

第三章 城際複合物流運輸鐵路轉運中心 最適區位模式之構建

本章主要在探討「城際複合物流運輸鐵路轉運中心最適區位」模式之構建。首先係針對「城際複合物流運輸」主要參與者包括：運送者（台鐵、物流業者）與管理者（政府），說明其關心之課題，進而架構「城際複合物流運輸」之概念性模式，之後透過本研究所訂定之必要準則，初步篩選出鐵路轉運中心之候選區位，再者以滿足顧客之需求為前提，按照決策者決策觀點之不同，依是否考量運輸外部成本之情境，分別構建「城際複合物流運輸鐵路轉運中心最適區位」多目標數學規劃模式，俾達成真實反應「城際複合物流運輸」運作之目的。

3.1 問題分析

本研究所提「城際複合物流運輸」，基於滿足顧客需求之前提，其主要的參與者包括：運送者（台鐵、物流業者）與管理者（政府），如圖 3-1 所示。由於鐵路轉運中心之轉換作業效率，為影響整體「城際複合物流運輸」成敗之關鍵因素，且其區位選擇亦為「城際複合物流運輸」營運作業規劃首要面對之關鍵問題，故本研究即以鐵路轉運中心區位選擇以及物品運送路徑為決策變數，進行長期策略規劃。由於每一個主要參與者考量的觀點及追求目標均不同，因此，「城際複合物流運輸鐵路轉運中心最適區位」模式必須充分掌握各主要參與者之特性與要求目標，方能夠有效反映執行「城際複合物流運輸」之實際狀況。有關各參與者之特定要求，分別說明如后。

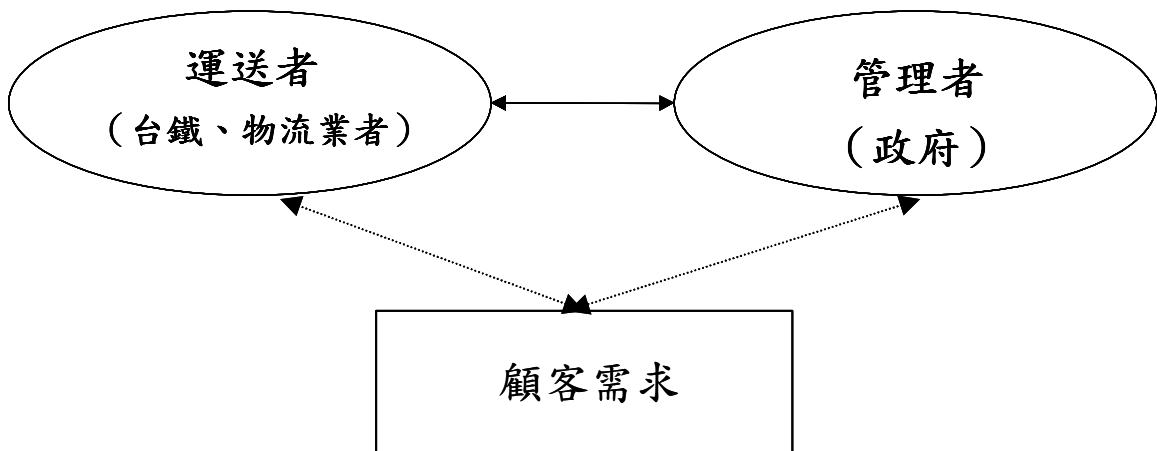


圖 3-1 「城際複合物流運輸」之主要參與者

以台鐵與物流業者的觀點而言，其所關心的現實課題當係：未來實際執行「城際複合物流運輸」時，鐵路轉運中心的設置數量及理想區位為何？物品如何運送較適當？究竟有無利潤可圖？影響策略營收之關鍵因素為何？又對於現階段已利用「城際公路物流運輸」的業者而言，更多了一層考量：相較「城際公路物流運輸」而言，「城際複合物流運輸」是否能擁有更優渥的利潤？亦即是否存在投資之誘因？又何者為其關鍵影響因素？

以政府的角度而言，其所關心的課題為，在追求社會福利最大的目標前提下，未來實際推動「城際複合物流運輸」時，將運輸外部成本予以納入考量時，是否具有經濟效益？相較「城際公路物流運輸」而言，其經濟效益又如何？面對財務與經濟面之評估結果，必須採取何種施政措施與施政方案以為因應？

至若以顧客的角度而言，則希望其托運的物品得以在其可接受的費率水準下，依其要求的服務水準及需求，在要求的時限內，安全、無任何損壞地由托運點運抵至指定之目的地。此外，運送途中物品及時追蹤資訊之提供，亦已成為顧客普遍要求之服務項目。

綜上，依據「城際複合物流運輸」概念，構建「城際複合物流運輸鐵路轉運中心最適區位」模式之主要課題包括：

- 一、「城際複合物流運輸」之實質概念為何？
- 二、面對數量眾多之鐵路場站如何進行鐵路轉運中心候選區位初步篩選？
- 三、鐵路轉運中心最適區位暨物品運送路徑如何選定？若將運輸外部成本納入考量時，運輸外部成本如何估算？又對於鐵路轉運中心最適區位暨物品運送路徑之決策行為有何影響？
- 四、鐵路轉運中心最適區位模式之功能與實用性如何？
- 五、「城際複合物流運輸」與現行「城際公路物流運輸」在財務利潤以及經濟效益方面之比較結果如何？
- 六、「城際複合物流運輸」之政策意涵為何？

本節後續即針對上述各項主要課題詳細分析如后：

課題一：「城際複合物流運輸」概念

在構建「城際複合物流運輸鐵路轉運中心最適區位」模式之初，必須先就「城際複合物流運輸」概念進行詳細之闡述，方能具體構建具實質功能與應用性之「城際複合物流運輸鐵路轉運中心最適區位」模式。為深入探討本項課題，有必要針對下列各項主要問題加以釐清、訂定或分析：

- 1.「城際複合物流運輸」之參與對象與合作方式。

2. 「城際複合物流運輸」之運作方式、內容、以及決策環境。
3. 「城際複合物流運輸」參與者各自分工作業項目與成本。

為探討「城際複合物流運輸」概念課題，本研究後續將述明「城際複合物流運輸」之參與者與其相互間之合作方式，並依照決策者關心角度之不同，將不同外部決策環境下，各參與者所應考量之成本因素及其分工作業項目逐項釐清，並據以架構概念性模式。

課題二：鐵路轉運中心候選區位初步篩選

由於鐵路轉運中心設置區位必須考量若干條件，並非每一個可辦理貨運之鐵路場站，均適合作為鐵路轉運中心，因此必須針對現有辦理鐵路貨運場站進行初步之篩選，以減少問題之複雜度。為深入探討本項課題，有必要針對下列各項主要問題加以釐清、訂定或分析：

1. 篩選之考量層面。
2. 篩選之必要準則。

為探討鐵路轉運中心候選區位初步篩選課題，本研究後續將研訂初步篩選鐵路轉運中心候選區位之考慮層面，進而根據該等層面訂定各項必要準則。

課題三：鐵路轉運中心最適區位模式之構建

由於鐵路轉運中心之轉換作業效率，為影響整體「城際複合物流運輸」成敗之關鍵因素，且其區位選擇亦為「城際複合物流運輸」營運作業規劃首要面對之關鍵問題，為真實反應「城際複合物流運輸」之運作，暨尋求鐵路轉運中心最適區位以及物品運送路徑，有必要構建「城際複合物流運輸鐵路轉運中心最適區位」模式。為深入探討本項課題，便需要針對下列各項主要問題加以釐清、訂定或分析：

1. 模式之基本假設。
2. 台鐵與物流業者之目標。
3. 台鐵與物流業者之收益與成本項目及內容。
4. 顧客之需求限制。
5. 運輸外部成本種類。
6. 運輸外部成本估算方法。

為探討「鐵路轉運中心最適區位模式之構建」課題，本研究後續將以滿足顧客之需求為前提，依序訂定模式之基本假設、台鐵與物流業者之目標、釐清台鐵與物流業者之收益、成本項目及內容，接續按照決策者決策觀點之不同，依是否考量運輸外部成本之情境，分別構建「城際複合物流運輸鐵路轉運中心最適區位」模式。

課題四：鐵路轉運中心最適區位模式之功能與實用性

模式是否具備可行性與可信度，以及後續可資應用範圍如何，均需透過模式驗證之程序，以證明所構建模式之良窳，以及其功能與實用性。為深入探討本項課題，有必要針對下列各項主要問題加以釐清、訂定或分析：

