

列車控制系統在臺北捷運之應用

陳柏穎¹

摘要

臺北捷運號誌系統中，列車控制主要分兩種型式，一種運用於高運量，以傳統固定式閉塞區間形式控制，另一種運用於文湖線，採用通訊式列車控制 CBTC 系統(Communications Based Train Control System)方式控制。文湖線為全臺灣首件採用通訊式列車控制 CBTC 系統之專案，由於 CBTC 系統車站及道旁設備比傳統固定式閉塞區間之設備為簡單，且較不影響既有系統之營運運轉，故對於舊號誌系統須更新，且又要維持既有系統之運轉時，CBTC 系統實為一可行方案。本文即針對此兩種列車控制系統進行比較說明以供讀者參考。

關鍵詞：通訊式列車控制、自動列車控制、自動列車監督、自動列車保護、自動列車操作、監督控制及資料取得系統

Application of Train Control System in Taipei MRT

Po-Ying Chen¹

Abstract

Two types of train control system are used in the Taipei MRT: One is a traditional fixed block system for the high-capacity transit system; the other, the Communications-based Train Control (CBTC) System, is for the medium-capacity transit system. The Wenhua line is the first Taipei MRT project to use the CBTC system. Using less equipment in trackside and signaling equipment rooms (SERs) than the traditional fixed block system, the CBTC system causes less impact on the commercial service during retrofitting. This paper introduces comparison between these two types of train control systems.

Keywords: communications-based train control (CBTC), automatic train control (ATC), automatic train supervision (ATS), automatic train protection (ATP), automatic train operation (ATO)

¹ 臺北市政府捷運工程局機電系統設計處技正

11036@trts.dorts.gov.tw

一、前言

大眾捷運系統係載運大批之乘客來往於市區與郊區之間，提供乘客舒適及方便的交通工具來從事上班、購物、娛樂等各種日常活動。無論何種型式之捷運系統，現代化的捷運系統至少要合乎以下之需求：乘客之安全性及舒適度、流暢之班次、有效率之運轉及有能力配合各種交通服務之需求。為達成上述包含安全性之各種需求，就需現代化之電腦控制號誌系統來達成。

(一) 臺北捷運介紹

臺北捷運自1996年3月28日木柵線通車開始營運，目前營運路線計有文湖線、淡水線、中和線、小南門線、新店線、南港線、板橋線、土城線、新莊線、蘆洲線、信義線及松山線，營運車站數為119個，營運里程數在2014年11月15日松山線通車後達到134.6公里，且平均日運量亦達約200萬人次，寫下臺灣捷運史新的一頁。捷運系統已成為臺北市不可或缺之大眾運輸工具，而號誌系統的協助更大幅提升捷運的安全性及運作效率。

近年來號誌通訊式列車控制CBTC (Communications Based Train Control System)技術已逐漸為世界各國捷運系統所採用，尤其在號誌系統更新的應用。臺北捷運號誌系統中，中運量木柵內湖線(後來改名為文湖線)為全臺灣首件採用通訊式列車控制CBTC系統之專案，木柵線為既有系統，內湖線為木柵線之延伸線，政策希望木柵線及內湖線須一車到底，旅客不須轉乘。在多方考量下，故決定既有木柵線須在儘可能不影響既有系統營運之狀況下更新號誌系統。而號誌CBTC系統於車站及道旁之硬體設備比傳統軌道電路系統較為簡單，對於既有號誌系統須更新且又要維持既有系統之營運運轉，CBTC技術實為一可行技術，故接受Bombardier公司所提供之CITYFLO 650 CBTC系統。而本系統延續木柵線，採無人駕駛之方式設計。對於將傳統固定式閉塞區間無人駕駛號誌系統，包含既有木柵線51對電聯車之車載號誌，皆更新為CBTC無人駕駛號誌系統，本局所面臨之挑戰可想而知，特別是一夜之間以無縫接軌方式，達成一車到底及一票到底之旅客服務方式，皆屬難能可貴之經驗。

二、號誌系統基本架構

現代化的號誌控制系統即是自動列車控制系統(ATC)。列車平時都是以自動模式運轉，不論有人駕駛或無人駕駛，於車頭處皆提供人工駕駛所需之各種設備，在必要時列車仍可以手動模式駕駛運轉。手動駕駛之控制檯可顯示列車運轉之各種數據，駕駛員可監看這些數據。

自動列車控制系統為現代捷運系統日常操作之所需，下轄三個子系統：自動列車保護(ATP)、自動列車監督(ATS)及自動列車操作(ATO)。

這三個子系統透過行控中心號誌主電腦交換與協調資訊，可達到整體即時控制之目的。

ATP子系統維持二列車間的安全煞車距離，確保車門安全操作，提供路軌聯鎖區的安全控制。ATS子系統可自動設定路軌路徑及自動發車，並透過列車與軌旁通訊系統，可使控制中心即時控制並監督列車之運轉。ATO子系統自動調節列車車速並提供進站時之自動程式停車，以使列車能平穩及精確的停在月臺指定位置。

行控中心基本上是扮演監督整個系統運轉的角色，一切依預定的指令運轉，在需要時才發出修正的指令，以使班次更流暢，並使人為的干預減至最低。某些修正指令電腦可依實際之偏差狀況自動發出，某些影響較重大之修正指令則需由行控中心人員判斷後才送出。

ATC系統另外須依賴一些其他之重要附屬系統：資料傳輸系統，傳輸包括號誌車載與軌旁間；軌旁與車站控制中心間；以及車站控制中心與行控中心間之雙向控制監視號誌資訊。

ATC此三項子系統分別再詳述如下：

(一) 自動列車保護(ATP)

