

永續發展與鐵路系統發展 (Don't Miss the Train for a Sustainable Taiwan)

李治綱 (Chi-Kang LEE)

摘 要

進入二十一世紀，人類生活水準與日俱增，但對地球資源之消耗，亦已嚴重影響到我們未來生存環境與資源，因此，有識之士已開始反省、呼籲並推動「永續發展」之概念與作法。故本文嘗試循序漸進的介紹什麼是「永續發展」與「永續運輸」以及為什麼要推動它們，並列舉國外各大都市推動成功的案例，證明鐵路運輸因具備「效率」、「安全」與「環保」之特性，可成為台灣推動「永續運輸」中最重要的一環，最後強調要做好「策略」、「戰術」與「執行」等三個層次的工作，才能具體落實鐵路運輸發展。期望本文能對從事交通運輸人員有所啟發，並能將永續運輸發展的概念納入實際工作中並具體落實執行。

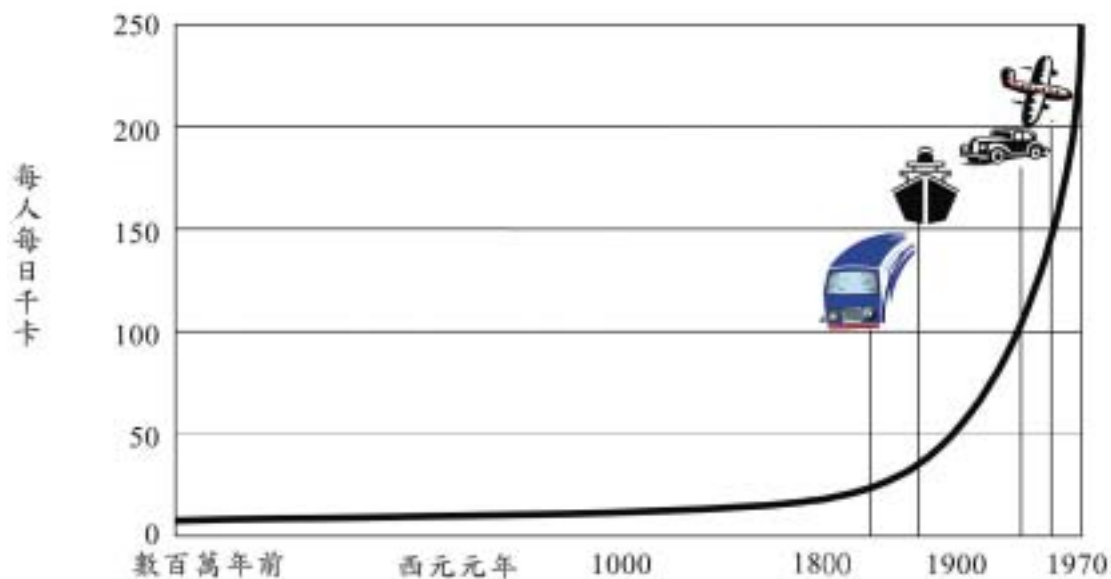
關鍵詞：永續發展、永續運輸、鐵路運輸、運輸需求管理、大眾運輸管理、運輸系統建設

一、前言

本文嘗試回答下述問題：為什麼需要推動「永續發展」(sustainable development) 與「永續運輸」(sustainable transportation)？在臺灣之永續運輸發展中，為什麼需要重視「大眾運輸」與「鐵路運輸」之發展？

二、為什麼需要「永續發展」？

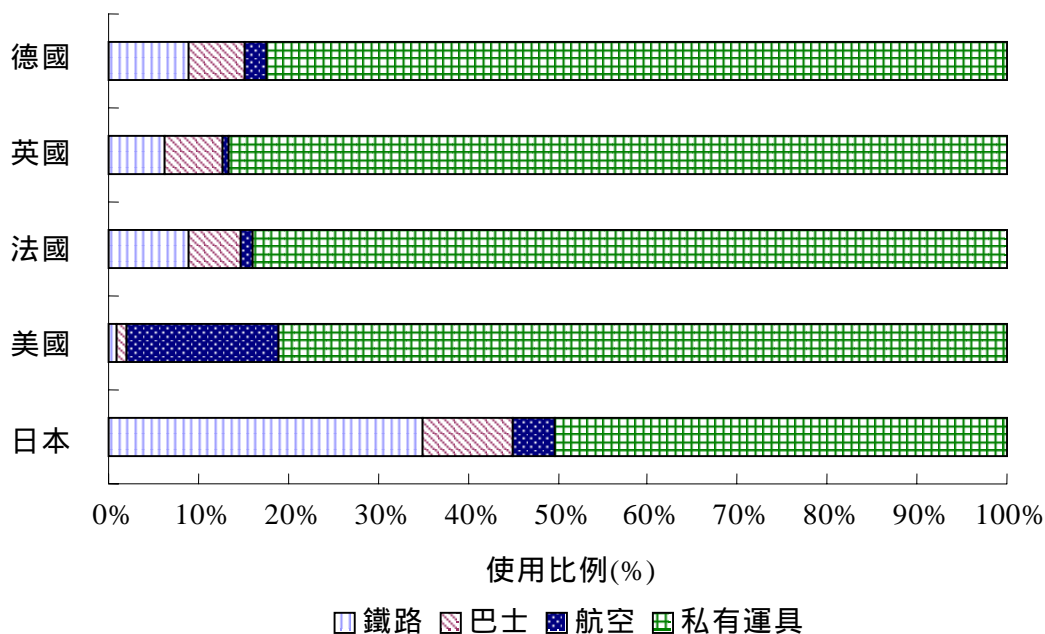
先知們反省發現：我們追求生活幸福時，日益消耗過多之資源與造成過多之污染，使得下一代可能無法有同樣之機會，去追求他們之幸福。例如，圖一是人類能源消耗之趨勢，20 世紀是能源消耗快速成長之時代，其中汽車與飛機扮演了重要消耗者；根據聯合國能源委員會 (World Energy Council) 1993 年之估計，已發現之世界原油儲量只夠世界 40 餘年之使用。所以，先知們提出重視「永續發展」之呼籲；依據世界環境與發展委員會 (World Commission on Environment and Development) 之「永續發展」定義是：在不犧牲下一代滿足其生活與需求之能力的條件下，追求現在人們生活與需求之滿足。亦即，「人本」不應僅重視我們這一代的人，必須放眼包括這一代人之整個「生態環境」，下一代人才能有機會。例如，對於資源使用，為了下一代「人」之生活需要，我們對於「可再生資源」之使用要考量其再生之速度，對於「不可再生資源」之使用要考量替代性資源之發展速度，對於「污染」排放要考量環境之可承當與可紓解之能量 (carrying capacity and assimilative capacity)。「交通運輸」在資源使用與環境污染的觀點上，都是重要的使用者；例如，美國運輸部門消耗約 40% 能源、歐日運輸能源消耗約 25%，台北市約 90% 之空氣污染來自汽機車等。所以，要有效地推動「永續發展」時，交通運輸必須扮演積極與正面的角色。



