

出國報告（出國類別：考察）

鐵路號誌系統相關設備技術及標準

服務機關：交通部鐵道局

姓名職稱：周志仁/科長

陳信璽/工程員

派赴國家/地區：日本

出國期間：108年6月24日至6月29日

報告日期：108年9月6日

摘要

日本信號公司承攬南迴鐵路電氣化計畫之號誌聯鎖系統工程，該公司已發展多項號誌系統數位化設備，包括集中式聯鎖系統、雙 CVDU、電子式平交道防護設備，並研提 CTC 傳輸光纖化、聯鎖系統擴充及更新策略等方案。本次考察與該公司技術人員研討相關技術議題，俾瞭解其設計理念，並參訪電動轉轍器工廠生產管理情形，作為推動軌道建設及號誌系統國產化之參考。

日本與歐盟簽定經濟夥伴協定(EPA)於今(2019)年 2 月 1 日生效，經拜會日本 JR 鐵道技術綜合研究所，瞭解日歐雙方鐵道技術合作事宜仍在商談階段，我國可掌握契機，在號誌系統國際標準尚未形成前，參考引用主流技術規範訂定國家標準，協助國內產業建立號誌系統整合技術能量，強化我國技術自主性。

目 次

壹、目的.....	1
貳、過程.....	2
一、行程概要.....	2
二、拜會日本信號公司東京總公司.....	3
三、研討集中式聯鎖架構與網路配置.....	5
四、研討 CTC 傳輸光化技術.....	11
五、研討 CVDU 雙重化及異地備援機制.....	13
六、研討既有聯鎖系統擴充/更新之建議策略.....	15
七、平交道控制數位化及安全驗證經驗分享.....	16
八、參訪電動轉轍器生產情形.....	17
九、研討號誌系統數位化與標準化發展趨勢.....	22
十、參訪都電荒川線.....	25
參、心得及建議.....	34
一、心得.....	34
二、建議.....	35

表 目 次

表 1 行程表	2
表 2 日本信號公司集中式聯鎖系統之設備組成表	7

圖 目 次

圖 1	拜會日本信號公司東京總公司合影	4
圖 2	南迴計畫號誌集中聯鎖系統示意圖（日本信號公司提供）	5
圖 3	多 CPU 與單 CPU 之可靠度比較（以日本信號公司提供之資料重新整理）	6
圖 4	集中式聯鎖系統之設備配置及結線示意圖（日本信號公司提供）	7
圖 5	設備及單元組合示意圖（日本信號公司提供）	8
圖 6	平交道控制延遲說明案例（日本信號公司提供）	9
圖 7	日本信號集中聯鎖軟體程式之執行週期	10
圖 8	CTC 傳輸區間整合減少設備（日本信號公司提供）	12
圖 9	運用資通訊技術提升旅客資訊服務品質（日本信號公司提供）	12
圖 10	CVDU 雙重化與集中聯鎖連結示意圖	14
圖 11	上尾工廠致意歡迎本局參訪人員	18
圖 12	新型平交道遮斷機運作展示	18
圖 13	NS-AM 型電動轉轍器機構展示（非使用於臺鐵之型式）	18
圖 14	公司經營理念及技術人員名單	19
圖 15	生產品質改善活動紀錄	19
圖 16	各加工站及作業人員生產效率報表	19
圖 17	轉轍器及遮斷機之外殼半成品儲放情形	19
圖 18	轉轍器及遮斷機之零組件半成品儲放情形	20
圖 19	齒輪加工設備(CNC)及半成品	20
圖 20	轉轍器組裝及檢查作業區（臺鐵局號誌工程案使用之批次）	20
圖 21	轉轍器之 WR 及阻抗線圈	21
圖 22	南迴計畫 K001 標出廠運送臺灣之轉轍器	21
圖 23	EULYNX 基礎架構及聯鎖系統介面示意圖	24
圖 24	ATACS 示意圖（取自 JR 東日本鐵道公司網站）	24
圖 25	拜會 JR 鐵道綜研合影	24
圖 26	都電荒川線路線圖（取自東京都交通局網站）	25
圖 27	都電荒川線（紅色虛線）在飛鳥山公園附近與公路（淺黃色為明治通）共用路廊（取自 GOOGLE MAPS）	27
圖 28	都電荒川線「王子駅前」站	27
圖 29	「王子駅前」站之橫渡線設置可擠式機械轉轍器	27
圖 30	「王子駅前」站至「飛鳥山」站間，電車與公路車輛混合行駛	27

圖 31	電車司機員等待前車駛離達安全間隔後才開車	28
圖 32	明治通於天橋後方之路口右轉，與電車道交錯	28
圖 33	路面以白色車道線及淺黃色鋪面提示汽車道及電車道之範圍	28
圖 34	在此號誌時相，公路車輛可直行本鄉通或右轉明治通，電車依號誌機顯示黃色箭頭直行。	28
圖 35	自「飛鳥山」站往「王子駅前」站之電車，依號誌機顯示黃色左轉箭頭駛離專用路線。	29
圖 36	電車於停止線等待路口號誌轉為綠燈後，再與本鄉通直行車輛一同駛入明治通。	29
圖 37	「飛鳥山」站旁之平交道防護設備。	30
圖 38	電車通過平交道之情形。	30
圖 39	1 號平交道設置日本信號公司之遮斷機。	30
圖 40	2 號平交道設置京三製作所之遮斷機。	30
圖 41	平交道附近軌道電路纜線以水泥線槽保護。	31
圖 42	平交道尚未遮斷防護時，號誌機顯示「X」燈號。	31
圖 43	平交道確實遮斷防護後，號誌機顯示「T」燈號，電車方可前進。	31
圖 44	「大塚駅前」站行人穿越區以警報機及聲音提醒行人將有電車通過。	32
圖 45	「早稻田」站折返線設置可擠式機械轉轍器。	32
圖 46	「大塚駅前」站之橫渡線。	33
圖 47	「三之輪橋」站折返線。	33
圖 48	「荒川車庫前」站進出車廠之道岔設置電動轉轍器及號誌機防護。	33

壹、目的

交通部鐵道局東部工程處刻正辦理臺鐵南迴鐵路電氣化工程，建置符合電化標準之號誌系統，該工程係臺鐵路線首次採用集中式聯鎖系統，因南迴鐵路地域偏僻，公路交通不便，爰配合臺鐵電務段號誌設備維護權責劃分，將路線區間內數個車站之聯鎖裝置集中設置在主要車站之號誌機房，鄰近電務分駐所辦公室，俾利維護管理及障礙查修作業。

南迴電氣化計畫之號誌系統工程係由日本信號股份有限公司承攬，該公司已發展多項號誌系統數位化設備，除了本工程之集中式聯鎖系統，另有雙 CVDU 及電子式平交道防護設備等。日本信號公司亦為臺鐵局民國 85 年至 91 年執行「鐵路行車保安設備改善計畫」，環島鐵路電腦化 CTC 系統及海線、北迴線、花東線電子聯鎖系統之廠商，當時建置之系統將屆使用年限，為因應臺鐵電務智慧化計畫更新 CTC 系統，以及將來花東線鐵路雙軌化之電子聯鎖擴充與更新需求，該公司另研提 CTC 傳輸光纖化，以及聯鎖系統擴充與更新策略。本次考察安排與日本信號公司技術人員當面研討上開技術課題，俾瞭解其號誌系統設計理念及技術細節，並參訪該公司電動轉轍器工廠生產管理情形，作為本局推動號誌工程建設及號誌系統國產化之參考。

另查日本與歐盟簽定經濟夥伴協定(Economic Partnership Agreement, EPA)已於今(西元 2019)年 2 月 1 日生效，雙方在鐵道產業領域之經貿合作事項，除了具體承諾雙方互相開放公共採購市場，亦透過換文方式持續洽商未來舉辦技術交流及雙邊產業對話。過去因號誌系統技術封閉性與鐵道運輸區域化特性，日本與歐盟各自發展出不同的行車安全控制技術，但在全球貿易自由化與區域經濟整合趨勢下，可預見日歐雙方將在鐵道技術輸出與標準調和有更多合作互動，爰本次考察一併安排拜會日本 JR 鐵道技術綜合研究所國際標準中心及國際事業部研討相關議題，並分享我國軌道產業發展策略與進程，以尋求未來合作發展機會。

貳、過程

一、行程概要

本次行程自 108 年 6 月 24 日起至 6 月 29 日止，共計 6 日。主要行程包含拜會日本信號公司東京總公司、赴日本信號公司久喜事業所與技術人員研討號誌技術課題、參訪日本信號公司上尾工廠電動轉轍器生產情形、拜會 JR 鐵道技術綜合研究所等，行程詳表 1。

表 1 行程表

日期	行程摘要	地點
108年6月24日 (星期一)	(1) 去程(臺北→東京) (2) 拜會日本信號公司東京總公司	東京
108年6月25日 (星期二)	(1) 研討集中式聯鎖架構與網路配置 (2) 研討 CTC 傳輸光化技術	日本信號公司 久喜事業所
108年6月26日 (星期三)	(1) 研討 CVDU 雙重化及異地備援機制 (2) 研討既有聯鎖系統擴充/更新之建議策略	日本信號公司 久喜事業所
108年6月27日 (星期四)	(1) 平交道控制數位化及安全驗證經驗分享 (上午) (2) 參訪轉轍器生產情形(下午)	日本信號公司 久喜事業所(上午) 上尾工廠(下午)
108年6月28日 (星期五)	(1) 研討號誌系統數位化與標準化發展趨勢 (上午) (2) 參訪都電荒川線(下午)	JR 鐵道技術綜合研 究所千代田辦公室 (上午) 東京市區(下午)
108年6月29日 (星期六)	回程(東京→臺北)	臺北

本次考察成員共 5 位人員，分別為交通部鐵道局軌道產業推動專案小組陳信璽工程師、交通部鐵道局東部工程處機電科周志仁科長、台灣世曦顧問公司電機部劉瑞民工程師、日本信號公司台北分公司張紘齊經理、士林電機公司機電系統工程處周文東專案經理，並承蒙日本信號公司張經理協助此行之口譯。

