

出國報告（出國類別：考察）

現代化中央控制行車系統

服務機關：交通部臺灣鐵路管理局

姓名職稱：總工程司 高明鑿

副處長 陳文晉

科長 楊惇惠

技術助理 蕭中岳

派赴國家：法國、德國、英國、荷蘭

出國期間：106年6月11日至106年6月22日

報告日期：106年8月30日

目錄

壹、考察目的.....	1
貳、考察行程.....	2
參、參訪紀要.....	3
一、 法國巴黎車站參訪.....	3
(一) 參觀巴黎北站(Gare du Nord).....	4
(二) 參觀巴黎北站地面站.....	5
(三) 參訪位於英吉利海峽中的海底隧道之運營單位.....	6
二、 參訪英國 King Cross 車站旅運設備.....	9
(一) 傳說的 9 又 4 分之 3 月台.....	14
(二) 國王十字車站的號誌設備參訪.....	16
(三) 號誌設備安裝建置參考.....	19
三、 參訪英國國營鐵路公司 Network Rail 位於 three bridges 的 TBROC 診 斷及監管系統。.....	20
(一) 英國國營鐵路公司 (Network Rail) 參訪.....	21
(二) 參訪三橋運營中心號誌系統.....	23
(三) 參訪行控 RBC 號誌系統機房.....	25
(四) NETWORK RAIL 升級計畫.....	27
(五) 升級計畫內，英國國營鐵路整合了以下系統：.....	28
(六) ERTMS Level 2 號誌行車系統.....	28
四、 參訪 Frauscher 公司.....	30
(一) 集中式計軸器設備偵知應用技術.....	31
(二) 新科技軌道及沿線設備之防護系統應用(DAS).....	32
(三) DAS 的應用.....	32
五、 參訪 Bombardier 及 Prorail 公司.....	34
(一) 參訪歐洲推動號誌系統升級及建置作業情形.....	34

(二) 參訪阿姆斯特丹中央車站	35
(三) 參訪阿默斯福特車站	35
(四) 參訪 Prorail 研發訓練中心	43
六、 參觀荷蘭鐵路博物館	45
(一) 偉大的發現 (19 世紀初)	46
(二) 夢想旅行 (1900 年左右的國際列車的光榮日子)	46
(三) 鋼鐵怪物 (20 世紀 30 年代和 40 年代)	46
(四) 車間 (大列車站)	46
七、 參觀科隆中央車站(Köln)及拜訪萊茵公司 (TUV)	48
(一) 科隆中央車站簡介.....	48
(二) 參訪科隆中央車站(Köln)	49
(三) 參訪德國萊茵公司	53
八、 拜訪德國鐵路 (DB)	54
(一) 德鐵推動數位化之情形.....	55
(二) EULYNX 計畫概略簡介.....	59
(三) EULYNX 所帶來的附加價值.....	61
(四) 為什麼要推展 EULYNX?	62
九、 電車線技術介紹	66
肆、考察心得與建議事項.....	69
一、 考察心得.....	69
二、 建議事項	75

壹、考察目的

為因應本局推動「現代化中央控制行車系統」升級及系統規劃建置方向與增益實務經驗，出訪歐洲四國，參訪德國國鐵(DB)中央行車控制系統及其數位化之規劃方向與執行措施，暨英國、法國、荷蘭傳統鐵路升級中央行車控制、電氣化及 ETCS Level2 之實務經驗，做為本局系統升級規劃推展之借鏡。

有鑑於近年國內都市發展及城鄉差距日益縮短，隨著大眾運輸路網及轉乘系統建構，本局運輸型態隨之不斷調整，除增加大都會區間之列車密度並增加列車班次外，亦設法縮短城際列車之運轉時間，又近年國人旅運仰賴軌道載具之需求日增，本局營運型態亦隨國人旅運需求不斷調整，除增加人口稠密區之列車密度並縮短班距外，後因台鐵軌道上並存運轉客運、貨運兩種以上不同運輸功能與列車，在運轉調度複雜度遠遠高於捷運與高鐵。本局為配合節能減碳政策、推展綠能運輸，鼓勵國人搭乘大眾運輸工具及促進旅遊觀光產業，且肩負著國內經濟發展與民眾交通便捷需求重任。

本局主要號誌設備大多建造於 66 年縱貫鐵路電氣化時期，後續因運轉需求雖不斷局部汰換更新設備，但仍多因伴隨著部分基礎設備已逾原設計使用壽年，接踵來的便是逐漸攀升的故障率，進而影響行車效率、甚至是行車安全。有鑑於近年歐洲各國致力推展新式軌道技術標準設備、資產管理技術與觀念，有諸多值得本局參考與借鏡之建設案例。

為配合前瞻基礎建設計畫，本局推展「臺鐵電務智慧化提升計畫」，全面更新電務設備，提升系統可靠度，以建置電務號誌系統之現代化設備，利用本次歐洲參訪之機會，可以瞭解目前歐洲所使用之最新之號誌系統科技、維護管理觀念與未來之發展趨勢，並訪察在系統升級過程中所面臨之難題與其克服之方法。並將考察之心得，提供於本局未來系統升級之整體建設規劃參考，企求未來 20 年的營運，奠定良好的基礎。

貳、考察行程

交通部臺灣鐵路管理局因公出國行程表			
行程說明	日期	地點	主要行程概述
	6月11日(日)	台北/法蘭克福	去程(晚間出發)
	6月12日(一)	法蘭克福/巴黎	轉機與去程交通
	6月13日(二)	巴黎/倫敦	參訪倫敦 King Cross 車站
	6月14日(三)	倫敦	考察英國國鐵 Network Rail 位於 three bridges 的 TBROC 診斷及監管系統
	6月15日(四)	倫敦 / 阿姆斯特丹	轉乘與交通
	6月16日(五)	阿姆斯特丹	考察軌旁電務設施 參訪荷蘭鐵路公司(ProRail)、阿姆斯特丹 CTC 行控中心、電子聯鎖系統及號誌監控中心
	6月17日(六)	阿姆斯特丹	參訪 荷蘭 鐵路 博物館 (Het Spoorwegmuseum)
	6月18日(日)	阿姆斯特丹	轉乘與交通
	6月19日(一)	阿姆斯特丹 / 科隆	考察軌旁電務設施 參訪德國國鐵網絡公司 (DB Netz) 、研發中心、研討聯鎖、通訊及電力系統
	6月20日(二)	科隆/法蘭克福	考察軌旁電務設施 參訪德國國鐵網絡公司(DB Netz) 、研發中心、研討聯鎖、通訊及電力系統
	6月21日(三)	法蘭克福	回程交通
	6月22日(四)	法蘭克福/台北	抵達台北

參、參訪紀要

此次參訪法國巴黎車站、倫敦 King Cross 車站、考察英國國鐵 Network Rail 位於 three bridges 的 TBROC 診斷及監管系統、荷蘭鐵路公司(ProRail)之阿姆斯特丹 CTC 行控中心、荷蘭鐵路博物館(Het Spoorweg museum) 、德國國鐵網絡公司(DB Netz) 、及德國國鐵網絡公司(DB Netz)等軌道相關設施，並實際訪察 德國、荷蘭鐵路機構及英國、法國等號誌設備及車站旅運設施現況，對本局未來號誌系統規劃之方向提供不少助益，以下就參訪內容說明如下：

一、法國巴黎車站參訪

此行考察團隊搭乘中華航空班機於德國的法蘭克福機場抵達歐洲，再轉機至目的地法國巴黎的戴高樂機場，由於法蘭克福機場內過境需移動至不連接的航站大樓，因此需搭乘機場內之 RER-B 路線之 APM (自動化無人駕駛電車)(如圖 1、2)列車前往巴黎北站 - (網路照片)，在轉乘過程須通過機場車站門扉式閘門(如圖 3)，站內旅客動線正上方懸吊有路線資訊、列車時刻資訊動態顯示板，方便旅客在行進間，即能明顯閱覽方向及搭乘資訊(如圖 4)



圖 1 APM (自動化無人駕駛電車) 圖 2 APM 採用膠輪平面軌道



圖 3 戴高樂機場轉往連通的機場車站閘門(門扉式)



圖 4 站內的路線資訊、列車時刻資訊動態顯示板

(一)參觀巴黎北站(Gare du Nord)

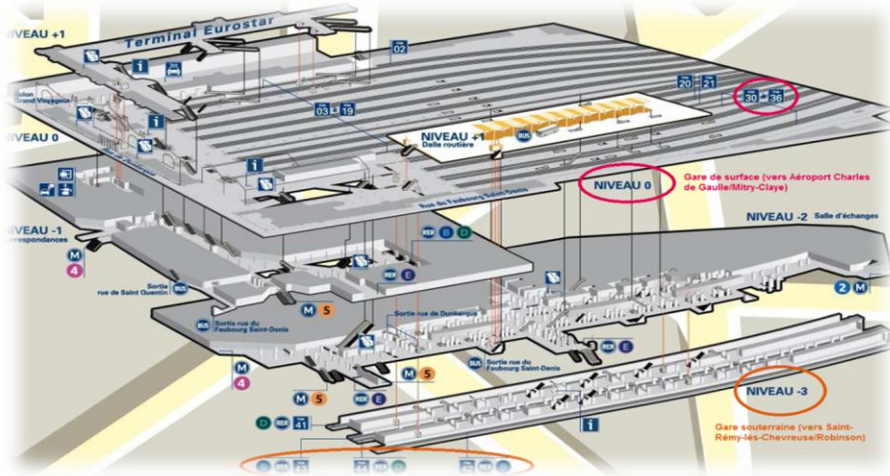
巴黎北站(Gare du Nord)是法國國鐵在巴黎的七大列車始發站之一，位於巴黎市區北部的第十區，包含了多種鐵路運輸服務和城市軌道交通服務，如巴黎地鐵、區域快鐵、城際鐵路、省際列車、TGV 及歐洲之星等各種列車。每年約有 1.8 億人次旅客人數，目前是歐洲最繁忙的鐵路車站，也是世界上第二十四繁忙(即是全世界在日本以外最繁忙)的鐵路車站(如圖 5)。



圖 5 巴黎北站(Gare du Nord)

(二)參觀巴黎北站地面站

巴黎北站的站體有地下 3 層，地面 2 層，一樓平面層採開放式月台（除歐洲之星外）。地下 3 層採區域快鐵/RER-B (@ -3) 和巴黎地鐵 (@ -2) 共站。地下站在付費區內還有地下商店街 - （網路照片）



考察團隊到達巴黎市區的下午時間，參觀巴黎北站一樓平面層的主要鐵路車站月台區，在一樓平面層的主鐵路車站月台區上有各式各樣類型的列車並排停留，提供前往法國及歐洲各不同目的地的服務(如圖 6)。



圖 6 鳥瞰巴黎北站一樓平面層的車站月台區

月台停有巴黎直達比利時首都布魯塞爾的 Thalys 高速列車。由於這兩個城市都在歐盟區內，是採開放式月台，方便大量進出旅客搭乘(如圖 7)。



圖 7 Thalys 高速列車及開放式月台

(三)參訪位於英吉利海峽中的海底隧道之運營單位

原訂計劃為參訪位於英吉利海峽中的海底隧道之運營單位-歐洲隧道 (Eurotunnel)及其營運中心、備援行控以及維修通道，但由於近期在法國和英國境內發生多起的恐怖襲擊事件，隧道管制區的安全管理已經由英法兩國警察單位接管；導致於原本由運營單位安排和核准之行程在前一天接獲通知，本項行程被警方以申請參訪人員為非屬歐盟居民為由被拒絕。

上述突發狀況，本日替代活動安排為：乘坐歐洲之星(Eurostar)從巴黎到英國倫敦，歐洲之星路線行駛距離約 450 公里，穿越海底隧道平面路段 50.45 公里，途中最高時速約每小時 320 公里 (如圖 8)，以及參觀倫敦市的兩個主要車站之車站區。



圖 8 搭乘歐洲之星路線

歐洲之星搭乘通道口位於巴黎北站廣場一樓，但需要先通過位於二樓的法國海關以及英國海關作出境查驗，其中包括護照和行李檢查(前方海關區為安全管制區(如圖 9)，禁止拍照、攝影。



圖 9 巴黎北站法國及英國海關管制區

歐洲之星列車車廂設施

歐洲之星列車車廂有免費提供無線 WIFI 網路(如圖 10)，每節座椅是固定方向式，4 位乘客(對坐)座椅的中央具有小桌，其座椅上方以黑白顏色分別圖示(如圖 11)、標註座位及小桌外緣可活頁伸縮(抽取式)與本局普悠瑪列車固定桌不同(如圖 12)，便於靠窗乘客進出座位，在兩座位間設有充電插座及耳機插座、播放選擇開關(如圖 13)，極具多工及人性化設計，值得本局新購列車設計參考。另於每節客車車廂內設置 2 處雙層大型行李櫃(如圖 14)，且列車前後兩端各附掛餐車 1 節，方便旅客飲食消費。



圖 10 免費提供無線 WIFI 網路



圖 11 座椅黑白顏色分別圖示、標註座位



圖 12 小桌活頁伸縮有多功能及人性化設計



圖 13 雙排座椅間設有充電插座及耳機插座、播放選擇開關

餐車提供各種小吃和西餐，另有各式的酒類與飲料服務，餐車兩側設計流線式吧台、桌子供旅客站立使用，不提供飲食固定桌位，動線寬敞，視覺優美(如圖 15)。



圖 14 車廂中間設置大型行李櫃



圖 15 歐洲之星列車餐車

二、 參訪英國 King Cross 車站旅運設備

聖潘克拉斯國際車站(St. Pancras International)月台廊道以弓形鋼樑結構，屋頂覆以透明玻璃，具建築美學及自然照明、通風等綠能特色功能(如圖 16)。



圖 16 聖潘克拉斯國際車站(St. Pancras International)月台廊道

聖潘克拉斯國際車站是一終端車站。每一列車到達月台停留即以換端駕駛運行，因此在每一股道之末端處皆有以 ATS/ATW 地上感應子設置，具有提醒駕駛員停車位置功能，並防止列車逾越停車點緊急緊軔的功能，這屬單一功能設備與 ATP 列車自動防護系統無聯鎖關係。(如圖 17)



圖 17 列車停車位置裝有 ATS 地上感應裝置(防護衝撞)

歐洲之星列車為通往英法兩國之高速鐵路，為應龐大旅運人次往返，其旅運餐車之貨物、車遞物品以連結月台接駁車運輸，為達效率、快速、安全，設有搭橋接版，方便裝卸作業(如圖 18)。



圖 18 列車與月台接駁車之搭橋接版

參觀車站旅運設施時發現開放月台上各入口上方設指引標示及豎立列車車廂停留位置，方便旅客候車辨識(如圖 19)。還有車站大廳通往各月台的明顯處有各家營運商設置訂取票自動售票機，特色是在候車大廳通道明顯處，採用多數單機分開設置可分散旅客排隊等候時間，與本局皆以集中設在售票窗口旁且收納牆壁內有所差異(如圖 20)。



圖 19 月台指引標示及定點標示列車車廂位置



圖 20 訂取票自動售票機

車站上下樓層旅客進出，設置電扶梯中間連接電動通道，方便攜帶行李旅客輕鬆、快速轉乘(如圖 21)。



圖 21 車站上下樓層電扶梯及連接電動通道

歐洲之星於聖潘克拉斯國際車站(St. Pancras International)抵達英國倫敦，月台上停了新型和舊式的歐洲之星列車(如圖 22)。



圖 22 新型和舊式的歐洲之星列車

在聖潘克拉斯國際車站月台的抵達端，該站著名的雕像迎接著乘歐洲之星到來的遠方乘客，乘客通過多重的單向門離開該管制區域(如圖 23)。



圖 23 聖潘克拉斯國際車站-著名雕像

聖潘克拉斯國際車站是一座歷史悠久的建築(原建築於 1868 年建成)，同時也是現倫敦聖潘克拉斯萬麗飯店 (St.Pancras Renaissance London Hotel,原飯店於 1873 年開業) 所在地。(網路照片)毗鄰聖潘克拉斯國際車站是倫敦最繁忙的火車站之一，國王十字車站。



