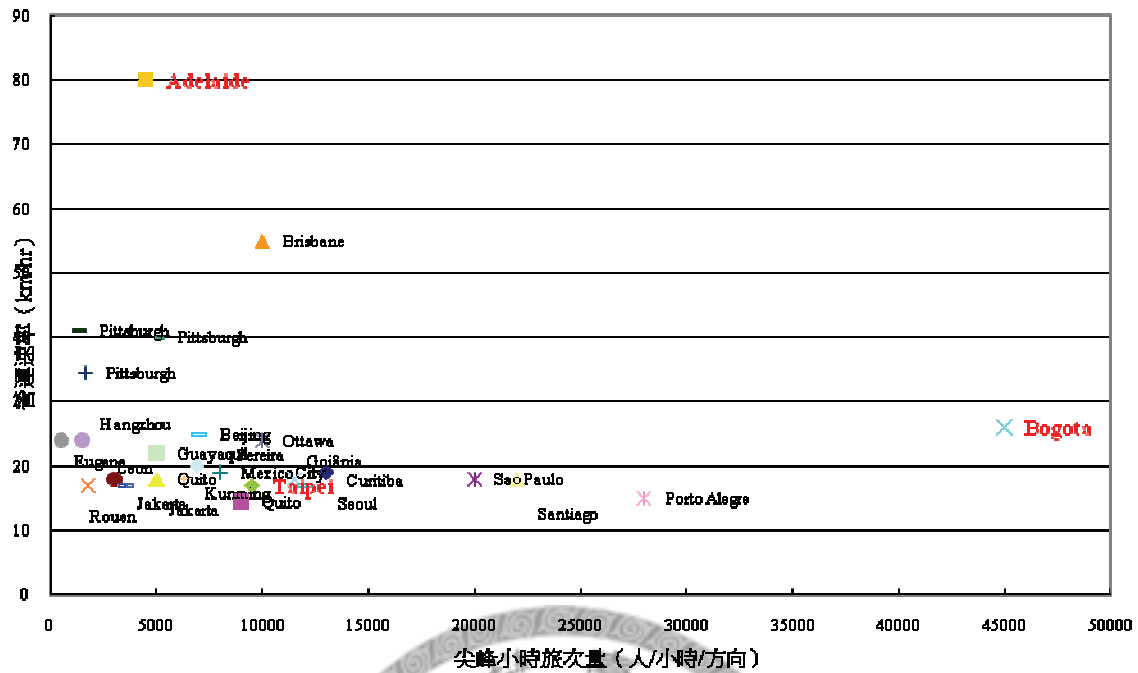


圖 3.1-10 各城市 BRT 營運速率與尖峰小時旅次數比較圖

(9) 地區基本特性比較

BRT 系統由於具有相當程度的設計與營運彈性，因此最常引發規劃者興趣的問題在於究竟 BRT 與地區基本特性存在之關聯性為何？在圖 3.1-11、圖 3.1-12 與圖 3.1-13 中可以看出 BRT 與都市規模(土地面積、人口數、人口密度)並無明顯之關聯性，無論是人口稠密的城市，如韓國首爾、台北市、雅加達、名谷屋等亞洲城市，或歐美的大面積城市，均有營運中之 BRT 系統，目前在可見之文獻中亦無顯著論及社經特性與大眾運輸系統技術選擇有明顯關聯之研究。因此，可以初步認知 BRT 應用的社經條件範圍較軌道捷運系統離散，後續可持續觀察規劃興建中 BRT 與區域基本社經特性的關聯性。

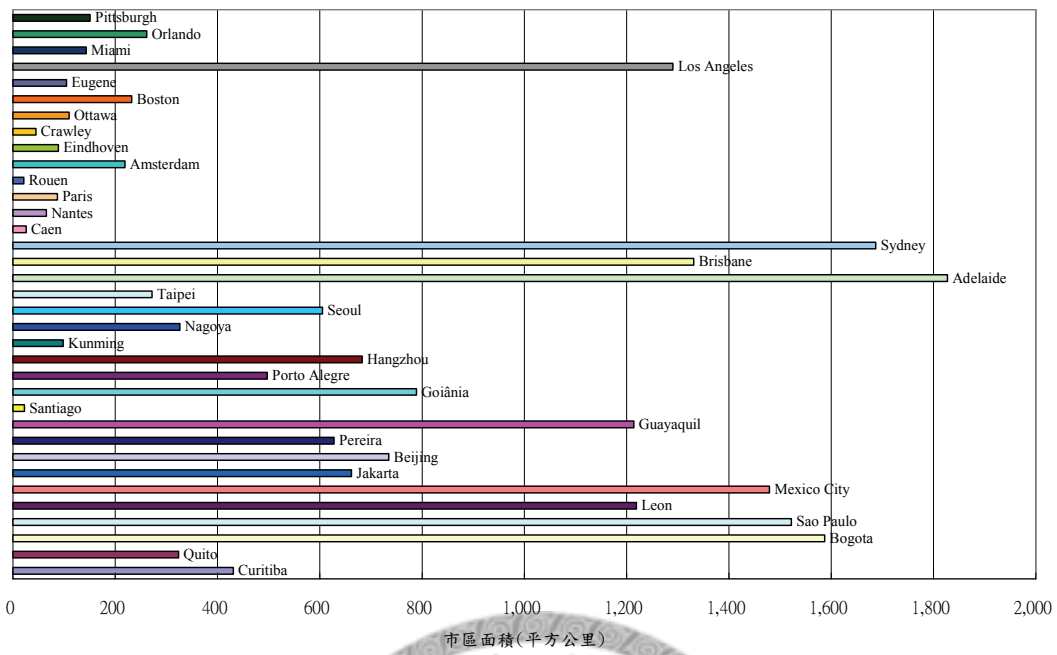


圖 3.1-11 BRT 系統所在地區面積比較圖

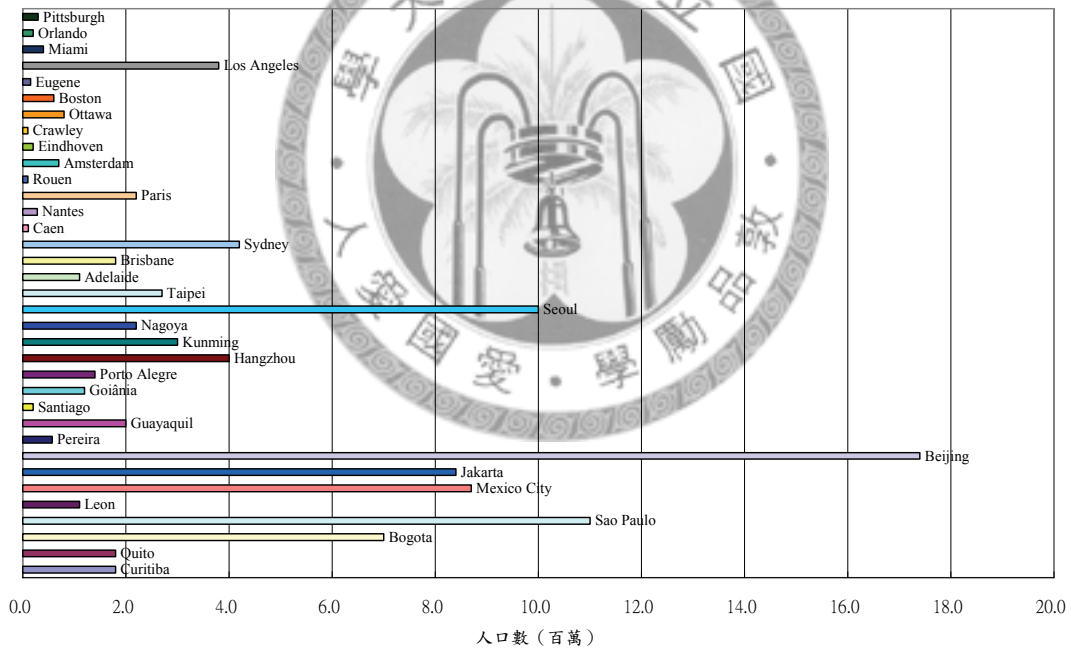


圖 3.1-12 各 BRT 系統所在地區人口比較圖

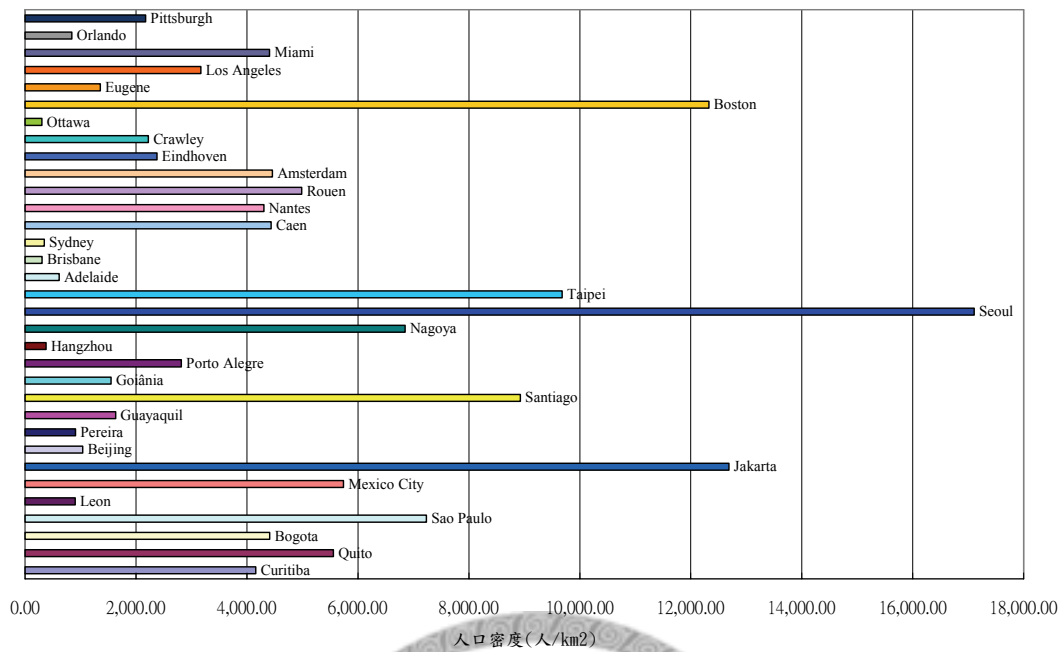


圖 3.1-13 各 BRT 系統所在地區人口密度比較圖

由以上的分析可知，BRT 系統由於組成元素甚多，每一個系統元素均具有其技術應用的彈性，可因應規劃之需求與預算之限制進行調整，因此目前並無一通用之設計套件可適用於類似條件之地區，即使相同的城市內的 BRT 也因為服務之運輸走廊的不同、會有不同的績效表現，由此可見 BRT 之多樣性。但仍可如圖 3.1-9 所示初步歸納出，當系統朝向完全 BRT 之設計方向，如完全隔離的路權、自動導引技術、雙車道或超車道、車外收費等設計，的確可以有效提升營運速率與系統容量。

3.2 案例分析

本研究採用案例分析研究方法，主要基於其可以呈現各類案例豐富的不同情境，也可以詳述社會、政策的複雜性與潛在性，讓政策制定者更有效地利用案例進行資料的吸收與記憶(Cervero, 1998)。當然案例分析的結果並不能全部轉為共通的準則，每個案例有其特殊的形成背景，並不能因此通用到所有地區，因此在本研究案例分析的過程中，不僅須重視案例本身發展的背景與歷程，更重要的是案例結果所呈現「量」的分析。本研究選定五個主要案例，分別是南美洲發展完整，擔負城市主要大眾運輸的工具的波哥大 BRT，北美地區擔任捷運延伸線功能的美國邁阿密及洛杉磯 BRT，以及鄰近的亞洲城市，都市型態與社經背景與台灣相似

的北京及常州 BRT，藉由不同的城市類型及 BRT 設計，分析其規劃背景、與其他大眾運輸技術評選過程、工程設計特色及營運績效及系統優缺點進行分析與比較。

3.2.1 邁阿密

一、發展背景

1. 社經條件

Miami-Dade County 位於美國東南方之佛羅里達州，根據 United Census Bureau (2007)估計，該郡人口於 2006 年該達 2,402,208 人，且總面積達 6,297 平方公里，其中 5,040 平方公里的面積為土地，而剩餘 1,257 平方公里的面積為水域(占總面積 19.96%)。該郡中最大城市為邁阿密市，估計人口逾 404,048 人，而此 BRT 系統之建構目的為提供該郡南區民眾搭乘服務，能搭乘至邁阿密市南端地鐵系統進行轉乘 (The Bus Rapid Transit Policy Center, 2008)。該郡之長程運輸計畫亦指出在預期 1990 至 2020 年間南區的人口數會成長 185%，而該郡南端唯一南北向主要道路之美國一號道路(US 1，如圖 6.1-1 所示)的車輛使用數估計會成長 175%，成為主要的幹道。故此欲進行大眾運輸系統的增設，該條路線原先計畫延伸邁阿密市於 1984 年開通之高架地鐵系統，但因其高昂的建造金額(估計為 3 百萬美元/20 哩)無法跨越，因此該政府改尋其他替代方案，最終決定採行建置 BRT 系統於 US1 西側以作為地鐵系統之延伸。

2. 系統評選

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3百萬美元，因其數目過於龐大而選擇BRT作為替代方案。下表列出BRT系統至今所投入之建設成本，若以當初建置地鐵系統所花之預期成本相扣，可知選擇建構BRT系統，省下了約略1,340,000美元的成本。此外，由於此BRT系統為FTA所選取的示範系統，所以其大部分建設金額由FTA資助，其該郡地方政府只花費第一階段中之20%的成本。

表 3.2-1 邁阿密 BRT 系統所帶來之成本節省

單位：美元

	建設成本	取得路權成本	總成本	資助 (FTA)
延伸地鐵 (預估成本)			\$300,000,000	
BRT (第一階段)	\$42,900,000	\$17,000,000	\$59,900,000	80%
BRT (第二階段)	約\$85,500,000	\$20,800,000	\$106,000,000	100%
預期節省			\$134,100,000	

資料來源：本研究整理自 Bus Rapid Transit Policy Center (2008) 及 Parjus (2003) 之相關文獻

二、 規劃概念

1. 路線規劃

總規劃全長共 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 16.7 公里，並於 1997 年 2 月開始營運，從 Dadeland South Metrorail Station (邁阿密地鐵系統最南端之車站) 至 SW 112 Avenue，此階段為部分使用公車專用道，且建置單向 15 個車站，並且因為建設初期資金短缺，當地政府只欲提供路線之必要營管費用，因而未能設置停車轉乘服務之停車場。第二階段分為兩部分，第一部分於 2005 年 4 月營運，往返於 SW 112 Avenue 至更南端之佛羅里達市市區，共長 8.1 公里；第二部分長 10.4 公里 2007 年 12 月開始營運，自 SW 264 於 SW 344 Street，而第二階段全程為公車專用道，並且建設包含南北向各 12 個公車車站及 3 個提供停車轉乘之停車場於前 16.7 公里之區段，且額外增設 3 個停車轉乘之停車場及 6 個臨時停車接送區(Kiss & Rides)。

2. 路網規劃

邁阿密BRT路網規劃分為三部分：一、將US1上原有的公車營運路線遷移至公車專用道上，又因將車輛由US1轉移之故，促使原先道路之服務水準提高。二、新闢公車專用道之普通路線(Busway Local)及快速路線(Busway MAX)，普通路線公車為每站皆停，而快速路線公車則為尖峰時間跳過某些站，並為佛羅里達市市區與邁阿密市地鐵之間提供快速連結。三、建立支線公車路線，擴展服務範圍，包括先前未提供服務的東西向地區，並匯入於公車專用道上(徐康明，2003)。

The Bus Rapid Transit Policy Center(2008)網站指出目前營運路線中包括5條普通路線及6條快速路線(Busway Flyer (34), Busway Local (31), Busway MAX (38), Coral Reef MAX (252), Midnight Owl (500), Saga Bay MAX (287))，在尖峰時刻其組合路線的平均發車間距為約兩分鐘，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。

三、工程設計

1. 車站

Levinson and Danaher (2007)估算邁阿密BRT系統每個車站之平均建置成本為15萬美元，一般小型車站以彎狀透明防水纖維遮雨篷突出路緣並覆蓋住乘客停等區及半個停靠車道，又居民反應該地氣候狀況及風雨吹淋，將遮篷長度向前延伸增加覆蓋範圍，並於兩側及後部加裝阻隔風雨之設備，變成半封閉式，且自行車道設於遮篷之外，以分隔等車乘客及自行車、輪椅使用者。轉乘車站(如Dadeland)提供轉乘地鐵、停車換乘等服務，並為聯合開發之車站，設有2棟辦公大樓及1棟五星級旅館等設施，停車換乘服務之停車場收費為免費。而車站平均間距約為800公尺，並設於主要路口附近，並皆加置寬11至16公尺之超車道；車站附近設有專用號誌提醒乘客車站位置所在，車站內皆有收費電話、座椅及路線圖，其照明設施包括路燈、人行道照明及遮篷照明。此外，車站外並未採用立體式的方式供民眾進出，乃是直接由街道步行進入。



圖 3.2-2 邁阿密 BRT 一般小型車站



圖 3.2-3 停靠區增設超車道

資料來源：Baltes. et al. (2003)

2. 車輛

車輛採用9.1公尺及12.2公尺長之柴油/CNG公車或連結公車，其公車設計上為低底盤的右開式雙門公車，並設置有活動登車橋配合低底盤方便民眾近出及殘疾人士搭乘，其收費系統設置於前門。公車外型與一般營運公車相似，無明顯圖示可辨明為BRT專用車，以行先版標明並區別其營運路線。車輛裝載自動定位系統及電腦輔助調派車輛系統(Computer Aided Dispatching)。



圖 3.2-4 邁阿密 BRT 使用車輛

資料來源：徐康明(2003)

3. 車道

US1為與公車專用道平行的一個六車道公路幹道，且每相隔約800公尺即有一路口，且公車專用道通過20個主要的交通號誌控制之路口。公車專用道設置在US1的最西側，平行於既有之主要幹道，為雙向且各只有一條車道。公車專用道每車道寬度為6.75公尺，兩條專用道之間採用道路標線繪製1.2公尺之中央分隔帶，並

於西側設置約2.4公尺寬之自行車道，東側設置排水溝。並於全線佈置了許多綠化帶以作分隔及美化。公車專用道西側沿線設有1公尺高之護欄，以避免民眾出入專用道。Dadeland車站附近，由於道路寬度縮減，因此便沒有設置排水溝及中央分隔帶，自行車道也與公車專用道僅以路緣相隔。



圖 3.2-5 公車專用道於 US1 上之配置圖

資料來源：本研究修改自徐康明(2003)

4. ITS 設施

其公車專用道上之交通號誌與US1之公路交通號誌組合運作及控制，其週期長度為120至160秒不等；公車專用道上之交通號誌平常保持為紅燈，而偵測器會感應公車接近路口後，並且判斷是否有足夠的綠燈時間供公車進入且駛離路口。若有，則公車專用道上之交通號誌方可轉變為綠燈；若沒有足夠時間，公車必須於停止線前等待至下一週期才可通過。此外為了使公車營運順暢，US1之南下車輛，於公車穿越東西向道路時，不可進行右轉。

自動定位系統能使資訊處理中心即時追蹤車輛位置並提供足夠的資訊作為發車時刻表之調整，並且當車輛上的設備損壞時能進行替代。電腦輔助調派車輛系統可與駕駛直接做連結，並控制車輛的調派及行駛狀況。

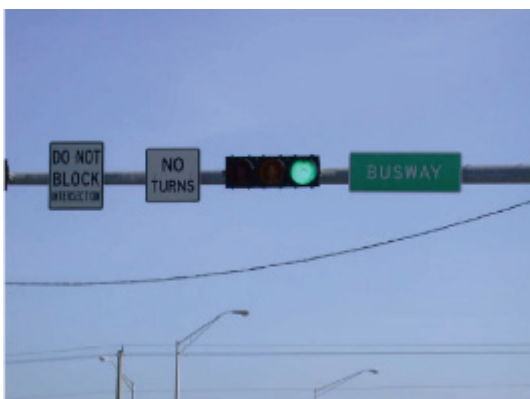


圖 3.2-6 專用道上號誌

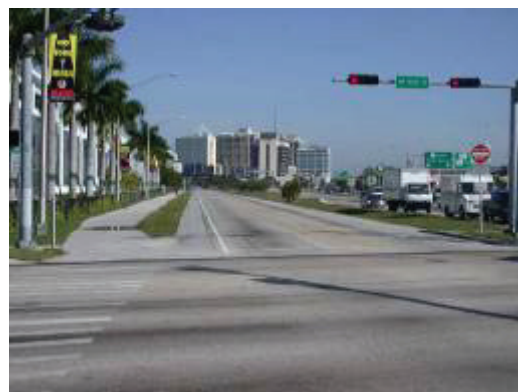


圖 3.2-7 專用道與 US1 上號誌整合

資料來源：Baltes. et al. (2003)

5. 收費系統

採車上付費方式，票箱(Fare Box)設置於前車門，並可收取硬幣(Token)零錢及紙幣，硬幣可在地鐵車站之機器設備或服務中心予以代換並享有優惠，另或向司機出示月票(Monthly Pass)亦可上車。

四、 相關配套措施

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式證明，則可免費搭乘，使用輪椅人士則不需證明即可免費搭乘。月票定價為 75 美元，可使用於地鐵及公車系統，月票另有優惠票價為 37.5 美元。轉乘優惠方面公車轉地鐵、地鐵轉公車與公車轉公車服務皆需另外購置 0.5 美元之轉乘票(優惠票為 0.25 美元)。此外，停車場之停車轉乘服務也無需額外收費。

五、 執行成效

1. 營運績效

Federal Transit Administration(2006)案例分析中指出此BRT系統之載客成長率自1997年1月開通後，歷經15個月之營運，其平日載客數增加了49%，而假日使用人數則增加一倍。徐康明(2003)的研究指出，在2001年時平日載客數成長約68%，假日載客數成長125%，其原因為BRT系統之服務時間加長、服務頻率上升及服務範圍之增廣。2002年10月時，平日載客數增加逾71%，假日載客數則增至130%，其中總服務乘客之69%乘客平均一週會使用5至6次BRT系統進行通勤，並於2007年時達到每日平均乘載23,000人(Bus Rapid Transit Policy Center, 2008)，成長180%之譜，表3.2-3彙整相關績效評估結果。

表3.2-3 載客成長率之績效

開通後(1997)至	1998 (15個月後)	2001	2002年10月	2007年
載客成長率	平日:49% 假日:100%	平日:68% 假日:125%	平日:71% 假日:130%	平日平均運量 23,000人,成長 180%
備註		服務時間加長 服務頻率上升 服務範圍增廣	69%乘客一周使 用5至6次BRT 50%為新增先前 使用小客車或計 程車之乘客	

資料來源：本研究整理自徐康明(2003)、Federal Transit Administration(2006)、The Bus Rapid Transit Policy Center(2008)等相關文獻

彙整徐康明(2003)與The Bus Rapid Transit Policy Center(2008)資料可知，其公車專用道上規定速限為每小時72公里，而營運速率最快約達64公里/小時，此外公車駕駛行經路口時則必須放慢車速至24公里/小時，而現今快速路線之平均營運速率可達每小時28公里，而普通路線因為每站皆停使平均營運速率略降為每小時20公里。

2. 其他效益

根據Levinson and Danaher (2007)所進行之分析，Miami-Dade之BRT系統帶來效益包括，增加該運輸走廊旅次數的85%，並且可節省旅行時間最大值逾30%。而此些效益的增加是來自於BRT硬體之建設，其中建構BRT公車之專有路權所帶來之效益為最大，約略占所帶來效益之50%，增加車站間之距離占其25%，號誌優先為剩下之25%，如表3.2-4所示。

表 3.2-4 其他效益分析

名稱	邁阿密 South Miami Dade Busway
運輸走廊旅次增加百分比	85%
最大降低旅行時間百分比	30%
設施所分配之節省時間百分比	專有路權：50% 增加站距：25% 號誌優先：25%

資料來源：Levinson and Danaher (2007)

六、優缺點分析

邁阿密政府以公車系統代替地鐵系統而發展成為大眾運輸之核心，進而可節省工程的投資建設成本及營運費用，並以節省成本用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BRT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在路網和營運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)。

3.2.2 洛杉磯

一、發展背景

1. 社經條件

洛杉磯都會區總面積 4,079 平方公里，共轄 89 行政區(CDOT, 2008)。1994 年之人口統計數為 9,231,600 人，2007 年人口數 10,331,939 人，預計至 2020 年將達 12,249,300 人，人口成長率為 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 人，就業人口成長率為 41% (SCAOG, 1998)。

2. 運輸系統概況

洛杉磯交通系統為以汽車導向發展之顯著案例，洛杉磯都會區之各級道路中心線總長度為 34,103 公里，其系統概況如圖 3.2-8。其中，高速公路中心線長度為 848 公里，承擔總系統 52% 之交通流量，洛杉磯都會區之高速公路系統並以長度與交通流量占全美各都會區高速公路系統之冠。依據洛杉磯交通管理局統計資料顯示，1998 年之車輛登記數為 6,133,216 輛，擁有駕照登記人數為 5,407,400 人，車輛總里程數為 76,973,000,000 公里。依據洛杉磯都會區交通需求模型推估結果顯示，1998 年洛杉磯都會區平均每日總旅次數為 2911 萬旅次，平均每人每日產生 3 旅次。私人汽車旅次占總旅次量之 96.6%。2000 年洛杉磯都會區之機動車輛總數為 652 萬輛，平均每 1.46 人/輛(徐康明，2003；SCAOG, 1998)。



圖 3.2-8 洛杉磯運輸系統現況圖

資料來源：California Department of Transportation (2008)

公共運輸系統方面，洛杉磯都會區現有大眾運輸系統分別為公車系統、三條由輕軌與地鐵組成之城市鐵路系統與七條城際通勤鐵路系統，目前亦已開通四條 BRT 計畫路線，如其內容分述如下：公車系統路網總長 2,810 公里，主要幹線約占總路網之 68% (Metro, 2006)，總公車數量為 2800 輛，平均每日乘客量約 110 萬人次；城市鐵路總長為 95 公里，平均每日乘客量約 20 萬人次；通勤鐵路總長 815 公里，每日乘客量約 6.6 萬人次；公車專用道路網總長為 104 公里(其中包括 22.4 公里之 BRT 系統)，平均每日乘客量約 12 萬人次(徐康明，2003；Bus Rapid Transit Policy Center, 2008)。

3. 交通政策基本原則

有關洛杉磯都會區近年來所擬定之相關交通政策，有鑑於日漸增加之交通需求與不敷供給之道路系統，洛杉磯交通當局乃擬定一整體交通計畫以改善現有交通系統。除實施傳統增加交通供給策略以舒緩交通需求窘境外，根據洛杉磯交通管理局的研究報告，該計畫主要分為四大策略：

(1) 發展低成本之 BRT 系統並停止發展地鐵

洛杉磯都會區於 90 年代初曾致力於發展地鐵計畫，試圖於 20 年內建

成 300 公里長地鐵線。然由於地鐵造價之昂貴遠超於中央和地方政府之財力，且洛杉磯都會區多中心、分散型的城市發展結構將可能造成耗費多項資源卻因運量不理想而無法回收利益之結果。因此將 BRT 系統作為優先選擇施行之方案，並預計未來洛杉磯都會區將形成由二十六條線路組成之 BRT 路網系統。

(2) 建設共乘車道以提高高速公路流通力

以建設共乘車道取代新建高速公路計畫，共乘車道僅供二人以上共乘之汽車使用。從此計畫，當鄰近混合流車道擁擠時，共乘車道之汽車行駛速率將相對較快，進而鼓勵通勤者共乘。目前洛杉磯都會區現有單向共乘車道 610 公里，估計 25 年後將有建成 320 公里新增共乘車道與其連接線，每日將有 100 萬以上之共乘者使用。

(3) 以 ITS 提高交通服務水準

運用 ITS 取代耗資大與費時長之交通工程建設。目前洛杉磯之 ITS 技術之應用為洛杉磯自動交通監測和行控中心。該自動車輛監測與控制系統較以往平均減少 12% 旅次時間、32% 交叉口延滯與 30% 交叉口之不必要停車，其成本收益比為 1:8.8。

(4) 妥善規劃交通建設資金以提高交通建設資金使用效率

以完善之資金運用與管理策略提高交通建設資金的使用效率。洛杉磯交通建設資金之傳統來源包括地方稅收，州政府撥款和聯邦政府撥款，其他非傳統來源亦包括發行債券，徵收專門利益評估費，以及私人贈款。其交通建設資金規劃之關鍵措施為嚴格審查交通專案經費申請書，並規定項目資助額占項目總造價的比例不得超過 80%。其具體實施略分為以下四步驟：

- (a). 地方政府與洛杉磯大都會交通局 (Los Angeles County Metropolitan Transportation Authority, MTA) 簽訂專案合約。

- (b). 地方政府預付建設費用，並於後報銷 90%之實際建設費用。
- (c). 專案完成後須進行獨立審計，其審計結果報告須獲 MTA 批准，並追繳或禁止部分建設費用。
- (d). 待專案品質監督、審核與驗收合格後，扣留之 10%建設費將退還地方政府。

二、 BRT 發展歷程

FTA 曾於 2002 年發表洛杉磯 BRT 示範計畫之評估報告(Final Report of Los Angeles Metro Rapid Demonstration Program)，關於洛杉磯 BRT 發展與規劃之相關內容，本案例分析乃參照該 FTA 報告以及本研究實地參訪經驗，予以詳述如下。

有鑑於巴西 Curitiba 結合都市設計與運輸系統發展之成功案例，促使 FTA 提出全美 BRT 發展計畫(A National Bus Rapid Transit)。自 MTA 與洛杉磯市政府單位親訪其 BRT 系統執行成效並評估施行可行性後，乃擬定洛杉磯 BRT 發展計畫(The Metro Rapid Program)，並預計擇二至三具有高旅次量與區域獨特性之主要運輸走廊作為規劃路線。MTA 參照巴西 BRT 系統 6 項 BRT 成功關鍵特性，另擬 7 項 BRT 特性作為該計畫預計達成之 13 項 BRT 特性準則如表 3.2-5，其分別為：規劃簡明之路線、高頻率服務、固定班次、減少停靠站數、水平等高上下車、以顏色編碼車輛與車站、優先號誌系統、公車專用道、高乘載量公車、多車門設計、車上收費系統、接駁路網與土地使用規劃之合作等。第一期計畫以前 7 項 BRT 發展特性作為現有公車系統之擴建計畫；第二期計畫則以全面發展 13 項 BRT 特性作為實踐標的，並接續對整體公車運輸路網作延伸規劃。

表 3.2-5 BRT 特性比較表

BRT 系統特性	Curitiba	Metro Rapid	
		第一期計畫	第二期計畫
規劃簡明之路線	●	●	●
高頻率服務	●	●	●
固定班次	●	●	●
減少停靠站數	●	●	●
上下車平台化設計	●	●	●
以顏色編碼車輛與車站	●	●	●
優先號誌系統		●	●
公車專用道			●
高乘載量車輛			●
多車門之設計			●
車下收費系統			●
接駁路網之規劃			●
土地使用計畫之結合			●

資料來源:本研究整理自 FTA (2002)

第一期示範計畫自 1999 年開始規劃並於 2000 年正式實施，選擇路線如下：

- (1) Line 720 Wilshire/Whittier：行經洛杉磯市中心之高運輸需求都市走廊。
- (2) Line 750 Ventura：銜接地鐵紅線以服務高運輸需求之城郊走廊。

其路線如圖 3.2-9，預計未來將完成現有公車系統之全面性擴建計畫，其未來系統路網之願景如圖 3.2-10。



圖 3.2-9 洛杉磯第一期示範計畫路線圖
資料來源：FTA (2002)

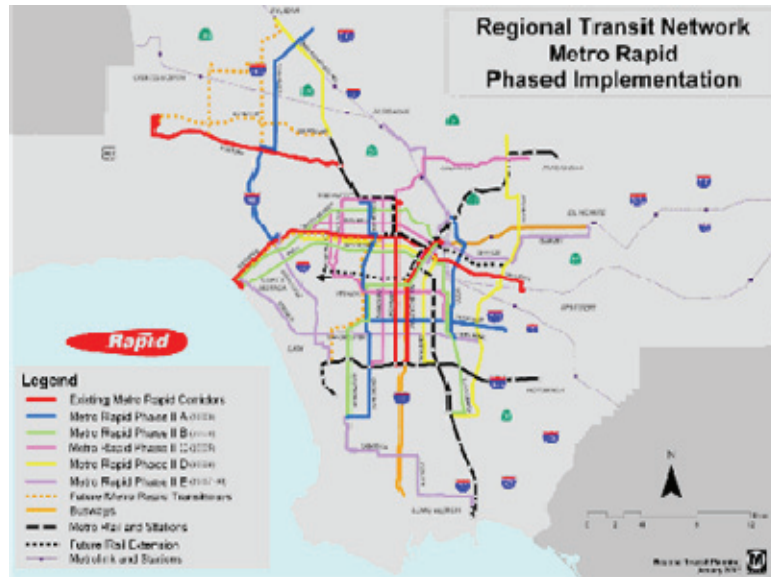


圖 3.2 -10 The Metro Rapid Program 計畫路線圖

資料來源：FTA (2002)

第二期計畫主要內容為全面實施洛杉磯 BRT 發展計畫所提及之 13 項 BRT 特性，並以具高流通率、區域性服務水準或可強化原交通系統運輸水準之運輸走廊作為替選路線，如表 3.2-6。最後以 Phase IIC 作為第二期示範計畫之選擇路線，此即為洛杉磯第一條 BRT 系統，名稱為橘線 BRT(Orange Line)。

表 3.2-6 LA 第二期計畫替選方案表

Phase IIA	Phase IIB	Phase IIC
Avalon	Hawthorne	Alvarado
Crenshaw/Rossmore	Hollywood/Pasadena	Atlantic
Florence	Long Beach	Century
Van Nuys	San Fernando	Garvey
Venice/Pico/E 1st	Santa Monica	Hollywood/Fairfax
Vermont	Sepulveda	Lincoln
	Soto	Roscoe
	Western	Vernon/La Cienega
		West Third

資料來源：FTA (2002)

三、橘線 BRT 規劃概念

Callaghan 與 Vincent(2007)曾於橘線通車兩年後發表橘線之初期評估報告，本案分析將參照其內容，分析橘線規劃概念與相關部分。

1991 年，MTA 買下位於 San Fernando 的一條未實行的鐵路線段，此為平行於

國道 101 的 Ventura 高速公路。其原欲作為鐵路建設計畫使用，礙於成本效益與政治考量，同時，經由 1998 年於巴西之參訪，最後決定提出橘線 BRT 建設計畫。



圖 3.2-11 橘線路線圖

資料來源：Metro (2008)

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。

橘線自 2000 年開始規劃至 2005 年通車，由 MTA 之 Metro 公司營運。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 3.2-12。



圖 3.2-12 地鐵紅線、輕軌金線與 BRT 橋線圖

資料來源：Metro (2008)

四、工程設計

1. 車站

橋線共設置 14 個車站，平均站距為 1,610 公尺。設置區位以鄰近主要住宅區、商業活動中心或南北主要幹線為主，其示意圖如圖 3.2-13。車站備有車站即時資訊系統、電話與車站通訊系統與多樣化之資訊看板。亦提供自行車架與加鎖之服務、照明設施、舒適座椅與乘客安全監視系統。站台為側式站台，採右側開門之停靠方式(Levinson and Danaher, 2007)，其站台高度並配合低底盤公車設計登車平台，使乘客可藉由乘車平台更加便於上、下車(Orange Line Interactive, 2008)。另有 6 個車站規劃停車轉乘區域，其總數約為 3800 之免費停車位。據估計有 80%之乘客藉由公車、地鐵、自行車與步行來此轉乘。



圖 3.2-13 橋線車站示意圖

資料來源：Metro (2008)及本研究實地參訪拍攝

2. 車道

橘線的車道規劃為22.4公里(14哩)長的雙車道公車專用道，以路段專用、路口混合方式提供公車路權，如圖3.2-14。其橫跨34條街區與五條中街廊內的行人穿越道，並於各行經路線之交叉口設有偵測設備以提供優先號誌之服務，服務型態為全站皆停之服務。鋪面設計使用混合橡膠材質之柏油鋪面，配合吸音牆設施以減少對於鄰近住戶之噪音衝擊。另於公車專用道鄰側建設8哩之自行車道與人行道，預計未來將完成其餘之6哩路段。景觀設計部分則強調為街景綠帶之延伸，並備有自動灌溉系統。



圖 3.2-14 路段專用與路口混合方式車道圖

資料來源：本研究實地參訪拍攝

3. 車輛

橘線所使用之車輛為北美公車產業所定製生產，目前系統提供量為 30 輛，但依據訂單內容，預計未來將有總量 200 輛之車輛提供服務。車輛型式為雙節式長 60 呎、寬 102 吋之 CNG 低底盤公車，開門形式為右側開門，並備有三個 36 吋之寬廣車門，車頭處設置二自行車架以供使用(Orange Line Interactive, 2008)，如圖 3.2-15、3.2-16。平均行車速率約為 16~20 mph(Levinson and Danaher, 2007)。車內設施部分，備有 57 席坐位，並設計一寬廣的走道以舒緩尖峰人潮，估計約可容納乘客 120 人(Orange Line Interactive, 2008)。車內設有二處輪椅擺置區與無障礙設施以利使用者上下車，並備有動態影音螢幕與行車動態顯示資訊系統，預計未來將導入無線網路設備。



圖 3.2-15 橘線使用之車輛

資料來源：Metro (2008)及本研究實地參訪拍攝



圖 3.2-16 車頭自行車架圖

資料來源：本研究拍攝

4. 服務系統組成元素

售票系統方面，收費方式採車外收費，並於各車站內提供電子自動售票機服務如圖 3.2-17。票務部分，乘客可選擇購單乘票或一日通行票，其票價等同於其他公車系統：單程票為 1.25 美元，一日通行票則為 5.00 美元，另有月票折扣優待機制。票證部分，採榮譽票證方式，乘客須攜帶票卡以供查驗，亦備有電子票證機，如圖 3.2-18。現今亦已導入智慧卡系統(Orange Line Interactive, 2008)。

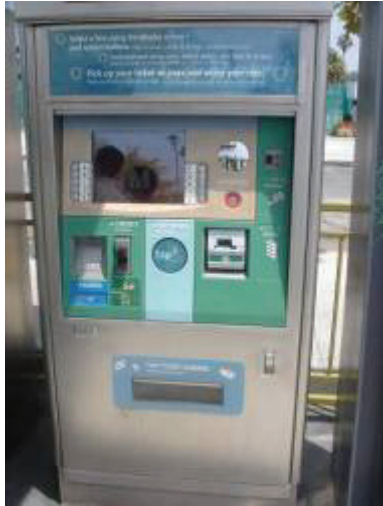


圖 3.2-17 電子自動售票機



圖 3.2-18 電子票證機

資料來源：本研究拍攝

ITS 系統方面，其備有自動車輛定位系統、電話與車站通訊系統、乘客資訊系統、車站即時資訊系統與優先號誌系統，如圖 3.2-19 (Levinson and Danaher, 2007)。



圖 3.2-19 車上及車站資訊系統

資料來源：本研究拍攝

五、相關措施

1. 營運服務

橘線僅提供全站皆停之服務，除了於西邊終站須短暫進入混合車流車道以服務位於 Warner 中心的轉運節點外，本路線之車輛僅可行駛於專用道內。其服務時間為每日 22 小時，一週 7 日。橘線之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，尖峰班距為 5~6 分鐘，一般班距為 10 分鐘，

清晨與近深夜之班距為 15~20 分鐘，週末班距則為 10~20 分鐘。

2. 行銷計畫

由於洛杉磯橋線強調其可提供與地鐵相當的高品質服務，其路線圖設計與地鐵路線結合以強調其為地鐵系統整合之一部分，並將其車輛漆成與地鐵車身相近之銀灰色。此外，雖然各車站皆有其自身獨特之藝術設計，然其基本之設計概念與元素均有一致性，並設計具高辨視性之標誌，以強化橋線系統之自明性，同時並設置專屬網站以提供系統相關資訊與介紹。

3. 土地發展策略

由於洛杉磯長期都市發展計畫需求具高承載力的運輸系統以配合土地使用發展，可配合土地使用發展為最初選擇橋線為第一示範計畫的主因之一，並藉由規劃其沿線之主要活動中心以鼓勵大眾運輸導向發展策略(TOD)。目前已有許多處開發單位表達其投資意願，MTA 亦已開始籌備總數約兩百萬餘坪之車站周邊土地混合使用發展計畫，並以聯合開發之方式進行開發。此外，其亦簽訂約價值 6.6 百萬美元之契約以發展鄰近北 Hollywood 車站的歷史街區。

六、執行成效

由於 San Fernando 另有輕軌金線(The Pasadena Gold Line Rail)鄰近本路線，且其總長 16.7 哩與 BRT 橋線相近，亦銜接地鐵紅線以服務洛杉磯東北側。因此，本案例之執行成效分析將以比較 BRT 橋線與輕軌金線之系統服務績效與成本效益分析為主要內容。

4. 系統執行成效

旅次量分析方面，MTA 原估計橋線旅次量將為平均每日 5000~7500 旅次，並預計 2020 年可達到平均每日 22000 旅次。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。相較於輕軌金線而言，如表

3.2-7 所示，其每月旅次量皆有高於該輕軌旅次之趨勢。

表 3.2-7 BRT 橘線與輕軌金線旅次比較表

時間	BRT 橘線(人/日)	輕軌金線(人/日)
2005 年 11 月	16,360	16,910
2005 年 12 月	15,492	14,417
2006 年 1 月	16,100	16,318
2006 年 2 月	17,636	15,325
2006 年 3 月	18,242	15,769
2006 年 4 月	18,700	15,587
2006 年 5 月	21,828	18,078
2006 年 6 月	20,844	18,771
2006 年 7 月	20,760	20,329
2006 年 8 月	19,531	18,874
2006 年 9 月	21,005	20,972
2006 年 10 月	20,217	18,035
2006 年 11 月	20,659	17,768
2006 年 12 月	19,004	17,956
2007 年 1 月	19,048	17,638
2008 年 12 月	25,428	24,004

資料來源：本修改自 The Transit Coalition (2007)、Metro(2008)、MTA(2009)

旅行時間節省效益方面，依據乘客調查結果顯示，約有2/3之國道101使用者表示，乘坐橘線較自行開車節省旅行時間。另有85%原其他運具使用者表示，為節省其旅行時間而改選擇乘坐橘線。其各時段平均旅行時間詳如表3.2-8。

表 3.2-8 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	16.8
晨間東行	41	20.5
晚間西行	51	16.5
晚間東行	41	20.5

資料來源：Gephart (2006)

對其他車流之影響方面，依據 California Center for Innovation Transportation(CCIT)於2005年之調查結果顯示，自橘線通車後，國道101南側之尖峰服務水準約改善6-7%，總服務水準改善14%。其調查更指出，自橘線通車後，晨峰壅塞時段較以往晚11分鐘發生。

5. 成本效益評估

建設成本方面，橘線之建設成本約為349.6.6百萬美元，平均每哩25百萬美元，其成本細項如表3.2-9。輕軌金線之建設成本約為859百萬美元，平均每哩62.7百萬美元。表3.2-10為橘線與輕軌金線之場站成本比較表。相較於輕軌金線而言，其成本僅為輕軌金線之1/3。

表 3.2-9 BRT 橘線成本細目表

項目別	成本(百萬美金)
公車專用道	144.1
場站用地	1.4
系統配備	8.8
車站與停車轉乘區	31.1
自行車道	10.6
車輛	16.7
路權	17.3
場站設計	36.4
ITS 設施	48.2
其他	10.0
總成本	323.6(約台幣 113 億元)

註：不含在 2006 年底啟用的第 14 個車站

資料來源：Patel and Hitesh (2006)

營運成本方面，表3.2-11為MTA 2007年度財政預算表，由其可知輕軌金線所需花費之營運成本亦遠高於橘線之營運成本。

表 3.2-10 BRT 橘線與輕軌金線場站成本比較表

	BRT 橘線	輕軌金線
總長度(哩)	14	13.7
車站數	13	13
車輛數	30	24
每日平均旅次(2006)	20,844	18,771
週六平均旅次(2006)	12,437	7,314
週日平均旅次(2006)	9,951	7,544
總成本	\$349,600,000	\$859,000,000
每哩成本	\$24,757,142	\$62,700,729
每日平均旅次成本	\$16,772	\$45,762

資料來源：Los Angeles Metro (2006)

表 3.2-11 BRT 橘線與輕軌金線營運成本比較表

	單位：美金	
	BRT 橘線	輕軌金線
每小時營運成本	\$243.18	\$552.54
每哩營運成本	\$14.53	\$24.56
每乘客每哩單位成本	\$0.54	\$1.08
單位乘車成本	\$3.79	\$7.54

資料來源：Los Angeles Metro (2006)

3.2.3 北京

一、發展背景

1. 社經條件

北京市為中國首都，位於中國華北地區，土地面積 16,807.8 平方公里(約為台北都會區的 8 倍，全台灣面積的 2/5)。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%。2003 年北京市道路建設總投資為 129.2 億人民幣，占基礎設施投資的 30.9%，根據北京市政府統計資料，1993 至 2003 年間，國家在交通建設上投資 1,219 億人民幣，占 GDP 的 6.24%，道路長度增加 33%。但北京市區內主幹道在巔峰時間，車速僅有 12 公里/小時，2003 年的平均每日旅次達到 2,100 萬次，其中約有 40% 的旅次旅行時間超過 1 小時；在 212 萬部車輛當中，私人運具即有 100 萬輛。為因應 2008 年奧運會之交通需求，增加道路服務水準、道路容量以及更便捷的大眾運輸，已是刻不容緩的課題。在當局的權衡之下，工期短且彈性大的 BRT 即為首選。

從北京天安門廣場南端前門向南的南中軸，具有深厚的歷史和文化背景。南中軸的起點「前門箭樓」距今已有 450 多年歷史，是現今北京熱門的景點之一；前門大街，也有數百年歷史，街上許多百年著名的傳統商鋪，曾為當地著名的旅遊購物中心。而南中軸的南端終點站，集中了許多與宇宙航空相關的研究單位，如火箭技術研究院、中國宇航員培訓中心等。

2. 公共運輸系統

北京市的城市道路經數百年的發展形成棋盤式的格局，如圖 6.3-1，大眾運輸多沿著棋盤直角邊為走向，為短距離的運輸模式，市內幾條環城線道路均為重要幹道。在私人小客車持有率不斷增高的北京市，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)，但卻比前一年下降了 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營運里程亦在快速增加(中國人民統計局，2003)。鄭長路等(2007)及陳燕凌等(2004)的研究報告指出，北京市在 2001~2005 第十次五年國家規畫期間新增軌道交通路線 60 公里，截至 2005 年底，軌道里程達 114 公里，當時的地鐵的歷史最高峰為每日運量 280 萬人，但仍不及地面普通公車流量的 3 成，大部分的乘客搭乘地鐵必須再轉乘公車，乘客的平均轉乘步行距離在 350 公尺以上，其中 16% 的乘客轉乘距離超過一公里。

南中軸沿線共有 31 條公車路線，乘客人數每日可高達 30 萬人次，但公車行駛速率低、服務品質差、路線重複、準點率差且轉乘不便，市區公車乘客單一旅次的旅行時間平均為 58 分鐘。政府雖已在南中軸沿線規劃興建地鐵八號線，但該路線在 2010 年之前尚無法啟用。相較之下，興建 BRT 可以分擔南中軸公車旅次的需求，且建設成本僅相當於建設相同規模地鐵的兩年利息，當初規劃的地鐵八號線，路寬 80 公尺，其中預留了 18~23 公尺的綠帶，也可做為 BRT 用地。若南中軸 BRT 能順利達到預期的成果，未來南中軸將可免除興建地鐵，為政府節省龐大資金(劉璇亦，2007)。



圖 3.2-20 南中軸 BRT 的規劃路線

資料來源：北京暢達通客運(2006)

3. 政策基本原則

北京當局制定了「北京交通發展綱要」，提供公共運輸發展的主要方向，並組建「北京市暢達通客運有限責任公司」，負責 BRT 系統地面上的營運管理，並選中南中軸成為第一期 BRT 示範工程的首選路線。由隋振江(2004)及鄭長路等(2007)等報告可歸納以下幾點重要原則：

(1) 發展及規劃 BRT 的基本概念：

- (a) 補充完善的軌道系統：做為地鐵營運前的過渡或取代地鐵，也可做為其它大眾運輸的擴展和延伸。
- (b) 公車系統的升級：整合現有的路線，減少重複。提高乘客的舒適及便利性。
- (c) 整合道路的新建及改建：配合都市計畫和區域發展，以大眾運輸為導向做合理的規劃。

(2) 發展及規劃 BRT 的目標：

- (a) 以地鐵、BRT 及普通公車構成完善的綜合服務路網，服務旅次集中的運

輸走廊。

(b) 做為地鐵各路線的銜接，減少興建支線的建造成本。

(c) 提升服務水準，增加大眾運輸的吸引力及使用率。

(3) 作為中國第一條 BRT，選線考量的準則當時政策擬定稱之「四個緊密結合」：

(a) BRT 的路線必須與城市發展方向緊密結合。

(b) 與現有的主要公車旅次分布緊密結合。

(c) 與已營運和規劃中的地鐵路網緊密結合。

(d) 與近期道路改建計畫緊密結合。

4. 重要發展歷程

BRT 的概念在 1988 年傳入中國，當時世界銀行中國第一城市交通貸款項目曾考慮用於建設上海 BRT，但最後改用於建設上海內環線高架道路。1994 年昆明和瑞士合作，並於 1999 年完成中國第一條中央公車專用道，之後，北京、瀋陽和石家莊也分別實施了一條中央公車專用道，但這些都沒有其他營運的配套措施。2003 年 3 月 18 日北京市交通委員會舉辦了「北京快速公交發展戰略研討會」，邀請各國專家探討北京實施 BRT 的可行性和必要性。2004 年北京市政府根據建設部 2004 年 38 號文「優先發展城市公共交通」，將南中軸 BRT 列為重點工程之一，並於該年八月組建北京暢達通客運股份有限公司，2004 年 12 月 25 日局部通車試運，2005 年 12 月 30 日全部完工，總歷時約一年半。北京市政府完成北京 BRT 第一期工程「南中軸」後，仍繼續興建其他路線，並預計在 2008 年奧運會前，完成 60 公里的 BRT 放射狀路網，在 2008 年已陸續完成第二條朝陽路與第三條安立路 BRT，終極目標是形成 300 公里放射狀與環狀的 BRT，並與軌道系統相連接(隋振江，2004；鄭長路等，2007)，圖 3.2-21 顯示該整體規劃路網。

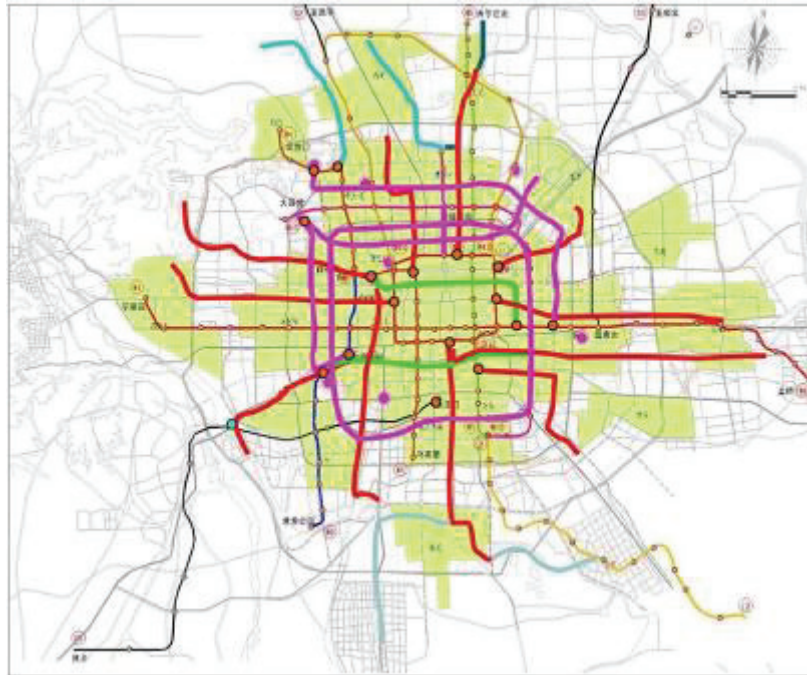


圖 3.2-21 北京 BRT 遠程環狀放射狀路網圖

資料來源：中國城市規劃設計研究院交通所(2006)

二、 規劃概念

1986 年到 2000 年間居民旅次總量增長了 69%，週轉量增加了 2.1 倍，機動車旅次增加 13.6 倍，機動化旅次方式比例從 37%增加到 61%，其中小客車的比例從 13.5%上升到 37.8%，但是大眾運輸的使用率卻從 76.6%下降到 43.1%(陳燕凌等，2004)。這顯示出民眾開始偏向使用私人機動運輸工具，而這個現象會造成道路的負荷不斷的増加。2003 年時北京的機動車擁有量剛突破 200 萬輛，但是一般公車發車的比率下降，促使民眾更偏愛使用私人交通工具，使得道路上的擁堵現象越來越嚴重。另外，機動車的廢氣排放也對北京的環境造成威脅。更重要的是 2008 年將在北京舉辦奧運，如果不改善這些問題，將會對中國造成很大的國際形象傷害。

想要在2008年前有效的改善交通必須使用較有效率的方法，如果選擇修建地鐵與輕軌，到了2008年最多只能建成覆蓋15%左右人口的200公里路網。如果是選擇新建或擴建道路，北京則已無多餘的道路用地。於是，在交通委員會、北京公交總公司、北京交通研究中心等公部門的建議以及國際專家共同推動下，北京市政府在2003年初決定建設BRT系統與原有及興建之軌道形成大眾運輸路網(鄭長

路、徐康明，2007)，圖3.2-22即為其中首先推動的第一條BRT路線。

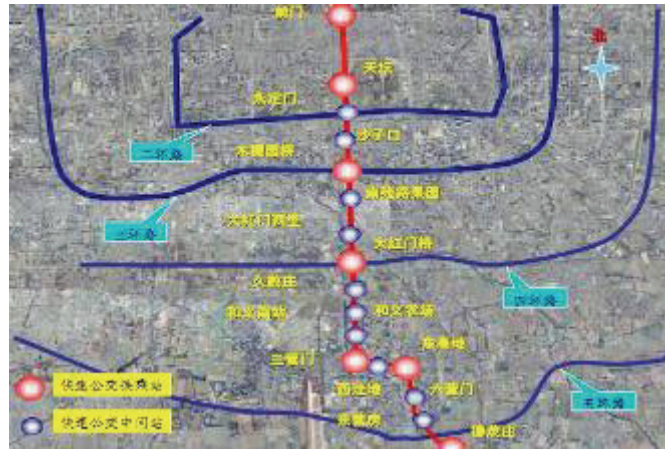


圖 3.2-22 北京南中軸 BRT 現有路網圖
資料來源：鄭長路等(2007)

北京南中軸 BRT 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 16.8 公里，共有 17 個車站，平均車站間距為 940 公尺，站距最短的是三營門-和義南站的 230 公尺；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，但實際平均行駛速率為 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。

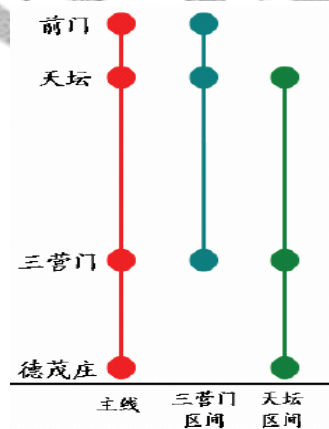


圖 3.2-23 北京南中軸 BRT 區間車形式
資料來源：鄭長路等(2007)

北京暢達通客運股份有限公司(2006)的資料中指出，北京南中軸快速公交的總投資金額為新台幣 26 億 2800 萬元(6 億 5700 萬元人民幣)，每公里的平均造價為新

台幣 1 億 6,424 萬元(4,106 萬元人民幣)，其中政府投資了新台幣 16 億 6,000 萬元(4 億 1,500 萬元人民幣)以建造道路、橋樑等基礎設施，民間出資新台幣 9 億 6,800 萬元(2 億 4,200 萬元人民幣)以建造站台、停車場、ITS 及購置車輛。目前北京軌道交通每公里的平均投資為新台幣 24 億元(6 億元人民幣)，BRT 僅為軌道交通的 1/15。

北京南中軸BRT是由北京市政府與北京暢達通客運股份有限公司共同建設，並由北京暢達通客運股份有限公司營運，營運時間為前門5:30~23:00、德茂莊5:00~22:30，尖峰時段1分鐘發一班車，離峰時段2~3分鐘發一班車，日客運能力為21萬人次(吳家慶等，2007)，其計算方法為：營運時間早上5點到晚上11點約17個小時，尖峰時每分鐘一班車，而早昏峰共兩小時，最多可乘載約2萬旅次；離峰時約兩到三分鐘一班車，故離峰時每小時約可乘載1.2萬旅次，因此日設計容量即為早昏峰兩小時×每小時2萬旅次+離峰15小時×每小時1.2萬旅次=20萬旅次/日。