二、拜會日本信號公司東京總公司

日本信號公司成立於 1928 年，一直肩負推動日本鐵道號誌技術國產化與發展的重任，在日本已發展了高速行駛的新幹線和高密度班表運轉之都市捷運系統，並積極發展海外事業，提供安全、可靠、高品質的產品和服務。該公司在都市捷運應用領域開發了 SPARCS 無線通訊之 CBTC 號誌系統及無人自動駕駛 ATO，已應用在中國大陸、韓國、巴西、印度等國家之捷運系統，另有自動列車監控系統 ATIS(或中央行車控制系統 CTC)、自動列車防護裝置 ATP 等各種鐵道號誌保安系統，以及聯鎖系統、軌道電路、平交道遮斷機等產品。

日本信號公司刻正執行臺鐵南迴鐵路電氣化計畫之號誌聯鎖工程，本次考察行程主要安排與該公司技術人員研討相關技術課題，爰考察行程首日下午先至東京總公司拜會相關主管。當日由國際事業部宇野正純部長、林誠吾課長及渡邊洋輔係長接待會談，該公司代表表示，今(西元 2019)年 2 月恰逢日本信號公司成立 90 週年，若加計創立前合併自三家公司之歷史，則鐵道號誌事業已經營超過 120 年，臺灣的鐵路號誌一直是日本信號公司的主要市場，該公司督導國際事業的大島董事甫於 6 月 11 日至交通部鐵道局拜會局長，表達打算在臺灣與在地企業合作成立新公司之意向，未來將從日本指派專業人員到臺灣技術指導，並配合臺灣公共工程採用統包方式辦理之政策，建立在地化的技術能量，以提供號誌系統全生命週期之設計、設備製造、安裝施工、系統整合及維護之完整解決方案。

我方人員說明臺灣推動軌道產業發展之政策，並歡迎日本信號公司將號誌技術移轉至臺灣，且交通部刻正籌設鐵道技術研究及驗證中心，將可在國內提供產業界研發產品所需之檢測驗證作業。進一步詢問，在日本與歐洲簽定經濟夥伴協定生效後，日本信號公司是否有打算發展符合歐盟標準之號誌系統技術，例如歐洲列車控制系統(European Train Control System, ETCS) Level 2，或可考慮在臺灣成立研發基地，與在地產業合作發展技術，一同爭取海外市場。

日本信號公司代表回應，有關日本與歐洲號誌技術發展狀況及經貿關係是長久的課題，舉例來說，JR 東日本鐵道公司 5 年前曾嘗試導入法商 THALES 公司之 CBTC 系統，但最終因歐洲系統與日本系統技術差異大，難以整合而中止計畫(考察後查詢網路新聞資料，係因 THALES 公司之 CBTC 系統無法與 JR 東日本公司既有行車管理系統 ATOS 整合而導致計畫中止，最後 JR 東日本鐵道公司選擇採用與 Hitachi 公司共同研發的 ATACS 系統取代之)；另外據其瞭解韓國發展鐵道號誌技術的經驗，初期也是引進歐洲系統，但後來因系統修改及維護費用太高，韓國遂轉向發展自主技術。

日本信號公司代表近一步說明商業經營上的難處，例如印度國鐵前幾年宣布將在 6 萬多公里之客貨運路線佈署 ETCS Level 2 之方針，對該公司經營印度市場著實造成壓力。日本信號公司刻正與法商 THALES 公司在泰國合作曼谷通勤鐵道紅線，由日本信號公司供應聯鎖系統，THALES 公司供應 ETCS Level 1 設備，日本信號公司藉由與歐洲廠商合作的機會嘗試發展相關技術，主要係因為日本廠商不易取得歐盟第三方驗證證明，若非經由商業合作方式，亦難以取得歐洲市場實績，但相對而言，歐洲廠商也因工作文化因素而不易打入日本市場，日本 Hitachi 公司併購義大利 Ansaldo 公司之策略，即是為了快速切入歐洲市場，突破上述貿易障礙。

我方人員詢問日本國內號誌系統標準化之情形，日本信號公司說明過去 JR 國鐵時期訂有介面標準規範(JRS)，可讓不同日本廠商之系統互相介接，但在 JR 分割民營化後，原 JRS 已廢止適用，日本鐵道車輛工業協會(JARi)仍維護與行車控制相關之規範（原 JRS 已改稱為 JRIS J 系列），可洽該協會購買參考。目前各 JR 公司原則依 JR 鐵道技術綜合研究所訂定之技術規範辦理採購（日本信號公司表示未公開），但其內容僅為摘要性需求，再由各 JR 鐵道公司視個案需要進一步研訂細部規格與介面規範，使號誌設備能與關聯系統互通整合。

我方人員另詢問日本信號公司既已有生產計軸器設備，為何南迴計畫工程仍採用歐洲號誌設備廠商產品？日本信號公司代表答覆，係因該公司計軸器尚無營運速度達 160 km/h 之實績，無法符合臺鐵計軸器規範之要求，另補充說明該公司目前在韓國金浦快線建置案中，試驗速度已可達 120 km/h，此外在印度則已有多項營運速度達 100 km/h 之實績。日本信號公司代表另說明日本的富山輕軌、廣島電鐵及熊本電鐵之號誌系統皆由該公司建置，除了埋入式轉轍器無法自主生產仍需外購，其餘號誌設備皆可供應，將來該公司也可參與臺灣之輕軌建設。



圖 1 拜會日本信號公司東京總公司合影

三、研討集中式聯鎖架構與網路配置

6月25日上午，赴日本信號公司久喜事業所（位於埼玉縣久喜市）研討集中式聯鎖架構與網路配置，由久喜事業所三國宏之所長接待本局考察人員，並由南迴計畫號誌聯鎖工程之主辦設計團隊，岩田雄二部長、須田和宏課長及秋山裕信先生會同研討。

南迴計畫係於臺鐵環島鐵路首次引進集中式號誌聯鎖系統，因考量南迴鐵路地域偏遠，公路交通不便，為簡化定期維護及障礙查修作業，縮短維修人員自駐在處所移動至障礙查修點所需時間，爰依據各電務分駐所之管轄範圍，分別於「枋寮站」及「大武站」號誌機房設置聯鎖裝置，各該轄區內受控制車站號誌機房設置「號誌設備控制器」(Field Objects Controller, FOC)。「枋寮站」聯鎖裝置之控制範圍自「南州站」至「中央號誌站」（不含林邊站），係因近年林邊站已另案改建更新，爰南迴計畫號誌聯鎖更新範圍不含該站，但在「枋寮站」聯鎖裝置預留林邊站之容量，以利將來系統更新時納入集中聯鎖範圍；「大武站」之聯鎖裝置控制範圍自「古莊站」至「太麻里站」。聯鎖裝置與其控制範圍內各車站及站間號誌設備之控制及狀態表示，均經由光纖網路傳輸集中運作，並且具備當單一車站或某一區間故障時，其他車站或區間不受影響之功能。此外，於各車站號誌機房及屏東、枋寮、大武、臺東電務分駐所設置運轉紀錄器，連接至光纖網路以監視號誌聯鎖系統各設備運作情形，並可按需求設定監視範圍。

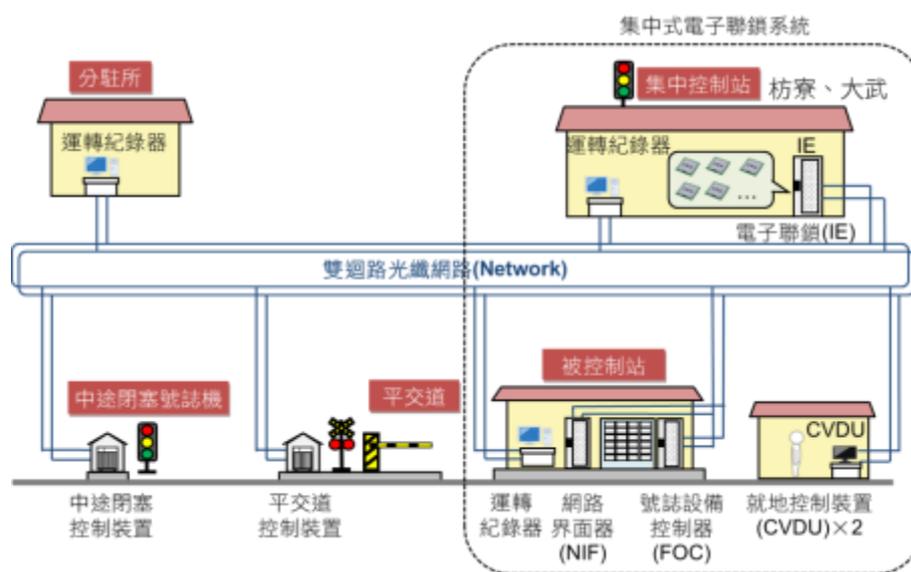


圖 2 南迴計畫號誌集中聯鎖系統示意圖（日本信號公司提供）

日本信號公司提出之集中式號誌聯鎖系統示意如圖 2，為符合上述功能要求，該公司之設計考量將轄區內各車站「聯鎖裝置」(Interlocking Equipment, IE)之 CPU 單元獨立設置，以「大武站」集中聯鎖為例，其控制範圍依南迴鐵路里程依序包括：「古

莊站」、「大武站」、「瀧溪站」、「金崙站」及「太麻里站」等 5 個車站及站間，爰「大武站」號誌機房內設有此 5 個車站聯鎖裝置各自獨立之 CPU 單元。日本信號公司設計人員說明，採用各車站獨立 CPU 單元之架構，可符合「單一車站或某一區間故障時，其他車站或區間不受影響」之要求，經可靠度分析，以多 CPU 架構之集中聯鎖，當被控制車站數增加時，全系統發生無法行駛之風險仍能維持在可接受範圍，集中式聯鎖採用「多 CPU」架構與「單 CPU」架構之可靠度分析比較如圖 3。

