

軌道工程期中報告

台北捷運系統



metro
Taipei

陳永祥教授指導

工科海洋碩一

劉坤疆

R97525055

目錄

一、前言	2
二、企業架構	3
2.1 企業識別	3
2.2 組織架構	4
2.3 股東架構	4
三、捷運規格	5
四、軌道工程	7
4.1 膠輪系統	7
4.2 鋼輪系統	8
4.3 鋼輪軌道震動討論	13
五、周邊設施	16
5.1 自動收費設備系統	16
5.2 無障礙設施	16
5.3 其他設施	17
六、結論	18
七、參考文獻	19

1. 前言

台北捷運又名**台北大眾捷運系統**(Taipei Rapid Transit System, TRTS)以下統稱北捷，為台灣第一個都會捷運系統，目前服務於台北縣市之間。自1996年第一條木柵線通車以來，共有五條主要路線以及三條支線營運，總長度已達74.4公里，共67個營運中車站。每日平均運量120萬人次，周五可達到130萬人次，97年2月累計突破30億人次。早期北捷經運量以及系統評估之後，採用兩套軌道運輸系統，一為膠輪軌道系統，一為鋼輪軌道系統。

早期北捷系統初期評估木柵線後，採用中運量膠輪軌道設計，其中與鋼輪軌道系統最大差別在於，膠輪運行在路面之上，路面乘載車輛荷重，車輛側向以導電軌加以導引，路線從木柵動物園站至中山國中站止，全長10.9公里，共12個車站，全線工程除貫穿福州山區之隧道外，其餘均採高架方式興建。後因為要擴大營運的範圍，將現有木柵線延伸至內湖，在初期評估後，為提升服務品質及降低噪音污染，採主線為鋼製行駛路面及機廠為混凝土行駛路面(原木柵線僅使用混凝土行駛路面型式)。

北捷高運量系統，採鋼輪軌道系統，鋼輪嵌在兩鋼軌間，車輛荷重及列車行駛導引皆由鋼軌承擔，高運量捷運系統自1987年開始興建捷運淡水線，至今陸續完成之路線長計淡水線23.8公里、中和線5.4公里、新店線11.2公里、南港線11公里、小南門線1.6公里、板橋線7.1公里及土城線5.6公里，已完成高運量捷運系統路線總計約65.7公里，現在已經初步顯現出捷運系統之功能與優點。