1. 自動列車保護也就是利用號誌化的控制與保護設備，它可確保二車保持安全距離，速度同時也需考慮路軌之曲度及坡度對速度之限制。ATP子系統並檢查各列車之前進路徑上所有轉轍器是否鎖定於正確位置。某段路軌之轉轍器有多列車要通過時，ATP子系統分配此段路軌一次給一列車使用，列車通過才再分配給下一列車依序使用。
2. ATP子系統維持二列車間的安全煞車距離，確保車門安全操作，提供路軌聯鎖區的安全控制。ATP子系統負責列車運轉之安全，它可以偵測各列車之位置，並由各列車之相對位置決定各列車可行駛之距離或位置以避免追撞。
3. 自動列車保護的主要功能應包括下列各項：
 - (1) 偵測列車位置，以確認路軌開通條件。
 - (2) 命令列車執行速度限制指令並通知列車可行駛之距離或位置。
 - (3) 聯鎖控制，依據預先輸入之列車目的地等運轉資訊，核對列車路軌、進路、方向條件後，進行轉轍、鎖定等聯鎖程序，以便開通列車進路。
 - (4) 列車靠站定位、開門及啟動控制，查核列車定位停妥後，允許車門及月臺門之開啟，確認車門關閉後，允許列車啟動。

(二) 自動列車監督(ATS)

1. 自動列車監督的目的在監視列車的狀態並自動調整、維持及記錄列車移動作業以保持最佳的運轉績效。藉由軌路與列車上之資訊交換及號誌傳輸，將各項資訊提供行車控制中心的控制人員，以監控整個系統之運轉狀況，提高營運績效，故一般都會設置一個行車控制中心即為行控中心。
2. 主要功能包括追蹤、記錄、處理及顯示軌路及列車設備之即時資訊，依據營運計畫調度列車並排定進路，管制列車靠站時間，提供警訊等。由於使用自動監督，控制人員可免於正常重覆性的操作，主要針對緊急狀況、突發事件及尖離峰列車調度等做處理。基本上，自動列車監督系統無關維生，但其功能卻關係著整個捷運網路的監督控制及運轉效率。

3. 備援行控中心

為免於特殊情事發生時中斷捷運系統行車服務，一般皆於行控中心建物外設置簡易型規模的異地備援行控中心，所具設備及系統功能應足以提供控制人員，在無行控中心設備(含通訊傳輸設備)喪失監控及傳輸功能下，經手動切換後於異地備援行控中心可從事每日之系統基本營運運轉及營運資料記錄，以發揮緊急事故時之最佳處理及復原前之備援機制，平時亦可兼具控制人員訓練之用。

4. 由於行控中心為系統監控核心，為降低因災害造成系統停止運轉風險，一般除了會設置行控中心外，並於沿線車站或機廠選擇一處設置上述(3)之簡易型規模之異地備援行控中心，以發揮緊急事故之備援機制，增進系統可靠度。例如高運量之行控中心設置於臺北車站交九，異地備援行控中心則設置於北投機廠，文湖線行控中心設置於內湖機廠，異地備援行控中心則設置於木柵機廠，環狀線行控中心設置於南機廠，異地備援行控中心則設置於 Y17 站，未來臺中線及萬大線亦將設置行控中心及異地備援行控中心。

(三)自動列車操作(ATO)

1. ATO 子系統就如同一位有技巧的駕駛員，它使列車能平穩的行駛，在跨越不同速度要求時能平滑的加減速，並能平穩及正確地自動將列車停靠在月臺正確位置。
2. ATO 子系統指示推進系統依 ATO 之速度行車，而 ATO 之速度來源有三，一為 ATP 之速度限制，二為 ATS 調整列車動力程度之功能位階或類似功能所產生之速度限制，三為程式化月臺停車速度，ATO 系統取其最小者做為 ATO 之速度用以指示推進系統行車使用。
3. 自動列車操作的主要功能應包括下列各項：
 - (1)調整行車速度，依據自動列車保護系統指令加減速度。
 - (2)程式化停車及自動離站，依據自動列車操作系統指令減速、煞車、停靠或啟動及加速。
 - (3)啟閉車門，依據自動列車保護系統指令開啟或關閉車門。
 - (4)調整功能位階或類似方式，依據營運條件設定系統運轉功能，促使營運安全、順暢及準點。

三、系統營運模式

系統營運模式應為三類即正常、降級及非正常營運模式。

(一) 正常營運模式

在正常營運模式下，捷運系統應依所述路線及系統預計運轉時間，應能由行控中心控制，自動從尖峰轉換至離峰營運及從離峰轉換至尖峰營運，亦應能依行控中心操作員下達之手控命令達成上述轉換。

在離峰營運期間，應準備備用列車，以因應行控中心操作員依營運服務狀況，遙控派遣支援所需。尖峰期與離峰期之時數，可由行控中心操作員判斷決定之，惟可用度之估算及準備維修成本之估算，應假設每天有五小時尖峰期(AM 07:15 ~ 09:15及PM 16:45 ~ 19:45)及15小時離峰期。

(二) 降級營運模式

若軌道於正常營運模式下，因非表訂維修或特殊狀況下，必須中斷部份路段之營運時，應自動維持其餘部份路段之營運狀態。此時臺北捷運公司列車可在暫時的端點站間，以類似正常營運模式狀態下繼續營運，而其他部份路線則不參與營運。

(三) 非正常營運模式

行控中心操作員應能用手動遙控方式，取代自動列車操作系統(ATO)。即使因減速與降低服務之故，而取代自動操作系統，仍應符合安全操作要求。一旦系統為手動操作方式取代，除非行控中心操作員撤消，否則不會停止控制權之取代，而自動列車保護系統(ATP)應持續維持系統之營運操作不得被取代。

四、系統安全基本要求

(一) 通則

即時確認潛在的實際危險，以便採取必須的行動，來降低或消除這些危險。

(二) 安全目標

針對下列人員、設備，提供最佳可行之安全水準：

1. 經由運輸、上下車的乘客、捷運人員。
2. 操作、維修、測試車輛或其相關道旁及機房設備、輔助設施的人員。
3. 本契約機電系統及其相關設備、輔助設施。

(三) 系統安全準則

系統設計及後續操作程序之準則，應確保在發展設計、測試、運抵、操作及維修所有階段中，均能達成系統安全目標。

系統安全準則，至少應包括下列各項：

1. 當所有系統元件正常運作，每一功能性單元及整個系統，於所有操作狀況下，均須安全地運作。
2. 以下列優先順序，就分析中所確認潛在或實際危險，予以排除或控制：
 - (1) 最低危險設計。
 - (2) 使用安全裝置。
 - (3) 使用警告裝置。
 - (4) 使用特殊程序。
3. 關鍵子系統或設備，諸如推進、煞車、車門、自動列車保護、月臺門、轉轍器、電力系統、車內火災預警設備、胎壓及胎溫偵測(若採膠輪系統)等，不得具有會導致重大或致命危險的故障模式。這些關鍵子系統或設備，應具故障自趨安全之設計，俾使任何故障或功能喪失時，皆不會導致不安全狀況。
4. 故障自趨安全準則
 - (1) 一般準則：元件故障或喪失輸入訊號，不得造成危險；併發其他故障時，亦不得造成危險。相同原因或相關原因，所造成之多重元件同時故障，不得導致危險。
 - (2) 電力/電子電路準則：電線斷裂、受損或接點、電驛不潔，造成通電後沒有反應，斷電或重新接通電路，均不得造成危險。在建立電子電路之故障自趨安全準則時，應考慮元件可能因開路或短路的故障。具多重端子之裝置，應假設可能因端子開路、