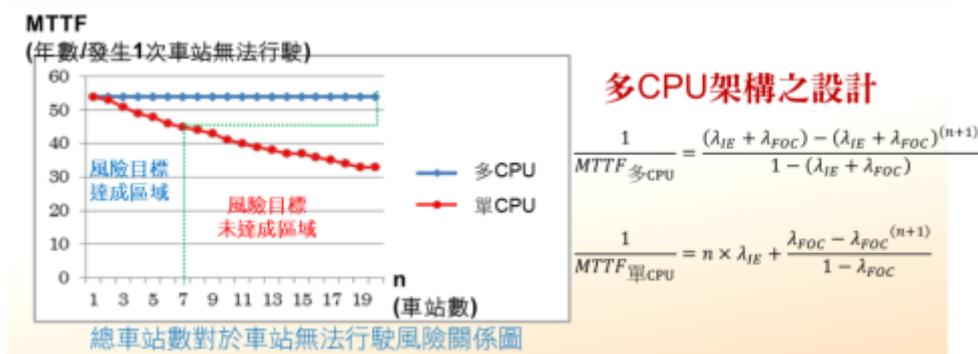


圖 3 多 CPU 與單 CPU 之可靠度比較（以日本信號公司提供之資料重新整理）

被控制車站之號誌機房設置 FOC，其電氣介面經由安全繼電器、設備箱之配線與號誌機、轉轍器等道旁設備介接，FOC 之通訊介面則連接至光纖網路，接收來自集中聯鎖裝置之控制訊息，FOC 將之轉換為驅動設備之電氣訊號，並將自電氣介面所偵測設備之狀態轉換為表示訊息後，回傳予集中聯鎖裝置，供聯鎖裝置進行安全邏輯運算，即時監視系統運作狀態。

復因臺鐵號誌系統規範要求計軸器系統之計算單元應輸出至外部安全繼電器，再以複示繼電器並聯後，供聯鎖裝置介接使用，爰日本信號公司設計之系統架構另於被控制站設置「網路介面器」(Network Interface Rack, NIF)，將表示軌道區間開通或佔用之安全繼電器接點狀態轉換為表示訊息，透過光纖網路傳輸至集中聯鎖裝置，NIF 之軟體含有閉塞號誌機、平交道防護設備控制邏輯，透過光纖網路與道旁設備箱內之「安全可程式邏輯控制器」(Fail-Safe Programmable Logic Controller, FS-PLC)互相傳輸訊息，再經由 FS-PLC 之電氣介面驅動及偵測閉塞號誌機、平交道警報機、遮斷機等設備之運作，NIF 與 FS-PLC 係獨立於集中聯鎖裝置運作，爰可符合「單一車站故障時，其他區間不受影響」之功能要求。與本工程範圍接鄰車站（潮州站、林邊站、知本站）之號誌機房內亦設置 NIF，負責各該車站介面架接點狀態與傳輸訊息之轉換，經由光纖網路與聯鎖裝置互相傳輸，達成車站間之聯鎖功能。集中式聯鎖系統之設備配置及結線示意圖如圖 4。

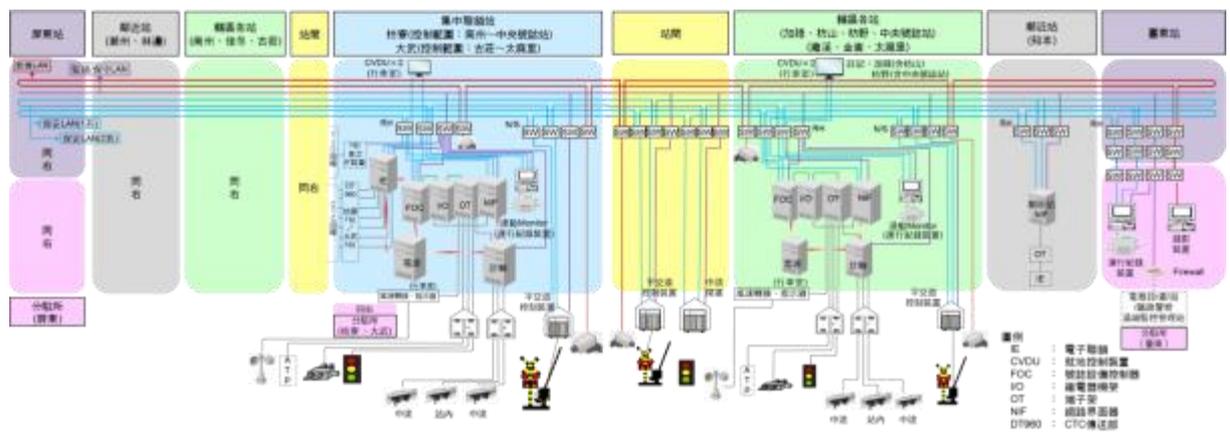


圖 4 集中式聯鎖系統之設備配置及結線示意圖（日本信號公司提供）

日本信號公司設計人員說明，南迴計畫集中聯鎖系統 Ei32FA-2 與該公司前一版產品 Ei32FA 型電子聯鎖系統之主要差異，係將原 CPU 板、系統板、LAN 1 板及 LAN 2 板等 4 張卡板整合為 1 張卡板，備品數量減少並可彈性組合運用，提升營運單位維護管理效率。Ei32FA 聯鎖裝置與閉塞裝置之電子卡板無法交換使用，經過此次系統架構重新設計後，IE、FOC、NIF、FS-PLC 等 4 種設備皆由「CPU 單元」、「通訊單元」、「輸入單元」、「輸出單元」、「繼電器輸出單元」等 5 種基本單元組成。

表 2 日本信號公司集中式聯鎖系統之設備組成表

單元名稱 設備名稱	邏輯單元		I/O 單元			備註
	CPU 單元 (ACEH)	通訊單元 (ASIOS)	輸入單元 (API)	輸出單元 (APIO)	繼電器輸出單元 (APOP)	
聯鎖裝置(IE)	○	○				
號誌設備控制器(FOC)	○		○	○	○	● 二者硬體組成相同，軟體不同。 ● Input 160 點； Output 112 點。 ● 一組 FOC 機架可擴充至 2 排 I/O。
網路介面器(NIF)	○		○	○	○	
安全可程式邏輯控制器(FS-PLC)	○		○	○	○	● Input 32 點； Output 32 點。

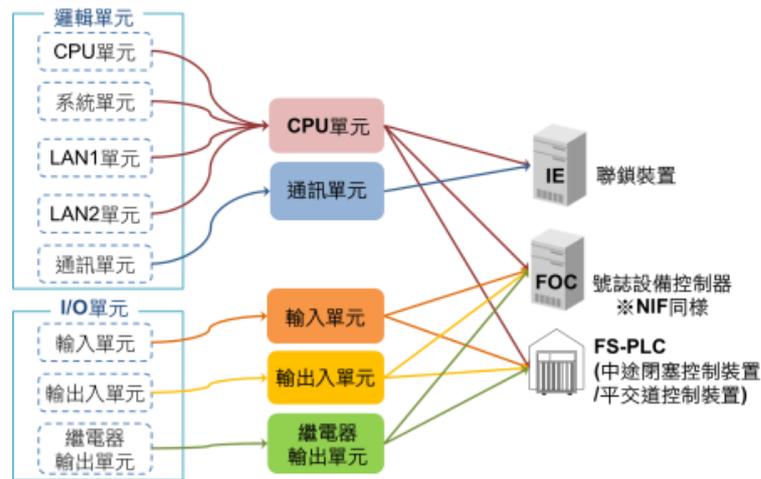


圖 5 設備及單元組合示意圖（日本信號公司提供）

南迴計畫號誌聯鎖工程案於細部設計階段審查時，有 2 項關於網路架構與傳輸效能之議題。其一為業主需求書要求號誌專用光纖網路必須為雙路雙環之架構，細部設計最初版本係將各車站機房及道旁設備箱之網路設備依序串接為大環路，任 2 設備間之網路 A 迴路與網路 B 迴路均位於同側（山側或海側）纜線內，未將實體線路分離，無法防護 2 相異點同時發生纜線斷路之故障情境。復經審查修正後，改為網路 A 迴路與網路 B 迴路分別位於異側纜線，且設備間纜線採用蛙跳式連接，並於 L3 交換器處增加山側與海側跨接線路，形成雙環路再加上額外鏈路之複合架構，提供多傳輸路徑，可確保任 2 點間之網路可用度。但複合架構之線路配置較為複雜，與日本信號公司研討是否有較為簡潔方案，設計人員說明採用複合架構除了考量整體網路可用度，最主要因素在於本工程條件係分階段交付路線及切換系統，在土建標尚未交付全部路線設施前，無法敷設整個環路之光纖纜線，又必須先將已交付一路段內之號誌設備予以連結，因而採用複合架構，若工程條件可改為一次交付路線供敷設纜線，則採用較簡潔之雙路雙環是可行的。

另一項議題是有關傳輸控制之延遲，經估算在最差情境下，平交道防護設備之控制延遲可能達 5.4 秒，爰為符合列車接近平交道應提供足夠警報時間之要求，必須將平交道防護啟動點往外方推移。有關控制延遲原因分析，以及未來是否有可減少延遲時間的系統精進措施，日本信號設計人員以最差情境舉例說明，某一平交道設備由 A 站 NIF 控制其運作邏輯，而該平交道防護設備啟動點之計軸器系統恰位於相鄰 B 站由 NIF 介接。當列車通過啟動點時，各設備間傳輸控制流程如下：

- (1) B 站 NIF 自計軸器系統及安全繼電器接點接收軌道區間佔用狀態，轉換為訊息後，傳輸予 A 站 NIF。

- (2) A 站 NIF 接收訊息，經程式邏輯運算後，將平交道防護設備控制訊息傳送予平交道處之 FS-PLC。
- (3) FS-PLC 將控制訊息轉換至電氣介面，驅動平交道防護設備運作程序及偵測設備狀態。

