



# 機場捷運與延伸線號誌系統的共融性

中興工程顧問股份有限公司機場捷運延伸線監造工程處經理 / 李文杰  
中興工程顧問股份有限公司機場捷運延伸線監造工程處副經理 / 陳永森  
中興工程顧問股份有限公司機場捷運延伸線監造工程處號誌主任 / 何建蒿  
中興工程顧問股份有限公司機場捷運延伸線監造工程處號誌顧問 / 陳諸賢  
交通部鐵道局副總工程司 / 陳景池  
交通部鐵道局北部工程處副處長 / 史春華  
交通部鐵道局北部工程處簡任正工程司 / 王村竹  
交通部鐵道局捷運北部工程處第五工程隊隊長 / 吳鳳慶  
交通部鐵道局捷運北部工程處第五工程隊號誌主辦 / 劉建宏

關鍵字：機場捷運延伸線、CBTC-EP 號誌行車控制系統、CBTC 號誌行車控制系統

## 一、摘要

桃園國際機場作為國家的門面，機場捷運成為先進國家重要的象徵指標，機場捷運自106年3月初正式營運通車迄今，提供往返機場的旅客，安全、便捷、舒適的另一種交通新選項。機場捷運新建的初期路線，最南邊的末端站設置於中壢區中豐北路上的A21環北站，交通部鐵道局為提供桃園與中壢地區旅客更方便的服務，早已著手規劃機場捷運延伸計畫，並與未來台鐵地下化的中壢火車站作共構銜接，因此延伸計畫將增設A22

老街溪站與A23中壢車站，A23站將作為與未來台鐵中壢火車站共同的連結車站。

機場捷運延伸計畫土建軌道施工標自102年12月28日即已開工，然而最核心的機電系統標，直至108年8月才由台灣新鈞電子/西門子/中華工程共同承攬得標，其中的號誌系統係由德商西門子負責，採用與桃園捷運綠線相同的CBTC號誌行車控制系統。目前列車行駛於A1台北車站與A21站區間，係採用原有的CBTC-EP號誌行車控制系統，將來列車繼續行駛於A21站至A22站路段，乘客並不用下



車或換車，此刻列車將會採用新的CBTC號誌行車控制系統，且同一列車可繼續駛往未來的A23中壢車站，能滿足乘坐旅客一車到底無需轉乘的便利服務。

因應同一條路線的新舊兩個路段，卻採用兩種不同型式的號誌行車控制系統，就必須於在既有列車上再增設另一套的車載號誌系統，形成兩套車載號誌系統共存共融於同一捷運列車上，以便於列車行駛於兩種不同的軌旁號誌聯鎖系統，國內先前雖有台北捷運文湖線的龐巴迪號誌系統取代原有的台北木柵捷運所採用的馬特拉號誌系統的案例，但文湖線是將原先的號誌系統全部更新成一套系統。然而機捷延伸計畫卻須在營運中同時採用兩套不同的號誌系統，是國內首例也是國外少見的案例，為達成此項深具挑戰的工作，中興工程顧問公司一路扮演全計畫生命週期總顧問與監造顧問的角色，如何讓整個計畫能步步為營的順利推展，猶如履薄冰的挑戰，以完成通車前的各項安全驗證測試，此文章彙整了詳細的新舊號誌系統的共融特性與驗證過程說明，以供業界各位先進參考。

## 二、前言

依據國際公共運輸聯合會 (International Association of Public Transport) 的定義，原A1至A21站號誌系統採用的通訊式列車控制系統-功能加強版 (CBTC-EP)，自動運轉等

級 (Grades of Automation, GoA) 為第二等 (GoA 2) 的半自動駕駛，係列車自動運轉及停止，但需要駕駛員關門和處理故障事件；而A21至A22站新的號誌系統則採用移動式閉塞區間的CBTC系統，其自動運轉等級為第四等 (GoA 4)，但為達成新、舊系統列車運作的一致性，將來仍以GoA 2之模式營運。

機場捷運延伸線機電工程其最核心的項目，就是建置一套新的號誌系統於新的車站、道旁及控制中心 (OCC)，同時須改裝現有的電聯車，在保留原有的車載號誌系統下，需另增設一套新的車載號誌系統，在受限於既有列車空間的條件下，改裝工程具有一定的難度與複雜度，無論是機械性的固定支架安裝或者電氣線路的佈線，均透過事前的可行性研究 (feasibility study)，不斷地在既有車內與車外設備間尋找空間，反覆確認，因為每一個鑽孔一旦鑽下去，就無法挽回，駕駛室增設的控制螢幕，在符合人因工程的條件下，還需要與營運單位的駕駛人員一再確認，以達最佳的視野條件，經由這些繁雜的過程，才能慢慢地堆疊出完整的改革硬體全貌。

至於新舊系統的軟體整合，將於後續章節詳細說明，藉由透過對既有電聯車與道旁間，軟硬體上的研析與評估，及與A21站新舊號誌系統切換的聯鎖關係，進行新系統的軟體開發，最終須透過測試軌與主線上的



靜、動態驗證測試，確保系統的可用性與安全性，以達成此新舊號誌系統的共融性。

### 三、新號誌系統與原有列車間，軟、硬體的評估與研析

#### (一) 新號誌系統簡介

機場捷運延伸至中壢火車站建設計畫機電系統工程ME06A標號誌系統是採用德商西門子的TGMT (Trainguard Mass Transit) 設計，Trainguard MT是西門子有實績的CBTC系統，使用移動式區間 (moving block) 設計，列車偵測無需軌道電路，此與原有DTG (Distance-To-Go) 號誌系統不同。Trainguard MT之組成包含以下4個子系統：

##### 1. 自動列車監控 ATS (Automatic Train Supervision) 系統：

- (1) 人機介面HMI (Human Interface)：採用圖形使用者介面 (GUI: Graphic User Interface)，操控台可讓控制員進行手動控制。
- (2) 自動列車追蹤ATT (Automatic Train Tracking)：經由CBTC傳來之資料，可以將列車位置顯示在行控中心螢幕上。
- (3) 自動路徑設定ARS (Automatic Route Setting)：根據每列車之終點站，即時設定每列車之路徑，以避免衝突或延誤。
- (4) 自動列車調整ATR (Automatic Train

Regulation)：會根據時刻表調整列車的操作，使列車遵循時刻表行駛。

- (5) 服務及診斷Vicos S&D (Service and Diagnostic)：可以顯示各項設備是否故障、故障原因及故障排除方法。
- (6) 訓練及模擬軟體T&S (Training and Simulation system)：提供ATS路線控制員訓練之用，包括聯鎖裝置、CBTC、道旁設備、列車聯結/解聯、洗車及列車疏散。
- (7) 時刻表製作軟體TTC (Timetable Construction)：以圖形化自動方式，在離線狀態提供時刻表快速製作功能。
- (8) 紀錄及倒帶R&P (Record & Playback)：將訊息記錄下來並儲存，並可於日後在控制台上重新檢視，以利查修。
- (9) 資料庫Archive：將系統運轉過程中各項操作資料儲存在各式檔案中，如線上設備狀態、系統狀態及控制員曾經下過之指令等。
- (10) 速限管理Speed Restriction Management：讓線上控制員對列車速限可以進行速限選擇、指令下達及取消。

##### 2. CBTC (Communications-based Train Control) 系統：

- (1) 本系統包含自動列車保護 (ATP: Automatic Train Protection) 及自動列車操作 (ATO: Automatic Train Operation) 兩個子系統，根據位置分為道旁及車載設備，彼此間以無線通訊方式交換資

料。車載設備將列車位置傳送道旁設備後，道旁設備決定移動授權（moving authority），再將移動授權傳給列車。

- (2) 列車操作模式：全自動模式AM（全自動駕駛，ATS根據時刻表自動調整靠站及站間行駛時間）、監視列車操作模式SM（司機員根據操控台上顯示的速限駕駛列車，有ATP保護）、限制列車操作模式RM（司機員必須根據道旁的標誌燈號及路線控制員的指示行駛，ATP僅有超速保護）、休眠模式Sleep Mode（列車需長時間停駐時使用此模式，在休眠模式下，列車會關閉部分設備，車載CBTC設備則維持開啟）、關機模式Cut-off Mode（在此模式下將關閉車載CBTC設備，司機員負責列車的行車安全）。

- (3) Balise應答器（reference points）：在CBTC系統中，列車位置係由裝於列車車軸上速度偵測器的轉速配合鋼輪輪徑後決定，但速度偵測器有其精度限制，會產生誤差，在行駛一段時間後因誤差累積，會導致列車位置不準確，因此必須定期修正。應答器裝設於軌道上，內部燒錄該應答器所在軌道位置之資訊，當列車通過應答器上方時，車載CBTC設備會擷取應答器內部資訊，進而用來定期修正列車位置。本計畫使用Eurobalise S21，屬於被動式應答器，不需要電池供電。列車通過時，裝設於列車上之應答器讀取器激磁，進而傳輸應答器內部資訊；萬一連續經過2個應

