

國立成功大學

都市計劃研究所

碩士論文

世界主要都市捷運路網型態與運輸需求特性關係之研究

研究生：李建佑

指導教授：姜渝生

中華民國九十一年六月

國立成功大學
碩士論文

世界主要都市捷運路網型態與
運輸需求特性關係之研究

研究生：李建佑

本論文業經審查及口試合格特此證明
論文考試委員

呂錦隆

吳綱立 李瑞豐

指導教授：

劉宗

系(所)主管：

張益三

中華民國 九十一年 六月 二十五日

世界主要都市捷運路網型態與運輸需求特性關係之研究

研究生：李建佑

指導教授：姜渝生 博士

國立成功大學都市計劃研究所

摘 要

從世界各主要都市發展的趨勢來看，在都市競逐的現象下，要成為一個成功的二十一世紀都市，就必須要具備一個便利的都市捷運系統。由於捷運路網型態的內涵相當廣泛與複雜，本研究從國內外相關捷運路網進行分析，將世界各主要都市捷運路網型態進行綜合歸納分析，並比較其路網特性上之差異。其次，就各都市捷運路網特性、都市的人口資料、與運輸需求特性之關係進一步進行迴歸分析，以瞭解其間的相關性及可能的因果關係。最後，本研究將所分類的路網型態與運輸需求特性之關係的研究成果，應用在國內正陸續研擬及規劃的六個都會區之捷運系統，並進行比較研究與實質建議，以提供政府有關單位之參考。

關鍵詞：都市發展，捷運系統，路網型態，運輸需求特性，迴歸分析。

A Study of the Relationship between Network Configuration Patterns of Rapid Transit System and Transportation Demand Characters in the Main Cities of World

Student : Lee, Chien-Yu

Advisor : Dr. Chiang, Yu-Sheng

Institute of Urban Planning
National Cheng Kung University

ABSTRACT

From the tendency of urban development in the main cities of world, during the urban competitive market, if the city wants to become successful in the 21th century, it must have a convenient urban rapid transit system. Owing to the complicated and extensive context about network configuration patterns of rapid transit system, the study is tried to analyze network configuration patterns of rapid transit system in the main cities of world and to classify several major patterns in order to compare their difference. Moreover, the study collects network configuration patterns of rapid transit system, urban population, and transportation demand characters in the main cities of world to model the regression equation for understanding their relationship. Finally, based on the developed model and the principle inferences, it is applied to six metropolitan areas in Taiwan for understanding the planning about the rapid transit system, and providing suggestions for the institution of government.

Keywords: urban development, rapid transit system, network configuration pattern, transportation demand character, regression analysis.

謝 誌

「山窮水盡的苦悶，雨過天晴的喜悅。」正是此刻心情的最佳寫照。論文研究期間的諸多挫折、課業的壓力，曾數度影響我的信心。若非得力於師長的悉心指導、好友誠摯的關懷與鼓勵，能否堅持到底，猶在未定之數，在此衷心的感謝他們。

本論文得以順利完成，必須感謝恩師姜渝生教授，恩師百忙之中猶撥冗悉心指導，在我失去信心時給予鼓勵。論文撰寫期間，無論觀念之啟迪、研究方法的傳授、乃至於文辭之潤飾，接蒙恩師不憚其煩地詳加指正及提醒。而恩師治學態度的嚴謹，也為我豎立最佳典範，受益匪淺，僅在此致上最真誠的謝意。論文口試期間，感謝成功大學交管所凌瑞賢老師、都計所吳綱立老師，以及長榮管理學院航運管理系呂錦隆老師撥冗細審，並惠予寶貴的意見與殷切之指正，使本文之謬誤與疏漏得以斧正，而內容更為充實完備，在此一併致謝。

論文進行期間，特別感謝 TVBS 蘇宗怡主播的精神鼓勵，也感謝同窗好友坤昇大哥、淑淨阿姨、志賢大哥、美璇二姐、育南、明珊、柏全、惠玉、文龍、逸欣、奎良、佩姍、承欣、麗雪、志銘、羅桑等人，及佐瑋學長平日的切磋與研討，助益匪淺。另外蘇玉守學長在課業的循循善誘，也讓我順利應屆考取政治大學地政研究所博士班。此外，都計所完善的軟、硬體設備提供本研究莫大的方便，所上助教王曦芬小姐的行政支援，均使本研究之進行更為順利。匆匆兩載，所學尚稱譾陋，惟仍須感謝系上所有老師、同學及學弟妹們共創良好的研究風氣，使得本文得以於濃郁的學術環境中順利完成。

最後，謹將本論文獻給摯愛我的雙親，感謝他們一直的支持，我才能如此順心地在成大榕園求學。

李建佑 誌

2002/7/3

目 錄

	頁次
中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
謝誌	iii
目錄	iv
表目錄	vi
圖目錄	viii
 第一章 緒論	 1
1.1 研究背景	1
1.2 研究動機	1
1.3 研究目的	2
1.4 研究內容與範圍	3
1.5 論文架構與研究流程	5
 第二章 文獻探討	 7
2.1 路網型態分類之研究	8
2.2 路網評估指標之研究	11
2.3 多變量分析之研究	14
2.4 綜合討論	15
2.4.1 大眾運輸系統路線與路網型態綜合分類.....	16
2.4.2 都會區發展型態與運輸網路配置的關係.....	18
2.4.3 路網評估指標基本結構關係.....	19
2.4.4 迴歸分析方法之應用.....	19

第三章 世界主要都市捷運路網之研究.....	20
3.1 各國捷運發展之概況.....	20
3.2 捷運路網之基本型態.....	21
3.3 捷運路網型態之統計分析.....	31
3.4 捷運路網結構指標之分析.....	36
第四章 捷運路網型態與運輸需求特性之關係.....	38
4.1 世界主要都市運輸需求特性概況	38
4.2 路網型態與運輸需求特性之相關分析	42
4.3 都市規模與運輸需求特性之迴歸分析	47
第五章 相關國內捷運計畫之分析.....	64
5.1 國內捷運建設之策略構想.....	64
5.2 國內都市捷運發展之概述.....	68
5.3 國內外捷運計畫之比較研究.....	72
第六章 結論與建議	86
6.1 結論	86
6.2 建議	87
參考文獻.....	88

表目錄

	頁次
表1.1 世界主要都市捷運路網研究範圍	4
表2.1 國內外路網型態分類彙整	10
表3.1 D路網型態與典型都市示例	22
表3.2 L路網型態與典型都市示例	23
表3.3 T路網型態與典型都市示例	24
表3.4 F路網型態與典型都市示例	25
表3.5 R路網型態與典型都市示例	26
表3.6 C路網型態與典型都市示例	27
表3.7 G路網型態與典型都市示例	28
表3.8 M路網型態與典型都市示例	29
表3.9 IR路網型態與典型都市示例	30
表3.10 世界主要都市捷運路網型態分類與路線數一覽表.....	31
表3.11 世界主要都市捷運路網型態與路線數統計表.....	32
表3.12 世界主要都市多條捷運路網連接指標比較	36
表3.13 Morlok連接指標型態分類表	37
表4.1 世界主要捷運都市基本運輸需求特性彙整表	38
表4.2 世界主要捷運都市基本運輸需求特性說明	41
表4.3 世界主要都市人口規模與捷運路線數關係表.....	42
表4.4 世界主要都市捷運路線數與相關運輸需求特性關係表.....	45
表4.5 世界主要都市捷運迴歸模式設定及說明.....	55
表4.6 世界主要都市捷運年運量模式估計結果及統計量.....	58
表4.7 世界主要都市捷運每路線年運量模式估計結果及統計量.....	60

表4.8	世界主要都市捷運每車站平均年運量模式之估計結果.....	62
表5.1	國內興建捷運系統之一般條件	66
表5.2	台北捷運路網與運輸需求特性	69
表5.3	高雄捷運路網與運輸需求特性	69
表5.4	台南捷運路網與運輸需求特性	70
表5.5	台中捷運路網與運輸需求特性	70
表5.6	新竹捷運路網與運輸需求特性	71
表5.7	桃園捷運路網與運輸需求特性	71
表5.8	世界主要都市捷運與國內都市捷運之比較	75
表5.9	以人口規模比較世界主要都市捷運與台北捷運	76
表5.10	以人口規模比較世界主要都市捷運與高雄捷運	77
表5.11	以人口規模比較世界主要都市捷運與台南捷運	78
表5.12	以人口規模比較世界主要都市捷運與台中捷運	78
表5.13	以人口規模比較世界主要都市捷運與新竹捷運	79
表5.14	以人口規模比較世界主要都市捷運與桃園捷運	79
表5.15	國內外都市捷運路線數為兩條之比較	80
表5.16	國內外都市捷運路線數為三條之比較	81
表5.17	國內外都市捷運路線數為四條之比較	82
表5.18	國內外都市捷運路線數為六條之比較	83
表5.19	世界主要都市捷運每路線平均年運量等級表	83
表5.20	國內六大都會區捷運及輕軌運輸系統年運量預估	84
表5.21	國內三大都會區捷運系統年運量模式之實證比較	85

圖目錄

	頁次
圖1.1 研究流程圖	6
圖3.1 世界各國都市興建捷運系統數量圖	20
圖3.2 單一路線類型路網型態比例圖	33
圖3.3 組合路線類型路網型態比例圖	33
圖3.4 世界主要都市150個捷運系統路線數比例圖	34
圖3.5 世界前八大國家捷運系統路線數比較圖	34
圖3.6 世界前十大國家捷運系統路線公里數比較圖	35
圖3.7 我國捷運系統路線公里數在世界各國家之排名比較	35
圖4.1 世界主要都市人口規模與捷運路線數立體直圓柱圖	42
圖4.2 世界主要都市捷運最小行車間距之比例統計	43
圖4.3 世界主要都市捷運分站平均年運量之比例統計	43
圖4.4 世界主要都市捷運每路線平均年運量之比例統計	44
圖4.5 世界主要都市捷運每班車平均年運量之比例統計	44
圖4.6 世界主要都市捷運路線數與每車站平均年運量之統計	45
圖4.7 世界主要都市捷運路線數與每路線平均年運量之統計	46
圖4.8 世界主要都市捷運路線數與平均路線長度之統計	46
圖4.9 110個都市人口數與年運量散布圖	47
圖4.10 110個都市人口數與路線長度散布圖	47
圖4.11 110個都市人口數與車站數散布圖	48
圖4.12 110個都市人口數與車輛班數散布圖	48
圖4.13 110個都市每班車平均運量與最小間距散布圖	48

圖4.14 世界主要都市車輛班數與年運量散布圖A.....	49
圖4.15 世界主要都市車輛班數與年運量散布圖B.....	49
圖4.16 世界主要都市車輛班數與年運量散布圖C.....	50
圖4.17 世界主要都市車輛班數與年運量散布圖D.....	50
圖4.18 平均每站間距與平均每站年運量散布圖A.....	51
圖4.19 平均每站間距與平均每站年運量散布圖B.....	51
圖4.20 平均每站間距與平均每站年運量散布圖C.....	52
圖4.21 平均每站間距與平均每站年運量散布圖D.....	52
圖4.22 單位站距與平均每站年運量散布圖A.....	53
圖4.23 單位站距與平均每站年運量散布圖B.....	53
圖4.24 單位站距與平均每站年運量散布圖C.....	54
圖4.25 單位站距與平均每站年運量散布圖D.....	54

第一章 緒論

1.1 研究背景

捷運系統是都市旅運體系大眾運輸系統中，服務績效層次最高者，具有高速度與大運量的運輸特性，很適合市中心與郊區間走廊式直接運輸，或地區性主要旅次產生吸引點間的聯絡，並可避免道路擁擠、環境公害等問題，故已逐漸被肯定為改善都市交通問題的有效途徑。捷運系統在都市交通中的應用已有相當悠久的歷史，1863 年世界第一條地下式鐵路捷運路線正式在倫敦通車，自此開啟了世界各大都市以建造捷運系統，來改善都市交通問題的先河；爾後在 1863 年至 1914 年第一次世界大戰間的半世紀中，共有十四個城市啟用捷運系統。自 1915 年至 1949 年約三分之一世紀的時間內，因經歷第二次世界大戰，僅有八個城市興建捷運系統；但在 1950 年以後，由於世界經濟復甦，小汽車大量使用，造成都市交通的問題日益嚴重，到 1980 年時，已有七十個捷運系統在世界各主要都市中營運。截至 2001 年止，約有一百二十個都市擁有捷運系統，而正在研擬或規劃捷運系統的都市更不勝枚舉；且已擁有捷運系統的城市亦陸續擴建或改善其現有路網，以因應都會地區持續成長的旅運需求。

1.2 研究動機

世界主要都市之捷運路網型態依其歷史發展、地理特性、社會人文，及未來願景需求之差異，呈現多元化之變化，根據 Jane's Urban Transport Systems(2001)和世界的地下鐵—115 都市的最新情報(2000)，與各國相關捷運網站之路網資料，綜合世界上一百五十個主要都市的捷運路網規劃圖可知：捷運路網通常為多條路線的組合，其所選定的路線是否適當，且能否與其他路線搭配成網路發揮整體功能，為路

網規劃的重要課題。其次由於捷運系統具有鉅額投資、高固定沈沒成本；且路線完成後便難以更改的特徵，故捷運之路線及路網的安排其影響可謂深遠。然而截至目前為止，針對捷運整體路網型態的相關研究並不多見，少數之研究其所引用的資料也相當有限，其所分析之內容亦不夠深入，故無論對學術研究或規劃作業上的參考價值均相當有限。

國內專家張志榮(民 88)曾表示：過去路線選擇的重要性在捷運路網規劃作業中很少被重視，此乃肇因於捷運計畫經常被政治力量所干預，由於民意代表往往只在強調興建的需求性，而忽略評估捷運路線適宜建造何種類型路網較具整體效益，因而常在沒有充分考量都市運輸需求特性之下，採取「大眾化」的規劃態度，決定路網及技術型式；即在政治上達到滿足選民的目的，而在技術上具可行性即可。另外過去於路線選擇的規劃作業中，雖曾探討所選定的路線是否令人滿意的問題，亦會分析其路網型態是否符合都市長期發展的運輸需求，但其評估時所考慮的指標及作業程序，則多是缺乏較明確具體的說明，或者所考量的因素並不周全，或者所使用的方法未盡妥當。事實上，捷運路網是由許多路線所組成的網絡，負擔著大眾運輸的功能，整個空間系統更藉由路網的運作來完成其居住、就業、公共福利等活動，因此實際路網輸出的良窳及路網型態的配置，都將對都市未來的發展影響甚鉅。所以有關捷運路網型態特性的探討，分析都市空間系統與運輸系統間的關連性，並找出合宜的捷運路網型態配置的原則，可謂相當重要的課題，遂引發本文的研究動機。

1.3 研究目的

本研究之目的在針對世界主要都市的捷運路網，進行整體結構型態的歸納分析研究，並對於各國捷運路網型態與運輸需求特性之關係進行綜合比較；期望整理出各種路網型態配置上所面臨的限制，以及瞭解各類型捷運路網的特性。其次，並透

過都市相關的捷運背景資料及運輸需求特性資料的蒐集，就彼此之間的關係進行迴歸分析，並進行比較分析。研究結果可供都市未來興建捷運系統決策上之參考，以及規劃捷運系統路網時之參考。

1.4 研究內容與範圍

1.4.1 研究內容

綜合言之，本研究內容主要有以下四點：

- 一、將世界主要都市捷運路網型態進行綜合歸納分析，並比較其優缺點與路網差異。
- 二、針對各都市捷運基本的背景資料，進行比較分析；蒐集都市規模之人口數及運輸需求方面之相關資料。運輸需求特性的內容包括有：年運量、路線長度、路線數、車站總數、尖峰時間平均最小服務之間隔時間、車輛班數等資料。
- 三、就各都市捷運路網特性，與都市之運輸需求特性，進行迴歸分析，以瞭解其間的相關性及因果關係。
- 四、依歸納整理所產生的捷運路網型態分類，及都市捷運背景資料的分析結果，就國內正陸續研擬或規劃的捷運系統，剖析探討其路網特性與可能的限制，並提出建議。

1.4.2 研究範圍

捷運路網部分，本研究選擇全世界一百五十個主要都市，已建造或正在規劃的捷運路網作為路網型態分析的研究範圍(下頁表 1.1)，而為了探討路網輸出的特性，亦從交通地理學的觀點進行量化研究。其次，在迴歸分析部分，篩選上述主要都市有一百一十組運輸需求特性資料進行研究。最後針對國內各都會區所規劃的捷運路網設計，選擇台北、高雄、台南、台中、桃園，及新竹等六個都會區的捷運系統之路網相關規劃報告資料，在最後進行分析比較，並進行綜合評估與建議。

表1.1 世界主要都市捷運路網研究範圍

國別	序號	英譯名稱	都市名稱	國別	序號	英譯名稱	都市名稱	國別	序號	英譯名稱	都市名稱
中華民國	1	台北*	Taipei	白俄羅斯	51	明斯克*	Minsk	荷蘭	101	阿姆斯特丹*	Amsterdam
	2	高雄	Kaohsiung	烏茲別克	52	塔什干*	Tashkent		102	鹿特丹	Rotterdam
	3	台南	Tainan	亞塞拜然	53	巴庫*	Baku	葡萄牙	103	里斯本*	Lisbon
	4	台中	Taichung	亞美尼亞	54	艾伊凡*	Erevan	比利時	104	布魯塞爾*	Bruxelles
	5	新竹	Hsinchu	喬治亞	55	第比利斯*	Tbilisi		105	列日	Liege
	6	桃園	Taoyuan	哈薩克斯坦	56	阿蒙提	Almaty	奧地利	106	維也納*	Wien
中國大陸	7	北京*	Beijing	土耳其	57	安卡拉*	Ankara	希臘	107	雅典*	Athens
	8	天津	Tianjin		58	伊斯坦堡	Istanbul	波蘭	108	華沙*	Warsaw
	9	上海	Shanghai		59	伊士麥	Izmir	捷克	109	布拉格*	Praha
	10	廣州	Guangzhou	以色列	60	海法	Haifa	匈牙利	110	布達佩斯*	Budapest
	11	香港	Hong Kong	伊朗	61	德黑蘭*	Tehran	羅馬尼亞	111	布加勒斯特*	Bucharest
	12	哈爾濱	Harbin	伊拉克	62	巴格達*	Bagdad	保加利亞	112	索非亞*	Sofiya
	13	深圳	Shenzhen	埃及	63	開羅*	Cairo	挪威	113	奧斯陸*	Oslo
日本	14	東京*	Tokyo	阿爾及利亞	64	阿爾及爾*	Algiers	瑞典	114	斯德哥爾摩*	Stockholm
	15	大阪	Osaka	英國	65	倫敦*	London	芬蘭	115	赫爾辛基*	Helsinki
	16	名古屋	Nagoya		66	格拉斯哥	Glasgow	丹麥	116	哥本哈根*	Copenhagen
	17	札幌	Sapporo		67	新堡	Newcastle	斯諾伐克	117	伯拉第斯拉瓦*	Bratislava
	18	橫濱	Yokohama	法國	68	道克蘭	Docklands	美國	118	紐約	New York
	19	神戶	Kobe		69	巴黎*	Paris		119	紐阿克	Newark
	20	福岡	Fukuoka		70	里昂	Lyon		120	華盛頓*	Washington
	21	京都	Kyoto		71	馬賽	Marseilles		121	波士頓	Boston
	22	仙台	Sendai		72	里耳	Lille		122	費城	Philadelphia
	23	廣島	Hiroshima		73	土魯斯	Toulouse		123	巴爾的摩	Baltimore
	24	漢城*	Seoul		74	雷尼斯	Rennes		124	芝加哥	Chicago
南韓	25	釜山	Pusan	德國	75	史特拉斯堡	Strasbourg		125	克里夫蘭	Cleveland
	26	大邱	Taegu		76	柏林*	Berlin		126	水牛城	Buffalo
	27	仁川	Inchon		77	漢堡	Hamburg		127	亞特蘭大	Atlanta
北韓	28	平壤*	Pyongyang		78	慕尼黑	Munchen		128	邁阿密	Miami
馬來西亞	29	吉隆坡*	Kuala Lumpur		79	法蘭克福	Frankfurt		129	舊金山	San Francisco
星國	30	新加坡*	Singapore		80	司徒加	Stuttgart		130	洛杉磯	Los Angeles
泰國	31	曼谷*	Bangkok		81	紐倫堡	Nurnberg	加拿大	131	蒙特婁	Montreal
印度	32	加爾各答	Calcutta		82	科隆	Koln		132	多倫多	Toronto
獨立國協	33	莫斯科*	Moskva		83	波昂	Bonn		133	艾德蒙吞	Edmonton
	34	聖彼得堡	St.Petersburg		84	波鴻	Bochum	墨西哥	134	溫哥華	Vancouver
	35	新西伯利亞	Novosibirsk		85	多特蒙德	Dortmund		135	墨西哥*	Mexico
	36	葉卡捷林堡	Ekaterinburg		86	杜伊斯堡	Duisburg	哥倫比亞	136	曼特寧	Medellin
	37	薩瑪羅	Samara		87	杜賽爾多夫	Dusseldorf		137	波哥大*	Bogota
	38	窩格格拉得	Volgograd		88	埃森	Essen	委內瑞拉	138	卡拉卡斯*	Caracas
	39	下諾夫歌羅	Nizhni Novgorod		89	米爾海姆	Mulheim		139	馬拉開波	Maracaibo
	40	車里雅賓斯克	Cheryabinsk		90	烏柏塔	Wuppertal	巴西	140	巴西利亞*	Brasilia
	41	喀山	Kazan	西班牙	91	馬德里*	Madrid		141	里約熱內盧	Rio de Janeiro
	42	克拉斯諾雅斯克	Krasnoyarsk		92	巴塞隆納	Barcelona		142	聖保羅	Sao Paulo
	43	鄂木斯克	Omsk		93	瓦倫西亞	Valencia		143	勒希非	Recife
	44	羅斯托夫	Rostov		94	畢爾包	Bilbao		144	佛達雷薩	Fortaleza
	45	烏法	Ufa	義大利	95	羅馬*	Roma		145	阿雷格港	Porto Alegre
	46	基輔*	Kiev		96	米蘭	Milano		146	培羅荷里桑	Belo Horizonte
烏克蘭	47	卡爾可夫	Khar'kov		97	拿坡里	Napoli	波多黎哥	147	聖胡安*	San Juan
	48	聶伯城	Dnepropetrovsk		98	熱那亞	Genova	阿根廷	148	布宜諾賽利斯*	Buenos Aires
	49	唐尼錫克	Donetsk		99	卡塔尼亞	Catania	秘魯	149	利馬*	Lima
	50	奧德薩	Odessa		100	特里諾	Trino	智利	150	聖地牙哥*	Santiago

1.5 論文架構與研究流程

綜合上述，本論文的架構主要可分以下三部分，茲分述其主要研究方法如下：

一、捷運路線與路網型態特性之質化研究

此部分之研究方法，將先藉由相關路網型態的文獻資料進行歸納分析，並將各有關的資料進行整合，透過剖析資料間彼此和諧程度的差異，定義路網型態的分類，並歸納出捷運路網的基本型態。其次，利用交通地理學之觀點，選擇多條捷運路線的主要都市之捷運路網，來進行統計分析，透過路網評估指標：如路網型態、結構、及圖形理論之連接程度之指標，加以探討路網的輸出向度，以期進行比較分析，提出數據上的支持，驗證所歸納的路網型態，並分析出基本路網型態的使用特性。

二、捷運路網型態與運輸需求特性關係之量化研究

本研究在量化分析上以多變量分析為主要方法，並透過多元迴歸分析將相關性的問題加以界定，而分析之重點為捷運路網型態與運輸需求特性間的迴歸分析以及典型的相關分析。分析時將選擇各都市捷運路網之基本資料，及其他相關運輸需求特性等資料，透過建立計量迴歸模式，來探討其間的相關性及因果關係。

三、國內六大都會區捷運系統規劃路網之比較研究

本研究將所分類的路網型態與運輸需求特性關係的研究成果，應用在國內正陸續研擬及規劃的六個都會區的捷運系統之路網，並加以綜合比較，針對其策略構想、路網型態、系統條件、轉運方法、都市人口與其運輸需求特性之狀況，就所規劃的路線進行比較與檢討，以提供參考。

本研究流程如下圖所示：

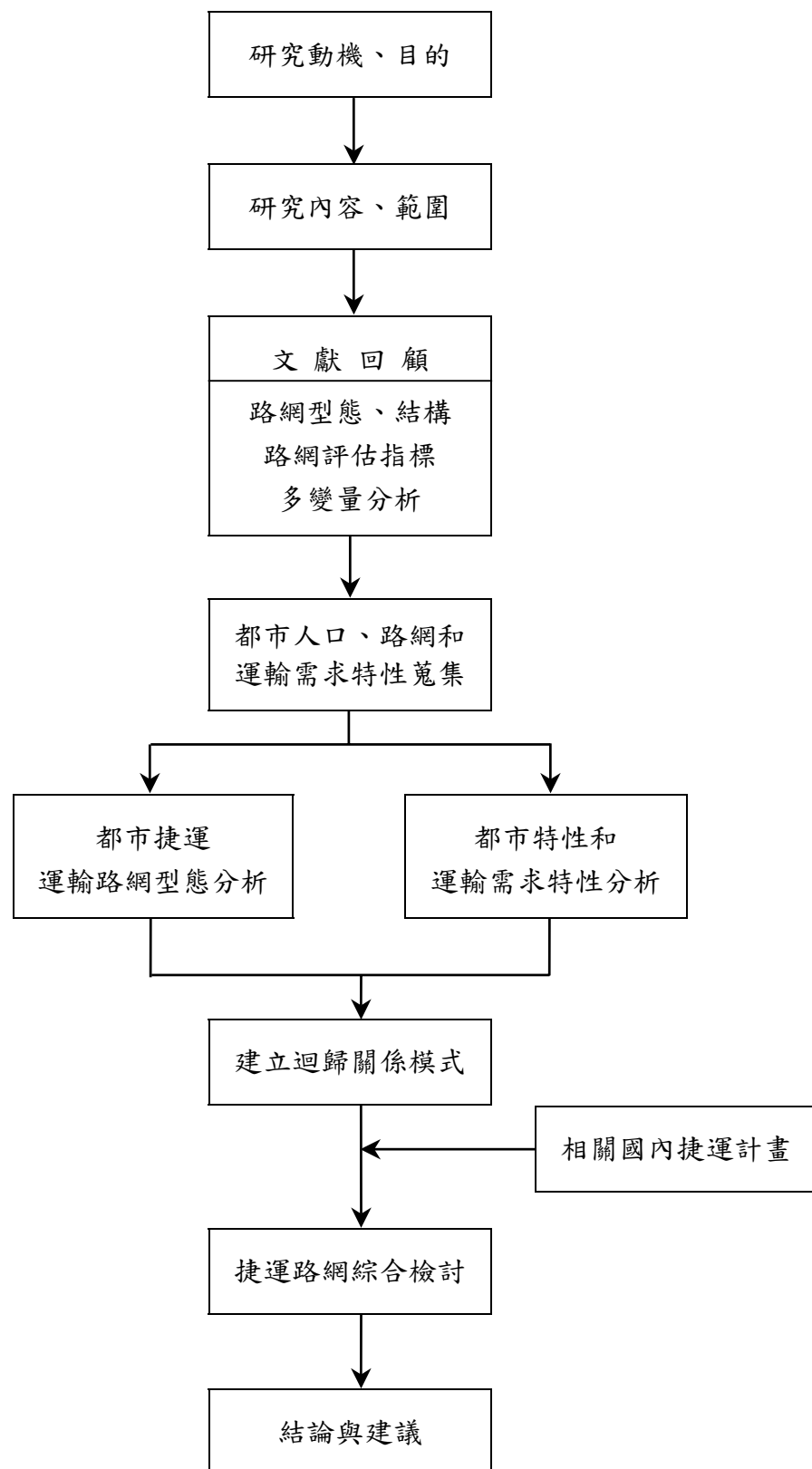


圖 1.1 研究流程

第二章 文獻探討

國內學者羅永光(民 83)認為：在捷運路線路網規劃的研究方面，主要可以分為學術及實務兩方面來回顧。在學術文獻上，其相關之研究並不多，且多偏重在路網方案的評估準則方面之研究，或者藉助地理資訊系統技術的輔助，來應用於捷運路線的選線過程，而其所應用的技巧主要乃為土地使用、地質條件等之疊圖功能的分析，因此考慮的層面較偏重於資料量較少的工程因素為主，但對於捷運選線首重需要強調的運量、旅次分佈狀況、都市型態等因素，處理能力仍嫌不足。