圖 24 倫敦聖潘克拉斯萬麗飯店及國王十字車站

國王十字車站(英語:King's Cross Railway Station)是一個 1852 年啟用的大型鐵路終點站，位於倫敦市中心的國王十字地區，在康登倫敦自治市與伊斯林頓區的交界線靠康登倫敦自治市一側。由 A501、尤斯頓路和約克路連接。目前擁有 12 個(0-11 號)月台。在國王十字站的西邊，緊接著就是聖潘可拉斯站、新不列顛圖書館和尤斯頓站(如圖 24)。

國王十字車站是英國鐵路幹線東海岸主線的南端終點站。它的西側緊靠著歐洲之星國際列車的終點站——聖潘可拉斯站。這兩個車站以倫敦地鐵的國王十字聖潘可拉斯站作為共同的聯外地鐵站。

2007年11月14日，重建之後的聖潘可拉斯站代替滑鐵盧國際車站成為1號高速鐵路在倫敦的新終點站。歐洲之星列車經停於里爾歐洲站、巴黎北站和布魯塞爾南站。從2009年開始，英國國內的東南鐵路公司將在肯特的1號高速鐵路上設置新站。國王十字站有很多開往英格蘭蘇格蘭的東部和北部的路線，連接很多大城市，例如劍橋、彼得伯勒、赫爾河畔京斯頓、唐卡斯特、里茲、約克、紐塞、愛丁堡、格拉斯哥、鄧迪、亞伯丁和印威內斯。

東海岸國家快速列車公司：在東海岸主幹線通往彼得伯勒、唐卡斯特、里茲、韋克菲爾德、約克、達靈頓、達勒姆、紐塞中心站、愛丁堡韋弗利站、格拉斯哥中心站、鄧迪、亞伯丁和印威內斯的城際列車。這個公司還計劃在2010年增加開往林肯中心站。東海岸國家快速列車公司是國王十字站的「主營運商」。

第一首都連接鐵路公司：開往北倫敦、哈特福郡、貝德福德郡和劍橋郡的郊區和地區路線。

第一赫爾列車公司：經東海岸主幹線開往赫爾的城際列車。和它的姊妹公司不同，第一赫爾列車公司沒有列車營運公司的特權，但在「開放路線」協議下營運。

大中心鐵路公司：開往北約克郡、達勒姆縣和桑德蘭的城際列車。列車也通過東海岸主幹線，這個公司同樣是「開放路線」營運商。

(一)傳說的9又4分之3月台

國王十字車站亦是英國鐵路幹線東海岸主線的南端終點站。它除了西側緊靠著歐洲之星國際列車的終點站——聖潘可拉斯站。這兩個平面車站並以倫敦地鐵的國王十字聖潘可拉斯站(King's Cross St Pancras tube station)作為共同的聯外地鐵站，位於地下的倫敦地鐵國王十字聖潘可拉斯站 接受來自國王十字和聖潘可拉斯兩個火車站的人流，同時它是倫敦通過路線數最多的地鐵站，因此它也是倫敦地鐵最繁忙的車站。2005年，

鐵道網公司宣布了一個 4 億英鎊的修復計劃，這個計劃在 2007 年 11 月 9 日由卡姆登議會批准。車站計劃把車站的弓形屋頂完全修復，把 1972 年增築的建築完全拆除，改造成一個露天廣場。

車站西邊，大北方酒店後邊，將拆除一些附屬建築，建設一個一個半圓形的候車大廳，以弧形鋼樑構成大屋頂，無支柱設計，透視無死角，配合多色 LED 燈變換，具建築美學及自然透光、通風特色，於 2012 年竣工(如圖 25)。形成本次參訪時所見之現況。在付費區外(月台 9 和月台 10 之間)，有一個旅遊景點：哈利波特電影中「傳說的 9 又 4 分之 3 月台」(圖 26)與哈利波特電影(華納兄弟影業)的商業化合作，以角色扮演攝影與紀念品為站內購物區商店街創造了額外的人潮與商機。



圖 25 半圓形的候車大廳



圖 26 傳說的 9 又 4 分之 3 月台

(二)國王十字車站的號誌設備參訪

考察團隊申請進入了國王十字車站的月台區，該站付費區域採開放終端式，共有 12 個股道(如圖 27)，並參觀車站號誌設備，其軌道旁號誌設施仍以單一傳統軌道電路偵知列車尚無設置計軸系統備援系統，其號誌聯鎖系統還維持繼電聯鎖系統階段，仍使用屬於老舊號誌系統架構(如圖 28)。



圖 27 站內股道鳥瞰及月台採開放終端式



圖 28 道旁號誌設備

值得一提是歐洲鐵路軌道旁號誌設備之號誌機設置，為提供司機員能在無遮蔽死角之最遠視距瞭望號誌顯示，大部分號誌機以單獨設置在U形維修通道或與電車線門型架共構，在維修通道上有號誌機平台及跨越軌道電纜線管道，可確保號誌維修人員工作域不會侵入行車淨空內，亦可避免工務養護維修道床、軌道而破壞號誌設備，此一架構設置值得本局號誌設備建置參考(如圖 29)。



圖 29 號誌機懸掛於軌道正上方或與門型架共構

因國王十字車站為起始車站共計有 12 個股道，銜接站外 3 股道列車進出兩站間須越過繁榮市區，在早期規畫建置時就以地下隧道系統通過設計，可避免設置地面平交道遮斷交通運輸之瓶頸效應，該站場轉轍區間採以 X 型道岔鋪設，以增加列車運行股道效率，提升運能設計(如圖 30)。



圖 30 轉轍區間 X 型道岔

站內月台股道設有各種油壓、機械型式止衝擋防止因制軔失宜，所造成列車出軌或損壞(如圖 31)。另月台與月台間設置天橋式通道，可經由通道二側上下月台，一側為電扶梯、一側為電梯，電扶梯上下起迄之腳踏板，以 5 個平踏板設計，方便大型行李及年長者旅客進出動態之緩衝安全(如圖 32)。



圖 31 機械、油壓型式止衝擋



圖 32 月台天橋電扶梯上下起訖之腳踏板及升降電梯

亦考量設備維修或因故障停用時之警示隔離旅客進入，在電扶梯上下起迄處，設置固定伸縮式警示帶裝置、明顯緊急停機按鈕，有收納簡潔美觀，不佔空間及緊急時辨識等功能(如圖 33)。

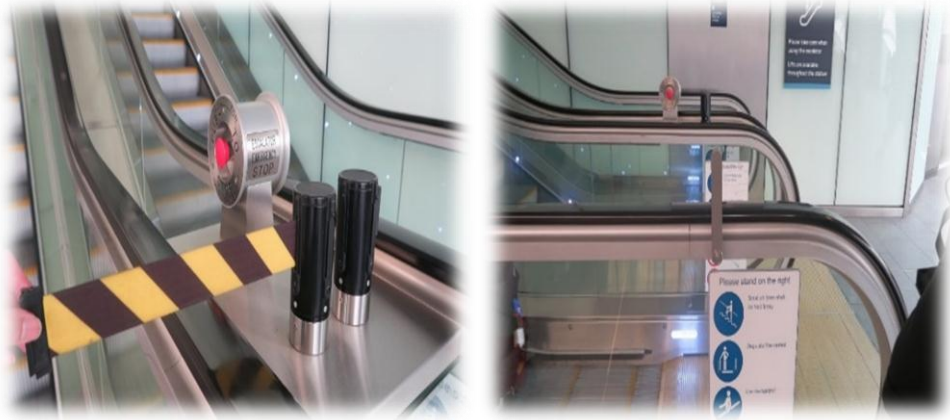


圖 33 固定伸縮式警示帶裝置、緊急停機按鈕

(三)號誌設備安裝建置參考

考察團隊在參觀國王十字車站相關規劃、管理及設備後，特別有兩點值得本局做為參考。

- 1、號誌機採用門型架安裝於軌道正上方。有鑑於台灣地形環境崎嶇山地彎道多，軌道旁兩側邊坡自然生長林木及電力桿林立遮蔽，肇致路線有許多視距不良之問題，一般均採用號誌預告號誌機方式解決。如可以採用跨軌門型架設置號誌機，不僅將可以簡化號誌預告機設置，更增加駕駛員瞭望號誌機顯示更佳之視距(如圖 34)。



圖 34 號誌機設軌道正上方或門型架共構維修通道、號誌機平臺

- 2、號誌機遮罩不限於僅安裝於燈號正上方，可視股道配置狀況將遮罩安裝於側邊，如此對駕駛員可以提供更明確的號誌機訊息而不至於混淆，避免誤判(如圖 35)。



圖 35 號誌機遮罩非只設置於上方，可避免不同股道誤判。

在月台上停留一列舊型列車，車廂門並非現今一般折疊式或抽拉式，而是向外推開門扉式，對旅客視距及行進動線會造成干擾，這種設計恐不符現代化車輛需求(如圖 36)。



圖 36 外開式列車廂門

三、參訪英國國營鐵路公司 Network Rail 位於 three bridges 的 TBROC 診斷及監管系統。

考察團隊乘坐英國國營鐵路公司(Network Rail)鐵路的泰晤士線(Thameslink) (如圖 37)到倫敦近郊的三橋(Three Bridges)，參訪行控中心 TBROC(如圖 38)。



圖 37 泰晤士線車站入口



圖 38 三橋營運中心外觀

(一)英國國營鐵路公司（Network Rail）參訪

英國國營鐵路公司（Network Rail）是英國的一家國營鐵路公司。英國國營鐵路公司是英國、蘇格蘭和威爾士大部分鐵路網絡的所有者及基礎設施管理者。英國國營鐵路公司是運輸部的公共機構，沒有任何股東。公共機構於 2002 年成立，收入：62 億英鎊（2013 年），屬英國交通部管轄，員工人數：34000(如圖 39)。



圖 39 英國國營鐵路公司的服務臺

英國國營鐵路公司的主要客戶是負責客運的私人培訓營運公司（TOCs）和貨運經營公司（FOC），他們為公司擁有和維護的基礎設施提供列車服務。自 2014 年 9 月 1 日起，英國國營鐵路公司被列為「公共機構」。雖然它擁有超過 2500 個車站，但英國國營鐵路公司只管理最大和最繁忙的 18 個，其他車站由一個或其他各種列車營運公司（TOC）管理。

2010 年，英國國營鐵路公司選擇三橋作為其在英國東南部經營列車號誌中心的首選站點，是倫敦，布萊頓和未來泰晤士等處通信服務的核心。該中心位於三橋站以南 0.5 公里的 1.7 公頃位於 Arun 山谷線和 Brighton 主線之間的交叉處，基地面積約 1.7 公頃，東部位於 Thameslink 機車車輛列車的擬建庫區設施，同時正在規劃發展。運營中心大樓設計為 71.45x34.8 公尺的三層建築，面積為 6,980 平方公尺，提供鐵路營運、管理及培訓設施。設備主要在一樓，操作室位於二樓和三樓。

三橋營運中心，比鄰 three bridges 車站，為 Network rail 劃分英國三個地區行控中心之一，此行控中心除了一般列車運轉調度功能之外，另整合應變處理、網路客訴(透過電腦自動搜尋)回應、營運(2 家)與基礎建設廠商入駐、營運中斷調度、車站 CCTV 控制、車上監控等多項功能予以統合運作。另 Network rail 積極推動 Level 3 升級作業，主要係為縮短車距、降低維護成本及提升可靠度等三大目標。

2011 年 12 月，英國國營鐵路公司開始在三橋建設鐵路營運中心（TBROC），為全國性十四個之一的鐵路營運中心，旨在取代數以百計的道

旁號誌箱（約八百個）及其他控制地點，三橋中心的建成是為了控制蘇塞克斯地區的鐵路運營(如圖 40)。該設施由 C. Spencer 有限公司建造，該設施於 2014 年 1 月正式開放。該站為 Brighton 主線在南部鐵路公司和英國國營鐵路公司所有權之間的重要交匯處，目前由南部鐵路公司與泰晤士列車運營公司提供列車服務。

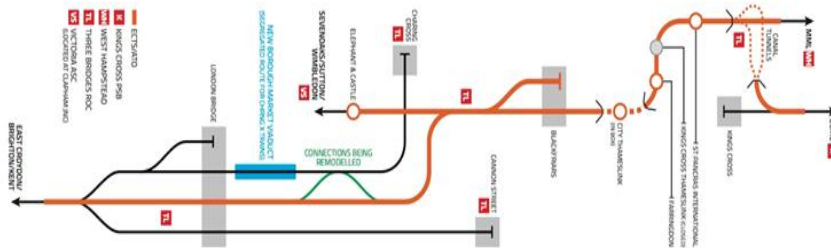


圖 40 英國國營鐵路公司三橋站相關營運路線圖

(二) 參訪三橋運營中心號誌系統

三橋運營中心號誌系統採用了新式的歐洲列車控制系統（ERTMS）和交通管理（TM），允許列車以最好的速度行駛，同時保持安全的煞車距離。除了 TM 程序，將經由最大化現有軌道可支持的吞吐量，大大提高路網容量。此營運中心即為本次參訪之重點(如圖 41)。

考察團隊實際進入一層樓綜合控制中心(OCC)，在號誌操作上包含運行車輛調度、兩家獨立運營商、客戶服務、社交媒體和緊急應變等等。號誌操作員使用基站型工作站，具有多個螢幕設置，可以適應其個人操作習慣轉換顯示內容，類似本局就地控盤之 CVDU 裝置系統，惟不具有本局中央行車控制中心另設大型顯示盤面裝置。對其緊急事故應變需藉由一套聯絡管理制度(SOP) 協調調度指揮系統，與本局行車調度作業有所差異。





圖 41 綜合控制中心(OCC)

(三)參訪行控 RBC 號誌系統機房

參訪該行控（ERTMS）之 RBC 機房，該設備室採集中式設置，寬敞空間可以同時符合更多的後續擴充及配合新建設備集中系統需求，室內號誌系統機電連結電纜配線工整有序(如圖 42)，供應系統之開關連結架構標示於箱體外表，還有將列車控制系統(ERTMS)之系統架構圖、各區無線閉塞中心(Radio Block Center, RBC)管理傳輸涵蓋範圍，以圖示列表張貼於明顯牆壁上，可一目了然地查閱對照，有利於故障查修快速對照、分析功能，可防止錯誤判斷及縮短故障排除時間的效果(如圖 43、44)。



圖 42 電纜配線工整有序



圖 43 無線閉塞中心(Radio Block Center-RBC)機房



圖 44 列車控制系統（ERTMS）之系統架構圖

(四) NETWORK RAIL 升級計畫

從 2014 年開始，直到 2019 年，英國國營鐵路執行了一項重要的全面性改進計畫，以因應日漸成長的旅運客量及飽和的軌道運輸系統，更可以提供更多的鐵路網絡容量，減輕路線擁擠。主要優點包括更長，更快，更頻繁的火車。更好，更可靠的基礎設施；最佳的乘客設施，特別是在車站。其中一些項目包括國家重點工作計畫，如電氣化或改善車站，也為英國各地的社區進行了有針對性的改善。

1. 其中，有關於號誌系統部份，主要是將舊有的、分散於各地的號誌運轉單位集中化、電子化等。
2. 對於傳統鐵路的升級為至關重要的，但不能在不投資巨大金額的情況下增加主要的資產、且不得導致重大的干擾及消耗太長的時間。

所以只能在現有設備情況下，提高其創造的產值。所以，經由使用列車號誌系統 ERTMS Level 2、(In-train signalling，稱為歐洲列車控制系統)及交通管理系統(Traffic management system)以優化列車在路網上運行的速度及移，在無監控的情況下，使列車得以更短車輛間距的行駛(如圖 45)。

