

## 第四章 都市鐵路運輸系統

(資料來源：張有恆，「都市大眾運輸系統與技術」)

- 第一節 各種都市鐵路運輸系統之定義
- 第二節 第三軌集電方式和架空線方式之比較
- 第三節 大眾運輸之路權型態
- 第四節 輪胎式捷運系統
- 第五節 鐵路捷運之接運系統規劃設計
- 第六節 鐵路捷運系統之行車控制與自動化
- 第七節 台北都會區大眾捷運系統之規劃設計

## 第四章 都市鐵路運輸系統

(資料來源：張有恆，「都市大眾運輸系統與技術」)

### 第一節 各種都市鐵路運輸系統之定義

(資料來源：張有恆，「都市大眾運輸系統與技術」)

為對許多都市大眾運具做一明確的定義，吾人乃選擇路權型態、技術及營運或服務等屬性，做為不同運具特性比較的基礎。都市鐵路系統依上述原則可分為四種運具：地面電車 (Streetcars, SCR)，輕軌運輸系統 (Light Rail Transit, LRT)，鐵路捷運系統 (Rail Rapid Transit, RRT)，和區域鐵路運輸系統 (Regional Rail, RGR)。每一種運具提供不同範圍的實質特性、績效和成本結構，由於其中有許多重疊的部份，因此經常會引起我們對不同運具在定義上的困擾，所以下面我們將對這四種運具，除予以詳細敘述外，更以有系統的圖表來說明，以使我们能很容易地瞭解每一種都市鐵路運具的定義。

#### (一)地面電車 (Streetcars, SCR)

地面電車系統是由一節、兩節或三節之鐵路車廂所組成，大部份都在混合車流的街道上營運，但有時可藉著車輛優先通行 (Preferential Treatments) 的方式和有限度的隔離路權來營運。SCR通常有較佳的車輛功能特性和舒適程度，但其可靠度和營運速度受沿線特性的影響很大。

例如在狹窄且擁擠的路段上行駛，其營運績效可能非常低；但若在干擾車流較少、道路較寬之處，加以優先通行的權利，SCR可有較好的營運績效。

典型的SCR車輛，具4~6車軸 (Axles)，長14~21公尺，可乘載100~180人，且座位數占20%~40%。因在混合車流中行駛，SCR一般的營運速度在20 km/hr以下。現代化4車軸之SCR見圖5-1。

SCR比公路系統的運具有較大的容量，較高的舒適程度和較佳的服務形象。然而因其具較高的營運成本，及在混合車流中運轉不易的嚴重問題，故使得SCR在旅運需求較少的路線上無法和小汽車競爭。因此雖然SCR在近幾十年來原應是都市中最重要的大眾運輸工具，現却已漸漸被無軌的公車和輕軌運輸 (LRT) 所取代。只有在少數國家 (如蘇俄、東歐諸國、瑞士、奧地利、西歐國家及美國) 仍在使用。雖然SCR與LRT兩運輸系統往往很難加以區分，但在事實上此二者的服務方式仍有很大的差別。此點將於下面討論之。



圖 5-1 現代化的地面電車  
(作者攝於美國費城 Market 街和第 11 街)

## (二)輕軌運輸系統 (Light Rail Transit, LRT)

LRT 是一種電力推動、高容量及安靜平穩的運輸系統。可由一至三節車廂在部分隔離路權的方式下行駛。這種運具在過去的 15 至 20 年之都市大眾運輸系統中扮演著一個很重要的角色，其績效與成本等屬性介於 SCR 和 RRT 之間。

LRT 系統亦可由 6 ~ 8 車軸所聯結的車廂 (見圖 5-2 所示) 或 4 至 6 個車軸組

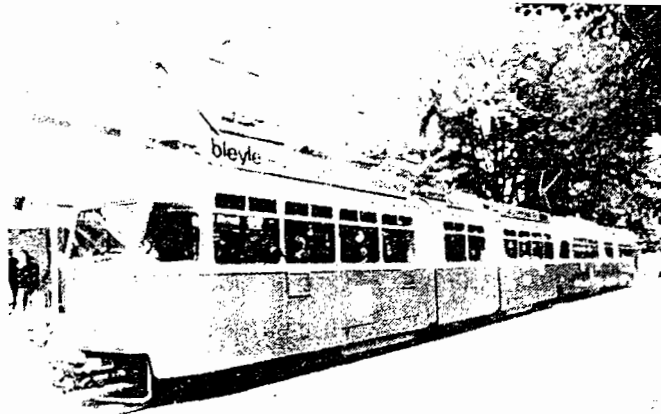


圖 5-2 以大型車廂聯結之輕軌運輸系統  
(瑞士蘇黎克的 LRT 車輛有 8 個車軸，此圖係由日本木下瑞夫先生提供)

成之多節車廂 (Multiple-unit) 或 2 個 8 車軸組成的車廂來營運。聯結之輕軌車廂 (Articulated LRT) 其車長在 20 ~ 30 公尺間，每一車廂可容納 250 名旅客，其中 20 % ~ 50 % 有座位。現代化 LRT 具快捷的加、減速能力 (1.0 ~ 2.0 秒，緊急制車率為  $3 \text{ m/s}^2$ )，最大速度因個別系統之不同而有異，其範圍在每小時 70 至 80 公里之間，某些系統的最大車速可達每小時 100 至 125 公里。LRT 之營運速度則大約在 18 ~ 40 km/hr。

此外，為因應路線的需要，LRT 車輛可以裝置高或低的月台以供旅客上下車。在目前現代化的 LRT 車廂內亦可裝置廣播系統、通訊系統和電力馬達控制空轉或打滑的系統，以防止不良天候和災害的影響。

LRT 之車輛大部份都在完全隔離路權的路線上營運，有時亦在平面分隔的路權上行駛。在全部路網中，LRT 屬完全隔離路權的長度最少占 40 %，多可高達 90 %。但在實際應用上，LRT 大都是在市中心區最擁擠的幹道上採用隔離路權以提高其運軌服務的水準。因此 LRT 在許多都市內往往以隧道的方式穿越市內擁擠的地區，使得 LRT 對乘客有很強的吸引力。LRT 定線的標準和車站外貌的設計與 RRT 系統極相似，但 LRT 更可在 SCR 路線上使用路邊低月台上下車之方方。由於此種彈性使得 LRT 可以配合地區之狀況逐步改善其路權之型態成為 A 型路權，而不致中斷其運輸服務。

通常於專用路權下，LRT 在路網上可達到的平均營運速度為每小時 20 公里至 25 公里。如在單一路線上營運則可能高於此平均值。同時，在完全隔離路權的情況下，列車的服務班次可達 90 班/小時，僅有少許技術和營運上的困難；如班次高達 140 班/小時，則必須有良好的控制系統，否則可靠度將降低。另外在運量方面，其最高運載量為每車 18,000 人/小時，有關路線容量之計算將於第八章討論。

一般而言，LRT 路網較密且涵蓋面積經由輻射狀路線散佈至市中心各地。其站間距離約 350 至 600 公尺，通常運載中、長程旅次，有時需和停車轉乘 (Park-and-Ride, P+R) 或開車接送 (Kiss-and-Ride, K+R) 相互配合，以提高載客人數。

輕軌捷運系統 (Light Rail Rapid Transit, LRRT) 是 LRT 最高層次的型態；其基本上最大不同之處在於 LRRT 採用完全的隔離路權和少數的平交道 (Grade Crossings)。LRRT 之車輛許計與一般 LRT 的車輛相似，但速度較快。在美國

賓州費城（Philadelphia）的諾利斯城（Norristown）路線上行駛的LRRT車輛見圖5-3或圖2-8，其最高速度可達110公里／小時，故早期有“子彈車”（Bullet Train）之譽；而其營運速度亦可達57公里／小時。此路線上採用高的月台（High-level Platforms），以及典型RRT的第三軌（Third-rail）電力供給方式。世界上與其相似的路線還有瑞典葛森堡市（Gothenburg）。最近已有人對LRRT逐漸加以改良，如加拿大最近發展出來的新型輕軌捷運系統（Advanced Light Transit, ALRT），或採用完全自動控制的方式。如此將使其在未來都市大眾運輸系統扮演一重要角色。有關ALRT的技術與特性之探討可參見第七章第六節。

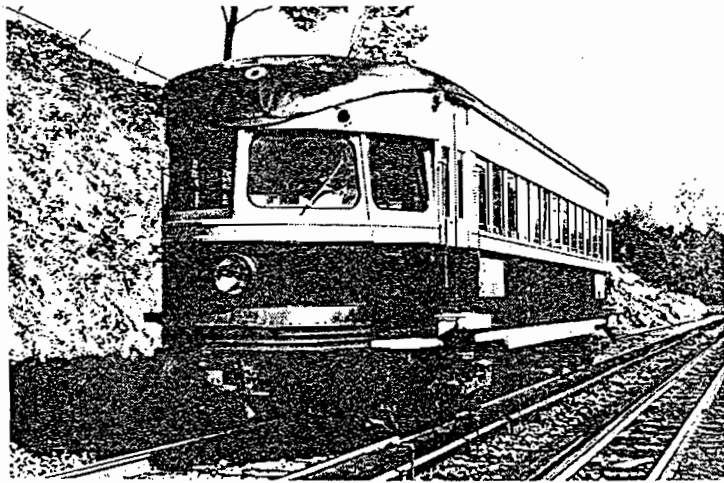


圖 5-3 費城之輕軌捷運系統（LRRT）

### （三）鐵路捷運系統（Rail Rapid Transit, RRT）

RRT（包括輪胎式捷運系統，RTRT）受許多人重視，因其代表著在高運量運輸路線和路網上的最佳運具。它有完全控制的路權，不受車流干擾。由於採用簡單的導引、電力推動和安全的車道控制裝置（Fail-Safe Way Control）使其在固定站間距離以及旅客需求的服務水準下，達到最大可能的速度、高的能源使用效率、高服務可靠度和安全水準。此外，僅由司機一人來控制10節4車軸的車廂，使其容量和生產勞動力較其他運具為高。由於採用車外售票、高月台和經由40個雙向通道的門（每節車廂四個門，共連掛10節車廂），使旅客同時上下車的方式，更使其旅客上下車的速度約為LRT的3至5倍或公車的10至20倍。由於這些實體設施和經營特性，使RRT成為在所有使用或試驗中的運具裏，最適合應用完全自動



圖 5-4 華盛頓捷運系統 (Washington Metro)

控制技術的列車。事實上，有幾個 RRT 系統已經裝置自動化控制的設備：諸如無人看管的車站、自動列車行駛、網路路線的控制中心等。一個現代化車站如圖 5-4 所示，為華盛頓捷運系統的車站。

在所有運具中，RRT 需要最高的投資成本，其主要原因在於採用完全隔離的專用路權和必須使用較大車站之緣故。因此 RRT 較適合應用於高旅次需求的運輸走廊。然而吾人須知：在旅客需求量高的地方，旅客需要高服務水準和高營運績效的運具，在此種情況下，RRT 較其他技術的運具有相對較低的投資與營運成本。同理，在現有 RRT 系統中提供額外服務容量的邊際成本亦較其他運具來的低。如舊金山港灣捷運系統 (BART) 每位司機可提供 1,500 個總位數 (spaces)；費城林登沃爾捷運系統 (Lindenwold Line) 則可提供 780 個總位數。而 LRT 為 150~450 個總位數；公車僅為 70~110 個總位數。

一典型現代化 RRT 車廂，長約 16 至 23 公尺，寬約 2.5 至 3.2 公尺，且通常由 1 至 10 個車廂所組成的列車單位 (TU) 來營運。而車廂容量在 120~250 個位數之間，座位佔 25~60%。營運速度在 25 至 60 公里/小時之間，尖峯小時的服務班次在 20~40 班/小時。紀錄上最高容量的 RRT 為紐約鐵路捷運系統，其每車道每小時載運 62,000 人。最近幾年世界上所開放營運的系統 (如巴西聖保羅市、香港捷運系統和巴黎 R. E. R. 系統) 都設計有相同等級的容量，其最大座位容量為 30,000 座位/小時，但大部份的 RRT 系統每小時都只運載 8,000 人至 25,000 人左右。

RRT 在市區中心亦經常以隧道或高架結構 (Aerial Structures) 的方式和

平面分隔，而在市郊或外圍地區則可行駛在地面上。紐約的 RRT 路網在 Manhattan 區是完全地下化的；巴黎捷運系統（Paris Metro）只有少數路線建在地面上或高架化；倫敦之 RRT 系統在市中心區完全地下行駛，但到了郊區就在地面行駛了，其於隧道中行駛的路線占全長的 $\frac{1}{3}$ ；美國克利夫蘭市的捷運系統，使用部分鐵路的路權而在地面上行駛，因此沒有隧道之路段。

老舊高架式（Elevated）的 RRT 較為龐大笨重，經常會產生噪音，對環境產生負面影響；但新的 RRT 結構就完全不同。現在所謂的高架（Aerial Structure）是預鑄混凝土（Prestressed Concrete）的結構，只對環境造成少許的負面影響。

美國大部份 RRT 的主要路線，除了紐約市 Manhattan 區外，都是在有限的市區中心提供輻射式運輸服務。至於現代化的歐洲 RRT 系統，其服務面積則涵蓋較大的市中心區，因此可對都市內中短程旅次或較長程之區域通勤旅次提供服務。同時在低人口密度的郊區就必須提供 P + R、K + R 或接運公車的服務，以吸引小汽車使用者轉來搭乘 RRT。一般而言，使用 RRT 的乘客平均旅次長度（約 5 ~ 9 公里），大於地面大眾運輸系統的平均旅次長度。

#### (四)區域鐵路系統（Regional Rail, RGR）

RGR 代表長距離鐵路營運方式的運輸服務系統，具高度技術性並符合所有營運標準。這種系統大都由鐵路公司（Railroad Agencies）經營；採立體隔離（Grade Separation）路權，但有時也使用由號誌控制的地面平交道（Grade Crossings）；其牽引多數靠電力，有時亦使用柴油推動。其車廂大（如圖 2-12 所示），速度快，可以單一車廂或列車方式來營運，提供較高品質與舒適程度的服務。RGR 之服務特性是平均旅次長度較長（在美國約為 35 公里）、站間距離大、速度快且服務可靠度高。

大部份 RGR 路網是由 CBD 輻射至郊區市鎮中心的路線所組成，通常需要 P + K，K + R，並以公車和步行做為接運系統（Access Modes）。RGR 在市中心區的車站經常和其他城際鐵路車站相連接，但其在 CBD 車站數目有限，因此 RGR 主要是服務郊區至市中心區的通勤旅次。RGR 的旅客運量具高度尖峰性和方向性，其路線班距為 20 分、30 分或 60 分不等。世界上的 RGR 系統可由下述城市的做為代表：芝加哥（Chicago）、格拉斯格（Glasgow）、倫敦（London）、莫斯科（Moscow）、紐約（New York）、費城（Philadelphia）、蘇黎克（Zurich）等。

RGR 在大多數日本城市及部份歐洲城市之特性和上述有所差異。例如柏林 (Berlin)、哥本哈根 (Copenhagen)、東京和維也納的 RGR 系統，雖由鐵路公司來經營，且具高度技術標準；但在市區內却有許多車站，其服務班次和 RRT 班距相似，且因有很多非通勤和非往 CBD 方向的旅次，所以尖峯現象較不顯著。因之此種營運方式的服務面積很大（如柏林），和 RRT 系統較為接近，所以不是一般典型的通勤鐵路 (Commuter Railroad)。

由於最近幾年來都市面積迅速擴大，使得 RGR 之發展趨勢已逐漸演變為 RRT 型態的 RGR 系統。其定線 (Alignment)、站間距離 (Spacing) 及速度一如通勤鐵路 (RGR)；但是服務班次和市中心 CBD 路線分佈情形却和 RRT 系統很相似。

目前有些 RGR 系統興建隧道來連接輻射狀的路線，以增加其在 CBD 的服務面積，使其成為 RRT 型態之 RGR 系統。如德國慕尼黑 (Munich) 之 S-Bahn，巴黎之 R. E. R. (Regional Express Railway) 都是很好的例子，且英國曼徹斯特和美國費城也有類似的隧道。然具有 RGR 特性的新系統由大眾運輸當局營運的有：舊金山之 BART、費城之 PATCO 和法蘭克福 (Frankfurt) 之 S-Bahn 系統。這種現代化 RGR 系統能對有許多衛星城市之大都市提供完整的區域交通網路，並且能整合地方性之大眾運輸與之配合。

RGR 系統其單一車廂的座位容量可高達 128 個，若是雙層車廂 (Double-decker Car) 則可達 175 個座位 (如後面圖 5-18 所示)。後者被應用於芝加哥市 (Illinois Central)、舊金山 (Southern Pacific)、多倫多、巴黎等城市。RGR 的營運速度在每小時 30 至 75 公里，最高行車速度可達 130 公里；其勞動生產力亦相當高。但於許多系統中，尤其是美國與加拿大，却因受陳舊勞工法規或工會的影響而雇用超過現代化 RGR 系統正常營運所需要的人力。另外，RGR 系統的缺點亦可歸因於：管理不當、缺乏政府的財政支援、和維修不良所致。雖然 RGR 存在著上述缺點，但是其系統所具有的高績效服務品質值得吾人重視它的發展。

##### (五)都市鐵路運具之回顧

上面所述的都市鐵路運輸系統，有些我們不能明顯地加以區分。例如 SCR 與 LRT 系統之區別正如 RRT 和 RGR 之區別一樣複雜；但 LRT 與 RRT 之區別就較為簡單。LRT 和 RRT 最大的差別即在於有無完全隔離的路權、是否具有高度營運績效、及數種技術特性的差異，如高月台、第三軌動力供應、完全自動化、



與安全控制裝置 (Fail-safe Control)。

由於運輸系統之屬性有相互重疊的特性，因此經常造成運具定義上的困擾。例如：我們很難定義 BART 是 RRT 運具亦或是 RGR 運具；還有，在費城之諾利斯城線 (Norristown Line) 是唯一兼具 RRT 和 LRT 特性的系統；而在芝加哥，同樣的 RRT 系統却有地面平交道。雖然有少數如上述的特殊個案，吾人却不能因此而引喻失義，以致對其他都市鐵路系統無法給予適當的定義或區分。

