

逢 甲 大 學
交通工程與管理學系碩士班
碩士論文

台中市高潛力公車之混合車隊營運規
劃分析—以『紅橘藍黃線』為例

**The Feasibility Analysis of the Mixed Fleet
Operation on the High Bus in Taichung City**

指導教授：李克聰

研 究 生：曾亮勳

中 華 民 國 九 十 三 年 六 月

誌謝

研究所兩年中經歷了許多事情，不管課業與感情上均有收穫，於課業上由衷感謝對於學生悉心指導的 李克聰博士，由於恩師平時潛移默化的教誨下，對於智慧型大眾運輸系統等課題油然而生興趣，乃至於論文課題上亦與其相關，且於論文研究進行過程中，不論在指引研究方向與研究架構上均蒙恩師指導方使學生有能力得以順利完成論文，於此致上最誠摯的謝忱與敬意。

其次，求學過程中感謝逢甲大學 李克聰博士、 林大傑博士、 邱裕鈞博士、 胡大瀛博士、 楊宗璟博士、 溫傑華博士、 徐耀賜博士、 劉霈博士及 葉名山博士於交通領域知識的傳授，加深學生學習的深度。此外，論文進度報告與口試期間特別感謝系上 林大傑博士與 邱裕鈞博士撥冗詳閱適時提供意見使學生能多角度思考研究方向，使本論文得以更臻完備充實。而論文口試期間承蒙台灣大學土木工程學系暨研究所 張學孔博士與交通大學交通運輸研究所 汪進財博士提供許多寶貴意見，於此致上最誠摯的謝忱與敬意。

再者，感謝多年好友佩蓉相挺、研究室伙伴沛儒、伯鴻及同窗好友芳誼、婉郁、政霖、世淵、守潔、佳穎、秋美、心怡、蔚明、靖峰、延祥、宗泓、國樑、世章、俊享、振嘉及凱斌照顧，與大家相處的日子真的真的很開心幸福。另外，研究室的學弟妹雅博、詩涵、郁馨、宗憲、文隆與協助統計資料的積美、玫靜、靜儀、秀薰熱心助人，非常感謝你(妳)們，感動勒。論文進行期間，由於有你(妳)們相伴豐富了我研究生生活，增添了許多美好的回憶。最後，謹將此論文成果獻給我最親愛的家人，父母、弟弟，由於你們的關心與祝福，我才能更加努力順利完成論文，謝謝，亦獻給所有關心我的朋友。

曾亮勳 謹誌于逢甲

中華民國九十三年六月

摘要

近年來台中都會區快速的發展，已成為中部地區最重要之經濟、文化及金融中心，但是在台中市人口數大幅增加的情況下，台中都會區之道路系統與市區公車系統卻未能相對提昇服務品質，以滿足台中市市民的需求，因此，私人運具使用日益盛行，對於台中市整體交通環境的衝擊更加嚴重，而且公車承載率也越來越低。有鑑於此，台中市市政府乃積極規劃新公車路線，『高潛力公車(HIGH BUS)』以改善目前公車服務品質。經過調查發現，高潛力公車在收費之後營運狀況並不如預期，因此本研究對於台中市高潛力公車之營運現況進行深入分析研究。

本研究在兼顧營運者與使用者之最小系統總成本為目標函數之前提下，構建多路線多時段混合車隊模式，並研擬混合車隊最佳化尋優求解程序，再透過 Matlab 6.5 軟體撰寫程式進行模式最佳化求解。其次，以統聯客運公司所經營之高潛力公車四條路線為實例分析對象，進而分析探討混合車隊營運策略之可行性研究，並將最適之混合車隊營運與單一車隊營運進行比較分析探討。最後，提出台中市高潛力公車混合車隊營運服務策略之具體建議，以作為台中市政府與高潛力公車各家業者車隊營運管理之參考依據。研究結果顯示，混合車隊系統總成本有可能較單一車隊系統總成本低，其理由為高潛力公車紅藍兩線以混合車隊營運並搭配橘黃兩線以單一車隊營運，其系統總成本會比四線以單一車隊營運之系統總成本為低，且能提供更佳的服務績效有助於達到台中市高潛力公車系統最佳化之目標。

目前時值台中市大眾運輸系統發展階段，往後若能落實乘客起訖點需求調查，並搭配混合車隊彈性營運策略以培養大眾運輸乘客需求，如此，對於營運者而言不僅有助於提升其營運效益，對於使用者而言更能增加乘客搭車之便利性。

關鍵字：公車、混合車隊、最適車隊規模

Abstract

In recent years, it is developed quickly in the Taichung City, but the urban bus system didn't offer the better service to meet the citizen travel demand. Therefore, it happened the more people used the private transportation mode and the worse traffic environment became. Due to this, the Taichung City Government promoted new urban bus services, the High Potential Demand Bus, to improve the bus system. The traffic survey found the High Bus operation didn't reach the expected goal. Therefore, the purpose of this study is to investigate its operation and find the feasibility of the mixed fleet operation on the High Potential Demand Bus System.

This research attempts to conduct the mixed fleet model for multi-route and multi-period vehicle operation for the urban bus system and proposes the solution procedure of the model optimization. A case study is provided to demonstrate the feasibility and the results show the feasibility of the mixed fleet operation for the the United Highway Bus Company. The results indicate total system costs of the mixed fleet could be less than that of the single-capacity fleet and address the common rules for the mixed fleet operation. The model and numerical analyses in this study can be used as a guideline for operation of the urban bus system.

Key words : bus system , mixed fleet , fleet size

目錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
目錄	iii
圖目錄	iv
表目錄	v
第一章 緒論	1
1.1 研究動機	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究範圍與限制	3
1.4 研究方法	5
1.5 研究內容與流程	5
第二章 文獻回顧	7
2.1 公車車輛文獻	7
2.2 方法論文獻	10
2.3 相關研究文獻	11
2.4 文獻評析	16
第三章 混合車隊模式	17
3.1 問題界定	17
3.2 模式構建	17
3.3 模式尋優求解	25
3.4 簡例驗證	27
第四章 路線調查	36
4.1 路線起訖點運量之調查	36
4.2 路線起訖點運量之調查成果	39
第五章 實例分析	50
5.1 實例說明	50
5.2 混合車隊最佳化分析	51
5.3 敏感度分析	68
5.4 服務策略之規劃設計	74
第六章 結論與建議	75
6.1 結論	75
6.2 建議	76
參考文獻	78
附錄	81

圖目錄

圖 1.1 研究流程圖.....	6
圖 4.1 紅線平常日需求量分佈圖.....	46
圖 4.2 紅線平常日 G 值分佈圖.....	46
圖 4.3 橘線平常日需求量分佈圖.....	47
圖 4.4 橘線平常日 G 值分佈圖.....	47
圖 4.5 藍線平常日需求量分佈圖.....	48
圖 4.6 藍線平常日 G 值分佈圖.....	48
圖 4.7 黃線平常日需求量分佈圖.....	49
圖 4.8 黃線平常日 G 值分佈圖.....	49
圖 5.1 購車及維修成本之固定成本敏感度分析系統總成本比較圖.....	69
圖 5.2 購車及維修成本之變動成本敏感度分析系統總成本比較圖.....	69
圖 5.3 購車及維修成本之固定成本敏感度分析各項總成本變化圖.....	69
圖 5.4 購車及維修成本之變動成本敏感度分析各項總成本變化圖.....	70
圖 5.5 購車及維修成本之固定成本敏感度分析各項平均成本變化圖.....	70
圖 5.6 購車及維修成本之變動成本敏感度分析各項平均成本變化圖.....	70
圖 5.7 公車營運成本之變動成本敏感度分析系統總成本比較圖.....	72
圖 5.8 公車營運成本之變動成本敏感度分析各項總成本變化圖.....	72
圖 5.9 公車營運成本之變動成本敏感度分析各項平均成本變化圖.....	72

表目錄

表 1.1 高潛力公車收費後運量(92.2 ~92.6)	2
表 1.2 高潛力公車收費後各線運量情形表(92.2 ~92.6)	2
表 1.3 紅線所行駛之路段、停靠站及其涵蓋區域.....	3
表 1.4 橘線所行駛之路段、停靠站及其涵蓋區域.....	4
表 1.5 藍線所行駛之路段、停靠站及其涵蓋區域.....	4
表 1.6 黃線所行駛之路段、停靠站及其涵蓋區域.....	4
表 2.1 各種公車型式之比較表.....	8
表 2.1 各種公車型式之比較表(續).....	9
表 3.1 模式構建相關參變數表	22
表 3.2 簡例路線營運資料表	27
表 3.3 簡例驗證相關參數表	27
表 3.4 簡例分析綜合歸納表	31
表 3.5 一條路線簡例分析結果表	32
表 3.6 二條路線簡例分析結果表	33
表 3.7 三條路線簡例分析結果表	34
表 3.8 四條路線簡例分析結果表	35
表 4.1 高潛力公車之調查趟次表（紅線）	37
表 4.2 高潛力公車之調查趟次表（橘線）	37
表 4.3 高潛力公車之調查趟次表（黃線）	38
表 4.4 高潛力公車之調查趟次表（藍線）	38
表 4.5 紅線各站上下車之乘客總量分析表（次數）	40
表 4.6 橘線各站上下車之乘客總量分析表（次數）	41
表 4.7 藍線各站上下車之乘客總量分析表（次數）	42
表 4.7 藍線各站上下車之乘客總量分析表（次數）(續).....	43
表 4.8 黃線各站上下車之乘客總量分析表（次數）	43
表 4.8 黃線各站上下車之乘客總量分析表（次數）(續).....	44
表 4.9 高潛力公車各線需求表	45
表 4.10 高潛力公車各線 G 值表.....	45
表 4.11 時段分群 Q 值與 G 值	45
表 5.1 高潛力公車四線營運資料表.....	50
表 5.2 實例分析相關參數表	50
表 5.3 紅橘兩線實例分析結果表	52
表 5.4 紅藍兩線實例分析結果表	53
表 5.5 紅黃兩線實例分析結果	54

表 5.6 橘藍兩線實例分析結果表	55
表 5.7 橘黃兩線實例分析結果表	56
表 5.8 藍黃兩線實例分析結果表	57
表 5.9 四線混合車隊與四線單一車隊平均成本比較表	59
表 5.10 紅橘藍三線實例分析結果表	60
表 5.11 紅橘黃三線實例分析結果	61
表 5.12 紅藍黃三線實例分析結果表	62
表 5.13 紅藍黃三線實例分析結果表	63
表 5.14 紅橘藍黃四線實例分析結果表	64
表 5.15 紅藍混合車隊搭配橘黃單一車隊實例分析結果表	65
表 5.15 紅藍混合車隊搭配橘黃單一車隊實例分析結果表(續)	66
表 5.16 四線混合車隊與四線單一車隊總成本比較表	67
表 5.17 敏感度分析結果總表	73
表 5.18 混合車隊最佳化之服務策略	74



第一章 緒論

1.1 研究動機

發展大眾運輸一向為各先進國家施政的重要口號，我國近年亦極力推動大眾運輸，並列為重要施政政策之一。一般而言，大眾運輸系統主要可包括公車（公共汽車）、無軌電車、輕軌鐵路、捷運系統及通勤鐵路等，而以公車最為經濟且最富使用彈性，可適用於各種運輸型態，因此公車為各型都市最基本大眾運輸工具，而發展大眾運輸策略要從公車系統優先做起。即便未來運輸需求成長，興建輕軌鐵路或捷運系統，良好的大眾運輸服務亦有賴於捷運系統與公車系統整合，才能發揮捷運系統應有的功能。

以目前台中都會區而言，近年來發展快速，已成為中部地區最重要之經濟、文化及金融貿易中心且與台北、高雄並列為台灣三大都會區。但在人口大幅成長下，道路系統與大眾運輸系統並未能相對提昇服務品質，市民感受不到大眾運輸服務伴隨而來之便利性，遂轉而使用私人運具，造成市區交通環境惡化，影響市民生活水準及都市發展。另一方面，公車業者亦未能即時針對需求加以調整路線，導致營運虧損累累，市府面臨必須補貼業者營運虧損之窘境。如此周而復始之惡性循環，不僅加速台中市大眾運輸系統環境惡質化，且不利於台中市都會區長遠推動大眾運輸服務。有鑑於此，台中市政府遂委託中華民國運輸學會辦理「市區公車高潛力需求路線規劃與路線經營權開放制度之研究」，並依據該研究針對新市區公車路線類型之結論，於91年8月1日共推出「台中市高潛力公車(High Bus)路網」之紅、橘、藍、黃、棕及綠六線，採全新之車輛，以尖峰十分鐘、離峰十五分鐘之密集班距行駛，欲改善目前公車服務品質。為了有效培養潛在客源搭乘高潛力公車，於91年8月1日至92年1月31日，提供市民六個月免費搭乘，92年2月1日起以紅、橘、藍、黃、綠五線試辦分段收費，每段9元之收費制度，並於92年8月1日起市區客運全面實施分段收費，全票每段13元。

事實上，高潛力公車營運至今，營運狀況並不如預期規劃（如表1.1、表1.2所示），未能有效吸引大部分私人運具搭乘大眾運輸工具，民眾依然習慣使用小汽車與機車，造成台中市政府需就高潛力公車虧損路線進行補貼。就高潛力公車車輛營運策略而言，主要以單一車型容量進行營運，對於公車的調度營運上缺乏彈性，且需負擔較高的系統成本。此一情況下，若全部車型採用大車營運，使用者成本在離峰時段會因為發車間距(Headway)較長而較高；反之，若全部車型採用小車營運，營運者成本在尖峰時段就會有偏高的情況，此顯示單一車型容量無法兼顧全部時段及不

同特性之全部路線。綜合上述缺點，顯示單一車型營運並非最佳之營運策略選擇，公車業者若能根據各路線尖離峰乘客需求變化進行不同車輛派遣，混合車型營運策略對於車輛調度派遣上可能較單一車型營運更具效率。

本論文係針對台中市高潛力公車，在兼顧營運者與使用者之最小系統總成本為目標函數的情況下，利用分析性數學模式，依據高潛力公車營運路線之尖離峰需求量作為實例分析的基礎，進而求得混合車隊之最適公車容量、發車間距、車隊規模，及系統的總成本；最後，再透過最適的混合車隊規模與單一車隊營運狀況進行比較分析研究，並對於往後混合車隊實施提出具體策略性的建議，以作為台中市市政府與高潛力公車諸家業者車隊營運派遣的參考依據。

表 1.1 高潛力公車收費後運量(92.2~92.6)

月份 項目	92.2	92.3	92.4	92.5	92.6	92.2 至 92.6
總運量	412,011	440,856	411,976	344,517	361,845	1,971,205
每日載客數	14,715	14,221	13,733	11,113	12,062	13,141
每班次載客數	15	14	14	11	12	13.1

資料來源：〔許昭琮，民 92〕

表 1.2 高潛力公車收費後各線運量情形表(92.2~92.6)

路線 項目	紅線	黃線	藍線	橘線	綠線	棕線	合計
總運量	218,735	407,964	557,993	308,638	347,939	129,936	1,971,205
每日載運人次	1,458 (45%)	2,720 (46%)	3,720 (55%)	2,058 (42%)	2,320 (55%)	866 (39%)	13,141 (48%)
每班次載客數	8(45%)	15(47%)	20(55%)	12(42%)	16(55%)	6(39%)	13(48%)

註：括弧表示佔收費前之比例

資料來源：〔許昭琮，民 92〕

1.2 研究目的

為提升台中市大眾運輸服務，台中市政府推出高潛力公車政策，就實施成效上，於免費期後，台中市市區客運承載量仍較實施高潛力公車政策前多，此表示高潛力公車政策有達到提昇台中市大眾運輸比例之目標，但乘客搭承人數相較於大眾運輸發達之台北市都會區仍有不足之處，且就整體大眾運輸系統考量，高潛力公車營運並未達到系統最佳化。

鑑於此，本論文針對台中市高潛力公車，於兼顧使用者與營運者之最小系統總成本為目標函數的情況下，發展混合車隊營運最佳化營運模式，並提供多元化公車服務策略，主要研究目的如下：

1. 本論文擬依據起迄點運量調查資料以分析台中高潛力公車路線因時空差異而造成之需求變異情況，進而驗證混合車隊營運策略之可行性。
2. 透過所構建之台中高潛力公車混合車隊模式，以 Matlab 6.5 軟體進行程式撰寫，最後經由數值分析及實例驗證以求解台中高潛力公車混合車隊營運之最適車位數、車隊規模。
3. 具體提出台中市高潛力公車營運服務策略與建議，以作為統聯客運公司規劃設計混合車隊營運之參考，達到提升公車服務效率之目的。

1.3 研究範圍與限制

本論文以一家民營客運公司所經營之多條市區公車路線為研究對象，探討在該範圍內管理者依據各路線差異情況進行混合車隊派遣與車隊管理策略，期以求滿足既定之乘客需求下之車隊最適規模。本論文擬將統聯客運公司所經營之高潛力公車四條路線為實例分析對象，因統聯客運公司具有多條路線之經營權，故可藉由所經營之四條高潛力公車路線需求變異狀況進行混合車隊管理策略，然四條公車路線對於混合車隊營運策略來說仍屬太少，其發揮效益會有所限制。

統聯客運公司所經營之高潛力公車四條路線分別為紅線（朝馬⇔忠明南路⇔大慶車站）、橘線（朝馬⇔科博館⇔舊社公園）、藍線（朝馬⇔豐樂公園⇔干城）及黃線（朝馬⇔黎明新村⇔樂成公園），茲針對其所涵蓋之路段、停靠站與區域分別敘述如表 1.3、1.4、1.5、1.6 所示。

表 1.3 紅線所行駛之路段、停靠站及其涵蓋區域

路線名	紅線（朝馬⇔忠明南路⇔大慶車站）
行駛路段	朝富路、中港路、河南路、青海路、漢口路、中港路、忠明南路、復興路、大慶街、建國南路、東興路、復興路
停靠站	朝馬-三信銀行-青海路-台中司管區司令部-玩具反斗城-何厝國小-漢口國中-忠明國小-精城七街口-公益公園-向上路口-土庫停車場-五權西路口-大勇國小-崇倫國中-三民西路口-和平里-和平國小-宜寧中學-樹義里-樹德工專-大慶車站-建國南路-東興路
涵蓋區域	西屯區、西區、南區、南屯區

資料來源：〔台中市政府，民 91〕

表 1.4 橘線所行駛之路段、停靠站及其涵蓋區域

路線名	橘線（朝馬⇔科博館⇔舊社公園）
行駛路段	台中港路三段、健行路、學士路、進化路、崇德路、文心路、北屯路、松竹路
停靠站	朝馬-教師新村-新光三越百貨-惠來里-文心路口-何厝-頂何厝-忠明國小-SOGO-忠明高中-科學博物館-健行國小-七信銀行-中正公園-學士路口-大進社區-崇德橋-聖德寶宮-文心路口-昌平路口-四維國小-大坑口-平田里-北新國中-舊社公園
涵蓋區域	西屯區、西區、北區、北屯區

資料來源：〔台中市政府，民 91〕

表 1.5 藍線所行駛之路段、停靠站及其涵蓋區域

路線名	藍線（朝馬⇔豐樂公園⇔干城）
行駛路段	台中港路、文心路、文心南路、高工路、五權南路、忠明南路、興大路、國光路、建成路、台中路、建國路
停靠站	朝馬-教師新村-新光三越百貨-惠來里-中港路口-市警局-中央健康保險局-市政路口-公益路口-大新國小-向心路口-南屯路口-豐樂公園-三民西路口-中山醫學院-特力屋-大慶街口-台中高工-僑泰工家-永和國宅-忠明南路口-美村南路口-中興大學-國光國小-正氣街口-第三市場-台中車站-干城
涵蓋區域	西屯區、南屯區、南區、中區、東區

資料來源：〔台中市政府，民 91〕

表 1.6 黃線所行駛之路段、停靠站及其涵蓋區域

路線名	黃線（朝馬⇔忠明南路⇔大慶車站）
行駛路段	黎明路、五權西路、林森路、自由路、民生路、建國路、雙十路、自由路三段、建成路、旱溪西路、十甲路、十甲東路、樂業路
停靠站	朝馬-黎明國小-黎明新村-東光公司-天德宮-三厝里-永定里-南屯-萬和路口-文心南路口-五權西路口-忠明南路口-美術館-文化中心-忠信國小-三民路口-地方法院-台中女中-台中車站-中山公園-干城站-立體停車場-光雄醫院-樂業路口-育英路口-育英國中-旱溪-長福公園-十甲北街口-十甲路口-東英八街口-旱溪路口-東英路口-樂成公園
涵蓋區域	西屯區、南屯區、西區、中區、東區

資料來源：〔台中市政府，民 91〕

1.4 研究方法

本論文方法以分析性數學方法（Analytic Mathematical Approach）與數值分析求解法作為構建混合車隊模式的方法論依據。所謂的分析性數學方法為先確定問題並選擇適當之目標函數，然後對於決策變數微分以求取其最佳解，最後將相關之參變數對決策變數及目標函數做敏感度分析

（Sensitivity Analysis）以確定各參變數與其之關係。另外，所謂的數值分析求解法為將相當複雜之目標函數寫成計算效率較高的電腦程式，可求解最佳車輛組合、各種車輛在分派原則上之臨界乘客需求、相對應發車間距及車隊規模，最後可藉由設定檢核步驟以確立是否為最佳選擇。

本論文亦參考李克聰〔李克聰，民 90〕發展之分析性數學模式（Analytical Mathematical Model）架構，先針對公車系統的多條路線之多個不同需求時段提出以單一車輛容量為決策變數的單一車隊模式以求出其最佳值，然後並提出兩種不同車輛容量之混合車隊模式，並據此分別求出其對應之最佳發車間距及所需的車輛數目。

1.5 研究內容與流程

本論文內容分為五個部分，茲說明如下。研究流程圖如圖 1.1 所示：

1. 確立研究與目的

此階段主要在確定研究方向，包括問題確認、擬定研究目的，研究範圍與研究方法。

2. 文獻回顧

針對本論文所探討的主題進行相關文獻的蒐集與整理，期能找出影響公車系統混合車隊營運的因素，進而補足以往研究不足之處。文獻回顧內容分為公車車輛文獻、方法論文獻及相關研究文獻三個部分。

3. 構建混合車隊模式

本論文先根據分析性數學模式架構，構建出多路線多個不同需求時段以單一車輛容量為決策變數的單一車隊模式，然後再提出兩種不同車輛容量的混合車隊模式，進而求得符合營運者、使用者成本加總最小之最適混合車隊座位數。

4. 路線調查

本論文透過台中市政府令統聯客運公司作高潛力公車評鑑而所做之調查機會，進行路線起訖點運量調查，以獲得實例驗證所需相關數據資料。

5. 實例驗證

以台中市高潛力公車四條路線為實力驗證對象，以 Matlab 6.5 軟體進行程式撰寫進行混合車隊最佳化分析研究，求得四線最適座位數，並根據各路線需求特性與目前營運方式，探討多路線多時段混合車隊策略營運之可行性。

