

出國報告（出國類別：進修\_線上訓練課程）

# 參加德國鐵路學院「CBTC Fundamentals」線上課程報告

服務機關：國家運輸安全調查委員會

姓名職務：林沛達/鐵道調查組組長兼首席調查官、  
吳吉村/鐵道調查組次席調查官、  
陳建州/鐵道調查組調查官、  
后振宇/鐵道調查組調查官、  
游士漢/鐵道調查組副調查官

派赴國家：台灣，中華民國（線上訓練課程）

會議期間：民國 110 年 06 月 22 日至 06 月 24 日、  
民國 110 年 06 月 29 日至 07 月 01 日

報告日期：民國 110 年 09 月 27 日

公務出國報告提要 系統識別號

出國報告名稱：參加德國鐵路學院「CBTC Fundamentals」線上課程報告

頁數：42 頁 含附件：否

出國計畫主辦機關：國家運輸安全調查委員會

聯絡人：汪怡伶

電話：(02) 7727-6228

出國人員姓名：林沛達

服務機關：國家運輸安全調查委員會

單位：鐵道調查組

職稱：組長兼首席調查官

電話：(02) 7727-6255

出國人員姓名：吳吉村

服務機關：國家運輸安全調查委員會

單位：鐵道調查組

職稱：次席調查官

電話：(02) 7727-6260

出國人員姓名：陳建州

服務機關：國家運輸安全調查委員會

單位：鐵道調查組

職稱：調查官

電話：(02) 7727-6262

出國人員姓名：后振宇

服務機關：國家運輸安全調查委員會

單位：鐵道調查組

職稱：調查官

電話：(02) 7727-6261

出國人員姓名：游士漢

服務機關：國家運輸安全調查委員會

單位：鐵道調查組

職稱：副調查官

電話：(02) 7727-6263

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 視察 6 訪問 7 開會 8 談判 9  
其他

出國期間：民國 110 年 06 月 22 日至 06 月 24 日及 110 年 06 月 29 日至 07 月 01 日

出國地區：台灣，中華民國（線上訓練課程）

報告日期：民國 110 年 09 月 27 日

分類號/目

關鍵詞：鐵道基礎、通訊式列車控制、CBTC

內容摘要：

鐵路運輸系統往往於市區的客運量較大，在尖峰時期，因閉塞區間特性的關係時常達到其最大容量，故營運公司必須尋求不改變的情況下來增加系統容量。CBTC（Communication-based Train Control, 通訊式列車控制）依據 IEEE（Institute of Electrical and Electronics Engineers, 電機電子工程師學會）1474.1 號標準的定義，包含具備高解析度之列車位置偵測且採用軌道電路以外之方式、連續式高容量之雙向列車至道旁資料通訊及車載與道旁號誌設備具備維生功能，使得此系統能更有效和安全的來管理鐵路運輸及提高車距。國家運輸安全調查委員會（以下簡稱運安會）為使鐵道調查團隊更加了解各種不同鐵路系統之專業知識，本組調查官參與德國鐵路訓練機構（DB Rail Academy）所開設之線上課程「CBTC Fundamentals」以增加人員專業性，並透過該機構累積多年的營運及維修等實務經驗來提供同仁更多調查能量。

# 目次

壹、目的.....	1
貳、過程.....	2
參、課程摘要與心得.....	4
肆、建議.....	41

## 壹、目的

鐵路運輸系統往往於市區的客運量較大，在尖峰時期，因閉塞區間特性的關係時常達到其最大容量；因此，鐵路公司營運管理及利潤很有限。任何路線基礎設施一旦完工後要再改建的成本都非常高，故營運公司必須尋求不改變的情況下來增加系統容量。

CBTC (Communication-based Train Control, 通訊式列車控制) 為眾多鐵路號誌系統之一，依據 IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 電機電子工程師學會) 1474.1 號標準的定義，CBTC 包含具備高解析度之列車位置偵測且採用軌道電路以外之方式、連續式高容量之雙向列車至道旁資料通訊及車載與道旁號誌設備具備維生功能，使得此系統能更有效和安全的來管理鐵路運輸及提高車距，並且現今已逐漸部署在大多數的鐵路路線之中。

國家運輸安全調查委員會 (以下簡稱運安會) 於 108 年由飛安會改制後，將原飛航事故獨立調查之功能擴展至鐵道、水路及公路等重大運輸事故；為使運安會鐵道調查團隊更加了解各種不同鐵路系統之專業知識，本組調查官參與德國鐵路訓練機構 (DB Rail Academy) 所開設之線上課程「CBTC Fundamentals」以增加人員專業性，並透過該機構累積多年的營運及維修等實務經驗來提供同仁更多調查能量。

## 貳、過程

1. 主辦單位：德國鐵路學院（DB Rail Academy）
2. 時間：民國 110 年 06 月 22 日至 06 月 24 日及 110 年 06 月 29 日至 07 月 01 日
3. 方式：線上視訊會議
4. 講師：Arjun Chunchekar 如圖 2-1

Your Trainer and Expert 



 **Arjun Chunchekar**  
Expert Trainer for Rail Operations  
DB Rail Academy Trainer with TÜV certified qualification

 **Expertise**

- Operations planning, control and training as well as rail operations control center procedures
- Part of Delhi Metro 8 years before working at Mumbai in metro rail operation for last 7 years
- Understanding of relationships of various departments in rail operations by working at different levels and departments including training

DB Engineering & Consulting | DB Rail Academy | CBTC Fundamentals | Rmt5020 5

圖 2-1 講師簡介

5. 參與人員：國家運輸安全調查委員會鐵道調查組林沛達、吳吉村、陳建州、后振宇、游士漢及來自其他國家學員共 16 人
6. 課程

本次課程為期 6 日，由德國鐵路訓練機構講師及專家帶領討論。課程目的在幫助鐵路營運或調查人員能更了解 CBTC 系統的專業知識。課程包括列車控制系

統介紹、CBTC 概論、ETCS 及 ERTMS 介紹、系統功能、CBTC 列車互通性和 LZB 及 PZB 系統介紹等。課程表如圖 2-2 及圖 2-3。

Overview – 1 <sup>st</sup> week		
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Welcome</li> <li>■ Introduction to Train Control systems</li> <li>■ Overview of block systems (Fixed, Moving block System)</li> <li>■ Track Detection Devices</li> <li>■ Grades of Automation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ CBTC Architecture</li> <li>■ Components of Communication</li> <li>■ Wayside and Onboard Devices</li> <li>■ Data Interpretation and Analysis</li> <li>■ Advantages and Disadvantages of CBTC over Legacy Network</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Introduction to ETCS and ERTMS baselines</li> <li>■ Overview of existing baselines</li> <li>■ Challenges in converting CATC(Legacy)to CBTC Line</li> </ul>
day 1	day 2	day 3

圖 2-2 第一週課程表

Overview – 2 <sup>nd</sup> week		
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Welcome</li> <li>■ Introduction</li> <li>■ System function</li> <li>■ Regular Operation for low Train Sequence Time</li> <li>■ Special Operation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Interoperability of CBTC Rolling Stock with respect to Vehicle Procurement</li> <li>■ Interoperability of CBTC Rolling Stock with respect to Infrastructure Development</li> <li>■ Interoperability of CBTC Rolling Stock with respect to Training of Manpower</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Introduction to LZB and PZB system and its components</li> <li>■ Comparison of CBTC with LZB</li> <li>■ Advantages of CBTC over other ATP/ATC systems</li> <li>■ Disadvantages over Other ATP/ATC systems</li> </ul>
day 1	day 2	day 3

圖 2-3 第二週課程表

# 參、課程摘要與心得

## 一、 CBTC 基礎

### (一) 基本訊號名詞定義

1. 閉塞區間：具固定式閉塞區間系統的軌道沿線，為列車安全隔離，區分為數個閉塞區間。一列火車通常不會進入一閉塞區間，除非前一列火車已離開該閉塞區間。軌道沿線裝設道旁號誌，閉塞區間由訊號限制，管理列車移動。
2. 道旁號誌：雖然逐漸被先進的無線電之列車控制系統所取代，讓列車由駕駛室號訊指引，但道旁號誌仍然是控制列車運行的最常用技術。
3. 主號誌：主號誌授權列車進入軌道段移動，移動授權由一主號誌提供，受限於下一個主號誌或運轉規則規範的點。
4. 距離號誌：軌道沿線主號誌間距離很長，距離號誌設置於下一個主號誌的煞車距離處，移動授權由一主號誌提供，距離號誌為提供接近的顯示但不能提供停止的顯示。
5. 調車號誌：調車號誌使用於授權調車移動和保護列車。在大多數鐵路上，主號誌的停止顯示也適用於調車移動。在軌道上，調車移動或許通過主信號，在主號誌中加入調車顯示，這樣可以授權調車移動在停止位置通過主信號。
6. 列車運行的權限由以下人員授予：
  - (1) 主號誌的連續指示
  - (2) 駕駛室號訊螢幕的連續指示
  - (3) 允許列車在特殊情況通過顯示停止狀態號誌的呼叫號誌。
  - (4) 允許列車在特殊條件通過顯示停止狀態號誌的畫面或口頭指示。

## (二) 列車控制系統介紹

列車控制：為了安全和效率而調節列車移動的過程。

手動列車控制：它是一種手控的鐵路安全系統，它通過指示牌或固定號誌來引導司機員，以安全和效率為目的來調節列車的運轉。

自動列車控制：它是一種鐵路安全系統，它利用列車控制室螢幕代替固定號誌來引導司機員，以達到安全和效率的目的來調節列車運行。

## (三) 列車控制系統種類

道旁號誌列車控制:道旁號誌於固定閉塞區間傳送移動授權，藉由道旁信號控制的列車都是引導固定閉塞區間運轉。為此，線路被分成受信號限制的多個閉塞區間。

駕駛室號訊列車控制：在駕駛室號訊中，移動授權直接顯示在駕駛室操作臺上。在大多數鐵路，這種可以與連續的自動列車保護（ATP）系統相結合，為駕駛室號訊提供控制數據。

## (四) 自動列車控制介紹

自動列車控制 ATC 是一種自動速度控制系統，如果司機員未能按照駕駛室號訊指示降低速度，則該系統會啟動自動煞車。

3 個主要子系統：

1. 列車自動保護（ATP），防止碰撞和脫軌。
2. 列車自動運行（ATO），控制列車運行和停站。
3. 列車自動監控（ATS），根據時間表指導列車運行。

## (五) 閉塞區間與列車控制

號誌系統的目的是確保列車在鐵路基礎設施上安全移動，藉由鎖定可移動的軌道元件在適當的位置，檢查軌道路段的淨空，鎖定衝突的移動，並控制列車移動保持安全隔離。

### 列車控制類型

- 手動列車控制：通過道旁號誌（時間間隔/閉塞區間），列車在固定式閉塞號誌中運轉。
- 自動列車控制：
  - \_由駕駛室號訊系統進行列車控制
  - \_固定式閉塞區間(傳統/CATC)
  - \_移動式閉塞區間