上述四種都市鐵路運具之技術特性綜合如表 5-1；而技術和營運特性之回顧可由圖 5-5 中得知。從圖中可知：鐵路運具是一種多元化與多屬性的運輸系統。曾有

特 性	鐵路運具 型態	LRRT			
		SCR (地面電車)	LRT (輕軌運輸)	RRT (鐵路捷運)	RGR (區域鐵路)
路權分隔	無	——			
	部分分隔		——		
	地面平交			——	
	A 型路權			——	——
列車最大車廂數	1-3	——			
	4-10			——	——
車站月台	低	——			
	高		——	——	——
動力供應方式	架空線	——	——		
	第三軌			——	——
	柴油				——
車輛控制方式	司機/目視	——	——		
	權宜號誌			——	——
	強迫停車號誌			——	——
	自動控制			——	——
最大車輛速度	≤ 70 km/h	——			
	71-100		——	——	——
	> 100			——	——

圖 5-5 都市鐵路運具之基本特性

人批評鐵路運具為一單元化運具 (Single Mode)，且造價昂貴，又僅能服務少數城市，這實在是錯誤的論調。因鐵路運輸系統具廣大營運範圍的特性，適合於各種不同條件的城市中使用。誠然，最高層次的捷運系統——如具自動化、高運量的舊金山 BART 系統——雖不適用於小型都會區；但較低層次的鐵路運具——如 LRT——却可成為中型都市之最佳運具。無論如何，如果大眾運輸的目標是想藉著高服

表 5-1 各種鐵路運具之技術、營運和系統特性

	SCR (地面電車)	LRT (輕軌運輸)	RRT (鐵路捷運)	RGR (區域鐵路)
<b>車輛特性</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 最小車廂數</li> <li>● 最大車廂數</li> <li>● 車輛長度</li> <li>● 車廂座位數</li> <li>● 車廂總位數 (座位加立位)</li> </ul>	1 3 14-23 22-40 100-180	1(4-axle) 2-4(6-8-axle) 14-30 25-80 110-250	1-3 4-10 15-23 32-84 140-280	1-3 4-10 20-26 80-125 140-210
<b>固定設施</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 專用路權占全線百分比</li> <li>● 車輛控制</li> <li>● 收費方式</li> <li>● 動力供應</li> <li>● 車站                             <ul style="list-style-type: none"> <li>月台高度</li> <li>離靠站控制</li> </ul> </li> </ul>	0-40 手控/目視 車內 架空線供電 低 無	40-90 手控/號誌 車內或車站 架空線供電 低或高 無或完全控制	100 號誌 車站 第三軌/架空線 高 完全控制	90-100 號誌 車站/車內 架空線/第三軌 低或高 無或完全控制
<b>營運特性</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 最大速度 (Km/h)</li> <li>● 營運速度 (Km/h)</li> <li>● 尖峯小時最大班次 (TU/h)</li> <li>● 離峯小時之班次</li> <li>● 每小時運載人數</li> <li>● 可靠度</li> </ul>	60-70 12-20 60-120 5-12 4,000-15,000 低-中	60-120 18-40 40-90 5-12 6,000-20,000 高	80-100 25-60 20-40 5-12 10,000-40,000 非常高	80-130 40-70 10-30 1-6 8,000-35,000 非常高
<b>系統特性</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 路網及服務面積</li> <li>● 站距 (公尺)</li> <li>● 平均旅次長度</li> <li>● 與其他運具之關係</li> </ul>	路線較為分散， 服務面積大 250-500 中、短途旅次 能作為較高容量 運具之接運系統	在 CBD 有良好 之服務面積 350-800 中、長途旅次 P+R, K+R, 可以巴士為接運 系統	大多為輻射路線， 有不錯之 CBD 服務面積 500-2,000 中、長途旅次 P+R, K+R, 可使用巴士為接 運系統	輻射式，CBD 之服務受到限制 1,200-4,500 長途 外圍：P+R, K+ R, 公車接運 市中心：步行、 公車、LRT

務水準來吸引小汽車使用者，那麼鐵路運輸系統是所有可行方案中，能以最低成本達成此一營運目標之運具之一。這種說法是考慮了運輸系統在營運時間內對旅客的吸引力，各種運具間之正面、反面與間接層面的影響，及參酌世界大都市興建鐵路運輸系統的經驗而得的初步結論。

## 第二節 第三軌集電方式和架空線方式之比較 (資料來源：張有恆，「都市大眾運輸系統與技術」)

目前國內台北都會區大眾捷運系統的施工規範，已初步決定採用標準軌距及靠右行車之制度，但是對於究竟要採用架空線供電或第三軌集電之方式，以及在隧道是否要設置旅客緊急撤離的步道（walkway或 catwalk path）等問題，見仁見智，曾引起爭議。此皆與捷運系統隧道開挖之大小及建造成本有關。吾人應就系統之規劃目標、設計標準、環境景觀影響及各項效益與投資成本等項深入研究，以選定適合國內採用之施工規範。

在此擬比較一下捷運鐵路系統使用第三軌集電方式（Third Rail）和架空線供電方式（Catenary Power Distribution）之優缺點，供讀者參考。上述兩種供電方式在日本、歐洲、南美洲和北美洲（以第三軌集電為主）都被廣泛使用。下面依經濟、技術、景觀、安全之因素，來評估此兩種供電系統。

### 1. 經濟因素之考慮

捷運鐵路系統使用第三軌最主要的原因，乃是由於第三軌系統可以有較小的隧道淨空或直徑，如此可降低建造成本。如果捷運系統大部分建在地面上，若採用架空線供電之方式，則其設備成本會比第三軌集電方式來得高；若捷運系統大部分建在隧道內，由於架空電線可在隧道頂上架設，如此其設備成本將較第三軌集電方式低。然而，其維修成本將較第三軌方式為高。此外，在車輛安裝相關設備方面（vehicle-mount portion），第三軌系統也會有較低的投資成本與維修成本。同時，第三軌供電之方式，在輸電方面的能力也比架空電線供電方式優越。

### 2. 技術因素之考慮

就技術而言，高架線供電方式之集電架（Pantograph）在車輛和電線之間，僅提供一個接觸點；而第三軌集電方式，則以集電靴（shoe）與第三軌有面的接觸，如此可提供較可靠之服務，然而其在進行維修工作時，要將第三軌之供電隔離；至於高架電供電方式，則不必作此考慮（除非很靠近導線），因此就此點而言，第三軌集電之方式在維修時較為繁瑣且耗時。

### 3. 景觀因素之考慮

一般來說，地面高架電線供電方式在景觀方面，由於高架電線、電桿林立，易產生負面的視覺效果。而第三軌集電方式，不論是在隧道、地面或高架上，均會有正面視覺效果，可給予乘客良好的印象。

### 4. 安全因素之考慮

論者常謂採用高架電線供電方式，對一般民衆而言，較第三軌集電方式安全。此說固然正確，但是由於捷運系統大多有專用路權，因此民衆不易接近；雖然如此，吾人也必須要教育民衆，使其瞭解第三軌的危險性。此外，當捷運系統車輛在隧道中發生意外，而乘客必須撤離時，往往必須要把第三軌的電源關閉，以策安全，但是此舉將會增加隧道的溫度，且無法使用照明設備，是其缺點。

綜上所述，無論是採用第三軌或高架電線之供電方式，皆各有其優點，不分高下。因此在作選擇時，所必須考慮的或許是景觀因素及安全因素或其它任何因素何者較為重要的抉擇了。

### 第三節 大眾運輸之路權型態

(資料來源：張有恆，「都市大眾運輸系統與技術」)

大眾運輸路權型態的實體特性，受其建造時垂直位置不同的影響，可分為四大類：

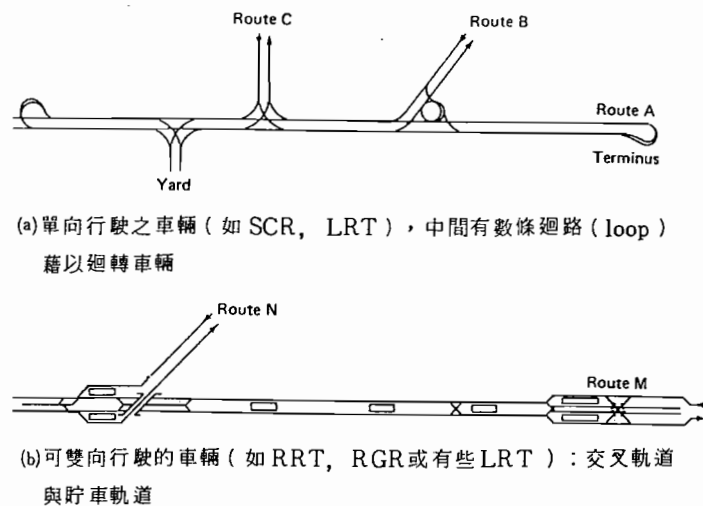


圖 5-35 軌道之佈置

- 高架：係使用路堤、高架路橋（Viaducts）和橋樑（Bridge）的高架式路權，在此種狀況下，車輛幾乎在完全控制下營運。
- 平面（At-grade）路權：其路線在水面地面上營運，可能與其他車流混合行駛，成為半專用（semiexclusive）或完全專用的路權型態。在半專用路權型態下，於交叉路口必須有下述設施配合：路邊石（Curbs）、柵欄（Barrier）、禁止轉彎（Turn Prohibition）或特定號誌（Special signals）等。
- 降低式路權（Depressed R/W）：其軌道置於地下，但採露天式設計。此種路權型態常使用在對視覺和聽覺干擾要最小的路段；或地面系統有許多交叉路口的路段上，如為求有高速和安全營運績效，而需要有立體分隔（Grade Separation）時才使用。
- 隧道式路權：此為大眾運輸系統完全隔離之地下封閉式路權。  
由於營運型態的不同，路權可依其與其他車流分隔的程度而劃分成三個類型：
- 共用路權（Share R/W）或C型路權：其軌道與其他車流混合使用，例如 SCR 和少數LRT 的路段，都採用此種路權。
- 隔離路權（Separate R/W）或B型路權：排除在軌道上共同行駛的其他車流，但系統含有地面平交道（At-grade crossing）。這類路權包括從地面中央行車帶（Median）到部分有控制之交叉路口且車輛可高速行駛的路段。
- 專用路權（Exclusive R/W）或A型路權：這種路權大都使用同一種運具來

營運，且由營運當局全盤控制系統營運的狀況，其他行人或車輛無法進入此種路權的車道。此種路權形式為所有RRT，大部分RGR 和少數LRT 系統所採用。

大眾運輸系統由於路權隔離程度之不同，大大影響到營運的營具績效和實體特性。以下將先由低層次隔離路權（C型路權）談起，當然隨路權隔離程度的提高，其投資成本增高，但服務水準、服務品質和旅客吸引力亦隨之提高。

### (一)共用路權（Shared R/W）或C型路權

在街道中建造鐵路軌道之成本，比起獨立路線上軌道之建造成本還高，但是却不必考慮購買土地（或路權）所需的成本。

在街道上設置一軌道比建在獨立路權上，較不易為人們所接受，但和應用一些管制手段（Regulatory Measures）則可增進其營運品質。假如沒有這些管制策略，則SCR 會和其他車流產生許多衝突，且操作績效比地面公車更令人不滿意。

在歐洲許多LRT 系統採用數種革新的交通工程策略，已經被證明可以減少鐵路車輛和其他車流衝突，並且可以增進LRT 營運的有效性和安全性。這數種革新管制策略如下：

1. 禁止其他車流穿越（Prohibition of Cross Traffic）：在無號誌化的交叉路口禁止其他車流通過，只允許右轉或離開交叉路口的車流通過。

2. 禁止左轉（Elimination of left Turns）：其策略為在主要交叉路口上以特殊交通號誌時相（Special signal phase）來控制；而在次要交叉路口禁止左轉，而且轉向車道與鐵路軌道分隔。

3. 引進“號誌島”（Signal Islands）：即在大眾運輸的停靠站設置號誌島，如圖5-36 a所示。號誌島包含一號誌和一停車線（設在近端停靠站之前），這一號誌只針對小汽車而言，平時都為綠燈，若偵測到附近有鐵路車輛出現時則轉為紅燈，以禁止小汽車進入乘客上下車的區域，危及乘客安全。

4. 路緣行人安全島（Curbed Pedestrian Island）：道路若有足夠的寬度，則在停靠站最好設有安全島以供行人通行。若任車輛較多之危險區段，則必須在其車流接近方向安裝上柵欄以保護行人；此外在高旅客運量的停靠站，最好在安全島上裝設號誌，以使行人安全穿越於安全島和行人道（side walk）之間，如圖5-36b所示。

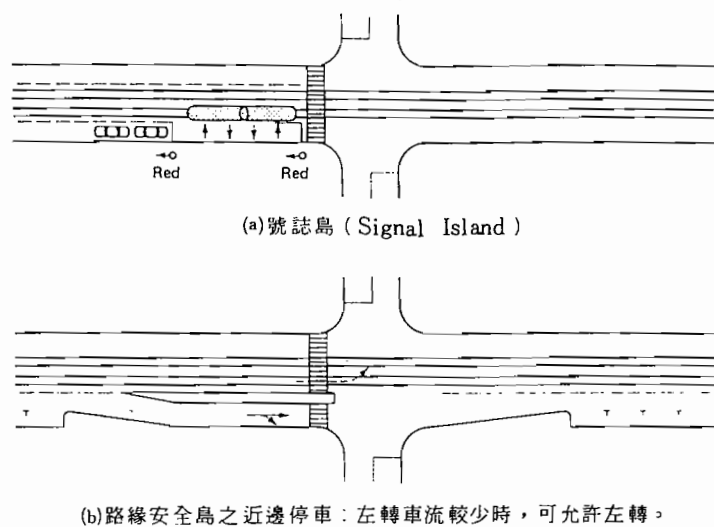


圖 5-36 號誌島和路緣安全島之停車設計

5. 觸動號誌 ( Actuation of signals )：在交叉路口上裝置觸動號誌且和號誌島的號誌互相連鎖，以使鐵路車輛能比其他車流優先通過交叉路口。

6. 特殊號誌時相 ( Special signal phase )：使轉彎之鐵路車輛的移動，不會受到不當的延誤。

7. 大眾運輸專用車道 ( Reserved Transit Lane )：吾人可以在車道路面上，以直線或以斜紋線劃出大眾運輸車輛專用道路，或在路面上以金屬或塑膠物標示亦可。

8. 以不對稱軌道 ( Asymmetrical track ) 和反車流方向營運：此乃使用標誌 ( Markings ) 或緣石 ( curbs ) 在單行道上，用以分隔鐵路車輛與其他車流，經過實驗證明非常有效。

9. 公車和LRT 車輛共用使用專用車道 ( Reserved Lanes )：此法已在某些都市的路段上使用，如橋樑 (在Gothenburg )，隧道 (在Pittsburgh ) 和車站 (在 Bremen, The Hague ) 等。然而此種混合營運方式的軌道寬度需要比兩個鐵路軌距還要寬 ( 因為公車駕駛之準確性較低 )，假如不能滿足此一需求，則其營運速度和安全性可能降低。

10. 行人徒步購物區 ( Pedestrian Malls )：設置LRT 路線在歐洲許多城市都成功地使用此種方法來改善LRT 的營運 ( 如Dortmund, Mannheim, Zagreb, and Zurich )；LRT 以適當的速度在高度旅次吸引的行人徒步區內，提供立即的旅客

運載服務。此種策略在經營上已被證實無安全之虞，且因其有固定路線，安靜及較少能源消耗，因此比公車更適用於行人徒步區。

從 1960 年中葉以後，歐洲許多城市便從事都市鐵路營運改進的工作，一些比較成功的系統，以荷蘭、瑞士和西德的城市較為出名。

## (二) 隔離路權 (Separated R/W) 或 B 型路權

此型路權是指在正常情況下，以緣石或柵欄防止其他車輛進入的路權型態。有些特殊車輛（如救護車）和穿越路口的行人有時亦可進入，然而此種路權的交叉路口大部分都在地面上。有關這種路權型態大眾運輸車輛的改進方式，可分別說明如下：

1. 在現有路面上安裝緣石 (Curbs in existing pavement)：此為成本低且效率高而執行又容易的方法，其所產生的隔離程度雖然最小，但却立竿見影。

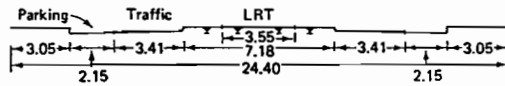
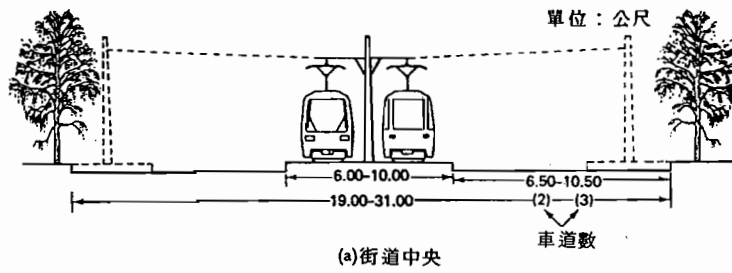
2. 使用隆起之軌道 (Raised Track Area)：此為在街道上最常見的軌道分離的方法，其軌道常放置在碎石 (Gravel) 和綠地之上，使大眾運輸路權產生很明顯的標誌；同時可以阻止行人任意穿越，而且又可以最簡單，最易維修的方式來建造軌道。

上述路權型態（如圖 5-37 a, b, e 所示），經常設立在街道中央，亦可在人行道或道路二旁對稱設立（圖 5-36 c）和在道路一旁不對稱的設置，如圖 5-37d 所示。設置在中央的路權可以高速行駛，因其可遠離人行道和慢車道；而設在路旁的優點，乃是其並不需要兩個隔離方向的車道。圖 5-37 顯示三種路權設計之型式和最小之設計尺寸。此外，由圖 5-37 吾人很明顯地可以看出(c)和(d)較(a)更適用於狹窄的街道，然而由於(a)具有良好的營運特性，所以在有足夠路寬下，大部分系統最好採用(a)或(e)之形式。

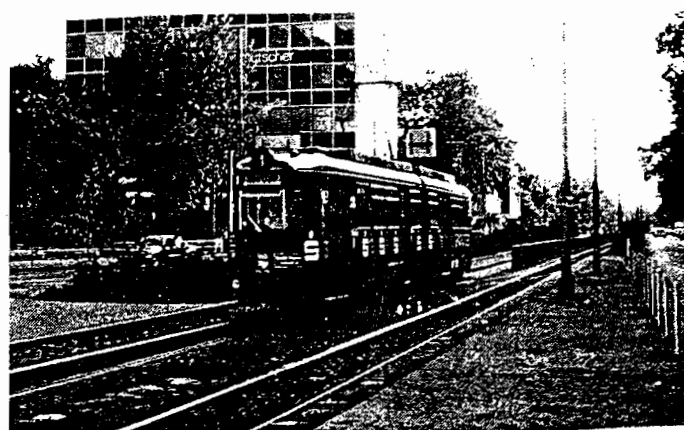
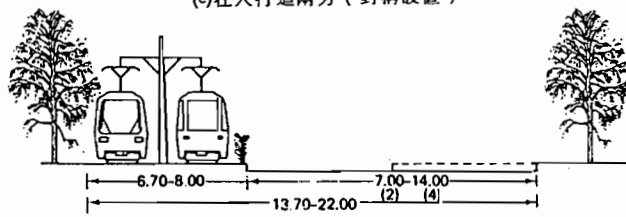
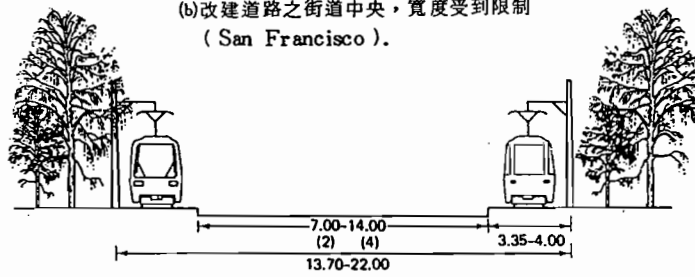
不管上述路權寬度為何，都需要有另外一層的隔離，即在中央分界帶必須設置鏈條或柵欄，以阻止行人穿越中央分隔地段；或在軌道兩側與人行道相鄰地帶種上灌木叢林和種植花朵，雖然種植這些花、樹需要一些額外土地和養護工作，但却可提高行人安全和改進全線街道的景觀。

3. 使軌道通過綠地和公園 (Tracks through green strips or parks)，此方法在歐洲許多城市採用，不但可使投資和維修成本較小，且提供乘客良好的旅行環境。

在路面上最高層次的隔離方法，為軌道和路面間以混凝土之柵欄分隔 (Conc-



(b) 改建道路之街道中央，寬度受到限制 (San Francisco).