1. 參數資料。
2. 模式求解方法。
3. 未考量運輸外部成本下，鐵路轉運中心最適設置區位與數量。
4. 未考量運輸外部成本下，物品最適運送路徑。
5. 台鐵所能獲得之利潤值。
6. 物流業者所能獲得之利潤值。
7. 推動「城際複合物流運輸」所能獲得之財務利潤。
8. 運輸外部成本。
9. 考量運輸外部成本下，鐵路轉運中心最適設置區位與數量。
10. 考量運輸外部成本下，物品最適運送路徑。
11. 台鐵所能獲得之經濟效益。
12. 物流業者所能獲得之經濟效益。
13. 推動「城際複合物流運輸」所能獲得之經濟效益。
14. 可能影響「城際複合物流運輸」之因素項目。
15. 各項因素變動對「城際複合物流運輸」財務利潤之影響幅度。
16. 影響「城際複合物流運輸」財務利潤之關鍵因素。
17. 各項因素變動對「城際複合物流運輸」經濟效益之影響幅度。
18. 影響「城際複合物流運輸」經濟效益之關鍵因素。

為探討「鐵路轉運中心區位模式之功能與實用性」課題，本研究後續將透過實例分析以及敏感度分析，求解不同決策者所需獲得之鐵路轉運中心最適設置區位與數量、物品最適運送路徑、財務利潤、經濟效益等資訊。

課題五：財務與經濟面分析

由於不同決策者有其不同的決策環境與考量之角度，所需之決策資訊自亦不同，就計畫或策略的推動而言，政府部門與私部門所關心考量的因素不同，以私部門而論，較為單純，僅著重於財務上之收益與成本，惟就政府部門而言，除財務利潤外，尚須考量淨社會福利(net social welfare)。因此，「城際複合物流運輸」與現行「城際公路物流運輸」在財務利潤以及經濟效益方面之比較分析，便有其必要性。為深入探討本項課題，便有需要針對下列各項主要問題加以釐清、訂定或分析：

1. 「城際公路物流運輸」所能獲得之財務利潤。

2. 「城際複合物流運輸」與「城際公路物流運輸」在財務利潤方面之比較。
3. 「城際公路物流運輸」所能獲得之經濟效益。
4. 「城際複合物流運輸」與「城際公路物流運輸」在經濟效益方面之比較。

為探討「財務與經濟面分析」課題，本研究後續將分別估算「城際公路物流運輸」之財務利潤以及經濟效益，進而運用先前所求「城際複合物流運輸」之財務利潤以及經濟效益結果，進行比較分析。

課題六：「城際複合物流運輸」之政策意涵

政府部門有無必要給予「城際複合物流運輸」適當之協助，或採取相關之配套措施，則需透過「鐵路轉運中心最適區位模式」之運算求解、敏感度分析、財務面分析、經濟面分析結果，方可獲得符合實際需求之解答。為深入探討本項課題，有必要針對下列各項主要問題加以釐清、訂定或分析：

1. 「城際複合物流運輸」之政策意涵。

為探討「城際複合物流運輸」之政策意涵課題，本研究後續將依據「城際複合物流運輸」與「城際公路物流運輸」在財務利潤以及經濟效益比較結果，深入探討其政策意涵，進而研提相關之建議。

有關構建「城際複合物流運輸鐵路轉運中心最適區位」模式各參與者之主要課題與因應方式綜整如圖 3-2 所示。



圖 3-2 「城際複合物流運輸」參與者之主要課題與因應方式

3.2 「城際複合物流運輸」之概念性模式

本研究所提「城際複合物流運輸」概念，不同於現階段以公路貨車擔任城際間長程運輸任務，並以小型集配車完成地區性及戶配送作業之城際物流運送服務（以下稱為「城際公路物流運輸」）。城際區域間長距離主線運輸部分，改以具有專用路權，可避免因受其他運具干擾造成延遲、誤點，以及可提供運行時刻表，讓顧客充分掌握物流流程優勢之鐵路擔任之；地區性貨物集散配送部分，則運用物流業者現有之各種場站、車輛及資訊設備資源，以廣佈便利之集貨點（例如超商、集貨站或郵局支局），收受顧客物品，並以小型集配車至集貨點或顧客處進行實際之集散配送作業；至於鐵路轉運中心（Rail Transshipment Center, RTC）部分，係作為小型集配車與鐵路主線運輸運具間之轉運場所，而其內部佈設則可提供物流業者作為倉儲、理貨之用，示意如圖 3-3 所示。由於本研究著重於城際物流部分，故有關都市物流中，集貨站（營業站或速運站）與顧客間之集散配送網路，則予以適度之簡化，其中集貨站（營業站或速運站）與顧客間之集散配送網路關係，改以分區中心（centroid）替代，示意如圖 3-4 所示。

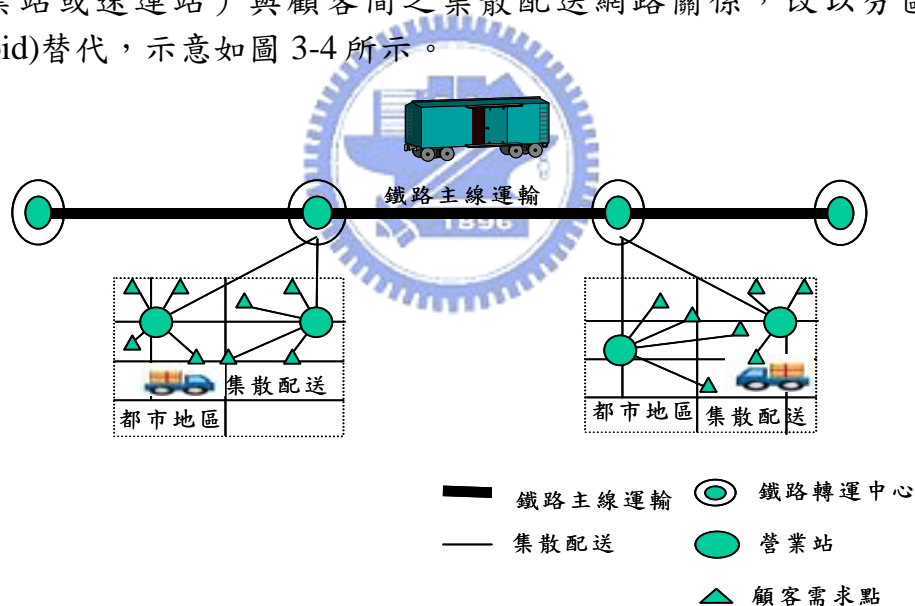


圖 3-3 「城際複合物流運輸」概念

站在運送業者的角度觀之，台鐵與物流業者合作推動「城際複合物流運輸」時，僅著重於財務上之收益與成本，均係以求取總利潤最大為其目標；惟就管理者的角度而言，除財務利潤外，尚須考量淨社會福利（net social welfare）。淨社會福利之定義(Boyer, 1998)為：

$$\text{淨社會福利} = \text{社會效益} - \text{社會成本}$$

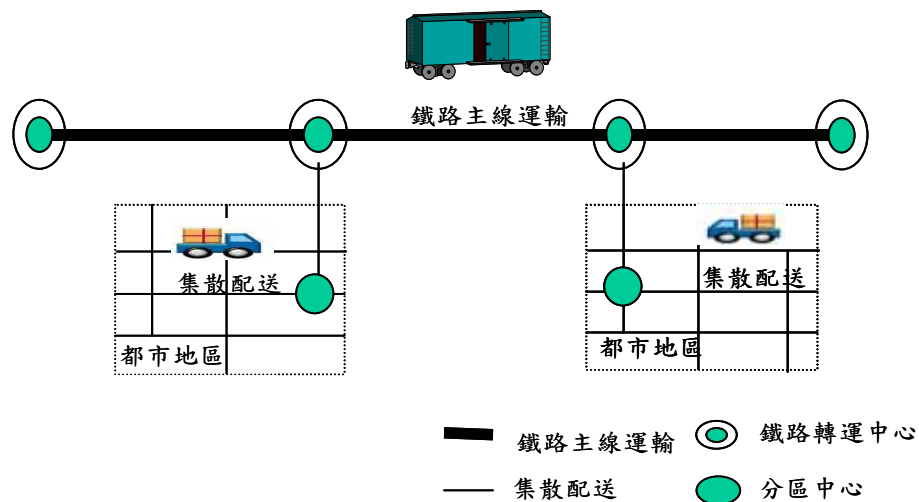


圖 3-4 「城際複合物流運輸」概念簡化示意圖

對於公共計畫或策略而論，均有其需求曲線，透過該需求曲線即可推得社會效益。需求曲線係表示在不同價格下，消費者願意購買某一物品或勞務數量之關係，代表性之需求曲線如圖 3-5 所示。傳統上，總社會效益可切分為消費者費用 (consumer's expenditure) 與消費者剩餘 (consumer's surplus) 兩部分，其中消費者費用為圖 3-5 中 OP^*AQ^* 之面積，而消費者剩餘則為圖 3-5 中 P^*AB 之面積。

