

# 中 | 華 | 技 | 術 | 142

CECI ENGINEERING TECHNOLOGY

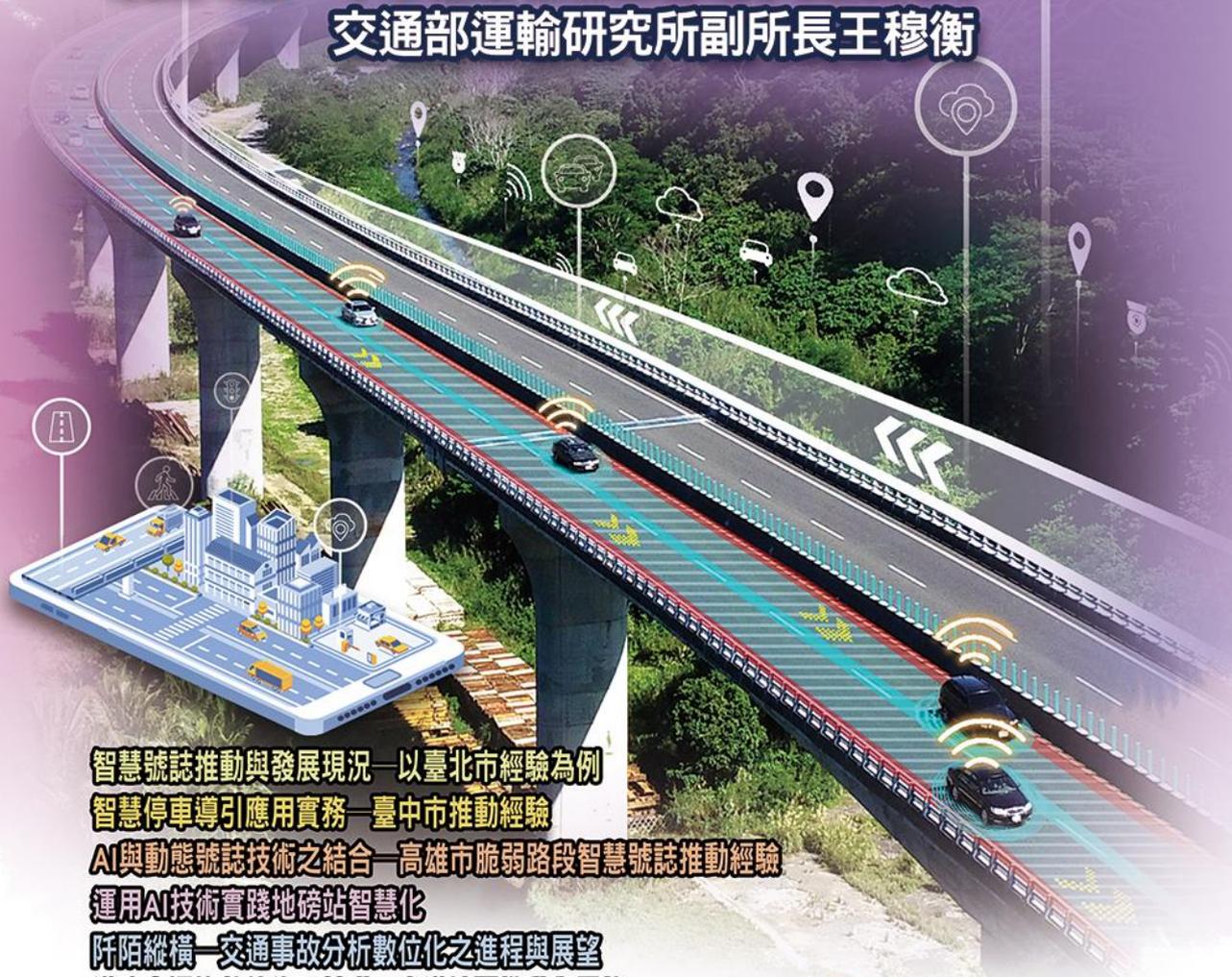
2024. 4. 30 出版

## ITS NEXT - 科技應用數位創新



台北郵局許可證  
台北字第3758號

專訪人物 / 中華智慧運輸協會理事長施義芳  
交通部運輸研究所副所長王穆衡



智慧號誌推動與發展現況—以臺北市經驗為例  
智慧停車導引應用實務—臺中市推動經驗  
AI與動態號誌技術之結合—高雄市脆弱路段智慧號誌推動經驗  
運用AI技術實踐地磅站智慧化  
阡陌縱橫—交通事故分析數位化之進程與展望  
道路交通的數位治理基礎—車道地圖推動與展望

財團法人中華顧問工程司 發行

CECI 台灣世曦工程顧問股份有限公司 編製





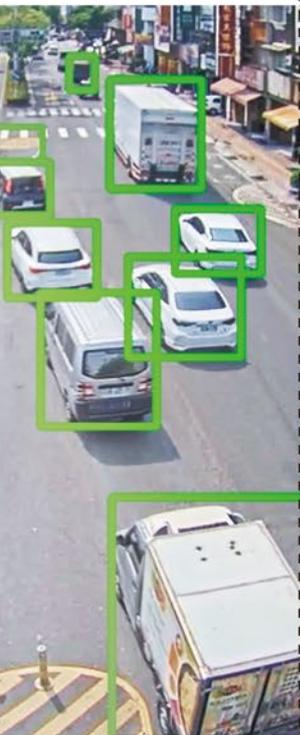
ITS NEXT-

科技應用數位創新

# CONTENTS

中華技術 142

## 目錄



發行人 盧維屏  
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  
142期召集人 王子安  
142期審查委員 范景皓、鄭宏達、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  
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 ◎

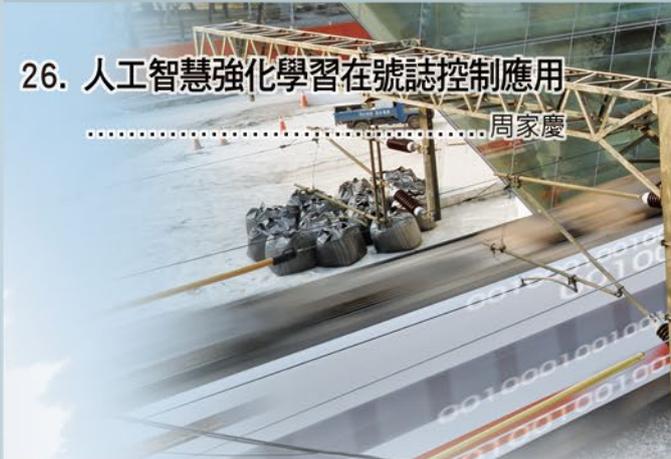
### 專輯前言

#### 1 | 人物專訪

- 8. 訪中華智慧運輸協會理事長施義芳談「ITS產業與政策推動之展望」  
..... 整理：游上民·攝影：李佩軒
- 18. 訪交通部運輸研究所副所長王穆衡談「ITS產官學研跨界協作之經驗分享」..... 整理：楊明杰·攝影：詹朝陽

#### 2 | 工程論著

- 26. 人工智慧強化學習在號誌控制應用  
..... 周家慶





### 3 | 專題報導

36. 智慧號誌推動與發展現況—以臺北市經驗為例.....齊瑞峻、陳淑芬、蕭舜云、鄧琇文、吳育緯、劉瑞麟

50. 智慧停車導引應用實務—臺中市推動經驗.....盧佳佳、徐光前、林嘉茵、黃晴、張智華、周世傑

62. AI與動態號誌技術之結合—高雄市脆弱路段智慧號誌推動經驗.....許乃文、黃祺芳、涂嘉芸、張智華、戴智淵、齊瑞峻、張悅朗

74. 運用AI技術實踐地磅站智慧化.....劉佳任、吳心琪、呂金和、張禮德、陳柏升、張芯璋

90. 阡陌縱橫—交通事故分析數位化之進程與展望.....楊明杰、李志昇、游上民

102. 道路交通的數位治理基礎—車道地圖推動與展望.....吳錫賢、翁敬恆、楊軒、李霞



122. 臺灣鐵路營運管理智慧化推動.....馮輝昇、劉傳彥、黃柏景、林啟豐、段人豪、蔡宗瑩

132. 我國車聯網技術與應用發展—以淡海實驗場域為例.....吳榮煌、黃敏玲、劉姿君、楊璣凱、范景皓、張佳雯

146. 我國自動駕駛創新應用—新北市淡海智駕電巴環線多車載客運行.....楊惠茹、游上民、鐘鳴時、吳政諺、巫宥濤、蔡憲裕、張舜傑



### 4 | 特稿

160. 國際智慧運輸發展趨勢回顧—以2023年智慧運輸世界大會為例.....王瑋萱、王冠堯、葉文健

### 編後語



# 專輯前言

近年來隨著電腦算力的快速提升，以及5G通訊標準與環境的逐步完善，科技革新已然成為推動社會進步的關鍵力量，特別是在交通領域，科技應用與數位創新不僅提升了效率和安全性，也為環境永續提供新的解決方案。根據Grand View Research、MarketsandMarkets以及Research and Markets等市場研究機構之分析，今年(2024)全球智慧運輸系統(ITS)市場規模超過300億美元，預計至2026年間將以8~11%的年增率持續成長，顯見科技帶來的創新，不僅可幫助解決交通管理問題，滿足民眾通行的需求外，在科技助攻加持下，ITS產業發展前景可期。

為了推動我國智慧運輸系統建設，加速技術研發與應用落地，我國自2017年開始推動第一期「智慧運輸系統發展建設計畫(民國106-109年)」，已具體呈現豐碩成果，包含：交通行動服務、智慧廊道、車聯網示範、智慧交通管理及偏鄉公共運輸平臺等，當時不僅帶動國內智慧交通產業蓬勃發展，將智慧交通服務導入民眾日常生活，同時也締造臺灣連續4年(106-109年)在智慧運輸世界大會(ITS World Congress)獲得獎項之殊榮，顯示我國智慧運輸發展技術與應用，可與其他先進國家並駕齊驅，甚至部分ITS應用更為領先，持續讓世界看見臺灣。

延續第一期計畫成果，交通部於2021年推出第二期「智慧運輸系統發展建設計畫(110-113年)」，藉由5G時代浪潮，針對交通安全、效率與人本等面向持續深化，並且持續在ITS世界大會國際舞台上表現亮眼，例如：2021年由屏東縣政府警察局協同台灣世曦公司獲得最佳技術論文獎，2022年高雄市政府榮獲地方政府成就獎，以及2023年遠通電收執行董事兼總經理張永昌獲頒名人堂終身成就獎。不僅如此，在政策支持下，擴大整合我國資通訊產業加入智慧運輸生態系，帶領傳統產業成長升級，提供交通需求的解決方案，形成智慧交通垂直產業生態鏈，逐步邁向國際市場。

今年初國發會審議通過交通部陳報之「智慧運輸系統發展建設計畫(114-117年)」(以下稱新四年計畫)，未來四年預計將投入

54億元，強化我國智慧運輸系統發展，持續導入科技以提升交通安全、順暢與無縫，擴大智慧運輸應用與發展，預期可達到以人為本價值共創(GO SAFE)、科技創新產業升級(GO SMART)、綠色永續智慧淨零(GO GREEN)等效益。

而在交通環境與需求面，COVID-19疫情後人們用路行為已有轉變，更突顯交通安全與壅塞等議題，加以我國人口結構之變化：少子化與高齡化受到重視，如何因應這些議題將是下一階段ITS推動重點；所謂工欲善其事，必先利其器，各項技術工具與應用逐漸成熟，諸如：AI人工智慧、雲平台、數位轉型與治理、車聯網等，因此本年度可說是我國ITS發展承先啟後之關鍵時期，本期內容遂以『ITS NEXT-科技應用數位創新』為主題，彙整編輯為智慧運輸技術專刊。

本期專訪第一篇特別邀請中華智慧運輸協會施義芳理事長，談「ITS產業與政策推動之展望」，分享施理事長過去積極帶領ITS協會參與國際活動，並獲得豐碩成果與獎項等經驗，以及未來政府推動新四年計畫，ITS協會將扮演何種角色，並且闡述ITS協會未來發展方向之期許。第二篇專訪則邀請運輸研究所王穆衡副所長，談「ITS產官學研跨界協作之經驗分享」，以其在智慧交通推動之豐富經驗，針對應用智慧交通技術，解決交通管理痛點以及滿足民眾需求之執行關鍵，以及對於產官學研各界如何協同合作，提出寶貴建議。

同時邀請運輸研究所周家慶博士，發表「人工智慧強化學習在號誌控制應用」，介紹AI技術於號誌控制之應用與近期發展回顧，並提出後續發展建議。而本期主題『科技應用數位創新』圍繞著智慧交通管理、AI技術應用、交安數位治理、臺鐵營運智慧化、車聯網與自駕車等技術，共收錄九篇專題報導，重點摘錄如下：

**「智慧號誌推動與發展現況-以臺北市經驗為例」**：為解決臺北市尖峰時段交通壅塞問題，臺北市交通管制工程處執行「112-114年臺北市導入智慧動態號誌控制策略計畫」，將路網車流路徑推進行為納入控制策略，提升車流續進效率，進而舒緩區域壅塞情形。



# 專輯前言

**「智慧停車導引應用實務-臺中市推動經驗」**：臺中市停車管理處為解決重要商圈之停車問題，設置停車動態資訊導引系統，引導用路人避開壅塞路段，或指引至適當停車場，打造臺中市智慧綠能的停車環境，達到資源充分利用、降低道路壅塞程度、減少車輛排隊等候時間及碳排放等效益。

**「AI與動態號誌技術之結合-高雄市脆弱路段智慧號誌推動經驗」**：探討如何運用AI人工智慧技術於動態號誌控制，並以「高雄市脆弱路段智慧化號誌交控應用計畫」為案例，透過模擬環境構建、導入AI技術及設計學習機制，推導路段上各路口車流狀態，從而降低路口設備佈設需求，同時提高智慧號誌運作績效。

**「運用AI技術實踐地磅站智慧化」**：於蘇花改地磅站導入AI辨識技術，以解決目前地磅站難以目視大貨車車側核定重量及低效率判別之問題，並輔助執法單位製單舉發之執法依據，俾供後續用於車輛行駛安全性判斷與違規偵測之參考。

**「阡陌縱橫-交通事故分析數位化之進程與展望」**：嘉義市率全國之先，針對各類交通事故，導入全面數位繪圖及行動處理，並持續推動「雲端圖資串聯交通事故處理、分析與改善」之智慧治理方案，以客觀數據、科學循證的評估(Evaluation)，串聯工程(Engineering)、教育(Education)與執法(Enforcement)，整合跨域能量，預防交通事故。

**「道路交通的數位治理基礎—車道地圖推動與展望」**：數位道路圖資為發展交通資訊服務重要基礎，需由既有二維導航地圖路網架構，優化發展為「車道等級」，以輔助政府的交通數位治理，滿足智慧道路資訊服務之空間化運用，故以「車道地圖」為探討重點並闡述推動與展望。

**「臺灣鐵路營運管理智慧化推動」**：有鑑於臺鐵營運數位轉型正面臨「資訊交換格式待統一」、「資訊孤島待整合」及

「決策支援成效待精進」等問題，故提出臺鐵雲平台專案，藉由平台有效整合，以達智慧化管理目標，並以「數位轉型應用服務」、「智慧鐵道整合平台」與「標準資料介接整合」為三大主軸，藉由資訊分享、整合，建立跨單位領域間之即時溝通與應用轉型。

**「我國車聯網技術與應用發展-以淡海實驗場域為例」**：C-V2X車聯網應用已被視為國際ITS發展重點，因此導入國際驗證標準及舉辦國際車聯網互通性測試大會，不僅讓臺灣與國際C-ITS發展同步，更期望藉此促進國內智慧交通產業，順應國際交通轉型的發展趨勢及融入海外C-V2X車聯網市場。

**「我國自動駕駛創新應用-新北市淡海智駕電巴環線多車載客運行」**：隨著科技的進步，智駕車將成未來指日可待的新興移動服務，新北市政府交通局致力於探索創新的城市交通解決方案，利用車輛對車輛（V2V）通訊技術，展現全國首創之智駕電動巴士聯動技術，期待未來可利用智駕電巴打造類捷運系統的運輸模式。

此外，特別邀請財團法人中華顧問工程司撰擬特稿「國際智慧運輸發展趨勢回顧-以2023年智慧運輸世界大會為例」，為我們分享ITS世界大會參訪情形，以及回顧國際智慧運輸之趨勢，展望國內推動方向。

智慧運輸系統之推動，除了須仰賴科技工具，更重要的，需切合民眾現況需求，並能為未來可能問題預做準備，期望在產、官、學、研等單位共同合作下，具體實現「政策創新引導產業發展，由產業發展改善生活環境，透過智慧運輸科技打造完整移動力生活」，提供更安全、便捷且低碳的交通移動方式。



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



訪中華智慧運輸協會理事長

施義芳

談

ITS產業與政策推動  
之展望

整理：游上辰 · 攝影：李佩軒

## 壹、前言

施義芳理事長具備豐富工程經驗，曾擔任第九屆立法委員，於2020年接任台灣世曦工程顧問公司董事長，同年獲選為第十一屆中華智慧運輸協會理事長，在施理事長帶領下，希望藉由ITS科技推動台灣智慧生活，實現台灣交通科技產業發展，而中華智慧運輸協會就是這一切美好的推手。

在第十一屆任期中，施理事長致力於讓ITS協會扮演與政府溝通之角色，具體建議政府應在ITS強化投資項目，並且開放世曦公司成為ITS交流平台，提供與會員同業分享，創造更多商機；以及連結學術創新研發，跨年度長期支持研發團隊，同時發展海外市場，積極發展業務管道，並努力組成台灣隊進軍海外，參與各項國際活動，讓各國看見台灣。不僅如此，更是持續推動政策、法規、人才、技術、市場、財務、營運等面向的正向循環，完善產業發展生態系統，攜手建構成功的公私夥伴關係。

在施理事長卓越領導下，我國智慧運輸發展呈現欣欣向榮新氣象，2023年並獲選連任第十二屆理事長，繼續努力為協會、為國家、為人民創造更美好的智慧生活。

## 貳、訪談紀要

問：施理事長過去三年帶領ITS協會，非常積極參加國際ITS活動，增加台灣在國際上的能見度，也獲得許多豐碩成果與獎項，是否能與我們分享過去的經驗談？

答：本人擔任ITS協會理事長期間，致力強化與其他國家ITS組織合作交流的機會，透過和亞洲、歐洲、美洲等各國ITS組織會員代表互

動交流，加深彼此友誼，並且吸取各國在ITS領域的發展經驗與所長之處，更能分享我國在智慧運輸領域的優秀成果。

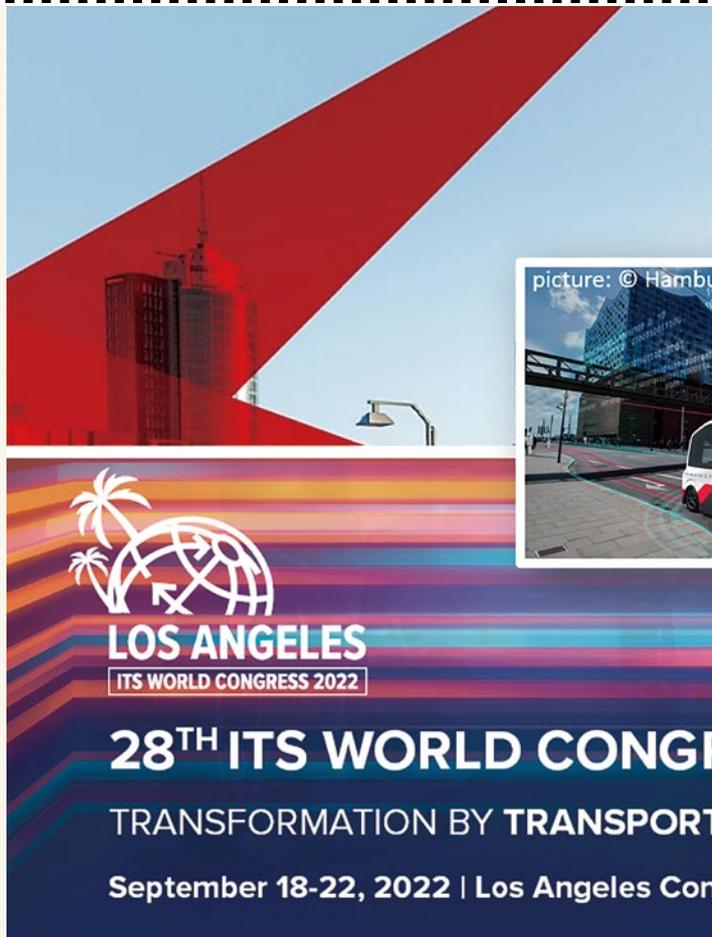
此外，協會在與其他國家交流的過程中，我也發現我國憑藉多年累積下來的ITS建置實績與水準，相較於歐美日等國家完全不遜色，甚至許多方面做得更好，例如2021年在德國漢堡舉辦的第27屆ITS世界大會（Intelligent Transport Systems World Congress, ITS WC），由屏東縣政府警察局協同台灣世曦公司執行的



智慧廊道動態號誌計畫，在數百篇各國ITS技術文章中脫穎而出，獲得最佳技術論文獎(Best Technical Paper Award)；2022年在美國洛杉磯舉辦的第28屆ITS世界大會，高雄市政府榮獲地方政府成就獎(Local Government Awards)殊榮；不僅如此，2023年在中國蘇州舉辦的第29屆ITS世界大會，遠通電收執行董事兼總經理張永昌獲頒名人堂終身成就獎，將台灣ETC再度推上國際舞台。可見我國在智慧運輸的成果深獲國際肯定，也期望未來台灣能持續在政府政策的指導與支持之下，搭配民間豐沛的產業軟/硬實力，持續擴大我國智慧運輸在國際的影響力，繼續讓國際看見台灣。

問：預期交通部將於今年(113年)推出「智慧運輸系統發展建設計畫(114-117年)」(以下簡稱新四年計畫)，持續強化我國智慧運輸系統發展，預期可達到以人為本價值共創(GO SAFE)、科技創新產業升級(GO SMART)、綠色永續智慧淨零(GO GREEN)等效益，ITS協會未來期許扮演甚麼角色，持續推動ITS發展？

答：ITS協會成員含括產、官、學、研等各單位專業人才，是一個跨領域的溝通平台，所以協會將持續作為凝聚國內產業、政府、學界、研發等機構的角色，而這個角色的工作，也將



繼續推動國內智慧運輸領域的創新，不間斷地探索新技術，使政府與民間各單位攜手合作，共同為台灣打造更加智慧、高效、安全且減碳的運輸環境。

長期以來，協同合作為推動智慧運輸發展之關鍵，ITS協會作為跨域溝通平台的角色，過去積極辦理各項智慧運輸座談交流活動，例如：智慧交通科技與法制研討會、淨零城市系



施義芳理事長率隊參加ITS世界大會，並爭取2026 ITS世界大會在台灣舉辦。

列論壇、自駕交通新世代研討暨座談會，以及協辦「智慧城市·低碳運輸·城市轉型」論壇等，未來亦將持續發揮溝通平台角色，促成跨單位、跨領域之協同合作，全力協助政府實現GO SAFE、GO SMART及GO GREEN效益。

另一方面，ITS協會推動之智慧運輸獎，已然成為我國智慧運輸領域之肯定與榮譽，包括：智慧運輸獎章、智慧運輸應用獎、智慧運

輸論文獎、智慧運輸產業創新獎、智慧運輸績優服務獎以及智慧運輸傑出青年獎章等獎項，除了激勵智慧運輸之發展推動、產業創新與服務提升外，並鼓勵與吸引優秀單位與人才持續投入智慧運輸領域，藉此形成正向循環且生生不息之智慧運輸發展生態系，亦促成智慧運輸產業的蓬勃發展，相信將有助於新四年計畫之整體執行。



問：近年「行人安全」議題備受重視，GO SAFE亦是新四年計畫所強調重點，從ITS協會的角度，智慧運輸系統該從何處著手，提昇道路交通安全並保障弱勢用路人？

答：過往的道路環境大多是以「車輛」為本位進行設計，經常忽略「行人」的需求，為了有效改善行人安全，除了更著重以「人」為本的思維，並應多方面考量4E，包括：工程(Engineering)、教育(Education)、執法(Enforcement)及評估(Evaluation)等面相多管齊下；從智慧交通角度出發，現階段可透過數位工具與技術，針對交通安全問題進行有效評估，再針對問題癥結對症下藥，透過工程、教育及執法等手段，以數位治理方式提升整體交通安全：

■ 評估 (Evaluation)

透過科技與數位工具，針對肇事資料進行數位化，透過有效評估找出可能的易肇事地點與肇因，以利擬定與執行適合之改善策略，此外，並追蹤掌握交通改善的成效，根據實際情況進行調整和改進。

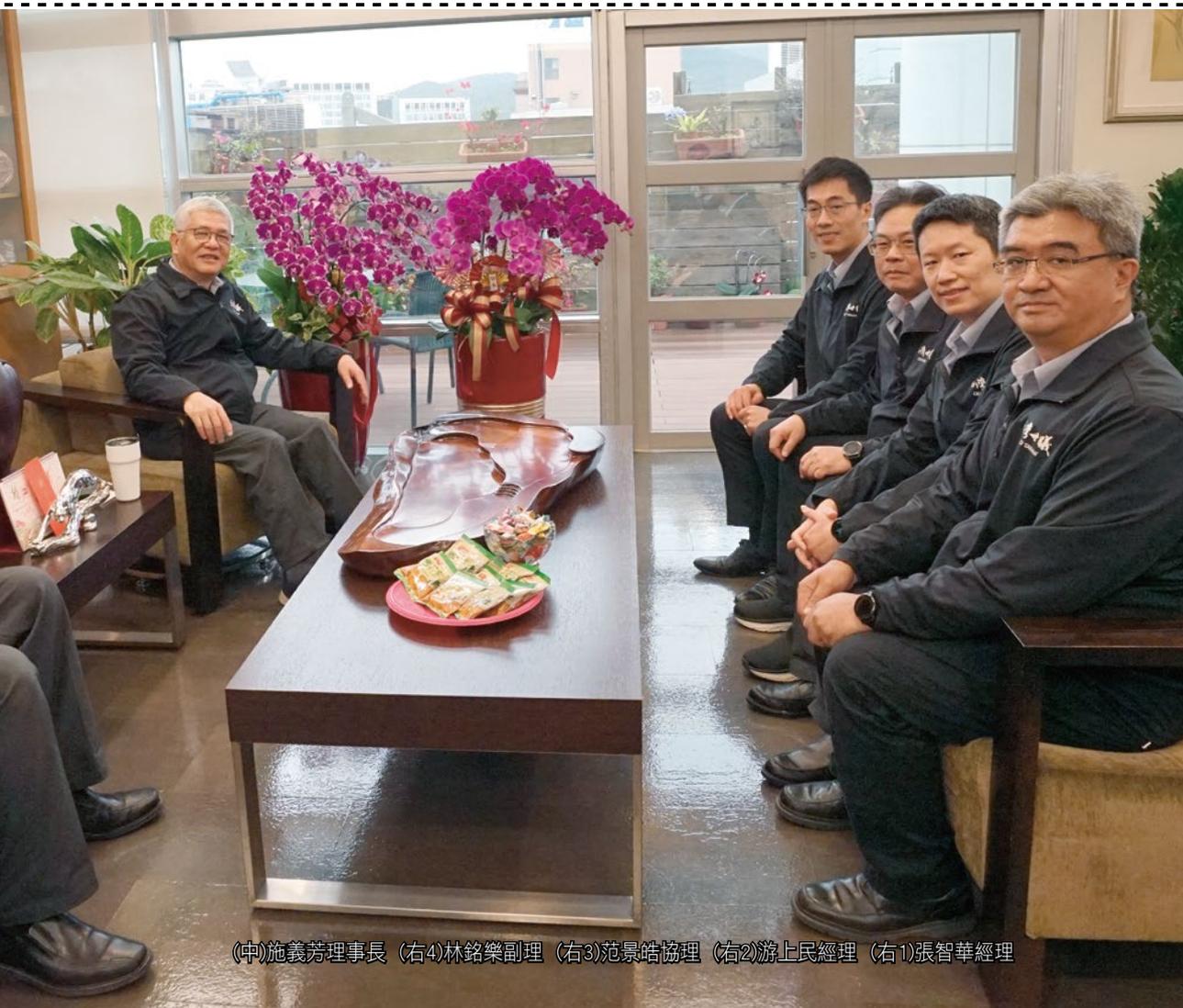
■ 工程 (Engineering)

近年交通部及內政部大力推動提高道路品質與易肇事路口改善計畫，提升用路環境



(左)王子安副總經理

與交通安全，而在工程方面，除了藉由交通工程師的專業，進行工程面向的改善，更可導入數位治理應用，並與智慧運輸進行結合，推動道路數位化作業，不僅是智慧道路基礎，也可強化交通工程與交通安全管理效率。另一方面，若是受限於道路環境空間限制，工程面改善效果有限，則可應用ITS技術，打造智慧安全路口，在適當時間與地點，提醒用路人，例如：路



(中)施義芳理事長 (右4)林銘樂副理 (右3)范景皓協理 (右2)游上民經理 (右1)張智華經理

口視線死角減速慢行、提醒可能有行人穿越或結合行人號誌技術等方式，降低事故風險。

#### ■ 教育 (Education)

交通事故的發生，經常與用路人行為有密切關係，除了透過教育方式讓民眾深植防禦駕駛觀念，融入日常生活之外，藉由前面提到的數位化評估工具，亦可針對易肇

事地點，探討是否有不適宜的用路行為或習慣，透過系統性的教育宣導計畫，設計適合宣導內容，進一步提高教育宣導效果。

#### ■ 執法 (Enforcement)

隨著AI影像辨識等偵測技術越趨先進，除了工程與教育手段外，結合ITS技術之科技執法，對於改變用路人不當行為，如超速、



併排違停、未依規定減速或禮讓行人等，亦有立竿見影的效果；而藉由數位化評估，可有助於擬訂執法策略，針對有限資源進行妥善配置，在真正有需要的地點設置科技執法，才能達到提升交通安全的目標，同時也減少民眾對於科技執法之負面觀感。