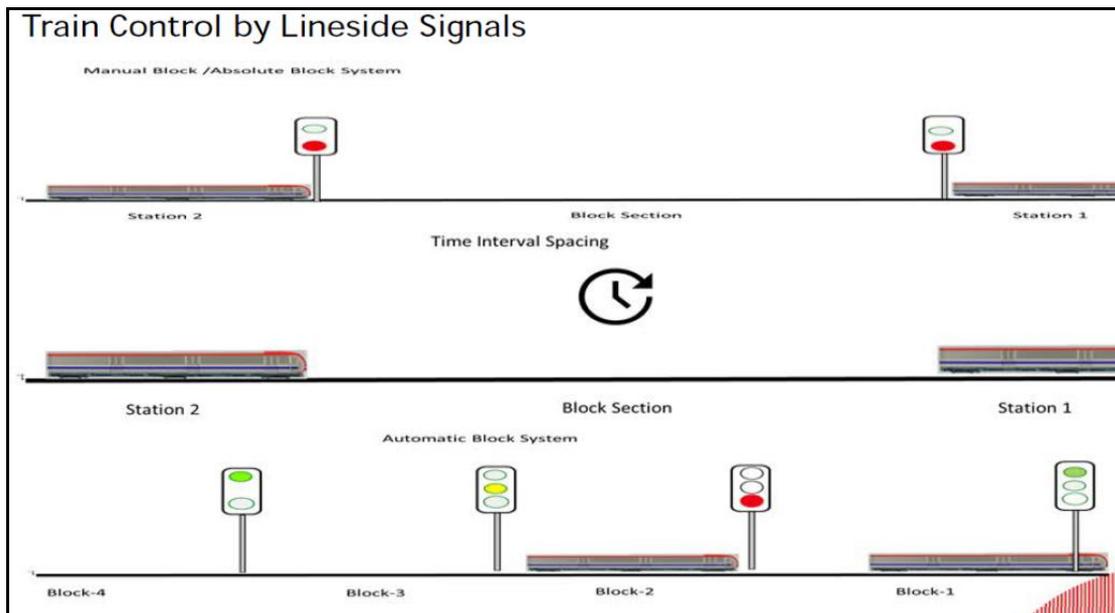


圖 3-1 手動/時間/自動閉塞系統

### (六) 固定閉塞號誌缺點

1. 不知道列車位置，只好隔遠一點比較安全
2. 需投入大量經費建置及更新

3. 需維護電路板經費

#### (七) 移動式閉塞號誌優點

1. 較有效率
2. 較低操作成本
3. 維護便宜
4. 軟體可以依科技持續更新

#### (八) 移動式閉塞號誌優點

1. 較有效率
2. 較低操作成本
3. 維護便宜
4. 軟體可以依科技持續更新

#### (九) 軌道偵測裝置

1. 主要偵測裝置：若 CBTC 系統要運行，每個列車車載的 ATC 控制器必須知道該列車的位置，每個道旁 ATC 控制器必須知道控制區內所有列車的位置。這是通過裝設列車設備來實現的，以便可以安全地確定並向道旁 ATC 控制器傳達該列車在軌道上的定位。車載 ATC 系統檢測軌道旁的位置參考，例如：感應子並測量列車速度以計算列車位置，這通常稱為定位功能，然後通過無線電和數據網絡將列車位置傳輸到道旁的 ATC 控制器。
2. 次級偵測裝置：一種備用或次級列車控制系統，能夠為未配備機載 CBTC 設備的列車和/或部分或完全不工作的機載 CTBC 設備的列車，提供全部或部分 ATP 功能的系統。輔助道旁系統可以包括車載設備並且還可以提供斷軌檢測。輔助偵測系統不是訊號備援系統。訊號備援系統應該是一個獨立的

訊號系統，例如當使用固定閉塞區間原理運轉的列車停止系統或速度代碼系統。

3. 在主線網絡中，這樣的閉塞區間長度可以從 5 公里延伸到甚至 30 或 40 公里。使用 2 站間連續軌道電路或計軸器偵測列車，達到閉塞區間避免碰撞的保護功能。軌道電路、道旁號誌、道旁邏輯和限制設備，包括：

- (1) 機械聯鎖器
- (2) 使用處理器的道旁邏輯
- (3) 駕駛室號訊的具代碼的軌道電路具有車載速度限制，在這種情況下，道旁號誌和發信器可能僅位於聯鎖裝置或根本不存在
- (4) 音頻軌道電路，在這種情況下，絕緣接頭可能會被取消
- (5) 計軸器

(十) 軌道電路：具能量餵入裝置設在軌道一端，連接到軌道另一端形成一迴路。

1. 傳統上是電子機械的繼電器，軌道電路的這一端叫做繼電器端。
2. 若無列車佔據，餵電端充電給在繼電器端的偵測裝置，以軌道傳導；顯示迴路閉合而偵測器顯示為空的軌道電路。
3. 當列車進入這個軌道電路區間，列車車輪及車軸在 2 軌道間餵電端提供一低電阻路徑，大量減少繼電器端內的能量，偵測到無能量的顯示軌道被佔據。

(十一) 軌道電路種類

1. DC
2. AC
3. Code 編碼:穩定能量使用在非編碼軌道，調變成一定頻道

4. Audio frequency 音頻:能減少軌道絕緣裝置

## (十二) 計軸器組成

1. 軌道上的偵測器（軌道偵測點）
2. 資訊傳送裝置（電線）
3. 室內裝置（評估、指示及重設）

(十三) 地面感應子:裝設在軌道間或道旁的被動應答器，裝置當裝設有感應線圈的列車通過時，讀取資訊，也可以被列車充電。

1. 固定資訊感應子：傳送相同電報資料予列車，如固定位置資訊或前方停止資訊。
2. 可控資訊感應子：連接道旁電子裝置（LEU），提供動態資訊予列車，如下一號誌顯示。

## (十四) 自動化等級

1. 現代 CBTC 系統允許不同級別的自動化或自動化等級 GoA，如 IEC 62290-1 中定義和分類的。事實上，CBTC 並不是“無人駕駛”或“自動列車”的同義詞，儘管它被視為用於此目的的基礎技術。
2. 與主線鐵路網相比，地鐵（地鐵）系統有很大不同，通常由於以下原因而不複雜：
  - (1) 大多數地鐵線路是雙軌系統，線與線之間幾乎沒有交叉點或交叉點(由多條地鐵線路組成的城市地鐵網絡中可能有“交叉點”站，但通常它們不是物理鐵路交叉點)；
  - (2) 地鐵線路中的機車車輛（所有車輛）是同質的；
  - (3) 地鐵列車的速度相對較低（通常低於 80km/h）；

(4) 地鐵系統的環境是一個封閉的空間，沒有平交道口，可以防止人或障礙物出現在軌道上。

(十五) 影響 GOA 等級的選擇

1. 營運者及地方法律規範
2. 工會
3. 處理統一標準以記錄和量化 ATO 的好處
4. 乘客接受度

(十六) GOA 等級定義

GoA1：基本配置，裝備 ATP，限制超速，防止碰撞及冒進號誌

GoA2：自動列車操作 ATO，具部分或完整自動列車駕駛或無駕駛員基本功能，除了關門，可執行所有司機員工作，司機員只需要關門，只要無障礙物，可執行至下一站

GoA3：完整的電腦控制功能，可以取代司機員或車長，消弭失效或緊急狀態的風險

GoA4：結合 ATO 及 ATC 完整的維持列車準點運行，不須駕駛及車長任何人員即可完成準點運作

GoA	Description	Speed supervision	Acceleration and braking	Obstacle detection	Door closing	Emergency situations
GoA0	On-sight	Driver	Driver	Driver	Driver	Driver
GoA1	Non-automated	Partial	Driver	Driver	Driver	Driver
GoA2	Semi-Automated	Auto	Auto	Driver	Driver	Driver
GoA3	Driverless	Auto	Auto	Auto	Partial	Driver
GoA4	Unattended	Auto	Auto	Auto	Auto	Auto

圖 3-2 捷運自動化等級

(十七) 自動化優點

1. 統一乘坐品質，減少列車推進及煞車磨耗
2. 減少運轉變數
3. 減輕人員輪值強度
4. 更頻繁的頻率運行更短的列車的靈活性
5. 因應需求及時增加運行
6. 減少人員及維修成本
7. 減少迴車時間
8. 藉自動運行計算，減少間隔，等候時間
9. 減少系統延遲
10. 能量最佳化

(十八) 連續自動列車控制系統 CATC 架構 Continuous Automatic Train Control System

CATC 系統提供列車運轉模式：

1. ATO\_自動列車運轉模式
2. ATP\_自動列車保護模式
3. AR\_自動反向模式
4. RM\_限制手動模式(ATO 或 ATP 失效狀況下)

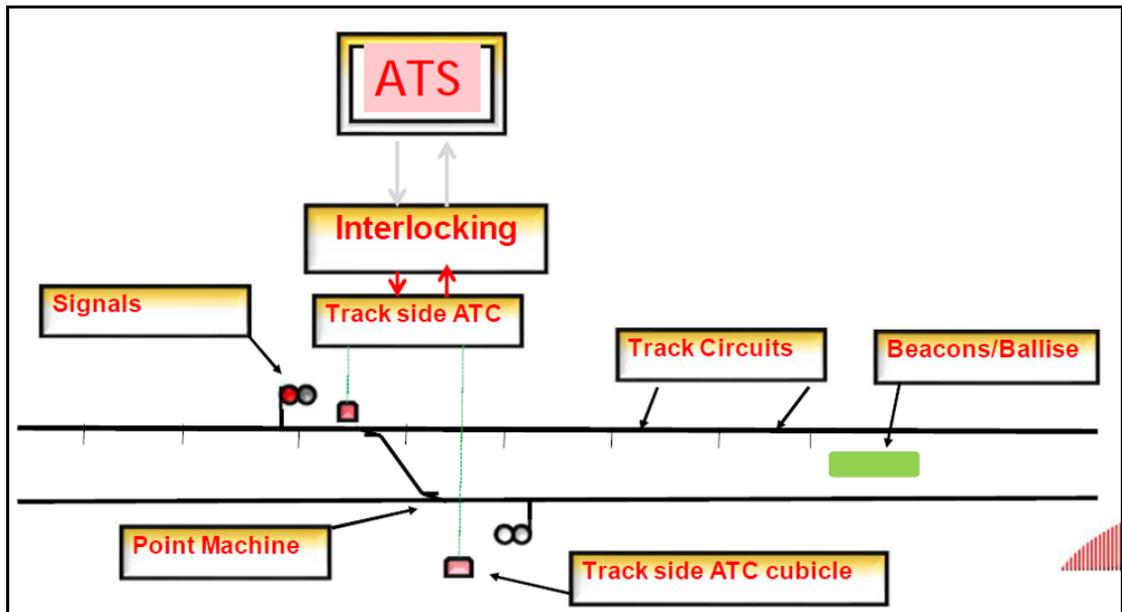


圖 3-3 CATC 架構圖

(十九) CATC 的列車速度曲線

速度零的閉塞區間之前通過保護點提示及安全區讓列車即時停止。

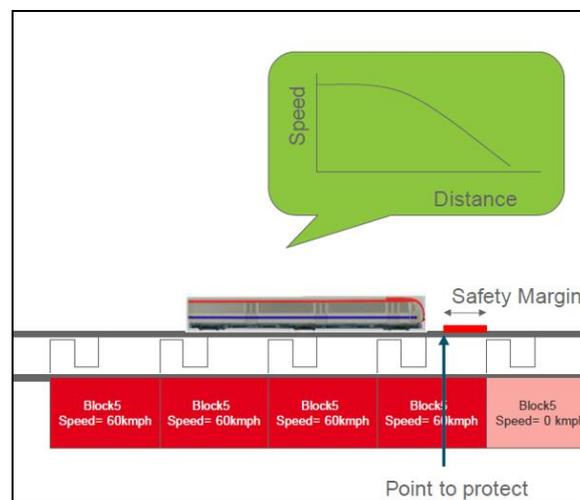


圖 3-4 CATC 列車速度曲線

(二十) CATC 概述

若 ATP 能夠連續提供保護功能的工作系統，稱 CATC 連續自動列車控制系統，能藉由次系統 ATO，ATP 及 ATS 連續控制及監視列車移動。

## CATC 組成設備

1. 道旁設備：(ATP 及 ATO,軌道電路,ATC 控制箱,傳統信號系統 (連鎖) 光纖/線路)
2. 車載設備：(ATP 及 ATO 單元，ATC 控制箱，司機端訊號顯示器)
3. ATS (自動列車監視系統)：(CATS,LATS,DATS)