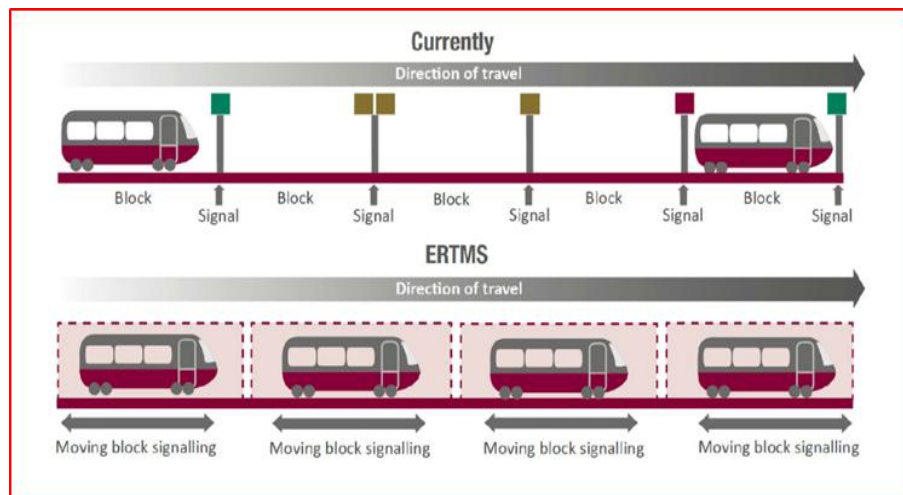


圖 45 NETWORK RAIL 過去號誌控制與現代號誌控制比較系統之整合

(五)升級計畫內，英國國營鐵路整合了以下系統：

1. 歐洲列車控制系統 (ETCS)：允許火車在更高的速度下運行，同時保持安全的煞車距離。連接駕駛員諮詢系統 (CDAS：Connected Driver Advisory Systems) +自動列車運行 (ATO)：為駕駛艙內司機員提供決策支援，以便他們在正確的時間獲得所需的信息，以提高性能和安全性。
2. 流量管理 (TM)：當列車在路網上之移動時使其效能最大化，最大化現有軌道可以支援的吞吐量，並隨著路網狀況的變化而實時調整以幫助快速恢復。
3. 電信+數據：經由 FTN 和 GSM-R 系統，將支持並連接所有這些系統。
4. 產業完備性：建立容量和能力，開發專業知識。使員工和產業能夠採用新技術和工作方式，建立數位功能，並最大限度地發揮整體系統的優勢。

(六)ERTMS Level 2 號誌行車系統

ERTMS Level 2 號誌行車系統是列車上裝載鐵路無線通訊系統

(ERTMS/GSM-R)標準設備，並在道旁配合安裝同標準之無線基地台。當列車移動權或允許移動距離的途徑，不再是道旁號誌顯示資訊，而是來自無線閉塞中心(Radio Block Center, RBC)，連結至號誌連鎖系統，並將號誌訊號經由無線基地台，傳送至列車駕駛室之顯示器，顯示該路段允行速度，實現車載號誌(Cab signal)之功能。該系統地面與車上訊息傳遞路徑，以鐵路無線通訊系統作為號誌訊息傳輸元件。它除了將號誌之即時資訊，以無線方式傳輸引導行車外，亦結合地上感應器偵測出列車位置識別碼，回傳至無線閉塞中心的電腦進行解碼與計算。由於列車與地面間之資訊通訊由鐵路無線通訊系統提供，列車定位資訊則由地上感應器提供，因此不需道旁號誌，可完全依靠車載號誌運作。

1. 主要特性：

- (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) 地上感應器不再提供移動權，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，使訊號傳輸無線化。
- (7) 所有訊息皆可透過鐵路無線通訊系統直接傳送。

2. 預期效益

針對號誌部份，英國國營鐵路公司預期，自 2011~2012 年開始推展鐵路升級(如表 1)計畫後，至 2018~2019 年，其號誌系統效率將可以大幅提升。其估計如下圖(如表 2)。

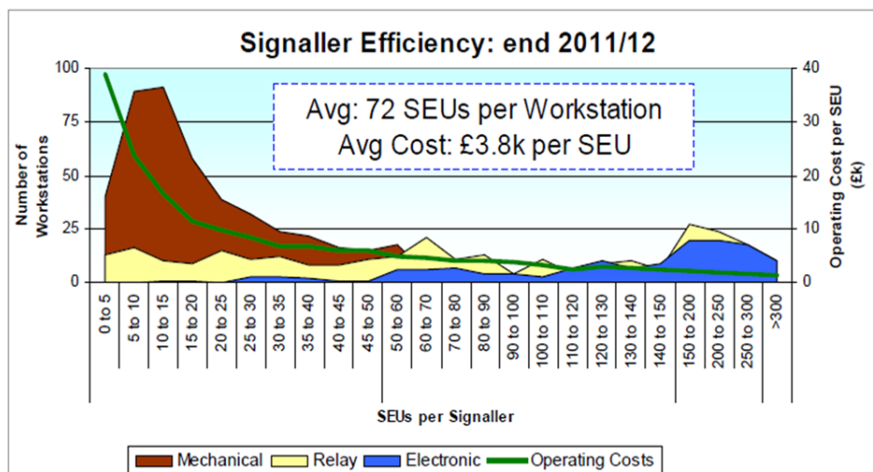


表 1 2011~2012 年底之號誌成本效益

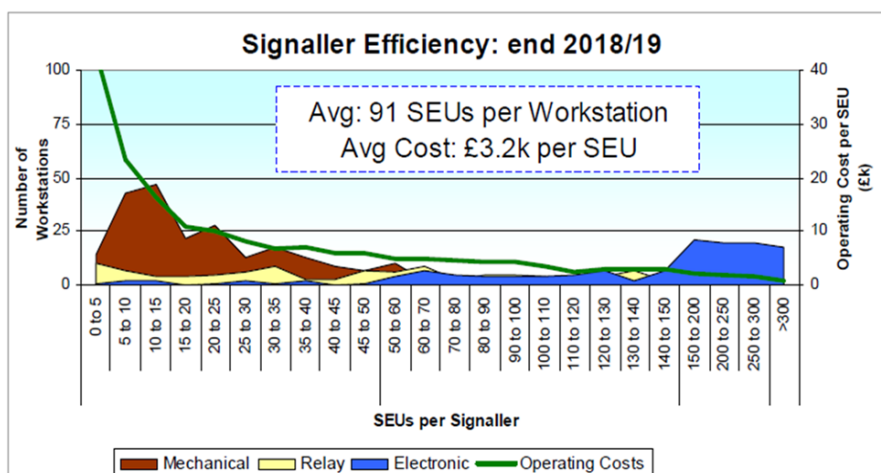


表 2 2018~2019 年底之號誌成本效益

四、參訪 Frauscher 公司

考察團一行人前往弗蘭布 (Franbrough) 車站參觀旅運設施(如圖 46)，再參訪 Frauscher 公司。該公司所生產的集中式計軸系統(如圖 47、48)，已於 98 年在本局沙崙支線安裝 24 組，迄今甚少發生故障情形，堪稱高可靠度設備。



圖 46 充滿了英倫氣息的弗蘭布(Franbrough)



圖 47 Frauscher 的計軸器計算單元 圖 48 Frauscher 新式計軸器

(一)集中式計軸器設備偵知應用技術

集中式架構，計軸頭將類比訊號送至位於車站之軌道區間佔用評估設備後轉為數位訊號，以 EN50617-2 之定義下，軌旁無任何電子計算單元(如圖 49)。

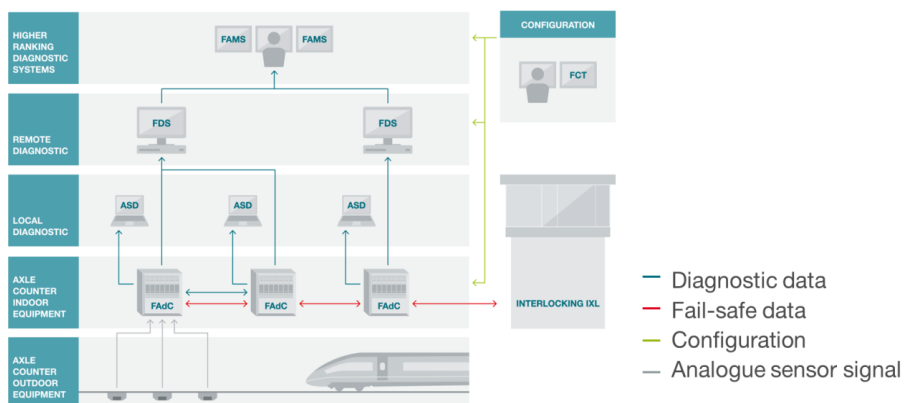


圖 49 新式計軸器應用架構

(二)新科技軌道及沿線設備之防護系統應用(DAS)

另介紹了其所生產的新型軌道應用系統 DAS(Distributed Acoustic Sensing 分散式聲學傳感系統)其工作原理係基於光纖的特性：聲波遇到此類光纖時會改變光纖中鐳射脈衝的反射情況。這種變化是可以作為相關狀態探測的資訊。配合科技軟體研發的演算、比較可將這種可測量的信號轉化為有價值的資訊 - 例如移動的車輛、人員或其他事件（如軌道上的相關作業）的相關資訊。藉助於 DAS，單模光纖可簡便、快速地轉化為虛擬麥克風。為此，僅需要在相關纖維的端部進行最低程度的干預，因為軌道系統往往已經配備有光纖裝置，所以可利用既有的資源來實現鐵路基礎設施中的相關設備應用(如圖 50、51)。

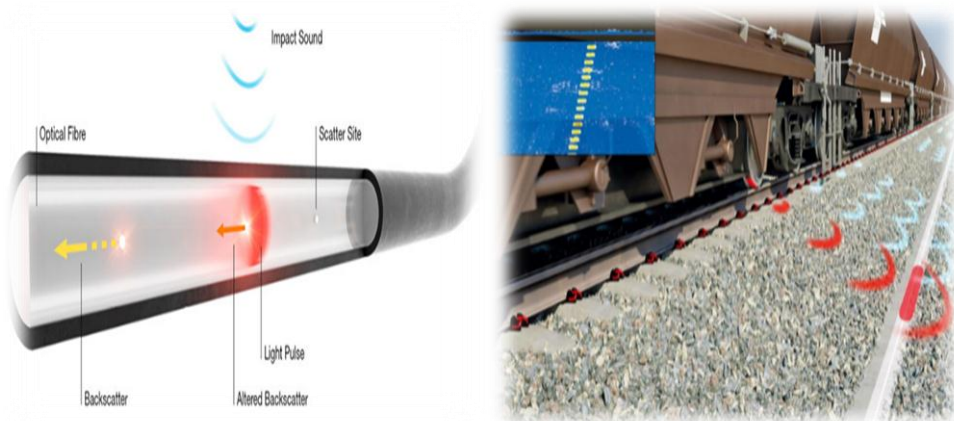


圖 50 分散式聲學傳感系統工作原理 圖 51 分散式聲學傳感系統工作應用

(三)DAS 的應用

DAS 的應用可以在很多不同層次(如圖 52、53)，例如：

1. 列車行駛產生的振動聲波，引起光纖內光波逆向反射強度產生變化。
2. 測出光纖的變化訊號轉換成闖入軌旁的人的訊息。
3. 測出光纖的變化訊號轉換成闖入軌旁的動物或平交道的私人汽車的訊。
4. 測出光纖的變化訊號轉換成路軌斷軌的訊息。
5. 測出光纖的變化訊號轉換成電纜偷盜者的訊息等。

據了解，目前對於 DAS 的應用，Frauscher 公司已經與多家歐洲軌道營運公司展開各項實際性應用的測試研究，由於 DAS 系統需要先收集大量的基礎營運資料，以建立各式訊號的模式資料庫，並再經由特殊的演算編譯後，才能應用到實務面。所以，雖說在目前有許多項測試工作展開，還尚未有較為明確的應用成果。

但是，DAS 技術是一項新的低成本（應用現有光纖）、易實現（所有道旁幾乎都有光纖）的技術，其未來之發展，值得本局觀察，並適時引入成功的案例及技術，有助於軌道及沿線設備之防護應用。

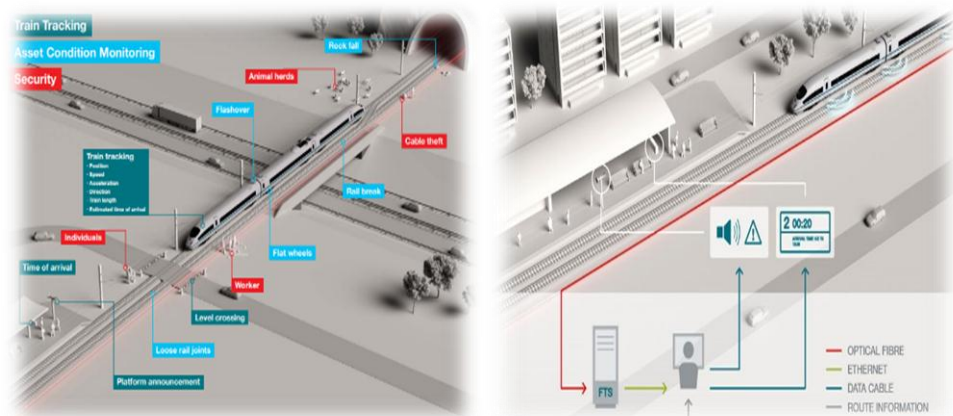


圖 52 使用光纖與雷射脈衝，偵測車輛、軌道設備的即時狀態與安全監控

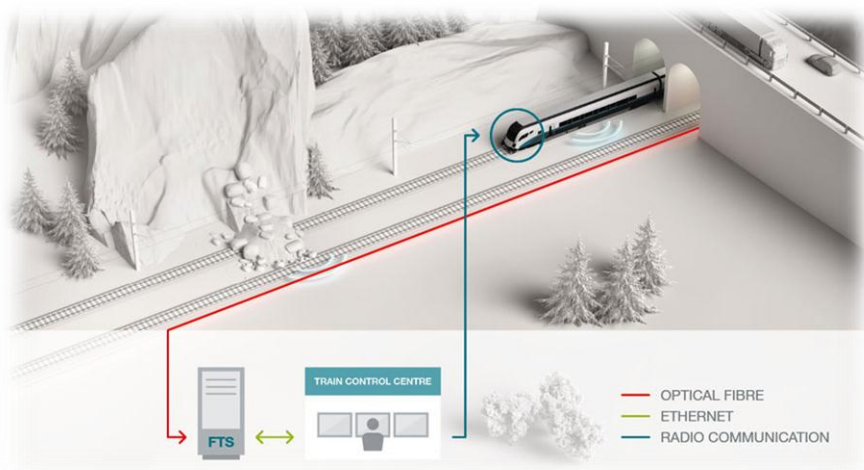


圖 53 光纖偵測到落石產生的聲波與震動，並透過 FIS 設備傳輸至 CTC，再由調度人員對列車下達停車指令。

五、參訪 Bombardier 及 Prorail 公司

拜訪 Bombardier 公司，由資深技術人員介紹目前歐洲導入 ERTMS 之經驗，現場並與考察團人員針對相關議題進行交流與討論(如圖 54)。



圖 54 龐巴迪公司(Bombardier)

(一)參訪歐洲推動號誌系統升級及建置作業情形

Bombardier 公司位於荷蘭 Utrecht Central Station 旁，說明該公司於參與歐洲推動號誌系統升級及建置作業情形，在歐洲 ERTMS 推動計畫中提供一個可運作之指導與步驟。歐洲號誌系統升級採建進方式，如新車採購為 ERTMS 系統，但舊車仍為 ATP 系統，但兩者兼容運作，該公司為荷蘭 Prorail 建置號誌系統並負責 25 年維護工作，屆期時，本維護工作將辦理公開招標，且該公司負有辦理技術移轉之義務，惟其衍生之費用由業者負擔。另平交道部分，荷蘭 Prorail 原則上不同意於 4 軌區段設置平交道，外側二軌以快速車使用為主，內側二軌則以慢車與貨車為主。且經調查分析，荷蘭民眾於平交道等候時間以 25 秒為適宜忍受時間，故該國以此為原則，規劃各式平交道之遮閉時間。再車輛維修部分，荷蘭 Prorail 與 Bombardier 及維修商分別簽訂維修合約，維修商負責一般設備維護，Bombardier 負責系統解決與重要零件提供。該公司資深技術人員介紹目前歐洲的 ERTMS 經驗，並於現場與考察團隊另針對相關議題進行交流與討論(如圖 55)。

(二)參訪阿姆斯特丹中央車站

會後該公司技術人員陪同考察團隊到阿姆斯特丹中央車站(如圖 56、57、58)，並對車站區的號誌、道岔設備做了一個概要介紹，上面的照片顯示了一些信號設備的設置，不同的是，該車站區的月台區域內設置有道岔及切換線。

