

出國報告（出國類別：考察）

考察歐洲鐵路號誌設備可靠度提升及號誌設備遠端監控系統維運管理經驗

服務機關：交通部臺灣鐵路管理局

姓名職稱：陳燕彬 科長

葉世銀 段長

涂嘉良 幫工程司

派赴國家：德國、瑞典、英國、愛爾蘭

出國期間：102年9月29日至102年10月10日

報告日期：102年12月31日

內容摘要：

隨國內都市發展及城鄉差距日益縮短，近年國人旅運仰賴軌道載具之需求日增，本局在運輸型態亦隨國人旅運需求不斷調整，除增加人口稠密區之區間列車密度縮短班距外，亦設法縮短城際列車之運轉時間，運轉型態適介於高速鐵路與都市捷運之間，另因東部公路建設尚未完備，本局需為國內經濟發展肩負承運大量貨運重任。本局在有限軌道上同時運轉三種以上不同任務之列車，運轉複雜度遠高於捷運與高鐵，為安全與效率須高度仰賴可靠的號誌系統管制，方可達成運轉安全及靈活的列車調度，並將有限之軌道利用率再提升。本局早期所建造之繼電聯鎖號誌系統雖仍安全可靠，但相關備品陸續停產取得不易，且功能擴充應用已達原系統設計瓶頸，為因應營運型態調整，在未來鐵路建設需優先加速號誌系統現代化建設。

有鑑於鐵路發展始於歐洲，在鐵路號誌系統研究與應用歐洲各國亦均積極投入，有諸多值得本局考察學習之經驗。本次考察主要在於傳統鐵路號誌系統可靠度提升經驗學習，實地參訪德國及愛爾蘭鐵路機構第一線號誌維修團隊，瞭解其於老舊號誌系統上大量建置號誌設備遠端狀態監控系統，藉設備狀態全面監控達成預防性故障診斷，並普遍採用低維護高可靠度之液壓電動轉轍器等號誌關鍵現場號誌設備，有效提升傳統鐵路舊號誌系統可靠度，值得本局大量老舊號誌系統可靠度提升借鏡。並實地參訪瑞典新完成之 LEVEL2 號誌系統現場設備，對瑞典鐵路號誌系統建設，藉先進安全網路科技將電子聯鎖核心集中並多重化、控制傳輸光纖化及無線化，達成低維護高運轉效率之現代鐵路號誌系統，值得供我國未來鐵路整體建設規劃參考。

目 次

壹、考察目的-----	1
貳、考察行程-----	2
參、參訪紀要-----	3
一、德國軌道設備參訪-----	3
(一) CONTEC GmbH 參訪-----	3
1. 油壓式電動轉轍器-----	3
2. 緊迫式連接線螺栓-----	6
3. 其它號誌系統應用-----	7
(二) SST GmbH 參訪-----	8
(1) 中央監控系統(CMS) -----	8
(2) 列車輪軸及軔機溫度動態偵測裝置-----	9
(3) 輪軸輪緣幾何缺陷偵測器-----	10
(4) 風速及風向偵測器-----	12
(5) 其他軌道工業偵測器-----	12
(三) 德國鐵路及輕軌捷運參訪-----	13
(1) 參訪德國鐵路 Grevenberg-Koln 車站號誌設備維修-----	14
(2) 德國輕軌捷運現場參訪-----	16
二、瑞典軌道設備參訪-----	20
(一) BOMBARDIER 參訪-----	19
(二) 斯德歌爾摩(stockholm)中央車站 OCC 的參訪-----	24
(三) Bothnia Line 實際採用 Level2 的參訪-----	27
三、英國及愛爾蘭軌道設備參訪-----	31
(一) CDSRail 的參訪-----	31
(二) Connolly 車站參訪-----	39
四、歐洲參訪旅運設施總整-----	47
(一) 車上驗票機制-----	47
(二) 端末型月台裝置彈簧式止衝檔-----	48
(三) 車廂座位上顯示乘客名字-----	48

(四) 德鐵提供自行車租借-----	48
(五) 提供旅客緊急使用之麥克風-----	49
(六) 車廂空間寬敞-----	49
(七) 臨時接駁車-----	50
(八) 倫敦地鐵採用分區計價-----	50
肆、考察心得與建議事項-----	51
一、考察心得-----	51
(一) 預防性維修-----	51
(二) 號誌設備的減量與強化-----	52
(三) 平交道立體化-----	53
(四) 號誌及列車控制系統升級-----	54
二、建議事項-----	56
(一) 號誌狀態遠端監控系統建造方案-----	56
(二) 防浸水油壓電動轉轍器-----	60
(三) 號誌聯鎖系統更新-----	60

壹、考察目的

隨國內都市發展及城鄉差距日益縮短，近年國人旅運仰賴軌道載具之需求日增，本局運輸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，亦設法縮短城際列車之運轉時間，運轉型態介於高速鐵路與都市捷運之間，另因東部公路建設尚未完備，為國內經濟發展仍須肩負承運大量貨運重任。本局在有限軌道上同時運轉三種以上不同任務之列車，運轉複雜度遠高於捷運與高鐵，為安全與效率須高度仰賴可靠的號誌系統管制，方可達成運轉安全及靈活的列車調度，並將有限之軌道利用率再提升。

本局主要號誌設備大多建造於 66 年縱貫鐵路電氣化時期，之後亦因運轉需求改變而歷經多次大幅增修，使用迄今多已逾原設計使用壽年，本局雖勉力維修並增設 ATP 及計軸器等，使整體安全及可靠度仍維持在可接受水準，然因設備老舊及部份備品停產，致維修工作倍極艱辛。今面臨營運型態須調整轉型，既設號誌系統亦面臨原設計之擴充極限等困境。本局短期須改良維修策略，並藉輔助管理設施協助，將既設老舊號誌系統可靠度再精進，並須思考未來中長程改良建設規劃方向。鑑於鐵路發展始於歐洲，在鐵路號誌系統研究與應用，歐洲各國亦均積極投入，有諸多值得本局考察學習之經驗，此次赴歐洲參訪鐵路號誌系統設備與維修管理實務經驗。

貳、考察行程

交通部臺灣鐵路管理局因公出國行程表		
日期	地點	主要行程概述
102年 9月29日	臺北/法蘭克福	去程
9月30日	法蘭克福	拜會德國鐵軌道工業 CONTEC GmbH，參訪鐵道軌旁號誌裝置、電動轉轍器及號誌防護設施
10月1日	法蘭克福	拜會德國鐵軌道工業 SST GmbH 參訪鐵道設施與環境監控系統
10月2日	法蘭克福/斯德格爾摩	拜會德國 Grevenberg-Koln 號誌維修中心，參訪號誌維修作業，參訪 Glockhammer 輕軌捷運聯鎖
10月3日	斯德格爾摩	拜會瑞典 BOMBARDIER，參訪 STORCKHOLM 中央車站 OCC、電子聯鎖系統、號誌監控中心
10月4日	斯德格爾摩	參訪瑞典 Bothnia Line Level-2 現場機房、無線閉塞中心、號誌監控中心及軌旁號誌設施
10月5日	斯德格爾摩/倫敦	參訪 STORCKHOLM 中央車站及地鐵旅運設施
10月6日	倫敦	參訪倫敦滑鐵盧中央車站及地鐵與週邊旅運設施
10月7日	倫敦	拜會 CDSRail，參訪號誌系統監控系統設備應用
10月8日	都柏林	拜會 IRISH RAIL 鐵道公司，參訪號誌系統監控維護作業、CONNOLLY OCC、號誌監控中心
10月9日	都柏林/法蘭克福/臺北	轉機與回程交通
10月10日		抵達臺北

參、參訪紀要

此次參訪 CONTEC、SST、BOMBARDIER 及 CDSRail 等軌道相關工業，並實際訪察德國鐵路及輕軌、瑞典鐵路、英國及愛爾蘭鐵路等號誌設備及旅運設施現況，對本局於未來號誌系統規劃之方向提供不少助益，以下將就參訪內容做詳細介紹：

一、德國軌道設備參訪

於德國期間參訪了 CONTEC、SST、德國鐵路及輕軌捷運，其內容包含油壓式電動轉轍器、連軌線工法與結構及其相關實際應用於德國鐵路及輕軌上之情形。

(一) CONTEC GmbH 參訪

於 9 月 30 日在 CONTEC GmbH 的 HolgerPütz 的解說下，參訪該公司軌道工業產品；該公司成立於 1986 年，並於 2005 年加入 VAE GmbH 團隊，本次參訪重點在於油壓式電動轉轍器的實際應用情況，及其相關軌旁設備，詳述如下：

1. 油壓式電動轉轍器

- (1) 油壓式電動轉轍器包含馬達單元、連接單元、及驅動、鎖錠和偵測單元等，以馬達驅動油壓系統，經過油壓管對動作桿產生推力，亦可於斷電時採用人工扳轉，並可作定、反位偵測查核。其基本架構如圖 1，亦可依據實際軌道線形作整合，將馬達單元、及驅動、鎖錠和偵測單元整合成單一機體(如圖 2)。



圖 1 油壓式電動轉轍器基本架構



圖 2 油壓式電動轉轍器整合架構

- (2) 採用基本架構之組立方式適用於標準軌(軌距 1435mm)或寬軌(軌距 1600mm)道岔處，其推動道岔尖軌之油壓驅動、鎖錠和偵測單元裝設於軌道內側，因連接桿件長度可大幅縮短使穩定度獲大幅提高，馬達單元則置於軌道外側，整體結構均設計為可浸水(IP67)防塵防水等級。另為適用於窄軌(軌距 1067mm)道岔處，因軌道

內側空間無法收容油壓驅動、鎖錠和偵測單元，將其與馬達單元整合於收容箱，藉連接桿推動道岔尖軌，仍維持其可浸水(IP67)防塵防水等級。

- (3) 因動力採用油壓耦合之優勢，馬達動力藉油壓管傳遞給油壓鋼驅動尖軌，相較於傳統電動轉轍器以齒輪機械耦合驅動，組合配置就更為靈活；例如因空間環境限制，可將馬達單元設置於路基外側(其油管最長可延伸至 30 公尺)；對於小角度之高速道岔(如本局#16 道岔)，可配置多組油壓驅動、鎖錠和偵測單元，平滑均勻驅動尖軌换位與鎖錠，有效改善傳統藉輔助拉桿及牽縱拐軸耦合之機械傳動，常發生推力不均易生機械故障等缺點(如圖 3)。



圖 3 單一馬達可透過油管推動一個以上的驅動、鎖錠和偵測單元模組

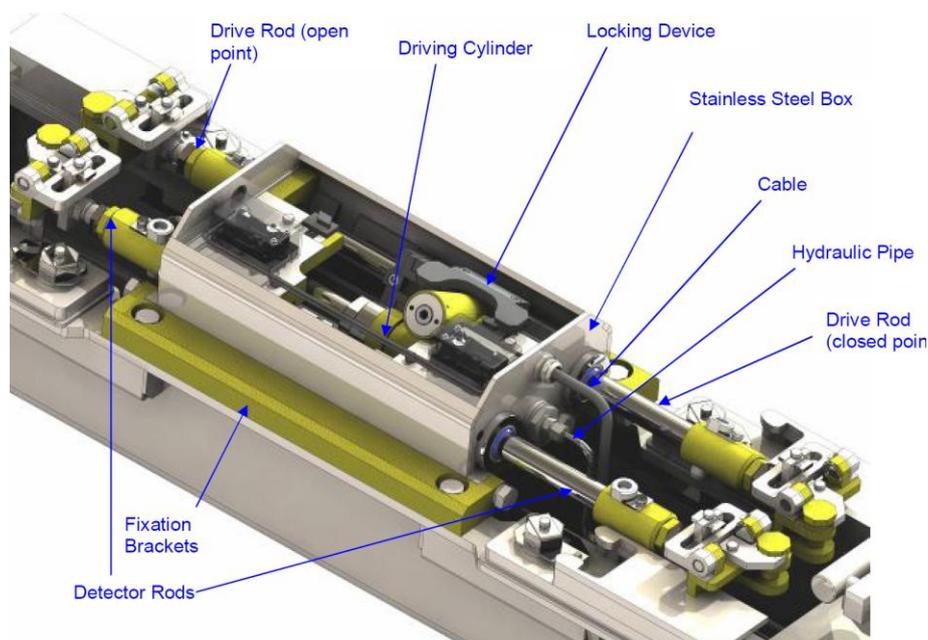


圖 4 油壓驅動、鎖錠和偵測單元(採機械鎖錠結構確保安全性)

#	Title	Unit	
1	SIL4 certified, German Railways approved 德國鐵道SIL4 認證		
2	Locking Force 鎖定力	(N)	>100 000
3	Power unit (without lid) 電力部件 (不含上蓋)	(kg)	56
4	Drive, Locking and Detecting unit (without lid) 驅動，鎖定與檢查部件 (不含上蓋)	(kg)	80
5	Throw force 驅動力	(N)	Max. 15.000
6	Throw pressure / force; typical adjustments 驅動壓力/力量; 典型的調整	(bar/N)	70/ 6500N
7	Throw min / max; adjustable 驅動桿可調整長度	mm	60 / 160
8	Throw time 行程時間	S	2.5 - 5
9	Sealing of housings 密封等級	IP	67

表 1 參訪 CONTEC GmbH 所製造之油壓式電動轉轍器規格

- (4) 臺北環線捷運號誌系統由 ANSALDO 公司承建，此次參訪巧遇其委由 CONTEC GmbH 所製造，擬用於臺北環線捷運之油壓電動轉轍器(約 50 餘套)，正在進行可靠度驗證，台北捷運局監造人員採用 IP 攝影機及遠端數據監控模組，透過網際網路直接監控其驗證情形，以確認驗證過程及數據。



圖 5 用 IP 攝影機及遠端數據監控模組，透過網際網路直接監控並紀錄其驗證情形

- (5) 臺灣位處亞熱帶多雨氣候環境及近年天氣異變，常因豪雨成災造成本局路線淹水，本局號誌系統之電動轉轍器常因淹水致生故障，另因道床淹水造成路基不穩致生轉轍器晃動不穩，依本局近 3 年號誌故障造成列車誤點原因，電動轉轍器故障約佔 26%，影響本局列車準點率甚鉅。經本次參訪 CONTEC GmbH，對其普遍應用於德國鐵路之油壓式電動轉轍器，可達成高防水等級至 IP67(可浸於水中操作)，及其採油壓傳動結構設計有效改良機械傳動調整不易缺點，並內建設備運作狀態參數遠端監控，供維修單位透過網路監控紀錄與遠距診斷等優點。若能先少量引進試裝於本局易淹水站場，或少量汰換本局使用已逾 40 年電動轉轍器(如彰南線)以利進一步評估，俟若使用效果優異擴大換裝，對於本局號誌系統可靠度提升，將可獲得鉅大躍進。

2. 緊迫式連接線螺栓

- (1) 此次參訪觀察德國鐵路之電力回流線及軌道電路連軌線與鋼軌之連接方式，均採緊迫式導線與鋼軌連接線螺栓連接(如圖 6)，與本局採焊接方式很大不同(如圖 7)。經德鐵號誌維修人員說明，早期德國鐵路亦如本局採用焊接方式，後常因藥劑受潮或因施工及品管不易等，常發生脫落致生系統異常影響整體可靠度，進而改以緊迫式導線與鋼軌連接線螺栓方式方獲改善。



圖 6 德國採用緊迫螺栓式



圖 7 本局採用焊接式

- (2) 本次參訪 CONTEC GmbH 時發現其亦有製造該類產品，其採用兩種錐型銅質套環(分別為 U 字型及八字型)介於鋼軌孔與螺栓間，利用螺栓緊迫後錐型銅質套環將螺栓與鋼軌孔隙緊密嵌合，導線則與螺栓連接達到導線與鋼軌結合(如圖 8、9)。



圖 8 錐型銅質套環與螺栓



圖 9 導線與螺栓連接

(3) 本局電力回流線及軌道電路連軌線與鋼軌之連接均採焊接方式，軌道電路腳套線與鋼軌之連接採卯接方式，回流線於現場熱劑焊接時因天候環境影響，品質不易控制常發生脫落致生系統異常，號誌連軌線則易受砸道機夾輪損壞，常需動用 5 人將電焊機搬到現場補焊。本次考察對德國人於此細末小節亦均投入心力改良頗敬佩，本局使用已逾 40 年以上之回流線及連軌線與鋼軌之連接工法，須思考改良以期提升可靠度，並降低維修工時及維修人員工作風險。

(4) 其它號誌系統應用

本次參訪 CONTEC GmbH 其亦有產製電子聯鎖、計軸器、就地進路控制等號誌系統相關產品，但因行程緊迫僅由簡報中瞭解無緣參訪實際應用，在此僅提供相關設備示意(如圖 10)。

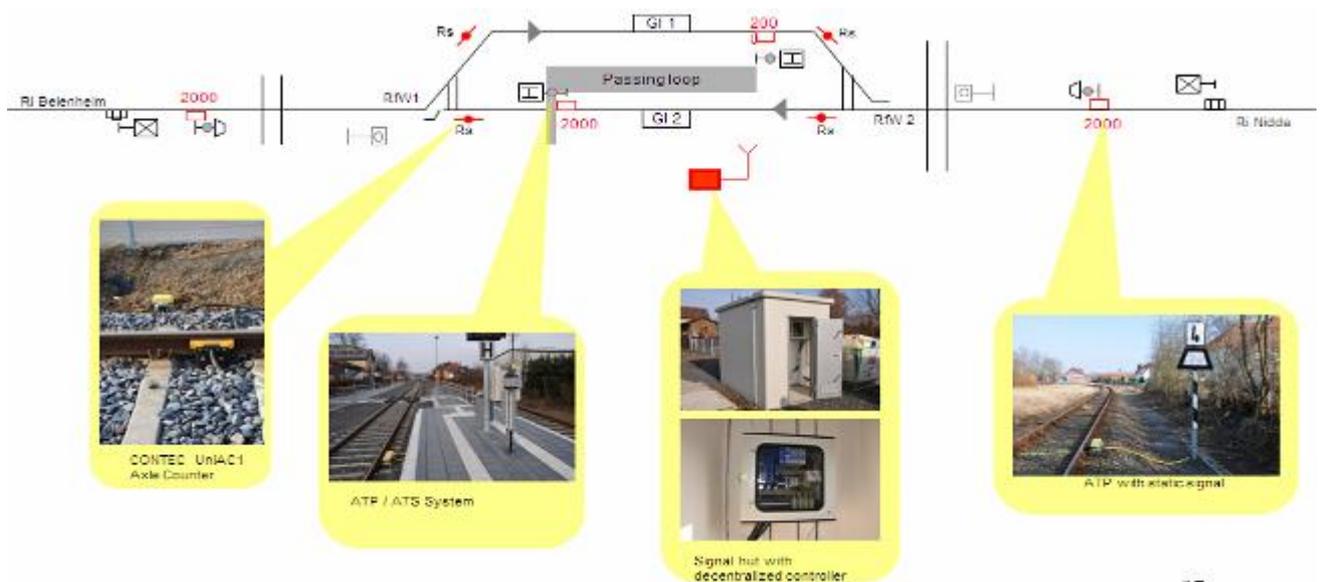


圖 10 CONTEC GmbH 鐵路號誌系統相關產品應用

(二) SST GmbH 參訪

於 10 月 1 日在 SST GmbH 的 Thomas Kuppler 的解說下，參訪該公司軌道工業偵測系統；該公司成立於 1997 年，並於 2005 年加入 VAE GbmH 團隊，本次參訪重點為鐵路設施之中央監控系統(CMS)與相關應用技術之瞭解，含環境監測、輪軌監測等，詳述如下：

1. 中央監控系統(CMS)

(1) 以具有 SQL Data Base 的伺服器為基礎，透過網際網路(TCP/IP)收集軌旁各監控點資訊，含各式偵測系統及操作資訊等，利用收集到的資訊做長期資料的趨勢分析，並可於系統上顯示列車位置、作出靜態報告及將異常或故障通知現場維護單位處理，以達到早期發現問題、解決問題，其基本架構(如圖 11)。此次參訪的中央監控系統主要是用於監控列車輪軸溫度、軋機溫度、輪緣缺陷、軌旁風速及風向等系統，並可與號誌系統做整合達成避災減災之安全控制。