## (二十一) CBTC 概述

IEEE1474.1 定義:

CBTC 是一個連續的自動的列車控制系統，利用:

1. 高精度列車位置定位；有獨立軌道電路
2. 連續、高容量、雙向的軌道/道旁資料通聯
3. 車載及道旁處理器能執行自動列車保護 ATP 功能，及選用的 ATO 及 ATS 功能

## (二十二) CBTC 歷史

1. 1986 Alcatel (現為 Thales) 為 Bombardier 發展 loop based ART 系統
2. 2003 Bombardier 設計舊金山機場自動載人車，係全球第一套以無線電基礎的 CBTC 系統
3. 2003 Alstom 幫新加坡東北線設計以無線電技術的軌道應用
4. 2017 LTE 介入新通訊方式

## (二十三) CBTC 架構

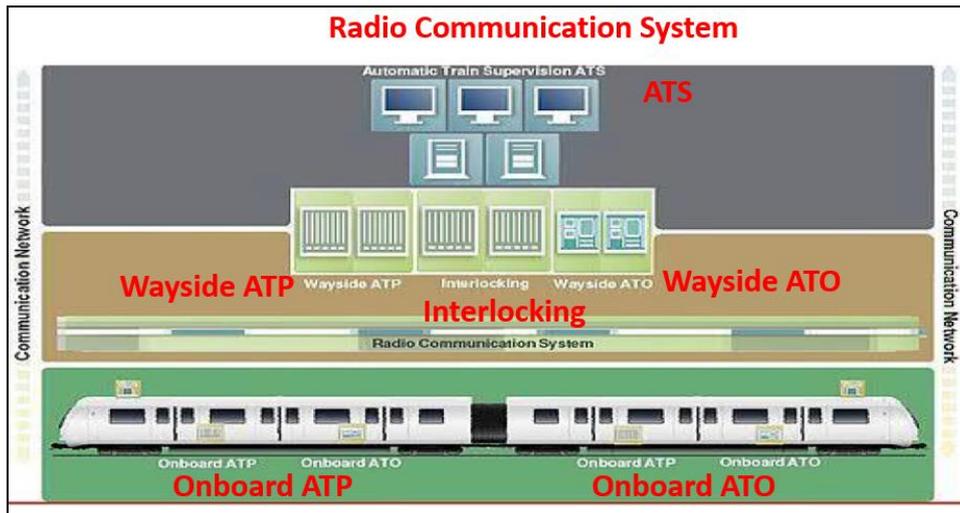


圖 3-5 CBTC 架構

(二十四) CBTC 系統組件

1. 道旁設備（包括 ATP 及 ATO 區域控制器、無線電及應答器）
2. 車載設備（ATP 及 ATO）
3. 資料通訊聯結
4. 自動列車監視系統
5. 傳統訊號系統（連鎖）

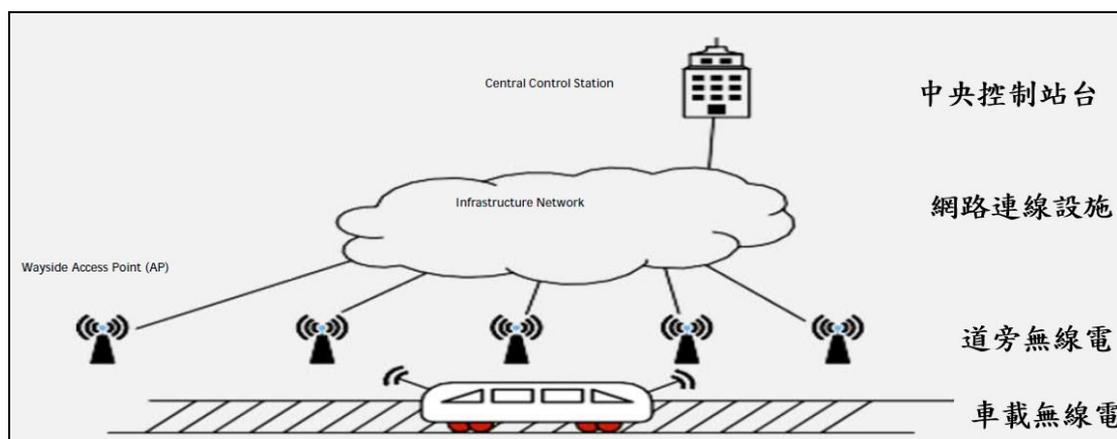


圖 3-6 CBTC 架構 2

(二十五) 使用無線電頻率的移動式虛擬閉塞區間列車控制

每一臺列車由車載設備計算列車位置，由列車藉無線電傳送車載位置資訊到道旁號誌區域控制器，道旁號誌區域控制器計算每一列車授權結束端點(End of authority)，並回傳給每一列車，由每一列車車載設備計算 ATP 安全煞車曲線。

