

第二章 都市運輸工具

(資料來源：張有恆，「都市大眾運輸系統與技術」)

- 第一節 都市運輸工具之分類
- 第二節 都市運輸系統之組成要素
- 第三節 大眾運輸系統之營運、服務與特性評估
- 第四節 都市運輸工具之演進
- 第五節 都市運輸工具之定義
- 第六節 一般都市運輸工具特性之比較

第二章 都市運輸工具

(資料來源：張有恆，「都市大眾運輸系統與技術」)

第一節 都市運輸工具之分類

(資料來源：張有恆，「都市大眾運輸系統與技術」)

依美國賓夕尼亞大學教授摩屈克 (Vuchic) 之研究，都市內之各種交通運輸工具主要可依使用型態 (Type of usage) 及特性 (Characteristics) 來分類。茲分別說明如下。

一、以使用型態來分類

我們若以使用型態來區分都市旅客運輸，則可分成私人運輸 (Private Transport)、私營公共運輸 (For-hire Transport) 和大眾運輸 (Common Carrier Transport) 等三類。其主要特性、相對應的運輸工具和最適當的經營範圍，如表 2-1 所示。

(一)私人運輸 (Private Transport)

在都市街道上行駛之私人車輛 (即僅供私人所有者使用之交通工具) 皆屬之。如自用車、機車、腳踏車等，同時步行也可包括在此一範圍。

(二)私營公共運輸或副大眾運輸 (For-hire Transport or Paratransit)

由營運者提供運輸服務，只要遵照其運載契約 (如依規定付費、不攜帶危險物品等)，一般大眾皆可搭乘的交通工具，而且乘客有某種程度的自主權 (如乘客可隨時要求上車、下車或指定行駛路線等)，這也就是所謂的副大眾運輸 (Paratransit)。亦即它具有部份大眾運輸的性質，但是由於運量小，又無法構成都市大眾運輸之要件，如計程車及國外之撥召公車 (Dial-a-ride)、隨停公車 (Jitney) 等皆屬之。

(三)大眾運輸 (Common Carrier Transport)

此一運輸系統有固定路線、固定班次、固定車站及固定費率，乘客為一般大眾

此即為一般所謂的都市大眾運輸 (Mass Transit)。例如公共汽車、輕軌運輸 (Light Rail Transit) 及大眾捷運系統 (Mass Rapid Transit, MRT) 等是。

在副大眾運輸工具中，如果它的路線和班次能依使用者之意願而改變，如此亦被稱為「依需求而反應」 (Demand-responsive) 之運輸工具；反之大眾運輸 (Transit) 則是具有固定路線、固定班次服務之運具。

表 2-1 都市運輸工具使用型態之分類

特性	私人運輸		私營公共運輸		公共運輸
	使用者	使用者 (有彈性)	一般大眾運輸業者	運輸業者	一般大眾運輸業者
對何人服務	使用者	使用者 (有彈性)	使用者	運輸業者	運輸業者 (固定)
運輸服務供給者	使用者	使用者 (有彈性)	使用者	運輸業者	運輸業者 (固定)
路線之決定	使用者	使用者 (有彈性)	使用者	運輸業者	運輸業者 (固定)
時刻表之決定	使用者	使用者 (有彈性)	使用者	運輸業者	運輸業者 (固定)
成本或票價	使用者負擔	使用者負擔	固定費率	固定費率	固定費率
運輸業	個人		公司或個人	團體	
運輸工具	汽車 機車 自行車 步行	小汽車共乘 中型車共乘	計程車 出租汽車	撥召公車 隨停公車 租用公車	地面大眾運輸 (如公車、電車等) 半大眾捷運 (半捷運公車、輕軌運輸) 大眾捷運系統 (如鐵路捷運等) 特殊或發展中之新運輸工具
最佳營運範圍：面積密度	低~中密度	起點：低 終點：高	低密度	中~高密度	
路線	分散	輻射式	分散	輻射式	
時段	非尖峰 (離峰)	尖峰時間	任何時間	尖峰時間	
旅次目的	娛樂、購物、商業旅次	工作旅次	商業	工作、學校、商業旅次	

在我國，「大眾運輸系統」 (Mass Transit System) 此一名詞之普遍使用，乃是近幾十年來的事。由於大眾有大量及公眾 (public) 之含義，所以一般在使用上對「大眾運輸系統」及「公共運輸系統」這兩個名詞常有混淆使用的情形。理論上，公共運輸系統應指費率由政府管制，並供公眾乘用之一切運輸工具；而大眾運輸系統，則指運輸能量大且在固定路線經營之公共運輸系統。因之，嚴格來說，都市公共運輸系統 (urban public transportation) 應包括上述之副大眾運輸和大眾運

輸。但是由於副大眾運輸系統（如計程車）因運量小，故不包括在大眾運輸系統之範圍，而公共汽車、地下鐵等，則屬之。

二、大眾運輸系統之特性分類

大眾運輸工具可依下述之特性來定義：

- 路權 (Right-of-way, R/W)
- 技術 (Technology)
- 服務方式 (Type of Service)

分別說明如下：

(一)路權

大眾運輸系統之路權依運輸工具使用車道的狀況，及其與他種交通工具隔離的程度，可分成三種型態的路權。

1. A 型路權

此種路權採用與外界交通完全隔離的車道或軌道，無平交道且不與其他車輛混合行駛，其型式可以高架、地下或甚至在地面上，前面所提到的都市大眾捷運系統，如圖 2-1 所示，即是屬於此一路權型態。但是有些特殊的情形，如長途的鐵路路線上，沿線有交通號誌管制的平交道或柵欄，此種型式的路權仍可算屬於 A 型路



圖 2-1 採用 A 型路權的鐵路捷運系統（此圖是美國 1983 年 11 月開放之巴爾的摩市地下鐵，Baltimore's Metro，由作者攝於該市 Charles Center 之地下車站）

權的一種，如台鐵西部幹線的火車即是使用A型路權。

2.B 型路權

此種路權是採用部份與外界隔離之軌道及部份與外界交通混合行駛的車道，如國外一般的輕軌運輸系統（Light Rail Transit, LRT）便是屬於此種型式的路權，如圖2-2 所示。



圖 2-2 費城採用B型路權的輕軌運輸系統：該系統之車輛正由隧道出來進入一般之街道上。

3.C 型路權

此種路權係指與一般之交通混合行駛之車道或軌道。如一般在國外的地面電車（Streetcar）或有軌電車（Trolley）等，在街道之交叉路口，遇到紅燈時，仍須依規定停車，如圖2-3 所示。

(二)技術(Technology)

都市大眾運輸系統的技術，一般是指車輛及軌道之機械特性，其中四種比較重要的特性，說明如下：

1. 支撐 (Support)

支撐是指車輛與承載面垂直接觸的承載方法，最普遍的是車輛輪胎行駛於柏油路或水泥路面；鋼輪行駛在鐵軌上，此外尚有汽墊式（Air cushion）和磁浮式（Maglev）等支撐方式。還有一種特殊的方式是車輛懸掛在支撐體上，不過此種情



(a) 採用C 型路權之有軌電車（作者攝於美國費城Market街和第11街）。



(b) 採用C 型路權之香港有軌雙層電車

圖 2 - 3 使用C 型路權之有軌電車

形比較少見，只用於懸掛式單軌運輸系統（Suspended Monorail）。

2. 導引（Guidance）

導引是指車輛側面的導引方式，如公路車輛的導引，是由司機來操作；而鐵路車輛是由鋼輪之輪緣（Flanges）來導引。鐵路之主要技術特性乃是車輛之支撐與

導引係由鋼輪與鐵軌聯合所組成。

3. 推進 (Propulsion)

所謂推進乃是指車輛動力來源之方式。柴油內燃機 (ICE) 是最常被採用之車輛推進方式，如一般之公車及區域鐵路之機車頭；而大部分的鐵路車輛及有軌電車則使用電動馬達來推動；另外尚有正在發展的技術，如線型感應馬達 (Linear Induction Motor, LIM) 等推進方式。

4. 控制 (Control)

控制是管制一部或所有車輛行駛之方法，最重要的控制方法，即是控制車輛之間距 (spacing)，如一般公車以人的視覺來控制；有些鐵路則以號誌或人力來控制；近年來各國都在努力發展全自動控制系統，以確保行車安全。