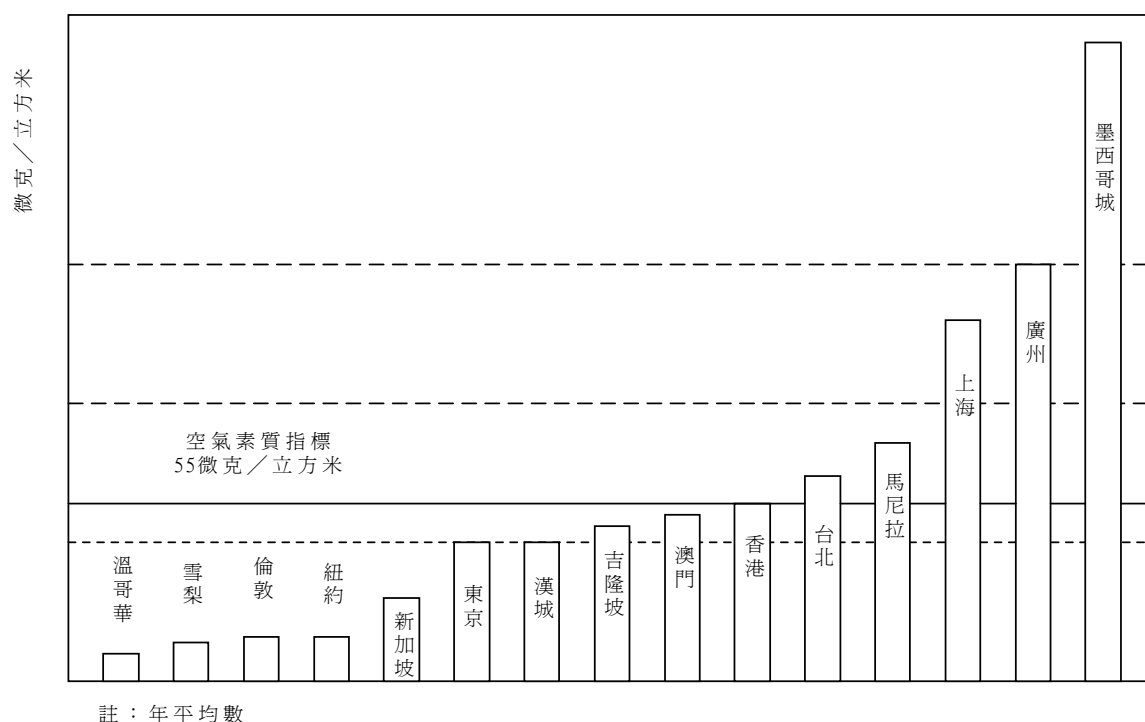
圖一：能源消耗之演進

三、什麼是「永續運輸」？

在現實之交通運輸環境與政策下，歐美國家之小汽車使用比率極高；依據 1991 之延人公里計算，先進國家之旅運市場之運輸系統如圖二所示。依賴小汽車的生活型態，每人私用車旅次多、私用車導向之土地使用型態、大眾運輸工具萎縮、與道路交通擁擠等，已經成為世界各國普遍與日益嚴重之問題。依據歐盟國家 1989 年之估計，道路交通壅擠之社會成本約為國內生產毛額 GDP 之 3%。伴隨大量成長之道路交通量，道路交通安全成為重大交通與社會問題；依據歐盟國家之統計，每年道路交通事故之社會成本約為國內生產毛額 GDP 之 2%。道路交通壅擠也是污染之重要來源，其短期之噪音與空氣污染、及長期溫室氣體造成之溫室效應，依據歐盟國家之統計，約有國內生產毛額 GDP 之 1% 至 10%。此外，依賴小汽車與缺乏大眾運輸系統都市或地區，人們高度依賴私人運輸工具；不能使用機動車輛與沒有良好私人運具之弱勢族群，缺乏就業、就學、就醫、參加活動等事項之可及性(accessibility)；因此，造成社會之不公平與長期可能之不安定。台灣雖然沒有做上述之統計與估算，以「安全」為例：根據衛生署之統計資料，一年道路上之死亡人數約相當於兩次 921 大地震；數千個家庭頓失幸福生活，也產生許多交通孤兒。又若以空氣品質為例，根據 1999 年之數據，如圖三所示，台北市之懸浮粒子數量遠遠高於歐美都市，也高於一些亞洲都市，南部高雄市的狀況極可能更差；環境品質差，民眾之生活與健康當然要付出代價。