表3.2-12 地鐵、輕軌與BRT之比較

運具型式	地鐵 MRT	輕軌 LRT	BRT
投資額 (新台幣/公里)	20~24 億元	6~8 億元	1.2~2 億元
(人民幣/公里)	(5~6 億元)	(1.5~2 億元)	(0.3~0.5 億元)
乘客運輸量(人/小時)	3~4 萬	1~2 萬	1~2 萬
平均速率(公里/小時)	30~40	30~40	20~30
成案到開工時間(年)	3~5	2~3	1
成案到完工時間(年)	5~6	3~4	1~2
系統靈活性	低	低	高

資料來源：北京暢達通客運公司(2006)

三、工程設計

1. 車站

除了前門未設站之外，其他的車站皆屬於封閉式車站，平均站距 940 公尺，車站寬度 5 公尺，長度為 60~80 公尺，高度為 0.3 公尺，可停 4 台公車，除了天壇-永定門一段為左側上下車的側式站台，如圖 3.2-24 及圖 3.2-25，其餘為左側上下車的島式站台，如圖 3.2-26 及圖 3.2-27。



圖 3.2-24 中央島式站台



圖 3.2-25 中央島式站台俯視圖

資料來源：宇恆可持續交通研究中心 (2006)



圖 3.2-26 中央側式站台



圖 3.2-27 中央側式站台俯視圖

資料來源：鄭長路等(2007)

島式車站與人行道以天橋相連接，如圖 3.2-28 及圖 3.2-29，這種做法可以免去乘客以及車輛等候紅綠燈的浪費。半高式的站台如圖 3.2-30，讓乘客可以在站台與車門同樣高度上下車如圖 3.2-31，再加上在車站處售票以及多車門同時上下車的設計，如圖 3.2-32 及圖 3.2-33，以加快乘客的上車時間。並在站台加裝防護欄以及與車門同時開關的月台門以增進車站的安全性，如圖 3.2-28 及圖 3.2-29。

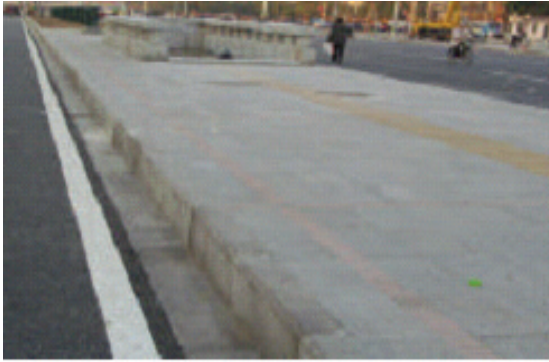


圖 3.2-28 半高式站台

資料來源：隋振江(2004)



圖 3.2-29 站台車門等高上下車

資料來源：本研究拍攝



圖 3.2-30 站內售票收費亭

資料來源：宇恆可持續交通研究中心(2006)



圖 3.2-31 站內售票收費

資料來源：北京暢達通客運(2006)



圖 3.2-32 站台防護設施

資料來源：隋振江(2004)



圖 3.2-33 感應式月台門

資料來源：王海英(2007)



圖 3.2-34 島式站台候車秩序



圖 3.2-35 行人天橋

資料來源：鄭長路等(2007)

2. 車道

由鄭長路等(2007)及吳家慶等(2007)的資料中整理出，北京南中軸 BRT 是使用物理隔離的方式以封閉路權，在橫向封閉的部份是使用 130 公分高的白色柵欄，而縱向封閉則是將 BRT 設置在道路的中央以減少衝突點，如圖 3.2-36。設計單向運輸能力 2 萬人/小時。在全長大約 16 公里的里程中，有將近 14 公里的路段使用全封閉公車專用道，但各段道路實際狀況不同，所以因地制宜的設置了不同的車道形式，以下一個路段特性分別說明。



圖 3.2-36 北京南中軸 BRT 之封閉性

資料來源：北京暢達通客運(2006)

(1)前門-天壇：

由於前門大街道狹窄，很難實現全封閉的公車專用道，所以只能採取與其他交通混流、不設站通過的混合車道形式，如圖 3.2-37。在原規劃中建議將此約兩公里路段改造為綠色大道，即只允許 BRT 車輛、公車、自行車、步行之大道，此有待平行之一般道路改造完畢後規劃實施。



圖 3.2-37 前門-天壇段混合車道

資料來源：宇恆可持續交通研究中心(2006)

(2)天壇-永定門：

此段單向設置一條 6.5 公尺寬的中央雙向專用道路，並配合著永定門街心公園的改造共同完成，如圖 3.2-38。



圖 3.2-38 天壇-永定門公車專用車道

資料來源：宇恆可持續交通研究中心(2006)

(3)永定門-三營門：

由於初期規劃及實際決策的權衡，此段目前單向設置一條 6.5 公尺寬的中央雙向專用道路，而在車站處則是設置了各 3.5 公尺的停車車道、超車道兩條車道。但

未來若有需要，可以改成雙向雙車道的形式，如圖 3.2-39。



圖 3.2-39 永定門-三營門公車專用車道

資料來源：宇恆可持續交通研究中心(2006)

(4)三營門-東高地：

此段單向設置一條 3.5 公尺寬的中央雙向專用道路，但由於東高地附近的道路條件不理想，僅設置劃線隔離的專用車道而無中央隔離帶，如圖 3.2-40。



圖 3.2-40 三營門-東高地公車專用道

資料來源：宇恆可持續交通研究中心(2006)

(5)東高地-德茂庄：

此段目前單向設置一條中央雙向專用道路，且設置了 3 公尺的中央隔離帶，

但由於東高地道路條件的問題，使得中央隔離帶阻礙了南北向公車的借道以及特殊車輛的通行，故相關部門正考慮取消之，如圖 3.2-41。



圖 3.2-41 德茂莊北側隔離帶

資料來源：宇恆可持續交通研究中心(2006)

3. 車輛

北京南中軸 BRT 總共配車 90 部，其中 50 部是由常州客車廠與義大利依維柯 (IVECO) 合作生產，另外 40 部則是由技術來自於德國的金華青年尼奧普蘭 (NEOPLAN) 所生產，前者設有 37 個座位，後者設有 44 個座位，車輛為寬 2.55 公尺，長 18 公尺，高 3.25 公尺的雙節公車，並設有三個車門，以增進進站時乘客的上下車速率，如圖 3.2-41 及圖 3.2-42。使用柴油為燃料，具有大容量、低底盤、低排放、低噪音等特性。車內裝設空調且有電子化設備，左側開門，並設有兒童座椅、無障礙設施，如圖 3.2-43，最高載客量為 180 人。



圖 3.2-41 車輛外觀



圖 3.2-42 車輛內部

資料來源：本研究拍攝



圖 3.2-43 無障礙設施

資料來源：北京暢達通客運(2006)

4. 服務組成元素

(1) 收費系統：

北京南中軸 BRT 採站內收費的方式，共有人工售票、自動售票以及 IC 卡(交通一卡通)三種方式可以選擇。



圖 3.2-44 站內售票收費亭

資料來源：宇恆可持續交通研究中心(2006)

(2) ITS 系統：

北京南中軸 BRT 設有觸動式的優先號誌系統，如圖 3.2-45，當公車距離路口 100 公尺以內時綠燈會延長 10 秒；若在紅燈的最後 10 秒內，且行人無安全之虞時，則會有紅燈早斷的優先權；若公車需通過路口時，則會啟動一般車輛禁止左轉的功能，以利於公車的優先通行。

公車上設有 GPS 衛星定位系統，讓中心可以掌握車輛的位置，此外還有 GMS、GPRS 等系統用以進行智能調度，並在車站處理設光纖網路，將各個站台 IC 卡的刷卡數據每 5 秒自動回傳至中心，以利於即時掌控運量情況。

在站台及車輛上皆設有乘客資訊系統，如圖 3.2-45，提供首末班車時間、車站位置、路線走向等資訊。另外也設置有電子站牌如圖 3.2-46、站名播報器、顯示螢幕等設施，以提供乘客及候車民眾即時的車輛運行情況。



圖 3.2-45 BRT 專用號誌
資料來源：劉璇亦(2007)



圖 3.2-46 電子站牌
資料來源：本研究拍攝



圖 3.2-47 車站資訊服務系統
資料來源：隋振江(2004)

(3) 轉運設施：

北京南中軸 BRT 並沒有轉乘的票價優惠，而轉乘方式分為兩種，一種是 BRT 轉捷運，另一種是 BRT 轉一般公車。BRT 轉捷運最具代表性的是在前門站換乘地鐵二號線，其轉乘方式如圖 3.2-48 所示。而 BRT 轉一般公車則是將 BRT 的站台設置在高架橋上，透過行人通道與橋下的一般公車站台相連接，形成了垂直換乘的模式。

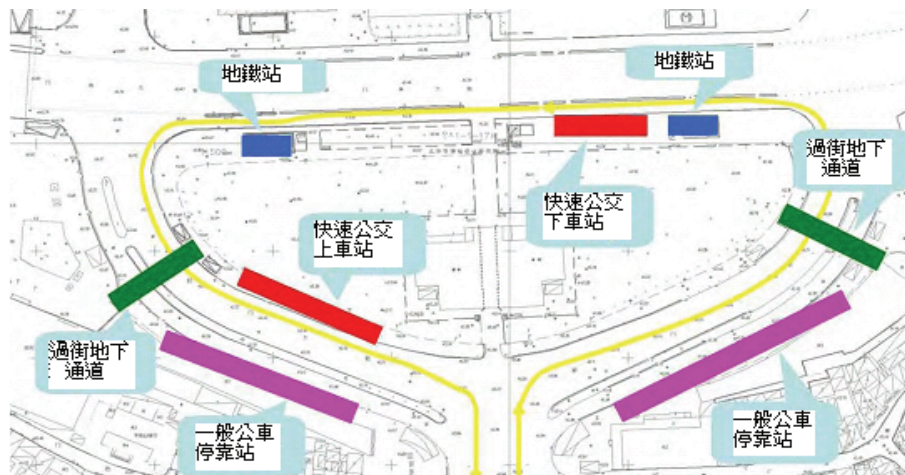


圖 3.2-48 前門站轉乘圖

資料來源：解建華等(2007)



圖 3.2-49 立體轉乘俯視圖

資料來源：解建華等(2007)



圖 3.2-50 立體轉乘側視圖

資料來源：解建華等(2007)

四、相關配套措施

1. 土地使用策略

北京近年一系列大眾運輸的規劃，伴隨著城市建設總體規劃的變動，北京市將逐漸形成環繞城市市中心的 10 個邊緣區域及 14 個衛星城市，許多原本定居在市中心的居民逐漸搬遷至衛星城鎮，舒緩市中心的人口稠密度。此時南中軸路線的規劃，結合以大眾運輸為發展導向的城市用地發展原則，提高各衛星城鎮的大眾運輸服務覆蓋率至 30~50%，有助於城市規模向邊緣郊區擴展，並改善人口、產業分布不均的情況。各項城市建設的時程均重新調整，以建設大眾運輸為優先，在站點周圍提高容積率、調整用地性質，增加公共設施和地區服務中心的設置。南中軸 BRT 不僅帶動了北京南部地區的經濟發展，也成為北京市中心與南部邊緣地區聯繫的主要通道(閔雅彬，2006)。

2. 相關交通配合措施

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，故南中軸BRT採用單一票價，每次1元人民幣(約台幣4.7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(林正等，2007；王海英，2007)。

3. 適用法令

- (1) 北京市政府根據建設部 2004 年 38 號文「優先發展城市公共交通」，將北京南中軸 BRT 列為市政府對市民承諾的重點工程之一。
- (2) 2005 年 9 月，國務院辦公廳轉發建設部等部門關於「優先發展城市公共交通意見」的通知：「大力發展公共汽電車、有序發展城市軌道交通、適度發展大運量快速公共汽車。」
- (3) 北京交通發展綱要(2004-2020)中提到，區域發展應分成舊城區、中心城區和新城或郊區三種，並依不同重點進行規劃：
 - (a). 舊城區:重點發展地鐵和公車為主的大眾運輸系統。
 - (b). 中心城區:優先發展以軌道和 BRT 為骨幹的大眾運輸系統。

(c). 新城和郊區:優先發展公車路網的同時，也要為一般車流提供寬敞足夠的使用空間 (隋振江，2004；中國城市規劃設計研究院，2005；北京暢達通客運，2006)。

4. 產業配合

2004年8月成立北京暢達通客運股份有限公司，是由北京市政府及兩間民營公車業者共同投資，投資總額為6.57億人民幣，其中政府投資6.15億人民幣，主要用於道路、橋梁等基礎建設、人行天橋、立體陸橋等，企業投資2.42億人民幣則包含站台與場站設施、ITS、供電工程及車輛採購，尤其車輛購置花費將近2億(北京暢達通客運，2006)。

每部BRT車輛約需220萬人民幣，初期購置的50部車輛，委由與義大利技術合作的常州依維柯(IVECO)生產，正式營運後再添購的40部，由金華尼奧普蘭公司承標。北京規劃的其他BRT路線將陸續正式營運，所需的車輛總數可望上看300部，許多城市也陸續開始規劃建置BRT系統。除了尼奧普蘭，上海申沃、丹東黃海等公司也都引進BRT車輛製造技術，配合BRT系統的運行和普及，製造BRT車輛將是一塊新的市場，也能同時提高品牌知名度及落實技術本土化(謝光耀，2006)。

五、執行成效

1. 營運績效

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。在北京市政府近年來連續積極推動大眾運輸建設及低票價的吸引下，大眾運輸所占總旅次的比例已逐漸提升，2007年12月北京優先發展公共交通新聞發佈會宣佈，大眾運輸所占總旅次的比例已增

加至 34%，首次超過使用私人小客車的比例。目前 BRT 系統吸引原南中軸上至少 35%的運量(北京暢達通股份有限公司，2006)，服務旅次量占北京市地面公車總旅次的 1%，是北京 700 多條公車線路中運量量第二大的公車線路(鄭長路，2007)。當局預期 2010 年 BRT 與軌道運輸將分別承擔北京 15%和 30%的總旅次，2020 年更可望提升為 21%和 36%(中國城市規劃設計研究院交通所，2006)。

南中軸 BRT 系統的設計行駛速率為 30~35 公里/小時，而吳家慶等(2007)的研究報告中指出，在巔峰時刻實際運行速率約有 22 公里/小時，平常時間則可達到 26 公里/小時，均大於 BRT 實施前普通公車 16 公里/小時的運行速率。

北京交通發展研究中心在 2006 年 3 月進行的滿意度調查顯示，有 90%的乘客對於旅行時間的減少及站台資訊系統感到滿意，也有 80%的乘客認為候車時間的確減少，88%的乘客認為 BRT 相較於普通公車，在速率或方便性上都有提升。

2. 其他效益

在南中軸 BRT 正式營運前，德茂莊至前門行駛時間約 60~80 分，開通後單趟行駛時間降為 37~45 分鐘。在行車條件良好的三營門至天壇區段，區段準點率可達 60%以上。總延誤時間約占單趟旅行時間的 23%，其中交叉口延誤占 80%、車站停車延誤占 20%。停車靠站時，車外售檢票及水平登降的設計讓乘客平均上下車的時間減為 0.7~0.8 秒，效率較普通公車提高 50%，路口優先號誌設備也讓車輛通過效率提高 4~6%。(吳家慶等，2007；黎林峰，2007)

BRT 正式營運後，針對南中軸上與 BRT 路線重疊超過 33%的 12 條普通公車路線進行評估，整併了 7 條路線，其中 2 條停駛、4 條縮短、1 條全線改道至服務原先沒有大眾運輸服務的地區，如表 3.2-13，並減少普通公車配車 400 部，大量減低公車班次，降低能源消耗、廢氣排放及人工成本，達到良好的社會及環保效益。

表 3.2-13 南中軸路線整合方案

線路編號 (普通公車)	日客運總量 (人)	與 BRT 路線 重複長度(km)	重複比例 (%)	整合方式
2	66,095	6.4	33	縮短
17	67,965	6.82	35	縮短
341	22,500	12.3	75	停駛
366	33,136	6.2	38	縮短
377	12,625	10.54	64	改道
729	33,308	12.2	74	縮短
742	34,128	16.5	100	停駛

資料來源: 本資料整理自林正等(2007)

表 3.2-14 為 BRT 建置前後，一般車輛與 BRT 公車的車速比較表。晨峰主要為北行的進城車流，昏峰則為南行的出城車流，由下表可看出，BRT 開通後，不論是南、北行車速都有所提升。表 3.2-15 為 BRT 建置後路段交通量變化表，可看出路段車流量也有顯著提高之成效，在研究的六個路段中，高峰小時交通量最大增加 95%，最小增加 7.2%，其餘增加幅度為 20%-68%，表示道路通行能力大增(林正等，2007)。

表 3.2-14 一般車輛與 BRT 車輛的速率比較 單位：km/h

時段	方向	BRT 開通前	BRT 開通後	BRT 車輛速率
		一般車輛速率	一般車輛速率	
7:00-9:00	南行	23.73	26.46	23.12
	北行	19.08	26.03	22.39
11:00-13:00	南行	24.21	26.12	21.81
	北行	24.39	26.70	24.23
17:00-19:00	南行	23.41	23.44	21.13
	北行	23.21	26.47	26.71

資料來源: 吳家慶、林正(2007)

表 3.2-15 BRT 建置前後路段交通量變化表

	路段一	路段二	路段三	路段四	路段五	路段六
BRT 建置前 雙向高峰小時 交通量	2,319	3,317	3,663	4,282	2,895	3,025
BRT 建置後 雙向高峰小時 交通量	4,521	5,593	4,915	5,212	3,474	3,244
提高比例(%)	95	68.6	34.2	21.7	20	7.2

資料來源：林正、吳家慶(2007)

六、優缺點分析

根據鄭長路等(2007)及劉璇亦(2007)的研究報告指出，南中軸 BRT 的完成，舒緩了人口和產業過度集中於市中心所造成的交通擁擠，車流分離使一般道路通過的車流量和車速增加，道路容量提升。BRT 可做為地鐵的延伸，普通公車路網也可做為 BRT 的延伸，便捷的轉乘及低票價，讓乘客選擇大眾運輸的意願提升，培養民眾使用大眾運輸的習慣，有助於沿線環境及城市景觀的改善、南部地區的開發建設、沿線經濟活動增加以及減少民眾的通勤時間，並減緩私人運具增加的比率，降低空氣汙染和能源消耗，2003 年北京市空氣品質評鑑為優良的天數為 224 天，2006 年則提升至 241 天，占全年總天數的 66%。

從經濟層面來看，北京地鐵平均造價每公里 4 億至 7 億人民幣(約 35 億台幣)，南中軸 BRT 平均每公里 4100 萬人民幣，是地鐵四號線的 1/15，總投資的建設成本 6.57 億人民幣，也僅為建設相同規模地鐵兩年的利息，建設 1 公里軌道交通的投資，可以用來建設 10 公里左右的 BRT(鄭長路等，2007)。相較於地鐵必須等到全線完工，並經歷 3~6 個月試運方能正式營運，BRT 可分期分段通車，營運管理、技術操作和控制方法都較簡單，試營運僅需一周左右，經濟效益高，營運彈性大。

北京南中軸 1 號線為中國第一條 BRT，由於中國其他地區也有許多類似結構型態的大型都會區，許多城市也已陸續參考南中軸線的經驗進行規劃和建置。本來規劃要延伸到南中軸的地鐵八號線，評估目前南中軸的營運情況，認為短期內南中軸不需要增建更高載客容量的地鐵，並將南中軸視為地鐵八號線往南的延伸線路。

根據北京交通發展研究中心 2006 年 3 月的調查顯示，平日有 75%的乘客感到擁擠，假日則有 84%。目前尖峰時間每分鐘一班車的班距，無法有效分擔運量，反而經常有車隊等候的現象，降低營運效率。而南中軸的 BRT 車輛是左側開門，與普通公車的右側開門不同，導致專用道無法引入更多路線，道路資源未能有效充分利用。未來規畫引進 25 公尺長的車輛，並改以雙車編組、加開區間車及直達車等其他的營運方式取代一味的縮短班距，期望能有效提升 BRT 的運輸量。

此外，南中軸 BRT 的優先號誌系統也尚未能全面實施。由吳家慶等(2007)及林

正等(2007)對於南中軸成效評估報告中顯示，目前南中軸上有 21 個設置優先號誌系統的交叉口，但確實實施號誌優先的只有 11 個路口。在天壇以北、三營門以南的交叉口，並未實行優先號誌系統，以大紅門西路口為例，由於該路口較寬，但沒有設置行人過街島以便於行人兩次過街，故為維護行人過街安全，縮短紅燈周期的相關機制無法啟動。

3.2.4 波哥大

一、發展背景

1. 社經條件

波哥大在1886年起正式成為哥倫比亞共和國首都並開始發展與建設，其城市人口不斷增加，目前約為800萬，面積1,776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年的平均每人GDP為4,287美元。波哥大市區大致沿著南北方向呈狹長型都市發展，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，城市的貧富差距甚大。TransMilenio官方網站(2008)指出，波哥大市區總共約有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%，呈現一種極度不公平的現象。

2. 公共運輸系統原貌

波哥大與哥倫比亞其他大城市透過鐵路和公路相連(包括貫穿整個美洲地區的泛美公路)。城市內部的佈局是棋盤式的。大多數街道按照數目排列命名，少數重要的街道和環城大道有獨自的名稱。黃金國國際機場位於城市西側，為國際航班起降的主要機場。



圖 3.2-51 波哥大市區道路狀況

資料來源：Menckhoff (2005)

波哥大城市的道路在尚未發展BRT之前十分擁擠，如圖3.2-51所示，根據TransMilenio官方網站(2008)指出，於波哥大市區平均一趟旅次要花費70分鐘，對整體工商業活動影響很大；此外其公共運輸系統服務水準低，只有傳統公車這種方式，但傳統公車又有許多缺失，如服務路線過長，乘客浪費過多的車內時間成本；服務品質低落，車輛老舊不舒適，安全性也不甚理想，並且缺乏集中規劃，業者彼此惡性競爭，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，惡性循環就此產生。正因為無法減少小汽車使用的數量，而根據Menckhoff (2005)研究顯示，波哥大市區有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不相符，上述各項因素造就了BRT系統於波哥大市發展的可能機會。

3. 政策發展原則

當波哥大市政府於1998年開始發展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。當時市長Penalosa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，正因為有這樣的觀念為主導，波哥大的BRT才能有如此成功的發展。

4. 重要發展歷程：

波哥大的公車捷運系統的發展歷程分為兩階段：先建造公車專用道(維持原營運模式)；接著在既有的公車專用道上採用車外收費與營運整合，1980年代末期為第一階段，當時新任市長Pastrana 決定致力改善公車運輸環境，因此學習Curitiba的公車系統，以Av.Caracas為示範幹道，徹底改變公車營運模式(羅世倫, 2007) 。該改革方案禁止原先隨攔隨停的上下車模式，並規定公車只能於公車站停靠，同時雙向分別建置雙車道的公車專用道於路中，兩側再配置兩個一般車道；不過，其收費系統與車輛仍採用原本的系統。該第一階段改革在初期確實讓公車行車速率大幅提升，然而卻因為缺乏營運的整合管理，各路線惡性競爭依舊存在，彼此不斷增班搶客源的結果，公車專用道流量過多，導致後期速率嚴重下降，效率下滑，類似臺北市及韓國首爾公車專用道初期未整合的壅塞情況。

由於波哥大公車專用道設置完成後不到十年，系統效率不佳的情況導致改建地鐵的輿論又起；然而，1999年12月市長Penalosa 主導啟動『新世紀運輸(TransMilenio)』的長期計畫具體推動全功能BRT路網，第一條BRT系統在2000年12月18日開始營運，此為所謂第二階段公共運輸改革。這次的改革計畫則完全的應用Curitiba的營運概念，並採用車外收費方式以及整合各路線與使用車隊管理之營運方式。上述所增加與改善的設施與管理方式，即使在尖峰時刻，公車仍可維持高速率行駛，經營績效改善甚大。

二、 規劃概念

波哥大BRT系統之路網分為主線與支線，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；主線與支線分別由不同的私人企業經營，服務水準的高低直接影響該公司的營收，可藉此維持整個系統營運績效。直達車路線則只停靠部份車站，縮減乘客的旅行時間，增加系統服務效率。主線上尖峰班距兩分鐘，離峰班距最長僅六分鐘，支線上最長班距則為三分鐘，其餘視路線別而定。

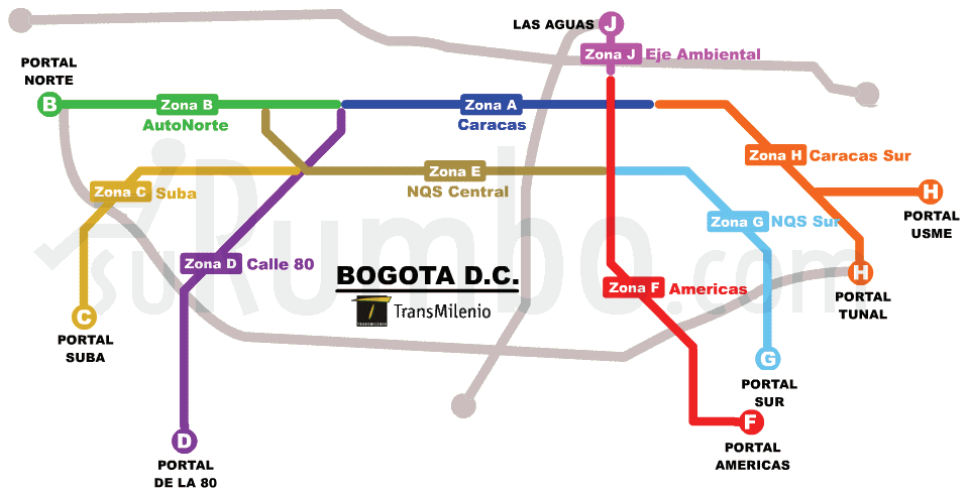


圖 3.2-52 波哥大 BRT 規劃路線

資料來源：TransMilenio (2008)

在路線規劃初期，規劃單位利用旅次起訖調查方法決定主幹線與支線的路線與轉乘點；最初僅有紅、橘、藍三條主要幹線，並呈現T型分佈，紅藍線有轉彎使乘客可以暢行於三條主幹線之間，為了擴張其服務範圍，後來漸漸開始發展支線，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。主幹線上包括直達車路線跟普通車路線兩種，以因應不同種類的旅次需求；支線的服務範圍較廣，該系統提供數十種路線讓乘客選擇，這些路線包含從該主幹線到另一主幹線或是到支線，乘客可透過官方網站找到各路線的服務範圍，來選擇最適合自己該趟旅次應搭乘的路線。未來期望能設計成棋盤式路網，並以80%以上的居民皆能在步行500公尺以內到達BRT車站為目標。

三、 工程設計

1. 車站

車站依型式可分為三種，一般車站為於專用道或混合車道上；末端車站(Portals)位於主幹線的末端；而中間站設計的特色如下，以條列式說明之：

- (1) 車站距離方面，主線站距500公尺；支線站距300公尺。
- (2) 車站站台一座寬3公尺、長40公尺，空間十分寬敞，兩側可各停靠前後2列公車。可視運量大小而做一到二座站台之設計。

- (3) 為了配合車外收費的方式，因而車站皆採封閉設計
- (4) 為了配車輛底盤的高度，採用離地高90公分的高站台設計，加快上下車效率，也方便身心障礙人士，如圖3.2-53所示。



圖 3.2-53 與站台同高之車門

資料來源：戴煒(2005)

- (5) 有效地解決了中央島式站台設計所造成乘客進出不便的問題，當車站離最近的行人穿越道很遠時，採用天橋與車站銜接，如圖3.2-54；在老城區採用了配合行人優先號誌的平面行人穿越道。為了輪椅使用者或是自行車使用者的便利，皆採用緩坡上行(無階梯)的方式。



圖 3.2-54 波哥大 BRT 站台狀況

資料來源：戴煒(2005)

- (6) 部分車站設有腳踏車停車場，配合其自行車路網，整體徹底推動綠色運輸。
- (7) 無論是從站外進入搭車或是轉乘，均有完整清楚的導引標誌，指引乘客到定點等後欲搭的路線。

(8) 轉乘點則將主支線車站整合，即乘客只需進出站一次。

2. 車道

波哥大BRT系統之主線公車營運於中央公車專用道，站台為島式設計，克服了專用道設於道路兩側在交叉路口時混合交通的情況，又有利於計程車、自行車及其他私有車輛的停靠；支線公車營運於公車專用道或一般道路。公車專用道的車道數為二或四車道，主線車道設有超車車道，在較寬的道路上，全程皆為四車道，若在其他較擁擠的主幹道或是支線上，僅在接近車站處設有超車道，如圖3.2-55，以避免尖峰時刻因為等候乘客上下車而造成車輛的延滯，也方便讓直達車快速通過。在幹道上採用了有障礙隔離的公車專用道，在支線或沒有足夠空間的地段建公車專用道時，則採用小型的隔離設施或標誌標線隔離出公車專用道。



圖 3.2-55 波哥大 BRT 車道佈設狀況

資料來源：戴煒(2005)

3. 車輛

波哥大BRT系統在車輛部分可分為主線的雙節公車和支線普通公車，數量比例上約為2：1，採用柴油為其燃料，主線上的雙節公車，車身長18公尺，寬2.6公尺顏色為紅色，如圖3.2-56，可容納160位乘客；支線上的普通單節公車則可容納70人，顏色為綠色，如圖3.2-57，兩種公車使用顏色的分別讓乘客易於分辨。

主幹線為左開式三門公車；而支線公車為右開式雙門公車車門寬為1.2公尺。主幹線公車車身雖長，但因其使用先進的懸掛式系統，安全性增加，舒適感也比

普通公車好，操作也更簡單，而且轉彎半徑的要求很小，因此靈活性較強，破除大眾對公車行動力偏低的迷思。採用柴油為其燃料。並且每輛車上都有專門為輪椅使用者保留的空間，期能使身心障礙者的權利不被剝奪，現行許多都市的大眾運輸都有這樣的設計。



圖 3.2-56 波哥大 BRT 主線公車

資料來源：The Bus Rapid Transit Policy Center (2008)



圖 3.2-57 波哥大 BRT 支線公車

資料來源：The Bus Rapid Transit Policy Center (2008)

4. ITS技術

根據戴煒(2005)之分析，新世紀公車系統設有六個專門的資訊控制和指揮中心，如圖3.2-58所示，每個中心最多監控80輛BRT公車的運作，而每台車輛上皆裝有全球定位系統和資訊處理系統，每六秒更新車輛位置，可告知中心路線上車輛的即時運行情況，以方便中心調度和指揮系統的均衡運行，主要應用在優先號誌系統上面，分為兩部分：一為車輛通過路口時可保證通行無阻礙；另一方面可透過車輛抵達車站的狀況，對車站的行人穿越號誌做調整，節省乘客步行進出站的時間。



圖 3.2-58 波哥大 BRT 中央行控中心監控室

資料來源：戴煒(2005)

公車在通過的交叉路口時，車輛若無優先權，在交叉路口尤其是擁擠的交叉路口處，將受到相同方向或不同方向其他車輛的干擾，車輛將會頻繁的減速，造成公車營運速率減慢，也消耗更多燃油成本，因此TransMilenio系統採用了優先號誌系統，可節省乘客的旅行時間，增加了系統的準點性及可靠度，提升系統對乘客的吸引力；同時良好的優先號誌系統可以最小化對其他私人運具的影響，並減少公車隊其他車輛正常行駛的干擾。除了提供車輛優先通過之外，為了提升乘客進出站的效率跟安全性，在設有行人穿越道的車站，行人穿越號誌亦有優先號誌的設計，此種設計有效的解決了因車站設於道路中央而如何方便乘客換乘的問題。

5. 收費系統

採用車外收費方式，使用智慧卡於入站時事先收費，如圖3.2-59，可省去上下車付款的時間，收費採單一票價為0.36美金且免費轉乘。系統設有車輛維修廠及停車場等場所，為了要求美觀，建築物設計必須與都市景觀協調達成一致性。



圖 3.2-59 波哥大 BRT 系統收費閘門

資料來源：戴煒(2005)

四、 相關配套措施

1. 相關政策

新世紀公車系統由公部門成立一單位專責規劃及管理，並制定私部門承包經營的相關條款，此單位稱作TransMilenio S.A.；營運與收費系統等各項業務則由私部門來提供，因此是個公私合作之典範。以這樣的合作模式以兼顧各層面的需要，強化系統的細緻度與完整度。此外，票價上政府無做任何補助，所以經營者的收入取決於乘客搭乘數量的多寡，用這樣的方式使得營運者必須維持系統的服務水準，避免乘客流失。

2. 綠色政策

由於建設此系統乃基於城市環境改善治理的目標，波哥大市政府通過實施近250公里的自行車路網系統規劃(戴煒, 2005)，這些自行車道與BRT的主支線相交形成路網(如圖3.2-60)，並在某些車站提供腳踏車的停車場，民眾便可使用“Bike-and-Ride”，縮短乘客進出站的時間，也擴大系統的服務範圍。除此之外，每到星期天或國定假日，為了方便市民外出遊憩，市內大約十二條主要街道(長約153公里)從早上6點至下午2點期間禁止機動車通行。這時，主要街道上到處是自行車以及慢跑、散步的行人，兒童活動也有了專用的空間，這就是波哥大市著名的“Ciclovía”無車日。每次都有約2百多萬市民上街參與該項活動。

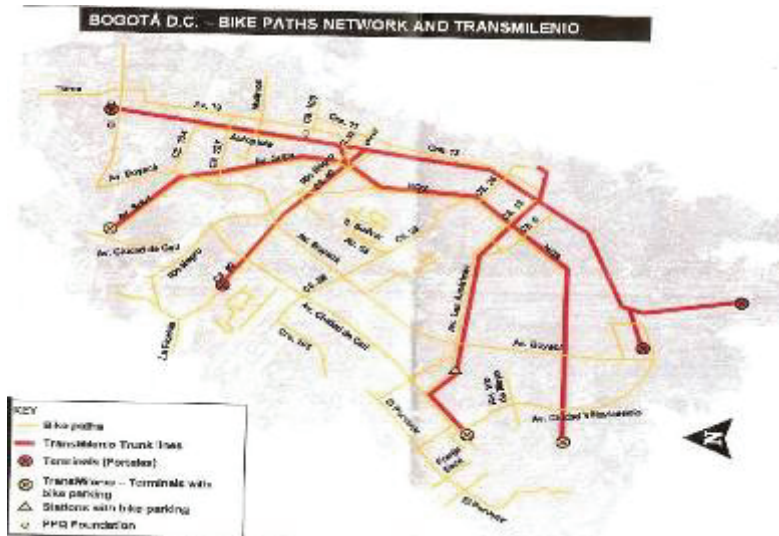


圖 3.2-60 波哥大自行車路網

資料來源：The Bus Rapid Transit Policy Center (2008)

五、執行成效

1. 營運績效

表3.2-16列出TransMilenio系統與其他軌道式的大眾運輸系統在各項數據上的表現；車容量的部分，由於主幹道採用雙節公車，使其容量可達160位乘客；而Menckhoff (2005)指出系統容量因為使用主支線的營運路線組合方式，使得該系統容量單方向每小時載客能力可高達44,800人次(2007年已達45,000人/小時)，已經超過輕軌的水準；速率上雖然還不及使用MRT的速率，但已經比傳統公車的水準高出許多，最重要的部分是其建造成本相對的低廉，能夠在短期內形成路網，此亦為BRT相較於軌道大眾運輸之優勢。

表 3.2-16 TransMilenio 系統績效分析

	輕軌(LRT)	捷運(MRT)	TransMilenio系統
車容量 (passengers/veh)	110-250	140-280	160(主幹道) 70(支線)
系統容量 (passengers/hours)	6,000-20,000	10,000-72,000	44800
營運速率 (km/hr)	15-40	24-55	26.6
最高時速 (km/hr)	60-100	80-100	60
建造成本 (Million\$/km)	16-30	30-200	6.8

資料來源：本研究整理自Martin(2004)、Menckhoff(2005)等文獻

TransMilenio系統從規劃階段到系統投入營運階段僅僅用了3年時間。根據The Bus Rapid Transit Policy Center網站對波哥大的分析案例中指出，2000年開始營運，到2001年系統每工作日的平均載容量就達到了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BRT，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388萬人次。

表 3.2-17 TransMilenio 系統預估運量

	2001年	2003年	2005年	2016年(預估)
運量 (passengers/day)	54萬	79萬	100萬	388萬
公車專用道 (km)	23	41	67	388

資料來源：The Bus Rapid Transit Policy Center (2008)

2. 其他效益：

除了上述的數據外，該系統也帶了許多其他方面的效益，根據徐康明(2003)及The Bus Rapid Transit Policy Center網站對波哥大的分析案例中分別提到以下數據：民眾節省了32%的乘客旅行時間，這些省下來的時間使得有37%的民眾可以花更多時間陪家人，提升城市的生活品質。原先最令人詬病的城市交通安全部分，因為此系統的營運，配合腳踏車道的建設與人行道的改善，交通死亡事故發生率下降了93%。另外，也因為道路中私有車輛數的降低，空氣污染下降了40%，達到

建設初始的目的，整體乘客的滿意率高達88%。

六、優缺點分析

綜合上述的內容，可以整理出波哥大的 TransMilenio 的優點如表 3.2-18，其中全面性的交通規劃是其成功的重要關鍵，畢竟重大的交通建設必定帶來相關的交通衝擊，透過這樣的規劃讓影響降到最低，也避免民怨的產生。透過其各項優點的結合，造就了其成為真正的 BRT 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，如印尼雅加達、中國杭州，證明其技術及經驗已受肯定。

表 3.2-18 TransMilenio 系統優缺點比較

優點	缺點
全面性的交通規劃	空氣污染改善程度有限
單向雙車道的設計使系統容量提高	缺少即時動態資訊
普通路線及快速路線同時營運	
新的營運管理體系	
加高的站台設計	
車外收費方式配合智慧卡的使用	

資料來源：本研究整理自Martins (2004)

3.2.5 常州

一、城市基本資料

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，是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。2008 年統計全市面積 4385 平方公里，人口數 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」。2008 年常州機動車總量為 73.5 萬輛，期中 52.2 萬輛在市區，汽車總量為 282 萬輛，私人小汽車數量為 17.7 萬輛。

二、系統規劃

2007年1月12日，常州市政府第56次常務會議通過「常州市2007年公車優先發展實施方案」。其總目標為惠民、便捷、舒適、準點，採取降低票價、增加車輛、提升公車專用道的速率、城鄉一體、科學規畫、創新管理六大措施來達到目標。2007年5月23日正式通過「常州市快速公交BRT(一號線)工程可行性研究報告」並5月24日全線動工。

2007年底常州市完成了BRT路網的規劃，並於2008年初開始BRT一號線(以下簡稱B1線)主線及其支線的建設並投入營運，常州市BRT路網規劃方案如表3.2-19，二號線和二號線也正在籌備中，預計2009年陸續興建與營運，建成一個十字交叉的路網。

BRT一號線開始運行於2008年1月1日，路網走向盡量直達避免繞行且與城市重點發展方向一致，呈南北走向，北起滬寧高速公路南側(長江貿易中心北側)，南至武進長途客運站北邊，起點站與終點站為BRT路網的轉運站，一號線路網如圖2.4-17所示，是城市南北向的重要運輸軸線。

BRT主線規畫近期運量為每小時5085人，遠期運量為每小時5390人，預估2008年日平均運量可達6~8萬(人/天)，設計速率為70公里/小時，成本預估需3.5~4億人民幣。近期定位為快速公車的功能，遠期則為地鐵路網的延伸，常州BRT一號線不但是中國僅次於北京、杭州的第三條的BRT路網，同時也實現「文化旅遊名城、生態城市」的城市發展目標。

常州市BRT路網除主線外，另規劃3條支線，分別為B11、B12、B13，主、支線間共有22個轉乘站，圖3.2-61為一號線及其支線路網。



圖 3.2-61 常州市 BRT 路網規劃
資料來源：常州公交集團(2009)

表 3.2-19 常州市 BRT 路網規劃方案

路線	路線長度	功能
B1 線	23.4 km	南北向幹線走廊，覆蓋主城區南北發展軸線
B2 線	20 km	東西向幹線走廊，覆蓋主城區東西重要發展軸線
B3 線	23.8 km	東西向骨幹走廊，銜接沿線各個大型居住區
B4 線	30 km	一號線西側南北向骨幹走廊，貫穿南北，引導城市中 心區周邊的發展
B5 線	16.9 km	一號線東側南北向骨幹走廊

三、系統設計特性與配套措施

常州 BRT 為常州公共交通集團公司所營運，屬於國有企業。基礎設施的建設成本每公里平均 3000 萬元(人民幣)，其建設期程從規劃到興建完成共花了 11 個月，24.5 公里全線開通僅約 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 BRT 選取運輸走廊加上支線構成整個路網，服務更多的市民同時維持 BRT 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。

由於市區火車站一帶道路狹小，因此市區部分並未佈設公車專用道，而採用支線接駁方式進行營運。一號線實施的配套措施項目有主線及支線間同站同向轉乘免費，即在 BRT 正線站台內，換乘不同的路線不再收取費用，24 公里範圍內全程一元人民幣可以更方便地進行換乘，這樣既能保持 BRT 的快捷和通暢，同時又能有效控制專用道內的公車總數，減少公車之間的相互干擾。另外還有刷卡 6 折、學生 3 折、老人 2 折的優惠，主線沿線設有自行車專用道等措施，方便轉乘所示。

公車專用道位置設在道路中央，可提升 BRT 的運行速率，減少對其他車流的干擾，而車門位置設置在右邊，方便乘客作主支線間的無縫轉乘，如圖 3.2-62 所示。

車輛主線採用雙節的連結公車，為低底盤設計，並於國外廠商簽訂合約完成技術授權國產化的目標，有助於提昇國內造車能力。支線車輛則採用半低底盤的標準公車，以利在市區狹小的道路行駛。

在 ITS 技術方面，各車站、車上均有乘客資訊系統播放班車到離站訊息，駕駛座並配備有四台監視攝影機及螢幕全程錄影監控車輛各角落，提升駕駛得安全性。行空中心目前有兩座，分別設於一號線北端及南端終點站，有利行車的監控與調度。票證系統在主線上為站外收費，支線則為車上收費，均可使用售票或智慧卡方式。



圖 3.2-62 常州 BRT 專用道與車站
資料來源：常州公交集團(2009)

四、營運績效

常州 BRT 一號線路線總長度為 23.77 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率可達每小時 18 公里。全線車站數加上首站及末站共有 28 站，車站平均間距為 984 公尺。尖峰小時單向運量可達 4,500 人次，BRT 車輛購置成本花費 12,000 萬(人民幣)。

表 3.2-20 顯示常州 BRT 在 2008 年之營運績效，目前主線 B1 平均約每日 7 萬人，假日可達 12 萬人，2008 年中國大雪，BRT 更成為常州市區唯一暢行無阻的交通工具，在五一黃金週及十一的連續假期，也屢次將 BRT 客運量推向高峰。市民對 BRT 的滿意度達 98.4%。

表 3.2-20 常州 BRT 一號線營運績效

路線別	B1	B11	B12	B13
路線長度(公里)	24.5	18.7	11.6	13.0
配車數(輛)	60	40	23	30
班次	562	532	346	462
日平均運量 (萬人次)	7.0	1.6	1.3	1.8
日營運里程 (公里)	13770	9948	4117	6006
高峰期營運速率 (公里/小時)	22.3	22.4	19.9	22.3
平峰期營運速率 (公里/小時)	22.7	20.8	18.8	20.5
車站數	26	29	19	21
平均站間距 (公尺)	980	670	640	680

資料來源：常州公共交通集團(2008)

BRT 一號線營運以來，市民的選擇運具方式已有所改變，選擇 BRT 作為運輸工具的比例明顯上升，調查顯示常州 BRT 的乘客中，如圖 3.2-53 所示，由一般公車移轉過來的比例最高，此乃因 BRT 整合了原有運輸走廊上的公車路線。但值得注意的是，本系統吸引了 13.2% 的私人機動運具移轉的旅次，顯見 BRT 確實有達到吸引額外潛在旅次的效果。

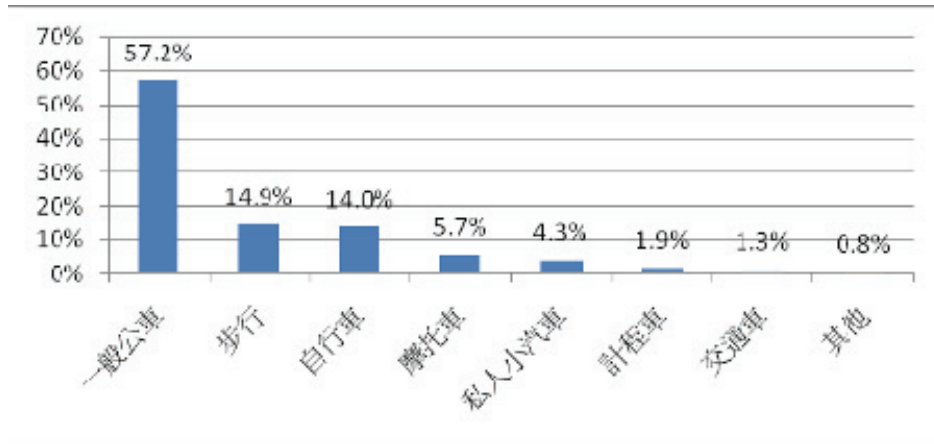


圖 3.2-63 其他交通方式移轉為 BRT 的乘客比例
資料來源：常州公交集團(2008)

常州 BRT 的建設吸取了北京 BRT 的經驗，從規劃到全線 24.5 公里通車耗時不到 15 個月，利用運輸走廊及支線接駁方式構成整個路網，路網直捷且與城市重點發展方向一致，有效連結北部的科學工業園區、中部的舊城區及南部的長途客運轉運站及大學城。有為了吸引客源培養運量，24 公里內採單一票價 1 元(人民幣)，尚有其他優惠，最低可達票價之 2 折，營運尖峰小時運量就已達預估運量之約九成，顯示此 BRT 系統之設計極為成功。

3.3 綜合討論

回顧五個全球 BRT 系統規劃及執行特色，歸納具有下列特性：

- (1) 五個案例中，洛杉磯、邁阿密、北京及常州皆為原規劃有捷運或輕軌路線的路廊，因考慮軌道建設成本或興建時間過於龐大及費時，無法在短時間內達到預期輸運乘客的目標，因此改採行 BRT 系統，其成果均顯示 BRT 亦達到原軌道運輸系統的服務績效。
- (2) 車外收費有助於加速乘客上下車，減少乘客候車及車上時間，亦可有效減少公車在車站停滯的時間，尤其乘客流量大的車站更能見其成效。
- (3) 低底盤公車為車輛使用趨勢，雖部分 BRT 系統可採用車站建設成本較大的高站台設計配合傳統高底盤車輛停靠，但乘客仍須花多餘步行時間於上下階梯，或導致不守法的乘客或是在非封閉式站台會有乘客摔落到車道的風險。
- (4) 路線整併與相關營運整合為 BRT 系統重要之實行步驟，可有效減少行駛公

車專用道車輛，提升整體營運效率。

- (5) BRT 車輛應不只要具備低底盤、多車門的條件，足夠的車門寬度與車內走道寬度可以加速乘客上下車人潮紓解的效率。
- (6) BRT 要達到快速的目標，應採用獨立且專有的路權，亦即公車專用道為最基本的條件，並以適當的站距與超車道設計來搭配直達車、普通車的營運方式。
- (7) 對於市區道路狹小無法採行 BRT 之疑慮，可發展形成大眾運輸專用廊道 (Transit Mall)，或是參酌常州模式以主線運輸走廊搭配支線方式營運，只要營運與整合方式設計得當，一樣能達到預期之效果。





第四章 BRT 發展策略

大眾運輸導向發展(Transit-Oriented Development, TOD)之都市計畫與土地開發策略，已是都市朝向永續發展之必要政策。本章就 TOD 政策理念與目標下，比較大眾捷運(MRT)、輕軌捷運(LRT)與公車捷運(BRT)等不同大眾運輸技術之功能特性，並分析案例城市結合 BRT 的 TOD 規劃發展經驗與成效；同時，基於路網形成之時效性以及永續性，歸納出適當的 TOD 規劃方向以及在「BRT 導向之都市發展」(BRTOD)政策下運具技術規劃之策略，以協助確認 BRT 在 TOD 規劃之角色。

4.1 TOD 發展特性與都市大眾運輸

TOD 是一種將大眾運輸系統與都市發展整合的規劃模式，透過運輸系統以及土地開發的整體規劃與管理，結合適宜步行的空間設計(Walkable Environment)，建構以步行及綠色運具為基礎的整合大眾運輸系統，提昇大眾運輸使用率與有效地引導站區土地開發，以獲得土地使用與大眾運輸之雙贏。

Cervero 與 Kockelman(1997)提出 TOD 之 3D 元素，即：提昇場站週邊地區之土地使用「強度(Density)」，增加大眾運輸系統使用率；相容的「混合(Diversity)」土地使用，提高活動便利性以減少使用私有運具的意願；塑造適宜步行的空間「設計(Design)」，並改善運具間轉乘或接駁的便利性，提高大眾運輸的使用意願。近年來 Zhang(2007)延伸 3D 的元素，針對香港、台北與中國城市等地 TOD 發展模式，總結下列所謂「5D」的內涵(5D)：

1. 發展密度的區隔化(Differentiated Density)：站區周遭之發展強度，越往大眾運輸場站則發展強度越高。
2. 停駐區(Dockized District)：考慮步行之服務水準，定義居民願意步行的最遠距離，並在該距離內整合商業與服務業，降低步行時間成本。
3. 良好設計(Delicate Design)：TOD 所期望提供的特色如適宜居住的鄰里環境、地方與區域的可及性、以及通路與地區行銷的窗口。
4. 迄點多元化(Diverse Destination)：意指居民能藉由各種的接駁運輸服務到達目的且居住區滿足基本生活機能。

5. 利潤分配(Distributed Dividends)：整體場站開發能有助於大眾運輸系統的財務永續性。

因此，在TOD規劃與發展理念下，人們可充分減少小汽車與其他私人機動運具的使用，使步行、自行車、公車等綠色運具與大眾運輸使用意願增加，並在離住家步行範圍內完成日常所需的服務或經由具有專有路權之大眾運輸系統到達其他場站社區從事就學就業等經濟社會活動。本研究綜合各國學者規劃理念以及張學孔、杜雲龍(2001)針對台北都會區之發展，對於原本小汽車為主的環境如何引導朝向TOD發展模式有下列思維方向：

1. 具有相當的人口密度始能有利大眾運輸發展，也才能鼓勵民眾使用大眾運輸。然而，高人口密度之土地使用與都市計畫，需要更好的整合與更細緻設計，才能塑造人本環境與都市新風貌
2. 住宅區、工作區及零售商店必須散佈在運輸系統沿線，並在大眾運輸場站形成生活機能完善、服務功能周全的社區。
3. 在步行可及之範圍內能夠儘可能包括各種都市活動、工作和購物機能。
4. 不同於以往以主次要幹道為觀念之小汽車導向道路系統，大眾運輸路網上的車站不再只是車流交會結點(Node)，而是從事經濟、社會、文化等活動的生活空間(Place)；就老舊城區而言，TOD車站的開發，能夠透過都市設計與運輸系統整合規劃，重新塑造都市的新風貌。
5. TOD概念的都市設計須配合良好的都市景觀與人本(Pedestrian-Oriented)的人行步道系統以及無縫的綠色運具轉乘接駁設施，來鼓勵民眾使用大眾運輸工具。

TOD必須建構在大眾運輸系統的基礎方能達到提高活動便利性等目標，同時TOD對大眾運輸系統的發展同樣帶來助益，歸納國內外實證研究可以發現：

1. 減少公共建設支出並能創造價值回饋社會：TOD發展模式可減少停車設施之設置，開發者可節省所需之土地與建設成本，政府亦可將節省下的道路或停車設施成本運用在改善開放空間或其他公共建設支出，改善整體區域生活環境，例如：加拿大Ottawa之BRT系統以及巴西Curitiba公車捷運系統，市政府建設BRT的同時能開闢更多公園綠地，並運用剩餘經費打造生態城市。

2. 形成高效的大眾運輸路網、增加大眾運輸乘客：藉由建構場站週邊地區的高密度發展，TOD 模式增加場站或住家步行範圍內之大眾運輸服務率；另外，緊湊發展模式則使大眾運輸營運單位不需將其服務範圍擴展至人煙稀少的地區，強化大眾運輸系統之競爭力與財務永續性。
3. 改善地區生活品質、交通壅塞與增進公眾安全：TOD 模式其緊湊發展、土地混合使用及友善的步行空間營造，使居民具有多元的運具選擇，減少小汽車與其他私人機動運具使用，同時減少因小汽車及私人機動運具所帶來的肇事、擁擠、健康與環境污染等外部成本，增進公眾安全，對大眾運輸營運產生良性循環。
4. 提高週邊地區的不動產價值：TOD 規劃模式是建立在大眾運輸場站為主軸的基礎上，其可及性高的特性，促使居民在車站附近快速發展、投資，致使人口移入商業活動與住宅需求增加，刺激週邊地區土地開發與都市發展，而提高不動產價值亦有助於大眾運輸營運單位之業外收益，如：香港 MTRC 系統與 Curitiba 之 BRT 系統。

在 TOD 規劃設計過程中，一般納入考量之大眾運輸技術型式除了傳統不具專有路權的「公共汽車」(Bus Transit)，主要則為「大眾捷運」(Mass Rapid Transit, MRT)、「輕軌捷運」(Light Rail Transit, LRT)、「公車捷運」(Bus Rapid Transit, BRT) 等具有專有或部份專有路權的技術型式。大眾捷運 (MRT) 與輕軌捷運 (LRT) 系統已是國內外 TOD 規劃設計普遍列為主要之大眾運輸技術選項，其服務功能已廣為規劃者所熟識，其技術特性與相對優勢亦相當明確(例如：Vuchic, 1981；Litman, 2002；張有恆，2007)。至於公車捷運系統(BRT)，雖然國際能源組織(International Energy Agency, IEA)在2002年，即基於社會與財務永續觀點，極力推薦各國都市作為提供大眾運輸服務和建構大眾運輸路網之技術方案，但一般規劃者對於其系統功能與相對優勢則是較為陌生。若以該三種技術型式來推動 TOD 規劃設計，則依各主要運具之不同，而有不同的 TOD 發展形式，茲予以說明如下。

1. MRTOD：在 TOD 理念下，大眾捷運系統 MRT 作為都市發展主軸，以場站為中心，規劃站體本身與周遭區域之土地發展，盡可能採高密度混合使用與緊湊發展模式，並規劃轉乘運具(接駁公車、停車接送、停

車轉乘等)來增加可及性。如：香港地鐵系統 MTRC、加州舊金山灣區捷運系統(BART)、新加坡捷運碧山計畫區等。

2. LRTOD：在 TOD 理念下，輕軌捷運 LRT 作為都市發展主軸，以場站為起點，規劃站體本身或帶動周遭區域之土地發展；另外，由於與 MRT 相較下有較高的路網彈性，甚至有時與路面交通混流，故站區周遭需規劃與設計安全適宜之步行環境，亦可藉由轉乘運具的配合來拓展其可及性。如：聖地牙哥輕軌捷運系統(San Diego Light Rail System)、波特蘭輕軌系統(Portland, Oregon, Tri-Met)、重慶單軌捷運系統等。
3. BRTOD：在 TOD 理念下，BRT 作為都市發展主軸，佐以公共政策來帶動系統沿線之土地發展。另外，BRT 具有極高之路網彈性，可於場站周遭設置轉乘設施供另一主線或支線通過或轉乘(如北京 BRT 車站之垂直轉乘設施)，且 BRT 可及性較前述兩者為佳，故可藉由設置良好、適宜步行或腳踏車使用之環境來達到永續運輸之目標。如：加拿大渥太華 BRT 系統(OC Transpo)、巴西 Curitiba 公車捷運系統等。

吳綱立等人(2002)針對整合TOD發展理念與都市開發管理，並加強大眾捷運系統引導都會區發展的功能，歸納以下TOD規劃設計之重要關鍵與原則，值得參考：

1. 以投資成本效益面選擇適宜的大眾運輸系統：興建捷運系統以解決高密度都會區的交通問題只是方法之一。決策者應做完善的規劃及評估其投資效益，並考慮實際旅運需求與運輸系統的服務功能。當旅運需求未能達到維持基本重軌捷運營運成本之門檻時，應考慮其他成本較低、路網彈性較高的替選方案(如 LRT 或 BRT)。
2. 掌握大眾捷運的興建時機：要充分發揮 TOD 理念，捷運建造的時機與路線規劃需與其服務範圍內之發展趨勢緊密配合，才能事半功倍，在系統技術的選定也應全盤考量而非因工程計價方式出現揚棄低成本大眾運輸系統或運輸系統決定難決現象。
3. 加強捷運與公車間的合作關係：TOD 發展模式較適用於多核心、緊湊發展且以運輸走廊為交通主幹的都會區。為了全面提昇都會區的可及性，捷運與公車應

