

# 內湖線行車控制系統功能

陳柏穎<sup>1</sup> 林建仁<sup>2</sup>

## 摘 要

台北捷運號誌系統中，內湖線之專案為全台灣首件採用通訊式列車控制 CBTC 系統（Communications Based Train Control System）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。本文即介紹使用於捷運內湖線專案之 CBTC 系統供讀者參考。

**關鍵詞：**通訊式列車控制系統、自動列車控制系統、自動列車監督、自動列車保護、自動列車操作、監控及資料取得子系統

## The Neihu Line Train Control System

Po-Ying Chen Chien-Jen Lin

### Abstract

The Neihu line is the first project in Taiwan to use the “Communications Based Train Control system” (CTBC) as its signaling system. Because the CBTC system requires fewer signaling equipment rooms (SERs) and complementary equipment along the tracks than the tradition fixed block system, it has less of an impact when being installed on the normal operations of existing systems. The CBTC system is ideal at a time when a new system needs to be put in while maintaining the operations of the system already in place. This article will introduce the CBTC system that is being built into the Neihu and Mucha lines.

**Key Words :** CBTC, ATC, ATS, ATP, ATO, SCADA

1. 臺北市政府捷運工程局機電系統設計處副工程司 11036@trts.dorts.gov.tw

2. 臺北市政府捷運工程局機電系統設計處幫工程司 11323@trts.dorts.gov.tw

## 一、系統簡述

### (一) 內湖線簡述

內湖線捷運系統係銜接現有木柵線中山國中 (BR2) 站後之尾軌，沿復興北路以高架型式至民族東路口轉進松山機場內，並利用松山機場南側鄰近民族東路之邊隅土地佈設出土段駛入地下，至臺北航空站前平面停車場用地範圍內設 BR1 車站，路線續往北穿越松山機場、基隆河，至大直北安路設置 B1 車站，於北安路轉運站用地設置高架 B2 站後，續沿內湖路、文德路、成功路、康寧路，路線止於南港經貿園區。

BR1 至 B1 站間隧道長約 2.6 公里 (Km)，並於過河段設置一通風豎井。內湖線全線總長約 14.8 公里，共設有十二座車站，除 BR1 及 B1 站以地下方式建造外，所有車站均以高架方式建造。內湖與木柵線全線總長約 27 公里，並設有內湖與木柵兩座機廠，內湖線路線圖表示於圖 1，而營運調度設施位置圖表示於圖 2。為服務旅客不需轉乘，故原有木柵線車輛及內湖線車輛，能行駛於木柵及內湖全線，且乘客毋須下車轉乘；而內湖線中運量捷運機電系統工程係由加拿大 Bombardier 公司施作，該公司將採 CITYFLO 650 ATC 系統施做於內湖線，並將原有木柵線 VAL ATC 系統 (含木柵線現有 51 對車之車載 ATC) 全部更換為 CITYFLO 650 ATC 系統。

### (二) 系統說明

Bombardier 公司於台北捷運內湖線與木柵線號誌系統之更新方案中，採用了該公司最新一代之號誌系統稱為 CITYFLO 650，其原名稱為 FLEXIBLOK，而 FLEXIBLOK 之名稱是由 flexible (彈性) and block (閉塞區間) 兩字混合而成。與傳統之固定式閉塞區間 (Fixed block) 不同，CITYFLO 650 既不需要傳統軌道電路也不需要列車司機員。列車與道旁間之通訊不是經由固定之軌道電路，而是透過一種非接觸 (Contactless) 能雙向傳輸之通訊媒介。

Bombardier 公司之 CITYFLO 650 是移動式閉塞區間 MB (Moving Block)，亦通稱通訊式列車控制系統 CBTC 系統 (Communications Based Train Control System)。列車與道旁之訊息交換是連續且為雙向方式以達移動式閉塞區間之理念，透過無線電 RF (Radio Frequency) 通訊方式傳送列車與道旁之控制資訊，而舊有之固定式閉塞區間系統僅為道旁至列車之單向傳輸且為不連續。

CITYFLO 650 系統是以移動式閉塞區間為設計理念，其與固定式閉塞區間 (Fixed Block) 最大之差異為閉塞區間非固定，且不像固定式閉塞區間每一區間有固定之速度碼設計。傳統之固定式閉塞區間，是使用分段之軌道電路佈置在整個系統，以控制及監視方式使列車適當運作。CITYFLO 650 是使用道旁區區段 (Segment) 之概念。而區段是由道旁坡度、速度、長度、月台位置、轉轍器位置、區域 (Region) 邊界、主線尾軌及逃生走道等之參數來設定劃分。

CITYFLO 650 系統發展於 1985 年，是利用通訊無線方式將主線上之所有營運列車位置等資訊，迅速傳至號誌設備室及行控中心所構成之網路系統，而系統亦依照所有營運列車位置等資訊即時決定所有列車之移動速度，因是依據列車實際位置來控制，故行車間距可較縮短，而固定式閉塞區間系統是以固定之閉塞區間被列車佔據後來預估列車之位置，誤差度可達一至二百米，故所需之行車間距較長，以維持較長之安全煞車距離。現有 Philadelphia SEPTA、Seattle、Tacoma Airport、San Francisco Airport 及 Dallas Ft Worth Airport 系統皆是採用 Bombardier 公司 FLEXIBLOK 系統。