圖二：各國旅運延人公里在各運具上之分佈



圖三：各都市之空氣品質

基於上述運輸問題本質之認識與前述永續發展之需要，歐盟國家之運輸政策致力推行「永續運輸」：在「環保」與「社會公平」之基礎上，追求有「效率」與「安全」之交通運輸。在運輸實務界，除了負面防弊之環境影響評估等工作之外，可以更正面地加強行政過程中與專案研擬過程中之永續發展內涵。例如，表一中顯示：規劃加州高速鐵路系統時，在成本效益分析中考慮了環保之效益。又如，配合 1997 年之京都協議，先進國家預定在 2008~2012 年前將減少 1990 年溫室氣體排放之 5.2%。基於永續發展生活願景下，與所設定之逐階段與逐年的目標，因運輸系統是環保大戶，也必須具之從事目標導向之規劃與改善；圖四為荷蘭之永續運輸規劃流程。

四、我們有錢有車，所以不再需要「大眾運輸」？

以南部之高雄都會區為例，1974 年時之私用車持有率仍低，民眾十分需要大眾運輸工具；步行旅次佔 43%、大眾運輸佔 13%、腳踏車佔 13%、機車佔 11%、小汽車計程車等約佔 20%。當時，我們有機會以「支持民眾行的需要」為訴求，建立高雄為大眾運輸導向之都會區。不過，缺乏交通專業與蹉跎時光後，人民為了生計自力救濟，由 1974 年約 25% 之公車使用率（不含步行旅次下之運具分配），降至今日之 8%。當我們今日再度高喊「推動大眾運輸」時，民眾與部分運輸專家都說：「私

用車持有率與使用率這麼高，推動大眾運輸會有多少運量？」。所以，「支持民眾行的需要」為訴求推動大眾運輸，雖然對缺乏私用車之弱勢團體有基本交通權之意義，在都市私有車持有與使用普遍下，似乎很難取得民眾與中央之認同與支持。難道我們有錢與有車之後，就不必推動大眾運輸了？但是，世界上的許多都市，私用車持有率比我們高、所得比我們高、土地使用比我們低、大眾運輸使用率比我們高等等，他們仍然努力推動大眾運輸，而且成果斐然，為什麼？他們推動「大眾運輸」之主要訴求是什麼？