相互配合以連成完整的「面」的服務。除此之外亦可考慮能夠快速擴張路網之 BRT 系統，連結公車系統，達到最有效之可及性。

4. TOD 活動安排與服務設施的規劃需盡可能使日常生活更為便利：TOD 的規劃及推動應與強調高可及性、適宜居住的鄰里單元設計理念相結合，在大眾運輸場站之步行距離內，盡可能滿足居民基本日常生活所需，並考量相關活動關聯性規劃行人徒步系統及大眾運輸系統路網。BRT 系統之服務普及率為其他運輸系統之冠，使居民能更輕易地享受快捷地運輸服務，而由於站距較小，場站週邊開發較能集中發展，較易達成緊湊發展與混合土地使用等 TOD 規劃概念。
5. 政策與運輸系統的相互配合：單靠大眾捷運系統本身並不能帶動都市發展，需在有相關土地使用政策及公共政策支持下才能發揮效果，如：獎勵容積率、彈性土地分區管制、提供完善的人行空間、加強轉乘運具之便利性、控管私有車輛等。

以永續發展的理念觀之，TOD 政策不僅可根本紓解都市地區的交通擁擠的困境，也可以基於永續發展的目標創造良好的都市環境與景觀，提高整體生活品質。換言之，基於符合環境永續(Environmental Sustainability)、經濟財務永續(Economic and Financial Sustainability)、社會公平(Social Equity)、以及法制機制永續(Governance Sustainability)的 TOD 策略方向包含：

1. 健全大眾運輸發展環境：推動 TOD 法制化、賦予 TOD 法源依據、整合大眾運輸路網與接駁轉運設施之規劃設計準則與相關建築法規。
2. 結合大眾運輸與都市生活：鼓勵車站周邊發展高密度集合住宅、推動步行與大眾運輸優先之環境與相關措施。
3. 美化都市環境、創造高品質人行空間：結合都市設計創造美好都市景觀、建立舒適步行與腳踏車的環境。
4. 建立健全合理財源機制：合理運用汽燃費、空污費、停車收費相關基金與交通違規罰金等設立大眾運輸發展基金，並落實私人機動運具外部成本內部化之措施。
5. 配合道路設計與土地開發確實落實 TOD 理念：新建道路必須優先考量大眾運輸和綠色運具、土地使用政策應避免產生依賴小汽車之大型商場。

此外，在研訂永續發展、大眾運輸與 TOD 之整合發展策略過程中，對於大眾運輸技術型式之決定是非常重要的，但是過去對於此 TOD 之「T」技術型式則較少探討。Calthorpe(1993)曾提出「都市 TOD 模式」(Urban TOD)適合以軌道運輸場站為中心發展，但若要發展較集中的「鄰近 TOD 模式」(Neighborhood TOD)則適合以公車為主要大眾運輸工具。Dittmar(2004)則建議不同型式的大眾運輸工具適用於不同類型的 TOD，軌道大眾運輸(MRT、LRT)適合大區域高密度發展，而公車適合帶動小規模區域發展。Cervero(2004)在針對 TOD 居住密度門檻的研究中也指出，聖地牙哥、奧勒岡、華盛頓郡等部分低密度開發地區，當地對於運具的偏好，高頻率的公車較優於軌道運輸。

過去相關的研究也指出，不同的大眾運輸型式也可能對土地使用形成負面的影響。例如鐵路沿線常需要相當的土地面積，同時若無適當的設施立體化，亦會造成兩側社區的隔離(Litman, 2002)，而國外的捷運場站常需要大型的停車轉乘(Park-and-Ride)設施，影響到 TOD 的規劃，更會造成都市向外擴散，而國內重視捷運等軌道運輸系統的佈設，卻常忽略了乘客到站後之交通整合問題，或是因為趕工及工程本位思維而未能透過合理土地使用規劃與都市設計方法，以捷運車站周邊發展、落實 TOD 政策，實值得檢討。

綜合上述，本研究基於財務永續以及快速形成大眾運輸路網之思維，建議在 TOD 規劃過程中，大眾運輸技術型式可以運用 BRT 作為主要運輸骨幹，亦即「BRTOD」模式。BRT 的規劃理念則著重在於整體運輸系統的整合，若根據系統工程的理論，任何系統的效能均非系統內的各個要素簡單疊加而成，系統整體效能是大於其系統內部組成要素整合而成，因此所謂先進也不是由系統要素個別決定，BRT 也並不代表落後，透過價格低廉且適用的技術加上創意與有效率的整合，就能發揮 BRT 應具有的效能。

表 4.1-1 為綜合現有規劃設計手冊中比較 BRT、LRT 與 MRT 等主要大眾運輸技術形式之差異，其中顯示 BRT 除了建設經費與維運成本優勢外，最大的彈性也在於建造的成本與興建的工期，可以以最短的時間完成最大的運輸路網，並以較低的成本進行營運。BRT 系統與 MRT 及 LRT 一樣，也必須形成完善的營運路網才能發揮作用，但 BRT 與其他軌道大眾運輸系統的差別在於：(1)低廉建設成本，

並且能夠在短時間內形成完整的 BRT 路網；(2)BRT 不需要像軌道運輸必須經過長期的規劃、設計週期，能迅速適應都市特性及反映都市規劃彈性之要求。

若進一步以各技術型式實際顯現之運量與花費成本，則其相對優勢就更為顯著，表 4.1-2 比較典型大眾運輸技術案例在不同都市之營運成效，本研究建立下列公式作為系統績效評量因子(M)：

$$M = Q_m / C_p \quad (4.1)$$

式 4.1 中 Q_m 為系統單向每小時之實際載運量(乘客/小時/方向)、 C_p 為建設成本(百萬美元/公里)。該績效因子類似「效益成本」概念，由表 4.1-2 之結果顯現 BRT 之相對優勢，波哥大、雅加達、北京的 BRT 績效皆為其他 MRT 與 LRT 系統數倍，而台北運用之公車專用道(Bus Lane)，一般視為「初階公車捷運系統」(Pre-BRT)，由於其建設經費相對更低、運用傳統公車行駛，因而其績效遠高於其他國家城市。若以表 4.1-1 之維運成本進行分析，亦可得到類似的結果。



表 4.1-1 都市大眾運輸系統特性比較

運具	公車捷運系統(BRT)	輕軌捷運系統(LRT)	大眾捷運系統(MRT)
最大速度(公里/小時)	50~60	70~80	80~100
營運速度(公里/小時)	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
車廂長度(公尺)	8~18	14~32	16~23
車廂容量(人)	70~160	200	250
專用路權占路線長之百分比 (%)	20~70	40~90	100
建設時程 (10公里為基礎)	短 (< 18 個月)	中 (約 2 年)	長 (> 5 年)
站距 (公尺)	300~1000	250~1,000	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：0.5~4.5 億 地下：17~25 億	高架：30 億 地下：60~80 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：500~1,200 萬	5,000 萬 ~6,000 萬	6,000 萬 ~10,000 萬
營運維修成本 (新台幣/車/公里)	45	130	160

資料來源：參酌張有恆(2007)、Wright et al. (2007)、濮大威、張學孔等人(2009)之研究修改而得

表 4.1-2 都市大眾運輸系統績效比較

都市/路線 (1)	技術型式 (2)	建設成本 (佰萬美元/公里) (3)	單向實際載容量 (仟人/小時) (4)	績效因子 (4) ÷ (3)
香港	MRT	220	81.0	0.37
曼谷/BTS	MRT	74	50.0	0.68
墨西哥市/#B	MRT	41	39.3	0.96
吉隆坡/PUTRA	LRT	50	30.0	0.60
波哥大/TransMilenio	BRT	6	53.0	8.83
Curitiba/Eixo Sul	BRT	2	15.1	7.55
雅加達/TransJakarta	BRT	1	8.0	8.00
北京/BRT#1	BRT	4	15.0	3.75
台北/南京東路	Pre-BRT	0.5	8.0	16.00

在 TOD 實務規劃過程中，對於技術型的分析比較通常會認為都市大眾運輸的優勢取決於軌道運輸完善建置，因此決策者無不以建置 MRT 或 LRT 為目標，卻忽略了 BRT 之彈性服務優勢，縱使利用軌道運輸為 TOD 之骨幹，若沒有公車延伸其服務範圍，對土地使用的發展亦極為有限。在各城市的案例也可以歸納得出，

傳統公車運輸在各種不同運具 TOD 的模式下，均有其重要之角色，尤其在如新加坡、北京 MRTOD 模式及波特蘭之 LRTOD 模式中，傳統公車運輸仍必須與 MRT 或 LRT 相輔相成才能使 MRT 或 LRT 之效果發揮到最大，雖然在 MRTOD 或 LRTOD 中傳統公車主要係扮演轉乘或接駁的功能，但有良好的路網規劃甚至將接駁公車或延伸路線提升到至 BRT 等級，更能及早形成完整大眾運輸路網，提供高效、可靠、整合的大眾運輸服務。

檢視國際以 TOD 為都市發展目標之成功經驗，其不同之大眾運輸技術型式對於 TOD 目標之影響程度亦有所不同，以目前選定「BRTOD」為發展主軸的城市經驗，可歸納出四種模式，供作開發中國家城市參考：

1. BRT 為整體大眾運輸系統中重要的組成甚至是主要大眾運輸系統，其目標在於與現有的軌道運輸或公車系統形成城市完整公共運輸系統，代表城市及其系統如表 4.1-3 所示。

表 4.1-3 以 BRT 為主要運輸骨幹之都市

BRT 規劃背景	國家城市	人口數(百萬)	其他大眾運輸系統	BRT 型式	每日旅次量(人)
都市結構主要大眾運輸系統	巴西 Curitiba	2.8	傳統公車	市區幹道中央公車專用道	> 1,200,000
都市結構主要之大眾運輸系統，迅速帶動車站周圍土地升值	哥倫比亞波哥大	6.0	傳統公車	市區幹道中央公車專用道	1,220,000
都市大眾運輸系統組成之一	巴西聖保羅	8.5	MRT 傳統公車	市區幹道中央公車專用道	856,500
機場與港埠等新建設使大眾運輸容量及可及性需求增加	美國波士頓	8.0	MRT 傳統公車	地下化公車專用路	15,000

資料來源：本研究修改自 Levinson et al.(2003)、張學孔(2004)與 Chang (2008)

2. 運用 BRT 連接都市主要運輸走廊，沿著 BRT 路線車站引進新的旅次、加強土地使用強度，形成新都市結構，如表 4.1-4 所示之澳洲 Brisbane 更是運用公車專用路(Busway)形成連接市中心區與郊區的大眾運輸系統；這些代表城市顯現 BRT 共通特性主要是針對低密度居住地區或經濟疲弱之區域，提供快捷且能負擔(affordable)的大眾運輸系統來促進 TOD 目標並加速都市更新的達成。

表 4.1-4 以 BRT 聯接通勤走廊

BRT 規劃背景	國家城市	人口數(百萬)	其他大眾運輸系統	BRT 型式	每日旅次量(人)
提升低密度地區運輸走廊的公車服務水準，並推動以公車專用路為軸心之 TOD 發展	澳洲 Brisbane	1.6	通勤鐵路 傳統公車	地下化 公車專用路	180,000
為低密度地區提供更好的公車服務並保證步行與搭乘時間最短	澳洲 雪梨	4.3	MRT 傳統公車	路側封閉式 公車專用道	600,000
重新振興該地區經濟措施	美國 克里夫蘭	2.0	傳統公車	市區幹道中 央公車專用道	230,000
公車專用路是新市鎮建設重要組成	英國 Runcorn	0.1	傳統公車	路側封閉式 公車專用道	—

資料來源：本研究修改自 Levinson et al.(2003)、張學孔(2004)與 Chang (2008)

3. BRT 做為軌道運輸延伸線或過渡時期，或利用高速公路現有設施進行公車專用道或高乘載專用道(HOV Lane)以提供與軌道運輸同樣高效率與可靠度之大眾運輸服務，如表 4.1-5 所示。這些案例中，若干城市已有由其他如 MRT 及 LRT 所形成的初步大眾運輸路網，例如洛杉磯 BRT 為原有 MRT 北好萊塢站起始，已被視為整體捷運路網之橋線；而北京市過去六年內興建完成投入營運之三條由市中心區輻射出之 BRT 路網與城市軌道 MRT 形成互補；至於台北市之 Pre-BRT 則是在市中心區串連 MRT 路網，構成更綿密的大眾運輸路網。

表 4.1-5 以 BRT 作為軌道運輸延伸線補充或過渡系統

BRT 規劃背景	國家城市	人口數(百萬)	其他大眾運輸系統	BRT 型式	每日旅次量(人)
高預算 MRT 被否決之替選方案	美國 洛杉磯	12	MRT 傳統公車	公車專用道	9,400
利用廢棄鐵路及原有規劃之 MRT 路線之延伸線以 BRT 系統取代	美國 邁阿密	2.3	MRT 傳統公車	路側封閉式 公車專用道	120,000
因應 80 年代政府停止興建 MRT 之政策	加拿大 溫哥華	2.1	MRT 傳統公車	公車專用道	14,000~24,000
比高速公路更環保且經濟之建設	美國 Eugene	0.2	傳統公車	公車專用道	5,400
改造高速公路與社區發展之替代方案	美國 Hartford	0.8	傳統公車	路側封閉式 公車專用道	2,025
逆向公車專用道有效且經濟提升早上尖峰公車效率方法	美國 紐約	18.0	MRT 傳統公車	高速公路 公車專用道	—
初期建設成本低且減少轉乘	澳洲 Adelaide	1.1	MRT 傳統公車	路側封閉式 公車專用道	30,000

資料來源：本研究修改自 Levinson et al.(2003)、張學孔(2004)與 Chang(2008)

4. 以 BRT 改善城市環境與並維護舊市區風貌，在短期內提升大眾運輸服務品質，

利用先進技術改善現有之公車系統，如表 4.1-6 所示。其中英國 Leeds 在重要運輸走廊中央使用的導軌式 BRT，以提昇行駛效率及行車品質；而南美的 Quito 市，則是運用其既有的無軌電動公車路線，建設中央逆向公車專用道形成完整大眾運輸系統。

表 4.1-6 以 BRT 改善都市環境

BRT 規劃背景	國家 城市	人口數 (百萬)	其他大眾運 輸系統	BRT 型式	每日旅次量 (人)
車流擁擠地區，導軌式 BRT 確保通行速率	英國 Leeds	0.7	LRT 傳統公車	導軌式、公車 專用道、混合 車流	—
改善大眾運輸成為政治壓力，計畫中提供清潔公車系統以保護文化遺產	厄瓜多爾 Quito	1.5	無軌電車 傳統公車	市區幹道中 央公車專用 道	150,000

資料來源：本研究修改自 Levinson et al.(2003)、張學孔(2004)與 Chang(2008)

具體而言，在各國都發展面臨解決交通問題與預算限制下，BRTOD 將可替代原本 MRTOD 或 LRTOD 的功能，除了南美 Curitiba 二十年形成的 BRTOD 發展經驗，本世紀新興發展的南美波哥大、美洲洛杉磯、澳洲 Brisbane、亞洲北京、常州、濟南、新德里，均已有 BRTOD 發展的成功雛形，而 Brisbane 結合 BRT 車站聯合開發與完善土地使用政策，亦為 BRTOD 落實財務永續理念之典範。縱使各國都市發展政策期望長期由 LRT 與 MRT 基礎建設與路網佈局引導土地使用、經濟與都市發展，BRT 仍可發揮其基礎設施建置以及系統服務之彈性，做為未來 LRT 或 MRT 的基礎路線，先培養民眾使用大眾運輸的習慣，待大眾運輸旅次成長逐漸達到 TOD 的目標後，再提升基礎建設為 LRT 或 MRT 系統。

除了 BRT、LRT、MRT 等運輸技術之評選，整合的綠色運輸環境亦是 TOD 政策的必要條件，該整合的綠色運輸環境就是「BBMW」策略，亦即「公車」(Bus)、「自行車」(Bicycle)、專有路權之捷運(Metro)與「步行」(Walk)之無縫整合，此亦是人本交通環境所應追求的目標。張學孔等人(2008)針對都會地區提出發展大眾運輸對於整體都會發展的社經效益遠高於其成本，而揚棄以公路及私人機動運具為主的都市發展模式、轉以大眾運輸導向之都市發展理念，是都市發展必須採取的政策，該政策執行配套的五大策略，即包括「世界級的大眾捷運系統」、「國際知名的 BRT 系統」、「人本交通環境」、「運用智慧運輸技術」、以及「運輸需求管理」，亦是 BBMW 策略的具體實踐。

4.2 BRTOD 案例分析

本節選定三個著名的 BRTOD 的發展案例，分別是巴西 Curitiba，為整合都市規劃之 BRTOD 為主軸之典型城市，中國北京的 MRT+BRTOD 發展模式，以及加拿大渥太華 LRT+BRTOD 的發展模式進行探討。

4.2.1 巴西 Curitiba：以公車捷運為導向之 BRTOD 模式

1. 都市發展背景

(1) 社經發展

Curitiba 位於巴西第一大城市聖保羅(Sao Paulo)西南方 250 公里，為帕納拉洲(Parana)之首府，土地面積約為 431 平方公里，2007 年人口約有 180 萬人，土地面積約為 431 平方公里，都會區涵蓋之人口已超過 320 萬人，是巴西南方重要的工商大城。Curitiba 是巴西人小汽車占有量最高的城市之一，平均 2.6 人就有一輛小汽車，針對日益嚴重的小汽車問題，Curitiba 早在 1970 年來即積極的以 BRT 作為發展都市大眾運輸路網之主軸，今日的 Curitiba 擁有密集的 BRT 路網，並成為世界上許多開發中國家、甚至美國若干城市學習的對象。

為了避免人口快速成長所造成土地空間的負擔，其土地使用政策的基本原則為：

- (a) 認知市中心發展已達飽和，未來應導向幾條主要的走廊發展。
- (b) 交通建設與土地使用之整合為主導運輸走廊發展最有效的工具。
- (c) 規劃重點應提供「行人」之可及性而非「車輛」，尤其在交通壅塞的區位應同時提供行人與大眾運輸優先等設施。

2. 大眾運輸系統

(1) 系統介紹

其大眾運輸系統起初是由一些私人經營的公車公司所組成，在沒有競爭的狀

態下每個業者只經營特定的區域與路線，導致一些需求量較低的路線時常被忽略；此外，轉乘不同公司的車輛必須另外付費，使得早期Curitiba的公車系統無法與快速發展的機動運具競爭。政府經過長年的努力，原本希望建立都市完整的大眾捷運路網，但礙於財務上的限制，一直無法推動軌道技術為主的捷運系統建置，直到市長Lerner與都市運輸規劃者提出了一個新的共識—公車捷運系統(BRT)，能結合了軌道捷運系統的服務品質與公車系統的可及性，不僅解決建置地鐵所需龐大的投入成本問題，更能在1974至1982不到十年建成完整的大眾運輸路網(如圖4.2-1所示)。

至今Curitiba的公車捷運系統已十分發達，六條都市的主要運輸走廊上設有65公里的公車專用道與超過300公里的接駁公車專用道，平日平均輸送56萬人次，在繁忙的上下班時間，平均45秒就有一台公車，市內75%的通勤旅次都倚賴此BRT大眾運輸系統，詳細系統規劃特性請參照附錄一。

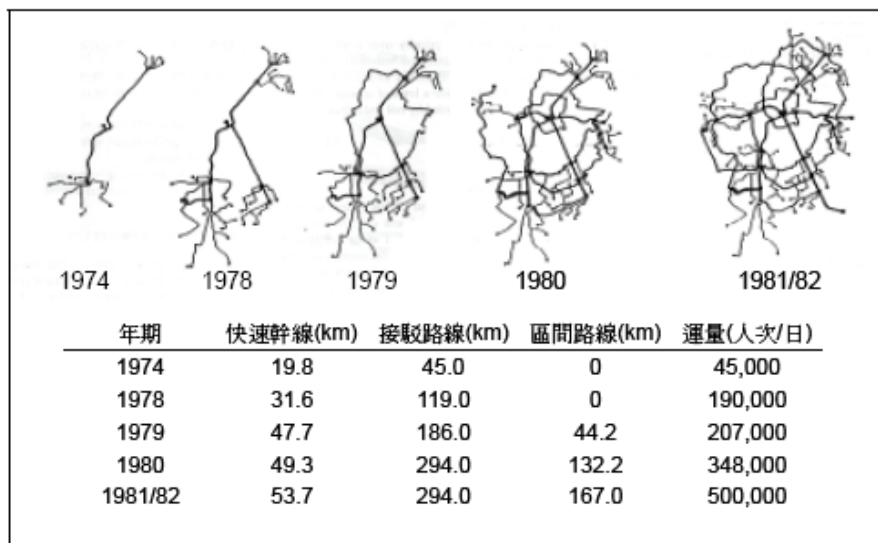


圖4.2-1 巴西Curitiba之公車路網發展
資料來源：：Cervero(1998)、濮大威等人(2004)

(2) BRT 系統績效

(a) 運量

根據Wright(2007)統計資料顯示，工作日每日的運量可達56萬人次，北京城軌

落實尖峰時段BRT車道運能單向可達2萬人次，其服務績效以達一般LRT的水準，而其中12條直達路線，每日運量達22.5萬人次，由表4.2-1可知，Curitiba大眾運輸路線密集程度僅次於Belo Horizonte，每千人擁有公車數也僅次於Belo Horizonte與Brasilia，但是相較於人口數相似的都市，其大眾運輸路網的建設已大幅超過這些同等級之都市。

Curitiba透過混合土地使用之政策，有效減少都市通勤旅次，由每千人旅程公里數可看出其旅次長度較其他同等規模的都市為短；而由每路線服務公里、每公里乘客數資料可知，Curitiba的BRT系統帶動了整體大眾運輸使用率，都市3/4的通勤者，超過130萬的乘客使用大眾運輸系統通勤。

表4.2-1 巴西各都市之大眾運輸服務績效比較

城市名稱	人口 (百萬)	大眾運輸路網 長度	每千人擁 有公車數	每千人旅 程公里數	每路線服 務公里	每公里 乘客數
Sao Paulo	16	158	0.66	4.09	—	—
Belo Horizonte	3.8	208	0.98	2.47	30	2.77
Porto Alegre	2.7	120	0.58	—	—	—
Curitiba	1.6	202	0.97	0.76	74	3.59
Fortaleza	1.6	184	0.61	0.96	53	3.58
Brasilia	1.6	129	1.15	—	—	2.42

資料來源：Rabinovitch and Hoehn (1995)

(b) 財務效益

Curitiba公車系統財務上的具有良好表現，政府每月僅需向公車業者支付車價百分之一的補貼。退役公車的所有權歸市政府所有，政府將這些公車重新粉刷後作為臨時構築物或是流動校舍。

由於整個公車系統是以公車專用道的形式存在於一般道路上，BRT節省了大量的建設成本與維運成本，市政府將節省的資金用於改善其他市政建設如公園、綠化、城市排水系統、供低收入市民居住的公寓住宅區，以及其他改善市民生活的設施與服務專案。此外，自給自足的財務狀況使Curitiba可以一直維持世界上最新的公車車隊。

(c) 環境效益

Curitiba的平均油料消耗量比巴西其他都市低了2%，相較於其他都市，一年約可節約2650萬公升燃油，是巴西空氣污染程度最少的都市之一，也因此獲聯合國頒布成為世界生態城市典範。

3. 大眾運輸導向發展

Curitiba之所以可以讓都市大眾運輸如此發達，最關鍵之因素在於將大眾運輸規劃納入都市規劃的範疇中。其土地使用相關政策包括：

- (1) 土地混合使用：Curitiba 都市發展 BRT 路線為軸線，沿線兩邊為高密度開發的住商混合土地使用，使都市主要的社經活動都倚賴大眾運輸路線。
- (2) 提昇大眾運輸軸線使用容積：政府利用容積獎勵鼓勵土地混合使用，商業區之容積率提高至 500%，住宅大樓提高至 400%；大樓的一、二樓層作為商業用途上層作為住宅使用，鼓勵高強度的土地開發。
- (3) 提供大眾運輸沿線之開發獎勵：Curitiba 政府在過去 25 年內於 BRT 系統沿線建設了 20,000 戶平價住宅，照顧低收入戶之權益並藉此提高大眾運輸沿線住宅密度。另外，若是建商提供低收入戶購物補貼基金時，可多得到兩層樓的容積率獎勵，藉此政策使得 Curitiba 政府在四年內募集到 2 百萬美金的補貼基金。

在前述土地使用政策下，Curitiba 市之建物發展如圖 4.2-2 所示，住商混合使用大樓沿大眾運輸街道集中矗立，低密度住宅與公園、綠地之開放空間環繞著一群群高聳大樓，除了維護居民基本行的便利性外，亦同時創造良好都市景觀，兼顧休閒遊憩與環境保護之需求，提供高生活品質之都市生活。

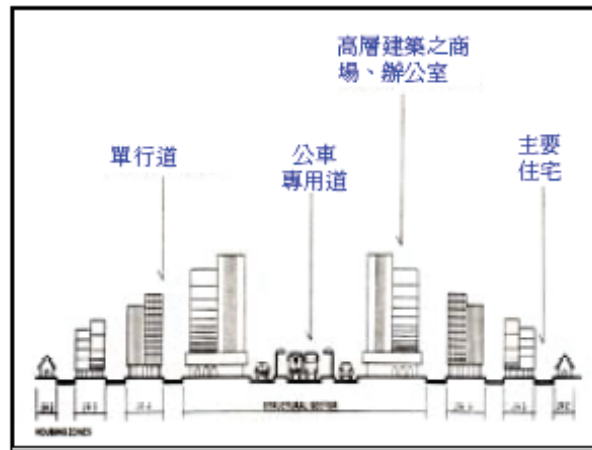


圖4.2-2 巴西Curitiba之TOD發展示意圖

資料來源：本研究修改圖Cervero(1998)、Chang(2008)

4.2.2 中國北京：MRT+BRTOD 模式

1. 都市發展背景

北京為中國首都，面積 1.68 萬平方公里，2007 年人口數約 1,740 萬人。北京市的交通路網呈矩形環狀分佈，由市中心至郊區呈環狀擴展，分別設有二環路、三環路、四環路、五環路和六環路，五環路之內的範圍屬於城市區域內。目前有五個地鐵路線及三個 BRT 路線，尖峰時段交通擁擠情形嚴重，因此政府積極推動大眾運輸系統建設，後續路網正在建設當中，預計至 2008 年底，可完成 300 公里的地鐵路網。另外，由於軌道運輸建設成本過高，北京目前也在推動 BRT 系統，第一條約 16 公里 BRT 路線於 2005 年 12 月開始營運，後續已規劃搭配 MRT 的完整 BRT 路網，分別於 2008 年中陸續通車兩條路線，預計未來將完成 300 公里長的 BRT 路網。

2. 都市大眾運輸系統

(1) 系統介紹

北京「快速公交 1 號線」為中國第一個 BRT 系統，全長 16 公里，主要行駛於南中軸路，連接「前門」至「木樨園」，於 2005 年底開始正式營運。南中軸自「前門」開始，通過二環路、三環路、四環路和五環路，與多條主要幹道相交，

為市中心至南城地區的主要幹道。南中軸 BRT 可作為地鐵 2 號線的接駁運具，BRT 起站「前門」與緊鄰地鐵 2 號線「前門站」的出入口，如圖 4.2-3 所示。目前 40% 南中軸 BRT 的乘客的旅次起點或訖點即為「前門」，顯示 BRT 系統成功地達到地鐵接駁運具的目標，詳細系統規劃特性請參照第三章案例分析。



圖4.2-3 北京地鐵2號線出口與BRT轉乘標示

資料來源：鄭長路、徐康明(2007)

(2) BRT系統績效

(a) 運輸效益

大眾運輸的整合性為 TOD 程度的重要指標之一，由於軌道運輸的服務範圍集中於市區中心，因此必需要有良好的接駁運具連接至軌道運輸車站。北京 BRT 通車後，每日平均運量約為 15 萬旅次，假日運量可達到 22 萬旅次，已經達到原規劃系統容量，平均營運速率約為每小時 22-25 公里。另外，BRT 通車後，北京政府也整併了南城地區的公車路線，整併結果共撤銷了 5 條公車路線，共計 1,500 個車次，有效提昇 BRT 系統服務績效(鄭長路、徐康明，2007)。軌道運輸的可及性較低，難以提供及戶(Door-to-Door)的運輸服務，因此必須藉由良好的接駁運輸工具，促使民眾使用大眾運輸工具完成整個旅次鏈。北京的 BRT 系統可作為地鐵的接駁運具，構成完整的大眾運輸網路，提高民眾使用大眾運輸的意願，以落實 TOD 的理念。

(b) 財務效益

北京地鐵的平均造價每公里約為 7 千萬美金，而南中軸 BRT 造價每公里僅約為地鐵造價的十分之一(鄭長路、徐康明,2007)。尤其該 BRT 系統原本規劃是 2012 年建成的輕軌系統，現在運用有限資源在兩年內完成系統建置營運，讓南中軸運輸走廊的市民提早享用便捷可靠的大眾運輸服務，降低對私人機動運具之依賴，實為另一社會效益之展現。此外，軌道運輸雖能提供快速便捷的大眾運輸服務，但興建成本過於高昂，勢必造成政府的財務負擔。若將公共資金過多投資於軌道運輸系統，將使得政府資金難以投資至其它建設，易造成社會不公平之情形。BRT 系統有造價低、興建時期短的優勢，亦可達到營運單位財務永續的目標，對於城市發展有立即性的貢獻。BRT 的益本比高，建設成本和營運成本遠低於軌道運輸，卻可達到輕軌的服務水準。城市若欲發展 BRT 系統，可節省政府的財務壓力，並活用資金至其它事務，對於城市的發展有實質的貢獻。

3. 大眾運輸導向發展

南中軸 BRT 除了提供南城地區至市中心的交通服務，BRT 沿線也成功的改造都市景觀。隨著 BRT 的建設，北京政府也全面改造 BRT 沿線的景觀，包括了道路中央綠道，永定門站和天壇站周邊也設立公園，並且改善步行環境。TOD 發展的城市需要有良好的都市景觀和步行環境，才能促使民眾願意步行至大眾運輸車站，北京 BRT 亦成功地達到此一目標，落實 TOD 之理念。

4.2.3 加拿大渥太華(Ottawa)：由 LRTOD 改為 BRTOD 模式

1. 都市發展背景

(1)社經發展

渥太華為加拿大之首都，位於安大略省東南部，面積 5,318 平方公里，2007 年市區人口約 85 萬人，都會區人口達 120 萬人，許多高科技公司在此地設有分公司，使渥太華成為科技重鎮都市。年平均溫度介於-37~38°C 之間，11~4 月間會下雪，此寒冷的天候也直接影響其交通系統的設計特色。

(2)土地使用情形

渥太華與卡爾頓(Carleton)於 1969 年合併，2001 年與周邊的 Gloucester, Vanier, Nepean, Orleans 和 Kanata 合併成為重要的行政首都特區，1974 年城鄉規劃局 (Regional Municipality)對此都會區開始進行區域規劃，其中重要政策方向包括：

- (4) 「多核心」發展模式，並以 BRT 為骨幹的大眾運輸系統來連結，如圖 4.2-4 所示。
- (5) 將大眾運輸之建設視為優先，其次才為公路建設或道路拓寬計畫。
- (6) 配合大眾運輸走廊規劃其商業區域。
- (7) 建構一個彈性化的整合型 BRT 大眾運輸路網。

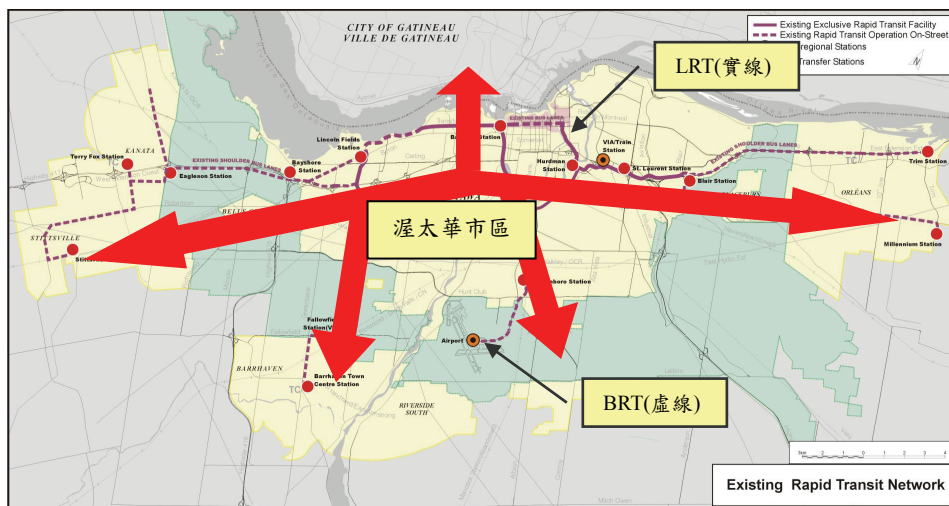


圖4.2-4 渥太華之多核心發展與BRT路線

資料來源：本研究修改自 Cervero(1998)、Moser(2008)

2. 都市大眾運輸系統

(1)系統介紹

渥太華的大眾運輸系統有 924 條公車線路和 1 個輕軌系統，由政府負責運營，BRT 系統於 1983 年啟用，目前路網長度共計有 60 公里，構成城市大眾運輸的主要骨幹。該 BRT 系統在當地稱之為「公車專用路」(Busway)，就是以 A 型路權方式以及大型樞紐站提供 BRT 服務。

事實上，渥太華政府於 1973 年開始規劃都市大眾運輸系統時，最初計畫是偏

向建立輕軌系統，初期路網成本預估為 3 億元加拿大幣；然而，由於政府無法付擔如此龐大的興建費用，因而這項計畫延緩了 15 年仍未能夠有效執行。直至 1976 年，渥太華市政府考量 BRT 系統成本低、彈性高等優勢，能夠以較少的成本在短時間內完成更加密集之路網提供大眾運輸服務，於是決策上以 BRT 取代了原有輕軌系統，詳細系統規劃特性請參照附錄一。

(2) 系統績效

(a) 運量

2006 年渥太華的 BRT 系統每日運量約為 22 萬人旅次，尖峰小時單向運量約 1 萬人旅次，每小時共有 180 至 190 個班次，連接市中心至外圍郊區。BRT 系統除了在一般道路設有公車專用道，部份路線亦在快速道路的路肩設立專用道。該 BRT 系統評估顯示，由於公車專用道的設立，在維持高品質服務下可以減少約 150 個公車班次，節省了約 6 千萬的車輛成本以及 2 千萬元加幣的營運成本。

(b) 財務狀況

根據 2006 年年報，渥太華 BRT 系統的營運成本和維修成本約為 3 千 5 百萬加幣，營運收入約為 2 千萬，營業現金流量比率約(Operation Ratio)為 58%，與其它擁有同等規模軌道運輸的城市相比，BRT 系統對於營運單位的財政壓力明顯較低。

3. 大眾運輸導向發展

(1) 車站聯合開發

透過聯合開發的形式提升站區周圍的土地使用強度，並達到刺激大眾運輸需求的目的。最著名的案例為 St. Laurent 購物中心，地主在獲得停車獎勵下捐地供建設雙層車站連接購物中心，而到此購物中心的旅次約有 30% 是使用公車系統。其他大型聯合開發還包括 Blair、Orleans、Billings Bridge、South Keys 等案例。

(2) 土地使用政策

渥太華都市發展與土地使用政策明確限制就業機會超過 5000 個之大型辦公大

樓以及面積達 3.4 萬平方公尺以上購物中心的區位，讓大部分社經活動分佈在大眾運輸路網沿線以及車站步行距離 5 分鐘之範圍內。由於政府明確的土地使用政策的持續推動，在 1988 年至 1996 年短短八年期間，渥太華在各大車站附近興建了約 3200 個住宅單位以及 44 萬平方公尺商業大樓，成為落實 TOD 政策的典範。

此外，渥太華政府提出的一些其他相關 TOD 政策亦值得學習，其中包括提出具體誘因鼓勵私部門在車站進行大型聯合開發，或是在開發基地內設置內部化公車場站。同時也限制位於市中心辦公大樓的停車位數量，並向員工收取合理停車費等方式來鼓勵使用大眾運輸。

4.3 BRTOD 效益評估

除了 4.2 節各案例中之 BRT 系統對於整體運輸系統、財務及 TOD 所產生效益外，延續 IEA(2002)對於 BRT 在城市永續環境與能源效率之研究，Wright 與 Fulton(2005)假設在一個每日千萬旅次、平均旅次長度 10 公里之城市情境，各種運具之油耗依據 IEA 之標準下，模擬分析旅次移轉至 BRT 對溫室氣體減量之效益，相關成果彙整如表 4.2-1 所示。根據表 4.2-1 之分析結果，可以發現 BRT 規劃策略可以有效降低 CO₂ 產生量，當旅次移轉至 BRT 之量從 5% 增加到 10%，每年可以降低 2323 佰萬噸排放量，每噸之成本可降低 7 美元。若配合以步行及腳踏車規劃，則可將成本降至每噸 30 美元。此一研究結果除說明 BRT 對於環境永續目標的達成是一具有成本效益的發展模式，亦間接驗證合理運具使用所帶來的潛在效益。

Wright and Fulton (2005)之分析特別著重於都市發展之 BRT 模式，而不是在 MRT 或 LRT 系統之效益分析，主要原因即在本研究論述之 BRT 建設時程與建設經費優勢。換言之，若要達成同樣 BRT 路網之效益，MRT 或 LRT 所需興建之成本相當龐大，更重要的是其興建所需時間將無法滿足民眾預期。因此，若以 MRTOD 或 LRTOD 之發展模式，其直接影響將會使更多的市民藉由小汽車或機車尋求「個人機動性」(Personal Mobility)，城市將陷入背離永續發展之惡性循環。

表 4.3-1 以 BRTOD 情境之溫室氣體效益

策略方案	運具比例		CO ₂ 每年產生 總量(仟噸)	CO ₂ 每年減 少量(仟噸)	基礎建設成 本(佰萬美元)	減少 CO ₂ 成本 (美元/噸)
移轉至 BRT5%	小汽車 19% 機車 4% 計程車 4% 小巴士 48%	BRT 5% 步行 19% 腳踏車 1%	47,409.7	1905.5	125 (50km BRT 路 網)	66
移轉至 BRT10%	小汽車 18% 機車 4% 計程車 3% 小巴士 45%	BRT 10% 步行 19% 腳踏車 1%	45,086.8	4228.5	250 (100km BRT 路網)	59
BRT、步行 及腳踏車 道整合策 略	小汽車 15% 機車 3% 計程車 3% 小巴士 34%	BRT 10% 步行 25% 腳踏車 10%	36,971.5	12,397.8	370 (加上人行道 及腳踏車道 各 60 佰萬美 金)	30

資料來源：Wright and Fulton (2005)

本研究針對台北都會區進行相關效益分析，分析過程以永續運輸的觀點，檢討 BRTOD 與原本規劃之 MRTOD 對整體環境所帶來的衝擊與能源消耗。評估中假設依據目前捷運系統之平均承載率及發車班次，針對未來旅次成長下，選擇繼續發展軌道運輸 MRT 路網與改以 BRT 路網之差異，推估出台北都會區若改以 BRTOD 模式，則因為 BRT 路網的提早形成，道路使用者會減少私人機動運具的使用率，而此旅次之移轉效果會提早降低 CO₂ 的排放量及燃油消耗。

本研究之 MRT 與 BRT 策略比較分析，乃依照台北都會區之捷運路網規劃為藍本，進行相關假設情境之評估。依現有規劃與建置成果，第一期大眾運輸路網 2002 年已建制完成之 65.1 公里皆設定為 MRT 系統，預計在第二期 2011 年完成 127.6 公里路網及第三期 2021 年完成 189.4 公里路網(現階段為 76.7 公里)。因此，研究中分別以「MRT 原方案建置」及以「BRT 替代方案建置」作為情境研擬之基礎。根據現有之 BRT 與 MRT 規劃經驗及興建速率，本研究推算若在 2003 年即規劃興建，則 BRT 能在 2008 年提早完成原本 MRT 二期及三期的路網；因此，情境一就是原三期 MRT 路網計畫(簡稱為 MRT 模式)；情境二就是在給定第一期 MRT 路網下後二、三期 MRT 路網改由 BRT 替代(簡稱為 BRT 模式)。

根據表 4.3-2 與圖 4.3-1 之分析可知，台北都會區之旅次數至 2021 年相較於 2002 年增加 38.88%，若以 MRT 路網來建立大眾運輸系統，則至 2021 年 CO₂ 之排放量會增加 22.29%。但若以 BRT 系統來建置並配合相關政策之時程，假設 BRT

運量與 MRT 相同，則全部則二氧化碳之排放量至 2021 年只會增加 9.80%。根據圖 4.32-1 之趨勢圖可知，BRT 在 2008 年路網建置完成後，二氧化碳之排放量之增加量遠低於 MRT 系統之增加量，就以 2030 年與基年相較，提早以 BRT 完成的路網將帶來 CO₂ 減量極為顯著之效益。

表 4.3-2 MRT 與 BRT 模式之二氧化碳排放量比較

年期	旅次數	旅次增加比例	MRT 路網排放量 (仟噸/日)	MRT 排放量增加率 ¹	BRT 路網排放量 (仟噸/日)	BRT 排放量增加率 ¹
2002	13,037,312	100.00%	16.50	100.00%	16.50	100.00%
2008	15,285,182	117.24%	19.45	117.85%	16.67	101.02%
2011	16,473,197	126.35%	19.48	117.71%	17.83	108.05%
2021	18,106,029	138.88%	20.18	122.29%	18.12	109.80%
2031	20,501,625	157.25%	20.97	127.04% ²	18.42	111.58% ²

註 1：增加比率皆是與基年 2002 年比較

註 2：2031 分析結果係假設以 2011 與 2021 發展趨勢推估

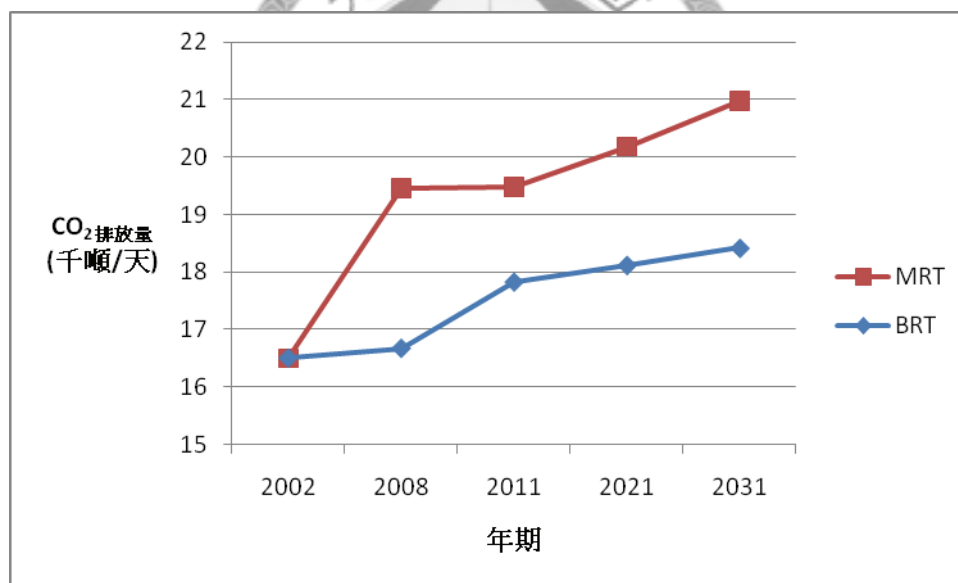


圖 4.3-1 MRT 與 BRT 各年期 CO₂ 排放量

有關能源消耗之變化趨勢亦有類似的結果，如表 4.3-3 與圖 4.3-2 之分析可知，若以 MRT 路網來建立大眾運輸系統，則至 2021 年燃油消耗量會增加 11%。但若以 BRT 系統來建制並配合相關政策之時程，則燃油消耗量至 2021 年只會增加 0.9%。根據圖 4.3-1 之趨勢圖可知，BRT 在 2008 年路網建置完成後，燃油消耗量之增加量遠低於 MRT 系統之增加量，就以 2030 年與基年相較，提早以 BRT 完成的路網將帶來燃油節省極為顯著之效益。

表 4.3-3 MRT 與 BRT 模式之燃油消耗量比較

年期	旅次數	旅次增加比例	MRT 路網燃油消耗量(仟升/日)	MRT 燃油消耗量增加率 ¹	BRT 路網燃油消耗量(仟升/日)	BRT 燃油消耗量增加率 ¹
2002	13,037,312	100.00%	7,643	100.00%	7,643	100.00%
2008	15,285,182	117.24%	8,257	108.03%	7,093	92.80%
2011	16,473,197	126.35%	8,144	106.56%	7,500	98.12%
2021	18,106,029	138.88%	8,506	111.30%	7,719	100.99%
2031	20,501,625	157.25%	8,885	116.25%	7,945	103.95%

註 1：增加比率皆是與基年 2002 年比較

註 2: 2031 分析結果係假設以 2011 與 2021 發展趨勢推估

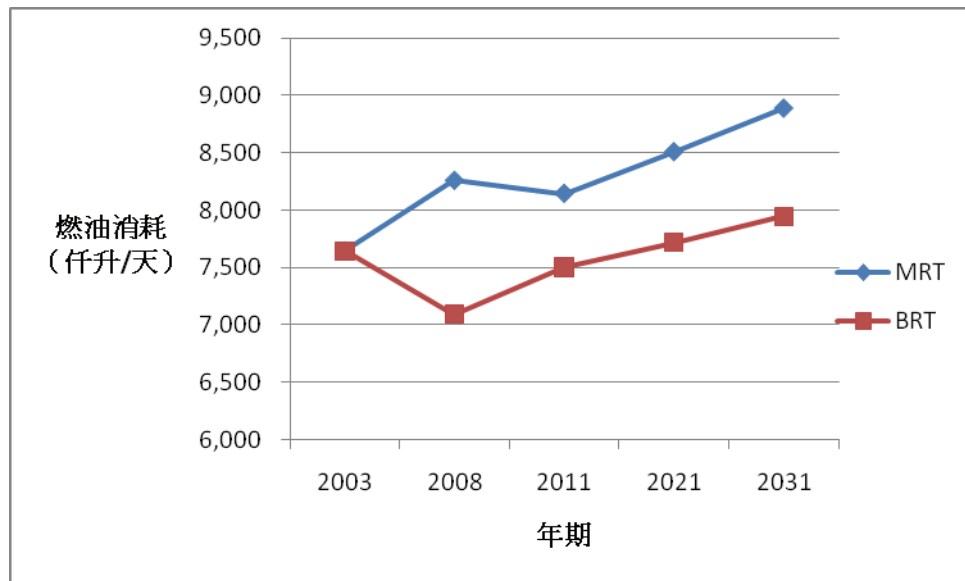


圖 4.3-2 MRT 與 BRT 各年期燃油消耗量

另外由於 BRT 具有成本低、建設時程快與路網效應，能降低系統建置、營運及維護成本，當旅次量隨路網長度而增加時，能較有效率的使每一旅次所負擔的基礎設施成本增加之速率降低，如此就不需急遽增加票價以反映成本，亦不需要大量社會財務之補貼，而讓系統較易達成自給自足的目標，因此在相同運能下，BRT 為一有效之運輸系統，在經濟、環境效益亦優於 MRT；而 LRT 績效與特性介於 MRT 與 BRT 間，且有架空線、場站、故障排除、機廠土地與區位等問題，雖有較 MRT 低廉的建設成本與建設時程，卻缺少了 BRT 的營運彈性與路網擴張速率，加上 BRTOD 的及戶性優於軌道運輸的 MRT 與 LRT，即使以場站聯合開發觀點，BRT 能促進商業活動的站點亦較軌道運輸為密集且容易相互串接，基於永續發展之觀點與運輸系統之績效來分析，BRT 具有相當大之相對優勢，值得在 TOD 規劃技術選擇過程中予以應有的重視。

4.3 綜合評析

本研究在 TOD 政策理念與目標下，比較大眾捷運(MRT)、輕軌捷運(LRT)與公車捷運(BRT)等不同大眾運輸技術之功能特性與服務績效，並探討案例城市的 TOD 規劃發展經驗與成效；同時，本研究分析過去在 TOD 規劃偏好以軌道技術 MRT 與 LRT 為主的大眾運輸型式之負面影響，並基於路網形成之時效性以及財務永續性，論證適當引入 BRT 作為落實 TOD 策略的可行方向；本研究進一步在「公車捷運為導向之都市發展」(BRTOD)之理念下，剖析 BRT 系統技術在 TOD 規劃中之可能角色，可作為開發中國家城市之參考。根據本章內容，其相關分析如下：

1. BRT 能快速成大眾運輸路網、增加旅次可及性，並避免因投注軌道運輸過度的耗費資源。因此基於永續都市發展的觀點，政府應依各地特性來設定各種不同類型之開發地區，另一方面應以各地區的實際土地承受力、基礎建設供給狀況及環境與經濟特性來檢討運輸走廊主要運具路線的安排、站址選定、及站區土地開發強度等，不應一味執著於軌道運輸系統的開發；尤其是軌道捷運系統在地下工程之鉅額建設成本以及日後龐大維運費用支出，可考量建設成本較低與施工期短、對現有環境衝擊較小的 BRT 取代之。
2. 在實務推動方面，雖然 BRT 具有工期短、經費低的相對優勢，但對於過去以小汽車或公路為主導的都市環境而言，其規劃興建將直接衝擊私人機動運具的使用空間，使得 BRT 在建置過程中比 LRT 與 MRT 更具挑戰。由國際成功案例充分顯現，除了「完整規劃設計」外，「縣市首長強力支持」、「規劃、工務與執法機構協調合作」、以及「民意的認同」等非技術性相關議題，皆是重要確保系統成功的關鍵因素，值得予以參酌。



第五章 發展策略與技術選擇之評估

5.1 BRT 技術選擇與系統績效

根據 Diaz B.等人(2009)對於 BRT 技術應用特性的研究報告，該研究歸納出 BRT 系統績效主要可由六項因子進行評估，分別是：

1. 旅行時間(Travel Time)：BRT 營運後，相較於一般路線的公車，所能減少的旅行時間。由於 BRT 具有專用車道，可減少與其他車輛的干擾與衝突，進而減少車道的旅行時間與進出站的停等時間。另外站外付費或電子票證的車上收費，也能減少車輛在車站的等待時間。而優先號誌超車道或雙車道的設計，也可避免車輛在路口及車站的延滯。根據 Levison(2007) 的研究亦指出，公車專用道的設計至少要能減少 5 分鐘以上的旅行時間才是有效的設置。
2. 可靠度(Reliability)：可靠度是基於上述車輛旅行時間可更精確的掌握，因此車輛的準點率可更加提高。而應用 ITS 技術的車隊管理技術，也能避免同樣路線的車輛前後形成車隊，提升車輛營運之效率。可靠度通常是乘客選擇運具的一項重要因素，因此要有效吸引乘客搭乘 BRT，必須將系統可靠度提升與軌道運輸相當之程度。可靠度的衡量來自於同一路線 BRT 車輛之最長與最短行駛時間之比值。
3. 整體性與形象(Identity and Image)：在全球實施 BRT 時，於規劃階段最常遭到質疑的一個問題就是：「BRT 與現有公車有何不同？」因此在設計 BRT 時，必須將 BRT 包裝塑造一個新形象，不僅吸引原大眾運輸乘客轉搭 BRT，更重要的是藉由良好的 BRT 形象吸引潛在的需求。目前運行中的 BRT 系統，不論是否與其他非 BRT 的公車為同一公司營運，多具有其特殊的名稱或識別標誌(Logo)，以有別於其他一般公車，可以有效改善品質及效率。
4. 安全性(Safety and Security)：藉由 BRT 專用車道的設計，減少公車與其他車輛在行駛、轉彎、進出站時的衝突。BRT 車站的良好設計也可提升乘客搭乘 BRT 時比一般公車更有安全感。

5. 容量(Capacity)：BRT 可藉由高容量之車輛設計，以及超車道或雙車道之設計不僅降低旅行時間及提高系統可靠度，同時也可以增加系統之容量。目前在北美地區由於過去大眾運輸使用率較低，BRT 容量仍有成長的空間，而在南美及亞洲地區 BRT，均創造接近設計容量的服務水準，如波哥大透過雙車道的設計，使尖峰時間單方向旅次可達 45,000 人，而北京南中軸 BRT、雅加達 BRT 相較於過去的公車系統均有顯著地提高容量。
6. 可及性(Accessibility)：BRT 系統是否能使乘客更方便到離車站、上下車，能否結合大眾運輸導向發展縮減旅次長度及成本。

透過上述的評估因子，目前全球各地所實施之 BRT，已明顯感受到其所帶來的效益，而 BRT 同時帶來下列各項的效益：

7. 搭乘 BRT 旅次的增加：BRT 興建後所產生的旅次，主要目的並不在於吸收了過去運輸走廊上已有的大眾運輸旅次，而是在於能吸引更多藉由搭乘 BRT 所產生的大眾運輸新使用者，這些旅次過去可能是自行開車或搭乘其他非大眾運輸工具，因為 BRT 改善了公車的服務水準。使得這些潛在的大眾運輸使用者願意搭乘 BRT。在中國常州 BRT 一號線開通後進行過調查，BRT 的旅次其中就有 13%來自其他非綠色運具(小汽車、機車、公務車)的轉移。
8. 降低大眾運輸系統投資成本：近年來由於經濟景氣不佳，各國政府財政均有困難，無法再有充足的經費投注在立體化的軌道大眾運輸建設上，BRT 頓時成為一個新的熱門替選方案，由於 BRT 的設計相當具有彈性，在系統設計時可因規劃目的、都市特性及實際需求等因素進行組成元素技術型的選擇與組合，並且在短時間內完工營運，以減少初期投資成本難以回收等問題。
9. 加強營運成本的有效性：由於 BRT 在運輸走廊上整合其他公車路線後，不僅轉移原公車旅次或其他大眾運輸系統，同時也會吸引新的使用旅次，旅次增加以及 BRT 營運比原有公車更有效率，因此會使營運的成本投注更為有效，這些可由營運生產力的績效指標衡量，如旅客數/收益-小時、補貼/人-公里、補貼/人。而藉由營運效率的改善與可靠度的提升，可使車輛營運的里程數增加，以更密集的班次服務乘客，提升服務水準，形成優

質的大眾運輸服務。

10. 大眾運輸導向發展：目前全球最早發展 BRT 的巴西 Curitiba，最初的 BRT 規劃就是將 BRT 融入都市更新計畫中，以 BRT 帶動沿線土地的增值與發展，不僅增加運輸系統的可及性，也創造更多的就業機會與商機，更成為著名最適合人類居住的生態城市發展典範。同樣位於南美洲的波哥大也是利用 BRT 的高可及性帶動郊區土地發展。北美地區的波士頓、渥太華等城市，也陸續因發展 BRT 得到對城市發展正面的影響效果。
11. 改善環境品質：發展 BRT 系統，常被質疑是否使用公車會過度依賴汽柴油使得污染排放或溫室效應增加。但若以同樣數量的旅次搭乘 BRT 及自行開車進行比較，BRT 污染遠小於自行開車，加上 BRT 車輛技術亦是重要的組成要素之一，且汽柴油並非 BRT 車輛的唯一選擇，更多的 BRT 系統強調使用乾淨能源，如液化石油氣、天然氣、電力、燃料電池等，或是採用油電混合動力，都比傳統使用汽柴油的公車會小汽車對環境品質的衝擊小，BRT 路網相較於軌道大眾運輸對環境的衝擊，在第四章中已詳述。

過去有關 BRT 的研究報告，多著重在 BRT 的組成元素特性、廣泛性地比較 BRT 與其他大眾運輸工具，如 LRT、MRT 在發展選擇上的差異，或是統計 BRT 在各地實施的經驗績效，少有在 BRT 設計營運後，探討其績效回饋至 BRT 最初的發展目標，因此本研究根據第四章中所歸納的 BRT 四種發展策略，比較在各種不同發展策略下，目前全球營運中的主要 BRT 系統，所採的技術型式、營運績效及所帶來之效益並歸納出其 BRT 規劃設計的共同特性：

- 一、 BRT 為整體大眾運輸系統中重要的組成甚至是主要大眾運輸系統：此類型之 BRT 在都市大眾運輸系統中扮演相當重要之角色，BRT 擔負起運輸走廊主要運量，典型的案例城市有巴西 Curitiba、哥倫比亞波哥大、美國波士頓、中國常州。

