

軌道號誌系統的演進及 桃園機場捷運的執行案例介紹

The Evolution of Track Signaling
System and the Implementation Case
of Taiwan Taoyuan Airport MRT



中興工程顧問公司工程處號誌組
邱偉銘組長



簡報大綱

1

號誌系統演進歷程

2

桃園機場捷運系統介紹

3

專案執行中遭遇之問題及應對措施

4

號誌控制系統未來發展趨勢

號誌系統演進歷程

何謂「號誌系統」？

在軌道運輸中號誌系統的功用，
即在於如何能確保行車安全又同
時能增進車速及提高運輸容量，
換言之，藉號誌系統可達成
「安全」、「迅速」、「經濟」

三大目標。



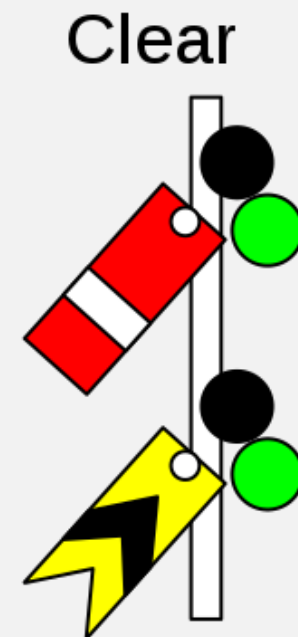
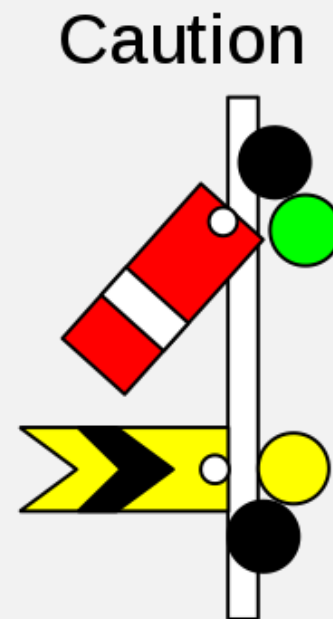
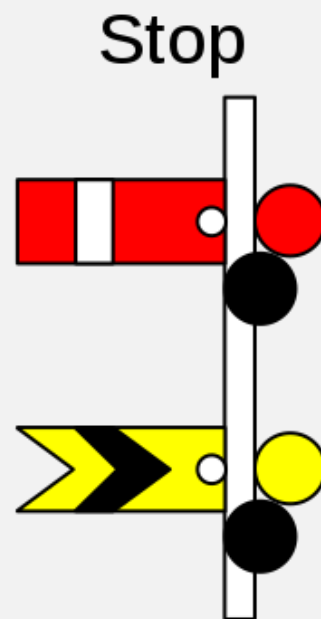
安全