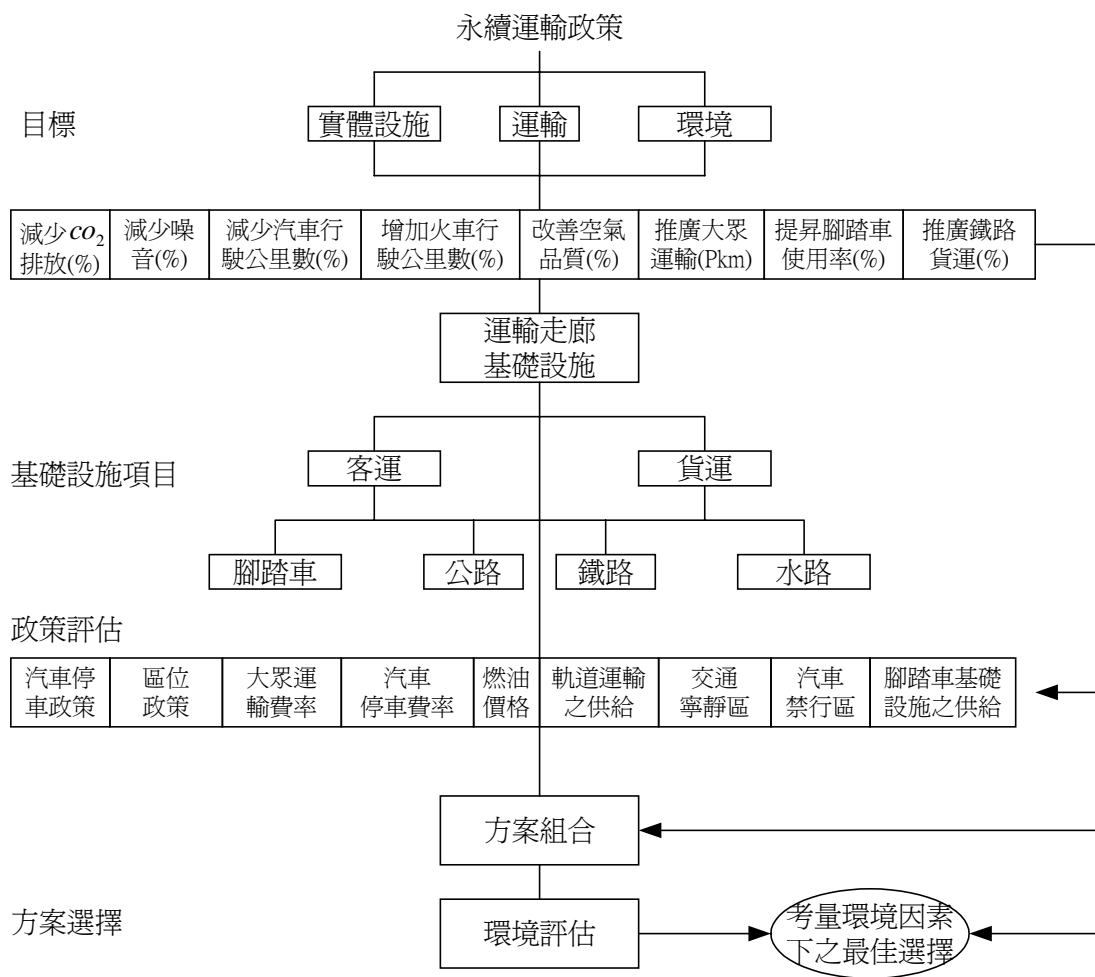
五、「永續運輸」之典範

前述交通擁擠等道路問題，雖然是許多國家與許多都市之共同現象，但不是世界上全部的都市都如此；仍有一些都市與國家，很早就以永續發展之理念，建立運輸系統發展之願景、評估準則、與發展策略，逐漸地建立了均衡運輸系統 (balanced transportation system)，和諧地促成與進行人們的「生活」、環境的「生態」、及經濟活動的「生存與發展」。成功的範例包括：亞洲之「東京」與「新加坡」，歐洲發展大眾運輸效果卓著之「慕尼黑」、「蘇黎世」、「斯德哥爾模」，以巴士捷運 (bus rapid transit) 成名之美洲都市「古里提巴」等。當然，一些上述都會區有優良之歷史傳統、長期持續之建設、與良好之經營管理；雖然我們可以羨慕它的發展經驗，對它的有利背景與上百年的建設成果，讓我們覺得遙不可及。不過，也有一些都會區以不到 30 年的時間，也可以化腐朽為神奇，有令人敬佩的發展；例如，「新加坡」與巴西之「古里提巴」等；他們的觀念與發展策略更值得我們學習，裨益我們快速的迎頭趕上。

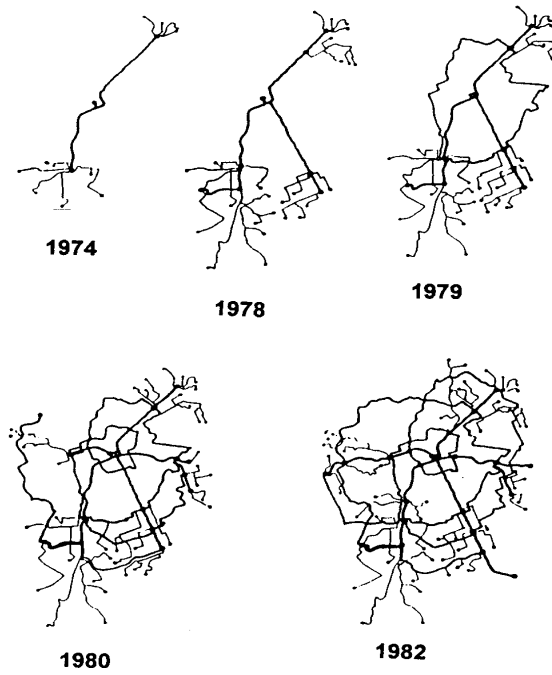
巴西「古里提巴」所得比我們低，但他們發展過程有重點，運輸與土地使用充分結合。如圖五所示，「古里提巴」一個運輸走廊、一個運輸走廊地逐步發展。如圖六所示，「古里提巴」每個走廊均以巴士捷運為主要動脈，增進該走廊社經活動之效率，圖七為巴士捷運之照片。圖八為 30 年發展後之都會之網路結構，也是其大眾運輸網路結構。今日人們稱如此類型之大眾運輸導向發展，為智慧型發展 (smart growth)，亦即在都市發展時應具備大眾運輸走廊之概念。

表一：美國加州高速鐵路系統之效益

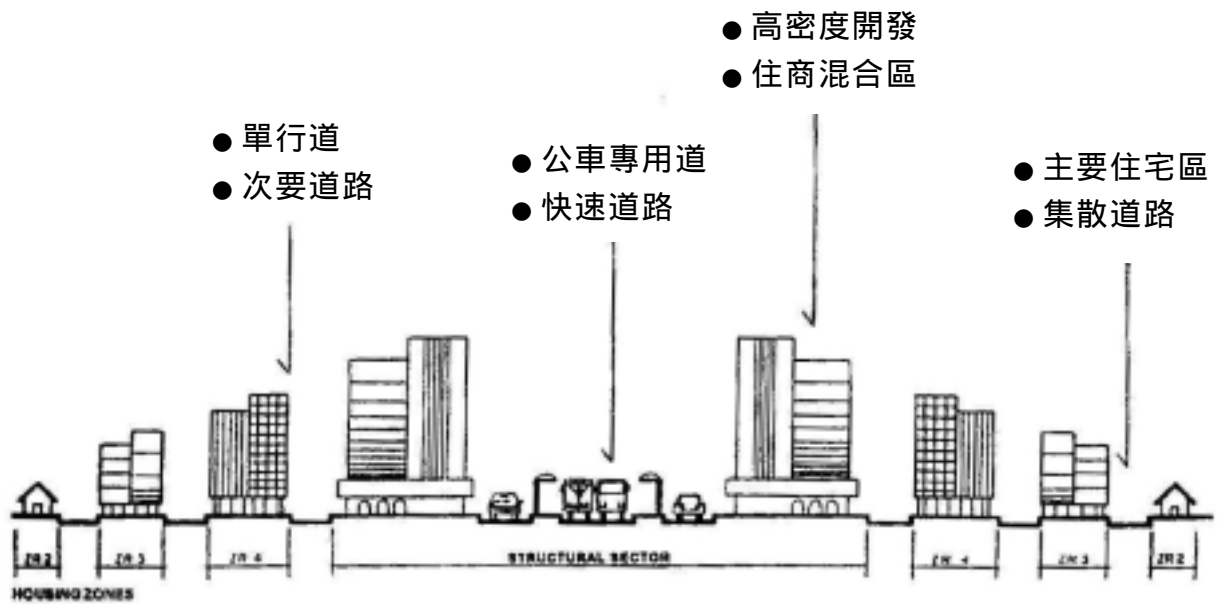
旅客車票收入				22.7%
使用者效益	城際旅客		19.3	21.0%
	都市旅客		1.7	
非使用者效益	城際	航空旅客延滯	17.6	35.5
		航空營運延滯	9.7	
		公路事故	8.0	
		公路空氣污染	0.2	
	都市	公路擁擠	20.0	20.8
		公路事故	0.7	
公路空氣污染		0.1		
				56.3%