問：另一方面，在GO SMART面向，近年世界各國的智慧運輸科技蓬勃發展，並且應用於車路智慧化與協同整合，推動科技創新產業升級，例如：智慧號誌、車聯網、自駕車等創新研發與應用，從產業界的角度出發，請教您的看法與建議為何？

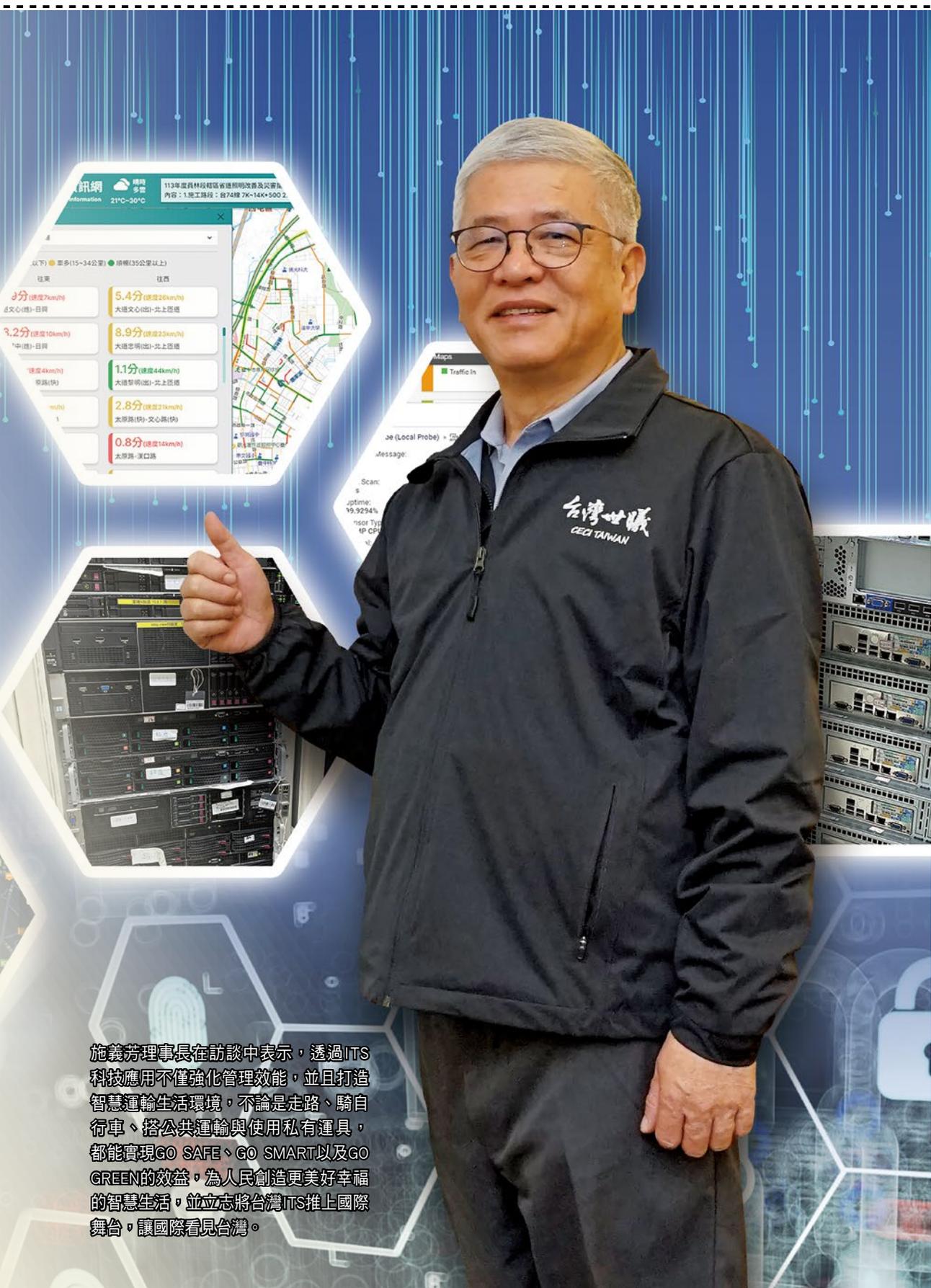
答：如同前面提到的，協同合作為推動智慧運輸發展之關鍵，而目前國際ITS發展趨勢，大都以車路智慧化與協同整合為基礎，才能進一步發展車聯網乃至自動駕駛車輛，在此浪潮中，ITS協會作為跨領域溝通平台所扮演的角色將更加吃重，也唯有公私部門跨域合作才能創造智慧運輸產業新機會。

以智慧號誌系統為例，近年國內多數縣市持續導入如動態號誌、緊急優先號誌、行人感應性號誌等智慧號誌控制的應用，其中系統涉及車輛/行人偵測器安裝施工、號誌控制器建

置、網路通訊配線、交通邏輯設計、系統軟體開發、軟硬體整合測試等不同專業技術，整體系統複雜度高且介面繁多，也是仰賴公私部門跨域合作，才得以發揮智慧號誌成效，例如：臺北市自108年推展智慧號誌計畫以來，成效卓著，進而推動「112-114年臺北市導入智慧動態號誌控制策略計畫」，目標於114年新增超過200處智慧化號誌；而高雄市則是持續執行脆弱路段智慧化號誌交控應用服務計畫，藉由導入AI與數位模擬技術，強化號誌的智慧化，減緩交通壅塞問題。

而目前正在發展中車聯網技術乃至未來的自動駕駛服務，其所涉及之專業層面更多，雖然眾所皆知，台灣ICT技術與研發能量非常豐沛，然而國內較為缺乏大型的ITS系統整合專案機會，因此如何培植及提升我國產業在智慧運輸系統上跨域整合之經驗與能力，以因應未來車聯網乃至自動駕駛的應用需求，我想是目前面對的挑戰與必須思考的課題。

以桃園國際機場第三航站旅客運輸系統為例，依循國際發展趨勢，採用自駕技術進行第二與第三航站間之旅客接駁，雖然為封閉場域，執行自動駕駛之複雜度與困難度不如開放道路，但也正是如此，短期內才有推動之可能，是我國智慧運輸技術革新之難得機會，期盼透過公私部門及不同專業之跨域合作，除了



施義芳理事長在訪談中表示，透過ITS科技應用不僅強化管理效能，並且打造智慧運輸生活環境，不論是走路、騎自行車、搭公共運輸與使用私有運具，都能實現GO SAFE、GO SMART以及GO GREEN的效益，為人民創造更美好幸福的智慧生活，並立志將台灣ITS推上國際舞台，讓國際看見台灣。

# 1

## 人物專訪



提升我國先進自駕技術之研發能力、加速相關產業發展與預做未來開放道路自駕服務之準備，亦將使我國成為自駕技術實際導入營運之引領者，再造國際ITS亮點。

問：有鑑於「淨零碳排」已成全球必然趨勢，新四年計畫除了GO SAFE與GO SMART之外，GO GREEN為另一項發展重點，對此是否有何建議？

答：配合中央所執行的政策方向，落實「淨零碳排」的目標，在公共運輸的部分，除了持續推動「2030年客運車輛電動化推動計畫」，也可透過科技應用與數位工具，更有效掌握客運服務運營效率、效能、品質以及使用者體驗，藉此擬定合理策略改善客運服務品質，提高民眾使用公共運輸之意願，也唯有提升公共運輸使用率，提高運輸能源的使用效率，從碳足跡角度來看，才真正算是達到總體減碳之目標。

然而短期內要改變民眾使用運具習慣相當不容易，為此亦可導入前述的智慧號誌技術，透過降低壅塞時間，減少能源消耗以及避免額外衍生的碳排；以臺北市北區智慧號誌計畫為例，一年約可降低580公噸碳排，對於減碳有相當助益。

透過ITS科技應用強化管理效能，打造智慧運輸生活環境，不管是走路、騎自行車、搭公共運輸與使用私有運具，都能實現GO SAFE、GO SMART以及GO GREEN的效益，為人民創造更美好幸福的智慧生活，是ITS發展的最終目標。

問：最後，請問您對於ITS協會未來的發展方向有何期許？

答：本人由衷感謝所有支持ITS協會的產官學研夥伴，對於協會過去三年推動的活動與執行方針給予肯定與不吝賜教，在接下來新的任期，協會將持續配合政府施政方針，並以下列三項期許作為協會未來努力的方向：

### 一、促進技術交流及政策溝通

近年來，科技發展的速度超乎想像，以AI人工智慧、大數據、物聯網等新興科技為例，這些科技使我們更加了解道路交通狀況，進而研擬更有效的管理方式，甚至可能產生全新解決方案，協會也將繼續關注技術趨勢，辦理研討會或論壇活動，暢通智慧運輸領域的合作與聯繫，促進專業技術交流及政策溝通。

### 二、產官學研跨域資源整合

協會將持續協助政府單位，匯集國內產、學、研等軟硬實力優勢，以協同合作推動智慧運輸為目標，掌握發展需求與進行跨域資源整合，發揮一加一大於二的加乘效益，讓專業、技術與資源做最有效利用，進一步提升智慧運輸產業發展動能及正向循環。

### 三、凝聚產業共識及協助政策推動

推動協同合作前，必須先有共識，依據過往推動經驗，協會提供ITS產業不同意見開放討論的平台，並努力異中求同，凝聚共識，最重要的是，爭取政府支持中華智慧運輸協會，讓協會成為政府推廣智慧運輸政策時的最佳後盾，

公私合力為人民創造更美好的智慧幸福生活。

### 後記

非常感謝施理事長百忙中抽空接受專訪，分享ITS協會積極參加國際ITS活動，增加台灣在國際能見度的經驗談，以及跟大家說明政府未來推動新四年ITS政策，ITS協會將扮演的角色；不僅如此，也針對如何實現GO SAFE、GO SMART以及GO GREEN等效益，分享寶貴而精闢的看法與建議，相信在施理事長的帶領下，ITS協會不僅是產、官、學、研溝通的重要平台，也是我國智慧運輸政策推動的關鍵角色。



(左1)林銘樂副理 (左2)張智華經理 (中左)王子安副總經理 (中右)施義芳理事長 (右2)范景皓協理 (右1)游上民經理

1

人物專訪

| 中 | 華 | 技 | 術 |

INTERVIEW



訪交通部運輸研究所副所長

王穆衡

談

ITS產官學研跨界協作  
之經驗分享

整理：楊明杰 · 攝影：詹朝陽

## 壹、前言

王穆衡副所長於交通界之歷練豐富，曾擔任交通部路政司副司長、運輸研究所運輸經營與管理組組長及交通部科技顧問室(現改制為交通科技及資訊司)主任等。30餘年公職生涯，專精大眾運輸與智慧運輸研究及政策推動，並參與我國智慧運輸發展歷程多項里程碑，提升公路運輸、改善偏鄉交通、導入智慧運用。

自2017年起，王副所長負責推動「智慧運輸系統發展建設計畫(106-109年)」，已具體呈現相當豐富成果，包含交通行動服務、機車車聯網、智慧廊道、自駕車車聯網、統合式智慧交通管理及偏鄉公共運輸平臺等，計畫推動迄今不僅帶動國內智慧交通產業蓬勃發展，將智慧交通服務導入民眾日常生活，同時也締造臺灣連續4年（106-109年）在智慧運輸世界大會（ITS World Congress）獲得獎項之殊榮，讓臺灣智慧運輸發展在國際發光發亮。而延續推動之「智慧運輸系統發展建設計畫(110-113年)」，除使交通安全、效率與人本再進化外，更擴大整合產業升級，形成智慧交通垂直產業生態鏈，逐步邁向國際市場。

於2023年，王副所長再度回到運輸研究所扮演交通部的智庫角色，持續結合創新與專業思維，協助交通政策擬訂、統合協調運輸決策與執行計畫，以及建立運輸產官學研溝通橋梁等重要工作。

## 貳、訪談紀要

問：臺灣各地區因地理環境及社經發展等條件不同，各有其交通需求及痛點問題，副所長在智慧交通之推動有豐富經驗，就您的看法，透過智慧交通技術，解決交通管理痛點以及滿足民眾需求之執行關鍵為何？

答：根據過去於智慧交通推動之經驗，建議應以基礎建設之概念來看待未來智慧交通之推展，針對為了增進效率及安全而需要發展之方向及重點項目，應思考如何讓其普遍化，以成為未來交通之標準配置。以近期推動之緊急車輛優先通行路口及智駕車為例，如要直接全面複製可能遭遇無法完全掌握當地環境及條件而衍生之推動挑戰，故由執行經驗之累積，應先行思量相關資料來源、條件限制、設備之產業



標準、布設準則及應具備何種資料蒐集分析能力等因素，以確保解決方案非僅於特定場域可實行，而是可於各場域皆能保有同樣等級之運作成效。

奠基於過去兩期智慧運輸系統發展建設計畫之成果，接下來開始要思考不能僅是以計畫型態進行相關方案之推動及研究，而是要關注整體長期之發展，且重點是如何將其執行經驗及成果常態化執行。站在常態化角度思考，進而衍生產業化之議題，以可與車輛產生聯動關係之路側設備為例，一方面需要有產業端進行生產、製造及管理作業，另一方面政府端須能具體闡述相關內容及標準(如使用頻道、發送頻率及訊息內容等)，以供相關單位或使用者可發展資料應用方式，進而擴大其價值。

再者，針對如何普遍化及常態化，應就應用需求本身進行系統性思考，將其轉換成必要之條件。以高速公路防撞車為例，如著眼於擴大施工之防護緩衝範圍及提早警示用路人因應，除以現有防撞車及三角錐等措施，可思考未來如何讓防撞車可發送告警訊息予車輛，且如何將其常態化，一方面涉及智慧道路之發展方向，未來道路需可與車輛”對話”，其資訊以何管道及方式發布及運用；另一方面涉及車輛端如何支援，在前裝市場現階段囿於設備驗證與全球適用標準未明等狀況下，或可考量先

行推動後裝市場，當使用變得普及且價格可被接受時，回過頭來亦可能達成普遍化及常態化之目標。

問：在後疫情時代，交通治理上需要有新的思維，而將來智慧交通發展之趨勢係朝向GO SAFE、GO SMART、GO GREEN三大目標前進，對於ITS NEXT發展的關鍵主軸及推動優先順序，是否能分享您的看法？



(左1)楊明杰副理 (左2)張智華經理

答：過去交通治理關注之重點多在於提升交通安全及減緩道路壅塞，然而目前使用單一手段進行改善處理之成效有限，應先考慮整體性之趨勢發展、環境條件之結構性變化及民眾行為改變等因素，再檢視是否可提供使用者好的替代選擇及相應之環境條件，以促使其用路行為朝好的方向發展。如高齡化已為必然之趨勢，除輔導高齡者了解自身之生理機能改變及由考照訓練著手，又或者是發展自駕車技術供高齡者接駁使用外，更應該去思考是否有提供好的適用替代選擇，來協助提升高齡者之交通安全

性與便利性。

所以談到GO SAFE、GO SMART、GO GREEN，彼此間不一定有個先後順序，重要的是如何去操作應用來達到想要的目標，並透過抽絲剝繭找出問題之根源所在，再尋找科技應用機會，協助解決問題及做出貢獻。如疫情已然改變了運輸環境，公共運輸之運能減少，加上民眾大量購買新車，整體的行為已經發生了變化，由此可以看出此一發展是由很多條件糾葛在一起而發生。



(中左)游上民經理 (中右)范景皓協理 (右2)王子安副總經理 (右1)王穆衡副所長



而以其衍生之公共運輸缺乏駕駛人力問題，除了改善待遇條件之外，更應該抽絲剝繭找出背後無法吸引勞動參與之原因所在，並思考如何以ITS手段來協助解決問題。例如可運用科技來輔助駕駛員駕駛(如靠站及路口轉彎)，讓駕駛員可專注應付臨時性之突發狀況，減少人為駕駛疏失發生機率及降低其風險成本，減輕工作負擔及駕駛壓力。又例如尖離峰明顯之需求差異會產生營運之矛盾及調度之挑戰，在發展自駕公車時就可以考量優先發展

動的重點政策，除了政府單位外，如何讓產業界願意支持並投入參與政府政策，建立公私合作機制，能否分享您的經驗與看法？

答：首先須弄清楚政府應該扮演之角色，如同前面所提到的，當車跟路的智慧化變成基礎建設之概念時，必然伴隨技術、標準規範及生產製造等相關領域結合的課題。而對於產業界最重要的則是商機為何？資源投入之回收期程及



車輛跟隨技術，於尖峰時段可編組兩輛公車運行(由一位駕駛員進行駕駛，後車自動駕駛跟隨前車)，而於離峰時間則可改回單一公車之運行模式，來協助解決因尖離峰需求差異導致之營運困境。

規模為何？如果政府單位無法清楚回答，就很難吸引產業界投入，當然也不易有效結合產業界力量。

問：車的智慧化(自動駕駛、車聯網)及路的智慧化(數位地圖、智慧道路)不但是國際智慧交通發展趨勢，亦是我國推

以智慧道路發展為例，當初考量合理之成本效益，以車道等級地圖為發展主軸，來研究相關之配合技術及訂定可接受之精度水準，據以研擬適用環境條件，進而可成為產業界設計及生產製造標竿。如果政府可以明確說明未來智慧道路推展之布施原則，產業界即可據以評



王穆衡副所長負責推動「智慧運輸系統發展建設計畫」，已具體呈現相當豐富成果，包含交通行動服務、機車車聯網、智慧廊道、自駕車車聯網、統合式智慧交通管理及偏鄉公共運輸平臺等。計畫推動迄今不僅帶動國內智慧交通產業蓬勃發展，將智慧交通服務導入民眾日常生活，同時也締造臺灣連續4年（106-109年）在智慧運輸世界大會（ITS World Congress）獲得獎項之殊榮，讓臺灣智慧運輸發展在國際發光發亮。



估投入方式及效益，乃至處理國際輸出及標準融合之議題。

因此政府扮演之角色需清楚宣告並引領未來產業界投資方向，要讓廠商願意接受及投入去做，因廠商想看到的是未來商機，由臺灣產業的規模，民間廠商很難完整想像與佈局，故應由政府出面說清楚，無人可取代政府來做這件事。前面所談涉及多層面之專業(如交通及經濟)，政府亦應設法擴大知識接觸面，持續推動跨域結合，才有機會促進產業合作。

接下來要談到落地或產業共榮議題，假使廠商願意投入並持續發展專精之技術，最直接問題還是涉及到資金(現金流量)，初期或可藉由創投基金支持，之後還是需要證明市場確實存在才有落地機會。被動的等市場自然發展，恐怕失去國際競爭先機。不能要廠商自行形成，政府應提供一良好機制，釋放關鍵性市場及相關規劃等重要訊息，讓廠商知道未來每年預估有多少商機，才有機會納入產業界之力量，共同推動ITS發展。

問：副所長在交通界的歷練豐富，對於產官學研各界如何協同合作，以有效推展C-ITS，乃至於建立一個好的生態系正向循環，是否可提供建議？

答：我認為最大之影響關鍵在於需求性存不存在？對於未來之掌握觀望是否清楚？某些需求是不是必然會發生？為降低投資風險程度，未來的市場需求是需要被檢驗的。再來有時候問題要以化危機為轉機之角度進行審視，並思考系統性改變之方法為何？除了技術之外，如何落實至生活環節至關重要，其中能否看得清楚需求與問題的本質更是關鍵。

由ITS近期之發展，可發現目前都在談論AI人工智慧及生成式AI(如ChatGPT)之應用，然而不管何種技術，最後都會涉及人機互動介面之議題。如同前面所提到之高齡化趨勢，高齡者可能對於科技產品操作(例如APP的操作)有困難，或許可透過ChatGPT協助將語音轉化為文字訊息或指令，讓高齡者可免除打字，而是以語音方式來彌補此資訊使用落差，如藉由高齡者語音分析，找出其所需資訊，甚至進行相關行程安排跟問題排除等，以減輕高齡者負擔。而欲以此科技方案解決高齡者之使用困難點，尚需考量所需之隨身設備、軟體功能操作之難易程度等因素，目前還有許多技術議題尚待突破。

以過去參與晶創臺灣之經驗為例，考量ITS過去推動著重於證明其實務上可執行且具有價值，然而如前面所提要普遍化及常態化時，必須進一步考量設備尺寸縮小、成本降

低、效率提高、對環境抵抗力夠好及節能減碳等，所以可朝向終端設備晶片化發展，由單工運作之小晶片取代原本仰賴工業電腦之需求，以減少耗能及避免被駭入破解。惟有完整生態循環的問題能夠被梳理清楚，才有後續普遍化及大量推展之可能，也才有商機。

## 後記

非常感謝王副所長抽空接受專訪，以其在智慧交通推動之豐富經驗，帶來許多創新之專業思維，除以基礎設施概念推動未來ITS發展及思考如何普遍化及常態化，同時強調探究問



(左1)張智華經理 (左2)范景皓協理 (中左)王穆衡副所長 (中右)王子安副總經理 (右2)游上民經理 (右1)楊明杰副理

政府之責任是把機會講清楚，供廠商思考是否投入。展望ITS的發展，當前最大挑戰不是在於缺乏操作型技術的人才，而是缺少具備跨域統合能力及經驗的人才，期盼未來可有更充足資源及適合環境，持續培植跨域整合之思維與人才，結合產官學研之力，共同將問題轉換成可能之機會，形成正向循環。

題根源，再尋找科技存在機會來協助解決問題及做出貢獻；最後則是提到產官學研各界應扮演之角色及協同合作關鍵，將所遭遇問題轉換成可能之機會，實在獲益良多。也期盼王副所長針對如何運用智慧交通技術解決交通管理痛點及滿足民眾需求，以及產官學研各界如何協同合作，持續提供寶貴建議，將是未來智慧運輸研究與推動方向之重要參考。

# 人工智慧強化學習在 號誌控制應用

## The Adoption of Reinforcement Learning onto Traffic Signal Control

**關鍵字(Key Words)：**人工智慧(Artificial Intelligence)、強化學習(Reinforcement Learning)、號誌控制(Traffic Signal Control)

交通部運輸研究所／高級運輸分析師／周家慶 (Chou, Ja-Ching)

### 摘 要

人工智慧強化學習來訓練學習者從未知且具有隨機性的動態環境中，學習最佳策略以達成特定目標，該方法通過讓學習者在環境中不斷地進行試驗和錯誤，從而學習什麼是正確的動作，進而將其與環境相關聯以實現目標。許多文獻研究顯示將強化學習導入號誌控制，展現相較於現有動態號誌控制演算法的優勢。本文先說明強化學習原理，接下來說明強化學習號誌控制之基本模型及其訓練學習，並彙整我國學術單位與政府單位在強化學習號誌控制的發展，最後提出我國在人工智慧強化學習號誌控制的後續發展建議。



## Abstract

Reinforcement learning is utilized to train learners in unknown and stochastic dynamic environments, enabling them to learn the optimal strategies to achieve specific goals. This method involves learners continuously conducting “try-and-error” in the environment, thereby learning correct actions and subsequently associating them with the environment to accomplish their objectives. Many studies demonstrate the benefits of incorporating reinforcement learning into traffic signal control compared to existing algorithms. This article begins by elucidating the basics of reinforcement learning, proceeds to describe its fundamental model for traffic signal control, and current status reinforcement learning traffic signal control developed by academics and the public sector were introduced. Finally, recommendations for the future development of reinforcement learning traffic signal control in Taiwan were proposed.

## 壹、緒論

近年來，人工智慧(AI)各種演算法普遍應用於號誌控制的車流資訊蒐集與參數校估，例如：AI影像車流偵測、美國Surtrac人工智慧與車流理論的分散式動態號誌控制，或如高雄市於台88大寮及大發交流道智慧號誌控制中，利用上游車輛偵測器數據，經由AI閘門循環單元(GRU)模型來推估下匝道車流量。人工智慧機器學習方法的強化學習(Reinforcement Learning, RL)方法常應用於處理控制類型問題。RL乃是基於馬可夫決策過程的理論基礎下，透過獎勵或懲罰的機制，訓練機器從與環境互動過程的經驗中來學習如何做出一連串的決策動作，使得控制系統的績效最佳化。

如果以適應性號誌控制問題來類比，即是希望透過RL來訓練機器，當要進行號誌控制時，其可以根據控制範圍內所能獲取到的車流狀態及交通資訊，來進行號誌秒數的決策，並透過此一隨時間進行的序列式決策過程，讓整體控制範圍內的車輛在這一段時間內有著最佳的通行效率。由此可見號誌控制問題性質與RL的概念不謀而合，故如何應用RL來處理號誌控制問題，已成為智慧運輸領域中一項熱門的研究議題。

## 貳、強化學習原理

人工智慧強化學習(RL)是一種機器學習方法，目的在訓練學習者從未知且具有隨機性的動態環境中，學習最佳策略以達成特定目標，該方法通過讓學習者在環境中不斷地進行試驗和錯誤，從而學習什麼是正確的動作，進而將其與環境相關聯以實現目標。具體來說，強化學習是能讓學習者透過對環境進行一系列的動作，以使得獲得的累積獎勵(Cumulative Reward)最大化的學習方式。學習的目標為以迭代方式

持續改善目前的策略(Policy)，透過不斷的訓練，期望能夠獲得最佳策略(Optimal Policy)。

代理人(Agent)透過學習者對環境執行動作(Action)後，環境會回傳獎勵(Reward)和新的狀態(State)，不斷進行此程序以逐漸優化策略，如圖1。在交通號誌控制問題場景，強化學習可以透過訓練來適應不同的交通情況，例如：動態調整號誌時制的週期長度或各時相秒數，來減少路口延滯或停等長度，或增加通過量，提高交通流暢度和效率。

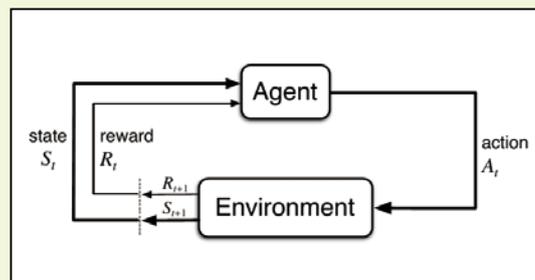


圖1 強化學習架構圖

強化學習方法大致可分為三個主要類別：基於動態模型之強化學習(Model-Based RL)，以及無動態模型之強化學習(Model-Free RL)的價值型方法(Value-Based Methods)、策略最佳化方法(Policy Optimization Methods)、混合價值與策略 Actor-Critic (AC)方法。價值型方法希望能找到一個價值函數，來預估當處在某一狀態 $s$ 時，依據某個策略  $\pi$  去採取動作 $a$ 的時候，能獲得多少期望的累積獎勵，此類型價值函數又稱為Q函數或狀態-動作價值函數；相較於價值型方法，策略型最佳化方法則是希望能找到一個最佳的策略函數，該函數會告訴代理人在不同的狀態下該選取何種動作，便能使得長期下來的累積獎勵最大化；Actor-Critic方法的代理人需對Actor跟Critic這兩個函數進行訓練，當中Actor主要負責控制代理人如何進行動作的策略部分，Critic函數則是負責估算及更新價值函數的部分。而當Actor策略函數參數要進行更新時，會透過Critic價值函數提供讓累積獎勵增加的更新方

向；而Critic函數則是透過每次Actor跟環境互動所得到的獎勵值來更新對Q函數的估算。其演算架構流程如圖2所示。

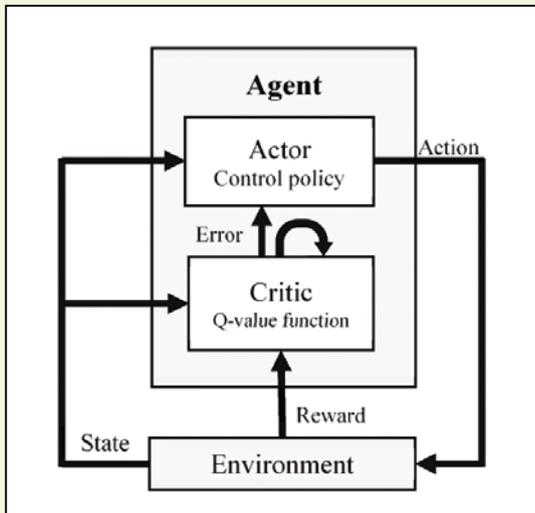


圖2 Actor-Critic演算架構圖

在深度學習(Deep Learning, DL)方法出現後，可以結合深度神經網路(Deep Neural Network, DNN)、卷積神經網路(Convolutional Neural Network, CNN)、循環神經網路(Recurrent Neural Network, RNN)到基本的RL方法中，來對價值函數做更好的估計，或是讓策略函數從與環境的互動經驗資料中學習出有效特徵，此即為深度強化學習方法(Deep Reinforcement Learning, DRL)。圖3為強化學習演算法分類，圖3左側為

無動態模型強化學習，無動態模型強化學習又可分為Q學習方法與策略最佳化方法。目前國內外導入號誌控制策略應用的強化學習多為無動態模型，較常見的模型有DQN (Deep Q-Network, 深度Q網路)、DDPG (Deep Deterministic Policy Gradient, 深度確定性策略梯度法)、PPO (Proximal Policy Optimization, 近端策略優化)、SAC (Soft-Actor Critic, 軟性動作-評論演算法)，以及近年所發展以SAC為基礎的多目標強化學習方法Q-Pensieve。

## 參、強化學習號誌控制之基本模型及訓練學習

### 一、強化學習號誌控制之訓練學習

強化學習號誌控制代理人透過與環境的互動，從經驗中學習出最優化的號誌控制內容，雖然方法本身具備無模型(Model Free)的特色，然而真實世界不可能允許代理人在實際場域探索各種可能的號誌時制計畫內容，因此構建一個可以代表真實場域車流特性的模擬器來讓代理人任意探索各種可能組策略組合，並從中產生最佳解非常重要。因為若此模擬環境代表性不足，號誌控制代理人在不良環境中，將無法學習到正確或

