

逢 甲 大 學
交通工程與管理學系碩士班
碩 士 論 文

即時資訊下軸輻式網路效率評估

A Study of the Efficient Optimization of the
Hub-and-Spoke Network Using Real-time Information

指 導 教 授：葉名山

共同指導教授：王瑞民

研 究 生：陳俊豪

中華民國九十一年七月

摘 要

近年來，國內正積極推展成為全球運籌與物流中心，而貨物運送網路扮演極為重要之角色，因此改變貨物運輸網路來提昇營運效率，是目前貨運業者所努力之方向，而軸輻式網路（Hub-and-Spoke Network）較具運輸彈性並且運輸配送路網機動性高，為一可提升作業效率之方法，並能增加貨車之積載率，發揮運輸規模經濟之特性，以降低運輸成本。此外，透過商用車輛營運系統之引進，可透過先進科技之輔助，提供司機行前道路交通資訊、或途中之道路行駛指引，將有助於貨物運輸業者車隊之管理與派遣，以提高車隊整體之營運效率。本研究之目的在探討結合此兩種系統，使國內零擔貨運更具有效益性，並發揮其績效。

由於軸輻式網路具有集中貨物之功能，可使貨運業降低單位平均成本。因此本研究透過經濟規模與成本效益之觀念，針對貨運業之特性來構建運輸網路設計模式，以決定總營運成本最小之最佳貨物運送路線，而目標函數考量因素含站所固定成本、站所內之裝卸成本、車輛固定成本、及路線運送成本；並將車輛容量、站所容量、及路線流量守恆作為其限制條件。並以不同即時交通資訊提供下之決策行為，藉以評估即時交通資訊對軸輻式網路所帶來之效益。藉以分析結合商用車輛營運系統，對貨物營運網路所帶來之效率變化，協助業者選擇最佳成本效益投資方式。使貨運業者能發揮軸輻式路網之最大效用，以增進本土貨運業者之營運競爭力與客戶滿意度。

關鍵詞：軸輻式網路、商用車輛營運系統、運輸規模經濟、即時資訊

Abstract

Recently, the government has been developing the global logistics center. The freight transportation has been playing a very important part in the logistics system. Therefore, aggressive proprietors change the freight transportation's network to increase the efficiency. The hub-and-spoke network has the transportation's flexibility and the high mobility. It is the effective method that can increase the efficiency. It also can increase the storage factor of trucks and decrease the transportation cost. Furthermore, hub-and-spoke network has the capability to concentrate goods and it also can elaborate the economical scale of the freight transportation to decrease the unit average operating cost. This study considers total cost of the transportation that is base on the characteristic of a proprietor, and the relationship between the numbers of runs in schedules, distances, and the transportation cost. The model of this study is formulated by minimum cost to determine the optimum hub-and-spoke network on each route. This study also will use a real cargo network and collect practical data to prove the feasibility of this model and to show the important results. Finally this study simulates the real-time information in order to understand the hub-and-spoke network's benefit when it combines commercial vehicle operation system. This research has used the method of the mathematical programming to construct the selected model of the freight route. The major benefits of this study can help the freight company chooses the best working plan, and improves the competitive ability.

Keywords : Hub-and-Spoke Network, Commercial Vehicle Operation System, Economical Scale of Transportation, Real-time Information

目 錄

誌謝	
中文摘要	
英文摘要	
目錄	
圖目錄	
表目錄	
第一章 緒論	1
1.1 研究動機與背景	1
1.2 研究目的	3
1.4 研究範圍	4
1.5 研究流程	5
第二章 文獻回顧	9
2.1 貨物載運規劃與運輸網路之相關研究	9
2.2 軸輻式營運網路之相關研究	14
第三章 現況分析	16
3.1 貨物運輸業之現況	16
3.1.1 汽車路線貨運業	17
3.1.2 儲配運輸業	24
3.2 商用車輛營運系統(ITS/CVO)應用現況	27
第四章 運輸網路設計模式構建	35
4.1 問題分析	35
4.1.1 路線轉運作業運務車輛作業模式	35
4.1.2 物流用地取得	38
4.1.3 交通運輸問題	38

4.1.4 小結.....	40
4.2 運輸網路設計模式之建立.....	40
4.2.1 模式之基本假設.....	41
4.2.2 運輸網路設計模式.....	42
4.2.3 數學模式特性與說明.....	44
4.3 模式求解流程.....	45
4.4 模式正確性之驗證.....	46
第五章 實證研究.....	49
5.1 已知參數之獲得.....	49
5.2 實證結果分析.....	52
5.2.1 測試路網一.....	52
5.2.2 測試路網二.....	67
5.2.3 小結.....	82
第六章 結論與建議.....	84
6.1 結論.....	84
6.2 建議.....	87
參考文獻.....	88
附錄 測試路網之各項成本列表.....	91

圖目錄

第一章 緒論

圖 1.1、研究流程圖	8
-------------------	---

第三章 現況分析

圖 3.1、商用運輸系統智慧化之目的	27
圖 3.2 日本 ITS/CVO 系統架構	31
圖 3.3 國內「商用運輸系統智慧化」技術應用發展現況	34

第四章 運輸網路設計模式構建

圖 4.1、衛星所對衛星所	36
圖 4.2 衛星所對衛星所(兼轉運中心功能)	36
圖 4.3 衛星所經轉運中心到衛星所(兼轉運中心功能)	36
圖 4.4 衛星所經兩轉運中心到衛星所	37
圖 4.5 衛星所經轉運中心透過中繼站再經轉運中心到衛星所	37
圖 4.6 軸輻式網路示意圖	41
圖 4.7 模式求解流程圖	46
圖 4.8 測試路網圖	47
圖 4.9 測試路網結果示意圖	48

第五章 實證研究

圖 5.1 測試路網一之示意圖	53
圖 5.2 貨運量變化之敏感度分析結果	56
圖 5.3、測試路網結果示意圖	56
圖 5.4 貨運量變化之敏感度分析結果	57
圖 5.5 測試路網結果示意圖	57
圖 5.6 貨運量變化之敏感度分析結果(無即時資訊)	59
圖 5.7 貨運量變化之敏感度分析結果(有即時資訊)	59
圖 5.8 有無提供即時資訊之成本比較	60

圖 5.9 測試路網結果示意圖	60
圖 5.10 貨運量變化之敏感度分析結果(無即時資訊).....	61
圖 5.11 貨運量變化之敏感度分析結果(有即時資訊).....	62
圖 5.12 有無提供即時資訊之成本比較	62
圖 5.13 貨運量變化之敏感度分析結果(無即時資訊).....	64
圖 5.14 貨運量變化之敏感度分析結果(有即時資訊).....	64
圖 5.15 有無提供即時資訊之成本比較	65
圖 5.16 貨運量變化之敏感度分析結果(無即時資訊).....	66
圖 5.17 貨運量變化之敏感度分析結果(有即時資訊).....	66
圖 5.18 有無提供即時資訊之成本比較	67
圖 5.19、測試路網二之示意圖	68
圖 5.20 貨運量變化之敏感度分析結果	71
圖 5.21、測試路網之示意圖	71
圖 5.22 貨運量變化之敏感度分析結果	72
圖 5.23 測試路網之示意圖	72
圖 5.24 貨運量變化之敏感度分析結果(無即時交通資訊).....	74
圖 5.25 貨運量變化之敏感度分析結果(有即時交通資訊).....	75
圖 5.26 有無提供即時資訊之成本比較	75
圖 5.27 貨運量變化之敏感度分析結果(無即時交通資訊).....	76
圖 5.28 貨運量變化之敏感度分析結果(有即時交通資訊).....	77
圖 5.29 有無提供即時資訊之成本比較	77
圖 5.30 貨運量變化之敏感度分析結果(無即時交通資訊).....	79
圖 5.31 貨運量變化之敏感度分析結果(有即時交通資訊).....	79
圖 5.32 有無提供即時資訊之成本比較	80
圖 5.33 貨運量變化之敏感度分析結果(無即時交通資訊).....	81
圖 5.34 貨運量變化之敏感度分析結果(有即時交通資訊).....	81
圖 5.35 有無提供即時資訊之成本比較	82

表目錄

第三章 現況分析

表 3.1、路線貨運業場站之現有功能與區位需求.....	19
表 3.2、路線貨運業場站之未來功能與區位需求.....	21
表 3.3、貨車車輛類別、組合及限重.....	22
表 3.4、貨物運輸業別之比較.....	26

第四章 運輸網路設計模式構建

表 4.1、測試路網之節線單位成本.....	47
表 4.2、測試路網之分區間貨量需求.....	47
表 4.3、中繼站及營業所之組裝成本、固定成本及容量.....	48

第五章 實證研究

表 5.1、實證研究之狀況列表.....	52
表 5.2、測試網路一之貨物運輸網路結構資料.....	53
表 5.3、測試網路一之貨物起迄對貨運量.....	54
表 5.4、測試網路一之中繼站區位規模與固定成本.....	54
表 5.5、測試網路一之營業所區位規模與固定成本.....	54
表 5.6、各情境狀態之假設列表.....	55
表 5.7、有無即時交通資訊之成本比較.....	59
表 5.8、有無即時交通資訊之成本比較.....	61
表 5.8、有無即時交通資訊之成本比較(續).....	62
表 5.9、有無即時交通資訊之成本比較.....	64
表 5.10、有無即時交通資訊之成本比較.....	66
表 5.11、測試網路二之貨物運輸網路結構資料.....	67
表 5.12、測試網路二之貨物起迄對貨運量.....	68
表 5.12、測試網路二之貨物起迄對貨運量(續).....	69
表 5.13、測試網路二之中繼站區位規模與固定成本.....	69
表 5.14、測試網路二之營業所區位規模與固定成本.....	70

表 5.15 有無即時交通資訊之成本比較.....	74
表 5.16 有無即時交通資訊之成本比較.....	76
表 5.17 有無即時交通資訊之成本比較.....	79
表 5.18 有無即時交通資訊之成本比較.....	81



第一章 緒論

1.1 研究動機與背景

近年來，國內正積極推展成為全球運籌與物流中心，其中，海運、空運轉運中心的設立，將有利於國際物流地位之提昇；而國內貨物運輸之效率若未能適時地提昇，則海空運轉運中心之效益將無法達成預期之目標。目前國內貨物運輸以直接運輸最為普遍，但零擔貨物的來源不確定性較高且國內交通環境日益惡化，如何去滿足具有高時效性之貨物，已成為貨運業者目前所重視之問題。因此改變貨物運輸網路來提昇營運效率，是目前貨運業者所欲前進之方向。而軸輻式網路（Hub-and-Spoke Network）已被使用於國外大型零擔貨物運輸網路架構，其主要區分為中繼站與營業所兩類【林正章君，民 88】。因此，可透過中繼站將轉運之貨量集中，如此有助於機械化之引進，減少人工作業，降低裝卸成本；營業所只收送貨物，功能趨於簡單，故可減輕尋找土地之困難，並且朝分散化發展，如此將更突顯中繼站之轉運功能。由於軸輻式網路較具運輸彈性並且運輸配送路網機動性較高，將可提升整體之作業效率。而且其優點除能有效提高貨物轉運之功能，並能儘量增加貨車之積載率，以降低運輸成本。

隨著科技的進步，近年來各先進國家皆積極投入智慧型運輸系統（Intelligent Transportation System, ITS），智慧型運輸系統係由電子、通訊、導航、電腦、以及控制等技術加以整合而成，為一種可以提昇運輸機動性、能源效率以及環保，進而改善交通運輸問題的系統，以達成改善運輸效率、增進交通安全等，同時亦是讓有限的運輸資源發揮最大效用與效率的方法之一。一般又分為七個子系統，包括先進旅行者資訊系統（Advanced Traveler Information System, ATIS）、先進大眾運輸系統（Advanced Public Transportation System, APTS）、先進交通管理系統（Advanced Traffic Management System, ATMS）、先進行車控制及安全系統（Advanced Vehicle Control and Safety System,

AVCSS) 自動公路系統 (Automatic Highway System , AHS) 商用車輛營運系統 (Commercial Vehicle Operation , CVO) 先進郊區運輸系統 (Advanced Rural Transportation System , ARTS)。其中商用車輛營運系統係指利用智慧型運輸系統之相關應用技術來協助陸路商業運輸系統之營運管理，期能達到增進道路交通安全、簡化行政管理流程、提昇經營效率與競爭力【19】。

目前已有相當多之科技技術應用於商用運輸車隊上，如何透過智慧型運輸系統來提昇整體之效率，以及實際經營面的成本效益 (cost-benefit)，已成為一個相當值得探討之問題。目前，因應全球物流的發展趨勢，國內已有少數零擔貨運業者引進軸輻式網路經營觀念以及龐大的貨物排序 (Sorting) 設施，但新經營觀念與智慧型運輸系統之整合問題，目前國內則無任何參考文獻或研究，以茲證明其效益。過去相關的作業研究問題，大多針對於尋求軸輻式網路的站所設置區位 (Facility location) 路線規劃 (Routing) 及車隊排程 (Scheduling) 等相關問題，並未對軸輻式網路之最大與最小經營規模，以及結合即時資訊下所得之效益進行分析研究。

然而現行國內貨物運輸業者之中繼站的功能大多由大型營業所兼代，受到貨物處理量未達經濟規模，使得場站機械化之效益不大，故大多仍靠人力作業，以致效率無法提昇。未來隨著貨物處理量之增加，使目前之場站容量不敷使用，且都會區土地取得愈趨困難之情況下，將造成業者有效營運之瓶頸。因此貨物運輸營運網路將朝向軸輻式營運網路之方向前進，於北中南各設置一大型轉運中心，如此將有助於貨物處理量之集中，亦有助於機械化之引進，減少人力作業，以降低場站之貨物處理成本。透過轉運中心之設置，營業所將朝向小型化、分散化發展；而營運車輛之積載率亦可隨之提高，以降低運送成本。而商用車輛營運系統之引進，可透過先進科技之輔助，提供司機行前道路交通資訊、或途中之道路行駛指引，可有助於貨物運輸業者車隊之管理與派遣，以提高車隊整體之營運效率。

今年政府已加入世界貿易組織 (WTO)，未來可能解除對國內貨物運輸業進出、費率與路線之限制，這將使得國內貨物運輸市場面臨極大的挑戰，且國內交通整體網路日趨完整，國內貨物運輸業者如何

有效以軸輻式營運網路為架構來進行貨物運送服務，並利用即時交通資訊提昇其營運效率，此乃為本研究之主要研究動機。

1.2 研究目的

本研究將針對國內貨物運輸業者之運輸網路進行瞭解，構建一軸輻式營運網路，透過中繼站區位與規模，及營運車輛之規劃，使業者能以最低成本進行貨物運送之服務。在應用方面，將商用運輸系統所提供之即時交通資訊納入考量，透過情境之設計，在不同即時交通資訊提供下，瞭解結合資訊後對整體營運網路之影響、運輸成本之變化、及分析中繼站所需設置之規模大小，並依據不同貨量進行敏感度分析。

本研究將有助於提昇國內對於商用運輸系統智慧化之研究水準與應用項目，同時對於國內零擔貨運業者之經營管理模式將有正面效益。透過學理方法之研究，系統性評估貨物運輸效率以及結合即時資訊後之綜合效果，將有助於國內發展商用運輸智慧化之目標確認。因此，本研究具體而言，有以下幾點研究價值：

1. 描述國內貨物運輸業營運方式之現況及其面臨營運上之瓶頸，並瞭解國內外商用車營運系統（CVO）應用之現況。
2. 構建一以軸輻式營運網路為架構之貨物運輸網路設計模式，並透過不同貨量變化進行比較，探討其整體營運網路及總運送成本之變化。
3. 驗證引進軸輻式網路之效益，以協助於本島運輸效益之提昇。
4. 研擬車隊與運輸網路之綜合績效指標評估方式，有助於車隊管理與公司營運投資之參考。

5. 模擬商用車輛營運系統應用於實際情況之中，了解即時交通資訊系統於軸輻式網路之績效。

1.3 研究範圍

由於貨物運送網路扮演極為重要之角色，首先需了解何種貨物運送網路適合國內採用。而軸輻式網路具有集中貨物之功能，可發揮運輸規模經濟之特性，以提高貨車積載率，使貨運業者降低單位平均成本。本研究以軸輻式網路為架構，透過經濟規模與成本效益之觀念，針對中繼站區位、車輛數、運送成本來考量，建構其運輸網路設計模式，以求出最佳之軸輻式營運路網，使其營運總成本能達到最小。並於實證分析中，利用提供即時交通資訊下之決策行為，透過模式之求解，獲得不同決策行為下營運路網之路線與其營運成本，及中繼站規模之變化；並透過不同貨量之增減進行分析比較。以期利用研究之成果增進貨運業者之營運競爭力。本研究之範圍與限制可臚列如下：

1. 在汽車運輸業管理規則中對於貨物運輸行業類別的規定僅有汽車貨運業、汽車路線貨運業及汽車貨櫃貨運業三類，但因其實際營運特性之不同，早已有其他以載貨汽車運送貨物為營業之行業類別產生【18】。事實上，目前國內的貨物運輸業近年來已開始從事多角化的經營，除本身原來之營業項目外，陸陸續續增加其他與貨物運輸相關的行業。其經營項目除路線貨運外，亦透過成立物流中心，進入日用品類物流系統，也同時兼營儲配運輸業務等貨物運輸相關的行業。由上述可知貨物運輸整體範圍廣泛，本研究便僅針對汽車路線貨運業及儲配運輸業兩者進行探討，其他營運項目如汽車貨櫃貨運業等則不納入考量。
2. 本研究所探討之軸輻式網路問題，僅針對營業所與中繼站之營運網路進行探討，即對站所區位及其營運路線進行探討，

屬於貨運業者營運決策之訂定。而對於顧客分區之服務網路貨物運送問題則將其簡化，亦即是將顧客分區指派給該分區之營業所進行服務，不對分區內之服務路線進行規劃。

3. 目前許多都會區對於進入貨車的大小、重量、時段均有限制。在考慮車流量以及大、小車並行容易嚴重影響人車安全的情況下，對於大貨車進入市區某些地區有時段的限制。因此本研究將營運車輛種類區分為大小型車輛，大型車輛負責營業所與中繼站之貨物運送、小型車輛則負責收集營業所與顧客間之貨物運送。
4. 目前國內商用車輛營運系統相關技術應用發展，主要包括輸配送決策支援系統、車隊管理及車輛保全系統、車輛辨識與動態地磅系統三大系統。本研究利用商用車輛營運系統中之即時交通資訊提供部份進行應用，透過不同交通資訊提供下之決策行為，瞭解即時交通資訊系統於軸輻式網路下之績效。

1.4 研究流程

首先定義研究之範圍與目的，經由文獻回顧與現況之探討，針對研究之內容與可能之貢獻加以分析，探討過去相關研究、使用之方法與未曾考慮之因素，藉以定義重要之變數，以構建出運送網路設計模式。並探討貨運量變動時，營運成本之消長情況，及其可能選擇之運送路徑，以做為貨運業者設立中繼站之決策參考。於實證研究中透過實際貨運業者之相關資料，經由運輸網路設計模式計算，獲得營運成本最佳之營運路線，並利用不同貨量進行敏感度分析，以了解其績效指標。在模式之應用上，以不同交通資訊提供下之決策行為，分別對不同之中繼站規模、營運路線之變化、及其相對應之營運成本進行分析，藉以評估即時交通資訊對軸輻式網路所能帶來之效益，以供貨運業者實際營運之參考。研究流程如圖 1.1，而各項研究內容如下：

1. 界定研究目的與範圍

由於貨物運送之範圍甚為廣泛，首先界定研究範圍以及目的，以利後續研究之進行。本研究僅針對汽車路線貨運業、及物流業兩者進行探討，了解運用軸輻式網路對業者所能帶來之效益；並透過不同交通資訊提供下之決策行為，瞭解即時交通資訊於軸輻式網路下所帶來之績效。

2. 文獻回顧

本階段針對過去所進行之相關研究，包括貨物載運規劃、軸輻式營運網路等相關問題，做通盤之整理，首先瞭解軸輻路網有集中貨物的功能，集中的貨物在主幹線上增加流量，以達到規模經濟，降低總運送成本。並瞭解構建運輸網路設計模式時，所應考慮的各項處理方式與限制（如站所區位及規模大小等），以構建出合理且有效之運輸網路設計模式。並擷取過去研究之優點，使本研究之內容更趨完善。

3. 現況分析

本階段針對貨物運輸業之營運現況、與國內外商用車輛營運系統之應用現況進行介紹。貨物運輸業之營運現況依其作業現況描述作業情形及特性，並蒐集相關貨運營運相關資料，如業者於構建營運網路所必須考量之站所區位、土地規模、及車輛大小等所必須面臨之作業限制。並回顧國內外商用車輛營運系統之應用現況，以協助瞭解即時交通資訊應用於商用車輛之情形，以利本研究後續應用即時交通資訊於軸輻式營運網路之績效測試。

4. 運輸網路設計模式之建立

構建運輸網路設計模式以決定總營運成本最小之最佳貨物運送路線，目標式考量站所固定成本、站所內之裝卸成本、車輛固定成本、及路線運送成本；並將車輛容量、站所容量、及路線流量守恆作為其限制條件。為驗證模式之正確性，本

研究構建一小型測試網路來測試模式之正確性，以 GAMS 商用軟體進行測試工作。

5. 不同交通資訊提供下之決策行為

此部份為模式之應用，以不同交通資訊提供下之決策行為（如營運路線上發生壅塞，貨車改行替代道路），獲得不同情境下之個別營運路線與成本，藉以評估即時交通資訊對軸輻式網路所帶來之效益。

6. 中繼站規模、營運路線、及總營運成本分析

透過實際貨運業者之相關資料，利用運輸網路設計模式進行計算，以求得貨運業者之最佳營運成本。並依據不同即時交通資訊之情境，獲得不同情境下之中繼站規模、營運路線、及總營運成本，藉以分析有無即時交通資訊下，中繼站所需設置之規模，及營運路線與營運成本上之變化。

7. 不同貨運量敏感度分析

此步驟對模式進行敏感度分析，透過不同貨運量之變化，並配合不同即時交通資訊之決策行為，了解所求目標之變化，獲得其上下限之邊界區間，以了解模式中重要之績效指標，提高模式之正確性。

8. 研擬結論與建議

本研究將依據研究成果、心得，研擬具體結論、建議，以供貨運業者參考，並提出後續研究事項，以供後續研究人員對於相關課題研究之參考。

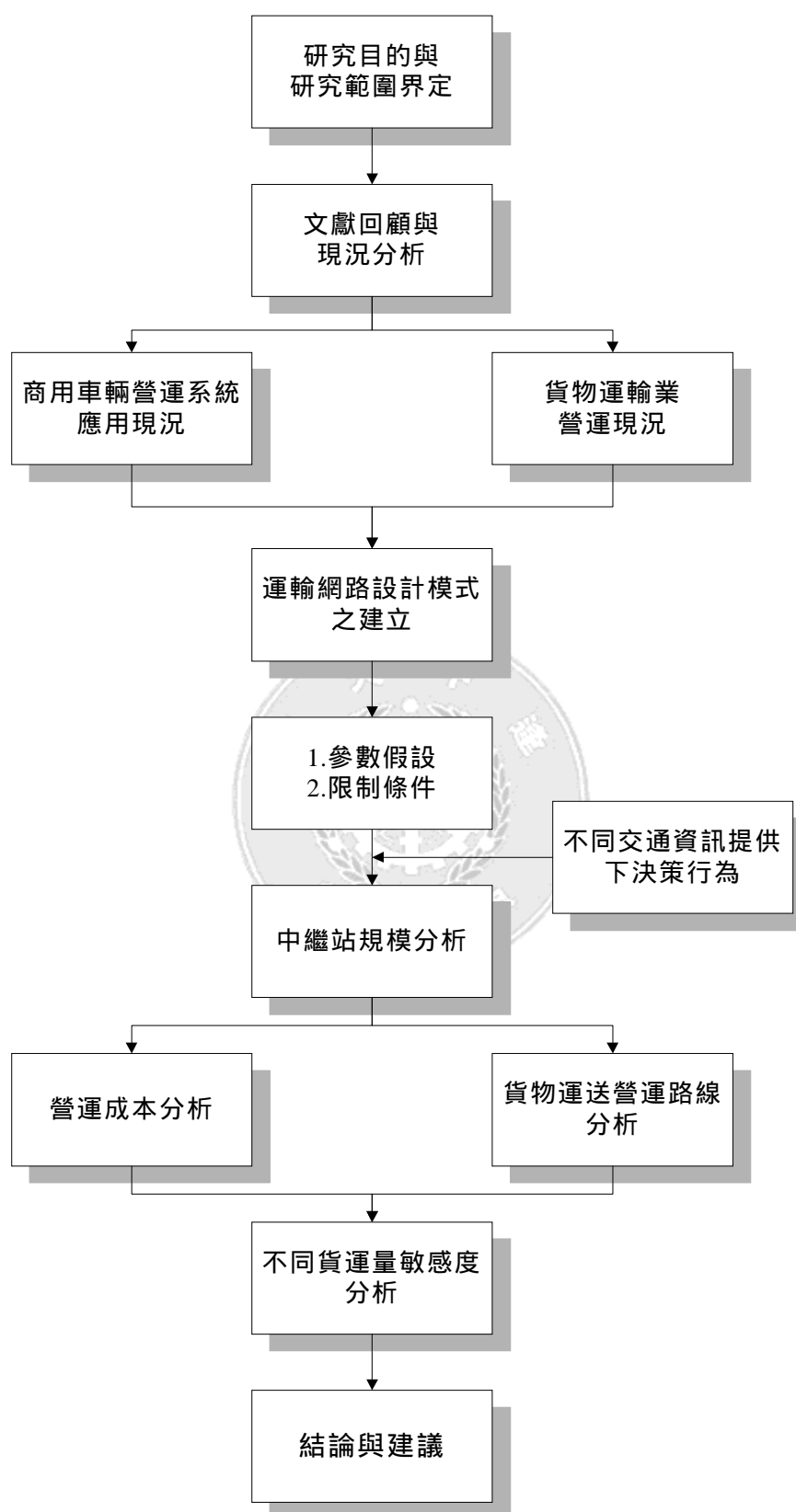


圖 1.1、研究流程圖

第二章 文獻回顧

本研究以軸輻式網路為架構，求出貨運業者最佳軸輻式營運路網，並探討結合即時資訊對軸輻式網路所帶來之效益。本章回顧以往國內、外研究學者相關的研究文獻，期能從中清楚地認識貨物載運規劃、軸輻式路網等相關問題，並擷取過去研究之優點。於 2.1 節中首先回顧貨物載運規劃與運輸網路之相關研究；2.2 節回顧軸輻式營運網路之相關研究。

2.1 貨物載運規劃與運輸網路之相關研究

有關貨運業營運規劃與運輸網路設計相關研究部份，貨運業者營運的策略是設計一個營運網路，滿足多項服務。在合理的競爭價格下，研擬一個有效率的營運計畫，以謀取最大營運利潤。短期而言，貨運業者營運計畫包括了多項營運決策，如貨物路徑、貨車型態及數量、運送路線、司機行車時刻表等營運網路設計等決策因素。在相關文獻中，主要是對營運網路的各項特徵例如對車輛排班提出分析，或提出網路設計的最佳化模式。

在知道運輸市場需求和貨運公司的運輸網路結構之下，業者先決定貨物路徑（Freight Routing Planning），再決定貨車型態和數量（Freight Vehicle Assignment Planning），最後決定司機行車時間表（Vehicle Crew and Scheduling Planning）。貨物路徑選擇問題是業者在營運網路容量及營運方式限制下，決定營運成本最低的貨物路徑並滿足顧客時效上的要求【林正章，民 84】。但貨物路徑會影響到貨車型態與數量的選擇，所以有些學者將貨物路徑與貨車型態和數量合併考慮稱之為載運問題【Powell and Sheffi, 1989；Leung, et al., 1990；Lin, 1990】而司機排班問題是決定成本最低之司機人員數和合乎法律規定的工作時刻表來拖運所有需要運輸的貨物。

Gordon and Neufville（1973）提出了選擇路網的方法，在已知路

網下，因應不同的路線流量密度與載運距離，利用每一個節線上的裝載率（Load Factor）建立排程延遲（Schedule Delay）的數學式，利用數學規劃求解其最佳化，並討論在不同的條件下，例如運具容量的大小、不同的網路連接方式，會造成排程延遲之變化。

Powell and Sheffi (1989) 首先研究對一般不具時效性貨物運輸之載運問題。該模式屬於大型混合整數規劃問題，因此作者將模式分解為站所間服務設計問題、貨物路徑排程問題、及單一型態貨櫃平衡問題。以最短路徑演算法求解具樹狀結構之貨物路徑排程問題，而單一型態貨櫃平衡問題則為單純之交通指派問題。

Powell (1986)，利用局部改善啟發式演算法（Local Improvement Heuristic Algorithm）針對載運規劃之是否直接提供任兩站所間直接服務做微小的變動，觀察總成本改善之程度。Powell 等人(1992)，提出以 Subgradient 及 Dual Ascent 等演算法來針對站所間服務設計問題進行求解研究。

Farvolden 等人 (1994)，探討動態網路設計貨物載運問題，利用局部改善啟發式演算法，在不考慮空櫃平衡成本下，加減直接提供服務任兩站所的營運網路節線，尋找最小成本之營運作業。