圖四：荷蘭永續運輸規劃之程序



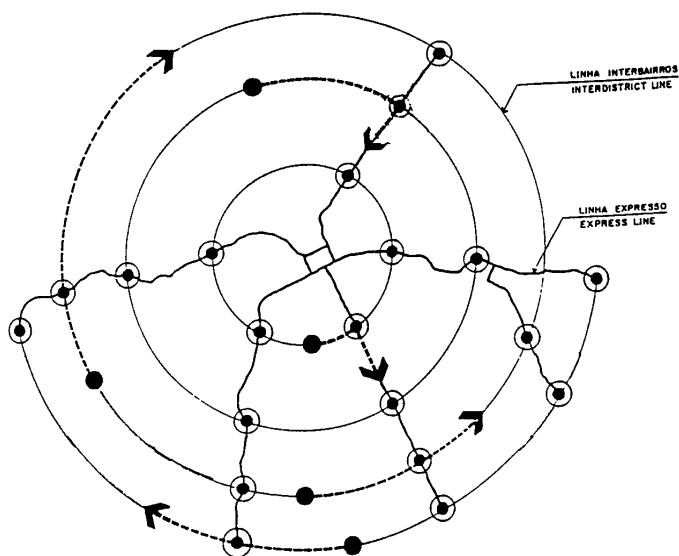
圖五：「古里提巴」之大眾運輸走廊型發展結構



圖六：「古里提巴」大眾運輸走廊之型態



圖七：「古里提巴」之巴士系統



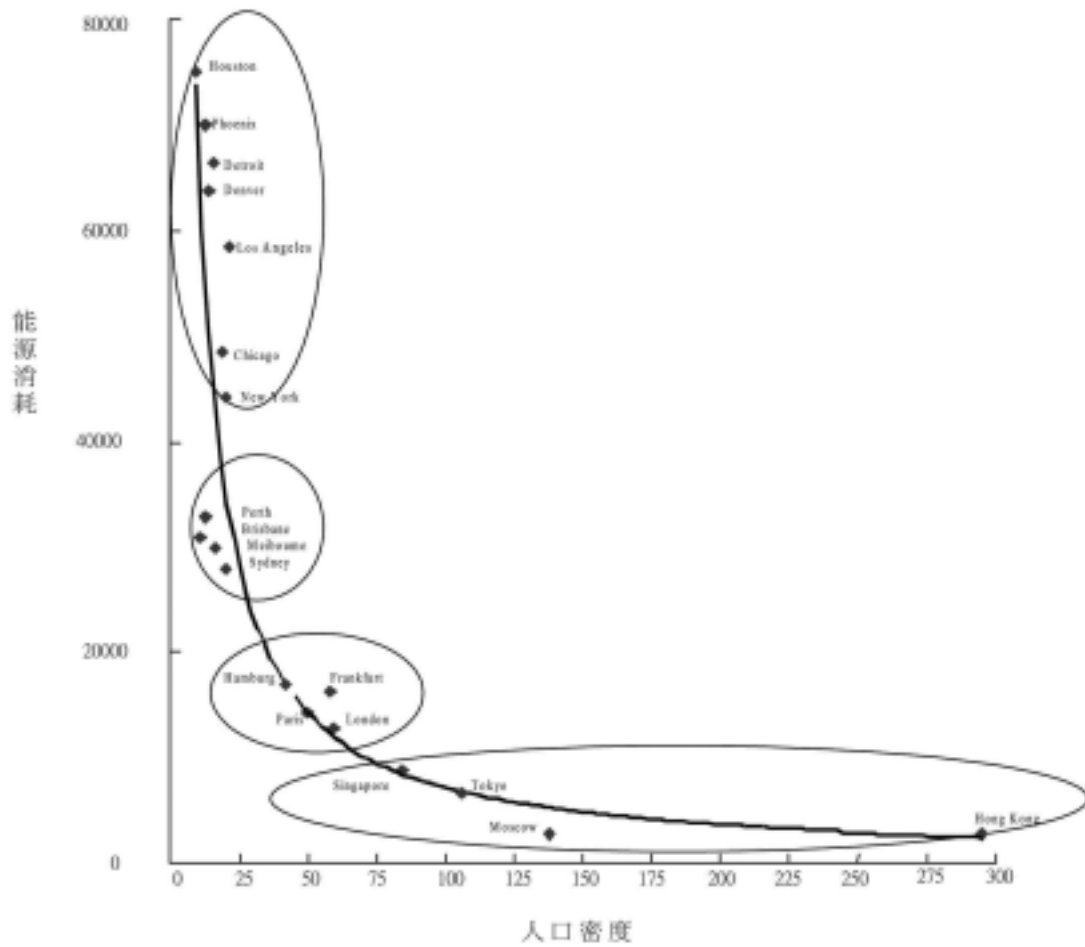
圖八：「古里提巴」之大眾運輸網

「慕尼黑」的人們有錢、有車、有土地資源等，但是在追求永續發展、紓解道路交通問題、與提昇民眾生活品質下，持續努力推動大眾運輸；在 1975 年與高雄相似大眾運輸約佔 30%，1994 年大眾運輸佔有率則達到 42%。大眾運輸系統之績效以服務可及性（service availability）為例，市中心區內之 100% 民眾，在 400 公尺內有輕軌或捷運鐵路運輸車站；外圍 80% 民眾，在 400 公尺內有輕軌或 600 公尺內有捷運鐵路運輸車站。該都會具備良好之大眾運輸系統結構：U-Bahn 與 S-Bahn 在市中心區交織成主要幹線，S-Bahn 擔任市中心與郊區運輸走廊之連接幹線，輕軌鐵路深入市區 U-Bahn 與 S-Bahn 未到達之地區，郊區巴士靈活接駁各個鐵路車站之旅客；此外，在交通寧靜（traffic calming）之政策與設施實行下，短距離鼓勵步行與腳踏車。該都會區具備良好之大眾運輸整合機制，MVV（Munchener Verkehrs-und Tarif-Verbund）負責 2500 平方公里之都會區與 2500 萬人口之範圍內，各種大眾運輸之整合。圖九為慕尼黑 U-Bahn 與 S-Bahn 之鐵路系統網路圖，可以明顯看到鐵路系統擔任都會區主要幹線之重要角色。