短路，或端子之間部份短路的各種組合狀況的故障。對於擴大器承受任何頻率下之不當震盪，亦應提供保護裝置。

5. 複置裝置設計原則

複置裝置設計原則，可確保任何故障或其組合均可利用複置設計加以控制，而提供與傳統故障自趨安全設計相當之安全度。

複置裝置至少應提供兩個並聯系統，每一個均能獨立提供相同的功能，亦應提供比較並聯系統輸出之方法。若使用三個或多個並聯系統，則利用多數決系統做決議。若決議未達成，且車輛正於行駛中，則緊急煞車。若車輛靜止，則車輛不准行駛。下列特性應結合複置裝置檢查之設計：

- (1) 檢查程序本身應具故障自趨安全或複置裝置檢查。除非輸出達成一致，否則不可顯示決議(Agreement)。
 - (2) 檢查程序應涵蓋與安全有關單元之比較。
 - (3) 複置裝置中任一元件發生故障，可能影響系統安全者，應能予以自動偵測。
 - (4) 並聯單元須彼此完全獨立，以使一般環境或電力之變動、錯誤、失效等，不致造成控制單元輸出之相關錯誤。
 - (5) 檢查程序之次數須充份而且範圍要大，以確保營運期間任何一年內，於比較時產生決議之補償性錯誤組合，或其順序之機率得以控制，以提供與傳統故障自趨安全設計相當之安全度。
 - (6) 除非達成決議，否則應有及時的動作以確保安全。
 - (7) 電腦之軟體及硬體，應採用複置裝置檢查原則。
6. 當系統之任何元件、設備或子系統之故障會導致人員受傷、主系統損壞、營運中斷，則應採複置裝置、熱機自動備援或類似之設計，且廠商需於設計階段提送工程司審核可。
 7. 對可能危害乘客及營運維修人員之狀況，廠商應設置警告性之標誌。必要之關機聯鎖及安全符號、警告標誌皆應納入維修程序中，並張貼在各相關使用設備附近、設備房入口。例如：高壓電源危險、高溫危險及高速機械裝置危險。操作，維修或修復設備之人員，不得曝露於不合理的危險中。
 8. 任何未依順序會導致危險之操作，系統設計中應包含元件聯鎖。
 9. 供大眾使用之緊急設備/裝置，應清楚的標識，且設置可便於大眾使用。附有蓋板使用之聯鎖、切離、配件等裝置，其蓋板應可防止玩弄及破壞。
 10. 非供大眾使用之月臺、機房、道旁之設備/裝置、轉轍器、控制器、電氣接頭，應有適當防護措施，以防止玩弄及破壞。
 11. 進入控制中心及每一車站之供電、電話通訊、閉路電視及電子防護線路之裝置應隱蔽以防破壞。地上電纜，應設置於有適度加蓋之電纜槽內。
 12. 單點故障不得造成安全保護喪失。複置路徑應評估為潛在故障的共通原因。複置元件或電路故障，應可立即警示，亦可由廠商定出定期檢查時程及程序，以確保雙重路徑均可操作。

13. 隧道內已有事故列車或發生意外事故時，所有列車不可再進入發生事故之區段（區段係指車站與車站間或車站與通風豎井間之範圍）。「事故」係指煞車咬死、油溫過高、胎壓及胎溫異常(若採膠輪系統)或車內火災預警設備動作等。

五、傳統軌道電路系統與 CBTC 系統之比較

(一) 傳統軌道電路系統

號誌系統自動列車控制最重要的部份為1.列車位置偵測2.速度指令之傳送，傳統之號誌系統是利用軌道電路來達到這二項功能，軌道電路是將軌道區分為許多區間，站與站間之軌道電路每一區間理論上最小可為15公尺，最長可為457公尺，車站區域之軌道電路最長可為290公尺，每一區間之入口與出口佈設阻抗搭接器，並連接至車站號誌設備室之發射器與接收器，構成完整迴路。當列車進入此區間後，因車軸會導電而破壞此迴路，故系統可測知列車在那一區間，由列車位置之偵測，每一列車都可知道與相鄰列車之距離，號誌系統即可決定任一區間之速度指令，而相關速度指令也是由發射器經由阻抗搭接器送至鐵軌再饋入車上，發射器與接收器皆位於車站號誌設備室，並以電纜連接至各區間之鐵軌，以上即為傳統之固定閉塞區間(Fix Block)之軌道電路系統。臺北捷運初期路網之號誌系統皆是採用此種軌道電路系統，圖1即電聯車車輪進入傳統軌道電路閉塞區間示意圖。固定閉塞區間有下列缺點：

1. 列車位置之偵測精確度受限於軌道電路之區間長度，如需更精確，區間長度可縮短，但設備增加，成本亦增加。
2. 軌道電路因與軌道介面較多且需由電纜連接至車站號誌設備室，施工及維修較困難。
3. 控制指令及速度指令是以區間為傳送單位，較不靈活。

