

中 | 華 | 技 | 術 | 134

CECI ENGINEERING TECHNOLOGY

2022. 4. 30 出版

智慧軌道— 系統機電MIT



台北郵局許可證
台北字第3758號

專訪人物／

交通部鐵道局局長伍勝園

國家運輸安全調查委員會主任委員楊宏智

5G智慧鐵道運輸標準架構之發展與建立

智慧鐵道國產化推動

臺鐵平交道智慧化防護設備之建構

高雄輕軌延伸核心系統機電整合因應要點

南迴鐵路電氣化號誌電子聯鎖系統切換實務

鐵道設施國產化之要徑—鐵道技術研究及驗證中心

台鐵電力系統動態負載分析軟體開發與運用

MIT



財團法人中華顧問工程司 發行



台灣世曦工程顧問股份有限公司 編製

智慧軌道
—
系統機電MIT



CONTENTS

中華技術 134

目錄

專輯前言

1 | 人物專訪

8. 訪交通部鐵道局局長伍勝園
談「鐵道規劃願景與系統機
電整合落實」.....
.....整理：陳彥均·攝影：詹朝陽
16. 訪國家運輸安全調查委員會
主任委員楊宏智談「軌道系
統安全結合智慧化平台發展」
.....整理：高華聰·攝影：詹朝陽

2 | 工程論著

26. 產學合作促進鐵道機電系統
國產化之實務研究 ...張簡嘉壬
36. 智慧鐵道數位平台之設計...
.....陸元平



發行人 周永暉
發行所 財團法人中華顧問工程司
地址 台北市辛亥路二段185號28樓
電話 (02)8732-5567
網址 <http://www.ceci.org.tw>

編審工作小組

總召集人 施義芳
副總召集人 廖學瑞
134期召集人 王子安
134期審查委員 林啟豐

總編輯 張鈺輝
副總編輯 李志宏
執行編輯 袁雅玲
編輯 詹朝陽、吳妍瑱、李綺馨、許舜雅
設計 台灣世曦工程顧問股份有限公司
地址 台北市內湖區陽光街323號
電話 (02)8797-3567
網址 <http://www.ceci.com.tw>

◎ 經刊登之文章，文責由作者自負 ◎



3 | 專題報導

48. 5G智慧鐵道運輸標準架構之發展與建立..... 林啟豐、林柏鋒、王翔正

62. 智慧鐵道國產化推動.....
..... 林啟豐、王翔正、蔡文遠、高華聰、林柏鋒

72. 臺鐵平交道智慧化防護設備之建構
..... 施坤芳、蔡文遠、段人豪、周祖德

86. 高雄輕軌延伸核心系統機電整合因應要點..... 李源洲、高華聰

100. 南迴鐵路電氣化號誌電子聯鎖系統切換實務.....
..... 張思明、王邵弘、丁肇勤、鐘朝聖、蘇宗林



108. 鐵道設施國產化之要徑—鐵道技術研究及驗證中心..... 劉開成、涂聰賢

118. 台鐵電力系統動態負載分析軟體開發與運用.....
..... 張景翔、吳登耀、陳彥均、林俊傑



4 | 特稿

128. 淺談國際推動車聯網與自駕車之現況-以歐盟為例.....
..... 王冠堯、蔡明志、王軒至、孫士勝

編後語



專輯前言

軌道運輸已自傳統的機械人力控制，逐步發展至現在的電氣化、數位及電腦自動控制。各廠商為掌控市場，在數位化與電腦化的發展過程，因系統建置不具開放性，導致軌道營運業者面臨系統擴充與介面整合困難，以及要承擔昂貴維護費用等不利情形。近年來，由於資通訊技術的快速發展，世界各國軌道營運業者紛紛朝向智慧軌道運輸的目標邁進。業者運用新一代的行動通訊技術，以及物聯網、邊緣運算、雲端、人工智慧深度學習等，進行數位化、標準化、資訊匯流、資源共享及智慧決策支援，而達到數位轉型，以提升營運效率、維護效益、營運安全及提供創新服務。

軌道建設政策作為前瞻基礎建設計畫中重要項目，交通部鐵道局為解決軌道核心機電技術受制於國外廠商，於2020年2月推出鐵道產業發展政策及6+3行動方案，以推動鐵道機電系統國產化，並鼓勵結合產、學、研界籌組團隊投入研發。其中，如國立高雄科技大學「鐵道技術中心」，針對臺鐵局面臨之技術困境現況進行分析，並提出國產化方針，期以「鐵道技術中心」與相關領域的產學合作成功案例為國產化之範本，協助臺鐵局逐步達成國產化及技術自主化的目標。又如國立臺北科技大學等單位成立「智慧鐵道產業人才學院」，並提出智慧鐵道數位平台架構，以支持國內智慧鐵道產業發展及培育鐵道前瞻技術人才。另，奠基於2020年交通部八大施政目標，交通部成立「鐵道技術研究及驗

證中心」，為推動「促進運輸產業發展」項下之重點行動方案。鐵研中心成立後，將偕同法人之研發技術、營運單位之檢修能力、供應商之產製能力及學術機構之創新思維，成為檢測驗證工作平台之發展利基。透過產、官、學、研聯盟化之共享資源模式，以成為國內軌道技術的資料庫與人才育成的搖籃。

目前國內軌道營運單位已累積豐富的營運、維修、養護經驗。而為了掌握核心技術，面對軌道機電系統設備更新，軌道營運單位已逐步提升國產化及技術自主能力。鐵道局推動之鐵研中心，目的就是在引領並促成國內軌道產品之在地化發展。相關營運單位，如台高公司辦理的高鐵道岔智慧控制器智慧化、北捷公司發展的智慧維修資訊管理平台、桃捷公司發展的列車佔據偵測輔助系統、臺鐵局辦理的列車自動保護系統(ATP)維修零組件國產化及平交道遮斷機設備國產化等，皆已朝向本土化與智慧化邁進。

探究智慧軌道在國外的發展，歐盟早在2015年就啟動創新智慧軌道研究(Innovative Intelligent Rail, In2Rail) 專案，目標為提高歐洲鐵路的運輸能力與可靠性，以及藉由設備設施全生命週期之觀點來降低成本，期望奠定具彈性、經濟效益、提高容量和數位化等鐵路營運基礎。其中，德國鐵路股份公司運用DIANA進行監控、分析和維護資產；美國奇異公司(GE)則發展LOCOTROL列車智慧行駛輔助等系統，以提升列車使用、列車運行智慧監控及維護效率之管理措施；東日本鐵道公司，為了因應外部社會環境對鐵路運輸事業的衝擊，且順應物聯網、大數據及人工智慧等技術快速發展，提出以



專輯前言

服務、安全、維修、列車營運作為智慧列車發展的主力項目。因此，在推動軌道智慧化過程中，上述的國外經驗均可以給予我們省思與借鏡。

我國工程顧問業在軌道工程推動的過程中，也累積了豐富的整合經驗。工程師透過我國優質的軌道資訊通訊技術，成功建立核心機電系統整合及完成長距離鐵路電氣化號誌電子連鎖系統切換。以高雄環狀輕軌為例，高雄環狀輕軌全長約22.1公里，採用全線無架空線、優先號誌及以人為本的友善環境等，均為國內首創。且因分二階段施工，由不同公司建置系統機電，導致車輛及相關系統機電介面不同，因此需對兩階段核心機電系統進行整合，包含車輛、號誌、供電、自動收費、通訊等系統及行控中心，在工程團隊逐一克服號誌、通訊及控制軟體等介面整合後，完成第二階段各路段逐一上線通車營運的目標。另外，以臺鐵南迴線為例，西起潮州站，東至臺東站，長約123.4公里。配合土建工程鋪軌施工及月台更新啟用作業，必須分階段進行號誌系統切換作業，並將號誌系統由既設繼電連鎖裝置(RI)更新為電子連鎖裝置(EI)。過程中，工程團隊必須確保號誌系統功能正常，以維持列車正常營運，施作階段除克服山區通訊不良、號誌切換時間受限等艱困挑戰，最終於2020年底如期完成電氣化通車，為電氣化路線的最後一哩鐵路畫上完美的句點。

世界先進國家紛紛向軌道智慧化的潮流邁進。中華技術134期探討國內軌道產業在政策引導下，產、官、學、研之合作與作法，同步與世界接軌，並發展系統機電國產化的進程。本期專輯收納工程界7篇文章及邀稿學界2篇文章，並特別邀請國家運輸安全調查委員會楊宏智主任委員，談論軌道系統安全結合智慧化平台發展，楊主委強調，運安會始終秉持獨立、公正、專業的精神進行重大運輸事故之調查，避免事故再次發生，達成運輸安全、人民安心的使命。另特別專訪交通部鐵道局伍勝園局長，說明鐵道規劃願景與系統機電整合落實，從台北都會區鐵路改建工程、高雄市區鐵路地下化工程，至日前已順利完成的花東鐵路電氣化工程，伍局長在專訪中分享30多年鐵路改建與興建工程的實務經驗，並提出對於軌道AIoT的期許。最後，感謝各專訪人物、作者及同仁，在百忙之中不吝分享軌道建設智慧化及本土化推動之經驗與專業的觀點，期望引起各界共鳴，攜手合作，繼續為智慧軌道的發展努力，並提供國人智慧、安全及效率的軌道運輸系統，以創造智慧軌道系統機電MIT的藍海市場。



台灣世曦工程顧問股份有限公司

副總經理

1

人物專訪

| 中 | 華 | 技 | 術 |

INTERVIEW



訪交通部鐵道局局長

伍勝園

談

鐵道規劃願景與系統機電
整合落實

整理：陳彥均 · 攝影：詹朝陽

壹、前言

伍勝園局長畢業於國立成功大學水利及海洋工程研究所，從臺北市區地下鐵路工程處做起，歷經施工隊長、科長、鐵路改建工程局(又稱鐵工局)南部工程處副處長、處長，鐵工局主秘、副局長；後擔任高速鐵路工程局與鐵路改建工程局合併成立之鐵道局副局長、代理局長等職務，並於110年8月升任鐵道局局長。伍局長從台北都會區鐵路改建工程基層做起，對鐵路工程、系統整合有30多年經驗，積極推展鐵路改建與興建工程等業務，不遺餘力，始終秉持優良的工程專業精神，如期如質完成各項使命。

民國98年至101年擔任鐵工局南部工程處處長期間，推動高雄鐵路地下化及屏潮鐵路高架化計畫，歷經多次軌道切換工作，藉由專業、管理與協調能力，執行艱難任務；民國103年時任鐵工局副局長期間代理東工處處長亦順利完成花東鐵路電氣化等工程；110年4月代理鐵道局局長後，除了以豐富的實務工程經驗持續領導推動鐵道工程建設，並結合了各界及專家的專業，致力於軌道產業國產化、交通部交付之營運監理任務、高鐵車站專用區等，鐵道局改組後所面對的各項全新業務挑戰。

擔任局長後亦以其學養俱豐，積極任事與創新思維，帶領鐵道局同仁，配合國家政策，推動各項鐵道軟硬體建設，及接受智慧化時代的全新挑戰，包括鐵道建設、營運監理、場站開發及軌道產業國產化等四大要項領域，為民眾提供優質、創新、安全及永續的高品質鐵道運輸服務而努力，並為落實國土利用計畫及擘劃國家建設藍圖貢獻一分心力。本期刊很榮幸於民國111年1月28日專訪伍勝園局長，以下是訪談紀要。

貳、訪談紀要

問：伍局長從鐵工局基層做起，歷經臺北市鐵路地下化工程、高雄鐵路地下化工程，甚至以副局長之職，代理東工處處長執行花東線鐵路電氣化工程，順利完成艱難的鐵路改建與電氣化工作，可否分享印象深刻部分？

答：參與鐵路建設人員都知道，鐵路切換是一個晚上的工作，但要順利完成，前置作業安排

是需要妥善規劃。我是98年1月接任南工處處長推動高雄鐵路地下化工程，接任後第一次切換是潮州高架車站開工的臨時站場，雖團隊大部分同仁沒有鐵路切換經驗，隨即帶領同仁，經事前縝密計畫，一再確認施工細節，使得該站場切換順利成功。98年我們辦了6次切換，期間還遇到88風災，接續於99年8月起又連續10個月執行15次臨時軌切換。也因為步驟都經過縝密計畫、妥適安排，使得切換施工計畫，愈來愈精確，除非發生臨時突發事件，否則風雨無阻，最密集時幾乎周周有切換。



另花東鐵路路線長約155公里，須辦理軌道線形調整與橋梁隧道興建，在短短2年的工期，興建光復、玉里、關山與臺東四座變電站，營運路線上設置電車線等系統機電設備，真的是相當不容易的工作。尤其花東地區缺工嚴重，系統機電設備材料種類繁多，為確實掌握工程進度，所有工項均以分項逐日列管，有問題即時解決，做好界面整合協調，讓團隊依序推動順利執行。

回想起這些工程，幾乎都是在創造不可能的任務，感謝鐵工局局內、南工處與東工處同仁、設計監造與施工團隊齊心努力，讓這不可能的任務完成。無論是鐵路立體化工程或是鐵路電氣化工程，對經濟發展、行車安全提升、縮短東西部間交通距離等，都有極重大貢獻。

問：花東鐵路電氣化103年6月階段性電氣化通車，是在您領導下所達成之艱困目標。現花東鐵路雙軌電氣化亦預計於111年底展開施工，請問局長對花東鐵路雙軌電氣化興建推動的構想與後續軌道建設之願景。

答：花東地區是很美的地方，也是很多人移居或旅遊的首選，經鐵路電氣化之建設，將臺北至臺東行車時間縮短為3.5小時，達成花東



(左1) 高華聰經理 (左2) 陳彥均經理

地區納入全島「一日生活圈」之目標。然花東線鐵路現僅約50公里為雙軌路段；尚有花蓮到壽豐、光復到瑞穗、三民到玉里、東里到山里、台東到知本等仍為單軌路段，導致營運量能提升受到限制。因應近年來花東地區不斷增加的旅運需求，為解決鐵路運輸一票難求的問題，政府廣續推動花東鐵路全線雙軌化，鐵路雙線運轉將可為花東地區建構可靠安全準點的鐵道服務，減少列車交會待避次數及縮短等待時間，提升鐵路運輸效能與服務品質。「花東



(中左) 王子安副總經理 (中右) 伍勝園局長 (右) 林啟豐資深協理

地區鐵路雙軌電氣化綜合規劃」於110年4月核定，現正辦理細部設計，預計今年第一標將展開施工。計畫內容包括單軌路線進行雙軌化、各站場配合雙軌化再改善、強化並改建老舊橋梁、改善軌道曲線半徑、電車線、號誌系統等一併辦理更新等。本次工程於既有電氣化鐵路路線施工，施工困難度及風險皆較前期電氣化工程增加，鐵道局除汲取過去經驗，整合各項專業減少界面問題、提高工作效率外，同時積極引進新工法，減少施工用地，增設異物入

侵告警系統，強化異常通報能力，避免工安事故。





工程的推動係希望為大家帶來最佳效益，鐵道局將努力推動花東地區鐵路雙軌電氣化順利完成，讓花東鐵路成為花東地區公共運輸之主軸，鐵路運轉可靠度提高、旅行時間縮短、班次增加，將可為居民、遊客提供舒適、便利、快捷的交通運輸；在保有花東地區獨有的生活型態與觀光遊憩特色，符合東部永續發展構想、滿足民眾返鄉及觀光需求與落實節能減碳政策；同時帶動國內產業投入東部地區，促進花東地區產業及觀光發展，增進地方繁榮，讓鐵路雙軌化具有更全方位之宏觀考量，使政府推動之計畫達最佳效益。在增加花東聯外運輸效能後，整合配套臺鐵東部幹線運能規劃，應能紓解假日臺北至花蓮/台東於尖峰時刻一票難求的問題。再配合南迴鐵路電氣化通車，可以縮短高雄-臺東-花蓮旅運時間，提供南部地區進出花東地區另一便捷鐵路廊道，促進花東區域發展，使一日生活圈的目標更貼近居民與旅客的期待。

問：鐵路改建計畫推動過程中，系統整合相當困難，如何有效連結與整合更新臺鐵的核心系統機電，與軌道國產化推動構想？

答：鐵道建設投資金額龐大、期程長，鐵路系統機電多由個別專業廠商建置個別系統具專屬系統介面，若因建設時程之故，致使建置廠商



不同則需面對系統整合問題。鐵道局為解決此一長年之困難課題，且提升軌道工業國產化之量能，應積極朝下列兩大方向推動：

一、鐵道產業相關標準訂定

配合都市開發或鐵道興建開發需求，鐵路系統機電之興建或改建時程不同、得標廠商不同、系統類別不同，難整合為一共同平台，易造成資訊傳遞重複或難以進行跨系統的整合分析，使鐵道擴充發展與產業發展受到限制。



1

人物專訪

伍勝園局長說明花東鐵路雙軌
電氣化興建推動的構想與後續
軌道建設之願景



鐵道局配合國產化需求研析，除引進國際上各式標準外，考量國內特殊需求，推動研訂各項標準，亦針對系統機電之資訊整合需求，建構智慧鐵道所需之標準規範，期能讓業者有所依循，吸引國內產業投入。

二、成立鐵道技術研究及驗證中心

除透過標準化整合及提昇國內產業技術研發能力外，鐵道局亦推動成立鐵道技術研究及驗證中心，以法人形式，協助政府規劃三個鐵道技術發展需求，分別為(1)國內/外產品市場拓展、(2)國內軌道技術發展、(3)建置國內研發環境，另輔以(1)媒合產業發展需求、(2)不重複投資、(3)納入國外軌研機構發展經驗、(4)專業人才培育、(5)國內學術/產業研究發展等五個面向綜整規劃。除掌握鐵道發展趨勢，協助國內鐵道技術提升，亦可對廠商開發之零組件/材料等進行相關驗證，確保廠商研發產品可以符合市場需求，藉由正向循環來推動國內軌道產業國產化。

問：隨AIoT等資通訊技術進步，先進國家展開鐵道智慧化之計畫，鐵道局為全國各鐵道營運之監理機關，近年亦投入智慧鐵道相關研究及標準研訂等相關工作，請問局長對智慧鐵道之發展有何期許？

答：智慧鐵道於大方向而言應可包含智慧建設技術、設備智慧化、智慧旅客服務系統、智慧營運管控、智慧維護，透過軟硬體系統部署，使系統資料順暢的傳遞、深度分析、綜合決策、智慧應用，實現以數據驅動鐵路營運與服務的智慧化。

然所謂智慧化發展應以需求角度思考，藉由智慧化解決面臨的問題。台灣鐵道，更應以實務的角度思考，如何於既有鐵道系統架構，適當導入資通訊技術，以新的數位化服務，滿足與解決各機關單位所面臨的旅運、設備、環境、維護保養等問題。將該蒐集之營運與設備數據、轉化為有用的資訊，使操作或營運管理的人，能藉由該資訊改善營運、設備與維護保養作業；或將資料建置成為決策系統之模型，運用於鐵道環境安全監控、預警維修、列車巡檢與旅運服務之趨勢分析，藉以提升行車安全、營運效能、服務品質，讓管理、監理等工作更有效率。

臺鐵運能隨路線改善與電氣化建置有所提高，若發生設備故障，更易造成營運時間延誤增加與對旅客影響擴大；另鐵道維護保養又均在夜間，養護時間有限，對第一線進行維護保養的人員而言，均有相當大的壓力。若能藉由資訊的分析，對於易故障已屆壽年之零件預為更新，或高使用率之設備，採取預防性保養，



(左1)高華聰經理 (左2)陳彥均經理 (中左)王子安副總經理 (中右)伍勝園局長 (右2)林啟豐資深協理 (右1)林柏鋒經理

於設備品質異常但尚未故障時即辦理維修，恢復其可靠性，可大幅減少於營運路線搶修對營運之衝擊，並改善員工之工作條件與環境。

現在列車與系統機電等設備多由國外廠商建置，資訊蒐集與傳遞均各自建立，推動鐵道資訊標準有其必要性。現在進行之「建立5G智慧鐵道運輸及監理環境計畫」係為改善我國鐵道系統各自發展之困境，藉由參照國內外智慧鐵道發展情形，透過建立標準化規範研訂，推動鐵道環境數位轉型，應可處理水平與垂直鐵道系統整合的問題，有助於達成鐵道系統國產化與智慧化之目標。再輔以相關法令之修改，與標準規範頒布，引導各鐵道營運機構皆能遵循。相信在大家努力之下，可以讓鐵道發展更能符合智慧化的時代潮流。

後記

承蒙伍局長於百忙中撥冗接受專訪，在訪談過程中，可深刻體會局長由從最基層開始，一步一腳印推動我國鐵道建設的辛苦歷程，對於鐵路建設累積了甚多具體務實的經驗與構想。接任鐵道局局長後，更將其嫻熟工程經驗與前瞻視野，落實於各項建設與管理中。藉由本次專訪，我們可深刻感受到伍局長那份推動鐵路建設的投入與熱切的心，同時也激勵了我們參與未來鐵路建設及各項服務的熱忱。



(左)王子安副總經理 (右)伍勝園局長



訪國家運輸安全調查委員會主任委員

楊宏智



軌道系統安全結合智慧化 平台發展

整理：高華聰 · 攝影：詹朝陽

壹、前言

楊宏智主任委員畢業於國立臺灣大學機械工程學系，澳洲新南威爾斯（UNSW）機械暨製造工程研究所博士，返台後至國立臺灣大學機械系服務，迄今獲聘特聘教授；並陸續擔任行政院飛航安全委員會高級顧問、第二期能源國家型科技計畫能源技轉與國際合作主題經理、行政院國家科學委員會中二林園區海外招商執行長、行政院科技會報辦公室首席評議專家；並於94年至98年間擔任行政院飛航安全委員會行(以下簡稱飛安會)執行長；107年7月4日至108年7月30日接任行政院飛航安全委員會主任委員，爾後配合行政院政策於108年8月1日揭牌改組為國家運輸安全調查委員會(以下簡稱運安會)，任首屆國家運輸安全調查委員會主任委員迄今。

楊主委在任職台大期間曾主持多項研究計畫，包括：強化我國飛航事故調查能量及建置亞洲地區飛航安全網計畫、提升我國飛航事故調查能量計畫、駕駛防瞌睡系統研發計畫-穩定訊號型態分析暨資料庫建置等與運輸安全相關計畫等，對於飛航安全議題多所涉略，楊主委在成立運安會後，延續飛安會長期建置的核心技術能量，延攬了海陸空領域資深專業人才，籌組鐵道、公路及水路各調查小組，除了辦理事故的完整安全調查之外，同時也包含了後續建議的提出以及持續的改善與追蹤，同時敦促政府訂定相關法規以明確規範管理機制，或是針對不同運輸載具的潛在風險提出安全改善建議，以避免類似事故再度發生，積極預防交通運輸可能發生的危難或災害。

在擔任飛安會及運安會主任委員期間，更帶領運安會同仁辦理多項重大陸、海、空運輸安全事故之調查。憑藉運安會同仁具備各類豐富實務經驗，發揮運安會之「以呈現對於重大運輸事故之調查，旨在避免運輸事故之再發生，不以處分或追究責任為目的」之宗旨與普世價值，其中包括107年10月21日1021臺鐵第6432次車新馬站(普悠瑪號事故)、110年4月2日0402臺鐵第408次車清水隧道(太魯閣號事故)、108年10月1日南方澳大橋斷裂等重大鐵、公路事故，詳實揭露發生事故之遠因跟近因，提出對於各單位後續改善之建議作為，提供各單位後續預防類似事件發生之方向。本期刊很榮幸於民國111年2月14日專訪楊宏智主任委員，以下是訪談紀要。

貳、訪談紀要

問：楊主委從接任飛安會主委改制到運安會主委，原先飛安會是針對飛航事故之調查，改制運安會後，也負責相

關鐵路、公路、水路及航空之事故調查，請問主委對新增事故調查內容與舊有調查作業在資料蒐集及人員訪察上，其差異性及困難度？



答：個人自2005到2009四年期間，從台大機械工程系借調到飛安會擔任執行長，當時飛安會組織採取委員會，主委是為兼任型態，飛安會所有的運作屬執行長制，跟現在的運安會委員會型態不一樣，運安會主委及大部分委員都是專任。個人在擔任飛安會執行長期間，是從零開始-從不瞭解甚麼叫飛安會開始，當時台大吳靜雄副校長受聘擔任主委，授權執行長所有飛安會全部的運作。飛安會執行航空調查作業時，對於航空事務所依據法律都根據國際民航組織(ICAO)相關飛航標準；13號附約針對事故調查國際民航組織有明確的規範。任何國際上的航空機構，一定要根據那些規範，進行運作、監理及調查，這三個程序運用在鐵路、公路、水路也幾乎是相同的。個人當時雖身處飛安會，也瞭解到航空與國際模組其他運輸模組接軌是非常密切。在飛安會期間，個人經常都需與國際對口進行交流，在國際上有個機構叫國際運輸安全協會 (International Transportation Safety Association, ITSA) 是由美國、加拿大、荷蘭及瑞典等4國的運輸安全委員會在1993年成立，為一國際性政府獨立調查機構組成的專業組織，宗旨為分享各會員國失事調查經驗，改善運輸系統安全，後來就是英國、加拿大、澳洲、日本，世界上主要交通相關的國家都受邀參加該協會。大部分國家的運輸安全委員會都包括四個模組(航空、鐵路、公路及水路)。日本與台灣相類似僅針對



(左1) 林柏鋒經理 (左2) 陳彥均經理

航空，全名為航空事故調查委員會，到2008年日本也參考美國國家運輸安全委員會 (NTSB) 制度，將航空、鐵道事故調查委員會與海難審判廳合併為運輸安全委員會。

個人擔任飛安會執行長期間，是一個起點；在那四年期間，就跟各個國家運輸安全的首長密切互動。在2007年8月20日上午，華航波音737-800客機在沖繩當地時間10時27分順利降落那霸機場之後，在停泊於停機坪等待接駁車時，飛機右翼的二號引擎突然起火，機上



(中左)高華聰經理 (中)王子安副總經理 (中右)楊宏智主委 (右3)林啟豐資深協理 (右2)周振發協理 (右1)莊禮彰組長

157名乘客與8名機組員緊急疏散逃生，幾秒後飛機旋即發生爆炸並引發大火。在現有國際規範，大家都瞭解，飛機是領土的延伸。但對於航空的事故，如果發生地在別人的領土的話，主要調查權還是在對方。是以那霸航空事故由日本為主調查單位。日本與台灣並無外交關係，以一般的情況，我們要參加都參加不了他們的調查團隊。然而透過國際運輸安全協會長期運作建立關係就有突破障礙。

在2006年，剛上任不久的時間，吳主委

與本人有個共識－台灣飛日本的飛機那麼頻繁，我們跟日本應該要很密切交流才對。可是我們去接飛安會之前，情況並非如此。當時發生兩個晴空亂流事故，一件是華航；另一件是長榮。調查這個事故，因為在公海，那是屬於我們調查沒有問題，可是當時是發生在東京灣的公海，而這些氣象資料只有日本才有，因為沒有外交關係，所以他們的單位跟我們飛安會不能對接，結果我們為了拿到氣象資料，必需經過台日交流協會及日台交流協會轉交，結果竟然等了八個月才拿到氣象資料，因此當



時飛安會主委與本人做出決定，我們一定要與日方有所連結建立合作關係。經過展現誠意及實力的溝通與協調，雙方以非正式形態與日本的運輸安全委員會AAIB (Japan Air Accident Investigation Board)主委展開第一次的接觸。透過雙方簡報會議，讓日本方面看的到台灣專業能量足夠，也對飛安會能力有一定肯定，也因此日本的航空安全委員會AAIB邀請飛安會主委及本人參觀日航航空安全館，館中放置1985年發生一個叫做JL123-77的飛機在空中斷尾，造成520多人罹難，只有4人生還事故的相關殘骸及相關乘客遺言，該館也開放給社會大眾，讓社會大眾看得到，雖然說是日航的恥辱，但日航願意面對苦難、願意面對錯誤同時加以改善，也讓社會大眾看到日航改變安全文化的決心。

在2006年非正式交流期間，日本AAIB同時也安排參訪日本新幹線，日本新幹線的簡報，讓我們受益良多，對於每一項議題及內容，解釋得非常深入。參訪過程中，我方曾提問日本新幹線是否發生過事故？日方回覆是有的，同時也把日本新幹線所發生事故的相關處理模式，做了非常詳盡說明，當時我們就意識到2007年台灣高鐵將開通，有這樣一個充分的資訊，覺得是對安全方面議題該特別重視的時候，因此飛安會的業務單位，開始朝一個運安會架構進行構思，當時提出的構想並不被行政

院立即認可。

對於運安會所需要的就是「獨立、工程、專業」，這也是運安會的LOGO，在飛安會執行長期間，就已參考美國國家運輸安全委員會(NTSB)的精神及架構，草擬了運安會組織法及調查法，將NTSB航空、鐵路、公路及水路調查的精髓納入，與國際接軌。事實上對於鐵路事故的調查，在工程技術及專業獨立原則，並不會比航空事故調查來得難；藉由航空調查經驗導入，鐵路事故調查就順理成章得以到位。

問：在調查軌道運輸系統事故過程中及最後調查結果中，造成事故有遠因跟近因，依據這些遠因跟近因的產生，楊主委可否與我們分享在規劃單位、興建單位、營運及維管單位哪些議題及項目是最容易疏忽的事項？

答：我們從航空的經驗裡面，知道國際上是如何處理的，最重要的是調查團隊組成，以往運安會還沒有成立的時候，鐵道事故的調查報告，通常都由營運機構自行撰擬，營運機構專業能力夠，但對於自己調查自己利衝問題，不管是在哪個階層，相關的枝枝節節都可能被漏掉。航空的調查團隊怎麼形成的，依據國際的規定，事故關係者(Stakeholders)都必須



[16:40:40.0] M2:現在又有 那你你看看
 你的MR現在是多少
 [16:40:49.0] M2:7點多 它 它會不會上來
 [16:40:58.0] M2:很慢喔

楊宏智主委說明事故過程及最後調查結果，
 哪些項目是最容易疏忽的事項。



在團隊中，因此在對軌道事故調查執行，我們是比照航空的獨立調查。原則此執行方法獨立調查就是希望我們找出事故真正原因及改善建議，而第一個階段就是資料蒐集，資料是要精準，相關的每個人或每個單位都有話語權，讓每個事故相關單位都受到尊重，讓每個單位代表都可以充分表達。因此提出來的資料得獲致兩個目標：第一個是正確，第二個是完整。我們就把航空事故調查模式借用到軌道來，所以以往的調查模式有具體躍進。舉普悠瑪事故為例，在事故調查過程中，調查團隊包括有交通部、鐵道局、台鐵、罹難者家屬、火車司機工會等單位都有代表。所以每一個人都充分的表達他的立場，當然過程中會有衝突，此時運安會就需要站在專業基礎上去整合資料跟意見，也希望從相關陳述找到事故根源。

從我們已經發布的普悠瑪事故調查報告裡面，報告中會發佈改善建議，因此也發布改善建議給日車(製造商)，所以設計單位、製造單位假如有瑕疵，我們提出來的時候也可能會提出改善建議。然後設計單位、製造單位對其設計加以改善，同時也可能通知已經在使用的單位，把瑕疵品召回處理。所以事故調查主要精神在這裡，另外從報告中可以看到交通部、鐵道局的建議，交通部、鐵道局也都牽涉到修法作業；我們看到的是很深層的，看到法規出了問題，為什麼會發生這個事故。



普悠瑪事故次日現場分布圖



普悠瑪事故現場殘骸分布圖

圖片摘自運安會/1021臺鐵第6432次車新馬站重大鐵道事故-補強-調查報告-第一冊

舉南方澳斷橋事故為例，當時為何選用那樣的設計規範，為何施工完成後無法排水，規範採用玻璃纖維(Fiber Glass)讓水滲不進去，可是在此之前從沒有如此接過，日積月累，水還是滲進去，都是排不掉，變成整個鋼索長期浸泡在水中造成腐蝕。最後調查報告也對顧問公司提出改善建議，所以顧問公司在設計過程扮演很重要的角色，在做規劃及規範時，必須在關鍵議題上都考慮到。運安會也樂於與大家共享資訊提前互動，避免事故調查時對顧問公司再提改善建議，就來不及了。另者就是說要資



南方澳大橋斷裂情形 (一)



南方澳大橋斷裂情形 (二)

圖片摘自運安會／南方澳大橋斷裂事故報告

訊共享(Information Sharing)，運安會與國際上建立了一個平台，假如鐵道在國際上有些特殊事故的話，這些資訊一定先到運安會；運安會也會即時發佈，供相關單位借鏡，同時檢視自身系統是否犯有相同錯誤，而得提前改善避免造成重蹈憾事，這也是運安會最大的價值。

問：鐵道平時之營運安全一直是最重要的追求，維護、施工或擴建等等衍生之安全課題亦為大家所重視，近年各軌道機構順應資通訊技術進步，積極推動智慧化應用服務，對於如何藉由智慧系統提昇鐵道營運機構之安全管理及效率，可否分享您的看法？



飛安會時代，飛機失事調查的黑盒子介紹
 (左)莊禮彰組長 (右4)王子安副總經理 (右3)周振發協理 (右2)陳彥均經理 (右1)林啟豐資深協理



答：台鐵現在從概念上在發展SMS (Safety Management System)，台鐵整體的SMS，個人認為這個很重要。其實大家提到安全，應該從這個地方開始，如何做風險控管，然後再往前看。台鐵出的事情，運安會這邊都知道，運安會調查的案子太多，調查到最後發現主要都在橫向溝通出了問題，也就是資訊之分享不夠落實。

安全管理系統的概念強調由上至下(Top-down)將安全文化帶入組織中，並且涵括組織中所有成員，因此主管機關及管理單位更需負起管理及督導之責任。一件意外事件的調查中，常被注意只有直接原因，如人為疏失、機械或天氣等；組織面的原因則較容易被忽略，如組織是否給予員工足夠休息時間，是否提供適當設備系統供工作使用，單位是否人力不足導致問題無法有效率解決等。因此安全管理系統強調管理階層之承諾及職責，由權責主管簽署安全政策，唯有高層有落實安全文化之決心，組織才有持續改善之可能。

安全管理系統中也提到資訊之分享，資訊是一種力量，組織不一定願意分享所擁有的資訊，但對於安全管理來說，別人的前車之鑑若能為己所用或許就能避免一件意外發生，以桃園國際機場為例，在網站上以「安全警報」、「安全作業指引」及「安全公告」三種方式將

有關安全之資訊分享給機場作業人員知照，資訊可能來自已發生之案例或安全服務辦公室認為重要之提醒；航空公司或地勤公司間要有類似之分享或許不容易，但若能由具公權力主管機關提供類似平台，以名稱保密之方式，不以處罰為目的，將危害或風險降低策略彙整並分享給執行相關作業之單位，期以提升整體安全。

軌道運輸系統可以藉由智慧化應用服務，利用先進的管理決策、通訊、自動控制的技術，透過對於資訊的收集、處理、傳輸與高度共享，使得軌道運輸系統不論行車保全、列車控制、列車行車監控上都有革新與升級，提升軌道運輸的安全、效率、環保與服務品質，以



1

人物專訪



(左1)莊禮彰組長 (左2)周振發協理 (左3)林啟豐資深協理 (左4)楊宏智主委 (中)葉名山委員
(右4)王子安副總經理 (右3)高華聰經理 (右2)陳彥均經理 (右1)林柏鋒經理

保持軌道運輸事業與其他運具之競爭性。由於列車本身重量重、所需煞車距長的特性，相較於公路運輸而言，軌道運輸更注重安全性，定位準確性與可靠性，因此提升安全性、降低肇事可能性。各先進國家為提昇軌道安全標準而投入巨資，目的即是要降低軌道運輸過程中危險發生的機率。畢竟災難事後的彌補與善後，所耗費的成本往往大於事前的防範。因此越來越多的國家將焦點放在智慧化的技術上，希望透過更先進的技術實現資訊整合與共享的工作，以進一步提升軌道運輸安全水準。

後記

承蒙楊主委於百忙中撥冗接受專訪，在訪談過程中，我們深切感受到主委非常深入了解

運輸安全之重要項目，對於鐵公路營運安全也有甚多具體務實構想。藉由本次專訪，我們當可從中學習甚多鐵、公路建設思維，更能周詳以安全及維修必要角度參與未來鐵、公路建設服務。



(左)王子安副總經理 (右)楊宏智主委

產學合作促進鐵道機電系統國產化之實務研究

Practical Research on Promoting the Localization of Electromechanical Railway Systems through Industrial-Academic Cooperation

關鍵字(Key Words)：鐵道國產化(The Localization of Railway)、產學合作(Industrial-Academic Cooperation)、機電系統(Electromechanical Systems)

國立高雄科技大學／鐵道技術中心／主任／張簡嘉壬(Chang Chien, Jia-Ren)

摘 要

依據國家鐵道產業發展政策，推動鐵道機電系統國產化，鼓勵結合產學研界籌組團隊投入研發。國立高雄科技大學鐵道技術中心進行分析，以了解造成鐵道發展困難之原因，並檢視臺灣鐵路管理局技術需求的現況，藉以選定局內機電系統國產化關鍵項目。本文以自動列車保護系統、道岔監控系統、平交道智能遮斷桿及號誌道旁周邊系統等項目，分析臺鐵面臨之技術困境現況，並提出國產化方針。期以鐵道技術中心相關領域產學合作國產化成功案例為範本，協助臺鐵逐步達成國產化及技術自主化之目標。



Abstract

In accordance with the National Railway Industrial Development Policy which promotes the localization of electromechanical railway systems and encourages the formation of research and development teams that are combinations of industrial, academic and research bodies. The National Kaohsiung University of Science and Technology - Railway Technology Center conducts an analysis to understand the difficulties faced when developing the railway system and examines the current technical requirements that the Taiwan Railway Administration uses to select projects for the localization of electromechanical systems. This article analyzes and explains the current technical dilemma faced by the Taiwan Railways Administration with projects such as Automatic Train Protection, turnout monitoring systems, level crossing intelligent blocking rod systems and peripheral systems beside the signal path, and proposes new policies of localization. Based on the successful localization cases that involved industrial-academic cooperation, the Railway Technology Center as a model, will assist the Taiwan Railways Administration to steadily achieve their goals of localization and technological autonomy.

2

工程論著

壹、前言

交通部鐵道局統計目前國內興建中及規劃研究階段之鐵路、捷運及輕軌建設計畫共57項，建設經費達新台幣1.97兆元(參見圖1)，其中未來5年經費約新台幣0.80兆元，未來6-10年經費約新台幣1.17兆元。此外，政府推動改善國產化政策與措施，主動盤點需求。目前國內鐵道工業維修市場主要有高鐵、臺鐵、北捷與高捷四個系統，在政府協助安排下，盤點各營運機構提出需求與國產化指標。各營運機構未來十年維修商機達新台幣619億元，其中約需有1/3國產化[1]。

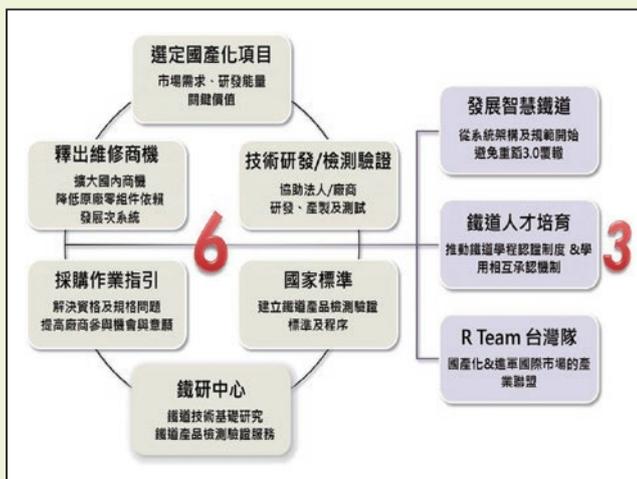


圖2 鐵道產業發展6+3行動方案 [2]



圖1 鐵道產業現況與機會 [1]

鐵道局在2020年2月推出鐵道產業發展政策 [2]：

- 一、推動鐵道系統國產化，帶動鐵道技術及關聯產業發展。
- 二、提升國內廠商參與鐵道建設及維修市場機會與意願。
- 三、發展智慧4.0鐵道及關聯產業。

更進一步，為推動國內鐵道產業發展，協助國內廠商投入鐵道機電系統核心零組件及維修備品國產化作業，交通部提出6項行動方案，加上R-TEAM鐵道科技產業聯盟委員諮詢意見後，再提出3項行動方案(參見圖2)：

- 一、選定國產化關鍵項目：從市場需求、國內研發能量以及技術核心價值等面向選擇鐵道機電系統國產品項目。
- 二、整合技術研發及檢測驗證能量：整合國內各法人具備之研發及檢測驗證能量，協助機電系統核心零組件及維修備品進行國產化開發。
- 三、訂定國家標準：建立鐵道產品檢測驗證所需之標準及程序。
- 四、成立鐵研中心：從事鐵道科技基礎研究及核心零組件開發工作，並補足國內法人不足之檢測驗證能量。

五、研訂採購作業指引：解決國內廠商參標資格問題及訂定通用規格。

六、釋出維修商機：鐵路及營運機構檢討維修備品採購項目數量，擴大國內需求商機，降低進口品依賴。

七、發展智慧鐵道：制定智慧鐵道系統架構規範，研議保留鐵道系統專用頻譜之必要性以及獎勵推動試辦計畫，以期提升鐵道系統服務水準。

八、人才培育：推動鐵道學程認證制度、鼓勵產學合作、推動學用相互承認機制。

九、R-TEAM臺灣隊：整合國內產業能量共同參與標案。

貳、臺灣鐵道產業發展困境及改善方案

臺灣鐵道交通主要為臺鐵、捷運、高鐵、輕軌四大系統，由於過去國內鐵道發展缺乏帶動國內產業供應鏈共同開發之策略性思維，造成核心系統機電多由國外廠商得標。在無法主導車輛及機電系統設計的情況下，導致國內廠商從開始的製造、安裝及測試，甚至於維修保養及備品皆因規格特殊而無法參與。鐵道事業機構在進行系統維修、升級或擴充便遭受國外廠商箝制，導致採購成本提高。

一、台灣鐵道產業發展困境之原因分析

國內各類型鐵道交通系統無統籌規劃，各鐵道列車機電系統全由不同系統廠商承包，系統形式多元，已造成鐵道運行控制系統、車廂車體維護及營運後保修困難。臺灣鐵道發展困境之原因分析如下：

(一) 系統形式多元、規格不一、互不相容。

(二) 廠商實績與資格限制。

(三) 設計開發技術與驗證檢測能力不足。

(四) 國內廠商參標與現階段採購制度面問題。

國內欠缺系統整合廠商，自主能力不足且無法經由參與標案掌握關鍵技術。也因此交通部鐵道局推出鐵道產業發展政策[2]，期透過國產項目研發、國家標準制定、檢測驗證機制，協助國內產業技術自主，朝向國車國造及核心系統機電國產化之目標邁進。

二、臺鐵局維修備品國產化行動方案

依據國家鐵道產業發展政策，推動鐵道國車國造及機電系統國產化，帶動鐵道技術及關聯產業發展選定各鐵道系統國產化優先發展項目，其中臺鐵系統則以發展城際快鐵，朝向車輛、號誌、電力、鐵道效能提升為目標，並建立研發補助機制與資源，鼓勵產學研界籌組團隊投入研發。

臺灣鐵道產業發展之困難，除各類型鐵道交通系統未整合且無通用規格，國內產業亦欠缺承包能量、設計驗證能力及開發實績等。如臺鐵十年千億元購車汰舊計畫，同樣面臨技術研發、廠商參標與現階段採購制度面限制等問題[3]。臺灣鐵路管理局(以下簡稱臺鐵局)維修備品採購長久以來面臨價格昂貴及交貨期過長等困難，為了根本改善備品及料源問題，促進維修備品國產化發展，增進國內鐵道產業國產化能量成為勢在必行之課題。臺鐵局目前積極推動與國內研究機構及廠商進行合作開發，特成立「維修備品國產化推動小組」推動鐵道產業維修備品國產化，進行各項工作之規劃、協調及執行相關作業。期以深耕鐵道產業國產化，

提升鐵道技術及產值，並有效降低維修成本。規劃之維修備品國產化概分為車輛、號誌通訊、供電、軌道、機廠設備等五大系統，並依品項性質區分為維修物料、維修設備、系統更新及技術服務等四類[4]。

在技術能量方面，由於鐵道產業牽涉技術廣泛，若無具備跨領域整合能力之研發服務單位難以取得實質研發成效。以號誌設備為例，號誌系統管理列車的運程序，是維護鐵路運轉安全的重要關鍵，產品之開發即需整合電子、機械、運輸等各種專業技術。可惜長久以來國內限於市場規模，未能有較具整合力之研發單位，難以擺脫受制於國外廠商之困境。

臺鐵局積極與國內各產業或學界合作，研發替代性產品，藉以降低維修成本及建置相關測試設備，以檢驗測試其品質符合營運需求。未來更將深化與學研界合作，並結合各相關領域企業與研究中心，投入鐵道產業欠缺之關鍵

技術研發及人才培育，讓學研界之鐵道系統研發能量透過產學合作方式釋放至臺鐵局。

(一) 產學研界合作建構臺鐵之鐵道機電技術創新研發團隊

亞洲鄰近已具軌道技術研發及製造能力的國家如韓國、日本、中國等，皆設有軌道專門學校或科系，以促進教育訓練鐵道技術人才普及化為目標。以韓國為例，韓國鐵道之產、官、學、研等機構之學術與實務技術極為先進，其軌道產業製造能力甚強，軌道機電幾乎有能力完全自製。韓國之國立交通大學係由國立鐵路大學及國立忠州大學合併而成，其中1個校區屬鐵路專業領域，設置鐵道車輛系統、鐵道設備工程、鐵道運行系統、鐵道電工電子、電力工程、鐵道經營等相關科系及學科，引領韓國鐵道產業與學界合作進行專業人才培育及鐵道技術的研究開發[5]。

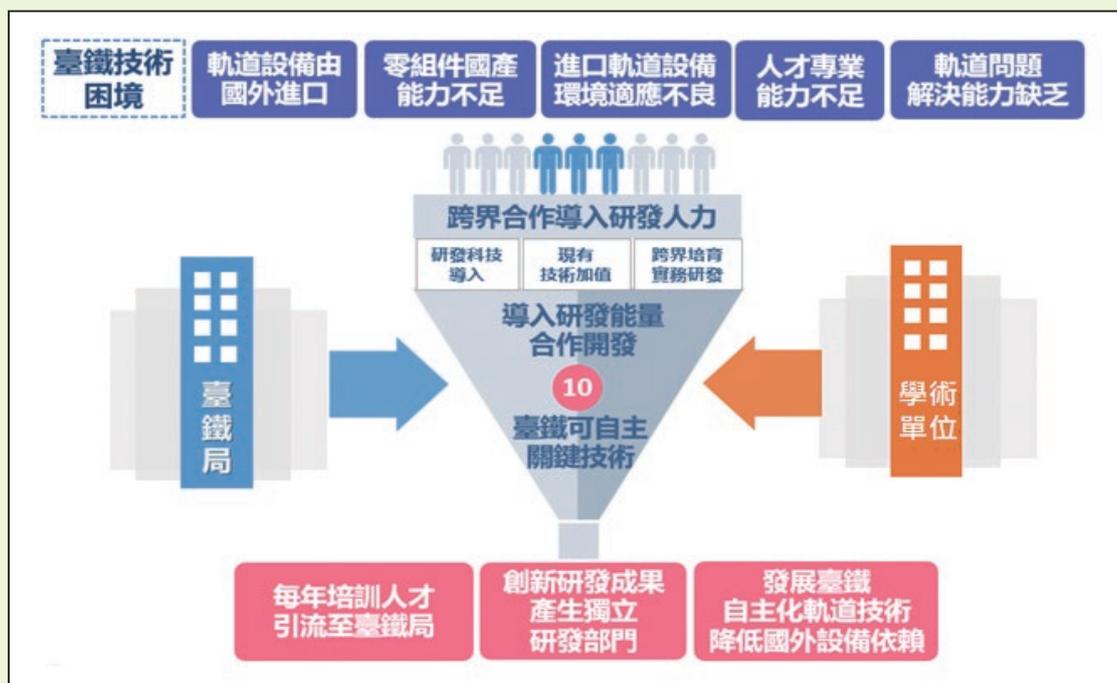


圖3 產學研界合作建構臺鐵之鐵道機電技術創新研發團隊

借鏡亞洲鄰近國家培養鐵道人才及提升研發技術的經驗，臺灣產學研合作推動鐵道運輸國產化勢在必行，且攸關台灣軌道運輸產業未來的國際競爭力。國立高雄科技大學-鐵道技術中心(National Kaohsiung University of Science and Technology-Railway Technology Center, NKUST-RTC)為高雄在地化研究中心，歷經多年於鐵道研究開發領域具重大突破，針對各鐵道公司擁有大量研發產品且完成技轉，並已導入鐵道線上實務運作。長年建立良好的產學研合作模式，具有鐵道技術研發實績且具備跨領域整合之研發服務能力。鐵道技術中心期藉由產學研合作，鏈結臺鐵局各單位部門，整合電子、機械、資訊等各種專業技術資源，衍生新創國產化部門服務臺鐵局各單位所需之技術(參見圖3)。

(二) 衍生鐵道機電國產化創新研發團隊

在建構臺鐵之鐵道機電技術創新研發團隊，也衍生出鐵道機電國產化創新研發團隊，並朝下列方向執行：

1. 運用創新研發成果與前瞻資源孕育整體發展，加速技術研發到臺鐵局各技術單位應用時程，即時提供鐵道營運所需服務。
2. 引導臺鐵局各部門參與鐵道機電系統技術研發，因應快速變動的產業科技潮流，將部分研發概念委託高科大實現，創造企業新的契機策略。導入共同開發鐵道產業創新技術，深化研發計畫之技術與服務能量，逐步建構臺鐵之鐵道機電國產化自主研發部門。

參、產學合作推動鐵道機電系統國產化實務

國立高雄科技大學-鐵道技術中心(NKUST-RTC)，以下簡稱RTC，在檢視臺鐵局所需鐵道產業技術現況，採以自動列車保護系統、道岔監控系統、平交道智能遮斷桿及號誌道旁周邊系統等項目著手，藉由產學研合作模式突破關鍵技術之困境，以降低對國外設備的依賴性，並增加國內鐵道系統維修效率及安全性，以提升臺鐵局技術自主化能力，分敘如下。

一、自動列車保護(ATP)系統

說明臺鐵自動列車保護系統技術現況分析、國產化研發方針及RTC相關領域國產化研發規劃案例。

(一) 技術現況分析

臺鐵局目前使用兩種資料紀錄裝置，分別為列車控制監視系統(train control & monitor system，簡稱 TCMS)及列車自動保護系統(automatic train protection, ATP)。TCMS系統透過螢幕顯示列車相關系統即時狀態，司機員開車時可透過該裝置監控列車上各項設備，維修人員也可透過該系統記錄之行駛紀錄、故障紀錄等相關參數，於列車進廠後了解該車狀況。目前僅 96 年至 102 年引進之 EMU700、EMU800、TEMU1000、TEMU2000 等新型日系車種導入該系統。ATP 系統(亦稱列車超速防護系統)於各路段裝設地面裝置，當列車通過地上感應器時傳遞速限資訊，達到提醒駕駛速限等保護列車之功能，並將列車速度、運轉等級、故障訊息等參數記錄於數位紀錄器(RU)中，目前臺鐵現役動力列車皆有安裝此系統。

(二) 國產化研發方針

建立ATP所有系統及周邊(低壓燈泡偵測板、高壓燈泡偵測板、balise驅動板、電源板…)等電路基板與周邊電路自主技術，擬定維修及相容替代板件研發之規劃，最終達成整體系統國產化自製為目標。

(三) RTC國產化研發之規劃案例

ATP電源卡板研發，擬改善原廠卡板易受干擾影響穩定性之缺陷，新設計採完全磁隔離，阻斷干擾並提升穩定性(參見圖4)。

另一指定鐵道時必要裝置，因此功能性確保與安全規範必須很嚴格管理與監控，尤其越高速度行駛的鐵道運輸系統，對道岔運轉功能的安全性及可靠度要求越高。臺鐵路目前尚無自主技術，仍仰賴國外系統。

