

逢 甲 大 學
交通工程與管理學系碩士班
碩士論文



公路客運轉運站最適規模與
服務策略之規劃設計

The Planning and Design of Transfer
Terminals on Optimal Scale and Their
Services Strategies

指導教授：李克聰

研 究 生：陳昱豪

中 華 民 國 九 十 二 年 六 月

致 謝

本論文得以順利如期完成，承蒙恩師 李克聰教授之悉心指導，從探討課題之啟發、研究瓶頸之排除，乃至於研究方法傳授、論文架構建立，均蒙受恩師諄諄教誨。而平日治學態度及為人處世更蒙恩師多所叮囑與啟迪，如此亦師亦友之鼓勵與教導，促使於六年生活與求學期間得以戮力向學並切身體驗理論與實務結合之奧秘，恩師如此身教言教並重之典範令學生實是受益匪淺，在此謹致最高之謝忱與敬意。師恩浩蕩，學生永銘於心，沒齒難忘。

論文口試期間，承蒙台灣大學 張學孔教授及交通大學 王晉元教授之撥冗細審，惠賜寶貴意見及殷切指正，使本論文更臻嚴謹。論文審查期間，承蒙台中市交通局 林良泰局長及本所 邱裕鈞教授詳加審閱，使論文得以及時斧正。研究所授業期間，承蒙 胡大瀛老師、徐耀賜老師、楊宗璟老師、溫傑華老師、葉名山老師、劉霈老師之啟蒙與教導，皆使學生受益良多，在此致上最高之謝意。大學老師 顏秀吉老師及 王笙老師平日於為人處世之觀念指導，亦師亦友之情誼，在此特別致上由衷謝意。

在學期間，感謝忠平學長、柏村學長、文能學長、純孝學長、嵐焜學長、文勇學長、裕雯學姊、書娟學姊於生涯規劃、研究計畫、學業研究與平日生活之指導與關心。同窗好友士彥、俊源、彥蘅、思瑜、銘賢、浩峰、暉傑、家麟、瓊瑩、惠如、乃穎等於生活及課業之相互砥礪，令人銘感於心。學弟妹亮勳、沛儒、伯鴻、宗憲、芳誼、心怡、鵬升、誌嘉、志豪、雅博、延鈺、詩涵、紘竹、婉婷、筱萍、盈惠、凱玲、洪捷等亦在期間添加諸多快樂回憶。與好友幸芳、瑞陽、明駿、旻敬、文賢、韋志、正民、紫貞姐等共同所經歷之歡樂時光與深厚情誼，著實令人永生難忘。此外，所上完善之設備及行政資源與 周綺芬助教、林春秀助教、劉春蕊助教平日之熱心幫助與耐心指導，亦為得以順利完成學業與研究計畫案之重要關鍵，在此一併致謝。

論文資料蒐集期間，承蒙業界多位先進之鼎力相助，方便論文進度得以順利完成，在此特別感謝統聯客運公司 王德潤課長、王永志先生、張偉峻先生、張育誠副站長、曾瑋哲先生、曾俐如小姐等對於論文資料之熱心提供；勝群工程顧問有限公司 陳建德先生、林建文先生、陳宏達先生等對於研究課題提供寶貴之建議；鼎漢國際工程顧問股份有限公司 楊蕙如小姐提供相關資料之索引；全徽道路交通安全器材有限公司 孫瑀總經理於平日生活之關心與提攜，在此致上由衷敬意與謝意，感謝各位先進無私的付出與協助。

最後，謹將本論文獻給我最摯愛的家人，感謝父母多年的辛勞、呵護與教導及兄妹給予的扶持鼓勵，更感謝上帝的恩典與慈愛常伴隨與我同在，時時引領我面對生命中的一切，並在求學各階段安排許多的良師益友與我同行。凡此皆是我求學過程中最強而有力之支柱，謹將此成果獻給曾經關心疼惜我的所有人，願能與您們共同分享這份榮耀。

陳 昱 豪 謹誌

2003 年盛夏 于台中逢城

摘要

近幾年國內許多重大的公路建設相繼完成，顯示公路運輸系統目前在台灣地區仍扮演著相當重要的運輸任務。行政院自民國 85 年 7 月開始實施「促進大眾運輸發展方案」以來，雖曾將「大眾運輸轉運中心之規劃」列為台中市之辦理示範性計畫，但截至 91 年 12 月仍未見其執行，更遑論達成建立「無間隙大眾運輸服務」之目標。有鑑於此，如何針對不同運輸環境與考量不同運具特性加以規劃設計出一最適規模之公路客運轉運中心，實為迫切且亟待努力解決之課題。

公路客運轉運站針對不同營運環境必須有足夠地相對規模，方能提供完善的接駁與轉乘服務，進而促進公路運輸系統達成「即時」與「及戶」之終極目標。本研究以公路客運轉運站為主要規劃範圍，並基於場站區位與面積大小不受限制之單一轉運中心假設前提下，透過分析性數學模式、數學規劃法等方法構建轉運站最適規模之求解模式，並發展有效之求解程序及配合數值分析法，進而求解出轉運站規模與其容納路線數間之權衡關係。此外，為更能增進轉運站之設置效益，本研究於轉運站最適規模之基礎上據以規劃設計『整數班距策略』及『混合車隊策略』等相關之營運服務策略。研究結果顯示，適當之轉運站設置規模配合良好規劃之服務策略，確能大幅增進轉運站之設置效益與功能。

時值國內各級重大公路建設相繼完成之際，展望未來，國內公路客運業之蓬勃發展指日可待，建議相關主管單位對於國內運輸課題所採取之解決方式應從過去的「創造供給」轉變為「需求管理」，亦即推動設置公路客運轉運站實為達成效率整合之有效手段，如此方能符合政府近年來所大力提倡之「促進大眾運輸發展方案」，亦才能達成所謂「永續運輸」之終極目標。

關鍵詞：轉運站、最適規模、公路客運

ABSTRACT

Recently, many major highway constructions had completed, it appears highway transportation system play more important role in Taiwan area for now. However, the government doesn't yet make clear and specific plans for the topic that integrate between transportation systems. It leads lower transportation effect and no efficiency. Thus, how to plan and design optimal scale of highway transfer terminals that according to different environments and modes are urgent and important research issues.

Highway transfer terminals must have enough relative scale to meet different operation environment. That will promote highway transportation system to reach real-time and door-to-door goal. This research determines the optimal scale model which base on singular transfer terminal that fixed location and area, and propose the relevant operation service strategies. Theoretically, this research considers Mathematical Programming method, Analytic Mathematical Model, and Numerical Analysis Method as major research approaches. In other words, the content includes constructing the optimal scale model, planning and designing the highway transfer terminal, and addressing a case study to explain the feasibility on real world etc.

While the constructions of major highway had completed, the transportation solution should be demand management instead of supply creation. Furthermore, it can meet Green Transportation, Promote Public Transportation Development, and Sustainable Transport goal.

Keywords : Transfer Terminal, Optimal Scale, Highway Operation

目錄

中文摘要	
------------	--

英文摘要	
------------	--

目錄	
----------	--

圖目 錄	
---------------	--

表目 錄	
---------------	--

第一章 緒論

1.1 研究緣起	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究範圍與限制	3
1.4 研究方法與架構	4
1.5 研究內容與流程	5

第二章 文獻回顧

2.1 轉運站相關文獻	8
2.2 轉運/接駁相關文獻	33
2.3 最適規模文獻	45
2.4 文獻綜合評析與啟示	47

第三章 轉運站規模最適化分析

3.1 問題分析與界定	50
3.2 模式基本假設	53
3.3 模式符號及名詞定義	55
3.4 模式目標函數	57

3.5	模式架構	61
3.6	尋優求解程序	64
3.7	簡例驗證	68
第四章 轉運站服務策略規劃設計		
4.1	路線路網設計	80
4.2	排班最佳化	83
4.3	混合車隊	88
第五章 實例應用		
5.1	實例說明	91
5.2	轉運站規模最適化分析	96
5.3	敏感度分析	112
5.4	服務策略之規劃設計	125
第六章 結論與建議		
6.1	結論	145
6.2	建議	147
參考文獻		150
附錄一		154

圖目錄

圖 1.1 研究範圍示意圖	4
圖 1.2 研究架構圖	5
圖 1.3 研究流程圖	7
圖 3.1 國道客運市場營運環境示意圖	54
圖 3.2 轉運站規模最適化模式架構圖	63
圖 3.3 尋優求解程序示意圖	66
圖 3.4 轉運站最適容納路線數之求解程序	67
圖 3.5 簡例 5 條路線之營運示意圖	68
圖 3.6 簡例之 5 條路線各原始成本項目值	71
圖 3.7 簡例各尋優階段系統成本值趨勢圖	76
圖 3.8 簡例轉運站容納路線數之系統總成本變化趨勢圖	76
圖 3.9 簡例獨立運作型態與轉運站最適規模型態成本之差異	78
圖 4.1 直達型、轉運接駁型國道路線示意圖	81
圖 4.2 共同班距策略示意圖	84
圖 4.3 整數班距策略示意圖	85
圖 5.1 實例各路線起訖點需求總量	93
圖 5.2 實例各路線進轉運站前之路線長度	93
圖 5.3 實例各路線經轉運站後之路線長度	93
圖 5.4 實例 22 條路線各成本項目趨勢圖	96
圖 5.5 實例第二階段內各方案組合之總成本值變化圖	100
圖 5.6 實例第三階段內各方案組合之總成本值變化圖	102
圖 5.7 實例第四階段內各方案組合之總成本值變化圖	104
圖 5.8 實例各路線於各尋優階段之成本值	107
圖 5.9 實例各尋優階段系統總成本變化圖	108
圖 5.10 實例獨立運作及最適規模二型態之各成本項目值比較	111
圖 5.11 候車時間價值敏感度分析	113
圖 5.12 轉車時間價值敏感度分析	115
圖 5.13 國道行駛速率敏感度分析	116

圖 5.14 市區行駛速率敏感度分析	117
圖 5.15 國道車輛固定成本敏感度分析	118
圖 5.16 市區接駁車輛固定成本敏感度分析	119
圖 5.17 國道車輛場站使用成本敏感度分析	120
圖 5.18 國道車輛衍生外部成本敏感度分析	121
圖 5.19 市區接駁車輛場站使用成本敏感度分析	122
圖 5.20 市區接駁車輛衍生外部成本敏感度分析	123
圖 5.21 實例三型態各成本項目值之比較	132
圖 5.22 實例三型態系統總成本之比較	132
圖 5.23 實例三型態各成本項目值之比較	142
圖 5.24 實例三型態系統總成本值之比較	142
圖 5.25 實例各操作型態別之系統總成本比較圖	144



表目錄

表 1.1	台灣地區城際運輸客運市場歷年旅次數統計	2
表 2.1	依大眾運輸系統所提供之場所與設施型態區分	8
表 2.2	第一級轉運站(轉運中心)	9
表 2.3	第二級轉運站(轉運集散站)	10
表 2.4	第三級轉運站(轉運招呼站)	10
表 2.5	轉運站依路線型態區分	11
表 2.6	轉運站依旅客轉運行為特性區分	12
表 2.7	轉運站依服務路線區分	12
表 2.8	轉運站依經營方式區分	14
表 2.9	依高速公路設置轉運站之位址區分	14
表 2.10	依公路客運系統區分	15
表 2.11	依轉運之操作特性區分	16
表 2.12	各類型轉運站之歸納表	17
表 2.13	轉運站設置之主要考慮因素	18
表 2.14	日本轉運站之設置型式	21
表 2.15	美國 AASHTO 轉運站之設置型式	24
表 2.16	台北市都會區客運轉運站基本資料	28
表 2.17	朝馬轉運站定位說明	30
表 2.18	轉運站類型彙整表	32
表 2.19	公路客運轉運中心路網型態	34
表 2.20	依運輸環境而區分之轉運系統	35
表 2.21	轉車系統路網之組成型態	37
表 2.22	聯運式與附載式路線之比較	38
表 2.23	長途客運轉車系統之營運型態	39
表 3.1	研究課題說明與分析	50
表 3.2	符號彙整表	56
表 3.3	簡例之 5 條路線基本資料	68
表 3.4	簡例之模式參數設定	69

表 3.5 簡例之 5 條路線各成本項目值	71
表 3.6 簡例第一階段尋優	72
表 3.7 簡例第二階段尋優	72
表 3.8 簡例第三階段尋優	73
表 3.9 簡例第四階段尋優 (1)	73
表 3.10 簡例第四階段尋優 (2)	74
表 3.11 簡例各尋優階段系統成本值變化表	75
表 3.12 簡例獨立運作型態與轉運站最適規模型態成本之差異 ..	77
表 4.1 單轉運路網型式及其特性表	82
表 4.2 轉運站於不同時段、路線型態下混合車隊之營運策略 ..	90
表 5.1 統聯客運公司 22 條國道客運路線資料	91
表 5.2 實例之模式參數設定	94
表 5.3 統聯客運路線原始營運成本表	95
表 5.4 各路線依其需求與路段對稱特性分類表	97
表 5.5 實例第一階段尋優	98
表 5.6 實例第二階段內各方案組合之路線數與總成本值變化 ..	99
表 5.7 實例第二階段尋優	101
表 5.8 實例第三階段內各方案組合之路線數與總成本值變化 ..	102
表 5.9 實例第三階段尋優	103
表 5.10 實例第四階段內各方案組合之路線數與總成本值變化 ..	104
表 5.11 實例第四階段尋優	105
表 5.12 實例各路線於各階段之成本變化	106
表 5.13 實例各尋優階段內容及其系統總成本值	108
表 5.14 實例獨立運作型態與轉運站最適規模型態成本之差異 ..	109
表 5.15 候車時間價值之敏感度分析(元/時)	113
表 5.16 轉車時間價值之敏感度分析(元/時)	114
表 5.17 國道車輛行駛速率之敏感度分析(公里/時)	115
表 5.18 市區行駛速率之敏感度分析(公里/時)	117
表 5.19 國道車輛固定成本之敏感度分析(元/時)	118
表 5.20 市區接駁車輛固定成本之敏感度分析(元/時)	119
表 5.21 國道車輛場站使用成本之敏感度分析(元/車)	120

表 5.22	國道車輛衍生外部成本之敏感度分析(元/時).....	121
表 5.23	市區接駁車輛場站使用成本之敏感度分析(元/時) ...	122
表 5.24	市區接駁車輛衍生外部成本之敏感度分析(元/時) ...	123
表 5.25	實例分群排班歸納表	126
表 5.26	實例整合班距下實例各路線於各項成本之變化	127
表 5.27	車輛單位營運成本依座位數等級之假定表	133
表 5.28	實例各路線最適座位數歸納表	134
表 5.29	實例各路線調整座位數歸納表	136
表 5.30	實例之獨立運作成本與轉運站採混合車隊成本之差異	137
表 5.31	實例各種操作型態之系統總成本比較表	143



第一章 緒論

1.1 研究緣起

目前台灣地區主要之城際客運大眾運輸系統包括公路客運、鐵路客運與航空客運等三類，依據歷年各運具客運量（旅次數）之市場佔有率可知（如表 1.1 所示），公路客運近年來已呈現衰退之現象。雖公路客運之快速性、準點性不如空運與鐵路，但服務網路可達面狀之效益，故其可及性居三者之冠。因此，如何隨區域發展之消長，隨時調整公路客運之營運路線與班次，進而能迅速地滿足民眾需求，實為扭轉目前公路客運運量衰退窘境之解決之道。

為健全公路客運發展，行政院於民國 84 年 8 月 23 日核頒「促進大眾運輸發展方案」，期透過各項優惠措施之推動，以改善公路客運之內外部營運環境，進而扭轉公路客運發展上之劣勢。此外，交通部於運輸政策白皮書【1】中明白揭示，未來國內客貨運輸政策之發展方向將由「單運」發展至「聯運」，以增加運送之彈性與效率。基於此，近年來在空、海運界均被公認為具有提高服務品質與降低系統成本等多重效益之轉運中心作業（Transfer Center Operation）觀念，已被多家國道客運業者所引進並付諸實行，此點可從各業者紛紛實施並建置轉運站之策略得到印證。然自 85 年高工局設置中壢服務區轉運站至目前各家業者之轉運站林立，其採型轉運站策略之績效皆未加以檢討評估，因此無法瞭解客運轉運站之實際運作是否符合預期目標，亦無從作為後續設置其他客運轉運站之參考依據。如何遵循政府政策方向及檢討目前實際運作轉運站之經驗，研擬具前瞻性、整體性與適度規模之公路客運轉運站實有其必要性；再者，過去各級政府一直倡導推動公路客運轉運站之設置，但卻遲遲未見具體之成效與規模，致使各家業者為搶佔市場佔有率紛紛各自興建自有之轉運站。而過度設立轉運站與一味擴張其業務量（即可容納之轉運路線數）之作法，是否真能符合乘客需求並兼顧社會成本原則，實是值得商榷之事。

本研究之主要目的在於探討轉運站最適規模之規劃，並期望未來依據此一最適規模來研擬轉運站之相關服務策略（包括各轉運接駁線之服務水準規劃等）。此外，資訊的完整性對於轉運站之功能發揮亦具有關鍵性的影響，在「高速公路智慧化之整體規劃」【2】之報告中建議先進大眾運輸系統（APTS）中資訊系統的建置應列為短期內需積極發展之項目；因此，若現階段對於公路客運轉運站未加以通盤規劃，亦將對未來整體 APTS 之發展造成關鍵性之影響。基於上述諸多因素，如何構建一個可提供轉運接駁等多元服務策略之公路客運轉運站規模最適化模式，實為當前極具重要之研究課題。

表 1.1 台灣地區城際運輸客運市場歷年旅次數統計

單位：萬人次

年期	公路客運		鐵路客運		航空客運		合計	
	運量	百分比	運量	百分比	運量	百分比	運量	百分比
80	53842	78.40	13712	19.97	1121	1.63	68675	100.00
81	48499	74.71	14926	22.99	1488	2.29	64913	100.00
82	47136	72.84	15730	24.31	1844	2.85	64710	100.00
83	46625	71.74	16033	24.67	2330	3.59	64988	100.00
84	44354	70.15	15998	25.30	2874	4.55	63226	100.00
85	40292	67.35	15944	26.65	3590	6.00	59826	100.00
86	36797	64.49	16523	28.96	3740	6.55	57060	100.00
87	34710	62.85	17187	31.12	3329	6.03	55226	100.00
88	31915	59.78	18218	34.13	3253	6.09	53386	100.00
89	31300	58.93	19148	36.05	2665	5.02	53113	100.00

註：公路客運係指台汽客運公司運量與民營客運公司運量之和。

資料來源：【3】

1.2 研究目的

本研究之目的在於發展一系統化且能提高運輸效能之公路客運轉運站最適規模之規劃方法。展望未來，大眾運輸在城際間的客運上勢必扮演重要之角色，從使用者追求高服務水準、營運者追求高營運獲利、政府監督單位追求高運輸效能與社會公平等三方面來審視，現存之轉運站運作體系必無法合乎現在與未來之要求，而轉運站規模與

其牽涉到的轉運接駁問題更是問題之核心所在。因此，設置適當之轉運站規模遂成為值得進一步深入探究之課題。鑒於此，本研究之主要目的如下：

1. 在同時考量國道、地區客運（包括區域客運與市區公車）等二種層級客運路線之情況下，規劃求解出轉運站之最適規模，使其服務型態與功能具有較多之營運彈性。
2. 在反映國道、地區客運等二種層級客運路線特性之前提下，尋求整個系統之最適營運策略。
3. 經由數值分析及實例測試，驗證所構建模式與求解程序之有效性，並提出具體的政策性涵義，以作為政府規劃公路客運轉運站與推動轉運中心之參考。

1.3 研究範圍與限制

本研究以一條直線型高速公路及其中一交流道下之都會區為範圍（如圖 1.1 所示），探討在該範圍內由國道、地區客運（包括區域客運與市區公車）等二種層級路線所構成之客運市場。此外，在轉運站之規劃上，本研究僅探討不受區位、面積等因素限制之單一轉運中心，故不考慮其他型式之轉運站系統。至於主要研究之轉運類型為「國道客運系統間之轉運」及「國道客運系統與地區客運系統間之轉運」等兩種轉運類型。其中，國道客運系統與地區客運系統間之轉運，由於考量國內現階段仍難覓得有足夠之場站面積以容納區域客運與市區公車同時營運，且原有之區域客運場站早已成型，實務上較不易令其遷移。鑒於此，本研究針對此類型之轉運行為乃規劃由接駁路線來服務，所謂接駁路線係指具有聯絡轉運站與區域客運場站及市區公車轉乘點功能之路線。

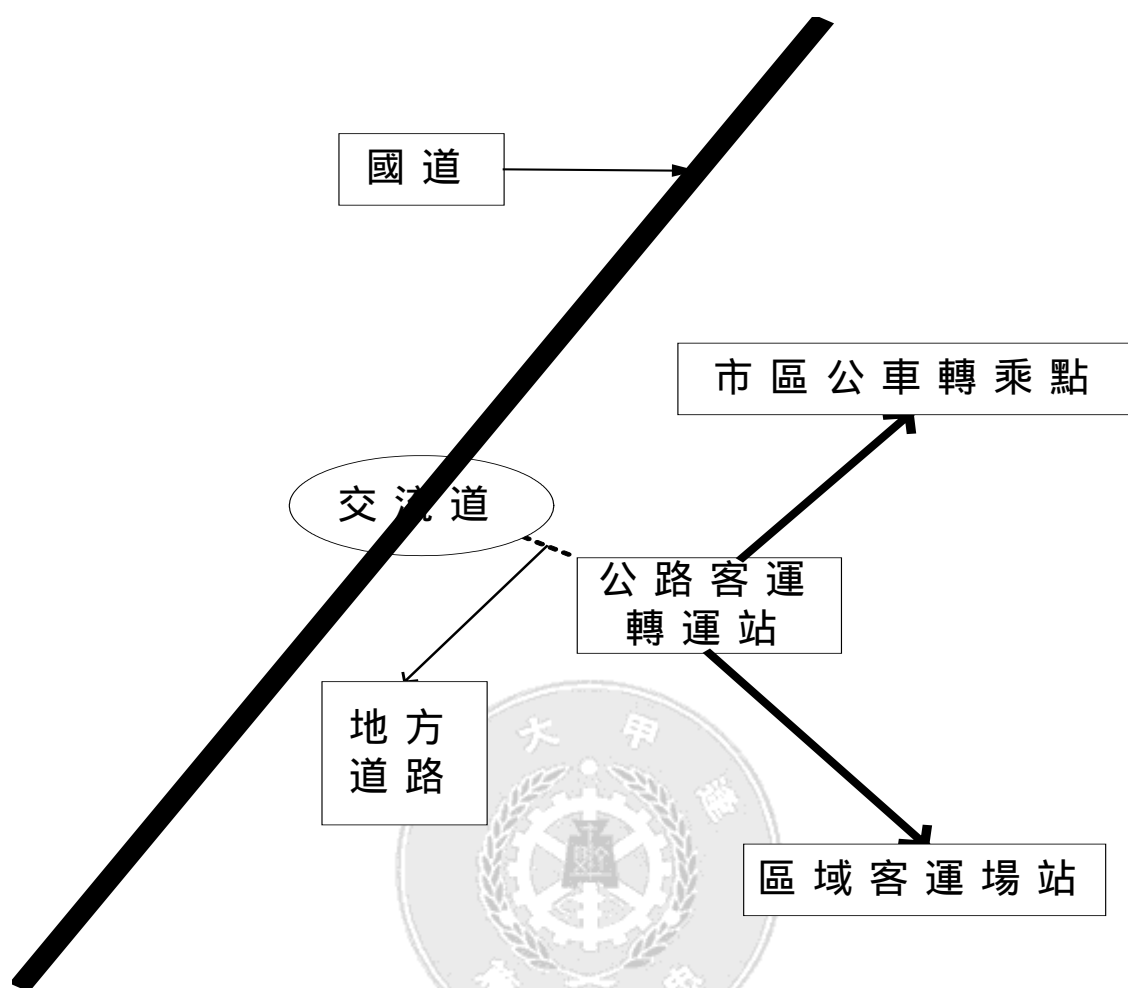


圖 1.1 研究範圍示意圖

1.4 研究方法與架構

本研究以分析性數學方法 (Analytic Mathematical Approach)、數學規劃法及數值分析法為基本方法論，其研究架構如圖 1.2 所示。首先針對國道與接駁路線等二種層級路線之系統特性，考慮各系統間之轉運接駁行為，分別規劃出其適當之路線數，進而求解出相對應之最適公路客運轉運站規模。

在發展公路客運轉運站規模最適化之模式時，首先假設公路客運市場特性皆屬均質 (Homogeneous)，亦即所有參數皆固定，且公路客運轉運站規劃最主要之考慮即轉運型式與操作方式，因其決定公路客

運業者、乘客所受正負影響之所在；此外，管制者對於設置轉運站所衍生的外部環境衝擊，亦甚為重視。基於此，轉運站最適規模之最佳化模式即應依上述之影響關係加以建立。

至此所構建之分析模式已能涵蓋轉運站最適規模之主要特性，但有鑑於求解不易之限制下，本研究將發展一求解程序，以尋求可降低系統總成本最大之路線組合方案（含轉運接駁路線與直達等二種方案），並進行相關服務策略之研擬與規劃。最後透過實例分析，可驗證該分析模式之有效性與合理性。

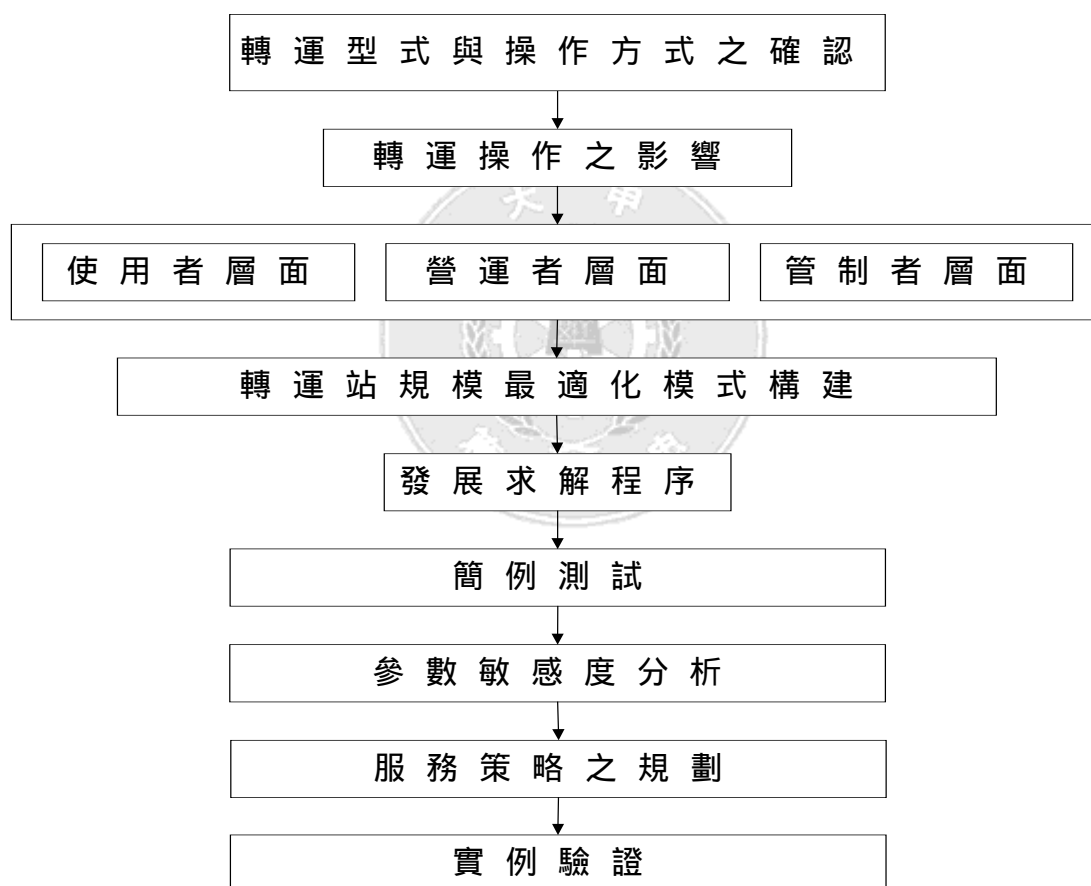


圖 1.2 研究架構圖

1.5 研究內容與流程

本研究之主要內容共可分為四個部分來進行，其研究流程如圖 1.3

所示，茲將研究中各進行步驟分述如下：

1. 文獻回顧分析

基於問題特性及研究目的之需要，本研究將分（1）轉運站（2）轉運/接駁（3）最適規模等三部分進行文獻蒐集與回顧，並作綜合性評析，以供模式發展之借鏡與啟發。

2. 資料蒐集分析

蒐集分析統聯客運公司各行駛國道客運路線之營運現況資料，其包括路線起訖點、路線長度、路線班次、路線營運成本及路線乘客需求等資料。

3. 均質環境下轉運站規模最適化模式之構建

本研究以設置轉運站前後節省成本最大化（效益最大化）為目標函數進行轉運站規模最適化模式之構建，且同時兼顧使用者、營運者與管制者等三方面。其中，使用者成本項目包括起訖端候車時間成本及轉運接駁時間成本等；營運者成本項目包括國道與市區接駁車隊規模成本、場站租用成本等；至於管制者成本項目則包括場站設置營運成本與外部環境衝擊成本等。在均質環境之假設下，亦即所有系統參數均相等，並考慮載客限制之情況下，求解社會總成本最小化。

4. 尋求轉運站最適規模之服務策略

前述均質環境下之最佳化分析模式，乃是以設置轉運站前後總成本變化量最大化為主要求解目標，但有鑑於求解不易之限制下，本研究將發展一求解程序，以尋求可降低系統總成本幅度最大之路線組合方案（含轉運接駁與直達），並進行各系統參數之敏感度分析，以找出對系統總成本較具影響性之關鍵參數，作為提出後續政策性涵義之基礎。此外，依據模式所得之轉運站容納最適路線數進行其排班最佳化設計，本研究係採準確轉車系統最佳化（Timed Transfer）方式進行規劃，以降低乘客轉乘時之候車時間，

且亦同時探討採用混合車隊策略之可行性，此皆為後續擬定相關服務策略之主要依據。

5. 簡例測試

本研究設計一規模較小、路線特性較單純之簡例，用以測試模式之操作方式及精確性（Robustness），作為模式檢討分析以及模式參數設定之依據。

6. 實例驗證

為驗證最佳化分析模式之有效性，本研究將以統聯客運公司行經中山高速公路之各路線營運狀況為實例，並確認以台中朝馬轉運站作為單一轉運中心，進而分析以其營運路線與乘客需求固定狀況下，實施接駁/轉運之效益，並研提具體實施方案，其中包括轉運站應容納之路線數、各路線最適之營運方式（直達或轉運）及其班距，俾供業者與主管機關作為參考。

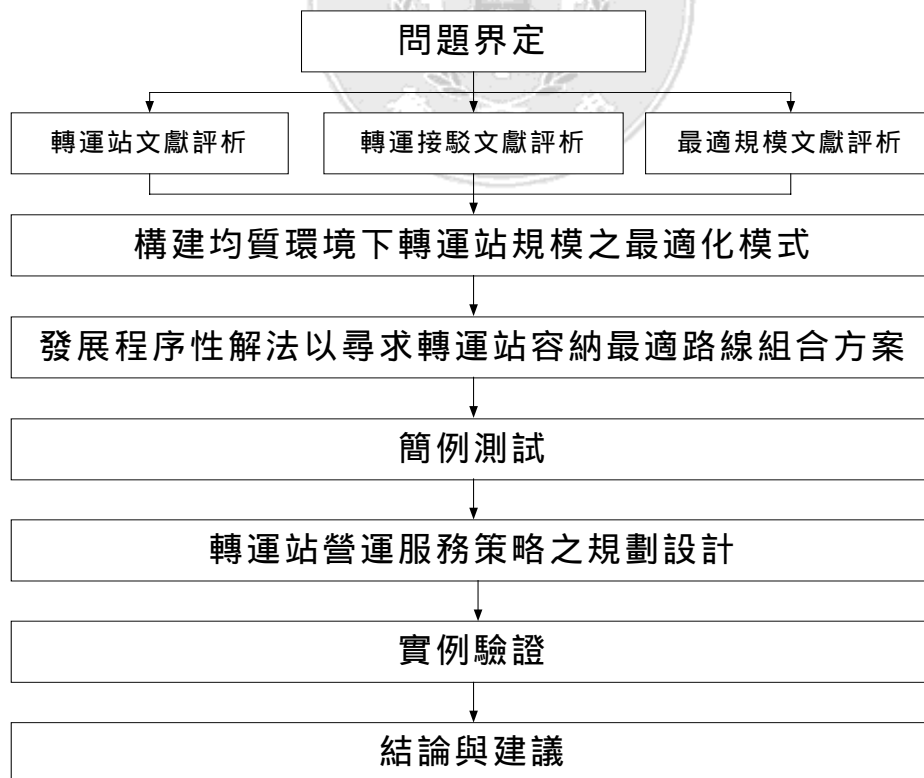


圖 1.3 研究流程圖

第二章 文獻回顧

本研究針對所蒐集之文獻，大致分為三大主題，其分別為轉運站相關文獻、轉運/接駁相關文獻及最適規模相關文獻。茲將其說明如下，並進行綜合評析與歸納。

2.1 轉運站相關文獻

在進行轉運站最適規模探討前，首先應闡明轉運站之定義及其功能分類，以利後續之研究。依據交通部運研所辦理之「公路客運轉運中心之規劃－台北都會區」【4】，其對於轉運站之定義如下：

『一個可由一家或多家公路客運公司參與營運，同時並與其他運具在路線、班次及時刻表方面進行協調整合，使乘客能夠方便快速地完成公路客運間或與其他運具間轉運行為之場站，稱之為公路客運轉運中心（站）。』

2.1.1 轉運站分類

轉運站依「大眾運輸系統所提供之場所與設施型態」、「設置規模」、「高速公路設置轉運站位址」、「公路客運系統」及「服務型式」等不同而有所區分，茲將依各類標準加以區分如下：

1. 依大眾運輸系統所提供之場所與設施型態區分

大眾運輸系統提供旅客上下之場所與設施型態可分為下列幾種【5】，如表 2.1 所示：

表 2.1 依大眾運輸系統所提供之場所與設施型態區分

類型	定義
停靠站 (Stop)	為沿街設置的簡單設施，一般可能只有招牌標誌等設備。
車站	指在地上、地下或地面提供有建築

(Station)	物等設施供乘客使用及系統營運之用。
終點站 (Terminal)	為主要大眾運輸路線之終點車站。
轉運站 (Transfer Stations)	只可以服務多條路線並提供乘客在這些路線轉換之場站設施。
多運具轉運站 (Multimodal Transfer Stations)	泛指可以提供多種運具及路線供乘客轉運之場站設施。

2. 依轉運站之規模區分

依轉運站之規模可概分為轉運中心、轉運集散站及轉運招呼站等三種類型【6】，茲將各類型轉運站之設施需求、面積及其功能，分別說明於下，如表 2.2、2.3、2.4 所示：

(1) 第一級轉運站（轉運中心）

第一級轉運站之開發可刺激站區及腹地整體發展、帶動人潮，具有吸引民間資金參與之誘因，故可以 BOT 方式為優先考量，其次依序為政府與民間聯合開發、客運業者聯合開發及 BTO 方式。

表 2.2 第一級轉運站（轉運中心）

類型	第一級轉運站（轉運中心）
基本設施	<ol style="list-style-type: none"> 1. 公路客運車輛之停車場地及簡易維修區，以方便車輛之停靠、調度與維修。 2. 提供私人運具停車轉乘（Park-and-Ride）及接送轉乘（Kiss-and-Ride）之停車場地。 3. 提供計程車之排班等候空間。 4. 乘客候車休息大廳（包括洗手間、服務台）及乘車月台。 5. 售票處及餐飲服務設施。 6. 其他商業活動。
設置面積	約需 2 公頃以上
功能	1. 其設施規模為各類型轉運站中最大、最完善者，故所能發

	揮之功能亦最強。 2. 可提供不同運具間之轉運服務。 3. 可供公路客運車輛作短暫停留、調度及緊急維修之用。 4. 站區內所規劃提供之設施，可以聯合開發方式兼作商業使用，以提高土地之利用價值。
--	---

(2) 第二級轉運站（轉運集散站）

第二級轉運站之功能與規模雖較第一級轉運站小，但亦具有吸引民間投資之誘因，故其開發管理方式可參照第一級轉運站。

表 2.3 第二級轉運站（轉運集散站）

類型	第二級轉運站（轉運集散站）
基本設施	1. 公路客運車輛之停車場地，以方便車輛之停靠。 2. 私人運具之停車場地。 3. 乘客候車休息區（包括洗手間、服務台）及乘車月台。 4. 售票窗口及簡易販賣處。
設置面積	約在 1~2 公頃之間
功能	1. 在於服務同一運具間不同系統之轉運。 2. 站區內可供公路客運車輛停等調度。 3. 站區內可兼營商業活動，惟其服務對象多以轉乘旅客為主。

(3) 第三級轉運站（轉運招呼站）

第三級轉運站由於較不具投資誘因，故可以政府自行興建後出租民間經營方式為優先考量，其次為客運業者聯合開發及 BTO 方式。

表 2.4 第三級轉運站（轉運招呼站）

類型	第三級轉運站（轉運招呼站）
基本設施	1. 公路客運車輛之停靠站。 2. 私人運具之停車場地。 3. 乘客候車、乘車月台（包括候車亭及完整之轉乘資訊告示

	牌)。
設置面積	約介於 0.5~1 公頃之間
功能	1. 為最基本之轉運站型式，即類似目前之公車招呼站方式，但基於安全考量，宜以公車彎型式設置。 2. 其功能主要在於同一運具且同一系統之轉運。 3. 其僅准許車輛臨時停靠以上下乘客，但不提供車輛較長時間停留所須之場地。

3. 依路線型態區分

多條運輸路線集中於運輸中心點，因而形成轉運站，然而不同路線型態之轉車即有其需求與特性上之差異。一般而言，轉運中心可依以下兩種特性來劃分路線型態，茲將其歸納整理如表 2.5 所示。

表 2.5 轉運站依路線型態區分

類型	路線特性	涵義
路線至轉運站間之關係	輻射路線 (Radial Route)	即以轉運站作為路線之終點
	穿越路線 (Through Route)	即轉運站僅是沿線眾多車站之一
路線是否有主、支線之區別	相似路線 (Similar Route)	轉運系統中所有路線有相似特性（如班次、容量、實體的運具特性相同等）
	主從路線 (Trunk with Feeder's Routes)	即轉運系統具有主幹線與支線之關係，通常主幹線具有較高之班次、容量及績效；而支線則具有較低之班次與容量。

資料來源：本研究整理

4. 依旅客轉運行為特性區分

依據旅客的轉運行為特性，可將轉運中心區分為過境型、轉接型及集散型等三類，茲將其涵義與相關之服務策略歸納整理如表 2.6 所示。

表 2.6 轉運站依旅客轉運行為特性區分

類型	涵義	服務策略
過境型 轉運中心	主要提供長途與長途客運間之旅客轉運，其功能類似空運中心（Hub）。	為縮短旅客轉運時間，以達轉運中心之功能，則各客運業者間之路線、班次及時刻協調整合即相當重要。
轉接型 轉運中心	以服務長途與地方性客運之旅客轉運為主。由於旅客之目的地與轉運中心仍有相當距離，故必須透過地方性客運接駁，以擴大長途客運之服務範圍。	其接駁運具系統中，以提供方便之中程距離運具為特別重要。
集散型 轉運中心	以服務長途客運與市區公車或其他運具間之旅客轉運為主。一般較靠近主要人口集中地區，旅客可透過多種運具，在轉運中心進行長途客運與短距離接駁以抵達其目的地。	其接駁運具系統中，以提供方便而迅速之短距離接駁運具為特別重要。

資料來源：本研究整理

5. 依服務路線區分

都會區聯外長途客運之路線相當多，且旅客之來源亦非常複雜，因此若都會區有多個轉運中心時，為有效地服務都會區旅客並提高轉運中心之營運效率，在路線規劃上即必須作適當之安排，茲將各類型之路線規劃整理如表 2.7 所示。

表 2.7 轉運站依服務路線區分

類型	功能特徵	優點	缺點
路線分散式 轉運中心	各轉運中心自成一完整系統，相同目的地之城際	由於同質性高，旅客可選擇距離起（訖）點最近之轉運中	1. 市區行駛路徑過長。 2. 若硬性規定所有

	客運路線分散於各轉運中心，且各轉運中心同質性高。	心，節省旅客於市區內之轉運時間。	業者需服務所有場站，則運量分散，班次數量無法增加，進而使旅客等候時間增長，經濟規模較難達到，影響營運效率。 3. 若未硬性規定所有業者服務所有場站，則業者勢必僅選擇區位最佳之場站，餘則乏人問津。
路線集中式轉運中心	依各轉運中心區位之特性，配置不同目的地之路線於適當之轉運中心，各轉運中心間同質性低。	1. 市區行駛路徑較短。 2. 運量集中、班次數量較多、旅客等候時間較短。 3. 較具規模經濟。	旅客於市區內之轉運時間增長。
路線混合式轉運中心	分散運輸需求量較大之路線於各轉運中心；而將運輸需求量較低之路線依行駛路線特性，配置於適當之轉運中心。	1. 運輸需求量較低之路線較易達規模經濟。 2. 運輸需求較高之路線分散於各轉運中心，以提供旅客較佳之便利性。	主管單位於分配公路客運路線時，與公路客運業者之溝通及協調困難性較高。

資料來源：【4】

6. 依經營方式區分

轉運站若依其經營方式區分，主要可分為衛星式與獨立式兩類，茲將其歸納整理如表 2.8 所示。

表 2.8 轉運站依經營方式區分

類型	涵義
衛星式轉運中心	於都會區中心設立統一調度之轉運中心，旅客至此中心購票及拖運行李，再由此轉運中心提供迅速便捷之轉運系統，並依旅客目的地載運到位於都會區外圍之衛星式轉運中心轉搭長途客運。
獨立式轉運中心	相對於衛星式轉運中心，都會區各轉運中心獨立經營其所屬上下旅客服務，以減少旅客再轉運之不便。

資料來源：本研究整理

7. 依高速公路設置轉運站之位址區分

參酌日本高速公路轉運站之設置經驗，基本上可考慮佈設於主線（收費站）、服務區（休息站）及交流道附近，以下將就各設置區位分別說明其適宜設置之轉運站類型，如表 2.9 所示：

表 2.9 依高速公路設置轉運站之位址區分

類型	主線（收費站）	服務區（休息站）	交流道附近
轉運站規模	因主線（收費站）附近可使用之空間有限，故僅能考慮設置第三級轉運站。	由於目前服務區（休息站）皆為封閉式，且其為服務高速公路車輛，故僅能設置第三級轉運站。	各類型轉運站皆可設置於交流道附近，惟需視其設置區位、面積及其需要性而定。
設施需求	於主線路肩外側設置大客車停車彎，包括分隔帶、車道路面、月台及維護旅客	1. 公路客運車輛之停靠站。 2. 私人運具之停車場地。 3. 乘客候車、乘車月台	視所設置之轉運站規模而定。