(e) 德國海德堡市 (Heidelberg) 之 LRT 街道中央之街道

圖 5-37 在路緣設置 LRT 軌道之型態



rete Barriers )，然而此種方法很少被採用，因為其比不上種植植物來得美觀。此外，大部LRT 系統爲了維修或緊急事故等原因，仍以種植花木爲路權主要隔離方法。

不管採用何種方法，B型路權都受交叉路口影響而無法全線連續隔離，所以在交叉路口須裝有觸動號誌 ( Actuated signals ) 來控制車輛之行進，提高其行車效率。

上述之路權在中央分隔地帶，往往必須設有車站以供旅客上下車之用。當有較大的路權面積時，可以將種植林木的地區做爲車站；若中央分隔島已是最小寬度，則必拓寬街道以取得設置車站之用地。

至於LRT 採用實體隔離路權之方式 ( Physically Separated R/W ) 與使用專用車道 ( Reserved Lanes ) 方式之比較，隔離路權之優缺點可綜合如下：

- |  |
|--|
| <p>優點：1.由於速度和可靠性較高，因此服務水準亦較高。</p> <p>2.具有較高生產力，故營運成本較低。</p> <p>3.不需考慮執行方面的問題。</p> <p>4.有較佳的視覺識別效果。</p> <p>5.較強的旅客吸引力和較佳之景觀。</p> <p>缺點：1.需要較寬的路權。</p> <p>2.對某些系統而言，投資成本較高。</p> <p>3.若種植樹木，則需額外維修成本。</p> |
|--|

### (三)高架路權 ( Elevated R/W ) 或A型路權

許多鐵路運輸系統使用高架路權，這是因爲在建築物林立的都市內，除隧道外，在完全隔離路權方面最可行的方法。

過去舊式之RRT 和RGR 高架結構，至今仍存在許多城市 ( 如紐約、芝加哥、費城等 )，已被證明對環境產生許多長期負面的影響，諸如龐大笨重的結構，大大地影響市容美觀，帶來令人難以忍受的噪音，且支撐的石柱嚴重影響地面交通等。

由於預鑄混凝土的發明，已對高架結構產生有利的影響，它可以改變過去笨重鋼軌式高架結構設計，取而代之的是整齊美觀的高架橋樑。新式高架橋樑係採用單一柱子 ( Column ) 來支撐混凝土的路基軌道，其石柱直徑約1.5公尺，跨距約在20

到 30 公尺之間，其總寬度係包括兩軌道寬度和一供維修和逃難用的“小通道”（Catwalk）。就 LRT 系統而言，寬約 7.70 公尺，RRT 系統寬約 8.00 公尺，如圖 5-38 所示。

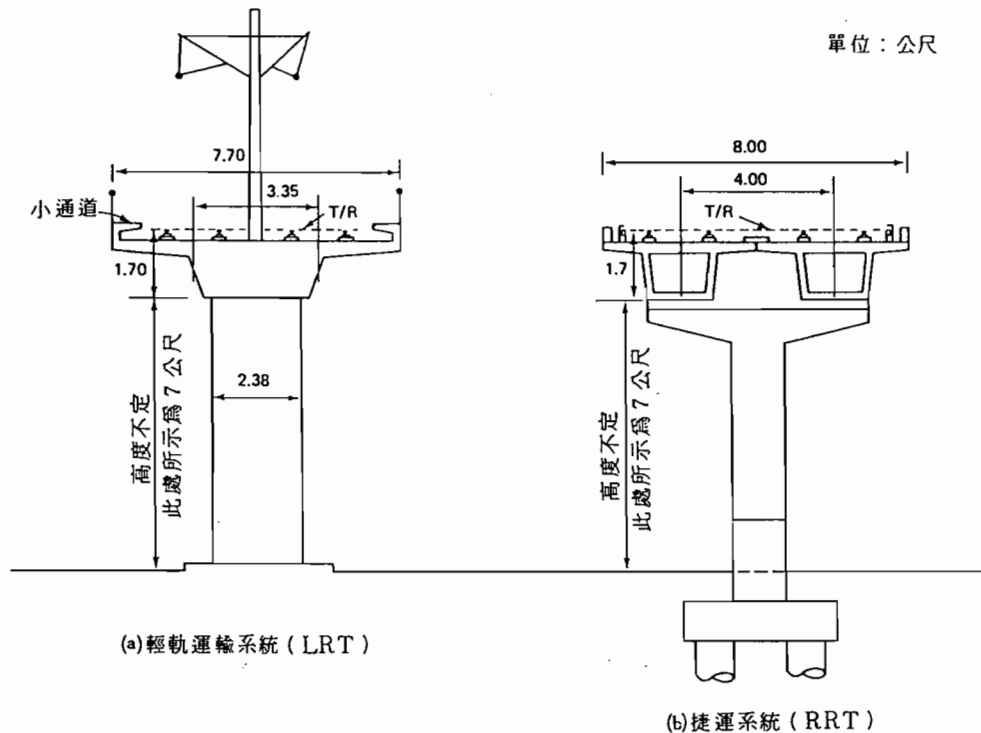


圖 5-38 高架 LRT 和 RRT 之結構剖面圖

一般反對建造高架系統的阻力來自兩方面：一為高架結構兩旁的居民，一為對於過去舊高架系統有不良印象的市民。但是現代高架系統應可改變上述人們錯誤的印象，使其瞭解過去錯誤的印象並不正確。因此預計將有越來越多的城市會使用目前現代化的高架系統。

大眾運輸之高架結構可建在通衢大道、現有鐵路路權和高速公路中央地帶無陸橋或天橋通過的地方，或延著河流兩旁來獨立定線。然而即使最現代化的高架系統，亦存在著少許令人不滿意的地方：如在有限空間和高樓林立的都市裏，很難找出可用空間供興建高架車站之用；而林立的石柱也影響到市容美觀，再者對兩旁居民多少帶來噪音和環境的污染。

因之，使用高架結構之趨勢，隨各地區之特性而異。而其改進舊系統的方法亦有所不同，如在芝加哥，陳舊的高架系統在高樓林立的市區，已漸漸為地下隧道路權所取代；而遠離市中心之郊區，其高架系統亦漸由現代化之混凝土高架橋取代。在上述更新或取代舊高架結構之最大問題，在於重建時為維持運輸服務之複雜性與較高的建造成本。

新的RRT 路權和一些LRT及RGR 路線，在郊區大都採用高架路權系統，而在適當之市中心區也都考慮興建高架系統。至於高架路堤（Embankments）亦經常使用於郊區之RRT 和RGR 系統，其比高架結構有較低的投資成本，但必須有較寬的路權，而最主要的問題在於高架路堤除非使用橋下通道，否則將對兩側居民造成彼此往來之實質障礙。

#### (四)隧道（Tunnels）或A型路權

都市鐵路系統於市中心區經常採用隧道之專用絕對路權之控制，可避免外在因素（包括氣候）之一切干擾，因此其營運可靠度與安全性非常高，而且軌道設備的維修成本也不高。

建造隧道的成本比其他路權型態高出許多，此外在其興建過程當中會影響地面交通達一至兩年之久；然而一旦完成後，隧道的使用年限比其他系統要長，而且對附近環境幾乎沒有任何不良的衝擊（除了有時對鄰近高樓有少許震動之影響外）。

隧道依其建造方法、建造深度和定線方式，大致有兩種型式，一為淺挖隧道（Shallow Tunnel），其深度低於地面約 20 公尺，它是從地面街道開始施工起，且沿著街面或露天的地方定線，深挖隧道（Deep Tunnels）是使用鑽孔技術來興建，其深處經常在地下 60 公尺處，通常可獨立定線，不受地面街道路網（Street Net-work）的影響。

#### 第四節 輪胎式捷運系統

(資料來源：張有恆，「都市大眾運輸系統與技術」)

近幾年來，有一些城市的大眾捷運系統，已不再使用傳統的鋼輪，而使用輪胎式的車輛來支撐及導引捷運系統的車輛。巴黎是第一個使用此種系統的城市，此後里昂、馬賽、墨西哥及智利首都聖地牙哥和加拿大蒙特婁市（如圖2-9所示），都是接著採用。

嚴格來說，輪胎式捷運系統（Rubber-tired Rapid Transit，RTRT）亦為鐵路大眾運輸工具的一種，每一車廂有16個輪胎式車輪（8個用來支撐，8個用來引導）和8個鋼輪（僅做為轉轍和緊急支撐之用），其構造如圖5-41a所示。

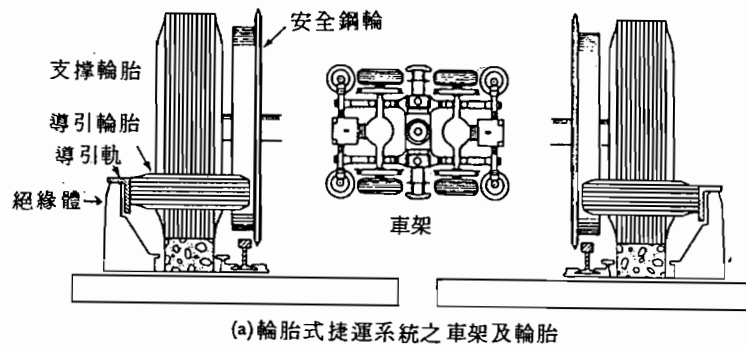


圖 5-41 巴黎輪胎式捷運系統

巴黎輪胎式捷運系統列車（如圖5-41b所示），是在1951到1956年被發展出來，供巴黎的捷運系統（Paris Metro）使用，並開始營運。在那時巴黎大部份捷運系統傳統之鐵路車廂已使用達數十年之久，其動態性能和車輛座位舒適程度很差，且行駛過程中又產生很大的噪音。因此法國捷運當局在對於傳統鐵路車廂和軌

道技術失望之餘，開始著手發展這種輪胎式捷運系統，以便達成下述技術的改良：

- 經由車輛良好之黏著力，來改善加、減速度以提高營運速度。
- 減少噪音。
- 減低車廂重量，使成本降低。

巴黎市之輪胎捷運系統（RTRT）確實已對上述三點作了相當大的改進。然而，由於鐵路技術在近二、三十年來也作了相當的改良，不只可達到RTRT所希望達成的目標，又進一步改良了RTRT系統的缺點。下面將就RTRT之技術、應用及其與RRT之比較，提出探討。

## 一、輪胎式捷運系統之技術

輪胎式車廂和一般鐵路車廂有相同的車身及車架結構。其支撐用的輪胎式車輪，係在傳統鐵軌外側的混凝土車道（Concrete rail）行駛；而導引用的車輪是一組水平方向之較小輪胎式車輪，在兩側軌道之垂直表面上行駛。至於車輛仍保留鋼輪的兩大主因為：

1. 爲了轉轍：當轉轍時，導引面不能連續，因此必須使用傳統鋼輪之輪緣（Flange）及鋼軌來轉轍。
2. 爲了緊急支撐使用：當輪胎式車輪破損不能正常使用時，可以鋼輪支撐車身，而繼續在鋼軌上行駛。

輪胎式捷運系統之集電方式，是以集電靴（shoes）行駛於導引表面（+）和鐵軌（-）上，而取得電力。由圖5-41可以看出每一車架，有四個較大支撐用的輪胎，以及四個較小導引用的輪胎；至於RTRT在軌道方面的佈置，如圖5-42所示，係由兩個水平面（Horizontal surface），兩個垂直鋼製表面（Vertical steel surface），及兩條鋼軌所組成。因此，RTRT不管在車廂或軌道設計方面，都較傳統鐵路技術來得複雜得多。

## 二、輪胎式捷運之特性及與鐵軌式捷運系統之比較

吾人在比較輪胎式捷運和鐵軌式捷運時，必須審慎評估下述屬性：

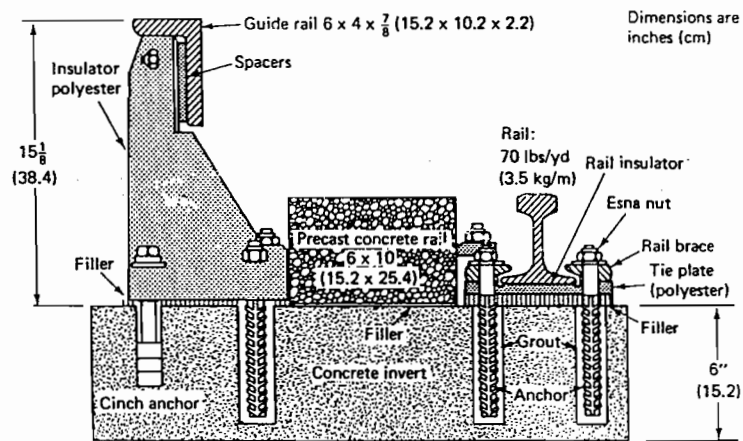
1. 黏著力：輪胎式車輪行駛在乾燥導軌間之黏著力，一般都優於鐵軌式系統，因RTRT之車輛具有下述之特性：
  - (a) 能行駛在坡度較陡的地形：尤其是對受地形環境因素嚴格限制的城市特別

有利。然而坡度較陡的地形，在營運上並不很理想，所以除非萬不得已，最好不要使用太陡的幾何設計，墨西哥市之RTRT系統使用7%坡度；蒙特婁為6.5%；札幌市為4.5%。至於其他都市鐵路系統使用的坡度如下：

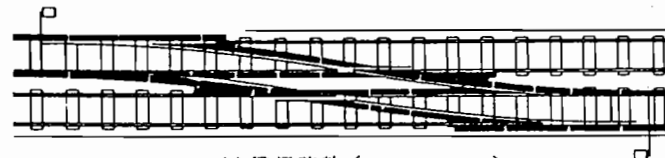
布魯塞爾為6.25%；格拉斯高（Glasgow）為5.5%；費城為5.25%；波士頓、奧斯陸（Oslo）和其他都市的系統為5%。

(b)較佳的加速能力：在正常狀況下RTRT和鐵軌系統無多大差別，因為車輛之最大容許加速度受到旅客舒適及安全程度或電力馬達動力的限制，同時傳統之都市鐵路技術亦可達到上述加速的要求。但在坡度較陡的都市起動時，因RTRT有較佳的附著力，所以優於鐵路式捷運系統。

(c)RTRT系統對潮濕及冰雪的天氣較為敏感，此為其最嚴重的缺點：由於RTRT有此缺點，所以在蒙特婁的RTRT網路都採隧道方式。但此方法又受到成本較高的限制，所以日本札幌市的捷運系統係建在高架而封閉的管道（Tubes）內，但如此的設計，又會影響到市容美觀。如為解決天氣所造成的困擾，可在導



(a) RTRT 鐵軌構造圖



(b) 貫通路軌 (crossover)

圖 5-42 輪胎式捷運系統之軌道

軌上加熱，此種方法已在巴黎輪胎式捷運系統之高架 6 號路線上採用，然而此法又會增加系統的複雜性和大量的能源消耗。

(d)RTRT 系統只需一部分的車廂重量作為牽引之黏著重量 (Adhesion Weight)：如此使 RTRT 之動力車廂可使用較大的馬達，來牽引部份無動力拖車 (Trailer)，使其車隊之總購置成本和營運成本比 RRT 系統來得低。

2. 噪音方面：RTRT 系統比起老舊鐵路設備噪音小得多，但和現代化鐵路系統比較，則無多大的差別。雖然在急轉彎所產生的噪音，一般而言 RTRT 較 RRT 小些，但並非全然如此。因有些研究指出〔17〕，巴黎 RTRT 系統的噪音較多倫多和斯德哥爾摩的 RRT 系統小些，但並不如漢堡和柏林的 RRT 系統來得安靜；且有些現代化 RRT 系統（如慕尼黑和 BART），其噪音就明顯上比蒙特婁之 RTRT 系統（使用混凝土車道）小；然而，墨西哥市使用之鋼製行駛車道 (Steel Running Surface) 的 RTRT 系統或許是世界上最安靜的都市捷運系統。

3. 車重方面：RTRT 系統在當初設計時，原先預期其重量會比較低，然而由於使用 8 個輪胎，因而限制了車廂的總面積（約 50 平方公尺），使得 RTRT 之車廂和最小 RRT 車廂大小相似（諸如柏林、漢堡、芝加哥和馬德里等 RRT 車廂），因此以單位面積之車重 ( $\text{Kg}/\text{m}^2$ ) 而言，RTRT 系統與 RRT 系統，可說是難分高下。因為實際上，車輛之重量主要視車廂所使用之材料來決定，而與導引技術的關係較小。