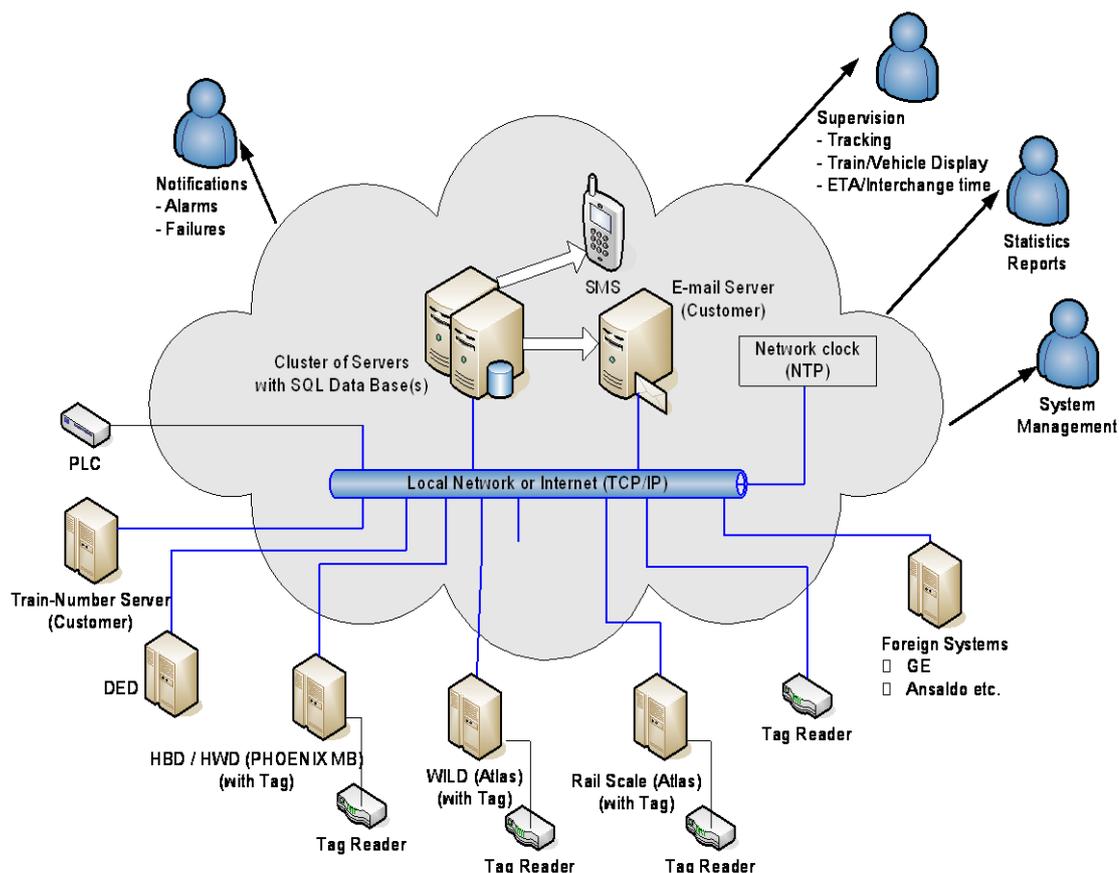


圖 11 中央監控系統(CMS)整體架構圖



圖 12 中央監控系統(CMS)人機界面

(2) 鐵路設施於地面上呈帶狀分佈，沿線各種號誌、軌道、結構物及環境狀況，如仰賴維修人員至現場逐一檢查，除耗費人力效率很低外亦不精確，歐洲鐵路近年積極發展新的維修管理方法，採用現場普遍大量建置各種設備監測裝置，透過光纖或無線網路將軌旁各種設備參數即時送回監控中心(CMS)，並藉高速伺服器分析大量監測蒐集之參數，達成高效率且精確的預防性維修管理。據本次考察瞭解，歐洲各鐵路(含傳統鐵路)已普遍建置該類中央監控系統本局亦刻規劃中，本次參訪所蒐集之各技術細節很寶貴，將作為本局規劃設計參考。

2. 列車輪軸及軀機溫度動態偵測裝置

(1) 偵測器採光學熱影像原理，偵測模組被安裝於特製鋼枕木(如圖 13)，以光纖將熱影像資料送至軌旁前處理伺服器(如圖 14)，設置地點距偵測模組需小於 50 公尺，再以網路轉送至監控中心(CMS)分析列車行經時之動態參數。



圖 13 光學熱影像偵測模組被安裝於特製鋼枕木



圖 14 軌旁前處理伺服器

- (2) 為避免光學熱影像鏡頭髒污或雨水入侵，在偵測模組兩側以計軸器偵測輪軸，當輪軸接近之瞬間鏡頭才會打開過後即關閉，列車行經偵測器時每個輪軸之軸溫、軋機溫等將會被系統逐一標示與紀錄，分析系統可智慧化判別異常，並將訊息通知車輛維修單位供其採行緊急處理對策。

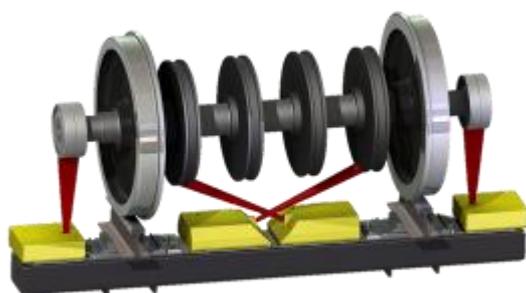


圖 14 光學熱影像偵測對象示意



圖 15 光學熱影像偵測對象示意

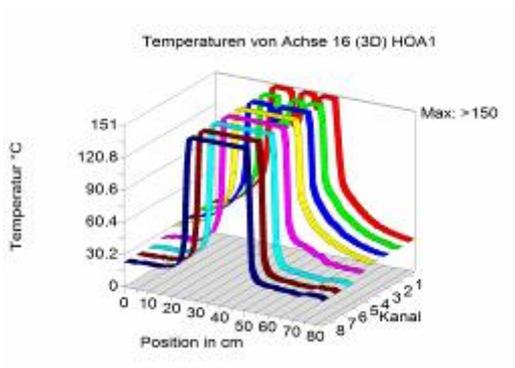


圖 16 立體化的輪軸熱分佈圖

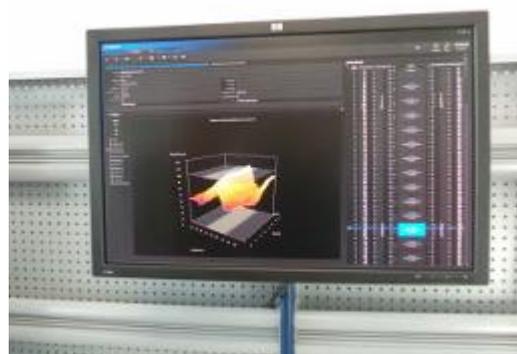


圖 17 中央監控中心管理介面

3 輪軸輪緣幾何缺陷偵測器

- (1) 利用有缺陷輪軸行駛時之震動會反映於鋼軌原理，在鋼軌底部上裝設偵測器，紀錄分析每一輪軸行經時之震動波形參數，以光纖將偵測器震動波資料送至軌旁前處理伺服器(如圖 18)，設置地點距偵測器需小於 50 公尺，再以網路轉送至監控中心(CMS)監控分析動態參數。鋼軌底部之偵測單元係以光學(用鏡子受震擺動)元件偵測震幅精確度頗高，依最大車輪圓周長為範圍每 60 公分(配合枕木間距)裝設 1 個偵測單元。



圖 18 輪軸輪緣幾何缺陷偵測單元被安裝鋼軌



圖 19 偵測單元

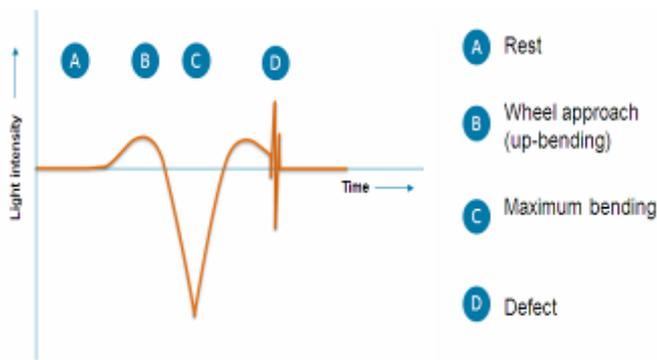


圖 20 輪軸輪緣幾何缺陷偵測波形分析

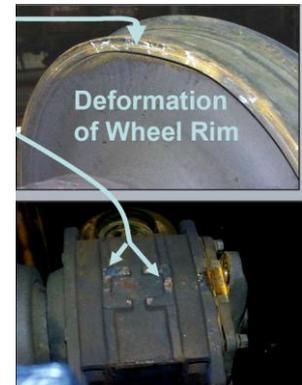


圖 21 輪軸輪緣幾何缺陷

- (2) 列車輪長時間於軌道上運轉因煞車或鋼軌不平等因素，導致輪緣幾何缺陷(不圓或有損傷)造成行駛時之振動，此一狀況除造成旅客不適感及其他機件易劣化外，嚴重時亦可能造成重大事故。歐洲鐵路為避免產生此一現象，以光學偵測分析每一輪軸震動波形數據參數，可有效達成精確且即時之輪緣異常狀態診斷。
- (3) 列車輪軸之軸溫、軋機溫及輪緣幾何缺陷等與行車安全至為關鍵，當軸承或軋機故障咬死，輕者為機件損壞造成誤點，重者可能因此發生列車出軌，由於其屬於動態參數，於車輛維修廠不易檢測。經本次考察瞭解歐洲鐵路為改善此潛藏問題，在約 70 至 150 公里建置一處列車輪軸之軸溫、軋機溫偵測器，平時依據長期分析各輪軸狀態據以規劃檢修時機，此相較於依設備生命週期汰換更務實且經濟，偶發現異常個案時(行駛中溫度異常)則可即時緊急處置，避免發生重大事故。檢討本局在車輛軸溫檢測，採軸溫貼紙由人工逐一判讀紀錄難免疏漏且不精確，本局可研究參考歐洲鐵路藉現代科技協助檢測方案，以提升可靠度。

3 風速及風向偵測器

- (1) 參訪 SST GmbH 風速及風向偵測器，其特點在於採用非常見風杯及風向標之機械構造，而是以多組「風笛」構成矩陣，將各風笛音波藉相位分析而得風速及風向資料，經光纖或無線網路送回中央監控中心。經說明後瞭解，因歐洲會因大雪及沙漠地區會因沙暴等因素，造成傳統之風杯或風向標機械傳動失靈，進而發展之可靠度改善方案。

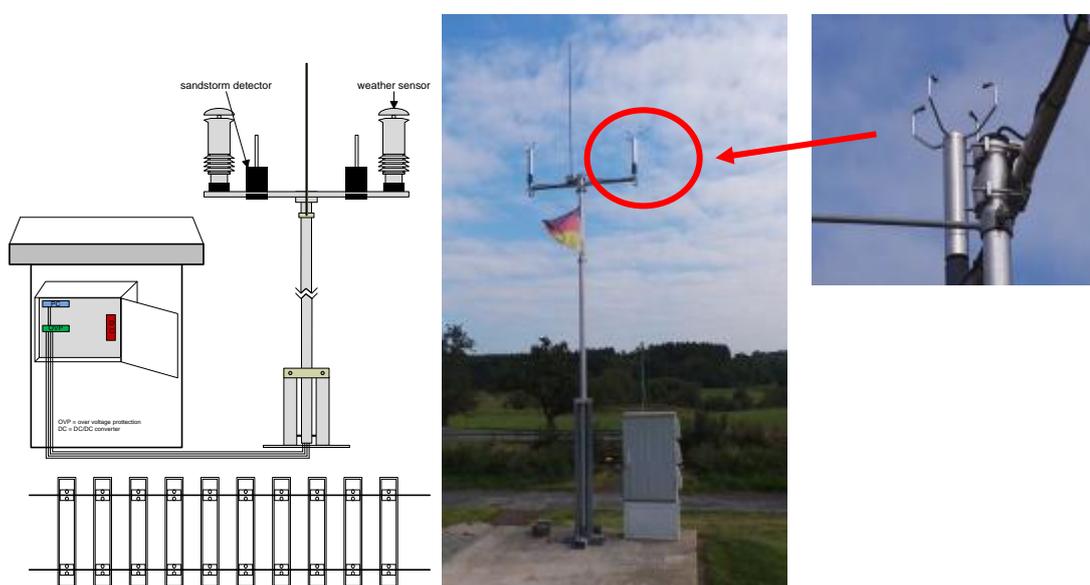


圖 22 風速及風向偵測器

- 4 本次參訪 SST GmbH 除前述幾種鐵路設備及環境監控設備外，尚有列車淨空偵測系統、電力號誌狀態偵測系統等等鐵路應用設備，因時間有限未能逐一實際現場瞭解。

(三) 德國鐵路公司及輕軌捷運參訪

於 10 月 2 日參訪德國鐵路公司，德國鐵路公司(Deutsche Bahn AG)簡稱德鐵(DB)，由原德國聯邦鐵路及德國國營鐵路於 1994 年在法蘭克福合併，並於 2000 年遷至柏林，入駐於波茨坦廣場旁新落成的鐵路塔，成為歐洲最大的鐵路運營商及鐵路基礎設施維護團隊。

德國鐵路網採用車路分離方式營運，鐵路基礎設施企業以德國鐵路公司為主，並於旗下成立約 24 家鐵路分支機構(其它子公司約 1,000 家)，其中以主營客運的德國長途運輸、德鐵區域運輸以及主營貨運的德鐵辛克鐵路為主。因德國鐵路公司本身為非營利事業，其收入有部份來自於與公營機構的合同，以及政府對於維護和擴大基礎設施建設的財政補貼，藉此支持德國鐵路公司以服務為本的角色，為大眾提供優質的交通運輸品質。

隨著歐洲共同體的概念，德國鐵路公司至 1994 年合併後即開始改革重組，鐵路開始由行政機關轉變為公司，並開放鐵路網路，引入私營鐵路運營商參與競爭；其中促成線路乘客人數大幅提升，應歸功於改良路線基礎建設，以提高行車運轉速度，特快車車速平均約為 200 公里/小時，藉此吸引一般旅客的搭乘意願。自 2006 年 12 月 10 日德國鐵路的新時刻表生效，於慕尼黑—紐倫堡—萊比錫—柏林—漢堡以及慕尼黑—紐倫堡—法蘭克福—科隆之間的城際特快列車服務，實現了每小時 1 班次，及於紐倫堡—慕尼黑以及科隆—法蘭克福間的城際特快列車，則實現每半小時 1 班次，使得各地旅行時間大幅縮短，提高了旅客搭乘意願，其中以 2011 年為例，乘客數達 19.81 億，延人公里達 792.28 億。

截至 2011 年德國鐵路路線總長度約為 33,500 公里，為健全德國境內鐵路網，德國鐵路公司尚有多條新路線在規劃興建中，每天運行的列車大約為 37,000 班次，為世界第三密集的鐵路網路，在這龐大的鐵路運輸網中，其客運列車的準點率達 94.4%。

在此提供德國境內鐵路網圖(如圖 23)，包含了客、貨運共用軌及不共用軌，電力系統則分別為 15KV/16.7HZ、25KV/50HZ、3KV/DC、1.5KV/DC 及非電化區間等，其尚包含有興建中及規劃中的路線，並有部份路段依然保持窄軌規格及規劃成觀光路線等。

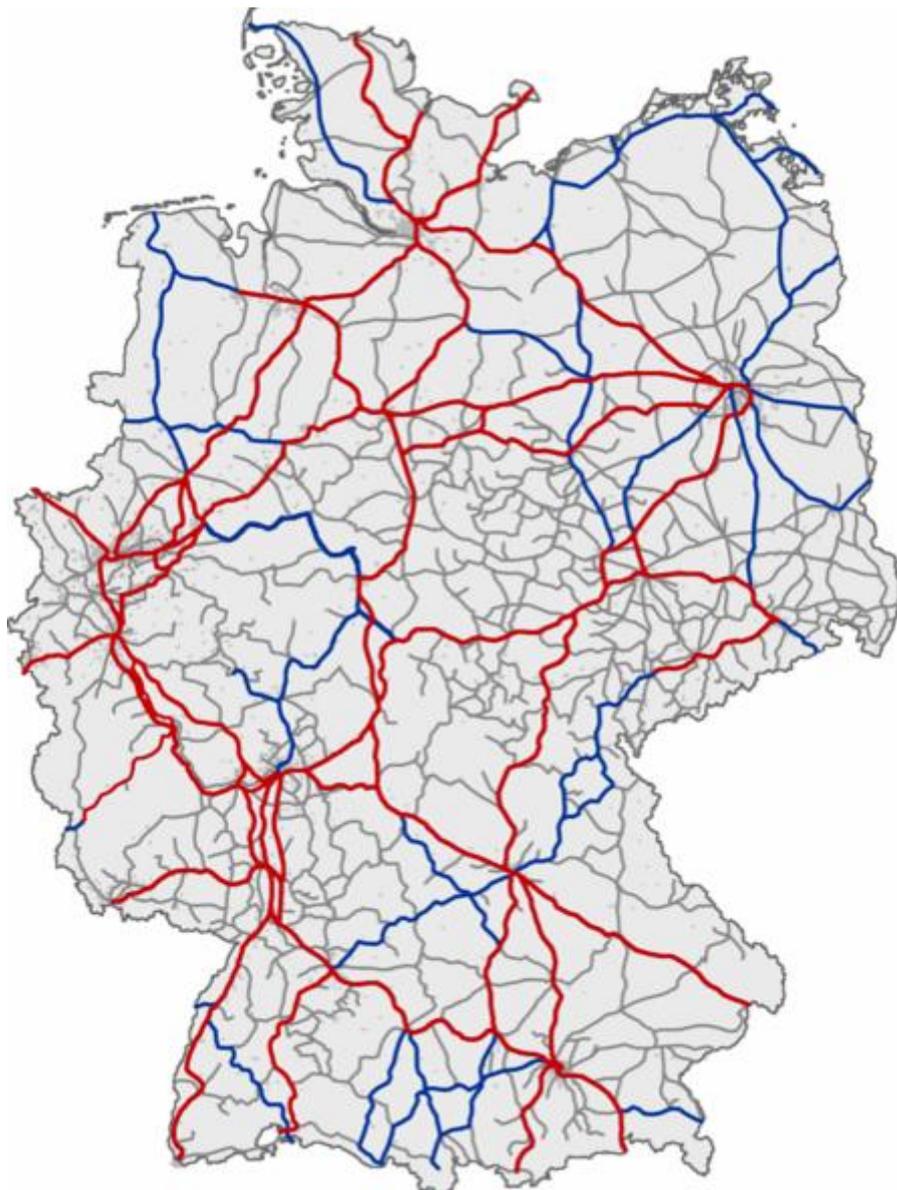


圖 23、德國境內鐵路網圖

1. 參訪德國鐵路 Grevenberg-Koln 車站號誌設備維修

- (1) 在 CONTEC GmbH 與德國鐵路公司(Deutsche Bahn AG)協助安排下，本局參訪人員進入 Grevenberg-Koln 車站站場軌道路線，實際觀察油壓式電動轉轍器運作及維修情形。經與德國鐵路公司維護員工交流，得知其保養方式僅須每 6 個月至現場巡視外觀及清潔，並不須從事加油或內部零件保養等。在德鐵員工協助列車防護下，讓本局人員實際操作現場扳轉油壓式電動轉轍器，觀察其動作過程相當平順有力；綜其特性可有效降低維護成本，並提高電動轉轍器之可靠度與安全性(如圖 24)。



圖 24 Grevenberg-Koln 站場軌道路線，實際觀察油壓式電動轉轍器運作

- (2) 電動轉轍器輔助拉桿護具：於德國鐵路之電動轉轍器上需設立輔助拉桿時，有加掛有輔助拉桿護具，以防止外來因素導致輔助拉桿故障，進而影響轉轍器功能(如圖 26)。在本局#16 道岔上亦設置有輔助拉桿，但卻尚未設置護具，有時會因外來因素而造成輔助拉桿故障，導致轉轍器無法正常扳轉，此一護具概念為本局所缺乏，可列入本局往後新建設備時參考以提升可靠度。