迅速

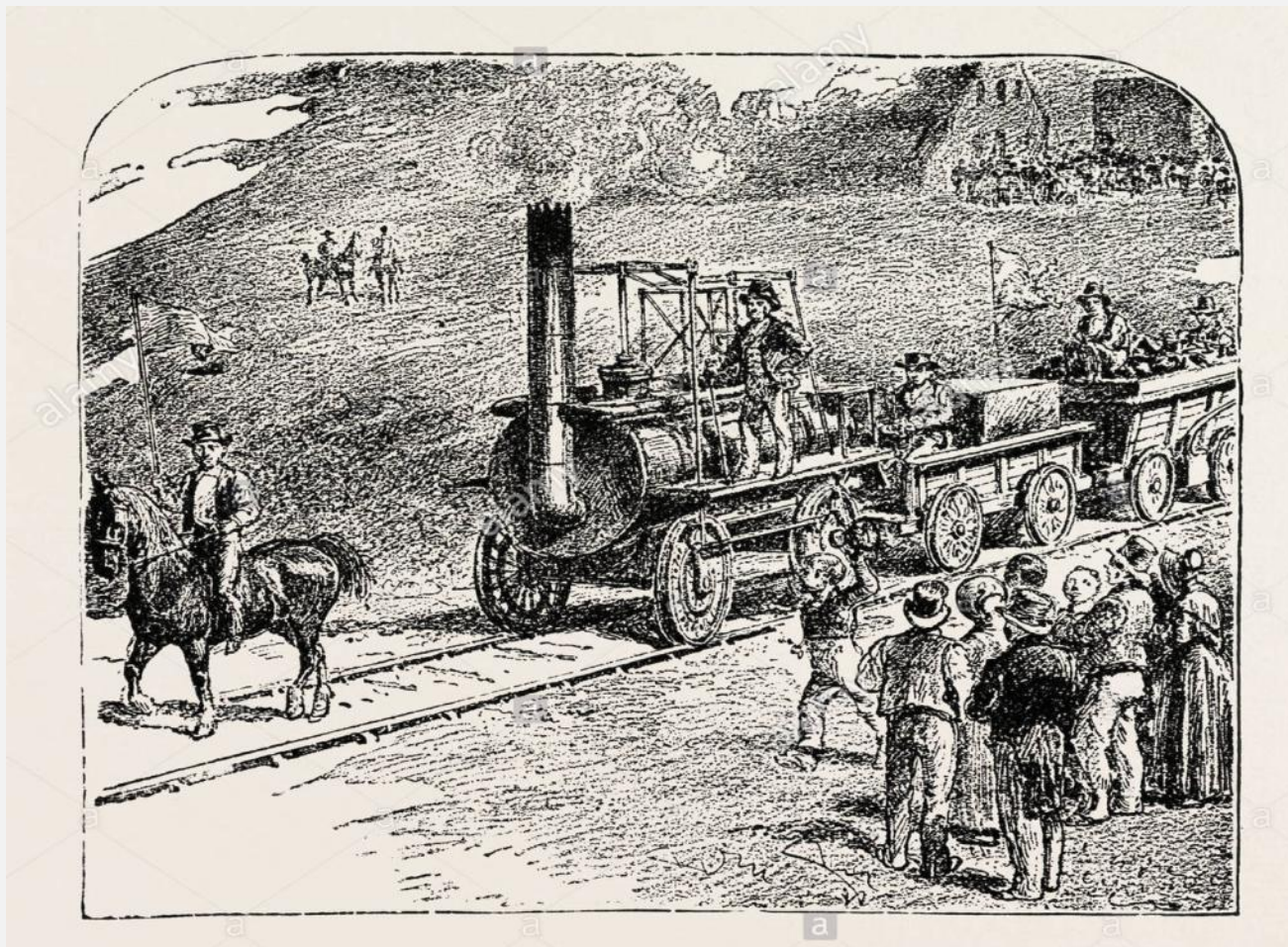


經濟



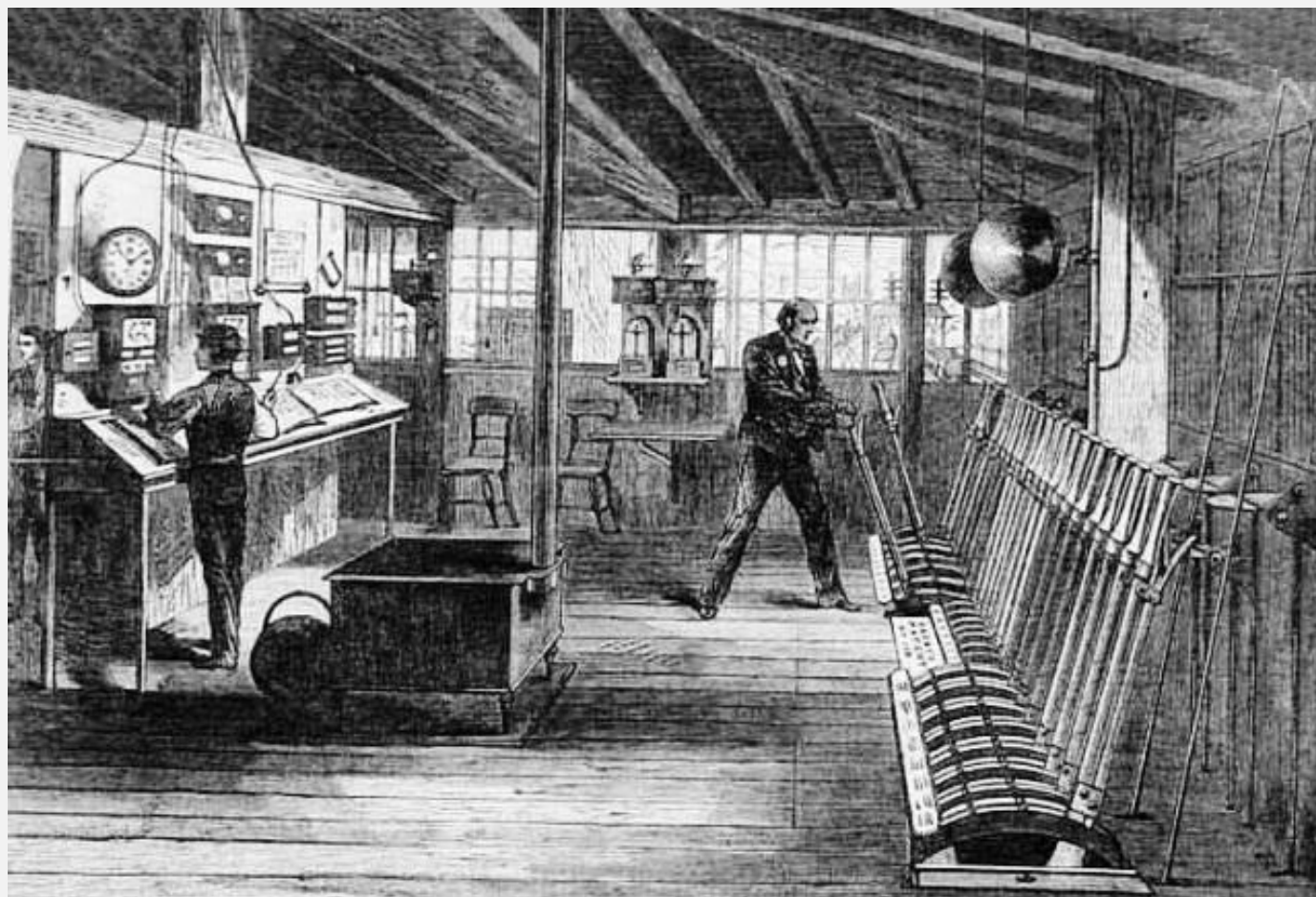
傳統號誌系統

人工嚮導階段



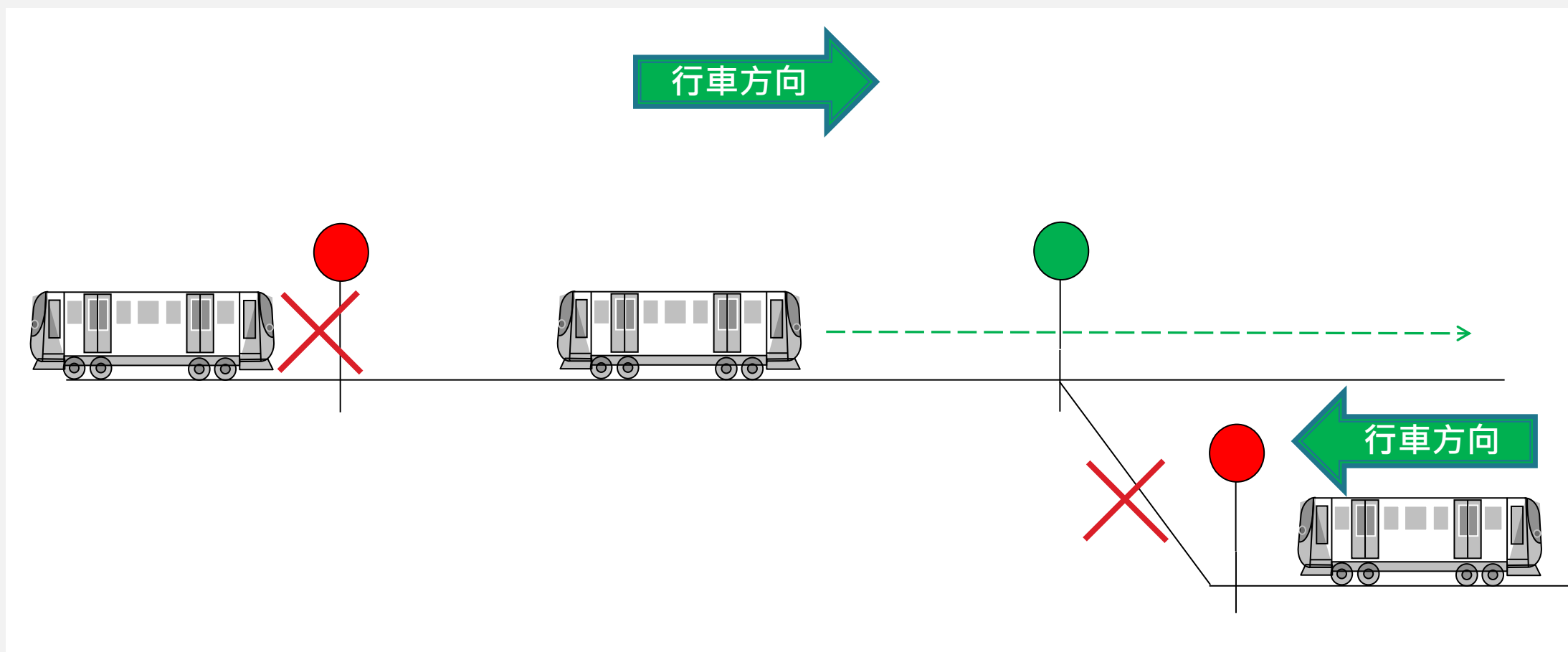
傳統號誌系統

隔時法(Time Interval)



傳統號誌系統

隔地法(Space Interval)



列車自動控制系統的發展

1832年

電報機發明最初的
『列車調度』誕生

1872年

發明『閉迴路軌道
電路』

1929年

開始使用『繼電聯
鎖裝置』

1960年

開始使用『ATC』

1856年

轉轍器與號誌機開
始『聯鎖』

1927年

發明『中央控制行
車(CTC)』系統

1930年

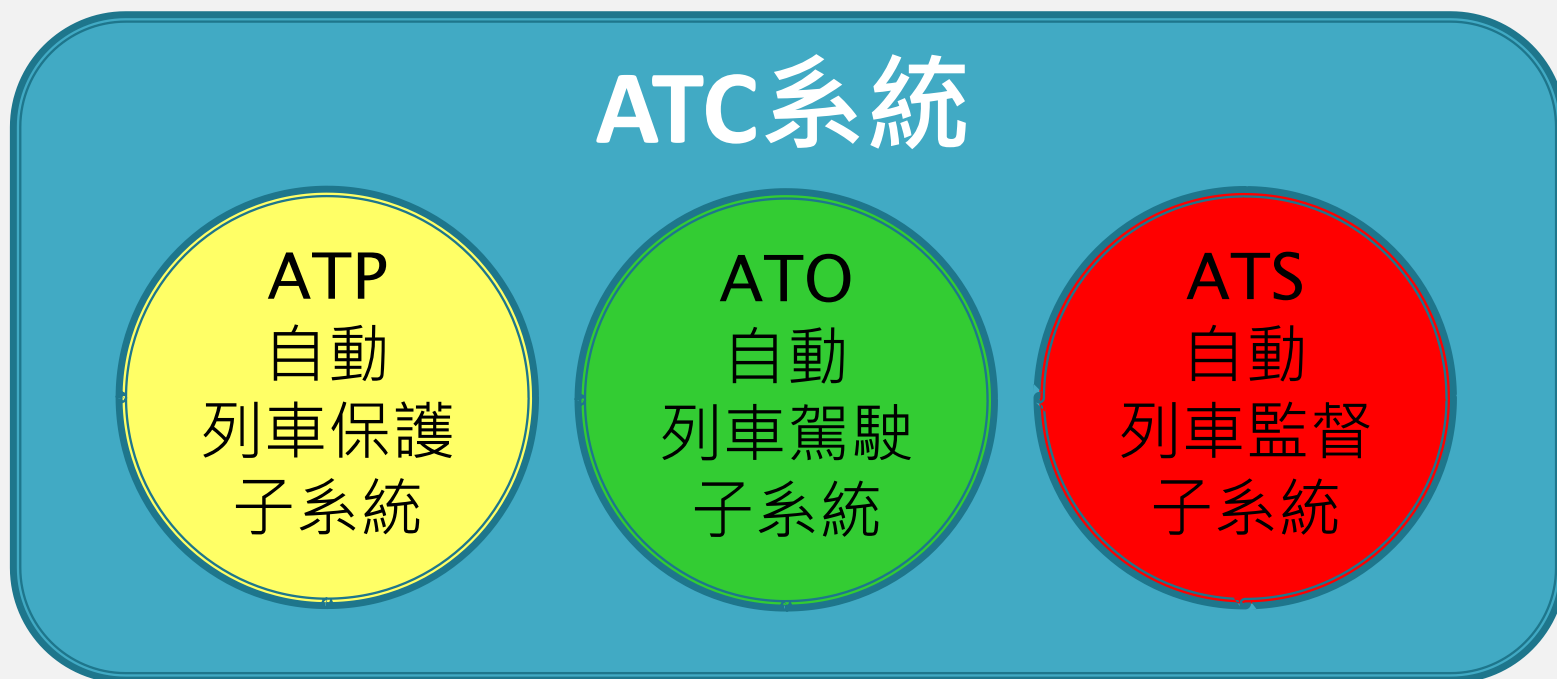
發明機械式『ATS』

1976年

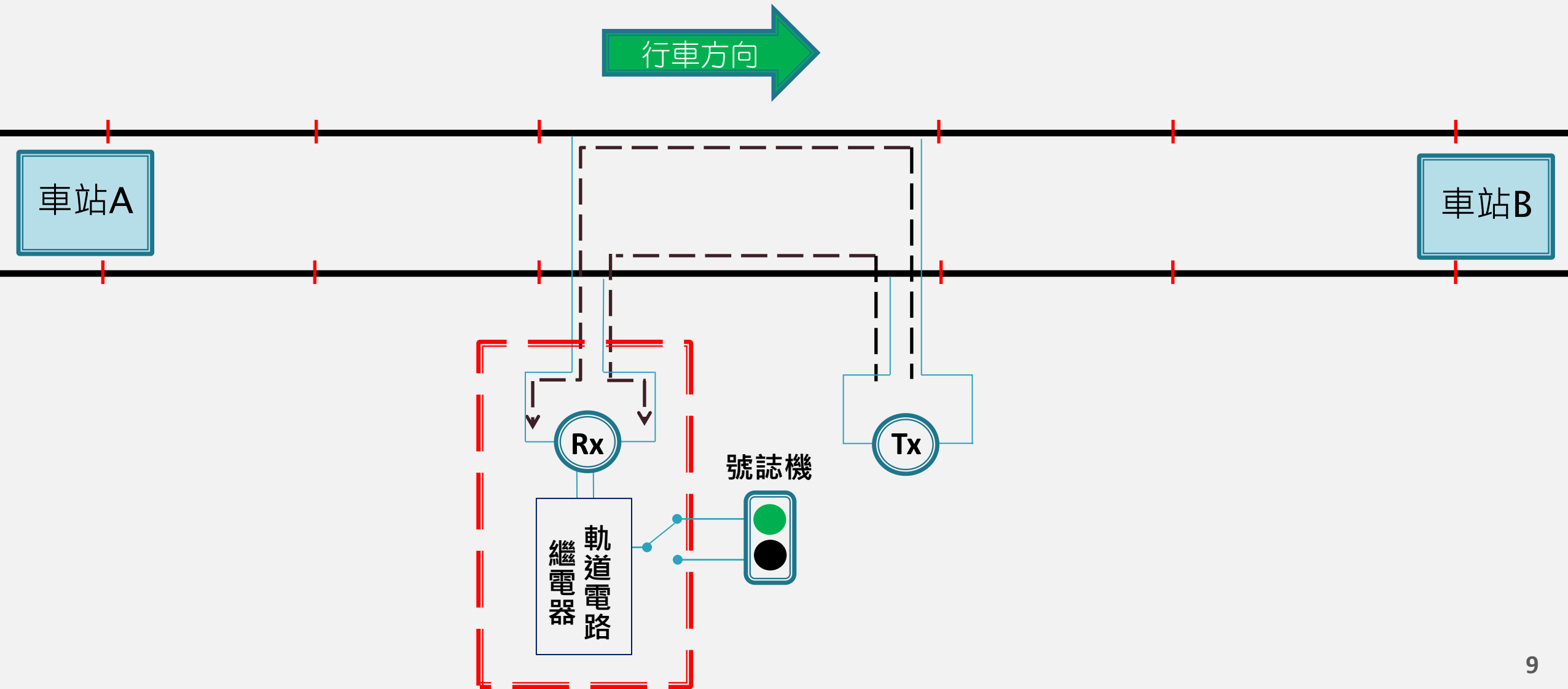
開始使用『ATO』

現代號誌系統

都會捷運系統(Urban Rapid Transit)以及高速鐵路系統(High-Speed Rail)由於安全性的要求較高，故會採用自動列車控制系統(ATC-Automatic Train Control system)。