(二) 國產化研發方針

發展臺鐵自主非侵入迴路式接近感測器、插銷型推力感測器及電流感應偵測器等感測元件安裝應用，達到更完整性地監測道岔閉合側、轉轍器推力及轉轍器馬達電流等諸多關鍵性安全參數，提升整體道岔運作安全性及可靠



圖4 ATP電源卡板研發示意圖

二、道岔監控系統

說明臺鐵道岔監控系統技術現況分析、國產化研發方針及RTC相關領域產學合作成功實例。

(一) 技術現況分析

道岔功用主要為使車輛由原本鐵道轉換到

度，增進道岔品質與效率。

(三) RTC相關領域產學合作國產化開發實例

AI轉轍器監控系統開發，可提前告警異常事件決策，已量產國產化並產出2件專利(參見圖5)。

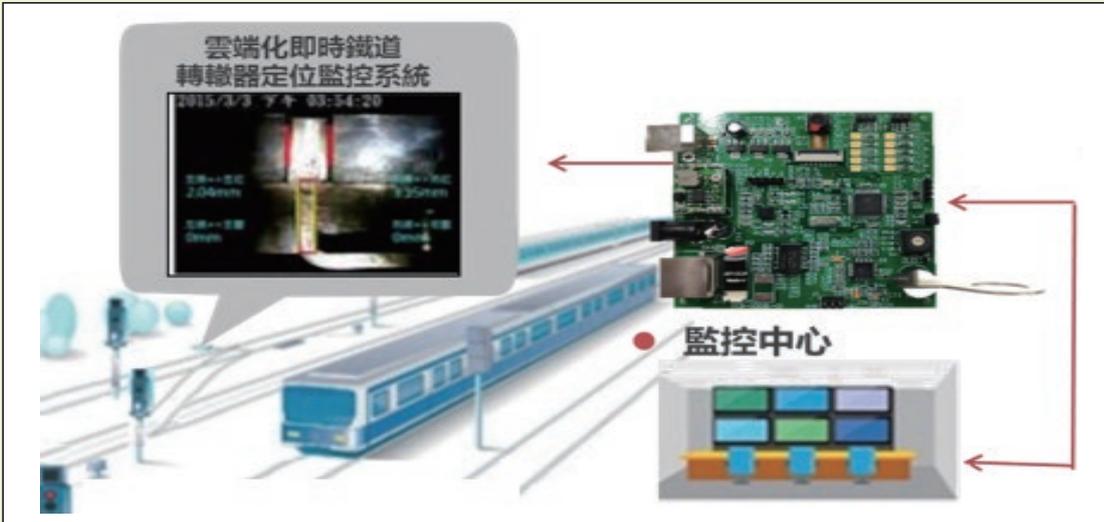


圖5 AI轉轍器監控系統國產化開發實例

三、平交道智能遮斷桿

說明臺鐵平交道智能遮斷桿系統技術現況分析、國產化研發方針及RTC國產化研發之規劃案例。

(一) 技術現況分析

臺鐵局針對尚未高架與地下化之路面平交道未來將結合智能功能，當意外撞擊或異常斷桿，將自動通報行控中心提升安全性。

(二) 國產化研發方針

發展臺鐵專有之平交道鐵道相關控制電路基板與斷桿偵測、建立窄頻物聯網 (Narrow Band -Internet of Things, NB-IoT)智慧無線通訊技術，針對異常狀況進行遠端回報。

(三) RTC國產化研發之規劃案例：

遮斷機智能控制器研製，可針對斷桿、馬達故障、定位失效等異常狀況進行遠端回報(參見圖6)。



圖6 遮斷機智能控制器研製示意圖

四、號誌道旁周邊系統

以下說明臺鐵號誌道旁周邊系統技術現況分析、國產化研發方針及RTC相關領域產學合作成功實例。

(一) 技術現況分析

號誌道旁周邊設備，號誌道旁設備設置於正線沿線道旁及基地區域，號誌道旁設備，然而高鐵部分更包括軌號誌顯示裝置、應答器、O3線圈、地震、風速、邊坡滑動、雨量計、落軌偵測及列車車次接收裝置等。號誌道旁設備功能在操作鐵道號誌設備及傳送號誌設備狀態訊號等。依事件發生之情形及惡化程度，按預設之告警層級，提供控制員儘速採取適當之防護，確保列車運轉安全，臺鐵目前尚無設置及相關自主技術，若要設置，仍需仰賴國外系統。

(二) 國產化研發方針

研發一系列臺鐵號誌道旁周邊系統自主技術，降低國外設備的依賴性，並提升周邊系統

維修效能及安全性。

(三) RTC相關領域產學合作國產化開發實例

國立高雄科技大學鐵道技術中心投入軌道技術研發已有多年經驗，協助我國各類鐵道國產化設計及製造，實裝於鐵路正線系統運轉已超過110件，並協助企業取得專利至少36件，具相當程度的實績開發經驗與成效(參見圖7)。已導入正線使用之國產化產品，列舉如下：

- 軌道維修電纜防盜通報系統
- 軌道整合雲端監控及資料交換系統
- 車站無線時鐘訊號強度檢測儀
- 即時鐵道轉轍器定位監控系統
- 道旁機箱溫濕度監測系統
- 轉轍器微動開關接點電子清潔系統
- 道旁繼電器測試器
- 車站廣播系統
- ATP雨量模擬器
- ATP應答讀寫器
- ATP號誌燈監控轉發至主動應答器
- ATP核心電源板
- ATP讀寫編碼通訊模組



圖7 RTC產學合作國產化開發實例

- 平交道遮斷機斷桿偵測器
- ATP機框架
- ATO、ATP、ATC熱備援核心電源模組
- 輕軌路徑設定繼電器
- 列車冷氣空調健檢系統
- 轉轍器定位桿、拉桿裝置
- 軌道列車專用工控機
- SCADA之RTU遠程控制系統
- 列車糞池液位檢測系統(超音波式,可防止棉屑)
- 列車內閱讀燈具
- 捷運車門控制器
- 列車推進系統及輔電系統之擷取紀錄器
- 太陽能式及電力式之鋼軌踏面及軌側潤滑系統(多功能式)
- 萬用大型列車繼電器、道旁繼電器、開關測台(可測試20-50種款式開關及繼電器)
- CS連鎖觸點控制箱
- 鋼軌潤滑系統
- 轉轍器專用內視鏡
- 軌道解壓并用剎車線圈
- Wayside RTU系統開發
- 電車線遠距觀測紀錄器(可攜/定點)
- 工程車進路確認
- 輔助系統
- 軌道轉轍器壓力/拉力校正儀

結論

交通部鐵道局於2020年2月推出鐵道產業發展政策，並提出6+3行動方案，推動鐵道機電系統國產化，鼓勵結合產學研界籌組團隊投入研發。臺灣鐵路管理局維修備品採購長久以來亦面臨價格昂貴及交貨期過長等困難，為了根本改善備品及料源問題，促進維修備品國產化發展，增進國內鐵道產業國產化能量已勢在必行。必須積極推動與國內研究機構及績優廠商進行合作開發，研發替代性產品，藉以降低維

修成本並提升技術品質。

高科大鐵道技術中心進行分析過程，瞭解造成鐵道發展困難之原因，並檢視臺鐵局技術需求的現況，藉以協助選定臺鐵機電系統國產化之關鍵項目。本文以自動列車保護(ATP)系統、道岔監控系統、平交道智能遮斷桿及號誌道旁周邊系統等項目，分析了解臺鐵面臨之技術困境現況，並提出國產化方針，以鐵道技術中心相關領域產學合作國產化成功案例為說明，期能藉以推動臺鐵逐步達成機電系統國產化之目標。鐵道產業結合具備研發實績且具有技術整合能力之研發團隊，將有助於突破關鍵技術之困境，降低對國外廠商機電零組件的依賴性，並增加國內鐵道系統維修效率及安全性，進而提升鐵道產業技術自主化能力。

參考文獻

1. 交通部鐵道局官網(2020)。 <https://www.rb.gov.tw/>
2. 交通部鐵道局官網(2020)。 <https://www.rb.gov.tw/showpage.php?lmenuid=45&smenuid=311&tmenuid=415&pagetype=0>
3. 李世陽、邱佑宗、葉日翔，台灣鐵道工業現況與發展機會，《工業材料》雜誌，396期(2019)。
4. 交通部臺灣鐵路管理局官網(2020)。 <https://service.railway.gov.tw/rc/ConsultLORME.aspx>
5. 宋鴻康，赴韓國「軌道技術研究暨驗證中心設置及營運模式研究」，交通部高速鐵路工程局出國報告(2017)。

智慧鐵道數位平台 之設計

Design of Smart Railway Digital Platform

關鍵字(Key Words)：智慧鐵道 (Smart Railway)、系統整合 (System Integration)、
中介軟體 (Middleware)

智慧鐵道產業人才學院／執行秘書

國立臺北科技大學／機械系／機電整合研究所／製造科技研究所／副教授／陸元平(Luh, Yuan-Ping)

摘要

智慧鐵道產業人才學院 (Smart Railway School) 針對智慧鐵道系統發展所需之智慧鐵道數位平台，提出TSRDP (Taipei Tech Smart Railway Digital Platform) 架構。TSRDP由三套分屬不同層級的中介軟體 (Middleware) 所組成，包括了通訊服務平台、主檔資料管理系統以及創新AI模型與框架。通訊服務平台採用DDS資料總線 (Databus) 機制，使基於不同通訊服務應用框架所建構的應用系統之間可互操作；而針對涉及關鍵任務 (Mission Critical) 之智慧物聯網應用系統，則是採用DDS通訊服務應用框架進行實作。主檔資料管理系統則是採用第五層級的MDM技術進行建構，以整合既有或未來將建置的資訊服務系統。藉由層級五MDM系統與DDS Databus的中介，再基於創新AI模型與框架發展系統智慧，各種異質的Web應用、智慧雲端應用系統與智慧物聯網應用系統，就能融合成一個具多元化作業介面與視圖、且同時能確保資料唯一性的智慧鐵道系統。智慧鐵道產業人才學院希望藉由TSRDP持續性框架的提出與智慧鐵道系統實作範例的展現，加速打造出自主且完整的ICT軟體前瞻技術人才生態系，有效支持國內智慧鐵道產業之發展。



Abstract

For the development of the smart railway system, the Smart Railway School proposes the TSRDP (Taipei Tech Smart Railway Digital Platform) architecture. TSRDP is a digital platform and consists of three middleware at different levels, including a communication service platform, a master data management system, and an innovative AI model and framework. The communication service platform adopts the DDS databus mechanism to make the application systems constructed based on different communication service application frameworks interoperable; and for the intelligent IoT application system involving mission critical, it uses DDS communication service application framework is implemented. The master data management system is constructed with Level 5th MDM technology to integrate existing or future information systems. Through the intermediary of MDM system and DDS Databus, and then based on innovative AI models and frameworks to develop system intelligence, various heterogeneous web applications, intelligent cloud application systems, and intelligent IoT application systems can be integrated into one smart railway system, which is featured by diversified operation interfaces and views while ensuring the uniqueness of data. The Smart Railway School hopes to accelerate the creation of an independent and complete ICT software forward-looking technical talent ecosystem through the proposal of the TSRDP sustainability framework and the demonstration of the implementation of the smart railway system to effectively support the development of the domestic smart railway industry.

壹、前言

數位平台 (Digital Platform) 是確保組織數位轉型成功和不斷改進的核心要素。數位平台可以為組織帶來顯著的價值：不但可以提升資料存取的效率、促進流程的改善與更新，還可以因資料有效地整合與應用而發展出新的戰略。近年來，由於人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 與物聯網 (Internet of Things, IoT) 技術的蓬勃發展，驅使著數位平台朝向連結更廣、更智慧化的方向發展。

鐵道建設為國家前瞻基礎設計之重點，交通部因應鐵道建設及產業發展，積極推動鐵道機電設施國產化及智慧化，研提智慧鐵道標準，應用AIoT及雲端服務等新技術，期能提昇鐵道營運之安全、效率及服務。本文針對智慧鐵道系統發展所需之智慧鐵道數位平台提

出TSRDP (Taipei Tech Smart Railway Digital Platform)。

貳、智慧鐵道數位平台架構

智慧鐵道產業人才學院 (Smart Railway School) 針對智慧鐵道系統發展所需之智慧鐵道數位平台，提出TSRDP (Taipei Tech Smart Railway Digital Platform) 架構，如圖1所示。

一、TSRDP 架構

智慧鐵道產業人才學院所提出的TSRDP是由三套分屬不同層級的中介軟體 (Middleware) 所組成，包括了通訊服務平台、主檔資料管理系統、以及創新AI模型與框架。所謂中介軟體，是指串聯異質應用軟體的軟體，是伴隨著



圖1 智慧鐵道數位平台TSRDP

資料聯網（Data Networking）而生。不同層級的中介軟體，均扮演著應用（Application）整合的角色。茲概述如下：

- (一) 通訊服務平台：整合串聯異質的通訊服務應用框架，如：Web Services、OPC-UA、oneM2M、OMG DDS等。不同的應用框架，可以用以發展各種資料聯網應用。
- (二) 主檔資料管理系統：整合串聯各種異質的企業資訊管理系統，如：保修系統、運營系統等。
- (三) 創新AI模型與框架：整合串聯各種異質的AI應用模型與框架，如邏輯推理、資料探勘、機器學習、深度學習、生成深度學習等。這些應用模型與框架，可以用以發展各種智慧應用。

二、系統架構優勢

藉由中介軟體為基之持續性框架（Persistence Framework）來發展各種層級之應用系統所能帶來的好處，包括：

- (一) 整合執行環境：中介軟體能夠封裝（Encapsulation）、橋接（Bridge）底層執行環境中的差異性與異構性，確保整個系統在異構平台間能夠穩定執行。
- (二) 提升軟體開發的效率：中介軟體能夠提升應用系統的開發效率，大幅縮短應用系統開發的周期。
- (三) 確保軟體的品質：中介軟體能夠解耦（Decouple）系統內的不同層級，對接各種隨插即用（Plug-and-Play, PnP）的方式，從而保障應用系統軟體的品質。

(四) 提升軟體的效能：中介軟體可大幅節省應用系統內所需耗費的系統資源，並降低應用系統執行的成本。

參、通訊服務平台

長期以來，在資通訊技術（Information and Communication, ICT）領域中，存在著「以操作技術（Operational Technology, OT）為基的工業控制系統」與「以資訊技術（Information Technology, IT）為基的資訊服務系統」該如何有效融合成單一系統的問題。在邁入工業4.0時代前，IT與OT無法有效融合的問題依舊存在。隨著電腦與資訊系統朝向微小化、輕量化發展，如何將OT微控制系統與IT微服務系統融合成一個寰宇實體系統（Cyber-Physical System, CPS）更是一大挑戰；而工業物聯網（Industrial Internet of Things, IIoT）技術的持續發展，使IT與OT的融合成為可能。所謂工業物聯網，在本質上就是「聯網（Networking）」，一張能連接萬物的網際網路（Internet），使散布於各地、各式各樣的萬物彼此之間都能在這張網上做到資料交換與互操作（Interoperability）。這些萬物，包括了電腦、平板、智慧手機、資訊系統、雲（微）服務、感測器、制動器、微電腦、無人機、智慧裝置、智慧家電、自動化機械、程控機器人、自動化生產線、自動倉儲系統、電聯車、電動車、自駕車等。

一、通訊服務分層架構

為了發展次世代智慧鐵道系統，國際鐵道聯盟（International Union of Railways, UIC）針對車地聯網，提出了未來鐵道行動通訊系統（Future Railway Mobile Communication System, FRMCS）參考模型與應用範例，並針對列車總線，提出了通用維生控制與指令匯流排（Universal Vital Control & Command Bus,

UVCCB) 參考架構。據此，智慧鐵道產業人才學院提出了智慧鐵道通訊服務分層架構，如圖2及圖3所示：

(Application Framework)。由國際標準組織 Object Management Group (OMG) 所提出的 DDS (Data Distribution Service) 開放標準通訊服



圖2 智慧鐵道產業人才學院FRMCS車地通訊網路服務之分層架構

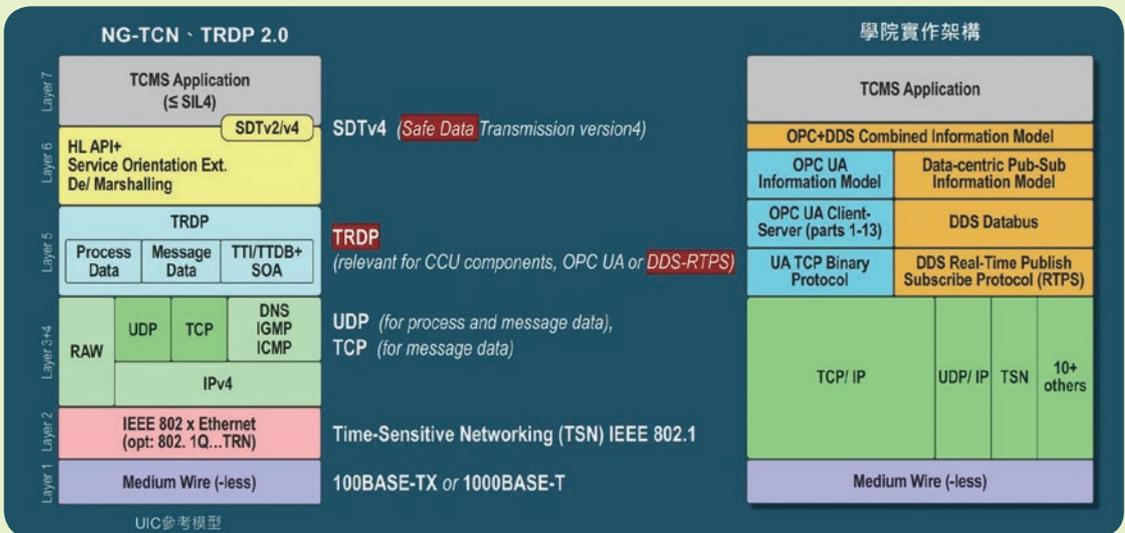


圖3 智慧鐵道產業人才學院UVCCB車載通訊總線之分層架構

二、應用服務框架適用性分析

在智慧鐵道院所提出的車地通訊網路服務分層架構與車載通訊總線分層架構中，第四層傳輸層 (Transport Layer) 以上，將會採用OMG所提出的資料分發服務 (Data Distribution Service, DDS) 應用框架

務應用框架，提供了無需中間伺服器的服務發現 (Service Discovery) 機制與廣泛的服務品質 (Quality of Service, QoS) 參數設定機制。服務發現機制、QoS參數設定機制等，均被視為物聯網通訊服務應用框架的必要配備。

相較於DDS應用框架，以MQTT（Message Queuing Telemetry Transport）為基的oneM2M應用框架，由於具資源需求低與可適用於不可靠的網路環境下的優點，使MQTT在物聯網領域中深受歡迎。然而，MQTT的服務發現機制必須仰賴中間伺服器的存在才得以運行；且在MQTT中，唯一指定的QoS參數就是可靠性。存在中間伺服器（Server）導致基於MQTT的系統之擴展性（Scalability）受到極大的限制。換言之，MQTT只適用於支持無涉關鍵任務（Mission Critical）之智慧監控系統的運作，如：將列車大腦TCMS所蒐集的列車動態資訊、傳輸至行車控制中心進行顯示。

在一個具有海量節點、彼此串聯、隨時調適的動態網路系統之中，資料或服務的發布者（Publisher）和訂閱者（Subscriber）如何在茫茫大海中找到彼此，是件極具挑戰之事。這就是服務發現機制之所以成為串聯萬物之物聯網應用框架的必要配備之一。而且，如果服務發現機制必須藉由中間伺服器來提供，當節點數量不斷增加時，則實體伺服器終將成為整個系統的瓶頸。再者，在海量的網路系統中，當資料或服務發布者同時需面對海量對象，且訂閱者對資料或服務的「品質」要求不同時，訂閱者就可以依自身應用需求，透過QoS參數設定機制定義所需的品質。如此，發布者也就只需根據自身所具備的能力，透過QoS參數設定機制，定義所能提供之資料或服務的「品質」水準。這就是廣泛的QoS參數設定機制之所以是物聯網應用框架的另一項必要配備的原因。

除此之外，DDS應用框架支持單播（Unicast）與多播（Multicast）群組通訊模式；因此，TCP（Transmission Control Protocol）與UDP（User Datagram Protocol）兩者均可成為DDS應用之傳輸層的通訊協議。反觀oneM2M應用框架只能在TCP之上運行。在多播模式下，UDP比TCP更加高效。

綜觀現今智慧物聯網技術，採用OMG DDS應用框架將會是最適當的選擇。

三、應用服務框架相互操作整合

在智慧鐵道系統中，多樣化、數量龐大的機器、設備、裝置、系統、雲等，都必須經由多元通訊網路進行連線；因此，智慧鐵道系統中的多元通訊網路架構，必須足以支持各種類型（M2M、H2M、M2H、H2H）之協同作業的運行，尤其是智慧機器間（M2M）的協同作業（即智慧連鎖）。

為了更進一步地有效串連（分散式）工控系統，發展工業自動化設備和系統連結開放標準的國際組織OPC（Object Linking and Embedding for Process Control），針對「網路應用導向」相關網路協定，提出了OPC UA應用框架。OPC UA的全名是OPC Unified Architecture（OPC統一架構），是OPC基金會應用在自動化技術的機器對機器網路傳輸協議。然而，這些（分散式）工控系統即使串連形成工業網際網路（Industrial Internet），仍無法有效地與基於電腦網路的（分散式）資訊系統進行串聯。因此，發展出能串聯各種通訊服務應用框架的中介軟體有其必要性；而所謂通訊服務應用框架，則包括了支持（分散式）Web服務運行的Web Services應用框架、支持（分散式）工控系統運行的OPC UA應用框架等。OMG所提出的DDS國際開放標準中於第四層（傳輸層）之上所定義的DDS資料總線（Databus），剛好適合扮演串聯各種基於不同應用框架所打造出來之應用系統的中介軟體角色。藉由Web Services、OPC UA或oneM2M應用框架所打造出來之應用系統，都可經由軟體閘道器（Gateway）的轉換連上中介軟體DDS Databus，並進一步與其他應用，包括藉由DDS框架所打造出來的、涉及關鍵任務之智慧物聯網應用系統，進行高效的資料交換與互操作，如圖4所示。

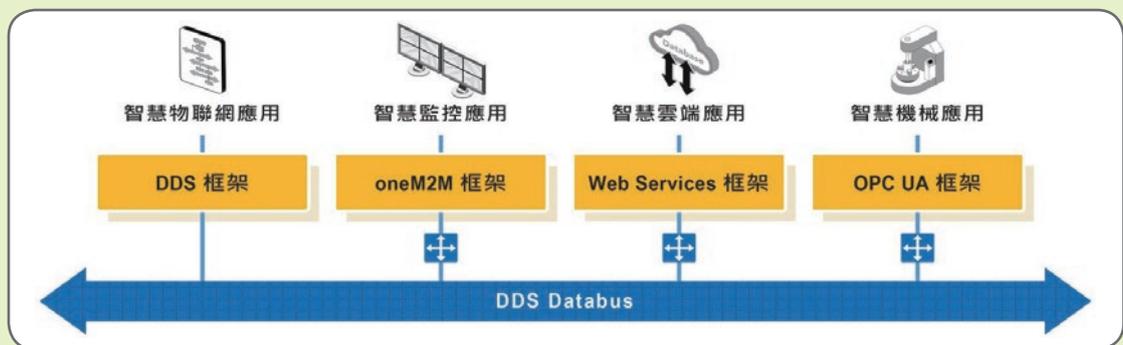


圖4 智慧鐵道系統通訊網路架構（第四層以上）互操作示意圖

肆、主檔資料管理系統

企業資料管理的內容及範疇通常包括交易資料 (Transaction Data)、主檔資料 (Master Data, MD) 以及元資料 (Metadata)。交易資料用於記錄業務事件，如客戶的訂單、投訴記錄、客服申請等，它往往用於描述在某一個時間點上業務系統發生的行為。主檔資料MD用於定義企業核心業務對象，如客戶、產品、地址等。與交易流水資訊不同，主檔資料MD一旦被記錄到資料庫中，需要經常對其進行維護，從而確保其時效性和準確性。主檔資料MD還包括了關係資料，用以描述主檔資料MD之間的關係，如客戶與產品的關係、產品與地域的關係、客戶與客戶的關係、產品與產品的關係等。元資料是關於資料的資料，用以描述資料類型、資料定義、約束、資料關係、資料所處的系統等資訊。以製造業為例，企業資源規劃 (Enterprise Resource Planning, ERP) 系統中所紀錄的資料是交易資料；由產品資料管理 (Product Data Management, PDM) 系統所管理的資料是主檔資料MD；在物件庫中針對各系統物件的描述是元資料。

一、主檔資料層級

主檔資料管理 (Master Data Management, MDM)，是指一整套的用於生成和維護企業主檔資料MD的規範、技術和方案，以保證主檔資

料MD的完整性、一致性和準確性。MDM的典型應用有客戶資料管理和產品資料管理。打造MDM，要從建設初期就考慮整體的平台框架和技術實現。MDM是將異質資訊應用系統融合成單一資訊應用系統的一種中介軟體技術。根據MDM實施的複雜程度，可以區分為六個技術層級：

- (一) 沒有實施任何MDM (層級零)：無主檔資料MD概念、硬整合。
- (二) 提供列表 (層級一)：獨立應用為主、並人工維護主檔資料MD。
- (三) 對等存取 (層級二)：通過接口的方式，各個系統與主檔資料MD主機之間直接互聯。獨立應用為主、並自動維護主檔資料MD。
- (四) 集中式資料交換總線處理 (層級三)：獨立應用為主、集中主動維護主檔資料MD。
- (五) 業務規則和政策支持 (層級四)：企業整合應用為主、並主動維護主檔資料MD。
- (六) 企業資料集中 (層級五)：企業整合應用與獨立應用並重，基於統一管理的主檔資料MD。

二、應用架構

MDM架構層級從低到高反映了MDM的不同成熟度。在層級五MDM架構之下，主檔資料MD和應用資料之間沒有明顯的區別，它們是一體的。當主檔資料MD所屬的詳細 (Detailed) 資料被修改後，所有企業應用的相關資料元素都將被「立即」更新，這意味著企業應用系統和源系統所存取資料實體 (Instance) 是「同一份」。層級五MDM架構在本質上屬閉環 (Feedback) 架構，所有的應用系統都是藉由統一管理的主檔資料MD、與常駐的資料存取總線 (網路連線) 整合在一起。在層級五MDM架構下，企業應用系統自源系統取得資料，是以源系統提供資料服務 (Service) 的概念來實現。因此，資料實體在不同的企業應用系統中都是事實的同一版本，而資料實體在不同的企業應用系統中會以不同的「視圖 (View)」加以呈現。在層級五MDM架構之下，所有企業應用系統，包括作業型應用與分析型應用，都能藉由

MDM系統所提供的統一資料定義、授權使用和變更傳播等機制，整合成具多元化作業介面與視圖、且同時能確保資料唯一性的系統。

為了完整發展智慧鐵道系統，企業整合應用與獨立應用必須並重，故MDM系統的建構必須採取層級五技術架構，也就是必須將資料存取總線與相關主檔資料MD整合至獨立的應用中。據此，智慧鐵道產業人才學院提出了一套MDM系統架構，來整合鐵道營運公司中已經存在或未來將建置的Web應用系統或智慧雲端應用。MDM系統架構如圖5所示：

伍、雲端應用服務與系統整合

一、雲端應用服務

與一般Web應用相同，所有的智慧雲端應用服務系統，都是基於Web Services通訊服務應用

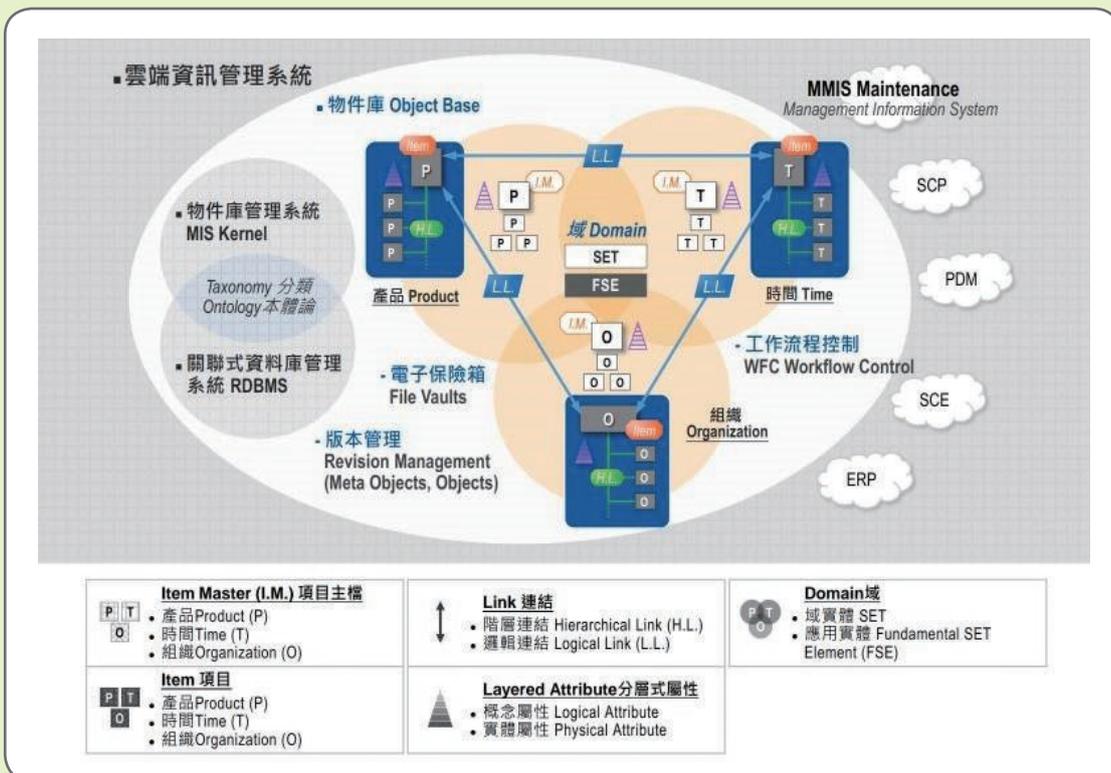


圖5 主檔資料管理MDM系統架構

框架所開發出來的資訊應用系統。在企業資訊管理的技術領域中，系統服務效率的提升與異質系統之間的整合涉及了完全不同的專業。當一套資訊應用系統提供了多樣化的服務，且系統在線使用者的數量常發生劇烈變化，導致資訊服務效率有待提升時，就必須考慮導入雲端儲存、雲端運算、微服務等雲端技術。為了降低人員介入的機會、實現資料的自動串接，當相互關連但提供不同服務的異質資訊應用系統需進行整合時，就必須導入水平與垂直系統整合技術，也就是必須建構MDM系統。

雲端（The Cloud）在技術上的主要挑戰，在於探索如何藉由分散式（Distributed）、叢集（Cluster）、虛擬化（Virtualization）等手法，來提升資料儲存、資料運算、以及資料服務的效率。以下針對分散式、叢集與虛擬化手法的內涵進行簡要說明：

- (一) 分散式（Distributed）：一個大型複雜軟體應用由一個或多個微服務所組成；將一個業務分拆多個子業務，部署在不同的伺服器上；縮短單個任務的執行時間來提升效率。
- (二) 叢集（Cluster）：不同伺服器部署相同的服務（如運算、儲存）對外，實現服務的負載均衡；同一個業務，部署在多個伺服器上；通過提高單位時間內執行的任務數來提升效率。
- (三) 虛擬化（Virtualization）：將一台計算機虛擬為多台邏輯計算機；在一台計算機上同時運行多個邏輯計算機，每個邏輯計算機可運行不同的操作系統；應用程序可以在相互獨立的空間內運行而互不影響，從而顯著提高計算機的工作效率。

二、應用服務系統整合

由於一般Web應用系統與智慧雲端應用系統都是基於Web Services應用框架進行開發，因此，中介Web應用系統與智慧雲端應用系統的MDM（軟體）系統，也是基於Web Services應用框架去進行開發的；而且，當MDM系統本身的負載過高時，也可以改採雲端微服務架構。針對層級五MDM系統的設計與規劃，主要的挑戰在於必須針對產業應用需求，完整定義出各物件類別（Object Class）。這些物件類別，包括了項目主檔（產品、時間、組織）與連結（階層連結、邏輯連結）。由於在MDM系統資料庫中，所有的資料都是以物件（Object）的形式存在，所以MDM系統資料庫可被稱為物件庫（Object Base）。為了提供輕量化的雲端（微）服務，MDM系統資料庫中必須提供「域（Domain）」的機制；透過分層式屬性的定義，即可高效快速地取得與服務相關的所有資料（即物件）、接著加以應用。

層級五MDM系統的整合對象，除了一般孤島式Web應用之外，還包括了能提供多樣化微服務的智慧雲端應用系統。所有基於Web Services應用框架所開發出來的資訊應用系統，包括MDM系統本身，都可以透過資訊系統層級的中介軟體MDM系統進行整合，再藉由軟體閘道器的轉換連上通訊服務層級的中介軟體DDS Databus，與其他應用，包括藉由DDS框架所打造出來的、涉及關鍵任務之智慧物聯網應用系統，進行高效的資料交換與互操作，如圖4所示。

以臺鐵局為例，既有或未來將建置的Web應用系統、智慧物聯網應用系統與智慧雲端應用服務系統，至少包括了：

- (一) 運務處：互聯式列車資訊顯示系統。
- (二) 綜合調度所：智慧化車輛運用及乘務員排班系統、地震速報系統、電腦排點系統。

(三) 工務處：劇烈天氣監測系統 (QPESUMS)、邊坡預警及維護管理系統、軌道檢查數據管理系統、軌溫監控系統、臺灣鐵路地理資訊系統 (GIS)、臺鐵橋梁及隧道管理系統。

(四) 機務處：智慧化車軸軸溫及集電弓自動檢測裝置。

(五) 電務處：第三代中央行車控制中心系統 (CTC)、自動列車保護系統 (ATP)、平交道障礙物自動偵測系統、行車調度無線電話系統。

(六) 專案工程處：車輛維修資訊管理系統 (MMIS)。

(七) 資訊中心：第四代票務資訊系統、WEB版機務運轉系統 (WebMA)、WEB版運務處乘務人員旅費系統 (WebTA)。

本文所提出之智慧鐵道數位平台TSRDP，是藉由層級五MDM系統與DDS Databus的中介，將以上各種異質的一般孤島式Web應用、智慧雲端應用系統與智慧物聯網應用系統，融合成具多元化作業介面與視圖、且同時能確保資料唯一性的智慧鐵道系統。

陸、創新AI模型與框架

一、何謂智慧

在闡述創新AI模型與框架的內涵前，必須先針對「智慧」一詞，以及人工智慧與人類智慧之間的異同進行說明：

(一) 智慧鐵道系統必須擁有智慧才名符其實。

(二) 一套系統所擁有的智慧，源自於人腦或電腦。

(三) 電腦的運算能力比人腦的運算能力強大。

(四) 人類的感知能力與機器的感知能力有所差距。

(五) 人類有視覺、聽覺、觸覺、嗅覺、味覺等五種感知，機器的感知只有最基本的元感。

(六) 人類的表達方式與機器的表達方式並不相同。所以，人類之間知識傳遞的方式與機器之間知識傳遞的方式並不相同。

(七) 擴增實境 (Augmented Reality, AR)，是人類與人工智慧之間的溝通介面。

(八) 沒有感知，智慧就無用武之地。

(九) 聯網 (Networking) 跨越了地域的限制，可以使人類具備千里眼及順風耳，同樣也可以使機器具備了遠端感知的能力。

(十) 人類之間的遠距溝通是透過網際網路 (Internet)，而機器之間的遠距溝通則是透過次世代網際網路，也就是所謂物聯網 (Internet of Things, IoT)

(十一) 人工智慧，可以是模仿人類的智慧，更應該是能超越人類的智慧。

(十二) 數字運算與邏輯推理屬於人類科學領域，依此發展的人工智慧屬模仿人類的智慧。

(十三) 如果人工智慧是基於資料、機率與統計而發展，才有可能超越人類的智慧。

二、創新AI模型與框架

發展智慧鐵道系統，除了科學推理與運算機制、以及傳統以模仿人類智慧的AI模型與框架之外，還必須再打造一套能超越人類智慧的創新AI模型與框架。據此，智慧鐵道產業人才學院提出了一套基於哲學的思考方式，配合科學的「假說」概念與推理去建構的創新AI模型與框架，以為鐵道營運公司在未來快速開發智慧鐵道應用系統時，奠定厚實的基礎。創新AI模型與框架串接不同的智慧鐵道應用系統，可以視為是智慧應用層級的中介軟體，其系統架構如圖6所示。

一套現代智慧鐵道應用系統的輸入資料，必須同時包含了靜態資料與動態資料。一般儲存於資料庫管理系統中的資料屬靜態資料，而在資料總線（Databus）中持續不斷地流動的資料則屬動態資料。動態資料必須由感測器進行輸入，而感測器必須連上物聯網（Internet of Things, IoT）。由於人類的感知能力與機器的感知能力有所差異，因此，感測器所感知的資料，許多是歸類成人類未知的未知，也就是所

謂的暗資料。

針對大量的靜態資料與動態資料集合，創新AI模型與框架可以同時基於商用模型與創新模型進行運算。商用模型是指現今廣為資料分析師所應用的（統計）分析方法與AI（學習）模型，而創新模型則是指非關聯模型的因果AI模型，以及基於因果、做出決策的決策AI模型。

一套現代智慧鐵道應用系統的輸出，必須能透過IoT直接驅動連在IoT之上的制動器。在智慧鐵道系統（場景）中，大量的感測器、制動器、列車等，都會連上物聯網（Internet of Things, IoT）進行資料交換，但並非所有的動態資料都會成為某一項智慧鐵道應用的依據。例如，行進中列車上的感測器與制動器，只需與列車前方平交道上的感測器，透過IoT的串聯進行資料交換，並藉由適當的AI模型自動進行決策。從列車的視角，當列車通過一座平交道之後，就會自動變成與下一座平交道上的感測器進行資料交換、並藉由同一套AI模型做出煞車或加速的決策。這種隨時依需求而彈性改變的

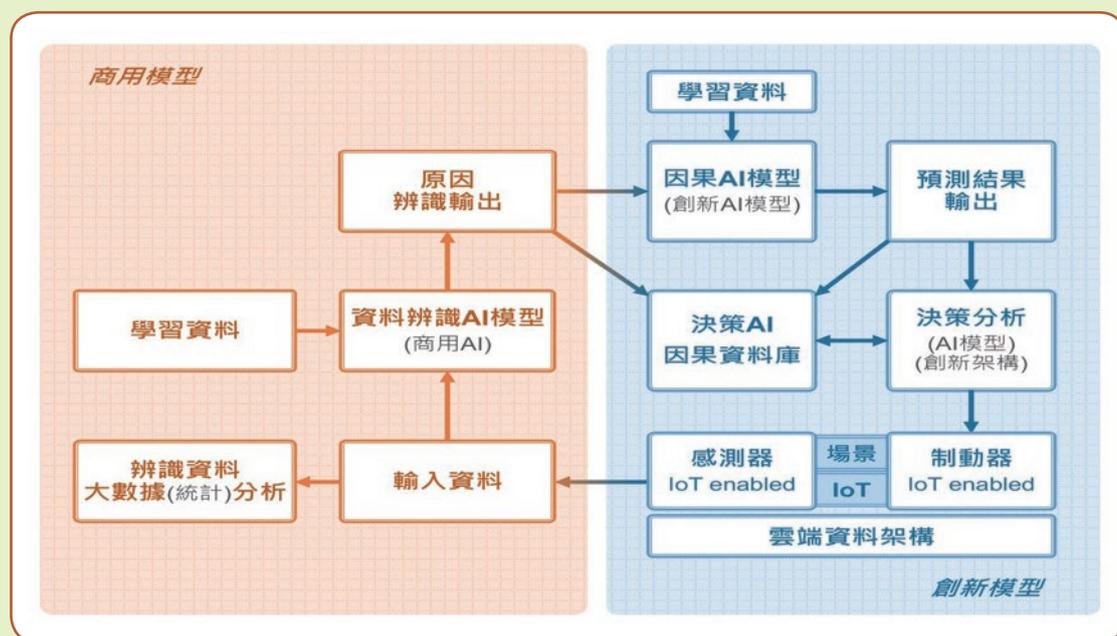


圖6 創新AI模型與框架系統架構

IoT串聯與資料交換模式，稱為「動態協同」。在此必須強調，當人工智慧（AI模型）無法超越人類的智慧時，列車煞車或加速的決策必須由司機員下達，才能確保最初於系統設計時所承諾的行車安全等級。唯有基於創新AI模型與框架，才有可能發展出超越人類智慧的人工智慧，這也就是為何發展創新AI模型與框架對涉及關鍵任務（Mission Critical）的決策而言至關重要。

總括來說，創新人工智慧AI模型與框架的創新之處在於：

- (一) 機器（電腦）懂哲學的思考方式，並且使用科學的假說去產生近似於人類認知模型，兼具理性與真實感知的推理架構。
- (二) 機器（電腦）按照宇宙的機制去整理知識。
- (三) 使用機器（電腦）學習迴圈，創造出各種知識論域與領域。
- (四) 表達方式的調正，由人給出想知道的領域或是論域。

柒、結論與後續雛型展示系統之開發

人無我有、人有我新，建構TSRDP的目的並不僅止於複製既有應用系統，而是為了目前並不存在、甚至無法想像之智慧鐵道應用系統的發展做好準備。基於TSRDP，鐵道營運公司將可藉由經濟有效的方式，持續不斷地開發出各種創新智慧鐵道應用系統。為了充分展示TSRDP的產業應用價值，智慧鐵道產業人才學院目前已規劃於未來一年內，製作出六種雛型展示創新應用系統，其應用範疇及主題條列如下：

- FRMCS應用實作：主風泵測試台資料上傳、將列車大腦TCMS所蒐集的列車動態資訊上傳至行車控制中心
- 創新AI模型與框架應用實作：主風泵故障預兆診斷模型、從業人員本質與本心辨識模型
- 擴增實境AR應用實作：遠端異常狀態智慧辨識與即時遠距協同、預兆診斷與健康管理
- 虛擬實境VR應用實作：多人同步式鐵道車輛巡檢訓練系統
- 遠端操作應用實作：巡軌機車操作、HO模型軌道列車操作、轉轍器扳轉
- 工業物聯網IIoT動態協同應用實作：列車接近告警、路線上危害因子告警

人才培育是設立智慧鐵道產業人才學院的核心宗旨。創建上述雛型系統的過程、方法與步驟，將會以課程教材的方式加以呈現；相關實作技術的細節，也都會成為培育智慧鐵道系統前瞻技術人才的重點。學院希望藉由TSRDP持續性框架的提出與智慧鐵道系統實作範例的展現，加速打造出自主且完整的ICT軟體前瞻技術人才生態系。有了完整的生態系，在臺灣的智慧鐵道系統供應商才能憑藉著厚實的ICT軟實力，在新購列車或興建新系統時，能基於相同的框架，與國際鐵道系統供應大廠共同攜手合作、進行技術接軌，並加速推動落實國車國造及國鐵國造。基於TSRDP，學院希望能扮演好智慧鐵道系統臺灣隊的領頭羊角色，並基於「軟體包硬體」的核心策略，將本土優質的智慧鐵道系統前瞻技術人才與軟硬整合系統供應商推上國際舞台。

5G 智慧鐵道 運輸標準架構 之發展與建立

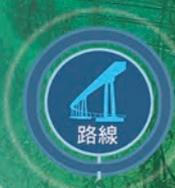
關鍵詞(Key Words)：智慧鐵道(Smart Railway)、雲平台(Cloud Platform)、邊緣運算(Edge Computing)、物聯網(Internet of Things)、標準架構(Standards Framework)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／系統及機電事業群／資深協理／林啟豐 (Lin, Chi-Li) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機部／業務經理／林柏鋒 (Lin, Bor-Pheng) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機部／計畫工程師／王翔正 (Wang, Shiang-Jeng) ❸

5G



5G

摘要

近年資訊科技與設備功能不斷進步，各領域導入資通訊技術來改善或自動化既有大量人力作業已成趨勢，如工業4.0、智慧醫療、智慧運輸等皆是蓬勃發展中的產業。然國內鐵道業者在維運、安檢、監控等仍部分採用人工作業，其整體鐵道維護管理數位化程度不足，且因鐵道建設各式核心系統機電大多由國外各別廠商建置，形成封閉性系統，未具備跨路線、跨系統之垂直與水平整合介面，導致系統更新發展受阻。於既有系統的限制下，國內鐵路營運機構仍努力自行發展智慧鐵道系統，惟各自發展之系統架構不盡相同，資料格式及通訊協定亦面臨未能一致，許多設備及元件未聯網，不利智慧化之介接、擴充及產業發展。

為改善我國鐵道系統各自發展之困境，鐵道局參照國內外智慧鐵道發展經驗，提出「建立5G智慧鐵道運輸及監理環境計畫」(以下簡稱本計畫)，其通盤考量水平與垂直整合鐵道系統之需求，將以雲端技術為核心，納入最新資訊技術如邊緣運算、人工智慧、5G通訊等，研訂雲、網、端之標準，以試驗場域驗證可行性，推動鐵道環境數位轉型，達成整體鐵道系統智慧化之目標。



Development and Establishment of 5G Smart Railway Transportation Standards Framework.

Abstract

In recent years, due to the advancement of information technology and equipment functions, it has become a trend to improve or automate a large number of manual operations through ICT, such as Industry 4.0, Smart Medicine, Smart Transportation, etc. are booming industries.

However, domestic railway operators still use manual operations in maintenance, security inspection, monitoring, etc. The overall digitalization of railway maintenance management is insufficient, and most of the core electromechanical systems in railway construction are built by various foreign manufacturers, then ignore vertical and horizontal integration interface, resulting in hindered system update development.

In order to improve the dilemma of the respective development of the domestic railway system, Railway Bureau of MOTC propose project "The 5G Smart Railway Transportation and Supervision Plan", that referring to the development experience of global smart railway, then promote the digital transformation of the railway environment for achieve the goal of localization and intelligence of the overall railway system.

Therefore, this project will focus on cloud technology to develop as standards framework, incorporates such as edge computing, artificial intelligence and 5G communication, for achieve the purpose of improving the functions and services of the railway system.