圖 25、本局電動轉轍器輔助拉桿



圖 26、德國電動轉轍器輔助拉桿護具

- (3) 連接線螺絲防護：德國鐵路對於號誌系統的細膩度實為本局員工效法，其對號誌設備的每一環節皆採取嚴謹的態度，為保護連軌線不受外來因素影響亦用護具防護，在路線上之鋼軌連接線，均以鑽孔後鎖上連接線螺絲，並於重要連接線上加裝護具，以減少外來因素所造成的損壞(如圖 27,28)。

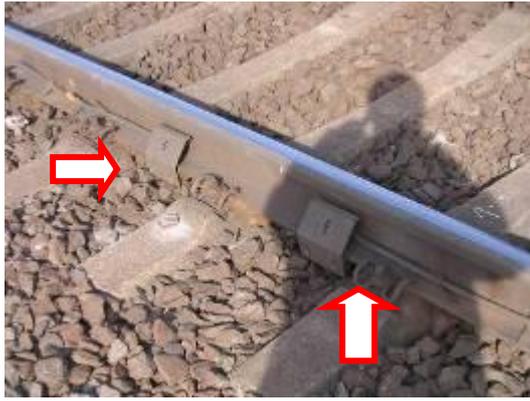


圖 27、連接線螺絲防護

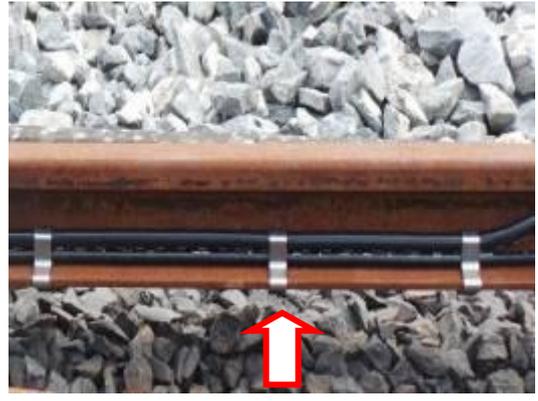


圖 28、連接線上加裝護具

- (4) 鋼軌斜切絕緣：雖然本局已將軌道電路及計軸器採取並聯方式，大幅降低軌道電路故障而影響行車事件，但並不表示軌道電路即減少故障，為避免軌道電路故障須從多方面著手，其中因絕緣接頭處鋼軌的流潰現象造成的軌道電路故障次數亦不算少，現行的絕緣接頭處均以垂直方向製作絕緣斷面，易產生流潰現象，而導致軌道電路故障，而於德國鐵路有些已改為斜切，可避免鋼軌因列車長期輪緣碾展產生的流潰現象，以降低軌道電路故障機率(如圖 29、30)。



圖 29、德國鋼軌斜切絕緣



圖 30、本局鋼軌絕緣

2. 德國輕軌捷運現場參訪

- (1) 參訪位於諾伊斯(Neuss)市區 Glockhammer 街上的輕軌捷運(如圖 31,32)，此輕軌的營運商為 Rheinbahn，Rheinbahn 是一家在杜塞道夫市(Düsseldorf)和周邊城市經營的交通營運商，網路內有 7 條輕軌路線、13 條電車路線、92 條巴士路線，全部的軌道路線全長為 342 公里，使用的軌距是 1,435mm；營運的輕軌車輛 140 輛，電車動力車輛 170 輛，電車拖車 86 輛，低地板巴士 358 輛，每日運輸人次高達 72 萬人次。



圖 31、Glockhammer 輕軌捷運



圖 32、Glockhammer 輕軌捷運

(2) 在諾伊斯(Neuss)市區約 200~300 公尺便設置一個上下車點，其主要用途為徒步區運輸；號誌聯鎖系統採取簡易式辦理，設立於輕軌捷運旁路邊(如圖 33)，軌道佈置圖亦為簡易型式(如圖 34)，依據靠右行駛原則來做行車運轉；當列車要進入轉轍區間前，號誌系統即利用計軸器(如圖 35,36)偵測列車是否佔用，若有對向來車欲駛入共用路線，則號誌顯示為險阻號誌「—」，若無則顯示進行號誌「■」(如圖 37)；經過轉轍區間時，其使用的轉轍器為彈簧式轉轍器(如圖 38)，固定開通往右側方向，而使其對向列車直接以擠叉方式通過轉轍區間，以達到固定靠右行駛的功能。



圖 33、簡易型電子聯鎖設備



圖 34、簡易型就地控制盤



圖 35、輕軌計軸器 1



圖 36、輕軌計軸器 2



圖 37、輕軌號誌機



圖 38、輕軌彈簧式轉轍器

- (3) 號誌系統採用簡易式小型聯鎖，系統架構簡單無須以人工調度，僅於交會處設置彈簧式轉轍器，以計軸器設備檢出軌道區間佔用查核，在設備建置上大幅減化，在本局支線上因行車密度不高，且以觀光運輸為主要考量的線路上應可思考設置之可行性。另國內各大都市為改善交通擁塞，皆競相規劃興建標準捷運系統，但由於所需經費龐大工期長推動不易；若能就實際運量與用途評估，以本局沿線車站為轉運中心，採輕軌捷運向市區放射延伸，將臺鐵既有運能緊密整合充份應用，此於有限經費下不但易於達成改善市區交通目標。

二、瑞典軌道設備參訪

於瑞典期間參訪了 Bombardier 斯德歌爾摩的中央車站 OCC 及 Bothnia Line 之 Level 2 路線號誌設備實際應用情形。

(一) BOMBARDIER 參訪

- 於 10 月 3 日在 Bombardier Michael Thulin 的團隊解說下參訪該公司軌道工業產品及了解歐洲軌道號誌系統未來發展方向，以利於往後本局號誌系統提供規劃思考方向。該公司於 1942 年成立，之後收購軌道工業相關企業，對於軌道運輸相關設備均有研究及產製，本次參訪著重於歐洲地區 ERTMS/ETCS LEVEL 1、2、3 系統的發展現況及未來建置規劃方向探討。

隨著歐洲共同體發展日趨成熟，爲了使鐵路交通可在歐陸各國間相互行駛，歐盟各國共同制訂了 ERTMS/ETCS 規範供歐陸各國鐵路遵循，以使用配置 ERTMS/ETCS 設備的車輛可在歐陸各國間暢通無阻；此一規範之訂定提供了鐵路號誌系統未來發展的方向，促使世界各國加速規劃擴大推展方略，本局亦於 96 年 8 月完成全線相容於 ETCS Level 1 的 ATP 系統啓用，將本局列車運轉安全及效率提升至先進國家水準，此次參訪希借鏡先進鐵路規劃經驗，尋求本局相關系統再升級之規劃方向。

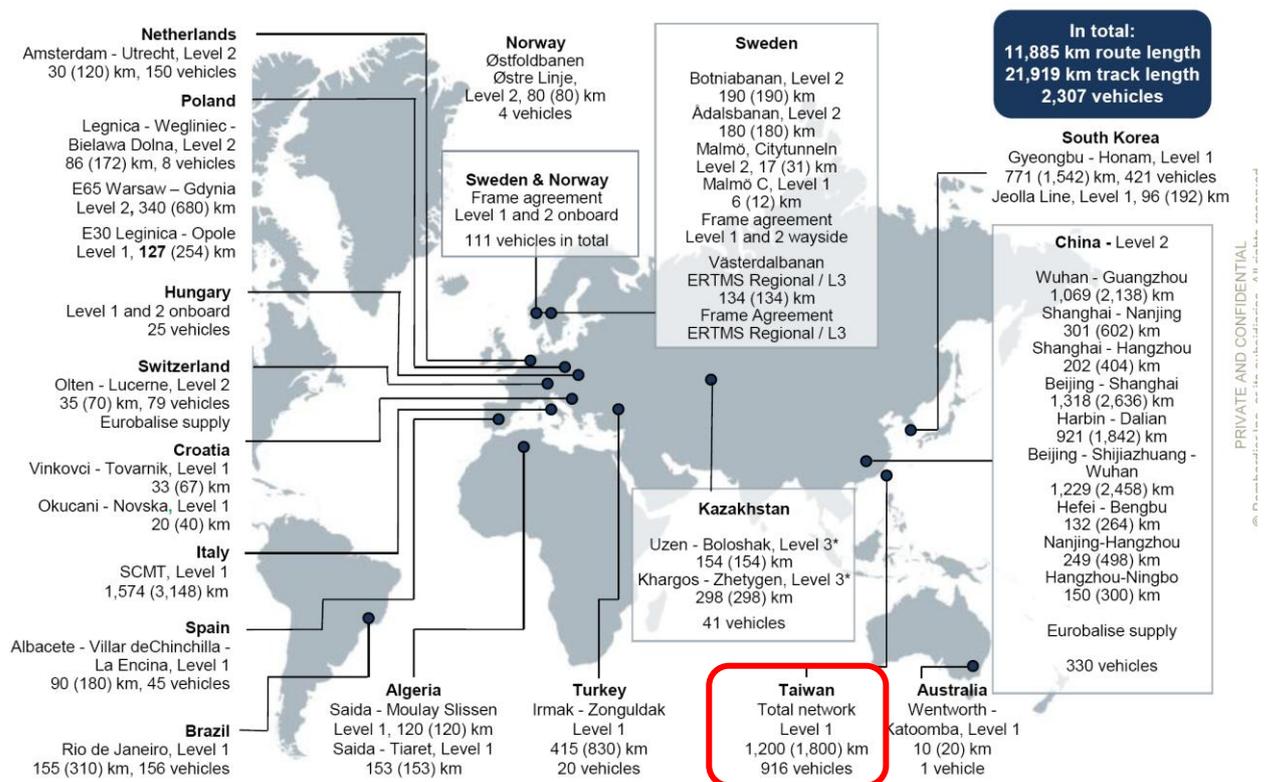


圖 39、ERTMS 設備於世界應用現況：Bombardier 簡報

2. 對於 ERTMS/ETCS 設備應用的瞭解

(1) Level 0：

屬於非 ETCS 規範內，列車運轉以司機員目視軌旁號誌機顯示做為行車依據，但若欲行駛跨越不同號誌系統的路線時，則須更換當地司機員，以確保行車安全，此一不便造成歐陸各國間跨國鐵路行車很大的困擾。

(2) Level 1：

配有 ETCS Level 1 的號誌系統可藉 ETCS 軌旁設備獲得號誌條件，並利用此號誌條件經由車載設備計算其移動授權及煞車曲線，本局現用 ATP 獲得軌旁號誌條件是依號誌點燈狀態由軌旁 LEU(Linside Electronic Unit) 讀取分析及編碼，藉電纜傳送至地上感應子(Eurobalise)，當列車經過 Eurobalise 時讀取資訊載入車載設備分析計算，轉換為移動授權及安全煞車曲線(如圖 40)。

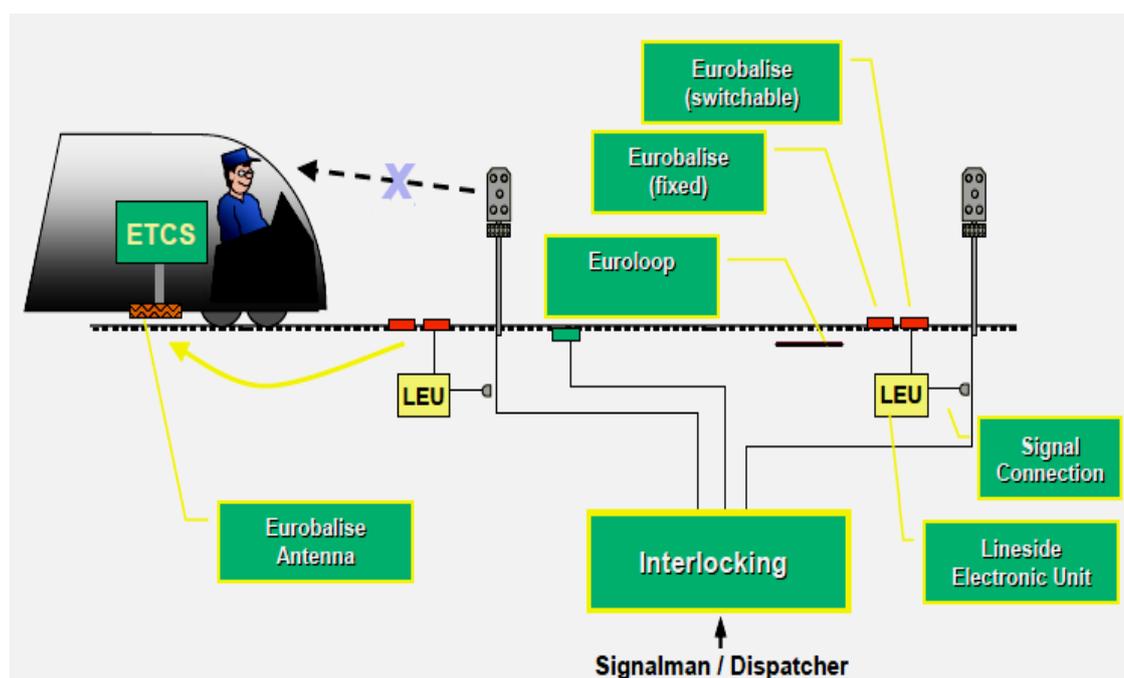


圖 40、ERTMS Level 1 架構示意圖

ETCS Level 1 獲得號誌資訊的途徑尚有 4 種方案：

(A) 由聯鎖系統將運轉條件送至軌旁號誌機，由分散於沿線之軌旁 LEU(Linside Electronic Unit)讀取號誌點燈狀態，經 LEU 分析及編碼後藉電纜傳送至地上感應子(Eurobalise)。其優點為使用既設 Level0 聯鎖系統與軌旁設備建置容易，由號誌點燈讀取運轉條件使系統相容性很高整合容易，適用於繼電器聯鎖系統直接升級，惟大量分散的軌旁設備不易集中維護管理。

- (B) 由聯鎖系統將運轉條件直接送至內建於 OCS 的變動 Eurobalise 驅動板，再由驅動板經電纜線送至現場 Eurobalise，此方案可減少設備的建置量。
- (C) 將聯鎖系統與集中式 LEU 模組整合直接交換資料，再透過內建於 OCS 的變動 Eurobalise 驅動板，經電纜線送至現場 Eurobalise，此方案可降低建置及維護成本，更可進一步做暫時性的限速異動處理(如施工期之臨時速限 SST 載入)，並可實現依據平交道的啓動與否來做列車移動授權與速度限制，惟該方案之聯鎖系統與集中式 LEU 模組間界面相容問題須獲有效克服方可達成。
- (D) 與(C)相似，將集中式 LEU 模組與變動 Eurobalise 驅動板做整合，並從聯鎖系統及 TMS 獲得資訊後，經電纜線送至現場的 Eurobalise，其優缺點與(C)相同。

(3) Level 2：

- (A) 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)。RBC 連接至號誌連鎖(Signal interlocking)，將號誌資訊經由無線基地台，以大氣為傳輸媒介，傳送至車上的人機介面，顯示允許速度，實現車上號誌(Cab signal)之功能。
- (B) 主要特性
 - a. 號誌閉塞區間虛擬化(Virtual block signals)。
 - b. 由地上號誌(Wayside signals)升級至車上號誌(Cab signals)。
 - c. 地上感應器不提供移動權，僅作為列車位置辨識，balise 無線化。
 - d. 道旁電子單元(LEU)可移除。
 - e. GSM-R 為必要關鍵設備，使信號傳輸無線化。
 - f. 即時訊息(Real time message)。

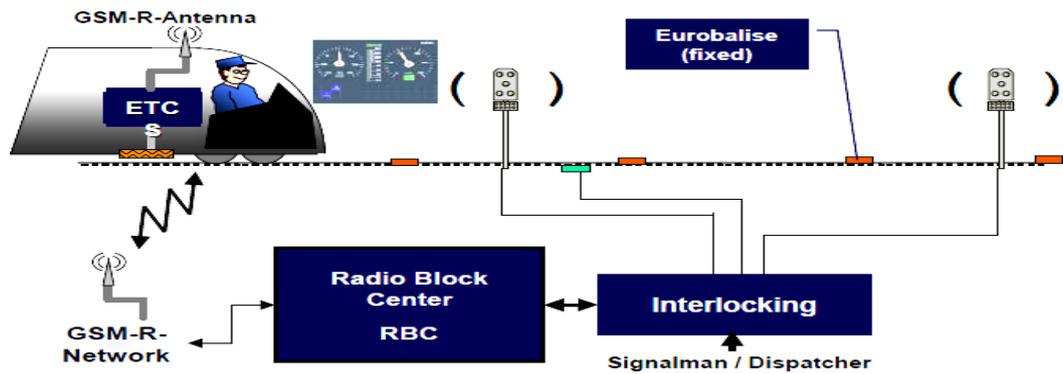


圖 41、ERTMS Level 2 架構示意圖

(4) Level3 :

列車裝載 ERTMS/GSM-R 標準之設備，在設置無線閉塞中心(RBC)及 Eurobalise 的路線上運行，車與地之間的雙向資訊通信(Uplink & Downlink)，全由 GSM-R 提供傳輸路徑。而 Eurobalise 提供路線限速等固定資訊(Fixed code)或作為位置校正，至於列車定位和列車偵測全由車載設備與 RBC 電腦來執行。因此，Level 3 是在沒有軌道電路、計軸器與道旁號誌機、固定閉塞的環境中進行。界定 Level 3 的功能指標，就是移動閉塞(Moving Block)。

Level3 系統最大特點在於採用移動式閉塞(Moving Block)，此於縮短發車間距增進路線容量有巨大助益，另因捨棄維護困難的軌道電路或計軸器等地上設備，大幅降低設備建造及經常維護成本，促使歐洲鐵路競相投入發展，極具本局未來號誌升級方向之參考價值。

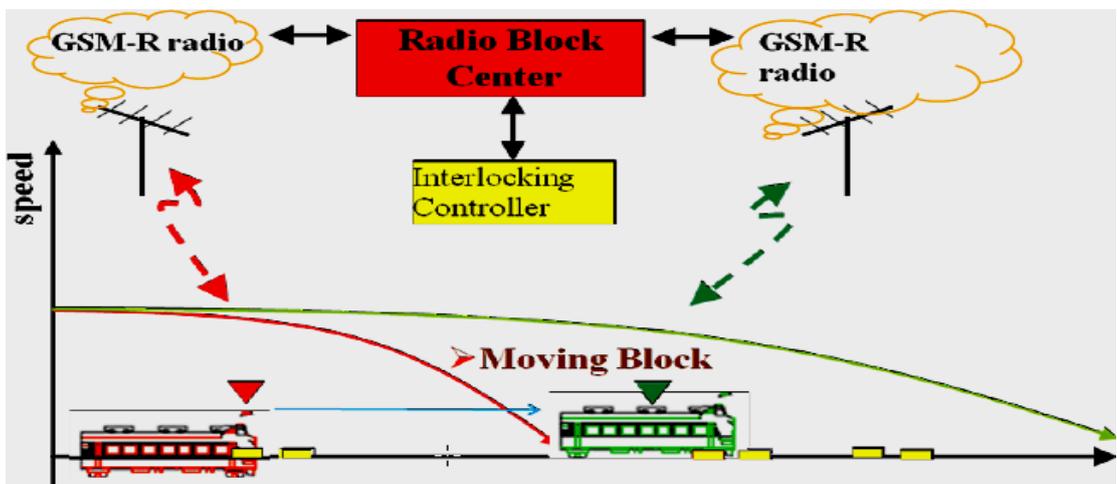


圖 42、ERTMS Level 3 移動授權示意圖

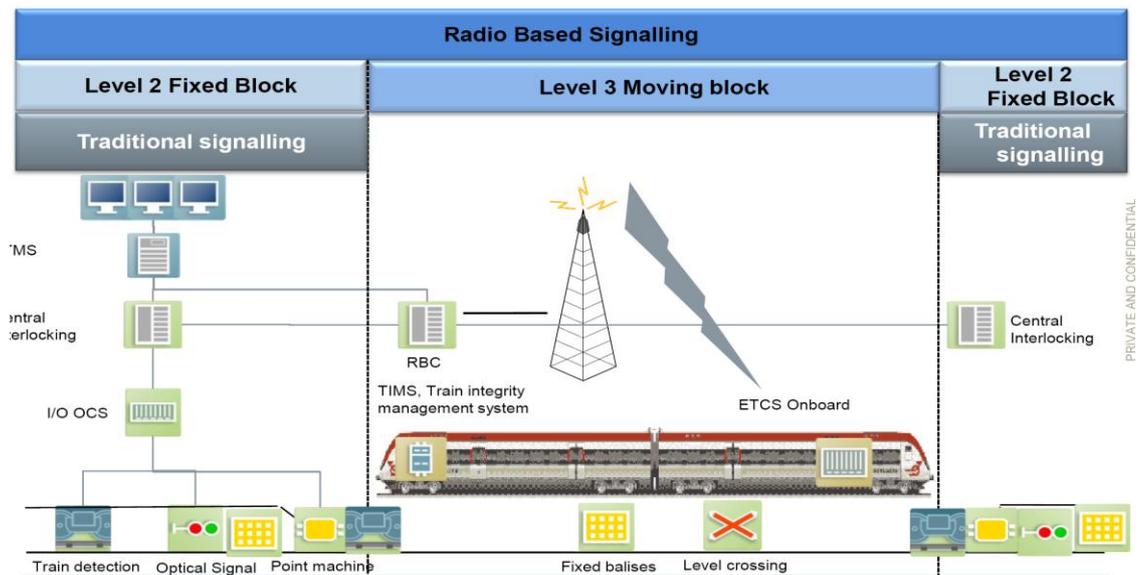


圖 43、ERTMS Level 2 與 Level 3 比較示意圖

(5) ETCS Level 1~Level 3 差異比較

	Detection	Signals	Blocks	Transmission	Performance
Level 1	Track Circuit or Axle Counters	Lineside Signals	Fixed Block	Balise	*
Level 2	Track Circuit or Axle Counters	Cab Signal	Virtual Block	Radio(GSM-R)	**
Level 3	Balise Odometer	Cab Signal	Moving Block	Radio(GSM-R、TETRA、ISM Band)	***