6. 結論與建議

歸納研究結論，並提出高潛力公車營運服務策略與建議。

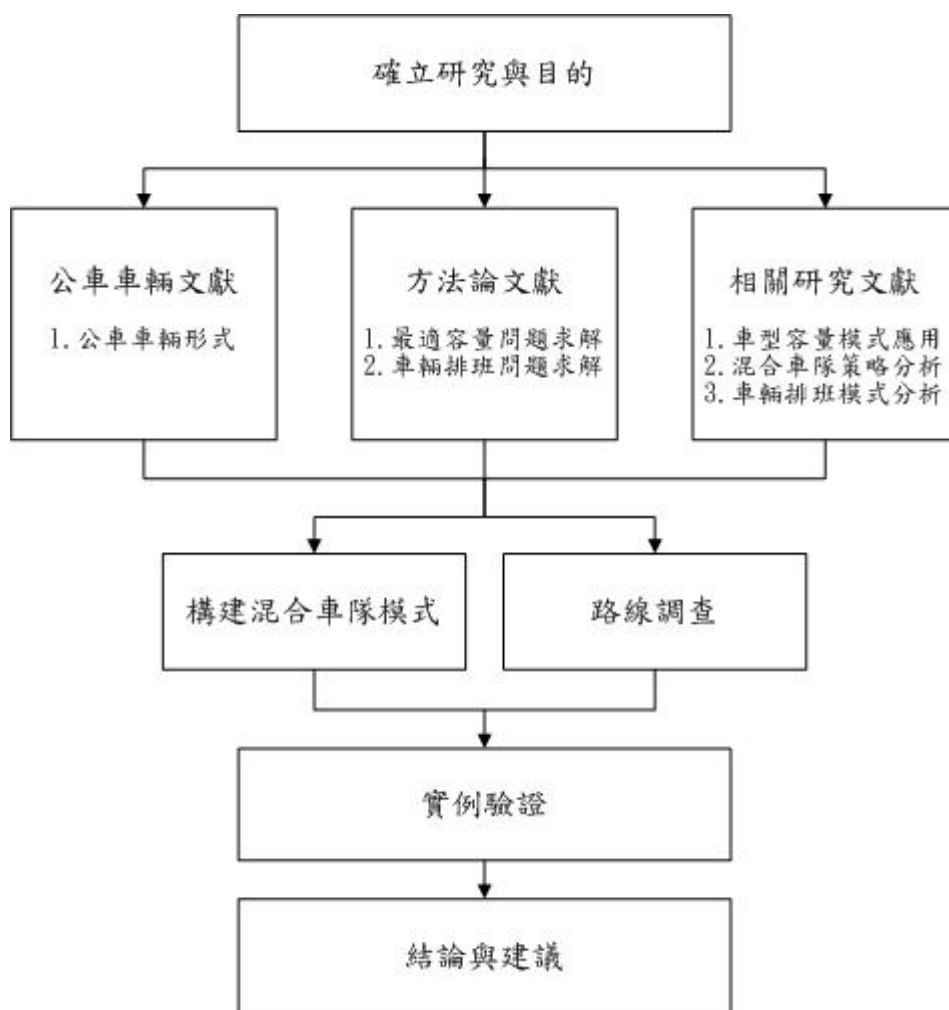


圖 1.1 研究流程圖

第二章 文獻回顧

本論文探討主題為混合車隊營運的規劃設計，文獻回顧分為公車車輛現況文獻、方法論文獻及相關研究文獻三個部分。公車車輛文獻就公車車輛型式作探討；方法論文獻就最適容量問題求解及車輛排班問題求解兩方面作探討；相關研究文獻就車型容量模式應用、混合車隊策略分析及車輛排班模式分析三方面作探討。

2.1 公車車輛文獻

本節公車車輛文獻就公車車輛型式進行探討。

2.1.1 公車車輛型式

公車車輛容量為每一輛公車所能夠提供服務之總位數或乘客數，如果是長途之公路客運班車，其容量僅計算座位數，而市區公車除座位數外，尚計算其立位數，本論文之範圍係以市區公車為主，所以容量之計算方式採取後者。公車之型式依其車身大小，一般可分為小型車、標準公車與大型公車（包括雙層公車與雙節公車）三類，說明如下。

1. 小型公車 (Minibus)

依 Vuchic 與張有恆之定義〔民 76〕：「一般所稱之小型公車，最大承載乘客人數為 2534 旅客，其最大的速度為每小時 40 公里至 70 公里。」小型公車容量較小，相對的提供班次數較標準公車多，就業者而言，可提高服務水準，適用於兩種不同之服務型態：一是用以服務低密度之都市郊區，二是作為市中心區或高密度地區的短程巡迴服務之交通工具。

2. 標準公車 (Standard Bus)

一般都市最常使用之單一車廂公車，其車長約 10 至 12 公尺，寬約 2.4 至 2.5 公尺，高約 2.05 至 3.6 公尺。一般有兩個車門，座位數約 46 至 50 位，最多可容納 70 至 80 位乘客。

3. 雙層公車 (Double-Decker Bus)

雙層公車指有上下兩層車廂，以一個或兩個樓梯連接之公車，上層只准許乘客坐著，下層車廂則同標準公車准許立位，座位數約 65~100 位，最大容量約 65~144 人，雙層公車之長度約 9 至 11 公尺，寬度約 2.44 至 2.50 公尺，高度約 4 至 4.45 公尺，有兩個車軸。雙層公車乃最早出現之高容量巴士。近年來各國之運輸政策已朝向減少小汽車之使用與發展高容量運輸工具，而在各類高容量運輸工具中，又以發展高容量巴士最為經濟可行。依據藍武王〔民 77〕所作研究結果顯示，

雙層巴士為高容量巴士之發展主流，比現行之其他型式高容量巴士（如超長巴士、雙節巴士、廣體巴士、雙節雙層巴士等）更廣被採用，其主要原因係雙層巴士之製造技術最為成熟、單位座位之營運成本與製造成本均最低，佔用道路面積最少，對提高乘客之服務水準與司機之生產力，降低營運成本、減少街道交通擁擠等皆有正面之效果。世界上已有二十餘國以雙層巴士作為市區公車、城際長途客運及觀光遊覽等用途。

4. 雙節公車 (Articulated Bus)

雙節公車係指由兩節分開但前後貫通的車身，經由彈性的連接 (Flexible Joint) 而成的公車。由於是彈性連接，因此後面的車身可以很容易地轉彎或上下移動。其車長由 16.15 公尺至 18.4 公尺，寬由 2.45 公尺至 2.59 公尺，高由 2.94 公尺至 3.30 公尺不等，座位數約 65 至 76 位，最大容量可容納 110 至 147 位乘客。

由美國營運的經驗顯示，由於雙節公車載客量大，因此可節省燃油的消耗，減少購買一般公車的數量，且非常受旅客旅客的歡迎、雙節公車大部分使用在尖峰時間，長途運量大或直達服務之路線；其使用之主要問題為車輛行駛時間增加，後節車廂在轉彎時有外擺的情形及爬坡能力較差〔民 72〕。

茲將上述各種公車車輛型式之基本特性比較如表 2.1 所示。

表 2.1 各種公車型式之比較表

特性 \ 車型	小型公車	標準公車	雙節公車	雙層公車
長度	5~7 公尺	10~12 公尺	16.5~18.4 公尺	9~11 公尺
寬度	2.42~2.44 公尺	2.45~2.59 公尺	2.45~2.59 公尺	2.44~2.50 公尺
高度	2.83 公尺	3.05~3.6 公尺	2.94~3.30 公尺	4~4.45 公尺
最小轉彎半徑	6.60~7.78 公尺	12.6~13.3 公尺	11.3~12.6 公尺	9.18~11.5 公尺
座位數	25 座位	46~50 座位	65~71 座位	64~102 座位
最大容量	25~34 人	70~80 人	94~147 人	65~144 人
最大速度	70 公里/小時	93 公里/小時	88 公里/小時	85 公里/小時

資料來源：〔張有恆，民 76〕

表 2.1 各種公車型式之比較表(續)

車型 特性	小型公車	標準公車	雙節公車	雙層公車
優點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 車輛的購置成本較低可以較短的班距提供服務 2. 適合在離峰時段來營運 3. 車輛小在街道易於操作行駛 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 車長與車高適中較易操作 2. 車輛購置成本較雙節雙層公車低 3. 車輛的行駛不受地形影響 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 提供較大的路線容量及運輸能力 2. 對旅客具有吸引力 3. 勞動生產力高且每延人公里的營運成本較低 4. 轉彎半徑與標準公車相等或更小 5. 對道路面積的使用較佳可減少交通擁擠 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 相同的車長而能有較大的容量 2. 上層旅客視野較好 3. 適合於長程的旅行
缺點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 座位數少因此車內舒適程度較差 2. 需要較高的車隊購置與營運總成本 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 容量受到限制無法機動增加運量 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 後節車廂的舒適程度較低 2. 在高速行駛時穩定性較差 3. 加速及爬坡能力較差 4. 可能會增加車輛行駛全程的時間 5. 購置的成本較高 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 較大的車輛高度需要較大的淨空 2. 當車輛停靠時旅客上下車廂較不方便 3. 司機很難監視上層的乘客 4. 車內乘客的流通受到很大的限制 5. 需要特別的維修設備

資料來源：〔張有恆，民 76〕

Vuchic〔1981〕研究公車路線容量與服務班次（或等候時間）及大小之關係。結論指出當每小時運量低於 500 人次時以採用中小型公車為佳；當每小時運量介於 500~1000 人次時，以使用標準公車為佳；在運量超過每小時 1000 人次時，雙節公車或雙層公車為較佳之車輛型式。

朱家德〔民 86〕先回顧國內外中小型公車實際營運經驗，以探討中小型公車之操作特性、市場特性、服務形式、營運成本、以及政府管制與相關法規等。最後，研究成果確認運用中小型公車作為走廊運輸接駁工具之可行性，並提出彈性彎繞服務概念，期望提供更多元化之都會區大眾運輸服務。

2.2 方法論文獻

本節方法論文獻分為最適容量問題求解與車輛排班問題求解兩部分進行探討。

2.2.1 最適容量問題求解

一般而言，決定公車車輛最適容量的方法可分為以下四種主要方式：

1. 最低成本法

其意義於一項工作或目標有多種方式可達成相同效果時，基於資源最有效分配利用之原則，應透過使系統總成本最低的方式為衡量標準，因此公車車輛排班會就以營運者立場之營運成本最小，或以社會整體利益考量之營運成本與乘客時間成本和最小為目標。

2. 淨現值法

其意涵為公車車輛在使用年限內，將每年預估的收入支出產生的淨收益值轉換成淨現值後，與初期投入之購車成本比較，選取淨現值超出投入成本最多者為最適車型。

3. 實驗研究法

此方法主要為避免前述兩方法作決策時可能因遺漏或錯誤的評估造成重大偏誤，可透過實際小規模試驗過程，精確地計算、評估其測試結果以供決策者作最準確之判斷，缺點為實驗需耗費大量人力、經費與時間，且需要有相關設備與條件配合。

4. 模擬分析法

此方法可透過電腦模擬技術進行分析，僅需輸入正確合適之系統特性資料，即可快速精確模擬出所要結果，能大幅減少實驗所需的時間與經費。

2.2.2 車輛排班問題求解

一般而言，公車車輛排班問題求解方法可分為以下四種主要方式：

1. 圖解法

其意義為利用簡單易懂之圖形表達方式，直接將乘客需求資料繪製成累計乘客需求數與時間之關係圖，再依照營運者所設定之系統目標來選取適當軸距，即可在圖上繪出相對應之車輛發車時間。

2. 最大承載區間法 (Maximum Load Section, MLS)

此方法為 Vuchic [1976] 所提出，主要意涵為班距之訂定應提供足夠之運能以滿足乘客需求為原則，且系統必須保持在一定之服務水準以上（即滿足不超過某一承載率之限制），因此班距之訂定可由該路線中相鄰兩車站間的最大載客量來決定，即由最大承載區間之乘客數來決定。優點為「乘客之乘車品質可受到充分保障」，但若各站間的承載量有明顯差異存在時，容易造成「運輸資源浪費」。

3. 數學規劃法

其意涵為將影響車輛排班之考量因素，如營運者成本、乘客需求、車輛載客容量、最大班距等因素，根據彼此間之關係構建數學模式，設定目標與限制式，依模式型態、數學理論及數學求解技巧等採用適當方法求解。

4. 系統模擬法

此為一種解決複雜問題的方法，其應用於公車排班作業時，需先將乘客到站率分配、公車在各站間的行駛速率分配、旅客上下車人數（起迄）分佈等影響因素之機率分佈型態，以及分配函數的參數求出，作為系統運作之輸出條件，缺點為需收集大量實際資料進行統計分析。

2.3 相關研究文獻

本節文獻就車型容量模式應用、混合車隊策略分析、車輛排班模式分析三部分進行探討。

2.3.1 車型容量模式應用

Oldfield and Bly [1988] 以社會福利為目標函數，將車輛容量當成決策變數去求取最佳解，其分析證明了車輛容量會與車輛之營運成本成線性正比關係，而與乘客需求成根號正比關係，其分析顯示，在美國之實例公車營運下，最佳公車容量為 60 人，此比當時一般營運之公車容量要小一些，表示最佳容量與實際營運時決定之公車容量不盡相同，若決策時可依不同之需求狀況來決定車輛容量，則可更能滿足實際需求。

Jansson [1980] 發展出最為完整的最佳車輛容量之分析模式，其目標函數值包括乘客等待時間成本、行駛時間成本及車輛營運成本的總社會成本，並採用了與車輛容量為線性關係的式子 ($a+bs$) 來代表公車之單位時間營運成本，而公車之發車間距可以根號公式得出，並進而可以尖峰時段之較大需求去決定最適合之車輛容量及相對應之發車間距。

Chang and Schonfeld [1980] 成功的導出一般使用公車路線之固定路線及接駁巴士之彈性路線之各別分析性模式。車輛容量為其決策變數之一，其數值分析得出固定路線之最佳車輛容量 (23 人) 要比彈性路線之車輛容量 (14 人) 要大許多，顯示公車以彈性路線來營運時，因更可符合需求狀況只需以較小容量車輛營運即可。

Chang and Schonfeld [1980] 繼續以分析性模式整合了在高需求時段採取固定路線營運及在低需求時段採用彈性路段營運之整合型方式。在數值分析當中，對應於傳統的固定路線，彈性路線及整合型方式的最佳車輛容量可分別得到並加以比較之，其最佳解分別為 48 人，17 人及 37 人。此研究顯示整合式的最佳車輛容量較傳統固定路線營運的車輛容量小，其分析結果雖有重大突破，然而其整合型方式並未考慮以不同容量之車來營運於不同路線之不同時段。

Chang and Schonfeld [1991] 探討了固定路線傳統公車與彈性路線撥召公車系統之車型大小問題，研究結果顯示最適公車大小與旅次長度、需求密度成三分之一次方正比例的關係，而與到站時間價值及等車時間價值成三分之一次方反比例關係同時和車型速度成三分之二次方之反比例關係研究結果雖可進一步提供公車業者在營運上之重大參考，但仍未將混合車隊之營運方式納入。

鄭佳良 [民 80] 以公車單位營運成本及乘客之等車與車上時間成本之和最低為目標，構成總成本最低模式，而為能反映公車乘客到站候車、上車、下車及公車到站服務之實際情況，採用模擬分析法進行。最後，再選取台北市公車處 505 路公車路線為對象進行實例分析，得知當最適容量為 140 人時，對於營運者及使用者將最有利。

張學孔 [民 80] 應用數學模式分析探討「固定路線公車」與「彈性路線公車」兩種公車系統在最佳化設計下的營運特性，並以分析性模式的推導結果確認兩公車系統之車輛容量與系統相關參數的關係。分析結果顯示彈性公車趨向使用小型車輛提供及門服務。在系統最佳化設計下，兩種公車系統的社會平均成本相差不大，但彈性路線公車有較大的營運成本、較小的使用者成本；固定路線公車則是有較少的營運者成本、較大的使用者成本。

林祥生〔民 86〕針對異質環境下的城際國道客運市場考慮旅次分佈及需求強度在空間與時間上的異質特性，發展一多時段異質性的分析模式。接著提出一啟發式尋優步驟，使最適營運方案成為各類型路線的多元組合，最後，以一個簡例進行測試，對於需求水準互異的起迄旅次點，採取不同的路線、車型及班距。

林祥生〔民 86〕繼續採分析性數學方法，構建一個可均質環境下的國道客運最佳化模式，以同時求解最適之路線組合、車廂容量及營運班距。路線設計方面，共規劃出直達型、接駁型、轉運型、接轉型國道路線及地方巴士接駁路線等五種營運路線，再根據可能的路線組合，提出直達、接駁、轉運、接轉等四種營運方案供作比較。於考慮車輛容量限制的前提下，以業者營運成本與乘客時間成本和為最小化為目標，求解各種路線型態的最適車輛容量及營運班距。

薛富謐〔民 91〕由管制者的角度尋求社會總成本最小的座位數，其所謂的社會總成本包括營運者成本、使用者成本與外部成本三種，另外，與過去研究不同的是，作者認為就國道客運運輸而言，對於相同車型，座位數對單位車輛成本以及單位班次行駛成本之彈性趨近為零。最後，於實例分析後發現國道客運運輸最適座位數為三排座相對於兩排座與四排座。

2.3.2 混合車隊策略分析

Navin〔1978〕由倫敦市公車之營運狀況，觀察得知其在尖峰及離峰時段之最佳公車載客率分別為 38 及 18 人，其進而導出一個簡單的數學模式，可將簡單營運下之車輛容量及公車運能最佳化，此研究已考量不同需求狀況之車容量，然其只以簡單營運的狀況作分析，並不能代表各種複雜的需求狀況。

Nairn〔1979〕採用模擬分析法，研究分析一個人口小於十萬人之城市，並發展了一套公車營運之評估方式，可以評估電召巴士、固定路線巴士及混合車隊巴士等三種方式之服務水準及成本收入狀況，其分析證明了混合車隊方式（45 人座位於尖峰時段 12 人座位於離峰時段）比其他兩種方法要具有較低成本之優點。

El-Azm〔1972〕使用運輸指派之模式去分析在公車排班中，如何使車隊數目最小之問題，其中也探討了兩種以上之不同公車參與營運之可行性。此模式在應用上可轉換成方便之電腦程式去設定公車排班。

Glaister〔1986〕分析車輛大小在公車完全開放競爭營運下之影響，此研究以實驗方式研究了大巴士（88 座位）及小巴士（15 座位）之競爭比較。發現如公車票價維持在一定之不預先管制水準下，小巴士會在許多路線上取代大巴士。

Bly and Oldfield〔1986〕比較了迷你巴士及一般巴士營運方式，並以倫敦之巴士系統為實驗，結果得知當迷你巴士與一般巴士混合在同一段營運時，即使小巴士收費較貴時，乘客仍然會選擇先來之小巴士，此項實驗證明小巴士在都市公車之可行性。

White and Turner〔1988〕分析近年來美國在迷你公車之密集使用情形，藉由迷你公車與較大型公車之營運比較，證明小公車在低需求下之適用性，可惜此研究並未嘗試去求取在不同需求狀況下之最佳車輛容量。

廖天賦〔民80〕參考張學孔博士之分析性數學模式架構，建立以社會成本最小化為目標函數的車型容量分析數學模式及四種不同網路（平行、輻射型、格子型、平行交叉型路網）下以車型容量配合路網密度或路線間距為決策變數之分析數學模式，並分為不考慮時段變化與考慮時段變化兩種情形。最後，針對平行網路進行數值分析，而在考慮時段變化下，發現多時段混合車隊可達社會成本最小化。

其次，又以張有恆建立之模式為基礎，針對公車特性建立一都市公車車輛最適車型選擇模式，加入 27 種不同營運策略考慮，發現實證對象—高雄市 19 路公車路線在全天營運時段以小型公車混合傳統公車營運，可使業者每日長期總成本達到最低，並能與實際狀況配合。最後，經由不同運量假設配合不同營運策略可得到公車路線最佳營運方式。

李克聰、郭雪芬〔民82〕以營運者成本、使用者成本之等車時間、車內時間成本和最小為目標，採用數學規劃法求解，在考慮一條或多條路線、多時段乘客需求、使用單一或兩種車型條件下，透過構建之數學模式，分別探討最適之公車容量、班距、車輛數以及使用兩種車型營運方式時，於特定時段之車型選擇策略。

許文達〔民84〕於單一時段內，考慮兩種車型在各車型班次數未定，且不同車型間之班距維持一已知的比例關係下，透過電腦模擬的方式以營運者、等車時間成本、車內時間成本三者總合最小化為目標，對混合車型排班方式加以探討，並以台北市公車 505 路線為模式應用實例，研究結果發現，混合車隊並不一定只適用於乘客需求有明顯差異之情況，也可以於單一時段內應用。

張玉君〔民84〕以旅客等車時間成本、乘車時間成本及業者營運成本之和最小為目標式，建立一啟發式的分析程序以求解在包含不同運量需求之各時段下公車路線之最適車型及車輛數。模式分析求解過程是透過周義華及張國揚所發展之公車路線營運模擬模式。最後，此研究實例分析後發現路線營運車型，混合車型之系統總成本有可能較單一車型小。

Akio Imai and Fausto Rivera〔2001〕提出冷藏貨櫃船船隊規模規劃的構想，以達成完全競爭市場成本有效性的目標，並利用分析性模式來決定

規模大小，最後透過模擬模式就各種情況決定冷凍船擁有與租賃船隊的組合。研究結果發現相對小規模的貨櫃船船隊適合大部分的貨物需求，大規模船隊規模適合於正弦曲線的貨物需求。

Jacques Renaud and Faye F. Boctor [2002] 以車輛固定成本與車輛旅行成本和最小為目標式，且提出以掃描法為基礎的啟發式解法來進行混合車隊路徑問題求解以求得最適混合車隊與行駛路徑，最後，驗證啟發式解法優於目前著名的禁忌搜尋法，且具有更快及更佳的運算效率。

2.3.3 車輛排班模式分析

Salzborn [1972] 首先從事在公車到達率已知情況下之最佳排班分析，即在單一車輛容量確定之下，其主要目標函數為使車隊規模最小之最佳排班策略，並進而使乘客等待時間最短。

張國揚、周義華 [民 78] 考量影響派班作業的主要因素，包括旅次需求、服務水準、重複路線的競爭、車輛容量、行車時間、車隊數目、營運成本等，以業者獲取最大營運淨收益為目標，針對其營運網路系統，研擬公車班次分派與車輛配置模式，使車輛達到最有效率的使用，然而其只考慮班次分派與車輛配置，並未加以考量以不同車容量來因應不同之需求情況。

沈進成 [民 84] 首先根據運量來分析重要停靠站及承載區間，以作為研擬替選停站方式之基礎。再分別考慮營運者營運成本最小及使用者車內旅行時間最小化的情形，構建多目標最適停站方式最佳化模式，應用模糊多目標規劃法來求解。最後，以台灣西部高速鐵路系統進行實力分析，可知以旅行時間最小化為目標，較重要之停站方式為直達車及越站停車方式；以營運成本最小化為目標，較重要之停站方式為越站停車及每站皆停方式；若同時考慮營運者成本及旅客旅行時間時，較重要之停站方式為直達車及越站停車方式。

吳宗憲 [民 86] 於滿足乘客合理服務水準的前提下，以乘客等車時間成本、車內時間成本及業者營運成本三者之和最小作為目標式，並採用較能反映公車實際運行過程之系統模擬法建立排班模式，由該模式可得正常排班的知識，再利用訪談專家與駐站實習，以得處理對於車輛故障、人員請假、乘客需求變化、道路發生壅塞等異常狀況的知識，最後，並結合此兩者而發展出排班專家系統。

蔡淑惠 [民 89] 由文獻回顧及專家訪談的方式，探討公車服務策略之相關影響因子，並藉由時間序列分析預測旅運量，再採用模糊聚類分析方法，進行模糊邏輯規則的歸納及調整，構建一套公車服務策略模式，並同時考量以業者營運成本及使用者成本之系統總成本最小為目標，作為公車

服務策略組合方案之評估指標，以選取最適之服務策略組合。最後，經過實例驗證後，區間車與每站皆停服務策略組合為最佳策略。

Minea Skok Davor Skrlec Slavko Krajcar [2000] 對於車輛路徑規劃問題，此研究發展以基因演算法為基礎的啟發式解法予以求解，而檢測結果發現所構建之演算法能提供較高品質的解，且演算法具有彈性可擴充性。

郭月萍 [民 90] 以業者營運成本及使用者旅行時間成本和最小為目標，限制條件則包含車輛容量、路線最短行駛里程、最大班距、營運者成本及使用者成本皆須同時下降等，配合乘客旅次起迄資料及業者基本營運資料，即可求出最適營運策略組合，並估計各營運組合下各類班車之運量，並實際求出各營運策略組合下各類班車之停靠站、班距、總車輛數、業者營運成本及乘客旅行時間成本等資料。

2.4 文獻評析

由以上國內外相關文獻研究分析可知，許多文獻都在探討單一最佳公車容量之營運與兩種車輛容量混合車隊之營運方式，顯示最適車輛容量的問題對於營運者及使用者是非常重要的。而其中若干篇文獻更有提到，經過模式驗證及實例分析後，證實混合車型之系統總成本有可能較單一車型小，即混合車隊營運方式有可能較單一車型營運為佳，然如此彈性的營運方式將是未來大眾運輸之主流，但是由於解析困難，因此相關研究很少。本論文擬透過分析性數學模式，採用多路線多時段之混合車隊營運方式，求取最適混合車型與其最適營運策略，以使整個公車系統營運計畫能達到最佳化。

第三章 混合車隊模式

本章先對於研究問題進行釐清，探討混合車隊策略實施後，就整個市區公車系統而言，究竟此制度的施行為系統帶來之正效益或負效益為何，如此以切合本問題之核心所在，來確認方向之正確性。然後，於構建模式前先設定模式假設，並探討模式所有相關參變數以構建出多路線多時段最適混合車隊模式。

3.1 問題界定

市區公車系統以混合車隊營運，其所帶來效益影響層面有三，其一為對於營運者之影響，其二為對於使用者之影響，其三為對於管制者之影響，而就管制者觀點，一項決策之實施應對於系統各層面之衝擊加以衡量，若無法達到營運者與使用者雙贏之境界，至少需對於其中一方是有利的，對於整個系統是帶來正面效益的，否則不應貿然實施才對。