4. 能源消耗較大：RTRT 準確的能源消耗數值很難計算得知，因為這兩種技術從來沒有在同一路線上營運過。根據 Danziger 氏之研究〔7〕，指出 RTRT 系統約高出 25%~30%。RTRT 系統之能源消耗較大的原因，在於其車輛輪胎的滾動阻力約為鐵軌式的 10 倍。此為 RTRT 系統最大的缺點。

5. 隧道中的溫度較高：由於輪胎式車輛有較大的滾動阻力和能源消耗，因此在隧道中易產生高熱，如此為降低隧道內溫度，就必需在隧道內再裝上較強的空氣通風設備 (Ventilation Equipment)，但如此一來，勢必又會增加系統的複雜性和營運成本。

6. 發生火災的危險性：在隧道內車輛行駛所產生的高熱及高溫，對系統內許多易燃物質（如輪胎）而言，容易發生意外事故，所以新設計的 RTRT 系統必須審慎考慮此一因素。

7. RTRT 成本較難加以準確估算：由巴黎首次使用 RTRT 路線上的研究報告〔24〕，聲稱其有較佳的成本結構。但根據其他分析，却認為由於 RTRT 在車道導引

和車廂設計的複雜性，往往導致較高的投資成本，以及較高的能源消耗而使營運成本亦較RRT系統為高。

### 三、輪胎式捷運系統之應用

吾人在引進RTRT運具時，首先要考慮其技術與經濟之特性，並與標準之RRT技術比較後，再來決定選用何種運具。

綜上所述，RTRT和傳統RRT技術比較後，其優缺點如下：

優點：1.在正常情況下（氣候乾燥時）其黏著性較佳，因此可適用於較陡的坡度，並使用拖車（Trailers）來營運。

2.在急轉彎的曲線（Sharp Curve）上，產生較小的噪音。

缺點：1.受雨天、冰、雪天候的影響較大，使其只能在氣候溫和的城市或在隧道中使用。

2.由於受輪胎式車輪載重之限制，以致於車廂較小。

3.由於有較大的滾動阻力，使其能源消耗較大。

4.行駛時會產生高溫和高熱，故需要有良好的通風設備的隧道。

5.其發生火災危險的可能性較大。

6.由於技術的複雜性和較高的能源消耗，使其投資成本和營運成本偏高。

相同點：有相同的最大加速率。

由以上的比較，可以發現RTRT系統較RRT運具存在著較多的缺點。結果使其唯有在特殊的環境中（如巴黎），才能成為一具競爭性和具較佳績效的運具：如在隧道中有很多急轉彎，沒有空氣潮濕的地面，較多之斜坡使黏著力能充分被利用，陳舊的高架系統經不起高度震動，或系統重建成本相當高時，才適合RTRT系統。

雖然RTRT系統有上述的缺點，但却有一些非技術和經濟性的因素，使有些城市選擇了RTRT的系統，諸如：

1.充裕的財務支持和政治因素：這是大部分RTRT系統被採用的最大原因。

2.擬以非傳統之運輸技術及新觀念來解決運輸問題：

如日本札幌市的捷運系統使用輪胎式車輛，和其他美國的城市，如邁阿密、巴爾的摩、匹茲堡等，皆考慮採用二車軸輪胎式的車廂，但上述美國的城市後來經由詳細的比較後，仍決定採用傳統的鐵路運輸系統。



(資料來源：張有恆，「都市大眾運輸系統與技術」)

### (一)前言

由於都市大眾捷運系統，具有專用路權，速度快，又可自動控制，可靠性高，同時運輸能量大，故常有人認為都市只要有了大眾捷運系統 (Mass Rapid Transit System) 便可解決都市運輸問題，而對於接駁大眾捷運系統的接運系統 (Feeder System)，則鮮少重視，迄今猶很少有關於的研究文獻，殊不知接運系統規劃之良好與否，是都市大眾捷運系統開放後成敗之重要關鍵。試觀早期美國舊金山灣區捷運系統 (BART)，該系統於 1972 年開放，雖擁有全世界最新式、最現代化設備 (電腦自動化控制系統，車廂內擁有冷暖氣、地毯設備，時速 40 哩以上)，但由於其在運輸走廊上之接運系統服務不良，以致其完成初期營運績效不彰。另一方面，如西德慕尼黑之新系統，其路線長度雖只有舊金山系統的五分之一，但年載客量却兩倍於舊金山系統，其主要原因即在於其接運系統的優良服務。因此吾人在規劃都市捷運系統時應一併考慮其接運系統之服務。目前國內正積極從事台北都會區捷運系統的規劃，在此時際本節擬對都市大眾捷運之接運系統之規劃及其實質設施之設計從事討論，主要是希望國內能對接運系統給予適當的重視，並及早在規劃設計及營運組織等各有關方面妥為注意安排，期能有助於規劃中之都市大眾捷運系統將來能更成功地經營，使耗資鉅大的此項投資計劃能真正發揮預期的功能，而對改善都市運輸問題有令人滿意的成效。

### (二)大眾捷運之接運系統規劃程序

為簡化分析起見，茲假設捷運系統的路線及車站位置皆已規劃完成。因此接運系統規劃的主要工作是預測使用接運系統的旅客需求量，並提供適當的場站設施，以配合捷運系統之營運，並提高載客率。其規劃程序的流程圖，如下圖 5-44 所示，並於下幾節分別說明之。

### (三)規劃目標與目的 (Goals and Objectives)

規劃目標與目的可說是規劃接運系統的指導原則。因之，每一可行方案均要符合規劃目標與目的之要求。

規劃大眾捷運之接運服務系統的主要目標與目的如下：

目標 (Goals)	目的 (Objectives)
1. 提高都市捷運系統的易行性 (Mobility)	(a) 增加捷運系統的可及性及服務面積。 (b) 使乘客易於到達捷運系統之車站及目的地。 (c) 減少旅行時間。
2. 促進都市捷運系統與其他運輸系統之配合，以提高運輸效率。	(a) 地面運輸系統之行車路線及行車時刻表應與大眾捷運系統作充分之配合。 (b) 提供轉車 (Transfer) 之設備及資訊，使乘客易於轉車。

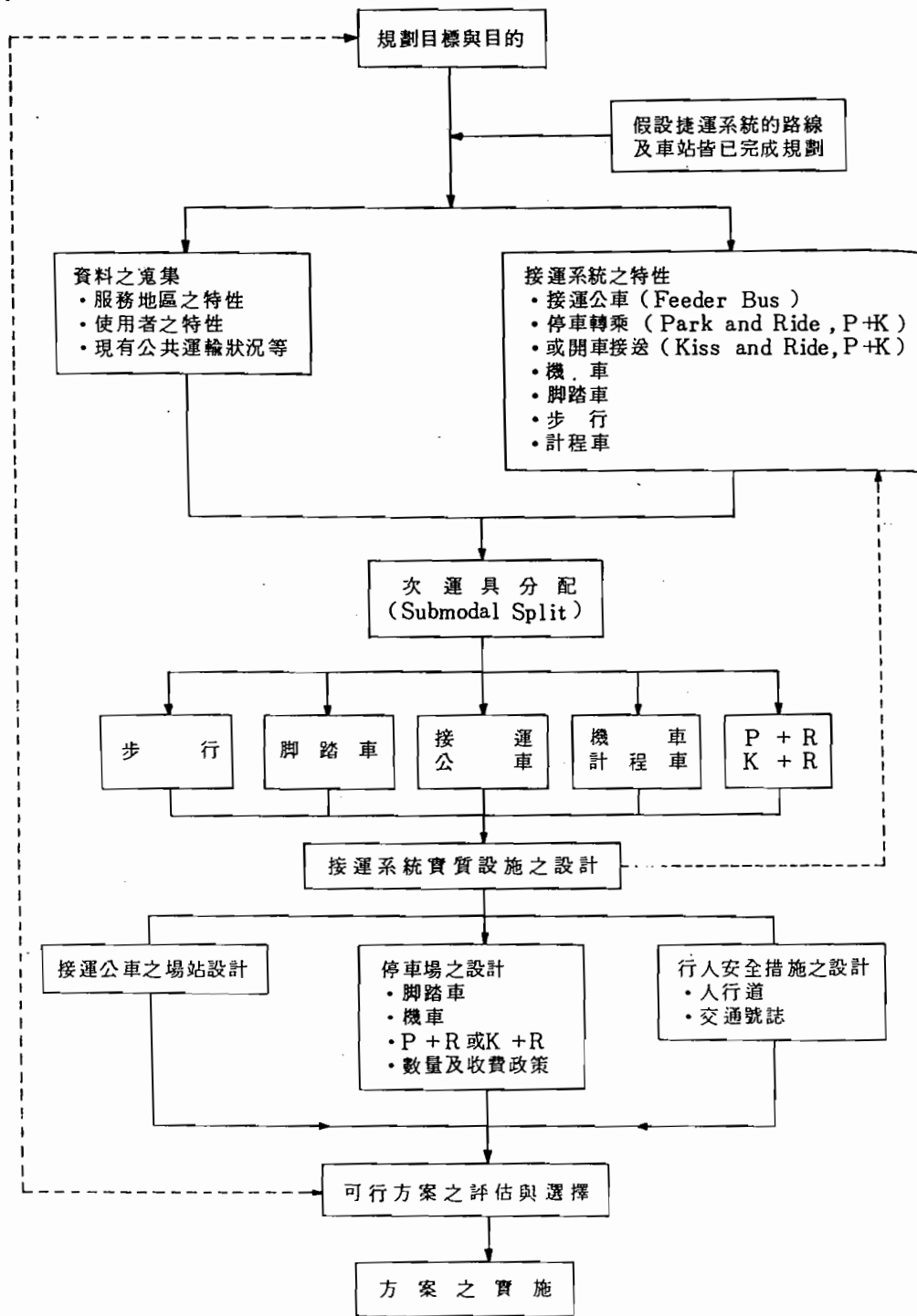


圖 5-44 大眾捷運之接運系統規劃程序流程圖

- 3.改進都市大眾運輸系統營運者之財務狀況。
- (a)經由良好接運系統之服務，提高大眾運輸系統的載客率，增加收益。
  - (b)提供方便、舒適、迅速之服務，吸引乘客。

#### (四)資料之蒐集 (Data Collection)

資料之蒐集應包括接運系統服務地區之特性、使用者之特性及現有公共運輸系統狀況之資訊，以供規劃接運系統之參考。茲說明如下：

##### 1.服務地區之特性

有關服務地區之特性，應蒐集下述之資料：

- (a)土地使用。
- (b)經濟成長趨勢。
- (c)人口成長趨勢。
- (d)就業狀況。
- (e)遊樂中心 (Attraction Centers)。
- (f)居民使用大眾運輸之狀況。

##### 2.使用者之特性

欲知使用者之特性，須經由調查得知下述之資料：

- (a)使用者之資訊 (年齡、性別、職業等)。
- (b)使用者之家庭收入。
- (c)汽車之持有率。
- (d)旅次目的。
- (e)使用者之偏好及對舒適程度之要求。
- (f)使用者之起迄點。
- (g)旅次長度。

##### 3.現有公共運輸系統之狀況

要瞭解現有公共運輸系統 (包括公車、計程車、郊區鐵路) 之狀況，應蒐集下述之資料：

- (a)行駛路線。
- (b)每日行車班次。
- (c)行駛速度。
- (d)費率。
- (e)服務水準。
- (f)車站之型式。

## (五)接運系統之特性

一般而言，有下列數種運輸方式，可作為捷運系統車站的接運系統：

1.步行 2.腳踏車 3.機車 4.停車轉乘大眾捷運 (Park-and-Ride，簡寫成P +R) 或開車接受 (Kiss-and-Ride，簡寫成K +R) 或共乘小汽車 (Carpool) 5.接運公車 (Feeder Bus) 6.計程車等。茲分別說明其特性如下：

### 1.步行

走路是短程旅次最基本的交通工具。依我國人民的習慣，從家出發到大眾運輸工具車站大部分為步行，並以7分鐘到15分鐘為可接受的步行時間〔17〕，則其可接受之步行距離約600公尺至1,000公尺左右（步行速度以72~80公尺/分計）。由此吾人可得潛在旅客使用大眾運輸百分比與步行至大眾運輸系統車站之時間的關係，如圖5-45所示。圖中之實線為規劃時為簡化起見所採用之曲線，虛線則為實際之曲線。由上分析可知，只要站間距離在600公尺至1,200公尺之間，步行當為主要之運輸方式。然而，超過某一步行時間，如15分鐘或20分鐘後，則有必要提供另一方式之運輸服務，以減少旅行時間及提高舒適程度。因此步行之主要缺點是速度較慢、體能消耗、及受外在環境如天候、路況不良、街道擁擠、汽車空氣污染等所引起之限制。因此提供良好的外在環境及設施，將可吸引乘客使用步行到達捷運系統車站。

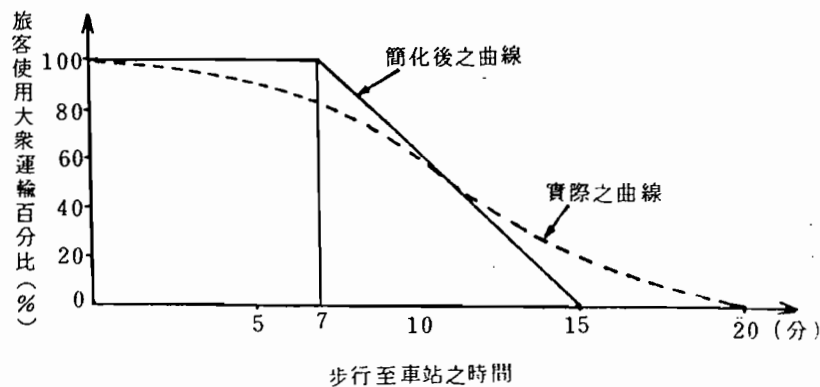


圖 5-45 步行至車站之時間與潛在旅客使用大眾運輸之百分比圖

### 2.腳踏車

腳踏車為另一可行之接運工具 (Feeder Mode)。由於價廉及方便性，在開發中國家腳踏車仍為短程旅次之交通工具，用以代替小汽車。速度不快為其主要缺點

一，然而其速度仍較步行為快（5.0～10km/h），且停車所需之空間較汽車為小。一般而言，使用腳踏車之最大運轉距離約1,600～3,200公尺左右，如表5-9所示。

### 3.機車

機車亦為另一種可行之接運工具，由於其速度快（20～80km/h），所以旅客轉運之距離較長，約3,200至6,400公尺之間，適於短中程之旅次，如表5-9所示。因機車具有方便、迅速、停車空間較小之特性，而且價廉，所以在我國都市地區被廣泛使用，數量甚且超過汽車很多，也由於機車所占道路交通量之比例甚高，形成道路交通之複雜性，增加交通管制之困難，因而使機車所形成之肇事、污染、噪音、停車等問題日趨嚴重。但若以機車為捷運系統之短中程接運工具，使一般人放棄以機車為主要之都市交通工具，當可減緩此一問題之嚴重性。

### 4.停車轉乘大眾捷運（P+R）或開車接送（K+R）

P+R或K+R是以汽車為大眾運輸之接運交通工具，自其居住地點開車前往捷運車站，再利用捷運系統前往目的地。這種運轉方式在汽車持有率高的國家，如美、加及一些歐洲國家相當普遍。在這些國家，大都市捷運系統郊區之車站大部分均設有廣大之小汽車停車場，供旅客停車後轉搭捷運系統。旅客轉運之距離約介於6,400～9,700公尺，如表5-9所示。一般而言，此種停車場必須符合下述之條件：

- (1)停車場之大小應能容納所有之交通需求量，並保證行人的安全與方便。
- (2)盡量減少建造成本及對四周地區之不良影響。
- (3)停車場之收費，以「免費」為原則，至少收費力求低廉，以鼓勵乘客使用。

(4)停車場亦應提供方便之其他大眾運輸，供其他乘客使用。由上可知，無論P+R或K+R均較適於低密度區或站間距離較長之服務，以擴大捷運系統之服務範圍。

### 5.公車

公車是很多都市最主要的地面大眾運輸工具。在站間距離較大或郊區外圍之車站，由於其票價低、容量大，且有固定班次，所以適於中密度地區捷運系統之集散工具。但由於初期投資之成本高，吾人需考慮到地區性之運量及潛在需求，方能決定是否開放此一接運公車之服務。

### 6.計程車

其他之接運系統，如國外之電召公車（Dial-a-bus）或計程車等。但依我國人民勤儉之習慣，計程車當只於爭取時間或為了赴約守時起見才使用，因而

並非主要之接運工具。其旅客輸運之距離約為 4,800 ~ 6,400 公尺，如表 5-9 所示。由於計程車送乘客到車站，所需之停車時間甚短（約 30 秒左右），因此其停車之安排僅需於車站入口處提供一適當之路邊停車空間或車道即可。此外，停車場車道最好是單向行駛，並且使其易於迴轉至原先等待位置。

表 5-9 捷運旅客轉運距離

接 駁 工 具	大 部 份 旅 客 最 長 轉 運 距 離
步 行	600 ~ 1,000 公尺
脚 踏 車	1,600 ~ 3,200 公尺
機 車	3,200 ~ 6,400 公尺
計 程 車	4,800 ~ 6,400 公尺
P + R	6,400 ~ 9,700 公尺

資料來源：台北市政府工務局都市計劃處，捷運系統路網與台北市都市計劃配合之研究，民國 68 年 7 月。

#### (六)次運具分配 (Submodal Split)

一般而言，傳統的運輸規劃程序為旅次發生 (Trip Generation)、旅次分配 (Trip Distribution)、運具選擇 (Modal Split 或 Modal Choice)、運量指派 (Traffic Assignment) 等四個步驟。而所謂「次運具分配」是在已知旅客對主要運輸工具 (如捷運系統) 之「運具選擇」下，再將其運量細分至與其接駁的運輸工具上。

通常旅客在選擇其達成旅次目的之運輸工具時，其所考慮的主要因素有下述幾項：

1. 相對的旅行時間：就大眾運輸工具而言，其旅行時間包括步行時間、等車時間、在車上的時間、轉車時間等。就個人運具而言，其旅次時間包括步行時間、駕車時間、停車場位找尋時間等。
2. 相對的旅行成本：就大眾運輸工具而言，其旅次成本即為其搭乘該運輸工具之票價；就個人運輸工具而言，其旅次成本包括燃料費、機油費、停車費及過橋費等。
3. 相對的服務水準：各種運輸工具之服務水準，如車內擁擠程度、舒適程度、