答器無法讀取，將會造成列車須重新初始化，而列車初始化時，只需再經過兩個應答器即可投入CBTC系統之運作，無須行駛至特定區段執行列車初始化。一般在車站附近區域，應答器密度會較高，以提供精準的靠站停車。

### 3. 聯鎖 IL（Interlocking）系統：

- (1) Trackguard Westrace MKII（interlocking）：屬於電腦型（computer-based）設備，可以減少大量硬體裝置，採用故障自趨安全設計。聯鎖設備連接轉轍器、第二列車偵測系統（計軸器）、緊急停車按鈕及月台門等道旁設備，並進行監測及控制。聯鎖系統提供CBTC道旁設備有關路徑設定之相關資訊，包含路徑設定、鎖定、保持及釋放。

- (2) LED號誌機：係供手動駕駛用，在正常CBTC全自動運作下，號誌燈不會打開，但當未裝有CBTC設備的列車或車載CBTC設備故障的列車接近時，號誌燈才會打開進行顯示，以利節省能源及減少故障率。列車側翼保護（flank protection）必要時，以固定閉塞區間原理，利用裝設在道旁的LED號誌機，引導司機員駕駛列車前進，本項屬於CBTC系統故障時的備援（fall-back）系統，未裝設車載CBTC設備的車輛也必須使用本功能，在列車允許經過之路徑上，鎖定所有轉轍器，以免列車出軌。



(3) 第二列車偵測系統：正常CBTC全自動運作下並不需要本系統，本系統故障亦不影響CBTC全自動運作，本系統採用西門子Clearguard ACM計軸器 (axle counter) 進行列車偵測，因為不需要軌道電路或軌道絕緣接頭 (IRJ: Insulated Rail Joint)，因此維修及操作成本均低。計軸器原理係偵測每個行車方向鋼輪進 (+) 出 (-) 的數量總和，若不為 0，則代表該區間有列車佔據，通常一個站間以計軸器區分兩個區段。

#### 4. 資料通訊系統DCS (Data Communication System)：

(1) 道旁及車載設備之間的資料通訊必須為雙向、大容量及高可靠度，本系統Airlink (ATC radio, including backbone) 採用ISM (Industrial, Scientific and Medical band) 5.8G公用頻道，符合IEEE 802.11 a/b/g。

(2) 道旁通訊網路WCN (Wayside Communication Network)：道旁無線電通訊系統 RCS 將軌道分為多個連續性通訊區域，稱為細胞，用不同的頻率傳輸同一筆資料，同一個位置至少會被兩個不同頻率的訊號所涵蓋，以減少資料遺失的可能性，RCS支援快速漫遊 (fast roaming, <1 sec)，在細胞交界處，列車會自動尋找最強的訊號，並迅速切換，同一列車前後各2支天線，2支天線分別接收153 Channel-5765 MHz、161

Channel-5805 MHz之不同頻率。

### (二) 新車載號誌設備硬體簡介

雙端駕駛室新增的硬體設備：人機介面 (HMI)、控制台按鈕/開關面板 (Desk elements)、無線電天線 (Radio antenna)、資料通訊系統 (DCS)、微型斷路器 (MCB)、車載通訊網路設備 (OCN)。第2節車廂內新增硬體設備：車載控制單元 (OBCU) 與繼電器端子台固定板 (RTB)。第2節車廂車底新增硬體設備：信標天線 (Balis antenna)、雷達傳感器 (Rader sensor) 與測速計 (OPG)。車廂間第1~2、2~3、3~4車間頂端新增硬體設備：車間電纜 (Jumper cable) 及支撐架。以上之硬體設備如圖1所示。

### (三) 新號誌系統硬體與原有列車間的關連

有關車載之控制迴路，原有號誌系統以硬線設計為主，新號誌以軟體設計為主，可以大幅縮減硬線及繼電器之配置，達到診斷與檢修簡易化之效果。新系統車載核心設備為OBCU，其與車輛子系統 (例如：新/舊號誌系統切換、牽引動力系統VVVF、煞車控制單元BCU、車門控制系統DCU...等) 之連結界面為RTB，此部份之設計為本工程成敗之重要關鍵。

另外，新號誌系統也必須透過CMS (控

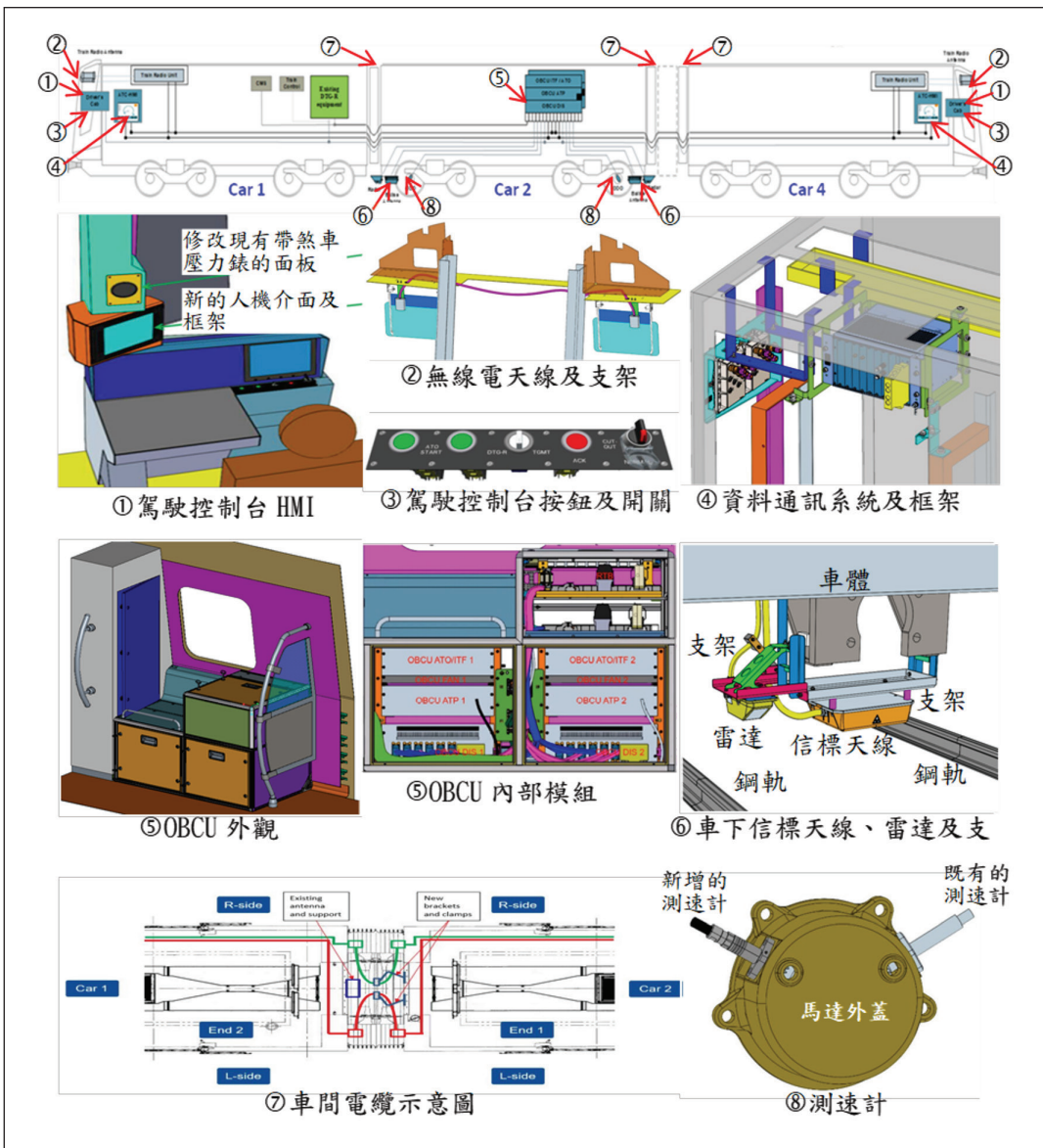


圖 1 列車新增硬體設備示意圖

制及監視系統)與TOCP(列車駕駛通訊器)做資訊之連結,如圖2紫色圖示為原有號誌系統,透過CIB(CMS界面箱)連接圖2藍色圖示CMS與其他子系統,圖2橙色圖示為新增號

誌系統,由新增RS-485區域網路及一組電路切換開關(System Switchover Circuit DTG-R/TGMT)做為新/原有號誌系統與CMS間連接之切換。