除此之外，也有學者應用專家系統之技術進行捷運路網規劃，但此部分目前受限於專家系統資料庫的充實性及撰寫程式困難等因素，因此亦僅能原則性的憑經驗先規劃出幾個路網方案之後，再藉由許多內建的評估準則反覆評估，隨後再依初步評估之結果，針對測試路網方案作細部的調整，以便再次進行評估的工作，並重複步驟直到滿意為止。

至於在實務的規劃報告方面，則主要以早期民國 65 年運委會及後來 70 年代英國顧問公司(BMTC)和美國顧問公司(TTC)所做之可行性研究報告為主。而在 80 年代美國路易士伯格國際工程顧問公司將旅行需求預測模式藉由使用 ASTEC 模式軟體系統，應用 FORTRAN77 電腦程式，進行方案發展評估，然而規劃報告內容涉及路網方案如何產生的部分，乃粗略敘述或略而不提。

其次，關於大眾運輸系統路網型態之研究，國內學者陳椿亮、王傳芳、以及沈勁利(民 81)曾針對直線、環狀線、輻射線、L 型等路線及格子型和蛛網型路網分析，分別求得各種路線單純佈設之最佳位置及路網之最佳組合密度，以及最佳之路線間距，至於如何產生這些路線路網及如何隨不同都市型態調整，在其分析過程中仍並未提及。故關於都市捷運路網型態之研究，尚具有頗多的探討空間，本章的文獻回顧將從路網的基本型態分類的研究立場出發，並回顧關於交通地理學方面，路網結構特性和輸出的分析方法，以作為探討大眾運輸系統路線，及路網型態之研究的科學依據，最後整理相關路網型態的文獻資料進行結果之歸納。

綜合上述，本研究文獻探討將分為以下三部分來加以分析：路網的型態分類、路網評估指標、以及多變量分析等部分；最後，再針對相關論述進行綜合討論。

2.1 路網型態分類之研究

世界各地之捷運路網形式依其歷史發展、實質環境、社會人文以及未來願景需求之差異而呈現多元化之變化。然而過去對於路網外形的型態分類，卻有各種不同的說法，且國內、外關於路網型態與特性的相關研究都傾向於簡單化約式的特性研究，以下是整理國內、外學者，對於都市捷運路網型態分類之文獻回顧。

根據美國捷運工程學者傅其(V.P. Vuchic, 1981)以及法國捷運地理學者羅西歐(N. Lauriot)的相關研究，捷運路網的發展模式可分為五種型態，分別為輻射形、橫切形、切線形、沿邊式、環狀形等五種基本型態。

- 1.輻射形：路線一端連接城中核心區，另一端則連結城郊區。
- 2.橫切形：路線穿過城中核心區，其兩端點皆座落於城郊區。
- 3.切線形：路線不經過城中核心區，而以切點切過城緣的方式，以服務城鎮聚落某側。
- 4.沿邊式：路線沿著核心都市的內緣發展。
- 5.環狀形：路線以環繞核心都市外緣的方式發展。

國內學者張有恆(民 79)分成四種路網基本型態，並評估其路網優劣：

- 1.格子式或棋盤型路網：格子式網路是由縱向路線與橫向路線呈垂直相交構成的，此種路線只需轉車一次，即可到達旅次目的地，但實際行駛路線無法與旅客期望路線配合。
- 2.輻射式環狀路網：輻射式環狀路網由垂直的輻射式路線或直徑式路線，以及環狀路線組合而成，其形狀宛如蜘蛛網，能彈性地適應地形變化，但路線最後匯集於市中心，造成市中心區道路交通擁擠。
- 3.綜合式路網：綜合式路網是輻射式與正切式路線之綜合路網，通常在接近過度密集的市中心前，以外彎正切的路線型態通過市中心區，而構成輻射式正切路網。其可避免輻射式路線造成市中心區交通擁擠的缺點，但路網設計較為困難。
- 4.不規則路網：不規則路網乃由於不規則的道路路網及地形所造成，其所建立的路網無法歸納於哪一類的路網型態。

國內學者馮正民、黃承傳(民 80)關於「都會區運輸網路規劃原則之研究」，則整理都會區捷運網路之分類成五大路網型態：

- 1.線型路線：沿著一條運輸走廊而發展。
- 2.輻射型網路：核心地區通常在市中心，持續向外發展而成。
- 3.格子型網路：呈方形格子狀，分佈較為均勻。
- 4.環狀網路：起迄點約在同一點，具備整合都會區路網功能。
- 5.綜合網路：上述兩種或多種的綜合路網。

國內學者羅永光(民 82)將捷運路網簡單分成三種路網如下：

1.L 型相扣之路網(Interconnected-L Configuration)：

此類型由 L 型態路線在核心區由兩兩相扣的捷運路線形成路網。

2.環形路網(Circle Configuration)

在核心區的環形路線，一般均稱為內環線，以便有別於連接外圍各衛星市鎮的外環線。一般說來，內環線很少單獨構成路網，均配合輻射線、U 型線、L 型線等共同組成。

3.格狀路網(Grid Configuration)

格狀路網由許多的直捷穿越路線，在核心區構成四方網格狀路網。

國內捷運專家張志榮(1999)則將捷運路網定義為具有整體運輸功能的多條捷運路線的組合。捷運路線大致可歸納分為直線型路線與環狀型路線兩大類。其中，直線型路線又因行經中心市區情形或彎繞型態等因素可再細分為：輻射路線(Radial Lines)、穿越路線(Through Lines)、橫越路線(Cross-town Lines)等三種。故其路網組合共有以下五個種類：輻／環型路網 (Radial / Circumferential Network)、格狀路網 (Grid Network)、L 型銜扣路網 (Interconnected-L Network)、不規則型路網 (Irregular Network)、以及綜合型路網 (Combination Network)。

綜合上述路網型態分類之研究，整理國內、外路網型態分類如下：

表 2.1 國內、外路網型態分類彙整

分類法	學 者	分類型態
三分法	羅永光	(1) L 型相扣之路網 (2) 環形路網 (3) 格狀路網
四分法	張有恆	(1) 格子式或棋盤型路網 (2) 輻射式環狀路網 (3) 綜合式路網 (4) 不規則路網
五分法	傅其 (Vuchic)	(1) 輻射形 (2) 橫切形 (3) 切線形 (4) 沿邊式 (5) 環狀形
	馮正民 黃承傳	(1) 線型路線 (2) 輻射型網路 (3) 格子型網路 (4) 環狀網路 (5) 綜合網路
	張志榮	(1) 輻／環型路網 (2) 格狀路網 (3) L 型銜扣路網 (4) 不規則型路網 (5) 綜合型路網

資料來源：本研究整理

2.2 路網評估指標之研究

Morlok(1967)認為運輸系統的空間特性可表現在路網上，路網組成的元素包括：(一)頂點(Vertexes)：為活動集中點，如都市、車站、節點；(二)連線(Edges)：聯絡頂點間的道路。此部分指路網在空間上的輸出向度，一般而言可從四方面來加以說明，其衡量指標如下：

(一)可及性(Access)

$$N' = N/A$$

其中 N' = 可及性密度

N = 路網系統可及頂點數

A = 路網服務地區的面積

(二)綜合性(Comprehensiveness)

$$Z = A_t/A$$

其中 Z = 路網服務範圍比例

A_t = 所有頂點服務範圍總和

A = 路網服務地區的面積

(三)彎繞度(Circuitry)

$$C_{ij,k} = L_{ijk}/L_{ij}$$

其中 $C_{ij,k}$ = 彎繞度

L_{ijk} = k 路網上 i 頂點到 j 頂點的旅行距離

L_{ij} = i 頂點至 j 頂點的直線距離

(四)路網結構(Network Structure)

關於路網結構的總體分析，主要可藉由平面的圖形理論(Graph Theory)和拓樸學的方法，考慮路網的連接狀況，常用指標有 γ 、 α 、 η 和節點可及性指標等方法。由於本研究以探討路網的輸出與總體結構的關

係為主，研究對象為路網之特性，因此將以路網結構為主要的研究範疇。路網的外形，如以樹枝狀、格子狀、蛛網狀、放射狀等加以描述，依 Cole 和 King(1969)認為這種描述並不精確，也不易比較差異，應採圖形理論(Graph Theory)和拓樸學的比率加以定量表示。

Taaffe(1973)首先將複雜的路網採下列公式表示路網連接的情況：
(α 、 β 、 γ)

(一)環路數(Cyclomatic Number)

$C=E-V+G$ (路網結構愈複雜環路數愈高)

(二) β 指標

$\beta=E/C$; $0<\beta<3$

(三) α 指標

$\alpha=(E-V+G)/(2V-5)$; $0<\alpha<1$

(四) γ 指標

$\gamma=E/3(V-2)$; $0<\gamma<1$

其中 E =連線數

V =頂點數

G =次圖網數

一般而言，在所有路網連接評估指標中，交通地理學者使用最多的是 α 指標(實際環數與可能最大環數之比)，以及 γ 指標(實際連線與可能最大連線數之比)， α 和 γ 指標可用來比較不同路網連接的情形，亦可衡量連接情況的變化。最後，針對路網基本型態分析之研究，相關國內外研究成果，以及文獻回顧資料整理如下：

Levinson 和 Roberts(1965)將快速道路之路網分成單一路線狀、放射狀、放射環狀和方格狀等四類，比較各類型路網各路段的流量，其結果顯示：經過仔細規劃之方格狀路網，其各路段的流量將較為平均。

Holrovd(1966)研究各種型態之理想路網的平均旅次長度，顯示以放射狀路網的平均旅次為最短，但放射狀路雖然平均旅次距離最短，但仍須輔以環狀道路系統設計較佳。

Morlok(1979)比較各類型路網之平均路網因素，發現六角型路網的平均旅次距離為平均直線距離的 1.65 倍；方格型路網的平均旅次距離為平均直線距離的 1.27 倍；而三角型路網則為 1.1 倍。當路網為中心輻射型路網時，則平均旅次長度等於直線距離，此時平均旅次距離也為最短。

施鴻志(1984)將路網分成格子型、放射環狀、放射正切狀等型式，並比較其優缺點，認為放射式正切路網能避免放射環狀路網所造成的核心擁擠現象，較可用於新市鎮的路網設計，為較理想的道路路網型式。

Vaughan(1987)曾歸納十二種連續性網路之路線系統型態，再透過實際都市運輸網路與各類型路線系統之路線特性加以比較後發現：當旅行路徑之平均旅行距離除以直線最短距離越趨近於 1.3 時，則此路型之路線系統將愈近似於實際路線，而且矩形/方形、輻射/環形路線較接近實際路線，而其他類型之路線則需視研究課題，以及問題特性來決定。

沈勁利(民 81)針對單一路線之路網型態結構分析之結果如下：

- 1.直線線型：以直線單線佈設而言，以通過都心之路線，其使用率最高。
- 2.環線線型：單環之佈設，亦以愈靠近都心之使用率愈高；但若設定路線服務帶寬 2 公里內的範圍，當環線半徑小於 2 公里時，則使用率降低。
- 3.輻射線型：輻射線數愈多，其使用效益也愈高，但線數太密時，使用效益之增率減緩，若都市規模較小者(如台南市)，則線數密度較大時，則其平均使用率反而降低。
- 4.L 型線型：以 L 型線型位置區分，則以通過「CBD 為中心之等距圈中所包含之人口和」之最大位置為最佳；但若以角度區分，雖然角度愈小(以大於 30 度而言)，所求得之使用率愈高，但繞行遠路之比率亦較高。此外單獨一條 L 型路線並無法發揮其效益，若加入其他線型或以多條 L 型路線包圍都心，構成 L 型銜扣路網，則其效益大增。

此外，沈勁利(民 81)該研究亦針對「格子型路網」、「蛛網型路網」兩種路網型態進行分析，其結果如下：

1. 格子型路網：以路網服務範圍遍及整個都市之最密佈設為最優，因設定路線服務帶寬為 2 公里範圍，故路線密度最大之路線間距為 2 公里。
2. 蛛網型路網：蛛網型路網中，以環狀路線為最密之佈設，即 2 公里間距配置為最佳(以路線服務帶寬 2 公里範圍為前提)，但仍需依都市規模來決定最外環線之位置；而聯繫環狀路線之輻射路網，則依都市規模由線數 3~5(即夾角 $\theta=120$ 度~72 度)配置為最優。

最後，林協同(民 83)整理國外 Urban Social Geography, KNOX(1987)資料，有歸納都會區發展類型為分散發展型、線型、環型、星型、蛛網型、衛星型、聚群型，及多核心網狀型等八種類型，並依其空間發展特性進行捷運路網設計之相關研究。

2.3 多變量分析之研究

多變量分析(Multivariate Analysis)是指涉及兩個以上變數相互關係的描述為目的的統計方法，多變量分析能將複雜的現象及多元事物予以抽象化、數量化、以達到系統分析的目的。

在多變量分析的方法中，較常使用的應用方法有多元迴歸分析、因子分析、和典型相關分析等研究方法，以下進一步地將各方法的主要內容說明如下：

一、多元迴歸分析(Multi-Regression Analysis)

多元迴歸分析可視為簡單迴歸的延伸，本研究將採用一般最小平方法(OLS)來分析其關係，視統計檢定之解釋性變數，來加以說明模式之配適結果。

二、因子分析(Factor Analysis)

因子分析的目的將若干難以解釋的相關變數，予以重新組成少數具有概念的意義，及相互獨立的因子，進而可說明各因子的特性。通常變數間具有某種程度的相關性，因子分析假定這些變數有共通的基本因子存在，且各變數可用這些因子的線性組合來表示，透過進一步計算因子得點作為因子的變數值，可再用以進行其他的統計分析。

三、典型相關分析(Canonical Correlation Analysis)

典型相關分析所要處理的是理論上有意義的二組變數，計算兩組變數間共同的典型因素(Canonical Variates)，以說明兩組變數間的相關性，以及每一變數對每一套典型因素組合的相對重要性。

典型相關分析不同於多元迴歸分析，在於多元迴歸分析在找一套線性組合，以說明多個自變數對應變數的解釋程度，而典型相關分析則在兩組變數中找出幾套組合，第一套組合相關性最高，第二套與第一套組合間為獨立，且第二套組合相關性次高，以此類推。

2.4 綜合討論

綜合上述，本研究文獻探討可歸納出以下四個重點：2.4.1 大眾運輸系統路線與路網型態綜合分類；主要是藉由上述文獻回顧與討論之內容，將大眾捷運的路網整理成八種基本型態。2.4.2 都會區發展型態與運輸網路配置的關係。2.4.3 路網評估指標之基本結構關係。2.4.4 迴歸分析方法之應用。

2.4.1 大眾運輸系統路線與路網型態綜合分類

由於路網型態的分類並沒有一定的方式，不同性質的路網有其不同的使用特性，綜合文獻回顧內容，本文將捷運路網分為以下三種類型：單一路線類型路網型態、組合路線類型路網型態、及其他不規則型路網型態。以下分述其路線與路網型態內容與個別定義：

一、單一路線類型路網型態

本類型路網型態主要由單一種類功能捷運路線所組成，屬於都市在開始興建捷運系統的基本發展雛形，各類型捷運路網依功能分類如下：

(一)穿越性路線(Diametrical)組成路網，簡稱「D」路網型態。

連接市中心區不同兩端的穿越式路線，該路線通常由外圍地區進入都市核心區(CBD)，直接滿足都市核心區的主要運量需求，通常此路線需有較高的班次、容量和績效，以成為捷運系統的主幹線。

(二)L型銜扣路線(Interconnected-L Type)組成路網，簡稱「L」路網型態。

為改善穿越性路線的通路必須經過都市核心區，所造成捷運路線往返轉運不經濟的情況，本路線為連接市中心區不同兩端的特定路線，該路線往往由外圍地區進入核心區附近某點經過，但其通常在核心區邊緣設站，而不在核心區設站，以減少在核心區設站成本。

(三)切線路線(Tangential)組成路網，簡稱「T」路網型態。

垂直於穿越性路線或L型銜扣路線，服務非向都心的特殊旅次需要，此路線為不經過市中心區的過境路線，通常為外圍邊緣區的兩個重要據點或是服務中心進行運量服務。

(四)主支型路線(Trunk)或接駁線(Feeder)組成路網，簡稱「F」路網型態。

本路線為主幹線的延伸，主線與支線屬於同一捷運系統，並使用相同的運具，而且在支線上採來回操作的方式與主線連結，支線通常服務運輸需求比較少的地區，達成接駁的旅運需求。

二、組合路線類型路網型態

本類型路網型態由兩個以上的單一路線類型組合成混合式的路網，該類型捷運路網依其主要型態與功能可分類如下：

(一)輻射狀路網(Radial)，簡稱「R」路網型態。

以核心區為起點，向不同的郊區方向放射延伸的路線，通常該路線呈輻射狀分佈；或以市中心區為終點，由不同的郊區方向，向市中心區匯集的路線。該路線通常由外圍地區進入都市核心區，可視為多條連接市中心區不同兩端的穿越式路線所共同組成。

(二)環狀性路網(Circumferential)或環狀路線(Ring)，簡稱「C」路網型態。

在都市外圍，以都心為中心一定半徑範圍，成圓環狀的路線。通常配合環繞連接各個都市重要據點之輻射路線或穿越性路線，並為其他路線之輔助路線。再者，本路網型態可視為多條L型銜扣路線的環繞組合，故屬於混合式的組合路網。

(三)格狀路網(Grid)或棋盤型路網(Grid Network)，簡稱「G」路網型態。

本路網屬於規律性層次排列的功能網絡，具有格子形狀的多向路網功能。捷運格狀路網設計主要是在減少路線彎繞程度，並簡化路線施工設計的方形路網型態。

(四)綜合型或合併型路網(Merger)，簡稱「M」路網型態。

本類型路網型態由多種路線類型組合成綜合型路網，如L型銜扣路網再加上環狀路線，即可成為綜合類型路網，或者合併多個環狀路線與輻射狀路網結合，即形成蜘蛛網型綜合路網(Web)。

三、其他不規則型路網型態(Irregular)

不屬於以上所討論的路線型態所組成之路網，皆可視為不規則路線，簡稱「IR」路網型態。此類路網之形成多為捷運系統興建時，受限於各種因素，本身呈現不規則形狀分佈所致。

2.4.2 都會區發展型態與運輸網路配置的關係

關於都會區發展型態與運輸網路佈置間的關係，針對捷運網路配置而言，可發現都會區發展型態與網路配置具有相關性。一般而言，星型都會區常存在輻射型路網，如美國芝加哥、華盛頓等都會區。分散發展型都會區常伴隨著格子狀路網，如墨西哥都會區。衛星型都會區因存在主要中心，所以路網發展成輻射與中心區內環線或格子網之混和網路，如紐約、東京兩都會區。蛛網型都會區之路網常為輻射與環狀網之混合，如莫斯科都會區。

路網種類繁多，而組合路網之型態更是千變萬化，但一般而言遇接近都心，路網型態愈密集，郊區之路網型態，則較為稀疏。由於路網的型式決定於土地使用發展政策、旅次分佈型態、和交通工具的特性等，因此路網配置型式本身並沒有絕對的優劣，完全要視土地使用和旅次需求配合程度而定，但若能瞭解各類型路網先天上的特性，在配置土地使用計畫時能加以考量，在使用上其結果將更為完備。

如果都會運輸發展政策以大眾運輸為主，則可能較其他都會區更易引進捷運系統，而一公路網路相當健全之都會區，則可能降低引進捷運系統之需要，如洛杉磯。雖說各都市均有其特殊的地理人文特質，因而其所規劃之路網也有所殊異，其中尤以巴黎等古老城市尤甚，因其還受強烈的歷史因素等影響，故其路網型態更將難以判定。

2.4.3 路網評估指標之基本結構關係

綜合上述所探討的路網結構之分析，係以交通地理學觀點來探討，由於路網為長久活動的需求而逐漸形成，故路網內容大都分階段所擴展而來，且依圖形理論和拓樸學的比率可說明路網的特性，並可以計算其比率的 α 和 γ 指標，透過定量的指標方法即可加以比較。一般而言，分析基本之型態的過程為： α 指標為實際環路數與最大可能環路數的比：可表示路網連接程度，數值介於0~1，數值愈大，路網連接愈複雜； γ 指標為實際連線數與可能最大連線數的比：可表示點與點的連接程度，數值介於0~1，數值愈大，路網連接亦愈複雜。

2.4.4 迴歸分析方法之應用

由於路網型態與都市運輸需求特性相關因子間的影響屬於不連續變數的分析，本研究將透過基本敘述性統計進行分析，探討哪些主觀認定的因子彼此之間的影響。至於都市捷運運量等變數由於為連續變數，可建立其多元迴歸模式，並加以剖析其間的變異性與相關性。再者多元迴歸為典型相關分析的特例，本研究必須先建立各有關變數的散佈圖，而後進行迴歸分析，並透過ANOVA表關於F-value的檢測，殘差圖(Residual Plot)的散佈是否均勻，以及 R^2 -Adj是否可靠等統計值來加以判定，以解釋所建構的模式並加以論述。

第三章 世界主要都市捷運路網之研究

3.1 各國捷運發展之概況

關於世界各國捷運之發展，主要依據長程運輸政策，相關計畫的配合性，以及都市的財務狀況等因素，來影響引進捷運系統之決策。國內捷運專家張志榮曾研究指出：自 1863 年倫敦開始建造捷運系統以來，統計世界各都市興建捷運系統數量的資料，大略以第二次世界大戰其間作為分界點，以前是每五年完成兩個捷運系統，第二次世界大戰以後則是每五年十二個。從這些歷史紀錄約略可以發現，過去世界和平的期間愈長，捷運系統的引進與建造愈為緊密，同樣地當愈多都市進行長程運輸改善計畫時，亦較能考慮引進捷運系統。

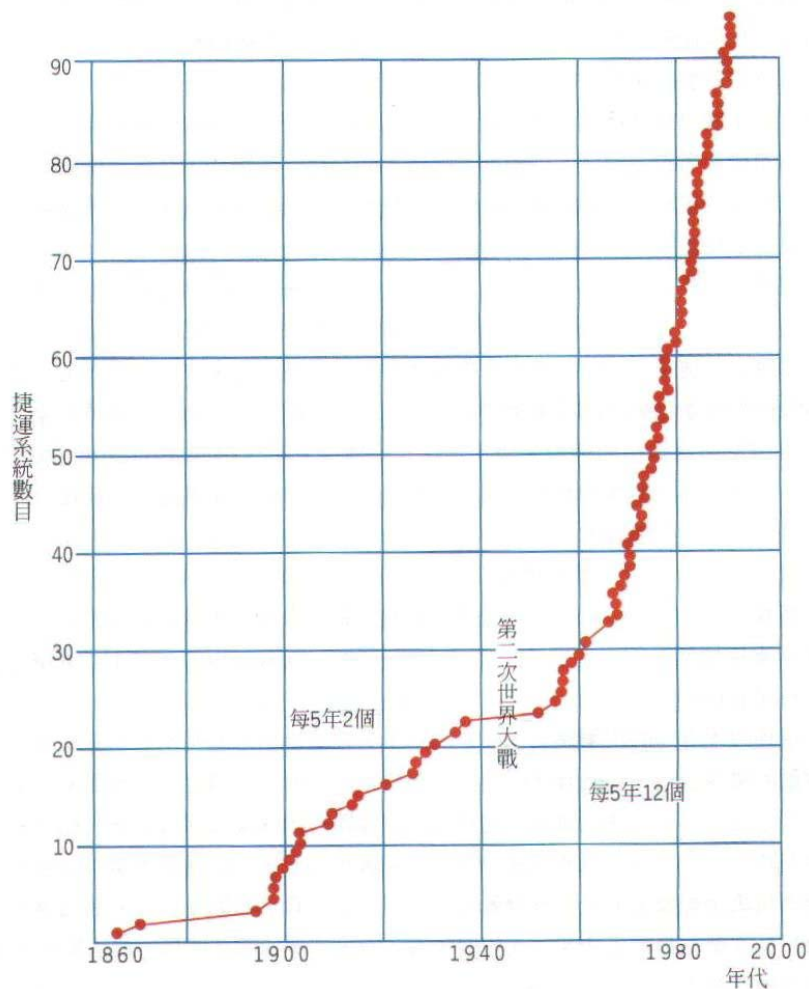


圖 3.1 世界各國都市興建捷運系統數量圖

資料來源：張志榮，1999，頁 40。

本研究所探討都市捷運的系統，以軌道式捷運為主，而捷運系統的類型主要可分為「輕軌捷運」(Light Rail Rapid Transit)、「中運量捷運系統」(Medium Capacity Transit)、以及載運量、服務層級較大的「高運量捷運系統」(Mass Rapid Transit)等三種。輕軌捷運通常運用分隔車流規劃觀念，以專用路權方式形成類似公車專用道路(Busway)供捷運系統車輛行駛，捷運車輛雖在路段上享有專有路權，但在都市中心地區因必須使用平面街道，仍然要受道路交叉及路口號誌管制之影響。至於中運量與高運量捷運系統，大都採用專用路權鋪設，快速運輸旅客。

3.2 捷運路網之基本型態

世界各地之捷運路網形式依其歷史發展、實質環境、社會人文以及未來願景需求之差異而呈現多元化之變化，依據第二章文獻探討的綜合分類，本節分述以下九種捷運路網基本型態與典型都市示例。


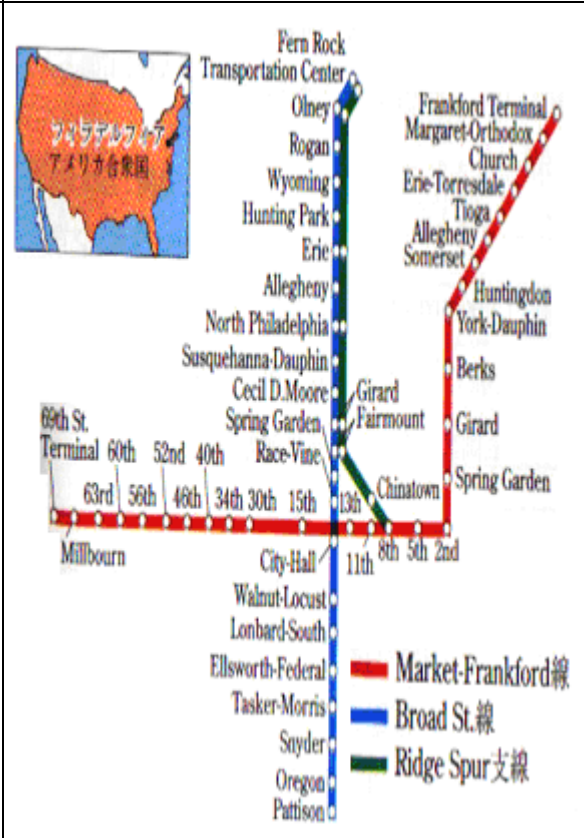
- (一)穿越性路線組成路網，簡稱「D」路網型態。
- (二)L型銜扣路線組成路網，簡稱「L」路網型態。
- (三)切線路線組成路網，簡稱「T」路網型態。
- (四)主支型路線或接駁線組成路網，簡稱「F」路網型態。
- (五)輻射狀路網，簡稱「R」路網型態。
- (六)環狀性路網，簡稱「C」路網型態。
- (七)格狀路網，簡稱「G」路網型態。
- (八)綜合型路網，簡稱「M」路網型態。
- (九)其他不規則型路網，簡稱「IR」路網型態。

根據本研究的研究範圍，捷運路網的典型都市示例主要是在亞洲、俄國及鄰近國家、歐洲、非洲、及美洲等國家都市，而路網來源係採用日本地下鐵協會所著世界的地下鐵—115 都市的最新情報(2000)，及國外網站 <http://osamuabe.hoops.livedoor.com/subway/english.htm> 資料為主。