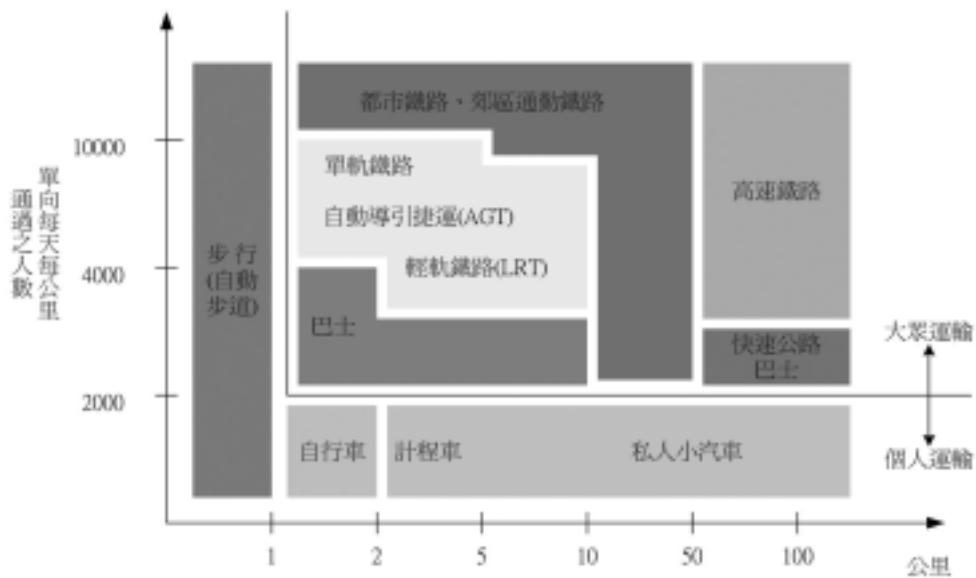
「新加坡」獨立後百事待興，在 1960 年代末有了包括「運輸與土地使用結合」之發展計畫，1960 年代末與 1970 年代初，大力整頓巴士系統，先建立民眾可依靠之運輸系統基礎。新加坡 1974 年起，開始其著名之道路交通整頓，包括進入市區之道路定價制度。在具備大眾運輸系統之基礎上，與政府對民眾間之大力教育與溝通，交通改善順利且成效卓著，各國專家紛紛至新加坡參觀訪問。1980 年代，建設大眾捷運鐵路為新加坡之主要動脈，重疊之巴士退居為接駁運具。因此，新加坡有願景、有策略、有步驟之推動大眾運輸導向之發展，建立了人口密度遠高於前兩個範例之亞洲花園都市。圖十反映澳洲學者之發現：人口密度對土地發展與運輸系統型態及能源使用效率之影響顯著，人口密度高之地區更有本錢建立有效率之運輸系統。

六、爲什麼需要「鐵路運輸」？

針對國內都會區之交通問題特性與永續發展目標，我們必須做綜合性與前瞻性之策略思考，有計畫地善用下述手段以成就永續運輸之推動：運輸需求管理（transportation demand management），如「古里提巴」有機之運輸與土地使用結構；大眾運輸管理（public transport management），如「慕尼黑」大眾運輸系統整合、「新加坡」之巴士系統整頓；道路交通管理（road traffic management），如「新加坡」交通整頓與道路定價；以及運輸系統建設，如「慕尼黑」與「新加坡」之都市鐵路建設。在慕尼黑與新加坡之範例中，鐵路運輸扮演高運輸密度運輸走廊之主要動脈，輕軌鐵路扮演中高運輸密度運輸走廊之動脈，這當然是鐵路運輸具「效率」、「安全」與「環保」等特性所致。以日本都會區之均衡運輸系統經驗為例，如圖十一所示，都會區運輸密度高之運輸走廊必須藉助鐵路運輸系統，以保障其社經活動之活力或都會區之競爭力。



圖十：都市之人口密度與能源消耗之關係



圖十一：日本都會區之均衡運輸系統

七、鐵路運輸具備「永續發展」所需之特性？

「安全」是任何運輸工具不可妥協之最基本條件，所以各國對於各種運輸系統都訂有安全標準，政府單位定期或不定期地進行安全監督管理，有些屬於預防性之程序性監理（process control），有些屬於最終績效之考核（performance control）。例如，鐵路法第 19 條規定交通部針對鐵路建築與車輛等訂立技術規範，第 74 條規定交通部訂定鐵路運送、行車、路線測量、修建養護、機車車輛檢修、平交道防護設施、行車人員技能體格等檢查規則。鐵路運輸因為經常具有專用路權，列車在線性導引下，系統便於採用自動控制方法，由專業人員行駛、調度、與監督，也促進了列車運行之安全性。根據世界鐵路協會（UIC）在歐洲之研究，在相同運量下，人們在公路運輸發生肇事之機率約為鐵路運輸之 8 倍，人們在公路運輸發生肇事受傷之機率約為鐵路運輸之 200 倍。如果估算肇事所造成之外部社會成本，根據針對歐盟國家之研究分析，公路在安全上的社會成本約是鐵路之 250 倍。