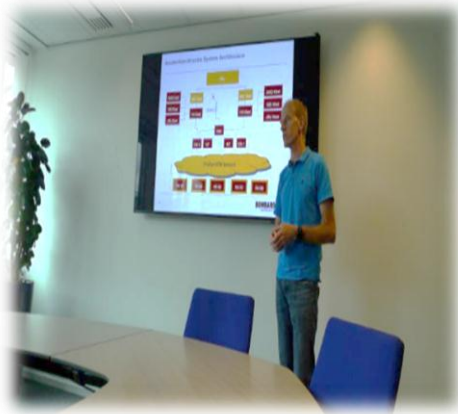


圖 55 ERTMS 技術人員交流與討論 圖 56 雙層列車增加旅客運能



圖 57 雙層列車內樓梯 圖 58 月台區域內設置有道岔及切換線

(三)參訪阿默斯福特車站

考察團隊乘坐火車前往擁有 758 年歷史的老城市阿默斯福特 (Amersfoort)，然後再到達由荷蘭國鐵(ProRail)建立的鐵路中心 (Railcenter)(如圖 59、60)。該中心是一個非盈利的獨立機構。鐵路中心是荷蘭軌道業聚集在一起的獨特之地。鐵路中心通過提供培訓以及提供業界相關的測試、分析服務，為軌道行業提供創新和知識共享的場所，以支持業

界提供更安全，更可靠的鐵路系統。ProRail 負責整個鐵路網絡：建設，維護，管理和安全。到 2017 年底，政府預計將向 ProRail BV 轉為獨立行政機構。ProRail 總部設在烏得勒支，在鹿特丹，阿姆斯特丹，艾恩德霍芬和茲沃勒等地設有辦事處。在烏得勒支，ProRail 位於莫雷爾斯堡的 De Inkpot 和 Tulpenburgh 建築內。2003 年 12 月 31 日，ProRail 僱用了 2829 人，2008 年 3 月 31 日有 3,015 人，而 2011 年初，這一數字已經增長到 4,500 人左右。截至 2014 年底，公司共有員工 3,916 人。



圖 59 Railcenter 企業大樓圖 圖 60 阿默斯福特站 150 週年彩繪玻璃

荷蘭鐵路由 ProRail 統籌營運管理，4 家維修承攬商，12 家承造商，23 家工程公司，40 家安全相關公司，28 家纜線承攬商或鑽掘公司，鐵路訓練機構為 Railcenter，認證機構為 Certification railert。

荷蘭擁有一千六百八十萬人口、在阿姆斯特丹就有四百萬人口，由於阿姆斯特丹為歐洲最重要之海、空、陸轉運中心、Prorail 每日營運載客量為一百一十萬人、每年管理三百二十萬列車、並為九家客運公司、及十九家貨運公司提供服務，其業務量之大，可見一般。經 Prorail 人員介紹，我們了解到 Prorail 的目標為：

1. 安全的軌道：零可避免的意外。
2. 可靠的軌道：零可避免的中斷（降低 30%）。
3. 準時的軌道：進一步提高列車準點度。
4. 永續發展的軌道：較少的能源消耗、站在 CO2 效能階梯上最高等級。

此外，Prorail 在營運管理上，目前的重要目標為：

- (1) 引入 ERTMS 號誌系統。
- (2) 更換生命終期之號誌設備。
- (3) 在預算減少之情況下提高效能。

在 1990 年代，荷蘭同樣採用繼電聯鎖系統及馬賽克盤之操作方式，但現今引進電子聯鎖系統、電腦調度等現代化設備，在政府的決策下，同時亦引進 ERTMS 的號誌系統。

在荷蘭引進 ERTMS 的過程中，一共分為四個階段(如圖 61)：

第一階段：2008 完成了 Betuweroute 路線

第二階段：2009 年完成了 HSL Zuid 路線

第三階段：2009 年完成了 Amsterdam - Utrecht 路線

第四階段：2012 年完成了 Hanzelijn 路線

相較於其全國全部之軌道路網，目前尚有許多路段是採用傳統的號誌系統，但其目標係在交通部層級的領導下，將全部路網均升級至 ERTMS，且最終極之目標為全面升級至 ERTMS Level 3(如圖 62)。

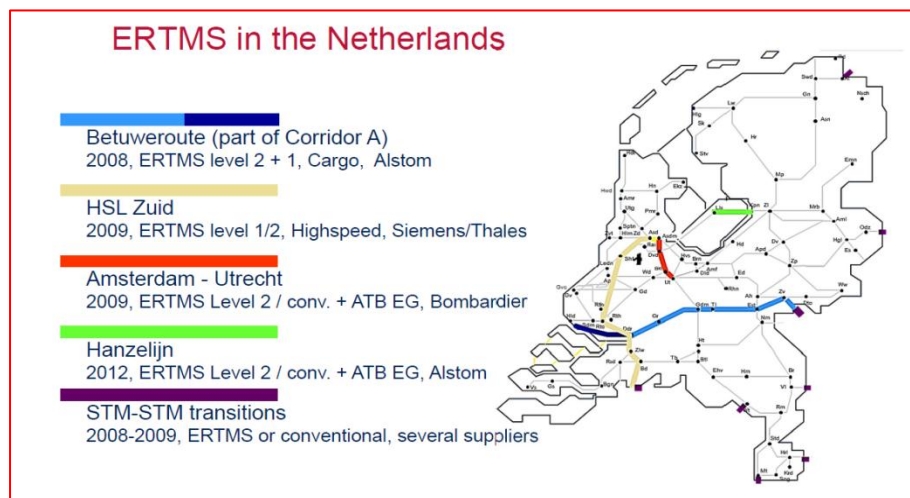


圖 61 為荷蘭推展 ERTMS 之階段性內容

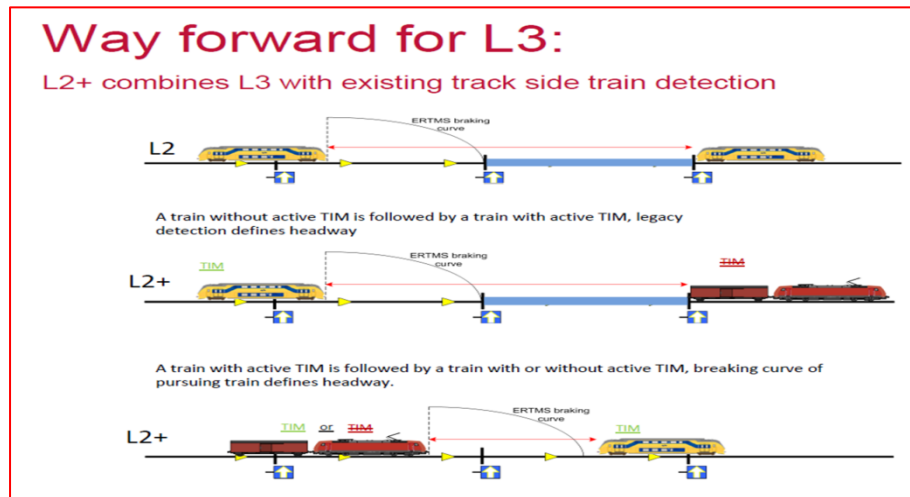


圖 62 ERTMS Level 2 邁向 ERTMS Level 3 的進程

Prorail 說明如何由 ERTMS Level 2 邁向 ERTMS Level 3 的進程。考量現有設備、經費、及其他要素，其升級過程非採一步到位之方式，而是採用混合不同設備及技術，逐步更新之方式。所以，在 Level 2 升級至 Level 3 的中間，加入了一個 Level 2+的過程，以避免自 Level 2 直接升級 Level 3 的過程中產生的許多難題，甚至會導致在未來產生後遺症。

另外，Prorail 公司亦介紹了在 Beturoute 路線的號誌系統升級到 ERTMS level 2 的心得與經驗：

- 1、ERTMS 的效率在目前是可以，但是尚不足以應付全國性的推展。
- 2、缺點：
 - (1) ERTMS 車載設備的品質問題
 - (2) 無線通訊（GSM-R 之問題、及干擾問題）
 - (3) 除了技術方面之改變，ERTMS 亦要求改變對 IM 及 RU's 各個層次的改變。
 - (4) 預期 ERTMS 所能達到的成本降低並未達成。
 - (5) 對 ERTMS 供應商之高度依賴性與相對較差的服務水準。
 - (6) 市場未對整個產品生命週期開放。

除了上述的號誌系統升級之外，ProRail 也說明了其關於軌道資產管理相關內容。為了提高效率並降低成本，歐盟經由分離傳統的壟斷性火

車運營和鐵路基礎設施管理，為鐵路市場引入了競爭。

1995 年，Nederlandse Spoorwegen (NS) 是荷蘭鐵路上唯一的鐵路公司；但二十年之後，有超過三十多家客運和貨運經營者和承包商。荷蘭政府從一開始就選擇了全面性，合法化及管理性地分離火車和基礎設施。業務關係在政府 - 運營商 - 基礎設施管理者之間的制度性三角關係中受到了監管，ProRail 為一個純粹的資產管理者並不擁有資產，資產是屬於荷蘭國家政府的(如圖 63)。

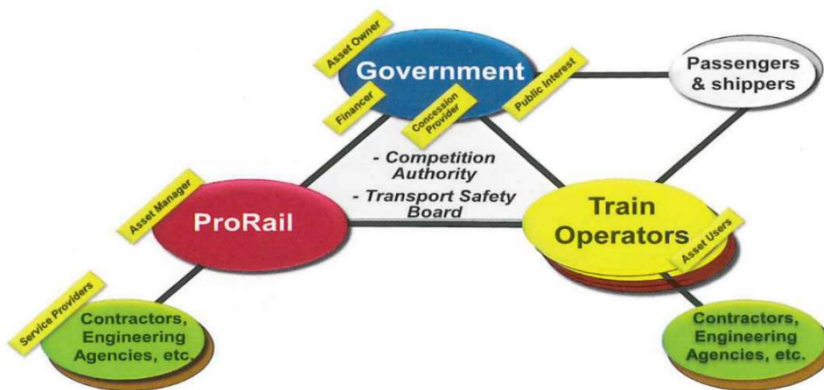


圖 63 荷蘭政府、ProRail、及鐵路營運單位之三角關係

基礎設施資產管理者的任務經由區分四個角色來明確定義：資產使用者、資產所有人、資產管理者、和服務供應商。

資產所有人：與大多數歐洲國家一樣，荷蘭政府是資產所有者，並為鐵路基礎設施提供資金，資產所有者確定所有利益相關方的需求，確定目標和可接受的風險水平，並對目標進行融資。

資產管理者：資產所有者的財務和風險架構內，資產管理者如 ProRail 決定了的在資產生命週期內的最佳和可持續的實現的目標。

服務提供商：(如承包商，顧問和工程公司) 執行和實施資產管理公司的計劃。

資產使用者是火車營運商。他們在路網聲明和通行協議的限制內使用資產，並支付使用鐵路基礎設施網路的接收使用費。

這些角色清楚地劃分了資產管理單位的角色可以組合在一個組織中，但應是各自獨立單位，以保持任務和責任的單純性。

如今三角關係運作良好，1995 - 2001 年期間的準點率從 85% 下降到 <80% (延誤超過三分鐘)，技術基礎建設設備故障因素，從同期的 5,500 增加到 8,000 多次 (如表 3)。

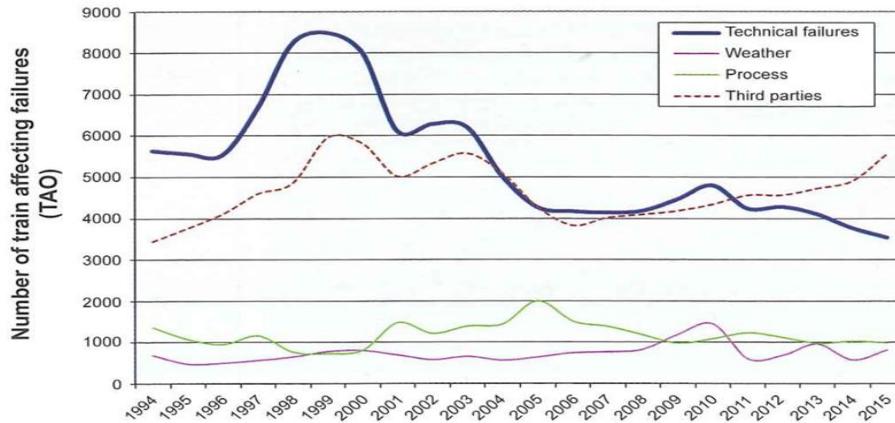


表 3 影響列車的基礎建設故障的發展

ProRail 作為基礎架構管理者的作用包括四個主要任務/過程：

1. 開發新的網絡容量和劃分現有網絡容量。
2. 設計和建造新資產。
3. 維護和更新現有資產。
4. 控制現有網絡。

這些主要任務涵蓋整個資產生命週期，並將利益相關的物聯網路需求與服務提供商的資訊運用知識和科技功能能相結合。ProRail 則是連接這兩個領域。資產管理是一種統籌在維護和更新設備系統整合的技術，連接影響基礎架構管理者和外部的所有作業流程。

資產管理是維護和更新的專業方式。這個定義可以直接與 ProRail 十多年前開發的概念模型相關聯。它描述了資產管理的本質，(如圖 64) 所示。



圖 64 資產管理的架構

ProRail 的鐵路資產管理方法的決定性因素是做出外包維護的決定。鐵路外部維修的決定是在 Nederlandse Spoorwegen 分離的時期進行的。目的是經由競爭提高效率和創新，從技術轉移業務重點。

在荷蘭採取的做法(如圖 65)所示的規格三角形。這個概念是在一組專案小組對 Railtrack 的工作訪問後於 1997 年設計的。解決方案是輸入規範或技術規範的使用;它是規範和控制三角形的誕生，決定的開始不是在三角形的頂部，而是在底部。

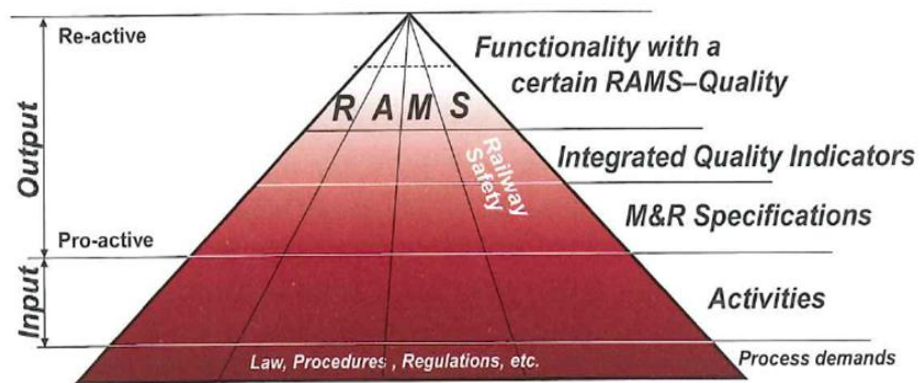


圖 65 RAMS 規格三角形

自 Prorail 開始委託外包商進行維護與更新之後，在不同時期的合約有不同的特點，從 1998 年至 2007 年期間，從基於投入的維護合約到技術輸入和整體運輸成效展現的統計分析，最終是以改進績效的合約逐步強化完整。

第一個小規模維修合約-「產出過程合約」(OPC) 分階段實施。它包括一般條件，合約是由八個步驟組成的過程且合約本身有三個部分：條件、職權範圍

及規範制定標準一致性，減少歧見和依據合約的工作計劃來維護及更新控制過程。

在 2002 年協議增訂一項條款，以促進客戶與承包商之間的伙伴關係，伴隨著控制之轉移，基於「管理完成單元的品質與付款之管理」的原則，係為輸入和輸出的一種管理組合概念，致成「OPC +」合約誕生。

後續決定制定一項名為 PGO 以效率為基礎的維護合約，規格被重新定義，並加強在效率控制層面，所以原有合約之規範和一般條件已完全重組。ProRail 在工作說明書中規定承包商應如何規劃、實現和控制維護過程，包含專案、處理組織以及合約管理的互動。並將風險管理納入為管理效率的技術，承包商的工作計劃則以 FMECA 為基礎，以致進化以下新版 PGO 合約規範(如圖 66)所示。