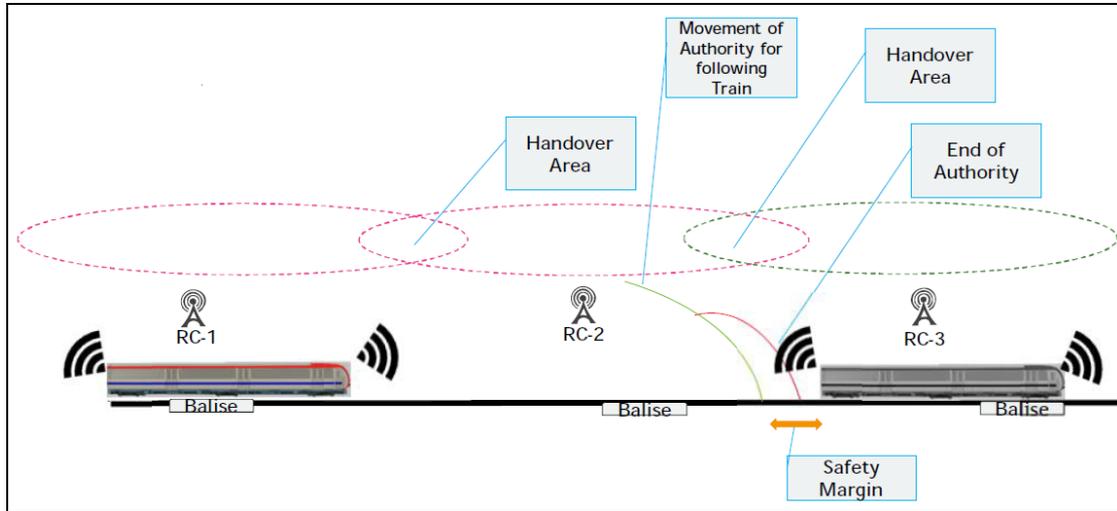


圖 3-7 移動式虛擬閉塞區間之列車控制

(二十六) CBTC 的外部介面

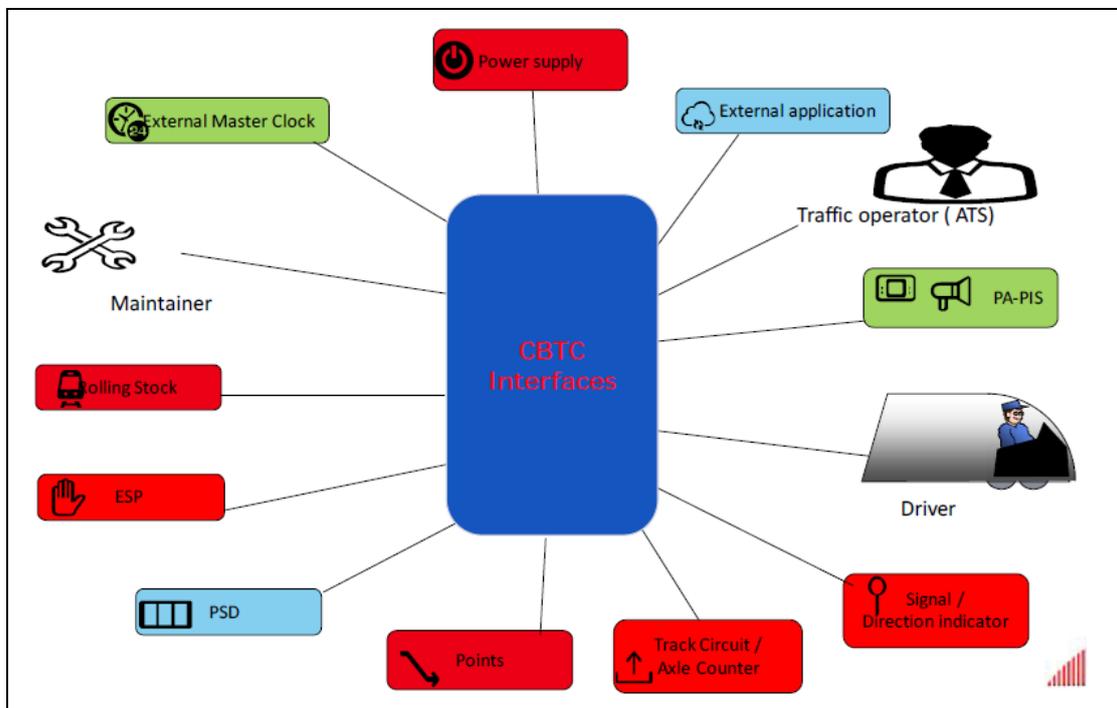


圖 3-8 CBTC 的外部介面

(二十七) CBTC 道旁裝置

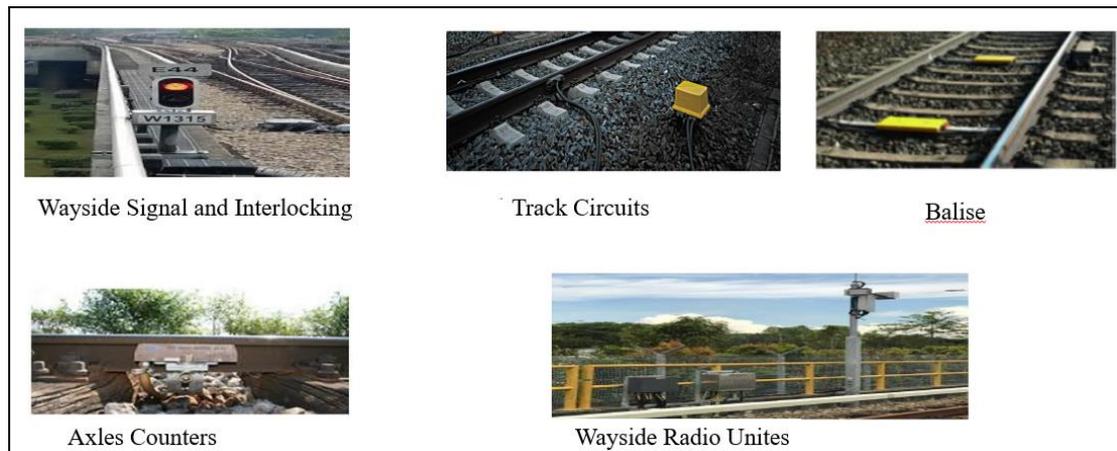


圖 3-9 CBTC 道旁裝置

(二十八) CBTC 車載裝置

1. 車載控制器 (VOBC)
2. CBTC 無線電 (移動無線電, 信賴或不信賴網路及安全切換裝置)
3. 列車操作者螢幕
4. 應答器和詢問器
5. 轉速表/加速計
6. 傳感器
7. 列車控制管理系統
8. 緊急煞車
9. 列車故障紀錄器
10. 列車門

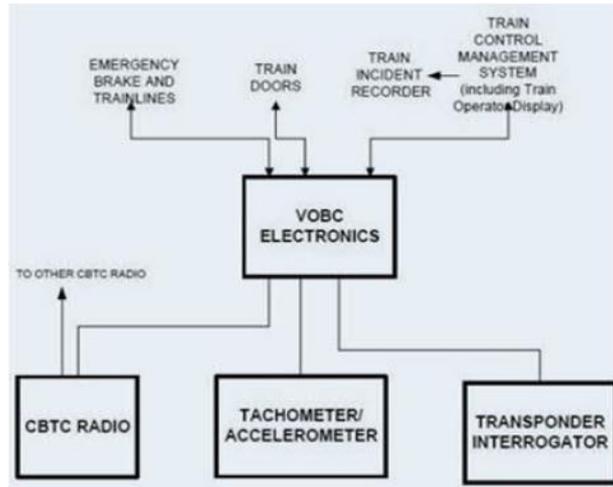


圖 3-10 CBTC 車載裝置

### (二十九) CBTC 優點

1. 列車較接近，增加容量，加快服務，列車可高速運行，安全不妥協
2. 可靠，號誌問題是地鐵主要延誤原因，技術上的升級意謂較少問題產生；若延誤發生，也容易快速回復
3. 平順搭乘感，ATO 系統意謂司機員操作列車的變數變少。加速及煞車由電腦控制，因此乘客可以期待一致性及改善的性能
4. 較正確的抵達資訊，CBTC 提供我們較精準列車位置資訊，改善即時抵達資訊的精確性

### (三十) 資料通訊及轉譯需求

在 CBTC 系統中，每一輛列車連續傳送位置、方向及速度資料給中央控制站，透過這些資料傳遞，中央控制站知道在軌道內移動的所有列車位置，並指派每一列車一指派區間及速度移動。既然列車控制訊息是時間關鍵，在 CBTC 內的通訊是嚴格要求延遲時間限制，確保鐵道安全。IEEE1474

CBTC 列車到道旁的射頻數據通信網絡將包括道旁和列車上的收發器、天線、數據通信控制器和光纖互連。CBTC 列車到道旁數據鏈應支持所有 ATP、ATO 和 ATS 功能，並將提供貫穿隧道內、管道、切口、高架結構和坡度的連續地理覆蓋。

CBTC 數據鏈路應支持具有足夠低延遲的雙向數據傳輸的性能要求，包括一個協議結構，以支持安全、及時和可靠地傳遞列車控制信息，並將包括克服無意和有意電磁干擾的規定。

#### (三十一) 確保 CBTC 安全之主要特性

對 CBTC 而言，公共交通運營商應要求最高安全歐洲級別 (SIL4)，該級別意味著對硬體和軟體及整個系統的規範、開發和驗證實施正式的方法。從安全的角度，CBTC 將其 DCS 部分視為一種不受信任的通信方式，並使用專用的應用程序協議來確保應用程序數據的重要交換。根據 CENELEC EN 50159 [i.3]，傳輸到 CBTC 通信系統的要求是確保足夠級別的訪問控制（網絡安全）：通信系統中所有參與者的身份驗證、傳輸的完整性和機密性數據，必須有所保證。

#### (三十二) 數據解讀與分析

通常，列車產生 70 kbps 數據流量，其中下載為 50 kbps，上傳為 20 kbps。在 LTE 網路架構下，設定 heartbeat time 小於 150ms，消耗小於 10kps，可以忽略不計。

#### (三十三) 數據解譯

由於 CBTC 採用移動區塊系統的原理需要：

1. 軌旁與列車連續雙向通信，實時了解每列火車的速度及位置信息。
2. 移動式閉塞區間可以在保持必要的安全距離的同時減少列車之間的時間距離，從而提高鐵路網的整體容量。

#### (三十四) 要求的資料溝通網路

隨著列車以 90 秒時距運行的需求越來越靈活，世界各地的地鐵都在使用基於通信的列車控制 (CBTC) 技術。借助這項技術，可以確保列車之間的安全間距/距離。這個功能是至關重要的功能。該技術還需要用於監控列車設備的健康狀況以及與控制中心的乘客進行交互，而該活動並非至關重要的功能。從火車到地面需要兩種類型的數據網絡：

1. 列車控制：這些功能與列車控制直接相關，大多數列車控制供應商都使用專用的 Wifi 網絡。通常使用 Wifi 網絡未授權頻段。為了消除來自其他用戶的干擾，WPC 可以考慮將這些未授權頻段的使用限制在大約 50 米的地鐵線路中。
2. 監控功能：用於從列車到控制中心的即時閉路電視流，以及將警報和事件功能從列車即時傳輸到地面。

(三十五) CBTC 資訊流

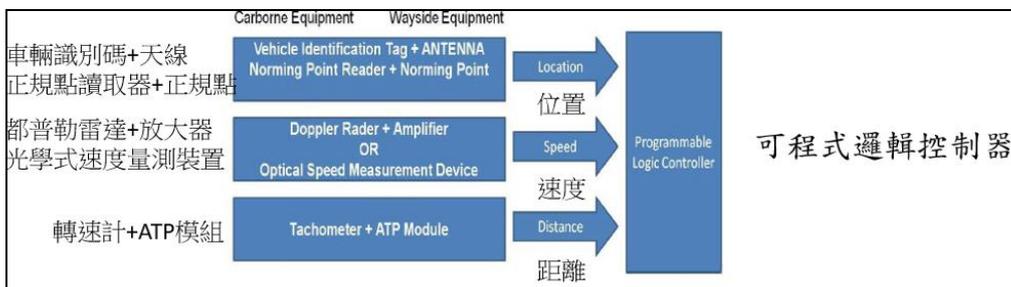


圖 3-11 CBTC 資訊流

(三十六) CBTC 的通訊需求

Criteria	Value
Payload throughput	Between 30 kb/s and 150 kb/s per train on a channel ( but this data should be sent redundantly in parallel on 2 different channels by the two train ends)
Typical train density	12 trains for 1,2 km length of double track 36 trains in depot
Minimum number of channel needs	4
Maximum frame error rate or frame loss when the communication is available (a message received after too much delay is considered lost)	1 %
Availability of the communication	99,999 % (as a consequence of a high level of redundancy)
Maximum delay (end to end transmission between CBTC application devices)	100 ms
Data security to ensure train safety	Compliant with CENELEC EN 50159 [i.3]. See also clause 6.4

圖 3-12 CBTC 通訊需求

(三十七) CBTC 的數據網路類型

1. 建議通過向 CBTC 提供 5 905 MHz 至 5 925 MHz 頻率範圍內的最高優先級，不應干擾 CBTC 安全關鍵通信。
2. 符合 CBTC 安全和安全建議需要考慮的條件：
  - 數據通信系統確實遵守 CENELEC EN 50159 [i.3]。
  - 數據通信系統不修改應用訊息的內容。
  - 數據通信系統不影響訊息完整性。
3. CBTC 數據通信系統性能滿足參數。

### (三十八) 訊息類型

每列列車發送到自動列車監控系統的功能狀態訊息，它包括有關列車位置的信息，但也包括可能影響操作的任何機車車輛狀態，以及任何車載裕度設備的健康狀態，以檢測潛在故障（硬件故障，沒有功能影響但降低了裕度）並在第二次故障發生之前修復它和許多其他功能信息，並且當火車上有司機時，可能會報告他的行為。控制和確保站台門安全監控（如果存在）的訊息，當列車到達車站時也會循環發送，需要非常短的傳輸延遲以確保在車站快速上下乘客。

以下 CBTC 週期性訊息從道旁傳輸到火車：

1. 通知列車有關列車所在區域和即將到達區域（例如工作區、低附著區、故障信號等）的可變元素狀態的訊息。這些信息對於同一區域內的幾列相關列車來說是通用的。
2. 通知列車關於其移動權限的訊息：該訊息標識列車前方的區域，在該區域中列車可以安全運行而不會與固定或移動的“障礙物”發生碰撞。此類信息特定於每個通信列車。一列火車在 N 秒內收到的任何此類訊息都不會觸發該火車的緊急中斷，並且還會對後面的火車產生影響。
3. 控制和確保安全監控站台門（如有）所必需的信息。當火車接近並停靠在車站時，這些訊息也會定期發送。

#### (三十九) 網路中斷

1. 根據 IEEE 1474.1，典型的雙向通信延遲應在 0.5 到 2 秒的範圍內。如果連續的列車控制信息丟失或延遲超過可接受的範圍限制，在途列車被迫停車，以確保安全運行。
2. 為了避免此類服務中斷並增加線路容量，CBTC 系統尋求通過冗餘部署道旁 AP 來最大限度地提高通信可用性，這樣火車的無線電總是在兩個或多個道旁 AP 的範圍內。最近，CBTC 設計考慮通過額外的通信方式來增強基礎設施網絡，以確保在列車和中央控制站無法通過基礎設施網絡進行通信的情況下，CBTC 系統的可用性，從而產生了混合網絡設計。替代模式的示例是蜂窩（LTE）網絡和列車之間的自組織網絡。

#### (四十) 冗餘網絡中的通信

1. VOBC 通過發送連接請求發起與應用服務器的通信。
2. 服務器用初始序列號回復 VOBC 請求。然後服務器廣播一條 polling 訊息，該訊息回應初始序列號。
3. 廣播訊息標識該訊息所針對的 VOBC。收到後，VOBC 發出回復，其中包含 polling 訊息的序列號。
4. polling 以大約 500 毫秒的長度循環重複。如果服務器在一個 polling 週期內沒有收到響應，它會發送另一個具有相同序列號的 polling 訊息。Polling 訊息廣播係由火車的兩個車載無線電接收。
5. VOBC 為每個回復訊息向應用服務器發送兩個副本。列車前部發送一個副本，列車後部發送一個副本。