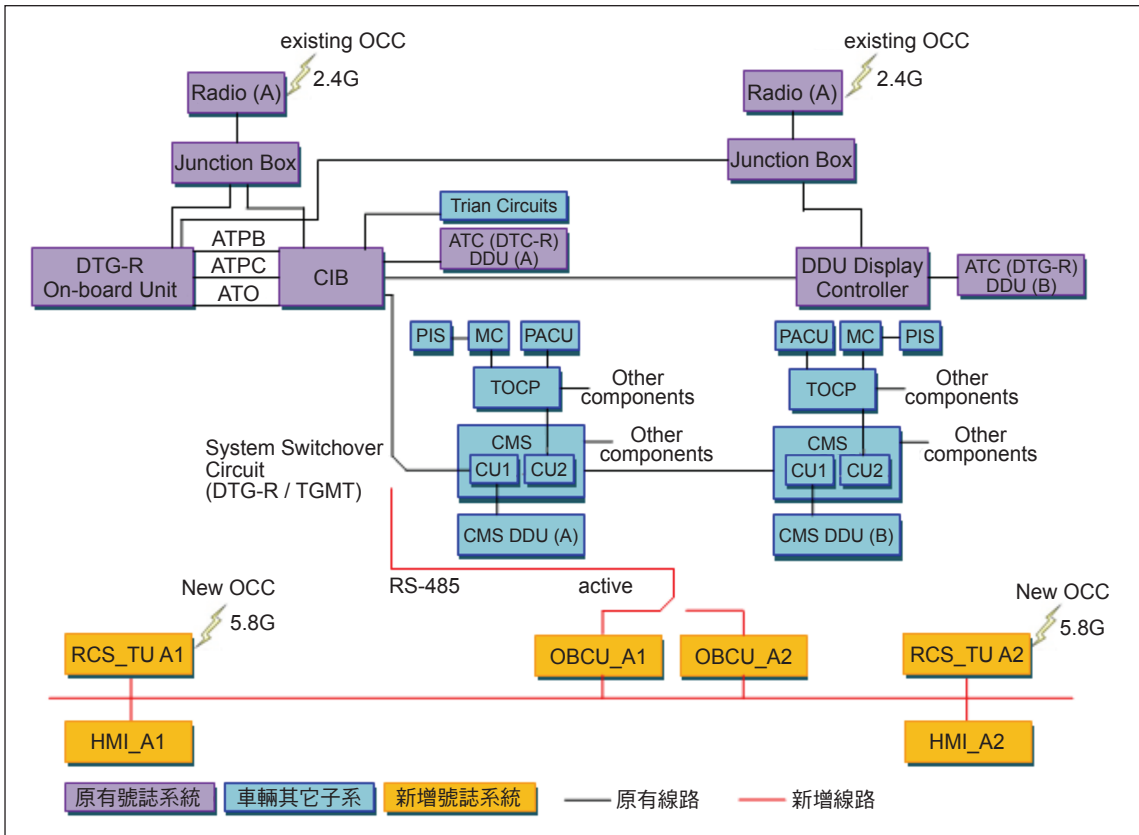


圖 2 電聯車新舊號誌系統切換示意圖

(四) 新號誌系統軟體簡介

新號誌系統的軟體由以下子系統組成，項目配置符合SSC 3.1 (Standard System Configuration標準系統配置)：

- |   |   |
|---|---|
| <p>1. IXL–Westrace MK2 聯鎖-西屋二代機<br/>GSIM includes field simulation 圖形模擬器<br/>包括現場模擬<br/>MoviolaW 邏輯程式軟體</p> | <p>2. CBTC–Trainguard MT 通訊基礎列車控制 -<br/>列車守衛 大眾運輸<br/>WCU_ATP 道旁控制單元_自動列車保護<br/>WCU_TTS 道旁控制單元_列車追蹤系統<br/>OBCU 車載控制單元</p> |
| <p>3. ATS–Rail 9000 自動列車監控 -R9K 行控號<br/>誌軟體<br/>OCS-ATS Server 運行控制系統 - 自動列車<br/>監控伺服器</p>                  |   |



OCS-HMI 運行控制系統 - 人機介面  
S&D with OPC UA client 服務與診斷工作  
站有開放平台通信統一架構之客戶端  
Falko 離線時刻表軟體

#### (五) 新號誌系統軟體與原有列車間的關連

新號誌系統之軟體包含Westrace MK2、R9K Core System、R9K ATT/ARS、R9K HMI、R9K R&P、Moviola、Falko、Vicos S&D、Vicos NCU、OBCU ATO、OBCU ATP、OBCU ITF、WCU ATP、WCU TTS、TDB等套裝軟體，於德國測試中心進行測試與發行，機捷延伸計畫須依據原有列車的特性需求，作為新軟體開發的設計要求，說明如下：

1. 列車特性需求：定義原有列車參數之靜態及動態數值，以作為軟體開發之設計依據。
2. 基礎設施資料規範：收集用於ATC子系統道旁軟體設計之資料，其中包含軌道佈設所需的維生和非維生基礎設施資料，例如：里程辨識碼、月台區資訊、坡度曲線、彎道曲線、速度曲線、與其他基礎設施資料（例如：既有號誌機、止衝擋、隧道區域、限制列車數量區域、禁停區域、牽引電力曲線等之里程或原因）。
3. 控制圖表：控制圖表展現出一般操作聯

鎖（IXL）的行為，且用於聯鎖（IXL）軟體組態的輸入內容；圖表項目包含如下：Route、Signal Aspects、Overlap、Incompatible Routes/Conditions、Route Entry Conditions。

4. IXL細部界面規範：描述A22站（新聯鎖）使用的WESTRACE MK II與A21站（舊聯鎖）使用的WESTRACE MK I的界面，其控制邏輯須使用原有列車參數作為輸入資料。
5. 列車參數：詳下表1。

#### 四、新舊號誌系統的聯鎖關係

##### (一) 電聯車為中心的觀點

當電聯車於A20（興南）站下行出發欲經A21（環北）站往A22（老街溪）站時，車載之原舊（DTG-R）號誌系統將於A21站切換為新（TGMT）號誌系統，並繼續往A22站出發，其後列車於A22站停妥後，司機員始可開始折返發車作業（往上行），與下行相反，號誌系統將在A21站由新系統切換為舊系統，概念說明如下圖3。