(二) 通訊式列車控制系統

為改善傳統軌道電路號誌系統缺點，加上電子通訊科技之進步，乃發展出以通訊傳輸系統為主之控制系統，即列車位置由佈於二軌中間之基準點(beacon or Norming Points)來感應偵測，基準點內有位置座標不需連接電纜，可大量佈設，當列車經過此基準點可讀取基準點內之位置座標，並透過列車無線電傳給道旁控制系統及行控中心。離開基準點後之位置由列車之轉速計自行計算，即時傳送給道旁控制系統，故道旁控制系統可隨時掌握個別列車之精確位置，並即時將各列車之前方列車位置座標傳送給各列車，再由各列車依與前方列車之距離決定速度指令，如此可達到列車與道旁之行車資訊能雙向、連續傳送之目的。由於此種控制方式依賴大量即時通訊傳輸，故通稱為通訊式列車控制系統CBTC(Communication Based Train Control)。而傳統之軌道電路則只能透過阻抗搭接器(約200公尺佈設一個)所在之位置傳輸，且除車站區外皆為單向傳輸(道旁傳至列車)。依據IEEE1474.1之規定，CBTC須符合下列特性：

1. 高解析度之列車位置偵測 (誤差值小於 10 米)，且此列車位置偵測不須依賴軌道電路。
2. 列車與道旁(或行控中心)之行車監控資訊，透過雙向大容量之數據通訊方式，即時連續傳送。
3. 負責車載及道旁功能之控制系統須執行維生功能。

CBTC之列車位置偵測精確度高，系統可依各列車之實際位置來決定各列車可行駛之安全速度，並以連續之通訊傳送至車上，因非以固定區間來控制列車，而是以相鄰兩列車之實際

距離來控制速度，此距離即為一移動之區間，故此種方式即稱為移動式區間(Moving Block)。圖2即無線電通訊應用在通訊式列車控制系統之基本架構。

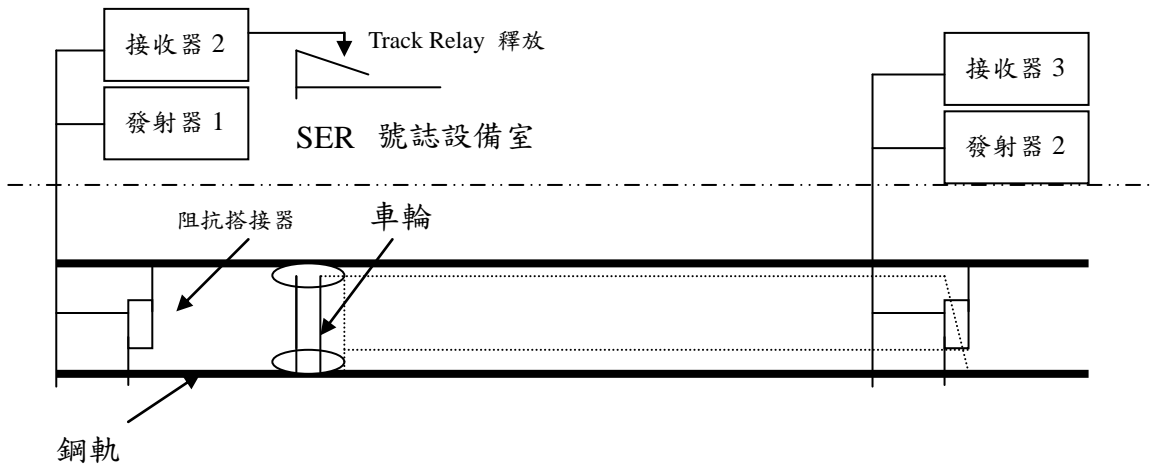


圖 1 電聯車車輪進入傳統軌道電路閉塞區間示意圖

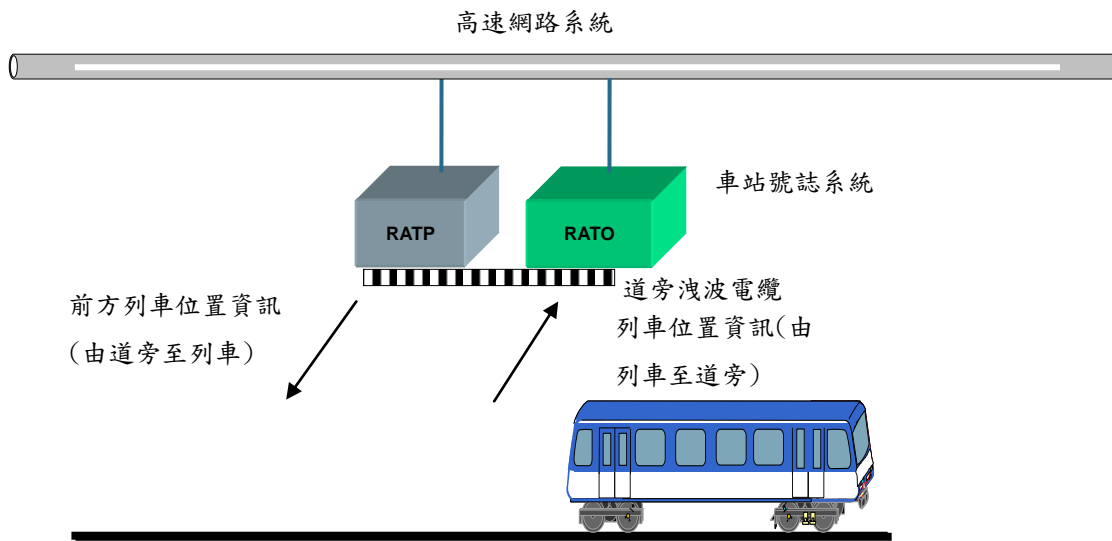


圖 2 無線電通訊應用在通訊式列車控制系統

表 1 系統特性比較表

項目	傳統軌道電路	CBTC
道旁設備	較複雜	簡單
道旁資料傳輸	單向(於車站區方為雙向)	雙向
主體設備特性	大量應用軌道電路及硬體設備	主要以軟體控制
維修成本	較高	較低
施工	較複雜	較簡單
技術成熟度	成熟	仍持續發展中
系統更新	較不易	以 CBTC 系統易於作傳統軌道電路之更新
車間距	(105 秒-180 秒)	較密集(60 秒-90 秒)
斷軌偵測	有	無