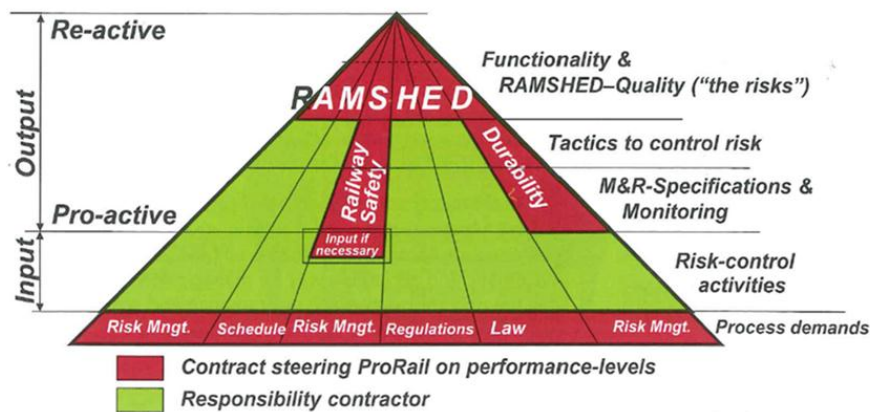


圖 66 不同規格級別的合約規範劃分責任區域界限

在風險管理方面，對於每個潛在的故障，風險被定義為概率乘以影響。這種風險/失敗取決於業務處理及設備運作狀態。資產風險為 RAMS (HED) 的業績和成本，來評估每個故障的概率和影響，並將值相乘以給定總體量。

ProRail 導入一個風險矩陣，明確訂定對業務目標的影響在六個層次上進行了描述，值介於 0 和 10,000 之間。風險機會以概率每年定義，從 0.001 到 100 分為六個步驟。因此，最低風險值為 (0 x 0.001)，綠色最大值 (10,000 x 100) 風險值為可接受，紅色為不可接受的值米色取決於情況 (如表 4)。

		Business TARGETS ProRail							RISK CHANCE						
		Image/Surrounding	Safety	Environment	Costs (financial damage)	Availability infra	Clean stations	Social Security stations	Access stations	Very unlikely 1*1000 1/yr = 0,001	Unlikely 1*100 1/yr = 0,01	Probably 0,1*1 1/yr = 0,1	Incident Yearly 1*1 yr = 1	Regular Monthly 1*1 yr = 10	Very regular Daily 100*1 yr = 100
RISK IMPACT	None to very small/0	geen negatieve aandacht in de pers	geen incident of schade aan de gemeenschap	geen impact op milieu, geen overstromingsgevaar	geen kosten	geen effect op de beschikbaarheid	geen effect op de veiligheid	geen gevoel van onveiligheid	geen effect op de toegankelijkheid						
	Small/1	negatieve aandacht in de plaatselijke pers	Buut periode	kleine gevolgen voor het milieu, licht of zwakke bevestiging, beperkte beschikbaarheid	10 K - 100 K	geen effect op de beschikbaarheid, 2-4 uur per dag of 10-15 per 2 uur max. 0-10 minuten vertraging op 250000 voor	matig effect op de veiligheid, beschikbaarheid in vervolg	enig gevoel van onveiligheid	enig effect op de toegankelijkheid, maar mogelijk niet voldoende om de bus te komen						
	Limited/10	negatieve aandacht op regionale tv, lokale overheid, verspreid													
	Considerable/100	keuze negatieve aandacht in de pers, negatieve aandacht op regionale tv, verspreid	aanpakperiode	totale Agendabeker, belangrijke overstromingsnormen, meer dan 10 overstromingen	€ 100 K - 1000 K	vergeet of slecht of slecht beschikbaarheid, vertraging van 2 uur of langer	effect op de sociale veiligheid, beschikbaarheid in ernstig vervolg	veel gevoel van onveiligheid, vertraging van 2 uur of langer	groter effect op de toegankelijkheid, maar mogelijk niet voldoende om de bus te komen	0,1	1	10	100	1000	10000
	Large/1.000	negatieve aandacht in de pers, verspreid, verspreid op regionale tv, verspreid op lokale tv	duurzaamheidsaanpak	ernstige milieugevolgen, belangrijke overstromingsnormen, langdurige overstromingen	€ 1 miljoen - 10 miljoen	ernstig effect op de beschikbaarheid, slechte beschikbaarheid, vertraging van 2 uur of langer	ernstig effect op de sociale veiligheid, vertraging van 2 uur of langer	ernstig gevoel van onveiligheid, vertraging van 2 uur of langer	ernstig effect op de toegankelijkheid, maar mogelijk niet voldoende om de bus te komen	1	10	100	1000	10000	100000
	Very Large/10.000	langdurige negatieve aandacht in de pers, verspreid op regionale tv, verspreid op lokale tv	ernstige milieugevolgen, belangrijke overstromingen	ernstige milieugevolgen, belangrijke overstromingen, langdurige overstromingen	meer dan € 10 miljoen	ernstig effect op de beschikbaarheid, slechte beschikbaarheid, vertraging van 2 uur of langer	ernstig effect op de sociale veiligheid, vertraging van 2 uur of langer	ernstig gevoel van onveiligheid, vertraging van 2 uur of langer	ernstig effect op de toegankelijkheid, maar mogelijk niet voldoende om de bus te komen	10	100	1000	10000	100000	1000000
Qualitative description of RISK IMPACT per TARGET										RISK value					
Risk (value) = Impact * Chance															

表 4 風險矩陣

不可接受的風險必須採取策略來控制。對於設備維護與更新而言，基於條件、利用率或故障有三種可能的策略，其選擇取決於規劃指定和監控設備的技術統計分析結果判斷。以技術統計分析結果判斷為基礎的維護是首選的，但如果不可能時，則替代方案為回歸原規範作業並加強實施操作頻率。因此設備故障為基礎的維修是僅當風險值在 1 以下時才能接受。

(四)參訪 Prorail 研發訓練中心

聽取完 Prorail 人員的簡報後，隨即由該公司人員引導參觀該研發中心內之相關設施。由荷蘭國鐵 ERTMS 專家組經理 Henri van Houten 介紹了鐵路中心的功能，並與考察團隊分享了荷蘭在 ERTMS 的多年經驗，在研發中心模擬演示 ERTMS level 2 從啟動到停止的 ATP 駕駛模式及顯示內容。同時在該中心戶外設備實習場地，實際參觀模擬現場各種各式不同的設備之安裝維修，了解該中心受訓之學員，均可以在實習場地獲得到相關維修技能及設備運作實務經驗，並以實施演練中落實標準作業程序(SOP) 訓練。在現場實務操作設備過程中，讓受訓人員能夠接觸事故故障診斷腳本，使其從錯誤中學習、提升故障排除技術技能(如圖 67、68、69、70、71)。

Railcenter 成立於 2001 年之獨立基金會組織，前身為 Prorail 之基礎設備教育中心，接受 ProRail 委託獨家辦理訓練業務，員工 55 人，2016 年訓練人次 13,000 人，本中心新大樓於 2017.06.15 正式啟用，我們為第一批國外參訪人員。

本中心設定精進技巧、試驗與模擬、滿意與激勵、提升等作為共同發展鐵路為 4 大目標，並建構為連結技能發展、技術和人之體驗鐵路之獨特場所。荷蘭鐵路利用維修合約之罰則與獎勵，促成維修商主動提出數位化之改善方案，當系統升級變動比例小於 10%時，可交由原廠商辦理；若變動比例超過 10%，則須辦理公開招標。亦提到荷蘭平交道遮閉時間依調查以 25 秒為原則，並強調除了安全防護設施外，理解民眾心理及加強安全教育為維護平道交道安全最重要二大基礎措施，而認為平交道設備不宜過於複雜。且負責訂定鐵道產業投標者資格與條件，廠商必須先取得資格後方得參與投標，本中心還有行車控制模擬機、教學互動遊戲機、設備實作訓練等設施。荷蘭鐵路發展係以安全、可靠、準點、永續與減碳為作長期目標，同樣也面臨鐵道工作人力短缺問題，設法鼓勵青年參與鐵路事業之建設與營運。



圖 67 ERTMS level 2 駕駛模式及顯示



圖 68 訓練場各式不同的設備



圖 69 油壓式轉轍設備



圖 70 繼電聯鎖設備及 ERTMS Level 2 的模擬器



圖 71 測試反應設備及訓練中心舒適的教室

六、參觀荷蘭鐵路博物館

烏特勒支鐵路博物館（荷蘭語：Spoorwegmuseum）是荷蘭國家鐵路博物館。成立於 1927 年，自 1954 年以來一直座落於“Maliebaan 車站”，最初位於烏特勒支荷蘭國家鐵路公司（荷蘭國家鐵路）的主要建築之一。收藏主要由圖片，文件和小物件組成，在 20 世紀 30 年代，採取了第一步措施來保存舊的歷史重要的鐵路設備。

多年來，博物館增加了更多的鐵路各種設備和電車車輛，建築物前面的廣場就充滿展示很多各型的車輛。1977 年，博物館擴建了一條行人大橋，允許參觀旅客進入主樓後面貨運軌道另一側的展覽區。

主樓右側包含“歷史”部門，左側的“現代”部門。該集合的特色部分是荷蘭鐵路發展早期的橋樑模型，以及各種列車類型的模型。此外還有繪畫，印刷品

和鐵路設備。“現代”部分在 20 世紀 80 年代更新，包括最近的發展，包括“Sprinter”機車頭及列車車廂。

此外，後面的建成了一個“鐵路景觀”。也可以乘坐模型列車和全尺寸的乘車。也增加了舊式的建築物，例如來自 Hoogezand-Sappemeer 的信號房和 Elst（格爾德蘭省）的過路衛兵房。還有一條最舊的鐵路橋樑 Halfweg 也被包括在內。此一座大型的新建博物館建成，可以表現包含四個「世界」：

(一)偉大的發現（19 世紀初）

(二)夢想旅行（1900 年左右的國際列車的光榮日子）

(三)鋼鐵怪物（20 世紀 30 年代和 40 年代）

(四)車間（大列車站）

以上規劃設計之後吸引更多廣大參觀民眾，特別是攜帶孩子的遊客。在外面的展覽區，在現有的信號燈附近添加了一個歷史蒸汽火車補給水塔、示範鐵路、兒童遊樂場、特殊活動區域及一個轉盤。烏特勒支中央車站與馬里班車站之間的班車服務以一個小時開出一趟的列車服務，運行博物館和烏得勒支中央列車站之間。孩子們玩得開心很重要，但這裡同時讓孩子們體驗鐵路，教育他們，最終培養未來的鐵路人員。

反觀，我國對於鐵道博物館之建立，一直都存在著許多建言，但各方意見紛擾，難以進行有計畫的總體規劃與設計。

所幸，民國 104 年 7 月 9 日，行政院指示文化部建置國家級鐵道博物館，並由文化部擬具「臺北機廠活化轉型國家鐵道博物館園區實施計畫」及相關委託計畫，目前除了定期開放北廠古蹟導覽之外，而文化部也預定在六年後正式成立鐵道博物館，將臺北機廠打造為全亞洲最大型的鐵道博物館。所以此次參觀荷蘭鐵路博物館之心得，深覺該國對鐵道文化資產的保存及管理與運用，是十分值得我們在未來學習的(如圖 72、73)。



圖 72 博物館內珍藏的各式傳統火車頭及懷古旅行皮箱



圖 73 適合孩子們的動態火車遊樂區

參觀平交道設備

考察團利用參觀荷蘭國家鐵路博物館之餘，以徒步實際現場查看附近平交道設施，發現每一平交道僅設平交道標誌、警示閃光燈及道路側入口方設有自動遮斷設備，出口方未設置有遮斷設備。與本局沿線各處平交道之防護設備比較，相對簡略許多(如圖 74)。



圖 74 平交道設備

七、參觀科隆中央車站(Köln)及拜訪萊茵公司 (TUV)

考察團隨後搭乘城際鐵路到烏得勒支(Utrecht)換乘城際快車(ICE)至德國古城科隆(Köln)，在此，與德鐵人員會合，由德鐵人員引導介紹科隆中央車站(Köln Hauptbahnhof)設備開始行程(如圖 75)。

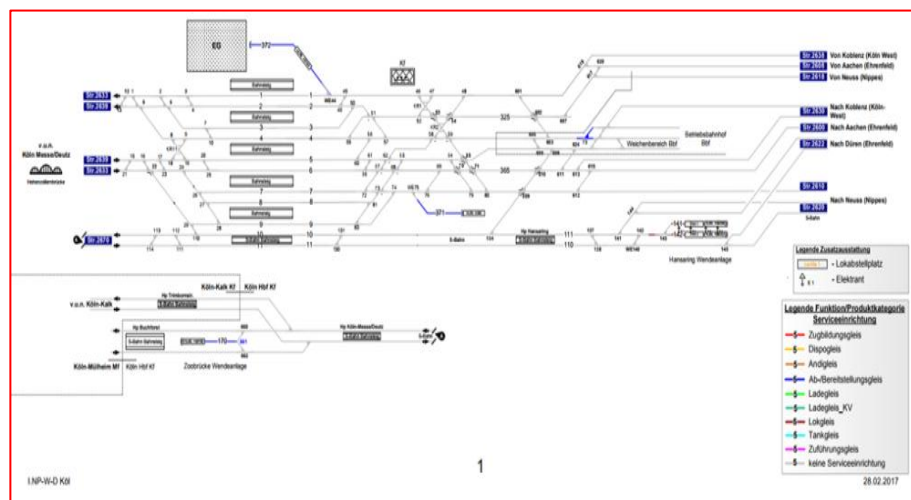


圖 75 為科隆站之軌道佈置圖

(一)科隆中央車站簡介

科隆中央車站是德國的一個重要也是歐洲國際長途交通樞紐之一，地理位於四條線路的中心，輻射方向四通八達。估計每天使用 1,200 列車，匯集許多 ICE、區域列車和區域郊區列車。從科隆南部往返法蘭克福高速鐵路線的聯繫，平均一天約有 28 萬旅客搭乘，成為德國第五大繁忙的車站。適位於旅遊著名景點科隆大教堂旁邊及展覽中心距離科隆的主要火車站約有 400 米(如圖 76)。

(二)參訪科隆中央車站(Köln)

這些車站由 Hohenzollern 大橋連接，Hohenzollern 橋是一條六軌鐵路橋，每側有乘客走道。另大面積挑高弓形鋼構屋頂為利懸吊之號誌機、電車線、標誌及照明燈具之維修還有設置完善之高空設備維修工作平台(如圖 77)。



圖 76 科隆站背後的科隆大教堂



圖 77 高空設備維修工作平台

DB 人員介紹 Cologne Central Station 建設，本站月台長達 500-600 公尺(大多數歐洲大型車站)，主要為了提升運能(最多可停 22 節車廂，每節 25 公尺)，且月台寬度達 10 公尺以上，二個客運月台中間設有一維修(與貨運)月台，月台高度甚低，便於貨物車輛搬運與維修設備器材作業使用。並於運轉調度須要時，同一軌道可接續停留二列車，依前後不同號誌行車(如圖 78)。





圖 78 科隆站內月台一景，有多輛 ICE 在站一輛設計新穎的跨國快車

號誌系統升級 ERTMS Level 2 採逐次、分區辦理，站間軌道優先辦理升級，車站站場為後續升級區域(降低營運衝擊)，號誌升級後仍保留舊號誌系統，新舊號誌系統並行運作，也就是 ERTMS Level 1 & ERTMS Level 2 並存。當遇號誌設備故障時，即自動切換至 ERTMS Level 1 號誌系統運行，不致影響列車運行調度(如圖 79、80)。



圖 79 道旁號誌設備



圖 80 LED 號誌燈顯示燈色清晰明瞭

科隆中央車站在兩股主正線間另設有一較低高度的月台，由德鐵人員解說此一月台非供旅客使用，是專為託運行李、貨物而設置，行李與貨物可由汽車載運搬運上下列車不與旅客同一側月台使用，如此即可讓旅客有最佳動線進出，亦可節省列車停站時間。此一月台另一功能是供站場軌道維修車輛及施工機具器材置放，以利安全淨空的施工區域(如圖 81)。