1. 列車由A21站以前往A22站（原系統切換為新系統）
  - (0) 原系統主控/新系統待機：  
當電聯車趨近A21站時，原系統正常





表 1 列車參數分類及名稱一覽表

項次	分類	參數名稱
1	列車尺寸	①列車總長 (TP_TRAIN_LENGTH); ②列車聯結器至第一扇車門前緣之距離 (TP_OFFS_FIRST_DOOR); ③列車車體前端至第一扇車門中線距離 (TP_OFFS_DOOR_STPWIN); ④列車門寬度 (PASSENGER_DOOR_WIDTH); ⑤列車聯結器至第一車輪軸之距離 (TP_OVERHANG); ⑥第 1 車廂第二輪軸至第 2 車廂第一輪軸之距離 (TP_DIST_BW_AXLES_MAX); ⑦列車聯結器至天線之最小距離 (MIN_OFFS_COLLECTOR)。
2	車速	①最大營運速度 (TP_MAX_TRAIN_SPEED_O); ②最大設計速度 (TP_MAX_TRAIN_SPEED_V)。
3	車重	①空車重量 (TP_WEIGHTS_AW0_RST); ②坐位滿載的重量 (TP_WEIGHTS_AW1_RST); ③正常營運負載重 (TP_WEIGHTS_AW2_RST); ④全負載車重 (坐滿+站滿)(TP_WEIGHTS_AW3_RST); ⑤平均分配列車重量 (空車)(TP_WEIGHTS_EQDIS); ⑥平移質量當量 (空車)(TP_WEIGHTS_ROT_RST)。
4	雷達	①向前 (ODO_1_Q_MOUNTING_DIR_DRS05); ②向後 (ODO_2_Q_MOUNTING_DIR_DRS05)。
5	測速計	① OPG 1/OPG 2 的安裝面 (ODO_1/2_Q_MOUNTING_DIR_OPG); ②安裝 OPG 1/OPG 2 的車輪的標稱 (最大) 車輪直徑 (ODO_1/2_L_WHEEL_DIAMETER); ③安裝 OPG 1/OPG 2 的車輪的最小車輪直徑 (ODO_1/2_MIN_WHEEL_DIAMETER); ④安裝 OPG 1/OPG 2 的軸類型 (ODO_1/2_Q_AXLE_TYPE)。
6	非控制煞車曲線	① OPG 1/OPG 2 非控制煞車曲線的值對數 (ODO_1/2_N_ITER_UCB); ②滑動期間 OPG1/OPG2 的實際速度和測量速度之間的最大速度差 (ODO_1/2_UCB_MODEL_DEVIATION); ③滑動時 OPG 1/OPG 2 的速度偏差給定的每一個值對應的速度 (ODO_1/2_UCB_MODEL_SPEED)。
7	控制煞車曲線	① OPG 1/OPG 2 控制煞車曲線的值對數 (ODO_1/2_N_ITER_CB); ②滑動期間 OPG1/OPG2 的實際速度和測量速度之間的最大速度差 (ODO_1/2_CB_MODEL_DEVIATION); ③滑動時 OPG 1/OPG 2 的速度偏差給定的每一個值對應的速度 (ODO_1/2_CB_MODEL_SPEED)。
8	控制牽引曲線	① OPG 1/OPG 2 的控制牽引曲線的值對數 (ODO_1/2_N_ITER_CT); ②打滑期間 OPG 1/OPG 2 的實際速度和測量速度之間的最大速度差 (ODO_1/2_CT_MODEL_DEVIATION); ③滑差時 OPG 1/OPG 2 的速度偏差給定的每一個值對應的速度 (ODO_1/2_CT_MODEL_SPEED); ④牽引力控制系統的控制週期 (ODO_1/2_T_OPG_CONTROL)。
9	信標天線	①天線 A1 前後雙端之間的距離 (TP_OFFS_ANTENNA_A1); ②天線 A2 前後雙端之間的距離 (TP_OFFS_ANTENNA_A2)。
10	緊急煞車	①最低保證緊急煞車率 (TP_SAFE BRAKING_MODEL_EB_RATE); ②觸發緊急煞車後，直到達到 aEB (aEB_10) 10% 的時間延遲 (tEB_10); ③觸發緊急煞車後到達 aEB (aEB_90) 90% 的時間延遲 (tEB_90); ④觸發緊急煞車後到達 100% aEB 的時間延遲 (tEB); ⑤緊急煞車觸發後推進系統的反應時間 (tt_delay); ⑥緊急煞車觸發後牽引力完全切斷的時間延遲 (tt_zero)。
11	全出力常用煞車	①常用制動率 (TP_FULL_SB_MODEL_RATE); ②觸發常用煞車後，直到達到 aSB (aSB_10) 的 10% 的時間延遲 (tSB_10); ③觸發常用煞車後，直到達到 aSB (aSB_90) 的 90% 的時間延遲 (tSB_90); ④ SB 觸發後，直到達到 aSB 的 100% 的時間延遲 (Tsb)。
12	最大加速度	①特定速度 (TP_SAFE BRAKING_MODEL_SPEED) 下加速度 (TP_SAFE BRAKING_MODEL_AC) 的值對數 (TP_SAFE BRAKING_MODEL_nbACPoints); ②對應最大加速度的速度值數組 (v1 .. vn)(TP_SAFE BRAKING_MODEL_SPEED); ③對應速度區間的加速度值數組 (a1 .. an)(TP_SAFE BRAKING_MODEL_AC)。
13	運營牽引力效率	①特定速度 (TP_PROPULSION_ACC_OP_SPEED) 下操作牽引力 (TP_PROPULSION_ACC_OP_F) 的值對數 (TP_PROPULSION_ACC_OP_nbFPoints); ②相應牽引力的速度值 (v1 .. vn) (TP_PROPULSION_ACC_OP_SPEED); ③對應速度區間的零坡度上的操作牽引力值 (F1 .. Fn) (TP_PROPULSION_ACC_OP_F)。



14	延遲參數	①在激活推進釋放命令 (PRO_REL) 後，確保推進被徹底切斷的時間跨度 (TP_ENSURE_PROPULSION_CUTOFF_DELAY); ②確保在車門釋放命令 (DOR_REL) 停用後絕對不會釋放車門的時間跨度 (TP_ENSURE_NO_DOOR_RELEASE_DELAY); ③自動反轉操作期間更改活動艙室時的重疊時間 (OP_AR_RELAY_OVERLAP)。
15	列車阻力公式	列車阻力公式由側傾和摩擦阻力係數、擾動運動阻力係數以及取決於質量和 / 或速度的空氣阻力係數組成。 露天段：隧道外列車阻力按以下公式計算 $F_{Train Resistance}(m,v) = ① C0 + ② C0\_M * m + (③ C1 + ④ C1\_M * m) * v + ⑤ C2 * v^2$ 隧道段：在隧道中，列車阻力的計算公式相同，但係數不同 $F_{Train Resistance}(m,v) = ⑥ C0\_T + ⑦ C0\_M\_T * m + (⑧ C1\_T + ⑨ C1\_M\_T * m) * v + ⑩ C2\_T * v^2$ 以上 m 是當前列車重量，v 是當前列車速度。
16	常用煞車	①最大瞬時行車制動率 (TP_TRAIN_SB_MODEL_Rate); ②制動力建立時間從 0 到 90%，包括空載時間 (ATO_BRAKE_BUILD); ③氣動制動力的建立時間從 0 到 63%，包括空載時間 (ATO_PNEUM_BRAKE_BUILD); ④變阻器制動 / 動力建立時間從 0 到 100%，包括空載時間 (ATO_RHEST_BRAKE_MOT_BUILD)。
17	混合 (淡出)	①制動系統的混合啟動，ED 制動完全激活時的最低速度 (ATO_BLENDED_START); ②制動系統的混合端，EP 制動完全激活時的最高速度 (ATO_BLENDED_END); ③混合由 ATO 控制 (ATO_BLENDED_CONTROLLABILITY)。
18	ED 煞車直至停止	①列車停止時應用的制動值 (r0); ②制動力非線性時的值 (vnon-linear); ③制動力為線性的值 (vlinear)。
19	動態列車駕駛模型	①制動系統的運輸延遲 (Tt0); ②電氣系統轉換時間 (Tt1); ③氣動制動器的轉換時間 (Tt2); ④電氣系統 PT 元件的時間常數 (T1); ⑤氣動制動器的 PT 元件的時間常數 (T2); ⑥電氣系統 PT 元件的放大 (k1); ⑦氣動制動器 PT 元件的放大 (k2); ⑧ ATO 上升率電氣系統的加速度限制 (rRise_electric); ⑨ ATO 下降率電氣系統的加速度限制 (rFall_electric); ⑩ ATO 下降率氣動制動器的制動限制 (rFall_pneumatic)。
20	動態列車駕駛步驟	①整個步驟集的加速度組數 (TRACTION_STEP_CONTROL) ②整組步驟集的減速組數 (BRAKE_STEP_CONTROL)。

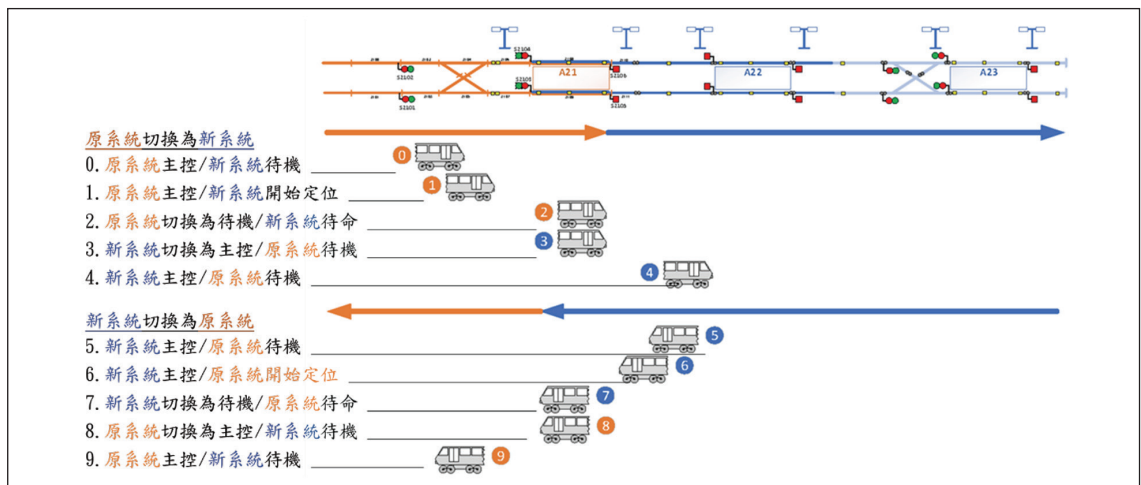


圖 3 新舊 (原) 車載號誌系統切換概念



運作，而新系統雖於待機狀態，實仍持續偵測道旁訊號。

(1) 原系統主控/新系統開始定位：

當電聯車再向A21站趨近時，電聯車已進入TGMT號誌無線電涵蓋區域，新系統已依CBTC特性開始對列車精確定位。此外，新系統位於A21橫渡線前置佈署之計軸器亦開始對列車進行計數（軸），作為雙重化確認與允行授權依據。

(2) 原系統切換為待機/新系統待命：

當電聯車ATO、SM等適當模式進A21站往中壢方向停妥月台時，司機員於駕駛室停等旅客上下車時間之適當時機，以手動切換旋鈕令電聯車上TGMT車載號誌系統主控迴路激磁（可於5秒以內完成切換），並完成安全檢核，此時電聯車TGMT系統已主控待命。並且A21站月台門啟閉，此時仍由原號誌系統（WESTRACE MK I）控制。