	安全進出停靠站之通道等設施。	(包括候車亭及完整之轉乘資訊告示牌)。	
效益	1. 旅客可就近利用轉運站上下高速公路客運，而不須經由現有之特定場站。 2. 可節省旅運時間。 3. 提高搭乘之便利性。	1. 旅客可利用停車休息時間轉搭其他車輛。 2. 較不會延誤旅程。 3. 若其能直接與地區道路相連通，則轉運站之設置型態可提升至第二級轉運站，以加強其轉運功能。	提供乘客一個安全、便利之轉乘場所，以杜絕違規客運之經營。

8. 依公路客運系統區分

公路客運系統基本上可劃分為兩大類型，其一為地區性公路客運系統，係服務地區性需求之公路客運系統，包括市區公車系統與鄉鎮間公路客運系統；另一類則為區域性公路客運系統，係以經高（快）速道路之公路客運系統為主。因此，公路客運之轉運站亦可相對應地區分為兩大類，茲將其概述於下，如表 2.10 所示：

表 2.10 依公路客運系統區分

類型	定義
地區性 公路客運轉運站	服務市區公車與鄉鎮間公路客運系統之轉運站
城際間 中長途客運轉運站	服務經高（快）速道路之公路客運系統的轉運站

9. 依轉運操作特性區分

朱正祺【7】將高速公路城際客運轉運站依轉運之操作特性分為「終站型轉運站」、「招呼站型轉運站」及「集散型轉運站」等三種。茲將其概述於下，如表 2.11 所示：

表 2.11 依轉運之操作特性區分

類型	定義	適用	效益	缺失
終站型 轉運站	設置於路線起點或迄點交流道鄰近區域，為高速公路城際客運與地區客運之轉接介面。	係解決因路線起點或迄點都市其市區內交通狀況不佳，導致城際客運行駛市區產生延滯之問題。	減少車輛在市區行駛中所遭遇之延滯，亦即提高車輛之運轉效率。	交流道附近地區交通之便利程度不如現有場站所在之市中心區，故乘客搭乘高速公路城際運輸班車將變得較不方便。
招呼站型 轉運站	於高速公路沿線之交流道設置長途客運之招呼站，班車因應乘客需要停靠於交流道旁。	日本在高速公路設計時，即加入沿線城際客運招呼站式轉運站之設計，操作甚為良好。	1. 營運之機動性大幅提升。 2. 乘客可享受較為密集班次與較大之可行性。	沿途隨時停靠上下客，將造成乘客行車時間增加與搭乘不適之感覺。
集散型 轉運站	轉運站設置的地點為合併路段端點的交流道鄰近地區。	將有重複路段之數條路線合併為一線，並在此合併的路段上，將合併前數條路線原本的旅客集中運輸。	1. 可提高合併路段班車的承載率，亦即可用較少車輛里程的供應，運送相同延客里程之需求。 2. 合併路段	乘客會有轉車損失(Transfer Penalties)的產生，包括轉車時間及中途停等的負面感受。

			的班次數增加增加，班距的縮短使得合併路段乘客的候車時間減少。	
--	--	--	--------------------------------	--

終站型轉運站之設計目的，主要乃是為求市區交通狀況之改善，並非直接為改善高速公路城際客運營運狀況而設。而國內目前對於交流道隨意上下載客之行為仍視為違規行為，且高速公路設計之初亦未配置城際客運招呼站式之轉運空間，故不具有實施招呼站型轉運之條件。

10. 小結

綜合以上各類型轉運站之分析，茲彙整歸納如表 2.12 所示。

表 2.12 各類型轉運站之歸納表

區分標準	類型
依大眾運輸系統所提供之場所與設施型態區分	停靠站、車站、終點站、轉運站、多運具轉運站
依轉運站規模區分	第一級（轉運中心）、第二級（轉運集散站）、第三級（轉運招呼站）
依路線型態區分	路線至轉運站間之關係：輻射路線、穿越路線
	路線是否具主支線區別：相似路線、主從路線
依旅客轉運行為特性區分	過境型、轉接型、集散型
依服務路線區分	路線分散式、路線集中式、路線混合式
依經營方式區分	衛星式、獨立式

依高速公路設置 轉運站之位址區分	主線型（收費站）、服務區型（休息站）、 交流道附近
依公路客運系統區分	地區性公路客運轉運站、城際間中長途客 運轉運站
依轉運操作特性	終站型、轉運站型、集散型

2.1.2 轉運站設置考量因素

關於轉運站於設置時所應考量之因素，過去於相關之研究報告中均有提及，茲將其結論擇要歸納如下：

「運輸系統與土地使用配合準則之研究」【8】研究結果顯示，地區性公路客運轉運站設置數量主要受到『都市面積』、『該都市汽車擁有數』、『地區性公路客運總路線數』等因素值之影響。此外，在區域性公路客運轉運站數評估模式中，轉運站設置數目受到『汽車持有率』與『區域性公路客運轉運站經營家數』之顯著影響。「台灣省公路汽車客運路網整體改善規劃研究」【9】指出轉運站設置之主要考慮因素有：區位、客運需求、經濟規模、業者及地方政府的意願、車輛調度、資金取得、土地可得性及建造時程等八項，茲將其列述如表 2.13 所示。

表 2.13 轉運站設置之主要考慮因素

因素	內容
區位	轉運位置需盡可能提供乘客最有利之行程，服務範圍擴大而將非必要之停等與繞駛減至最小。
需求	轉運系統之設計需符合服務對象多與地區發展規模大之需求才有意義。
規模	轉運站及客運作業有其固定之成本與運作支出，其規模需達到某種程度之經濟規模。選擇區位應考慮其經營規模。
意願	業者與地方政府配合意願為建立轉運系統成敗關鍵，應充分溝通與協調。
車輛	轉運系統之建立有賴車輛調度之靈活運用與車輛服務品質一致性之維持來進行，致使乘客之舒適性不受影響，營運單位對該

	區位之支援程度亦為考量重點。
資金	轉運站設置之資金多寡、來源亦影響設置地點之選擇。
土地	轉運站位置土地取得之難易，可能為設置轉運站之重要直接影響因素。
時程	建設時程之長短，需與其他相關計畫配合程度。例：捷運系統之接駁。

「台灣省交通政策之研究」【10】針對轉運站之設置有兩點考量：一為功能面的『主觀考量』，即業者營運成本的降低和乘客感受到服務水準的提昇；轉運系統的規劃對業者及乘客的影響不同，故規劃時須滿足業者與乘客雙贏，或至少一方有利另一方無害，如此轉運系統才有操作之必要；另一則為操作面的『客觀考量』，即轉運站設置用地是否可得、用地是否滿足轉運操作之需要、保障乘客安全之相關設施或措施是否可得及城際客運業者與地區客運業者的配合。

2.1.3 國外轉運站之規劃

以下將回顧日本及美國之高速公路轉運站型式，以作為國內規劃時之參考依據，茲分述如下。

1. 日本既有轉運站分析

日本高速公路城際客運轉運設施可分為：單獨型轉運站、交流道型轉運站、服務區型轉運站及收費站型轉運站等四大類型轉運設施，各型轉運站之設置考量因素分述如下：

(1) 單獨型轉運站

單獨型轉運站係與主線併設之公車停靠站，其設置必須充分考量交通之安全性、旅客使用之便利性及建設費用之經濟性等因素後始可設置。

(2) 交流道型轉運站

交流道型轉運站係與交流道併設之公車停靠站，決定設置位置

時，除應考量旅客之便利性、交通之安全性及建設之經濟性外，應同時考量公車通行轉運站時所造成旅客時間之損失、公車通過高速公路收費站所產生通行費收取之困難及轉運站公車月台至連絡道路旅客步行之距離等因素。

(3) 服務區型轉運站

服務區型轉運站係與高速公路服務區併設之公車停靠站，其設置位於服務區與主線間，由近端入口處分歧，設置公車停靠月台，再於遠端服務區出口匯流併入主線。

(4) 收費站型轉運站

收費站型轉運站係位於主線收費站後，利用車輛通過收費站後，車速較低之情況下，於路側所設置之公車停靠站，此一轉運設施之設計為一較安全之作法，但應注意對其他車流之影響及旅客步行之距離。

日本多年推動高速公路城際客運轉運設施，經檢討結果，爾後為有效利用高速公路城際客運轉運站，其應站在利用者之立場，充分設置下列基本設施。

- (1) 高速公路城際客運轉運站基本硬體設施（如公車停靠站、月台、候車亭等）。
- (2) 連絡通道之設施（含有標誌、街燈等之設施）。
- (3) 停車場、計程車候車亭、公共電話亭、廁所、一般道路公車停靠站等設施。
- (4) 地區之主要設施及聯絡交通之指示圖表之設施。
- (5) 可利用之擴大設施（如醫療設施、學校等）。
- (6) 其他高速公路城際客運轉運設施之相關聯設施，依地區之必要性而設置。

綜合以上日本各類型轉運站之分析，彙整比較如表 2.14 所示。

表 2.14 日本轉運站之設置型式

型式	單獨型轉運站	交流道型轉運站	服務區型轉運站	收費站型轉運站
設置位置	與主線併設之公車停靠站	與交流道併設之公車停靠站	與高速公路服務區併設之公車停靠站	位於主線收費站後，利用車輛通過收費站後，車速較低之情況下，於路側所設置之公車站停靠
第一類型	1. 以外側分離帶隔離主線 2. 設有充分長度之加減速車道 3. 停車車道之路幅可供公車超車使用	1. 轉運公車與其他車流不產生交錯現象 2. 不必通過高速公路收費站 3. 高速公路交流道使用面積可能會增加 4. 行車時間增加	1. 旅客步行距離較遠 2. 上下行轉運站應相對設置，便利旅客使用 3. 車輛與旅客動線規劃不可交錯	1. 設計較安全 2. 注意對其他車流之影響 3. 旅客步行之距離
第二類型	1. 以路面標線或標誌隔離主線 2. 加減速車道較短 3. 停車車道之路幅無法供公車超車使用	1. 建設費用較便宜 2. 與其他車流產生交錯現象 3. 行車時間增加		
第三類型	1. 與第二類型相同 2. 限於交通量較少之區間	1. 不會因為使用轉運站而增加行車時間 2. 採分流與合流方式與主線車流會合，運行速度較快 3. 轉運站與一般公路公車停靠站之距離較遠 4. 建設費用與單獨型轉運站相當 5. 可利用之空地較小 6. 易影響主線行車之視線		

2. 美國 AASHTO 轉運設施之分析

美國 AASHTO 建議高速公路客運轉運站應設置於高速公路與其他公路之交叉處，以方便旅客轉乘，而轉運站則是以樓梯、人行步道、或電扶梯與一般道路或旅次主要的產生地點相連接。依佈設之區位主要可分為：設於「高速公路上」及「一般道路上」(亦即位於交流道匝道附近)。而兩者之主要差異在於，設於高速公路上之客運轉運站，設有大客車專用匝道或車道，客運車輛無需駛至一般道路上與其他車輛發生衝突。而設於一般道路上之轉運站其主要優點則為設置容易且成本低(需較少之輔助設施)，但其缺點為客車必須駛離高速公路至一般道路上，若一般道路交通經常壅塞，則此一設計之效用將無法有效發揮。有關美國各類型客運轉運站之設置方式簡述如下。

(1) 設於高速公路上之轉運站

設於高速公路上之轉運站依其設置位置又可分為「設於高速公路與一般道路之交叉(無交流道)處」與「設於高速公路主線旁」等二類，茲分別敘述如下：

a. 設於高速公路與一般道路之交叉(無交流道)處

選擇在兩公路交叉處設置客運轉運站之優點為方便旅客到達，而高速公路與一般道路均為立體交叉之設計，因此必須提供樓梯、人行步道等輔助設施以方便旅客使用此客運轉運站。

b. 設於高速公路主線旁

客運轉運站亦可設置於高速公路主線旁之主要旅次產生點，且此設計需提供行人路橋跨越高速公路主線，方便旅客雙向轉乘。

(2) 設於交流道區之轉運站

依交流道型式與交通量之大小，可設置大客車專用匝道供設置轉

運站之用，或將轉運站直接設置於進出口匝道上。

(3) 設於一般道路上之轉運站

當客運轉運站設於交流道附近之一般道路上時，需詳加考量交流道型式與連接道路之佈設方式。

綜合以上美國各類型高速公路客運轉運站之分析，彙整比較如表 2.15 所示。



表 2.15 美國 AASHTO 轉運站之設置型式

型式	設於高速公路主線上之轉運站		設於交流道區之轉運站	設於一般道路之轉運站
	高速公路與一般道路之交叉（無交流道）處	高速公路主線旁		
設置位置	設置於高速公路主線旁並以分隔設施分離		設於交流道旁之轉運站	於交流道附近設置轉運站
考量因素	提供樓梯、人行步道等輔助設施之用地	提供行人陸橋跨越高速公路主線之可能性	交流道型式、交通量大小	交流道型式、連接道路之佈設方式
類型	一般公路以高架的方式通過高速公路		鑽石型交流道： 設置大客車專用之匝道、設置於加寬之出口或入口匝道上	
	高速公路以高架的方式通過一般公路		苜蓿型交流道： 設置於進出口匝道上	
特性	客運班車運作延誤少，但乘客較不便		客運班車運作延誤較多，但乘客較為方便	客運班車運作延誤較多，但乘客較為方便

資料來源：本研究整理

2.1.4 國內客運轉運站之規劃

以下將針對目前國內已營運之轉運站與規劃中之轉運站分別進行相關說明，以利後續研究之進行。

1. 已營運之轉運站現況

目前國內客運業每年運送旅次超過二億人次，若適當規劃具有集散功能之長途客運轉運站以提升旅客搭乘之服務品質，則將可增加民眾使用長途客運之意願；基於此，許多縣市政府正積極籌畫設置興建客運轉運站。然而，現今除了民營客運公司自營的轉運站（如統聯客運、國光客運、和欣客運等）外，由政府成立、具可吸納多家業者進駐等特性之公營轉運站仍多皆處於規畫階段；此外，已營運之場站則多呈現績效不佳之窘境，現已營運之場站包括台中市的興中轉運站（已關閉）、台北縣的板橋轉運站及非以轉運站之名經營的高速公路中壢休息站。茲分別將其營運情形概述如下：

（1）台中市興中轉運站

台中市興中轉運站於民國 90 年 8 月啟用，營運初期雖有統聯、建明、尊龍及台中客運等四家長途客運業者進駐，但因位置偏僻，離台中火車站尚有 1 公里之遠，且無方便之市區接駁運輸系統，場站硬體服務設施亦不足，故營運情況十分不佳，致使轉運功能蕩然無存，也無助於化解台中市火車站一帶的交通壅塞現象。基於此，目前該營運站已停止運作。

（2）台北縣板橋轉運站

板橋轉運站係由台北縣政府斥資一億七千萬元興建，自民國 90 年 11 月 13 日正式啟用，其包含短程市區公車站（板橋公車站）與中長程客運站（板橋客運站），分別位於新板橋車站之西側及東側，座落於台北都會區副都心（板橋市新板橋車站特定區內）之核心位置，是新台北縣政中心之所在地；有鑑於台北縣外來人口眾多且若需搭乘長途客運或飛機均需搭車至台北市轉

搭，台北縣政府乃規劃此座具有長、中、短程運輸功能之轉運站，以便利台北縣民及他縣市往來旅客之乘車需求。此外，為將此特定專用區發展為一交通樞紐與綜合商業中心，藉以帶動鄰近地區之開發，進而促使板橋發展成為台北都會區之副都心。同時考量未來板橋公車站及板橋客運站之管理方便性、經營效率與效益，台北縣政府特別規劃以「公辦民營」方式，由縣政府規劃興建，並委託民間業者經營，期望藉由民間服務多樣化與強大之經營活力，提供更高品質的場站服務。目前板橋轉運站係由尊龍汽車客運經營 5 年，轉運站可容納 19 條客運路線，設有 11 個月台、4 個售票窗口，由政府每年補貼業者 395 萬元。而原本預期將可成為繼台北車站後北部另一重要交通集散地，但因目前只有 3 家業者、5 條客運路線進駐，每日總班次數約僅 50 班，並未能發揮預期經營效益，故致使業者虧損連連，亦是讓有意進駐業者望之卻步的主因。經公路總局檢討後，決定於 92 年陸續釋出 10 條中長途客運路線（包括板橋-台中、板橋-苗栗、板橋-新竹、板橋-台南、板橋-高雄、板橋-嘉義、板橋-彰化-員林、板橋-豐原-東勢、板橋-屏東、板橋-頭份-竹南等），其多行駛國道 3 號（二高），進而提高民眾前往搭車的誘因。

依據新板橋車站特定專用區發展計畫報告，未來五年內平均每日約有 30 萬人旅次使用軌道運輸進出此特定區，而板橋公車站之每日運量約計有 284,000 人次、板橋客運站之每日運量則約 35,000 人次，故其為台北都會區範圍內僅次於台北車站之交通樞紐，藉由長程運輸系統（台鐵、高鐵、長途國道客運）與中短程運輸系統（中短程公路客運、台北捷運與市區公車）的整合，勢必能成為一完整之大眾運輸體系，使旅客得以享有完整之轉乘設施與便捷的乘車環境。

（3）高速公路中壢休息站

自民國 84 年起，前台灣省政府、交通部路政司、航政司、運研所、民航局、國道客運委員會及高工局等有關單位即已著手

研議利用中壢服務區辦理接駁轉運之可行性；高工局並奉交通部命令於民國 85 年同意台汽客運自 85 年 5 月 10 日起於中壢服務區試辦中正機場之接駁轉運計畫，其屬於高速公路服務區或服務區附近設置城際公路客運轉運站型態。自台汽客運民營化後，該接駁專線已於 90 年 7 月 1 日改由統聯客運經營管理。

中壢服務區當時為設置轉運站因而增設客運車招呼站（候車月台設置二部大客車停車位）、旅客服務中心內之 70 人座位（供轉運候車旅客休息使用）及調度室（提供旅客轉乘資訊並調度車輛）。目前統聯客運採 24 小時營運方式，故不會造成使用者雖持票卻無車可搭之窘境。此外，由於發車班次非常密集，故出境乘客因班車延誤致使錯失班機之情形亦大為降低。

2. 規劃中之轉運站

目前國內對於客運轉運站有規劃之地區包括台北都會區、台中都會區及高雄都會區，茲將其規劃內容分別歸納整理如下。

（1）台北都會區

台北市早期規劃之轉運站包括交九、市府、動物園、濱江與南港等五處轉運站，此五處轉運站目前仍未營運，最新進度為：

- a. 交九轉運站已流標一次，擬再辦理招標。
- b. 市府轉運站，已流標兩次，於放寬容積率並增加政府承諾事項後再招標。
- c. 濱江轉運站因多屬民地、徵收費用龐大，且因鄰近機場受航高限制、自償性較低，目前未有更進一步動作。
- d. 動物園轉運站因地處防洪區域，已決定覓適宜替代位址。
- e. 南港轉運站配合南港專案鐵路地下化工程施工，未來並將有高鐵車站。

因此目前轉運站之推動以交九、市府與南港較為明確，時程上交九、市府則較為優先。而有鑒於交九轉運站因委託民間興建作業未能

如期進行，然台北火車站週邊之長途客運需求量大，業者佔用路邊設置起訖站干擾車流之情況嚴重，因此擬以鄰近 D1 轉運站用地作為交九臨時替代轉運站使用，目前已完成招標，刻正進行規劃與設計作業。此外，原台汽中崙站則委由民間經營觀光與交通複合功能之轉運站。台北縣則於綜合發展計畫中，規劃了板橋、汐止、蘆洲及新莊 4 處轉運中心，目前台北都會區唯一營運中之轉運站即為板橋轉運站，表 2.16 為台北都會區現況推動較明確及營運中轉運站之服務範圍、路線型態等資料。

「公路客運轉運中心之規劃－台北都會區」【4】研究結果發現，台北都會區公路客運轉運中心需朝多核心規劃，其路線功能應採混合式，而經營方式則採獨立經營式，並以服務轉接型及集散型旅客為主。

表 2.16 台北市都會區客運轉運站基本資料

轉運站	交九轉運站	D1 轉運站	市府轉運站	中崙轉運站	南港轉運站	板橋轉運站
設置位址	台北車站特定專用區內，鄭州路、承德路、華陰街及公園路間	市民大道、重慶北路、北平西路、延平北路所夾街廓	忠孝東路、基隆路口東南側	建國高架、市民大道交接處	忠孝東路七段北側，緊鄰台鐵南港站及捷運南港線南港站	板橋市站前路(特甲一路)及新站路(特甲三路)之間
服務範圍	臺北核心區與淡水、三芝(西區)走廊	臺北核心區與淡水、三芝(西區)走廊	台北核心區與南港、汐止(東區)走廊	台北核心區與南港、汐止(東區)走廊	南港、汐止(東區)走廊	板橋、雙和地區
大眾接駁運輸系統	台鐵、公車、捷運、高鐵	台鐵、公車、捷運、高鐵	捷運、公車	公車	台鐵、公車、捷運、高鐵	台鐵、公車、高鐵

進出動線	台北交流道—中山高速公路	台北交流道—中山高速公路	內湖或堤頂交流道—中山高速公路；台北聯絡道信義支線—萬芳交流道—北二高	建國南北快速道路、市民大道—中山高速公路	內湖交流道—中山高速公路；南港交流道—北二高、北宜高速公路	北二高為主，中山高速公路為輔
路線型態	朝「路線混合式」的方向規劃，將通勤性質強且供需量較大之路線，例如台北-基隆線、台北-中壢線、台北-新竹線等，或者行李較多轉乘不方便者，如台北-中正機場線，分散於數處轉運站；至於需求較低之路線，則依其行駛路徑特性，配置於單一轉運站。					
	以西部各大城市、中正機場之國道客運路線為主，高鐵營運後將轉為台中以北之國道客運路線轉運站。	擬將於承德路一段、中華路/忠孝路口、塔城街、台汽北站起訖之國道客運路線調整至臨時站內，共計15家業者，52條路線，以西部各主要城市路線為主。	 以基隆、宜蘭、花東之路線為主，台中以北之國道客運為輔。	以北台灣中短程之觀光景點遊憩路線為主。	以台北往基隆、宜蘭及花東方向客運路線為主。	以台灣西部各大城市、中正機場以及東部客運路線為主。
備註	都會區規模最大、最重要之轉運站	交九臨時替代站，營運期間約為5年	規模與重要性僅次於交九站		市府轉運站之輔助站	台北縣規模最大、最主要之轉運站

(2) 台中都會區

台中地區長途客運場站除過度集中於台中火車站周邊外，朝馬地區之長途客運亦為主要據點，但因長途客運業者取得場站用地不易，故造成使用路邊載客之情況比比皆是，進而降低台中市主要幹道（即台中港路）服務水準之低落。鑑於此，台中市政府變更原新市政中心內交通用地（西屯區惠民段二五等地號，面積約 4.535 公頃），僅保留 1.535 公頃作為原交通用地之分區使用，另擇台中市七期重劃區之停三及停四用地（合計約 16,050.94），規劃闢建為朝馬轉運站。

台中市政府委託鼎漢國際工程顧問股份有限公司辦理「台中市朝馬轉運站新建工程委託規劃、設計及監造」規劃案【11】，其主要目的乃在於均衡台中市各區域發展、確立轉運功能型態與規模、場站內部佈設及交通動線之最佳配置及促進客運場站與都市土地使用之良性互動。該規劃結果顯示，基地應以平面使用作為長途客運轉運中心為原則，並進一步確立朝馬轉運站之功能定位，如表 2.17 所示。

表 2.17 朝馬轉運站定位說明

轉運中心型態	定位
路線型態	穿越路線、相似路線
旅客轉運行為	轉接型轉運中心
服務路線	路線集中式轉運中心（多家） 路線混合式轉運中心（一家）
經營方式	獨立式轉運中心
規模大小	第二級轉運站（轉運集散站）
路網型態	單核心網路

資料來源：【44】

(3) 高雄都會區

為配合院頒「促進大眾運輸發展方案」，交通部運研所於民

國 87 年辦理完成「高雄都會區公路客運轉運中心之規劃」研究案【12】，其規劃主要目的為提昇公路客運系統運輸效能、合理解決客運場站與都市車流衝突問題、改善公路客運場站營運績效、提高民眾搭乘公路客運意願、紓解區域運輸問題、促進客運場站與都市土地使用良性互動。研究中依據高雄都會區之交通環境特性及公路客運之營運狀況，評估高雄都會區設置公路客運轉運中心之可能類型、區位，並以兩階段轉運中心區位評選流程，進一步提出各轉運中心之服務功能與開發時程。該研究結果顯示，高雄都會區可由北、中、南、東四個轉運中心構建完整之長途客運轉運系統。而依據轉運中心之開發期程，第一期以較具急迫性及短期可行之用地優先開發，其區位分別為高雄火車站轉運中心、楠梓轉運中心及建軍站轉運中心，第二期則為小港機場轉運中心、多功能經貿園區轉運中心、高鐵轉運中心及鼎金轉運中心。

(4) 高速公路系統

為滿足民行需要，以及提升轉運之便利性，並附帶期能改善中山高速公路之擁擠與阻塞，台灣省政府交通處遂委託亞聯工程顧問公司辦理「高速公路交流道附近設置轉運站可行性」【6】，研究中除分析轉運站區位及功能之適切性外，並提出相關轉運站設置之建議方案，以供政府決策訂定之參考。該研究透過評估程序所分析之結果，其建議台中地區設置一處第一級轉運站，而於各生活圈設置一處第二級轉運站；至於第三級轉運站則採廣設原則，只要各地區具有轉運需求，經分析符合轉運站之設置條件後，即可予以設置。考慮現況需求及用地取得問題，該研究建議短期內可先利用中壢休息站、西螺休息站、泰安服務區、台中交流道附近及現存高速公路主線旁之轉運設施（水上休息站、麻豆交流道匝道上）等地點試辦設置轉運站。至於未來轉運站之開發管理，則建議第一、二級轉運站宜直接委由民間來進行，而第三級轉運站宜由政府來進行開發。此外，因應高速公路轉運站之設置，建議國道客運營運路線應包含直達式、聯運式及附載式等三

種路線。

此外，高公局亦委託中華大學辦理「高速公路大眾運輸系統轉運策略之研究」【13】，該研究主要在於探討高速公路大眾運輸（或稱國道客運）系統之轉運策略，期望能依據此策略來建立完備的國道客運轉運設施、車輛旅運資訊系統及接駁旅運資訊系統，藉以改善國道客運業者之營運環境，以提升國道客運系統之服務品質。該計畫之研究範圍有別於都會區內複合運輸系統轉運站之研究，而係以國道高速公路含主線、交流道、服務區及交流道附近 300 公尺用地等為主要研究範圍。且主要研究轉運類型為國道客運系統間的轉運與國道客運系統轉運一般道路客運系統（或一般道路客運系統轉運國道客運系統）等二種轉運類型。此外，就轉運站之設置類型方面，研究中提出五種類型供作參考，茲將其整理歸納如表 2.18 所示。

表 2.18 轉運站類型彙整表

類 型	高速公路主線型 轉運站	交流道型 轉運站	服務區型 轉運站	收費站型 轉運站	一般道路型 轉運站
設 置 位 置	設置於高速公路主線旁並以分隔帶設施或路面標線、標誌隔離主線	設置於交流道區	與高速公路服務區併設	位於主線收費站後，於路側設置轉運站。	設置於距離交流道 300 公尺以內之一般道路上。
考 量 因 素	1. 公路主線之設計速度、流量與幾何特性。 2. 主線車道與轉運站間應有適當寬度之隔離設施。 3. 轉運站之停	1. 轉運站之停靠月台與一般道路之距離不宜太遠。 2. 交流道	1. 轉運車輛之行車動線與旅客動線規劃不可交錯。 2. 服務區	1. 轉運站之停靠月台與一般道路之距離不宜太遠。 2. 需考慮	1. 交流道型式、連接道路之佈設方式。 2. 匝道之交通量或聯絡道路之交通量。

	靠月台與一般道路之距離不宜太遠。 4. 交通量的大小。	型式與幾何特性、匝道轉向之交通量及聯絡道路之交通量。	必須是雙向皆可進行轉運。	對高速公路主線車流之影響。	
基本設施	可設置於高速公路主線旁或一般道路附近，在用地取得方面較有困難。	設置規模視轉運站附近可用之空地而定。	基本設施皆已具備，轉運站之設置將影響服務區之設施容量，必要時需再增設或擴大。	設置於高速公路主線旁，可設置之面積有限。	置於一般道路上，因此必須有適當用地可供使用。
營運性質	國道轉國道或國道轉一般道路	國道轉國道或國道轉一般道路	國道轉國道	國道轉國道	國道轉一般道路

資料來源：【13】

2.2 轉運/接駁相關文獻

有關轉運/接駁之相關研究課題一般包括區位選擇、路線規劃及排班設計等層面，而各層面之相關研究甚多，茲僅擇取與轉運接駁系統較相關者進行說明。由於轉運班次之銜接與設計係規劃轉運系統最重要之核心，故相關文獻於探討轉運系統時，大多納入排班設計問題。

因此，本研究針對轉運/接駁相關文獻，大致將其分為轉運系統概念、轉運路線設計及轉運排班設計等三大類，茲分述如下：

2.2.1 轉運系統概念

大眾運輸轉運系統之構想源自於在一般都市郊區或低密度地區，因需求量較少致使承載率偏低而出現運能浪費之情形，且其運輸服務班距過長，造成服務水準低落，進而導致大眾運輸業之營運產生虧損。有鑑於此，若能規劃適當之轉運系統來改變其營運型態，並透過轉運設計以增加路線承載之旅客數及其發車頻率，如此對於提昇大眾運輸系統之服務績效將有莫大助益。一般而言，轉運系統最簡單之路網型態為單核心網路，其次為雙核心網路，較複雜之網路則包括多核心與多角形網路型態，茲將其歸納整理如表 2.19 所示。

表 2.19 公路客運轉運中心路網型態

類型	涵義	特點
單核心 網路 (Unifocal Network)	包含單一的核心點及一些轉車路線。此核心點即為轉運站，而路線可能有輻射路線、穿越路線。	1. 當大部分旅次終點在轉運站，或不同路線需要不同班距時，營運以採用輻射路線為佳。 2. 若兩條輻射路線具有平衡的流量需求及相同的班距，且可靠度高，則應將之配對形成穿越路線來營運。 3. 服務區域大約為 4~6 公里長之距離。
雙核心 網路 (Bifocal Network)	包含兩個轉運站，此網路的轉車路線除輻射路線及穿越路線外，比單核心網路多了一種直接路線 (Direct	提供兩核心點間之快速服務。

	Route)，亦即連接轉運站間之路線。	
線形多核心網路 (Linear Multifocal Network)	乃是在雙核心網路中，外加一個以上的核心，並使核心呈直線排列。	營運方式： 1. 將任兩個轉運站間之直接路線視為一條獨立路線，車輛在獨立路線間往返行駛。 2. 將直接路線所形成之封閉路線視為一條聯合路線，車輛環繞整個封閉路網行駛。
多角形網路 (Multi-angular Network)	由多個核心點所形成之多角形路網，且允許不相鄰的核心點間有互相連結的直接路線。	可提供同步式或錯開式之營運方式。

資料來源：本研究整理

「台灣省公路汽車客運路網整體改善規劃研究」【9】依運輸環境特性建議可以兩種方式建立轉運系統，茲將其歸納如表 2.20 所示。

表 2.20 依運輸環境而區分之轉運系統

類型	定義	效益	備註
附載式轉運系統	係利用較長距離營運路線班車，對於高速公路沿線的某些特定據點停靠，負載共同目的之旅客，轉運站則設置於這些據點鄰近之高速公路主線上或交流道附近，乘客之接送郵遞區性客運服務。	可提高班車之運輸效率，並可增加路線之服務範圍。	路線之旅行時間將略微增長，且於交流道附近地區道路旁設置附載式轉運站，由於增加大客車交通量，將對地區道路交通產生干擾，應特別予以考量其設置地點及影響。

專線式轉運接駁系統	係單獨或匯整運量達到一客運運輸經濟規模，以直達路線行駛於各主要都市間，提供乘客較便捷服務，即將路線重疊度高、運量差異較大、班次數甚低之客運路線，或將偏遠鄉鎮之地區性客運旅客集中於主要都市，再經由高速公路客運以專線班車，將旅客運送至各主要都市，	若可配合地區性客運業者營運路線的聯營，不但可有效地簡化高速公路客運的服務路線，減少營運車輛急加班車載客率外，且可擴大服務範圍，對偏遠地區之乘客而言亦有較多班車可服務。	此種型態之轉運接駁較適合在重要之生活圈區域中心都市外圍或人口稀少且均勻分佈之偏遠鄉鎮設置，供高速公路客運轉運、旅客休息及地區性客運接駁旅客之停靠站，
-----------	---	---	--

良好的轉運系統必須能夠協調相同或不同運具間旅客之轉車行為，以達運輸整合（Transportation Integration）之目標。基於上述轉運路網之歸納分析，考量目前國內公路客運運輸環境與可取得之資源等因素，本研究乃選取單核心網路作為最主要之研究基礎，至於其他型態的轉運路網則可依此進行擴展。

2.2.2 轉運路線設計

朱正祺【7】構建數學模式以推求高速公路城際客運路線轉運方式及轉運站位置。其系統考量之層級分為四部分，第一部份單由業者層面考量，第二部分單由乘客層面考量，第三部份同時兼顧業者與乘客，至於第四部分則加入設站成本考量。

邱裕鈞【14】構建線性軸輻路網模式，整合區位選擇、路線規劃及排班設計等三層面問題，並依問題特性分為路網最佳化與轉運最佳化兩模式。其轉運最佳化採等班距策略，並以數學解析法求解；而區位（路網）選擇最佳化則以一群落分組尋優之啟發式解法進行求解，其路線之營運型態為固定，並依此進行排班設計。其以台汽資料實證分析發現在等班距整合策略下實施轉運之路線並不多，但若降低旅

客轉車不便之成本，則可提高轉運的可行性。

許書耕【15】研究在一條高速公路上設置轉運站，使既有大眾運輸直達路線網轉型成為線性軸-輻路網，並將轉運系統整體問題切割為排程、排班、區位及站數等四個層級，並以區位逐步尋優法及二階段求解程序進行問題的求解。其並以台汽實例資料進行分析，發現設置四處轉運站約可減少 30~40% 延車公里，但會造成平均每位旅客需轉乘 0.33 次。

阮如芸【16】研究捷運車站與接駁車站相對區位的配置關係以及捷運系統與公車系統間的接駁關係，並從營運者與使用者兩方面考量，以總系統成本與總加權旅行時間最小為設置捷運車站與公車站區之依據。其模擬結果發現市中心區具有較短的捷運站距，且接駁車站的確有助於紓解捷運車站大量的旅客。

游政霖【17】設計轉車系統的路網組成包含基本路線（直達路線）、轉運路線及幹道路線等三種營運型態。其中，基本路線係連接需求量充足之旅次起訖端點；而轉運路線係連接於需求量不足之旅次起訖端點；至於幹道路線則在於確保服務水準之輔助路線。茲將其營運型態及功能歸納如表 2.21 與 2.22 所示。

表 2.21 轉車系統路網之組成型態

分類	定義	適用情境	功能	特性	性質
基本路線	由起站至訖站不需轉車，亦不必在轉車點停靠。	需求量大之旅運路線。	業者可獲得較合理的收益。		
轉運	利用交	連接於	使承載旅客	僅服務兩條路線，	所提供

路線	流道或休息站等轉接點以轉車之方式合併承載量低之路線。	需求量不足之旅次起訖端點。	數量能達一定水準。 增加城際客運路網結構之效率性。	只停靠1至2次。 其乘客至多轉車或停靠兩次，且部份旅客尚不需轉車。	之服務水準較高。
幹道路線	行駛於主要幹道之路線。	設計於運輸走廊之主要幹道上，用以銜接轉運班車，並增加班次、縮短班距。	承運轉車旅客。 增加轉運路線班次。	服務多條路線，並在沿途停靠。 其乘客皆需兩次轉車且可能停靠多次。	為轉運之輔助路線。

表 2.22 聯運式與附載式路線之比較

分類	定義	適用情境	種類
聯運式轉運路線	對於需求量差異較大之兩對起訖點，可將兩條路線合併為聯合承運路線，其中一條為主要的直達停靠路徑，另一條為被併入的轉車路徑。	主要設計於起點端或迄點端中至少有一端相同的旅次起訖對。其中，主路線屬直達停靠的路徑，另一條則為一次轉車的路徑。	起點端轉車路徑 迄點端轉車路徑
附載式	為將無相同起點或訖	主要設計於需求量低	

轉運路線	點的路徑合併設計而成，其乃組合直達停靠路徑與兩端停靠路徑兩種旅次型態而成。	且無相同起點或訖點的兩組旅次起訖對。	
------	---------------------------------------	--------------------	--

吳家麟【18】將長途客運轉車系統之營運型態區分為全面性轉運、附載式轉運、專線式轉運、定點式轉運等四種。茲將其歸納如表 2.23 所示。

表 2.23 長途客運轉車系統之營運型態

分類	定義
全面性轉運	將往來高速公路上之行駛車輛區分為直達車、區間車及普通車等三種。
附載式轉運	行駛位於高速公路轉運中心的起點，在沿途於各轉運中心停靠上下旅客，最終到達位於高速公路上的訖點，各轉運站間必須相隔 40 公里以上。
專線式轉運	針對路線多、人口分散且對特定目的地有共同運輸需求之特定地區的路線加以合併，可擴展服務區域至偏僻鄉鎮。。
定點式轉運	在整條運輸幹道上有地理特性的某一定點建立轉運站，令所有經此的營運車輛於此停靠轉運旅客。

2.2.3 轉運排班設計

轉運排班最佳化是指不同路線之運具其發車間距經過整合，使旅客能順利完成轉運，並使乘客轉運候車之時間縮至最短。而其時間調整又可於起站（調整派車時間）或轉運站（設計寬容時間，即 Slack Time）進行，故可分為轉運最佳化（Transfer Optimization）與轉運適時化（Timed Transfer）等兩種機制。茲分述如下：

1. 轉運適時化

所謂轉運適時化係指轉運車輛必須於某一特定時段內（Contact Period）抵達特定轉運站點（Focal Point），並設計車輛於轉運站之寬

容時間，以銜接可能遲到（因旅行時間之變動性）之轉運旅次。由於轉運適時化係使從不同路線的車輛同時集中於轉運站，使旅客能在任兩路線間轉車，故轉運路網中所有路線均必須具有相同的班距或是振幅班距（Plus Headway）的整數倍（故轉運適時化又可分為等班距策略及整數班距策略），適用於長班距轉長班距之路線，對於短班距轉短班距或短班距轉長班距，或長班距轉短班距路線之情況，效率較低。且轉運適時化系統在旅行時間之隨機性下，必須設計適當之寬容時間以具備轉運功能，寬容時間會增加系統之額外成本（乘客及營運者），轉運次數過多或滯車過久，均將導致轉運系統之效率低落，故此系統並不適用於大型且密集之都會區網路，較適用於密度中等且起訖旅次分散之網路系統。

陳健峰【19】針對公車與鐵路於轉運站之班表整合方式及適時轉運機制進行探討，以構建一套火車與公車路線於轉運站適時化轉運之最佳班距整合模式。研究中分別構建出鐵、公路轉運系統之各項成本函數，並採解析性數學模式推估最佳寬容時間、延遲發車時間及各服務路線之整合班距，最後再針對系統中的關鍵變數進行敏感度分析，以瞭解在不同的交通情況下，何種班距整合方式及適時化轉運機制可使轉運系統作業之成本最小。

Hall【20】將路網分為主線（Transfer Line）及支線（Feeder Line），車輛抵達轉運站的延遲時間符合指數分配，為增加轉運成功的機率，於公車的班表中加入寬容時間（Slack Time）。其目標函數為乘客轉運時間最小，決策變數為寬容時間。結果發現旅客所花費轉運時間的函數為一凸函數（Convex Function），當公車班距愈長及預期公車遲到的時間愈短時，乘客的延遲時間會對寬容時間愈敏感。

Bookbinder et al.【21】首先定義一等候時間指標來衡量在某一班表下旅客轉運的不便性，並求得最佳解。此最佳化之問題可視為二次指派問題（Quadratic Assignment Problem），由於求得一最佳解的機率很小，故採用尋優演算法。其研究結果顯示，旅行時間變異愈大，轉運效益愈低；轉運路線之班距愈大，轉運效益愈高。

Lee et al.【22】使用解析性數學分析方法，建立公車路線及鐵路路線的接駁轉運模式，目標函數為系統轉運成本最小。其火車到達的時間為固定的，亦即火車為準點到站，公車到站的時間分佈則分別假設為離散分配、Gumble 分配、常態分配，並於公車班表內設計寬容時間。結果顯示當班距相當短或車輛到達時間的變異程度超過一範圍時，於公車班表內設計寬容時間所得到的效果將不顯著。

Lee【23】分析四種不同班表整合的方式於多路線交會的轉運站。整合的方式有：

- a. 各路線獨立運行，不加以整合。
- b. 各路線使用相同的班距，並加以整合。
- c. 各路線使用整數比的班距，例如 1：2、2：3 等，並加以整合。
- d. 路線部份整合，也就是部份路線仍獨立運行，部分路線則採班距整合策略。

其結果顯示班距、車輛到達時間的變異程度、轉運旅客量、旅客的時間價值及車輛的營運成本皆會影響最佳的寬容時間，特別是車輛到達時間的變異程度，若車輛到達時間的變異很高，則最佳寬容時間幾乎為零。而不同的班表整合方式也各有其適用的狀況，例如在尖峰時刻，旅客需求量高，各路線運具的班次相當密集，旅客轉運等候的時間也相當短，此時使用班表的整合策略所得到的效益將不顯著。因此在高需求量、高班次密度的情況中，路網中各路線應各自獨立求解其最佳之班距。

Salzborn【24】探討公車接駁系統之排班法則。由於該模式中公車於幹線系統與接駁系統並不互相通行運作（接駁系統公車僅負責將乘客載送至轉運站即返回，而幹線系統公車則僅行駛於幹線上），故可就此兩系統分別求解。而幹線與接駁線之每一公車均巡迴其各自全部路線。其中，幹線系統主要係求解公車在起訖站與接駁站之滯車時間（Holding Time）；接駁系統則係求解幹線各場站時間帶分配及路線組合。

吳清醮【25】結合最佳轉運排班模式與均衡時間縫指派，將其應

用於轉運適時化系統上，此研究假設車輛延遲呈指數分配，並藉轉車模式之建立，求解轉運路線間的最佳寬容時間，使旅客之轉車時間的期望值極小化，然後依最佳參數進行車輛協調排班，使旅客能依轉車時刻表選擇轉車班次。

Baker et al.【26】探討美國德州奧斯汀之多中心轉運適時化公車系統，研究內容包括該系統之運作法則、實作經驗與績效評估。

Chang【27】探討多對一接駁公車型態，並分為固定與彈性路線二種，先假設乘客需求固定，在業者及乘客成本最小化的目標下，先求解固定路線之最佳間距及班距。另構建多對多平行公車模式，以成本最小化及社會福利最大化的目標，依不同時段求解最佳間距、班距及費率。在處理乘客需求變動方面，其亦提出一線性公車需求函數，以反映乘客對費率及旅次交通時間之需求彈性。惟乘客需求函數必須有充分調查資料，並以統計方法推估而得。然而，自行假設之需求函數未必能真實反映乘客需求之變化，王慶瑞（1996）更指出由於不同都會區之需求異質性遠大於同一都會區，因此對於城際乘客需求函數之推估將更為困難。