經由上述可知，淨社會福利亦可定義為：

$$\text{淨社會福利} = \text{消費者剩餘} + \text{利潤}$$

或

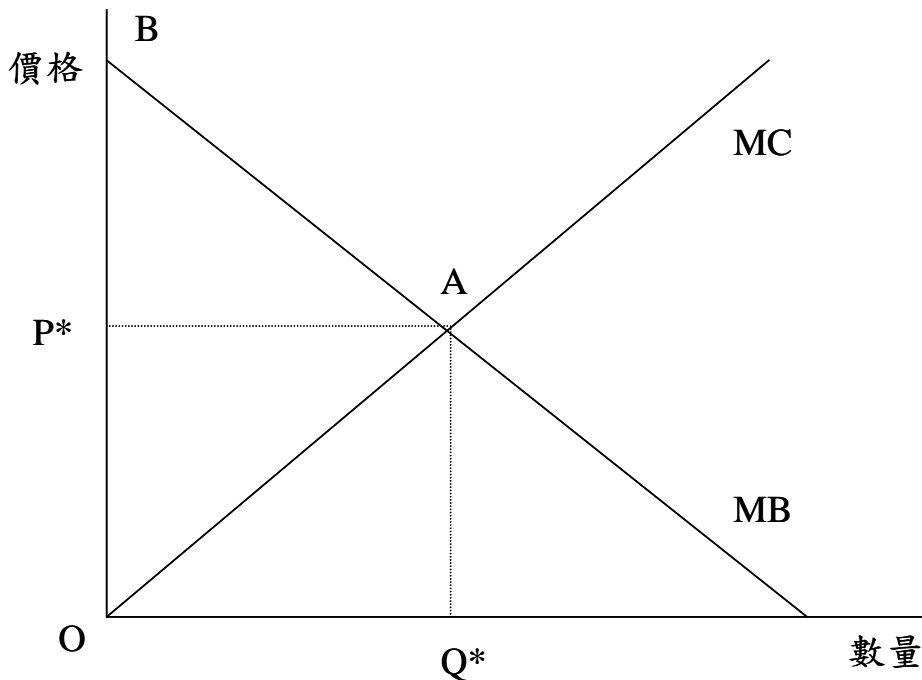
$$\text{淨社會福利} = \text{消費者剩餘} + \text{收益} - \text{社會成本}$$

抑或

$$\text{淨社會福利} = \text{消費者剩餘} + \text{收益} - \text{私人成本 (private cost)} - \text{外部成本 (external cost)}$$

由於估算消費者剩餘時，必須求出整條需求曲線，為求該完整之需求曲線，必須提供不同價格下之願購物品或勞務數量，其中還需包括遠高於成本之價格，因此甚難準確估算消費者剩餘。有鑑於此，本研究後續在社會效益估算部分，僅包括收益部分，至消費者剩餘部分暫不在本研究討論範圍之內，並將本研究後續所探討之經濟效益簡化定義為：

$$\text{經濟效益} = \text{收益} - \text{私人成本} - \text{外部成本}$$



資料來源：Boyer, D. K. (1998)

圖 3-5 淨社會剩餘計算

台鐵與物流業者合作推動「城際複合物流運輸」時，台鐵有可能面臨僅與一家，抑或與多家物流業者合作之狀況；而在進行運送行為時，為因應實際營運環境需要，可採取僅用「複合運輸」方式，抑或採用「彈性運輸」方式(說明如 3.4 節)。至於為合作雙方所關切，必須進行分工之作業項目則包括：城際間主線運輸作業、地區性物品集散與配送作業、鐵路轉運中心內裝卸、搬運、理貨作業、鐵路轉運中心設施或設備改善作業、作業資訊系統規劃設置作業等。依據「城際複合物流運輸」之概念，各項分工作業及相對之成本歸屬或分攤方式說明如后：

- 1.城際間主線運輸作業：由台鐵負責，從事主線運輸所產生之運輸成本亦由台鐵負擔。
- 2.地區性物品集散與配送作業：由物流業者負責，從事地區性物品集散與配送所產生之運送成本，亦由物流業者負擔。
- 3.鐵路轉運中心內裝卸、搬運、理貨作業：鐵路轉運中心內之理貨作業由物流業者負責；另鐵路轉運中心內之轉運裝卸與搬運作業，則可由台鐵、物流業者、甚或委由第三者負責辦理，因此，台鐵與物流業者對於轉運成本之分攤方式，由雙方協商議定之。
- 4.鐵路轉運中心設施或設備改善作業：鐵路轉運中心內，理貨暫存區部分之內、外相關設施或設備佈設，交由業者自行規劃辦理，而所需設置成本由業者負擔；另鐵路轉運中心內，物品裝卸區部分之設施與物流設備

改善由台鐵負責規劃辦理，費用則由台鐵支應。

5.資訊系統規劃設置作業：可由台鐵、物流業者、甚或委由第三者負責辦理，惟因資訊設備設置完成後，係為合作雙方所共用，成本不易明確拆分，故成本以二者均分較為公平與合理。

綜上，台鐵與物流業者合作推動「城際複合物流運輸」時之可能情境方案，以及所關切的各項分工作業與相對之成本歸屬或分攤方式，彙整如圖 3-6 所示。



圖 3-6 分工作業項目與情境方案

3.3 鐵路轉運中心區位之初步篩選

由於較合適的鐵路轉運中心區位存在若干必要條件，例如土地面積、交通條件、地理區位等。因此，在正式進行鐵路轉運中心區位選擇之前，有必要依據台鐵營運現況、物流業者對設置轉運中心之實際需求等因素，研訂合理的必要準則，並針對台鐵沿線現有 210 個可辦理貨運之車站以及 277 座倉庫進行初步篩選，以挑選出符合條件之鐵路轉運中心候選區位。經參考中華民國運輸學會（2001）、經濟部商業司

(1996)、Feng and Huang (2003)等相關文獻資料，本研究研訂初步篩選鐵路轉運中心候選區位之考慮層面包括：土地面積、設施使用狀況、交通條件及地理區位等。有關各層面與必要準則之詳細內容，依序說明如后：

1.土地面積

轉運中心所需之土地面積依業者配送物種之不同，而有不同之需求，縱或如此，由於業者在轉運中心內必須設置必要的作業設施，同時亦需要適當的營運作業空間，因此業者對於轉運中心之面積仍有其最起碼之要求。本研究依據中華民國運輸學會之研究(2001)，訂定鐵路轉運中心候選區位之土地面積應不得小於300平方公尺(約90坪)。

2.設施使用狀況

台鐵目前之倉庫設施，大致上可分為長期間置狀態與已出租狀態兩種型態。其中，長期間置型態又可分為兩類，第一類為設備老舊、結構不佳之倉庫，此類倉庫設施由於長期處於擱置不用之間置狀態，故結構已不利使用；第二類為結構完整尚未出租狀態，此類倉庫可能由於地理位置不佳或倉庫內設備支援力不足，而致使遲遲尚未出租。本研究基於儘量不影響台鐵正常營運現況暨珍惜文化資產為考量，研訂以下三種不能成為鐵路轉運中心候選區位之使用狀況：

- ①為台鐵正常業務所必須經常使用者。
- ②與其他業者訂定長期租約且租約未到期者。
- ③建物具有特殊文化價值，值得保存者。

3.交通條件

為充分發揮「城際複合物流運輸」之優勢，除了需借重準點、快速的鐵路主線運輸外，尚須仰賴地區性集配車輛的配送效率。由於轉運中心周邊道路系統之機動性與可及性條件，將直接對車輛進出轉運中心與運作造成影響，進而影響整體配送效率，因此，轉運中心周邊應擁有完善之道路系統，其中便捷的主要聯外道路更為其必備之條件。本研究基於配送車輛實際行車動線之所需暨參照「都市計畫工商綜合專用區審議規範」之規定，研訂鐵路轉運中心候選區位之主要聯外道路寬度應不得小於12公尺。

4.地理區位

轉運或物流中心設置地點縱與物流業態有關，然其中是否接近顧客或消費人口聚集處則為其主要考量因素之一。以物流中心為例，知名物流業者目前現有之物流中心分佈位置而言，以北部最多，大多設於台北及桃園地區，而中部多設於台中地區，中部與南部地區之物流中心數相差無幾，東部地區之物流中心數則寥寥無幾(中華民國運輸學會，2001)。

由上述轉運中心分佈型態亦不難看出物流中心之設置與「接近顧客或消費人口聚集處」因素間之關連性。基上，本研究研訂以台鐵車站為中心，20 公里為半徑所劃設的範圍內，其人口小於 25 萬人者，較不合適成為鐵路轉運中心候選區位。