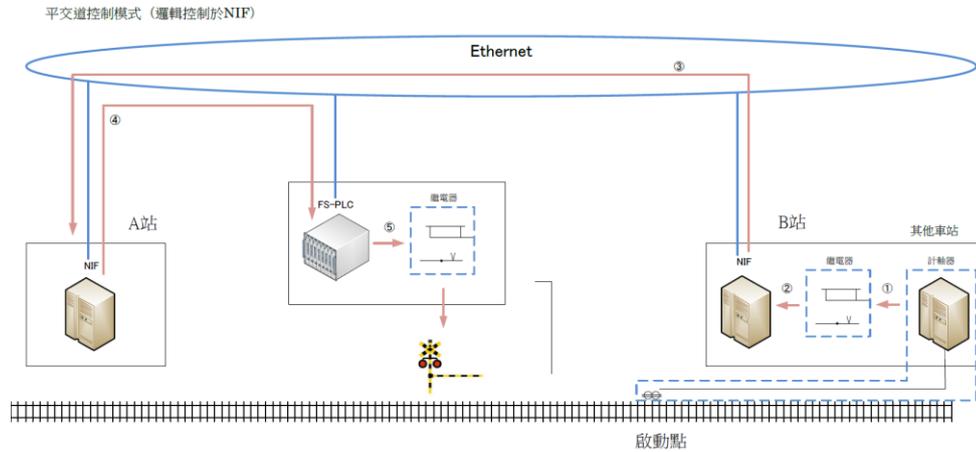


圖 6 平交道控制延遲說明案例 (日本信號公司提供)

各設備軟體係以 400 ms 週期反覆進行「接收訊息/偵測→邏輯運算→傳輸訊息/驅動」之程序，並設定容許連續 2 週期之傳輸錯誤，當發生連續 3 次以上傳輸錯誤時視為傳輸系統故障，必須執行「失效自趨安全」功能。按日本信號公司之設計估算，前述傳輸控制流程在一般無傳輸錯誤之情境下約需要 2.6 秒，最差情境則是在各設備間依序發生下列失效，總計增加 7 個週期，共 2.8 秒 (400 ms × 7 = 2.8 秒)：

- (1) B 站 NIF 自電氣介面偵測安全繼電器狀態時，發生連續 2 週期失效後自復。
- (2) B 站 NIF 傳輸予 A 站 NIF，發生連續 2 週期失效後自復。
- (3) A 站 NIF 傳輸予 FS-PLC，發生連續 2 週期失效後自復。
- (4) FS-PLC 轉換為安全繼電器輸出時，發生 1 週期失效後自復。

目前的 400 ms 同步週期中，程式執行時間實際只使用其中的 280 ms，尚剩餘 120ms 之設計餘裕，該公司研發部門持續在改善系統效率，目標將同步週期縮短為 200 ms，將可大幅縮短控制流程之延遲時間。

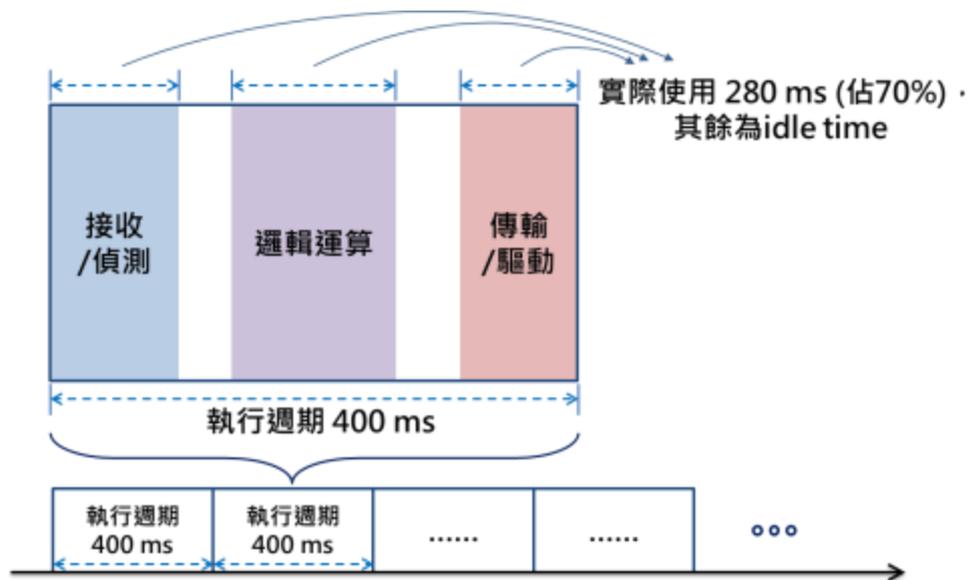


圖 7 日本信號集中聯鎖軟體程式之執行週期

號誌系統數位化重點之一在於導入「物聯網」觀點，藉由擴大光纖網路範圍，使電子控制設備儘量靠近道旁設備，例如將控制器置於道旁設備箱中，或採用嵌入式系統將電子單元與設備本體結合，可縮短電氣介面之纜線長度，大幅簡化系統架構及配線。不過按目前臺鐵電子聯鎖系統規範之規定，車站之號誌設備控制器應設置於號誌機房內，不得設置於道旁設備箱中，只有用於站間控制之設備方得置於道旁設備箱。其主要考量係因戶外環境條件差，溫濕度高、粉塵及震動等因素均會影響電子系統可靠度，國內也常發生落雷之電磁干擾造成戶外電子單元故障之情形；另一方面，將號誌設備控制器置於號誌機房內，可提供員工安全的工作環境，降低號誌養護人員到路線上查修之作業風險，爰訂有前述相關規範。研討此 2 種系統設計概念之差異，日本信號公司設計人員表示，以該公司的產品及技術，將 FOC 置於道旁設備箱技術上可行，而且光纖纜線相較於控制電纜之建置成本低，配線簡潔，可降低系統建置成本並縮短工期，惟此種配置在營運維護期可能衍生電子單元保養負擔，此 2 種系統設計概念分別影響「新建期」與「維護期」之成本，選用何種設計方案會有權衡取捨(trade-off)，宜就工程個案需求從全生命週期觀點翔實評估，無法一概而論，目前在日本各鐵道營運單位亦有不同考量，尚無統一作法。

日本信號公司技術人員最後說明，在既有路線執行系統更新工程必須維持營運，經常只能局部施工，若土建標分階段交付路線供號誌系統標進場，但在纜線槽尚未完全貫通前無法布設光纖網路，致集中聯鎖站與被控制站無法連結，建議未來集中式聯鎖架構較適合用於新建之路線，避免工序衝突影響號誌系統切換時程。

四、研討 CTC 傳輸光化技術

臺鐵局刻正興建南港新總局企業大樓，綜合調度所將配合搬遷至該處，目前於「臺鐵電務智慧化提升計畫」項下配合規劃更新中央行車控制系統(CTC)。日本信號公司為既設 CTC 之建置廠商，積極爭取更新案，持續與臺鐵局委託之技術顧問研討交流相關技術議題。既設 CTC 採用電訊串列傳輸裝置 DT960 作為連結各車站聯鎖裝置之通訊介面，再經由臺鐵環島光纖 SDH 之介面轉為光傳輸至綜合調度所號誌總機。日本信號公司表示目前傳輸裝置 DT960 已停產無法再提供新品，在 CTC 尚未更新前，若要進行系統修改，僅能以營運機構之備品或拆收品予以因應，爰後續 CTC 更新案之重點在於傳輸介面光化，並配合臺鐵環島光傳輸網路增加各站投落，調整 CTC 連接網路之架構。

日本信號公司之中央行車控制系統技術已應用在北京地鐵 15 號線、印度德里 8 號線、印尼雅加達捷運南北線，摘述日本信號公司分享臺鐵 CTC 更新提案重點如下：

- 日本信號公司熟悉既有 CTC 架構及臺鐵局營運需求，可滿足操作相容性及連續性切換。
- 將既有環島鐵路 13 區間通訊迴路整合為 4 區間（北、中、南、東），以符合目前調度員分工實務。
- 行控中心將採一元化管理，將車站顯示之行車狀態、票務資訊及監視 CCTV 之管理整合於單一系統。
- 使用最新技術，行控中心顯示盤 LCD 化，除可配合路線變更從軟體修改顯示，也可使用虛擬便利貼，在盤面上放置運轉調度之重要訊息。
- 調度員、時刻表製作、CTC 維護等不同身分別之系統控制權限均可彈性調整。
- 使用目前 CTC 系統之自動進路設定(ARS)演算法，可在既有車站裝置最少修改幅度下完成新系統之整合，縮短工期、降低成本。
- 各車站行車人員觀看之 TID 顯示器更新為 CTC 顯示器，各車站除了可查看行車路線狀況，亦可查看號誌設備運作狀態，原僅有行控中心調度員可查看之資訊擴大至各車站行車人員皆可查看，有利於故障狀態掌握與排除。
- 目前國內旅客資訊顯示系統(TIDS)廠商係透過 RS-232 傳輸介面自 TID 顯示器擷取車次、運轉時分、誤點資料後，仍需另外處理為實際顯示之資訊，新 CTC 系統將旅客資訊系統功能整合為 PIS，直接提供前述車次資訊及事件廣播等輔助資訊，再由車站顯示器投放內容。
- 落實在地化、國產化政策，使用臺灣製造之設備，後續維護支援在地化。
- 與臺灣資訊廠商合作開發手機 APP，整合提供旅客資訊。

提案中有關 CTC 更新架構後之資安防護措施，在系統層級利用人員認證 (Authentication) 管制操作權限，在軟體層級藉由指定傳輸/接收之 IP 位址及預先定義通訊埠來控制網路通訊，在硬體層級則以 L2、L3 交換器提供網路框架控制，皆為目前普遍且成熟的資通訊安全管理技術。此外，技術人員說明日本目前的 CTC 都是建構在獨立封閉網路，不與外部網路連結，而且電腦設備禁用 USB，可確保資訊安全，但為因應將來營運機構可能需要請原廠從外部提供遠端診斷支援服務，另一部門正在與 JR 西日本鐵道公司研討透過開放性網路連線的資安防護對策。