對於營運者而言，混合車隊之營運若路線需求變異程度大的話（即有明顯尖、離峰區隔），以混合車隊營運提供市區公車服務，有助於降低營運成本的支出，且可提供業者更有效率管理車隊，使整體公車派遣更具彈性。然而，其所需額外增加之購車成本，對於營運者來說又是另一項負擔。對於使用者而言，公車混合車隊營運可提供多元化之服務，特別是對於離峰時刻由於小車（公車容量小）營運，發車班次變多可節省後車時間成本，另外，可由業者減少之營運成本回饋給使用者，如票價優惠。對於管制者而言，公車營運混合車隊化，並不需增加場站建置成本及系統外部成本支出，且由於公車服務提升增加公車承載率，有助於大眾運輸政策推行及市區交通環境的管理。

歸納上述可知混合車隊策略營運實施是有其適用範圍的，即各路線間或時間變異上乘客需求必須有明顯差異，才能發揮其整體效益，且營運成本減少之幅度需大於購車成本才不至於損及營運者之權益，因此，本論文構建模式時對於成本項目之納入及實證分析參變數數值之選擇應加以衡量分析。

3.2 模式構建

模式構建分為模式基本假設、模式符號及名詞定義與模式架構三個部分說明之。

3.2.1 模式基本假設

為描述不同營運狀況之分析模式，本論文於模式構建前先提出下列假設條件：

1. 所有公車路線為固定路線與固定班次之服務型態。
2. 公車平均速度以包括旅客上下車時間。
3. 旅客需求為隨時間成間斷性不連續分佈，且不受票價或服務品質變動。
4. 路線間的轉運成本忽略不計。
5. 公車單位時間營運成本與公車容量成線性關係，公車每日購車及維修成本與公車容量成線性關係。

3.2.2 模式符號及名詞定義

本節將分別對模式中所提及的符號與專有名詞進行解釋與說明，包括相關參數與成本項目，而本模式構建之所有相關參變數歸納如表 3.1 所示。

(一) 營運者成本

就一個企業而言，成本之高低關係著其生存與競爭的能力，同時亦是衡量此企業經營管理效率之重要指標。一般而言，營運者成本項目可分為固定成本與變動成本兩種。固定成本為無論班次發車與否皆會支出的成本項目，包括管理人員薪資、行政管理費用、各項設備（土地、場站、維修場、車輛）折舊與財務費用等；變動成本為隨班次發車才會支出的成本項目，包括行車人員與修車人員薪資、燃料、附屬油料、輪胎、修車材料等。營運者成本為公車單位時間之營運總成本（ C_0 ），其決定關鍵因素為車隊規模，為車隊規模大小（ N ）與每小時公車營運成本（ B ）之相乘積，如（3-1）式所示：

$$C_0 = NB = 2DB/VH \quad (3-1)$$

1. 車隊規模（ N ）

車隊規模即路線所需車輛數目，決定路線設計所能提供的服務能量，就決策時間點來看，屬於路線營運前之規劃，營運者應提供足夠的車輛數（總「供給」）以滿足乘客總「需求」之目標，且系統必須保持在一定之服務水準以上（即滿足不超過某一承載率之限制），因此本論文利用最大承載區間之概念，車隊規模之決定由該路線中相鄰兩車站間的最大載客量來決定，就公車客運以發車場站到迄點來回營運狀況而言，至少需要之車隊規模可以（3-2）式所示。

$$N = 2D/VH \quad (3-2)$$

D：路線長度(公里)

V：平均速度 (公里/小時)

H：發車間距 (小時)

2. 公車單位時間營運成本 (B)

其與車輛容量有關，根據 Jansson [1980] 之研究分析，公車單位時間營運成本與公車容量成線性關係，即如 (3-3) 式所示，公車容量越大，公車單位時間營運成本會相對越高。

$$B = a + bS \quad (3-3)$$

a：公車營運成本中之固定成本(元/小時)

b：公車營運成本中之變動成本(元/車小時)

S：公車容量 (人)

3. 發車間距 (H)

發車班距為同一路線上相鄰兩班車間的時間間隔，其決定對於營運者而言，關係到所需支付之營運成本，更影響公車提供之服務水準；對於使用者而言，關係到乘客搭乘的意願。因此，班距之訂定應綜合考量乘客搭車的便利性與業者營運成本的經濟性。至於實際班距之訂定必須考量最大班距之限制，而最大班距之決定有兩個層次，其一為大眾運輸政策決定，可稱之為政策間距 (Policy Headway)，主要是為了照顧一般弱勢族群之交通運輸權益，其二為容量限制，是為了在單位時間內發車之供給必須滿足乘客之需求，於本論文中發車間距為決策變數與探討重點。

4. 公車容量 (S)

公車容量係指於合理承載率前提下，班車可載運乘客的最大數目，一般為座位數與立位數之總和，於本論文中公車容量為決策變數與探討重點。

(二) 購車及維修成本

在混合車隊營運的情況下，如果於單一路線使用兩種或多種車型那麼購車成本及維修成本將會提高，因營運者購買兩種或多種型式的車輛。然而，若於多條路線使用兩種或多種車型，因營運者於不同時段不同路線可共享車輛之調配，其購車及維修成本也許會降低。購車及維修成本 (C_p) 為不同車型容量公車之所有路線最小需求車隊數 (N_s) 與公車每日購車及維修成本 (B_p) 之相乘積加總，如 (3-4) 式所示。

$$C_p = \sum_{S=1}^K N_s * B_p \quad (3-4)$$

1. 不同車型容量公車之所有路線最小需求車隊數(N_s)

一般而言，特定車型於各路線(r)各時段(t)之營運車隊數可以表示如(3-5)式所示，而特定車型於各時段所有路線上之營運車隊數可表示如(3-6)式所示，特定車型公車之所有路線的最小需求車隊數可表示如(3-7)式所示。

$$N_{rts} = 2D_r / V_{rt} H_{rts} \quad (3-5)$$

$$N_{ts} = \sum_{r=1}^n 2D_r / V_{rt} H_{rts} \quad (3-6)$$

$$N_s = \max_{t=1}^m (N_{ts}) \quad (3-7)$$

2. 公車每日購車及維修成本(B_p)

其與車輛容量有關，因此本研究假設公車每日購車及維修成本與公車容量成線性關係，即如(3-8)式所示，公車容量越大，公車每日購車及維修成本會相對越高，其中如果某種車型車輛閒置不用，其閒置成本亦包括於此項成本之中。

$$B_p = c + eS_s \quad (3-8)$$

c：購車及維修成本之固定成本(元/小時)

e：購車及維修成本之變動成本(元/車小時)

S_s ：公車容量(人)

(三) 使用者成本

使用者成本包括等車時間成本(C_w)與車內時間成本(C_v)，即如(3-9)式所示：

$$C_u = C_w + C_v = (V_w QH) + (2V_v Qd/V) \quad (3-9)$$

1. 乘客等車時間成本(C_w)

乘客等車時間成本可為單位時間內所有乘客與每一乘客平均等車時間成本之乘積，而乘客平均等車時間成本又為乘客平均等車時間乘上乘客等車時間價值。一般而言，乘客等車時間成本與公車容量有關

係，若乘客需求量固定情況下，採用公車容量大之車輛，則發車間距會較長，乘客平均等車時間就會增加；反之，採用公車容量小之車輛，則需發較多之班次才能滿足需求，乘客平均等車時間就會相對減少。本論文假設於公車服務可靠情況下，發車間距於合理範圍內，乘客隨機到達公車站等車，時間近似均勻分佈，乘客平均等車時間（ βH ）會近似 $0.5H$ ，因此乘客等車時間成本可模擬如（3-10）式所示：

$$C_w = V_w QH \quad (3-10)$$

V_w ：乘客等車時間價值（元/人小時）

Q ：乘客需求（人/小時）

H ：發車間距（小時）

β ：乘客等車時間係數

2. 乘客車內時間成本（ C_v ）

乘客車內時間成本為乘客平均車上時間與總需求之乘積再乘上車內時間價值，即如（3-11）式所示。實際上，乘客車內時間與公車營運時間有密切關係，若因道路交通或車上擁擠等因素而影響公車營運時間，同時亦將影響乘客車內時間，因此，本論文假設不考慮班車行駛時受到市區道路車流量之影響進行探討。

$$C_v = 2V_v Qd/V \quad (3-11)$$

V_v ：乘客車內時間價值（元/人小時）

Q ：乘客需求（人/小時）

d ：平均乘客旅次長度（公里）

V ：平均速度（公里/小時）

3. 時間價值（ V_w 、 V_v ）

時間價值之概念，就經濟學上之定義為時間之機會成本，即為了節省某些時間願意額外支付之成本。由過去文獻可發現，時間價值通常與使用者的所得、年齡、教育程度、工資率等因素，以及旅次目的、旅次距離、旅次進行過程、不同運具舒適程度、安全性等有關係。乘客旅次進行過程根據時間點可劃分為自起點出發至候車站（站牌）、在站上等候公車到來、乘車及下車至迄點等四個階段，故此四個階段之乘客時間成本應有所區別，然由於第一、四階段之時間成本較難以衡量，因此本論文就乘客候車及乘車兩階段時間成本分開討論。

表 3.1 模式構建相關參變數表

參數符號	單位
營運者成本 (C_o)	(元/天)
使用者成本 (C_u)	(元/天)
乘客等車時間成本 (C_w)	(元/天)
乘客車內時間成本 (C_v)	(元/天)
購車及維修成本 (C_p)	(元/天)
購車及維修成本之固定成本 (c)	(元/小時)
購車及維修成本之變動成本 (e)	(元/車小時)
公車單位時間營運成本 (B)	(元/車小時)
公車營運成本之固定成本 (a)	(元/車小時)
公車營運成本之變動成本 (b)	(元/車小時)
路線長度 (D)	(公里)
平均乘客旅次長度 (d)	(公里)
平均速度 (V)	(公里/小時)
最大乘客數 (G)	(人/小時)
乘客需求 (Q)	(人/小時)
乘客等車時間價值 (V_w)	(元/人小時)
乘客車內時間價值 (V_v)	(元/人小時)
公車容量 (S)	(人)
發車間距 (H)	(小時)
車隊規模 (N)	(輛)
車輛種類數 (k)	—
時段數 (m)	—
路線數 (n)	—

3.2.3 模式架構

本節先定義系統總成本函數，再針對市區公車系統的多條路線之多個不同需求時段提出以單一車輛容量為決策變數的單一車隊模式以求出其最佳值，然後並提出兩種不同車輛容量的混合車隊模式，並據以求出其相對應之最佳發車間距及所需之車輛規模。

(一) 系統總成本函數

為了兼顧營運者與使用者之權益，本論文由管制者角度出發，以系統

總成本最小化為目標來求解最適混合車隊車容量、發車間距及車隊規模，而系統總成本為營運者成本及使用者成本兩者之和，如（3-12）式所示。

$$TC = C_o + C_u = 2DB/VH + V_w QH + 2V_v Qd/V \quad (3-12)$$

然後再將（3-3）式導入，並且在容量限制條件（即 $H \leq S/G$ ）下，系統總成本函數可表示，如（3-13）式所示。

$$TC = 2DG(a + bS)/VS + V_w SQ/G + 2V_v Qd/V \quad (3-13)$$

將（3-13）式對公車容量（S）微分，並令其為零以求取最佳解，即可得最適公車容量，如（3-14）式所示。

$$\partial TC / \partial S = -2aDG/VS^2 + V_w Q/G = 0 \quad (3-14)$$

但為檢查其是否為使系統總成本為最小之最佳解，求取系統總成本函數之二階微分，如（3-15）式所示。

$$\partial^2 TC / \partial S^2 = 4aDG/VS^3 \quad (3-15)$$

由於（3-15）式中所有的變數皆為正值，因此系統總成本對公車容量之二階微分亦為正值，根據微積分定理可知（3-14）式所求之公車容量為使系統總成本最小之數值。最佳公車容量（ S^* ）可表示如（3-16）式所示。

$$S^* = \sqrt{\frac{2aDG^2}{V_w VQ}} \quad (3-16)$$

而相對應之發車間距及車隊規模可分別表示如（3-17）、（3-18）式所示。

$$H^* = S/G = \sqrt{2aD/V_w VQ} \quad (3-17)$$

$$N^* = 2D/VH \quad (3-18)$$

（二）單一車輛容量於多條路線多個時段之單一車隊模式

由於有各路線（r）及各時段（t）之兩個參數指標，單一容量 r 路線 t 時段的總成本函數為，如（3-19）式所示。

$$TC = \sum_{r=1}^n \sum_{t=1}^m \{ [2D_r G_{rt} (a + bs) / V_{rt} S] + (V_w SQ_{rt} / G_{rt}) + (2V_v Q_{rt} d_r / V_{rt}) \} \quad (3-19)$$

將總成本對公車容量微分，令其為零並求解，可得使總成本最小之公車容量，如（3-20）式所示。。

$$\partial TC / \partial S = \sum_{r=1}^n \sum_{t=1}^m (-2D_r G_{rt} / V_{rt} S^2) + (\sum_{r=1}^n \sum_{t=1}^m V_w Q_{rt} / G_{rt}) = 0 \quad (3-20)$$

但為檢查其是否為使系統總成本為最小之最佳解，求取系統總成本函數之二階微分，如（3-21）式所示。

$$\partial^2 TC / \partial S^2 = \sum_{r=1}^n \sum_{t=1}^m 4a D_r G_{rt} / V_{rt} S^3 \quad (3-21)$$

由於（3-21）式中所有的變數皆為正值，因此系統總成本對公車容量之二階微分亦為正值，根據微積分定理可知（3-20）式所求之公車容量為使系統總成本最小之數值。最佳公車容量（ S^* ）可表示如（3-22）式所示。

$$S^* = \sqrt{\left[\sum_{r=1}^n \sum_{t=1}^m (2a D_r G_{rt} / V_{rt}^2) / (\sum_{r=1}^n \sum_{t=1}^m V_w Q_{rt} / G_{rt}) \right]} \quad (3-22)$$

其相對應之發車間距可表示如（3-23）式所示。

$$H_{rt} = S^* / G_{rt} \\ = \sqrt{\left[\sum_{r=1}^n \sum_{t=1}^m (2a D_r G_{rt} / V_{rt}^2) / (\sum_{r=1}^n \sum_{t=1}^m V_w Q_{rt} / G_{rt}) \right]} / G_{rt} \quad (3-23)$$

由於 H_{rt} 僅為對應 S^* 之路線 r 時段 t 之發車間距，因此為進一步求得使系統總成本最小的最佳發車間距，必須將路線 r 時段 t 之總成本 C_{rt} 對發車間距 H_{rt} 微分，令其為零以得到使任一路線任一時段系統總成本最小之發車間距如（3-24）、（3-25）式所示。

$$C_{rt} = 2D_r(a + bs) / V_{rt} H_{rt} + V_w Q_{rt} + 2V_v Q_{rt} d_r / V_{rt} \quad (3-24)$$

$$\partial C_{rt} / \partial H_{rt} = \left[-2D_r(a + bS^*) / V_{rt} H_{rt}^2 + V_w Q_{rt} + 2V_v Q_{rt} d_r / V_{rt} \right] + V_w Q_{rt} = 0 \quad (3-25)$$

為檢查其是否為使 C_{rt} 最小之最佳解，求取系統總成本函數之二階微分，如（3-26）式所示。

$$\partial^2 C_{rt} / \partial H_{rt}^2 = \left[-4D_r(a + bS^*) / V_{rt} H_{rt}^3 \right] \quad (3-26)$$

因（3-26）式中所有的變數皆為正值，因此系統總成本對公車容量之二階微分亦為正值，根據微積分定理可知（3-25）式所求之發車間距為使系統總成本最小之數值，最佳發車間距（ H_{rt} ）可表示如（3-27）式所示。

$$H_{rt} = \sqrt{\left[2D_r(a + bS^*) / Q_{rt} V_w V_{rt} \right]} \quad (3-27)$$

實際最佳發車間距則為滿足容量限制下 (3-23) 式所算之發車間距及使系統總成本為最小 (3-27) 式之發車間距，其值較小者，可以 (3-28) 式表示。

$$H_{rt} = \min \left\{ \sqrt{\frac{2D_r(a + bS^*)}{Q_{rt}V_wV_{rt}}}, \sqrt{\frac{\sum_{r=1}^n \sum_{t=1}^m (2aD_rG_{rt}/V_{rt}^2)}{(\sum_{r=1}^n \sum_{t=1}^m V_wQ_{rt}/G_{rt})}} / G_{rt} \right\} \quad (3-28)$$

因此路線 r 時段 t 之車隊大小則可以 (3-29) 式表示。

$$N_{rt} = 2D_r / V_{rt} H_{rt}^* \quad (3-29)$$

(三) 多種不同車輛容量於多路線多時段之混合車隊模式

於單一路線當不同時段之需求差距非常大時，使用多種不同容量車型營運將有助益於總成本之降低，因此值得考慮嘗試於多條路線使用多種車輛容量營運（大車用於高需求時段，小車用於低需求時段）。r 條路線、t 個時段，車輛容量 (S_s) 之混合車隊總成本可表示如 (3-30) 式所示。

$$C_{rts} = [2D_rG_{rt}(a + bS_s)/V_{rt}S_s] + V_wS_sQ_{rt}/G_{rt} + 2V_wQ_{rt}d_r/V_{rt} \quad (3-30)$$

而多路線多需求時段之公車系統總成本可表示如 (3-31) 式所示

$$\begin{aligned} TC &= C_p + \sum_r \sum_t \sum_s C_{rts} \\ &= C_p + \sum_{r=1}^n \sum_{t=1}^m \sum_{s=1}^k \{ [2D_rG_{rt}(a + bS_s)/V_{rt}S_s] + V_wS_sQ_{rt}/G_{rt} + 2V_wQ_{rt}d_r/V_{rt} \} \end{aligned} \quad (3-31)$$

最佳公車容量 (S^*) 為使所有時段總成本 (TC) 最小之公車容量，最適發車間距及營運車隊數可由 (3-28) 及 (3-29) 式獲得。

3.3 模式尋優求解

本節針對構建出的混合車隊最佳化模式，提出一套尋優求解程序試以合理有效之方法決定混合車隊營運最適車輛容量組合、發車間距及所需車隊規模，且亦提供混合車輛派遣於各路線各時段之分派原則。

3.3.1 不同車輛容量之需求界限

在一般公車營運之概念上，大車應使用於高需求時段，小車應使用於低需求時段。如兩種特定車輛容量使用於單一路線或多條路線，會有某個範圍適合使用大車，某個範圍適合使用小車，因此本論文嘗試推導不同車輛容量之分派需求界限。於推導不同車輛容量之分派需求界限前，先假設

同時有兩種車型容量於特定時間在一路線上營運，則兩種不同容量車型營運之總成本可以 (3-32) 式與 (3-33) 式所示。

$$C_{S_1} = 2DG(a + bS_1)/VS_1 + V_w S_1 Q/G + 2V_v Qd_r/V \quad (3-32)$$

$$C_{S_2} = 2DG(a + bS_2)/VS_2 + V_w S_2 Q/G + 2V_v Qd_r/V \quad (3-33)$$

而當 (3-32) 式等於 (3-33) 式時，亦為這兩種容量之車輛在此路線營運之成本相同，然後將與需求有關之變數整理置於式子左側，即可得 (3-34) 式。

$$G^2 D/QV = V_w S_1 S_2 / 2a \quad (3-34)$$

如此，透過 (3-34) 式若已知兩種車輛容量 S_1 、 S_2 及乘客等車時間價值 V_w 與公車營運成本中之固定成本係數 a ，即可得出臨界需求因子 $G^2 D/QV$ 之數值。藉由比較任一路線任一時段之 $G^2 D/QV$ 及其臨界需求 $V_w S_1 S_2 / 2a$ ，可知任一路線於每一時段該如何選擇大車或小車來營運。

3.3.2 混合車隊最佳化求解過程

決定混合車隊最佳車容量組合、發車間距及車隊規模如下程序所示：

1. 找出各路線各時段的需求量及最大乘客需求數。
2. 將各路線各時段的需求量及最大乘客需求數代入 (3-16) 式以找出可供選擇車輛容量組合。
3. 依序以所有可能之各車輛容量組合求出相對應之系統總成本。
4. 各車輛容量組合透過 (3-34) 式決定大車與小車間之旅客分派需求界限。
5. 各車輛容量組合可透過 (3-28) 式找出各路線各時段之發車間距。
6. 各車輛容量組合可透過 (3-5) ~ (3-7) 式決定混合車隊於各路線所需提供之車隊規模。
7. 各車輛容量組合將參變數代入 (3-31) 式可計算多條路線多時段之系統總成本。
8. 比較各車輛容量組合之系統總成本以得到系統總成本最小之最佳車輛容量組合。
9. 最佳車輛容量組合可透過 (3-28) 式找出最佳發車間距及 (3-29) 式得到所需車隊規模數。

3.4 簡例驗證

為測試混合車隊模式及其實施營運之適用時機以驗證其可行性，本論文將透過一簡例來解釋說明之，並敘述說明其分析之結果。

3.4.1 簡例設計

本論文假設四條路線(A、B、C、D)營運資料，包括了路線距離、速度、需求運量及最大乘客數資料(如表所示)，然後依序根據不同路線數目逐步進行車隊混合營運以瞭解系統總成本之增減情況以得知混合車隊營運是否可行，最後，簡例驗證之參數值列於表 3.2、3.3 所示。

表 3.2 簡例路線營運資料表

路線 編號	路線 距離 km	平均速度 (km/hr)			乘客需求 (pass/hr)			最大乘客數 (pass/hr)		
		尖峰	中峰	離峰	尖峰	中峰	離峰	尖峰	中峰	離峰
A	30	20	25	30	2,250	1,305	611	930	530	235
B	20	20	25	30	750	550	400	280	230	160
C	25	20	25	30	1,184	873	486	430	312	186
D	28	20	25	30	1,800	950	575	850	350	190

表 3.3 簡例驗證相關參數表

參數符號	單位
購車及維修成本 (C_p)	60+5S (元/小時)
購車及維修成本之固定成本 (c)	60(元/車小時)
購車及維修成本之變動成本 (e)	5(元/車小時)
公車單位時間營運成本 (B)	500+5S(元/車小時)
公車營運成本中之固定成本 (a)	500(元/車小時)
公車營運成本中之變動成本 (b)	5(元/車小時)
乘客等車時間價值 (V_w)	217(元/人小時)

3.4.2 尋優求解

在尋優求解程序中，本論文透過 Matlab 6.5 軟體撰寫程式進行求解，並依序探討一條路線、二條路線、三條路線及四條路線，進行混合車隊營運情境分析，各路線尋優求解程序如下：

(一)一條路線

1. 透過表得知 A 路線尖、中、離峰的需求量及最大乘客需求數。
2. 將 A 路線尖、中、離峰的需求量代入 (3-16) 式可依序找出尖、中、

離峰最適之車輛容量 (52,35,20)，因此可供選擇最適車輛容量之組合有 (20,35)、(20,52)、(35,52)三種。

- 依序以 (20,35)、(20,52)、(35,52)三種車輛容量組合求出相對應之系統總成本。
- (20,35)、(20,52)、(35,52)三種組合可透過 (3-34) 式決定大車與小車間之旅客分派需求界限。
- (20,35)、(20,52)、(35,52)三種組合可透過 (3-28) 式分別找出 A 路線尖、中、離峰之發車間距。
- (20,35)、(20,52)、(35,52)三種組合可透過 (3-5) ~ (3-7) 式可分別決定混合車隊於 A 路線之車隊規模，進一步亦能得出所需大車小車之購車及維修成本。
- (20,35)、(20,52)、(35,52)三種組合可透過 (3-31) 式依序可得 A 路線之營運者、使用者等車時間成本加總之系統總成本(807,820, 777,210, 786,320)，最後再與購車及維修成本加總即得包括購車及維修成本之系統總成本 (1,407,600, 1,330,200, 1,517,800)。
- 比較 (20,35)、(20,52)、(35,52)三種組合之系統總成本可得到使系統總成本最小之最佳車輛容量組合為(20,52)。
- (20,52)可透過 (3-28) 式找出尖、中、離峰之最佳發車間距 (3,4,5) 及透過 (3-29) 式得到所需大車 60 輛及小車 24 輛。