傳統上，大眾運輸系統技術之分類，都僅以支撐 (Support) 和導引 (Guidance) 來定義，顯得有點不夠嚴密。因此，如公車 (Bus) 和無軌電車 (Trolleybus)，輕軌運輸 (LRT) 和鐵路捷運系統 (RRT)，若僅依上述支撐和導引兩項技術就無法予以準確地加以定義。

(三) 服務型態 (Service Types)

都市大眾運輸系統之服務，有下述三種不同的型態：

1. 由服務路線及旅次型態來區分

(a) 短程大眾運輸 (Short-haul Transit)：高旅次密度的小地區服務，如僅在在機場、展覽會場、校園、遊樂場所及市中心區等地區作短途的運輸服務。

(b) 都市大眾運輸 (City Transit)：為服務全市的大眾運輸系統，其路權型式可包括 A, B, C 三種。

(c) 區域大眾運輸 (Regional Transit)：為服務整個都會區的大眾運輸系統。例如，區域鐵路及長途直達巴士等。

2. 由車輛停靠班次之型態來區分

(a) 慢車服務 (Local Service)：所有車輛每站必停。

(b) 快車服務 (Accelerated Service)：如越站停車 (Skip-stop) 或區間停車 (zonal service) 之方式。

(c) 直達車服務 (Express Service)：所有車輛只停靠主要之車站。

3. 由營運時間來分

- (a)全天候服務 (All-day Service) : 在一在 24 小時內皆提供運輸服務。
- (b)通勤服務 (Commuter Transit) : 只在早晚兩個尖峯時段才營運。
- (c)特殊或不規則的服務 (Speccial or Irregular Service) : 只在特殊事件時才營運, 如球賽、會議、展覽會及節日等。

(四)都市大眾運輸工具之一般性分類

一般而言, 都市大眾運輸工具可依不同之方式來分類。但最重要或最普遍的是以路權型態來劃分, 如下所示:

1.地面大眾運輸系統 (Street Transit or Surface Transit)

地面大眾運輸系統係採用C型路權的運輸工具。其服務可靠性及營運速度較低; 如公車及無軌電動公車及地面電車等是。

2.半大眾捷運系統 (Semirapid Transit)

半大眾捷運系統主要採用B型路權, 但有些路段仍採用C型或A型路權, 如在專用路權上行駛之公車及輕軌運輸系統 (Light Rail Transit), 皆屬之。通常半捷運系統只在市中心及擁擠地區才使用A型路權, 以提高運輸系統之服務績效。

3.大眾捷運系統 (Rapid Transit)

大眾捷運系統是指完全採用A型路權之運輸工具, 因之有較高的速度、容量、服務可靠性及安全性。

大部分之大眾運輸工具可依上述三種型式來分類。但仍有些例外的情形: 如行人步道 (Sidewalks)、輪渡 (Ferryboats)、空中纜車 (Aerial Trammays)、纜索火車 (Funicular Railways) 及自動導引之運輸工具 (Automated Guided Transit, AGT) 等, 後三者雖具有與外界交通完全隔離的路權, 但是却不具有大眾捷運系統的其他特性 (如速度快、容量大等), 因此被劃分特殊之大眾運輸工具 (Specialized Transit Modes), 將於以後討論。有關都市運輸工具依路權型態之分類, 如表 2-2 所示。

表 2-2 都市運輸工具路權型態之分類

運輸技術 路權型態	公路一 司機駕駛	輪胎式一 部份導引或全自動導引	鐵 路	特 殊 運 具
C 型路權	一般公車 短程來回公車 直達公車 副大眾運輸	無軌電動公車 (Trolleybus)	地面電車 有軌纜車 (Cable Car)	輪 渡 直昇機 水翼船 (Hydrofoil)
B 型路權	半捷運公車	雙用途運輸系統 (Dual Mode)	輕軌運輸 (LRT)	—
A 型路權	公車捷運道路 (Busway)	輪胎式捷運系統 (RIRT) 輪胎式單軌運輸系統 自動導引運輸系統 (AGT) 團體式捷運系統 (GRT) 個人捷運系統 (PRT)	鐵路捷運系統 (RRT) 輕軌捷運系統 (LRRT) 區域鐵路系統 (RGR) 懸掛式單軌運輸系統 (Schwebbahn)	纜索纜車 空中纜車 連續走道運輸 系統 (Continuous short-haul system)

第二節 都市運輸系統之組成要素

(資料來源：張有恆，「都市大眾運輸系統與技術」)

都市大眾運輸系統之實質設施之組成要素，應包括下述幾項：

1. 車輛或車廂 (Vehicle or Car)：通常車輛的集合，通稱為車隊 (Fleet)。鐵路的車隊，英文名稱常用 "Rolling Stock"。至於運輸單位 (Transit Unit, TU) 通常指連接在一起行駛之一組車輛或數節車廂，但是單一車輛 (或車廂) 也可稱為一個運輸單位 (TU)，如公車。

2. 車道 (Ways)：通常指一般的街道、公路、公車專用道、公車捷運道路、軌道等，無論是採用 A 型、B 型或 C 型路權均屬之。

3. 車站：車站的種類不少，但主要的都是用以上下乘客的。通常有停靠站 (Stops) 是指在街道上較為簡單的靠站設施，如公車停靠站 (Bus Stop) 最為普遍；此外，還有一般的車站 (Stations)，它通常具有建築物，內有一些設施供乘客及系統營運時使用；終點站 (Terminals) 通常是指主要運輸路線兩端終點的車站 (Station)，有時無論有無建築物，皆可稱為終點站，這種情形在公車比較普遍。亦即有些公車的終點站只有簡單的停靠站，並無大型的建築物供旅客使用。

4. 公車車庫或鐵路調度場 (Bus Garages or Rail Yards)：通常是貯放運輸車輛的建築物或場所。許多大型的公車車庫，除提供公車的停車區域外，尚提供車輛清洗、服務與維修的廠房 (Repair Shop)。

5. 控制系統 (Control systems)：控制系統包括車輛監視、通訊、號誌設備以及中央控制系統等設施。電力供應系統通常包括配電站、高架電線 (Catenary) 或第三軌 (Third Rail) 結構和其他相關設施。

上述組成要素，除了車輛外，所有的項目皆屬於大眾運輸系統之固定設施 (Fixed facility) 或基本設施 (Infrastructure)。

第三節 大眾運輸系統之營運、服務與特性評估 (資料來源：張有恆，「都市大眾運輸系統與技術」)

都市大眾運輸系統之營運，包括司機排班、行車時刻表之安排、車輛調度、收費和系統之維修等項。

而都市大眾運輸系統之服務，即對公眾或者使用者提供各項適當的服務。有關大眾運輸系統之營運服務及管理，將另以專書討論。

都市大眾運輸系統特性評估可分為四項，通常引進新運輸系統或評估現有運輸系統之良窳，均以這四項特性為準則，分別說明如下：

(一)系統績效 (System Performance)

評估系統績效之項目包括下述幾項：

- 班次 (service frequency)：每小時發出之車輛數。
- 營運速度 (operating speed, V_o)：乘客所感受到的行車速度。
- 服務可靠性 (reliability)：以車輛實際抵達或離開車站之時間與公佈之固定時刻表的差距 (如 4 分鐘)，以百分比來衡量。
- 安全 (safety)：以億延人公里的死亡、受傷人數和財產損失之數目來衡量。
- 路線容量 (line capacity, C)：運輸系統在路線上通過某一點所能提供之最大容量或運載旅客數。
- 生產容量 (productive capacity, P_c)：為路線上營運速度 (V_o) 與路線容量 (C) 之乘積，此為一綜合性的指標，其中之營運速度 (V_o) 對乘客有影響；而路線容量 (C) 對營運者有影響，因此它是一個非常方便之系統績效指標，對各種運具之比較非常有用。
- 生產力 (productivity)：每單位資源 (如單位員工、營運成本、燃料) 的生產量 (如延車公里)。
- 使用率 (utilization)：是產出與投入的比率，但須以同樣的單位 (unit) 從事比較，如延人公里 / 座位公里。

(二)服務水準 (Level of Service, L/S)

服務水準是吸引乘客的主要因素，亦是系統特性整體衡量的指標，可分成下述三個部份：

- 影響乘客的績效因素，如營運速度、可靠性、安全等。
- 服務品質（service quality, SQ）：如舒適、美觀、整潔等。
- 票價（price）：乘客使用運輸服務應付出的成本。