2. 企業架構

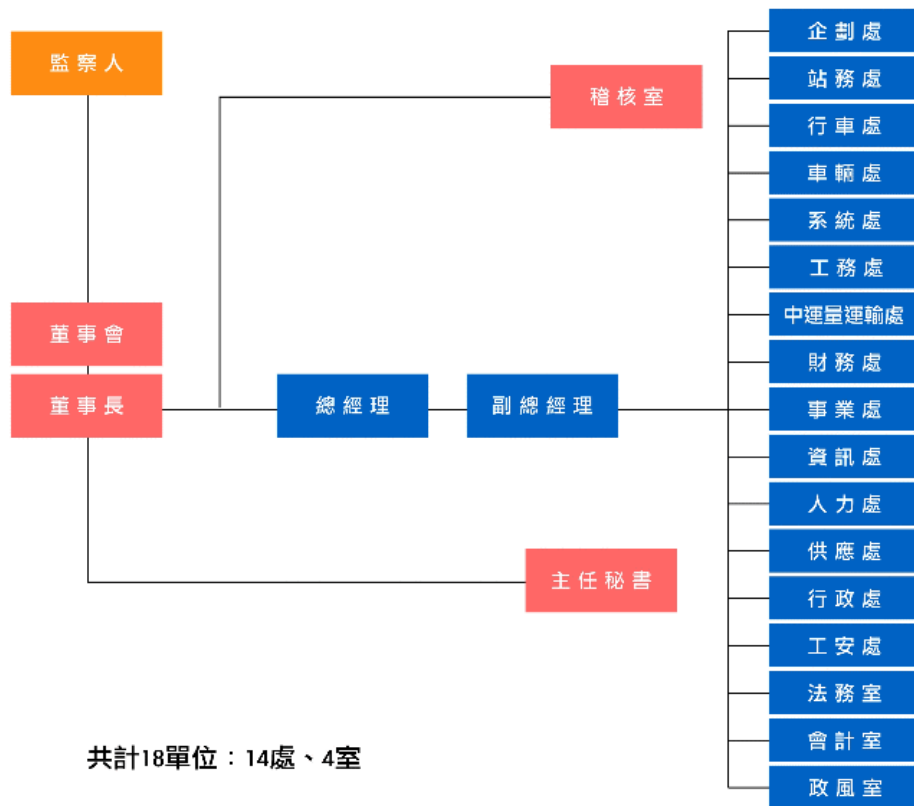
2.1 企業識別



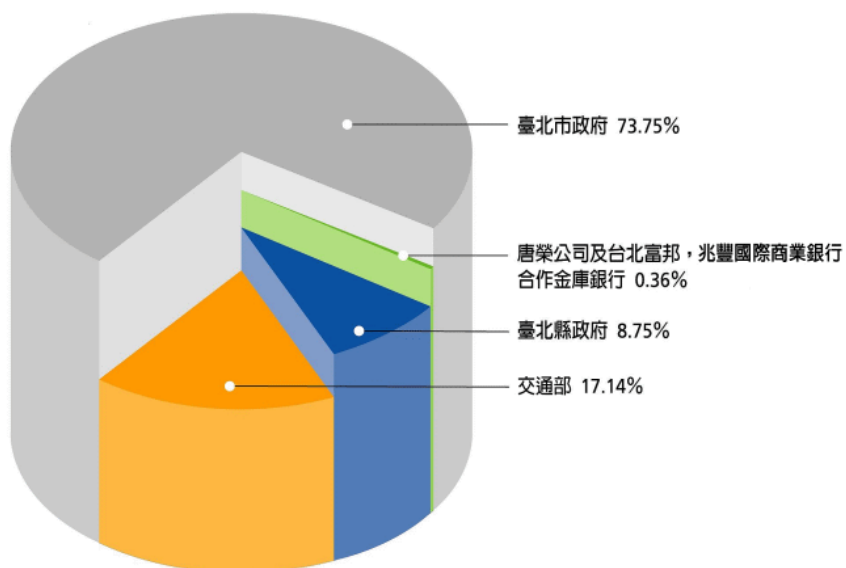
人鳥標誌：其呈六角型，上下兩半互相依附；兩「人」字圖案作雙向奔馳，以表示人來人往，代表捷運系統提供民眾運輸的效能強大；其外型有如鳥的飛翔，代表迅捷如飛、四通八達。人鳥的外圍結合兩個圓弧，象徵的是北捷的交通事業達到順暢、圓融、通達的目標。由粗到細的圓弧產生律動和前進的速度感，象徵北捷追求高效率 and 快速的精神。

捷運品牌「metro Taipei」：希望能將服務品牌化，並與國際接軌，展現全球化格局。標誌上的藍色與綠色代表科技與環保，隱含藍天綠地之意，表示北捷與民眾一起追求優質的生活文化為目標。

2.2 組織架構



2.3 股東架構



3. 捷運規格

北捷系統軌道工程採用兩套軌道系統，一為中運量膠輪軌道系統(圖 1)，一為高運量鋼輪軌道系統(地面採用傳統道碴道床軌道，高架及隧道段採無道碴道床軌道，圖 2)，高運量捷運系統為提升減震減噪功能，在新莊蘆洲線採用浮動式道床軌道(圖 3)。中運量與高運量的規格比較於(表 1)。