3

專題報導

壹、前言

由於近年來資通訊技術的快速發展，新一代行動通訊技術、雲端和邊緣運算能力的提升以及物聯網科技的普及，其資料蒐集的速度與數量日益增加，促使機器學習和深度學習等人工智慧(Artificial Intelligence, AI)技術開始運用於各行各業中，而鐵道運輸系統即是其中一個重要實現領域。

鐵道運輸的發展經由傳統機械人力控制，逐步發展至現在的電氣化與數位、電腦自動控制，並朝智慧鐵道運輸目標前進。隨著資通訊技術(Information and Communications Technology, ICT)的發展，鐵道營運機構也運用越來越多的資通訊技術來提升鐵道系統的安全性、可靠性以及創新服務。近年來人工智慧等資通訊技術蓬勃發展，許多產業領域亦逐漸導入人工智慧，並結合領域知識與資通訊技術，將人工智慧融入各種應用服務系統，提升營運競爭力。

智慧鐵道即是透過導入資通訊技術，如人工智慧、物聯網、大數據、雲端運算以及行動

網路通訊等，結合鐵道領域知識，利用ICT技術融合操作科技(Operation Technology, OT)，針對鐵道環境進行大數據蒐集、分析模型建立與未來趨勢預測，納入智慧運輸系統(Intelligent Transport System, ITS)，提供鐵道環境安全監控、預警維修、列車巡檢與旅運資訊服務等應用服務，藉以提升鐵道行車安全與營運效能，完善旅運服務品質，並透過智慧化資通訊技術的導入，提升鐵道營運品質、滿足鐵道服務核心價值，智慧鐵道組成如圖1所示。

然推動智慧鐵道除面臨複雜之系統整合課題，新資通訊技術亦不斷進步，因此如何借鏡國外案例，推動國內鐵道營運機構之智慧化發展。交通部鐵道局推動「建立5G智慧鐵道運輸及監理環境計畫」，規劃以5G技術建立發展鐵道運輸安全、即時預警及決策支援環境的鐵道雲平台，以及研擬智慧鐵道系統之雲、網、端標準架構，並以桃園市政府桃園大眾捷運公司桃園機場捷運作為成果驗證的試驗場域。底下將先概述國內外智慧鐵道發展案例，再說明智慧鐵道相關標準推動之要點。



圖1 智慧鐵道的組成與核心價值

貳、智慧鐵道與標準架構發展現況

目前國內鐵道機電、資訊系統多為國外廠商建置，相關系統之資訊傳遞、控制因採封閉式架構，其智慧化應用難以發展，但透過國內鐵道產業及專家的努力，以各式資訊技術突破此限制，現已取得初步成果，本文參閱智慧鐵道發展架構及策略研訂成果報告[1]及國際鐵道運輸發展議題與政策之探討—以數位轉型發展為例[2]，彙整部分重要案例如下：

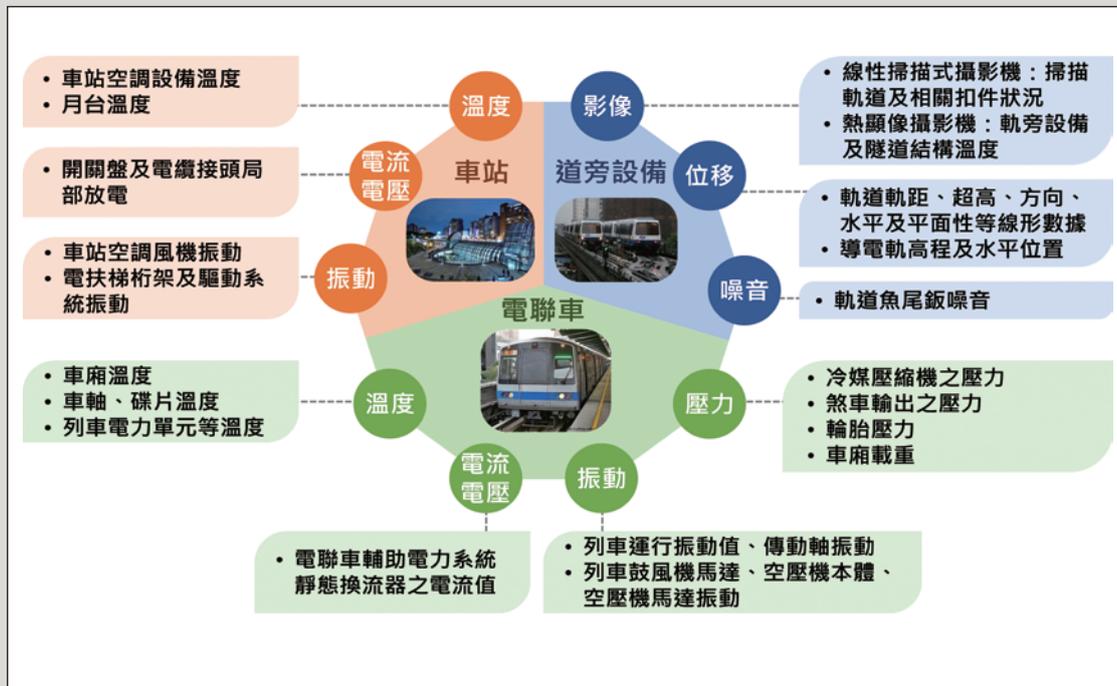
一、臺北大眾捷運股份有限公司

臺北捷運為高度自動化之軌道系統，目前智慧鐵道發展策略為持續透過以建置各種感

臺北捷運物聯網IoT項目，主要配合維修需求，以物理特性資料蒐集，包括溫度、電流電壓、振動、影像、位移等，可以做為未來將維修方式由“Time Base”（定期維修）轉而為“Condition Base”（狀態維修）的維修型態，整體規劃架構如圖2所示。其搭配智慧維修資訊管理平台，於軌旁及車輛分別建置偵測系統，並經列車監控資訊系統(Train Supervision Information System, TSIS)伺服器收集相關資訊，傳回行控中心及調度室，提供即時告警及進行大數據分析。

二、桃園大眾捷運股份有限公司

桃捷於智慧物聯網設備應用方面，導入薄型溫度感測器偵測車廂溫度，並以車廂內的閉

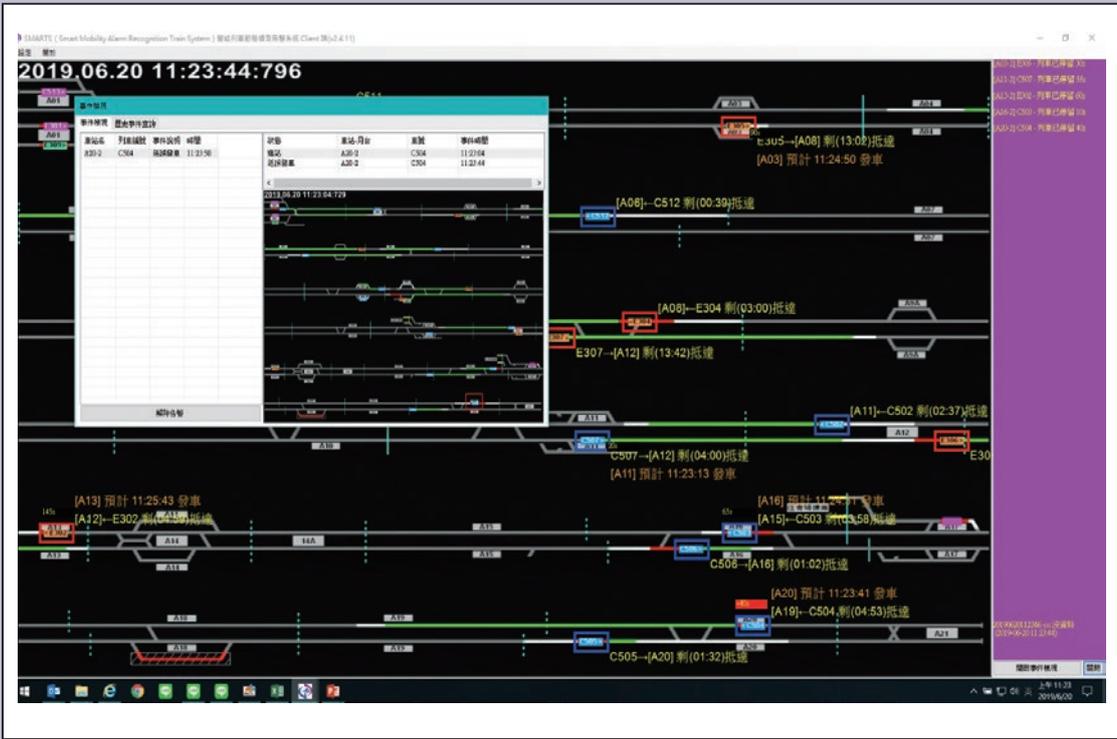


(資料來源：智慧鐵道發展架構及策略研訂成果報告)

圖2 臺北捷運物聯網(IoT)項目

應器蒐集列車、基礎設施與車站之即時狀態，將資料回送至行控中心、維修站、機廠、後勤等單位進行監控外，同時也一併進行大數據分析，建構各項智慧應用。

路電視系統(Closed-Circuit Television, CCTV)攝影機監控車廂擁擠度、利用分析加速感測器資料提升乘客舒適度，如自動調整空調運作、研判車廂環境是否異常等。此外，桃園捷運亦發展「列車佔據偵測輔助系統」(Train Occupancy



(資料來源：智慧鐵道發展架構及策略研訂成果報告)

圖3 桃園捷運列車佔據輔助系統介面示意圖

Detection System, TODS)，其主要是透過「影像辨識技術」，擷取列車即時資訊及回播運行狀態畫面如圖3所示，其顯示列車車次資料、列車軌道電路等相關資訊，同時可協助事故調查，以提高列車即時資訊精準度並導入電腦輔助決策系統。

三、東日本鐵道公司

東日本鐵道公司為因應外部社會環境對鐵路運輸事業之衝擊，並順應物聯網、大數據及人工智慧等技術快速發展，提出以服務、安全、維修、列車營運及環境為發展方向的智慧列車願景架構如圖4所示。

在服務方面，推動新世代的訂票系統或非接觸式、無閘門之驗票環境，整合其他運具之即時資訊，為旅客提供個別化資訊需求服務。

JR東日本擷取車輛空氣彈簧承重數，用以發布各列車即時乘載人數與空調溫度資訊，製作App供民眾使用。在客服方面，導入「IBM Watson」商業智慧系統，透過人工智慧辨識問題並即時顯示相關資料給櫃檯人員，可縮短櫃檯人員與旅客的時間，同時提高回覆品質。

在安全方面，於攝影機中加設人工智慧辨識技術，以判斷是否有旅客跌倒、侵入軌道或危險暴力行為，當應用於平交道時，可辨識出當有旅客或障礙物在鐵道時，即時通知控制中心與站務人員，進而降低意外與自殺發生。

在維修方面，JR東日本次世代列車控制系統(Integrated Train Communication Networks for Evolvable Railway Operation System, INTEROS)包含列車控制系統、設備監測系統、列車資訊系統、列車內乙太網路骨幹系統、列車外WiMAX



(資料來源：國際鐵道運輸發展議題與政策之探討—以數位轉型發展為例)

圖4 東日本中長期技術創新願景圖

通信系統。該系統可檢測車輛設備即時狀態，協助調整運轉、系統控制與故障診斷等，並將感測器所蒐集之車輛與設備數據，傳輸到調度中心或維修基地，進行大數據分析，求得最佳時間點進行維修，供維修決策支援使用，以提高維修作業之效率性。

在列車運行方面，發展無人駕駛之自動列車操作系統(Automatic Train Operation, ATO)，已進展到GoA 2半自動運轉等級，於非緊急狀況下皆為自動操作，司機員僅負責操作車門開關。

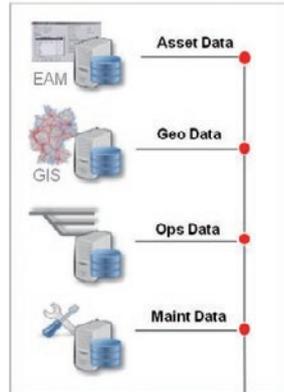
在環境方面，從發電、輸電、配電到利用綜合能源網路，藉由這些技術與可再生能源，結合節能和儲能，開發氫燃料電池之車輛。期望未來能減少25%之鐵路能耗以及40%的二氧化碳排放量。

四、德國鐵路股份公司

德國鐵路股份公司(Deutsche Bahn AG，簡稱DB或德鐵) [3] 旗下的智慧鐵道計畫，近年來融合大量資通訊技術應用，期透過該計畫讓客貨運輸和經營管理較過去更具效率。根據德鐵內部評估研析成果，未來之公共和私有運具間的隔閡差異會因科技持續導入而縮小，因此運輸的關鍵議題：如何以更安全、穩定、可靠及永續的方式來完成旅客和貨物運送服務，此亦是決定未來交通產業是否能夠成功的重要課題。而其中較具代表性的鐵道設施診斷與分析平台DIANA(取自Diagnosis and Analysis之縮寫)是用於鐵路狀況監測以及車輛和基礎設施資產的預測性維護數位工具。德鐵用DIANA來進行監控、分析和維護資產，可於維修前提供參考資訊以減少檢查時間。以轉轍器監測為例，其監測項目包括有：電流、震動、濕度、溫度…

Digital Solutions – DIANA

Secondary Assets



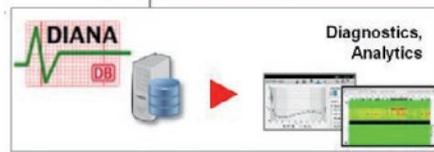
Third-Party Data



Primary Assets



Remote Monitoring, Data communication



Challenges



(資料來源：智慧鐵道發展架構及策略研訂成果報告)

圖5 德鐵-DIANA鐵道設施診斷示意圖

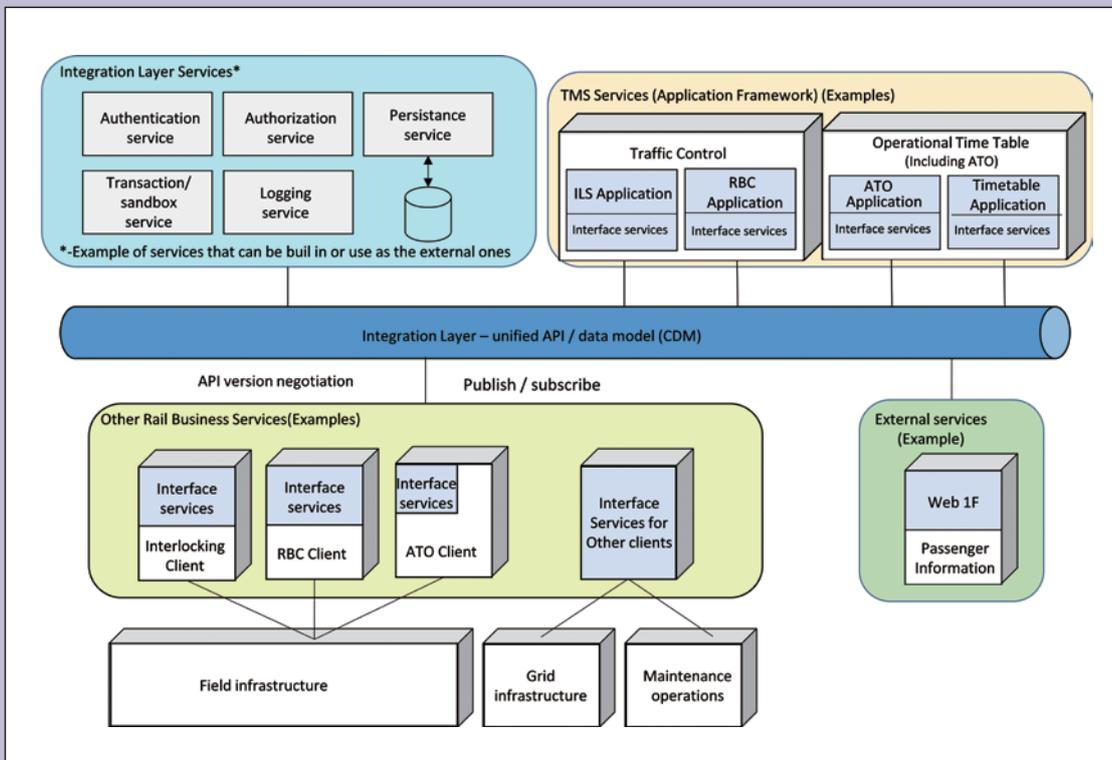
等，並依照正常、可能發生故障及已故障三種狀態回傳至行控中心，透過資料融合(Data Fusion)的方式進行後端資料判讀處理，以執行預測性維護工作，DIANA系統架構詳圖5所示。

五、歐盟創新智慧鐵道研究

創新智慧鐵道研究(Innovative Intelligent Rail, In2Rail)為歐盟於2015啟動之專案[4]，旨在提高歐洲鐵路的運輸能力與可靠性和降低生命週期成本，並奠定具彈性、經濟效益、提高容量和數位化鐵路的基礎。

In2Rail將專案再細分為「智慧基礎設施」、「智慧交通管理(I2M)」、「電源和能源管理系統」三項子專案以及13個工作包(Work Package, WP)建立起整體專案架構，其中WP8訂定智慧交通管理的整合層(IL)，調度外部系統

的標準介面及調度應用程式的隨插即用框架，該研究結論建議創新智慧鐵路以數據中心(Data Centric)中介軟體架構作為整合層的骨幹，也就是資料分散式服務(Data Distribution Service, DDS)架構。基本思維從企業服務匯流(ESB)模型啟發，實現通過發布/訂閱信息交換模式提供了整合組件之間的耦合。與整合層的所有通信都是通過統一的API進行，並使用標準資料模型(Canonical Data Model, CDM)。對於不支持此標準化CDM的系統，組件需要介面服務(Interface services)來提供功能和資料對照以進行正確的通信，整體架構如圖6所示。



(資料來源：In2Rail-Description of Integration Layer and Constituents)

圖6 歐盟創新智慧鐵道(In2Rail)整合層架構

參、智慧鐵道面臨課題與解決方向

為提昇製造業電腦化、數位化及智慧化，工業自動化已朝向4.0階段，並使各產業積極思考如何數位轉型以強化自身競爭力，在鐵路方面，相較於其他交通運輸產業，與水運、空運同樣具有運具高度自動化控制之特性，但其運行路線則完全受限於軌道範圍，不若水運、空運具較大運行彈性；而同屬於陸運的公路運輸，其運行範圍雖限制於道路路面，但與鐵路路權特性截然不同，且其運具控制自動化技術尚在發展階段，發展重點著重於運具間通訊、運具與路側通訊、運具對環境反應行為，故鐵路運輸的數位轉型勢必與水運、空運、公路運輸有著不同的發展方向。

因應鐵路系統特性，在有大量人力需求、重複性高、具標準流程的維護保養、異常處理

與經營管理作業，應為數位轉型之重點，其可透過跨系統領域之智慧化整合及建置AI數據庫，來達成預防性保養、預警處理與提昇營運效率等數位轉型目標，已是各先進國家鐵路系統積極推動之新方向。

參考國外發展智慧鐵道經驗，除需仰賴資通訊軟硬體之建置，更重要的是資通訊技術導入營運作業的流程，目前國內鐵道系統仍有相當程度採人力執行巡查、確認告警、安全檢查等作業，整體鐵道維護管理數位化程度尚待持續強化。

又由於鐵道建設投資大、期程長，各式核心系統機電多由個別廠商建置，僅考量其自身系統之垂直整合需求，未具備跨路線、跨系統之橫向整合介面，因此，國內在推動智慧鐵道轉型發展將面臨的課題有以下二點：

一、鐵道系統平台無共通資訊標準

傳統鐵道各式系統因維管單位或建置期程不一，各式資訊化系統經常獨立建置，未具共同之平台及標準資訊介面，難以進行跨機構、跨系統之整合應用，且造成同一系統資料重複收集，對於長期擴充發展、產業技術升級等皆受到相當大之限制，其所受困境課題如圖7所示。

可為解決此一困境之方向，惟標準的制定與推動涉及鐵道監理機關、鐵道營運機構、相關設備系統廠商與投資者，如何取得各利害關係人的共識，為推動標準首需面對的關鍵課題。

為未來可順利引導鐵道營運機構遵循技術規範之資訊標準，應於標準發展階段透過補助機制槓桿原理，引領鐵道營運機構建置鐵道試驗場域之雲、網、端及安全管理系統設備。相

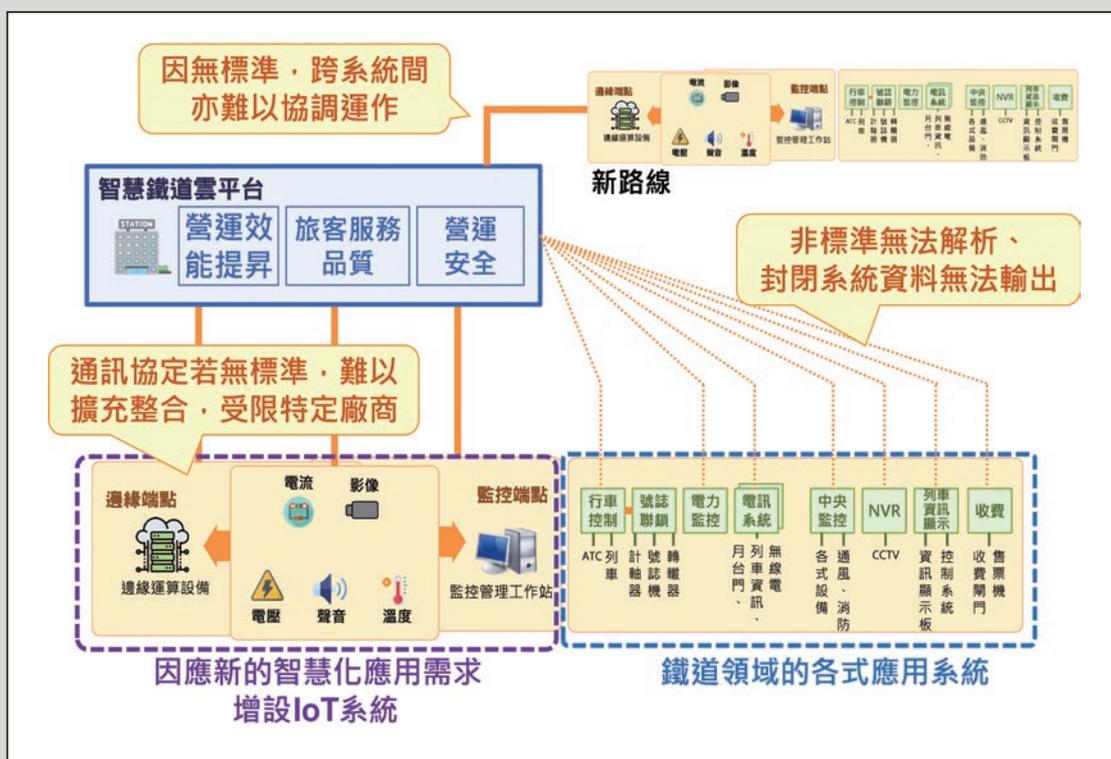


圖7 智慧鐵道系統整合課題

然而各鐵道營運機構既有系統特性雖有不同，但基礎技術、工具、方法具有相當程度可相互應用性，故為確保長期技術發展，並解決各系統獨立建置不易整合之困境，應設法有效整合及提昇國內產業技術研發之方向。

二、發展新資訊標準卻無合適試驗場域

目前各項智慧鐵道發展課題之問題多來自於無可依循之資訊標準，故發布鐵道資訊標準

關補助計畫應與技術規範研訂及整合各鐵道營運機構資訊之鐵道雲平台建置期程相互配合，並建立專案管理審核控管補助應用情形，確保試驗場域可驗證標準規範之可行性。本計畫與試驗場域間配合關係詳圖8所示。

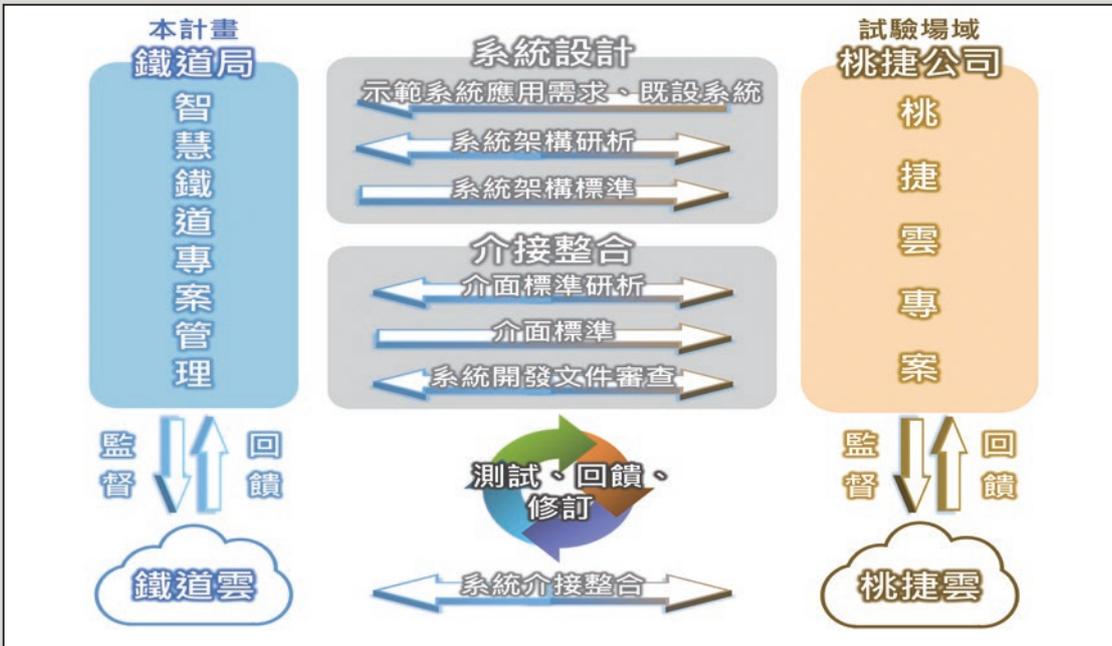


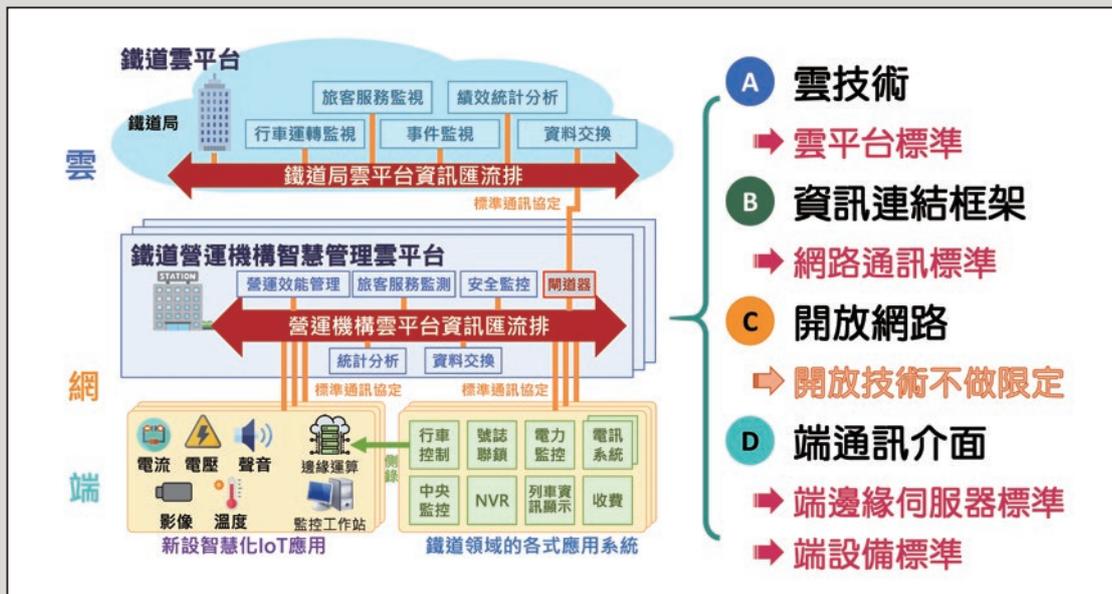
圖8 本計畫與試驗場域配合關係圖

肆、智慧鐵道標準架構概述

依前述課題之解決方向，滿足智慧鐵道系統未來不受限特定廠商功能技術，確保系統垂直水平擴充之長期持續發展，鐵道局推動之標準技術規範以採開放性、通用性之產業標準或

國際標準訂定，依據本計畫期中成果[5]，訂定內容範圍包含雲平台規範、通訊協定標準、端通訊介面標準如圖9所示。

此規範將參照國際標準、產業標準與未來科技發展主流趨勢，考量新設與既設鐵路系



(資料來源：智慧鐵道物聯網(IoT)系統及端網雲設備通訊介面(含5G)技術規範TR技術報告)

圖9 智慧鐵道技術規範及標準種類

統整合，以易遵循並可長期發展為主要精神制訂，其主要重點如下：

一、雲平台規範

傳統應用服務以虛擬機器與實體主機為架構進行運作，且有部分之應用軟體服務對虛擬機器使用的依賴程度高，易造成數據資料、軟體資源、硬體資源不能共享、資安難以管理的困境。而新雲端技術則以「雲原生」的核心概念進行發展，並以容器化微服務作為運行核心，以達成資源共享、減少各項資源浪費。

為符合實務上應用之情形，以及主流雲端技術發展之方向，本計畫訂定雲平台架構應採融合虛擬機器與容器，以軟體定義資料中心(Software-Defined Data Center, SDDC)架構提供系統管理者可動態配置運算、儲存與網路資源，並搭配備援技術以達成高可用性系統，以建立整體雲平台基礎設施即服務(Infrastructure as a Service, IaaS)，同時針對雲平台管理、應用部署等，以平台即服務(Platform as a Service, PaaS)

架構於基礎設施上，並加強整體運作時的資訊安全，而應用軟體建議以軟體即服務(Software as a Service, SaaS)建構，惟應用內容及軟體規格則由鐵道機構自行發展，規範上不做限制，整體規範架構如圖10所示。

二、開放網路系統介面與通訊協定標準

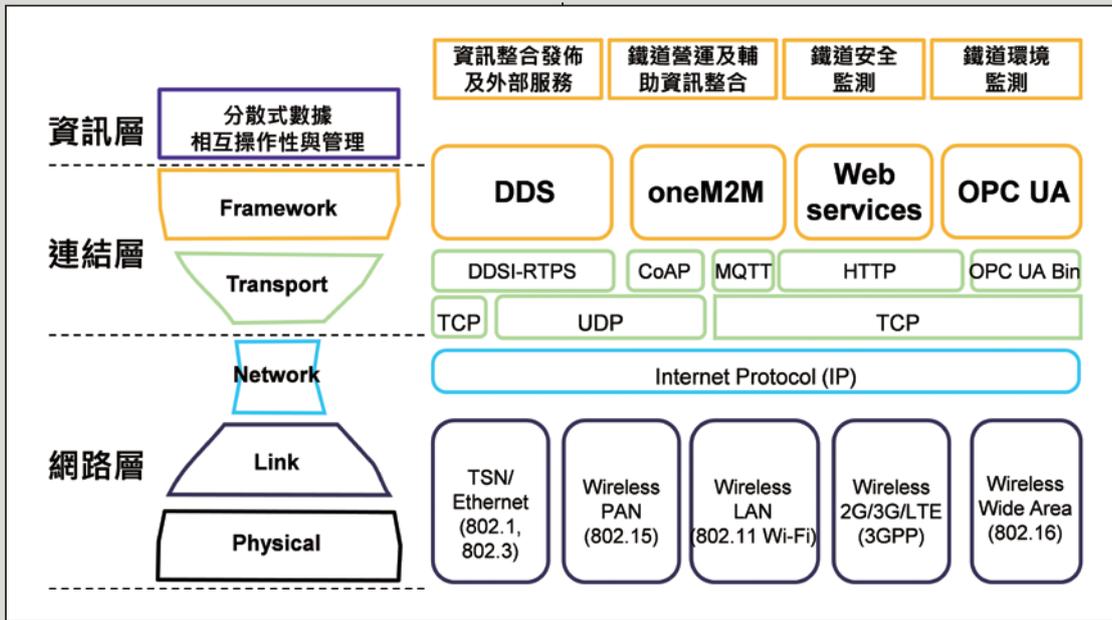
為利於系統擴充、發展，不受限跨系統廠商整合限制，應於雲平台納入資訊匯流排功能，並因應物聯網快速發展，本計畫將採開放技術提供智慧鐵道資料交換之通訊協定。依據工業物聯網聯盟(Industrial Internet Consortium, IIC)[6]建議，將資訊交換劃分為資訊層、連結層及網路層，而資訊匯流排技術則建立於資訊連結層之不同框架技術。

資訊連結於不同應用場域推出各項軟體間之資訊連結(交換)等標準，目前市場上主流之框架技術如圖11所示，相關特性比較如表1，而本規範採用IIC建議標準以DDS、oneM2M、Web services、OPC-UA建立資料匯流排。



(資料來源：智慧鐵道物聯網(IoT)系統及端網雲設備通訊介面(含5G)技術規範TR技術報告)

圖10 雲平台標準規範架構圖



(資料來源：Industrial Internet Consortium)

圖 11 工業物聯網(IIoT)資訊連結框架應用標準示意圖

表 1 工業物聯網資訊連結框架技術比較表

	核心標準規範	DDS	Web Service	OPC UA	One M2M
1	提供語義互操作性	○		○	○
2	具獨立且國際治理的開放標準	○	○	○	○
3	橫向且中性的適用各式產業	○	○	○	○
4	穩定且可部署於多重垂直產業	各式軟體整合與自主性環境	○	製造業	智慧城市試驗場域
5	具備標準定義的核心閘道器可連接其他標準	Web Services, OPC UA, oneM2M	DDS, OPC UA, oneM2M	Web Services, DDS, oneM2M	Web Services, OPC UA, DDS
6	具備連結框架功能	○	X	已在發展中	○
7	具備非功能性需求，如效能、可擴展性、可靠性和使用彈性	○	X	已在發展中	N/A
8	具備安全性要求	○	○	○	○
9	組件無須依賴特定供應商	○	○	○	○
10	已具有商用及開源的SDK	○	○	○	○

(資料來源：Industrial Internet Consortium)

三、端通訊介面

此部分規範分為端邊緣伺服器及端設備兩部分。邊緣伺服器為分散雲平台壓力、加速現場反應的一種新型態系統架構方式，其負擔雲端中心(北側)與終端設備(南側)溝通之橋梁且數量繁多，因此，必須以具備相容異質系統

的框架進行設計，並可透過雲平台進行統一管理，本規範參照開放式工業物聯網邊緣運算框架EdgeX Foundry，以開放性、擴展性、維護性與跨平台介接需求訂定，故依循本框架可建構出一套富有彈性、不受特定技術限制的靈活系統，其架構如圖12所示。

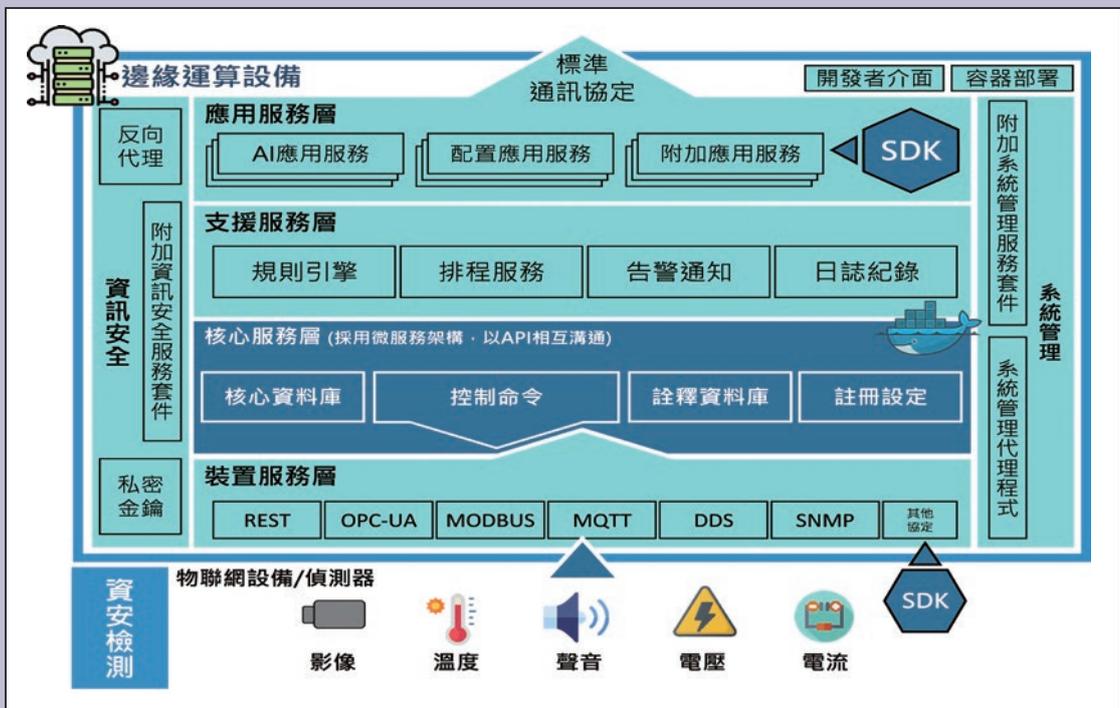


圖12 邊緣運算設備標準系統組成架構圖

端設備的應用需求相當多元，這些物聯網設備應用於鐵道物聯網，最主要應具有連續偵測與監控、即時通訊或精準定位等功能，以確保行車安全，而本規範內容將著重於核心標準資料匯流排架構規範、設備直接聯網規範與資安規範。

五、標準資料交換格式

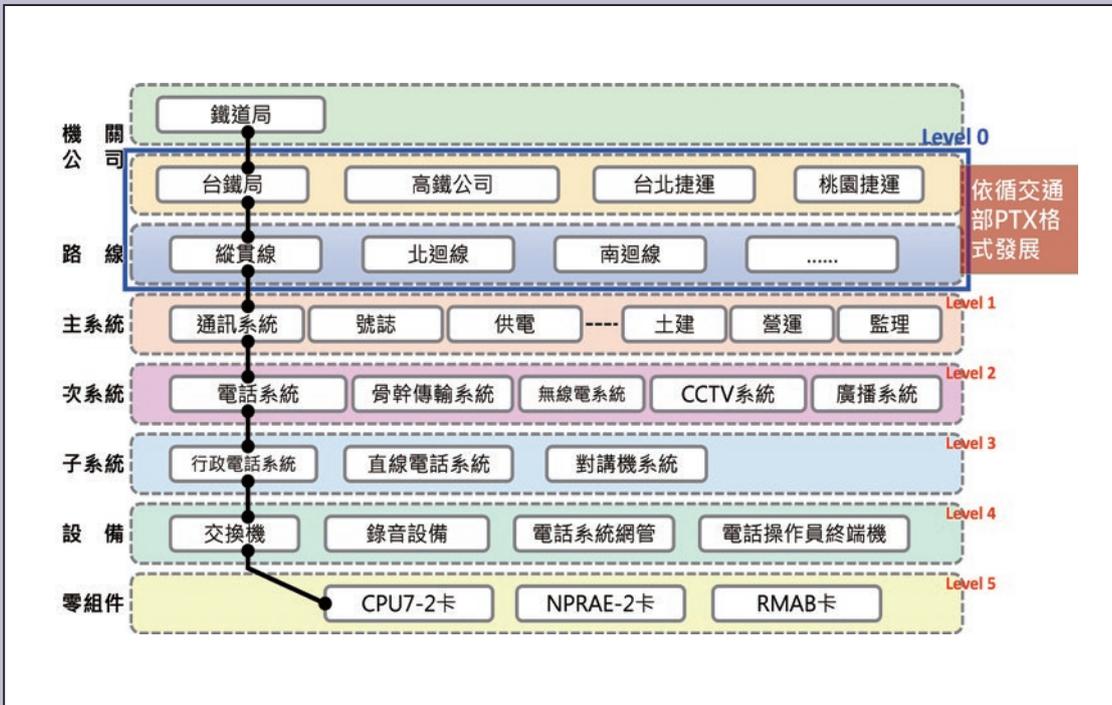
為使整體智慧鐵道雲、網、端間系統設備於水平與垂直溝通具備統一標準，以利系統建置、擴充與跨系統整合應用有所依循，參考歐盟In2Rail之建議作法，本計畫採用CDM之樹狀結構資料，並以交通部發展之「公共運輸整合資訊流通服務平臺」(Public Transport Data eXchange, PTX)及頒布之公共運輸旅運資料標準為上層基礎，再參照RailML資料編碼規則發展其底層鐵道系統及元件之交換內容。例如針對不同之感測或控制訊號類型，分別訂定出標準之物件資料格式，如此一來，各設備產出或接

收資料可跨系統溝通，同型設備亦可應用於不同鐵道營運機構，有助於設備規模量產；並且統一資料格式內容亦有助於資料收集應用，為發展大數據分析與AI之基礎，其智慧鐵道標準資料模型架構如圖13所示。

結語

智慧鐵道基於既有的各式鐵道數位化系統，導入資通訊技術來改善原有的鐵道營運與維護工作，再形成具預測性、效率、安全的營運管理，而發展智慧鐵道所產生的大量現場資料，需經由邊緣設備、5G通訊等方式，集中於各營運機構雲平台，透過自動化、智慧化的大數據處理流程，轉化為有助於改善營運作業之輔助資訊或形成智慧決策系統。

要完整地推動智慧軌道發展，除標準規



(資料來源：智慧鐵道物聯網(IoT)系統及端網雲設備通訊介面(含5G)技術規範TR技術報告)

圖13 智慧鐵道標準資料模型架構示意圖

範、硬體設備與應用軟體外，更重要的是鐵道營運機構、鐵道監理機構要改變原有以大量人力、人工作業之工作流程，以系統性、標準、數位化的方式處理日常業務。對於新系統、既有系統更新，應有系統整合之觀念，避免各系統獨立運行，相關資訊因無法交換而難以達成協同運作等更具效益的系統應用方式。

為確保標準規範具體可行，特經由示範場域予以驗證、回饋，將辦理中發現之各項困難據以修訂規範，再頒布供營運機構參考，建立鐵道雲平台，以標準介面整合既設系統，新擬建置應遵循標準，達成可長期持續演進發展之目標。

參考文獻

1. 交通部鐵道局，智慧鐵道發展架構及策略研訂成果報告，民國109年。

2. 交通部運輸研究所，國際鐵道運輸發展議題與政策之探討—以數位轉型發展為例，民國109年。

3. DIANA Plattform, <https://infraview.net/en/platform>, 2022/01.

4. In2Rail Consortium, “D08.3 - Description of Integration Layer and Constituents”, 2018.

5. 台灣世曦工程顧問股份有限公司，智慧鐵道物聯網(IoT)系統及端網雲設備通訊介面(含5G)技術規範TR技術報告(期中定稿版)，民國110年。

6. Industrial Internet Consortium, “The Industrial Internet of Things Volume G5: Connectivity Framework”, V1.01, 2018.

智慧鐵道 國產化推動

關鍵詞(Key Words)：軟體定義資料中心(Software Define Data Center, SDDC)、可編程邏輯控制器(PLC)、物聯網(Internet of Things)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機部／資深協理／林啟豐 (Lin, Chi-Li) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機部／正工程師／王翔正 (Wang, Shiang-Jeng) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機部／計畫副理／蔡文遠 (Tsai, Wen-Yuan) ❸

台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機部／經理／高華聰 (Gau, Hua-Tsong) ❹

台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機部／經理／林柏鋒 (Lin, Bor-Pheng) ❺



MIT

摘要

國內鐵路營運單位營運多年後，已累積豐富營運、維修保養經驗，為了掌握核心技術，對於軌道機電系統設備更新，已逐步提升國產化及技術自主。配合政策推動及產業發展趨勢，交通部鐵道局推動鐵道技術研究及驗證中心設立，藉由對於可靠度、穩定度及安全性之檢測及驗證作業，落實軌道運輸系統產業技術生根、零件在地化的目標，並推動「建立5G智慧鐵道運輸及監理環境計畫」，期頒布智慧鐵道標準規範，引領鐵道營運業者推動智慧化與數位轉型應用服務，吸引國內資通訊及物聯網產業技術投入，推動智慧鐵道國產化。



The Promotion of Smart Railways Localization

Abstract

After years of operation, domestic railway operating operators have accumulated rich experience in operation and maintenance. In order to own the core technology, they have gradually improved localization and technological independence for the renewal of track electromechanical system equipment. For policy promotion and industrial development trends, the Railway Bureau, MOTC Railway establishes Technical Research & Verification Center, through the testing and verification operations for reliability, stability and safety to implement the industrial technology of the rail transportation system and the localization of parts. The Railway Bureau also promotes the "Plan for the Establishment of a 5G Smart Railway Transportation and Supervision Environment", and plans to promulgate standards and specifications for smart railways through domestic information and communication ICT and IoT industries, it will assist in the promotion of smart railways localization.

3

專題報導

壹、前言

因應產業發展的需要，資通訊技術演變永無止境，產業界也運用資通訊技術促進產業升級。我國資通訊產業在世界佔有舉足輕重的地位，資通訊應用技術也具有國際競爭優勢，雖然國內軌道機電系統也朝向數位化、智慧化發展，惟軌道各系統之間資訊未能充分整合應用，且國內軌道核心機電系統多由國外原廠掌控，或未具開放性，導致介接整合困難或修改經費難以掌控，對於長期推動智慧化並不容易。前瞻基礎建設於鐵道建設投入大量經費，為使未來系統維運可以有效掌控，交通部鐵道局、營運機構及相關業者積極推動鐵道核心系統機電國產化，期能改善長期受制國外廠商致經費不易控制之情境。

基於核心系統機電國產化經驗，鐵道局於推動智慧鐵道時，亦積極思考如何建立標準，並期吸引國內廠商投入，建立更完整之本土鐵道產業。

本文將先概述國內鐵道核心系統本土化發展現況，及說明鐵道局推動標準化之方向，最後分析國內資通產業如何投入智慧鐵道，期能作為智慧鐵道國產化共同攜手合作及邁進之參考。

貳、鐵道核心系統機電國產化推動現況

一、鐵道技術研究及驗證中心之檢測認證

軌道系統機電產業是由機械、電機、號誌、通信與資訊工業等高度整合性工業，且軌道運輸系統作為大眾運輸系統之重要載具，對各系統及子系統的品質可靠性、穩定性要求，尤其是安全等級之要求，亦被視為領導工業發展指標之一。國內現有的軌道系統機電工業皆附屬於機械

與汽車產業，且生產較低層次與低附加價值之產品，高技術之關鍵產品需仰賴國外進口。國內雖具有部分元件、零組件之製造及設計能力，惟對於可靠度、穩定度及安全性之驗證及確認作業，常無法達成其耐久性條件。

為此，交通部鐵道局(以下簡稱鐵道局)推動鐵道技術研究及驗證中心，藉由對於可靠度、穩定度及安全性之檢測及驗證作業，落實軌道運輸系統產業技術生根、零件在地化的目標。因此，鐵道技術研究及驗證中心的發展，以國產化優先項目調查結果為基礎，盤點軌道產業與廠商現況，研擬建置檢測驗證之項目，逐步篩選出較適合我國軌道運輸系統發展之優先制定標準清單。鐵道技術及驗證中心之檢測、研發儀器設備建立以國內/外產品市場、國內軌道技術發展與國內研發環境建置三個發展需求為首要，輔以(1)媒合產業發展需求、(2)不重複投資、(3)納入國外軌研機構發展經驗、(4)專業人才培育為原則、(5)國內學術/產業研究發展需求五個面向綜整規劃；初期以建立國產化關鍵發展之集電弓、車門、轉向架、轉轍器、自動列車防撞系統等五項目與優先發展項目之超級電容、儲能電力管理系統、軌道複合基鈹、牽引系統、軌道號誌系統等共十項優先發展項目，建立軌道產業特有檢測與研發需求之儀器設備能量，引領國內軌道產品之在地化發展。

二、平交道設施

交通部臺灣鐵路管理局(以下簡稱臺鐵局)辦理「平交道防護設備更新工程」，不僅導入智慧化提升外，並配合提升國產化及技術自主，強化國內廠商參與建設，於設計、招標過程皆將智慧化列為重要參考，其中「遮斷機設備更新」於110年03月由國內廠商得標，配合臺鐵需求進行客製化之原型機研發，伺服馬達搭配智慧化需求，減少設備故障問題，提升平交道設備之安全性及可靠度；另支線平交道電子式控

制邏輯系統工程更新，預定於111年辦理招標，採符合SIL-4安全等級認證之可編程邏輯控制器(PLC)，期能吸引國內系統整合商共同參與建設。該計畫亦利用計軸器建立軌道區間，解決原軌道電路接觸不良問題，降低軌道接觸面、道床漏電、軌道短路等問題，大幅提高支線平交道之安全性與可靠度。

三、臺鐵列車自動保護系統(ATP)

國內各類型軌道交通系統無統籌規劃，各軌道列車機電系統全由不同系統廠商承包，系統形式多元，已造成軌道運行控制系統、車廂車體維護及營運後保修困難。以臺鐵發展為例，其系統機電發展困境之原因分析包括：(1)系統形式多元、規格不一、互不相容、(2)廠商實績與資格限制、(3)設計開發技術與驗證檢測能力不足(4)國內廠商參標與現階段採購制度面問題。為能朝向國車國造及核心機電國產化及增加穩定性之目標邁進，藉由維修備品國產化逐步推進，亦為重點工作之一。由臺鐵與高雄科大合作，針對具有國際標準之ATP系統零組件建立國產化生產能力，包括：

(一) 建立ATP 所有系統及周邊(低壓燈泡偵測板、高壓燈泡偵測板、balise驅動板、電源

板…)等電路基板與周邊電路自主技術，擬定維修及相容替代板件研發之規劃，最終達成整體系統國產化自製為目標。

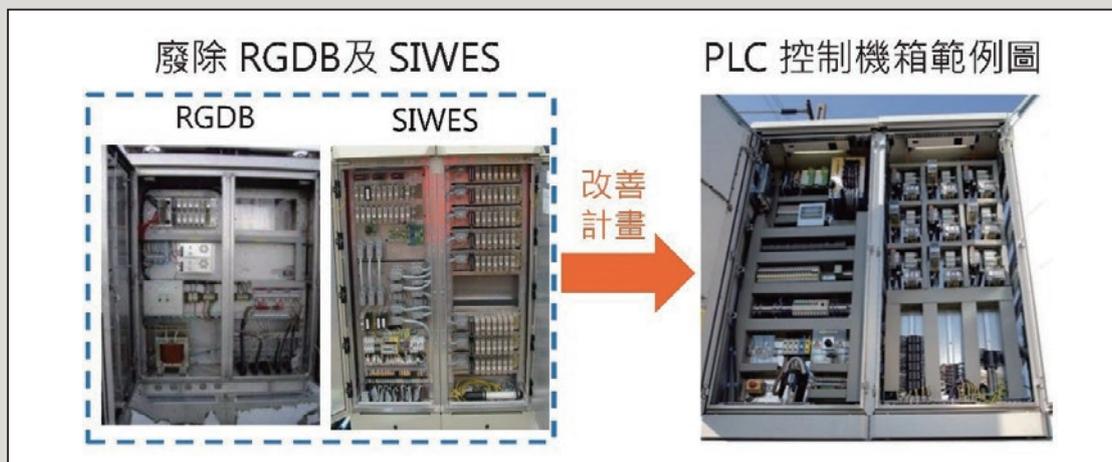
(二) ATP電源卡板研發，改善原廠卡版易受干擾影響穩定性之缺陷，新設計採完全磁隔離，阻斷干擾並提升穩定性。

四、高鐵

台灣高鐵公司營運多年後，藉由營運、維修保養經驗累積，逐步掌握核心系統機電技術，開始研析國產化能量，包括列車資訊顯示、道旁設備監控、駕駛模擬機等。亦因應系統維修管理精進，啟動設施國產化及智慧化，以下為道岔控制之案例，高鐵道岔智慧控制器智慧化，詳圖1所示。

(一) 道岔控制：利用PLC技術來重新設計道岔轉轍器控制及定位系統，提高系統可靠性，減少道岔故障，故障發生也可以縮短維修人員搶修時間。

(二) 道岔監測系統：增設開/關/力量/電流/溫度等感測器，收集道岔動作相關數值，供分析預測道岔可能故障，而預先進行休養。



資料來源：研討會「5G在智慧軌道之創新應用-以台灣高速鐵路為例」(高鐵公司)[1]

圖1 高鐵道岔控制器智慧化示意圖

五、號誌聯鎖系統

號誌系統之設計與開發，涉及電子資訊系統及通信傳輸系統之軟、硬體技術，且包括電機、機械等不同領域專業技能之整合。軌道號誌系統工程皆由國外系統商主導，國內廠商僅能分包非核心工作，關鍵技術受制於原廠，故以功能規範辦理採購，導致各標案採用不同型式之號誌系統，其軟體、通訊介面互不相容。長久以來，號誌系統之維護、修改、擴充及更新受制於原廠，導致維護成本居高不下，推動國內號誌產業自主化，已然為政府推動軌道建設中之一項重要工作。

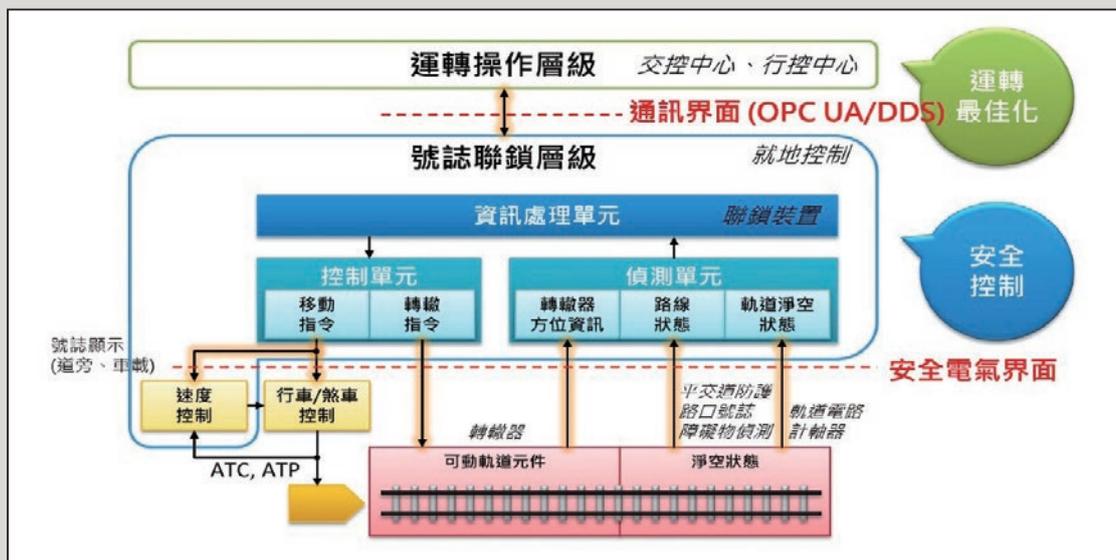
囿於安全性及專屬技術限制，國內廠商在個別專業領域之軟、硬體開發能力及技術，確實可自行建置，惟軌道系統無國內標準，喪失許多培育國內軌道工業廠商之商機。

考量系統開發若無標準，將衍生出各種相異架構、介面，鐵道局於109年開始推動建立技術規範「智慧鐵道系統架構與通訊技術規範」，依IEC 62541：OPC Unified Architecture系列標準，研訂軌道號誌系統之聯鎖裝置、轉

轍器、閉塞裝置、軌道旁號誌、計軸系統、中央行車控制等項介面，如圖2，經網路相互傳輸訊息之資料編碼(Data Encoding)格式。並公開徵求系統廠商依規範開發產品，期能完成號誌系統開發驗證後，於新路線以新標準規範辦理採購，確保國內廠商之競爭能力。

參、頒布智慧鐵道標準規範輔助國產化推動

目前各鐵道系統機電大多各自發展，缺乏系統間水平整合而成為封閉系統，難以產生整合應用與形成規模經濟效益致無法推動國產化發展；為解決我國智慧鐵道發展課題，鐵道局於「建立5G智慧鐵道運輸及監理環境計畫」(以下稱本計畫)將訂定基於5G通訊網路、物聯網、大數據、雲端運算、人工智慧等資通訊最新技術，搭配開放且具擴充性產業標準與國際通用標準，構建智慧鐵道所需「雲一網一端」之分層架構[3]，並進一步發展旅客服務資訊及相關創新應用，逐步實踐更為安全、舒適、便利的鐵道交通運輸品質與服務。透過成功案例的累積提昇國內鐵道產業技術能量，同步帶動資訊



資料來源：鐵道局「鐵道號誌系統國產化基礎架構、介面規範及RAMS初步分析研究」TR技術報告[2]

圖2 鐵道局軌道號誌系統標準架構示意圖

及通訊技術或資訊通訊科技智慧應用之相關產業技術輸出。

為符合智慧鐵道長期發展目標，本計畫所建構之雲、網、端各層平台應注意考量重點，為建構出易擴充維管、不受限特定廠商之系統架構，且有利於各營運機構共享資源，作為後續發展各平台之依據。為滿足上述各項需求，雲、網、端各層平台建構應予考量之重點如圖3所示，說明如下：

一、雲平台標準

應引入雲端技術，建構資源共享之平台，降低營運機構個別系統發展建置成本，透過共享運算、儲存、網路資源，形成軟體定義資料中心(Software Define Data Center, SDDC)架構，可彈性配置系統資源，並利於系統擴展，不受限特定廠商。而透過雲平台共享軟體工具與服務，可減少共用性功能重複投資，並整合系統或營運機構資料處理程序，消除資訊孤島之情形，形成標準作業流程，強化未來智慧鐵道應