景觀、空氣污染等，隨個人之感受程度而異，同時亦與個人之經濟能力有密切的關係。

當吾人在預測旅次發生者對「次運具」的選擇時，應配合上述之因素及所蒐集的資料，如服務地區之特性、使用者之特性、現有公共運輸狀況，以及接運系統的特性等來估計各接運系統之需求量，以為設計接運系統實質設施之參考。一般而言，在預測旅客對各「次運具」之需求時，所應用之模式或技巧與「運具選擇」所使用者，並無多大差異，可參考有關文獻，本節不擬贅述。

## (七)接運系統實質設施之設計

### 1.設計之需求條件 (Design Requirements)

在設計接運系統之實質設施時應考慮到旅客、營運者、社區之需求條件，茲簡單說明如下：

#### (1)旅客之需求條件

(a)使轉車時間及轉運距離力求最短：即使旅客從接運系統下車後到達捷運系統月台的距離或時間為最短，反之亦然。

(b)方便：包括提供旅客輸車之適當資訊、車站內移動路線標示及對殘障乘客之服務等。

(c)舒適：包括提供乘客候車之設施、良好景觀設計和減少乘客上下樓梯或爬坡等。

(d)安全 (Safety and Security)：提供良好的照明設施、防止犯罪及意外事件以保護乘客的安全。

#### (2)營運者之需求條件

(a)使投資成本最少。

(b)使營運成本最少。

(c)提供適當的容量。

(d)使營運具有彈性。

(e)能吸引乘客。

#### (3)社區之需求條件

從社區之觀點而言，每一社區無不希望營運者能提供一吸引乘客而且又有效率的公共運輸系統。因而社區之需求條件與上述之旅客需求條件及營運者之需求條件

均不謀而合。除此之外，吾人亦應考慮實質設施建造期間及以後對社區之影響，如環境、景觀、空氣污染、噪音等各方面之衝擊，而使不良的影響減至最低。

## 2. 設計之基本原則 (Principles)

在設計捷運系統外圍車站之實質設施時，建議所應考慮之原則如下：

原則一：在處理捷運系統之接運工具時，其重要性（或優先順序）建議依下列之順序（然有時公車接運系統的重要性，亦可列在腳踏車之前）：

- (1) 徒步
- (2) 腳踏車（或機車）
- (3) 公車
- (4) 計程車
- (5) 小汽車接送（K + R）
- (6) 開車轉乘（P + R）

由此一原則可知，在設計車站之實質設施時，對於徒步之行人、腳踏車、公車應予優先考慮。

原則二：儘量使各接駁的運輸工具分開。例如徒步的行人最好能遠離機動之車輛；公車亦儘量與小汽車分開；還有K + R之停車場亦儘量與P + R之停車場分開。

原則三：儘量縮短行人徒步到車站及月台的距離。

原則四：對與捷運系統接駁的各種運輸工具，提供安全及流暢的通路。

原則五：應在車站內，對各接運工具的使用者，提供顯明的號誌指標及諮詢服務。

原則六：基於「次運具分配」的運量，對各接運工具的使用者，提供適量及適當的設施。

以下將依照上述之原則及需求來設計各接運系統。

## 3. 步行

依據上述原則一，在設計捷運系統之車站時，徒步之行人應列為最優先之考慮。因此必須提供「行人步道」，以連接車站附近的街道、住宅區、商店及其他會有行人步行到車站之地區。同時此一「行人步道」必須與汽車和其他機動車輛儘可能分開；還有行人穿越道亦必須妥善設計，如果必要，應裝置交通標誌或號誌，一般而言，行人穿越道約需 2.7 ~ 3.6 公尺寬，同時若此穿越道超過 15 公尺長時，應



提供中央安全島，以保護行人的安全。

依上述原則三，爲了縮短行人步行之距離，建議行人實際步行至車站之距離與空中直線距離 (Aerial Distance) 之比，不應大於 1.4，而最好在 1.2 以下。

#### 4. 腳踏車 (或機車)

在捷運系統外圍之車站，最好能提供停放腳踏車或機車之場所，以鼓勵短中程之乘客使用，可減少小汽車停車場之需求，因而降低車站之建造成本及營運成本。若腳踏車或機車的需求量大時，可考慮設置腳踏車專用道 (或機車專用道)，或在車站設置停車棚，並酌情收費或免費以吸引乘客使用。

#### 5. 公車

由於公車的載客量大，因此乘客由公車轉車到捷運系統或由捷運系統轉車到公車時，對於公車的接近路線、公車停車站或月台、在車站公車之路徑及公車之班次和路線密度等，都需要予以特別之考慮，茲分別說明如下：

(1) 公車接近路線 (Access Routes)：當公車從主要幹道進入車站時，最好能提供以公車優先的公車專用道或專用號誌，同時乘客上車或下車之位置，亦應緊鄰捷運車站的建築物。

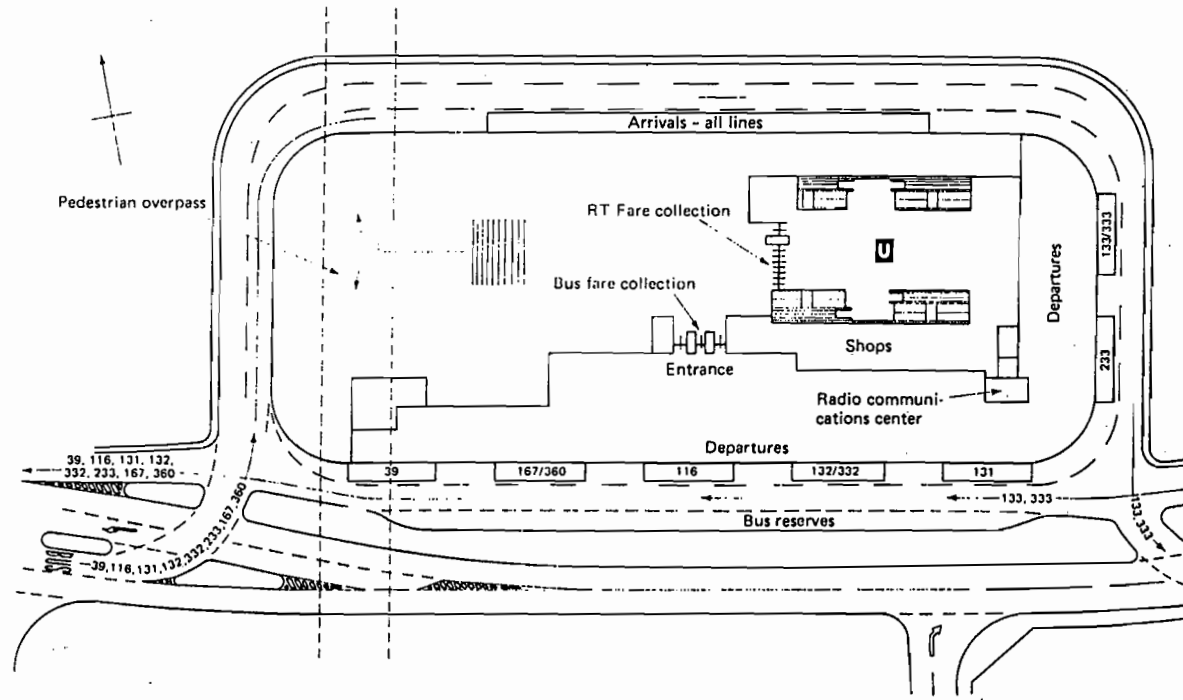
(2) 公車停車站 (Stops)：公車停車站或月台的數目，應由下述之因素決定：

- ① 接駁公車的路線數目。
- ② 每一路線的服務頻率。
- ③ 旅客上、下車的時間。
- ④ 車站停放公車的空間大小。
- ⑤ 公車路線未來增加的可能性。

一般而言，最好每一條接運之公車路線，有一停車月台，然而若由於某一路線的服務頻率較少，便可與其他路線共同使用同一個停車月台。

(3) 捷運車站附近，公車路徑之安排：通常在公車不太多的捷運車站，可採用長方形之路徑。亦即允許公車從各方向進入靠站後，並以同一方向駛離車站，以維持持續單向之車流，因此公車之車道可以是一四方形，如圖 5-46 所示，係一德國漢堡 (Hamburg) 之 Billstedt 車站之設計。

在某些繁忙的車站，公車進入捷運車站的數目很多，因此圖 5-46 之設計將很難容納所有之公車，因而會造成擁擠之現象，爲解決此一問題可採用雙島式 (Double-Island) 設計，如圖 5-47 所示。此一設計之缺點爲旅客必須穿越中間之車道



註：①圖中之數字表示接運公車之路線編號。  
②資料來源：〔 12 〕

圖 5-46 捷運系統車站長方形之接運公車路徑示意圖

或特別設計之步道或需梯以到達候車之月台。



圖 5-47 雙島式之公車月台

通常公車之月台，一般都採用直線式之路緣，但若爲了公車到達或駛離時路徑的幾何特性，最好採用鋸齒狀的月台，其形狀及尺寸，可參考圖 5-48 或圖 4-33 所示。此種設計除了便於設計除了便於司機之駕駛外，乘客亦可從月台很容易地辨別公車行駛路線的編號及目的地。

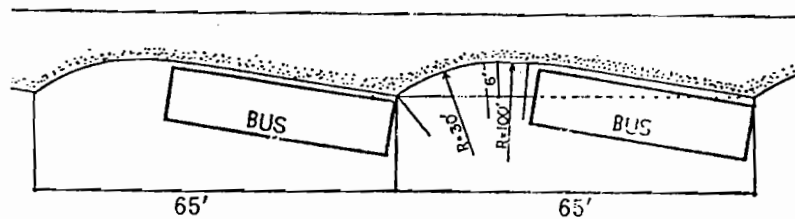


圖 5-48 捷運車站之鋸齒狀公車月台之設計

#### (4) 公車之班次及路線密度 (Route Density)

爲簡化分析起見，假設公車路線與捷運系統路線垂直，且街道呈長方形，如圖 5-49 所示。同時假設捷運系統路線與 X 軸平行，而公車路線除了接近捷運系統之路線與其平行外，大部分的路線皆與 Y 軸平行。

由於捷運車站之位置爲已知，所以吾人可以從旅客之旅行時間成本和營運者之營運成本的總和，來求得最佳之公車班次及路線密度。

茲定義相關符號的意義如下：

$P_i(X)$  = 在捷運系統路線  $i$  側之平均每小時每公里之旅客需求量 (旅客數 / 小時公里)。

$D_i(X)$  = 在捷運系統路線  $i$  側之公車路線密度 (路線數/公里)。

$f_i(X)$  = 在捷運系統路線  $i$  側之公車班次 (班次/小時)。

$\gamma_s$  = 旅客步行到車站之每小時的時間價值 (元/小時)。

$\gamma_w$  = 旅客候車之每小時的時間價值 (元/小時)。

$S(X)$  = 兩個捷運車站之站間距離 (公里)。

$V_s$  = 步行之速度 (公里/小時)。

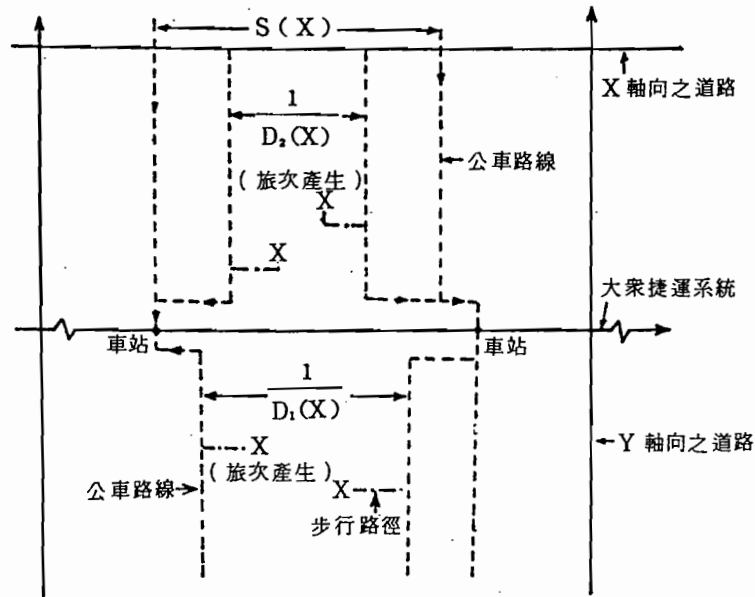


圖 5-49 捷運系統路線和接運公車路線示意圖

由上述之定義可知，路線密度為  $D_i(X)$ ，因此兩條公車路線之距離應為

$\frac{1}{D_i(X)}$ ，而旅客從家裏出發步行到公車路線的平均距離將為  $\frac{1}{4D_i(X)}$ ；而且由

於公車之班次為  $f_i(X)$ ，因此時間班距 (Headways) 為  $\frac{1}{f_i(X)}$ ，因之旅客之平均

候車時間將為  $\frac{1}{2 f_i(X)}$ 。

由上之分析，可知旅客從家裏步行出發到公車車站候車之成本 ( $C_1$ ) 為：

$$C_1 = \frac{\gamma_s}{4 D_i V_s} + \frac{\gamma_w}{2 f_i} \quad (5-7)$$

而旅客在公車車內之成本 ( $C_2$ ) 為：

$$C_2 = \frac{r_k}{V_b} \left[ \ell_1(X) + \frac{S(X)}{4} \right] \quad (5-8)$$

其中，

$r_k$  = 旅客在車內之每小時的時間價值（元/小時）。

$V_b$  = 公車之速度（公里/小時）。

$\ell_1(X)$  = 公車在Y軸向，所行駛的距離（公里）。

$\frac{S(X)}{4}$  = 公車在X軸向，所行駛的平均距離（公里）。

同時由上之定義，可知每一公車往返捷運車站（Round Trip）一次的營運成本（ $C_3$ ）為：

$$C_3 = 2 \cdot C_f \left[ \ell_1(X) + \frac{S(X)}{4} \right] \quad (5-9)$$

其中，

$C_f$  = 每公里之公車營運成本（元/公里）

假設購買公車之投資成本及車站建造公車停車場或月台之成本不計，則平均單位時間單位長度之總成本（TC）為：

$$TC = \sum_{i=1}^2 \left[ \frac{r_a}{4D_i V_a} + \frac{r_w}{2f_i} \right] \cdot P_i(X) + \sum_{i=1}^2 \frac{r_k}{V_b} \left[ \ell_1(X) + \frac{S(X)}{4} \right] P_i(X) + 2 \cdot C_f \left[ \ell_1(X) + \frac{S(X)}{4} \right] \cdot D_i(X) \cdot f_i(X) \quad (5-10)$$

如果對  $D_i$  及  $f_i$  分別微分，並令其為0，可得：

$$\frac{\partial TC}{\partial D_i} = - \frac{r_a P_i}{4D_i^2 V_a} + 2C_f \left( \ell + \frac{S}{4} \right) f_i = 0 \quad i=1,2 \quad (5-11)$$

$$\frac{\partial TC}{\partial f_i} = - \frac{r_w P_i}{2f_i^2} + 2C_f \left( \ell + \frac{S}{4} \right) D_i = 0 \quad i=1,2 \quad (5-12)$$

解上述之聯立方程式可得公車最佳之路線密度及班次：

$$D_i = \frac{1}{2} \left[ \frac{r_a^2}{2 r_w C_f V_a^2} \right]^{\frac{1}{3}} \left[ \frac{P_i}{\ell_i + \frac{S}{4}} \right] \quad i=1,2 \quad (5-13)$$

$$f_i = \left[ \frac{r_w^2}{2C_r r_s} \right]^{\frac{1}{3}} \left[ \frac{P_i}{l_i + \frac{S}{4}} \right] \quad i=1,2 \dots\dots\dots (5-14)$$

例如，若吾人已知下述變數之值：

$r_s$  = 平均每小時步行之時間價值 = 1.29 元/分 × 60 = 77.4 元/小時

$r_w$  = 平均每小時候車之時間價值 = 1.96 元/分 × 60 = 117.6 元/小時

$V_s$  = 步行速度 = 4 公里/小時

$C_r$  = 平均每公里巴士之營運成本 = 28 元/公里

$l_i$  = 接運公車路線長度 = 2 ~ 10 公里

$S$  = 捷運系統兩個車站之站間距離 = 0.8 公里 ~ 2.8 公里

$P_i$  = 平均每小時每公里之旅客需求數 = 50 ~ 1,000 人/小時 · 公里

由公式 (5-13)，(5-14)，且假設：

$S = 1.0$  公里， $l_i = 10$  公里 則

$$D_i = \frac{1}{2} \left[ \frac{r_s^2}{2 r_w C_r V_s^2} \right]^{\frac{1}{3}} \left[ \frac{P_i}{l_i + \frac{S}{4}} \right] = \frac{1}{2} \left[ \frac{(77.4)^2}{2(117.6)(28)(4^2)} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$\left[ \frac{100}{10 + 0.25} \right] = 1.87 \text{ 路線數/公里}$$

$$f_i = \left[ \frac{r_w^2}{2C_r r_s} \right]^{\frac{1}{3}} \left[ \frac{P_i}{l_i + \frac{S}{4}} \right] = \left[ \frac{(117.6)^2}{2(28)(77.4)} \right]^{\frac{1}{3}} \left[ \frac{100}{10 + 0.25} \right]$$

$$= 14.36 \text{ 車/小時}$$

如果將路線長度變更，則可得路線密度、班次與旅客需求之關切如圖 5-50、圖 5-51 所示。由上之圖示，可知，路線長度 ( $l_i$ ) 的變動，對路線密度及班次非常敏感，但站間距離 ( $S$ ) 的變動則否。

#### 6. 小汽車接送 (K + R) 或計程車

無論小汽車接送或使用計程車到達捷運系統之車站，在我國或較少使用，但在美國則約為乘客總數的 10% 到 20% 之間，且因地而異，如克利夫蘭 (Cleveland) 捷運系統使用 K + R 者，約 15%；舊金山港灣捷運系統 (BART) 約 10% 到 30% 之間；費城的林登沃爾線 (Lindenwold Line) 約 43% 的乘客使用 K + R。