(3) 新系統切換為主控/原系統待機：

與2.同時，當電聯車ATO、SM等模式停妥，於旅客上下車，司機員手動切換新舊系統之主控與待機（可於5秒以內完成切換）完畢時，此後當TGMT道旁與車載之號誌皆安全檢核完成後，系統人機介面（HMI）反饋訊號給司機員後，司機員即可依據系統班表提示ATO發車（本站之停等時間為30秒）。而DTG-R原系統則因司

機員之手動切換被轉為待機，其狀態變化已不能致使電聯車EB緊急煞車（但仍持續與道旁保持連線）。

(4) 新系統主控/原系統待機：

此時電聯車已經完全進入新系統區域，往A22站出發。

2. 列車由 A22 站折返 A21 站（新系統切換為原系統）

(5) 新系統主控/原系統待機：

與步驟0相反，當電聯車由A22站趨近A21站時，新TGMT系統正常運作，而舊DTG-R系統雖於待機狀態，實仍持續偵測道旁訊號。

(6) 新系統主控/原系統開始定位：

當電聯車再向A21站趨近時，電聯車已進入A21往中壢方向DTG-R前置佈署之信標區域（上下行各3個），因原系統於待機狀態仍持續偵測道旁狀態，因此DTG-R車底信標天線一旦偵測到原系統道旁信標，即開始列車定位，據此作為後續切換回舊系統的條件之一。

(7) 新系統切換為待機/原系統待命：

當電聯車以ATO、SM等適當模式進A21站往台北方向停妥時，司機員於月台停等旅客上下車時間之適當時機，以手動切換旋鈕令電聯車上DTG-R車載號誌系統主控迴路恢復（可於5秒以內完成切換），並完成安全檢核，此時電聯車DTG-R原系統



已主控待命，而TGMT新系統則因司機員之手動切換被轉為待機（仍持續與道旁保持連線）。並且此時之A21站月台門啟閉由A22站新號誌系統（WESTRACE MK II）指揮原號誌系統（WESTRACE MK I）達成。

(8) 原系統切換為主控/新系統待機：

與7.同時，當電聯車ATO、SM等模式停妥，於旅客上下車，司機員手動切換新舊系統之主控與待機（可於5秒以內完成切換）完畢時，此後當DTG-R道旁與車載之號誌皆安全檢核完成後，系統人機介面（DDU）反饋訊號給司機員後，司機員可依據班表時間ATO發車（本站之停等時間為30秒），而TGMT新系統則因切換轉為待

機，其狀態變化已不能致使電聯車EB緊急煞車（但仍持續保持道旁偵測，待下趟要開往A22/A23站時，經A21站之列車才會再行觸發）。

(9) 原系統主控/新系統待機：

此時電聯車已經完全返回原號誌系統區域，繼續往A20站前進。

(二) 道旁為中心的觀點

前述之切換，係以車載號誌為中心之觀點，然車載號誌仍需道旁號誌設備之搭配，才能相輔相成，其道旁亦以A21站為系統之交遞重疊區域，其概念如下圖4。

上圖4說明，橙色區域係指原號誌系統

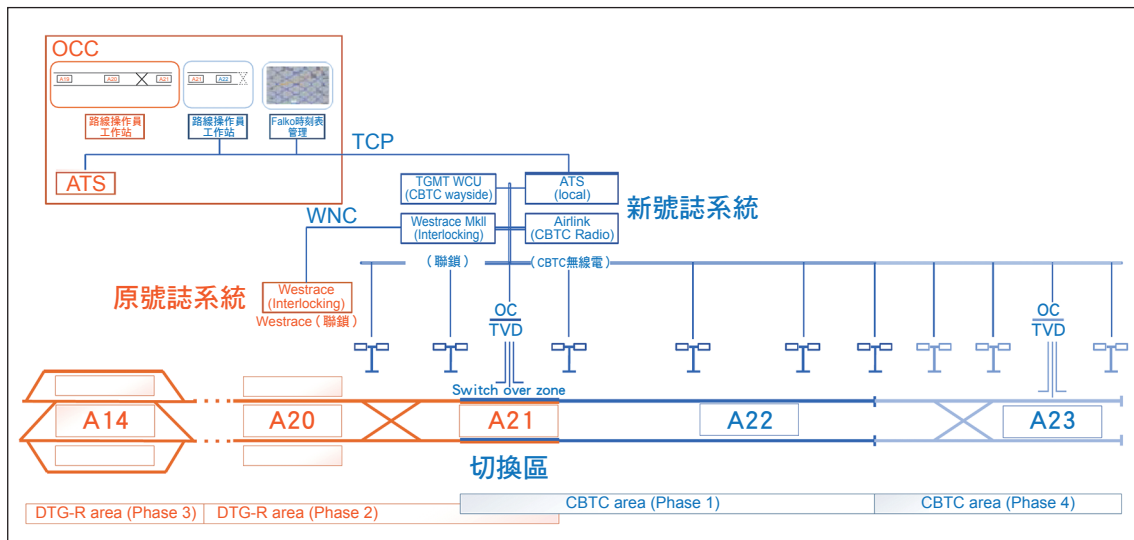


圖 4 新舊（原）道旁號誌系統區域概念



(A21站以北至A1台北車站) DTG-R, 藍色區域表示新號誌系統建置範圍, 兩系統於A21站為切換區, 使列車司機員於駕駛室得以手動切換於新舊號誌系統之間(配合上下行方向所進入之系統區域)。我們可以發現兩系統以A21站為中心, 互有重疊, 其分為信標、計軸器(新系統)、音頻軌道電路(原系統)、號誌無線電、號誌機(燈)等道旁號誌子系統。

原系統於A21站尾端取消了上下行軌原設置的往中壢端的號誌燈(以新系統號誌燈取代), 並增設6個信標(上下行各三個), 以利列車從A22站往A21站進站時原車載系統能預先定位。而新系統為因應A21站的車載系統切換, 前置佈署了號誌無線電、計軸

器、信標, 也是為了幫助新系統於列車往A21站進站前即能檢知列車並開始定位。

### (三) 系統為中心的觀點

前述等段落說明了道旁與車載為中心之觀點, 續以本案號誌全架構總括全貌, 俾利對本案系統有整體之認識, 該架構分別以顏色區別, 如下圖5:

淺灰色為舊號誌系, 與新號誌系統主要有3項界面, 分別為:

1. 新系統班表(Falko 班表編輯器產出)透過 Rail 9000 (ATS) 的自動列車調度(ATR)向舊號誌系統ATS 導入班表。

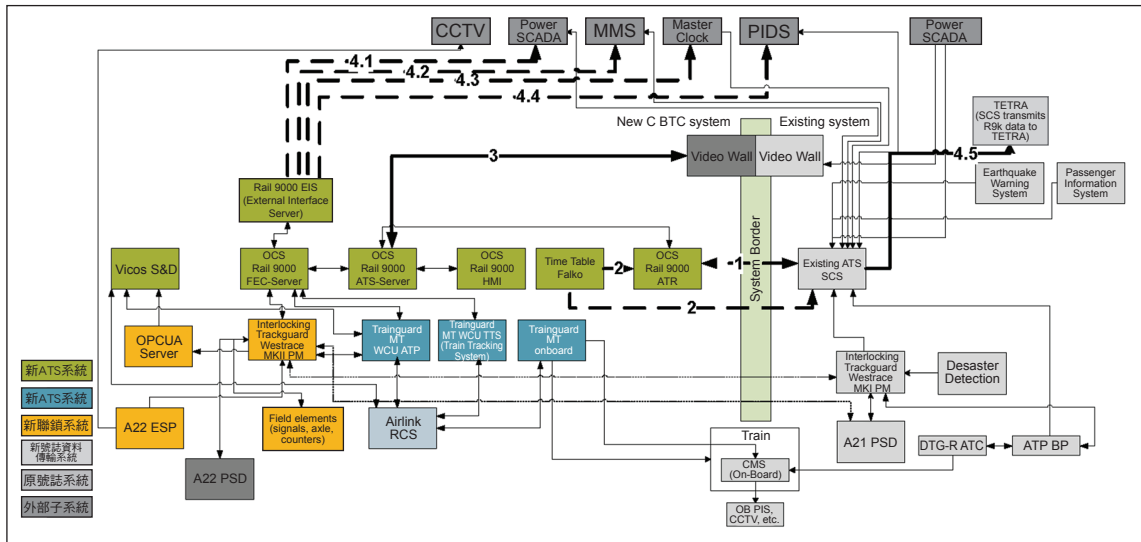


圖 5 新舊(原)號誌系統整體架構暨外部界面關係圖

2. Falko 產出的班表能對新舊系統同時使用。
3. Rail 9000 (ATS) 亦將全線車隊圖像化資料傳送至 OCC 投影與控制員工作站監控，達成人機界面功能。

深灰色為外部系統（圖中4.1/4.2/4.3/4.4，影像監視、SCADA、維修管理、子母鐘、旅客資訊系統等），其亦透過Rail 9000作為界面功能管理。新號誌系統由四色表示，綠色為ATS，多位於OCC作為車隊監督功能，黃色多屬於道旁聯鎖設備，上可聯繫行控ATS設備，下達通訊車載號誌（藍色），車載ATC與道旁皆有ATP功能達成安全保障，而淡藍色（Airlink）設備為號誌無線電，做為系統專用通訊通道。此外行控中心（OCC）於本案預計以相同新舊並存方式升級，唯班表將以新編輯器（Falko）取代舊有編輯器（HASTUS）產出之班表，班表為通用格式，因此新舊系統皆可讀取新班表指揮列車ATO駕駛。