Chang et al.【28】以多時段需求觀念，將一日尖離峰之需求量加以區隔，並分別求解其最適營運方式，研究建議尖峰時段宜採固定路線方式營運，離峰時段則宜採彈性路線方式營運。

Chang et al.【29】探討多對一接駁公車最佳化，提出傳統公車與撥召公車兩方案（即固定及彈性兩種路線），目標函數為業者及乘客成本最小化，設計變數包括最佳公車容量與服務範圍。該研究採門檻值分析法，以平均每人旅次成本高低為決策依據，並比較二方案之適用環境。

Reynolds et al.【30】使用系統模擬法計算不同類型大眾捷運的轉運時間，並選定 California 的 Hayward 捷運車站為轉運中心，進行 BART 及其接駁公車的轉運適時化協調排班，其結果顯示：轉運適時化用於公車轉公車之系統改善了乘客轉運時間，但於捷運轉公車或公車轉捷

運時非但沒有改善，反而得到更差之結果。

Ting【31】研析大眾運輸路網之協調轉運，該研究以數學解析法與近似解法就車輛到達之確定性及隨機性，分別探討不同轉運策略（等班距、整數班距）下之轉運模式，最後建構一套即時派車決策模式。

2. 轉運最佳化

所謂轉運最佳化係指轉運車輛不一定在轉運站銜接或等候，而是經由車輛起訖站派車時間之設計，使系統總成本最低，故不必設計額外之寬容時間，可適用於大型路網。其設計變數為系統中所有路線第一班次的發車時間，亦即協調接運線（乘客原搭乘路線）及轉運線（乘客欲搭乘路線）間的發車時間，以使乘客轉車延滯最小。

Rapp et al.【32】以確定性模式協調公車系統間的排班，其研究內容依序分成下列四個步驟：（1）路線、班距及車輛型式之最佳化，（2）轉運之最佳化，（3）依前二項結果進行營運設計，（4）以電腦輔助人員排班。此研究之目標函數為最小乘客轉運時間，採用確定性模式並透過反覆改善（Iterative Improvement）啟發式解法求得最適之協調排班計畫，該法首先產生一可行之時刻表，再以一次改變一條路線之派車時間反覆求解，直至目標值無法改善為止。其步驟（2）的設計變數為系統中各路線第一班次發車時間。

Andreasson【33】發展一綜合電腦化的大眾運輸規劃系統，其研究內容、方法及其目標函數均與 Rapp & Gehner 類似，而兩者共同之缺點均為未考慮車輛到達之隨機性、車輛容量限制及對非轉運乘客之影響。

朱珮芸【34】以轉運最佳化的協調排班方式針對捷運與接駁公車間之轉運設計，並利用系統模擬技術之多維度尋優法（Multidimensional Search Method）進行績效評估及起始派車時間之決定。該研究將乘客隨機到達特性納入考量，並有效處理公車超車情形。

李克聰【35】針對大眾運輸特性進行接駁系統之最佳化設計，該研究考量行駛時間之隨機性，以數值分析方法探討協調排班之發車間距，寬容時間及即時發車控制時間點，並藉由台北捷運之實證顯示，離峰時段確具有實施接駁之必要，尖峰時段則無效益。

彭增光【36】研擬有效率的排班及營運策略，確保使用者的轉乘時間與營運者所需負擔的成本最小化。研究中探討大眾運具到離站的時間為確定下各項可能之等候時間及考量若到離站時間為不確定下對於轉乘與營運者成本之影響。

Abkowitz 等【37】使用模擬法來探討在不同路線特性下（班距、轉運旅客數、公車起站與轉運站之距離）所應採取的轉運策略，其所研擬的四種轉運策略為：

- a. 無整合班表
- b. 班表整合（設計車輛同時抵達轉運站），但車輛有延誤時，不互相等候。
- c. 班表整合，且低發車頻率路線之車輛需等候高發車頻率路線之車輛抵達。
- d. 班表整合，各路線車輛互相等候。

該研究顯示若原本路線的班表為不相容時（Incompatibility）且班距及公車起站與轉運站之距離愈長，則使用班表整合策略之效果較佳。而當路線班表為可相容（Compatible）時，使用班表整合且互相等候的策略會較其他策略為佳。

游政霖【17】設定營運成本、乘客成本、票證費用及轉車代價等評估項目，並以最小系統總成本為目標，建立城際客運轉車系統。在轉運路線規劃上，主要以聯運式與負載式兩種類型進行最佳轉運路線之求解，使其達最大營運效能。

林祥生【38】以解析性模式探討高速公路客運轉運接駁系統，該研究係固定轉運區位，分別比較分析直達方案、接駁方案、轉運方案於同質環境及異質環境下之實施效益。該研究主要探討之型式乃是以一直線型高速公路為原則，並不適用於網狀或其他型式之客運系統。

2.3 最適規模相關文獻

邊泰明【39】從都市系統觀點，針對加油站之區位需求、區位配置及用地規模進行分析。在區位需求部分，基於空間特性的產出，以逐步迴歸方式建立區位需求方程式，找出區位選擇變數之關係，並透過選擇變數之性質與加油行為分析，以固定需求及隨機需求之比例作為指標，分析階層性的高低。在區位配置方面，設定目標函數為總體行車成本最低，並考慮現有加油站均衡不變動之情況下，尋求最佳配置方案。至於用地規模部分，則是透過等候理論模式中的到達率及服務率作為建立使用者效用函數之基礎及等候線中等待車輛數，進而決定用地規模之大小。

陳榮輝【40】探討運輸技術與生產技術改變對都會設施規模之影響。該研究以顧客平均旅行成本與單位生產成本之權衡取捨關係為基礎，並透過最適化技巧建立一基本的解析模式，以決定最適之設施規模。研究中以彈性分析技巧分析平均旅行速率、時間價值、平均顧客需求強度、規模經濟與生產因素價格等參數對最適規模的關係，結果發現當都會設施的生產技術愈有效率時，最適規模將對單位生產成本因素與顧客旅行成本因素的改變愈不具敏感性。此外，亦考慮內生之單位距離運輸成本、平均顧客需求強度與單位商品或服務價格，以反映費率結構對單位距離貨幣運輸成本的影響及顧客需求對旅行距離、設施規模與單位商品或服務價格的敏感度反應行為。而在單位生產成本與平均旅行成本總和最低為目標及供給等於需求、成本等於收益之均衡假設條件下，延伸構建非線性數學規劃問題以決定最適規模與市場範圍。

吳雅惠【41】以解析性方法從整體系統進行分析，並同時考慮供給與需求兩方面，以探討航空運輸系統之結構與特性，進而了解影響機場市場規模的各項因素及相互間之關係。研究中透過各項成本隨機場市場規模增加而遞減現象之相互間權衡取捨關係，且在各項成本之組合平均成本最小為目標函數下，分別建立單一城市對航線市場規模模式與整體機場市場規模模式，再對各主要參變數進行敏感度分析，

以探討其在政策上之實質意義。

呂昭宏【42】以台南都會區大眾捷運系統為例，假設捷運聯合開發存在短期之成本及收益均衡，則在利潤最大化下存在最適開發規模，並對其成本與收益項目進行探討，且亦在各部門權利與義務分配比例假設固定不變下進行個案分析。此外，該研究亦針對各場站不同之屬性建立不動產價格預測模型，推測開發後之不動產價格。並對該變量進行敏感度分析，以瞭解不動產增值狀況與聯合開發基地規模之變動情形。

蔡建年【43】以線性規劃方法（針對產值最大目標與成本最小目標綜合考慮）綜合中心都市內外居民或決策所追求之不同目標，使內外雙方之不滿意程度降至最低，以期建立高雄都會區之最適人口規模分佈。其次，再利用最適的人口規模分佈，建議中心都市將來行政區域調整擴大之發展方向。

陳富義【44】嘗試定義站前廣場之基本意涵（意義、分類、功能及構成要素），提出站前廣場之規劃程序、供給面因素（土地取得等）及影響因素（定性及定量），比較分析各類站前廣場面積估算模型之優缺點，並以國內鐵路及捷運站前廣場為研究範圍，探討其站前廣場之形成與現有規劃設計準則，並與實際供給現況面積作比較分析，再經由旅客調查，以旅客之觀點分析旅客感受站前廣場規模之充足程度，據以檢討分析國內站前廣場規模之課題，並提出改善措施，以建構站前廣場規模之估算流程，作為日後國內規劃設計站前廣場規模之依據與參考。

游佳瑜【45】發現工業區在開發作業中常忽略區位勘選與規模編定之重要性，致已開發工業區難以達成最適規模之利益；並且所規劃設計之區位、規模及區內各項公共服務設施等，亦未針對不同生產類型的廠家作設計考量，致使已開發工業區之內外部環境、設施條件不足，無法吸引廠家前來投資設廠，失去提供良好產業生產環境之開發目的。該研究中即針對前述缺失，詳加探討工業用地供需變化與工業區使用現況，找出工業區規模編定之決策因素；並由外部因素（外部環境）及內部因素（內部環境）

來探討影響工業區開發規模的因素；最後則考慮工業區所在都市階層，建立各都市階層工業區規模目標函數及限制條件，適當轉換雪拉吉土地使用計畫模型之變數，並運用線性規劃方法（SAS/OR），求解工業區之最適規模。

蕭幸金【46】認為醫院最適經濟規模的決定為醫院經營策略中最重要之關鍵，規模過大或過小均會導致醫院經營效率偏低。該研究首先以 DEA 模式探討我國區域醫院及地區醫院的規模報酬，結果發現大部份區域醫院均處於報酬遞增的型態，此說明我國目前許多地區醫院確實存在規模不足的情況。再以 DEA 模型求得各級醫院最具生產力的規模大小（MPSS），並分析各級醫院為達到最適規模大小，其各項投入項目應調整的數量。最後以差額變數分析，探討各級醫院實際各項投入與目前產生量下最小投入間的差異，其發現區域醫院的平均生產力較高，而地區醫院則普遍處於低效率的狀態。

2.4 文獻綜合評析與啟示

綜合過去國內、外有關之研究，有不少重要之觀點與成果，值得本研究借鏡與參考，茲整理如下。

1. 大眾運輸系統中之路運業，若依運具種類可區分為四大類型，即鐵路、城際客運、市區公車及捷運等。而目前陸上客運轉運之研究包括同類型運具間之轉運與不同類型運具間之轉運。就同類型運具間轉運而言，可將其研究課題概分為轉運路線設計、轉運站設置地點、轉運路線時刻表之設計及硬體設施規劃與設計等。至於不同類型運具間之轉運，則多著重在不同運具間轉運乘客停等時間之縮短。因此，在轉運站之最適規模部份尚未有明確且直接之相關文獻進行研究。
2. 過去文獻對於最適規模課題之研究多採用計量經濟方法，惟囿限於轉運站設置成本與各營運路線成本資料之取得困難，故本研究遂以分析性模式、數學規劃及數值分析等方法進行轉運站最適規模之求

解。

3. 前人所發展的公車路線設計方法，多以都市公車路網或配合捷運系統的接駁公車為對象，較缺乏對城際公路客運路線之研究。而在設計方法論方面，「分析性方法」與「網路方法」各具優點，前者可釐清目標函數、設計變數與系統參數間之關係，後者則擅長處理複雜的候選路網分析。
4. 在求解大眾運輸系統最佳化時，以乘客需求函數取代「需求固定」的假設，可以反映乘客對服務品質或費率之需求彈性，並獲得較符合實際之結果，但該函數應在大量調查資料之支持下以統計方法推估而得，故目前由研究者自行假設之變動需求函數，未必能真實反映乘客對設計變數之需求敏感度。因此本研究在選擇乘客需求型態時，將充分考量此一事實。
5. 過去有部分研究者在探討公車系統最佳化時，係以乘客時間成本最小化或業者收益最大化為目標函數，後來均被批判為有失偏頗。其實，大眾運輸系統是由業者與乘客以服務的供給、需求關係而組成，二者缺一不可。因此，在選擇系統最佳化目標時，應平等兼顧雙方之權益，才能確保系統之均衡與服務品質。因此，本研究於求解轉運站規模最適化之時亦將從社會總成本之角度切入。
6. 乘客需求型態與系統最佳化目標之選擇具有高度關聯性。當乘客需求為固定時，目標函數以兼顧乘客時間成本與業者營運成本的系統總成本最小化為佳；若為變動需求，則可考慮採用社會福利最大化目標。
7. 在求解公車排班最佳化方面，圖解化與最大承載區間概念法受其方法論所限，均僅適於處理較單純之設計問題；模擬法雖以反映實際世界見長，但必須進行大規模調查是其主要缺陷，因此亦不適合探討大範圍的城際客運問題。基於研究方法論的一致性，本研究仍將選擇分析性數學模式，來求解公路客運轉運站中各層級路線排班最佳化之問題。
8. 在處理公路客運之排班時，若將各班次排定時間及是否銜接以決策變數

方式表之，將大幅增加問題之複雜性。惟因公路客運在一定時段內之班距大小變動性低，明顯不同於航機班表，故接駁/轉運之排班機制，可作一定程度之簡化，僅以各路線之班距為決策變數，分析乘客於起站之等候時間以及轉乘不同班距路線時之等候時間。另由於本研究假設車輛行駛速率為確定性，故在接駁/轉運時亦無須考慮寬容時間（Slack Time）之設計。



第三章 轉運站規模最適化分析

本章首先就研究問題進行相關分析並明確地界定其探討範圍，其次為避免問題過於複雜而模糊規劃重點，或過度簡化而無法反映實際問題特性，因此於構建模式前先設定幾項假設，並對於相關符號及名詞作清楚之定義與說明。於前述之基礎上，本研究可進而構建轉運站規模最適化之求解模式，最後透過簡例驗證所構建模式之正確性與功能性。

3.1 問題分析與界定

茲將本研究之問題、外部條件、決策項目及進行相關轉運接駁營運應考慮之層面分別說明如下，以作為轉運站規模最適化模式構建之基礎。

3.1.1 問題說明與分析

本研究課題之說明與分析可歸納如表 3.1 所示：

表 3.1 研究課題說明與分析

項目	內容
問題說明	透過最適規模轉運站之設置促使整體國道客運系統能有效降低其社會總成本。
外部條件	路線資料（路線長度、乘客需求、起訖交流道、路線班距） 高速公路佈設資料（交流道與轉運站之設置位置）
決策項目	國道路線營運方式（直達或納入轉運站進行轉運／接駁） 路線間之接駁轉運關係 轉運接駁路線間之排班

3.1.2 轉運接駁之影響

高速公路城際客運轉運操作之實施，主觀上需符合業者與乘客雙

贏之條件，即對業者營運有利，亦增加乘客搭乘之便利。若無法達到雙贏之情況，至少需對高速公路城際客運系統總效益無害。若轉運操作對雙方皆有害，造成業者不願意實施，或是乘客不願意搭乘，轉運操作均無實施之必要。對業者而言，其利益為增加營收與降低成本。對乘客而言，其利益將反映於服務水準是否提高。影響服務水準之因素很多，基本上可由搭乘便利與乘坐舒適性表示，其主要包括運送是否完整、等車時間是否減少、行車時間是否增加、轉車後是否仍有座位、轉運環境是否舒適等因素。前述轉運操作對業者與乘客造成之效益是多面的，同時各項效益不甚相同；但總體而言，需滿足業者與乘客雙贏或至少對其中一方有利，如此才有實施轉運之可能或需要。

一般而言，高速公路城際客運轉運站之型式可概分為終站型（設於路線起訖點交流道附近）、招呼站型（設於高速公路沿線交流道）及集散型（設於合併路段端點之交流道鄰近地區）等三類。而其中終站型轉運站設置主要著眼於改善市區之交通狀況，並非直接為改善高速公路城際客運營運狀況所設計；至於招呼型轉運站，由於國內高速公路設計之初並未配置城際客運招呼站式所需之轉運空間，且國道客運業者於交流道隨意上下載客仍屬違法行為；鑒於上述各項考量與限制因素，本研究將僅針對集散型轉運站類型進行模式之構建。

就集散型轉運站之操作而言，該類操作係將有重複路段之數條路線合併為一線，並於此合併路段端點的交流道鄰近地區設置轉運站，如此則可合併重複路段上所有乘客進行集中運輸。此一操作方式將對業者及乘客造成不同之正、負效益，亦對轉運站設置地點週遭產生影響；因此，應將其納入轉運站之規劃考量，茲將轉運操作對業者、乘客及管理者所造成之影響分別說明如下：

1. 轉運操作對業者之影響

對業者而言，轉運操作之利益產生於可提高車輛之承載率，亦即用較少車輛里程載送相同延客里程之需求，如此將可降低營運成本。若路線原乘載率即相當高，則顯示該路線採直達之操作型態，已可維持其一定之營運效率水準；因此，此路線若改為轉運操作，將之與另

一路線之旅客合併運輸，其乘載率實難以再有效提升，甚或會產生合併後承載率下降之情況。如此不僅造成業者之損失，同時乘客亦可能遭遇上車後無座位可坐之情形。故原承載率即很高之路線，應允許其維持直達之營運方式，而不應將之納入轉運操作。

路線合併轉運操作對業者而言除了上述提高乘載率之優點外，轉運操作對業者亦造成其他成本之支出。為避免乘客於中途之轉運站停留過長的時間，業者需提升非重複路段之發車水準以使合併路段與非合併路段間班次數有良好的協調配合；如此乘客才不會因轉車損失過大而捨棄使用高速公路城際客運系統。因此非重複路段發車水準提升之成本，即為業者需多支付的營運成本。

2. 轉運操作對使用者之影響

對使用者而言，多次轉運會讓旅客重複的在短距離行駛後必須面臨變換車輛之困擾，而旅客因轉車所引起之負向感受會因為轉運次數的增加而愈加強烈，進而影響旅客搭乘國道城際客運班車的意願。因此單一路線之轉運次數應加以限制，以維持路線之服務水準。

轉運操作對乘客候車時間所造成之影響可分為個體與總體兩方面來進行討論。在個體方面，對每一乘客而言，其於合併路段中可享有較原先密集之班次及服務水準提升後之效益；且其候車時間將因合併路段發車水準之提升及路段間轉運班車之良好配合而減少，此為其因轉運操作所獲之正效益。然而，中途停等、換車、行李的搬運等不便之感受，即為旅客因轉運所需承擔之轉車損失，亦即轉運負效益。至於總體方面，路線之旅客愈多或愈多條路線旅客進行集中轉運，其轉運所造成之正、負效益皆愈大。

3. 轉運操作對管理者之影響

對管理者而言，規模愈大之轉運站相對將可容納愈多之轉運接駁路線，週遭環境因設置轉運站所引起之負面效益亦會隨轉運站規模及其所容納之路線數增加而愈加強烈，進而造成總體社會福利降低之窘境。因此轉運站之設置規模與容納之路線數應加以限制，以維持轉運

站之服務水準及其設置效益。

轉運操作對管理者所造成之影響可分為設置營運成本與設置外部成本兩方面討論。在設置營運成本方面，對管理者而言，若要能設置並維持一轉運站之順利運作，實必須透過向各進入轉運站營運之各路線收取使用費，方能支付滿足轉運站內部之各項成本，如此亦才符合使用者付費之原則。至於設置外部成本方面，轉運路線之車輛於進出轉運站時，將會對於轉運站週遭之交通現況與環境造成相當程度之衝擊，愈多路線納入轉運站進行轉運，其所造成之外部衝擊影響將相對提高。

3.2 模式基本假設

本研究以管制性 (Regulated)、時間均質性 (Time Homogeneous) 與空間異質性 (Space Heterogeneous) 之營運環境下的公路客運轉運站為研究對象。假設研究範圍內有一條高速公路共有 $2n + 1$ 個生活圈，且均設有交流道供車輛進出 (如圖 3.1 所示)。

所謂管制環境係指政府可全權決定國道客運與轉運中心之服務方式，包括轉運站規模、轉運站內所容納營運路線之型態、班距水準及車輛容量等，亦即業者必須在政府整體性考量的原則下從事經營。有關轉運中心之區位選擇，本研究假設僅於第 $n + 1$ 個生活圈的交流道附近設置單一轉運中心，不考慮多轉運中心之問題，且以轉運站為中心規劃數條接駁路線，用以輔助乘客至地區客運與市區公車之接駁行為。

所謂時間均質性環境係指乘客需求量、道路行車速率等均不因時段不同而有所變化。至於空間異質性係指國道客運市場具有「因地而異」的特性，如各生活圈的旅次分佈型態互異，各起訖旅次 (O-D pair) 的需求強度不同等。

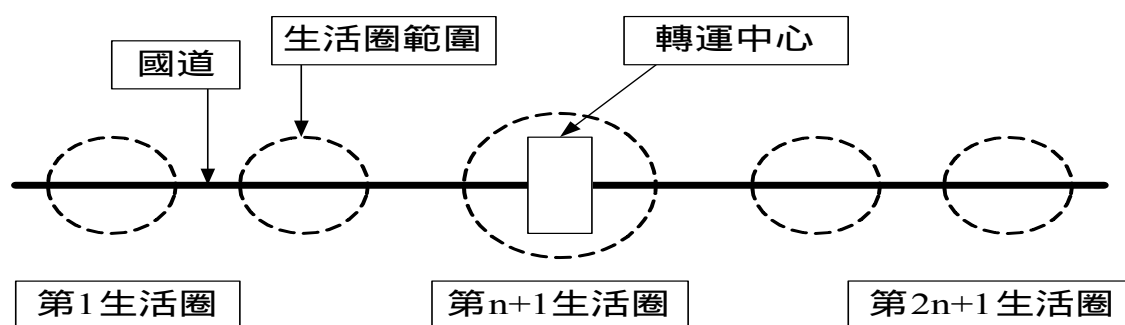


圖 3.1 國道客運市場營運環境示意圖

為避免問題過於複雜而模糊規劃重點，但又不致過度簡化而無法反映實際問題之特性，本研究於進行模式構建前先設定下列幾項假設：

1. 研究中所探討並規劃之轉運站類型僅限於單一轉運中心之集散型轉運站，並不考慮其他型式之轉運站系統，且假設其不受區位、面積等因素之限制。
2. 本研究所定義之轉運站區位乃是規劃於可將數條路線合併之合併路段端點的交流道鄰近地區。
3. 國道客運路線之起訖站固定，不因是否納入轉運站運作而增加或減少路線之可及性。
4. 乘客需求為已知且固定，不因轉運站之設置而有所變動，且同一時段內之乘客需求呈均勻分配。
5. 乘客經接駁或轉運之設計後，雖會改變其所搭乘之原始車輛，但原路線所經路段均不會改變。
6. 由於本研究範圍內僅設置一座轉運站，故乘客至多進行一次轉運 / 接駁行為。
7. 乘客到達與轉運 / 接駁車輛之行駛時間均屬確定性，不考慮隨機性變化。
8. 研究中將車輛行駛之路線分為直達、轉運及接駁等三種型式。

3.3 模式符號及名詞定義

本節將分別針對系統名詞與模式中所引用之符號加以定義並說明之。

3.3.1 名詞定義

傳統的國道客運多以直達路線為主，在調度彈性及營運效率上均有其不利之處，因此近年來各業者所興起設置轉運站的觀念確實能透過轉運或接駁服務的選擇，提供較多元化的營運型態，進而尋求最適的經營模式。為掌握公路客運轉運站的系統特性，以利最適規模模式之描述與構建，首先定義相關名詞如下：

1. 國道路線：以行駛高速公路為主的城際公路客運路線。
2. 接駁路線：以行駛市區道路為主並具備接駁國道路線乘客至地方客運或市區公車之路線
3. 轉運中心（站）：提供國道客運路線乘客換車轉乘另一國道路線或地區路線之轉車站。
4. 轉運：二條以上的國道路線在轉運中心所進行的乘客轉車作業。
5. 接駁：國道路線與接駁路線在轉運中心所進行的乘客轉車作業。
6. 國道車輛：專門行駛國道路線的營業客車。
7. 市區接駁巴士：專門行駛於市區之接駁路線的營業客車。
8. 班次：一輛巴士行駛國道路線或接駁路線的一個單向趟次（Run），故來回以二個班次計。
9. 旅次（Trip）：一位乘客由甲地至乙地的一次城際旅運行為，該旅次可能由一條直達路線來服務，或由二條以上非直達路線的轉運或接駁來完成。

3.3.2 模式符號

茲將本研究於模式構建中所必須引用之相關符號進行說明，茲彙整如表 3.2 所示。

表 3.2 符號彙整表

符號	定義	單位
ΔOC	業者營運成本差異	元/時
ΔUC	乘客時間成本差異	元/時
ΔSC	設站成本	元/時
ΔEC	外部成本	元/時
ΔFC_H	重複路段合併後車隊規模成本之變化量	元/時
ΔFC_I	國道車輛在轉運站所在區域為訖點之市區行車成本變化量	元/時
ΔFC_F	增闢市區接駁車輛之車隊規模營運成本	元/時
V_1	國道行駛速率	公里/時
V_2	市區行駛速率	公里/時
h_f	接駁車輛發車間距	時
ΔWC_O	乘客於起站所節省之候車成本變化量	元/時
ΔWC_T	乘客於轉運站進行轉運所增加之等候成本變化量	元/時
θ_1	國道車輛之單位營運成本	元/車時
θ_2	市區接駁車輛之單位營運成本	元/車時
L_{ij}	i 起點至 j 訖點之國道路線車輛於國道上所行駛之距離	公里
h_{ij}	i 起點至 j 訖點之國道路線之原始發車間距	時
L_f	轉運站至該區市中心之距離	公里
H_{ij}	i 起點至 j 訖點之國道路線經整合後之發車間距	時
β	乘客候車時間係數	---
u_1	乘客單位時間車內成本	元/人時
u_2	乘客單位時間候車成本	元/人時
u_3	乘客單位時間轉車成本	元/人時
Q_{ij}	i 起點至 j 訖點之國道路線乘客需求數	人/時
γ_1	停靠轉運站之每班次國道車輛所分攤之單位設站成本	元/車
φ_1	停靠轉運站之每班次國道車輛所分攤之單位外部成本	元/車

γ_2	停靠轉運站之每班次接駁車輛所分攤之單位設站成本	元/車
ϕ_2	停靠轉運站之每班次接駁車輛所分攤之單位外部成本	元/車

3.4 模式目標函數

Holroyd (1967) 認為在求解大眾運輸系統最佳化之同時，應兼顧營運者與使用者的權益。基於此，本研究由管制者（即政府）角度出發，並以系統設計（System Design）的觀點來尋求透過設置適當規模之轉運站促使國道客運系統之總社會成本最小化，亦即以業者成本（包括營運成本及車隊成本）、乘客成本（包括起訖站與接駁點之候車時間成本及於轉運站之轉車時間成本）、管制者成本（包括場站營運成本及外部成本）等三項總和最小化為目標函數。故本研究之目標函數可設定如下：

Max 轉運站設置正效益

= 轉運站設置前系統總成本 - 轉運站設置後系統總成本

而轉運站設置前後系統總成本之差異項目包括「業者營運成本差異」、「乘客時間成本差異」及「管制者成本」等三項，可將上述目標函數改寫如式（3.1）所示，並將各項成本說明如下。

$\text{Min} \Delta TC = \text{業者營運成本差異} + \text{乘客時間成本差異} + \text{管制者成本差異}$

$$\text{Min} \Delta TC = (\Delta FC_H + \Delta FC_I + \Delta FC_F) + (\Delta WC_O + \Delta WC_T) + (\Delta SC + \Delta EC) \dots (3.1)$$

3.4.1 業者營運成本差異

就設置單一轉運站前後，對於業者營運成本所造成之差異部份，茲分述如下：

1. 減少合併路線後重複路段之車隊規模營運成本（ ΔFC_H ）

於重複路段之端點設置轉運站，將能減少該重複路段業者之車隊規模，進而降低其營運成本。以路線 ij 為例，若於第 $n+1$ 個生活圈設置轉運站，則原有路線將會形成 $i(n+1)$ 與 $(n+1)j$ 等兩區間路線；

此外，若 $i(n+1)$ 與 $(n+1)j$ 兩區間可與其他路線形成重複路段，則共可減少 FC_H 之車隊規模成本，其模式可表達如下：

$$\Delta FC_H = \theta_1 \sum_{i=1}^n \sum_{j=n+2}^{2n+1} \frac{2L_{i(n+1)}}{V_1 h_{ij}} + \theta_1 \sum_{i=1}^n \sum_{j=n+2}^{2n+1} \frac{2L_{(n+1)j}}{V_1 h_{ij}} \dots\dots\dots (3.2)$$

2. 減少以轉運站所在區域為訖點之國道路線的市區行車成本 (ΔFC_I)

未設置轉運站前，以轉運站所在都市為訖點之國道客運路線皆必須進入位於市中心區之場站進行下客，但隨市區內交通擁塞程度，將直接造成國道客運車輛之延滯、增加車行時間成本，進而影響車輛之調度作業。故於交流道附近設置轉運站後，即可安排訖點為市區之乘客於轉運站進行接駁，如此國道車輛將不需再進入市區內，藉以增加車輛調度之靈活性。因此，若於第 $n+1$ 個生活圈設置轉運站，則原有以第 $n+1$ 個生活圈為起訖點之 $i(n+1)$ 與 $(n+1)j$ 等路線，將可共同減少其進入市區所衍生之行車成本 FC_I ，其模式可表達如下：

$$\Delta FC_I = \theta_1 \sum_{i=1}^n \frac{2L_f}{V_2 h_{i(n+1)}} + \theta_1 \sum_{j=n+2}^{2n+1} \frac{2L_f}{V_2 h_{(n+1)j}} \dots\dots\dots (3.3)$$

3. 增闢市區接駁車輛之車隊規模營運成本 (ΔFC_F)

為接駁國道乘客進入轉運站所在之市中心區，本研究規劃於轉運站內增闢 1 條接駁路線，該接駁路線係作為接駁乘客往來於區域公車場站及市區公車轉乘點之用。此類型路線之增闢雖將增加業者之營運成本 FC_F ，但若規劃得當，將有助於創造國道客運之需求。

$$\Delta FC_F = \theta_2 \cdot \frac{2L_f}{V_2 H_f} \dots\dots\dots (3.4)$$

3.4.2 乘客時間成本差異

就設置單一轉運站前後，對於乘客時間成本所造成之差異部份，茲分述如下：

1. 減少於合併路線後重複路段起點端之等待成本 (ΔWC_O)

於重複路段之端點設置轉運站，將可合併此區段之重複路線，促使業者能提高該區段之服務水準（包括縮短原有等候班距），如此將可直接節省乘客於區段起點之等待時間成本，增加乘客搭車之意願。以路線 ij 為例，若於第 $n+1$ 個生活圈設置轉運站，則原有路線將會形成 $i(n+1)$ 與 $(n+1)j$ 等兩區間路線；此外，若 $i(n+1)$ 與 $(n+1)j$ 兩區間可與其他路線形成重複路段，則共可減少 WC_O 之乘客於起訖端等待成本，其模式可表達如下：

$$\Delta WC_O = \sum_{i=1}^n \sum_{j=n+2}^{2n+1} \beta \cdot (h_{ij} - H_{i(n+1)}) \cdot u_2 \cdot Q_{ij} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=n+2}^{2n+1} \beta \cdot (h_{ij} - H_{(n+1)j}) \cdot u_2 \cdot Q_{ji} \dots (3.5)$$

2. 增加乘客於轉運中心之等車時間成本 (ΔWC_T)

由於本研究針對原有經過轉運站設置地之路線接考慮納入轉運站進行轉運操作，因此被規劃納入之國道路線將中斷原本可直達之旅次；此外，本研究假設轉運路線之車輛往返行駛於路線端點與轉運站之區間，如此操作型態勢必會增加乘客於轉運站之等候時間。另一方面，以轉運站地區為起訖點之國道路線，其原有乘客亦必須透過市區接駁車輛進行轉運，如此亦會增加該路線乘客於轉運站之候車時間。故此部分所增加之負面影響應謹慎考量，避免降低乘客搭乘之意願。以路線 ij 為例，若於第 $n+1$ 個生活圈設置轉運站，則原有路線將會形成 $i(n+1)$ 與 $(n+1)j$ 等兩區間路線；此外，若 $i(n+1)$ 與 $(n+1)j$ 兩區間可與其他路線形成重複路段，則該區段之乘客將必須於轉運站從事轉運行為，如此將會共同增加 WC_T 之乘客於轉運站等車時間成本，其模式可表達如下：

$$\Delta WC_T = \beta \cdot u_3 \cdot \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=n+2}^{2n+1} Q_{ij} \cdot H_{(n+1)j} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=n+2}^{2n+1} Q_{ji} \cdot H_{(n+1)i} + \sum_{i=1}^n Q_{i(n+1)} \cdot H_f + \sum_{j=n+2}^{2n+1} Q_{j(n+1)} \cdot H_f \right] (3.6)$$

3.4.3 管制者成本差異

就設置單一轉運站前後，對於管制者成本所造成之差異部份，茲分述如下：

1. 場站營運成本（ ΔSC ）

由於本研究假設轉運站設置之面積與區位不受限制；基於此，設站成本為一固定值。而若從管制者之角度觀之（亦即收支平衡，不以追求利潤為目標），業者進駐管制者所建立之轉運站，應必須支付場站使用成本，以符合使用者付費之原則。因此，為求兼顧模式簡化與合理，本研究擬將轉運站之營運成本分攤至進入轉運站停靠之各班次車輛，如此將能使營運成本以合理之比例分攤至各路線上，進而求算各路線進入轉運站前後之成本效益變化。總體而言，進出轉運站之車輛包括國道車輛與地區接駁車輛；因此，場站營運成本（ ΔSC ）應由國道車輛與接駁車輛各自所分擔之部分共同組成，其模式可表達如下：

$$\Delta SC = \gamma_1 \cdot \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=n+2}^{2n+1} \frac{1}{H_{ij}} \right) + \gamma_2 \cdot \frac{1}{H_f} \dots\dots\dots (3.7)$$

2. 場站外部成本（ ΔEC ）

就管制者之層面，設置轉運站應考量其所產生之外部成本包括交通衝擊成本與環境污染成本，而非僅止於追求營運層面之利潤最大或使用面之效益最大，如此才符合社會公平原則，此亦顯示轉運站應有其適度規模，而非一味擴張。由於轉運站所衍生的外部成本與進出車輛數有直接之關係，故其營運規模，忽視其與進入轉運站之車輛數有直接之相關，故為求兼顧模式簡化與合理，本研究同樣擬將轉運站之外部成本分攤至進入轉運站停靠之各班次車輛，如此將能使外部成本以合理之比例分攤至各路線上，進而求算各路線進入轉運站前後之成本效益變化。總體而言，進出轉運站之車輛包括國道車輛與地區接駁車輛；因此，場站外部成本（ ΔEC ）應由國道車輛與接駁車輛各自所分擔之部分共同組成，其模式可表達如下：

$$\Delta EC = \varphi_1 \cdot \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=n+2}^{2n+1} \frac{1}{H_{ij}} \right) + \varphi_2 \cdot \frac{1}{H_f} \dots\dots\dots (3.8)$$

3.5 模式架構

為確定所構建模式之有效性與功能性，因此針對模式中求解各成本項目值間之關係進行說明，藉以明確闡述模式整體架構，進而作為後續尋優求解程序之基礎。茲將其分別說明如下，並歸納整理如圖 3.2 所示。

1. 路線發車間距

由於路線合併後，將會提高重複路段之服務水準，亦即降低其發車間距。因此，透過轉運站而有具有相同起訖點之路段，必須重新計算其發車間距，且尚須考量車輛容量之限制以符合實際營運狀況。

2. 業者營運成本項目差異值

業者營運成本項目差異值為「減少合併路線後重複路段之車隊規模 (ΔFC_H)」、「減少以轉運站所在區域為訖點之國道路線的市區行車成本 (ΔFC_I)」及「增闢市區接駁車輛之車隊規模營運成本 (ΔFC_F)」等三項之總和。

3. 乘客時間成本項目差異值

乘客時間成本項目差異值為「減少於合併路線後重複路段起點端之等待成本 (ΔWC_O)」與「增加乘客於轉運中心之等車時間成本 (ΔWC_T)」等二項之總和。

4. 場站營運成本項目分攤值

將轉運站之營運成本依所納入路線數之發車班次進行分攤，進而求出各路線總分攤場站營運成本之項目值。

5. 場站外部成本項目分攤值

將轉運站之外部成本依照各可行方案所納入路線數之發車班次進行分攤，進而求出各可行方案之外部成本項目值。

6. 系統總成本變化值

針對納入轉運站營運路線之「業者營運成本項目差異值」、「乘客時間成本項目差異值」、「場站設置營運成本項目分攤值」及「場站外部成本項目分攤值」等四項進行加總，以求得系統總成本差異變化值。



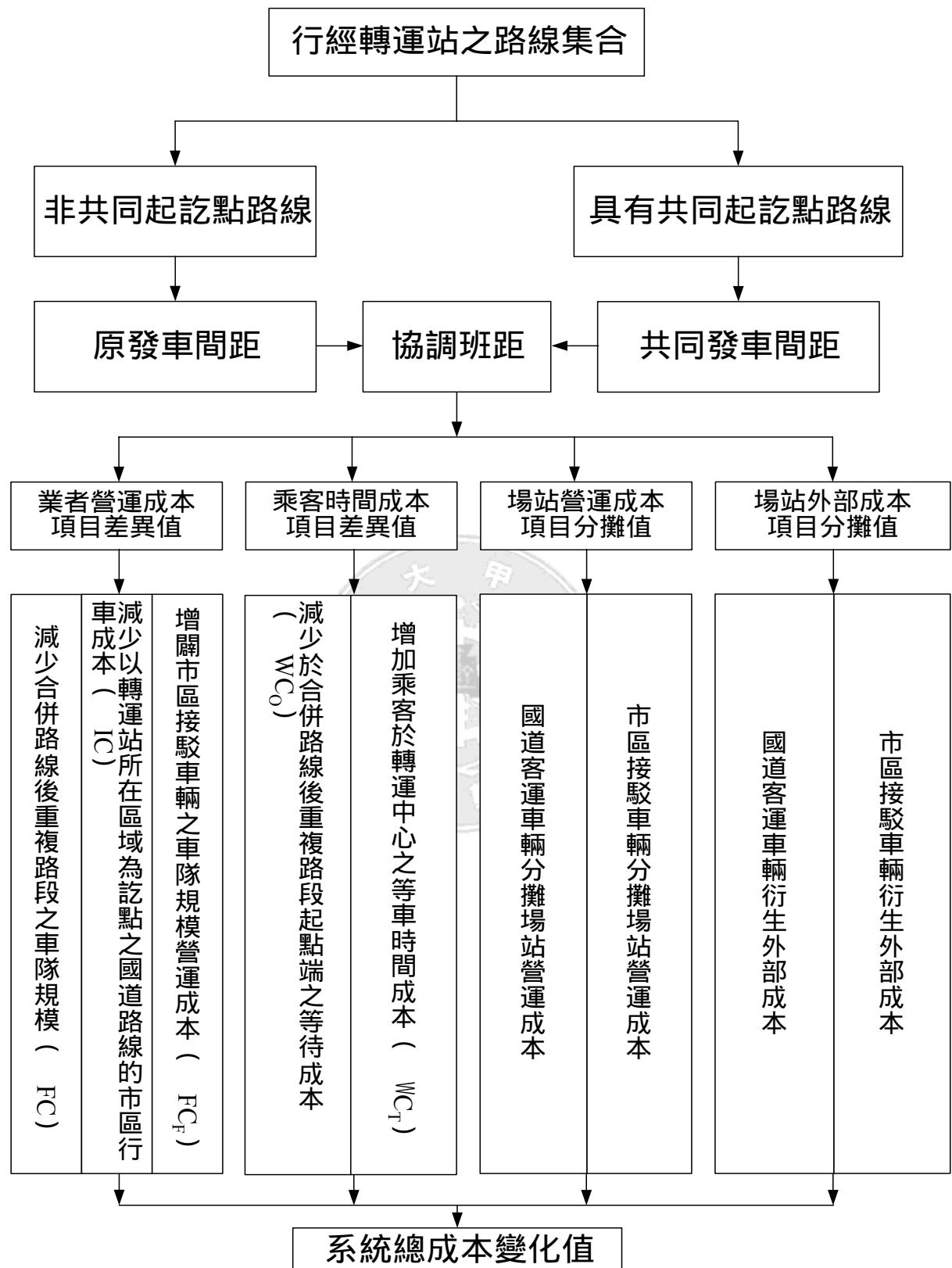


圖 3.2 轉運站規模最適化模式架構圖

3.6 尋優求解程序

前述所構建發展之模式及其架構已充分能夠涵蓋轉運站規模最適化分析之課題。此外，於求解轉運站容納最佳路線數時，應考量由各型態路線所組合之混合型營運方案，以尋求近乎最佳的路線組合。惟不同路線的組合方式不勝枚舉，若以零壹整數規劃來求解，其求解困難度將隨可納入路線總數之數量而迅速增加。基於上述，為尋求近乎最佳的路線組合，本研究擬發展一尋優求解程序，使系統總成本差異得以繼續增加至不再改善為止，其相關示意如圖 3.3 所示。根據林祥生【33】之研究結果得知，當國道路線旅次需求量愈大時，愈適於採用直達路線，反之則應考慮使用轉運中心。因此，本研究將依此作為尋優準則，發展一求解程序如圖 3.4 所示，其求解階段及步驟如下所述：

3.6.1 前置階段

於前置階段中，欲進行之步驟有二，其分別為路線篩選與計算各路線獨立操作之系統總成本值。

Step1：路線篩選：從原有路線中篩選出必須經過或抵達第 $n + 1$ 生活圈之直達型國道路線，以形成路線待選集合。

Step2：計算待選集合中各路線獨立運作之系統總成本值。

3.6.2 設置轉運站階段

於設置轉運站階段，共有四尋優階段必須進行，而各尋優階段所須執行之步驟，茲分述如下：

1. 第一階段

Step1：自路線集合中挑選以第 $n + 1$ 生活圈為起訖點之路線，

Step2：將此型態路線作為納入求解轉運站最適規模之基本路線。

Step3：求算基本路線之系統總成本值，作為第一階段之系統最佳成本值，至此進入第二階段。

2. 第二階段

- Step1：將待選集合中所剩之路線依起訖點需求量之高低排序
- Step2：挑選低於起訖點需求量門檻之路線（具有低需求特性），並與基本路線形成本階段之路線集合。
- Step3：將此階段路線集合中之各路線形成不同組合方案，並求算各方案之系統總成本值之系統總成本值。
- Step4：將各方案之系統總成本值與第一階段之系統最佳成本值相較，並挑選可節省最多系統成本之路線組合方案。並將該方案之系統值作為第二階段之系統最佳成本值，至此進入第三階段。

3. 第三階段

- Step1：將待選集合中所剩路線依轉運站兩側路段長度是否對稱排序。
- Step2：挑選轉運站兩側路段長度較對稱之路線（具有較高需求且路線對稱特性），並與第二階段最後所決定納入轉運站之路線數形成本階段之路線集合。
- Step3：將此階段路線集合中之各路線形成不同組合方案，並求算各方案之系統總成本值之系統總成本值。
- Step4：將各方案之系統總成本值與第二階段之系統最佳成本值相較，並挑選可節省最多系統成本之路線組合方案。並將該方案之系統值作為第三階段之系統最佳成本值，至此進入第四階段。