(一) D 路網型態特性

穿越市中心區的捷運路線，使車輛調度、交通的聚集與疏散較為方便，直接滿足都市核心區的運量需求，用以形成都市捷運系統的主幹線。通常此路線型態較不考慮其他地區間的聯繫，因此易造成市中心區過多的轉車旅次，增加轉乘之不便與市中心的交通負荷。

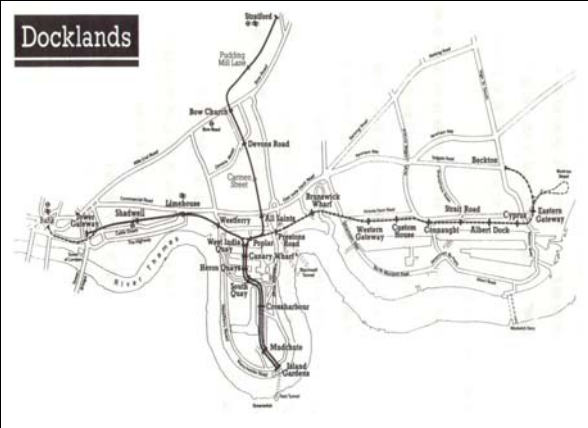

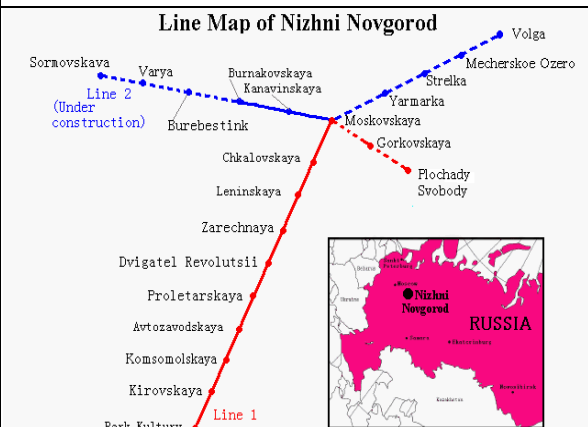
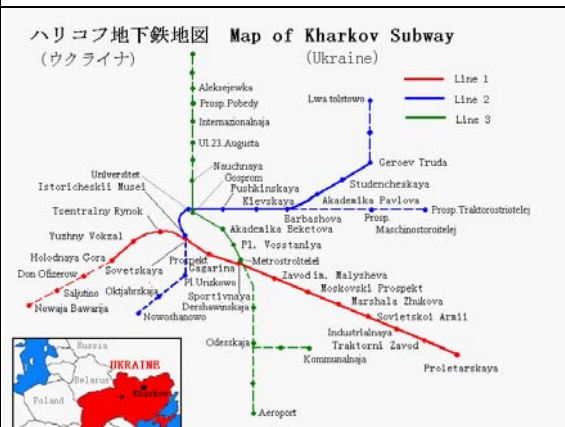
表 3.1 D 路網型態與典型都市示例

中華民國—高雄 Kaohsiung	美國—費城 Philadelphia
 <p>高雄都會區大眾捷運系統路線圖</p>	 <p>Market-Frankford線 Broad St.線 Ridge Spur支線</p>
路網來源：高雄市政府捷運局網站	日本地下鐵協會，世界的地下鐵(2000)

(二) L 路網型態特性

由呈 L 狀的路線橫越市中心區，以成對相扣的方式形成路網，此種路網具有平衡路線兩端之運量、使轉車次數減少、系統整體運轉較具彈性的優點。與格狀路網相較，因 L 路網型態可同時服務東西向與南北向兩方向之旅次需求，而格狀路網需俟東西向及南北向之穿越路線都佈設完成後，方能發揮如 L 路網型態之功能。與輻射狀路網相較，L 路網型態藉 L 型路線於市中心區附近相互銜扣，使其服務範圍可涵蓋較大的面積，又可滿足市中心區外部運輸走廊部分之旅次需求，故深具彈性設計。


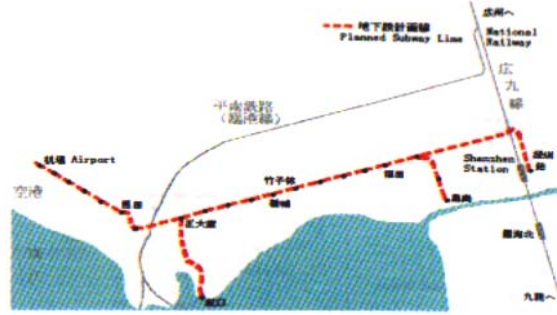

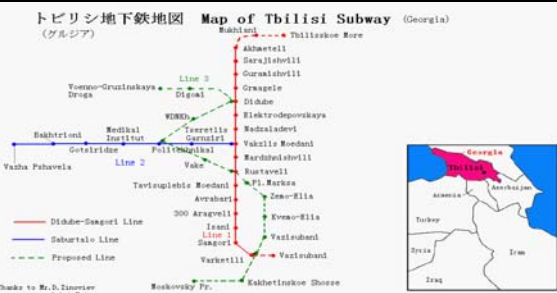

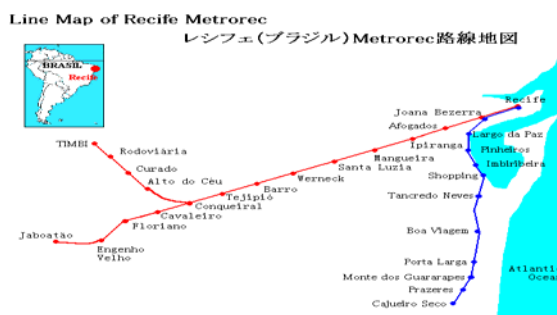
表 3.2 L 路網型態與典型都市示例

英國—道克蘭 Docklands	中國大陸—廣州 Guangzhou
	
路網來源：倫敦道克蘭區發展公司 LDDC	路網來源：(c) 2001.9 Osamu Abe 網站
獨立國協—下諾夫歌羅 Nizhni Novgorod	烏克蘭—卡爾可夫 Khar'kov
	
路網來源：(c) 1999.9 Osamu Abe 網站	路網來源：(c) 1999.10 Osamu Abe 網站

(三)T 路網型態特性

垂直於穿越性路線或 L 型銜扣路線，服務非向都心的特殊旅次需要，此路線為不經過市中心區的過境路線，通常為外圍邊緣區的兩個重要據點或是服務中心進行運量服務。

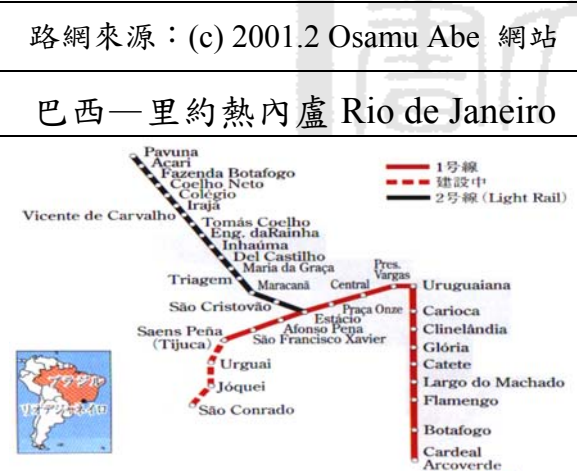



表 3.3 T 路網型態與典型都市示例

<p>哥倫比亞—曼特寧 Medellin</p> <p>Line Map of Medellin METRO メデリン(コロンビア)メトロ路線地図</p>  <p>(c) 1999.10 Osamu Abe</p>	<p>中國大陸—深圳 Shenzhen</p>  <p>深圳地下鉄</p>
<p>路網來源：(c) 1999.10 Osamu Abe 網站</p>	<p>日本地下鐵協會，世界的地下鐵(2000)</p>
<p>丹麥—哥本哈根 Copenhagen</p> 	<p>喬治亞—第比利斯 Tbilisi</p> <p>トビリシ地下鉄地図 Map of Tbilisi Subway (Georgia) (グルジア)</p>  <p>(c) 2001.10 Osamu Abe</p>
<p>日本地下鐵協會，世界的地下鐵(2000)</p>	<p>路網來源：(c) 2001.10 Osamu Abe 網站</p>
<p>巴西—佛達雷薩 Fortaleza</p> 	<p>巴西—勒希非 Recife</p> <p>Line Map of Recife Metrorec レシフェ(ブラジル)Metrorec路線地図</p>  <p>(c) 1999.10 Osamu Abe Thanks to Jordi Masdeu Navarra and ameriMetro</p>
<p>日本地下鐵協會，世界的地下鐵(2000)</p>	<p>路網來源：(c) 1999.10 Osamu Abe 網站</p>

(四)F 路網型態特性

本路線為主幹線的延伸，主線與支線屬於同一捷運系統，並使用相同的運具，而且在支線上採來回操作的方式與主線連結，支線通常服務運輸需求比較少的地區，達成接駁的旅運需求。


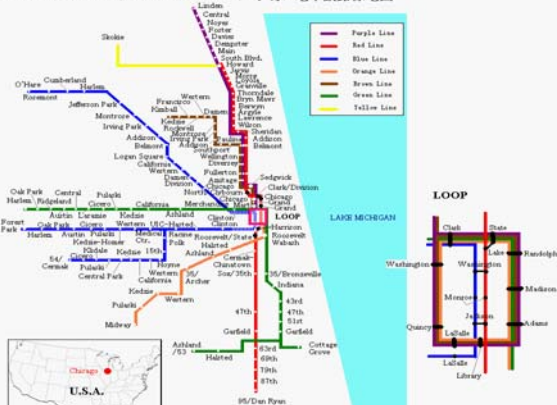
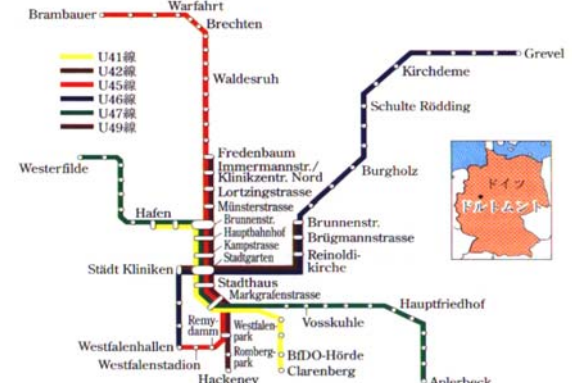
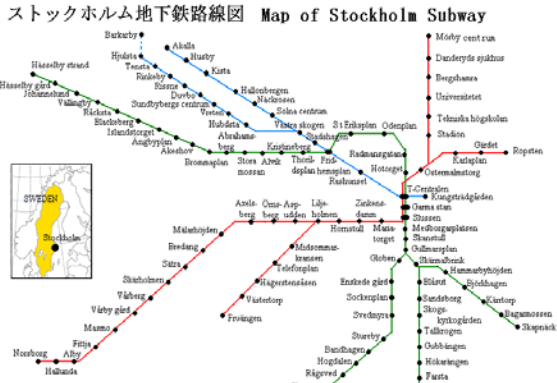
表 3.4 F 路網型態與典型都市示例

<p>美國—亞特蘭大 Atlanta</p> 	<p>美國—舊金山 San Francisco</p> 
<p>路網來源：(c) 2001.2 Osamu Abe 網站</p>	<p>日本地下鐵協會，世界的地下鐵(2000)</p>
<p>巴西—里約熱內盧 Rio de Janeiro</p> 	<p>土耳其—安卡拉 Ankara</p> 
<p>路網來源：(c) 2001.10 Osamu Abe 網站</p>	<p>日本地下鐵協會，世界的地下鐵(2000)</p>
<p>芬蘭—赫爾辛基 Helsinki</p>	<p>日本—神戶 Kobe</p>
<p>路網來源：(c) 1999.7 Osamu Abe 網站</p>	<p>路網來源：(c) 2001.7 Osamu Abe 網站</p>

(五)R 路網型態特性

世界上很多大城市，如莫斯科、芝加哥、多特蒙德、斯德哥爾摩等都市的捷運路網都採用此種輻射路網設計，部分採用沿著中心城市周邊環繞而行的環狀線作為路網中的主線，以提供幹線輸送以及疏散流通之服務功能，部分則採趨向市中心區的輻射路線，使車輛、交通的匯集與疏散集中在市中心區的主要區域。

表 3.5 R 路網型態與典型都市示例

<p>獨立國協—莫斯科 Moskva</p> 	<p>美國—芝加哥 Chicago</p> <p>Line Map of Chicago Elevated/Subway シカゴ地下鉄路線地図</p> 
<p>日本地下鐵協會，世界的地下鐵(2000)</p>	<p>路網來源：(c) 2000.4 Osamu Abe 網站</p>
<p>德國—多特蒙德 Dortmund</p> 	<p>瑞典—斯德哥爾摩 Stockholm</p> <p>ストックホルム地下鉄路線図 Map of Stockholm Subway</p> 
<p>日本地下鐵協會，世界的地下鐵(2000)</p>	<p>路網來源：(c) 1999.10 Osamu Abe 網站</p>

(六)C 路網型態特性

在都市外圍，以都心為中心一定半徑範圍，成圓環狀的路線。通常配合環繞連接各個都市重要據點之輻射路線或穿越性路線，並為其他路線之輔助路線。再者，本路網型態可視為多條 L 型銜扣路線的環繞組合，故屬於混合式的組合路網。

表 3.6 C 路網型態與典型都市示例

中國大陸—北京 Beijing	英國—格拉斯哥 Glasgow
<p>北京地下鐵地圖 Line Map of Beijing Subway</p> <p>Thanks to Mr. Sun Xiao and Mr. Jolke (C) 2000.7 Osamu Abe</p>	<p>Line Map of Glasgow Subway グラスゴー地下鉄路線図</p> <p>Thanks to BusMetros (C) 1999.11 Osamu Abe</p>
路網來源：(c) 2000.7 Osamu Abe 網站	路網來源：(c) 1999.11 Osamu Abe 網站
英國—新堡 Newcastle	羅馬尼亞—布加勒斯特 Bucharest
<p>Thanks to Mr. Sun Xiao and Mr. Jolke (C) 2000.7 Osamu Abe</p>	<p>Line Map of Bucharest Subway (Romania) ブカレスト (ルーマニア) 地下鉄地図</p> <p>Thanks to Mr. Sun Xiao and Mr. Jolke (C) 2000.10 Osamu Abe</p>
路網來源：(c) 1999.10 Osamu Abe 網站	路網來源：(c) 2000.10 Osamu Abe 網站

(七)G 路網型態特性

由許多輻射、穿越或 L 型銜扣路線組成。此種路網常以棋盤型道路系統為主的都市，其主要優點為路線分佈均勻，線型筆直，可減少路線彎繞程度，簡化路線的設計及施工，延長車輛的使用年限，施工時並可減少建物的拆遷及補償的困擾等。但格狀路網的缺點為當路線佈設與使用者的旅次行為不相符時，多數旅客須東西向與南北向路線各搭乘一次，始能到達目的地，故需有較多的轉乘旅次，使得旅行時間增加。

表 3.7 G 路網型態與典型都市示例


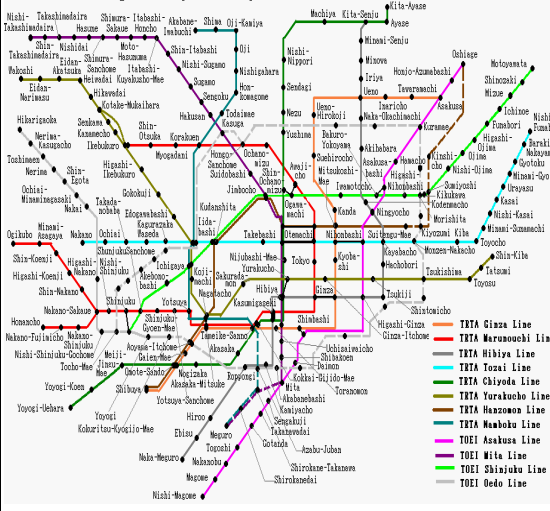


日本—大阪 Osaka	墨西哥—墨西哥市 Mexico
 <p>大阪地下鉄地図 Map of Osaka Subway</p> <p>(c) 2000.7 Osamu Abe</p>	 <p>Map of Mexico City Subway</p> <p>Thanks to Ken Aoyama Olin (c) 2002.2 Osamu Abe</p>
路網來源：(c) 2000.7 Osamu Abe 網站	路網來源：(c) 2002.2 Osamu Abe 網站
英國—倫敦 London	伊朗—德黑蘭 Tehran
 <p>Line Map of London Subway ロンドン地下鉄路線地図</p> <p>(c) 2000.7 Osamu Abe</p>	 <p>Map of Tehran Metro</p> <p>(c) 2000.7 Osamu Abe</p>
路網來源：(c) 2000.7 Osamu Abe 網站	日本地下鐵協會，世界的地下鐵(2000)

(八)M 路網型態特性

M 路網為多種路網混合，由於複雜的 L 路網可視為 R 路網與 G 路網的綜合；若以 L 路網再加上 C 路網，則亦可成綜合類型的路網，可包含各種型態的路線。以國內台北捷運為例，中心市區由 L 型路線相互銜扣，而後續的路網規劃則有外圍的環狀線連接各輻射路線，屬於綜合型路網。

事實上，很多國家的首都如東京、漢城、柏林等，由於都市的捷運路網經過多次擴增演變，因此常形成集合各類型路網大成的綜合路網。

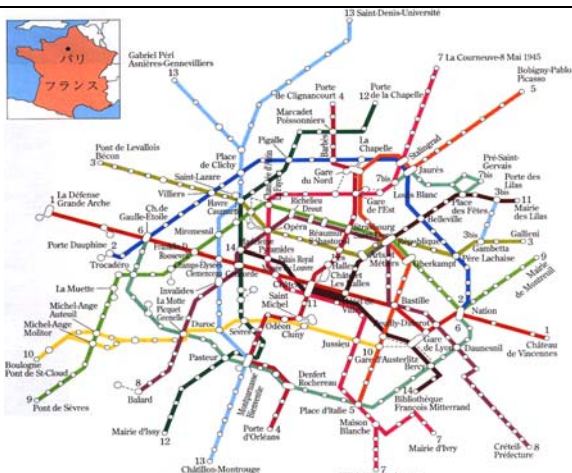

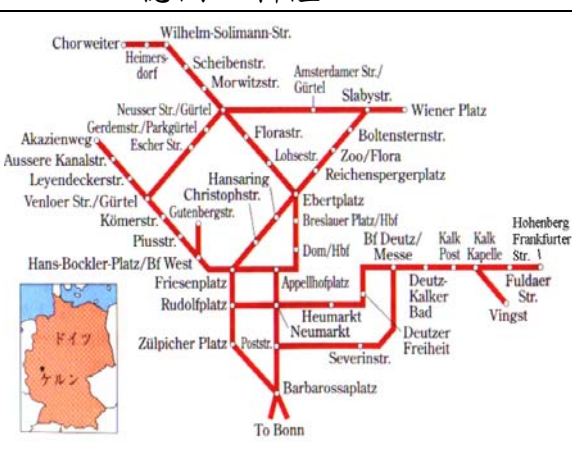
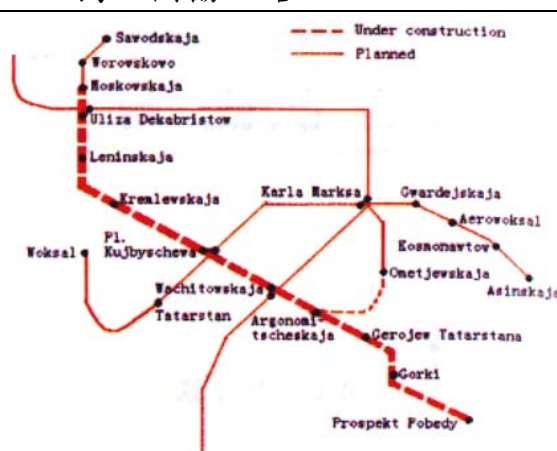
表 3.8 M 路網型態與典型都市示例

中華民國—台北 Taipei	日本—東京 Tokyo
 <p>台北都會區 大眾捷運系統路網</p>	 <p>Line Map of Tokyo Subway</p>
路網來源：台北市政府捷運局網站	路網來源：(c) 2000.8 Osamu Abe 網站
南韓—漢城 Seoul	德國—柏林 Berlin
 <p>Line Map of Seoul Subway</p>	 <p>Map of Berlin Subway</p>
路網來源：(c) 2001.2 Osamu Abe 網站	路網來源：(c) 2000.11 Osamu Abe 網站

(九)IR 路網型態特性

上述八種類型路網以外之其他類型路網，由於無顯著的路網特徵，故歸類為不規則型路網。此類路網之形成多屬於道路系統本身呈現不規則形狀的分佈所致。優點為可延長接觸點、增加節點的可及性；缺點為迂迴彎繞、容易增加旅行時間成本。巴黎等都市捷運路網為典型的代表。

表 3.9 IR 路網型態與典型都市示例

<p style="text-align: center;">法國—巴黎 Paris</p> 	<p style="text-align: center;">義大利—拿坡里 Napoli</p> <p style="text-align: center;">Line Map of Napoli (Naples) Metro ナポリ地下鉄地図</p> 
<p>日本地下鐵協會，世界的地下鐵(2000)</p>	<p>路網來源：(c) 2001.4 Osamu Abe 網站</p>
<p style="text-align: center;">德國—科隆 Koln</p> 	<p style="text-align: center;">獨立國協—喀山 Kazan</p> 
<p>日本地下鐵協會，世界的地下鐵(2000)</p>	<p>日本地下鐵協會，世界的地下鐵(2000)</p>

3.3 捷運路網型態之統計分析

藉由所收集的世界主要都市捷運路網圖，可利用傳統的圖形分析理論，配合路網基本型態的定義，歸納出各類型都市捷運路網型態為九大類，綜合世界主要都市捷運路網型態分類結果與路線數如表 3.10 所示。

表 3.10 世界主要都市捷運路網型態分類與路線數一覽表

路線數	(一) 穿越性(D)路網型態都市
1 條	台南、哈爾濱、仁川、加爾各答、葉卡捷林堡、窩格格拉得、聶伯城、唐尼錫克、伊士麥、海法、雷尼斯、波鴻、杜伊斯堡、米爾海姆、烏柏塔、華沙*、伯拉第斯拉瓦*、艾德蒙吞、利瑪*、溫哥華、聖胡安*
2 條	高雄、上海、京都、仙台、釜山、大邱、平壤*、新西伯利亞、明斯克*、羅馬*
3 條	費城
路線數	(二) L 型銜扣(L)路網型態都市
1 條	廣島、薩瑪羅、奧德薩、艾伊凡*、阿蒙提、熱那亞、卡塔尼亞、特里諾、列日、索非亞*、巴爾的摩、水牛城、邁阿密、波哥大*
2 條	吉隆坡*、下諾夫歌羅、開羅*、土魯斯、史特拉斯堡、紐倫堡
3 條	桃園、廣州、曼谷*、羅斯托夫、烏法、基輔*、卡爾可夫、塔什干*、道克蘭、米蘭、布拉格*、多倫多、聖保羅、聖地牙哥*
4 條	名古屋、車里雅賓斯克、克拉斯諾雅斯克、里昂、阿姆斯特丹*、馬拉開波
5 條	香港
路線數	(三) 切線性(T)路網型態都市
2 條	第比利斯*、阿爾及爾*、鹿特丹、哥本哈根*、曼特寧、勒希非
3 條	深圳、卡拉卡斯*、佛達雷薩
路線數	(四) 主支型(F)路網型態都市
1 條	赫爾辛基*、克里夫蘭、洛杉磯、巴西利亞*
2 條	神戶、安卡拉*、里約熱內盧
3 條	福岡、亞特蘭大
4 條	波士頓
5 條	舊金山
路線數	(五) 輻射狀(R)路網型態都市
2 條	橫濱、伊斯坦堡、巴格達*、畢爾包、阿雷格港
3 條	台中、札幌、埃森、雅典*、布達佩斯*、斯德哥爾摩*
4 條	天津、聖彼得堡
5 條	奧斯陸*、華盛頓*
6 條以上	莫斯科*、法蘭克福、司徒加、多特蒙德、杜賽爾多夫、芝加哥

路線數	(六) 環狀性(C)路網型態都市
1 條	格拉斯哥
2 條	新竹、北京*、新加坡*、新堡
3 條	布加勒斯特*
4 條	里斯本*
路線數	(七) 格狀(G)路網型態都市
4 條	德黑蘭*
5 條	布宜諾賽利斯*
6 條以上	大阪、倫敦*、慕尼黑、墨西哥*
路線數	(八) 綜合型(M)路網型態都市
3 條	漢堡、布魯塞爾*
4 條	蒙特婁
5 條	鄂木斯克、巴塞隆納、維也納*
6 條以上	台北*、東京*、漢城*、柏林*、波昂、馬德里*、紐約
路線數	(九) 不規則型(IR)路網型態都市
1 條	拿坡里、培羅荷里桑
2 條	巴庫*、馬賽、里耳
3 條	瓦倫西瓦
4 條	喀山、紐阿克
5 條	無
6 條以上	巴黎*、科隆

註：*都市表示首都

表 3.11 世界主要都市捷運路網型態與路線數統計表

路線數 路網型態	1 條	2 條	3 條	4 條	5 條	6 條以上	總計
D 路網	21	10	1	0	0	0	32
L 路網	14	6	14	6	1	0	41
T 路網	0	6	3	0	0	0	9
F 路網	4	3	2	1	1	0	11
R 路網	0	5	6	2	2	6	21
C 路網	1	4	1	1	0	0	7
G 路網	0	0	0	1	1	4	6
M 路網	0	0	2	1	3	7	13
IR 路網	2	3	1	2	0	2	10
小計	42	37	30	14	8	19	150
比例	28.00%	24.67%	20.00%	9.33%	5.33%	12.67%	100%

在上頁表 3.11 中，可以發現世界主要都市捷運路網型態與路線數的統計結果，進一步的整理資料，並以單一路線類型與組合路線類型加以比較。在單一路線類型路網型態部分，主要有 D 路網、L 路網、T 路網、F 路網等四種，其中各路網占單一路線類型路網部分的比例如下圖 3.2 所示。L 路網所佔比例達 44.09%最受各大都市青睞，其次是 34.41%的 D 路網佔 34.41%，最冷門的路網型態為 T 路網，所佔比例最少為 9.68%。值得一提的是 F 路網由於屬於主幹線的延伸型態，雖然所佔比例較低，但各大都市後續在擴建與規劃延伸路網，皆會應用到此類型路網。

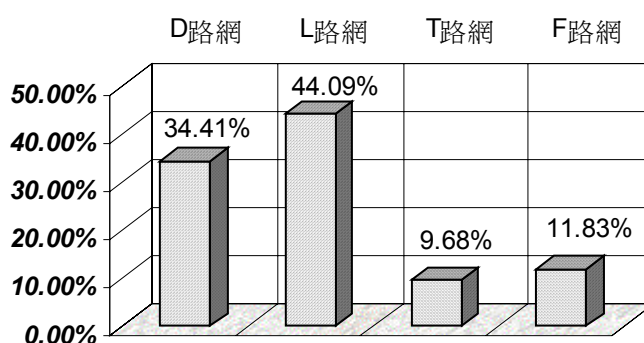


圖 3.2 單一路線類型路網型態比例圖

在組合路線類型路網型態部分，主要有 R 路網、C 路網、G 路網、M 路網等四種，R 路網為最典型的組合路線類型路網代表佔 44.68%比例。

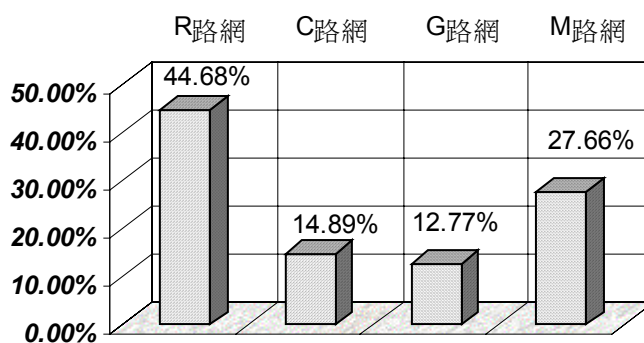


圖 3.3 組合路線類型路網型態比例圖

本研究調查全世界 150 個都市捷運系統所建路線數共計有 493 條，可計算其平均數為 3.3 條，圖 3.4 為 150 個都市捷運系統路線數之分佈比例圖，由此可知截至目前為止，各都市興建捷運路線，在 3 條以內為最普遍之現象，3 條以上呈現明顯的遞減趨勢，興建 12 條以上為極少數案例，如日本東京 12 條、英國倫敦 12 條、法國巴黎 14 條、德國科隆 15 條、與美國紐約所興建最多的 25 條等五個都市。若改以國家所擁有捷運路線總數進行排序，前八大國家依序為德國、美國、獨立國協、日本、法國、西班牙、中國大陸，與英國。