上述三者亦可視為運輸系統之多元單品（Multiple outputs）項目。

(三) 影響 (Impacts)

影響是指大眾運輸對周圍環境所造成的衝擊，這可能有正反兩方面的影響。

短期的影響（short-run impacts）包括減少街道擁擠，以及空氣污染、噪音和景觀的改善；長期的影響（long-run impacts）包括如對鄰近地區之地價、經濟活動、實質型態及社會環境等所造成的改變。

(四) 成本 (Costs)

成本可分為投資成本及營運成本兩項，可視分析之需要，做其他更詳細的分類。

一般而言，在從事大眾運輸系統之比較及評估分析中，應將上述之四項：系統績效、服務水準、影響及成本予以詳細評估比較。而最佳之運輸工具的選擇，不僅是要具有最佳的系統績效或最低之成本，而是經考量上述四項因素後，選出整體最佳之運輸工具。

第四節 都市運輸工具之演進

(資料來源：張有恆，「都市大眾運輸系統與技術」)

本節將介紹都市運輸工具的演進，主要是以都市的成長過程來探討各種運輸工具興衰的原因，以便鑒往知來，明察未來運輸工具發展的方向。

一、運輸系統之發展與都市成長之關係

不同的年代，不同的科學技術，不同的都市發展型態，可能會利用各種不同的運輸工具。摩屈克〔6〕提出一個都市成長的範例，來分析運輸工具的演變。此範例如圖2-4所示，代表人類集居從小聚落到大都市（甚至大都會區），運輸需求型態從低而分散到高而集中的演變過程，都有其最適當的運輸工具，現分成四種不

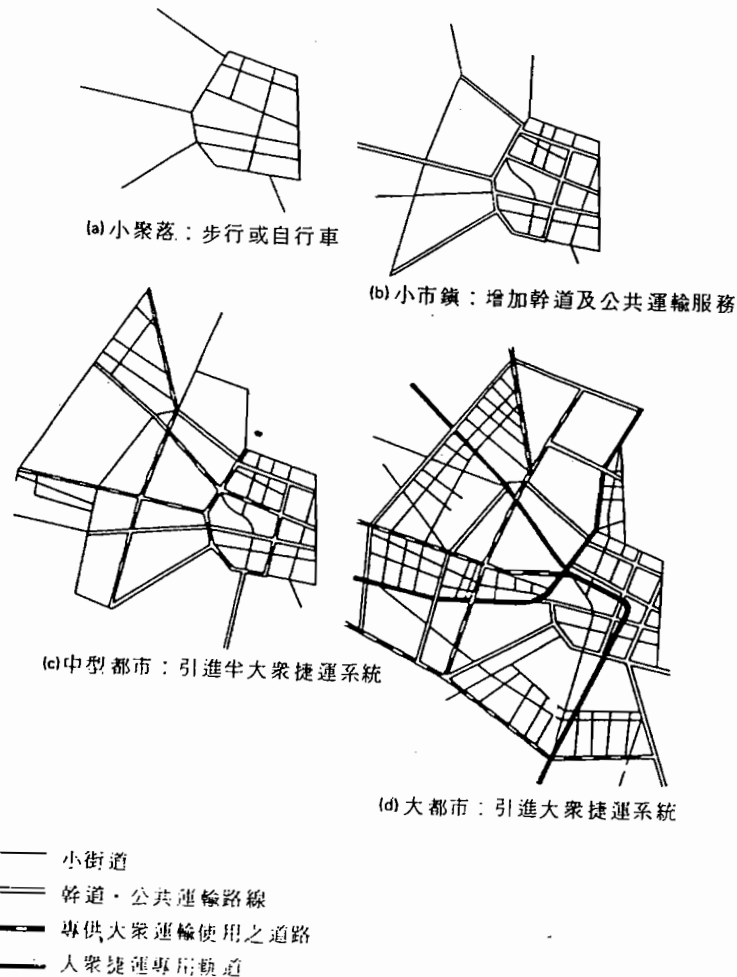


圖2-4 運輸系統之演進與都市成長之關係

同的都市型態來說明，亦即是小聚落（人口約10萬人左右）、小市鎮（人口約10萬人至50萬人）、中型都市（人口50萬到2百萬人）及大都市（人口2百萬人以上）。由於歐洲的都市人口較少，上述都市人口的分界點分別是5萬人、30萬人、及1.3百萬人。現將四種不同都市型態與最佳運輸工具演變的關係，說明如下：

(一)小聚落 (Small Settlements)

如圖 2- 4a 所示，小聚落只少數住宅、工廠及其他建築物。由於旅途短，最好使用步行或自行車即可到達目的地。

因之，第一階段之最佳運輸工具為步行或使用自行車。即

第一階段：使用步行或自行車

等到聚落逐漸擴大，旅次長度增加，於是小型機動車輛 (Small Motorized Cabins) 乃應運而生，以提供舒適、方便及經濟之運輸服務。此一小型機動車輛實際上便是自用小汽車。因此，第二階段最佳之運輸工具是自用小汽車。

第二階段：使用小型機動車輛 (自用小汽車)

此外，為了解決無車或不能開車的人之行的問題，實在有必要引進公共運輸業 (Common Carrier) 之服務，由職業駕駛人開車運送乘客到達目的地，乘客只要付公定價款即可。此一階段之公共運輸服務，實際上便是計程車。

第三階段：引進公共運輸業之服務 (計程車)

因之，在小聚落低密度地區最理想之運輸方式，除了步行之外，便是使用自用小汽車及計程車。

(二)小市鎮 (Towns)

當聚落擴大為市鎮 (如圖 2- 4b 所示) 時，車輛增多使得狹窄的道路變得擁擠，因此運輸系統的容量必須增加，此有兩種可行的方法：一是拓寬道路，以容納更多的車輛；另一是使用較大的車輛，以載運更多的乘客。兩種不同的策略，各有其優缺點。

拓寬道路所帶來的優、缺點如下：

優點：1. 服務水準較高，使交通較為流暢。

2. 單位運輸成本較低。

3. 刺激都市經濟的成長 (由上兩項優點而得)。

缺點：1. 拓寬工程及拆除原有民房、徵收土地均需鉅額投資。

2. 更寬敞之道路吸引更多之車輛，使汽車增多，空氣污染及噪音更形嚴重。

3. 拓寬工程期間易造成交通阻塞之不便與晴天飛砂、雨天滿地泥濘等之困擾。

雖然拓寬道路會帶來上述之缺點，但是仍被很多都市採用，以解決交通擁擠問題，因此都市內便有了多車道及幹道之設置，此構成了運輸工具發展之第四階段。

第四階段：拓寬道路（幹道）

至於使用大型車輛，對乘客個人來說，並無多大利益，因為各人之搭乘時間、路線不盡相同。大型公車雖可能對道路擁擠有所改善，但對個人之方便、舒適程度則無所助益；另外一方面，自用小汽車本身之乘坐率並不高，常有剩餘座位，但一般情況下，均不願讓陌生人搭乘。因此為融合兩者的長處，即此小汽車較大的運輸容量與比大型車輛較方便之運輸服務，近年來在中等運輸需求的路線上，仍有中型公車以隨停公車（Jitney）或撥召公車（Dial-a-bus）之方式，依照乘客的意願，調整運輸服務之方式來經營；等到運輸需求量增大時，便可改用大型公車行駛固定路線、固定站牌並以固定班次、固定費率之方式來經營，具備這些特性的，就是大眾運輸系統（Mass Transit）。至於具有較高運輸成本之計程車與及門之運輸服務方式，仍可對一般大眾開放。

有關大眾運輸服務及大型車輛引進以後之優點、缺點，可綜合如下：

都市發展大眾運輸系統之優點：

1. 提供居民較低廉的運輸。
2. 提供定時便捷的運輸服務。
3. 增加道路容量，使服務水準提高。
4. 減少擁擠、污染及其他不良的影響。

發展都市大眾運輸系統之缺點：

1. 小汽車之大量使用，使得大眾運輸系統之乘客數下降，造成鉅額虧損，而有待政府給予補貼。

以大型車輛代替中型車輛之結果為：

優點：1. 較大之運輸容量。

2. 由於較高之勢動生產力，使得每單位容量之成本降低。
3. 舒適程度較高。

缺點：1. 在固定運輸之需求下，服務班次減少。

2. 購車成本可能較高。

一般而言，中型車輛若依照乘客意願，調整運輸服務之方式的，便稱為副大眾運輸之運具（Paratransit modes）；而大型車輛用於地面大眾運輸服務的，便稱為公車（Transit Bus）。由上述之分析，我們可以得到運輸工具發展之第五個階段。