臺北捷運木柵線原為固定式閉塞區間系統，為配合延伸至內湖線，考量木柵、內湖線能一車到底及新科技之應用，於契約中即要求：行車監控系統應使用新技術及故障自趨安全之設計，如CBTC(Communication Based Train Control)、或移動式閉塞區間(Moving Block)、或其他符合下列有關新技術之規定者。其新技術應利用高解析度之列車位置偵測及即時連續雙向列車與道旁(或行控中心)數據通訊方式來達成系統內所有列車之行車監控，而高解析度之列車位置偵測，其列車位置偵測之誤差值不得大於10公尺，並須用於列車自動控制(如列車之行進及顯示列車之位置於行控中心)。故廠商於內湖線採用了CBTC系統並將木柵線也一併更新。

六、高運量固定式閉塞區間系統簡介

在捷運系統中，號誌系統佔有舉足輕重的地位，世界各號誌系統廠商之產品，其基本功能皆大同小異，但各號誌系統在設備上卻大異其趣，幾乎看不到相同之設計，為提供讀者對於不同系統之比較，故亦提供臺北捷運高運量系統，即傳統固定式閉塞區間之軌道電路系統設計，使讀者對於捷運號誌系統能有更完整之認識。

臺北捷運初期路網包括淡水線、新店線、中和線、南港板橋線由美國通用鐵路號誌(General Railway Signal, GRS)公司承包，土城線、新莊、蘆洲、松山及信義高運量號誌系統則由美商亞士通(Alstom)公司承包，系統設計採傳統式固定閉塞區間及音頻軌道電路傳輸技術，主要工作範圍包括主線號誌設備、車載號誌設備及行控中心監控設備等，將分別介紹。

(一) 主線號誌設備

主線號誌系統主要包含1.主線通訊號誌房設備2.站務室及月臺設備3.主線軌旁設備。

(二) 主線通訊號誌房之號誌設備

每一車站皆設有一通訊號誌設備房(Communication and Signaling equipments Room, CSER)，此設備房安裝了通訊與號誌設備，本章節主要針對號誌系統作敘述。CSER有兩種：一為聯鎖站CSER、一為非聯鎖站CSER，能控制轉轍軌之車站稱聯鎖(Interlocking)車站，反之稱作非聯鎖(Non-Interlocking)車站。CSER內設備又可概分兩類：一為供電設備、一為機架設備。

1. 供電設備(充電器、分電盤、隔離變壓器、電瓶組、不斷電系統等)：

提供各項控制設備

DC28V/電瓶組電源：供應機架邏輯電路

DC120V 電源：供應轉轍器馬達

AC120V/UPS 電源：供應聯鎖區 PF 軌道電路及轉轍燈等

隔離變壓器：供應 AC120V 電力



圖 3 電池隔離開關



圖 4 不斷電系統



圖 5 28V 電池充電器



圖 6 電池組

2. 機架設備：

(1)ATP 模組及軌道電驛：與軌旁之阻抗搭接器及四呎迴圈組成 AF(音頻)軌道電路，提供列車偵測、速度碼及 TWC 信號傳送等功能。

- (2)VPI 模組：為一微處理器控制系統，提供各項控制邏輯、輸出/入供顯示及控制用，並透過 PCM 或 SDH 系統與行控中心通訊(DTS 及 TWC 資訊傳送)。
- (3)停車模組(Berthing Module)：提供定位天線及信標線圈(8MMarker)信號，確認列車停妥。
- (4)其它控制電驛：提供速度碼選擇邏輯、開門(Gate)控制、轉轍器控制、路徑鎖定、行車方向控制等功能。
- (5)就地控制/維修盤(LCMP)：提供該車站控制區軌道示意圖，並顯示該控制區之所有狀態，可供操作(或維修)人員監視或作各項控制。自新蘆線以後相關功能由 VDU 及緊急維修盤所取代。