CITYFLO 650 系統有分道旁（含車站）、車載及行控中心設備。在主線（內湖與木柵線全線及內湖與木柵兩機廠）共分六個區域（一個位於木柵機廠，一個位於在內湖機廠，另四個則位於主線區），而如第一區域內之第一區段則命名為 R1S1。列車之營運利用此系統之移動式閉塞區間座標系統 MBCS（Moving Block Coordinate System），MBCS 是依區域、區段之編號及列車佔據於區段之距離（Offset）來決定系統列車之移動。

CITYFLO 650 之道旁主要設備有信標點（Norming Points）及列車鑑別系統 TRS（Train Registry System）；信標點是一個被動元件包含位置座標之資訊（如圖 3、圖 4），站與站間約每隔 100 米設置一座；TRS 係由 TRS Loop Detector 及 TRS Intelligent Reader 所構成，在每一區域邊界皆有設置，其主要功能係當列車之資料喪失時，可藉由此系統重新定位。

於 MBCS 中每一個信標都依其分別安裝於道旁之位置分別有不同位置資訊。列車之信標接收天線發射 RF 信號予道旁佈置之信標點，然後信標點被激發後（Energize）列車由 MBCS 收到目前之位置座標。

信標之功能為驗證及校正實際列車之位置，列車沿著路線行駛時，是週期性地讀取嵌入於道旁之信標點 MBCS 資訊，同時列車也使用車載之轉速器（Tachometers）設備連續計算列車現有位置，但因轉速器所計算列車現有位置會與實際位置有誤差，且誤差會因列車持續之行進而累加，而 ATP 會監視位置誤差之最大值，而當列車接近信標點時讀取其 MBCS 資訊，此時就會驗證其位置（不超過位置誤差之最大值）並將列車位置資料重新校正，而這動作會重覆進行到列車接近下一個信標點，如果位置誤差超出容許範圍，則列車將作動緊急煞車使列車停止前進，並將相關訊息傳送至行控中心。

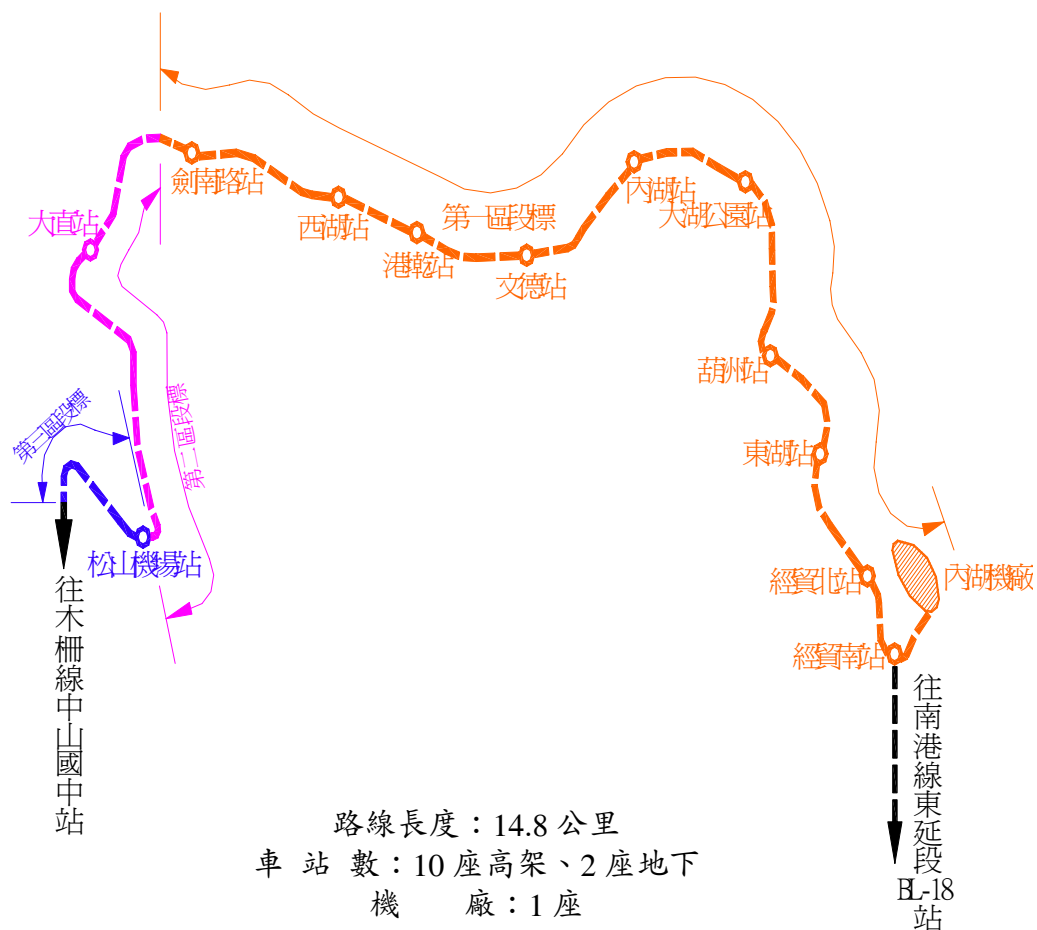


圖 1 內湖線路線圖

不允許列車超過之導軌位置稱為衝突點 (Conflict Points)，區域之 ATP 系統即使用衝突點的設計來限制列車在系統上之行駛，以達到安全管制之目標。典型之衝突點有：