## 五、改裝列車的安全驗證測試（包括測試軌的靜、動態測試及主線測試）

### （一）國際標準 IEEE 1474.4 的引用

電機電子工程師學會（IEEE）自1999年起，針對通訊式列車系統（CBTC）陸續頒布了IEEE1474系列標準，其中IEEE1474.4

通訊式列車控制系統功能測試（IEEE Recommended Practice for Functional Testing of a Communications-Based Train Control (CBTC) System）建議了一個測試範圍、流程、執行方法的規範，本節主要對其規範與本專案之驗證作業，做一說明。

下圖6為IEEE 1474.4建議之功能測試流程圖，其重點為工廠→測試軌→主線之逐步擴展概念，其靠左的流程路徑表示若設計功能已經於工廠或測試軌完全驗證，即可產出認證報告。而靠右的流程為按步執行，隨範圍與程度擴大進而增加測試項目，原則上並非一次性地全數驗證，多數專案之執行皆採取逐步方式，減低工程風險，本專案亦採相同策略。

### （二）IEEE 1474.4 CBTC ATP 測試項目

接下來說明IEEE建議之CBTC測試項目，CBTC之驗證測試亦脫離不開號誌系統-自動列車控制/ATC下轄之自動列車保護/ATP、自動列車操作/ATO、自動列車監督/ATS之三個範疇，以下將測試細項依ATP/ATO/ATS分類表述：

表2之ATP功能驗證，以系統能精確掌握列車位置為核心，逐步擴大驗證加減速能力、速度/方向監督控制、速度保護曲線、移動距離限制、限速條件，再復以重要之車門/月台門之控制與安全聯鎖，外部聯鎖（列

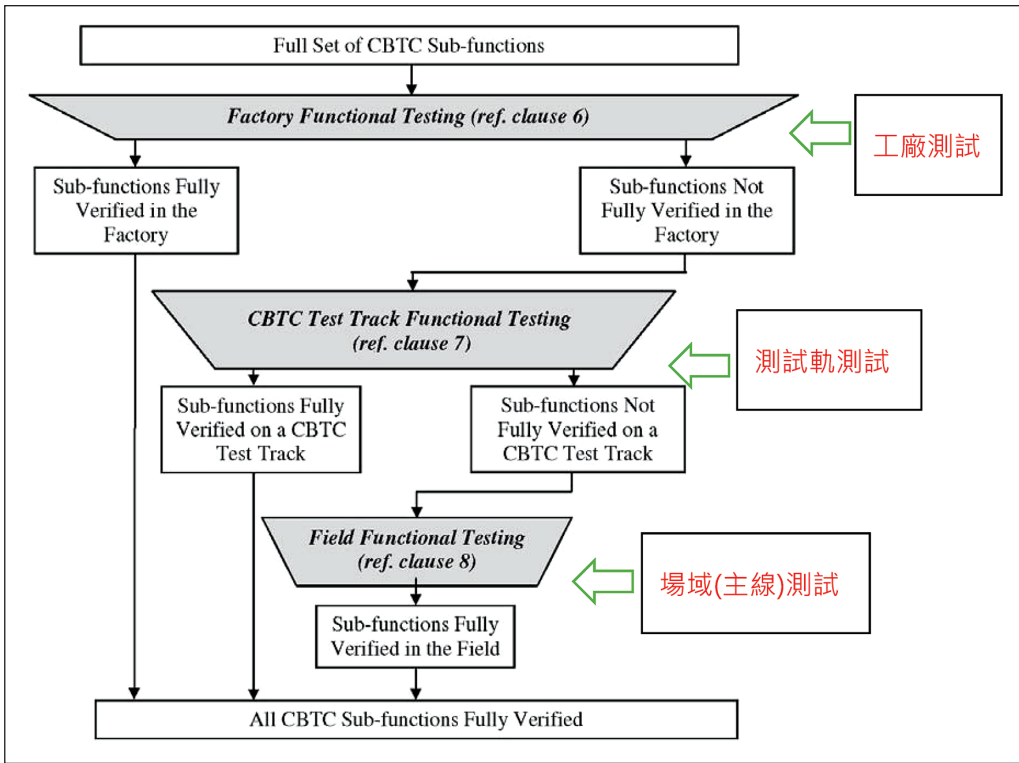


圖 6 IEEE 1474.4 CBTC 功能測試流程

車趨近、指令撤銷鎖錠)等，建立基本之 ATP 認證 (ATO 與 ATS 之系統運作皆以 ATP 為基礎，ATP 若因故障自趨安全 (fail-safe) 觸發，ATO 與 ATS 即因與 ATP 之聯鎖關係而停止)。

### (三) IEEE 1474.4 CBTC ATO 測試項目

接續前述，IEEE 1474.4 CBTC 建議 ATO 測試項目如下表 3，繼掌握列車位置與速度等基本項目 (ATP) 驗證後，ATO 係以列車行車速度曲線監視控制為核心目標，擴大驗證

與月台的互動關係 (停準、開關門等)，並完成單列車的調節能力驗證。

### (四) IEEE 1474.4 CBTC ATS 測試項目

最後，ATS 的驗證項目 (表 4)，係以掌握單列車全部功能為基礎後，向多列車 (車隊管理) 目標進行驗證，因此包含如各列車識別、追蹤、自動路徑 (依班表)、車隊班距調節策略、設備狀態監視管理與旅客資訊系統等。其測試項目如下表：



表 2 IEEE 1474.4 CBTC 測試細項 (ATP 項目)

IEEE 1474.4 建議 CBTC 功能測試項目表			驗證階段 (最遲)			
功能要求		說明	工廠	測試軌	主線	
列車位置有關	1	CBTC train location initialization on entry to CBTC territory	→	→	→	
	2	CBTC train location initialization on recovery from CBTC equipment failure	→	→	→	
	3	Train length determination	→	→	→	
	4	CBTC train location determination	→	→	→	
	5	Position uncertainty compensation	→	→	→	
	6	Parted train detection	→	→	→	
	7	Occupancy status of track sections	→	→	→	
	8	Protection of train with loss of train location report	→	→	→	
	9	Interlocking protection with loss of CBTC train location report	→	→	→	
	10	Parted train protection	→	→	→	
	11	Movement of train with inoperable CBTC equipment	→	→	→	
	12	Train with inoperable CBTC equipment at entry point	→	→	→	
路徑安全有關	13	Occupied track ahead	→	→	→	
	14	End of track	→	→	→	
	15	Interlocking ahead where route not verified	→	→	→	
	16	Opposing traffic direction ahead	→	→	→	
	17	Blocked track ahead	→	→	→	
	18	Limit of safe route	→	→	→	
	19	Route status information	→	→	→	
放行保護有關	20	Location of CBTC train ahead	→	→	→	
	21	Limit of safe route ahead	→	→	→	
	22	Broken rail condition	→	→	→	
	23	Track section not confirmed safe for train travel	→	→	→	
	24	Loss of switch status	→	→	→	
	25	Limit of movement protection determination	→	→	→	
	26	Limit of target point determination	→	→	→	
	27	Permanent infrastructure speed limits	→	→	→	
	28	Permanent train speed limits	→	→	→	
	29	Temporary infrastructure speed limits	→	→	→	
ATP	30	Temporary train speed limits	→	→	→	
	31	Braking profile to target point	→	→	→	
	32	Braking profile to speed restriction	→	→	→	
	33	ATP profile	→	→	→	
	*a	34 Authorized speed determination	→	→	→	
	*b	35	CBTC train speed determination	→	→	→
		36	Speed uncertainty compensation	→	→	→
	37	Zero speed state determination	→	→	→	
	38	CBTC train travel direction determination	→	→	→	
	速度與方向監督有關	39	Supervise/enforce authorized speed	→	→	→
40		Include worse-case tolerance	→	→	→	
41		Supervise/enforce travel direction	→	→	→	
42		Response to more restrictive limit of movement authority	→	→	→	
43		Response to lack of updated movement authority data	→	→	→	
44	Operation beyond limit of movement protection	→	→	→		
45	Reset of emergency brakes	→	→	→		
門聯鎖有關	46	Door open interlocks train doors	→	→	→	
	47	Door open interlocks platform edge doors	→	→	→	
	48	Departure interlock train doors	→	→	→	
	49	Departure interlock platform doors	→	→	→	
	50	Response to loss of train door status	→	→	→	
	51	Response to loss of platform door status	→	→	→	
	52	Door open interlock override	→	→	→	
	53	Departure interlock override	→	→	→	
*c	54	CBTC equipped train approaching	→	→	→	
	55	Approach locking override	→	→	→	
	56	Traffic locking override	→	→	→	
	57	Route locking override	→	→	→	
*d	58	Highway grade crossing warning device control	→	→	→	
	59	Warning activation signal confirmation supervision	→	→	→	
*e	60	CBTC train-borne ATP display data	→	→	→	
	61	CBTC train-borne ATP input data	→	→	→	