圖 81 月台及兩股道之間設有貨物月台

在科隆中央車站月台兩末端，為維修需求使用，設置號誌手動開關及維修電話，專供維修人與行控調度台聯絡使用(如圖 82)，另外車站及月台處設有供旅客使用之服務、緊急按鈕無手持話筒對講機供旅客使用(如圖 83)。



圖 82 月台兩末端處設號誌手動開關及維修電話



圖 83 車站內緊急求救按鈕通話設備

參訪行程發現歐洲新舊列車共同運行在同樣路線上，車廂門高低與車站月台高度落差很大，為方便旅客進出、上下搭乘列車，除新式列車 ICE 設有

殘障輪椅專用的車門外，其餘未設有專供身障使用車廂，在搭乘便利性與本局現況相似，惟本局已積極將月台高度原有 87 公分，以間階式調升改善至 115 公分標準，完全配合本局列車車門高度，屆時將可達到無階化的標準(如圖 84)。



圖 84 列車車門與月台高度落差圖及身障輪椅專用的車門

參訪團在行程走動個公共場合中，亦發覺在車站公共消費區間或便利商店都普遍設有保特瓶回收機，這種機器是密封式將投入的塑膠空瓶立即絞碎回收，不佔堆積空間，為鼓勵民眾使用，會依投入數量有一定獎勵品如禮券或購物兌換券等。如此環保便利機械對公共場所之清潔觀瞻有實質的效益，值得本局在各車站出租的購物店設置(如圖 85)。



圖 85 塑膠保特瓶回收機

(三)參訪德國萊茵公司

TÜV (德語：Technischer Überwachungsverein, 英語：Technical Inspection Association)，意譯為德國技術監督協會，是德國檢驗產品安全與環境安全的非官方組織，業務範圍包括檢查工廠、機動車、能源設施、遊樂設施、設備與產品。其許多獨立分支機構也負責能源與交通的概念研發、環保問題解決、標準認證等。

TÜV 的前身於 1866 年建立。最初負責公眾場所與工作場所的安全，特別是設備、蒸汽機、鍋爐的安全，建立了地區組織 "Dampfkessel-Überwachungs- und Revisions-Vereine" (DÜV) (蒸汽鍋爐監督與複審組織) 自助獨立監督，並取得成功，擴展改組為 TÜV。至 1870 年有 43 個地區性 TÜV；1871 年政府不再監督該組織成員的鍋爐安全。南德 (SÜD)、北德 (NORD)、萊茵 (Rheinland) 等即如此得名。

經過歷年的合併，現在德國有五家 TÜV——TÜV SÜD, TÜV NORD, TÜV Rheinland, TÜV Thüringen, and TÜV Saarland / SGS TÜV；以及奧地利 TÜV。它們共享商標，但是獨立運營互為競爭對手。[1] 這六家組成了「TÜV Markenverbund」(TÜV 商標協會) 以維護商標的商譽。最大的是 SÜD 集團有 19,000 名雇員分布在全世界 800 個地點。僅有的與之匹敵的商業性認證機構是瑞士通用公證行 (SGS)，超過 8 萬雇員。在萊茵總部，萊茵公司人員向考察團介紹 DB 數位化推動情形，重點方向為「系統營運與維護」、「旅客界面與資訊服務」、「大數據研究開發」等三大面向之資訊化與現代化，主要執行項目有「地區行控中心整合聯鎖」、「傳統設備更新數位化」、「商用網路防火牆(資訊安全)建置」、「維修作業可用度提升」、「乘客與列車資訊優

化」、「乘客便利與舒適與休閒服務資訊強化」、「乘客大數據運用」、「轉乘(公車、公乘車、單車)資訊整合」、「無人駕駛與貨運自動化(倉儲)與「事故降低」、「新舊技術界面弱點消彌」等項目(如圖 86)。



圖 86 DB 位於科隆市區的總部大樓

八、拜訪德國鐵路 (DB)



圖 87 德鐵 (DB) 入口標示

德鐵網路股份公司 (DB Netz AG) 是德國鐵路的全資子公司(如圖 87)，以鐵路基建企業經營及占有德國鐵路網絡約 87.5%的份額。該企業是在德國鐵路改革的第二階段過程中，作為德國鐵路的子公司成立。德鐵網絡總部位於法蘭克福，並擁有七大區域分部 (Regionalbereiche, 簡稱 RB)。各區域分部的總部分別設在柏林 (東區)、法蘭克福 (中心區)、杜伊斯堡 (西區)、漢諾瓦 (北區)、卡爾斯魯厄 (西南區)、萊比錫 (東南區) 和慕尼黑 (南區)。

DB 法蘭克福總部號誌系統負責人 Dr. Bernd Elsweiler 介紹 DB 建構 EULYNX initiative(European Initiative to Linking Interlocking Systems)之推動情形及其對歐洲鐵路現代化之影響。EULYNX 計畫是由歐洲 10 個基礎設施建置管

理機構共同倡議，建構歐洲「鐵路號誌系統界面」與「元件標準化」，本計畫已於 2014 年 2 月 19 日開始，第一階段為期三年，將規劃一套完全之規格與規範，再根據 2017 年發布的全套機制，逐步發展成為歐洲號誌與運轉系統界面標準化的常設機構，為歐洲鐵路數位化之核心計畫之一。控制和自動化系統構為歐洲鐵路數位化策略之主軸，經由界定和標準化未來歐洲通信、號誌及和自動化系統界面之數位化控制指令，促成「號誌系統的生命週期成本顯著降低」。數位化為鐵路系統帶來了重大優勢，如基礎營運設施之「持續監測及預防保養」，然而，EULYNX 面對廣泛分佈的安全系統的相當程度之挑戰，並將進一步協合歐盟的審核流程。

(一) 德鐵推動數位化之情形

1. 機會：把握數位化所有面向之機會，驅動數位化積極塑造軌道運輸與物流之未來性。

(1) DB 已經在下列許多方面數位化，並隨時增加新數位化項目。

a. ICE Portal 電子報與觀光秘訣提供火車乘客長途旅途之娛樂消遣，及客製化的旅遊資訊活動；2017 年春季以來，網站已提供電視連續劇和電影。

b. 企業客戶可以運用貨運運輸服務選擇功能得到即時服務，包括車廂溫度變動和振動等資訊。

c. 第一個完全自動化的鐵路車輛正在測試，無人駕駛的接駁公車已經開始排班服務於道路，自動駕卡車將會跟進上路。

(2) 現在至 2019 年，德國聯邦鐵路公司將投資 1 億歐元於新創公司與企業和企業家於目標性支援活動事項。該公司推動數位化於以下三個領域：

a. 客戶與營運界面：數位化服務更多旅客

數位化計畫於解決客戶介面，其首要目的為使交通與物流盡可能達到直捷與方便。目標是數位化顯示點到點所有路線，並提供每一位通勤者、商務旅行和度假者等客戶之客運，及企業客戶之貨運最佳解決方案。至關重要，交通資訊之提供不是只有一次，客戶將於整個交通旅程或貨運路程中得到即時動態資訊。在未來，這些平臺將包括自動汽

車、公車及卡車。

b. 經營管理作業：數位化提升軌道交通之可靠度與準點率(降低列車間距)

(a) 鐵路營運之預測性維修(Predictive Maintenance, PdM)是高優先順序作業之一。車站轉轍器、電梯與電扶梯、機車及貨車等逐漸設置現代感應器技術，早期偵測潛在問題，並於設施中斷操作前有效解決。

(b) 數位化提高了列車的準點率及增加鐵路運能(降低列車間距)。

(c) 創新的倉庫解決方案和 3D 列印技術，在物流中發揮重要的作用。

(d) 技能培養進入數位化，虛擬實境眼鏡給申請人 360°全方位觀看德國聯邦鐵路公司職業培訓計畫。

c. 發展數位資料驅動之新業務：掌握數位化機會

DB 期有效利用其珍貴資料庫及善用數位化跨越核心業務之機會，發展數位資料驅動之新業務模式。為此目的，DB 於 2016 年 11 月成立了德意志聯邦鐵路數位創業公司，以提供新創企業更強和更快地支援，並簡化公司獲取利益。德國聯邦鐵路公司還打算鼓勵內部創業。將來，員工可以在理想條件下得到實現自己的經營理念的機會。

2. 產品：數位化世界，數位化世界之行動，從 ICE 門戶到數字化建設

無論到哪裡智慧手機都與我們同行，是我們行動中使用網路之首選。DB Navigator 帶有 ICE 火車的紅色和白色標誌，照亮了數百萬台顯示器，提供與火車旅行相關的所有服務。每天，DB 乘客使用 DB Navigator 搜尋大約 400 萬筆旅行信息，以手機線上購票，並在旅行中使用許多附加服務。2017 年前 6 個月，超過 670 萬張手機訂購車票出售，相當於平均每天有 3.7 萬次預訂，比上一年增加約 54%。但 DB Navigator 只是 DB 數位化組合的一小頁，從第一天起，DB 就參與了主要尖端領域，如 Amazon Echo 之語音啟動旅行信息，使用於自駕卡車和數位化建設的第一批測試，並且始終貼近客戶及其快速變化之需求。這裡是 DB 範圍廣泛的數位服務的幾個例子：

(1) 功能強大之 Wi-Fi

DB 已為 ICE 所有列車裝置新的強大的 Wi-Fi 系統。該系統採用了最新一代的中繼器，加強信號傳送，以便可以使用沿線所有無線網路。控制系統提供最快速網路(LTE 或 3G)，並可以結合多個網路運營商的能力。由於這個系統，當 ICE 列車以超過 300 公里/h 速度從一個網路至下一個網路時，列車上 800 位乘客仍可以毫無問題地同時上網。此無線網路免費提供一等及二等車廂乘客可使用，一等車廂網路連線速度稍快；二等車廂乘客可享有每機每天 200 megabyte (MB) data 免費上網。在容量範圍內，於持續幾個小時的旅程中，乘客均可容易地發送及接收電子郵件含其附件，及聊天與線上流覽。一旦達到 200 MB 使用限制，上網速度將減慢，但仍遠高於 28 kilobits per second。DB 投資 1 億歐元於所有 ICE 列車之新無線上網服務，2018 年底將額外投資 EUR 8,000 萬，逐步更新 ICE 列車上之通訊技術，及選擇 IC 列車第一等車廂達到最先進技術。乘客不僅於接發通話，也在行動網路使用上均將受益於更好的接待。DB 也在全德國 127 處車站與 DB 休息室提供乘客及遊客免費無線上網功能。

(2) ICE Portal：提供旅客訊息、新聞與娛樂

當列車上乘客連接 Wi-Fi 時 ICE-Portal 就自動開啟。提供有關列車、路線及廣泛教育與娛樂等重要資訊。除了火車資訊，列車的預計到達時間、轉乘火車、火車 GPS 定位及替換旅行，ICE-Portal 還提供德語電視新聞和提示，以及有關最佳旅遊目的地之產品與服務。車上程式具有不同的資訊選項及提供各種報紙、有聲讀物和戲劇等之電子報亭。由於 Portal 與德國視頻點播供應商 maxdome 建立長期的策略夥伴關係，於 2017 年春天增加電影和電視系列節目。

(3) Qixxit：移動旅行社

The Qixxit 行動平台是一個公正旅行社，策劃包含供應商及從飛機、火車，巴士、租車所有的運輸方式之完整旅遊鏈。篩選器允許您選擇符合您要求選項之最佳序列。Qixxit 具備從 DB 與全面道路等交通之即時旅程資訊之優勢，能夠在短時間內對問題作出反應，並找到有效的替代連接

交通。Qixxit 起源為 DB 集團一個專案計畫，2016 年年底，在 DB Digital Ventures 合資成為獨立公司企業，給予最大之營運自由度。目標是要發展所有點到點(A 到 B)路程之多重路線平臺。

(4) DB Schenker：連接歐陸線上貨運平台

(Essen, 2017 年 2 月 15 日) DB Schenker 強化與美國線上航運市場 uShip 策略合作，運用貨運推展及運輸服務之線上平臺，推進其業務模型之數位化改造。DB Schenker 投資美元 2,500 萬增加資本及強化策略合作，以少數股權取得 uShip's 董事會席位成為公司擁有者之一。

uShip 與 DB Schenker 於 2016 年 5 月簽署一項合作協定。uShip platform 是使用行動裝置組織貨物運輸行業之領導者，於 19 個國家連接托運人和承運人。現在 DB Schenker 將利用此平臺透過 Drive4Schenker 線上平臺進行陸路運輸， Drive4Schenker 將運用 uShip 技術連接歐洲的陸上交通網絡約 30,000 運輸夥伴至其貨運運輸系統。這項新服務已在德國開始，並將逐步擴大到其他國家。

(5) DB Schenker Carry Pick: 自動化倉儲和訂貨領料

DB Schenker Carry Pick, 提供員工使用之自動化的倉儲和訂單領料系統。由瑞士公司 Swisslog 開發再經由 DB Schenker 引入。本系統包括移動料架、訂單領料和輸送機器人。

(6) DB Schenker smartbox：線上運輸資訊

DB Schenker smartbox, 協助改善運輸和倉庫作業流程，並在資訊傳遞上，提供更高的安全性，及予以記錄與評估。根據不同的產品，資料可以記錄對容器或包裝衝撞，並且可以於運輸過程作線上即時監看，或於運輸完成後經由 USB 連接查看。貨運結果將是客製使用之清楚報告與統計資料。

(7) BIM：最佳之成本與期限管理

在 DB 稱數位化建設為建築資訊模型(BIM)，用於塑造整個鐵路線，包括所有橋樑、隧道、車站及技術設備，從概念到營運及維護。它對所有專案夥伴，從專案構想到委任與其他相關事務等，均基於透明、信任、開放和合作之基礎。在設計和施工階段，BIM 結合 3D 設計及成本與工期資

訊，先進行數位化建設，然後再生活數位化。早在建設現場之工作開始之前，此方法很容易地辨識建設流程之衝突。專案更容易於成本和最後期限風險發生前，讓各界人士瞭解並對專案經理提出。作為歐洲最大的基礎設施運營商，DB 推展數位化建設，因為它能提高品質，有助更好之成本和與期限管理，最終並降低了設計、施工、營運及維護的工作量。

(8) 光纖感測：軌道與列車狀況感知功能

未來，光纖感測將確保 DB 對地面或特別是軌道具有感知功能。這項新技術利用光的反射，使聲波成為可見。光纖電纜沿軌道以近光速傳送沿線雜訊的資訊。一旦此資訊進分析行後，可以清楚指出目前軌道與列車之狀況。

(9) 智慧車隊：節能減碳

DB Schenker and MAN 車隊將佈署於 A 9 與 DB Schenker 在慕尼黑與紐倫堡分公司間之”數位 Testfield 高速公路”，並將於 2018 年春天的開始測試階段。

智慧車隊是道路交通之車輛系統，藉由技術系統，在高速公路上至少兩輛卡車的可以一輛接續前一輛行駛，引導車決定速度與方向，每一輛卡車之間的距離是十公尺左右。目標是藉由風陰影(wind shadows)實現整個車隊最高 10%燃料節約，並且減少 CO2 排放量。

(二) EULYNX 計畫概略簡介

EULYNX 為 European Initiative Linking Interlocking Subsystem 之縮寫，中譯為”歐洲創始連接聯鎖次系統”。在歐洲基礎設施管理者之間創始了一個以發展及實行號誌系統介面標準化為主要目標的標準。

其參與的會員有：挪威的 JBV、德國的 DB、比利時的 Infrabel、芬蘭的 FTA、荷蘭的 PR (Prorail)、法國的 SNCF、盧森堡的 SNCFL、英國的 NR(如圖 88、89、90、91)