第五階段：公共運輸的引進，最初可以中型的車輛來做彈性營運（副大眾運輸）；當旅客數增加時，再以固定路線及班次的大型車輛來營運（公車）。

(三) 中型都市 (Medium-Size Cities)

當小市鎮擴大為中型都市（如圖2-4c所示）以後，原來的運輸系統不敷使用，再度有擁擠的現象。一般的解決途徑，乃是設法使大眾運輸工具與同向的其他車輛隔離（即B型路權），使公車能避免受到其他車流的干擾，提高行車速度與服務水準。

大眾運輸車輛與其他車輛部分隔離（即採用B型路權）的結果為：

優點：1. 提高運輸系統之績效及服務水準。

2. 運具之形象較為突出。

3. 能吸引較多之乘客（由於上述兩項優點）。

4. 降低單位營運成本。

5. 改善都市型態與土地使用。

缺點：1. 需要額外的土地。

2. 增加投資及建造成本。

3. 如不能予以適當之規劃與管理，道路之使用效率，可能因之降低。

由上可知，採取部分隔離路權之方式，可以改善公車旅行之速度及可靠度，使其能與小汽車來競爭，提高載客率。因此運輸工具發展之第六個階段為大眾運輸採用部分隔離之路權。

第六階段：大眾運輸採用部份隔離之路權（B型路權）

當路權部分隔離後，人們發現如以導引系統來控制車輛，則其優點將會超過其缺點，茲比較說明如下：

導引運具 (Guided Modes) 與由司機操作運具 (Steered Transit Modes) 之不同點：

優點：1.由於車輛可以連掛，因此可以提高大眾運輸系統之容量及生產力。
2.每單位容量之營運成本較低。
3.可用電力牽引，加減速平穩，增加舒適程度。
4.可靠性與安全性較高。
5.所需路權面積較小。
6.可在隧道、高架橋上營運，對環境的影響較小。

缺點：1.與其他街道之交通工具，仍無法充份配合。
2.受到車道路網的限制，因此較無法在低密度地區經濟有效地營運。
3.營運較無彈性（如無法變更營運路線或改道）。
4.需要較高的投資成本。

因此，運輸工具發展之第七階段為使用輕軌運輸系統 (LRT)。即：

第七階段：引進導引的運輸工具（輕軌運輸系統）

(四)大都市 (Large Cities)

當都市人口不斷增加，形成大都市（如圖2-4d所示），大都市進一步再與鄰接地區密切結合在一起，即形成都會區，其交通運輸走廊之運量大，因此除了一般的幹道系統及公共運輸外，需要引進一較高運輸績效的道路系統。為了達到在數百萬人口之大都市內，迅速、便捷且大量運送旅客之要求，則其唯一的方法，便是在主要的道路上建立與一般道路立體分隔（即採用A型路權）之運輸比較，具有如下之優、缺點。

採用立體分隔之道路（A型路權）與B型路權及C型路權道路比較後之優、缺點如下：

優點：1.可提高運輸系統之績效（如在容量、速度及可靠度等方面）。

2. 提高運輸服務水準。
3. 降低營運成本。
4. 運輸系統之績效較具永久性 (Greater Permanence)。
5. 可改善土地使用的型態。

缺點：1. 需要使用較多之土地面積。
2. 建造期間較長，造成沿線交通之擁擠與干擾。
3. 投資成本較高。

由A型路權道路系統（如高速公路）之使用，形成了運輸系統發展之第八個階段。

第八階段：建造與一般道路完全隔離之車道（高速公路）

此外，一般之大眾亦需要一與外界交通或車流完全隔離之路權（即A型路權）以提高大都市運輸系統之績效。

大眾運輸系統採用A型路權與B型路權之比較：

優點：1. 提高運輸系統之績效（如容量、速度及可靠性等）。

2. 提高運輸之服務水準。
3. 降低單位營運成本。
4. 運具之形象較為突出。
5. 能吸引較多之乘客（由於上述四項優點）。
6. 改善都市土地使用。
7. 提高運具完全自動化控制之可能性。

缺點：1. 需要完全隔離之路權。
2. 投資成本較高。
3. 建造期間較長，造成沿線交通之干擾與擁擠。
4. 網路密度較低（由於上述三項缺點）。

大眾運輸工具採用完全控制或隔離路權型態（即A型路權）之系統，在目前被稱為大眾捷運系統（Rapid Transit），此構成了運輸工具演進之第九階段。

**第九階段：引進完全控制或隔離路權型態之大眾運輸系統
(大眾捷運系統)**

由上可知，由於捷運系統具有導引技術、電力推動及A型路權之特性，可說是代表了最高營運績效及服務水準之運輸工具，然而其投資成本較諸現有之大眾運輸系統也是最高者。捷運系統目前所能做的唯一改良工作，便是車輛營運完全自動化（即車輛上不需司機或操作人員）。

車輛營運完全自動化，通常需要具備兩項條件：即(1)A型路權及(2)導引技術。因之，它通常與車輛大小、路線外之車站（Off-line Station）或非傳統之技術特性無關。但是，一般而言，鐵路系統（由於其簡單性及可靠性）是適合營運完全自動化之最佳運具。

完全自動化系統與人為操作系統之比較，如下所述。

完全自動化運輸系統與人為操作系統之比較：

優點：1.可增加服務之班次，而不需額外之成本。

2.減少運輸能源及車輛之損耗。

3.能很容易地克服班次受干擾後之混亂現象。

4.降低營運成本（因所節省的勞工成本超過因系統自動化後所需之成本）。

5.降低人為操作錯誤的因素，提高行車安全。

缺點：1.較高之投資成本。

2.較複雜之技術，可能造成可靠度之降低。

3.需要有緊急狀況的設備，如旅客通訊系統及軌道自動監視系統。

上述完全自動化運輸系統的第一個優點，是五項優點中，最重要的一項。因為該項優點，使得中運量捷運系統能夠對大眾提供價廉而且高品質的運輸服務，這對某些無法負擔大眾捷運系統的中型都市而言，是一項福音。

目前完全自動化營運之大眾運輸系統，被稱為自動導引捷運系統（Automated Guided Transit, 簡稱AGT），它構成運輸工具發展之最後階段。

**第十階段：完全自動化營運之大眾運輸系統
(自動導引捷運系統)**

有關運輸系統在都市內演進發展之過程，可綜合如圖2-5所示。

二、各種運輸工具特性之回顧

上述運輸工具之演進過程，由於有很多外在影響的因素，使得各項運具的發展，並非是絕對依照從一至十的順序來演進。例如，在有些都市，使用導引運具（第七階段）可能在採用部分隔離路權（第六階段）之前或者在建造快速道路（第八階段）之後；或者引進公車（第五階段）可能在拓寬道路（第四階段）之前；同時第八階段（興建立體交叉道路）也可能與第九階段（引進大眾捷運系統）對調。雖然如此，在基本上，上述運具之發展順序，對大部分都市地區應該是適用而且是合乎邏輯的。若與上述之發展順序產生重大的偏差，則會導致規劃上的錯誤，造成嚴重都市交通問題。例如，若都市內僅有C型路權的公車系統，而市政府當局却建造了密集的快速道路網路，如此會促進並鼓勵小汽車的使用：亦即第八步驟在第六、第七階段之前，如此將會導致都市道路擁擠之問題。此外，第一階段——步行當是各型都市最重要的一項運輸方式（尤其在大都市更為重要），然而有些都市在從事第二階段後（使用小汽車）、第四階段（拓寬道路）及第八階段（興建快速道路）之規劃時，却往往忽略步行的重要性，使得行人「上天下地」，這實在不是一個良好的道路設計。因此，我們亟待建立「人行」優於「車行」的規劃觀念，道路交叉路之高架或地下道，應由車輛通行，而非由行人通行。此外，亦要透過交通安全教育、執行之實施，建立行人優先之斑馬線權威，以保障行人的安全；而在都市及行人特別擁擠之地區，則應設立行人徒步區，禁止車輛進入。