圖 1 中運量 VAL256 電聯車



圖 2 高運量 371 型列車

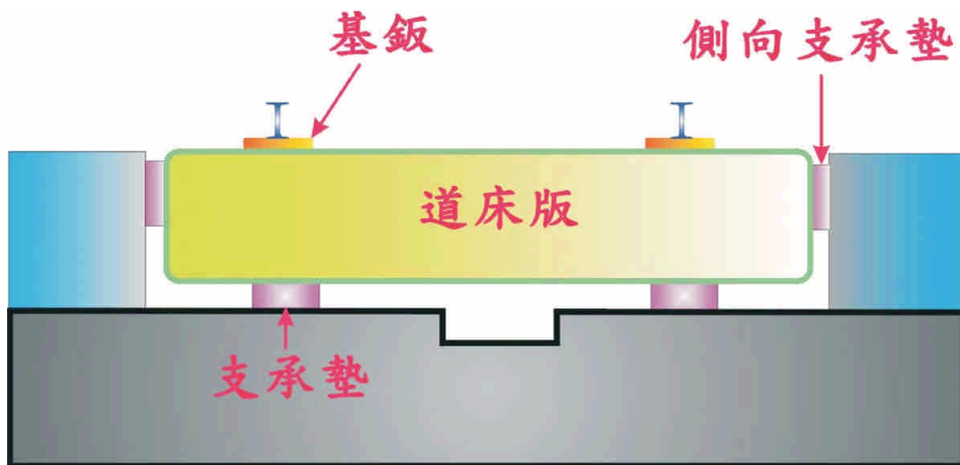


圖 3 浮動式道床軌道示意圖

	中運量	高運量
車輛	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 每列車由兩組配對，每組兩輛，共四輛 ➢ 最大時速每小時 80 公里 ➢ 每節車廂可載運 116 人（座位 20 人、立位 96 人） ➢ 車廂地板與月台同高，便利旅客及身心障礙者進出 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 每列車由兩組配對，每組三輛，共六輛 ➢ 最大時速每小時80公里 ➢ 依車型不同，每列車約可載運1,669或1,672人（座位284或352人、立位1,385或1,320人，以每平方公尺站立5人估算） ➢ 車廂地板與月台同高，便利旅客及身心障礙者進出
操控方式	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 由行控中心全程控制，採用電腦無人駕駛 ➢ 必要時可採用人工控制 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 由司機員配合號誌全程引導列車行進 ➢ 列車之運轉完全受控制中心之監控，且有自趨安全性設計以保障旅客安全
月台	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 月台設計採用側式月台 ➢ 有月台門且月台邊緣與列車間有約 3 公分之縫隙，乘坐輪椅之人士，請以後輪先行進出車門 ➢ 列車停靠月台時間約為 17~20 秒；忠孝復興站 45 秒 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 月台設計採用側式月台、島式月台、側疊式月台、島疊式月台、混合式月台等 5 種型式 ➢ 除台北車站、忠孝復興站外，其餘車站無月台門設計，且月台邊緣與列車間有約 10 公分之縫隙，乘坐輪椅之人士，請以後輪先行進出車門 ➢ 列車停靠月台時間約為 18~35 秒；台北車站及忠孝復興站約 40~50 秒
軌道	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 全程為高架段路線、鋼筋混凝土路面，可避免影響到市區道路之行車動線 ➢ 車輪型態採用「膠輪」行進 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 全程依各區段之不同而兼採地下、高架及平面混合式之鋼軌鋪設，以應實際上之需要 ➢ 車輪型態採用「鋼輪」行進

表1 北捷系統規格

4. 軌道工程

4.1 膠輪系統

以木柵線以及內湖線中運量的膠輪系統而言，主要功能是提供全線列車的承仔與導引，提供車輛行駛時所使用的直流電動力，使車輛在設計的範圍之內維持正常的運轉。

- (1) 行駛路面：包含鋼筋混凝土行駛路面（如圖 4）及鋼製行駛路面（如圖 5）兩種。



圖 4 鋼筋混凝土路面



圖 5 鋼製路面

- (2) 導電軌位於行駛路面之兩側，安裝在絕緣器上，絕緣器分為兩種(側式與直立式)，直立式(Vertical Insulator，圖 6)安裝在平面段之地面，側式絕緣器(Lateral Insulator，圖 7)則是安裝在高架路段之側牆；導電軌除了導引車輛行駛正確方向，還有通過直流 750V 電源作為動力來源。