Leung 等人 (1990)，針對時效性貨件載運問題進行研究，以滿足顧客對貨件時效性之需求。由於該模式為大型整數規劃問題，因此作者將模式層次性分解為容量限制性指派問題（Assignment problem with capacity constraints）與容量限制性貨物排程問題（Routing problem）。兩問題之求解法皆以 Lagrangian Relaxation 為架構，而成為較簡易之指派與最短路徑問題；並以次梯度法（Subgradient）來改善 Lagrangian multipliers。

Lin (1990) 則對 Leung 等人 (1990) 僅考量單一貨車/貨櫃型態且不考慮站所間貨櫃數量均衡之載運問題提出改善研究，作者將模式層次性分解為容量限制性貨物排程問題（Routing Problem）與貨櫃型態選擇與指派問題（Trailer Assignment Problem）。兩問題之求解法皆以 Lagrangian Relaxation 為架構，而成為較簡易之最短路徑與線性規劃問題，並以次梯度法來改善 Lagrangian multipliers。

Kuby and Gray (1993)，所探討的問題不再局限於純中繼站式網

路，除了營業所聯繫至單一中繼站的主線外，尚存有營業所間相互聯繫的支線而共同形成的網路設計問題，所構建之模式允許支線利用較小型飛機接駁，同時也允許在主線或支線上，皆可沿途裝卸貨件，該研究以 Federal Express 公司為對象，證實了存在支線及允許沿途裝卸貨件的網路型態無論在裝載率、成本及運具需要數都有較佳的表現且符合實際狀況。

Morton (1986) 提出了由單中繼站 (Hub) 到雙中繼站的場站區位選擇模式及演算法。其研究中指出，單中繼站的區位選擇模式事實上等於是韋伯最小成本區位選擇模式 (Weber Least Cost Location Model)；雙中繼站的場站區位選擇模式則受中繼站的規模效益影響，若中繼站的規模效益越大，兩個中繼站間的距離越遠。

Daganzo (1991)，依據貨物運送的流程來定義物流成本 (Logistic Cost)，主要分成移動成本與停滯成本，前者主要是克服空間障礙所負擔的成本，可以歸類為處理成本與運輸成本，處理成本主要是車輛以外所產生的費用，如裝卸貨、包裝所花的成本；而運輸成本是花費在車輛上的成本；後者停滯成本則是與時間相關的貨物成本，主要可分成租金成本與等待成本，租金成本是包含倉庫地租、機械設置與維修等費用，而等待成本有些學者將之視為存貨成本，即貨物等待運送時所負擔的成本。

Blumenfeld et al. (1985)，曾就貨物運輸、存貨及生產等成本作分析，文中指出貨物的運送方式可採取由產地直接運送，或選擇某一場站 (Terminal) 當作運送的轉運地點進行貨物運送，而最適的運送路徑組合，必須視生產點、場站與市場點三者的地理組合而定，來尋求適合的運送路徑。

Campbell (1990)，分析多個起點至多個迄點的物流方式，發現將貨運量不多的路線，合併在同一個場站運送後，可以增加運送的次數並提高效率，而減少運送成本，達到快速送達之要求。Campbell (1993) 分析一個起點至多個迄點的貨物運送問題，指出當主線運量提高時，能夠帶動運輸規模經濟的現象，並分析場站設置數量與最適運送規模的關係，藉此求出最佳的運送路徑。

邱明琦 (民 80) 利用數學規劃方法所建立的區位選擇模式，模式

之目標式乃求轉運中心設置所需之土地、車輛購置成本及每日之油料、維修、司機薪資等運輸成本之和為最小，並求解系統所需之收送貨車輛數、司機數、每日收送貨之班次數，且由數個候選區位中找出最佳的設置地點。在追求總營運成本的目標下，以台南地區的零擔貨運業者為實證對象，分析業者共同建立轉運中心的成本、效益與最佳位置。

高玉明（民 85），詳細探討國內路線貨運業之營運現況，如車輛路線、貨物運送流程等，並根據國內路線貨運業貨物排程問題之特性構建一貨物排程模式，對貨物排程路線加以調整或安排必要之加班車，並以 C 路線貨物公司為實證對象，利用其站所及車輛路線構建營運網路產生器，並納入貨物於中繼站轉運必須考量的因素，以減少貨物排程模式之限制式，增進求解效率。此外，開發貨物排程決策支援系統雛型，並以地理資訊系統為使用介面，以利營運網路與演算結果之查詢與展示之用。

許瓊文（民 85），提到一般網路設計考慮的因素包括需求量、服務時間限制和網路成本，因此假設需求量及時間限制已知，單獨追求網路成本的最小化以路線貨運業，並以現有之場站為基礎，設計快遞服務網路，將此網路設計問題分為區域劃分與場站聯繫兩部份，以分區劃分、場站選擇、界線調整、站所聯繫四個模組來建立數學模式與演算法的討論。

馬學季（民 86），研究國內路線貨運業結合陸運與空運提供快遞服務之營運網路結構，結合空運與路運兩種不同的運具，以規劃設計出最有效率的營運方式。主要是透過瞭解現有的國內快遞業者之營運方式，設計複合運輸網路規劃的流程，研擬最小成本之數學模式，並提出以最小擴張樹與分枝界限法兩種不同基礎的演算法，以提供經濟性且多樣化的複合運輸計畫。

蔡焦蘭（民 86），探討國內貨物運輸業者如何有效地利用其營運網路，以利將貨件自起點集配站運送至迄點集配站，並期總營運成本為最低。研究中利用數學規劃模式，來表示極小化貨物運送路徑之總成本，將貨物排程模式分為貨物排程子模式與貨物指派子模式，並發展其演算法，並建置貨物排程決策支援系統以協助路線貨運業者從事

貨物排程作業。

黃冠翔(民 87), 構建之符合國內路線貨運業營運網路車輛 路線之網路架構, 以不同之決策變數表示貨物排程模式。並建構貨物排程模式並提出不同之演算法, 以懲罰函數法應用於貨物排程問題, 以獲得更佳之求解效果。

林正章(民 85), 探討如何應用科技技術提昇國內零擔貨物運輸業營運之效率, 詳細分析國內零擔貨運業中不同營運型態之特性、服務對象、收費標準、貨物運送路線與處理流程等, 並與國際整合型運輸業者在營運方式上比較, 最後以國外業者之營運經驗提出科技化的經營管理供國內業者參考。

陳春益等(民 86), 對國內路線貨運業之現況與發展趨勢有詳細之說明, 該研究以國內前四大路線貨運公司以及小型路線貨運公司之經營現況為例, 說明未來國內較大型之路線貨運業者, 其內部營運網路將改以軸輻式網路構建, 而營業所將分散且小型化。

林正章與吳俊霖(民 87), 提到軸輻式網路系統具有集中貨物而發揮運輸規模經濟的特性, 研究中便針對『點對點』與『軸輻式』兩種不同之網路, 構建其營運網路模式, 並在起迄點不同需求量、起迄點間不同距離與有無時間限制下, 比較兩種不同貨物運輸網路結構之績效。結果顯示貨物時效性對網路結構具有重大影響, 且軸輻式網路對業者具有成本效益。

林正章與劉志遠(民 88), 構建整合性之貨物運輸網路設計模式, 考慮站所區位與規模之決策因素下, 同時考慮路線貨運業內部營運網路與服務網路, 以設計最佳的貨物運輸網路結構, 並利用局部改善啟發式為基本架構之演算法。透過貨物運輸網路設計模式與求解演算法除可決定營業所與中繼站設置區位與規模大小, 同時規劃貨物運送路線以及單一種均衡車輛調派之營運作業計畫。

林正章(民 89), 提到國內貨物路徑規劃問題為短期營運規劃中的一部分, 是在站所與班車路線所構成具容量限制之內部營運網路及作業方式限制下, 規劃貨物運輸路徑, 以滿足顧客時效性的需求, 並使營運成本最小。並按問題的特性提出啟發式分解演算法, 將問題分解成單一貨物站所路徑與多重貨物被載運路徑兩子問題。前者以局部

性窮舉法對局部性可行解進行求解；而後者則以結合懲罰函數之 Frank-Wolfe 演算法進行求解。

2.2 軸輻式營運網路之相關研究

在西元 1978 年美國國內解除航空管制後，開始軸輻路網的形成，因為軸輻路網有集中貨物、旅客的功能，更使得低度使用航線節省成本，將集中的貨物、旅客在主幹線上增加流量，期以達到規模經濟，降低總運送成本。Godon and Neufville (1973) 研究中指出，在連接相同數目的場站時，軸輻式網路 (hub and spoke network) 可大幅減少直接相連的路線數，要較直接服務式網路 (direct service network) 更為經濟。過去軸輻路網中探討，一般以軸輻路網的運送特性與轉運運中心的經濟規模之經濟效益為主。

Hall (1987)，在探討貨運的路線選擇的研究中，將運送成本令為運輸成本與存貨成本的加總，並證明出該成本函數為凹函數，亦即邊際成本隨運送量增加而下降，呈現規模經濟特性。並提出臨界流量 (critical flow) 的概念，即當路線運量達某臨界流量時，經由轉運站來集中運送的方式較符合規模經濟效益，可以取代原先貨物直接運送的方式，這與利用軸輻路網進而達到運送規模的觀念相似。

Hall (1989)，分析在時間窗限制下對航空路網的影響，而在貨物的轉運站或配銷點設立上，偏重在陸運貨物的研究。研究中探討航線流量、運送成本、班次與距離關係，以及軸輻航空路網下的產品運送考量等，並探討航空公司貨物轉運與空運中心的運送規模之經濟關係。

Campbell (1990)，在分析多個起點至多個迄點的貨運網路問題時，以三個準則來分析轉運站的配置選擇，包括轉運站的遠近、最短運送距離與運送成本最小等，其中運送成本包含了運輸費用與場站之間的迂迴費用，而運送成本最小即是所有點到場站運送成本總和最小。

Campbell (1993)，認為在實際狀況下，軸輻網路系統的起迄點並非無限多且均勻分佈，因此不該將需求點視為連續的狀況來處理，但以問題的複雜度來說，常因假設非連續而複雜難解，因此假設為理想

狀況，以作者所構建之「近似運送成本」來求解。

O'Kelly (1986) 提出了由單中繼站到雙中繼站的區位選擇模式，並利用微分方程式指出，單中繼站的區位選擇模式事實上等於韋伯最小成本區位選擇模式 (Weber least cost location model)；而雙中繼站模式則是中繼站區位受所有節點相對位置交互影響之模式，因此作者將雙中繼站區位模式轉換成為重力模式求解。

O'Kelly (1986) 之後提出另一個為二次方整數問題 (quadratic integer problem) 之中繼站區位模式，此模式除允許多個中繼站之設立外，並考慮了中繼站之間貨物之流動具規模經濟的效益，由於此模式相當複雜難以求解出正確解，因此捨棄複雜之啟發式演算法而提出簡易且有效率之求解方法。演算法首先以窮舉法列舉出所有可能區位組合外，再將所有非中繼站之節點指派至最近的中繼站後再計算總成本即可。最後透過實證研究，結果顯示不論中繼站為二個、三個或四個，此演算法都能在可容許時間內求得局部最佳解。

Klincewicz (1990) 提出一目標函數為凹型線性片段函數之航空運輸問題，模式中允許直達以及多個轉運站轉運之運輸方式，並採用設施區位問題之技巧進行求解。作者所提出的求解策略是先將原問題拆解為出發站至轉運站以及轉運站至終點站兩階段，先求解出第一階段之區位與流量後計算總成本，接著應用前一階段求出之中繼區位與中繼站旅客數量求解第二階段旅客之指派問題，並求解後段總成本，一直求解至兩階段之總成本收斂時即停止。

Aykin (1994) 針對有中繼站有容量限制之軸幅式網路問題提出兩種有效率之演算法。作者提出直達、單一中繼站與雙中繼站混合之整數規劃模式並進行求解，其求解策略有二，第一種是先採用分枝界限法決定中繼站之區位後，將原問題化簡為排程問題 (Routing problem)；第二種是採貪婪交換啟發法 (Greedy-interchange heuristic) 決定中繼站區位後，亦將原問題化簡為排程問題，最後再利用拉氏鬆施法求解排程問題而得出最佳解。

第三章 現況分析

本研究探討應用軸輻式營運網路於貨物運輸業之效益，並瞭解即時交通資訊應用於軸輻式營運網路之績效。故於本章針對國內貨物運輸業之營運現況、及商用車輛營運系統之應用現況加以瞭解與分析。於本章 3.1 節首先針對貨物運輸業之現況進行探討，於此節又細分為汽車路線貨運業與儲配運輸業兩種，期能從中能更清楚地認識貨物運輸業之營運方式；3.2 節則介紹國內外商用車輛營運系統之應用現況。

3.1 貨物運輸業之現況

台灣地區內陸運輸方式包括公路及鐵路兩類。就貨物運輸而言，公路適於量小、值高、短距離之工業產品運輸；鐵路則適用於量大、值低、長距離的農工原料之運輸。台灣地區因受限於地理特性，鐵路總長不過數百公里，無法發揮其長途運輸的優點，又因台灣天然資源較為缺乏，農工原料多仰賴進口，為減少運輸成本，以原料為取向的工業多向港口集結，所需運輸距離縮短，因此內陸運輸漸以公路取代鐵路。由於經濟環境的變遷與公路興建的擴充，近年來，無論就貨運噸數及延噸公里而言，公路貨運每年都佔六成以上的比例，居最主要之地位。

在汽車運輸業管理規則中對於貨物運輸行業類別的規定雖僅有汽車貨運業、汽車路線貨運業及汽車貨櫃貨運業三類，但因其實際營運特性之不同，早已有其他以載貨汽車運送貨物為營業之行業類別產生。事實上，目前國內的貨物運輸業近年來均已開始從事多角化的經營，除本身原來之營業項目外，亦陸續增加其他與貨物運輸相關的行業。以新竹貨運為例，其經營項目除路線貨運外，亦在民國八十年成立物流中心，進入日用品類物流系統，也同時兼營儲配運輸業務等貨物運輸相關的行業【18】。本研究依業者作業現況描述其作業情形及特性，分述如下：

3.1.1 汽車路線貨運業

國內路線貨運業者乃承運小宗零擔貨件，配合其在各地重要交通要衝的場站設備以及大規模的車隊，將貨件迅速地由托運者運送到收貨者手中。為配合貨件之有效運送，一般路線貨運業者的運送網路由兩種網路所組成：一為屬外部的服務網路，以營業站所為場站，依據顧客所在之區位調派小型車輛收送貨件；一為屬內部的營運網路，主要功能乃將各營業站收取的貨件，利用大型車輛直接載運到迄點營業站所，或透過中繼站轉運到迄點營業所【20】。

依汽車運輸業管理規則第二條規定汽車路線貨運業，即是在核定路線內，以載貨汽車運送貨物為營業者稱之。依其運貨型態區分，因其行業計費特性係多按車輛所載貨物件數及每件重量計算，因此又稱為零擔貨運業。此類業者多屬於承運小宗零擔貨物，具有固定班次並行駛一定路線，且業者擁有營業所站之貨物承運量，以擬定各行駛路線之車輛指派排班表，其營業所站相當於貨物集配中心，以便於貨物分類、儲存及配送。一般而言，其營運效率高，不易有空車返回之情形，但由於需自備場站且需固定班次從事營運，因此投資額龐大。以下便針對路線貨運業之場站、營運路網、運送流程、及路線貨運業的特點分別描述：

1. 路線貨運業之場站

路線貨運業之貨運場站依功能可區分為下述各類：

(1) 營業所

營業所的功能是將早上由大型車輛所運達之貨物，藉小型車輛將貨件送至顧客處；下午則相反方向，以小型車輛至顧客處收貨，然後將所收集之貨件在營業所內依迄點營業所分類裝上大型車輛，直接或間接（透過中繼站轉運）載運至迄點營業站所。換言之，營業所除提供網路之大、小型車輛之接駁功能外，亦提供貨物之分類、集散功能。

(2) 中繼站

主要執行貨件分類與轉運等工作。中繼站乃作為貨物轉運以及大型車輛間接駁之用，國內路線貨運業大型營業所多同時兼營業所與中繼站之功能。而中繼站多分佈於主要貨源區或都會區，如台北、新竹、台中、彰化、臺南等。

(3) 營業站

營業站之功能純為貨品之代收、代送。並為服務網路中收送貨物之重要據點。

(4) 集貨站

僅執行收貨工作。集貨站亦為服務網路中之據點，設立的原因是國內較大的路線貨運公司，為了能讓服務網路健全而能讓顧客更方便托運貨件所設立。

而路線貨運業之貨運場站所的設立原則為：

- (1) 貨量大小(超過 1000 噸的貨量時，才會考慮設置營業所)。
- (2) 土地取得難易(需滿足站所內設備的要求)。
- (3) 交通配合度(以不易發生交通阻塞的郊區或主要公路匯集處，為優先選擇位置)。
- (4) 站所人員包括有司機、助手、卸裝員、發送人員，長程司機由營運部負責調度，短程司機則由各營業所所長負責調度。

一般而言，中繼站與營業所所需土地大多大於五百坪以上，且多設立於交通便利或需求量大之工商業密集地區，因此所需之土地尋找不易，加上相關法令規定路線貨運業之場站所能設置的土地分區有限，故對於中繼站與營業所之區位問題一直是業者感到棘手之課題。國內路線貨運業之中繼站大多由大型營業所兼具。至於中繼站之區位需求，如表 3.1 所示，主要以交通條件加以考量，如鄰近高速公路交流道或省道；或多設置於都會區外圍地區，以就近取得中心都市之貨件；此外，中繼站亦需要大型土地，以供大型車輛接駁、收送貨件處

理。至於未具中繼功能之營業所，則均勻分佈於各鄉鎮市，而其區位亦多就近省道或工商業密集地區或市區設置。

表 3.1、路線貨運業場站之現有功能與區位需求

場站	現有功能	區位需求
中繼站	1. 分類 2. 轉運（大型車間之接駁）	1. 近交流道 2. 主要省道 3. 大型土地 4. 都會區外圍
營業所	1. 分類 2. 集散（大小型車間之接駁）	1. 主要省道 2. 中心都市外圍

資料來源：【20】

2. 路線貨運業之營運路網

依據路線貨運業之營運性質可區分為直達路線、區間路線以及沿途載運路線等三種。簡述如下：

- （1）直達路線：此種路線乃站所間貨量大，如大型營業站所間，可填滿一輛載運車時，則利用安排直接行駛兩站所之路線，此種路線之裝卸次數最少，成本亦最低。
- （2）區間路線：主要乃配合台北、台中、台南等重要大型營業站所之中繼功能而發車，以收集鄰近營業站所貨件至中繼站轉運。
- （3）沿途載運路線：此種路線乃沿途停靠站所，以承運站所間貨量不足一部車之貨件，除可提高車輛承載率外，並可減少貨件轉運次數，但為安排沿途停靠與裝卸，裝卸人員需有經驗在車廂內置放各站所貨件，否則不但會降低車輛容量，且因裝卸而增加在站所停靠時間。

由於路線貨運業業者經營上受到內外部環境之影響，未來在營運

網路上將作必要之轉變，而影響業者進行改變之主要原因如下：

- (1) 營運競爭加劇：由於國內物流業、快遞業等行業之興起，以及加入世界貿易組織（WTO）後，可能解除對運輸業之限制，路線貨運之市場已面臨極大的挑戰。
- (2) 場站運作面臨瓶頸：由於部份營業所兼具中繼站功能，其場站月台必須兼具貨件之發送、到著及轉運等功能，然因月台不大，且貨物處理量未達經濟規模，無法機械化，故全靠勞力作業，效率不佳。
- (3) 高服務品質之要求：客戶對服務品質之要求日益提高，業者卻面臨營業站所土地取得不易、交通日益惡化等問題無法提昇服務品質。

部份大型路線貨運業由於貨件處理量日益增加，現有場站大多不敷使用，且多位於已開發地區而擴建不易。因此，業者計畫改變其營運網路，以提高運送效率。未來貨運業者之營運網路將朝向軸輻式網路的型態發展，即中繼站之數量將減少，但將大型化且中繼功能明確，可於北中南各設置一個功能明確的大型中繼站；而營業站所將趨向小型化，且僅負責收送貨物而不兼具中繼站功能。

一般而言，軸輻式營運網路之運作方式，多需經兩次中繼站之轉運，但以國內路線貨運業之營運環境而言，若考量運距之長短（台北至高雄不及 400 公里）時間之限制、以及轉運成本等因素，未來仍以一次中繼站轉運為主，即發送站收受之貨物利用區間車或直接運至大型中繼站進行轉運，然後即分別由不同車輛路線（以直達車為主）送達迄點營業所。而營運網路作如此的改變，主要有下列優點：

- (1) 站所功能明顯：營業所減少班車入站次數，而減少月台面積；中繼站則大型化，以利機械化作業，提高月台工作之效率。
- (2) 車輛路線單純化：除區間車外，以直達車為主，不但路線易於安排，且可避免因沿途載運，必須在車廂中預留裝卸

走道而降低承載率及裝卸效率。

具體而言，大型貨運業之現有貨運場站將有下列改變：

- (1) 營業所：未來僅負責收送貨物，功能簡單，故所需土地可縮小，但為求提高服務品質需接近顧客，故未來會朝向「分散化」設置。由現有站所多分佈於中心都市外圍，改變成功能簡單之營業所後，因應業務量之成長，場站數目應會增加，但中心都市內設置場站不易，故未來此營業所會分佈於中心都市地區外圍設立。
- (2) 中繼站：由於所有的貨物都集中到中繼站轉運，因此將需要很大約土地，即中繼站大型化，由於臺灣地形狹長，加上南北主距離並不長，故僅需設置 2-3 個，以位於大型都會區外圍之交流道地區為宜。

在未來的發展趨勢下，國內大型路線貨運業之場站功能可歸納如下（表 3.2）：

表 3.2、路線貨運業場站之未來功能與區位需求

場站	未來功能	區位需求
大型中繼站	1. 分類、轉運貨件 2. 區間車與直達車間接駁	1. 大型都會區外圍之交流道地區。 2. 土地規模約需 8,000-10,000 坪，台灣地區僅需設置 2-3 個。
營業所	1. 集配貨件	1. 設置於中心都市外圍。 2. 所需土地面積較現行營業所為小，數目應會增加。

資料來源：【20】

3. 路線貨運業之運送流程

而路線貨運業運送貨件之流程，包括自顧客承運貨件之起點，及至顧客欲交付之迄點，其間涉及外部服務網路及內部營運網路。具體而言，乃由營業所利用小型車輛對顧客提供承運服務，承運貨件送至各起點營業所分類後，利用大型車輛直接載運至迄點營業所，或透過中繼站轉運至迄點營業所，再由迄點營業所利用小型車輛將貨件交付給收貨者。

4. 路線貨運業的營運車輛

一般路線貨運業者在營運網路中會安排各種車輛在不同的固定路線上行駛。將服務網路中發送站所收集之貨件運往迄點站所，業者為有效利用車輛運送，對於車輛路線之排程與駕駛人員之排班相當重視。業者的車輛種類如表 3.3 中所列。通常在營業所與客戶、集貨站間以短程市內服務車來擔任收貨及送貨的工作。而在營業站與營業站或中繼站之間則多以長程貨車或加掛貨櫃來轉運貨品。車輛組合的原則是在盡量不增加貨車數目的前提下，組合出能托運最多貨物的車輛型態，以降低車輛固定成本。

表 3.3、貨車車輛類別、組合及限重

車輛類別	車輛組合	實際容量	限重	貨櫃長度
短程	市內服務車	3.5 噸	6.8 噸	5.9 公尺
	市內服務車	3.66 噸	7.2 噸	6.0 公尺
長程	普通車	9.7 噸	20 噸	-
	半拖車	13.8 噸	35 噸	-
	普通車加掛貨櫃	25 噸	42 噸	-

資料來源：【20】

5. 路線貨運業的特點

以下便分別就路線貨物運輸業營業特性中所包括之營業範圍、營業規模、操作特性、市場特性、車輛使用特性及貨種特性等內容描述其產業特性【18】。

(1) 營業範圍

目前除一般商品之運送服務之外，部份業者尚經營物流運輸等服務項目。而一般商品的種類相當複雜，且並無重量、尺寸的限制，亦不硬性規定包裝方式及容器。貨品由顧客自行包裝好後，送到營業站所或通知業者前去收貨，價格隨重量、尺寸、包裝方式、是否需去收貨、每月成交量而有不同。

(2) 營業規模

汽車路線貨運業因經營固定路線之貨物運輸業，客戶及貨源均相當穩定，其規模也較汽車貨運業大，惟各地均需設立營業站所，需較大之資本額，依規定資本額需在新台幣五千萬元以上；並應具備全新大貨車三十輛以上，並得視營業需要購置聯結車併同貨車計算。

(3) 操作特性

汽車路線貨運業能依客戶需求提供多樣化的貨運服務。其集貨方式包括由託運人自行送貨至營業所、固定每日派車至顧客處收貨及託運人電話通知取貨等三種情況。當託運貨物集中至營業所後，將貨物按貨件目的地依序堆放於月台，再由車輛送至目的地之營業所。該營業所依據貨件應送達地點分區堆放，再由各分區之車輛將貨物送達收件人手中。而在車輛調派問題上，係依法令規定汽車路線貨運業須依固定路線並固定車輛之班次從事營運，不得任意更動。

(4) 市場特性

在服務對象方面，一般業者不拒絕任何客戶的作業方式，也不特定拒絕服務那些產業。。目前汽車路線貨運業亦開始從事多角化的經營型態，除本身專營快遞業務之超峰速運及加達通運外，大榮、中連及新竹貨運亦兼營快遞業，且大榮及新竹貨運也開始往物流業之經營型態發展。

(5) 車輛使用特性

汽車路線貨運業在車輛上的使用上多以大型貨車以定期、定時之固定班次從事長途貨物之運送，並將貨物卸放於目的地之營業場站後，再依貨物性質及收件人地點通知收件人前來領取或由小型貨車至收件人處遞送。

(6) 貨種特性

由於汽車路線貨運業的客戶遍及各中小企業、工廠、批發商及零售商等等，貨物種類呈現多樣化的情形，依其各公司營業項目之不同而有不同的貨物種類。另外，隨著社會經濟生活型態的改變，大眾對低溫冷藏貨品的需求上升，路線貨運為因應需要，擴充倉儲及車輛設施，所運送的貨品從最傳統的一般常溫普通貨物，擴展到低溫冷藏貨物。

3.1.2 儲配運輸業

儲配運輸業即目前業界所稱之物流業，其成長乃是近十年的事，因顧客消費型態的改變，逐漸傾向少量、多樣之消費，傳統雜貨、零售店已無法滿足客戶的需求，遂有新的行銷通路產生，如便利商店、超市及量販店等。為配合此行銷通路，勢必有物流中心來統籌提供貨物之包裝、配送、流通加工、裝卸、保管及資訊等多種服務，以提供少量、多樣、高頻率的配送服務，因此物流業並非僅是單純的貨物運輸業而已，貨物運輸僅是其重要的一環。有關物流中心的設置，依其通路功能不同，而有不同之定位，包括專業型、封閉型、混合型及批

發型等公司。

以下便分別就儲配運輸業營業特性中所包括之營業範圍、營業規模、市場特性、車輛使用特性及貨種特性等內容描述物流業之產業特性。【18】

（1）營業範圍

一般而言，儲配運輸業之營業範圍係依其物流中心之設置地點為中心點，就其設定之服務範圍為其限制，從製造商至物流中心集中再配送至各經銷點，其中車輛經過的路線所涵蓋的區域均為其營業範圍。

（2）營業規模

物流中心的運作講究的是少量、多樣、高頻率的運送方式，因此，所需投注的人力及相關設備如車輛及資訊系統等均十分龐大。而為追蹤貨物流向及入庫倉位管理、出倉盤點等作業，以科技建立了更良好之流通環境。運用電腦通訊（EDI，VAN）條碼為基礎，與客戶系統資料整合建立電子商業活動，以加速資料流動。這些設備均需投入大量的資金，因此，儲配運輸業的規模均較一般貨物運輸業大，而因路線貨運業之進入門檻在法令上之限制較為嚴格，使得其跨入儲配運輸業之經營較為容易，目前已有路線貨運業者開始經營物流業務，如新竹貨運。

（3）市場特性

由於儲配運輸業之形成需結合人力、資訊、倉庫、車輛等組成要素，多數物流業之形成係為其公司產品建立更為廣闊的流通網路，因此，以製造商所形成的物流業較為普遍，因為運送的均為自己公司的產品，較無所謂的市場競爭問題。而在專業型儲配運輸業方面，由於其規模較大，且服務品質穩定，已建立起長期簽約的客戶，其貨源穩定，除為本身並無運輸車隊的公司服務外，亦為規模較大之公司

分擔部分之貨物配送工作。

(4) 車輛使用特性

物流業之車輛使用端視其物流中心之位置而決定。若其位置在都市以外之地區，則以大型貨車載運貨物至都市附近之營業所站，並將貨物分裝至小型貨車，以利用小型貨車至都市內從事配送之工作。

(5) 貨種特性

因物流業講求的是多樣、少量、多頻率之配送型態，因此其貨物種類涵蓋所有一般消費性之貨物及生產所需之半成品或成品等等。並因其貨種之不同而提供不同型態之運輸服務，如冷凍、生鮮冷藏等等。