用發展效率。

二、網路通訊標準

網路為智慧鐵道資訊傳遞交換之重要基礎，其應具備可靠性與通用性，以確保資訊傳遞效率，且不受限特定網路技術。而資料傳遞之安全性應考量由端至雲的全域完整安全防護，並引入零信任、資安韌性等最新觀念，以確保營運資訊之機密、完整與可用性。此外，於通訊協定部分將制定整合資訊連結框架標準與資料交換格式，透過標準建置資料匯流排、資訊平台整合標準資訊的訂閱與發佈，達成跨系統應用服務之發展。

三、端設備標準

因應物聯網、邊緣運算發展，為滿足現場設備大量即時運算需求，將依服務特性規範資料傳遞週期、標準內容，透過開放性的標準介面，使設備間通訊與資料交換不受限特定廠商，強化本土技術投入發展之意願。

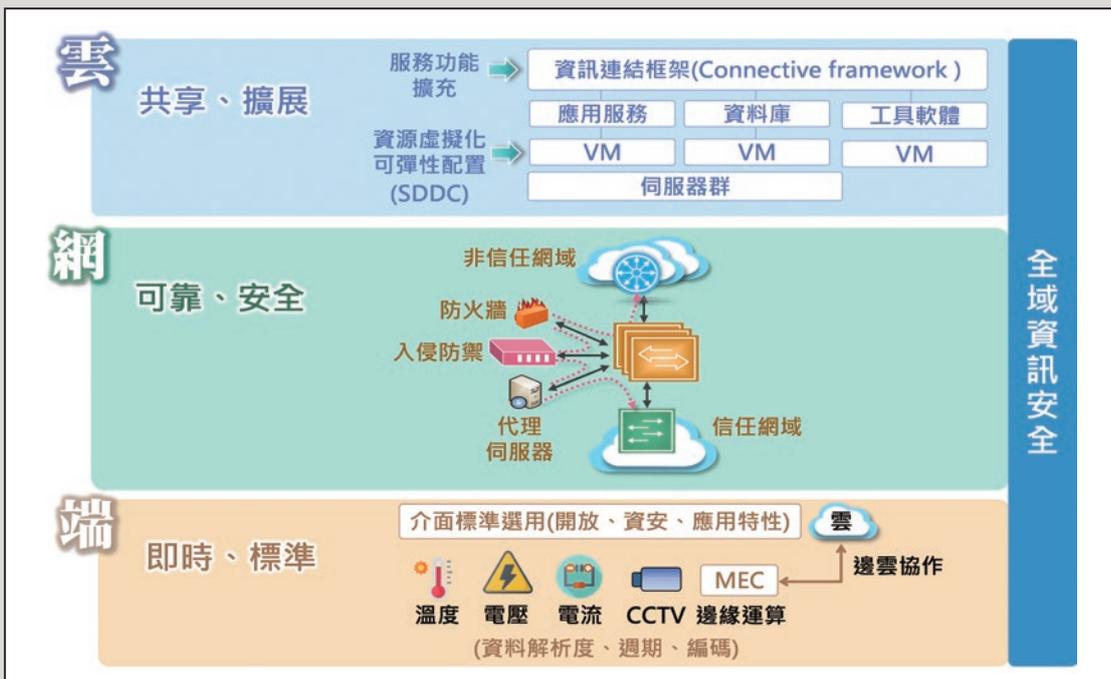


圖3 智慧鐵道架構及標準建構要點

肆、智慧鐵道國產化推動方向

一、產業發展

智慧鐵道建設必須仰賴跨領域技術的整合，主要仍是以ICT相關技術作為主軸，與工業4.0之核心技術相似，皆以物聯網、人工智慧、雲霧運算等結合應用，驅動作業模式之數位轉型。盤點相關技術，國內廠商對於國內物聯網、應用軟體開發、網路通訊/雲端平台開發、端感測設備等技術領域應用，如圖4，確實已具備能量。

參考各式核心系統機電推動國產化所面對之課題及推動作法，鐵道局已積極研訂標準，以確保廠商投入研發成本所開發之系統，可以複製到不同案場，增加收益。另為建構足夠市場規模，亦將頒佈智慧鐵道建置作業指引，供各鐵道營運機構可以有所依循，以引導鐵道營運機構建立各式新應用系統服務，納入整體運輸系統加值應用、介接整合各項鐵道系統，除提昇服務效益外，同時建立國內足夠之市場規模。

依第貳節所述軌道核心系統機電國產化，同樣以ICT技術為主軸，包括物聯網、資訊整合等技術，其核心技術可相互引用。故可將兩者結合，以智慧鐵道整合核心系統機電應用，吸引廠商同時投入，形成一項鐵道資通訊結合鐵道領域知識的智慧鐵道產業，創造更大規模市場。國內廠商所研發之技術，可同時應用於不同系統產品，將可有效降低成本、提高競爭力，且藉由跨系統整合，可整合各不同專業廠商之力量，提高海外競爭力，期能共同發展海外市場。

二、國內IoT技術

資通訊（ICT）技術興起帶動各產業領域智慧化應用，隨著物聯網（IoT）設備技術演進和資通訊硬體設備愈趨完備，相關訊息資訊的串接經由AI與IoT技術的加持而愈趨容易，讓物體之間的感知能力大幅提升，更是軌道智慧化與自動化發展的重要技術。

物聯網在發展上具有極高的價值創造的潛

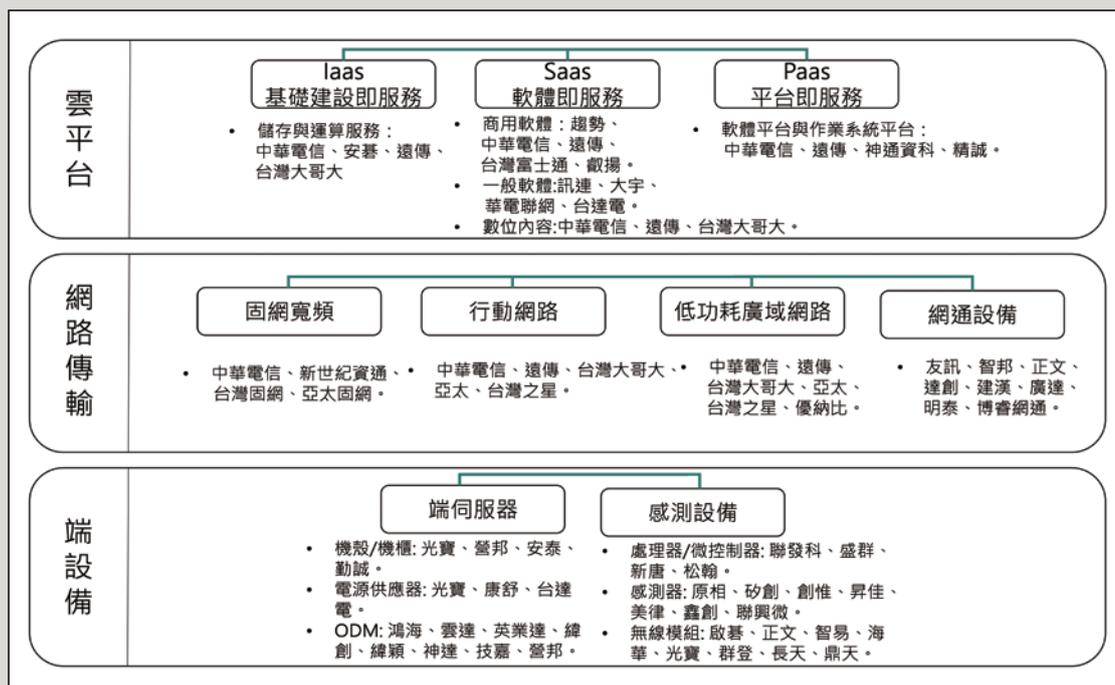


圖4 國內物聯網、網路通訊及雲平台之技術領域廠商示意圖

力，因此國內紛紛推動多項產業技術聯盟，目前國內有7大物聯網聯盟協會，包含台灣物聯網協會(Taiwan Internet of Things Alliance)、亞洲物聯網聯盟(Asia IoT Alliance)、亞太電信物聯網聯盟(IoT by GT Alliance)、台灣智慧城市產業聯盟(Taiwan Smart City Solution Alliance)、台灣雲端物聯網產業協會(Cloud Computing & IoT Association in Taiwan)、物聯網智慧感測產業聯盟(IoT Intelligent Sensing Industry Alliance)及台灣物聯網產業技術協會(Taiwan IoT Technology and Industry Association)等，以推廣智慧交通、智慧物流、智慧製造、智慧能效與環境監控、智慧商業、智慧家庭、智慧農業、智慧醫療及物聯網資安等9大物聯網應用領域，結合促進產官學交流及共同技術推廣開發物聯網產業，提高企業的應用與創新能力。

依上述產業之發展，相關業者已具備研發能量與技術，實待鐵道營運業者之需求擬訂與標準規範之研訂後，運用國內其他產業界之技術能量，結合鐵道系統領域知識與克服特殊鐵道應用環境條件，將可帶動智慧鐵道發展之經濟效益，更能引導國內產業投入鐵道建設，加速本土化發展應用。

三、吸引系統整合商

未來智慧鐵道之系統整合架構初擬如圖5，由於國內現行軌道之核心機電系統多由國外廠商施作建置，面臨各項系統升級或擴充，均受限於相容性問題而遭受箝制，因此須規範核心系統相關介面資料之標準化，可由不同核心系統以相同格式提供鐵道智慧化平台整合。另對於前端之IoT設備，因國內產業發展技術成熟，可經由制定標準化規範由國內IoT廠商提供。

智慧鐵道資訊平台須將各階層資訊進行整合，以達成智慧鐵道標準所訂「雲一網一端」之分層架構，故系統整合之技術發展是為推廣智慧鐵道國產化之重點。

為提升我國軌道技術、帶動國內軌道產業發展，於2019年由交通部主導成立的「R-TEAM鐵道科技產業聯盟」，帶領國內系統、設備廠商籌組團隊，整合各界意見與實務經驗，參與國內重大鐵道建設並藉此練兵，聯盟成員國內有系統整合服務廠商如圖6所示。除聯盟成員外，尚有許多曾於鐵道領域之系統整合商(如華電聯網、資拓宏宇等)，未來皆有可能投入參與。

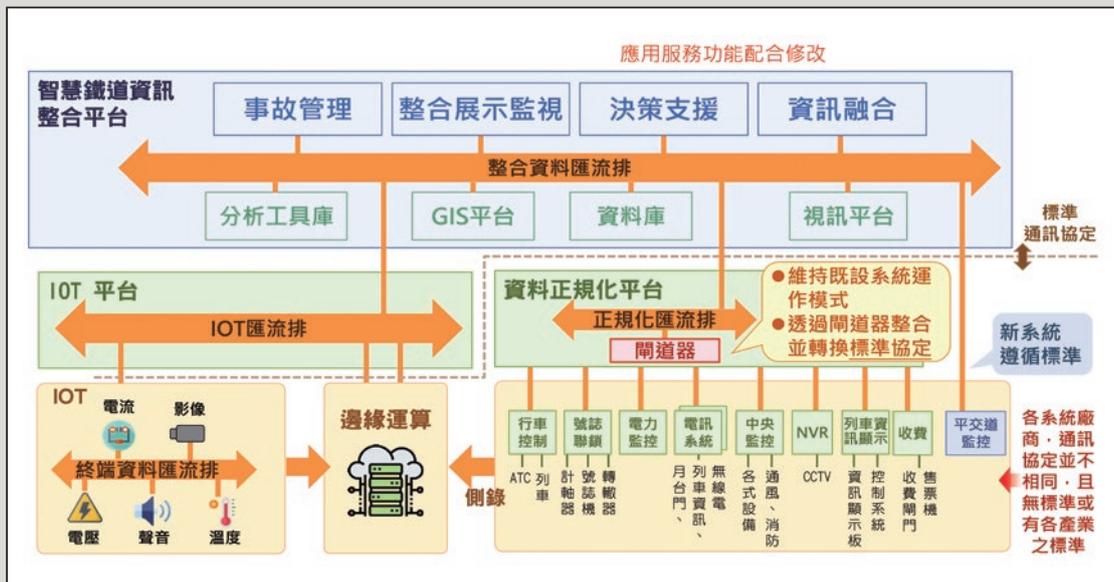


圖5 未來智慧鐵道之系統整合架構示意圖



圖6 鐵道科技產業聯盟成員之系統整合廠商

「系統整合」是未來智慧鐵道國產化一個重點，能夠提出完整之系統整合服務才能創造廠商的價值與獲利空間，並盼在未來智慧鐵道國產化系統成熟時，同時能夠推廣進軍國際市場。

結語

標準規範的推動除改善各系統間垂直水平整合，重要的是具標準之設備可形成規模市場，有效帶動鐵道設備國產化或國際輸出，目前鐵道局已成立鐵道技術研究及驗證中心，可在設備標準驗證部分提供國內廠商技術支援，加速相關產業發展。

我國為世界重要的ICT產品供應鏈成員，並掌握大量關鍵技術與趨勢，透過標準化與國內廠商技術能力的結合，可發展出符合未來科技應用潮流的智慧鐵道系統。國內廠商因發展智慧鐵道而具備足夠相關系統設備研發、生產、製造與維護能力，並有完整的檢測、驗證與人才培訓體系，使其產品、解決方案可輸出國際市場，結合政府所推動政策計劃如「行政院公共工程委員會補助國內工程產業策略聯盟赴海外拓點計畫」執行，可創造更高產業價值，如高速公路電子收費系統ETC的輸出，即是交通科技出口國際的成功案例。

誌謝

本公司辦理「鐵道技術研究及驗證中心計畫」ZE01標鐵道技術研究及驗證中心研發、檢測設備購置案委託監造及專業技術顧問技術服務及「建立5G智慧鐵道運輸及監理環境計畫」專案管理暨雲平台及技術規範研訂委託技術服務，承蒙交通部鐵道局各級長官的指導及對於智慧鐵道國產化的期許，鐵道技術研究及驗證中心將於2022年順利啟用，建置交通部鐵道安全雲平台等相關工作可順利推展，謹深表謝忱。

參考文獻

1. 軌道協會110年研討會，「5G在智慧軌道之創新應用-以台灣高速鐵路為例」，(2021,4)
2. 鐵道局，「鐵道號誌系統國產化基礎架構、介面規範及RAMS初步分析研究」TS技術規範，(2021, 3)
3. 台灣世曦工程顧問股份有限公司，智慧鐵道物聯網(IoT)系統及端網雲設備通訊介面(含5G)技術規範(期中定稿版)，(2021, 12)



3

專題報導

臺鐵平交道智慧化防護設備之建構

關鍵詞(Key Words)：智慧影像分析(Intelligent Video Analytics)、監視系統(Video Surveillance System)、平交道集中監視系統(Centralized crossing Monitoring equipment and Transmission/receiver system, CMT)、平交道緊急告警設備(Obstacle Detection, OD)、平交道自動障礙物偵測設備箱(Level crossing Automatic Obstacle Detection system, AOD)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機部／正工程師／施坤芳 (Shih, Kuen-Fang) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機部／計畫副理／蔡文遠 (Tsai, Wen-Yuan) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機部／副理／段人豪 (Tuan, Jen-Hau) ❸

交通部臺灣鐵路管理局／電務處／處長／周祖德 (Chou, Tsu-Te) ❹



摘要

近年隨著經濟成長及城鄉距離縮短，列車速度及行車密度日益提高，臺灣鐵路管理局對行車運轉效率、可靠度與安全性的需求亦須相應提升，尤其是平交道監控設施，已逐漸老化達汰換時機，故臺灣鐵路管理局擬定「臺鐵電務智慧化提升計畫」，其中就平交道防護設備之改善更新納入辦理以確保鐵路行車安全及加速行車效率，提升臺鐵的服務品質，擴大公共運輸服務。

平交道智慧化防護設備之建構，係以確保鐵路行車安全及加速行車效率，而針對設備日新月異之功能要求及智慧化需求，採用較新技術及作法，才能發揮新設備的最高經濟效益、滿足臺鐵未來平交道保安系統需求、同時確保公路側行人及車輛通行安全、減少平交道事故及行車誤點。



Construction of Intelligent Protection Equipment for Taiwan Railway Level Crossing

Abstract

In recent years, with the economic growth and the shortening of urban and rural distances, the speed of trains and the density of trains have been increasing. The Taiwan Railway Administration's requirements for operating efficiency, reliability and safety must also increase accordingly. In particular, the monitoring facilities for level crossings have gradually aged up to To replace the timing, the Taiwan Railway Administration has formulated the "Taiwan Railway Electric Service Intelligence Improvement Plan", which includes the improvement and update of the level crossing protective equipment to ensure the safety of railway traffic, speed up the running efficiency, and improve the service quality of the Taiwan Railway. Expand public service transportation services.

The construction of intelligent protective equipment for level crossings is to ensure the safety of railway traffic and speed up the running efficiency. In response to the increasingly required functions and intelligent requirements of the equipment, newer technologies and practices are adopted to give full play to the highest economic benefits of the new equipment to meet the future level of Taiwan Railways. Traffic security system requirements, while ensuring the safety of pedestrians and vehicles on the road side, reducing level crossing accidents and driving delays.

壹、前言

近年來臺鐵平交道因面臨列車密度增加，公路交通車輛及人員頻繁，故而發生過數次平交道事故，造成行車誤點及生命財產損失，經統計如表1，因此平交道智慧化防護設備的建構更加顯現其重要性。現存407處平交道中，有390多處第三種甲平交道(簡稱三甲)，設自動警報裝置、自動遮斷器及雙閃紅燈，且無看柵工駐守，早期相關防護設備皆為國外廠商設計及安裝，為了掌握核心及維修技術，暨配合國產化政策，平交道防護設備已逐步導入國產化設備建構中。

由於平交道故障、車行或闖入將造成行車誤點或嚴重事故，造成生命財產損失，故臺灣鐵路管理局(以下簡稱臺鐵局)「臺鐵電務智慧化提升計畫」針對近期平交道影像監視系統、平交道防護集中監視系統、手動告警系統等進行更新及優化，提供更安全之防護系統，提升平交道設備之安全性及可靠度。以下將簡述平交

道防護設備組成及其現況，再說明更新改善之作法及效益。

表1 105-109年度平交道事故統計

項次	年度	事故次數	事故分析			死亡人數	受傷人數
			平交道事故	外物入侵	其他事件		
1	109	21	17	3	1	6	9
2	108	18	14	3	1	6	4
3	107	9	7	2	0	2	2
4	106	23	4	3	16	15	0
5	105	20	12	1	7	7	3

註：資料來源臺灣鐵路管理局「平交道肇事路段相關資料」

貳、平交道防護設備概述

臺鐵平交道防護(保安)系統主要包含平交道影像監視系統、平交道防護集中監視系統及手動告警系統，現場設備包括遮斷機、警報機、小型方向指示器、緊急按鈕、大型方向指示器、自動障礙物偵測、攝錄影機、錄影監視設備及網路傳輸等，其配置如圖1，相關設備功能概述如表2。

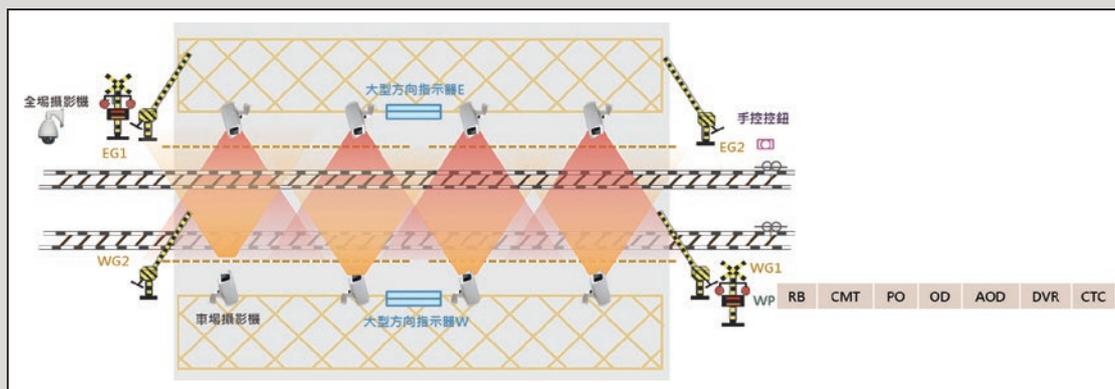


圖1 平交道防護系統配置圖

表2 平交道防護設備功能概述

項次	設備	功能	設備
1	CTC箱： 號誌聯鎖系統設備箱(Central Traffic Control, CTC)	站間號誌聯鎖並提供平交道列車接近、閉塞方向、路線封鎖等條件	

項次	設備	功能	設備
2	RB箱： 平交道控制設備箱(Realy Box, RB)	由CTC箱取得號誌聯鎖系統之列車接近、路線封鎖等條件，並控制各項平交道防護設備運作	
3	CMT箱： 平交道集中監視系統現場故障檢出設備箱(Centralized crossing Monitoring equipment and Transmission/receiver system, CMT)	監測RB箱及OD箱設備，將5個監測結果(LV、FD、LD、TM、OD)以乾接點方式供CMT傳輸系統及DVR系統應用並傳輸回電務分駐所主機	
4	OD箱： 平交道緊急告警設備箱(Obstacle Detection, OD)	若緊急按鈕被押下或自動障礙物偵測(AOD)偵測到障礙物，啟動緊急播音、啟動平交道上下行400M及800M之軌旁告警燈顯示、啟動防護無線電發報，並將啟動訊號乾接點傳送給CMT及DVR	
5	AOD箱： 平交道自動障礙物偵測設備箱(Level crossing Automatic Obstacle Detection system, AOD)	平交道啟動後，若軌旁雷射發射/接收頭偵測到大型障礙物，以乾接點啟動OD箱之緊急告警各項設備。於平交道版區之軌道，設短區間音頻軌道電路(踏切器)作為列車遮罩，避免將該區域之軌道列車誤判為障礙物	
6	DVR箱： 平交道遠端監控設備箱(Digital Video Recorder, DVR)	監錄平交道影像。由RB取得平交道啟動乾接點、由CMT取得平交道故障及緊急告警乾接點，平時低解析錄影，有事件發生(平交道啟動、平交道故障及緊急告警啟動)則自動改高解析錄影，並將事件期間影像紀錄轉存至鄰近RH備分主機。	

參、既設平交道系統概述

一、平交道影像監視系統

(一) 系統功能

平交道設置攝影機，並於號誌(電務)分駐所及附近之錄存影像號誌機房建立電腦工作站，方便影像調閱及歷史影像查詢。

(二) 系統架構

主要於101年完成一期系統建置，由「平交道現場錄影裝置」、「繼電器室自動備份管理裝置」、「分駐所遠端監控管理中心」及「傳輸設備」組成，並於各電務段、電務處及其他指定地點，依轄區管理範圍劃分，設置「遠端監控管理站」，相關系統示意如圖2所示。

於108年完成「環島鐵路整體系統安全提升計畫(平交道遠端監控系統新設工程)」及「平交道錄影儲存設備雙重化工程」增置二期系統，系統數量統計如表3所示。

二、平交道防護集中監視系統

(一) 系統功能

平交道防護集中監視系統係為確保鐵路平交道設備機能之正常及行車安全而設置。本裝置於遇有第三種平交道保安裝置發生故障時，可即時發生警報，通知維修單位派員前往現場查修，以縮短故障修復時間。

(二) 系統架構發展

1. 早期平交道僅設有簡易的遮斷機監視，分別傳送到附近車站個別監視，並無現

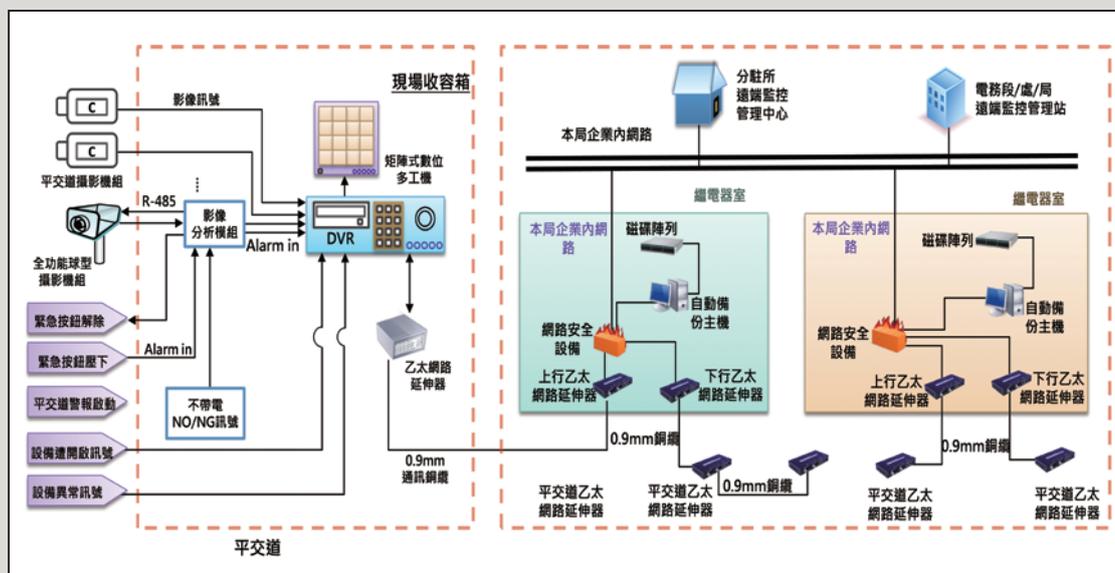


圖2 平交道錄影監視系統架構示意圖(一期)

表3 錄影儲存設備雙重化數量統計

項次	轄區	平交道數量	數位攝影機	類比攝影機	數位錄影NVR	自動備份(繼電室)
1	花蓮電務段	81處	326台	188台	82處	15處
2	台北、彰化、高雄電務段	268處	1072台	88台	268處	688處(整合一期)

場影像。約於1970年代自日本引進集中監視系統「平交道CMT設備(或系統)」。系統包含兩大部分：

- (1) 平交道故障檢出組：裝設在各平交道CMT箱體內，檢測防護設備狀態並輸出告警乾接點。
 - (2) 平交道集中監視及傳送接收系統：監視主機設在電務(號誌)分駐所內，透過通訊線路連接各平交道的資料收集器(DET Unit)取得故障資訊。
 - (3) 因上述設備於一次建置，故相關號誌從業人員通稱為「CMT」。
2. 後因時代技術演進，集中監視及傳送接收系統，發展出多種不同的系統架構。但均仍使用原有的「平交道故障檢出組」。為利於清楚界定施作方案研析，建議依功能分述為「平交道故障檢出裝置(CMT現場設備)」及「平交道集中監視及傳送接收系統(CMT系統設備)」兩部分如圖3所示。

三、手動告警系統主機

(一) 系統功能

手動告警系統係為確保通過鐵路平交道人員、車輛安全及行車安全而設置。本裝置於緊急事故時透過緊急按鈕、自動障礙物偵測系統啟動，可即時發出警報(含警音及閃光燈)，提醒通過平交道之人員、車輛儘速離開，並同時啟動列車防護無線電系統、告警號訊機設備，通知列車司機員有其緊急狀況，進行必要性之處置。

(二) 系統架構

本系統於1990年代建置，為鐵路平交道安全防護輔助設施。本系統須適用於臺鐵局25kV/60Hz交流電化鐵路及非電化鐵路區間內平交道，並與既設平交道控制系統裝置連結，以達成緊急告警功能，系統架構如圖4所示。

當鐵路平交道上有障礙物，如拋錨之車輛會影響列車運轉須緊急警示列車司機員作適當處理時，按下緊急按鈕，透過繼電箱內系統控制繼電器之電路，啟動告警號訊機；當列車接近該平交道時，本系統之語音再生器將啟動告

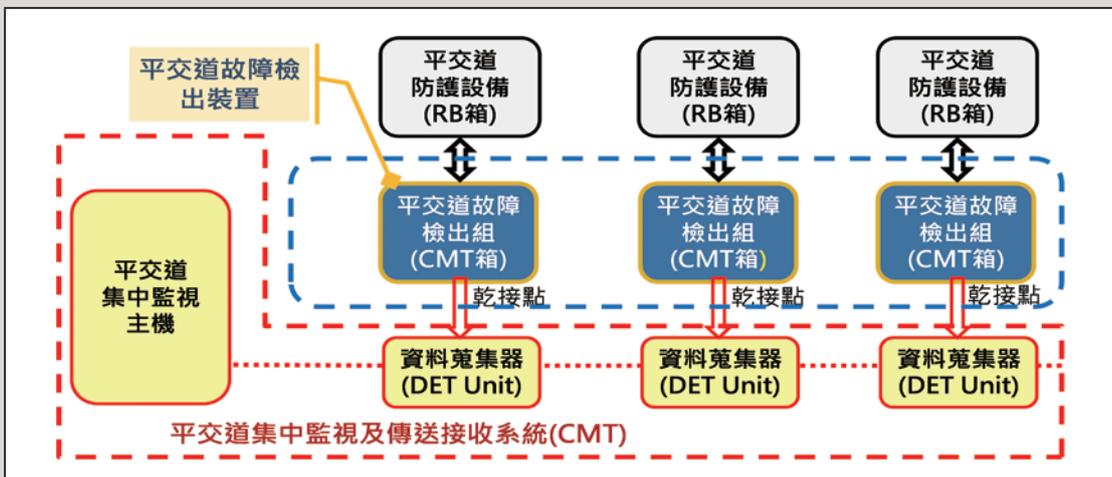


圖3 平交道集中監視及傳送接收系統(CMT)功能

警語音播音器，警告平交道上之行人或車輛駕駛員儘速離開平交道。

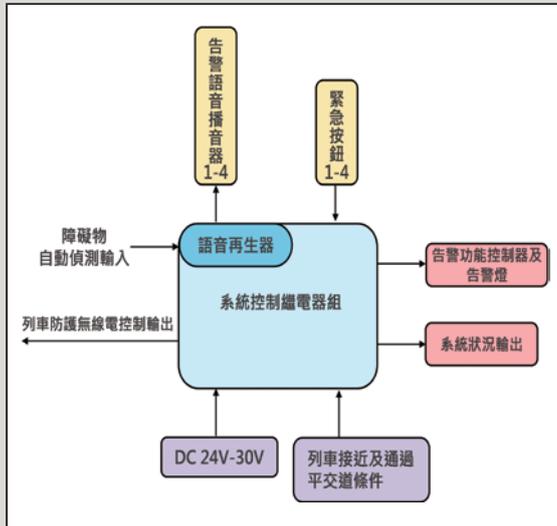


圖4 平交道手動告警系統架構圖

肆、平交道智慧化防護設備之規劃

一、平交道錄影監視系統整合強化設計

(一) 影像監視系統更新整合

既設平交道影像監視系統係分2階段建置，第一期攝影機老舊；第二期受限傳輸頻寬，集中錄存及調閱能力受限，如何更新既設老舊設備、整合留用新系統設備，並強化整體系統功能，為更新重要課題，為確保既設未達使用年限設備有效應用，平交道影像監視系統更新整合架構研擬如圖5所示。

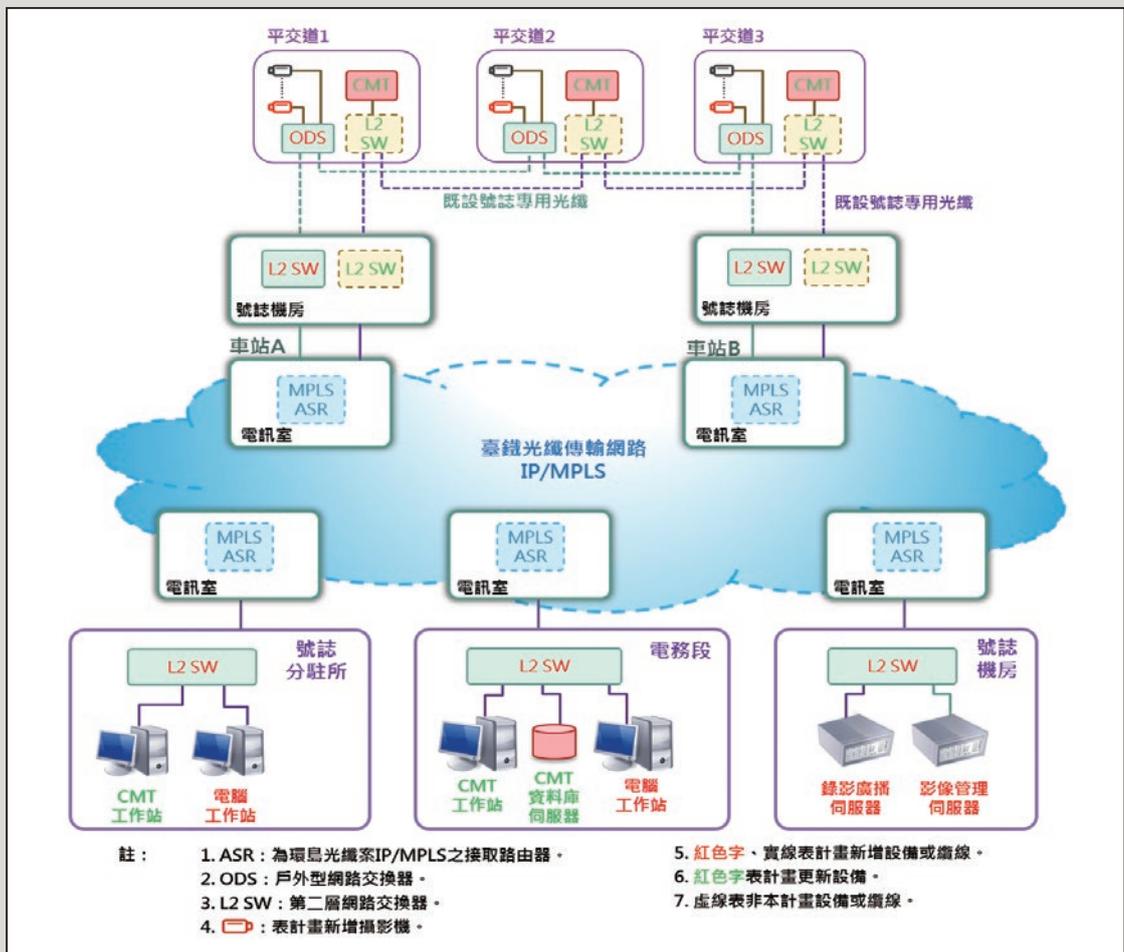


圖5 平交道影像監視系統更新整合架構

(二) 攝影機選用及設計

各類型攝影機為避免後續擴充受制於既有品牌之攝影機，故採網路視訊監控協定ONVIF第三方公開平台標準化認證，攝影機應至少需符合ONVIF Profile S、G、T標準協定，且登錄於ONVIF國際官網並可查詢本設備廠牌、型號、設備相關標準資訊及S、G、T標準，以確保攝影機在整合上滿足基本需求。

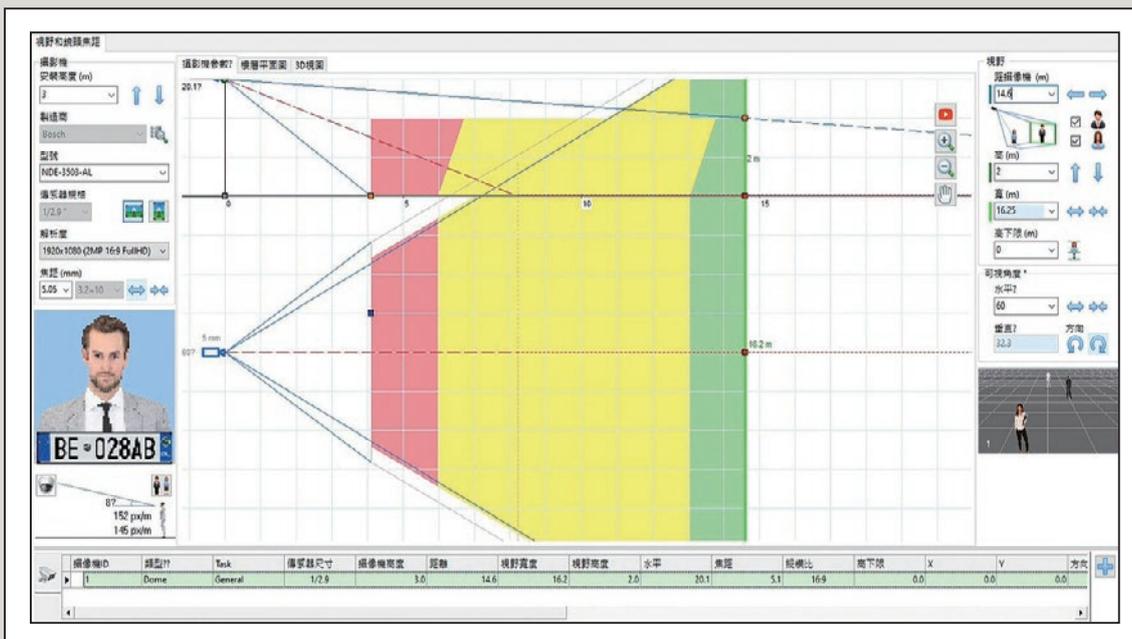
以PPM(每公尺之像素，Pixels per Meter)做為攝影機取像範圍及距離之要求計算方式，規劃出攝影機可視最遠距離、水平及垂直畫面大小，監視需求等級，如圖6所示，經模擬計算後最遠可監控14.6公尺，14.6公尺內均可達成車牌號碼監控及人員特

徵辨識應用需求，如圖7所示，故若道路寬度16.86公尺以下，預計於平交道出入口車道門架上各安裝2支攝影機，採「/」型單側斜照方式；若道路寬度16.86公尺以上，預計於平交道出入口車道門架上各安裝4支攝影機，採「X」型雙側斜照方式。

監視需求等級分類	監控效果	PPM	對應人臉畫素	模擬畫面圖示
察覺 Detection	攝影機影像供了解發生之動作無法作為調查用。	25	4 Pixels 一張臉	
觀察 Observation	攝影機影像供確認發生之動作。	62.5	10 Pixels 一張臉	
識別 Recognition	攝影機影像可用來辨識已知物像之可能性。	125	20 Pixels 一張臉	
鑑定 Identification	攝影機影像可以作人臉辨識，可提供良好證據。	250	40 Pixels 一張臉	

(資料來源：利用Axis Site Designer 2軟體進行模擬)

圖6 特徵辨識應用需求等級



(資料來源：利用Bosch IP Video System Design Tool軟體進行模擬)

圖7 模擬視野軟體規劃設計

(三) 傳輸網路規劃

配合平交道錄影監視系統之建置，建立CCTV專用區域光傳輸網路，於各平交道設置戶外機櫃與戶外型交換式集線器(Outdoor Switch, ODS)收容平交道攝影機，透過既有號誌專用光纖介接至號誌機房新設之網路交換器(L2 SW)，再透過環島光纖傳輸網路系統更新工程建置之IP/MPLS環島光纖網路建立之虛擬私人網路(VPN)，將影像訊號傳遞至各電務段與號誌(電務)分駐所內工作站與伺服器，以利各號誌(電務)分駐所監視平交道影像。

(四) 影像儲存規劃

管理相關伺服器作為錄影廣播伺服器管理主機，提供統一登入、設備狀態管理及電子地圖等操作功能，採A-A(Active-Active)架構，兩部伺服器各有執行獨立的應用程式服務，同時亦相互做備援(Standby)，當任一部伺服器發生故障或應用程式服務無法正常工作時，另一部伺服器除了本身的應用程式服務持續運作外並自動接管故障伺服器之應用程式服務，維持整體系

統運作，確保單台管理相關伺服器故障時，不影響一般人員操作。

錄影廣播伺服器每台錄影廣播伺服器錄存80支攝影機影像，提供H.265、200萬畫素、15FPS錄存90天之影像空間，本系統分為4個系統(台北、彰化、高雄、花蓮電務段)，依各負責平交道之分駐所，各別將其錄影廣播伺服器擺放於各自號誌分駐所之號誌機房，採N+1架構，為確保數位圖控平台即時影像調閱運行正常，機房內多台錄影廣播伺服器可使用N+1架構，在單錄影廣播伺服器損壞時，軟體會偵測並自動將前端斷線之影像串流串接至備援的錄影廣播伺服器使其持續運行，遠端調閱即時影像可正常操作，達成錄影持續穩定性，當錄影廣播伺服器與攝影機斷線時，因攝影機將自動將影像儲存至記憶卡，攝影機需於恢復連線時同步補傳斷線期間未傳輸之影像至錄影廣播伺服器，從斷線到改寫入記憶卡中影像損失須10秒(含)以下，當連線恢復時，錄影廣播伺服器需自動回補攝影機斷線期間影像，並在歷史影像操作上須為單一時間軸。

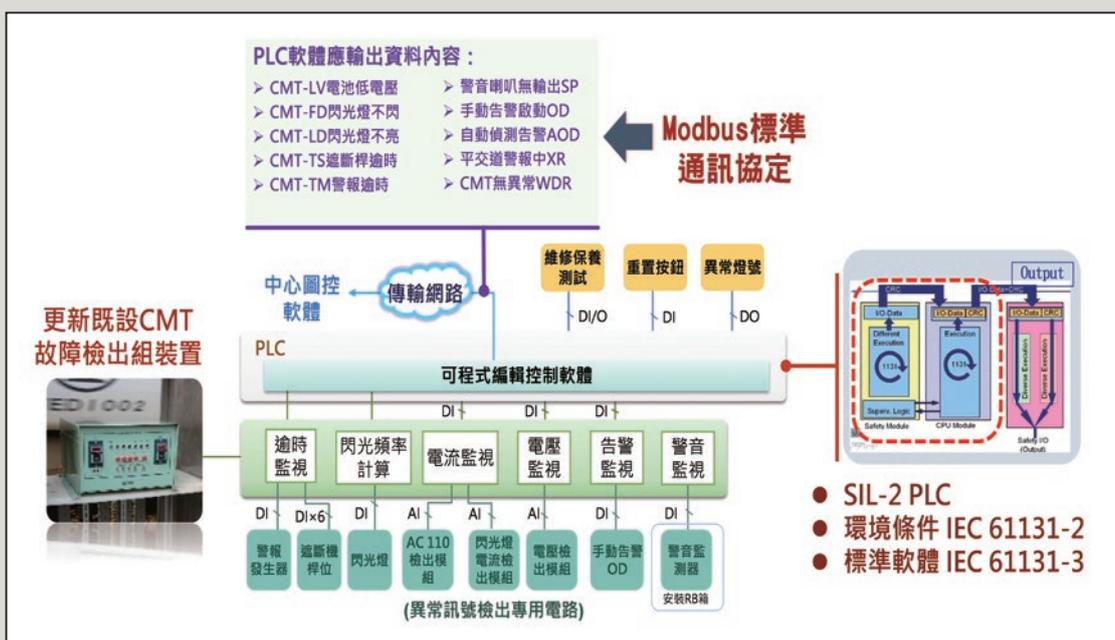


圖8 故障檢出裝置及資料傳輸系統架構示意圖

二、平交道防護集中監視系統強化設計

平交道CMT已應用多年，經台灣廠商不斷研發改進，已整合各項感測器及控制電器為一整合設備，達成各項異常偵測告警，手動重置及維護保養測試等多項功能為一體，故部分平交道CMT設備亦可正常運作，若係近期完成更新建置，則本計畫並無須更新更換。另屬老舊日信公司產品(BE-2、FTM-5型式)，則予以PLC整合監視訊號轉換設備，故集中監視檢出裝置採成熟穩定之客製化商品，建議採PLC為主，其平交道自動防護集中監視檢出裝置及資料傳輸系統架構如圖8所示，利用PLC取代既設資訊傳送系統，除上述CMT監視訊號外，尚須將自動偵測器告警(AOD)、手動告警(OD)、警音喇叭異常偵測訊號等一併整合監視，並以標準通訊協定傳送，達成號誌分駐所、電務段及行車調度中心之整合監視應用。

於號誌(電務)分駐所設置圖控伺服器主機(Supervision Server, CMT-SS)，配置圖控軟體，架構如圖9所示，除號誌(電務)分駐所外，亦可於電務段等設CMT工作站，相關重點功能如下。

(一) 圖形化顯示警報訊號

1. 於平交道圖例以顏色顯示運作狀態：平交道警報中(紅)、平交道正常(綠)、平交道連線中斷(灰)。
2. 當平交道處於故障告警狀態，以紅色閃爍提醒維修人員注意，並可點選查詢其細節內容。
3. 當OD或AOD告警時，除閃爍外，應增加聲音告警，特別提醒相關維修人員注意。

(二) 地圖式監控介面

為利於號誌(電務)分駐所、電務段、號誌總機、調度中心、應變中心等各單位可快速掌握各平交道地點及設施運作狀態，建議於離線式之GIS地圖上標註平交道圖例，地圖資料費用含於系統平台內，並以不同圖層展示各式告警訊息，並與CCTV影像整合，當有告警訊息時，可以立即點選CCTV予以確認。

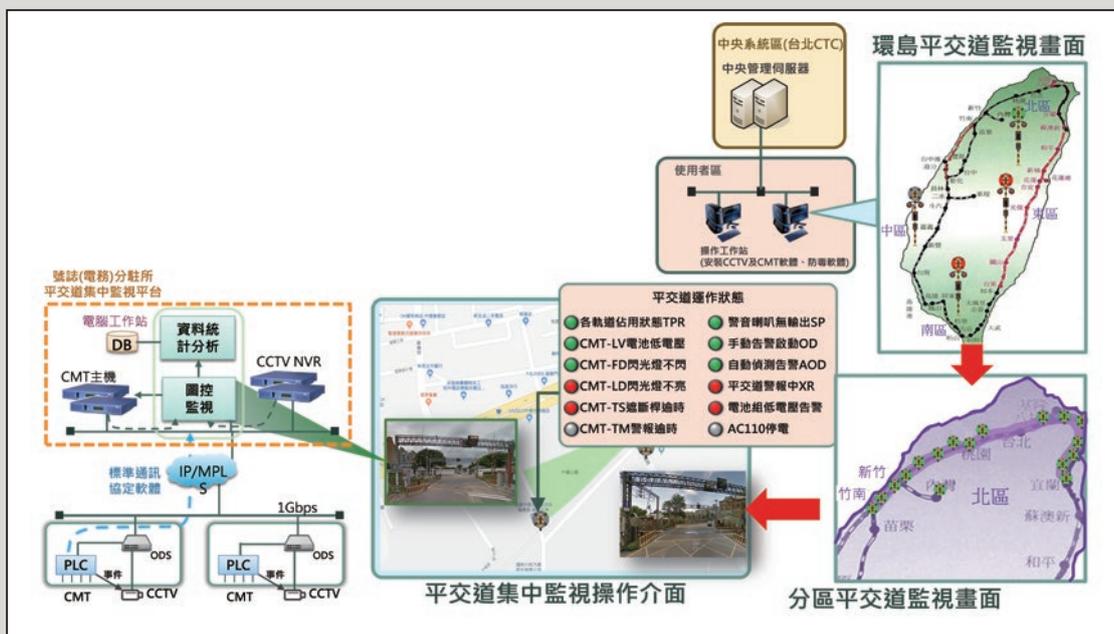


圖9 故障檢出裝置及資料傳輸系統架構示意圖

(三) 歷史資料紀錄及統計分析

相關運作資訊可以長期儲存，並針對異常告警訊息可進行紀錄查詢及統計分析，若發生頻率較高者，可分析其發生原因，予以改善。

(四) 故障訊息整合通報

號誌(電務)分駐所並無人力長時監視平交道運作狀態，當系統運作異常時，須由行車調度中心通知，方進行維修，時效性較低。

為加速通知相關人員，建議工作站軟體，自動整理異常訊息，並以即時通訊軟體(如Line)發送至平交道管理群組，並藉由該群組立即動員指揮調度人力，辦理異常事件之排除，建議保留此項功能規劃，待後續需求辦理擴充。異常訊息可包括下列內容：

1. 平交道位點置：標示平交道名稱，並於GIS地圖上標示相對位置。
2. 時間：異常事件發生時間。
3. 異常設備：顯示異常設備之詳細訊息，包括故障之設備名稱、型號、原建置廠商等。
4. CCTV連結：提供CCTV連結網址，群組人員可以點選後，立即由遠端調閱現場影像。

三、手動告警系統整合強化設計

本系統已有成熟之商品化產品，且各平交道獨立運作，其監視訊號整合納入CMT系統，故可依現有商品之設計作法辦理。

平交道手動告警系統係在平交道入口方警報機柱上裝設有「緊急按鈕」(第一種平交道裝設於看柵工房)，車輛因故卡於平交道上、或遇有緊急事故時，可按壓此按鈕通知列車司機(按壓緊急按鈕後藉由防護無線電及告警號訊機通知列車司機)注意運轉，減少事故發生(如圖10)。相關操作流程如下：

(一) 緊急按鈕箱

按下緊急按鈕箱上的緊急按鈕，即可啟動平交道緊急告警系統。

(二) 系統啟動狀況

當系統啟動時，可啟動下列設備：

1. 告警號訊機：以反時針依序連續點亮，每次點亮兩個燈，以每分鐘 60 ± 5 轉警示。
2. 語音系統開始播音。
3. 緊急按鈕箱：以2Hz的頻率閃爍，以警示行人及車輛。
4. 告警啟動：告知平交道監視中心，系統已啟動。
5. 啟動列車防護無線電裝置。

(三) 系統恢復方式

當平交道障礙物排除後，可藉由兩種方式恢復系統進入「備用」狀態：

1. 人工恢復：按下恢復按鈕，使系統進入「備用狀態」。

2. 自動恢復：藉由每一軌道各通過一列車後，使系統自動恢復為「備用狀態」。



圖10 平交道手動告警系統

肆、預期效益

針對平交道防護設備更新工程，其系統與設備面之改善更新及系統提升進行評估，更新後之系統除應滿足既有平交道控制系統改接外，亦應以確保鐵路行車安全及加速行車效率，提升臺鐵的服務品質，擴大公共運輸服務，同時確保公路側行人及車輛通行安全，減少平交道事故。預期達成效益目標如下：

一、安全性及可靠度提升

藉由全面平交道防護設備更新，減少設備故障問題，提升平交道設備之安全性及可靠度。

二、控制介面之整合

平交道自動防護集中監視裝置與平交道錄影監視系統軟體整合，以提供跨平台資料交換，降低操作複雜性。

三、提升維護效率

選用高安全性、高可靠度及低維護需求設

備，降低維護單位負擔，減少維護人力派遣。

四、統一維護管理與維修介面

平交道錄影監視系統與平交道集中監視(CMT)系統軟體整合，並提供相關告警資訊給設備維護管理系統，統一維護管理與維修介面。

五、提升影像辨識效率

利用高影像解析度攝影機提供即時影像分析，且透過影像管理伺服器傳送經智慧影像分析後之告警，即時提供平交道必要之影像，確保管理單位有效控管狀況，減少維護人力派遣。

六、單一登錄管理

平交道錄影監視系統操作畫面採單一登入簽核機制(Single Sign On, SSO)，以同一帳密依權限可透過用戶端軟體執行各項作業。

七、發展客製化軟體

平交道錄影監視系統所有工作站(Client端)用戶端軟體，影像管理軟體(Video Management System, VMS)原廠(Client端)軟體為底層，不同系統應用功能在此平台上發展客製化軟體，避免各軟體操作之破碎化，在單一圖形使用者介面(Graphical User Interface, GUI)上，即可完成各項功能之操作需求。

八、提供大數據分析功能

平交道自動防護集中監視裝置採用資料庫方式儲存，並提供大數據分析功能(各區及各設備電流、電壓、設備異常..等)統計分析資料。

九、降低受既有廠牌限制

平交道自動防護集中監視裝置傳送接收設備採可靠穩定之可編程邏輯控制器(PLC)設備，且須符合SIL-2(含)以上之設備規格安全等級認證，提高系統可靠度，減少未來維護之困難，通訊協定採Modbus RTU/TCP格式，通訊格式及協定公開，降低受既有廠牌限制，盡量採商品化產品。

結語

透過現場平交道防護設備更新，可減少平交道防護設備故障而致公路車輛及行人誤闖，並可縮短遮斷桿遭公路車輛損毀之更換時間，減少公路車輛通行時間而造成塞車，同時避免公路車輛或行人誤闖或強行通過警報已啟動之平交道，可減少人員傷亡或車輛受損，另避免事故造成列車受損或旅客受傷；減少平交道事故造成列車運作受阻及人員或財務損失，提高台鐵形象及減少民眾疑慮。

平交道智慧化防護設備之建構，系統更新後可使系統運作監視智慧化，即時通報維修處理，同時整合平交道異常告警、CCTV視訊，行車控制中心、工務段、分駐所訊息同步，共同協調處理；且系統設計優先考量國內廠商，提昇國內廠商參與度，技術生根。

誌謝

台鐵「平交道防護設備更新工程」屬近年來平交道重要改善工程，台灣世曦工程顧問股份有限公司榮幸承辦規劃、設計及監造服務。本計畫自109年11月開始規劃至110年11月完成細部設計，之後進行公開閱覽，並於111年01月辦理招標作業，預定於111年07月開工。其間承蒙交通部台灣鐵路管理局歷年來督導及承辦之各級長官於規設階段協助協調各電務等單位確認新舊系統切換及運轉模式整合，謹深表謝忱。

參考文獻

1. 臺灣鐵路管理局「平交道肇事路段相關資料」<https://www.railway.gov.tw/tra-tip-web/adr/about-public-info-5>，(2016-2020)
2. 臺灣世曦工程顧問股份有限公司「平交道及集電弓錄影監視系統」、「平交道自動防護集中監視裝置及手動告警系統主機」規劃報告，(2020，5月)
3. 臺灣世曦工程顧問股份有限公司「平交道及集電弓錄影監視系統」、「平交道自動防護集中監視裝置及手動告警系統主機」設計報告，(2020，11月)



3

專題報導

高雄輕軌延伸 核心系統機電 整合因應要點

關鍵詞(Key Words)：超級電容(Super Capacitor)、轉向架(Bogie)、集電弓(Pantograph)、
無架空線(Catenary Free)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機部／正工程師／李源洲 (Lee, Yuan-Chou) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機部／經理／高華聰 (Gau, Hua-Tsong) ❷



摘要

高雄環狀輕軌依照高雄建設主軸意念，塑造出高雄輕軌捷運安全與快樂涵義，對於輕軌一階與二階系統機電，採用全線無架空線、優先號誌及人本環境等均為國內首創。當輕軌以亮麗流線造型穿梭市區，成為城市亮眼移動地標的同時，正式宣告台灣城市運輸服務新里程碑的到來，無論進出月台無閘門管制、於候車站或車內自主驗票、自行按鈕開門上下車等乘車方式，均有別於現行捷運的使用習慣，也是輕軌系統機電工程讓市民體現新生活型態的開始。高雄輕軌一階與二階系統分屬不同公司，車輛及相關系統機電介面有所差異，因此兩階段核心機電系統整合作業便相形重要，謹就本文說明相關因應要點供參。



Core System Integration Key Issues of Kaohsiung Light Rail Extension Project

Abstract

Kaohsiung Circular LRT in accordance with the Kaohsiung construction main concept. Kaohsiung Circular LRT develop safety and happiness. The core system of Kaohsiung Circular LRT 1 stage and 2stage using catenary free system, LRT priority access and human-oriented environment are beginning in Taiwan. When the LRT trainset with a bright streamline shape through the urban area, become the city's eye-catching mobile landmark at the same time. It officially announced the arrival of a new milestone in Taiwan's urban transport services. Whether in and out of the station's platform without gate control, on the platform or in the trainset to check the ticket, self-button to open the door on and off the trainset and other modes of transportation, are different from the current MRT usage habits. It's mean the LRT core system let the public reflect the beginning of the new lifestyle. The core system of Kaohsiung Light Rail 1 stage and 2 stage are different companies, and the E&M interfaces of vehicles and related systems are different. So the integration of the two-stage of core system is very important. In this article we would like to show the relevant key issues for reference.