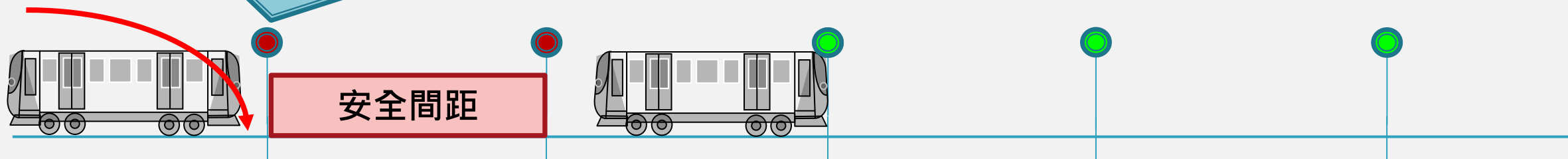


閉塞區間(BLOCK)

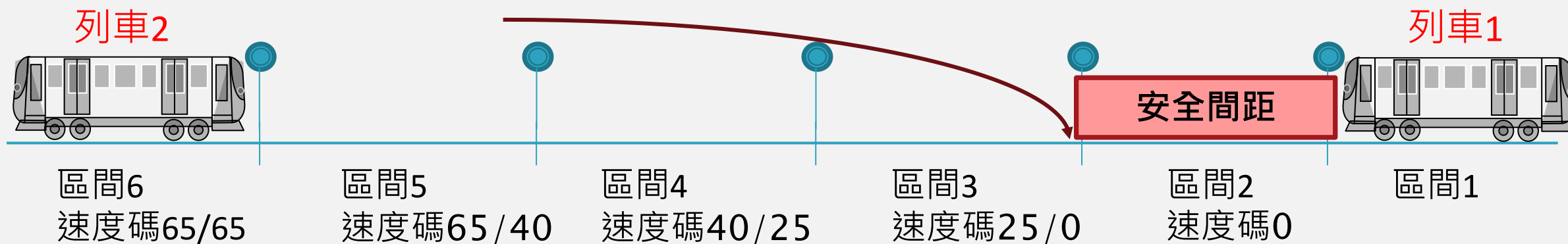


固定式閉塞區間(FIXED BLOCK)

如果列車運行超出此界限進入危險區段則啟動緊急煞車



移動式閉塞區間(MOVING BLOCK)



通訊式列車控制系統 - CBTC

依據國際規範IEEE-1474.1 CBTC系統的特徵的定義：
一個CBTC系統的主要特徵包括以下幾點

01

High-resolution train location determination, independent of track circuits.

不需依靠軌道電路、高精度的列車定位

02

Continuous, high capacity, bidirectional train-to-wayside data communications.

連續且大容量列車與道旁的雙向資料傳輸

03

Train-borne and wayside processors performing vital functions.

車載和道旁的處理器執行維生功能

根據緊急煞車曲線加上
機電及煞車系統的延遲後得出
緊急煞車觸發曲線(ATP曲線)

車載號誌設備再依照ATP曲線
加上系統控制的安全值算出
ATO運行曲線

根據LMA產生
緊急煞車曲線

區域控制器根據收到的前車位置，
再加上安全間距計算出
允行授權
(LMA-Limit of Movement Authority)



區域控制器向列車2
發送前車位置及允行授權(LMA)