表 5.1-1 BRT 為主要運輸系統之特性比較

	巴西 Curitiba	哥倫比亞 波哥大	美國 波士頓	中國 常州
車道	平面公車專用道	平面公車專用道	實體分隔專用道(部分為地下化)	平面公車專用道(標線分隔)
車站	封閉式車站	封閉式車站	地下式車站	封閉式車站
車輛	多節車 高底盤	多節車 高底盤	雙節車 低底盤	雙節車 低底盤
收費系統	車外收費	車外收費	車上收費	車外收費
ITS 技術				
車輛定位	-	迴路偵測	GPS	GPS
乘客資訊系統	-	車站	車站及車上	車站及車上
優先號誌	-	有	有	有
服務及營運計畫				
路線架構	新路線	取代原私營 公車路線	新路線	新路線並整合 舊有公車 路線
尖峰時段班距(min)	2	1-3	10	3
系統績效				
進出車站時間(sec)	22	25	24	20
尖峰時段平均行駛 速率(kph)	19	25	21	22
BRT 興建前後節省 旅行時間百分比	-	-	9%	-
與一般公車相較減 少旅行時間百分比	-	-	9%	-
可靠度：最大行駛 時間/最小行駛時間	-	-	1.5	1.09
系統容量(人/小時- 方向)	20,000	45,000	318	-
平均每日旅次量	-	1,260,000	9,338	-
系統效益				
BRT 興建前後運輸 走廊旅次增加百分 比	-	-	24%	50%
由私人機動運具轉 移至 BRT 百分比	-	9%	22%	13.2%

資料來源：本研究彙整及修改自 Wright et al. (2007)、Chang(2008)與 Diaz B. et al. (2009)

作為城市主要大眾運輸系統的 BRT，在設計要素中有下列特點：

1. 車道：由上述四個案例可歸納出，此類型 BRT 均有絕對專有的路權，可以是平面式或立體化的車道型式，在 Curitiba 有市區為公車專用道路的型態，波哥大、北京則設有超車道的設計，波士頓則為立體地下化的設計方式。
2. 車站：由於為都市主要運輸系統，此車站的設計與均以封閉式車站方式設計，配合車外收費方式，減少乘客在上下車時間上的等候。美國在 BRT 設計的方式，郊外車站多以較強化型的候車亭為主，市區地下化部分則為地下車站型式。波哥大為了減少車輛在站區的等候時間，除有超車道外，也有子車站 (Sub-Stop) 的設計，使乘客容易找到等候車輛之位置，也使車輛可快速進出站區。Curitiba、常州的車站設計則著重在與其他支線車輛的轉乘，可於同月台同方向進行快速主支線的轉乘，減少乘客轉車時間與旅次長度。
3. 車輛：在市區主要運輸系統的 BRT 上，主線車輛均以雙節公車為主，Curitiba、波哥大甚至以三節車進行主線車輛的營運，也因此可以提高系統容量。
4. 付費系統：作為運輸走廊上的 BRT 系統。一定要達到快速且大量輸運乘客的目標，因此均會採用站外收費的系統，這也是目前全球營運中的 BRT 所採用的一種趨勢，不僅可減少乘客上下車的時間，進而減少車輛停靠時間，可使車輛有更高的服務頻率增加班次。美國地區由於 BRT 運量多半不及其他城市，因此多採用車上付費或車外驗票的方式。波士頓的 Silver BRT 就是採用市區外車站為車上付費，市區內地下車站則為站外收費方式。
5. ITS 技術：由於主幹線 BRT 的班次極為密集，平均班距僅 1-3 分鐘，因此 ITS 的應用除了在於車站或車上的乘客資訊外，主要是控制中心對於車輛行駛的監控，避免車輛拋錨影響後方車輛的行進。另外在市區也多採行了優先號誌技術，避免對在路口發生過長之延滯。
6. 營運計畫：此類型 BRT 另一項最大的特點在於其路線規劃一定必須取代舊有之路線，而不會與原有公車系統有路線重疊或競爭，此種方式可減少公車的

數量，將原有旅次整合至新的 BRT 系統，進而達到與其他車輛分流，減少車流互相干擾亦可增加車輛行駛的速率與安全。

由表 5.1-1 中可以看出，BRT 作為城市中主要大眾運輸工具可以有效減少原有大眾運輸的旅行時間，並吸引私人運輸工具旅次的轉移約 10~20%。在 Curitiba、波哥大，均有限制小汽車進入市區的措施，也因此促使原有開車的旅次轉而搭乘 BRT。

二、 運用 BRT 連接都市主要運輸走廊，沿著 BRT 路線車站引進新的旅次、加強土地使用強度，形成新都市結構，如表 5.1-2 所示之澳洲 Brisbane 更是運用公車專用路(Busway)形成連接市中心區與郊區的大眾運輸系統；這些代表城市顯現 BRT 共通特性主要是針對低密度居住地區或經濟疲弱之區域，提供快捷且能負擔(affordable)的大眾運輸系統來促進 TOD 目標並加速都市更新的達成。

表 5.1-2 BRT 作為連接都市運輸走廊之系統特性比較

	澳洲 Brisbane	澳洲 雪梨	美國 克里夫蘭	中國 鄭州
車道	平面公車專用道路	平面公車專用道路	平面公車專用道	平面公車專用道
車站	車站、強化候車亭	車站、強化候車亭	強化候車亭	封閉式車站
車輛	標準公車 低踏階	標準公車 低踏階	雙節車 低底盤	雙節車 低底盤
收費系統	車上收費	車上收費	車外收費	車外收費
ITS 技術				
車輛定位	GPS	迴路偵測	GPS	GPS
乘客資訊系統	車站	車站	車站	車站
優先號誌	無	有	有	-

表 5.1-2 BRT 作為連接都市運輸走廊之系統特性比較(續)

	澳洲 Brisbane	澳洲 雪梨	美國 克里夫蘭	中國 鄭州
服務及營運計畫				
路線架構	取代舊有公車路線	與現有地區公車路線重疊	取代舊有公車路線	環狀線，一主線八支線，整合原有公車路線
尖峰時段間距(min)	1	10	15	3
系統績效				
進出車站時間(sec)	180			
尖峰時段平均行駛速率(kph)	19	30	-	16
BRT 興建前後節省旅行時間百分比	65%	-	26%	-
與一般公車相較減少旅行時間百分比	-	-	-	-
可靠度：最大行駛時間/最小行駛時間	1.05	1.1	1.5	-
系統容量(人/小時-方向)	15,000	850	-	-
平均每日旅次量	93,000	7,200	-	120,000
系統效益				
BRT 興建前後運輸走廊旅次增加百分比	-	-	-	-
由私人機動運具轉移至 BRT 百分比	26%	9%	-	-

資料來源：本研究彙整及修改自 Wright et al. (2007)、張學孔等人(2009)與 Diaz B. et al. (2009)

作為連接都市運輸走廊的 BRT，在設計要素中有下列特點：

1. 車道：由上述四個案例可歸納出，此類型 BRT 與第一種作為都市主要大眾運輸型式的 BRT 一樣強調具有絕對專有的路權，甚至可以是公車專用道路的型態，如 Brisbane 在高速公路路側所增設的公車專用道路，在前述第一種的 BRT 發展中也多半同時涵蓋此種連接都市運輸走廊的特性，Curitiba、波哥大的 BRT 均是為了連接郊區與市區的主要交通骨幹。
2. 車站：本類型 BRT 為連接運輸走廊的性質，或本身也是重要之運輸走廊之

一，此車站的設計必須兼顧旅次的需求，因此設計的方式，多採用強化是候車亭與車站兩種設計方式，郊外多以較強化型的候車亭為主。在 Brisbane 則 BRT 整合了大型地標，如醫院、學校，車站成為立體化的設計，為主要地標建物的一部份。

3. 車輛：此類型 BRT 在車輛的選擇上較有彈性，可因應實際的運量需求採用單節的標準公車或雙節公車。
4. 付費系統：在澳洲的系統，以車上收費為主要方式，另有部分為預付的月票制，美國克里夫蘭、中國北京則均採用站外收費方式。
5. ITS 技術：由於必須連接運輸走廊，除班次密集外，另外為了讓乘客掌握車輛到離站時間，因此本類型 BRT 在車站多會採用車輛到站資訊系統。
6. 營運計畫：本類型 BRT 除原有整合或取代原有公車路線外，均會保留部分公車路線方便接駁轉乘，在班距上也不若第一種主要運具的 BRT 來得密集。

以 BRT 作為連接運輸走廊，就是以大眾運輸導向為主要發展之目標。Brisbane 提升低密度地區運輸走廊的公車服務水準，並推動以公車專用道路為軸心之 TOD 發展，雪梨為低密度地區提供更好的公車服務並保證步行與搭乘時間最短，克里夫蘭重新振興該地區經濟措施。同樣的在 Curitiba 與波哥大，也為了郊區經濟較差的平民百姓，提供更便宜、快捷的運輸方式進入市區就業，帶動郊區經濟的發展，北京則為連結北京市區與南區重要的運輸走廊，帶動北京舊城區的重新發展。

三、 BRT 做為軌道運輸延伸線或過渡時期，或利用高速公路現有設施進行公車專用道或高乘載專用道(HOV Lane)以提供與軌道運輸同樣高效率與可靠度之大眾運輸服務，若干城市已有由其他如 MRT 及 LRT 所形成的初步大眾運輸路網，例如洛杉磯 BRT 為原有 MRT 北好萊塢站起始，已被視為整體捷運路網之橋線；而北京市過去六年內興建完成投入營運之三條由市中心區輻射出之 BRT 路網與城市軌道 MRT 形成互補；至於台北市之

Pre-BRT 則是在市中心區串連 MRT 路網，構成更綿密的大眾運輸路網。

表 5.1-3 BRT 作為軌道運輸延伸線補充或過渡系統之系統特性比較

	美國 洛杉磯	美國 邁阿密	美國 Eugene	澳洲 Adelaide	中國 北京
車道	平面公車 專用道路 (廢棄鐵道)	平面公車 專用道	平面公車 專用道(路 面抬升)	公車專用 道路(導軌)	平面公車 專用道
車站	強化候車 亭	強化候車 亭	強化候車 亭	封閉式車 站	封閉式車 站
車輛	多節車 高底盤	標準公車 低踏階	雙節車 低底盤	雙節車 高底盤	雙節車 低底盤
收費系統	車外收費	車上收費	車上收費	車上收費	車外收費
ITS 技術					
車輛定位	-	-	GPS	-	GPS
乘客資訊系統	車站	車站	車站	無	車站及車 上有
優先號誌	有	-	-	有	有
服務及營運計畫					
路線架構	新路線(與 原地區公 車路線部 分重疊)	整合路網	取代舊有 公車路線	取代舊有 公車路線	新路線並 整合舊有 公車路線
尖峰時段班距 (min)	4	6	10	1.1	3
系統績效					
進出車站時間 (sec)	-	45-60	-	30	
尖峰時段平均 行駛速率(kph)	33	32	-	42	25
BRT 興建前後 節省旅行時間 百分比	16%	35%	8%	40%	38%
與一般公車相 較減少旅行時 間百分比	-	-	-	66%	
可靠度:最大行 駛時間/最小行 駛時間	1.13	1.0	1.2	1.3	1.09
系統容量(人/小 時-方向)	-	-	-	4,500	4,500
平均每日旅次 量	62,597	23,000	-	28,000	85,000

表 5.1-3 BRT 作為軌道運輸延伸線補充或過渡系統之系統特性比較(續)

	美國 洛杉磯	美國 邁阿密	美國 Eugene	澳洲 Adelaide	中國 北京
系統效益					
BRT 興建前後 運輸走廊旅次 增加百分比	51%	79%	32%	-	
由私人機動運 具轉移至 BRT 百分比	-	-	-	40%	

資料來源：本研究彙整及修改自 Wright et al. (2007)、張學孔等人(2009)與 Diaz B. et al. (2009)

作為連接軌道運輸延伸線或過渡時期的 BRT，在設計要素中有下列特點：

1. 車道：此類型 BRT 的特點在於必須塑造與軌道運輸同樣等級的 BRT 形象，因此會使用近似軌道運輸的設計與營運的方式，在車道設計上以中央式的公車專用道為主(北京、Eugene)，或是路側的公車專用道路型態(洛杉磯、邁阿密、Adelaide)，賦予 BRT 絕對專有的路權。Eugene 更是美國最早以輕軌 LRT 模式規劃之 BRT 系統。
2. 車站：延續塑造軌道運輸的特性，車站必須具有軌道運輸意象，因此採用中央島式月台，而洛杉磯及邁阿密仍以美國傳統設計公車運輸的方式，採用強化式的候車亭設計，但以方便快捷進行轉乘為主要目的。
3. 車輛：由於是軌道運輸的延伸線或過渡時期的系統，運量均與軌道運輸相當，因此除邁阿密外，其餘系統均採用高容量雙節車。
4. 付費系統：站外或車上收費方式均有採用。
5. ITS 技術：因為連接軌道運輸或是過渡時期的主要大眾運輸運具，因此多會採用車站乘客資訊系統。
6. 營運計畫：本類型 BRT 主要在於銜接其他大眾運輸系統形成路網，此班距上會整合其他主次要大眾運輸運具，且行駛速率均較其他發展模式之 BRT 為快速，目的就在於能讓乘客有著與軌道運輸相同服務水準的 BRT。

近年來各城市政府財政日趨吃緊，加上經濟景氣未見好轉，因此各城市逐漸以 BRT 取代原有的軌道大眾運輸系統計畫，目的就在利用 BRT 近似軌道運輸的設計方式，提供可靠度相當高的公車運輸服務，由表 5.1-3 中可以看出，各系統的平均行駛速率可與 LRT 相當，搭乘 BRT 的時間可靠度也相當高，更重要的是節省了 8~40% 的旅行時間，也由此可見 BRT 的發展優勢不僅在於興建的時期短、興建成本遠低於軌道運輸，在營運績效與系統效益的表現上，一樣不亞於軌道大眾運輸系統。

四、以 BRT 改善城市環境與並維護舊市區風貌，在短期內提升大眾運輸服務品質，利用先進技術改善現有之公車系統，如表七所示。其中英國 Leeds 在重要運輸走廊中央使用的導軌式 BRT，以提昇行駛效率及行車品質；而南美的 Quito 市，則是運用其既有的無軌電動公車路線，建設中央逆向公車專用道形成完整大眾運輸系統。

表 5.1-4 BRT 作改善都市環境之系統特性比較

	英國 Leeds	厄瓜多爾 Quito
車道	平面公車專用道 (導軌)	平面公車專用道
車站	加強式候車亭	封閉式車站
車輛	雙層公車	多節車 高底盤
收費系統	車外收費	車外收費
ITS 技術		
車輛定位	-	transponders
乘客資訊系統	車站	車站
優先號誌	有	無
路線架構	新路線	取代原無軌電動公車路 線
尖峰時段班距(min)	2	4

表 5.1-4 BRT 作改善都市環境之系統特性比較(續)

	英國 Leeds	厄瓜多爾 Quito
系統績效		
進出車站時間(sec)		
尖峰時段平均行駛速 率(kph)		25
BRT 興建前後節省旅 行時間百分比	3-10min	
與一般公車相較減少 旅行時間百分比		
可靠度：最大行駛時 間/最小行駛時間		
系統容量(人/小時-方 向)		
平均每日旅次量		>10,000
系統效益		
BRT 興建前後運輸走 廊旅次增加百分比	50%	
由私人機動運具轉移 至 BRT 百分比	10-20%	

資料來源：本研究彙整及修改自 Wright et al. (2007)、張學孔等人(2009)與 Diaz B. et al. (2009)

作為改善都市環境的 BRT，在設計要素中有下列特點：

1. 車道：此類型 BRT 的特點在於以短期方式改善原有之公車系統，在 Quito 因為舊城區的古蹟保護加上對市容的要求，因此將原有的無軌電動公車整合改良以 BRT 行駛。在英國 Leeds，則採用了導軌公車技術，興建中央式的逆向公車專用道(部分路段為路側)，有效減少市區內外 3-10 分鐘的旅行時間。
2. 車輛：Quito 由於機動車輛系統排放污染問題嚴重，因此改採用清潔能源的 BRT 車輛，以達到改善市容環境的效果。Leeds 則採用英國傳統的雙層公車，配合側輪式的機械導輪裝置，部分路段以近似軌道運輸方式進行營運
3. ITS 技術：於車站均有乘客資訊系統，Leeds 有優先號誌設計。
4. Quito 當年在規劃 BRT 時，考慮到 BRT 成網之快速，且興建一公里的捷運所

耗費之成本卻可完成一個完整的 BRT 路網，達到原本希望藉由大眾運輸短期內迅速更新城市風貌的目標。Leeds Superbus 為取代原有輕軌 SuperTram 之計畫，亦希望能藉由 BRT 快速成網的特性，提供快速便捷的大眾運輸服務。

在這四種發展型態中，並非每種 BRT 存在單一發展型態，可能是數種，或是有演進式的型態所產生，以加拿大渥太華為例，渥太華 BRT 早在 1983 年就已通車營運，最初選擇 BRT 為運具型式主要考慮到低廉的興建成本與營運成本，並以公車專用道路(Busway)型態進行設計與營運，成為都市運輸主軸，並且路網往外跨展，連接到目前每日平均運量達 24 萬人，渥太華同時也有 8 公里的 LRT(O-TRAIIn)，串連 BRT 路網但未進入市區，每日運量約為 1 萬人。

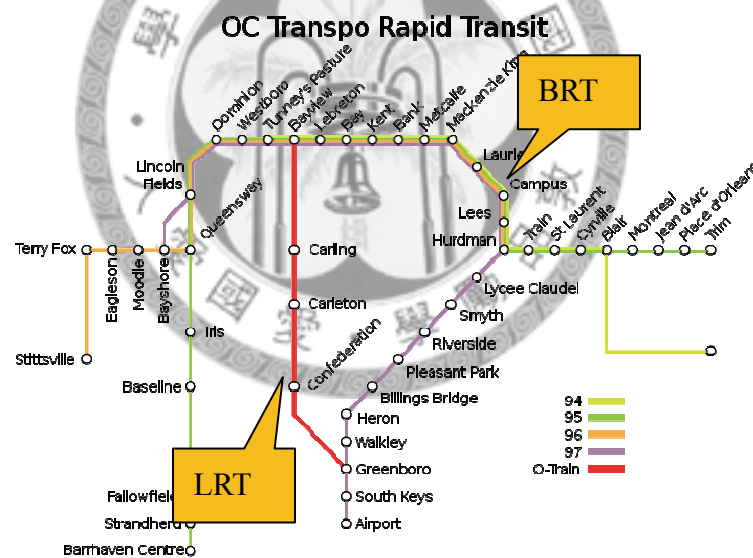


圖 6.1-1 渥太華 BRT 與 LRT 路網圖
資料來源: OC Transpo(2009)

因渥太華市區旅次逐年成長，當地政府預估至 2031 年 BRT 將無法負荷運量所需，因此規劃新的 LRT 路線，並於部分地區取代原有 BRT 路線，且利用現有 BRT 之路權，用地取得及施工上能節省較多成本。2008 年末當地政府已初步規劃 LRT 取代市區 BRT，目前已規劃第一階段 13 公里的 LRT，其中進入市區 3

公里部分為地下型式，因為目前市區地面街道的 BRT 部分路段已經逐漸呈現飽和且無法再增加服務容量，在 2030 前，預估該走廊運輸需求將增為目前 2 倍。LRT 初期路線建設成本預計 83 億美金，其中 60 億美金將用來興建地下隧道，工程預計在 2012 年開工，2016-17 年通車。渥太華雖以計畫興建 LRT 取代 BRT，但並未因此停止興建 BRT 系統，新的 BRT 路網將持續擴張，並整合 LRT 路廊成為快捷都市運輸路網。

渥太華的案例可以看出其 BRT 的發展策略，在最初期是定位於大眾運輸主軸，如同 Curitiba、波哥大 BRT 的功能定位，因此設計都朝向專用車道、連結公車、軌道運輸營運方式經營，此時即使有軌道運輸，也只是 BRT 路網的輔助路線，待都市逐漸擴張，BRT 逐漸無法藉由改善營運模式負荷運量時，則軌道運輸將取代原有 BRT 路線功能，但在渥太華的規劃中，BRT 實質上並未取消，只是由 LRT 取代其原有之功能定位，原有之 BRT 由主軸功能轉為與軌道運輸並行或輔助之系統，但在郊區延伸部分，仍是以 BRT 為規劃目標，其可及性仍較軌道運輸高且成本低。如圖 6.1.2 所示，渥太華 BRT 即具有類似功能轉化之發展策略，同樣在許多城市也有類似的規劃，如中國廈門、英國 Leeds、美國西雅圖。

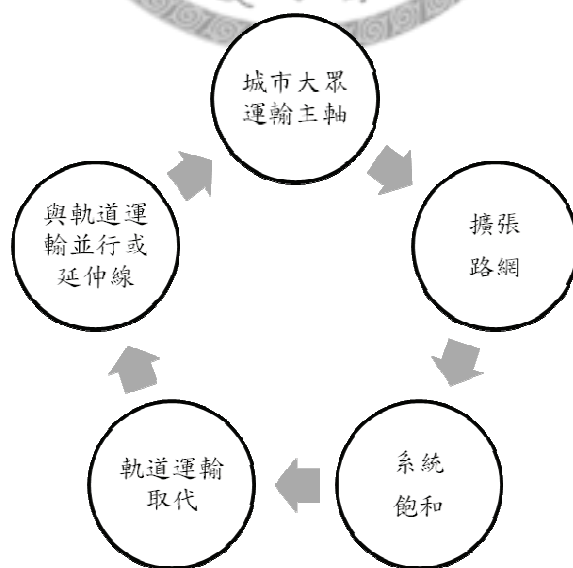


圖 6.1-2 BRT 發展策略示意圖

5.2 ITS 技術應用於 BRT 系統之選擇

在 BRT 技術選擇上，由於 BRT 強調技術應用因地制宜的彈性，因此在 BRT 的技術組成元素中：車道、車站、車輛如前面章節所述，均需配合實際當地城市特性及運量需求進行規劃與設計，票證系統則必須伴隨車站及車輛型式設計，在 ITS 技術方面，因為技術層面複雜，因此本研究開發一套專家系統，以供規劃者作為 ITS 技術選擇之參考。

ITS 技術運用之主要目的即是為了減少旅行時間及改善整體運輸路網的營運效率，而 BRT 系統的主要設計目的是為了減少傳統大眾運輸服務的延滯，單獨一項 ITS 技術可以提供 BRT 系統未來基本的效益之一，而整合所有相關 ITS 技術則可以改善更多服務及營運之效率，更進一步的提昇整體 BRT 系統之績效，並降低營運成本，若 BRT 系統無整合 ITS 技術，則只能算是較進步的一種傳統大眾運輸系統，而不能稱為 BRT。

Hardy 等人(2003)將 ITS 技術分為車輛優先、IVI 技術、收費方式、營運管理、乘客資訊以及其他技術等共六類，其針對美國 21 個有 BRT 系統的城市應用 ITS 技術的情形進行調查。從運用技術分類的角度來看，運用最多的 ITS 技術項目是車輛優先方面的技術(20 個城市使用)，接著營運管理方面(18 個城市使用)，以及收費系統方面(17 個城市使用)。而就單項技術來看，使用最多的技術則包括「車輛追蹤技術」、「車站/車上的乘客資訊」、「號誌優先」以及「車上付費系統」等。Hardy 等人(2003)並針對各項技術進行效益評估，將效益區分為直接效益、間接效益及無效益三類。在全部的 ITS 技術中對於使用者、駕駛以及營運者三方面都有直接效益的技術有改變號誌時相、號誌優先、自動排班系統以及站外電子付費方式。研究中另外對 ITS 的使用在 BRT 系統上所達成的目標作分析，在所有的技術應用中最能夠幫助 BRT 達成營運目標，以縮短旅行時間、減少等待和更具親和力最多。此外，美國 FTA 也定義了四項 BRT 系統發展的等級順序根據

BRT 系統規劃營運的特性：(1)路權、(2)營運等級、(3)車輛特性、(4)車站，並根據此四項因子劃分四種 BRT 系統適用地區特性。

在 ITS 技術評選規劃方面，Dahlgren 等人(2004)建構一個 ITS 決策網站，當中包括「專家系統」(Expert System)以及「實施案例」(Case-Based Reasoning Tool)，專家系統可根據運輸環境(如都會區、高快速公路或是郊區)、運輸系統(公車系統、計程車、或是卡車)以及不同地區之運輸行政機構針對其所面臨之特定問題如減少旅行時間、增加可靠度、改善乘客資訊、增加收費效率、增加安全性、減少事故等項目提出建議使用之 ITS 技術。而「實施案例」則包含三項技術資訊提供使用者查詢，此三項技術分別為「運輸需求管理機制」(Transportation Demand Management Mechanism)、「自動車輛定位與電腦輔助派遣技術」(Automated Vehicle Location/Computer Aid Dispatch)以及「高速公路服務巡察」(Freeway Service Patrol)。使用者可輸入相關參數例如都會區規模、車隊數等項目，系統將根據使用者輸入的參數找尋類其他類似之系統案例，並根據相似度排序將其類似系統所運用之技術提供使用者參考。

5.2.1 專家系統建立

本研究所研擬之技術評選為間斷性之屬性性質，且必須在多項準則或目標下針對一些可行的方案進行評估比較，而當思考是包括推理與計算時，專家系統可同時處理這些問題。專家系統是指以知識法則為依據，以推論為方法之智慧型程式，藉由模仿人類專家的解題技巧，以解決複雜非結構性之問題，其組成之內容包括「規則」(rules)及「事實」(facts)兩個部份，屬於一種資料驅動的程式。其中「事實」指的是可促使程式執行的資料；「規則」則是推理機遵循產生新的事實作為下一程序推論的依據，因此本研究將以專家系統作為整合 ITS 技術於 BRT 系統之工具。

在專家系統建立的部份，本研究就其系統所需之評估內容，將問卷調查之

結果整理後並成為本系統可應用的評估知識來源，並經過整理評估知識後進行專家系統建構規劃。專家系統可分為資訊查詢與技術組合選擇兩部分，資訊查詢包括服務功能查詢以及可應用於 BRT 系統之相關 ITS 技術查詢。服務功能查詢將各項服務功能參考 Hardy(2003)之研究將應用於 BRT 之 ITS 技術子系統分成乘客資訊系統、電子票證系統、行車安全系統、行車監控系統、車隊營運系統以及號誌優先系統六類，將服務功能作概略區分，方便使用者查詢，功能分類如表 5.2-1 所示。

一、專家系統架構設計程序

本研究透過對 BRT 系統相關使用者進行使用需求之調查分析，並確認相關達成功能之技術，整合各群體對於各功能之需求後，進行知識轉換成為電腦資訊後建構本系統。系統之評估基礎整合多準則評估法與專家評點法，利用專家系統所具有之符號及規則推論功能，模擬各群體使用者功能需求及經驗提供系統使用者根據需求所規劃之技術組合評選結果作為系統規劃之參考。另外，對於本專家系統之操作程序，系統使用者在點選執行本系統後，回答相關系統所顯示之關於所欲規劃之 BRT 相關實體條件，進行初步服務功能篩選，決定適合使用者所欲規劃之系統服務功能後，再逐一根據需求勾選所需要之服務功能。進行功能需求勾選時，如對於服務功能語意不清，或欲查詢可應用於 BRT 系統之 ITS 技術，可求助於資料查詢系統，進行服務功能或 ITS 技術解釋說明。以下針對技術組合評選流程作更進一步說明：

表5.2-1 ITS於BRT之服務功能

系統	子系統	系統服務功能
	車站資訊系統	顯示到站車輛空位數 顯示車輛預定抵達時間 顯示車輛目前位置 顯示特殊運行狀況 播報及顯示將進站車輛
乘客資訊系統	車內資訊系統	顯示車輛目前所在位置 顯示轉乘接駁資訊 播報及顯示即將停靠站
	行前資訊系統	到站車輛空位數查詢 車輛預定抵達時間查詢 車輛目前位置查詢 行程規劃 靜態資訊查詢
	電子票證系統	電腦驗票 不同運具間票證整合 自動化票務資料統計分析
	行車安全系統	駕駛輔助裝置 聲音及影像監控 寂靜式危急事故通報 自動車況偵測顯示
車隊管理系統	行車監控系統	班車-中心通訊服務 車輛位置偵測 自動乘客計數 精確停靠站 班車到站時間預測
	優先號誌系統	號誌優先 號誌時相
	車隊營運系統	車道及車站進出管制 自動化人員及車輛排班 服務水準分析 相關運輸資料收集 路況輔助偵測 營運路網規劃分析

1. 初步服務功能篩選

影響ITS技術選擇的因子繁多，且各因子之影響程度可能具有差異性、共通性或相關連性，本研究透過初步服務功能篩選的方式，藉由先確認系統規劃者所規劃之BRT實際條件，包括路權型式、

車站是否具有可提供乘客資訊系統之設備、營運車隊數等系統實體條件，初步判斷符合系統使用者所欲規劃之BRT之服務功能，藉由先期刪除不符合規劃需求之服務功能，避免造成使用者在進行服務功能需求勾選的困擾，藉以提高系統執行的效率。

2. 系統使用者服務功能需求勾選

規劃BRT系統與引進ITS技術，目的都是要使公車系統更加快速與可靠，而直接影響到的就是使用者本身，系統相關使用者包含旅客、營運者以及交通管理單位等三個群體，在進行ITS技術選擇時必須以使用者需求進行考量。系統使用者在進行完初步服務功能篩選後，系統將顯示符合使用者所欲規劃之系統服務功能，使用者可針對各項服務功能逐一勾選所欲建立BRT系統所需之服務功能項目，若對於服務功能項目語意不清，則可求助於系統內之資料查詢系統，系統將進一步對使用者所欲查詢之服務功能項目進行解釋說明，以便幫助使用者作更詳細的瞭解其服務功能將在系統中所扮演的角色而決定是否勾選該項服務功能。

3. 服務功能需求分析

系統使用者勾選所欲建立之系統功能需求項目後，技術需求分析將以功能需求權重為輸入因子，透過知識庫內之服務功能與技術相關性分析所獲得之「技術—功能」相關矩陣，利用矩陣將功能轉換為所獲得技術需求之相對權重，並區分為技術相對重要性與技術相對實用性，確認相關之技術項目，透過技術相對實用性來確認各技術項目之投資效益，協助系統使用者在投資策略的研擬；而在技術相對重要性方面，可瞭解各項ITS技術在BRT功能發

揮之相對重要性，協助系統使用者決定技術引進之先後次序，作為BRT在應用ITS技術方面之依據。

4. 技術需求及實用性分析

影響技術選擇的因素很多，系統規劃者可能各有不盡相同之思考方向，為使設計更能趨近於實際需要，系統使用者可有彈性的選擇從不同使用者群體的角度進行多準則評估，自行輸入對於各項評估準則的權重以及其服務功能對於準則的達成度，藉此讓技術需求分析之結果更符合本身之需求。而若使用者同時考慮多項因素，而不知如何取捨時，則系統可根據專家系統資料庫中所建立之各群體使用者權重資料，評選出群體綜合技術組合需求之優先順序，以評估出合適技術組合之方案建議。

5.2.2 資料及知識表示方式及獲取

知識庫是構成專家系統的一個重要部分，其主要的工作在於蒐集人類知識，將之有系統地表達或模組化，包含人類在特定應用領域內的經驗和過去解決問題的方法，將所得的知識整理成準則並轉換成系統可接受的型式，使電腦可以進行推論、解決問題。本研究所獲取之知識方法，主要針對BRT之相關使用者，依據不同受訪者族群之相關目標與功能架構採用「分析層級法」與「專家評點法」之整合模式研擬訪談問卷，瞭解各受訪者族群對於系統功能需求應用在BRT上之偏好，透過運用分析層級法設計之問卷分別獲得乘客群體目標「提高服務品質」、營運者群體目標「提昇營運績效」、交通管理單位群體目標「改善交通系統服務績效」相對於整體發展目標之相對權重，並透過專家、學者等客觀第三者之意見整合上述三個群體對於各項服務功能需求之權重，而獲得使用者對於ITS技術應用於BRT系統之服務功能需求程度以及優先次序，並將調查結果整理成可資應用評估的知識。研究中對於專家系統評估構建的知

識來源除透過對 BRT 系統之各群體使用者進行 BRT 系統之服務功能進行需求特性分析外，並參考其他專業書籍、學術論文、期刊等作為知識庫之知識來源，以下針對主要知識來源問卷調查進行說明。

由於各群體對於不同系統之認知有相當程度的差異，且各群體所注重之系統服務功能皆不盡相同，因此本研究對民眾、營運者以及政府官員等潛在之使用者採用分群調查的方式進行功能需求調查分析，分別針對不同的使用者群體依照系統發展目標設計適合的問卷，以切合調查目的與分析需要。問卷受訪對象主要分為三個群體，在乘客群體方面之問卷，實際於公車上訪問搭車乘客。在公車業者群體方面，受訪對象為公車業者經理層級主管或其運輸規劃相關部門主管。交通管理單位群體方面，則以中央及地方交通管理相關單位負責人為受訪對象。而在專家學者部份，則為研究之機關學校專家學者為主。另外，透過專家學者較為客觀的意見整合上述三個群體之結果，以瞭解各群體對於 ITS 技術應用在 BRT 之功能需求，以獲得較為合理之需求分析結果。在參與者功能需求分析部份可區分為三個部份，分別為 1. 建立群體評估架構、2. 分群功能需求權重分析以及 3. 各群體之權重彙整等三部份，以下分別說明。

1. 建立群體評估架構

本研究在建構群體評估架構時，針對不同群體所選定之評估目標、標的、準則等項目之依據。評估架構包含目標層級與功能層級等兩個層級。在目標層級方面共有目標、標的、準則等三個階層，而在功能層級方面，一般均只有單一層級，如參與者群體之服務功能較多，為降低評估階層之複雜度，則進一步將服務功能依照 ITS 實體之子系統加以區分為功能群體與功能兩個層級。

在目標層級方面，本研究透過有關大眾運輸參與者對於大眾運輸所提出對於大眾運輸之具體期望的相關研究，在瞭解民眾、營運者以及政府機關對於大

眾運輸之期望後，進而擬定系統之發展目標與準則，以方便進行服務功能需求之調查與分析工作。由於本研究為針對不同參與者所進行的目標體系評估分析，因此將分別從系統之實用性與功能性作為對系統進行評估之依據。

在服務功能層級方面，由於不同群體對於功能之需求具有不同特性，因此分別針對乘客群體、營運者群體與交通管理單位群體擬定其相關之系統服務功能需求。在營運者群體方面，因服務功能較多，為避免層級分析之規模過大而導致分析工作困難，因此將功能需求按照 ITS 子系統區分為乘客資訊系統、行車安全系統、車隊營運系統、電子票證系統、行車監控系統以及公車號誌優先系統，將服務功能加以分群，以降低評估之複雜程度，因此功能層級包括了功能群體以及服務功能兩個層級，而在乘客群體以及交通管理單位群體方面之服務功能層級方面則只有一個層級。

至於在多準則評估方法部份將採取整合分析層級法(AHP)與專家評點法之整合評估模式。目標層級方面採用分析層級法，而在服務功能層級方面，對於服務功能較多之群體亦採用分析層級法評估各服務功能對於各功能群體之相對重要性。此外，由於 ITS 技術目前尚無量化之成本效益研究，本研究則透過分析層級法來處理。由於評估之服務功能或準則數過多，將使得問卷題數過多而在執行上會有困難，因此在此一部份擬採用專家評點法，由受訪者針對各準則給予服務功能選項 0~9 之達成度評點。以下分別針對各群體之評估架構以及目標、標的、評估準則與服務功能說明如后。

- (1) 在乘客群體方面，以「提高服務品質」作為評估層級之目標，標的則為提高旅行效率、增加舒適性與節省成本，相關準則及服務功能項目之研擬分析層級如圖 5.2-1 所示，共區分為四個層級，其中目標層級分為三層，服務功能層級則有一層。在準則權重估算方面採用分析層級法(AHP)，在服務功能相對於準則之權重計算，將採用專家評點法。假設營運者群體目標「提高服務

品質」權重為 1.0，說明各服務功能相對於群體目標之權重計算方式如下：

$$W_{a_l}^c = \sum_{i=1}^s \theta_{C_i, a_l} \times W_{c_i} \quad (6-1)$$

其中

$W_{a_l}^c$ ：乘客服務功能 a_l 之權重， $l=1,2,\dots,p$

θ_{C_i, a_l} ：乘客服務功能 a_l 相對於乘客群體準則 c_i 之權重，採用專家評點法獲得權重

值， $i=1,2,\dots,s$ ； $s,l=1,2,\dots,p$

W_{c_i} ：乘客群體準則 c_i 之相對於營運者群體目標之權重，採用 AHP 法獲得權重

值， $i=1,2,\dots,s$

經公式 4-1 求得之權重為方便後續與其他群體整合，必須經由公式 6-2 將其權重標準化：

$$W_{a_l}^c = Lowerbound + Scale \times \frac{W_{a_l}^c - Min\{W^c\}}{Max\{W^c\} - Min\{W^c\}} \quad (6-2)$$

其中

$W_{a_l}^c$ ：修正方案數影響並且加以標準化後之營運者服務功能 a_l 之權重， $l=1,\dots,p$

$Max\{W^c\}$ ：乘客群體服務功能權重之最大值

$Min\{W^c\}$ ：乘客群體服務功能權重之最小值

Lower bound:標準化後之最小權重值

Scale:權重放大比例

為考量本研究在後續進行功能需求整合之工作時，若權重最小值為0，則各群體中服務功能需求最低之項目將會有相等的情形而無法比較權重之高低，為解決此問題，本研究將Lowerbound=0.01、則Scale=0.99，以使標準化後之權重值介於0.01~1.00之間，標準化之公式如下：

$$\hat{W}_{a_l}^c = 0.01 + 0.99 \times \frac{W_{a_l}^c - Min\{W^c\}}{Max\{W^c\} - Min\{W^c\}} \quad (6-3)$$

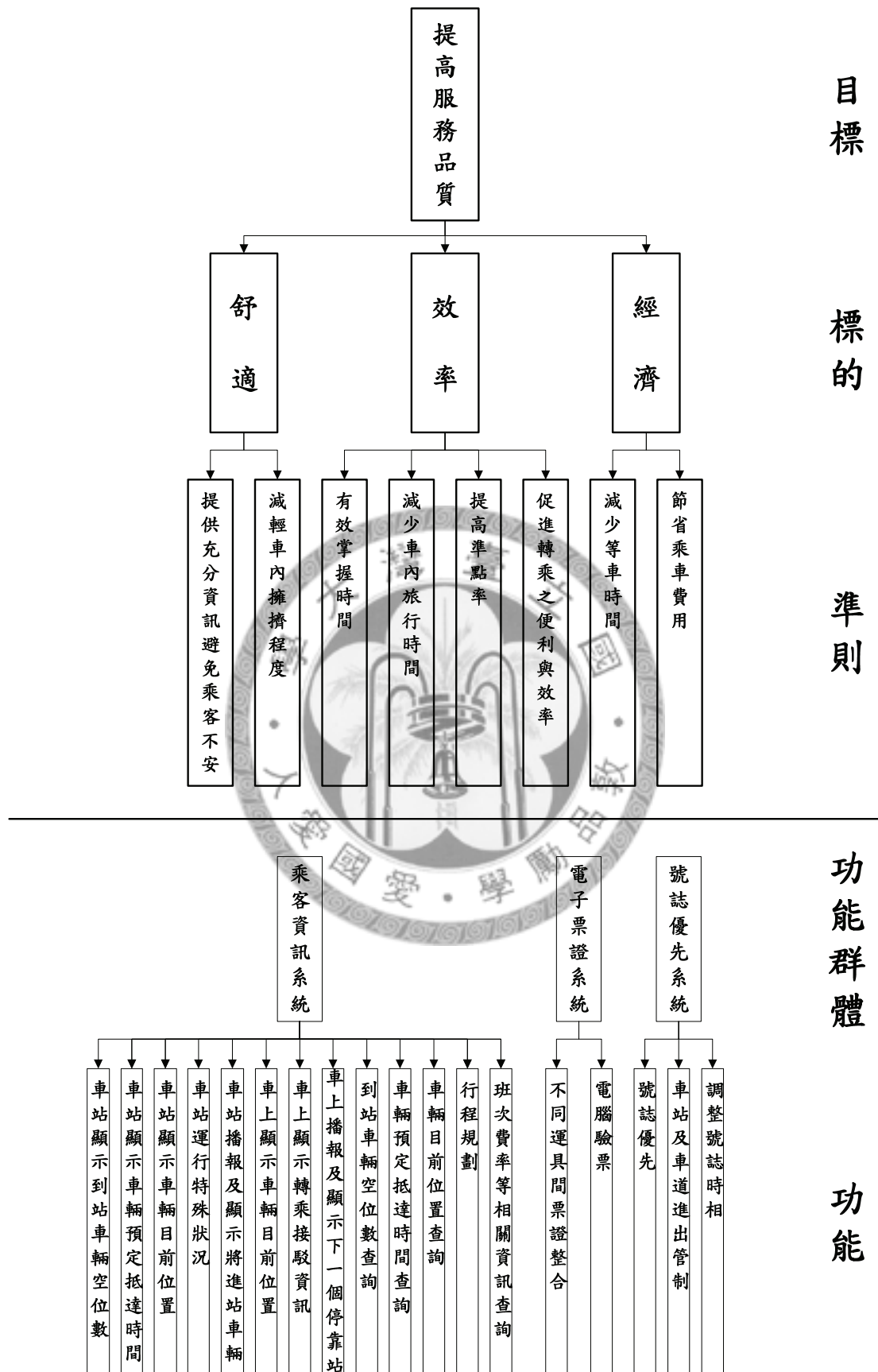


圖 5.2-3 乘客群體評估架構

(2) 在營運者群體部分之分析層級共區分為五層，其中目標層級分為三層，服務功能層級分為兩層，其分析層級如圖 5.2-2 所示，目標為「提升營運效率」。標的則為：「監控調度」、「行車安全」、「財務與行銷」，準則、功能群體及服務功能項目則如圖所示。營運者準則權重估算方面採用分析層級法(AHP)，而在服務功能相對於這準則之權重計算方面，因考量其服務功能眾多，將導致問題數目過於龐大，因此將各服務功能按照 ITS 子系統進行分群，各功能群體相對於各評估準則之權重部分採用專家評點法。假設營運者群體目標「提昇營運績效」權重為 1.0，說明各服務功能相對於群體目標之權重計算方式如下

$$W_{a_k}^o = \sum_{j=1}^s [\lambda_{a_k, G_j} \times W_{a_k, G_j} \times (\sum_{i=1}^n \theta_{o_i, G_j} \times W_{o_i})] \quad (6-4)$$

其中

$W_{a_k}^o$ ：營運者服務功能 a_k 之權重， $k=1,2,\dots,q$

θ_{o_i, G_j} ：營運者服務功能群體 G_j 相對於營運者準則 o_i 之權重，採用專家評點法獲得權重值， $i=1,2,\dots,n$ ； $j=1,2,\dots,s$

W_{o_i} ：營運者準則 o_i 之相對於營運者群體目標之權重，採用 AHP 法獲得權重值， $i=1,2,\dots,n$

W_{a_k, G_j} ：營運者服務功能 a_k 之相對於服務功能群體 G_j 之權重，採用 AHP 法獲得權重值， $k=1,2,\dots,q$ ； $j=1,2,\dots,s$

λ_{a_k, G_j} ：=1, 當服務功能 a_k 屬於服務功能群體 G_j
 =2, 當服務功能 a_k 不屬於服務功能群體 G_j

由於採用分群方式進行專家評點，再透過各分群中服務功能相對於分群之權重以及準則權重，計算各功能相對於群體目標之權重，將導致分群

當中服務功能項目較多之群體其權重被低估，為修正此因服務功能數目而產生之估計偏差，本研究假設「若使用者無任何偏好，則各功能方案之權重相等」，並在此假設前提下進行偏差修正，其修正方法為先將各功能權重依據所屬群體之服務功能數予以放大後，在進行服務功能權重標準化，過程如下所示：

$$W_{a_k}^{'o} = W_{a_k, G_j}^o \times N_{G_j} \quad (6-5)$$

其中

$W_{a_k}^{'o}$ ：修正方案數影響後之營運者服務功能 a_k 之權重， $k=1, \dots, q$

W_{a_k, G_j}^o ：營運者功能群體 G_j 下方案 a_k 相對於營運者群體目標之權重， $k=1, \dots, q$ ；
 $j=1, \dots, s$

經標準化後之營運者群體功能需求權重為

$$\hat{W}_{a_k}^o = 0.01 + 0.99 \times \frac{W_{a_k}^{'o} - \text{Min}\{W^{'o}\}}{\text{Max}\{W^{'o}\} - \text{Min}\{W^{'o}\}} \quad (6-6)$$

其中

$\hat{W}_{a_k}^o$ ：修正方案數影響並且加以標準化後之營運者服務功能 a_k 之權重， $k=1, \dots, q$

$\text{Max}\{W^{'o}\}$ ：乘客群體服務功能權重之最大值

$\text{Min}\{W^{'o}\}$ ：乘客群體服務功能權重之最小值

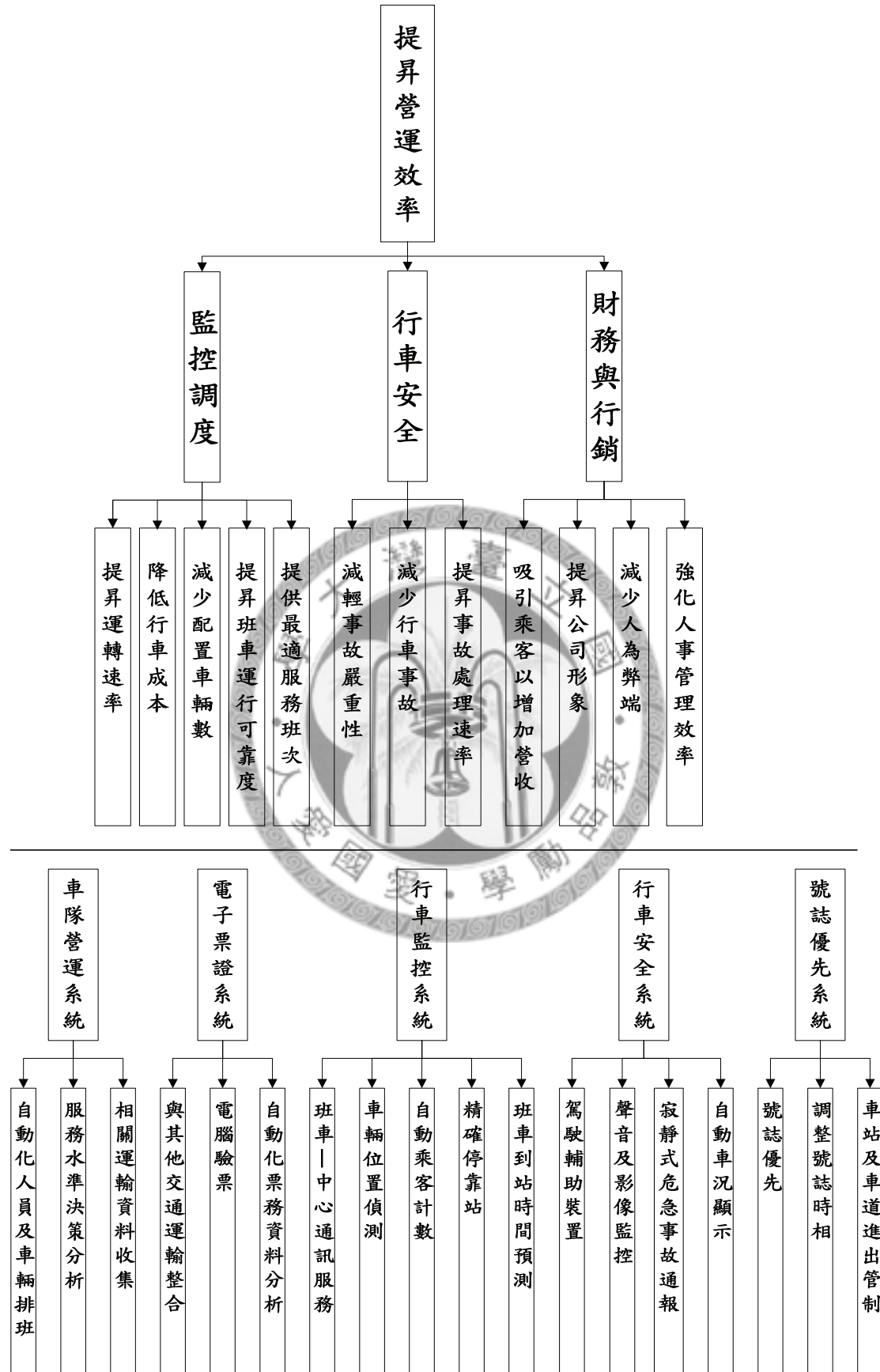


圖 5.2-4 公車業者群體評估架構

(3) 在交通管理單位群體方面，目標訂為：「改善交通系統服務績效」作為評估層級之目標。標的則為：「提升運輸效率」、「增加道路安全」、準則及功能項目則為如圖 5.2-3 所示，其評估層級共區分為四層，在準則權重估算方面採用分析層級法(AHP)，在服務功能相對於各準則之權重計算方面，為減低問題之複雜度，本研究採用專家評點法。假設交通管理單位族群目標「改善交通系統服務績效」權重為 1.0，說明各服務功能相對於乘客族群的權重計算方式如下：

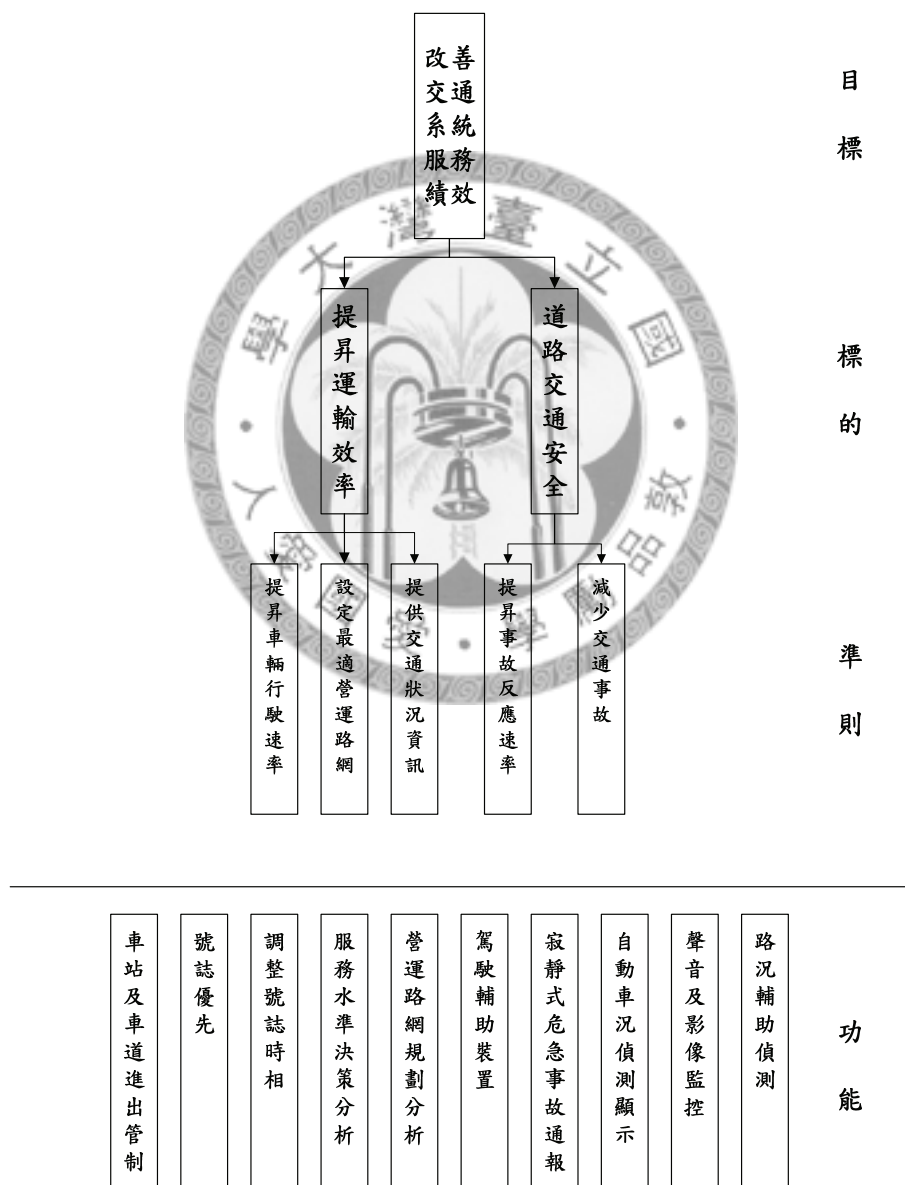


圖 5.2-5 交管單位群體評估架構

$$W_{a_k}^t = \sum_{i=1}^m \theta_{t_i, a_k} \times W_{t_i} \quad (6-7)$$

其中

$W_{a_k}^t$: 交通管理單位群體服務功能 a_k 之權重, $l=1,2,\dots,p$

θ_{t_i, a_k} : 交通管理單位群體服務功能 a_k 相對於交通管理單位群體準則 t_i 之權重,

採用專家評點獲得權重值, $i=1,2,\dots,m$; $k=1,2,\dots,p$

W_{t_i} : 交通管理單位群體準則 t_i 之相對於交通管理單位群體目標之權重, 採用 AHP

法獲得權重值, $i=1,2,\dots,p$

由公式 (6-7) 求得之各服務功能權重 $W_{a_k}^t$ 必須進行標準化, 以方便後續不同

族群間之整合, 一般標準化方式如下:

$$\hat{W}_{a_k}^t = 0.01 + 0.99 \times \frac{W_{a_k}^t - \text{Min}\{W^t\}}{\text{Max}\{W^t\} - \text{Min}\{W^t\}} \quad (6-9)$$

其中

$\hat{W}_{a_k}^t$: 標準化後之交通管理單位群體服務功能方案 a_k 之權重, $l=1,2,\dots,p$

$\text{Min}\{W^t\}$: 交通管理單位群體服務功能權重之最小值

$\text{Max}\{W^t\}$: 交通管理單位服務功能權重之最大值

(4) 計算整體功能需求權重值

本研究針對專家學者進行評估準則權重分析, 另擬定適用於政府單位與專家學者之目標層級架構, 期能利用專家學者之評估結果整合使用者之意見, 將乘客、營運者與交通管理單位此三大群體之評估結果整合。為能整合乘客、公車業者與交管單位三大群體之服務功能需求, 專家學者之分析層級包含三大群體之目標層級, 其分析架構共有三個層級包括目標、目的與準則, 整體評估架構如圖 5.2-4 所示。

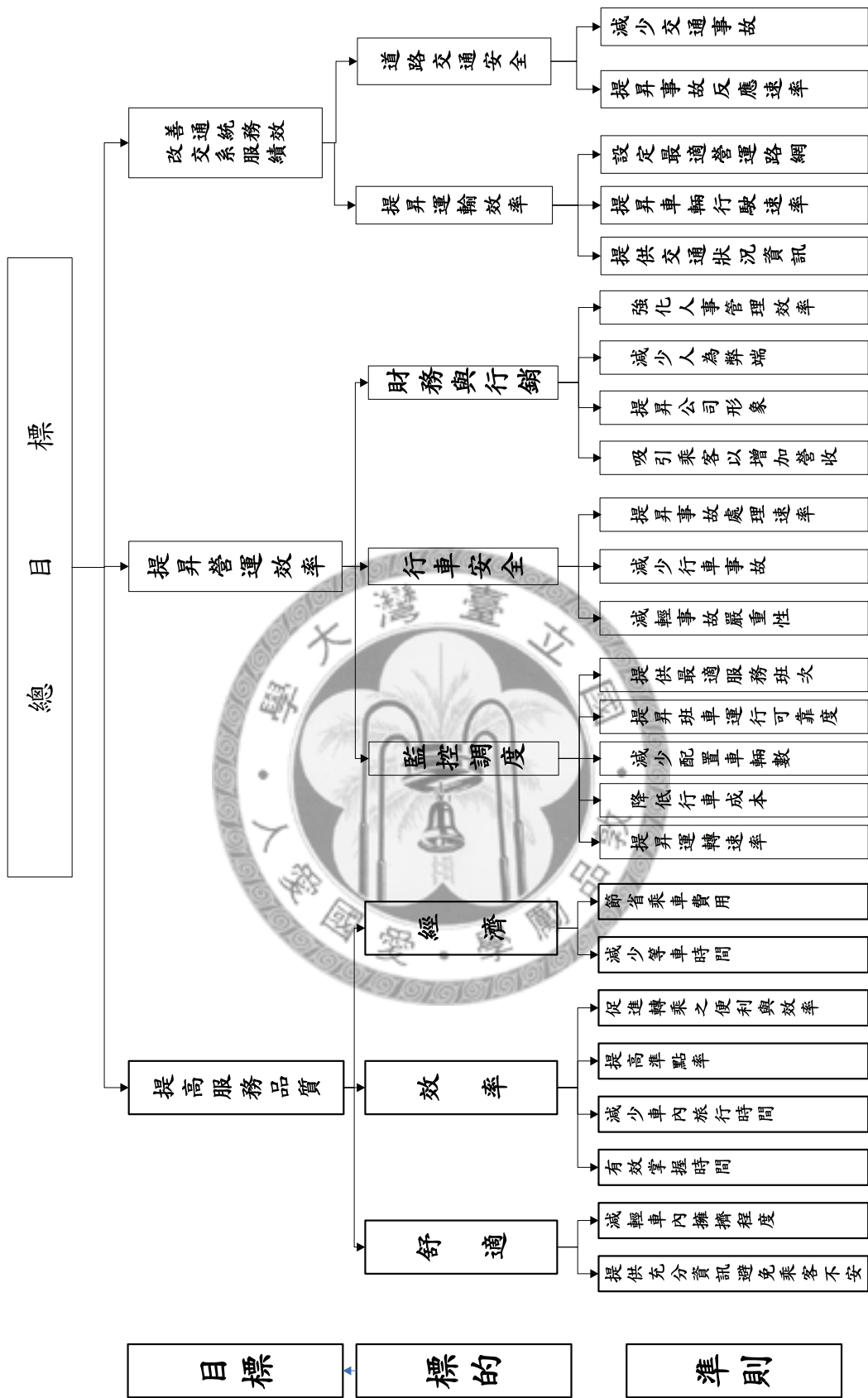


圖5.2-6 ITS技術應用於BRT系統整體評估架構

獲得專家學者對於各群體之評估結果後，本研究將利用其結果透過公式(6-10)計算各項服務功能相對於總目標之權重值，如此便可將各使用者群體之服務功能需求權重進一步整合為整體相對系統總目標之權重值，群體服務功能相對於總目標權重之計算方式為：

$$\bar{W}_{a_l}^i = \hat{W}_{a_l}^i \times W^i \quad i=1,2,3, \quad l=1, \dots, p \quad (6-10)$$