圖 88 會員國國籍及會員單位名稱 圖 89 參與 EULYNX 的營運者涵蓋範圍

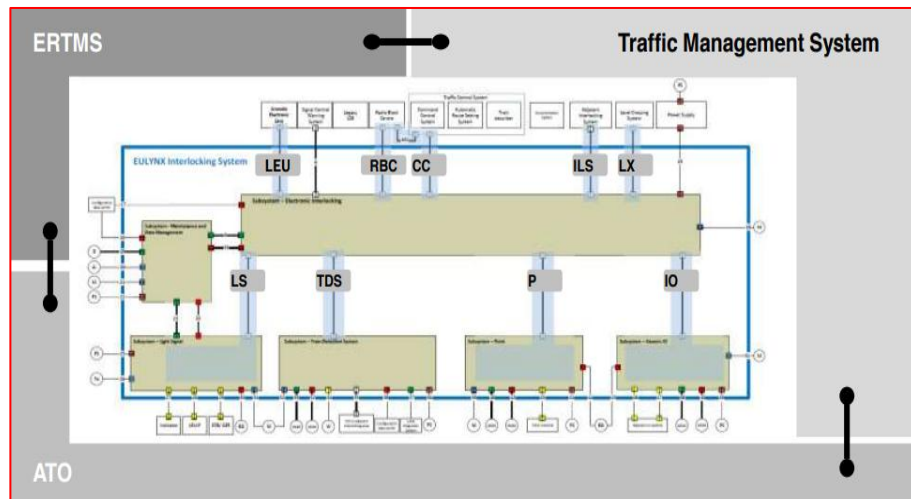


圖 90 EULYNX 架構範例 1

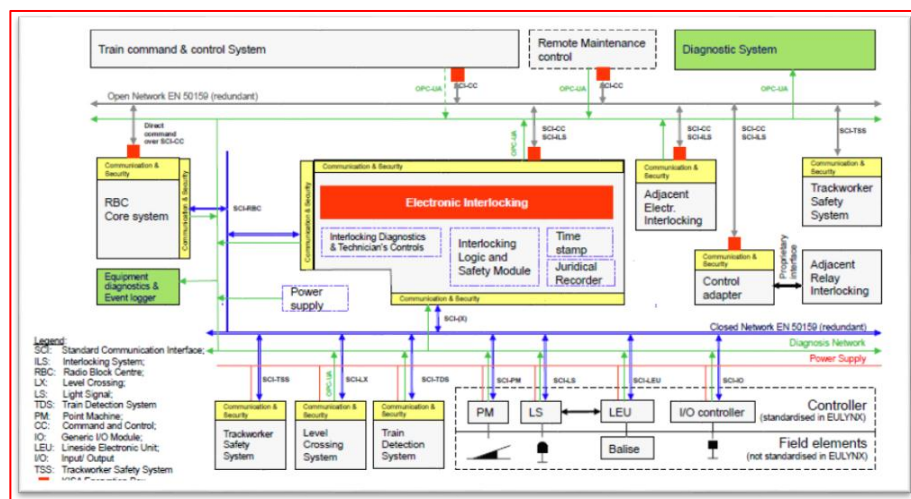


圖 91 EULYNX 架構範例 2

EULYNX 自 2014 年開始，預計將持續 3 年。本計畫對所有的基礎設備管理者都是採取開放的。參與的單位，必須確實的執行各項計畫，並且必須自籌資金。其中主要有：

1、堆疊計畫

EULYNX 提供了一個框架給各主題性次計畫 (Thematic sub-project)，而些次計畫便是達成本計畫主要目標的基礎 - 標準化系統及界面。堆疊計畫由數個基礎設施公司所組成，各個公司負責在其路網內執行一至數個次計畫以實現一個共通性的標準化界面。

2、堆疊計畫之內容如下：

Modelling and Testing、Rail SCI-RBC、Architecture、Data Preparation Strategy、Rail SCI-ILS、Rail SCI-PM、Rail SCI-LS、Rail SCI-TDS、Rail SCI-CC、Rail SCI-LX(如圖 92)。

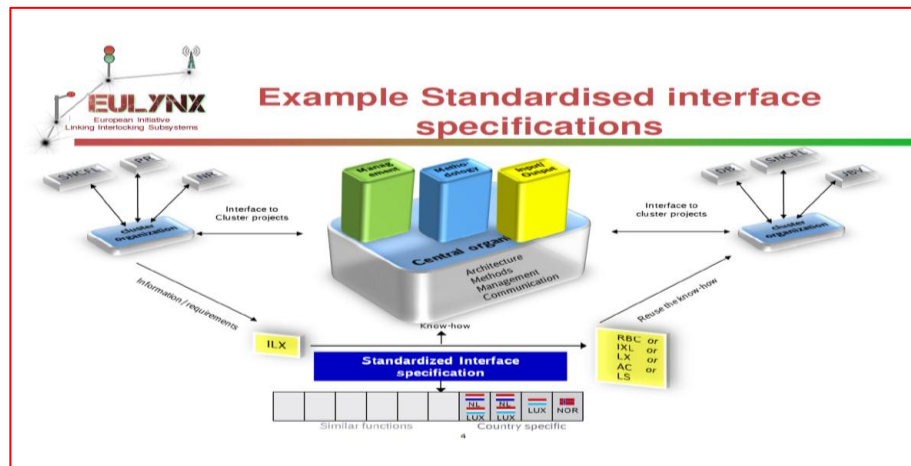


圖 92 為堆疊計畫界面規格標準化的範例

(三)EULYNX 所帶來的附加價值

- 1、在各個歐洲基礎設施管理者之間的合作計畫共同的目標
- 2、藉由聯鎖標準化達成顯著的成本降低
- 3、標準化的界面
- 4、相關的方法與知識
- 5、避免供應商鎖定

(1) 先前其他歐洲計劃的成果之利用 (EURO- INTERLOCKING, INESS) 所以，EULYNX 是將必須落實於真實的計畫之中。由於相關基礎設施廠商面臨了許多更換或更新的計畫，而實行 EULYNX 所達成之目標與益處；就是將可以經由以下數項組合而達成每延人里較低成本的目標：

- (a) 替換老舊的技術
- (b) 在開放的架構下，與更多的 ERTMS 相容的技術可互換
- (c) 在設備生命週期內的競爭
- (d) 在已經是全世界最高密度的路網中達成更高的效率
- (e) 連結市場的相關單位（供應商與經認證的工程單位）
- (f) 基礎設備管理者之間的緊密合作

(2) 堆疊計畫參與者之資料準備：

- (a) 定義正式的 ETCS 設計過程
- (b) 使用單一的中央一致性的資料庫
- (c) 對利益相關者的開放（內部與外部）
- (d) 確保設計及資料的安全及保全
- (e) 需要 ETCS 的設計工具、審核者及驗證者
- (f) 採用標準化資料格式（XML-based 或是 railML?）
- (g) ETCS 聯鎖的符合性
- (h) 對電腦及人類均為可理解的

(四) 為什麼要推展 EULYNX？

1. 在歐洲各國推展號誌設備現代化的過程，面臨了以下問題：

- (1) 無通用性的基礎
- (2) 歐洲的標準不一

- (3) 正式的方式還在嬰兒期
- (4) 對市場的時間表不夠透明，且難以預測
- (5) 系統壽命強加於聯鎖系統壽命

2. 所以推出了 EULYNX，其目的便是解決前述之問題：

- (1) 建立通用性的基礎
- (2) 執行統一的標準
- (3) 建立正式的方式
- (4) 完成運作的領導性計畫，加速投入市場時間
- (5) 模組化設備以獨立其生命週期，而最終之目標便是產品生命週期內的成本節省。

3. EULYNX 對 DB 的益處

EULYNX 對 DB 的益處	
策略	改變軌道生態系統，需要全歐洲性的。EULYNX 對基礎管理者方面提供了此一面向。
技術	數位化驅動革新。EULYNX 提供了一個現代的、網路基礎的架構，及最新的工程方法與標準。
專案	DB 目前正在協商五項基於 EULYNX 規範的專案，此明確地呈現了其承諾。
投資	基於 EULYNX，DB 計畫推出對全部號誌基礎建設的計畫。其為有史以來最大的一項計畫。
過程	EULYNX 的工程方法可以使載基礎管理者及產業界之間的合作最佳化。
市場	DB 預期將會對市場產生重大的影響。

4. 面臨問題

所以藉由德鐵號誌系統負責人 Dr. Bernd Elsweller 說明，我們明白即便在先進的歐洲，同樣如本局面臨設備老舊、設備不一、整合困難、維保成本高居不

下等問題。特別是在維保方面，同樣是新一代的年輕人，寧願擔任不具技術內涵的服務業工作，也不願意擔任輪值排班、有時冒者寒風刺骨的天氣或是頂者烈日當空的大太陽在戶外執行工作、甚至時有人身安全問題。所以在設備老舊、維修保養人員不易招募及培養的情況下，數位化、模組化、智慧化便成了號誌系統解決問題、面對未來的必然課題(如圖 93)。

參訪團行在各車站附近或街道旁，到處可見德國國鐵(DB)所經營共享自行車租借，與我國 U Bike 租借方式給旅客做代步之用相似，惟相差異在於德鐵自行車有衛星定位功能，有顯示儀表，可提供相關資訊供使用者參考，例如編號、使用時間、最近車站方位等(如圖 94、95)。



圖 96 Dr. Bernd Elsweiler 向團隊介紹了德鐵最新數位化計劃的系統策略



圖 97 DB 共享自行車之營運 圖 98 自行車之顯示儀表，可顯示相關資訊

九、電車線技術介紹

本次參觀法、英、德三國鐵路發現幾項電車線設備和特點值得台灣鐵路引進及學習。新設備增加了電車線與車輛間的安全度及可靠度，也可讓將來維修人員減少維護保養時間和週期。

新技術特點：

(一)中性區間隔離裝置

因應車輛車速提升，目前歐洲已採用先進之電車線中性區間隔離裝置，此中性區間隔離裝置採用無滑行板並使用彈簧式吊掛組(如圖 99、100)。

裝置特點：

1. 無滑行板將減少集電弓撞擊與拉扯發生
2. 彈簧式之吊掛裝置集電弓通過時將無硬點產生



圖 99 中性區間隔離裝置

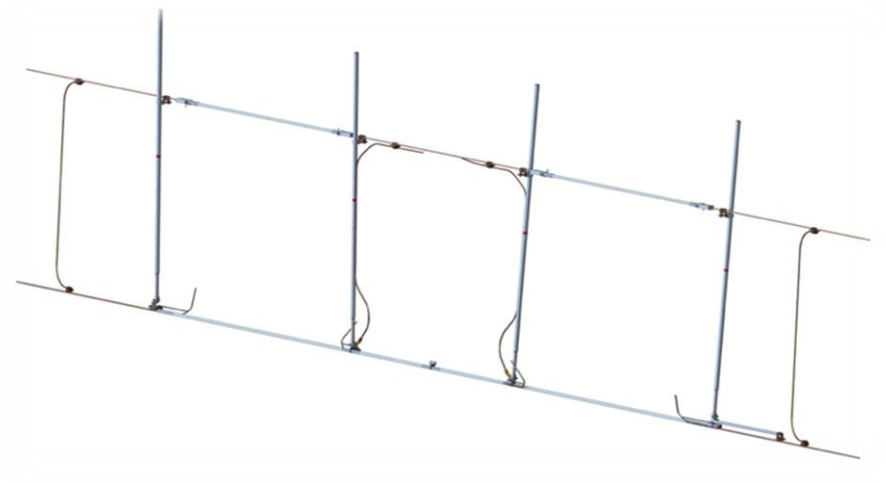


圖 100 中性區間隔離裝置

(二)區分絕緣器

瑞士及德國等國家已開始採用新型式區分絕緣器，此型區分絕緣器將滑行板與絕緣體結合，可讓車輛更平穩通過(如圖 101、102)。

裝置特點：

1. 滑行板與絕緣體結合後，滑行板與絕緣體之間無任何間隙。此設計將可避免集電弓插入或撞擊滑行板，因而可靠度增加。
2. 攜掛調整裝置改為彈簧式調整裝置，將可減少集電弓與區分絕緣器之間硬點產生及相互磨損。



圖 101 區分絕緣器



圖 102 區分絕緣器

(三) 隔離開關

隔離開關在人口密集處或離居住環境較近之地點皆採用真空隔離負載開關。目前台鐵沿線使用一般戶外型隔離開關僅台北隧道間採用真空隔離負載開關，並得知高鐵全線皆採用此型式真空隔離負載開關(如圖 103)。

裝置特點：

1. 真空隔離負載開關負載能量大約 2000 安培以上，因而可靠度增加。
2. 整套真空隔離負載開關之連接關節少，可減少故障率發生。

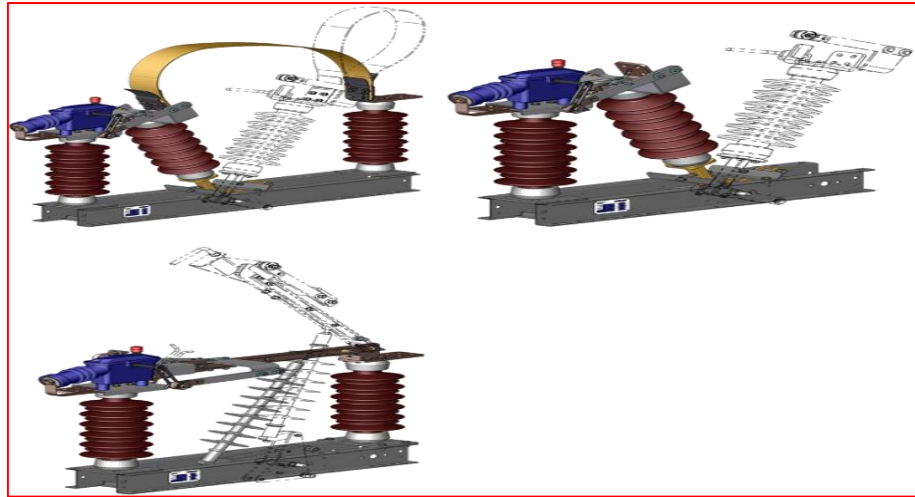


圖 103 真空斷路隔離負載開關

肆、考察心得與建議事項

一、考察心得

本次歐洲參訪中考察團隊接觸到了一些不同或值得分享的新技術/概念，特別於此列出供參考/研究建議，其中最具代表性為：

(一)建置號誌系統設備預防性維修制度

本次考察歐洲鐵路號誌設施，於傳統鐵路號誌設備可靠度與研發新科技應用於維修的預防性保養機制之經驗學習獲益最為豐碩。

歐洲推動號誌系統升級及建置作業情形，在歐洲 ERTMS 推動計畫中提供一個可運作之指導與步驟。歐洲號誌系統升級採漸進方式，且新車採購為 ERTMS 系統，但舊車仍為 ATP 系統採融合號誌系統 level 1 及 level 2 兩者兼容運作，例如荷蘭 ProRail 建置號誌系統並負責分別與維修商分別簽訂維修 25 年維護工作，維修商負責一般設備維護，系統建置廠商負責系統解決與重要零件提供。屆期時，本維護工作將辦理公開招標，且系統建置廠商負有辦理技術移轉之義務，惟其衍生之費用由業者負擔。接受 ProRail 委託獨家辦理訓練業務，員工 55 人，2016 年訓練人次 13,000 人。

另荷蘭鐵路利用維修合約之罰則與獎勵機制，促成維修商主動提出數位化之號誌設備系統升級改善方案，促成合理性價格升級號

誌系統設備，降低系統建置及維修成本。

因此，各家維修承攬商為達維護契約要求號誌系統僅以單一系統運作下之可靠度須維持列車運行準點率，而以爭取獎勵作為最高商譽之目標，將自發性結合其他設備供應商，針對該既有系統設備研究、發展並建置一套號誌設備狀態遠端監控系統，可 24 小時不間斷數位化擷取、紀錄、儲存現場各種設備動作狀態，即時分析比較，遇有異常狀況即時告警通報。且該動態紀錄資訊同步傳回行控中心，供值班台通知維修人前往查修排除，防阻在故障發生前或縮短號誌故障影響列車運轉時分之效益。

鑑此，本局正處人員退休遞補不足及維修專業技術斷層之困厄階段，確實有需引進類此號誌設備狀態遠端監控系統(SRCMS)設備應用於既有號誌系統，輔以系統狀態監控及利用數位記錄資訊，予以統計分析，將設備劣化或異常情形充分解析，並賦予系統建置商必要之技術移轉責任等，再藉以適時派員維修、修訂規劃維修時程及設備生命週期管理結合運作，可達預防性維修最佳效能。