圖 6 直立式



圖 7 側式

- (3) 轉轍器用來使電聯車變換車道，轉轍器可以分成道岔 (Turnout) 與橫渡線(Crossover) 兩種，道岔主要安裝於機廠內單車道之分岔處，但在主線路段亦有使用道岔，機廠及主線路段皆有使用橫渡線。
- (4) 步道是為了提供維修人員執行任務或發生緊急事件時，可供乘客做為疏散之用，步道放置於兩車道間，木柵線則以鋼製柵欄覆蓋在上。
- (5) 止衝擋則是安裝在路線軌道之末端，防止列車失速時衝出軌道，止衝擋是採液壓式設計，固定於軌道面版混凝土基礎上。

4.2 鋼輪系統

鋼輪軌道工程規劃包括系統目標、軌距、鋼軌斷面、承托系統、軌道元件、營運基本參數等，為達成捷運系統安全、經濟、舒適的目標，至少必須符合建造及營運成本應儘可能降低、維修養護的頻率減少及成本降低、電聯車在軌道上安全運行，不致改變軌道線形、降低電聯車行駛產生的噪音與振動、軌道電路的連續性與絕緣性良好及乘客的安全與舒適等。

軌道主要包括鋼軌、扣件系統與承托系統三大部分。捷運行駛在鋼軌上，因鋼輪與鋼軌間接觸而產生之各種輪軌的負荷，會經由鋼軌傳至道床，再由道床傳至土建結構，再往外傳遞。鋼軌與道床則仰賴扣件系統結合，因道床型式的不同，相對地對扣件系統的要求亦有不同程度的考量。傳統道碴道床本身具有一定程度的吸音減振功能，對扣件系統的要求較為單純，一般係採彈性扣夾(Spring Clip)結合鋼質墊板(Baseplate)或高分子材料之墊片(Pad)而成；但無道碴道床本身較為剛性，故扣件系統需有吸音減振之設計。

(1) 鋼軌

鋼軌是軌道結構的主要元件，它的功用在於提供電車的鋼輪一個安全、平順的路面，並做為電車的導引。電聯車負荷由鋼輪傳至鋼軌，再由鋼軌往下傳至道床、路基或下部結構，臺北捷運系統是採用國際鐵路聯盟（International Union of Railways, UIC）的鋼軌斷面為標準，選用的 UIC 60 鋼軌，表示鋼軌每公尺 60 公斤的重量。

(2) 扣件系統

a. 鋼軌扣件基鈹(圖 8)：

採用兩層或三明治型，上層（金屬）頂鈹加彈性材，或上下兩片鐵鈹中間夾以彈性材料（合成橡膠或天然橡膠，圖 9），如此可增加扣件系統的彈性。中和線係採用 LORD 廠牌之三明治型基鈹。



圖 8 彈性基鈹



圖 9 安裝彈性基鈹

b. 扣夾(圖 10)：

採彈性、可分離式的扣夾，合約規定可使用如 VOSSLÖH 扣夾、PANDROL 扣夾或經工程司核可的其它扣夾；無道碴道床和道碴道床應使用相同的扣夾。中和線係採用 VOSSLÖH 扣夾。

c. 金屬調整片：

為軌道最後完成面之誤差調整方式，有五種厚度尺寸供選用，分別為 1mm、2mm、3mm、4mm 及 5mm。

d. 鋼軌墊片：

可增加彈性，並具絕緣效果(如圖 11)。



圖 10 扣夾



圖 11 鋼軌墊片

(3) 承托系統

a. 道碴道床：

為傳統的道床型式，由枕木、道碴及底碴組合而成(如圖 12)，因道碴道床所使用之材料普通且來源充足，具有施工快速、工程費用低廉的特性，一旦軌道發生變形，其維修調整容易，兼具吸音減振功能。只是隨著列車行車速率提高、承載重量增加、班次密集等因素影響，軌道結構劣化周期縮短，養護維修頻率及時間增加，進而降低行車安全及品質。