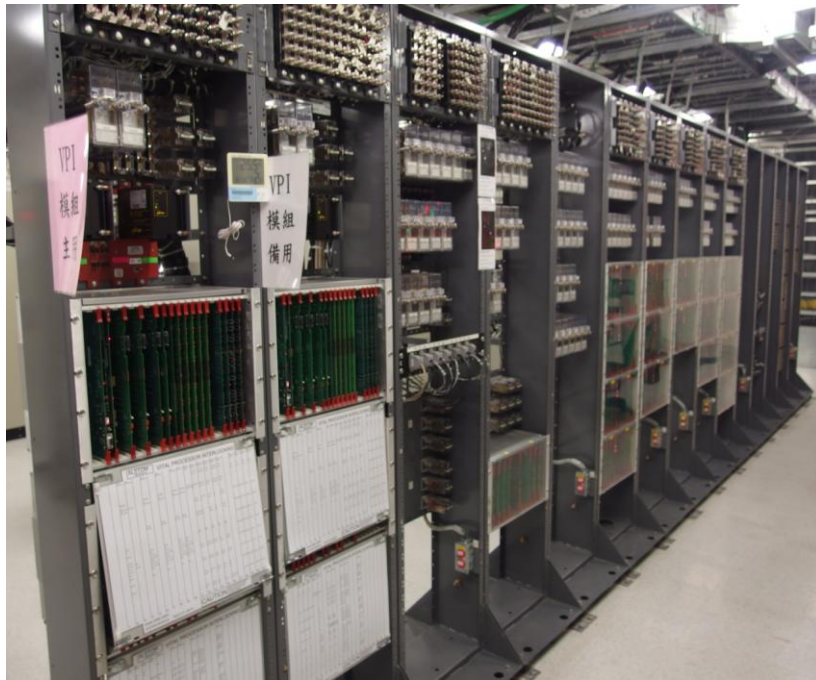


圖 7 機架設備

內含 ATP 模組及軌道電驛、VPI 模組、停車模組(Berthing Module)、控制電驛等

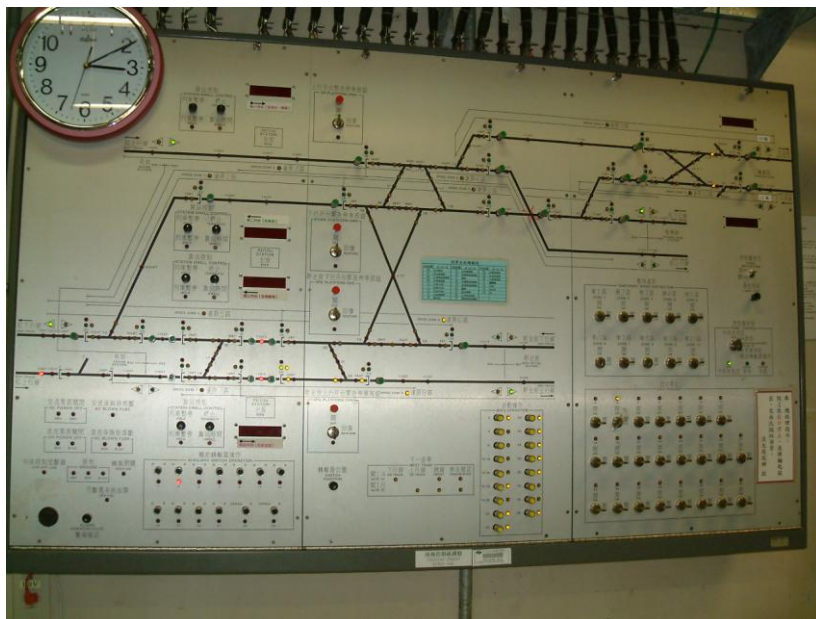


圖 8 就地控制/維修盤 (LCMP)

(三) 站務室(PAO)及月臺設備

1. 站務室(PAO)緊急停車控制盤：(如下圖)

緊急狀況(如有人掉落月臺)時，提供站務人員使用，防止列車進入月臺及停住列車。



圖 9 站務室 (PAO) 緊急停車控制盤與月臺緊急停車按鈕串聯

2. VDU(Visual Display Unit)工作站如下圖

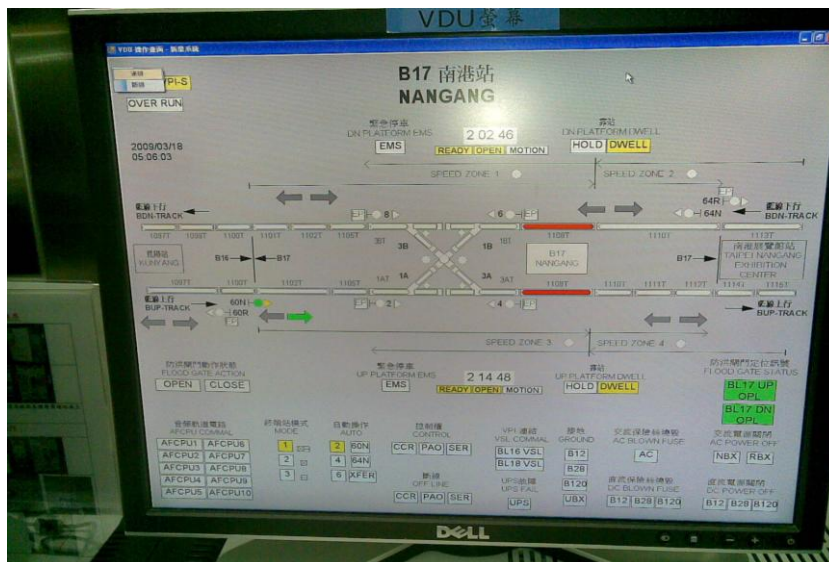


圖 10 VDU 工作站

淡水及新店線無VDU設備，南港線及中和線以後包括後續路網，每一車站PAO均將提供一套與SER內安裝之LCMP盤功能及畫面相同之設備，作為當CCR離線轉由就地控制之用，而LCMP盤直接以按鈕或開關控制。

(四) 主線軌旁(Wayside)設備

1. 阻抗搭接器(Impedance Bond)：

AF 軌道電路之一環，提供列車偵測、速度碼及 TWC 信號傳送等功能。



圖 11 阻抗搭接器

2. 四呎迴圈(4FootLoop)：

聯鎖區內 AF 軌道電路用，提供列車偵測及速度碼傳送等功能。

3. 信標線圈(Marker Coil)：

提供停車點距離之資訊給列車。



圖 12 信標線圈

4. 定位天線(Alignment Antenna)：

安裝於月臺兩端，線圈中心線離端牆 7.125m，作為列車雙向定位之用，提供列車月臺停車之正確位置，並接收列車停妥之信號。

5. 轉轍器及鎖定燈(聯鎖站)：

轉換軌道，改變行車方向。鎖定燈指示亮(顯示正位或反位)表示轉轍器已鎖定，列車可安全通過。



圖 13 定位天線



圖 14 轉轍鎖定燈

(五) 行車控制中心號誌系統

行車控制中心號誌系統即自動列車監督(ATS)系統，其主要功能如下：監視列車運轉、提供中央控制、現場控制(ATS現場控制部份包括現場自動設定路徑、現場手動設定路徑、現場控制/維修盤的各種顯示、現場靠站控制、列車離站警示控制，以及與中央/列車資料傳輸系統之介面。)、調整靠站時間、設定路徑、正確列車辨識和控制發車，以保持預定行車模式，減少行車延誤影響。

控制中心、各車站號誌設備室和司機員調度室間，以及司機員調度室和機廠號誌設備室間，係以光纖傳達ATS訊號。各車站以及機廠之號誌設備室，則利用電纜連接軌旁號誌設備，以便與列車通訊。藉此ATS資料傳輸系統，控制中心得以與各站、機廠、以及線上列車作命令和狀態信號之傳遞。而中央行車控制(Central Traffic Control, CTC系統)即是ATS在控制中心的子系統。