- \*a: 系統授權速度有關
- \*b: 實際速度與方向有關
- \*c: 外部聯鎖有關
- \*d: 平交道監控有關
- \*e: 車載 ATP 人機界面有關
- \*f: 行車速度有關
- \*g: 車速調節有關
- \*h: 車載 ATO 人機界面有關
- \*i: 列車識別有關
- \*j: 列車追蹤有關
- \*k: 列車路徑有關
- \*l: 車隊調節有關
- \*m: 停站功能有關
- \*n: 列車抑制操作有關
- \*o: 旅客資訊系統界面有關
- \*p: 故障回報功能有關
- \*q: ATS 人機界面有關





表 3 IEEE 1474.4 CBTC 測試細項 (ATO 項目)

IEEE 1474.4 建議 CBTC 功能測試項目表				驗證階段 (最遲)		
		功能要求	說明	工廠	測試軌	主線
ATO	*f 列車停準有關	62 Determine train's ATO profile	行車速度曲線	→		
		63 Determine train berthing location platform length longer than train length	確定列車停準位置月台長度長於列車長度	→		
		64 Determine train berthing location platform length supports multiple berthing	確定列車停準位置月台長度支持再停準作業	→		
		65 Determine train berthing location platform length shorter than train length	確定列車停準位置月台長度短於列車長度	→		
	*g 門操作有關	66 Train entry into station platform	列車進站	→		
		67 Train speed regulation	列車速度調節	→	→	→
		68 Door opening train doors	列車車門開啟	→	→	
		69 Door opening platform edge doors	列車車門開啟 - 月台門	→	→	→
		70 Door closing train doors	列車車門關閉	→	→	
		71 Door closing platform edge doors	列車車門關閉 - 月台門	→	→	→
		72 Train door operation disable (with no platform edge doors)	車門操作失效 (無月台門)	→	→	
		73 Train door operation disable (with platform edge doors)	車門操作失效 (有月台門)	→	→	→
		*h	74 CBTC train-borne ATO display data	車載 ATO 資訊顯示 (CBTC)	→	→
	75 CBTC train-borne ATO input data		車載 ATO 資料輸入 (CBTC)	→	→	

*a:	系統授權速度有關
*b:	實際速度與方向有關
*c:	外部聯鎖有關
*d:	平交道監控有關
*e:	車載 ATP 人機界面有關
*f:	行車速度有關
*g:	車速調節有關
*h:	車載 ATO 人機界面有關
*i:	列車識別有關
*j:	列車追蹤有關
*k:	列車路徑有關
*l:	車隊調節有關
*m:	停站功能有關
*n:	列車抑制操作有關
*o:	旅客資訊系統界面有關
*p:	故障回報功能有關
*q:	ATS 人機界面有關

表 4 IEEE 1474.4 CBTC 測試細項 (ATS 項目)

IEEE 1474.4 建議 CBTC 功能測試項目表				驗證階段 (最遲)		
		功能要求	說明	工廠	測試軌	主線
ATS	*i	76 CBTC operating train identification	營運列車識別 (CBTC)	→		
	*j	77 CBTC ATS train tracking	ATS 列車追蹤 (CBTC)	→		
	*k	78 Route train automatically	自動列車調度	→	→	→
		79 Route train manually	手動列車調度	→	→	→
	*l	80 Automatic dispatching	自動派車	→	→	→
		81 Schedule/headway regulation	時刻表 / 班距調節	→	→	→
		82 Service brake adjustments	一般煞車調節	→		
		83 Junction management	混合路線管理	→	→	→
	*m	84 Energy optimization	耗能優化	→	→	→
		85 Enforce stop at next station	過站不停 (下站停車)	→		
		86 Hold at station	月台候車	→		
		87 Bypass station	過站不停	→		
	*n	88 Inhibit automatic door operation	自動開門抑制	→		
		89 Stop immediate	立即停止	→		
		90 Temporary speed restrictions	臨時速限	→		
		91 Route/section blocking	路徑 / 區段鎖錠	→	→	→
	*o	92 Work zones	工作區域	→		
		93 Wayside passenger information message triggers	道旁旅客資訊系統觸發	→	→	→
*p	94 Train-borne passenger information message triggers	車載旅客資訊系統觸發	→	→		
	95 Failure and out-of-tolerance condition reporting	故障與超出容許狀態回報	→	→	→	
*q	96 Train health data reporting	列車狀態回報	→	→		
	97 ATS display data	ATS 顯示資料	→	→	→	
	98 CBTC input data	CBTC 輸入資料	→			

*a:	系統授權速度有關
*b:	實際速度與方向有關
*c:	外部聯鎖有關
*d:	平交道監控有關
*e:	車載 ATP 人機界面有關
*f:	行車速度有關
*g:	車速調節有關
*h:	車載 ATO 人機界面有關
*i:	列車識別有關
*j:	列車追蹤有關
*k:	列車路徑有關
*l:	車隊調節有關
*m:	停站功能有關
*n:	列車抑制操作有關
*o:	旅客資訊系統界面有關
*p:	故障回報功能有關
*q:	ATS 人機界面有關

### (五) 本案 CBTC 測試策略與流程

介紹完IEEE 1474.4之測試項目後，接下來為本專案之測試介紹，其流程架構（如下圖7），測試軌扮演重要角色，由於本案為營運中路線之新建延伸線，附帶了不同號誌系統與車載號誌的兩系切換，其新設系統勢必在既有營運條件下施工，有穿著衣服改衣服的意味，而列車作為貫穿新舊系統的載體，勢必於測試軌須能極大化的模擬主線驗證測試，從而降低改裝後的列車來往於主線的驗證所產生的營運與維護衝擊。

本專案之CBTC系統測試驗證策略，著重

於測試軌階段，與IEEE 1474.4相較，對於月台門相關之驗證測試（門聯鎖、門操作）方面，IEEE 1474.4之最遲驗證可於主線階段再完成，而本專案由於營運特性，為減低主線營運與維修衝擊，於是在測試軌增加月台門模擬器，驗證號誌系統端的相對聯鎖關係，餘下的實體月台門系統端互動聯鎖驗證，待安排主線之界面測試，依此策略，以期大幅降低對營運與維修的衝擊影響。另由於本號誌系統為雙系建置（於A21站切換），因此也必須將測試軌之號誌設備雙重化（新舊系統皆有），使列車於中間虛擬月台（測試軌共有三虛擬月台）得以執行車載號誌系統切換驗證，減少主線驗證負擔。

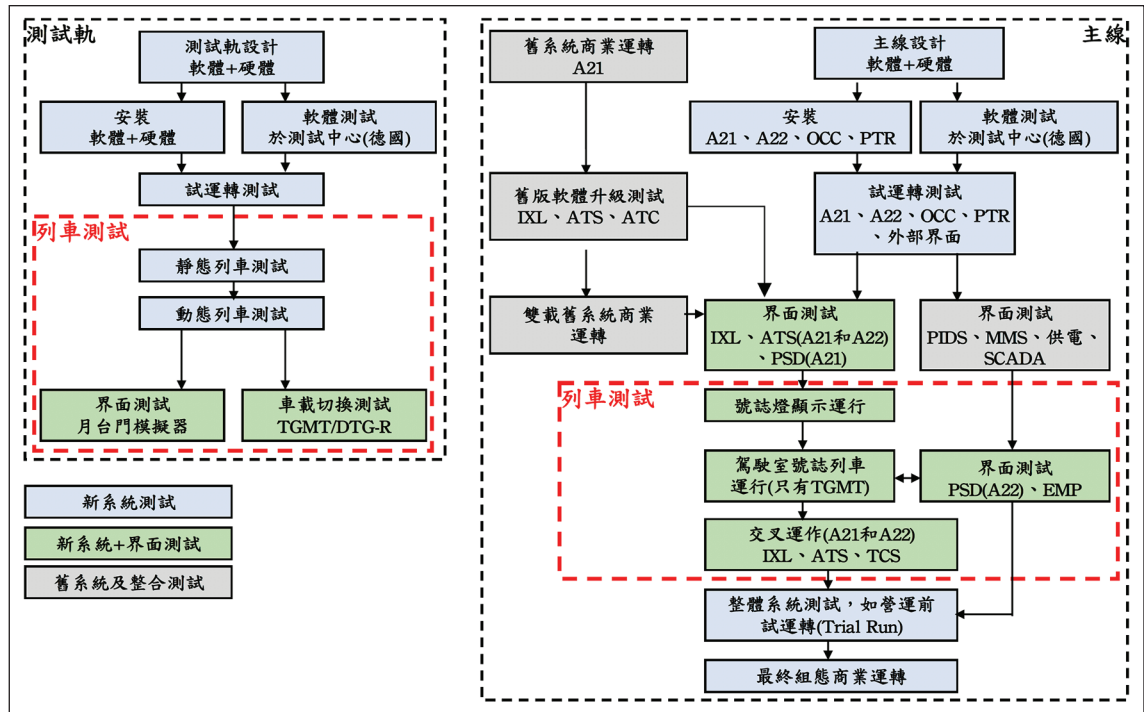


圖7 本專案 CBTC 功能測試流程



### (六) 本案 CBTC 測試範例

下圖8為本案CBTC車載號誌驗證範例，里程計量驗證。該範例為CBTC核心中項目，精確列車定位要求的基礎，也就是系統能掌握列車的精確移動距離。

本測試要求列車在大於90米（設定X、Y兩點間，建議大於100米，其間無信標）的區間以手動恆定速度駕駛（20公里/時），使不確定度可控。其後，檢查車載號誌主單元/OBCU內的紀錄值，測試期間不能有車輪打滑、空轉、緊急煞車等狀況（要求精度6米內）。