4. 第四階段

- Step1：將待選集合中所剩路線（具有較高需求且路線較不對稱特性），並與第三階段最後所決定納入轉運站之路線數形成本階段之路線集合。
- Step2：將此階段路線集合中之各路線形成不同組合方案，並求算各方案之系統總成本值之系統總成本值。
- Step3：將各方案之系統總成本值與第二階段之系統最佳成本值相較，並挑選可節省最多系統成本之路線組合方案。至此，該方案內之路線組合即為轉運站最適規模所應納入之路線總數。

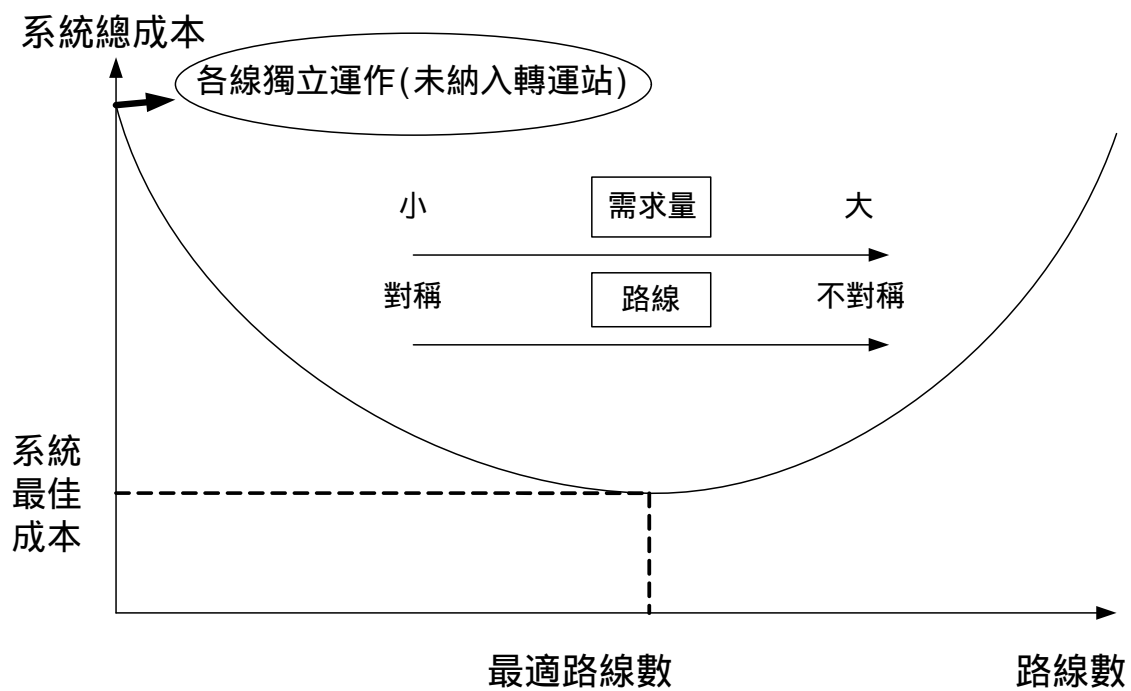


圖 3.3 尋優求解程序示意圖



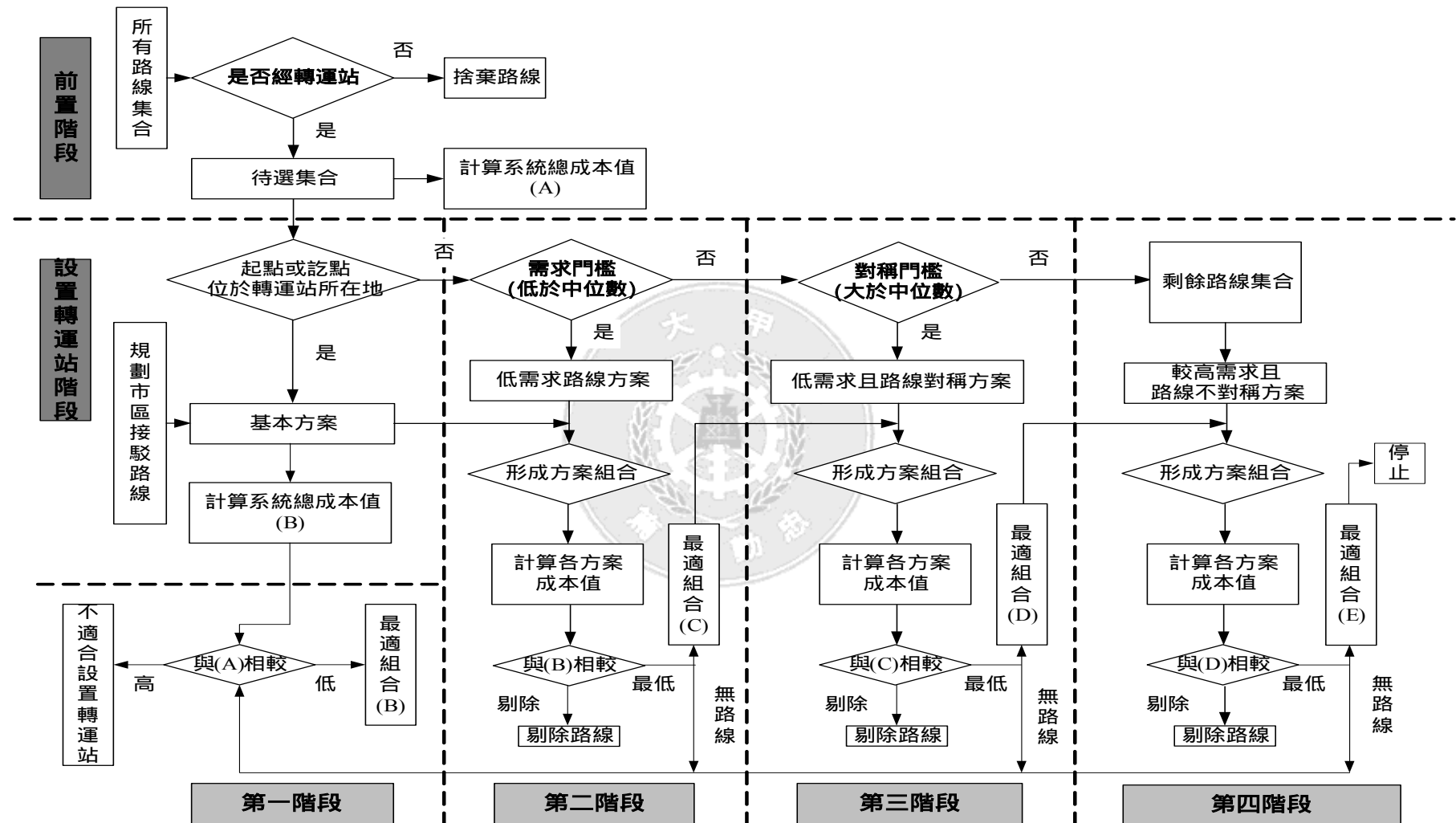


圖 3.4 轉運站最適容納路線數之求解程序

3.7 簡例驗證

為測試最適化模式及尋優求解程序之有效性，本研究以一簡例進行測試分析，並敘述說明其分析結果。

3.7.1 簡例設計

假設有 5 條路線，其路線營運示意與基本資料如圖 3.5、表 3.3 所示，至於模式參數則設定如表 3.4 所示。若已決定於 B 點之交流道附近設置一座轉運站，則以下將透過本研究所構建之轉運站規模最適化模式，進行轉運站應容納路線數之決策分析。

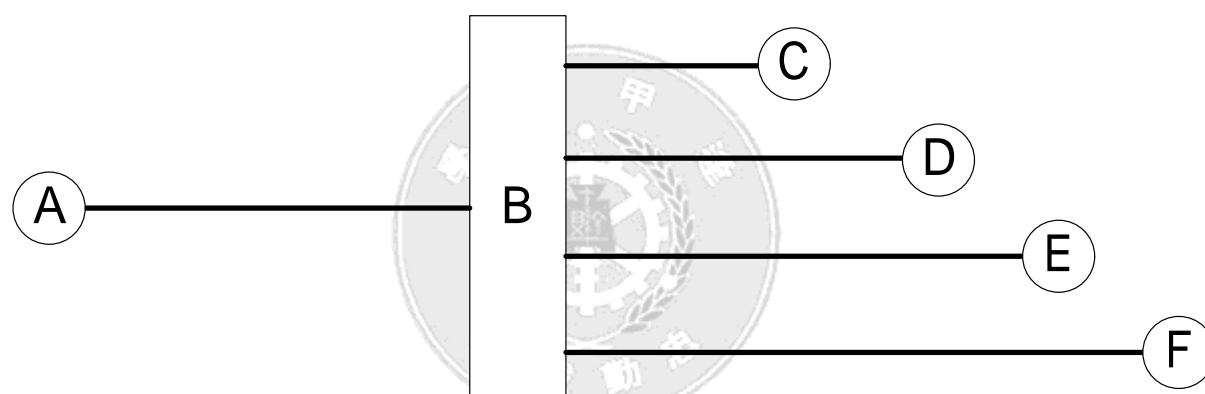


圖 3.5 簡例 5 條路線之營運示意圖

表 3.3 簡例之 5 條路線基本資料

路線 編號	路線 起端	路線 訖端	路線長度(公里)		乘客需求 (人/時)			路線班距 (分)
			轉運 站前	轉運 站後	起端	訖端	總量	
1	A	B	168.7	0	99	100	199	41
2	A	E	168.7	181.3	7	8	15	214
3	A	C	168.7	60	8	4	12	194
4	A	D	168.7	89.6	33	40	73	83
5	A	F	168.7	182.2	108	107	215	57

表 3.4 簡例之模式參數設定

參數符號	參數值	參數符號	參數值
國道車輛 固定營運成本 (a_1)	300 元/時	乘客候車時間係數 (β)	0.5
市區接駁車輛 固定營運成本 (a_2)	150 元/時	國道車輛行駛速率 (V_1)	75 公里/時
國道車輛變動 單位成本係數 (b_1)	25 元/車人時	市區接駁車輛 行駛速率 (V_2)	25 公里/時
市區接駁車輛變動 單位成本係數 (b_2)	10 元/車人時	國道車輛 單位場站設置營運成本	200 元/車
國道車輛座位數 (S_1)	22 人/車	國道車輛單位外部成本	400 元/車
市區接駁 車輛座位數 (S_2)	22 人/車	市區接駁車輛 單位場站設置營運成本	100 元/車
國道車輛 單位營運成本 (θ_1)	850 元/車時	市區接駁車輛 單位外部成本	200 元/車
市區接駁車輛 單位營運成本 (θ_2)	370 元/車時	國道與市區接駁 車輛間轉車人數比例 (p)	0.5
乘客車內時間價值 (u_1)	83 元/人時	轉運站至市中心距離	15 公里
乘客候車時間價值 (u_2)	217 元/人時		
乘客轉車時間價值 (u_3)	217 元/人時		

3.7.2 尋優求解

藉由本研究所構建之最適化模式及其尋優求解程序，茲將此簡例之分析結果歸納如下：

1. 進入尋優求解程序前，首先應針對各路線納入轉運站前各自獨立運作之系統成本值進行計算，其原始系統總成本為 81,131 元/時，相關各成本項目歸納整理如表 3.5、圖 3.6 所示。其中，表 3.5 所列之市區車隊規模係指國道車輛於市區道路行駛之車隊成本。
2. 由於轉運站預定設置於 B 所在區之高速公路交流道下，故依據尋優

求解程序，茲將簡例中以 B 地為起訖點之路線 1 納入且同時規劃 1 條市區接駁路線，並求算其系統總成本為 104,491 元/時（如表 3.6 所示）。

3. 茲將剩下之 4 條路線依其起訖點需求量進行分群（路線 2、3 與路線 4、5 各一群），由於路線 2、3 符合起訖點需求量小於中位數之門檻限制，故優先納入轉運站操作，並求算其系統總成本為 93,544 元/時，此系統值明顯低於基本方案之系統值（104,491 元/時），共減少成本 10,947 元/時（如表 3.7 所示）。
4. 茲將剩下之 2 條路線再依其經轉運站前後之路段長度進行分群（路線 4 與路線 5 各 1 組），由於路線 5 符合轉運站前後路段較具對稱特性之門檻限制，故優先納入轉運站操作，並求算其系統總成本為 106,892 元/時，此系統值明顯高於低需求路線方案之系統值（93,544 元/時），共增加成本 13,348 元/時。因此，依據尋優程序，必須將路線 5 剔除至剩餘路線集合中，以進入下一尋優階段（如表 3.8 所示）。
5. 茲將剩餘路線集合中之所有路線納入轉運站操作，並求算其系統總成本為 108,322 元/時，此系統值明顯高於低需求路線方案之系統值（93,544 元/時），共增加成本 11,655 元/時（如表 3.9 所示）。因此，依據尋優程序，必須針對不適當之路線進行抽換以形成不同方案之路線組合，最後獲得之最佳路線組合為 1、2、3、4，其系統總成本為 80,089 元/時，而此系統值明顯低於低需求路線方案之系統值（93,544 元/時），且與各路線獨立運作之系統總成本值（81,131 元/時）相較共減少成本 1,043 元/時。至此，剩餘路線集合中已無路線可供挑選，故尋優求解程序至此結束（如表 3.10 所示）。

表 3.5 簡例之 5 條路線各成本項目值

路線編號	國道車隊規模	市區車隊規模	起站候車時間成本	訖站候車時間成本	總成本
1	5,620	1,309	7,309	7,383	21,621
2	2,222	0	2,711	3,099	8,032
3	1,607	0	2,800	1,400	5,807
4	4,212	0	4,978	6,033	15,222
5	8,424	0	11,064	10,961	30,449
系統總成本					81,131

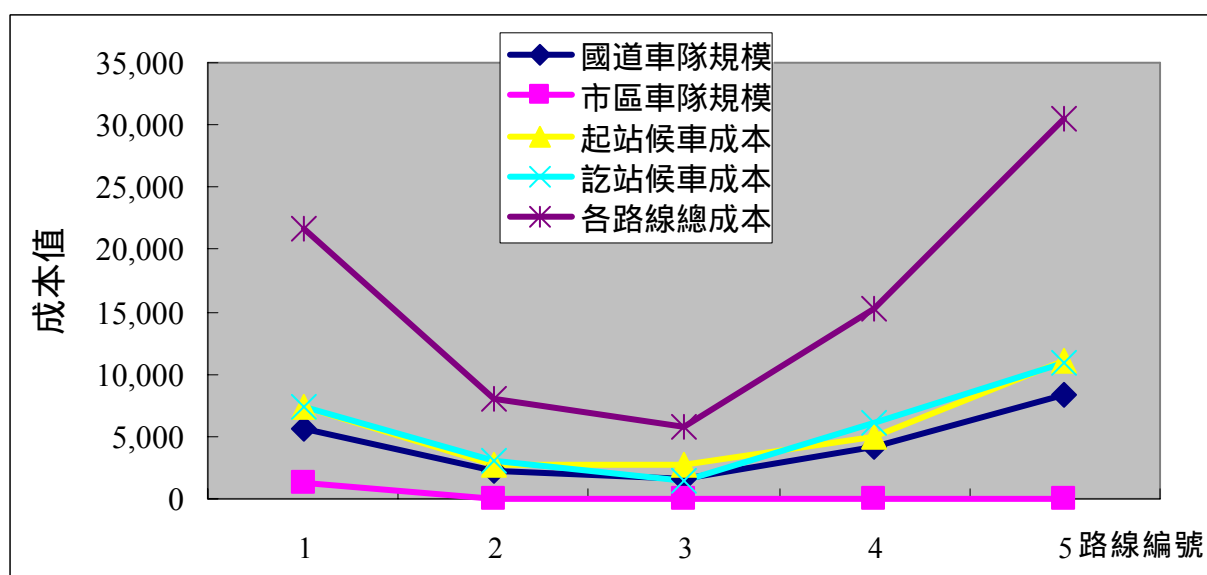


圖 3.6 簡例之 5 條路線各原始成本項目值

表 3.6 簡例第一階段尋優

路線 編號	路線 起點	路線 訖點	班距 (分鐘)	車隊規模	候車時間成本		轉運成本		設站成本	外部成本	總成本
					起站	訖站	順向	逆向			
1	A	B	13	17,381	2,363	---	1,182	1,194	909	1,818	24,847
B 區之接駁路線			13	1,763	---	1,194	---	---	455	909	4,320
轉運操作成本											29,166
系統總成本											104,491

表 3.7 簡例第二階段尋優

路線 編號	路線 起點	路線 訖點	班距 (分鐘)	車隊規模	候車時間成本		轉運成本		設站成本	外部成本	總成本
					起站	訖站	順向	逆向			
1	A	B	12	19,815	2,073	---	1,194	1,047	1,036	2,073	27,237
2	B	E	154	1,599	147	2,230	1,951	168	78	156	6,329
3	B	C	99	823	168	717	1,434	84	121	242	3,589
B 區之接駁路線			13	1,763	---	1,194	---	---	455	909	4,320
轉運操作成本											41,474
系統總成本											93,544

表 3.8 簡例第三階段尋優

路線 編號	路線 起點	路線 訖點	班距 (分鐘)	車隊規模	候車時間成本		轉運成本		設站成 本	外部成本	總成本
					起站	訖站	順向	逆向			
1	A	B	6	38,586	1,064	---	1,182	538	2,018	4,036	47,424
2	B	E	154	1,599	75	2,230	1,951	86	78	156	6,176
3	B	C	99	823	86	717	1,434	43	121	242	3,467
5	B	F	12	20,274	1,161	2,365	2,387	1,150	982	1,964	30,283
B 區之接駁路線			13	1,763	---	1,194	---	---	455	909	4,320
轉運操作成本											91,670
系統總成本											106,892

表 3.9 簡例第四階段尋優 (1)

路線 編號	路線 起點	路線 訖點	班距 (分鐘)	車隊規模	候車時間成本		轉運成本		設站成本	外部成本	總成本
					起站	訖站	順向	逆向			
1	A	B	5	45,017	912	---	1,182	461	2,355	4,709	54,636
2	B	E	154	1,599	65	2,230	1,951	74	78	156	6,153
3	B	C	99	823	74	717	1,434	37	121	242	3,448
4	B	D	33	3,693	304	2,387	1,969	369	364	728	9,813
5	B	F	12	20,274	995	2,365	2,387	986	982	1,964	29,952
B 區之接駁路線			13	1,763	---	1,194	---	---	455	909	4,320
轉運操作成本											108,322
系統總成本											108,322

表 3.10 簡例第四階段尋優 (2)

路線 編號	路線 起點	路線 訖點	班距 (分鐘)	車隊規模	候車時間成本		轉運成本		設站成本	外部成本	總成本
					起站	訖站	順向	逆向			
1	A	B	9	26,419	1,555	---	1,182	785	1,382	2,764	34,086
2	B	E	154	1,599	110	2,230	1,951	126	78	156	6,250
3	B	C	99	823	126	717	1,434	63	121	242	3,526
4	B	D	33	3,693	518	2,387	1,969	628	364	727	10,287
B 區之接駁路線			13	1,763	---	1,194	---	---	455	909	4,320
轉運操作成本											58,468
系統總成本											80,089

3.7.3 結果分析

茲將尋優求解過程中各階段之系統成本值之變化與轉運站容納路線數多寡對系統總成本值變化等情形，歸納整理如表 3.11、圖 3.7 3.8 所示。

表 3.11 簡例各尋優階段系統成本值變化表

路線 編號	直達 操作 成本	納入轉運站操作				
		第一 階段	第二 階段	第三 階段	第四 階段 (路線 5)	第四 階段 (路線 4)
1	5,807	24,847	27,237	47,424	54,636	34,086
2	8,032	---	6,329	6,176	6,153	6,250
3	15,222	---	3,589	3,467	3,448	3,526
4	30,449	---	---	---	9,813	10,287
5	21,621	---	---	30,283	29,952	---
接駁 路線	0	4,320	4,320	4,320	4,320	4,320
轉運 操作 成本	0	29,166	41,474	91,670	108,322	58,468
非轉運 操作 成本	---	75,325	52,070	15,222	0	21,621
系統 總成本	81,131	104,491 [*]	93,544	106,892	108,322	80,089
系統節 省成本	0	-23,360	-12,413	-25,761	-27,191	1,042
尋優 程序	---	---	10,947 (與 * 相較)	-2,401 (與 * 相較)	-3,831 (與 * 相較)	24,402 (與 * 相較)

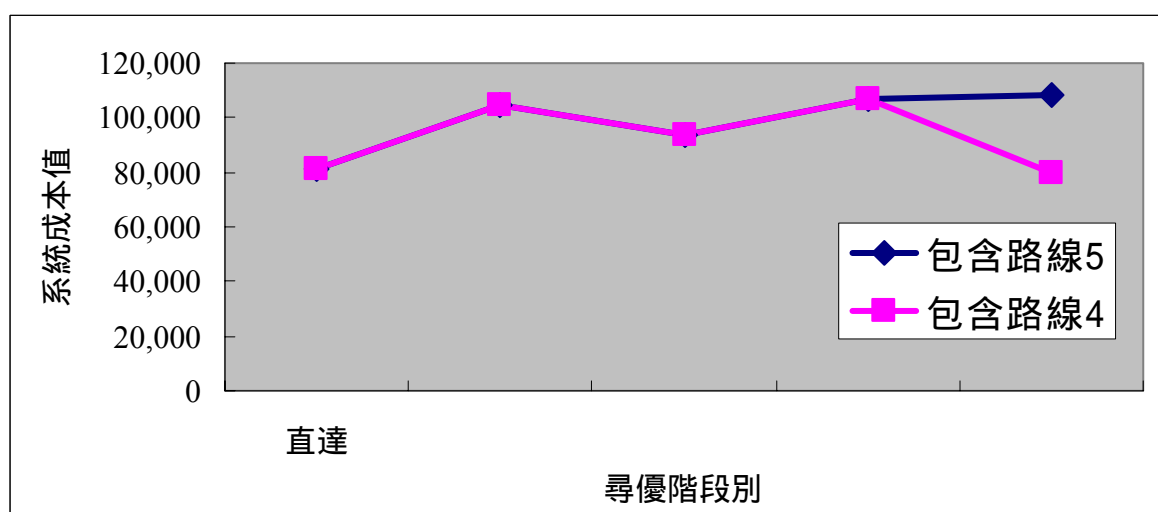


圖 3.7 簡例各尋優階段系統成本值趨勢圖

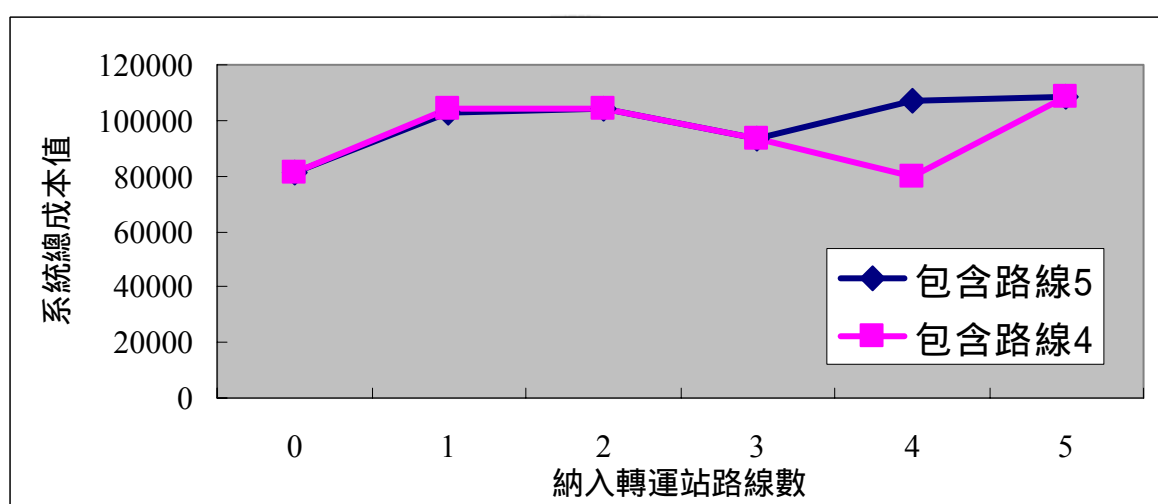


圖 3.8 簡例轉運站容納路線數之系統總成本變化趨勢圖

茲將簡例中各路線獨立直達運作與納入轉運站整合操作等兩種型態進行各項成本值之比較分析，如表 3.12 與圖 3.9 所示。其中可明顯發現，透過轉運操作可大幅節省「路線起訖端點之候車時間成本」，至於在車隊規模、轉運時間成本、設站及外部成本等方面則較直達操作方式之成本增加。因此，未來在求解轉運站最適規模時，路線起訖端點之候車時間成本為關鍵之決定因素。

表 3.12 簡例獨立運作型態與轉運站最適規模型態成本之差異

成本項目	路線編號	1	2	3	4	5	接駁路線	總和
班距 (分)	獨立運作	41	214	194	83	57	0	---
	最適規模	9	154	99	33	57	13	---
國道車隊規模	獨立運作	5,620	2,222	1,607	4,212	8,424	0	22,085
	最適規模	26,419	1,599	823	3,693	8,424	0	40,958
市區車隊規模	獨立運作	1,309	0	0	0	0	0	1,309
	最適規模	0	0	0	0	0	1,763	1,763
候車時間成本	獨立運作	14,692	5,810	4,200	11,011	22,025	0	57,738
	最適規模	1,555	2,340	843	2,905	22,025	1,194	30,862
轉運成本	獨立運作	0	0	0	0	0	0	0
	最適規模	1,967	2,077	1,497	2,597	0	0	8,138
設站成本	獨立運作	0	0	0	0	0	0	0
	最適規模	1,382	78	121	364	0	455	2,400
外部成本	獨立運作	0	0	0	0	0	0	0
	最適規模	2,764	156	242	727	0	909	4,798
總成本	獨立運作	5,807	8,032	15,222	30,449	21,621	0	81,131
	最適規模	34,086	6,250	3,526	10,287	21,621	4,320	80,089

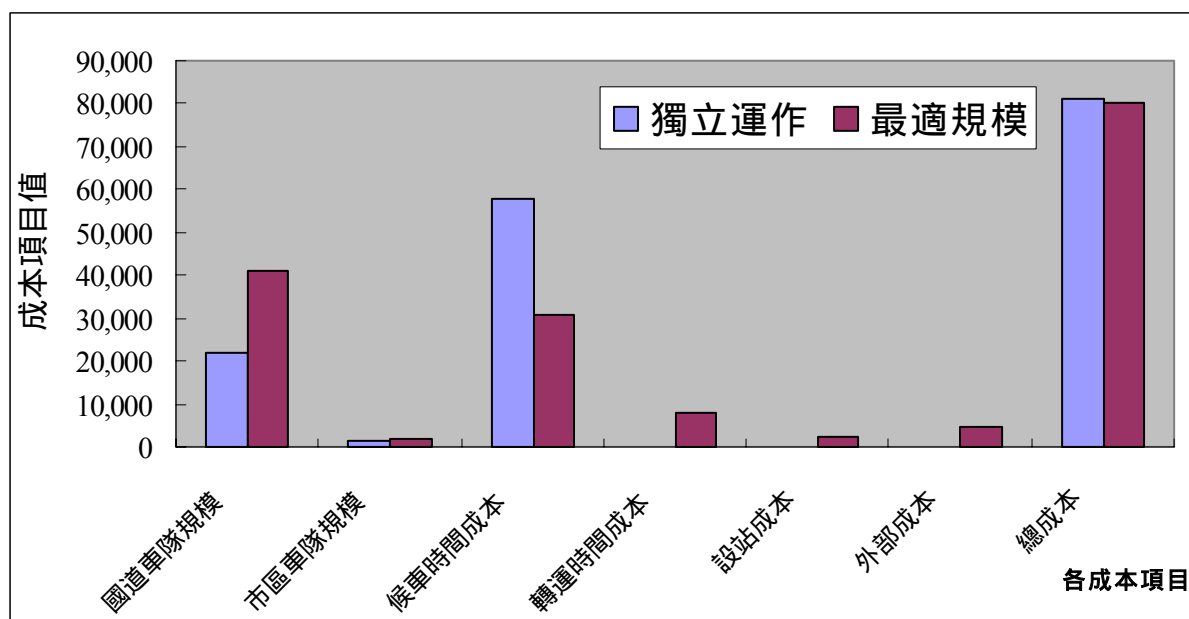


圖 3.9 簡例獨立運作型態與轉運站最適規模型態成本之差異

3.7.4 小結

藉由此簡例之測試，可清楚證明本研究所構建之最適化模式與尋優求解程序，確可獲得轉運站設置之最適當規模，亦即本簡例轉運站之最佳容納路線組合為路線編號 1、2、3、4（共 4 條）。此外，檢視該路線組合可明顯發現，透過轉運操作可獲得效益之路線型態依序為「起訖點需求量少（路線 2）」、「起訖點需求量少路線對稱（路線 3）」、「起訖點需求量大路線不對稱（路線 4）」等，此結果與本研究規劃尋優求解程序之構相符，而路線 5（起訖點需求量大路線對稱）因起訖需求量大，故其影響力強過路段是否對稱之特性因素，因此模式顯示不建議納入最適規模中。上述所歸納之轉運站路線特性分析，將可作為未來進行實例分析時尋優之重要參考依據，並亦可提供未來實務上規劃之方向。

在簡例中，比較其最適規模與獨立操作型態之系統總成本，可歸納發現：節省路線起訖端點之候車時間成本為轉運操作之優勢所在，而在車隊規模、轉運時間、設站及外部等方面成本的增加則為轉運站設置較不利之處。因此，未來於進行轉運站設置規劃時，應善加利用

節省起訖端候車時間成本所增進之效益，至於在降低車隊規模方面，則可考慮採用混合車隊之策略，以求縮減營運者於車隊營運上之支出，而針對轉運時間成本增加之劣勢，則可引入協調整合排班之觀念，透過各路線間發車間距之良好整合，直接減少乘客於轉運站所需花費之轉車時間。此類關於轉運站營運服務策略部分之探討將於第四章進一步說明。



第四章 轉運站服務策略規劃設計

傳統國道客運路線係以點對點之直達方式（Direct Service or Non-stop Service）進行運作，其雖可使乘客迅速到達其目的，但因各路線採獨立運作，故無法整合併班，導致多數路線之班車承載率偏低。近年來，已有許多研究提出應用軸輻路網技術（Hub-and-Spoke Network Techniques）於適當交流道設置接駁站（Feeder Stops）或於適當地點設置轉運站（Transfer Stations），作為轉運中心（Hub），並將各路線端點站（Spoke）之乘客載送至轉運中心，進行一定程度之整合排班，以提高班車承載率，進而減少空駛延座公里。此外，由於國道客運路線係屬線性運輸路網，若實施接駁轉運後，將成為線性軸輻路網（Linear Hub-and-Spoke Network），如此不僅可提高班車承載率，更可免除一般軸輻系統必須改變原行駛路線，致行駛路線繞道增長之不良影響。惟接駁轉運之設計勢必會增加客運路線之行駛時間與乘客轉乘之不便。故未經妥善規劃設計之轉運接駁系統，不但將無法發揮原預期效果，反將導致服務水準降低之窘境。

本研究依據第三章所構建轉運站規模最適化模式之基礎上，本章將針對設置轉運站後，探討其所可採行之相關服務策略，期能藉由此方面之規劃設計，有效降低設置轉運站所衍生之負面影響（包括乘客候車時間成本、場站設置營運成本與外部成本等），進而更加突顯與確立設置轉運站之效益與功能。以下將轉運站之服務策略分為「路線路網」、「排班整合」與「混合車隊」等三方面進行規劃設計。

4.1 路線路網設計

傳統的國道客運多以直達服務型態為主，路網結構簡單，但相對也較欠缺營運彈性。本研究擬透過探討轉運站設置之最適規模，將乘客轉運或接駁的各種可能性納入考慮，據以設計出多種經轉運站之可行國道客運路線型態及其相對應路網，進而考量不同的路線組合方式與轉運站最適規模間之相互影響關係，以提供後續研擬轉運站服務策

略之依據。以下將分路線設計與路網設計兩方面進行說明。

4.1.1 路線設計

以直達路線為主的國道客運路網甚為單純，但若透過轉運站之運作，則會產生轉運或接駁等多元化之服務型態，相對地其營運路網亦變得較為複雜。以圖 3.1 的營運環境為例，營運路線的端點可以是旅次產生點、轉運中心，但囿限於駕駛員與車輛調度之複雜度，本研究僅歸納出二種營運路線（包括直達型、轉運接駁型國道路線等），且無論路線型態為何，所有路線在沿途均不再設置停靠站供乘客上下車，茲分別說明如下，其相關示意如圖 4.1 所示：

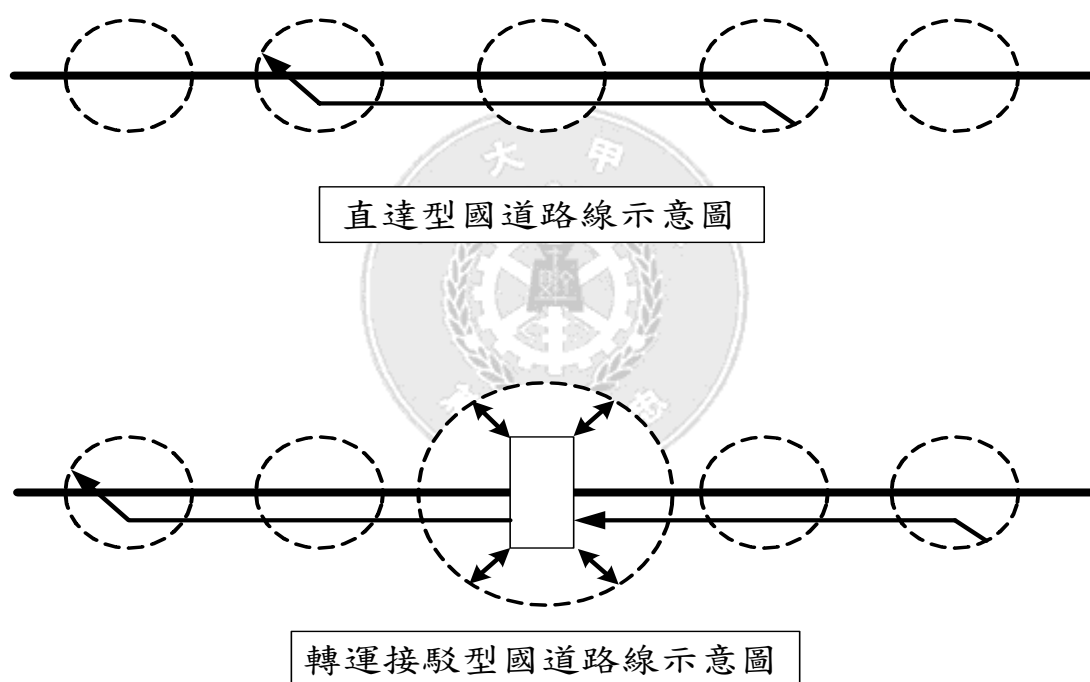


圖 4.1 直達型、轉運接駁型國道路線示意圖

1. 直達型國道路線

係指營運路線的起訖點均為旅次產生點的路線型態，故乘客無需轉車，只要搭乘一個班次即可完成其旅次活動。

2. 轉運接駁型國道路線

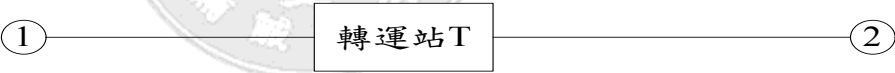
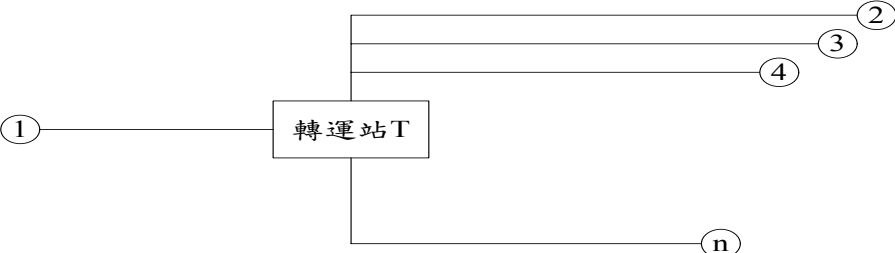
此型態之路線係由兩部分組合而成；其中，轉運型係指路線兩端點分別為旅次產生點及轉運中心者，亦即提供各旅次產生點往返轉運中心的服務，因此乘客可藉由二條轉運型國道路線於轉運中心銜接的方式來完成其旅次。至於接駁型，則係指在轉運中心之生活圈內，往返於轉運中心與接駁站（區域客運或市區公車候車處）之路線型態。

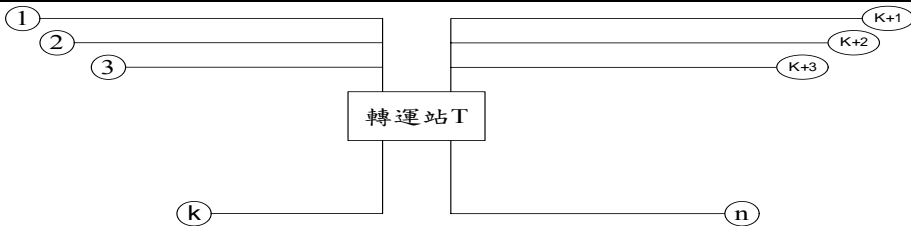
4.1.2 路網設計

依據上述路線的型態與特性，進而可決定路網轉運之類型，邱裕鈞【14】將轉運路網型式歸納為六種，其分別為單轉運、雙轉運、混合型、複雜雙轉運及複雜混合型等。其中與本研究定義轉運路網型態相符合的，係為單轉運之類型；因此，以下將基於單轉運路網類型進行相關服務策略之探討。

所謂單轉運係指路網中所有路線之乘客均恰轉運一次，而其依轉運站兩側端點之站數，可分為三種型式，茲將其歸納如表 4.1 所示。

表 4.1 單轉運路網型式及其特性表

單轉運類型			
一對一 單轉運	圖例		
	轉運功能	並無轉運功能，但必須增加額外之轉運及設站成本，故並非有效率之轉運路網結構，應避免此類型之設計。	
一對多 單轉運 (多對一單轉運)	圖例		
		→	端點站 1 具有匯集功能、轉運站 T 具有分配功能
	轉運功能	←	端點站 2~n 不具有匯集功能、轉運站 T 具有匯集功能

	車輛運作	車輛運作方式均採 自端點站至轉運站間來回行駛之方式
	轉運區位	若轉運路線形成一對多單轉運路網結構，即表示轉運具有效益，故若轉運區為愈下游，其轉運功能愈能提升。因此，一旦確知各轉運路線之端點站及可行轉運站區位分佈，此種路網結構之最適轉運站區位即可得知，無須求解。
多對多單轉運	圖例	
	轉運功能	端點站 1~k 具有匯集功能 轉運站 T 具有匯集與分配功能
	車輛運作	車輛運作方式均採 自端點站至轉運站間來回行駛之方式
	轉運區位	多對多單轉運之轉運區位必須視轉運路線之端點分佈及乘客需求而定，故必須經由尋優方可得知

資料來源：【14】

4.1.3 討論

依據前二小節之探討與分析，本研究針對轉運路線路網方面之服務策略歸納出以下幾點，供未來進行規劃設計之參考。

1. 在設置轉運站之前提下，透過轉運站操作之路線其車輛營運方式應調整為往返行駛於路線端點與轉運站之區間，如此將能更增進車輛與人員之靈活調度，進而降低車輛於長距離營運之不確定性。
2. 在轉運路網方面，由於轉運站之最大效益來自於節省乘客與起訖端點之候車時間成本。因此，未來轉運站設置地點應以能形成路段重複數量愈多為優先考量，如此將愈能相對增加「多對多轉運」與「一對多轉運」實施之效益。

4.2 排班最佳化

排班最佳化係指在固定之接駁或轉運路網（即固定轉運站區位及轉運路線）下，透過協調排班促使乘客在轉運站或接駁站均能順利轉乘至接續路線上，藉以降低乘客之候車時間。因此，於本研究所定義之轉運系統內亦可以轉運適時化之理論進行協調排班之設計。

一般而言，依轉乘之協調程度可分為「共同班距策略（common headway strategy）」及「整數班距策略（integer ratio headway strategy）」等兩種策略（如圖 4.2、4.3 所示）；其中，「共同班距策略」係將同組轉運路線以同班距進行運作，故理論上乘客在轉運站或接駁站均無需候車即可立即轉乘。惟當接駁／轉運路線間需求差異大時，採用共同班距策略將使得需求小的路線為配合需求大之路線，亦必須以同一密集班次運作，直接造成低乘載率之資源浪費。有鑒於此，當需求差異大時，可考慮改採「整數班距策略」，其優點乃可視各路線之需求狀況，以決定為基本班距之整數倍；因此，路線需求小者應採高倍數之班距運作，如此不僅可提高車輛使用效率，亦可兼顧與其他接駁／轉運路線班距進行一定程度之協調，但其相對缺點為部份班次乘客轉車時仍必須候車，方可順利搭乘。

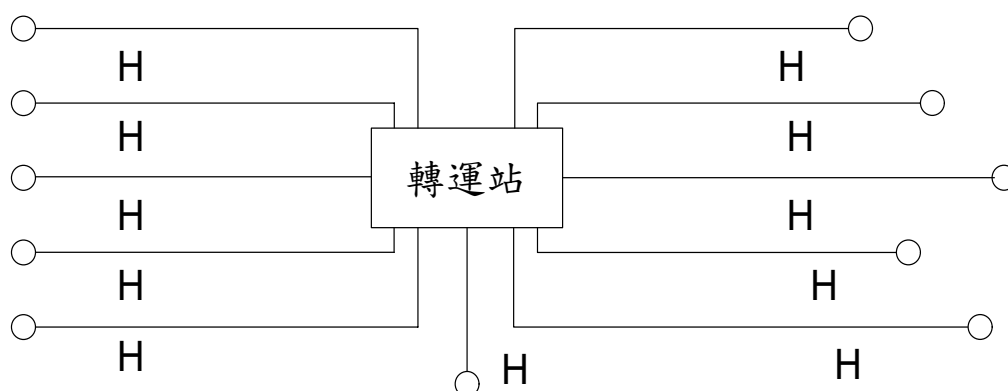


圖 4.2 共同班距策略示意圖（以本研究定義之轉運站路網型式為例）

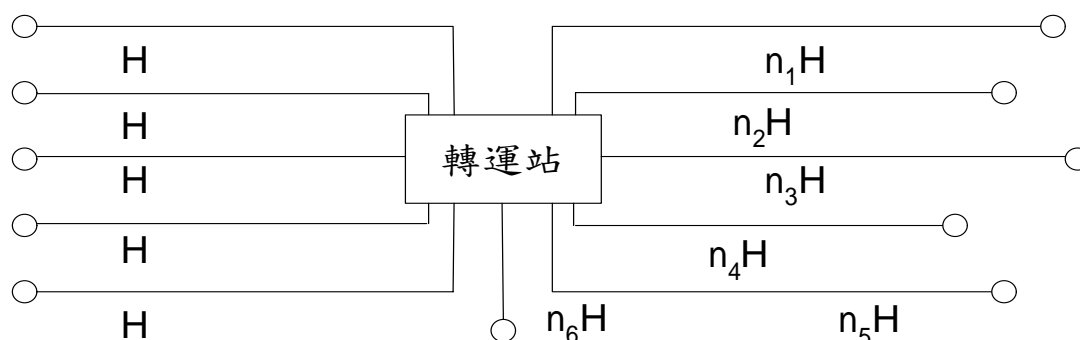


圖 4.3 整數班距策略示意圖（以本研究定義之轉運站路網型式為例）

排班最佳化模式係分別針對固定之接駁或轉運路網，求解最佳班距（共同班距策略）或求解最佳幹線班距與支線整數倍班距（整數班距策略），其主要限制為車輛容量，故求得之最佳班距必須符合路網中每一路段之乘客需求。以下將針對「共同班距策略」、「整數班距策略」與「分群排班策略」分別進行說明，以作為後續實例應用之基礎。