(二)二條路線

- 透過表得知 A、B 兩路線尖、中、離峰的需求量及最大乘客需求數。
- 將 A、B 兩路線尖、中、離峰的需求量代入 (3-16) 式可依序找出各路線於尖、中、離峰最適之車輛容量，因此兩路線三時段可供選擇最適車輛容量之組合有 $C_2^6 = 15$ 種。
- 依序以 15 種車輛容量組合求出相對應之系統總成本。
- 15 種組合可透過 (3-34) 式決定大車與小車間之旅客分派需求界限。
- 15 種組合可透過 (3-28) 式分別找出 A、B 兩路線尖、中、離峰之發車間距。
- 15 種組合可透過 (3-5) ~ (3-7) 式可分別決定混合車隊於 A、B 兩路線之車隊規模，進一步亦能得出所需大車小車之購車及維修成本。
- 15 種組合可透過 (3-31) 式依序可得 A、B 兩路線之營運者、使用者等車時間成本加總之系統總成本，最後再與購車及維修成本加總即得包括購車及維修成本之系統總成本。
- 比較 15 種組合之系統總成本可得到使系統總成本最小之最佳車輛容量組合為(20,52)。
- (20,52)可透過 (3-28) 式分別找出於 A、B 路線之尖、中、離峰之最

佳發車間距 (3,4,5)、(4,5,5) 及透過 (3-29) 式得到所需大車 60 輛及小車 30 輛。

(三)三條路線

1. 透過表得知 A、B、C 三路線尖、中、離峰的需求量及最大乘客需求數。
2. 將 A、B、C 三路線尖、中、離峰的需求量代入 (3-16) 式可依序找出各路線於尖、中、離峰最適之車輛容量，因此三路線三時段可供選擇最適車輛容量之組合有 $C_2^9 = 36$ 種。
3. 依序以 36 種車輛容量組合求出相對應之系統總成本。
4. 36 種組合可透過 (3-34) 式決定大車與小車間之旅客分派需求界限。
5. 36 種組合可透過 (3-28) 式分別找出 A、B、C 三路線尖、中、離峰之發車間距。
6. 36 種組合可透過 (3-5) ~ (3-7) 式可分別決定混合車隊於 A、B、C 三路線之車隊規模，進一步亦能得出所需大車小車之購車及維修成本。
7. 36 種組合可透過 (3-31) 式依序可得 A、B、C 三路線之營運者、使用者等車時間成本加總之系統總成本，最後再與購車及維修成本加總即得包括購車及維修成本之系統總成本。
8. 比較 36 種組合之系統總成本可得到使系統總成本最小之最佳車輛容量組合為(22,52)。
9. (22,52)可透過 (3-28) 式分別找出於 A、B、C 三路線之尖、中、離峰之最佳發車間距 (3,4,5)、(4,5,5)、(3,4,5) 及透過 (3-29) 式得到所需大車 60 輛及小車 80 輛。

(四)四條路線

1. 透過表得知 A、B、C、D 四路線尖、中、離峰的需求量及最大乘客需求數。
2. 將 A、B、C、D 四路線尖、中、離峰的需求量代入 (3-16) 式可依序找出各路線於尖、中、離峰最適之車輛容量，因此四路線三時段可供選擇最適車輛容量之組合有 $C_2^{12} = 66$ 種。
3. 依序以 66 種車輛容量組合求出相對應之系統總成本。
4. 66 種組合可透過 (3-34) 式決定大車與小車間之旅客分派需求界限。
5. 66 種組合可透過 (3-28) 式分別找出 A、B、C、D 四路線尖、中、離峰之發車間距。
6. 66 種組合可透過 (3-5) ~ (3-7) 式可分別決定混合車隊於 A、B、C、D 四路線之車隊規模，進一步亦能得出所需大車小車之購車及維修成本。

7. 66 種組合可透過 (3-31) 式依序可得 A、B、C、D 四路線之營運者、使用者等車時間成本加總之系統總成本，最後再與購車及維修成本加總即得包括購車及維修成本之系統總成本。
8. 比較 66 種組合之系統總成本可得到使系統總成本最小之最佳車輛容量組合為(22,51)。
9. (22,51)可透過 (3-28) 式分別找出於 A、B、C、D 四路線之尖、中、離峰之最佳發車間距 (3,4,5)、(4,5,5)、(3,4,5)、(3,3,5) 及透過 (3-29) 式得到所需大車 116 輛及小車 95 輛。

3.4.3 分析結果

本論文將一條路線、二條路線、三條路線及四條路線之分析結果，整理如表 3.4-8 所示。

(一)一條路線

(20,52)為混合車隊營運之最適車輛容量組合，能使一天系統總成本最低，但相較於以車容量 52 人之單一車隊系統總成本，因為購車及維修成本過高之緣故，混合車隊系統總成本會較單一車隊營運偏高，因此可知單一路線情境可能不適合實施混合車隊策略。

(二)二條路線

在多增加一條 B 路線後，(20,52)仍為混合車隊營運之最適車輛容量組合，其一天系統總成本亦較其他車型容量組合較低，此由於兩條路線尖離峰需求有明顯差異，車輛資源於不同時段因可供彈性派遣彼此共享大車小車，不僅於營運者成本及使用者成本都能獲得降低，購車及維修成本亦可獲得節省，因此可知兩條路線情境可能適合實施混合車隊策略。

(三)三條路線

除了 A、B 兩路線外，再加入 C 路線藉以評估三條路線實施混合車隊策略之可行性。C 路線需求量因介於另外兩路線之間且較接近 B 路線之需求量，透過簡例測試後，(22,52)為混合車隊營運之最適車輛容量組合，其結果與前例二條路線混合車隊營運狀況相同可因不同路線間需求明顯變異狀況而彈性調整車輛服務策略，一天之營運者成本及使用者成本有可能獲得降低，且由於增加小車使用時機以至於大車與小車間購車及維修成本能獲得均衡，因此可知三條路線情境有可能適合實施混合車隊策略。

(四)四條路線

持續加入 D 路線藉以評估四條路線實施混合車隊策略之可行性及多條路線實施混合車隊之通則。D 路線尖峰需求量偏向高需求，中鋒及離峰需求量偏向低需求，透過簡例測試後，(22,51)為混合車隊營運之最適車輛容量組合，其一天之營運者成本及使用者成本降低，且由於適度增加大車及小車使用率以達到大車與小車間購車及維修成本均衡及系統總成本減

少之情況，因此可知四條路線情境有可能適合實施混合車隊策略。

最後，本論文於簡例驗證後發現，再根據不同路線數目逐步地進行車隊混合營運，探討一天系統總成本之增減情況，發現多路線尖離峰需求差異明顯皆有適合實施混合車隊策略時機，理由為適度增加使用大車及小車比率以達到大車與小車間購車及維修成本均衡，此不僅有助於節省系統總成本，亦可提升整體台中公車系統之服務品質。

表 3.4 簡例分析綜合歸納表

路線數	可供選擇之車輛容量組合	最佳車輛容量組合	系統總成本 (有加購車及 維修成本) \$/hr	系統總成本 之差異 \$/hr	混合車隊 可行性
一條路線 A	$C_2^3 = 3$	(20,52)	1,330,200	+77,100 (52,52)	不可行
二條路線 A B	$C_2^6 = 15$	(20,52)	1,810,100	-14,400 (22,52)	可行
三條路線 A B C	$C_2^9 = 36$	(22,52)	2,533,700	-91,200 (30,35)	可行
四條路線 A B C D	$C_2^{12} = 66$	(22,51)	3,733,400	-2,284 (51,51)	可行

表 3.5 一條路線簡例分析結果表

路線編號	各時段最適車輛容量(S) 人/車		
	尖峰	中峰	離峰
A	52	35	20

車容量組合	路線編號	各時段需求量(車輛容量,S) 人/車			班車間距(H)分鐘			車隊規模(N)輛		
		尖峰	中峰	離峰	尖峰	中峰	離峰	尖峰	中峰	離峰
(20,52)	A	2,250 (52 人)	1,305 (52 人)	611 (20 人)	3	4	5	60	36	24

車容量組合	營運者成本 (Co) 元/天	使用者等車時間成本 (Cu) 元/天	購車及維修成本 (Cp) 元/天	系統總成本(元/天) (未加購車及維修 成本)	系統總成本(元/天) (有加購車及維修 成本)
(20,52)	473,280(1)	303,930(4)	552,960(2)	777,210(1)	1,330,200(2)
(35,52)	509,100(3)	277,220(3)	731,520(5)	786,320(2)	1,517,800(4)
(20,35)	574,200(4)	233,620(2)	599,760(3)	807,820(4)	1,407,600(3)
(20,20)	849,600(5)	163,310(1)	691,200(4)	1,012,900(5)	1,704,100(5)
(52,52)	477,280(2)	314,980(5)	460,800(1)	792,260(3)	1,253,100(1)

路線編號	各時段最適車輛容量(S) 人/車		
	尖峰	中峰	離峰
A	52	35	20
B	22	19	14

表 3.6 二條路線簡例分析結果表

車容量組合	路線編號	各時段需求量(車輛容量,S) 人/車			班車間距(H)分鐘			車隊規模(N)輛		
		尖峰	中峰	離峰	尖峰	中峰	離峰	尖峰	中峰	離峰
(20,52)	A	2,250 (52 人)	1,305 (52 人)	611 (20 人)	3	4	5	60	36	24
	B	750 (20 人)	550 (20 人)	400 (20 人)	4	5	5	30	20	16

車容量組合	營運者成本 (Co) 元/天	使用者等車時間成本 (Cu) 元/天	購車及維修成本 (Cp) 元/天	系統總成本(元/天) (未加購車及維修 成本)	系統總成本(元/天) (有加購車及維修 成本)
(20,52)	689,280(1)	506,460(5)	614,400(1)	1,195,700(1)	1,810,100(1)
(22,52)	694,080(2)	506,460(5)	624,000(2)	1,200,500(2)	1,824,500(2)
(19,52)	723,770(4)	506,460(5)	631,920(3)	1,230,200(4)	1,862,100(4)
(35,52)	729,150(5)	524,740(9)	844,320(9)	1,253,900(5)	2,098,200(8)
(20,35)	790,200(6)	473,910(2)	661,200(5)	1,264,100(6)	1,925,300(5)
(22,35)	795,000(7)	473,910(2)	670,800(6)	1,268,900(7)	1,939,700(6)
(19,35)	824,690(8)	473,910(2)	678,720(7)	1,298,600(8)	1,977,300(7)
(52,52)	700,720(3)	508,110(8)	645,120(4)	1,208,800(3)	1,853,900(3)
(20,20)	1,065,600(9)	322,440(1)	806,400(8)	1,388,000(9)	2,194,400(9)

台中市高潛力公車之混合車隊營運規劃分析

路線編號	各時段最適車輛容量(S) 人/車		
	尖峰	中峰	離峰
A	52	35	20
B	22	19	14
C	30	23	17

表 3.7 三條路線簡例分析結果表

車容量組合	路線編號	各時段需求量(車輛容量,S) 人/車			班車間距(H)分鐘			車隊規模(N)輛		
		尖峰	中峰	離峰	尖峰	中峰	離峰	尖峰	中峰	離峰
(22,52)	A	2,250 (52 人)	1,305 (52 人)	611 (22 人)	3	4	5	60	36	24
	B	750 (22 人)	550 (22 人)	400 (22 人)	4	5	5	30	20	16
	C	1,184 (22 人)	873 (22 人)	486 (22 人)	3	4	5	50	30	21

車容量組合	營運者成本 (Co) 元/天	使用者等車時間成本 (Cu) 元/天	購車及維修成本 (Cp) 元/天	系統總成本(元/天) (未加購車及維修 成本)	系統總成本(元/天) (有加購車及維修 成本)
(22,52)	1,026,530 (3)	719,950 (5)	787,200 (1)	1,746,500 (1)	2,533,700 (1)
(30,52)	1,038,450 (4)	728,740 (6)	954,720 (5)	1,767,200 (2)	2,721,900 (4)
(35,52)	1,018,725 (2)	772,280 (8)	979,680 (8)	1,791,000 (4)	2,770,700 (7)
(22,35)	1,108,050 (6)	687,400 (2)	970,800 (6)	1,795,500 (5)	2,766,300 (6)
(23,35)	1,112,175 (8)	687,400 (2)	978,120 (7)	1,799,600 (6)	2,777,700 (8)
(30,35)	1,108,650 (7)	696,190 (4)	820,080 (2)	1,804,800 (7)	2,624,900 (2)
(17,52)	1,081,575 (5)	737,080 (7)	924,360 (4)	1,818,700 (8)	2,743,000 (5)
(52,52)	1,002,440 (1)	772,770 (9)	875,520 (3)	1,775,200 (3)	2,650,700 (3)
(22,22)	1,415,810 (9)	518,810 (1)	1,060,800 (9)	1,934,600 (9)	2,995,400 (9)

台中市高潛力公車之混合車隊營運規劃分析

路線編號	各時段最適車輛容量(S) 人/車		
	尖峰	中峰	離峰
A	52	35	20
B	22	19	14
C	30	23	17
D	51	26	16

表 3.8 四條路線簡例分析結果表

車容量組合	路線編號	各時段需求量(車輛容量,S) 人/車			班車間距(H)分鐘			車隊規模(N)輛		
		尖峰	中峰	離峰	尖峰	中峰	離峰	尖峰	中峰	離峰
(22,51)	A	2,250 (51 人)	1,305 (51 人)	611 (22 人)	3	4	5	60	36	24
	B	750 (22 人)	550 (22 人)	400 (22 人)	4	5	5	30	20	16
	C	1,184 (22 人)	873 (22 人)	486 (22 人)	3	4	5	50	30	21
	D	1,800 (51 人)	950 (22 人)	575 (22 人)	3	3	5	56	45	23

車容量組合	營運者成本 (Co) 元/天	使用者等車時間成本 (Cu) 元/天	購車及維修成本 (Cp) 元/天	系統總成本(元/天) (未加購車及維修 成本)	系統總成本(元/天) (有加購車及維修 成本)
(22,51)	1,482,760(4)	986,050(2)	1,264,560(1)	2,468,800(4)	3,733,400(1)
(30,51)	1,421,520(2)	1,022,300(4)	1,506,960(4)	2,443,800(1)	3,950,800(4)
(35,52)	1,423,840(3)	1,022,300(4)	1,520,880(5)	2,446,200(2)	3,967,000(5)
(22,52)	1,486,520(5)	986,050(2)	1,278,480(2)	2,472,600(5)	3,751,000(3)
(51,51)	1,399,770(1)	1,050,714(6) ³⁵	1,285,200(3)	2,450,484(3)	3,735,684(2)
(22,22)	2,115,480(6)	679,300(1)	1,746,240(6)	2,794,800(6)	4,541,000(6)

第四章 路線調查

本節係對本論文研究前述所建立之混合車隊模型進行數值分析，而數值分析所需數據資料將透過路線起訖點運量調查得知，而本次路線調查乃利用台中市政府令統聯客運公司作高潛力公車評鑑而所做之調查。

4.1 路線起訖點運量之調查

由起訖點分佈情形可知該路線之最大承載區間最大承載量及旅次長度等資料。最大承載量是決定所應提供路線容量及路線最大班次的主要因素。而旅次長度與公車容量具有密切的關係，如運量相同之路線，其乘客旅次長度長者，所需車輛容量將比旅次長度短者為大，否則必須增加班次以避免車內乘客擁擠。此部分分別對調查方式、調查時段分述如下：

4.1.1 調查方式

調查進行方式是採取隨車調查方式，分別於該班次車輛之前後門各配置一名紀錄員。於乘客上車時，由前門記錄員發給其號碼牌，並同時紀錄其上車站名；而於乘客下車時，則由後門記錄員收回其號碼牌，並同時紀錄其下車站名。

4.1.2 調查時段

調查時段是自 6 月 25 日進行至 7 月 8 日。雖各線之營運時間為 24 小時，但考量調查員之人力及其安全，遂將每日調查之起訖時間點訂為 06:00~24:00。此外，每天各路線進行 15 趟次（共計 30 班次）之調查工作，故一週各路線調查總班次達 105 趟次。且每趟次調查間距皆維持在 30 分鐘左右，而所有調查人員皆從統聯朝馬轉運站（發車站）上車。茲歸納整理如表 4.1、4.2、4.3、4.4 所示。

表 4.1 高潛力公車之調查趟次表（紅線）

日期	一	二	三	四	五	六	日
調查之班次時刻 (統聯朝馬站)	6:30	6:40	6:50	7:00	7:10	10:00	11:00
	7:20	7:30	7:40	7:50	8:00	12:00	13:00
	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	14:00	15:00
	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	16:05	17:05
	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	18:00	19:00
	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	20:00	21:00
	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15	22:00	23:00
	14:30	14:45	15:00	15:15	15:25		
	15:35	15:45	15:55	16:05	16:15		
	16:25	16:35	16:45	16:55	17:05		
	17:15	17:25	17:35	17:45	18:00		
	18:15	18:30	18:45	19:00	19:15		
	19:30	19:45	20:00	20:15	20:30		
	20:45	21:00	21:15	21:30	21:45		
	22:00	22:15	22:30	22:45	23:00		

表 4.2 高潛力公車之調查趟次表（橘線）

日期	一	二	三	四	五	六	日
調查之趟次時刻 (統聯朝馬站)	6:30	6:40	6:50	7:00	7:10	10:13	11:13
	7:20	7:30	7:40	7:50	8:00	12:13	13:13
	8:13	8:28	8:43	8:58	9:13	14:13	15:13
	9:28	9:43	9:58	10:13	10:28	16:05	17:05
	10:43	10:58	11:13	11:28	11:43	18:13	17:13
	11:58	12:13	12:28	12:43	12:58	20:13	21:13
	13:13	13:28	13:43	13:58	14:13	22:13	23:00
	14:28	14:43	14:58	15:13	15:25		
	15:35	15:45	15:55	16:05	16:15		
	16:25	16:35	16:45	16:55	17:05		
	17:15	17:25	17:35	17:45	17:58		
	18:13	18:28	18:43	18:58	19:13		
	19:28	19:43	19:58	20:13	20:28		
	20:43	20:58	21:13	21:28	21:43		
	21:58	22:13	22:28	22:43	23:00		

表 4.3 高潛力公車之調查趟次表（黃線）

日期	一	二	三	四	五	六	日
調查之趟次時刻 (統聯朝馬站)	6 : 45	6 : 55	7 : 05	7 : 15	7 : 25	10 : 02	11 : 02
	7 : 35	7 : 45	7 : 55	8 : 05	8 : 17	12 : 02	13 : 02
	8 : 32	8 : 47	9 : 02	9 : 17	9 : 32	14 : 02	15 : 10
	9 : 47	10 : 02	10 : 17	10 : 32	10 : 47	16 : 00	17 : 00
	11 : 02	11 : 17	11 : 32	11 : 47	12 : 02	18 : 02	19 : 02
	12 : 17	12 : 32	12 : 47	13 : 02	13 : 17	20 : 02	21 : 02
	13 : 32	13 : 47	14 : 02	14 : 17	14 : 32	22 : 02	23 : 00
	14 : 47	14 : 58	15 : 10	15 : 20	15 : 30		
	15 : 40	15 : 50	16 : 00	16 : 10	16 : 20		
	16 : 30	16 : 40	16 : 50	17 : 00	17 : 10		
	17 : 20	17 : 30	17 : 40	17 : 50	18 : 02		
	18 : 17	18 : 32	18 : 47	19 : 02	19 : 17		
	19 : 32	19 : 47	20 : 02	20 : 17	20 : 32		
	20 : 47	21 : 02	21 : 17	21 : 32	21 : 47		
	22 : 02	22 : 17	22 : 32	22 : 47	23 : 00		

表 4.4 高潛力公車之調查趟次表（藍線）

日期	一	二	三	四	五	六	日
調查之趟次時刻 (統聯朝馬站)	6 : 45	6 : 55	7 : 05	7 : 15	7 : 25	10 : 00	11 : 00
	7 : 35	7 : 45	7 : 55	8 : 05	8 : 15	12 : 00	13 : 00
	8 : 30	8 : 45	9 : 00	9 : 15	9 : 30	14 : 00	15 : 00
	9 : 45	10 : 00	10 : 15	10 : 30	10 : 45	16 : 00	17 : 00
	11 : 00	11 : 15	11 : 30	11 : 45	12 : 00	18 : 00	19 : 00
	12 : 15	12 : 30	12 : 45	13 : 00	13 : 15	20 : 00	21 : 00
	13 : 30	13 : 45	14 : 00	14 : 15	14 : 30	22 : 00	23 : 00
	14 : 45	15 : 00	15 : 10	15 : 20	15 : 30		
	15 : 40	15 : 50	16 : 00	16 : 10	16 : 20		
	16 : 30	16 : 40	16 : 50	17 : 00	17 : 10		
	17 : 20	17 : 30	17 : 40	17 : 50	18 : 00		
	18 : 15	18 : 30	18 : 45	19 : 00	19 : 15		
	19 : 30	19 : 45	20 : 00	20 : 15	20 : 30		
	20 : 45	21 : 00	21 : 15	21 : 30	21 : 45		
	22 : 00	22 : 15	22 : 30	22 : 45	23 : 00		

4.2 路線起訖點運量之調查成果

本節係對本論文所做路線起訖點運量調查資料依據各路線營運特性分析歸納成高潛力公車四線之各站上下車之乘客總量分析表，並據以求得各路線各時段之乘客需求量與最大乘客數。

4.2.1 各站上下車之乘客總量分析

以下分別就各線（紅、橘、藍、黃）調查分析結果歸納如表 4.5、4.6、4.7、4.8，由表中數據可知各路沿線各站上下車乘客量之次數。

由表 4.5 可知，紅線於平常日以『忠明國小』、『公益公園』及『宜寧中學』等站上下乘客之次數與百分比最多。至於在假日則以『統聯朝馬站』、『朝馬』、『何厝國小』與『忠明國小』等站上下乘客之次數與百分比最多。歸納上述可發現，平常日及假日皆以學校、住宅區為起訖運量較為集中之地區。此外，於假日，前往或離開統聯朝馬站之轉乘旅客比例大幅增加，顯示高潛力公車實肩負有接駁轉乘之功能。

由表 4.6 可知，橘線於平常日與假日皆以『統聯朝馬站』、『新光三越』、『廣三 SOGO』及『健行路口』等站上下乘客之次數與百分比最多。歸納上述可發現，前往或離開統聯朝馬站之轉乘旅客佔有一定比例，顯示高潛力公車實肩負有接駁轉乘之功能。此外，遊憩地點、購物商場亦為起訖運量較為集中之地區。

由表 4.7 可知，藍線於平常日及假日以『統聯朝馬站』、『新光三越』、『中興大學』、『台中車站』及『台中技術學院』等站上下乘客之次數與百分比最多。歸納上述可發現，前往或離開統聯朝馬站之轉乘旅客佔有一定比例，顯示高潛力公車實肩負有接駁轉乘之功能。此外，學校、住宅區、車站、遊憩地點、購物商場亦為起訖運量較為集中之地區。

由表 4.8 可知，黃線於平常日以『統聯朝馬站』、『東光公司』、『台中女中』、『台中車站』、『干城』及『立體停車場』等站上下乘客之次數與百分比最多。至於在假日則以『統聯朝馬站』、『朝馬』、『台中車站』與『干城』等站上下乘客之次數與百分比最多。歸納上述可發現，前往或離開統聯朝馬站之轉乘旅客佔有一定比例，顯示高潛力公車實肩負有接駁轉乘之功能。此外，學校、車站亦為起訖運量較為集中之地區。

表 4.5 紅線各站上下車之乘客總量分析表（次數）

紅線	平常日上站次數	平常日下站次數	假日上站次數	假日下站次數
統聯朝馬站	369	315	189	161
潮洋里	18	0	0	5
朝富路口	9	36	5	0
朝馬	189	315	170	138
中港路口	45	27	23	0
三信商銀	171	198	124	106
青海路	189	189	46	92
後備司令部	45	63	5	0
玩具反斗城	135	207	28	64
何厝國小	225	144	143	60
漢口國中	99	126	101	97
頂何厝	99	117	32	37
忠明國小	729	693	129	138
精誠七街口	171	207	78	51
公益公園	522	360	106	83
向上路口	405	261	97	106
土庫停車場	306	117	55	87
五權西路口	324	234	51	106
大勇國小	270	279	32	83
崇倫國中	261	171	51	87
三民西路口	171	90	14	41
和平里	171	171	60	60
和平國小	117	45	37	28
宜寧中學	486	891	124	64
台中高工	18	45	0	37
樹義里	126	234	55	41
樹德技院	54	99	14	23
大慶車站	72	261	18	32
建國南路	144	117	64	32
德祥街口	54	36	14	0
東興路	63	9	23	28
合計	6,057	6,057	1,891	1,891