#### (四十一) CBTC 的優點

1. 優化列車速度以獲得最佳線路容量、降低成本並提供最佳乘客舒適度；

2. 保證短期的系統交付和啟動；
3. 從第一天開始運行；
4. 自動化操作，易於維護；
5. 無人駕駛系統（或可升級為無人駕駛）以降低運營成本；
6. 省電；
7. 易於維護；
8. 易於擴展；
9. 易於整合；
10. 最佳抗干擾能力；
11. 防過時；
12. 100% 安全；
13. 最少的道旁設備。

#### (四十二) CBTC 的額外優點

1. 在固定閉塞區間信號的列車使用半自動列車操作 (STO)，司機在每個車站關閉車門，並在中斷期間手動操作列車。CBTC 升級後，兩條線路都將使用無人駕駛列車操作 (DTO)，車門將自動關閉。除非發生中斷，否則系統不需要列車操作員的輸入。
2. 即使在潮濕天氣下，CBTC 也具有優勢，當軌道潮濕時，列車將自動採用潮濕天氣煞車曲線，而無需手動駕駛。在舊的信號系統中，列車自動控制 (ATC) 要求的煞車會導致車輪在潮濕天氣中打滑，從而導致衝出範圍。因此，列車操作員在受保護的手動模式下手動駕駛列車導致運行更

加顛簸。在 CBTC 控制下，潮濕天氣下的列車將採用更溫和的制動曲線以避免車輪打滑，車站之間的額外時間會自動計入調度系統。

### (四十三) CBTC 風險

通訊中斷顯示 CBTC 系統的高可用度為關鍵因素，不能排除人為錯誤和不當處置程序的可能性，以及在視線不佳或頻譜/頻寬限制的系統中，可能需要比預期更多的應答器來增強服務。

## 二、 ETCS 和 ERTMS 的準則介紹

歐洲鐵路各自使用不同的號誌系統，相互乘入時需要在車輛方安裝不同號誌系統，因此，歐盟主導開發和建置統一號誌和通信系統，稱歐洲鐵路行車管理系統 (European Rail Traffic Management System, ERTMS)，該系統可以完全跨越國界且可達到操作相容的目的，以提高鐵路運輸的安全性和競爭力。ERTMS 係由歐洲列車控制系統 (European Train Control System, ETCS) 與通訊系統 (Global System for Mobile Communications – Railway, GSM-R) 組成，ETCS 分為 Level1、Level2 及 Level3 等 3 個層級，藉由介面標準化促進各國之間鐵道的無縫接軌，也希望經由推行 ERTMS，讓歐洲鐵道運輸更安全、快速及更有效率。

### (一) 歐洲鐵路行車管理系統 (ERTMS)

歐洲鐵路行車管理系統 (ERTMS)，是歐洲自動列車保護 (ATP) 系統的標準亦是各國鐵道系統互通的基礎。基於自動列車保護設計規範，ERTMS 是一套符合安全標準的系統，可使列車依速度限制和訊號狀態達到安全運轉，依據 Level 層級之功能與特性，該系統需要在列車上及軌道旁分別安裝相關設備。

歐盟於 2000 年到 2007 年間對 ETCS 系統標準進行驗證，並在各國進行實際建置的工程，自 2005 年以來，依據工程的回饋對規範進行調整，以達到各國間應用的相容性，並確保歐洲各國鐵道系統之間的互操作性。依據 2008 年歐盟委員會決議進行修改的規範，設有 ETCS 的列車可在具備 ETCS 設備的任何路線上行駛。同時於 2009 年委員會通過了歐洲 ERTMS 建置計劃，確定在歐洲各國主要鐵路路線建置 ERTMS 系統，以降低運行成本並提高跨境運轉時的系統效率。

歐洲鐵路行車管理系統在整個歐洲都能相容，為歐盟提供了一個高效率且無縫接軌的鐵路系統，使列車在跨國運行時不會遇到號誌相關的技術問題。另外，除了互相操作性的優勢外，還大幅提升行車運轉的效率。

## (二) 歐洲鐵路行車控制系統 (ETCS)

ETCS 的基本功能包括：

1. 道旁設備提供進路授權 (movement authorities) 的資訊，包含進路之特性 (長度、坡度、路線及臨時車速限制等)。
2. 車載設備根據固定/可變的訊息計算安全速度曲線，並監控最高容許速度確保其安全無虞。
3. 車載設備於駕駛人機界面顯示所有安全相關必要之資訊，包括 GSM-R 系統提供語音和數據資訊等

ETCS 層級依軌旁配置及訊息傳輸至列車的方式，共 3 個層級 (Level)。

1. Level 1

### 系統介紹：

在傳統號誌系統上，於列車上增設符合 ERTMS/ETCS 標準之列車自動防護裝置 (ATP)，同時於路線設置地上感應子 (Eurobalise)。列車位置偵測由計軸器或軌道電路區間提供，並由地面感應器提供列車允許前進距離與固定資訊碼之訊息，道旁仍設有號誌系統，並可於列車上之顯示器顯示允行速度碼。藉此對列車運行達到持續監控的目的。

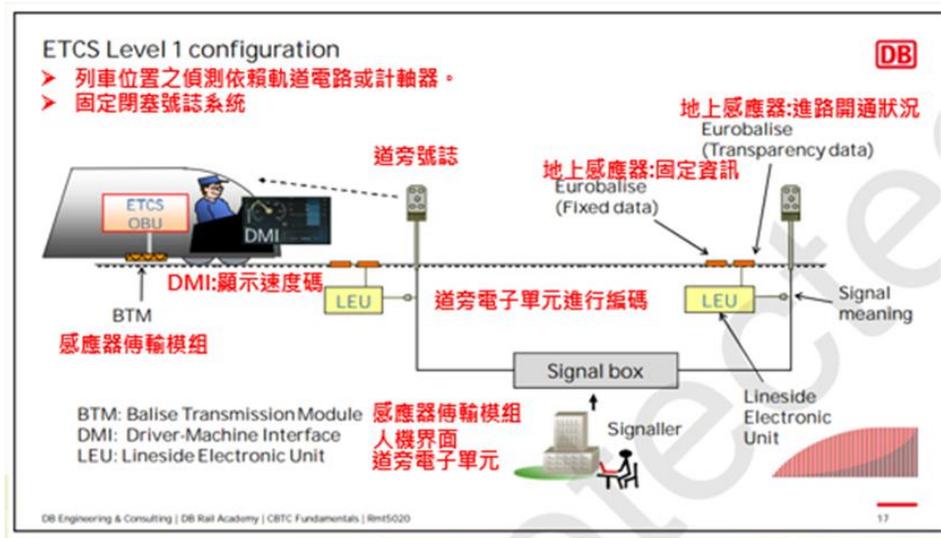


圖 3-13 ETCS Level 1 架構

### 系統特色：

- (1) 列車位置之偵測依賴軌道電路或計軸器。
- (2) 設有道旁號誌，提供固定閉塞號誌系統。
- (3) 列車移動權取得或允許移動距離的管道，來自道旁號誌系統顯示資料及駕駛員顯示器允許速度
- (4) 地上與車上訊息傳遞路徑中，地上感應子 (Balise) 是重要且關鍵元件，號誌資訊係經由道旁電子單元 (Lineside Electronic Unit, LEU) 加以編碼，再透過地上感應子傳輸至車上，顯示允許速度於列車駕駛室的顯示器上。

## 2. Level 2

### 系統介紹：

在 Level 1 系統架構之上，除了於列車上增設符合無線鐵路通訊系統 (ERTMS/GSM-R) 的標準設備，並在道旁配合安裝無線基地台。列車的移動授權不需再依賴道旁號誌，而是來自無線閉塞中心 (Radio Block Center, RBC) 連結至

號誌連鎖系統，並經由無線基地台傳送至列車駕駛室之顯示器，顯示該路段允行速度，達成車載號誌（Cab signal）之功能。

為達到列車運轉的連續傳輸和持續監控，地面系統與車上訊息係通過 GSM-R 通訊傳送，除了將即時號誌資訊以無線方式傳輸予列車外，亦結合地上感應子偵測出列車位置識別碼，自動將列車位置及行駛方向傳遞給無線閉塞中心進行解碼與計算，因此，在此層級可以完全取消軌旁號誌機之設置並依靠車載號誌運作。

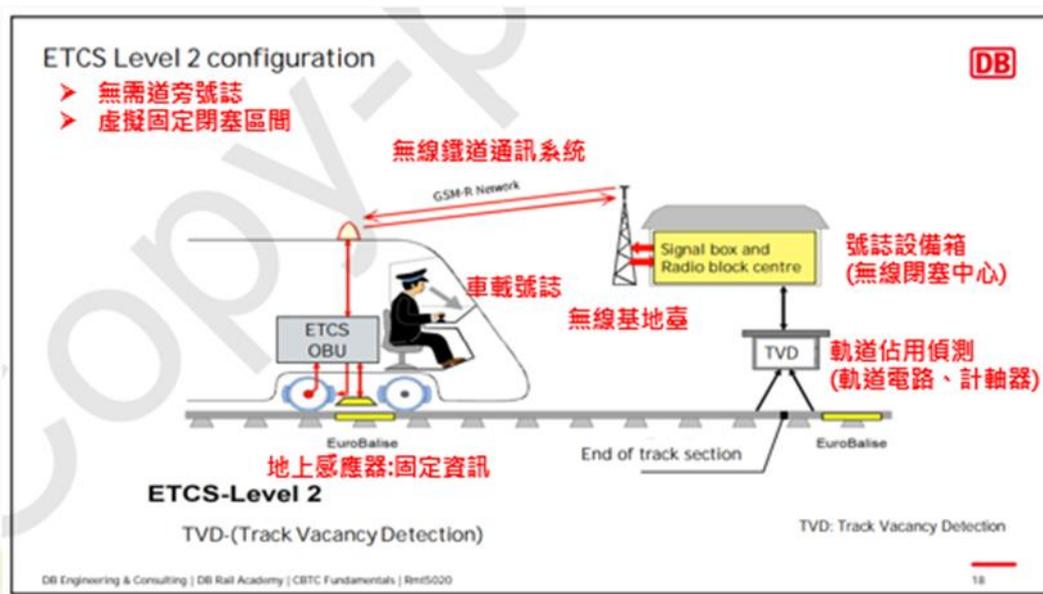


圖 3-14 ETCS Level 2 架構

#### 系統特色：

- (1) 軌道電路區間虛擬化（Virtual track circuits）
- (2) 號誌閉塞區間虛擬化（Virtual block signals）
- (3) 由道旁號誌升級為車載號誌（Cab signals）
- (4) 地上感應子不再提供移動權，僅作為列車位置辨識
- (5) 道旁電子單元（LEU）可移除
- (6) 鐵路無線通訊系統（GSM-R）為必要關鍵設備，使號誌傳輸無線化，所有訊息皆可透過鐵路無線通訊系統直接傳送