1. 前方列車之車尾位置
2. 主線尾軌位置
3. 聯鎖區之閘門位置

道旁之控制系統會透過無線電 RF 通訊方式不斷地傳送上述三種衝突點之資訊給列車，以決定列車之行駛速度。

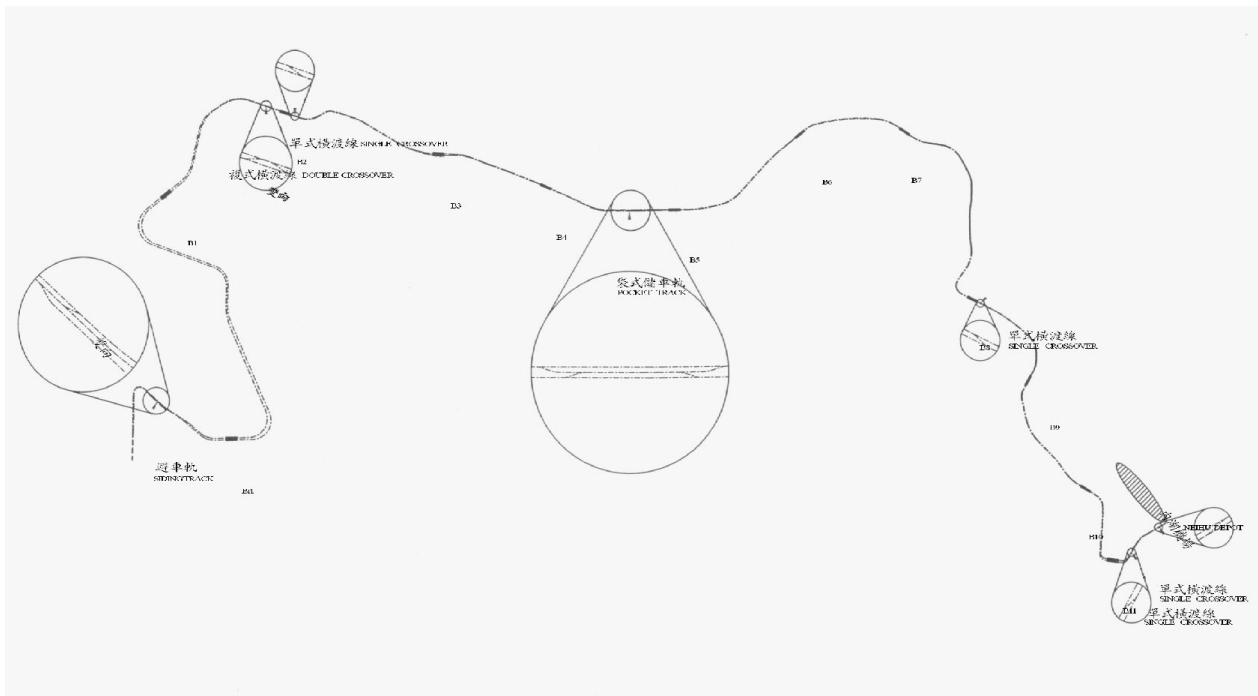


圖 2 內湖線營運調度設施位置圖  
NEIHU LINE OPERATION FACILITIES LAYOUT



圖 3 道旁設備：信標  
提供位置座標資訊

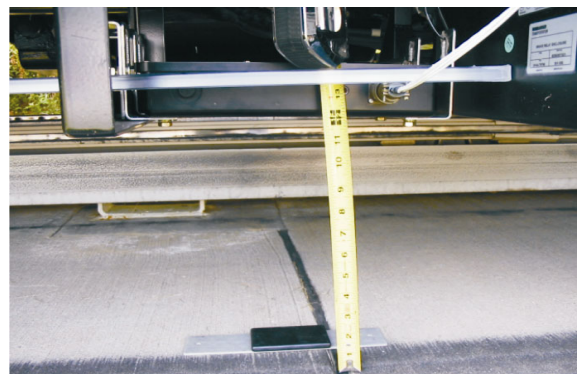


圖 4 信標至車底信標閱讀器  
約 30 公分（約 12 吋）之距離

## 二、系統架構

內湖線 CITYFLO 650 系統架構如同大多數自動列車控制系統 ATC (Automatic Train Control)，包含：自動列車保護 ATP (Automatic Train Protection)、自動列車操作 ATO (Automatic Train Operation) 及自動列車監督 ATS (Automatic Train Supervision)。

ATP 系統是負責控制列車安全之系統。而自動列車保護子系統於主線各每一區域稱為區域 ATP (Region ATP)，目前內湖與木柵全線共有 6 個區域 (如圖 5)，每個區域之典型系統架構如圖 6 所示，ATP 於車輛稱為 VATP (Vehicle ATP)。另 TRS 列車鑑別系統是一獨立子系統，雖然此系統並非 ATP 子系統的一部份，但因同屬維生系統因此亦相當於 ATP 子系統；TRS 之功能為當全線首度啟動號誌系統，或區域 ATP 的兩套電腦系統同時故障離線時，號誌系統無法得知列車於此區域之位置，而無法執行自動控制的工作，此時可藉助 TRS 列車鑑別系統重新來確認列車位置並將號誌系統重新回復為自動控制的狀態。