從上述依貨物運輸業之現況描述其作業情形及特性，將其整理如表 3.4，即為兩貨物運輸業之比較，以作為探討本研究課題之參考。

表 3.4、貨物運輸業別之比較

業別	營業範圍	營業規模	操作特性	市場特性	車輛使用特性	貨物特性
汽車路線貨運業	依核定路線營運，範圍涵蓋各縣市	法定資本額及車輛數均最大	多以件數及重量計價，又稱零擔貨運業	以簽約客戶為主，可提供多樣化服務	以大貨車從事城際運輸，以小貨車從事市區運送	種類繁多
儲配運輸業	由都市外圍之物流中心至都市內之配送	車輛規模與路線貨運業類似	介於整車與零擔貨運業之間	以固定客戶為主，涵蓋製造業、超市、便利店	以大貨車從事城際運輸，以小貨車從事市區運送	種類繁多

資料來源：【18】

3.2 商用車輛營運系統（ITS/CVO）應用現況

智慧型運輸系統中與物流運籌發展關係直接而密切者，乃是商用運輸系統之智慧化（ITS/CVO），並且為我國當前重要的推動策略之一。所謂商用車輛營運系統狹義係指利用智慧型運輸系統之相關應用技術來協助陸路商業運輸系統之營運管理，期能達到增進道路交通安全、簡化行政管理流程、提昇經營效率與競爭力之目的，如圖 3.1 所示，以下分別加以說明：

1. 運輸業者與司機

業者參與商用車輛營運系統主要是為進行車隊管理與派遣，以提昇經營效率，例如利用車上設備提供行前道路交通資訊、天氣概況以及途中道路行駛指引等，以減少交通壅塞時間、運送時間、油耗成本等，進而提高司機之收入。

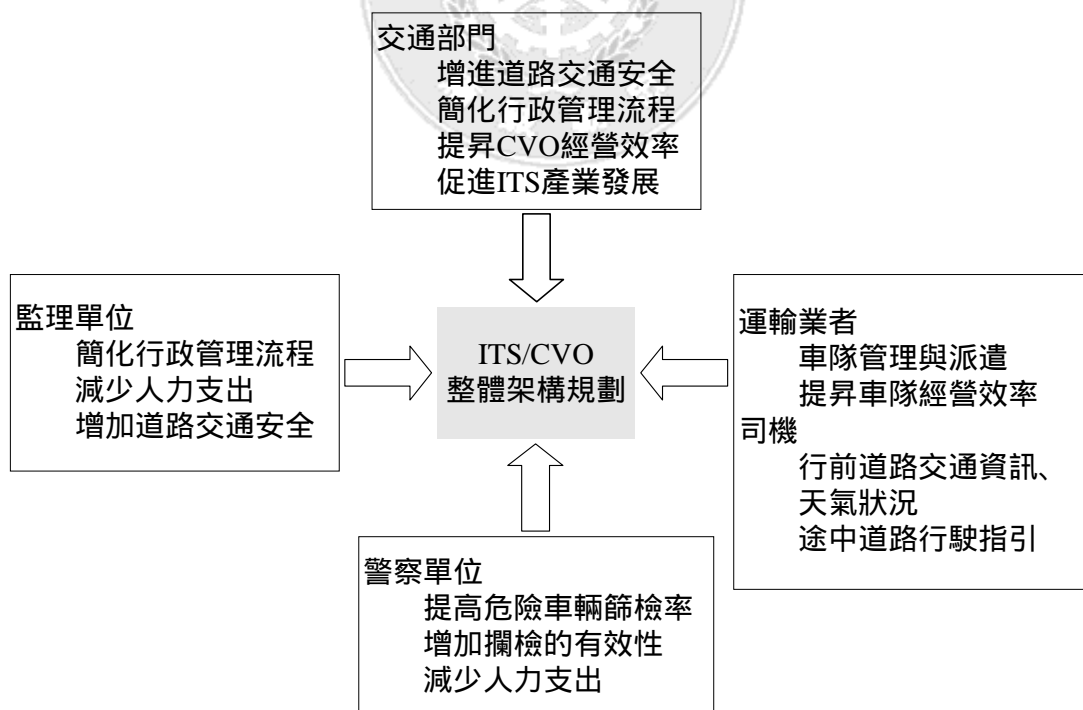


圖 3.1、商用運輸系統智慧化之目的

資料來源：【19】

2. 交通部門

對於交通部門而言，希望利用商用車輛營運系統來增進道路交通安全、簡化對於商用車隊的行政管理流程、提昇商用車輛營運系統經營效率與智慧型運輸系統促進相關產業的發展等。

3. 監理單位

對於監理單位而言，希望利用商用車輛營運系統來簡化對於商用車隊的行政管理流程減少人力支出、增進道路交通安全等。

4. 警察單位

對於警察單位而言，希望利用商用車輛營運系統來提高對於危險車輛的篩檢率、並增加攔檢的有效性、進而減少人力的支出。

而就台灣地區推動之商用車輛營運系統而言，係指結合電信服務業、資訊業與陸、海、空運輸業者，構建一個由電信、資訊網路所密切整合的智慧化陸、海、空複合運輸系統，以達到高效率與高品質的整體物流運籌為目的【19】。以下便針對國內外商用車輛營運系統之發展進行介紹：

1. 國外商用車輛營運系統之發展

(1) 美國

美國之智慧型運輸系統架構於 1993 年進行第一階段規劃，並於 1996 年 6 月完成第二階段計劃，並確立國家級整體架構之最初版本。目前美國所使用之智慧型運輸系統系統架構為 1999 年 12 月所頒布之第三次修訂版，其系統架構由美國 CVISN (Commercial Vehicle Information System and Networks) 計劃進行細部規劃。該架構共有四個子系統，茲將其內容說明如下【19】：

(a) 「商用車輛管理中心」子系統 (Commercial Vehicle

Administration Center Subsystem)

該系統提供負責範圍內商用車輛管理作業之功能，例如通行證之發放、稅費與車輛安全規定等，且此系統亦負責與其他各州的商用車輛管理系統的協調與整合，以構健全國性之商用車輛管理系統。子系統之內容包括：通行證與稅費管理、商用車輛安全管理、商用車輛資訊交換等三部份。

(b) 「商用車輛路側檢核」子系統(Commercial Vehicle Check Roadside Subsystem)

該系統可以使商用車輛以不減速之條件下，進行自動化之通行許可查核、車輛安檢與行進間測重，並且提昇車輛之受檢率。子系統之內容包括：路側電子載重篩檢、路側安全檢查、肇事之電子化紀錄、路側之行進間測重等四項內容。

(c) 「商用車輛」子系統 (Commercial Vehicle Subsystem)

該系統設置於商用車輛上，提供監測、資料處理與儲存及通訊等功能，作為輔助路側設施之檢核、及對於駕駛人之監督等工作。其子系統的內容包括商用車輛之電子資料、駕駛狀況監控設備、運送品狀況監控設備與其他安全設備等四項內容。

(d) 「車隊與貨物管理中心」子系統 (Fleet and Freight Management Center Subsystem)

此系統可提供商用車輛駕駛人、車輛調度員與系統管理員掌握即時性之派遣資訊，並可追蹤車輛與運送品所在之位置，以提高駕駛員與車輛之生產效率。其子系統的內容包括車隊與運送品管理、車隊通行許可與稅費管理報表、危險物品車隊管理、車隊營運等四項內容。

美國商用車輛營運系統之服務對象主要有三類，包括地方

管理單位、中央主管機關與運輸業者，各有其特別之需求。綜合各單位之不同需求，可歸納出美國商用車輛營運系統之四大項發展重點【19】：

(a) 安全提昇 (Safety Assurance)

相關軟硬體設施與服務，乃是為提昇駕駛員、車輛與貨物安全所設立。相關設施包括自動化路側設施檢查、車輛通過時之篩選、公路安全資訊系統與車上安全設施監控等。

(b) 通行證管理 (Credentials Administration)

改善主管機關對於運輸業者管理的行政作業程序。包括通行證之電子化申請、主管單位與運輸業者間、及跨州各主管單位間之資料交換等。

(c) 電子式超載篩選 (Electronic Screening)

改善車輛規格、載重與通行證等相關資訊之辨識，包括車輛在地磅站之自動化超載篩選等。

(d) 運輸業經營 (Carrier Operation)

改善商用運輸車輛因交通壅塞所造成之停等時間，包括車隊與車輛之管理、行車資訊建議、危險物品事故回報系統等。

(2) 日本

日本之 ITS 系統架構於 1999 年 12 月由警察廳、通產省、運輸省、郵政省與建設省五個政府單位共同制定完成，其主要架構區分與我國及美國類似。在「提昇商用車輛運輸效率」之目標下，其商用車輛營運系統架構設計如圖 3.2 所示【19】。日本為提昇商用車輛運輸效率，以滿足國內大量之物流需求，特別訂定「綜合物流施策大綱」，其中包含運輸業者系統、貨主系統、商用車輛系統、資訊提供系統及綜合物流資訊網路系統等五大系統，結合金融 EDI 系統，達成提昇物流效率、增進安全

與降低運輸成本之目的。而進一步為達成都市內物流之效率化，日本建設省土木研究所亦積極研究都市內物流車隊之專用道，並開發無人駕駛系統，藉由與前車間距之偵測達成自動化之跟車行為，使物流車輛成一穩定行駛之車隊，除可提高效率、增進安全，同時亦可降低氮氧化物排放量而減少空氣污染。

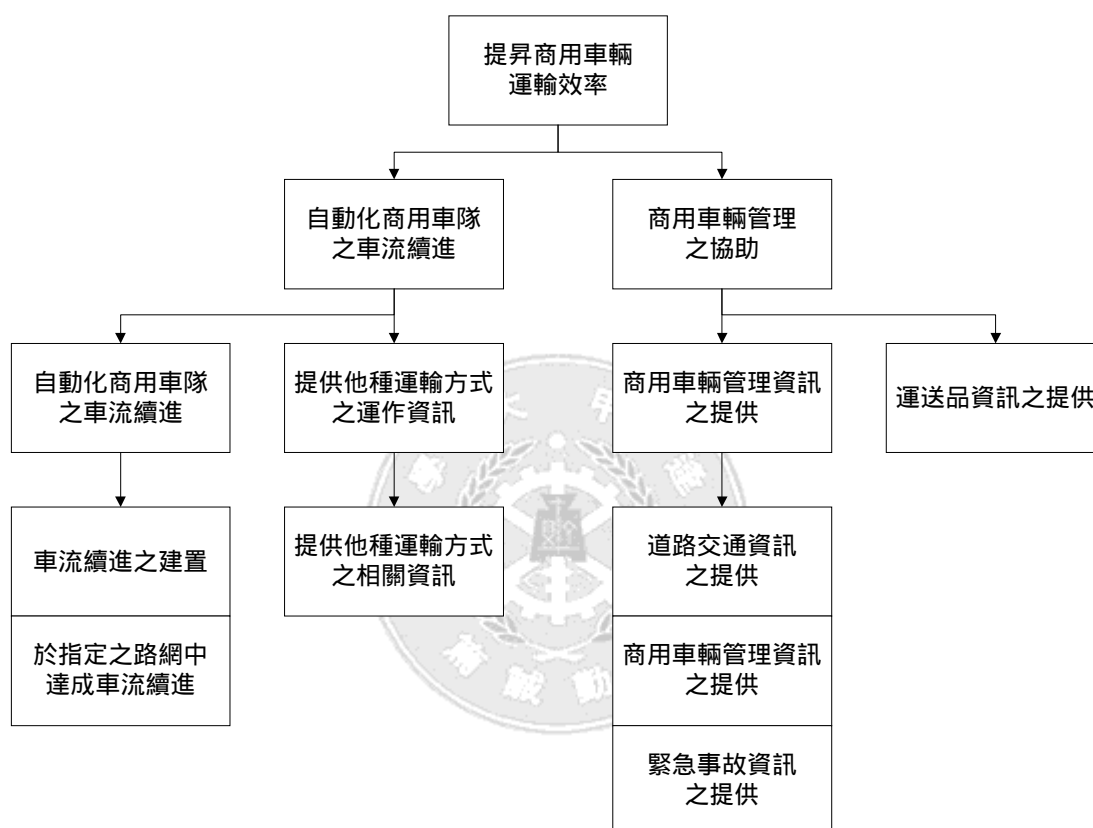


圖 3.2、日本 ITS/CVO 系統架構

資料來源：【19】

日本運輸省所進行之「先進式安全汽車研究開發計劃」(Advanced Safety Vehicles Research and Development Project)乃是集合政府單位、學術機構與汽機車製造商之力量，合作開發車輛相關之安全機制與系統，期望藉由先進科技設備之導入，於事故發生前發出預警或自動避免，以降低交通事故發生之機會。於商用車輛方面，此計畫是於商用車輛上裝設各種偵測感應器，並配合相關之制動系統，如方向盤自動控制系統、

電子變速控制系統、火災警報與滅火系統等。未來車輛透過無線通訊網路，除可將相關異常訊息傳回監控端，亦可利用「先進式交通資訊服務 (Advanced Traffic Information Service)」「車輛訊息通報系統」(Vehicle Information & Communication System) 將即時交通資訊通報給駕駛人，告知事故發生路段、壅塞情形、道路封閉路段以及改道建議等訊息【19】。

(3) 歐洲

1991 年時由歐洲各國之國家性或地區性政府部門、運輸相關產業、通信產業與金融業等單位共同成立 European Road Transport Telematics Implementation Coordination Organization (簡稱 ERTICO)，目前為歐洲地區主要推動與規劃 ITS 發展之組織。ERTICO 對於歐洲之智慧型運輸系統架構之規劃觀點與美國稍有不同。ERTICO 並不將歐洲地區之發展明確劃分為數個子系統，因此商用車輛管理並未於 ERTICO 現有計劃中獨立成一部份。1988 年時歐洲各國政府聯合推動一項名為 DRIVE (Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe) 之研究計劃，期望藉由路側設施之建置與交通管理互相整合，以提昇運輸效率。經過數年之發展，於 1994 年時名為 INTACT (Integrated Telematics for Advanced Communication in Freight Transport) 之研究計劃正式展開，計劃之目的，為建立一套通用性之溝通界面，使不同通信系統之輸出結果能於單一之界面上，藉由自動化、電子化之資訊處理與傳輸，以節省人力成本、提高運輸業者之經營效率，並強化運輸業者間之關係。運輸業者參於實驗後評估其實際效益，發現當車隊規模越大時，每車成本將隨之降低，因此效益越明顯，且導入系統後尚有其他不可量化之效益，如顧客滿意度、企業形象等。計劃證明改善與整合貨物運輸業之通信資訊技術，可達成簡化車隊管理車隊管理流程、提昇車隊經營效率之預期目標。

2. 台灣商用車輛營運系統之發展

(1) 相關技術應用發展現況

有關台灣地區以研發及應用之商用運輸系統智慧化技術如圖 3.3 所示，說明如下：

a. 輸配送決策支援系統

主要提供輸配送自動化決策支援服務，應用之相關技術包括自動車輛定位、最佳路徑導引、無線電通訊、自動貨物辨識、商車電腦輔助調度、電子資料庫與電子資金移轉等。國內存在之應用實例計有美商 FEDEX 及 UPS 等整合型跨國運輸服務業者及自身經營無線電之貨運業者（如大榮貨運、東源儲運等）。

b. 車隊管理及車輛保全系統

主要係借重全球衛星定位系統與車隊管理系統程式，並藉由無線電黑盒子與汽車保全防護系統相結合，達到遠端遙控與指揮商車之目的，以加強行車安全及車輛靈活調度運用；國內存在之應用實例包括統聯客運與中部地區的車之友拖吊及租車公司委託巨達電信公司之行動數據服務、大榮貨運委託翔傳電信公司裝置之集群式無線電系統、土城市公所清潔車隊委託大通電信之行動數據服務、交通部運輸研究所所推動之示範性砂石車與危險物品運送管理系統以及計程車營運安全管理系統等。

c. 車輛辨識與動態地磅系統

主要係作為重車超載取締、車輛自動電子收費以及無紙化車輛監理作業等應用，目的國內於高速公路上已應用車輛辨識技術於電子收費之測試並將進一步進行推廣建置，至於動態地磅測量方法，目前尚無一致結論且尚未制定國家度量衡標準與相關執法程序，其實際之應用仍待努

力，為未來如能與車輛自動辨識系統相結合，將可達到即時超載取締與嚇阻之目的。

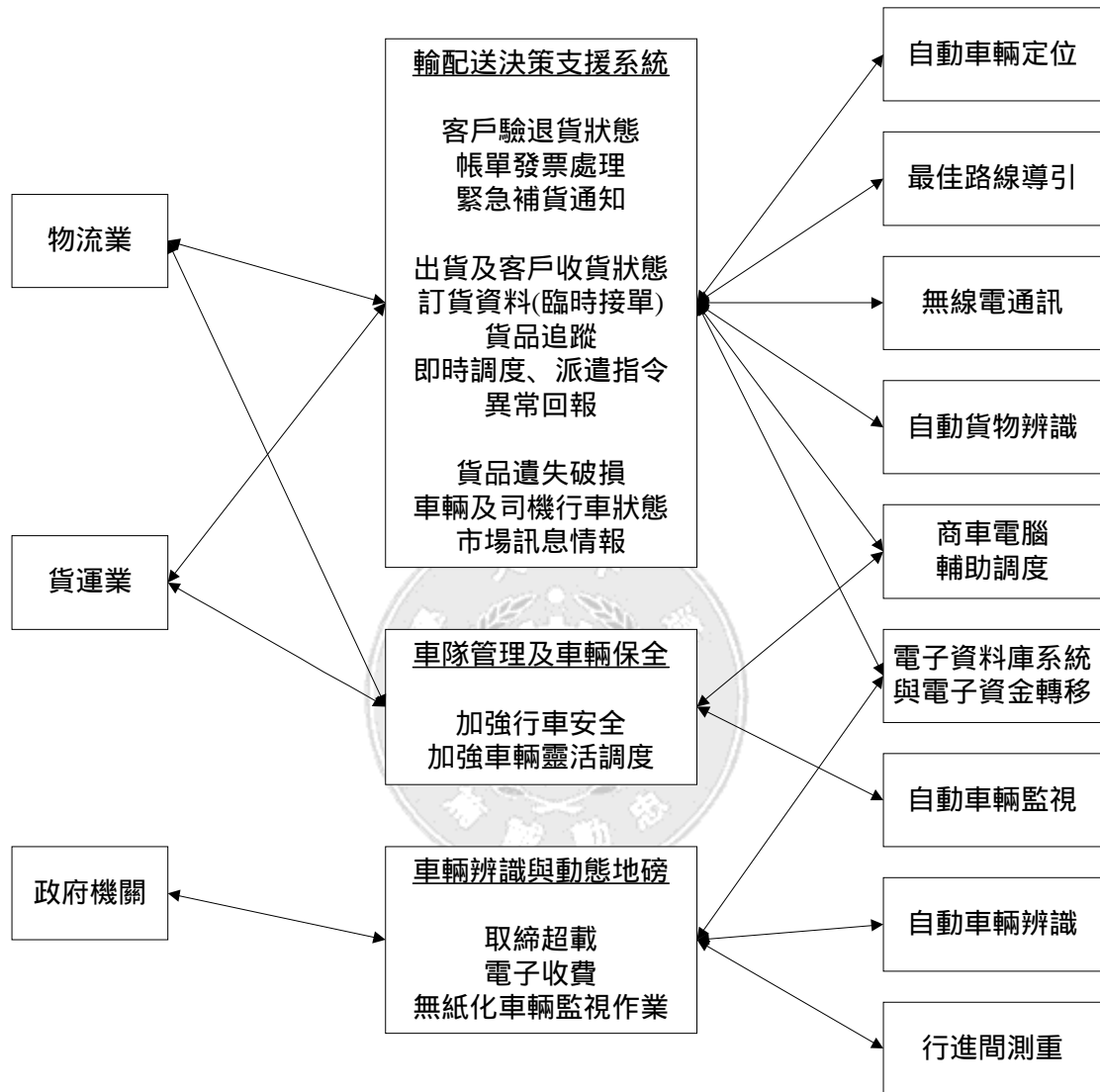


圖 3.3、國內「商用運輸系統智慧化」技術應用發展現況

資料來源：【19】

第四章 運輸網路設計模式構建

本章首先於 4.1 節中針對都市貨物運輸業之相關問題進行探討，期能從中更清楚地認識貨物運輸業之營運方式。於 4.2 節透過先前的分析構建貨物運輸業之運輸網路設計模式；4.3 節則確認模式求解流程；在清楚模式整體流程之後，最後於 4.4 節利用小型路網測試模式之正確性。

4.1 問題分析

透過第三章都市貨物運輸業經營現況之回顧，針對目前業者營運所遭遇之問題進行分析，瞭解問題之所在，以協助後續構建運輸網路設計模式。期望藉由運輸網路設計模式之幫助，使業者經營上能更有效率。業者之相關問題分析臚列如下：

4.1.1 路線轉運作業運務車輛作業模式

藉由與貨運業者之訪談，瞭解關於路線轉運作業運務車輛作業模式，將之整理如下：

(1) 衛星所對衛星所（直達車對開）

發貨端與收貨端皆為衛星所，如果發貨端到收貨端的貨量足夠，便直接透過直達車運送，將貨物送達收貨端。而此種方式亦是路線貨運業最基本之運送方式。如圖 4.1 所示。



圖 4.1、衛星所對衛星所

(2) 衛星所對衛星所 (兼轉運中心功能) (搬運車對開)

發貨端為衛星所、收貨端為衛星所 (兼轉運中心功能), 由於發貨端到收貨端的貨量足夠, 便直接透過搬運車運送, 將貨物送達收貨端。如圖 4.2 所示。



圖 4.2、衛星所對衛星所 (兼轉運中心功能)

(3) 衛星所經轉運中心到衛星所 (兼轉運中心功能) (衛星所對轉運中心為搬運車; 轉運中心對衛星所 (兼轉運中心功能) 為班車)

發貨端為衛星所、收貨端為衛星所 (兼轉運中心功能), 而且兩端距離較長, 須經過一轉運中心。由於發貨端直接到收貨端的貨量並不足夠, 利用搬運車之運送, 將貨運集中於另一轉運中心; 再透過班車運送將貨物送達轉運中心, 即貨物送達收貨端。如圖 4.3 所示。

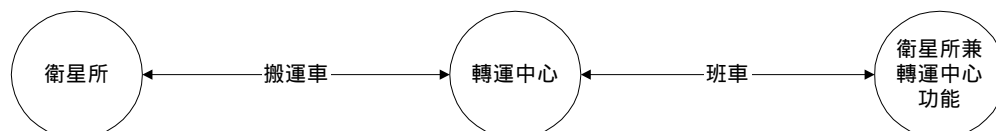


圖 4.3、衛星所經轉運中心到衛星所 (兼轉運中心功能)

(4) 衛星所經兩轉運中心到衛星所 (衛星所對轉運中心為搬運車; 轉運中心對轉運中心為班車)

發貨端為衛星所、收貨端為衛星所，而且兩端距離較長，其距離須經過兩處轉運中心。由於發貨端直接到收貨端的貨量並不足夠，因此利用搬運車之運送，將貨運集中於轉運中心，並透過班車來回兩轉運中心之間運送，最後利用搬運車將貨物送達衛星所，即貨物送達收貨端。如圖 4.4 所示。

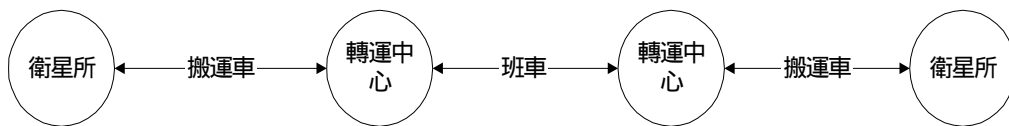


圖 4.4、衛星所經兩轉運中心到衛星所

- (5) 衛星所經轉運中心透過中繼站再經轉運中心到衛星所（衛星所對轉運中心為搬運車；轉運中心對轉運中心或中繼站為班車）

發貨端為衛星所、收貨端為衛星所，而且兩端距離較長，車無法當日回到原發車地。由於發貨端直接到收貨端的貨量並不足夠，因此利用搬運車之運送，將貨運集中於轉運中心，並透過班車將貨物運送至中繼站卸貨，重新分配裝載之後，再利用班車將貨物運至另一轉運站，最後利用搬運車將貨物送達衛星所，即貨物送達收貨端。如圖 4.5 所示。

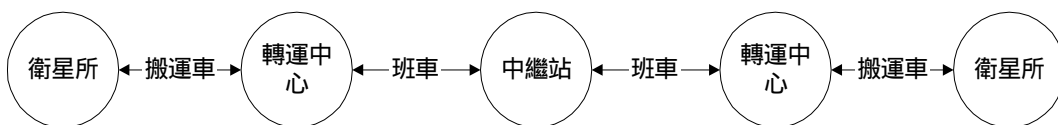


圖 4.5、衛星所經轉運中心透過中繼站再經轉運中心到衛星所

路線轉運作業運務車輛作業模式之重點整理如下：

- (1) 衛星所直達衛星所，所使用之車輛為直達車。

- (2) 衛星所到轉運中心，所使用之車輛為搬運車（車型為小型車輛）。
- (3) 轉運中心到轉運中心或中繼站，所使用之車輛為班車（車型為大型車輛）。
- (4) 目前業者經營方式，為車輛可於當日運送完畢，回到原出發點。第五種型式即為避免車輛無法回原出發點而產生，但台灣貨物運送距離較短，車輛皆可當天來回，即回到原出發點，而第五種形式之運送在台灣並未出現。

4.1.2 物流用地取得

在轉運中心的經營機能當中，倉儲保管、輸配送為其主要的營運項目，因此對於土地的需求很高，除了需要較大片且完整的土地之外，還必須以能接近都會區及其近郊交通便利之處為佳，然而台灣目前土地價格昂貴，且牽涉法令修改之問題，因此土地取得一直為業者所困擾。由於物流為近年來興起的課題，加上以往並沒有因應物流營運上需求所訂定相關法令，因此要尋求合適又合法之物流用地顯得相當困難，也是業者在用地取得上最大的瓶頸所在【19】。

而這個問題起因除了因為台灣地小之外，隨著土地成本的節節高漲，使得需要使用大塊土地做倉儲與轉運的物流業而言，增加了昂貴的土地成本；另外，由於國內的土地法令並不適宜目前的實際經營環境，修法的速度與產業進步的腳步無法一致，增加了業者增設地點選擇的限制與困擾。而此問題可透過設置設立 3~4 個專業轉運中心，便以於業者在大車的長程運輸之後，進入都市之前做轉換小車配送的分貨處理，進行換車與分貨的動作，而不需要在各重要都會區附近皆需投資設廠。

4.1.3 交通運輸問題

物流與交通運輸的關係一直是密不可分的，「交通運輸」的問題決定貨品運輸到客戶手中的時間，也代表業者物流效率、服務品質好

壞的指標。在此部分所面臨的困難點，分別為都會區缺乏設置路邊裝卸的區域、交通運輸的基礎建設不足、以及進入市區貨車大小及重量的限制、進入市區時段的限制等問題【19】。

首先在都會區運輸的部分，當中以缺乏設置路邊裝卸的區域問題最嚴重。由於都會區內寸土寸金、交通流量大，業者往往需要在紅線上臨時停車以便就近裝卸貨物，或者是道路上的阻礙物過多，使得裝卸貨與搬運的作業困難重重，這樣不但造成附近交通受阻，業者也必須冒著被開立罰單的風險，因此廠商紛紛提出設置路邊專用的裝卸區域。惟目前各大都會區內的停車空間都極為有限，很難大規模設置，造成裝卸區與商家之間的距離過長，司機不願搬運長距離，使得裝卸專區的使用率，低效益難以顯現。

另外許多都會區對於進入貨車的大小、重量、時段均有限制。以台北市而言，在考慮交通流量以及大、小車併行容易嚴重影響人車安全的情況之下，對於大貨車、聯結車進入市區某些地區有時段的限制。在大貨車時段限制的區域約略可分為三類：1.全日禁行；2.每日七~二十二時（例假日除外）禁行；3.每日七~九時、十七~十九時禁行。而聯結車限制進入範圍更大，且均為全日禁行並沒有區分時段。這樣的措施使得業者在都會區的運輸必須使用小型車輛，採行多配多趟次小量的方式，如此一來，廠商每趟的裝載率下降，直接影響運輸的成本以及排車的困難度。

在國內整體運輸面的部分，不論在都會區或者是高速公路上，嚴重的塞車及頻繁的交通事故都是業者最直接面臨的問題。目前整體性高速/快速公路系統建置並不完整，重要道路所能容納的運輸量不足，塞車已經不是上下班尖峰時間才會發生的現象了，業者無法掌握運輸配送時間，更遑論作有效率的輸配送規劃。目前運輸業者為了避免過長的運送時間，採用夜間運輸的方式，使貨品能更快速的到達目的地，但整個處理訂單至收到貨時間仍需隔夜、無法當天送達，且大多客戶收貨時間以白天為主，僅能縮短長程運輸的時間，對於整體效果改善的空間有限。

4.1.4 小結

上述內容為目前業者營運所遭遇之問題及其營運方式，瞭解其問題所在，可藉此協助本研究構建運輸網路設計模式，期望藉由運此模式之協助，對業者之經營有所助益。本研究由上述內容所獲得之重點整理如下：