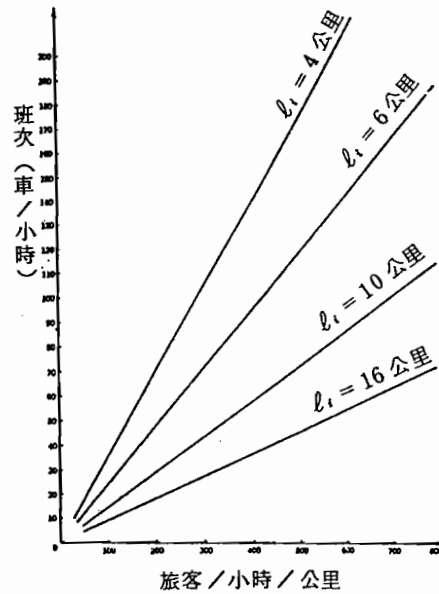
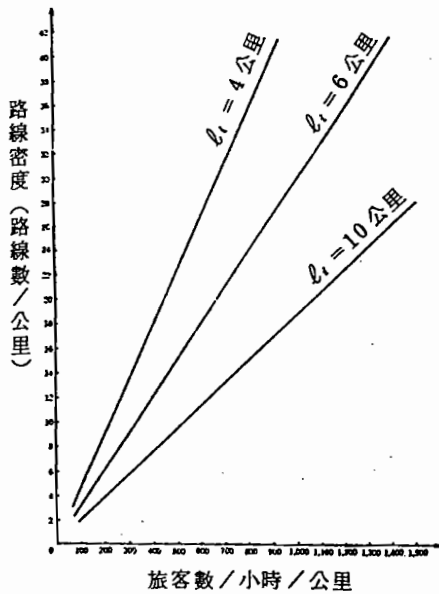


圖 5-50 路線密度與旅客數、路線長度之關係 圖 5-51 路線班次與旅客數及路線長度之關係

一般而言，K + R 有兩個主要的特性，即在早上上班時間，乘客從家裏出發到達捷運車站後下車，此一下車過程約在 10 秒到 30 秒鐘，因此並無多大問題；至於在下午下班後，接送者必須事先到車站等候，因此需要一方便的停車場（如採用斜角停車），使司機易於駛進駛出。此外，亦應使司機很容易看到所要接送的旅客或使旅客能從車站看到等候的車輛。其設計如圖 5-52 所示。

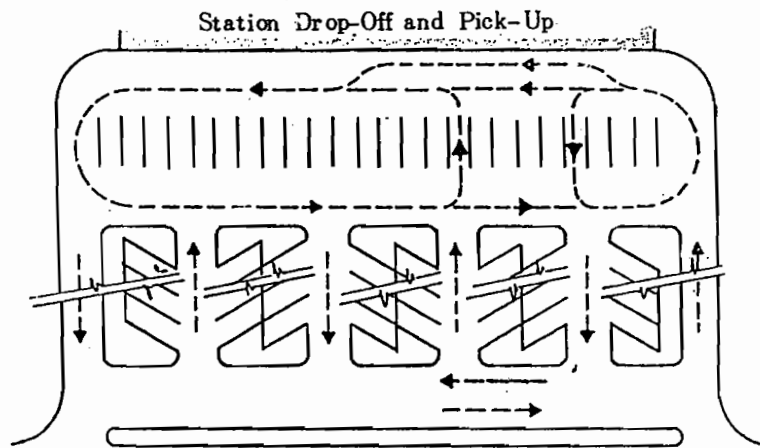


圖 5-52 K + R 停車場之設計

#### 7.P + R 停車場之設計

旅客開車到捷運車站後轉乘大眾捷運系統 (Park-and-Ride) 在郊區外圍之車

站較可能發生，但在我國此種情況或許較為少見，不過在美國約有 25~50% 之乘客使用此種方式來搭乘捷運系統。要預測適量的 P + R 停車場位，甚為不易，固然要避免設計過多，但若設計過少將造成車站附近的擁擠，同時也會促使旅客直接開車到市中心，而形成另一都市交通問題。

由於 P + R 之運輸方式列於接運系統設計優先順序之末，因此必須較為遠離捷運系統車站，以避免與其他接運系統發生衝突。一般而言，從 P + R 停車場步行到車站之平均距離，約 100 至 300 公尺左右。同時由於 P + R 停車場，車輛進出或短暫停留之頻率，不像 K + R 停車場那麼多，所以可以採用直角停車 (Right Angle Parking) 之方式，以減少停車所需之空間。

Vuchic 教授曾提出美國郊區捷運車站 K + R 和 P + R 停車場之理想設計 (Ideal Station Design) 構想，如圖 5-53 所示。此種設計對歐美小汽車較多的國家，或許較為適用；其對我國的適用性如何，仍需進一進的詳估與修正。

## (八)可行方案之評估與選擇

當接運系統之實質設施依上述之步驟分析後，將會產生一些可行的方案，在選擇最佳可行之方案以前，吾人必須再從事下述問題之分析比較：

1. 接運系統服務之面積及效率如何？
2. 服務面積的大小如何影響成本？
3. 每一接運工具的成本如何？誰負擔這些成本？
4. 接運系統是否能對大眾捷運系統提供較佳的配合？
5. 每一接運工具的服務水準、旅行時間、班距、路線密度、時刻表及安全、舒適、方便程度如何？
6. 接運系統對捷運車站之環境影響及效益如何？
7. 接運系統實質設施之設計，是否與都市發展計劃配合？所提供之容量是否適當？

總之，在選擇最佳之可行方案時，除了要考慮上述問題外，還要隨時配合前述之規劃標的和目標及評估準則 (Criteria) 作最佳之抉擇，如表 5-10 所示。

## (九)方案之實施

最佳方案一經決定後，便可付諸實施，通常在實施的過程中，需要隨時蒐集資



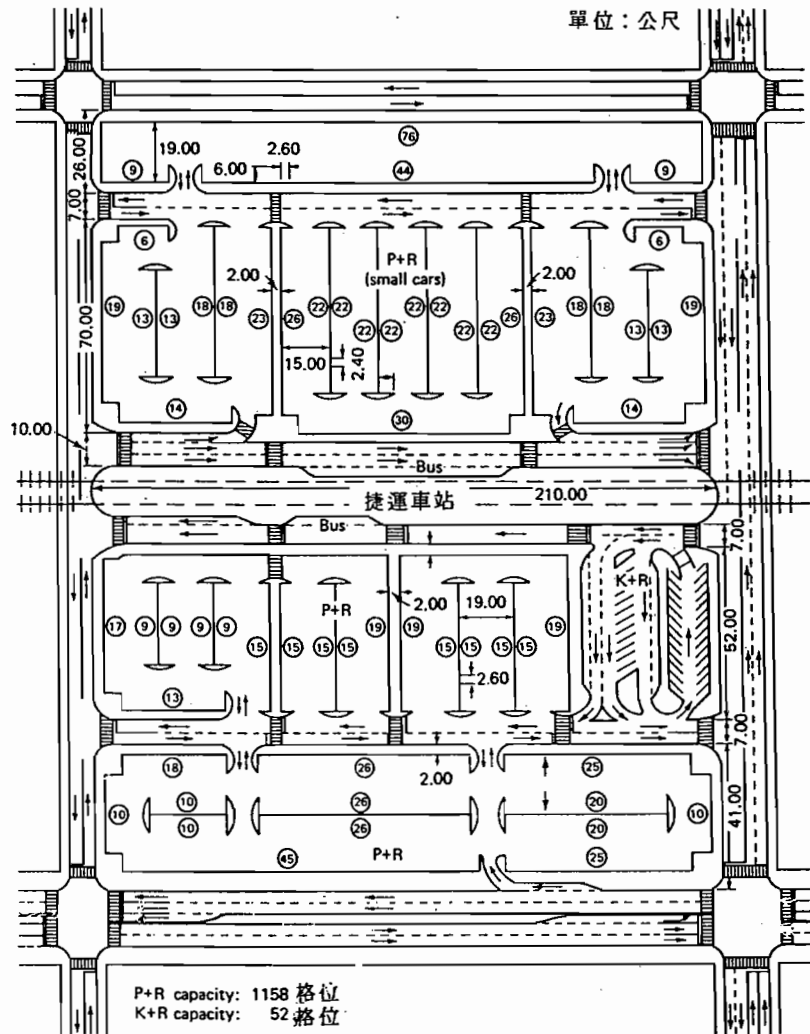


圖 5-53 郊區捷運車站之理想設計構想

料，進行分析，據以修正所選擇的方案。由美國舊金山灣區捷運系統（BART）營運之經驗顯示，接運公車和捷運系統之配合，對增加乘客數是非常重要的。但通常由於此二種運輸工具的營運機構不同，因此兩者很難配合，但是只要事先做好各項聯繫協調的工作（如時刻表及班次之配合），將可使捷運系統開放後由於捷運系統的配合，而能成功地營運。當然，若由單一的交通機構來經營公車和捷運系統，則由於指揮權的統一，此一問題便較易解決。

### (十) 結論及建議

表 5-10 接運系統規劃目標、目的及評估準則

目 標	目 的	評 估 準 則
• 提高捷運系統的易行性。	1. 增加捷運系統的服務面積。 2. 減少旅行時間。	1. 服務面積以平方公里來表示。 2. 所節省的時間以分鐘表示。
• 促進都市捷運系統與其他運輸系統的配合，以提高運輸效率。	1. 營運單位或管制機構彼此充分配合。 2. 運具間較佳之班次及路線之安排。 3. 使乘客易於轉車。	1. (a) 轉車乘客數。 (b) 捷運系統或接運公車之營運機構是否為同一單位；各機構之協調是否有效率。 2. 各運具是否按時抵達車站，其延誤可以分鐘或百分比來衡量。 3. (a) 能否提供適當之轉車資訊及標誌。 (b) 提供旅客之轉車路線總數。
• 改進大眾運輸系統營運者之財務狀況。	1. 經由良好的接運系統之服務，提高大眾運輸系統的載客率，增加收益。 2. 提供方便、舒適、迅速之服務，吸引乘客。	1. 以營運比 = $\frac{\text{成本}}{\text{收益}}$ 來衡量。

1. 大眾捷運系統的接運方式有下列數種：①步行②腳踏車（或機車）③公車④計程車⑤小汽車接送（K + R）⑥開車轉乘捷運（P + R），其在規劃上之重要性亦依如上之順序，然有時公車系統之重要性亦可列在腳踏車之前。依我國之國情，使用步行、腳踏車、機車或公車當為最普遍之接運方式。

2. 大眾捷運接運系統之規劃程序為：

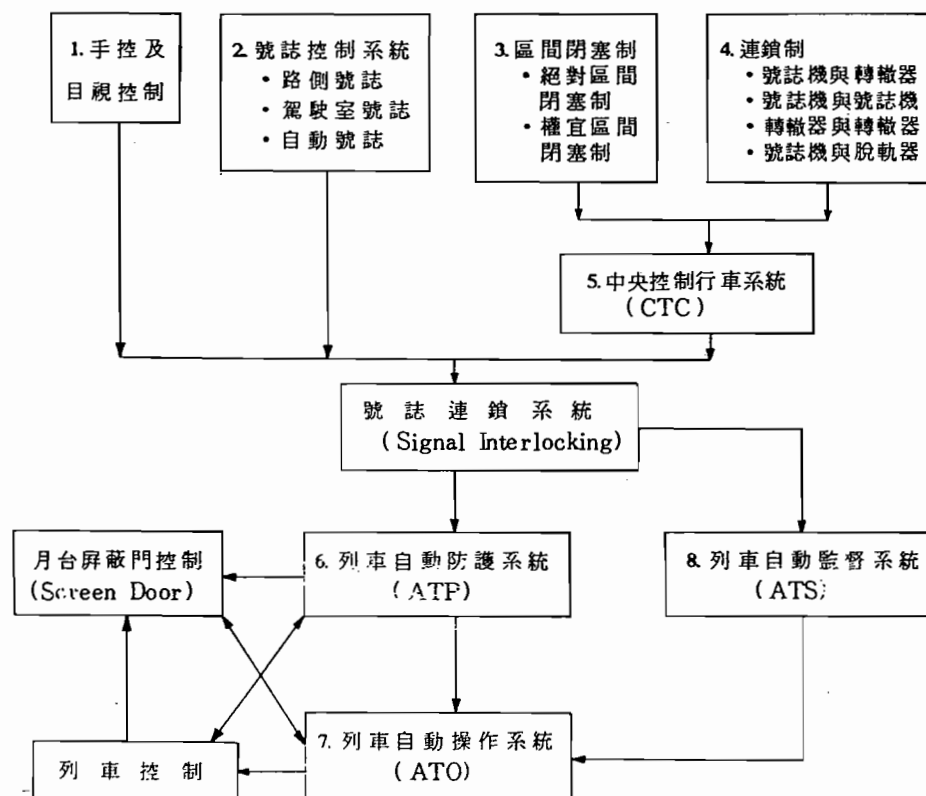
- (1) 設立規劃目標及目的。
- (2) 蒐集相關資料。
- (3) 研究接運系統之特性。
- (4) 建立次運具分配模式。
- (5) 設計接運系統之實質設施。
- (6) 評估及選擇可行之方案。
- (7) 實行最佳之方案。

3. 目前國內正積極進行台北都會區捷運系統之規劃工作，由於接運系統規劃之良窳與否，是都市大眾捷運系統開放營運後成敗之關鍵之一。因此，建議在規劃台北都會區之捷運系統時，應審慎考慮其接運系統的服務。而本文所提出之規劃原則及方法，可供設計時之參考。

## 第六節 鐵路捷運系統之行車控制與自動化 (資料來源：張有恆，「都市大眾運輸系統與技術」)

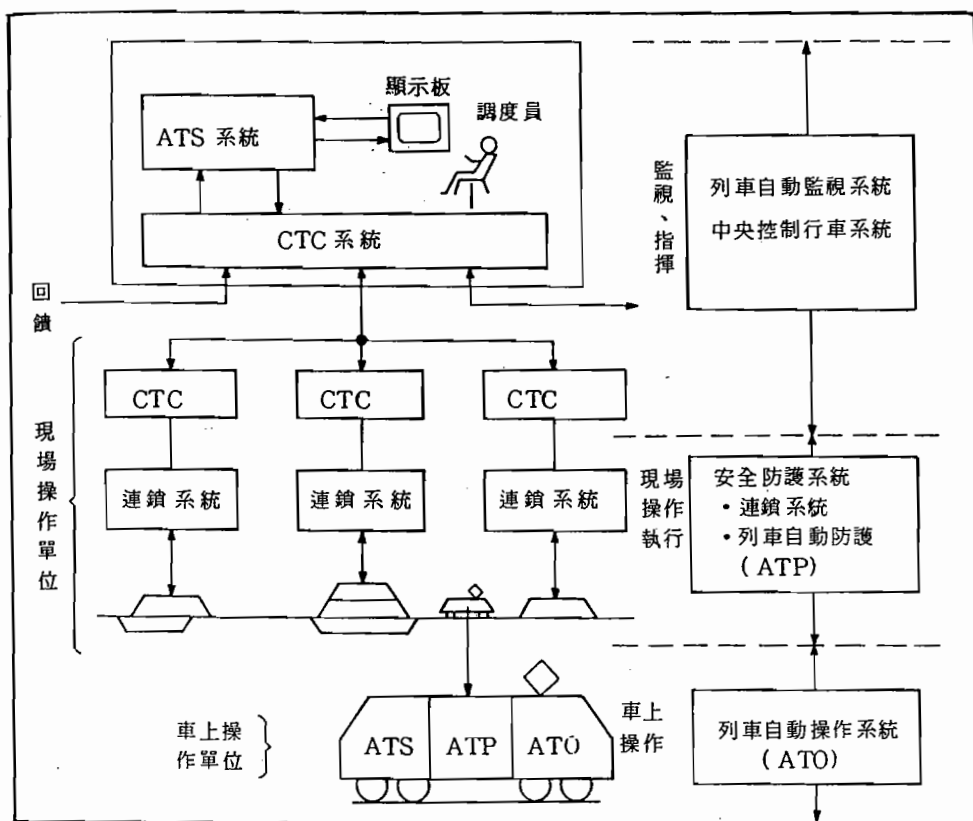
大眾運輸系統之安全性、速度、容量和生產能力與車輛行車控制方法有相當大的關鍵。車輛之行車控制方法大致可分為三大類：(1)手控／目視方式 (Manual / Visual)，駕駛員不靠任何外力幫助來控制車輛；(2)手控／號誌 (Manual / Signals) 方式，司機仍以手控來駕駛車輛，但是利用自動號誌 (Automatic Signals) 來顯示前面軌道佔用的情形，這些號誌同時也屬於列車自動防護系統之一部份 (Automatic Train Protection, ATP)；(3)列車自動操作 (Automatic Train Operation, ATO) 是司機只處理車輛開始起動之駕駛程序或列車完全無人操作，而採用全自動化控制。

有關列車自動化控制 (Automatic Train Control, ATC) 之子系統，如圖 5-60 a 所示，並將於下面分別說明之。一般而言，所謂「自動化」，不外要具備：(1)監視 (或偵測)，(2)指揮，(3)執行 (或操作)，(4)回饋等四項功能，列車自動化控制也是如此，如圖 5-60 b 所示。茲分別說明如下：



(a) 列車自動控制系統之子系統

圖 5-60 列車自動控制 (ATC) 系統



(b) 列車自動控制系統示意圖

圖 5-60 列車自動控制 (ATC) 系統

### (一) 手控 / 目視控制 (Manual / Visual Control)

車輛手控或目視控制方式是憑駕駛人視力來操作車輛，所以列車行進之安全程度，由駕駛人的能力和判斷力而定。這種控制方法最常見於一般的公路上，其有一定適用的運輸工具，如公車、無軌電動電車 (Trolley buses)，地面電車 (Street-cars) 和大部份輕軌運輸車輛 (LRT)。

車輛利用視力來控制，可由駕駛人任意選擇兩部車之間隔 (gap) 的大小。如此當交通流量達路線容量時，將導致車輛以低速行駛，除非在車站提供有效的監視系統，不然延誤是無可避免的。因之，以視力控制的路線，雖然容量很大 (因班距小) 但服務水準却很低，其可靠度和速度無法令人滿意，而且會降低系統的總生產力。

## (二)號誌控制 (Signal Control)

擁有較大容量的運具，如RRT和RGR，往往需要比目視控制更高層次的安全水準。因為由駕駛人所引起人為的錯誤會導致嚴重的意外事件，而造成生命、財產的鉅額損失。因之，所有RGR、RRT系統和部份LRT系統必須裝設自動列車防護系統 (ATP)，以控制連續行進列車保持適當的間隔。

爲了達到行車安全、減少沿途延滯並提高路線容量，必須在沿途或駕駛室前方，隨時傳遞命令，指示列車司機前面路況，使其知究應全速進行或減速緩行或列車停止等供行駛運轉之依據，此種傳遞命令之任務，主要由號誌系統來達成。現行都市捷運鐵路之號誌系統操作方式乃是將鐵路全線分成很多區間 (Blocks)，每一區間之軌道自成一絕緣體，當某一區間有一列車佔用時，由軌道電池 (Track Battery) 之電流經輪軸而傳回，紅燈信號立刻傳給隨後來之列車，此即自動區間號誌控制法。茲將信號傳送方式分爲三種：路側號誌、駕駛室號誌及自動號誌。