上述運輸工具之發展過程顯示，隨著運輸需求之增加，每一個階段之運具會產生：

- 較高運輸系統之績效（包括容量、速度及服務品質方面）。
- 較佳之乘客吸引力。
- 較高之投資成本。
- 較低之單位容量營運成本。

因之，低運量之地區最好採用低投資成本及低運量之運具；高運量之地區則最好使用較高投資成本及高運量之運輸工具，將會有較佳之營運績效及較低之營運成本。



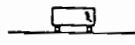
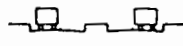
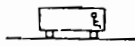


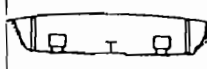
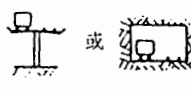
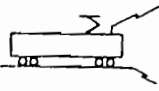
都市規模	階段	描述	圖形	主要改善	相對的最佳系統
小 (10 萬人) 聚 落	1	步行		—	人行道、自行車
	2	私人機動車輛		速度 舒適 方便	自用小汽車
	3	公共運輸車輛出租		對所有居民提 供服務	計程車
小 市 鎮 (10 ~ 50 萬人)	4	拓寬道路		容 量 服務水準	幹 道
	5	引進大型車輛		容 量 成 本 舒 適	公共汽車
中 型 都 市 (50 ~ 200 萬人)	6	大眾運輸路權 部份隔離		容 量 可靠度 大眾運輸的速度	B型路權的大眾運輸系統
	7	導引技術		容量、電力牽 引、舒適、營 運成本	輕軌運輸系統
大 (200 型 萬 人 都 以 上 市)	8	立體交叉道路		容量、速度、 安全、方便	快速道路
	9	大眾運輸路權 完全隔離		容量、速度、 可靠度、地區 衝擊	A型路權之大眾捷 運系統
	10	自動控制車輛		班 次 營 運 成 本 績 效	自動導引運輸工具 : AGT, RRT

圖 2-5 都市運輸系統演進發展過程

第五節 都市運輸工具之定義

(資料來源：張有恆，「都市大眾運輸系統與技術」)

利用上一節之都市運輸工具之理論，我們可以將實際之公共運輸工具，從計程車到區域鐵路歸納成一個公共運輸“族”(Family)。本節將簡潔地探討此一公共運輸族之基本定義並比較其特性。有關各運輸工具之詳細探討，請參閱本書第四、五、六及七章。

一、低運量之運輸工具：副大眾運輸(Paratransit)

副大眾運輸(Paratransit)這一個名詞早在1915到1920年就出現在美國的字彙裏，然而一直到1972年美國運輸部才首次採用。依照美國摩屈克博士(Dr. Vuchic)對副大眾運輸之定義為：

副大眾運輸通常指在都市內使用中小型車輛，行駛於公路或街道上，運輸旅客之服務方式；它是由私人或公眾經營者所提供，其乘客為特定的團體或一般大眾，同時乘客在某一程度範圍內，可以依其意願來決定路線及行駛時刻。

依此定義，副大眾運輸系統主要包括下述三種運輸工具：

- 計程車(Taxi)。
- 撥召公車(Dial-a-ride or Dial-a-bus,簡稱D/R)。
- 隨停公車(Jitney)。

茲分別說明如下：

計程車是由職業司機駕駛小汽車，依乘客意願駛往目的地，並收取公定車費之營運車輛。計程車之候車時間可能較自用車為長，且付現成本較高，但對使用者而言，可以免除擁有車輛之若干問題，如購車、停車、付保險費、維修費、擔心失竊等。

撥召公車通常是由中型車輛或小型公車及一控制中心所組成。當乘客打電話叫車，告知控制中心其起訖點時，控制中心之派車員可利用電腦妥善規劃路線，並指派車輛接送乘客，期以最佳調配之方式，在一趟旅次當中，接運最多的乘客。

撥召公車通常都只在低密度地區營運，它可服務有一個共同旅次目的（One-to-many）或者起訖兩端都很分散的旅次（many-to-many），因此此種運輸系統是介於計程車與公車之服務方式。

撥召公車與計程車之比較，其優、缺點如下：

優點：1. 低成本之服務方式。

2. 撥召公車因車廂較大，較為舒適。

缺點：1. 撥召公車因路線之彎繞多，行車時間較長。

2. 乘客較缺乏隱私性。

3. 僅在特定的地區服務。

隨停公車是由私人擁有之車輛（座位數 5 到 15 個）在固定路線（有時可能有變動）上營運，無固定時刻表，乘客可依其意願要求司機停車，故稱為隨停公車。由於隨停公車容量小，參加營運的車輛數多，且經常在街道上停車，如此容易造成交通的擁擠與混亂。通常隨時公車之安全性與舒適程度都較一般之公車為低，因此在許多國家，隨停公車只在沒有適當公車服務之地區，才提供服務。

二、中運量運輸工具：地面大眾運輸(Street Transit)

地面大眾運輸工具主要包括一般公車、無軌電公車、地面電車等三種主要運輸工具。分別說明如下：

一般公車（Regular Bus, RB）是由公車在固定路線以固定時刻表來營運，它是最普遍被採用之都市大眾運輸工具。一般公車之容量從小型公車（可載運 20 名到 30 名乘客）到雙節公車（最高可載 125 名乘客）不等，皆可在街道、幹道及高速公路上營運。

當一般公車在低運量之地區服務時，有時會與撥召公車之營運重疊；事實上在低運量的路線或非尖峰時間時，一般公車（RB）可以撥召公車（D/R）之方式來營運。當營運走廊的運量增加時，則一般公車之服務方式越為有利。

公車與撥召公車比較之優、缺點如下：

優點：1. 較高之服務可靠度（因公車有固定之時刻表）。

2.每位乘客所需負擔的成本較低。

缺點：1.乘客較缺乏隱密性，且非及門服務。

2.一般公車之班次較少，有時無法適應旅客的需要（如在凌晨或離峯時間）。

此外，一般公車也可提供直達車（Express Service）之服務，由於靠站次數小，行車速度及舒適程度均較一般公車為高。

無軌電動公車（Trolleybuses,簡稱TB）係使用相同之一般公車車輛，但它是使用電力馬達推動，其動力來源是由架空電線而來。無軌電動公車可提供與一般公車相同的服務方式，但是投資成本較高，而且操作比較複雜。無軌電動公車之主要優點是乘客之舒適程度較高（車輛行駛較為平穩），而且對環境的影響（如空氣污染及噪音）較小，但是由於這些優點，無法反映在營運收益上，使得有些經營困難的大眾運輸業，紛紛以公車代替無軌電車來營運。有關無軌電動公車與一般公車之詳細比較，可參見第四章。

地面電車或有軌電車（Streetcar, 簡稱SCR）是使用鐵路運輸之車輛，以電力推動一至多節之車廂，行駛在一般之道路上。地面電車以其地面的軌道及特殊的車廂，可增強系統的形象。然而由於地面電車使用的是C型路權，因此在尖峯時段營運時，若非採用良好之道路設計與交通管制措施，則易受其他車流的干擾，形成延誤的現象。