其中

$\bar{W}_{a_l}^i$: i 群體服務功能相對於總目標權重，i=1,2,3

$\hat{W}_{a_l}^i$: i 群體服務功能相對於群體目標權重，i=1,2,3

W^i : i 群體目標相對於總目標權重 i=1,2,3

2. 分群功能需求權重分析

各群體之問卷發放與回收情形有些微差異，在乘客群體方面之問卷，分別透過網路問卷與實際於公車上發放請搭乘公車之民眾填寫兩種方式進行請乘客填寫。在公車業者群體方面，調查方式為以問卷寄送方式進行調查，請公車業者群體經理層級主管或其運輸規劃相關部門主管填寫後寄返。交通管理單位群體方面，採用電子郵件或問卷寄送等兩種方式進行調查。而在專家學者部份，則利用電子郵件之調查方式進行調查。上述各群體除乘客群體外，其餘皆於問卷寄送前先行聯繫，取得其調查對象同意後才寄送問卷，各群體問卷發放與回收情況如表 5.2-2 所示。

表 5.2-2 問卷調查與回收情形

調查對象	問卷發放數量	問卷回收數量	有效問卷
乘客	70	70	16
公車業者	18	10	6
交管單位	12	11	7
專家學者	12	7	6

以下將分別說明乘客、營運者與交通管理單位三個群體之評估準則與服務功能需求調查結果。

(1) 乘客需求分析

關於乘客群體需求方面，當乘客以「提高服務品質」為目標時，對於各標的與準則之權重如表 5.2-3 所示，而各準則重要性排名如表 5.2-3 所示。從各標的之重要性排名可發現，乘客群體最注重提升搭乘時的效率(0.626)、其次是節省搭乘時的花費(0.243)、接著才是增加舒適程度(0.131)，且搭乘效率的權重遠大於另外兩者，顯示乘客對於搭乘效率的提升相當重視。另外在各項準則中，乘客重視的前三項準則均屬於提升效率當中之準則，顯示乘客群體對於運用 ITS 技術幫助 BRT 系統提升其效率之重視程度相當高。乘客群體中最重視之準則為準點率的提高(0.168)，接著分別為有效掌握時間(0.163)、促進轉乘便利與效率(0.157)、減少乘車時間(0.149)等準則，但此三項準則之重視程度與提高準點率差異不大。

在「提高效率」此項標的之準則中，乘客較注重提高車輛準點率(0.168)、其次為有效掌握時間(0.163)、再其次為促進轉乘便利與效率(0.157)、最後則是減少乘車時間(0.138)。在提高效率標的中，各項準則之權重值互相間之差異不大，顯示乘客對於各準則間的重視程度相當。

在「降低成本」標的之準則當中，成本的節省包含時間成本與實際花費之費用兩項，乘客群體較為重視等車時間的節省(0.149)，而對於節省乘車費用較不重視(0.094)。

而在「增加舒適度」標的之兩項準則，提供資訊避免乘客不安以及減輕車內擁擠程度中，乘客群體對於提供資訊避免乘客不安(0.070)此項準則較為重視，而對於減輕車內擁擠程度(0.061)此項準則次之。

表 5.2-3 乘客群體標的與準則權重值

標的	權重值	準則	權重值
提高旅行效率	0.626	提高準點率	0.168
		有效掌握時間	0.163
		促進轉乘便利與效率	0.157
		減少乘車時間	0.138
增加旅行經濟性	0.243	減少等車時間	0.149
		節省乘車費用	0.094
增加舒適程度	0.131	提供資訊避免乘客不安	0.070
		減輕車內擁擠程度	0.061

表 5.2-4 乘客準則重要性排名及權重

排名	準則	權重
1	提高準點率	0.168
2	有效掌握時間	0.163
3	促進轉乘便利與效率	0.157
4	減少等車時間	0.149
5	減少乘車時間	0.138
6	節省乘車費用	0.094
7	提供充分資訊避免乘客不安	0.070
8	減輕車內擁擠程度	0.061

在乘客群體對於服務功能之需求方面，經過計算並標準化後如表 5.2-5 所示。乘客群體在服務功能需求中最重視之項目為調整號誌時相，其次為公車號誌優先，而對於乘客資訊系統之相關服務功能重視程度與其他服務功能項目相較之下，其重視程度較低。調整號誌時相以及公車號誌優先此等兩項功能皆屬於 ITS 子系統中之公車號誌優先系統，兩項服務功能皆期望可透過調整號誌的方式減少公車的延滯進而提高其行駛速率。

表 5.2-5 乘客群體服務功能之權重分析

排名	服務功能項目	原始權重	標準化權重
1	調整號誌時相	0.4247	1
2	公車號誌優先	0.4062	0.8602
3	車站顯示車輛運行特殊狀況	0.3614	0.5219
4	行程規劃	0.3588	0.5023
5	車上顯示轉乘接駁資訊	0.3570	0.4879
6	車站顯示車輛預定抵達時間	0.3376	0.3415
7	靜態資訊查詢	0.3364	0.3326
8	不同運具間票證整合	0.3298	0.2829
9	車站及車道進出管制	0.3289	0.2758
10	車站播報及顯示將進站車輛	0.3282	0.2715
11	電腦驗票	0.3281	0.2698
12	到站車輛空位數查詢	0.3234	0.2349
13	車輛預定抵達時間查詢	0.3227	0.2291
14	車上播報及顯示下一個停靠站	0.3168	0.1844
15	車上顯示車輛目前位置	0.3125	0.1520
16	車站顯示車輛目前位置	0.3105	0.1369
17	車站顯示到站車輛空位數	0.2960	0.0276
18	車輛目前位置查詢	0.2937	0.0100

(2) 公車業者需求分析

在公車業者需求分析部份，公車業者對於提升營運效率的目標下，各標的及準則的權重如表 5.2-6 所示，從表中可發現公車業者對於行車安全(0.464)之重視程度最高，其次為監控調度(0.404)，最後則是財務行銷(0.132)。而各準則重要性與權重經過計算並標準化後如表 5.2-7 所示，由表 5.2-7 可瞭解公車業者最重視之準則前三名分別為減少行車事故(0.258)、提升事故處理速率(0.104)以及減輕事故嚴重性(0.100)，此三項準則皆屬於行車安全標的，顯示公車業者對於 BRT 系統車輛行車之安全相當重視，因此在考量 ITS 技術之運用時，可優先考量行車安全相關技術。

在「監控調度」標的之五項準則當中，業者重視之準則之權重值排序分別為提升運轉速率(0.098)、提升車輛營運可靠度(0.093)、降低行車成本(0.092)、以及提供最適合之服務班次(0.079)。在「行車安全」標的中各項準則之重要性則以

減少行車事故最高(0.258)、提升事故處理速率(0.104)次之，最後則是減輕事故嚴重性(0.100)。而在「財務行銷」標的方面，四項準則當中，業者最重視之準則為強化人事管理效率(0.043)、接著是減少人為弊端(0.040)、而吸引乘客增加營收與提升公司形象之權重則同樣為(0.025)。

公車業者對於服務功能需求的部份，經過公式計算其原始權重分析結果如表 5.2-8 所示。由於對公車採用分群方式進行專家評點，對於各項服務功能權重會有低估之情形產生，因此必需加以修正，經過修正並標準化後之各項功能分析結果如表 5.2-9 所示。根據其功能需求權重表可瞭解，在各群體當中，業者最重視之服務功能群體為車隊營運系統(0.2463)，接著依序為行車監控系統(0.2096)、行車安全系統(0.2013)、電子票證系統(0.1773)以及公車號誌優先系統(0.1695)。至於在服務功能需求項目方面，在各項服務功能當中，業者所重視之服務功能大多為車隊營運系統及行車監控系統，顯示業者希望透過 ITS 技術輔助營運規劃，並利用相關軟體分析所蒐集到之資料以決策出合適之車隊規模與發車頻率藉以降低營運成本。另外，業者對於掌握車輛與司機即時動態之重視程度，也可由車輛與中心間之通訊以及車輛位置偵測此兩項服務功能分別為服務功能需求之權重可瞭解其重視程度，其兩項功能除可幫助業者即時掌握車輛及駕駛於營運當中之狀況及所在位置，並可透過與車輛間之通訊即時的進行車輛調度派遣的工作。

表 5.2-6 公車業者對於服務功能需求

標的	權重值	準則	權重值
提升監控調度效率	0.404	提升運轉速率	0.098
		降低行車成本	0.092
		減少配置車輛數	0.041
		提升車輛營運可靠度	0.093
		提供最適服務班次	0.079
促進行車安全	0.464	減輕事故嚴重性	0.100
		減少行車事故	0.258
		提升事故處理速率	0.104
增進財務行銷效率	0.132	吸引乘客增加營收	0.025
		提升公車形象	0.025
		減少人為弊端	0.040
		強化人事管理效率	0.043

表 5.2-7 公車業者準則重要性排名及權重

排名	準則	權重
1	減少行車事故	0.258
2	提升事故處理速率	0.104
3	減輕事故嚴重性	0.100
4	提升運轉速率	0.098
5	提升班車運行可靠度	0.093
6	降低行車成本	0.092
7	提供最適服務班次	0.079
8	強化人事管理效率	0.043
9	減少配置車輛數	0.041
10	減少人為弊端	0.040
11	吸引乘客增加營收	0.025
12	提升公車形象	0.025

表 5.2-8 修正前公車業者功能需求權重表

排名	功能群體	權重值	功能名稱及重要性	權重值
1	車隊營運系統	0.2463	自動化人員與車輛排班	0.0768
			服務水準決策分析	0.1344
			相關運輸資料收集	0.0351
2	行車安全系統	0.1972	自動車況偵測	0.0454
			駕駛輔助裝置	0.0578
			聲音及影像監控	0.0517
			寂靜式危急事故通報	0.0423
3	行車監控系統	0.2096	車輛與中心間通訊服務	0.0595
			車輛位置偵測	0.0511
			精確停靠站	0.0480
			行車時間預測	0.0331
			自動乘客計數	0.0179
4	電子票證系統	0.1773	電腦驗票	0.0738
			自動化票務資料分析	0.0636
			與其他交通運輸整合	0.0399
5	號誌優先系統	0.1695	公車號誌優先	0.0742
			調整號誌時相	0.0520
			車站及車道進出管制	0.0433

表 5.2-9 修正後公車業者功能需求權重表

排名	服務功能項目	原始權重	修正權重	標準化修正權重
1	服務水準決策分析	0.1344	0.4033	1.0000
2	車輛與中心間通訊	0.0595	0.2975	0.6663
3	車輛位置偵測	0.0511	0.2553	0.5330
4	精確停靠站	0.0480	0.2399	0.4845
5	駕駛輔助裝置	0.0578	0.2313	0.4574
6	自動化人員及車輛排班	0.0768	0.2304	0.4546
7	公車號誌優先	0.0742	0.2226	0.4298
8	電腦驗票	0.0738	0.2214	0.4262
9	聲音及影像監控	0.0517	0.2070	0.3805
10	自動化票務資料分析	0.0636	0.1907	0.3292
11	自動車況偵測	0.0454	0.1815	0.3003
12	寂靜式危急事故通報	0.0423	0.1693	0.2616
13	行車時間預測	0.0331	0.1656	0.2498
14	調整號誌時相	0.0520	0.1560	0.2195
15	車站及車道進出管制	0.0433	0.1300	0.1375
16	與其他交通運輸整合	0.0399	0.1198	0.1055
17	相關運輸資料蒐集	0.0351	0.1053	0.0595
18	自動乘客計數	0.0179	0.0896	0.0100

(3) 交管單位需求分析

在交通管理單位需求分析部份，交管單位在改善交通系統服務績效的目標下，各標的及準則的權重如表 5.2-10 所示，由表 5.2-10 可發現交管單位在道路交通安全與提升運輸效率兩項標的當中，較注重運輸效率的提升(0.708)而道路交通安全次之(0.292)。而由準則權重排名可瞭解，交管單位最重視之項目為交通狀況資訊的提供(0.308)，接著依序為設定最適營運路網(0.307)、減少交通事故(0.203)、提升車輛行駛速率(0.093)以及提升事故反應速率(0.089)，其結果顯示交通管理單位對於透過利用 ITS 技術以增加 BRT 系統使用效率以及提供交通狀況資訊方面較為重視，期望利用公車作為探測車(Probe-car)收集即時之道路相關資訊。

而在「提升運輸效率」標的之準則方面，交管單位對提供交通狀況資訊(0.308)以及設定最適營運路網(0.307)之重視程度幾乎相同，且前述兩項準則遠高於提升車輛行駛速率(0.093)，顯示其結果顯示交管單位對於 ITS 技術在 BRT 系統所扮演的角色主要著重在相關運輸資料的蒐集，利用此即時資訊提高運輸系統之使用效率，並透過所蒐集到資料決定出合適之營運路網。另外在「增進道路交通安全」標的方面，交管單位對於減少交通事故(0.203)此項準則之重視程度較提升事故反應速率(0.089)為高，顯示交管單位對於提昇行車安全方面，期望能透過 ITS 技術提昇事前的預防的工作，利用車輛碰撞警示、車輛避免碰撞等 ITS 相關行車安全技术輔助駕駛行車，以減少發生交通事故的機率。

交管單位群體對於服務功能需求之權重，經計算並標準化後，如表 5.2-11 所示。從表 5.2-11 中可瞭解交管單位對於資料蒐集之相關服務功能如路況輔助偵測、營運路網規劃分析重視程度較高，而對於減少交通事故之相關服務功能聲音及影像監控、駕駛輔助裝置次之，對於提昇提昇車輛行駛速率之相關服務功能如公車號誌優先、調整號誌時相等功能相較之下，其重視程度較低。綜合上述結果可發現，交管單位期望可透過 ITS 技術蒐集相關之交通資訊，除將資訊即時的提

供給需求者外，並可利用所蒐集到之資訊配合其他軟體進行更深入的分析，以將設站位置、票證費率等項目最適化，更進一步的提昇 BRT 系統的使用效率。

表 5.2-10 交管單位準則重要性排名

標的	權重值	標的	權重值
提升運輸效率	0.708	提升車輛行駛速率	0.093
		設定最適營運路網	0.307
		提供交通狀況資訊	0.308
增進道路交通安全	0.292	提升事故反應速率	0.089
		減少交通事故	0.203

表 5.2-11 交管單位服務功能需求權重表

排名	服務功能項目	原始權重	標準化權重
1	路況輔助偵測	0.4502	1
2	聲音及影像監控	0.4433	0.9396
3	營運路網規劃分析	0.4332	0.8513
4	駕駛輔助裝置	0.4106	0.6530
5	車站及車道進出管制	0.3940	0.5068
6	寂靜式危急事故通報	0.3728	0.3219
7	自動車況偵測	0.3671	0.2725
8	公車號誌優先	0.3492	0.1158
9	調整號誌時相	0.3392	0.0275
10	服務水準決策分析	0.3372	0.0100

(4) 專家學者之系統發展目標分析

在針對各群體進行需求分析後，發現各群體對於所注重之準則與服務功能有相當的差異，乘客群體之使用者較為注重縮短旅行時間及提高準點率之相關功能、公車業者群體則對於排班調度之相關功能較為注重，而交管單位群體則較注重提升運輸效率之相關功能。為整合上述三個群體之權重，以便進行整體需求分析，本研究考量專家學者對各項功能較能進行整體性的考量，因此透過專家學者之意見決定各使用者群體之相對權重整合各群體之需求。

分析結果顯示，專家學者在總目標下對於各群體之目標權重，最重視的為交管單位群體之改善交通系統服務績效(0.4204)、其次為乘客群體之提升服務品質(0.3698)以及公車業者之提升營運績效(0.2098)，如表 5.2-12 所示。而在總目標

下，專家學者對於各準則與標的重要性及權重整理如表 5.2-13 與表 5.2-14 所示。從表 5.2-13 中可瞭解，專家學者最重視之標的為增進道路交通安全(0.2452)，其餘之準則依序分別為提升運輸效率(0.1752)、增加旅行經濟性(0.1732)、促進行車安全(0.1229)、增加舒適程度(0.1004)、提高旅行效率(0.0961)、增進財務行銷效率(0.0446)、提升監控調度效率(0.0423)。另外在總目標下之準則權重及重要性方面整理如表 5.2-14 所示，由上述對於專家學者各項之分析結果可瞭解其對於 ITS 技術應用於 BRT 系統上較注重於乘客以及交通管理單位層面之相關標的，尤其是提昇交通安全方面。而透過配合車輛即時資訊、車輛相關監控記錄設備以及行車安全控制系統等 ITS 技術，提供營運中之車輛即時狀況，可事前防範，確保乘客安全以避免因行車不當造成事故。此外，從專家學者群體期望可透過相關技術提昇整體運輸系統之運作效率以及增進公車系統對於乘客群體之服務品質，可瞭解專家學者對於提昇社會大眾層面之重視程度，以及期望可透過 ITS 技術改善傳統公車為民眾所詬病之服務水準與品質不佳的形象。

表 5.2-12 總目標下各目標之權重

重要性排名	目 標	權 重
1	改善交通系統服務績效(交管單位)	0.4204
2	提升服務品質(乘客)	0.3698
3	提升營運績效(公車業者)	0.2098

表 5.2-13 各標的相對權重

重要性排名	標 的	權 重
1	增進道路交通安全(交管單位)	0.2452
2	提升運輸效率(交管單位)	0.1752
3	增加旅行經濟性(乘客)	0.1732
4	促進行車安全(營運者)	0.1229
5	增加舒適程度(乘客)	0.1004
6	提高旅行效率(乘客)	0.0961
7	增進財務行銷效率(營運者)	0.0446
8	提升監控調度效率(營運者)	0.0423

表 5.2-14 總目標下各準則之相對重要性

重要性排名	準則	權重
1	減少交通事故(交管單位)	0.2085
2	減少等車時間(乘客)	0.0778
3	提升車輛行駛速率(交管單位)	0.0654
4	減少行車事故(營運者)	0.0623
5	設定最適營運路網(交管單位)	0.0613
6	提高準點率(乘客)	0.0604
7	提供充分資訊避免乘客不安(乘客)	0.0592
8	促進轉乘便利與效率(乘客)	0.0492
9	提供交通狀況資訊(交管單位)	0.0485
10	減輕事故嚴重性(營運者)	0.0450
11	有效掌握時間(乘客)	0.0416
12	減輕車內擁擠程度(乘客)	0.0368
13	提升反應速率(交管單位)	0.0368
14	節省乘車費用(乘客)	0.0226
15	減少乘車時間(乘客)	0.0221
16	吸引乘客增加營收(營運者)	0.0177
17	提升事故處理速率(營運者)	0.0156
18	提升車輛運行可靠度(營運者)	0.0139
19	減少人為弊端(營運者)	0.0099
20	強化人事管理效率(營運者)	0.0087
21	提升公司形象(營運者)	0.0084
22	減少配置車輛數(營運者)	0.0077
23	提供最適服務班次(營運者)	0.0076
24	提升運轉速率(營運者)	0.0066
25	降低行車成本(營運者)	0.0065

3.各群體之權重彙整

基於成本效益的考量，BRT 系統在進行服務功能選用時，往往無法同時運用所有的服務功能，因此在選用相關服務功能時，建議初期挑選使用者需求程度較高的服務功能加以運用，往後再視系統運作情形分階段加入其他服務功能。本研究透過前述對乘客、公車業者以及交通管理單位之需求調查，針對各群體進行需求分析，並藉由學者之意見整合上述三個群體之需求，在計算出綜合三個群體之需求後，找出在「提昇 BRT 系統營運績效」之總目標下，各項服務功能之權重，以便建立各服務功能發展之先後順序，作為服務功能運用之基礎，綜合分析後之服務功能權重及重要性排名如表 5.2-15 所示。

經過服務功能綜合分析後，從表 5.2-15 可瞭解其最受重視之服務功能為路況輔助偵測(0.2769)，第二為自動車況偵測顯示(0.2435)以及聲音及影像監控(0.2391)。而權重值最低的三項服務功能則為車站顯示到站車輛空位數(0.0102)、車輛目前位置查詢(0.0037)、自動乘客計數(0.0021)。從各 ITS 子系統之服務功能角度觀察，可發現在排名較為前面的服務功能當中，行車安全系統之相關服務功能較其他服務功能受到重視，包括自動車況偵測顯示、聲音及影像監控、駕駛輔助裝置等功能，其次是乘客資訊系統相關之服務功能，包括車站顯示特殊運行狀況、行程規劃、車上顯示轉乘接駁資訊等功能。

表 5.2-15 總目標下各服務功能需求權重及排序

排名	服務功能需求項目	權重	排名	服務功能需求項目	權重
1	路況輔助偵測	0.2769	18	車站播報及顯示將進站車輛	0.1004
2	自動車況偵測顯示	0.2435	19	寂靜式危急事故通報	0.0957
3	聲音及影像監控	0.2391	20	自動化人員及車輛排班	0.0954
4	駕駛輔助裝置	0.2285	21	電腦驗票	0.0946
5	車站顯示特殊運行狀況	0.1930	22	到站空位數查詢	0.0869
6	行程規劃	0.1857	23	車輛預定抵達時間查詢	0.0847
7	車上顯示轉乘接駁資訊	0.1804	24	自動化票務資料統計分析	0.0691
8	公車號誌優先	0.1525	25	車上播報及顯示即將停靠站	0.0682
9	調整號誌時相	0.1425	26	不同運具間票證整合	0.0634
10	班車—中心通訊服務	0.1398	27	車上顯示車輛目前位置	0.0562
11	車站顯示車輛預定抵達時間	0.1263	28	班車到站時間預測	0.0524
12	靜態資訊查詢	0.1230	29	車站顯示車輛目前位置	0.0506
13	營運路網規劃分析	0.1155	30	相關運輸資料蒐集	0.0125
14	車道及車站進出管制	0.1152	31	車站顯示到站車輛空位數	0.0102
15	車輛位置偵測	0.1118	32	車輛目前位置查詢	0.0037
16	服務水準決策分析	0.1070	33	自動乘客計數	0.0021
17	精確停靠站	0.1017			

5.2.3 服務功能與 ITS 技術相關性分析

本研究參考國內外相關智慧型運輸系統架構，並根據各服務功能之運作需求，考量各服務功能之運作情形，以及達成其服務功能所需之「資訊蒐集技術」、「處理資訊技術」、「資訊傳輸技術」以及「輸出或顯示資訊技術」等四個提供此功能所需之軟硬體技術作為進行功能與技術相關性矩陣相關性分析之依據，此四大類技術項目說明如下：

1. 資訊蒐集技術：提供資訊輸入、蒐集、偵測等技術項目、裝置或資料庫。
2. 處理資訊技術：負責資料處理、系統控制、系統整合等技術項目、裝置或資料庫。
3. 資訊傳輸技術：包含短距離、遠距資訊傳輸技術。
4. 輸出或顯示技術：負責資訊輸出、資料儲存、下載等技術項目或裝置。

本研究上述功能分類整合出 33 種軟硬體技術項目，分別針對達成各項服務功能分析所需之相關技術項目進行服務功能與先進技術相關性研擬。各服務功能與其對應之技術整理如表 5.2-16 所示。

另外，為方便技術需求分析與專家系統之建立等後續作業，本研究在服務功能—技術矩陣中服務功能以代號表示，各服務功能代號如表 5.2-17 所示，各項技術簡略說明則如表 5.2-18 所示。

表 5.2-17 服務功能項目

服務功能代號	服務功能項目
1	車站顯示到站車輛空位數
2	車站顯示車輛預定抵達時間
3	車站顯示車輛目前位置
4	車站顯示特殊運行狀況
5	車站播報及顯示將進站車輛
6	車上顯示車輛目前位置
7	車上顯示轉乘接駁資訊
8	車上播報及顯示即將停靠站
9	到站空位數查詢
10	車輛預定抵達時間查詢
11	車輛目前位置查詢
12	行程規劃
13	班次、費率、車輛路線與站位等靜態資訊查詢
14	電腦驗票
15	不同運具間票證整合
16	自動化票務資料統計分析
17	號誌優先
18	調整號誌時相
19	車道及車站進出管制
20	班車—中心通訊服務
21	車輛位置偵測
22	自動乘客計數
23	精確停靠站
24	班車到站時間預測
25	駕駛輔助裝置
26	聲音及影像監控
27	寂靜式危急事故通報
28	自動車況偵測顯示
29	自動化人員及車輛排班
30	服務水準決策分析
31	相關運輸資料蒐集
32	路況輔助偵測
33	營運路網規劃分析

表 5.2-18 各項技術說明

技術名稱	技術功能說明
車上電腦	整合車輛所有資訊並控制相關儀器之設備
電子地圖	電子化地圖
電子票證	付費媒介，種類包括磁卡、IC 卡、Combi Card
有線電信網路	包含 ADSL、數據專線和光纖網路等
網際網路	公車業者提供乘客資訊之網路系統
行動通訊技術	包含數位式、類比式無線數據及語音通訊
調頻副載波	負責資料廣播服務
資訊顯示技術	傳遞大眾運輸相關訊息之技術
資訊查詢機	提供乘客進行互動式查詢服務之模組化裝置
行車記錄器	記錄車輛行駛與操作狀況之設置
短距通訊技術	負責將車上大量資訊轉存至監控中心之設備，如智慧卡或短距離無線傳輸之應用
車輛定位技術	偵測車輛即時位置
乘客計數技術	可計算上車、下車、滯留車上人數
電腦驗票機	檢驗乘客票證並進行扣款工作
公車號誌優先技術	偵測車輛到達並控制車輛優先通行技術
車輛辨識技術	辨識車輛身份之技術
駕駛員終端機	裝置於駕駛座，供駕駛員使用之輸出入設備
駕駛輔助技術	感知車輛或駕駛行為並自動做出適當反應之裝置
精確停靠技術	包括車上偵測器及道旁偵測
車況偵測裝置	偵測車上機件之感應器
監視設備	包括如麥克風、閉路電視等設備監控
車上收發訊主機	與路側設施通訊、執行身份確認、讀寫資料等動作之車上單元
客運資料庫	儲存路網、班表、費率等營運資料
地理資訊系統	運輸地理資訊系統
轉乘運具資料庫	儲存其他運具路網、班表、費率等營運資料
路況資訊庫	儲存一般道路速率、車道佔有率、事故資訊
行車時間預測技術	整合即時與歷史路況資訊預測公車動態旅行時間
服務水準決策支援系統	協助規劃最適發車班距、車型等工作
路網規劃決策支援系統	協助規劃路網、路線、站位等工作
票務分析軟體	協助統計票務營收資料
班表決策支援軟體	協助車輛、人員排班工作
進出控制軟體	公車專用道之偵測、紀錄設施，包括可變訊息標誌、閘門、自動攝影照相機及紅外線偵測器等
電腦輔助派遣技術	協助進行及時排班與調度工作
車輛導引系統	包括相關車輛導引設備

5.2.4 技術相對實用性分析

技術之引進在於滿足服務功能之需求，為提供專家系統資料庫之基礎知識庫

內容，本研究參考陳信雄(1998)所提出之技術實用性指標，技術相對實用性表示一項技術在 BRT 系統中之相對於其他技術之實用與重要程度，一般應用此項技術之功能項目越多，且功能項目重要性越高，則該技術之相對實用性越高，同時也隱含該技術的重要性越高。在建構出服務功能與應用技術關係矩陣後，透過公式 6-11 計算出各技術之原始相對實用性值，接著運用標準化公式將其標準化後，即可求得技術相對實用性值，標準化後之技術實用性值如表 5.2-19 所示。

已知各服務功能向量 $\bar{W}_a = [\bar{W}_a^c | \bar{W}_a^o | W_a^t]$

則各先進技術相對實用性指標可以由下列公式計算

$$\bar{W}^U = \bar{W}_a \times \Delta \quad (6-11)$$

其中

\bar{W}^U ：技術項目相對實用性指標向量，其維度為 $1 \times f$

\bar{W}_a ：服務功能權重向量，其維度為 $1 \times g$, $g=p+q+r$

Δ ：技術—服務功能關係矩陣，其維度為 $g \times f$ ，其向量元素 δ_{ij} 表技術項目 j 對於功能 i 之必要性，因此 $\delta_{ij} = 1$ 或 0 。

經標準化後之技術相對實用性指標為

$$\hat{W}_i^U = 0.01 + 0.99 \times \frac{W_i^U - \text{Min}\{W^U\}}{\text{Max}\{W^U\} - \text{Min}\{W^U\}} \quad (6-3)$$

其中

W_i^U ：技術項目 i 之相對實用性指標向量， $i=1,2,\dots,f$

$\text{Min}\{W^U\}$ ：乘客群體服務功能權重之最小值

$\text{Max}\{W^U\}$ ：乘客群體服務功能權重之最大值

表 5.2-19 技術相對實用性權重

技術代號	技術項目	原始值	標準化值
1	車上電腦	2.9668	1.0000
12	車輛定位技術	2.2918	0.7694
6	行動通訊技術	1.9528	0.6536
23	客運資料庫	1.7654	0.5895
27	行車時間預測技術	1.1657	0.3846
24	地理資訊系統	1.1193	0.3688
4	有線電信網路	1.0170	0.3338
17	駕駛員終端機	0.8623	0.2810
8	資訊顯示技術	0.7854	0.2547
3	電子票證	0.6545	0.2100
14	電腦驗票機	0.6545	0.2100
11	短距通訊技術	0.6399	0.2050
26	路況資訊庫	0.5643	0.1792
9	資訊查詢機	0.5554	0.1762
10	行車記錄器	0.5329	0.1685
13	乘客計數技術	0.4986	0.1568
25	轉乘運具資料庫	0.4892	0.1535
5	網際網路	0.4840	0.1518
7	調頻副載波	0.4773	0.1495
16	車輛辨識技術	0.4227	0.1308
22	車上收發訊主機	0.2677	0.0779
20	車況偵測裝置	0.2435	0.0696
21	監視設備	0.2391	0.0681
18	駕駛輔助技術	0.2285	0.0645
2	電子地圖	0.1857	0.0499
15	公車號誌優先技術	0.1525	0.0385
29	路網規劃決策支援系統	0.1155	0.0259
32	進出控制軟體	0.1152	0.0258
28	服務水準規劃決策支援系統	0.1070	0.0230
19	車輛導引系統	0.1017	0.0211
31	班表決策支援軟體	0.0954	0.0190
33	電腦輔助派遣技術	0.0954	0.0190
30	票務分析軟體	0.0691	0.0100

根據上述實用性指標計算的結果，本研究綜合 Hardy(2003)所建議不同類型 BRT 應用 ITS 技術時在各階段所應提供之功能項目，以及本研究 5.2.2 節服務功能權重分析之結果，進一步將技術實用性之各項技術區分為高度實用程度之「核心技術」、中度實用程度以及低度實用程度的「選擇性技術」三個階級，以下分別說明。

(1) 高度實用程度之核心技術：

技術之高度實用表示此技術可同時應用於多項服務功能，且多數的服務功能在運用時都必須運用此項技術，亦即為 ITS 應用於 BRT 之基礎技術，本類技術主要功能在提供資訊傳輸與處理的基礎，以及最廣為應用的乘客資訊系統，亦即在最初階的 BRT(專用車道、強化式車站)所應採用之技術項目。包括車上電腦、車輛定位技術、行動通訊技術、客運資料庫、行車時間預測技術、地理資訊系統、有線電信網路、駕駛員終端機、資訊顯示技術、電子票證、電腦驗票機。除了上述技術外，公車號誌優先技術雖技術應用性較窄，Hardy(2003)以及本研究調查功能需求之結果均認為其能有效提升 BRT 營運效率，因此亦列入 BRT 核心技術。

(2) 中度實用程度：

技術之中度實用表示此項技術雖可應用之服務功能較高度實用性來的少，但還是可運用在不只單項之服務功能上，包括短距通訊技術、路況資訊庫、資訊查詢機、行車記錄器、乘客計數技術、轉乘運具資料庫、網際網路、調頻副載波、車輛辨識技術、車上收發訊主機。

(3) 低度實用程度：

低度實用表示此項技術可應用之功能相對於高度實用與中度實用少，也可能只能應用於單一特定之功能，包括車況偵測裝置、監視設備、駕駛輔助技術、電子地圖、路網規劃決策支援系統、進出控制軟體、服務水準規劃決策支援系統、車輛導引系統、班表決策支援軟體、電腦輔助派遣技術、票務分析軟體。

「核心技術」為建議 BRT 系統在建置初期必須使用之 ITS 技術組合，而「選擇性技術」則為建議 BRT 系統在後續考量加入其他服務功能時之可選擇的技術項目，其兩項技術之分類情形如表 5.2-20 所示，「必要技術」之項目有：車上電腦、車輛定位技術、行動通訊技術、行車時間預測技術、地理資訊系統、客運資料庫、駕駛員終端機、有線電信網路、資訊顯示技術、電子票證、電腦驗票機、公車號誌優先技術。「可選擇技術」則有行車記錄器、路況資訊庫、網際網路、調頻副載波、車況偵測裝置、監視設備、車輛辨識技術、駕駛輔助技術、乘客計數技術、

車上收發訊主機、短距通訊技術、電子地圖、資訊查詢機、轉乘運具資料庫、路網規劃決策支援系統、進出控制軟體、服務水準規劃決策支援系統、車輛導引系統、班表決策支援軟體、電腦輔助派遣技術、票務分析軟體。

表 6.2-20 技術分類情形

技術分類	技術項目
核心基礎技術	車上電腦、車輛定位技術、行動通訊技術、客運資料庫、行車時間預測技術、地理資訊系統、有線電信網路、駕駛員終端機、資訊顯示技術、電子票證、電腦驗票機、公車號誌優先技術
選擇性技術	行車記錄器、短距通訊技術、路況資訊庫、資訊查詢機、轉乘運具資料庫、網際網路、調頻副載波、車況偵測裝置、監視設備、車輛辨識技術、駕駛輔助技術、乘客計數技術、車上收發訊主機、電子地圖、公車號誌優先技術、路網規劃決策支援系統、進出控制軟體、服務水準規劃決策支援系統、車輛導引系統、班表決策支援軟體、電腦輔助派遣技術、票務分析軟體

經過技術需求分析的結果，將納入本研究構建之專家系統知識庫中。由於專家系統之程式語言 CLIPS 是屬於法則式前向推理的應用工具，為符合本研究設計條件所需之推理工具，因此本研究採用專家系統作為選擇 ITS 技術於 BRT 系統之工具，並以 CLIPS 作為本系統程式構建的主要工具，其系統操作流程如圖 5.2-5 所示如下：

- (1) 決定BRT系統基本之型式，此型式可根據5.1節中發展策略所歸納得出之基本技術，如車道、車站、收費系統等型式。
- (2) 決定服務功能，亦即希望未來BRT能提供乘客有何種服務功能，如車上即時資訊、車輛到站即時資訊顯示等。
- (3) 系統會根據前述技術實用性分析結果之權重值產生技術組合方案，而決策者亦可因應規劃需求自行調整權重值，其中「核心技術」部分由於是BRT最基本之ITS技術項目，因此不再列入評估。

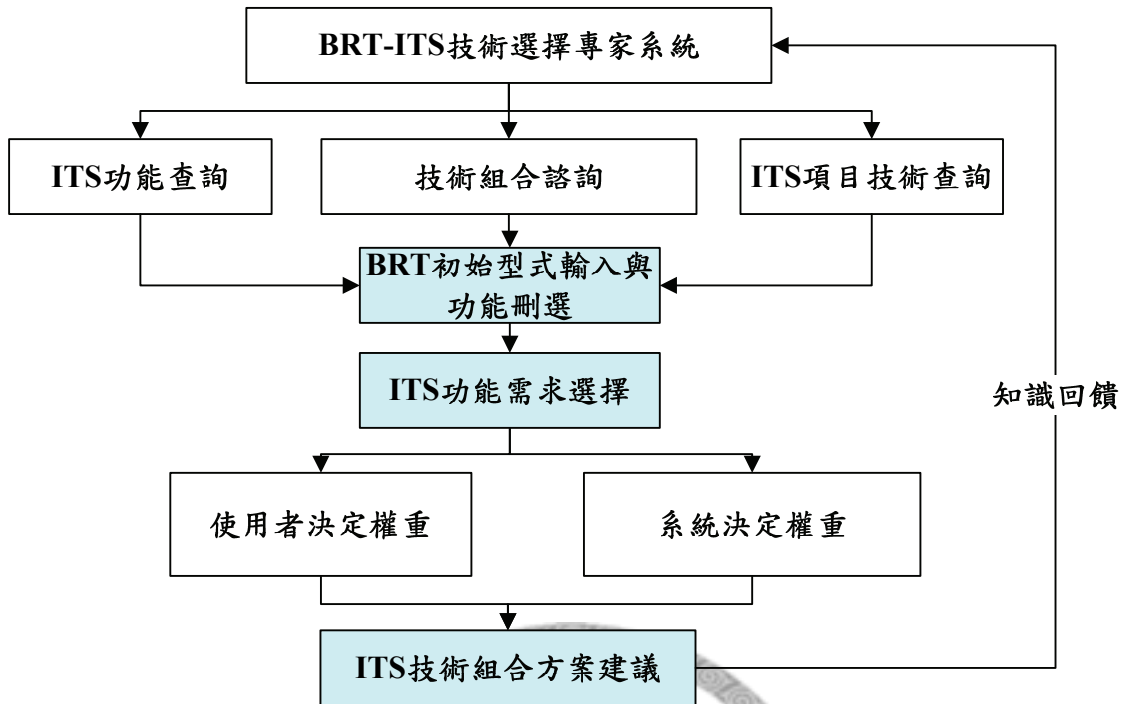


圖 5.2-7 ITS 應用於 BRT 專家系統操作流程

5.2-5 實例分析

本研究以嘉義BRT系統實際案例進行分析，嘉義BRT系統計畫建置之ITS相關設施包括公車動態資訊系統、號誌優先、電子票證等相關設施，並預計分為兩個階段實施，第一階段將配合台灣高速鐵路通車，將實施公車專用道以及協同客運業者設置ITS之初期設施；第二階段則將於通車後計畫完全實施BRT，進行相關ITS後續設施之建置與啟用。以下分別說明各ITS子系統提供之服務功能：

在乘客資訊系統方面，嘉義BRT系統於建置初期，在車站所提供之相關服務功能除提供路線資訊、班距、首末班車、路網資訊、轉乘與周邊活動地點等靜態資訊外，在動態資訊方面，透過LED顯示器提供下一班公車預定抵達時間。在車上則利用裝置於車上之LED播報顯示器，提供播報其顯示下一站站名之服務。前述之相關服務項目預計將於第一階段配合高速鐵路通車建置完成。至於第二階段，預計將提供資訊站、網際網路服務以及語音查詢等設施，乘客可於行前透過電話或是網頁查詢所需資訊，提供民眾更多查詢資訊的管道。

在公車號誌優先方面，嘉義BRT系統全線以號誌連鎖方式來增進行車之速率與班車準點性。另外高鐵嘉義站到市區台18線上之11個路口路口實施公車號誌優

先，讓車輛在交叉路口能夠優先通行。綜合嘉義之BRT系統所運用ITS服務功能，包括車站顯示車輛預定抵達時間、車上播報及顯示即將停靠站、車輛預定抵達時間查詢、車輛目前位置查詢、靜態資訊查詢、電腦驗票、不同運具間票證整合、號誌優先、調整號誌時相、車輛位置偵測、班車到站時間預測與駕駛輔助裝置(號誌預警系統)等共計12項服務功能整理如表5.2-21所示。

表 5.2-21 嘉義 BRT 服務功能統計

系統	子系統	服務功能
乘客資訊系統	車站資訊系統	車輛預定抵達時間
	車內資訊系統	播報及顯示即將停靠站
	行前資訊系統	車輛預定抵達時間查詢
		車輛目前位置查詢
車隊管理系統	電子票證系統	電腦驗票
		不同運具間票證整合
	號誌優先系統	號誌優先
		調整號誌時相
	行車安全系統	駕駛輔助裝置
	行車監控系統	車輛與中心通訊
		車輛位置偵測
車隊營運系統	班車到站時間預測	
		無

本研究根據高鐵嘉義站之BRT聯外系統計畫採用之路權型式、車隊數、票證整合與車站提供之資訊等相關資訊及智慧運輸系統相關服務功能代入所建構之專家系統進行評估。經評估後，對於嘉義BRT系統ITS技術，系統所建議運用之ITS技術組合方案為車上電腦、車輛定位技術、行動通訊技術、客運資料庫、有線電信網路、短距通訊技術、地理資訊系統、資訊顯示技術、路況資訊庫、資訊查詢機、轉乘運具資料庫、網際網路、調頻副載波、車輛辨識技術、電子票證、電腦驗票機、車上收發訊主機、行車時間預測技術、公車號誌優先控制器等，系統評估結果與規劃報告書之比較如表5.2-22所示。

表 5.2-22 系統評估技術與規劃技術之比較

本研究所建議之技術	嘉義 BRT 所運用之技術
車上電腦	車上電腦
車輛定位技術	車輛定位技術
行動通訊技術	行動通訊技術
行車時間預測技術	行車時間預測技術
地理資訊系統	X
客運資料庫	客運資料庫
有線電信網路	有線電信網路
駕駛終端機	X
資訊顯示技術	資訊顯示技術
公車號誌優先技術	公車號誌優先技術
短距通訊技術	短距通訊技術
路況資訊庫	X
資訊查詢機	資訊查詢機
轉乘運具資料庫	X
網際網路	網際網路
調頻副載波	調頻副載波
車輛辨識技術	X
電子票證	電子票證
電腦驗票機	電腦驗票機
車上收發訊主機	車上收發訊主機
	駕駛輔助技術(號誌預警系統)

比較本研究建議運用之ITS技術與嘉義BRT規劃使用之ITS技術差異可發現，系統所建議運用而嘉義BRT系統並無納入規劃之技術有地理資訊系統、路況資訊庫、轉乘運具資料庫、車輛辨識技術等共四項技術。在轉乘運具資料庫技術方面，其技術相對實用程度之權重為0.1535，屬中度相對實用技術，但因嘉義BRT具有連接高鐵及台鐵接駁功能，仍具有一定程度的重要性且此項技術仍可達成某些服務功能，其技術之應用主要為儲存其他運具之路網、時刻表、費率等相關資料，此項技術若配合已運用之其他技術可提供乘客在現有之資訊查詢管道下，查詢其他運輸工具之相關資訊，如費率、時刻表等，增加乘客轉乘時之效率與便利。

上述各項技術主要在於提供乘客更多獲得資訊的管道或是在現有提供資訊的管道下提供更多資訊，而使用者對其技術都有一定之需求程度，可作為系統規劃者未來在考量擴充乘客獲得資訊的管道或是更多資訊之建議項目，以增加乘客獲得資訊之便利性。在地理資訊系統方面，此項技術目前發展成熟，已屬相當重要之基礎技術，在相對實用程度方面則為0.3688，也屬高度相對實用之技術，從

上述數據可發現使用者對於此項技術之需求程度相當高，且技術可應用之範圍也相當廣，因此此項技術可於系統建置初期即納入應用，或是在後續考量應用其他技術時，優先納入考量。地理資訊系統可提供即時性、圖形化及數位化之交通資料，若運用此項技術構建路網與資料庫整合之資料庫管理資訊系統，可以提供各種營運資料庫之建置、管理、索引與分析等功能，並應用圖文整合顯示功能，強化分析結果之空間分佈概念。在車輛辨識技術方面，相對實用程度之權重為0.1308，屬中度相對實用之技術，該技術不需藉由人工即可辨識車輛之身份，此種技術可與車輛定位技術或號誌控制聯合運作，透過短距無線通訊傳送車輛識別訊號給路側設施以便實施車輛號誌優先來提昇車輛之行駛效率。

由於BRT系統隨各地之地理條件、特性不同，其BRT系統可能為因應當地之特殊情況而對於ITS技術之應用有其特殊之需求，如嘉義BRT系統規劃所運用之技術中，系統所沒有建議之駕駛輔助技術中的號誌預警系統可能即為其特殊需求下所運用之技術。在駕駛輔助技術方面，由於嘉義BRT系統所採用之車隊數較少，而Dahlgren等人(2004)建議在車隊數少於200輛時，應先考量改善行車可靠度以及改善大眾運輸資訊等相關技術，因此在初步服務功能刪選時，即將行車安全相關技術刪除，因此在進行服務功能需求勾選時並無提供行車安全相關選項供系統使用者勾選，導致在後續系統所建議的技術中並無建議運用此項技術。Hardy等人(2003)曾調查美國21個BRT系統，在行車安全技術方面應用之情形，由於這方面技術需要相當高的科技輔助，因此只有少數個城市運用行車安全之相關技術或計畫運用。

5.3 BRT 發展策略與技術選擇架構

根據 5.1 節中評估因子，本研究擬定 BRT 技術選擇的方式以達到策略發展的目標，如圖 5.3-1 所示，首先在策略目標下，擬定相關技術型式之替選方案，可根據各城市 BRT 發展經驗及地區特性，選擇適當之組合元素，ITS 技術則可根據 5.2 節的評估建議。所有設計元素選定後，根據 Levinson et al.(2007)的運量估算方法，計算出各種 BRT 節省的時間、運量及所對應的建設成本。

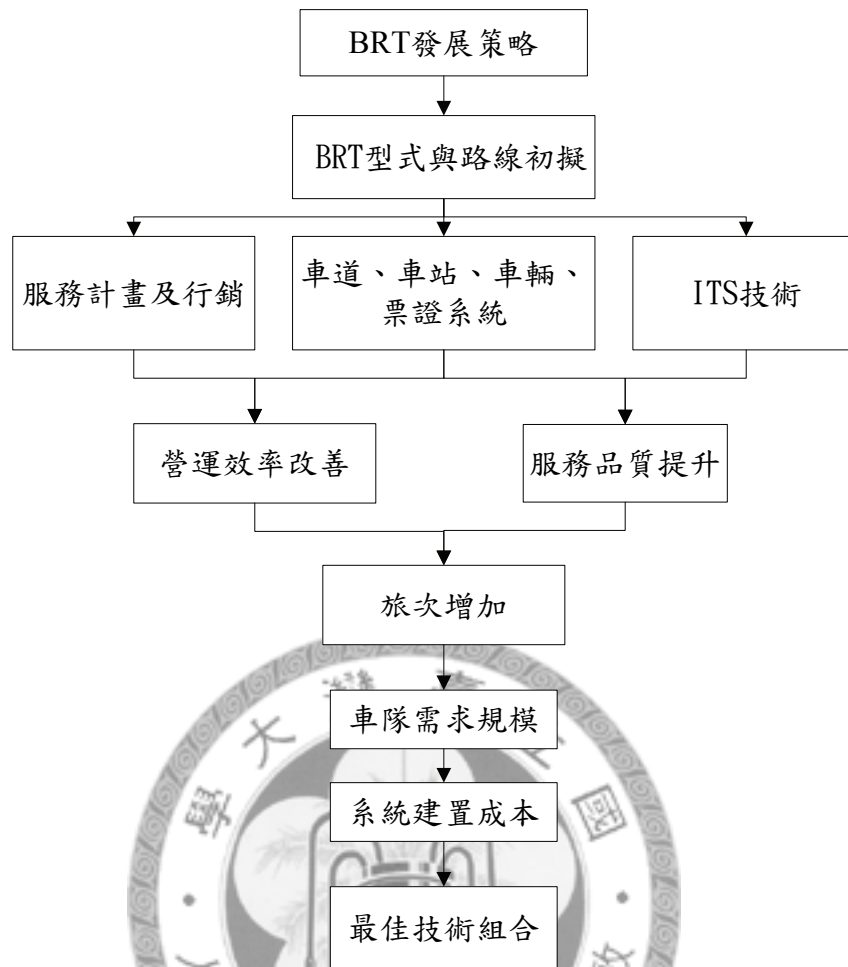


圖 5.3-1 BRT 技術應用與方案選擇

根據Levinson et al.(2007)的研究，BRT的設計要素可額外吸引及增加旅次，增加的運量最高為基本運量的25%，而吸引的比例，以技術應用程度多寡及等級而有所增減，表5.3-1表示主要設計要素對增加運量的百分比影響，另外BRT強調整合系統的加成影響。若充分使用較高階的設計要素，則可在增加15%的運量，由表5.3-2中可以看出，高階BRT與初階BRT因採用的設計要素不同，其吸引運量的結果有顯著的不同。

表 5.3-1 BRT 設計要素與吸引運量百分比

組成要素	增加運量百分比
車道	20%
車站	15%
車輛	15%
營運方式	15%
ITS 技術應用	10%
行銷、標示	10%
總和	85%
額外加權績效(上述總和超過 60%)	15%
總和	100%

資料來源：Levinson et al. (2007)

表 5.3-2 不同設計方式所影響之 BRT 吸引運量效果

組成要素	高階 BRT	運量增加		
		百分比	初階 BRT	運量增加 百分比
車道	實體分隔公車專用道	20%	平面式公車專用道	5%
	封閉式、月台門	5%	開放式	0%
車站	獨特、吸引乘客設計	2%	獨特、吸引乘客設計	2%
	照明	2%	照明	2%
	電話、保全設施	3%	無電話、保全設施	0%
	便利舒適的設施	3%	無便利舒適的設施	0%
車輛	獨特設計車輛	5%	獨特設計車輛	5%
	寬車門	5%	一般車門	0%
	低底盤或與月台等高	5%	未與月台等高	0%
	全天候服務	4%	全天候服務	4%
營運方式	短班距	4%	短班距	4%
	清楚、簡捷路線	4%	清楚、簡捷路線	4%
	車外收費	3%	車上收費	0%
ITS 應用	車站乘客資訊	7%	車站乘客資訊	7%
	車上乘客資訊	3%	車上乘客資訊	0%
BRT 行銷	車輛及車站設計	7%	車輛及車站設計	7%
	手冊或時刻表	3%	手冊或時刻表	3%
總和		85%		43%
額外加權		15%		0%
總和		100%		43%

資料來源：Levinson et al.(2007)

表 5.3-3 常州 BRT 與嘉義 BRT 之比較

組成要素	常州 BRT	旅次增加 百分比	嘉義 BRT	旅次增加 百分比
車道	實體分隔公車專用道	20%	平面式公車專用道	5%
	封閉式、月台門	5%	開放式	0%
車站	獨特、吸引乘客設計	2%	獨特、吸引乘客設計	1%
	照明	2%	照明	0%
	電話、保全設施	3%	無電話、保全設施	0%
	便利舒適的設施	3%	無便利舒適的設施	1%
	獨特設計車輛	5%	獨特設計車輛	5%
車輛	寬車門	5%	寬車門	5%
	低底盤或與月台等高	5%	低底盤	5%
	全天候服務	4%	全天候服務	4%
營運方式	短班距	4%	短班距	0%
	清楚、簡捷路線	4%	清楚、簡捷路線	4%
	車外收費	3%	車上收費	0%
	車站乘客資訊	7%	車站乘客資訊	7%
ITS 應用	車上乘客資訊	3%	車上乘客資訊	3%
	車輛及車站設計	7%	車輛及車站設計	7%
BRT 行銷	手冊或時刻表	3%	手冊或時刻表	3%
	總和	85%		50%
額外加權		15%		0%
總和		100%		50%

由表5.3-3中可以比較出，嘉義BRT在技術的應用上，仍屬較初階的BRT，由於功能定位屬於高鐵接駁路線，加上系統設計及形象不夠讓民眾區別與一般公車的差異，因此無法有效吸引更多乘客搭乘。

在系統技術型式選擇影響預估運量增加及服務計畫的方法上，本研究採用 Levinson et al.(2007)所建議的BRT規劃方法概算，其步驟為：

1. 基本特性：包含現有公車運量、目前現有公車系統服務特性、班距、行駛速率、行駛時間等
2. 選擇 BRT 系統型式：包含公車專用道型式、收費型式、班距等
3. 估計 BRT 節省之時間
4. 分配現有運量至 BRT 系統及其他大眾運輸服務
5. 估計 BRT 時間節省所吸引的運量
6. 估計因為 BRT 班距改善所吸引的運量

7. 以彈性法計算上述兩步驟之 BRT 運量和，彈性值可參考 Levinson et.al(2007) 推估之數值，在旅行時間方面，若新路線取代或競爭現有路線，彈性為-0.4，在公車路線長度方面，若延伸公車服務長度，則彈性為 0.7~0.8。公車班距的改善，彈性則為 0.4。
8. 估計為 BRT 其他特性所吸引的運量
9. 計算步驟上述所帶來的基年總運量
10. 計算車隊規模
11. 計算系統建置總成本

■ 情境分析一

情境一假設之案例，BRT系統為市中心兩端聯外為平面式公車專用道路 (Busway)，各長7哩(11.2公里)，各設7個車站。市區段則為與一般公車共用之公車專用道(Bus lane)，長1哩(1.6公里)，設3個車站。沿線有平行之一般公車行駛一般道路。

表 5.3-4 不同設計方式所影響之 BRT 吸引運量效果(情境一)

系統特性	現有服務	計算結果或條件	
		一般公車	BRT
每日旅次量(人)	20,000	10,000	15,999
車站數	90	90	17
停等時間(sec)	15	15	20
班距(min)	8	10	6
行駛速率(kph)	市中心 9.7kph 其餘地區 15.1kph	9.8	20.9
單向行駛時間 (min)	94	92	43
收費系統	車上	車上	車外
車輛型式	標準公車	標準公車	BRT 專用
車輛優先	無	無	公車專用道路
乘客資訊系統			
車站	無	無	有
車上	無	無	有
整體行銷或包裝	無	無	有

資料來源：Levinson et al.(2007)

表 5.3-5 運量分析(情境一)

分析因子	分析																				
旅行時間	目前服務： ■ 市中心行駛時間=10min ■ 其他路段=84min ■ 總旅行行駛時間=94min																				
	改善後行駛一般公車 ■ 市中心行駛時間=8min ■ 因公車專用道增加 2.4kph 的速率=12.1kph ■ 其他路段=84min 總旅行行駛時間=92min																				
	改善後 BRT ■ 市中心行駛時間=8min ■ 因公車專用道增加 3.9mph 的速率 ■ 減少車站數增加 1.8mph 的速率 ■ 公車專用道路路段=38min ■ 1.7min/km 起始速率(Orange Line) ■ 車輛優先。每個路口節省 5sec，共 28 個路口=2min 總旅行行駛時間=43min(平均速率 33.7mph)																				
旅次量估計	假設起始旅次分配各半： ■ BRT：10,000 (班距<10min) ■ 一般公車：10,000(班距>10min)																				
	1. 以彈性因子計算 BRT 運量 $R_2 = \frac{(E-1)T_1R_1 - (E+1)T_2R_1}{(E-1)T_2 - (E+1)T_1}$ 其中：R1=起始運量，R2=預估之運量，T1=起始旅行時間，T2=預估旅行時間，E=旅行時間彈性=0.4 $R_2 = \frac{(-1.4 \times 94 \times 10,000) - 0.6 \times 43 \times 10,000}{-1.4 \times 43 - 0.6 \times 94} = 13,499$																				
	2. 估計因 BRT 整體設計所吸引的旅次量 <table border="1" data-bbox="437 1496 1327 1908"> <thead> <tr> <th>設計要素</th> <th>吸引百分比</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>車道</td><td>15%</td></tr> <tr><td>車站</td><td>12%</td></tr> <tr><td>車輛</td><td>10%</td></tr> <tr><td>服務因子</td><td>15%</td></tr> <tr><td>ITS</td><td>10%</td></tr> <tr><td>行銷</td><td>10%</td></tr> <tr><td>小計</td><td>72%</td></tr> <tr><td>系統整合加成</td><td>15%</td></tr> <tr><td>總計</td><td>87%</td></tr> </tbody> </table>	設計要素	吸引百分比	車道	15%	車站	12%	車輛	10%	服務因子	15%	ITS	10%	行銷	10%	小計	72%	系統整合加成	15%	總計	87%
	設計要素	吸引百分比																			
車道	15%																				
車站	12%																				
車輛	10%																				
服務因子	15%																				
ITS	10%																				
行銷	10%																				
小計	72%																				
系統整合加成	15%																				
總計	87%																				
BRT 系統設計方式最高可增加約 25%旅次量 總計系統組成可吸引 25%×0.87=22% 未來可因系統特色額外增加 10,000×22%=2,200 人 BRT 興建後，系統總共旅次為 13,499+2,200=15,699 人																					