1. 物流用地之取得是目前業者營運的瓶頸所在之一，因此透過設置設立 3~4 個專業轉運中心，可協助業者在大車的長程運輸之後，進入都市之前做轉換小車配送的分貨處理，而不需要在各重要都會區附近皆投資設廠。本研究計畫於台灣地區之北、中、南三地各設立一大型中繼站，並以軸輻式網路為其營運網路。
2. 為了滿足路線轉運作業運務車輛之實際作業，及都會區對於進入貨車的大小、重量、時段之限制，本研究將營運網路中使用之車輛限定為大型車輛、服務網路中使用之車輛限定為小型車輛，使模式求解出之最佳營運路網可符合此政策之限制。

4.2 運輸網路設計模式之建立

軸輻式貨物運送網路包括營運網路及服務網路（如圖 4.6 所示），營運網路包括了營業所與中繼站，此網路之節線包括貨物起點營業所至中繼站及中繼站至貨物迄點營業所，起點營業所必須將貨物運送至中繼站進行轉運至迄點營業所。營業所與中繼站節點有裝卸（轉運）成本與站所設置之固定成本，並有其容量限制，而節線成本為貨物運送之運輸變動成本，並有車輛容量限制，即運送車輛之最大容量。且貨物自起點營業所至迄點營業所間必須符合服務時效之要求。而服務網路包括顧客分區與營業站所，每個顧客分區包括顧客託運貨物起點與送達貨物迄點，聯結顧客分區與營業所之節線成為集配貨物節線【20】。

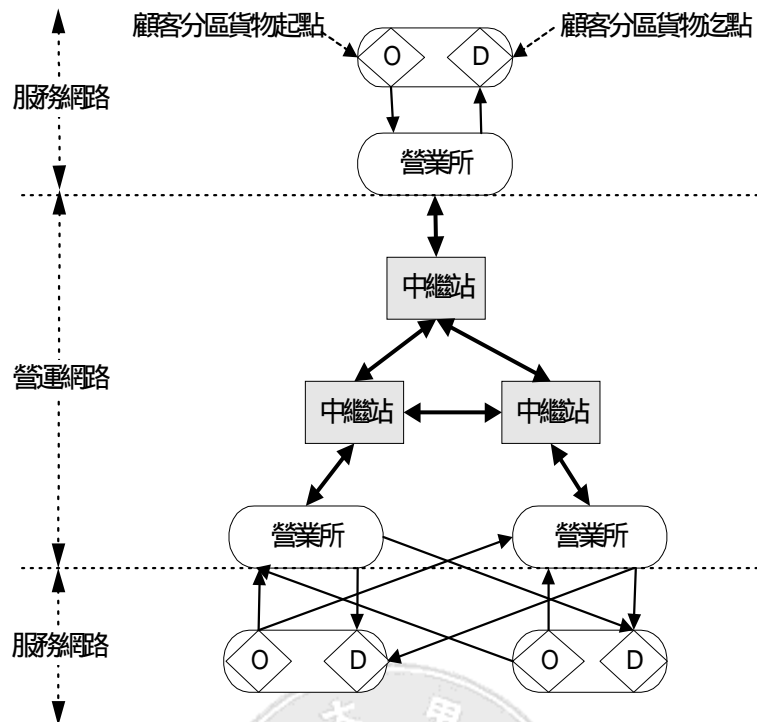


圖 4.6、軸輻式網路示意圖

資料來源：【20】

本節構建一運輸網路設計模式以決定貨件由顧客託運分區至顧客收貨分區之最佳貨物運送路線。在列出其數學模式之前，首先提出模式之基本假設，簡述如後：

4.2.1 模式之基本假設

為利於模式之構建與求解，本研究對模式提出如下之基本假設：

1. 假設轉運中心、營業站所區位與其服務之區域（即個別之顧客分區）已決定。
2. 假設各站所收送貨時間與運送時間為已知且固定不變。
3. 營運網路之營運車輛限用大型車輛，服務網路之營運車輛為小型車輛，且營運車輛數目無限制。

4. 貨物營運路線為貨運業者所決定,因此限制司機行駛之營運路線為固定,且司機無法自行變更行駛路線。
5. 研究中假設貨物於隔日送達收貨顧客,因此服務時效限制式未將其納入考量。
6. 研究中將每日貨量以兩小時進行切割,假設每兩小時進行一次運送,並依此時段進行即時資訊提供之測試分析。

4.2.2 運輸網路設計模式

目標式：

$$\min Z = \sum_{m \in M} \sum_{t \in T} K_m^t Z_m^t + \sum_{(i,j) \in A} \sum_{r \in R} C^r Y_{ij}^r + \sum_{i \in M} C_i V_i + \sum_{(i,j) \in A} \sum_{od} C_{ij} X_{ij}^{od} \quad (4-1)$$

限制式：

1. 貨物流進出限制式

$$\sum_j \sum_{od} Q^{od} X_{ij}^{od} = V_i, i \in M, i \notin \{o, d\} \quad (4-2)$$

2. 服務時效限制式

$$T_j + \sum_{(i,j)} T_{ij} X_{ij}^{od} \leq \hat{T}_{od}, \forall od \in OD \quad (4-3)$$

3. 站所容量限制式

$$V_i \leq V_m^t Z_m^t, \forall m \in M, i \in M, t \in T \quad (4-4)$$

4. 車輛容量限制式

$$\sum_{od} Q^{od} X_{ij}^{od} \leq W^r Y_{ij}^r, \forall (i,j) \in A, r \in R \quad (4-5)$$

5. 流量守恒限制式

$$\sum_i X_{ij}^{od} - \sum_k X_{jk}^{od} = \begin{cases} 1, & \text{if } j = d \\ -1, & \text{if } j = o \\ 0, & \text{if } o/w \end{cases} \quad \forall j \in N, od \in OD \quad (4-6)$$

6. 整數限制式

$$X_{ij}^{od}, Z_m^t \in \{0,1\}, \forall (i,j) \in A, od \in OD, t \in T, m \in M \quad (4-7)$$

$$Y_{ij}^r \in N, \forall r \in R, (i,j) \in A, m \in M \quad (4-8)$$

其中：

已知參數：

C_i ：中繼站或營業所節點 i 之單位裝卸成本。

C_{ij} ：任意兩節點間 (i,j) 的單位貨物運輸變動成本， $(i,j) \in A$ 。

Q^{od} ：起迄顧客分區貨物需求量， $od \in OD$ 。

T_j ：中繼站或營業所 j 裝卸作業時窗， $j \in M$ 。

T_{ij} ：任意兩節點間 (i,j) 的運輸時窗， $(i,j) \in A$ 。

\hat{T}_{od} ：起迄顧客分區 (o,d) 的最大運輸時窗， $od \in OD$ 。

K_m^t ：中繼站或營業所 m 以 t 規模型態設置之固定成本， $m \in M$ ， $t \in T$ 。

V_m^t ：中繼站或營業所 m 以 t 規模型態設置之站所容量， $m \in M$ ， $t \in T$ 。

W^r ：第 r 種車輛之最大裝載容量， $r \in R$ 。

C^r ：營運車輛之固定成本， $r \in R$ 。

決策變數：

V_i ：中繼站節點或營業所節點 i 之貨物處理量， $i \in N, i \notin \{o,d\}$ 。

X_{ij}^{od} ：等於 1，若節線 (i,j) 在起迄顧客分區 (o,d) 的運輸路線上；
等於 0 則否， $od \in OD$ ， $(i,j) \in A$ 。

Z_m^t : 等於 1 , 若中繼站或營業所 m 以 t 規模型態設置 ;
等於 0 則否 , $m \in M, t \in T$ 。

Y_{ij}^r : 節線 (i, j) 上所派遣之 r 型車輛數 , $r \in R, (i, j) \in A$ 。

$od \in OD$ 為顧客分區節點 , o 為貨物運送之起始節點 , d 為貨物運送到著節點。 $i, j, k \in N$ 代表運輸網路節點。 $(i, j) \in A$ 為代表運輸網路節線。 $m \in M$ 代表運輸網路中 , 中繼站或營業站所。 $r \in R = \{1, 2\}$ 為運輸網路中所使用之車輛種類 , 其中 $r=1$ 代表營運網路之大型車輛 , $r=2$ 代表服務網路之小型車輛。 $t \in T$ 為運輸網路中中繼站或營業站所設置之站所規模型態 , 其中 T 代表站所可供選擇之站所規模型態種類。

4.2.3 數學模式特性與說明

(4-1) 式為目標式 , 目標式第一項為中繼站與營業所設置之固定成本 , 即依站所規模型態大小設置所需之固定成本總和 ; 第二項為營運車輛之固定成本總和 , 包括營運網路之大型車輛與服務網路之小型車輛 ; 第三項為中繼站節點與營業站節點之裝卸成本 ; 第四項為往來中繼站與營業所及營業所至所服務顧客分區車輛之運輸變動成本。

限制式 (4-2) 為貨物流進出限制式 , 即由中繼站或營業所節點所流出的貨量 , 為該節點所處理的貨物量。限制式 (4-3) 為服務時效限制式 , 即每一貨物起迄對 (OD-pair) 必須在對顧客承諾的時效內送達至收貨顧客手中。限制式 (4-4) 為站所容量限制式 , 即中繼站與營業所開設後 , 貨物於該站所中進行轉運 , 且各節點所收到的貨物不得多於其設計最大容量 , 而站所容量決定於所設置之規模。限制式 (4-5) 為車輛容量限制式 , 限制運輸網路之節線上貨物流量不得多於派遣於節線上營運車輛數之最大容量。限制式 (4-6) 為流量守恆限制式 , 即任何一個顧客分區所應送出的所有貨件必須送出該顧客分區 ; 任何一個顧客分區所應收到的所有貨件必須送達該顧客分區 ; 任何一個中繼站或營業所節點所收到的所有貨件必須送出該節點 , 任一站所絕對不儲存任何一件貨物。限制式 (4-7) 為整數限制式 , 限制決策變數 X_{ij}^{od} , 即節線 (i, j) 是否在起迄顧客分區 (o, d) 的運輸路徑上 , 必須是 0 或 1 的

整數解；限制決策變數 Z'_m ，即中繼站或營業所 m 是否以 t 規模型態設置，必須是 0 或 1 的整數解。限制式 (4-8) 限制決策變數 Y_{ij}^r ，即派遣於節線上之車輛數必須是整數解。

4.3 模式求解流程

本研究為了能求解最佳貨物運送網路，構建一運輸網路設計模式，以決定總營運成本最小之最佳貨物運送網路，模式考量站所固定成本【劉志遠，民 86】、站所內之裝卸成本【高玉民，民 85】、車輛營運固定成本【林正章等，民 85】、及路線運送成本【劉志遠，民 86】；並將運輸時窗、車輛容量、站所容量、及路線流量守恆作為其限制條件。

於模式求解流程中，首先考慮服務區位之相關資料，其中包括顧客分區、營業所與中繼站之區位，以構建出貨物運送初步路徑。同時考量運輸時窗（即服務時效限制），係在每一顧客分區起迄對之貨物運送，必須在對顧客承諾的時效內，將貨物送達至收貨顧客手中；而關於站所容量限制，主要因中繼站與營業所開設後，貨物會於相關站所中進行轉運，且各站所所收到的貨物不得多於其設計最大容量，而站所之最大容量決定於所設置之規模。此外車輛最大載貨量限制，亦限制運輸網路之節線上貨物流量不得大於派遣於營運路線上車輛數之最大載貨容量。透過上述之限制條件，即可獲得符合限制之可行運送路徑，並利用數學規劃學理方法，以獲得最適之貨物運送網路。

初步路徑之產生為貨物運送網路設計模式的第一步驟，即貨物運送網路之產生，在產生貨物運送路徑的過程中，考量站所容量限制、車輛最大載貨量限制，並滿足服務時效限制下，以產生符合業者營運時相關限制之可行營運網路，利用商用套裝軟體進行求解，以得出最適貨物運送網路結構，並保證所產生之路徑均為可行。運輸網路設計模式求解流程如圖 4.7 所示。

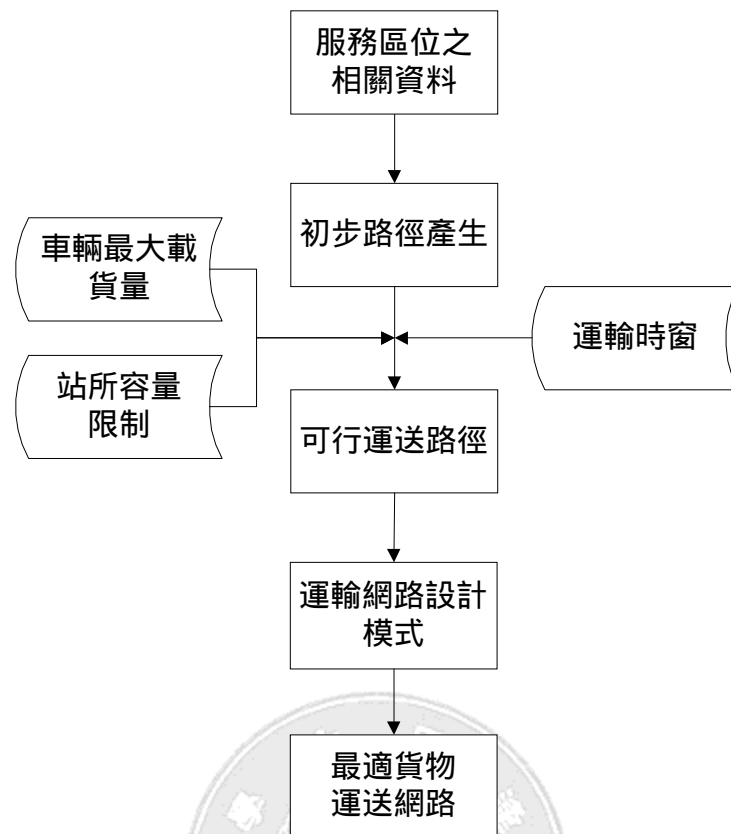


圖 4.7、模式求解流程圖

4.4 模式正確性之驗證

為驗證模式之正確性，本研究構建一小型路網來測試模式之正確性，並以 GAMS 數值分析軟體進行測試工作。測試路網共有 4 個營業站所及 2 個中繼站（如圖 4.8 所示）。其路網相關基本屬性資料，彙整成三個表，此處所使用之資料為假設值，與實際狀況並無相關性，所假設之數值皆依常理給定，以利模式之驗證。表 4.1 為測試路網之節線單位成本、表 4.2 為測試路網之分區間貨量需求、表 4.3 為中繼站及營業所之組裝成本、固定成本及容量。

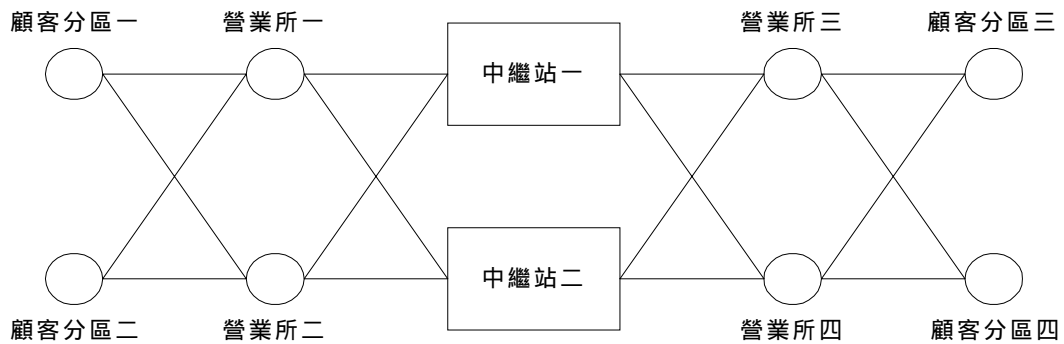


圖 4.8、測試路網圖

表 4.1、測試路網之節線單位成本

	營業所一	營業所二	營業所三	營業所四
中繼站一	1	3	10	8
中繼站二	10	9	1	3
分區一	1	4	-	-
分區二	4	1	-	-
分區三	-	-	2	10
分區四	-	-	9	1

註：節線單位成本（元/每件公里）

表 4.2、測試路網之分區間貨量需求

	分區一	分區二	分區三	分區四
分區一	-	6	10	9
分區二	7	-	15	10
分區三	5	5	-	10
分區四	10	11	9	-

註：貨量需求單位（件）

表 4.3、中繼站及營業所之組裝成本、固定成本及容量

	組裝成本	容量	固定成本
營業所一	6	100	200
營業所二	5	100	200
營業所三	4	100	200
營業所四	5	100	200
中繼站一	2	50	320
中繼站二	3	60	450

註：成本單位（元）

以 GAMS 測試上述網路，證實模式之正確性，經由 GAMS 的計算，所獲得之結果如圖 4.9，最小運送成本為 3,247 元。顧客分區一與顧客分區二之貨物均由營業所一所服務、顧客分區三由營業所三服務、顧客分區四由營業所四服務，營業所二則不需設置；營業所一、營業所三、營業所四之貨物運送均透過中繼站一進行轉運配送，中繼站二亦不需設置。

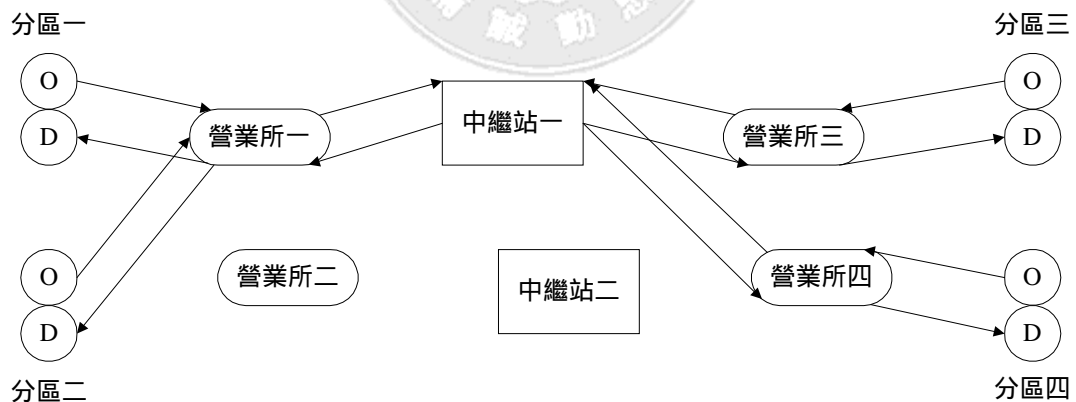


圖 4.9、測試路網結果示意圖

第五章 實證研究

本研究將以國內 T 路線貨運公司之營運路網現況作為實驗分析之對象，針對貨運公司設立中繼站之方向，應用本研究所研擬之貨物運輸網路設計模式，並分別由相關文獻或業者實際營運資料，計算出成本最低之軸輻式營運網路，並分析整合即時交通資訊之後，軸輻式貨物運輸網路成本變動之情形，以瞭解所需設置中繼站與營業所之規模與設置地點，及營運路線之安排。5.1 節中說明貨物運輸網路設計模式所需之已知參數；5.2 節則進行兩大小不同路網之測試分析。

5.1 已知參數之獲得

本節針對所蒐集之相關文獻及業者實際營運資料整理成貨物運輸網路設計模式所需之參數。各參數之資料分述如下：

1. 中繼站個數與設置地點

根據 T 路線貨運公司之資料，計畫於台灣地區之北、中、南三地設立轉運中心，並以軸輻式網路為其營運網路，中繼站預定之位置分別為中壢、台中、永康三處，選擇 T 路線貨運公司中壢所、台中所、永康所為預定中繼站地點，並透過模式求解以獲得軸輻式營運之最佳貨物運輸網路。

2. 貨運車輛型式

(1) 營運網路之車輛型式

本研究營運網路中營運路線使用大型車輛車型。參考高玉民(民 85)假設 T 路線貨運公司以軸輻式網路營運之後能有效提高平均承載率至 90% 以上，並假設車廂中只能

堆放 80% 之空間，經換算後取得平均每車約有 100 百公斤之載運容量。

(2) 服務網路之車輛型式

服務路網之車輛型態，本研究參考高玉民（民 85）採用載重量 2.8 噸之集配車作為服務網路之單一車種，假設集配車平均每次僅承載 70% 之容量，故其約有 20 百公斤之載運容量。

3. 變動成本

(1) 站所單位裝卸成本

站所單位裝卸成本採用高玉民（民 85）所計算而得之每百公斤 60 元，計算方式如下式，並假設中繼站與營業所之單位裝卸成本相同，暫不考慮中繼站大型化後因機械化作業所減少之單位組裝成本。

$$\frac{\text{站所裝卸貨物人員數} \times \text{裝卸貨物人員薪資}}{\text{站所平均每日處理貨物量(百公斤)}} = \text{每單位(百公斤)貨物裝卸成本}$$

(2) 營運網路之運輸變動成本

本研究參考劉志遠（民 86）之運輸變動成本，為各節線上貨物流量乘於其每噸公里單位成本之總和，各節線之每噸公里單位成本乃依其運距與平均單位公里成本相乘再除以平均每車載運噸數而得，平均載運噸數為 100 百公斤，單位公里成本為 3.75（元/公里），依下式計算而得（林正章，民 85）：

$$\frac{\text{附屬油料費} + \text{輪胎費} + \text{修理費}}{\text{貨車總行駛里程數 (公里)}} = \text{節線單位公里成本}$$

(3) 服務網路之運輸變動成本

本研究參考劉志遠（民 86），服務網路之節線變動成

本，為各節線上貨運流量乘於其每噸公里單位成本之總和，各節線之每噸公里單位成本乃依其運距與平均單位公里成本相乘再除以平均每車載運噸數而得，平均載運噸數為 20 百公斤，而單位公里成本依陳春益（民 85）所建立之資料，單位公里成本為 20.56（元/公里）。

4. 固定成本

（1）營運車輛固定成本

在營運車輛固定成本中，以駕駛員薪資所佔比例最高，其次為車輛折舊費用；保險費用而言，營業大貨車每車每年分別約 4 萬。而根據營運車輛種類之區別，本研究分為大小型車輛，以下便估算其每日所需之固定成本：

a. 大型車輛固定成本

營運網路中所使用之大型車輛固定成本之計算採用林正章等（民 85）所計算而得，每輛貨車每日必須分攤 4,126.5 元之車輛固定成本，即每部車每日所必須付出之固定成本 4,126.5 元。

b. 小型車輛固定成本

服務網路中所使用之小型車輛固定成本之計算採用陳春益（民 85）所計算而得，每部貨車每日必需分攤 1,229.5 元之車輛固定成本，即每部車每日所必須付出之固定成本 1,229.5 元。

（2）站所固定成本

站所固定成本方面，主要為土地成本，本研究參考劉志遠（民 86）之資料，以各站所之平均單位價格（元/坪），得到平均每坪土地需要 58,314 元，假設購得土地之成本分 30 年攤還，年利率以 7% 計算，獲得每年每坪土地所必須

負擔之成本為 4,699 (元/坪)，再除以 365 日，可得每日每坪 12.87 元之固定成本。由每日每坪 12.87 元之固定成本除以每日平均每坪 1.325 百公斤之績效，可得 9.7 (元/百公斤) 之單位規模成本，即站所每增加一百公斤之容量每日必須付出 9.7 元。

5.2 實證結果分析

本研究分別構建兩大小不同之測試路網，以進行不同之實驗測試，並說明實驗測試之結果分析。第一小節為測試路網一，包括三個中繼站、五個營業所及五個貨物起迄分區；第二小節為測試路網二，包括三個中繼站、十個營業所及十個貨物起迄分區，各狀況之列表如表 5.1 所示。各小節針對所構建之不同測試路網，進行提供各種不同即時資訊下，利用成本模式求得不同情境之成本，並針對測試結果進行分析探討。

表 5.1、實證研究之狀況列表

測試路網	模擬情境	中繼站規模	貨運量變化
測試路網一	情境一	小型規模	原貨運量及增加 5%、10%、15%、20%、30%、40% 貨量之變化
	情境二	中型規模	
	情境三		
測試路網二	情境一	中型規模	原貨運量及增加 5%、10%、15%、20%、30%、40% 貨量之變化
	情境二	大型規模	
	情境三		

5.2.1 測試路網一

測試網路以貨運公司之五個站所作為營業所，同時將每一營業所服務之顧客分區視為貨物起迄點，故同樣有五個顧客分區，此測試網路共有 5 個中繼站節點、5 個發送營業所節點、5 個到著營業所節點、

5 個顧客分區貨物起點，5 個顧客分區貨物迄點。此運輸網路之示意圖如圖 5.1，而路網之相關資料分述於以下各表，表 5.2 為測試網路之貨物運輸網路設計資料、表 5.3 為測試網路之貨物起迄對貨運量。

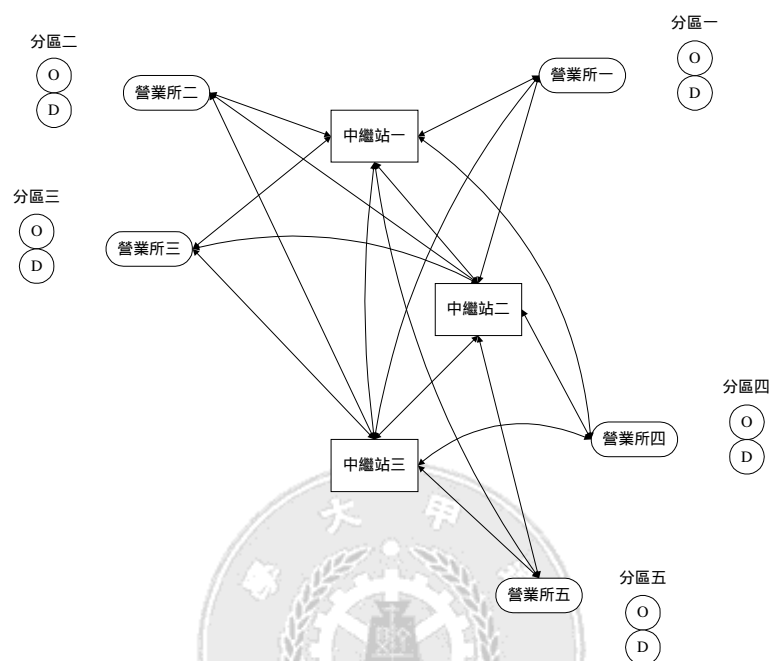


圖 5.1、測試路網一之示意圖

表 5.2、測試網路一之貨物運輸網路結構資料

節點		節線	
中繼站節點	3	貨物起點至發送營業所節點	25
發送營業所節點	5	到著營業所節點至貨物迄點	25
到著營業所節點	5	營業發送所節點至中繼站節點	15
顧客分區貨物起點	5	中繼站節點至營業到著所節點	15
顧客分區貨物迄點	5	中繼站節點至中繼站節點	6
總計	23	總計	86

表 5.3、測試網路一之貨物起迄對貨運量

$\begin{matrix} D \\ O \end{matrix}$	分區一	分區二	分區三	分區四	分區五
分區一	-	47	42	37	70
分區二	48	-	51	43	86
分區三	38	43	-	51	64
分區四	43	55	63	-	44
分區五	26	48	35	25	-

註：單位（百公斤）

由於所有貨物起迄對之貨運量總和為 959 百公斤，故本研究以 1,000、500（百公斤/日）作為中繼站規模之選擇，另外營業所之規模假設可供選擇之規模型態有 300、450（百公斤）。表 5.4 為測試網路之中繼站區位規模與固定成本、表 5.5 為測試網路之營業所區位規模與固定成本。

表 5.4、測試網路一之中繼站區位規模與固定成本

站所面積（坪）	貨物處理量（百公斤/日）	固定成本（元/日）
337	500	4,850
755	1,000	9,700

資料來源、【20】

表 5.5、測試網路一之營業所區位規模與固定成本

站所面積（坪）	貨物處理量（百公斤/日）	固定成本（元/日）
226	300	2,910
340	450	4,365

資料來源、【20】

研究中將每日貨量以兩小時進行切割，假設每兩小時進行一次運送每日共運送 12 次，並依此時段進行即時資訊提供之測試分析。並分別就原貨運量及增加 5%、10%、15%、20%、30%、40% 貨量，透過

第四章運輸網路設計模式求解，構建出成本最小之貨物運輸路線，以瞭解不同貨運量下之營運狀況。並針對可能事件之發生，決策者透過即時資訊之傳遞，變更營運決策進行求解，以分析提供資訊所能帶來之效益。以下便針對可能之情境進行分析比較（如表 5.6 所示）：

表 5.6、各情境狀態之假設列表

	情境狀態	因應狀況	資訊提供下模式之求解
情境一	原始狀態	無	透過運輸網路設計模式求出最佳解
情境二	中繼站一機具無法處理貨物，事件發生時段為上午 08:00~下午 20:00	決策部門關閉中繼站，將貨物轉移至其他中繼站處理	將關閉之中繼站從模式中去除，再利用運輸網路設計模式另行決定新營運路線
情境三	路段發生壅塞，事件發生時段為上午 06:00~10:00 及下午 16:00~20:00	改走替代道路	將所有行經壅塞路段之路徑改為替代道路之成本，再利用運輸網路設計模式另行決定新營運路線

情境一、原始狀態

1. 中繼站為小型規模（貨物處理量：500 百公斤/日）

此情境之中繼站採用小型規模（即貨物處理量為每日 500 百公斤），透過運輸成本模式求解獲得每日總營運成本、站所固定成本、車輛固定成本、裝卸成本、運輸成本及各中繼站所需處理之貨量，如圖 5.2 所示。其貨物運送路線如圖 5.3 所示。從貨運量變化之敏感度分析得知，以運輸成本占總成本比例較高，約為 35% 左右，而車輛固定成本與裝卸成本占總成本之比例分別約為 25% 左右；而不同貨運量下之運輸成本並無明顯變化，且其運輸路線並無大幅度之改變，亦顯示出軸輻式網路提高車輛積載率之效