因之，在國外有些都市都漸漸以公車來取代電車，或者將地面電車提昇為較高服務績效的輕軌運輸系統。有關地面電車與公車之比較如下所示。

地面電車與公車之比較，電車之優、缺點如下：

優點：1.較為舒適。

2.較為安靜，且無空氣污染。

3.較佳之車輛績效。

4.較高之勞工生產力。

5.較高之路線容量。

缺點：1.較高之投資成本。

2.服務可靠性較低（除非採用電車優先通行之措施）。

- 3.營運較然彈性。
- 4.較高之車道維修成本及動力供應成本。
- 5.易受其他車流之干擾。

一般之地面大眾運輸系統，如圖2-6 所示。該圖顯示美國費城市中心之地面運輸系統（有公共馬車、公共汽車及汽車等）。

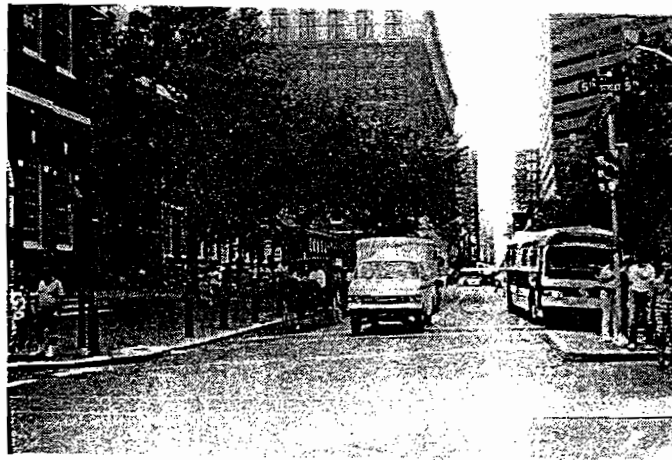


圖 2 - 6 地面之運輸系統（作者攝於美國費城之街道）。

三、高績效之運輸工具：半大眾捷運（Semirapid Transit）和 大眾捷運（Rapid Transit）

在公共運輸族裏，高績效之運輸工具包括半大眾捷運與大眾捷運兩種，分別說明如下。

(一)半大眾捷運系統

半大眾捷運系統通常只包括下述兩種運輸工具：

1.半大眾捷運公車（Semirapid Bus, SRB）

半大眾捷運公車是使用一般公車或高績效之公車在B型或A型路權之車道上營運。其運輸績效主要由下述之因素來決定：

- 隔離路權之路段位置及其佔全長之比例：若在擁擠地區使用專用路權，則效果

較為顯著。

- 路權之型態：公車專用車道 (Bus Lanes)、公車專用街道 (Reserved Streets)、或公車捷運道路或公車專用道路 (Busways)。
- 營運之方式：路線安排、轉車方式、站間距離、速度、班次、安全及服務之可靠程度。

公車行駛在公車專用道路或高乘載率 (High-occupancy Vehicle, HOV) 的車道上，最著名的例子是在美國華盛頓的雪梨公車專用道路 (Shirley Busway)。由於公車專用道路或高乘載率之車道，通常只在通勤的路線上營運，所以此種半大眾捷運公車，有時僅被認為是通勤的運輸系統 (Commuter Transit)，而非一般之大眾運輸系統 (Regular Transit)。

2. 輕軌運輸系統 (Light Rail Transit, 簡稱 LRT)

輕軌運輸通常都是使用 B 型路權為主，但也可使用 C 型路權或 A 型路權。它是由電力推動的鐵路車輛，可以單節或列車的方式來營運。因之，LRT 具有在各種路權型式營運的能力以及鐵路導引技術的優點：如較高勞動生產力、高容量以及舒適程度較高等。

典型的輕軌運輸系統在市中心擁擠地區，通常都在隧道內行駛，如圖 2-7 所示。而在郊區則行駛於地面上；然而 LRT 亦可行駛在市區的街道，由於其噪音低，無空氣污染，安全性高，使得 LRT 比公車較適合於行人多的市區環境。有關

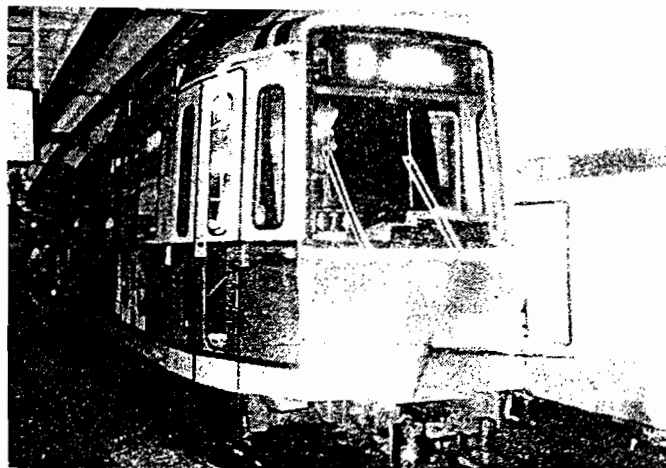


圖 2-7 美國波士頓在隧道中之綠線 (Green Line) 輕軌運輸車輛。

LRT 的各項技術，將於本書第五章討論。

由於 LRT 與 SRB 使用之路權型態很類似，因此下面將就這兩項技術進行比較。

輕軌運輸系統與半大眾捷運公車之比較，輕軌運輸之優、缺點如下：

優點：1. 可使用 A 型或 B 型路權，在路線規劃較具彈性。

2. 運具之形象較為突出。

3. 車廂較大、較舒適。

4. 能吸引較多之旅客（由上兩項之優點）。

5. 較低之噪音，無空氣污染。

6. 使用電力牽引，因而有較佳之車輛績效。

7. 較高之系統績效（容量、生產力及服務可靠度等）。

8. 具有在隧道營運的能力。

9. 具有提昇為捷運鐵路系統的能力。

缺點：1. 由於車廂較大，在固定之運輸需求下，班次較少。

2. 投資成本較高。

3. 施工時間較長。

4. LRT 少有支線，因此旅客需要較多之轉車數。

由上述的比較顯示，隨著路權型態的提昇，LRT 比 SRB 將更為有利。

(二) 大眾捷運系統 (Rapid Transit, RT)

大眾捷運系統通常包括下述四種運輸工具：

1. 輕軌捷運系統 (Light Rail Rapid Transit, LRRT)

輕軌捷運 (LRRT) 系統是使用輕軌運輸的車輛在 A 型路權的軌道上行駛，與輕軌運輸 (LRT) 系統有別。國內有些人往往將「輕軌運輸系統」這一名詞和「輕軌捷運系統」混淆使用，其實嚴格來說，這是錯誤的。因為輕軌運輸系統主要是使用 B 型路權（即 A 型路權和 C 型路權並用），而輕軌捷運系統則完全使用有專用軌道的 A 型路權。全世界目前使用這種輕軌捷運系統的城市，並不多見，較為出名的有美國費城的諾里斯城線 (Norristown Line) 及瑞典葛森堡 (Gothenburg) 的第

八路線 (Line 8)。圖 2-8 顯示行駛在高架軌道的美國費城的輕軌捷運系統 (LRT)。



圖 2-8 美國費城之諾里斯城線 (Norristown Line) 之輕軌捷運系統。
(此圖由張桂林先生提供)

2. 輪胎式捷運系統 (Rubber-Tired Rapid Transit, RTRT)

輪胎式捷運系統是以輪胎作為支撐及導引的捷運車輛，行駛在 A 型路權的專用車道上；此外，輪胎式捷運系統亦有鋼輪做為轉轍及在輪胎失效時做為緊急支撐之用。加拿大蒙特婁市之輪胎引捷運系統所圖 2-9 所示。有關輪胎式捷運系統和捷運鐵路系統的比較，將於第五章詳細討論。

3. 鐵路捷運系統 (Rail Rapid Transit, RRT)

鐵路捷運系統是使用 4 個車軸的鐵路車輛，行駛在 A 型路權的專用車道上，它可以連掛十節車輛以上的列車來營運，以提供大量、迅速及可靠之運輸服務。

鐵路捷運 (RRT) 的技術型態和輕軌運輸 (LRT) 非常類似，且其營運可以互相配合 (Compatible)，如圖 2-10 所示，在美國克利夫蘭市 (Cleveland) 之鐵路捷運和輕軌運輸係採用共軌之營運方式。

有關 RRT 和 LRT 之比較，如下所述。

鐵路捷運系統和輕軌運輸系統之比較，RRT 之優、缺點如下：

優點：1. 較高之服務水準 (速度、可靠度、舒適程度等)。

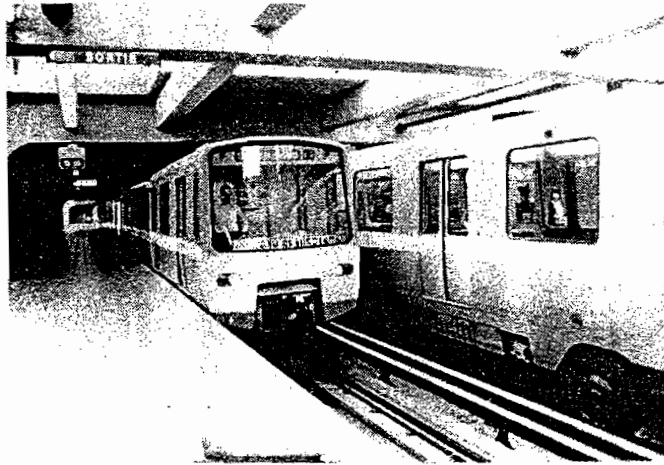


圖 2 - 9 蒙特婁市輪胎式捷運系統。



圖 2 - 10 美國利利夫布蘭市之捷運鐵和輕軌運輸系統共軌之情形 (圖中後面為高月台之RRT 的車站；前面為低月台之LRT 的車站)