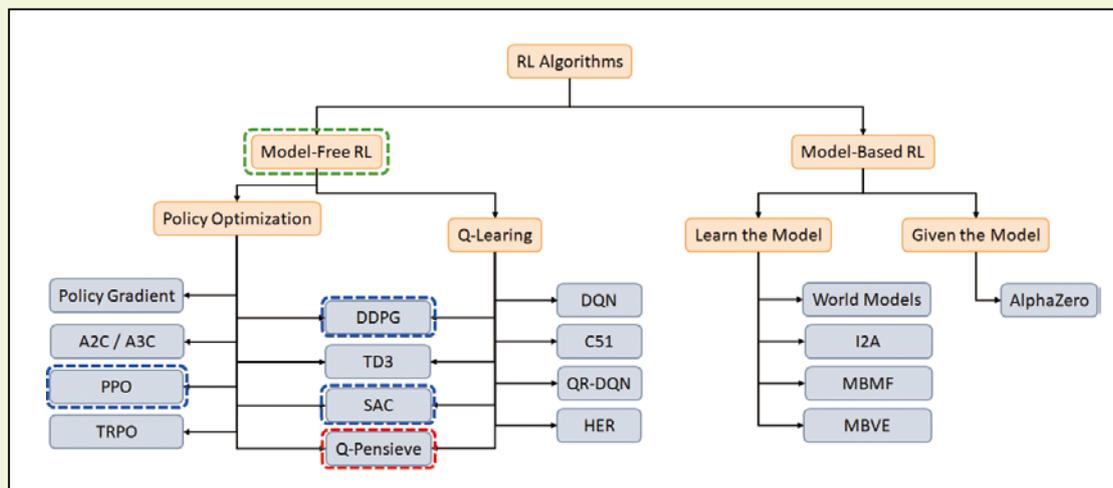


圖3 強化學習演算法分類 (修改自[https://spinningup.openai.com/en/latest/spinningup/rl\\_intro2.html](https://spinningup.openai.com/en/latest/spinningup/rl_intro2.html))

最佳的號誌控制策略，因此模擬器的校估非常重要，其將影響強化學習的成效。

交通界常用的微觀模擬軟體VISSIM與SUMO即常用於強化學習的號誌控制模型學習與訓練過程，透過模擬模式的構建與校估，來貼近真實環境的車流特性，以交通部運輸研究所相關計畫為例，模擬環境的績效指標值與現場調查績效指標值誤差要求不大於10%。號誌控制模型的代理人分別透過VISSIM的COM API或SUMO的TraCI (Traffic Control Interface)介面來讀取模擬器中車流狀態與號誌狀態，代理人將計算出的時制/相秒數透過前述介面匯入VISSIM或SUMO進行動態號誌控制，VISSIM或SUMO將模擬績效或獎勵值(例如：如停等延滯、通過量、旅行時間或獎勵值)匯出至模型與評估學習優劣與進入下一步驟，此運作一直到模型收斂為止。圖4為多目標強化學習Q-Pensieve方法為例的模擬環境(訓練)與運作架構。

等，目前也多會包括周邊路口號誌狀態(例如：秒數)資訊，甚或納入多目標決策時的偏好(或權重值)。前述之輸入資料，將輸入至Actor的類神經網路當中，產生控制決策動作(Action)，決策動作可以是每個分相的秒數，或是週期長度、時比、時差等。在VISSIM或SUMO模擬環境中，透過狀態(State)與動作(Action)可以產生延滯、流量、旅行時間等的績效值，這些績效值即為強化學習中的獎勵值，當績效變好時就加分，當績效變差時就扣分。在Actor-Critic方法中，會透過稱之為Critic的類神經網路，去評估決策在長遠累積獎勵期望值的優劣程度。因此便可以逐步讓Actor減少壞決策出現的機率，提高好決策出現的機率，達到Actor最終結果是能夠根據環境狀態資訊，來計算最佳化的目標。

Actor最終結果是一個能夠根據環境狀態資訊，計算決策數值的一套計算機制與或目標。然而如何使Actor從初始參數逐漸改變至最終結

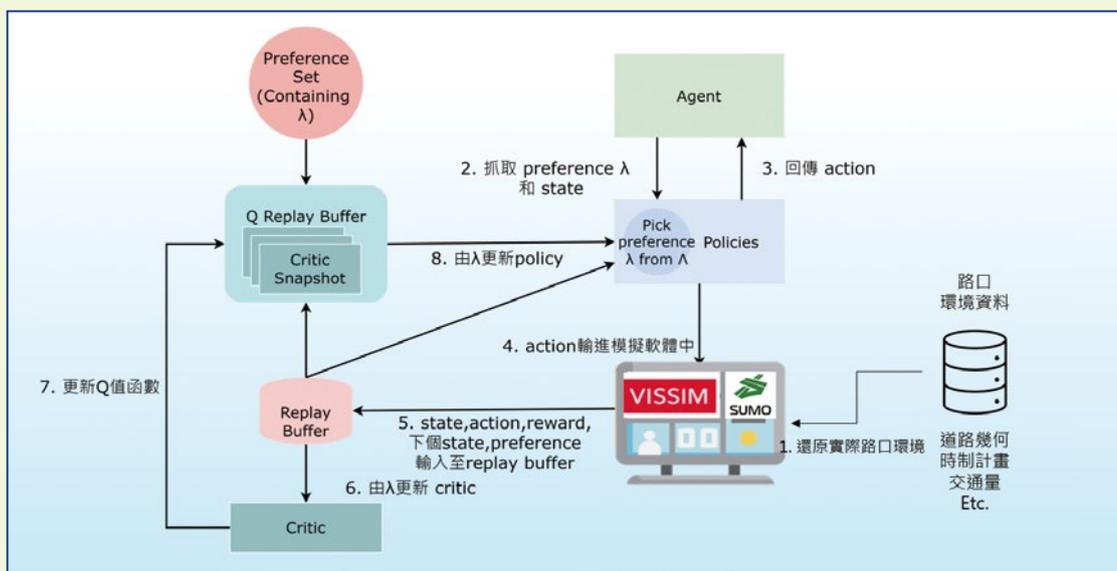


圖4 以Q-Pensieve為例的模擬環境(訓練)與運作架構

## 二、強化學習號誌控制之基本模型

強化學習號誌控制基本模型如圖5所示。圖5左側是狀態(State)為資料輸入，狀態輸入變數通常包括車流的流量、密度、速度、車輛數

果，即需要透過Critic協助評估決策對於長遠績效的好壞程度，逐步更新參數，此過程即稱為訓練。表1為相關文獻在「狀態(State)」、「決策或動作(Action)」、「獎勵(Reward)」中常用的車流參數。

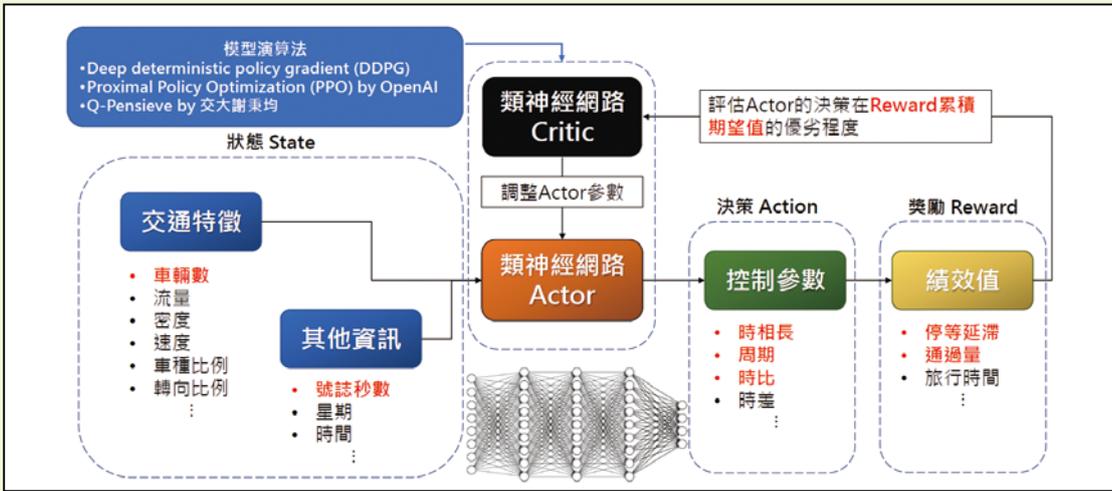


圖5 強化學習號誌控制架構基本模型

表1 文獻常見強化學習號誌控制的車流參數

輸入資料(狀態/State)	輸出方式(決策/Action)	最佳化目標 (獎勵/Reward)
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 分車道車輛數(密度)</li> <li>● 路口轉向交通量(流量)</li> <li>● 路段旅行時間(速率)</li> <li>● 號誌時相指標</li> <li>● 號誌時相秒數</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 逐秒決策是否延長或切換時相</li> <li>● 逐秒決策是否延長或切換至任一時相</li> <li>● 逐時相決策該次時相秒數</li> <li>● 逐週期決策該週期各時相秒數</li> <li>● 固定時段決策一次號誌時制</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 系統總停等延滯</li> <li>● 系統總通過車輛數</li> <li>● 平均每車停等延滯</li> </ul>

## 肆、我國在強化學習號誌控制發展

### 一、學術研究方面

許添本等(2020)以CNN來建立DQN中的Q函數網路，並採用結合雙層DQN與競爭架構DQN的Double Dueling DQN方法，以及經驗回放技巧來訓練代理人；於2021年為克服DRL需大量訓練時間及有時會有訓練效率不佳的問題，採用示範式DQN方法來處理號誌控制問題，同時嘗試將汽車與機車的位置與速度及當前時相等狀態資訊，以類圖像化之格位方式做為模型的輸入；於2022年應用深度確定性策略梯度法於幹道即時號誌控制。胡大瀛等有多個研究(2021, 2022, 2023)在探討路口號誌、號誌連鎖、匝道儀控等的不同獎勵機制，對於強化學習代理人訓練過程與結果的影響。

在高速公路連續假期匝道儀控策略導入應

用強化學習有許添本等(2022)與邱俊偉等(2022, 2023)，許添本等以國道5號北上路段42.359K至14K(包含宜蘭出入口匝道及頭城出入口匝道)為實驗路網，建構VISIM模擬模式與構建國道5號主線與匝道聯合儀控模型的強化學習模型，探討最佳主線儀控及匝道儀控運作策略。邱俊偉等以國道1號北上斗南至員林間路段的斗南、虎尾、西螺及北斗交流道等4個匝道封閉為範圍，構建多代理人的預定封閉匝道程序之深度強化學習模型，來探討其封閉匝道策略組合，許添本等研究指出較頻繁選擇低儀控率策略，將使停等車隊長度較現況情境高，可能造成地方道路較嚴重的回堵。

### 二、實作研究案例

目前人工智慧相關軟體開發環境相當有彈性，受惠於開源軟體與共享軟體機制，多數演算法多可在開發環境中取得，例如：交通部運

輸研究所2023年計畫使用的Pytorch與2022年計畫使用的TensorFlow，Pytorch與TensorFlow均有許多強化學習套件可供使用，模型發展程式語言為Python，模擬器可使用SUMO開源軟體，亦可使用商用的VISSIM，GPU則為NVIDIA GeForce RTX 2080(或Ti)。交通部運輸研究所於2023年計畫執行時為求快速訓練與收斂，使用國家高速網路與計算中心運算資源，利用其Jupyter開發環境來同時部署分散式訓練學習環境。

#### (一) 高雄市與桃園市

高雄市於高雄港洲際貨櫃中心聯外交通改善計畫於台17線11個路口導入以DDPG為基礎的AI智慧化號誌控制，決策輸入參數包括即時車輛數、各路口時相編號及其剩餘時相秒數，決策輸出為綠燈時相秒數，AI模型訓練回饋交通參數(獎勵)為停等延滯。該計畫AI號誌控制代理人在車流模擬軟體的大量模擬，所產生大量的樣本進行訓練。訓練方式是從中抽取個樣本，以隨機梯度下降法(Stochastic Gradient Descent)，以系統總停等延滯期望值最小化來更新類神經網路參數與訓練AI號誌控制代理人。高雄市另於九如一路交流道東西兩側，以及九如一路/澄清路/建國路等3處主控路口，搭配沿線6處次要路口共同進行動態號誌控制，3處主控路口採用逐週期的動態時比控制，次要路口則導入SAC方法的多代理人強化學習模型，此AI強化學習狀態參數有各路口分相秒數、旅行時間、轉向量、等候線長度等資料，獎勵參數有路網車流通過量以及路網與分相延滯的變化程度，動作則是逐週期輸出各協控路口號誌之時比。

桃園市於大園區中正東路的東區至民生東路間路口、大竹交流道南側的台31-中正東路口及台31-大竹南路599巷2處號誌化路口、台31線大竹交流道至桃園高鐵站間號誌化路口等建置AI強化學習號誌控制系統。其模型與作法大致類似高雄市於高雄港洲際貨櫃中心聯外交通

改善計畫。

#### (二) 交通部運輸研究所

2022年選擇臺南市「台86-19甲」單一路口、臺北市「中山北路-德行東路」3個路口幹道、高雄市「台88鳳山出口」(過埤路-鳳頂路)單一路口等進行單目標的類DDPG強化學習方法模擬環境運作測試。強化學習號誌控制模型學習環境為VISSIM與SUMO所構建之軟體器，該模擬器透過現場資料來建模與進行參數校估，該研究利用已經良好校估的駕駛行為參數模擬器，透過改變模擬中非屬駕駛參數的設定，例如：需求量、轉向比例、車種組成等，隨機產生各種不同交通情境，再將這些模擬環境樣本來提供RL學習使用。另外在臺南市場域部分，該計畫同時嘗試PPO強化學習方法，來測試不同RL演算法以了解不同強化學習方法在號誌控制應用的使用情形。系統總停等延滯為該強化學習號誌控制模型的獎勵目標。

高雄市實驗場域同時嘗試進行以模擬環境所取得的車輛即時位置與速度，來進行類車聯網環境下的強化學習號誌控制模擬，所取得離散性質的即時車輛資訊，經過切割區域、格位轉換、卷積層(CNN)萃取特徵與RL演算法進行號誌控制。該研究並以車聯網(CV)不同車輛滲透率(70%與30%)來評估號誌運作績效，模擬測試數據顯示滲透率較高的情境下績效佳，惟兩者差異並不大。

2023年導入多目標強化學習Q-Pensieve方法實測時，為避免強化學習模型在學習過程，因模型欲提高通過量而加入過多綠燈秒數，或為降低延滯減低綠燈秒數，以及提高學習效率，因此嘗試以現況最佳化的定時時制計畫的延滯與通過量為基礎，來設計獎勵目標。臺南市實驗場域的獎勵目標為台86與台19甲路口的延滯時間及通過量，對應於與固定時制下的相同參數變化量等4個目標，臺北市實驗場域的獎勵目

標則為幹道與支道的延滯時間及通過量，對應於與固定時制下的相同參數變化量等4個目標。同時配合實務上的時相組態調整及高速公路與平面道路號誌協控，進行多任務(Task-Aware)強化學習與號誌協控強化學習課題的探討。

### ■ 多任務(Task-Aware)強化學習

在強化學習號誌控制模型設計上，臺北市實驗場域因2022年時制計畫時相組態變動，導致所發展強化學習號誌控制模型的輸入輸出無法對應至2023年號誌控制方式，導致前期模型無法使用而須重新構建。同時因前期模型發展時，係依照不同時段型態，以同模型於各時段(如尖峰與離峰)各自進行訓練學習產生對應之強化學習模型來進行實測，因此除發展開發多目標強化學習模型外，亦導入多任務(Task-Aware)強化學習模型，以因應不同時相組態(例如：臺南市實驗場域上午尖峰時段為4時相與5時相)所衍生強化學習模型維度不同，以及配合時段型態所衍生的多個強化學習模型(或任務)課題。

多任務(Task-Aware)強化學習模型屬於元學習(Meta learning, 學習如何學習)，因為該模型可以同時在不同的任務間(例如：不同時相型態或不同時段型態)學習，而通常可以在不同的任務間都表現得不錯，不過元學習並不是處理多任務的唯一解法。以本研究為例，Q-Pensieve演算法為單模態的學習模式，因此模型在不同維度下的時相組態無法進行「知識共享」，而多任務強化學習是利用Modulation Network將各時段的時相組態與車流量，切成不同任務並捕捉其特徵；當面臨新車流型態時，可以利用這些特徵來推測其時段與對應Policy Network以為因應，可以視為元學習的衍生概念。

### ■ 高速公路與平面道路號誌協控

交流道區域是高速公路上下匝道與平面道

路兩個目標的相互關係，協控即為不同系統或不同單位，為了達成區域交通順暢而進行共同控制。在實務運作上，建置交流道區域匝道儀控與平面道路路口的區域協控動態號誌，須即時掌握交流道周邊之整體車流運作狀況，並據以執行上下匝道號誌協控功能及平面道路壅塞監控反應功能。許添本等與邱俊偉等曾探討高速公路連續假期匝道儀控策略，但著重於高速公路主線與匝道，尚未考量與之介接的平面道路。考量高速公路與平面道路各有不同的管理目標，因此該研究同時進行多目標強化學習Q-Pensieve方法導入號誌協控的探討與模型規劃。

在強化學習模型設計上，為使模型能蒐集到平面與匝道的資訊，輸入資訊包括匝道與平面道路號誌資訊，以及交流道周邊的平面道路各路口各分相結束時的分車道分車種(大車/小車/機車)停等車輛數及總車輛數、高速公路各ETC偵測區域的總車流量與旅行時間；輸出參數為下個週期匝道綠燈秒數、平面號誌週期秒數及分相比例；獎勵目標為號誌協控範圍高速公路與平面道路之旅行時間、停等延滯、通過量等。在號誌協控強化學習模型訓練上，導入中央化訓練與分散化執行(Centralized Training Decentralized Execution, CTDE)架構，CTDE通常適用於多代理人；在設計上，高速公路與平面道路各有一個代理人，所有輸入資訊均集中到一個中央化的Critic Network，在號誌協控模式訓練過程，都可以針對各群組(高速公路與平面道路)提供策略函數，並將動作(下個週期號誌控制內容)分散式的下載到模擬環境。

## 結論與後續發展建議

近年來人工智慧強化學習於號誌控制應用文章越來越多，自2017年起至2023年不但是發表文章數量增加，幾乎每年都會有回顧(Review

或Survey)文章出現，Alvaro等(2021)透過模擬方式，來進行商用動態號誌控制軟體MOVA與DuelingDDQN強化學習號誌控制模型績效比較，實驗顯示強化學習號誌控制模型優於MOVA。我國桃園市與高雄市導入強化學習號誌控制實作後，也顯示其在路口停等延滯或通過量優於現有定時號誌控制；交通部運輸研究所在臺北市與臺南市的實測過程，則因受到通訊與現場設備因素，因此相較於現有定時控制在量化績效上並未全然取得優勢。

國內幾個實作案例已顯示強化學習號誌控制展現其效益，惟仍有下列幾點建議可進一步加以探討與發展：(1)模型對於車輛偵測器的資料品質與傳輸頻率(即時或逐秒)有較高的要求，現有我國都市交通控制協定與號誌控制器配合調整或擴充內容；(2)若是模型採用多代理人機制，則在代理人間(可能是多個路口)需有可靠與穩定的通訊環境，同時若模型路口數增加時，其狀態空間與動作空間維度與複雜度，將呈現指數性成長；(3)經訓練學習後的強化學習模型的複製再應用可行性並不高，縱然模型或可沿用，但須重新進行訓練；以臺北市案例而言，2022年與2023年因時相組態不同，導致原強化學習模型重新發展與訓練，不過具備元學習特性的多任務(Task-Aware)強化學習似乎提供解決方案，惟持續加以探討與評估；(4)多目標的中央化訓練與分散化執行(CTDE)的強化學習架構號誌協控顯示其在兼顧高速公路與平面道路主管單位不同管理目標的發展潛力，後續應可與相關道路主管機關合作來進行實測；(5)目前國內各單位動態號誌控制(含強化學習模式)運作績效，多是與原定時號誌控制進行比較，後續或可參考Alvaro等研究來發展國家級號誌控制實驗場域，該場域涵蓋國內主要路口路段幾何與車流型態，以及具備足夠車流偵測與通訊設施，來支援各種動態號誌控制演算邏輯運作，透過在此真實環境場域的實測，來發展符合我國交通特性且具成本效益動態控制演算邏輯。

## 參考文獻

1. Sutton, R. S., & Barto, A. G. (2018), Reinforcement learning: An introduction. MIT press
2. Williams, R. J. (1992), Simple statistical gradient-following algorithms for connectionist reinforcement learning. Machine learning, 8(3), 229-256.
3. Farazi, N. P., Zou, B., Ahamed, T., & Barua, L. (2021), Deep reinforcement learning in transportation research: A review. Transportation research interdisciplinary perspectives, 11, 100425.
4. Silver, D. (2015), Lectures on Reinforcement Learning <https://www.davidsilver.uk/teaching/>
5. [https://spinningup.openai.com/en/latest/spinningup/rl\\_intro2.html](https://spinningup.openai.com/en/latest/spinningup/rl_intro2.html)
6. 演算法：Learning to learn Meta learning, <https://biic.ee.nthu.edu.tw/blog-detail.php?id=24>
7. Dboy Liao (2020), Meta-Learning 極簡介(Part 1), <https://dboyliao.medium.com/meta-learning-%E6%A5%B5%E7%B0%A1%E4%BB%8B-part-1-f8be3cb898f6>
8. Haiyan Zhao, Chengcheng Dong, Jian Cao, Qingkui Chen (2024), A survey on deep reinforcement learning approaches for traffic signal control, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0952197624002586?via%3Dihub>

9. Alvaro Cabrejas-Egea, Raymond Zhang, Neil Walton (2021), Reinforcement Learning for Traffic Signal Control: Comparison with Commercial Systems, *Transportation Research Procedia* 58, P.638 - 645.

---

10. Kok-Lim Alvin Yau, Junaid Qadir, Hooi Ling Khoo, Mee Hiong Ling, Peter Komisarczuk (2017), A Survey on Reinforcement Learning Models and Algorithms for Traffic Signal Control, <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3068287>

---

11. Faizan Rasheedm, Kok-Lim Alvin Yau, Rafidah Md. Noor, Celimuge Wu, Yeh-Ching Low, (2020), Deep Reinforcement Learning for Traffic Signal Control: A Review, *IEEE Access*

---

12. 蕭偉政等(2023), 我國人工智慧車聯網之號誌控制(1/2)-都會區幹道實作與交流道區域模式發展探討期末報告書修訂版, 交通部運輸研究所

---

13. 胡大瀛、黃昱嘉(2023), 深度強化學習與Synchro於幹道連鎖號誌設計之比較與分析, 2023年中華民國運輸學會學術論文研討會

---

14. 胡大瀛、謝宜庭、沈芃葳、郭冠麟、李信寬(2023), 深度強化學習於號誌連鎖之獎勵機制探討, 2023年中華民國運輸學會學術論文研討會

---

15. 張淑娟等(2023), 以AI技術實現適應性號誌控制, 2023年中華民國運輸學會學術論文研討會

---

16. 邱俊偉、嚴國基(2023), 應用多代理深度強化學習於長假期高速公路匝道聯合儀控策略, 2023年中華民國運輸學會學術論文研討會

---

17. 黃銘崇等(2022), 我國人工智慧車聯網之號誌控制模式探討, 交通部運輸研究所

---

18. 許添本、陳又均(2022), 應用多代理深度強化學習於高速公路主線及匝道聯合儀控策略—以國道5號為例, 2022年中華民國運輸學會學術論文研討會

---

19. 許添本、黃建皓(2022), 深度確定性策略梯度法建構幹道即時號誌控制系統, 2022年中華民國運輸學會學術論文研討會

---

20. 胡大瀛、謝宜庭、李卓育(2022), 深度強化學習下匝道儀控的獎勵機制之分析, 2022年中華民國運輸學會學術論文研討會

---

21. 邱俊偉等(2022), 深度強化學習應用於長假期高速公路匝道管制策略, 2022年中華民國運輸學會學術論文研討會

---

22. 胡大瀛、李卓育(2021), 深度強化學習下號誌控制設計獎勵機制之探討, 2021年中華民國運輸學會學術論文研討會

---

23. 許添本、蔡沐軒, (2021)示範式深度強化學習應用於號誌時制最佳化之研究, 2021年中華民國運輸學會學術論文研討會

---

24. 許添本、程楷祐(2020), 以深度強化學習方式建構混合車流之AI 最佳化號誌時制計畫, 2020年中華民國運輸學會學術論文研討會

# 智慧號誌推動與發展現況—以臺北市經驗為例

關鍵詞(Key Words)：動態號誌控制(Dynamic Traffic Signal Control)、人工智慧(Artificial Intelligence)、緊急車輛優先號誌(Emergency Vehicle Priority Signal)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／計畫工程師／齊瑞峻 (Chi, Jui-Chun) ①

台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／計畫副理／陳淑芬 (Chen, Shu-Fen) ②

臺北市交通管制工程處／交通控制中心／幫工程師／蕭舜云 (Hsiao, Shun-Yun) ③

臺北市交通管制工程處／交通控制中心／股長／鄧琇文 (Teng, Hsiu-Wen) ④

臺北市交通管制工程處／交通控制中心／副主任／吳育緯 (Wu, Yu-Wei) ⑤

臺北市交通管制工程處／處長／劉瑞麟 (Liu, Jui-Lin) ⑥



## 摘要

臺北市交通管制工程處(以下簡稱交工處)執行「112-114年臺北市導入智慧動態號誌控制策略計畫」，利用AI影像辨識即時蒐集道路車流資訊，因應車流變化，迅速演算號誌時制計畫，達成號誌時制即時控制，在有限的道路容量下，提升車流紓解效率，提供民眾更便捷、安全、舒適的通行環境。並結合緊急車輛優先號誌功能，整合消防局「高效能勤務派遣系統」每1秒傳送救災救護車輛之GPS定位座標及案件資訊，即時掌握車輛出勤狀況及行駛路徑等資訊，一旦緊急車輛進入路口觸動範圍，系統將立即演算開啟下游路口號誌綠燈，提升緊急車輛通行效率及安全。



## Promotion and Development of Intelligent Traffic Signals: A Case Study of Taipei City

### Abstract

The Taipei City Traffic Engineering Office is implementing the "Intelligent Dynamic Signal Control Strategy Plan for Taipei City from 2023 to 2025." Applying AI image recognition to collect real-time traffic flow information, adapting to changes in traffic patterns, swiftly computing signal timing plans, and achieving real-time signal control. Enhancing traffic flow relief efficiency within limited road capacity, providing the public with a more convenient, safe, and comfortable commuting environment. And incorporating emergency vehicle priority signal functionality, Integrating the Fire Department's "High-Performance Duty Dispatch System," which transmits GPS coordinates and incident information of rescue and emergency vehicles every second, providing real-time monitoring of vehicle dispatch status and travel routes. Once emergency vehicles enter the intersection detection range, the system will immediately calculate to activate green lights at downstream intersections, thereby enhancing the efficiency and safety of emergency vehicle passage.