3

專題報導

壹、高雄環狀輕軌捷運整體概述

輕軌捷運是一種結合低碳概念且具備綠色環保概念之大眾運輸工具，高雄環狀輕軌為了能符合高雄建設主軸意念，塑造出高雄輕軌捷運安全與快樂涵義。輕軌列車的外型依照高雄市建設的主軸『海洋首都，健康城市』為意象；而內裝設計則採用造型美觀簡潔、風格清新優雅，同時配合國人體型及乘車習慣，並且考慮運量與搭乘距離等因素，來安排座椅、扶

手的配置及數量。高雄輕軌系統採用無架空線之設計概念，讓輕軌車輛行走於綠草如茵之軌道上，融合悠閒及綠地之感覺，讓輕軌捷運系統之運行多一份休閒及便利，少一份都市繁忙與緊張，也讓高雄環狀輕軌沿線充滿悠閒氣氛，營造水岸輕軌之特殊意象。

高雄環狀輕軌捷運起於凱旋三路與一心路口北側之臺鐵前鎮調車場，沿凱旋路旁之臺鐵臨港線路廊往南佈設輕軌設施，直至凱旋四路



圖1 高雄環狀輕軌捷運路線示意圖

南端終點後，右轉進入成功二路續往北行，於成功路與新光路交叉口沿著海邊路佈設，至新田路、英雄路交叉口處左轉，利用舊臺鐵路廊，經光榮碼頭跨越愛河至真愛碼頭，進入駁二特區，至七賢三路口轉臨海二路至捷運橘線O1（西子灣站）續行。路線續佈設於目前為自行車道之臨港線鐵路路廊，往北沿臺鐵園道至美術館，沿美術館路佈設，行經市立聯合醫院後於農十六銜接大順一路，再續沿大順一～三路往東南方向佈設，最後於中正路口西南隅之凱旋公園佈設軌道銜接凱旋二路旁之臺鐵臨港線路廊後，沿路廊接回起點，路線全長約22.1公里，預定設置37處候車站，詳如圖1所示，其中C1～C14路段（含機廠），全長約8.7公里，為第一階段工程，C14（不含候車站）～C37～C1（不含候車站）路段（含停車場），全長約13.4公里，為第二階段工程。

貳、高雄環狀輕軌第一階段核心系統機電

一、車輛系統

高雄環狀輕軌捷運，不只是興建輕軌系統，而且是引進高品質符合世界潮流趨勢的新式無架空線輕軌系統，同時車廂採用100%低地板設計，方便乘客上下車，可有效解決上下車時月台高度與車輛地板高度不同之困擾，並且讓行動不便旅客進出車廂更為便捷與舒適。

輕軌車輛，是輕軌捷運系統中與乘客之間最具有緊密接觸關係的重要單元之一，就乘客而言，很難對行車軌道、供電、號誌及行車控制系統等方面的良劣表示意見，但是他們對整個系統服務品質的評斷幾乎都是經由搭乘車輛的經驗而來，諸如車體外觀、運行速度、可靠度、安全性、座位安排、舒適程度等。

高雄輕軌所採用車輛(外觀詳圖2)屬於CAF所發展URBOS 3系列100%低地板車輛，概要說明如下。



圖2 高雄輕軌第一階段車輛外觀圖

(一)主要特性

1. 車體採流線型設計，外觀結合高雄港都特色，同時搭配沿線建築景觀。
2. 全線採用無架空線設計(第一階段)，在路線沿線不架設如蜘蛛網般電車線，避免造成視覺衝擊。
3. 車體特別加強碰撞與能量吸收設計，即使發生列車追撞，採用車體潰縮變形的吸能裝置係符合歐規(EN)相關規定，以能確保乘客安全。
4. 車體與車門採用可耐海島型潮濕氣候之材質，使用壽命至少二十五年。
5. 動力來源採用超級電容及輔助電池方式，正常情形，在輕軌列車停靠於候車站上下乘客期間，超級電容利用其快速充電特性，可使超級電容充飽電力，並供行駛至下一車站之動力；但是當遇有不可預期之停車，如塞車、事故等，系統計算超級電容無法運作至下一個車站時，則啟動輔助電池之電力，做為備援動力來源使用，確保輕軌列車動力來源

無虞，可順利以降級模式至下一個候車站。

- 輕軌列車車長、軸距、輪徑、車速、轉向架特殊設計與配置、肘節式通道之使用，以滿足市街常有的小轉彎半徑要求。
- 輕軌車輛除具有防止打滑及空轉裝置外，更在煞車時可將煞車動能回收至電車線系統或儲能系統，以節省能源及回收利用，並對環境具備環保功效，可提高節能效率。
- 配合全車低地板之設計，轉向架上牽引馬達設置之位置，採取特殊設計之考量，將凸出地板面之位置盡量縮小，並設計成座位區。
- 因應需求與彈性之車廂內裝，包括：無障礙環境、空間與設施，通勤及休閒用腳踏車的車上停放方式，以及尖、離峰的載客彈性等。
- 候車站及車上均設置驗票機，讓乘客可自由選擇於候車站內或車上進行驗票。

(二)轉向架系統

為了能配合100%低地板輕軌車輛，高雄輕軌第一階段車輛所使用之轉向架與傳統之軌道車輛使用之轉向架不同，主要在於傳統軌道車輛轉向架框架上配置兩組輪對(每一車軸配備兩個車輪，詳圖3)，如果以傳統之軌道車輛轉向架處理方式，要製造100%低地板之車輛，車廂內地板面須採用具坡度及座位區採用踏階之處理方式(圖4)，而高雄輕軌第一階段車輛在每一組轉向架配置四組獨立輪系統(圖5)，在動力轉向架部分，則設置四個牽引馬達分別來驅動四組

車輪動作，經由控制系統作牽引馬達間之相互補償，每邊的一對馬達都可由相同的變頻器饋電。

一組完整的轉向架是由一個變流器箱及兩個變頻器供電，使車輪行進時推進動作更流暢及平順，避免造成乘坐時之不舒適感，同時避免車輪及軌道之間過大之磨耗。



圖3 傳統軌道車輛轉向架外觀圖

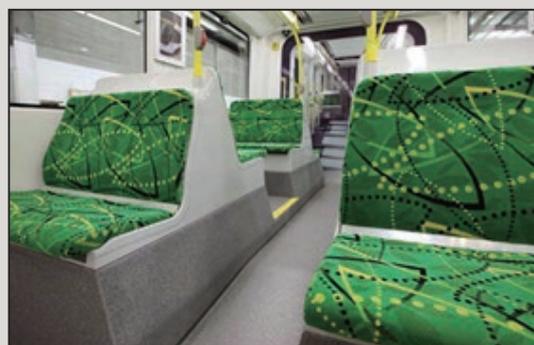


圖4 傳統轉向架地板處理方式



圖5 高雄輕軌第一階段車輛轉向架外觀圖

牽引設備控制裝置的架構是依據VEGA控制平台(Vehicle Electronics for Generic

Applications))，該平台可支援不同鐵路應用的電子功能性，VEGA平台的參考應用之一為牽引控制器，包括設定點的功能性，例如牽引轉矩、電動煞車、駕駛模式、感測器讀數、接觸器控制裝置、斷路器、IGBT、變頻器模式調變、整流器模式調變等等。當一個牽引變頻器出現單一故障，列車牽引系統的特定設計可維持 75% 的牽引力。

高雄輕軌第一階段列車兩端車輛配備有動力轉向架，而中間車則由無動力轉向架所支撐。馬達轉向架有四個馬達，以縱向方式與它們的軸裝配在一起，每個都固定在齒輪裝置箱以形成單一組件。該齒輪-馬達組件懸吊於轉向架框架，並由中央數個橡膠彈性組件連結。每個馬達驅動一個齒輪裝置，透過齒形的連結器將牽引轉矩傳遞到輪軸，同時能吸收主懸吊系統的上下相對位移量。

無動力轉向架是根據動力轉向架設計觀念，但是無動力轉向架底架與動力轉向架仍有些許差異，因為無動力轉向架未配置任何馬達，因此次懸吊系統可處於較低的位置，以降低地板高度，讓無動力車廂增加座位配置。

(三)車載儲能系統(ACR)

高雄輕軌第一階段列車之車上儲能系統是列車組上之自我供電系統，系統包括兩個「儲能模組」，該儲能模組是由超級電容及蓄電池所組合而成。在無架空線路段時，ACR設備可以供應列車所需要運行的能量，ACR系統技術在於超級電容器能於短時間完成充電作業和電池大量能量的儲存能力，具備特殊的特性，能夠透過使用適當的控制裝置，同時供應和吸收能量。

儲能系統由一系列相關的裝置所組成，包括超級電容器電池以及相關的電池組以形成

獨立的超級電容器和電池模組，直到達到所需的容量為止。這種允許裝置間採相互關聯的系統，意味著對於個別特定應達成之效率，以及系統上所建議最佳化解決方案，能達到整體系統所可能達到的最佳化程度，增加系統的效率。

由於系統與集電弓採用平行連接，ACR 設備在有無架空線運行時都有能力回收煞車能量。超級電容器/電池模組則無法直接與架空線連接；因此，DC/DC變流器控制允許能量流來控制超級電容器中的能量。這是一個雙向變流器，即它可以回收能量並且執行充電作業，再將能量供應給列車。超級電容器和電池都無法連接在一起。因此，DC/DC變流器的設計為一種模組式結構，採用擁有混合動力(hybrid)而可同時使用超級電容器和電池，這意味在使用進階混合動力控制邏輯上，能在能量和電源間取得最佳化安排(圖6、圖7)。



圖6 高雄輕軌第一階段車輛集電弓



圖7 儲能系統設備箱

二、其他機電系統

(一)號誌系統

輕軌系統雖然依靠司機員的目視駕駛，但司機員仍須依照號誌燈、標誌牌的指示行駛，高雄輕軌專用號誌燈、標誌牌不同於平面道路交通號誌的設計，以避免一般用路人的誤解。

列車偵測系統則使用計軸器來偵測輕軌列車於輕軌路線上的位置，高雄輕軌運用計軸器偵測系統預估列車到達路口時間，配合具智慧運算功能的路口交通控制器（TR），在考量路口交通狀況及車流量的條件下來達到輕軌相對優先號誌的策略，高雄輕軌沒有鐵路平交道的柵欄設計，可大幅降低用路人通過輕軌路口的停等時間。號誌系統於輕軌車輛上設有車載營運支援系統（OSS），當車輛停靠在車站月台且對準埋設於軌道下方的感應線圈（LOOP）時，可透過車載營運支援系統來控制輕軌車輛升降集電弓的行為；車載營運支援系統尚有傳送列車狀態、位置等行車資訊回行控中心以及列車的進路控制等功能。

聯鎖系統是號誌系統另外一個重要的設備，高雄輕軌第一階段工程共規劃兩套聯鎖系統，一套置於輕軌機廠內，另一套置於路線段終點附近的輕軌設備室（TSS6）內。

(二)行控中心

行控中心是整個高雄輕軌的樞紐，設置於輕軌機廠內，主要功能和配置是在平時執行監視輕軌列車運行狀態、列車調度排班、監控各機電系統及設備，確保系統運作效率；在突發狀況或緊急事件發生時，能立即偵測得知，並能迅速採取必要措施，以維持營運之順暢與安全。

行控中心是由中央行車控制系統（CTC）、營運支援系統（OSS）、中央監控與資料蒐集系統（SCADA），及人機介面系統（MMI）組成，各系統功能概述如下：

1. 中央行車控制系統（CTC）：為輕軌行車管理系統之核心，透過與聯鎖系統的連結來監視高雄輕軌所有的號誌設備狀態以及控制輕軌機廠內及路線段上部分的號誌設備，並可在此系統上設定輕軌車輛的行駛路徑，可藉由軌道區間的佔據情形來監視輕軌列車的運行位置。
2. 營運支援系統（OSS）：營運支援系統分別設於行控中心及各輕軌列車上，透過兩者間訊息的傳輸，可達到監視車輛運行狀態、規劃並提供時刻表來進行行車管理、產出列車營運資料及輕軌列車和行控中心控制員之間的資訊交換等。
3. 中央監控與資料蒐集系統（SCADA）：中央監控與資料蒐集系統負責監控各機電子系統的狀態與告警及歷史資料之儲存。
4. 人機介面系統（MMI）：人機介面系統由控制台組成，讓輕軌控制員能透過操作 CTC、OSS、SCADA 等系統來監控輕軌之整體運作，及處理突發狀況或緊急事件。

(三)供電系統

供電系統主要將台電所提供的電力經輕軌設備室轉換成輕軌系統所適用的電壓，以做為輕軌車輛所需的動力來源，並提供其他機電系統所需的電力。為提供高雄輕軌第一階段全長8.7公里所需的電力，規劃有6處輕軌設備室（TSS）、14個車站快速充電電源供應系統

(SCSE)，以及機廠架空線電力設備。輕軌設備室提供輕軌車輛750伏特直流電力，輕軌供電系統的設計立基於輕軌車輛上所需的動能電力。

高雄輕軌最大的特色是採全線無架空線設計，當輕軌車輛停靠車站時，升起集電弓與車站的導電軌接觸，透過導電軌與快速充電電源供應系統(SCSE)供電系統進行連結，對車輛進行充電；為了確保對人的安全性，導電軌僅在輕軌車輛於正下方時通電，當駛離充電點即自動斷電。在機廠區域則是採用架空線供電系統，採用僅有接觸線而無吊索設置，兼顧良好整合性之架空線系統供電區。

(四)自動收費系統

國際上的輕軌營運主要採開放式收費系統，與目前國內高運量捷運採用的封閉式收費系統不同，但在搭乘輕軌過程中，必須攜帶可驗證之票證以供查驗。

高雄輕軌自動收費系統可以概分為前台系統及後台系統，前台系統包括車上驗票機、月台驗票機、單程票售票機、攜帶型查票機，及工作站等硬體設備及所需之軟/韌體；後台系統包括中央處理系統(CPS)、場站處理系統(DPS)，以及所需之資料處理伺服器、無線資料存取點，及網路通訊系統等。

(五)通訊系統

通訊系統是由許多不同現代通訊設備所組成，負責提供高雄輕軌車輛營運調度所需之通訊需求，高雄輕軌通訊系統包含以下六個子系統：

1. 通訊光纖傳輸系統(CTS)
2. 電話系統

3. 閉路電視系統(CCTV)
4. 數位式無線電系統(Radio System)
5. 時鐘系統(Master Clock System)
6. 乘客資訊顯示器(PID)

其中通訊光纖傳輸系統為高雄輕軌的神經系統，用以傳輸輕軌營運時所需之各項語音、影像、數據及控制訊號。為避免光纖系統中斷造成營運停擺，在設計上採行環狀網路傳輸路徑。

參、高雄環狀輕軌第二階段核心系統機電

一、車輛系統

高雄環狀輕軌第二階段輕軌車輛係以CITADIS X05車輛為基本架構，再輔以規範第一階段之車輛、軌道、車站等既有設計，綜合考量為達高雄輕軌第二期工程與第一期工程之相容，第二階段候車站之無架空線架構及輕軌列車供電架構，均係以沿襲第一階段既有設計架構為基礎原則，並經初步分析後所提出，相關內容將作為後續履約階段主要之設計及製造依據。

集電/儲能系統主要含車頂之集電弓及儲能設備(ECOPACK)，每只ECOPACK箱體大小約為：長2,550mm x 寬1,540mm x 高700mm，重量約2噸，可提供功率400kW。而每一ECOPACK儲能設備可儲存4.5千瓦小時電能，每列車共有兩個ECOPACK儲能設備。每個儲能設備內含48個電容模組，每個模組內含30個電容器，內部之超級電容模組壽年長達10年，當其中一候車站之750V充電電源發生故障致列車停站無法充

電時，在限制條件情況下列車仍能以降級營運到達下一站。有關一階與二階車輛差異重點如表1所列(圖8-圖11)。

二、其他機電系統

依據規範規定，第二階段機電系統必須相

表1 高雄輕軌一階及二階車輛系統差異表

項目	一階	二階
製造廠商	西班牙CAF	法國Alstom
列車數	購置9列	購置11列+後續擴充4列
車輛尺寸	長34.16 m、寬2.65 m、高3.6 m	長33.44 m、寬2.65 m、高3.75 m
車重	空重(W0)：47噸 最大載重：67噸 (W3:W0+座位坐滿+立位7人/m ²)	空重(W0)：44噸 最大載重：63噸 (W3:W0+座位坐滿+立位7人/m ²)
座位	座位數64(含14個博愛座)	座位數66(含14個博愛座)
車載儲能系統	超級電容(ACR)+備用電池(鎳氫) 超級電容：(全新8.2kWh/最終5.2 kWh) 備用電池：鎳氫蓄電池(全新30kWh/最終9.4 kWh)	鋰離子超級電容(ECOPACK) 鋰離子超級電容：(全新9kWh/最終7 kWh) 備用電池：無
牽引系統及車輪組	彈性獨立輪、每個車輪有一個馬達，共8個馬達、12個輪子	彈性輪、每2個車輪有一個馬達，共有4個馬達、12個輪子
集電弓型式	一般集電弓	一般集電弓+小型集電裝置(E-Collector)
監視錄影設備	每列車共 12 個	每列車共 14 個
車門開啟	乘客手動按鈕開門	乘客手動按鈕開門、駕駛可開啟單側4個門
一、二階車輛相同處	5節車廂、8個車門出入口、2處輪椅空間、座椅排列方式、載客數 250人(5人/m ²)、2動力轉向架+1無動力轉向架	



圖8 左側一階列車右側二階列車



圖9 二階車輛集電弓及小型集電裝置



圖10 二階車輛小型集電裝置



圖11 二階車輛動力轉向架

容於第一階段，以使第一、第二兩階段購置的所有(24)列車，均能正常營運於全段環狀輕軌線上，因此其他機電系統的建置，主要功能及

設置均需與一階一致，除部分廠商自行發展項目外，以下就不同處列表如表2-表5說明。

表2 高雄輕軌一階及二階供電系統差異表

項目	一階	二階
牽引動力開關設備製造廠商	Sécheron 製造	Siemens 製造(採用Sécheron設備組裝)
充電控制系統	以TMC(編碼訊息發送器)與AMC(編碼訊息轉接)進行供電與斷電	以無線電與BCM-NG (Off Board Controller) 進行供電與斷電
列車定位	感應線圈(loop)確認	標籤(Tag)確認
雜散電流	於各候車站均裝設雜散電流測試箱進行手動監測	以軌道電位趨勢監控，進行自動即時監測及輔以敏感地區的候車站雜散電流測試箱手動監測
支援電力(控制電源)	以不斷電系統(UPS)備援	以充電機(Charger)備援
一、二階供電相同處	正線TSS 採一經常一備援進線、高壓斷路器 C-GIS 設備、整流/輔助變壓器組、導電軌	

表3 高雄輕軌一階及二階號誌系統差異表

項目	一階	二階	整合重點
計軸器	1.製造商：Frauscher(奧地利) 2.數量：164	1.製造商：Thales(德國生產) 2.數量：290	一階設備繼續沿用
感應線圈(LOOP)	1.製造商：CONTEC(德國) * 2.數量：72	1.製造商：與一階相同 2.數量：124	一階設備繼續沿用
號誌機、路口輕軌燈	1.製造商：CONTEC(德國) 2.數量：105	1.製造商：CONTEC(德國)、SEA(法國) ** 2.數量：263	一階設備繼續沿用
電動轉轍器	1.製造商：CONTEC(德國) 2.數量：23	1.製造商：與一階相同 2.數量：21	一階設備繼續沿用
手動轉轍器	1.製造商：CONTEC(德國) 2.數量：8	1.製造商：與一階相同 2.數量：6	一階設備繼續沿用
聯鎖系統	1.CAF Signalling S3e電子聯鎖系統 2.數量：2 3.設置位置： 機廠：管控進出機廠與C1 站發車需求 TSS6：管控C14 站發車需求	1.Thales Italy UCS電子聯鎖系統 2.數量：5 3.設置位置： C17 站：管控C17站發車需求 駐車場：管控進出駐車場 TSS9：管控進出C22/C23 袋狀軌 TSS12：管控進出C32/C33 袋狀軌 C36：管控進出機廠與C36 站發車需求	一階設備需擴充為二階系統
車載號誌設備***	軟體採用GMV(西班牙)開發的車載OSS系統	軟體採用 Thales 自行開發之作業系統	一階設備需擴充為二階系統
行控中心號誌監控設備	1.作業系統採用CTC+OSS 2.CTC 系統：監控沿線號誌系統設備(CAF Signalling 自行開發) 3.OSS 系統：營運班表管理、產出營運資訊	1.作業系統採用Thales 自行開發之ITMS 系統 2.ITMS 整合原CTC及OSS 之功能	一階設備需擴充為二階系統

* CONTEC 已被Voestalpine 併購 **二階輕軌路口號誌燈選用SEA

***每列車配置一套車載號誌系統 CTC：中央行車控制系統

OSS：營運支援系統 ITMS：整合交通管理系統(Integrated Traffic Management System)

表4 高雄輕軌一階及二階自動收費系統差異表

項目	一階	二階
收費方式	採上車刷卡計次收費	採上、下車刷卡計程收費
單程票售票機票種	只售全票單程票	可售全票單程票及優待票
驗票機參數更新	須由個別機台採手動方式更新參數	可在後台工作站自動更新所有機台參數
單程票售票機參數更新	須由個別機台採手動方式更新參數	可在後台工作站自動更新所有機台參數
前台設備故障訊號提醒方式	在後台以圖控顏色變化顯示方式，提醒工作站操作人員	在後台以時間佇列顯示方式，提醒工作站操作人員

表5 高雄輕軌一階及二階通訊系統差異表

項目	一階	二階	整合重點
電話系統 (TEL)	IP 話機：NEC DT700 車站IP 對講機：TOAN8640DS	IP 話機：NEC DT800 車站IP 對講機：TOAN8640DS	相容原對講系統、相容原交換機
閉路電視系統(CCTV)	廠牌Honeywell 網路攝影機： HICC-P-1100EIRV、HISD-1181W 視訊管理伺服器：HUS-XPRO-MAS-E 視訊錄影/視訊儲存伺服器： HD-NVR-116 (含調整與設定) HUS-XACT-032S-08(僅儲存影像，容量3TB) 解碼器：HUS-D4-E-Pro	廠牌Honeywell 網路攝影機： HICC-F200VI、HISD-2301WE-IR、HIDC-F200VI 視訊錄影/視訊儲存伺服器： HUS-NVR-1032-E(含調整與設定，容量4TB，放置於TSS7-TSS12)、HUS-NVR-7064-H(僅儲存影像，容量8TB，放置於TSS7、TSS10、TSS12) 解碼器：HUS-D4-E-Pro	整合操控台、整合電視牆控制、沿用一階的影像管理
通訊光纖傳輸系統 (CTS)	網路交換機：M O X A P T - 7828-F-48-48、PT-7728-F-48-48 光纖網路為1 ring	網路交換機：MOXA PT-7828-F-HV-HV、EDS-P510A-8PoE-2GTX 光纖纜線：聯合光纖 光纖網路為3 ring	提供足夠的頻寬、相容原協定、與原網管整合
數位無線電通訊系統 (Radio)	基地台：Sepura FR400 手機：Sepura STP9238 車機：Sepura SRG3900	基地台：Sepura FR400 手機：Sepura STP9038 車機：Sepura SRG3900	相容原系統設備、將原派遣台納入整合

肆、高雄環狀輕軌核心系統機電相容及整合要項

一、超級電容供電設備及車輛之相容性說明

二階每一候車站均設有超級電容充電設備，內部之隔離開關，電磁接觸器及PLC控制器，將參照一階控制邏輯設計，以確保一階與二階之超級電容充電設備之相容性，同時二階

每一車站之導電軌其高度及長度亦將參照一階，使一階或二階列車進入每一車站，超級電容供電設備及導電軌均能依控制程序順利供電至列車(圖12)。

二階均依據一階地面及車上超級電容供電設備之相關軟體、韌體、硬體介面圖件，含系統方塊圖、配線圖、介面通訊協定與參數及應用程式原始碼。

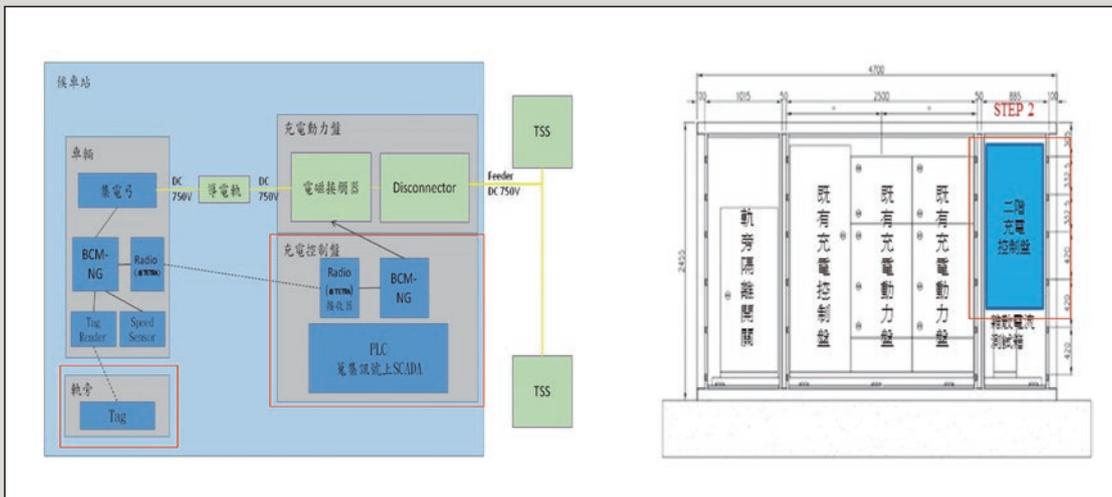


圖12 二階充電控制盤增設控制一階動力盤電磁開關配置

二、其他機電系統相容性說明

(一)行車監控系統及號誌、通訊之需求

為考量整個環狀路線採行一車到底的營運方式，以及列車於機廠、停車場內行駛運轉之可行性，需針對第一階段行車監控系統及號誌、通訊本身，以及與其他機電系統相互間之軟、硬體介面進行整合。

(二)行控中心之需求

第一階段之系統及設備所採用的電腦記憶體容量與網路頻寬，須能滿足整個環狀路線的服務範圍，二階系統需依據行控中心相關通訊協定與規範外，並需分析、驗證未來新增候車站及道旁控制設備的容量與執行方式。

(三)道旁行車控制相關系統與設備之需求

依據一階道旁各系統、設備與行控中心間，以及與車載設備間之雙向通訊軟體系統協定、參數及虛擬碼(Pseudo code)，並針對一階對列車偵測、註冊相關之通訊協定與規範研析。

(四)道旁行車控制相關系統與設備之需求

依據一階車載各系統、設備與道旁機房間，以及與其他列車之車載設備間傳輸之控制方式、即時通訊模組之通訊協定、參數及虛擬碼(Pseudo code)，並針對一階列車行進間，車載與道旁設施間信號交談相關之協定與規範研析。

(五)道旁行車控制相關系統與設備之需求

依據一階的技術資訊，包括車載設備與地面設施(含候車站與站間、道旁)配置、系統架構、配線、控制點及相關圖說與邏輯，以及介面與通訊協定等。

為與第一階段設備相容，並且加以整合或擴充，需研析相關軟體、韌體、硬體界面資訊與圖件，含系統方塊圖、配線圖、介面圖說、介面通訊協定與參數以及應用程式界面及功能規範、客製化應用程式原始碼(Source Code, 含程式碼、資料庫架構說明文件)、虛擬碼(Pseudo Code)等，以達成車輛、號誌、通訊、自動收費及OCC/SCADA等子系統之整合，方便操作員之操作與監控。

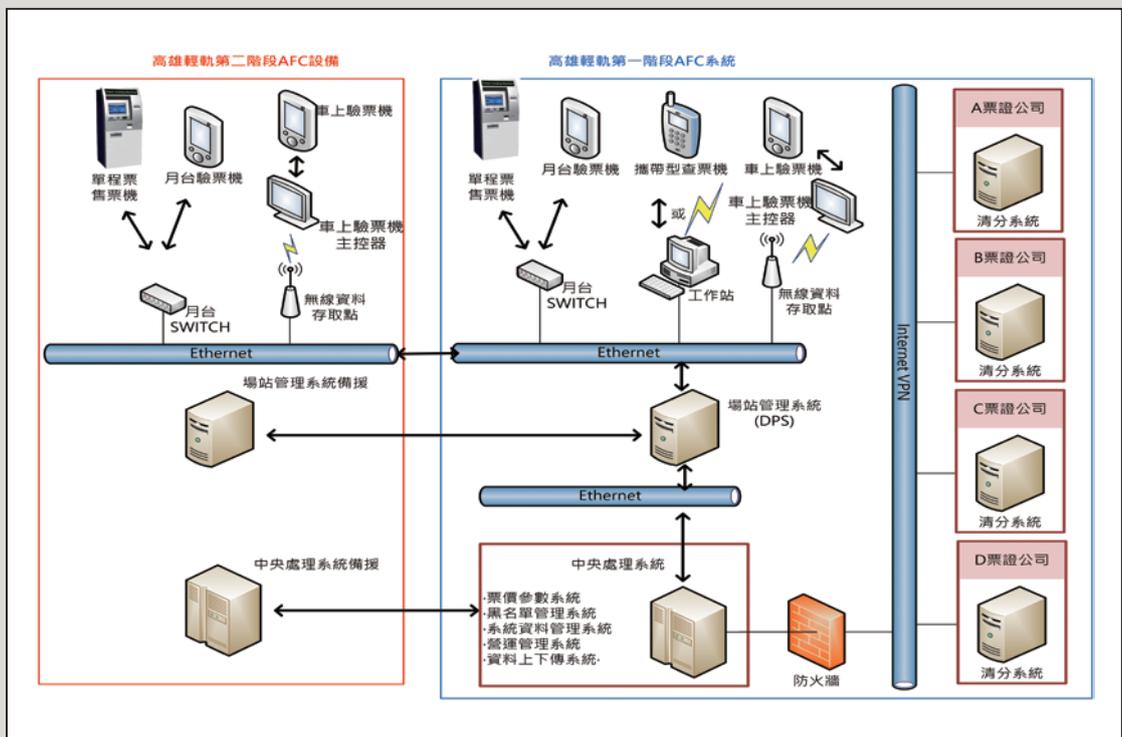


圖13 自動收費系統一二階整合示意圖

(六)號誌系統

號誌系統透過聯鎖設備之監控，以達到最安全及最順暢的行車狀態。新的聯鎖設備將經由通訊光纖傳輸系統與既有的中央列車控制系統(CTC)進行通訊，如此可確保兩階段之間系統的互通性。為了確保兩階段之間的互通性，考量下列項目：

1. 採用與一階相同協定之軌道感應線圈 (LOOPS)。
2. 採用與一階相同顏色與形狀之號誌機。
3. 電動轉轍器採用三相電源，及採用四線介接來偵測轉轍器位置。
4. 手動轉轍器採用四線介接，來偵測轉轍器位置。

5. 採用與一階相同介面之列車及車輪偵測器(計軸器)，以偵測兩階段不同車輛。

結語

軌道系統機電都由廠商自行發展，不同廠商各自發展其系統及軟體，因此在同一路線上運行的軌道運輸系統，最難克服的通常都在號誌、通訊及控制軟體上，目前國內軌道運輸系統有系統相容經驗者，主要為臺鐵與北捷文湖線，臺鐵是依據道旁號誌行車，因此新購車輛在車載通訊及車載號誌便需使用原系統，而捷運部份通常都帶有路線延長或擴充，因此系統相容常易受廠商約束，北捷文湖線便採用替換方式將車載號誌及通訊加以處理，而高雄環狀輕軌無法採替換方式處理，因此系統相容課題更顯得困難度高。在高雄捷運局、專案管理及監造團隊、統包商共同努力下，逐一克服相關

難題，讓高雄環狀輕軌第二階段各路段逐一上線營運，在此也提供幾項軌道系統機電系統相容之建議供參：

- 採用市面上主流產品，並採用國際標準之規格。
- 預留足夠之空間，以配合未來之擴充。
- 設計成一個開放性系統，以便能根據不同之技術共同進行未來之擴充。
- 提供授權之商業軟體。
- 就專業軟體而言，簽訂託管協議，交付授權之第三方，業主仍可使用此軟體進行擴充作業。

參考文獻

1. 高雄環狀輕軌捷運建設(第一階段)統包工程機電系統設計文件，2014。
2. 交通部輕軌系統建設及車輛技術標準規範，2012。
3. 高雄環狀輕軌捷運建設(第一階段)統包工程機電系統功能規範，2012。
4. 高雄環狀輕軌捷運建設(第二階段)統包工程機電系統功能規範，2015。
5. 高雄環狀輕軌捷運建設(第二階段)統包工程機電系統設計文件，2017。



南迴鐵路電氣化 號誌電子聯鎖系 統切換實務

關鍵詞(Key Words)：南迴鐵路電氣化(South-link line Electrification Project)、號誌聯鎖系統(Signaling Interlocking System)、切換實務(Switching Practice)

- 台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機部／工程師／張思明 (Chang, Szu-Ming) ❶
台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機部／工程師／王邵弘 (Wang, shao-hung) ❷
台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機部／正工程師／丁肇勤 (Ting, Chao-Chin) ❸
台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機部／計畫副理／鐘朝聖 (Chung, Chao-Sheng) ❹
台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機部／計畫經理／蘇宗林 (Su, Tsung-Lin) ❺



摘要

鐵路電氣化是經濟建設重要的一環，亦是臺鐵快捷化的關鍵要素。民國60年至105年間環島鐵路陸續電氣化通車，僅剩南迴鐵路臺東潮州段尚未電氣化。交通部爰辦理臺鐵南迴鐵路臺東潮州段電氣化工程(下稱本工程)，潮枋段於108年底提前電氣化通車、南迴線如期於109年底如期電氣化通車，完成最後一哩鐵路電氣化路線。然本工程係於營運路線中施工，如何於營運路線中進行號誌系統切換甚為重要，本文謹提供配合軌道路線營運切換辦理號誌系統切換之實務經驗供參考。



Switching Practice of Signaling Electronic Interlocking System for Taiwan Traditional Railway South-link line Electrification Project

Abstract

Railway electrification is an important part of economic development and a key element of the rapidization of Taiwan Traditional Railways. From 1971 to 2016, the circular railway was electrified and operation. Only the Taitung to Chaozhou section of the South-link line of Taiwan Traditional Railway has not electrified. The Ministry of Communications beginning the electrification project for the Taitung to Chaozhou section of the Taiwan Railway South-link line. Chaozhou to Fangliao section was electrified and opened to traffic ahead of schedule at the end of 2019, and the South Loop line was electrified and opened to operation on scheduled at the end of 2020, completing the last mile of railway electrification route. However, this project is construction while operating, how to switch the signaling system in the operation route is very important. This article is intended to provide practical experience for reference in the switching of the signaling system on the operation routes.

3

專題報導

壹、前言

「臺鐵南迴鐵路臺東潮州段電氣化工程」之工程範圍西起臺鐵屏東線潮州站(屏東線里程39K+730)東至南迴線臺東站(南迴線里程98K+145)止，長約123.4公里，詳圖1所示。工程內容包含變電站土建工程、變電站電力系統工程、電車線系統工程、電力遙控系統工程、電訊系統工程及號誌系統工程等，其中號誌系統工程北起潮州站上行進站號誌機(屏東線里程40K+394)至知本站下行進站號誌機(南迴線里程86K+214)，沿線於南州站、佳冬站、枋寮站、加祿站、枋山站、枋野站、中央號誌站、古莊站、大武站、瀧溪站、金崙站及太麻里站等站號誌系統由繼電聯鎖更新為電子聯鎖及中途新設電子式閉塞裝置等，另潮州站、林邊站及知本站屬於既設系統，故需設置界面裝置，以為介接。於工程範圍內進行電子聯鎖裝置、號誌設備控制器、計軸器設備、電源設備、平交道監控及號誌機房監視設備等施工作業。

鐵路系統機電之號誌系統影響行車安全甚鉅，本計畫號誌系統對在潮枋段及南迴線除了

潮州站、林邊站及知本站等三站場已更新為電子聯鎖裝置(EI)外，其餘車站及區間尚為繼電聯鎖裝置。號誌系統須配合路線之施工切換，逐步切換，將各車站及區間更新為電子聯鎖。以下就號誌系統介紹、號誌系統切換流程、切換遭遇困難與因應對策等綜整說明。

貳、號誌聯鎖系統介紹

號誌系統是確保行車安全和效率最重要的設備，系統設計必須符合「失效自趨安全」(Fail-Safe)之原則，即使設備發生故障或操作錯誤也不得危害行車安全。因此鐵路號誌必須使用高可靠度與耐用性之設備，除需符合臺鐵運轉規章及國際上通用之標準，採用符合SIL4等級之集中式電子聯鎖裝置，以提高可靠度、妥善率、可維修度。另本工程考量南迴鐵路地理環境不佳，部分路段行經山區，公路不易到達，為利後續營運維護保養及障礙查修作業，採集中式電子聯鎖設計，分別將枋寮站及大武站建置為集中電子聯鎖之調度站，用以控制南州站至中央號誌站；與古莊站至太麻里站之號

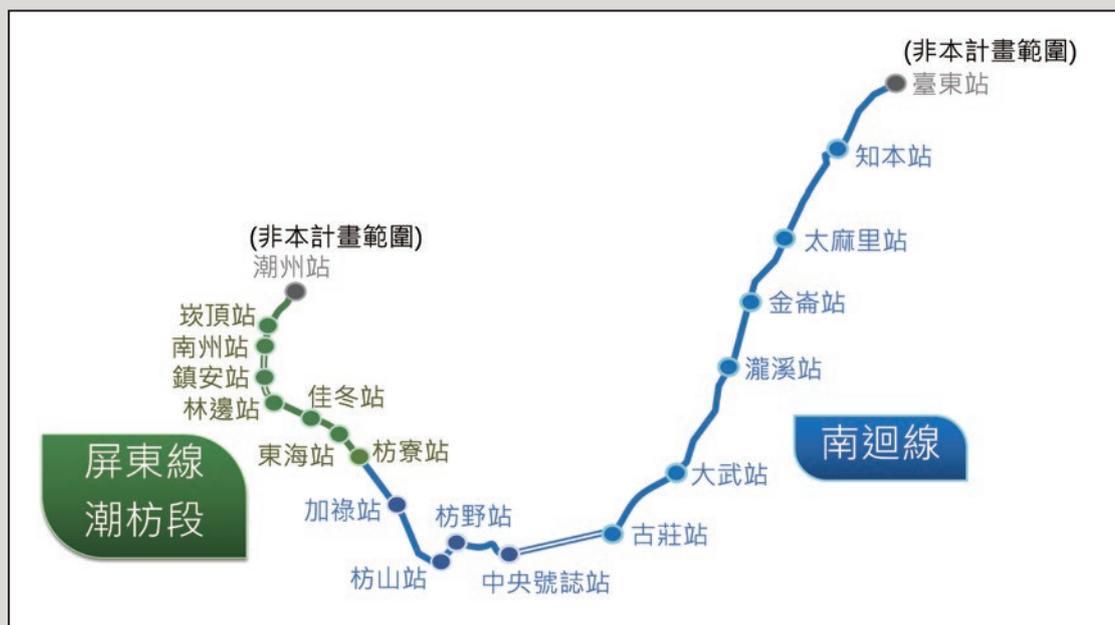


圖1 計畫範圍示意圖

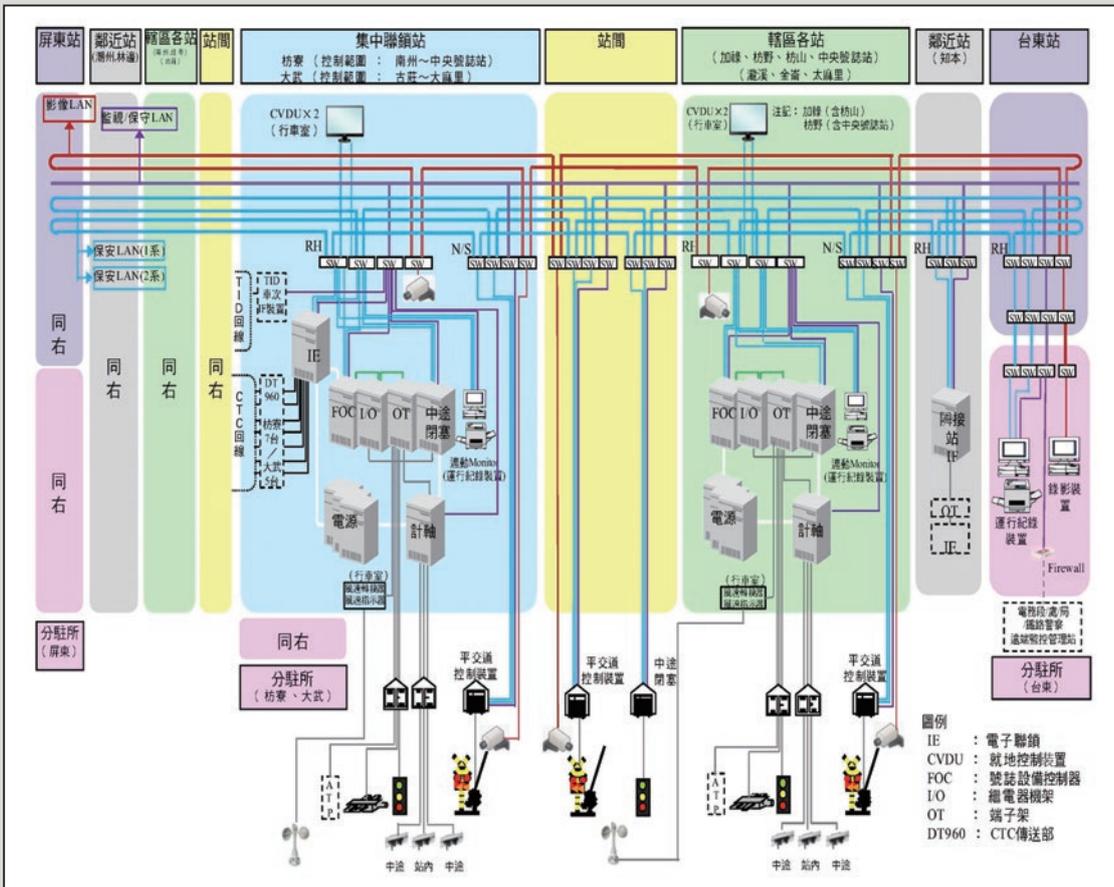


圖2 號誌系統架構示意圖

誌運作。又為增進車輛偵測，採雙計軸器設計，其中一系正常運作，另一系為熱備援，增加系統可靠度。傳輸系統部份採用雙迴路光纖設計，提供備援機制，確保訊號傳輸不中斷。中途平交道控制裝置、中途閉塞號誌機控制機採用Fail safe-PLC控制，獨立於集中式電子聯鎖裝置之外，若集中式電子聯鎖裝置發生故障，將不影響平交道及閉塞號誌機功能運作。整體系統架構如圖2所示。

參、號誌聯鎖系統切換

號誌系統施作除依據架構圖外，最重要為軌道號誌佈置圖及聯鎖圖表。軌道號誌佈置圖依站場及站間軌道定線圖為基礎，規劃該路線範圍供列車運轉、調度及管理所需之號誌設施，並依

臺鐵路運轉規章及契約規範等設計軌道號誌佈置圖，正確註記各項號誌設備里程位置，包括電動轉轍器編號、號數、定反位、號誌機(進站、出發、調車、預告等)、軌道區分名稱、ATP地上感應器位置、行車室就地控制、平交道位置、繼電器箱位置等，構建成全站場完整的站場軌道號誌佈置圖。軌道號誌佈置圖完成後，再發展成聯鎖圖表，聯鎖圖表是以表格方式詳細列出站場聯鎖裝置中之號誌機、轉轍器、計軸器等設備相互間聯鎖條件，並符合臺鐵路運轉規章及契約規範，確保列車營運安全。

新設號誌聯鎖系統完成後須與既設繼電聯鎖切換，除須與時間賽跑，更須依號誌聯鎖圖表內容逐項測試，確保號誌系統功能正常，切換後列車正常營運。相關流程與實務綜整說明如下。

一、切換作業流程

交通部鐵道局為確保切換工作順利，避免影響現行鐵路營運及維持行車安全，ISO文件RBH-2-C52鐵路切換施工標準作業程序，業已規定切換前準備作業及切換當日作業流程，詳如圖3所示。

及切換後情況、施工流程、細部時間、現場配置、人員安排與檢查時程等。

以下將以枋寮站號誌切換之實際案例說明，枋寮站號誌系統切換係配合土木工程鋪軌施工及月台更新啟用作業，進行各階段切換作業，用以將號誌系統由既設繼電聯鎖裝置(RI)更新為電子聯鎖裝置(EI)。

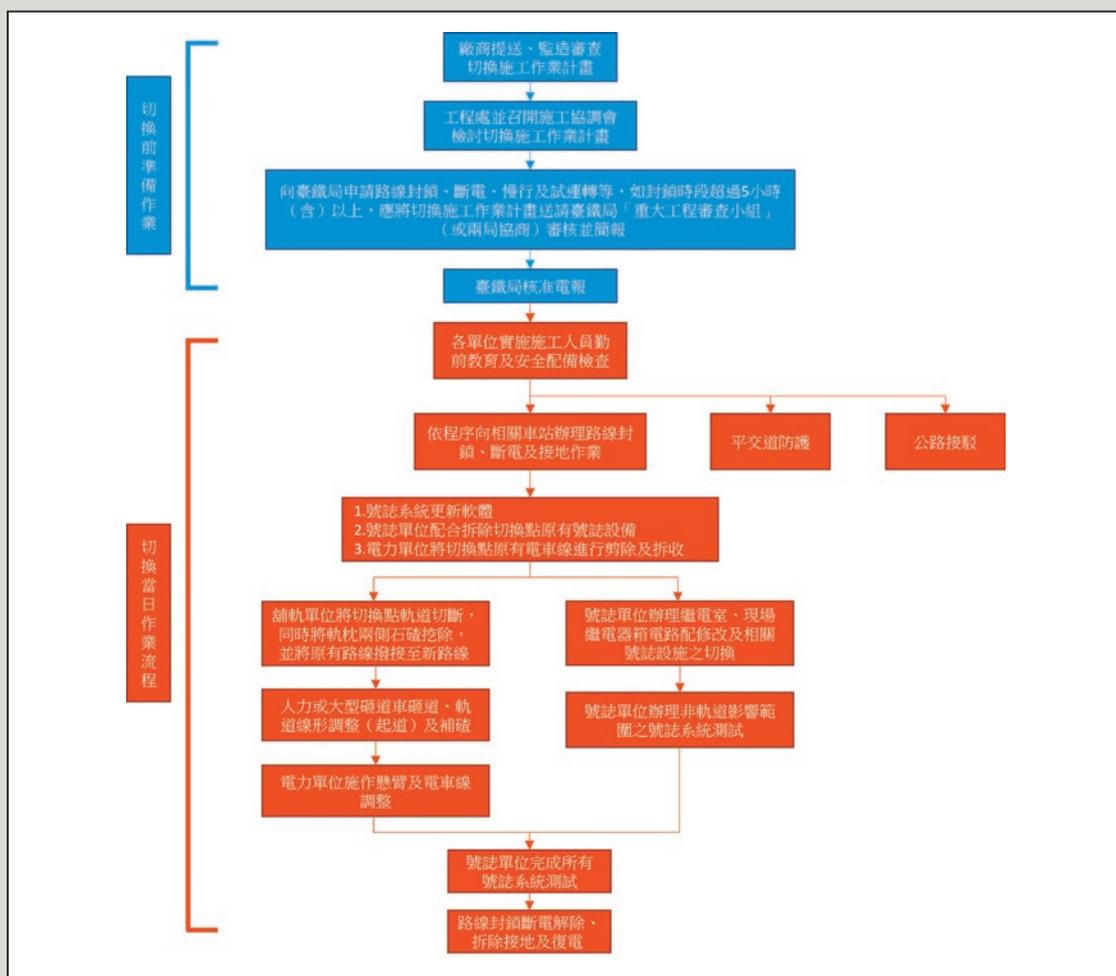


圖3 鐵路切換施工流程圖

二、切換施工作業

該作業程序中最重要為「切換施工作業計畫」，因切換作業工作眾多且時間緊湊，須讓廠商了解各應辦工作與流程，業主工程處召集各監造單位及施工廠商共同檢討，再邀請臺鐵局共同開會討論。確認切換工程範圍、切換前