日本信號公司另提到該公司可提供之維修支援服務「Anshin 館」(日文音同「安心感」)，係運用物聯網與大數據分析技術，將其客戶使用中設備之狀態回傳至日本信號公司的支援中心，進一步分析並提供預測性維修保養建議。目前「Anshin 館」服務應用在印度德里地鐵，日方人員並透過即時的影音通訊指導現場技術人員查修及排除障礙，彌補印度營運機構人員經驗不足之落差。



圖 8 CTC 傳輸區間整合減少設備 (日本信號公司提供)



圖 9 運用資通訊技術提升旅客資訊服務品質 (日本信號公司提供)

五、研討 CVDU 雙重化及異地備援機制

臺鐵各車站之行車室設置就地控制盤(Local Control Panel, LCP)，係為站務人員辦理行車運轉作業所需，用以操作號誌系統之人機介面。電子聯鎖車站除了設置 LCP，並設置一台 CVDU（彩色顯示單元），其硬體形式為工業級電腦，作為 LCP 故障時之備援裝置。LCP 之實體按鈕、LED 燈帶係配合站場之股道配置，鑲嵌在單一金屬板或馬賽克盤上，內部以實體配線連接至 PLC 裝置，再經由通訊線路與號誌機房之聯鎖裝置連接。

因 LCP 體積龐大，硬體結線複雜，於站場路線改建時修改不易，經臺鐵局檢討號誌系統設備規範並於民國 103 年決議，新建或更新號誌聯鎖系統之就地控制設備以 CVDU 取代 LCP 之設置(交通部臺灣鐵路管理局 103 年 9 月 30 日鐵電號字第 1030031880 號函)，爰當時正進行基本設計作業之南迴計畫遂於號誌聯鎖系統工程中要求各車站設置 2 套獨立之 CVDU 就地控制裝置，互為備援。每個車站之行車室設置 2 套 CVDU 裝置，與雙環雙路之號誌專用光纖網路連接。其中乙種簡易站及無人號誌站因未派站務人員辦理行車業務，因此 CVDU 係設置在其管理站內（例如枋山站之 CVDU 設置在其管理站加祿車站），可從管理站遙控操作號誌設備。

日本信號公司之設計概念，將 2 套 CVDU 區分為 I、II 系，預設定義 I 系為「主系」，II 系為「從系」，雙系 CVDU 連結於號誌專用光纖網路，隨時從聯鎖裝置取得更新之表示資訊，雙系之間亦互相確認對方是否仍在線上正常運作，並依據前述預設定義，由「主系」取得操作控制權，當「主系」失效時，則由從「系取」得操作控制權。

詢問日本信號公司設計人員，操作控制權是否由聯鎖裝置管理？設計人員答覆，操作控制權係由雙系 CVDU 之程式依預設機制自動協調，聯鎖裝置並未負責管理權限，從聯鎖裝置的觀點而言，無論來自 I 系或 II 系 CVDU 之控制指令，聯鎖裝置均會接收。再輔以案例說明，假如恰好 I 系連接網路 A 故障，II 系連接網路 B 故障，此時 I 系及 II 系無法在同一網路內確認對方是否仍在線上正常運作，爰互相判斷對方故障，依據前述自動協調機制，雙系 CVDU 均認定自身取得操作控制權，若此時站務人員同時自雙系 CVDU 操作，I 系之操作控制指令經由網路 B 送出，II 系之操作控制指令經由網路 A 送出，均可送往聯鎖裝置。在此故障情境下，若站務人員「蓄意」從 I 系及 II 系同時送出衝突之操作控制指令，則會由聯鎖裝置按接收指令之先後順序，以號誌聯鎖安全邏輯予以查核，尚不致發生衝突操作指令同時成立之情況。

進一步詢問是否有可能發生駭客侵入網路，假冒 CVDU 取得操作控制權之情境，設計人員說明，有關集中式聯鎖系統之資安防護措施，因該公司所設計號誌專用光纖網路符合 IEC 62280 號誌安全相關通訊標準之第一類(Category 1)傳輸系統，係屬封閉

型網路，未與外部網路相連，且網路上之設備數量於設計階段已知，均事先配予固定 IP 與其硬體對應，各主機亦設有防火牆，藉由網管措施可防範駭客侵入，避免發生操作控制權遭劫取之危害。

有關 CVDU 之異地備援機制，當某一車站雙系 CVDU 均故障無法操作號誌系統，需要鄰近車站異地備援時，因 CVDU 與聯鎖裝置通訊之對應，係以固定 IP 及專屬 CVDU 程式參數予以管理，維護人員可取用備援車站之 CVDU II 系設備，修改網路相關設定，將原 CVDU 設備之 IP 位址改配賦予備援設備，再開啟該車站專屬 CVDU 程式後，即可上線取代原故障設備，提供異地備援功能。

配合臺鐵局運務人員配置之彈性需求，將來若有車站降編為乙種簡易站，需改由其管理站遙控操作，或反之將乙種簡易站升等，增派站務人員辦理行車業務時，只需配合搬遷各該車站之 CVDU 設備，連接至號誌專用光纖網路後，即完成調整設定。

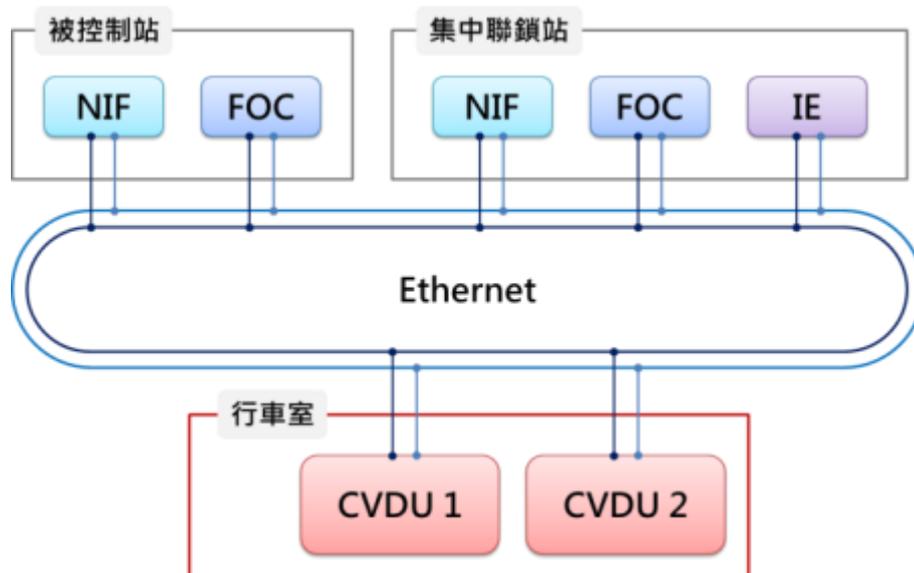


圖 10 CVDU 雙重化與集中聯鎖連結示意圖

六、研討既有聯鎖系統擴充/更新之建議策略

臺鐵局 85 年至 91 年間執行「鐵路行車保安設備改善計畫」，日本信號公司為當時建置海線、北迴線、花東線電子聯鎖系統之系統廠商。當年建置之聯鎖系統將屆使用年限，另配合本局刻正規劃花東線鐵路雙軌化工程，近年內將有聯鎖系統擴充或更新之需求，爰本次考察與日本信號公司設計人員研討聯鎖系統擴充/更新之技術議題，作為將來執行花東線雙軌化工程之參考。

該公司過去供應臺鐵之電子聯鎖系統型號為 Ei32FA，而南迴鐵路電氣化工程改供應次一代型號 Ei32FA-2，除了配合業主需求改用光纖網路通訊，並整合電子卡板減少零組件數量外，一項關鍵因素是舊型號卡板所使用之 CPU 晶片元件已停產，而且半導體產業技術日新月異，必須配合目前可選用之元件，重新檢討整體硬體設計。

日本信號公司設計人員說明，從過去經驗可知，CPU 晶片元件之產品生命週期約 10 年至 15 年，當元件即將停產時，會通知業主依據系統預估剩餘壽齡，預購足夠數量之維修備品；若業主可接受以修改方式使系統延壽，亦可配合選用新元件開發卡板以替代之。將來花東線進行雙軌化工程時，從技術角度建議要考量下列需求：

- 原聯鎖裝置是否需沿用。
- 號誌聯鎖系統架構採用集中式或分散式。
- 計軸器系統是否集中化。
- 閉塞裝置之通訊是否修改為光纖網路。

目前 Ei32FA 之 CPU 晶片元件已停產，該型號聯鎖裝置及閉塞裝置之電子卡板亦無法互通，又依照臺鐵局政策持續將計軸器系統更新為集中式，爰該公司技術人員建議將來配合花東線雙軌化工程可將號誌系統核心設備更新，包括車站號誌機房內的聯鎖裝置、閉塞裝置（以 FS-PLC 取代）。惟因雙軌化工程可能採分階段進行，若土建標無法一次交付路線供號誌系統標進場敷設纜線，不利集中式聯鎖系統切換，較不建議在花東線鐵路採用集中式聯鎖系統架構。

進一步詢問，若將來更新案要求聯鎖裝置改以通訊方式與計軸器系統連接之技術可行性，該公司技術人員說明技術上可行，但要考量廠商配合修改通訊界面後，必須重新取得安全完整度(SIL)驗證之成本與時間。另外詢問備援電源裝置小型化可行性，設計人員說明備援電源裝置之體積主要受備援容量需求影響，目前臺鐵號誌系統規範係要求市電停電後，號誌系統應可維持 5 小時運轉，該公司承攬 JR 西日本鐵道公司聯鎖裝置標案經驗，電子系統之電源備援需求為 60 分鐘，人機介面為 15 分鐘，至於道旁設備之備援電源則由業主另案建置。