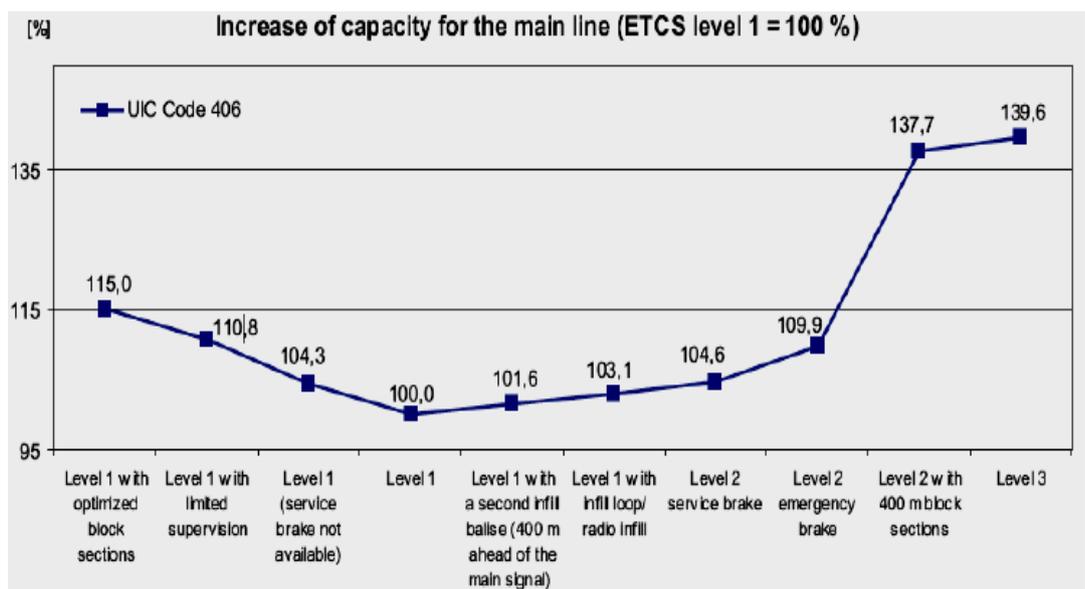


圖 44、ERTMS Level~ 3 行車容量比較示意圖

(二) 斯德歌爾摩(Stockholm)中央車站 OCC 的參訪

瑞典於 1855 年便開始建造鐵路基礎建設，至今約已建置 13,000 公里的鐵道，其中雙軌化區間約 1,100 公里及電化區間為 8,000 公里，其行車速度部分區段已提昇至 200 公里/小時，更規劃建置 320 公里/小時的路線，為世界上第 21 大鐵路網的國家(如圖 45)，在此車站內有數個鐵路營運商，如:愛蘭達機場快線、斯德哥爾摩通勤鐵路、SJ 鐵路；此次參訪其位於斯德歌爾摩的行車調度中心 OCC (Operationa Control Centre)，參訪的內容包含了號誌機房及其 OCC 行控中心。

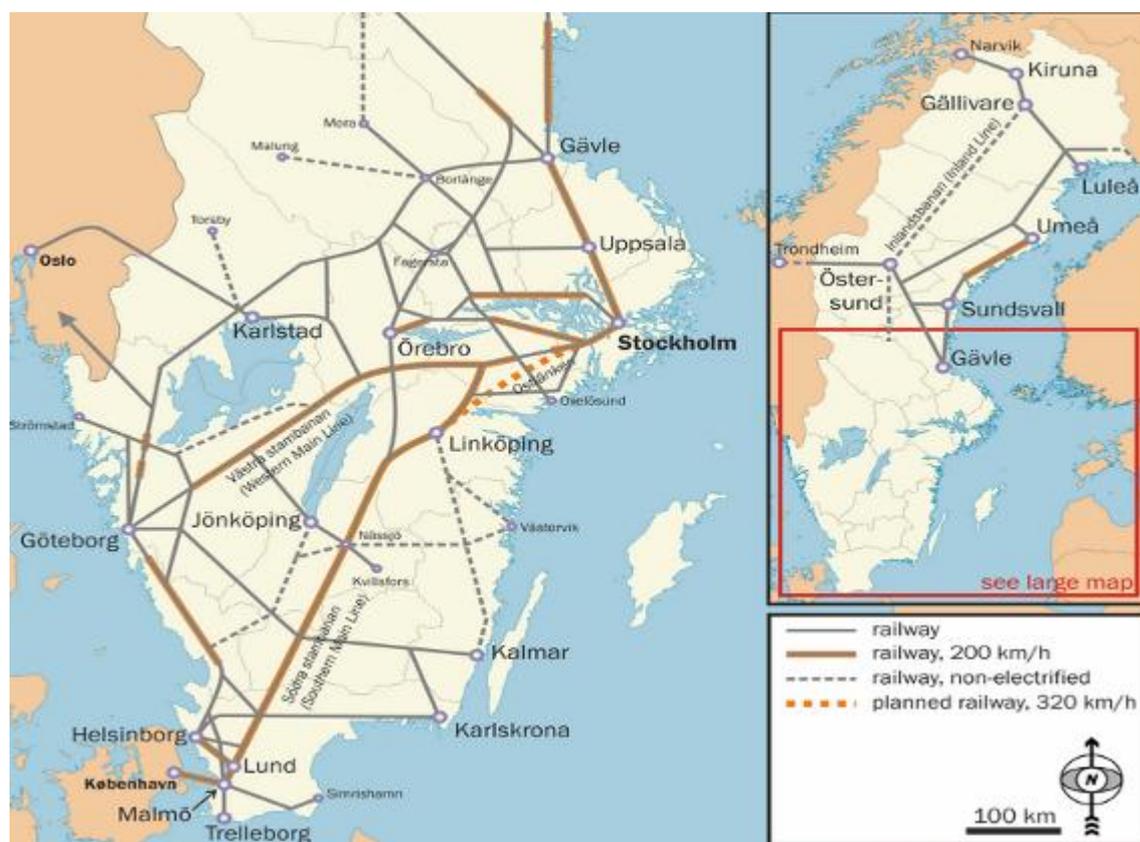


圖 45、瑞典境內軌道網佈圖

1. 斯德歌爾摩的行車調度中心 OCC (Operationa Control Centre)，號誌系統採用集中式電子聯鎖，建置 2 套電子聯鎖處理器，並為提高安全將此 2 套電子聯鎖處理器做異地備援，放置於不同位置，此次參訪僅參觀其中 1 套(如圖 46、47)；單 1 套中又包含 2 部處理器，在分別獲得 2 套 I/O 傳來的資訊經 2 部處理器計算後比對計算結果，符合者則表示聯鎖運算正確才會輸出號誌訊號，以確保號誌系統安全運作。
2. 瑞典鐵路號誌部門為了進一步掌握號誌設備狀況，於 1991 年即全面建置號誌狀態

遠端監控系統(SRCMS, Signalling Remote Condition Monitoring System)，於行控中心成立了一個號誌系統監控室(如圖 48、49)，監控號誌設備的使用情形及其穩定度，當一發現設備所監控的參數超出正常範圍內，即向該區維護人員發出告警，據此使號誌設備於故障前即獲得檢修阻絕故障發生，使號誌系統的可靠度獲得大幅躍進式提升。



圖 46、電子聯鎖系統處理器

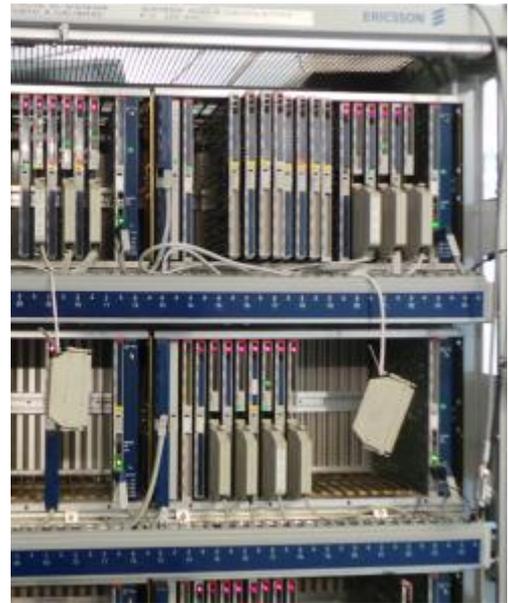


圖 47、CTC 傳輸界面



圖 48、號誌系統監控室

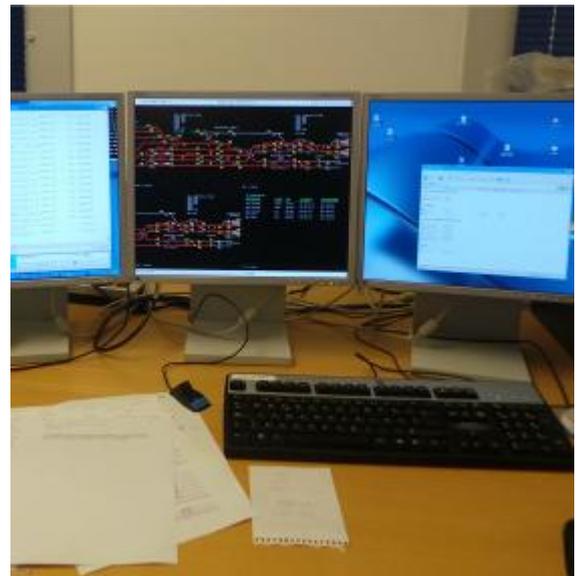


圖 49、號誌狀態監控終端機

3. 位在斯德歌爾摩中央車站的列車調度中心 OCC (Operationa Control Centre)剛於我們來參訪前(2013 年 9 月底)重新建置完成，整體空間採光明亮(如圖 50)，其轄下管制區包含鐵道約 700 公里、115 車站、1,600 轉轍器、每天約有 35,000 進路及 1,700 列車等，其進路 90%以上皆由電腦控制。為促使調度員提高列車準點率，其在 OCC 內將準點率顯示出來，內容包含各線的當月準點率、當年度平均準點率及其準點率趨勢(如圖 53)。



圖 50 斯德歌爾摩中央車站的 OCC 簡潔寬敞

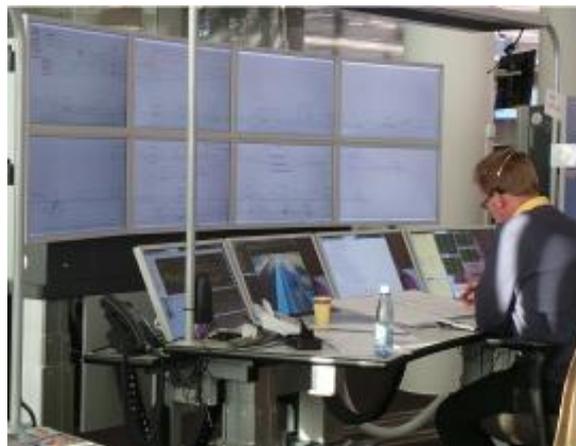


圖 51 斯德歌爾摩中央車站的 OCC 調度員工作台



圖 52 斯德歌爾摩中央車站的 OCC 採用小顯示器陣列

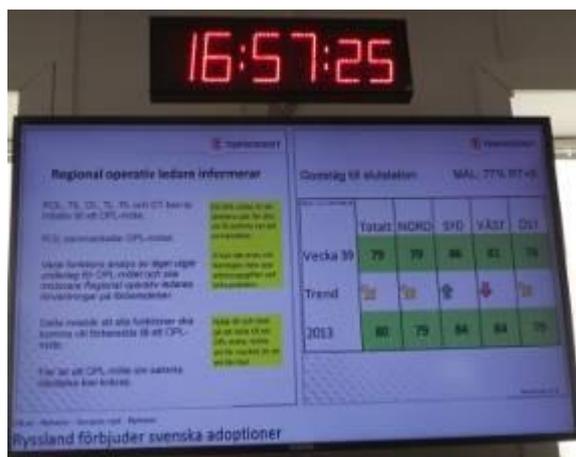


圖 53 斯德歌爾摩中央車站 OCC 的準點率顯示看板

(三) 瑞典 Bothnia Line Level-2 現場設備參訪

- (1) 於 10 月 4 日參訪的 Bothnia line 為一條新建路線，在瑞典國家軌道管理單位及地方政府的支持下，於 1999 年至 2010 年建置完成，總經費約為台幣 600 億元左右，總長度為 190KM，其中包含 140 座橋樑、25 公里的隧道及 7 個車站(如圖 54)。Bothnia Line 為地方政府所出資建造之新建路線，在其建造之初號誌系統並未規劃使用 Level 2，但在基於瑞典政府要求新建鐵路之時速須達 250 公里/小時，為降低建造成本縮短工期及號誌現代化的考量下，於開工 5 年後在 2004 年變更原設計而將號誌系統採用 ETCS Level 2 建造。



圖 54、Bothnia line 的地理示意圖(資料來源：BOTNIABANAN AB 簡報)

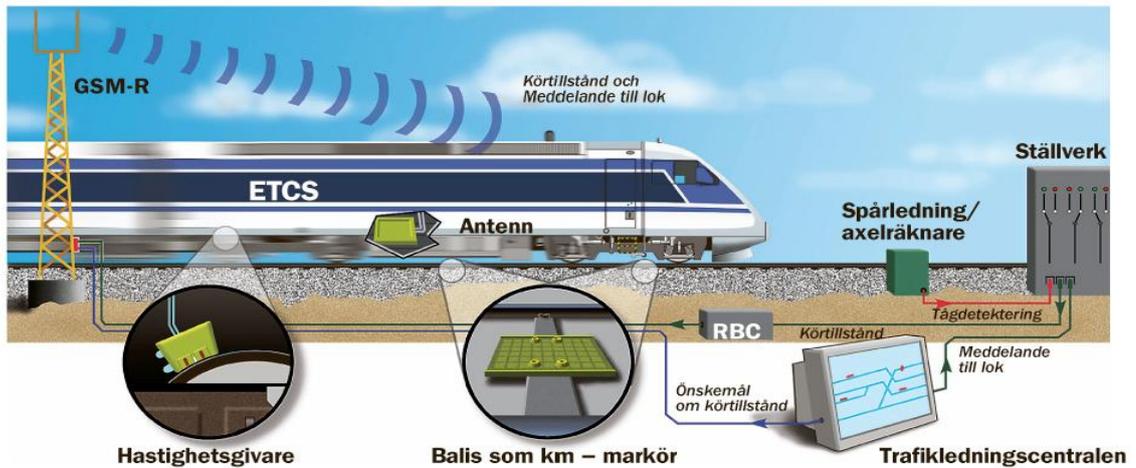


圖 55、Bothnia line 的 Level-2 示意圖(資料來源：BOTNIABANAN AB 簡報)



圖 56 Level-2 的里程定位 Eurobalise



圖 57 Level-2 的 GSM-R 無線電基地台

- (2) 在 Bothnia line 190 公里 Level 2 的路線上僅建置 2 處集中式號誌聯鎖(Interlocking system & RBC)，全線以雙路雙環光纖通訊系統將 2 處異地備援的集中式號誌聯鎖，與沿線約 78 處 GSM-R 無線通訊系統基地台連結。GSM-R 基地台含蓋半徑範圍為 5 公里，為了提供備援機制則採用 2.5 公里建置 1 處，以使訊號在某一基地台故障時，依然可含蓋全部區域。
- (3) 進入號誌機房內參訪時，可發現其設備簡潔，僅包含 2 套聯鎖處理架(互為備援)、界面處理架及監視系統(如圖 58、59)，各核心系統間均以封閉式 EtherNet 為協定，並以光纖為實體傳輸介面，使系統整合簡化並增進可靠度，大幅減少了號誌設備。機房內設有系統維護管理終端機可監控全線系統運作各細節(如圖 60)，但經 Bothnia line 號誌人員說明，因行控中心也有一套相同設備透過網路進行相同維護

管理，機房這套系統僅於建造期間曾使用，系統啓用後就不曾用過。



圖 58 Level-2 的 Interlocking & RBC



圖 59 Level-2 的光網路 & GSM-R



圖 60 Level-2 機房維護終端機



圖 61 Level-2 機房光傳輸模組

(4) Level-2 軌旁號誌設備很少主要為軌道電路(或計軸器)、電動轉轍器及其就地控制設備，於車站電動轉轍器旁及沿線軌道電路設備處設有號誌箱(如圖 62、63)，以光纖與聯鎖中心通訊並將訊號轉換為實線輸出入(I/O)與電動轉轍器及軌道電路銜接。電動轉轍器也設有緊急就地控制按鈕，按鈕操作並非直接控制轉轍器，而是將按鈕操作經光纖送達聯鎖中心，經安全聯鎖後再送回轉轍器扳轉控制。



圖 62 Level-2 軌旁號誌箱



圖 63 Level-2 軌旁號誌箱內部設備



圖 64 Level-2 電動轉轍就地控制設備



圖 65 用 2 具電動轉轍器推動 1 組道岔

(5) 瑞典 Bothnia line 為新完成之新路線並採先進 Level-2 及集中聯鎖號誌系統，除系統安全及路線容量大幅提升外，對於簡化號誌設備亦是其重大優點。本次參訪該路線設備感受最深之處為，瑞典以其深厚通訊傳輸基礎，將 190KM 路線及各車站之號誌聯鎖集中於 1 套聯鎖閉塞中心，另為分散風險聯鎖閉塞中心設異地備援，均採封閉式高速光纖網路達成系統間資料交換。此一集中聯鎖方案無論是否為 Level-2 均可適用，本局可評估於未來新建路線或號誌系統更新計畫引進可行性，以集中管理降低維護需求並增進系統可靠度。

三、英國及愛爾蘭軌道設備參訪

於英國及愛爾蘭期間參訪了 CDSRail 及康諾利車站的號誌監控系統實際應用情形。英國及愛爾蘭傳統鐵路號誌系統多數老舊，因受基礎系統限制號誌系統更新不易，在 1990 年之前號誌故障經常發生，此與本局面臨情況相似。