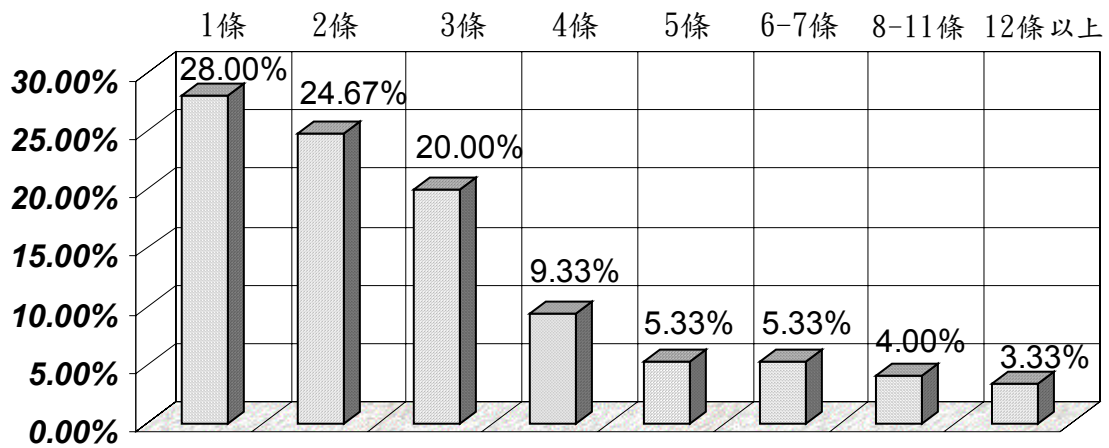


圖 3.4 世界主要都市 150 個捷運系統路線數比例圖

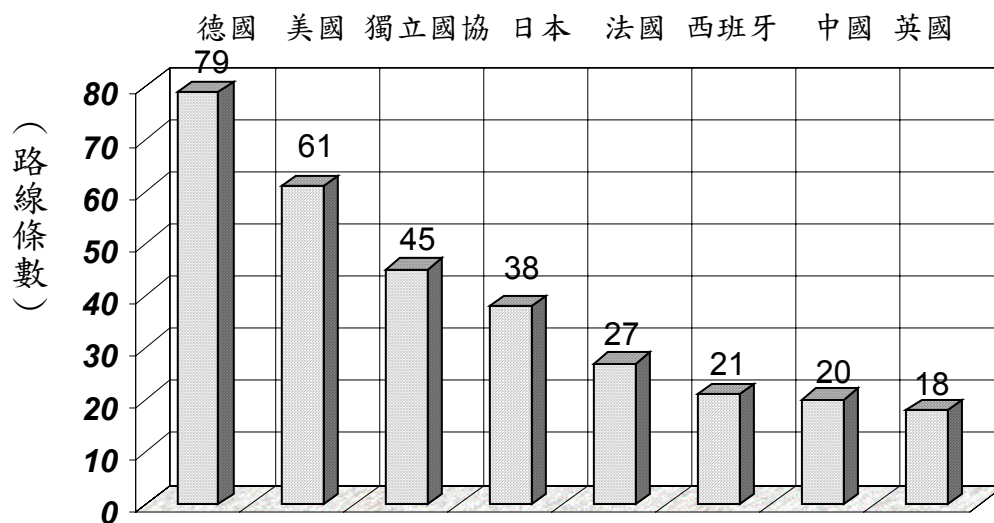


圖 3.5 世界前八大國家捷運系統路線數比較圖

另外，加總計算全世界 150 個都市捷運系統中，各國家都市已正式營運的路線長度之總和，可得下圖 3.6 之比較結果，前十大國家依序為美國、德國、日本、英國、獨立國協、西班牙、南韓、法國、巴西與中國大陸。若進一步計算排序至我國的名次(僅計算台北捷運 56.5 公里)，則中華民國目前名列在第二十二名，詳見圖 3.7 之後續比較結果。

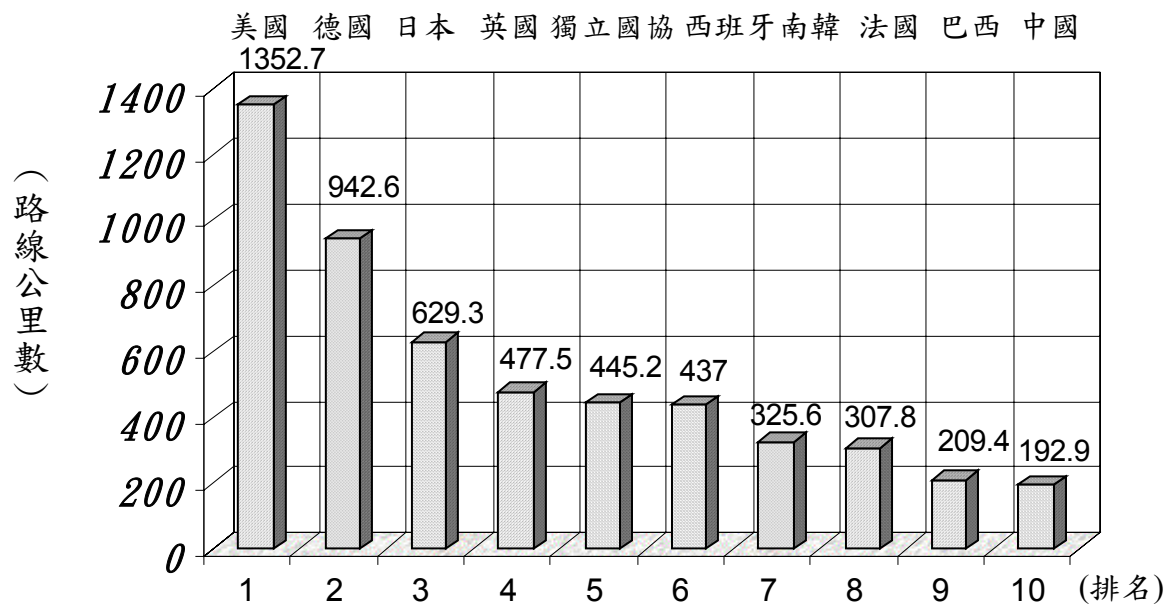


圖 3.6 世界前十大國家捷運系統路線公里數比較圖

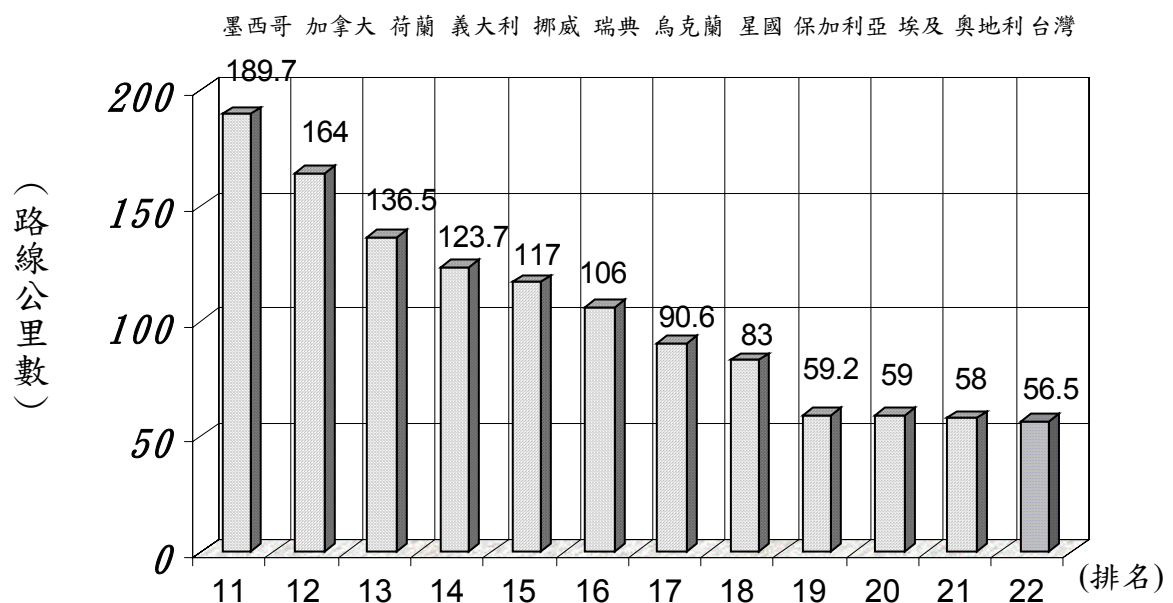


圖 3.7 我國捷運系統路線公里數在世界各國家之排名比較

3.4 捷運路網結構指標之分析

一般探討路網基本結構，主要從交通地理學的觀點來探討，又由於捷運路網為長久活動之旅運需求而規劃形成，因此本節將探討捷運路網的結構，依圖形理論和拓樸學的比率來說明路網的特性。為了瞭解世界主要都市捷運路網中較複雜類型的型態差異，本研究選擇具有七條以上捷運路線的 15 個都市，針對這些組合路線類型的路網型態，比較其所屬的 R 路網、G 路網、M 路網、與 IR 路網的量化值，分別計算拓樸學的比率之 α 和 γ 指標。其分析的過程如下：

(一) 路網型態計算

利用所蒐集的基本路網圖面套繪，及圖底圖等方法，可將 15 個都市的捷運路網圖簡化成單一路線簡捷型態，如此即可計算其節點數與連線數，然後透過 α 指標、 γ 指標的公式計算，即可得下表 3.12 之結果。

表 3.12 世界主要都市多條捷運路網連接指標比較

編號	都市名稱	路網型態	路線數	節點數 (V)	連線數 (E)	α 指標	γ 指標
1	莫斯科	R 路網	11 條	133	151	0.073	0.384
2	法蘭克福	R 路網	7 條	83	84	0.012	0.346
3	司徒加	R 路網	11 條	147	155	0.031	0.356
4	杜賽爾多夫	R 路網	7 條	100	100	0.005	0.340
5	芝加哥	R 路網	7 條	135	137	0.011	0.343
6	大阪	G 路網	7 條	96	111	0.086	0.394
7	倫敦	G 路網	12 條	245	283	0.080	0.388
8	墨西哥	G 路網	11 條	167	201	0.106	0.406
9	東京	M 路網	12 條	211	253	0.103	0.404
10	漢城	M 路網	8 條	171	187	0.050	0.369
11	柏林	M 路網	9 條	169	183	0.045	0.365
12	馬德里	M 路網	11 條	202	239	0.095	0.398
13	紐約	M 路網	25 條	468	543	0.082	0.388
14	巴黎	IR 路網	14 條	297	339	0.073	0.383
15	科隆	IR 路網	15 條	46	50	0.057	0.379

* 註：節點數不代表實際設站數，重複連線之捷運路線不重複計算

(二)路網型態分析

由於 α 指標為實際環路數與可能最大環路數的比，可表示路網連接程度，數值介於 0~1，數值愈大，路網連接愈複雜； γ 指標為實際連線數與可能最大連線數的比，表示點與點連接程度，數值介於 0~1，數值愈大，路網連接亦愈複雜。

過去 Morlok(1967)曾將一般道路路網分成三種基本配置：1.樹枝狀 2.格子狀 3.多邊形；Morlok 認為樹枝狀路網為連接最少的形式；格子狀的路網為轉換成較長的路網；而多邊形則為多路徑的路網。Morlok 並將 α 、 γ 以頂點數趨近無窮大求取極值，可獲得所對應的分類如下表 3.13。

表 3.13 Morlok 連接指標型態分類表

型態類型	α 指標範圍	γ 指標範圍
樹枝狀	$\alpha=0$	$1/3 \leq \gamma < 1/2$
格子狀	$0 < \alpha < 0.5$	$1/2 \leq \gamma < 2/3$
多邊形	$0.5 \leq \alpha < 1.0$	$2/3 < \gamma \leq 1.0$

資料來源：Morlok，1967，P72

但 Morlok 的分類方法並不適用於捷運路網的分析，由於捷運路網的路線數相較一般道路系統的路網少得多，且捷運路網因成本與造價問題，連接程度無法過渡綿密。經由本研究計算得知捷運路網 α 指標值皆遠小於 0.2，僅 G 路網與部分多路線的 M 路網型態 α 介於 0.8~1 之間，而 γ 大都介於 0.3~0.4 之間。進階比較 G 路網與 R 路網指標的差異，僅 G 路網出現較一致的變化，即 α 指標落於 0.8~1 的區間；而 γ 指標在 0.4 附近。R 路網部分，若不計莫斯科蛛網型路網，則 α 指標趨近於 0~0.03； γ 指標在 0.35 附近。至於 M 路網與 IR 路網由於變化殊異無法加以比較。

第四章 捷運路網型態與運輸需求特性之關係

4.1 世界主要都市運輸需求特性概況

本研究蒐集擁有捷運系統之世界主要都市人口(都會區為主)、路線長度、路線數、車站總數、年運量、最小行車間距、車輛班數等主要運輸資料。但由於資料量的龐雜以及資料的蒐集不易，故選擇最近五年內所能蒐集到的統計資料為主，計算各國捷運系統運輸需求特性的結果。本項統計最後採納的都市有 110 個，下表 4.1 即是整理的參考資料。

表 4.1 世界主要捷運都市基本運輸需求特性彙整表

序號	都市名稱	人口 (萬人)	路線長度 (公里)	路線數	車站 總數	年運量	最小間距 (分)	車輛班數
1	台北	264	65.30	6	60	23500	3.5	450
2	北京	805	54.00	2	40	46300	3	652
3	天津	601	7.40	1	10	1500	12	24
4	上海	1356	21.30	1	16	10900	5	162
5	廣州	322	18.50	1	16	13400	8	126
6	香港	600	77.20	5	44	79800	1.85	923
7	東京	1195	248.70	12	236	266001	2.5	3167
8	大阪	275	115.60	7	111	93180	2	1200
9	名古屋	219	76.50	5	74	41120	2	724
10	札幌	181	48.00	3	49	20621	3.5	404
11	橫濱	347	40.40	2	32	12569	4.5	228
12	神戶	148	22.70	1	16	9794	3	168
13	福岡	135	17.80	2	20	11430	3	144
14	京都	146	26.40	2	27	11040	3.5	204
15	仙台	100	14.80	1	17	5963	3	84
16	廣島	112	18.40	1	21	1884	2.5	144
17	漢城	1032	223.90	7	201	171600	2.5	2778
18	釜山	320	54.90	2	55	22400	3.5	528
19	大邱	244	24.90	1	29	4400	5	216
20	仁川	230	21.90	1	22	4050	4	200
21	平壤	200	22.50	2	17	3500	2	168
22	吉隆坡	130	29.00	1	24	4200	1.5	70
23	新加坡	430	83.00	2	48	31500	2	510
24	加爾各答	1100	16.50	1	17	6200	10	144

No.	都市名稱	人口	路線長度	路線數	站數	年運量	最小間距	車輛班數
25	安卡拉	289	23.10	2	22	10750	3	141
26	伊斯坦堡	1100	18.37	2	18	13480	4	109
27	莫斯科	903	262.00	11	160	323500	1.2	4158
28	聖彼得堡	423	98.60	4	58	78360	1.8	1357
29	新西伯利亞	136	12.10	2	10	7580	3	76
30	葉卡捷林堡	127	7.50	1	6	2210	4	54
31	薩瑪羅	118	7.80	1	7	2857	7	46
32	窩格格拉得	99	13.50	1	18	9100	2	84
33	下諾夫歌羅	137	14.00	2	12	5720	5	82
34	基輔	263	48.90	3	39	25600	1.6	537
35	卡爾可夫	155	33.90	3	26	36000	2.5	287
36	白俄羅斯	167	18.50	2	19	13900	3	132
37	塔什干	209	30.00	2	23	14000	2	192
38	巴庫	170	29.00	2	19	17000	3	182
39	艾伊凡	125	12.10	1	10	2000	6.5	42
40	倫敦	897	408.00	12	275	86800	2	5112
41	格拉斯哥	75	10.40	1	15	1470	4	41
42	新堡	22	59.10	2	46	3530	7	90
43	巴黎	215	211.00	14	297	115600	1.6	3569
44	里昂	41	27.50	4	39	12540	2.5	178
45	馬賽	80	19.30	2	24	5400	3	144
46	里耳	17	40.00	2	55	4700	1	206
47	土魯斯	36	10.00	1	15	5580	1	58
48	柏林	347	143.30	9	169	40000	3	1388
49	漢堡	170	100.70	3	89	16900	2	839
50	慕尼黑	290	85.00	6	89	28560	2.5	508
51	法蘭克福	66	56.20	7	83	15100	2.5	218
52	司徒加	59	99.90	11	137	16600	7.5	122
53	紐倫堡	49	29.80	2	39	16200	3.33	150
54	科隆	100	189.70	15	221	22000	4	348
55	波昂	31	43.30	6	82	6950	3.5	99
56	波鴻	39	14.90	1	21	10560	5	25
57	多特蒙德	61	67.10	6	22	10360	10	70
58	杜伊斯堡	53	17.10	1	19	4720	10	61
59	杜賽爾多夫	57	62.70	7	100	19890	10	142
60	埃森	61	22.00	3	25	8853	4	45
61	米爾海姆	17	10.90	1	17	460	10	7
62	馬德里	294	171.40	11	202	37970	2	1322
63	巴塞隆納	155	81.00	5	111	27790	3.5	488
64	瓦倫西瓦	85	156.50	3	96	2420	7.5	227
65	畢爾包	50	28.10	1	27	4910	5	96
66	里斯本	60	27.70	4	40	12530	3	307
67	羅馬	269	38.00	2	45	21700	3	377
68	米蘭	137	69.30	3	84	30710	2	714

No.	都市名稱	人口	路線長度	路線數	站數	年運量	最小間距	車輛班數
69	熱那亞	65	3.10	1	3	320	5	8
70	阿姆斯特丹	130	60.60	4	49	7800	3.75	212
71	鹿特丹	59	75.90	2	42	7770	3	171
72	布魯塞爾	120	40.60	3	64	8980	6	217
73	維也納	164	58.00	5	82	37800	3	415
74	雅典	319	18.20	1	23	16400	3.5	219
75	華沙	164	12.50	1	12	3700	3.5	60
76	布拉格	121	50.10	3	50	40700	2	504
77	布達佩斯	191	32.30	3	42	29700	1.66	410
78	布加勒斯特	205	59.20	3	45	11732	4	502
79	索非亞	111	7.00	1	6	1100	1.5	48
80	奧斯陸	48	117.00	5	101	5700	1.75	207
81	斯德哥爾摩	160	106.10	3	100	26900	2	897
82	赫爾辛基	55	21.10	1	16	5000	3	84
83	開羅	645	59.00	2	49	76600	3	573
84	紐約	801	371.00	25	468	120300	2	5791
85	紐阿克	28	22.20	4	13	6500	5	342
86	華盛頓	57	154.60	5	78	15700	3	764
87	波士頓	59	74.50	4	84	17600	4.5	602
88	費城	162	38.70	2	53	4700	6	413
89	巴爾的摩	65	26.30	1	14	1300	8	100
90	芝加哥	289	358.20	7	143	13240	3	1190
91	克里夫蘭	49	30.60	1	18	5700	6	59
92	水牛城	31	10.00	1	14	650	5	39
93	亞特蘭大	235	62.90	3	36	8040	4	476
94	邁阿密	36	33.00	1	21	1400	5	136
95	舊金山	627	153.00	5	39	7300	2.5	679
96	洛杉磯	363	17.70	1	13	1333	5	66
97	蒙特婁	101	65.00	4	65	14900	3	759
98	多倫多	240	56.40	2	66	14800	2.9	638
99	艾德蒙吞	62	13.70	1	10	1000	5	37
100	溫哥華	131	28.90	1	20	4250	2.5	150
101	墨西哥	982	189.70	11	167	127300	1.95	2589
102	曼特寧	163	32.00	2	25	8800	5	126
103	卡拉卡斯	196	42.50	3	40	28900	1.5	456
104	里約熱內盧	560	35.00	2	31	8500	3.75	210
105	聖保羅	1001	49.20	3	46	67390	1.66	588
106	勒希非	133	52.50	2	28	3850	6	100
107	阿雷格港	129	31.40	1	16	3150	5	100
108	培羅荷里桑	209	21.30	1	14	2540	7	60
109	布宜諾賽利斯	308	38.60	5	66	25140	3	507
110	聖地牙哥	460	37.60	3	47	19970	2.95	322

資料來源：日本地下鐵協會，世界的地下鐵—115 都市的最新情報(2000)、Jane's Urban Transport Systems(2000-2001)、本研究綜合整理。

上表 4.1 經詳細試算過後，最後可得下表 4.2 其分析結果。

表 4.2 世界主要捷運都市基本運輸需求特性說明

運輸需求特性分析說明	分析結果
(1)110 個都市捷運系統平均人口數	261.6 萬人
(2)110 個都市所擁有捷運路線平均數	3.56 條
(3)110 個都市所擁有捷運長度平均數	64 公里
(4)110 個都市所擁有捷運設站平均數	58.6 站
(5)平均每條捷運路線對應都市人口數	73.4 萬人
(6)平均每條捷運年運量平均數	7306.5 萬人
(7)平均每條捷運鋪設長度	18 公里
(8)平均每條捷運設站數	16.4 站
(9)平均捷運設站間距	1.16 公里
(10)平均行車最小間距	3 分 53 秒
說明：資料代表年間 1996 年～2001 年	

資料來源：本研究整理

由於本節所調查的資料代表年間為 1996 年～2001 年，路線取樣則以 1998 年為主，共計 392 條捷運路線，其所擁有捷運路線平均數 3.56 條。相較於第三章 3.3 小節，所探討的 150 個都市，捷運路線為 493 條，屬於 2001 年較新的路網資料，故所得路線平均數 3.3 條略小於 3.56 條。分析其原因，應與近年來各大都市相繼進行捷運路線規畫有關，因此也造成了更多路線數在 3 條以下之新興路線的統計資料加入，在平均值的計算之下，便拉低了最後的數值。此外，兩者差異取樣的 40 個都市中，大都因為部分基本運輸需求特性不齊全無法加入此次的分析，究其本身原因乃因路線數過少，或尚在發展捷運系統，相關統計資料尚不齊全，如此也再次證明平均數計算結果差異的原因。

4.2 路網型態與運輸需求特性之相關分析

為比較路網型態與運輸需求特性的基本關係，本節將以路線數、都市人口規模、以及所調查而得的運輸需求特性等資料進行基本的相關分析。下表 4.3 即為世界主要都市人口規模與捷運路線數的統計資料，而透過此資料可繪製如下圖 4.1 的立體直圓柱圖，可發現其分佈趨勢。

表 4.3 世界主要都市人口規模與捷運路線數關係表

人口規模 路網型態	區間 1 100 萬以下	區間 2 100~200 萬	區間 3 200~300 萬	區間 4 300~400 萬	區間 5 400~500 萬	區間 6 500 萬以上
單條路線	15	10	3	3	0	3
二條路線	5	10	4	2	1	4
三條路線	2	9	3	0	1	1
四條路線	4	2	0	0	1	0
五條路線	2	2	2	1	0	2
六條以上	5	1	5	1	0	6
小計	33	34	17	7	3	16

資料來源：本研究整理

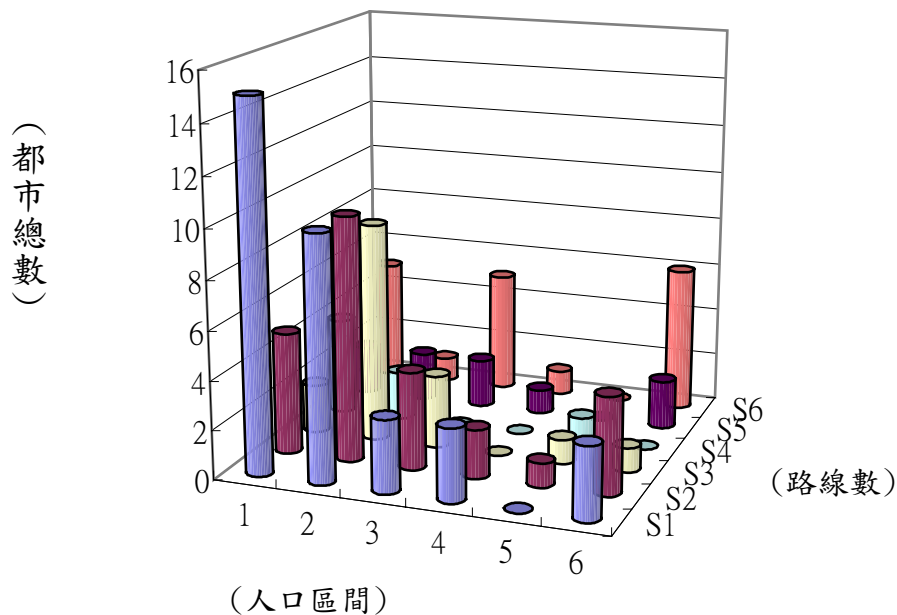


圖 4.1 世界主要都市人口規模與捷運路線數立體直圓柱圖

在尖峰時間最小行車間距部分，詳見圖 4.2 所示，統計發現 1.5 分~2.5 分(佔 20%)以及 2.5 分~3.5 分(佔 29.09%)為最大宗，換言之，世界各都市選擇以 2~3 分鐘為多數的系統設計，且瓶頸區間的落差大約為 1 分鐘，至於設計在 1.5 分鐘以內則為少數，僅有 5.45%的捷運系統採用此標準。