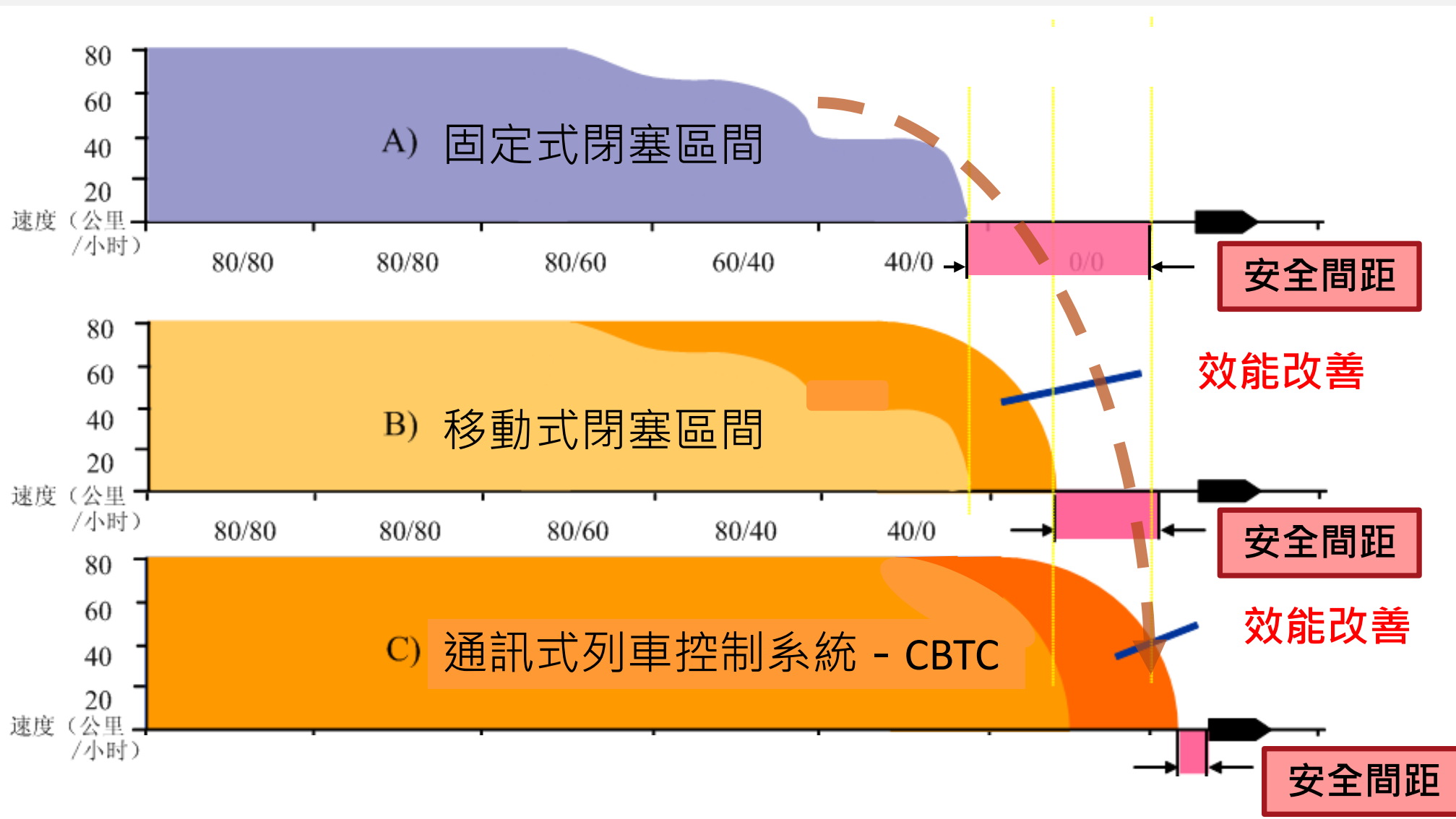
ATO停車點



列車1發送定位資訊

區域控制器

系統效能比較



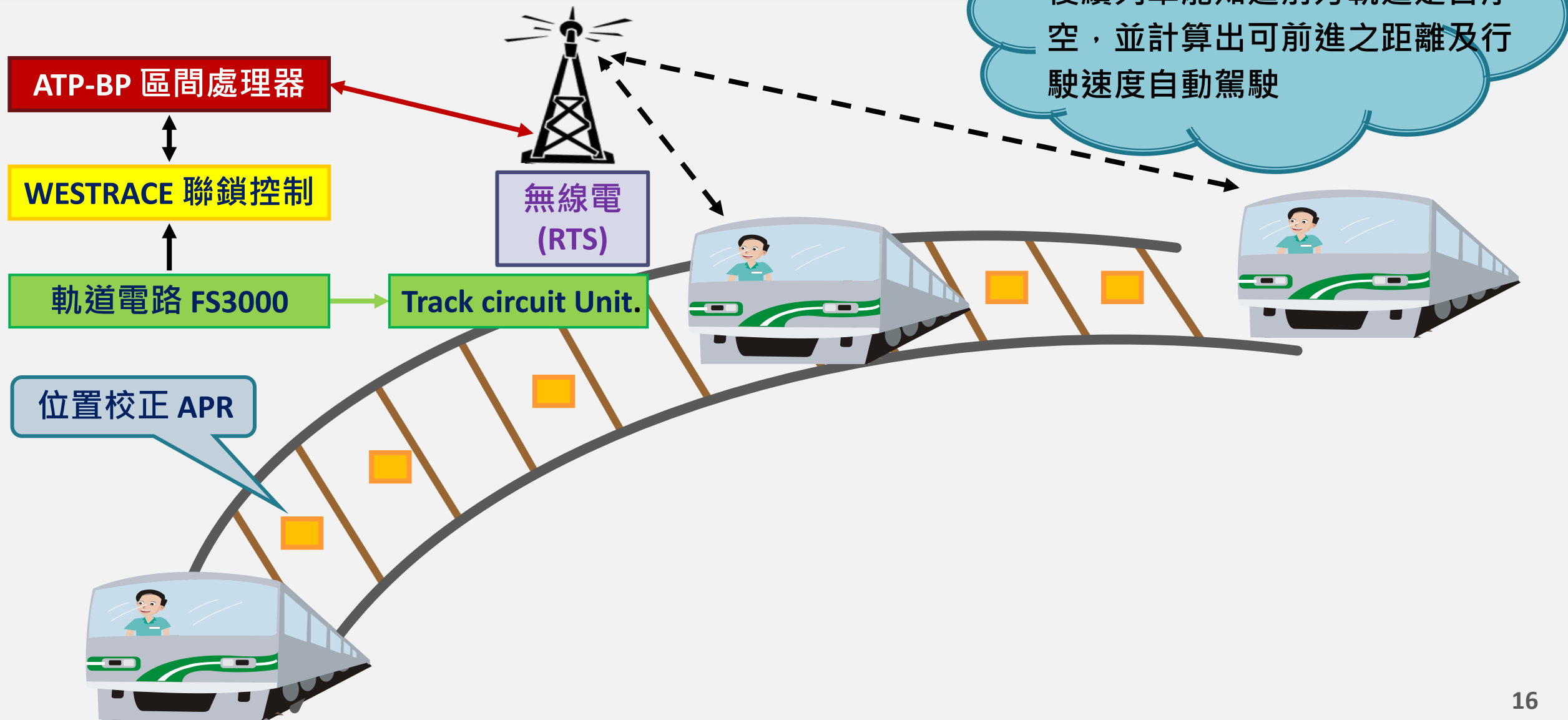
桃園機場捷運系統介紹



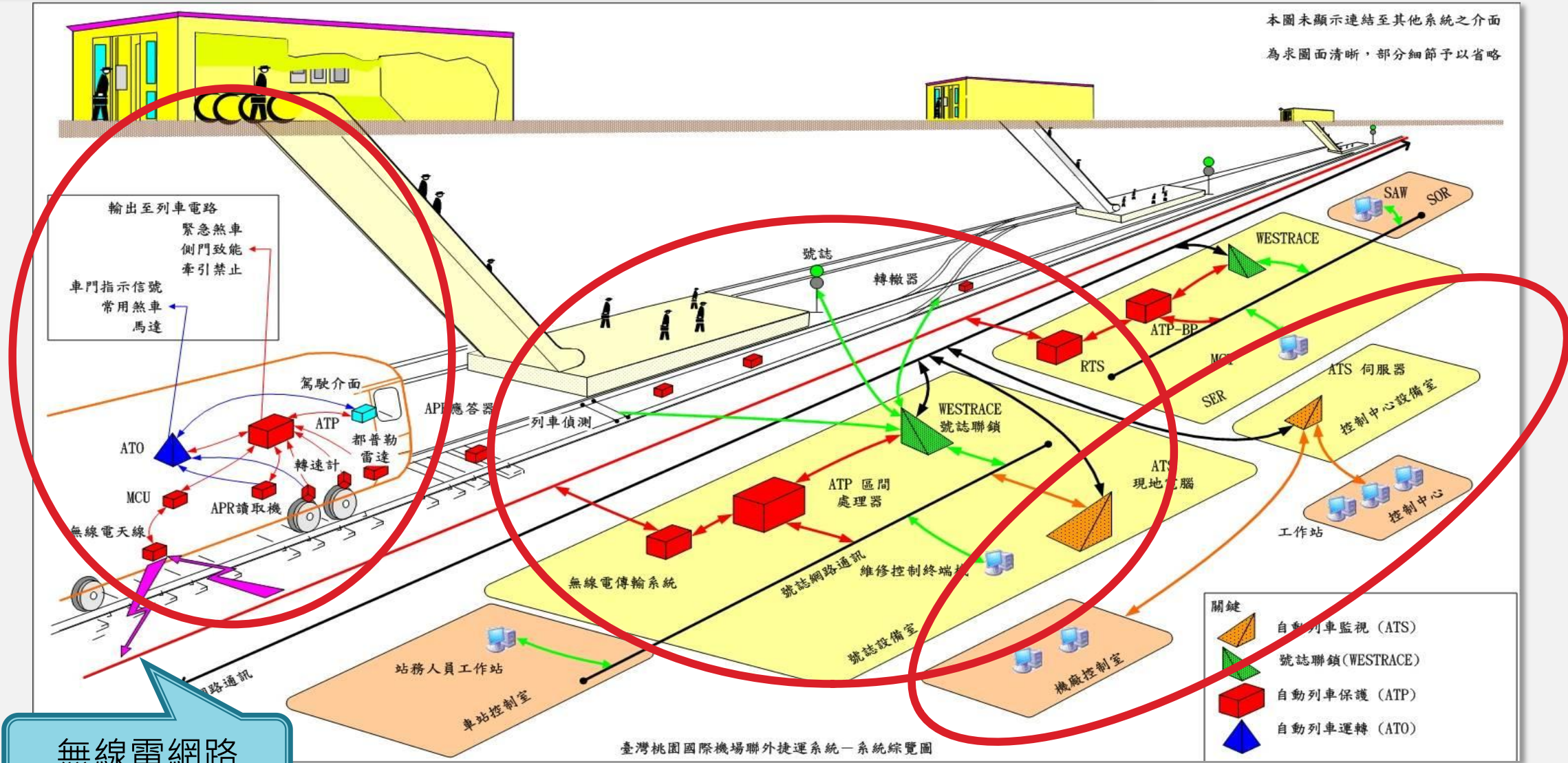
圖例：Legend:

- 臺灣桃園國際機場 Taiwan Taoyuan International Airport
- 與高鐵轉乘之車站 HSR Transfer Station
- 與台北捷運轉乘之車站 Taipei MRT Transfer Station
- 與台鐵轉乘之車站 TRA Transfer Station
- 將提供(包括預留未來增設)預辦登機及行李託運服務之車站 Station with ITCI service (including reserved spaces)

號誌系統CBTC-EP運作原理



機捷號誌設備架構圖(依設備分布位置)



本圖未顯示連結至其他系統之介面
為求圖面清晰，部分細節予以省略

道旁號誌設備圖片(SURELOCK 主線轉轍器)



規格：直流110V

動作衝程120mm

具定位偵測器

功能：導引列車於主線之運行路線。

道旁號誌設備圖片(Track-Circuit Unit)



規格：

載波頻率 4080 / 4320 / 4560 / 5040 /
5280 / 5520 / 6000Hz

IP66

TTU：0-40公尺

短TU：40-100公尺

長TU：70-400公尺

功能：無須IRJ即可偵測軌道區間是
否有列車佔據或淨空，內含
1只變壓器及電容器。

道旁號誌設備圖片(APR)



規格：IP65

功能：列車經過時經由車體下方的APR讀取器，提供列車在主線軌道之絕對位置座標訊息。

道旁號誌設備圖片(無線電天線)



規格：高架段用

2400至2483MHz

3dB角度為8度

阻抗50歐姆

2.0公斤

功能：提供與列車天線之無線電通訊。

道旁號誌設備圖片(無線電天線)



規格：隧道段用

2400至2500MHz

3dB角度為35度

功能：提供與列車天線之無線電通訊。

道旁號誌設備圖片(MD2000 機廠用)



規格：單相交流220V

動作衝程220mm

具偵測器滑桿

功能：導引列車於機廠區之
運行路線。

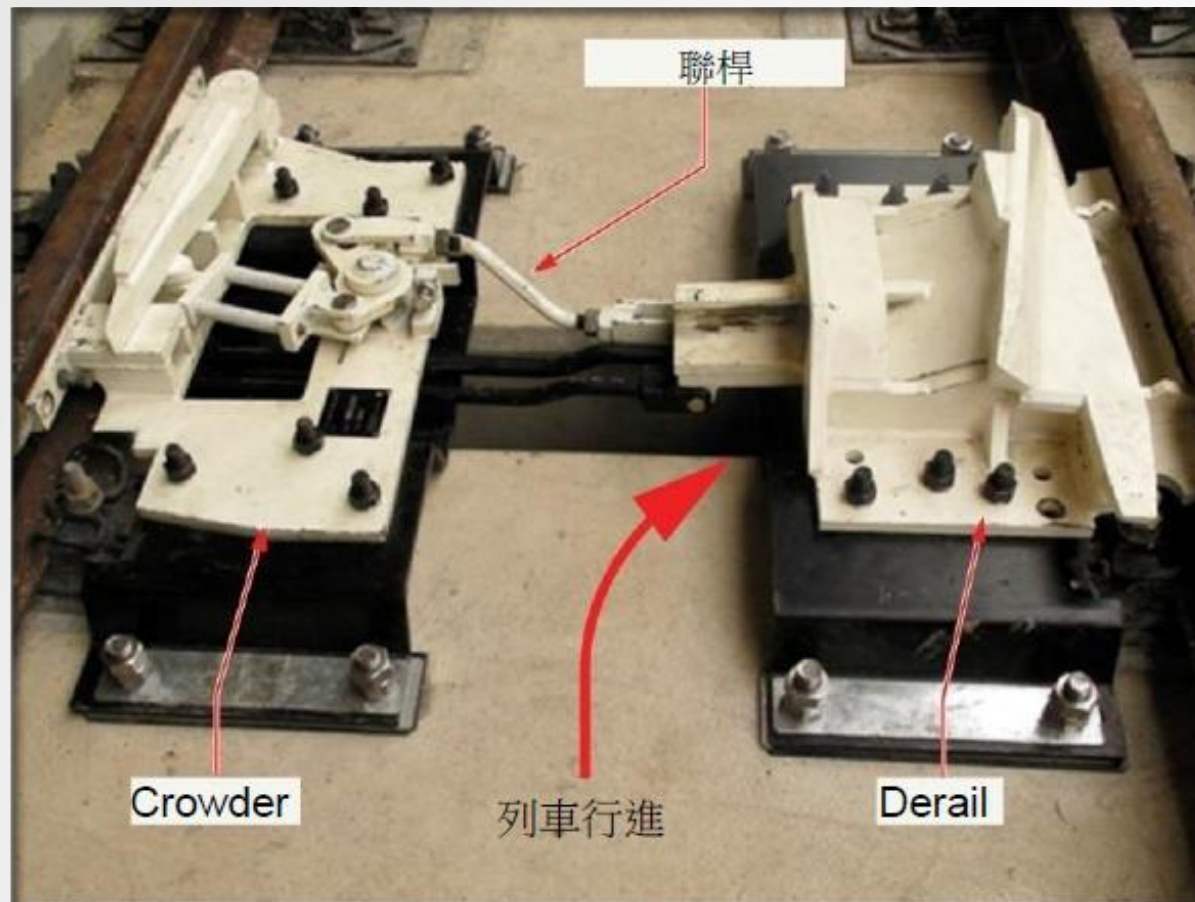
道旁號誌設備圖片(計軸器 機廠用)



規格：(ACE) Az LM 計算處理器
直流60V電源

功能：提供機廠區軌道路徑是否淨空/佔據之聯鎖控制(列車偵測設備)。

道旁號誌設備圖片(脫軌器 機廠用)



規格：包含以MD2000轉轍器驅動並與脫軌設施結合之設備。

功能：預防機廠區未經核准之列車進入主線。

車載號誌 - 車載ATC機櫃(TIU)