### 1.路側號誌 (Wayside Signal)

又名固定號誌。係設於一定之地點，如區間之前端，以傳遞命令於列車司機者。但仍有如下三缺點：

- 信號指示無連續性。
- 逢大雨傾盆或大霧朦朧等惡劣天候狀況時，視線不清易發生錯覺。
- 列車高速行駛，使司機對信號辨識時間過於短促，難免發生錯覺。

### 2.駕駛室號誌 (Cab Signal)

將號誌設於司機坐位前方，並在車輪上安裝感應接收器 (Induction Receiver)，以接受經由軌道傳來之交流電，而將前方路況傳到司機面前；同時爲防止司機疏忽，當號誌改變時，並配以警鈴聲以提醒司機，使其採取應變之操作者，稱爲駕駛室號誌。

(a)優點：

- 信號指示具連續性。
- 惡劣天候，列車仍可高速行駛，因此提高路線容量。
- 當軌道前方被其他列車佔用，或土方崩坍軌道損壞等任何狀況之改變均可立即傳至司機面前，且狀況未改變前，顯示不變。
- 警鈴提醒司機，使行車安全更進一步。

(b)缺點：

- 只能適用於有軌道電路 (Track Circuit) 之鐵路。

### 3.自動號誌 (Automated Signal)

上述兩種號誌系統，其控制列車行止之原則在於使前後兩車保持一定之安全距離，亦即後車之行止完全視前車之位置而定。自動號誌則不然，乃視前車之操作狀況 (例如加速、減速、等速行駛或停車) 而定。其操作方式乃將路線上所有列車之操作狀況及位置，連至控制中心作持續性記錄，再配以高速電子計算機，對列車之行止與總行車料刻表作一比較，再將修正之命令藉通訊系統傳至列車上，使司機遵照命令操作。此與中央行車控制 (CTC) 相通。其最大優點在於列車能迅速接受命令而改變行止，因而縮短前後兩列車距離，俾使路線容量大增。

## (三)區間閉塞制 (Block System)

捷運鐵路別於其他運輸工具，因其必須遵循固定軌道行駛，中途不能追越或閃讓其他列車。故爲了行車安全，免除列車尾追或對撞之危險，於同一區間之路線內，無論同向或反向，不容有兩列車同時行動者，稱爲區間閉塞制。可分爲絕對區間閉塞制與權宜區間閉塞制兩種：

### 1.絕對區間閉塞制 (Absolute Block System, ABS)

此區間閉塞制，即將里程分成若干區間，於每一區間之前端設有一號誌，同時在區間內只容許一列車行駛，其他列車絕對禁止進入，稱爲絕對區間閉塞制 (ABS)，如本省北迴鐵路即是採用此法。

### 2.權宜區間閉塞制 (Permissive Block System, PBS)

由於絕對區間閉塞制之限制過嚴，往往因一列車之停滯而影響以後各列車之行程，故有權宜區間閉塞制之產生：當列車遇險阻號誌時可略作小停並得以減速緩行，以便望見前行之列車時，隨時可以停止。而繼續後開之列車，均可徐徐跟進。此種延誤雖可減少，但其安全性則較遜一籌，通常以貨運爲主之鐵路較常用之。

區間閉塞制之運用，依其演進順序可分六種：

### 1.通訊區間閉塞制 (Communication Block System)

於每區間始點，在容許列車進入時，先以電話或電報詢問終點，前次列車是否已駛出此區間，在單線上更應確認對方無來車。若確知該路線已清道 (Clear) 則准

列車進入，同時由號誌工人以手操動，使號誌顯示平安位置，故又稱為人工區間閉塞制 ( Manual Block System )。

#### 2. 嚮導區間閉塞制 ( Pilot Block System )

兩站間備嚮導員一人，列車由此唯一合法之嚮導員隨車嚮導，始能在兩站間行駛。

#### 3. 路牌區間閉塞制 ( Staff and Ticket Block System )

相鄰兩站間各設電氣路牌閉塞機一台，以一對架空電線連接成一組，並備有同質圓餅型路牌 ( Staff ) 若干個，分別鎖置於閉塞機內，其狀有如電話。在對方承認前次列車已出區間亦無反向列車進入時，由對方按電鈕，並電話通知此方，此方可自機內取得路牌交給司機，作為行車權之憑證。當路牌取出後，閉塞機立刻被電磁鎖牢，非俟該路牌由列車携抵對方置於對方閉塞機之後，不能取出第二個路牌。

#### 4. 電氣區間閉塞制 ( Controlled Manual Block System )

與通訊閉塞制之操作類似，只是兩站間之號誌同時受電氣磁鎖之控制，而此項電鎖號誌不受本站人員之控制，由前一站人員控制之。

#### 5. 無證閉塞式 ( Tokenless Block System )

為免除傳遞路牌之煩，以增進行車效率，故於相鄰兩站各設無證閉塞機一座，用一對架空電線連接成一組，兩站均於出發號誌機外方各裝設軌道接觸器或短軌道電路，當列車從甲站出發，啟動了軌道接觸器，使甲站之出發號誌不再顯示進行號誌，待列車到達乙站，啟動了乙站之軌道接觸器後，甲乙兩站始能依照程序來操作閉塞機，使恢復正常狀態，以備再次閉塞。

#### 6. 自動區間閉塞制 ( Automatic Block System )

利用軌道電路 ( Track Circuit )，如圖 5-61 所示，使號誌能自動顯示，無須人力之操作。當列車駛入區間時，在該區入口處之號誌，立即顯示險阻，待列車駛離區間，號誌即自動恢復平安位置。其構造原理甚為簡單，即利用鋼軌為導線，與車輪及鋼軌組成電路，再藉繼電器應用誘導式或電磁原理，影響另一局部電路，以操作號誌。

自從軌道電路廣泛應用於自動區間閉塞制後，列車運轉之效率大為提高，既安全又準確，尤以複線鐵路為然。過去在絕對區間閉塞之區間，僅能行駛一列車，經採用自動後，同一區間可同時行駛數組列車，其所得之經濟效益實已增加數倍，雖增加若干設備，亦已得到補償矣。

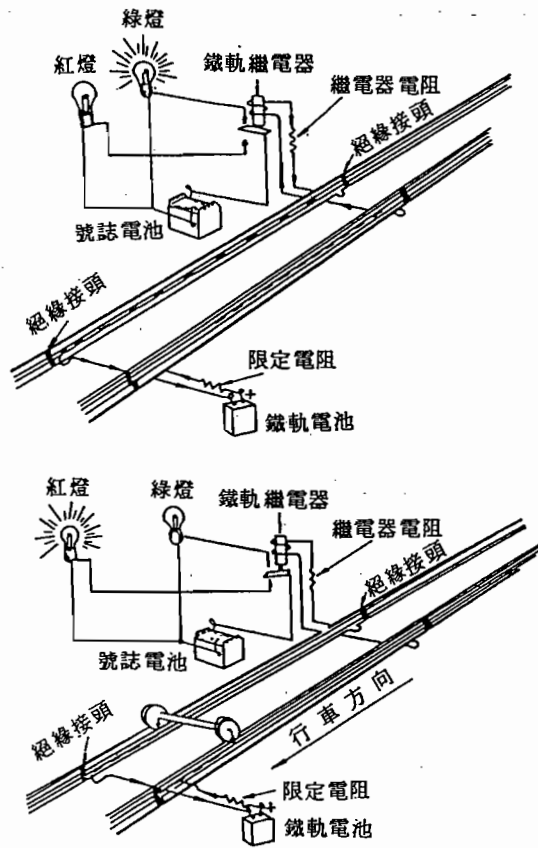


圖 5-61 捷運鐵路區間軌道電路 (Track Circuit) 之號誌控制法

#### 7. 移動區間閉塞制 (Moving Block System)

採用移動閉塞區間制之列車，可隨時和控制中心保持連繫，使得路線上後面跟隨列車，可以持續得知前行列車狀況，因此可使區間的長度為零。如此路線的容量可達到最大，此種系統大都用於自動控制的系統上。

#### (四) 連鎖制 (Interlocking System)

終站車場之路線分歧，軌道輻輳，或鐵路平交之處，列車往來，不能無適當指揮。將號誌機與有關之轉轍器及其他相關號誌設備作互相關連與牽制，以防人為錯誤扳動轉轍器或顯示互相矛盾之號誌者謂之連鎖 (Interlocking)。

連鎖制用於鐵路轉轍或交叉，為號誌之心臟部分，其目的在保障安全，防止列車衝撞，關係至為重要。計包含下列三要素：



- 1.號誌之設置，能管轄道岔上一切可能列車之行動。
- 2.將所有操作號誌之槓桿與轉轍器、出軌器之槓桿，聚集於號誌樓，以便統一管理。
- 3.為防止人爲之錯誤，所有槓桿因機械之連鎖，互相牽制，而絕對沒有相衝突之表示。

連鎖制包括號誌機與轉轍器，號誌機與號誌機，轉轍器與轉轍器，及號誌機與脫軌器四項。

1.號誌機與轉轍器之連鎖：欲使一號誌機顯示進行號誌，必須確信位於進路上之各轉轍器扳至開通進路位置，同時尖軌也密靠正軌；如任一有關轉轍器位置不正確時，號誌絕不至顯示進行號誌。反之，號誌機一經顯示進行號誌後，有關進路上之各轉轍器即被鎖住，可免無意之錯誤扳動。

2.號誌機與號誌機之連鎖：主要目的在避免進路相衝突之號誌機同時顯示進行號誌，以及使所屬號誌機與主驗號誌機之操作上，具有連帶之關係與順序。

3.轉轍器與轉轍器之連鎖：於未設號誌機之行車或調車進路，若任一轉轍器方位錯誤，均可能發生危險，故將轉轍器之間相互連鎖。

4.號誌機與脫軌器之連鎖：於交叉軌道，通常無轉轍器，若僅靠號誌機之連鎖，倘列車司機疏忽，仍不能保障行車安全，故增設脫軌器（Derail）使一軌道之號誌與另一軌道之脫軌器相連鎖，如此該軌道之號誌顯示平安時，另一軌之號誌固然必顯示險阻，而脫軌器亦必鎖定於脫軌部位。故縱令另一軌之司機疏忽，必將該列車引導出軌，不致兩列車互撞，所謂兩害權其輕也。

## (五)中央控制行車制 (Centralized Traffic Control)

近代電氣技術日趨發達，將「區間閉塞」與「連鎖」合併統一控制，即為今日之中央控制行車制，簡稱為 CTC。其適當之定義為：「列車在一定地段之單線、複線或多線軌道上行駛，其經過閉塞區間或交會車站等種種行動，完全受號誌之指示。在原屬絕對閉塞之行車區間，不再使用路牌；在原屬權宜閉塞區間，不再使用行車命令及列車優先權。而將路上所有進出口站號誌機及重要轉轍器，均由一固定地點操縱之。」此種制度既屬行車方法，又屬號誌制度，因其集各種號誌制與行車制之大成也，實為現代鐵路最新之一切行車方式。

世界上第一個 CTC 於 1927 年在美國「紐約中央鐵路」實施，隨後歐美各鐵

路相繼採用，我國台鐵亦在民國 49 年在彰化台南間使用，多年來已被公認為迅速、安全與經濟之行車制。美國林登沃爾線 (Lindenwold Line) 捷運系統之控制中心 (Control Tower)，如圖 5-62 所示。



圖 5-62 美國林登沃爾線捷運系統之控制中心 (作者攝於該中心)

有關 CTC 之操作要點，略述於下：

1. 列車開行前，站上有關轉轍器及出發號誌均由控制中心之調度員加以控制，自動轉好方位與顯示，站方然需任何操作。
2. 列車司機照出發號誌之「進行顯示」開出，無需攜帶任何路牌。
3. 前列車開出後，調度員即可控制該站同方向出發號誌，待顯示「進行」號誌後，即可開出跟隨列車。
4. 在單線軌道如有對向列車行駛，調度員亦可控制號誌及轉轍器，使兩列車在適當地點會讓，不至互相碰撞。
5. 在原有站間距離較長之區間，可增設無人管理之號誌站，使對向或同向列車，在該處會讓，無需等待其到達車站。
6. 某些複線地段之每一軌道，視行車需要，而作成兩方向行車之號誌設備，列車可不停車會讓。

CTC之優點：

1. 安全性高，不致發生號誌錯誤之行車事故。
2. 路線容量大增。
3. 調度員直接控制列車，可於數秒內完成，無需用電話通知站長辦理。

4. 列車所在地點，進出口號誌情形，調度員一目了然，且能作最妥善之運轉調度。

5. 列車經過不停之車站，因不需傳遞路牌，故無需減速。

6. 工作人員可以減少。

7. 因中途號誌機之裝設，可以開行跟隨列車。

8. 轉轍器以動力控制，不致發生人為疏忽。

9. 列車中途脫鈎或故障或軌道損壞，號誌自動顯示危險，不致發生臨時事故。

10. 列車費用因停站少，燃料消耗可減少，較經濟。

由上述之號誌控制、區間閉塞制、連鎖制和中央控制行車制（CTC），聯合起來可稱為號誌連鎖系統（Signal Interlocking System），其不只提供軌道上列車行駛之資訊，同時也防止列車互撞或追撞的情形發生，因此它是列車自動防護（Automatic Train Protection, ATP）和列車自動操作（Automatic Train Operation, ATO）及列車自動監督（Automatic Train Supervision, ATS）之基礎，以下分別說明之。

#### (六) 列車自動防護系統 (ATP)

列車自動防護系統之主要功能在於監督軌道的狀況及列車的速​​度，以保證列車在最安全的狀況行駛；而ATP之次要功能則是要對列車司機提供適當的資訊和警告信號，並保持適當制車距離，以防止車輛相撞或進入未經許可之區間。

#### (七) 列車自動操作系統 (Automatic Train Operation, ATO)

列車自動操作（ATO）有二種不同程度：一為半自動操作（Semiautomatic Operation），主要是和列車行車控制配合，而其他操作如：車門監視、列車的起動和故障處理等工作，仍由駕駛人來操作控制；另一為全自動操作（Fully Automatic Operation），即列車內無駕駛員：列車控制和營運都完全自動化，而且由一控制中心來統一調度。

ATO 控制的必要條件為列車必須行駛在專用路權（即A型路權）上，因此ATO系統只能應用在RRT及完全自動控制的RGR和LRRT路線上。RRT系統已經發展出許多不同的ATO技術。第一個採用完全ATO操作的系統是美國紐約市42街上的Shuttle線。目前許多RRT系統在許多城市都以半自動方式在營運，如：倫敦（

Victoria Line)、慕尼黑(U-Bahn 和 S-Bahn)、費城(Lindenwold Line)、舊金山(BART)、巴西聖保羅及維也納等城市。而目前大部分新建系統，都是使用半自動控制之方式，其是否合適的問題，有待更進一步之探討。

吾人若將使用半自動列車操作之RRT系統和現代化人工操作系統比較，可發現RRT半自動操作系統有下述的優點：

- 優點：
- 1.提高時刻表準確度：當ATO和控制中心相連接時，ATO可自動應用預先設計好的高速或低速行車計劃，如此可減少系統延誤。然而設計良好的工人營運系統，假如擁有完善的通訊系統，亦可有效地減少延誤，所以此方面營運績效的改進並不大。有一研究報告指出：在倫敦使用自動控制的路線和人工系統操作的路線，具行駛時間相差僅在±1.5秒左右。
  - 2.增加路線容量(Increased Line Capacity)：吾人可經由ATO來降低路線上的最小班距。若系統在接近路線容量下營運，即使降低少許之班距，效益却非常顯著。因此一因素在此情況下特別敏感。然此一優點，在系統之班距大於或等於2分鐘時，就較不顯著。
  - 3.減少能源消耗和車輛的磨損：採用ATO系統可預先規劃好最佳行車制度，所以可使能源的消耗和車輛之磨損達最小；然而大部份以人工操作的車輛，大都擁有間接控制的系統，以防止司機之不當加速或協助駕駛人剎車。此外，車輛滑行的應用，可節省能源消耗。此亦可經由司機人爲的監督和輔助設施加以控制達成。因此這項優點，ATO並不是很顯著。
  - 4.增加系統的安全性：理論上，自動控制系統遠較人工操作系統來得安全。但若人工操作系統擁有自動安全裝備(如本章第二節所介紹的“Dead-man”裝置)和故障後安全的號誌(Fail-safe signal)，亦可達到相當高的安全性。因之，吾人從ATO所得到的利益，似可加以忽略不計。

從另外一個角度來看，ATO有下述缺點：

缺點：1.較高的投資成本（Higher Investment Costs）：雖然大部份使用ATO的系統，沒有資料顯示，成本的增加係導因於ATO系統的設置；但大多數的研究都指出成本有大幅增加的現象。

2.增加其複雜性（Increased Complexity）：系統因ATO的引進，會增加其機件和電子設備的複雜性。而且附帶產生許多負面影響，如維修成本增加。此外，新系統經常一開始就會有嚴重的故障發生（如舊金山BART），使其系統可靠度隨著此一ATO技術的引進而降低，改變原先使用ATO系統的目的。

由上可知，ATO之半自動化操作系統或許較適合RRT在運量需求達到容量水準之下營運（如：墨西哥、倫敦、紐約、東京等城市）。因為在此狀況下，班距（Headway）少許的降低都將導致系統服務可靠度和容量的增加。然而，大部份系統的運輸需求，皆未達容量水準，且這些系統從半自動化操作所產生的缺點，一般認為超過其優點。至於許多RRT系統使用半自動操作之主要原因，可能不在於經濟性和操作營運因素的考慮，而是受列車自動操作“聲譽”的吸引。

相反地，ATO系統中列車全自動操作系統（Fully Automatic Operation）對都市捷運系統而言，可帶來許多好處，而且都非常顯著。由於全自動操作系統可以不使用司機，如此可降低勞工成本，這是一般人認為使用全自動操作系統之唯一優點，因而忽略了其對改進服務水準的重要貢獻。全自動操作系統由於沒有隨車人員及司機，每延車公里的營運成本為一固定常數，而與列車長短大小無關；如此一來，原來以6節車廂7.5分鐘為班距的營運方式，可改為2節車廂2.5分鐘班距的營運方式，而不致增加營運成本。結果，大部份的RRT系統，可以在全天內都提供班距2到5分鐘的方式，來提高服務水準增加載客數。雖然運輸系統的班次較為密集，但是却不會增加勞工成本。