3

專題報導

## 壹、前言

交通壅塞是都市中最常見的問題，因號誌設計不夠彈性或設計不良，衍生之空污排放、駕駛人旅行時間浪費等，都是一個都市的交通相關業務單位必須面臨的課題。臺北市為首善之都，科技與經貿發展熱絡，市內重要發展區域在交通尖峰時段，行車行駛速率低，導致市民的旅行時間增加。

為解決上述區域尖峰時段之交通壅塞問題，交工處自108年逐步推動智慧號誌計畫，陸續於內湖、信義、南港、士林及北投等行政區導入智慧號誌，建置成效良好，因此112-114年於易壅塞且容受度低之29條路段，總計221處號誌化路口執行「112-114年臺北市導入智慧動態號誌控制策略計畫」，透過擬定最適智慧化幹道號誌控制策略，將路網車流路徑推進行為納入時制最佳化設計，提升道路車流續進效率，提升路口或廊道之效率，進而舒緩區域壅塞；此外，將緊急車輛優先通行措施納入動態號誌控制功能，提升緊急車輛通行效率，降低緊急車輛在路口的停等延滯。台灣世曦公司(以下稱本公司)承接大同區之環河北路、重慶北路、承德路、中山北路、民族西路、民權西路、民生西路及南京西路等路段共計67處號誌路口，執行動態號誌與緊急車輛優先功能系統建置工作。

## 貳、計畫範圍交通特性

本公司施作範圍位於臺北市大同區，以東西向幹道民族、民權、民生及南京西路，南北向幹道環河北、重慶北、承德路及中山北路，

形成之交通路網，如圖1所示。

本區域交通車流主要承接來自新北市三重及北投、士林方向之通勤車流。為紓解晨昏峰大量進出城車流，晨峰時段承德路及中山北路、昏峰時段民生西路設置調撥車道，增加進出城車流紓解效率，民權西路及重慶北路設置公車專用道，提高大眾運輸車流運作效率。此外，計畫範圍北側有花博園區、大龍峒保安宮及臺北市立美術館等景點，南側則有寧夏夜市、迪化街、馬偕醫院、中山商圈等重要旅次吸引點，周邊路段路邊臨停、公車停靠需求，易影響道路車流運行效率，鄰近捷運紅線之圓山站、民權西路站、雙連站及中山站則有大量行人通行需求，多處路口設置行人專用時相。



圖1 計畫範圍道路幾何特性

## 一、車流特性

### (一) 平日晨峰時段 (07:00-09:30)

晨峰時段關鍵路徑及轉向如圖2所示，在晨峰時段，南向車流與東向車流方向性明顯，由士林、北投南下車流多於橫交之主幹道左轉往東，尤其在民族西路路段之承德路口及中山北路口。新北通勤車流則經由臺北橋進入民權西路，最大尖峰小時流量可達4,500pcu/hr以上，其中機車車流高達90%，民生西路晨峰亦承接環河北路向右轉東向車流，東西向路段在晨峰的東向車流量高。

### (二) 平日昏峰時段 (17:00-20:00)

昏峰時段關鍵路徑及轉向如圖3所示，主要車流包括民權西路西向往臺北橋的車流，最大尖峰小時流量可達4,000pcu/hr以上、民生及民族西路西向轉往環河北路。此外，亦可於承德路及重慶北路觀察到大量轉向車流轉往新北市方向。

## 二、交通瓶頸與號誌控制需求分析

### (一) 尖峰車流方向性明顯

計畫範圍主要交通流量來自新北市及士林、北投地區通勤車流，具有出發時間集中、行駛方向一致等特性，造成沿線路口號誌時制設計之困難。以新北市通往本計畫範圍之臺北橋為例，該橋梁自新北市匯集來自三重、新



圖2 平日晨峰時段整體關鍵路口及路徑



圖3 平日昏峰時段整體關鍵路口及路徑

莊、蘆洲等地通勤車流後，經由該橋梁進入計畫範圍之民權西路，依110年度臺北市交通流量調查，早上尖峰方向分布因子達79%(圖4)。

市區路網尖峰時段車流方向性明顯，車流轉向量大且複雜，當下游路段壅塞時則往上游路段漣漪式擴散，因此有效掌握市區路網關鍵路徑交通路況及動態號誌群組間協同運作極為重要，透過交通調查資料、時制計畫及道路幾何分析，研擬不同時段之關鍵路徑，透過路徑疏流截流控制策略執行，提升路徑車流續進效率。

#### (二) 左轉交通需求高

路口轉向比高之問題常發生於市區重要幹

道交會路口，以民權西路/承德路口為例，如圖5由北往南車流多選擇於民權西路左轉往市區方向，且由南往北車流亦多選擇由該路口左轉往新北市行駛，該路口南北向左轉車流約占18-22%，若無適當分配路口時比，將導致左轉車隊往上游回堵，形成道路瓶頸。

#### (三) 下匝道車流與平面車流交會

臺北橋民權西/重慶北路晨峰往東車流量大，如圖6所示，輪放東向平面直行與下橋車流量壓縮該向時比，導致車流回堵情形。因此透過動態號誌調整平面及高架下橋車流時比分配，提升該路口車流效率。



圖4 臺北橋尖峰車流方向性

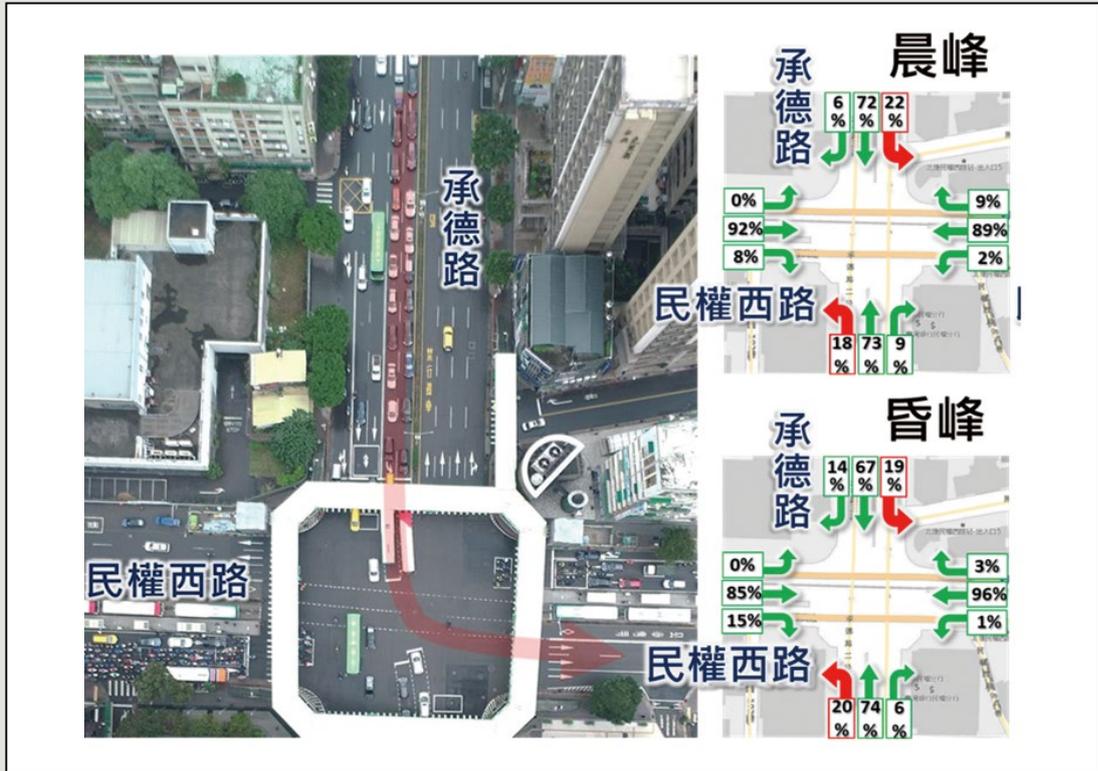


圖5 民權西路/承德路口尖峰時段轉向比

現況採號誌輪放平面直行與下橋車輛  
以避免下橋車輛與直行車輛衝突



圖6 民權西路/重慶北路口車流交會說明

#### (四) 行人與右轉車輛衝突

在尖峰時段，若路口右轉車流量與行人量大，相較於使用行人專用時相，採用人行與車行綠燈同步的做法，可能會有較高的碰撞風險。以民權西路/承德路口為例，由於公車站設置位置關係，多數行人由公車站往捷運站方向轉乘捷運，如圖7所示，不僅造成行人與右轉車流衝突風險，也影響右轉車道紓解效率。為改善此現象，近期臺北市交通管制工程處藉由設置行人綠燈早開時相，適度分離行人與車輛通

行時間，同時提升行人可見度，讓行人安心通過路口。動態號誌控制時，均不變動既有行人專用、早開等綠燈秒數，同時現場調校時，依實際運作狀況提出行人綠燈早開、行人綠燈提前結束、行人專用時相等建議手段，降低人車衝突風險。

### 參、動態號誌控制策略

針對計畫範圍進行智慧化號誌控制，控制範圍為市區道路型態，車流運作相對複雜，各幹道路口車流影響其相鄰上、下游路口之到達車流，因此智慧化控制模式須依據各幹道群組同時進行考量，並將路網車流路徑推進行為納入時制最佳化設計。

#### 一、動態號誌控制群組劃分

在進行動態控制策略研擬時，首先須先確認控制群組劃分。路口群組劃分過程與準則係依據交通部運研所「臺灣地區先進交通管理系統(ATMS)中都市交通號誌控制邏輯標準化與系統建置標準作業程序之研究一定時式/動態式控制邏輯標準化」之臨界路段長度準則、車流管

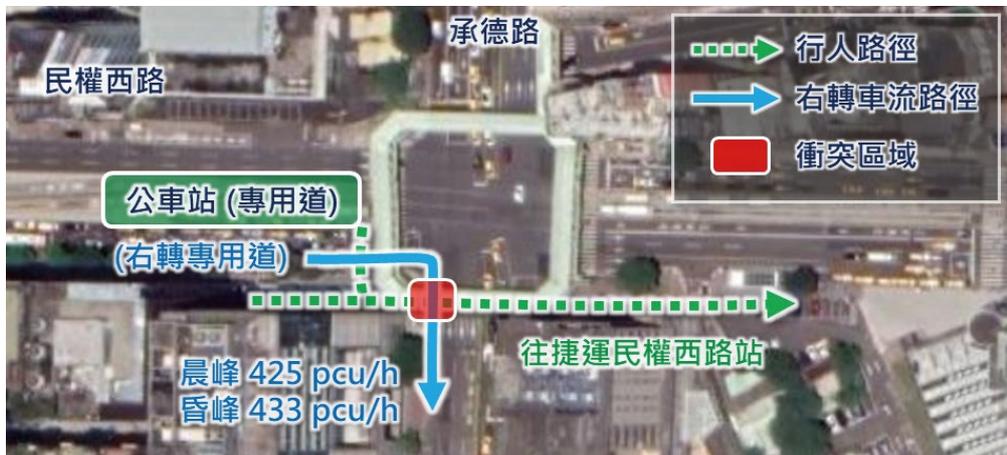


圖7 民權西路/承德路晨峰右轉車流與行人衝突

制方式與幾何路型等原則進行檢核劃分外，並依現況時制考量路口間時段型態劃分、週期內容一致性、幹道綠燈配合情形等，進行動態號誌群組劃分作業，計畫範圍67處路口，共分為13個控制群組，如圖8所示，各控制群以幹道交



圖8 動態號誌控制群組劃分示意圖

會路口，作為主控路口，設置路口車流轉向量偵測器，即時偵測車流變化。

## 二、動態號誌控制策略規劃

控制範圍之道路特性以路網型態為主，具備多條幹道交會，因此在控制策略上須考量各幹道車流需求，尤其為幹道交會之路口(點)，其車流轉向量大且複雜，當有壅塞回堵發生時，容易往上游方向漣漪式擴散，因此考量控制範圍內關鍵車流路徑時，除幹道本身續進效率增加(線)外，亦須併同考量轉向路徑(面)提升，方能有效降低整體路網壅塞程度。

### (一) 幹道交會路口(點)\_時比分配

控制範圍內各主要幹道(民族、民權、民生、南京、中山、承德、重慶、環河等)交會路口均為關鍵壅塞點，為使幹道交會路口動態時制內容能符合實際車流狀況，需考量路口及路段車流運行狀況，以逐週期方式進行動態時秒數計算，如圖9所示，控制策略說明如下。

#### 1. 考量路口各流向通過狀況



圖9 幹道交會路口(點)控制策略規劃

路口每週期之通過量為各方向到達車輛數，以及綠燈開啟秒數所產生之綜合結果，為使各分相綠燈時間能有效分配，須將各分相綠燈秒數與對應流向實際通過量，進行綠燈使用率計算。當綠燈使用率高時，表示該分相車流通過情形相對於綠燈秒數為有效利用；當綠燈使用率低時，表示該分相車流通過情形相對於綠燈秒數為較差效率，如深夜時段綠燈閒置秒數較高，或路口壅塞溢流時，車流無法順利通過，均會導致綠燈使用率有較低之情形發生。因此，透過各分相綠燈使用率之比較評估，綠燈使用率相對較高之分相須提升時比秒數。

2. 考量上游路段交通狀況

路口每週期之通過量與上游路段交通狀況息息相關，如上游路段交通量、速度、旅行時間等，因此在關鍵路口動態時比分配時，需考量上游路段車流需求，當路段壅塞、交通量高等情形，表示該方向車流需求較高，須提升時比秒數；當路段順暢、交通量低等情形，表示該方向車流需求較低，可降低時比秒

數給予需求較高之方向使用。

(二) 幹道次要路口(線)\_連動配合

當幹道交會之關鍵路口進行時比調整後，沿線次要路口須一併共同考量，以提升整體路段車流通行效率，本計畫針對幹道次要路口控制策略為依據主控路口之時比分配結果，將次要路口採取時相連動配合方式，共同提升時比秒數。以圖10所示，重慶北路/民族西路為主控路口，當重慶北路時比增加時，重慶北路沿線次要路口一併配合提升時比秒數，以提升整體幹道續進效果，由於幹道時比秒數提升時，必然縮減支道分相時比秒數，因此在動態時制設計及實際運作調校時，需考量支道時相最小綠燈及行人專用(早開)時相保護等，避免造成支道車輛2次停等及行人安全等議題產生。

(三) 關鍵車流路徑(面)\_群組間協同運作

控制範圍為市區路網型態，尖峰時段車流方向性明顯，車流轉向量大且複雜，當下游路段壅塞時則往上游路段漣漪式擴散，因此有效掌握市區路網關鍵路徑交通路況及動態號誌群組間協同運作極為重要。透過交通調查資料、

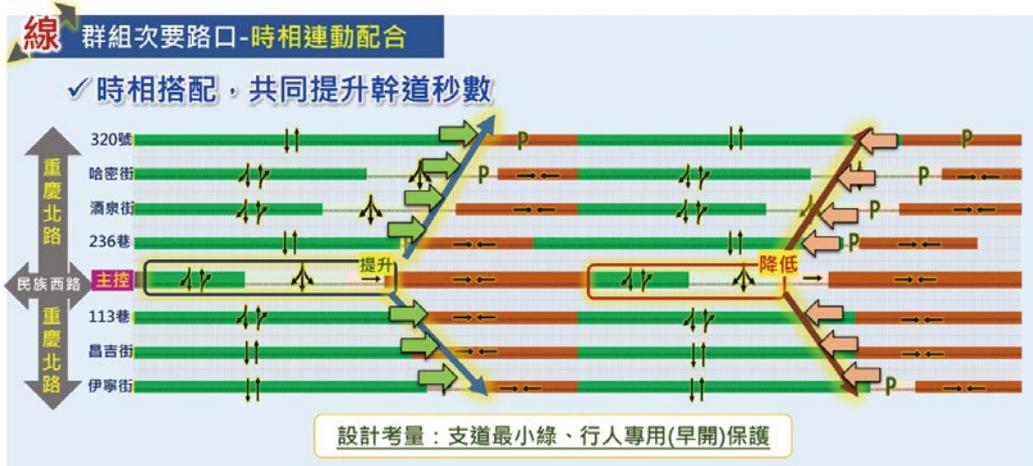


圖10 幹道次要路口(線)控制策略規劃

時制計畫及道路幾何分析，研擬不同時段之關鍵路徑，關鍵路徑之壅塞多源自於下游路段壅塞回堵，須有效提升下游群組時比秒數，藉由下游疏流，提升路徑車流紓解效率。亦即當關鍵路徑下游持續壅塞回堵時，上游路段若持續以提升時比方式使車輛增加進入下游路段，將導致路段啟動延滯增加及車流回堵加劇，甚至造成路口溢流情形產生，因此，路徑上游控制群組採取截流控制手段，可助於提升下游路段紓解，並連帶改善路段車流進入下游路段效率。如圖11，以晨峰時段民族西路往東方向關鍵路徑為例，此時民族西路東向匯集承德路南向左轉、中山北路南向左轉、民族西路東向之

車流，若此關鍵路徑發生回堵壅塞時，民族東路/林森北路(下游路段)須提升東向時比秒數，以提升路徑車流紓解效率，同時上游路段民族西路/中山北路、民族西路/承德路兩處路口，需將對應民族西路東向車流時相採取截流控制，協同運作以達到紓解整體關鍵路徑車流，改善路徑旅行時間壅塞狀況。

### 三、動態號誌控制邏輯設計

依據上述動態號制控制策略規劃內容，進行動態控制邏輯設計，整體控制邏輯流程如圖12所示，系統的動態時比控制運作原則是基



圖11 關鍵車流路徑(面)控制策略

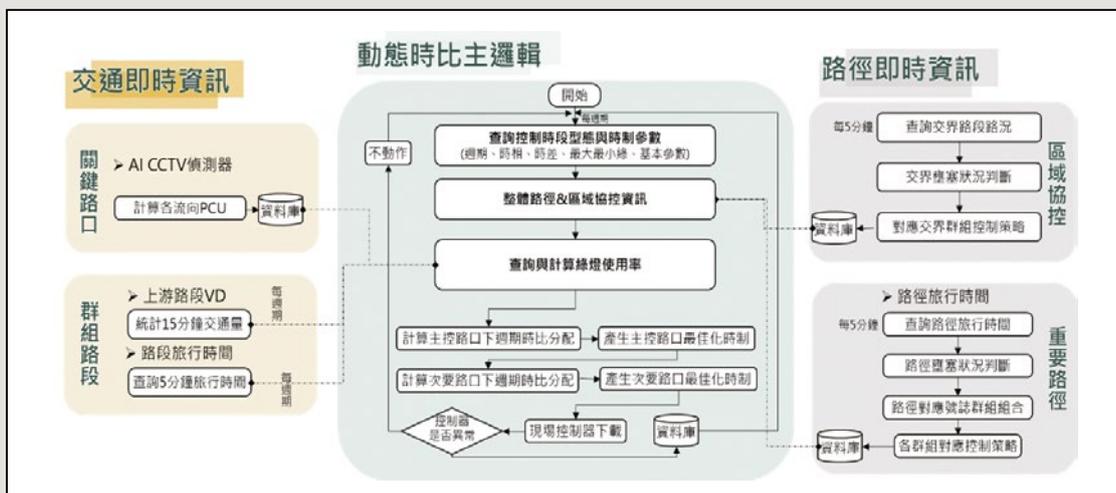


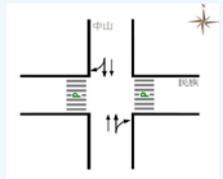
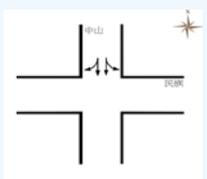
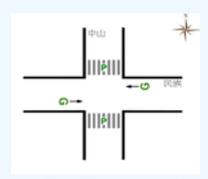
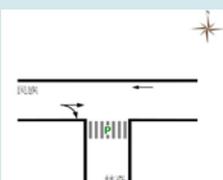
圖12 整體控制邏輯流程圖

於既有時段切分及週期不變，每週期開始時查詢時段及相應的策略時制參數，包括週期、時相編號、各分相的步階秒數、時差、最小綠、最大綠等內容。在整體路網控制中，首先考慮區域協控的交界路況和關鍵路徑的旅行時間資訊，當路徑壅塞門檻達到時，相應號誌群組將執行對應的控制策略時制。主控路口透過AI CCTV偵測器統計路口轉向量，轉換成交通量，並計算各分相綠燈使用率。系統每週期接收上游路段資訊，當達到壅塞門檻時，調整分相綠燈使用率或分相秒數。根據綠燈使用率計算結果，產生主控路口最佳化時比分配，同步計算次要路口的時比內容。最後，將計算結果下載至現場控制器，進行動態時制調整，若有異常情況時進行自動降級恢復預設定時運作。

#### 四、動態號誌控制運作成果

##### (一) 系統執行紀錄檢視

表1 三處路口時比秒數變動幅度設定值說明

民族西路/ 中山北路 (主控路口)	時相圖	 分相1(中山南北向)	 分相2(中山南向)	 分相3(民族東西向)
	TOD 秒數	60秒	20秒	120秒
	時比秒數設定	50秒-70秒	17秒-22秒	110秒-130秒
民族西路/ 林森北路 (協控路口)	時相圖	 分相1 (民族東西向)	 分相2 (民族西向)	 分相3 (林森南北向)
	TOD 秒數	157秒	5秒	38秒
	時比秒數設定	157秒-162秒	固定5秒	33秒-38秒

以中山北路/民族西路群組為例進行說明，呈現民族西路/中山北路(主控路口)、民族西路/林森北路(協控路口)、中山北路/農安街(協控路口)等三處路口於晨峰時段時制控制結果，表1為三處路口於晨峰時段週期200秒之時比秒數變動幅度設定值，各分相均有上下限綠燈秒數限制，其幅度變化為人工預先設定，再經由實際運作結果及現場車流觀察進行微調，微調作業係以整體路段進行觀察調整，避免上游路口秒數增加造成下游回堵之情形發生。

表2為民族西路/中山北路(主控路口)之晨峰時段運作狀況，該路口於0700-0830民族西路東向車流量大且方向性明顯，時比秒數主要增加於民族西路東西向(第3分相)，減少中山北路南向(第1分相)及中山北路南向遲閉(第2分相)，0830-0900時比增加秒數為民族西路東西向(第3分相)及中山北路南北向(第1分相)，同樣減少中山北路南向遲閉(第2分相)，時比變動運作結果與現場車流趨勢相符合。

表1未完，請接下頁↓

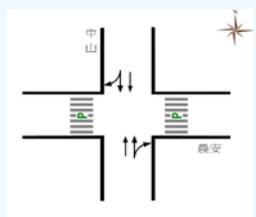
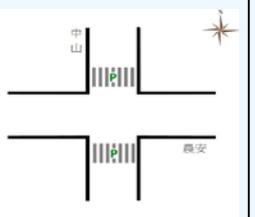
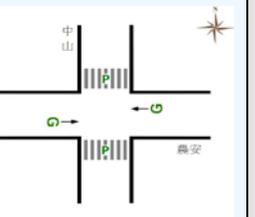
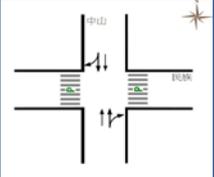
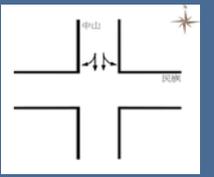
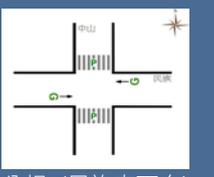
中山北路/ 農安街 (協控路口)	時相圖	 分相1 (中山南北向)	 分相2 (行人東西向)	 分相3 (農安東西向)
	TOD 秒數	130秒	9秒	61秒
	時比秒數設定	125秒-135秒	固定9秒	56秒-66秒

表2 動態號誌控制實際運作紀錄(民族西路/中山北路為例)

週期	時相數	 分相1(中山南北向)		 分相2(中山南向)		 分相3(民族東西向)		時間
		時制	前一週期 使用率運算	時制	前一週期 使用率運算	時制	前一週期 使用率運算	
200	3	60	-	20	-	120	-	2023-09-22 07:08:08
200	3	53	低	17	低	130	高	2023-09-22 07:11:27
200	3	67	高	17	低	116	低	2023-09-22 07:14:48
200	3	53	低	17	低	130	高	2023-09-22 07:18:07
200	3	53	低	17	低	130	高	2023-09-22 07:21:28
200	3	53	低	17	低	130	高	2023-09-22 07:24:47
200	3	53	低	17	低	130	高	2023-09-22 07:28:07
200	3	53	低	17	低	130	高	2023-09-22 07:31:28
200	3	50	低	20	次高	130	高	2023-09-22 07:34:48
200	3	62	高	17	低	121	高	2023-09-22 07:38:07
200	3	53	低	17	低	130	高	2023-09-22 07:41:27
200	3	53	低	17	低	130	高	2023-09-22 07:44:48
200	3	67	高	17	低	116	低	2023-09-22 07:48:08
200	3	60	次高	17	低	123	高	2023-09-22 07:51:28
200	3	53	低	17	低	130	高	2023-09-22 07:54:48
200	3	53	低	17	低	130	高	2023-09-22 07:58:08
200	3	70	高	17	低	113	低	2023-09-22 08:01:28

註：表格紅底為該時段平均執行秒數低於TOD設定秒數，綠底為該時段平均執行秒數高於TOD設定秒數。

## (二) 動態號誌執行績效初步評估

本計畫於112年度完成路網中38處路口系統建置工作，初步績效分析，平日整體路網旅行時間改善約有1.75%，假日則約7.27%，整體改進幅度約4.51%，截至目前為止路網中尚有29處未上線路口，本次初步績效分析並未剔除未上線路口，預計於113年度完成整體路網67處路口動態號誌功能建置，讓路網運作可以進行整體的考量與績效全面性的呈現，將可有效推升路段續進效率。

## 肆、緊急車輛優先號誌控制

為提高緊急車輛服務效率、降低救援交通時間、確保道路上民眾安全，臺北市交通管制工程處藉由動態號誌控制系統的布設，併同提供緊急車輛優先號誌功能。

控制路口以車輛觸發、車輛行進中、車輛離開路口等三階段進行策略規劃，當緊急車輛

進入控制路口所預設之觸發路段時，控制路口將準備進行緊急優先控制，此階段需判斷控制路口現行步階秒數，以維持通行方向綠燈為主要目標；車輛進入觸發路段後將持續進行車輛資訊判斷，確認車輛仍維持往控制路口方向行進，若控制器尚未達到最大綠限制，仍持續開啟綠燈秒數；當車輛通過控制路口後，將立即結束路口優先控制，恢復為動態號誌控制。

### 一、緊急車輛控制策略

緊急車輛確認系統在接收到緊急車輛的點位資訊後，會進行觸動範圍及執行條件的過濾，觸動範圍為事先預設的控制路口上游觸發路段。一旦目標車輛進入觸動範圍且符合執行條件，系統將開始對目標車輛進行鎖定，並開始對應控制路口進行時相控制。

目標車輛的鎖定是持續進行的，系統會持續接收目標車輛的點位資訊，並進行相關判斷，包括車輛是否仍在路口範圍內、資訊更新頻率是否正常以及是否已通過路口等。如果目

表3 案例路口緊急優先參數設定值

		分相1	分相2	分相3
民生西路/66巷	時相圖			
	對應策略	優先時相 (最高延長20秒)	競爭時相	競爭時相
	觸發距離	277公尺	對應路段	民生西路(66巷)
民生西路/雙連街	時相圖			-
	對應策略	優先時相 (最高延長20秒)	競爭時相	-
	觸發距離	314公尺	對應路段	-

表4 緊急優先控制路口紀錄

案件編號	路口編號	車輛類型	通過路口/綠(紅)燈通過	開始執行時間	通過路口時間	執行方式
...7007	SMTHB10 民生西路66巷	一般型救護車	有/綠燈	2023-09-22 19:29:11	2023-09-22 19:30:01	觸發時為紅燈，切換至綠燈
...7007	SMXH810 民生西路雙連街	一般型救護車	有/綠燈	2023-09-22 19:29:11	2023-09-22 19:29:43	觸發時為綠燈，秒數足夠不須延長
...1003	SMTHB10 民生西路66巷	一般型救護車	有/綠燈	2023-09-25 12:46:13	2023-09-25 12:46:59	觸發時為綠燈，秒數足夠不須延長
...1003	SMXH810 民生西路雙連街	一般型救護車	有/綠燈	2023-09-25 12:46:13	2023-09-25 12:46:45	觸發時為綠燈，秒數足夠不須延長

標車輛仍在路口範圍內且符合條件，系統將持續進行優先時相控制。

在優先時相控制中，系統首先判斷控制路口是否為優先時相運作。如果是競爭時相，系統將滿足最小綠燈後進行時相切換；如果是優先時相，系統將在剩餘秒數內持續控制，並需要在需要時延長最大綠燈秒數，以確保緊急車輛能夠通行。一旦達到優先時相的最大綠燈秒數，無論緊急車輛是否通過路口，系統將結束控制邏輯運作，並將控制路口切換為動態控制。

## 二、實際運作案例與績效

緊急車輛優先號誌控制系統紀錄以路口及案件分別記錄，表3為民生西路66巷及民生西路雙連街口之緊急優先參數設定值，考量緊急優先控制時，容易因週期變動導致現場車流影響，因此在優先時相秒數延長上限設定為20秒。

以下是兩筆案件運作實例如表4，展示系統如何執行緊急車輛優先控制，並根據路口的實際狀況和車輛的位置進行相應的控制措施，以確保緊急車輛的通行安全和效率。

(一) 案件「...7007」：於9/22日晚間19:29分行駛民生西路往東方向，欲經過民生西路66巷及民生西路雙連街口，系統於觸發範圍內開始執行優先控制邏輯運作，緊急車輛於兩路口均於綠燈狀況(優先時相)下通過，其中民生西路66巷路口在車輛觸發時正位於紅燈(競爭時相)階段，因此透過紅燈(競爭時相)截斷方式，讓綠燈(優先時相)提前開啟。

(二) 案件「...1003」：於9/25日中午12:46分行駛民生西路往東方向，欲經過民生西路66巷及民生西路雙連街口，系統於觸發範圍內開始執行優先控制邏輯運作，優先車輛於兩處路口均於綠燈狀況(優先時相)通過。

## 結語

本計畫在112年度執行期間完成38處路口上線測試運作，旅行時間達到初步4.51%的改善幅度，後續113年度將持續進行系統參數和策略的調整以及剩餘29處路口上線，因此，包含後續維運期間持續的監測和調整將是改善績效的關鍵，以確保動態號誌運作能夠準確地應對不同時段之交通需求。

# 智慧停車導引應用實務—臺中市推動經驗

關鍵詞(Key Words)：智慧停車(Smart Parking)、停車導引策略(Parking Guidance Strategy)、停車動態資訊導引系統(Parking Dynamic Information Guidance System)

- 臺中市停車管理處／處長／盧佳佳 (Lu, Chia-Chia) ❶  
 臺中市停車管理處／停車管理課／課長／徐光前 (Hsu, Kuang-Chien) ❷  
 臺中市停車管理處／停車規劃課／課長／林嘉茵 (Lin, Chia-Yin) ❸  
 臺中市停車管理處／停車管理課／課員／黃晴 (Hung, Ching) ❹  
 台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／經理／張智華 (Chang, Chih-Hua) ❺  
 台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／正工程師／周世傑 (Chou, Shih-Chieh) ❻



## 摘要

臺中市停車管理處為解決重要商圈之停車問題，規劃設置停車動態資訊導引系統，透過現場面板發布周邊停車場剩餘格位及相關資訊，引導用路人避開前方壅塞路段，或指引其至周邊有停車空位之停車場等，以打造臺中市智慧綠能的停車環境。

本計畫優先於臺灣大道兩大百貨公司及七期周邊設置停車導引系統，採用攔截圈導引策略，在外圈實施分流，避免車流過於集中幹道，內圈則進行替代導引，有效引導已進入商圈之車流前往替代停車場，以解決車輛尋停之困擾，並達到資源充分利用、降低道路壅塞程度、減少車輛排隊等候之時間及碳排放量等效益。



# Smart Parking Guidance Application Practice -The Case of Taichung City

## Abstract

In order to solve the parking problem in important business districts, the Parking Management Office of Taichung City plans to set up a parking dynamic information guidance system. It will publish the remaining spaces and related information of surrounding parking lots through on-site panels to Guide passersby to avoid the congested road ahead or direct them to nearby parking lots with parking spaces, aiming to create an intelligent and eco-friendly parking environment in Taichung City.

This project gives priority to the installation of parking guidance systems around the two major department stores on Taiwan Boulevard and the surrounding areas of 7th Redevelopment Zone. The interception circle guidance strategy is adopted to implement diversion in the outer circle to prevent traffic from being too concentrated on the main road. Alternative guidance is provided in the inner circle to effectively guide the traffic that has entered the business district to alternative parking lots to solve the problem of parking vehicles and achieve resource allocation. Make full use of the benefits such as reducing road congestion, reducing vehicle waiting time and carbon emissions.