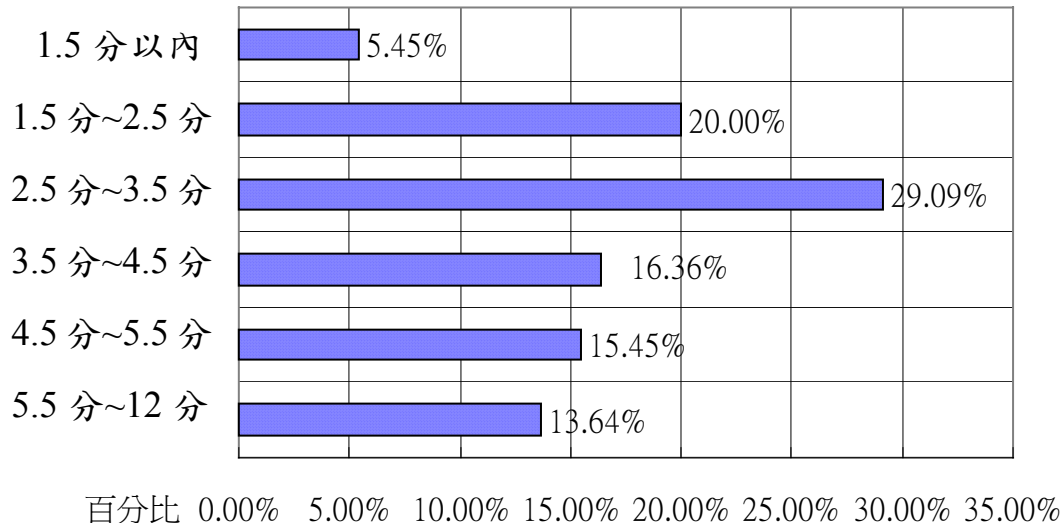


圖 4.2 世界主要都市捷運最小行車間距之比例統計

在每站平均年運量部分，約有三成比例分別服務設計在 200 萬人次以下以及 200 萬~400 萬人次的設計，以上並分別以 200 萬為區間分佈。

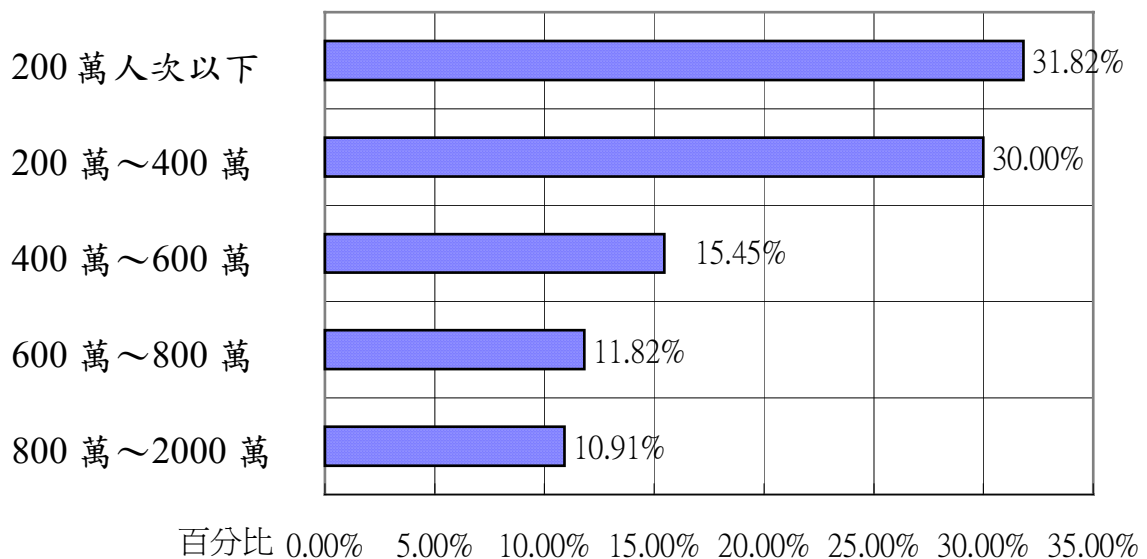


圖 4.3 世界主要都市捷運分站平均年運量之比例統計

在每路線平均年運量部分，詳見圖 4.4 所示，統計發現 26.36% 年運量設計在 2500 萬人次以下。28.18% 則設計在 2500~5000 萬人次區間，以及 18.18% 設計年運量在 5000~7500 萬人次。

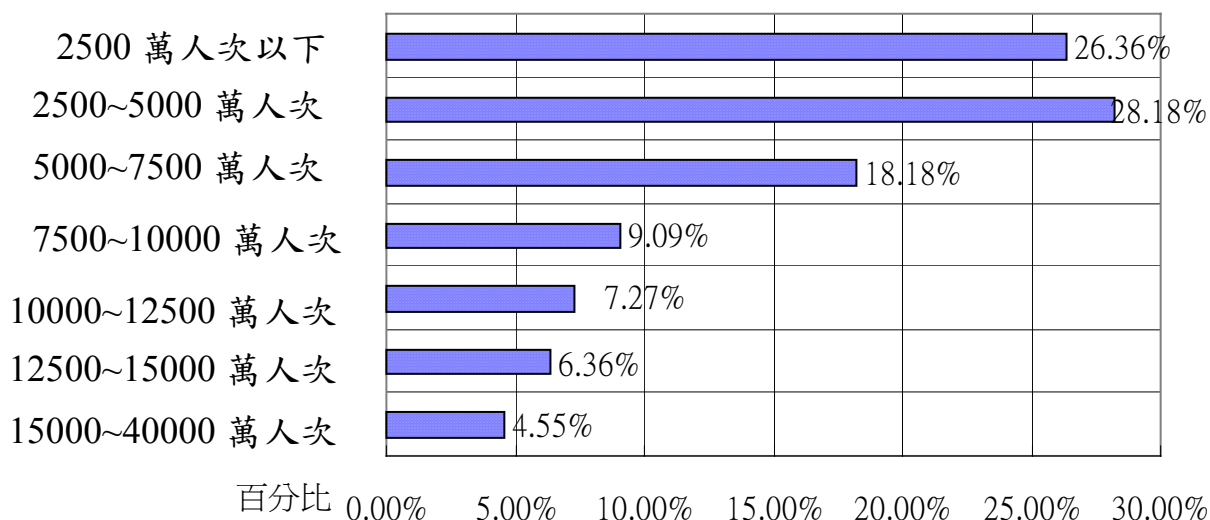


圖 4.4 世界主要都市捷運每路線平均年運量之比例統計

至於每班車平均年運量部分，詳見圖 4.5 所示，統計發現 33.64%，其班車年運量為 40 萬人次以下。47.27% 則為 40~80 萬人次，至於 80 萬人次以上的容量設計，則較為少見。

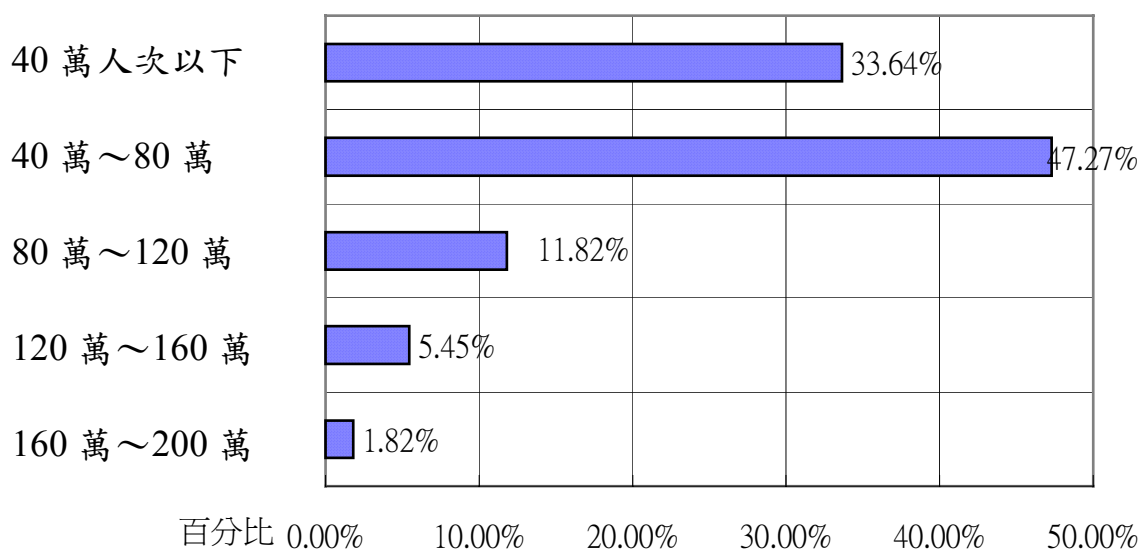


圖 4.5 世界主要都市捷運每班車平均年運量之比例統計

另外，進階以各路線數為分類的統計樣本，計算其所屬平均值，即可得下表 4.4 世界主要都市捷運路線數與相關運輸需求特性關係表，並且分別針對每站平均年運量、每路線年運量、以及平均路線長，可繪製圖 4.6、圖 4.7 以及圖 4.8 結果的長條圖。

表 4.4 世界主要都市捷運路線數與相關運輸需求特性關係表

路線數	每站平均年運量	每路線年運量	平均路線長
1 條	277.91	4529.44	18.5
2 條	501.13	7860.38	18.82
3 條	500.72	7610.12	19.58
4 條	440.54	5365.36	13.43
5 條	482.41	5863.33	18.05
6 條	457.865	4665.23	12.17
7 條	433.32	8943.14	23.33
7 條以上	551.86	9432.31	17.89
平均值	422.515	6517.216	18.096

資料來源：本研究整理

由圖 4.6 可以發現：捷運設計為單條情況下，其每站平均年運量最無效率(僅 277.91 萬人次)，而多條以上具有轉運的路線，可使每站發揮約 400~500 萬人次不等的年運量服務。

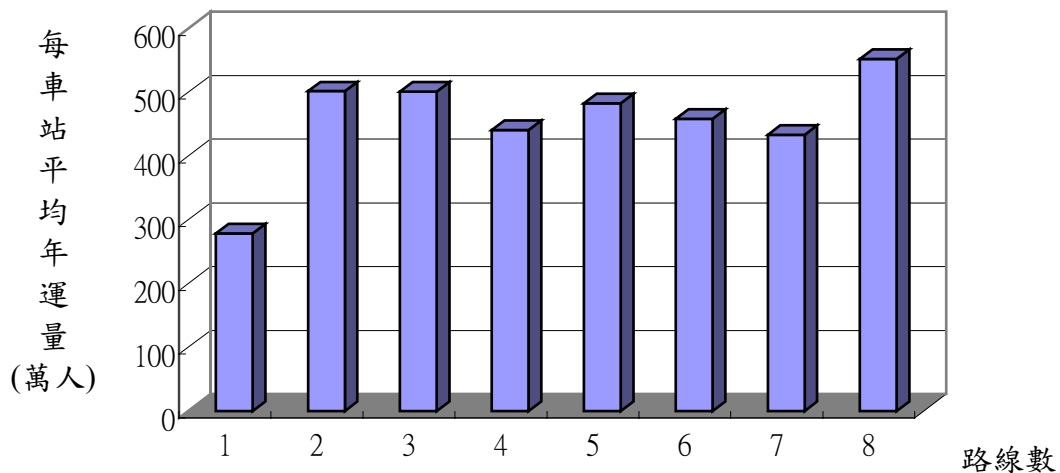


圖 4.6 世界主要都市捷運路線數與每車站平均年運量之統計

其次，由圖 4.7 可以發現：捷運路線數設計在兩條～三條的情況下，其每路線的年運量最具效率(約 7610.12～7860.38 萬人次)，而七條以上具有轉運的路線，亦可以發揮良好運量服務的效果。

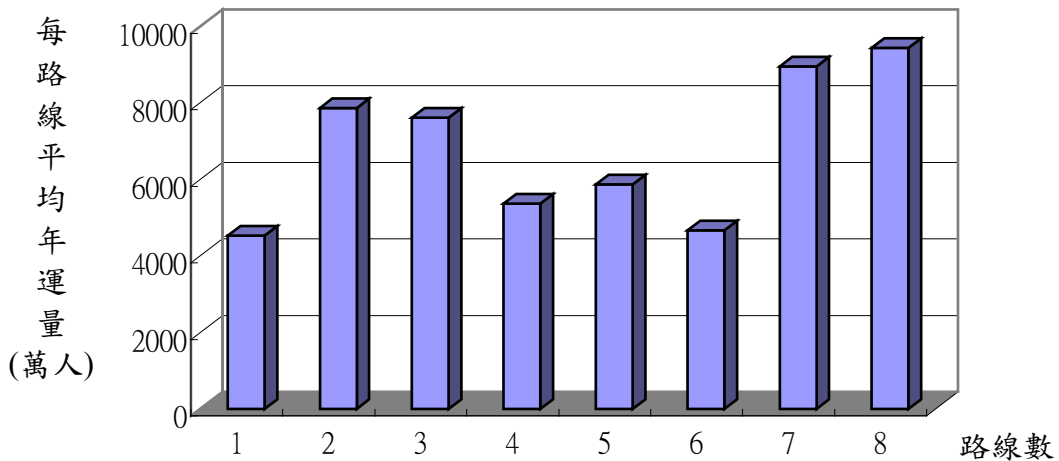


圖 4.7 世界主要都市捷運路線數與每路線平均年運量之統計

最後，由圖 4.8 世界主要都市捷運路線數與平均路線長度之統計可發現：世界主要都市其平均路線長度大都設計在 10～20 公里的區間。且在三條以內的路線數都市，其單條平均路線長度皆設計在 15～20 公里左右，這樣的數據可供後續規劃興建捷運都市之參考。

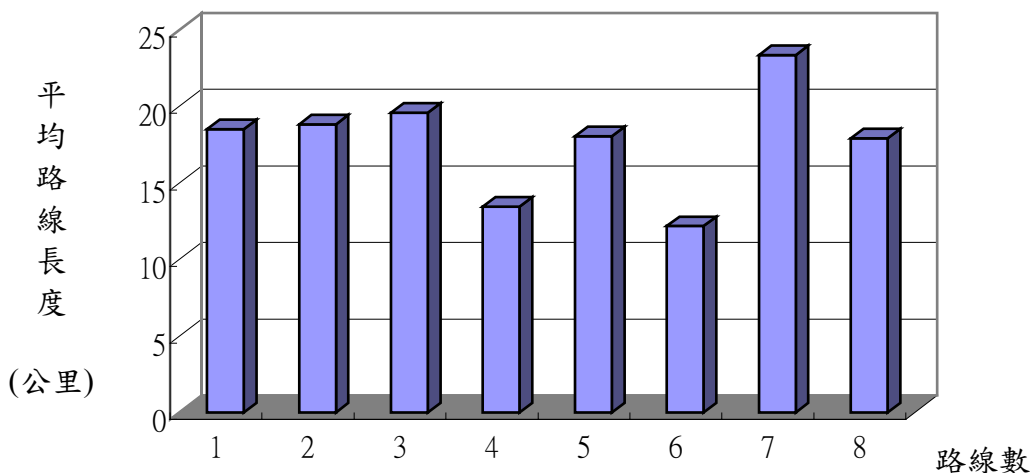


圖 4.8 世界主要都市捷運路線數與平均路線長度之統計

4.3 都市規模與運輸需求特性之迴歸分析

本研究在量化分析上以多變量分析為主要方法，透過迴歸分析，來建立一般迴歸模型的實證分析。操作步驟先建立各有關變數的散佈圖，將相關性的問題加以界定，以設定模式的參數，透過參數校估的結果，以及統計檢定與檢證的結果，來建構迴歸模式，並解釋所建構的模式。在本節中將先繪製 110 個都市人口數與年運量、路線長度、車站數之散布圖，還有車輛班數散布圖，以及每班車平均運量與最小間距彼此之間的散布圖；其次，進一步探討世界主要都市車輛班數與年運量、平均每站間距與平均每站年運量、單位站距與平均每站年運量等散佈圖，以期進階瞭解彼此的關係，建構其迴歸模式。

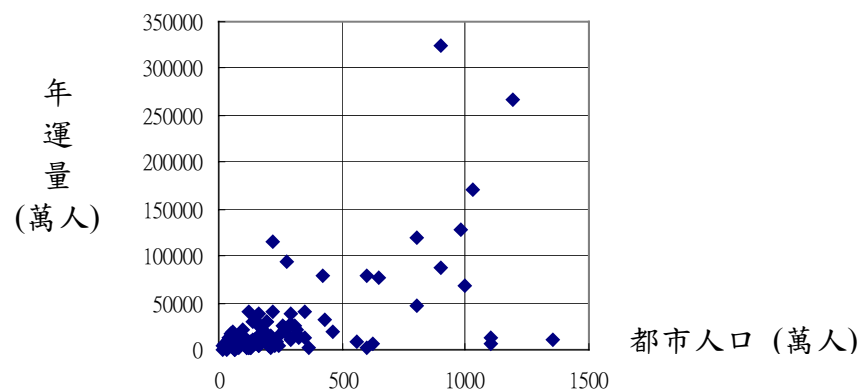


圖 4.9 110 個都市人口數與年運量散布圖

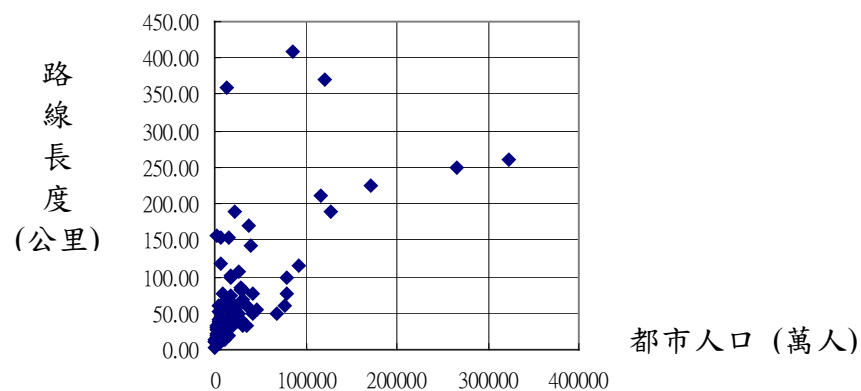


圖 4.10 110 個都市人口數與路線長度散布圖

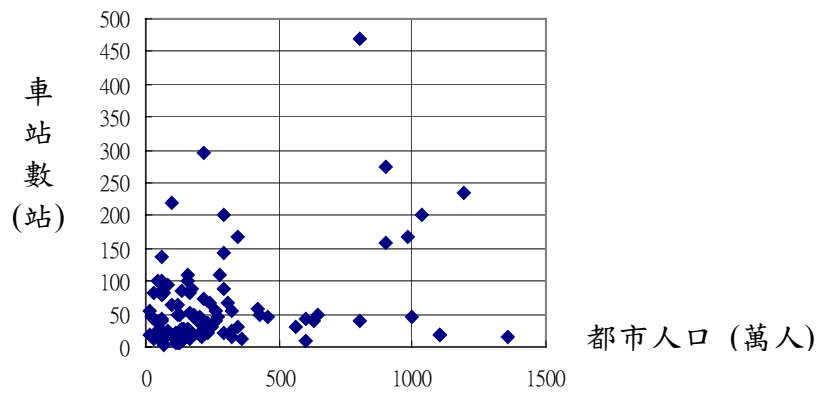


圖 4.11 110 個都市人口數與車站數散布圖

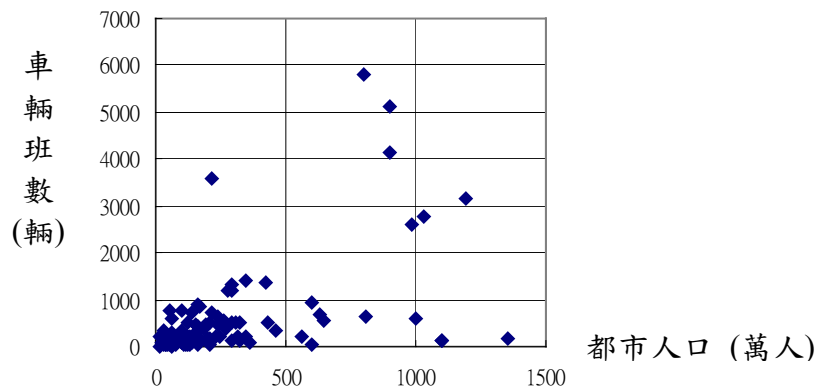


圖 4.12 110 個都市人口數與車輛班數散布圖

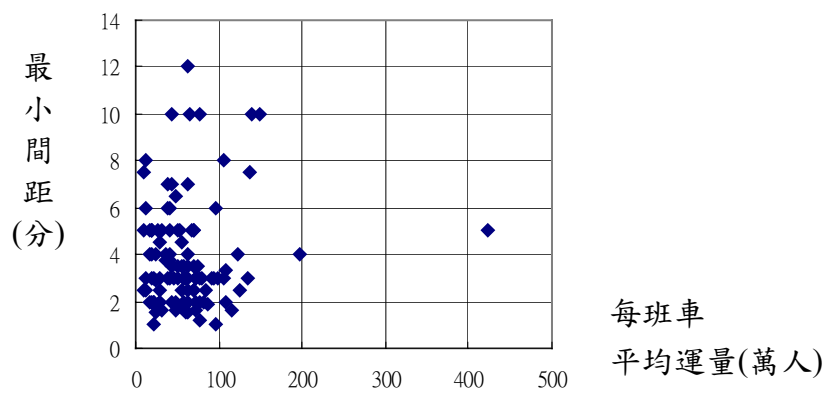


圖 4.13 110 個都市每班車平均運量與最小間距散布圖

(都市人口>240 萬人次)[36 個樣本]

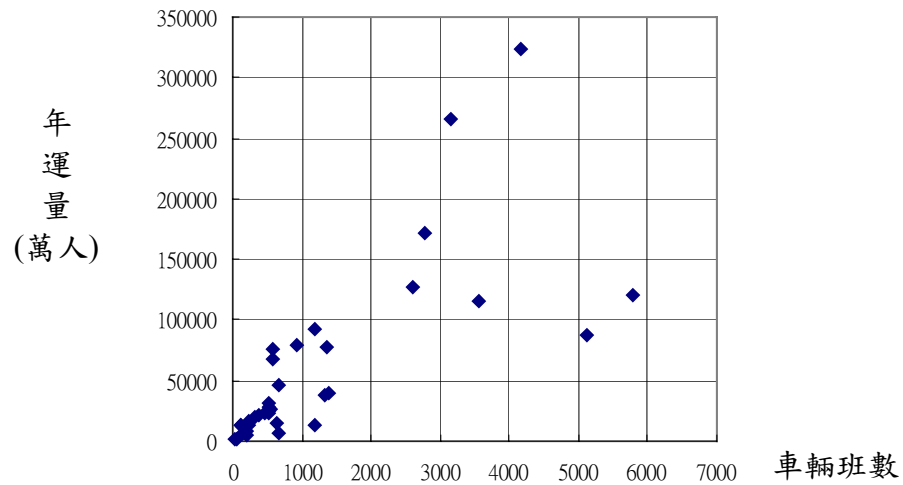


圖 4.14 世界主要都市車輛班數與年運量散布圖 A

(120 萬人次<都市人口<240 萬人次)[36 個樣本]

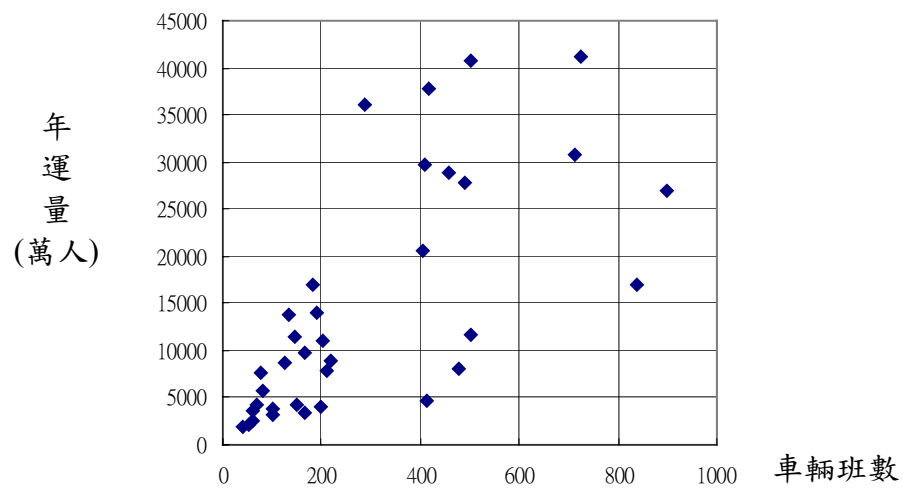


圖 4.15 世界主要都市車輛班數與年運量散布圖 B

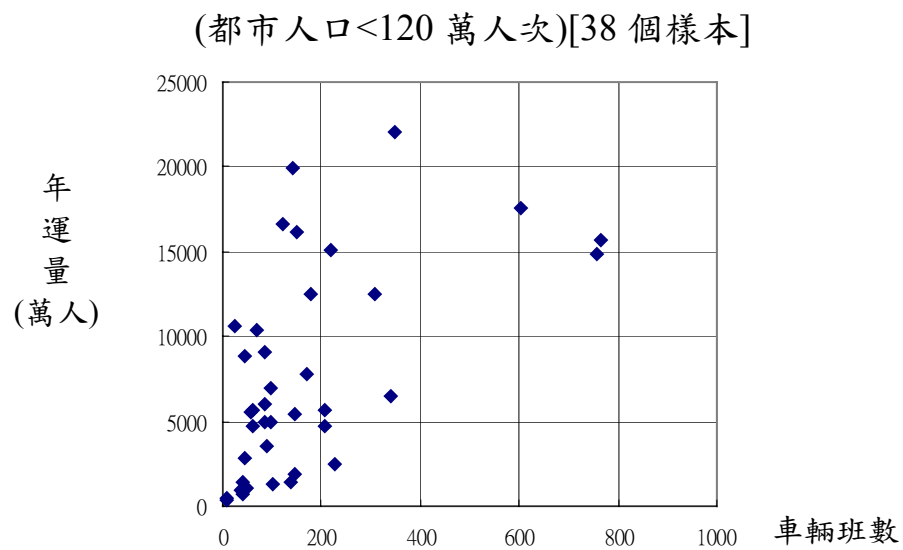


圖 4.16 世界主要都市車輛班數與年運量散布圖 C

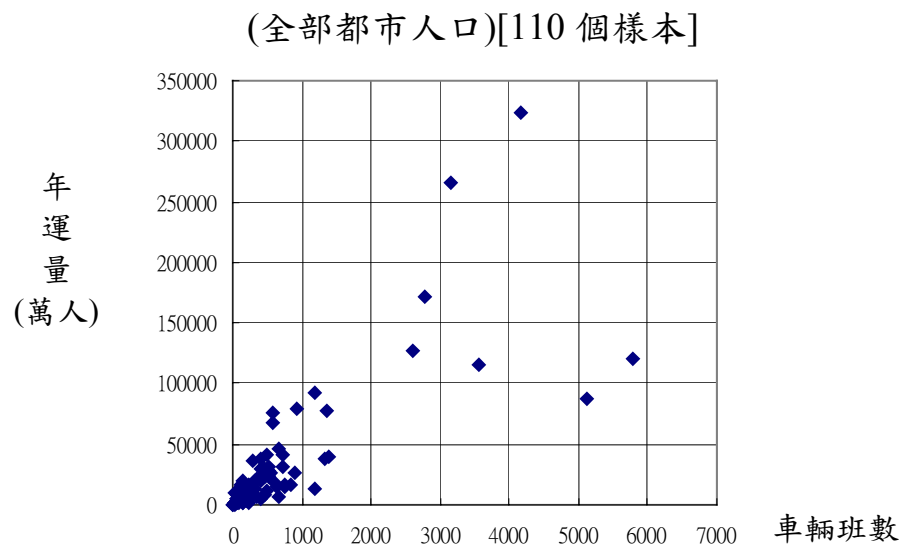


圖 4.17 世界主要都市車輛班數與年運量散布圖 D

(都市人口>240 萬人次)[36 個樣本]

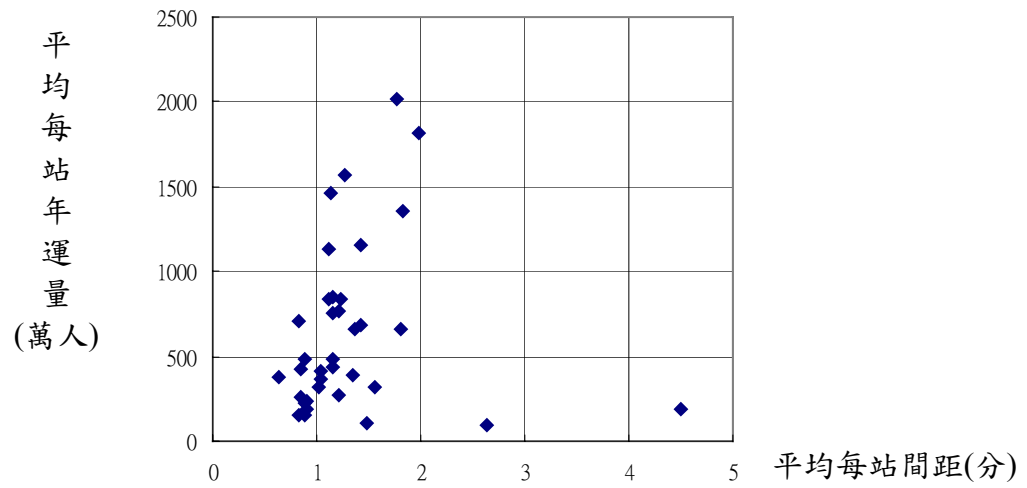


圖 4.18 平均每站間距與平均每站年運量散布圖 A

(120 萬人次<都市人口<240 萬人次)[36 個樣本]