功能：

設有3個ATP、1個ATO及2個24Vdc電源供應。

提供ATC模組與列車線路間的電氣界面(包括訊號與電源之電路)，機櫃內部並了45個安全繼電器(包括所有相關迴路)及模組之間的配線。

車載號誌 - 控制及監視系統(CMS)界面箱



界面本體



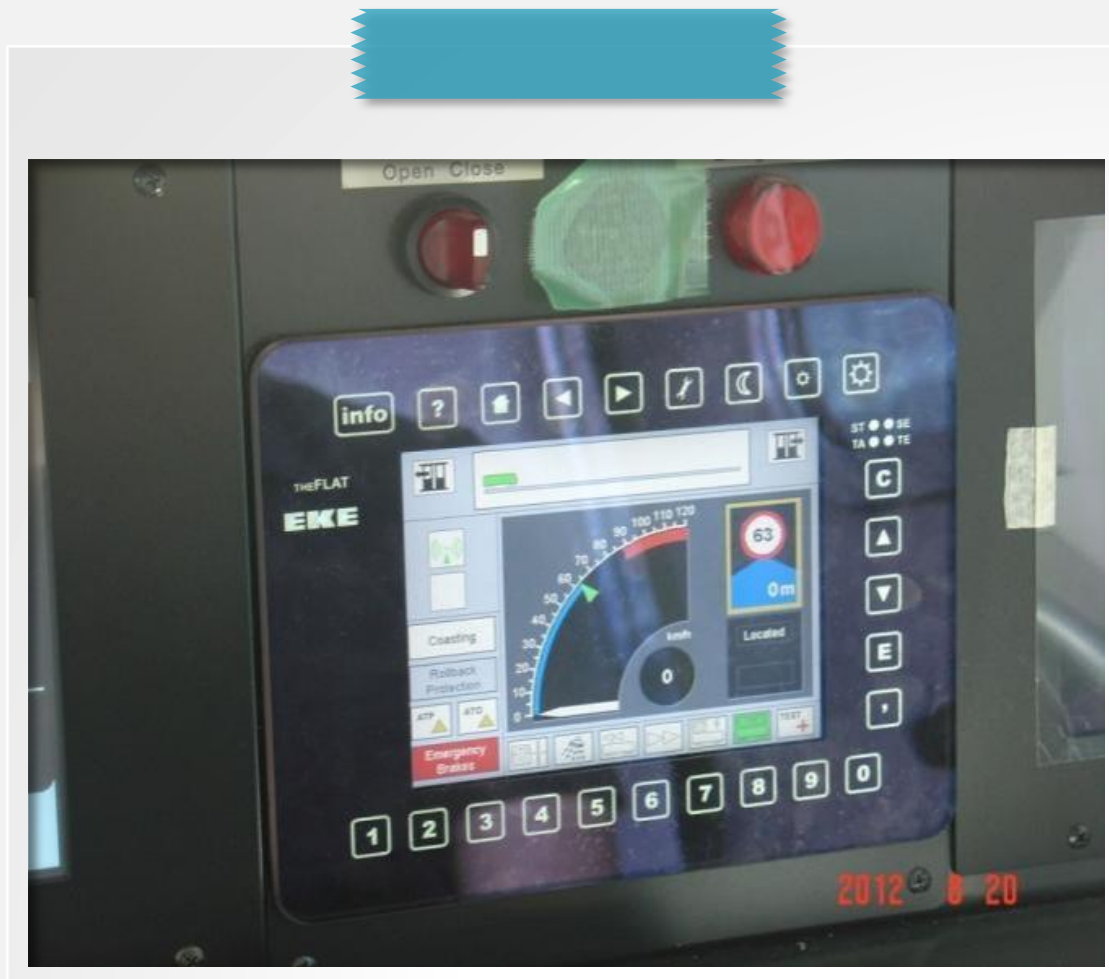
CMS顯示單元

規格：DC110V電源

功能：

- 提供駕駛員顯示單元DDU之控制。
- 提供與ATP及無線電之界面。
- 提供ATC與CMS之通訊協定轉換。

車載號誌 - 駕駛顯示單元(DDU)