果；當貨物量增加 20% 以上，所需之裝卸成本隨貨量增加有較明顯之增加。

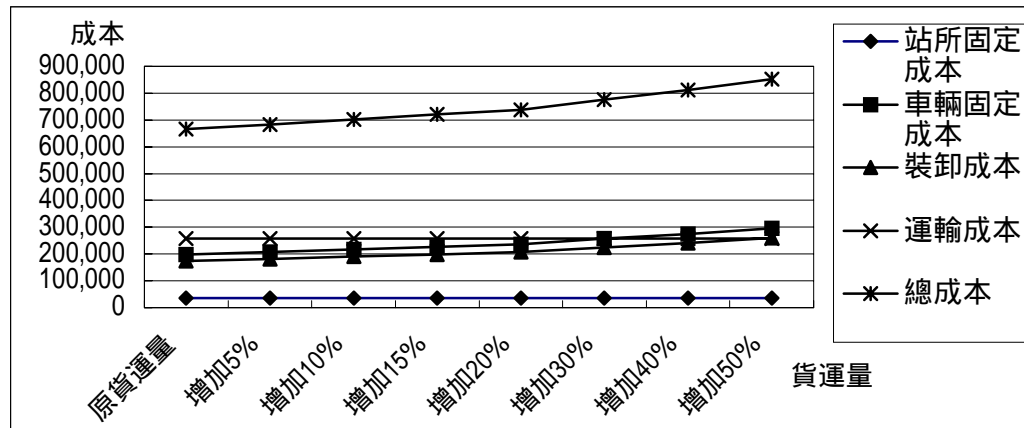


圖 5.2、貨運量變化之敏感度分析結果

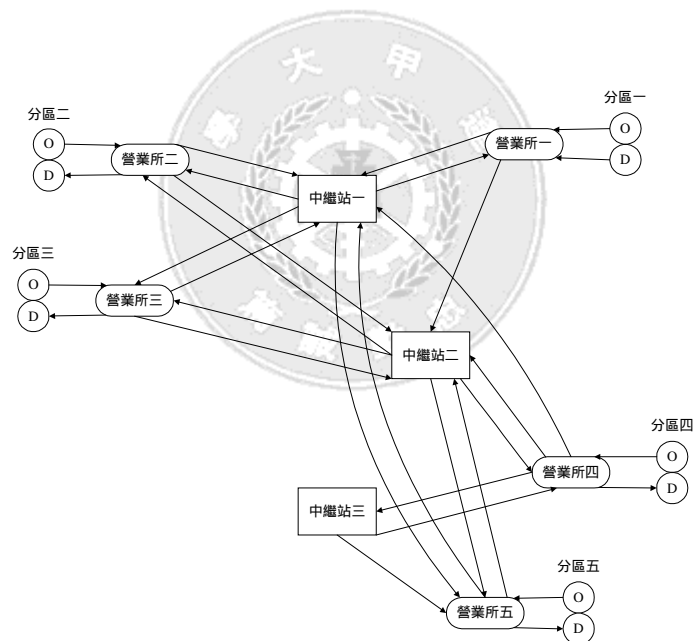


圖 5.3、測試路網結果示意圖

2. 中繼站為中型規模（貨物處理量：1,000 百公斤/日）

此情境之中繼站採用中型規模（即貨物處理量為每日 1,000 百公斤），其每日總營運成本、站所固定成本、車輛固定成本、裝卸成本、運輸成本及各中繼站所需處理之貨量，如圖 5.4 所示。

其貨物運送路線如圖 5.5 所示。從貨運量變化之敏感度分析得知，個別成本仍以運輸成本占總成本之比例較高，約為 35% 左右，而不同貨運量下運輸成本之變化幅度不大；其次為車輛固定成本與裝卸成本，車輛固定成本與裝卸成本隨貨量增加而增加。

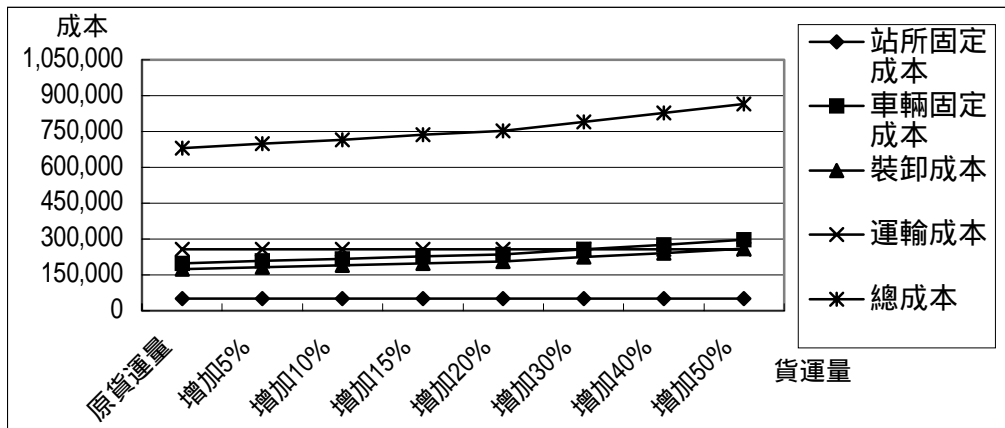


圖 5.4、貨運量變化之敏感度分析結果

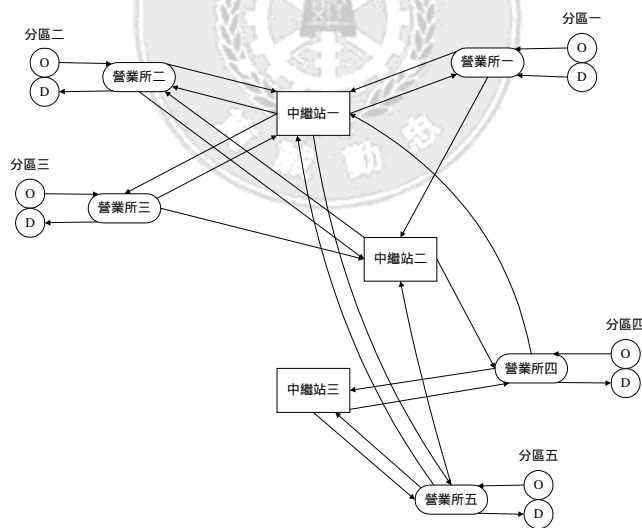


圖 5.5、測試路網結果示意圖

情境二、中繼站一因突發事件發生，場站機具無法處理貨物，決策部門決定關閉中繼站一，將貨物轉移至其他中繼站處理。事件發生時段為上午 08:00~下午 20:00，共跨越 6 個運送時段。

1. 中繼站為小型規模（貨物處理量：500 百公斤/日）

此情境之中繼站採用小型規模。當此情境事件發生時，由決策單位提供決策資訊給司機，其應變情形為告知司機中繼站一機具損壞，並指示將貨物運至另一中繼站進行轉運。因應此情境本研究將中繼站一於路網中去除，另行決定新營運路線，透過運輸網路設計模式求解獲得每日總營運成本、站所固定成本、車輛固定成本、裝卸成本、運輸成本及各中繼站所需處理之貨量，如圖 5.7 所示。其貨物運送路線如圖 5.9 所示。從貨運量變化之敏感度分析得知，以運輸成本占總成本之比例較高；車輛固定成本與裝卸成本居次。當貨量依比例增加 30% 以上時，因中繼站規模過小，無法完全處理所增加之貨量，因此超出中繼站規模之貨量，本研究增加其額外處理成本（即原始狀況下之每噸每公里平均營運成本，此狀況為 694 元），並將其包含於運輸成本之內。當貨量增加至 30% 以上，所需處理之貨量增加，導致運輸成本增加之幅度亦隨之提高，使總成本大幅提高。

當未提供即時資訊時，本研究假設貨物到達中繼站一需增加額外處理成本，使貨物可另外轉運到各營業所。本研究將原狀況之中繼站一所處理之貨量，乘上所增加之每噸每公里處理成本（以原始狀況下之每噸每公里平均營運成本作為所需增加之額外處理成本，此狀況為 694 元），即獲得無提供即時資訊下所增加之額外處理成本，此項成本取決於中繼站原先所需處理之貨量，並將此成本包含在運輸成本之內。而貨運量變化下之各項成本如圖 5.6 所示，其營運路網則與原狀況之路網相同。

由上述兩種狀況進行比較（如表 5.7、圖 5.8 所示），無提供即時資訊之總成本皆較高於有提供即時資訊，提供即時資訊較無提供資訊可節省 150,000 元，約占總成本 20%；但當貨量增加至 40% 以上，兩者差距逐漸縮小。主要原因為中繼站之規模過小，超過中繼站所能處理之貨物量，另行增加之額外處理成本大幅提高營運成本，因此需增加中繼站所處理之貨物量（如透過大型機具之協助或尋找更大面積之場站），以降低此狀態下之營運成本。

表 5.7、有無即時交通資訊之成本比較

貨運量	有即時交通資訊	無即時交通資訊
原貨運量	693,222	838,885
增加 5%	711,726	857,388
增加 10%	728,840	874,503
增加 15%	748,732	894,394
增加 20%	765,846	911,509
增加 30%	803,778	949,441
增加 40%	902,090	984,655
增加 50%	1,014,311	1,025,335

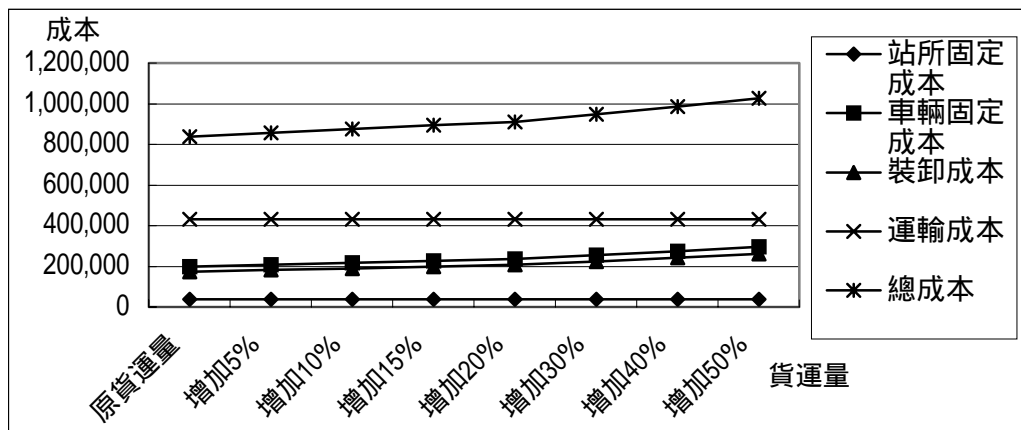


圖 5.6、貨運量變化之敏感度分析結果（無即時資訊）

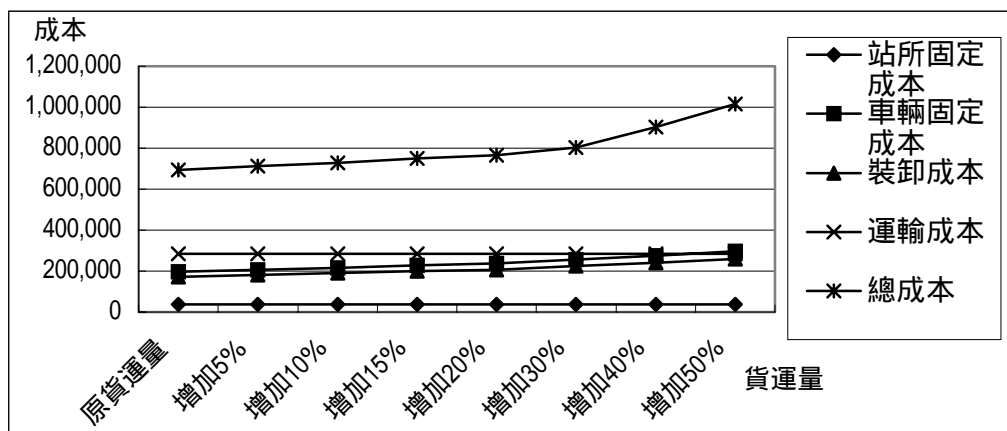


圖 5.7、貨運量變化之敏感度分析結果（有即時資訊）

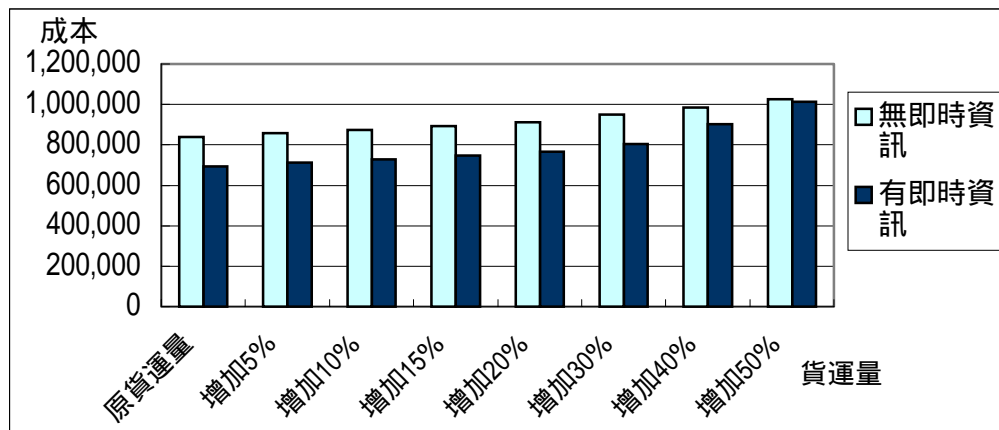


圖 5.8、有無提供即時資訊之成本比較

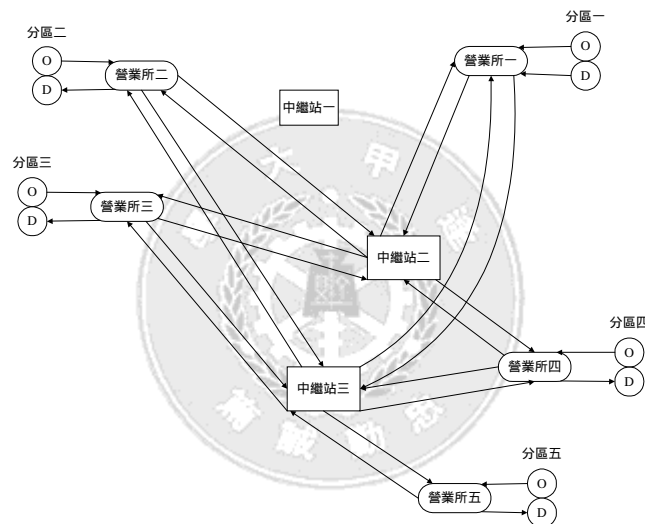


圖 5.9、測試路網結果示意圖

2. 中繼站為中型規模（貨物處理量：1,000 百公斤/日）

此情境之中繼站採用中型規模。當提供即時資訊時，其每日總營運成本、站所固定成本、車輛固定成本、裝卸成本、運輸成本及各中繼站所需處理之貨量，如圖 5.11 所示。從貨運量變化之敏感度分析得知，以運輸成本占總成本之比例較多；而當貨量增加 20% 以上，車輛固定成本與裝卸成本增加之幅度變高，亦使得總成本相對提高；由於營運路線變化不大，因此運輸成本為有明顯之變化。

未提供即時資訊時，營運成本上需增加額外之處理成本，此項成本取決於中壢中繼站原先所需處理之貨量，各項營運成本如圖 5.10 所示，其營運路網則與原狀況之路網相同。當貨量增加 20% 時，中繼站一所需處理之貨量較少，因此當情境發生時需增加額外處理成本較低，所以當貨量增加 20% 時之總成本亦較低。

由上述兩種狀況進行比較（如表 5.8、圖 5.12 所示），無提供即時資訊之總成本皆較高於有提供即時資訊之狀況，且有明顯之差距（提供即時資訊約可節省總成本 20 萬元，約占總成本 25%）。但當貨量增加至 20% 時，兩者之差距縮小，主要之原因為中壢中繼站所需處理之貨量較少，因此額外處理成本較少，使得有無提供即時資訊狀態之總成本差距縮小。但仍可顯示出提供即時資訊對業者之營運上有明顯之助益。

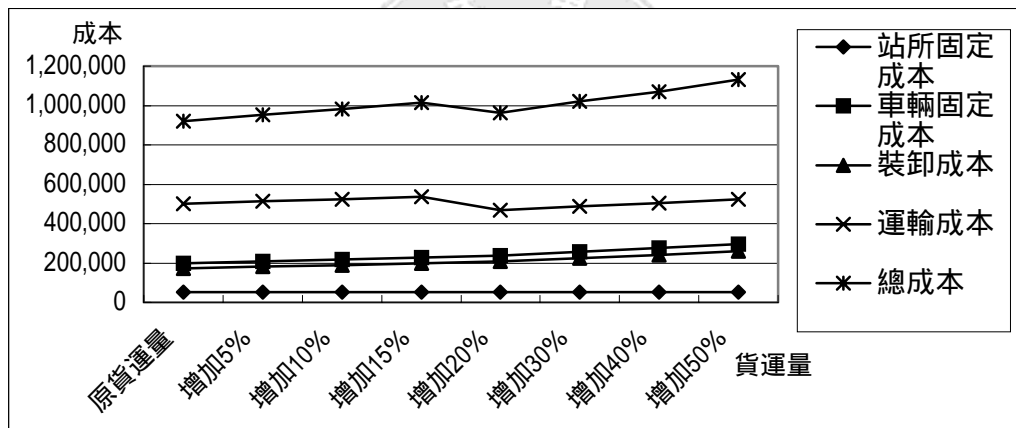


圖 5.10、貨運量變化之敏感度分析結果（無即時資訊）

表 5.8、有無即時交通資訊之成本比較

貨運量	有即時交通資訊	無即時交通資訊
原貨運量	707,757	921,764
增加 5%	726,250	952,736
增加 10%	743,385	981,347
增加 15%	763,307	1,013,759
增加 20%	780,345	963,481

表 5.8、有無即時交通資訊之成本比較（續）

貨運量	有即時交通資訊	無即時交通資訊
增加 30%	818,325	1,019,565
增加 40%	853,486	1,071,381
增加 50%	894,225	1,131,493

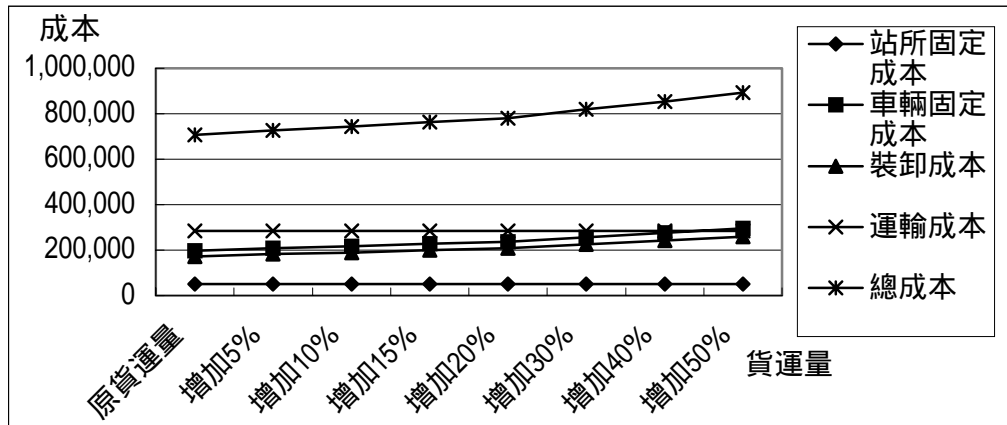


圖 5.11、貨運量變化之敏感度分析結果（有即時資訊）

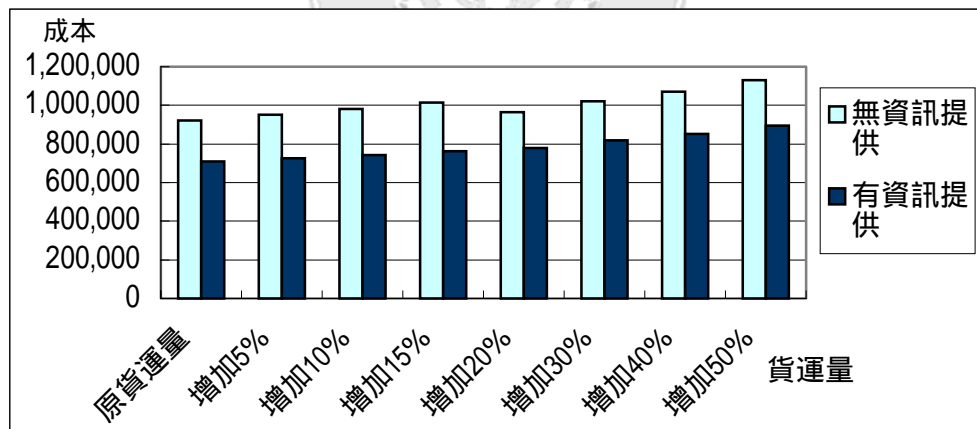


圖 5.12、有無提供即時資訊之成本比較

情境三、中山高苗栗三義路段發生交通事故，此路段嚴重擁塞（行駛速度由 90kph 降為 20kph），南下、北上車輛可分別由三義、苗栗交流道下改走替代道路（以台 13 線為其替代道路，此替代道路之距離較中山高約增加 10 公里）。事件發生時段為上午 06:00~10:00 及下午 16:00~20:00，共跨越 4 個運送時段。

1. 中繼站為小型規模（貨物處理量：500 百公斤/日）

此情境採用小型規模中繼站。當提供即時資訊時，其決策資訊為告知司機苗栗三義路段發生交通事故，此路段嚴重擁塞，並指示其行走之替代路線。本研究因應此狀況，將所有行經苗栗三義路段之路徑成本提高（依據替代道路所增加之公里數），且考量替代道路之車行速率降低（由 90kph 降為 70kph），再由模式另行決定新營運路線，其每日總營運成本、站所固定成本、車輛固定成本、裝卸成本、運輸成本及各中繼站所需處理之貨量，如圖 5.14 所示。從貨運量變化之敏感度分析得知，以運輸成本占總成本之比例較高；而當貨量增加 20% 以上，車輛固定成本與裝卸成本增加之幅度變高，亦使得總成本相對提高；由於營運路線變化不大，因此運輸成本未有明顯之變化。

未提供即時資訊之情境，司機無法臨時改變行駛路線，而受到路段擁塞之影響，導致運送產生延滯，本研究將此延滯轉換為運輸成本，以評估其營運成本之變化。中山高苗栗三義路段之行駛距離約 17 公里，營運網路之運輸變動成本為每噸每公里 3.75 元，當時速由 90kph 降為 20kph，此段行駛時間將增加 4.5 倍，所需增加之運輸成本為 3,443 元，而有 4 個運送時段受到情境影響，因此增加之運輸成本共 13,772 元，各項營運成本如圖 5.13 所示，其營運路網則與原狀況之路網相同。從貨運量變化之敏感度分析得知，與提供交通資訊之狀況相似，以運輸成本所占之比例較高，但不同貨量下未有明顯變化；而當貨量增加 20% 以上，車輛固定成本與裝卸成本增加之幅度亦較貨量少時為變高。

由上述兩種狀況進行比較（如表 5.9、圖 5.15 所示），無提供即時資訊之總成本與有提供即時資訊之狀況相差不大，但提供即時資訊仍可節省總成本約 10,000 元，約為總成本之 2%。其主要之原因可能為此測試路網為小路網且總貨量並不大，使得有無提供即時資訊狀態之總成本並無法明顯差距，但仍可顯示出提供即時資訊對業者之營運上有些許之助益。

表 5.9、有無即時交通資訊之成本比較

貨運量	有即時交通資訊	無即時交通資訊
原貨運量	667,185	679,157
增加 5%	685,688	697,660
增加 10%	702,803	714,775
增加 15%	722,693	734,666
增加 20%	739,807	751,781
增加 30%	777,741	789,713
增加 40%	812,955	824,927
增加 50%	853,635	865,607

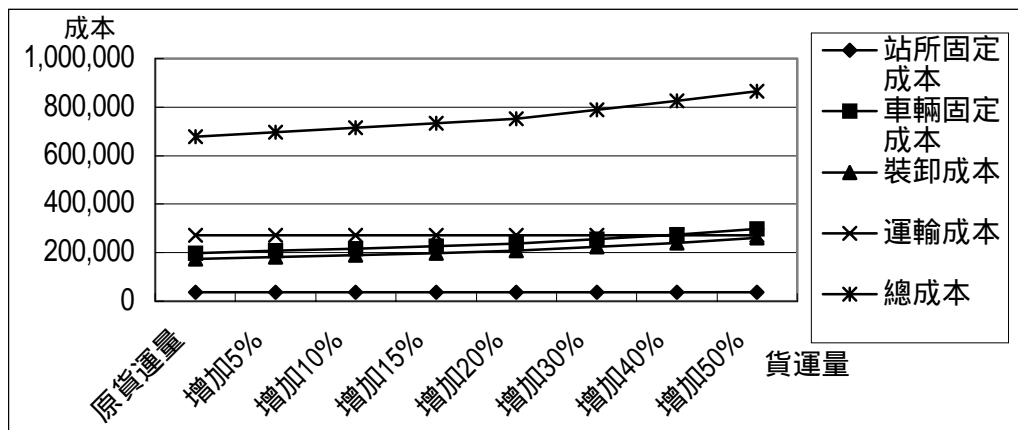


圖 5.13、貨運量變化之敏感度分析結果（無即時資訊）

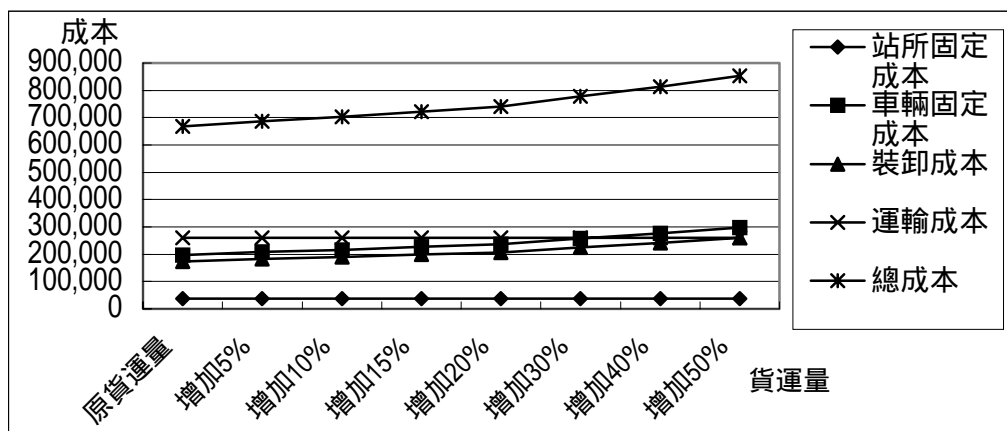


圖 5.14、貨運量變化之敏感度分析結果（有即時資訊）

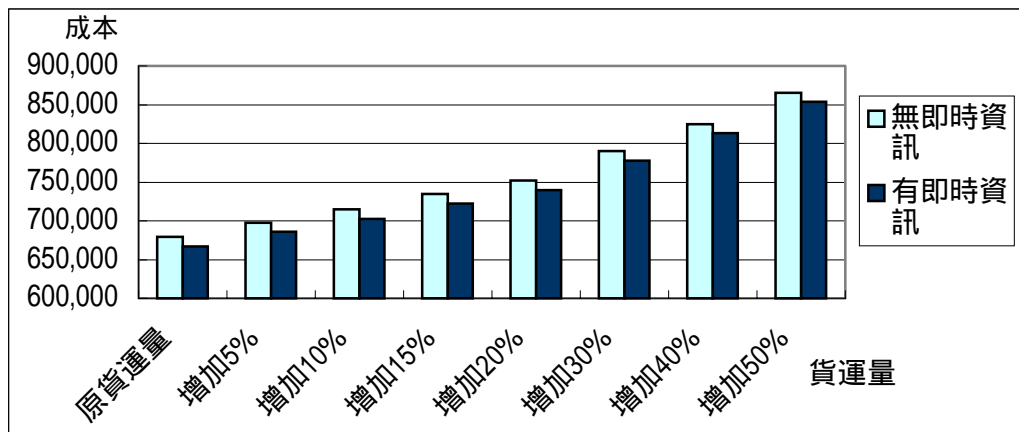


圖 5.15、有無提供即時資訊之成本比較

2. 中繼站為中型規模（貨物處理量：1,000 百公斤/日）

此情境之中繼站採用中型規模。當提供即時資訊時，本研究將所有行經苗栗三義路段之路徑成本提高（依據替代道路所增加之公里數），且考量替代道路之車行速率降低（由 90kph 降為 70kph），另行決定新營運路線，其每日總營運成本、站所固定成本、車輛固定成本、裝卸成本、運輸成本及各中繼站所需處理之貨量，如圖 5.17 所示。從貨運量變化之敏感度分析得知，以運輸成本占總成本之比例較高；當貨量增加 30% 以上，車輛固定成本與裝卸成本增加之幅度變高，亦使得總成本相對提高；由於營運路線變化不大，因此運輸成本未有明顯之變化。