(二)數位化提升鐵道營運維護效益

德國鐵路，數位化重點方向為系統營運與維護、旅客界面與資訊服務、大數據促發新事等三大面向之資訊化與現代化，主要執行項目有地區行控中心整合聯鎖、傳統設備更新數位化、商用網路防火牆(資訊安全)建置、維修作業可用度提升、乘客與列車資訊優化、乘客便利與舒適與休閒服務資訊強化、乘客大數據運用、轉乘(公車、公乘車、單車)資訊整合、無人駕駛與貨運自動化(倉儲)與事故降低、新舊技術界面弱點消彌等項目。號誌系統升級採逐次、分區辦理，站間軌道優先辦理升級，車站站區為後續升級區域(降低營運衝擊)，仍保留舊號誌系統，新舊號誌系統並行運作。尤其 EULYNX initiative(European Initiative to Linking Interlocking Systems)發展成為歐洲號誌與運轉系統界面標準化規範，為歐洲鐵路數位化之核心計畫之一。控制和自動化系統構為

歐洲鐵路數位化策略之主軸，經由界定和標準化未來歐洲通信、號誌及和自動化系統界面之數位化控制指令，促成號誌系統的生命週期成本顯著降低，也促成基礎營運設施之持續監測及預防保養。

現在歐洲鐵路營運單位都面臨幾個相同的問題：現有的廣大路網中包含了不同時代設置的設施，這些設施都將在未來的十餘年間被淘汰，卻又缺乏更新這些設施所需的經費，且系統更新的成本又取決於最初的系統建置廠商。

德國鐵道數位化系統營運與維護面向，主要為提升系統距離等均須導入相關可靠度與準點，降低維護成本，縮短列車閉塞距離等，均須導入相關現代化科技資訊化技術，也是台鐵電務智慧化主軸。

(三)行控控制設備系統定位與功能再檢討

英國採分區行控中心，並整合調度、應變、系統(車站列車)監控，客訴回應等多功能統合機制，其緊急應變中心處理作業分別按轄區或跨區調度應變是依其所定的標準作業程序通報處理，與本局僅設置 1 處中央行控中心(CTC)緊急應變通報調度作業方式截然不同。但一般行車運轉調度外另整合各種應變系統之現代化設備架構，值得本局在搬遷南港建置「台鐵企業大樓」之新建第 3 代中央行控中心設備功能整合參考。

(四)號誌聯鎖升級為 ETCS Level 2

實際訪察英國國鐵 three bridges 的 TBROC 診斷及監管系統、荷蘭鐵路公司(ProRail)之阿姆斯特丹 CTC 行控中心及德國國鐵網絡公司(DB Netz)等在技術交流，得知該既有號誌系統仍存有多數的老舊繼電聯鎖系統設備，其基本基礎設備等級與本局具備相同 ATP 裝置相容於 ETCS Level 1 為提升推動 Level 2 升級作業，主要目的係能增加旅運車次、降低維護成本及提升可靠度等三大效益。在其提升系統策略上為使升級所需期程縮短、經費大幅降低及不影

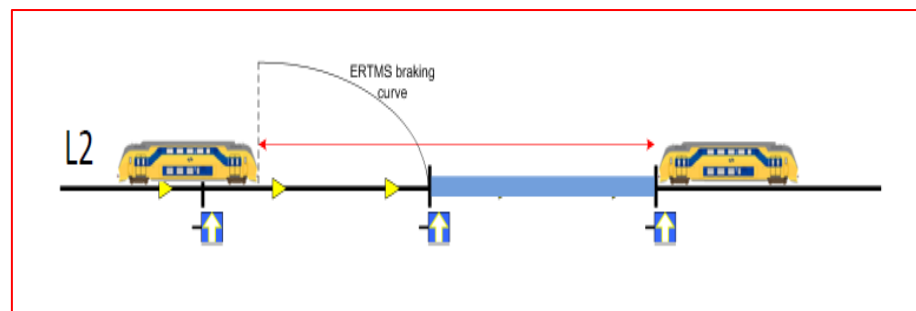
響行車旅運，以達縮短行車距離效益，是以站間先行升級 Level 2 亦保留既有 Level 1 系統且站場部分仍維持 Level 1 系統，常態行車調度是以 Level 2 運行，如遇號誌系統障礙，將自動轉換降級至 Level 1 號誌系統運行，不因設備故障而中斷列車運行，可減少人工介入調度冗餘程序並確保列車運轉安全。

僅將於荷蘭鐵路中心(Railcenter)，荷蘭國鐵 ERTMS 專家組經理 Henri van Houten 分享了荷蘭在 ERTMS 的多年經驗，其中一項為 ETCS level 2+ 概念，所獲得的心得臚列於下。

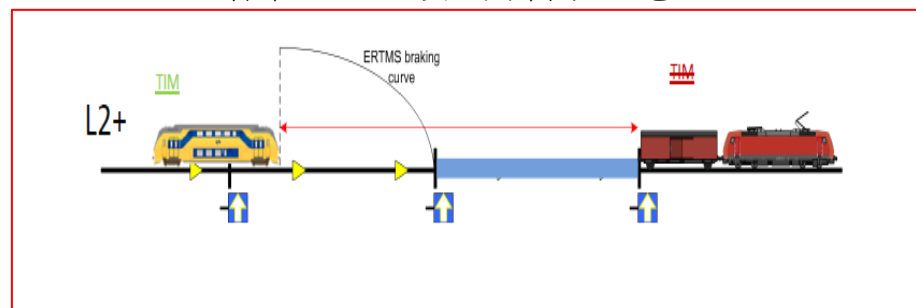
ETCS level 3 為當前運轉效益最好的模式，由於它可以達成最短的安全列車間距，但對於現有的列車，也同時需要大量的投資來改裝車輛以及道旁設備。ETCS level 2+採較少的變動，來提升效益，並允許系統在未來能階段性的逐步升級。

Level 2 +模式，當前方列車為整列車型態不確定時，後方列車採舊有偵測定義，即以標準 Level 2 安全列車間距行駛。

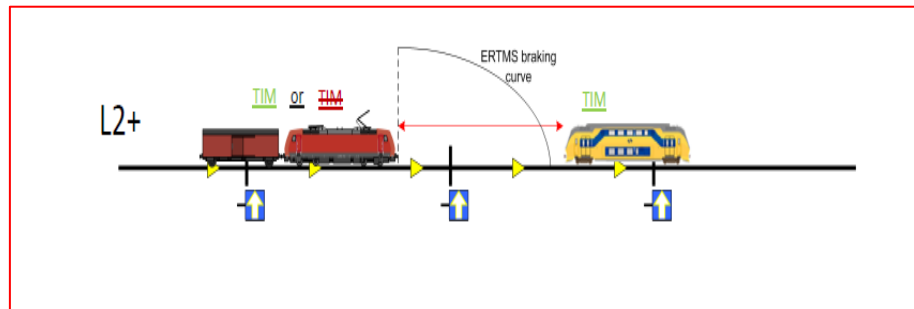
Level2 + 為 Level3 與現有的軌旁列車偵測的組合。



標準 Level2 安全列車間距型態



Level 2 +模式，當前方列車為整列車型態不確定時，後方列車採舊有偵測定義，即以標準 Level 2 安全列車間距行駛。



Level2 + 為 Level13 與現有的軌旁列車偵測的組合。

根據荷蘭鐵路從傳統行車號誌系統 Level 2 升級至 ERTMS level 2+ 的實際經驗及此一漸進、階段性的升級策略，很值得本局在擬定長期規劃號誌升級策略上參考。

對於本局既有之 ATP 系統 Level 1 升級 ETCS Level 2 其主要差異，關鍵在列車動態資訊採 GSM-R 無線傳輸及取消軌旁號誌機改用車載號誌等，如於列車佔用軌道之偵測仍需計軸器，雖可撤除道旁號誌機、地上感應子與其連結電纜佈設，而減少軌旁號誌硬體設備，相對可降低故障率，但站間行車閉塞仍為固定式區間，對於實增路線容量之效益不大，為在規劃升級時應一併審視考量縮短最佳閉塞區間距離。

(五) 檢討逐次整合或修訂臺灣鐵路系統之標準規範

現在歐洲鐵路營運單位都面臨幾個相同的問題：現有的廣大路網中包含了不同時代設置的設施，這些設施都將在未來的十餘年間被淘汰，卻又缺乏更新這些設施所需的經費，且系統更新的成本又取決於最初的系統建置廠商。

因此，歐洲各國的數個路線營運單位共同推動 EULYNX 計畫，所以在 EULYNX 計畫中，參與者將訂定標準化規格與界面，以便能讓有心參與之廠家不至於因為受限於既成廠商不公開技術規範，而導致不能參加，營運單位也不至於受制於廠家。

在本局的號誌系統上，由於過去競爭者少，所以導致本局的號

誌系統供應廠商非常侷限、系統封閉，導致廠商容易對本局設備系統更新、升級難以加速進行。所以在未來在號誌系統上，也應該朝向訂定公開的標準規範及界面標準，讓更多的廠商參與競爭，則在自由市場競爭的良性循環之下，廠商為了爭取本局之市場必然會提出較佳的產品及較好的服務，當可獲得最佳化之服務品質。

(六)光纖傳感偵測等技術學習

歐洲發展分佈式聲學傳感系統（DAS）將這種可測量的訊號轉化為有價值的訊息。透過鋪設在鐵軌沿線的光纖電纜，可以取得的資料，包含列車偵測設備監控、路線安全、落石、動物侵入、施工、竊盜、人員侵入軌道等，並透過 FTS 設備傳輸至 CTC，再由調度人員對列車下達停車指令。

由於不同的活動或是列車狀態會產生不同的聲音(比如車輪經過鋼軌斷裂處的聲音會和一般行駛情況不同)，並透過光纖，回傳至行控中心。行控中心的主機可以解析特定脈衝訊號代表的車輛或軌道狀態，讓調度員能及時監控線路的運作情形。

憑藉這些技術能力，使用於 DAS，單模光纖可簡便、快速地轉化為虛擬麥克風。而且該系統安裝簡便，僅需要在相關纖維的端點進行最低程度的改裝，只要每隔 40 公里架設一個訊號處理器，即可監控整條鐵路系統。本局將來在軌道兩側佈放有號誌專用光纖纜線裝置，所以可使用現有的資源來實現相關應用，再以既有的計軸裝置和車輪探測產品構成 DAS 的數位跟踪解決技術（FTS），即時且精確的達到遠端沿線設備狀態偵測，也可以迅速且正確的辨識損傷的車輪或車軸。

藉由光纖傳導分佈式聲學傳感系統(DAS)技術是一項新的低成本設備，因可利用本局既有環島光纖或號誌專用光纖網路系統設備，極易實現建置監測系統。惟該技術尚未達到鐵路工程所要求的 SIL 等級，因此距離商業化，尚有一段距離，其未來之發展，非常

值得本局觀察，並適時引入成功的案例及技術，有助於軌道及沿線設備防災、防竊防護系統應用並將既有各單獨監測系統整合成單一化管理系統設備。

二、建議事項

傳統軌道電路汰換為雙計軸設備改善轉轍器浸水故障作為

號誌系統仍多屬老舊，因受囿建置年代與基礎設施限制 號誌系統難以一次到位汰換更新，面臨困境與本局大略相同，在既有老舊號誌設備系統中，引發號誌故障發生率之設備仍屬軌道電路及電動轉轍器為首，在資深號誌工程人員解說下，目前號誌軌道電路偵知列車占用/非占用設備，是以保有傳統軌道電路及新建工程以計軸器設備建置，惟兩種設備系統各自單獨運用。與本局全面採用軌道/計軸並聯或雙計軸並聯(互為備援系統)運用方式不同。因傳統軌道電是以鋼軌傳輸電壓，利用列車車輪輾壓短路形成佔用狀態作為條件，因牽制於軌道道床環境、鋼軌表面氧化造成短路感度不佳及其設備元件複雜易肇生不明偶發障礙且自發復原情形，在養護維修不易等問題，因此；為提升既有號誌設備系統可靠度，在新建、改善號誌設備系統上，將以數位化計軸器設備汰換傳統軌道電路。

本局現況除少數新建高架車站、路段及新建車站已完全汰換為雙計軸設備外，維持既有軌道/計軸並聯系統，業經近 3 年來故障統計分析可知；裝設雙計軸器設備系統相較傳統軌道電路障礙有明顯降低，本局亦已在前瞻計畫之「台鐵電務智慧化提升計畫」提列雙計軸設備改善工程，將以漸進逐步汰換傳統軌道電路，屆時將可完全改善其受囿先天無法克服的問題，對本局號誌號誌系統之可靠度將有莫大的效益呈現。

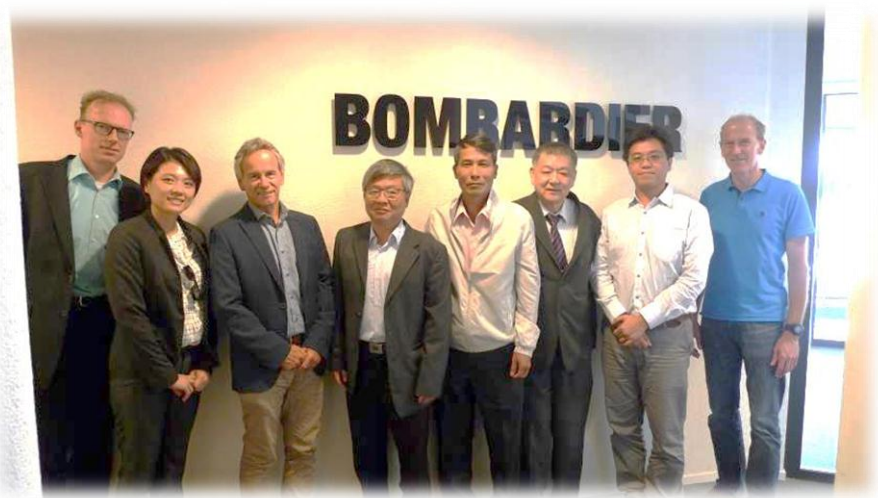
於參訪德鐵軌道之現場號誌設施期間，觀察其各車站道岔所使用的電動轉轍器設備，皆採用油壓式與本局所使用齒輪傳動機械式完全不同，經由德鐵(DB)號誌主管 Andreas Kühne 詳實解說後瞭解，因歐洲受天候風雪環境影響、在使用齒輪傳動機械時常因積雪融化

而肇生故障頻繁，經研發以電源設備與傳動部分分離、且密閉及低維護之防浸水油壓式電動轉轍器，可完全阻絕水氣滲入所引發轉轍故障。

本局路線鋪設於一般地面，甚多站場轉轍區間道床位處低窪，每遭夏秋之際颱風來襲或劇烈天候變遷之集降豪雨，致使道床積水宣洩不及而浸水故障，搶修困難影響行車至鉅，為克服潛在環境不利因素，可考量引進使用此類防浸水油壓式電動轉轍器，防止故障發生及減少維修成本，並確保行車安全。



位於英國的 NETWORK RAIL



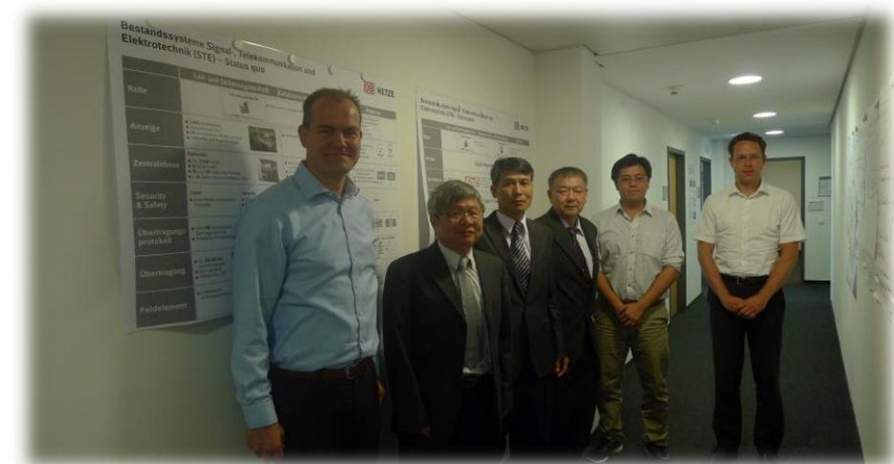
位於荷蘭的 Bombardier 公司



位於荷蘭的 PRORAIL 公司聽取簡報



位於德國的 TUV 公司意見交流



位於德國的 DB 公司意見交流