ATO 子系統是負責操作列車非維生之系統。而 CITYFLO 650 之自動列車操作子系統於主線之各別區域稱為 RATO (Region ATO)，於車輛稱為 VATO (Vehicle ATO)。

ATS 子系統負責監視、顯示及控制整體系統之性能，在內湖線的專案中 ATS 子系統提供一整合之監控及資料取得子系統 SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) 以便監督及控制整個木柵及內湖全線系統的運作，其監控所轄之範圍包括號誌、供電、環控及通訊等系統，為一整合型監控系統 (如圖 7、圖 8)。ATS 系統其主要目的為提供系統及操作人員於內湖行控中心內操作。操作人員可透過此系統連續掌握全系統之狀況，且採取必要措施以確保安全及有效的運作，此外，系統包括排定班表及預防塞車狀況之功能。ATS 系統在列車之元件就如同行控中心及主線設備，可作診斷、警報及集中數據記錄。而在內湖及木柵機廠之行控中心各有相同功能之集中控制 ATS 人機介面 MMI (Man Machine Interface) 系統。目前規劃以內湖行控中心為主要運作之行控中心，而以木柵為備援行控中心，所有之行車監控功能木柵備援行控中心皆可予以取代，為可靠度極高的一種設計。

系統架構可區分列車號誌架構、主線號誌架構及行控中心 ATS 架構，簡述如下：

- (一) 列車號誌架構：每一營運之列車係由兩雙節車組 (Married-pair) 而成，而每雙節車組係由兩車所連結。而每雙節車組都有個別之 ATC 設備，因此每一營運之列車之 ATC 設備皆為複置備援之設計。

列車之車上移動數據無線電 MDR (Mobile Data Radio) 負責接收資訊傳送給車載 ATP，同時也負責將車載 ATP 資訊發送至道旁設備。車載 ATP 負責使列車能安全之營運 (如列車行進及主線佔據控制)，而車載 ATO 負責列車能舒適之行進；另車上亦有些非號誌系統之車載設備，如 1. 列車管理系統，負責車輛設備之適當監控，如空調系統、車內溫度、車內煙霧偵測及其他車輛重要設備等。2. 列車通訊系統，負責車輛語音及 CCTV 影像之傳送等。3. 列車推進系統，依據車載 ATC 之命令負責列車之馬達及反相器 (inverter) 等之操作及控制。4. 車內旅客資訊顯示系統，除負責列車營運現況之資訊顯示外並有路線動態顯示板及車門開啓指示燈等。

有關車載 ATC 備援系統之操作，當控制之車載 ATC 故障離線時，列車車速將降為零，此時可透過行控中心操作員或由道旁 ATC 系統自動切換至備援車載 ATC 系統，一旦完成切換，列車將回復正常自動行駛之功能。若列車以單一對車 (2 cars) 營運行駛，若車載 ATC 故障離線時即須派遣維修人員至故障列車重新啓動 ATC 系統，ATC 重新啓動後須手動駕駛通過初始化區 (區域邊界、主線區域內及機廠進出廠區皆有相關初始化設備之配置)，列車即可回復正常自動行駛之功能，如果失敗，列車將須手動開回或由另一列車拉

回機廠維修。

通訊部份，利用列車與道旁通訊TWC (Train-to-Wayside Communications) 系統，連結列車與道旁控制子系統；而TWC系統是RF系統，依據現場實際狀況使用天線或漏波電纜 (Lossy-line) Radiax之展頻調變技術佈置 (如圖9、圖10)。

- (二) 主線號誌架構：內湖與木柵線全線，加上內湖與木柵兩座機廠共分六個區域，其中木柵機廠及內湖機廠各屬一個區域，另四個區域則位於主線區，每個區域 (Region) 之ATC 設備皆有複置設計，而ATC包含ATO、ATP 及基地無線電設備BDR (Base Data Radio)。而每區域分別由各區域專屬之ATC來控制道旁ATC。而如有遠端輸入/輸出之特殊考量，例如轉轍器之控制，則有設置遠端遙控ATP (Remote ATP)，而Remote ATP是接收ATP元件傳送輸出信號及回傳。有關區域ATC複置備援之運作方式，當現行的區域ATP與相關之BDR系統故障離線時，可由行控中心之操作員在確認備用系統正常狀態下，下命令切換至備用之區域ATP及相關之BDR系統；區域ATO系統亦有複置備援之設計，當現行的區域ATO系統故障離線時，可由行控中心之操作員下命令，或以自動切換之方式切換至備用之區域ATO系統，區域ATO與區域ATP系統間之傳輸網路亦以複置備援之方式設計。

號誌道旁網路部份，利用道旁通訊系統，連結道旁之ATC系統 (如RATP、RATO及行控中心) 並利用資料傳輸系統DTS (Data Transmission System) 傳輸。而DTS不僅傳輸號誌系統資訊亦須傳輸其他系統資訊 (如供電、環控) 以供監督、控制及資料取得 (SCADA) 系統使用，另 DTS對傳輸之設備都提供複置之通訊線路。通訊系統由各車站至行控中心依傳輸信號之特性共配置了ATM (Asynchronous Transfer Mode)、GE (Gigabit Ethernet) 及SDH (Synchronous Data Hierarchy) 之通信網路，而號誌之ATC系統以使用ATM系統為主。