4.2.1 共同班距策略

共同班距策略系令各路線均以共同班距（ H ）進行運作。因此，若實施共同班距策略，則乘客於轉運站從事轉運接駁行為時，即可省去轉車等候時間。此策略下之目標函數可整理如 4-1 所示，其系統總成本包括車隊規模成本、起訖端等待時間成本、場站營運成本與場站外部成本等項目（因無轉運時間成本，且乘客之轉運不便懲罰成本與排班設計無關，故求解最適班距時，此兩項成本皆可排除考慮）：

$$\begin{aligned}
 & \theta_1 \sum_{i=1}^n \sum_{j=n+1}^{2n+1} \frac{2L_{ij}}{V_1 H} + \theta_2 \frac{2L_f}{V_2 H} + \\
 \text{TC} = & \sum_{i=1}^n \sum_{j=n+1}^{2n+1} \beta \cdot H \cdot u_2 \cdot (Q_{ij} + Q_{ji} + Q_{i(n+1)} + Q_{(n+1)i} + Q_{(n+1)j} + Q_{j(n+1)}) + \dots (4.1) \\
 & \gamma \sum_{i=1}^n \sum_{j=n+1}^{2n+1} \frac{1}{H} + \phi \sum_{i=1}^n \sum_{j=n+2}^{2n+1} \frac{1}{H}
 \end{aligned}$$

限制式為車輛容量限制，即 $G_{ij} \cdot H \leq S$ ，

$i = 1, 2, 3, \dots, n, j = n+1, n+2, \dots, 2n+1$

G_{ij} ：以 i 、 j 為起訖點路線之沿線最大需求量

式 (4.1) 可透過 TC 對 H 一階導函數等於 0，並檢驗二階導函數是否為正（檢視其目標函數是否具備有嚴格凸性），求得無車輛容量限制式下之最適班距。再進一步考量車輛容量限制，以求得共同排班策略下之最適班距。

4.2.2 整數班距策略

整數班距策略係令支線均以幹線班距之整數倍班距進行運作。因此，支線轉幹線之乘客可以立即從事轉車行為，而無需等候。至於幹線轉支線乘客之轉車時間亦可加以縮短，故此策略下之目標函數可整理如式 (4.2) 所示，其系統總成本包括車隊規模成本、起訖端等待時間成本、轉運時間成本、場站營運成本與場站外部成本等項目（乘客之轉運不便懲罰成本與排班設計無關，故求解最適班距時，可排除考慮）：

$$\begin{aligned}
 & \theta_1 \sum_{i=1}^n \sum_{j=n+2}^{2n+1} \frac{2L_{ij}}{V_1 H} + \theta_2 \frac{2L_f}{V_2 n_f H} + \\
 & \sum_{i=1}^n \sum_{j=n+2}^{2n+1} \beta \cdot H \cdot u_2 \cdot (Q_{ij} + Q_{ji} + Q_{i(n+1)} + Q_{(n+1)i}) + \\
 & \sum_{i=1}^n \sum_{j=n+2}^{2n+1} \beta \cdot n_j H \cdot u_2 \cdot (Q_{(n+1)j} + Q_{j(n+1)}) + \\
 \text{TC} = & \sum_{i=1}^n \sum_{j=n+2}^{2n+1} \beta \cdot n_f H \cdot u_2 \cdot (Q_{(n+1)i} + Q_{(n+1)j}) \quad \dots\dots (4.2) \\
 & \sum_{i=1}^n \sum_{j=n+2}^{2n+1} \beta \cdot H \cdot u_3 \cdot \frac{(n_{ij} - 1)}{2} (Q_{ij} + Q_{ji} + Q_{i(n+1)} + Q_{(n+1)j}) + \\
 & \gamma \sum_{i=1}^n \sum_{j=n+2}^{2n+1} \left(\frac{1}{H} + \frac{1}{n_{ij} H} + \frac{1}{n_f H} \right) + \phi \sum_{i=1}^n \sum_{j=n+2}^{2n+1} \left(\frac{1}{H} + \frac{1}{n_{ij} H} + \frac{1}{n_f H} \right)
 \end{aligned}$$

限制式為車輛容量限制，即，

$i = 1, 2, 3, \dots, n, j = n+1, n+2, \dots, 2n+1$

G_{ij} ：以 i 、 j 為起訖點路線之沿線最大需求量

n_j ：各支線班距為幹線班距之整數倍值

n_f ：市區接駁路線班距為幹線間距之整數倍值

式 (4.2) 可透過 TC 對 H 一階導函數等於 0，並檢驗二階導函數是否為正 (檢視其目標函數是否具備有嚴格凸性)，求得無車輛容量限制式下之幹線最適班距。再進一步考量車輛容量限制，以求得車輛容量限制式下之幹線最佳班距。此外，由於 n_j 、 n_f 為整數，不能偏微分，故可考慮採用 Lagrangian Relaxation 技術，而求得之值尚必須符合支線之車輛容量限制。

4.2.3 分群排班策略

當接駁轉運站內有多條路線同時進行接駁轉運時，若能將各路線之發車間距進行適當分群，則不僅可有效縮短乘客之無謂等車時間，亦可不致因為發車間距太過發散，而降低轉運站具有排班整合之功能。茲根據 Lee【23】之研究，將發車間距排列分群之觀念，整理如下：

Step1：先以獨立發車之方式，分別求算其各自之最佳發車間距，並依由小至大之順序排列之。

Step2：初步決定任一基本班距 y 值，並於 my 與 $(m+1)y$ 間訂定分界班距，分界班距建議以 $\sqrt{m(m+1)}y$ 為之 (m ：任一班距為基本班距之整數倍值)。

Step3：將各路線之最佳發車間距以 Step2 之方式分群，並計算其相關總成本。

Step4：再挑選另一 y 值，重複 Step2、3 並比較其總成本。

Step5：比較全部可能組合方案後，選出最佳之發車間距組合。

4.2.4 討論

依據前小節之探討與分析，本研究針對整合班距策略方面之服務策略歸納出以下幾點，供未來進行規劃設計之參考。

1. 由第三章之簡例驗證中明顯發現，納入轉運站操作之路線可減少其重複路段起訖點之候車時間成本，但由於進入轉運站將增加乘客之轉車時間成本，因此於進行轉運接駁操作同時，應謹慎考量各路線間之班距整合問題。透過良好之排班設計（如整數班距策略），將能降低各路線間發車班距高度落差所造成乘客之轉乘不便，進而更能增進轉運站之操作效益。
2. 分群排班策略乃較能因應實務上之需要，其原因在於透過基本班距之調整，可嘗試多種班距整合方案，以尋求較適合實際營運之班距設計。此外，透過分群排班策略所設計之班距可降低班表之複雜度，進而達到班距整合之功能。

4.3 混合車隊

由於旅次並非均勻分佈於各路線上，且個別路線之乘載率於時間上之分佈亦可能極不平均，而存有相當明顯之尖、離峰特性。而若採用同一路線單一車型營運方式將造成離峰時段車輛容量未充分利用、尖峰時段車內過度擁擠或無法滿足乘客需求等現象之缺點；鑒於此，遂有混合車隊之觀念應運而生。

一般而言，決定車輛大小（Vehicle Size）為公路客運系統首先面臨之課題，通常每條經營路線或整體營運系統皆是依據其最大乘客需求，進而訂定出單一種類車型容量。至於混合車隊乃是基於為能真正反映乘客需求，提供較佳之發車間距，進而提高其服務水準。國內以往的研究均顯示利用小型公車與傳統公車混合營運將可使系統總成本達到最低（廖天賦【49】）、利用混合車型方式營運可使系統總成本較單一車型營運時為低（張玉君【50】）。此外，李克聰【51】亦指出當路線不同時段之需求變異大或多路線時段需求變異明顯時，利於使用混合車隊進行營運，故本研究將基於其所構建之模式基礎上，將之應用於轉運站混合車隊策略之規劃設計，故此策略下之 r 條路線、車輛容量（ S_i ）之混合車隊營運總成本目標函數可整理如（4.3）所示。由於透過轉運站之操作可將原有國道路線依其重複路段區分為高、低需

求路線；因此，相對於路線需求特性，尖離峰需求特性則顯得較不明顯，故未來轉運站實施混合車隊策略時，應以路線需求特性作為主要之考量因素：

$$MinTC = \sum_{i=1}^r \frac{2D_i G_i (a + bS_i^*)}{V_i S_i^*} + \frac{\beta \cdot u_2 S_i^* Q_i}{G_i} + \frac{2u_1 Q_i d_i}{V_i} + \frac{\gamma \cdot G_i}{S_i^*} + \frac{\phi \cdot G_i}{S_i^*} \quad (4.3)$$

其中，各路線最佳車輛容量（ S_i^* ）乃是使總成本（TC）最小之車輛容量。

4.3.1 討論

依據前小節之探討與分析，本研究針對混合車隊策略方面之服務策略歸納出以下幾點，供未來進行規劃設計之參考。

1. 混合車隊策略係依據各路線之需求狀況，採用調整營運車輛容量之方式來因應。因此，有鑒於改變營運車輛容量之作法較不易執行，故未來應使用混合車隊策略於前置規劃階段，方可收其功效。
2. 過去針對混合車隊課題之研究，多設定於都市公車系統上，而應用於城際客運上似乎較為少見，其原因多是囿限於營運路線型態與業者營運成本。因此，未來可藉由城際客運轉運站之設置，將高需求與低需求之路線型態明顯區分，並因應其路線特性分別採用不同之車輛容量；此外，因應混合車隊策略之採用，未來對於釋放國道路線經營權之制度亦可配合調整，如此將不致產生目前偏遠地區缺乏大眾運輸服務之窘境。至於轉運站之混合車隊策略配合尖離峰需求特性，可考慮於離峰時段引進副大眾運具（如計程車），如此更能增加接駁運具調度之彈性，亦可稍微減緩計程車目前所面臨經營困難之局面。茲將轉運站因應不同時段需求特性所採行之混合車隊策略歸納如表 4.2 所示。

表 4.2 轉運站於不同時間、路線型態下混合車隊之營運策略

路線型態 時間特性	主線轉運	支線接駁
尖峰	重複路段與非重複路段皆採用座位數較多之大型車輛。	採用一般接駁公車
離峰	1. 重複路段採用座位數較多之大型車輛。 2. 非重複路段採用座位數較少之中小型車輛。	1. 採用中小型接駁公車 2. 納入計程車作為接駁運具。



第五章 實例應用

本研究目的乃在於針對轉運站規模最適化課題進行探討，前述章節中對於轉運路線操作之各項成本藉由系統化分析法，期能釐清轉運路線成本與轉運站設置規模之相互關係；此外，透過尋優程序之發展將能有效說明轉運路線特性以供未來轉運站營運之參考。為能有效印證本研究所構建最適化模式與尋優程序之有效性及實用性，本章即以統聯客運台中朝馬轉運站之規劃作為實例之應用，並在轉運站規模最適化之基礎上，據以規劃設計其營運服務策略，以確保設置轉運站之應有功能性，而此一規劃分析流程亦可作為未來相關研究課題之參酌。

5.1 實例說明

假設統聯客運於台中中港交流道下之朝馬地區設置公路客運轉運站。為利於後續分析之便，首先擇取其行經台中都會區之 22 條國道營運路線（如表 5.1 所示）。

表 5.1 統聯客運公司 22 條國道客運路線資料

路線 編號	路線起訖點	實際 長度	起點 每時運量	訖點 每時運量	實際班距 (分)	車輛容量 (位/車)
1	台北-鹿港	228.7	8	4	124	22
2	台北-南投竹山	238.7	8	7	114	22
3	台北-西螺三條崙	273.2	10	9	108	22
4	台北-台中港	175	5	4	125	22
5	台北-西港	227.8	24	28	60	22
6	台北-漚汪	350	7	8	137	22
7	台北-彰化	195.9	32	40	47	22
8	台北-東石布袋	284.3	21	18	77	22
9	台北-員林	195.9	24	29	55	22
10	台北-台西箔仔寮	273.6	19	18	77	22

11	台北-北港下崙	278.5	30	22	66	22
12	台北-嘉義	258.3	33	40	54	22
13	台北-屏東	394	50	51	56	22
14	台北-台南	310.1	84	82	39	22
15	台北-高雄	350.9	108	107	36	22
16	台北-台中	168.7	99	100	26	22
17	松山-台南 (北二高)	317.8	63	67	44	22
18	新竹-台中	95	18	15	48	22
19	中正機場-台中	143.2	33	18	48	22
20	台中-嘉義	89.6	9	8	65	22
21	台中-台南	141.4	51	47	34	22
22	台中-高雄	182.2	51	44	39	22

以下針對上述所擇取之 22 條國道路線進行特性分析，以利於後續路線整合與轉運操作之實施。由圖 5.1 可明顯得知，各路線之起訖點總量差異甚大，以路線編號 15（台北至高雄）為需求最多，計達 215 人/時；而路線編號 4（台中港至台北）則僅 9 人/時。至於在路線行駛里程方面，表 5.1 顯示以路線編號 13 最長（台北至屏東），共達 394 公里，路線編號 20（台中至嘉義）則為最短，其僅為 89.6 公里。此外，若各路線以轉運站為分界點，分別統計其前段與後段之行駛距離（如圖 5.2 與圖 5.3 所示），可明顯發現各路線於轉運站前大部分皆具有台北-台中之重複路段（路線 1~17），而轉運站後則缺乏有重複路段；因此，本實例於進行轉運操作時，可考慮合併轉運站前具有重複路段之各路線，如此將能充分降低合併路段乘客於起端之等待時間成本。

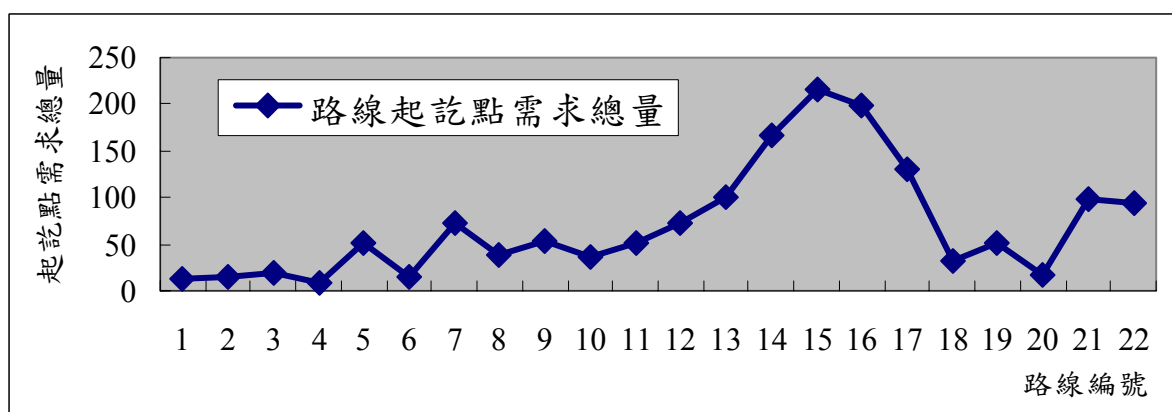


圖 5.1 實例各路線起訖點需求總量

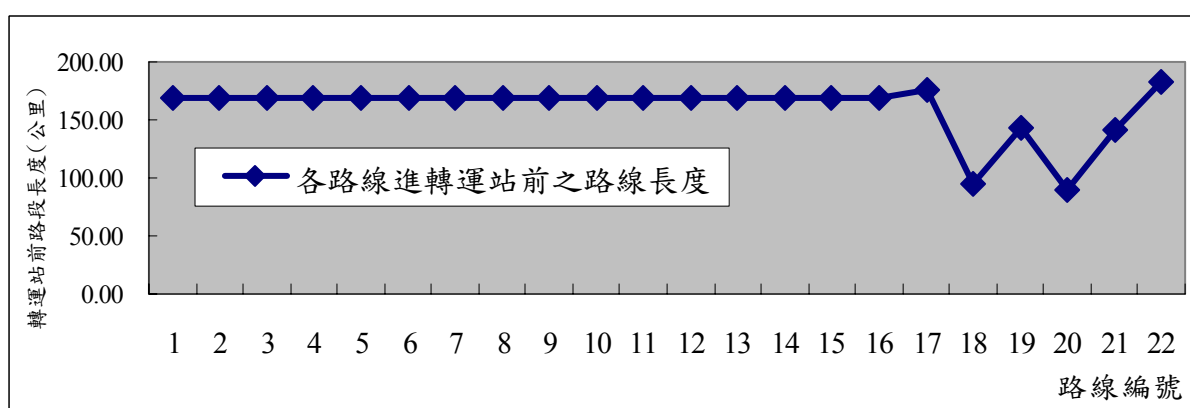


圖 5.2 實例各路線進轉運站前之路線長度

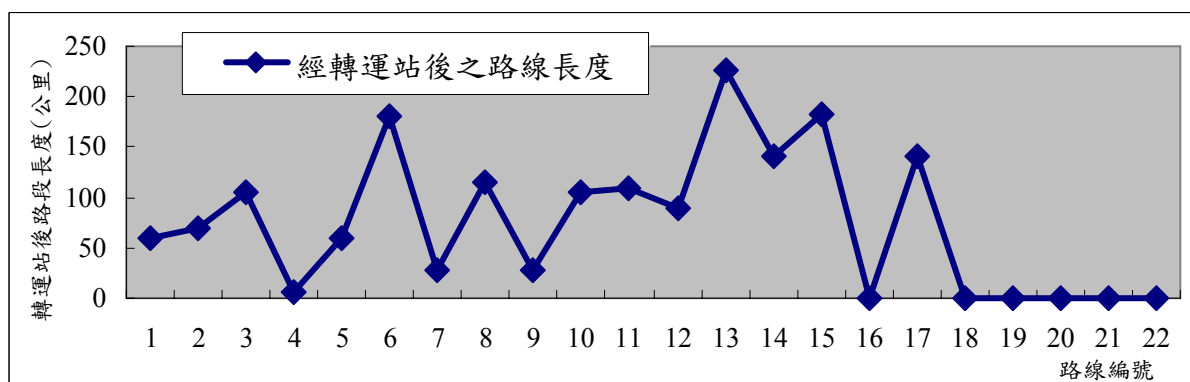


圖 5.3 實例各路線經轉運站後之路線長度

為利於後續轉運站最適規模之求解，茲將模式中相關之參數設定整理於表 5.2 中，並針對 22 條營運路線之各項原始成本及其總成本分別計算歸納如表 5.3、圖 5.4 所示。由表中可知，各路線原始總成本之

差距甚大，而總成本最高為路線編號 15（台北-高雄），其原因為起訖點需求量大，致使車隊規模亦相對增大；至於總成本最低則為路線編號 4（台北-台中港）。

表 5.2 實例之模式參數設定

參數符號	參數值	參數符號	參數值
國道車輛 固定營運成本 (a_1)	300 元/時	乘客候車時間係數 (β)	0.5
市區接駁車輛 固定營運成本 (a_2)	150 元/時	國道車輛行駛速率 (V_1)	75 公里/時
國道車輛變動 單位成本係數 (b_1)	25 元/車人時	市區接駁車輛 行駛速率 (V_2)	25 公里/時
市區接駁車輛變動 單位成本係數 (b_2)	10 元/車人時	國道車輛 單位場站設置營運成本	200 元/車
國道車輛座位數 (S_1)	22 人/車	國道車輛單位外部成本	400 元/車
市區接駁 車輛座位數 (S_2)	22 人/車	市區接駁車輛 單位場站設置營運成本	100 元/車
國道車輛 單位營運成本 (θ_1)	850 元/車時	市區接駁車輛 單位外部成本	200 元/車
市區接駁車輛 單位營運成本 (θ_2)	370 元/車時	國道與市區接駁 車輛間轉車人數比例 (p)	0.5
乘客車內時間價值 (u_1)	83 元/人時	轉運站至市中心距離	15 公里
乘客候車時間價值 (u_2)	217 元/人時		
乘客轉車時間價值 (u_3)	217 元/人時		

表 5.3 統聯客運路線原始營運成本表

路線 編號	路線起訖點	國道 車隊規模	市區 車隊規模	起站候車 時間成本	訖站候車 時間成本	總成本
1	台北-鹿港	1,607	0	2,800	1,400	5,807
2	台北-南投竹山	1,835	0	2,559	2,239	6,633
3	台北-西螺三條崙	2,210	0	3,041	2,737	7,987
4	台北-台中港	1,217	0	1,768	1,414	4,399
5	台北-西港	3,338	0	4,028	4,699	12,065
6	台北-漚汪	2,222	0	2,711	3,099	8,032
7	台北-彰化	3,643	0	4,233	5,291	13,166
8	台北-東石布袋	3,230	0	4,546	3,897	11,673
9	台北-員林	3,125	0	3,700	4,471	11,296
10	台北-台西箔仔寮	3,086	0	4,143	3,925	11,154
11	台北-北港下崙	3,691	0	5,567	4,083	13,341
12	台北-嘉義	4,212	0	4,978	6,033	15,222
13	台北-屏東	6,118	0	7,919	8,077	22,114
14	台北-台南	6,959	0	9,206	8,987	25,152
15	台北-高雄	8,424	0	11,064	10,961	30,449
16	台北-台中	5,620	1,309	7,309	7,383	21,621
17	松山-台南 (北二高)	6,234	0	7,899	8,400	22,533
18	新竹-台中	1,717	710	2,449	2,041	6,917
19	中正機場-台中	2,621	719	4,434	2,419	10,193
20	台中-嘉義	1,197	525	1,473	1,657	4,852
21	台中-台南	3,610	1,003	4,527	4,912	14,053
22	台中-高雄	4,035	870	4,886	5,663	15,455
系統原始總成本						294,114

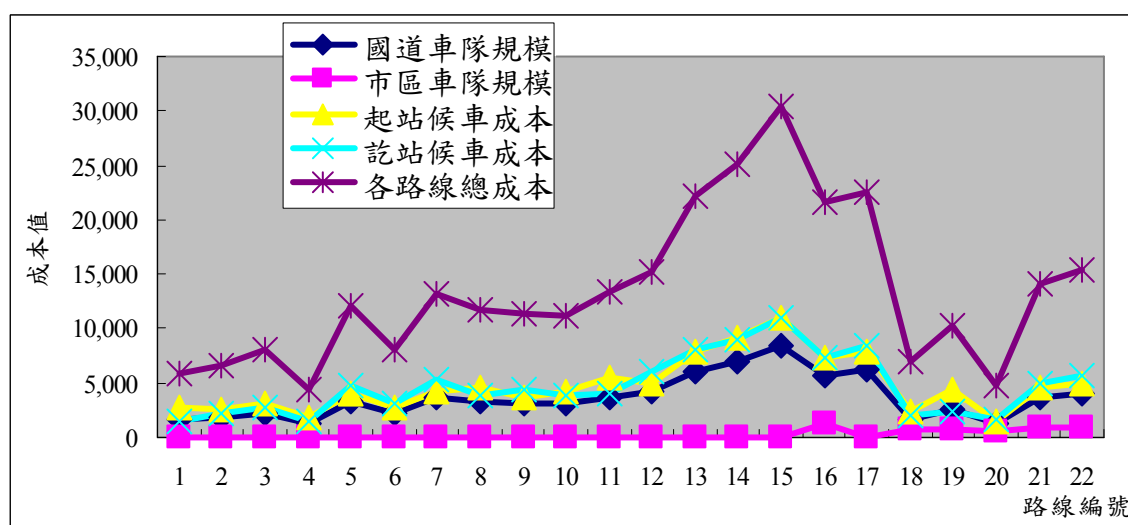


圖 5.4 實例 22 條路線各成本項目趨勢圖

5.2 轉運站規模最適化分析

透過本研究於第三章所构建之最適化模式及其尋優求解程序，茲將此實例分析求解之步驟說明如下，並將各階段之尋優過程及其系統總成本值變化整理於圖表中。

5.2.1 尋優求解

1. 進入尋優求解程序前，首先應針對各路線納入轉運站前各自獨立運作之系統成本值進行計算，其原始系統總成本為 294,114 (元/時)，相關各成本項目歸納整理如表 5.3、圖 5.4 所示。此外，針對 22 條路線之起訖點需求量與路線長度特性亦分別進行歸納分群（如表 5.4 所示），以利後續尋優階段之進行。

表 5.4 各路線依其需求與路段對稱特性分類表

起訖點 需求量	第一尋優 階段（Ⅰ）		第二尋優 階段（Ⅱ）		起訖需求高 路線（人）		路段 對稱性
	以台中為起訖點 路線（人）		起訖需求低 路線（人）				
高 ↓ 低	16	台北-台中 （199）	8	台北-東石 （39）	15	台北-高雄 （215）	較強 （Ⅲ）
	21	台中-台南 （98）	10	台北-台西 （37）	14	台北-台南 （166）	
	22	台中-高雄 （95）	3	台北-西螺 （19）	17	松山-台南 （北二高） （130）	
	19	中正機場 -台中（51）	2	台北-南投 （15）	13	台北-屏東 （101）	
	18	新竹-台中 （33）	6	台北-漚汪 （15）	11	台北-北港 （52）	
	20	台中-嘉義 （17）	1	台北-鹿港 （12）	12	台北-嘉義 （73）	較弱 （Ⅳ）
			4	台北-台中港 （9）	7	台北-彰化 （72）	
				9	台北-員林 （53）		
				5	台北-西港 （52）		

2. 由於轉運站預定設置於台中都會區之高速公路中港交流道下，故依據尋優求解程序，茲將實例中以台中為起訖點之路線編號 16、18、19、20、21、22 等共 6 條納入，並求算其系統總成本為 300,259 元/時（如表 5.5 所示），至此進入下一尋優階段。

表 5.5 實例第一階段尋優

路線 編號	路線 起點	路線 訖點	班距 (分鐘)	車隊規模	候車時間成本		轉運成本		設站成本	外部成本	總成本
					起站	訖站	順向	逆向			
16	台北	台中	13	17,381	2,363	---	806	1,194	909	1,818	24,140
18	新竹	台中	53	2,429	1,732	---	147	722	226	451	5,721
19	中正機場	台中	40	4,869	2,387	---	269	651	300	600	8,965
20	台中	嘉義	72	1,693	1,172	---	65	586	167	333	4,074
21	台中	台南	26	7,430	2,387	---	383	1,194	464	927	12,627
22	台中	高雄	26	9,574	2,387	---	358	1,194	464	927	14,756
台中市區之接駁路線			9	3,072	---	1,987	---	---	666	1,332	8,954
轉運操作成本											79,236
系統總成本											300,259

3. 茲將剩下之 16 條路線依其起訖點需求量進行分群（路線 1、2、3、4、6、8、10 與路線 5、7、9、11、12、13、14、15、17 等兩群），由於路線 1、2、3、4、6、8、10 符合起訖點需求量小於中位數之門檻限制，優先納入轉運站操作，並進行抽換以形成不同方案之路線組合，最後獲得本階段路線最佳組合為 1、2、3、4、6、10，其系統總成本為 295,498 元/時，較前一階段系統成本值（300,259 元/時）降低 4,761 元（如表 5.6、圖 5.5 及表 5.7 所示），至此進入下一尋優階段。

表 5.6 實例第二階段內各方案組合之路線數與總成本值變化

階段 方案 名稱	II A	II B	II C	II D	II E	II F	II G
方案 內容 (路線 編號)	1、2、 3、4、 6、8、 10	1、2、 3、4、 6、10	1、2、 3、4、 6	1、2、 4、6	1、4、 6	1、4	4
系統 成本值	295,616	295,498	295,510	296,144	297,152	297,674	298,539
與 I 階 段相較	4,643	4,761	4,749	4,115	3,107	2,585	1,720
系統 節省 成本	-1,502	-1,384	-1,396	-2,029	-3,038	-3,560	-4,425

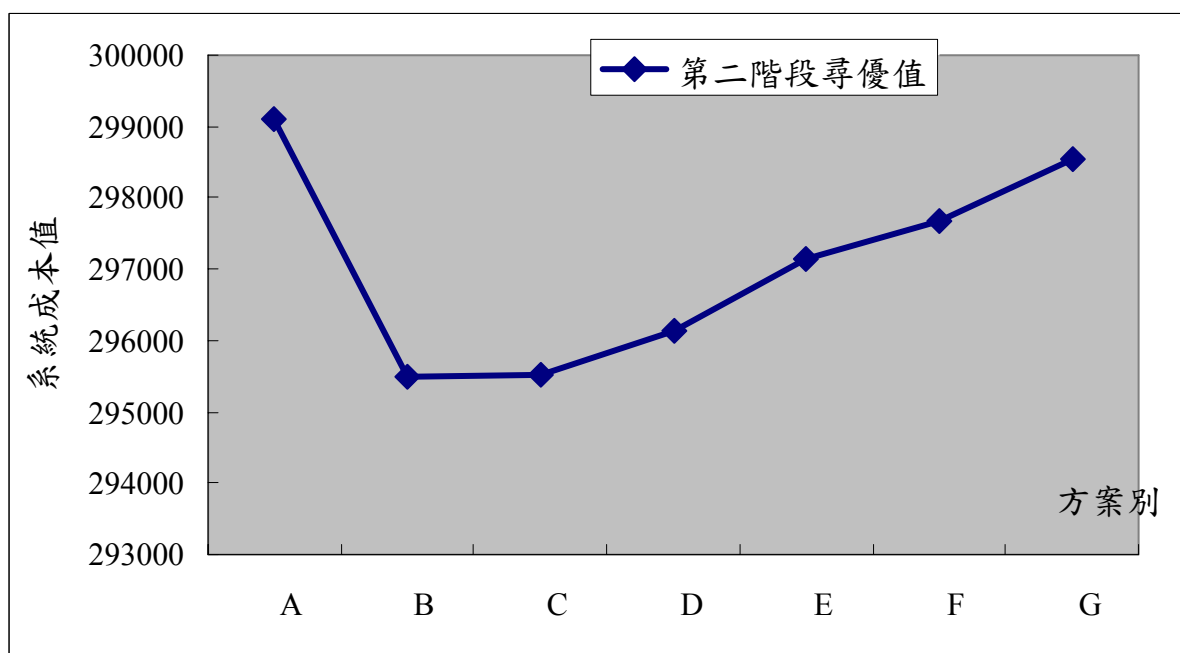


圖 5.5 實例第二階段內各方案組合之總成本值變化圖



表 5.7 實例第二階段尋優

路線 編號	路線 起點	路線 訖點	班距 (分鐘)	車隊規模	候車時間成本		轉運成本		設站成本	外部成本	總成本
					起站	訖站	順向	逆向			
16	台北	台中	8	27,115	1,515	0	475	765	1,418	2,836	34,124
18	新竹	台中	73	1,762	2,387	0	86	995	164	327	5,721
19	中正機場	台中	40	4,869	2,387	0	158	651	300	600	8,965
20	台中	嘉義	102	1,197	1,657	0	38	828	118	236	4,074
21	台中	台南	26	7,430	2,387	0	225	1,194	464	927	12,627
22	台中	高雄	26	9,574	2,387	0	211	1,194	464	927	14,756
1	台中	鹿港	99	823	122	717	1,434	61	121	242	3,521
2	台中	南投	96	994	122	1,213	1,386	107	125	251	4,197
3	台中	西螺	104	1,367	153	1,692	1,881	138	115	231	5,577
4	台中	台中港	37	231	77	268	335	61	323	647	1,943
6	台中	漚汪	154	1,599	107	2,230	1,951	122	78	156	6,244
10	台中	台西	69	2,053	291	2,261	2,387	275	173	345	7,786
台中市區之接駁路線			5	4,389	0	1,170	0	0	1,132	2,264	8,954
轉運操作成本											118,489
系統總成本											295,498

4. 茲將剩下之 9 條路線再依其經轉運站前後之路段長度進行分群(路線 5、7、9、12 與路線 11、13、14、15、17 等兩群)，由於路線 11、13、14、15、17 符合轉運站前後路段較具對稱特性之門檻限制，故優先納入轉運站操作，並進行抽換以形成不同方案之路線組合，最後獲得本階段路線最佳組合僅為路線 11，其系統總成本為 295,497 元/時，較前一階段系統成本值(295,498 元/時)降低 1 元(如表 5.8、圖 5.6 及表 5.9 所示)，至此進入下一尋優階段。

表 5.8 實例第三階段內各方案組合之路線數與總成本值變化

方案名稱	Ⅲ A	Ⅲ B	Ⅲ C	Ⅲ D	Ⅲ E
方案內容 (路線 編號)	11、13、 14、 15、17	11、13、 14、17	11、13、 17	11、13	11
系統 成本值	331,424	316,211	309,868	301,580	295,497
與Ⅱ階 段相較	-35,926	-20,713	-14,370	-6,082	1
系統 節省成本	-37,309	-22,097	-15,754	-7,466	-1,385

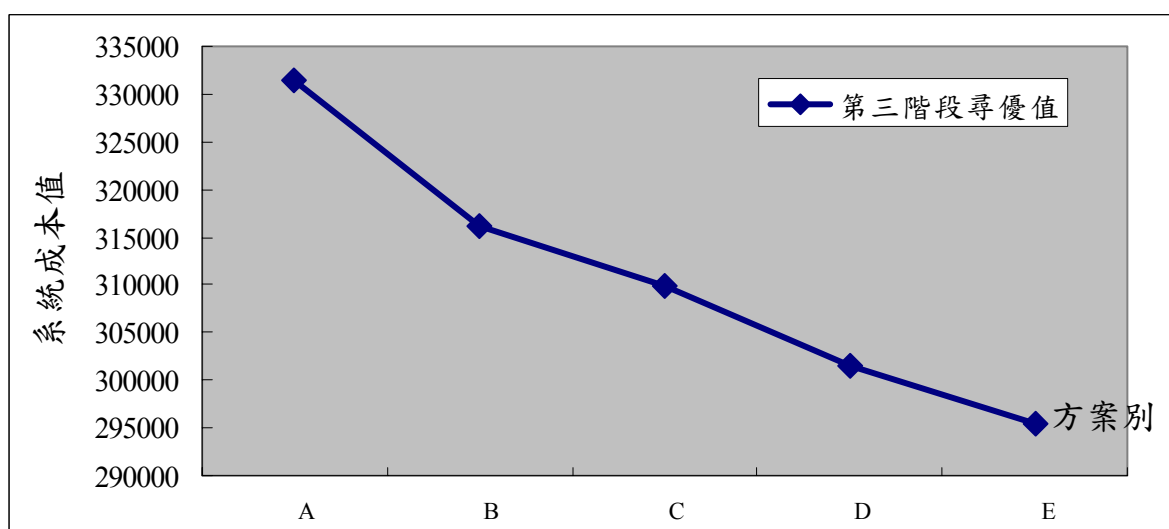


圖 5.6 實例第三階段內各方案組合之總成本值變化圖

表 5.9 實例第三階段尋優

路線 編號	路線 起點	路線 訖點	班距 (分鐘)	車隊規模	候車時間成本		轉運成本		設站成本	外部成本	總成本
					起站	訖站	順向	逆向			
16	台北	台中	7	32,329	1,271	0	475	642	1,691	3,382	39,788
18	新竹	台中	73	1,762	2,387	0	86	995	164	327	5,721
19	中正機場	台中	40	4,869	2,387	0	158	651	300	600	8,965
20	台中	嘉義	102	1,197	1,657	0	38	828	118	236	4,074
21	台中	台南	26	7,430	2,387	0	225	1,194	464	927	12,627
22	台中	高雄	26	9,574	2,387	0	211	1,194	464	927	14,756
1	台中	鹿港	99	823	103	717	1,434	51	121	242	3,492
2	台中	南投	96	994	103	1,213	1,386	90	125	251	4,160
3	台中	西螺	104	1,367	128	1,692	1,881	116	115	231	5,530
4	台中	台中港	37	231	64	268	335	51	323	647	1,921
6	台中	漚汪	154	1,599	90	2,230	1,951	103	78	156	6,207
10	台中	台西	69	2,053	244	2,261	2,387	231	173	345	7,695
11	台中	北港	44	2,316	385	1,750	2,387	282	273	545	7,938
台中市區之接駁路線			5	4,389	0	1,170	0	0	1,132	2,264	8,954
轉運操作成本											131,829
系統總成本											295,499

5. 茲將剩餘路線集合中之所有路線（路線 5、7、9、12）納入轉運站操作，並進行抽換以形成不同方案之路線組合，最後獲得本階段路線最佳組合為 9、12，其系統總成本為 292,133 元/時，較前一階段系統成本值（295,497 元/時）降低 3,366 元（如表 5.10、圖 5.7 及表 5.11 所示所示），由於剩餘路線集合中已無不適當路線可供剔除，故尋優求解程序至此結束。

表 5.10 實例第四階段內各方案組合之路線數與總成本值變化

方案名稱	IV A	IV B	IV C	IV D
方案內容 (路線編號)	5、7、9、12	5、9、12	9、12	12
系統成本值	293,349	292,247	292,133	293,150
與 III 階段相較	2,148	3,250	3,364	2,347
系統 節省成本	765	1,867	1,981	964

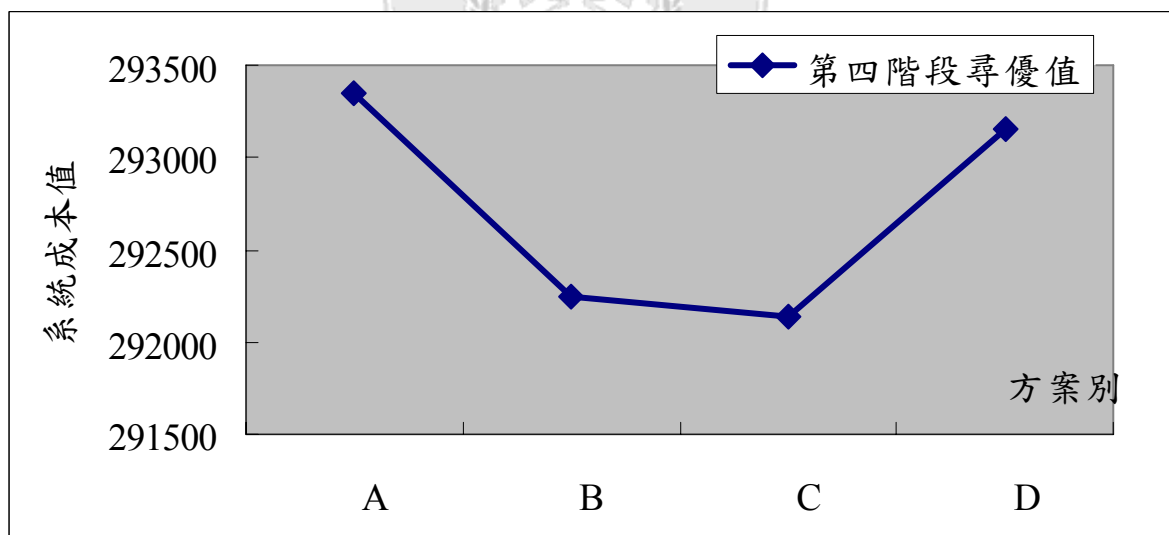


圖 5.7 實例第四階段內各方案組合之總成本值變化圖

表 5.11 實例第四階段尋優

路線 編號	路線 起點	路線 訖點	班距 (分鐘)	車隊規模	候車時間成本		轉運成本		設站成本	外部成本	總成本
					起站	訖站	順向	逆向			
16	台北	台中	5	42,236	972	0	475	491	2,209	4,418	50,802
18	新竹	台中	73	1,762	2,387	0	86	995	164	327	5,721
19	中正機場	台中	40	4,869	2,387	0	158	651	300	600	8,965
20	台中	嘉義	27	4,523	438	0	38	219	445	891	6,556
21	台中	台南	26	7,430	2,387	0	225	1,194	464	927	12,627
22	台中	高雄	26	9,574	2,387	0	211	1,194	464	927	14,756
1	台中	鹿港	99	823	79	717	1,434	39	121	242	3,456
2	台中	南投	96	994	79	1,213	1,386	69	125	251	4,115
3	台中	西螺	104	1,367	98	1,692	1,881	88	115	231	5,472
4	台中	台中港	37	231	49	268	335	39	323	647	1,894
6	台中	漚汪	154	1,599	69	2,230	1,951	79	78	156	6,162
10	台中	台西	69	2,053	187	2,261	2,387	177	173	345	7,583
11	台中	北港	44	2,318	295	1,750	2,387	216	273	545	7,784
9	台中	員林	32	1,165	236	1,666	1,379	285	378	756	5,863
12	台中	嘉義	---	---	324	1,949	1,608	393	---	---	4,273
台中市區之接駁路線			4,389	0	1,170	0	0	1,132	2,264	8,954	4,389
轉運操作成本											154,982
系統總成本											292,133

5.2.2 結果分析

爲便於清楚明瞭各求解階段之尋優過程，以下歸納整理各路線於各階段總成成本之變化態勢，並藉由圖表曲線來加以表達，如表 5.12 與圖 5.8 所示。由表 5.12 中可知，納入轉運站進行整併之路線，除台北-台中段（路線編號 16）、台中-嘉義段（路線編號 20）及台中市區接駁段（路線編號 23）之營運成本提高外（分別提高 31,680 元、1,731 元、7,057 元），其餘各路線藉由轉運操作均能有效降低其營運成本，其中尤以路線編號 12（台北-嘉義）之降幅最大（計 11,059 元），原因在於其台北台中路段與路線編號 16 重複，而台中嘉義段與路線編號 20 重複，故可大幅降低其路線成本。

表 5.12 實例各路線於各階段之成本變化

路線編號	路線起訖點	原始	第一階段	第二階段	第三階段	第四階段	全部納入
1	台北-鹿港	5,807	5,807	3,521	3,492	3,456	3,388
2	台北-南投竹山	6,633	6,633	4,197	4,160	4,115	4,031
3	台北-西螺三條崙	7,987	7,987	5,577	5,530	5,472	5,366
4	台北-台中港	4,399	4,399	1,943	1,921	1,894	1,843
5	台北-西港	12,065	12,065	12,065	12,065	12,065	7,126
6	台北-漚汪	8,032	8,032	6,244	6,207	6,162	6,078
7	台北-彰化	13,166	13,166	13,166	13,166	13,166	6,530
8	台北-東石布袋	11,673	11,673	11,673	11,673	11,673	7,671
9	台北-員林	11,296	11,296	11,296	11,296	5,863	5,565
10	台北-台西箔仔寮	11,154	11,154	7,786	7,695	7,583	7,376
11	台北-北港下崙	13,341	13,341	13,341	7,938	7,784	7,492
12	台北-嘉義	15,222	15,222	15,222	15,222	4,273	3,863
13	台北-屏東	22,114	22,114	22,114	22,114	22,114	18,382
14	台北-台南	25,152	25,152	25,152	25,152	25,152	2,680