圖 15 交九行控中心

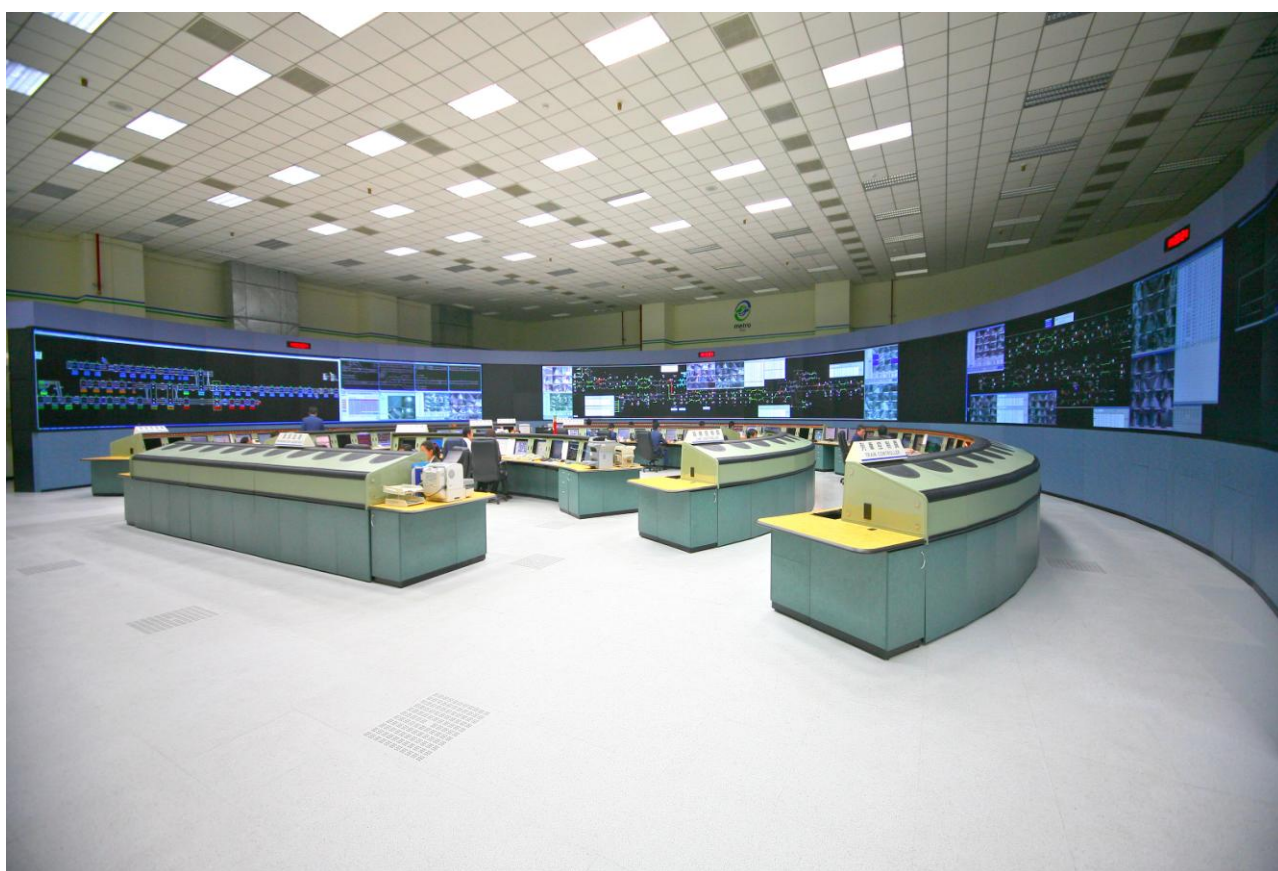
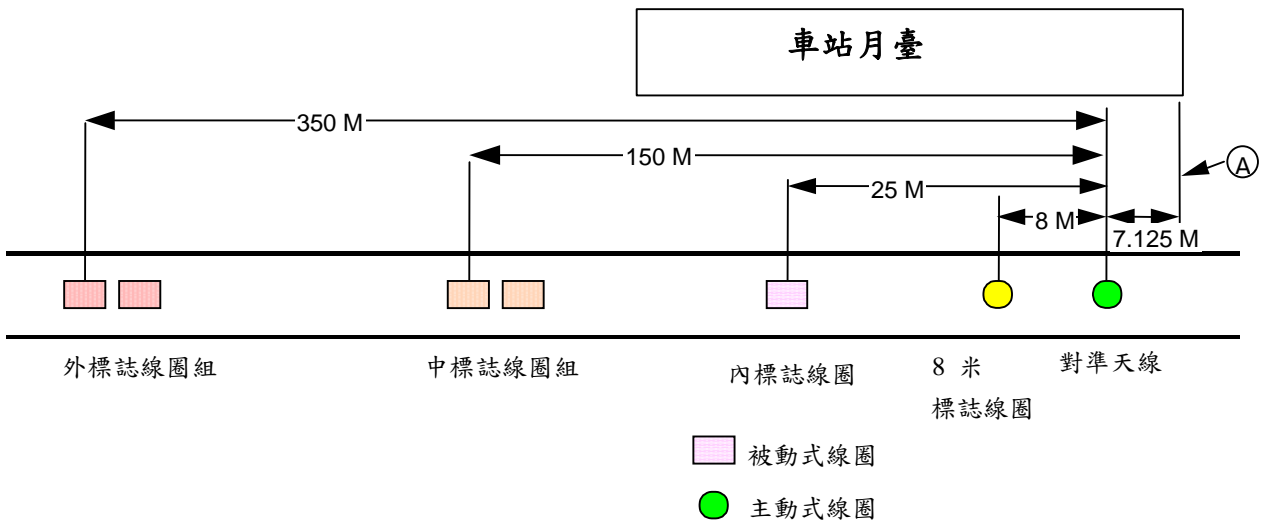