七、平交道控制數位化及安全驗證經驗分享

日本信號公司在南迴計畫工程建置集中式聯鎖系統，並供應電子式平交道控制器，其系統架構經過修改後必須重新申請安全驗證，爰請設計人員岩田部長、須田係長、秋山先生及負責安全驗證業務之高橋先生，分享本次申請安全驗證之經驗，作為後續推動軌道號誌系統國產化之參考。

集中式聯鎖系統 Ei32FA-2 係基於舊型 Ei32FA 之基礎修改而來，本次配合臺鐵電子聯鎖系統規範修訂，將號誌專用網路介面由銅纜絞線修改為光纖通訊，並將原 CPU 板、系統板、LAN 1 板及 LAN 2 板等 4 張卡板整合為 1 張卡板。該公司研發後先以 FS-PLC 之組合向日本交通安全環境研究所之鐵道認證室（以下簡稱 NRCC）取得符合 IEC 62425 SIL 4 之驗證，在參與南迴計畫號誌聯鎖系統工程階段，原評估 Ei32FA-2 係將 2 個分別取得 SIL 4 驗證之產品組合應用，應可較快取得 SIL 4，惟復經 NRCC 檢視，因 FOC、NIF 之卡板數與 FS-PLC 不同，爰必須重新審查。日本信號公司並考慮系統長期維護之需求，一併研製 APIO-B 板及 API-B 板，係產品生命週期較長之 I/O 單元，與前述電子單元整合為一系列申請安全驗證，已為將來晶片元件可能停產之境況預作準備。

在 NRCC 成立前，日本尚無符合 WTO 符合性評鑑基礎架構之鐵道產品安全驗證機構，西元 2009 年時，日本信號公司 Ei32FA 取得之安全驗證，是先請 JR 鐵道技術綜合研究所開立獨立安全評估 (ISA) 報告，再向歐洲安全驗證機構 TÜV SÜD 申請符合 EN 50129 SIL 4 之驗證。當時因為 Ei32FA 已在臺灣有運轉實績，因此驗證機構未要求額外提供測試資料。目前該公司向 NRCC 申請 Ei32FA-2，NRCC 則要求提出測試報告，但不要求新系統已有使用實績。

日本信號公司高橋先生進一步說明，所謂的測試報告仍有「模擬測試」與「路線測試」2 種不同選項，如果今天是已有充足經驗與實績的廠商，基於過去的產品或技術之上開發新產品，則驗證機構要求做到模擬測試即可；但如果是開發公司過去未具有的技術，例如日本信號公司開發 CBTC 系統 SPARCS，或是一間新公司開發產品，則會被要求必須經過路線測試，才可能取得安全驗證證明。

詢問日本信號技術人員，若使用在其他工業領域已有類似安全驗證的產品，作為開發號誌系統的基礎，是否較容易取得安全驗證？岩田部長說明，使用一個既有技術或產品用於號誌系統開發（例如將無線通訊技術應用於 CBTC），仍要綜合評估整體機能表現是否符合安全要求，與單一設備/元件是否已有通過驗證無關。已開發完成並取得安全驗證證明之產品，後續若有更換部分元件，涉及型態變更時，就必須重新申請驗證。

八、參訪電動轉轍器生產情形

電動轉轍器是號誌系統中負責扳轉道岔的設備，確認尖軌靠密在本軌上並予以鎖錠，且必須承受列車通過道岔時的振動而不使尖軌鬆開，確保列車通過道岔區間的安全，因此轉轍器的品質及可靠度，對整體系統可靠度佔有相當大的比重。

日本信號公司上尾工廠位於埼玉縣上尾市，負責生產該公司之電動轉轍器、平交道遮斷機、安全繼電器等電氣機械設備。參訪時恰逢南迴計畫號誌聯鎖工程所需之轉轍器將安排出貨，爰安排至工廠參訪，瞭解其生產管理情形，並向技術人員請益研討。當日由小口和宏廠長、加治木智彥部長及春日良友係長接待，於展示館示範新型平交道遮斷機運作情形，以及解說 NS-AM 型電動轉轍器之內部機構。

展示館所見 NS-AM 型電動轉轍器係供應日本鐵道營運機構之型號，相較於臺鐵使用之型式少了一個安裝電抗器及磁性保持安全繼電器(WR)的箱體，經詢問技術人員，此規格差異主要係因臺鐵供電系統之組合為電車線系統 AC 25 kV 及電動轉轍器 DC 110 V，為防止電車線牽引電流在轉轍器線路上產生感應電動勢，造成轉轍器誤扳轉，爰於規範要求使用於電動轉轍器之安全繼電器須可抵抗 AC 干擾 1200V / 60Hz (0.3 秒) 及 AC 250V / 60Hz (連續)，為符合電化干擾防護要求，該公司供應臺鐵之轉轍器在電路設計上須加裝電抗器，因此多出一個箱體的空間。而日本鐵道公司未使用此種供電系統組合，可免額外安裝電抗器，因此可將磁性保持安全繼電器收納於主箱體內，整體尺寸相對較小。

從工廠門口至生產線之參訪動線，牆壁上可看到公司經營理念及技術人員名單等資訊，加治木部長說明該廠持續進行品質改善活動，由生產作業人員共同討論，針對生產過程造成品質異常的情形研討原因，並施以解決對策。而在生產效率管理作業上，透過持續追蹤生產流程中各作業步驟之產出量，並計算每一位作業員平均生產效率，藉由量化指標之變動情形瞭解產線整體運作是否符合生產計畫，並可及早針對發生進度落後的環節予以督導矯正。進一步向加治木部長確認，該工廠並未導入「全面生產管理」(Total Productive Maintenance, 簡稱 TPM, 係 1970 年代源於日本豐田汽車公司的一種生產管理系統)，但在工廠參訪時所見相關管理措施已有 TPM 之精神與雛形。

過去執行鐵路改建工程案，對於轉轍器安裝處之軌枕孔位、道岔桿件位置等參數，係由軌道標還是號誌標提供，常衍生進度延誤責任歸屬之爭議，上尾工廠技術人員答覆，轉轍器與軌道之界面建議以道岔型式優先，轉轍器廠商可配合設計桿件及配件，以因應不同安裝要求。

進一步詢問在生產管理作業上如何因應不同客戶的需求，技術人員以 CNC 機台加

工之齒輪為例說明，該零件加工過程相對耗時且對精度要求高，但不同型號轉轍器所配置之齒輪規格大致相同，除非客戶對扳轉速度有特別要求才會造成齒數不同。至於其他耐電壓、絕緣電阻、機械強度等規格，雖然不同客戶之要求條件各異，但對生產安排不致造成太大影響，因為日本廠商的經營理念係以客製化為主軸，儘量滿足客戶需求，與歐洲號誌廠商希望規格標準化的想法不同。



圖 11 上尾工廠致意歡迎本局參訪人員



圖 12 新型平交道遮斷機運作展示



圖 13 NS-AM 型電動轉轍器機構展示（非使用於臺鐵之型式）



圖 18 轉轆器及遮斷機之零組件半成品儲放情形



圖 19 齒輪加工設備(CNC)及半成品



圖 20 轉轆器組裝及檢查作業區（臺鐵路號誌工程案使用之批次）

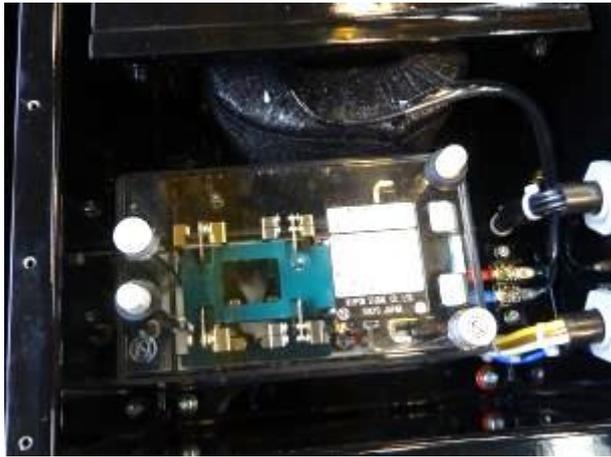


圖 21 轉轍器之 WR 及阻抗線圈



圖 22 南迴計畫 K001 標出廠運送臺灣之轉轍器

九、研討號誌系統數位化與標準化發展趨勢

日本與歐盟簽定經濟夥伴協定(Economic Partnership Agreement, EPA)於今(西元 2019)年 2 月 1 日生效,日歐雙方在鐵道產業領域之經貿合作事項,除了具體承諾雙方互相開放公共採購市場,亦換文協議未來將舉辦技術交流及雙邊產業對話。過去因號誌系統技術封閉性與鐵道運輸區域化特性,日本與歐盟各自發展出不同的行車安全控制技術,但在全球貿易自由化與區域經濟整合趨勢下,可預見日歐雙方將在鐵道技術輸出與標準調和有更多合作互動。