(一) 枋寮站切換第一階段

枋寮站土木工程第一階段係為進行第0、1股道鋪設，將既有第2、3、4股道切換至臨時第0、1、2股道，釋出之空間，讓站場施作永久第2月台及永久第3、4、5股道。號誌系統配合該第一階段工作，於枋寮站繼電器室新設電子聯鎖裝置、號

誌設備控制器、計軸器機櫃、電源設備等，並於臨時第0、1、2股道裝設轉轍器等道旁號誌設備。枋寮站第一階段示意圖，詳圖4所示。

(二) 枋寮站切換第二階段

枋寮站土木工程第二階段係將臨時第0、1、2股道切換至永久第3、4、5股道，維持3股道停靠面，並新建永久第2月台及臨時第3月台。軌道交付後號誌系統配合於永久第3、4、5股道裝設號誌機、轉轍器及計軸器等道旁號誌設備，並進行號誌系統聯鎖修改及枋寮站繼電器室內繼電器架及端子架修改作業。第二階段切換完成後第2月台及第三臨時月台啟用，以永久3、

4、5股營運。枋寮站第二階段示意圖詳圖5。

(三) 枋寮站切換第三階段

枋寮站土木工程第三階段係將由永久第3、4、5股道切換至永久1、2、3、4股道，新增至4股道停靠面，並新建永久第1月台。軌道交付後號誌系統配合於永久第1、2股道裝設號誌機、轉轍器及計軸器等道旁號誌設備，並進行號誌系統聯鎖修改及枋寮站繼電器室內繼電器架及端子架修改作業。第三階段切換完成後以永久1、2、3、4股道營運，並啟用第1月台。枋寮站第三階段示意圖詳圖6所示。

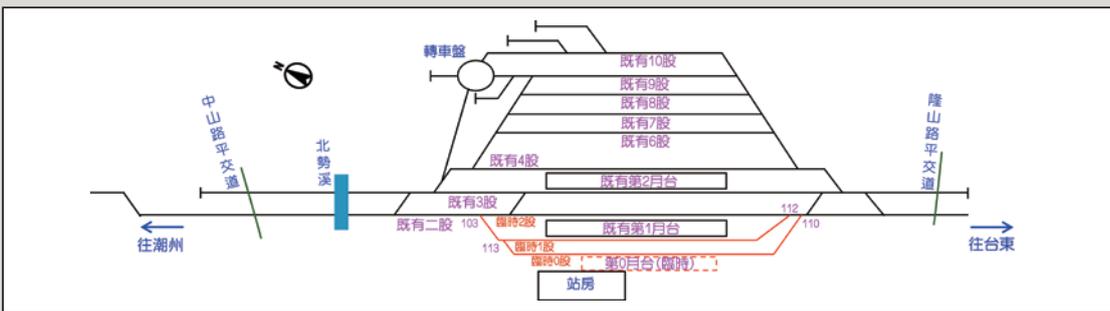


圖4 枋寮站第一階段示意圖

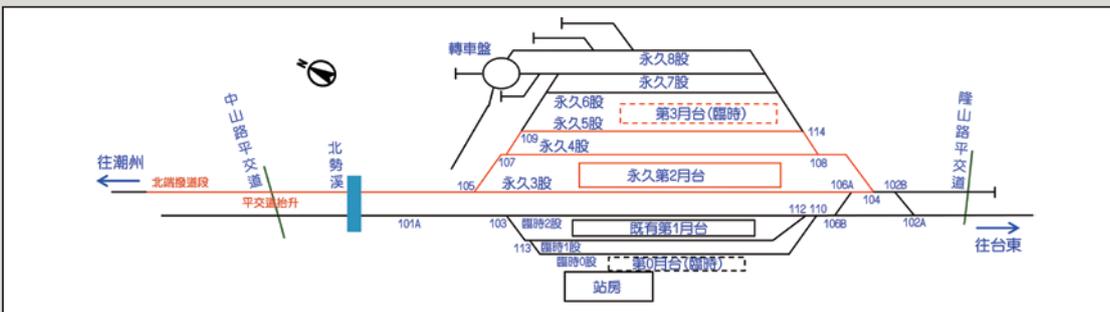


圖5 枋寮站第二階段示意圖

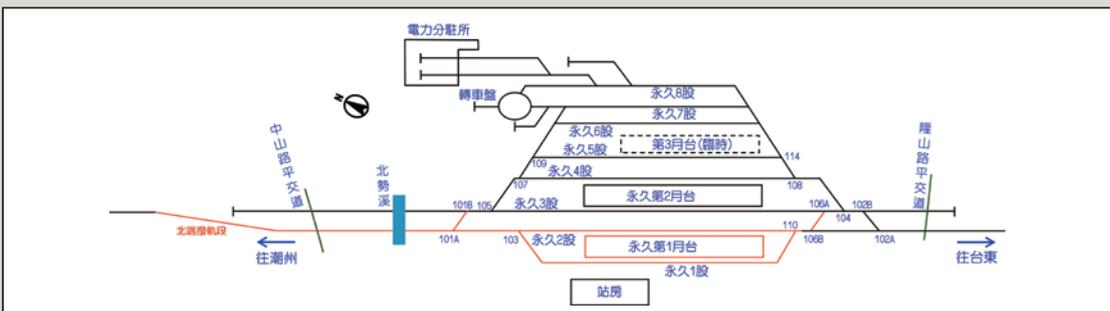


圖6 枋寮站第三階段示意圖

(四) 各階段應辦理之假切換程序

號誌系統切換啟用，每一次切換，皆須先完成假切換程序，惟假切換測試於一夜間須完成切換→測試→復舊→復舊測試，其中復舊測試易被忽略，因此增訂相關檢驗表單，如圖7、8所示，作為檢查之依據，確保行車安全。

台灣世曦工程顧問股份有限公司 各階段號誌設備復舊測試紀錄表				
工程名稱	1001「臺鐵南迴鐵路臺東潮州段電氣化工程復舊計畫」系統機電顏色工程			
分項工程名稱				
檢查位置	檢查日期	年 月 日		
檢查時間	<input type="checkbox"/> 檢驗時間	<input type="checkbox"/> 不定期抽查		
檢查對象	<input checked="" type="checkbox"/> 檢查合格 <input type="checkbox"/> 有缺失需改正 / 無此檢查項目			
項次	檢查項目	檢查標準(定置定標)	實際檢查情形(載述檢查結果)	檢查結果
1	軟體版本確認	確認 I/O 裝置版本正確。 切換前軟體版本： 切換後軟體版本： 復舊後軟體版本： 確認 CTC 裝置版本正確。 切換前軟體版本： 切換後軟體版本： 復舊後軟體版本： 確認運轉紀錄器版本正確。 切換前軟體版本： 切換後軟體版本： 復舊後軟體版本： 確認 MIF 裝置版本正確。 切換前軟體版本： 切換後軟體版本： 復舊後軟體版本：		
2	機房設備復舊	(1)確認 I/O 架配線正確。 (2)確認 I/O 架配線正確。 (3)確認 I/O 架配線正確。 (4)確認 I/O 架配線正確。		
3	封鎖功能	(1)封鎖。 (2)解除封鎖。 (3)強制解除封鎖功能正常。		
4	閉塞方向功能	(1)閉塞方向變更。 (2)閉塞方向機件測試。		
5	號誌機功能	(1)號誌機各機件測試。 (2)自檢測試各機件測試。 (3)號誌機各機件測試。 (4)號誌機各機件測試。 (5)號誌機各機件測試。 (6)號誌機各機件測試。 (7)月台自檢及應急測試。		

圖7 各階段號誌設備復舊測試紀錄表(1/2)

6	封鎖器或軌道電路功能	(1)各軌道 I 系統測試正常。 (2)各軌道 I 系統測試正常。 (3)各軌道 I 系統測試正常。 (4)各軌道 I 系統測試正常。		
7	轉軌器功能	(1)各轉軌器測試正常。 (2)各轉軌器測試正常。 (3)各轉軌器測試正常。 (4)各轉軌器測試正常。		
8	1/2 CTC 輸出 2/2 運轉紀錄器	(1)確認 CTC 1-2 系統控制及輸出正常。 (2)確認運轉紀錄器輸出正常。		
9	閉塞	(1)CTC 外編切閉塞正常。 (2)CTC 外編切閉塞正常。 (3)中交運轉閉塞正常。 (4)中交運轉閉塞正常。		
10	閉塞	(1)確認各閉塞功能正常。 (2)確認各閉塞功能正常。		
11	區域閉塞	(1)確認各閉塞功能及輸出正常。 (2)確認各閉塞功能及輸出正常。		
12	閉塞	確認各閉塞功能及輸出正常。		
13	封鎖解除	30、60、90 秒解除功能正常。		
14	1/2 LDCM/CTC 模式 2/2 LDCM/CTC 模式 3/2 封鎖解除 4/2 封鎖解除	(1)LDCM/CTC 模式切換控制及輸出正常。 (2)LDCM/CTC 模式切換控制及輸出正常。 (3)封鎖解除功能正常。 (4)封鎖解除功能正常。		
15	中交運轉閉塞	(1)中交運轉閉塞測試、警告動作。 (2)中交運轉閉塞測試、警告動作。 (3)中交運轉閉塞測試、警告動作。 (4)中交運轉閉塞測試、警告動作。 (5)中交運轉閉塞測試、警告動作。		
16	閉塞	(1)中交運轉閉塞測試、警告動作。 (2)中交運轉閉塞測試、警告動作。 (3)中交運轉閉塞測試、警告動作。 (4)中交運轉閉塞測試、警告動作。 (5)中交運轉閉塞測試、警告動作。		
17	中交運轉閉塞	(1)確認中交運轉閉塞測試及輸出正常。 (2)確認中交運轉閉塞測試及輸出正常。 (3)確認中交運轉閉塞測試及輸出正常。		

檢查表說明：
已完成改善 (檢附改善前中檢照片)
未完成改善 (檢附改善前檢表)，進行後續改善
 檢查日期：年 月 日
 檢查人員：簽名：
 監造人員：簽名：監造主管簽名：

圖8 各階段號誌設備復舊測試紀錄表(2/2)

肆、切換遭遇困難與因應對策

彙整本工程切換工作均需配合土建軌道切換期程及通車期程執行，由枋寮站切換次數與範圍即可知，需面臨許多切換遭遇困難，彙整如下：

項目	切換遭遇困難	因應對策
山區通訊不良	南迴線橫跨屏東縣及臺東縣，沿途共經過42個隧道，一般通訊無法全面涵蓋，造成通訊困難。切換作業時最重要就是通訊，指揮中心下達命令及各地要隨時回報情況給指揮中心，若通訊困難則可能造成切換作業不順利。	以臺鐵局既設行車調度無線電話系統之無線手機，優化及擴充，作為施工及切換期間之通訊解決方案。
號誌切換時間受限	潮枋段南州、佳冬及枋寮站配合土建月台及軌道切換啟用，切換隔日鐵路仍需正常營運，僅有數小時需完成軌道及號誌系統切換，且需等待軌道完成鋪軌作業及電車線系統完成後方可完成測試作業，號誌系統切換時間相當緊湊。	於正式切換前先擇一日進行假切換測試，讓各人員熟悉切換流程及任務安排，並進行完整號誌系統測試，若有問題可事先發現及排除問題，確保正式切換當日順利進行。
潮枋段南州、佳冬及枋寮站號誌系統切換頻繁	潮枋段南州、佳冬及枋寮站軌道切換作業頻繁，若號誌系統不斷配合更新軟體將容易對營運造成衝擊。	依各站所需之最終軟體設計，即軟體考量多次軌道切換的需求，號誌設計時一次到位，不受各站執行切換次數影響，可配合各種階段性之切換作業。

結語

臺鐵南迴鐵路臺東潮州段電氣化工程為環島鐵路電化路網之最後一哩。本工程於營運路線施作，隧道多、工區長及施工時間短之艱巨工程，另全線號誌系統切換次數多，所幸於工程執行中承蒙交通部各級長官、臺鐵局、鐵道局、工程處各段隊督導協助及本公司監造團隊和各相關承商戮力合作下，終於達成潮枋段108年12月23日提前通車及南迴線109年12月23日通車目標，其中最大效益為台北至台東通車時間由4.5小時減少至3.5小時，且增加班次，使南迴線運能平日提升7%、假日提升13%，大幅促進東部觀光，配合遊憩據點分布與運具整合，建立接駁公共運輸及兩鐵遊憩系統，帶動沿線觀光經濟，連結地方特色，促進偏鄉區域發展，以提升地區生活水準。

誌謝

『臺鐵南迴鐵路臺東潮州段電氣化工程建設計畫』潮枋段提前通車及南迴線如期如質達成通車目標，端賴整體施工團隊包括鐵道局東部工程處各段隊、鐵道局南部工程處各段隊及承包商的戮力與配合，其間並承蒙交通部、臺鐵局、鐵道局、鐵道局東部工程處及鐵道局南部工程處各級長官的督導與協助，謹誌謝忱。

參考文獻

1. 台灣世曦工程顧問股份有限公司，「臺鐵南迴鐵路臺東潮州段電氣化工程建設計畫」系統機電工程基本設計、委託監造及專業技術顧問服務工作計畫書，(2014.10)
2. 交通部鐵路改建工程局，K001『臺鐵南迴鐵路臺東潮州段電氣化工程建設計畫』系統機電統包工程契約，(2017.3)
3. 士林電機廠股份有限公司/日本信號株式會社，K001『臺鐵南迴鐵路臺東潮州段電氣化工程建設計畫』系統機電統包工程施工計畫書，(2016.11)



鐵道設施國產化之 要徑—鐵道技術研 究及驗證中心

關鍵詞(Key Words)：鐵道技術研究及驗證中心(Railway Technology Research and Verification Center)、驗證(Certification)、軌道運輸系統(Railway Transport System)、國產化(Localization)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機部／計畫工程師／劉開成 (Liu, Kai-Chen) ❶

財團法人工業技術研究院／量測技術發展中心／博士／涂聰賢 (Tu, Tsung-Hsien) ❷



摘要

台灣世曦工程顧問公司於民國107年6月受交通部鐵道局委託，開始進行鐵道技術研究及驗證中心計畫之場區基地基礎設施及檢測儀器設備廠房建築設計，於109年交通部八大施政目標，在「促進運輸產業發展」一項成立「鐵道技術研究及驗證中心」為其重點行動方案，為了達成推動人本、綠色、安全、智慧及國產化的軌道產業，本計畫結合工業技術研究院檢定、檢測儀器設備採購評估，配合研發設備廠房之配置，擴展本中心共用性與通用性之零組件檢測需求，建構國人自主性研發軌道設計產品檢測平台，提供國內具有公信力之軌道產品驗證，並強化營運單位及供應商完整軌道產業鏈，未來將會成為國內提供新樣式軌道產品開發及具有公信力機構之軌道產品驗證機構。



The key to localization of railway facilities- Railway Technology Research and Verification Center

Abstract

CECI Engineering Consultants, Inc., Taiwan was commissioned by the Railway Bureau, MOTC in June 2018 to start the detailed design of the civil engineering of the Railway Technology Research and Verification Center Plan for the site base infrastructure and testing equipment factory buildings. The eight major governance goals of the Ministry of Transportation and Communications in 2020, of which the establishment of the "Railway Technology Research and Verification Center" is the key action plan in the "Promoting the Development of the Transportation Industry", in order to achieve the promotion of humanism, green, safety, wisdom and localization for the rail industry, This plan combines the verification of the most professional R&D institution in Taiwan - Industrial Technology Research Institute, and the evaluation of the procurement of testing instruments and equipment, procurement and evaluation of testing instruments and equipment, and the deployment of R & D equipment plants, expanding its common and versatile component testing needs, we will build a national independent research and development track design product testing platform to provide domestic credibility. Rail product verification strengthens the complete rail industry chain of operating units and suppliers, and becomes a product verification agency that provides new style rail product development and has a credible organization.

3

專題報導

壹、前言

前瞻未來臺灣發展需求，政府規劃自106年9月至114年8月推動「前瞻基礎建設計畫」如圖1，其中38項軌道建設預算合計4,241.33億元，預估可帶動國內產值約7,000億元，前瞻計畫提前並擴大辦理重要軌道建設，其中將鐵道技術研究及驗證中心納入並編列特別預算予以執行，除可將其技術研發結果提供興建單位應用外，並藉由國家軌道工業標準之訂定，進行廠商產品之檢驗證，確保其穩定與安全，俾建立軌道產業檢測及驗證技術平台，並協助國內零組件及系統整合廠商取得技術驗證或產品實績，跨足國內門檻進而朝國際市場邁進。

鐵道技術研究及驗證中心(以下簡稱鐵研中心)座落於高雄燕巢台灣高鐵總機廠旁之鐵道

局預留用地，現階段開發面積約9.8公頃，規劃作為軌道運輸系統行車人員(包括駕駛及行控人員)法定安全訓練、複訓及證照檢定、營運機構人員訓練課程認證等之專門機構，並供發展車輛、電力、通信、號誌、軌道、土建等相關技術及產品測試所需之實驗室、測試工場及測試軌。初期研究發展以軌道運輸系統零組件為出發，並俟未來研發需求擴充時，部分大型實驗可透過與國內學界或產業界合作方式，或另擇適合場地擴大中心研究規模。

一、場區配置

本中心場區依使用目的配置成三大部分：『生態保育區』、『行政辦公區』、『測試研發區』(如圖2)。



圖1 前瞻基礎軌道建設計畫



圖2 鐵研中心基地概況

行政辦公區位於廠區中央，目前已完工，包含行政中心、會議室、圖書中心、餐廳、接待區及訓練中心等，將各生活空間及辦公、訓練空間整合，有效率的區分動線系統，並在廠區西側保留未來擴充之彈性(如圖3)。



圖3 鐵道技術研究及驗證中心行政大樓

測試研發區與測試軌道配置於基地北側，因應測試軌的使用配置相對位置，包含三棟測試研發工廠(C1, C2, C3)如圖5-7及一棟變電站(C4)如圖4；透過裝卸區整合，使作業動線清晰便捷，提高工作效率及安全。



圖4 鐵研中心變電站(C4)

二、檢定、檢測儀器設備廠房及測試軌

鐵研中心初期規劃之研發與檢測能量，依工業局與鐵道局合辦產業座談會建議優先發展項目，其中包含集電弓系統、車門系統、轉向架系統、轉轍器系統、自動列車防撞系統、軌道複合基鈹、儲能電力管理系統、牽引系統、輕軌號誌系統、超級電容等10項。又參考目前國內各軌道營運機構（高速鐵路、臺鐵、捷運等）之相關技術規範、作業程序及執行情形，



圖5 C1廠房透視圖

C2
廠房

圖6 C2廠房透視圖

C3
廠房

圖7 C3廠房透視圖

分別研析可委由鐵道技術及驗證中心辦理之項目及其可行性。C1與C2廠房規劃儀器設備對應規範與可測試系統/零組件，檢測設備總計20套。C3廠房與測試軌將朝土建軌道之材料研發、檢測技術與能量建置及號誌國產化產品研發/開發場域及研發、測試能量等多元空間進行規劃設計。

貳、國內軌道產業檢測認證供給需求與能量

在鐵道技術及驗證中心研發檢測設備之建置工作上，配合國產化項目與調查我國軌道工程類CNS國家標準現況，瞭解其與產業發展需求、接軌國際/區域主流(或通用)標準之情形，完成既有標準清單、制定之考量與參採標準，

及其後續修訂情形之彙整，制定產業標準取代國家標準之可行性與利弊分析。建立國內鐵道軌道產業國際、區域或重要國家(或產業通用)依循標準或規範，加速產品與系統之研發。

鐵道技術及驗證中心之檢測、研發儀器設備建立以國內/外產品市場、國內軌道技術發展與國內研發環境建置三個發展需求為首要，輔以(1)媒合產業發展需求、(2)不重複投資、(3)納入國外軌研機構發展經驗、(4)專業人才培育為原則、(5)國內學術/產業研究發展需求五個面向綜整規劃；初期以建立國產化關鍵發展之集電弓、車門、轉向架、轉轆器、自動列車防撞系統等五項目與優先發展項目之超級電容、儲能電力管理系統、軌道複合基鈹、牽引系統、軌道號誌系統等共十項優先發展項目，建立軌道產業特有檢測與研發需求之儀器設備能量，引領國內軌道產品之在地化發展，解決目前廠商參與國內軌道工程興建標案實績認定資格，與部分測試須送國外，耗費時間及經費，影響廠商投資意願。後期在軌道技術專業與人員養成後，逐步推動與發展軌道相關產業之驗證與認證能力，發展國內軌道產業。

在儀器設備規劃上為避免重複投資，有效統合運用國內專業機構既有能量，計畫執行進行國內研究法人（車輛研究測試中心、中山科學研究院、工業技術研究院、台灣電子檢驗中心，以及金屬工業研究發展中心）既有檢測能量之調查。依初步盤點結果，目前國內已具備技術能力項目，主要包括：

- 零組件檢測(含電子零組件、電子負載、電磁干擾/相容等)
- 材料試驗(含物/化性、強度、疲勞耐久、防火耐燃、衝擊等)
- 動力測試(含電氣/機械性能、馬達動力、電

池充放電等)

- 空調機性能(含模擬與性能測試)
- 環境測試(含溫度、噪音、振動、防水防潮等)
- 通信測試

有關軌道技術與產品優先發展關鍵項目於開發後之檢驗證需求，如屬國內專業機構已具備能量部分，為避免重複，鐵研中心初期不再建置；而目前國內尚欠缺能力，又屬軌道產業特有與涉及專業整合所需者，建議初期優先建置以台鐵通勤電聯車、輕軌運輸為標的，鐵研中心未來優先補足軌道產業特有檢測需求，包括：整車動態模擬、轉向架、聯結器、集電弓，以及其他涉及軌道專業整合之高電壓、大電流、高強度、高速度之檢驗證項目及設備。建置之儀器設備能量如表1：

表1 鐵研中心初期優先建置之檢驗證設備

發展項目	檢測項目
集電弓系統	1.帶電磨耗測試▲ 2.動靜態測試
車門系統	1.乘客荷載擠壓試驗 2.機構耐久性試驗 3.振動與衝擊試驗
軌道號誌系統	1.電磁相容試驗 2.絕緣耐壓試驗
轉轆器系統	3.複合環境模擬試驗 4.防塵防水試驗 5.鹽霧試驗
自動列車防撞	6.振動、衝擊、疲勞試驗
轉向架系統	1.靜態結構試驗 2.動態疲勞試驗 3.負荷載重試驗 4.整車動態模擬 ▲
牽引系統	1.扭力測試 2.轉速測試 3.溫升測試 4.電性測試

本表未完，請接下頁↓

表1 (接上頁)

發展項目	檢測項目
軌道複合基鈹	1.負荷(垂直、側向、反覆、上拉、束制)試驗 2.熱老化試驗 3.耐電壓試驗 4.阻抗試驗 5.動態與靜態勁度比 6.整車負載、傾斜負載試驗 7.道床綜合測試▲
超級電容系統	1.電磁相容試驗 2.絕緣耐壓試驗 3.複合環境模擬試驗 4.充放電性能試驗 5.振動、衝擊、疲勞試驗
儲能電力管理系統	

註：▲為系統性整合測試內容，建議納入後續檢測能量建立

配合鐵道技術研究及驗證中心目前建置軌道基鈹、轉向架、輕軌號誌、轉轍器、自動列車防撞、車門與牽引馬達等7項優先發展項目之能量，已購置預備安裝之設備如圖8-13所示。

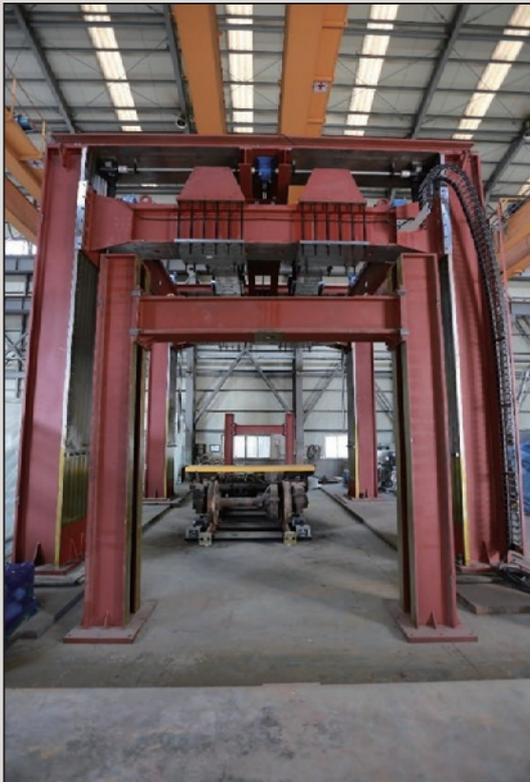


圖8 轉向架負載測試設備



圖9 車門電磁式振動與衝擊測試設備



圖10 集電弓振動與衝擊測試設備



圖11 軌道複合基鈹負載與疲勞測試設備



圖12 牽引系統（馬達）動力計設備



圖13 冷熱衝擊測試設備

此外，國家中山科學研究院表達有意願承接車輛自主電力與超級電容等2項，故建議鐵研中心暫不投資，先以整合國內技術資源方式滿足國內檢測供需現況。圖14即為鐵研中心第一階段建置設備之規劃能量，後續在檢測儀器設備完成安裝與驗收工作，配合各項關鍵項目之

國產化可協助未來地方政府之各項軌道建設計畫，俾利節省後續營運階段之維修、翻新及除役成本，進而帶來多重效益。

參、技術研究發展業務規劃

目前鐵研中心將優先推動國際規範已提列執行項目，並依循國際規範建置所需之檢測儀器設備與檢測能力，並後續檢測與執行能力通過國際認可，如此可逐步提升鐵研中心檢測之公信力，如圖15。

鐵路本身屬於系統性網絡，它需要在不同地區，甚至是不同國家之間營運疏通，為確保產品在國際間的互通性，鐵路機構必須遵循特定之規則及標準，才能實現安全、高速、準時

優先發展項目	優先發展項目測試需求表											
	測試項目需求全貌與現況滿足國際軌道通用標準(EN、IEC、JIS、CNS)											
軌道基座	EN 13146-9 絕緣耐壓 _B	EN 13146-6 鹽霧腐蝕 _B	EN 13146-7 扣件之扣夾力 _B	EN 13146-4 扣件疲勞負載測試 _B	EN 13146-9 動靜態扣度比 _Y	EN 13146-10 扣件拉出阻力測試 _Y	EN 13146-1 縱向束制力 _Y	EN 13146-2 扣件扭矩力 _Y	EN 13146-3 扣件衝擊衰減 _Y	EN 13146-9 一段路測試 _R	EN 15768 整車負載驗證測試 _R	
轉向架	EN 15227 減振器阻尼與速度 _B	JIS E 4208 轉向架鏽蝕及材質測試 _B	JIS E 4208 載重測試 _Y	UIC 615-4 靜態結構 _Y	UIC 515-4 乘客車輪拖車轉向架結構強度 _Y	EN 13749 動態疲勞 _Y	UIC 615-4 懸吊剛度 _Y	EN 13104 迴轉阻力 _R	CNS 15768 整車運轉測試 _R			
輕軌號誌 轉轍器 列車自動防撞	EN 50205 安全繼電器測試 _B	CNS 14546 號誌燈光強度與亮度 _B	EN 50155 絕緣耐壓測試 _B	EN 50121-3-2 -4-5 電磁相容試驗 _B	EN 50155 環境模擬試驗 _Y	EN 50155 振動與衝擊測試 _Y	EN 50617-2 信號測試 _Y	EN 13232-4 轉轍器推力測試 _Y	轉轍器百萬次測試 _Y	測試軌之整合測試 _Y		
集電弓	EN 50405 電刷板 _B	EN 50206-1 操作試驗 _Y	EN 50206-1 耐衝擊 _Y	EN 50206-1 橫向剛度 _Y	EN 50206-1 垂向及橫向振動 _Y	EN 50206-2 接觸力 _Y	EN 50317 氣密性 _Y	EN 50206-1 環境測試 _Y	EN 50206-1 環境測試 _Y	EN 50317 位移 _R	EN 50317 燃弧 _R	EN 50206-1 集電弓電能 _R
車門	EN 45545 防火耐燃試驗 _B	ISO 10140-2 隔音量測 _B	FN 14752 乘客之保持力 _Y	EN 50125 環境模擬試驗 _Y	EN 61373 耐振動與衝擊試驗 _Y	EN 14752 手動開門操作力 _Y	FN 14752 障礙物偵測 _Y	FN 14752 車門關閉力 _Y	EN 14752 車門耐久 _Y	EN 14752 氣密性 _R	EN 14752 水密性 _R	FN 14067 空氣動態應力 _R
牽引馬達	CNS 15588-1 溫升測試 _B	CNS 15588-1 電性測試 _B	ISO 10140 噪音測試 _B	IEC 61377 扭力測試 _Y	CNS 15588-1 轉速測試 _Y	CNS 15588-1 空載測試 _Y	CNS 15588-1 過載測試 _Y					
車輛自主電力	IEC 62620 電性測試 _B	IEC 60623 環境模擬試驗 _Y	IEC 61373 振動試驗 _Y	IEC 61373 衝擊試驗 _Y	IEC 62619 落下試驗 _Y	IEC 62619 撞擊試驗 _Y	IEC 62619 內部短路測試 _R	IEC 62619 延燒測試 _R				
超級電容	BS EN 61881-3 電性測試 _B	BS EN 61881-3 電磁相容性測試 _B	BS EN 61881-3 環境模擬試驗 _Y	BS EN 61881-3 振動試驗 _Y	BS EN 61881-3 衝擊試驗 _Y	BS EN 61881-3 氣壓差測試 _R	BS EN 61881-3 短絡測試 _R	BS EN 61881-3 被動易燃性測試 _R				

B 國內既有能量可滿足 **Y** 軌研中心設備投資後可滿足 **R** 未來納入規劃項目

圖14 鐵研中心第一階段建置設備能量規劃

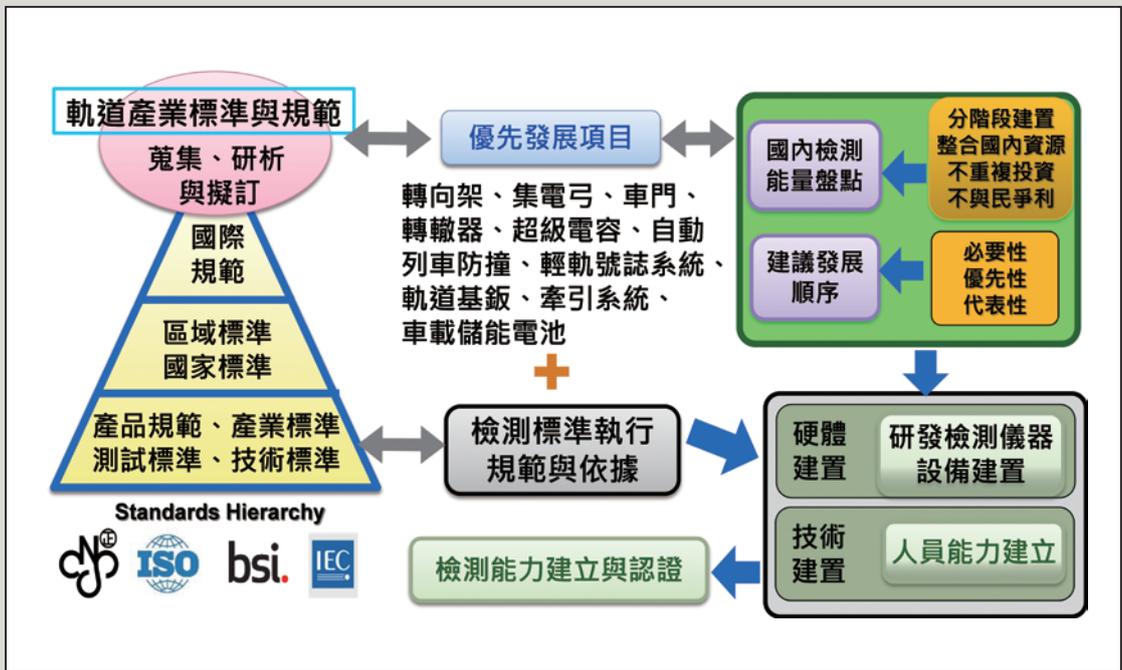


圖15 鐵研中心營運業務能力建立邏輯

及有效率的列車營運品質。因此，我國必須明訂安全條件等標準及相關軌道產業技術研發、產品測試檢驗與認證，以利鐵路機構落實鐵路安全、維護鐵路路網正常運作，確保鐵路運輸性能不受影響等，進而滿足社會大眾之要求。

鐵研中心，未來將作為國內在軌道產業領域之技術幕僚及國內軌道技術資源整合平台，負責協助研擬軌道產業標準、提供技術研發、檢測驗證等業務之推動，亦可於協助產業提升自主技術之同時，達成擴大產業規模之經濟綜效，促使我國軌道產業永續發展，並促進系統之營運安全。

鐵研中心工作服務與業務規劃：

一、提供軌道設備零件改善及技術解決方案，減少國外軌道技術之依賴，提升系統安全與穩定。

二、提供軌道產業技術研發、產品測試檢驗與認證服務，滿足國內市場需求，進而向外發展。

三、接受交通部委託研擬軌道系統規範、標準草案，以利我國軌道系統長遠發展及國際接軌。

四、提供軌道安全檢查、事故調查、預防對策檢討等所需技術支援，建立軌道安全技術自主能力。

結語

鐵研中心成立後就檢測驗證工作平台之發展利基上，偕同法人之研發技術、營運單位之檢修能力、供應商之產製能力及學術機構之創新思維，透過產官學研之聯盟化共享資源模式，以成為國內軌道技術資料庫與人才育成搖籃為發展目標。鐵研中心後續營運之永續，必

須要能定期掌握軌道產業脈動和市場需求，期藉由「國車國造、技術自主」的理念，滾動式檢討更新檢測驗證業務和研究發展能量，協助維修備品國產化、防止國外廠商壟斷市場，並在掌握關鍵技術自主能力後，逐步完整軌道產業供應鏈體系，能滿足在地需求後更進一步與國際產業接軌、推動產品外銷，俾利機構之永續經營。

參考文獻

1. 劉開成、郭建仁，「鐵道技術研究及驗證中心—推動人本、綠色、安全、智慧及國產化的軌道產業」中華技術第127期，2020。

2. 「檢定、檢測及驗證項目與設備評估與建議報告」交通部鐵道局，軌道技術研究暨驗證中心計畫，2020。

3. 「C1、C2廠房細部設計報告書」交通部鐵道局，軌道技術研究暨驗證中心計畫，2020。

4. 「C3廠房細部設計報告書」交通部鐵道局，軌道技術研究暨驗證中心計畫，2022。



台鐵電力系統動態負載分析軟體開發與運用

關鍵詞(Key Words)：鐵路電氣化(Taiwan Railways Electrification)、軌道電力系統(Rail Power System)、模擬分析(Simulation and Analysis)、越區供電(Cross-region Power Supply)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機工程部／計畫工程師／張景翔 (Chang, Ching-Hsiang) ①

台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機工程部／工程師／吳登耀 (Wu, Deng Yau) ②

台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機工程部／技術經理／陳彥均 (Chen, Yen-Chun) ③

台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機工程部／副理／林俊傑 (Lin, Chun-Chieh) ④



摘要

隨著台鐵南迴鐵路電氣化完成，全島變電站已達26座，每座變電站供電範圍與列車營運班次不盡相同，且捷運化列車班次增加，變電站供電能力計算複雜度亦隨之增加。本文係介紹自行開發台鐵電力系統動態負載分析軟體，將原固定負載計算方式，改以符合實際列車負載計算方式分析，並以光復變電站為例，執行供電特性分析，與實測結果驗證。台鐵變電站均可採用此模擬軟體，進行各變電站主要變電設備規格評估檢討分析與運用，以確保供電穩定並滿足實際列車營運需求。



Development and Application of Dynamic Load Analysis Software for Taiwan Railway Power System

Abstract

With the completion of the electrification of Taiwan Railways South-Link Line, the number of Taiwan Railways substations on this island has reached 26. Thus, in the meantime, the calculation of substation power supply capacity, vitally interrelated with each substation's power supply range, train operation timetable, and increased transportation capacity of Taiwan Railways Rapid Transit Systematization, becomes highly complex. This paper introduces a self-developed Dynamic Load Analysis software for the Taiwan Railways power system, utilizing the actual train load calculation method instead of fixed load calculation method which was previously used, to carry out the power supply characteristic analysis and verify the results with the measured values by taking Guangfu substation as an example. This analysis software could be applicable to all Taiwan Railway substations for implementing reviews, analyses and applications on the main equipment specifications so as to ensure a stable power supply and meet the actual operation need of trains.

3

專題報導

壹、前言

台灣鐵路電氣化從民國62年開始建置，經各機關努力，109年南迴線通車後已完成全島鐵路電氣化目標。過往評估變電站之契約容量、變電站設備等資訊，多採固定負載計算方式推估。然變電站供電容量，將影響列車調度，若能將實際列車負載納入變電站契約容量、尖峰負載、負載潮流、電壓降、短路電流分析等計算評估，應有助於變電站與營運列車之調度評估。

貳、台鐵電力系統架構

台鐵為達到環島電氣化工程，全島共計設置26座變電站，如圖1所示。各台鐵變電站均由台電變電所三相161kV或69kV特高壓供電後，經161kV或69kV Le Blanc 變壓器(三相變單相)降壓為25kV，M、T相分別供電，饋送至電車線系統，供集電弓接電至驅動牽引馬達帶動列車後，經回流系統至變電站。台鐵變電站正常供電區間為M、T相各約20公里，當臨近變電站設備故障可採M或T相越區供電方式辦理，最大供

電範圍約40公里，相關架構示意，如圖2所示。台鐵變電站供電系統架構，隨著台電公司供電方式及Le Blanc變壓器數量不同，全台既有鐵路變電站供電系統架構可大致分為三類型，彙整如表1所示。

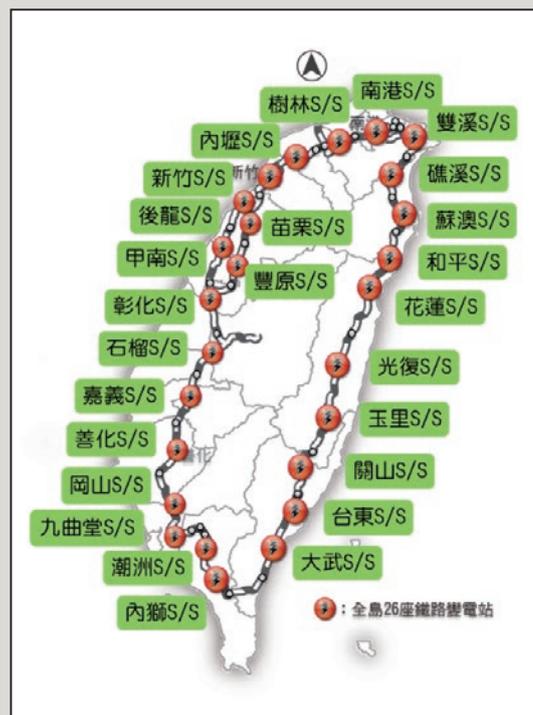


圖1 台鐵全島鐵路變電站示意圖

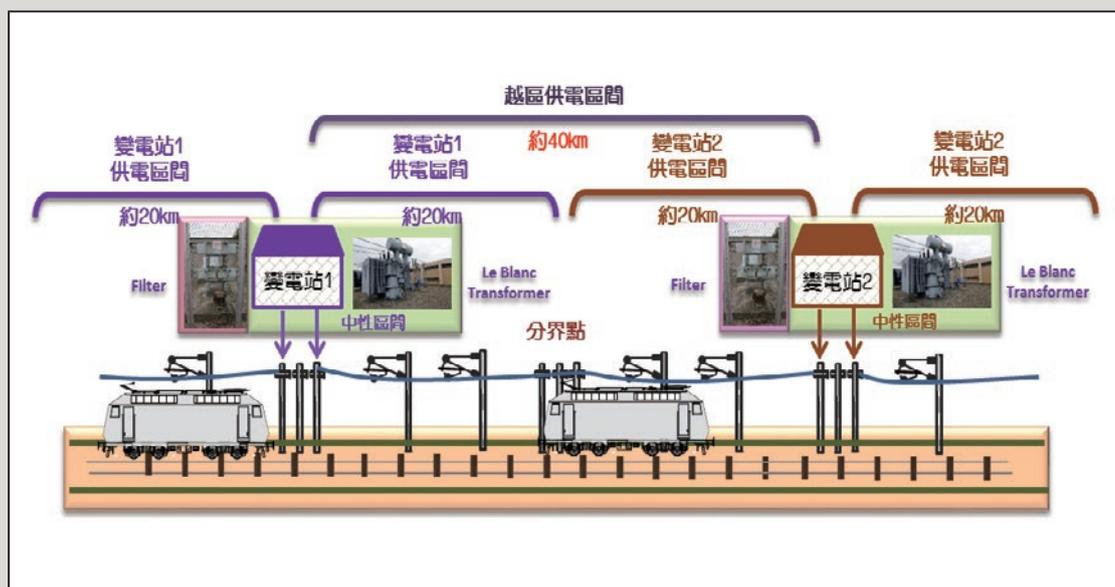


圖2 台鐵變電站供電系統架構示意圖

表1 台鐵變電站供電系統架構彙整表

供電型式	類型一	類型二	類型三
變電站配置			
台電供電方式	二回線經常，一次側不併聯	一經常、一備用，一次側併聯	一經常、一備用，一次側不併聯
鐵路變電站供電系統架構			

參、模擬軟體開發

本開發之台鐵電力系統動態負載分析軟體，係依台鐵變電站供電範圍、實際列車營運路線及班次之列車負載，經台鐵變電站電力設備、軌道系統等模型後，進行模擬分析計算。

一、列車負載計算

經擷取全島鐵路各班次列車時刻表與各車站里程，結合列車特性(包括牽引力、行駛阻力、煞車力)等資料，依實際列車營運路線與列

車運轉狀況執行列車負載計算。代入列車動力方程式計算，如式(1)-(4)所示，可以求得列車負載，如表2所示。

二、變電站與軌道系統模型

本軟體係以MATLAB/simulink軟體建置，經蒐集資料與研究建置Le Blanc特殊變壓器模型、輸電線路、電車線、軌道、回流線路與接地電阻等模型，如圖3所示。列車負載計算所得知之列車運轉耗能資料，可代入模擬軟體進行電力系統相關分析。

$$T_e(v) - T_r(v) - T_b(v) = M_E \frac{dv}{dt} \quad (1)$$

$$T_e(v) = \begin{cases} 247.5(kN) & v < 55km/h \\ 0.0192v^2 - 5.856v + 516(kN) & 55km/h \leq v \leq 130km/h \end{cases} \quad (2)$$

$$T_r(v) = 0.001706v^2 + 0.04939v + 10.4556(kN) \quad 0km/h \leq v \leq 130km/h \quad (3)$$

$$T_b(v) = \begin{cases} 167.5kN & v \leq 55km/h \\ 0.014167v^2 - 3.9342v + 341.025(kN) & 55km/h \leq v < 90km/h \\ 0.014167v^2 - 3.9342v + 508.525(kN) & 90km/h \leq v \leq 130km/h \end{cases} \quad (4)$$

$T_e(v)$ ：列車的牽引力(kN) $T_r(v)$ ：列車的行進阻力(kN)

$T_b(v)$ ：列車的煞車力(kN) M_E ：列車的等效質量(噸)

表2 列車負載計算資料彙整表

時間 (sec)	速度 (km/h)	牽引力 (kN)	行駛阻力 (kN)	坡道阻力 (kN)	耗能 (kW)	加速度 (km/h)	距離 (km)	煞車力 (kN)	已行駛距離 (km)
0.00	0.00	247.50	10.46	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00
1.00	1.50	247.50	10.53	0.00	108.35	1.50	0.00	0.00	0.00
2.00	2.99	247.50	10.62	0.00	216.69	1.50	0.00	0.00	0.00
3.00	4.49	247.50	10.71	0.00	325.00	1.50	0.00	0.00	0.00
4.00	5.99	247.50	10.81	0.00	433.27	1.50	0.00	0.00	0.00
5.00	7.48	247.50	10.92	0.00	541.50	1.49	0.00	0.00	0.01
6.00	8.98	247.50	11.04	0.00	649.68	1.49	0.00	0.00	0.01
7.00	10.47	247.50	11.16	0.00	757.81	1.49	0.00	0.00	0.01
8.00	11.97	247.50	11.29	0.00	865.89	1.49	0.00	0.00	0.01
9.00	13.46	247.50	11.43	0.00	973.91	1.49	0.00	0.00	0.02
10.00	14.95	247.50	11.58	0.00	1081.88	1.49	0.00	0.00	0.02
11.00	16.44	247.50	11.73	0.00	1189.78	1.49	0.00	0.00	0.03
12.00	17.93	247.50	11.89	0.00	1297.61	1.49	0.01	0.00	0.03
13.00	19.42	247.50	12.06	0.00	1405.37	1.49	0.01	0.00	0.04
14.00	20.91	247.50	12.23	0.00	1513.06	1.49	0.01	0.00	0.04
15.00	22.39	247.50	12.42	0.00	1620.67	1.49	0.01	0.00	0.05
16.00	23.88	247.50	12.61	0.00	1728.20	1.48	0.01	0.00	0.05
17.00	25.37	247.50	12.81	0.00	1835.65	1.48	0.01	0.00	0.06
18.00	26.85	247.50	13.01	0.00	1943.01	1.48	0.01	0.00	0.07
19.00	28.33	247.50	13.22	0.00	2050.28	1.48	0.01	0.00	0.07
20.00	29.81	247.50	13.44	0.00	2157.46	1.48	0.01	0.00	0.08
21.00	31.29	247.50	13.67	0.00	2264.54	1.48	0.01	0.00	0.09
22.00	32.77	247.50	13.91	0.00	2371.51	1.48	0.01	0.00	0.10
23.00	34.25	247.50	14.15	0.00	2478.39	1.48	0.01	0.00	0.11

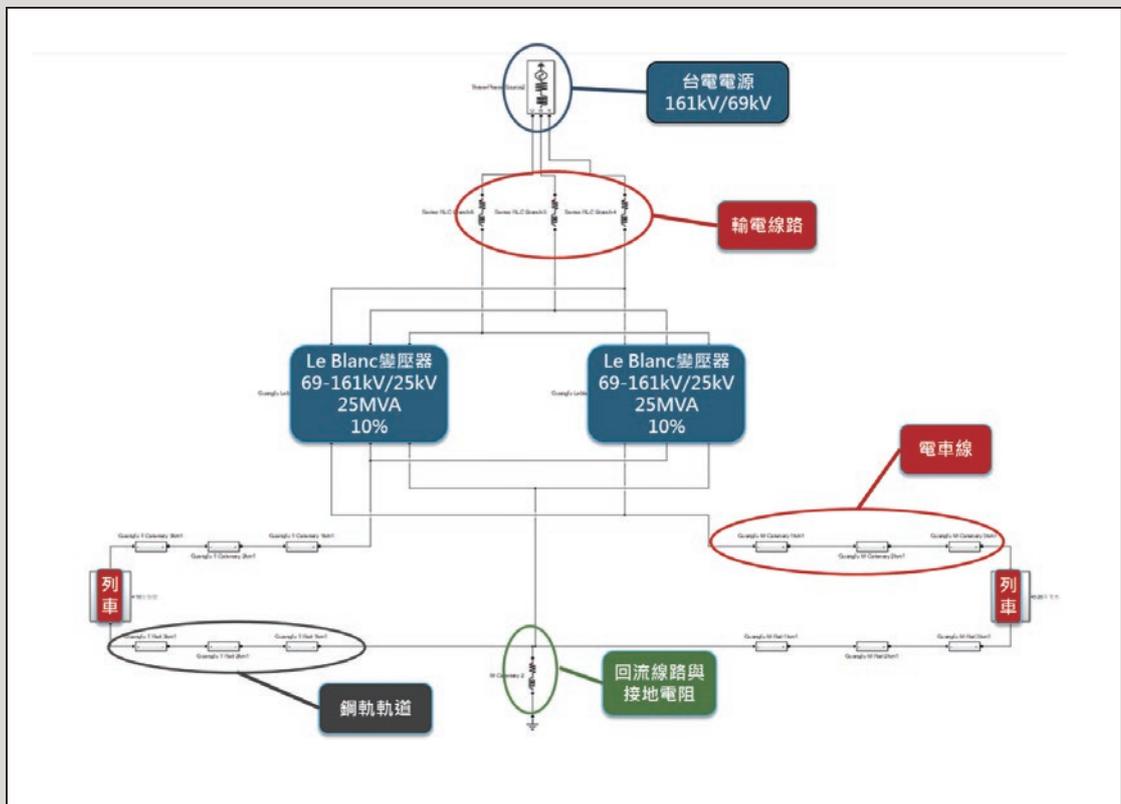


圖3 軌道電力系統模型示意圖

肆、模擬分析項目

本台鐵電力系統動態負載分析軟體，可依據變電站供電範圍、實際列車營運路線、列車動力特性等不同參數，模擬分析契約容量、尖峰負載、負載潮流、電壓降、短路電流等資料。本章節將以光復變電站為例，執行各模擬分析項目，說明如后。相關模擬分析架構與流程，如圖4所示。

一、契約容量分析

依據台電營業規則，契約容量超約標準係以每15分鐘平均負載判斷。以光復變電站為例，執行列車負載計算後，繪製15分鐘平均負載曲線，經模擬分析結果建議最適契約容量為4,400kW，如圖5所示。經檢討亦與光復變電站現行契約容量相近。當未來列車班表更新，即可利用此模擬軟體推估最適契約容量，以節省電費支出。

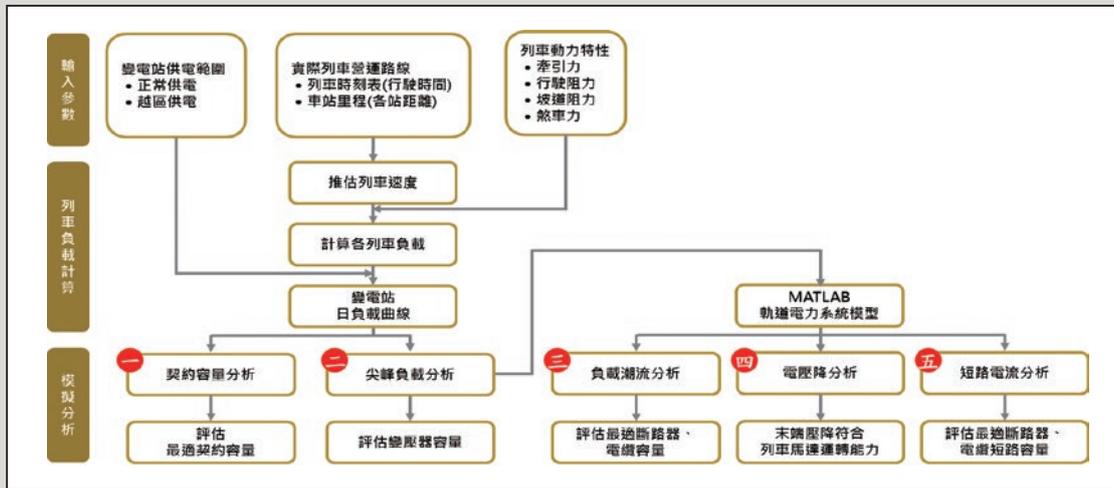


圖4 台鐵電力系統動態負載模擬分析架構及流程圖

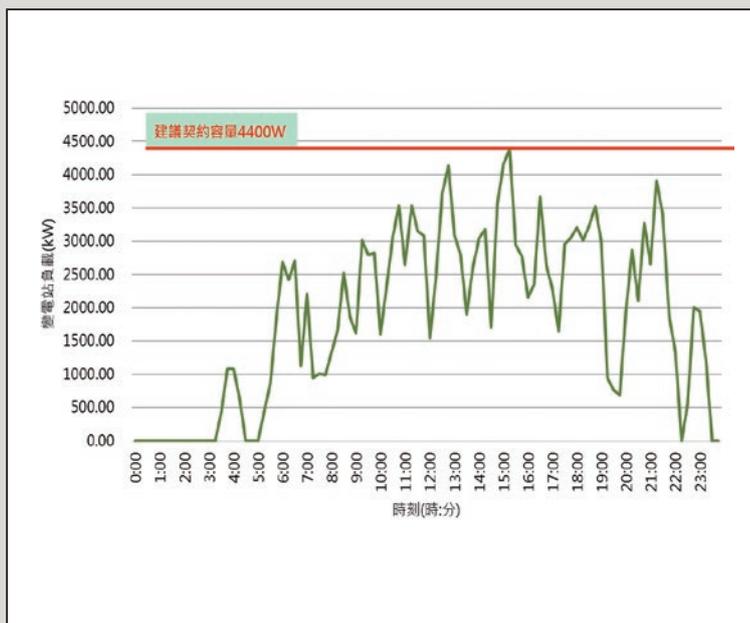


圖5 光復變電站平均負載曲線圖(每15分鐘)