英國鐵路公司為改此一問題，首先導入維修管理系統(MMIS)，展開號誌設備電腦化維修管理，使號誌可靠度獲一定程度之改善，但對於潛藏突發異常仍無法藉維修管理獲有效預防。進而開始普遍在大量的號誌設備上安裝自動遠距量測系統，藉現代網路與電腦高速運算技術，將設備遠距量測所得參數予以紀錄並自動進行劣化趨勢分析，使維修人員可在設備劣化瀕臨故障前獲得資訊，使設備在故障前即被有效維修，從此將老舊號誌系統可靠度提升至更高的境界，民眾對鐵路公司的信賴度逐漸挽回。本次考查重點希能就英國及愛爾蘭鐵路，於應用監控技術改善號誌設備可靠度之經驗學習，以供本局規劃建置相關系統之重要參考。

(一) 英國 CDSRail 的參訪

1. 於 10 月 7 日在 CDSRail 的 Alan Swaby 解說下，參訪該公司建造之號誌監控系統運作情形；該公司成立於 1988 年，並於 2008 年加入 VAE GbmH 團隊，對於遠距量測系統與分析運算技術研究頗具成就，所開發產製相關設備普遍使用於歐洲各鐵路。本次參訪重點在於實際瞭解號誌設備狀態監控，其核心系統架構配置與管理，軌旁主要號誌裝置如電動轉轍器、軌道電路、計軸器、平交道設備、電源供應器及聯鎖系統等之監控參數與檢出設備。
2. 藉持續監控設備參數可有效預防故障之理念探討：
 - (1) 所有設備持續運作後皆會因物理或化學原因，而逐漸老化(劣化)並因此必定會發生故障，設備發生故障之時間則隨設備操作情形與其材質結構而相異。為預防設備發生故障，早期採由設備之設計製造階段即採用良好材質與嚴格品管，將設備可使用之年限做到最大來確保其不發生故障，但也因此使系統之建造成本大幅增加；雖如此，設備本身尚會因與其環境或相連週邊設備因素，無法使用至設計年限亦不免發生故障。
 - (2) 藉預防維修來防止設備故障：為使設備能持續正常運作，投入大量人力定期進行細部檢查，以排除造成設備加速劣化因子(如上油、清掃、調整與部件汰換等)，以延長設備使用年限，並依據設計年限或使用經驗推估設備可使用壽年，於尚未

劣化故障前即予更新汰換，以確保設備不發生故障。此對策之應用理論及實務上確可達成相當成效，但相同設備裝用在不同環境及不同操作條件，實務上確很難正確評定其生命週期，而發生未達生命週期前之故障，或尚有很長勘用期之前就被汰換，形成無謂浪費之過度維修現象。

(3) 藉持續監控設備參數可有效預防故障：

- A. 因設備元件之被操作皆有相映之參數(如應力、溫度、振動、作業間距、反映時間、電阻、電壓及電流等等)，設備持續操作下其元件相映之參數變化，與設備是否劣化息息相關，持續追蹤這些參數可正確預知設備是否劣化(如圖 66)，適時予以關鍵點維修或更換部件以避免其發生故障，此相較於依生命週期維修不但有效且經濟，可有避免故障發生及過度維修現象。
- B. 前述觀念其實很早就有也被普遍肯定，惟礙於早期技術，尚無法有效蒐集及分析設備元件相映之參數。拜近年微電子應用技術蓬勃發展，相關之設備元件相映參數量測、遠距量測、高速傳輸網路、大容量資料儲存、巨量資料分析硬體及軟體等技術發達且價廉，歐洲各鐵路均競相投入將其應用設備可靠度改善，尤其對於老舊號誌設備可靠度提升發揮躍進式成果。

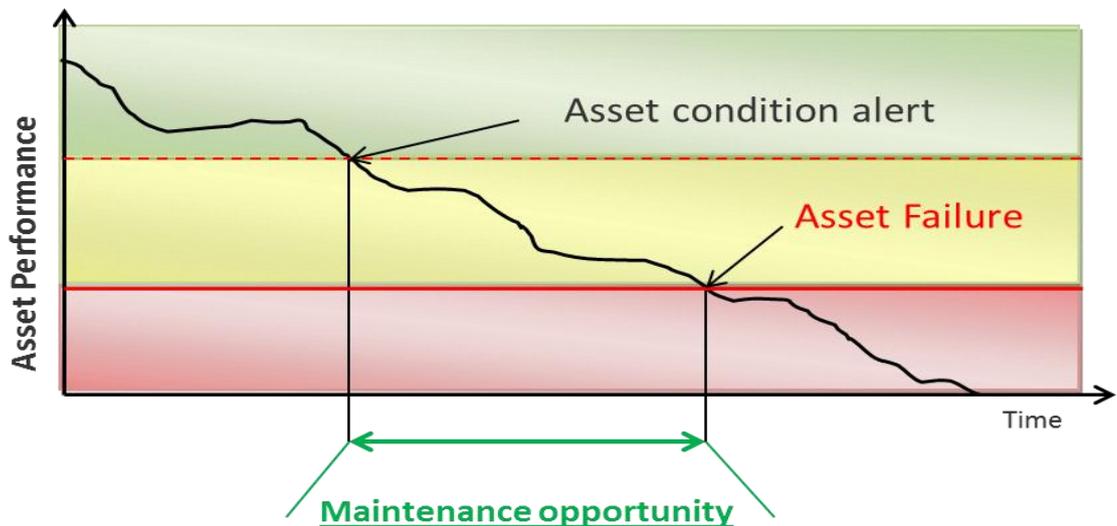


圖 66、設備劣化曲線及維護時機示意圖(資料來源:CDSRail 簡報)

3. 號誌狀態遠端監控系統(SRCMS, Signalling Remote Condition Monitoring System)設備組成及各應用的瞭解：

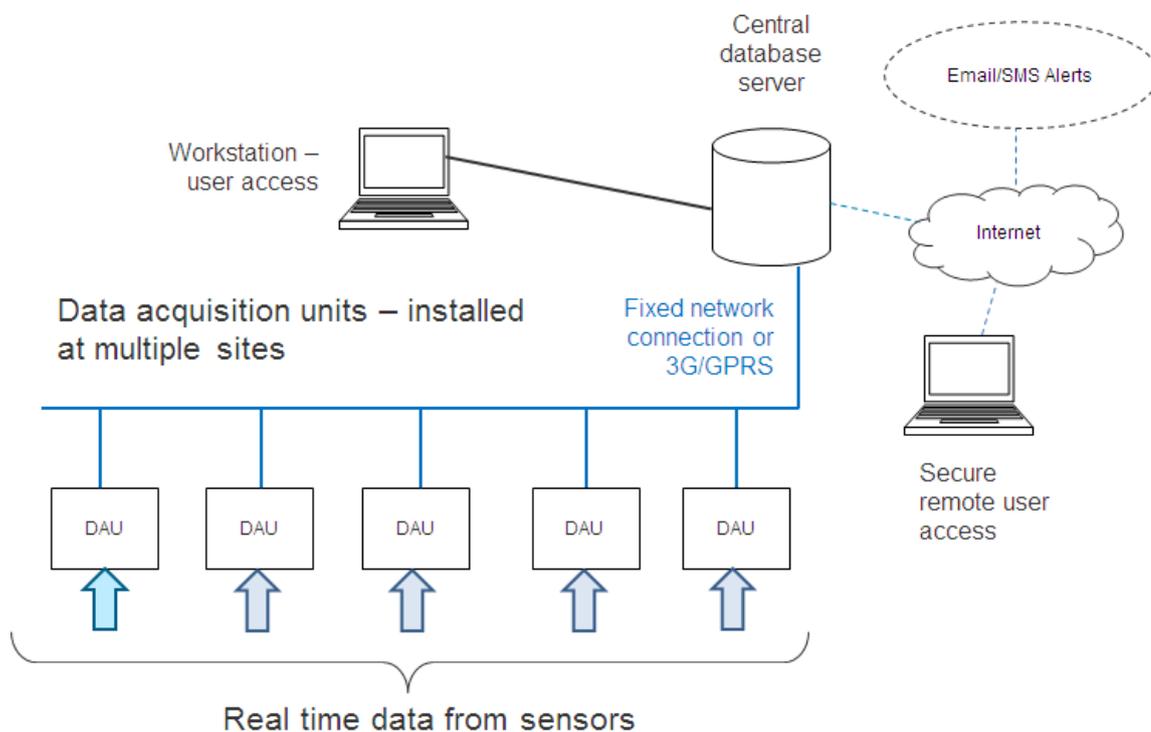


圖 67、號誌狀態遠端監控系統架構示意圖 1(資料來源:CDSRail 簡報)

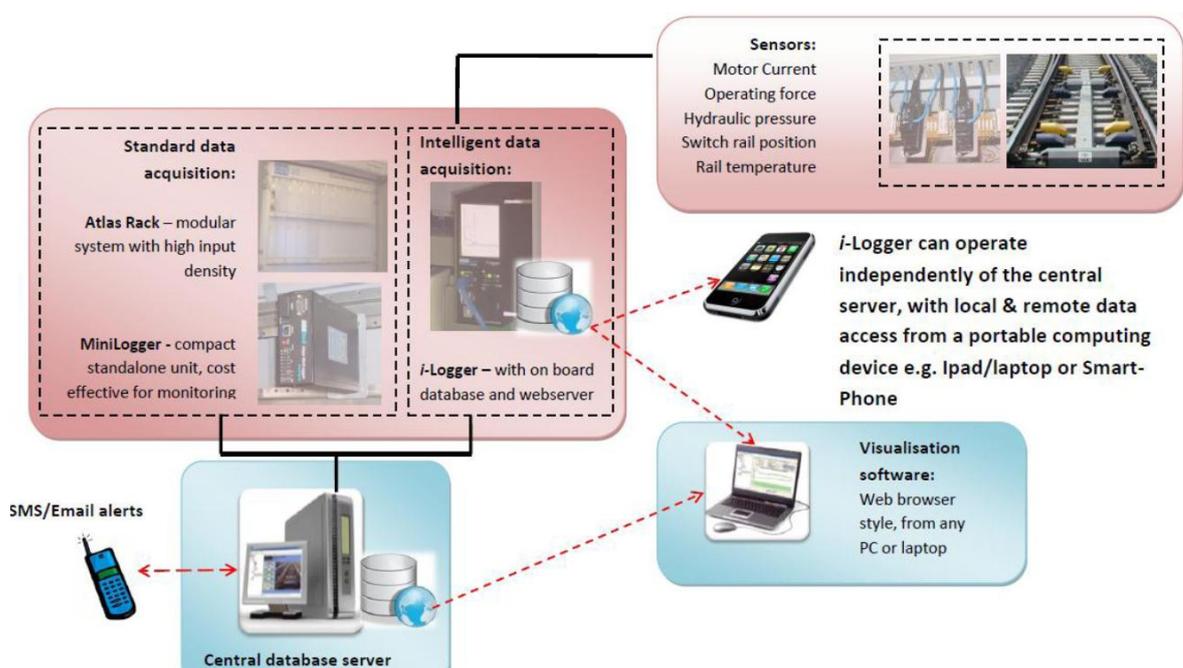


圖 68、號誌狀態遠端監控系統架構示意圖 2(資料來源:CDSRail 簡報)

(1) 號誌狀態遠端監控系統架構概要

以維修管理中心為監控核心，鐵路沿線各機房、站場及沿線各軌旁裝置等號誌設備，藉高速網路將設備參數即時蒐集至監控中心紀錄與分析(如圖 67、68)。

(2) 資料蒐集：軌旁主要號誌裝置如電動轉轍器、軌道電路、計軸器、平交道設備、電源供應器及聯鎖系統等設備，其相映關鍵劣化指標元件普遍建置物理參數量測模組(如電動轉轍器之電壓電流、軌道電路之送收電端電壓電流、計軸器之輪軸反映類比值、電源裝置之功率元件溫度與電壓電流、聯鎖系統之邏輯狀態、電纜絕緣及電氣準位等等)。為避免因偵測模組造成被偵測之號誌電路異常，這些量測均必須以非侵入式量測方式達成，這點很重要。

量測所得資料可藉現場前端微處理器暫存並預為分析，將重大異常優先轉送回監控中心，常態資料則於網路閒置期間傳送，以將傳輸頻寬資源作最有效率應用。為系統整合方便，各監測點量測所得之即時資料均被轉換為 IEEE-802.3 Ethernet TCP/IP 通用網路傳輸格式訊號，俾利傳輸交換及監控中心讀取。

(3) 資料傳輸：可應用於任何相容於 IEEE-802.3 Ethernet TCP/IP 通用網路傳輸系統媒體(如 3G 或 4G 無線網路、XDSL 銅纜傳輸網路、高速光纖傳輸網路等等)，但為確保系統穩定度與避免傳輸通道擁塞，應以高速光纖傳輸網路為首選，並採雙環路備援架構為主要傳輸媒體。據 CDSRail 的 Alan Swaby 說明，歐洲先期建造該監控系統時礙於經費，採用 XDSL 銅纜傳輸網路為主要傳輸媒體，因其易受干擾致系統穩定度欠佳，而未能有效發揮遠端監控系統應有效益，後經改良為高速光纖傳輸網路為主要傳輸媒體後才將遠端監控系統應有效益徹底發揮，此一經驗對於本局相關建置規劃頗具重大參考價值。

(4) 監控中心：設大容量資料儲存設備及高速資料分析伺服器，系統從網路持續蒐集現場各個號誌設備量測內容，除將資料存入磁碟陣列保存外亦同時對資料進行分析處理。

A. 異常告警：當發現即時量測值超出系統正常值範圍時，系統會發出告警通知維修人員，告警除由監控中心警示裝置顯示外，亦可設定自動發送 Email 或簡訊給特定人員。

B. 智慧化告警：前項系統正常值的界定，主要依據系統長期對該設備之該參數監測統計，經系統智慧化軟體分析自動產生，維修管理者亦可藉豐富維修實

務經驗，對系統自動產出之界定值予以調整。

- C. 遠距量測：系統除持續進行自動量測外亦可進行單獨之各別遠距量測，使維修人員想對某一設備特別觀查時使用。其主要應用於號誌設備發生異常告警時，維修人員可先瞭解該設備參數及週邊與其有關設備參數，據以研判設備異常可能原因，備齊維修所需用料及工具再前往維修，此可提升維修效率與正確性。
- D. 歷史資料分析：對所儲存的大量歷史量測資料，系統會自動以各種方式統計產出統計報表(如依設備、依地區、依異常狀態、依時段等等方式)，並依各別設備產出劣化趨勢圖表。這些統計內容對維修管理者很有幫助，維修工作可完全依設備是否須維修保養而派遣，而非普遍定期維修保養，此於人力精簡幫助很大。
- E. 邏輯分析：對於邏輯型資料(如繼電器乾接點 on/off 狀態)系統除予以儲存紀錄外，維護管理者可依據號誌設備各個邏輯相互間關連，以布林代數寫入系統資料庫，當系統執行自動量測時發現邏輯與預設值不符，可即時發出告警並明確顯示異常內容。此一功能，對於追蹤繼電器接點時好時壞故障非常好用，可藉此由可能造成系統偶發異常的大量繼電器接點中迅速查明不良點。
- F. 歷程重演：監測所得歷史資料可被重演，此於研究事件發生過程很有幫助，維護管理者可藉以分析設備操作狀況歷程，找出設備發生異常真因並據以修正維修策略，或糾正操作人員的不良使用習慣，以阻止故障發生並延長設備使用年限。

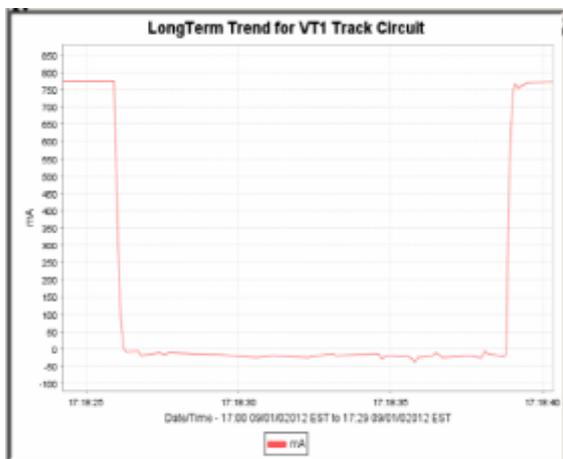


圖 69、軌道電路正常波形
(資料來源:CDSRail 簡報)

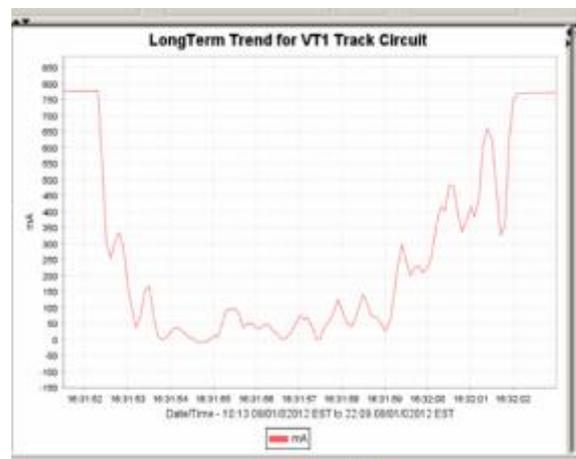


圖 70、軌道電路異常波形
(資料來源:CDSRail 簡報)

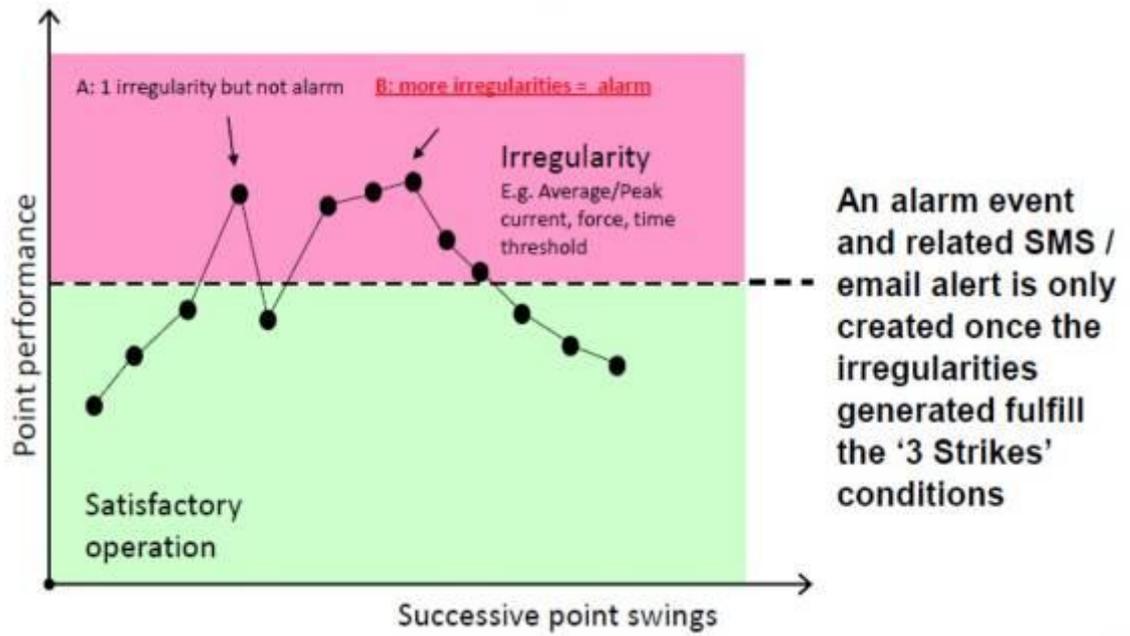
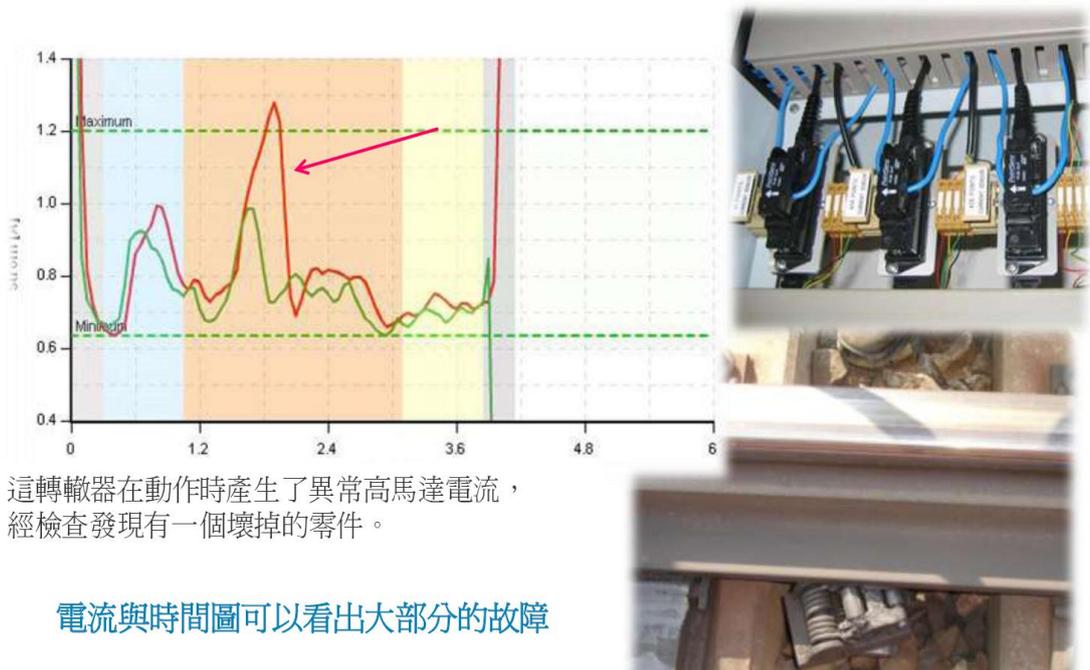