簡要摘述考察行前所蒐集之歐盟號誌系統技術標準化措施,首要為推動建置列車控制系統(ETCS)以取代各成員國內既有之列車自動防護系統(ATP)之政策,係始自西元 1989 年歐盟運輸委員決策,在歷經近 30 年技術發展與標準調和後,近期之重大里程碑包括西元 2017 年由歐盟鐵道局(European Union Agency for Railways)公布 ERTMS 技術規範基準 3—第 2 版(Baseline 3 release 2),以及同年 1 月 5 日由歐洲委員會制定法規(COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION) (EU) 2017/6,將 ERTMS 部署計畫予以法制化,法規附錄一併公布共計 9 條核心路廊,以及各路段完成期限,各成員國應據以推動建設,此舉將加速相關技術應用並帶動產業發展。再來是由多家歐洲鐵路基礎設施管理機構自西元 2014 年發起組成「EULYNX」聯盟,將號誌聯鎖系統之介面及元件予以標準化,以增進各國號誌系統基礎設施之相容性與互通性,該技術規範最新版本為西元 2018 年之基準 3—第 3 版(Baseline Set 3 Release 3)。此外,在號誌系統數位化之策略,有一個結合工業 4.0 之創新觀念在於使用「商用現成產品及技術」(Commercial Off-The-Shelf, COTS),例如採用已在煉油廠、天然氣、發電廠等能源領域已發展成熟之安全控制器組成號誌聯鎖系統,並可運用已在工業自動化領域成熟的資安防護策略。採用標準化的工業控制設備,例如符合國際標準 IEC 61131 之可程式邏輯控制器(PLC),可降低對特定廠牌之依賴性,採用大量生產之規格品亦可有效降低全生命週期成本,使用與其他產業領域共通之零組件,亦可降低維修備品短缺風險。另一方面,全球資通訊產業近年來加速技術整合與標準化之趨勢,持續擴散至各應用領域,當運用資通訊技術建構現代化的號誌系統時,除了確保安全(Safety)之技術,資安防護(Cyber Security)需求也隨著國際恐怖攻擊、蠕蟲病毒事件而受到號誌技術先進國家之重視。

經工研院及日本信號公司協助引介,本次考察安排於 6 月 28 日(週五)上午拜會 JR 鐵道技術綜合研究所(以下簡稱 JR 鐵道綜研)國際標準中心,與岩田浩司副主任及國際事業部宮內瞳苗課長研討,在數位化及經貿自由化趨勢下,與號誌系統發展相關

之安全性、成本效益、相容互通性、資訊安全等議題，並與其分享我國鐵道產業發展策略與進程。

考察行前已先透過電郵向 JR 鐵道綜研詢問，日本與歐盟簽定 EPA 後，號誌系統技術標準調和之規劃，以及日本是否有意願開發符合歐盟互通技術規範(Technical Specification for Interoperability)之號誌系統技術？宮內經理初步回信表示，經詢問國土交通省，日本與歐盟仍在交涉相關事宜，目前尚無進展。

岩田副主任當日表示，不同鐵道形式之號誌系統無法互通是一個長久的問題，歐洲「EULYNX」本質上是以網路為基礎架構的號誌系統，日本也發展相同概念的號誌系統，目前在 JR 東日本鐵道公司京葉線、武藏野線已上線使用，但仍以既有系統部分改建為原則，並未全面更新。有關聯鎖系統介面標準化一節，目前各 JR 鐵道公司皆有自己所選定的通訊協定與編碼格式，號誌設備廠商依據採購規範生產聯鎖裝置及道旁設備，因此不同廠牌之設備可互通整合，但全國尚無統一的聯鎖系統介面規範，標準化目前仍在 JR 內部討論階段。

岩田副主任回應有關結合工業 4.0 觀念推動號誌系統數位化之議題，目前日本所開發號誌系統之 PLC 均屬於封閉平台，程式語言並未符合國際標準 IEC 61131-3。而在號誌系統安全驗證上，國際標準 IEC 62279 之要求為充分揭露邏輯控制及編碼格式，俾利獨立安全評估單位審查，但將相關內容公開又會衍生資安風險，在號誌系統數位化過程中，如何在「安全要求」與「資安防護」之間取得平衡是個重要的議題，至於鐵道領域之資安防護標準化議題國際間仍在討論，工業控制領域的網路安全技術，例如國際標準 IEC 62443 系列，是否可直接適用於鐵道號誌領域尚有疑義，目前日本鐵道營運機構係遵循國土交通省所訂「確保鐵道領域資訊安全之安全準則」(鐵道分野における情報セキュリティ確保に係る安全ガイドライン)之規定，執行資安防護作業。

岩田副主任最後說明，在日本與歐洲簽訂 EPA 之後列車控制技術發展方向，例如歐洲是否開放非 ETCS (如日本 ATC) 進入歐洲市場，或是日本是否引進 ETCS 等相關議題目前尚無定論，不過 JR 東日本鐵道公司已與 Hitachi 公司合作開發採用 CBTC 技術之系統「ATACS」(Advanced Train Administration and Communications System)，實際應用在埼京線(池袋站—大宮站)營運，列車位置、號誌顯示條件及行車控制皆透過無線電通訊傳輸，在一般鐵路系統達成移動閉塞功能，相當於 ETCS Level 3 功能。

宮內課長去年受工研院邀請到臺灣分享 JR 鐵道綜研之檢測及研發能量，並參與部分「鐵道技術研究及驗證中心」檢測設備規劃之討論，爰請教計畫執行進度。本局考察人員說明目前仍在檢討檢測設備採購項目，並概述將來鐵研中心在推動臺灣鐵道產業本土化所扮演的角色，將從技術研發、檢測驗證、安全監理及國際交流等面向，協

助臺灣產業建立自主能量。宮內課長特別提醒，日本過去在交通安全環境研究所鐵道認證室尚未成立前，號誌設備製造商是請 JR 鐵道綜研開立安全證明文件，例如當年台灣高鐵號誌系統軟體符合歐盟標準 EN 50128 之獨立安全評估即是由 JR 鐵道綜研開立，但自鐵道認證室成立後，日本號誌系統之安全驗證已由該單位專責，研發單位與安全驗證單位必須獨立，才能符合國際標準所要求之公信力，建議鐵研中心之業務規劃要詳予考量區隔劃分。(考察後另查交通安全環境研究所鐵道認證室係西元 2012 年成立，組織架構係隸屬於獨立行政法人自動車技術綜合機構，並獲日本認證機構 IAJapan 認可為鐵道領域之產品驗證機構。)

宮內課長進一步補充，在安全監理業務方面，雖然 JR 鐵道綜研與各 JR 鐵道公司有很深的淵源，固定接受各公司財務挹注，並有技術研發之合作，但日本國土交通省仍承認 JR 鐵道綜研協助政府機關執行安全監理之角色。

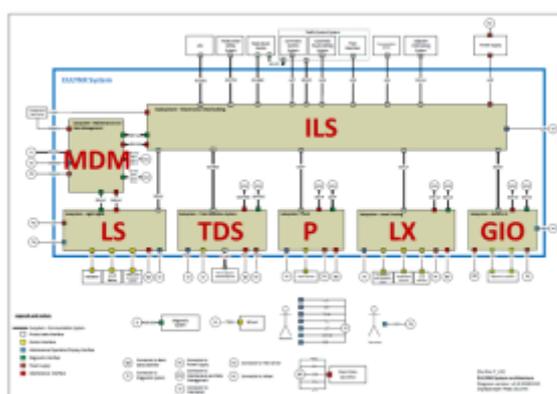


圖 23 EULYNX 基礎架構及聯鎖系統介面示意圖



圖 24 ATACS 示意圖 (取自 JR 東日本鐵道公司網站)



圖 25 拜會 JR 鐵道綜研合影

十、參訪都電荒川線

東京都內僅存 2 條尚在營運的路面電車，其一為私鐵的東急世田谷線，而荒川線是僅存的公營路面電車路線，由東京都交通局經營。荒川線位於東京都北側，連結荒川區和新宿區，自三之輪橋站至早稻田站，路線里程共 12.2 公里，設有 30 個車站。每年春夏之際，在沿線可欣賞櫻花及玫瑰花盛開的景色，東京都交通局於西元 2017 年經公開票選，決定本條路線暱稱為「東京さくらトラム」(中文：東京櫻花路面電車)，路線代號為 SA (取櫻花之日文羅馬拼音 Sakura 縮寫)。



圖 26 都電荒川線路線圖 (取自東京都交通局網站)

荒川線共設有 2 條正線，軌距 1,372 毫米，供電形式為直流 600 V 之架空線。全線以複線方式運轉，單節車廂運行，由司機員執行單人乘務，負責駕駛兼收票，類似公車的服務模式。營運時段自上午 5 時至夜間 24 時，除早晨及夜間係以固定班表運轉，在 10 時至 16 時之間則是以 6 至 7 分間隔發車。荒川區這一帶沿線多為住宅區，而在新宿區這一帶沿線則為多為商業區，使用者涵蓋沿線社區的居民以及來此體驗路面電車復古風情的旅客，是一條兼具通勤、觀光及文化資產保存的路線。

除了起訖站設有道岔可供電車折返，沿途在「町屋駅前」、「荒川車庫前」、「王子駅前」及「大塚駅前」亦設有背向道岔之橫渡線，可供區間車於中途轉線折返。背向

道岔處係設置可擠式機械轉轍器，以開通橫渡線之方向為定位，電車順向（靠左側）行駛至此處時，必須慢行以擠岔方式通過道岔後繼續前進，折返之電車則可經由橫渡線轉至另一正線。除了「荒川車庫前」有號誌機與電動轉轍器聯鎖，防護進出車庫之路線，起訖站及中途之橫渡線均無號誌設備，非常簡潔。本次考察特別挑選橫渡線、路口號誌、平交道等保安設備等重點，瞭解其設置及運作方式，作為國內推動輕軌建設及輕軌號誌系統國產化之參考。

6月28日（週五）下午考察行程從「王子駅前」站出發，該站位於JR高架橋東側下方，荒川線在此處大轉彎，穿過JR高架橋下方後與國道122號末端之明治通重疊路廊，環繞飛鳥山公園約四分之一圈後，明治通先轉向右側，荒川線則在與公路交錯後，於右前方再度進入專用路線。

在「王子駅前」站至「飛鳥山」站間路段為混合路權，可看到路面電車與公路車輛魚貫行駛在同一車道上，與荒川線橫交之行人穿越道、公路車道皆未設置平交道防護設備，而是以道路交通號誌予以管制，且電車在此路段無優先權，必須遵循路口號誌分配各車流方向之時相行駛。

搭乘從「王子駅前」站至「飛鳥山」站之電車，如圖32所示，在明治通右轉的路口，此時號誌機顯示紅燈及綠色直行箭頭，最左側車道仍可直行前進至本鄉通，右轉車輛須等待號誌機顯示綠燈才可轉彎，電車則須依次一個號誌機顯示電車專用黃色箭頭指示燈才可前進。因公路車輛右轉與電車直行之交錯車流係安排於同一時相內，天牆上掛有交通局與警察局共同製作之布條，特別提示電車在此處是直行，請右轉車輛注意行駛。