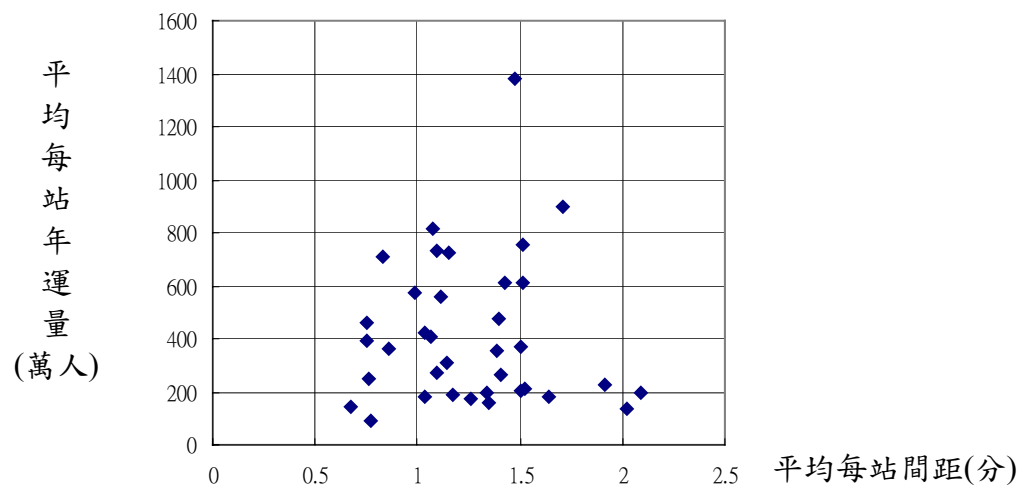


圖 4.19 平均每站間距與平均每站年運量散布圖 B

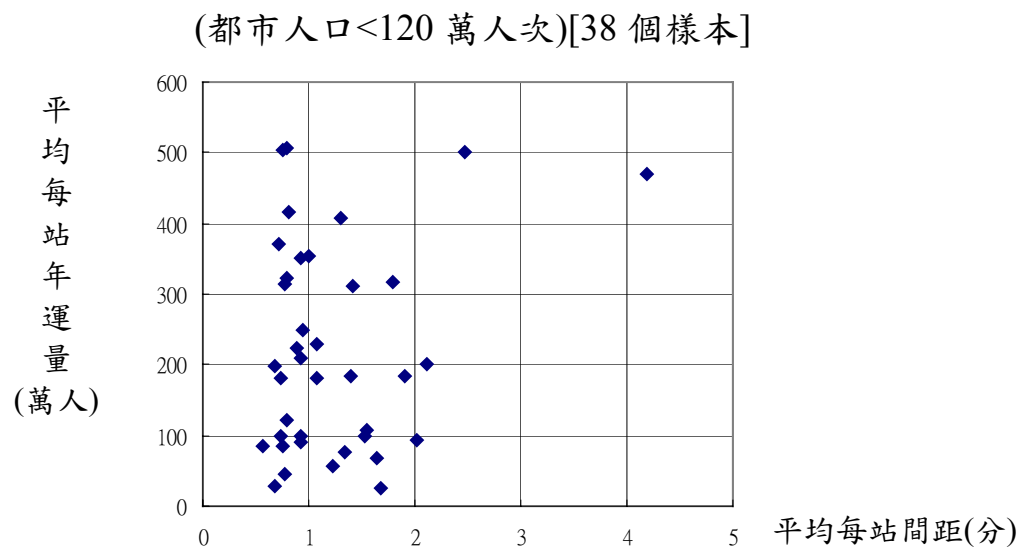


圖 4.20 平均每站間距與平均每站年運量散布圖 C

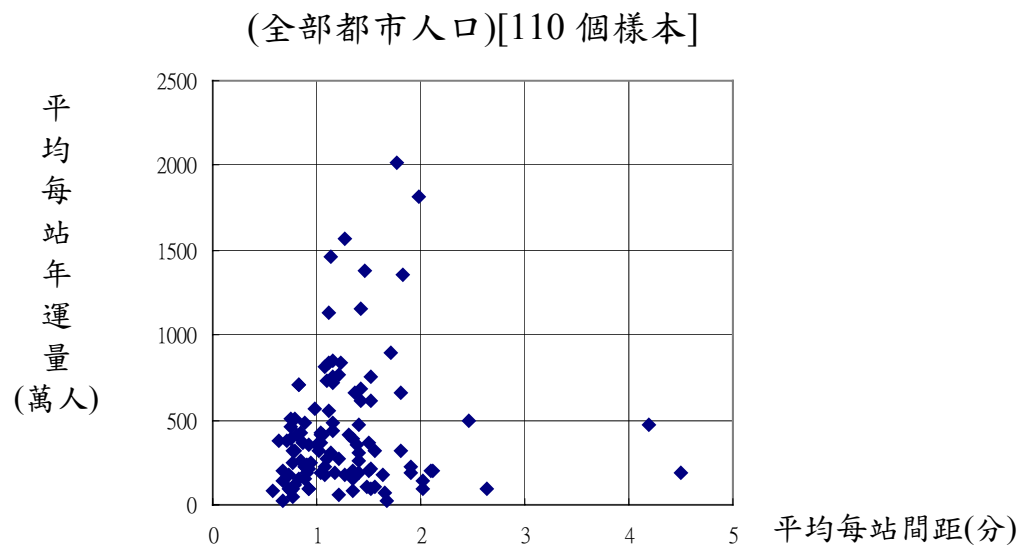


圖 4.21 平均每站間距與平均每站年運量散布圖 D

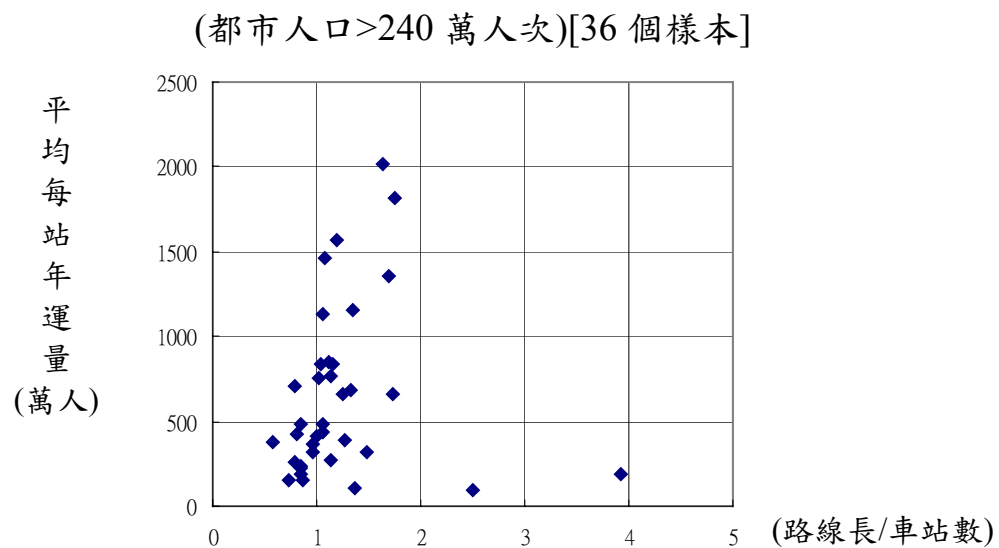


圖 4.22 單位站距與平均每站年運量散布圖 A

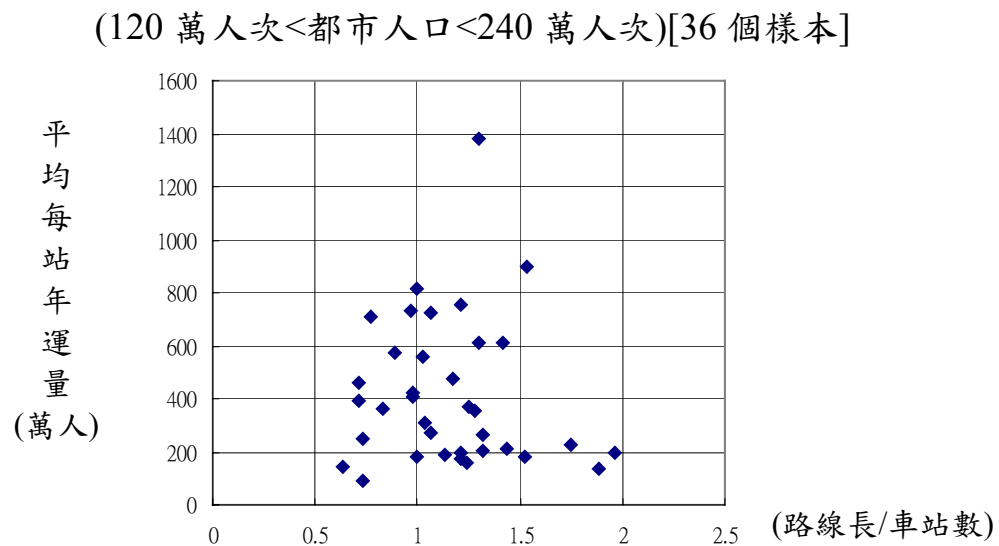


圖 4.23 單位站距與平均每站年運量散布圖 B

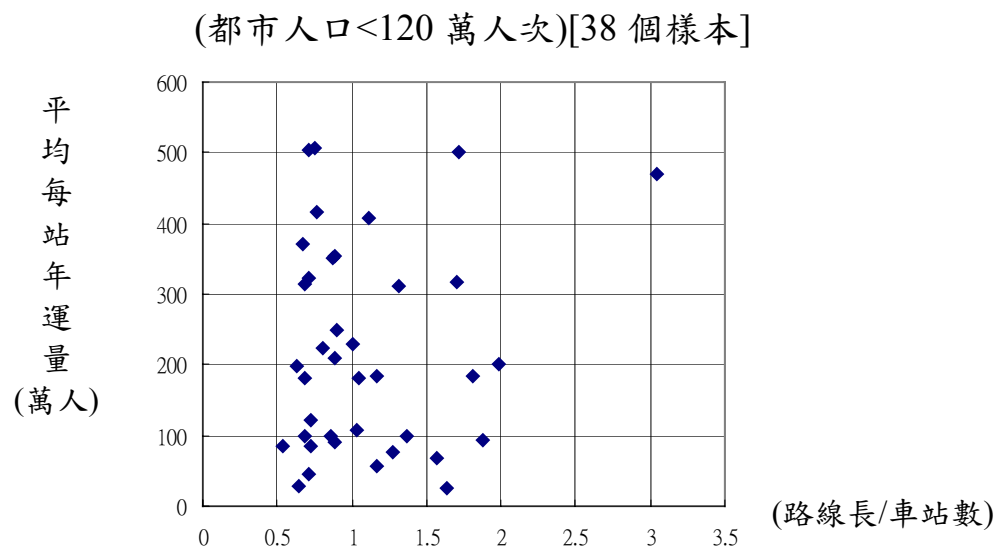


圖 4.24 單位站距與平均每站年運量散布圖 C

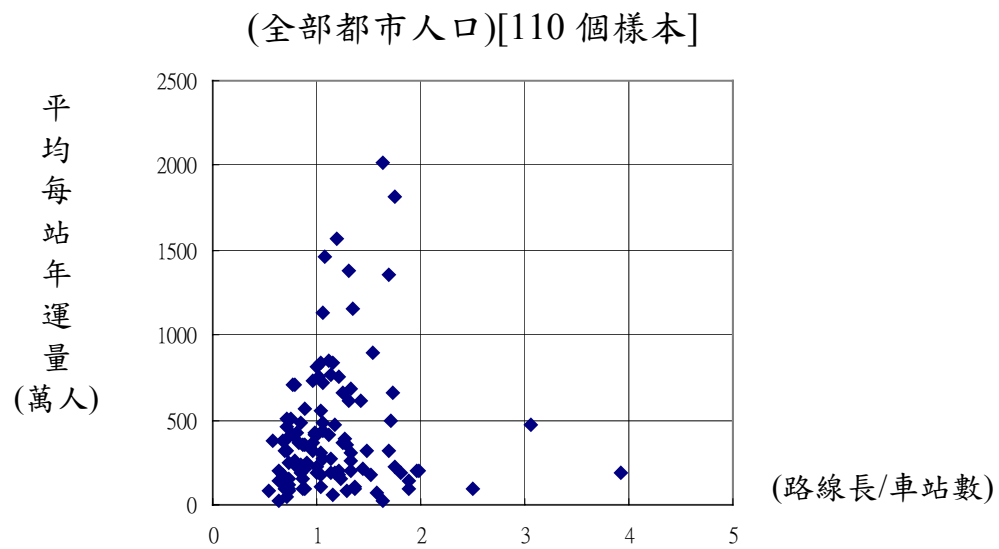


圖 4.25 單位站距與平均每站年運量散布圖 D

本研究以多元迴歸分析法來探討年運量與都市規模、運輸需求特性之間的關係，都市規模以都會區人口來代表。建構迴歸模式，採用一般最小平方法(OLS)來分析其關係。變數的選取採 4.1 節所述各項運輸需求特性之資料，下表 4.5 說明各模式應變數(Y)及解釋變數(X)之設定內容。

一、基本變數使用定義

- 1.Y：年運量(萬人次)，表示一年內所統計捷運服務人次數。
- 2.X0：路線數(條)，表示各都市捷運系統統計之使用捷運路線數。
- 3.X1：都市人口(都會區為主)，表示捷運服務範圍內都會區人口。
- 4.X2：路線長度(公里)，表示各路線加總計算之路線總長度。
- 5.X3：車站總數(站)，表示各都市捷運系統統計之捷運車站總數。
- 6.X4：最小行車間距(分)，表示尖峰時間最小車輛派班行車間距。
- 7.X5：車輛班數(班)，表示各都市捷運系統統計之車輛總班數。

二、迴歸模式之設定內容

表 4.5 世界主要都市捷運迴歸模式設定及說明

模式類別	應變數	解釋變數	關係說明
模式一	Y1=Y 年運量	都市人口(X1)	正相關
		路線長度(X2)	正相關
		車站總數(X3)	正相關
		最小間距(X4)	負相關
		車輛班數(X5)	正相關
模式二	Y2=lnY ln 年運量	ln 都市人口(lnX1)	正相關
		ln 路線長度(lnX2)	正相關
		ln 車站總數(lnX3)	正相關
		ln 最小間距(lnX4)	負相關
		ln 車輛班數(lnX5)	正相關

表 4.5 世界主要都市捷運迴歸模式設定及說明(續)

模式類別	應變數	解釋變數	關係說明
模式三	$Y3 = (Y/X0)$ 每路線年運量	都市人口(X1)	正相關
		平均路線長度 (X2/X0)	正相關
		單位路線車站數 (X3/X0)	正相關
		最小間距(X4)	負相關
		單位路線車輛班數 (X5/X0)	正相關
模式四	$Y4 = \ln(Y/X0)$ \ln 每路線年運量	\ln 都市人口= $\ln(X1)$	正相關
		\ln 平均路線長度= $\ln(X2/X0)$	正相關
		\ln 單位路線車站數= $\ln(X3/X0)$	正相關
		\ln 最小間距= $\ln(X4)$	負相關
		\ln 單位路線車輛班數= $\ln(X5/X0)$	正相關
模式五	$Y5 = (Y/X3)$ 每車站平均年運量	都市人口(X1)	正相關
		最小間距(X4)	負相關
		(車輛班數/車站數)= (X5/X3)	正相關
模式六	$Y6 = \ln(Y/X3)$ \ln 每車站平均年運量	\ln 都市人口= $\ln(X1)$	正相關
		\ln 最小間距= $\ln(X4)$	負相關
		\ln (車輛班數/車站數)= $\ln(X5/X3)$	正相關

三、一般迴歸模型之建立

根據上述表 4.5 之迴歸模式設定，可建立一般迴歸模型如下：

(1) 年運量 = $a_0 + a_1$ 都市人口 + a_2 路線長度 + a_3 車站總數 + a_4 最小間距
+ a_5 車輛班數

$$\rightarrow Y_1 = Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_4 + a_5 X_5 + \varepsilon$$

(2) 年運量 = $a_0 \cdot$ 都市人口 $a_1 \cdot$ 路線長度 $a_2 \cdot$ 車站總數 $a_3 \cdot$ 最小間距 a_4
 \cdot 車輛班數 a_5

$$\rightarrow Y_2 = \ln Y = \ln a_0 + a_1 \ln X_1 + a_2 \ln X_2 + a_3 \ln X_3 + a_4 \ln X_4 + a_5 \ln X_5 + \varepsilon$$

[其中 ε 表示誤差項，且服從常態分佈 $\sim N(0, \sigma^2)$]

(3) 每路線年運量 = $a_0 + a_1$ 都市人口 + a_2 平均路線長度 + a_3 單位路線車站數
+ a_4 最小間距 + a_5 單位路線車輛班數

$$\rightarrow Y_3 = (Y/X_0) = a_0 + a_1 X_1 + a_2 (X_2/X_0) + a_3 (X_3/X_0) + a_4 X_4 + a_5 (X_5/X_0) + \varepsilon$$

(4) 每路線年運量 = $a_0 \cdot$ 都市人口 $a_1 \cdot$ 平均路線長度 $a_2 \cdot$ 單位路線車站數 a_3
 \cdot 最小間距 $a_4 \cdot$ 單位路線車輛班數 a_5

$$\rightarrow Y_4 = \ln(Y/X_0) = \ln a_0 + a_1 \ln X_1 + a_2 \ln(X_2/X_0) + a_3 \ln(X_3/X_0) + a_4 \ln X_4 + a_5 \ln(X_5/X_0) + \varepsilon$$

[其中 ε 表示誤差項，且服從常態分佈 $\sim N(0, \sigma^2)$]

(5) 每車站平均年運量 = $a_0 + a_1$ 都市人口 + a_2 最小間距 + a_3 (車輛班數/車站數)

$$\rightarrow Y_5 = (Y/X_3) = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_4 + a_3 (X_5/X_3) + \varepsilon$$

(6) 每車站平均年運量 = $a_0 \cdot$ 都市人口 $a_1 \cdot$ 最小間距 $a_2 \cdot$ (車輛班數/車站數) a_3

$$\rightarrow Y_6 = \ln(Y/X_3) = \ln a_0 + a_1 \ln X_1 + a_2 \ln X_4 + a_3 \ln(X_5/X_3) + \varepsilon$$

[其中 ε 表示誤差項，且服從常態分佈 $\sim N(0, \sigma^2)$]

四、實證模型分析結果與參數校估

採用一般最小平方法進行迴歸模式分析，可得下表 4.6 之估計結果，其中模式二年運量[指數式]，為將解釋變數先取 \ln 值再進行迴歸分析。

表 4.6 世界主要都市捷運年運量模式估計結果及統計量

模式類別	解釋變數	係數估計值	t 統計量
模式一 年運量[線性式] $F = 44.948$ $\text{Adj-R}^2 = 0.668$ $N_0 = 110$	常數項	9409.567	1.423 (0.158)
	都市人口(X1)	36.277	3.293 (0.001)***
	路線長度(X2)	-48.200	-0.591 (0.556)
	車站總數(X3)	-90.612	-0.978 (0.330)
	最小間距(X4)	-1637.528	-1.321 (0.189)
	車輛班數(X5)	40.339	5.902 (0.000)***
模式二 年運量[指數式] $F = 72.969$ $\text{Adj-R}^2 = 0.768$ $N_0 = 110$	常數項	4.291	9.338 (0.000)***
	\ln 都市人口($\ln X1$)	0.281	3.368 (0.001)***
	\ln 路線長度($\ln X2$)	-0.352	-1.779 (0.078)**
	\ln 車站總數($\ln X3$)	0.660	3.534 (0.001)***
	\ln 最小間距($\ln X4$)	-0.272	-1.860 (0.066)**
	\ln 車輛班數($\ln X5$)	0.521	3.754 (0.000)***

註：()內表 P 值，「*」表示達 15%顯著水準；「**」表示達 10%顯著水準；

「***」表示達 5%顯著水準，故星號標記愈多表係數愈可靠。

模式一在係數估計值符號部分，都市人口與車輛班數呈現正相關，而行車最小間距呈現負相關；至於路線長度與車站總數兩者之符號呈現負相關，並不符合預期。分析其原因，可能與這兩個解釋變數本身資料的 t 值並不顯著有關。

因為模式一在參數校估部分，解釋變數之都市人口與車輛班數具有頗佳的解釋能力，亦符合散佈圖具正相關的關係。最小間距之係數亦呈現負相關，但 t 值表現不佳，至於路線長度與車站總數則較不顯著。

模式二在係數估計值符號部分，都市人口、車站總數以及車輛班數呈現正相關，而行車最小間距呈現負相關；至於路線長度之符號呈現負相關，並不符合預期。分析其原因，可能與路線長度與車站總數彼此間的資料發生線性相依(共線)的現象，這點可由各國規劃報告常強調捷運在平均若干公里數即需設置一站，換言之，路線長度與車站總數間彼此有特定的比例關係得到解釋。

另外模式二在參數校估部分，解釋變數之都市人口、車站總數以及車輛班數皆具有頗佳的解釋能力，亦符合散佈圖正相關的現象。最小間距之係數亦呈現負相關，但與路線長度兩變數皆只有 10%顯著水準。

在統計檢定部分，年運量[線性式]之 $F = 44.948$ ， $\text{Adj-R}^2 = 0.668$ ，而年運量[指數式] $F = 72.969$ ， $\text{Adj-R}^2 = 0.768$ 因此在樣本數相同的情況下，年運量[指數式]之 Adjusted R Square 與 F Value 數值皆較年運量[線性式]為高，故整體而言年運量[指數式]較年運量[線性式]有較佳的模式配適。

同理，採用一般最小平方法進行每路線年運量迴歸模式之建構，可得下表 4.7 的分析結果(指數式中各自變數先取 ln 值再進行分析)：

表 4.7 世界主要都市捷運每路線年運量模式估計結果及統計量

模式類別	解釋變數	係數估計值	t 統計量
模式三 每路線年運量 [線性式] $F = 24.411$ $\text{Adj-R}^2 = 0.518$ $N_0 = 110$	常數項	2361.424	1.558 (0.122)*
	都市人口	6.188	3.244 (0.002)***
	平均路線長度	-87.246	-1.341 (0.183)
	單位路線車站數	19.349	0.194 (0.847)
	最小間距	-243.220	-1.109 (0.270)
	單位路線車班數	38.199	4.662 (0.000)***
模式四 每路線年運量 [指數式] $F = 27.152$ $\text{Adj-R}^2 = 0.545$ $N_0 = 110$	常數項	4.966	9.527 (0.000)***
	ln 都市人口	0.275	3.474 (0.001)***
	ln 平均路線長度	-0.401	-2.076 (0.040)***
	ln 單位路線車站數	0.428	2.152 (0.034)***
	ln 最小間距	-0.243	-1.775 (0.079)**
	ln 單位路線車班數	0.503	3.729 (0.000)***

註：()內表 P 值，「*」表示達 15%顯著水準；「**」表示達 10%顯著水準；「***」表示達 5%顯著水準，故星號標記愈多表係數愈可靠。

模式三在係數估計值符號部分，都市人口、單位路線車站數、以及單位路線車班數呈現正相關，而行車最小間距呈現負相關；至於平均路線長度之符號呈現負相關，並不符合預期。分析其原因，可能與此解釋變數本身資料的 t 值並不顯著有關。

因為模式三在參數校估部分，解釋變數之都市人口以及單位路線車班數具有頗佳的解釋能力，亦符合散佈圖具正相關的關係。但其他變數最小間距之係數雖然呈現負相關，單位路線車站數亦呈現正相關，卻與平均路線長度三者變數之 t 值都有不顯著的現象。

模式四同樣有平均路線長度與單位路線車站數彼此間發生線性相依（共線）的現象，因為在參數校估部分，解釋變數之都市人口、單位路線車站數，及單位路線車班數皆具有頗佳的解釋能力，符合散佈圖正相關的現象。最小間距之係數亦呈現負相關，至於平均路線長度之符號則不符合預期，應該與路線長度與車站總數間彼此有特定比例關係有關。

在統計檢定部分，年運量[線性式]之 $F = 24.411$ ， $\text{Adj-R}^2 = 0.518$ ，年運量[指數式] $F = 27.152$ ， $\text{Adj-R}^2 = 0.545$ 因此在樣本數相同的情況下，年運量[指數式]之 Adjusted R Square 與 F Value 數值較年運量[線性式]高，故每路線年運量[指數式]較每路線年運量[線性式]有較佳的模式配適。

同理，再採用一般最小平方法，進行每車站平均年運量迴歸模式之建構，可得下表 4.8 分析結果(指數式中各自變數先取 ln 值再進行分析)。

表 4.8 世界主要都市捷運每車站平均年運量模式之估計結果

模式類別	解釋變數	係數估計值	t 統計量
模式五 每車站平均年運量 [線性式] $F = 32.066$ $\text{Adj-R}^2 = 0.461$ $N_0 = 110$	常數項	120.051	1.396 (0.166)
	都市人口	0.345	3.199 (0.002)***
	最小間距	-16.864	-1.278 (0.204)
	(車班數/車站數)	35.713	5.136 (0.000)***
模式六 每車站平均年運量 [指數式] $F = 28.989$ $\text{Adj-R}^2 = 0.435$ $N_0 = 110$	常數項	3.882	9.883 (0.000)***
	ln 都市人口	0.243	2.963 (0.004)***
	ln 最小間距	-0.224	-1.644 (0.103)*
	ln(車班數/車站數)	0.466	3.656 (0.000)***

註：()內表 P 值，「*」表示達 15%顯著水準；「**」表示達 10%顯著水準；「***」表示達 5%顯著水準，故星號標記愈多表係數愈可靠。

估計式(5)：每車站平均年運量 = $120.051 + 0.345 \text{ 都市人口} - 16.864 \text{ 最小間距} + 35.713(\text{車輛班數/車站數})$

估計式(6)： $\ln(Y/X_3) = 3.882 + 0.243 \ln X_1 - 0.224 \ln X_4 + 0.466 \ln(X_5/X_3)$

可轉換為：每車站平均年運量 = $e^{3.882} \cdot \text{都市人口}^{0.243} \cdot \text{最小間距}^{-0.224} \cdot (\text{車輛班數/車站數})^{0.466}$

模式五在參數校估部分，解釋變數之都市人口以及(車班數/車站數)具有頗佳的解釋能力，亦符合散佈圖具正相關的現象。最小間距之係數亦呈現負相關的現象，故三個解釋變數的符號部分亦符合預期。

模式六在參數校估部分，解釋變數之都市人口與(車班數/車站數)，具有頗佳的解釋能力，符合散佈圖正相關的現象。最小間距之係數亦呈現負相關，且整體而言，模式六各解釋變數其係數皆具一定解釋能力。

在統計檢定部分，年運量[線性式]之 $F = 32.066$ ， $\text{Adj-R}^2 = 0.461$ ，而年運量[指數式] $F = 28.989$ ， $\text{Adj-R}^2 = 0.435$ 因此在樣本數相同的情況下，年運量[指數式]之 Adjusted R Square 與 F Value 數值皆較年運量[線性式]為高，故整體而言：每車站平均年運量[指數式]較每車站平均年運量[線性式]有較佳的模式配適。

五、迴歸模式之實證模型分析小結

綜合言之，模式一、二係以世界主要都市捷運年運量部分進行實證模型分析，分別就其線性函式與指數函式進行比較；同理，模式三、四針對世界主要都市捷運每路線年運量部分進行實證模型分析；而模式五、六針對世界主要都市捷運每車站平均年運量部分進行實證模型分析，綜合三組以線性函式與指數函式分別加以比較結果後發現：各組之指數函式皆較線性函式有較佳的模式配適。

第五章 相關國內捷運計畫之分析

5.1 國內捷運建設之策略構想

在第四章，本研究探討捷運路網發展與都市運輸需求特性間的關係，而為了有效分析相關國內捷運計畫，本節將由國內捷運建設之策略構想來進行論述，瞭解我國發展捷運系統的評估重點，以及發展大眾運輸系統的階段性策略。由於發展大眾運輸的成敗決定於民眾運具選擇行為的改變，需要透過逐步的誘導策略而改變之，國外發展大眾運輸即非常重視階段性之策略，因為捷運系統的運量一方面與所提供的捷運系統路網的密度、路線的佈設、系統技術型式等直接有關，亦與捷運之收費水準、其他運具之收費水準、抑制私人運輸之配套措施等，以及都市發展及土地使用規劃方面等等有關。譬如由台北捷運過去運量之變化即可顯示，其通車初期之運量僅在每日五萬人次左右而已，至目前已到每日 100 萬人次，與路網之逐漸成形及其他配套措施的推動均有關，由此可知檢討國內捷運的策略構想，將有助於探討捷運路網發展與都市運輸需求特性的關係。