### 3. Level 3

#### 系統介紹：

在 Level 2 之基礎上，車上仍設有符合無線鐵路通訊系統（ERTMS/GSM-R）標準之設備，在地面裝設同樣標準之無線基地台；但不需要道旁號誌機，亦不需要軌道電路及計軸器等列車偵測系統，列車定位完全由通訊式列車控制（Communication-based Train Control, CBTC）完成，可以達到移動閉塞區間的功能，大幅提高運轉效率。

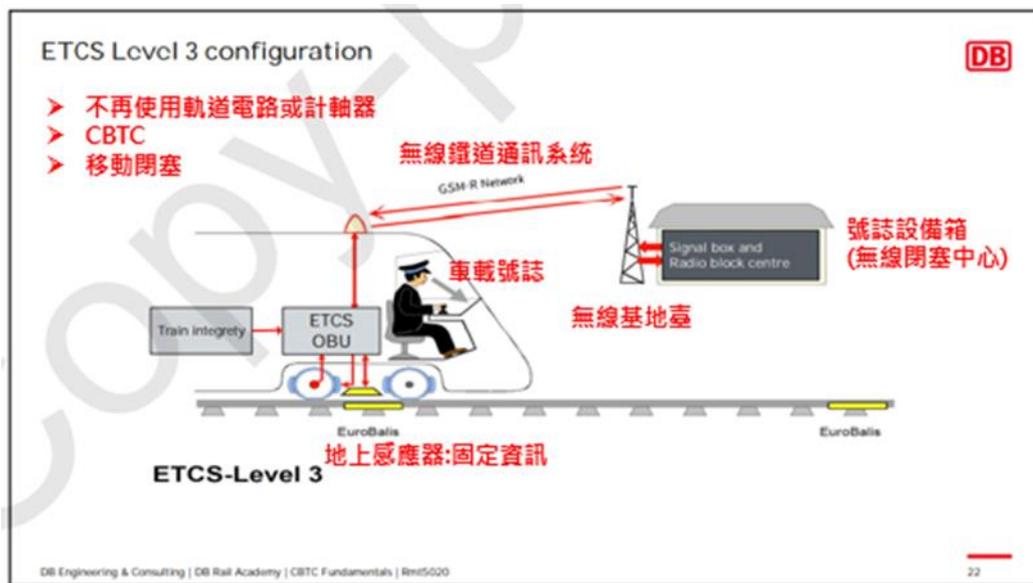


圖 3-15 ETCS Level 3 架構

#### 系統特色：

- (1) 列車與道旁之間的雙向資訊通訊完全由 GSM-R 提供傳輸路徑。
- (2) 地上感應子提供路線、速限等固定資訊或作為位置校正，至於列車定位和列車偵測全由無線閉塞中心的電腦來執行。
- (3) 可使列車在無軌道電路、計軸器與道旁號誌、固定閉塞的環境中運轉。

### 三、 CBTC 於郊區通勤鐵路之應用

城市和郊區運輸系統的客運量很大。在高峰時期，鐵路公司的車距很短；系統達到其最大容量。因此，運營管理利潤是有限的。

限制：

任何基礎設施改造的成本都非常高，運營公司尋求在不改變的情況下增加系統容量，研究相關營運方法來增加系統容量。

郊區鐵路線的特點是由市區高行車密度路段及郊區低行車密度路段所組成。

解決方法：

在這樣的框架中，基於通信的列車控制（CBTC）系統包括智慧號誌和列車控制系統。它們已被廣泛部署在地鐵線路以更有效的方式管理鐵路運輸。CBTC 列車是通過通訊設備功能來準確定位，不需再使用路線上的偵測系統。此外，CBTC 系統精確控制位置及列車運行時的速度和加速度。

(一) CBTC 使用於郊區服務：

1. 共享鐵路、不同等級系統限制。
2. CBTC 是列車追蹤及 ATO 在移動閉塞運行。
3. CBTC 不是使用軌道電路及固定閉塞。
4. CBTC 運用在高密度及傳統鐵路的系統時應有專門的方法來確保穩定性。

(二) 其目的在於：

1. 淘汰過時系統
2. 增加安全性
3. 旅運容量提升
4. 服務品質提高

5. 營運成本減少
6. 電量減少

#### 系統功能：

通訊式列車控制（英語：CBTC，Communication-based Train Control），是一種鐵路信號系統，利用電信溝通列車和軌道設備以達到交通管理和設施控制。相較傳統信號系統，現今的通訊式列車控制系統能更準確地追蹤列車位置。且能更有效和安全的方式來管理鐵路運輸及提高車距。

#### (三) CBTC 的功能需求：

符合 IEEE1474.1 的功能要求

1. CBTC 應提供 ATP、ATO 和 ATS 功能。
2. ATP-失效自趨安全功能-可強制介入 ATO 與 ATS 兩者之控制。
3. ATO-操作功能-否則由列車駕駛操作。
4. ATS-提供系統狀態訊息、監控和可強制介入自動控制。
5. 支援 ATP、ATO 和 ATS 的雙向數據通信-在隧道、管道、切口、高架結構和大門處。
6. 性能表現所需之對應車速。
7. 數據傳輸包含-支援安全、及時與加密之列車控制訊息的通訊協定架構。

#### (四) 系統功能：

通訊式列車控制（CBTC）系統是信號和控制系統過去幾十年發展起來的。

CBTC 系統由下列所組成：

1. 車載 ATC 模組

2. 區域控制裝置的 ATC 模組
3. 號誌系統
4. 列車自動監控

(五) 為什麼 CBTC 是首選：

1. 營運管理
2. 鐵路網絡
3. 風險
4. 軌道共享

CBTC 建置流程如圖 3-16，其升級計畫有三，1.系統重置：使用先進的系統替代屆齡的系統，如傳統號誌到 CBTC。2.容量：藉由路線升級計劃將路網容量提高 30%：新列車、軌道和信號。3. 車站：重建最繁忙的車站。

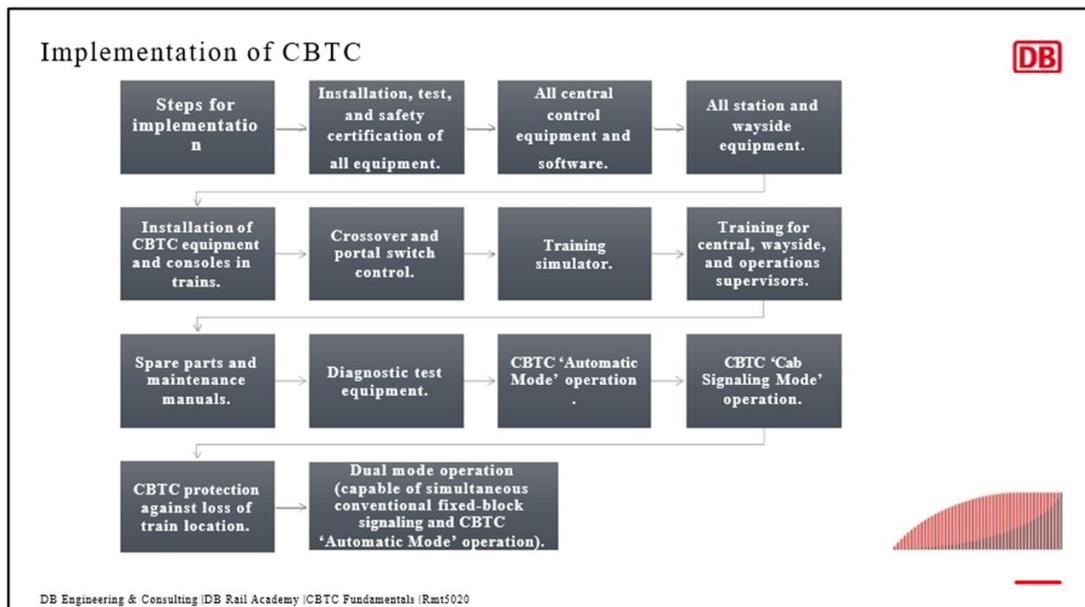


圖 3-16 CBTC 建置流程

而建置過程中可能面臨的挑戰及建議措施如下：

面臨挑戰 1：路線保持良好的可用性如運輸服務不中斷及新系統的可靠性。

建議措施：測試軌道、系統測試台和“背景模式測試”是最大的好處，可長時間在沒有乘客的情況下進行測試。

面臨挑戰 2：CBTC 成本最小化。

建議措施：盡可能使用標準規格集合多條路線之號誌更新於單項合約中。

面臨挑戰 3：系統同步、號誌更新及車輛替換。

建議措施：(1).於完成 CBTC 系統導入前，預先以最小化更新需求為目標，進行新車輛的引進。(2).採漸進式的方式逐步更新車載系統的運作。

面臨挑戰 4：盡量減少對運轉規章的影響。

建議措施：考量人因：數位系統實際上與模擬系統的反應不同，故訓練模擬機的廣泛使用是順利更新的最大好處。

(六) CBTC 的運作方式：

通訊式列車控制 (CBTC) 號誌技術，使監控和排除列車各個方面的故障可以遠端操作。

1. 只需要在硬體更新時手動介入。
2. 在控制中心設立一席資訊控制員，以監控旅客資訊系統及擁擠程度。
3. 列車組運用控制員即時監控列車、下載故障資訊及其他由 CCTV 擷取到的事件，並協助控制員遠端處理。
4. 所有車站及保安系統可調閱列車上 CCTV。

(七) 正常運轉：

路網圖：針對路網中不同營運路線設定不同營運模式。

時刻表：時刻表由預設轉轍器點位、到站及發車時間三部分組成，且所有列車均預先排定運轉路徑。

監視功能基於下列兩個時刻表形式：

1. 參考時刻表：正常運行模式下，預先排定的列車運行時刻。
2. 實際運行時刻表：反映列車實際運行狀況。

運轉限制：ATS 功能係在營運限制條件下，滿足路網內特定節點的運行排點。因部分號誌系統並不被 ATS 明確規範，故在實際運行時刻表中列車到離站有下列五種限制以確保安全：

1. 已施行的運轉限制
2. 容量限制
3. 到站間隔限制
4. 離站間隔限制
5. 運轉時間與停站時間限制

(八) 降級運轉及維修車輛或列車未配備 CBTC 時的操作程序：

在封閉系統中，配備 CBTC 的維修列車，如何救援配備 CBTC 的列車上出現設備故障？在這種情況下，應是將列車安全地從主線上移除。然而，如果 CBTC 設備出現故障，系統將無法追蹤或保護列車並且移除列車將成為問題。