表 5.3-5 運量分析(情境一)(續)

分析因子	分析
車隊需求	尖峰小時旅次數 $P = \frac{\text{每日旅次數}}{\text{Turnover}} \times \text{尖峰小時百分比} \times \text{尖峰方向百分比}$
	Turnover 假設為 1.8(市中心 BRT 為雙向) $P = \frac{15,699}{1.80} (10\%)(60\%) = 523$
	容量 60 人/車之公車需 9~10 部
	車輛數總計： $\frac{\text{全程行車時間} + \text{滯留時間}}{\text{班距}} = \frac{86 + 10}{6} = 16$ 另預備 4 台備用，合計 20 台

由表5.3-5 中的分析結果可以看出，BRT不僅能藉由節省時間吸引旅次，也可以就本身設計的特色，吸引額外的潛在或原搭乘地區公車旅次，當採用的設計要素等級越高，BRT的優先性越高，也就越接近軌道大眾運輸的形象，可以吸引更多的旅次搭乘BRT。

表 5.3-6 系統建置成本分析(情境一) 單位：百萬台幣

設計元素	數量	單位成本	總成本
公車專用道路	22.5km	\$100 /km	\$231
公車專用道	1.5km	\$2 /km	\$3.3
車站 (公車專用道路)	14	\$5/station	\$60
車站(市中心)	3	\$2/station	\$6
超車道	4.5 lane-km	\$55.7 /lane-mile	\$25
BRT車輛	20	\$10/車	\$200
站外收費	36 台驗票機	\$2/台	\$72
車站資訊系統	34處	\$0.2/處	\$17
車上資訊系統	20台車	\$0.1/車	\$2
優先號誌	28個路口	\$0.1/路口	\$2.8
總成本			約36億台幣

註：以上成本僅為概估比較

資料來源：Levinson et al.(2007)

■ 情境分析二(基隆市)：

基隆市目前市區內僅有公車系統，市政府本欲規劃捷運或輕軌系統，但因政府預算拮据，改以規劃BRT，有兩方案，高架式及地面式，路線均相同，由基隆火車站經由文化中心、中正路、海洋大學、碧沙漁港，終點設在海洋生物博物館。平面式或高架式在市中心均設有3站，因原模式校估均以英制為單位，本情境亦以轉換為英制計算。市中心段約為1.6公里，其他路段約9公里。規劃單位希望藉由BRT重新塑造城市新風貌，也吸引更多旅次使用大眾運輸。

表5.3-7 不同設計方式所影響之BRT吸引旅次效果(基隆市)

系統特性	現有服務	計算結果或條件		
		一般公車	高架 BRT	平面 BRT
每日旅次量(人)	10,000	5,000	7,051	6,676
車站數	32	32	10	16
停等時間(sec)	15	15	20	20
班距(min)	15	15	5	5
行駛速率(mph)	市中心 9.7kph 其餘地區 16.1kph	8	13	8
單向行駛時間(min)	34	34	23	26
收費系統	車上	車上	車外	車外
車輛型式	標準公車	標準公車	BRT 專用 高架公車	BRT 專用 公車專用
車輛優先	無	無	專用道路	專用道路
乘客資訊系統				
車站	無	無	有	有
車上	無	無	有	有
整體行銷或包裝	無	無	有	有

表 5.3-8 運量分析(基隆市)

分析因子	分析
旅行時間	目前服務： ■ 市中心行駛時間=10min ■ 其他路段=24min ■ 總旅行行駛時間=34min
	改善後行駛一般公車 ■ 市中心行駛時間=10min ■ 其他路段=24min 總旅行行駛時間=34min
	改善後高架 BRT ■ 公車專用道路路段=20min ■ 2.4min/km 起始速率 總旅行行駛時間=23min(平均速率 21mph)
	改善後平面 BRT ■ 市中心行駛時間=8min ■ 因公車專用道增加 2.4kph 的速率 ■ 減少車站數增加 1.8kph 的速率 ■ 公車專用道路路段=20min ■ 車輛優先。每個路口節省 5sec，共 28 個路口=2min 總旅行行駛時間=26min
旅次量估計	假設起始旅次分配各半： ■ BRT：5,000 (班距<10min) ■ 一般公車：5,000(班距>10min)
	3. 以彈性因子計算 BRT 旅次增量 $R_2 = \frac{(E-1)T_1R_1 - (E+1)T_2R_1}{(E-1)T_2 - (E+1)T_1}$ 其中：R1=起始運量，R2=預估之運量，T1=起始旅行時間，T2=預估旅行時間，E=旅行時間彈性=0.4 $R_2 = \frac{(-1.4 \times 34 \times 5,000) - 0.6 \times 23 \times 5,000}{-1.4 \times 23 - 0.6 \times 34} = 5,836 \text{ (高架 BRT)}$ $R_2 = \frac{(-1.4 \times 34 \times 5,000) - 0.6 \times 26 \times 5,000}{-1.4 \times 26 - 0.6 \times 34} = 5,563 \text{ (平面 BRT)}$

表 5.3-8 運量分析(基隆市)(續)

分析因子	分析		
旅次量估計	4. 估計因 BRT 整體設計所吸引的旅次量		
	設計要素	吸引百分比	
		高架 BRT	平面 BRT
	車道	20%	15%
	車站	15%	12%
	車輛	10%	10%
	服務因子	15%	15%
	ITS	10%	10%
	行銷	10%	10%
	小計	80%	72%
	系統整合加成	15%	15%
	總計	95%	89%
	BRT 系統設計方式最高可增加約 25%旅次量		
	總計系統組成可吸引 25%×0.95=23.75%(高架式)25%×0.95=22.25%(平面式)		
	未來可因系統特色額外增加 5,000×23.75%=1,188 人(高架式)		
	5,000×22.25%=1,113 人(平面式)		
	BRT 興建後，系統總共旅次為 5,863+1,188=7,051 人(高架式)		
	5,563+1,113=6,676 人(平面式)		
車隊需求	尖峰小時旅次數		
	$P = \frac{\text{每日旅次數}}{\text{Turnover}} \times \text{尖峰小時百分比} \times \text{尖峰方向百分比}$		
	Turnover 假設為 1.8(市中心 BRT 為雙向)		
	$P = \frac{7,051}{1.80} (10\%)(60\%) = 235$ (高架式)		
	$P = \frac{6,676}{1.80} (10\%)(60\%) = 222$ (平面式)		
	容量 60 人/車之公車需 4 部		
	車輛數總計：		
	$\frac{\text{全程行車時間} + \text{滯留時間}}{\text{班距}} = \frac{46 + 10}{6} = 9$ (高架式)		
	$\frac{\text{全程行車時間} + \text{滯留時間}}{\text{班距}} = \frac{52 + 10}{6} = 10$ (平面式)		
	另預備 4 台備用，合計 10 台		

表 5.3-9 系統建置成本分析(高架式)

設計元素	數量	單位成本	總成本
公車專用道路	8km	\$100 /km	\$800
公車專用道	-	\$2 /km	-
車站 (公車專用道路)	10	\$5/station	\$50
車站(市中心)	-	\$2/station	-
超車道	-	\$55.7 /lane-mile	-
BRT車輛	14	\$10/車	\$140
站外收費	20台驗票機	\$2/台	\$40
車站資訊系統	20處	\$0.2/處	\$4
車上資訊系統	14台車	\$0.1/車	\$1.4
優先號誌	-	\$1/路口	-
總成本			約11億台幣

註：以上成本僅為概估比較

表 5.3-10 系統建置成本分析(平面式)

設計元素	數量	單位成本	總成本
公車專用道路	6.4km	\$100 /km	\$64
公車專用道	1.6km	\$2 /km	\$3.2
車站 (公車專用道路)	13	\$5/station	\$65
車站(市中心)	3	\$2/station	\$6
超車道	-	\$55.7 /lane-mile	-
BRT車輛	14	\$10/車	\$140
站外收費	32台驗票機	\$2/台	\$64
車站資訊系統	32處	\$0.2/處	\$6.4
車上資訊系統	14台車	\$0.1/車	\$1.4
優先號誌	10個路口	\$1/路口	\$10
總成本			約4億台幣

註：以上成本僅為概估比較

由表5.3-6~8三個比較可以得知，在BRT興建後，可以有效減少旅行時間並增加運量，高架型式由於較少路口停等，因此旅行時間較短，加上近似高架輕軌方式營運，可吸引較多的乘客搭乘，高架較平面約多吸引8%的旅次量。但反映在成本的概算上，高架成本約為平面近3倍之多，選擇高架系統不一定可反應出成本有效性。

5.4 綜合分析

本章結合前三章的內容，重新剖析BRT發展策略與技術應用的關聯性，並發展評估架構以整體性評估技術選擇對BRT吸引運量之影響，根據本章內容，提出下列幾項重點意涵：

1. BRT雖具有規劃設計上的彈性，但若BRT在都市大眾運輸的功能定位越重要，則其所採用的技術也將越多項目且投入成本越大，但也相對帶來更大的效益。當BRT為都市大眾運輸主軸，其技術及營運策略幾乎等同捷運系統，但卻具有了更大的彈性，如常州主線與支線的整合式營運，不僅確保BRT的專用路權與營運效率，又能由BRT主線直接擴張服務至市中心區及其他地區。
2. ITS技術由於項目繁多，因此本研究發展專家系統提供決策者在ITS技術選擇上能夠更快速、明確的選擇適當的技術及發展時程應用在BRT，以增加BRT的營運效率及增加乘客的滿意度。研究中也針對ITS在BRT優先該採用的功能進行排序與分類，以利建構完整的BRT-ITS技術系統。
3. 藉由運量吸引的概算架構，可讓規劃者在擬定發展策略及技術選擇後，快速估算出各種技術組合所需之建設成本，尋求最適之BRT技術型式。本章也以基隆市規劃中的BRT為例，求算出發展BRT確實能吸引更多的旅次搭乘，而平面式BRT在成本上優於高架式BRT。
4. BRT在台灣之發展策略可如下：作為都市大眾運輸主軸或連接都市運輸走廊，可如表5.4-1的常州BRT模式進行發展，此種模式適合已發展中的中小型城市。而洛杉磯橘線 BRT的BRT發展模式則適合台灣城市已有捷運路網，或利用廢棄鐵路路權構築的BRT路網，可作捷運延伸線或環狀線補充大眾運輸路網的功能，如表5.4-2所示。

表5.4-1 常州BRT發展模式於台灣適用性之建議

	常州 BRT	台南輕軌
區域特性	北：科技園區及工業區 南：公路客運轉運站、大學城	北：南科、南科工區 南：高鐵台南站、長榮大學
市區道路特性	市區道路狹小，難增設公車專用道	市區道路狹小，難增設公車專用道 外環道沿路發展快速，但目前大眾運輸供給不足
特點及建議	利用運輸走廊興建 BRT，市區採支線方式營運，以同月台、短班距免費轉乘方式，接駁進入市區	建議原輕軌優先路線可採常州模式，修正路線可連接南北通勤需求，並滿足市區與外環道間之運輸需求
可應用之地區	新竹、台中藍線、台中紅線、台南市、嘉義市	
建議技術應用	專用車道、密集班次、路寬不足市區以支線免費轉乘接駁方式連接、高品質封閉式車站、車外收費系統、易壅塞路口採優先號誌或立體交叉	

表5.4-2 LA 橘線 BRT發展模式於台灣適用性之建議

	LA 橘線 BRT	淡海 BRT	高雄輕軌
路線特性	利用廢棄鐵路，為捷運紅線之延伸線	捷運延伸線	部分路段為台鐵臨港線路權，整合高雄捷運路網
特點及建議	由於使用廢棄鐵路，營運速率與軌道相當，但建造總成本僅為輕軌之 1/3，營運成本為輕軌 1/2	不論採綠山線或藍海線規劃，應用上均較輕軌更有彈性，也易於形成路網補足單一路線輕軌之缺點	目前輕軌招商進度緩慢，該路線已有輕軌環狀幹線公車行駛培養輕軌運量，部分車道已有大眾運輸專用道型式，可考慮改進設施，後升級為較高階之 BRT
可應用之地區	北高兩市都會區之捷運延伸線、環狀線		
建議策略	專用車道、密集班次、強化與捷運之轉乘設施與營運設計、高品質封閉式車站、車外收費系統		



第六章 結論與建議

本研究分別針對 BRT 發展策略與 BRT 技術應用兩大主軸進行探討，並整合此兩大主軸研究成果形成 BRT 系統規劃之技術選擇評估架構。根據本研究內容，本章將具體貢獻、結論與建議分述后。

6.1 具體貢獻

1. 本研究將 BRT 實際案例分類歸納為 BRT 發展策略：過去 BRT 的相關研究均著重在個案的分析與討論，本研究透過實地考察與文獻探討的方式，將全球發展成功的 BRT 案例，分類歸納成四大類型的發展策略，並比較其營運績效、社會效益及相對應的技術應用方式，提供 BRT 的規劃及決策者在評估選擇 BRT 時，能針對地區發展特性及 BRT 所需扮演功能，擬定該城市 BRT 適當的型式與發展策略。
2. 本研究提供「公車捷運導向之都市發展策略」(BRTOD)的理論基礎：本研究在 TOD 政策理念與目標下，比較大眾捷運(MRT)、輕軌捷運(LRT)與公車捷運(BRT)等不同大眾運輸技術之功能特性與服務績效，並探討案例城市的 TOD 規劃發展經驗與成效；同時，本研究分析過去在 TOD 規劃偏好以軌道技術 MRT 與 LRT 為主的大眾運輸型式之負面影響，並基於路網形成之時效性以及財務永續性，論證適當引入 BRT 作為落實 TOD 策略的可行方向；本研究進一步在「公車捷運為導向之都市發展」(BRTOD)之政策理念下，剖析 BRT 系統技術在 TOD 規劃中之可能角色，可作為開發中國家城市之參考。
3. 本研究將技術應用進行系統的分類及評估：BRT 技術應用項目繁雜，以往 BRT 在規劃時技術的選擇常是爭議的焦點，本研究首先確立了 BRT 的發展策略後再分析其技術應用的分類，可明確歸納出技術應用與發展策略之關係，並透過評估模式，使技術選擇能結合發展策略產生系統的建置規模，並比較建置成本以選擇最適的技術應用方案。
4. 本研究強調 BRT 整體性設計之效果：過去在規劃大眾運輸做技術選擇時，常會忽略技術整合有其加成性之效果，而 BRT 系統就是此種效果的展現，技術的選擇不再只是重視單一元素的設計，必須從上而下，從發展策略到技術選擇

進行整體的規劃與設計。

5. 本研究建立評選 ITS 技術之方法提升 BRT 規劃設計之效率和品質：在相關文獻及案例中，甚少討論選擇適當的 ITS 技術以提升 BRT 的營運效率的研究或方法，本研究創新的研擬專家系統評估方法，提供規劃者能依實際系統功能需求選擇適當的 ITS 技術分期建置。

6.2 結論

本研究以案例分析的方式，並結合分類與評估模式的建立，擬定 BRT 的發展策略及技術應用選擇評估架構，根據研究內容，可歸納出下列結論：

1. 在 BRT 發展模式方面，確立了 BRT 在國際都市發展中，分別具有擔任都市大眾運輸主體、連接地區主要運輸走廊、作為軌道運輸的延伸線或過渡系統、改善都市環境風貌等多樣發展策略與功能定位，其中有若干系統會具有兩種以上的功能特性。例如北京南中軸 BRT 就同時是主要連接大眾運輸走廊，同時也取代了原輕軌規劃的路線。在哥倫比亞波哥大與中國常州，BRT 則不僅是運輸走廊的主要運具，更帶動整體的城市改造，成為開發中國家城市的發展典範。
2. 根據本研究歸納之發展策略，國內目前已營運或規劃中的捷運系統，仍存在不少後續路網、延伸線或支線，如已經通車之台北小碧潭、新北投線，或是規劃中的淡海新市鎮延伸線，或是高雄環線輕軌系統；其中淡海新市鎮捷運輕軌應可比照美國洛杉磯與邁阿密經驗，考慮以 BRT 取代軌道運輸來延伸捷運服務，高雄地面輕軌電車亦可考量將 BRT 列為系統選項，期能以較低的建造與維護成本，及早形成大眾運輸路網，同時可以運用 BRT 系統及早實現 TOD 之都市發展政策理念。
3. 本研究針對台北都會區進行 BRTOD 效益分析，分析過程以永續運輸的觀點，檢討 BRTOD 與原本規劃之 MRTOD 對整體環境所帶來的衝擊與能源消耗。評估中假設依據目前捷運系統之規模，針對未來旅次成長下，選擇繼續發展軌道運輸 MRT 路網與改以 BRT 路網之差異，推估出台北都會區若改以 BRTOD 模式，則因為 BRT 路網的提早形成，道路使用者會減少私人機動運具的使用

率，而此旅次之移轉效果會提早降低 CO₂ 的排放量，到 2021 年的評估結果，台北都會區之旅次數至 2021 年相較於 2002 年增加 38.88%，若以 MRT 路網來建立大眾運輸系統，則至 2021 年 CO₂ 之排放量會增加 22.29%。但若以 BRT 系統來建制並配合相關政策之時程，則二氧化碳之排放量至 2021 年只會增加 9.80%，明顯低於 MRT 路網，顯見 BRT 擴增路網帶來之效益。

4. 未來的 BRT 建設，不應只以公車專用道為設計方法，要以較完整的 BRT 設計為目標，良好的 BRT 設計提升營運的效率，可以改善民眾對於傳統公車的印象，如北京 BRT、波哥大等系統，良好的 BRT 設計可以額外吸引 15%~25% 非大眾運輸旅次。
5. 由於 ITS 技術應用在 BRT 項目繁多，並不需要在 BRT 建設初期就全部採用建置。可依實際需求漸進式規劃與建置。因此本研究探討 BRT 結合 ITS 的技術應用方法，利用 AHP 及專家評點法將所有可應用之技術作「技術實用性」及「技術重要性」的排序，並將此結果應用在專家系統的設計中，提供規劃者在選擇 ITS 技術的參考依據，同時也應用在嘉義 BRT 的規劃上，亦有實際的驗證成果。
6. 本研究研擬的 BRT 評估架構，結合了以發展策略為導向的技術選擇模式以及以使用者為導向的 ITS 技術選擇模式，並透過彈性分析，計算 BRT 因改善營運效率所吸引的旅次數，加上系統技術應用程度所帶來的旅次吸引，可得到 BRT 的運量預測，藉此推算 BRT 的營運規模，可分析出不同型式 BRT 的建置成本。研究中並以基隆市 BRT 計畫進行情境分析，顯示高架 BRT 較平面式約多吸引 8% 的運量，但反映在成本的估算上，平面式 BRT 所能節省之成本約為高架的 13%。
7. 在世界 BRT 未來的發展趨勢上，由於 BRT 具有系統組成元素的彈性，因此並未有特定或固定的技術發展模式，但不論採用何種技術型式，其發展特性可以具體歸納如下：
 - (1) 加強與土地開發的結合：由案例分析可以看出，BRT 在各地區的發展將提高位階，不再只是舊有的公車系統僅負有運輸旅客的功能，必須與都市軌

道運輸一樣結合土地開發與都市設計，達到以 BRT 為運輸骨幹的 TOD 目標，在都市計畫或都市更新的過程中，BRT 將逐漸扮演重要的角色。

- (2) 使用更多的先進公車技術：配合 ITS 的發展與新能源之應用，BRT 的技術特性與績效將可與軌道運輸並駕齊驅，加上 BRT 具有公車營運的彈性與低成本、短工期的特性，BRT 將較軌道運輸更為廣為各城市所採用。
- (3) 以 BRT 走廊建設達到人本環境的目標：BRT 的高可及性，配合良好的人行道與自行車道的設計，比其他軌道運輸系統更容易融入街道與生活環境。
- (4) 更善用營運的彈性：各城市的趨勢已經將原本的封閉系統或一線到底的路線設計，逐漸轉成主幹線加上接駁路線的路網擴張，以使 BRT 服務範圍更加擴大。

8. 以本研究內容為出發點，對於國內的 BRT 發展，有下列啟示：

- (1) BRT 系統強調整體設計的重要性，但對於服務設施與工程設計方面，國內的 BRT 系統僅使用單車道專用道與智慧卡、部分的低底盤車輛與動態資訊系統，尚未大規模使用 ITS 技術，工程設計上也未能配合地區道路狀況，提供安全、便捷與舒適的 BRT 系統服務，因此服務設施的改善升級以及工程設計的精緻化，也是未來國內推動 BRT 系統需要注意的方向。
- (2) 相較於國際成功案例，國內 BRT 系統之發展在整體規劃方面仍有改善空間，包括路線或路網的佈設與建設時程配合都市發展的需求、硬體設備上與其他運具的整合應力求完善、營運單位必須因應專用道的使用而提出更有效的經營策略。
- (3) 在執行層面上，國內 BRT 系統的發展缺乏強而有力的專責單位支持，產生政府與民間營運單位在時程尚無法密切配合，而使 BRT 系統無法發揮短期內完工通車的時效性，這種狀況會讓民眾對於 BRT 系統產生不良的印象，更會讓參予 BRT 系統營運之業者陷入困境。
- (4) 票證系統與車輛技術、車站設計等密切相關，嘉義 BRT 目前使用車上收票，使用可通用於南部多縣市的 Taiwan Money 電子票證及高雄捷運發行之一卡通，惟其普及率不高，且南部民眾大眾運輸工具的使用率仍偏低，許多民眾搭乘嘉義 BRT 仍然使用投幣，無法確實掌握旅次的起迄點做為績效分析

的參考資料。票價部分，國內嘉義 BRT 採用公路客運里程計價，8 公里以內 22 元，最高票價可達 80 元(里程 29.3 公里)，而相較於台北捷運里程約 30 公里者之單程票價為 60 元，嘉義 BRT 系統的票價也比當地的公車系統高，雖 BRT 系統服務品質比一般公車佳，但就所得與消費力而言，嘉義 BRT 的票價結構無法成為吸引民眾使用該系統的誘因。

- (5) 國外的 BRT 經驗中商業廣告可挹注營運的收入來源，國內 BRT 系統中較少商業廣告的營收，票價採里程計費，雖較符合成本概念，但相較於其他大眾運輸的費率則偏高，位於道路中央的候車亭無法提供舒適的候車環境，車上或車站也沒有提供其他的娛樂或公眾資訊服務，如何提高服務品質與整體形象，使民眾深刻感受 BRT 相較於傳統公車優異之處，仍有待持續努力。
- (6) 就大眾運輸系統整合而言，聖保羅在 BRT 終點站連接軌道運輸，Brisbane 的 BRT 系統也鄰近通勤鐵路車站，名古屋的 Ozone 車站連結高架 BRT、城市電車系統與地下鐵車站，並提供大量的自行車停車服務，為大眾運輸系統成功的整合範例。國內不論是台北市公車專用道與嘉義 BRT，在與其他大眾運輸的整合上，仍可朝向更方便、快速的連結方式設計。

6.2 建議

本研究在後續相關研究部分，有下列幾點建議：

1. 本研究的評估架構僅就初期的建置成本做概述性的計算，未對於營運及維修成本做進一步的論證，在案例分析過程中，亦發現由於 BRT 設計上的彈性，加上部分設施可能利有現有設備，成本項目並不如軌道運輸明確，其相關成本值在各案例中難以獲得或差距甚大，亦造成實務規劃者在規劃 BRT 成本估算上的困難，無法進行較精確的分析。目前世界相關推動 BRT 的組織或計畫，均已經開始有系統地推動相關績效及成本的數值統計，未來在 BRT 成本的估算方法上將可以更加明確。
2. BRT 與其他大眾運輸系統機制的競合長期以來一直是備受關注的課題，由本研究中的結果也具體顯示 BRT 可以涵蓋公車、輕軌甚至 BRT 的營運績效。但

許多城市仍共同存在兩種甚至三種以上的大眾運輸系統，如洛杉磯，同時有 MRT、LRT、BRT，也都各自有其功能定位及績效。目前並無一套明確的量化方法可以決定城市型態與系統技術的關連性與準則，未來的研究將可朝此方向做進一步之研究。

3. 雖然 BRT 可具有軌道過渡系統的發展方式，但就目前世界 BRT 的發展觀察，此一「BRT 進階 LRT 或 MRT」的方法尚無可論證的案例，無論是加拿大的渥太華或英國的 Leeds，雖有意將 BRT 改為 LRT 發展，但至今均尚未有確實執行的計畫。因此，若思考中長期系統規劃過程，所謂「系統進階」課題並不存在，重點應是如何選擇適合在地需求、符合財務永續的系統與技術型式。換言之，將方案評估(Alternatives Analysis)過程納入可行性研究，應是後續大眾捷運系統規劃過程不可或缺的評估程序。
4. 對於推動 BRT 法制面的研究，後續可針對修正大眾捷運法加入 BRT 系統抑或依循公路法推動 BRT 建設進行深入評估。
5. 有關 BRT 各項設施之標準與功能需求，例如路線長度、站距、班次、車站容量、車隊規模、營運組合、以及開放或封閉 BRT 系統門檻與決策因素，均涉及系統規劃設計及相關成本效益分析，值得後續系統化的分析探討。

參考文獻

1. A guide to the powers, funding and duties of the PTE/As (2005) from PTEG About CA – Government – State of California (2008). from California Official Website <http://www.ca.gov/About/Government.html>(2008/1/16)
2. Balcombe, R. et al. (2004). The Demand for Public Transport: a Practical Guide, Report TRL593
3. Baltes, M. et al. (2003). South Miami-Dade Busway System Summary, Federal Transit Administration.
4. Calthorpe, P. (1993). The Next American Metropolitan; Ecology, Community, and the American Dream, New York: Princeton Architectural Press.
5. Cervero, R. (1998). The Transit Metropolis: A Global Inquiry, Washington, D.C.: Island Press.
6. Cervero, R. and Kockelman, K. (1997). Travel Demand and the 3Ds: Density, Diversity, and Design, Transportation Research Part D, 2 (3): 199-219.
7. Cervero, R., Murphy, S., Feerell, C., Goguts, N., and Tsai, Y. H. (2004). Transit-oriented Development in the United States: Experiences, Challenges and Prospects, Transit Cooperative Research Program, Report 112, Washington, D.C.: Transportation Research Board.
8. Callaghan, L. and Vincent, W. (2007). A Preliminary Evaluation of the Metro Orange Line Bus Rapid Transit Project, the Breakthrough Technologies Institute.
9. Callaghan, L. (2008). “Funding Bus Rapid Transit in the U.S”, Transportation Research Board 87th Annual Meeting, Washing, D.C.
10. California Department of Transportation (2008). from: <http://www.dot.ca.gov/> (2008/1/16)
11. CALSTART, INC. (2006). Vehicle Catalog. A Compendium of Vehicles and Powertrain. Systems for Bus Rapid Transit Service. 2006 Update, Federal Transit Administration.
12. Case Study Miami, from Federal Transit Administration: http://www.fta.dot.gov/assistance/technology/research_4373.html (2006/8/15).
13. Chang, S.K. and Sun, J. (2004). Progress and prospect of BRT in Taiwan, prepared for the China BRT Forum, the Energy Foundation, Beijing.
14. Chang, S.K., (2005). APTS: Technologies and Case Studies, Invited Presentation in 2005 ITS World Congress, San Francisco, U.S.A.
15. Chang, S.K., (2006). Review and Prospect of ITS Development in Taiwan, Invited Presentation in the Executive Session of the 8th Asia Pacific ITS Forum, Hong Kong, China °
16. Chang, S. K. (2008). Rationale of Bus Rapid Transit-oriented Development, paper prepared for Training Workshop on Mass Transportation System organized by GTZ, SUMA, and the Energy Foundation, Jinan, CD-ROM proceeding.
17. Chang, S. K., Lu, Y.C. and Lin C.H. (2009). “Assessment of ITS Technologies for Bus Rapid Transit”, Transportation Research Board 88th Annual Meeting, Washing, D.C.
18. City of Los Angeles Department of Transportation (2008). from <http://www.lacity.org/LADOT/> (2008/1/16)
19. Cliff, H. (2006). Prospects for Employing Public-Private Partnerships in U.S. Bus Service Delivery, NABI USA Inc.
20. Darud, A. et al. (2006). Circle Line Alternatives Analysis Study, Federal Transit

- Administration's New Starts Process
21. Diaz, R.B. and Schenck D.C., (2000). Bus rapid transit technologies in the Americas : An overview, *Transportation Research Record*,1731: 1-9
 22. Diaz, B. et al. (2009). Characteristics of Bus Rapid Transit for Decision Making, Federal Transit Administration Demonstration Program.
 23. Diaz, R.B. and Mojica, C. (2009). Capitalization of BRT Network Effects into Land Prices, *Transportation Research Board 88th Annual Meeting*, Washing, D.C.
 24. Dittmar, H., and Ohland, G. (2004). *The New Transit Town: Best Practices in Transit Oriented Development*, Washington, D.C: Island Press.
 25. Dynes, R. C. (2007). CALIFORNIA STATE GOVERNMENT THE EXECUTIVE BRANCH, from California Official Website
 26. Faber Maunsell (2006). Leeds BRT Priority Measures, EYPTA
 27. Federal Agencies and Commissions (2008). from the White House <http://www.whitehouse.gov/government/independent-agencies.html>
 28. Fulton, L., Hardy, J., Schipper, L., and Golub, A. (2002). *Bus Systems for the Future: Achieving Sustainable Transport Worldwide*, Paris: International Energy Agency.
 29. FY 2009 New Starts and Small Starts Evaluation and Rating Process (2007). From Federal Transit Administration and Office of Planning and Environment and US Department of Transportation.
 30. Grant Programs, from Federal Transit Administration http://www.fta.dot.gov/funding/grants_financing_263.html(2007/9/17)
 31. Gleave, S. (2005). What Light Rail Can Do for Cities: a Review of the evidence, Passenger Transport Executive Group
 32. Hardy M., Florin, J., and Roberts, D., (2003). ITS Enhanced Bus Rapid Transit, FTA-DC-26-7075-2003.1, Federal Transit Administration.
 33. Hidalgo, D. and Graftieaux, P. (2008). BRT Systems in Latin America and Asia: Results and Difficulties in 11 Cities, *Transportation Research Board 87th Annual Meeting*, Washing, D.C.
 34. Hsu, L. R. (2009). "Project Cost Models for Mode Choice between Light Rail and Bus Rapid Transit Systems", *Transportation Research Board 88th Annual Meeting*, Washing, D.C.
 35. Levinson, H. et al. (2003). *Bus Rapid Transit Volume 1: Case Studies in Bus Rapid Transit*, Transit cooperative research program, Report 90, Washington, D.C.: Transportation Research Board.
 36. Levinson, H. et al. (2003). *Bus Rapid Transit Volume 2: Implementation Guidelines*, Transit cooperative research program, Report 90, Washington, D.C.: Transportation Research Board.
 37. Levinson, H. et al. (2007). *Bus Rapid Transit Practitioner's Guide*, Transit cooperative research program, Report 118, Washington, D.C.: Transportation Research Board.
 38. Lam, S. H. and Toan, T. D. (2006). Land transport policy and the public transport in Singapore, *Journal of Transportation*, 33(2): 171-188.
 39. Litman, T. (2002). *Evaluating Public Transit Benefits and Costs*, Victoria: Victoria Transport Policy Institute.
 40. Vuchic, V. (1981). *Urban Public Transportation Systems and Technology*, Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
 41. Los Angeles County Metropolitan Transportation Authority (2008). from: <http://www.metro.net/> (2008/1/27)
 42. Los Angeles Metro (2006). from: <http://www.mta.net/press/pressroom/facts.htm>

- (2006/6/27)
43. Martins, W. C. (2004), 快速公交系統，取自中國快速公交網站：
<http://www.brtchina.org/>
 44. Menckhoff, G. (2005), "Latin America Experience in BRT", Annual Meeting – Institute of Transportation Engineers Melbourne
 45. Metro (2006). Proposed Light Rail Schemes in Leeds, Manchester and South Hampshire, National Audit Office of the role of the Department for Transport
 46. Metro (2006). Best Value Performance Plan 2007-2008, West Yorkshire Passenger Transport Authority (WYPTA) and West Yorkshire Passenger Transport Executive (WYPTE)
 47. Miami-Dade Transit (2008). From: <http://www.miamidade.gov/transit/home.asp>.
 48. Miller, M.A. and Buckley S.M, (2001). Bus Rapid Transit Institutional Issues: The Route from Research to Experience, Transportation Research Record, 1760: 34-41
 49. Moser, J. (2008). Transportation Master Plan (TMP) Update, 2008, Ottawa: Ottawa City Government.
 50. National Audit Office (2004). Improving Public Transportation in England through Light Rail, The Stationary Office
 51. New Starts Project Planning & Development, from Federal Transit Administration OPSI (Office of Public Sector Information) <http://www.opsi.gov.uk> (2008/4/20)
 52. Orange Line Interactive (2008). from: http://www.metro.net/projects_programs/orangeline/images/ol_interactive.htm (2008/1/27)
 53. Parjus, A. et al. (2003). The South Miami-Dade Busway, Miami-Dade Transit Agency, Federal Transit Administration Demonstration Program.
 54. Patel, H. (2006). "Metro Orange Line – Design and Construction", presentation on April 20, 2005.
 55. Phillips, D. (2004). Guided Busway Design Handbook. British in-situ Paving Association, Blackwater, Camberley, Surrey.
 56. Proposed Guidance on New Starts/Small Starts Policies and Procedures (2007/2/5). From Federal Transit Administration and Office of Planning and Environment and US Department of Transportation.
 57. Rex, G. (2006). Los Angeles Metro Rapid Program, Proceedings of the 2nd International Conference.
 58. Rabinovitch, J. and Hoehn, J. (1995). A Sustainable Urban Transportation System: The "surface Metro" in Curitiba, Brazil, Madison: University of Wisconsin-Madison.
 59. Rodriguez, D.A. and Mojica, C. (2009). Capitalization of BRT Network Effects into Land Prices, Transportation Research Board 88th Annual Meeting, Washing, D.C.
 60. Southern California Association of Governments (1998). Regional Transportation Plan, from: http://www.metro.net/projects_programs/data_statistics.htm (2008/1/27)
 61. Song, M.K.; Li, M.; Zhang, W.B.; Li, J.Q. (2009). Planning for Bus Rapid Transit in a Single Dedicated Bus Lane, Transportation Research Board 88th Annual Meeting, Washing, D.C.
 62. Siggerud, K. et al. (2007). Future Demand Is Likely for New Starts and Small Starts Programs, but Improvements Needed to the Small Starts Application Process, General Accounting Office (GAO) analysis
 63. South Miami-Dade Busway (Miami). From: The Bus Rapid Transit Policy Center <http://www.gobrt.org/db/project.php?id=219> (2008/1/3).

64. Takeshita, H.; Kato, H.; Hayashi, Y.; Shimizu, K. (2009). Evaluating Bus Rapid Transit System in Nagoya City, Transportation Research Board 88th Annual Meeting, Washing, D.C.
65. The Transit Coalition (2007). "Historical Metro Gold Line Boardings", from: <http://thetransitcoalition.us/Metro%20Ridership.htm>.(2007/3/30)
66. Transportation Management & Design, Inc. (2002). Final Report of Los Angeles Metro Rapid Demonstration Program, FTA.
67. TransMilenio (Bogota). from The Bus Rapid Transit Policy Center: <http://www.gobrt.org/db/project.php?id=219> (2008/1/23)
68. TransMilenio (2008). from:<http://www.TransMilenio.gov.co>
69. United States General Accounting Office (2001). Bus Rapid Transport Show Promise, United States General Accounting Office.
70. Wright, L. (2003). Bus Rapid Transit, Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities Module 3b.
71. Wright, L and Hook, W. (2007). Bus Rapid Transit Planning Guide, New York: Institute for Transportation Development and Policy.
72. Wright, L. and Fulton, L. (2005). Climate change mitigation and transport in developing nations, Transport Reviews, 25(6), 691-717.
73. Zhang, M. (2007). The Chinese Edition of Transit-Oriented Development, Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board, 2038: 120-127.
74. Zhang, M. (2009). Bus versus Rail: Meta-Analysis of Cost Characteristics, Carrying Capacities, and Land Use Impacts, Transportation Research Board 88th Annual Meeting, Washing, D.C.
75. 王子棟(2006),「捷運化公車準點控制模式之研究」,中央警察大學交通管理研究所碩士論文。
76. 王海英(2007),「中國城市快速公交系統建設示例」,城市交通,2007年05期,第56-69頁。
77. 中國城市規劃設計研究院交通所(2006),快速公交規劃中的幾個問題。取自中國快速公交網站:<http://www.brtchina.org/BRTcom/zhaojie.pdf>(最後點閱日期:2008/1/28)
78. 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,2007年04期,第76-80頁。
79. 吳綱立、Cervero, R.、蔡育新(2002),大眾運輸導向發展理念整合於都市發展管理之研究:美國經驗與台灣經驗之比較,「中國民國運輸學會第17屆論文研討會」,台北,光碟版論文集。
80. 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。
81. 北京市統計局(2004、2007),「地方年度統計公報」,中國統計局網站。取自:<http://www.stats.gov.cn/>(最後點閱日期:2008/1/26)。
82. 宇恆可持續交通研究中心(2006),「北京快速公交1號線圖集2」。
83. 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)。
84. 徐康明譯(2003),波哥大快速公交系統之收支平衡, APTA News Letter By George G. Wynne.
85. 徐康明(2003),「洛杉磯為何不想建地鐵」,中國人民日報,取自<http://www.brtchina.org/> (2008/1/27)

86. 涂露芳(2007),「地鐵八號線為中軸線添地下快捷通道」,北京日報。取自：
<http://jtcx.beijing.cn/>(最後點閱日期：2008/1/27)。
87. 濮大威、蘇志強、鍾慧諭、陳柏君、邱詩純、楊立、李嘉軒(2004),「公車捷運化設計手冊之研究(1/2):BRT 發展探討」,台北,交通部委託鼎漢國際工程顧問股份有限公司研究。
88. 濮大威、蘇志強、鍾慧諭、陳柏君、邱詩純、楊立、李嘉軒(2004),「公車捷運化設計手冊之研究(1/2):設計手冊」,台北,交通部委託鼎漢國際工程顧問股份有限公司研究。
89. 濮大威、張學孔、鍾慧諭、陳柏君(2004),公車捷運系統本土化之探討,「第17屆國際華人運輸協會年會暨學術研討會」,台北,光碟版論文集。
90. 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信息,2007年第4期,第137-142頁。
91. 林育正(2004),「大客車車體設計技術介紹」,財團法人車輛測試中心。
92. 林志勳(2006),「整合智慧運輸技術於公車捷運系統之研究」,台灣大學土木工程研究所碩士論文。
93. 胡文萇(2006),「以人體舒適度檢視台北市公車專用道之設置-以羅斯福路段為例」,文化大學建築與都市計畫研究所碩士論文。
94. 楊子葆等人(1998),「台灣地區引進輕軌運輸系統技術型式選擇之研究」,交通部運輸研究所委託鼎漢國際工程顧問公司專題研究報告。
95. 范海雁(2007),「城市公車輛的發展方向分析」,城市車輛,2007年03期,第154-158頁。
96. 蔚青(2007),「常隆客車與斯堪尼亞簽訂BRT快速公交客車技術合作協議」,城市車輛,2007年07期,第10-12頁。
97. 許添本等人(2006),「輕軌與公車捷運系統納管之研析」,交通部運輸研究所委託專題研究報告。
98. 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,第31-33頁。
99. 賴玥蓁(2007),「公車捷運系統適用條件之研究」,交通大學交通運輸研究所碩士論文。
100. 張有恆(2007),「軌道運輸管理」,華泰書局。
101. 張有恆(2009),「都市公共運輸」,華泰書局。
102. 張維修(2008),「巴西的整合式城市管理經驗和嘉義BRT」,環境資訊中心。
103. 張學孔、吳英立、陳信雄(1997),「電子票證系統對公車乘客服務時間影響之評估研究」,運輸學刊,第10卷第1期,第163-184頁。
104. 張學孔等人(1997),「臺北市公車專用道及棋盤路網功能加強之研究」,台北市政府交通局委託台大慶齡工業研究中心專題研究報告。
105. 張學孔、錢學陶、杜雲龍(2000),「大眾運輸導向之都市發展策略」,捷運技術,第22期,第1-16頁。
106. 張學孔等人(2000),「促進大眾運輸發展方案成效評估與技術推廣應用之研究」,交通部運輸研究所委託中華民國運輸學會專題研究報告。
107. 張學孔、杜雲龍(2001),「應用大眾運輸導向之都市發展政策—大眾運輸系統沿線土地使用調整策略」,中華民國區域科學學會2001年會論文集,台北,第B1-B16頁。
108. 張學孔、劉育儒、陳信雄(2001),「先進公車系統自動車輛定位與通訊技術之

- 評估研究」，運輸計劃季刊，第 30 卷第 1 期，第 203~236 頁。
109. 張學孔等人(2002)，「促進大眾運輸發展方案後續推動方案之規劃」，交通部運輸研究所委託中華民國運輸學會專題研究報告。
 110. 張學孔等人(2002)，「台北市永續運輸發展政策及可行性推動策略—以內湖新開發區(含大直重劃區)未來發展為案例」，台北市政府交通局委託中華民國運輸學會專題研究報告。
 111. 張學孔(2003)，「國際都市公車捷運系統之發展」，台北市政府專題演講。
 112. 張學孔(2004)，「大眾運輸政策：公車捷運系統之優勢與發展趨勢」，第十四次國內重大工程績效研討會論文集，中國工程師學會。
 113. 張學孔、孫千山(2006)，「Sub-Stop 停站方式下公車捷運系統模擬模式構建與分析」，中國運輸學會第 17 屆論文研討會，台北，光碟版論文集。
 114. 張學孔(2008)，「軌道運輸發展應重視財務與政策機制之永續性」，2008 軌道運輸論壇專題演講，中華民國運輸學會與成功大學交通管理科學系共同舉辦。
 115. 張學孔(2008)，「北京與常州快速公交系統之比較」，第 21 屆國際華人運輸協會(ICTPA) 年會暨學術研討會，南京，光碟版論文集。
 116. 張學孔(2007)，「我國應積極推動公車捷運系統」，運輸人通訊，中華民國運輸學會，第 1-19 頁。
 117. 張學孔、吳奇軒、蔡奇宏(2008)，「大眾運輸都會發展策略」，城市發展，高雄，第 10-39 頁。
 118. 張學孔、呂英志(2009)，「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，台北，第 51-79 頁。
 119. 張學孔等人(2009)，「言題推到大眾捷運系統建設與營運永續發展機制之研究」，交通部運輸研究所委託中華民國運輸學會專題研究報告。
 120. 邴文光(2005)，「輪胎新科技在客運領域的應用及前景」，城市車輛，2005 年 04 期，第 154-158 頁。
 121. 張瑞霖、邱啟仁(2005)，「考察日本輕軌運輸系統設計施工及營運管理」，交通部出國報告書。
 122. 郭瑜堅(2008)，「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研究所博士論文。
 123. 鄭長路、徐康明(2007)，「北京快速公交疏通“首堵”的良策(初稿)」，北京暢達通客運股份有限公司。
 124. 鄭永忠(2003)，「公車捷運系統發展策略之研究」，台灣大學土木所碩士論文。
 125. 陳信雄(1998)，「先進大眾運輸系統規劃與技術評估」，台灣大學土木工程研究所碩士論文。
 126. 陳全世(2007)，「混合動力公交客車的推廣及相關國家政策」，城市車輛，2007 年 03 期，第 37-38 頁。
 127. 陳韋伶(2006)，「票證技術對公車捷運系統設計與營運之影響」，台灣大學土木工程研究所碩士論文。
 128. 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，2004 年第 2 期，pp25-28。
 129. 隋振江(2004)，「北京 BRT：規劃與示範」，建設科技，2004 年第 23 期，第 14-15 頁。
 130. 崔伯義、張學孔、魏雲魯、呂英志等人(2008)，「高鐵嘉義站聯外 BRT 執行方案之檢討與建議」，交通部高速鐵路工程於委託研究。

131. 趙杰(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。
132. 鍾慧諭、鍾智林、陳柏君、陳偉業、邱詩純(2005),「公車捷運化設計手冊之研究(2/2)」,台北,交通部委託鼎漢國際工程顧問股份有限公司研究。
133. 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。
134. 解建華、徐康明(2006),「北京快速公交乘客登降速率調查研究」,宇恆可持續交通研究中心。
135. 閔雅彬(2006),「北京 BRT 的建設與發展」,城市車輛,2006 年 06 期,第 26-27 頁。
136. 劉璇亦(2007),「建設北京 BRT 系統—構建可持續發展的城市交通模式」,第二屆全國技術高峰論壇—城市道橋與防洪。
137. 閔亮(2006),北京 BRT 仍有進步空間,「商用汽車新聞」,2006 年 17 期,pp10。
138. 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
139. 鼎漢國際工程顧問公司(2007),「高雄市公車路網規劃與建置計畫」,高雄市政府委託研究。
140. 戴煒(2005),「BRT 技術成功運用的範例——波哥大城市交通掠影」,廣州交通規劃研究所。





附錄一 BRT 案例彙整

本本研究案例分析除邁阿密、洛杉磯、北京、常州、波哥大、嘉義及台北市公車專用道外，附錄並蒐集巴西庫里堤巴(Curitiba)、加拿大渥太華(Ottawa)、澳洲布里斯本(Brisbane)及日本名古屋(Nogoya)等四個 BRT 發展案例。

1.1 巴西 Curitiba

一、 城市基本資料

Curitiba 市係位於南美巴西南方帕拉那(Pananá)省之首府，為一中型都市，土地面積約為 431 平方公里，1965 年人口約為 40 萬人，至 1995 年人口已增為 4 倍，超過 160 萬人，而今日 Curitiba 都會區約有人口 230 萬人，平均每平方公里 5337 人，已成為重要工商業中心。巴西年家庭收入水平最高 5150(美元/年)，主要以發展光電、積體電路、生技及精密機械產業為主，又被稱為生態環保城市。

二、 城市交通狀況

Curitiba 擁有全巴西次高之私人運具持有率(每千人擁有 267 輛小汽車，僅次於首都巴西利亞)，但有 70%之通勤乘客採用公車捷運系統。

三、 系統規劃

巴西 Curitiba(Curitiba)發展大眾運輸大致分為三個階段：1943~1970 的規劃階段、1972~1988 整合大眾運輸路網之行動方案落實執行階段、1989 迄今為實施直達車和管狀候車亭之改進階段。

起源 1943 年的 Agache Plan 為應對二次世界大戰後的發展以及巴西當時致力於汽車製造業，法國規劃師 Alfred Agache 提出了以滿足汽車及貨車需求為優先，將城市規劃為環型城市的計劃，並建設軸幅路網，提倡大規模的基礎設施建設。

但因沒有足夠資金實施 Agache Plan，且人口密度高、嚴重的交通擁塞，為解決此現象，1965 年當地官員組織了規畫師及建築師以「競賽」的方式編制城市的總體規畫(Master Plan)，提出不同於 Agache Plan 的規劃，以滿足人的機動性需求行為，打造一座線型的城市，實施市中心禁止汽車通行並把市區的街道改為步行街，形成完全封閉式的公車專用道，在有三條平行道路組成的城市軸線道路公車系統，具有三種不同服務層次的大容量快速和支線公車系統，又稱為「三重軸線道路系統(Trinary Road System)」，利用中心二條完全隔離的車道給大容量的公車使用，中央公車道二側是二條單向的道路，可提供車輛直接出入二旁的建築並可在轉乘站換乘支線或搭乘穿越市區

的公車的概念，如圖 1.1-1 所示，形成混合型的土地使用，土地發展密度呈梯形狀遞減，居住密度隨著距離公車專用道的增加而減少的特色，如圖 1.1-2 所示。三重軸線道路得益於 1943 年制定的 Agache Plan，因當初修建大規模的基礎設施建設預留了足夠的用地。

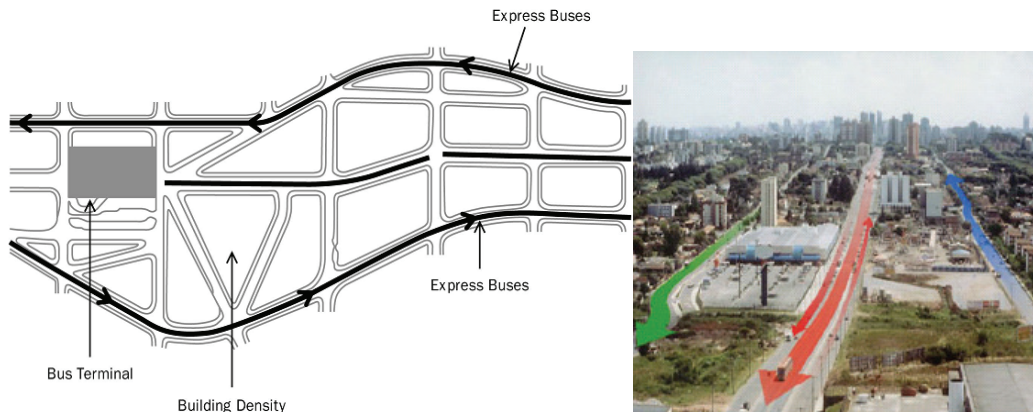


圖 1.1-1 Trinary Road System

資料來源：(Institute of Urban Planning and Research of Curitiba, IPPUC) 網站

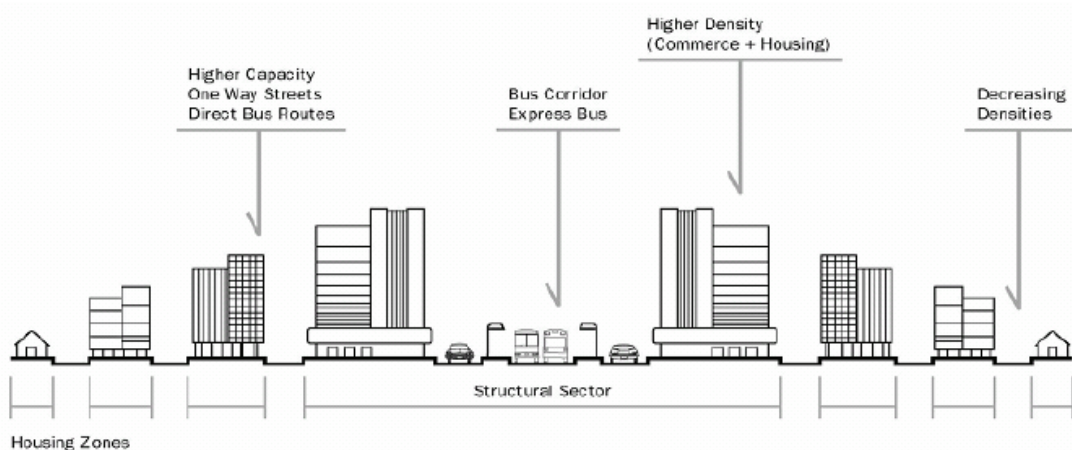


圖 1.1-2 土地發展密度呈梯形狀遞減

資料來源：(Institute of Urban Planning and Research of Curitiba, IPPUC) 網站

1979 年整合大眾運輸路網 Integrated Transit Network(ITN)，跨區域的大眾運輸服務，建立「主線+支線」的蜘蛛網狀路網系統，提供環狀區間接駁路線服務，如圖 1.1-3 所示，旅次產生及旅次吸引足以維持班次密集和大容量的主幹線公車服務。

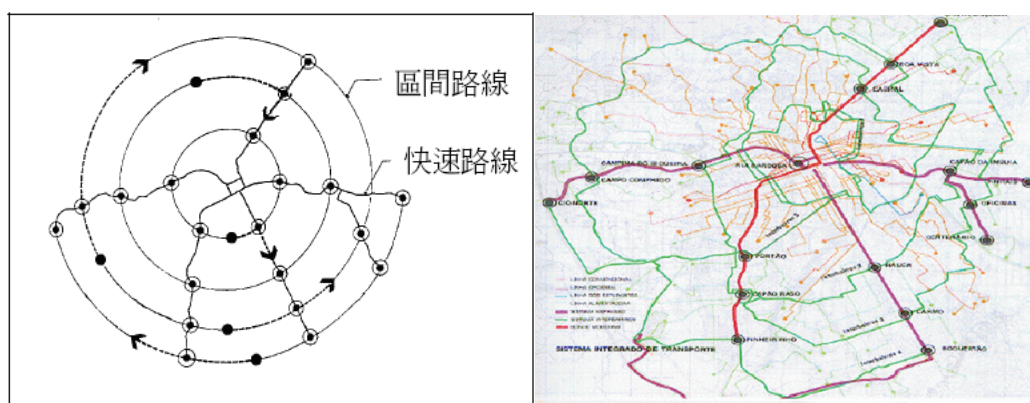


圖 1.1-3 巴西 Curitiba 的公車路網結構

Curitiba 是開發中國家的中型城市，透過前瞻性的規劃與市長英明之決策領導，創造了世界級之公車捷運系統路網，不僅是第三世界城市爭相學習之典範，也為先進國家之城市提供了寶貴的經驗。至今已建置了五條主要運輸走廊共 65 公里的公車專用道與 300 公里的接駁公車專用道，每日服務 190 萬的旅次。

四、系統興建過程與配套措施

根據 The Bus Rapid Transit Policy Center 網站分析，CuritibaBRT 系統每公里造價約為 20 萬美元。根據營運里程計算營收而不是載客的數量，主要是為了平衡公車路線的分配及消除主要道路的擁擠，以確保服務品質，10 間私人公車公司營運皆獲利，可以得到在車輛資本支出的 1% 作為補貼。

CuritibaBRT 系統裝設有優先號誌系統，於主幹線上，公車駕駛可以直接操作交通號誌，以優先號誌提供公車之優先權，同時也採取了一系列措施來保持公車專用道上之速率，而為了改善各車站之服務效率，Curitiba 採用世界第一個公車車外收費系統，以旋轉門配合人工收票方式運作，近幾年由於 ITS 之發展，刻正進行電子票證系統之研究。

完善地整合交通運輸路網亦是該系統成功之因素，最關鍵之部份在於路網規劃與都市土地使用計畫緊密的結合。其相關配套措施項目與配套措施實施期程與成果如下：

(一) 土地混合使用

Curitiba 整合公車路網軸線沿線兩街區以內均作為住商使用混合區，其住宅密度沿著建設主軸依次下降，並且利用容積獎勵鼓勵土地混合使用。

(二) 提昇大眾運輸軸線使用容積

商業區之容積率提高至 500%，住宅大樓提高至 400%；而且大樓的一、二樓層均作為商業用途，並規定二樓以上的樓層必須退縮至基地線後 5 公尺，使公車專用道得以獲得充足日光照耀，提升服務品質。

(三) 提供大眾運輸沿線之開發獎勵

Curitiba 政府為了照顧低收入戶的權益，在過去 25 年內於公車專用道旁建設了 20,000 戶平價住宅供居民申購。而為了補助低收入戶的購屋，當建商提供一定額的低收入戶購屋補貼基金時，將可多得到兩層樓的容積率。此政策提出後，使得 Curitiba 政府在四年內募集到 2 百萬美金的補貼基金。在前述土地使用政策下，Curitiba 市之建物發展，住商混合使用大樓沿大眾運輸街道集中直立，低密度住宅與公園、綠地之開放空間環繞著一群群高聳大樓，除了維護居民基本行的便利性外，亦同時創造良好都市景觀，兼顧休閒遊憩

與環境保護之需求，提供高品質之都市生活。

五、 營運狀況

目前，平日整體運量達 34 萬人次，晨峰單向亦可達到 11,000 人次。其中 12 條直達車路線每日運量達 22.5 萬人次，Curitiba 之大眾運輸路線數僅次於 Belo Horizonte，資料顯示 Curitiba 之大眾運輸路線已遠超過同等級之都市；每千人擁有公車數也僅次於 Belo Horizonte 與首都 Brasilia。

此外，由每千人旅程公里數可知，透過混合土地使用策略將可大幅減少乘客之旅次；每路線服務公里、每公里乘客數可知，Curitiba 裡用公車專用道與幹線公車服務提升大眾運輸使用率，其成效相當顯著。雖然 Curitiba 擁有 50 多萬輛私人汽車，但有 75% 的工作通勤者選擇搭乘公車，28% 的乘客是從私人運具方式移轉過來的，平均每人每年搭乘大眾運輸的旅次達 350 次。

六、 小結

綜合以上所述，Curitiba BRT 系統成功的轉移小汽車使用者至大眾運輸，根據 1991 年的調查，由於 BRT 系統的營運，Curitiba 每年約減少了 2700 萬的小汽車旅次及 2700 萬公升的燃油。約有 28% 的 BRT 使用者是從小汽車轉移的。Curitiba 在燃油的節省與空氣污染的程度皆優於巴西其他 8 個同類型的城市。其公車數量以及所服務的旅次數亦為 20 年前的 50 倍，在交通上投注的資金僅占城市收入的十分之一，以合理的成本快速的解決交通問題，成功的發揮了 BRT 之特色，足以成為其他城市之楷模。