15	台北-高雄	30,449	30,449	30,449	30,449	30,449	4,153
16	台北-台中	21,621	24,140	34,124	39,788	50,802	115,117
17	松山-台南(北二 高)	22,533	22,533	22,533	22,533	22,533	20,187
18	新竹-台中	6,917	5,721	5,721	5,721	5,721	5,721
19	中正機場-台中	10,193	8,965	8,965	8,965	8,965	8,965
20	台中-嘉義	4,852	4,074	4,074	4,074	6,556	6,556
21	台中-台南	14,053	12,627	12,627	12,627	12,627	35,730
22	台中-高雄	15,455	14,756	14,756	14,756	14,756	35,336
23	市區接駁路線	0	8,954	8,954	8,954	8,954	8,954
各階段總成本		294,114	299,035	295,498	295,497	292,133	328,109
系統節省總成本		0	-4921	-1384	-1383	1981	-33,995

註：灰底表各階段納入轉運站之路線編號

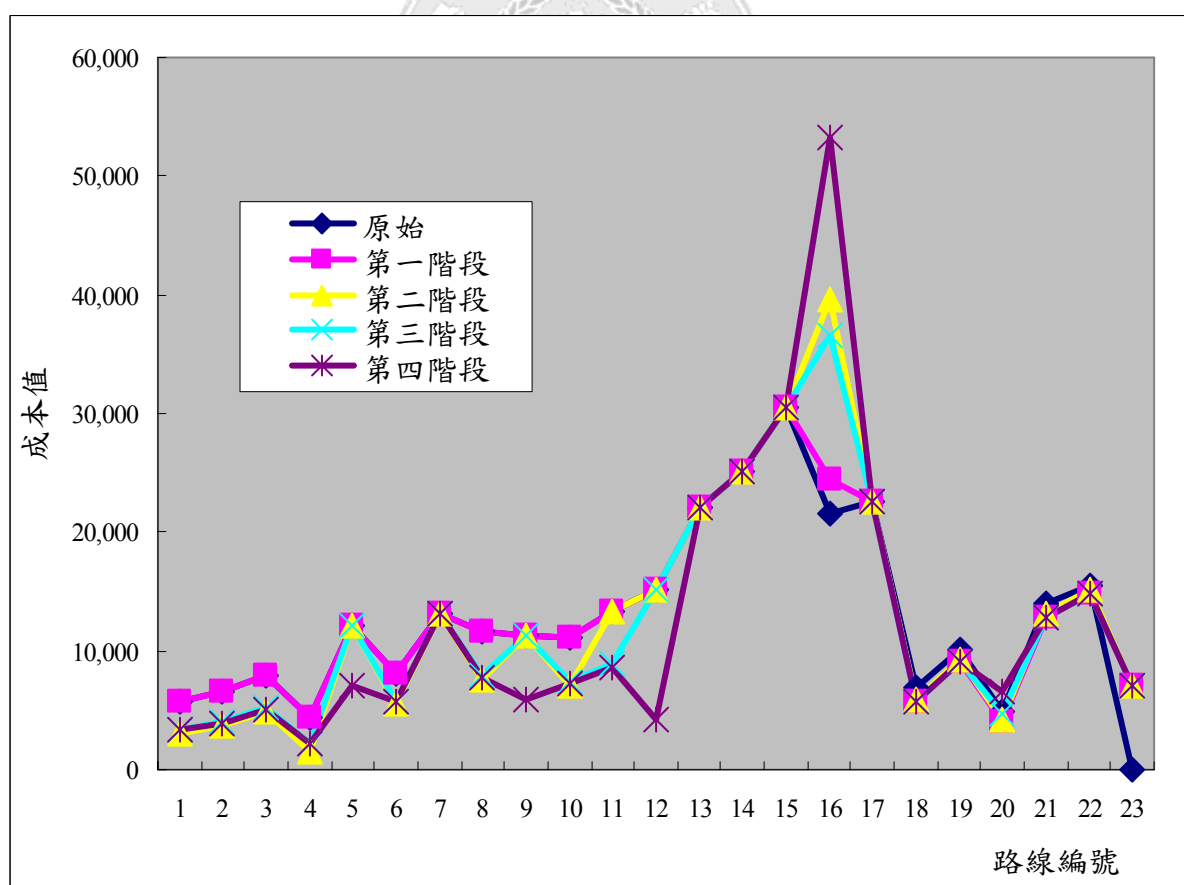


圖 5.8 實例各路線於各尋優階段之成本值

將各尋優階段所選取路線數及其階段總成本歸納整理如表 5.13、圖 5.9 所示。

表 5.13 實例各尋優階段內容及其系統總成本值

尋優階段	納入路線數	路線編號	系統總成本	與總成本值之差異
原始	0 條	---	294,114	0
第一階段	6+1 條	16、18、19、20、21、22、23	295,616	-4921
第二階段	12+1 條	16、18、19、20、21、22、23、1、2、3、4、6、10	295,498	-1384
第三階段	13+1 條	16、18、19、20、21、22、23、1、2、3、4、6、10、11	295,497	-1385
第四階段	15+1 條	16、18、19、20、21、22、23、1、2、3、4、6、10、11、9、12	292,133	1981
全部納入	22+1 條	16、18、19、20、21、22、23、1、2、3、4、6、8、10、11、5、9、12、13、14、15、17、7	328,109	-33,995

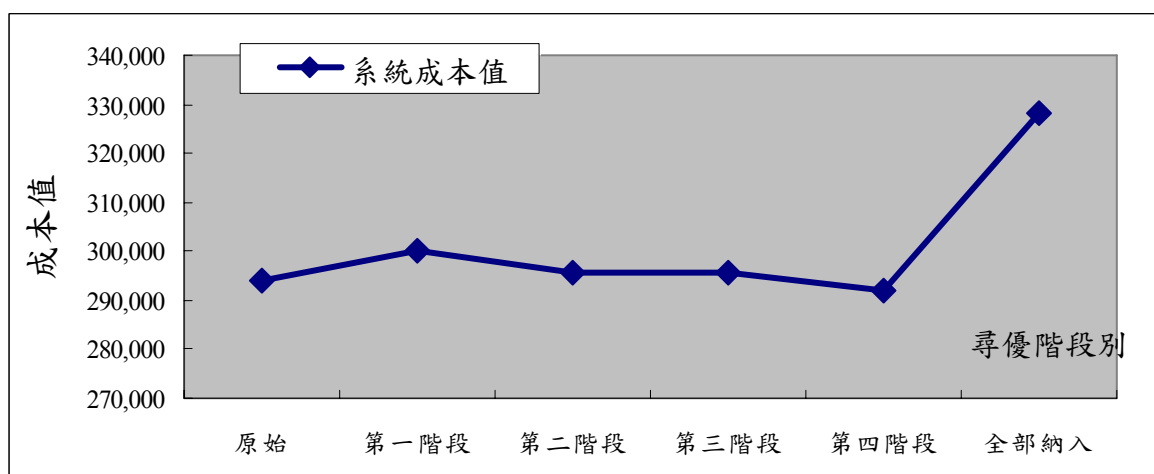


圖 5.9 實例各尋優階段系統總成本變化圖

為驗證當轉運站規模達到最適情況下之系統總成本確能較各路

線獨立操作時為低，並可增進轉運站設置規模之效益，本研究將於表 5.14 中歸納比較各路線於獨立運作與最適規模下之成本變化，並進一步審視設置適度規模轉運站之效益。

表 5.14 實例獨立運作型態與轉運站最適規模型態成本之差異

路線 編號	路線 起訖點	班距(分鐘)		國道車隊規模		市區車隊規模		候車時間成本	
		獨立 運作	最適 規模	獨立 運作	最適 規模	獨立 運作	最適 規模	獨立 運作	最適 規模
1	台北-鹿港	124	99	1,607	823	0	0	4,200	796
2	台北-南投	114	96	1,835	994	0	0	4,798	1,291
3	台北-西螺	108	104	2,210	1,367	0	0	5,778	1,791
4	台北- 台中港	125	37	1,217	231	0	0	3,182	317
5	台北-西港	60	---	3,338	3,338	0	0	8,727	8,727
6	台北-漚汪	137	154	2,222	1,599	0	0	5,810	2,299
7	台北-彰化	47	---	3,643	3,643	0	0	9,524	9,524
8	台北-東石	77	---	3,230	3,230	0	0	8,443	8,443
9	台北-員林	55	32	3,125	1,165	0	0	8,171	1,902
10	台北-台西	77	69	3,086	2,053	0	0	8,068	2,448
11	台北-北港	66	44	3,691	2,318	0	0	9,650	2,045
12	台北-嘉義	54	0	4,212	---	0	0	11,011	2,273
13	台北-屏東	56	---	6,118	6,118	0	0	15,996	15,996
14	台北-台南	39	---	6,959	6,959	0	0	18,193	18,193
15	台北-高雄	36	---	8,424	8,424	0	0	22,025	22,025
16	台北-台中	26	5	5,620	42,236	1,309	0	14,692	972
17	松山-台南	44	---	6,234	6,234	0	0	16,299	16,299
18	新竹-台中	48	73	1,717	1,762	710	0	4,490	2,387
19	中正機場- 台中	48	40	2,621	4,869	719	0	6,853	2,387

20	台中-嘉義	65	27	1,197	4,523	525	0	3,130	438
21	台中-台南	34	26	3,610	7,430	1,003	0	9,439	2,387
22	台中-高雄	39	26	4,035	9,574	870	0	10,549	2,387
23	市區接駁	---	5	---	---	---	4,389	---	1,170
總成本		---	---	79,951	118,890	5,136	4,389	209,028	126,497

註：灰底表最後納入轉運站之路線編號

表 5.14 實例獨立運作型態與轉運站最適規模型態成本之差異（續）

路線 編號	路線 起訖點	轉運成本		設站成本		外部成本		總成本	
		獨立 運作	最適 規模	獨 立 運 作	最適 規模	獨立 運作	最適 規模	獨立 運作	最適 規模
1	台北-鹿港	0	1,474	0	121	0	242	5,807	3,456
2	台北-南投	0	1,455	0	125	0	251	6,633	4,115
3	台北-西螺	0	1,969	0	115	0	231	7,987	5,472
4	台北- 台中港	0	375	0	323	0	647	4,399	1,894
5	台北-西港	0	0	0	0	0	0	12,065	12,065
6	台北-漚汪	0	2,030	0	78	0	156	8,032	6,162
7	台北-彰化	0	0	0	0	0	0	13,166	13,166
8	台北-東石	0	0	0	0	0	0	11,673	11,673
9	台北-員林	0	1,664	0	378	0	756	11,296	5,863
10	台北-台西	0	2,564	0	173	0	345	11,154	7,583
11	台北-北港	0	2,603	0	273	0	545	13,341	7,784
12	台北-嘉義	0	2,000	0	---	0	---	15,222	4,273
13	台北-屏東	0	0	0	0	0	0	22,114	22,114
14	台北-台南	0	0	0	0	0	0	25,152	25,152
15	台北-高雄	0	0	0	0	0	0	30,449	30,449
16	台北-台中	0	966	0	2,209	0	4,418	21,621	50,802

17	松山-台南	0	0	0	0	0	0	22,533	22,533
	新竹-台中	0	1,081	0	164	0	327		5,721
19	中正機場-台中	0	809	0		0	600	10,193	8,965
20	台中-嘉義	0		0	445	0	891	4,852	6,556
21		0	1,419	0	464	0	927	14,053	12,627
	台中-高雄	0	1,404	0	464	0	927	15,455	14,756
23	市區接駁	0	0	0	1,132	0	2,264	---	8,954
總成本		0	22,071	0	6,764	0	13,527	294,114	292,138

註：灰底表最後納入轉運站之路線編號

茲將獨立運作、最適規模等二種型態之各成本項目值進行比較並歸納如圖 5.10 所示。由圖中可知，設置最適當規模之轉運站其優勢在於大幅降低乘客於起訖站之候車時間成本，而較不利之處在於國道車隊規模、轉車時間、設站與外部等成本項目。雖如此，但採用適當規模轉運站進行營運仍可較各路線獨立營運型態具有效益。

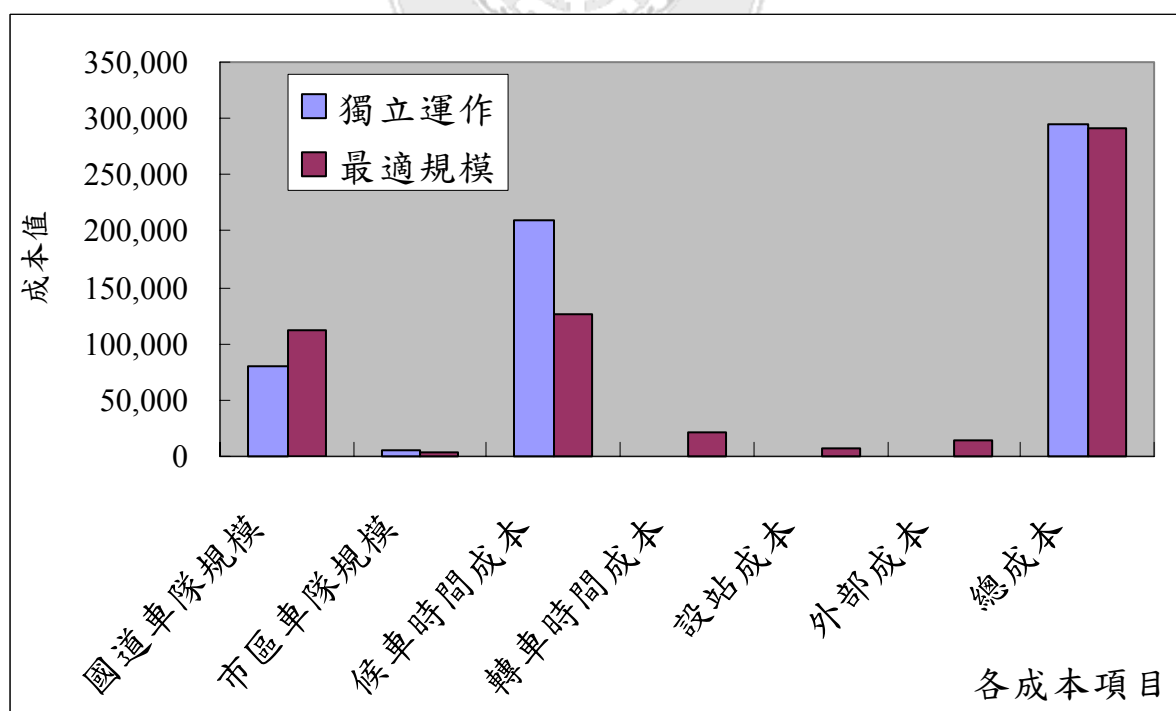


圖 5.10 實例獨立運作及最適規模二種型態之各成本項目值比較

5.2.3 小結

透過本研究所構建轉運站規模最適化之模式與尋優求解程序，針對本章實例實以獲得明確且良好之結果。由前述之分析可知，當轉運站納入 15 條國道路線（路線編號 1、2、3、4、6、9、10、11、12、16、18、19、20、21、22）與 1 條市區接駁路線（路線編號 23）時，將可達到最適當之設置規模，並可較原始各路線獨立操作時節省 1,981 元/時。其中，納入轉運站之路線應具有『以轉運站所在地為起訖端（路線編號 16、18、19、20、21、22）』、『市區接駁路線（路線編號 23）』、『起訖點需求小（路線編號 1、2、3、4、6、10）』、『起訖點需求適中且路段對稱性較強（路線編號 11、12）』等特性。

5.3 敏感度分析

為能研擬轉運站相關服務策略以供實務營運上之參考，本研究於最適規模之基礎上，針對幾項較為重要之參數分別進行敏感度分析，其中包括「候車時間價值」、「轉車時間價值」、「國道行駛速率」、「市區行駛速率」、「國道車輛固定成本」、「市區接駁車輛固定成本」、「國道車輛場站使用成本」、「國道車輛衍生外部成本」、「市區接駁車輛場站使用成本」、「市區接駁車輛衍生外部成本」等 10 項；茲分別說明敘述其結果如下。

5.3.1 候車時間價值

一般而言，乘客候車時間長短取決於路線班距水準、乘客到達型態及是否採取協調排班等，而候車時間價值之高低，將會直接反映在乘客時間成本上，進而影響最佳方案之排序。張學孔【47】曾推估大眾運輸乘客之候車及車內時間價值分別為每小時新台幣 217 元及 83 元，本研究即以該二數值作為基本值與最小值，進行不同候車時間價值下對於最適規模系統總成本之測試，如表 5.15 與圖 5.11 所示。其結果顯示當候車時間價值由 83（元/時）依序提高至 172（元/時）時，最適規模之系統總成本亦隨之提高，但其可節省之成本亦相對增加，

且轉運站可容納之路線數亦由 7 條增加至 22 條。由此顯示，隨乘客候車時間價值提高，愈多重複路段之路線納入轉運站進行整合，將能間接降低乘客於重複路段之起訖站候車時間，進而愈能顯現設置轉運站之效益。

表 5.15 候車時間價值之敏感度分析（元/時）

方案別	83	128	172	217	262	306	351
系統總成本	192,435	228,431	262,458	292,133	314,871	335,331	350,407
節省成本	-27,397	-20,047	-11,691	1,981	22,590	44,513	72,783
容納路線數	6+1	7+1	10+1	15+1	18+1	19+1	21+1
容納路線編號	16、18、19、20、21、22、23						
		4					
			1、2、12				
				3、6、10、9、11			
					8、5、7		
						14	
							13、17

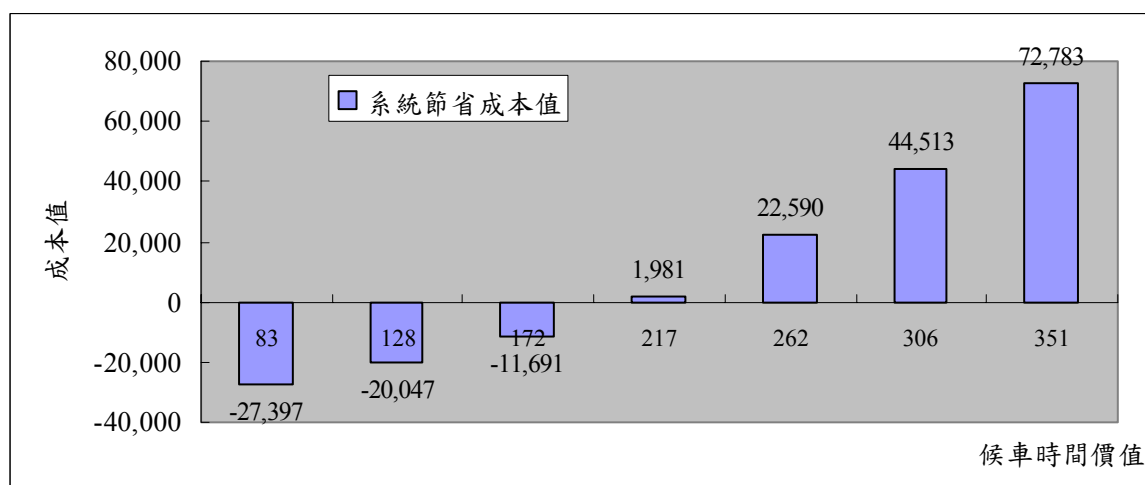


圖 5.11 候車時間價值敏感度分析

5.3.2 轉車時間價值

過去有關乘客轉車時間價值之推估並不多見，但多數學者均推導出車外時間價值（如步行、候車等）應大於車內時間價值之結論（張學孔【48】）。由於乘客轉車屬於車外時間，故本研究亦以張學孔【47】之候車及車內時間價值為基本值與最小值，進行不同轉車時間價值下對於最適規模系統總成本之測試，如表 5.16 與圖 5.12 所示。其結果顯示當轉車時間價值由 83（元/時）依序提高至 172（元/時）時，最適規模之系統總成本亦隨之提高，而其可節省之成本則相對降低，且轉運站可容納之路線數亦由 19 條降低至 11 條。由此顯示，隨乘客轉車時間價值提高，將愈多路線納入轉運站操作，將更凸顯乘客對於轉車行為之低意願，進而削弱原有設置轉運站之利基與效益。

表 5.16 轉車時間價值之敏感度分析（元/時）

方案別	83	128	172	217	262	306	351
系統 總成本	275,423	281,277	287,011	292,133	293,988	299,671	302,123
節省 成本	18,691	12,837	7,113	1,981	126	-5,557	-8,009
容納 路線數	18+1	18+1	18+1	15+1	11+1	10+1	10+1
容納 路線 編號	16、18、19、20、21、22、23						
	1、2、4、12						
	3						
	6、10、9、11						
	8、5、7						

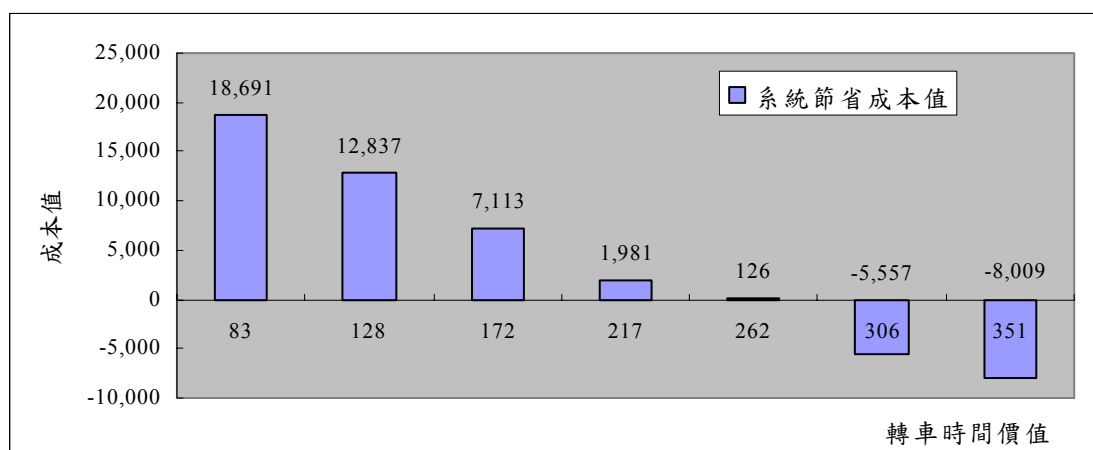


圖 5.12 轉車時間價值敏感度分析

5.3.3 國道行駛速率

由表 5.17 及圖 5.13 可知，提昇國道行駛速率對於降低最適規模系統總成本值有明顯效果，且其可節省之成本則亦相對提高，但至於轉運站可容納路線數則以國道速率 55~75（公里/時）時為最多（共 16 條），此現象可說明當國道速率偏低時（亦即國道服務水準低落），則相對會增加業者車隊規模成本，如此過多路線納入轉運所產生之高轉車時間成本，將會更促使系統總成本之提高；反之，當國道服務水準提高（亦即行車速率較高），直接造成車輛迴車時間縮短，此時路線整合之必要性就相對減弱。鑑於此，未來在設定轉運站之最適規模時，國道客運經營市場之客觀環境，亦應列入考慮與評估中。

表 5.17 國道車輛行駛速率之敏感度分析（公里/時）

方案別	45	55	65	75	85	95	105
系統總成本	387,890	344,909	314,623	292,133	274,919	260,160	247,847
節省成本	-10,844	-3,057	570	1,981	1,996	2,385	2,461
容納路線數	12+1	15+1	15+1	15+1	14+1	13+1	12+1
容納	16、18、19、20、21、22、23						

路線 編號	1、2、3、4、6、12		
		9	
		10	
		11	

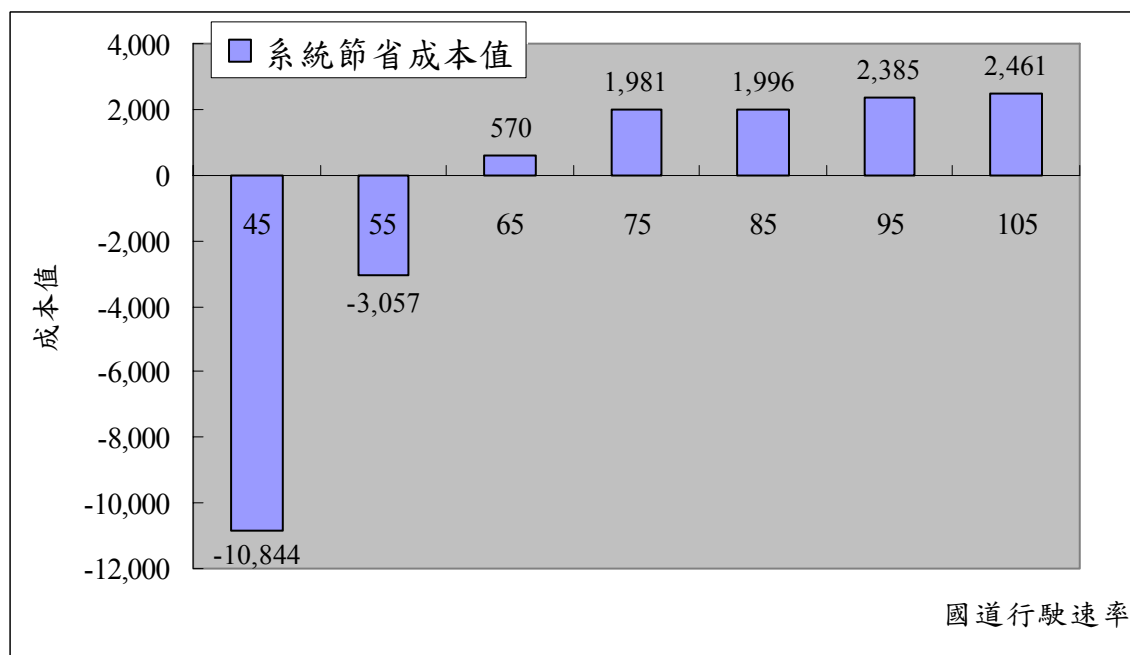


圖 5.13 國道行駛速率敏感度分析

5.3.4 市區行駛速率

由表 5.8 及圖 5.14 可知，提昇市區行駛速率對於降低最適規模系統總成本值有明顯效果，尤其當時速 10 公里提高至 25 公里時，其所能降低之系統總成本值最為可觀，而由時速 25 公里再提高至 40 公里時，其所能降低之幅度則漸趨緩和；但若就可節省成本部分，隨市區行車速率提高，可節省成本則呈逐漸減少之趨勢。此分析結果顯示，當市區行車速率愈高時，將會直接影響市區接駁路線之效益。整體而言，市區行駛速率在一定範圍內，其對於轉運站最適規模下可容納路線數之影響並不顯著（皆為 16 條）。

表 5.18 市區行駛速率之敏感度分析（公里/時）

方案別	10	15	20	25	30	35	40
系統 總成本	298,394	294,692	292,864	292,133	291,402	290,897	290,487
節省 成本	3,471	2,847	2,535	1,981	1,856	1,767	1,700
容納 路線數	15+1	15+1	15+1	15+1	15+1	15+1	15+1
容納 路線 編號	16、18、19、20、21、22、23、1、2、3、4、6、9、10、11、12						

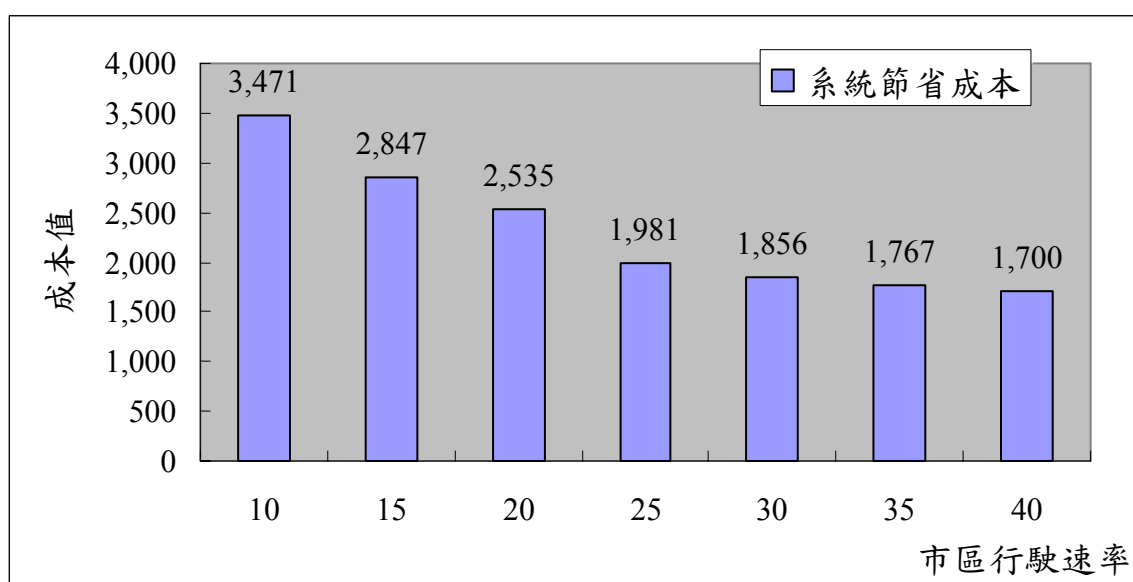


圖 5.14 市區行駛速率敏感度分析

5.3.5 國道車輛固定成本

由表 5.19 及圖 5.15 可知，提高國道車輛固定成本將會增加最適規模系統總成本值，且其所節省成本值亦逐漸降低。由此結果反推得知，當國道車輛每車小時之固定成本相對愈高時，應必須考量採用混合車隊之營運策略，如此方能維持設置轉運站之優勢效益。整體而言，國道車輛固定成本在一定範圍內，其對於轉運站最適規模下可容納路

線數之影響並不顯著（皆為 16 條）。

表 5.19 國道車輛固定成本之敏感度分析（元/時）

方案別	210	240	270	300	330	360	390
系統 總成本	275,854	281,332	286,757	292,133	297,462	302,746	307,987
節省 成本	2,254	2,212	2,120	1,981	1,798	1,572	1,307
容納 路線數	15+1	15+1	15+1	15+1	15+1	15+1	15+1
容納 路線 編號	16、18、19、20、21、22、23、1、2、3、4、6、9、10、11、12						

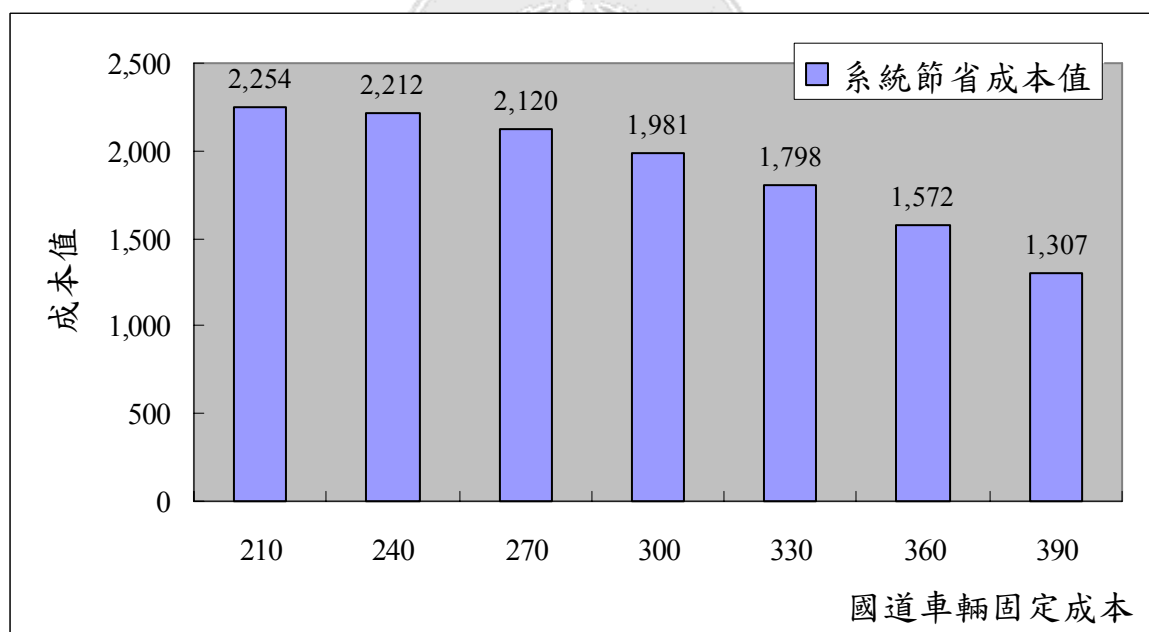


圖 5.15 國道車輛固定成本敏感度分析

5.3.6 市區接駁車輛固定成本

由表 5.9 及圖 5.12 可知，提高市區接駁車輛固定成本將會增加最適規模系統總成本值，但其增加幅度不大，而其所節省成本值將會逐

漸降低。由此結果反推得知，若要推動國道車輛與市區接駁車輛進行接駁作業時，則市區接駁車輛必須具備相對之成本優勢（即較小之市區接駁車輛固定成本值），如此方能維持設置轉運站之優勢效益。整體而言，市區接駁車輛固定成本在一定範圍內，其對於轉運站最適規模下可容納路線數之影響並不顯著（皆為 14 條），至於市區接駁車輛固定成本值為 150（元/時）時，其最佳容納路線數為 16 條之因，乃肇因於其他項目成本所致。

表 5.20 市區接駁車輛固定成本之敏感度分析（元/時）

方案別	90	110	130	150	170	190	210
系統總成本	291,551	291,788	292,026	292,133	292,500	292,737	292,975
節省成本	2,563	2,326	2,088	1,981	1,614	1,377	1,140
容納路線數	13+1	13+1	13+1	15+1	13+1	13+1	13+1
容納路線編號	16、18、19、20、21、22、23、1、2、3、4、6、9、12						
				10、11			

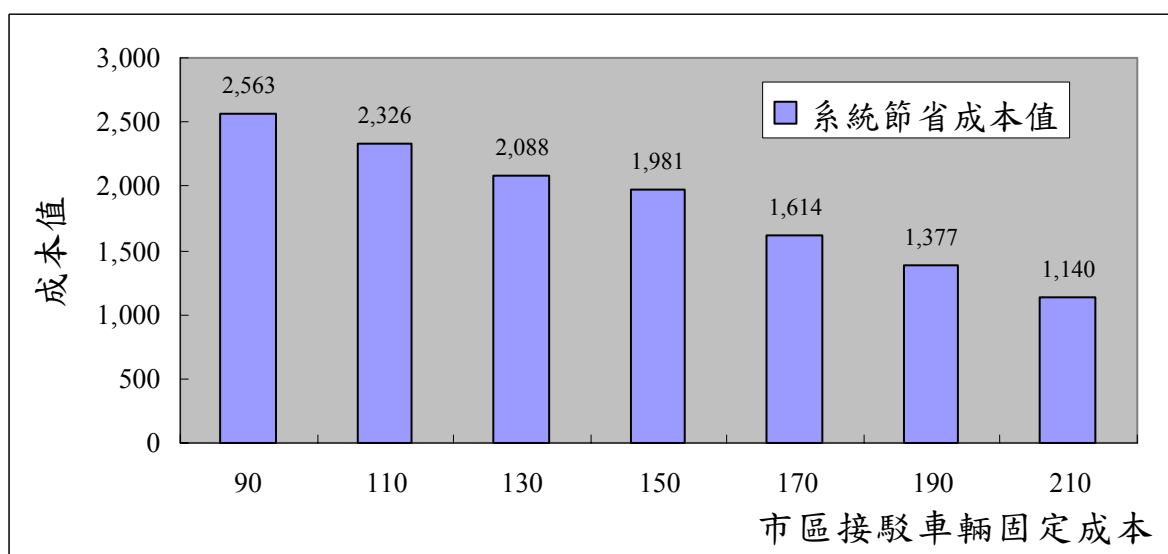


圖 5.16 市區接駁車輛固定成本敏感度分析

5.3.7 國道車輛場站使用成本

由表 5.10 及圖 5.13 可知，提高國道車輛場站使用成本將會增加最適規模系統總成本值，且當國道車輛場站使用成本提高至 250（元/車）時，則將會較未設置轉運站之獨立操作型式增加 466（元/時），此結果顯示，若政府要推動轉運站之設置時，則場站使用成本必須具備相對之成本優勢（即較低之國道車輛場站使用成本值），如此方能維持設置轉運站之優勢效益。此外，就可容納之轉運路線數而言，隨國道車輛場站使用成本值提高，其最佳路線數由 17 條縮減至 15 條。

表 5.21 國道車輛場站使用成本之敏感度分析（元/車）

方案別	150	175	200	225	250
系統總成本	289,788	290,534	292,133	292,468	294,560
節省成本	4,326	3,580	1,981	1,646	-466
容納路線數	16+1	16+1	15+1	15+1	14+1
容納路線編號	16、18、19、20、21、22、23、1、2、3、4、6、10、9、12				
	11				
	8				

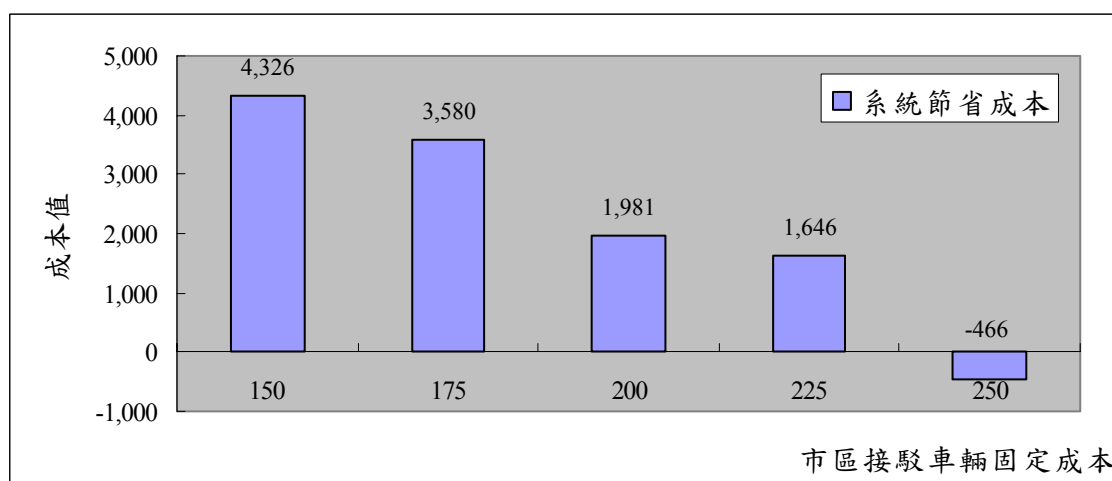


圖 5.17 國道車輛場站使用成本敏感度分析

5.3.8 國道車輛衍生外部成本

由表 5.22 及圖 5.18 可知，提高國道車輛衍生外部成本將會增加最適規模系統總成本值，且當國道車輛衍生外部成本提高至 450~500（元/車）以上時，則將會較未設置轉運站之獨立操作型式增加 446~1,811（元/時）。此結果顯示，若每部國道車輛衍生外部成本值增加（即轉運站設置於對周遭環境衝擊大之地點），則最佳容納之路線數將隨之遞減，如由 300 提升至 500（元/車）時，則路線數會由 17 條縮減至 14 條。鑑此，政府若要推動轉運站之設置時，其應對於轉運站之站址、周遭道路環境等進行謹慎評估。

表 5.22 國道車輛衍生外部成本之敏感度分析（元/時）

方案別	300	350	400	450	500
系統 總成本	288,296	289,788	292,133	294,560	295,925
節省成本	5,818	4,326	1,981	-446	-1,811
容納 路線數	16+1	16+1	15+1	14+1	13+1
容納 路線編號	16、18、19、20、21、22、23、1、2、3、4、6、9、12				
	10				
	11				
	8				

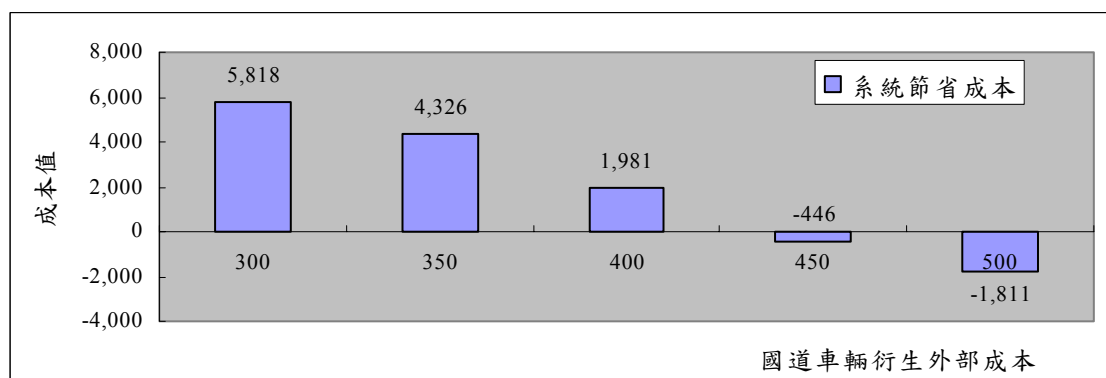


圖 5.18 國道車輛衍生外部成本敏感度分析

5.3.9 市區接駁車輛場站使用成本

由表 5.23 及圖 5.19 可知，提高市區接駁車輛場站使用成本將會增加最適規模系統總成本值，但其增幅並不大，而其所能節省之成本值則會相對遞減。此結果顯示，若政府要推動轉運站之設置時，則市區接駁車輛場站使用成本必須具備相對之成本優勢（即較低之市區接駁車輛場站使用成本值），如此方能維持設置轉運站之優勢效益。整體而言，市區接駁車輛場站使用成本在一定範圍內，其對於轉運站最適規模下可容納路線數之影響並不顯著（皆為 16 條）。

表 5.23 市區接駁車輛場站使用成本之敏感度分析（元/時）

方案別	50	75	100	125	150
系統總成本	291,200	291,483	292,133	292,416	292,699
節省成本	2,914	2,631	1,981	1,698	1,415
容納路線數	15+1	15+1	15+1	15+1	15+1
容納路線編號	16、18、19、20、21、22、23、1、2、3、4、6、9、10、11、12				

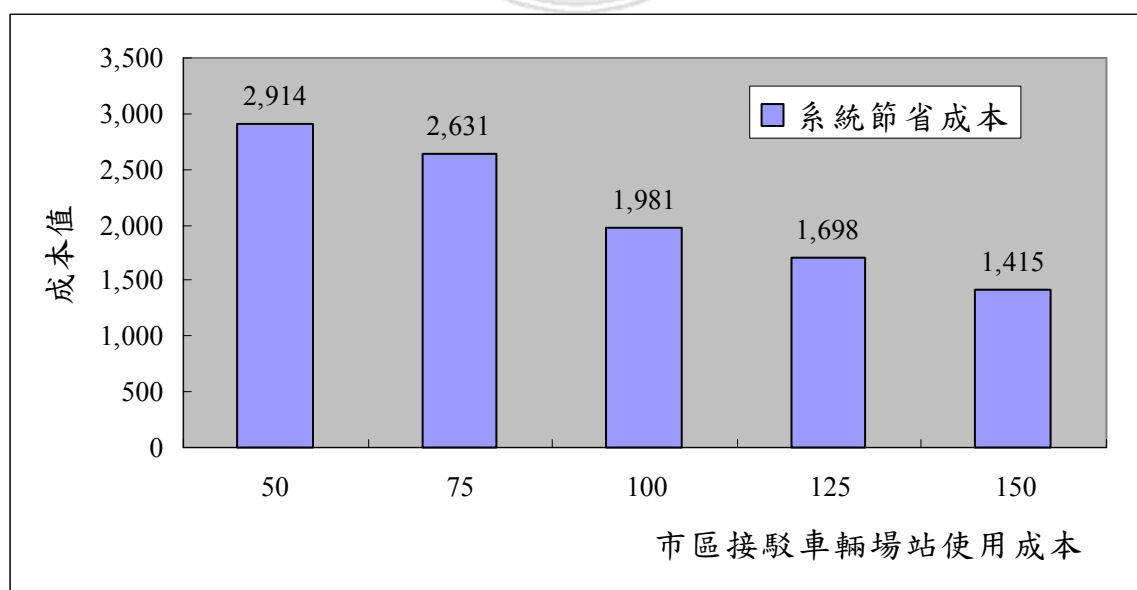


圖 5.19 市區接駁車輛場站使用成本敏感度分析

5.3.10 市區接駁車輛衍生外部成本

由表 5.24 及圖 5.20 可知，提高市區接駁車輛衍生外部成本將會增加最適規模系統總成本值，且將致使可節省成本值迅速遞減。此結果顯示，若每部市區接駁車輛衍生外部成本值增加，即代表轉運站設置對於周遭環境衝擊影響愈大，故政府若要推動轉運站之設置時，其應對於轉運站之站址、周遭道路環境等進行謹慎評估；此外，亦可考慮採用對於外部環境衝擊較小之接駁車輛（包括使用中小型接駁巴士等）。