- (三) 行控中心ATS架構：使用雙網路複置備援之設計，重要之控制伺服器、列車控制及資料庫皆屬容錯 (fault tolerant) 系統，並皆內含備援處理器和電源供應器。行控中心之ATS為一實際之熱待機 (Hot-stand by) 結構，如有故障時不需以人工方式處理，會自動切換至備援系統。

內湖及木柵備援行控中心皆設置有5個控制員席位，並有完整之監控及通訊設備，每個列車控制操作員之工作站本身及投射式面板GSD (Guideway Schematic Display) 皆不為複置。但當任何工作站發生故障時，每個操作員工作站都有接管控制及監控之功能。行控中心的ATS 之主要設備，如列車控制、資料庫伺服器、投射式面板和操作員工作站，將被安裝於內湖及木柵機廠。

主要之行控中心設在內湖機廠，提供中央控制人員監控內湖及木柵全線各子系統的能力，所監控之子系統包括號誌、供電、環控、列車通訊 (含列車廣播及緊急通話系統)、電話系統 (含直線電話及自動電話)、車站廣播、CCTV及車站旅客資訊顯示系統等。木柵備援行控中心將設置相同功能、相同設備及相同席位之行控中心，但同一時間僅能由一處行控中心連線監控，行控中心在轉換過程中，相關電腦通訊參數之設定、電腦連接與網路之設定及電腦重新開機初始化等所需時間約為4小時。