3

專題報導

## 壹、前言

隨著現今科技發展及資訊軟硬體設備日趨完備，民眾對於智慧交通服務之使用大幅提升，為讓用路人能即時掌握停車熱點之剩餘格位資訊及周邊停車場資訊，本計畫透過設置動態資訊顯示設備及導引策略系統，引導用路人避開前方壅塞路段或指引其至周邊有停車空位之停車場等，並將即時資訊串接至臺中交通網供用路人即時使用，以打造臺中市智慧綠能的停車資訊服務。

## 貳、計畫範圍與目的

本計畫針對臺灣大道兩大百貨公司及七期周邊(圖1)，設置10處停車導引資訊顯示牌面，透過系統接收商圈周邊停車場資訊，發布導引訊息供用路人參考，有效規劃導引至周邊停車場，以解決停車需求者尋停之困擾，並達到資源充分利用、停車動線分流、降低道路壅塞程度、減少車輛排隊等候之時間及碳排放量等效益。

## 參、交通特性與問題

台中七期商圈涵蓋新光三越、大遠百等兩家大百貨公司及老虎城商圈，與國家歌劇院等多個旅次吸引點，該區域鄰近交流道，與周邊南投、苗栗、彰化等城市流動頻繁，當地假日時段車流較大，容易造成交通壅塞。

其中壅塞程度最為嚴重，當屬新光三越及大遠百百貨所在區域，該區由於兩大百貨業者比鄰，且其停車場出入口皆位於市政北七路，無論平假日均有大量車流從臺灣大道往東右轉惠中路進入停車場，造成臺灣大道慢車道停車車隊回堵，甚至延伸至惠來路；此外亦有從臺灣大道往西左轉惠中路，以及惠中路往北左轉市政北七路之車流，造成現場車流交織問題嚴重，需多名義交於各路口進行指揮，如圖2所示，詳細說明如下：

### 一、臺灣大道慢車道停車車隊回堵

臺中市七期百貨商圈周邊主要幹道包含



圖1 計畫範圍



圖2 周邊停車問題

臺灣大道、惠中路、惠來路、河南路及文心路等，其中新光三越及大遠百兩大百貨之停車場出入口皆位於市政北七路，當百貨公司開始營業時，即會引吸大量停車需求，尤以周年慶或活動期間甚為明顯，進入停車場之車潮主要會由市政北七路沿惠中路及臺灣大道慢車道回堵，甚至車隊延伸至惠來路；現況臺灣大道惠來路口，車流量大且路口即有公車站，因此本身車流交織嚴重，又行人通過路口需求量大，容易受停等車隊影響，故路口至少有2名義交進行交通導引及指揮。

## 二、惠中路停車車隊車道分流管制

由於進入兩大百貨之車潮皆同時於臺灣大道西往東方向慢車道，往惠中路方向前進，當於路口右轉進惠中路時，將依車道分流為往新光三越及往大遠百之2條排隊路線，而於本路口，因也會有臺灣大道東往西方向左轉進入惠中路之車輛要前往百貨公司，將會插隊進入排隊車路線，因此本路口雖已有2名義交指揮交通及引導排隊車隊，但時有車輛插入車隊或中途駛離之交織現象。

## 三、惠中路市政北七路口交織

百貨公司停車場出入口位於市政北七路，除了有由惠中路右轉進入之排隊車隊外，亦有惠中路南往北方向左轉進入市政北七路欲停車之車隊，因此本路口除了有2名義交指揮交通，導引兩方向車隊確保路口淨空外，市政北七路往惠中路方向，亦禁止車輛左轉，以減少交織。

## 肆、停車動態資訊導引策略擬定

為解決上述停車問題，本計畫首先盤點周邊停車場，以瞭解該區停車供給量，再透過車流分析來檢視停車需求，據以擬定最佳化導引策略。

### 一、停車供給盤點

本計畫盤點周邊停車場汽車格位數超過90格以上公有停車場共計8場及兩大百貨公司停車場，位置如圖3所示。針對上述8座停車場，進行周日下午尖峰時間使用率與周轉率分析，如

圖4所示，發現鄰近百貨公司之停車場平均車位使用率高，而市政公園停車場與惠來立體停車場停車格位數多，使用率相對較低，且該兩場為百貨公司特約停車場，在導引策略規劃時將作為主要導引目標。

## 二、停車導引策略規劃

本計畫檢視遇假日期間，臺灣大道鄰近新光三越與大遠百兩大百貨商圈有大量停車需求，部分外地駕駛者並不熟悉當地停車場區位，更凸顯停車導引資訊的重要性，綜合考量



圖3 周邊停車場位置

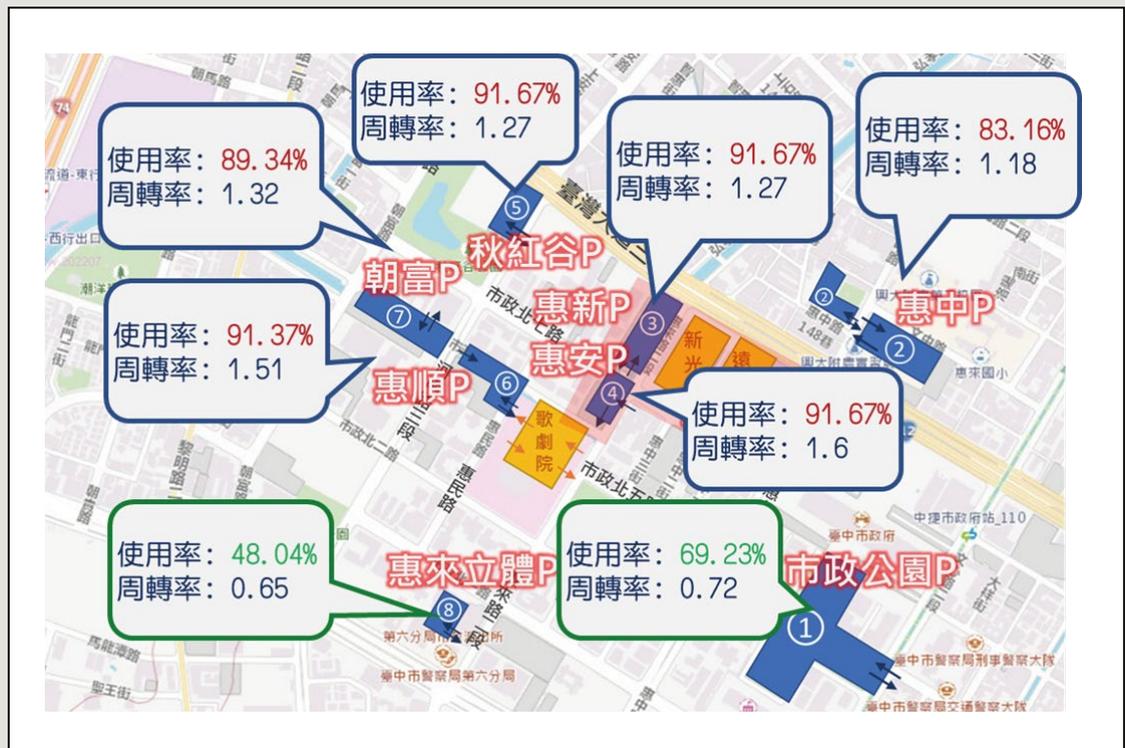


圖4 周日尖峰時間停車場平均車位使用率、周轉率

本計畫範圍內車流來向以及動線、主要活動及景點分布，以及路網分布、禁左禁右措施等，整體規劃程序如圖5所示，詳細說明如下。

(一) 停車需求分析

經現地勘查，以及利用google路段績效資料進行分析，本區域主要車流方向如圖6所示，進入停車場之車潮主要會由市政北七路沿惠中路及臺灣大道慢車道回堵，甚至車隊延伸至惠來路；現況顯示臺灣大道與惠來路交叉口，車流量大且路口即有公車站，因此本身車流交織

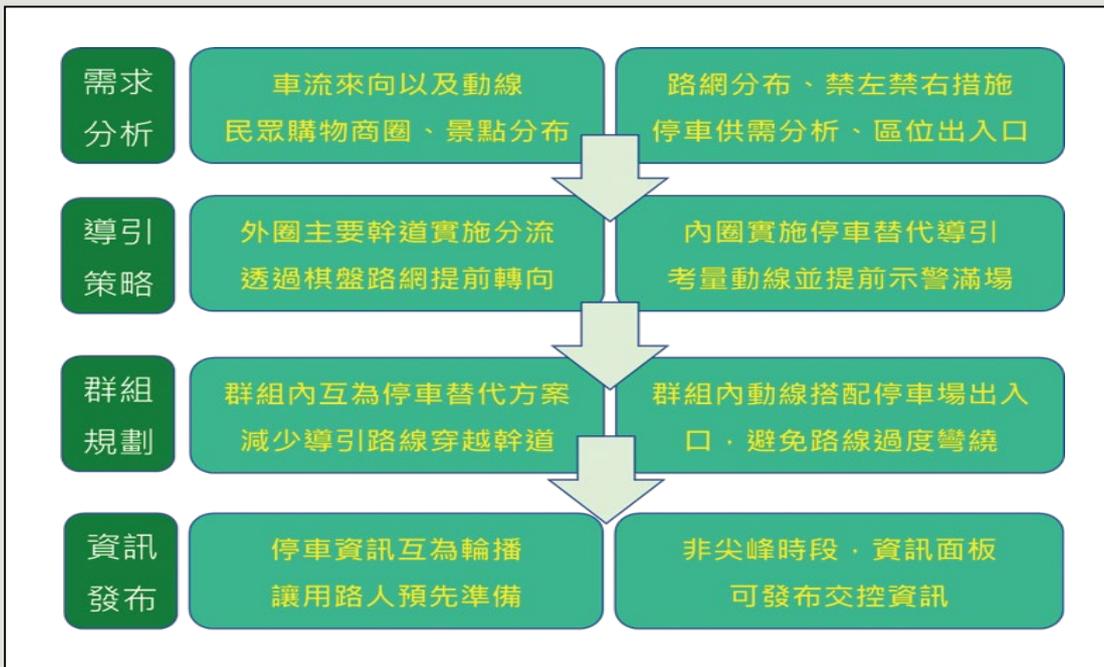


圖5 停車導引策略規劃程序



圖6 車流方向

嚴重，又行人通過路口需求量大，容易受停等車隊影響。

## (二) 導引策略擬定

由於臺灣大道於部分路口禁止車輛左轉、右轉措施，為維持臺灣大道幹道穿越性車流續進、減少車流衝突，本計畫依據棋盤路網特性，採用攔截圈導引概念，如圖7所示，在外圈

實施分流，搭配既有CMS (X014820) 臺灣大道(東興路大墩路間)往東海，以及外圈節點外1、外2、外3設置牌面，導引欲前往商圈的車輛透過棋盤路網提前轉向，以空間重新分配過度集中的旅次，提高路網效率；當車輛進入至內圈商圈周遭道路後，可透過小型資訊面板掌握鄰近停車場之剩餘格數，選擇前往方向，當顯示滿場時，用路人可選擇替代停車場或其他民營停車場，以預先準備，減少尋停。



圖7 攔截圈導引設計



圖8 停車導引面板布設

考量各停車場之導引服務範圍、現有路網型態及停車場供給數量、出入口，區劃出導引服務範圍，經現勘停車場位置與車流狀態，主要以可執行轉向、無遮蔽之大型路口，並利用既有桿件，縮短施工時程，規劃10處設置點如圖8所示。

### (三) 停車導引群組規劃

本計畫選定公營停車場，且有剩餘格位數可介接之停車場，以停車場周圍2,000公尺為停車導引服務半徑，劃定各停車場之導引服務範圍。考量車流來自高速公路或是市區，區分為二個群組，如圖9所示，群組一為來自高速公路往市區之車流，群組二為其他方向車流，並依停車場之導引服務範圍、現有路網型態以及停車場供給數量、出入口，進一步區劃出各面板之導引服務範圍。

群組一內的導引皆有配置引導到較大型之百貨公司特約停車場「市政公園停車場」，希冀能避免大量車流進入核心區；群組二內的導引皆有配置引導到較大型之百貨公司特約停車場「惠

來立體停車場」，希冀能避免因車流進入核心區，卻因停車場滿場找不到停車位之情況。

### (四) 資訊發布設計

考量用路人在行駛時只有短暫瞬間即通過導引面板之可視點，因此導引面板顯示的資訊不宜過多，以免資訊過量使用路人無法即時理解情況。有關牌面資訊顯示方式參考其他系統建置實務經驗，規劃如圖10所示，其中應機關需求，當

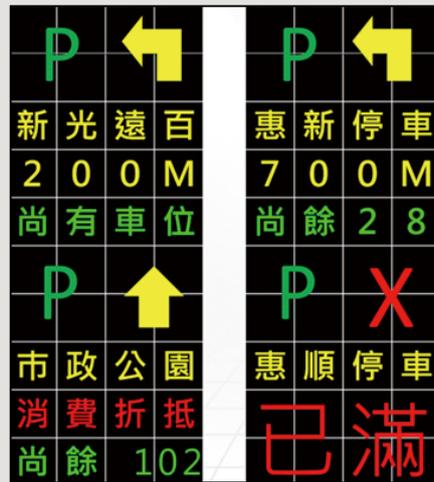


圖10 資訊發布設計



圖9 停車導引群組規劃

停車場已滿時，不再顯示停車場方向，以紅色“X”替代，儘可能疏散車流，而百貨公司特約停車場導引內容不需顯示距離，改顯示「消費折抵」，以增加用路人前注意願。

運輸管理科、交通工程科等科處之各類交通資訊。本計畫考量交通局整體系統發展及架構擴充之一致性，故以交通局既有TOPIS系統為基礎，來建置停車資訊導引系統，包含系統功能整合(詳圖11)、資料介面統一及通訊架構共通等方向進行。

## 伍、停車動態資訊導引系統

### 一、系統架構

臺中市交通局TOPIS平台於108年度起建立各科室資訊整合查詢介面，包含整合停車管理處、交通行政科、公共運輸及捷運工程處、

### 二、軟體架構

本系統之中心端軟體模組主要分為資料接收、導引策略、資訊發布模組、統計分析模組以及使用者介面(UI)，軟體模組架構如圖12所示，各模組功能說明如表1所示。



圖11 與TOPIS功能整合

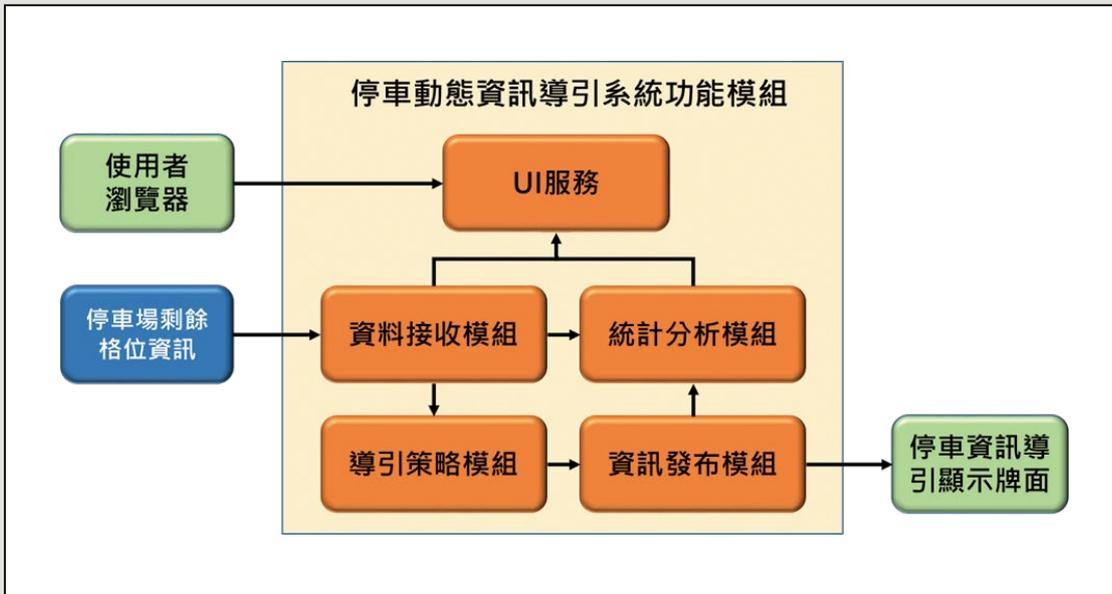


圖 12 系統軟體模組架構

表 1 系統軟體模組說明

項次	功能模組	說明
1	資料接收模組	自動執行資料接收程序，收集停車場資料，提供導引策略模組產生導引內容，並將歷史資料儲存至資料庫中，供後續資料統計分析
2	導引策略模組	依據停車場停車位資訊、停車導引策略，以及系統已建立之相關導引設定資料，產生及下載導引看板顯示內容
3	資訊發布模組	將導引策略模組所產生之導引內容，每5分鐘下載至停車資訊導引面板(3.0版通訊協定)
4	統計分析模組	針對系統即時資訊、系統運作狀態及各項設備狀態之記錄存檔，提供查詢、列印以及統計與分析
5	使用者UI服務	以Web方式呈現，可監看如位置、停車場資訊、停車場容量、型態與即時剩餘車位數等資訊。監控畫面之設計主要採用儀表板方式，操作人員能夠一眼得知目前系統運作之狀況

## 陸、計畫成效

為瞭解系統建置績效，本計畫針對系統建置前、後，計畫範圍內周邊停車場之使用率變化進行分析，其中秋紅谷、惠中、新光三越停

車場之資料有缺漏或不合理之情形，故不列入分析。分析結果如表2及圖 13、14所示，說明如下：

表2 停車使用率分析表

假日						
No	停車場名稱	時段	使用率(%)		使用率提升	停車車次增加
			建置前	建置後		
1	惠新停車場	12~19	97.9	100	2.1%	4
2	惠安停車場	12~19	90.6	99.7	10.0%	9
3	惠順停車場	12~19	76.7	95.1	24.0%	26
4	朝富停車場	12~19	80.6	98.8	22.6%	39
5	市政公園地下停車場	12~19	48.7	65.8	35.1%	316
6	惠來立體停車場	12~19	39.9	46.9	17.5%	69
小計：					(平均) 18.6%	(合計) 463
7	大遠百地下停車場	12~19	97.8	99.3	1.5%	19
平日						
No	停車場名稱	時段	使用率(%)		使用率提升	停車車次增加
			建置前	建置後		
1	惠新停車場	08~17	71.8	82.1	14.3%	28
2	惠安停車場	08~17	63.7	71.8	12.7%	12
3	惠順停車場	08~17	88.4	85.1	-3.7%	-4
4	朝富停車場	08~17	64.6	74.2	14.9%	25
5	市政公園地下停車場	08~17	81.6	84.8	3.9%	35
6	惠來立體停車場	08~17	88.6	74.6	-15.8%	-62
小計：					(平均) 4.4%	(合計) 35
7	大遠百地下停車場	08~17	65.7	71.1	8.2%	103

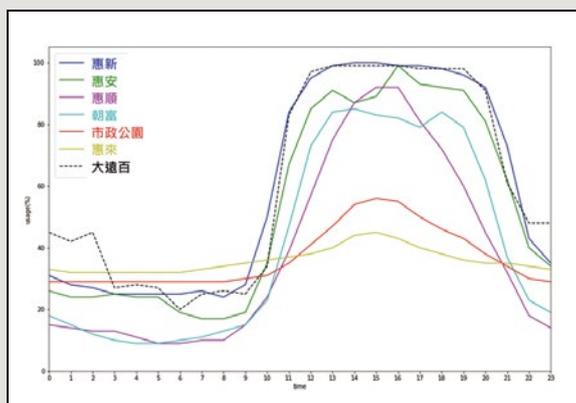


圖13 假日使用率比較圖\_建置前

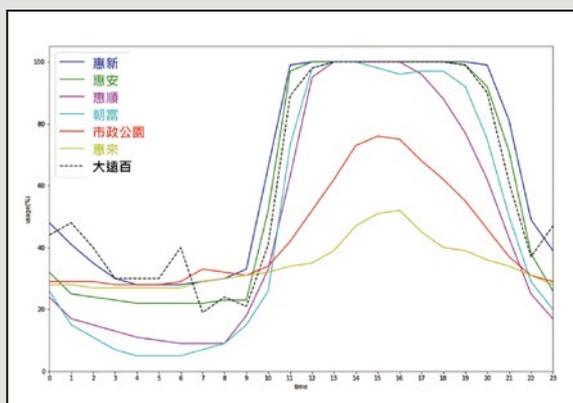


圖14 假日使用率比較圖\_建置後

## 一、假日

平均提升幅度約為19%，如扣除惠新、惠安等本就時常滿場之停車場，使用率平均提升幅度將近25%，其中以市政公園35%的提升幅度為最佳，而朝富、惠順停車場之使用率亦顯著提升，2處停車場於假日尖峰時段(12~17時)使用率接近100%，已被充分利用，顯示以市政公園為主要導引對象之A、B、C、G等面板，以及以內圈導引為重點之D、E等面板，有達到預期之設置效果。

## 二、平日

平日上班時間較為民眾使用之惠來立體停車場，其使用率有下降之情形，而位於同一導引路徑之惠新、惠安及朝富等停車場，使用率則有提升，或可說明本計畫之停車導引策略除可針對假日停車問題進行改善外，於平日亦有達到部分車流疏導之效果。

## 結語

本計畫針對臺灣大道兩大百貨公司及七期周邊，設置10處停車導引資訊顯示牌面，以接收商圈周邊停車場資訊，發布導引訊息，引導用路人避開前方壅塞路段或指引其至周邊有停車空位之停車場，期望達到資源充分利用、停車動線分流、降低道路壅塞程度、減少車輛排隊等候之時間及碳排放量，並解決停車需求者尋停之困擾，各項工作執行成果說明如下：

### 一、停車資訊導引策略擬定

本計畫首先盤點範圍內停車場汽車格位數超過90格以上公有停車場，並分析其使用率及周轉率，瞭解其尖峰時段之使用情形，納入停車導引策略規劃。整體停車導引策略主要以疏

導新光、遠百兩大百貨假日停車車流之情境進行設計，採用攔截圈導引概念，在外圈實施分流，搭配既有之交控CMS發布導引訊息，避免車流過於集中幹道，內圈則進行替代導引，有效引導已進入商圈之車流前往替代停車場。

系統建置後，計畫範圍內替代停車場於假日之使用率平均提升幅度約為19%，如扣除惠新、惠安等本就時常滿場之停車場，平均提升幅度將近25%，顯示本計畫之停車導引策略已見初步成效。

## 二、停車動態資訊導引系統設置

考量交通局整體系統之長遠發展，規劃與臺中市交通局TOPIS平台進行整合，在硬體架構方面，將本次新增之導引面板設備，納入TOPIS系統既有MDVPN 4G傳輸群組，應用伺服器則與TOPIS系統同樣採用中華電信HiCloud虛擬化伺服器，並規劃於同網段，在軟體架構方面，則是將軟體功能整入TOPIS單一簽入功能選單，以符合交通局整體系統發展及架構擴充之一致性。

## 三、路側設備硬體採購安裝

考量本計畫範圍之道路多為主要幹道，如臺灣大道、文心路、河南路等，採傳統大型停車資訊顯示面板，除設置不易外，亦影響市容美觀，且進入商圈之車流車速較慢，並不需要大型面板來增加用路人反應時間，故本計畫採用在其他縣市使用效果良好之直立式小型面板，來進行停車導引訊息發布。

# AI與動態號誌技術之 結合—高雄市脆弱路 段智慧號誌推動經驗

關鍵詞(Key Words)：適應性號誌控制(Adaptive Traffic Signal Control)、AI人工智慧(Artificial Intelligence)、交通模擬(Traffic Simulation)

- 高雄市政府交通局／智慧運輸中心／主任／許乃文 (Hsu, Casper) ❶  
 高雄市政府交通局／智慧運輸中心／股長／黃祺芳 (Huang, Chi-Fang) ❷  
 高雄市政府交通局／智慧運輸中心／科員／涂嘉芸 (Tu, Chia-Yun) ❸  
 台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／經理／張智華 (Chang, Chih-Hua) ❹  
 台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／正工程師／戴智淵 (Tai, Chih-Yuan) ❺  
 台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／正工程師／齊瑞峻 (Chi, Jui-Chun) ❻  
 台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／工程師／張悅朗 (Chang, Yue Lang) ❼

## 摘要

本篇文章主要探討如何運用AI人工智慧技術於動態號誌控制，並以「高雄市脆弱路段智慧化號誌交控應用計畫」為案例，分析導入之策略、方法與效益及未來可能之發展方向。因AI對於時序性資料具備優異的預測能力，得益於其巨量資料消化能力和即時性，可以即時處理繁複的巨量資料，利用其核心之深度學習神經網路，從車流資料中抓取關鍵特徵和模式，進行即時流量預測，優化過去智慧化號誌實施之限制條件；此外透過AI模擬環境構建及學習機制，推導路段上各路口目前車流狀態，從而不需要逐路口廣佈設備，降低設備佈設需求。透過實際整合國內的交通、資訊、偵測器與號誌控制器等軟硬體供應鏈，這項技術能力的累積與專案綜效的具體呈現，將實質有效提升國內號控產業的技術能力。



## Combining AI with Dynamic Traffic Signal Technology - The Experience of Promoting Intelligent Signals in fragile Road Sections in Kaohsiung City

### Abstract

This article primarily discusses the application of AI (Artificial Intelligence) technology in dynamic traffic signal control, using the "intelligent traffic signal-control on fragile roads in Kaohsiung City Project" as a case study. It analyzes the strategies, methods, benefits, and future development directions of the implementation. AI exhibits excellent predictive capabilities for temporal data, thanks to its ability to digest massive amounts of data and its real-time processing capabilities. It can handle complex data in real-time, utilizing its core deep learning neural networks to extract key features and patterns from traffic flow data for real-time traffic flow prediction, optimizing past limitations of intelligent traffic signal implementations. Furthermore, through AI simulation environment construction and learning mechanisms, it deduces the current traffic conditions at various intersections on the road section, eliminating the need for device deployment at each intersection, thus reducing equipment deployment requirements. By integrating domestic traffic, information, detectors, and signal controllers into the supply chain, this accumulation of technological capabilities and the concrete presentation of project synergy will substantially enhance the technical quality of the domestic signal control industry.