「效率」是重要之經濟性指標，茲以土地與能源之使用效率為例說明鐵路系統特性。在台灣土地制度與行政下，土地是台灣各種投資之首要課題；臺灣地區山地面積約佔 45%，目前之都市地區只有 12.2%，而都市化人口已有 78% 以上，都市人口密度 3758 人 / 平方公里。平均地粗略估計，除去山地等地區後適合人居土地之人口密度，日本為 1550 人 / 平方公里，美國為 50 人 / 平方公里，臺灣為 2500 人 / 平方公里；因此，土地使用效率對臺灣經濟效率非常重要。根據德國之研究，各種都市運輸工具之土地使用效率如圖十二所示，每人所須之面積除了步行之外鐵路之績效最佳。以能源生產力指標（GDP 價值 / 油當量）為例，日本為 6.37、德國為 5.27、英國為 4.66、臺灣為 3.35、美國為 2.96，臺灣仍然偏低。因此，能源完全仰賴進口之台灣，節約能源與提昇能源使用效率也是非常重要的課題。根據歐洲的研究，在相同運量下，公路運輸與航空運輸之能源消耗為鐵路運輸之 2 倍與 5~7 倍。根據日本 1997 年之研究，圖十三顯示鐵路列車與汽車之能源綜合效率，即使不考慮載運量大之特性下，鐵路系統能源效率已經較道路車輛佳。

與交通運輸直接相關的「環保」課題包括：交通工具之噪音與震動，交通工具之廢氣、廢水、與廢機油，廢棄之輪胎與車輛，加油站溢散之有機物，化學原料運送中之意外事故等，這些現象對於氣候變化、酸雨、河川優養化、毒物擴散、廢棄物污染等環保問題產生影響。根據調查，臺灣地區空氣污染中 60% 來自動態污染源，台北都會區空氣污染中則 90% 來自汽機車。1996 年臺灣溫室氣體排放量公路占 84.04%，航空占 2.72%，鐵路則僅占 0.09%。根據歐洲之研究，電力列車幾乎無空氣污染，柴電列車之污染量在同等運量下，僅是公路運輸之 15 分之 1。如果針對旅客運輸，根據歐盟國家之統計，綜合了噪音、空氣污染、與氣候變化之社會成本，公路運輸環境之外部成本為鐵路運輸之 90 倍。綜合安全與環保二項指標，歐洲共同體各運具造成社會之外部成本如圖十四所示，各種運輸工具每千延人公里肇事與環

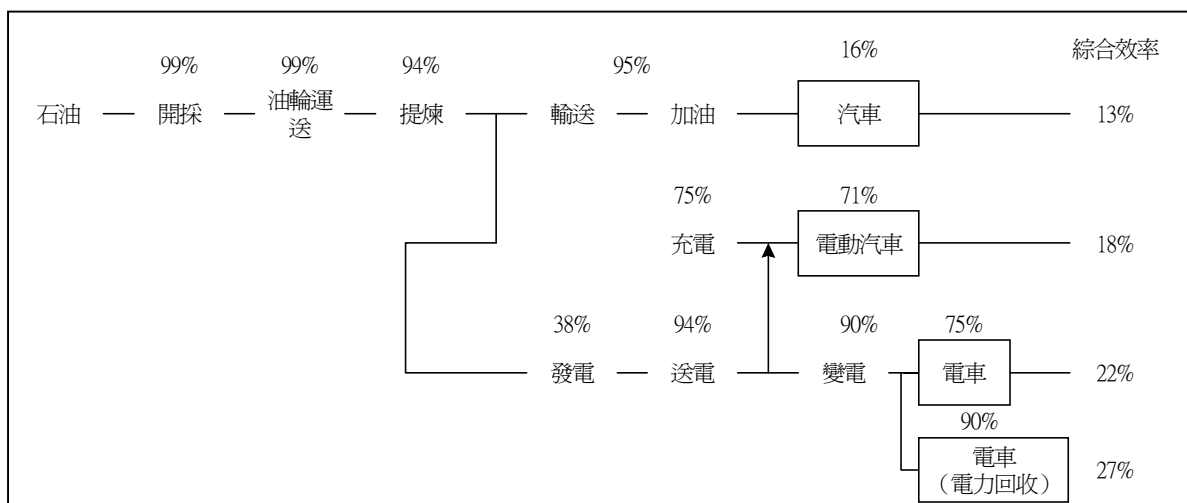
境之社會成本（歐元）分別為：公路汽車 50、公路巴士 20、航空 18、鐵路 10；對貨物運輸之研究每千延噸公里之社會成本（歐元）結果是：公路 58、航空 93、鐵路 7、與水運 6；鐵路在客貨運方面都是最好的。