未提供即時資訊之情境，本研究將此延滯轉換為運輸成本，以評估其營運成本之變化，成本上需增加額外之運輸成本，各項營運成本如圖 5.16 所示，其營運路網與原狀況之路網相同。從貨運量變化之敏感度分析得知，車輛固定成本與裝卸成本所占之比例較高，且當貨量增加 30% 以上，成本增加之幅度亦較貨量少時為變高；且運輸成本未有明顯之變化。

由上述兩種狀況進行比較（如表 5.10、圖 5.18 所示），有提供即時資訊之總成本比無提供資訊時之總成本為低，且當貨運量愈多所能節省之成本亦較多，在營運成本上約可節省 1 萬元，約為總成本之 2%。顯示出提供即時資訊對業者營運上是有所助益的。

表 5.10、有無即時交通資訊之成本比較

貨運量	有即時交通資訊	無即時交通資訊
原貨運量	681,705	693,677
增加 5%	700,185	712,157
增加 10%	716,445	729,317
增加 15%	737,265	749,237
增加 20%	754,305	766,277
增加 30%	792,345	804,317
增加 40%	827,505	839,477
增加 50%	868,185	880,157

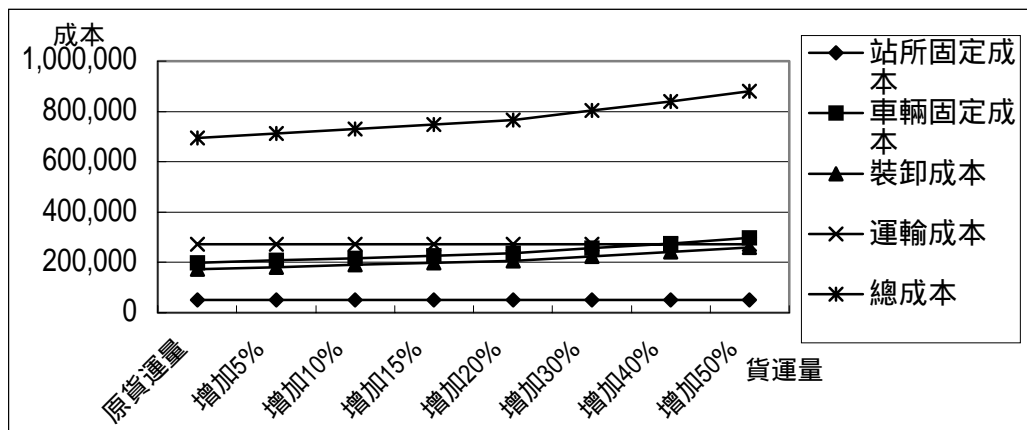


圖 5.16、貨運量變化之敏感度分析結果（無即時資訊）

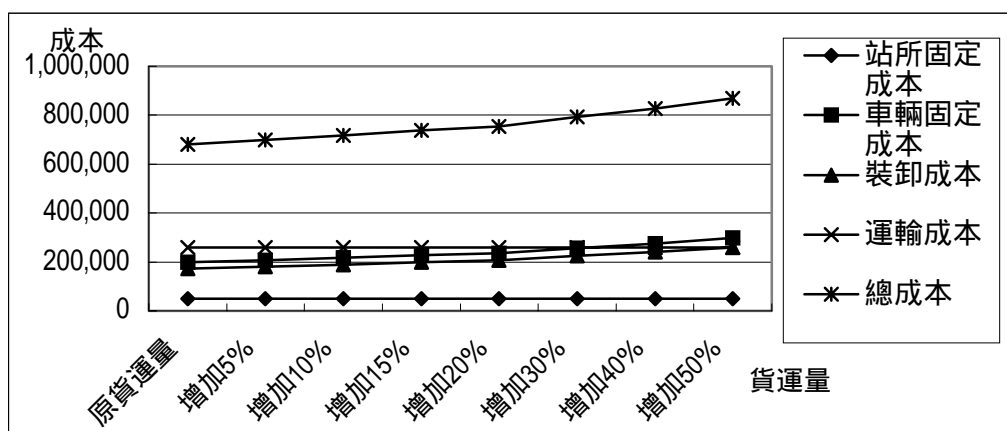


圖 5.17、貨運量變化之敏感度分析結果（有即時資訊）

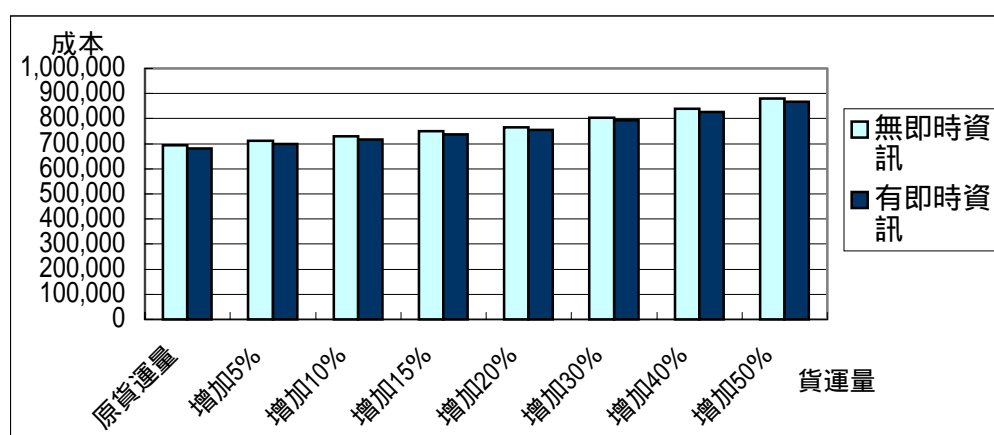


圖 5.18、有無提供即時資訊之成本比較

5.2.2 測試路網二

測試路網二再增加五個貨運公司之站所，因此共有十個營業所節點，同時將每一營業所服務之顧客分區視為貨物起迄點，故同樣有十個顧客分區。因此，此測試網路共有 3 個中繼站節點、10 個發送營業所節點、10 個到著營業所節點、10 個顧客分區貨物起點，10 個顧客分區貨物迄點，此運輸網路之示意圖如圖 5.19，而路網之相關資料分述於以下各表，表 5.11 為測試網路之貨物運輸網路設計資料、表 5.12 為測試網路之貨物起迄對貨運量。

表 5.11、測試網路二之貨物運輸網路結構資料

節點		節線	
中繼站節點	3	貨物起點至發送營業站所節點	100
發送營業站所節點	10	到著營業站所節點至貨物迄點	100
到著營業站所節點	10	營業發送站所節點至中繼站節點	30
顧客分區貨物起點	10	中繼站節點至營業到著站所節點	30
顧客分區貨物迄點	10	中繼站節點至中繼站節點	6
總計	43	總計	266

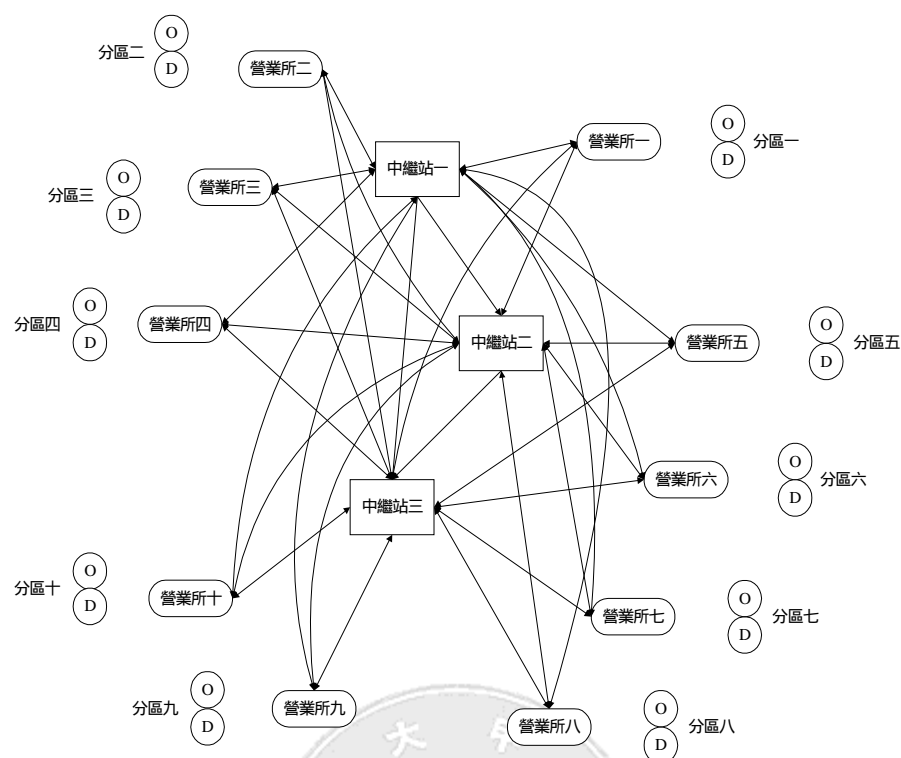


圖 5.19、測試路網二之示意圖

表 5.12、測試網路二之貨物起迄對貨運量

O \ D	分區一	分區二	分區三	分區四	分區五
分區一	-	47	42	32	37
分區二	48	-	51	47	43
分區三	38	43	-	33	51
分區四	21	45	24	-	28
分區五	43	55	63	32	-
分區六	11	27	13	17	11
分區七	14	25	15	17	13
分區八	23	41	21	26	33
分區九	26	48	35	37	25
分區十	19	29	15	21	21

註：單位（百公斤）

表 5.12、測試網路二之貨物起迄對貨運量（續）

$\begin{matrix} D \\ O \end{matrix}$	分區六	分區七	分區八	分區九	分區十
分區一	21	17	26	70	31
分區二	31	22	35	86	37
分區三	25	15	23	64	27
分區四	23	19	33	39	21
分區五	18	16	31	44	25
分區六	-	12	17	25	13
分區七	13	-	20	23	11
分區八	22	23	-	41	21
分區九	20	21	32	-	14
分區十	15	13	20	11	-

註：單位（百公斤）

由於所有貨物起迄對之貨運量總和為 2,592 百公斤，本研究以 2000、1000（百公斤/日）作為中繼站規模之選擇，另外營業站所之規模假設可供選擇之規模型態有 600、900（百公斤）。表 5.13 為測試網路之中繼站區位規模與固定成本、表 5.14 為測試網路之營業所區位規模與固定成本。

表 5.13、測試網路二之中繼站區位規模與固定成本

站所面積（坪）	貨物處理量（百公斤/日）	固定成本（元/日）
755	1,000	9,700
1,509	2,000	19,400

資料來源、【20】

表 5.14、測試網路二之營業所區位規模與固定成本

站所面積（坪）	貨物處理量（百公斤/日）	固定成本（元/日）
452	600	5,820
680	900	8,730

資料來源、【20】

研究中將每日貨量以兩小時進行切割，假設每兩小時進行一次運送每日共運送 12 次，並依此時段進行即時資訊提供之測試分析。並分別就原貨運量及增加 5%、10%、15%、20%、30%、40% 貨量，透過運輸網路設計模式求解，構建出個別成本最小之運輸路線，以瞭解不同貨運量下之營運狀況。並針對可能事件之發生，決策者透過即時資訊之傳遞，變更營運決策進行求解，以分析提供資訊所能帶來之效益。以下便針對可能之情境（如表 5.6 所示）進行分析比較：

情境一、原始狀態

1. 中繼站為中型規模（貨物處理量：1,000 百公斤/日）

此情境之中繼站採用中型規模（即貨物處理量為每日 1,000 百公斤），透過運輸網路設計模式求解獲得每日總營運成本、站所固定成本、車輛固定成本、裝卸成本、運輸成本及各中繼站所需處理之貨量，如圖 5.20 所示，其貨物運送路線如圖 5.21 所示。從貨運量變化之敏感度分析得知，以運輸成本占總成本之比例較高，約為總成本之 45%；當貨物量增加 20% 以上，所需裝卸成本及車輛固定成本隨貨量增加有較明顯之增加；而且由於中繼站規模過小，無法完全處理每日之貨運量，此狀況本研究將中繼站無法處理之貨物量，另行增加其額外處理成本，並將其包含於運輸成本之內。由於貨運量增加 20% 以上，中繼站無法處理之貨量相對增多，所以其運輸成本亦相對提高，導致總成本增加之幅度增高，此狀況可透過增加中繼站所能處理之貨物量（如透過大型機具之協助或尋找更大面積之場站），以降低此狀態下之營運成本。

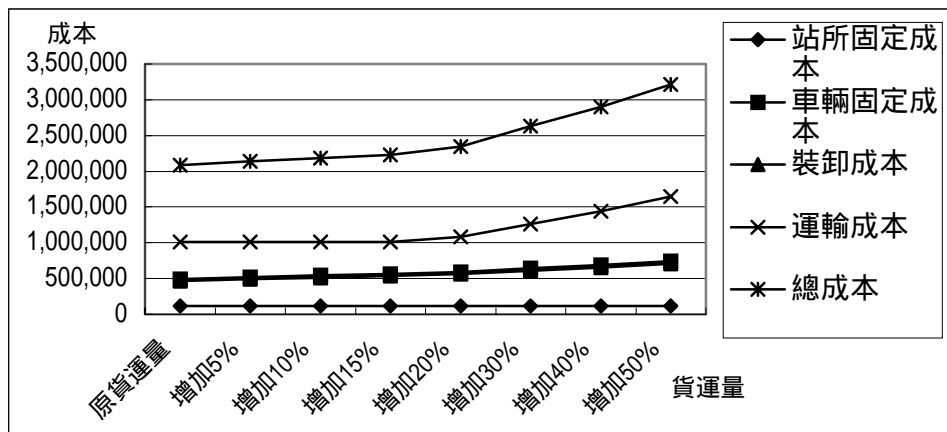


圖 5.20、貨運量變化之敏感度分析結果

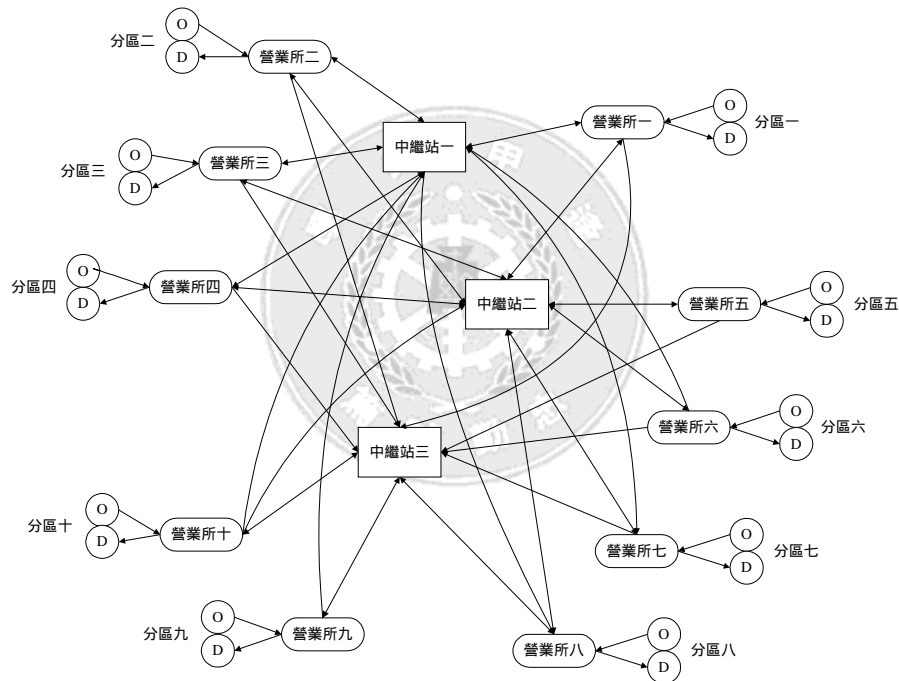


圖 5.21、測試路網之示意圖

2. 中繼站為大型規模（貨物處理量：2,000 百公斤/日）

此情境之中繼站採用大型規模（即貨物處理量為每日 2,000 百公斤），其每日總營運成本、站所固定成本、車輛固定成本、裝卸成本、運輸成本及各中繼站所需處理之貨量，如圖 5.22 所示。而原貨量之貨物運送路線如圖 5.23。從貨運量變化之敏感度分析

得知，個別成本仍以運輸成本占總成本之比例較高，約為總成本之 45%；而車輛固定成本與裝卸成本隨著貨量增加而增加。由於不同貨量之營運路線大致相似，因此在不同貨運量下運輸成本並無太大差異。

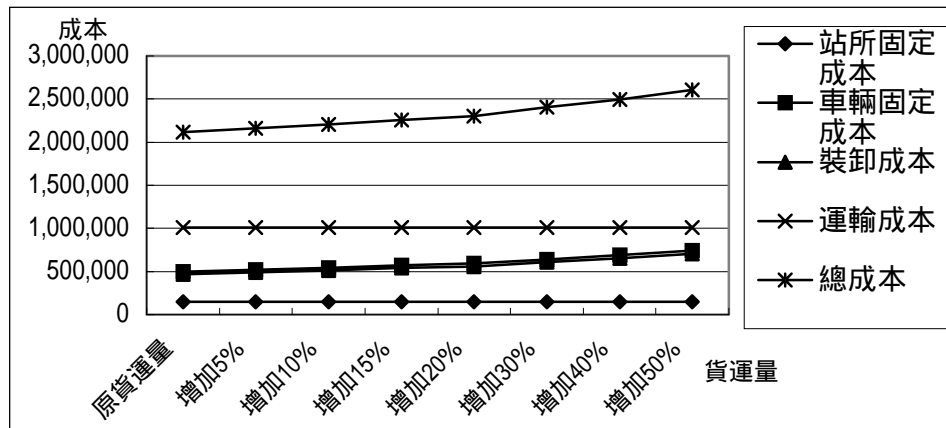


圖 5.22、貨運量變化之敏感度分析結果

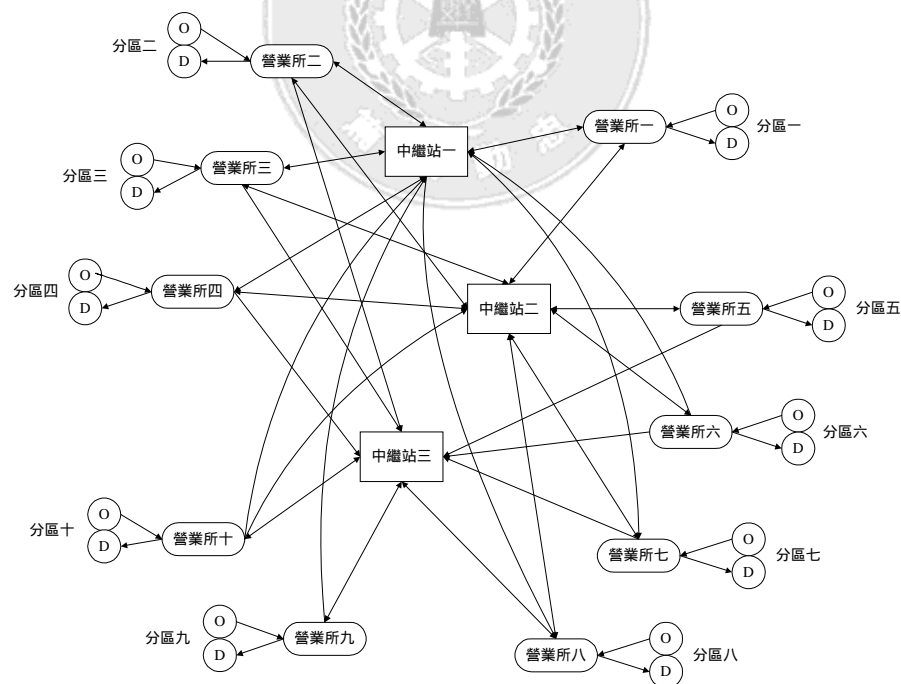


圖 5.23、測試路網之示意圖

情境二、中繼站一因突發事件發生，場站機具無法處理貨物，決策部門決定關閉中繼站一，將貨物轉移至其他中繼站處理。事件發生時段為上午 08:00~下午 20:00，共 12 小時，跨越 6 個運送時段。

1. 中繼站為中型規模（貨物處理量：1,000 百公斤/日）

此情境之中繼站採用中型規模。當此情境事件發生時，由決策單位提供資訊給司機，其應變情形為告知司機中繼站一機具損壞，並指示將貨物運至另一中繼站進行轉運。本研究因應此情境將中繼站一於路網中去除，另行決定新營運路線，透過模式求解獲得每日總營運成本、站所固定成本、車輛固定成本、裝卸成本、運輸成本及各中繼站所需處理之貨量，如圖 5.25 所示。從貨運量變化之敏感度分析得知，仍以運輸成本占總成本之比例較多；由於關閉中繼站一，且因中繼站規模過小，所需處理之貨物量已超出中繼站之容量，因此超出中繼站所能處理之貨量，本研究另行增加其額外處理成本，並將其包含於運輸成本之內。當原貨量與按比例增加貨量之情境，其運輸成本增加之幅度隨之提高，亦使總成本大幅提高。

當未提供即時資訊時，本研究假設需再由中繼站一透過直達車將貨物另外轉運到各營業所，如此將增加額外處理成本。本研究將原狀況中繼站一所處理之貨量，乘上所增加之每噸每公里處理成本（以原始狀況下之每噸每公里平均營運成本作為所需增加之額外處理成本），即獲得無即時資訊下所增加之額外處理成本，此項成本取決於中繼站一原先所需處理之貨量，並將此成本包含在運輸成本之內。而貨運量變化下之各項成本如圖 5.24 所示，其營運路網則與原狀況之路網相同。當貨量增加 20% 以上，額外處理成本之增加使得總成本大幅提高

由上述兩種狀況進行比較（如表 5.15、圖 5.26 所示），無提供即時資訊之總成本大多較高於有提供即時資訊，提供即時資訊約可節省總成本 20 萬元，約占總成本 10%；而貨量增加 15% 及 20%

之狀況，提供即時資訊之總營運成本較高於無提供資訊。主要原因為受限於中繼站規模過小，超過中繼站所能處理之貨物量增多，導致額外處理成本大幅提高總營運成本，因此可透過增加中繼站所能處理之貨物量（如透過大型機具之協助或尋找更大面積之場站），以降低此狀態下之營運成本，如此提供即時資訊之效益將可更明顯。

表 5.15、有無即時交通資訊之成本比較

貨運量	有即時交通資訊	無即時交通資訊
原貨運量	2,202,593	2,434,625
增加 5%	2,343,801	2,482,203
增加 10%	2,477,914	2,526,730
增加 15%	2,617,220	2,577,958
增加 20%	2,747,837	2,734,193
增加 30%	3,031,257	3,046,067
增加 40%	3,295,371	3,365,761
增加 50%	3,611,090	3,733,470

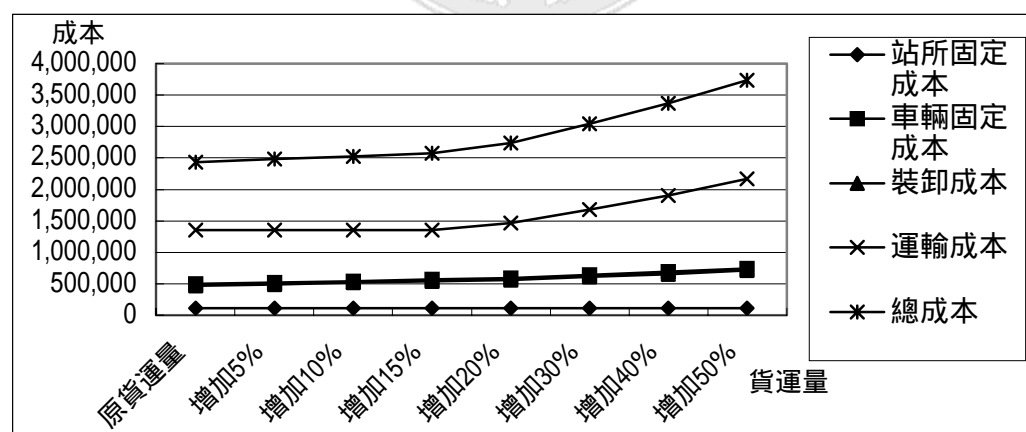


圖 5.24、貨運量變化之敏感度分析結果（無即時交通資訊）

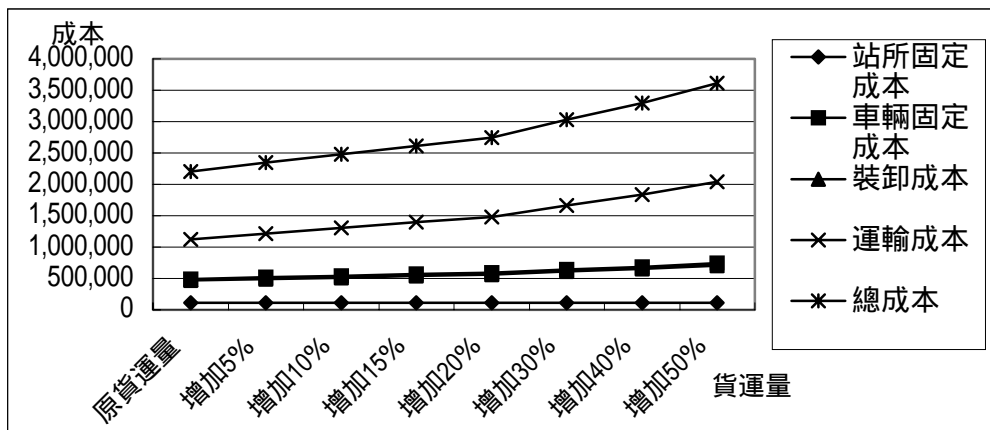


圖 5.25、貨運量變化之敏感度分析結果（有即時交通資訊）

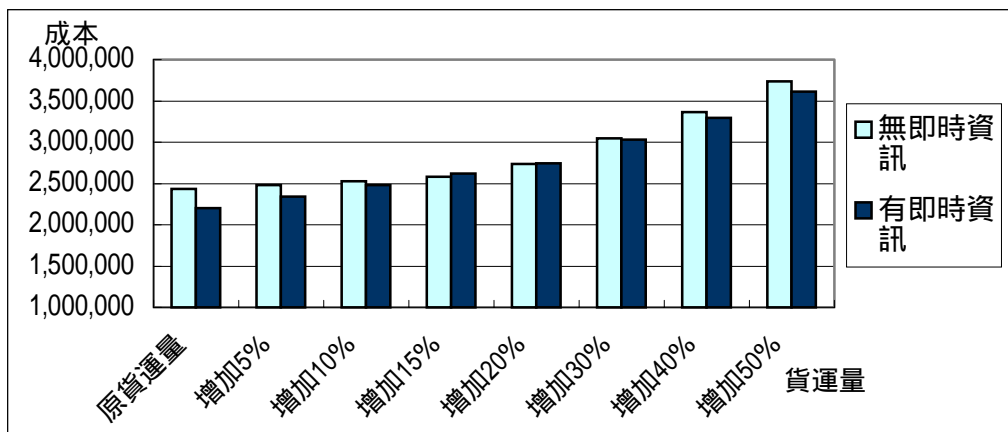


圖 5.26、有無提供即時資訊之成本比較

2. 中繼站為大型規模（貨物處理量：2,000 百公斤/日）

此情境之中繼站採用大型規模。有提供即時資訊之情境，其每日總營運成本、站所固定成本、車輛固定成本、裝卸成本、運輸成本及各中繼站所需處理之貨量，如圖 5.28 所示。從貨運量變化之敏感度分析得知，以運輸成本占總成本之比例較多，而且當貨量增加 20% 以上，此車輛固定成本與裝卸成本增加之幅度變高，亦使得總成本隨之提高；由於營運路線變化不大，因此運輸成本未有明顯之變化。

未提供即時資訊時，本研究將運輸成本上增加額外處理成本，此項成本取決於中壢中繼站原先所需處理之貨量，各項營運

成本如圖 5.27 所示。從貨運量變化之敏感度分析得知，額外處理成本大幅提昇營運總成本。

由上述兩種狀況進行比較（如表 5.16、圖 5.29 所示），無提供即時資訊之總成本皆較高於有提供即時資訊之狀況，且有明顯之差距（提供即時資訊約可節省總成本 50 萬元，約占總成本 20%）。在貨量增加 20%，兩者之差距較小，主要之原因為中繼站一所需處理之貨量較少，因此額外處理成本較低，使得有無提供即時資訊狀態之總成本差距縮小；其餘狀態皆顯示出提供即時資訊對業者之營運上有明顯之助益。

表 5.16、有無即時交通資訊之成本比較

貨運量	有即時交通資訊	無即時交通資訊
原貨運量	2,167,845	2,530,002
增加 5%	2,215,363	2,601,176
增加 10%	2,259,950	2,667,911
增加 15%	2,311,118	2,736,836
增加 20%	2,354,985	2,803,545
增加 30%	2,454,495	2,943,654
增加 40%	2,545,803	3,077,356
增加 50%	2,654,710	3,230,619