1.2 加拿大渥太華(Ottawa)

一、 城市基本資料

加拿大的首都渥太華位於安大略省東部與魁北克省交界處，渥太華河下游南岸，與魁北克省隔河相望。面積 2,778.64 平方公里，為加拿大第四大城市，2006 年總人口數為 1,148,785，勞動力占 686,000 人，人口密度為每平方公里 413.5 人。年平均所得 \$39,713(加幣)，主要產業為資訊科技、電信、生命科學、旅遊。1 月均溫 -6°C，7 月均溫 27°C，全年高低溫介於 -37~38°C 之間，11~4 月間會下雪，天候對交通系統之設計影響為其特色。

二、 系統規劃

1970 年卡爾頓(Carleton)區議會花費一年的時間尋問市民的意願來確定未來理想的用地模式，1974 年區議會批准了一個多中心(Multicenter structure)的城市結構，即渥太華市中心保有整個區域主要商業、就業和文化中心，在其外圍有層次地環繞著一級和二級的城市中心，為實現這樣的結構，採取的主要手段為公車專用道，要求城市發展集中在大眾運輸沿線，路網型態由市中心分 5 條輻射狀路廊向外延伸，路權大部分利用公有地(如早

期電車路權、高速公路用地、綠園道等)，並串聯主要就業中心、零售業與服務業。都會區採多核心發展模式，並以大眾運輸來連結，將公共運輸之重要性優先於所有公路建設或道路拓寬計畫，並將就業與零售業規劃於大眾運輸沿線以支援走廊雙向之需求，建構一個彈性化的整合型大眾運輸路網，並制定「大眾運輸優先」的理念。

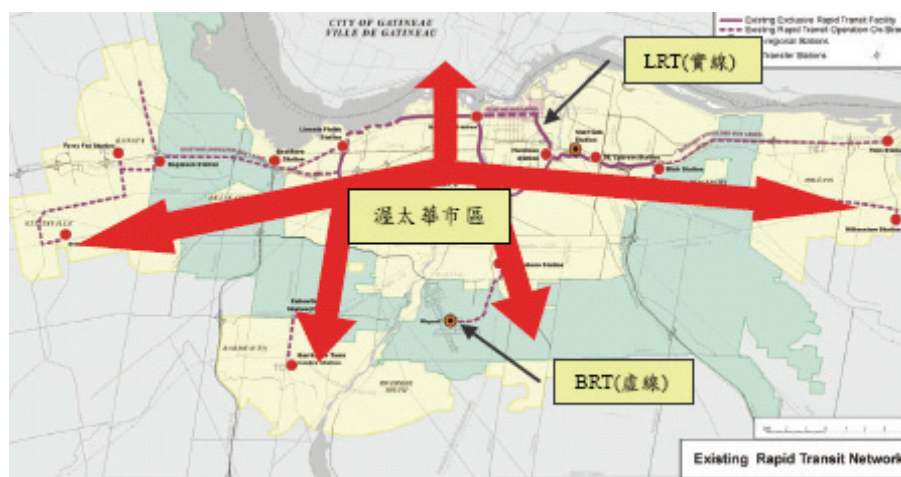


圖 1.2-1 渥太華之多核心發展與 BRT 路線

資料來源：張學孔、呂英志(2009)

渥太華 BRT 系統於 1983 年啟用，至 1996 年全線通車，路線總長度為 31 公里，其路網形態由市中心分五條路廊成輻射狀向外延伸，以連結各個重要的核心都市，雖為 BRT 系統，但其設施規劃為採用輕軌系統之標準，以保留未來系統升級的彈性。其系統特性主要為車站的聯合開發，其沿線約有 1/4 之車站以聯合開發方式整合，並配合大眾運輸發展導向之政策，目前已有 50% 以上進出市中心區的旅次使用公車運輸系統。

三、系統興建過程與配套措施

1996 年耗資約 4 億美元建成 31 公里的 Transitway 配套措施項目與實施成果如以下：

(一)收費系統

加拿大雖然仍採用傳統車上收費技術，但為降低乘客上車之付費時間，推行所謂的通勤月票。根據統計平均約有 70% 的人次使用月票，此比例於尖峰時段更高，同時允許持月票或者有付費轉乘證明之乘客由連結公車之後門上車，提高上下車效率，並利用抽查制度來防止逃票。

(二)車站聯合開發

有高達 1/4 之車站以聯合開發方式整合。最著名的為 St. Laurent 購物中心為地主捐地(以減輕停車要求回饋)，並設置雙層車站連接購物中心。此購物中心約有 30% 顧客使用公車。

(三)大眾運輸發展導向(TOD)

區域計畫要求大型之辦公大樓(提供 5000 個以上的就業機會)與購物中心(面積達 3.5 萬平方公尺以上)必須設置在大眾運輸車站 5 分鐘之步行距離範圍內。

(四)支持性的停車政策

1983 年 Transitway 啟用時，聯邦政府取消其雇員的免費停車待遇，減少市中心停車位的供應，制定彈性上下班制度使公車使用分布更均勻，並限制在公車專用道路的車站設置停車轉乘 (park-and-ride) 設施，且 Ottawa 市政府允許購物中心每提供一個公車停靠位，即可少建 25 個停車位。

(五)大眾運輸服務訊息

主要大眾運輸樞紐及購物中心的大型螢幕上皆提供大眾運輸服務訊息，另外還有全自動的電話資訊查詢系統，所有車站皆有以「560」開頭的電話號碼，可尋問每個車站下 2 班公車到站的時間或延遲情況，多發生在發車間距較長的非高峰時段，根據統計，有 82% 的家庭「知道」此系統，26% 的家庭「經常」使用，此服務使 BRT 系統在非尖峰時段的乘客增加了約 8%。

四、營運狀況

圖 1.2-2 為 2005 年至 2007 年間乘客旅次分配數(百萬名乘客/年)及個人的年旅次數，發現 2007 年的乘客數比 2006 年增加了 4.1%，又 2006 年比 2005 年的乘客數增加 2.5%。個人的年旅次數成長率約為 3%，乘客的經驗及行銷的推廣還有服務管理能開拓新的市場，預計 2008 年到 2012 年的搭乘人數仍將持續增加。

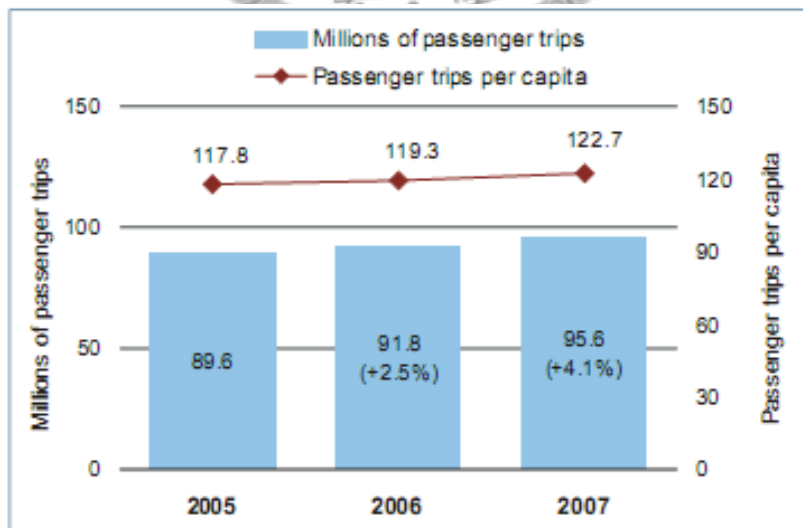


圖 1.2-2 2005 年~2007 年的乘客旅次分配

資料來源：OC Transport Transit Services Annual Performance Report

圖 1.2-3 顯示 2005 年~2007 年 Transitway 的每小時營運公里數，可以

發現 2007 年和 2006 年保持一樣的數據：每小時 27.3 公里。

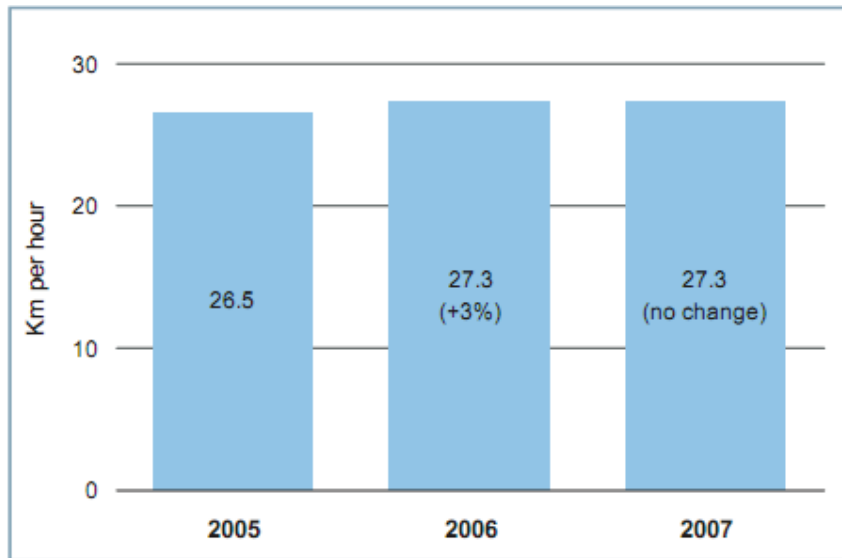


圖 1.2-3 2005 年~2007 年每小時營運公里數

資料來源：OC transpo Transit Services Annual Performance Report

五、 小結

渥太華在 1970 年代即有 TOD 之觀念，BRT 之建設乃配合整體都市規劃，要求城市發展集中在大眾運輸沿線，以大眾運輸連接都會區各個核心，強調「大眾運輸優先」之概念，透過相關之配套措施，如車站的聯合開發、停車政策，落實大眾運輸導向發展，目前以有 50% 以上進出市中心區的旅次使用 BRT 系統，目前運量持續成長中，預計未來仍會持續增加。

1.3 澳洲 Brisbane

一、 城市基本資料

Brisbane 是昆士蘭首都，且為澳洲第三大城市，Brisbane 市人口(包括周圍 50 公里內的衛星市鎮)共計有 185.7 萬。澳洲年均國民所得為 32,900(2006 est.) 澳元，2006 年之消費者物價指數為 155.5(以 1989-90 為基期)，通貨膨脹指數 Inflation(CPI)為 3.8%(2006 est.)。

其主要輸出產業有羊毛、糖、肉類、穀物以及礦物，在工業方面有造船、煉油廠、食品加工、鐵路運輸、汽車工業、塑膠業、營造及肥料等工業。本市就業人口最多的五大行業分別是工商業(5.9%)、教育業(4.6%)、衛生暨醫護服務業(4.2%)、百貨零售業(3.6%)以及食品雜貨業(3.3%)。

2001 年 Brisbane 的勞動人口有 80 萬 2107 人，其中的 59.8% 是全職工作、29.8% 為半職或兼差、2.6% 的工作則不定時或未說明工作時間，還有 7.8% 是失業人口。另外有 42 萬 7991 人年滿 15 歲者未登記為勞動人口，其中可能包括學生、家庭主婦、退休者或殘障人士。

二、 城市交通狀況

Brisbane 交通概況境內有兩座機場、一個鐵路路網及幹道來服務 Brisbane 之交通，大眾運輸方面，Brisbane 1990 年底決定規劃公車專用道，其發展分為兩階段，第一階段為 Brisbane CBD 到 Woolloongabba，於 2000 年通車，第二階段為 Brisbane CBD 到 Eight Mile Plains 於 2001 年通車。

三、 系統規劃

澳洲昆士蘭省政府、聯邦政府及地方政府於 1995 年發展區域整合計畫 IRTP(Integrated Regional Transport Plan)把通勤鐵路和公車路線做整合，決定採適合都市分散發展特性的 BRT 做為都市的主要大眾運輸系統。

BRT 有 5 條運輸，避開與軌道系統重疊，以擴大服務範圍，路網規畫係使用現有公車專用道及延長路線，其路網規劃圖可見圖 1.3-1，BRT 路網營運時間為早上 6:00 到晚上 11:00，尖峰時段 10 分鐘一班車，離峰 15 分鐘一班車，Brisbane 亦規劃公車升級區域(Bus Upgrade Zone, BUZ)，加強 BRT 效率，將公車與鐵路運輸整合設立轉運點，其路網圖見圖 1.3-2，Golotta 及 Hensher(2008)的研究中，預測 Brisbane BRT 之最佳之需求在長期下，尖峰小時可達 10,000 人次，在營運前五年可達每小時 15,000 之運量。

成本估計方面，將 BRT 系統分成幾部分估計，東南 BRT 走廊，成本預估每公里約 24 到 40 百萬元澳幣每公里，北方內陸支線估計 333 百萬澳幣建造，Boggo Road 線估計需要 226 百萬澳幣建造。



圖 1.3-1 Brisbane BRT 路網圖



圖 1.3-2 公車升級區域(Bus Upgrade Zone, BUZ)路網圖

四、系統興建過程與配套措施

東南線建設成本約在 400 到 660 百萬澳幣間，北方內陸支線為 135 百萬澳幣，相關配套措施如下：

(一) 配套措施項目

公車專用道控制中心採用最先進的智慧交通系統(ITS)管理公車專用道基礎設施和運作。

1. 閉路監視(CCTV)

車站、隧道和公車專用道沿線共安裝了 140 台攝影機。多數車站有 12~16 個攝影機。日間、夜間及公車營運時段後的監控每 4 秒鐘刷新一次，並顯示在公車專用道控制中心的 21 個螢幕上加以監視。營運時段後監控依靠的是動態感應裝置來驅動監控裝置。攝影機內已預先編制了日間、夜間、營運時段後攝影位置。各車站採用巨集指令定位。所有影像每天 24 小時儲存、保存 2 個星期。影像資料壓縮後由傳送給公車專用道操作中心。

2. 語音轉換系統(VSS)

語音轉換系統包括一系列電腦觸控式螢幕啟動，廣播系

統、緊急電話、電梯、隧道、與議會的雙向通訊(TMR 和 PMR)、公車司機和布里斯班交通系統的網路協調中心(NCC)。另外還控制公車專用道操作中心的 PABX 電話系統。廣播系統可以迅速將資訊傳遞到整個公車專用道系統或指定車站、站台、入口廣場和隧道的廣播喇叭。廣播系統最常用於告知人們其正在非法使用公車專用道。

3. 監控和資料獲取(SCADA)

監控和資料獲取是公車專用道操作中心的設備管理系統，負責監視各種操作、檢測異常情況、發佈警報並通過公車專用道上的程式邏輯控制(PLC)加以調適。監控和資料獲取系統操作人員也可進行人工調適。SCADA 還用於監控隧道內可見度、氣流速度以及一氧化碳、二氧化氮的排放。一旦發現排放超標，自動啟動排風扇。監控和資料獲取系統還控制公車專用道所有的照明和通風，並且產生即時報告，用以檢測公車專用道的非法進入。

4. 即時優先和資訊傳遞(RAPID)

由 Brisbane 市政府擁有並操作即時資訊傳遞(RAPID)通過道路上的迴路線圈和公車上的交通感應器來追蹤道路和公車專用道網上公車的位置。採集的資料借助公式可以預測所有公車的到站時間。到站資訊顯示在公車專用道站台的即時乘客資訊液晶顯示幕上。



圖 1.3-3 公車專用道站台的即時乘客資訊

公車專用道控制中心人員可通過本系統確定公車專用道上公車的具體位置。特別是此系統還可顯示公車編號、線路號、司機編號、公車提前或延遲的時間、始發站和終點站。本系統不僅有資訊傳遞功能，當公車晚點時還可提供公車優先通行號誌。此種設計乃藉由路網上的迴路線圈同時被用來控制 Brisbane 的交通號誌。

5. 交叉介面

公車專用道的所有系統都互相連接的。例如，當緊急電話

由語音轉換系統啟動時，CCTV 攝像機就會自動定位捕捉呼叫者的圖像，監控和資料獲取系統發佈警報通知公車專用道保衛人員。

(二) 配套措施實施期程與成果

1. 乘車時間縮短。因為公車專用道專用於公車和緊急車輛，減少了尤其是尖峰時間的交通擁塞。
2. 執行時間一致。它不受外界因素如交通號誌、交通狀況的影響，因此每班車程耗時相同。
3. 與地方路的公車相比，班次更多，車速更快。
4. 郊區公車也可在特定地點進入公車專用道，因此無需換乘。
5. 因為尖峰期間公車專用道車站的候車時間低於 5 分鐘。
6. 所有車站都配有 ITS，可即時顯示公車營運資訊。
7. 與其他交通方式有更好的連結，與軌道運輸，支線公車以及輪渡等其他公車方式。

五、 營運狀況

尖峰運量 6,500(乘客人數/小時/單向)，一天約有 60000 人次搭乘 BRT。東南線票箱收入一年約 26 百萬澳幣，整個系統營運成本約為 4.4 百萬澳幣。

六、 小結

公車專用道之設置改善了原為市中心區公車服務速率與可靠性瓶頸的路橋系統，並提高了 Brisbane 市中心與其郊區之公車運量，且以隧道作為立體隔離之設計元素可完全隔離其他車流之影響。其路線規劃採分階段進行，每階段性計畫有其不同之目標與設置方式，此規劃方式可有效率分期完成計畫，亦可分區段培養運量，以待完成整體路網後已有固定之系統需求量。

1.4 名古屋(Nagoya)

一、 城市基本資料

名古屋市，為日本第三大都市，位於日本中部愛知縣西部。屬於政令指定都市一級，也是愛知縣的縣政府所在地。名古屋面積為 326.45 平方公里。據名古屋市政局(2008)估計，該市人口總數達到 2,250,029 人，人口密度為每平方公里 6,892 人(東京都特別區為每平方公里 13,769 人)。所得為 7.5 兆日元。愛知縣是汽車集團、鋼琴的生產基地和生產重鎮，從 1977 年以來，工業生產總值居日本第一，名古屋也成為日本的產業首都。名古屋 BRT 系統起始於 1982 年，其建設目的為提供高運行速率之運具、吸收更多的廣告贊助、提高路廊的旅次需求量及提供專用路權有效的將旅行時間降低。

二、 城市交通狀況

名古屋導軌公車株式會社之成立主要是配合市政府開發守山副都心新市鎮計畫，由於名古屋-守山之交通量由一般公車已難符服務需求，但其運量又尚未達興建捷運門檻，名古屋市政府即決定興建導軌公車系統。一般認為運量需求大於 20,000 人/時，可興建鐵路運輸系統，一般之平面公車運輸則約為 3,000 人/時，界於其間之運輸需求則建議以新交通運輸系統為佳。新交通運輸系統目前型態極多，包含連續性電動步道、Monorail(單軌捷運)、磁浮列車、導軌公車等均視為新交通運輸系統。

名古屋市劃分為 16 個行政區，其東北方「守山區」人口約 16 萬，受區位及地形限制開發較為遲緩，市政府為紓解名古屋市過於擁擠之現況，爰計畫分 4 區開發守山區為副都心。近年發展成果，靠近大曾根站之守山區已具副都心規模，其他地區則尚待開發。

三、 系統規劃

由於該區主要交通係搭乘公車至地鐵名城線之大曾根站轉乘其他鐵路系統進入名古屋市區，僅靠 1 條道路運輸，故近市區段之大曾根-小幡綠地間交通極為壅塞，車程約須 30 至 40 分鐘，因此政府部門經評估決定建造導軌公車系統，於副都心區採高架專用路權，於較郊區則以公車專用道方式營運，可將原車程縮短至 13 分鐘，並特許名古屋導軌公車株式會社營運該高架「田代志段味線」導軌公車路段。

名古屋導軌公車株式會社於 1994 年 10 月 25 日取得「田代志段味線」導軌公車特許營運權，其實際路段為「古屋市東區東大曾根町東 1 丁目-古屋市守山區大宇吉根字松洞」，路線示意如圖 1.4-1 所示。

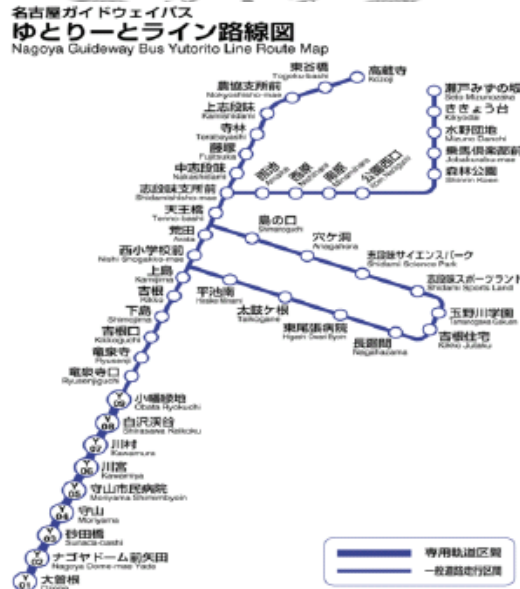


圖 1.4-1 「田代志段味線」導軌公車路線示意圖
資料來源：名古屋 Guideway 株式會社

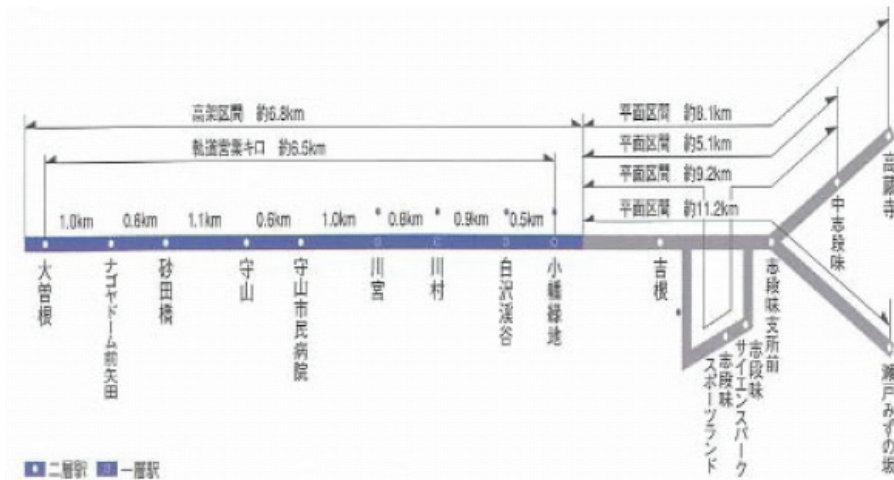


圖 1.4-2 「田代志段味線」導軌公車路線長度
資料來源：名古屋 Guideway 株式會社

名古屋 Guideway Bus 系統，路線為高架構造，建造里程 6.8 公里，營運里程 6.5 公里。土木工程之建造費用由名古屋市政府以道路特定財源支應，經費 320 億日圓，名古屋導軌公車株式會社負擔站內指示標誌、車輛(25 輛，含 7 輛無障礙車輛)、車站設施、株式會社辦公廳舍之費用 55 億元，總計計畫經費 375 億日圓。與其他新交通系統一致，採「車路分離」之作法，政府分擔土建費用，民間公司分擔車站與機電設備、車輛之經費。

四、系統興建過程與配套措施

名古屋導軌公車株式會社設立於 1994 年 4 月 1 日，由名古屋市交通局、政策投資銀行、名古屋鐵道株式會社、銀行等集資，採用第三部門(Third sector)方式成立之株式會社，資本額 30 億日圓。1994 年 10 月 25 日經名古屋市政府特許營運「田代志段味線」導軌公車系統。擁有 25 輛車輛，營運與管理高架段之「田代志段味線」6.5 公里路線、9 座車站。「田代志段味線」高架導軌公車系統完成後，名古屋導軌公車株式會社僅負責高架(屬於軌道法)路段之營運與管理，平面路段則為其他單位負責，委由原公車業者營運。此路線由五個子系統組成。

表 1.4-1 名古屋導軌子系統

系統名	營運區間
小幡緑地系統	大曾根-小幡緑地
中志段味系統	大曾根-中志段味
瀬戸みずの坂系統	大曾根-志段味支所前-瀬戸みずの坂
高藏寺系統	大曾根-中志段味-高藏寺
中志段味系統 (經由科學園區)	大曾根-上島-長廻間-科學園區-天王橋-中志 段味

資料來源：名古屋交通局

整體計畫自建設省擬定開發計畫至營運通車，歷時 16 年，實際施工期間為 5 年。「田代志段味線」導軌公車系統發展歷程如下表 1.4-2。

表 1.4-2 「田代志段味線」導軌公車系統發展歷程

1985/3	建設省擬定開發計畫
1986	名古屋市研究軌道公車可行性
1988/2	名古屋市基幹公共交通網調查委員會審議同意志段味線路線及鐵軌道系統整備
1990 年/	建設省同意興建志段味線及補助經費
1992/4	日本運輸政策審議會決定以中運量興建志段味線
1994/4	名古屋導軌公車株式會社成立
1994/9	特殊路段專用車道都市計畫確認
1994/10	依「軌道法」取得特許經營
1994/11	志段味線都市計畫通過
1995/5	依「都市計畫」取得事業許可
1996/2	依循「軌道法」開始施工
1999/9	車輛設計許可
2001/3	正式營運

資料來源：名古屋 Guideway 株式會社

收費系統採車上付費方式，票箱(fare box)設置於前車門，並可收取硬幣(token)零錢及紙幣，在高架導軌區間路段，成人票 2 公里以內票價 200 日圓，2 公里以上至 4 公里票價 220 日圓，4 公里以上至 6.5 公里票價 240 日圓。上車時先自行從票箱抽取 1 張整理卷，即一般之車票，票券上會有上車時之車站編號，在車廂內正前方有顯示器隨著到達車站顯示應付的車資，當到達目的地車站時，依照車前車資顯示器之資訊，將該付之車資連同上車時抽取之整理卷一併投入票箱即可，除了該單程票種外，亦有提供優惠儲值票。

名古屋導軌公車系統使用 GB-1000 型車種，車長 10.75 公尺，車高 3.12 公尺，前端車寬 2.5 公尺，後端車寬 2.49 公尺，座位 28 人，立位 46 人，配有駕駛員 1 人，合計可搭載 75 人，利用車輛側輪及導軌導向，車上配有緊急無線電裝置與優先號誌系統，前導輪受力時會感應連動至方向盤，以保持正確行進方向，可以伸縮，當駛離專用導軌路段，進入一般道路時，前導輪會收合，後導輪則不會感應伸縮，僅是用來防止後車輪與導軌摩擦，導輪可使用 4 至 5 年方須更換，為增加車輛行駛於高架段之安全性，車輪前輪胎內有加裝內襯鋁合金鋼圈，以防止爆胎造成之危險。名古屋導軌公車株式會社現有車輛計 25 輛，其中 7 輛有無障礙設施。一部車輛之造價約 4,000 萬日圓，一般傳統公車則約 4,000 萬日圓。GB-1000 型車輛見圖 1.4-3。

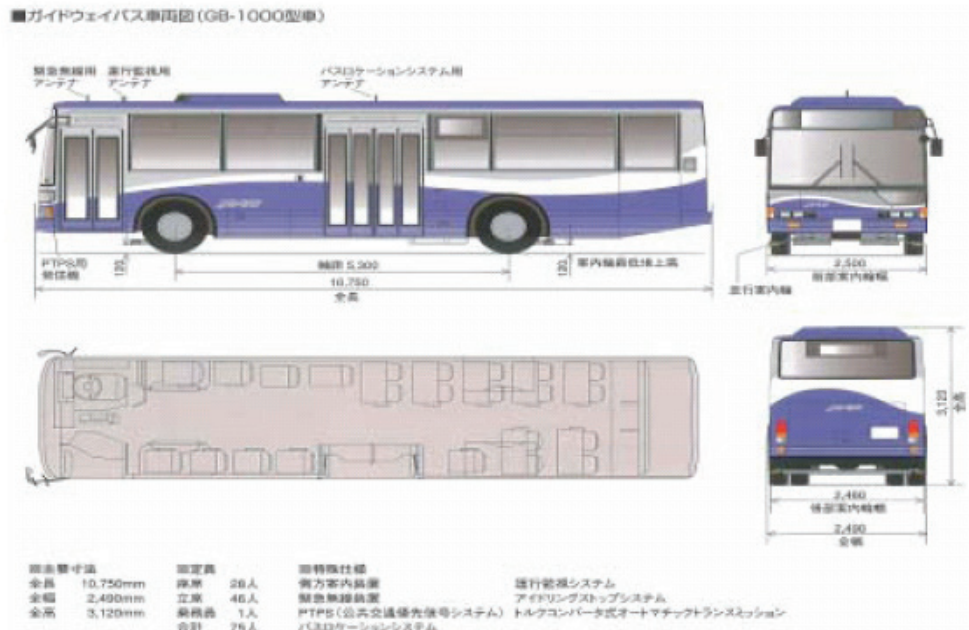


圖 1.4-3 GB-1000 型車輛
資料來源：名古屋Guideway株式會社

五、 營運狀況

名古屋導軌公車營運以來，因近年日本經濟不景氣，景氣回溫速度亦緩慢，原預計引進 6 萬人之開發地區，目前僅達 2 萬人，故仍為虧損階段，勉為慘淡經營。幸好近 4 年來，每年皆有約 10% 成長率，政府之開發計畫亦陸續進行中，噪音與振動也較一般軌道系統小，故營運 4 年來未曾接獲民眾及乘客抱怨，該區民眾對 Guideway Bus 系統愈益瞭解，接受度亦顯有提高，名古屋導軌公車株式會社營運人員認為營運情況會逐漸好轉。

六、 小結

Guideway Bus 因兼具軌道運輸與公路運輸之模式，可配合地形條件，地區人口，運量特性等因素選用不同操作模式以符合地方需求，系統適應性高，雙模式操作特性且有因地制宜之優勢。近年車輛科技發展日新月異，導引方式除軌道導引，更有光學導引之方式，且車輛引擎系統亦有雙用引擎模式(可選擇汽油、柴油、天然氣、架空電力、蓄電式等)，相信未來在公路與軌道運輸需求中間地帶，將占有一席之地，後續發展可期。Guideway Bus 於專用路權軌道段，若為高架須考慮其維修時佔用之車道，於優先公車專用路段，則須考量其他路面交通所須之車道，因此其所須之路幅條件較寬，比較適合於新市鎮開發時一併規劃所須使用道路，名古屋之 Guideway Bus 即是配合新市鎮開發而建設。



附錄二 BRT 技術應用

本章就 BRT 系統的主要設計要素設置條件、考慮因素及所產生的系統績效分別進行探討。影響 BRT 系統績效之設計要素主要可分為兩大類：實體工程設施與營運管理。其中專用車道、車站、車輛、ITS 技術、票務系統為 BRT 所須具備的基本實體設施，而營運管理包含了營運服務計畫、BRT 行銷策略等。

2.1 公車專用道

BRT 要達到快速(Rapid)之首要條件，就是要能有如軌道大眾運輸的運作方式。軌道大眾運輸與其他運輸最大之區別在於「軌道」之設施，亦即車道與路權必須為專用的型態，且能與道路上其他車輛車流有所區隔。因此在定義 BRT 系統的過程中，車道通常列為主要的組成要素之一。公車專用道可以決定 BRT 系統服務的營運速率與可靠度，也因此車道的成本也是興建 BRT 不可少的成本項目。另外公車專用道帶給民眾最顯著的 BRT 系統形象與吸引力。

一、 公車專用道之分類

依據濮大威等人(2004)為交通部進行之「公車捷運化設計手冊之研究」中所定義之 BRT 為「以公車運轉，結合完全或部分專用路權以及軌道營運方式，提供快速、彈性、低成本的公共運輸服務」。因此專用路權為 BRT 系統基本也是最重要的組成要素之一，一般 BRT 系統之中路權均以公車專用道的型式進行規劃與設計，而此專用車道可依公車的行駛位置、行駛方向、行駛時間、專用強度的因子予以分類，各類公車專用道的分類與定義彙整如下表 2.1-1 所示。

表 2.1-1 各類公車專用道之分類與定義

分類因子	項目	定義
區隔型式	實體分隔公車專用道路 (Grade-Separated Busway)	以完全實體隔離方式，如專用道路、隧道、高架或圍籬區隔公車專用道車輛與一般車流
	平面式公車專用道路 (At-Grade Busway)	僅以標線或鋪面簡單區隔公車專用道與一般道路
行駛位置	路緣專用公車專用道(Curb Bus Lane)	公車行駛於車道最外緣，利用人行道上、下乘客。
	外緣公車專用道	公車行駛於快車道最外緣，利用快慢分隔島上下乘客。
	中央公車專用道(Median Busway)	公車行駛於道路中央，利用中央分隔改作為公車專用道島，通常不設停靠站。
	公車專用街道(Bus-Only Street)	通常設置於中心鬧區的街道上，禁行其他車種，專門劃設一車道僅供公車行駛，其餘道路面積開放行人通行。
	公車隧道(Bus Tunnel)	以地下隧道專用道型式專供公車行駛。
	順向公車專用道 (Concurrent Flow Bus Lane)	公車行駛方向與其他車輛行駛方向相同。
行駛方向	逆向公車專用道(Contra Flow Bus Lane)	公車行駛方向與其他車輛行駛方向相反。
	可變方向公車專用道	配合尖峰時間內交通流之方向變換而改變公車專用道的方向。
行駛時間	單尖峰時間公車專用道	在上下午尖峰時段，僅開放單方向車道為公車專用道，反方向車道因設計困難或公車流量不大而不設公車專用道。
	雙尖峰時間公車專用道	僅在上下午尖峰時段實施公車專用道，其餘時間開放一般車輛行駛。
	全天候時間公車專用道	劃設一車道全天候專供公車行駛
專用強度	絕對專用公車專用道	僅供公車行駛，除救護車、消防車外，禁止其他車輛進入專用道。
	條件專用公車專用道	除救護車、消防車外，尚允許滿載之小汽車、計程車、交通車及共乘車等車輛駛入公車專用道。

資料來源：鼎漢(2007)、Levinson et al.(2003)、Wright et al.(2007)

二、公車專用車道設置條件

根據國內外相關文獻，可將公車專用道設置條件歸納如表 2.1-2 及表 2.1-3 所示，由表中可歸納出公車專用道實施條件，必須依據大眾運輸需求、交通量及道路幾何條件等要素予以釐訂，國內部分主要依據台北市公車專用道經驗陸續修訂相關技術手冊與法規。

表 2.1-2 國外公車專用道設置條件

型式	大眾運輸需求	道路幾何設施
美國 交通 工程 手冊	尖峰時間 使用路緣 車道	<ul style="list-style-type: none"> ■ 路幅寬度除公車專用道外，同一方向至少尚需兩車道供其他運具行駛
	部分時間 使用中間 車道	<ul style="list-style-type: none"> ■ 尖峰時間公車專用道的交通量，至少每小時 60 輛以上，且車上乘客須超過 3,000 人以上 ■ 尖峰時間公車載客量至少應較該道路所有其他車輛多出 50%
	全天候使 用中間車 道	<ul style="list-style-type: none"> ■ 尖峰時間公車專用道的交通量，每車道每小時不得少於 60 輛 ■ 尖峰時間公車載客量至少應較該道路所有其他車輛多出 50%
美國交通工程師 協會(ITE)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 尖峰時間公車專用道的交通量，至少每車道每小時 75 輛以上，或 12 小時 500 輛以上 ■ 尖峰時間公車載客量至少應較該道路所有其他車輛多出 50%，在 12 小時內，公車載客量應超過其他車輛之所有乘客數 	N/A
美國巴爾的摩市	<ul style="list-style-type: none"> ■ 公車載客量至少應較該道路所有其他車輛多出 50% 	N/A
英國	<ul style="list-style-type: none"> ■ 一車道公車載客量達到相鄰車道上小汽車的載客量時，即有實施公車專用道之必要，亦即兩車道時，公車的載客量占一半即可實施公車專用道 	N/A
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 尖峰小時公車流量達 50 輛以上 ■ 公車載客量達每小時 2,000 人以上 	N/A

資料來源：濮大威等人(2007)

表 2.1-3 國內公車專用道設置條件

型式	大眾運輸需求	道路幾何設施
台北市公車專用道及棋盤路網功能加強之研究(張學孔, 1997)	N/A	<ul style="list-style-type: none"> ■ 道路寬度至少 25 公尺以上 ■ 單向三車道以上(單向至少兩車道供一般車輛行駛) ■ 需配合有中央分隔島或快慢分隔之道路型態
台北市交通局公車專用道技術手冊	<ul style="list-style-type: none"> ■ 尖峰小時之單向公車流量至少須 60 班次 ■ 於 12 小時之單向公車數至少須 400 班次 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 有效行車路寬至少 30 公尺。 ■ 車道數單向至少 3 車道。
大眾運輸使用道路優先及專用辦法	<ul style="list-style-type: none"> ■ 交通尖峰小時單向大眾運輸車流量達六十車次以上。 ■ 連續十二小時單向大眾運輸車流量總計達四百車次以上。 ■ 基於改善車流秩序及行車安全需要設置之公車捷運系統。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 道路車道數同向至少三車道。 ■ 大眾運輸專用道內之車道至少三公。

資料來源：濮大威等人(2007)、中華顧問(2000)

三、 BRT 車道材料及鋪設

根據 Wright et al. (2007)的統計，BRT 車道的建設成本大約占 BRT 土建總成本的 50%，而車道的建設成本與材料的選擇有很大的關係，此項成本是初期建設成本與後續長期維修成本的和，使用低品質的材料可減少最初建設成本，卻會增加維修成本，所以道路材料的壽命與價格的權衡便相當地重要。

道路材料的選擇取決於以下的三個因素：BRT 車輛的軸重、服務年限內所要承載的車輛數與氣候。假設 BRT 使用的是 18.5m 的雙節公車，除非車輛容量非常小，否則路基將需使用能承受此軸重的材料來鋪設。以波哥大為例，波哥大的雙節公車重量大約是 30000kg，而最大軸重為 12500kg，但波哥大的車輛採用了兩節以上的多節公車，所以必須使用能承載更大軸重的材料。以壽命而言，混凝土會優於瀝青，混凝土鋪設的路基只需使用次級保養就可以維持 10 年以上，但瀝青鋪設的路基若在溼熱的環境再加上大量使用，僅能使用大約 2 年就需重新鋪設。以

承載力而言混凝土也較瀝青為佳，但瀝青的成本會比混凝土來得低。由以上的考慮因素來規劃，一般而言，因為在車站處有乘客上下車，會增加道路所承受的軸重與車輛啟動、煞停及燃油車輛滴油的問題，所以車站處的車道常使用混凝土，而車站與車站間的道路則使用瀝青來鋪設。道路材料的選擇除了瀝青與混凝土外，許多城市在市中心多使用磚塊或石塊來鋪設，除了較美觀可融入市景外，也可利用視覺上的不同以提醒司機已行駛到市中心，需保持安全速率以維護行人的安全，但相對應的此種鋪面會導致車上乘客較差的舒適感。

四、 BRT 車道配置

理想的車道結構是要有足夠的公車車道，兩條混合車流車道，足夠的人行道，若考慮綠色運具應再加上自行車道，如圖 2.1-1 所示。

1. 公車車道：一般車道寬 3.5 公尺，由於公車接近車站時會減速，且須與站台相接，因此車站處車道寬可以縮減並設置超車道，因此只需 3 公尺寬。
2. 混合車流車道：車道寬 3.5 公尺。
3. 人行道：依當地實際流量來設計，根據營建署之市區道路工程規劃及設計規範，公共設施旁之人行道需 4 公尺寬，住商混合區需 3 公尺寬，根據 Wright (2007) 的建議，至少需 3 公尺寬，少於 3 公尺會讓行人感受不佳。
4. 自行車道：自行車道的寬度依腳踏車的車流量而定，一般來說至少需 2.5m 寬，如果少於這個寬度，腳踏車騎士會傾向於使用混合車流車道。

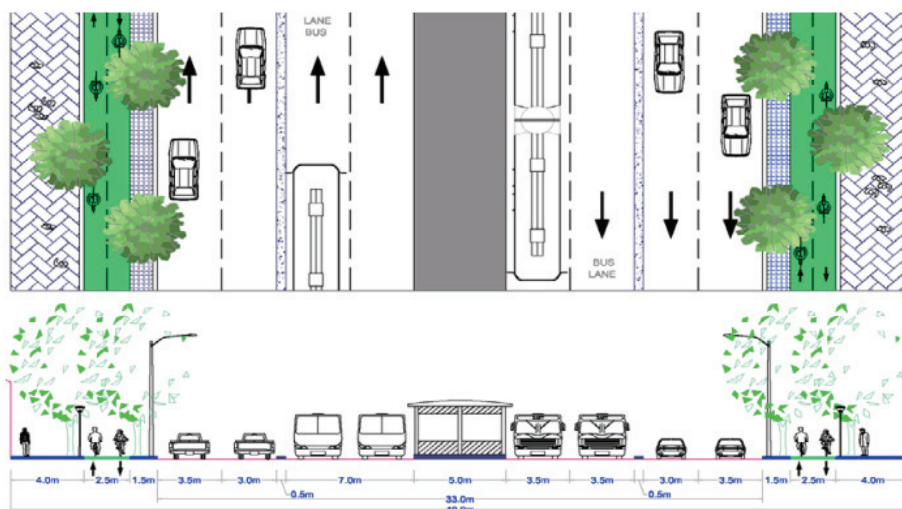


圖 2.1-1 理想 BRT 車道設計
資料來源：Wright et al. (2007)

若採用導軌式 BRT 設計，導軌式的公車道所需的寬度較窄，因此可應用在道路空間不足之處。然而世界各國應用導引系統之 BRT 仍然相當少見，主要因為它所需的成本較高，建設方式也較為複雜，而且在營運上亦缺乏彈性。部分導軌式 BRT 會選擇在中央不鋪設車道來減少建設成本，而在車輛下方的是原始無鋪面路面或草地，因此還可以吸收超過 40% 的噪音，達到綠化減少污染的效果。

五、 BRT 車道型式績效與效益

公車專用道具有不同的型式與功能，但共同具有之效益如下：

1. 節省公車旅行時間：專用道的設置減少因混合車流帶來擁擠的車流延滯。
2. 增加可靠度：分隔之專用車道及減少延滯外，也降低擁擠與事故之發生率，提升可靠度。
3. 提升公車形象：軌道運輸吸引乘客原因之一在於其專有的路權設計，因此 BRT 欲取代
4. 增加安全性：傳統公車與其他車輛共同車道，不僅擁擠而且危險，在台灣及其他亞洲地區，由於機車數量多，因此公車在停靠站與轉彎容易形成事故。

2.2 車站

車站主要作為 BRT 系統與乘客的聯繫，根據 BRT 的組成要素，車站必須提供良好的候車環境以提升 BRT 的服務品質，因此車站可以由簡單的候車亭型式到提供空調、車站自動收費系統、月台門等近似於軌道大眾運輸的車站設施。

BRT 車站必須規劃在乘客依賴大眾運輸系統到達之主要活動據點，包含商業區、學校、辦公區或醫院等，並且提供良好的行人、自行車及其他運具轉乘及進出設計。

一、 BRT 車站佈設

BRT 車站設置位置可為公車設站方式可分為近端車站(Near-Side Stop, NS)、遠端車站(Far-Side Stop, FS)及街廓中央車站(Mid-Block Stops, MB)等方式，過去有關

公車站位之研究多集中在路緣停靠方式，在公車專用道上的站位規劃方面，台北市政府(1999)提出公車專用道的站位設置應該因地制宜，考量的因素如下：

1. 乘客步行較近需求
2. 運輸系統間轉乘
3. 對其他車流干擾之影響
4. 民眾使用習性

台北市公車專用道之站台位置主要以近端為主，配合其他因素已有遠端(仁愛路順向公車專用道敦化南路口站)及路段中間(仁愛路順向公車專用道新生南路口站)等不同佈設方式。其佈設基本方式如圖 2.2-1、2.2-2、2.2-3 所示。

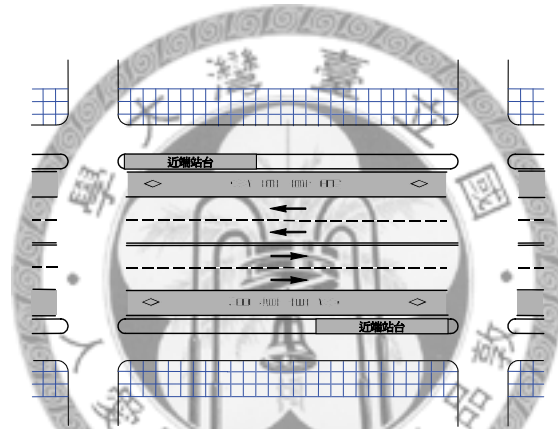


圖 2.2-1 台北市公車專用道近端設站方式

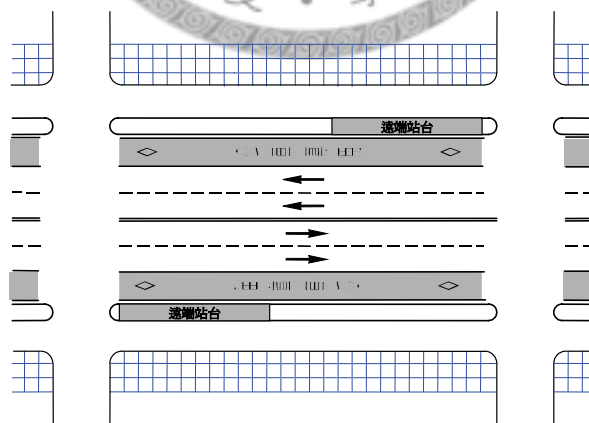


圖 2.2-2 台北市公車專用道遠端設站方式

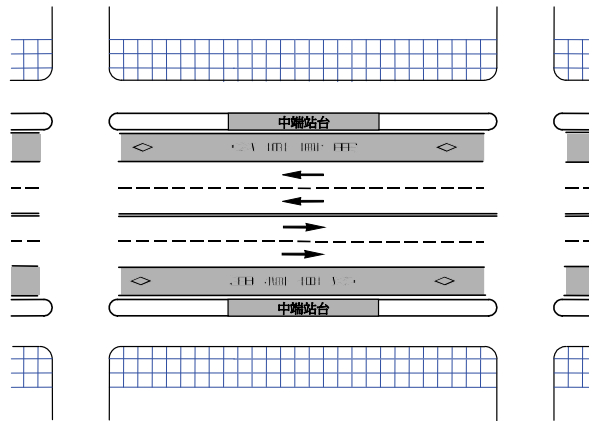


圖 2.2-3 台北市公車專用道街道中央設站方式

另外根據美國 FTA 所製作之的 BRT 參考手冊中，對站位佈設有下列準則：

1. 站位佈設會影響大眾運輸服務的需求
2. 站牌間距、車輛行駛時間應平衡，過短站距或較多的站牌會影響車輛行駛時間。
3. 公車站位可以佈設在近端、遠端或街道中央。
4. BRT 系統會有優先號誌及停等超越(Queue Jumpers)等設計，因此將站位設在遠端會有較佳的效果。
5. BRT 若能採近端設站，就無法使用停等超越，公車會因為進入交叉路口匯入車流而產生延滯。
6. BRT 系統設置公車彎因會有併入車流的問題，無法有效提昇效率。
7. 可以在遠端設置加減速車道。
8. 當公車匯入車流時採取優先併入規則(Priority Merge Rule, PMR)以使其他車輛讓出優先權予公車停站。
9. PMR 公車優先規則可以減少停等時間與乘客等候時間。

二、 BRT 車站型式

BRT 車站型式必須根據預估成本及績效進行規劃與設計，根據 Wright et al.(2007)的研究，BRT 車站規劃設計應考慮下列因素：

1. 公車專用道型式：中央公車專用道、路側式專用道或公車專用道路(Busway)、公車隧道等不同專用道型式。

2. 建造型式：與路面等高、升高站台或地下車站。
3. 站台長度及寬度。
4. 服務設施：如公用電話、空調、乘客資訊系統、保全系統等。
5. 乘客服務：如座椅、休息室、販賣機。
6. 聯絡通道：連接 BRT 車站與道路其他設施，如行人天橋、地下道。
7. 車站外觀設計：融入當地或建築物整體設計
8. 提供公車超車道：站區設置超車道，能減少車輛停等時間、減少乘客候車時間、提升公車行駛效率。
9. 票證系統：使用車上或車外收費所需的設備、售票機、驗票機等。
10. 開放式或封閉式車站：車站可配合票證系統型式為開放式(車上或車外付費)或封閉式(站外付費)。

此外，氣候亦為一重要考量因素，而目前世界各主要 BRT 系統車站之設施予以彙整統計如表 2.2-1 所示。

表 2.2-1 BRT 車站設施

城市	服務路線(系統名稱)	車站設施特點
波士頓 (Boston, USA)	Silver Line	在四個地下車站的樓層間有售票機，Washington Street 六個路緣車站設有座位、資源回收箱、乘客資訊系統及電話。
克里夫蘭 (Cleveland, USA)	Euclid Avenue	候車亭、驗票機
Hartford, USA	New Britain-Hartford Busway	主要車站有停車轉乘、接送區、舒適候車環境、空調、休息室、電話
休士頓 (Houston, USA)	Transit centers	停車轉乘設施
洛杉磯 (Los Angeles, USA)	San Bernardino HOV/Busway; Wilshire-Whittier; Ventura Metro Bus	大型停車轉乘停車場、車輛到站資訊、雙遮棚候車亭
邁阿密 (Miami, USA)	South Miami-Dade	半透明遮棚候車亭、付費電話、座椅
紐約 (New York, USA)	I-495 bus lane	New Jersey 有 200 席位之公車終點站
渥太華 (Ottawa, Canada)	Transitway system	乘客候車亭、電話、電視螢幕播報光車到站資訊

表 2.2-2 BRT 車站設施(續)

城市	服務路線(系統名稱)	車站設施特點
匹茲堡 (Pittsburgh, USA)	Busways	簡單候車亭，部分有電話
西雅圖 (Seattle, USA)	Bus tunnel	壁畫及時鐘
溫哥華 (Vancouver, Canada)	B-Lines	有特色的候車亭、即時資訊系統及乘客資訊系統
Adelaide, Australia	On guided busway	安全的候車亭、腳踏車停放設施、長短時間停車設施
Brisbane, Australia	South East Busway	與建築物整合設計車站保護乘客、電梯、天橋、即時資訊系統、售票機、公用電話、座椅、販賣機、資訊查詢、保全系統
雪梨 (Sydney, Australia)	Liverpool-Parramatta Busway; bus lanes	即時資訊系統、監控錄影
Rouen, France	Optically guided bus lanes	多數為簡單候車亭，部分有售票機
波哥大 (Bogotá, Colombia)	TransMilenio	近似軌道運輸設計車站、高站台、車站收費
Quito (Quito, Ecuador)	Trolebus	管狀車站、站外收費、高站台
Curitiba, Brazil	MetroBus	管狀車站、站外收費、高站台
北京 (Beijing, China)	南中軸 BRT	島式站台、站外收費、低站台、即時資訊系統、監控錄影
常州 (Changzhou, China)	BRT 一號線	側式站台、站外收費、低站台、即時資訊系統、監控錄影

資料來源：本研究修改自 Levinson et al. (2003)之相關研究成果



圖 2.2-4 Curitiba 管狀車站



圖 2.2-5 Brisbane BRT 車站

資料來源：Wright et al. (2007)

三、 車站前漸變區(Transition area)

在 BRT 車站處需要多設置一條超車道，所以 BRT 車輛到達車站前車道要從單車道變成雙車道，在改變的過程必須是為漸進式，若急劇的改變會減緩 BRT 車輛

的速率，此漸變帶長度大約是 70m，但實際情況仍應視行車速率與當地情況而定。此外，該漸變區不論是在島式站台或是側式站台，其車輛駛進站台均需有相關設計，有關標誌、標線、槽化、甚至防撞設施也必須予以考量配置。

四、 站台大小

主要車站由於上下車的乘客較多，所以站台的長度與寬度都是要考慮的重點，過去公車專用道站台區常引人詬病的是車隊過長、公車等候通過車站過久的現象，因此在南美地區 BRT 的改善方式，除在車站設置雙車道以供直達車或完成服務的公車超車外，另外就是副車站(Sub-stops)的設置，也就是將使用同一站名的車站站台切割成兩個以上的候車站台並按路線群組或班次密度分配。但在副車站處的上車乘客，都會聚集在車門處準備上車，而下車乘客也會快速的下車，因此不需要很長的站台，如果站台寬度被原始道路條件限制，可以延長站台長度來紓解因站台寬度不足所帶來的壓力，所以對副車站而言，延長站台長度不是大問題，延長它的站台長度不會侵害到路權，寬度才是副車站主要的問題，站台寬度需容納公共建設及提供足夠的空間讓人等車或下車。

1. 站台寬度

依據 Wright et al.(2007)的研究建議，站台寬度可依下列公式計算得出：

$$W_p = 1 + W_u + W_c + W_{opp}$$

其中 1 公尺為預留公共設施所需寬度(每一側各 0.5m)，其他符號定義如下：

W_p ：總站台寬

W_u ：單一方向等車乘客所需寬度

W_c ：流動的乘客所需寬度

W_{opp} ：等待另一方向的乘客所需寬度，若交錯排列或並列時 $W_{opp}=0$

以下舉例說明站台寬度設計，假設此站台是交錯排列的設計($W_{opp}=0$)，尖峰時段預估最大的排隊乘客數(Q_p)為 150 人，BRT 雙節公車長度(L_b)為 18m，每小時預計會通過的流動乘客數(P_{ph})為 6000 人，每平方公尺所能容納的候車乘客數(D_{wMax})需大於等於每平方公尺 3 人，本題設為每平方公尺 3 人：

$$W_u = A_w / L_b$$

A_w ：候車乘客所需最小空間

L_b ：BRT 車輛長度

$$A_w = Q_p / D_{wMax} = 150(\text{人}) / 3(\text{人}/\text{m}^2) = 50 \text{ 平方公尺}$$

Q_p : 預估最大的排隊乘客數

D_{wMax} : 每平方公尺所能容納的候車乘客數

$$W_u = 50(\text{m}^2) / 18(\text{m}) = 2.8\text{m}$$

$$W_c = P_{ph} / 2000$$

P_{ph} ：每小時預計會通過的流動乘客數

2000：在適當的服務水準下，1m 寬的人行道每小時可通過的人數

$$W_c = 6000(\text{人}) / 2000(\text{人}/\text{m}) = 3\text{m}$$

$$W_p = 1 + W_u + W_c + W_{opp} = 1\text{m} + 2.8\text{m} + 3\text{m} + 0\text{m} = 6.8\text{m}$$

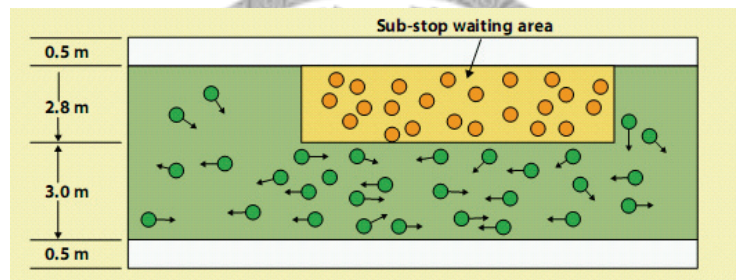


圖 2.2-6 站台寬度設計圖
資料來源：Wright et al. (2007)

2. 站台長度

站台長度主要取決於所需停車彎(Stopping Bay)數量以及一個停車彎的長度，停車彎若太接近，因無法自由進出造成停車彎彼此之間的交通擁塞，也會讓 BRT 車輛進出停車彎較費時、減少車速、增加飽和程度。一台車超車所需的最小距離為 1/2 的車長，但最小長度並不常用，通常只有在路權有爭議時才會考慮用最小長度來設計站台，一般而言站台的最小長度都以 1.7 倍的車長來設計。

若採用的不是低底盤公車，則設置「登車橋」(Boarding Bridge)能使車靠站後乘客上下車較為順利，並節省時間，因為登車橋的設計可讓車輛與站台的距離較遠，未使用登車橋車輛靠站時站台與車輛距離要在 10cm 以下，使用登車橋的情況站台與車輛距離僅需 40cm 以下即可，如果不設置登車橋會使車輛靠站時間增加，車速降低。

在空間許可的情況下，多增加一個停車彎會比在現有停車彎後多設排隊空間好，一般而言，多設一個排隊空間最佳，但多停車彎的設計需要相當長的長度，在較短的街區就無法發展多停車彎的站台。

3. 月台門(Platform Doorways)

月台門是車輛與車站的界面，如果不關閉月台門，就算是高站台的設計，也會讓乘客從月台門直接進出站而躲避支付票價，如圖 2.2-7，若有不慎，也容易讓乘客從月台門掉落到道路上造成傷害，另一方面也會讓車站外部的氣候影響車站內部乘客的舒適度。由以上的理由可知，月台門在車輛到站時才開啟對整個系統與乘客都有助益。



圖 2.2-7 乘客從月台門直接進出站
資料來源：Wright et al. (2007)