2.較高之系統績效（ RRT 之容量、生產力和效率均較高）。

3.安全程度較高。

4.運具之形象較為突出。

5.較佳之旅客吸引力和土地使用之影響。

缺點：1.較大之投資成本。

2.比較無法配合都市的環境。

3.RRT 較不利於分段建造（Stage Construction），即一條捷運路線需一次建造完成；反之，LRT 之路權型態較具彈性，故可分段建造，分期提昇或改善其路權型態。

4.施工期較長。

鐵路捷運系統，如圖 2-11 所示。由於鐵路捷運的車廂，在每一邊有好幾個門

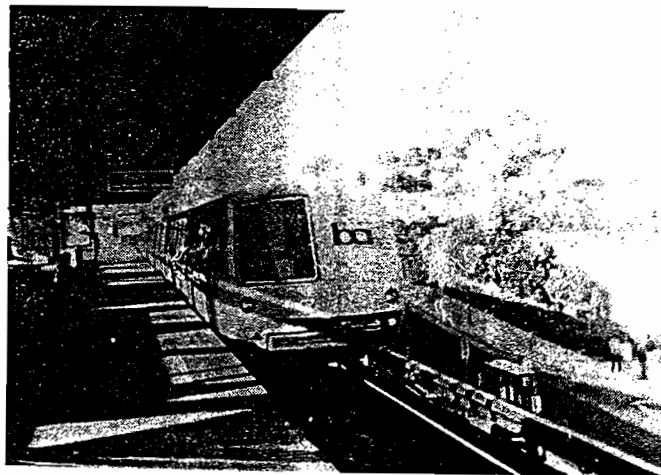


圖 2-11 美國舊金山港灣捷運系統（Bay Area Rapid Transit, BART）。

，且使用高的月台，因此旅客上下速度非常快（每一節車廂最高可達每秒上下40名乘客）。鐵路捷運系統爲了達到最高之系統績效，採用完全控制之專用路權，使得其投資成本比其他之運具高出很多。

4.區域鐵路系統（Regional Rail, RGR）

區域鐵路系統在國外通常都由鐵路公司來經營，而非由都市之大眾捷運公司或

大眾運輸局 (Transit Authority) 來營運，如圖 2-12 所示為 RGR 之車廂¹。RGR 在營運時比典型之 RRT 的路線長，車站數少且速度較快，旅客的平均旅次長度也較長。我國台鐵之台北到淡水線的鐵路可以歸屬於區域鐵路系統。



圖 2-12 美國費城之區域鐵路系統 (由作者攝於SEPTA之區域鐵路線)

上面所述之大眾捷運系統，主要可以分為四種，但是若以車輛大小及導引技術來區分採用 A 型路權的運輸系統，則可分為下述六種捷運系統，如表 2-3 所示。

表 2-3 以車輛大小及導引技術來區分捷運系統

導引技術 車輛大小	小型車輛	中型車輛	大型車輛
輪胎式	輪胎式個人捷運系統 (PRT), 如 Aramis, CVS Monocab, Cabintaxi	團體式捷運系統 (GRT), 或運人系統 (People Mover System, PMS), 如 Skybus, Transurban, VAL 等。	單軌捷運系統 (Monorail), 如 Alweg, Safege 系統。 輪胎式捷運系統 (RTRT), 如 墨西哥、蒙特婁市及法國巴黎 之捷運系統。
鐵路式	鐵路式個人捷運系統 (Minitram)	輕軌捷運系統 (LRRT) 新型輕軌捷運系統 (ALRT)	鐵路捷運系統 (RRT) 區域鐵路系統 (RGR) 德國烏巴達單軌捷運系統

有關上表各捷運系統之技術特性，將於以後將章詳細討論，在此僅作名詞之介紹。

第六節 一般都市運輸工具特性之比較

(資料來源：張有恆，「都市大眾運輸系統與技術」)

表 2-4 顯示都市運輸工具（包括私人、街道大眾運輸、半捷運、大眾捷運）之基本技術、營運和系統特性之比較。有些運具之特性如彼此類似的，則僅選擇其中代表性之運具，而不一一列出。

表 2-5 係基於表 2-4 所列之數值，加以整理而得，以作為圖 2-13 圖 2-14 及圖 2-15 之參考。表中或圖中之 RB-1、RB-2，LR-1、LRT-2 及 RRT-1、RRT-2 分別代表一般公車、輕軌運輸及捷運系統之運具不同型式。

圖 2-13 顯示各運具（或列車）容量、最大班次數（ f_{max} ）和路線容量（圖形內之面積）之關係。由圖中可以看出，當運具容量從小汽車變化到高績效之捷運系統時，其班次隨著運輸容量的增加而降低。一般最常使用之容量與班次之數值範圍，如圖中虛線所示。

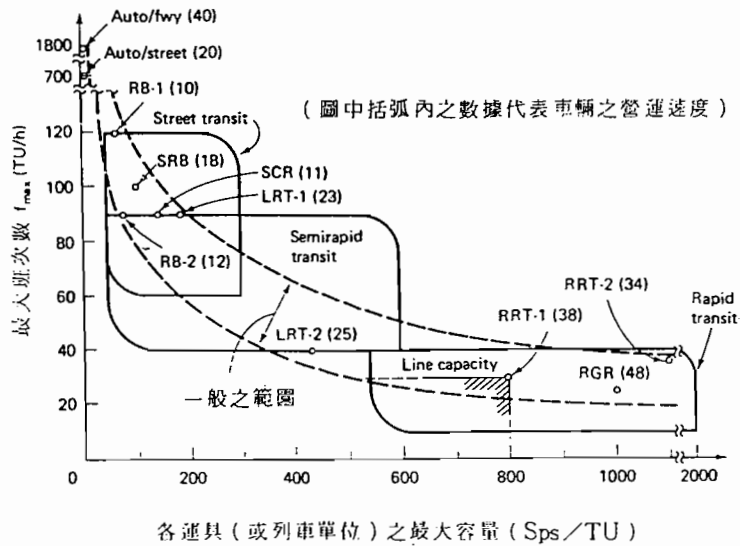


圖 2-13 各種不同運具之車輛容量、最大班次數及路線容量之關係。

(資料來源：〔6〕)

表 2-4 都市運具之技術、營運和系統特性

一般分類		私人		街道大眾運輸		半捷運		大眾捷運	
特 性	運具	街道上自 用小汽車	高速公 路自用 小汽車	一般公車	有軌電車	半捷運公車	輕軌運輸	鐵路捷運	區域鐵路
	單位								
1. 車輛容量	sps/veh.	4-6	1.2-2.0	40-120	100-180	40-120	110-250	140-280	140-210
2. 車前一列車	veh./TU	1	1	1	1-3	1	1-4	1-10	1-10
3. 列車容量	sps/TU	4-6	1.2-2.0	40-120	100-300	40-120	110-600	140-2000	140-1800
4. 技術最大速度	km/h	40-80	80-90	40-80	60-70	70-90	60-100	80-100	80-130
5. 最大班次	TU/h	600-800	1500-2000	50-120	60-120	60-90	40-90	20-40	10-30
6. 單線容量	sps/h	720-1050	1800-2600	2400-8000	4000-15,000	4000-8000	6000-20,000	10,000-40,000	8000-35,000
7. 正常營運速度, V_0	km/h	20-50	60-90	15-25	12-20	20-40	20-45	25-60	40-70
8. 最大容量時之速度	km/h	10-30	20-60	6-15	5-13	15-30	15-40	24-55	38-65
9. 生產容量, P_0	(sps·km/h ²) × 10 ³	10-25	50-120	20-90	30-150	75-200	120-600	400-1800	500-2000
10. 車道寬度	m	3.00-3.65	3.65-3.75	3.00-3.65	3.00-3.50	3.65-3.75	3.40-3.75	3.70-4.30	4.00-4.75
11. 車輛控制	—	人工/目視	人工/目視	人工/目視	人工/目視	人工/目視	人工/目視/號誌	人工/自動/號誌	人工/自動/號誌
12. 可靠度	—	低-中	中-高	低-中	低-中	高	高	很高	很高
13. 安全性	—	低	低-中	中	中	高	高	很高	很高
14. 車站長度	m	—	—	200-500	250-500	350-800	350-800	500-2000	1200-4500
15. 每雙車道投資成本	(\$/km) × 10 ⁶	0.2-20	2.0-15.0	0.1-0.4	1.0-2.0	3.0-9.0	3.5-12.0	8.0-25.0	10.0-25.0