表 4.6 橘線各站上下車之乘客總量分析表（次數）

橘線	平常日上站次數	平常日下站次數	假日上站次數	假日下站次數
統聯朝馬站	903	735	455	266
潮洋里	21	11	5	9
朝富路口	63	11	32	0
朝馬	378	410	333	248
教師新村	179	158	14	72
新光三越	1,134	672	446	428
惠來里	11	126	0	36
文心路口	210	147	81	14
何厝	126	116	50	36
頂何厝	242	305	41	72
忠明國小	273	378	171	113
廣三 SOGO	945	1,103	509	401
忠明高中	431	494	189	140
科博館	452	557	45	225
健行國小	242	389	113	104
七信銀行	242	294	99	117
健行路口	998	735	230	311
德化街口	294	137	54	72
大進社區	242	263	27	63
崇德橋	315	284	63	32
聖德寶宮	378	441	144	140
文心路口	378	483	158	162
昌平路口	284	347	86	108
四維國小	179	294	117	81
大坑口	462	462	126	117
平田里	158	158	104	171
北新國中	221	252	104	81
舊社公園	200	305	117	117
打卡站	336	231	27	203
合計	10,290	10,290	3,933	3,933

表 4.7 藍線各站上下車之乘客總量分析表（次數）

藍線	平常日上站次數	平常日下站次數	假日上站次數	假日下站次數
統聯朝馬站	1,926	705	824	482
福安里	0	43	9	14
工業住宅區	17	95	5	36
中港新城	155	172	72	45
澄清醫院	284	335	81	95
台中捐血中心	34	26	5	18
玉門路	9	26	0	0
普濟寺	17	60	14	14
懷恩中學	43	112	14	9
台中榮總	774	542	176	122
瑞聯天地	155	120	27	23
福安路口	86	9	14	0
安和路口	34	0	5	0
郵局	0	26	18	5
潮洋里	9	0	0	9
朝富路口	34	34	5	0
朝馬	507	473	203	311
教師新村	189	146	77	41
新光三越	1,256	946	810	374
惠來里	26	120	27	41
中港路口	86	189	23	50
市警局	163	249	27	41
健保局	181	215	23	59
市政路口	198	189	158	59
公益路口	499	671	131	225
大新國小	241	482	140	176
向心路口	344	550	252	153
南屯路口	533	714	176	180
豐樂公園	593	619	108	176
三民西路口	60	86	27	54
中山醫學院	516	267	77	68
特力屋	645	585	225	149
大慶街口	206	215	36	86
文心南路口	52	284	50	117
台中高工	430	516	149	171
工學一街口	163	146	63	68
僑泰工家	1,428	826	99	234
永和國宅	189	310	45	68
忠明南路口	198	507	45	99
美村南路口	258	292	41	149
中興大學	1,273	1,290	576	590
國光國小	473	559	81	189
正氣街口	482	275	104	99
第三市場	740	636	248	176
台中車站	3,732	4,472	1,755	2,021
千城	344	456	50	185
台中公園	69	69	9	14
台中圖書館	172	284	41	140
台中技術學院	1,978	1,892	1,269	1,044

表 4.7 藍線各站上下車之乘客總量分析表（次數）(續)

中友百貨	783	851	468	410
一心市場	241	129	59	54
莒光新城	198	206	41	41
合計	23,022	23,022	8,969	8,969

表 4.8 黃線各站上下車之乘客總量分析表（次數）

黃線	平常日上站次數	平常日下站次數	假日上站次數	假日下站次數
統聯朝馬站	1026	542	441	227
潮洋里	29	0	13	0
朝富路口	67	19	25	34
朝馬	618	0	374	349
市政路口	342	504	50	160
黎明國小	276	219	46	8
黎明新村	295	67	71	160
東光公司	542	903	168	139
天德宮	466	390	218	160
三厝里	238	456	67	76
永定里	304	371	71	88
南屯	295	200	134	139
萬和路口	219	371	50	80
文心南路口	466	266	84	143
東興路口	580	380	176	218
忠明南路口	352	466	80	80
美術館	580	361	244	273
文化中心	304	513	206	134
忠信國小	247	589	109	50
貴和林森停車場	190	333	113	76
地方法院	333	257	42	42
台中女中	1197	266	92	80
台中車站	3211	523	1302	1,163
千城	684	3,126	323	340
立體停車場	361	789	113	34
建成自由路口	162	295	34	63
樂業路口	428	333	50	118
育英國中	209	494	21	50
旱溪	10	95	13	21
長福公園	38	95	21	0
十甲北街口	67	190	13	42

表 4.8 黃線各站上下車之乘客總量分析表（次數）（續）

十甲路口	133	181	84	139
東英八街口	10	447	46	59
旱溪路口	10	181	13	8
東英路口	390	95	151	260
樂成公園	200	352	25	13
合計	15,029	15,029	5,162	5,162

4.2.2 模式變數求算

本節將上節整理之高潛力公車四線之各站上下車之乘客總量分析表(表 4.5、4.6、4.7、4.8)透過整理分析後，進而求算出混合車隊模式所需各路線各時段之乘客需求量與最大乘客數，如表 4.9-10 與圖 4.1-8 所示，然後再將各時段依據全天需求量分佈之特性進行分群，將平常日全天時段分為晨峰(6~8 時)、9~15 時、昏峰(16~19 時)、20~22 時等四群組，以利於混合車隊模式之實例驗證分析，如表 4.11 所示。



表 4.9 高潛力公車各線需求表

需求	6 時	7 時	8 時	9 時	10 時	11 時	12 時	13 時	14 時	15 時	16 時	17 時	18 時	19 時	20 時	21 時	22 時
紅	113	99	110	81	79	65	53	58	84	60	87	60	63	48	27	34	30
橘	84	109	155	116	105	136	140	157	122	166	181	208	177	153	122	93	81
藍	55	279	307	402	342	255	427	520	447	512	603	595	483	349	252	208	115
黃	110	183	181	189	275	220	226	216	234	266	384	287	169	123	108	99	95

表 4.10 高潛力公車各線 G 值表

G 值	6 時	7 時	8 時	9 時	10 時	11 時	12 時	13 時	14 時	15 時	16 時	17 時	18 時	19 時	20 時	21 時	22 時
紅	99	61	70	23	22	19	18	18	45	20	40	42	19	17	15	16	16
橘	60	67	75	44	45	59	61	65	53	80	97	104	86	75	60	42	40
藍	35	107	112	100	90	62	128	150	130	145	160	157	133	114	93	91	50
黃	88	104	102	90	55	43	74	71	76	90	111	94	67	50	42	36	34

表 4.11 時段分群 Q 值與 G 值

需求	6~8 時	9~15 時	16~19 時	20~22 時	G 值	6~8 時	9~15 時	16~19 時	20~22 時
紅	107	69	65	30	紅	77	24	30	16
橘	116	135	180	99	橘	67	58	91	47
藍	214	415	508	192	藍	85	115	141	78
黃	158	232	241	101	黃	98	71	81	37

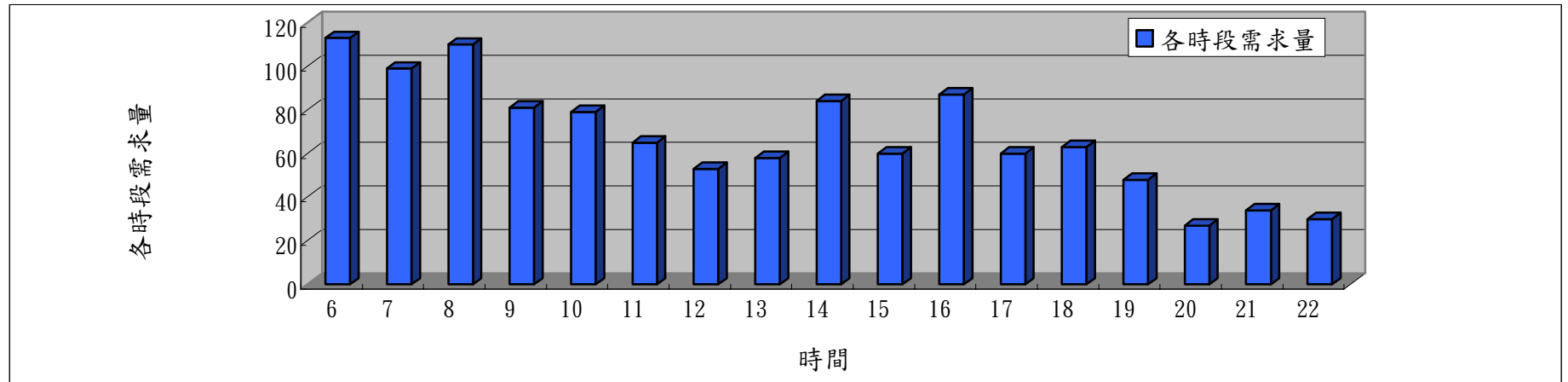


圖 4.1 紅線平常日需求量分佈圖

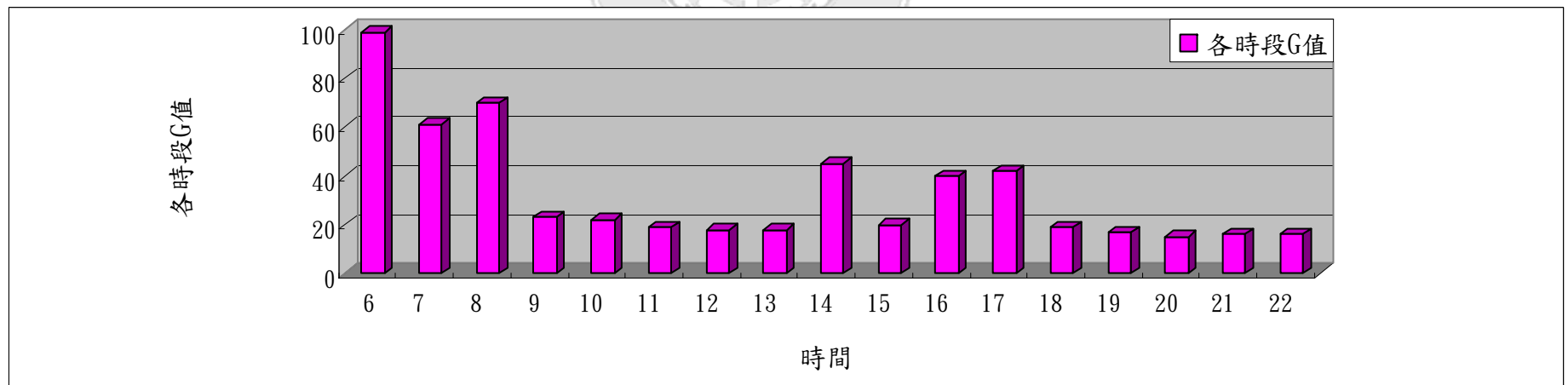


圖 4.2 紅線平常日 G 值分佈圖

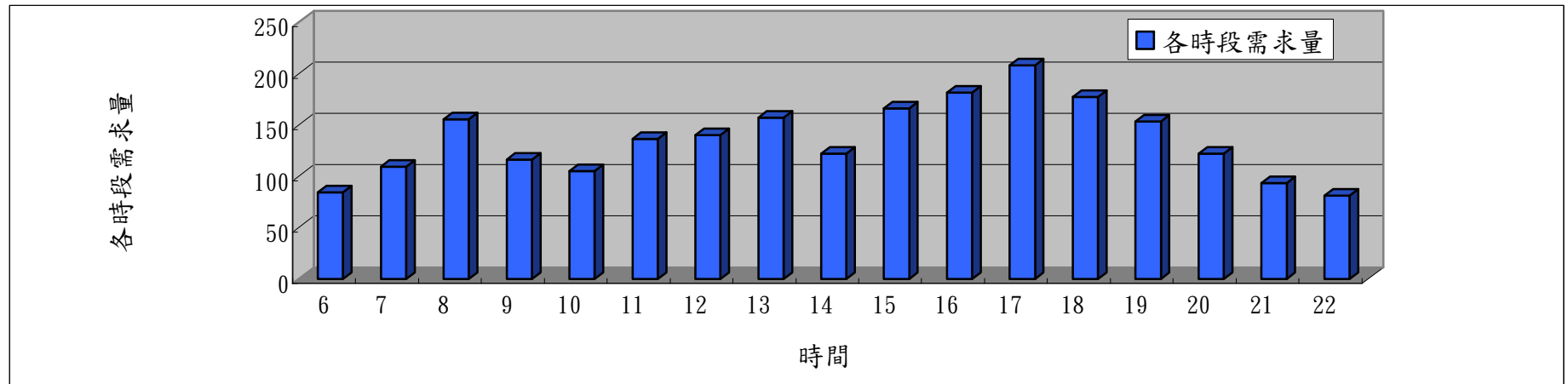


圖 4.3 橘線平常日需求量分佈圖

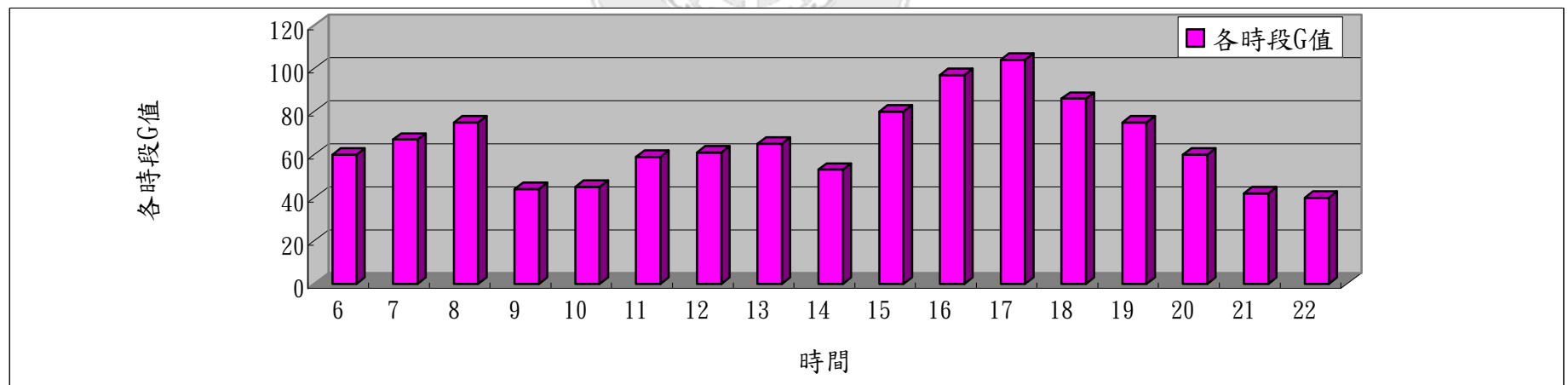


圖 4.4 橘線平常日 G 值分佈圖

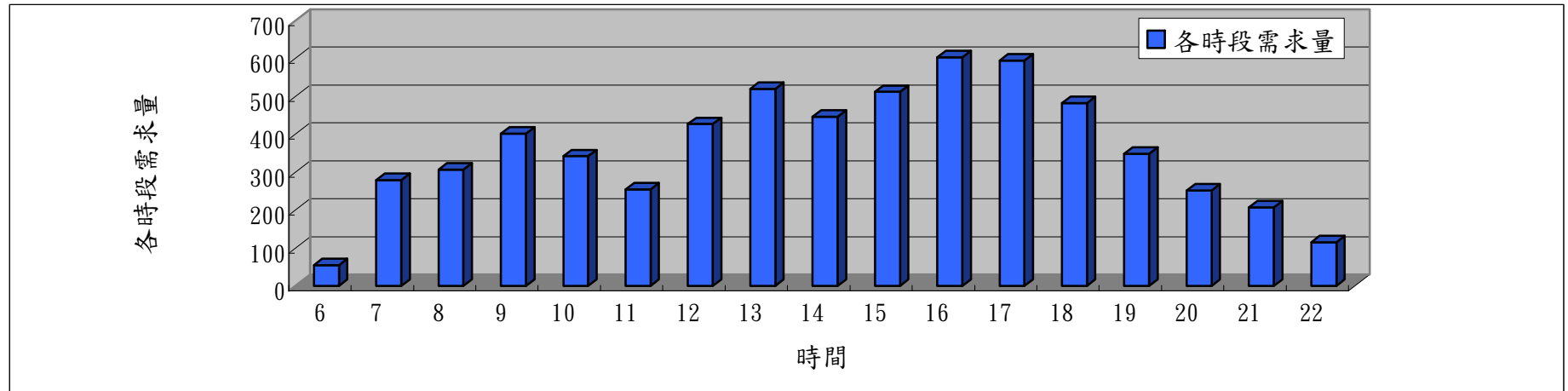


圖 4.5 藍線平常日需求量分佈圖

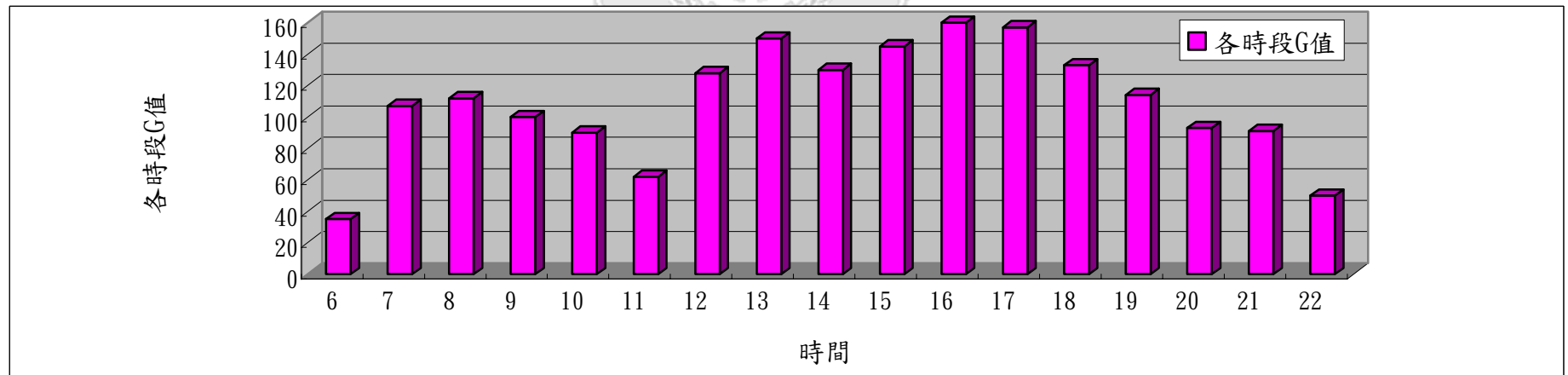


圖 4.6 藍線平常日 G 值分佈圖

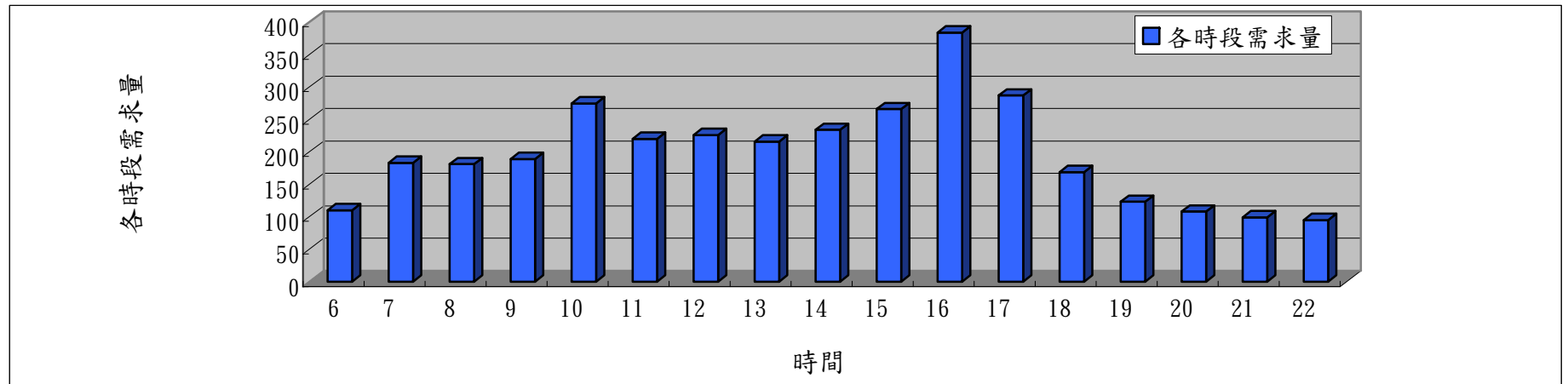


圖 4.7 黃線平常日需求量分佈圖

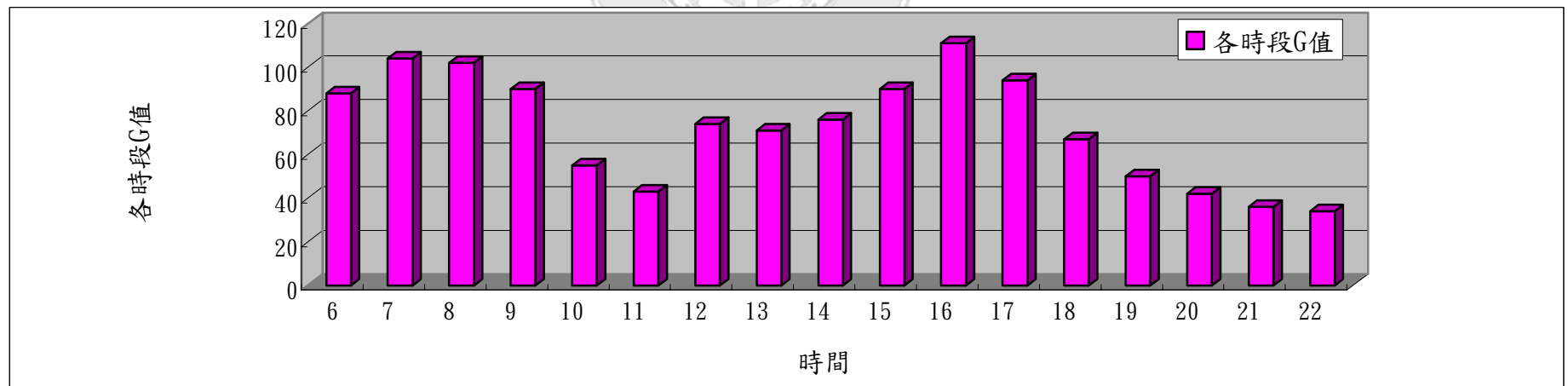


圖 4.8 黃線平常日 G 值分佈圖

第五章 實例分析

本章節將分為實例說明與混合車隊最佳化兩部分進行說明。

5.1 實例說明

本論文研究目的主要是想藉由混合車隊營運策略之規劃分析以提升台中市高潛力公車之服務水準，以使整體系統總成本能最低且高潛力公車能以最適車隊規模提供充分之運能於公車系統上，因此本章節為本論文之重點探討研究部分。

據現有資料來看，統聯客運公司所經營四條高潛力公車路線營運資料可分析整理成表 5.1 所示，其中除了公車平均速度，因應本論文需要為假設數值外，其他如路線距離、乘客需求及最大乘客數數值皆為實際營運資料。最後，於模式進行實例分析時，相關參數值沿用簡例驗證之參數值，詳列於表 5.2 所示。

表 5.1 高潛力公車四線營運資料表

路線 編號	路線 距離 km	平均速度 (km/hr)				乘客需求 (pass/hr)				最大乘客數 (pass/hr)			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
紅	13	20	25	20	30	107	69	65	30	77	24	30	16
橘	12	20	25	20	30	116	135	180	99	67	58	91	47
藍	23.5	20	25	20	30	214	415	508	192	85	115	141	78
黃	17	20	25	20	30	158	232	241	101	98	71	81	37

註:A(6~8 時)、B(9~15 時)、C(16~19 時)、D(20~22 時)

資料來源：本論文整理及台中市政府提供

表 5.2 實例分析相關參數表

參數符號	單位
購車及維修成本 (C_p)	60+5S (元/小時)
購車及維修成本之固定成本 (c)	60(元/車小時)
購車及維修成本之變動成本 (e)	5(元/車小時)
公車單位時間營運成本 (B)	500+5S(元/車小時)
公車營運成本之固定成本 (a)	500(元/車小時)
公車營運成本之變動成本 (b)	5(元/車小時)
乘客等車時間價值 (V_w)	217(元/人小時)

5.2 混合車隊最佳化分析

就之前簡例驗證結果可發現，依據不同路線數目逐步地進行車隊混合營運，探討一天系統總成本之增減情況，發現其有隨著路線數目增加而明顯減少之趨勢，此即意味多路線尖離峰需求差異越大越適合混合車隊營運之可能。因此，本論文應用此概念於混合車隊最佳化分析中，並透過 Matlab 6.5 軟體撰寫程式進行實例分析以了解統聯高潛力公車路線營運狀況是否適合混合車隊營運，分析過程中採用路線分群方式，逐步進行多條路線（二條路線、三條路線、四條路線）總共 11 種情境進行探討，而單一路線於簡例驗證中發現並不適用於混合車隊營運，此情境將不再實例分析中進行探討。