另從「飛鳥山」站查看在此號誌時相，電車自專用路線轉入明治通運轉之號誌控制方式，如圖35及圖36所示，電車必須依照號誌時相實施二段式左轉，當明治通之公路車輛可通行時，自「飛鳥山」站出發之電車先依黃色左轉箭頭行駛至停止線，俟路口號誌轉換為直行方向綠燈後，電車方可與來自本鄉通之直行車輛一同駛入明治通。

自「飛鳥山」站繼續往早稻田方向之荒川線專用路線鄰近住宅區，每一處橫越軌道之巷道處皆設置平交道防護設備，包含閃光燈及遮斷機，並以軌道電路作為偵測設備。因臺鐵之平交道防護設備係自日本引進，荒川線之閃光燈及遮斷機設備型式與在臺灣所見者大致相似。

在平交道防護區外方設有一雙燈號機，與平交道防護設備聯鎖，用以向電車顯示平交道防護的狀態。在平交道尚未完全遮斷防護時，號誌機顯示「X」燈號，電車不得繼續前進，俟平交道完全遮斷防護後，號誌機顯示「T」燈號，電車才可依顯示條

件前進，以確保電車通過平交道區間之安全。



圖 27 都電荒川線（紅色虛線）在飛鳥山公園附近與公路（淺黃色為明治通）共用路廊（取自 Google Maps）



圖 28 都電荒川線「王子駅前」站



圖 29 「王子駅前」站之橫渡線設置可擠式機械轉軌器



圖 30 「王子駅前」站至「飛鳥山」站間，電車與公路車輛混合行駛



圖 31 電車司機員等待前車駛離達安全間隔後才開車



圖 32 明治通於天橋後方之路口右轉，與電車道交錯



圖 33 路面以白色車道線及淺黃色鋪面提示汽車道及電車道之範圍



圖 34 在此號誌時相，公路車輛可直行本鄉通或右轉明治通，電車依號誌機顯示黃色箭頭直行。



圖 35 自「飛鳥山」站往「王子駅前」站之電車，依號誌機顯示黃色左轉箭頭駛離專用路線。



圖 36 電車於停止線等待路口號誌轉為綠燈後，再與本鄉通直行車輛一同駛入明治通。

考察最後行程，搭乘往早稻田方向之電車至終點再折返至「大塚駅前」站，此車站與 JR 山手線立體交叉，也是重要的轉乘站，附近區域多為商業大樓。荒川線在此處亦設有橫渡線可供區間車轉線折返，橫渡線附近之行人穿越區未設置一般平交道閃光燈及遮斷機，而是在橫交區域的四角設置立柱式警報機，當電車通過設於橫渡線之啟動點時，警報機閃爍紅色文字，並以聲音提醒行人將有電車通過，電車司機員須目視確認行人已離開或未闖入穿越區，方可繼續前進，當電車通過穿越區後解除警報，由行人自行查看無礙即可恢復通行。

值得特別一提的是，最靠近「飛鳥山」站之 1 號平交道遮斷機係由日本信號公司生產，相距約 25 公尺之 2 號平交道遮斷機則由京三製作所生產，可見只要妥適訂定設備介面規範，在同一個號誌系統內仍可兼容不同廠牌之產品。現場亦可見軌道電路之纜線以預鑄水泥線槽覆蓋保護，油漆標示軌道電路名稱及收送電端（如 2RT-S 表示 2 號軌道電路之送電端，R 表示收電端）。道碴平整密實，無過度堆積情形，石碴表面未沾附過量鐵鏽，道床上亦無雜物、植生，可避免軌道電路因鐵屑、石碴漏電致發生短路故障，維持平交道防護設備正常運作，可見營運機構對道床之保養作業確實，值得我們借鏡。



圖 37 「飛鳥山」站旁之平交道防護設備。



圖 38 電車通過平交道之情形。



圖 39 1號平交道設置日本信號公司之遮斷機。



圖 40 2號平交道設置京三製作所之遮斷機。



圖 41 平交道附近軌道電路纜線以水泥線槽保護。



圖 42 平交道尚未遮斷防護時，號誌機顯示「X」燈號。

圖 43 平交道確實遮斷防護後，號誌機顯示「T」燈號，電車方可前進。



圖 44 「大塚駅前」站行人穿越區以警報機及聲音提醒行人將有電車通過。



圖 45 「早稻田」站折返線設置可擠式機械轉轍器。



圖 46 「大塚駅前」站之橫渡線。



圖 47 「三之輪橋」站折返線。



圖 48 「荒川車庫前」站進出車廠之道岔設置電動轉轍器及號誌機防護。



參、心得及建議

一、心得

本次考察特別向日本信號公司聯鎖系統設計人員確認，若將來號誌系統標案由業主訂定人機介面、操作控制指令之編碼格式及通訊協定等技術規格，號誌系統廠商據以設計及整合，在技術上是可行的。人機介面在工業自動化、機電系統整合等應用領域日趨重要，跨硬體平台之開放性、互通性是國際發展趨勢，也是臺灣多數工業自動化系統整合商及設備製造商之優勢，後續可參考運用工業自動化領域之技術規範，將號誌聯鎖系統之人機介面規格予以標準化。

號誌系統對於電源可靠度要求高，而備援電源裝置之容量需求，主要受電力公司供電品質影響。從風險的角度而言，為達到不中斷營運之可靠度要求，必須將電源系統可靠度之要求妥善配置到各層級，當無法降低外部風險時，就必須在系統內部配置較多備援設備予以因應。日本電力基礎設施之穩定性相較於我國高，鐵道營運機構對於電力供應的信賴程度也反映在採購規範，將來視我國能源政策推動情形，在確認外部供電無虞情形下，可檢討備援電源裝置之合理容量。

日本與歐盟簽訂之經濟夥伴協定(EPA)已在今(2019)年 2 月生效，惟經訪談 JR 鐵道技術綜研及其轉述詢問國土交通省情形，日歐雙方鐵道技術合作事宜仍在商談階段，相信還要很長一段時間才可能談到標準調和。再者，歐盟鐵道產業團體及機構正積極推動號誌系統標準化，ERTMS/ETCS 及 EULYNX 已有相當成果，但日本仍處在各自發展狀態，我國可掌握此契機，在號誌系統（含列車控制）之國際標準尚未形成前，參考引用主流技術規範訂定國家標準，同時協助國內產業建立號誌系統整合技術能量，以扭轉過去國內公共工程持續引進不同號誌系統之情況，並順勢與國際市場接軌。

都電荒川線除了專用路線段有設置平交道防護設備，以及進出車廠之路線設有號誌聯鎖裝置以外，端末折返線及中途橫渡線皆只有機械設備，未設置聯鎖裝置，全線亦無閉塞裝置，而係採隔時法行車制度，司機員必須依據班表調控行車間隔，並負責注意前後車安全距離，在與公路車輛混合路權之路段，則以號誌時相控制不同方向車流，並由電車與公路車輛共同注意駕駛安全。若以最精簡方式設置號誌設備，可節省建設與養護成本，並降低營運機構遭號誌系統廠商技術箝制的可能性，但因大部分安全責任皆由駕駛人員負擔，如要參考此例在臺灣建置類似系統，仍要衡酌國情、文化背景及用路人習慣不同等因素，經翔實評估後，若相關風險尚無法控制在合理可接受範圍，仍應酌予修正設計，不宜照案移植。

二、建議

(一)研訂軌道號誌系統國產化技術規範及標準

建議持續蒐集並參考歐盟、日本、北美等號誌系統技術先進地區之軌道號誌系統技術標準化作法與發展方向，配合我國國情、5+2 產業創新計畫及當前軌道建設需求，運用國內產業界熟悉之智慧製造（工業 4.0）與資通訊技術，結合軌道號誌系統領域之實務經驗，綜整研訂號誌系統之技術規範，並輔導國內產業投入軌道號誌系統研發產製，同時供興建營運採購單位參考，據以辦理工程設計，引用為採購規範，發揮促進國內供需市場媒合之效果，後續可結合產業界實際開發成果與經驗回饋，將技術規範提送為國家標準草案建議稿，進一步建立軌道號誌系統之國家標準，強化我國技術自主性。

(二)號誌系統設備及技術之產品生命週期應納入採購考量

順應號誌系統數位化趨勢，電子設備及資通訊技術被大量使用於號誌系統上，惟隨著科技演進，相關設備及技術被淘汰的速度也越來越快，不利於鐵路營運維護，更衍生系統更新或升級之負擔。建議後續辦理號誌系統採購，應充分運用最有利標評選機制，除了品質、價格合理性、全生命週期成本等考量外，更應要求號誌系統廠商充分揭露其所使用設備及技術之普遍性（例如在不同產業領域皆使用之共通產品）、開放性（符合國際標準或主流技術規範）、產品生命週期長度（將被次一代產品取代之預估剩餘年期），並要求廠商具體承諾後續維修備品、支援服務之供應年期，以及特定零件可能斷料之因應措施，以避免營運機構遭廠商技術箝制，或是囿於零組件停產無法維修，而不得不將系統汰換更新，衍生高額維運費用。

(三)建立我國軌道號誌系統產品安全驗證自主能量

交通部已參考軌道技術先進國家作法，刻正籌組「財團法人鐵道技術研究及驗證中心」（鐵研中心），設置國內軌道產業發展所需之檢測驗證設備及能量，雖然號誌系統技術在我國仍處於啟蒙階段，短期內相關驗證工作仍需仰賴國外機構協助與合作，建議預為規劃鐵研中心之中、長期業務發展，與國內其他法人機構合作，取得號誌系統產品安全驗證機構（符合 ISO/IEC 17065 之 Product Certification Body）認證資格，可協助國產化號誌系統產品取得安全驗證證明，拓銷至全球市場。