二、尖峰負載分析

台鐵列車屬於單相交流負載，若列車於同一相(M相或T相)之供電區間同時啟動，電流將瞬間提升，若再加上多輛列車同時運行，電力系統設備能否承受尖峰負載即為重要議題。以光復變電站為例，正常供電與越區供電範圍之尖峰負載如圖6、7所示，經模擬分析結果可得尖峰負載，如圖8、9所示。尖峰負載分析結果亦能顯示發生時間與列車班次數量，供營運單位瞭解用電狀況，如表3所示。

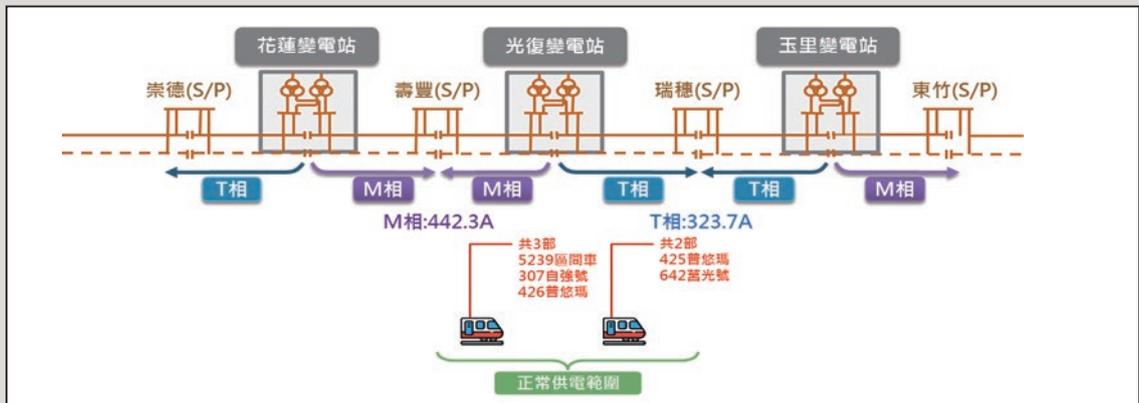


圖6 光復變電站正常供電範圍

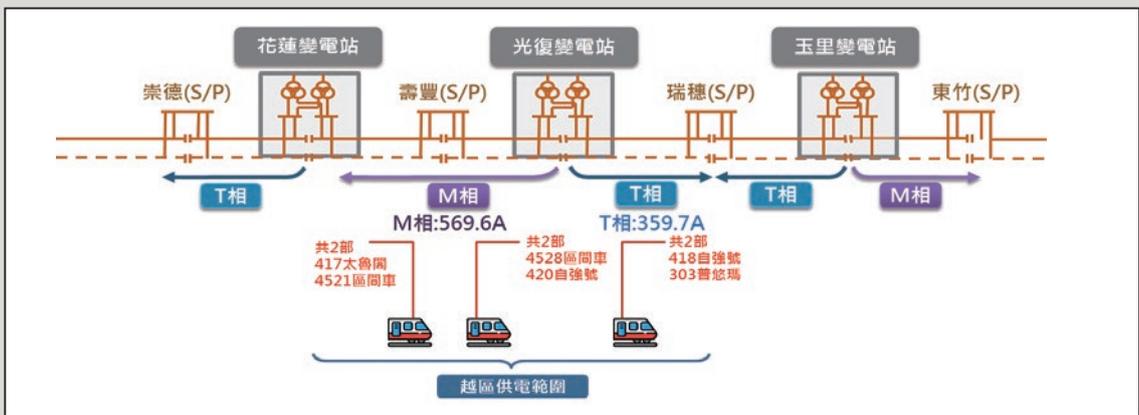


圖7 光復變電站越區供電範圍

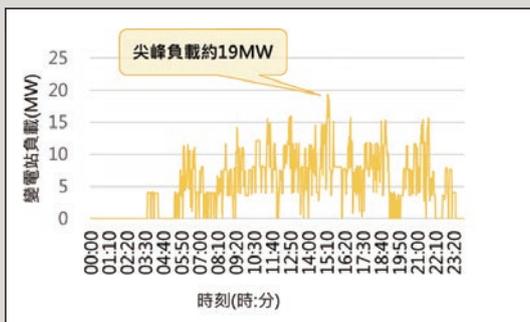


圖8 光復變電站尖峰負載(正常供電)

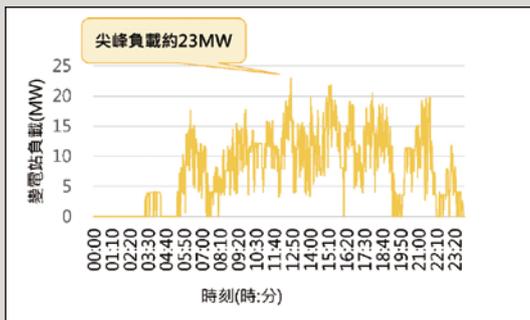


圖9 光復變電站尖峰負載(越區供電)

表3 光復變電站尖峰負載分析結果

正常供電範圍		壽豐S/P至瑞穗S/P
1	時刻(時:分)	15:15
2	尖峰負載(MW)	19.34MW
3	列車班次數量	5
越區供電範圍		花蓮N/S至瑞穗S/P
1	時刻(時:分)	12:46
2	尖峰負載(MW)	23.01MW
3	列車班次數量	6

三、負載潮流分析

依據尖峰負載分析結果執行負載潮流分析，經模擬軟體運算可得M相與T相電流，藉此可檢討變電站25kV開關、電纜規格是否適當。以光復變電站為例，經考量越區供電需求，VCB規格採1250A；電纜規格採325mm²，可滿足系統安全與供電餘裕，負載潮流分析結果如表4所示。

表4 負載潮流分析結果

正常供電範圍		壽豐S/P至瑞穗S/P
1	M相電流(A)	442.3
2	T相電流(A)	323.7
越區供電範圍		花蓮N/S至瑞穗S/P
1	M相電流(A)	569.6
2	T相電流(A)	359.7

四、電壓降分析

依據台鐵列車運轉需求，在正常供電範圍與越區供電範圍之末端列車電壓皆不低於

表5電壓分析結果

光復變電站		正常供電範圍		越區供電範圍	
		M相	T相	M相	T相
1	列車班次	3班	2班	6班	5班
2	末端列車	No.426 普悠瑪	No.642 莒光號	No.4521 區間車	No.303 普悠瑪
3	變電站距離	18.8km	12.5km	42.4km	14.9km
4	列車電壓	24.86kV	25.04kV	21.99 kV	24.8 kV

19kV，所有列車皆能正常運行。以光復變電站為例，電壓降分析結果如表5所示。

五、短路電流分析

短路故障分析為判斷開關短路容量之重要依據，以光復變電站為例，短路故障位置如圖10所示，模擬分析結果如圖11、12所示。變電站饋線出口端短路模擬可檢討斷路器短路容量是否高於短路電流值，於短路故障發生時可順利跳脫，保護系統與設備。線路末端短路模擬目的係為檢核50電驛設定電流值。

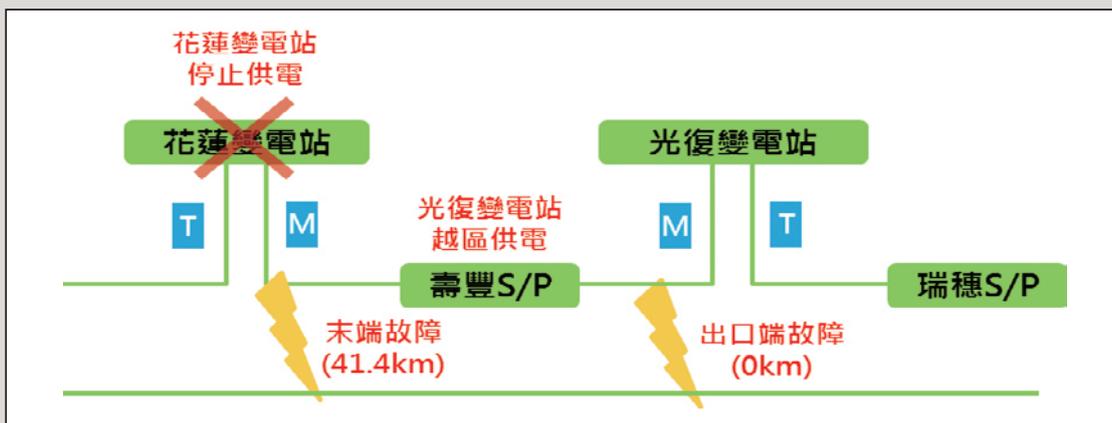


圖10 短路故障位置示意圖

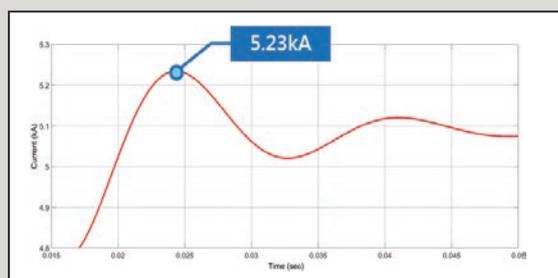


圖11 光復變電站出口端短路故障

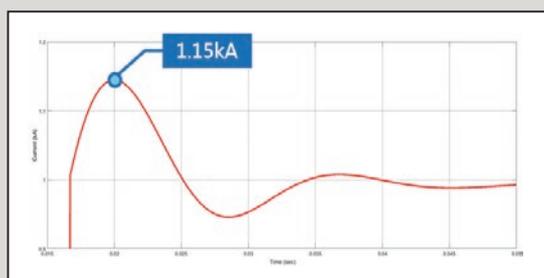


圖12 光復變電站線路末端短路故障

伍、模擬驗證及運用

經蒐集台鐵變電站現場實測數據，與本公司開發之台鐵電力系統動態負載分析軟體執行結果比較，以光復變電站短路電流分析為例，彙整實測電流與模擬電流，如表6；另繪製圖表，如圖13所示。實測電流及模擬電流誤差約為11%以內。

表6 光復變電站短路電流比較表

變電站	位置 (km)	實測電流 (A)	模擬電流 (A)	模擬-實測 誤差率(%)
光復	0	5934	5289	-11%
	3.9	4095	4039	-1%
	8.8	2854	3107	9%
	13.7	2274	2522	11%
	20.4	1990	2004	1%

結語

本開發之台鐵電力系統動態負載分析軟體，係依據台鐵變電站之變電設備、實際列車運轉之列車負載、軌道系統與回流系統等數值，建立模型進行變電站契約容量、尖峰負載、負載潮流、電壓降、短路電流等分析，以為評估變電站之整體供電能力。經以光復變電站之實測短路電流數值進行驗證，精準度較過往採固定負載計算提升約10%，應可運用於全台26座變電站電力系統各項分析，藉以提高電力系統穩定性。另本分析軟體係採實際列車運轉資料，故可了解尖峰負載可能發生位置與時間，若再與儲能設備結合應用，應可達消峰填谷之效。

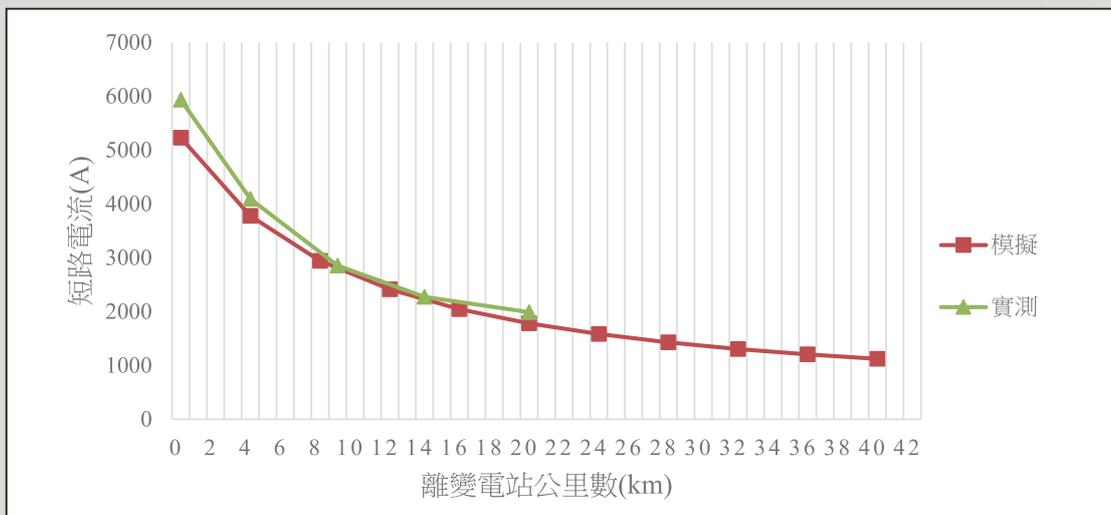


圖13 光復變電站短路電流曲線圖

以短路電流驗證為例，若採用固定負載計算初估與實測電流誤差可能達20%以上，經本台鐵電力系統動態負載分析軟體分析可成功縮小誤差值。精準度較過往人工計算提升約10%，可運用於選用更適當之設備規格，亦有助於瞬跳精準設定，以提高電力系統運轉穩定性。

參考文獻

1. 高翊哲，「台鐵列車牽引設備儲能系統設計之研究」，碩士論文，逢甲大學電機工程學系，台中(2015)。
2. 陳祐弘，「台鐵牽引系統模擬與牽引變壓器容量評估」，碩士論文，國立臺灣科技大學電機工程系，台北(2016)。

3. 邱靖喻，「台鐵系統列車運轉曲線與牽引變電站日負載曲線模擬」，碩士論文，國立臺灣科技大學電機工程系，台北(2017)。

4. 林漢昌，「台鐵列車運行模擬系統之研發」，碩士論文，國立臺灣科技大學電機工程系，台北(2018)。



淺談國際推動車聯網與自駕車之現況-以歐盟為例

關鍵詞(Key Words)：車聯網(Internet of Vehicle, IoV)、自駕車(Autonomous Vehicle)、協同式智慧運輸系統(Cooperative Intelligent Transport Systems, C-ITS)、協同式車聯網與自駕車移動服務(Cooperative, Connected and Automated Mobility, CCAM)

中華顧問工程司／智慧運輸中心／正工程師／王冠堯 (Wang, Kuan-Yao) ❶

中華顧問工程司／智慧運輸中心／主任／蔡明志 (Tsai, Ming-Chin) ❷

中華顧問工程司／智慧運輸中心／副研究員／王軒至 (Wang, Hsuan-Chih) ❸

中華顧問工程司／智慧運輸中心／研究員／孫士勝 (Sun, Shi-Sheng) ❹

摘要

因應全球都市化趨勢帶來的人車流動性挑戰、5G基礎設施布建及物聯網技術日趨成熟等要素，各國日益重視車聯網與自駕車應用。其中歐盟以系統性的方法推動C-ITS並進化到CCAM的過程，是透過形成共同願景、訂定發展策略、制定相關法規及部署基礎設施等步驟，並成立對應的平台落實每一步驟各項工作的執行，以確保泛歐跨國整體運輸服務的連結性，工程浩大但條理嚴謹，值得國內參考借鏡。

本文介紹歐盟推動車聯網與自駕車發展之具體作法，並以德國ADAC駕駛安全中心之車聯網測試方式為例，試圖釐清未來國內發展自駕車與車聯網環境時可能遭遇的課題，期可提升交通管理及移動服務競爭力，並為將來全面布建車聯網自駕環境作準備。



A Brief Discussion on European Implementation Plans of Connected and Autonomous Vehicles

Abstract

Facing the challenge for the mobility of people and vehicles which brought by the global urbanization, and the maturity and deployment of 5G infrastructure and IoT technologies, more and more countries are paying increasing attention to the applications of the connected and autonomous vehicles. The EU promotes C-ITS in a systematic way and evolves to CCAM through the steps of forming a common vision, formulating development strategies, legislating regulations and deploying infrastructure, and establishing corresponding platforms to implement and accomplish each step. The implementation of the work to ensure the connectivity of the overall European transportation service is huge but well-organized, and worth referring to.

This article introduces how EU promotes and tests connected and automated vehicles, and takes the V2X test method of the ADAC as an example. We try to identify and clarify the related issues that may be encountered for developing the connected and autonomous vehicle environment in the future.

壹、前言

全球都市化趨勢帶來的人車流動性挑戰、5G基礎設施布建及物聯網技術日趨成熟等要素，成為智慧運輸發展的主要驅動力，其中各國尤其重視車聯網與自駕車應用。車聯網應用以關注於交通控制、道路安全的益處為主，而自駕車部分則著眼於自駕車在公共運輸及移動服務發展所扮演的角色。國際汽車工程師學會(SAE)已制定車聯網通訊相關標準規範，美國自身具資通訊技術領先優勢，各科技廠積極布設車聯網設備與自駕車服務；歐盟訂定的Day 1 C-ITS服務在歐盟會員國已完成試點建置及測試，並已訂定交通相關的靜態、動態、即時與安全相關資料項目法規。日本則強調自駕公車對於公共運輸發展的助力，希冀自動駕駛服務能彌補偏鄉公共運輸不足；新加坡也積極建構自駕車試驗場域，目前已於新加坡科學園區開展自駕公車試營運，預計未來將納入正式公共運輸服務；中國則結合其國家綜合立體交通網規劃，於一線城市積極開展車聯網測試。

隨著未來趨勢邁向自動化時代，各國政府從早期制定道路測試規範，逐步轉變至探討以實務需求與商業營運為核心之汽車監管制度，不再只限制於整車技術領域，甚至著手討論規劃如保險理賠、道德倫理以及事故調查等配套措施，以利此類技術能在有效管理下實踐人們所期盼之願景。另一方面，自駕車道路測試中陸續出現各方面技術難題(如號誌時相、違規停車等)，已無法藉由車輛本身來解決。而所衍生的資訊安全/網路品質/傳輸速度/訊息通用...等眾多探討課題，也需要引進智慧道路聯網支援，進一步協助提升自駕車安全性與效率。

其中歐盟以系統性的方法推動C-ITS並進化為CCAM的過程，是透過形成共同願景、訂定發

展策略、制定相關法規及部署基礎設施等步驟，並成立對應的平台落實每一步驟各項工作的執行，以確保泛歐跨國整體運輸服務的連結性，工程浩大但條理嚴謹，值得國內參考借鏡。

交通部現已委託華電聯網執行「淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究計畫」，建置車聯網示範場域與情境來驗證相關路側設備(RSU)與車載機(OBU)；同時為接軌國際標準，亦已盤點未來需要但目前國內運輸資料平台尚欠缺或不足的部分，並規劃與部署蒐集、分析、融合、保護與共享這些資料的系統或機制，制定「號誌控制器與車聯網路側設施間資通訊標準(TCROS)」驗證規範，藉此確認聯網設備之安全性與通用性，提升商品可信度與市場接受度，致力完整我國車聯網驗證制度，期望打造具備國際通用之驗證服務。

以下將簡要介紹歐盟推動車聯網與自駕車發展之具體作法，並以德國ADAC駕駛安全中心之車聯網測試為例，試圖釐清未來國內發展自駕車與車聯網環境時可能遭遇的課題，以期提升國內交通管理及移動服務競爭力，並為將來全面布建車聯網自駕環境預作規劃及準備。

貳、歐盟智慧運輸發展現況

一、推動組織：ERTICO¹

歐洲推動智慧運輸之主要組織是1991年由歐洲各國之國家性或地區性政府單位、交通運輸產業、通訊產業與金融產業所共同組成的「歐洲智慧運輸系統協會」(European Road Transportation Telematics Implementation Coordination Organization, 簡稱ERTICO, 別稱ITS Europe)，一改過去各國獨立進行ITS發展，

¹ Smart Mobility Deployment by ERTICO Partnership. Retrieved February 22, 2022, from <https://ertico.com/its-innovation-deployment/> (2022).

資源無法整合之情況，於1993年歐盟成立後，即與歐盟執委會(European Commission)密切合作，此後歐洲地區ITS發展慢慢走向整合。

ERTICO在2020年提出三大智慧運輸發展願景，將2018年提出的願景：更安全的移動(Safe Mobility)、更聰明的移動(Smart Mobility)、更潔淨的移動(Clean Mobility)，調整為更安全的移動(Safe Mobility)、更有效的移動(Efficient Mobility)、更永續的移動(Sustainable Mobility)。在零死亡願景下，「安全」(Safe)仍為最重要的願景，此外「聰明」(Smart)與「潔淨」(Clean)則分別由「有效」(Efficient)和「永續」(Sustainable)取代，如圖1所示。此轉變顯示運輸安全仍為歐盟高度重視項目外，運輸不僅是導入智慧科技與採用潔淨能源，還需要增進運輸效率及思考如何使運輸系統永續發展。

為達成安全、效率、永續之道路運輸與車



圖1 ERTICO三大願景2018年至2020年轉變

路聯網移動系統願景，ERTICO各成員通力合作，希望透過公共/私營夥伴關係，推動各種ITS系統部署實作計畫，為所遭遇的瓶頸找到共同解決方案。綜觀ERTICO所管理的7個主要創新平台(ERTICO Innovation Platforms)，包括交通管理(TM 2.0²)、地圖及空間數據(TN-ITS³)、電動車(EMI3⁴)、交通和旅行訊息分享(TISA⁵)、ADAS專用數位地圖(ADASIS⁶)、移動即服務(MaaS Alliance⁷)、以及基於雲端的傳感器數據分享平台(SENSORIS⁸)等一系列部署服務，其發展概念及平台間數據流關係如圖2所示：



資料來源：<https://ertico.com/its-innovation-deployment/>，增修中文內容

圖2 ERTICO夥伴合作推動智慧移動部署實作之發展概念

² <https://tm20.org>
³ <https://tn-its.eu>
⁴ <https://emi3group.com>
⁵ <https://tisa.org>

⁶ <https://adasis.org>
⁷ <https://maas-alliance.eu>
⁸ <https://sensor-is.org>

二、從C-ITS邁向CCAM

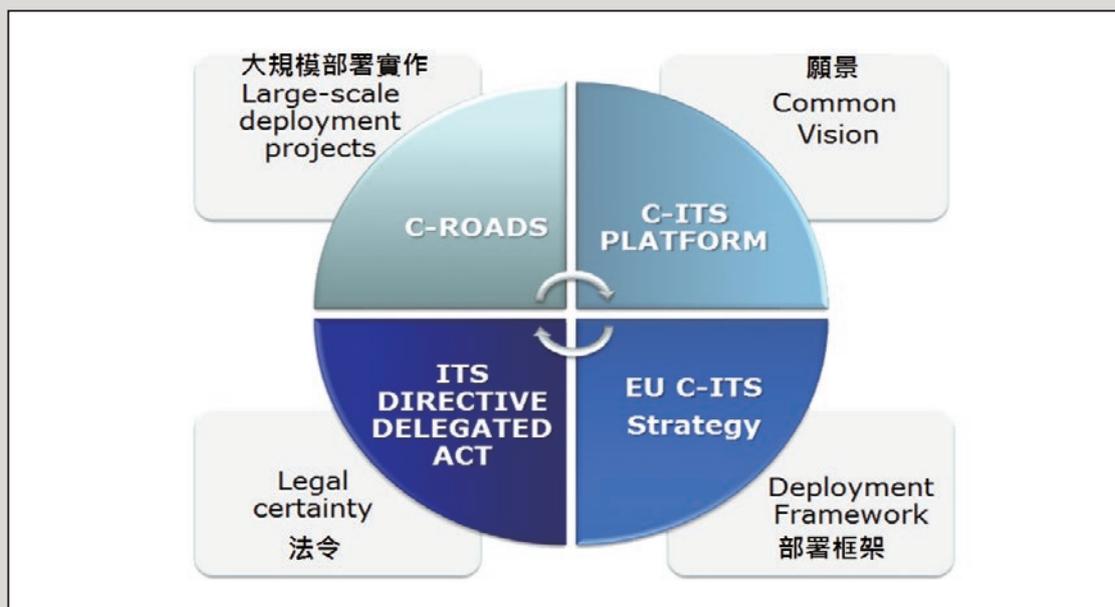
車輛間、車輛與道路設施間互相通訊，用路人和交通管理者共享資訊並使用車路通訊來協調各自行動，這種互動被稱為協同式智慧運輸系統（Cooperative Intelligent Transport Systems, C-ITS）。透過車路通訊，可幫助駕駛者對即時交通狀況做出正確的決策，有效地提升道路安全、運輸效率和駕駛舒適性。其終極目標即為達到零死亡願景(Vision Zero)。

為了借重智慧運輸技術改善運輸安全，歐盟早在2014年便整合各國主管部門建立C-ITS平台，並對C-ITS主要技術規則（頻譜、通信技術、服務、網路安全和對車載資料的存取及數據保護）、法律問題（例如風險責任、資料保護和隱私）、標準化、成本效益分析、商業模式、公眾接受度、道路安全等實施主題，提出在歐洲部署C-ITS的規劃。

此後，為了讓所有成員凝聚願景共識，在

歐盟及其會員國所提名的專家與ITS委員會共同參與下，建立歐洲智慧交通合作系統發展策略（the European strategy on Cooperative Intelligent Transport Systems），訂定了C-ITS的共同願景、戰略與發展藍圖之整體框架(如圖3)；為了讓所有成員夥伴有所依據，歐盟執委會為執行智慧運輸系統準則（ITS Directive⁹），進一步在2019年3月公布智慧運輸系統準則授權規則，在2010/40/EN文件中訂定了C-ITS施行細則(Delegated Act)，進一步讓各國能夠對自動及聯網化駕駛車輛進行型式認可，以加速相關創新運輸技術於歐洲協同式智慧運輸系統（C-ITS）的發展。

而在落地應用部份，則是在歐盟層級提出整體部署架構(Deployment Framework)，並透過C-ROADS平台串聯C-ITS部署活動，發起多個大規模部署專案計畫，以測試及落實C-ITS基礎架構之布建成效。整體而言，這是一套包含願景、策略、法令與實際部署的流程循環，其運作架構如圖4。



資料來源：https://ec.europa.eu/transport/themes/its/c-its_en，增修中文內容

圖3 C-ITS 願景、策略、法令、部署之相關主體¹⁰

⁹ 準則(Directive)屬於歐盟成文法規，其目標要求歐盟成員國達成所訂定的目標，但不限制成員國達成目標之方法。

¹⁰ 2016 CEF Transport Intelligent Transport Systems, European Commission (2016)

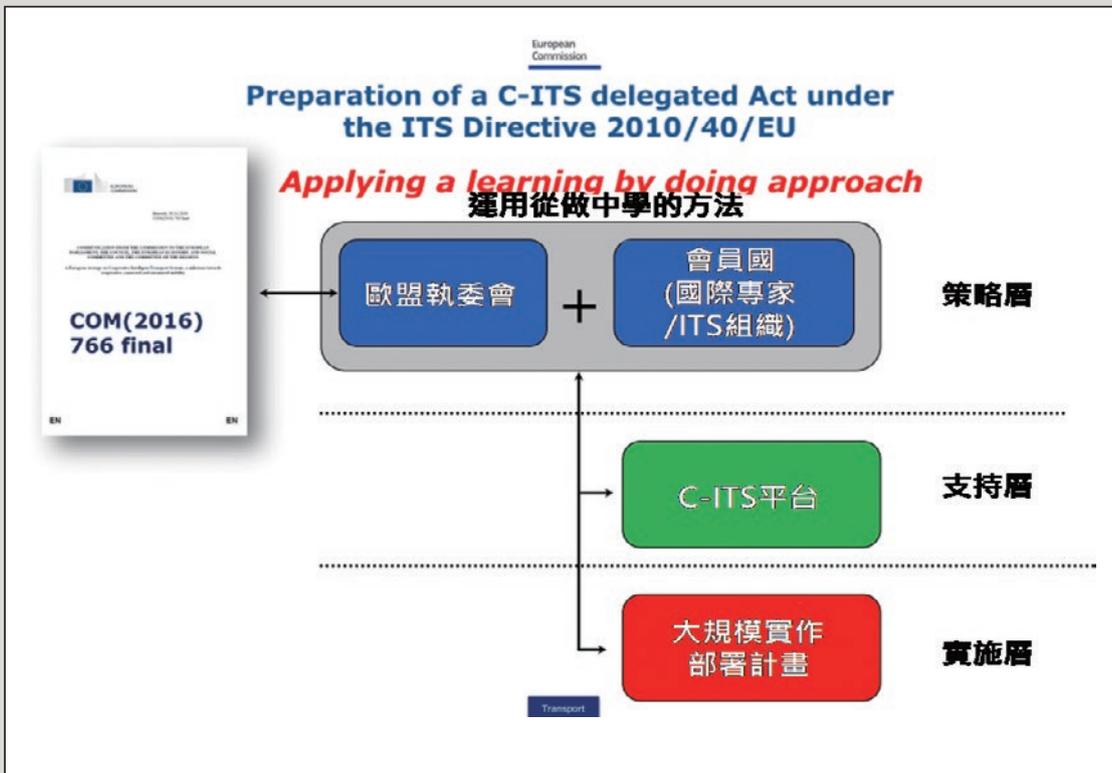


圖4 C-ITS 策略層、支援層與實施層之階層架構

由於車輛、道路設施和用路人之間的互動通訊對於提高未來自動駕駛汽車的安全性以及將其全面整合到整個交通系統中至關重要，在車路聯網環境中，各角色互動過程將隨著時間的推移會逐漸強化與融合，最終形成各方和諧運行的狀態。因此協同式車聯網與自駕車移動服務（Cooperative, Connected and Automated Mobility, CCAM）是歐盟大力推展歐洲移動創新重點，也是近年自駕車相關規範與研究的重要課題。

(一) C-ITS平台 (C-ITS Platform)

第一階段的發展始於歐盟執委會於2014年主導成立C-ITS平台 (C-ITS Platform)，在支持於歐洲道路上部署C-ITS框架內，規劃相關試點計畫，評估測試車輛與道路設施間(V2I)與車輛間(V2V)的通訊狀況。歐盟在2016年1月核准C-ITS平台第一階段的最終報告，達成了

其在歐盟連接和自動化車輛的第一個里程碑。委員會根據該平台的建議，制定了歐洲智慧交通合作系統發展策略（the European strategy on Cooperative Intelligent Transport Systems，以下簡稱歐洲C-ITS發展策略），並於2016年11月發布「An European strategy on cooperative Intelligent Transport Systems, a milestone towards cooperative, connected and automated mobility」(COM(2016) 766 final)，以期實現合作、互聯和運輸自動化駕駛的目標。

在第一階段中，C-ITS發展策略中定義了Day 1 C-ITS服務。Day 1的C-ITS服務大多是屬於技術成熟或基礎型ITS服務，如危險位置通知、車速顯示、施工警告…等，希望能儘快嘉惠相關用路人。

C-ITS平台的第二階段於2016年7月開始，為了達成C-ITS服務部署的目標，政府部門、道

路設施提供商、運輸業者等利害關係人已針對車路整合應用共同標準達成共識並開始推動相關試辦計畫，內容包括第一階段布設服務的延伸推展服務，並在通訊安全、資料保護、合規性評估(Compliance Assessment)和混合通信之互操作性(Interoperability)及法律框架作深入探討。

本階段延續第一階段發展策略(COM(2016) 766 final)中擬定的原則，相關的C-ITS部署計畫在V2V及V2I之間的通訊，必須運用互補通訊技術的混合通訊方式進行，並且需具備向下相容性(Backwards Interoperability)。且為建立歐洲共通C-ITS環境，需於整體歐洲層面的法律框架下訂定相關法律，並符合歐盟一般資料保護規範(General Data Protection Regulation; GDPR)的基本要求，確保C-ITS服務運作時，個人隱私資料不會被濫用與侵犯。

此外，C-ITS的部署不能只靠公共資金，必須納入相關利害關係人的參與，並給予其足夠的信心以鼓勵進行建設投資，部署合作系統的決定必須是以價值鏈上所有參與者的意見和令人信服的商業案例為基礎。C-ITS平台第一階段的成本效益分析清楚地表明C-ITS的潛在好處（如增加安全性、減少在交通上花費的時間、降低燃料消費…等）大幅超過了成本，而且這些好處仰賴於不同利益者間的協調合作，才能有效實現。雖說這些好處直接有利於用路人與整體社會發展，但投資和營運的成本需要由道路營運者和車輛製造商承擔，然而因安全應用早期較不受關注，C-ITS有關安全應用市場仍不成熟，需仰賴政府支持下才能營運，一直到額外的商業應用可以建立在配備C-ITS的車輛與部署C-ITS的基礎設施上。因此需要一個能夠達成共識的商業模式，並為這些被期望能投資的利益相關者創造價值的目標，減少不確定性。

(二) 協同式車聯網與自駕車移動服務 (CCAM) ¹¹

C-ITS發展策略的目標是促進整個歐盟的投資和監管框架的融合，須考量的課題包括透過適當的法律框架確保公共和私人投資者的法律合法性、確認歐盟專案預算的可用性、C-ITS平台進程的延續性以及與其他涉及合作、互聯和自動化車輛等各方面的國際合作，並透過在系統建置過程中持續精進與改善。

由前述原有C-ITS計畫推動經驗，相關單位認知到必須由技術性實驗逐步朝永續移動服務應用邁進，故在2017年時提出將原有的C-ITS及聯網車與自動駕駛車進行整合，除沿用C-ITS平台的跨域合作經驗與政策誘因外，並再進化為協同式車聯網與自駕車移動服務 (Cooperative, Connected and Automated Mobility, CCAM) 的概念，以達到零死亡、減少碳排、紓解壅塞、確認歐盟產業領導性及增加社會包容性等願景(如圖5)。

為加速落實CCAM願景，歐盟執委會於2021年4月舉辦的EUCAD (European Conference on Connected and Automated Driving) 研討會發布CCAM聯盟夥伴合作備忘錄，同時成立「CCAM協會」(CCAM Association) 執行與推廣CCAM相關業務。CCAM甫成立即有來自產、官、學、研等超過150名會員加入，並於6月與合作夥伴宣告正式啟動CCAM夥伴聯合計畫 (Co-programmed Partnership)，並提出七大重點發展項目如下：

1. 大規模落地試驗

持續規劃實驗場域(Pilots)，以確保提出的CCAM計畫得以落地。

2. 前瞻性車輛科技

為持續確保未來高度自動駕駛能力車輛在道路與其他用路人的互動安全，CCAM

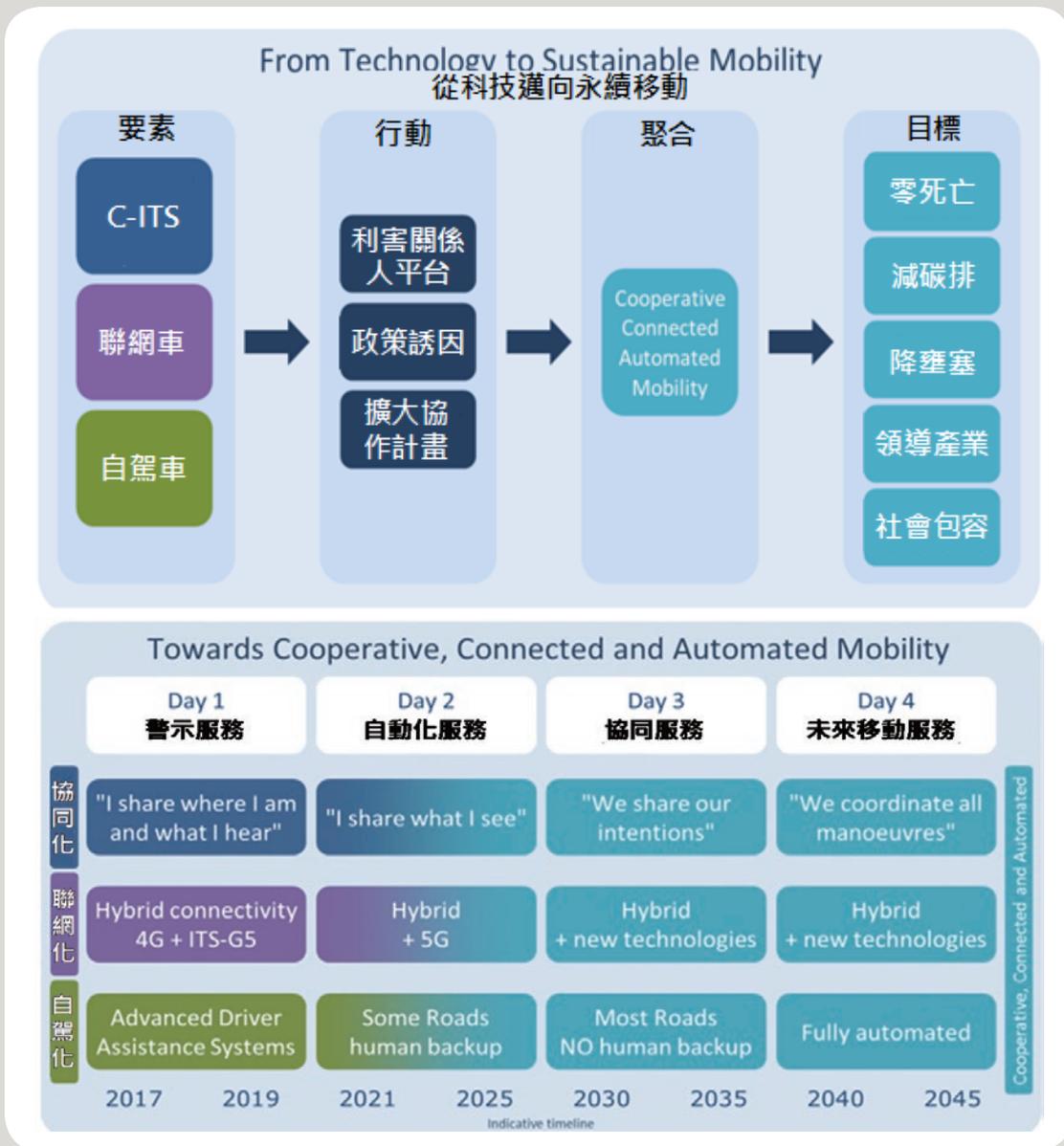


圖5 歐盟CCAM邁向永續移動目標與各階段重點¹²

協會將重點投資發展前瞻車輛安全解決方案，並驗證方案安全與穩定。

3. 發展計畫績效驗證與評估模式

發展一套可有效驗證與評量CCAM系統的模式。該模式考量除技術本身外，也將人機互動納入評量，客觀檢核CCAM於現實環

境落地應用之合適性。

4. 投資實體與數位基礎建設

加強投資實體與數位基礎建設，以達到CCAM車輛與其他用路人間協同運輸的理想。

¹¹ CCAM Strategic Research And Innovation Agenda (SRIA), European CCAM Association. (2021)

¹² SIS02: European Perspective on Connected, Cooperative and Automated Mobility, Stephanie Leonard, European Commission, (2017)

5. 檢視關鍵技術

人工智慧、大數據分析與資通訊安全將在未來運輸系統扮演重要角色，CCAM協會將從系統整合與驗證角度，檢視最具影響力的關鍵技術與其影響面向，並重點投入該技術發展。

6. 發展社會影響力評估模式

發展社會影響力評估模式，協助更全面性衡量試點計畫成效。

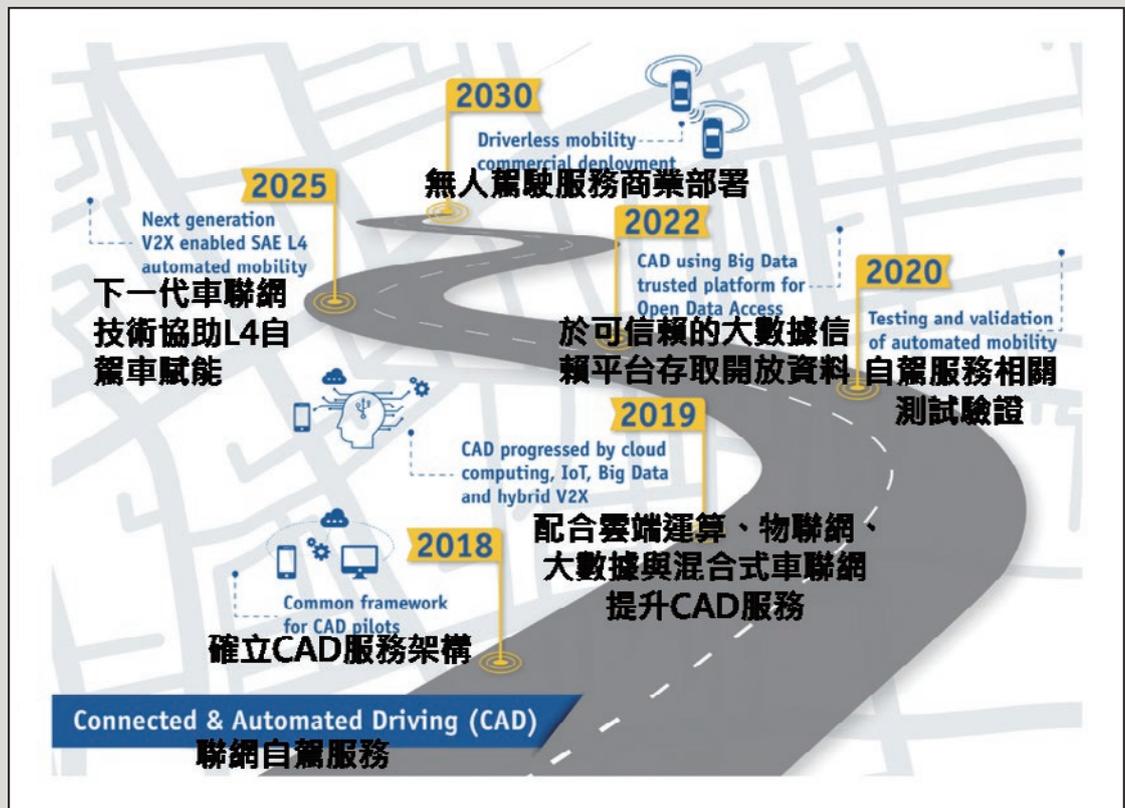
7. 協調整合與經驗共享

加強CCAM生態系中各利益關係者彼此協調合作，確保實施經驗共享。

(三) 聯網與自動駕駛 (Connected and Automated Driving, CAD)

為促進歐洲CCAM的發展，歐盟成員國呼籲歐洲執委會成立專責工作小組，以促使成員國和相關行業界針對連接和自動駕駛的系列主題展開密切合作。2017年9月於法蘭克福所舉辦的第二次高級架構對話(2nd High Level Structural Dialogue)會議後，產出「自動及連接駕駛行動計畫」(Action Plan Automated and Connected Driving)文件¹³，該文件針對歐洲聯網與自動駕駛跨境測試議題作了很多討論，以滿足安全性、效率、互操作性、可持續性和接受度(可信任)等符合共同利益的功能目標。

ERTICO在2018年底發布2018至2030年CAD發展藍圖。如圖6所示，至2021年中旬ERTICO已完成城市試點計畫與建設部署，預計於2022年將建置可供大眾存取之資料開放平台，於2025年完成具V2X功能之Level 4自駕車試驗，以期2030年達到自駕車商業化部署的目標。



資料來源：<https://ertico.com/focus-areas/connected-automated-driving/>，增修中文內容

圖6 歐盟2030 CAD發展藍圖

在此藍圖下，ERTICO亦明確訂出三項發展目標：

- 促進自駕車聯網規範一致性並達成與其他設備可互操作性

ERTICO要求廠商發展自駕車時須符合車路聯網規範，以確保未來與其他路側設備連結暢通無礙。

- 透過大規模試點計畫評估自駕車服務

ERTICO認為自駕車服務需從大規模試驗中不斷學習進步，對於試驗方法、資料共享與系統架構實施制定一套準則，供成員國實施試點計畫時有所依循，評估自駕車成效亦有統一標準。

- 深耕交通大數據在自駕車服務應用

ERTICO認知交通數據對於發展自駕車服務具扮演關鍵角色，除持續支持運輸數位化外，同時制定統一資料格式並建構交通數據交換平台。

參、車聯網與自駕車測試計畫 - Europe Horizon 2020

Europe Horizon 2020係歐盟執委會於2012年發布之整合型投資計畫，為歐盟近30年來最大規模前瞻性研究案經費補助，總投資額高達800億歐元¹⁴。為帶領歐盟走向智慧、永續且具包容性的生活環境，歐盟希望透過公私部門協力合作，廣徵各界對科技應用提出創新研究案，加速前瞻性科技發展落地。以下概要介紹

其中4個重要的車聯網與自駕車測試計畫及其成效：

一、L3Pilot：歐洲大規模自動駕駛試行¹⁵

(一) 計畫介紹

L3Pilot主要目的是驗證以自動駕駛車輛作為公共道路上安全有效交通工具的可行性。本計畫著重於SAE (Society of Automotive Engineers, 國際汽車工程師協會) Level 3自駕車(有條件的自動化)的大規模試驗，並對某些Level 4(高度自動化)進行額外評估，該系統的功能將面對一些可變條件的挑戰。參與測試對象涵蓋跨越6個歐洲國家的1,000名駕駛員和100輛汽車，共在高速公路行駛超過40萬公里，及在都市道路行駛超過2萬4千公里(其中2萬2千公里以自駕模式運行)，主要試點是在歐洲北部、中部和西南部進行自動駕駛測試(如下頁圖7所示)，包括跨境測試計畫。整體時程為2017年9月至2021年8月，歐盟共約投入3,600萬歐元(約新臺幣11.5億元)執行此計畫。

本計畫之測試內容包含各種不同駕駛情境，包括停車、高速公路超車和穿越交叉路口等。透過對測試車輛全面試用自動駕駛功能，希望L3Pilot試驗結果能提供未來實際場域自駕車測試做參考(如圖8)。

(二) 計畫成果與未來建議

L3Pilot計畫於2021年8月結束，亦於2021年10月ITS世界大會發布4年計畫執行成果。計畫主要成就之一是產出了自動駕駛功能開發實踐準則(CODE OF PRACTICE for the Development of Automated Driving Functions) CoP-ADF，它為

¹³ Action plan automated and connected driving, the Federal Government, Germany. (2017)

¹⁴ What is Horizon 2020, European Commission. Retrieved February 22,2022, from <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/what-horizon-2020> (2022)

¹⁵ L3 Pilot Driving Automation Deliverable D7.4 / Impact Evaluation Results (2021)

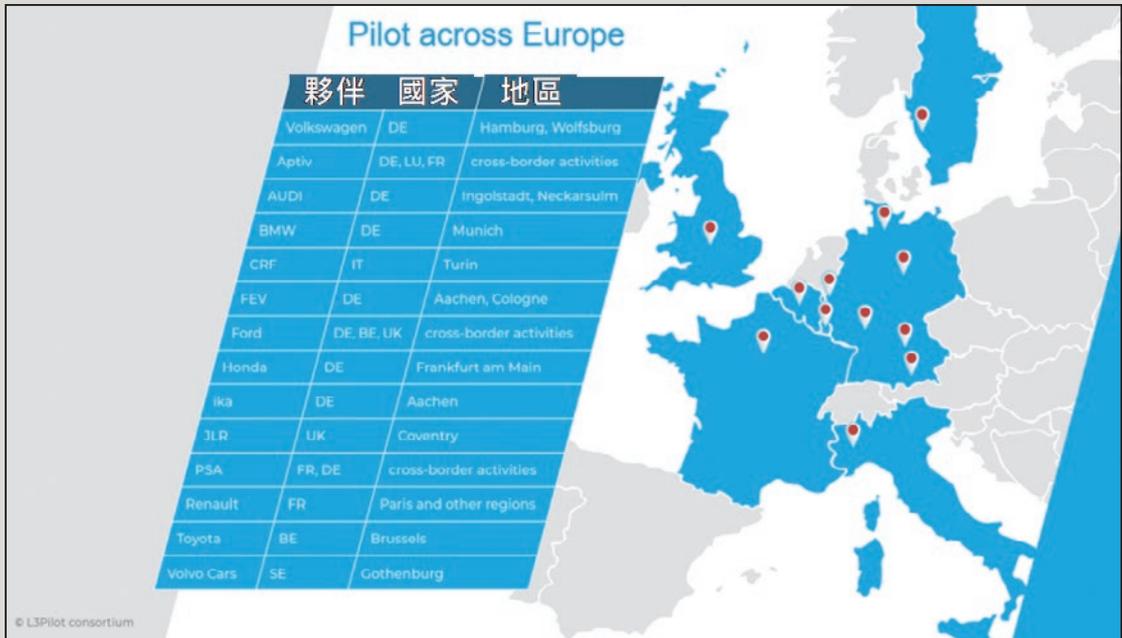


圖7 L3Pilot計畫試點分布

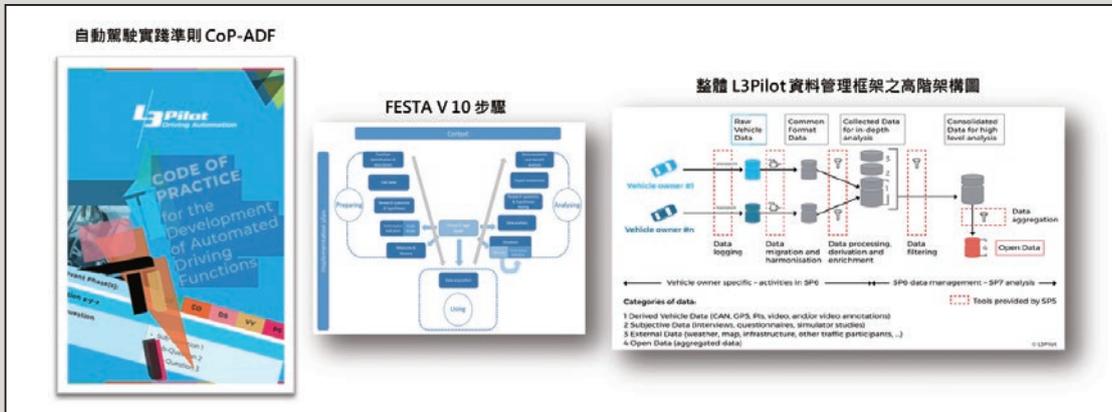


圖8 L3Pilot測試用自駕車

自動駕駛技術的設計、開發、驗證(Verification)和確認(Validation)提供了全面的指南，並包含了測試和評估歐洲自動駕駛的新方法。自動駕駛功能開發實踐準則將自駕車開發的155個問題依其特性歸類至5大類的22項主題中，作為自動駕駛功能開發的參考標準。L3Pilot 計畫的實施方法是依據現場操作測試支持行動FESTA (Field Operational teSt supporT Action) V，FESTA方法原先是為可上市汽車產品之實際場域運行測試(Field Operational Tests；FOTs)所設計。因自駕車目前大多仍只具有自駕功能雛型，採用FESTA並不完全合用，因此該計畫修正該方法為FESTA