5.2.1 二條路線

二條路線搭配總共有紅橘、紅藍、紅黃、橘藍、橘黃、藍黃路線等六種組合，其分析結果如表 5.3-8 所示。除了紅藍線有混合車隊營運之可行性外，其他路線仍以單一車隊營運為佳。由表 5.4 可知紅藍線混合車隊營運狀況為以車容量 15 人之大車與車容量 6 人之小車互相搭配營運，其效益相較於以車容量 15 人之單一車隊營運，平均每天系統總成本可節省 6,030 元，佔系統總成本的 1%，其產生效益有限但仍可適用混合車隊營運。由於營運者成本為系統總成本的 45%，使用者等車時間成本為系統總成本的 37%，購車及維修成本為系統總成本的 18%，如此可知營運者成本對於系統總成本佔絕大部分。

探討紅藍線混合車隊成功之原因，因為紅線與藍線兩路線需求差異明顯，混合車隊營運不僅節省營運者與使用著等候成本，亦節省購車及維修成本，同時提供較佳服務品質。另外，其他路線因為路線需求差異不明顯，採用單一車隊即可提供足夠之服務品質，若採用混合車隊購車及維修成本勢必增加，只會去增加業者額外之負擔。最後，本論文建議紅藍兩線可進行混合車隊營運，增進公車服務績效。

路線編號	各時段最適車輛容量(S) 人/車			
	A	B	C	D
紅	13	4	6	4
橘	10	7	11	6

表 5.3 紅橘兩線實例分析結果表

註：A(6~8 時)、B(9~15 時)、C(16~19 時)、D(20~22 時)

車容量組合	路線編號	各時段需求量(車輛容量,S) 人/車				班車間距(H) 分鐘				兩線所需車隊規模 (N) 輛
		A	B	C	D	A	B	C	D	
(11,13)	紅	107 (13 人)	69 (11 人)	65 (11 人)	30 (11 人)	10	11	13	16	大車 8 輛 小車 17 輛
	橘	116 (11 人)	135 (11 人)	180 (11 人)	99 (11 人)	9	8	7	8	

車容量組合	營運者成本 (Co) 元/天	使用者等車時間成本 (Cu) 元/天	購車及維修成本 (Cp) 元/天	系統總成本(元/天) (未加購車及維修 成本)	系統總成本(元/天) (有加購車及維修 成本)
(11,13)	35,660(1)(42%)	113,750(2)(36%)	70,920(4)(22%)	249,410(1)	320,330(3)
(10,11)	139,520(5)	113,750(2)	67,320(3)	253,270(5)	320,590(4)
(10,13)	138,410(3)	113,750(2)	71,520(5)	252,160(4)	323,680(5)
(11,11)	138,750(4)(46%)	111,430(1)(37%)	49,680(1)(17%)	250,180(2)	299,860(1)*
(13,13)	137,860(2)(46%)	113,750(2)(37%)	51,000(2)(17%)	251,610(3)	302,610(2)

註：*標記為最適車容量組合方案

路線編號	各時段最適車輛容量(S) 人/車			
	A	B	C	D
紅	13	4	6	4
藍	14	12	15	11

註:A(6~8 時)、B(9~15 時)、C(16~19 時)、D(20~22 時)

表 5.4 紅藍兩線實例分析結果表

車容量組合	路線編號	各時段需求量(車輛容量,S) 人/車				班車間距(H) 分鐘				兩線所需車隊規模 (N) 輛
		A	B	C	D	A	B	C	D	
(6,15)	紅	107 (15 人)	69 (6 人)	65 (6 人)	30 (6 人)	10	11	12	15	大車 24 輛 小車 7 輛
	藍	214 (15 人)	415 (15 人)	508 (15 人)	192 (15 人)	10	6	6	8	

車容量組合	營運者成本 (Co) 元/天	使用者等車時間成本 (Cu) 元/天	購車及維修成本 (Cp) 元/天	系統總成本(元/天) (未加購車及維修 成本)	系統總成本(元/天) (有加購車及維修 成本)
(6,15)	35,510(1)(45%)	194,950(2)(37%)	92,880(1)(18%)	430,460(1)	523,340(1)*
(4,15)	244,570(3)	194,950(2)	96,960(2)	439,520(3)	536,480(3)
(6,12)	248,420(4)	194,950(2)	98,640(4)	443,370(4)	542,010(4)
(15,15)	236,900(2)(45%)	195,270(5)(37%)	97,200(3)(18%)	432,170(2)	529,370(2)
(6,6)	462,160(5)	103,860(1)	168,480(5)	566,020(5)	734,500(5)

註：*標記為最適車容量組合方案

路線編號	各時段最適車輛容量(S) 人/車			
	A	B	C	D
紅	13	4	6	4
黃	15	8	10	6

表 5.5 紅黃兩線實例分析結果

註:A(6~8 時)、B(9~15 時)、C(16~19 時)、D(20~22 時)

車容量組合	路線編號	各時段需求量(車輛容量,S) 人/車				班車間距(H) 分鐘				兩線所需車隊規模 (N) 輛
		A	B	C	D	A	B	C	D	
(13,15)	紅	107 (13 人)	69 (13 人)	65 (13 人)	30 (13 人)	10	11	13	16	大車 12 輛 小車 19 輛
	黃	158 (15 人)	232 (13 人)	241 (13 人)	101 (13 人)	9	7	8	10	

車容量組合	營運者成本 (Co) 元/天	使用者等車時間成本 (Cu) 元/天	購車及維修成本 (Cp) 元/天	系統總成本(元/天) (未加購車及維修 成本)	系統總成本(元/天) (有加購車及維修 成本)
(13,15)	67,035(1)(41%)	145,360(5)(36%)	95,880(4)(23%)	312,400(2)	408,280(3)
(4,15)	183,940(5)	143,940(4)	95,520(3)	327,880(5)	423,400(4)
(6,10)	183,230(4)	142,230(2)	102,480(5)	325,460(4)	427,940(5)
(13,13)	171,760(3)(45%)	140,220(1)(37%)	69,000(2)(18%)	311,980(1)	380,980(2)
(15,15)	169,625(2)(45%)	143,650(3)(38%)	64,800(1)(17%)	313,280(3)	378,080(1)*

註：*標記為最適車容量組合方案

路線編號	各時段最適車輛容量(S) 人/車			
	A	B	C	D
橘	10	7	11	6
藍	14	12	15	11

表 5.6 橘藍兩線實例分析結果表

註:A(6~8 時)、B(9~15 時)、C(16~19 時)、D(20~22 時)

車容量組合	路線編號	各時段需求量(車輛容量,S) 人/車				班車間距(H) 分鐘				兩線所需車隊規模 (N) 輛
		A	B	C	D	A	B	C	D	
(7,15)	橘	116 (15 人)	135 (7 人)	180 (15 人)	99 (7 人)	9	7	7	8	大車 35 輛 小車 9 輛
	藍	214 (15 人)	415 (15 人)	508 (15 人)	192 (15 人)	10	6	6	8	

車容量組合	營運者成本 (Co) 元/天	使用者等車時間成本 (Cu) 元/天	購車及維修成本 (Cp) 元/天	系統總成本(元/天) (未加購車及維修 成本)	系統總成本(元/天) (有加購車及維修 成本)
(7,15)	260,685(2)(43%)	209,090(2)(35%)	133,920(3)(22%)	469,780(1)	603,700(2)
(6,15)	265,580(3)	209,090(2)	135,000(4)	474,670(3)	609,670(3)
(11,12)	268,470(4)	212,510(4)	133,200(2)	480,980(4)	614,180(4)
(7,7)	483,640(5)	116,410(1)	202,920(5)	600,050(5)	802,970(5)
(15,15)	259,900(1)(44%)	212,510(4)(36%)	113,400(1)(20%)	472,410(2)	585,810(1)*

註：*標記為最適車容量組合方案

路線編號	各時段最適車輛容量(S) 人/車			
	A	B	C	D
橘	10	7	11	6
黃	15	8	10	6

表 5.7 橘黃兩線實例分析結果表

註:A(6~8 時)、B(9~15 時)、C(16~19 時)、D(20~22 時)

車容量組合	路線編號	各時段需求量(車輛容量,S) 人/車				班車間距(H) 分鐘				兩線所需車隊規模 (N) 輛
		A	B	C	D	A	B	C	D	
(11,15)	橘	116 (11 人)	135 (11 人)	180 (11 人)	99 (11 人)	9	8	7	8	大車 12 輛 小車 24 輛
	黃	158 (15 人)	232 (11 人)	241 (11 人)	101 (11 人)	9	7	8	10	

車容量組合	營運者成本 (Co) 元/天	使用者等車時間成本 (Cu) 元/天	購車及維修成本 (Cp) 元/天	系統總成本(元/天) (未加購車及維修 成本)	系統總成本(元/天) (有加購車及維修 成本)
(11,15)	86,645(1)(41%)	162,600(5)(36%)	105,120(5)(23%)	349,240(1)	454,360(3)
(10,11)	199,025(4)	160,880(3)	99,720(3)	359,910(5)	459,630(4)
(6,11)	202,475(5)	156,370(2)	101,400(4)	358,850(4)	460,250(5)
(11,11)	194,250(3)(46%)	155,740(1)(37%)	69,000(1)(17%)	349,990(2)	418,990(1)*
(15,15)	192,625(2)(45%)	160,880(3)(37%)	77,760(2)(18%)	353,510(3)	431,270(2)

註：*標記為最適車容量組合方案

路線編號	各時段最適車輛容量(S) 人/車			
	A	B	C	D
藍	14	12	15	11
黃	15	8	10	6

表 5.8 藍黃兩線實例分析結果表

註:A(6~8 時)、B(9~15 時)、C(16~19 時)、D(20~22 時)

車容量組合	路線編號	各時段需求量(車輛容量,S) 人/車				班車間距(H) 分鐘				兩線所需車隊規模 (N) 輛
		A	B	C	D	A	B	C	D	
(11,12)	藍	214 (12 人)	415 (12 人)	508 (12 人)	192 (11 人)	8	6	5	8	大車 33 輛 小車 19 輛
	黃	158 (12 人)	232 (11 人)	241 (11 人)	101 (11 人)	7	7	8	10	

車容量組合	營運者成本 (Co) 元/天	使用者等車時間成本 (Cu) 元/天	購車及維修成本 (Cp) 元/天	系統總成本(元/天) (未加購車及維修 成本)	系統總成本(元/天) (有加購車及維修 成本)
(11,12)	301,995(1)(44%)	242,410(4)(35%)	147,480(4)(21%)	544,410(2)	691,890(3)
(8,15)	313,790(4)	240,640(3)	142,680(3)	554,430(5)	697,110(4)
(10,12)	308,730(3)	242,410(4)	150,480(5)	551,140(4)	701,620(5)
(11,11)	339,660(5)(50%)	205,100(1)(30%)	135,240(2)(20%)	544,760(3)	680,000(2)
(12,12)	302,960(2)(46%)	226,990(2)(35%)	120,960(1)(19%)	529,950(1)	650,910(1)*

註：*標記為最適車容量組合方案

5.2.2 三條路線

三條路線搭配總共有紅橘藍、紅橘黃、紅藍黃、橘藍黃等四種組合，其結果如表 5.10-13 所示，經模式分析後仍以單一車隊營運為佳，由於各線間尖離峰需求差異不大，因此採用混合車隊營運僅會使系統總成本增加，並無助於系統總成本之節省，本論文建議高潛力公車三條路線不適合同時進行混合車隊營運。

5.2.3 四條路線

對於四條路線最適營運之方式，其結果如表 5.14 所示，經模式分析後仍以單一車隊營運為佳，由於各線間尖離峰需求差異不大，因此採用混合車隊營運僅會使系統總成本增加，並無助於系統總成本之節省，本論文建議高潛力公車四條路線不適合同時進行混合車隊營運。

5.2.4 綜合評估

於 5.2.1 節，透過模式分析結果可知，高潛力公車之紅藍兩線進行混合車隊營運可增進公車系統服務績效，然統聯客運公司所經營之高潛力公車總共有四線，因此本論文進而考慮紅藍兩線混合車隊營運搭配橘黃兩線單一車隊營運，相較於四線單一車隊營運之成本差異狀況，其結果如表 5.15-16 所示。

由表 5.7 可知紅藍兩線混合車隊營運搭配橘黃兩線單一車隊營運之情境可分為三種情境進行討論，第一種情境為紅藍兩線以車容量 15 人之大車與車容量 6 人之小車搭配橘黃兩線以車容量 15 人之單一車隊營運；第二種情境為紅藍兩線以車容量 15 人之大車與車容量 6 人之小車搭配橘黃兩線以車容量 6 人之單一車隊營運；第三種情境為紅藍兩線以車容量 15 人之大車與車容量 6 人之小車搭配橘黃兩線以車容量 11 人之單一車隊營運，最後，此三種情境再與四線以車容量 13 人之單一車隊最佳營運方式進行比較分析。

第一種情境之混合車隊營運較單一車隊營運為佳，因其效益相較於單一車隊營運，平均每天系統總成本可節省 5,580 元，佔系統總成本的 1%，其產生效益有限但仍可適用混合車隊營運。由於營運者成本為系統總成本的 45%，使用者等車時間成本為系統總成本的 37%，購車及維修成本為系統總成本的 18%，如此可知營運者成本對於系統總成本佔絕大部分。探討四線混合車隊成功之原因，因紅線與藍線兩路線需求差異明顯，混合車隊營運不僅節省營運者與使用著等候成本，亦節省購車及維修成本，同時提供較佳服務品質；反觀，橘線與黃線兩路線需求差異不明顯，採用單一車隊即可提供足夠之服務品質，若採用混合車隊購車及維修成本勢必增加，只會去增加業者額外之負擔，故此情境利於實施混合車隊營運策略。

第二種情境之混合車隊營運較單一車隊營運為差，因其效益相較於單一車隊營運，其系統總成本非但沒有減少反而增加，由於橘線與黃線兩路線採用車容量 6 人之單一車隊營運，雖然使用著等候成本獲得減少，但是營運者成本與購車成本將大幅增加，在整體系統總成本考量下，是不利於實施混合車隊營運策略。

第三種情境之混合車隊營運較單一車隊營運為佳，因其效益相較於單一車隊營運，平均每天系統總成本可節省 17,860 元，佔系統總成本的 2%，其產生效益有限但仍可適用混合車隊營運。由於營運者成本為系統總成本的 46%，使用者等車時間成本為系統總成本的 37%，購車及維修成本為系統總成本的 17%，如此可知營運者成本對於系統總成本佔絕大部分。優於第一種情境混合車隊營運狀況，其原因為由於橘線與黃線兩路線採用以車容量 11 人之單一車隊營運雖然營運者成本增加，但使用者等候成本與購車及維修成本減少，因此系統總成本能獲得降低，同時亦能提供較佳服務品質。

由表 5.9 可知第三種情境相較於其他兩種情境下其系統平均成本較低，每人平均為 72.6 元，而其營運者平均成本亦較低，甚至更低於以車容量 13 人之單一車隊營運情況，此外，使用者等車時間平均成本較其他兩種情境為高，整體來看第三種情境較佳。就綜合評估分析結果可發現第三種情境為實施混合車隊策略最適方案，紅藍兩線以車容量 15 人之大車與車容量 6 人之小車搭配橘黃兩線以車容量 11 人之單一車隊營運，如此業者能根據各路線需求情況購置三種不同車型容量公車實施混合車隊策略，將有助益於高潛力公車營運達到系統最佳化之目標。

表 5.9 四線混合車隊與四線單一車隊平均成本比較表

車容量組合	營運者平均成本 (元/班次)	使用者等車時間 平均成本 (元/人)	系統平均成本 (有加購車及維修 成本)(元/人)
(6,15)紅藍 (15,15)橘黃	773	27.4	73.5
(6,15)紅藍 (6,6)橘黃	790	22.8	80.0
(6,15)紅藍 (11,11)橘黃	760	27.0	72.6
(13,13)四線	761	26.4	73.9

路線編號	各時段最適車輛容量(S) 人/車			
	A	B	C	D
紅	13	4	6	4
橘	10	7	11	6
藍	14	12	15	11

表 5.10 紅橘藍三線實例分析結果表

註:A(6~8 時)、B(9~15 時)、C(16~19 時)、D(20~22 時)

車容量組合	路線編號	各時段需求量(車輛容量,S) 人/車				班車間距(H) 分鐘				三線所需車隊規模 (N) 輛
		A	B	C	D	A	B	C	D	
(7,15)	紅	107 (15 人)	69 (7 人)	65 (7 人)	30 (7 人)	10	11	13	16	大車 35 輛 小車 15 輛
	橘	116 (15 人)	135 (7 人)	180 (15 人)	99 (7 人)	9	7	7	8	
	藍	214 (15 人)	415 (15 人)	508 (15 人)	192 (15 人)	10	6	6	8	

車容量組合	營運者成本 (Co) 元/天	使用者等車時間成本 (Cu) 元/天	購車及維修成本 (Cp) 元/天	系統總成本(元/天) (未加購車及維修 成本)	系統總成本(元/天) (有加購車及維修 成本)
(7,15)	316,215(1)(44%)	257,350(3)(36%)	147,600(3)(20%)	573,560(1)	721,160(2)
(6,15)	322,840(3)	257,020(2)	147,960(4)	579,860(3)	727,820(3)
(11,12)	326,880(4)	260,770(4)	144,240(2)	587,650(4)	731,890(4)
(7,7)	551,050(5)	158,860(1)	216,600(5)	709,910(5)	926,510(5)
(15,15)	318,550(2)(45%)	260,770(5)(36%)	132,840(1)(19%)	579,320(2)	712,100(1)*

註：*標記為最適車容量組合方案

路線編號	各時段最適車輛容量(S) 人/車			
	A	B	C	D
紅	13	4	6	4
橘	10	7	11	6
黃	15	8	10	6

表 5.11 紅橘黃三線實例分析結果

註:A(6~8 時)、B(9~15 時)、C(16~19 時)、D(20~22 時)

車容量組合	路線編號	各時段需求量(車輛容量,S) 人/車				班車間距(H) 分鐘				三線所需車隊規模 (N) 輛
		A	B	C	D	A	B	C	D	
(13,15)	紅	107 (13 人)	69 (13 人)	65 (13 人)	30 (13 人)	10	11	13	16	大車 12 輛小車 30 輛
	橘	116 (13 人)	135 (13 人)	180 (13 人)	99 (13 人)	9	8	7	8	
	黃	158 (15 人)	232 (13 人)	241 (13 人)	101 (13 人)	9	7	8	10	

車容量組合	營運者成本 (Co) 元/天	使用者等車時間成本 (Cu) 元/天	購車及維修成本 (Cp) 元/天	系統總成本(元/天) (未加購車及維修 成本)	系統總成本(元/天) (有加購車及維修 成本)
(13,15)	247,265(2)(42%)	210,860(4)(36%)	128,880(3)(22%)	458,120(3)	587,000(3)
(11,15)	243,735(1)	210,860(4)	147,600(5)	454,590(1)	602,190(4)
(6,11)	262,585(5)	204,300(1)	137,640(4)	466,890(5)	604,530(5)
(13,13)	251,990(4)(46%)	205,710(2)(37%)	93,000(1)(17%)	457,700(2)	550,700(1)*
(15,15)	251,275(3)(45%)	209,140(3)(38%)	97,200(2)(17%)	460,420(4)	557,620(2)

註：*標記為最適車容量組合方案

路線編號	各時段最適車輛容量(S) 人/車			
	A	B	C	D
紅	107	69	65	30
藍	214	415	508	192
黃	158	232	241	101

表 5.12 紅藍黃三線實例分析結果表

註:A(6~8 時)、B(9~15 時)、C(16~19 時)、D(20~22 時)

車容量組合	路線編號	各時段需求量(車輛容量,S) 人/車				班車間距(H) 分鐘				三線所需車隊規模 (N) 輛
		A	B	C	D	A	B	C	D	
(4,15)	紅	107 (15 人)	69 (4 人)	65 (4 人)	30 (4 人)	10	10	8	15	大車 37 輛 小車 16 輛
	藍	214 (15 人)	415 (15 人)	508 (15 人)	192 (15 人)	10	6	6	8	
	黃	158 (15 人)	232 (15 人)	241 (15 人)	101 (4 人)	9	7	8	6	

車容量組合	營運者成本 (Co) 元/天	使用者等車時間成本 (Cu) 元/天	購車及維修成本 (Cp) 元/天	系統總成本(元/天) (未加購車及維修 成本)	系統總成本(元/天) (有加購車及維修 成本)
(4,15)	362,190(3)(45%)	290,960(4)(36%)	150,600(2)(19%)	653,150(3)	803,750(2)
(4,12)	377,560(4)	289,250(2)	151,680(3)	666,810(4)	818,490(3)
(6,15)	361,900(2)	290,960(4)	169,560(4)	652,860(2)	822,420(4)
(4,4)	1,060,800(5)	107,210(1)	387,840(5)	1,168,010(5)	1,555,800(5)
(15,15)	347,875(1)(45%)	290,670(3)(37%)	139,320(1)(18%)	638,545(1)	777,860(1)*

註：*標記為最適車容量組合方案

路線編號	各時段最適車輛容量(S) 人/車			
	A	B	C	D
橘	10	7	11	6
藍	14	12	15	11
黃	15	8	10	6

表 5.13 紅藍黃三線實例分析結果表

註:A(6~8 時)、B(9~15 時)、C(16~19 時)、D(20~22 時)

車容量組合	路線編號	各時段需求量(車輛容量,S) 人/車				班車間距(H) 分鐘				三線所需車隊規模 (N) 輛
		A	B	C	D	A	B	C	D	
(11,12)	橘	116 (11 人)	135 (11 人)	180 (11 人)	99 (11 人)	9	8	7	8	大車 33 輛 小車 25 輛
	藍	214 (12 人)	415 (12 人)	508 (12 人)	192 (11 人)	8	6	5	8	
	黃	158 (12 人)	232 (11 人)	241 (11 人)	101 (11 人)	7	7	8	10	

車容量組合	營運者成本 (Co) 元/天	使用者等車時間成本 (Cu) 元/天	購車及維修成本 (Cp) 元/天	系統總成本(元/天) (未加購車及維修 成本)	系統總成本(元/天) (有加購車及維修 成本)
(11,12)	380,805(3)(45%)	307,900(3)(36%)	164,040(2)(19%)	688,710(4)	852,750(2)*
(12,15)	363,855(1)	309,620(4)	199,800(5)	673,470(1)	873,270(4)
(14,15)	370,020(2)	309,620(4)	199,440(4)	679,640(3)	879,080(5)
(11,11)	418,470(5)	270,590(1)	165,600(3)	689,060(5)	854,660(3)
(12,12)	382,480(4)(47%)	292,480(2)(35%)	152,640(1)(18%)	674,960(2)	827,600(1)*

註：*標記為最適車容量組合方案

台中市高潛力公車之混合車隊營運規劃分析

路線編號	各時段最適車輛容量(S) 人/車			
	A	B	C	D
紅	13	4	6	4
橘	10	7	11	6
藍	14	12	15	11
黃	15	8	10	6

表 5.14 紅橘藍黃四線實例分析結果表

註:A(6~8 時)、B(9~15 時)、C(16~19 時)、D(20~22 時)

車容量組合	路線編號	各時段需求量(車輛容量,S) 人/車				班車間距(H) 分鐘				四線所需車隊規模 (N) 輛
		A	B	C	D	A	B	C	D	
(13,15)	紅	107 (13 人)	69 (13 人)	65 (13 人)	30 (13 人)	10	11	13	16	大車 24 輛 小車 45 輛
	橘	116 (13 人)	135 (13 人)	180 (13 人)	99 (13 人)	9	8	7	8	
	藍	214 (13 人)	415 (13 人)	508 (15 人)	192 (13 人)	9	6	6	8	
	黃	158 (15 人)	232 (13 人)	241 (13 人)	101 (13 人)	9	7	8	10	

車容量組合	營運者成本 (Co) 元/天	使用者等車時間成本 (Cu) 元/天	購車及維修成本 (Cp) 元/天	系統總成本(元/天) (未加購車及維修 成本)	系統總成本(元/天) (有加購車及維修 成本)
(13,15)	425,070(2)(43%)	357,870(4)(36%)	212,760(4)(21%)	782,940(2)	995,700(3)
(12,15)	422,655(1)	357,870(4)	217,080(5)	780,530(1)	997,610(4)
(11,12)	439,215(4)	356,160(2)	203,760(3)	795,370(5)	999,130(5)
(13,13)	440,135(5)(46%)	343,060(1)(36%)	177,000(2)(18%)	783,190(3)	960,190(1)*
(15,15)	429,525(3)(45%)	356,160(2)(37%)	174,960(1)(18%)	785,680(4)	960,640(2)