b. 無道碴道床(如圖 13)：

因為維護成本提高，故以養護維修需求較低之混凝土基座為高架段及隧道段之軌道承托系統，因所佔空間較小，有利於佈

設各種設備及管線。在無道碴道床上，隧道段僅於潛在危險區段設置防脫緣石。主線上採用兩塊分離式混凝土基座設計，於特殊軌道區則使用整片版式軌道承托系統。

為防止日後雜散電流對金屬產生電蝕，在無道碴道床內，將軌道基座內之鋼筋連成截流網，並將每段基座內之截流網連接至一條銅導線，而後再視實際狀況，將銅導線銜接至「接地迴流電線」回到牽引電力變電站，或導流回大地。

北捷系統中之無道碴道床原本擬定全線採用混凝土版，但因考量排水、管線佈設及混凝土傳送問題，僅特殊軌道區採用混凝土版，主線則採用混凝土基座。



圖 12 道碴道床軌道



圖 13 無道碴道床軌道

(4) 鋼軌焊接

為降低噪音震動量，減少營運養護費用，故北捷系統採用無接縫長焊接鋼軌。其焊接方式有兩種：

a. 火花電焊法(Flash Butt Welding 圖 14)：

通常此法用於廠焊，合約規定廠焊長度須為 120M 以上，因火花電焊法品質較確實，故焊頭品質較佳。

b. 鋁熱焊接法 (Thermite Welding 圖 15):

通常此法用於現場焊接，施工方法及設備較簡易，當鋼軌廠焊完成後運抵現場，再以鋁熱劑焊接，其品質較不易控制，故焊接品質不及火花電焊。



圖 14 火花電銲法



圖 15 鋁熱焊接法

(5) 轉轍段(或稱橫渡線):

使列車由一軌道轉往另一軌道之分岔設施(使列車由一線駛入另一線)。

- a. 標準單一轉轍段(Standard single crossovers, 圖 16)
- b. 菱形轉轍段(交叉轉轍段, Diamond crossovers, 圖 17) 兩軌道在同一平面上交叉
- c. 中央避車線(袋狀軌, Pocket Track, 圖 18)



圖 16 標準單一轉轍段



圖 17 菱形轉轍段

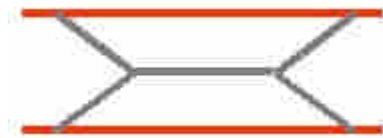


圖 18 中央避車線

4.3 鋼輪軌道震動討論

(1) 軌道系統震動的探討

軌道系統的震動，主要是因為行進中的車輛與鋼軌接觸所造成的激震(Excitation)，當鋼輪與鋼軌接觸面越粗糙，震動的幅度就會越大，當鋼輪經過軌道接縫處或者是道岔都會產生震動。一般而言，軌道的振動與噪音歸咎於車輪不圓、軌面不平、基鈹距離、軌床的自然頻率及車輪組的自然頻率。振動與噪音的二次傳遞路徑(如圖 19)。