3

專題報導

## 壹、高雄市智慧化號誌發展

高雄市的都市發展和產業發展具有多元化和特色化的特點，包含港口經濟、重工業和製造業、觀光和文化產業，以及近年積極推動產業轉型的高科技S產業廊帶與亞灣5G AIoT新創園區等計畫，創造了產業的蓬勃發展，不僅帶動了高雄市的經濟增長，也為當地創造了就業機會，同時豐富了城市的文化和社會生活。然而，產業轉型與發展相對也創造了新的交通需求，對都市交通網路造成相當大的衝擊，在道路資源有限的情況之下，需要導入新的科技，以突破性的創新方法來解決都市面臨的交通問題。

在交通環境面，高雄市屬於偏向汽機車導向的都市，根據交通部111年民眾日常使用運具狀況調查結果顯示，高雄市僅8.4%旅次使用公共運輸，相對而言，高達79.2%的旅次使用私人機動運具，即每一位高雄市民，包含嬰兒、小孩、年輕人、老年人等，平均擁有1.1輛汽機車，也因此，高雄市擁有相對其他縣市較為寬廣的道路，一般而言，都市內部的交通流動相對順暢。然而，許多重現性的交通壅塞問題發生在高速公路及快速道路交接處，以及高、快速公路匝道處與周邊鄰近道路，分析發生的原因在於汽機車的使用量大，尤其在交通尖峰時段，道路上的車輛密度提高，導致交通壅塞，進而導致行程延誤、時間浪費和不便。

因此高雄市從98年起開始針對多處高快速道路與平面路段交會處推動智慧化號誌，包含大中快速道路與翠華路口、台88三處交流道、國10自由三路匝道等路段建置適應性號誌控制系統，以紓解龐大的上下匝道車流量，並於110年度於高雄港洲際貨櫃中心之聯外交通台17線，導入先進的AI人工智慧於號誌控制系統，藉以紓解車流壅塞之情況，並維持平面道路周邊路口之續進，迄今已針對64處瓶頸路段建置智慧化號誌路口。

## 貳、脆弱路段計畫案概述

高雄市政府於111-112年度著眼於近年快速的經濟成長與都市化，市區路網日益承載著更大車流量，高快速道路匝道周邊路口節點是易產生重現性交通壅塞的重點，有必要對路口進行更有效率的號誌控制，因此推動「脆弱路段智慧化號誌交控應用服務」案，除了優化傳統固定時制TOD（Time of Day, 定時號誌）號誌，透過擴大實施建置適應性號誌、動態時比、AI學習等智慧號誌控制系統，以使號誌能適應不同時間和交通狀況下的變化。

### 一、緣起與目的

為均衡南北區域發展，行政院經濟部提出「大南方大發展南臺灣發展計畫」，從台南科學園區往南延伸至路竹科學園區、橋頭科學園區的半導體S廊帶，串聯亞洲新灣區的智慧科技物流及高雄南端的新材料循環產業園區，整體南臺灣科技產業廊帶儼然成型，預期吸引科技產業投資進駐與增加就業機會，讓高雄市成為南台灣產業區域中心及國家新南向策略發展基地。因應半導體科技產業、智慧材料產業與供應鏈發展需求，高雄海空雙港及便捷交通網路優勢成為發展關鍵，因而盤點高雄市地理特性、產業發展及人口分布，既有發展主要位於西部，主要道路南北向以國道1號高速公路及省道台1(岡山-楠梓-左營)、台17、台25、台29作為骨幹，串聯各級道路；東西向則以國道10號、省道台28、台1(三民區以東)及台88快速道路為主軸，現況道路系統仍有許多瓶頸或可稱為脆弱的路段急需改善，為本計畫的核心目標。

### 二、計畫實作範圍

依據核心目標，該計畫改善台88快速道路大寮與大發交流道、九如一路鄰近國道1號高

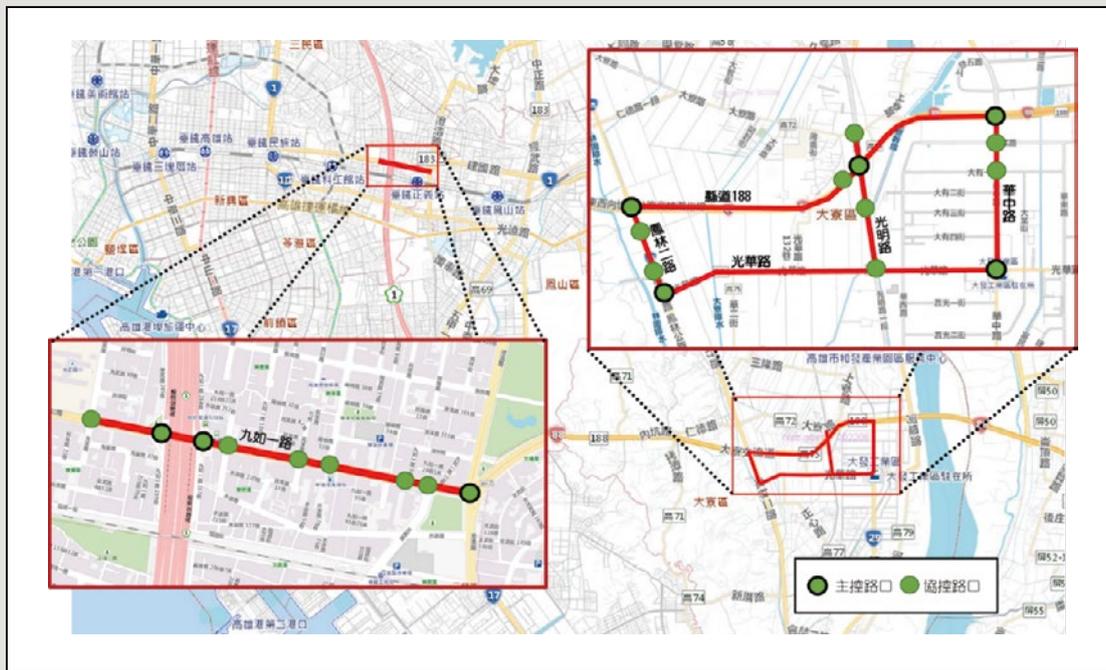


圖1 智慧化號誌實作範圍

雄交流道周邊路網的瓶頸路段，建置範圍如圖1所示，藉由智慧交通科技應用導入，改善道路壅塞狀況，提升整體路廊即時監控與運作管理程序。

#### (一) 台88大發大寮工業區

高雄市於103年即針對台88延伸國3至林邊路段為區域整合，進行強化路廊聯絡道及替代路徑之資訊蒐集與發佈，並針對較壅塞之台88鳳山交流道下匝道路口實施智慧化號誌控制，該計畫延伸區域整合範圍以強化路廊管理，將智慧化號誌控制延伸至大寮與大發交流道及周邊路口，來提升往來工業園區聯絡道路之運作績效。台88之大寮交流道及大發交流道為往返大發工業區之重要路口，大寮交流道路口最大尖峰流量達5,577 pcu/hr，路口尖峰服務水準為E級，大發交流道路口最大尖峰流量達5,210 pcu/hr，路口尖峰服務水準為E-F級，大寮及大發交流道其現況週期配置與鄰近路口均不同，且與鄰近路口路段長度較長，因此在控制策略上可

作為獨立群組進行控制，採取週期不固定之適應性控制方式，大幅紓解路口車流。

#### (二) 國1九如一路

國道1號於高雄市轄內之交流道，平、假日車流量高，匝道車流量變異大，上匝道車流無法即時紓解，容易回堵至平面道路。該計畫針對九如一路鄰近國道1號高雄交流道周邊路口實施智慧化號誌控制，依據即時偵測之車流狀況動態調整路口時制秒數，進行路網號誌連動控制，維持九如一路續進能力。高雄交流道之九如一路為往返國道1號之聯絡道路，其昏峰南下匝道與北上匝道路口分別有5,509 pcu/hr與5,585 pcu/hr，尖峰時段路段服務水準為E-F級，考量控制路口鄰近路段長度及路段完整性，因此將九如一路(光武路-建國路)等9處路口進行實作，在控制策略上，因九如一路路段週邊路網鄰近路口數量多，因此採取固定週期的方式，僅透過時比秒數調整運作，避免造成控制範圍外交通壅塞問題產生。

## 參、AI與動態號誌控制整合

脆弱路段智慧化號誌計畫首次透過AI與過去動態號誌控制系統進行整合應用，優化過去路口控制之資料收集及路口控制等相關實務課題，整合項目包含AI預測整合適應性號誌控制，以及AI強化學習整合動態時比控制，分別說明如下。

### 一、AI預測整合適應性號誌控制

台88大發大寮工業區路段採取AI預測整合適應性號誌控制模式，優化既有適應性號誌因邏輯需求，需布設多處路況偵測設備上之課題，解決經費成本及路段布設之困難。

#### (一) 適應性號誌控制策略

適應性號誌係具高靈活性、週期不固定的號誌控制模式，因此多於獨立路口進行運作，若有鄰近路口時則採取時相連動方式配合(獨立群組運作)，如交流道上下匝道路口、觀光區域獨立路口等。此控制來源依據路段上車輛之等候通過情形變化，逐步決定時相之時制秒數是否延長或中止，因此控制原則上無須進行時段切分設定，僅由一套時制計畫涵蓋全天候時制控制內容，適應性號誌之綠燈時間雖取決於

即時等候線長度，但是應該大於最小綠燈時間及小於最大綠燈時間，當此於分相滿足最小綠後，且尚未到達最大綠時，每兩秒進行進一步車流判斷，包含本時相等候線長度是否過長、競爭時相等候線長度是否過長、二元決策判斷等，其中，二元決策為比較延長現行時相綠燈2秒可增加的效益，及競爭時相所增加的成本，若效益大於成本，則延長現行綠燈時相，否則變換時相至下一時相。

由於適應性號誌控制邏輯主要以路段等候線長度作為資料來源，受限於車流偵測資料停等長度限制，往往須於壅塞路段布設多組車流偵測器，藉以掌握較完整之車流等候線資訊。

#### (二) AI預測模式

由於台88快速道路上已有既有偵測設備，為降低偵測器布設成本及跨單位資料共享利用，該計畫透過AI演算法輔助，以上游路段既有車輛偵測器(VD)設備，即可利用預測資料推估下匝道交通量，進一步換算下匝道等候線長度，擺脫車流偵測器偵測範圍限制，並使適應性控制邏輯更加貼合路口車流運行之實際情況。

在AI預測訓練過程期間反覆實驗多種GRU單元數、模型層數、批次訓練樣本數大小、特



圖2 以台88既有VD進行預測並取代等候線車流偵測器串接

徵值等模型參數組合，比較不同參數調整對預測誤差值趨勢變化的影響和長期運作效能消耗後，決定最終符合條件之最佳模型。為評估模型預測效果，輸入訓練期間以外之資料集，將預測值與真實值進行比較，隨機挑選一週資料繪製預測圖表，結果如圖3所示，預測結果能夠貼切描述實際車流趨勢線形變化，適合提供適應性控制邏輯使用。

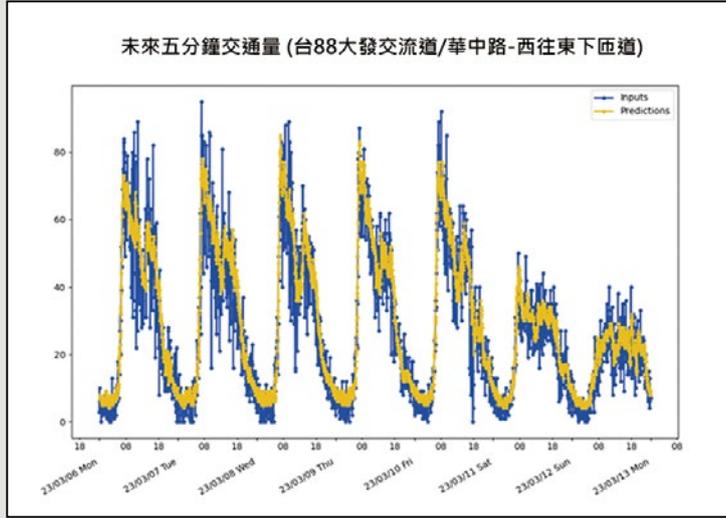


圖3 台88大發下匝道AI模型預測及實際車流比較圖

(三) 控制邏輯架構整合應用

AI預測整合適應性號誌控制邏輯如圖4所示，過去建置適應性控制之路口，受限於車流偵測器之偵測範圍限制，為偵測實際等候線長度，均透過車流偵測器串接方式取得較長的車流等候線長度，而AI演算法對於時序性資料具備優異的預測能力，得益於其巨量資料消化能

力和即時性，可以即時處理繁複的巨量資料，利用其核心之深度學習神經網路，從車流資料中抓取關鍵特徵和模式，進行即時流量預測，推估未來等候線變化，將能夠輔助適應性號誌的資料輸入。適應性控制路口使用AI演算法輔助的做法能突破車流偵測器偵測範圍限制，並

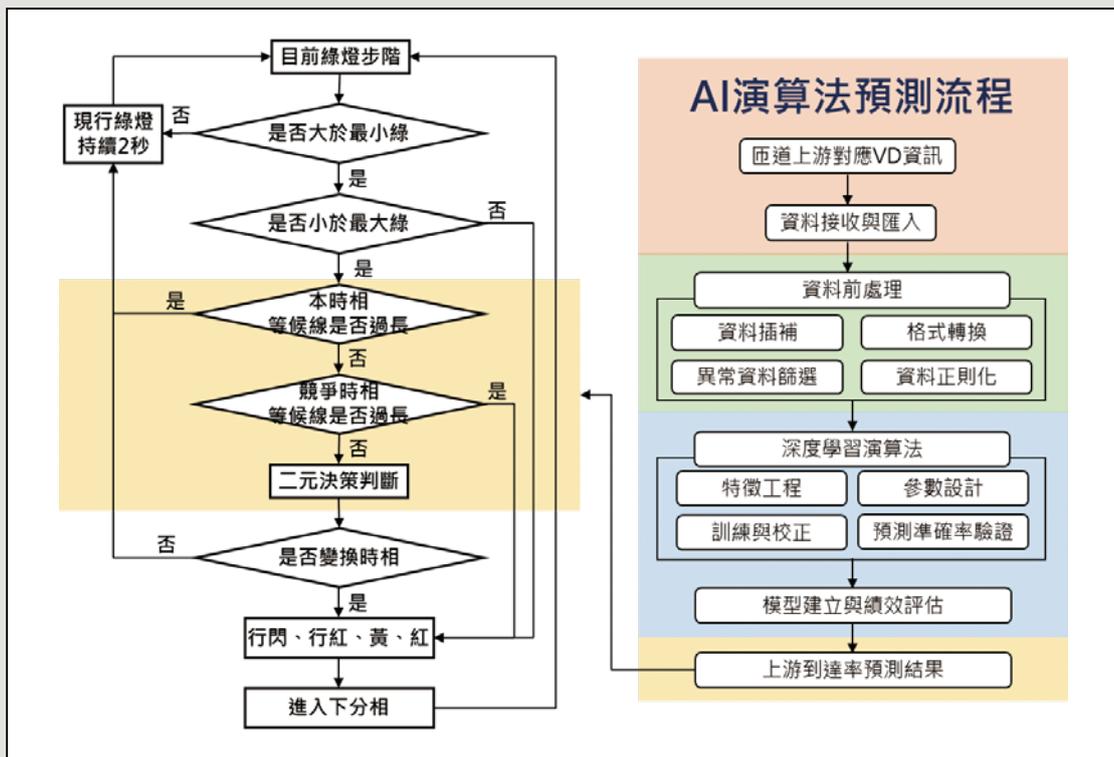


圖4 AI預測整合適應性號誌控制邏輯圖

使適應性控制邏輯更加貼合路口車流運行之實際情況，達到「超前因應」未來車流變化，而達成號誌最佳化控制。

## 二、AI強化學習整合動態時比控制

九如一路交流道東西兩側及九如一路/澄清路等3處路口，為此控制範圍內重要關鍵路口，此3處關鍵路口採用逐週期動態調整時比分配之控制邏輯，以紓解上下匝道及幹道交會轉向之龐大車流。而沿線仍有6處次要路口需要共同動態配合，受限於次要路口無偵測設備，因此該計畫將次要路口導入AI演算法，依據主控路口時比產生、路口轉向量及路段旅行時間等資訊，產出最佳化幹道續進時制，紓解往返九如一路通過性車流，提升整體控制範圍幹道續進效率。

### (一) 動態時比控制策略

如圖1所示，九如東西兩側匝道及九如一路/澄清路等3處路口實施動態時比控制，採逐週期動態調整時比分配方式，使時比秒數能彈性符合實際車流通行需求，在週期設定上考量控制範圍及鄰近路口(控制範圍外)之時制配置，以TOD (Time of Day, 定時號誌) 之週期配置為基礎進行控制，避免週期不一致影響到控制範圍外之路段。此三處關鍵路口依據路口即時各方向各流向車流通過狀況及路口停等資訊，計算各分相各流向在綠燈秒數使用狀況，作為下週期時比調整重要因子，原則上相同單位綠燈秒數下，實際通過車輛數越多則代表綠燈被使用時間越高，因此下週期應相對提升綠燈秒數，反之亦然。

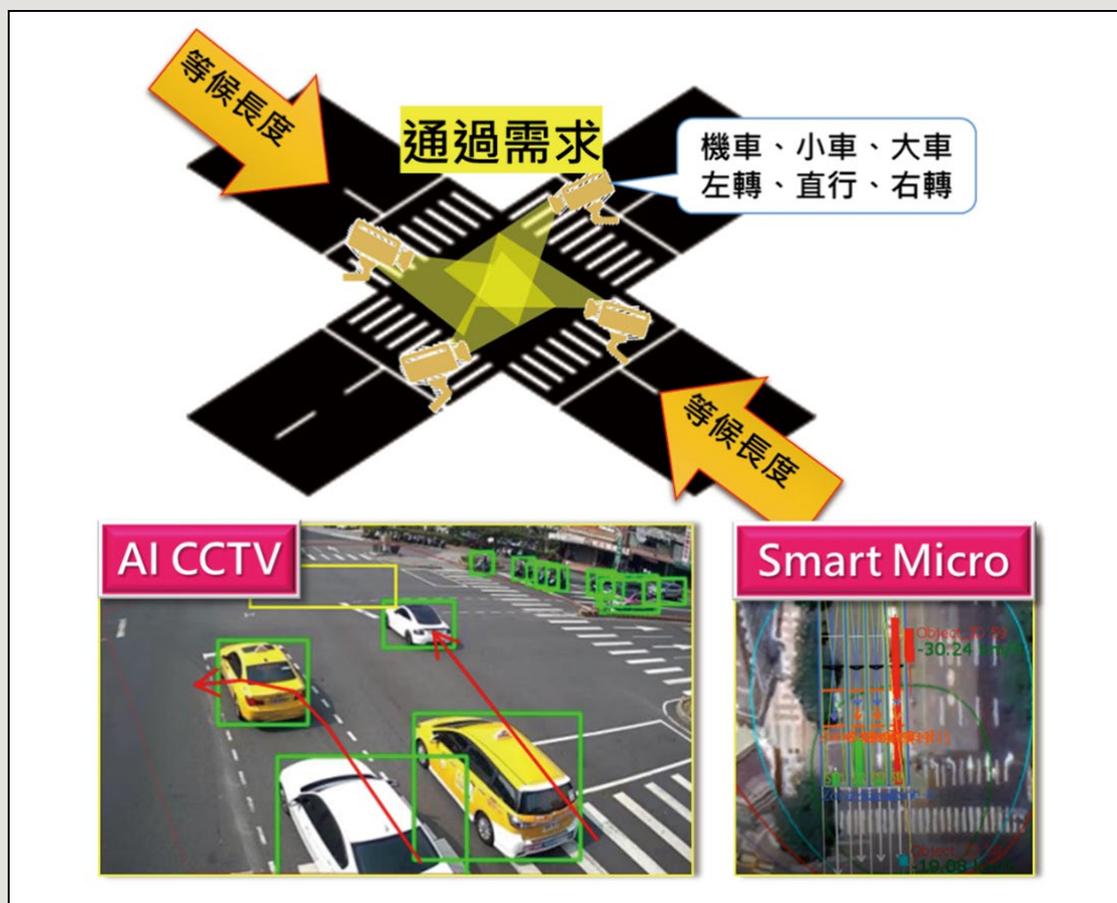


圖5 動態時比控制資訊來源

## (二) AI學習協控模式

群組路口連動是動態時比的流程之一，一般而言，當主控路口時比調整並轉換時制時，協控路口的時比也會配合調整，再通過各路口時差調整，使得主控路口放大綠燈同時確保幹道續進。該計畫使用AI進行群組路口連動此一過程，既保留多年來行之有效的動態時比，同時導入以創新方式控制多個路口。群組路口連動AI是使用強化學習(Reinforcement Learning, RL) 技術，強調AI如何自學執行最適行動策略，以獲取環境中的最大回饋獎勵。強化學習的構成包括代理人(Agent)、環境(Environment)、狀態(State)、行動 (Action)、獎勵(Reward)。環境是指任務所在的环境狀態，代理人在特定狀態做出某種回應，計算其獎勵值和推演到下一個步階。行動又被稱為策略(Policy)，是指代理人在某一種環境狀態下，採取可能動作的指引。獎勵是指代理人在環境改變後得到的獎勵訊息，一種即時評價，正數表示獎勵，負數表示懲罰，代理人目的是要使最後獲得的累積獎勵(Cumulative Reward) 最大化，強化學習組成如圖6所示。

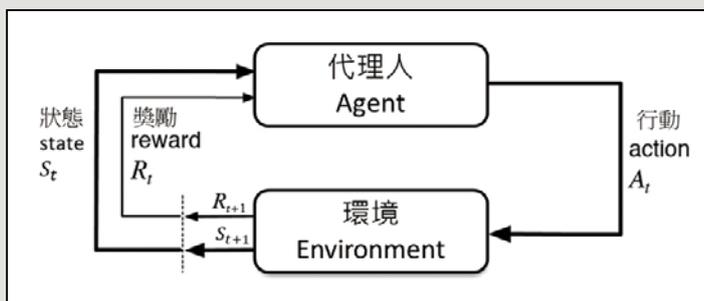


圖6 強化學習的組成

強化學習之模型訓練需要搭配虛擬環境，由AI代理人與環境反覆互動，觀察環境所提供的狀態參數，進行各種行動組合，程序將一直重覆取得改變後之獎勵值和新狀態參數，並訓練直到訓練回合結束，整個互動過程循環稱為一個回合(Episode)。代理人會不斷重覆以上流

程，並評估行動組合的獎勵值，進入到收斂程序於下個回合調校行動，藉此使該行動集合的累積獎勵(Cumulative Reward)最大化。強化學習整體過程類似心理學的學習和回饋關係，以及操作制約和行為增強的概念，在主動學習下透過回饋，對於帶來正獎勵之動作(例如：可提升幹道旅行時間之時比設定)，強化其關聯性，藉此訓練模型使其可執行路網號誌控制，達到最佳路網控制效果。群組路口連動AI目的不在於預測未來交通量而改變號誌時制，由AI觀察即時路口群組的狀態資料來進行號誌時制調整，以使整體路網優化、停等延滯減少。

AI協調控制訓練架構如圖7所示，在AI學習過程中，模擬環境是強化學習訓練必經階段，透過模擬器進行訓練和測試，容許AI演算法在短時間內測試多種可能行動組合。此計畫利用交通模擬軟體SUMO構建九如一路模擬路網，透過SUMO接口工具Python TraCI，AI演算法可以進行控制器指令對接與資訊接收。為反應真實號誌控制操作，透過自編程式碼來擴充SUMO內建號誌控制器，使其具備號誌同步下載功能；同時實作現場偵測器，模擬取得包括旅行時間、

車流及轉向量等偵測器資料，進而組成一個AI演算法訓練環境。AI於虛擬環境進行模型訓練，測試各種可能行動範圍並取得回饋，對於帶來正獎勵之動作(如幹道旅行時間改善)強化其關聯性，藉此訓練模型使其具執行連動號誌控制能力，達到最佳路網控制效果；訓練過程期間反覆實驗多種模型參數、演算法調校組合，

比較路網控制效能差異和長期運作效能消耗後，決定最終符合條件之最佳模型，模擬訓練成果如圖8所示，平日昏峰車流(交通調查資料)期間AI號控與TOD(Time of Day, 定時號誌)運作比較，可見AI在路網總延滯減少表現較優，車流在主協控路口之間有效率的通過。

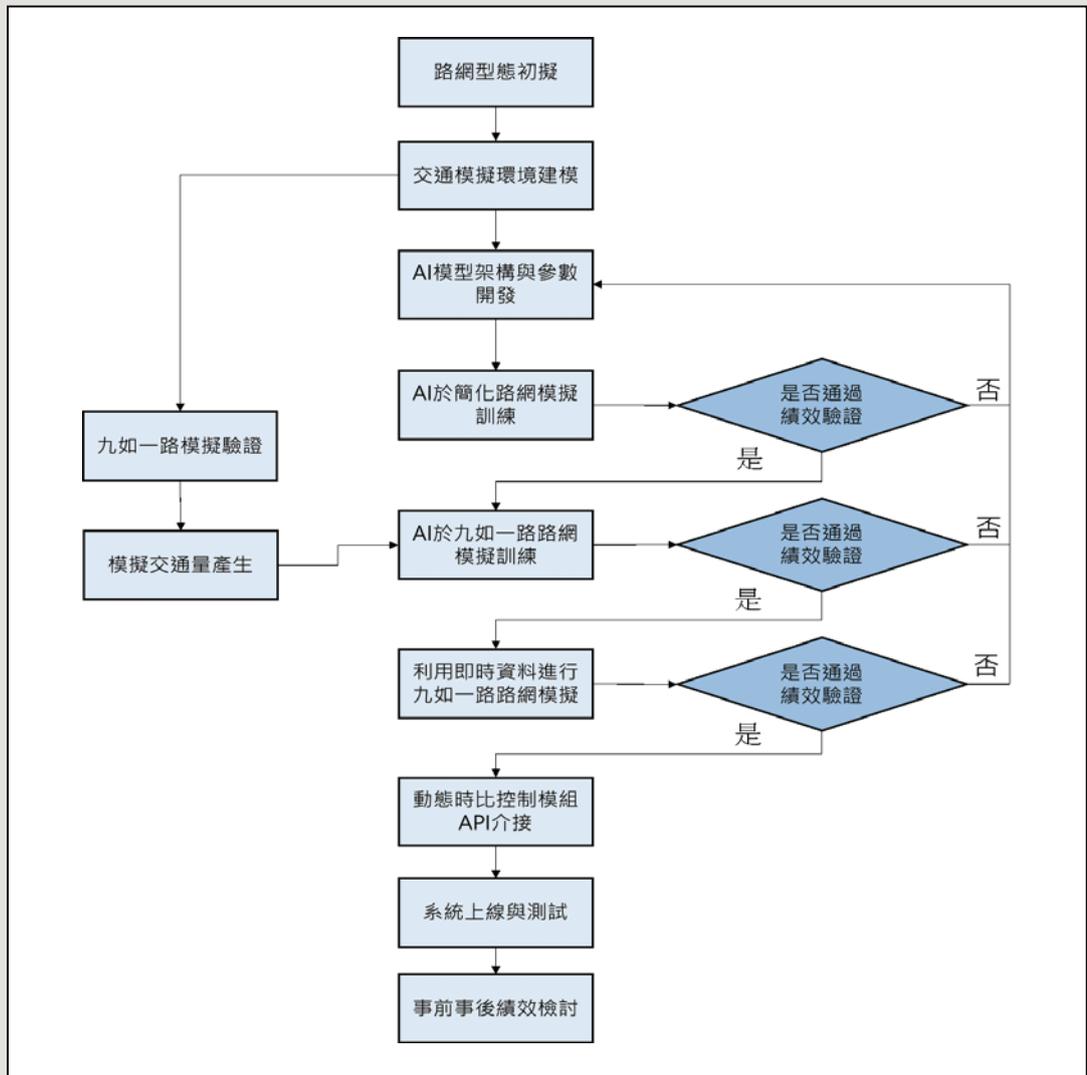


圖7 九如一路沿線次要路口AI協調控制訓練架構

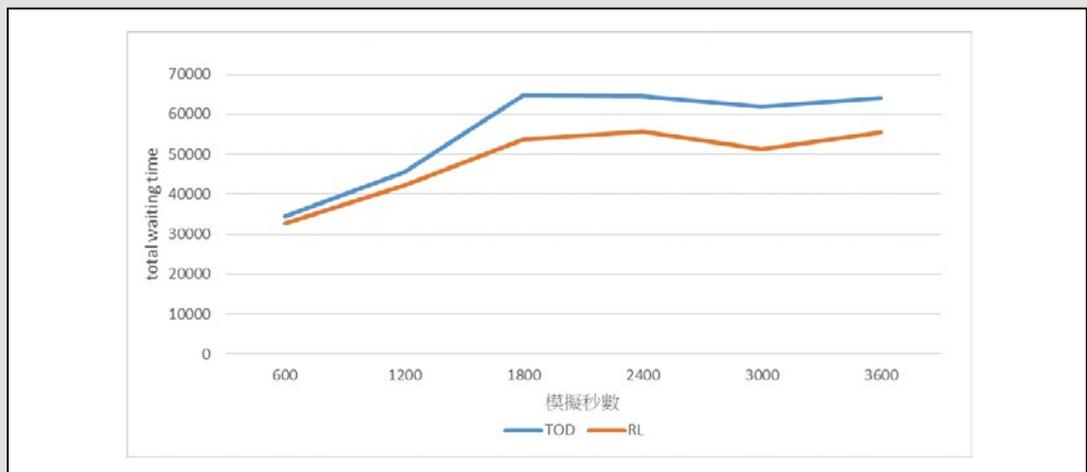


圖8 九如一路模擬訓練成果

### (三) 控制邏輯架構整合應用

在國1九如一路控制模式於關鍵路口採取動態時比控制，協控路口採取AI演算法方式進行時比控制，透過強化學習(Reinforcement Learning, RL)技術，強調AI演算法自學執行最適行動策略，以獲取環境中的最大回饋獎勵，當邏輯演算模組傳輸所需路況和號誌資訊時，由AI負責決策協控路口的時制，並回傳至邏輯演算模組執行指令下載至協控路口號誌，同時系統於歷史執行結果累積真實環境號誌控制資料集，使AI能夠定期在原有模型基礎上投入新資料集，持續訓練以精進AI演算法真實環境控制。

其控制軟體整合架構如圖9所示，邏輯演算模組是九如一路號誌群組的控制中樞，負責資料接收模組、號誌控制模組之接收和下載，當中負責執行主控路口的動態時比邏輯演算，其他包括負責執行主控路口和協控路口的降階模式，及負責介接路口連動AI模組。路口連動AI模組以API方式與控制邏輯主系統連結，邏輯演算模組傳輸所需路況和號誌資訊，由AI負責決

策協控路口的時制，並回傳至邏輯演算模組執行指令下載至協控路口號誌，在資料預處理服務進行API資料輸入，分類新動態時比資料、各個路口時制計畫、旅行時間、等候線、轉向量資料，並轉化為AI計算輸入向量；號誌決策服務即AI代理人，輸入資料集至已訓練AI模型以產生各號誌之綠燈時比輸出值。

透過控制邏輯架構整合應用，能夠利用整個路口群組的設備輸入，推導協控路口目前車流狀態，從而不需要逐路口廣布設備，降低設備布設需求，同時平衡三個主控路口的需求，針對各個路口流量有效調節其分相秒數的分配，達到整體幹道車流續進提升目標。

### 肆、計畫實施成果

該計畫除整合國內的交通、資訊、偵測器與號誌控制器等軟體供應鏈，並導入AI智慧化交通號誌控制系統，將技術能力與計畫專案成效具體化，提升國內號誌控制產業的技術能量，並有

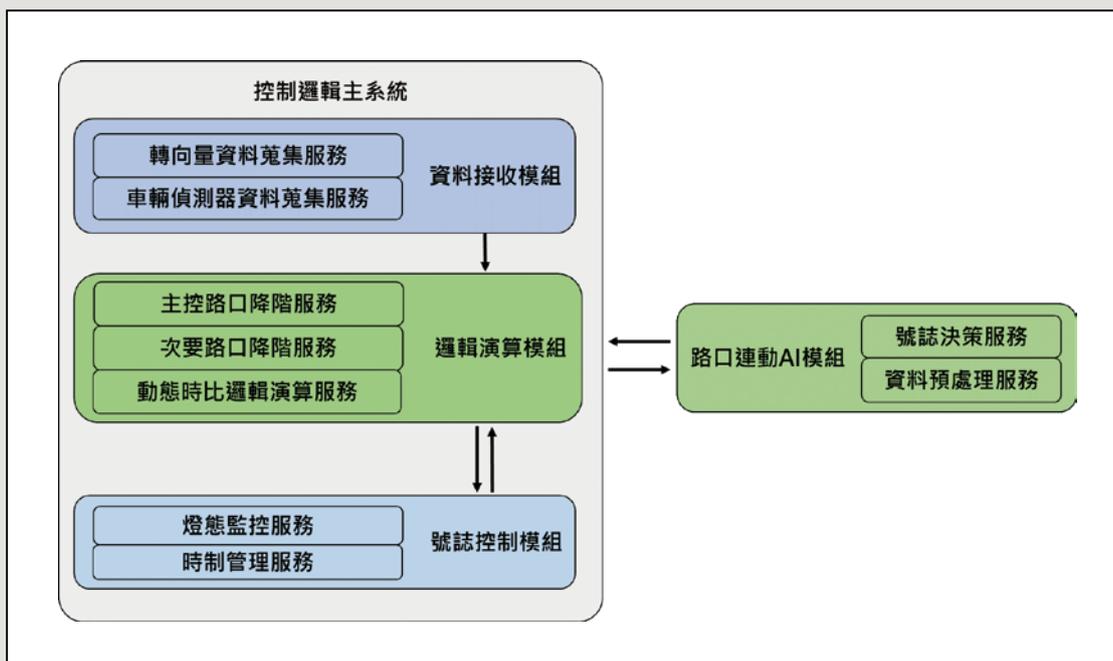


圖9 動態時比邏輯與路口連動AI之軟體功能架構圖

利於整體產業的輸出實力。在智慧化號誌控制邏輯上，針對AI與動態號誌技術之結合，優化過去智慧化號誌實施之限制條件，透過AI對於時序性資料具備優異的預測能力，得益於其巨量資料消化能力和即時性，可以即時處理繁複的巨量資料，利用其核心之深度學習神經網路，從車流資料中抓取關鍵特徵和模式，進行即時流量預測，將能夠輔助適應性號誌的資料輸入；此外透過AI模擬環境構件及學習機制，推導路段次要路口目前車流狀態，從而不需要逐路口廣布設備，降低設備布設需求。