規格：6.5吋彩色顯示器

640×480 VGA解析度

直流110V

功能：提供列車駕駛員所需之主要相關號誌資訊，如下

- 目標速度
- 目前列車速度
- 無線電傳輸現況
- 月台門致能
- 過站不停
- 煞車狀況
- 駕駛模式
- ATP/ATO設備狀況
- 靠站時間倒數計時

車載號誌 - 天線



規格：列車用天線

746至2500MHz

2dBi增益

阻抗50歐姆

每列車配置2個

功能：提供與道旁天線之無線電通訊。

車載號誌 - APR讀取器



規格：直流110V

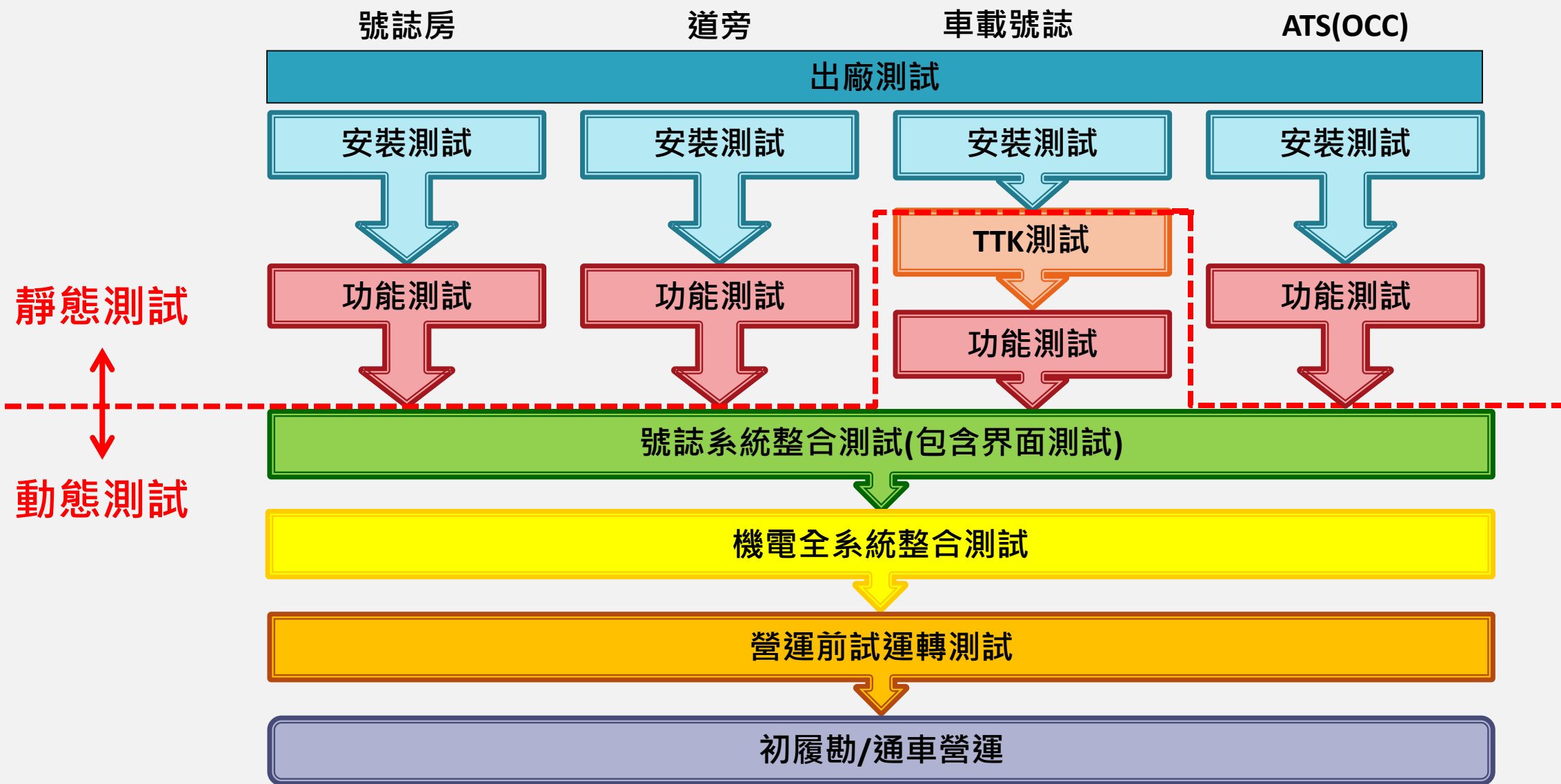
IP65

2.45GHz

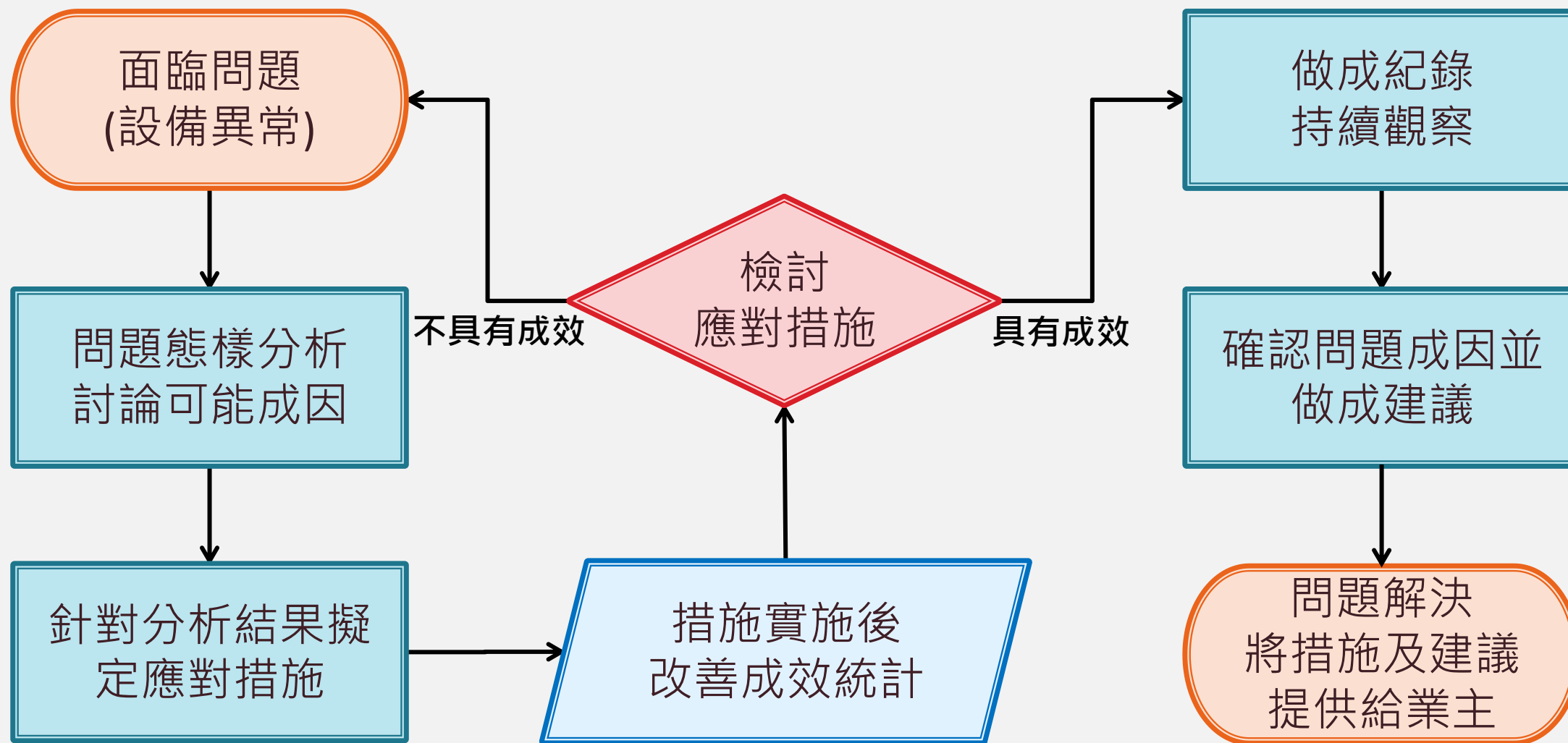
每列車配置2個

功能：讀取APR資料並傳送至車載控制器。

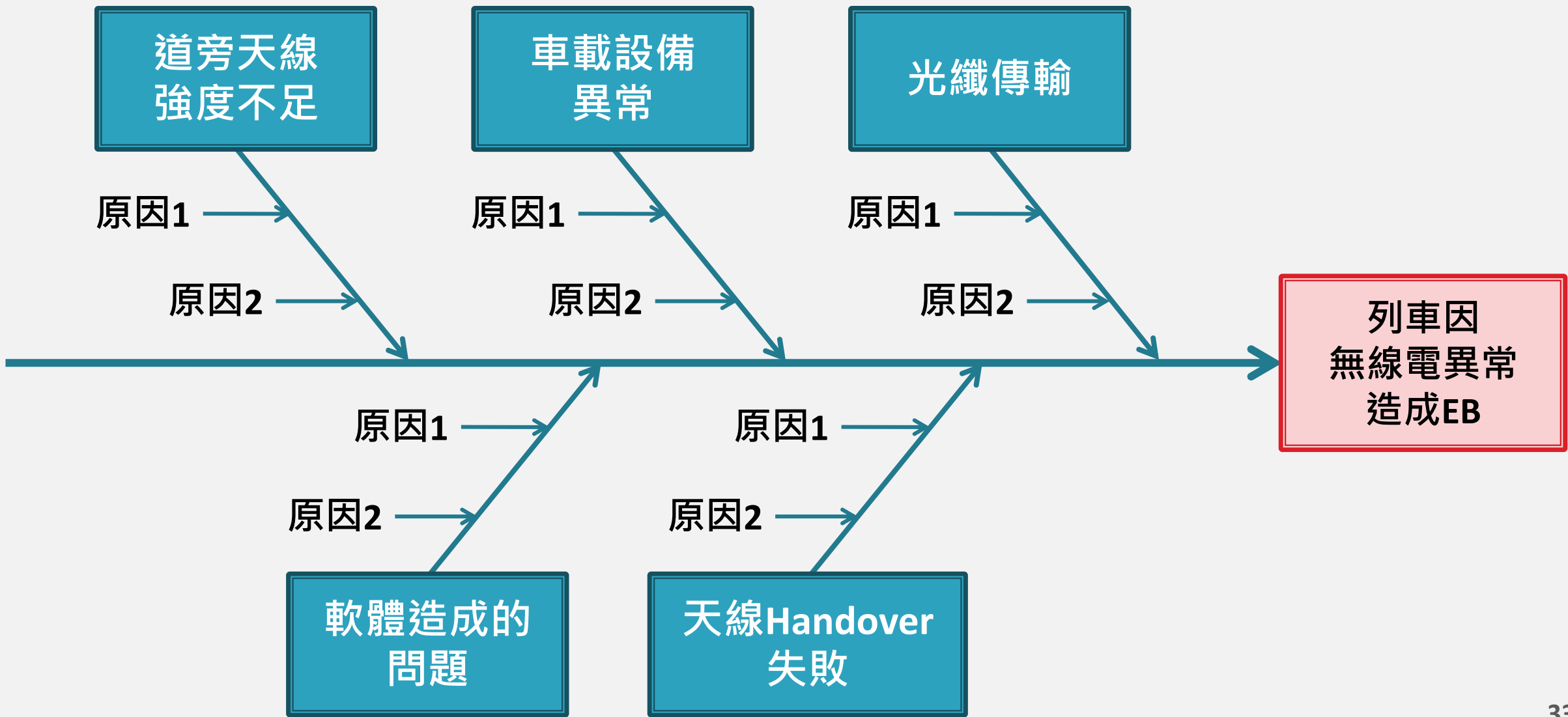
號誌系統測試流程圖



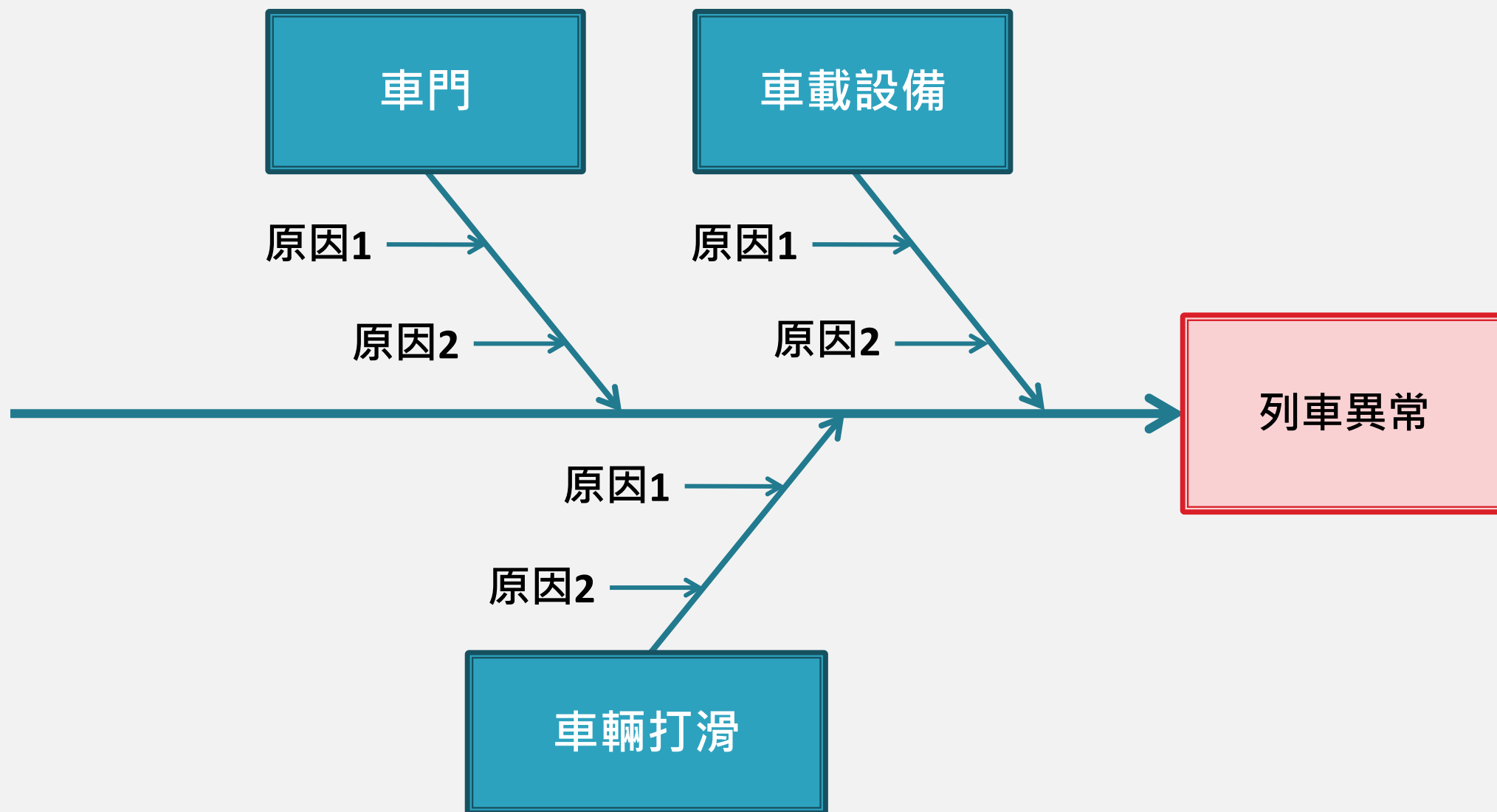
專案執行中遭遇之問題及應對措施



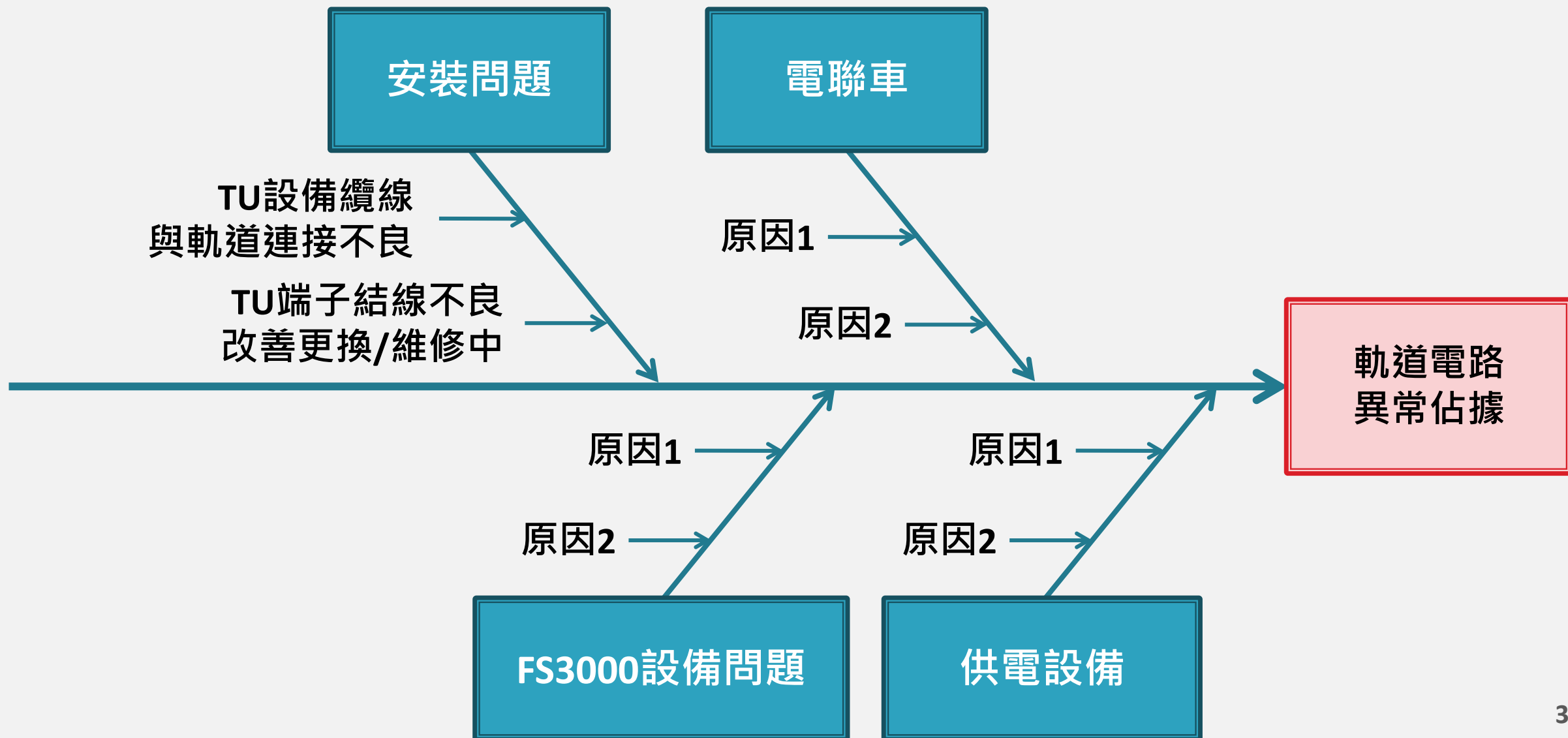
無線電異常的原因



列車異常的原因