圖 71、智慧化異常判別告警示意圖



這轉轍器在動作時產生了異常高馬達電流，經檢查發現有一個壞掉的零件。

電流與時間圖可以看出大部分的故障

圖 72、電動轉轍器監視 (資料來源:CDSRail 簡報)



圖 73、電動轉轍器監視效益 (資料來源:CDSRail 簡報)

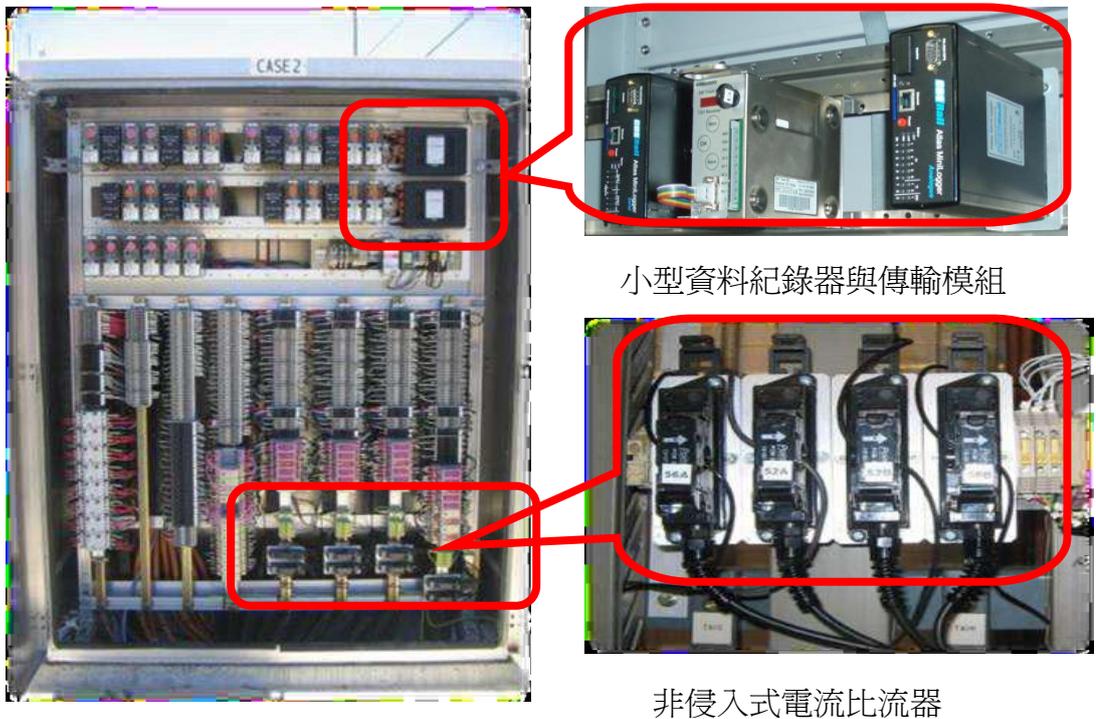


圖 74、現場設備偵測模組配置狀況

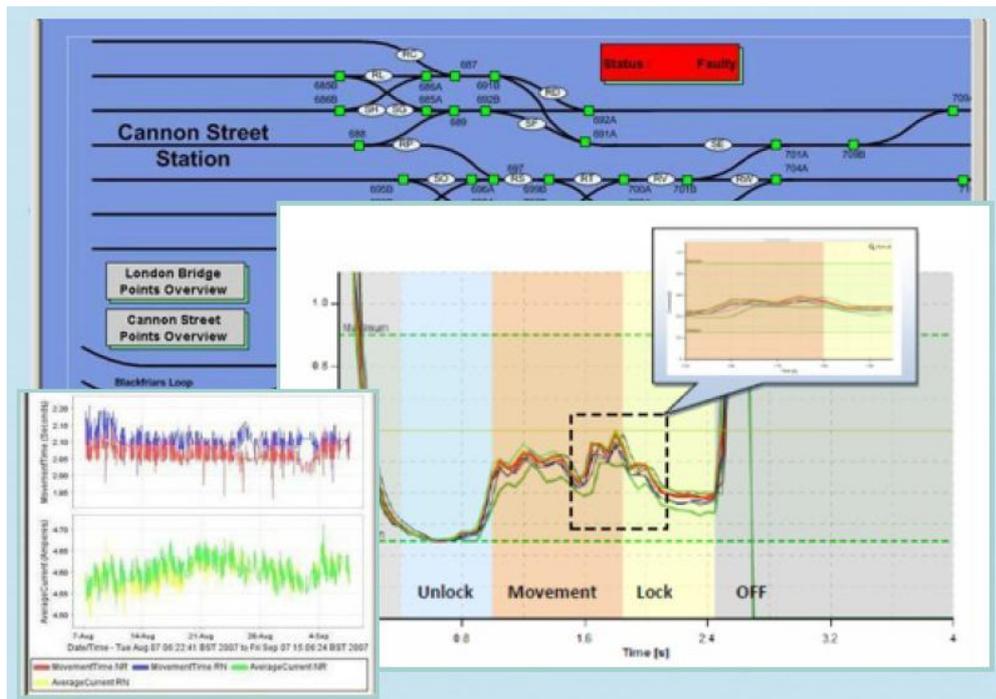


圖 75、監控中心管理終端機 電動轉轍器監控分析資料圖表

4. 參訪心得小結

本次參訪心得頗豐，據 CDSRail 的 Alan Swaby 說明，歐洲很多傳統鐵路號誌系統設備已使用數十年，因種種因素未能隨時代進步獲得更新致可靠度欠佳，相較於近年新建的高速鐵路或捷運採新技術建造且使用期尚短可靠度佳，致傳統鐵路準點狀況屢遭民眾抱怨，此與本局面臨狀況相似。

歐洲各鐵路公司為改善此一狀況，於 1980 年後積極推動維修管理(MMIS)，雖改善了大部份可預期之維修欠佳情況，但仍有許多不可預期狀況令維修部門相當困擾，直至 1990 年後隨電子科技與網路通訊等技術發達，對設備長期持續監控與分析理念得以被應用到實務面，始競相發展 SRCMS 等系統應用於鐵路號誌設施之狀態監控分析，業經多年磨合改良發展已趨成熟，並因此使傳統鐵路老舊號誌設備可靠度獲躍進式提升。

本局近年亦積極導入推動維修管理策略，經努力已將號誌故障情況有效控制，但同如歐洲傳統鐵路經驗，單從管理面改善尚無法有效獲全面改善，本局須思考如何應用現代科技輔助，以有限資源將設備維修導向科學化。本次參訪所蒐集技術資料，對本局未來相關建置規劃策略具重大參考價值。

(二) 康諾利車站(Connolly)參訪

1. 康諾利車站(Connolly)參訪

(1) 康諾利車站 OCC 參訪

於 10 月 8 日前往愛爾蘭首都，都柏林市之康諾利車站參觀其 OCC(如圖 76)，愛爾蘭鐵路是愛爾蘭鐵路的國有營運商，創建於 1987 年，經營所有的城際列車、通勤列車、貨車，於 2009 年的客運量為三千八百八十萬人次。該部門監控調度的路線長度約為 1,500 公里，但僅約 50 公里有建置電力系統；其中對於平交道的安全監控特別於 OCC 內成立一個平交道監控中心，在值班台上設置監控螢幕，由 2 個值班人員監控 14 個平交道遮斷情形，平常遮斷機未遮斷時，螢幕並不顯示，但當平交道被啟動時，螢幕即顯示該平交道的遮斷動作情況，再由值班人員確認動作正常，然而未與司機員連動，即當遮斷機或平交道有異常時須透過調度員再行通知司機員，此未即時反應給司機員實屬可惜(如圖 77)。

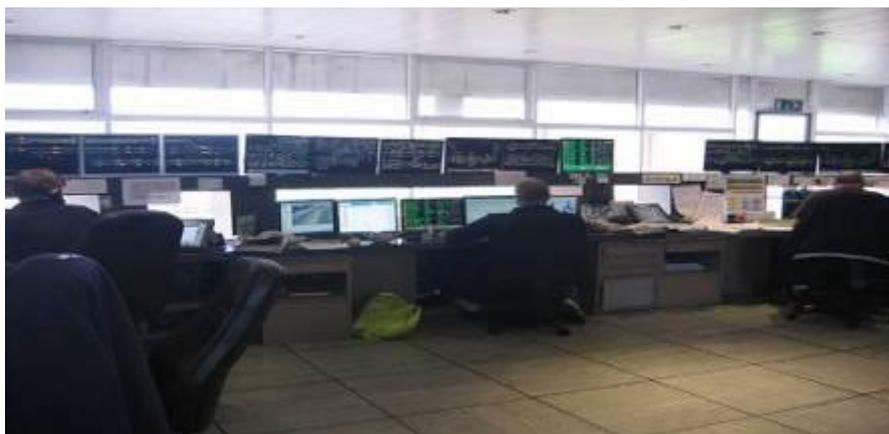


圖 76、康諾利車站 OCC 調度中心



圖 77、平交道監控中心

(2). 愛爾蘭鐵道號誌監控中心參訪

A. 號誌監控中心概要：愛爾蘭鐵道是愛爾蘭共和國的國有鐵路運營商，創建於 1987 年，該公司 2006 年於康諾利車站，建置啓用 SRCMS 號誌設備狀態遠端監控系統，目前已使用八年。本次參訪係為實際瞭解號誌監控實務經驗，供本局未來建置規劃參考，該號誌監控中心之監控設備包含以下項目：

- 電源系統
- 漏電偵測
- 聯鎖系統
- 轉轍器
- 平交道
- 軌道電路
- 計軸器
- 天氣偵測

B. 監控系統組成與功能概要：鐵路沿線軌旁號誌設備普遍裝設遠距量測資料蒐集模組，透過高速光纖網路持續將資料送回監控中心伺服器，伺服器除儲存紀錄所蒐集資料外亦對資料數據內容分析比對，對有異常但尚未發生故障的設備提供早期告警，以利號誌維護人員於設備尚未故障前即能早期預知修復，並可藉長期資料之統計分析進行維修管理。

C. 應用案例：例如對電動轉轍器的長期監控其扳轉電流，將歷次扳轉轉換為趨勢圖形，當異常發生時便可正確迅速依正常值的圖形比較瞭解異常內容，亦可藉觀察出其長期電流變化波動，判斷該轉轍器是否已有部份零件開始劣化該派員前往維護；另可根據圖形變化判斷故障點的發生處，如圖 78 中紅線中段偏離正常範圍太多(綠線為正常範圍波形)，即可判斷轉轍器於扳轉途中有異物影響造成中段電流過大，維護人員可針對扳轉動程中是否有異物做檢視，如圖 78 中的例子即因轉轍器滾輪或滑鈹潤滑不良造成中段電流增加，利用此一機制可精確判斷異常內容，進而採取正確有效之排除與預防對策。

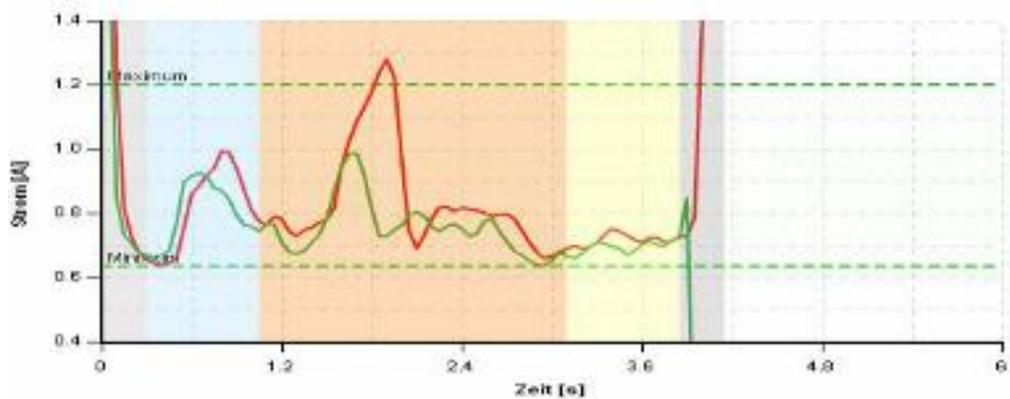


圖 78、電動轉轍器扳轉電流監測圖

- D. 監控管理實務：於號誌系統監控中心派駐 1 至 2 位有經驗的資深技術員執勤，監控中心內備有完整的各現場號誌設備細部資料文件(或電腦檔案)，及維修管理系統(MMIS)歷史維修檔案。當號誌設備均無異常告警情況下，值勤技術員藉監控系統之統計分析應用程式，對設備運作情形與劣化趨勢瞭解，並據以研定維修重點工作計劃。當號誌設備發生超出預警值告警時(通常此時號誌尚無故障)，即應用系統遠距即時量測功能，對該設備進行細部診斷判明異常原因，並以無線電指揮附近維修工班前往處理，同時亦藉系統遠距即時量測與現場工班交互確認維修狀況，並於後續追蹤維修後之成效。
- E. 與傳統維修之差異：傳統維修模式，因缺乏設備詳細運作參數歷程分析資料，不易有效管理僅能憑經驗普遍維修，除耗用大量工時亦難免有疏漏而發生故障，另於異常排除只能仰賴現場維修員單打獨鬥，維修品質因人而異且不易有效管理。如前項，監控中心由有經驗的資深技術員值勤，與現場維修工班緊密協同作業，遠距支援維修診斷與備料或工具提前告知工班，此藉監控系統達成團隊維修運作平台，非常有效，大大增進號誌維護的效率與品質。
- F. 機動偵測模組應用實務：康諾利車站雖已有設置電子聯鎖，但仍然保留了部份的老舊繼電聯鎖設備，因其常發生繼電器接點偶發接觸不良後又自己恢復，查修人員於檢修時並無法發現不良點，為此使維護單位極困擾。但為了確保繼電聯鎖的穩定性，康諾利號誌維修人員應用機動偵測模組(如圖 79、80)，對繼電器聯鎖設備數萬個接點中，依電路分析及經驗篩選至某群可疑電路範圍，並對該可疑範圍內數十個電路接上臨時性偵測資料紀錄，依紀錄分

析找出有問題的不良接點並予換修排除。此應用經驗頗具本局參考學習。



圖 79、繼電器聯鎖監控系統



圖 80、使用比流器監控繼電器聯鎖

G. 此次參訪中，愛爾蘭鐵道的一位 Region Manager 他是該號誌監控系統建造設計者，亦是管理該監控中心資深技術員之一，他分享使用監控系統的好處至少有二點：

- a. 大量減少查修之時間，至少節省找尋障礙原因時間 30%以上。
- b. 若司機、車站人員、號誌維護人員對於號誌設備之狀態有任何爭議，監控系統之歷史紀錄可供依循參考。

H. 以下為目前愛爾蘭鐵道目前之監控設備與項目：

電源系統之監控項目：

- 220V Power Supply
- 110V UPS
- Red Phase Amplifier
- Brown Phase Amplifier
- Yellow Phase Amplifier
- 650V AC

連鎖系統監控：

- 使用 RS232 介面監控西屋(WestingHouse)之連鎖系統

轉轍器之監控項目：

- 馬達電流(平均與峰值)
- 馬達出力(平均與峰值)
- 液壓力(峰值)
- 可於 OCC 遠端啓動加熱器(都柏林冬天下雪，導致轉轍器無法正常翻轉)