表 5.24 市區接駁車輛衍生外部成本之敏感度分析（元/時）

方案別	100	150	200	250	300
系統總成本	291,001	291,567	292,133	292,699	293,265
節省成本	3,113	2,547	1,981	1,415	849
容納路線數	17+1	17+1	17+1	17+1	17+1
容納路線編號	16、18、19、20、21、22、23、1、2、3、4、6、10、11、9、12				

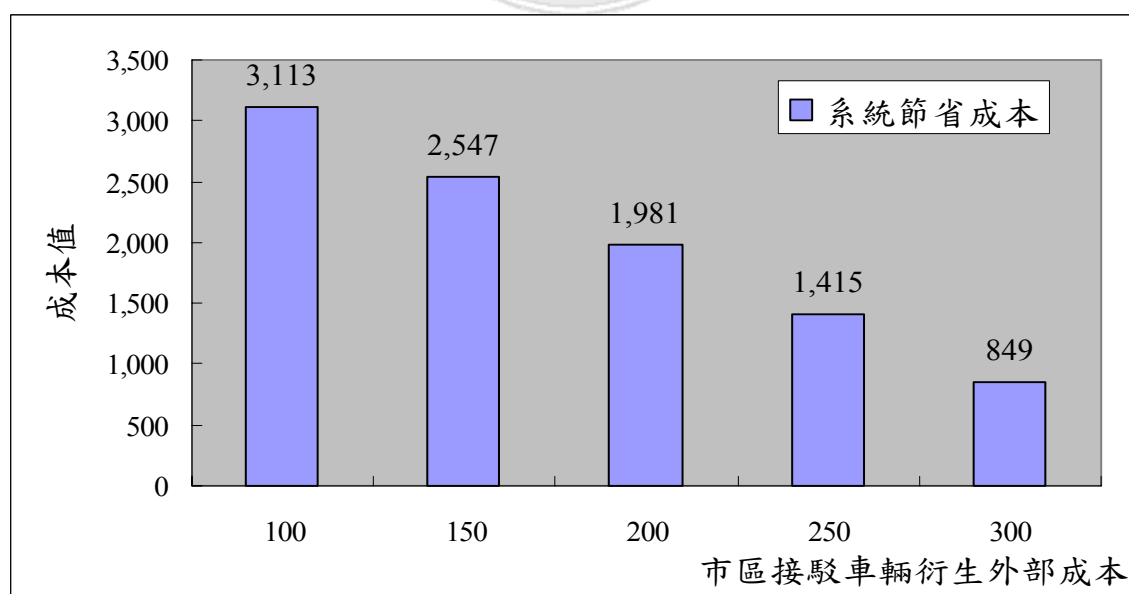


圖 5.20 市區接駁車輛衍生外部成本敏感度分析

5.3.11 小結

由各參數值之敏感度分析可知，在不同特性市場下之最適規模系統總成本皆不盡相同，且最佳納入之路線數亦有所不同，茲整理其主要結論如下。

1. 乘客候車及轉車時間價值之大小，對於轉運站應納入最佳轉運路線數之選擇具有顯著影響。當候車時間價值愈高，設置轉運站進行接駁轉運作業之條件就愈成熟，亦即基於設置轉運站效益最大化之前提下，其可容納之路線數將相對愈多。至於當轉車時間價值愈高時，則設置轉運站所獲得之效益將愈不顯著。
2. 高速公路及地方道路行車速率之提昇，均有助於系統總成本之節省。其中，適中之國道行車速率，將有利於規劃轉運站，且轉運站之設置規模將漸趨於穩定狀態。至於提高地方道路行車速率將會直接降低車輛之市區行車成本，但對於轉運站最適規模之影響則不大，亦即最佳容納路線數趨於穩定。
3. 國道車輛與市區接駁車輛每小時固定成本之提高，均會微幅增加業者之營運成本，但其對於轉運站最適規模之影響則不大，亦即最佳容納路線數趨於穩定。
4. 提高國道車輛與市區接駁車輛每車次之場站使用成本，皆會增加業者之營運成本，且若每車次分攤之場使用成本提高至相當程度，將會導致轉運站設置無效益之窘境，故未來管理者於訂定場站使用成本時，應審慎評估考量，以兼顧業者之成本效益。
5. 提高國道車輛與市區接駁車輛每車次之外部成本，皆會增加業者之營運成本，且若每車次分攤之場站設置外部成本提高至相當程度，將會導致轉運站設置無效益之窘境，故未來管理者於規劃轉運站同時，應審慎考量其設置區位及周遭道路交通環境，以避免對該地區造成重大之衝擊影響。

5.4 服務策略之規劃設計

本實例將基於第四章所擬定之方向與構想，並以所有納入轉運站操作路線之車輛營運方式皆為往返行駛於路線端點與轉運站區間之假設前提下，針對轉運站服務策略進行實際之規劃與設計。以下將分「整合排班設計」與「混合車隊規劃」等兩方面進行說明。

5.4.1 整合排班之設計

一般而言，設置轉運站之優勢在於降低重複路段之起訖點候車時間，而由 5.2 節之轉運站規模最適化分析亦可清楚得到驗證，但其相對之劣勢則為增加乘客於轉運站之轉車時間成本；因此，若未能針對納入轉運站進行操作營運之路線班次進行良好之規劃設計，則設置轉運站自重複路段所節省之成本將會因過高之轉運成本而喪失其應有之功能與效益。依據第四章之說明，本研究所定義之轉運系統內將以轉運適時化之理論進行協調排班設計。而依轉乘之協調程度又可分為「共同班距策略（common headway strategy）」及「整數班距策略（integer ratio headway strategy）」等兩種策略，鑑於實例中各路線之起訖端點需求差異甚大，若採用共同班距策略將使得需求小的路線為配合需求大之路線，亦必須以同一密集班次運作，直接造成低乘載率之資源浪費，故關於實例之整合排班部分，本研究將以整數班距策略進行規劃，然而考量實務營運上之圍限與彈性，採分群排班技術似乎為較可行之方向，茲將其設計過程說明如下。

於 5.2 節中，本研究已透過轉運站規模最適化模式與尋優程序成功地分析出統聯客運若於台中都會區中港交流道附近之朝馬地區內設置客運轉運站時，其最適之設置規模為納入 15 條國道路線與 1 條市區接駁路線（如表 5.13 所示）。但為有效降低路線進入轉運站操作後，對於乘客所造成之轉運時間增加，且鑑於台北台中段之高需求、班次密集（班距 5 分鐘）等特性；因此，以下在進行分群排班時，將視北中段之發車班距為基本班距，剩餘各路線之班距將調整為其整數倍，以便乘客之順利轉乘，分群排班後之班距整合情況歸納如表 5.25 所

示。

表 5.25 實例分群排班歸納表

y=5	班距分界		路線編號	整合後班距（分鐘）
y	7.071068			
2y			12.24745	16（台北台中）
3y	17.32051			---
4y			22.36068	---
5y	27.38613			---
6y		32.4037	20、12(台中嘉義) 21（台中台南） 22（台中高雄）	25
7y			37.41657	9（台中員林）
8y	42.42641			4（台中台中港）
9y		47.43416	19（中機台中）	40
10y	52.44044		11（台中北港）	45
11y		57.44563	---	50
12y	62.44998		---	55
13y		67.45369	---	60
14y	72.45688		---	65
15y		77.45967	10（台中台西）	70
16y	82.46211		18（新竹台中）	75
17y		87.46428	---	80
18y	92.46621		---	85
19y		97.46794	---	90
20y	102.4695		2（台中南投）	95
21y		107.4709	1（台中鹿港）	100
22y	112.4722		3（台中西螺）	105
23y		117.4734	---	110
24y			122.4745	---

25y	127.4755		---	120
26y		132.4764	---	125
27y	137.4773			---
28y		142.4781	---	135
29y	147.4788		---	140
30y		152.4795	---	145
31y	157.4802		---	150
32y			6（台中漚汪）	155

註：灰底表納入轉運站路線整合後之班距

為驗證表 2.25 中調整後整合班距確能降低乘客轉運時間成本，並增進轉運站設置規模之效益，本研究將其引入 5.2 節所得轉運站最適規模下之路線組合中進行檢視，表 5.26 中將分別比較獨立運作、最適規模及整合班距下最適規模等條件對於各路線成本所形成之變化，並進而審視引入整合班距於轉運站最適規模下之效益。

表 5.26 實例整合班距下實例各路線於各項成本之變化

路線 編號	路線 起訖點	班距 (分鐘)			國道車隊規模		
		獨立 運作	最適 規模	整合 班距	獨立 運作	最適 規模	整合 班距
1	台中-鹿港	124	99	100	1,607	823	816
2	台中-南投	114	96	95	1,835	994	952
3	台中-西螺	108	104	105	2,210	1,367	1,354
4	台中- 台中港	125	37	35	1,217	231	245
5	台北-西港	60	60	60	3,338	3,338	3,338
6	台中-漚汪	137	154	155	2,222	1,599	1,591
7	台北-彰化	47	47	47	3,643	3,643	3,643
8	台北-東石	77	77	77	3,230	3,230	3,230
9	台中-員林	55	32	30	3,125	1,165	1,233
10	台中-台西	77	69	70	3,086	2,053	2,038

11	台中-北港	66	44	45	3,691	2,318	2,318
12	台中-嘉義	54	0	25	4,212	---	---
13	台北-屏東	56	56	56	6,118	6,118	6,118
14	台北-台南	39	39	39	6,959	6,959	6,959
15	台北-高雄	36	36	36	8,424	8,424	8,424
16	台北-台中	26	5	5	5,620	42,236	45,886
17	松山-台南	44	44	44	6,234	6,234	6,234
18	新竹-台中	48	73	75	1,717	1,762	1,723
19	中正機場- 台中	48	40	40	2,621	4,869	4,869
20	台中-嘉義	65	27	25	1,197	4,523	4,874
21	台中-台南	34	26	25	3,610	7,430	7,692
22	台中-高雄	39	26	25	4,035	9,574	9,912
23	市區接駁線	---	5	5	---	---	0
總成本					79,951	118,890	123,499

註：灰底表納入轉運站之路線編號

表 5.26 實例整合班距下實例各路線於各項成本之變化（續 1）

路線 編號	路線起訖點	市區車隊規模			候車時間成本		
		獨立 運作	最適 規模	整合 班距	獨立 運作	最適 規模	整合 班距
1	台中-鹿港	0	0	0	4,200	796	796
2	台中-南投	0	0	0	4,798	1,291	1,338
3	台中-西螺	0	0	0	5,778	1,791	1,799
4	台中- 台中港	0	0	0	3,182	317	298
5	台北-西港	0	0	0	8,727	8,727	8,727
6	台中-漚汪	0	0	0	5,810	2,299	2,306
7	台北-彰化	0	0	0	9,524	9,524	9,524

8	台北-東石	0	0	0	8,443	8,443	8,443
9	台中-員林	0	0	0	8,171	1,902	1,790
10	台中-台西	0	0	0	8,068	2,448	2,450
11	台中-北港	0	0	0	9,650	2,045	2,062
12	台中-嘉義	0	0	0	11,011	2,273	2,107
13	台北-屏東	0	0	0	15,996	15,996	15,996
14	台北-台南	0	0	0	18,193	18,193	18,193
15	台北-高雄	0	0	0	22,025	22,025	22,025
16	台北-台中	1,309	0	0	14,692	972	895
17	松山-台南	0	0	0	16,299	16,299	16,299
18	新竹-台中	710	0	0	4,490	2,387	2,441
19	中正機場- 台中	719	0	0	6,853	2,387	2,387
20	台中-嘉義	525	0	0	3,130	438	407
21	台中-台南	1,003	0	0	9,439	2,387	2,306
22	台中-高雄	870	0	0	10,549	2,387	2,306
23	市區接駁線	---	4,389	4,653	---	1,170	1,103
總成本		5,136	4,389	4,653	209,028	126,497	125,998

註：灰底表納入轉運站之路線編號

表 5.26 實例整合班距下實例各路線於各項成本之變化（續 2）

路線 編號	路線起訖點	轉車時間成本			設站成本		
		獨立 運作	最適 規模	整合 班距	獨立 運作	最適 規模	整合 班距
1	台中-鹿港	0	1,474	1,374	0	121	120
2	台中-南投	0	1,455	1,302	0	125	120
3	台中-西螺	0	1,969	1,808	0	115	114
4	台中-台中 港	0	375	271	0	323	343
5	台北-西港	0	0	0	0	0	0

6	台中-漚汪	0	2,030	1,899	0	78	77
7	台北-彰化	0	0	0	0	0	0
8	台北-東石	0	0	0	0	0	0
9	台中-員林	0	1,664	1,085	0	378	400
10	台中-台西	0	2,564	2,233	0	173	171
11	台中-北港	0	2,603	2,170	0	273	267
12	台中-嘉義	0	2,000	1,194	0	---	---
13	台北-屏東	0	0	0	0	0	0
14	台北-台南	0	0	0	0	0	0
15	台北-高雄	0	0	0	0	0	0
16	台北-台中	0	966	0	0	2,209	2,400
17	松山-台南	0	0	0	0	0	0
18	新竹-台中	0	1,081	0	0	164	160
19	中正機場- 台中	0	809	0	0	300	300
20	台中-嘉義	0	258	0	0	445	480
21	台中-台南	0	1,419	0	0	464	480
22	台中-高雄	0	1,404	0	0	464	480
23	市區接駁線	0	0	0	0	1,132	1,200
總成本		0	22,071	13,336	0	6,764	7,112

註：灰底表納入轉運站之路線編號

表 5.26 實例整合班距下實例各路線於各項成本之變化（續 3）

路線 編號	路線起訖點	外部成本			總成本		
		獨立 運作	最適 規模	整合 班距	獨立 運作	最適 規模	整合 班距
1	台中-鹿港	0	242	240	5,807	3,456	3,346
2	台中-南投	0	251	240	6,633	4,115	3,952
3	台中-西螺	0	231	229	7,987	5,472	5,304
4	台中-台中	0	647	686	4,399	1,894	1,843

	港						
5	台北-西港	0	0	0	12,065	12,065	12,065
6	台中-漚汪	0	156	155	8,032	6,162	6,027
7	台北-彰化	0	0	0	13,166	13,166	13,166
8	台北-東石	0	0	0	11,673	11,673	11,673
9	台中-員林	0	756	800	11,296	5,863	5,308
10	台中-台西	0	345	343	11,154	7,583	7,236
11	台中-北港	0	545	533	13,341	7,784	7,349
12	台中-嘉義	0	---	---	15,222	4,273	3,300
13	台北-屏東	0	0	0	22,114	22,114	22,114
14	台北-台南	0	0	0	25,152	25,152	25,152
15	台北-高雄	0	0	0	30,449	30,449	30,449
16	台北-台中	0	4,418	4,800	21,621	50,802	53,982
17	松山-台南	0	0	0	22,533	22,533	22,533
18	新竹-台中	0	327	320	6,917	5,721	4,644
19	中正機場- 台中	0	600	600	10,193	8,965	8,156
20	台中-嘉義	0	891	960	4,852	6,556	6,721
21	台中-台南	0	927	960	14,053	12,627	11,438
22	台中-高雄	0	927	960	15,455	14,756	13,657
23	市區接駁線	0	2,264	2,400	---	8,954	9,356
總成本		0	13,527	14,226	294,114	292,133	288,771
系統 節省 總成本		---	----	---	0	1,981	5,343

註：灰底表納入轉運站之路線編號

茲將獨立運作、最適規模及整合班距等三種型態之各成本項目值進行比較並歸納如圖 5.21 所示。由圖中可知，於最適規模之基礎上採用整合班距策略，對於國道車隊規模、候車時間及轉車時間等成本皆有改善之功能，其中尤以轉車時間成本最為顯著，此證明整合班距之

實施確能符合縮短轉運時間之目標。惟發車間距較大之路線，建議必須以訂定時刻表方式或即時發車控制策略配合營運，如此方可顧及低需求路線之服務水準。

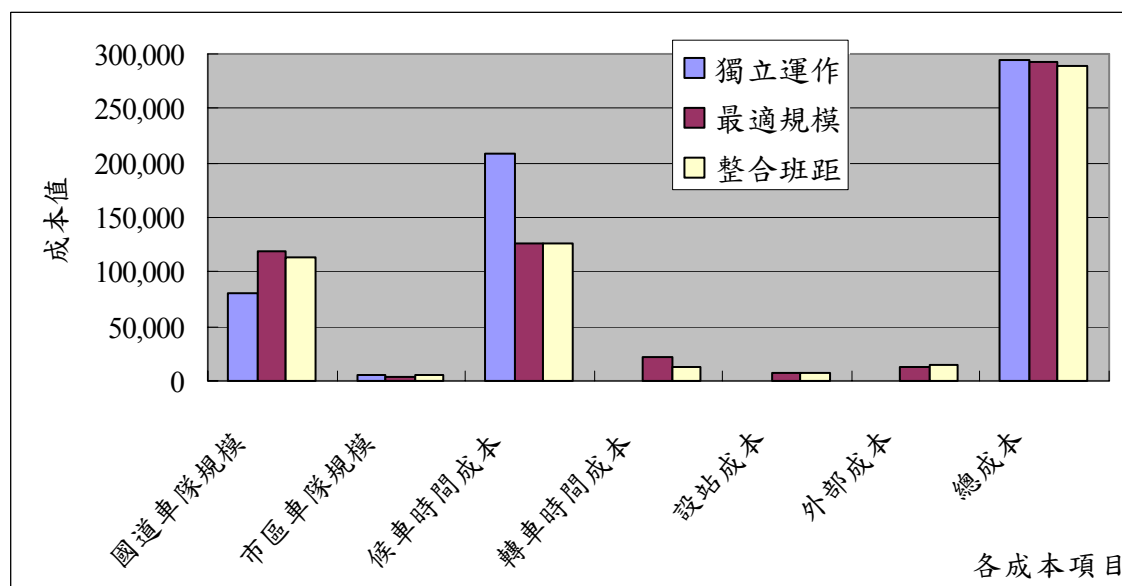


圖 5.21 實例獨立運作、最適規模及整合班距等三型態各成本值比較

圖 5.22 中針對獨立運作、最適規模及整合班距等三種型態之系統總成本進行歸納比較，其結果明顯得知整合班距可較獨立運作與最適規模型態分別降低 1,981 元/時、5,343 元/時。

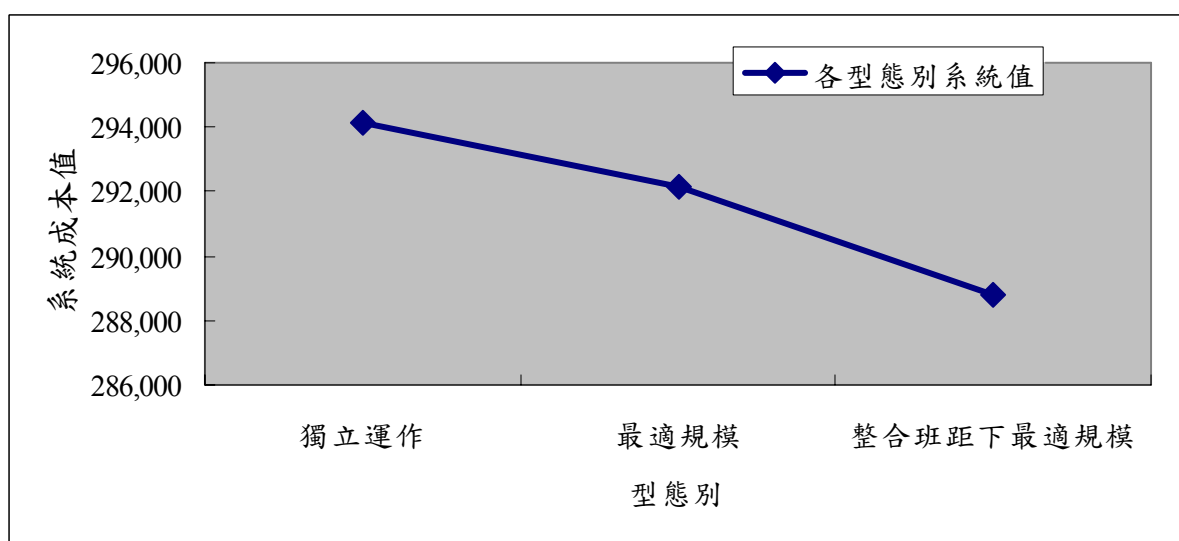


圖 5.22 實例獨立運作、最適規模及整合班距等三型態總成本之比較

5.3.2 混合車隊之規劃

由於納入轉運站操作之國道路線已透過轉運站作為分界點，將重複路段與非重複路段分開營運，故重複路段部分將因路線合併致使需求量較非重複路段部分提高；如此，有鑒於必須滿足重複路段之高需求量，且亦必須符合降低非重複路段之容量閒置，故從營運者購置車輛成本之角度考量，需求量差異大之不同路線若能分別採用不同容量之車型，則對於業者在車隊規模投資上有良好控管之助益。本研究依據式（4.3），分別針對各路線求取其成本最低下之最適座位數（如附錄一所示）；其中，路線編號 12（台北-嘉義）由於與路線 16（台北-台中）及路線 20（台中-嘉義）重複，故於進行最適座位數求解時可忽略之。此外，本研究將營運者可採用之車輛型式設定為 12 人座～35 座，而為區分不同座位數所相對應之車輛營運成本，故將車輛固定營運成本分為三等級（表 5.27），並將求算各路線最適座位數之結果歸納如表 5.28 所示。

表 5.27 車輛單位營運成本依座位數等級之假定表

類型	座位數	固定營運成本 (元/時)	變動單位成本係 數	車輛單位營運成本 (元/時)
國道 車輛	12～19	200	25	500～675
	20～27	300	25	800～975
	28～35	400	25	1,100～1,275
市區 接駁 車輛	12～19	100	10	220～290
	20～27	150	10	350～420
	28～35	200	10	480～550

表 5.28 實例各路線最適座位數歸納表

座 位 數	路線編號							
	1	2	3	4	6	9	10	11
12	4,480	5,787	8,529	2,754	10,472	7,897	14,291	20,054
13	4,596	5,941	8,661	2,929	10,595	7,956	14,361	20,014
14	4,718	6,102	8,804	3,107	10,730	8,036	14,451	20,007
15	4,846	6,268	8,955	3,287	10,873	8,131	14,557	20,025
16	4,978	6,439	9,113	3,469	11,025	8,240	14,677	20,065
17	5,113	6,614	9,277	3,653	11,182	8,359	14,807	20,123
18	5,252	6,792	9,445	3,838	11,344	8,486	14,946	20,194
19	5,393	6,972	9,617	4,024	11,511	8,621	15,093	20,279
20	5,601	7,230	9,932	4,215	11,875	8,868	15,512	20,812
21	5,743	7,411	10,104	4,403	12,039	9,010	15,659	20,895
22	5,887	7,595	10,279	4,591	12,207	9,157	15,811	20,987
23	6,033	7,780	10,457	4,780	12,378	9,308	15,968	21,087
24	6,180	7,967	10,637	4,969	12,552	9,464	16,130	21,195
25	6,328	8,154	10,819	5,159	12,728	9,622	16,295	21,309
26	6,477	8,344	11,003	5,349	12,906	9,784	16,465	21,429
27	6,628	8,534	11,189	5,540	13,086	9,949	16,637	21,554
28	6,825	8,778	11,476	5,734	13,406	10,191	17,002	21,997
29	6,975	8,969	11,661	5,925	13,585	10,357	17,173	22,119
30	7,127	9,160	11,847	6,117	13,765	10,526	17,347	22,246
31	7,279	9,351	12,035	6,308	13,947	10,696	17,523	22,377
32	7,432	9,544	12,224	6,500	14,130	10,869	17,701	22,512
33	7,585	9,737	12,414	6,692	14,314	11,043	17,882	22,650
34	7,739	9,931	12,605	6,885	14,499	11,218	18,064	22,790
35	7,893	10,125	12,796	7,077	14,686	11,394	18,248	22,934

註：灰底表各路線最適座位數相對應之路線成本值

表 5.28 實例各路線最適座位數歸納表（續）

座位數	路線編號						
	16	18	19	20	21	22	23
12	241,013	12,126	25,077	27,468	43,735	53,611	29,524
13	238,893	12,197	24,956	27,340	43,501	53,299	29,416
14	237,106	12,286	24,877	27,259	43,330	53,060	29,354
15	235,587	12,391	24,830	27,216	43,210	52,881	29,328
16	234,285	12,506	24,810	27,204	43,130	52,749	29,333
17	233,161	12,632	24,813	27,217	43,085	52,656	29,363
18	232,186	12,766	24,833	27,252	43,068	52,597	29,413
19	231,431	12,907	24,869	27,304	43,074	52,564	29,480
20	236,060	13,281	25,549	27,945	44,063	53,794	29,889
21	235,148	13,422	25,579	27,998	44,061	53,747	29,968
22	234,338	13,568	25,622	28,064	44,078	53,722	30,060
23	233,618	13,718	25,676	28,143	44,112	53,716	30,162
24	232,976	13,873	25,739	28,232	44,161	53,728	30,274
25	232,403	14,031	25,811	28,330	44,222	53,756	30,394
26	231,890	14,192	25,890	28,436	44,295	53,796	30,521
27	231,111	14,356	25,976	28,549	44,377	53,849	30,655
28	234,925	14,686	26,517	29,079	45,156	54,797	31,027
29	234,423	14,849	26,598	29,190	45,232	54,840	31,164
30	233,969	15,014	26,685	29,308	45,317	54,893	31,306
31	233,558	15,182	26,778	29,431	45,410	54,955	31,452
32	233,186	15,352	26,875	29,559	45,510	55,026	31,603
33	232,850	15,523	26,976	29,692	45,617	55,106	31,758
34	232,547	15,696	27,081	29,829	45,729	55,192	31,916
35	232,273	15,871	27,190	29,969	45,847	55,285	32,078

註：灰底表各路線最適座位數相對應之路線成本值

由於車輛座位數之變化愈少愈能增加實務上之可行性，因此本研

究將 7 種座位容量 (12、14、15、16、19、21、27) 歸納為 3 種 (15、22、27)。其中，最適座位數採用 12 的有路線 1、2、3、4、6、9、10、18，由於 12 人座之車型為進行最適車輛容量分析之下限，故此結果顯示該 8 條路線在座位數之選擇上趨向於採用愈少座位數愈佳之現象。至於在調整座位數方面，由於目前統聯客運公司所採用之車型為 22 人座，但該車型無法符合台北-台中路線 (編號) 之最適容量需求，但相較於大部分路線 (如 1、2、3、4、6、9、10、18、11、23) 之最適座位數則又顯容量過剩；鑑於此，本研究在符合車型精簡之實務考量下，遂規劃 3 種車型涵蓋服務之，如表 5.29 所示。

表 5.29 實例各路線調整座位數歸納表

路線編號	最適座位數	調整座位數
1 (台中-鹿港)		15
2 (台中-南投)		
3 (台中-西螺)		
4 (台中-台中港)		
6 (台中-彰化)		
9 (台中-員林)		
10 (台中-台西)		
18 (新竹-台中)		
11 (台中-北港)	14	
23 (市區接駁)	15	
19 (中正機場-台中)	16	22
12、20 (台中-嘉義)		
22 (台中-高雄)	19	
21 (台中-台南)	21	
16 (台北-台中)	27	27

為驗證表中調整後之車輛座位數確能降低營運者之車隊規模成本，並增進轉運站設置規模之效益，本研究將其引入 5.2 節所得轉運站最適規模下之路線組合中進行檢視，表 5.30 中將分別比較獨立運

作、最適規模及混合車隊下最適規模等條件對於各路線成本所形成之變化，並進一步審視採用混合車隊策略對於轉運站最適規模之效益。

表 5.30 實例之獨立運作成本與轉運站採混合車隊成本之差異

路線 編號	路線起訖點	班距（分鐘）			國道車隊規模		
		獨立 運作	最適 規模	混合 車隊	獨立 運作	最適 規模	混合 車隊
1	台中-鹿港	124	99	113	1,607	823	640
2	台中-南投	114	96	90	1,835	994	933
3	台中-西螺	108	104	180	2,210	1,367	697
4	台中- 台中港	125	37	31	1,217	231	244
5	台北-西港	60	60	60	3,338	3,338	3,338
6	台中-漚汪	137	154	113	2,222	1,599	1934
7	台北-彰化	47	47	47	3,643	3,643	3,643
8	台北-東石	77	77	77	3,230	3,230	3,230
9	台中-員林	55	32	47	3,125	1,165	689
10	台中-台西	77	69	113	3,086	2,053	1119
11	台中-北港	66	44	30	3,691	2,318	2177
12	台中-嘉義	54	0	---	4,212	---	---
13	台北-屏東	56	56	56	6,118	6,118	6,118
14	台北-台南	39	39	39	6,959	6,959	6,959
15	台北-高雄	36	36	36	8,424	8,424	8,424
16	台北-台中	26	5	7	5,620	42,236	
17	松山-台南	44	44	44	6,234	6,234	6,234
18	新竹-台中	48	73	50	1,717	1,762	2280
19	中正機場- 台中	48	40	40	2,621	4,869	4869
20	台中-嘉義	65	27	27	1,197	4,523	4431
21	台中-台南	34	26	26	3,610	7,430	7430

22	台中-高雄	39	26	26	4,035	9,574	9574
23	市區接駁線	---	5	7	---	---	0
總成本		---	---	---	79,951	118,890	109,378

註：灰底表納入轉運站之路線編號

表 5.30 實例之獨立運作成本與轉運站採混合車隊成本之差異（續 1）

路線 編號	路線起訖點	市區車隊規模			候車時間成本		
		獨立 運作	最適 規模	混合 車隊	獨立 運作	最適 規模	混合 車隊
1	台中-鹿港	0	0	0	4,200	796	910
2	台中-南投	0	0	0	4,798	1,291	1236
3	台中-西螺	0	0	0	5,778	1,791	3050
4	台中- 台中港	0	0	0	3,182	317	285
5	台北-西港	0	0	0	8,727	8,727	8,727
6	台中-漚汪	0	0	0	5,810	2,299	1712
7	台北-彰化	0	0	0	9,524	9,524	9,524
8	台北-東石	0	0	0	8,443	8,443	8,443
9	台中-員林	0	0	0	8,171	1,902	2773
10	台中-台西	0	0	0	8,068	2,448	3891
11	台中-北港	0	0	0	9,650	2,045	1555
12	台中-嘉義	0	0	0	11,011	2,273	2387
13	台北-屏東	0	0	0	15,996	15,996	15,996
14	台北-台南	0	0	0	18,193	18,193	18,193
15	台北-高雄	0	0	0	22,025	22,025	22,025
16	台北-台中	1,309	0	0	14,692	972	1194
17	松山-台南	0	0	0	16,299	16,299	16,299
18	新竹-台中	710	0	0	4,490	2,387	1628
19	中正機場-	719	0	0	6,853	2,387	2387

	台中						
20	台中-嘉義	525	0	0	3,130	438	448
21	台中-台南	1,003	0	0	9,439	2,387	2387
22	台中-高雄	870	0	0	10,549	2,387	2387
23	市區接駁線	---	4,389	6524	---	1,170	1595
總成本		5,136	4,389	6,524	209,028	126,497	129,032

註：灰底表納入轉運站之路線編號

表 5.30 實例之獨立運作成本與轉運站採混合車隊成本之差異（續 2）

路線 編號	路線起訖點	轉運成本			設站成本		
		獨立 運作	最適 規模	混合 車隊	獨立 運作	最適 規模	混合 車隊
1	台中-鹿港	0	1,474	1,676	0	121	107
2	台中-南投	0	1,455	1,386	0	125	133
3	台中-西螺	0	1,969	3,364	0	115	67
4	台中- 台中港	0	375	329	0	323	387
5	台北-西港	0	0	0	0	0	0
6	台中-漚汪	0	2,030	1521	0	78	107
7	台北-彰化	0	0	0	0	0	0
8	台北-東石	0	0	0	0	0	0
9	台中-員林	0	1,664	2,405	0	378	253
10	台中-台西	0	2,564	4,082	0	173	107
11	台中-北港	0	2,603	1,893	0	273	400
12	台中-嘉義	0	2,000	2,123	0	---	---
13	台北-屏東	0	0	0	0	0	0
14	台北-台南	0	0	0	0	0	0
15	台北-高雄	0	0	0	0	0	0
16	台北-台中	0	966	1,250	0	2,209	1,800
17	松山-台南	0	0	0	0	0	0

18	新竹-台中	0	1,081	796	0	164	240
19	中正機場-台中	0	809	867	0	300	300
20	台中-嘉義	0	258	276	0	445	436
21	台中-台南	0	1,419	1,501	0	464	464
22	台中-高雄	0	1,404	1,481	0	464	464
23	市區接駁線	0	0	0	0	1,132	830
總成本		0	22,071	24,950	0	6,764	6,095

註：灰底表納入轉運站之路線編號

表 5.30 實例之獨立運作成本與轉運站採混合車隊成本之差異（續 3）

路線 編號	路線起訖點	外部成本			總成本		
		獨立 運作	最適 規模	混合 車隊	獨立 運作	最適 規模	混合 車隊
1	台中-鹿港	0	242	213	5,807	3,456	3,546
2	台中-南投	0	251	267	6,633	4,115	3,955
3	台中-西螺	0	231	133	7,987	5,472	7,310
4	台中-台中港	0	647	773	4,399	1,894	2,017
5	台北-西港	0	0	0	12,065	12,065	12,065
6	台中-漚汪	0	156	213	8,032	6,162	5,486
7	台北-彰化	0	0	0	13,166	13,166	13,166
8	台北-東石	0	0	0	11,673	11,673	11,673
9	台中-員林	0	756	507	11,296	5,863	6,628
10	台中-台西	0	345	213	11,154	7,583	9,412
11	台中-北港	0	545	800	13,341	7,784	6,825
12	台中-嘉義	0	---	---	15,222	4,273	4,510
13	台北-屏東	0	0	0	22,114	22,114	22,114
14	台北-台南	0	0	0	25,152	25,152	25,152
15	台北-高雄	0	0	0	30,449	30,449	30,449

16	台北-台中	0	4,418	3,600	21,621	50,802	42,258
17	松山-台南	0	0	0	22,533	22,533	22,533
18	新竹-台中	0	327	480	6,917	5,721	5,423
19	中正機場- 台中	0	600	600	10,193	8,965	9,022
20	台中-嘉義	0	891	873	4,852	6,556	
21	台中-台南	0	927	927	14,053	12,627	12,709
22	台中-高雄	0	927	927	15,455	14,756	14,833
23	市區接駁線	0	2,264	1,660	---	8,954	10,609
總成本		0	13,527	12,186	294,114	292,133	288,159
系統 節省 總成本		---	---	---	0	1,981	5,955

註：灰底表納入轉運站之路線編號

茲將獨立運作、最適規模及混合車隊等三種型態之各成本項目值進行比較並歸納如圖 5.23 所示。由圖中可知，於最適規模之基礎上採用混合車隊策略，對於國道車隊規模及轉運站外部等成本項目皆有改善之功能，其中尤以國道車隊規模成本最為顯著，此證明混合車隊之實施確能符合節省車隊規模之目標。

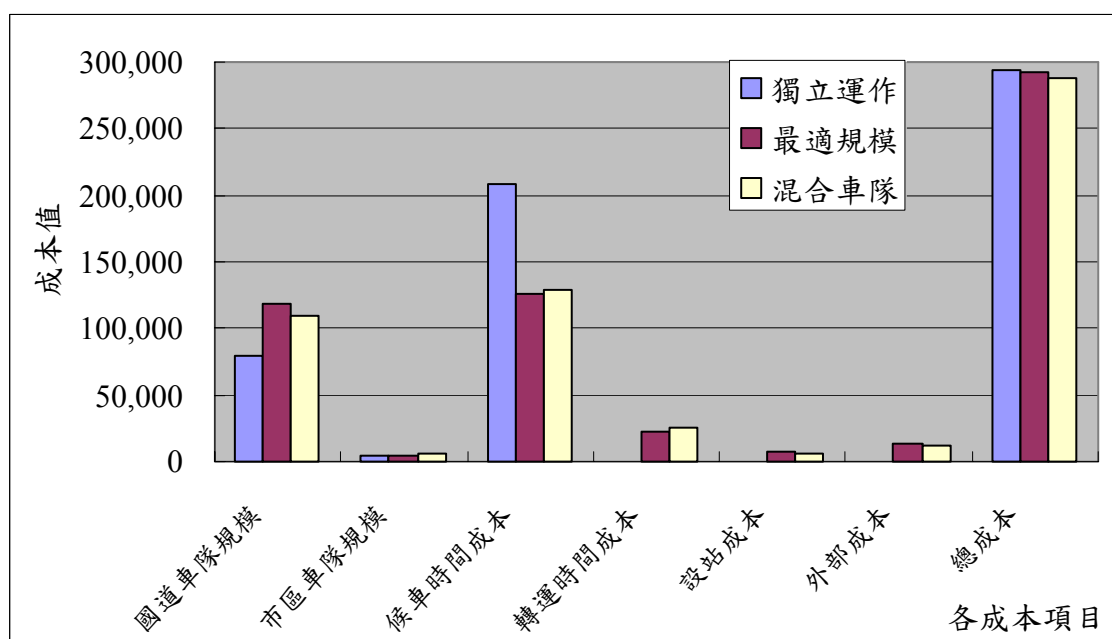


圖 5.23 實例獨立運作、最適規模及混合車隊等三型態各成本值比較

圖 5.24 中針對獨立運作、最適規模及混合車對等三種型態之系統總成本進行歸納比較，其結果明顯得知混合車隊可較獨立運作與最適規模型態分別降低 1,981、5,955 元/時。

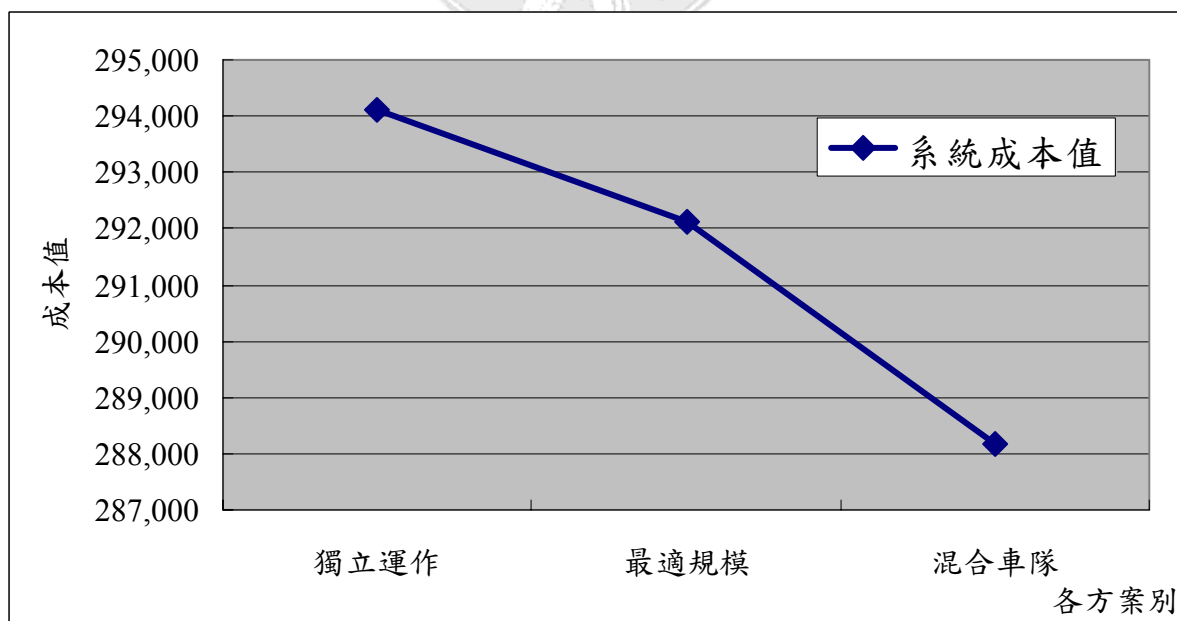


圖 5.24 實例獨立運作、最適規模及混合車隊等三型態總成本值比較

5.4.3 小結

本節乃是基於轉運站設置規模已達最適化之基礎上，為更能降低營運者成本與使用者成本，遂據以進行轉運站服務策略之規劃設計。從前述之分析中可明顯得知，若使用整數班距策略，其將可因各路線班距間之充分整合而能有效縮短乘客於轉運站所需之轉車時間，此可稍微彌補因設置轉運站而必須多增加之轉運成本；至於若採行混合車隊策略，藉由重新調整車輛容量，則將可增進車輛之使用效率，避免造成容量閒置之窘境，故可達到節省國道車輛規模之效益。茲將前述之分析結果統整歸納如表 5.31、圖 5.25 所示。而未來在「班距整合策略」與「混合車隊策略」之應用上，應有其時機之考量；一般而言，混合車隊策略是使用於前置規劃階段（從營運者角度考量），當營運者在購置車輛前即應預先考量各路線間之需求差異，並以不同車輛容量因應之，至於班距整合策略則是在車輛容量無法改變或調整有困難時（從乘客角度考量），可藉由各路線間班距之良好整合，達到縮短乘客轉車之等待時間，故兩種策略之實施皆能有效降低系統總成本值。

表 5.31 實例各種操作型態之系統總成本比較表

操作型態別	獨立操作	最適規模	整合班距	混合車隊
系統 總成本值	294,114	292,133	288,771	288,159
節省成本值	0	1,981	5,343	5,955
	-1981	0	3,362	3,974
節省 成本項目	---	起訖站 候車時間	國道車隊規模	國道 車隊規模
			起訖站 候車時間	外部成本
			轉車時間	