3.4 數學規劃模式之構建

基於各項基本假設，本研究依據決策者決策觀點之不同，視是否考量運輸外部成本之情境，分別構建「城際複合物流運輸鐵路轉運中心最適區位」多目標數學規劃模式如后。

3.4.1 基本假設

有關本研究之各項基本假設，茲分別說明如后：

在構建數學規劃模式之前，有關本研究之各項基本假設，茲分別說明如后：

1. 實際推動「城際複合物流運輸」時，允許台鐵僅與一家，抑或多家物流業者合作；
2. 由供給地至顧客需求點之全程物品配送過程，分成兩大部分，其中區域間長距離主線運輸由台鐵負責，地區性貨物集散配送則由物流業者以小型集配車為之；
3. 鐵路轉運中心係由物品裝卸區與理貨暫存區共同組成（示意如圖 3-7 所示），其中有關鐵路列車之物品裝卸作業由台鐵負責，至物品裝卸區與理貨暫存區間之物品搬運，以及理貨暫存區內各項相關理貨作業則均由物流業者處理；
4. 轉運過程中，鐵路轉運中心內允許物流業者進行簡單之理貨作業，或作短暫之儲存，然本研究不考慮存貨問題；
5. 轉運成本包括起運鐵路轉運中心內之裝載成本以及到達鐵路轉運中心內之卸載成本，而台鐵與物流業者對於轉運成本之分攤方式，則由雙方協商議定之；另基於顧客對物品限時運達要求之市場趨勢使然，總運送時間必須滿足顧客之要求，於時限內送達，故轉運過程中之時間成本不另計算；
6. 顧客對各項不同種類物品之集配與運送需求均為已知，亦即各物品運送起迄點以及運送數量均為已知；
7. 顧客所需各物品僅運送至單一特定起運鐵路轉運中心進行發送，亦僅由單一特定到達鐵路轉運中心負責配送；
8. 鐵路轉運中心間之鐵路主線運輸成本為已知；
9. 在供給地或顧客需求點之集散/配送成本均為已知；

10. 高鐵完工營運後，台鐵部分路線容量亦將隨之釋出，故台鐵路線容量及車輛應可充分配合「城際複合物流運輸」；
11. 供給地或顧客需求點均以分區中心（centroid）代表，至於地區性集散配送網路、場站區位、車隊規模、排程等之規劃，則暫不在本研究探討之列；
12. 有關鐵路轉運中心中，理貨暫存區部分之內、外相關設施佈設，均交由物流業者自行規劃辦理，以充分符合物流業者之要求，所需設置成本亦由業者負擔；另鐵路轉運中心中，物品裝卸區部分之設施與物流設備改善費用則由台鐵支應。

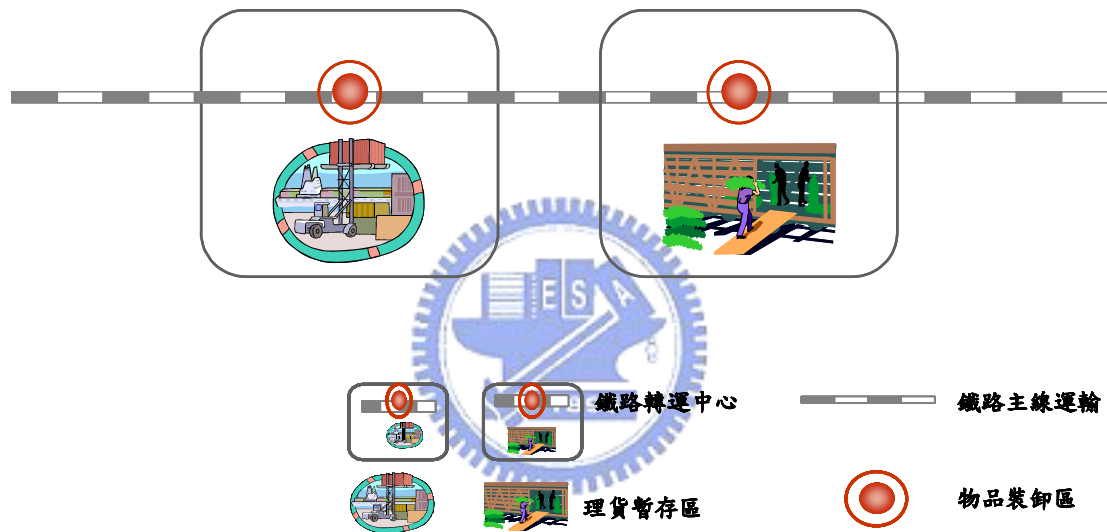


圖 3-7 鐵路轉運中心佈設示意圖

3.4.2 未考量運輸外部成本

至於模式中之各項參數，茲詳列說明如后：

$I = \{1, 2, \dots, n_i\}$ 為鐵路轉運中心之候選區位集合；

$K = \{1, 2, \dots, n_k\}$ 為各物品種類集合；

$O = \{1, 2, \dots, n_o\}$ 為供給地之區位集合；

$D = \{1, 2, \dots, n_d\}$ 為顧客需求點之區位集合；

$P = \{1, 2, \dots, n_p\}$ 為物流業者之集合；

$C_{oi,p}^k$ = 物流業者 p 由供給地 o 運送物品 k 至起運鐵路轉運中心 i 之單位集配

成本，其中 $C = \sum (E_{f_{vh}} + E_{f_{vm}} + E_{f_{vw}} + E_{f_{vf}})$ (變數說明如附錄一)，

$o \in O, i \in I, k \in K, p \in P$ ；

C_{ij}^k = 由起運鐵路轉運中心 i 運送物品 k 至到達鐵路轉運中心 j 之單位運輸成

本，其中 $C = \sum (E_{tvh} + E_{tvm} + E_{tvw} + E_{tvf})$ (變數說明如附錄一)，

$i \neq j, i, j \in I, k \in K$ ；

$C_{jd,p}^k$ = 物流業者 p 由到達鐵路轉運中心 j 運送物品 k 至顧客需求點 d 之單位

集配成本，其中 $C = \sum (E_{f_{vh}} + E_{f_{vm}} + E_{f_{vw}} + E_{f_{vf}})$ (變數說明如附錄

一)， $j \in I, d \in D, k \in K, p \in P$ ；

CT_{ij}^k = 轉運成本，包括由起運鐵路轉運中心 i 將物品 k 搬運至鐵路列車之裝

載成本，以及由鐵路列車將物品 k 搬運至到達鐵路轉運中心 j 之卸載成本，其中 $i \neq j, i, j \in I, k \in K$ ；

α = 台鐵分攤轉運成本之比例， $(1-\alpha)/p$ 即為物流業者分攤轉運成本之比例，其中 $0 \leq \alpha \leq 1$ ；

f_i = 起運/到達鐵路轉運中心 i 中，物品裝卸區部分之設置成本，其中

$f = \sum (E_{ffe} + E_{ffd} + E_{fft})$ (變數說明如附錄一)， $i \in I$ ；

$g_{i,p}$ = 物流業者 p 所選定之起運/到達鐵路轉運中心 i 中，理貨暫存區部分的

設置成本，其中 $g = \sum (E_{ffe} + E_{ffd} + E_{fft} + PL)$ (變數說明如附錄一)，

$i \in I, p \in P$ ；

$W_{od,p}^k$ = 原城際物流市場中採用公路運輸方式，且由物流業者 p 運送物品 k

自供給地 o 至需求點 d 之顧客需求數量，其中 $o \in O, d \in D, k \in K, p \in P$ ；

β = 原城際物流市場中採用公路運輸方式，之後改採複合運輸方式之顧客需求轉移比例，其中 $0 \leq \beta \leq 1$ ，以下簡稱需求轉移比例；

A_i = 起運/到達鐵路轉運中心 i 之容量限制，其中 $i \in I$ ；

a^k = 物品 k 所佔鐵路轉運中心之空間，其中 $k \in K$ ；

TT_{oid}^k = 由供給地 o 將物品 k 經起運鐵路轉運中心 i 、到達鐵路轉運中心 j ，運送至需求點 d 所需之總運送時間（包括在起運鐵路轉運中心 i 以及到達鐵路轉運中心 j 所需之轉運與理貨時間）其中 $o \in O$ ， $i \neq j$ ， $i, j \in I$ ， $d \in D$ ， $k \in K$ ；

TM_{od}^k = 顧客要求將物品 k 由供給地 o 運送至顧客需求點 d 之時限，其中 $o \in O$ ， $d \in D$ ， $k \in K$ ；

FT_{ij}^k = 由供給地 o 將物品 k 經起運鐵路轉運中心 i 、到達鐵路轉運中心 j ，運送至需求點 d 時之鐵路運輸費率，其中 $i \neq j$ ， $i, j \in I$ ， $k \in K$ ；

FF_{od}^k = 由供給地 o 將物品 k 經起運鐵路轉運中心 i 、到達鐵路轉運中心 j ，運送至需求點 d 時之公路集配費率，其中 $o \in O$ ， $d \in D$ ， $k \in K$ ；

$PL_{i,p}$ = 台鐵各鐵路轉運中心 i 租予物流業者 p 之土地與場站租金收益
 $i \in I$ ， $p \in P$ ，亦為物流業者 p 支付台鐵的土地與場站租金費用；