圖 16 交九行控中心



Ⓐ = 列車車頭與對準天線之校正距離7.125 米

圖 17 為達成程式化停車，與車載設備配合之道旁設備配置

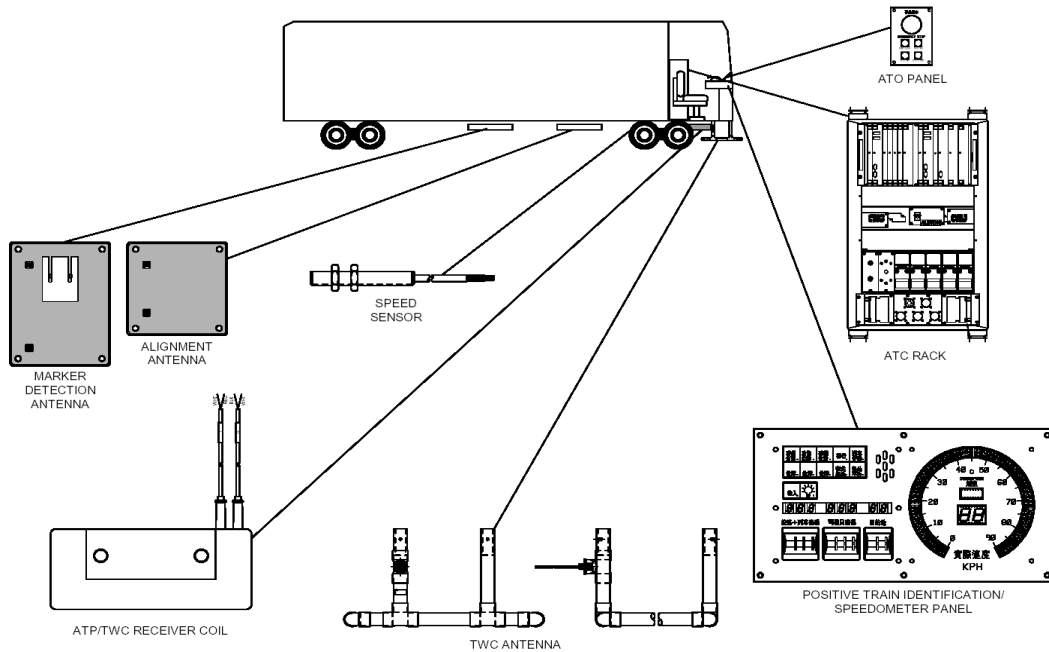


圖 18 車載設備之配置

七、CBTC 系統於各國捷運運用狀況

(一) 營運需求催生技術變革

自1863年第一條地鐵在英國倫敦誕生，之後世界各重要都市風起雲湧仿效興建地鐵或輕軌等軌道交通系統，伴隨著現代城市軌道交通大容量運輸的需要，形成了行車高密度、列車短間隔間距行駛的特點，在此同時，科學技術快速發展，新技術大量使用在城市軌道交通系統，城市軌道交通技術水平顯著提升，呈現出智慧化、網路化等的技術演進趨勢，對號誌系統之行車指揮、列車控制和列車運行安全系統在技術上亦提出更高的要求。CBTC系統為以通信技術替代軌道電路的新一代列車控制系統，系統充分體現計算機網路技術、信號處理技術、數據傳輸技術、控制工程及系統整合，代表著當代城市軌道交通號誌技術的發展方向，並在歐洲、北美、東亞以及大陸的諸多城市獲得成功應用。

(二) 號誌 CBTC 系統

CBTC(Communication Based Train Control) 號誌ATC(Automatic Train Control)系統，此系統不須依賴軌道電路即可與列車之車載控制系統交換資訊，此列車與道旁資訊交換為雙向、大容量且為連續的，可達到即時列車位置精確之偵測、列車間安全距離之確認及列車車速之控制等功能需求。

(三) CBTC 系統之優缺點

CBTC系統為現今世界中/重運量列車控制系統之發展主流，並已建置於世界各大城市，例如紐約、巴黎、倫敦、北京、廣州、溫哥華、新加坡、香港及臺北等。與傳統舊系統相比CBTC系統技術之主要優點如下：

1. 列車與道旁通訊設備可大量即時雙向地通訊。
2. 有效地縮短列車間距、提升服務品質。
3. 減少道旁設備，將有利於安裝之施作及減少維修保養之花費，旅客於軌道之緊急疏散亦較容易。
4. 易於進行舊系統之更新工程，可對既有舊系統之營運運轉影響降至最低。
5. 由於列車與道旁通訊可傳送大量即時資訊，將有助於相關訊息之加值，並可提升系統之現代化程度。

與傳統舊系統相比CBTC系統技術之主要缺點如下：

1. CBTC 系統雖於 1985 年即有產品進行營運運轉，但與傳統軌道電路系統相較下，仍屬新興產品，於實證經驗上尚不如傳統軌道電路系統來得豐富。
2. 號誌系統一般而言，不同供應商皆有各自之專用系統，傳統軌道電路系統由於硬體比例較高且發展時間較久，既有路線在進行延伸時較易有不同供應商參與競爭，相較於CBTC 系統，其軟體比例較高而發展時間較短，故在各家供應商尚未建立共同界面標準前，未來系統在進行延伸時，要找到不同供應商之相容性產品將較不易。

八、結語

截至104年1月，臺北捷運號誌系統中，文湖線專案為全臺灣第一個採用與世界同步的CBTC系統工程，除此之外，於98年3月決標之環狀線第一階段及100年3月決標之臺中捷運，未來皆將採用無人駕駛之號誌CBTC系統，相關基本資料如附表2。不論採用傳統固定閉塞區間或CBTC之列車控制系統，最終目標皆希望能提供臺北都會區民眾安全、便捷、舒適、美觀且符合國際水準的捷運系統，惟技術不斷演進，本局亦將隨時關注最新科技之發展，以期提供民眾更舒適便捷之捷運系統。本文就工作上之經驗提供薄見，期待能拋磚引玉與各方先進互相交流，提升國內捷運號誌系統之了解與認知。

表 2 目前臺北捷運局已發包之號誌 CBTC 系統介紹

線別	重要時程	工程範圍	號誌系統廠商
文湖線	98年7月4日全線通車	1.內湖線 14.8 公里，地下段長約 2.6 公里(10座高架車站，2座地下車站)及內湖機廠並有 101 對電聯車。 2.木柵線 10.9 公里 (12 座高架車站) 及木柵機廠並有 51 對電聯車。	加拿大龐巴迪 (Bombardier) 公司
環狀線第一階段	98年3月決標	15.4 公里，其中地下段長約 1.12 公里(13 座高架車站，1 座地下車站)及南機廠並有 17 列電聯車。	義大利安薩爾多 (Ansaldo)公司
臺中捷運	100年3月決標	16.71 公里，其中高架段約 15.94 公里，地面段約 0.77 公里(16 座高架車站，2 座平面車站) 及北屯機廠並有 15 列電聯車。	法國阿爾斯通 (Alstom)公司

參考文獻

1. 臺北市政府捷運工程局，內湖線機電系統工程(車輛、號誌、供電、通訊、機廠)CB370 特別技術規範，民國 92 年 4 月。
2. 臺北市政府捷運工程局，CB370 標行車監控系統細部設計說明文件，民國 95-94 年。
3. 臺北市政府捷運工程局，捷運常用詞彙，民國 80 年。
4. 臺北市政府捷運工程局，環狀線機電系統工程(車輛、號誌、供電、通訊、機廠)CF610 特別技術規範，民國 97 年 12 月。