### (七) 本案 CBTC 測試項目

下表5為本案後續規劃之CBTC測試項目，屬於測試軌與主線階段的項目，至於工廠階段的項目已於先前廠測中執行，並有該原廠所洽第三方單位執行獨立安全評估（ISA Independent Safety Assessment），故本表所展現的項目較IEEE 1474.4為少，但不影響安全要求。

針對表列項目，打叉部分係因本案區域目前無轉轍器，因此轉轍器相關之測試皆不適用，而本測試著重三部份：


<b>Identifier</b>	#TDB001
<b>Title</b>	Odometry quality
<b>Objective</b>	To verify the quality of the onboard odometry
<b>Description</b>	<p>Train driving in RM mode passes a balise located in X moving towards Y direction at a 20km/h constant speed, keeping the uncertainty under a given threshold.</p>  <p>When distance between X and Y is over 90 m train can stop and check results on log files on both OBCUs.</p> <p>It is recommended to perform this test in an interstation area where balises are separated by distances &gt; 100m.</p>
<b>Preconditions</b>	<p>Wheel diameter updated to real value.</p> <p>Train is localized at starting position X.</p> <p>No balises under the train between X and Y.</p> <p>Smooth traction/brake to avoid slip/slide,</p>
<b>Validity</b>	<p>Uncertainty remains below the maximum expected uncertainty: 6 m.</p> <p>No slip/slide indication on DMI.</p> <p>No train delocalization indication on DMI.</p> <p>No EBs.</p>

圖 8 本案 CBTC 車載號誌驗證範例 / 里程計量驗證

表 5 本案規劃之 CBTC 測試項目

本案規劃之 CBTC 功能測試項目表		NA	門	熱備援	外部聯鎖	其他
1	里程計驗證					O
2	列車定位					O
3	月台緊急停車按鈕功能		O			
4	月台門與列車聯鎖性 (進站)		O			
5	月台門與列車聯鎖性 (出站)		O			
6	月台門與列車聯鎖性 (對向月台)		O			
7	月台門與列車聯鎖性 (異常隔離)		O			
8	列車進入主線驗證 (放行授權) A21-A22				O	
9	列車離開主線驗證 (回收授權) A22-A21				O	
10	列車進入聯鎖區驗證 (IXLT) 本案目前無轉轍器設置	X				
11	列車離開聯鎖區驗證 (IXLT) 本案目前無轉轍器設置	X				
12	車門、月台門同步驗證		O			
13	列車重新取得授權驗證 (速度碼)					O
14	道旁緊急停車按鈕驗證 (50M)		O			
15	道旁異常停車驗證 (轉轍器離線等 / 本案目前無轉轍器設置)	X				
16	車載號誌熱備援驗證 (OCN 車載號誌通訊網路)			O		
17	車載號誌熱備援驗證 (前 OBCU)			O		
18	列車超速後緊急停車驗證 (SM)					O
19	列車超速後緊急停車驗證 (RM)					O
20	列車超速後緊急停車驗證 (TSM)					O
21	月台 / 車門可開啟 (RM 模式)		O			
22	車門與車載號誌聯鎖 (車門開啟無法出發)		O			
23	月台 / 車門重複開啟 (RM 模式)		O			
24	折返路徑保持 (轉轍器區域)	X				
25	車載號誌熱備援驗證 (後 OBCU)			O		
26	月台門異物排除後列車放行驗證		O			
27	道旁熱備援驗證 (ECC 網路 / 電子聯鎖)			O		
28	道旁熱備援驗證 (WCU / 道旁通訊)			O		
29	道旁熱備援驗證 (ECC 控制單元 / 電子聯鎖)			O		
30	車載號誌熱備援驗證 (車載號誌無線電)			O		
31	備援 ATS (行控)					O

1. 於測試軌模擬月台門相關設備之車載號誌聯鎖關係驗證。其中項目3、4、5、6、7、12、14、21、22、23、26皆與月台門有關係，而月台緊急停車按鈕、月台門各種樣

態與列車門聯鎖關係、開關門同步、月台門異物排除等因必須與實體月台門測試，故須於主線安排。



2. 號誌設備的熱備援驗證（項目16、17、25、27、28、29、30）。
3. 主要是外部聯鎖與速度有關的功能驗證與其他（項目1、2、13、18、19、20、31）。

## 六、結論

機場捷運延伸線雖只是往南延伸兩個車站，然而誠如上述的說明，我們可一窺整個工程的複雜性，其中最大的挑戰，在於新舊系統界面整合上的問題，新的號誌系統與原有號誌系統、電聯車、TOCP（列車駕駛通訊器）等等的界面整合是否順利，係此專案成敗重要的關鍵課題。

新號誌車載軟體的開發是一項非常棘手的工作，需考慮新號誌系統（德商西門子）與原有號誌系統（英商西門子），就號誌聯鎖WESTRACE MK I & MK II間進行相互的確認，即使都是屬於西門子集團的號誌系統，但其間的溝通協調仍需透過雙方簽訂的協議書（agreement）據以執行；另外車載控制迴路的設計，原有號誌系統是以硬線設計為主，而新的號誌系統則以軟體設計為主的概念，都增加了設計上的困難度。同時還要與現有電聯車廠商（日本川崎重工），針對原有電聯車的設計參數進行討論，待所有參數條件逐一獲得確認後，方可進行後續新號誌系統的設計與軟體的開發，在維持原車載號誌

系統功能不變的條件下，讓新的車載號誌系統能共存共融於同一列車上。

從一開始向桃捷公司撥用的首列改裝電聯車開始，工程團隊即展開對原有車輛的拆卸與安裝及控制迴路的可行性評估，因為號誌系統的設計部門位於德國西門子，又因受新冠疫情的影響，西門子在台的現場工程師，只能透過遠端的視訊作溝通，將在現場量測的尺寸及可使用的空間，一點一滴傳回遠在德國的設計單位，甚至連現場要如何改裝的施工方式，都需逐一的反覆確認，這些新增設備的安裝位置、空間均需要設計出獨特的支撐支架，才能配合現場實際的條件進行安裝。

期間德國西門子也陸續指派國外有經驗的改車機電專家抵台，以協助解決改車遇到的難題，當新的車載號誌系統軟、硬體均順利的改裝完成，必須先於青埔機廠內測試軌進行靜動態測試，再於主線上進行新增路段及車站的靜、動態測試，以取得獨立安全驗證。正如文章一開始所述，此計畫的挑戰是國內捷運界的工程首例，於國外捷運實務案例也非常少見，見證這一路走來的心路歷程，期藉由本文的經驗分享，讓業界對於捷運號誌系統能有更深一層的了解。

## 參考文獻

1. CDSOS 文件編號 CKS-ME06A-ODD-ESN-0001（西門子提交文件），系統架構 System Configuration。
2. CDSOS 文件編號 CKS-ME06A-DDD-ESN-0036



- (西門子提送文件), 列車特性需求 Required Train Characteristics。
3. CDSCS 文件編號 CKS-ME06A-DDD-ESN-0040 (西門子提送文件), TGMT 子系統設計參數說明 TGMT Sub-System Design Parameters。
  4. CDSCS 文件編號 CKS-ME06A-IDD-ESN-0001 (西門子提送文件), 細部界面規範 (車載) Detailed Interface Specification (On-Board)。
  5. CDSCS 文件編號 CKS-ME06A-ISD-ESN-0005 (西門子提送文件), 車載施工計畫 Method statement onboard。
  6. SIEMENS ME06A Extension Project presentation material
  7. IEEE (2011) IEEE 1474.4-2011 Recommended Practice for Functional Testing of a Communications-Based Train Control (CBTC) System