註：*標記為最適車容量組合方案

表 5.15 紅藍混合車隊搭配橘黃單一車隊實例分析結果表

車容量組合	路線編號	各時段需求量(車輛容量,S) 人/車				班車間距(H) 分鐘				四線所需車隊規模 (N) 輛
		A	B	C	D	A	B	C	D	
(6,15)	紅	107 (15 人)	69 (6 人)	65 (6 人)	30 (6 人)	10	11	12	15	車容量 6 人(7 輛) 車容量 15 人(48 輛)
	藍	214 (15 人)	415 (15 人)	508 (15 人)	192 (15 人)	10	6	6	8	
(15,15)	橘	116 (15 人)	135 (15 人)	180 (15 人)	99 (15 人)	9	8	7	8	
	黃	158 (15 人)	232 (15 人)	241 (15 人)	101 (15 人)	9	7	8	10	
(6,15)	紅	107 (15 人)	69 (6 人)	65 (6 人)	30 (6 人)	10	11	12	15	車容量 6 人(57 輛) 車容量 15 人(24 輛)
	藍	214 (15 人)	415 (15 人)	508 (15 人)	192 (15 人)	10	6	6	8	
(6,6)	橘	116 (6 人)	135 (6 人)	180 (6 人)	99 (6 人)	5	6	3	7	
	黃	158 (6 人)	232 (6 人)	241 (6 人)	101 (6 人)	3	5	4	9	

註:A(6~8 時)、B(9~15 時)、C(16~19 時)、D(20~22 時)

表 5.15 紅藍混合車隊搭配橘黃單一車隊實例分析結果表(續)

車容量組合	路線編號	各時段需求量(車輛容量,S) 人/車				班車間距(H) 分鐘				四線所需車隊規模 (N) 輛
		A	B	C	D	A	B	C	D	
(6,15)	紅	107 (15 人)	69 (6 人)	65 (6 人)	30 (6 人)	10	11	12	15	車容量 6 人 (7 輛) 車容量 11 人(25 輛) 車容量 15 人(24 輛)
	藍	214 (15 人)	415 (15 人)	508 (15 人)	192 (15 人)	10	6	6	8	
(11,11)	橘	116 (11 人)	135 (11 人)	180 (11 人)	99 (11 人)	9	8	7	8	
	黃	158 (11 人)	232 (11 人)	241 (11 人)	101 (11 人)	6	7	8	10	
(13,13)	紅	107 (13 人)	69 (13 人)	65 (13 人)	30 (13 人)	10	11	13	16	車容量 13 人(59 輛)
	藍	214 (13 人)	415 (13 人)	508 (13 人)	192 (13 人)	9	6	5	8	
(13,13)	橘	116 (13 人)	135 (13 人)	180 (13 人)	99 (13 人)	9	8	7	8	
	黃	158 (13 人)	232 (13 人)	241 (13 人)	101 (13 人)	7	7	8	10	

註:A(6~8 時)、B(9~15 時)、C(16~19 時)、D(20~22 時)

表 5.16 四線混合車隊與四線單一車隊總成本比較表

車容量組合	營運者成本 (Co) 元/天	使用者等車時間成本 (Cu) 元/天	購車及維修成本 (Cp) 元/天	系統總成本(元/天) (未加購車及維修 成本)	系統總成本(元/天) (有加購車及維修 成本)
(6,15)紅藍	235,510	194,950	92,880	430,460	523,340
(15,15)橘黃	192,625	160,880	77,760	353,510	431,270
總計	428,135(45%)	355,830(37%)	170,640(18%)	783,970	954,610
(6,15)紅藍	235,510	194,950	92,880	430,460	523,340
(6,6)橘黃	307,930	100,450	108,000	408,380	516,380
總計	543,440(52%)	295,400(28%)	200,880(20%)	838,840	1,039,720
(6,15)紅藍	235,510	194,950	92,880	430,460	523,340
(11,11)橘黃	194,250	155,740	69,000	349,990	418,990
總計	29,760(46%)	350,690(37%)	161,880(17%)	780,450	942,330*
(13,13)四線	440,135(46%)	343,060(36%)	177,000(18%)	783,190	960,190

註：*標記為最適車容量組合方案

5.3 敏感度分析

為瞭解不同參數值設定下，系統總成本變異之情況，本論文針對購車及維修成本之固定成本、購車及維修成本之變動成本、公車營運成本之變動成本等三項參數分別進行敏感度分析，茲分別將其結果敘述如下。

5.3.1 購車及維修成本

購車及維修成本項目對於業者而言，其成本之高低關係到公車營運初期之投入成本，亦決定混合車隊策略實施之可行性。一般而言，購車及維修成本項目可分為固定成本與變動成本兩種，因此本論文分別針對購車及維修成本之固定成本（c）與購車及維修成本之變動成本（e）兩項參數進行探討。

就購車及維修成本之固定成本參數而言，敏感度分析發現當購車及維修成本之固定成本參數值為 40、50 與 60 時，混合車隊系統總成本仍然較以車容量 13 人之單一車隊系統總成本為低；當購車及維修成本之固定成本參數值為 70、80 時，混合車隊系統總成本仍然較以車容量 15 人之單一車隊系統總成本為低。綜合上述結果，當購車及維修成本之固定成本參數值介於 40 與 80 之間，混合車隊系統總成本皆較單一車隊系統總成本為低，因此可驗證混合車隊策略有營運之可行性，其結果如圖 5.1 所示。此外，就總成本觀點，營運者成本與使用者等候時間成本並未隨著參數值增加而改變，而購車及維修成本會隨著參數值增加而增加，因此混合車隊系統總成本亦隨之增加，其結果如圖 5.3 所示。就平均成本觀點，營運者平均成本與使用者平均等候時間成本並未隨著參數值增加而改變，而系統平均成本會隨著參數值增加而增加，其結果如圖 5.5 所示。

就購車及維修成本之變動成本參數而言，敏感度分析發現當購車及維修成本之變動成本參數值為 3.34 與 4.17 時，混合車隊系統總成本仍然較以車容量 15 人之單一車隊系統總成本為低；當購車及維修成本之變動成本參數值為 5、5.83 與 6.66 時，混合車隊系統總成本仍然較以車容量 13 人之單一車隊系統總成本為低。綜合上述結果，當購車及維修成本之變動成本參數值介於 3.34 與 6.66 之間，混合車隊系統總成本皆較單一車隊系統總成本為低，因此可驗證混合車隊策略有營運之可行性，其結果如圖 5.2 所示。此外，就總成本觀點，營運者成本與使用者等候時間成本並未隨著參數值增加而改變，而購車及維修成本會隨著參數值增加而增加，因此混合車隊系統總成本亦隨之增加，其結果與購車及維修成本之固定成本參數一樣如圖 5.4 所示。就平均成本觀點，營運者平均成本與使用者平均等候時間成本並未隨著參數值增加而改變，而系統平均成本會隨著參數值增加而增加，其結果與購車及維修成本之固定成本參數一樣如圖 5.6 所示。

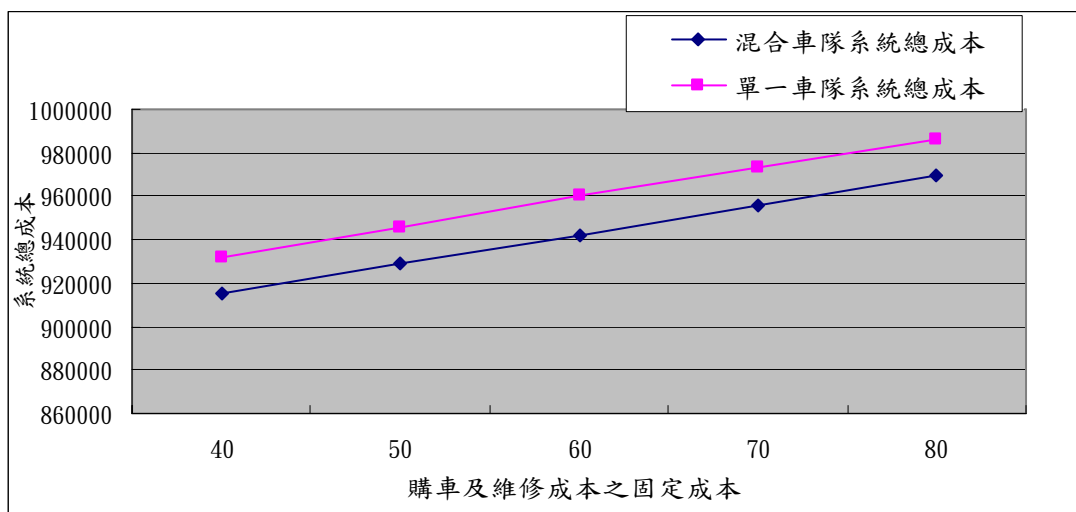


圖 5.1 購車及維修成本之固定成本敏感度分析系統總成本比較圖

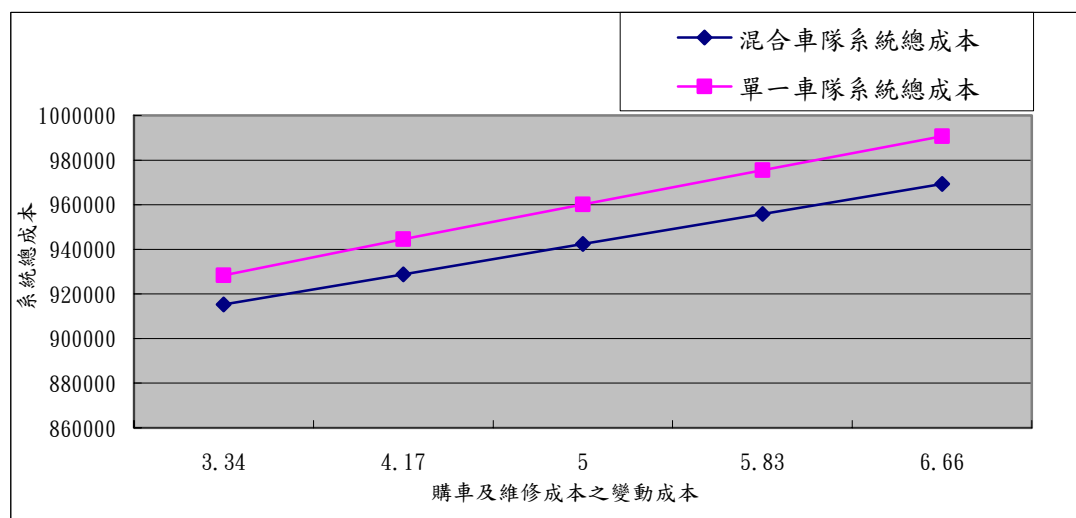


圖 5.2 購車及維修成本之變動成本敏感度分析系統總成本比較圖

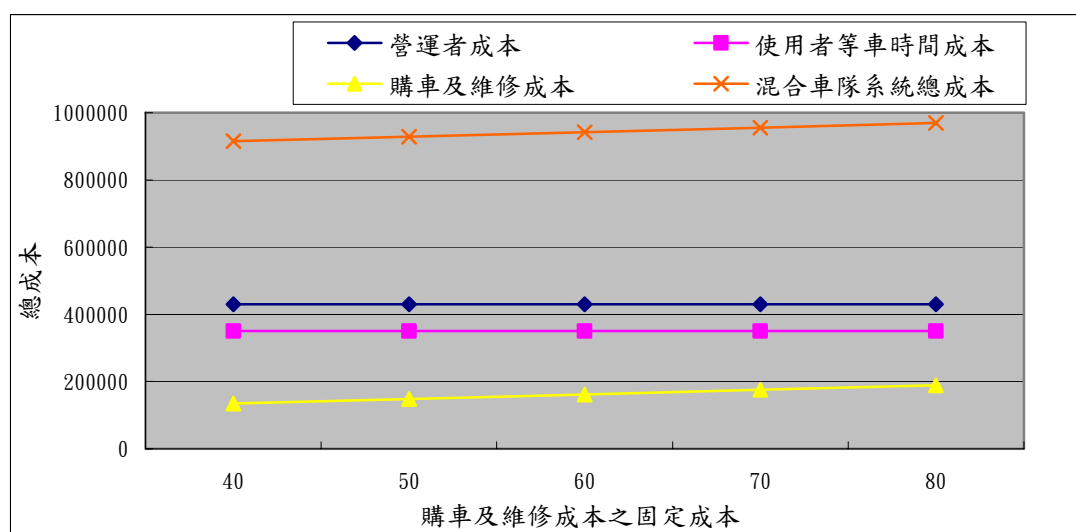


圖 5.3 購車及維修成本之固定成本敏感度分析各項總成本變化圖

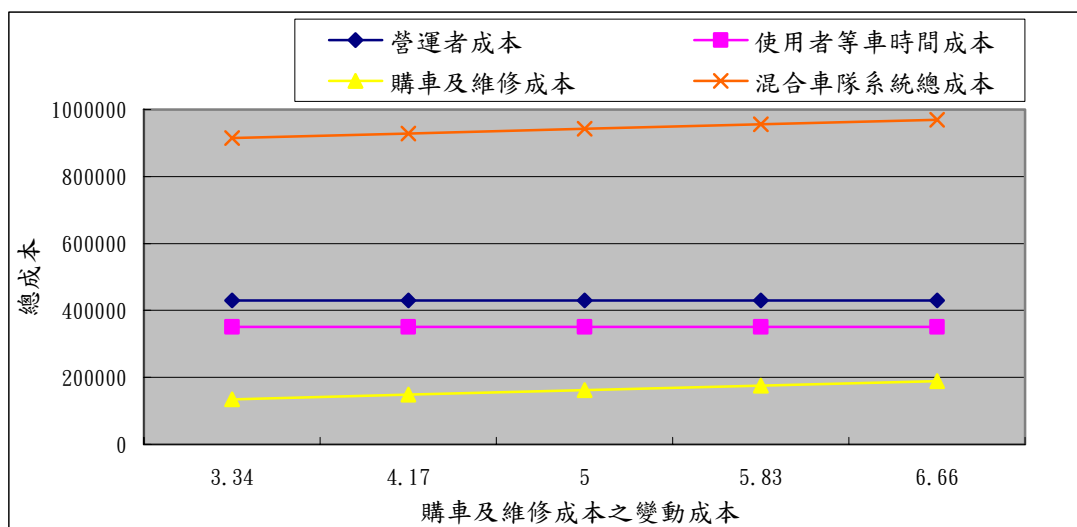


圖 5.4 購車及維修成本之變動成本敏感度分析各項總成本變化圖

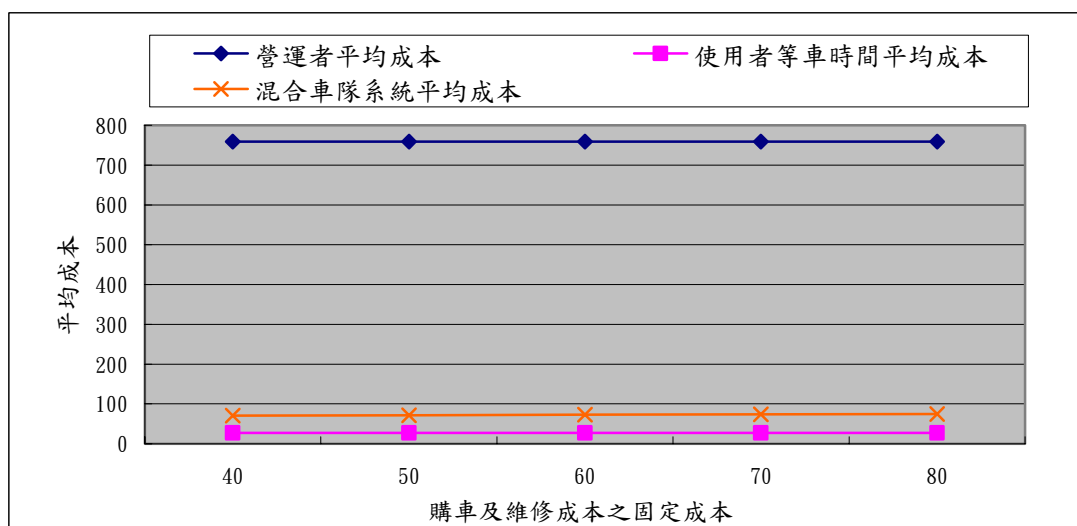


圖 5.5 購車及維修成本之固定成本敏感度分析各項平均成本變化圖

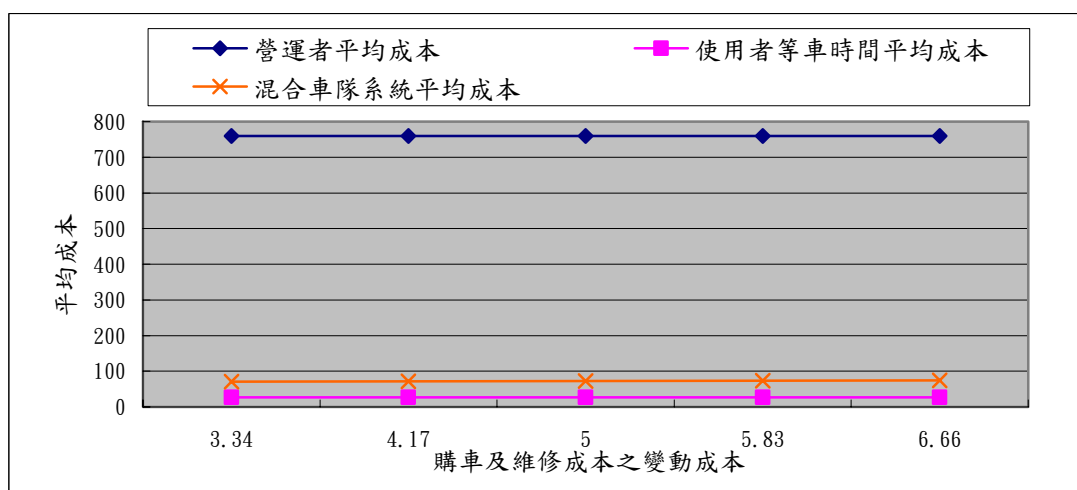


圖 5.6 購車及維修成本之變動成本敏感度分析各項平均成本變化圖

5.3.2 公車營運成本

公車營運成本之變動成本（b）為隨班次發車才會支出的成本項目，其關係到業者對於公車營運成本之支出，亦影響業者提供公車服務之意願，因此本論文針對公車營運成本之變動成本參數進行探討，以瞭解其係數值改變對於系統總成本之影響。

就公車營運成本之變動成本參數而言，敏感度分析發現當公車營運成本之變動成本參數值為 3.34、4.17 與 5.83 時，混合車隊系統總成本仍然較以車容量 15 人之單一車隊系統總成本為低；當公車營運成本之變動成本參數值為 5 與 6.66 時，混合車隊系統總成本仍然較以車容量 13 人之單一車隊系統總成本為低。綜合上述結果，當公車營運成本之變動成本參數值介於 3.34 與 6.66 之間，混合車隊系統總成本皆較單一車隊系統總成本為低，因此可驗證混合車隊策略有營運之可行性，其結果如圖 5.7 所示。此外，就總成本觀點，營運者成本與使用者等候時間成本皆隨著參數值增加而增加，然購車及維修成本卻隨著參數值增加而減少，整體來說混合車隊系統總成本隨著參數值增加而增加，其結果如圖 5.8 所示。就平均成本觀點，營運者平均成本隨著參數值增加而改變，而使用者平均等候時間成本隨著參數值增加而不變，最後，系統平均成本會隨著參數值增加而增加，其結果如圖 5.9 所示。

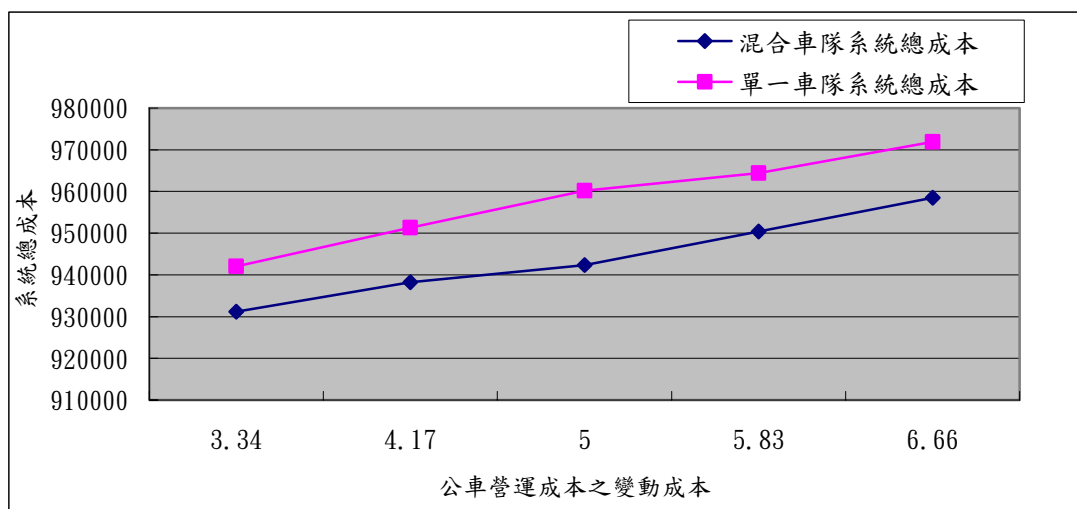


圖 5.7 公車營運成本之變動成本敏感度分析系統總成本比較圖

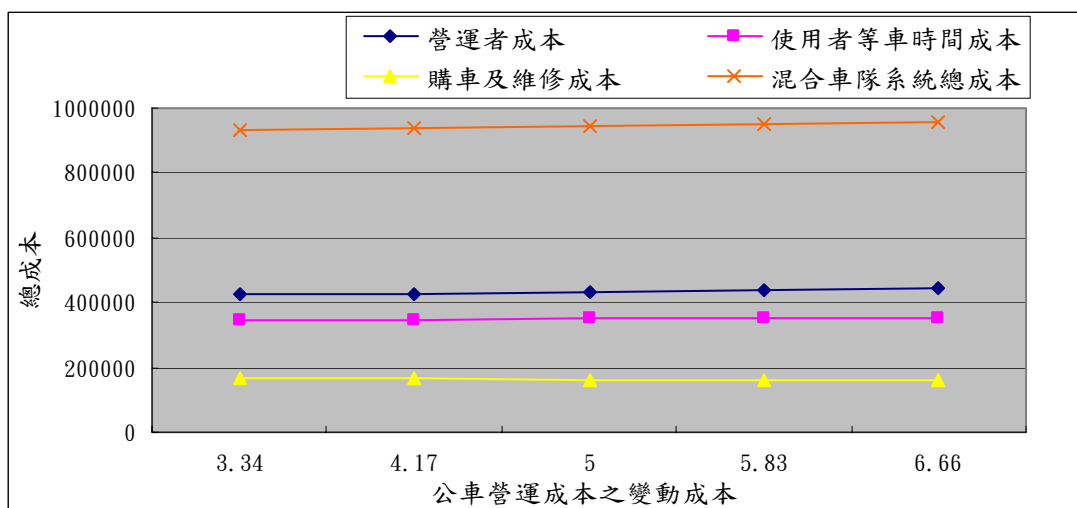


圖 5.8 公車營運成本之變動成本敏感度分析各項總成本變化圖

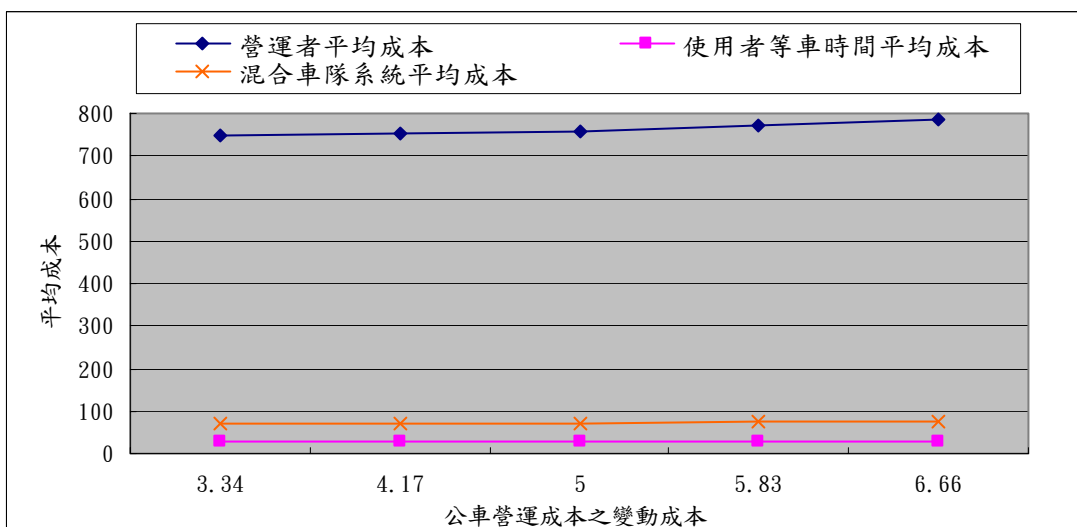


圖 5.9 公車營運成本之變動成本敏感度分析各項平均成本變化圖

5.3.3 小結

由前述敏感度分析結果可知，在針對購車及維修成本之固定成本、購車及維修成本之變動成本、公車營運成本之變動成本等三項參數分別進行討論後，混合車隊系統總成本皆比單一車隊系統總成本為低，可驗證混合車隊策略有營運之可行性。其次，本論文再針對此三項參數綜合討論分析其對系統總成本之影響程度，並透過固定參數值之變動百分比以比較此三項參數對於系統總成本之影響程度，其結果如表 5.17 所示。當購車及維修成本之固定成本參數值每增加 10 單位時，平均每天系統總成本會隨之增加 13,440 元；當購車及維修成本之變動成本參數值每增加 0.83 單位時，平均每天系統總成本依序增加幅度為 13,580、13,490、13,490 與 13,580 元；當公車營運成本之變動成本參數值每增加 0.83 單位時，平均每天系統總成本依序增加幅度為 6,970、4,130、8,090 與 16,190 元，不似購車及維修成本之固定成本與購車及維修成本之變動成本兩項參數有等比例增加系統總成本情形。