行控中心網路：行控中心的ATS 將利用Ethernet網路連接控制員之控制工作站、系統伺服器和監控螢幕等。

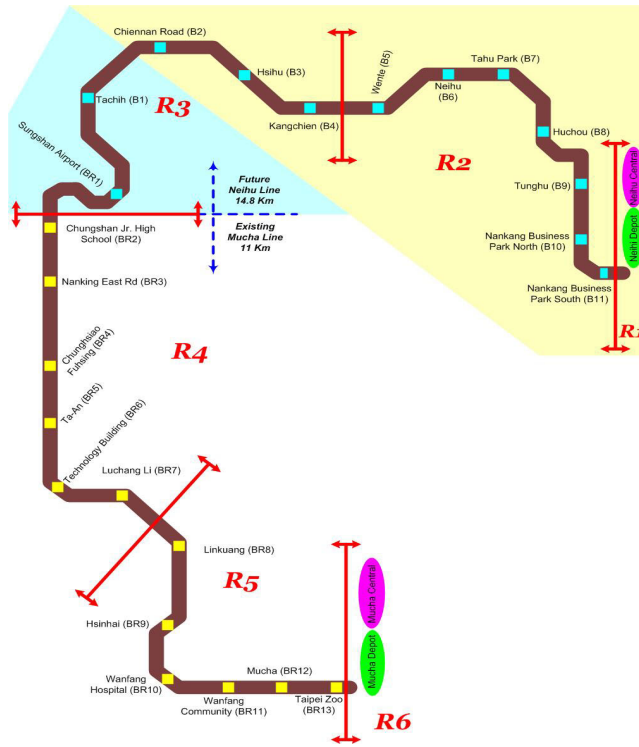


圖 5 內湖與木柵全線共分 6 個區域

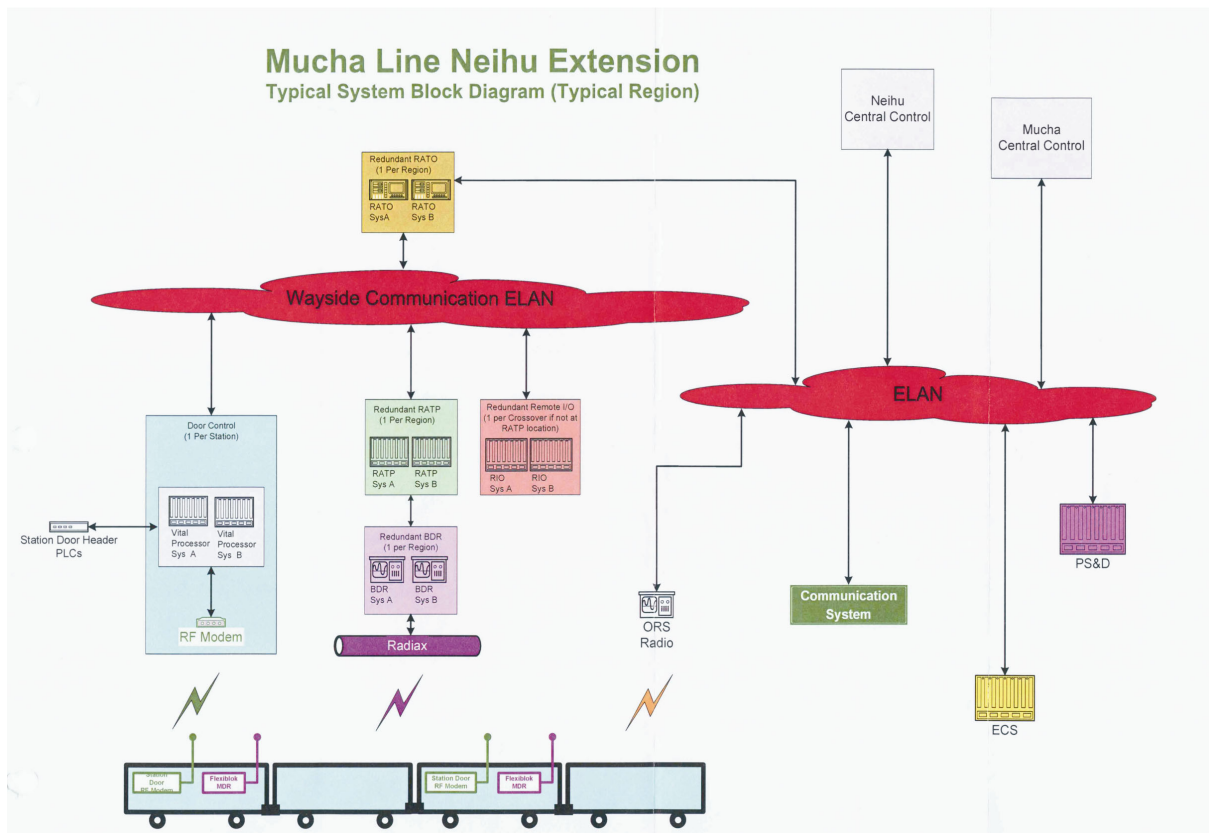


圖 6 每個區域之典型系統架構

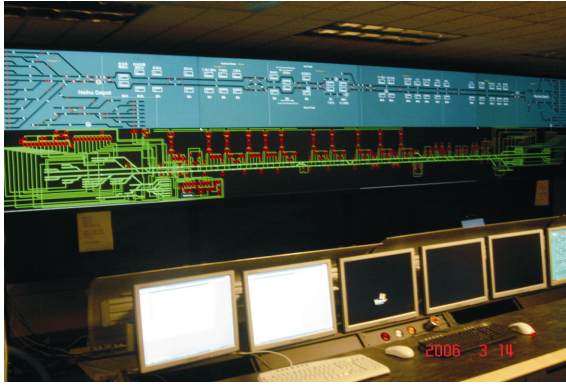


圖 7 行控中心 SCADA 席位概況 1

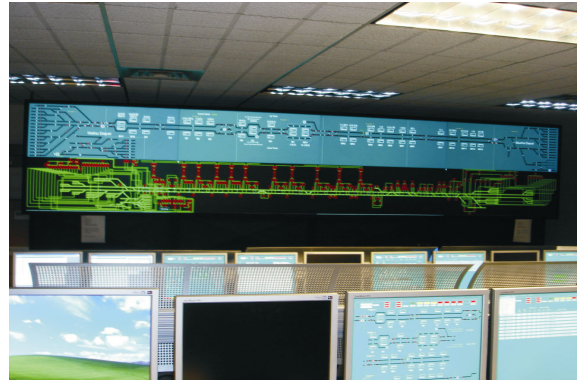


圖 8 行控中心 SCADA 席位概況 2



圖 9 內湖車輛之車頂天線設備



圖 10 道旁漏波電纜設置案例

### 三、系統功能

系統功能可分自動列車保護子系統、自動列車操作子系統及監督、控制及資料取得 (SCADA) 子系統等三項。

#### (一) 自動列車保護系統 (ATP) 功能

##### 1. 列車存在偵測：

能高解析偵測列車之位置，為確保安全車間距及防止撞車，列車偵測功能具有故障自趨安全及進出確認等順序處理之設計。

##### 2. 安全行車間距的確認：

不論列車速度為何，系統可計算出與前方列車車尾保持一段安全區域或距離，而尾隨列車不得進入該區域或距離之方式，以達防止後車追撞前車之狀況發生，而達列車之保護目的。

若前方列車突然停止，尾隨列車的車速可自動以正常營運煞車系統將列車完全煞停。如正常營運煞車系統失效，列車即自動啟動緊急煞車將列車煞停以避免追撞，當上述之狀況排除後，列車可自動起動前進。在列車趨近轉轍器之速限區時亦可有如上述之保護，以避免危險之情事發生。

某些區域也有速度之限制。列車行駛在速限區則該列車不論車頭或車尾其速度皆維持在速限下，不高於速限，若有兩種或以上的速限，則列車以最低速限者行駛。

##### 3. 倒退及障礙物防止：

當列車偵測到倒退及障礙物時，則列車自動保護系統（ATP）啟動緊急煞車且無法取消；若要重新啟動列車則可由行控中心遙控啟動，或由車上手動啟動。

#### 4. 超速保護：

列車依前述列車存在偵測子系統及安全列車間距確認功能產生最高安全行車速限指令以操作列車。超速保護子系統可強制設定速限指令，此項速限指令設定功能採維生（Vital）方式設計，此子系統包含速度測量系統，用以量測行車速度。如列車實際之行車速度高於最高安全速限，則超速保護系統將啟動緊急煞車，並將列車完全煞停。為符合上述功能，緊急煞車於列車之行車速度將達到最高安全行車速限前啟動。列車之行車速度應控制在最高安全行車速限下，使當行車速度在超過最高安全速限前，即能被偵測並採取適當之修正動作。其緊急煞車重新啟動可由行控中心遙控啟動，或由車上手動啟動。