M = 極大之正數。

另模式中各項決策變數所具體代表的意義，詳細說明如后：

$y_i = 1$ 表示起運/到達鐵路轉運中心設於 i ； $y_i = 0$ 則否，其中 $i \in I$ ；

$y_{i,p} = 1$ 表示物流業者 p 選定起運/到達鐵路轉運中心設於 i ； $y_{i,p} = 0$ 則否，其中 $i \in I$ ， $p \in P$ ；

$X_{oid,p}^k = 1$ 表示物流業者 p 由供給地 o 運送物品 k 至起運鐵路轉運中心 i 、經鐵路運輸至到達鐵路轉運中心 j ，最後運至需求點 d ； $X_{oid,p}^k = 0$ 則否，其中 $o \in O$ ， $i, j \in I$ ， $d \in D$ ， $k \in K$ ， $p \in P$ 。

根據前節之基本假設，本研究構建多目標數學規劃模式如下：

$$\begin{aligned} \text{Max } Z_0 = & \sum_p \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k FT_{ij}^k \beta W_{od,p}^k X_{oid,p}^k + \sum_p \sum_i PL_{i,p} y_{i,p} \\ & - \sum_p \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k C_{ij}^k \beta W_{od,p}^k X_{oid,p}^k \\ & - \alpha \left(\sum_p \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k CT_{ij}^k \beta W_{od,p}^k X_{oid,p}^k \right) - \sum_i f_i y_i \end{aligned} \quad (3-1)$$

$$\text{Max } Z_1 = \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k (FF_{od}^k \beta W_{od,1}^k X_{oid,1}^k)$$

$$\begin{aligned}
& - \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k (C_{oi,1}^k \beta W_{od,1}^k X_{oid,1}^k + C_{jd,1}^k \beta W_{od,1}^k X_{oid,1}^k) \\
& - (1-\alpha) / p (\sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k CT_{ij}^k \beta W_{od,1}^k X_{oid,1}^k) - \sum_i g_{i,1} y_{i,1} - \sum_i PL_{i,1} y_{i,1} \quad (3-2)
\end{aligned}$$

⋮

$$\begin{aligned}
\text{Max } Z_p & = \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k (FF_{od}^k \beta W_{od,p}^k X_{oid,p}^k) \\
& - \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k (C_{oi,p}^k \beta W_{od,p}^k X_{oid,p}^k + C_{jd,p}^k \beta W_{od,p}^k X_{oid,p}^k) \\
& - (1-\alpha) / p (\sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k CT_{ij}^k \beta W_{od,p}^k X_{oid,p}^k) - \sum_i g_{i,p} y_{i,p} - \sum_i PL_{i,p} y_{i,p} \quad (3-3)
\end{aligned}$$

Subject to

$$\sum_p \sum_o \sum_j \sum_d \sum_k a^k \beta W_{od,p}^k (X_{oid,p}^k + X_{oid,p}^k) \leq A_i y_i \quad \forall i \in I \quad (3-4)$$

$$\sum_i \sum_j X_{oid,p}^k = 1 \quad \forall o \in O, \forall d \in D, \forall k \in K, \forall p \in P \quad (3-5)$$

$$\sum_p \sum_o \sum_d \sum_k X_{oid,p}^k = 0 \quad \forall i = j \in I \quad (3-6)$$

$$\sum_o \sum_j \sum_d \sum_k (X_{oid,p}^k + X_{oid,p}^k) \leq M y_{i,p} \quad \forall i \in I, \forall p \in P \quad (3-7)$$

$$\sum_p y_{i,p} \leq M y_i \quad \forall i \in I \quad (3-8)$$

$$X_{oid,p}^k = \{0,1\} \quad \forall o \in O, \forall i, j \in I, \forall d \in D, \forall k \in K, \forall p \in P \quad (3-9)$$

$$y_i = \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad (3-10)$$

$$y_{i,p} = \{0,1\} \quad \forall i \in I, \forall p \in P \quad (3-11)$$

又式(3-1)、式(3-2)、式(3-3)可改以通式表示如下：

$$\begin{aligned}
\text{Max } Z_0 & = \sum_p \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k FT_{ij}^k \beta W_{od,p}^k X_{oid,p}^k + \sum_p \sum_i PL_{i,p} y_{i,p} \\
& - \sum_p \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k C_{ij}^k \beta W_{od,p}^k X_{oid,p}^k \\
& - \alpha (\sum_p \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k CT_{ij}^k \beta W_{od,p}^k X_{oid,p}^k) - \sum_i f_i y_i \quad (3-12)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Max } Z_r & = \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k (FF_{od}^k \beta W_{od,r}^k X_{oid,r}^k) \\
& - \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k (C_{oi,r}^k \beta W_{od,r}^k X_{oid,r}^k + C_{jd,r}^k \beta W_{od,r}^k X_{oid,r}^k)
\end{aligned}$$

$$-(1-\alpha)/p(\sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k CT_{ij}^k \beta W_{od,r}^k X_{oid,r}^k) - \sum_i g_{i,r} y_{i,r} - \sum_i PL_{i,r} y_{i,r}$$

$$r = 1, 2, \dots, p \quad (3-13)$$

當 $p=1$ 時，物流業者的組成有二種可能：確實僅有一家業者參與、抑或由實質之多家物流業者結盟為「一家」物流業者。

當 $p=2$ 時，物流業者的組成有三種可能：確實僅有兩家業者參與、有一家業者與多家物流業者結盟為「一家」物流業，以及「兩家」均係由多家物流業者結盟而成。至 $p=3\dots n$ 時之物流業者組成，亦可同理類推。

對台鐵而言，與物流業者合作經營，採行「城際複合物流運輸」，係以求取總利潤最大為其目標，數學模式如式(3-12)所示。

其中收益項目方面包括式(3-12)第 1、2 等兩項，而式(3-12)第 1 項係代表台鐵負責鐵路主線運輸所獲得的運輸收益。至於式中 $\beta W_{od,p}^k$ 一值，係表示城際物流市場中原採用公路運輸方式，之後改採複合運輸，且由物流業者 p 運送物品 k 自供給地 o 至需求點 d 之顧客需求數量，由於需求轉移比例 β 之值介於 0 與 1 之間，因此當 $\beta=1$ 時，代表城際物流市場中原採用公路運輸方式，且由物流業者 p 運送物品 k 自供給地 o 至需求點 d 之顧客需求，全數改採複合運輸方式。當 $\beta=0$ 時，則代表前述原採用公路運輸方式之顧客需求，全數仍採公路運輸方式，並無任何比例之顧客需求轉移改採複合運輸。至於當 $0 < \beta < 1$ 時，則表示前述原採用公路運輸方式之顧客需求數量，因受到例如物流業者需求特性與偏好、對於公路與複合運輸服務間之需求彈性等因素之影響，轉移 β 比例改採複合運輸。另式(3-12)第 2 項則代表台鐵向合作的物流業者 p 所收取之土地與場站租金收益；成本項目方面包括式(3-12)第 3、4、5 等三項，其中式(3-12)第 3 項代表台鐵負責鐵路主線運輸所產生的運輸成本，亦即由起運鐵路轉運中心 i 運送物品 k 至到達鐵路轉運中心 j ($\forall i \neq j, i, j \in I$) 每單位運輸成本乘上物品 k 數量之加總總和；式(3-12)第 4 項代表台鐵所需負擔將物品 k 由供給地 o 經起運鐵路轉運中心 i 、到達鐵路轉運中心 j ($\forall i \neq j, i, j \in I$) 運送至需求點 d 之轉運成本，其中包括由起運鐵路轉運中心 i 將物品 k 搬運至鐵路列車之裝載成本以及由鐵路列車將物品 k 搬運至到達鐵路轉運中心 j 之卸載成本。由於 α 之值介於 0 與 1 之間，因此當 $\alpha=1$ 時，表示將物品 k 由供給地 o 經起運鐵路轉運中心 i 、到達鐵路轉運中心 j ($\forall i \neq j, i, j \in I$) 運送至需求點 d 之轉運成本全數由台鐵負擔。當 $\alpha=0$ 時，則表示前述轉運成本全數由物流業者負擔。至於當 $0 < \alpha < 1$ 時，則代表台鐵與物流業者依雙方協定之分攤比例，各自負擔所需分