針對計畫範圍建置後之交通效益，透過智慧化號誌即時秒數分配調整，有效降低路段旅行時間及車輛於路口之停等延滯秒數，進而提升整體路網道路服務水準，以經濟效益評估指標而言，控制範圍全年時間節省為60,577車小時，預估全年時間價值約14,708,093元/年；全年油耗節省為63,933公升，換算全年油耗節省貨幣化效益為2,891,945元/年；以空汙改善指標而言，二氧化碳全年減少211.1公噸，換算全年二氧化碳貨幣化效益為124,556元/年。綜合經濟效益評估指標與空汙改善指標貨幣化效益，計畫控制範圍合計達到全年貨幣化效益為17,724,595元/年。

## 伍、未來推動展望

### 一、AI技術實施應用

AI人工智慧是各產業的發展趨勢，協助產業打破過去限制條件，跨越過去應用界線，因此未來持續應用新的AI技術開發新模式，不僅擴充AI號誌控制路口範圍，降低偵測設備布設數量，並研究創新思維下之號誌控制應用，在有限經費下發揮最大效益。此外配合AI號誌控制，進一步發展數位雙生應用，有助於資料收集、資料預測、車流視覺化，有效提升交控中心之車流紓解、預

警通知等各項交通管理作業。

## 二、智慧化號誌應用展望

因應目前各縣市均擴大執行智慧化號誌建置方向，未來智慧化號誌路口將更普及建置應用，而智慧化號誌建置成本高，維護管理較不易，因此需進行整體性之生命週期考量，包含壅塞改善範圍界定、策略邏輯設計、控制系統建置、維護營運管理等。未來持續透過產、官、學等共同合作，探討國內實施智慧號誌之執行現況，盤點國內外廠商目前作法及執行能量，研討可行性之技術，從交通專業及軟硬體設備等條件，規劃國內智慧號誌未來實施整體架構、型式、範圍及作法，提升號誌化路口運作效率之同時，更有利於產業整體輸出實力的培養，創造國際競爭力的提升與市場開發。

## 參考文獻

1. 高雄市政府，「高雄港聯外交通改善-區域性交控及大貨車行車安全提升計畫」委託專業服務案，民國109年。
2. 高雄市政府，111-112年度高雄市脆弱路段智慧化號誌交控應用計畫委託專業服務案，民國111年。



### 3

### 專題報導

# 運用AI技術實踐 地磅站智慧化

關鍵詞(Key Words)：蘇花改公路(Su-Hua Highway Improvement)、尺寸估測(Size Estimation)、YOLO(You Only Look Once)、影像測量(Image Measurement)、物件偵測(Object Detection)

- 台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／經理／劉佳任 (Liu, Chia-Jen) ❶  
台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／計畫經理／吳心琪 (Wu, Shin-Chi) ❷  
台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／計畫經理／呂金和 (Lu, Chin-Ho) ❸  
台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／計畫工程師／張禮德 (Chang, Li-Te) ❹  
台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／正工程師／陳柏升 (Chen, Po-Sheng) ❺  
交通部公路局東區養護工程分局／金岳工務段／段長／張芯璋 (Chang, Hsin-Wei) ❻



## 摘要

蘇花改自108年1月17日開放大貨車通車以來，扮演著地方大貨車運輸、民生產業鏈的重要一環。然而「超尺度車輛」及「載運危險物品車輛」是開放大貨車通行後，一直以來的重點執法項目之一。蘇花改的地磅站是隧道群為維護隧道安全之重要隘口，以往皆採用人工操作、目視等傳統式方式進行執法，執法方式耗時且不精確，且難以依此作為執法單位製單舉發之用。

本文說明優化地磅站之智慧化辨識，包含：自動辨識危險車輛圖示並產生告警、雷達與影像自動取得大貨車之長寬高數值、車側核定重量畫面影像擷取，以及超尺度影像擷取；採用Lidar技術的感測器來描繪車輛外型，得到車體之長、寬、高數值。另採用邊緣偵測、YOLO V3物件演算法、搭配神經網路框架及OPENCV像素比例推算進行實驗。結果顯示，提升目前禁止通行車輛種類的智慧化辨識率取得顯著成效，可有效節省人為操作時間，並能大幅度解決無法快速得知大貨車核定重量及後方危險品運輸圖示之問題，亦包含：載運危險物品車輛辨識、車側核定重量影像擷取、超長、超寬、超高等超尺度辨識。其成果得以解決目前地磅站難以目視大貨車車側核定重量及低效率辨識該車輛之車長、車寬、車高之問題，並輔助目前地磅站執法單位製單舉發之執法依據，俾供後續用於車輛公路行駛的安全性判斷與違規偵測之參考。



# Utilizing AI Technology to Realize the Intelligent Upgrade of Weigh Stations

## Abstract

Su-Hua highway improvement since the opening of large trucks on January 17, 2019. Bring to the local truck transportation, and the civilian production chain are important part. However, "over-scale vehicles" and "Vehicles carrying dangerous product" are After the opening of large trucks. Have been one of the key law enforcement projects since the opening of large trucks. Su-Hua highway improvement Weighbridge Station is an important to maintain tunnel safety. In the past, traditional methods such as manual operation and visual inspection were used for law enforcement. Enforcement methods are time-consuming and imprecise. It is difficult to use this as a law enforcement.

This research aims to optimize the intelligent of weighbridge stations : 1. Automatically identify dangerous vehicle icons and generate alarms. : 2. Radar and imagery automatically obtain the length, width, and height of large trucks. : 3. Video capture of the vehicle side weight screen. : 3. Super-scale image capture.

This study uses sensors of Lidar technology to describe the appearance of vehicles and get the length, width and height of the car body. In addition, edge detection, YOLO V3 object algorithm, with neural network framework and opencv pixel ratio calculation are used for experiments. The results of increase types of prohibited vehicles intelligent recognition rate is better. It can effectively save the time of manual operation. And it can greatly solve the problem of not being able to quickly know the approved weight of the large truck and the rear dangerous transportation icon. Including identification of vehicles carrying dangerous product, image capture of vehicle-side approved weights, ultra-long, ultra-wide, ultra-high and other ultra-scale identification. The results of this research can solve the problems that the current weighbridge station is difficult to visually check the approved weight of the side of the large truck and inefficient to identify the vehicle length, vehicle width and vehicle height of the vehicle. And assist the current weighbridge station law enforcement unit for law enforcement. For subsequent safety judgment and violation detection of vehicles on highways.

3

專題報導

## 壹、前言

台9線蘇花公路山區路段改善計畫(以下簡稱蘇花改)，共分為蘇澳至東澳(A段)、南澳至和平(B段)及和中至大清水(C段)三個主要路段。蘇花改開放全線通車後，蜿蜒的山路由長隧道取代，縮短了東部地區的交通時程。蘇花改隧道群扮演著宜蘭、花蓮地區大貨車產業的重要運輸命脈。

為了維持隧道及用路人安全，蘇花改於三個主要路段的端口設置地磅站，分別為A段的蘇澳地磅站、東澳地磅站，B段的南澳地磅站、和平地磅站，C段的和中地磅站、和仁地磅站。蘇花改全線共有六處地磅站，如圖1所示。

隨著社會發展，公路運輸是目前國內化學品運輸最普遍方式，凡載運具有危險性物品穿梭於公路上，在運送過程如發生意外事故，將會因運載物洩漏而引起火災爆炸嚴重事故；另因隧道四周都裝設與救災有關之機電設備，如噴流風機、攝影機、水霧系統等，故需加以限制通行之車輛長、寬、高，以避免該相關救災之機電設備因遭撞擊導致損壞，進而影響實際救災時無法發揮應有的救災功能。

地磅站設置之主要原因，目的在於維持蘇花改的隧道安全，管制工作依據蘇花改研擬之作業流程，進行大貨車之超尺度車輛辨識與相關之車輛管制。地磅站管制車輛對象包含：超尺度車輛(超載車輛、超長車輛、超高車輛、超寬車輛)、載運危險物品車輛等。

由於各地磅站扮演著重要角色，現場環境與現行人工辨識方式，更對於地磅站的執勤人員產生極大的技術要求與考驗，地磅站車輛辨識能力的提升有待智慧辨識技術導入與科技創新突破加以改善，另亦可大幅減輕人員負擔。

## 貳、使用工具及相關文獻探討

台灣東部花蓮地區與北部區域間，現有之聯外道路系統早年僅有台9線的蘇花公路，因受地形、地質條件限制，路線彎缺迂迴、道路標準低，所以行車安全性及舒適性較差。每遇颱風豪雨經常坍方中斷，歷年來雖經相關單位持續努力改善，行車品質仍難以全面提升，因此促成蘇花改的完工通車。蘇花改的長隧道特性，存在大貨車通行的隱患，故特別重視超尺車輛違規與超載情形的交通取締。本章將說明使用工具及相關文獻探討。



圖1 蘇花改地磅站分配設置圖

## 一、通行車種管制

許多隧道事故的真實案例中，證實火災在隧道中所產生的高溫與濃煙，因氣體受空間限制無法溢散，逐漸擴散至整個隧道空間，足以造成用路人一氧化碳中毒，更嚴重則造成燒燙傷及死亡。因此，針對超尺度、超重與危險品運輸圖示之貨車車輛，進行地磅站的自動辨識設計與實驗驗證。

危險物品係指行政院勞工委員會訂定之「危害性化學品標示及通識規則」規定適用之危害物質、行政院環境保護署依據「毒性及關注化學物質管理法」公告之毒性化學物質，危險物標示與分類如圖2所示。

危險物品載運區分為「禁止通行」及「有條件開放」兩種，「禁止通行」類危險物品，

只有在影響到救災或災民民生必須之部份時，才能予以核准通行。「有條件開放」危險物品，則須事先申請並獲核准後才予以通行，故蘇花改開放大貨車通行時，考慮到長隧道之行車安全及事故發生時的排除容易性，對於載運危險物品之大貨車不予以開放通行，仍以通行台9丁線為主。

蘇花改地磅站嚴加查緝載運危險物品車輛，除了車輛之左右兩側均噴繪有公司名稱及懸掛或黏貼有危險物品標誌及標示牌，蘇花改地磅站其辨別方式為：針對後方黏貼的危險品運輸圖式，進行辨識。

此外，由於蘇花改24小時全時段開放大貨車通行，為維護蘇花改之道路行車安全，大貨車過磅及儀控管制作業，係指欲進入蘇花改之大貨車都必須進行過磅作業，並受儀控系統管

九大類危險品運輸標誌(展產印刷整理僅供參考實際以政府公告為準)						
<b>第一類：爆炸物品</b>  例如：煙火、爆竹、武器、彈藥、火箭、燃燒彈...		<b>第二類：氣體危害</b>				
		 易燃氣體 例如：乙炔、可燃性瓦斯...	 易燃氣體 例如：壓縮空氣、液態氮...	 非易燃非毒性氣體 例如：壓縮空氣、液態氮...	 毒性氣體 例如：溴甲烷...	
<b>第三類：易燃液體</b>  例如：汽油、酒精、甲苯、油漆、煤油稀釋劑...		<b>第四類：易燃性固體</b>		<b>第五類：氧化物 過氧化物</b>		
		 可燃性固體 例如：火柴...	 自燃性物質 例如：活性碳、黃磷...	 禁水性物質 例如：鎂粉、鈉...	 例如：硝酸鈉...	 例如：乙醚過氧化物、過氧乙酸...
<b>第六類：毒性物質</b>		<b>第七類：放射性物質</b>		<b>第八類：腐蝕性物質</b>		<b>第九類：其他危險物品</b>
 例如：農藥、除草劑...	 例如：醫療廢棄物...	 例如：鈾、鈾、鐳...	 例如：強酸、強鹼、磷酸、鹽酸、硫酸、鉛酸電池...	 例如：環境危害物、磁性物質...		

圖2 九大類危險品運輸標示

制。因此，蘇花改大貨車應依標誌規定一律過磅，小貨車僅需配合員警攔查指揮時過磅，如大貨車未依規定過磅及大小貨車超載時，皆會依相關規定處罰。大貨車超載時，若員警未能即時至地磅站取締者，東區養護工程分局（以下簡稱東分局）會依規定將相關影像及照片移送監理及警察等權責單位逕行舉發。但是時常出現判定標準不明與準確性遭質疑等，導致違規車輛不服取締衍生申訴案件的問題時常發生。本文期望透過自動辨識系統取代人工辨識解決上述課題。

## 二、YOLO演算法

由YOLO (You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection) 是一個深度學習的演算法，是Joseph Redmon和Ali Farhadi(2015)提出的基於One stage的目標檢測系統，這種系統通常速度很快，但整體辨識精度可能沒有Two stage的方法來的好，但整體辨識率仍在可接受範圍內，對精度與速度能更平衡，因此，One stage的檢測方法是目前比較多人研發用在行動裝置上的方法。

YOLO V3使用新的網路架構Darknet-53，影像分辨率從YOLO V2版本的448x448改變成416x416預測方式在YOLO之後使用Anchor Box進行預測，概念同Faster R-CNN。YOLO V3與其他演算法比較在使用Pascal Titan X上處理608x608圖像速度可以達到20FPS，在COCO test-dev上的mAP與RetinaNet很相近，和SSD比較YOLO V3的mAP與時間皆贏過SSD，因此選用YOLO作為本文所使用的演算法。

YOLO的原理，首先將影像切成SxS的網格，若目標物的中心點在某個網格中，則該網格負責偵測目標物。每個網格會預測數個邊界框(Bounding Boxes)與信心分數(Confidence Scores)。邊界框的部分會預測5項數值分別是x、y、w、h、信心分數。(x、y)為邊界框中心點座標。(w、h)為邊界框的寬與高。而信心分數為預測邊界框與實際邊界框的IOU計算方式。類別的部分會將每個網格對每個類別去計算該類別出現的機率。最後tensor的計算方式，則用SxS為影像分割的網格(如圖3所示)，預測邊界框數量，若有5個維度即乘5(Joseph, 2016)。

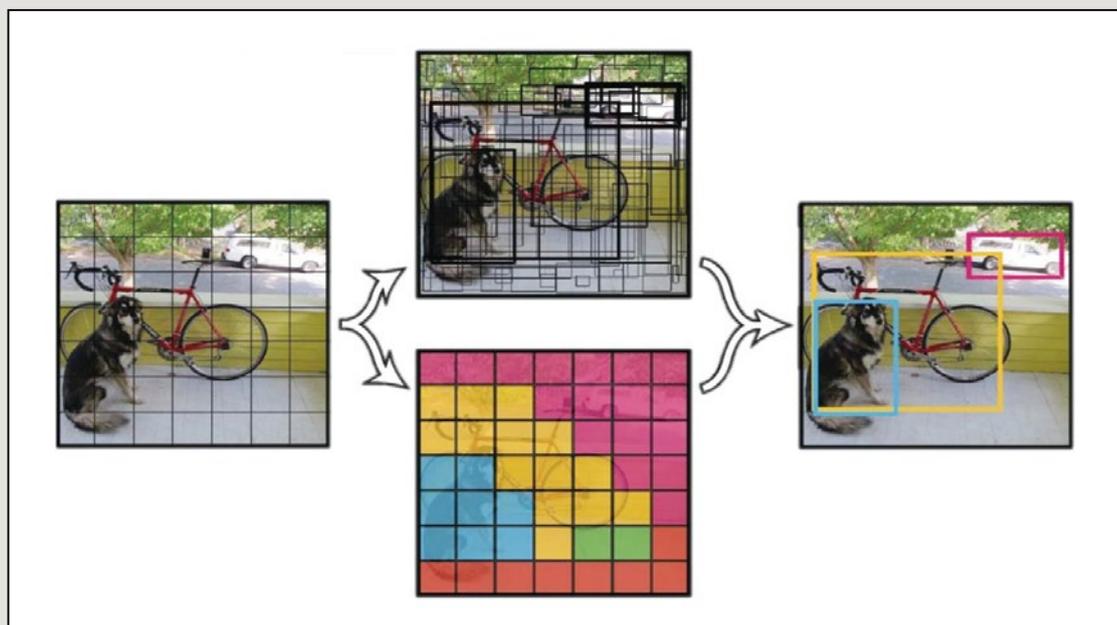


圖3 YOLO 的實現方法

### 三、影像辨識之方法

為建構快速、精準的智慧化地磅站車輛辨識系統，獲得到大貨車車輛之數據(長、寬、高)。本文主要探討地磅站的貨車超尺度測量法，比較兩者：讀取雷達傳遞的資訊及採YOLO V3框取車側外框的方法之優劣，並提出將兩者互為備援系統之建議。

以超尺度(雷達)長寬高的量測實驗，是利用雷達的特性將電磁能量以定向量方式發射至空間之中，藉由接收空間內移動車輛所反射之電波，配合以軟體內的演算法來描繪出車輛外型，取得外型輪廓與距離資訊後，再估算出車輛的長寬高。

當接收到雷達設備資料時，利用距離資訊繪製出車輛輪廓的點雲圖案。實驗以雷達進行超尺度測量，計算出長寬高後，可再透過TCP/IP網路，來讓遠端的電腦來取回車輛的尺寸維度訊息，來做更進一步的車型與維度分析。

此外，實驗採YOLO V3來框取車側影像的方法，使用OPENCV與系統內已知車輛輪廓比對，取得推算長度之辨識。本文中最重要的車輛辨識模型使用YOLO V3架構，原因在於YOLO V3擁有非常優異的辨識速度及辨識準確率。YOLO V3由單一個卷積神經網路，同時預測多個邊界框與每個邊界框，來預測物體的機率YOLO V3將整張影像作為神經網路的輸入，輸出邊界框的位置與對應位置的物體分類的機率。YOLO V3的設計方式只有一個階段，所以運算量更少，因此YOLO V3執行速度快，且可達到即時辨識(Realtime)的需求(Joseph, 2016)。本文亦使用圖形化介面的影像標記工具LabelImg進行人工標記。

### 四、OPENCV

利用OPENCV影像處理即時辨識車、核定車重與超尺度測量。OPENCV的全稱是Open Source Computer Vision Library，是一個開源發行的跨平臺計算機視覺庫。具有高效率，同時又提供了C、Python、Ruby、MATLAB等語言的介面，實現了影像處理和計算機視覺方面的多數通用演算法。在計算機視覺專案的開發中，OPENCV可作為大眾化的開源庫，擁有了豐富的常用影像處理函式庫，能夠快速的實現影像處理和識別的任務。

為了對車輛進行尺寸測量與辨識車牌、核定車重標示，過程中首先需要取得車輛的位置，並且透過連續畫面擷取不同角度的車輛尺寸影像數據。首先以OPENCV影像處理抓取大貨車座標，接著測量大貨車的車長，與系統內已知車輛輪廓進行比對，進而推算該車輛長度。

此外，車牌與核定車重辨識，同樣透過OPENCV的文字檢測器來檢測圖像中文字的存在，對車側及車牌的標示物件辨識，並對主要影像中物件進行文字辨識。

### 五、卷積神經網路基礎模型

卷積神經網路(Convolutional Neural Network, CNN)是深度學習裡極為重要的一門分支，電腦視覺這領域便是因為它的關係在近幾年有了許多重大的進展，然而這種神經網路的一大特點即為「卷積」。卷積是一種數學的運算，其功用是可以對資料(如：訊號、影像)做特徵的萃取，萃取出來的特徵會再送到下一個卷積層做進一步的特徵萃取，如此的方式增強了神經網路的學習效率，在圖像辨識上，比起一般的深度神經網路效果高出太多，因此它也成為各家爭相研究的對象。卷積神經網路(Convolutional Neural Network, CNN)又被稱為

ConvNets，是一種前饋神經網路，它的人工神經元可以回應一部分覆蓋範圍內的周圍單元，對於大型圖像處理有出色表現。

卷積神經網路由一個或多個卷積層和頂端的全連通層(對應經典的神經網路)組成，同時也包括關聯權重和池化層(Pooling Layer)。這一結構使得卷積神經網路能夠利用輸入資料的二維結構。與其他深度學習結構相比，卷積神經網路在圖像和語音辨識方面能夠給出更好的結果。這一模型也可以使用反向傳播演算法進行訓練。相比較其他深度、前饋神經網路，卷積神經網路需要考量的參數更少，使之成為一種頗具吸引力的深度學習結構。

## 六、Python 程式語言

Python是種跨平台的直譯式語言，由Guido van Rossum在1989年開發，並在1991年初發佈的一種程式語言。簡單易學並具有物件導向程式設計的功能；加上其開放原始碼特性，能很方便將其它語言(C/C++)的類別庫封裝為Python的模組來使用，因此，Python提供很多實用的套件(Package)，例如：用於矩陣處理和線性代數計算的NumPy、用於科學計算的SciPy、用於資料分析的Pandas，用於資料視覺化的Matplotlib等等。這使得Python在科學計算、資料分析、資料視覺化、神經網路、人工智慧、Web程式設計等各方面獲得了廣泛的應用，可以說Python已成為當今主流的程式語言。

Python程式語言擁有下列幾個特點：

- (一) 容易學習：語法簡單，極其容易上手。
- (二) 開源且免費：Python為開放源碼軟件。簡單地說，使用者可自由地發布軟體的拷貝、閱讀程式碼或是進行更改用於新的軟體。Python是基於團體分享知識的概念。

這也是為什麼Python如此優秀的原因，它是由一群希望看到更加進步Python的人創造。

- (三) 高階語言：當使用者編寫程序的時，無需考慮如何管理程式使用的記憶體一類等底層的細節。
- (四) 可移植性：由於開源本質，Python已被移植在許多平台。包括 Linux、Windows、AS/400、Windows CE、PocketPC 和 Symbian 等眾多常見之平台。
- (五) 可擴展性：如果使用者希望一段程式碼運作加快，可以考慮中間使用C或C++語法編寫，然後在Python程序中使用它們。
- (六) 可嵌入性：使用者可把Python嵌入C/C++程式碼中，提供腳本功能。
- (七) 豐富的套件：Python套件庫很龐大。可幫助處理各種工作，包括文件檔生成、單元測試、資料庫、網頁瀏覽器、CGI、FTP、電子郵件、XML、XMLRPC、HTML、WAV 文件、密碼系統、GUI（圖形界面）和其他與系統有關的操作。

Python可說是代表極簡主義的語言。閱讀Python程序就像是在讀英語一樣，儘管這個英語的規則嚴格，但這就是它最大的優點。可讓使用者能夠專心解決問題而不是了解語言本身。

## 參、智慧化地磅實驗成果

### 一、超尺度測量雷達、影像備援實驗結果

為驗證超尺度測量雷達、影像備援實驗之準確率，是否符合蘇花改之製單需求，隨機抽

測60台大貨車進行相關的準確度驗證，由於需將大貨車攔下，故邀請警察單位協助攔查，以現場實際丈量，如圖4所示。

實證過程中發現，因影像備援實驗係採用YOLO V3來取得車輛外框輪廓之座標，該作法十分仰賴YOLO框取車輛之準確度，為證實影像備援實驗像素比例推算之正確性，故僅針對框列

準確之車輛進行驗證(如圖5所示)，並將框列不準確之車輛排除(如圖6所示)，將準確框到外框之待測車輛與參考基準物擷取，進而使用像素比例推估車輛長、高(如圖7)，車輛長、高像素比例推算公式為： $\text{參考基準物} \div X \text{座標對應倍數} \times \text{長或高增減比例} = \text{像素推算車輛長度或高度}$ ；其中X座標對應倍數採用接近X軸之數值做為主要依據，倍數參考依據整理如表1所示。



圖4 現場實際量測作業圖



圖5 準確框取到外框車輛

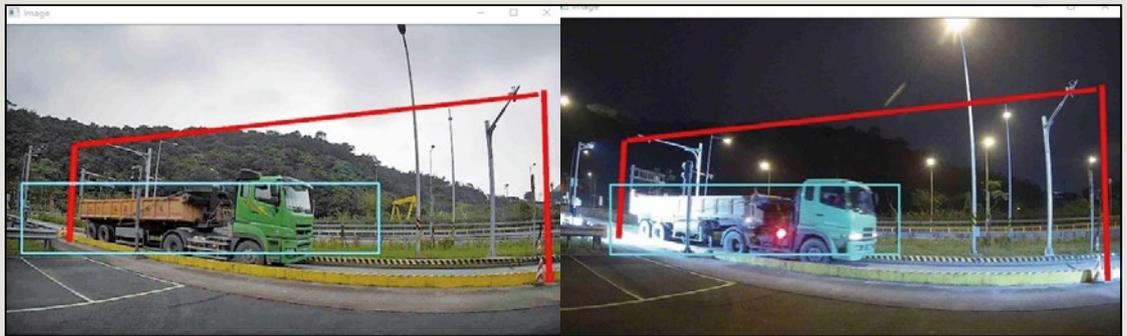


圖6 未能準確框取外框車輛



圖7 超尺度影像備援實驗比例比較圖

表1 X座標對應參考倍數表

X座標範圍值	車長對應倍數	車高對應倍數
335~355	1	1
356~376	1.1	1
377~400	1.2	1
401~415	1.2	7/6
416~431	1.3	7/6
432~449	1.4	7/6
450~461	1.5	7/6
462~465	1.5	8/6

由於超尺度影像量測，無論是雷達亦或是影像方式計算，皆會有誤差及設備故障之情形，故將攝影畫面中繪入尺度上限紅線，為驗證超尺度影像擷取實驗之車輛影像是否都有擷取，於2022年04月29日進行準確度驗證，白天隨機抽測100台、夜間抽測100台，並依據交通

部中央氣象局當日所發佈之日出日沒時間，將白天時間定義在05：20~18：22，夜間定義在18：23~24：00。

經實驗發現，無論是白天或夜間準確率皆達到100%，經目前長期使用下觀察，該實驗的準確度與雷達設備的妥善率有關，當有影響雷達設備妥善率之情形就有可能造成準確率下降。

本次影像備援現場實驗使用之參考基準車輛為HINO 10.5噸之大貨車，該車長度約在8.1公尺、高度約在2.5公尺，超尺度雷達量測辨識實驗及超尺度影像備援實驗，現場實際驗證結果如圖8所示，超尺度數值量測的部分無論是雷達亦或是影像備援皆可有效的達到85%。

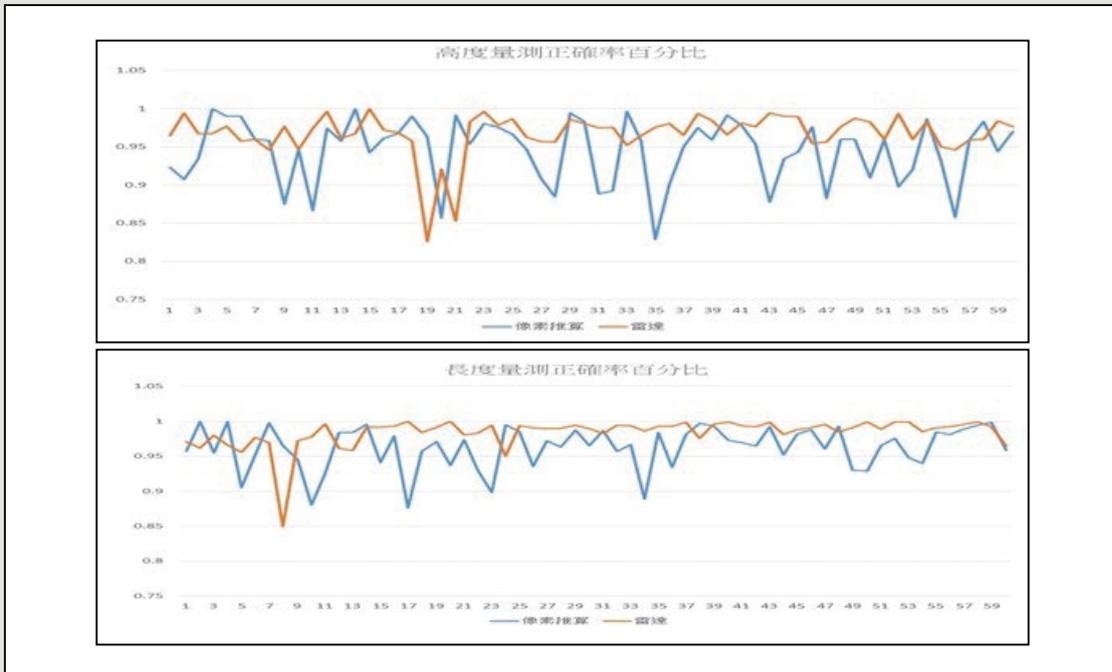


圖8 車輛高度及長度量測正確率百分比

## 二、車側核定重量影像擷取實驗結果

為驗證車側核定重輛標示影像擷取實驗準確度，於2021年12月29日進行準確度驗證，白天及夜間皆隨機抽測100台，並依據交通部中央氣象局當日所發佈之日出日沒時間，將白天時間定義在06：36～17：13，夜間定義在17：14～24：00。

經驗證車側核定重量影像擷取實驗，白天

正確率達99%，夜間正確達98%，其中錯誤之幾筆都是曳引車與拖車之間間隙太大，導致多擷取了一張拖車照片，由於是多擷取照片並非少擷取照片，故於實際現場執行面來說並不影響現場人員進行複確認核定重量之目的。