註：sps = spaces (總位數)；veh = vehicles (車輛)；TU = Transit Unit (列車單位)
(資料來源：〔6〕)

表 2 - 5 一般運具之特性及典型運輸系統之績效值 (由表 2 - 4)

一般運具		私人運具		街道大眾運輸			半大眾捷運			大眾捷運		
特性	單位	一般街道	高速公路									
1. 列車 (或運具) 容量	sps/TU	1.2 ~ 2.0		40 ~ 300			40 ~ 600			140 ~ 2,000		
2. 最大班次數, f_{max}	TU/h	600-800	1,500-2,000	60-120			40-90			10-40		
3. 路線容量, C	sps/h	720-1,050	1,800-2,600	2,400-15,000			4,000-20,000			10,000-60,000		
4. 營運速度, V_o	Km/h	20-50	60-90	5-20			15-45			24-70		
5. 生產容量, P_c	(sps-km/h ²) $\times 10^3$	10-25	50-120	20-150			75-600			400-2,000		
6. 每雙車道之投資成本	(\$/km) $\times 10^6$	0.2-2.0	2.0-15.0	0.1-2.0			3.0-12.0			8.0-25.0		
典型運輸系統	單位	私人運具		RB	RB	SCR	SRB	LRT	LRT	RRT	RRT	RGR
		一般街道	高速公路	-1	-2			-1	-2	-1	-2	
1. 列車 (或運具) 容量	sps/TU	1.3	1.3	65	75	140	100	180	430	800	1,100	1,000
2. 最大班次數, f_{max}	TU/h	700	1,800	120	90	90	100	90	40	30	35	28
3. 路線容量, C	sps/h	910	2,340	7,800	6,750	12,600	10,000	16,200	17,200	24,000	38,500	28,000
4. 正常營運速度, V_o	km/h	35	80	20	18	16	26	30	33	38	36	50
5. 最大容量之速度, V_o	km/h	20	40	10	12	11	18	23	25	38	34	48
6. 生產容量, P_c	(sps-km/h ²) $\times 10^3$	18.2	93.6	78	81	138.6	180	372.6	430	912	1,309	1,394
7. 每雙車道之投資成本	(\$/km) $\times 10^6$	0.6	8.0	0.2	0.3	1.6	7.0	8.0	9.0	12.0	20.0	18.0

註：表中之運具代號與圖 2 - 13 ~ 圖 2 - 15 相對應。
(資料來源：[6])

上述各種運輸容量之比較，若沒有考慮到車輛的營運速度，則比較將是不完整的。圖2-14顯示運具營運速度、路線容量和生產容量（圖形內之面積）之關係。由圖中可以看出地面大眾運輸之容量和營運速度都比半大眾捷運和大眾捷運系統來得低，尤其大眾捷運系統是各種運輸工具當中，營運績效最高者。

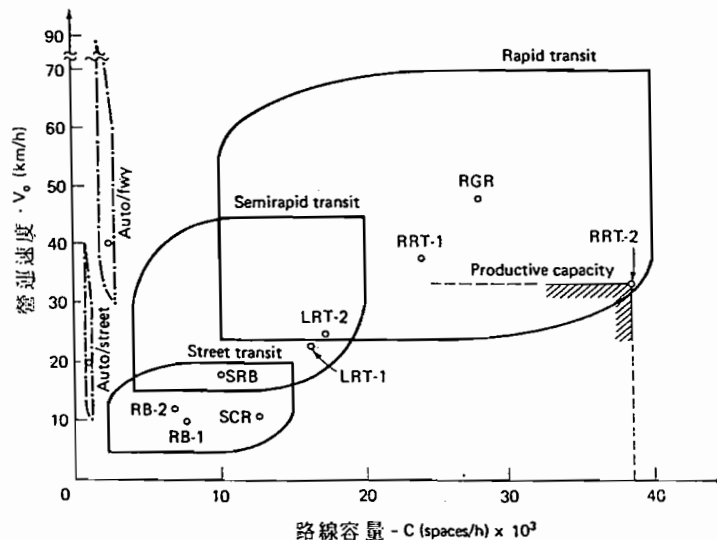


圖 2-14 各種不同運具之路線容量、營運速度和生產容量之關係（資料來源：〔6〕）。

圖 2-15 顯示運輸系統績效和投資成本的關係，它是評估各種運輸工具最重要的因素。圖中之生產容量是衡量運具績效最佳之指標，因此一指標是營運速度（ V_o ）與路線容量（ C ）之乘積，其中之營運速度對乘客之旅行時間有影響；而路線容線對營運者非常重要。如圖 2-15 所示，地面大眾運輸系統和半大眾捷運系統以及捷運系統之投資成本的差距很大，然而高績效運輸系統之生產容量也隨之增加很多。一般而言，半大眾捷運系統之最大生產容量約為地面大眾運輸系統的 4 倍；而大眾捷運系統，則約為地面大眾運輸的 13 倍。

圖 2-15 顯示大眾捷運系統的範圍，可從最佳運輸績效的系統（如舊金山之 BART 系統，每小時可運載 4 萬人，平均速度 50 公里/小時，造價每公里約二千五萬元）到較低運輸績效的系統，如某些芝加哥的捷運路線，其績效範圍與高運輸績效的輕軌運輸（如美國波士頓之綠線 LRT）重疊。

此外，旅客吸引之因素，亦是運輸工具最重要的特性之一，它是服務水準的函

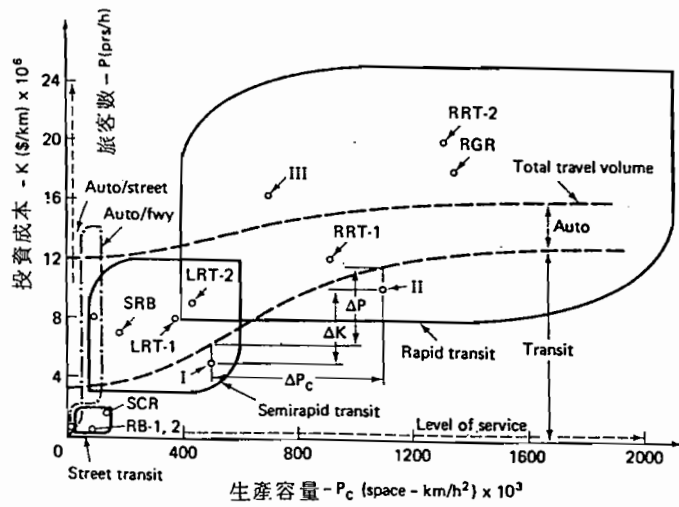


圖 2-15 各種不同大眾運輸系統之生產容量、投資成本及旅客吸引數之關係。
(資料來源：〔6〕)

數。因此旅客吸引因素亦隨著運輸系統績效之增加而提高，亦即大眾捷運系統對旅客最具吸引力。由於地面大眾運輸系統之服務水準比小汽車為低，因此無法吸引小汽車之使用者；而大眾捷運系統在某些運輸走廊上，則可以吸引大部分之旅次並刺激額外的運輸需求。

從圖 2-15 我們可以看出若僅以成本因素比較各種運輸系統，而忽略了運輸系統的績效指標（如生產容量），將會導致重大之偏差。例如，吾人若考慮上述各項因素，來比較圖中 I、II、III 三個運輸系統，很顯然地運輸系 III，因造價高且運輸績效比系統 II 為低，所以可將其自名單中剔除。至於運輸系統 II 和 I 之比較，就必須評估較高運輸生產容量 (ΔP_c) 和吸引較多乘客數 (ΔP) 及較高投資成本 (ΔK) 之間交互損益的情形，才選擇出較適當的運輸系統。