八、如何推動「鐵路運輸」？

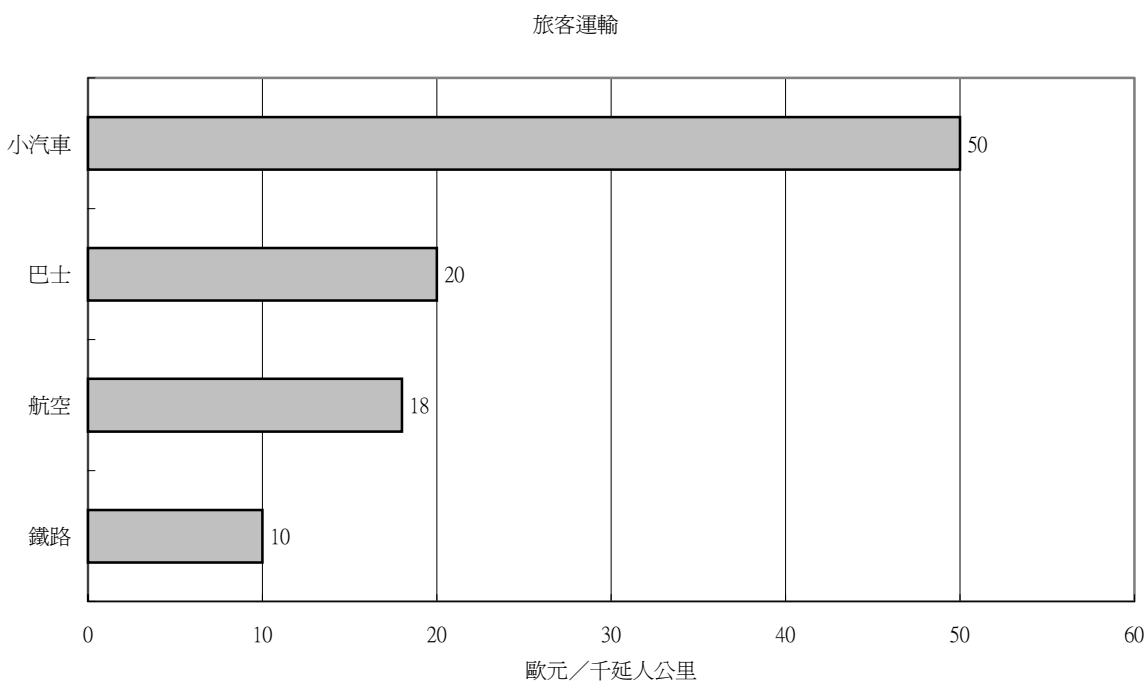
人們使用鐵路系統需要直接付出之代價高，社會成本低；反之，人們使用私用車之直接成本低，社會成本高。因此，許多研究案都顯示鐵路系統具有經濟可行性，但缺乏財務可行性。此外，參考永續運輸典範都會區之經驗，推動大眾運輸之主要理由不再是 1960 年代與 1970 年代之想法—支持民眾行的需要，而是，紓解交通擁擠等問題與追求永續發展的方案中，為了這一代與下一代更好之生活，大眾運輸或鐵路運輸是不可缺少的部分。例如，「蘇黎世」在 1970 年代經公民投票確認抑制有害環保之小汽車，在都市內做大眾運輸導向之發展。所以，直接高喊「推動大眾運輸」、「推動鐵路運輸」可能不容易獲得民眾的支持與認同，但是「推動永續發展」、「推動環境保護」的呼籲，比較容易引發民眾憂國憂民之共鳴與共襄盛舉之行動。此外，政府與民眾間之「努力溝通」是新加坡交通運輸改善成功之最重要因素之一，當民眾覺得追隨政府之「永續運輸」政策，可以做一件人生有意義的事時，「大眾運輸」與「鐵路運輸」就有發展之動力了。



圖十二：德國各種運具之土地使用效率



圖十三：日本鐵公路運具之綜合能源效率



圖十四：歐盟國家各種運具之外部成本

關於專業之交通行政觀點，推動運輸系統改善必須同時做好「策略」、「戰術」與「執行」等三個層次的工作；策略管理之內容需要同時考慮「運輸需求管理」、「大眾運輸管理」、「道路交通管理」與「運輸系統建設」。在「策略」上 (strategic level)，運輸政策應直接與民眾之生活需求接軌，與民眾溝通與設定民眾可以了解之目標，

以大眾運輸為例，通常是運輸系統之「服務可及的程度」(service availability) 與「服務可達之品質」(quality of service)。例如，「服務可及的程度」包括：400 公尺有大眾運輸車站、尖峰時平均 10 分鐘一班車等；「服務可達之品質」包括：平均通勤時間少於 40 分鐘，中型以上都市之間 2 小時可達等。「戰術」(tactical level) 上，運輸專業人士必須針對敲定之運輸政策標的 (target) 與方向，研擬與建立有效率與有效果之運輸系統，與界定應提供之運輸服務項目、內容、與水準。以大眾運輸系統部分為例，各個運輸服務之空間分佈、營運整合等，甚至私人運具與大眾運具之整合 (Park+Ride , Kiss+Ride , Bike+Ride 等)，都需要謀定而後動，以增加成功的效果與機率。在「操作與執行」(operation level) 上，有了好的計劃後，必須具備「說到做到」之執行能力；並且，持續之監控與即時之調度，以追求效率。在運輸文獻上，有許多之經驗探討上述之策略性、戰術性、與執行性課題，在此不再多做說明。最後，僅再度強調綜合「運輸需求管理」、「大眾運輸管理」、「道路交通管理」、「運輸系統建設」等內容之「策略管理」十分重要，要想只做一件事可以解決所有交通問題是緣木求魚；今天提一個方案，明天又有一個點子，有如散彈槍或天女散花，除了讓人摸不著願景與目標之外，交通改善之成功機率也很渺茫。

謝誌：作者感謝行政院國家科學委員會「鐵路永續運輸之願景與發展策略」(NSC90-2621-Z-006-003) 專案之財務補助。

◇ 參考文獻 ◇

- X Cervero, R. 1997. **Transit Villages in the 21th Century**. McGraw-Hill Co.
- X Cervero, R. 1998. **The Transit Metropolis: A Global Inquiry**. Island Press.
- (i) European Conference of Ministers of Transport. 1995. **Urban Travel and Sustainable Development**. OECD.
- (ii) Federal Transit Administration, Bus Rapid Transit 網站, U.S. Department of Transportation.
- (iii) Haq, G. 1997. **Toward Sustainable Transport Planning- A Comparison between Britain and the Netherlands**. Ashgate Publishing Limited.
- (iv) Kiriazidis, T. 1994. **European Transport: Problems and Policies**. Avebury.
- (v) Newman, P. and Kenworthy, J.R. 1991. Transport and urban form in thirty two of the world's principal cities. **Transport Reviews**. V.11, PP.249-272.
- (vi) Pucher, J. 1996. **The Urban Crisis in Europe and North America**. Macmillan Press.
- (vii) Whitelegg, J. 1993. **Transport for a Sustainable Future- the Case for Europe**. Belhaven Press.
- (viii) 李治綱，2000，鐵路運輸與永續發展，新世紀軌道運輸國際學術研討會論文集，

頁 1-12，淡江大學。

(×)張學孔、錢學陶、杜雲龍，2000，大眾運輸導向之都市發展策略，捷運技術，第 21 期，台北市捷運局。

[「張有恆，1994，都市公共運輸，華泰書局。