攤之轉運成本；式(3-12)第5項代表起運/到達鐵路轉運中心*i*中，物品裝卸區部分之設置成本。

對物流業者*r*而言，與台鐵策略合作，共同採行「城際複合物流運輸」，亦以求取總利潤最大為其目標，數學模式如式(3-13)所示。

在收益項目方面，式(3-13)第1項代表物流業者*r*將物品*k*由供給地*o*運至起運鐵路轉運中心*i*及由到達鐵路轉運中心*j* ($\forall i \neq j, i, j \in I$)運送至需求點*d*所獲得之地區性貨物集散配送收益；成本項目方面包括式(3-13)第2、3、4、5等四項，其中式(3-13)第2項代表物流業者*r*負責地區性貨物集散配送所產生之集配成本項，亦即將由供給地*o*運送至起運鐵路轉運中心*i*，並由到達鐵路轉運中心*j* ($\forall i \neq j, i, j \in I$)將其運送至需求點*d*之物品*k*數量，分別乘上物品*k*每單位集配成本後之加總總和；式(3-13)第3項代表物流業者*r*所需負擔將物品*k*由供給地*o*經起運鐵路轉運中心*i*、到達鐵路轉運中心*j* ($\forall i \neq j, i, j \in I$)運送至需求點*d*之轉運成本，其中包括由起運鐵路轉運中心*i*將物品*k*搬運至鐵路列車之裝載成本以及由鐵路列車將物品*k*搬運至到達鐵路轉運中心*j*之卸載成本；式(3-13)第4項代表物流業者*r*所選定之起運/到達鐵路轉運中心*i*中，理貨暫存區部分的設置成本；式(3-13)第5項則代表物流業者*r*付給台鐵的土地與場站租金費用，即等於台鐵之土地與場站租金收益。

限制式(3-4)代表鐵路轉運中心均具有容量限制，限制式(3-5)係代表供給地*o*之物品*k*僅由單一起運鐵路轉運中心*i*發送，且需求點*d*所需物品*k*亦僅由單一到達鐵路轉運中心*j*配送，限制式(3-6)係表示鐵路轉運中心間城際主線運輸行為必須存在，而非全程均以集配車進行物流配送，僅將鐵路轉運中心作為貨品暫存、理貨地點，限制式(3-7)代表物流業者*p*必須先行選定鐵路轉運中心之設立，方可存在其利用鐵路轉運中心*i*作為起運或到達鐵路轉運中心之運送路徑，限制式(3-8)表示必須先有鐵路轉運中心之設立，方可讓物流業者*p*將其選定做為各自之起運或到達鐵路轉運中心，限制式(3-9)表示物流業者*p*由供給地*o*運送物品*k*至起運鐵路轉運中心*i*、經鐵路運輸至到達鐵路轉運中心*j*，最後運至需求點*d*之路徑指派變數為0或1整數，限制式(3-10)代表起運/到達鐵路轉運中心開設與否之變數為0或1整數，限制式(3-11)代表物流業者*p*開設起運/到達鐵路轉運中心與否之變數為0或1整數。

惟若所運送的物品*k*具時效性之要求時，可於模式中加列一項限制式如式(3-14)，抑或必須刪除 $TT_{oid}^k > TM_{od}^k$ 的 $X_{oid,p}^k$ 變數。

$$TT_{oid}^k X_{oid,p}^k \leq TM_{od}^k \quad \forall o \in O, \forall i, j \in I, \forall d \in D, \forall k \in K, \forall p \in P \quad (3-14)$$

限制式 (3-14) 代表將物品 k 由供給地 o 運送至顧客需求點 d 之總運送時間必須滿足顧客之要求，於時限內送達。

另若營運不強調限用「複合運輸」之運輸方式，亦即容許「複合運輸」與「公路運輸」方式並存（以下簡稱「彈性運輸」，示意如圖 3-8 所示）應用時，則限制式(3-6)（詳如下式）需予減列。

$$\sum_p \sum_o \sum_d \sum_k X_{oid,p}^k = 0 \quad \forall i = j \in I \quad (3-6)$$

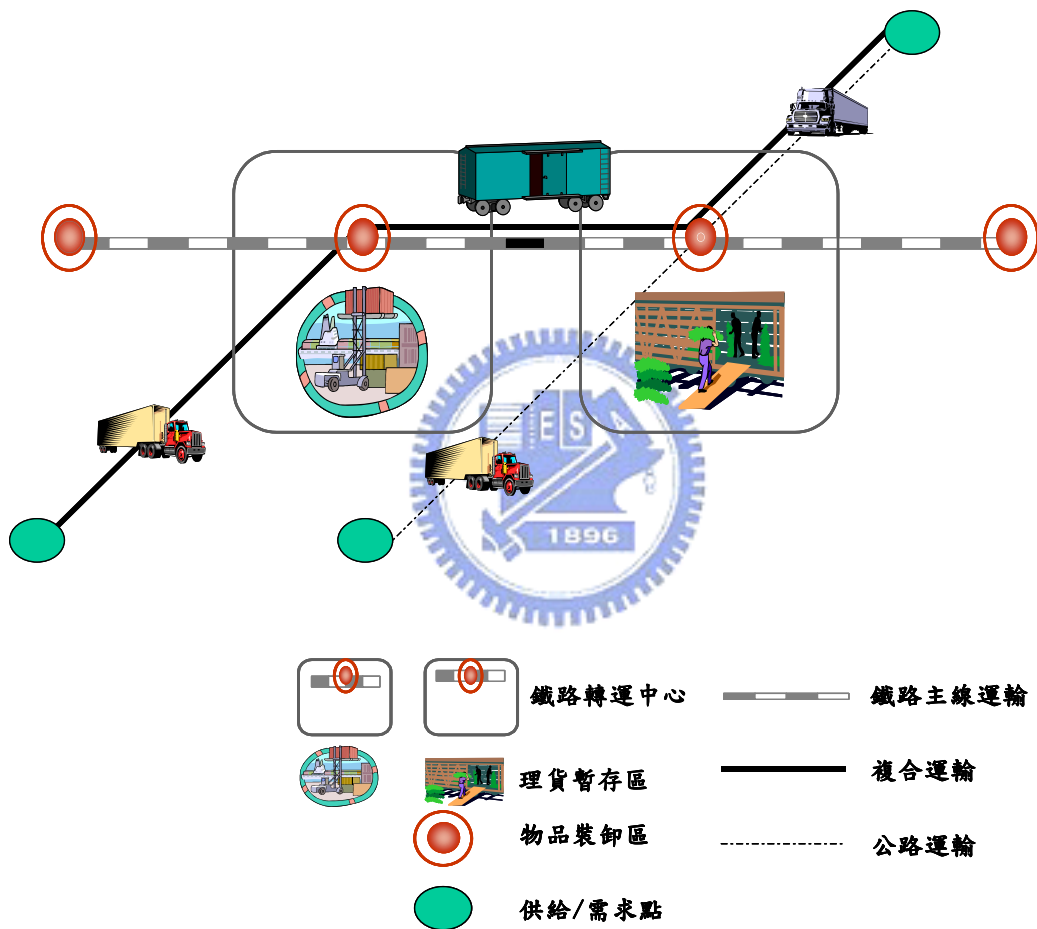


圖 3-8 彈性運輸方式示意圖

3.4.3 考量運輸外部成本

3.4.3.1 運輸外部成本

在進行「城際複合物流運輸」經濟評估時，運輸外部成本必須納入考量。依據文獻回顧的結果(Mayeres et al., 1996; Persson and Ödegaard, 1995)，本研究嘗試研訂運輸外部成本之定義：人們在從事運輸活動時，

對社會或環境所產生由其他人所承受或負擔，本身卻無支付責任且亦未支付之負面影響成本。這裡所謂的其他人可包括：鄰居、其他國家、其他洲、世界抑或下一代。另有關各項運輸外部成本之衡量方法部分，由於邊際社會成本定價要較平均社會成本定價更能使資源配置達到最大效率（或使社會福利達到最高），又邊際社會成本為使用者已付私人邊際資源成本與邊際外部成本之總和，因此，理論上所求社會成本或外部成本應為每增加一單位運輸服務對社會所造成的邊際社會成本或外部成本，而非平均社會或外部成本。然由實務面觀之，對於邊際社會成本與邊際外部成本，實甚難精確估算，例如國內因鐵路貨運營運所造成之死亡與受傷人數資料可取得，因而平均每噸-公里之事故成本亦可推得，但每增加一噸-公里之鐵路貨運邊際事故成本則甚難衡量。既知在廣泛變動的環境中，甚難正確估算每單位運輸（例如每噸公里）之邊際社會成本，以下兩項作法可擇一而行以為權宜：

1. 忽視外部成本，僅依據公部門所提供之服務或公共設施估算使用者費用及稅。
2. 加上一些相同的費用以反映外部成本，並接受某一程度內運具間之交叉補貼。

本研究傾向採用第 2 項作法，另受限於相關邊際外部資料取得之困難，本研究大多採用由總體資料推算而得之平均成本。

由於本研究所提「城際複合物流運輸」與「城際公路物流運輸」最大的差異，在於城際間長距離主線運輸部分，因此在探討鐵、公路運具所需負擔之外部成本時，以空氣污染、交通事故為主。以下即針對空氣污染與交通事故等兩項外部成本之意涵說明如后。