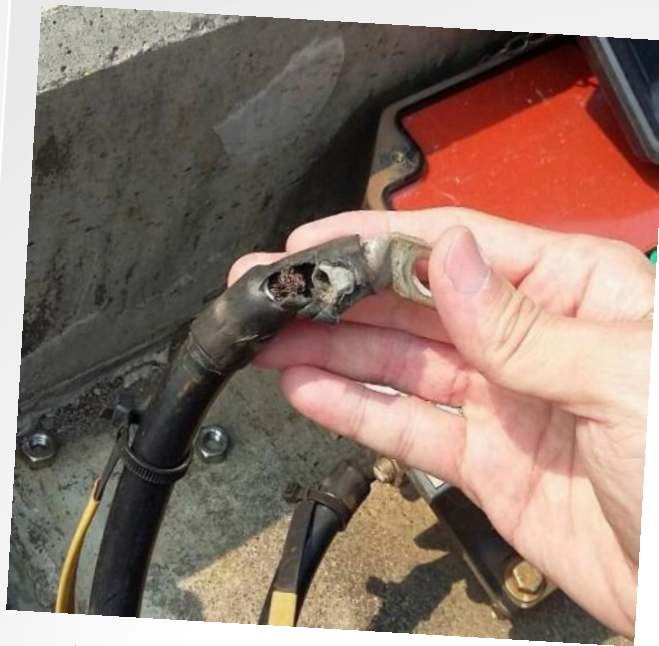
軌道電路異常的原因



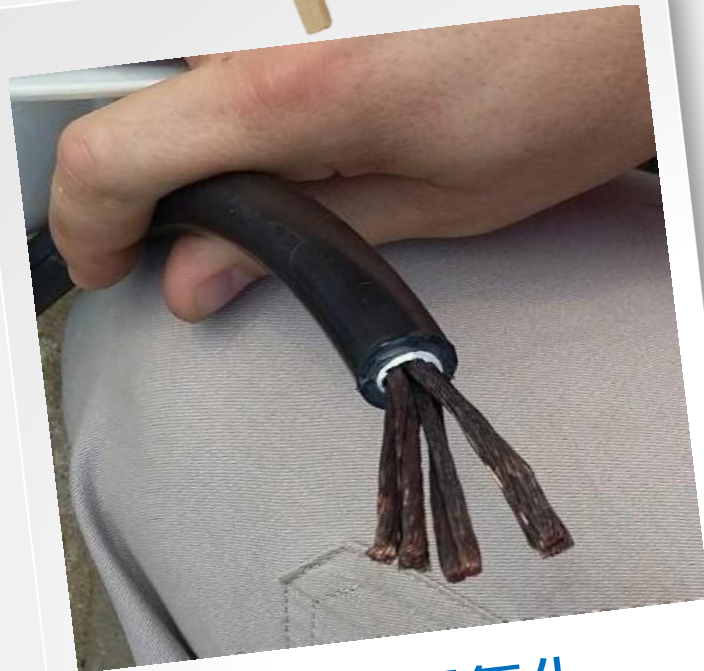
軌道電路異常現場缺失狀況



TU內部有凝結水



纜線端子壓接不良



纜線受潮氧化

改善措施1 - TU內部端子灌注自復型防水膠



1.打開TU檢視內部端子狀態、背蓋膠圈，螺絲孔墊片等是否有破損，確認無異狀開始於TU內部注入自復型防水膠。



2.待自復型防水膠完全乾燥後將TU復原，後續觀察該軌道電路的運作並且每日記錄。

改善措施2 - TU纜線及端子更換、鎖固及保養



TU纜線及端子進行更換



TU纜線接頭處理前



TU纜線接頭處理後

缺失之研判及改善措施(軌道電路)

01

道旁設施易受氣候及環境影響，如T.U.內部會產生凝結水，尤其A10/A11車站鄰近海邊，而且周遭工廠密集最容易受影響，在使用自復型防水膠灌注後，本項缺失已大幅改善，纜線端子氧化鏽蝕導致接觸不良，在改良工法重新壓接後，問題幾乎消失，但後續仍應持續觀察保養。

02

地下隧道段在執行改善措施後，並未再發生軌道誤佔據，研判應為地下段環境條件較為穩定，道旁設施較不容易受到氣候或周遭環境影響，建議後續可在系統設計時納入台灣的環境影響及氣候影響。