採用完全自動化的捷運系統，除了法國VAL系統外，尚無其他大眾捷運系統使用。但是事實上自動化操作所需的組成條件，有些現有的RRT系統都已具備。如費城林登沃爾線上，有無人看管車站（Unmanned stations），包含下述設備：自動收票、電視監督、電話輔助和塔台遙控十字轉門等。駕駛人只要執行三項例行任務：宣佈起迄站名、控制車門的開或關（此可經由後視鏡觀察旅客上下車的情形來控

制)、起動自動駕駛裝置等三項工作。這些工作都很容易加以自動化。在BART和法蘭克福(Frankfurt) S-Bahn系統,有一“電信信號器”(Buzzer),假若在車門附近的光束沒有被阻擋,則車門關閉;反之,則開啓車門。然而,若要採用完全自動化系統,除了要具有解決特殊及意外事件的能力外,還必須能克服旅客傳統心理所面臨的障礙。茲將採用完全自動化系統所必須解決的問題,列之於後:

- 緊急狀況下,能與旅客保持聯繫:這個問題目前仍然存在,就是普通列車故障,後面車廂的旅客也只能在原地乾著急,而無法與司機通訊,以瞭解狀況。因此須藉著較佳的通訊方式,來提供給無人駕駛列車內的旅客,使其心理上有所安全的保障。如在每一車廂內提供對講機(Intercom)或閉路電視(Closed-Circuit TV)。此外,安全性(如對吸煙、火災和暴行的偵防)亦可經由此系統而獲得顯著改善。
- 鐵軌上障礙物之監視:在隧道或高架路線上路權控制是毫無問題;但在平面道路上和車站附近,路權控制的改進是有必要的。
- 勞工工會的反對:這是列車自動化操作在國外現有運輸系統發展,最主要的一項障礙,但可經由合理的協議解決之。如旅客運載量增加時,可考慮提高司機資遣的賠償數額或開放其他更有生產性的工作,亦或許是解此問題最可行的辦法。
- 保守的管理當局和管制策略:這或許是另一個問題,需要一段時間的努力,方可逐漸解決。

總而言之,半自動營運方式(僅有一名司機)在有些城市使用,對班次高的運輸系統而言,效益非常高;若在班次較低的系統使用,效益值得懷疑。都市鐵路系統由於操作技術簡單,因此比其他建議中的新系統(如中運量捷運系統)更具有完全自動化的能力。至於完全自動化系統在低於運輸容量水準下,也可達到相當高的效益,如此將使得RRT系統對中等大小的城市亦甚具吸引力。因之,吾人預期在不久的將來,將會有不少都市的捷運系統陸續採用完全自動化操作(ATO)的系統。

#### (八)列車自動監督(Automatic Train Supervision, ATS)

列車自動監督系統主要是調度員對整個系統依其時刻表或班距提供全盤的控制。大眾捷運系統通常都有一個中央控制中心,來控制單一路線或路網上車輛營運的情形。而控制中心有一路線行車控制板,係由小燈泡來顯示轉轍位置和區間被列車

佔用的狀況。現代化控制系統都有數組預先設定好之列車轉轍和變換號誌的計劃，因此有多重安全保障，以防止列車互撞的情形發生，同時亦可防止調度員因疏忽而發生人為方面的錯誤。

國外最近才興建完成的RRT系統，大都使用電腦連線 (On line) 之營運控制系統，可更精確的控制各列車運作。例如BART的控制系統可用來計算各列車準點的情形，即利用預先設計好的數套行車計劃 (Driving Regime) 針對列車延誤尋求補救，使列車準時抵達，這種控制方法對一個互相連接之捷運路線 (Interconnected lines) 的運輸服務可靠度，是非常重要的。

### (九) 鐵路運輸系統自動化技術之回顧

如上可知，鐵路運輸系統的操作過程中有好幾項可加以自動化控制，除 ATP、ATO、ATS 主要控制項目外，還有其他次要項目，如月台或列車上對旅客資訊的顯示，可和 ATO 系統相連而預先加以妥善設計。此外還有車門操作、收票等項目。當然在完全自動化控制中，上述項目都應完全自動化。

由於列車自動控制系統 (ATC) 之子系統 (ATP, ATO, ATS) 間，彼此都互相關連，如圖 5-60 所示。茲將列車自動控制之意義和項目綜合如表 5-11 所示。

表 5-11 列車自動控制之項目

<p>列車自動化之項目包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 車門控制</li> <li>• 列車離站控制</li> <li>• 在月台上對旅客提供資訊</li> <li>• 在車廂內宣佈站名及公佈路線</li> <li>• 收費系統</li> </ul>															
<p>列車自動防護 (ATP)：防止列車在低於安全距離下行駛。</p>															
<table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;"><u>控制方式</u></td> <td></td> <td style="text-align: center;"><u>區間閉塞制</u></td> <td></td> <td style="text-align: center;"><u>號誌</u></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">權宜式</td> <td style="text-align: center;">→</td> <td style="text-align: center;">固定<sup>②</sup></td> <td style="text-align: center;">→</td> <td style="text-align: center;">路側</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">強迫停車<sup>①</sup></td> <td style="text-align: center;">→</td> <td style="text-align: center;">移動<sup>③</sup></td> <td style="text-align: center;">→</td> <td style="text-align: center;">駕駛室</td> </tr> </table>	<u>控制方式</u>		<u>區間閉塞制</u>		<u>號誌</u>	權宜式	→	固定 <sup>②</sup>	→	路側	強迫停車 <sup>①</sup>	→	移動 <sup>③</sup>	→	駕駛室
<u>控制方式</u>		<u>區間閉塞制</u>		<u>號誌</u>											
權宜式	→	固定 <sup>②</sup>	→	路側											
強迫停車 <sup>①</sup>	→	移動 <sup>③</sup>	→	駕駛室											
<p>列車自動操作 (ATO)：控制車輛全程之行駛，包括 ATP 之功能：</p>															
<table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;"><u>操作方式</u></td> <td></td> <td style="text-align: center;"><u>區間閉塞制</u></td> <td></td> <td style="text-align: center;"><u>號誌</u></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">半自動</td> <td style="text-align: center;">→</td> <td style="text-align: center;">固定</td> <td style="text-align: center;">→</td> <td style="text-align: center;">路側</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">全自動</td> <td style="text-align: center;">→</td> <td style="text-align: center;">移動</td> <td style="text-align: center;">→</td> <td style="text-align: center;">駕駛室</td> </tr> </table>	<u>操作方式</u>		<u>區間閉塞制</u>		<u>號誌</u>	半自動	→	固定	→	路側	全自動	→	移動	→	駕駛室
<u>操作方式</u>		<u>區間閉塞制</u>		<u>號誌</u>											
半自動	→	固定	→	路側											
全自動	→	移動	→	駕駛室											
<p>列車自動監督 (ATS)：控制所有列車在路線或網路移動之時刻或班距，包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 時刻表或班距控制</li> <li>• 轉轍器</li> <li>• 號誌</li> <li>• 通訊</li> <li>• 對每部列車的 ATO 系統給予指示</li> </ul>															
<p>註：①強迫停車是指當車輛超越紅燈信號時，車輛本身會自動使用剎車，迫使車輛停止。          ②為防止列車追撞，跟隨列車和前行列車往往都保持一固定的區間隔（最小可等於停車距離），稱之為固定區間閉塞制。          ③移動區間閉塞制之定義如本節所示。</p>															

## 第七節 台北都會區大眾捷運系統之規劃設計 (資料來源：張有恆，「都市大眾運輸系統與技術」)

台北都會區近二、三十年來由於經濟成長迅速，國民所得提高，社會經濟活動頻繁，加以私有車輛持有快速增加，道路交通問題已日趨嚴重，為緩和小汽車高度成長之不良後果，並促進都市中心在區與衛星市鎮之發展，參酌世界各大都市之經驗，均以鼓勵大眾運輸之發展為主；因此，捷運系統之建設，遂成為政府重要施政計劃之一。

自民國 66 年交通部運輸計劃委員會（現稱運輸研究所）完成「台北地區大眾運輸系統初步規劃報告」，首次提出大眾捷運路網之建議案以來，已歷經長期縝密規劃與整合研究（有關台北都會區大眾捷運系統計劃辦理過程及事項，如表 5-18 所示）。此外，行政院院會於民國 73 年 9 月 27 日決議將「台北都會區大眾捷運系統初期計劃」列為十四項重大建設之一，由交通部聘請英國大眾運輸顧問公司（BMTC）擔任總顧問協助推動，復於民國 75 年 3 月 27 日核定未來十二年台北都會區大眾捷運系統路網，如圖 5-65 所示。

台北都會區捷運系統之籌建，是在民國 75 年 1 月 16 日，由行政院核定交由台北市政府接辦後，台北市政府於民國 75 年 6 月 27 日成立「捷運系统工程局籌備處」，展開籌備工作；直到民國 76 年 2 月 23 日台北市政府方正式成立「捷運工程局」，積極推動大眾捷運系統之建設工作。在 76 年 5 月 28 日行政院院會核定通過大眾捷運系統經費，由中央補助 40%，省市負擔 40%，特定財源支應 20%。第一期工程 32.7 公里，預計自 76 年 11 月施工，民國 81 年完工。

由圖 5-65 可知，台北都會區捷運系統初期路網計劃，計有高運量捷運路線三條，中運量捷運路線一條，總長約 70.3 公里。茲分別說明如下：

### 高運量捷運路線：

1. 紅線：由淡水經台北新公園站到新店，全長 33.1 公里，共 32 個站。其中淡水到新公園站（全長 22.8 公里，共 21 個站）為先期施工路線。本線估計投資 554.4 億元左右。

2. 藍線：由板橋經台北西門站到松山，全長 17.4 公里，共 16 個車站。本線估計投資 578.5 億元左右。

3. 橘線：由中和到羅斯福路口，全長 6.5 公里，共 7 個站。本線估計投資 250.4 億元左右。



表 5-18 台北都會區大眾捷運系統計畫辦理過程表

日期	辦理事項
66年12月	交通部運輸計劃委員會完成「台北地區大眾運輸系統初步規劃」呈報行政院。
68年7月19日	行政院指示交通部積極籌劃進行台北都會區大眾捷運系統進一步規劃。
69年9月	交通部運委會完成進一步規劃之工作範圍，邀請國際有經驗之顧問工程司研擬工作計畫書。
70年9月	交通部運委會經評估及議價後奉准選聘英國大眾捷運顧問工程司(BMTC)辦理台北都會區大眾捷運系統可行性研究規劃及第一期路線初步工程設計，並邀請各有關單位協助督導，派員參與規劃及協調工作。
70年底~71年底	台北市政府工務局委託交通大學進行「台北市中運量捷運系統計畫」。
72年初3月23日	台北市政府工務局成立「中運量捷運系統計畫專案小組」規劃具體之發展計畫。
72年3月	英國大眾捷運顧問工程司完成可行性研究規劃及第一期路線初步工程設計。
72年11月15日	交通部將台北都會區大眾捷運系統規畫之「綜合建議」呈報行政院，行政院交經建會審議。
73年1月16日	台北市政府將中運量系統發展計畫之綱要報告建議呈報行政院，行政會交經建會審議。
73年2月7日	經建會函請交通部協調台北市政府對「綜合建議」之意見，並請交通部將台北市政府所擬「中運量新捷運系統計畫」送案協調檢討。
73年9月27日	行政院宣佈「台北都會區大眾捷運系統初期計畫」屬十四項重大建設之一。
73年10月12日	行政院指定經建會負責就交通部及台北市政府所提方案綜合研究「擬訂整體性的最佳網路系統及運輸方法報院核訂」。
73年12月28日	交通部為積極推動初期計畫向行政院申請動支交通部73年度及74年度「台北地區大眾捷運系統細部工程設計」專案經費保留款共一億一千萬元，以便聘請總顧問工程司，並辦理各項工程調查及細部工程設計。
74年2月~3月	行政院同意為「台北都會區大眾捷運系統初期計畫」於75年度預算內先編列三億四千萬元進行工程調查及細部工程設計之執行與管理工作。台北市政府亦允於75年度內編列三億元配合支應。

表5-18 台北都會區大眾捷運系統計畫辦理過程表(續)

日期	辦理事項
74年3月15日	交通部運研所聘英國大眾捷運顧問工程司，為初期計畫「總顧問工程司」。
74年3月27日	經建會選聘執行「台北都會區捷運系統整合研究計畫」之美國顧問工程司(TTC)開始工作。
74年6月	交通部運研所成立「台北都會區大眾捷運系統辦公室」。
74年10月28日	TTC 完成「整合研究」。
75年1月23日	行政院宣佈台北都會區大眾捷運系統計畫將由台北市政府成立「捷運系統工程局」負責執行，另由行政院經建會成立「協調委員會」負責協調省、市、中央間之意見。
75年2月26日	經建會建議12年內完成之捷運路網共四條線：藍線(板橋-松山)，紅線(淡水-新店)，橘線(中和-師大)，棕線(木柵-松山機場)總長約70.3公里。
75年3月7日	台北市政府工務局發函邀請美國顧問公司針對中運量系統之優先路線工程規劃及發包準備工作提送工作計畫書。
75年3月27日	行政院核定經建會建議12年內將完成之初期路網。
75年5月	台北市政府成立「捷運系統計畫連繫小組」與交通部進行交接協調事宜。
75年6月27日	台北市政府成立「捷運系統工程局籌備處」。
75年7月21日	籌備處陸續遷至民生東路746號明志大樓辦公。
75年8月2日	籌備處正式新址辦公，許市長蒞臨指導。
75年8月7日	台北市政府都市計畫委員會通過捷運系統北投機車廠及新北投支線用地之都市計畫變更案。
76年2月23日	台北市政府成立「捷運工程局」，積極推動並規劃設計台北都會區大眾捷運系統之建設工作。
76年5月28日	行政院院會核定通過大眾捷運系統經費，由中央補助40%，省市負擔40%，特定財源支應20%。第一期工程32.7公里，自九月施工，民國81年完工。

(資料來源：〔54〕)。

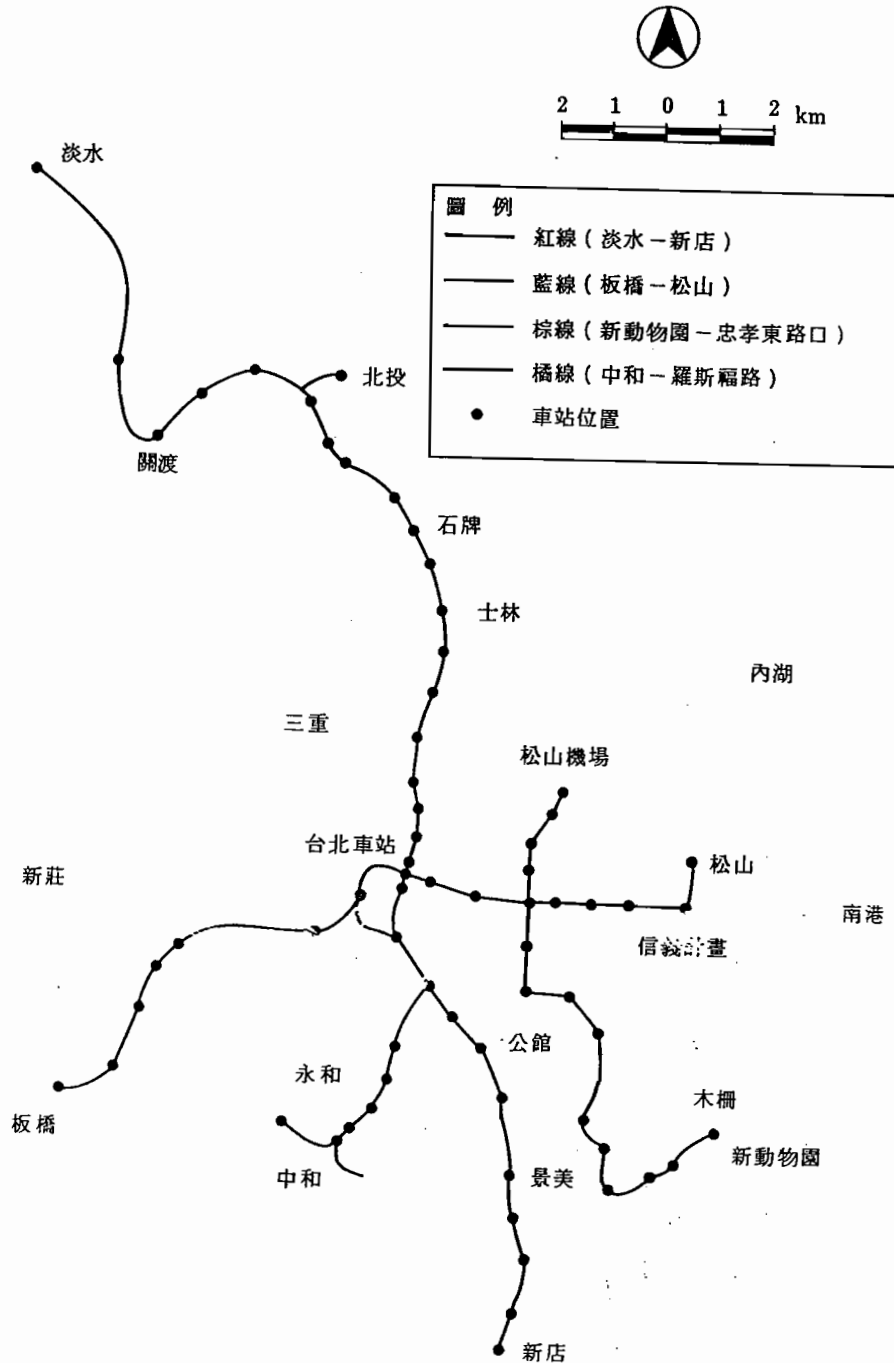


圖 5-65 台北都會區捷運系統初期路網計畫圖

中運量捷運路線：

1. 棕線：木柵新動物園經復興南北路到松山機場，全長 13.3 公里，共 15 個站。其中木柵到忠孝東路口為先期施工路線。本線估計投資 165.3 億元。

因之，此四條大眾捷運路線估計投資 1548.6 億元左右，每公里平均投資額為 22 億元左右，預計十二年完成，亦即每年須興建 6 公里，興建速度超過香港的一年 3.5 公里及許多歐美城市的水準（如洛杉磯一年興建 5 公里），因此必須要非常努力施工才能達成目標。