1. 封鎖故障列車所在路段，並將其安全拖回。
2. 正常配備 CBTC 列車將故障列車拖回。
3. 備援模式可使故障列車使用傳統號誌繼續運行。

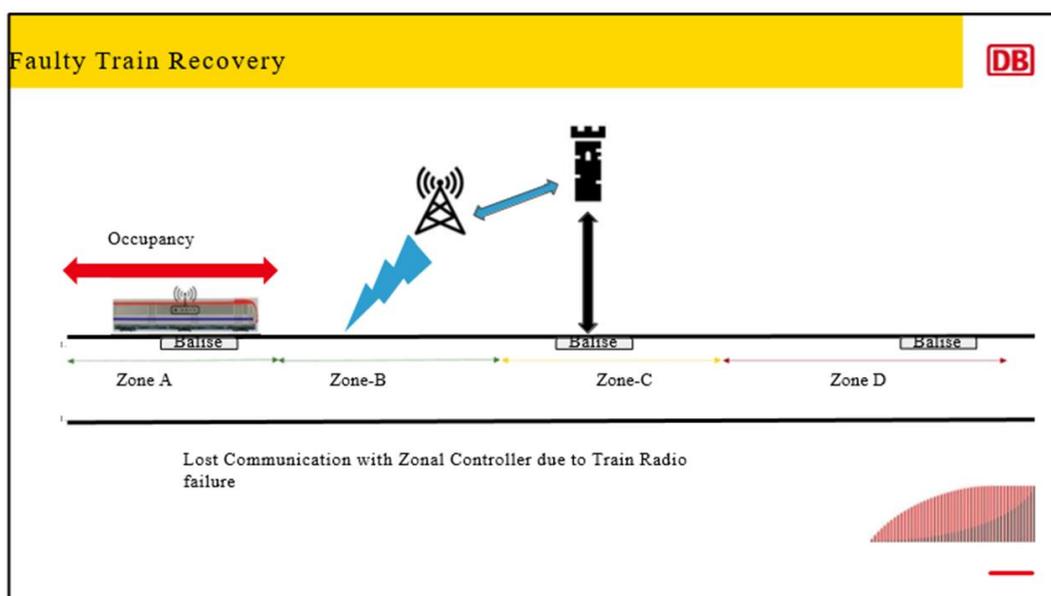


圖 3-17 故障列車救援方式 1

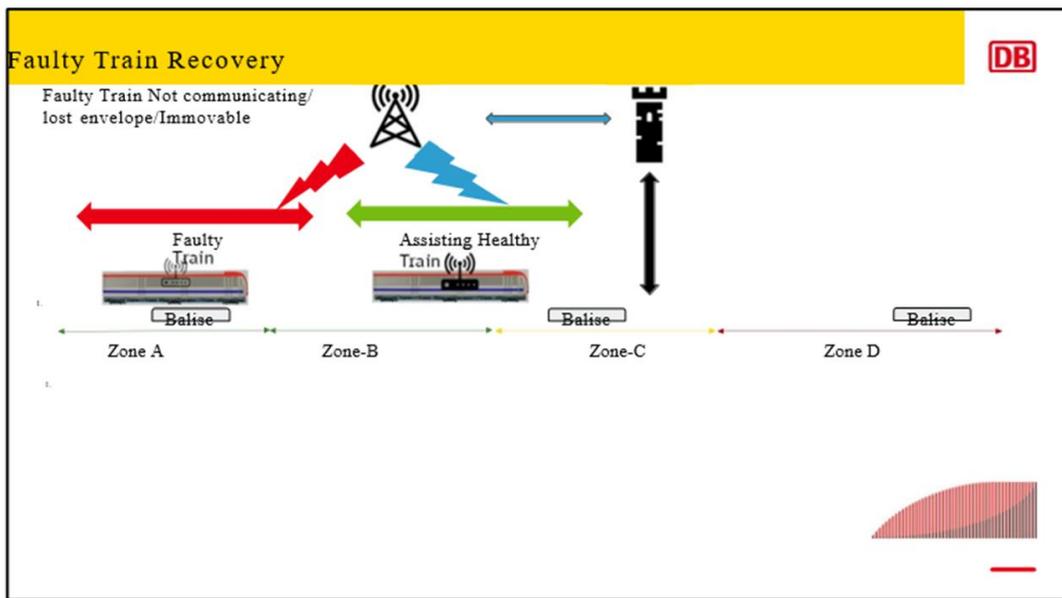


圖 3-18 故障列車救援方式 2

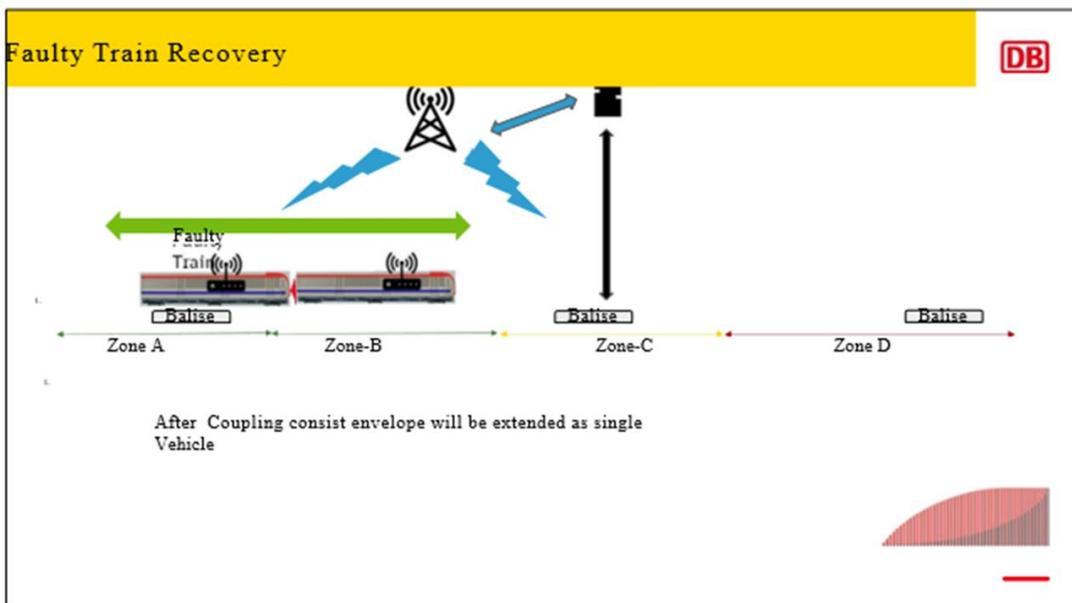


圖 3-19 故障列車救援方式 3

由於安裝成本，營運業者可能會決定不配備在他們的維修車輛。在這種情況下，營運業者有兩種選擇，實施備援模式，或使用操作程序運轉；維修車將可在軌道上運行且未被偵測，另外以操作程序保護維修車輛。

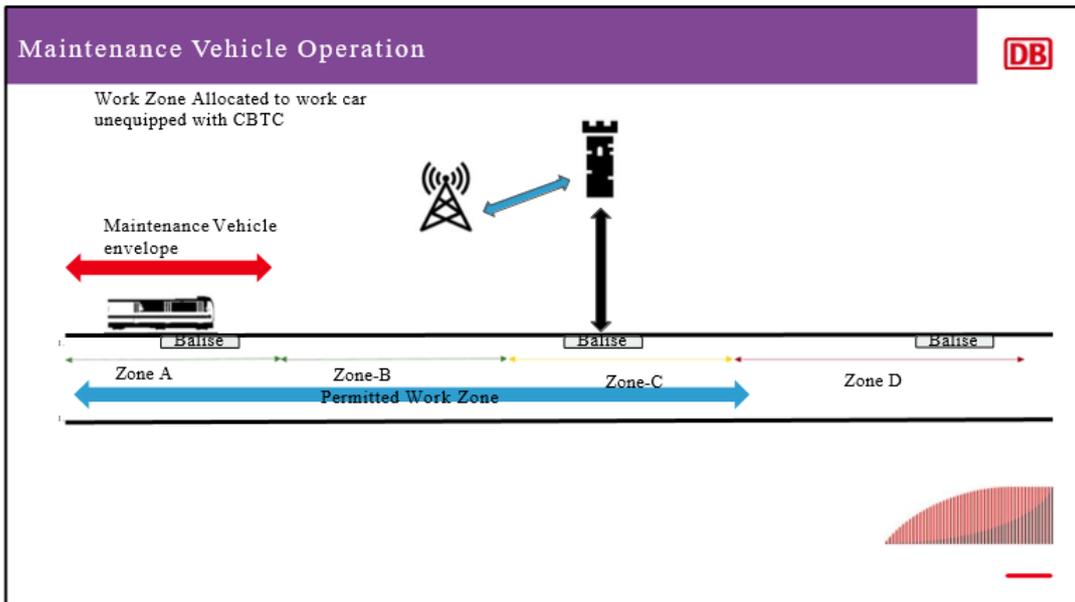


圖 3-20 維修車輛進入 CBTC 軌道區間 1

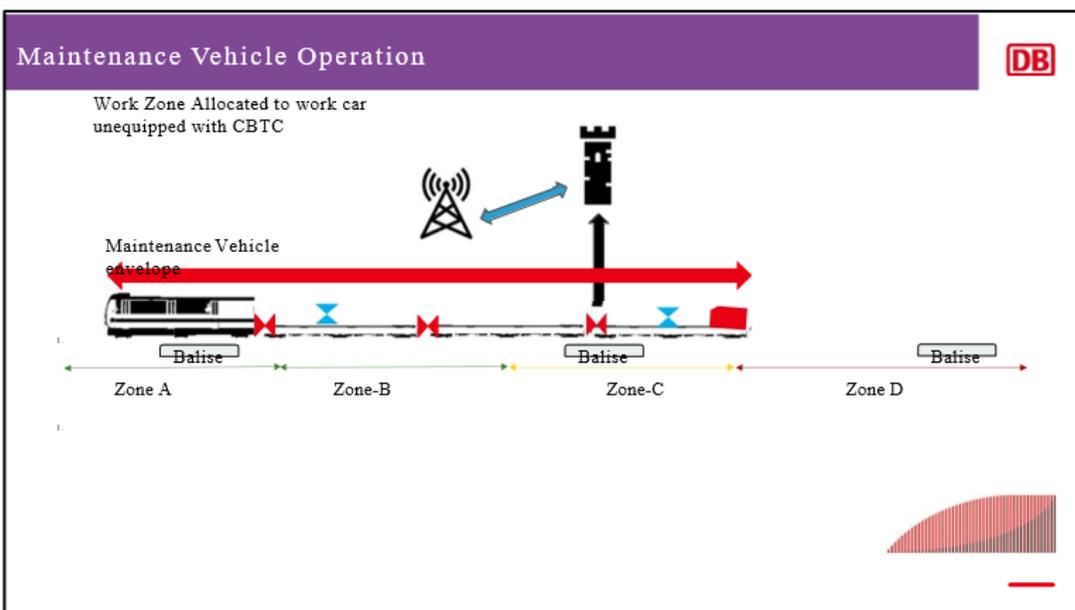


圖 3-21 維修車輛進入 CBTC 軌道區間 2

#### 四、 CBTC 和其他 ATP/ATC 系統如 LZB 的比較

LZB<sup>1</sup>是用在部分德國，奧地利及西班牙的一種車載號誌及列車防護系統，運行時速 160 以上(德國)及 220 以上(西班牙)的路線為必要使用此系統，部分一般列車

<sup>1</sup> Linienzugbeeinflussung (德文)