(2) 浮動式道床制震基本原理

浮動式道床軌道(FST)是利用支承墊或線圈彈簧將道床版與隧道

仰拱面或橋面版等土建完成面隔離，以阻絕振動之傳遞，其原理是經由道床版質量及支承墊彈性、阻尼特性，降低軌道系統自然頻率，進而達到隔振、減振功能，如圖 20 所示。

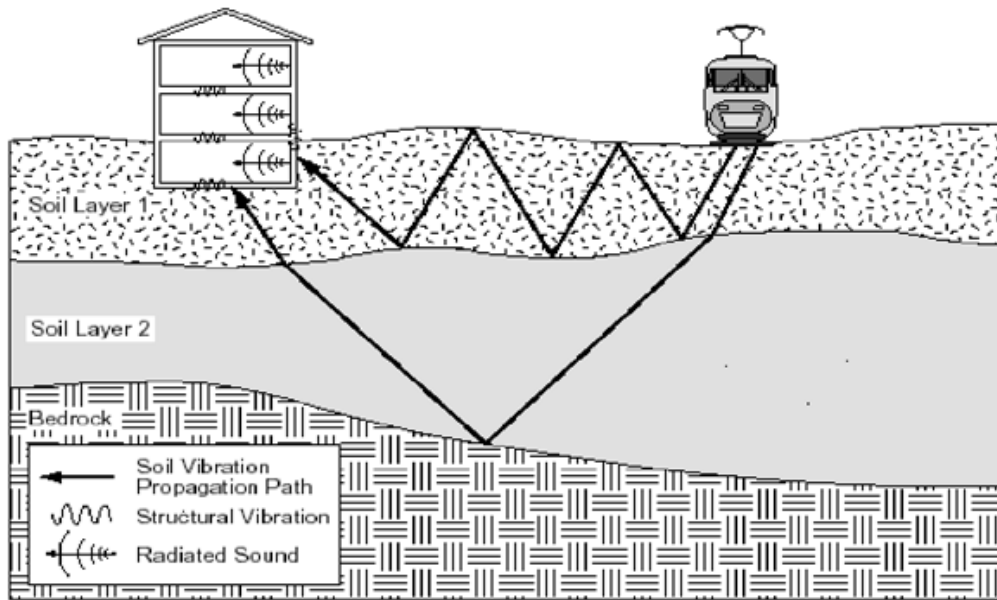


圖 19 振動與噪音的二次傳遞路徑

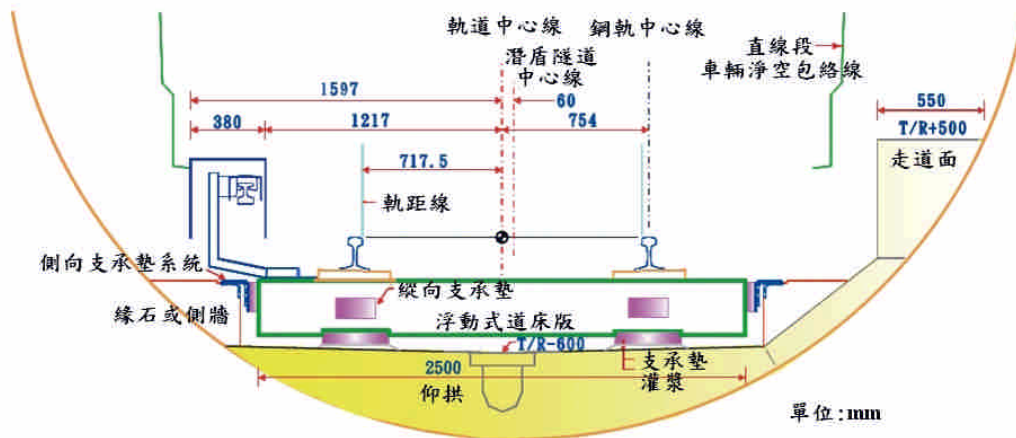


圖 20 北捷浮動式道床

(3) 浮動式道床的種類

浮動式道床型式以使用之支承材形式不同可分為機械式浮動道床與彈性材式浮動道床。機械式浮動道床係以整體式混凝土版塊下

方配置筒狀螺旋彈簧支承，道床之自然頻率多座落於 4~8Hz (圖 21)。
彈性材式浮動道床則有帶狀、塊狀、平板式與整體包裹式多種形狀
之彈性支承，道床之自然頻率多座落於 20Hz 以下 (圖 22)。



圖21 線圈彈簧支承墊(自然頻率4Hz~8Hz)