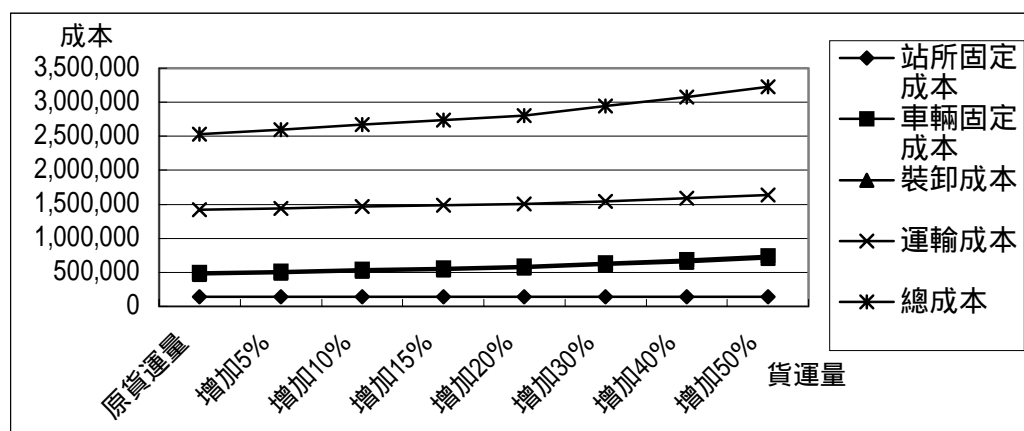


圖 5.27、貨運量變化之敏感度分析結果（無即時交通資訊）

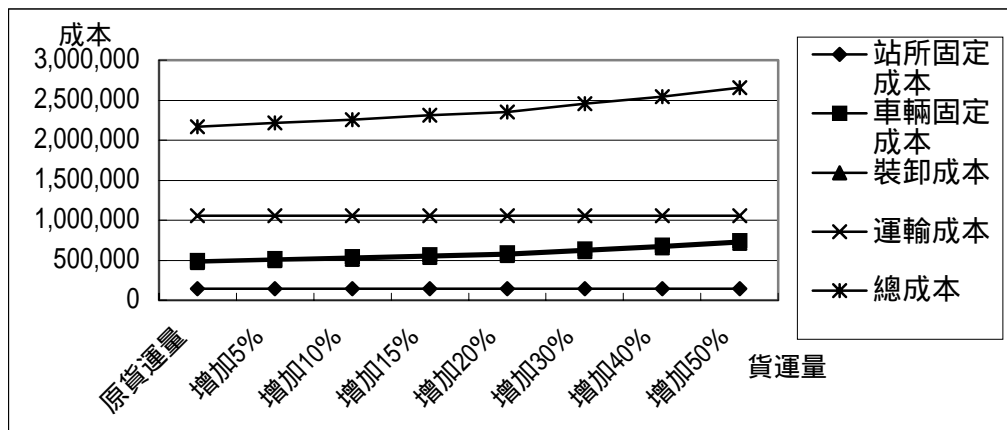


圖 5.28、貨運量變化之敏感度分析結果（有即時交通資訊）

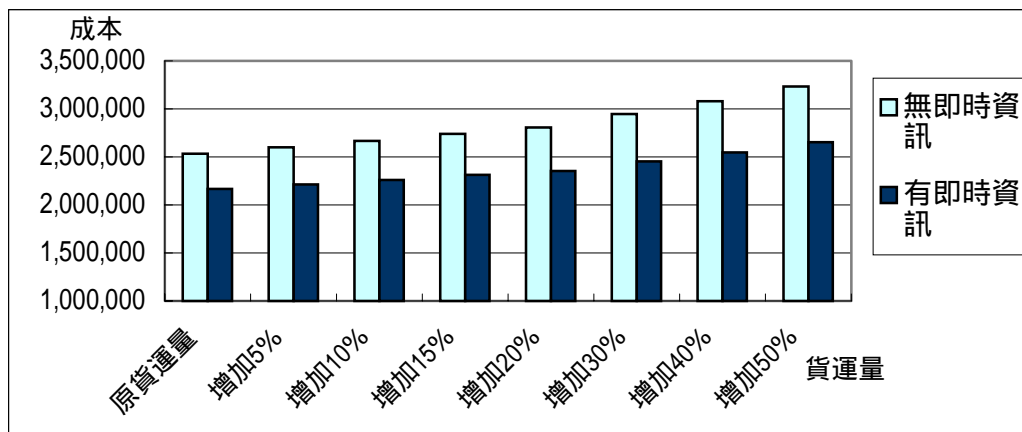


圖 5.29、有無提供即時資訊之成本比較

情境三、中山高苗栗三義路段發生交通事故，此路段嚴重擁塞（行駛速度由 90kph 降為 20kph），南下、北上車輛可分別由三義、苗栗交流道下改走替代道路（以台 13 線為其替代道路，此替代道路之距離較中山高約增加 10 公里）。事件發生時段為上午 06:00~10:00 及下午 16:00~20:00，共跨越 4 個運送時段。

1. 中繼站為中型規模（貨物處理量：1,000 百公斤/日）

此情境之中繼站採用中型規模。當提供即時資訊時，其決策資訊為告知司機苗栗三義路段發生交通事故，此路段嚴重擁塞，並指示其行走之替代路線。本研究因應此狀況，將所有行經苗栗

三義路段之路徑成本提高（依據替代道路所增加之公里數），且考量替代道路之車行速率降低（由 90kph 降為 70kph），透過模式求解另行決定新營運路線，其每日總營運成本、站所固定成本、車輛固定成本、裝卸成本、運輸成本及各中繼站所需處理之貨量，如圖 5.31 所示。從貨運量變化之敏感度分析得知，以運輸成本占總成本之比例較高；此外當貨量增加 20% 以上，中繼站之規模無法處理所增加之貨量，因此超出中繼站所能處理之貨量，本研究另行增加其額外處理成本（即原始狀況下之每噸每公里平均營運成本），並將其包含於運輸成本之內。當貨量增加至 20% 以上，所需處理之貨量增加，其運輸成本增加之幅度亦隨之提高，亦使總成本大幅提高。

未提供即時資訊之情境，司機無法臨時改變行駛路線，而受到路段擁塞之影響，導致運送產生延滯，本研究將此延滯轉換為運輸成本，以評估其營運成本之變化。依據營運路線需經中山高苗栗三義路段之數目，而此段之行駛距離約 17 公里，營運網路之運輸變動成本為每噸每公里 3.75 元，當時速由 90kph 降為 20kph，此段行駛時間將增加 4.5 倍，此段所需增加之運輸成本為 13,770 元，而有 4 個運送時段受到情境影響，因此增加之運輸成本共 55,080 元，各項營運成本如圖 5.30 所示。從貨運量變化之敏感度分析得知，與提供交通資訊之狀況相似，以運輸成本所占之比例較高；當貨量增加 20% 以上，中繼站之規模無法處理所增加之貨量，本研究另行增加其額外處理成本，並將其包含於運輸成本之內，當所需處理之貨量增加，其運輸成本隨之提高，亦使總成本大幅升高。

由上述兩種狀況進行比較（如表 5.17、圖 5.32 所示），提供即時資訊之總成本較無提供即時資訊時之總成本為低，在營運成本上約可節省 5 萬元，約占總成本之 3%，顯示出提供即時資訊對業者之營運是有所助益的。但受限於中繼站規模不足以處理較大之貨運量，當貨量較大時所產生之另行處理成本將大幅增加營運成本，可透過增加中繼站所能處理之貨物量（如透過大型機具之協助或尋找更大面積之場站），以降低此狀態下之營運成本。

表 5.17、有無即時交通資訊之成本比較

貨運量	有即時交通資訊	無即時交通資訊
原貨運量	2,094,225	2,142,705
增加 5%	2,141,803	2,190,283
增加 10%	2,186,330	2,234,810
增加 15%	2,237,558	2,286,038
增加 20%	2,356,317	2,404,797
增加 30%	2,639,737	2,688,217
增加 40%	2,903,911	2,952,391
增加 50%	3,219,570	3,268,050

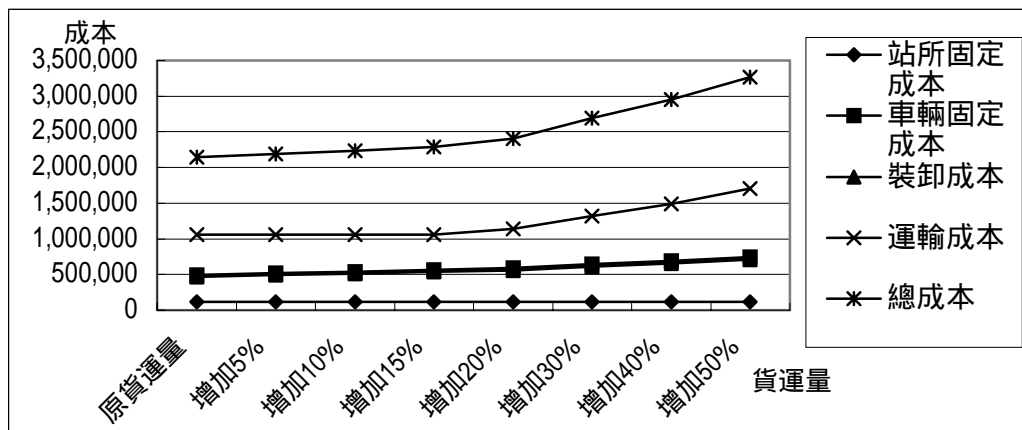


圖 5.30、貨運量變化之敏感度分析結果（無即時交通資訊）

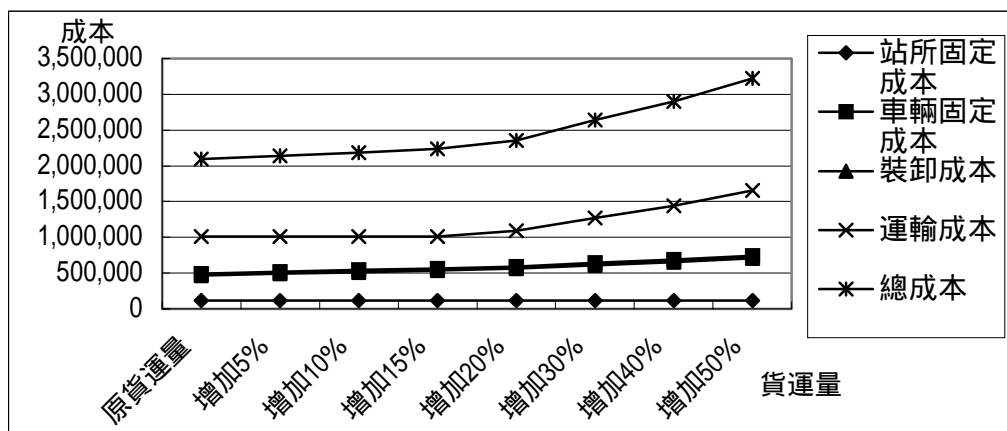


圖 5.31、貨運量變化之敏感度分析結果（有即時交通資訊）

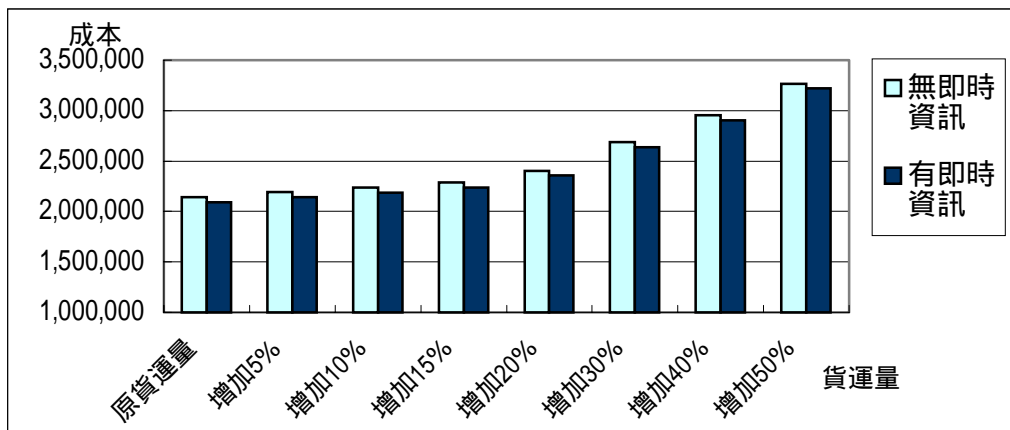


圖 5.32、有無提供即時資訊之成本比較

2. 中繼站為大型規模（貨物處理量：2,000 百公斤/日）

此情境之中繼站採用中型規模。當提供即時資訊時，本研究將所有行經苗栗三義路段之路徑成本提高（依據替代道路所增加之公里數），且考量替代道路之車行速率降低（由 90kph 降為 70kph），另行決定新營運路線，其每日總營運成本、站所固定成本、車輛固定成本、裝卸成本、運輸成本及各中繼站所需處理之貨量，如圖 5.34 所示。從貨運量變化之敏感度分析得知，亦以運輸成本占總成本之比例較高；而當貨量增加 30% 以上，車輛固定成本與裝卸成本增加之幅度變高，亦使得總成本相對提高；由於營運路線變化不大，因此運輸成本未有明顯之變化。

未提供即時資訊之情境，本研究將此延滯轉換為運輸成本，以評估其營運成本之變化，成本上需增加額外之運輸成本，各項營運成本如圖 5.33 所示，其營運路網與原狀況之路網相同。從貨運量變化之敏感度分析得知，當貨量增加 30% 以上，車輛固定成本與裝卸成本增加之幅度亦較貨量少時為變高；而運輸成本未有明顯之變化。

由上述兩種狀況進行比較（如表 5.18、圖 5.35 所示），有提供即時資訊之總成本比無提供資訊時之總成本為低，且當貨運量愈多所能節省之成本亦較多，在營運成本上約可節省 5 萬元，約占總成本之 3%，顯示出提供即時資訊對業者營運是有所助益的。

表 5.18、有無即時交通資訊之成本比較

貨運量	有即時交通資訊	無即時交通資訊
原貨運量	2,123,325	2,171,805
增加 5%	2,170,903	2,219,383
增加 10%	2,215,430	2,263,910
增加 15%	2,266,658	2,315,138
增加 20%	2,310,465	2,358,945
增加 30%	2,409,975	2,458,455
增加 40%	2,501,343	2,549,823
增加 50%	2,610,190	2,658,670

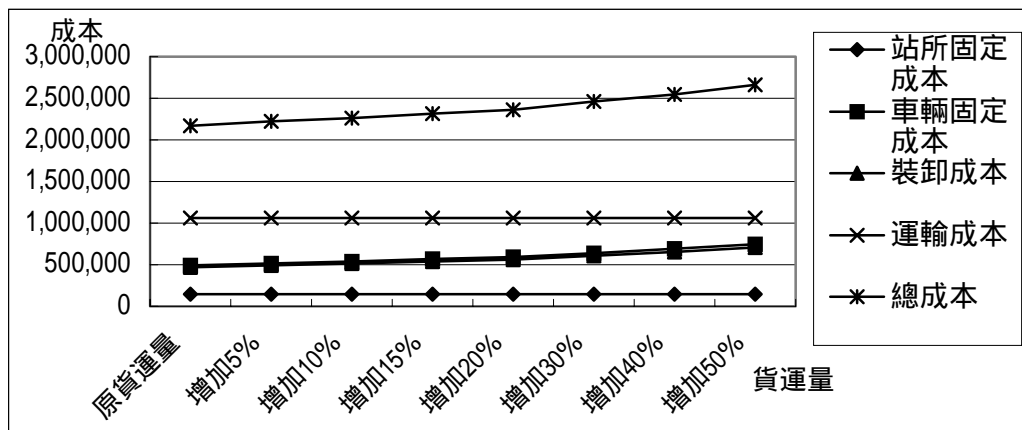


圖 5.33、貨運量變化之敏感度分析結果（無即時交通資訊）

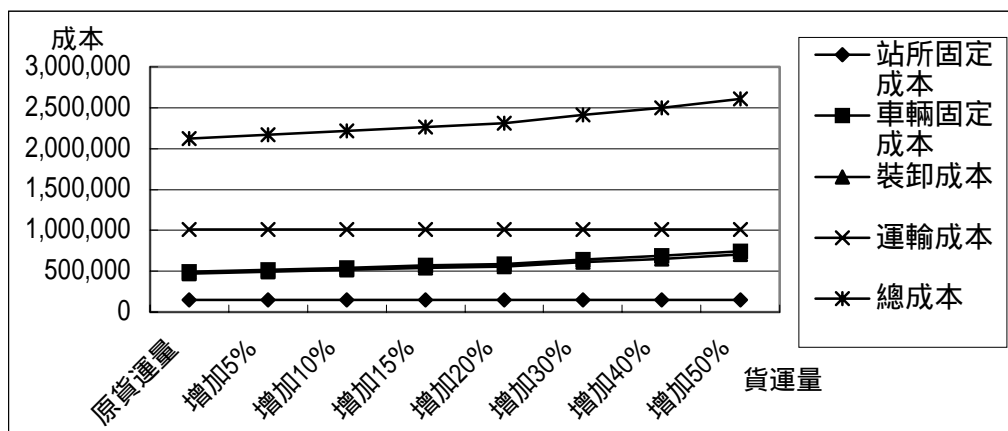


圖 5.34、貨運量變化之敏感度分析結果（有即時交通資訊）

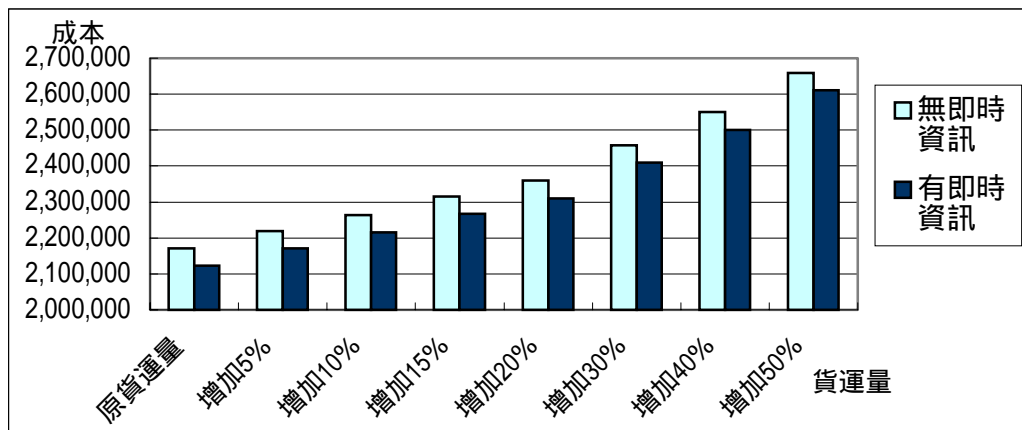


圖 5.35、有無提供即時資訊之成本比較

5.2.3 小結

本研究利用兩大小不同之測試路網進行實證研究，且將每日貨量以兩小時進行切割，假設每兩小時進行一次運送每日共運送 12 次，並依此時段進行即時資訊提供之測試分析。透過運輸網路設計模式求解獲得每日總營運成本、站所固定成本、車輛固定成本、裝卸成本、運輸成本等五種業者營運上所考量之成本，以及各中繼站所需處理之貨運量；並透過貨運量之變化進行敏感度分析，從中可以了解在兩不同路網中，皆以運輸成本占每日總成本之比例為高；其次為車輛固定成本與裝卸成本，且兩項成本隨貨量增加，成本增加之幅度亦隨著提高。在實證研究中，受到中繼站規模之限制，當貨運量依比例增加時，貨運量超出中繼站所能處理之貨量時，本研究中將貨運量超出之部份，以額外處理成本來加以考量，此額外處理成本亦大幅提高營運總成本。因應此狀況業者除了尋找更大面積之場站來滿足貨運量之外，仍必須在中繼站規模限制下，透過大型機具之協助以增加中繼站所能處理之貨物量，以降低此狀態下之營運成本。而不同貨運量下之運輸成本並無明顯變化，僅隨著運輸路線之變化而有變化，由於本研究將上述之額外處理成本加在運輸成本之內，當貨運量超出中繼站規模之貨運量愈大時，所需之額外處理成本亦愈大，因此運輸成本會呈現大幅上揚之趨勢，亦造成總營運成本呈現大幅上揚之趨勢。

而關於即時資訊之應用，以不同交通資訊提供下之決策行為（如

營運路線上發生壅塞，貨車改行替代道路)，獲得不同情境下之營運路線與營運成本，藉以評估即時交通資訊對軸輻式網路所帶來之效益。本研究透過兩不同情境之假設進行分析，當事件產生時，在任何貨量及不同中繼站規模之下，有提供即時資訊所需之營運成本皆小於未提供即時資訊時之成本。於小路網之測試，由於貨運量較小，提供即時資訊平均約可幫助業者降低 10,000~200,000 元之營運成本（約為總成本之 2%~25%）；而大路網之測試，顯示出提供即時資訊可幫助業者降低 50,000~500,000 元之營運成本（約為總成本之 3%~20%），雖然此狀況之營運成本仍會大於最佳路徑時之營運成本，但透過資訊提供仍可幫助業者在突發事件上降低部分營運費用。此外受到中繼站規模之限制，當貨物量超過中繼站之處理容量時，可能無法完全因應所採取之策略，例如原本策略為經另一中繼站進行轉運，但貨量運超出中繼站容量之部分，需增加額外之處理成本去進行處理，經情境之測試中亦可發現，此種狀態將會大幅提高業者之營運成本，使得即時資訊之提供所產生之效益並不明顯。因此當提供即時資訊時仍需相關措施之配合，如此資訊提供所產生之效益將可更加顯著。

第六章 結論與建議

6.1 結論

本研究為針對國內貨物運輸業之營運網路採用軸輻式網路之研究，以建立一運輸網路設計模式，協助業者利用合適之網路設計以降低其總營運成本，並瞭解即時資訊對營運上所提供之效益多寡。本研究有下列各項研究成果：

1. 對路線貨運業及物流業之營運現況分析與瞭解

- (1) 物流用地之取得是目前業者營運的瓶頸所在之一，因此透過設置設立專業轉運中心，可協助業者在大車的長程運輸之後，進入都市之前做轉換小車配送的分貨處理。
- (2) 在站所功能方面，由於國內現行狀況，中繼轉運功能多由較大型之營業所兼具，造成站所功能混淆，使得場站之貨物處理量未達經濟規模，無法機械化造成效率不佳。
- (3) 現有之營運網路多採取沿途載運運送之方式下，新營業所之設立將使營運網路與營運規劃更趨複雜，將造成業者有效經營之瓶頸，因此業者計劃改變運輸網路之結構以提高作業效率。

2. 構建貨物運輸網路設計模式

本研究之貨物運輸網路設計模式，以貨物運輸之整體營運網路為主，在站所設置區位已知下，構建其營運成本最小的貨物運輸網路，此貨運業者之總成本包括站所固定成本與營運變動成本為最低，營運變動成本包括站所轉運（裝卸）成本與運送貨物之運輸成本。模式可求得顧客託運分區至顧客收貨分區之最適貨物運送路線，以及運送路

線上所需之車輛數，並從而得出最適中繼站與營業所所需之貨物處理量。

3. 實證研究分析結果

- (1) 小型路網之實證測試，在最佳化模式計算，依貨運量之變化所得之最佳營運總成本約在 600,000~1,000,000 元之間；當發生中繼站一機具無法處理貨物之狀況，無資訊提供之成本較高於提供資訊約 200,000 元（約為總成本之 25%）；而發生中山高苗栗三義路段發生交通事故產生嚴重擁塞之狀況，無資訊提供之成本僅高於提供資訊約 10,000 元（約為總成本之 2%）。
- (2) 大型路網之實證測試，依貨運量之變化所得之最佳營運總成本約在 2,000,000~3,000,000 元之間；當中繼站一機具無法處理貨物之狀況，無資訊提供之成本較高於提供資訊約 500,000 元（約為總成本之 20%）；而發生中山高苗栗三義路段發生交通事故產生嚴重擁塞之狀況，無資訊提供之成本僅高於提供資訊約 50,000 元（約為總成本之 2%）。
- (3) 經由大小路網貨物之實證研究瞭解，大型路網的貨運量為小型路網 4 倍多，透過中繼站轉運方式進行營運，而運輸成本並未因貨量之變大而大幅攀升，且在不同貨運量下之敏感度分析下，運輸成本也無明顯變化，僅隨著運輸路線之變化而有些許變化，這亦符合軸輻式路網具有集中貨物之功能，可發揮運輸規模經濟之特性，使貨運業降低單位平均成本等特性。
- (4) 本研究透過運輸網路設計模式求解獲得每日總營運成本、站所固定成本、車輛固定成本、裝卸成本、運輸成本等五種營運成本，及各中繼站所需處理之貨運量；並透過貨運

量之變化進行敏感度分析，了解在兩不同路網中，皆以運輸成本占總成本之比例為高；而車輛固定成本與裝卸成本兩項成本會隨貨量增加，成本增加之幅度亦隨著提高。

- (5) 在數值實驗中之中繼站規模為已知，因此受到中繼站規模之限制，當貨運量依比例增加，貨運量超出中繼站所能處理之貨量時，模式求解之結果為非最佳解，而貨運量超出之部份，以額外處理成本來加以考量，並將此項成本包含於運輸成本之內，當貨運量超出中繼站規模之處理量愈大時，所需之額外處理成本亦愈大，將造成運輸成本呈現大幅上揚之趨勢，亦大幅提高營運總成本。為降低此狀態下之營運成本，業者可透過尋找更大面積之場站以滿足貨運量之外，或在中繼站規模限制下，透過大型機具之協助，以增加中繼站所能處理之貨物量。
- (6) 關於即時資訊提供下之決策行為，所透過運輸網路設計模式獲得其營運路線及成本，以評估即時交通資訊對軸輻式網路所帶來之效益。本研究透過兩不同情境之假設進行分析，在任何貨量及不同中繼站規模之下，有提供即時資訊所需之營運成本皆小於無提供時之成本。此外受到中繼站規模之限制，當貨物量超過中繼站之處理容量時，可能無法完全因應所採取之策略，導致額外處理成本之增加，此種狀態將會大幅提高業者之營運成本，使得提供即時資訊所產生之效益並不明顯。因此當提供即時資訊時仍需相關條件之配合，使提供即時資訊所產生之效益能可更加顯著。

6.2 建議

1. 本研究之營運路網以實際狀況進行假設，且顧客分區是以所規劃之營業所進行區分，與業者實際營運之狀況並不吻合。後續研究可進行真實路網之實驗，並將所有營業分區納入進行測試，以了解運輸網路設計模式之求解正確性，及與實際狀況之誤差多寡。
2. 本研究模式中之服務時效限制式，為考量每一貨物起迄對必須在對顧客承諾的時效內送達至收貨顧客手中。於實證研究中，採用每兩小時貨量做計算，且假設貨物於隔日即可送達收貨顧客，因此服務時效限制式並未將其納入考量。後續之研究可考量貨物於當日收送，以測試運輸網路設計模式於即時營運規劃之可行性，及其求解之正確性。
3. 關於即時資訊提供模擬部分，研究中僅透過兩情境之假設，以瞭解有無提供即時資訊下營運成本之變化，且情境之設計亦以突發事件進行假設，與實際即時資訊之提供有所差距。後續研究可於運輸網路設計模式中加入即時資訊反應成本，使即時資訊提供與運輸網路模式進行整合，並開發更完整之求解程式或演算法，以加速求解時間及更準確之答案。
4. 將運輸網路設計模式發展為可用於業者實際應用之電腦軟體，整合網路資料庫、電子地圖，並提供業者使用互動介面，使業者可快速規劃運輸營運網路並提供其營運策略。

參考文獻

1. 交通部運輸研究所，「公路貨運集散與轉運問題之研究」，交通部運輸研究所，民國 80 年 1 月。
2. 吳永嘉，「路線貨物運輸業多頻率載運規劃問題之研究」，國立成功大學交通管理科學研究所論文，民國 88 年 7 月。
3. 林正章，「多元貨品問題在唯一路徑限制式下的正確演算法」，中華民國運輸學會第十屆論文研討會論文集，民國 84 年 10 月，p.303-310。
4. 林正章，「應用科技提昇台灣零擔貨物運輸營運之研究」，1996 國際商業物流管理研討會論文集，民國 85 年 1 月，p.209-227。
5. 林正章、劉志遠，「都市交通安全政策對路線貨運業運送網路設計影響之研究」，中華民國第三屆運輸安全研討會論文集，民國 85 年 11 月，p.431-400。
6. 邱明琦，「都市貨物聯合轉運中心可行性之研究」，國立成功大學交通管理研究所論文，民國 80 年。
7. 胡守任，「高速公路客運車輛資訊系統與轉運/接駁資訊系統之研究」，中華民國運輸學會第十五屆論文研討會，八十九年十二月。
8. 馬學季，「快遞貨運航空與公路複合運輸營運網路規劃設計之研究」，國立成功大學交通管理科學研究所論文，民國 86 年 6 月。
9. 高玉明，「路線貨運業載運規劃問題之研究」，國立成功大學交通管理科學研究所論文，民國 85 年 6 月。
10. 張文正，「零擔汽車貨運業管理資訊系統建立之研究」，淡江大學管理科學研究所論文，民國 72 年。
11. 張佑恩，「物流中心之車隊規模研究」，國立成功大學交通管理科學研究所論文，民國 84 年 5 月。
12. 張斐茹，「軸幅路網在國際定期貨櫃船航線之應用」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國 89 年 6 月。
13. 許瓊文，「路線貨運業提供快遞服務營運網路設計之研究」，國立成功大學交通管理科學研究所論文，民國 85 年 6 月。

14. 陳武正,「中山高速公路交流道貨物轉運中心存廢問題及開發方式之研究」,國立交通大學運輸研究中心,民國 80 年。
15. 陳春益、郭振峰,「建立物流中心區位模式之研究」,運輸計畫季刊,第二十三卷,第三期,民國 83 年 9 月。
16. 陳春益,「物流中心配送系統之研究-兼論車隊規模模式之建立」,行政院國家科學委員會專題研究計劃成果報告,民國 85 年 1 月。
17. 陳春益、林正章、陳震紅,「國內設置貨物轉運中心可行性之研究」,交通部運輸研究所,民國 86 年 2 月。
18. 黃立欽,「貨物運輸業營業特性及對道路交通影響之研究」,國立交通大學交通運輸研究所碩士論文,民國 88 年 6 月。
19. 經濟部,「2001 中華民國物流年鑑」,經濟部商業司,民國 90 年 12 月。
20. 劉志遠,「路線貨運業貨物運輸路網整體設計之研究」,國立成功大學交通管理科學研究所論文,民國 86 年 6 月。
21. Ahuja, Ravindra K., Thomas L. Magnanti and James B. Orlin(1993), *Network Flows*, Prentice Hall.
22. Aykin, Turgut(1994), "Lagrangian relaxation based approaches to capacitated hub-and-spoke network design problem", *European Journal of Operation Research* 79, pp.501-523.
23. Eckstein, Jonathan, and Yosef Sheffi (1987), "Optimization of group line-haul operations for motor carriers using twin trailers", *Transportation Research Record* 1120, PP-12-23.
24. Farvolden, Judith, M., and Warren B. Powell (1994), "Subgradient methods for the service network design problem", *Transportation Science* 28(3), pp.256-272..
25. Hall, R.W. (1989), "Configuration of an Overnight Package Air Network", *Transportation Research A*, 23, PP.139-149.
26. Kuby, M. J., and R.G. Gray (1993), "The hub network design problem with stopover and feeders: The case of Federal Express", *Transportation Research A*, 27(1), PP.1-12.