V。FESTA V 為自駕車的開放道路測試訂定了10個步驟，以符合驗證之需要。

此外，該計畫也將各試點自駕車的原始資料轉換成通用資料格式(Common Data Format; CDF)，並建立了完整的綜合資料庫，以提供學者專家們評估自駕車將帶來的衝擊。在資料處理上，運用既有的方法、演算法及工具，將其修改為符合本專案需要。資料處理分為四個層級，第一層是試點自駕車輛紀錄測試資料，第二層車廠將自駕車送來的資料轉換為共同資料格式。第三層是試點資料處理夥伴將前述共同資料格式資料加以分析、聚合後，上傳到統一資料庫(Consolidated Database; CDB)；第四層是評估資料夥伴再對統一資料庫中的資料做評估，並產生提供給公眾使用的資料內容。在上述的四層級，車輛及用戶相關資料都透過資料處理工具鏈來處理，以確保格式一致性、安全性及效率。為保護資料隱私性，將物件或人的個別辨識碼作匿名化(Pseudonymization)處理，亦即經過多重雜湊函式(Hash Function)運算處理(如圖9)。



資料來源：<https://l3pilot.eu/downloads>，增修中文內容

圖9 L3Pilot 計畫成果

該計畫從運輸效率、運輸安全、環境影響與社會經濟影響等四個面向進行探討，以衡量實施自駕車後對社會不同面向的衝擊。摘錄重要結論如下：

1. 運輸效率：

在運輸效率部分對搭乘或駕駛過L3Pilot試驗車輛者進行問卷調查，測試結果發現在相同行駛路線條件下，即便自駕車較一般車輛需多花費約10%~20%旅行時間，仍有90%有受測者願意使用Level3自駕車完成運輸服務，顯示搭乘自駕車所帶來的舒適度與安全感可以彌補旅行時間的增加成本。約55%常態使用公共運輸的受測者表示願意選擇自駕車完成通勤服務，顯示運具選擇也在改變。

2. 運輸安全：

運輸安全部分則以系統模擬方式進行評估，結果顯示，在考量現況道路風險下，引入自駕車後預期可減少2%至19%事故數量。

3. 環境影響：

環境影響部分亦採系統模擬方式進行評估。結果顯示，在高自駕車穿透率下，平均油耗可減少12%至22%，CO2排放則至多

可減少20%。

4. 社會經濟影響：

社會經濟影響部分則以「社會福利淨效益/成本比」計算。「社會福利淨效益/成本比」係指使用自駕車後，產生相關產業之綜效與其成本比例。結果顯示，在自駕車滲透率5%-30%時，淨效益比約介於1.62至1.65之間。該報告指出目前社會效益計算仍有侷限，例如避免事故發生的金錢效益沒有納入計算，如何完整定義自駕車社會效益仍是未來可探討方向。

除運輸效率係搭乘或駕駛過L3Pilot試驗車輛者的受測者真實感受，運輸安全與環境影響部分均以模擬方式進行，故其報告亦提到受限於模擬模型，僅有部分L3Pilot功能有加入測試，目前仍無法做到全面性功能模擬，加上現階段對於自駕車與一般車混合車流的能源消耗模型尚未成熟，許多數值仍有待校估驗證，故現階段評估結果僅供參考。

在2021年舉辦的ITS世界大會中，我們也實際參加漢堡市區的自駕車體驗活動(圖10)。駕駛員在開車到市區後，在某一段道路啟動自動駕駛，讓自駕車接手動態駕駛任務，試乘顯示目前在指定的服務範圍內，L3等級以上的自駕

車服務已相當成熟，惟在考量相關車輛感測設備、路側設備、聯網設備與圖資建置成本情況下，欲全面普及化，仍需要相當程度之努力。



圖10 體驗 L3Pilot 計畫自駕車市區道路自動駕駛功能

二、Autopilot¹⁶

(一)計畫介紹

Autopilot計畫主要針對聯網環境中的自駕車輛進行試驗，在實際交通環境下，於Brainport(荷蘭)、Livorno(義大利)、Versailles(法國)、Vigo(西班牙)、Tampere(芬蘭)和 Daejeon City(韓國)等六個跨國的永久性試點場域以五種駕駛模式：市區內駕駛、高速公路駕駛、自動代客停車、即時汽車共享和車輛隊列行駛等，進行部署、測試和演示基於物聯網的自動化服務。

(二)計畫成果與未來建議

該計畫為期三年，橫跨12個歐盟成員國、整合44家民間業者，總投資2400萬歐元（新台幣約7億6千萬元）。自2017年啟動，並已於2019年底結束。在2020年2月發布結案報告。以下摘述Autopilot 計畫成果與未來建議：

1. 跨域整合對自駕車決策效益

該計畫發現經跨域整合不同資料，可彌補車上偵測設備資料空隙並輔助自駕車做更全面決策。包含以下效益：

(1) 提升用路人安全性與舒適性

透過物聯網裝置傳出之遠方道路危險、行人接近等資訊，可有效協助自駕車提早反應，避免急煞車等危險駕駛行為，提升用路人安全與乘客舒適。

(2) 提升自駕車運輸效率

物聯網裝置傳送道路狀況資訊給予自駕車，使自駕車可避開壅塞區域，決策更好行駛路徑。

(3) 雲端聯網輔助自駕車決策

自駕車自帶偵測裝置僅能感測週遭一定距離範圍內物體，透過雲端聯網可由整體路網觀點提供道路資訊，使自駕車行駛決策更為全面。

2. 深化民眾認同與支持

透過Autopilot計畫，大大提升用路人對自駕車在道路安全與運輸效率助益之認同。該結案報告提到對於自駕車運作原理與營運模式透明化是關鍵，資訊公開有助於用路人了解並支持自駕車發展。

三、5GCAR¹⁷

(一)計畫介紹

5GCAR始於2017年6月，是為期2年的大型研究和創新計畫，旨在開發自動化汽車的5G連接技術，並將評估現有及未來頻譜使用，以協

¹⁶ AUTOMated driving Progressed by Internet Of Things, European Commission. Retrieved February 21,2022, from [https://cordis.europa.eu/project/id/731993\(2020\)](https://cordis.europa.eu/project/id/731993(2020))

¹⁷ Deliverable D1.3 5GCAR Final Project Report, European Union. (2019)

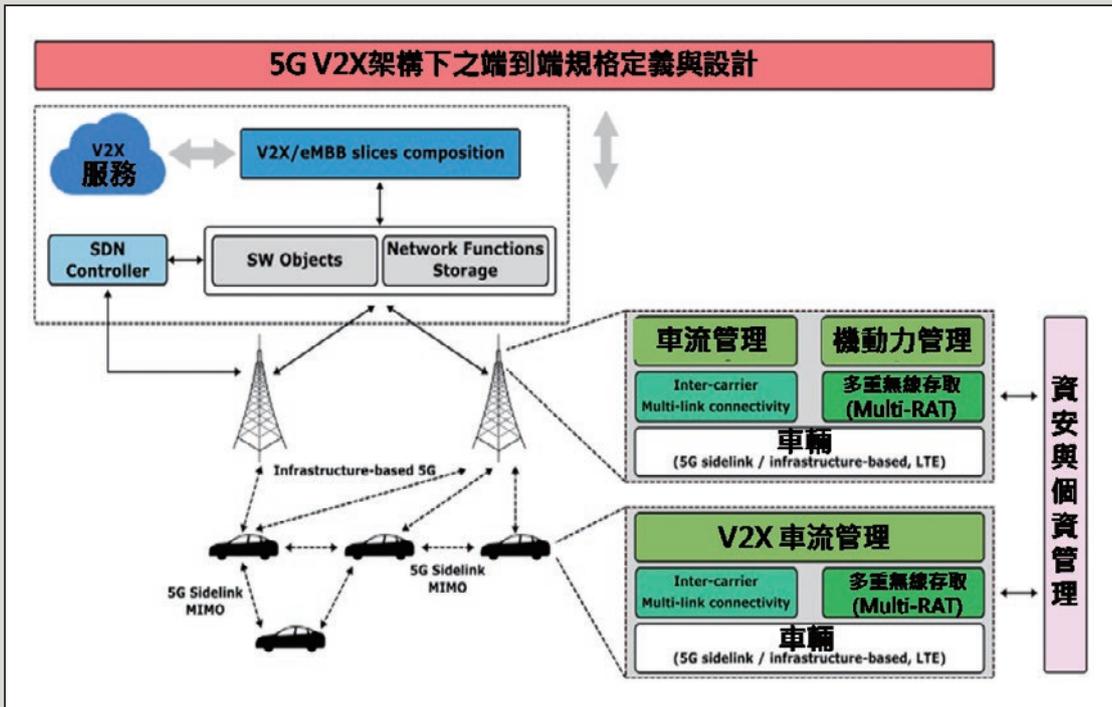
助該領域的標準化工作。5GCAR是5G基礎建設公私夥伴合作(5G Infrastructure Public Private Partnership;5G PPP)第二階段計畫的一部分，由易利信領導，共有14個電信與汽車產業相關機構參與。

5GCAR無線通訊介面在訂定時特別重視低延遲、高可靠度、高效能及具擴展性等方面。以設施為基礎的通訊(Infrastructure-based communication)是使用於車輛與基礎設施之間，車輛與車輛間的直接通訊則透過Sidelink通訊達成。在定位技術方面，該計畫提出聯網車輛及弱勢用路人的5G輔助定位技術。5GCAR V2X系統架構如圖11所示。

案例，都設定一個使用情境，以便具體定義通訊模式、解決方案和評估用到的關鍵性能指標(KPI)。這五類案例說明如下：

1. 機動協同一車道合併案例

透過車聯網協助車輛以安全有效的行進方式由一車道併入到另一個車道中。在車道合併區域，具5G通訊功能車輛可傳送感測資料與駕駛意圖相關資訊，如位置、方向、速度…等予中心端，以便中心端協調車輛行進；而針對未具備5G通訊功能的車輛則是透過智慧攝影系統，將車輛影像傳送到中心端進行運算，作為判斷其駕駛意圖的依據。最終由中心端綜合車輛5G通訊



資料來源：Deliverable D1.3 5GCAR Final Project Report，增修中文內容

圖11 5GCAR V2X系統架構

5GCAR計畫中，共有五類應用案例：機動協同(Cooperative maneuver)，感知協同(Cooperative perception)，安全協同(Cooperative safety)，自主導航(Autonomous navigation)和遠端駕駛(Remote driving)。5GCAR對於每個應用

及智慧攝影系統影像資料進行運算後，產生車輛行進建議傳送給具5G通訊功能的車輛，以確保車輛併入車道過程的安全順暢(如圖12)。

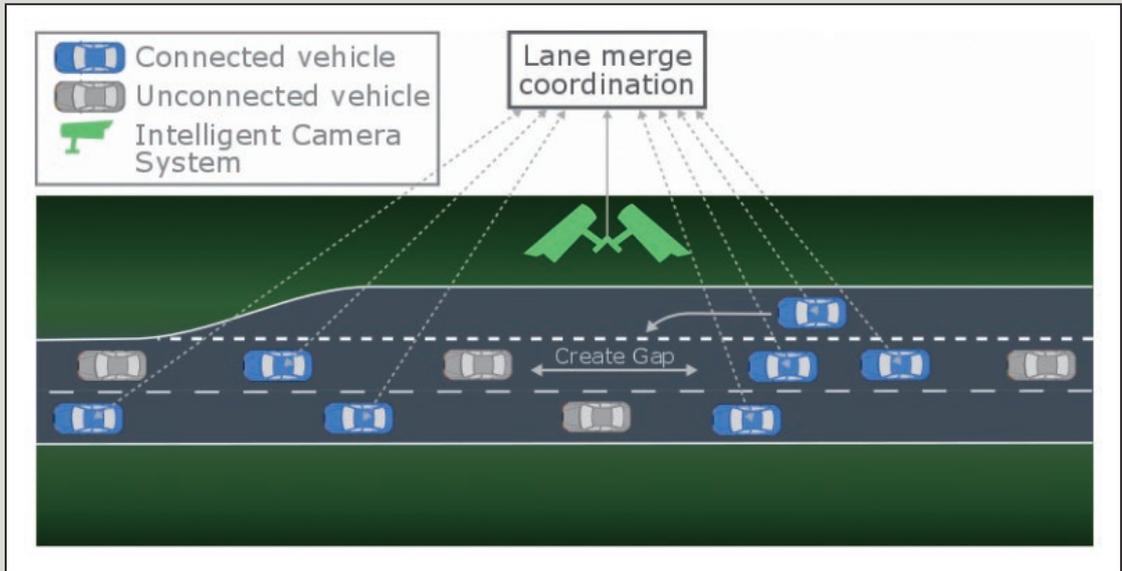


圖12 中央協調實體設備為將進入合併車道的車輛計算所需間距

2. 感知協同—延伸車輛感知能力

此案例著重於擴展車輛感知能力，亦即透過車間通訊交換感測器資訊，讓某特定車輛可結合附近不同的聯網車輛所感知周遭環境狀況，以擴大超出其視線外的感測區域範圍；案例中透過車間通訊讓後車可呈現前方阻擋視線車輛之可視影像，達到類似「透視」般的效果。此功能可在安全議題上有許多應用，如當前方貨櫃車擋住後方車輛視線而無法看到對面車道狀況

時，後方車輛透過此擴展車輛感知機制可輕易辨識是否可以安全超車。

另一個額外延伸的試驗是遠程感測器共享功能。此試驗將在測試點部署邊緣(Edge)ITS伺服器及使用無線測試網路確保可向連線車輛傳送可靠和內容明確的訊息。透過車載物件偵測融合技術與通訊整合，將連線車輛所感測到對向車道的車輛行進到接近路口前的位置、速度等狀態，

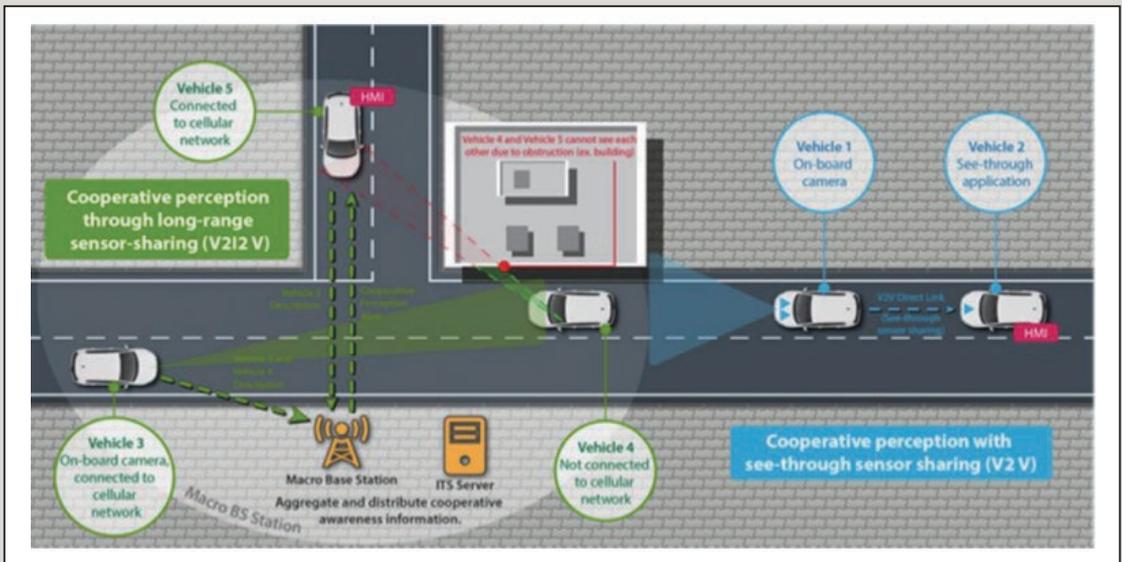


圖13 聯網車輛彼此合作感知「透視」及遠程感測器共享應用

透過遠程通訊傳送到大型基地台後，再將警示訊息傳送給接近路口前的橫向行進車輛，以便讓橫向車輛知道其側向有車輛即將抵達路口，需煞車或減速以避免碰撞(如圖13)。

3. 安全協同—網路協助弱勢用路人保護
運用網路定位和碰撞預測系統，協助提

5. 遠端駕駛—自動停車案例

整合運用車輛感測器所收集資訊與地圖資訊，以5G無線通訊遠端控制包括方向盤、煞車或油門在內的車輛制動系統，最終可望達到遠端控制安全駕駛之目標。例如：以無線通訊遠端控制自動駕駛的車輛到最近的停車場停車。

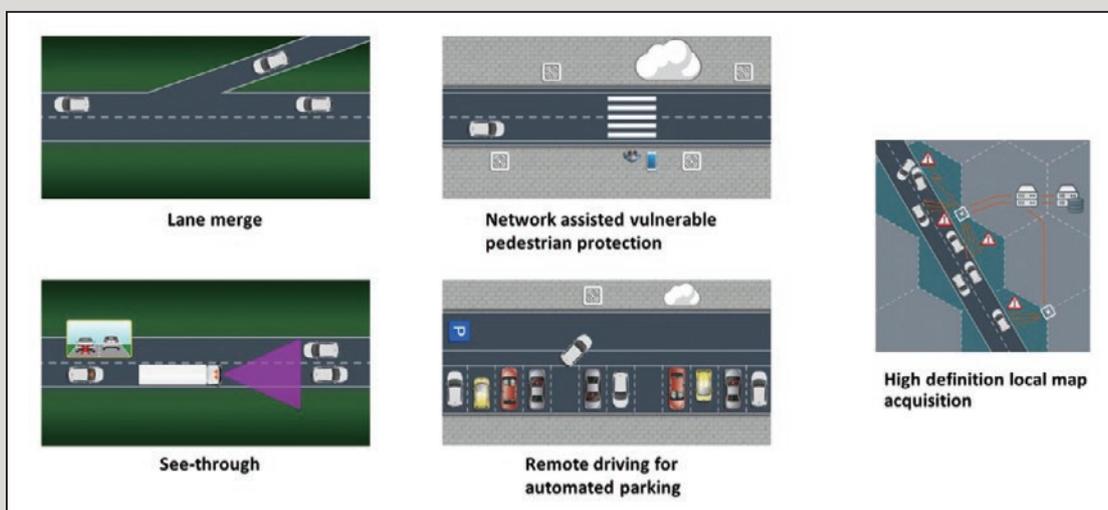


圖14 5GCAR 計畫案例

升弱勢用路人安全，例如：行人和車輛彼此不在視線範圍內時，由聯網車輛和行人的5G裝置透過5G訊號發送到幾個同步基地台，中央網路單元藉由個別終端裝置所收到信號測量值的時間差估計車輛和行人絕對位置，可在雙方即將發生碰撞前發送警告訊息到聯網車輛和行人5G手持裝置，以避免聯網車輛與行人碰撞造成傷害。

4. 自主導航—高精度地圖獲取

透過共享及整合其他車輛感測的環境資訊，讓每一輛車輛都化身為高精地圖製作所需之探針車輛，在持續移動的過程中動態更新地圖，降低地圖製作成本，以利提供半自動或全自動駕駛車輛之最佳路徑選擇。

在5GCAR 的計畫期中報告中指出，透過5GCAR計畫首次能定義自駕車服務KPI，而目前5GAA(5G Automotive Association)或3GPP SA1中對於輔助與自動駕駛所需的效能指標尚未作適當處理與定義。綜合來看，5GCAR仍是一個試驗性質很高的計畫，對於V2X的通訊架構、無線通訊及解決方案都提出很多創新，進行理論分析及可行性評估(如圖14)。

(二)計畫成果與未來建議

5GCAR計畫已於2019年11月結束，並於同年12月發布結案報告¹⁸。以下摘述該報告對於5GCAR計畫成果與未來建議：

1. 執行成果

- (1) 5GCAR 在協助3GPP Rel-16 5G標準修訂上貢獻良多，並可協助車商有所依循，如2019年10月福斯汽車首次發布支援ITS-G5 Car2X通訊標準之聯網車輛Golf。
- (2) 各項測試內容之高精度地圖已於計畫中完成試驗與測試上線服務，2025年則開放場域接續上線。圖15綠底部分

(Infrastructure as a Service (IaaS))相關構想。

- 新增網路流程：V2X服務間協同與基礎設施間通訊整合。
- 強化邊緣計算：利用V2X與5G蜂巢網路特性，強化邊緣計算能力。
- 加強定位系統：利用通訊網路加速車輛定位系統。

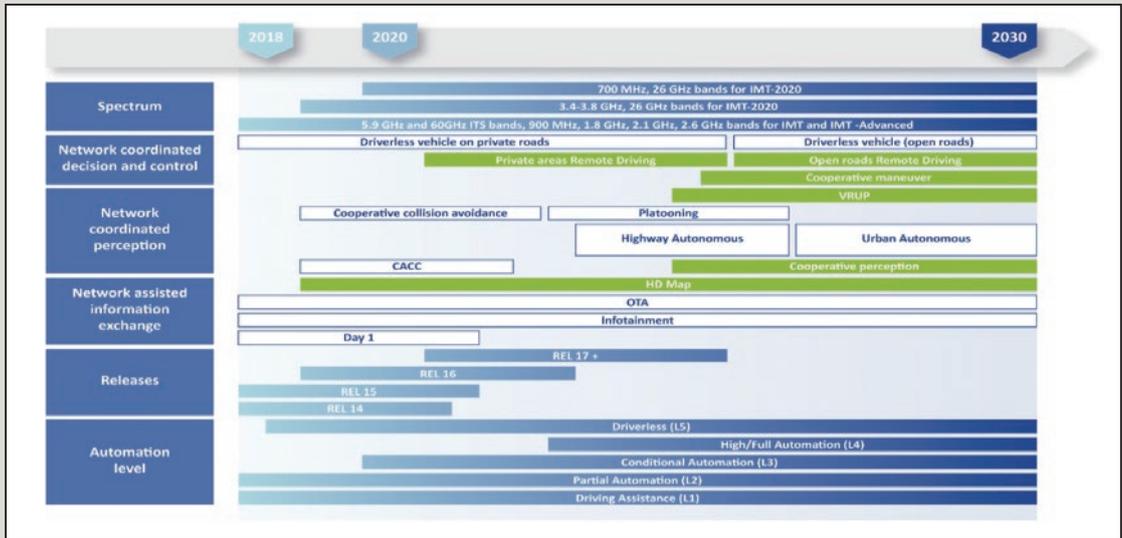


圖15 5GCAR計畫服務預定上線時程

為5GCAR相關服務，已納入歐盟自駕車發展規劃時程更新。

- (3) 透過計畫執行經驗，從V2X需求重新檢視原始架構內容，並新增以下內容：

- 強化資通訊安全：點對點(end-to-end)隱私安全防護。
- 支援網路協作管理：納入設施即服務

2. 未來建議

- (1) 深入評估不同通訊技術對整體效能影響
需深入評估在5G V2X環境下，其他通訊技術如藍芽、WiFi對於整體效能干擾與交互影響。
- (2) 評估硬體設計實作困難度
目前設計架構尚未完整分析在硬體層面實作困難度。

¹⁸ White Paper 5GCAR: Executive Summary, Mikael Fallgren et al., European Union. (2019)

(3) 評估系統部署限制對預期效能影響

實地場域受其地理環境限制，可能不如實驗室測試環境完美，需深入探討環境限制對系統效能影響。

(4) 車載無線隨意網路(Vehicular Ad-Hoc Network；VANET)

在5G全面普及前勢必部分地區無法使用5G網路，可探討利用車載無線隨意網路架構，透過車間通訊彌補5G覆蓋度問題。

(5) 精確定位弱勢用路人

透過高精地圖與V2X通訊架構，可協助精確定位弱勢用路人，增進運輸安全。

肆、德國ADAC駕駛安全中心之車聯網系統測試與展示

本團隊有幸參與疫情解封後，國際ITS領域的第一場大型會議-2021年智慧運輸世界大會（ITS World Congress），並實際瞭解歐盟車聯網V2X產品的驗測與落地應用、車聯網資安、歐洲透過公私合作模式推動以感知車輛聯網分享路況及安全資訊的作法、以及歐洲大規模部署測試自駕車計畫成果，以下簡要說明一種歐洲車聯網系統測試之做法，可供國內後續發展ITS的參考。

全德汽車俱樂部（德語：Allgemeiner Deutscher Automobil-Club e. V.，ADAC）是德國最大的交通協會，其總部位於慕尼黑，是非營利的法人組織，ADAC在德國境內設立了多個交通安全中心，其最早開始和最著名的服務是交通事故救援。



資料來源：ITSWC 2021, Technical Visit: "Experience today's and future V2X use-cases first-hand" 資料，增修中文內容

圖16 漢諾威的ADAC駕駛安全中心V2X測試場

¹⁹ Experience today's and future V2X use-cases first-hand, ITSWC 2021, Technical Visit. (2021)

其中位於漢諾威的ADAC駕駛安全中心是德國最現代化的駕駛安全中心之一(圖16)，建置高精度、配備各式感測器及V2X通信測試設備之測試場域，以提供不同V2X使用案例之功能展示與技術驗證¹⁹。該測試場域占地約24公頃，具備12個培訓和測試區域，除V2X的測試與展示之外，此場地還兼具駕駛安全測試與訓練的功能。各個測試區域均依照不同的安全測試與訓

式，提供感測器與V2X之整合模擬測試環境以驗證車聯網產品(如圖17)。

以NORDSYS公司的waveBEE ITS-G5驗證系統為例，該系統目前已建立許多可用於實際駕駛測試的標準測試使用案例，包含車對車通訊聯盟(CAR 2 CAR Communication Consortium; C2C-CC)所訂定的V2X Day-1服務。



圖17 在駕駛安全中心的V2X模擬測試驗證系統

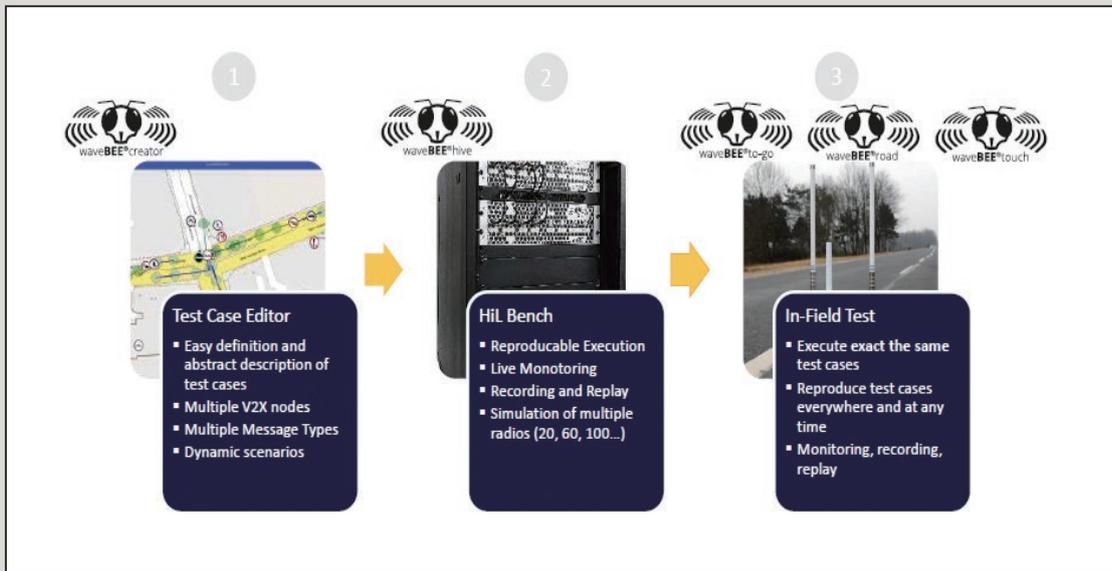
練目的設計擬真道路環境，包括設計出水孔灌溉測試道路表面以模擬雨天道路濕滑情境、採用不同的摩擦係數的地面(如滑行路面、防滑墊和滑水道等道路環境)以測試縱向/橫向滑水可能性，以及不同的曲線半徑圓環或道路、坡道、十字路口及道路交叉口等，並配置各種V2X車輛、路側設備和V2X訊息分析診斷工具，以便能測試和體驗V2X的各種使用案例。

該中心支援由V2X車上設備與V2X基礎設施所組成的多種測試使用案例所需的測試場景，並可透過虛擬化V2X網路建構與虛實整合測試方

驗證V2X產品的客戶可以在駕駛安全中心的測試系統定義他們自己的使用案例及相應的測試場景，並執行測試作業，在該中心的工程人員可提供所需的技術服務，例如依照客戶需要製作特殊應用場景腳本，或支援個別客戶所需的訊息定義及系統實作等需求。以下簡介兩套車聯網虛實整合之測試系統。

一、waveBEE ITS-G5 驗證系統

NORDSYS的waveBEE ITS-G5驗證系統除可驗證以IEEE 802.11p通訊協定為基礎之歐盟



原始資料來源：ITSWC 2021, Technical Visit："Experience todays and future V2X use-cases first-hand" 資料

圖18 V2X模擬測試驗證系統(於實驗室及運行場域測試)

ITS-G5標準，亦可支援C-V2X通訊協定，以提供 3GPP C-V2X通訊協定之產品驗證。該驗證系統包含三個子系統，分別是waveBEE Creator、waveBEE Generator 及 waveBEE Touch，透過三個子系統的整合運用，可以在實際運行場域或實驗室中驗證V2X產品(如圖18)。

(一) waveBEE Creator

waveBEE Creator是一套模擬軟體，提供客戶可透過操作直觀的電子地圖互動介面，建立V2X測試場景腳本，不需另外撰寫程式。該測試場景腳本中定義了所包含的V2X相關物件，如安裝了車上設備(On Board Unit; OBU)的模擬車輛、路側設備RSU及交通設施(如紅綠燈)等，並可設定這些物件的物理參數，包括時間點、所在位置、移動速度、加速度、行進方向、大小...等細部參數，以及偵測到的事件參數，再透過waveBEE Creator依測試場景腳本運算處理後，將相關車聯網設備所需送收的V2X訊息資訊傳送到waveBEE Generator(例如 waveBEE®to-go)，該測試設備可以依照這些車輛及車上設備與路側設備的靜動態參數以及偵測到的事件實際執行V2X

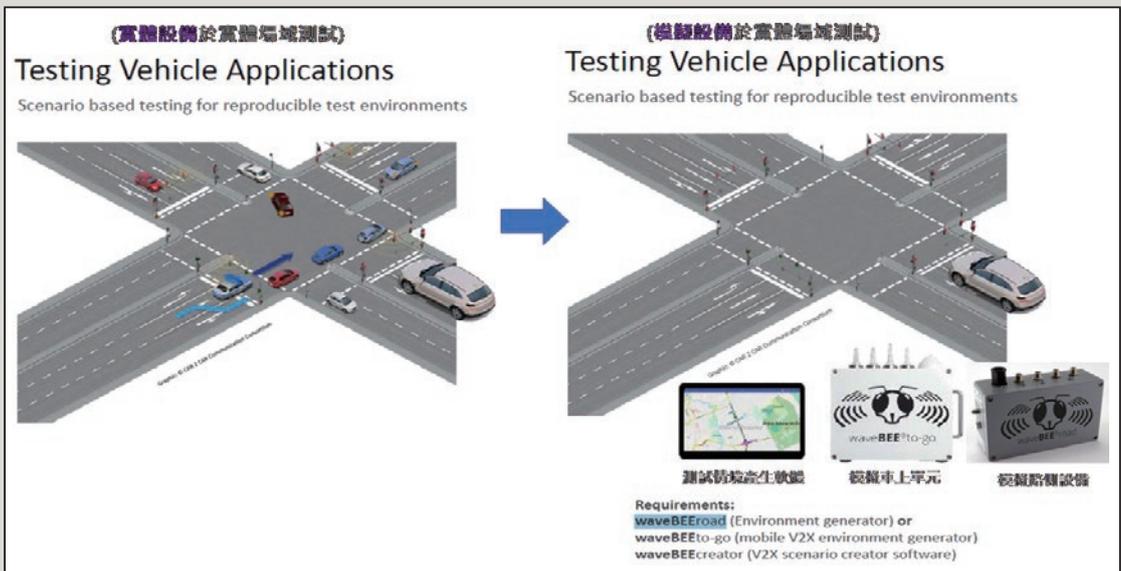
訊息送收動作。

(二) waveBEE Generator

waveBEE Generator是V2X設備模擬器，可以接受前述waveBEE Creator所產生的測試場景劇本之車聯網設備送收的V2X訊息資料去產生V2X訊息，並在適當的時間點發送這些V2X訊息(包含模擬車聯網設備的所在位置)，並與受測設備(例如：V2X車上設備)間進行V2X訊息送收測試。waveBEE®to-go 是其中一種waveBEE Generator產品，它可以模擬1或數組V2X設備，因具備可攜性及防水性，因此可在實驗室或是在實際場域執行測試時使用(如圖19)。

(三) waveBEE Touch

waveBEE Touch是一個多功能的V2X通訊協定分析系統，可無線接收、分析和驗證V2X訊息內容，用來監看或驗證受測設備與各種V2X模擬設備或真實V2X設備間送收之V2X訊息內容是否正確(如圖20)。



資料來源：ITSWC 2021, Technical Visit："Experience todays and future V2X use-cases first-hand" 資料，增修中文內容

圖19 V2X模擬測試驗證系統設備（配置於實際場域測試）



資料來源：ITSWC 2021, Technical Visit："Experience todays and future V2X use-cases first-hand" 資料，增修中文內容

圖20 V2X車上單元通訊測試系統架構（實際場域測試）

二、dSpace 多元感測器與V2X之整合模擬驗證系統

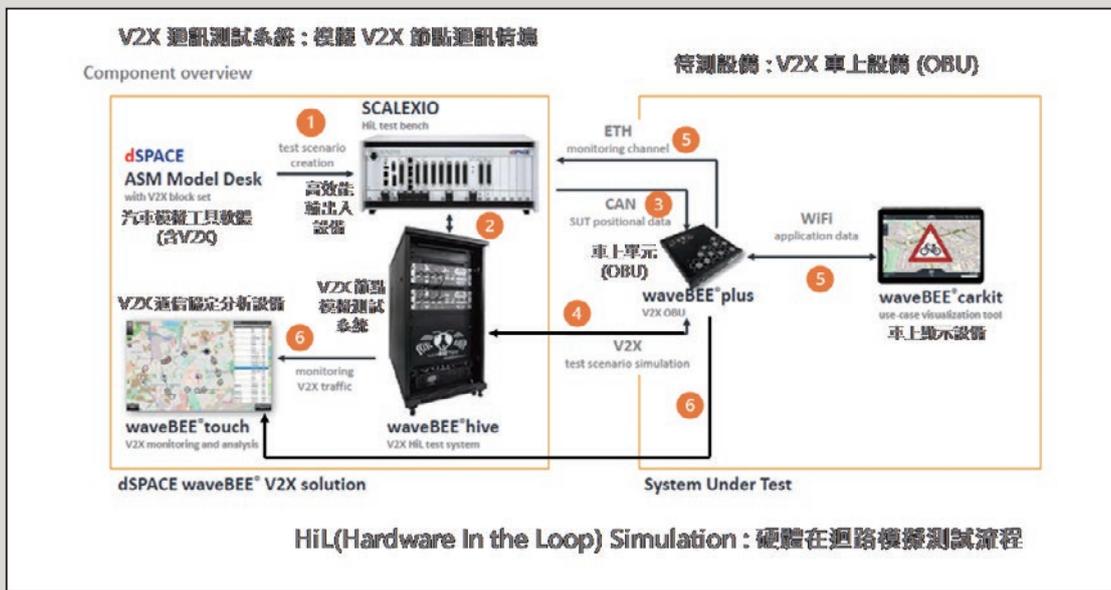
dSpace是為ADAS車輛及自駕車所開發的高階模擬軟體，可以和NORDSYS的waveBEE的V2X測試系統整合在一起運作，因dSpace模擬軟體具備模擬各種感測器如雷達、光達或攝影機偵測器的功能，並可結合RSU或OBU之V2X訊息傳

送動作，因此能夠模擬結合感測器之路側設備或車上單元的運作，例如以模擬一智能路側設備，在其雷達偵測到接近路口的腳踏車時，即發出V2X碰撞警示訊息，藉此可測試受測車上OBU 是否可正確收到該訊息。

使用者可透過dSpace模擬軟體人機介面建立測試案例之模擬場景腳本，包括道路幾何、

各模擬物件(如配備OBU之模擬車輛)的起始位置、日期時間、移動路線和駕駛操作，以及車輛感測器偵測到特定事件等，在其汽車模擬模型(Automotive Simulation Models；ASM)中進行相關參數設定，並對其他整合感測器之RSU（或OBU）之相關物理參數進行設定，例如：在偵測到特定事件(例如毫米波雷達偵測到腳踏車靠近路口)時發送V2X訊息的條件。

完成建立模擬場景腳本後，再將該測試場景腳本下載到SCALEXIO測試平臺，經過該高效能輸出入平臺運算後，將該測試腳本中與V2X通訊相關模擬車聯網設備及測試資料下載到waveBEE®hive V2X測試設備，該設備最多可以模擬多達60個車聯網設備(例如：安裝在車輛上的OBU或路側RSU)發送V2X訊息，SCALEXIO測試平臺並可把受測OBU之模擬GPS座標資料透過CAN介面傳送到



資料來源：ITSWC 2021, Technical Visit：“Experience today's and future V2X use-cases first-hand” 資料，增修中文內容

圖21 硬體在迴路模擬測試流程（實驗室測試）



資料來源：ITSWC 2021, Technical Visit：“Experience today's and future V2X use-cases first-hand” 資料，增修中文內容

圖22 具備雷達偵測之RSU與受測OBU之V2X模擬測試

受測OBU中，提供發出V2X訊息中所需的位置資訊。其他模擬物件不同時間的GPS座標，亦可經由測試劇本中之參數加以推算，依照測試腳本在適當的時間點由waveBEE® hive發送包含該模擬物件當時座標之V2X訊息，以測試受測設備是否可以正確的送收V2X訊息(圖21、22)。

上述的測試流程，是一種硬體在迴路(Hardware In the Loop; HiL)模擬測試，這是一種用於即時嵌入式系統的虛實整合測試技術。透過V2X模擬軟體系統所建立的模擬場景、腳本與相關物件參數，搭配V2X硬體在迴路測試設備，可以在實驗室中針對種測試案例之對應情境對V2X設備進行測試。硬體在迴路模擬提供動態系統模型，可以類比真實的系統環境，加入相關動態系統的數學標記法，並透過嵌入式系統的輸入輸出將其與模擬系統平臺相連。這種V2X情境模擬軟體結合硬體實體傳輸的測試方式，可適合簡單或複雜的V2X使用案例測試，或可作負載測試、回歸測試等，能夠降低在實體環境測試的困難度，特別是針對完全相同的測試條件，透過此系統可簡易達成重複測試的目的。此外，對於複雜的測試情境，也無需於實

際測試場域安裝大量V2X設備(如路側設備或測試車輛之車上單元)及相關整合交通設施(感測器、號誌控制設備)，即可藉由此套測試系統對受測V2X物件進行測試，對於加速開發驗測產品及降低驗證成本將有所幫助，總結V2X通訊測試系統優點如圖23所示。

三、V2X實車體驗

該中心之測試場地亦提供V2X實際體驗，由駕駛員一面開車經過各種V2X使用案例之測試區，一面解說如何透過V2X增加行車的安全性或獲得即時路況資訊，在駕駛右前方的顯示看板，可以看到由其他車輛或路側設備所傳來V2X訊息所對應的警示或用路資訊。

相關V2X使用案例測試場景涵蓋多種歐盟訂定的Day-1服務使用案例的動態展示，包括：緊急電子煞車燈警示(Emergency Electronic Brake Light Warning; EEBL)、綠燈最佳車速建議(Green Light Optimal Speed Advisory; GLOSA)、弱勢用路人保護(Vulnerable Road User Protection; VRUP)、危險位置警示(Hazardous Location



圖23 V2X通訊測試系統優點

Warning; HLW)、前方交通壅塞警示(Traffic Jam Ahead Warning; TJAW)、先進路口碰撞預警(Advanced Intersection Collision Warning; AICW)、靜止車輛警示(Stationary Vehicle Warning; SVW)、車內顯示交通號誌 (In Vehicle Signage; IVS)等。這些測試場景可以運用前述模擬測試系統建立虛擬的配備OBU車輛與路側設備RSU產生V2X測試訊息，將實際受測車輛之車上單元及V2X測試模擬器先在實驗室完成V2X通訊測試後，再到實體場域進行實機測試，以達到完整測試驗證的目的。

成自動駕駛的感知、決策和控制為主。但未來的自動駕駛應可基於車聯網的架構，透過訊息交換可大幅度提高偵測精準度與可靠性。以V2X讓自動駕駛從個體駕駛行為轉換成協同式車聯網與自駕車移動服務，讓原有最大化個人利益的駕駛行為變成合作與協調下的整體效益最佳化之互利群體。

在這樣的架構下，我們觀察歐盟的推動作法，各國體認運輸系統為生活一部分，其發展不可能獨立存在，強化跨域協作成為推動智慧運輸重點，故其強調跨國並深耕發展。另各國

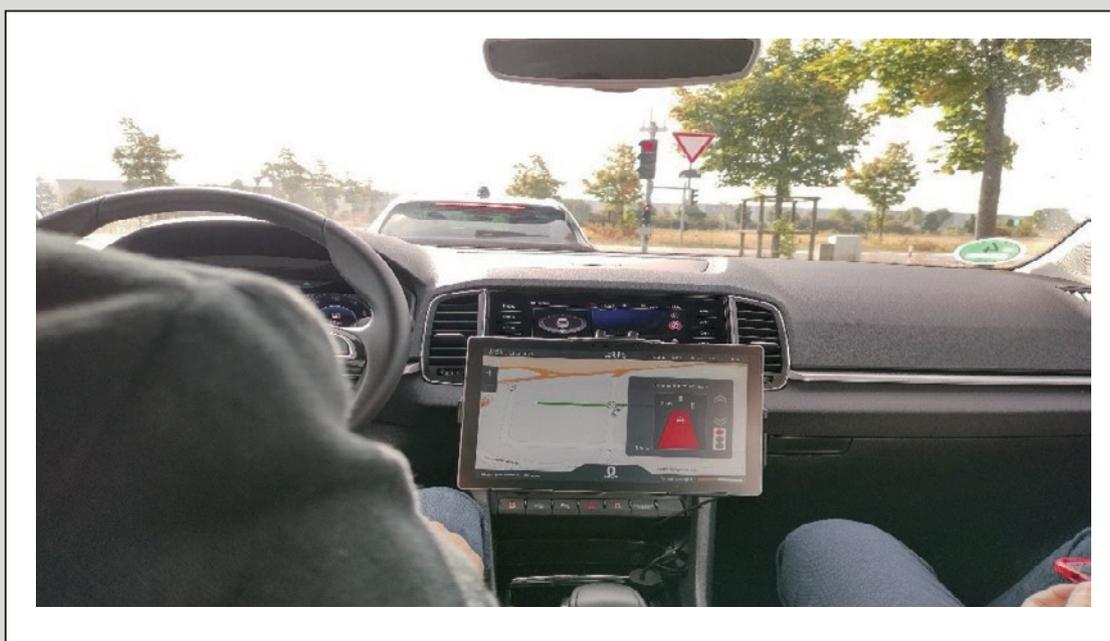


圖24 體驗V2X用例：RSU 將前方號誌燈號狀態傳送到 OBU

結語

綜觀各國於推動車聯網與自駕車服務過程，其做法依其國土幅員與國情雖有不同，但不脫離三核心目標：安全、效率與永續，如透過車間或路側設備間通訊減少車輛事故、整合包含人流、車流、資訊流在內所有交通行為，加速整體運輸效能及減少道路壅塞、增進道路使用效率，進而降低碳排放…等方向。早期發展的自動駕駛多屬「獨行俠」，一一以獨自完

認知自駕車及車聯網服務之推動屬於現在進行式，實際運作效益與問題難以事前全盤掌握，因此多秉持「從做中學」的理念，透過補助長年期試驗計畫來學習並改善相關系統服務。其具體作法是透過Horizon 2020專案資金挹注，廣發英雄帖向成員國徵求亮點C-V2X試點計畫，其計畫不僅跨領域乃至跨國合作，希望可為歐盟實現智慧城市願景，並從計畫中找出車聯網不同利益關係者共同發展可行之道，包括永續經營之商業模式。目前已完成L3Piilot、5GCAR、

ENSEMBLE等計畫，每一計畫時程皆為長年期（2至5年），總金額在1000萬歐元以內的專案全額補助，超過1000萬者歐盟平均補助額度亦超過70%，以確保相關試點計畫得以深化發展。

另外，我們回顧德國ADAC駕駛安全中心之車聯網測試做法，透過軟硬體虛實整合的V2X網路模擬驗證，可以幫助V2X產品開發者在開發過程中驗證自家產品可以符合汽車產業工程要求，並具備快速、可重複測試及低成本的優點。

「智慧運輸系統發展建設計畫」（110-113年）刻正執行中，建議國內亦可參採相關國際經驗，促進資源整合及連結，發展跨域科技整合應用，並以淡海新市鎮做為國內5G車聯網及智慧交通產業的發展基地，持續推動並累積各項自駕車與車聯網應用建置與維運經驗，以提升交通管理及移動服務競爭力，並為將來全面布建車聯網自駕環境作好規劃及準備。

參考文獻

1. Smart Mobility Deployment by ERTICO Partnership. Retrieved February 22,2022, from <https://ertico.com/its-innovation-deployment/> (2022)
2. 2016 CEF Transport Intelligent Transport Systems, European Commission (2016)
3. CCAM Strategic Research And Innovation Agenda (SRIA), European CCAM Association. (2021)
4. SIS02: European Perspective on Connected, Cooperative and Automated Mobility,

Stephanie Leonard, European Commission, (2017)

5. Action plan automated and connected driving, the Federal Government, Germany. (2017)
6. What is Horizon 2020, European Commission. Retrieved February 22,2022, from <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/what-horizon-2020> (2022)
7. L3 Pilot Driving Automation Deliverable D7.4 / Impact Evaluation Results, European Union. (2021)
8. AUTOMated driving Progressed by Internet Of Things, European Commission. Retrieved February 21,2022, from [https://cordis.europa.eu/project/id/731993\(2020\)](https://cordis.europa.eu/project/id/731993(2020))
9. Deliverable D1.3 5GCAR Final Project Report, European Union. (2019)
10. White Paper 5GCAR: Executive Summary, Mikael Fallgren et al., European Union. (2019)
11. Experience today's and future V2X use-cases first-hand, ITSWC 2021, Technical Visit. (2021)



4

特稿

稿約格式

一、文字：稿件應以中文或英文撰寫，中文及英文摘要以400字為限。

二、單位：所有含因次之量須採用SI單位公制。

三、打字：

來稿請使用電子檔（以Word編排）圖、文需以單欄橫向編排方式，共同排列在文稿內(過大的圖或表可以附件方式呈現)，論文之長度(含圖)字數限5-6,000字以內；左、右邊界2.5公分，上、下邊界3公分，內文字體為細明體12點字，行距為1.5倍行高。

四、題目/作者：

論文題目宜簡明，作者姓名、任職機構、部門、職稱、技師科別列於論文題之下方，其服務部門及職稱以1, 2, 3編號註記在首頁末，另附上作者之生活照高畫質之電子檔。

五、關鍵詞：在題目中須選出中文及英文二至四個關鍵詞，並置於作者姓名下方。

六、章節及標題：論文之章節標題須列於稿紙之中央對稱位置，且加編號。小節標題亦應加編號但必須從文稿之左緣開始，例

壹、大標題（居中）

一、中標題（齊頭）

（一）子標題（齊頭）

1、小標題（齊頭）

（1）次小標題（齊頭）

七、數學式：所有公式及方程式均須書寫清楚，其後標式號於圓括弧內。為清晰起見，每一式之上下須多空一列。

八、長度：論文之長度(含圖)，內文以不超過6,000字或其相當之長度為準(以A4規格約8頁(含圖)計算)。

九、插圖與圖表：不論在正文中或圖裡本身，所有圖表、照片必須附有編號及標題或簡短說明，其編號請用阿拉伯數字，不加括號表示。如圖1、表2；Table 1、Figure 2，表的標題置於表的上方中間，圖的標題置於圖的下方中間。

十、符號：內文所有符號須於符號第一次出現時加以定義。

十一、參考文獻：

所有參考文獻須按其在文中出現之先後隨文註號碼於方括弧內，並依序完整列於文末；文中引用提及作者時請用全名，未直接引用之文獻不得出現。

參考文獻之寫法須依下列格式：

(1)期刊

林銘崇、王志成，「河口海岸地形變化之預測模式」，中國工程學刊，第六卷，第三期，第141-151頁(1983)。

Bazant, Z. P., and Oh, B. H., "Strain-rate effect in rapid triaxial loading of concrete," Journal of Engineering Mechanics, ASCE, Vol.108, No.5, pp.764-782(1982).

(2)書籍

張德周，「契約與規範」，文笙書局，台北，第177-184頁(1987)。

Zienkiewicz, O. C., "The Finite Element Method," McGraw-Hill, London, pp.257-295(1977).

(3)論文集

蔡益超、李文友，「鋼筋混凝土T型梁火災後彎矩強度之分析與評估」，中國土木工程學會71年年會論文集，臺北，第25-30頁(1982)。

Nasu, M. and Tamura, T., "Vibration test of the underground pipe with a comparatively large cross-section," Proceedings of the Fifth World Conference on Earthquake Engineering, Rome, Italy, pp.583-592(1973).

(4)學位論文

陳永松，「鋼筋混凝土錨座鋼筋握裹滑移之預測」，碩士論文，國立成功大學建築研究所，台南(1982)。

Lin, C. H., "Rational for limits to reinforcement of tied concrete column," Ph.D. Dissertation, Department of Civil Engineering, University of Texas, Austin, Texas (1984).

(5)研究報告

劉長齡、劉佳明、徐享崑，「高屏溪流域水資源規劃系統分析之研究」，國立成功大學臺南水工試驗所研究報告，No.53，台南(1983)。

Thompson, J. P., "Fire resistance of reinforced concrete floors," PCA Report, Chicago, U.S.A., pp.1-15(1963).



編後語

本期主題「智慧軌道-系統機電MIT」由電機工程部主辦，針對政策的引導、結合各單位的技術、研究能量及國內外智慧軌道發展的經驗，進行智慧軌道專題探討。正好呼應至本部刻正辦理的交通部鐵道局「建立5G智慧鐵道運輸及監理環境計畫」專案管理暨雲平台及技術規範，並研訂委託技術服務之相關工作，為擘畫未來智慧軌道發展藍圖準備。

該案除了建置鐵道局雲平台外，也將結合桃園機場捷運系統以作為成果驗證的場域。另將訂定5G智慧鐵道之雲、網、端資訊標準技術規範，以律定水平、垂直溝通之統一標準，便利於提供軌道營運機構在系統機電建置、擴充與跨系統整合應用時有所依循，更有助於協助軌道營運機構建立一套標準化的作業程序。藉由標準化、數據化、信息化、數位化及智慧化，促使軌道營運機構推動數位優化、數位轉型，以達到提升營運及維修效能、行車安全及服務品質之目的。衷心期盼各界給予支持與指教，讓我們攜手為我國在軌道系統機電的發展，共同深化紮根智慧化基礎，開創本土化新局。

附記：

本刊於每年一、四、七、十月份以季刊方式發行，來稿請備紙本稿件一式乙份及原稿電子檔，以掛號郵寄台北市11491內湖區陽光街323號10樓，台灣世曦工程顧問股份有限公司／企劃部轉『中華技術』編輯小組收。

 財團中華顧問工程司
法人 CHINA ENGINEERING CONSULTANTS, INC.

台北市10637辛亥路二段185號28樓
28F, No.185, Sec. 2, Sinhai Rd., Taipei 10637, TAIWAN
Tel: (02) 8732-5567, Fax: (02) 8732-8967, <http://www.ceci.org.tw>

CECI



台灣世曦

工程顧問股份有限公司

www.ceci.com.tw



金門大橋建設計畫第CJ02-2C標金門大橋接續工程

21屆公共工程金質獎／公共工程品質優良獎—土木工程類／特優



Creativity · Excellence · Conservation · Integrity

台北市11491內湖區陽光街323號

No. 323 Yangguang Street, Neihu District, Taipei City 11491, TAIWAN

Tel:(02) 8797-3567 Fax:(02) 8797-3568

http://www.ceci.com.tw E-mail:pr@ceci.com.tw

用心 做好每一件事情

匠心，才得以淬煉「專業」品質

誠心，才足以貫徹「人本」信念

悉心，才可以恢宏「關懷」情操

台灣世曦永遠以「心」為出發

持續履行對土地、對人民不變的承諾

一個環境永續的生態樂園

一個幸福溫馨的生活家園