#### 5. 訊號傳輸及偵測：

所有控制列車移動的訊號皆應連續或重覆並具故障自趨安全之設計，當訊號中斷時，則啟動緊急煞車訊號，而啟動緊急煞車之最大延遲時間包含在自動列車保護系統（ATP）設計的參數之一。其重新啟動可由行控中心遙控啟動。

#### 6. 車門不正常開啓：

當列車在移動中有任一車門打開，則會啟動緊急煞車將列車停下。當造成緊急煞車之車門關閉後方得釋放煞車，直到車門完全關閉列車方能離開。車上有手動煞車之重置功能以重新啟動。任何非開車門時刻打開車門，行控中心控制台有警訊，以警知車門不正常開啓。

#### 7. 車門聯鎖：

列車車速為零、列車準確停靠在車站適當設定區域及已煞車，且牽引馬達之電力已切斷時，列車車門才能自動運作。

若列車無法在車站定位停車或車速無法為零或停靠站煞車失效時，此時車門及月台門不能開啓，當上述之狀況排除後，車門及月台門方可開啓，否則列車將開往下一車站。

#### 8. 離站（出發）聯鎖：

一停止的列車俟所有車門及月台門完全關閉及駐車煞車釋放後列車方可移動。

#### 9. 改變行車方向操作。

#### 10. 推進煞車聯鎖。

### (二) 自動列車操作系統（ATO）功能

#### 1. 執行程式靠站停車，停車時間計時，準確到達定位及離站。

程式靠站停車之功能應準確停於車站定點之±25公分內，其準確率須達99.99%。

#### 2. 車門及月台門可自動操作控制，控制系統之設計能使在靠近月台側的車門及月台門同時打開；每邊車門及月台門應在無共同元件下獨立操作。於程式靠站停車完成後一秒內，車門自動完全打開。當列車停靠時間終了，控制系統將全部車門及月台門關上。

#### 3. 配合自動列車保護系統（ATP）強制列車行駛於速限下。

#### 4. 調整列車加速度及急衝度於旅客可接受之舒適度的情況下行駛。

### (三) 監督、控制及資料取得（SCADA）子系統功能

#### 1. 列車自動監督子系統

執行監督、顯示及控制功能，提供列車調度功能含時刻表及列車間距之安排。執行相關故障管理策略，如過站不停、隧道內故障列車緊急處理等。

## 2. 監督及顯示功能

顯示功能可即時反應整個木柵及內湖全線導軌顯示、動態圖像、車站機廠環控狀態及運作情形。顯示器也可顯示所有轉轍器的狀態及轉轍器之位置。電力顯示可顯示導軌各電力區段之供電狀況，顯示之內容包括木柵及內湖全線保護器、斷路器、電力開關（開、關、跳脫）、緊急電力供應及緊急發電機之狀態等。

另外自動列車監視子系統（ATS）可自動維持所有列車之行車紀錄，包含營運中之列車識別碼、木柵及內湖全線系統之功能操作模式、煙霧偵測器及每一部列車的路徑設定等。自動列車監視子系統（ATS）可記錄非表訂的停車或延遲事件，記錄包含發生的時間及該部列車完全恢復正常營運的時間。

## 3. 列車控制（列車調派、開始營運、終止營運、資訊顯示及廣播、軌道電力、環境與空調系統、覆蓋OVERRIDE命令、警報及故障報告、記錄保持、管理報告及緊急備用之處理等）功能。

# 四、車載自動列車控制系統 VATC

號誌系統設備之配置主要在於行控中心、車站號誌房、道旁設備及列車之車載設備，又有所謂 ATS、ATP 及 ATO 之區別，實際上各設備互動頻繁互有關聯，常從單一地區設備之介紹即能窺知該系統之特性，車載自動列車控制系統 VATC（Vehicle Automatic Train Control）即屬此類重要設備，由於篇幅有限，不易對所有號誌設備一一介紹，故特別在此介紹 VATC 以饗讀者，應可收到見微知著之效。

## (一) 車輛概述

未來內湖和木柵之列車之ATC設備，每一對電聯車中有一節車輛含有ATC設備，車載ATC功能包括維生及非維生之功能。而車載ATP執行確定列車位置、列車之組成長度、速度限制、保持安全列車間距、乘客上下車時確保列車於零速及與區域ATP通訊等之維生功能；車載ATO執行列車行駛方向、速度及加速度調整、操作模式設定、系統啟動相關條件確認、準確的停靠車站、車門及月台門開關控制，控制列車旅客訊息及故障和數據記錄之非維生功能。

## (二) 車載 ATC 硬體

車載 ATC 設備可概分如下：1. CITYFLO 650 ATC機箱架。2.繼電器（Relay）（其中大多數被安裝於單一個之Relay機箱架）。3.展頻數據（Spread Spectrum Data）無線電之MDR（Mobile Data Radio）（移動數據無線電）天線。4.信標點讀取器（Norming Reader）天線。5.轉速表（Tachometer）。6.一個可以文字顯示診斷訊息之觸摸式螢幕以供檢修使用。細節內容說明如後。