目前台灣地區除了台北、高雄兩個院轄市之外，在台南、台中、桃園、新竹等四個都會區亦積極推動捷運系統的規劃。不論這些都會區捷運系統的規劃內容及技術型式有何不同處，都需要相當高的投資經費。因此，在政府財政日益困難的今天，政府往往透過一套制式的評估標準，來衡量各個都會區內捷運系統各路線之建設時程及優先發展順序。而歸納而言之，國內目前用以評估捷運建設需要性，及優先順序的指標大致可分為需求、供給及社會經濟三方面來加以考量，分別說明如後。

(一) 需求面的衡量

需求面的衡量是從運量或運輸需求等需求面的觀點，來加以探討捷運建設之需要性或適合性。文獻中常用的評估指標，可歸納為以下四大類：

1. 反映都市規模的指標

一般可以都會區人口數、中心都市人口數、中心都市人口密度、中心商業區及業人口數等指標來衡量其運量及強度是否需要捷運系統。經驗值顯示，都會區人口數到達 100 萬人、都會區中心都市人口數到達 50-70 萬人、中心都市人口密度到達每平方公里 3,500 人、中心商業區及業人口數到達 7 萬人，大約可以顯示捷運系統之需要性。

2. 反映運輸需求強度的指標

可考慮之指標包括至中心商業區之旅次密度、中心商業區聯外運輸走廊運量、公車旅次佔總旅次之比例等。大約中心商業區旅次密度到達每平方公里 6 萬人次、每日單向聯外運輸走廊之運量(所有運具在內)到達 4 萬人次、使用公車之旅次佔總旅次數之比例到達 10% 時，大約可以顯示捷運建設之需要性。

3. 反映都市型態的指標

都市發展型態上的特性亦可反映其是否需要或適合捷運建設。諸如都市發展之型態為線形時較有利於捷運系統的發展，呈彎曲之半圓形亦較圓形或方形為有利。有明確的運輸走廊，且運輸走廊呈顯著的高密度發展時亦可顯示適合捷運系統之發展。都市之產業結構亦可做為是否需要捷運之指標，諸如一級產業人口之比例如果高於 10%，即可能反映都市的發展尚未到達需要捷運之程度。

4. 其他條件

其他方面可使用之指標尚甚多，包括所得水準、經濟成長率、居民對汽車的態度等。經濟顯示，國民所得到達 1,800 美元以上，經濟成長率高、人口成長率高、居民已感受到汽車使用的負效用時，即具備興建捷運的條件。

上述需求面之衡量指標可彙總如下表 5.1。

表 5.1 國內興建捷運系統之一般條件

	主要決定因素	理想條件	最低條件
都市規模	都會區人口	200 萬~500 萬	100 萬
	中心都市人口	70 萬~100 萬	50 萬~70 萬
	中心都市人口密度 (人/平方公里)	5,400~3,500	3,900~3,500
	CBD 及業人口數	100,000	70,000
運輸需求	CBD 每日旅次密度 (人次/平方公里)	120,000	60,000
	每日單向聯外運輸走廊 之運量(所有運具, 人)	70,000	40,000
	公車旅次所佔比例	10%以上	10%
都市型態	都市發展型態	線形	半圓形
	高密度運輸走廊	非常顯著	顯著
	一級產業人口比例低	8%	10%
其他條件	國民所得(美元)	1,800 以上	1,800
	經濟及人口成長	高	中
	居民反對汽車的傾向	強烈	普通

資料來源：凌瑞賢老師研究室

(二)供給面的衡量

供給面的衡量指標反映興建捷運系統的可行性，包括：

1. 工程的可行性。
2. 經濟效益是否優於經濟成本。
3. 財務的可行性：
 - 建造成本的來源
 - 營運發展的永續性
4. 環境影響評估：
 - 是否有顯著不良的環境衝擊
 - 是否有舒緩或配套措施
5. 用地是否得以有效取得。
6. 民眾接受程度之評估。

(三)社會經濟面的衡量

- 1.評估對促進經濟發展、提升產業技術等層面的助益。
- 2.評估對提昇都市形象的助益。
- 3.評估對社會公平性的助益。
- 4.評估是否符合政府的政策。

一般在進行捷運建設衡量指標的研擬時，常針對都市特性及當前捷運系統推動上的相關課題，進行適當的指標研擬，並進一步建議指標系統的操作方法。然而，由於各項指標彼此之間並不一定具有「可補償性」，因此其權重得取捨需審慎評估，即某一指標的「好」並不一定可以彌補另一指標的「不好」。舉例而言：若一個都市的聯外運輸走廊之運量高或居民反對汽車的意願高時可彌補其人口數較低之不足；而都市規模再大，但如用地不能取得亦無法進行捷運系統之建設。前者為指標之間具可補償性的例子，後者則明顯不具補償性。

另外在評估捷運建設需要性及優先順序的指標中，通常會進一步加強政府政策的意涵，使其達到積極促進大眾運輸發展的政策目標。具體舉例說明：抑制個人運輸使用的配套措施，固然是發展大眾運輸的必要且有效策略，但地方政府並不太有意願去執行。因此，中央政府可將抑制個人運輸的執行績效，譬如交通違規的取締績效、騎樓打通的績效等，視為中央政府在評估各都會區捷運系統建設經費分配優先順序的指標之一，對地方政府加強交通的執法將有鼓勵的效果。同理，都會區內各捷運路線建設時程的決定，亦不妨考慮反映政府政策的有效指標，以促進政府政策之落實。

值得一提的是，無論國內外，過去捷運系統的引進大都依意識型態及政策取向來決定，而不是完全依照各種技術項目的量化分析結果來決定，這些在政策層面決策的依據資料是決策者自己既有或先前累積的政策研究，以及擬引進的捷運系統的規劃報告。因此規劃報告只是用來證明或支持性地說明引進捷運系統的可行性(Feasibility)而不是需求性

(Desirability)，這樣的作法常導致爭議，未來應多考量需求性層面以求客觀公平。

5.2 國內都市捷運發展之概述

國內各大都市基於都市發展迅速，自用小汽車快速成長，使市區主要幹道日益壅塞，而各大型都市陸續完成後，勢將產生或吸引大量旅次，亟需適當之大眾運輸系統予以配合。然而大眾運輸系統計畫投資龐大，施工期限較長，在財務與時效上皆仰賴中央與地方政府來共同配合解決瓶頸問題，目前國內除台北、高雄主要使用高運量捷運系統以外，其餘台南、台中、新竹、桃園皆考慮引進施工快速、造價經濟的中運量捷運或輕軌捷運系統，並相繼進行相關的研究，以因應都市發展，服務地區運輸需求，並抒解既有都市交通壅塞等問題。

本節將列表彙整國內都市捷運發展的概況，針對國內各都會區現所規劃與興建的捷運路網設計，選擇台北[表 5.2]、高雄[表 5.3]、台南[表 5.4]、台中[表 5.5]、桃園[表 5.6]、及新竹[表 5.7]等六個都會區的捷運系統，進行路網與運輸需求特性介紹，方便在下節進行綜合的比較分析，以進行討論與建議。另外，各表內特殊符號命名，其應用茲說明如下：

關於路網型態部分，將以下述代號表示各所屬路網：穿越性路網(D)、L 型銜扣路網(L)、切線性路網(T)、接駁型路網(F)、輻射狀路網(R)、環狀性路網(C)、格狀路網(G)、綜合型路網(M)、不規則路網(IR)等九種路網型態。其次，在興建狀態上，以三種符號：已營運(◎)、興建中(⊕)、規劃中(⊙)表示。由於各都市除主要路網型態以外，尚有其他路網型態的應用，在表中以主要路線分類加註，方便下節 5.3 節的分析與討論。



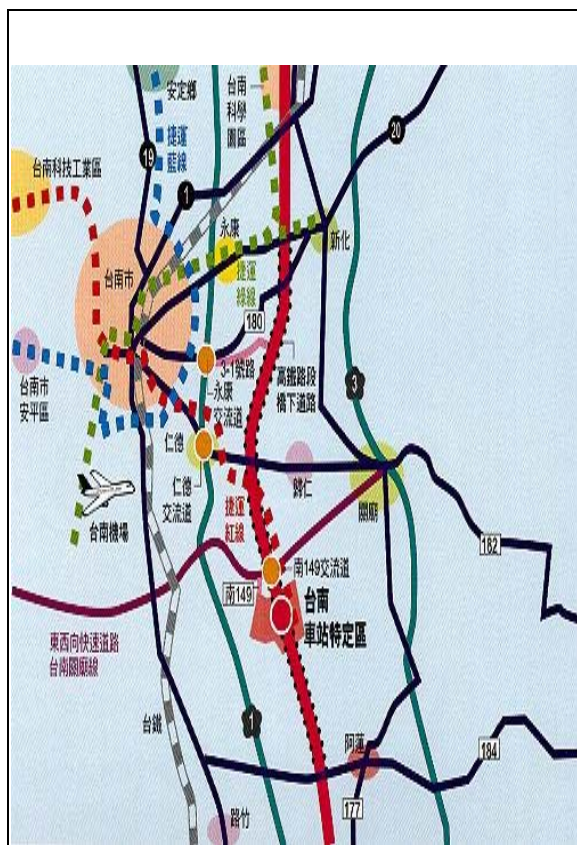
[表 5.2] 中華民國—台北 Taipei (◎)

路網型態		M	主要路線		D	L	F	C		
人口	2646473 人			面積	272 Km ²					
密度	9737 人/Km ²			轉運	6 站					
路線數		6 條		總長度		65.3 Km				
設站數		60		連線數		60				
營收 狀況	平均載客		每日 863000 人次							
	平均營收		每日 20411000 元							
	載客量		2 億 3500 萬人次							
服務 環境	最小 行車間距		3 分 30 秒							
	車輛數目		550 輛							
車輛	汽車數		672,942 輛(255 輛/千人)							
持有數	機車數		962,827 輛(365 輛/千人)							
*表首都，載客量累計至民國 89 年止。										



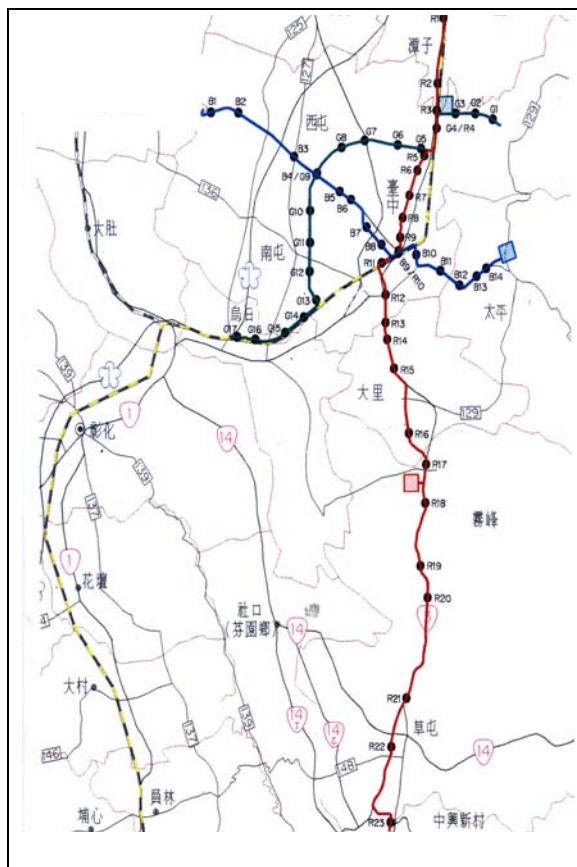
[表 5.3] 中華民國—高雄 Kaohsiung (⊕)

路網型態		D	主要路線		D				
人口	1490560 人				面積	153.6 Km ²			
密度	9704 人/ Km ²				轉運	1 站			
路線數		2 條		總長度		42.7 Km			
設站數		37		連線數		36			
服務 內容	紅線 45 分		南北向由高縣橋頭至小港						
	橘線 25 分		東西向由鼓山至高縣大寮						
服務 環境	最小 行車間距		初期 6 分，目標 3 分 30 秒						
	平均載客		預計每日 450000 人次						
車輛 持有數	汽車數		363311 輛(244 輛/千人)						
	機車數		999805 輛(671 輛/千人)						
面積不計入高雄縣(外圍部份)，本路網興建中。									



[表 5.4] 中華民國—台南 Tainan (◎)

路網型態		D	主要路線		D	L	F		
人口	734650 人				面積	175.6 Km ²			
密度	4184 人/ Km ²				轉運	5 站			
路線數		初期：1 條			總長度		72.3 Km		
		遠期：4 條							
設站數		41			連線數		38		
服務 內容		紅線		由科工區經市區往高鐵站					
		藍線		由安平往市區環繞至安定					
		綠線		由機場穿越市區轉往新化					
		南科延伸線：接駁綠線延伸至南科							
車輛		汽車數		172830 輛(235 輛/千人)					
持有數		機車數		440467 輛(600 輛/千人)					
★預計紅線火車站經民生綠園至市政府段優先 闢建，後續並優先接駁紅線至高鐵台南站。									



[表 5.5] 中華民國—台中 Taichung (◎)

路網型態		R	主要路線		R	L	F		
人口	965790 人			面積	163.4 Km ²				
密度	5911 人/ Km ²			轉運	4 站				
路線數		3 條		總長度		69.3 Km			
設站數		54		連線數		50			
服務 內容	藍線		14 站 16.74 km 快捷公車						
	綠線		17 站 19.14 km 輕軌捷運						
	紅線		23 站 33.42 km 快捷公車						
車輛	汽車數		288769 輛(300 輛/千人)						
持有數	機車數		468564 輛(486 輛/千人)						
★預計遠期捷運路網有潭子－豐原、中興新村－南投、台中市區－大雅、東海大學－台中港、烏日－員林、彰化－彰濱等六個主要路線。									



[表 5.6] 中華民國—新竹 Hsinchu (◎)

路網型態		C	主要路線		L	C				
人口	368439 人			面積	104.1 Km ²					
密度	3539 人/ Km ²			轉運	2 站					
路線數		2 條		總長度			26 Km			
設站數		25		連線數			25			
服務 內容		紅線		新竹機場、新竹車站至高鐵 新竹六家站之間。						
		藍線		高鐵六家站、新竹縣政府至 牛埔之間。						
車輛		汽車數		94927 輛(258 輛/千人)						
持有數		機車數		197986 輛(537 輛/千人)						

★ 面積不計入新竹縣(綠色部份以外)。

★ [備註]捷運路網圖來源:台灣高鐵網站



[表 5.7] 中華民國—桃園 Taoyuan (◎)

路網型態		L	主要路線		L	F				
人口	1732617 人			面積	1221 Km ²					
密度	1419 人/ Km ²			轉運	2 站					
路線數		3 條		總長度		48.6 Km				
設站數		35		連線數		33				
服務 內容		藍線	16.74 km 中正機場、高鐵桃園青埔站至中壢市之間。							
		綠線	19.14 km 桃園市區內。							
		紅線	33.42 km 中壢市、內壢至桃園龜山之間。							
車輛		汽車數	462663 輛(267 輛/千人)							
持有數		機車數	781627 輛(451 輛/千人)							

[備註]捷運路網圖來源:台灣高鐵網站

5.3 國內外捷運計畫之比較研究

在世界各國引進捷運系統之條件部分，1980 年代以前多以「都市人口數」作為引進大眾捷運系統之條件的說法，並普遍以一百萬人為門檻標準。1980 年代以後，由於歐美國家認為提供良好的捷運系統服務，足以吸引小汽車使用者乘用大眾運具，對紓解擁擠的道路交通，及改善環境品質有所助益。由於交通政策傾向引進捷運系統，故除加強改善與提升原有的都市電車輕軌鐵路運輸服務以外，亦積極引進高運量的捷運系統，故很多都市在人口尚未達到一百萬人時，即已興建捷運系統，如奧斯陸 48 萬人、紐倫堡 49 萬人、鹿特丹 59 萬人、里斯本 60 萬人、及巴爾的摩 65 萬人等。

在本章 5.1 節 所提表 5.1(國內興建捷運系統之一般條件)，即國內規劃單位根據以往歐美經驗所歸納整理興建捷運系統的經驗數據，由於數字係根據以往經驗所整理，故無理論上的推導根據，但可提供參考。值得一提的是，不同的都市發展及旅運型態皆可能導致捷運系統的引進，甚至社會經濟狀況、政治決策及研議時機等因素，也都可能影響捷運系統的引進。以國內的都市台北而言，在 1985 年以前，台北研擬捷運計畫多年，但始終停留於研究規劃階段，在 1985 年以後，適逢台灣經濟發達，中央政府財政豐沛，遂於 1986 年 4 月核定「台北都會區捷運系統計畫」，正式進入實施階段。

在捷運路網部分，國內各都會區台北(M 型路網)、高雄(D 型路網)、台南(D 型路網)、台中(R 型路網)、新竹(C 型路網)、以及桃園(L 型路網)，各依其都市特性設計其所需的路網型態。在此之中，台北、高雄、台南與桃園四個都市，皆規劃以穿越性路線(D 型)穿越市中心主要區域，架構主要的輸運路線，已營運的台北捷運雖然只有六條路線，卻充分運用了

捷運各類型路線的優點並截長補短。舉例來說：以新店—淡水線和板南線十字交錯來形成都市主要的穿越性路線(D 型)；木柵線以 L 型銜扣(L 型)並採中運量的方式服務特殊旅運需求，並在新北投、南勢角等支線進行延伸線的接駁(F 型)，最後，在旅運服務量大的西門站與中正紀念堂站間設計雙 L 銜扣的環狀路線(C 型)，可謂標準小而美的混合型路網型態。此外，在新竹的路網設計部分同樣採用這樣雙 L 銜扣的環狀路網之設計方式。至於台中都會區則配合鄰近縣市都會區往來市中心的旅運需求，採用輻射狀路網聯繫豐原、南投、彰化與台中等四地。

進一步檢討國內外捷運路網的型態，世界上很多大城市，如東京、倫敦、芝加哥、漢城等都市的捷運路網，早期皆由輻射路線、穿越路線、接駁路線配合組成初期的路網，透過主要幹線提供幹線輸送，以及沿著中心都市周邊而行的支線來接駁疏流兩種功能的運輸服務。這樣的路線設計不僅可提供中心市區周圍各主要活動據點更直接的聯繫，亦可利用接駁線載運旅客轉乘至所欲到達之目的地，減少不必要進入市中心之旅次，減輕市中心之交通負荷，並平衡市中心周圍地區的發展，可以提供國內類似路網型態都市高雄、台南、台中之參考。

台北以及桃園都會區捷運系統路網方案較偏向 L 型銜扣路網型態，由於此種路線與其他路線相互連接，可使路網具有連貫性，減少轉車次數並擴大捷運系統服務的面積，故旅客可由一個郊區轉乘至另一個郊區不必在市中心區轉車，故可節省旅行時間，且可減少不必要的交通量。此外在車輛來回營運的過程中，可以減少市中心的場站時間，增加營運的績效，並使系統的運轉較具彈性。不過缺點是當路線的一端發生延誤時，則會造成整條路線的延誤，因而影響運輸系統的服務可靠度。再者當路線兩端的運量需求相差很大時，則會造成車輛容量的閒置，及浪費

運輸資源，故應設計儘量使路網兩端之運量達到均衡。以台北都會區捷運系統路網為例，由數條 L 型的路線相互銜扣而成，其尖峰時間的最大運量相當於兩條運輸走廊連接而一的狀態，故路線兩端運量約略相稱，可提高乘用率，降低空車比例，並提供中心市區外圍旅客進入市中心後有較多的選擇點，亦有助於營運。這點和美國的華盛頓特區 Metro 以及日本的名古屋地下鐵的設計頗為類似。

在新竹環狀路網設計部分，一般是在都市外圍鋪設服務旅次分佈較為均勻的區域，因為車輛容量的使用率較為平均，較不會發生閒置或者容量不足夠的現象，而且可達到路網整合的聯絡功能，如北京的路網。但此種路網具有的缺點是：若此種路線鋪設的範圍遠離市中心區，其所服務的區域運量的需求將較少，因此無法提供較多班次的服務，進而會影響其服務水準。不僅如此其路網營運較不具彈性，發生事故不易排除以及排班亦受限制等缺失。日本捷運系統的環狀路線通常在該路線的適當地點，設置有備用的車輛或車廂，可隨時在環狀路線發生延誤時加入營運，以便維持整個系統的服務可靠度。

在捷運轉運部分，目前國內僅台北捷運正式營運，端詳其兩大轉運站：台北車站與忠孝復興站，尖峰時間忠孝復興站站內乘客負載已經有飽和現象。其實旅運量大的路線宜設計為主要直通或 L 型路線，而不應該設計成類似支線的轉運路線，因為這樣的營運路線設計將造成過多的旅客轉車數量，使得該轉車站難以負荷，亦造成營運的無效率。此外，營運路線間的轉車，應儘量避免僅提供一個轉車站，使旅客轉車沒有選擇性，亦造成該轉車站容量的負擔。因此營運路線間應儘可能提供兩個以上的轉車站設計來分散轉車旅客量，才不致造成日後為抒解因轉車之壅塞，而需花費龐大的工程費來更改捷運路線設計，如香港的路網設計。

在與本研究 41 頁，表 4.2 世界主要捷運都市基本運輸需求特性比較發現，在平均人口數比較部分，僅台北達到 261.6 萬的人口規模，高雄與桃園符合以一百萬人為門檻標準，作為引進大眾捷運系統之條件；而其他都市台南、台中與新竹皆採新近的捷運規劃理念：在人口尚未達到一百萬人時，即規劃興建捷運系統。

在捷運路線平均數比較部分，除台北六條以外，若台南扣除南科延伸線為三條，則國內都市相繼規劃興建捷運路線數符合 2~3 條的趨勢。在路線總長度、設站總數、路線平均條數、平均每條捷運鋪設長度部分，平均每條捷運設站數，以及平均捷運設站間距等，詳見下表 5.8 之比較。

表 5.8 世界主要都市捷運與國內都市捷運之比較

比較項目	台北	高雄	台南	台中	新竹	桃園	平均
捷運路線總長度 表 4.2 之 110 個都市 平均值:64 公里	65.3 (↑)	42.7 (↓)	72.3 (↑)	69.3 (↑)	26 (↓)	48.6 (↓)	54.03 (↓)
捷運設站總數 表 4.2 之 110 個都市 平均值:58.6 站	60 (↑)	37 (↓)	41 (↓)	54 (↓)	25 (↓)	35 (↓)	42 (↓)
捷運路線平均條數 表 4.2 之 110 個都市 平均值:3.56 條	6 (↑)	2 (↓)	4 (↑)	3 (↓)	2 (↓)	3 (↓)	3.33 (↓)
平均每條捷運長度 表 4.2 之 110 個都市 平均值:18 公里	10.88 (↓)	21.35 (↑)	18.08 (↑)	23.1 (↑)	13 (↓)	16.2 (↓)	17.10 (↓)
平均每捷運設站數 表 4.2 之 110 個都市 平均值:16.4 站	10 (↓)	18.5 (↑)	10.25 (↓)	18 (↑)	12.5 (↓)	11.67 (↓)	13.49 (↓)
平均捷運設站間距 表 4.2 之 110 個都市 平均值:1.16 公里	1.21 (↑)	1.22 (↑)	1.95 (↑)	1.36 (↑)	1.13 (↓)	1.52 (↑)	1.40 (↑)

資料來源：本研究整理

在路線總長度部分，台北、台南、台中皆規劃大於 64 公里的計畫，而高雄、桃園則分別規劃 42.7 以及 48.6 公里的捷運總長度，僅新竹規劃較短的 26 公里環狀路線，並促使整體平均值約在 54.03 公里。在設站總數部分，國內整體平均值約 42 站，小於表 4.2 之 58.6 站標準，僅有台北 60 站略大於此標準，此與高雄、新竹現行規劃路線數僅兩條，故設站總數較低，因而拉低平均有關。進一步以平均每條捷運鋪設長度比較，高雄、台南、台中皆有達到 18 公里水準，其次桃園略小於此為 16.2 公里，新竹 13 公里、台北在支線與接駁線較短的平均影響下，僅為 10.88 公里，整體平均為 17.1 公里。在平均每條捷運設站數部分，高雄、台中約為 18 站，而台北、台南、桃園因受支線與接駁線延伸之影響，故其設站數較少，約在 10 餘站左右，至於新竹平均每條捷運設站數約 12.5 站。在平均捷運設站間距部分，國內設計在 1.13 公里～1.95 公里之間，而其平均值為 1.40 公里，比世界各國平均值 1.16 公里略長。

另外，針對國內六個都市以相同等級的人口規模之都市，針對捷運發展狀況進行綜合比較，可得表 5.9、5.10、5.11、5.12、5.13、5.14。

表 5.9 以人口規模比較世界主要都市捷運與台北捷運

比較都市名稱	大阪	基輔	芝加哥	亞特蘭大	多倫多	台北	平均	比較結果
都市人口(萬人)	275	263	289	235	240	264	261	
捷運路線總長度	115.6	48.9	358.2	62.9	56.4	65.3	117.9	(↓)
捷運系統設站數	111	39	143	36	66	60	75.8	(↓)
捷運路線總條數	7	3	7	3	2	6	4.7	(↑)
平均每條捷運長度	16.5	16.3	51.2	21.0	28.2	10.9	24.0	(↓)
平均每捷運設站數	15.9	13.0	20.4	12.0	33.0	10.0	17.4	(↓)
平均捷運設站間距	1.1	1.4	2.6	1.9	0.9	1.2	1.5	(↓)

資料來源：本研究整理

由上表 5.9 得知，以相同人口規模等級的大阪、基輔、芝加哥、亞特蘭大、多倫多等五個都市與台北進行比較，台北除了捷運路線總條數為 6 條大於這六個都市的平均值以外，在捷運路線總長度、捷運系統設

站數、平均每捷運鋪設長、平均每捷運設站數、及平均每捷運設站間距皆較平均值為小。這說明了目前台北捷運路網屬於小而美的精簡路線設計方式，雖然路線數頗多，但路線總長度與設站數尚有相當成長的空間，因此後續應有許多延伸路線鋪設的空間；其次因台北都會區人口稠密，現行的路網平均鋪設長與平均設站數皆偏低，形成緊密式的都市發展。

表 5.10 以人口規模比較世界主要都市捷運與高雄捷運

比較都市名稱	京都	米蘭	費城	溫哥華	勒希非	高雄	平均	比較 結果
都市人口(萬人)	146	137	162	131	133	149. 1	143	
捷運路線總長度	26.4	69.3	38.7	28.9	52.5	42.7	43.1	(↓)
捷運系統設站數	27	84	53	20	28	37	41.5	(↓)
捷運路線總條數	2	3	2	1	2	2	2	(—)
平均每條捷運長度	13.2	23.1	19.4	28.9	26.3	21.4	22.0	(↓)
平均每捷運設站數	13.5	28.0	26.5	20.0	14.0	18.5	20.1	(↓)
平均每捷運設站間距	1.1	0.9	0.8	1.5	2.0	1.2	1.2	(—)

資料來源：本研究整理

由上表 5.10 得知，以相同人口規模等級的京都、米蘭、費城、溫哥華、勒希非等五個都市與高雄進行比較，高雄的捷運規劃情形與這些國外都市的發展情形頗為類似，相當符合國外都市興建捷運規格的趨勢，無論在捷運路線總條數、捷運路線總長度、捷運系統設站數、平均每捷運鋪設長、平均每捷運設站數、及平均每捷運設站間距等，皆與五個代表都市的平均參考值約略相當，僅呈現略低的差異。

表 5.11 以人口規模比較世界主要都市捷運與台南捷運

比較都市名稱	馬賽	里斯本	鹿特丹	波士頓	巴爾的摩	台南	平均	比較結果
都市人口(萬人)	80	60	59	59	65	73.5	66.1	
捷運路線總長度	19.3	27.7	75.9	74.5	26.3	72.3	49.3	(↑)
捷運系統設站數	24	40	42	84	14	41	40.8	(—)
捷運路線總條數	2	4	2	4	1	4	2.8	(↑)
平均每條捷運長度	9.7	6.9	38.0	18.6	26.3	18.1	19.6	(↓)
平均每捷運設站數	12.0	10.0	21.0	21.0	14.0	10.3	14.7	(↓)
平均捷運設站間距	0.9	0.8	1.9	0.9	2.0	2.0	1.4	(↑)