3.4.3.1.1 空氣污染

與運輸有關之主要污染為揮發性有機化合物 (volatile organic compounds, VOC)、一氧化碳(CO)、氮氧化物 (NO_x) (Small and kazimi, 1995)。其中 VOCs 為易反應之有機氣體，能讓汽車排出特殊氣味；與 NO_x 產生反應，形成不同種對人體健康具傷害性的氧化物，例如：臭氧 (O₃)，其亦產生次級碳 (secondary carbon)-微粒物質 (particulate matter, PM) 之主要成分。又 VOC 之主要成分為碳氫化合物 (HC)，常隨未燃燒汽油之成分排出；另一成分為於氧化過程中形成之氫氧混合氣化合物，例如甲醛 (National Research Council, 1991)。最輕的 HC-甲烷相較其他 VOC 的成分，較不易起反應，故常免於管制。基上，資料有時以 non-methane hydrocarbons (NMHC) 與 non-methane organic gases (NMOG) 分類蒐集，但由於由汽油車所排放 VOC、ROG、HC、NMHC、NMOG 的數量差很小，故

大多不在意其差異。此外，汽車亦會直接排放微粒物質及硫氧化物SO_x（主要為SO₂），特別以柴油引擎車為甚。近年來對汽車排放物所造成的影響中，更廣推至主要為二氧化碳之溫室氣體，該氣體已在地球大氣層累積近數十年，甚或世紀(Cline, 1991)。隨著溫室效應而來的，將會是大量未知但可能極具劇烈性變化之風與降雨型態、海平面的提升、病媒及疾病蔓延、糧產出現不穩定、生態系統與生物多樣性遭受嚴重破壞等現象之出現。

上述空氣污染的外部效果主要涵括健康、植物、物質、水中生態、能見度與氣候等方面，詳如表 3.1 所示。由表知，除二氧化碳外，其餘排放物均對人體健康有所影響，又二氧化碳為造成全球溫室效應之最主要氣體，國際間甚至制訂具法律效力之「京都議定書」管制其排放量。綜上，本研究即以氮氧化物（NO_x）、揮發性有機化合物（VOC）、一氧化碳（CO）、硫氧化物(SO_x)、直徑小於 10 μm 的懸浮微粒(PM₁₀) 以及二氧化碳（CO₂）等污染物對健康之影響作為運輸外部成本估算之標的。

空氣污染對人體健康的影響包括死亡(mortality)與罹病(morbidity)兩種效果（蕭代基、錢玉蘭，2000）。有關死亡之衡量係指衡量每個群體在每個年齡層死亡之條件機率的改變。至於一個人的罹病可以定義為因為疾病或傷害導致的身體或心裡偏離正常狀態，而且個人意識到這種不正常的情形。空氣污染對人體健康的影響既然包括死亡與罹病兩種效果，其至少可利用下列五種途徑降低人們的福利水準：

1. 治療因污染造成疾病的醫療支出，包括就醫所花費時間的成本。
2. 損失的工資。
3. 為避免因空氣污染而生病之防衛與趨避行為的支出。
4. 罹病的痛苦與減少休閒活動的負效用。
5. 生命期望值的改變與提早死亡的風險。

衡量健康改善之貨幣效益方法，可分為兩大類，一類是從觀察到的行為和選擇出發，即依據顯示性偏好進行分析；另一類則是從個人對假設性問題的回答來評估。衡量死亡風險降低之效益的方法有：人力資本法（human capital measure of value）、特徵工資法(hedonic wage method)、趨避行為法(averting behavior approach)、特徵財產價值法(hedonic property value method)、假設市場價值評估法（contingent valuation method, CVM）。

表 3.1 空氣污染之外部效果

排放物	衍生污染	影響					
		健康	植物	物質	水中生態	能見度	氣候
NO _x	NO _x	✓	✓			✓	
CO	CO	✓					✓
PM ₁₀	PM ₁₀	✓				✓	
NO _x		✓				✓	
SO ₂		✓				✓	
VOC		✓				✓	
SO ₂	SO ₂	✓	✓				
HC	HC	✓					
Pb	Pb	✓					
NO _x	O ₃	✓	✓	✓		✓	✓
VOC		✓	✓	✓		✓	✓
NO _x	酸性落塵	✓	✓	✓	✓		
CO		✓	✓	✓	✓		
SO ₂	全球氣候 暖化						
CO ₂							✓

資料來源：Mayeres et al.(1996)

估計降低環境污染獲致罹病降低效益時，使用的估計模式需能體現個人對污染或疾病威脅的反應，亦即需能考慮個人的調適行為。衡量罹病風險降低之效益的方法有：疾病成本法、趨避行為法、假設市場價值評估法。

至空氣污染外部成本則可運用式(3-15)予以估算：

$$ECE_{od} = EF_v^e \times \eta_v^e \times VKT_{od,v}^e \quad (3-15)$$

其中 ECE_{od} = 由起點 o 至迄點 d 之空氣污染外部成本（元/單位時間）

EF_v^e = 車種 v 所造成空氣污染 e 之排放係數(克/車公里)

η_v^e = 車種 v 所造成空氣污染 e 之單位空氣污染成本（元/克）

$VKT_{od,v}^e$ = 車種 v 所造成空氣污染 e ，且由起點 o 至迄點 d 之車行
里程（車公里/單位時間）

v = 車種別 = $\{v1, v2, v3\} = \{鐵路，小貨車，大貨車\}$

$e = \{1, 2, \dots, n_e\}$ 為空氣污染種類之集合

$$= \{ \text{NO}_x, \text{VOC}, \text{CO}, \text{SO}_x, \text{PM}_{10}, \text{CO}_2 \}$$

3.4.3.1.2 交通事故

單位運輸服務之事故外部成本，係額外增加的事故旅次所造成未獲補償之死亡、傷害、財務損失成本。事故外部性理論首由 Vickery(1968)提出，其著重交通量外部性(traffic volume externality)，亦即愈高的交通量將導致因事故風險提升所造成的外部性。Jones-Lee(1990)提出另外兩種事故外部性，分別為：當事人親友或其餘社會大眾共同擔負之成本(system-externality)，以及汽車駕駛人加諸其他類別(categories)，例如行人、自行車騎士之風險(traffic category externality)；Jansson(1994)則將上述三種外部性予以整合。現今利用事故關係人為降低事故風險所願支付之金額，作為衡量事故貨幣價值之方法，亦即願付法(willingness to pay)，已為世人普遍接受。至事故外部成本則可以式(3-16)予以估算：

$$ECA_{od} = r_v^s \times \theta_v^s \times VKT_{od,v}^s \quad (3-16)$$

其中 ECA_{od} = 由起點 o 至迄點 d 之交通事故外部成本 (元/單位時間)

r_v^s = 車種 v 嚴重程度 s 的事故風險 (事故數/車公里)

θ_v^s = 車種 v 嚴重程度 s 的事故成本 (元/每次事故)

$VKT_{od,v}^s$ = 車種 v 嚴重程度 s ，且由起點 o 至迄點 d 之車行里程 (車公里/單位時間)

v = 車種別 = $\{v1, v2, v3\} = \{ \text{鐵路}, \text{小貨車}, \text{大貨車} \}$

$s = \{1, 2, \dots, n_s\}$ 為事故嚴重程度之集合 = $\{ \text{致命}, \text{重傷} \}$

3.4.3.2 模式建立

就政府部門而言，除財務利潤外，尚須考量社會福利部分，因此必須將運輸外部成本納入考量。又有關各項基本假設與 3.4 節同。除運輸外部成本相關參數外，其餘各項參數說明與 3.4.2 節同。基上，本研究構建模式如后。

$$\begin{aligned}
\text{Max } Z_0 = & \sum_p \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k FT_{ij}^k \beta W_{od,p}^k X_{oid,p}^k + \sum_p \sum_i PL_{i,p} y_{i,p} \\
& - \sum_p \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k C_{ij}^k \beta W_{od,p}^k X_{oid,p}^k \\
& - \alpha \left(\sum_p \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k CT_{ij}^k \beta W_{od,p}^k X_{oid,p}^k \right) - \sum_i f_i y_i \\
& - \sum_p \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k \sum_e (EF_{v1}^e \times \eta_{v1}^e \times VKT_{ij,v1}^e) X_{oid,p}^k \\
& - \sum_p \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k \sum_s (r_{v1}^s \times \theta_{v1}^s \times VKT_{ij,v1}^s) X_{oid,p}^k \tag{3-17}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Max } Z_r = & \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k (FF_{od}^k \beta W_{od,r}^k X_{oid,r}^k) \\
& - \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k (C_{oi,r}^k \beta W_{od,r}^k X_{oid,r}^k + C_{jd,r}^k \beta W_{od,r}^k X_{oid,r}^k) \\
& - (1-\alpha) / p \left(\sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k CT_{ij}^k \beta W_{od,r}^k X_{oid,r}^k \right) - \sum_i g_{i,r} y_{i,r} - \sum_i PL_{i,r} y_{i,r} \\
& - \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k \sum_e (EF_{v2}^e \times \eta_{v2}^e \times (VKT_{oi,v2}^e + VKT_{jd,v2}^e)) X_{oid,r}^k \\
& - \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k \sum_s (r_{v2}^s \times \theta_{v2}^s \times (VKT_{oi,v2}^s + VKT_{jd,v2}^s)) X_{oid,r}^k \\
& r = 1, 2, \dots, p \tag{3-18}
\end{aligned}$$