平交道之監控項目：

- 事件重播(Relay)
- UPS
- 軌道電路啓動/落下
- 平交道相關設備如遮斷機

軌道電路之監控項目：

- 送電端電流
- 送電端電壓
- 收電端繼電器電壓

計軸器之監控項目：

- 監控愛爾蘭全國 55 處 ACE 計軸器
- 佔用/淨空狀態
- 故障錯誤碼

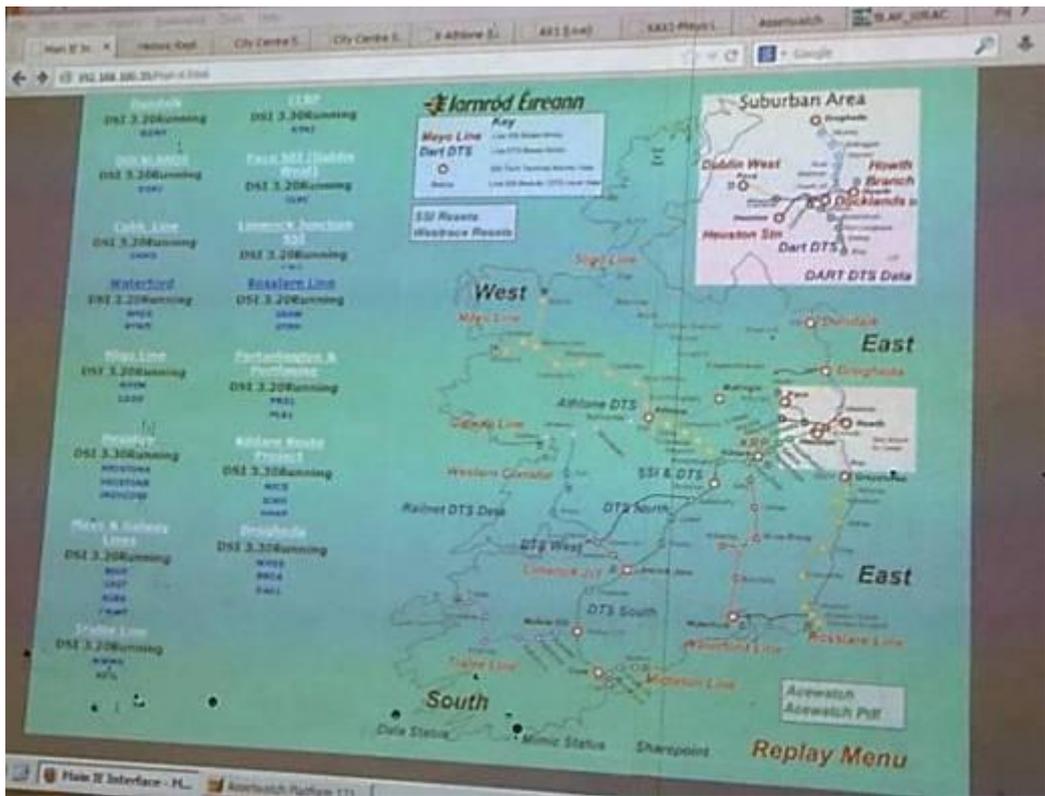


圖 81、愛爾蘭鐵道全國監控之車站

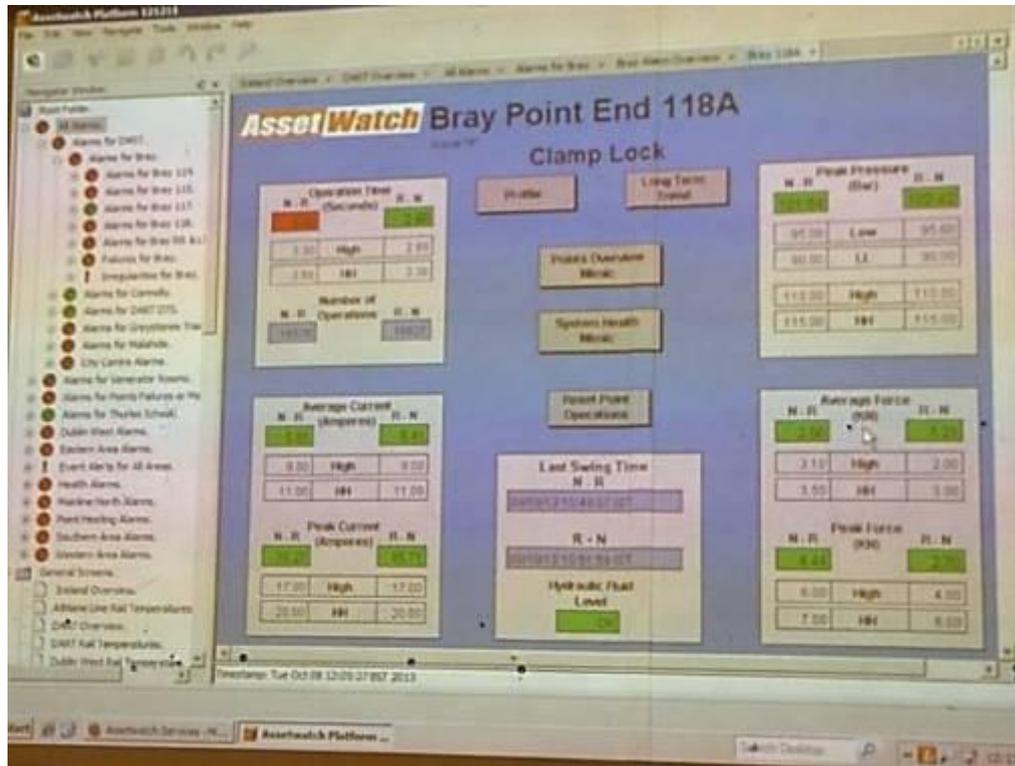


圖 82、轉轍器監控畫面

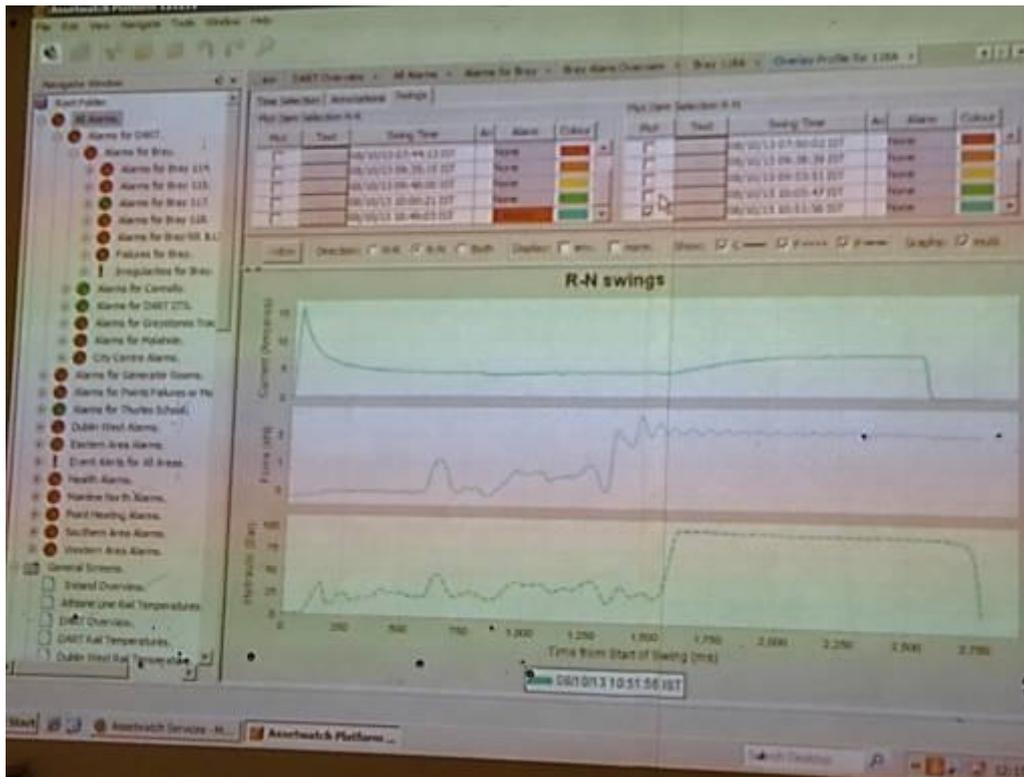


圖 83、轉軸器翻轉電流歷史紀錄

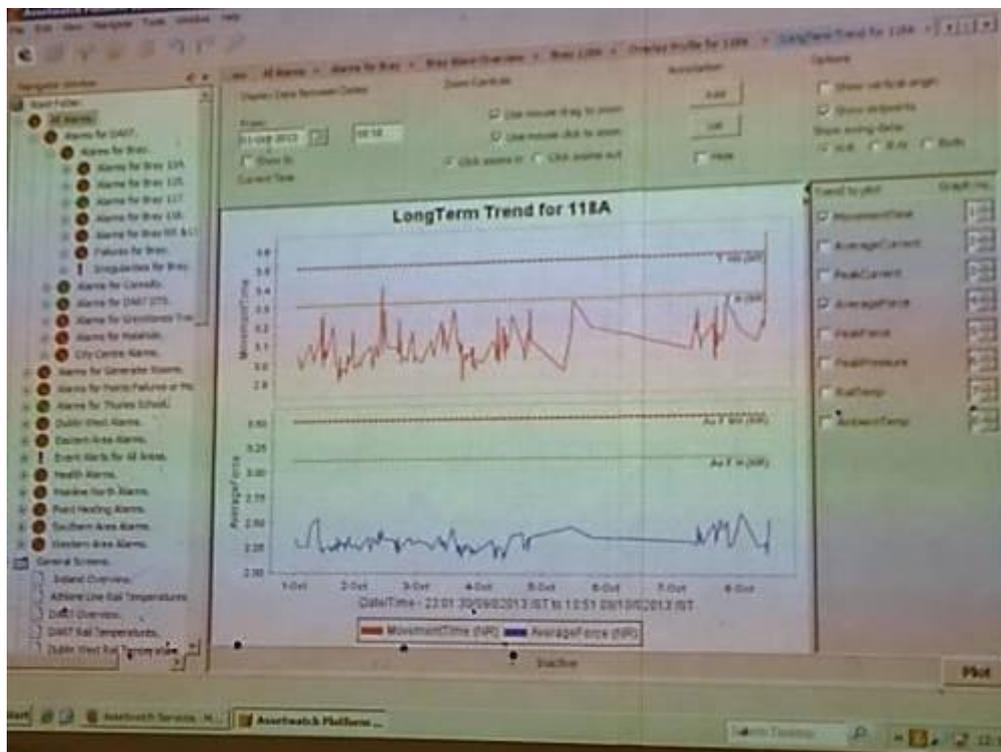


圖 84、軌道電路電流監控畫面

四、歐洲參訪旅運設施總整

本次歐洲參訪的旅運設施包含了科隆—法蘭克福、于默奧—恩舍爾茲維克、斯德歌爾摩中央車站及機場快捷線、英國機場快捷線、倫敦地鐵、倫敦—南修普頓及都柏林的康諾利車站等地，以下將彙整參訪各地的旅運設備情況。

- (一) 車上驗票機制：歐洲與本局驗票機制最大的不同點在於多數鐵道公司採取車上驗票，即購票後自由進出月台，上車後由列車長再行驗票，此次參訪行程中科隆—法蘭克福、于默奧—恩舍爾茲維克及倫敦—南修普頓皆採取車上驗票機制(如圖 86、87、88)，若無票上車處以重罰(50 倍之票價)，藉以達到有效嚇阻逃票行為。德國鐵路旅客守法情況實令我們驚訝，也因此鐵路機構減少建造大量剪收票自動閘門投資與管理費用。

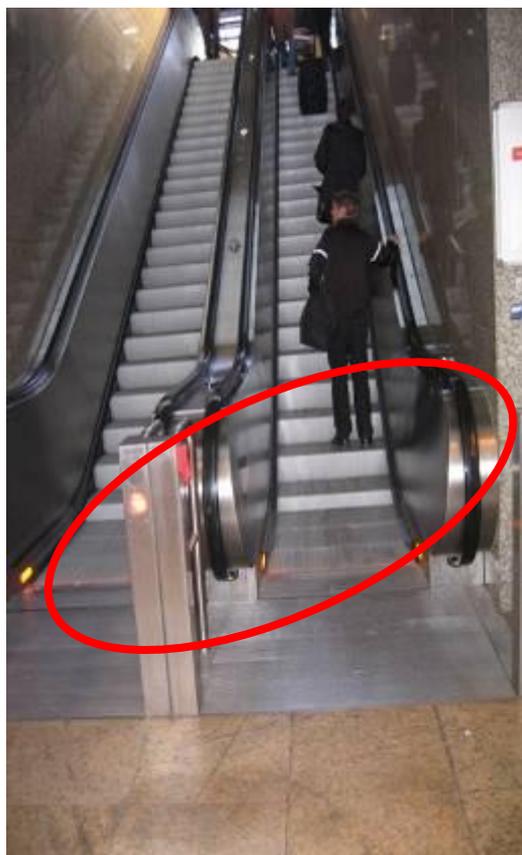


圖 86、科隆站進入月台無驗票閘門



圖 87、于默奧—恩舍爾茲維克車上驗票



圖 88、倫敦—南修普頓車上驗票

(二) 末端型月台裝置彈簧式止衝檔：在倫敦 waterloo 車站的末端型月台設置有彈簧式的止衝檔，在列車衝撞後可持續使用，並可減少車廂因撞擊時造到損傷(如圖 89)。



圖 89、末端型月台裝置彈簧式止衝檔

(三) 車廂座位上顯示乘客名字：在座位上方顯示該購票乘客名字，利於旅客尋找座位，及減少他人誤坐情況(如圖 90)。



圖 90、車廂座位上顯示乘客名字



圖 91、德鐵提供自行車租借

(四) 德鐵科隆車站提供自行車租借：德國鐵路公司提供自行車租借類似 UBike，給旅客做代步之用(如圖 91)。

(五) 提供旅客緊急使用之麥克風：在斯德歌爾摩機場快捷線車站內設置麥克風，提供一般旅客在遇緊急情況發生時，如火災、恐怖攻擊或其它重大災害，可立即使用使其他旅客即時應變疏散避難(如圖 92)。



圖 92、提供緊急麥克風

(六) 車廂空間寬敞：在倫敦的機場快捷線車廂內，其車廂內部僅配置 2 排座位，其走道空間相當的寬敞，並且提供對向的桌子，使旅客感覺舒適(如圖 93)，並且設置了行李寄放櫃(如圖 94)，為旅客提供了休息放鬆的情景。而在倫敦往南修普頓的車廂亦提供寬敞的乘車空間，然其採取了 4 排座位，亦配置了雙向座位及桌子，但仍不如機場快捷線的舒適。



圖 93、舒適的車廂配置



圖 94、提供行李置放架

(七) 路線中斷時提供接駁車：此次在瑞典原本計劃由 Umeåcentralstation 坐 Bothnia Line 到 Örnsköldsvik，然因恰巧遇到 Umeåcentralstation 到 UmeåÖstra Station 間路線中斷，於是提供臨時接駁車由 Umeåcentralstation 接駁到 UmeåÖstra Station，國外也有類似本局採用接駁車方式因應車線中斷時的作法(如圖 95)。



圖 95、提供臨時接駁車

(八) 倫敦地鐵採用分區計價：倫敦地鐵對於票價採用分區計價方式，即將路線分區，在同一區域內互相轉乘其票價皆為固定，跨區時則依所跨區段為多少來計價，提供其劃分區段圖(如圖 96)。



圖 96、倫敦地鐵區段劃分圖

(九) 營運商簡介

1. 希斯洛機場快線

1993 年開始興建，1998 年啓用，連結希斯洛機場與倫敦市的帕丁頓車站，從機場至車站僅需要 21 分鐘。

2. 倫敦地鐵

1863 年啓用，至今有 150 年的歷史，有 402 公里的地鐵網，其中有 160 公里在地下，共有 11 條路線，270 個車站，每日使用人次達 304 萬人次。

3. 英國國鐵

由 23 個鐵路公司所組成，其中包含行銷鐵路與售票服務公司 National Rail，鐵路基礎建設與維護公司 Network Rail，與約 20 家私營的列車營運公司。

肆、考察心得與建議事項

一、考察心得

(一) 預防性維修

本次考察歐洲鐵路號誌設施，於傳統鐵路號誌設備可靠度提升經驗學習獲益最為豐碩。於新建鐵路線，其號誌設施均採用新觀念與新技術建造，在規劃設計時即已導入現代維修管理相關配套系統，且設備較新可靠度均維持在相當水準，此與我國近年新建的高鐵與捷運相似。但傳統鐵路則相當不同，除建造年代較早設備舊外，另因環境變遷歷經多次增修及公司化後人力縮減等原因，致早期號誌系統可靠度不佳影響列車準點，此與本局面臨情況相似。能取經於此，適切之至。

於參訪愛爾蘭鐵道時，有幸與其號誌維修部門資深主管 **Region Manager** 深入交流，並經其熱心說故事下瞭解，愛爾蘭鐵道號誌系統多屬老舊，因受基礎設施限制號誌系統更新不易，在 1990 年之前號誌故障經常發生。為改善此一問題，首先採投入大量人力普遍進行預防檢修，但因很多設備劣化情況無法於現場檢修時發現，致雖投入大量人力但效果卻有限，經檢討後導入維修管理(MMIS)系統，並依設備生命週期換修，使系統可靠度獲相當提升。但因潛藏突發異常仍無法藉維修管理獲有效預防，且因設備在不同環境及不同條件下操作，實務上很難正確評估其生命週期，而常發生未達生命週期前的故障，或設備於尚有很長勘用期前就被汰換，除未澈底改善並因冗餘維修使財務負擔沉重。

愛爾蘭鐵道號誌維修部門再經檢討，於 2005 年後開始導入號誌狀態遠端監控系統(SRCMS, Signalling Remote Condition Monitoring System)，普遍在號誌設備上安裝自動遠距量測模組，藉現代網路與電腦高速運算技術，將設備遠距量測所得參數紀錄，並自動進行劣化趨勢分析，使維修人員可在設備劣化趨臨故障前獲得資訊，設備在故障前即被有效維修，從此將老舊號誌系統可靠度提升至前所未有境界，民眾對鐵路公司的信賴度逐漸挽回。

愛爾蘭鐵道於導入 SRCMS 後，維修管理策略亦做適當修正，於號誌系統監控中心派駐 1 至 2 位有經驗的資深技術員執勤，因監控中心內有完整的各現場號誌設備細部資料文件(或電腦檔案)，及維修管理系統(MMIS)歷史維修檔案。當號誌設備均無異常情況下，值勤技術員藉監控系統之分析工具，對設備運作情形與劣化趨勢瞭解，並據以研定維修重點工作計劃。當設備發生超出預警值告警(通常此時號誌尚無

故障)，即應用系統遠距即時量測功能，對該設備進行細部診斷判明異常原因，再以無線電指揮附近維修員前往處理，同時亦藉系統遠距量測，與現場維修員交互確認維修狀況，並於後續追蹤維修後之成效。

考察後分析其與傳統維修模式主要差異；傳統維修模式，設備運作狀況仰賴維修員定期檢測(1次/月)採人工紀錄，檢查所搜集數據採人工分析依經驗研判。因設備資訊取得精確度欠佳且樣本數很少，分析資訊所獲效益極有限，僅能憑經驗普遍維修耗用大量工時，及因人工判別難免疏漏而發生故障，另於異常排除只能仰賴現場維修員單打獨鬥，維修品質因人而異且不易有效管理。

採 SRCMS 輔助維修方案，設備運作資訊由系統自動量測取得，數據精確且量測週期縮短至秒(n次/秒)自動紀錄，因資訊精確且樣本數非常多，分析資訊所獲效益大到可預測何時會故障。於維修管理面，因設備狀況可被精確監控分析，維修人力可依設備狀況合理派遣，有效避免冗餘維修負擔。在平常維修與異常處理上，可藉系統遠距支援協助診斷，藉系統輔助達成團隊協同作業，可大大增進維修效率與品質。

本局主要號誌設備大多建造於 66 年縱貫鐵路電氣化時期，之後亦因運轉需求改變而歷經多次大幅增修，使用迄今多已逾原設計使用壽年，本局雖勉力維修並增設 ATP 及計軸器等，使整體安全及可靠度仍維持在可接受水準。然因設備老舊及部份備品停產等因素，致維修工作倍極艱辛。近年在交通部支持下，於鐵路立體化建設更新部份老舊號誌設備，但大部份尚無法在短期內獲更新。本局在艱困環境下，積極尋求各種號誌系統可靠度改善方案，如本次考察歐洲傳統鐵路號誌系統，藉現代科技輔助，用有限資源將設備維修導向科學化，將號誌系統可靠度提升之寶貴經驗，確實非常值得本局學習。

(二) 號誌設備的減量與強化

此次參訪歐洲行程中觀察沿線車站配置，除少數調車樞紐站之外，大多數車站股道數很少，多數僅設置 2 個岸壁式月台(2 或 3 個股道)，因此轉轍器、號誌、電車線及軌道等設備量少，維修負擔也較低，整體系統可靠度相對也就易於提升。國內早期公路運輸尚不發達時，本局貨運為國內主要物流大動脈，各車站均普遍配置多股專供貨物列車裝卸及調度用的側線，也因此必須裝設很多轉轍器、號誌、電車線

及軌道等設施。隨本局業物轉型改以客運為主後，除東部公路建設尚未完備仍須仰賴本局承運貨物外，大多數車站所保留的側線幾乎鮮少使用，但為確保安全，這些閒置設備仍需定期養護，造成冗餘投資亦影響整體可靠度。本局在面臨高鐵與捷運之競爭環境下，如採精減次要設施，將有限資源投注於強化主要設施，對整體系統可靠度改善將有極大幫助。

於參訪德鐵軌道之現場號誌設施期間，觀察其所使用的號誌軌旁設備，都建造得非常堅固耐用，經與德鐵現場號誌維護人員交流後瞭解，德鐵在早年建造設備時即導入低維護觀念，願意用較高經費來建造設備以減少經常性維護投資，例如採用完全防浸水油壓式電動轉轍器，結構堅固僅 6 個月巡查 1 次幾乎免維護，電動轉轍器的輔助拉桿設護具避免外力損壞故障，功能與本局相同的軌旁號誌裝置收容箱，很多是採鋼筋混凝土結構物收容，除號誌設備不易故障外亦利於養護作業，細如連接線螺栓都加裝護具保護等等投資。此於建造設備時即導入低維護觀念，確實對整體系統可靠度提升，減少經常性維護投資有很大貢獻，值得我們學習。

(三) 平交道立體化

本次考察原希望能瞭解歐洲鐵路平交道設施，但到訪的鐵路機構均表示因城市內均無平交道，鄉間平交道也很少且距城市很遠，礙於行程未能實際前往。經與鐵路機構人員交流後瞭解，歐洲鐵路於建造之初，即以不設置平交道為基本原則，建造時利用歐洲大部份為丘陵之地形，採降道、路堤或週邊環境避免設置平交道，在市區無法利用地形避開條件下，才改用成本較高的立體化方案。此次參訪瑞典搭乘于默奧至恩舍爾茲維克、英國希斯洛機場至滑鐵盧及倫敦至南開普頓等，沿途皆未見平交道，另愛爾蘭鐵道全長約為 1,900 公里，但僅設置 40 處平交道，與本局 1,100 公里設置 469 處平交道，密度差約 20 倍。歐洲鐵路以不設平交道為基本原則下，大大減少了平交道事故風險及其所造成的影響，對整體系統可靠度及鐵公路行車安全都是助益，同時對其近年所推動的列車提速策略，也減少了相關顧慮。