由以上分析結果可發現，參數對於系統總成本之影響程度依序為購車及維修成本之變動成本參數、購車及維修成本之固定成本參數、公車營運成本之變動成本參數，此表示混合車隊策略營運有可行性之重要關鍵因素與車隊購車及維修成本有很大關係，若業者能有效利用車隊資源並根據路線尖離峰需求以彈性派遣混合車隊營運，如此對於台中都會區之公車系統服務品質有正面提昇之效益。

表 5.17 敏感度分析結果總表

參數符號	參數值	參數值 之變動百分比	系統總成本	系統總成本 之差異	系統總成本 之變動百分比
購車及維修成本之 固定成本 (c)	40	-33.33%	915,450	-26,880	-2.8%
	50	-16.67%	928,890	-13,440	-1.4%
	60	----	942,330	----	----
	70	+16.67%	955,770	+13,440	+1.4%
	80	+33.33%	969,210	+26,880	+2.8%
購車及維修成本之 變動成本 (e)	3.34	-33.33%	915,260	-27,070	-2.9%
	4.17	-16.67%	928,840	-13,490	-1.4%
	5	----	942,330	----	----
	5.83	+16.67%	955,820	+13,490	+1.4%
	6.66	+33.33%	969,400	+27,070	+2.9%
公車營運 成本之變動成本 (b)	3.34	-33.33%	931,230	-11,100	-1.2%
	4.17	-16.67%	938,200	-4,130	-0.4%
	5	----	942,330		
	5.83	+16.67%	950,420	+8,090	+0.8%
	6.66	+33.33%	958,520	+16,190	+1.7%

5.4 服務策略之規劃設計

本節將依據混合車隊模式實例驗證結果具體提出台中市高潛力公車營運服務策略與改善建議，以作為統聯客運公司規劃設計混合車隊營運之參考，由 5.2 節分析結果得知紅藍兩線以車容量 15 人之大車與車容量 6 人之小車搭配橘黃兩線以車容量 11 人之單一車隊營運，其系統總成本比四線以車容量 13 人之單一車隊營運之系統總成本為低。

本論文研擬之台中市高潛力公車營運服務策略可就各時段車輛派遣、各時段班車間距與車隊規模三個層面來探討，其結果如表 5.18 所示。此外，就台中市高潛力公車之全天候需求量分佈特性，可將平常日全天時段分為晨峰(6~8 時)、9~15 時、昏峰(16~19 時)、20~22 時等四群組。對於高潛力公車四線之各時段車輛派遣策略而言，本論文建議採用車容量 6 人之車輛的時段為紅線(9~15 時)、紅線昏峰、紅線(20~22 時)，採用車容量 11 人之車輛的時段為橘線全天、黃線全天，採用車容量 15 人之車輛的時段為紅線晨峰、藍線全天。對於高潛力公車四線之各時段班車間距策略而言，班距之訂定應綜合考量乘客搭車的便利性與業者營運成本的經濟性，本論文建議紅線各時段班車間距依序為 10、11、12、15 分鐘，橘線各時段班車間距依序為 9、8、7、8 分鐘，藍線各時段班車間距依序為 10、6、6、8 分鐘，黃線各時段班車間距依序為 6、7、8、10 分鐘。對於高潛力公車四線之車隊規模而言，統聯客運公司應購置車容量 6 人之小車 7 輛、車容量 11 人之小車 25 輛與車容量 15 人之大車 24 輛。

表 5.18 混合車隊最佳化之服務策略

時段 路線編號	各時段需求量(車輛容量,S) 人/車				班車間距(H) 分鐘			
	6~8 時	9~15 時	16~19 時	20~22 時	6~8 時	9~15 時	16~19 時	20~22 時
紅	107 (15 人)	69 (6 人)	65 (6 人)	30 (6 人)	10	11	12	15
橘	116 (11 人)	135 (11 人)	180 (11 人)	99 (11 人)	9	8	7	8
藍	214 (15 人)	415 (15 人)	508 (15 人)	192 (15 人)	10	6	6	8
黃	158 (11 人)	232 (11 人)	241 (11 人)	101 (11 人)	6	7	8	10
四線總車隊規模：車容量 6 人 (7 輛)車容量 11 人(25 輛)車容量 15 人(24 輛)								

第六章 結論與建議

本論文首先於兼顧營運者與使用者之最小系統總成本為目標函數之前提下，構建多路線多時段混合車隊模式，然後以統聯客運公司所經營之高潛力公車四條路線為實例分析對象進行混合車隊最佳化分析研究，最後，提出台中市高潛力公車混合車隊營運服務策略之具體建議，以作為台中市政府與高潛力公車各家業者車隊營運管理之參考依據。本章茲將本論文所獲得之重要成果歸納以下幾點討論，並提出建議以供未來後續研究作為參考。

6.1 結論

本論文所獲得重要結論有下列幾點：

1. 於探討混合車隊課題之前，先對於國內外之文獻資料進行回顧，並進而深入探討得知目前公車服務遭遇之困難及混合車隊國內外學術研究之重要成果，以此作為日後混合車隊模式構建之基礎。
2. 本論文沿用李克聰之研究，以營運者及使用者成本加總之系統總成本最小為前提，考慮不同情境下先建立單一車輛容量於多路線多時段單一車隊模式，然後再建立不同車輛容量於多路線多時段混合車隊模式，並提出混合車隊模式尋優求解程序，最後，透過 Matlab 6.5 軟體撰寫程式語言以進行求解。
3. 於簡例驗證過程中，本論文根據不同路線數目逐步地進行車隊混合營運，發現一天系統總成本都較單一車隊營運為低，其主要關鍵為購車及維修成本項目，若適度增加使用大車及小車比率以達到大車與小車間購車及維修成本均衡，此不僅有助於節省系統總成本，亦可提升整體台中公車系統之服務品質。
4. 本論文藉由起訖點運量調查以了解高潛力公車四條路線需求量變異狀況及每站上下車人數統計資料，進而求算出混合車隊模式所需各路線各時段之乘客需求量與最大乘客數，作為實例驗證之基礎，此外，由於可精確反應高潛力公車路線之營運狀況，實例驗證結果更具可信度，統聯客運公司可據以採取適當之混合車隊服務策略以因應不同路線不同需求時段之變化。
5. 實例驗證發現由於統聯客運公司所經營四條高潛力公車路線尖離峰需求變異狀況不明顯，僅可進行兩條公車路線混合車隊營運，兩條路線混合車隊營運宜採紅藍兩線進行搭配，然而，對於三條與四條公車路線混合車隊營運，本論文證實不適合實施混合車隊策略，因此建議統聯客運公司宜採單獨幾條公車路線進行車隊混合營運，然不應對所有

四條高潛力公車路線全面實施混合車隊策略。

6. 於綜合評析發現高潛力公車紅藍兩線以混合車隊營運並搭配橘黃兩線以單一車隊營運，其系統總成本會比四線以單一車隊營運之系統總成本為低，平均每天系統總成本可節省 17,860 元，佔系統總成本的 2%，此證實統聯客運公司所經營四條高潛力公車路線有實施混合車隊策略之可行性。
7. 敏感度分析結果發現調整購車及維修成本之固定成本、購車及維修成本之變動成本、公車營運成本之變動成本等三項參數後，可知混合車隊系統總成本皆比單一車隊系統總成本為低，可驗證混合車隊策略有營運之可行性。另外，參數對於系統總成本之影響程度依序為購車及維修成本之變動成本參數、購車及維修成本之固定成本參數、公車營運成本之變動成本參數，此表示混合車隊策略營運有可行性之重要關鍵因素與車隊購車及維修成本有很大關係。
8. 本論文根據實例驗證結果研擬台中市高潛力公車營運服務策略，其中建議採用車容量 6 人之車輛的時段為紅線(9~15 時)、紅線昏峰、紅線(20~22 時)，採用車容量 11 人之車輛的時段為橘線全天、黃線全天，採用車容量 15 人之車輛的時段為紅線晨峰、藍線全天，而班車間距則根據該路線該時段需求量決定，至於高潛力公車四線之車隊規模為滿足各路線各時段之乘客需求總共應購置車容量 6 人之小車 7 輛、車容量 11 人之小車 25 輛與車容量 15 人之大車 24 輛。

6.2 建議

針對本課題之後續研究方向，茲建議以下幾點：

1. 本論文針對三種不同車輛型式進行混合車隊規劃設計研究，建議未來後續研究可以根據各路線各時段乘客需求明顯變異之情況進行多種不同車輛型式混合車隊策略之可行性研究。
2. 由於高潛力公車各路線各時段需求量與最大乘客數較難以統計分析得到，且公車乘客需求會隨著公車營運所提供之服務水準而產生變化，建議未來後續研究可針對此彈性需求採取其他較精確方式，用以調查各路線各時段之乘客需求資料，如此實例驗證之研究結果將更具可信度。
3. 本論文實例驗證所採用之參數值多數為假設，建議未來後續研究可透過實際調查資料獲得，如此實例驗證之研究結果將更具可信度，亦能更貼近實際營運狀況。
4. 由於法令規章對於大客車定義為座位數在十人座以上之客車屬之，然本論文實例驗證結果為紅藍兩線以混合車隊營運並搭配橘黃兩線以單

一車隊營運，其中混合車隊以車容量 6 人、11 人及 15 人之不同車型容量搭配營運，而此營運方式是有違法令規章規定，建議未來後續研究結果應多加參考相關法令規章之明文規定。

5. 本論文以統聯客運公司所經營之高潛力公車四條路線為實例分析對象，然由於此四條高潛力公車路線尖離峰需求變異狀況不明顯，且公車路線數對於混合車隊策略營運來說仍屬太少，其發揮效益會無法彰顯，建議未來後續研究可對於五條、六條或多條尖離峰需求變異狀況明顯之公車路線進行混合車隊策略可行性研究。
6. 由於本論文以高潛力公車平常日資料作為模式分析基礎，因此研究結果是就平常日情況研擬混合車隊策略營運之規劃設計，建議未來後續研究可考量假日情況並研擬混合車隊策略營運之規劃設計，再綜合分析比較平常日與假日兩種情況以研擬出對於高潛力公車營運最適之混合車隊策略方案。



參考文獻

1. 台中市政府，「台中高潛力公車路網建置計畫」，民國九十一年十月。
2. 朱家德、張學孔，「中小型公車服務特性之分析」，第五屆海峽兩岸都市交通學術研討會，民國八十六年十二月。
3. 沈進成，「高速鐵路系統最適營運計畫之研究－應用模糊多目標規劃法」，運輸計劃季刊，第二十四卷第四期，民國八十四年。
4. 李克聰，「大眾運輸學」，俊傑書局，民國九十年。
5. 李克聰、郭雪芬，「都市公車系統混合車隊營運分析」，中華民國運輸學會第八屆論文研討會，民國八十二年十二月，457-464。
6. 林祥生，「均質環境下城際國道客運服務策略之最佳化分析」，運輸學刊，第十卷第三期，民國八十六年九月。
7. 林祥生，「異質環境下城際國道客運服務策略之最佳化分析」，運輸學刊，第十卷第四期，民國八十六年十二月。
8. 吳宗憲，「公車路線間相互支援之排班專家系統」，運輸計劃季刊，民國八十六年三月。
9. 許昭琮、陳瑞成，「台中市高潛力公車實施成效情形」，都市交通季刊，第十八卷第二期，民國九十二年六月。
10. 許文達，「都市公車混合車型排班模擬之研究」，國立台灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國八十四年六月。
11. 郭月萍，「公車路線最適營運策略組合之研究」，台灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國九十年六月。
12. 張有恆，「都市大眾運輸系統與技術」，華泰書局，民國七十六年十月。
13. 張家祝、藍武王，「高（雙）層巴士安全管理之研究」，交通部委託國立交通大學交通運輸研究所辦理，民國七十七年三月。
14. 張有恆，「都市雙節公車與標準公車之比較分析」，運輸計劃季刊，第十二卷第三期，民國七十二九年九月。
15. 張學孔，「最佳公車容量與成本特性之分析」，運輸計劃季刊，第二十卷第四期，民國八十年八月。
16. 張玉君，「公車系統最適車型及車輛數之研究」，運輸第二十七期，民國八十四年三月。
17. 張國揚、周義華，「公車網路班次分派與車輛配置之研究」，運輸計劃季刊，第十八卷第二期，民國七十八年六月，223-254。
18. 廖天賦，「最適都市公車型式之研究」，成功大學碩士論文，民國八十年六月。
19. 蔡淑惠，「構建迅速反應式公車服務策略之研究」，台灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國八十九年。

20. 鄭佳良，「公車最適車輛容量之研究」，交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國八十年六月。
21. 薛富謚，「國道客運最適座位數之研究」，淡江運輸管理學系運輸科學碩士班碩士論文，民國九十一年六月。
22. Akio Imai and Fausto RiveraI, "Strategic fleet size planning for maritime refrigerated containers", MARIT.POL.MGMT., Vol.28, NO.4, 2001, 361-374
23. Bly, P.H. and Oldfield, R.H. "Competition between minibuses and regular bus services", Journal of Transport Economics and Policy Vol.20, No.1, 1986.47-68.
24. Chang, S.K. and Schonfeld, P. "Integration of mixed and flexible route bus system", Transportation Research Record, 1980, 51-57.
25. Chang, S.K. and Schonfeld, P. "Optimization models for comparing conventional and subscription bus feeder services", Ph.D Dissertation, Department of Civil Engineering of Maryland, College Park, Dec.1991.
26. El-Azm "The Minimum Fleet Size Problem and its Application to Bus Scheduling", Computer Scheduling of Pubic Transport2. North-Holland, 1985, 493-509.
27. Glaister, S. "Bus deregulation, competition and vehicle size", Journal of Transport Economics and Policy Vol.20, No.2, 1986, 217-244.
28. Jansson, J.O. "A simple bus line model for optimazion of service frequency and bus size", Journal of Transport Economics and Policy Vol.14, No.1, 1980, 53-80.
29. Jacques Renaud, Favez F. Bector, "A sweep-based algorithm for the fleet size and mix vehicle routing problem", European Journal of Operational Research 140, 2002, 618-628.
30. Minea Skok Davor Skrlec Slavko Krajcar, "The Genetic Algorithm Method for Multiple Depot Capacitated Vehicle Routing Problem Solving", Fourth International Conference Knowledge-Based Intelligent Engineering Systems & Allied Technologies, 30th Aug-1st Sept 2000, Brighton, UK.
31. Navin, P.D. "Optimal urban bus size", Transportation Research Record 633, 1978, 74-76.
32. Nairn, R.J. "Dial-a-ride and mixed fleet levels of services, costs and revenues in a small city", Proceedings of Workshop of Paratransit: Changing Perceptions of Pubic Transport, Director General of Transport South Australia, 1979, 209-227.
33. Oldfield, R.H. and Bly, P.H., "An analytic investigation of optimal bus size", Transportation Research Vol.22b, No.5, 1988, 319-337.
34. Salzborn.J.M., "Optimum bus scheduling", Transportation Science Vol.6, 1972, 137-148.
35. Vuchic, V.R., "Urban Public Transportation System and Technology," Prentice-Hall Inc., 1981, pp.204.
36. Vuchic, V.R., "Transit Operating Manual", Pennsylvania Department of Transportation, 1976.

37. White P.R., and Turner, R.P., “Development of intensive urban minibus services in Britain ”, Logistics and Transportation Reviews Vol.4, 1988, 385-400.



附錄

紅線上車調查班次: () ____:____ 姓名:____ 車號:____、____										站名編號	
1		41		81		121		161		201	A 統聯朝馬站
2		42		82		122		162		202	B 潮洋里
3		43		83		123		163		203	C 朝富路口
4		44		84		124		164		204	D 朝馬
5		45		85		125		165		205	E 中港路口
6		46		86		126		166		206	F 三信商銀
7		47		87		127		167		207	G 青海路
8		48		88		128		168		208	H 後備司令部
9		49		89		129		169		209	I 玩具反斗城
10		50		90		130		170		210	J 何厝國小
11		51		91		131		171		211	K 漢口國中
12		52		92		132		172		212	L 頂何厝
13		53		93		133		173		213	M 忠明國小
14		54		94		134		174		214	N 精誠七街口
15		55		95		135		175		215	O 公益公園
16		56		96		136		176		216	P 向上路口
17		57		97		137		177		217	Q 土庫停車場
18		58		98		138		178		218	R 五權西路口
19		59		99		139		179		219	S 大勇國小
20		60		100		140		180		220	T 崇倫國中
21		61		101		141		181		221	U 三民西路口
22		62		102		142		182		222	V 和平里
23		63		103		143		183		223	W 和平國小
24		64		104		144		184		224	X 宜寧中學
25		65		105		145		185		225	Y 樹義里
26		66		106		146		186		226	Z 樹德技院
27		67		107		147		187		227	AA 大慶車站
28		68		108		148		188		228	AB 德祥街口
29		69		109		149		189		229	AC 建國南路
30		70		110		150		190		230	AD 東興路
31		71		111		151		191		231	
32		72		112		152		192		235	
33		73		113		153		193		233	
34		74		114		154		194		234	

台中市高潛力公車之混合車隊營運規劃分析

橘線上車調查班次: () ____:____ 姓名:____ 車號:____、____											站名編號	
1		41		81		121		161		201	A	統聯朝馬站
2		42		82		122		162		202	B	潮洋里
3		43		83		123		163		203	C	朝富路口
4		44		84		124		164		204	D	朝馬
5		45		85		125		165		205	E	教師新村
6		46		86		126		166		206	F	新光三越
7		47		87		127		167		207	G	惠來里
8		48		88		128		168		208	H	文心路口
9		49		89		129		169		209	I	何厝
10		50		90		130		170		210	J	頂何厝
11		51		91		131		171		211	K	忠明國小
12		52		92		132		172		212	L	廣三 SOGO
13		53		93		133		173		213	M	忠明高中
14		54		94		134		174		214	N	科博館
15		55		95		135		175		215	O	健行國小
16		56		96		136		176		216	P	七信銀行
17		57		97		137		177		217	Q	健行路口
18		58		98		138		178		218	R	德化街口
19		59		99		139		179		219	S	大進社區
20		60		100		140		180		220	T	崇德橋
21		61		101		141		181		221	U	聖德寶宮
22		62		102		142		182		222	V	文心路口
23		63		103		143		183		223	W	昌平路口
24		64		104		144		184		224	X	四維國小
25		65		105		145		185		225	Y	大坑口
26		66		106		146		186		226	Z	平田里
27		67		107		147		187		227	AA	北新國中
28		68		108		148		188		228	AB	舊社公園
29		69		109		149		189		229	AC	打卡站
30		70		110		150		190		230		
31		71		111		151		191		231		
32		72		112		152		192		235		
33		73		113		153		193		233		
34		74		114		154		194		234		
35		75		115		155		195		235		
36		76		116		156		196		236		

台中市高潛力公車之混合車隊營運規劃分析

藍線上車調查班次: () ____:____ 姓名:____ 車號:____、____											站名編號	
1		41		81		121		161		201	A	統聯朝馬站
2		42		82		122		162		202	B	潮洋里
3		43		83		123		163		203	C	朝富路口
4		44		84		124		164		204	D	朝馬
5		45		85		125		165		205	E	教師新村
6		46		86		126		166		206	F	新光三越
7		47		87		127		167		207	G	惠來里
8		48		88		128		168		208	H	中港路口
9		49		89		129		169		209	I	市警局
10		50		90		130		170		210	J	中央健保局
11		51		91		131		171		211	K	市政路口
12		52		92		132		172		212	L	公益路口
13		53		93		133		173		213	M	大新國小
14		54		94		134		174		214	N	向心路口
15		55		95		135		175		215	O	南屯路口
16		56		96		136		176		216	P	豐樂公園
17		57		97		137		177		217	Q	三民西路口
18		58		98		138		178		218	R	醫學大學
19		59		99		139		179		219	S	特力屋
20		60		100		140		180		220	T	大慶街口
21		61		101		141		181		221	U	台中高工
22		62		102		142		182		222	V	僑泰工家
23		63		103		143		183		223	W	永和國宅
24		64		104		144		184		224	X	忠明南路口
25		65		105		145		185		225	Y	美村南路口
26		66		106		146		186		226	Z	中興大學
27		67		107		147		187		227	AA	國光國小
28		68		108		148		188		228	AB	正氣街口
29		69		109		149		189		229	AC	第三市場
30		70		110		150		190		230	AD	台中車站
31		71		111		151		191		231	AE	干城
32		72		112		152		192		235		
33		73		113		153		193		233		
34		74		114		154		194		234		
35		75		115		155		195		235		
36		76		116		156		196		236		

台中市高潛力公車之混合車隊營運規劃分析

黃線上車調查班次: () ____:____ 姓名: _____ 車號: _____、_____											站名編號	
1		41		81		121		161		201	A	統聯朝馬站
2		42		82		122		162		202	B	潮洋里
3		43		83		123		163		203	C	朝富路口
4		44		84		124		164		204	D	朝馬
5		45		85		125		165		205	E	市政路口
6		46		86		126		166		206	F	黎明國小
7		47		87		127		167		207	G	黎明新村
8		48		88		128		168		208	H	東光公司
9		49		89		129		169		209	I	黎明公益路口
10		50		90		130		170		210	J	三厝里
11		51		91		131		171		211	K	永定里
12		52		92		132		172		212	L	南屯
13		53		93		133		173		213	M	萬和路口
14		54		94		134		174		214	N	文心南路口
15		55		95		135		175		215	O	東興路口
16		56		96		136		176		216	P	忠明南路口
17		57		97		137		177		217	Q	美術館
18		58		98		138		178		218	R	文化中心
19		59		99		139		179		219	S	忠信國小
20		60		100		140		180		220	T	貴和林森停車場
21		61		101		141		181		221	U	地方法院
22		62		102		142		182		222	V	台中女中
23		63		103		143		183		223	W	台中車站
24		64		104		144		184		224	X	干城
25		65		105		145		185		225	Y	立體停車場
26		66		106		146		186		226	Z	光雄醫院 (建成自由路口)
27		67		107		147		187		227		
28		68		108		148		188		228	AA	樂業路口
29		69		109		149		189		229	AB	育英國中
30		70		110		150		190		230	AC	旱溪
31		71		111		151		191		231	AD	長福公園
32		72		112		152		192		235	AE	十甲北街口
33		73		113		153		193		233	AF	十甲路口
34		74		114		154		194		234	AG	東英八街口
35		75		115		155		195		235	AH	旱溪街口
36		76		116		156		196		236	AI	東英路口

簡歷



姓 名：曾亮勳

籍 貫：台灣省屏東市

生 日：民國 69 年 03 月 03 日

學 歷：逢甲大學交通工程與管理學系碩士

逢甲大學交通工程與管理學系學士

地 址：屏東市中正路 688 巷 46 弄 17 號

電 話：(08) 7362732

e-mail：tanick33@pchome.com.tw