車載 ATC 是使用故障自趨安全之設計理念，設備皆具復置裝置及熱機備援之架構。爲了確保系統安全，單一主控及備援系統又各擁有兩個CPU 分別獨立讀取相同之輸入及決定適當輸出之狀態。所有之輸入和輸出都經由CPU 板交叉檢查，以確保單一之故障點發生時能被偵測。車載ATC是使用24 VDC之電力。

所有與安全有關之輸出皆使用故障自趨安全設計或雙輸出架構，以避免輸出硬體發生單一故障時，而導致系統有不安全狀況產生。

### 1. CITYFLO 650 ATC機箱架：

ATC機箱架是一個19英寸寬之鋁製機箱，內含一個Versa Module Eurocard (VME backplane，所有車載ATC訊號連接之位置)及九片印刷電路(PC)板(PC板垂直安裝於機箱架內)。ATC機箱架分別由 $\pm 12$  Vdc 和 $+5$  Vdc電源提供所有電路板。

### 2. Relay機箱架：

機箱架內含19個Relay、兩個PC板及一個Relay指示狀態組合，能對一節車或列車之列車線(Trainlines)電路，建立邏輯操作條件。機箱架亦包含一個緊急按鈕，當按鈕被壓下會激發Trainlines以啟動列車之緊急剎車；如要解除緊急剎車，則需壓下重置(Reset)按鈕。而大多情況下，解除緊急剎車也能透過行控中心控制。有關重置之按鈕，此按鈕壓下時能激發Trainlines，車輛ATO將清除所有動作之警報而ATP將釋放緊急剎車Relay。

### 3. MDR (Mobile Data Radio) (移動數據無線電) 天線：

MDR移動數據無線電提供車載ATC系統維生與非維生間資料之連接及車載ATC系統與道旁ATC系統資料之傳輸。而移動數據無線電是以2.4 GHz之頻率操作。

### 4. 信標點讀取器 (Norming Reader) 天線：

信標讀取器可讀取辨識道旁上之信標。而車底讀取器天線與沿著道旁安裝一系列信標相互作用。讀取器傳送2.4 GHz無線載波頻率及接收由天線傳遞之每個信標反映回來之解調信號。從每個信標反映回讀取器之信號提供列車實際之精確位置。

讀取器會準確讀取來自每個信標之數據，然後透過RS-232傳送給車載ATP。ATP處理器會利用這些數據決定列車在系統準確之位置。

### 5. 轉速表 (Tachometer)：

兩個裝於馬達動力軸上，兩個裝於非馬達動力軸上。

### 6. 觸摸式螢幕：

觸摸式螢幕診斷終端機安裝於只有維修人員才容易接觸的位置，但不易讓乘客接觸。終端機則透過RS-232與ATC系統連接。

終端機可供維修人員對車輛ATC系統(包含ATP、ATO及Train Control and Communication)進行測試和診斷。觸摸式螢幕有不同的類型之畫面可供詢問、分析、輸入命令及營運數據記錄等使用。

## (三) 車載ATC功能

### 1. 警報：

當列車有事故產生時，則警報系統透過區域ATO (RATO) 傳送至行控中心。警報系統包含空調警報訊息，如冷氣機風扇馬達及車內溫度異常。

### 2. 剎車控制：

列車車門非正常開啓時，系統將啟動緊急剎車，在考慮列車車門被打開後乘客可能已離開列車而行走於行駛路面上，緊急剎車之解除僅能以手動現場確認無安全顧慮後執行，而不能以行控中心遙控方式解除，以免列車撞及疏散之乘客。

### 3. 車門控制：

當列車已零速並停準(Berth)於車站正確位置時，依據VATP確認正確之月台側車門後，對應之車門才能開啓，此時列車之剎車已設定(Set)及推進系統已不作動(Disable)，而這信號是維生及經由Trainlines又稱為列車訊號匯流排WTB (Wire Train Bus) 送出，因

此此控制信號是為ATP所控制。

在經過VATP系統確認後，相關開門之命令再傳送至VATO，VATO再將命令經由Trainlines送到車門控制器。

#### 4. 列車行駛控制：

VATP 執行確定列車位置、列車之組成長度、速度限制、保持安全列車間距、乘客上下車時確保列車於零速及與區域ATP通訊等之維生功能等，依據VATP所決定之安全速度，加上VATO所控制之車行方向、速度及急衝度(Jerk Limit)等對列車產生推進及煞車控制。

#### 5. 決定安全煞車距離

依據RATP所傳來之衝突點位置，VATC進行安全煞車距離之計算，此計算共分兩類，即緊急煞車距離及營運煞車距離，依據緊急及非緊急不同之情況作動相關煞車，以避免列車超出衝突點。

#### 6. 機廠自動操作模式之執行.

機廠自動操作模式主要有列車進入駐車區及列車發車至主線之自動操作。

#### 7. 旅客資訊：

列車之車廂內設有可顯示列車位置之行車路線動態顯示板，及旅客資訊顯示系統能顯示列車資訊來服務乘客，這些顯示可由VATO發送訊號來觸發。

## 五、結論

台北捷運號誌系統中，內湖線之專案為全台灣第一個採用CBTC系統之專案，其整體設計及系統概念在國外雖行之已久，在國內卻是頭一遭，可預見的內湖線之專案將對台灣捷運號誌系統帶來新的風貌及風潮。

## 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。