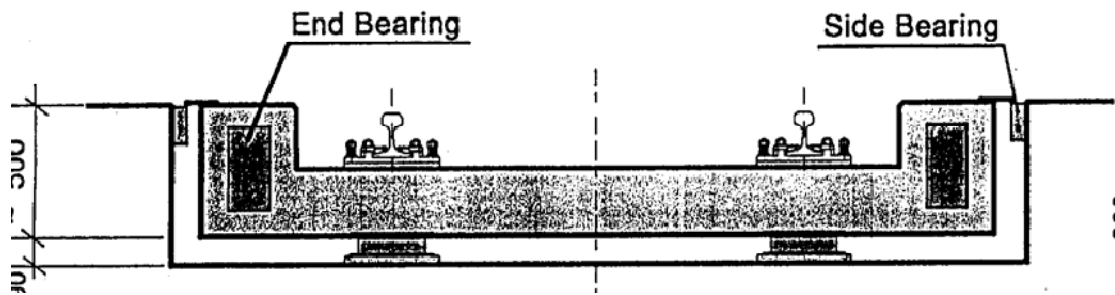


圖22 橡膠支承墊(自然頻率15Hz~20Hz)

5. 周邊設施

5.1 自動收費設備系統(圖 23、圖 24)

採用門檔式閘門，並有三種不同的寬度供一般旅客、持大型行李的旅客及身障旅客使用。



圖 23 舊式三柱轉軸

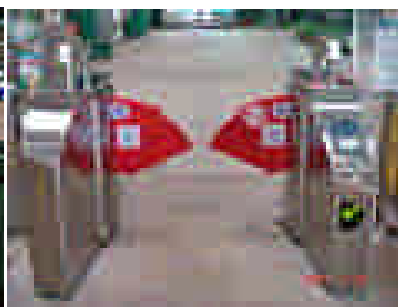


圖 24 CU307 驗票閘門

5.2 無障礙設施

台北捷運設有完善的無障礙設施，包括導盲磚(圖 25)、專用驗票閘門、電梯(圖 26)及車廂內的輪椅專用區等。候車月台並設有夜間婦女候車區，保障夜歸婦女搭乘捷運的安全。



圖 25 導盲磚



圖 26 無障礙電梯

5.3 其他設施

各車站月台皆設有 [LED 顯示器](#)與 [電漿電視](#)(圖 27)，顯示列車預計到站時間。月台安全部分，起初僅木柵線設置 [全罩式月台門](#)，後來台北車站與忠孝復興站高運量月台才設置高 1.45 公尺的 [半高式月台門](#)，其他車站則設置月台區軌道侵入偵測預警系統。未來新建的車站已經計畫全面裝設 [月台門](#)。

通訊方面，各車站均提供付費式無線網路 [Wifly](#) 區(圖 28)，地下車站及路線內也設有 [行動電話](#)基地台。



圖 27 電漿電視



圖 28 無線上網用桌

6. 結論

臺北都會區歷經百年來演進發展，鄉村人口大量擁入城市，人口由幾十萬人快速增加至五百萬人以上，而臺北都會區商業大樓及集合住宅區林立，道路交通運輸已達飽和，興建捷運系統是改善都會交通的不二法門，因其具有便捷、安全、舒適之特色。

未來陸續加入環狀線、[三鶯線](#)、[萬大樹林線](#)、[安坑線](#)、[民生汐止線](#)、[南北線](#)（計畫併入環狀線，成為「東環段」）、[社子輕軌](#)，皆預定採用中運量捷運系統或獨立路權的[輕軌](#)系統。預計 [2014 年](#)路網長度將從目前的 76.6 公里倍增為 156.3 公里，運量增加一倍。[2020 年](#)時，長度增加為 270 公里，運量達 360 萬人次。

參考文獻

1. [台北大眾股份有限公司](#)
2. [威基百科-台北捷運](#)
3. [台北捷運軌道工程之回顧與展望 捷運技術半年刊 第39期 97年8月](#)
4. [台北捷運系統規劃設計與施工](#)
5. [台北捷運工程局](#)