27. Leung, Janny, M., Thomas L. Magnanti and Vijay Singhal (1990), "Routing in point-to-point delivery system: formulations and solution heuristic", *Transportation Science*, 24(4), P.245-260.
28. Lin, Cheng-Chang (1990), "Load planning at UPS", ORSA-TIMS October National Conference, Philadelphia, PA.
29. Lin, Cheng-Chang (1991), "A multimodel container allocation optimization system for UPS", ORSA-TIMS November National Conference, Anaheim, CA.
30. O'Kelly, M.E. (1986), "The Location of Interacting Hub Facilities", *Transportation Science* 20 (2), pp.92-106.
31. Powell, Warren B. (1986), "A local improvement heuristic for the design of less-than-truckload motor carrier networks", *Transportation Science* 20 (4), pp.230-245.
32. Powell, Warren B. and Yosef Sheffi (1989), "Design and implementation of an interactive optimization system for network design in the motor carrier industry", *Operation Research* 37 (1), pp.12-29.

附錄 測試路網之各項成本列表

測試路網一

1、情境一：原始狀態

1.1、小型規模中繼站（500 百公斤/日）之敏感度分析結果

貨運量	站所固定成本(元)	車輛固定成本(元)	裝卸成本(元)	運輸成本(元)	總成本(元)	中繼站處理貨量(百公斤/日)
原貨運量	36,375	197,754	173,232	258,024	665,385	中壢：500 台中：389 永康：70
增加5%	36,375	207,617	181,872	258,024	683,888	中壢：500 台中：295 永康：211
增加10%	36,375	216,740	189,864	258,024	701,003	中壢：500 台中：475 永康：81
增加15%	36,375	227,343	199,152	258,024	720,894	中壢：500 台中：450 永康：162
增加20%	36,375	236,466	207,144	258,024	738,009	中壢：500 台中：500 永康：180
增加30%	36,375	256,686	224,856	258,024	775,941	中壢：500 台中：500 永康：247
增加40%	36,375	275,425	241,272	258,083	811,155	中壢：500 台中：500 永康：341
增加50%	36,375	297,124	260,280	258,056	851,835	中壢：500 台中：500 永康：444

1.2、中型規模中繼站（1,000 百公斤/日）之敏感度分析結果

貨運量	站所固定成本(元)	車輛固定成本(元)	裝卸成本(元)	運輸成本(元)	總成本(元)	中繼站處理貨量(百公斤)
原貨運量	50,925	197,754	173,232	257,994	679,905	中壢：697 台中：196 永康：66
增加5%	50,925	207,617	181,872	257,971	698,385	中壢：733 台中：204 永康：69
增加10%	50,925	216,740	189,864	258,016	715,545	中壢：766 台中：214 永康：76
增加15%	50,925	227,343	199,152	258,045	735,465	中壢：802 台中：223 永康：87
增加20%	50,925	236,466	207,144	257,970	752,505	中壢：608 台中：460 永康：112
增加30%	50,925	256,686	224,856	258,078	790,545	中壢：660 台中：498 永康：89
增加40%	50,925	275,425	241,272	258,083	827,705	中壢：708 台中：534 永康：99
增加50%	50,925	297,124	260,280	258,056	866,385	中壢：764 台中：576 永康：104

2、情境二：中壢中繼站因突發事件發生，場站機具無法處理貨物，決策部門決定關閉中壢中繼站，將貨物轉移至其他中繼站處理。事件發生時段為上午 08:00~下午 20:00，共跨越 6 個運送時段。

2.1、小型規模中繼站（500 百公斤/日）之敏感度分析結果

2.1.1 無即時交通資訊

貨運量	站所固定成本(元)	車輛固定成本(元)	裝卸成本(元)	運輸成本(元)	總成本(元)	中繼站處理貨量(百公斤)
原貨運量	36,375	197,754	173,232	431,524	838,885	中壢：500 台中：389 永康：70
增加5%	36,375	207,617	181,872	431,524	857,388	中壢：500 台中：295 永康：211
增加10%	36,375	216,740	189,864	431,524	874,503	中壢：500 台中：475 永康：81
增加15%	36,375	227,343	199,152	431,524	894,394	中壢：500 台中：450 永康：162
增加20%	36,375	236,466	207,144	431,524	911,509	中壢：500 台中：500 永康：180
增加30%	36,375	256,686	224,856	431,524	949,441	中壢：500 台中：500 永康：247
增加40%	36,375	275,425	241,272	431,583	984,655	中壢：500 台中：500 永康：341
增加50%	36,375	297,124	260,280	431,556	1,025,335	中壢：500 台中：500 永康：444

2.1.2、有即時交通資訊

貨運量	站所固定成本(元)	車輛固定成本(元)	裝卸成本(元)	運輸成本(元)	總成本(元)	中繼站處理貨量(百公斤)
原貨運量	36,375	197,754	173,232	285,861	693,222	中壢：250 台中：445 永康：264
增加5%	36,375	207,618	181,872	285,861	711,726	中壢：250 台中：500 永康：256
增加10%	36,375	216,740	189,864	285,861	728,840	中壢：250 台中：500 永康：306

2.1.2、有即時交通資訊（續）

貨運量	站所固定成本（元）	車輛固定成本（元）	裝卸成本（元）	運輸成本（元）	總成本（元）	中繼站處理貨量（百公斤）
增加15%	36,375	227,344	199,152	285,861	748,732	中壢：250 台中：500 永康：362
增加20%	36,375	236,466	207,144	285,861	765,846	中壢：250 台中：500 永康：430
增加30%	36,375	256,686	224,856	285,861	803,778	中壢：250 台中：500 永康：497
增加40%	36,375	275,426	241,272	285,863	902,090	中壢：250 台中：545 永康：546
增加50%	36,375	297,124	260,280	285,896	1,014,311	中壢：250 台中：597 永康：597

2.2、中型規模中繼站（1,000 百公斤/日）之敏感度分析結果

2.2.1、無即時交通資訊

貨運量	站所固定成本（元）	車輛固定成本（元）	裝卸成本（元）	運輸成本（元）	總成本（元）	中繼站處理貨量（百公斤）
原貨運量	50,925	197,754	173,232	499,853	921,764	中壢：697 台中：196 永康：66
增加5%	50,925	207,617	181,872	512,322	952,736	中壢：733 台中：204 永康：69
增加10%	50,925	216,740	189,864	523,818	981,347	中壢：766 台中：214 永康：76
增加15%	50,925	227,343	199,152	536,339	1,013,759	中壢：802 台中：223 永康：87

2.2.1、無即時交通資訊（續）

貨運量	站所固定成本（元）	車輛固定成本（元）	裝卸成本（元）	運輸成本（元）	總成本（元）	中繼站處理貨量（百公斤）
增加20%	50,925	236,466	207,144	468,946	963,481	中壢：608 台中：460 永康：112
增加30%	50,925	256,686	224,856	487,098	1,019,565	中壢：660 台中：498 永康：89
增加40%	50,925	275,425	241,272	503,759	1,071,381	中壢：708 台中：534 永康：99
增加50%	50,925	297,124	260,280	523,164	1,131,493	中壢：764 台中：576 永康：104

2.2.2、有即時交通資訊

貨運量	站所固定成本（元）	車輛固定成本（元）	裝卸成本（元）	運輸成本（元）	總成本（元）	中繼站處理貨量（百公斤）
原貨運量	50,925	197,754	173,232	285,846	707,757	中壢：348 台中：543 永康：68
增加5%	50,925	207,618	181,872	285,835	726,250	中壢：366 台中：570 永康：70
增加10%	50,925	216,740	189,864	285,856	743,385	中壢：383 台中：597 永康：76
增加15%	50,925	227,344	199,152	285,886	763,307	中壢：401 台中：587 永康：124
增加20%	50,925	236,466	207,144	285,810	780,345	中壢：304 台中：737 永康：139
增加30%	50,925	256,686	224,856	285,858	818,325	中壢：330 台中：726 永康：191

2.2.2、有即時交通資訊（續）

貨運量	站所固定成本（元）	車輛固定成本（元）	裝卸成本（元）	運輸成本（元）	總成本（元）	中繼站處理貨量（百公斤）
增加40%	50,925	275,426	241,272	285,863	853,486	中壢：354 台中：772 永康：215
增加50%	50,925	297,124	260,280	285,896	894,225	中壢：382 台中：791 永康：271

- 3、情境三：中山高苗栗三義路段發生交通事故，此路段嚴重擁塞（行駛速度由 90kph 降為 20kph），南下、北上車輛可分別由三義、苗栗交流道下改走替代道路（以台 13 線為其替代道路，此替代道路之距離較中山高約增加 10 公里）。事件發生時段為上午 06:00~10:00 及下午 16:00~20:00，共跨越 4 個運送時段。

3.1、小型規模中繼站（500 百公斤/日）之敏感度分析結果

3.1.1、無即時交通資訊

貨運量	站所固定成本（元）	車輛固定成本（元）	裝卸成本（元）	運輸成本（元）	總成本（元）	中繼站處理貨量（百公斤）
原貨運量	36,375	197,754	173,232	271,796	679,157	中壢：500 台中：389 永康：70
增加5%	36,375	207,617	181,872	271,796	697,660	中壢：500 台中：295 永康：211
增加10%	36,375	216,740	189,864	271,796	714,775	中壢：500 台中：475 永康：81
增加15%	36,375	227,343	199,152	271,796	734,666	中壢：500 台中：450 永康：162
增加20%	36,375	236,466	207,144	271,796	751,781	中壢：500 台中：500 永康：180

3.1.1、無即時交通資訊（續）

貨運量	站所固定成本(元)	車輛固定成本(元)	裝卸成本(元)	運輸成本(元)	總成本(元)	中繼站處理貨量(百公斤)
增加30%	36,375	256,686	224,856	271,796	789,713	中壢：500 台中：500 永康：247
增加40%	36,375	275,425	241,272	271,855	824,927	中壢：500 台中：500 永康：341
增加50%	36,375	297,124	260,280	271,828	865,607	中壢：500 台中：500 永康：444

3.1.2、有即時交通資訊

貨運量	站所固定成本(元)	車輛固定成本(元)	裝卸成本(元)	運輸成本(元)	總成本(元)	中繼站處理貨量(百公斤)
原貨運量	36,375	197,754	173,232	259,824	667,185	中壢：500 台中：389 永康：70
增加5%	36,375	207,617	181,872	259,824	685,688	中壢：500 台中：342 永康：164
增加10%	36,375	216,740	189,864	259,824	702,803	中壢：500 台中：475 永康：81
增加15%	36,375	227,342	199,152	259,824	722,693	中壢：478 台中：493 永康：141
增加20%	36,375	236,466	207,144	259,822	739,807	中壢：500 台中：493 永康：187
增加30%	36,375	256,686	224,856	259,824	777,741	中壢：500 台中：500 永康：247
增加40%	36,375	275,425	241,272	259,883	812,955	中壢：500 台中：468 永康：373

3.1.2、有即時交通資訊（續）

貨運量	站所固定成本（元）	車輛固定成本（元）	裝卸成本（元）	運輸成本（元）	總成本（元）	中繼站處理貨量（百公斤）
增加50%	36,375	297,124	260,280	259,856	853,635	中壢：500 台中：500 永康：444

3.2、中型規模中繼站（1,000 百公斤/日）之敏感度分析結果

3.2.1、無即時交通資訊

貨運量	站所固定成本（元）	車輛固定成本（元）	裝卸成本（元）	運輸成本（元）	總成本（元）	中繼站處理貨量（百公斤）
原貨運量	50,925	197,754	173,232	271,766	693,677	中壢：697 台中：196 永康：66
增加5%	50,925	207,617	181,872	271,743	712,157	中壢：733 台中：204 永康：69
增加10%	50,925	216,740	189,864	271,788	729,317	中壢：766 台中：214 永康：76
增加15%	50,925	227,343	199,152	271,817	749,237	中壢：802 台中：223 永康：87
增加20%	50,925	236,466	207,144	271,742	766,277	中壢：608 台中：460 永康：112
增加30%	50,925	256,686	224,856	271,850	804,317	中壢：660 台中：498 永康：89
增加40%	50,925	275,425	241,272	271,855	839,477	中壢：708 台中：534 永康：99
增加50%	50,925	297,124	260,280	271,828	880,157	中壢：764 台中：576 永康：104

3.2.2、有即時交通資訊

貨運量	站所固定成本(元)	車輛固定成本(元)	裝卸成本(元)	運輸成本(元)	總成本(元)	中繼站處理貨量(百公斤)
原貨運量	50,925	197,754	173,232	259,794	681,705	中壢：680 台中：212 永康：67
增加5%	50,925	207,617	181,872	259,771	700,185	中壢：643 台中：293 永康：70
增加10%	50,925	216,740	188,964	259,816	716,445	中壢：673 台中：307 永康：76
增加15%	50,925	227,343	199,152	259,845	737,265	中壢：706 台中：321 永康：85
增加20%	50,925	236,466	207,144	259,770	754,305	中壢：591 台中：486 永康：103
增加30%	50,925	256,686	224,856	259,878	792,345	中壢：632 台中：526 永康：89
增加40%	50,925	275,425	241,272	259,883	827,505	中壢：679 台中：564 永康：98
增加50%	50,925	297,124	260,280	259,856	868,185	中壢：732 台中：608 永康：104

測試路網二

1、情境一：原始狀態

1.1、中型規模中繼站（1,000 百公斤/日）之敏感度分析結果

貨運量	站所固定成本(元)	車輛固定成本(元)	裝卸成本(元)	運輸成本(元)	總成本(元)	中繼站處理貨量(百公斤)
原貨運量	116,400	494,385	469,584	1,007,256	2,087,625	中壢：1,000 台中：975 永康：617
增加5%	116,400	519,043	492,480	1,007,280	2,135,203	中壢：1,000 台中：1,000 永康：727
增加10%	116,400	541,850	514,296	1,007,184	2,179,730	中壢：1,000 台中：1,000 永康：856
增加15%	116,400	568,358	538,920	1,007,280	2,230,958	中壢：1,000 台中：1,000 永康：983
增加20%	116,400	591,165	560,002	1,082,150	2,349,717	中壢：1,108 台中：1,000 永康：1,000
增加30%	116,400	641,715	608,904	1,266,118	2,633,137	中壢：1,190 台中：1,183 永康：1,000
增加40%	116,400	688,563	653,400	1,438,948	2,897,311	中壢：1,350 台中：1,272 永康：1,000
增加50%	116,400	742,810	708,048	1,645,712	3,212,970	中壢：1,500 台中：1,420 永康：1,000

1.2、大型規模中繼站（2,000 百公斤/日）之敏感度分析結果

貨運量	站所固定成本(元)	車輛固定成本(元)	裝卸成本(元)	運輸成本(元)	總成本(元)	中繼站處理貨量(百公斤)
原貨運量	145,500	494,385	469,584	1,007,256	2,116,725	中壢：1,191 台中：1,001 永康：400

1.2、大型規模中繼站（2,000 百公斤/日）之敏感度分析結果（續）

貨運量	站所固定成本（元）	車輛固定成本（元）	裝卸成本（元）	運輸成本（元）	總成本（元）	中繼站處理貨量（百公斤）
增加 5%	145,500	519,043	492,480	1,007,280	2,164,303	中壢：1,259 台中：1,049 永康：419
增加 10%	145,500	541,850	514,296	1,007,184	2,208,830	中壢：1,323 台中：1,097 永康：436
增加 15%	145,500	568,358	538,920	1,007,280	2,260,058	中壢：1,374 台中：1,151 永康：458
增加 20%	145,500	591,165	560,002	1,007,198	2,303,865	中壢：1,440 台中：1,192 永康：476
增加 30%	145,500	641,715	608,904	1,007,256	2,403,375	中壢：1,557 台中：1,295 永康：521
增加 40%	145,500	688,563	653,400	1,007,280	2,494,743	中壢：1,679 台中：1,386 永康：557
增加 50%	145,500	742,810	708,048	1,007,232	2,603,590	中壢：1,807 台中：1,508 永康：605

2、情境二：中壢中繼站因突發事件發生，場站機具無法處理貨物，決策部門決定關閉中壢中繼站，將貨物轉移至其他中繼站處理。事件發生時段為上午 08:00~下午 20:00，共跨越 6 個運送時段。

2.1、中型規模中繼站（1,000 百公斤/日）之敏感度分析結果

2.1.1、無即時交通資訊

貨運量	站所固定成本(元)	車輛固定成本(元)	裝卸成本(元)	運輸成本(元)	總成本(元)	中繼站處理貨量(百公斤)
原貨運量	116,400	494,385	469,584	1,354,256	2,434,625	中壢：1,000 台中：975 永康：617
增加5%	116,400	519,043	492,480	1,354,280	2,482,203	中壢：1,000 台中：1,000 永康：727
增加10%	116,400	541,850	514,296	1,354,184	2,526,730	中壢：1,000 台中：1,000 永康：856
增加15%	116,400	568,358	538,920	1,354,280	2,577,958	中壢：1,000 台中：1,000 永康：983
增加20%	116,400	591,165	560,002	1,466,626	2,734,193	中壢：1,108 台中：1,000 永康：1,000
增加30%	116,400	641,715	608,904	1,679,048	3,046,067	中壢：1,190 台中：1,183 永康：1,000
增加40%	116,400	688,563	653,400	1,907,398	3,365,761	中壢：1,350 台中：1,272 永康：1,000
增加50%	116,400	742,810	708,048	2,166,212	3,733,470	中壢：1,500 台中：1,420 永康：1,000

2.1.2、有即時交通資訊

貨運量	站所固定成本(元)	車輛固定成本(元)	裝卸成本(元)	運輸成本(元)	總成本(元)	中繼站處理貨量(百公斤)
原貨運量	116,400	494,385	469,584	1,122,224	2,202,593	中壢：500 台中：1,092 永康：1,000
增加5%	116,400	519,043	492,480	1,215,878	2,343,801	中壢：500 台中：1,227 永康：1,000

2.1.2、有即時交通資訊（續）

貨運量	站所固定成本（元）	車輛固定成本（元）	裝卸成本（元）	運輸成本（元）	總成本（元）	中繼站處理貨量（百公斤）
增加10%	116,400	541,850	514,296	1,305,368	2,477,914	中壢：500 台中：1,200 永康：1,156
增加15%	116,400	568,358	538,920	1,393,542	2,617,220	中壢：500 台中：1,283 永康：1,200
增加20%	116,400	591,165	560,002	1,480,270	2,747,837	中壢：554 台中：1,354 永康：1,200
增加30%	116,400	641,715	608,904	1,664,238	3,031,257	中壢：595 台中：1,470 永康：1,308
增加40%	116,400	688,563	653,400	1,837,008	3,295,371	中壢：675 台中：1,500 永康：1,447
增加50%	116,400	742,810	708,048	2,043,832	3,611,090	中壢：750 台中：1,670 永康：1,500

2.2、大型規模中繼站（2,000 百公斤/日）之敏感度分析結果

2.2.1、無即時交通資訊

貨運量	站所固定成本（元）	車輛固定成本（元）	裝卸成本（元）	運輸成本（元）	總成本（元）	中繼站處理貨量（百公斤）
原貨運量	145,500	494,385	469,584	1,420,533	2,530,002	中壢：1,191 台中：1,001 永康：400
增加5%	145,500	519,043	492,480	1,444,153	2,601,176	中壢：1,259 台中：1,049 永康：419
增加10%	145,500	541,850	514,296	1,466,265	2,667,911	中壢：1,323 台中：1,097 永康：436

2.2.1、無即時交通資訊（續）

貨運量	站所固定成本（元）	車輛固定成本（元）	裝卸成本（元）	運輸成本（元）	總成本（元）	中繼站處理貨量（百公斤）
增加15%	145,500	568,358	538,920	1,484,058	2,736,836	中壢：1,374 台中：1,151 永康：458
增加20%	145,500	591,165	560,002	1,506,878	2,803,545	中壢：1,440 台中：1,192 永康：476
增加30%	145,500	641,715	608,904	1,547,535	2,943,654	中壢：1,557 台中：1,295 永康：521
增加40%	145,500	688,563	653,400	1,589,893	3,077,356	中壢：1,679 台中：1,386 永康：557
增加50%	145,500	742,810	708,048	1,634,261	3,230,619	中壢：1,807 台中：1,508 永康：605

2.2.2、有即時交通資訊

貨運量	站所固定成本（元）	車輛固定成本（元）	裝卸成本（元）	運輸成本（元）	總成本（元）	中繼站處理貨量（百公斤）
原貨運量	145,500	494,385	469,584	1,058,376	2,167,845	中壢：596 台中：1,488 永康：508
增加5%	145,500	519,043	492,480	1,058,340	2,215,363	中壢：630 台中：1,513 永康：584
增加10%	145,500	541,850	514,296	1,058,304	2,259,950	中壢：662 台中：1,543 永康：651
增加15%	145,500	568,358	538,920	1,058,340	2,311,118	中壢：687 台中：1,566 永康：730
增加20%	145,500	591,165	560,002	1,058,318	2,354,985	中壢：720 台中：1,590 永康：798

2.2.2、有即時交通資訊（續）

貨運量	站所固定成本（元）	車輛固定成本（元）	裝卸成本（元）	運輸成本（元）	總成本（元）	中繼站處理貨量（百公斤）
增加30%	145,500	641,715	608,904	1,058,376	2,454,495	中壢：799 台中：1,637 永康：957
增加40%	145,500	688,563	653,400	1,058,340	2,545,803	中壢：840 台中：1,684 永康：1,098
增加50%	145,500	742,810	708,048	1,058,352	2,654,710	中壢：904 台中：1,742 永康：1,274

- 3、情境三：中山高苗栗三義路段發生交通事故，此路段嚴重擁塞（行駛速度由 90kph 降為 20kph），南下、北上車輛可分別由三義、苗栗交流道下改走替代道路（以台 13 線為其替代道路，此替代道路之距離較中山高約增加 10 公里）。事件發生時段為上午 06:00~10:00 及下午 16:00~20:00，共跨越 4 個運送時段。

3.1、中型規模中繼站（1,000 百公斤/日）之敏感度分析結果

3.1.1、無即時交通資訊

貨運量	站所固定成本（元）	車輛固定成本（元）	裝卸成本（元）	運輸成本（元）	總成本（元）	中繼站處理貨量（百公斤）
原貨運量	116,400	494,385	469,584	1,062,336	2,142,705	中壢：1,000 台中：975 永康：617
增加5%	116,400	519,043	492,480	1,062,360	2,190,283	中壢：1,000 台中：1,000 永康：727
增加10%	116,400	541,850	514,296	1,062,264	2,234,810	中壢：1,000 台中：1,000 永康：856

3.1.1、無即時交通資訊（續）

貨運量	站所固定成本（元）	車輛固定成本（元）	裝卸成本（元）	運輸成本（元）	總成本（元）	中繼站處理貨量（百公斤）
增加15%	116,400	568,358	538,920	1,062,360	2,286,038	中壢：1,000 台中：1,000 永康：983
增加20%	116,400	591,165	560,002	1,137,230	2,404,797	中壢：1,108 台中：1,000 永康：1,000
增加30%	116,400	641,715	608,904	1,321,198	2,688,217	中壢：1,190 台中：1,183 永康：1,000
增加40%	116,400	688,563	653,400	1,494,028	2,952,391	中壢：1,350 台中：1,272 永康：1,000
增加50%	116,400	742,810	708,048	1,700,792	3,268,050	中壢：1,500 台中：1,420 永康：1,000

3.1.2、有即時交通資訊

貨運量	站所固定成本（元）	車輛固定成本（元）	裝卸成本（元）	運輸成本（元）	總成本（元）	中繼站處理貨量（百公斤）
原貨運量	116,400	494,385	469,584	1,013,856	2,094,225	中壢：993 台中：980 永康：619
增加5%	116,400	519,043	492,480	1,013,880	2,141,803	中壢：995 台中：981 永康：751
增加10%	116,400	541,850	514,296	1,013,784	2,186,330	中壢：1,000 台中：996 永康：860
增加15%	116,400	568,358	538,920	1,013,880	2,237,558	中壢：1,000 台中：996 永康：987
增加20%	116,400	591,165	560,002	1,088,750	2,356,317	中壢：1,108 台中：1,000 永康：1,000

3.1.2、有即時交通資訊（續）

貨運量	站所固定成本（元）	車輛固定成本（元）	裝卸成本（元）	運輸成本（元）	總成本（元）	中繼站處理貨量（百公斤）
增加30%	116,400	641,715	608,904	1,272,718	2,639,737	中壢：1,190 台中：1,183 永康：1,000
增加40%	116,400	688,563	653,400	1,445,548	2,903,911	中壢：1,350 台中：1,272 永康：1,000
增加50%	116,400	742,810	708,048	1,652,312	3,219,570	中壢：1,500 台中：1,420 永康：1,000

3.2、大型規模中繼站（2,000 百公斤/日）之敏感度分析結果

3.2.1、無即時交通資訊

貨運量	站所固定成本（元）	車輛固定成本（元）	裝卸成本（元）	運輸成本（元）	總成本（元）	中繼站處理貨量（百公斤）
原貨運量	145,500	494,385	469,584	1,062,336	2,171,805	中壢：1,191 台中：1,001 永康：400
增加5%	145,500	519,043	492,480	1,062,360	2,219,383	中壢：1,259 台中：1,049 永康：419
增加10%	145,500	541,850	514,296	1,062,264	2,263,910	中壢：1,323 台中：1,097 永康：436
增加15%	145,500	568,358	538,920	1,062,360	2,315,138	中壢：1,374 台中：1,151 永康：458
增加20%	145,500	591,165	560,002	1,062,278	2,358,945	中壢：1,440 台中：1,192 永康：476
增加30%	145,500	641,715	608,904	1,062,336	2,458,455	中壢：1,557 台中：1,295 永康：521

3.2.1、無即時交通資訊（續）

貨運量	站所固定成本(元)	車輛固定成本(元)	裝卸成本(元)	運輸成本(元)	總成本(元)	中繼站處理貨量(百公斤)
增加40%	145,500	688,563	653,400	1,062,360	2,549,823	中壢：1,679 台中：1,386 永康：557
增加50%	145,500	742,810	708,048	1,062,312	2,658,670	中壢：1,807 台中：1,508 永康：605

3.2.2、有即時交通資訊

貨運量	站所固定成本(元)	車輛固定成本(元)	裝卸成本(元)	運輸成本(元)	總成本(元)	中繼站處理貨量(百公斤)
原貨運量	145,500	494,385	469,584	1,013,856	2,123,325	中壢：1,220 台中：972 永康：400
增加5%	145,500	519,043	492,480	1,013,880	2,170,903	中壢：1,275 台中：1,033 永康：419
增加10%	145,500	541,850	514,296	1,013,784	2,215,430	中壢：1,323 台中：1,097 永康：436
增加15%	145,500	568,358	538,920	1,013,880	2,266,658	中壢：1,391 台中：1,134 永康：458
增加20%	145,500	591,165	560,002	1,013,798	2,310,465	中壢：1,457 台中：1,175 永康：476
增加30%	145,500	641,715	608,904	1,013,856	2,409,975	中壢：1,576 台中：1,276 永康：521
增加40%	145,500	688,563	653,400	1,013,880	2,501,343	中壢：1,699 台中：1,366 永康：557
增加50%	145,500	742,810	708,048	1,013,832	2,610,190	中壢：1,850 台中：1,465 永康：605