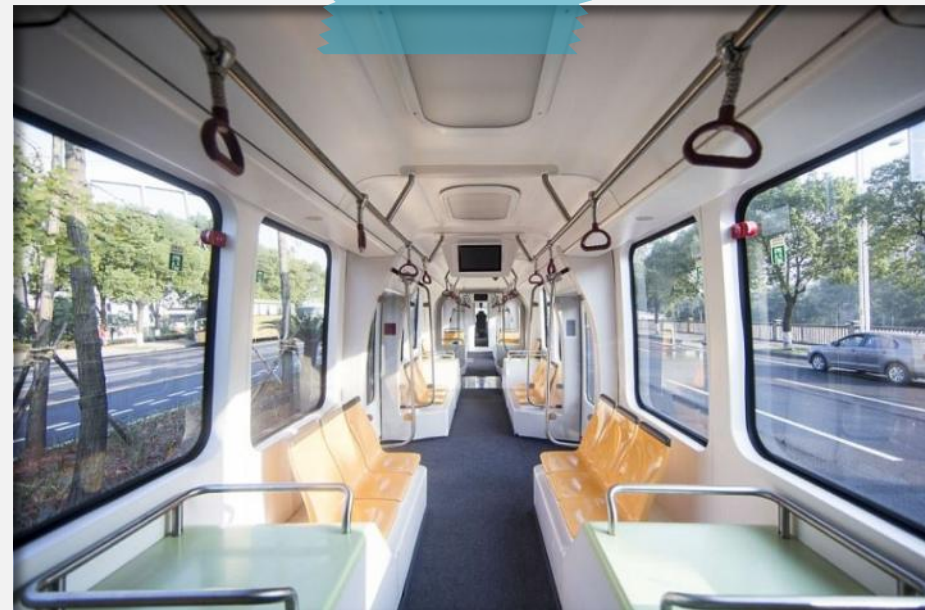
號誌控制系統未來發展趨勢

- ▶ 無軌道電車
- ▶ CBTC 2.0

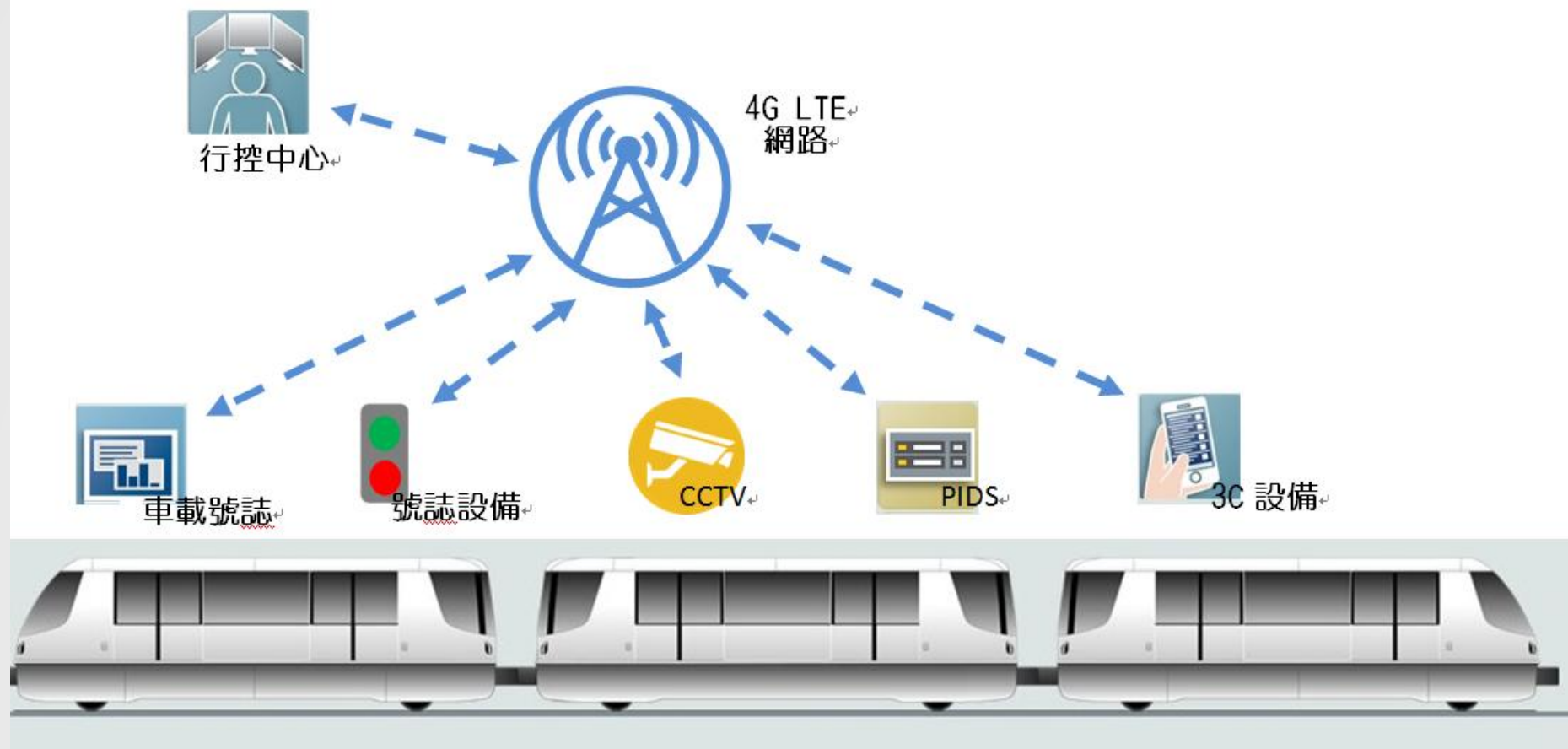
無軌道電車

「智能軌道捷運系統」(Autonomous rail Rapid Transit - ART)，這種虛擬軌道列車既能保持大載客量的優勢，又不需要建造專有鋼軌能像公車靈活穿梭市區與BRT類似，為解決現代城市交通難題提供一個新的選擇。

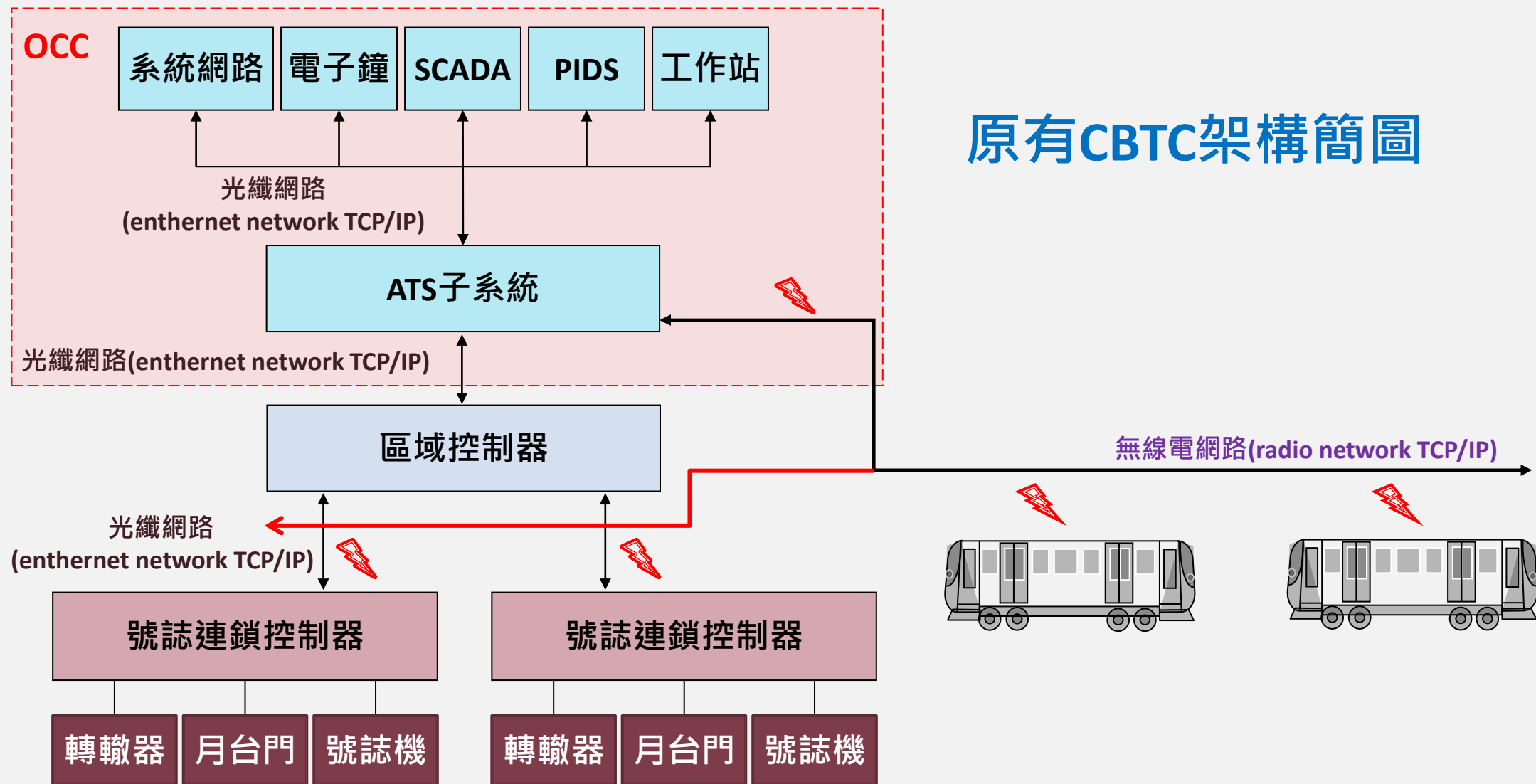
系統具有一個強大的號誌系統，在列車快到下一個路口時會預先發出指令，提出優先通行需求讓路口的號誌燈馬上就會變成綠燈，保障列車優先通行同時也確保列車執行速度。



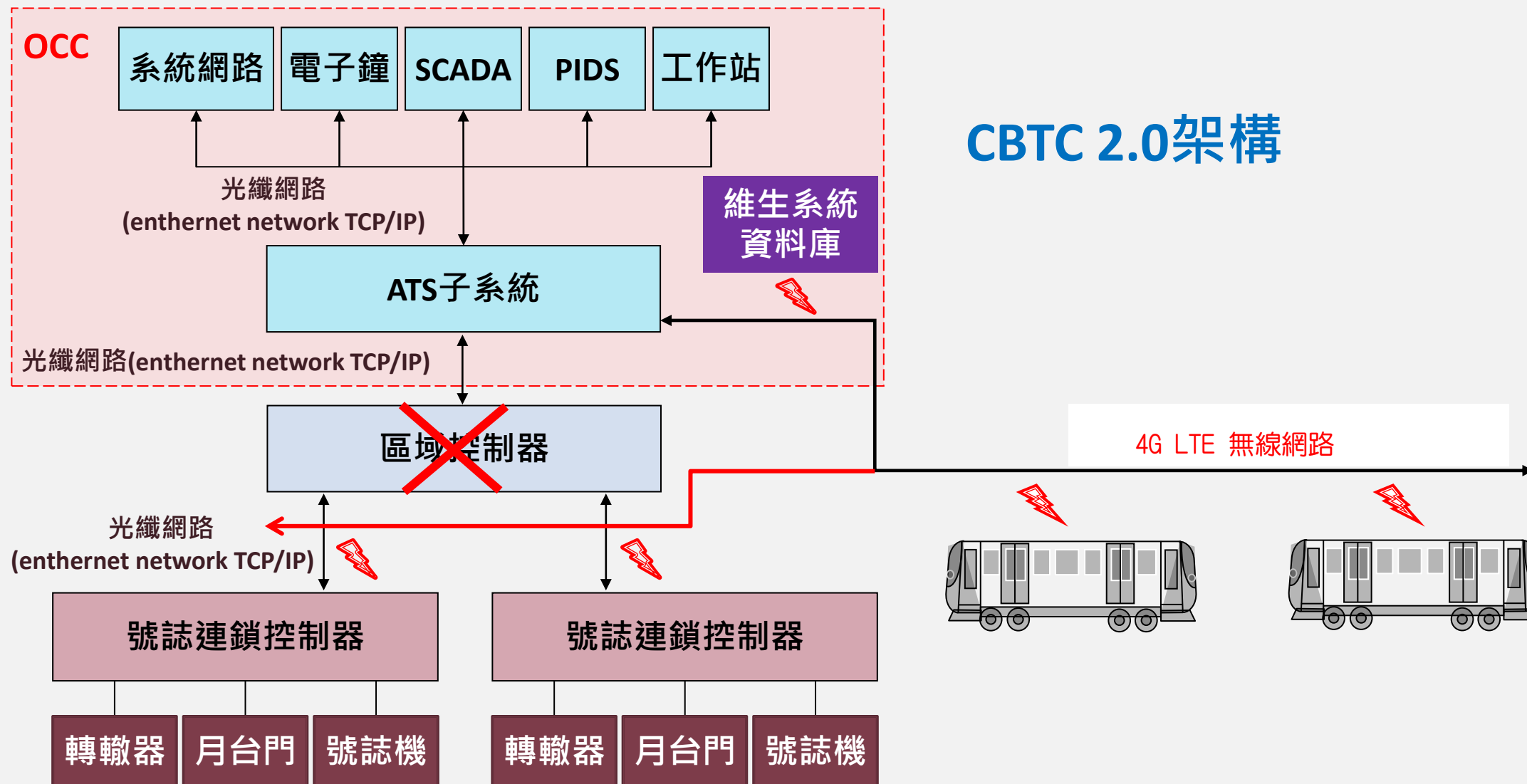
CBTC 2.0



CBTC 2.0 (新舊系統差異)



CBTC 2.0 (新舊系統差異)



報告結束 · 敬請指教

• Thanks for Your Listening •