本局近年雖積極藉工程、教育及管理等多方策略努力改善，將平交道事故件數由 97 年 65 件降低至 102 年 13 件大幅提升平交道安全，但路線上仍存在 469 處平交道，對鐵公路行車安全仍是極大風險。另因近年本局為提供旅客便捷服務，大幅提升列車密度，卻造成市區平交道遮斷時間增長肇生民眾抱怨，並增加用路人冒險闖越風險外，亦加劇都市被鐵路分隔影響整體發展等等問題。為澈底改善平交道風險，

須藉由中央與地方政府與本局共同合作，加速推動平交道全面立體化策略，方能為全民造福。

(四) 號誌及列車控制系統升級

歐陸各國為便於鐵路列車在各國間暢行無阻，在鐵路號誌與列車制統關鍵設施方面，制訂了 ERTMS/ETCS Level 1.2.3 等共通標準，促使各國競相投入發展相關應用，也促使歐陸各鐵路運輸蓬勃發展，此於增進大眾運輸便捷化貢獻巨大。中國及日韓等鐵路雖尚無須迫切改善跨國鐵路通行問題，但因系統供應被標準化後相容性大幅提高，近年亦積極引進發展應用於新建路線。

本局於 96 年完成的 ATP 系統即是 ETCS Level 1 相容設備，啓用後將本局列車運轉安全推向與先進國相同的水準，大幅降低行車事故。本局引進該系統時，為避免需全面更換既設大量且廠型不同的繼電聯鎖系統，採取由既設聯鎖系統傳送給軌旁號誌機之點燈狀態，做為 ATP 系統獲得移動授權的號誌聯鎖安全條件界面，促使系統升級所需期程與經費大幅降低，並迅速提升本局列車運轉安全。但也因升級後，系統仍架構在老舊繼電器聯鎖系統上，雖安全獲得大幅提升，但整體可靠度卻受限於老舊繼電器聯鎖系統。

本次考察歐洲鐵路號誌系統建設，瞭解其傳統鐵路於推動相容於 ETCS Level 1 標準之策略上，於先期亦多採用與本局相同對策以縮短期程與造價，僅少數於同案辦理升級，但後續則加速辦理老舊繼電聯鎖升級為電子聯鎖系統，或更進一步應用光纖網路改為集中式電子聯鎖(多車站共用 1 套大型電子聯鎖)，以有效改善整體可靠度並降低維修經費支出。

歐洲鐵路於 ETCS Level 1 號誌與列車控制系統的應用獲成效後，進而加速發展升級 Level 2、Level 3 升級相關應用，於新建城際鐵路線多採 Level 2 設計，在歐洲各國已有使用實績者如瑞典、挪威、荷蘭、波蘭、瑞士及哈薩客等國，於中國大陸亦有路線採用。Level 3 雖尚在研發階段，但已有瑞典及哈薩客 2 國使用，路線長度分別為 134 公里及 452 公里。

評估 Level 2 系統與本局目前所用之 ATP 系統 Level 1 的主要差異，在於通訊採 GSM-R 無線傳輸及取消軌旁號誌機改用車載號誌等，於列車佔用軌道之偵測仍需保留軌道電路及計軸器，雖可減少號誌機及地上感應子與其所需電纜佈設，但因仍採固定式閉塞，使其於增進路線容量之效益受限，雖升級時也可透過縮短閉塞區間來

提升路線容量，但同時也需增設軌道電路或計軸器裝置，使軌旁地上設備大量增加不利維護與可靠度提升。Level 3 系統無需設置軌道電路或計軸器並採移動式閉塞，除可使地上號誌設備大幅減量有利降低維修負擔外，移動式閉塞對提升路線容量效益很大。考量因 Level 3 系統的實際應用尙屬起步階段，本局在評估未來相關系統升級方面，宜先就路線容量之現況與未來需、建備建造與維運成本及其他升級方案(如 CBTC、ATC 及 ATSP)等，再多方整體評估並深入研析。

二、建議事項

(一) 號誌狀態遠端監控系統建造方案

過去本局現場各種號誌裝置，均有局部建置各種不同型態的設備監視系統，各局部監視系統在建置時，也都盡其可能應用當時可供應用的最先進技術，來儘可能的提供維修人員，最需要的判讀資訊。在過去實用技術受限環境下，設備集中監視通常僅能就「故障告警」之狹義領域應用，此於設備不複雜時尚足以勉強應付維修需要。在近年實用技術不斷發展下，號誌設備被付予更強大的功能，設備越來越複雜且設備量亦大，僅提供幾個特定狀態資訊，已很難滿足設備維修管理需要。幸近年網路應用技術非常成熟，資料庫分析管理伺服器亦功能強大，本局應藉現代科技輔助，以利將號誌系統可靠度提升向新境界，並將設備維修管理導向現代化。

1. 監控內容建議要項

- (1) 各軌道電路/計軸器狀態全面遠距監控(含重置及切換開關狀態)，並提供計軸器遠距遙控重置或斷電界面。
- (2) 各電源裝置狀態全面遠距監控(含電壓、電流、溫度等類比數值監控)，並提供相關備用電源遠距遙控切換界面。
- (3) 各直流軌道電路送/收電端電壓電流等類比資訊全面遠距監控。
- (4) 各電動轉轍器電壓電流及轉換時間類比資訊全面遠距監控。
- (5) ATP 各電路板及 CBC 傳輸電纜狀態全面遠距監控。
- (6) 繼電聯鎖區間站間閉塞電路各繼電器狀態全面遠距監控(含相關邏輯程序異常判別告警系統)。
- (7) 平交道各繼電器狀態全面遠距監控(含相關邏輯程序異常判別告警系統)。
- (8) 電子聯鎖站間閉塞傳輸線之各送收訊號準位(dB 值)類比資訊全面遠距監控。
- (9) CTC/TID 傳輸線之各送收訊號準位(dB 值)類比資訊全面遠距監控。
- (10) 計軸器 Azls/Azlm 現場電子單元各電路板燈號狀態全面遠距監控。
- (11) 各繼電器室門禁刷卡，及繼電器室影像監控管理系統。

2. 監控系統資訊傳輸方案建議

- (1) 採用光 EtherNet 為主要資訊傳輸平台，骨幹系統建議採用光界面速率 2G bit/s 以上，主節點採用 L2 等級以上交換器(並內建遠距網管界面)。
- (2) 光系統採用雙路雙環路由保護(雙環分由路線之山側/海側分開佈設)。

- (3) 號誌監控專用網路，宜採用封閉式網路結構建造，不與其他網路系統有任何硬體配接，以確保其專用性。封閉式專用網路，雖會給應用上造成些微不便，但可以有效阻絕被入侵可能(沒有可被入侵路由)。
- (4) 網路節點配置建議：
 - A.網路主節點：於各繼電器室、各平交道箱處、各中途閉塞箱處等資訊較多地點，建議均設置網路主節點(光系統節點)。
 - B.網路次節點：於站場繼電器箱處、站間送收電端繼電器箱處等，建議均設置網路次節點，以銅纜 SHDSL、銅纜 VDSL 或銅纜 RS-485 等傳輸系統與主節點銜接。
- (5) 現場各類型資料蒐集或控制單元，其所需傳輸之資訊，一律整合為 EtherNet 界面格式，於號誌監控專用網路之共同平台上傳輸。

3. 監控中心及各監控主機整合方案建議

- (1) 改善目前各分駐所辦公室，及值班勤務工作環境，建造各分駐所「號誌設備遠端監控中心管理」，將目前分散既設之各類型監控主機，重新整合於監控中心管理。
- (2) 監控中心應為專用房間，面積建議至少 4M*5M 以上，建高架地板及輕鋼架天花板，以利設備管線收容，並於相鄰隔間設值勤人員休息室。
- (3) 監控設備各主機(傳輸裝置、監控伺服器、工業電腦、UPS 裝置、電纜配線箱等等)，建議均採用標準 19 英吋機櫃收納。相關監控主機之人機界面(螢幕、鍵盤、滑鼠、告警聲光裝置、確認鈕等)，另集中收容於「監控值勤台」(類似本局調度員台)。
- (4) 前項各不同主機，不一定都要有各自獨立的螢幕鍵盤滑鼠等，必要時可以用市售量產的「人機界面切換器(KVM)」，用一組螢幕鍵盤滑鼠切換於各主機之間，以簡化監控值勤台。(螢幕整合條件：各主機的顯示解析度的設定值必需相同)。
- (5) 監控中心內設置圖表文件櫃，收納轄內號誌設備全部圖面、說明書、光碟片、及相關教育訓練教材文件，供值勤人員隨時查閱，以利遠距支援現場查修人員排除故障。

4. 號誌設備集中監視系統建造程序建議

- (1) 優先建造光纖骨幹網路傳輸系統。
 - A.先佈放站間繼電器箱間(平交道、中途閉塞箱)光纜，因站間裝置無法利用既設 SDH 光纜的剩餘芯線。
 - B.以分駐所(或段)為群組核心，分期建置各節點光網路設備。
- (2) 既設現用各類型號誌設備監控系統之傳輸線路，可視需要先採購轉換界面，將其傳

輸線路轉換至新建骨幹網路傳輸系統上使用。

(3) 依設備監控內容之迫切性及難易度，分類或分區逐步加入系統，可分期建造或一次建造。

A. 資料蒐集或控制界面，可直接採用成熟量產品者優先建造者。如 Remot I/O 產品 (D/I、D/O、A/I、A/O)，PLC 產品，PAC 產品等，在工業界均早已發展成熟達 20 年，無需專案開發試造。

B. 資料蒐集或控制界面，需專案開發者，宜先小規模多方案試辦，(針對同一解決目的，分由多組專案開發團隊小規模試辦)，經綜合評估後再全面建造。

5. 不同期程或分由不同系統商所建造的監控系統整合方案建議

系統規劃者的困擾：新建「新一代號誌狀態遠端監控系統」含各項子系統，若能一次到位一次建造完成當然極為理想，但要達成這個理想不易，也不切實際。因號誌設備之現況不斷在異動，對相同功能但應用不同技術的新號誌設備產品，也不斷被新增或汰換到本路號誌系統上。不同型態產品其監控方法也不同，監控系統要全部一次到位不易。

然而，若不去追求新監控系統全部一次到位完成，又會落入以前困境，系統雜亂、各管各的設備、疊床架屋重複監控、蒐集的資訊無法互通共用等困擾，造成現場分駐所重複過去的夢魘。如何整合不同期程或不同系統商所建造的監控系統，成了新監控系統規劃時之重要課題。於此提供幾點可行建議：

- (1) 統一使用主流傳輸協定來傳輸相關資訊，EtherNet IEEE 802.3.xx 系列通訊協定，已發展超過 30 年以上，全球至今仍在擴大應用中。以該協定所發展的新系統，爲了達成互通性均支援向下相容 (否則新系統會賣不出去)。建議本局新建造的監控設備，均指定必需採用該通訊協定傳輸資訊，則各案所建造之監控系統，可以被整合至同一個共用傳輸網路系統平台。
- (2) 由本局定義各監控系統之「資料庫格式及欄位格式內容」，要求各案系統商依本局定義內容建造設備，並提供原始碼及時序關係圖文件。則可利於後建新案時，易於整合前案所蒐集資訊，必免疊床架屋之困擾。
- (3) 要求各案系統商，提供現場資料蒐集裝置之「存取格式內容文件」及「存取裝置之應用程式」。因各系統均架構在同一共用傳輸平台上，有了前建裝置之存取方法後，後建系統就可以利用前建裝置，將前建裝置所蒐集的資訊整合供後建系統使用。

6. 新一代號誌設備狀態遠端監控系統完成後，號誌設備維護管理之願景

(1) 現場號誌設備維護團隊重新編組管理

A. 號誌系統專精維護員：

- a. 以熟悉現場各項號誌裝置，及熟悉各項裝置間之系統整合內容員工為群組(各分駐所約需 3 員)，負責於監控中心值勤。
- b. 因監控系統可完整蒐集現場各種設備狀態詳細資訊，值勤員藉系統或相關應用程式協助，可主動蒐尋分析現場設備「未達故障等級之相關異常」資訊，並由系統遠距支援現場定期保養維護員，排除現場異常。達成「阻絕故障於故障發生前」之目標。
- c. 當有突發故障發生時，值勤員可遠距量測現場設備狀況，必要時可在適當防護機制下，遠距遙控切換至備援系統。並利用系統提供的資訊，遠距指揮協助現場維修員，以團隊運作方式排除故障。

B. 號誌設備普通維護員：

- a. 普通維護員培訓較易，具備現場基礎技能即可勝任。
- b. 因監控系統可自動量測、紀錄及分析各項號誌裝置完整的相關類比參數資訊，平時保養無需在現場量測紀錄。
- c. 普通維護員平時除辦理設備定時保養外，於保養時亦接受監控中心值勤的專精維護員指揮，排除未達故障等級之相關異常。
- d. 普通維護員也參與障礙輪勤，於設備發生故障時帶裝備趕赴現場，依監控中心值勤的專精維護員指揮，排除現場故障。

(2) 有效運用訓練資源：現場號誌設備維護團隊重新編組後，可依實際任務內容，對各級維護員施行分級訓練，有效運用訓練資源。

(3) 新一代號誌設備狀態遠端監控系統完成後，可有效掌控號誌設備運轉狀況，維修管理者可依據可靠的詳細資訊，擬定有效完善的維修計劃，必要時可針對重點項目加強維修，有效集中維修所需之人力及財物資源，並可避免過度維修的浪費。於突發異常排除作業，可藉系統輔助達成「團隊合作」提升維修效率與品質。

(二) 防浸水油壓電動轉轍器

轉轍裝置是供列車或車輛由一條路線轉入另一路線使用之設備，俗稱道叉。轉轍裝置較一般路線的構造複雜且為路軌可動部份，構成路線上最脆弱的部份，極易導致行車障礙。因此，需採用安全可靠的電動轉轍器並藉號誌聯鎖系統管控，方可確保行車安全。

在本局環島幹線上目前約裝有約 2,500 套電動轉轍器，主要均隨號誌聯鎖系統建置時同案裝設，因此廠牌型式混雜含 Nippon signal、Kyosan signal、美國 GRS 及瑞典 ABB 等，多數皆已逾使用年限。雖因如此艱難，本局維修單位仍克服萬難嚴謹檢修，使安全性仍維持在極高安全水準。但因設備逾齡致部件備品取得不易，加近年天氣異變，常因豪雨成災造成本局路線淹水，本局號誌系統之電動轉轍器常因淹水致生故障，另因道床淹水使路基不穩致生轉轍器晃動不穩，依本局近 3 年號誌故障造成列車誤點原因，電動轉轍器故障約佔 26%，影響本局列車準點率甚鉅。

近年本局積極推動號誌設備維修管理，透過訓練、維修督考、偶發故障追蹤回報及檢討，建立 SOP 避免人因故障等 PDCA 各種策略，使故障率持續以每年約 10% 梯度降低。本局努力雖具成果，但因前述設備本身與環境等惡劣因素仍存在，造成維修人力及物力負擔日益沉重，終將面臨可改善幅度之極限，亟須尋求澈底改善之永續對策。

經本次考察，對德國人「建造設備時即導入低維護觀念，以減少經常性維護投資」感受深切，參考其普遍應用之油壓式電動轉轍器，不但低維護，且可達成高防水等級至 IP67(可浸於水中操作)，油壓傳動結構設計有效改良機械傳動調整不易缺點，並內建設備狀態參數遠端監控，供維修單位透過網路監控紀錄與遠距診斷等優點。建議，本局可先少量引進試裝於易淹水站場，或少量汰換本局使用已逾 40 年電動轉轍器(如彰南線)以利進一步評估，俟若使用效果優異擴大換裝，對於本局號誌系統可靠度提升，將可獲得鉅大躍進。

(三) 號誌聯鎖系統更新

如本次考察心得(四)號誌及列車控制系統升級，在評估本局現用之 ATP 系統 Level 1 升級為 Level 2 或直接升級為 Level 3 系統方面，建議：宜先就路線容量之現況與未來需、建備建造與維運成本及其他升級方案(如 CBTC、ATC 及 ATSP)等，再多方整體評估並深入研析。

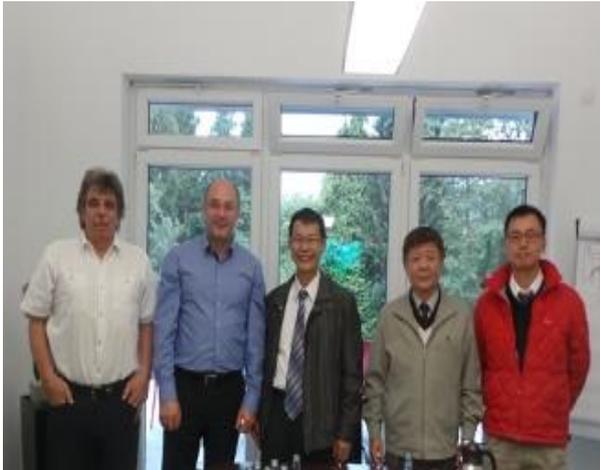
於 ATP 系統升級為 ETCS Level 2.3 或其他號誌列車控制系統，在技術面均仍須架構在行車安全核心「號誌聯鎖系統」上。號誌聯鎖系統更新與 ATP 升級如能於同案辦理，於系統界面整合及造價當均較為有利，但若分別辦理在系統界面整合技術上也可以克服。

在評估 ATP 系統升級方面，因涉車載設備須運行於不同區間，地上系統必須與車載系統一致，因此號誌聯鎖系統更新與 ATP 升級如同案辦理，必須在短期間內完成，其工程規模將非常鉅大並不務實，建議宜採分案辦理，並優先辦理彰南線及其他使用逾 25 年以上，且近年尚無鐵路立體化計畫區段，將舊繼電聯鎖系統更新為現代電子聯鎖系統，並於新系統預留遠端狀態監控界面。

伍、參考資料

維基百科/自由百科全書

附件 參訪行程照片輯



與 CONTEC 執行長 Holger Pütz 合照



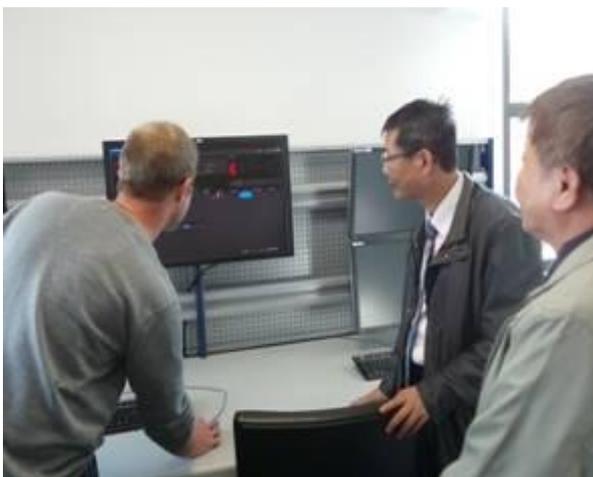
油壓式電動轉轍器參訪



與 SST 客服經理 Thomas Kuppler 合照



列車輪軸及軔機溫度動態偵測參訪



輪軸及軔機溫度動態偵測軟體系統參訪



與德國鐵路員工交流油壓式電動轉轍器使用心得



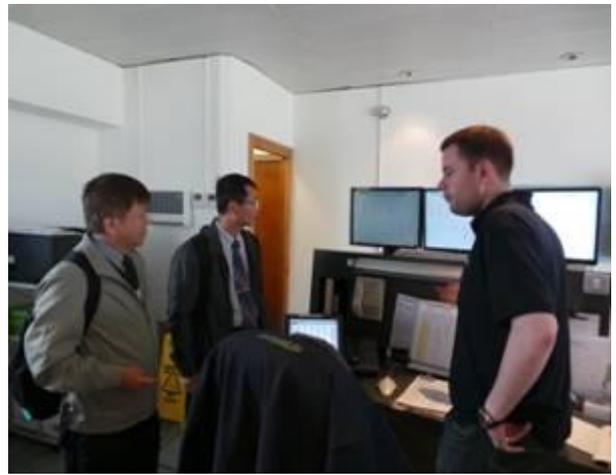
與 Bombardier 做號誌升級交流研討



參訪斯德歌爾摩中央車站號誌設備建置狀況



瑞典 LEVE L2 的機房參訪



愛爾蘭 Connolly Station OCC 參訪



愛爾蘭平交道監控中心參訪



愛爾蘭號誌監控中心參訪