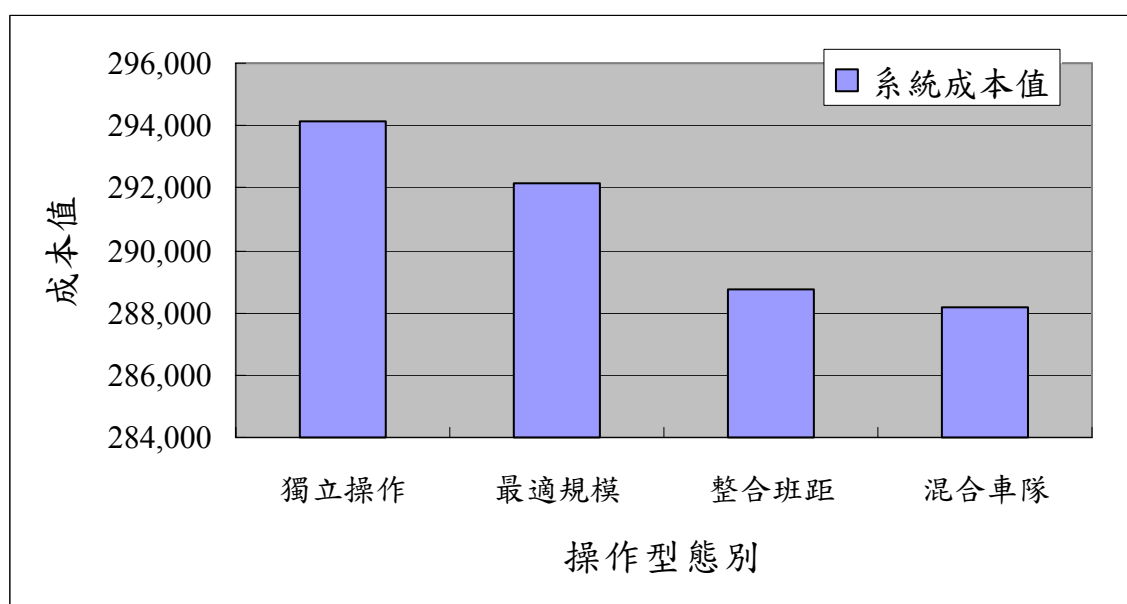


圖 5.25 實例各操作型態別之系統總成本比較圖



第六章 結論與建議

本研究採用分析性數學方法、數學規劃法及數值分析法等構建轉運站規模最適化模式，以同時求解轉運站可容納之最適路線組合、車輛座位數及營運班距等。在路線設計方面，針對國道客運市場與路性之特性並考慮轉運站容納之限制，共規劃出三種營運路線，包括直達型、轉運型及接駁型等。此外，由各參數敏感度分析可知，在不同市場特性下最適規模之系統總成本值皆不盡相同，亦即轉運站設置規模最適化有其適用之營運環境及其實施條件，至於在轉運站營運服務策略之規劃設計方面，本研究嘗試透過「整合班距策略」與「混合車隊策略」之實施，探討不同營運策略下對於系統總成本之變化情形。茲將本研究所獲得之重要成果歸納成以下幾點結論，並提出建議以供未來後續相關研究之參考。

6.1 結論

本研究所獲得之重要結論有以下幾點：

1. 本研究由管制者（即政府）之觀點出發，尋求透過設置適當規模之轉運站促使國道客運系統之社會總成本最小化，並以業者成本差異、乘客成本差異、管制者成本差異（包括場站營運成本及外部成本）等三項總和最小化為目標函數。此外，藉由所發展之尋優求解程序可明顯發現轉運站設置規模與其容納路線數間存有一權衡關係，進而可獲得公路客運轉運站之最適設置規模。
2. 轉運站之設置對於營運者、使用者及管理者均有其正、負效益。尤其過去在轉運站設置之營運成本及外部成本方面尚未有明確地討論；因此，本研究遂以該類成本與進站車輛數呈線性關係之假設進行相關模式之模擬，並獲得良好結果。
3. 研究中顯示設置適當規模之轉運站其優勢在於大幅降低乘客於起訖站之候車時間成本，而較不利之處在於國道車隊規模、轉車時

- 間、設站與外部等成本項目之增加。但整體而言，若設置適當規模轉運站進行營運並配合相關服務策略實施仍可較各路線獨立營運之型態具有效益。
4. 於設置適當規模轉運站前提下，本研究獲得未來規劃轉運站最適容納路線數時，除必須納入原有以轉運站所在地區為起訖點之路線及市區接駁路線外，尚應優先考量起訖點需求量少、起訖點需求量適中且路段對稱性較強之原有營運路線。如此，將可達到營運者、使用者及管制者三贏之局面
 5. 乘客候車及轉車時間價值對於轉運站應納入最佳轉運路線數之選擇具有顯著影響。當候車時間價值愈高，設置轉運站進行接駁轉運作業之條件就愈成熟，亦即基於設置轉運站效益最大化之前提下，其可容納之最適路線數將相對愈多。至於當轉車時間價值愈高時，則設置轉運站所獲得之效益將愈不顯著。
 6. 高速公路及地方道路行車速率之提昇均有助於國道客運業者營運成本之節省。其中，適中之國道行車速率，將促使轉運站之設置規模漸趨於穩定狀態。至於提高地方道路行車速率則會直接降低車輛之市區行車成本，但對於轉運站最適規模之影響不大。
 7. 國道車輛與市區接駁車輛固定成本之提高均會微幅增加業者之營運成本，但其對於轉運站最適規模之影響則不大，亦即轉運站之最佳容納路線數趨於穩定。
 8. 於政府設置轉運站之前提下，提高國道車輛與市區接駁車輛每車次之場站使用成本或設置外部成本，皆會增加進駐業者之營運成本，且若每車次分攤之場站使用成本或設置外部成本提高至相當程度，將會導致轉運站設置無效益之窘境；鑑於此，未來管理者於訂定場站使用成本時，應審慎評估考量，以兼顧進駐業者之成本效益。至於在規劃轉運站階段，應審慎考量其設置區位及周遭道路交通環境，以避免對該地區造成重大之衝擊影響。
 9. 本研究以統聯客運公司為例，若於台中中港交流道附近地區設置

轉運站，其轉運站最適規模下之容納路線數為 16 條（包括 15 條國道路線與 1 條接駁路線），並可降低國道路線原獨立營運成本達 1,981（元/時），此結果顯示設置轉運站之規劃工作並非僅只考量其區位，而尚應藉由調整容納路線數以促使轉運站發揮其最大之功用與效益。

10. 為更增進轉運站設置之效益，本研究遂於最適規模之基礎上，分別採行「整合班距策略」與「混合車隊策略」，且透過分析可明顯得知研擬適當之轉運站服務策略，確能大幅節省系統之總成本。
11. 研究中顯示於最適規模之基礎上實施整合班距策略對於國道車隊規模、候車時間及轉車時間等成本皆有改善之功能，其中尤以轉車時間成本最為顯著，此證明整合班距之實施確能符合縮短轉運時間之目標。惟發車間距較大之路線，建議必須以訂定時刻表方式或即時發車控制策略配合營運，如此方可顧及低需求路線之服務水準。
12. 研究中亦顯示於最適規模之基礎上採用混合車隊策略，對於國道車隊規模及轉運站外部等成本項目皆有改善之功能，其中尤以國道車隊規模成本最為顯著，此證明混合車隊之實施確能符合節省車隊規模之目標。此外，若能兼顧尖離峰時段之需求差異引進副大眾運輸系統之營運概念，將更能滿足使用者之潛在需求。
13. 於轉運站之營運服務策略方面，使用整數班距策略將可因各路線班距間之充分整合而能有效縮短乘客於轉運站所需之轉車時間，此可稍微彌補因設置轉運站而必須多增加之轉運成本；至於若採行混合車隊策略將可藉由重新調整車輛容量以增進車輛之使用效率，避免造成容量閒置之窘境，故可達到節省國道車輛規模之效益。

6.2 建議

針對本課題之後續研究方向，茲建議以下幾點：

1. 由於乘客到達起訖端之行為會因是否有訂定時刻表而產生不同之變化，建議未來可將乘客到站行為以一合適之機率分配來描述之，以更貼近真實行為。
2. 有關轉運站之設置營運成本與外部成本之模擬，本研究乃以進站車輛數為衡量依據，此一線性關係式之假設，未來可考慮以不同衡量基礎方式分別測試之，以尋求更合適之模擬方式。
3. 本研究中所採用之參數值多數為假設，建議後續相關研究可藉由統計調查資料取得，如此將更能貼近實際營運狀況。
4. 建議未來國內可由政府興建設置轉運站，以供各家客運業者進駐，而各家客運業者即可依據本研究所構建最適化模式求解應納入轉運站之最適路線數。此外，轉運站之運作亦可以策略聯盟方式經營，如此將可採用研究中所提及之「整合班距策略」與「混合車隊策略」進行實務營運上之調整，進而增進轉運站之使用效益。
5. 未來在「班距整合策略」與「混合車隊策略」之應用上，應有其時機之考量，建議混合車隊策略應使用於前置規劃階段（從營運者角度考量），當營運者在購置車輛前即應預先考量各路線間之需求差異，並以不同車輛容量因應之，至於班距整合策略則是建議在車輛容量無法改變或調整有困難時（從乘客角度考量），其可藉由各路線間班距之良好整合，達到縮短乘客轉車之等待時間，故兩種策略之實施皆能有效增進轉運站之設置效益。
6. 近年來台灣地區國道客運市場蓬勃發展，轉運站之觀念提倡與設置勢在必行。由本研究之研究結果可知，轉運站之實施條件與規模，並非一體適用，故相關政府單位與業者於設置轉運站同時，應同時考量轉運操作所衍生之各項正、負效益。此外，客運業者亦應檢討過去固定傳統之經營策略，並配合轉運站之規劃設置，而考慮以多元化之路線型態與車輛型式，依乘客需求提供最佳之班距服務水準。
7. 本研究乃是依據益本比觀念針對轉運站設置之前端規劃提供參考

依據，未來之後續性研究可朝轉運站內最適月台數之規劃、轉運站內相關設施之配置及轉運站內人車動線之規劃等課題，使轉運站規劃設計能更臻完整。



參考文獻

1. 交通部，「交通政策白皮書」，民國 91 年 1 月。
2. 國立交通大學運輸研究中心團隊，「高速公路智慧化之整體規劃期中報告」，交通部台灣區國道高速公路局委託研究計畫，民國 88 年 12 月。
3. 交通部統計處，「交通統計月報第 393 期」。
4. 交通部運輸研究所，「公路客運轉運中心之規劃 - 台北都會區」，民國 85 年 2 月。
5. George E. Gray, Lester A. Hoel, Public transportation, Second edition, 1992.
6. 亞聯工程顧問股份有限公司，「高速公路交流道附近設置轉運站可行性研究」，台灣省政府交通處委託，民國 85 年 7 月。
7. 朱正祺，「高速公路城際客運轉運操作最佳化模式之構建與求解」，交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國 85 年 6 月。
8. 交通大學運輸研究中心，「運輸系統與土地使用配合準則之研究」，新竹市政府委託，民國 85 年 8 月。
9. 台灣省政府交通處，「台灣省公路汽車客運營運路網整體改善規劃研究」，民國 84 年。
10. 中華民國運輸學會，「台灣省交通政策之研究」，台灣省政府交通處委託辦理，民國 84 年 12 月。
11. 鼎漢國際工程顧問股份有限公司，「台中市朝馬轉運站新建工程委託規劃、設計及監造」，台中市政府委託辦理，民國 91 年 6 月 6 日。
12. 交通部運輸研究所，「高雄都會區公路客運轉運中心之規劃」，民國 87 年。
13. 中華大學交通與物流管理學系，「高速公路大眾運輸系統轉運策略之研究」，高速公路局委託，民國 90 年 12 月。

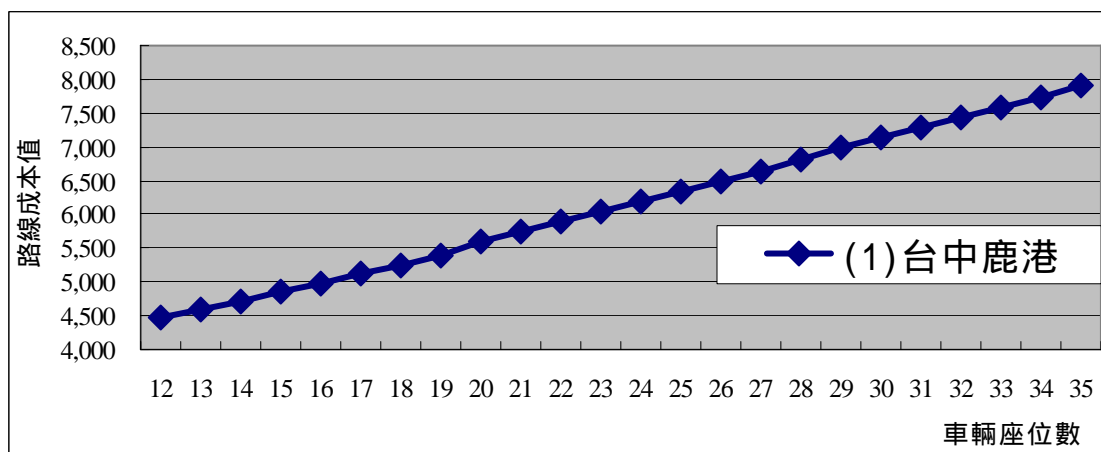
14. 邱裕鈞,「線性軸輻路網接駁轉運最適整合模式之研究」,交通大學交通運輸研究所博士論文,民國 88 年 12 月。
15. 許書耕、陳茂南、邱裕鈞,「高速公路客運轉運接駁系統運轉規劃」,運輸計畫季刊,第二十卷第三期,頁 315-338,民國 86 年。
16. 阮如芸,「捷運車站與接駁車站多目標區位選擇之研究」,交通大學碩士論文,民國 82 年。
17. 游政霖,「城際客運轉車系統路線設計之研究」,台灣大學土木工程學研究所碩士論文,民國 85 年 6 月。
18. 吳家麟,「長途客運轉運接駁站選位模式之研究」,交通大學管理科學研究所碩士論文,民國 73 年。
19. 陳健峰,「鐵公路轉運站公車適時派車決策模式之研究」,交通大學運輸工程與管理研究所碩士論文,民國 88 年 6 月。
20. Hall, R. W.,“Vehicle scheduling at a transportation terminal with random delay en route,”Transportation Science, 19, pp.308-320, 1985.
21. Bookbinder, J. H. and Desilets, A.,“Transfer optimization in a transit network,”Transportation Science, 26, pp.106-118, 1992.
22. Lee, K. K. T. and Schonfeld, P. M.,“Optimal slack time for timed transfer at a transit terminal,”Journal of Advanced Transportation, 25, pp.281-308, 1991.
23. Lee, K. K. T. and Schonfeld, P. M.,“Optimal headway and slack time at multi-route timed-transfer terminal,”Presented at 72nd TRB Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D. C., January, 1993.
24. Salzborn, F. J. M.,“Scheduling bus system with interchange,”Transportation Science, 14, pp.211-231, 1980.
25. 吳清醮,「大眾運輸準確轉車系統車輛排班之研究」,成功大學運輸管理科學研究所碩士論文,民國 76 年。
26. Baker, J. J., J. Calkin and Sylvester, S.,“Multi-centered time transfer system for capital metro, Austin, Texas,”Transportation Research Record, 1202, pp.22-28, 1988.

27. Chang, S. K., "Analytic optimization of bus system in heterogeneous environments," Ph. D. Dissertation, the University of Maryland, 1990.
28. Chang, S. K. and P. M. Schonfeld "Multiple period optimization of bus transit system," *Transportation Research*, Vol. 25B, No. 6, pp.453-478, 1991.
29. Chang, S. K. and P. M. Schonfeld "Optimization models for comparing conventional and subscription bus feeder services," *Transportation Science*, Vol. 25, No. 4, pp.281-298, 1991.
30. Reynold, M. M. and Hixson, C. D., "Transit vehicle meets system : a method for measuring transfer time between transit routes," *Transportation Research Record*, 1349, pp.35-41, 1992.
31. Ting, C. J., "Transfer coordination in transit networks," Ph. D. Dissertation, the University of Maryland at College Park, 1997.
32. Rapp, M. H. and Gehner, C. D., "Transfer optimization in an interactive graphic system for transit planning," *Transportation Research Record*, 619, pp.22-29, 1976.
33. Andreasson, I., "Volvo approaches to computer-aided transportation planning," *Transportation Research Record*, 657, pp.9-14, 1977.
34. 朱珮芸, 「公車與捷運的協調發車時間」, 台灣大學土木工程學研究所碩士論文, 民國 83 年。
35. 李克聰, 「大眾運輸接駁系統最佳化研究」, 國科會計畫, 民國 84 年。
36. 彭增光, 「都會區大眾運輸系統整合排班營運策略之研究」, 中央大學土木工程研究所碩士論文, 民國 86 年 6 月。
37. Abkowitz, M. D., "Operational feasibility of timed transfer in transit systems," *Journal of Transportation Engineering*, 113, pp.68-177, 1987.
38. 林祥生, 「管制環境下城際國道客運服務策略之最佳化分析」, 交通大學交通運輸研究所博士論文, 民國 86 年。
39. 邊泰明, 「加油站區位及規模之研究---以台北市為例」, 中興大學碩士論文, 民國 71 年 6 月。

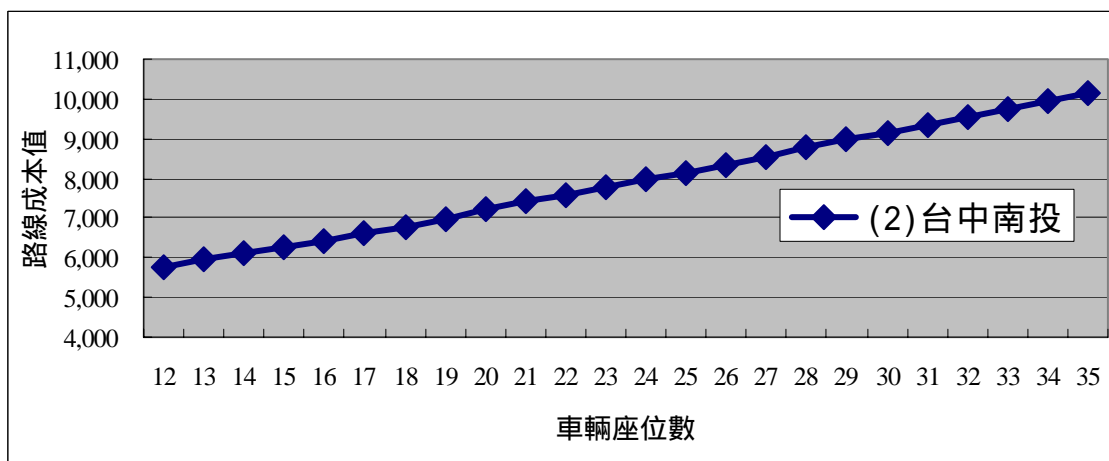
40. 陳榮輝，「規模經濟、旅行成本與都會設施規模之研究」，交通大學運輸工程與管理研究所碩士論文，民國 81 年 6 月。
41. 吳雅惠，「機場市場規模之研究」，交通大學運輸工程與管理研究所碩士論文，民國 82 年 6 月。
42. 呂昭宏，「捷運聯合開發場站最適基地規模之研究—以台南都會區為例」，成功大學都市計畫研究所碩士論文，民國 88 年 6 月。
43. 蔡建年，「高雄都會區最適都市規模分佈之研究」，中興大學法商學院都市計畫研究所碩士論文，民國 77 年 6 月。
44. 陳富義，「站前廣場規模之檢討分析」，中興大學法商學院都市計畫研究所碩士論文，民國 87 年 6 月。
45. 游佳瑜，「工業區最適規模之研究」，政治大學地政研究所碩士論文，民國 85 年 6 月。
46. 蕭幸金、張石柱，「醫院最適規模之探討」，管理學報第十四卷第四期，民國 86 年 12 月。
47. 張學孔，「管制情況下多時段大眾運輸費率與服務水準之最佳化」，行政院國家科學委員會專題研究，NSC84-2211-E002-036，民國 84 年。
48. 張學孔、盧曉櫻，「公車外部效益與最佳費率之研究」，中華民國運輸學會第十一屆學術論文研討會論文集，1067-1078 頁，民國 85 年 12 月。
49. 廖天賦，「最適都市公車型式之研究」，成功大學運輸管理科學研究所碩士論文，民國 80 年 6 月。
50. 張玉君，「公車系統最適車輛容量之研究」，成功大學運輸管理科學研究所碩士論文，民國 82 年 6 月。

附錄一

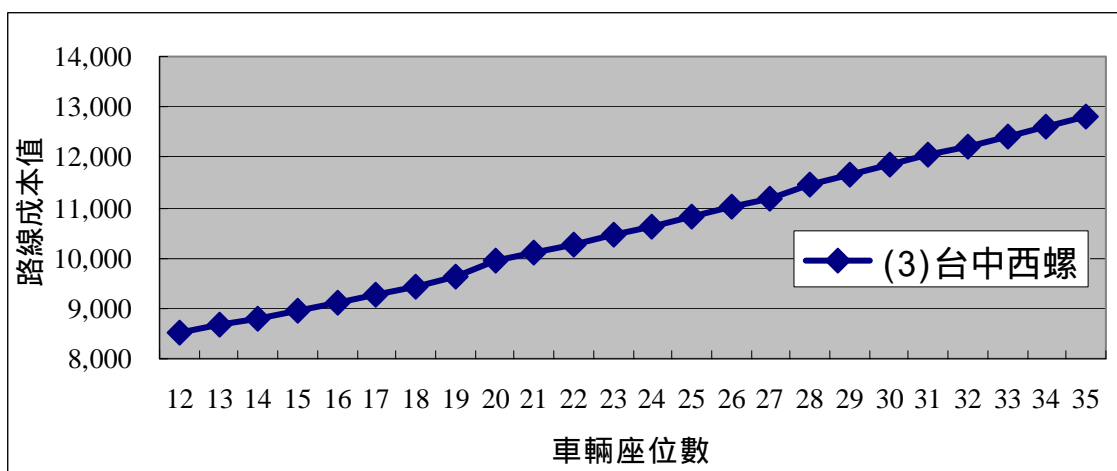
實例各路線最適座位數 求解趨勢圖



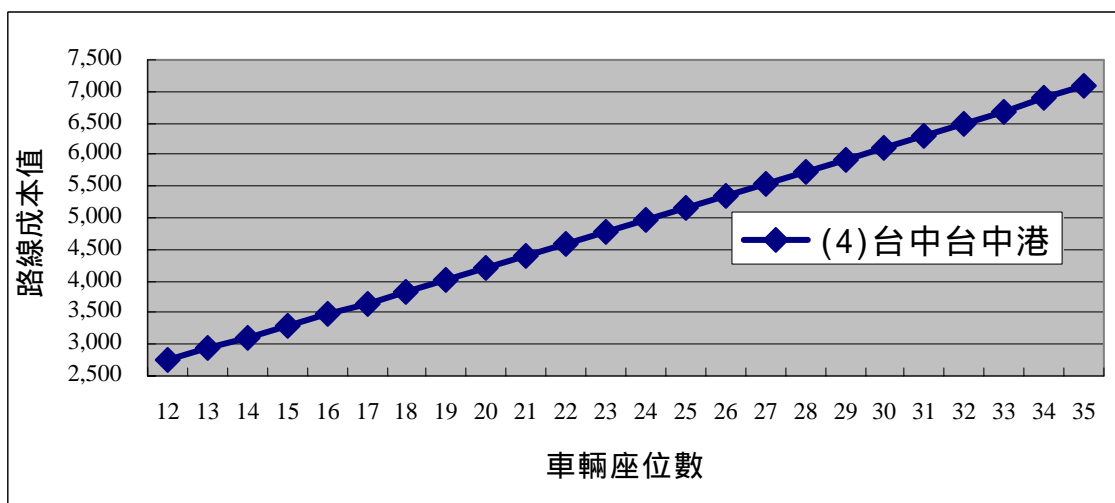
路線 1 (台中-鹿港) 座位數敏感度分析圖



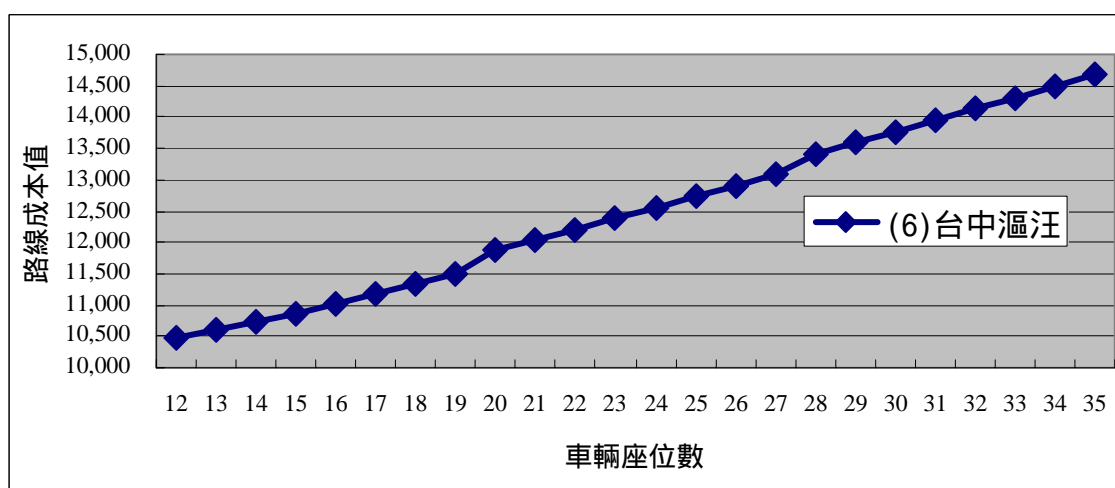
路線 2 (台中-南投) 座位數敏感度分析圖



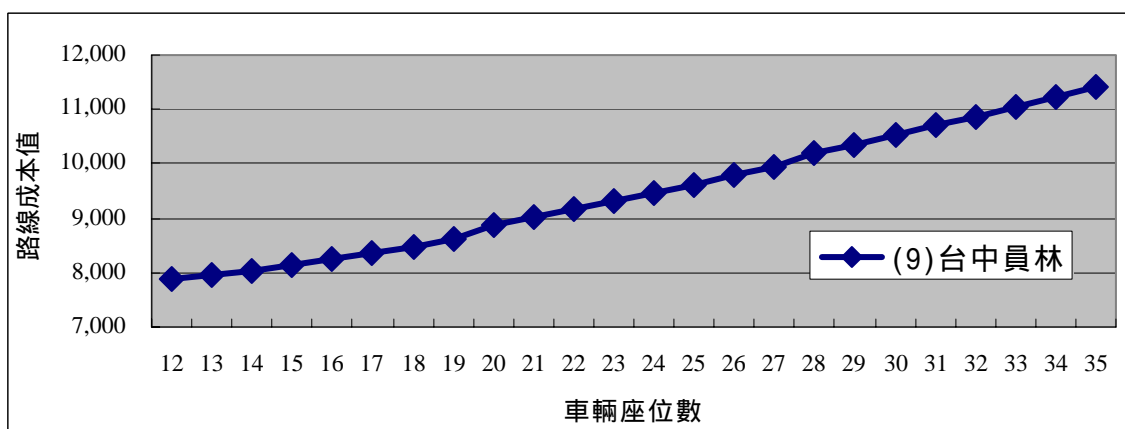
路線 3 (台中-西螺) 座位數敏感度分析圖



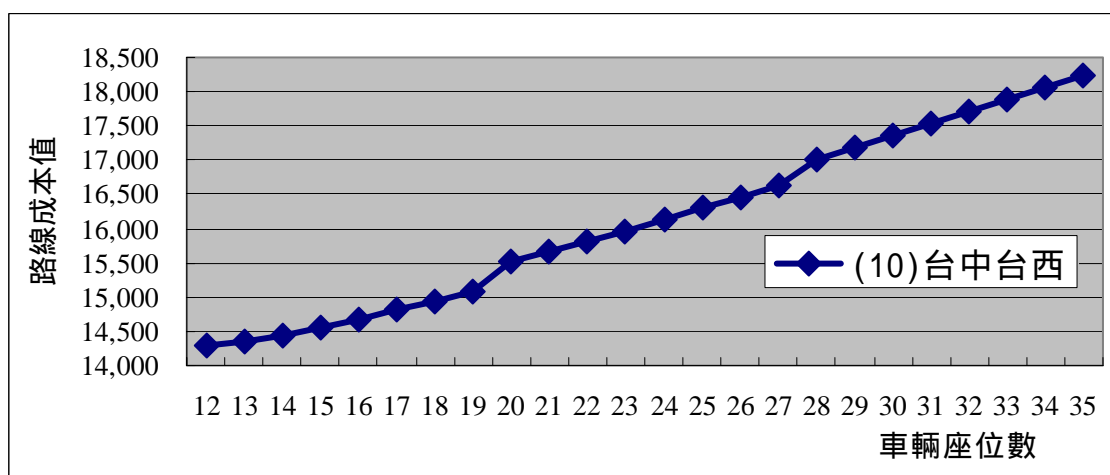
路線 4 (台中-台中港) 座位數敏感度分析圖



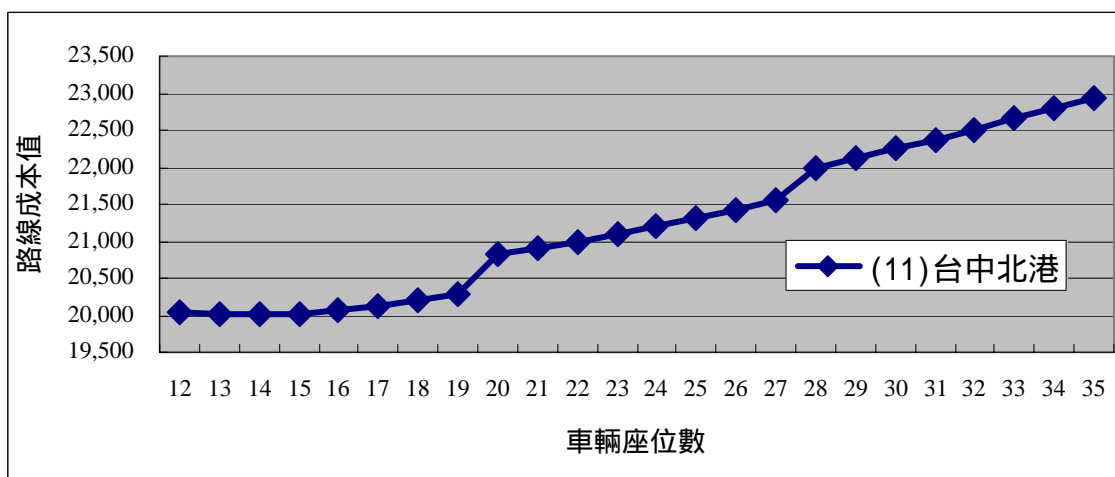
路線 6 (台中-臺南) 座位數敏感度分析圖



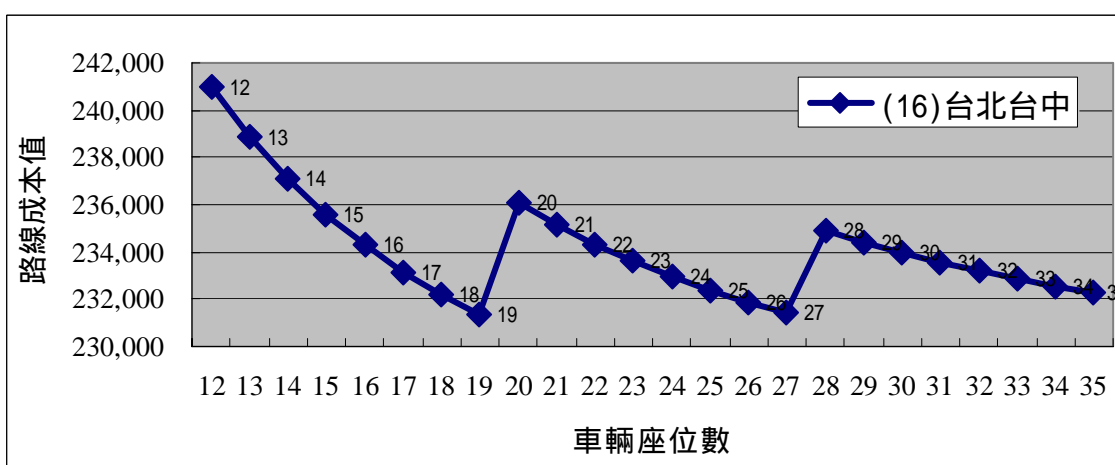
路線 9 (台中-員林) 座位數敏感度分析圖



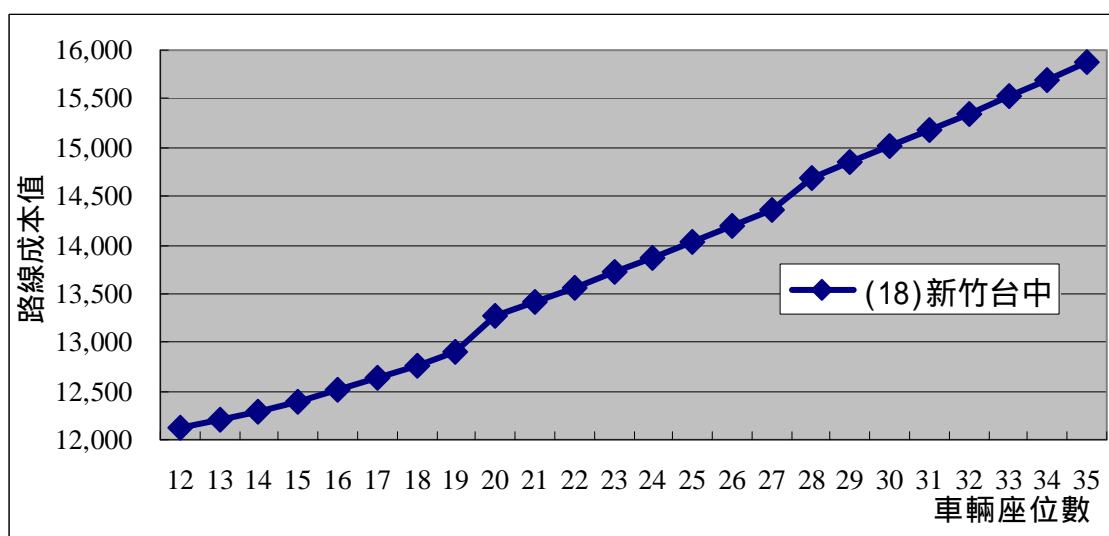
路線 10 (台中-台西) 座位數敏感度分析圖



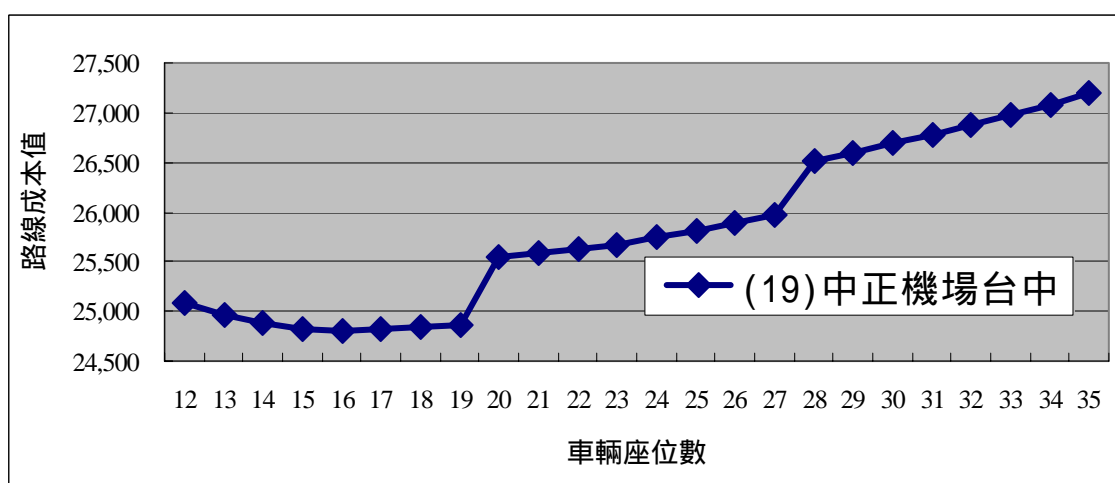
路線 11 (台中-北港) 座位數敏感度分析圖



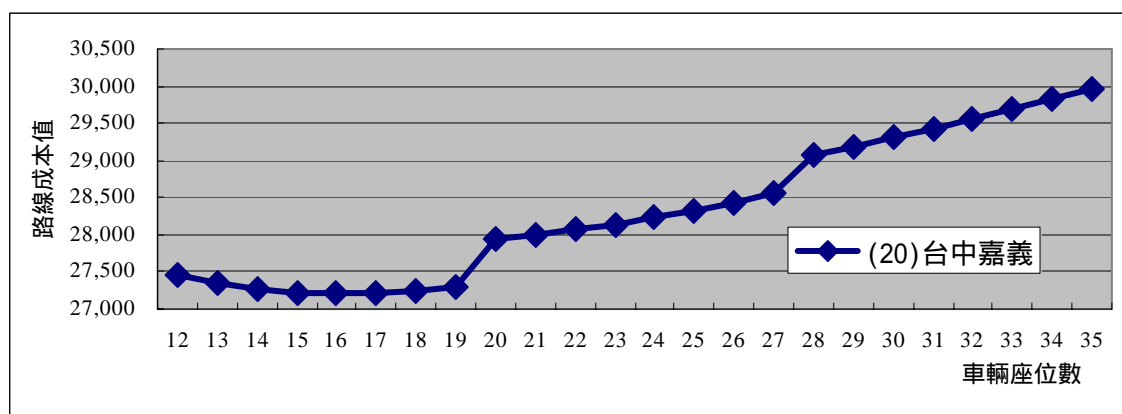
路線 16 (台北-台中) 座位數敏感度分析圖



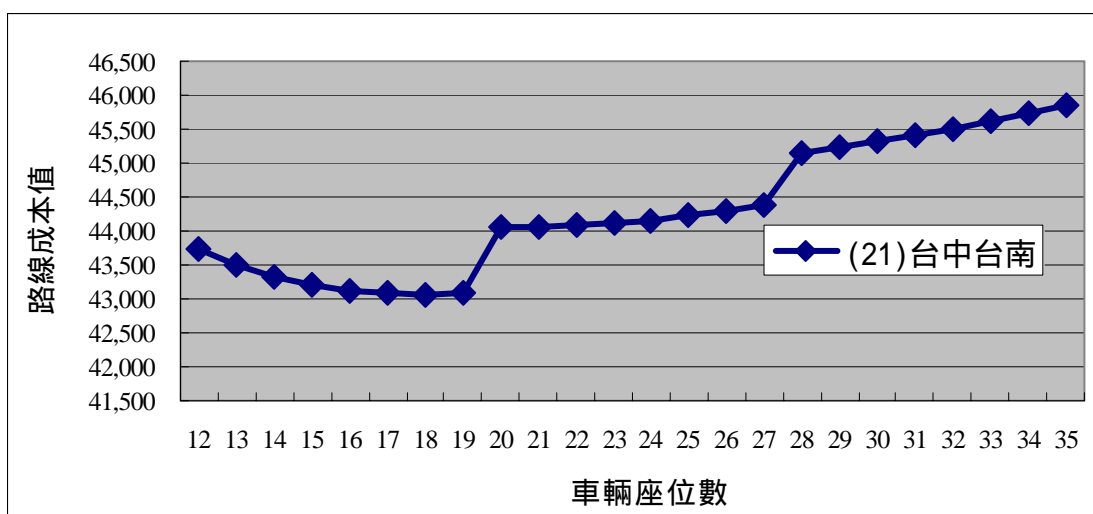
路線 18 (新竹-台中) 座位數敏感度分析圖



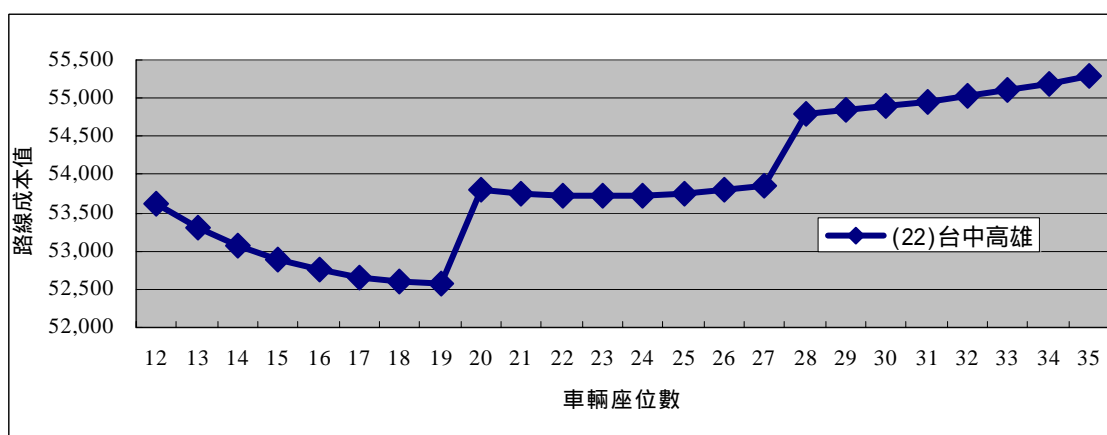
路線 19 (中正機場-台中) 座位數敏感度分析圖



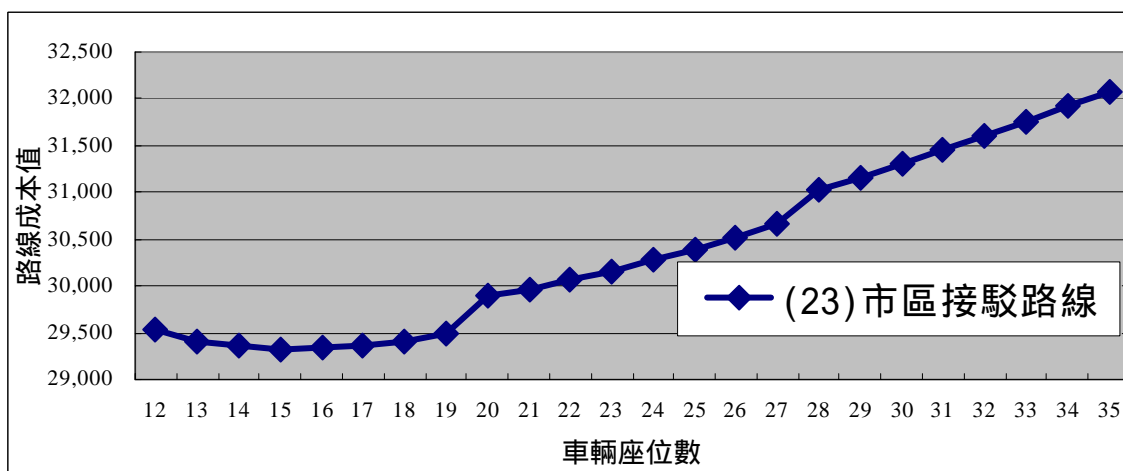
路線 20 (台中-嘉義) 座位數敏感度分析圖



路線 21 (台中-台南) 座位數敏感度分析圖



路線 22 (台中-高雄) 座位數敏感度分析圖



路線 23 (市區接駁路線) 座位數敏感度分析圖

作者簡歷



姓 名：陳昱豪

籍 貫：台灣省台南市

生 日：民國 66 年 11 月 14 日

學 歷：民國 92 年 6 月逢甲大學交通工程與管理學系碩士班畢業

民國 90 年 6 月逢甲大學交通工程與管理學系畢業

民國 85 年 6 月省立台南第二高級中學畢業

地 址：台南市 703 西區金華路四段 91 號

電 話：(06) 2294131