資料來源：本研究整理

由上表 5.11 得知，以相同人口規模等級的馬賽、里斯本、鹿特丹、波士頓、巴爾的摩等五個都市與台南進行比較，台南所規劃的捷運路線總長度、捷運路線總條數，以及平均捷運設站間距方面比參考平均值略微偏高，至於平均每捷運鋪設長約略相當，而平均每捷運設站數則偏低。

表 5.12 以人口規模比較世界主要都市捷運與台中捷運

比較都市名稱	廣島	吉隆坡	瓦倫西瓦	布拉格	蒙特婁	台中	平均	比較結果
都市人口(萬人)	112	130	85	121	101	96.6	107.6	
捷運路線總長度	18.4	29.0	156.5	50.1	65	69.3	64.7	(↑)
捷運系統設站數	21	24	96	50	65	54	51.7	(↑)
捷運路線總條數	1	1	3	3	4	3	2.5	(↑)
平均每條捷運長度	18.4	29.0	52.2	16.7	16.3	23.1	25.9	(↓)
平均每捷運設站數	21.0	24.0	32.0	16.7	16.3	18	21.3	(↓)
平均捷運設站間距	0.9	1.3	1.7	1.1	1.1	1.4	1.2	(↑)

資料來源：本研究整理

由上表 5.12 得知，以相同人口規模等級的廣島、吉隆坡、瓦倫西瓦、布拉格、蒙特婁等五個都市與台中進行比較，台中的捷運規劃情形與這些國外都市的發展情形頗為類似，在捷運路線總條數、捷運路線總長度、以及捷運系統設站數方面，比平均值略高；而平均每捷運鋪設長與平均

每捷運設站數則略低，在平均捷運設站間距則略高，皆僅有些微的差距。

表 5.13 以人口規模比較世界主要都市捷運與新竹捷運

比較都市名稱	里昂	土魯斯	波鴻	水牛城	邁阿密	新竹	平均	比較
都市人口(萬人)	41	36	39	31	36	36.8	36.6	結果
捷運路線總長度	27.5	10	14.9	10	33	26	20.2	(↑)
捷運系統設站數	39	15	21	14	21	25	22.5	(↑)
捷運路線總條數	4	1	1	1	1	2	1.7	(↑)
平均每條捷運長度	6.9	10.0	14.9	10.0	33.0	13.0	14.6	(↓)
平均每捷運設站數	9.8	15.0	21.0	14.0	21.0	12.5	15.5	(↓)
平均捷運設站間距	0.8	0.7	0.7	0.8	1.7	1.1	1.0	(↑)

資料來源：本研究整理

由上表 5.13 得知，以相同人口規模等級的里昂、土魯斯、波鴻、水牛城、邁阿密等五個都市與新竹進行比較，新竹的捷運規劃情形與這些國外都市的發展情形頗為類似，在捷運路線總條數、捷運路線總長度、以及捷運系統設站數方面，比平均值略高；而平均每捷運鋪設長與平均每捷運設站數則略低，在平均捷運設站間距則略高，皆僅有些微的差距。

表 5.14 以人口規模比較世界主要都市捷運與桃園捷運

比較都市名稱	札幌	白俄羅斯	巴庫	維也納	曼特寧	桃園	平均	比較
都市人口(萬人)	181	167	170	164	163	173.3	169.7	結果
捷運路線總長度	48	18.5	29	58	32	48.6	39.0	(↑)
捷運系統設站數	49	19	19	82	25	35	38.2	(↓)
捷運路線總條數	3	2	2	5	2	3	2.8	(↑)
平均每條捷運長度	16.0	9.3	14.5	11.6	16.0	16.2	13.9	(↑)
平均每捷運設站數	16.3	9.5	9.5	16.4	12.5	11.7	12.7	(↓)
平均捷運設站間距	1.0	1.1	1.7	0.8	1.4	1.5	1.3	(↑)

資料來源：本研究整理

由上表 5.14 得知，以相同人口規模等級的札幌、白俄羅斯、巴庫、維也納、曼特寧等五個都市與桃園進行比較，桃園的捷運規劃情形與這些國外都市的發展情形互有變異，在捷運路線總條數、捷運路線總長度部分略高，在捷運系統設站數與平均每捷運設站數方面略低；而平均每

捷運鋪設長與平均捷運設站間距則略高，故皆有部分差距。其次，匯整與國內六大都市相同路線數之國外都市進行綜合比較；在路線數為兩條的部分有高雄與新竹兩個都市，下表 5.15 為其比較表。

表 5.15 國內外都市捷運路線數為兩條之比較

都市 名稱	路線長 (公里)	車站數	年運量 (萬人)	每路線長 (公里)	平均設站 間距	行車間 距(分)	車輛 數目
新西伯利亞	12.10	10	7580	6.05	1.51	3	76
下諾夫歌羅	14.00	12	5720	7.00	1.40	5	82
福岡	17.80	20	11430	8.90	0.99	3	144
伊斯坦堡	18.37	18	13480	9.19	1.15	4	109
白俄羅斯	18.50	19	13900	9.25	1.09	3	132
馬賽	19.30	24	5400	9.65	0.88	3	144
平壤	22.50	17	3500	11.25	1.50	2	168
安卡拉	23.10	22	10750	11.55	1.16	3	141
新竹	26.00	25	5517	13.00	1.13	未定	未定
京都	26.40	27	11040	13.20	1.06	3.5	204
巴庫	29.00	19	17000	14.50	1.71	3	182
紐倫堡	29.80	39	16200	14.90	0.81	3.33	150
塔什干	30.00	23	14000	15.00	1.43	2	192
曼特寧	32.00	25	8800	16.00	1.39	5	126
里約熱內盧	35.00	31	8500	17.50	1.21	3.75	210
羅馬	38.00	45	21700	19.00	0.88	3	377
里耳	40.00	55	4700	20.00	0.75	1	206
橫濱	40.40	32	12569	20.20	1.35	4.5	228
高雄	42.70	37	12252	21.35	1.22	6	300
勒希非	52.50	28	3850	26.25	2.02	6	100
北京	54.00	40	46300	27.00	1.42	3	652
釜山	54.90	55	22400	27.45	1.04	3.5	528
多倫多	56.40	66	14800	28.20	0.88	2.9	638
開羅	59.00	49	76600	29.50	1.26	3	573
新堡	59.10	46	3530	29.55	1.34	7	90
鹿特丹	75.90	42	7770	37.95	1.90	3	171
新加坡	83.00	48	31500	41.50	1.80	2	510
平均值	37.40	32	15214	18.70	1.23	3.52	247

資料來源：本研究整理

由上頁表 5.15 比較後發現：新竹所規劃的捷運路線長遠小於各都市的平均值 37.4 公里，也因此車站數亦較少僅有 25 站，這部分應該與其年運量預估值僅 5517 萬人次有關，而其同級國外都市約和馬賽相當。另外在高雄捷運部分，約略已達國內外都市的平均值，無論在設站數、車輛班數、平均設站間距以及年運量等，目前的運量設計與日本橫濱相當。同理，匯整在路線數為三條的國外都市與國內都市台中及桃園進行綜合比較，下表 5.16 為其比較表，各都市按路線長度進行遞增排序。

表 5.16 國內外都市捷運路線數為三條之比較

都市 名稱	路線長 (公里)	車站數	年運量 (萬人)	每路線長 (公里)	平均設站 間距	行車間 距(分)	車輛 數目
埃森	22.00	25	8853	7.33	1.00	4	45
布達佩斯	32.30	42	29700	10.77	0.83	1.66	410
卡爾可夫	33.90	26	36000	11.30	1.47	2.5	287
聖地牙哥	37.60	47	19970	12.53	0.85	2.95	322
費城	38.70	53	4700	12.90	0.77	6	413
布魯塞爾	40.60	64	8980	13.53	0.67	6	217
卡拉卡斯	42.50	40	28900	14.17	1.15	1.5	456
札幌	48.00	49	20621	16.00	1.04	3.5	404
桃園	48.60	35	16027	16.20	1.52	未定	未定
基輔	48.90	39	25600	16.30	1.36	1.6	537
聖保羅	49.20	46	67390	16.40	1.14	1.66	588
布拉格	50.10	50	40700	16.70	1.07	2	504
布加勒斯特	59.20	45	11732	19.73	1.41	4	502
亞特蘭大	62.90	36	8040	20.97	1.91	4	476
台中	69.30	54	8392	23.10	1.36	7	325
米蘭	69.30	84	30710	23.10	0.86	2	714
漢堡	100.70	89	16900	33.57	1.17	2	839
斯德哥爾摩	106.10	100	26900	35.37	1.09	2	897
瓦倫西瓦	156.50	96	2420	52.17	1.68	7.5	227
平均值	58.76	54	21712	19.59	1.16	3.44	454

資料來源：本研究整理

由上頁表 5.16 比較後發現：桃園所規劃的捷運路線長略小於各都市的平均值 58.76 公里，也因此車站數亦較少僅有 35 站，這部分應該與其年運量預估值僅 16027 萬人次有關，並略小於同級國外都市卡拉卡斯、札幌、基輔等都市，未來在行車間距與車輛班數之設計可參考這些都市。而在台中部分，路線長度與設站數已達國內外都市的平均值，不過現行之行車間距偏高，還有車輛數目偏低，建議後續進行規劃時可因應年運量的需求變化進行更迭，比較其同級都市約略與亞特蘭大的設計相當，而桃園和台中平均設站間距則稍微偏高，且台中每條捷運路線長較高。

同理，匯整在路線數為四條的國外都市與國內都市台南進行綜合比較，下表 5.17 為其比較表，各都市按路線長度進行遞增排序。

表 5.17 國內外都市捷運路線數為四條之比較

都市名稱	路線長 (公里)	車站數	年運量 (萬人)	每路線長 (公里)	平均設站 間距	行車間 距(分)	車輛 數目
紐阿克	22.20	13	6500	5.55	2.47	5	342
里昂	27.50	39	12540	6.88	0.79	2.5	178
里斯本	27.70	40	12530	6.93	0.77	3	307
阿姆斯特丹	60.60	49	7800	15.15	1.35	3.75	212
蒙特婁	65.00	65	14900	16.25	1.07	3	759
台南	72.30	41	14556	18.08	1.95	未定	未定
波士頓	74.50	84	17600	18.63	0.93	4.5	602
聖彼得堡	98.60	58	78360	24.65	1.83	1.8	1357
平均值	56.05	49	20598	14.01	1.26	3.36	537

資料來源：本研究整理

由上表 5.17 比較後發現：台南所規劃的捷運路線數僅與國外七個都市相同得以比較。在其路線長度已達國內外都市的平均值，不過設站數僅 41 站略低於平均值 49 站，另外在年運量預估方面約略與蒙特婁以及波士頓兩個都市相當，可視為同級比較的都市，未來在行車間距以及車輛班數之設計可參考這些都市，而平均設站間距則頗為偏高。

其次，再匯整在路線數為六條的國外都市與國內都市台北進行綜合比較，下表 5.18 為其比較表，各都市按路線長度進行遞增排序。比較後發現：台北所規劃的捷運路線數僅與國外波昂、多特蒙德、慕尼黑等三個都市相似，以年運量而言，約略與慕尼黑相當，而路線規劃長度僅 65.3 公里與平均值相當，其次在年運量以及車輛班數上亦高過平均值，尖峰時間最小間距 3.5 分亦優於平均值 4.88 分，可提供參考。

表 5.18 國內外都市捷運路線數為六條之比較

都市 名稱	路線長 (公里)	車站數	年運量 (萬人)	每路線長 (公里)	平均設站 間距	行車間 距(分)	車輛 數目
波昂	43.30	82	6950	7.22	0.57	3.5	99
台北	65.30	60	23500	10.88	1.21	3.5	450
多特蒙德	67.10	22	10360	11.18	4.19	10	70
慕尼黑	85.00	89	28560	14.17	1.02	2.5	508
平均值	65.18	63	17343	10.86	1.14	4.88	282

資料來源：本研究整理

此外，在平均行車最小間距部分，國內目前僅有台北營運之通車資料，現行設計為 3 分 30 秒，時間略長於世界各都市選擇以 2~3 分鐘之設計，未來可因應運量成長，評估增加車輛班次效益，以縮小行車最小間距的可行性。最後，若進階將第四章圖 4.4 世界主要都市捷運每路線平均年運量之比例統計分成七個等級來表示，可得下表 5.19 的等級表。

表 5.19 世界主要都市捷運每路線平均年運量等級表

每路線年運量區間	定義等級	統計比例
2500 萬人次以下	I	26.36%
2500~5000 萬人次	II	28.18%
5000~7500 萬人次	III	18.18%
7500~10000 萬人次	IV	9.09%
10000~12500 萬人次	V	7.27%
12500~15000 萬人次	VI	6.36%
15000~40000 萬人次	VII	4.55%

資料來源：本研究整理

根據上頁表 5.19 以及調查國內六大都會區現有捷運及輕軌運輸系統之規劃報告的年運量預估資料，可綜合整理出下表 5.20 之結果。

表 5.20 國內六大都會區捷運及輕軌運輸系統年運量預估

年期	台北市	高雄市	台南市	台中市	新竹市	桃園市
民國 99 年 (全日旅次數 × 345)	(淡水線)	(紅線Ⅳ)	(紅線Ⅲ)	(藍線Ⅱ)	(紅線Ⅱ)	(藍線Ⅲ)
	(板南線)	81635625	52957500	31075875	35845500	71513325
	(木柵線)	(橘線Ⅱ)	(藍線Ⅱ)	(綠線Ⅱ)	(藍線Ⅰ)	(紅線Ⅲ)
	(新店線)		49369500	37913775		61911975
	(中和線)	40884225	(綠線Ⅱ)	(紅線Ⅰ)	19320000	(綠線Ⅱ)
			43228500	14933325		26845140
(合計)	28868806 5	122519850	14555550 0	83922975	55165500	160270440
每路線平均年運量	5773.8 萬	6126 萬	4851.9 萬	2797.4 萬	2758.3 萬	5342.3 萬
等級評估	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ

資料來源：台北捷運公司、高雄市政府捷運工程局、台灣省政府住宅及都市發展局、交通部高速鐵路工程局等規劃報告，以及本研究綜合整理

根據上表 5.20 可知，在國內六大都會區捷運及輕軌運輸系統年運量預估方面，整體而言台北、高雄、桃園屬於年運量 5000～7500 萬人次之等級，而台南、台中、新竹為年運量 2500～5000 萬人次之等級。若進階以規劃路線來看，高雄捷運紅線年運量達到 7500～10000 萬人次最高，而新竹捷運藍線年運量屬於 2500 萬人次以下為最低。另外，台北每路線平均年運量達到 5773.8 萬人次，約略與表 4.4 每路線年運量之路線數為 5 條時 5863.3 萬人次相當，顯示已營運的台北捷運年運量預估相當符合世界各都市的平均標準。至於正興建中的高雄路網，以及陸續所規劃的台南、台中、新竹、桃園等捷運路網之年運量的預估，因其地理特性、實質環境、規劃目標以及運輸需求特性之差異而呈現多元化之變化。

最後，選擇國內台北、高雄、台中三個都市的捷運規劃報告，將其基本運輸需求特性等相關資料，代入第四章所建構的各個估計模式中試算，可進行各組年運量的比較分析，並得到下表 5.21 的綜合比較結果。台南、新竹、桃園等三個都市由於尖峰時間最小行車間距、車輛班數等兩項重要參數資料尚待評估與規劃設計，因而無法試算，故略去不比較。

表 5.21 國內三大都會區捷運系統年運量模式之實證比較(單位:萬人)

模式名稱	台北	高雄	台中	[比較來源]
年運量 線性式	[28869](↑) 21335	[12252](↑) 11681	[8392](↑) 6328	表 5.10
年運量 指數式	[28869](↑) 18319	[12252](↑) 10334	[8392](↓) 9899	表 5.10
每路線年運量 線性式	[5863](↑) 5430	[7860](↑) 6049	[7610](↑) 3728	表 4.4
每路線年運量 指數式	[5863](↑) 4527	[7860](↑) 4667	[7610](↑) 3245	表 4.4
每車站平均 年運量線性式	[482](↑) 424	[501](↑) 360	[501](↑) 250	表 4.4
每車站平均 年運量指數式	[482](↑) 352	[501](↑) 290	[501](↑) 220	表 4.4

資料來源：本研究綜合整理

綜合言之，本研究所試算的模式一、二之世界主要都市捷運年運量的參考數值，僅台中規劃單位報告之年運量數值比指數式的結果為低，其餘的比較結果皆發現規劃單位的報告數值略高於各組年運量估算值。至於模式三、四之世界主要都市捷運每路線之年運量，與模式五、六之世界主要都市捷運每車站平均年運量的試算結果，則是呈現世界 110 個主要都市之平均參考值皆高於估計數值之結果。

第六章 結論與建議

6.1 結論

綜合上述各章節之內容，本論文的具體結論有以下六點：

- [1] 在路網型態部分，世界主要都市捷運路網型態主要可分為三種類型：單一路線類型路網型態、組合路線類型路網型態、及其他不規則型路網型態。其中單一路線類型路網型態：以 L 型銜扣路線(L 型)44.09%，穿越性路線(D 型)34.41%之使用為主。組合路線類型路網型態：以輻射狀路網(R 型)為主，佔 44.68%；其次是綜合型路網型態(M 型)27.66%。
- [2] 世界主要都市各捷運系統所興建的路線數平均數為 3.3 條。各國捷運路線擁有數前四強國家依序是德國、美國、獨立國協與日本。若以各國家都市已正式營運的捷運路線長度加總進行排名，則前五強依序是美國、德國、日本、英國、獨立國協，我國排名則暫名列在第二十二名。
- [3] 一般道路系統的路網評估指標不適合捷運路網之評估，此因捷運專有路權之條件限制，與路網連接度不夠複雜所致。且研究發現捷運路線數設計在兩條～三條的情況下，其每條捷運路線的年運量頗具效率；而具有七條以上路線之都市，其運量亦均甚多，顯示其可發揮相輔相成的運量成效。
- [4] 都市捷運年運量與都市人口、路線長度、車站總數、最小行車間距、以及車輛班數等因變數有關，多元迴歸模型之分析結果發現：各組之指數函式皆較線性函式有較佳的模式配適；都市人口之變數在各組估計式中皆具頗佳之顯著水準。
- [5] 以人口規模來篩選比較國內外主要都市捷運後發現：平均每條捷運長度與平均捷運設站間距可為衡量其差異的重要指標。另外，以路線數來篩選比較，桃園與台南兩都市其每條捷運長度小於 20 公里，但其平均捷運設站間距卻大於 1.5 公里，數值明顯較高於世界 110 個都市平均值 1.16 公里。
- [6] 比較國內台北、高雄、台中三大都市之捷運規劃報告，及本研究所建構之年運量迴歸估計模式，可試算對照後發現：各都市規劃單位的年運量預估值；除了台中在年運量指數式的結果以外，皆比所計算出的估計值結果略為較高。

6.2 建議

綜合全文，最後將研究過程中所遭遇的限制和未來可能的研究方向加以說明，以供後續研究者之參考。本研究建議如下：

- [1] 由於研究範圍遍及世界各主要都市的捷運系統，研究過程中常遭遇資料蒐集阻礙研究的情形，建議後續研究者在從事捷運研究時，應格外注意各國在都市規模、都市型態、文化差異以及人口規模的迥異。
- [2] 在捷運路網型式方面，對於都市間路網輸出的特性，建議後續研究除整體連接程度的分析以外，可針對節點可及性、路網密度等指標進行研究，但是限於各國資料的不易取得，且由於路網特性的所得資料常為非時間序列，即會在一段時期後才能顯現其變動，因此即使能蒐集都市特性或土地使用資料，亦較難進行動態分析，僅能呈現橫斷面的關係。
- [3] 在迴歸模式建構方面，有關都市特性部分本研究僅考量都市人口(都會區為主)，建議後續研究者可針對各都市基本的社經背景資料，來進行後續模式的建構：譬如都市規模之面積、人口數、就業結構、所得、車輛持有率等相關資料，及運輸需求特性方面之後續相關資料。如運輸需求與目的別資料：含旅次數、旅次目的、與運量分配等；捷運系統特性資料：含平均運轉間隔、平均載客人數、平均服務量等；相關運輸系統資料：含大眾運輸系統費率、交通用地比例、停車費率等資料，不過費率資料受限於貨幣使用的不同仍須換算。
- [4] 因本研究只限捷運路網型態與基本運輸需求特性部分，並未對整體大眾運輸規劃作考量，後續研究者可就近郊鐵路運輸、捷運(地鐵)、輕軌電車、以及市區公車等不同運具選擇進行進一步的探討，分析其所扮演的角色、經營成本，以及可搭配進行規劃使用的合適性。

參考文獻

(捷運路網部分)

1. Tony Pattison, Jane's Urban Transport Systems, Jane's Information Group Limited, Surrey, UK, Nineteenth Edition, 2000-2001.
2. 日本地下鐵協會, 世界的地下鐵—115 都市的最新情報, 東京: 山海堂發行, 初版, 2000。
3. 張志榮, 都市捷運—發展與應用, 台北: 胡氏圖書出版社, 初版, 1994。
4. 張志榮, 都市捷運: 規劃與設計(上、下冊), 台北: 三民書局, 初版, 1999。
5. 國外網站: 世界 120 都市捷運路網圖 Osamu Abe 個人網站
<http://osamuabe.hoops.livedoor.com/subway/english.htm>
6. 國外網站: Subway Maps by metroPlanet 線上捷運路網網站
http://www.amadeus.net/home/subway_maps/en/index.htm
7. 國外網站: Steam Engine "IS" — About Soviet/Russian/CIS railways
<http://pavel.physics.sunysb.edu/RR/index-eng.html>
8. 國內網站: 新竹輕軌捷運系統規劃網站—新竹市交通局
<http://www.lrt.hccg.gov.tw>

(西文部分)

9. Cervero Robert and Gorham Roger, "Urban Transportation—COMMUTING", Journal of the American Planning Association, spring 1995.
10. Cole, J.P. and C.A.M. King. Quantitative Geography, London: John Wiley and Sons Ltd., 1969.
11. Haggett, P. and R.J. Chorley. Network Analysis in Geography, New York: St. Martin's Press, 1970.
12. Hanson, S. The Geography of Urban Transportation, New York: Guilford Pr., 1986.

13. Holrovd, E. M. "Theoretical Average Journey Lengths in Circular Towns with Various Routing System" , Road Research Laboratory Report, No.43, Ministry of Transport U.K., 1966.
14. Levinson, H.S. and K.R. Roberts. "System Configuration in Urban Transportation Planning" , HRR, No.64, pp.71-83, 1965.
15. Morlok, E.K. An Analysis of Transport Technology and Network Structure, Illinois: Northwestern University, 2d ed. 1967.
16. Morlok, E.K. Introduction to Transportation Engineering and Planning, New York: Hcgraw-Hill Bool Co., 1979.
17. Musso, A. and V.R. Vuchic. "Characteristics of Metro Networks and Methodology for Their Evaluation" ,Transportation Research Record, No.1162, 1986.
18. Taaffe, E.J. and H.L. Gauthier. Geography of Transportation, N.J. : Prentice-Hall Inc., 1973.
19. Vaughan, R. Urban Spatial Traffic Patterns, London : Pion Ltd., 1987.
20. Vuchic, V.R. Urban Public Transportation System and Technology, N.J. : Prentice-Hall Inc., 1981.
21. Wirasinghe, S.C. and P.N. Seneviratne. "Rail Line Length in an Urban Transportation Corridor" ,Transportation Science, Vol.20, No.4, 1986.

(中文論文部分)

22. 沈勁利，「捷運路線路網型態分析」，交通大學交通運輸研究所碩論，民81.06。
23. 林協同，「組合捷運技術路網設計之研究」，交通大學交通運輸研究所碩論，民83.06。
24. 林偉崇，「路網型態與都市規模及都市內土地使用強度關係之研究—以桃園縣市為例」，中興大學法商學院都市計劃研究所碩論，民76.06。
25. 林榮政，「捷運路網建設分期方法之研究」，台灣大學土木工程研究所碩論，民86.06。

26. 陳慶彰，「外環捷運路網市場服務範圍、路線與營運規劃之研究」，交通大學運輸工程與管理研究所碩論，民 89.06。
27. 陳世鴻，「都會區都市捷運與區域鐵路系統最適路線長度之研究」，成功大學交通管理科學研究所碩論，民 81.06。
28. 陳永松，「兩階段捷運路網設計方法之研究」，台灣大學土木工程研究所碩論，民 82.12。
29. 黃勵君，「捷運系統最適營運路線設計之研究」，台灣大學土木工程研究所碩論，民 89.06。
30. 馮正民、黃承傳等，「都會區運輸網路規劃原則之研究」，經建會住宅及都市發展處委託：交通大學交通運輸研究所執行，民 80.06。
31. 羅永光，「捷運路網設計方法與模式之研究」，行政院國科會計畫：台灣大學土木工程研究所執行，民 83.06。

(中文報告部分)

32. 民間參與台中都會區大眾捷運建設可行性研究，交通部高速鐵路工程局委託鼎漢國際工程顧問公司辦理，民 90.04。
33. 台南都會區大眾捷運系統規劃報告，台灣省政府住宅及都市發展局委託財團法人中華顧問工程司辦理，民 82.10。
34. 台灣地區運輸政策之研究，交通部運輸研究所，民 79.06。
35. 林同棧，大眾運輸系統整體發展方案及階段性策略之建議報告書，高雄市政府捷運工程局，民 84.06。
36. 高雄捷運寫真集(第壹輯)捷運 100 問，高雄市政府捷運工程局，民 87.06。
37. 高雄捷運論壇(第壹輯)，高雄市政府捷運工程局，民 86.10。
38. 高雄都會區大眾捷運系統長期路網運輸規劃(整體發展路網建議報告)，高雄市政府捷運工程局委託鼎漢國際工程顧問公司辦理，民 89.08。
39. 桃園都會區大眾捷運系統規劃報告，台灣省政府住宅及都市發展局委託亞新工程顧問公司辦理，民 83.02。
40. 都會區運輸系統分析性模式之研究，經建會住宅及都市發展處，民 72.07。

41. 捷運郊區線發展策略：區域性大眾捷運系統整體規劃研討會論文集，台灣住宅及都市發展局，民 80.06。
42. 捷運工程科技(建設科技研討會系列)，中國工程師學會/中國土木水利工程學會，民 80.06.25-26。
43. 新竹市輕軌運輸系統規劃及建設執行計畫(初期規劃報告)，新竹市政府委託鼎漢國際工程顧問公司辦理，民 88.09。
44. 劉昭榮，歐洲都市輕軌運輸系統考察報告，交通部運輸研究所運輸計劃組，民 87.07.28。
45. 臨港線發展為輕軌運輸系統之規劃報告，高雄市政府捷運工程局委託財團法人成大研究發展基金會辦理，民 91.03。

(中文書目部分)

46. 張有恆，大眾捷運系統營運與管理，台北，華泰書局，初版，1994。
47. 張有恆，大眾捷運系統之設計與營運管理，台北，黎明文化出版，1990。
48. 唐富藏，交通政策，台北，華泰書局，1989。
49. 施鴻志，都市交通計劃的理論與實務，台北，茂昌圖書，初版，1984。
50. 楊子葆，可移動的文化饗宴—72 座城市的捷運風景，台北，元尊文化，1998。

個人簡歷

姓 名：李 建 佑

籍 貫：台灣省嘉義縣

出生日期：民國 67 年 7 月 3 日

學 歷：國立成功大學都市計劃研究所 (89.9~91.6)

元智大學工業工程與管理學系 (85.9~89.6)

國立高雄師範大學附屬高級中學 (82.9~85.6)

高雄市立和平國民中學 (79.9~82.6)

高雄市立楠梓國民小學 (73.9~79.6)

碩士論文：世界主要都市捷運路網型態與運輸需求特性關係之研究

賜 教 處：高雄市楠梓區健民街 46 巷 8 號 郵遞區號：811

聯絡電話：(07) 3618003