滑動式月台門(圖 2.2-8、圖 2.2-9)被大量的使用在大規模的運輸系統中，像是波哥大、Quito 以及中國各城市的 BRT 系統，他有許多功用包含：乘客安全、氣候控制和防止躲避支付票價。但滑動式月台門的主要缺點是成本較高，對整個系統而言，要建設滑動式月台門跟實際營運所需的電費的成本並不算高，但滑動式月台門所需的維修成本以及對系統可靠度的影響相當重要，如果在營運時月台門故障，則需敞開該門以防影響營運狀況，但此時前述月台門開啟的缺點皆有可能會發生。



圖 2.2-8 滑動式月台門-1



圖 2.2-9 滑動式月台門-2

資料來源：Wright et al. (2007)

2.3 車輛

BRT車輛與旅次吸引力，系統性能和環境兼容性有相當之關連性。BRT車輛動力系統影響收益，服務時間，排放物、營運和維修費。車內座位安排，底盤高度和車門構造影響在車站，BRT停靠時間和乘客的乘車舒適性。而車輛規格、通道寬度、車門數目，車門寬度影響BRT系統容量。根據過去BRT的實施經驗，在選擇車輛的過程可以思考下列課題：

1. 選擇車輛應能適合所規劃提供服務的類型，例如：區間接駁或快速服務之車輛型態會有所不同。
2. 車輛應該滿足未來旅次需求的容量、車上乘客的舒適性，對於輪椅保護，單車停放及服務班次亦應予以考量。因而除了一般12~14公尺的車輛適合單一車廂車輛營運，另外也可以考慮雙節、多節車廂以提供大容量的服務。
3. 車輛應該有符合乘客搭乘需求，必須環保、容易進出及乘坐舒適。合乎需求的特性包括空調，明亮的照明，寬大的視野和即時乘客資訊系統。
4. 車輛應該容易上下，採用車底盤高度38公分或更低的車輛，中南美洲採取高站台方式亦是增加效率的方法。
5. 應該提供足夠的車門數量，尤其是車外收費，而車門寬度至少應有3公尺。
6. 一般寬通道和足夠乘客車內走動空間，較能降低車輛停站時間並且使車輛乘客空間有較佳的分佈。
7. 車內站位與坐位應視服務水準進行設計，通常坐位少、站位多可增加車輛容量。

8. 排放物污染的問題，如煙化物、CO和NO的排放物可以透過使用低硫的柴油引擎(ULSD)降低、透過操作壓縮天然氣(CNG)的或者混合動力公車。混合動力安靜、改進燃料消耗且使公車加速快，減少爆衝並且增進駕駛品質。
9. 標準化、專業化BRT車輛可以改善BRT服務形象，以及內部的陳設與佈局，提昇搭乘之舒適感。
10. 在服務頻率高的BRT路線上，引進BRT車輛對營運收入將有挹注。
11. 車輛購置應評估生命週期成本，將初期投資和營運、維修費用整體納入車輛採購計畫。

一、車輛選擇決策過程

車種的選擇與該系統的設計容量與目的密切相關，通常由公車經營業者決定符合該計畫需求的公車種類，以波哥大TranMilenio系統為例，不同的經營公司選用不同製造廠商的公車，但由於計畫書內有關願景、目標等細節均明確記載，所以車輛的外觀和營運方式都能一致。這些一致性對於創造和維護明確的系統辨識性有重要的貢獻。當時波哥大選擇車輛技術時應考量下列各項因子：

- (1) 成本：購置、維護、轉售
- (2) 車輛特性：容量、內部設計、外觀美觀
- (3) 廠商資助：技術支援、保固
- (4) 耐用性：車輛使用年限等
- (5) 燃料補給：補給站的形式、成本
- (6) 環境：廢氣排放標準、噪音及其他污染
- (7) 其他：尺寸限制(長寬高、最大軸壓)

二、車輛尺寸

並非容量越大的公車就越能提升系統的品質，應選用最佳化的車輛尺寸，搭配適合的班距和車隊配置，使系統能充分發揮最大效益。表2.3-不同車輛的尺寸及其容量的對照表。高運量的系統(每小時單向旅次大於7,000者)，適用雙節或三節公車，配合高密度的服務班次，如Curitiba及波哥大的系統。中低運量的系統則可先使用較小的公車，如Brisbane及雅加達在幹道走廊使用12公尺長的標準公車。

目前雙層公車的普及度雖不高，但在新加坡、倫敦及香港等城市，雙層公車仍普遍地大量使用。雙層公車可以使單位道路面積通過的乘客密度增加，車站的必需長度較雙節公車的車站長度短，鮮明的形象也能吸引乘客。但其缺點為車輛成本較高，可能遇到限高、樹木等問題，乘客上下樓梯較危險，且對於停靠站頻繁、上下車乘客多的高運量系統較不適用，反之，雙層公車適用於固定的通勤路線，車站數量少且集中於市中心及郊區兩個端點的系統。

除了車身的長度之外，為考量乘客上下車的順暢及舒適度，選用不同底盤高度的車輛，也會影響車站設計、站台高度及總成本。目前的底盤高度已逐漸標準化，一般來說，依其底盤的高度可分為低底盤(離地高度約20公分)、半低底盤(Semi-Low Floor)及高底盤(離地高度90公分)三種。較知名的拉丁美洲系統，如波哥大、Curitiba、Quito等等，均使用高底盤車輛並配合抬高式的站台，而低底盤公車則多為歐洲及北美系統使用。表2.3-2為高低底盤各項特性之比較。

表 2.3-1 BRT 車輛類別及容量

車輛種類	車身長度(公尺)	容量(人)
三節公車(Bi-articulated)	24.0	240-270
雙節公車(Articulated)	18.5	120-170
雙軸公車(Tandem)	15.0	80-100
雙層公車(Double decker)	12-15	80-130
標準公車	12.0	60-80
中型公車(Midi-bus)	6.0	25-35
小型公車(Mini-bus)vans	5.0	10-16



Curitiba 的三節公車
(24 公尺)



波哥大的雙節公車
(18 公尺)



Brisbane 的標準公車
(12 公尺)

圖 2.3-1 BRT 車輛及車長
資料來源：Wright et al. (2007)

表 2.3 -2 BRT 車輛高底盤與低底盤之比較

項目	高底盤	低底盤
購置成本	較低	成本較高底盤的增加約 20~30%
維護成本	底盤距離路面較遠，維護成本較低	路面須維持在較高的品質，增加約 10~20%的維修成本
車站成本	抬高式站台的成本增加 5%	較低
城市設計美感	車站抬高 70 公分	無需增加站台高度，減少視覺的突兀感
乘客方便性	使用抬高式站台可水平上下車	可水平上下車
其他車輛拖引	若發生故障可藉由傳統拖車拖吊	許多低底盤公車需要特殊的拖吊車
逃票問題	站台高度較高，提供較佳的預防逃票	較易逃票(車外售票)
震動	減少路面的顛簸	易受影響震動，不是合閱讀
座位	對座位的衝擊較少	座位的高度和數量可能因輪胎(wheel-well)而有所影響

三、車輛對環境品質的衝擊

一般系統的環境品質應考量：排放標準、周圍空氣品質標準(Ambient Air Quality Standards)、燃料品質、燃料類型及推進系統(Propulsion System)、內部及外部噪音、空氣流通及溫度標準(Ventilation and Temperature Standards)等環境因子，目前大多數的BRT採用Euro II或Euro III的標準。為了減少溫室氣體、顆粒物質、硫化物等有害物質的排放，各種新的能源方式也不斷研發及試驗。目前的燃料類型大致可分成下列十類：

1. 標準柴油引擎(Standard Diesel)：技術較成熟，可靠度較高，維修較容易。
2. 乾淨低污染柴油(Clean Diesel)：排氣量比一般的柴油引擎低，最多開發中國家使用。
3. 壓縮天然氣(Compressed Natural Gas, CNG)：可大量減少硫化物(Sulphur, SO_x)及顆粒物質(Particulate Matter, PM)的排放，但實際應用的績效表現並不一定比低污染柴油好，若甲烷不慎洩漏可能造成更嚴重的污染，其保存和管理對開發中的城市而言較難以掌控，陡坡、地勢高或特定的溫度等狀況，亦可能影響 CNG 車輛的營運。此外加氣站的設置也需要成本，補給燃料的時間平均一部車須要 20 至 40 分鐘。以印度為例，一般公車成本為三萬美金，使用 CNG

燃料的車輛成本則提升為四萬美金。在其他城市使用 CNG 車輛的購置成本可能增加 2.5 萬美金至 5 萬美金不等，價格的差異在於其引擎效率及車輛尺寸。

4. 液化石油氣(Liquid Petroleum Gas, LPG)
5. 電力公車(Electric Trolley-Bus)：車輛行駛時零廢氣排放，為了產生電力所排放的廢氣要視發電廠的類型而定。電車行駛品質較平順，噪音較低，車輛的使用年限較長(約為一般柴油引擎車輛的兩倍)，但購置車輛的成本約為符合 Euro II 標準的柴油引擎車輛的三倍，新增及修改路線時的成本較高，此外還有停電時的營運、供電設備的維修及電纜影響城市美觀等問題。Quito 於 1996 年將 electric trolley 技術應用於 BRT，平均每部車的成本為 70 萬美金，建設成本平均每公里 500 萬美金，而使用符合 Euro II 標準的柴油引擎車輛，其建設成本平均每公里 58.5 萬美金。
6. 生質能源(Bio-diesel)：將大豆等天然物質經過一些化學作用的程序轉化為可燃的燃料，燃燒時幾乎零溫室氣體排放，但其整體效益仍有待評估，農作物是否可以有效率的供給電力需求仍有待進一步研究。
7. 酒精(Ethanol)：酒精公車現已逐漸開始於北歐各城市試營運中。
8. 雙能源 Hybrid-electric(Diesel-Electric and CNG-Electric)：較複雜的推進系統及複合式燃料的費用較高，對開發中城市可能較不適合。西雅圖及巴西均有應用的案例，惟其廢氣排放的減少績效不如預期。其成本約比標準柴油引擎公車貴美金 7.5 萬至 10 萬。
9. 燃料電池 Hydrogen(Fuel Cell Technology)：美國於 2003 年投入 17 億美金研發，歐盟投資了 37 億美金，日本也投資 2.7 億美金開發這個新的能源方式，許多國家都紛紛推行燃料電池的研究計畫。不論是開發中或是已開發城市，均有燃料電池車輛的測試(如北京、開羅)，但並非整個車隊都使用燃料電池，何時能完全供商業營運使用仍無法肯定。
10. 其他：Fly-Wheel Technology, Di-Methyl Ether(DME), Blended Fuels



圖 2.3-2 低污染全低底盤柴油公車
(紐約市)



圖 2.3-3 低底盤柴油(或 CNG)公車(LA)



圖 2.3-4 複合式燃料的車輛



圖 2.3-5 使用燃料電池的車輛

資料來源：CALSTART, INC. (2006)

表 2.3-3 BRT 車輛型式及購車成本比較

車輛型式	車輛成本(美金)	應用城市
小型、新或二手車，20~40人座，卡車底盤	\$10,000-\$40,000	LA Metro Rapid BRT Network; Pittsburgh
柴油技術、本地生產或低成本引進(12公尺標準車)	\$40,000-\$75,000	Porto Alegre; Jakarta; Nagoya; Adelaide; Ottawa
柴油引擎符合Euro II 標準國際車廠生產給發展中國家(12公尺標準公車)	\$80,000-\$130,000	Kunming; Jakarta;
歐美販賣標準OECD Euro II 柴油公車(18公尺)	\$200,000-\$350,000	Las Vegas, Rouen, Lyon; Bogota; Sao Paulo; Quito
先進柴油污染控制(符合Euro III 或更高標準)	比標準柴油公車貴\$5,000-\$10,000	Boston, Bogota; Mexico City; Amsterdam, 常州、杭州、濟南
壓縮天然氣(CNG)、液化石油氣(LPG)公車(18公尺)	比標準柴油公車貴\$25,000-\$50,000	Los Angeles Orange Line; Eindhoven, Netherlands; Beijing; Seoul; Brisbane; Jakarta
油電混合(Hybrid-electric)公車(18公尺)	比標準柴油公車貴\$75,000-\$150,000	Cleveland; San Francisco; Eugene; Honolulu; Las Vegas; Miami
燃料電池(Fuel-cell)公車	比標準柴油公車貴\$850,000-\$1,200,000	歐盟測試中

資料來源：本研究參酌 Wright et al. (2007) 之研究修改而得

四、其他車輛物理特性

車門的數量和配置也會影響乘客上下車的效率，如雅加達的車門只有設置一個，導致乘客上下車時經常阻塞，而波哥大的車門設置有四道，寬度為1.1公尺，開門時間約為兩秒鐘。

五、車輛準確停靠站設計(Docking Systems)

車輛停靠站的程序將影響乘客上下車的速率、排隊、安全、服務品質及車輛維護。車輛停靠站時，將受限於車站縱橫向的限制，車輛與車站之間的橫向距離會影響乘客穿越的便利及安全性，若車站設置有車門(Doorways)，則當縱向的距離沒有控制好，就會導致車站與車輛的車門無法對準。但準確靠站同時也要兼顧不得損壞車輛。為了達到準確靠站的效益，有以下兩種因應方式：

1. 登車橋(Boarding Bridge)：在站台及車輛中間設置小平台，使車輛靠站時能縮短車輛與站台的間隙，方便乘客或輪椅上下車。登車橋可能為延伸自站台的小平台，或是配備在車輛上，靠站時才放下。
2. 導軌：導軌的方式可分成機械式導軌、光學導軌及電磁導軌，這些導軌均可以只設置在進出站的路段提供準確靠站的服務。目前曼谷計畫在車站處設置機械式導軌，使車輛靠站時與站台僅有 7 公分的間隙。使用導軌技術可以使靠站更加的準確、快速，但成本比裝置上車橋高。

由上述說明，可知車輛技術的選擇將影響成本、工程設計、系統容量及形象等，嘉義BRT採用部分低底盤公車、部分普通標準公車共同組成車隊，係考量成本、系統形象等因素，但由於混用不同的車輛技術，將影響車站設計所帶來的效益(如：使用普通標準車輛則無水平快速上下車之優勢)，而若車體外觀不統一，也難以塑造鮮明形象。台北公車專用道只有少部分使用低底盤公車，但礙於靠站技術，仍無法提供預期的上下車效率。此外，環境能源議題也受到各界重視，隨著各先進國家車輛排氣標準的提高，使用新能源或是更有效率的車隊安排將成為趨勢，目前台灣使用的公車車輛都難以由國內廠商自行研發製造，但綜觀世界其他先進國家陸續投資新的車輛技術研發，未來我國大客車產業自行開發車輛技術將必須更加重視。

2.4 導引

一般公車多為人工駕駛，駕駛員掌控所有的行車狀況，包含速率的增減、轉彎、停車等駕駛行為，但BRT透過先進的導引技術，亦可使BRT車輛如軌道車輛一般自動行駛，而主要導引的技術分為下列三種：

(1) 機械式導引(Mechanical Guidance)

此種技術最早源自於導軌公車(Guided Bus)的設計概念，類似於目前台北捷運木柵線車輛導引結構，主要以車身邊之側輪依循車道內側軌或路側緣石(Curb)行進，在歐洲稱為 Kerb Guided Busway(KGB)，目前主要實行地區有英國的 Leeds、日本名古屋(Nagoya)、澳洲 Adelaide，雖然使用均是機械式導引，但導引方式仍有相異之處，由圖 2.4-1、2.4-2、2.4-3 可以比較出其差異，導引原理基本上都是藉由前導輪接觸緣石或車道內側軌條後導引前輪方向進而連動方向盤，但其路面之設計可為混凝土版軌道式(Leeds)、加設混凝土軌枕(Adelaide)或平面無軌枕式(名古屋)，由於機械式導引必須以導輪接觸車道邊緣，因此在各種導引方式中需要最高的車道建置成本，但在導引技術中的成本反而為最低。

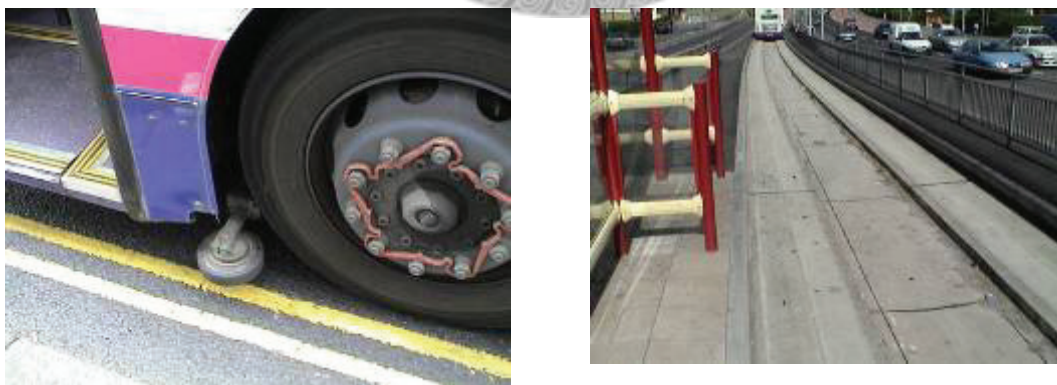


圖 2.4-1 英國 Leeds BRT 導引系統



圖 2.4-2 澳洲 Adelaide BRT 導引系統



圖 2.4-3 日本名古屋 BRT 導引系統

(2) 光學式導引(Optical Guidance)

於車道中央劃設雙白虛線，透過安裝於車頭上方或擋風玻璃前方的數位攝影機取得前方 12 公尺內的雙白虛線影像，同時將影像傳送至車上電腦處理，電腦在偵測當時車輛動態後，計算出實際位置與雙白虛線間的差距，並自動調整位置差距。此種系統好處在車道僅需劃設白線成本，車輛必須具備較複雜的電腦處理系統，目前多半應用在車輛進出站台準確停靠站，但較不適用於容易被大雪或風沙掩蓋路面白線之地區，但當此種狀況發生時，駕駛仍可以藉由一般手動方式駕駛車輛，此種系統目前使用在法國 Rouen、美國拉斯維加斯(Las Vegas)等地區。

在法國 Rouen，光學式導軌僅用在車站停靠時，其餘非車站路段仍以司機手動駕駛為主，以免發生緊急狀況反應不及，此種技術為西門子研發產品，價格約 3 萬歐元，約占車價 30 萬歐元的 10%(Wright et al., 2007)。在美國拉斯維加斯(Las Vegas)地區，因為當地處沙漠地帶，

地面標線易遭風沙掩蓋，目前仍以駕駛手動操控車輛為主，因此此種光學導軌易受氣候影響(大雪、雨、風沙)而影響導引效果，仍有待改良，但其近似軌道的技術設計與設備之彈性(可單獨安裝於一般公車，不一定須整車設計)，仍為 BRT 未來發展帶來新契機。

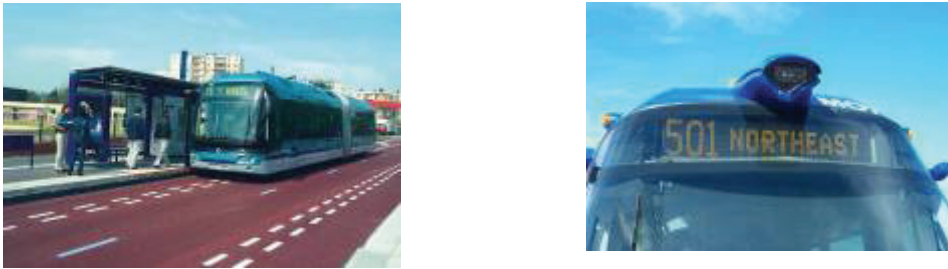


圖 2.4-4 光學導引系統

(3) 電磁式導引(Electromagnetic Guidance)

此技術由加州大學柏克萊 PATH 研究中心開發，該系統原理係為 PATH 研究中心九十年代末期為無人駕駛計畫推動之技術，目前在荷蘭阿姆斯特丹進行商業運轉，主要是發展自動 BRT 系統(Automatic Bus Rapid Transit, A-BRT)，類似於光學式導引，但其不在車道劃設白線，而是以一固定距離埋設電磁裝置，藉由車上偵測器偵測磁力方向，導引車輛依循車道線型前進或準確靠站停車，此種導引系統必須在車道及車輛均投入相當建置成本，平均每車道佈設感應磁鐵為美金 20,000 元/哩，每輛車硬體建置成本為美金 50,000~95,000 元。(Wright et al., 2007)



圖 2.4-5 電磁式導引系統

BRT 系統採用導引設計，根據實施的經驗，可歸納出其優劣點如表 2.4-1 所示，

目前全球使用導軌 BRT 的城市比較則如表 2.4-2 及表 2.4-3 所示。

表 2.4-1 自動導引式 BRT 之優缺點比較

優點	缺點
<ul style="list-style-type: none">■ 快速且安全■ 可在有限道路面積使用最窄的公車專用道車道寬設計■ 吸引乘客搭乘及優質公車形象	<ul style="list-style-type: none">■ 不論採用何種導引技術，皆須投注更多建置及營運成本■ 機械式導引受限於道路線型設計不易其他非導引式車輛行駛，失去 BRT 彈性■ 短距離行駛難感受與非導引式 BRT 之速率差異

資料來源：Wright et al. (2004)



表 2.4-2 導軌 BRT 系統目前應用之城市特性比較

	日本 名古屋	澳洲 Adelaide (O-Bahn)	法國 Caen	法國 Rouen (Civis)	荷蘭 Eindhoven (Phileas)	英國 Crawley (Fastway)
啟用時間	2001	1986	2002	2001	2003	2003
幹道數量 Trunk corridor	1	2	2	3	2	2
幹道總長度 (公里)	6.8	12	15.7	26 (只有 12 公里為專 用路權)	專用道路 長 12 (15km)	24
預計總幹道長 度	11.9		N/O	38	50	N/O
總路線數量	1	18	2	3	2	2
專用道位置	Separated Row	中央 Centre Lane	中央 Centre Lane	Centre & 路側	中央	路側
鋪面材質 (runway)	混凝土	混凝土	瀝青	瀝青	混凝土	混凝土/ 瀝青
鋪面材質 (車站處)	混凝土	混凝土	瀝青及混 凝土	瀝青	混凝土	混凝土/ 瀝青
接駁路線 總長	0	0	N/O	N/O	0	0
車站數	9	3	34	41	32	62
平均站距	720m	5000m	500m	535m	550m	400m
設置超車道的 車站數	0	0	0	0	0	0
終點站 (terminal)	5	N/O	4	1	3	3
廠站 (depot)	3	N/O	1	1	1	1
系統總運量 (passenger-trips per day)	9,000	25,000	45,000	32,000	N/O	6,000
單向實際運量 (人/小時)	N/O	尖峰 4,500	N/O	尖峰 1,770 非尖峰 640	N/O	N/O
平均營運速率 (公里/小時)	30	80	20	16.6	21	20
平均班距 (尖峰)	3~4 分鐘	50 秒	6 分鐘	3 分鐘	7.5 分鐘	10 分鐘

資料來源：本研究根據 Wright et al.(2007)修改整理

表 2.4-3 導軌 BRT 系統目前應用之城市特性比較(續)

	日本 名古屋	澳洲 Adelaide (O-Bahn)	法國 Caen	法國 Rouen (Civis)	荷蘭 Eindhoven (Phileas)	英國 Crawley (Fastway)
平均班距 (離峰)	10 分鐘	5-15 分鐘	10~15 分 鐘	4 分鐘	10 分鐘	10 分鐘
車隊數量	25	118	24	38	11	N/O
車輛類型	12m 標準公車	雙節及 標準公車	24.5m 雙節公車	18m 雙節公車	18m 雙節公車 24 及 26m 三節公車	11m
車輛能源類型	柴油引擎	柴油引擎	Trolley (電車)	柴油引擎 (EuroII 及 EuroIII)	LPG	柴油引擎 (Euro IV)
車輛容量(人)	75	N/O	150	110	120~180	60
導軌形式	機械式	機械式	中央導軌	光學	電磁	電磁
車票費率(US\$)	2.00	1.92~3.17	1.5	0.9	2.27	N/O
規劃成本(US\$)						
Total Planning cost	N/O	N/O	19,000 萬	N/O	14,300 萬	N/O
平均 車輛成本	N/O	N/O	200 萬	39 萬	N/O	25 萬
總建設成本 Infrastructure (US\$/公里)	4650 萬		N/O	830 萬	1000 萬 110 萬 ~680 萬 (註)[5]	200 萬

(註)：Phileas的基礎建設，若為建造全新的路面，則成本約為680萬(US\$/公里)，但若是既有的道路，則改建成本僅需110萬(US\$/公里)。

資料來源：本研究根據 Wright et al.(2007)修改整理

2.5 票證系統

一、 票證系統分類

一個有效率的票證系統，可以減少停靠站、排隊上車、購票或通過驗票口的時間。票證系統的程序可分為購票(Fare Collection)及驗票(Fare Verification)，並依付費及驗票地點不同，可分成以下幾種系統：

1. 車外付費系統(Off-board Payment System)：車外售、驗票可以減少司機核對票務、乘客排隊等候上車的時間，由於車上不會有乘客購票的投幣箱，也能避免搶劫等事件，但必須在每個車站都設置標準一致的售驗票系統，

必須先整合該系統內的所有公車業者，並興建一個封閉式的車站，才能避免逃漏票，故車外售票系統尚有封閉式站台的興建成本、空間需求及美觀等問題。波哥大的 TransMilenio 平均每個車站花費約為 50 萬美金，車站較簡易的如 Quito 系統的 Ecovia line，每個車站成本為 5.5 萬美金。封閉式車站也能帶來其他效益，如提供更佳的候車環境，阻隔天候影響，也能避免流浪漢等進入車站。另外歐洲經常使用「榮譽制度」(Honour System)，乘客必須事先在售票機購票之後再上車，工作人員不定時執行隨機的驗票，亦屬車外付費方式，洛杉磯橋線 BRT 即採用此種方式。由於榮譽票證不需要建置封閉式的車站，可以減少車站的空間及成本，但對於逃漏票的情況較難掌控，故多不適用於開發中城市。

2. 車上付費系統(On-board Payment System)：此為公車系統最常使用的方式，但會因車上售票或驗票的過程延長乘客上下車時間，造成車輛在車站的停等延滯。在 BRT 系統中，尤其是運量大的運輸走廊通常不建議採行此種方案，或是以推廣電子票證以減少車上現金購票之時間。

二、票價的擬定

票價的定價方式大致可分成五種方式，但單一的系統內經常也會有不同票價結合搭配的情況，如接駁服務可能使用單一票價，而主線則使用區域票價或按里程收費；韓國首爾則採用更複雜的技術，同時考量里程和時間因素而調整票價。以下就五種常見的定價方式簡述：

1. 免費搭乘(Free fare)：民眾搭乘大眾運輸不需付費，系統的營運成本是由其它的資金來源支付，如停車費，Hasselt(Belgium)，Denver(US)，Miami(US)，及 Orlando(US)均有免費搭乘的公車路線。
2. 單一票價(Flat fare)：不論路程的長短，均收取單一的票價。許多拉丁美洲的城市，如波哥大和 Quito 均為單一票價。單一票價的收費方式符合社會公平原則，因為收入較低的家庭傾向住在城市的外圍並使用大眾運輸通勤，而因為居住在市中心，旅行距離較短而多負擔的票價，亦可視為津貼補助。
3. 區域票價(Zonal fare)：簡化按里程收費的機制，只當乘客的旅次跨區時，

才需要付額外的票價，若起迄都在同一區域內則為單一票價收費。對乘客而言，這種計算方式也能簡單易懂。

4. 按里程收費(Distance-Based Fare)：需要較複雜的技術輔助，是最貼近實際旅次成本的計費方式。
5. 按時間收費(Time-Based Fare)：在固定的時間內為單一票價，超過限制的時分間就會提高票價，與按里程收費的方式類似，都需要較複雜的技術輔助。

三、 票證系統的技術組成元素

1. 付費媒介

付費媒介(Payment Medium)經常為現金、代幣、紙票、磁卡、智慧卡等等。付費的媒介可以是單一(Single)或是複合式(Multiple)，例如許多系統採用複合式的方式，提供單程票或是多程票(Multiple trips)，並採用不同的付費媒介。可重複使用的智慧卡其初期投資成本較高，對於一次性的使用者較不符合效益。Delhi 的捷運系統所使用的付費系統，分成智慧卡及單程票卡，圖 Quito 的檢票口，可同時適用投幣或磁卡。而選擇何種媒介，通常與成本、簡明易懂、文化背景及服務特性有關。現金及代幣為最簡單的系統

在效率方面，投幣式系統每分鐘約可通過 8-12 人，使用接觸式票卡則約為 15-20 人。紙票需要人工驗票，高運量的系統較不合適，許多使用紙票做為媒介的系統，均採榮譽制度及隨機驗票。磁卡的應用在世界各地的捷運系統均已成功的應用，現行主要有兩種不同的標準化磁卡：標準尺寸的 ISO7810 卡及尺寸較小的 Edmonson 卡。磁卡的成本平均每張約 0.02~0.05 美金，另外需要設置售票機及閘口讀卡機，但與智慧卡不同，磁卡使用封膠的紙製成，較容易損壞，故有使用期限。由於出入車站均需感應磁卡，經營者可以收集旅次資料參考分析。智慧卡是目前最新的技術，平均每張成本為 1~3 美金，隨著技術的成熟及推廣，未來成本可望繼續降低，卡片的材質可能為 PVC、PET 或是紙，使用年限約為五到十年，感應方式也可分為接觸式或是不需接觸式。若在卡片中放入記憶晶片，則

可以儲存資料。如香港八達通(Octopus card)的儲值上限為 125 美金，在商店購物時也可使用，目前香港釋出 1400 萬張八達通，每日約有 940 萬筆交易透過八達通進行。雖然智慧卡的初期投資成本較高，但是日後的維修費用約為初期成本的 7~10%，而磁卡的維修費用約為初期成本的 15~20%。各類付費媒介的比較可參考表 2.5-1。

表 2.5-1 各種票務技術比較表

項目	投幣系統	紙票系統	磁卡系統	智慧卡系統
裝置成本	中	低-中	高	高
營運成本	低-中	低	中	中
複雜度	中	低	高	中
排隊等候人數	1	2-4	2-4	2-4
提供旅次資料	X	X	○	○
自動化驗票	○	X	○	○
依里程計費	X	有難度	○	○
閘口容量	中	低-高(採榮譽制度)	中	高
塑造高科技形象	中	低	中-高	高
票證設備所需空間	中	低	高	高
易偽造的敏感度	中	高	低-中	低

資料來源：Wright et al. (2007)

2. Point-of-Sales (POS) terminals：可購票或加值的現金站(Cash Point)。
3. 驗票處(Value-Deduction Terminals)：

通常都會設置閘門(Turnstile)以區隔已通過驗票的乘客。閘門的高度有等身高(Full-body height)及半身高(Half Body Height)兩種，一般大眾運輸系統常使用半身高的閘門，但在容易疏漏的情況下也會設置等身高的閘門，例如 Quito 在入口處均為半身高的閘門，但在無管理員監控的出口處則設置等身高的閘門。閘門的形式有三種：翼式、旋臂式及閘臂式。翼式閘門(Wing Barrier Turnstile)經常使用於捷運軌道系統，如倫敦及華盛頓的地鐵。翼式閘門可有效防止逃漏票，也便於輪椅、嬰兒車或攜帶行李的乘客通過。翼式閘門關閉的方式有兩種，可以裝設偵測器感應乘客是否已經通過，或是設定開啟固定的時間後立即關閉。旋臂式閘門(Rotating-Arm Turnstile)每感應一次票卡就只能旋轉一次，可以有效防止逃漏票，但使用輪椅或推車者則不便通過，波哥大的 TransMilenio 即使用旋臂式閘門。閘

臂式閘門(Gate-Arm Turnstile)為低成本、較簡便的閘門裝置，付費後閘門即可推開，便於使用輪椅或推車者通過，但閘門必須回到初始位置才會鎖死，再加上閘臂與地面之間的空隙，難以避免逃漏票的行為，目前 Quito 的 Trole and Ecovia lines 兩條路線均使用閘臂式閘門。此外也有一些根據特殊需求設計的閘門形式，如波哥大 TransMilenio 設計的閘臂式閘門可供特殊需求者通過，但又改良了傳統閘臂式的缺點。然而，BRT 的車站多設置在道路中央，車站空間有限，狹窄的車站寬度可能只能裝設兩個閘門。



波哥大的旋臂式閘門



波哥大的閘臂式閘門



Quito 的閘臂式閘門

圖 2.5-1 不同型式驗票閘門

4. 中央電腦(Central Computer)：中央電腦內儲存諸多資料，並能藉由 GPRS 連結至購票或驗票點。

以下參酌國內外相關研究成果(例如：Federal Transit Agency, 2003；Chang, 2003；Levinson, 2003；Lobron, 2003；Rathwell, 2002；吳英立，1995；張學孔、吳英立，1997；濮大威等，2004；陳韋伶，2006)，回顧國內外 BRT 之票證技術應用狀況，希望藉由幾個具代表性的案例分析，了解收費系統對於 BRT 系統營運之影響。

一、國外 BRT 票證技術之應用

(1) 巴西 Curitiba

Curitiba 為巴西之中型都市，於 1960 年代時基於財政以及現實環境考量，選擇了地面公車專用道系統，其特點為將交通政策與都市計畫予以整合，使其從原本為全巴西次高之私人運具擁有率，但有 70% 之通勤乘客採用 BRT 之都市。其與票證技術相關之措施如下：

(a) 票證技術形式

最初時期，乘客於系統內轉乘無須收費，然而因大量的偽造與逃票，為改善各車站之服務效率，其後又由雙票系統(支線與快速路線兩種車票)、取消支線票、單一票價等方式，逐漸演變成封閉式的管狀候車亭，使 Curitiba 成為全世界第一個使用車外收費系統的公車系統。乘客於乘車之前先把票交給站台售票員，以節省車上購票的時間，並於部分車站指定各車門專供上車或下車使用，將上下車乘客分流，以提昇上下車之效率。同時為了方便乘客使用，其採用單一票價預先購票制(同時處理轉乘票價)，以減少購票的次數與時間。由於預先收費的制度可搭配多車門之車輛，進而使每車站減少約 20 秒之延滯時間。

(b) 其他元素整合

由於 Curitiba 採用高底盤之車輛，故其將車站之站台高度調整至與車門同高，且改造車門使位置能與站台整合，方便乘客上下車，搭配車外預先收費與上下車乘客分流之措施，即能有效縮短乘客上下車之服務時間。

(2) 哥倫比亞波哥大(Bogotá)

波哥大為哥倫比亞的首都，過去的公車運輸業因缺乏規劃，導致業者惡性競爭，服務品質低落，為改善此現象，其仿照 Curitiba 之模式，分別加強運輸設施、車隊營運管理、售費系統及控制系統四部份之規劃，並分兩階段逐漸改善其公車運輸系統，使其公車系統於尖峰時段仍可以高速行駛，故在其營運僅五個月的時間後，波哥大 72% 之人口皆由中小型公車運送、乘車時間節約 32%、交通死亡事故下降 93%、空氣污染下降 40%，乘客滿意率更高達 88%。其與票證技術相關之措施如下：

(a) 票證技術形式

有別於 Curitiba 的人工收費方式，波哥大之收費系統由私部門負

責財政管理並發行智慧卡，且原本車上收費方式改採為站外收費，其於站台入口處設置收費閘門，乘客進入站台前則使用智慧卡預先付費，由於其費率結構為依旅次長度計費，故轉乘乘客亦可於車站內轉乘主幹線或支線，故無須二次收費，可大幅減少上下車時間。

(b) 其他元素整合

除了將站台加高至與車輛底盤等高之外，其每輛連結公車皆設置 4 個車門，且將其加以改良，車門寬度加寬為 1.2 公尺，方便乘客進出。不同於 Curitiba 的概念為停站時間的控制，每輛車於車站之停靠時間與捷運系統相同採固定制，目前設定為 2 秒鐘，若每個車門每秒可進出 3 個人，則平均每輛車每秒可進出 12 個乘客。

(3) 美國奧勒崗州尤金市(Eugene)

奧勒崗州尤金市 BRT 亦以巴西 Curitiba 為原型設計而成，其路線全長 10 哩，由東邊的 Springfield 至西邊的尤金，全線分兩階段施工，第一階段係由 Springfield 市中心至尤金市中心共 4 哩，於 2001 年夏季施工，2003 年秋季開始服務。第二階段則是將尤金西區至其市中心，以及 Springfield 東區至其市中心連接起來，2003 年秋季開始施工，2005 年的 11 月開始提供服務。BRT 計畫於主要走廊提供密集、快速之運輸服務，另外以小型巴士提供鄰近住宅區至 BRT 路線、鄰近商場及就業地點的接駁服務。

尤金採用之票證技術形式亦屬車外收費形式，但其無須建造類似 Curitiba 及波哥大之封閉式車站，而是與大多數的輕軌系統相同，採用無柵欄式收費系統(barrier-free, proof-of-payment fare system)。BRT 沿線於每個站台處皆設有售票機，乘客於站台自行購票後，持有印記付費時間及地點之車票以作為付費及轉乘證明即可乘車，系統中則設有稽查人員負責隨機驗票工作，以防止乘客之逃票行為。

(4) 加拿大渥太華(Ottawa)

渥太華 BRT 於 1983 年啟用，至 1996 年全線通車，總長度為 31 公里，其路網形態由市中心分五條路廊成輻射狀向外延伸，以連結各個重要的核心都市，雖為 BRT，但其設施規劃為採用輕軌系統之標準，以保留未來系統升級的彈性。其系統特性主要為車站的聯合開發，其沿線約有 1/4 之車站以聯合開發方式整合，並配合大眾運輸發展導向之政策，目前已有 50% 以上進出市中心區的旅次使用公車運輸系統。其與票證技術相關之特性如下：

(a) 票證技術形式

渥太華仍採用傳統車上收費技術，因此車站不必另外規劃付費空間。使用者之付費媒介則沿用原公車運輸系統採用之方式，分別包含紙票與投現，為降低乘客上車之付費時間，推行通勤月票卡，由於投現票價高於月票票價，故平均約有 70% 的人次使用月票，此比例於尖峰時段更高，同時允許持月票或者有付費轉乘證明之乘客由連結公車之後門上車，提高上下車效率，並利用抽查制度來防止逃票。2001 年，ECOPASS(預付卡)計畫首度於渥太華大學試辦，此通行證費用可直接自薪資戶扣款，票價設計則按照扣款週期而有差異，利用預付卡後可較月票再省 15% 成本，該計畫未來將推廣至高科技公司、銀行、市府部門以及醫院等。除此之外，OC Transpo(Ottawa-Carleton Regional Transit Commission, 渥太華-卡爾頓區域大眾運輸委員會)未來更計畫引用新的智慧卡票證技術。

(b) 其他元素整合

系統所採用之車輛為 12 公尺柴油公車及 18 公尺之連結柴油公車，1999 年大量使用低底盤公車以減少乘客上下車之時間，雖無限制路線上所使用之車型，但每站皆停的主幹線多用連結車輛，而大部分站台為 6 公尺寬 55 公尺長，可同時供三輛連結公車停靠。

(5) 澳洲 Brisbane

Brisbane 目前共有兩條公車專用道路，第一條為 2001 年完全通車的澳洲昆士蘭東南部地區公車專用道路，而北區公車道路 (Inner Northern Busway) 為 Brisbane 的第二條公車專用道路，全長 4.7 公里，連接 Brisbane 市中心區與皇家醫院，於市中心區與東南公車道路相連，另於 Brisbane 市區設置公車專用道 (Bus Lane) 以連接兩專用道路，增進市區進入公車專用道路的服務效率。加拿大渥太華依據輕軌系統之標準設計 BRT，而 Brisbane 除引用其設計標準，另參考渥太華實際營運經驗與當地特性於站台、ITS 技術及營運方式等稍加修改。

其費率結構較為複雜，採區段計費方式，票種包含了單程 (包括不同運具轉乘) 或事先購買 10 次票、離峰票、1 日票等，但未發行月票，且由於乘客必須於車上付費或向駕駛員購票，加上雙門的連結公車極少，多為單門上下的公車，大量乘客上下車造成行車延滯的風險，成為主要規劃考量因素。這樣的情況於今已透過相關管理方式可改善，其中較為特別的是設置站台上票檢人員 (On-Platform Ticket Agents)，增加上下車速率；或是增加「公道+一般地區道路」之路線，減少車站轉車次數。而即將引進的智慧卡，將能改善車站營運狀況，以及公車業者間、公車-軌道系統間之協調。

二、國內現行票證技術

(1) 台北悠遊卡

台北地區之公車運輸系統自今為止皆採車內收費形式，早期乘客必須使用現金付費，於上車時向車上售票人員購買紙票，下車時繳回。其後取消車上售票人員，改為直接付費，且由駕駛給予購票證明，一樣於下車時繳回，但隨著運量的增加，此方式大大降低乘客上下車效率。至 1996 年，始建置儲值磁卡票證系統 (Magnetic Store Value Card)，於台北都會區聯營公車開始採用，乘客必須將票卡放入讀卡機中才能完成驗票扣款的動作，然而由於這種接觸式的票卡需要較長的讀寫時間，故亦不利於上下車的效率 (至 2003 年完全取消儲值磁卡票證)。同年木柵線捷運開始營運時，也是採

用磁條的接觸式電子票卡。而為了推廣智慧型電子票證，2000 年正式由台北市政府、台北捷運公司、台北銀行、民營公車業者和其他民間機構，以公私合營模式成立了「台北智慧卡票證股份有限公司」，以建置更先進的電子票證系統，期望以非接觸式(Contactless)IC 智慧卡逐步取代現金以及儲值磁卡票證系統，目前將其命名為「悠遊卡」。一直到 2002 年，台北地區真正開始使用非接觸式 IC 智慧卡，作為大眾運輸系統的票證，此票卡採用 Philips 設計 Mifare 晶片，屬 ISO1443 Type A 型式，其以非接觸方式讀取資料，讀取距離可以需要微調，而每筆交易時間小於 0.3 秒，乘客僅需將卡片輕輕掠過感應器，而不必由皮夾或皮包取出即可完成驗票通關程序，非常快速且方便。目前應用範圍包含公車及捷運系統、路邊及路外停車場，公車系統中使用悠遊卡付費之乘客比例已達 75%以上。根據悠遊卡票證公司於 2003 年所作之調查，民眾對於悠遊卡的滿意度高達 92%，且認為「悠遊卡」最大的好處為縮短讀卡時間，減少乘客上下客時間。除現今公車、捷運及路邊、路外停車場之應用範圍外，未來更期望能推廣至不同運輸工具轉乘或整合不同領域的應用，如計程車、通勤鐵路、以及剛通車之高雄捷運與高速鐵路等；悠遊卡也與銀行共同發行現金儲值卡(e-purse)，應用功能擴大，截至 2008 年 2 月，發卡量已超過 1200 萬張。

(2)台中 e 卡通、台灣通

台中 e 卡通是通用於台中地區的非接觸式交通電子票證系統智慧卡，由台灣智慧卡股份有限公司發行，於西元 2004 年 8 月起使用，初期僅適用於搭乘台中市市區公車，2005 年起適用兩條公路客運，並於同年 7 月將使用範圍推廣至中部地區台中縣市、彰化縣、南投縣等 10 家客運業者共 296 條營運路線。卡片也可於台中市、台中縣、彰化縣、南投縣之 7-Eleven 門市及適用台灣 e 卡通之客運場站進行充值。台灣智慧卡股份有限公司更於西元 2007 年 5 月完成台中 e 卡通對使用於桃竹苗地區之台灣通的整合，「台中 e 卡通」更名為「台灣通(中彰投版)」，除可於原來台中市、台中縣、彰化縣、南投縣之客運使用外，範圍更擴及到桃竹苗地區的客運，目前發卡量約四十一萬張。

台中 e 卡通的卡片是使用 RFID 晶片技術的非接觸式智慧卡，並在所有適用路線之車內搭載 GPS 接收機取得車輛的所在位置，藉以判斷所在站牌並以里程計費扣款，因此乘客於上下車時皆須刷卡驗票，上車驗票紀錄上車地點並扣除基本車資，下車驗票依搭乘里程計算是否再扣款。其使用卡片之優惠方式包括票價優惠、轉乘優惠(市區客運轉乘市區客運、公路客運轉乘市區客運及火車轉乘市區客運等)、定期卡九折優惠，以鼓勵更多民眾使用。

(3)南台灣交通卡(TaiwanMoney Card, TM 卡)

南台灣交通卡是為提供南部地區民眾方便使用大眾運輸系統之目的而由高雄市政府交通局推動，其為配合配合高雄市政府「國家發展重點計畫—提昇地方公共交通網計畫」，以高雄市為中心，進行整合南部七縣市交通之「南部地區 IC 智慧卡電子票證系統」之規劃，結合南部七縣市(高雄市、高雄縣、嘉義縣、嘉義市、台南市、台南縣及屏東縣)之公車、公路客運、停車場等交通應用，達成南台灣地區交通運輸工具一卡通行的目的。此項整合計畫是由宏碁電子化服務事業群、萬事達卡國際組織、國泰世華銀行、玉山銀行、萬基股份有限公司、台灣世曦工程顧問股份有限公司、資策會等所組成之專案團隊進行系統規劃，建置具有結合交通票證、金融儲值與消費等付款機制之智慧卡，並命名為 TaiwanMoney Card，於 2005 年 10 月開始提供服務。

TaiwanMoney Card 是由金融機構所發行，具接觸與非接觸雙介面的多功能卡，為全球首張結合接觸與非接觸式雙介面的 PayPass 晶片卡，不僅具有高安全性，還可以整合多元化的應用，目前可使用於市區公車、長途客運、旗津渡輪、停車場等，未來也可使用於高雄捷運系統全線。使用時只要在收費器前輕觸其卡片，即可經由非接觸感應方式完成交易，免除排隊購票及投現的不便，享受行的便利，其發卡量目前約二十二萬張。

在交通範圍之外，TaiwanMoney Card 並同時具有電子錢包的功能，可以於便利商店、速食店、加油站、超市等貼有 Mondex 商標的商店進行消

費。此外，其也具備信用卡的功能，可以進行刷卡消費或是在 Mondex 電子現金商店直接進行小額付款。未來更計劃整合南部七縣市政府資本帳的轉入，諸如老人年金、幼兒券等補助費用，也會與電子化政府服務的付費機制結合，未來需要付費申請的政府服務項目，如戶政、地政謄本等，只要安裝刷卡機就可以在家直接付費、辦理，不需要親赴各政府機關。

TaiwanMoneyCard 之第一代卡片感應較長，其後推出之第二代卡片感應速率已有改善，感應時間平均約為 0.4~0.6 秒左右。卡片發行種類目前分為四種，分別是普通卡(適用於一般民眾)、學生卡(適用於學生)、旗津卡(僅限設籍旗津區和紅毛港地區居民)、多功能卡(適用於一般民眾)，其中使用旗津卡搭乘高雄市渡輪享免費之優惠，而多功能卡則包含信用卡與電子錢包之功能，搭乘大眾運具時以普通卡票價扣款且每次充值時需收手續費。

由以上可知票證系統與車輛技術、車站設計等密切相關，嘉義 BRT 目前使用上車收票，使用可通用於南部多縣市的 Taiwan Money 電子票證，惟其普及率不高，且南部民眾大眾運輸工具的使用率仍偏低，許多民眾搭乘嘉義 BRT 仍然使用投幣，無法確實掌握旅次的起迄點做為績效分析的參考資料。票價部分，嘉義 BRT 原採用區段票價，8 公里以內 22 元，最高票價可達 80 元(里程：29.3 公里)，而依台北捷運票價，里程約 30 公里者，單程票價為 60 元，嘉義 BRT 系統的票價也比當地的公車系統貴，雖 BRT 系統服務品質比一般公車佳，但嘉義 BRT 的票證結構無法成為吸引民眾使用該系統的誘因。

2.6 ITS 技術

近年來 ITS 技術已廣於應用在各種運輸系統中，以提升運輸系統之營運效率，在台灣地區，ITS 主要可分為下述九大服務系統架構：

1. 先進交通管理系統(Advanced Traffic Management Systems, ATMS)：ITS 的核心架構，利用偵測、通訊及控制等技術，將交通監控系統偵測所得的交通狀況，經由通訊網路傳輸到交通控制中心，中心再結合其他方面所獲得

之資訊，制定及評估交通控制策略，執行整體性的交通管理，並將相關資訊傳送給用路人，以達到運輸效率最大化及運輸安全等目的

2. 先進旅行者資訊系統(Advanced Traveler Information Systems, ATIS)：藉由先進資訊、通訊及其他相關技術，提供旅行者必要之資訊，使其隨時隨地取得所需之交通資訊，作為旅次產生、運具與路線選擇之決策參考，以順利到達目的地。
3. 先進公共運輸系統(Advanced Public Transportation Systems, APTS)：利用 ITS 技術應用於公共運輸，以改善公共運輸服務品質，提高營運效率，增加公共運輸之吸引力。
4. 先進車輛控制安全系統 (Advanced Vehicle Control and Safety System, AVCSS)：結合感測器、電腦、通訊、電機及控制技術應用於車輛及道路設施上，協助駕駛人提高行車安全性，增加道路容量，減少交通擁擠。
5. 商車營運系統(Commercial Vehicle Operations, CVO)：ITS 技術於商業營運車輛，以提昇運輸效率及安全，並減少人力成本，提高生產力。
6. 緊急事故支援系統 (Emergency Management System, EMS)：當緊急危難發生時，方便車輛求援與指派救援車輛以及即時交通管制。
7. 電子收付費系統 (Electronic Payment System & Electronic Toll Collection, EPS&ETC)：利用車上單元與路測單元作雙向之通訊，經由電子卡進行收費，以取代現行人工收費之方式。
8. 資訊管理系統 (Information Management System, IMS)：ITS 基礎技術，結合資料庫與各種融合演算方式以最快之速率將各種即時交通資訊進行管理。
9. 弱勢使用者保護服務 (Vulnerable Individual Protection Services, VIPS)：透過先進技術提供高齡者或行動不方便的弱勢族群在搭乘交通工具或於道路時有著無障礙的交通管理環境。

BRT 屬於先進公共運輸系統(APTS)的一環，在 BRT 系統採用的 ITS 技術方面，主要有下列幾項：(Hardy, 2003)

1. 車輛優先：包括號誌時相時制的調整、車輛進出車站的設計、大眾運輸優

先號誌等。其中以號誌優先為最廣為使用的技術，其次為改變時相及進出控制。

2. 智慧車輛技術：包括了碰撞避免、碰撞警示、車輛偏離以及精確停靠等技術。這類技術主要在幫助 BRT 車輛減少碰撞的機率和次數並減少旅行和上下車的時間，由於這方面技術需要相當高的科技輔助，因此只有少數城市將此類技術納入規劃或是將其採用，在本類技術中最難達成之技術為避碰技術。
3. 收費系統：採用電子收費可以提供乘客更快速的收費方式且減少使用現金的機會，此外還可減少延滯時間並增加乘客之便利性。電子收費是 BRT 營運中最頻繁使用的技術之一，依照收費方式的不同可區分為車站收費及車上收費。
4. 乘客資訊系統：乘客資訊系統為使用者最容易接觸到之 ITS 技術，包括車站或站牌的資訊系統、個人乘車資訊系統、車上資訊系統及旅行路線規劃等。
5. 車輛營運與車隊管理：車輛與調度站間之通訊系統、定位系統、派遣系統及車輛本身之機械監視系統，均可確保車輛與路線上行駛的效率與安全、增加營運的可靠度以及減少旅行時間。透過先進通訊技術的運用、自動排程以及車輛追蹤等技術可幫助業者將車隊數的使用最佳化，以減少其對於車輛之投資成本。另外，藉由車輛故障偵測技術之運用可事先察覺問題，避免車輛在營運時發生故障。
6. 其他 ITS 技術：從上述系統可附加的技術有資料存取系統、乘客計數、安全警告、車上影音等技術。資料儲存以及自動乘客計數技術可有效幫助公車業者對於未來之營運規劃，而寂靜式危急事故通報與聲音及影像監控系統則可增加車輛營運時之安全性。

ITS 技術可以使大眾運輸營運增加時安全及營運效益。車輛及乘客遠端監控系統可以使得乘客的安全性更受到保障。在營運方面，車隊的管理也可以透過 ITS 相關技術提升其效率。未來在車輛自身的機械監控系統發展成熟後，車輛的行車安全可以受到更進一步的保障。而車輛自動定位(AVL)技術可以使排班調度更具彈性化及可靠，上述 ITS 的技術都是為了減少旅行時間及改善整理運輸路網的營運

效率。

BRT 系統的設計就是為了減少傳統大眾運輸服務的延滯。單獨一項 ITS 技術可以提供 BRT 系統未來基本的效益之一，而整合所有相關 ITS 技術將可以改善更多服務及營運之效率。BRT 系統若無整合 ITS 技術，就只能算是較進步的一種傳統大眾運輸系統，而不能稱做 BRT。同樣的，若只採 ITS 技術，而忽略了 BRT 之基礎建設，如車輛的專用路權，那也無法有效提升大眾運輸之容量。因此 ITS 技術與 BRT 之間的主要關係如下：

1. ITS 技術的整合決定 BRT 系統之特性。
2. 使用 ITS 技術是為了達到 BRT 系統之目標。
3. ITS 技術的應用可以使 BRT 之效益顯現在使用者中。

要連接車輛車站與行控中心有許多方式，在某些案例中，簡單的無線電或行動電話系統其實就足以負荷，如果在更複雜的系統中，可以選擇下述的幾種方式：

1. 全球衛星定位系統(Global Positioning System, GPS)：GPS 可以有效的提供溝通連結的服務，提供即時的車輛定位資料，並能追蹤車輛的移動，再加上一些當地情況的，資料準確性可到達誤差僅 2~20 公尺。例如：波哥大結合 GPS 及無線通訊技術 GPRS(General Packet Radio Service)以準確的控制車頭距，行控中心的工作人員會直接告訴司機需要加快或減慢速率來管理車輛的距離以及需求的改變，如果在某些特定的車站需求激增，行控中心可以派遣新的車輛來緩和車站擁擠的狀況。
2. 紅外線的技術(Infra-red Technology)：在路線的幾個位置設置信號塔，利用信號塔感應車輛所放出的信號以確定車輛的位置，這種方法在高樓林立的情況下是個很好的選擇，因為高樓會阻擋衛星信號的發送進而使 GPS 的功能大打折扣。
3. 迴路偵測器(Loop Detectors)及信標(Signposts)：洛杉磯 Metro Rapid System 使用的 Loop Inductors、倫敦及西雅圖使用的信標，是利用里程表讀數及複雜的預測程式和不連續的迴路做連結，測定車輛的位置。

上述三種類型的技術成本各不相同，以 GPS 而言，成本是每台車 750 美元(高雄、台中)到每台車 11,600 美元(舊金山)不等，倫敦的地標系統成本為每台車 5,000 美元。

ITS 技術需要伴隨著系統的建立才能使用，當系統規模日益龐大時，這些技術的軟體部份就需要更新。例如波哥大第一期的行控中心可以順利的控制這個系統，當 BRT 路網增大兩倍時，原本的控制系統就需要重新設計才能繼續使用。

行控中心在各地的 BRT 系統中被廣泛的運用，表 2.6-1 是完整使用行控中心的與部份功能之行控中心，其中部分功能表示僅進行即時監控，中心與車站及車輛間無雙向處置功能之調度中心或系統。完整 BRT 行控中心可對車站及車輛進行即時監控、排班調度、BRT 號誌優先、事故回報等功能之獨立運作之 BRT 行控中心或整合於其他交控中心之 BRT 行控系統中。

表 2.6-1 使用行控中心的 BRT 系統

完整 BRT 行控中心的系統	部分功能之行控中心
哥倫比亞—波哥大(TransMilenio)	巴西—聖保羅(Inteligado)
哥倫比亞—Pereira (Megabus)	西班牙—Leon (Optibus SIT)
墨西哥—Mexico City (Metrobus)	大英聯合王國—愛丁堡(Fastlink)
厄瓜多爾—Guayaquil (Metrovia)	中國—昆明
美國—波士頓(Silver Line Waterfront)	澳洲—Brisbane(SE Busway)
美國—Eugene (Emx)	澳洲—Adelaide (O-Bahn)
美國—洛杉磯	台灣—嘉義
英國—Crawley (Fastway)	
法國—巴黎(RN305, Mobilien, Val de Marne)	
法國—Caen (Twisto TVR)	
法國—Lyon(C-lines)	
法國—Nantes (Busway-Line 4)	
法國—Rouen (TEOR)	
法國—Toulouse	
荷蘭—阿姆斯特丹(Zuidtangent)	
荷蘭—Eindhoven	
中國—北京、常州、濟南、鄭州	
南韓—首爾	
澳洲—雪梨(Linerpool-Parmatta)	

資料來源：本研究修改自 Wright et al. (2007)



簡 歷



姓 名：呂英志

出生地：台南市

聯絡信箱：ethan424@gmail.com

學歷：

2009年7月 國立台灣大學土木工程學系博士班畢業

2002年1月 逢甲大學交通工程與管理學系碩士班畢業

1996年6月 國立台灣海洋大學河海工程學系畢業

1992年6月 省立台南第一高級中學畢業