及捷運亦使用，以增加路線容量。此系統預計最遲在 2030 年被 ETCS( European Train Control System ) 取代。

## (一) LZB 運作方式

### 1. 電文

LZB 透過中央控制器和列車間的電文交換來運作，中央控制器發出至列車的電文包含區域辨識碼、運行方向、煞車曲線編號、距煞車作動之距離等，列車依中央控制器電文的內容來回應，當中資訊包含列車位置確認、煞車種類（客運/貨運）、煞車曲線編號及車速等。

### 2. 進入 LZB 區域

列車進入 LZB 區域前，駕駛啟動車上 LZB，且駕駛艙「B」燈亮起。列車進入 LZB 區域後，地上系統會傳送包含 1 或 255 的區域辨識碼之「區域碼變更」電文給列車。列車回傳確認電文，駕駛艙 LZB 指示燈亮，顯示 LZB 運作中。

### 3. 速度號誌

告訴列車可運行之車速及距離是 LZB 的主要任務，以纜線傳輸資訊給列車，包含目標距離、目標速度、煞車距離及離煞車啟動點的距離，車上電腦依此算出煞車曲線。

### 4. 離開 LZB

距 LZB 終點約 1700 公尺前，系統會傳送電文給列車，通知列車 LZB 將結束，列車駕駛需在 10 秒內確認駕駛室內警示燈。列車到 LZB 終點時，由 PZB 接手。

## (二) PZB 運作方式

以閉塞區間為基礎，控制列車安全距離，有列車佔據的區間，後方的號誌機顯示險阻，防止其它列車進入同一區間，在軌道旁設置傳輸線圈（如圖 3-22），車上設有車載號誌及指示燈等。

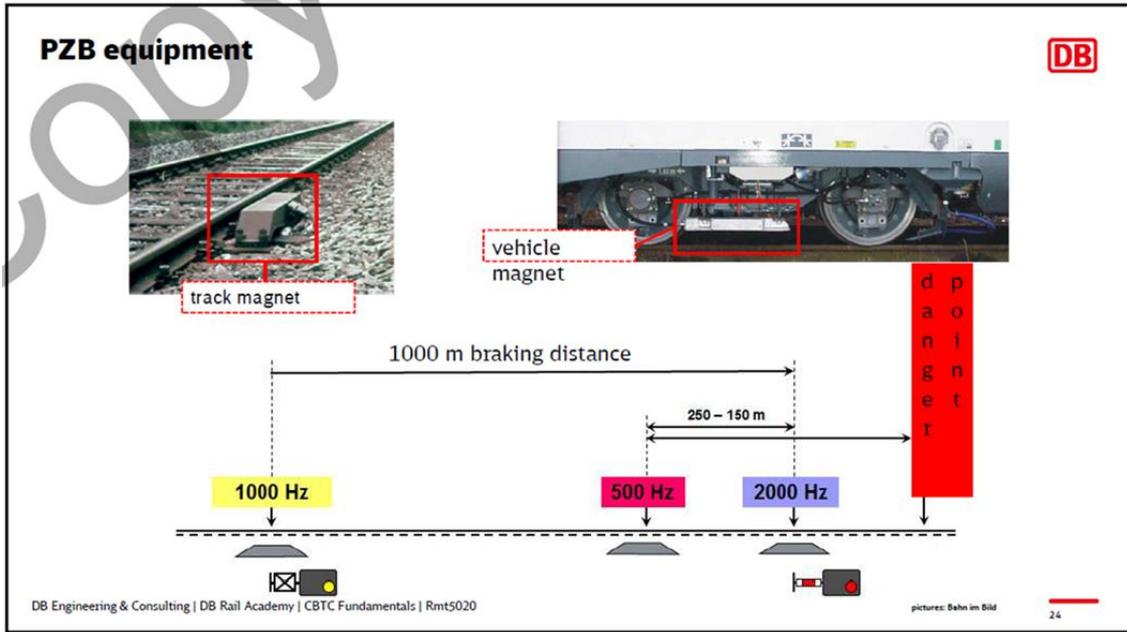


圖 3-22 PZB 地上設備

### (三) CBTC 和 LZB 比較

#### 1. 防護等級

CBTC 為 GoA3 及 GoA4，LZB 為 GoA0 至 GoA2。

#### 2. 硬體

CBTC 不需固定軌道回路來決定列車位置，而是透過列車及道旁控制中心持續的雙向溝通。使用移動閉塞時，每一區域有自己的控制電腦及無線傳輸系統，每一列車傳送識別碼、位置、運行方向及速度至區域電腦，進行必要的運算，再傳送至後續列車。

LZB 中央控制器有 3 部電腦，2 部進行輸出，1 部待機。

#### 3. 列車運行

CBTC 精確控制列車位置、車速及加速，CBTC 使用移動閉塞區間，列車班距較短。

LZB 傳送電碼至列車，告訴列車可運行之車速及距離。

#### 4. 系統特徵

為達成最有效率之列車運轉，CBTC 列車持續傳送位置資訊至道旁系統，道旁系統持續傳送移動授權至列車。道旁系統依聯鎖條件及列車位置資訊，計算列車移動授權；車載系統監視列車在移動授權內運轉。

LZB 為連續性 ATC，靠聯鎖系統維持安全進路管理。為有最大彈性，ATC 能在不同列車控制等級及多個列車運轉模式下運作。

#### (四) CBTC 優點

1. 可升級至 GoA4（無駕駛全自動）
2. 依移動授權，車載設備和列車共同運作
3. 列車計算自己位置
4. 高路線容量
5. 自動列車監視包含列車自動調整及自動路線運轉
6. 停車位置準確，可和月台門整合
7. 可和其他號誌系統整合

### 五、 CBTC 車輛行駛於非 CBTC 系統路線之操作

#### (一) 背景說明

##### 1. 簡介

城市和郊區的鐵路網絡在主要城市和高密度地區發揮著重要作用，滿足城市人口的日常需求。根據現有鐵路基礎設施支持更可持續的土地利用和運輸政策的潛力，但成本效益和增加吸引力也是重要的挑戰，需要更大規模的成熟、負擔得起的技術及舒適性和安全性創新服務。

##### 2. 遵循規範

IEC 62290-1:2006 互操作性是指運輸網絡運行列車和基礎設施以提供、接受和使用如此交換的服務的能力，而功能或性能沒有任何實質性變化。這種能力取決於所有為滿足適用於給定自動化等級的所有規定。

### 3. 界面要求

- (1) 系統需求規範（完整的 CBTC 系統的操作、性能和功能需求及系統架構和操作原理）。
- (2) 系統功能分配。
- (3) 相互操作性介面要求及測試驗證。

#### (二) CBTC 機車車輛在車輛採購方面的相互操作性

1. 車輛相容性需求，包括:故障指示、列車管理系統 (TMS) / 健康監測單元 (HMU) 信息、列車自動控制系統 (ATC)、車門管理、備援。
2. 在歐洲解決跨國列車之方案如下：
  - (1) 駕駛室應配備不同的車載列車控制系統，交接過程通常需要停車或減速。
  - (2) 列車在邊境停靠，機車更換為國家機車（也可更換司機）

#### (三) CBTC 機車車輛在基礎設施開發方面的互操作性

##### 1. ATC

ATC 系統應具備操作多功能性之基本要，即為不同裝備的車輛、不同的通信方式可以在同一條線路上共存的情況多種多樣；ATC 系統應具備可升級性，以確保可以輕鬆擴展鐵路路網，包括更多車站和列車。因此，系統上須符合部分故障時，仍可以繼續運行而不會造成任何性能損失或降級、標準化、可互換性、擴展性、間歇式列車控制等。

CBTC 系統 ATP 功能，包括：列車站 CBTC 設備確定列車位置、確定每個配備 CBTC 的列車的移動權限制信息、通過車載 CBTC 設備確定和執行安全速度/距離曲線等。

## 2. 目前運作方式

- (1) 為了提供混合模式運行，即在路旁信號保護下在 CBTC 區域內運行未裝備的列車，CBTC 系統將與輔助路旁系統 (AWS) 集成。
  - (2) CBTC 和 AWS 將被視為一個集成的列車控制系統，從而消除或減少在故障或降級狀態下 CBTC 和 AWS 功能之間的衝突。
  - (3) CBTC 系統的設計將使得 CBTC 設備故障率足夠低，以排除對備用系統的需求，並最大限度地減少 AWS 下的列車運行。
3. 行控中心：路線沿線行控中心位置由相關鐵路公司互相商定，且車站都將安裝就地控制面板，以便在系統中斷或故障時進行就地控制、實務相互操作上協調工作，以避免列車路線上或換軌時碰撞。
4. 電信：電信的互操作性是一項非常複雜的任務，其設計方式必須確保單點故障是“故障安全”。此外，涉及跨境程序之訊息交換，以促進為乘客、營運商工作人員聯繫。

## (四) CBTC 機車車輛在人力培訓方面的互操作性

### 1. 目標

- (1) 系統操作人員定期培訓。
- (2) 營運及維修人員訓練。
- (3) 訓練時程。
- (4) 系統化訓練。
- (5) 模擬機訓練。

## 2. 對象

- (1) 舊系統營運人員。
  - (2) 審查標準規章人員。
  - (3) 制定標準人員。
  - (4) 溝通協調人員。
3. 模擬機訓練：藉由模擬器訓練，使駕駛員獲得駕駛和故障排除的機會及工程師獲得實際經驗，了解如何在日常操作中有效地診斷和糾正系統故障和維護。
4. 路線上訓練：認識路線上系統更新資訊。

## 肆、建議

本次參與德國鐵路訓練機構「CBTC Fundamentals」線上課程，內容充實獲益良多，且讓學員更加了解 CBTC 為鐵路業者未來的潮流及趨勢；而目前國內亦有捷運公司路線採用 CBTC 系統，課程可使本會調查人員對於系統運作深入了解。

德鐵尚提供其他鐵道相關課程，訓練課程為期二至六日不等，並以不同主題進行，針對國內多型態的鐵道營運業者，可加強鐵道調查人員之專業技術。建議本會持續派員參加德鐵提供之訓練課程，並可與各國相關單位人士進行經驗交流。

## 參加德國鐵路學院「CBTC Fundamentals」線上課程報告

服 務 機 關：國家運輸安全調查委員會

出 國 人 職 稱：鐵道調查組組長兼首席調查官/次席調查官/調查官/  
調查官/副調查官

姓 名：林沛達/吳吉村/陳建州/后振宇/游士漢

出 國 地 區：德國國家鐵路公司鐵道學院（線上訓練課程）

出 國 期 間：民國 110 年 06 月 22 日至 06 月 24 日及 110 年 06 月  
29 日至 07 月 01 日

報 告 日 期：民國 110 年 09 月 27 日

### 建議事項：

	建議項目	處理
1	建議本會派員參加德鐵舉辦之其它訓練課程，持續精進鐵道不同型態知識技能，並與各國事故調查人員經驗交流。	<input type="checkbox"/> 已採行 <input checked="" type="checkbox"/> 研議中 <input type="checkbox"/> 未採行
2	建議參訓人員將課程內容進行重點整理，並預計於 110 年 10 月以簡報說明之方式，與會內同仁進行知識分享。	<input checked="" type="checkbox"/> 已採行 <input type="checkbox"/> 研議中 <input type="checkbox"/> 未採行