Subject to

$$\sum_p \sum_o \sum_j \sum_d \sum_k a^k \beta W_{od,p}^k (X_{oid,p}^k + X_{ojd,p}^k) \leq A_i y_i \quad \forall i \in I \tag{3-4}$$

$$TT_{oid}^k X_{oid,p}^k \leq TM_{od}^k \quad \forall o \in O, \forall i, j \in I, \forall d \in D, \forall k \in K, \forall p \in P \tag{3-14}$$

$$\sum_i \sum_j X_{oid,p}^k = 1 \quad \forall o \in O, \forall d \in D, \forall k \in K, \forall p \in P \tag{3-5}$$

$$\sum_p \sum_o \sum_d \sum_k X_{oid,p}^k = 0 \quad \forall i = j \in I \tag{3-6}$$

$$\sum_o \sum_j \sum_d \sum_k (X_{oid,p}^k + X_{ojd,p}^k) \leq My_{i,p} \quad \forall i \in I, \forall p \in P \tag{3-7}$$

$$\sum_p y_{i,p} \leq My_i \quad \forall i \in I \tag{3-8}$$

$$X_{oid,p}^k = \{0,1\} \quad \forall o \in O, \forall i, j \in I, \forall d \in D, \forall k \in K, \forall p \in P \tag{3-9}$$

$$y_i = \{0,1\} \quad \forall i \in I \tag{3-10}$$

$$y_{i,p} = \{0,1\} \quad \forall i \in I, \forall p \in P \quad (3-11)$$

當 $p=1$ 時，物流業者的組成有二種可能：確實僅有一家業者參與、抑或由實質之多家物流業者結盟為「一家」物流業者。

當 $p=2$ 時，物流業者的組成有三種可能：確實僅有兩家業者參與、有一家業者與多家物流業者結盟為「一家」物流業，以及「兩家」均係由多家物流業者結盟而成。至 $p=3\dots n$ 時之物流業者組成，亦可同理類推。

3.5 模式討論

綜上可知，「城際複合物流運輸鐵路轉運中心最適區位」模式在所需輸入之參數方面，依考量運輸外部成本與否，而有所不同。其中，當未將運輸外部成本納入考量時之參數包括：集配運輸成本（ $C_{oi,p}^k$ 、 C_{ij}^k 、 $C_{jd,p}^k$ ）、轉運成本（ CT_{ij}^k ）、分攤轉運成本之比例（ α 、 $(1-\alpha)/p$ ）、設置成本（ f_i 、 $g_{i,p}$ ）、顧客需求數量（ $W_{od,p}^k$ ）、需求轉移比例（ β ）、鐵路轉運中心容量限制（ A_i ）、物品佔鐵路轉運中心之空間（ a^k ）、物品運送時間與運送時限（ TT_{oid}^k 、 TM_{od}^k ）、鐵路運輸費率（ FT_{ij}^k ）、公路集配費率（ FF_{od}^k ）、土地與場站租金費用（ $PL_{i,p}$ ）等。而將運輸外部成本納入考量時，其參數除涵括上述參數外，尚包括：車輛排放係數（ EF_v^e ）、空氣污染成本（ η_v^e ）、車行里程（ $VKT_{od,v}^e$ 、 $VKT_{od,v}^s$ ）、事故風險（ r_v^s ）以及事故成本（ θ_v^s ）等。模式之決策變數則不論是否考量運輸外部成本，均為鐵路轉運中心區位選擇變數（ y_i 、 $y_{i,p}$ ）與路徑選擇變數（ $X_{oid,p}^k$ ）。

經過模式運算求解後，不論有否考量運輸外部成本，均可求得鐵路轉運中心最適區位與物品運送路徑。另若未考量運輸外部成本時，模式可

分別推算求得「城際複合物流運輸」總財務利潤、台鐵可獲得之財務利潤、物流業者可獲得之財務利潤；至若考量運輸外部成本時，模式則可分別推算求得「城際複合物流運輸」之總經濟效益、台鐵可獲得之經濟效益、物流業者可獲得之經濟效益。由於本研究所考量「城際複合物流運輸」營運作業規劃決策層次屬長期策略規劃，因此後續在進行實例分析時，係基於未來年期之環境與各項條件均與現況相同之前提假設，惟未來主客觀環境有可能受到現階段較難準確預測之各項因素影響而有所改變，因此若欲解除前述問題之疑慮時，則可透過顧客需求量、土地與場站租金、由供給地至需求點之運送成本、鐵路轉運中心設置成本、需求移轉比例、空氣污染排放係數、交通事故風險等可能影響「城際複合物流運輸」財務利潤或經濟效益參數之調整，進行敏感度分析，俾推求其對鐵路轉運中心區位選擇與物品運送路徑指派等決策變數，以及對「城際複合物流運輸」財務利潤或經濟效益之影響。

藉由「城際複合物流運輸鐵路轉運中心最適區位」模式運算推求的結果，與現行以公路貨車擔任城際間長程運輸任務，並以小型集配車完成地區性及戶配送作業之「城際公路物流運輸」在財務利潤、經濟效益之比較結果，可推論「城際複合物流運輸」在財務面與經濟面之政策意涵，接續則可基於政府追求社會福利最大之考量，探討對於「城際複合物流運輸」是否應予支持，又若如果必須予以協助時，則可針對政府採取直接管制、對台鐵與物流業者等參與者之補貼、對運輸外部成本之製造者課以合理之賦稅、抑或投資相關之公共基礎建設等方式加以討論，並據以提出妥適之建議。有關「城際複合物流運輸鐵路轉運中心最適區位」模式之構建程序與應用項目，綜整示意如圖 3-9 所示。

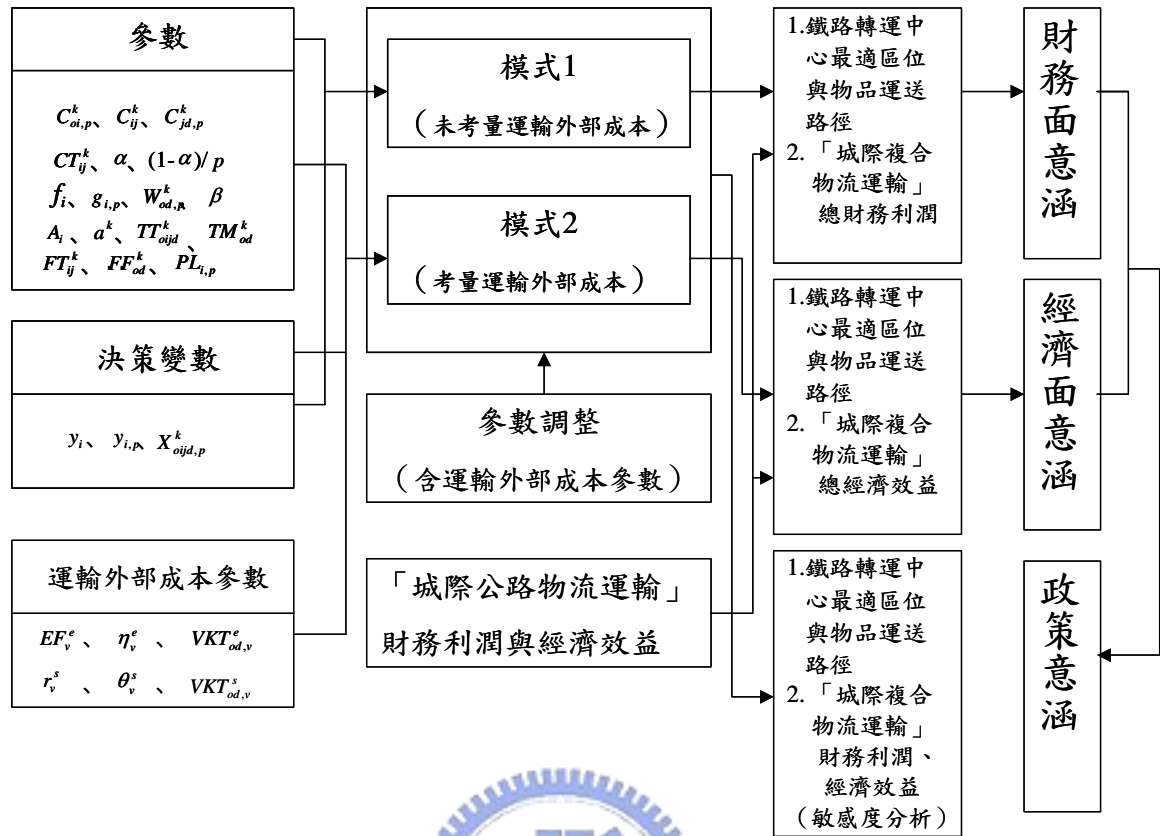


圖 3-9 「城際複合物流運輸鐵路轉運中心最適區位」模式之構建程序與應用