執行過磅作業時，由於人員無法直接清楚看到待磅大貨車車側核定重輛，故採用即時影像與背景圖做邊緣偵測，並用兩張圖片（如圖9所示）中的左下角區塊來做相似性比對，當相

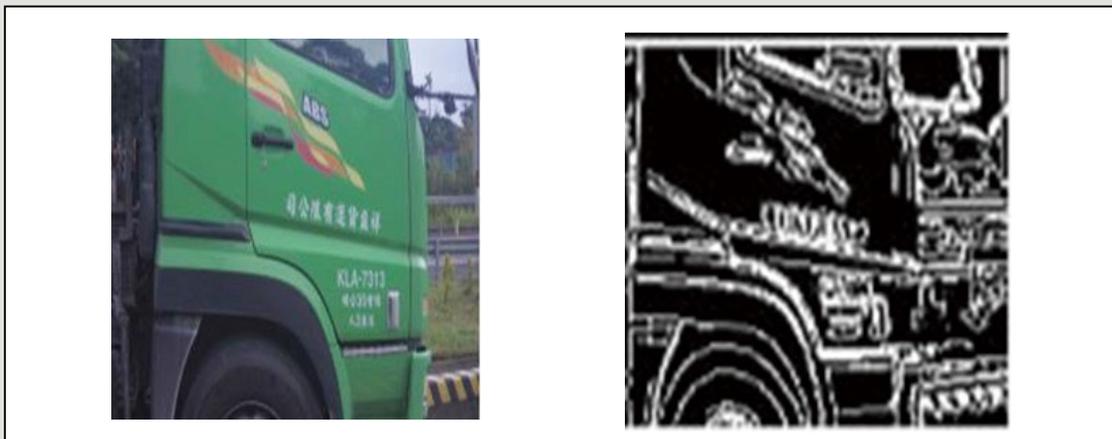


圖9 邊緣偵測比對圖

似性低於閾值時，則認定有東西經過，並擷取照片，得以解決現場人員值勤台與大貨車距離過遠導致無法判斷該車之核定重量，以利執行後續過磅作業。

### 三、危險品運輸圖示辨識實驗結果

由於蘇花改規定一律不准載運危險物品之車輛進入，為達成辨識載運危險物品車輛之辨識，使用YOLO V3進行物件偵測，針對危險品運輸圖示進行辨識判斷(依據規定只要是載運危險物品車輛皆需張貼危險品運輸圖示)，當辨識到危險品運輸圖示時，即同步使用物件追蹤以避免圖片重複擷取，並將擷取照片儲存，其中程式核心流程如下說明：

- (一) 程式載入預先訓練完成的權重檔。
- (二) 讀取即時影像。
- (三) 使用權重檔來分析即時影像。
- (四) 獲得並解讀分析結果

(五) 圖片中找不到任何結果時，表示沒有偵測到危險標誌

(六) 圖片中找到任何結果時，每一結果會有一個比對分數，當比對分數低於門檻值，表示沒有偵測到危險標誌

(七) 圖片中找到任何結果時，每一結果會有一個比對分數，當比對分數高於門檻值，表示可能偵測到危險標誌。

為證實危險品運輸圖示辨識之實驗結果，本實驗收集200台大貨車照片，其中包含載運危險物品車輛日間50台及夜間50台，並再混入非載運危險物品車輛日間50台夜間50台來進行實證，由於進入蘇花改之載運危險物品車輛照片不易收集，故加入一些高速公路之載運危險物品車輛照片來進行準確度驗證（如圖10所示）。

實驗結果發現，日間準確率可達到95%、夜間準確率達93%，其中發現有些車輛因未載運危險物品，故都會將危險品運輸圖示卸下，但系統仍然將該車輛誤辨識為載運危險物品車



圖10 正確辨識危險品運輸圖示之車輛

輛，導致準確率未達百分之百，應可歸咎於訓練樣本不足，僅需持續增加訓練樣本，可望將準確率再向上提升。

#### 四、地磅實際應用

當車輛通過地磅站時運用超尺度雷達技術辨識車輛尺度，影像分析車牌、擷取車側重量及是否為危險物品車輛，再結合既有地磅設備判定重量是否違規，並運用AI技術實踐地磅站智慧化。導入地磅站智慧化後（如圖11所示），地磅人員只需確認系統資料是否正確，

## 肆、結論與未來展望

### 一、結論

對於超尺度車輛採用雷達偵測、影像備援、影像擷取三種方式，以及自動偵測危險品運輸圖示和擷取車側核定重量等功能，來去解決以往無法判斷之相關依據及數值，得以有效的維持發揮蘇花改地磅站應有的管制功用，並取得智慧化篩選式過磅模組與超尺度及危險物品車輛自動偵測裝置專利（如圖12所示）。超尺度數值量測的部分無論是雷達亦或是影像備



圖11 系統自動偵測資料

一鍵即可完成過磅程序，再配合時間範圍內後續地磅不須停等之設定，大量減少車輛停等次數及旅行時間，提升過磅效率。

援皆可有效的達到85%以上的準確率，後續僅須將此偵測數值轉交給執法單位，即可做為後續開單舉發之相關依據（圖13所示），並可有效嚇阻此管制車輛進入。

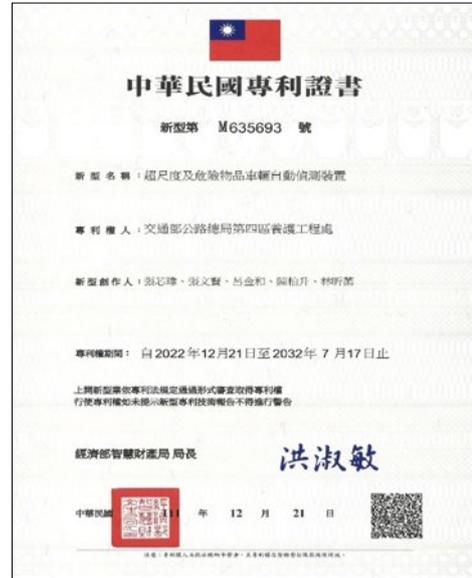
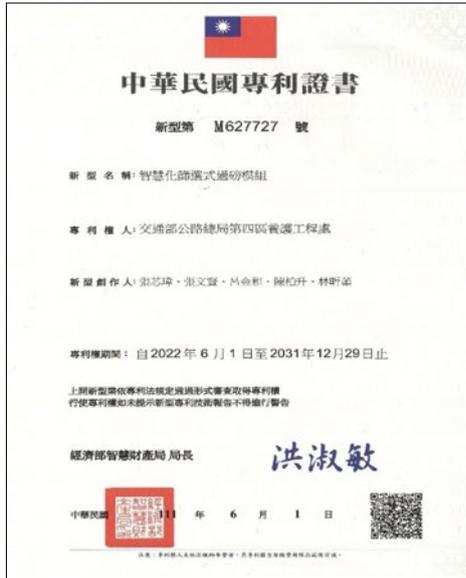


圖12 取得智慧化篩選式過磅模組及超尺度及危險物品車輛自動偵測裝置專利



序號： 0165  
 日期時間： 2022/04/20 23:32  
 地點： 蘇澳地磅站 南下地磅  
 核定總重(kg)： 43000  
 過磅總重(kg)： 39470  
 車牌： KLJ-9259  
 超載比率(%)： 0  
 違規項目： 超尺度違規  
 車長量測： 19737  
 車寬量測： 3076  
 車高量測： 4388

圖13 超尺度車輛舉發之磅單

## 二、未來展望

雖目前已加入許多自動辨識之系統，但還是沒辦法實現實質化的全自動化無人地磅站，主要原因可歸納於下列四點：

### (一) 鍵入量測重量時機

因蘇花改地磅系統採用靜態地磅式設計，靜態式地磅有個特點，當車輛尚未完全停妥穩定時，所測得重量就會有上下浮動情形，導致

測得重量不準確(如載運液體或載運動物之類的大貨車)，導致系統無法自動判斷鍵入量測重量時機；故目前還是十分仰賴地磅人員引導將車停妥(因大部分大貨車為了減少煞車磨耗、油耗等原因，都不會主動將車輛停妥)及經驗判斷(因蘇花改規定是所有大貨車一律過磅，與以往大貨車觀念之僅有載重車需過磅傳統觀念不同，但也因空車不會有超載情形發生，故無需等車輛確實停妥即可鍵入重量量測確認鍵)。

## (二) 判斷超載標準

由於蘇花改地磅站平時並無警察常駐於現場，所以會需要現場人員檢核該車輛是否有確實超載(如拖吊車判定標準：被拖吊車輛兩輪附掛在拖吊車上，依據兩台車輛之核定重量總和進行認定)，由於被拖吊車大部份都是側邊未有標示核定重輛之客車，仰賴現場人員需與欲通行之客車借取行照作為判定是否超載依據。

## (三) 引導及通報

由於目前地磅站還是隸屬於東分局，非實際執法單位管理，故須由地磅站人員判斷是否為違規車輛，若屬違規車輛則通報交控中心，透過交控中心通報相關執法單位至現場製單舉發；當實際遇到真正違規車輛時，會需要現場人員協助將該違規車輛引導至卸貨區，以免後續待磅車輛堵塞，同步也通報交控中心，請交控中心協助通報執法單位派員協助至現場舉發。

## (四) 煞車盤溫度偵測

由於共線舊路(台9丁)有大量的下坡路段，車輛需不斷進行煞車，當煞車達到臨界溫度時，即會造成煞車失靈導致憾事發生，故需要一套合宜的溫度偵測系統進行提醒，來避免憾事發生，並將該計畫分為三階段：

### ■ 第一階段(各類車輛輪胎及煞車盤容許上限溫度調查)

透過原廠取得車輛輪胎及煞車盤容許上限溫度測試報告，並將車輛進行以下分類：

- A. 大客車  
座位在十座以上或總重量逾三千五百公斤之客車、座位在二十五座以上或總重量逾三千五百公斤之幼童專用車。
- B. 小客車  
座位在九座以下之客車或座位在二十四座以下之幼童專用車。其座位之計算包括駕駛人及幼童管理人在內。
- C. 小貨車  
總重量逾三千五百公斤至五千公斤且全長六公尺以下之貨車。
- D. 大貨車  
總重量逾三千五百公斤之貨車，並需依據噸數進行分類，分類項目需至少包含10.5噸、11噸、13噸、16噸、17噸、20噸、21噸、24噸、26噸、35噸、43噸、46噸進行分類調查。
- E. 大型重型機車  
汽缸總排氣量逾二百五十立方公分之二輪或三輪機車或電動機車之馬達及控制器最大輸出馬力逾四十馬力(HP)之二輪或三輪機車。

### ■ 第二階段(建立database)

依據前階段分類，於現場實際安裝熱顯像攝影機，進行溫度資料收集，並將各

車輛數據之極值、平均值、最低值等相關數據，與原廠測試報告進行系統性分析，進而推導出合適的溫度上限訂定值。

### ■ 第三階段 (現場執行)

當經過車輛超過系統所訂定之上限時，即將比對結果傳送於資訊發佈顯示器，提醒用路人該車輛有煞車失靈之風險，建議休息一下再開，得以維護生命財產安全。

綜上所述，要實際成為無人化地磅還是需要一段努力無論是將客車核定重輛建立參考資料庫，亦或是由系統判斷自動化量測重量時機各種參數、情形建模，都是需要長期收集各種可能樣態、數據，來作為後續成為真正智慧化地磅站成長基石。

## 參考文獻

1. 李敦美(2007)。運送危險物品通行公路長隧道評估之研究－以八卦山長隧道為對象，逢甲大學交通工程與管理學系碩士在職專班碩士論文，逢甲大學。
2. 劉威德(2019)。基於人工智慧與機器人作業系統可影像辨識自主拿取物品之服務型機器人，資訊工程系碩士班。國立虎尾科技大學：雲林縣。
3. K. Yamamoto, K. Watanabe and I. Nagai, (2019)"Proposal of an Environmental Recognition Method for Automatic Parking by an Image-based CNN," 2019 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA), Tianjin, China, 2019, pp. 833-838.
4. H. Yang et al., (2019)"Tender Tea Shoots Recognition and Positioning for Picking Robot Using Improved YOLO-V3 Model," in IEEE Access, vol. 7, pp. 180998-181011.
5. 鍾曜鴻(2021)。探討 YOLO 神經網路的效能與應用，國立雲林科技大學，碩士論文。
6. Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick, and Ali Farhadi,(2016) "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection," Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition, Las Vegas, NV, USA.
7. 陳書賢(2020)，"基於YOLO之雜草辨識系統"，碩士論文，電子工程學系，南臺科技大學。
8. M. Apte, S. Mangat, and P. Sekhar, (2017) "YOLO Net on iOS, "cs231n.stanford.edu.
9. T. Santad, P. Silapasupphakornwong, W. Choensawat, and K. Sookhanaphibarn, (2018) "Application of YOLO Deep Learning Model for Real Time Abandoned Baggage Detection," Proceedings of 2018 IEEE 7th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), pp. 157-158.
10. 劉峻瑜(2019)。使用YOLO演算法之水果品質分類系統實作。國立高雄科技大學電子工程系碩士論文。嘉義市。
11. 呂金和(2019)。以YOLO深度學習模型應用於偵測危險物品標誌車輛。國立宜蘭大學電機資訊學院碩士在職專班碩士論文。宜蘭縣。

12. 陳柏升(2022)。智慧化地磅站之研究-以蘇花改為例。國立宜蘭大學電機資訊學院碩士在職專班碩士論文。宜蘭縣。

13. J. Redmon and A. Farhadi, (2018), "YOLO V3: An incremental improvement," arXiv preprint arXiv:1803.02767.

14. 張文奕(2020), "以深度學習網路做即時車輛及車牌辨識", 國立雲林科技大學電機工程系碩士論文。

15. YOLO--- 參數解釋之訓練log中各參數, [Onlive].Available:<https://www.cnblogs.com/carle-09/p/12192231.html>.

16. R. Smith, (2007) "An Overview of the Tesseract OCR Engine," Proc. International Conference on Document Analysis and Recognition.

17. 陳奕誠(2019), 「評估與改進Tesseract運用於彩色網頁的光學字元辨識」, 國立中央大學資訊工程學系碩士論文。

18. 蔡家勇(2021)。異質性資料庫轉換系統開發與建置。中國科技大學資訊工程系, 碩士論文。

19. 高榮祥(2021)。應用 Python 語言實現風速預測演算法。崑山科技大學電機工程系, 碩士論文。

20. 蔡明志(2018), Python 程式設計大數據資料分析。台北: 碁峰資訊。



# 阡陌縱橫—交通 事故分析數位化 之進程與展望

關鍵詞(Key Words)：交通事故分析(Traffic Accident Analysis)、街廓圖資(Street Grid Map)、事故現場繪圖(Accident Scene Drawing)、行動化處理(Processing through The Mobile App)、碰撞構圖(Collision Diagrams)、數位治理(Digital Governance)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／副理／楊明杰 (Yang, Ming-Chieh) ❶

嘉義市政府警察局／交通隊／警務員／李志昇 (Lee, Chih-Sheng) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／經理／游上民 (Yu, Shang-Min) ❸



## 摘要

阡陌系統發想於運用街廓底圖繪製交通事故現場圖及創造視覺化分析工具，以圖資地理資訊化、現場處理行動化、分析數位化、應用智慧化及產出自動化為發展目標，透過雲端系統繪製及管理街廓圖資，整合警政及交通領域之交通事故處理、交通事故碰撞構圖分析及衍生交通改善等應用服務。目前嘉義市為全國首先針對各類（死亡、受傷及財損）交通事故，全面數位繪圖及行動處理，並藉由碰撞構圖分析，提供道安會報應用、易肇事路口之肇事診斷與改善及路口會勘討論。未來將運用AIoT、5G及大數據等前瞻技術，持續推動「雲端圖資串聯交通事故處理、分析與改善」之智慧治理方案，以客觀數據、科學循證的評估方法(Evaluation)，串聯工程(Engineering)、教育(Education)與執法(Enforcement)，輔助交通工程改善、聚焦交安宣導目標及規劃精準執法，整合跨域改善能量，維護交通安全，預防交通事故。



## Crisscrossing CHIEN-MO – the Progress and Prospects of Digitizing Traffic Accident Analysis

### Abstract

The CHIEN-MO System was conceived to improve the operational efficiency and visualization of traffic accident analysis at accident scenes. Its development goals include the geographic information visualization through cartography, on-site processing mobilization, digital analysis, smart application, and automated output. The system utilizes cloud technology to draw and manage street maps, integrating services such as traffic accident handling in law enforcement and transportation sectors, collision pattern analysis, and derivative applications for traffic improvement. Currently, in Chiayi City, comprehensive digital mapping and on-site processing for A2 and A3 category traffic accidents have been completed. Through collision diagram analysis, the system provides applications for the Traffic Safety Commission, diagnosis and improvement of accident-prone intersections, and discussions on hazardous intersection inspections.

In the future, the system aims to leverage forward-looking technologies such as AIoT, 5G, and big data to continuously advance the "cloud-based integration of traffic accident handling, analysis, and improvement" as part of a smart government governance solution. This approach involves using objective data and scientifically validated methods to assist in traffic engineering improvements, focus on traffic safety promotion goals, and plan precise law enforcement. By integrating interdisciplinary improvement efforts, the system aims to maintain traffic safety and prevent traffic accidents.

3

專題報導

## 壹、前言

交通事故可依嚴重程度概分為A1(死亡)、A2(受傷)或A3(僅財損)，事故發生常常被視為是「意外」，警察單位在事故處理重點為案發後的肇責分析，較少自根源防止交通事故再次發生、減少民眾傷亡。故面對交通事故發生後所產生的問題，需要換位思考，除強調積極精進案發後的處理程序外，還需進一步防制事故再次發生。

過往為防制交通事故辦理道路會勘時，往往僅能透過交通事故數據，或由處理員警與事故當事者片面陳述事故發生原因與經過，無法全面了解該路口或路段整體事故之發生實際情形，研議改善方案猶如瞎子摸象。為突破改善瓶頸，希望能以碰撞圖元描述各案肇事軌跡與資訊，再將相同碰撞類型聚合統計以分析易肇事熱區，探討其肇事原因，作為會勘討論焦點及交通改善決策之科學佐證。

有鑑於此，阡陌系統發想於數位化交通事故現場繪圖，並藉由繪圖過程蒐集之資訊，開發視覺化交通事故分析工具，進而了解事故發生原因，並針對潛在風險研擬改善方案以降低

交通事故發生。以此為基礎全面推動數位化，以圖資地理資訊化、現場處理行動化、應用智慧化及產出自動化，藉由跨域（道安會報各工作小組）合作，進一步達成道路交通秩序與交通安全數位治理。

## 貳、推展進程

阡陌系統從數位街廓及交通事故繪圖出發，透過雲端系統繪製及管理街廓圖資，整合警政及交通領域之交通事故處理、交通事故碰撞構圖分析及衍生交通改善等應用服務。目前已可藉由阡陌事故繪圖產生碰撞圖元，運用專案管理追蹤改善前、後碰撞構圖分析，智慧化改善對策輔助資訊服務，提供研議改善措施之基礎方向，自動與智慧化作業大幅節省人力並提升道安數位治理效能。

### 一、問題背景

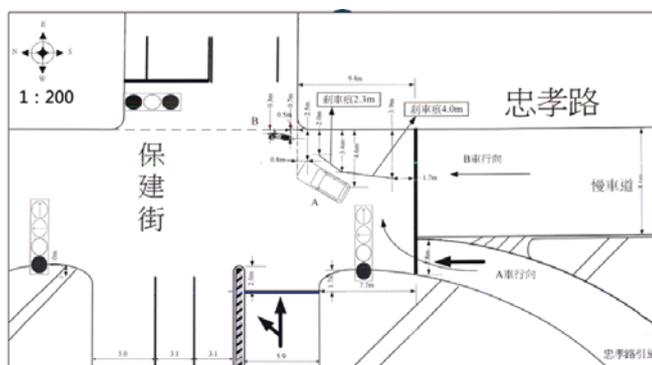
#### (一) 事故現場圖資訊未能數位化

過去處理員警於交通事故現場手繪草圖後，使用電腦精繪現場圖，接著掃描成圖檔後

事故數位圖檔  
不等於數位化

手繪 Visio 繪圖  
掃描存檔

無數位應用價值



繪製交通事故現場圖過程可數位化資訊

GPS座標 方向角 比例尺 道路結構 街道名稱 道路設施 事故跡證

地圖 ..... 路口

圖1 事故現場圖資訊未能數位化

上傳警政署系統，並未規劃後續之數位應用。然實際上，每張事故現場圖蘊含地理資訊、方向角、比例尺、道路幾何配置、交通工程設施、事故跡證等大量可數位化資訊，如圖1所示。故應設法導入智慧科技妥善應用，並可縮短日後作業時間。

## (二)交通圖資未能整合

交通相關單位均需要街廓圖資作為底圖，包括警員用於繪製交通事故現場圖、道安單位用於繪製碰撞構圖及交通（或工程）單位用於繪製工程改善圖，各自為政繪製底圖，容易重工且未能統一。若能建立基礎圖資並開放共用，如圖2所示，即可資訊共享、相互交流，提升行政效能。

段發展歷程說明如下。

- (一) 108年嘉義市警察局升級交通事故E化系統，擴充介接阡陌繪圖系統，建置道路地理圖資暨交通事故數位繪圖系統。
- (二) 109年起A2類以上交通事故全面數位繪圖，並自建啟用碰撞構圖分析系統，共享事故資料與街廓底圖，主政碰撞構圖分析，協助嘉義市道安會報應用肇事診斷學改善易肇事路口，同時提供各類道安、A1類事故、民眾陳情危險路口會勘使用。
- (三) 110年起A2類以上交通事故全面行動處理，並導入嘉義市府都市發展處航照正射影圖，增進道路地理圖資繪製精細度，此

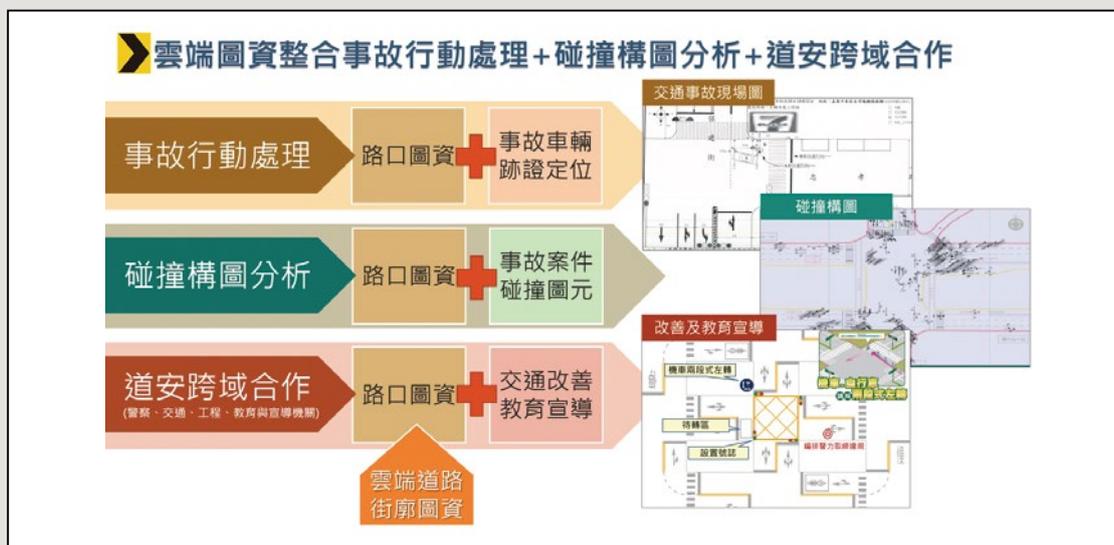


圖2 交通圖資整合共享

## 二、發展歷程

嘉義市自108年起導入阡陌系統並逐年升級擴充，發展歷程如圖3所示，目前針對各類交通事故，已全面完成數位繪圖及行動處理，並藉由碰撞構圖分析，提供道安會報應用、易肇事路口之肇事診斷及改善、危險路口會勘討論，以及作為後續開發精準執法系統之基礎；各階

外碰撞構圖分析系統導入聚合排序等智慧工具，並完善圖元標繪與構圖分析流程。

- (四) 111年起針對A3類交通事故，不僅全面數位繪圖並啟用行動處理，此外碰撞構圖分析系統導入交通違規舉發單地理斑點資訊，並規劃逐步整合碰撞構圖分析，作為開發精準執法系統之基礎。

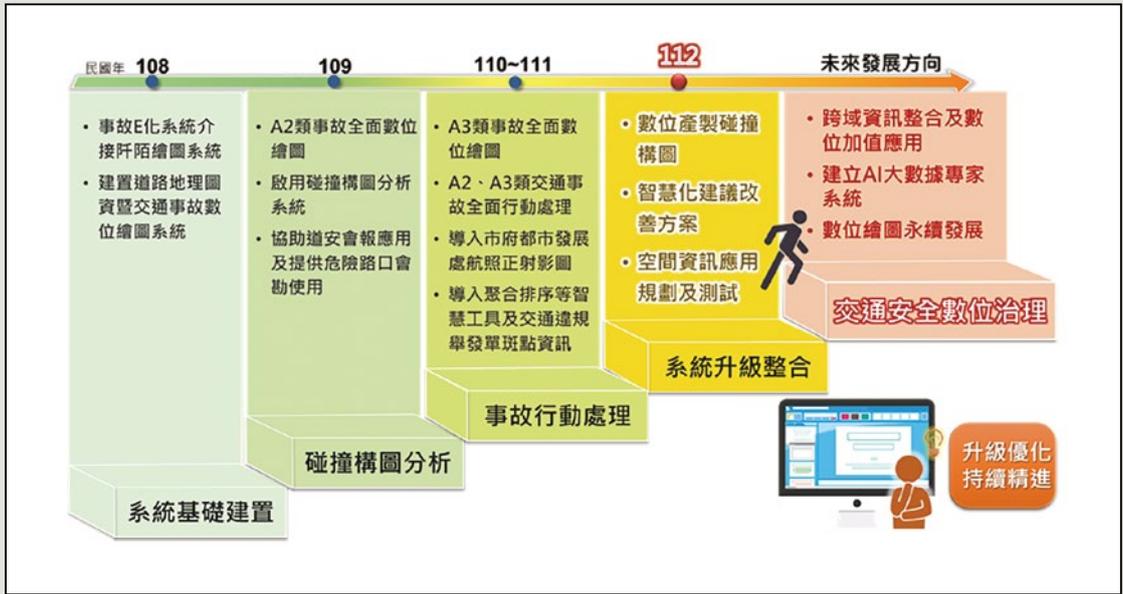


圖3 阡陌系統發展歷程

(五) 112年重點著眼於擴充升級碰撞構圖分析系統，推動自動化產生碰撞圖元並強化交通事故分析工具，藉此輔助找出事故發生肇因與主要發生類型，以及導入智慧化建議改善方案。此外，規劃應用空間資訊自動產製嘉義市道路地理圖資，以及匯出道路交通工程設施之地理空間資訊，藉此提升整體交通事故現場處理、碰撞構圖分析品

質，並有利與嘉義市府交通處、工務處及都市發展處共享空間資訊。

### 三、應用場域

阡陌系統於嘉義市優先導入使用，並逐漸擴散至各縣市警政與交通單位應用。在嘉義市之應用包含嘉義市道安會報及所屬工程、執

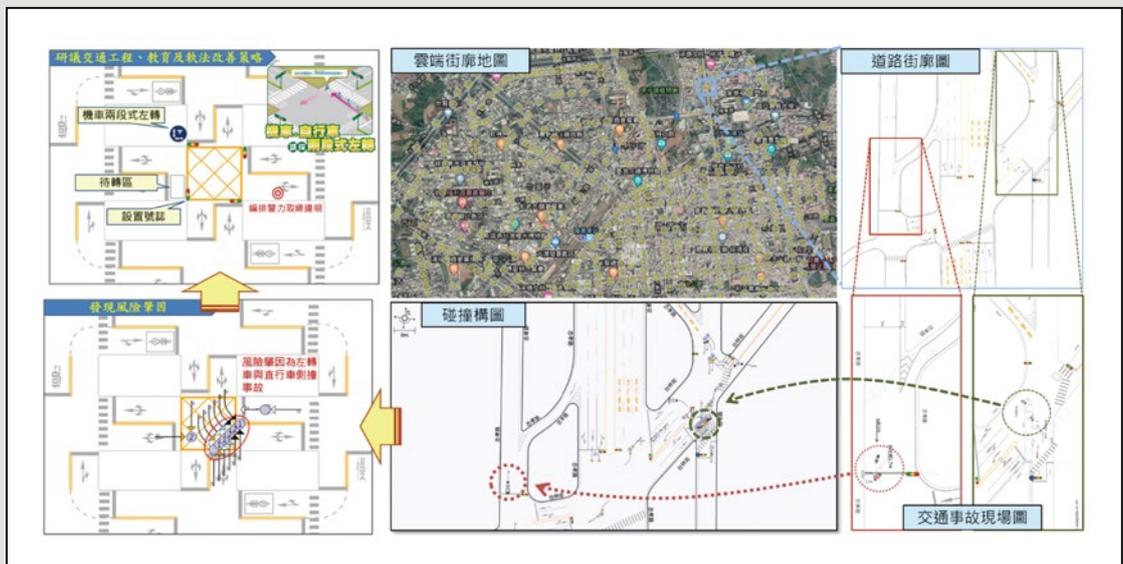


圖4 阡陌系統應用場域說明-以嘉義市為例

法、教育、宣導及監理小組等，透過共用圖資進行碰撞構圖分析，節省勞務分析時間，聚焦研議改善方案，提供公私協力及跨域研議交通改善機會，衍生警政、交通及工程相關應用，吸引合作伙伴持續開發與擴散。

執法小組主要用於智慧化交通事故處理與分析，並輔助勤務編排及規劃科技執法；而工程小組可循證研議交通或道路工程改善方案，使用街廓圖數位繪製改善設計圖，並且有利於長期追蹤工程改善成效；教育、宣導及監理小組則聚焦易肇事違規行為加強宣導，如圖4所示。

#### 四、遭遇困難及克服

##### (一) 員警抗拒心理

於阡陌系統初期時，部分員警因數位能力落差，易有抗拒使用情緒。而透過編製系統操作說明手冊及實施教育訓練，如圖5所示，並培養種子教官帶動整體能力，分年度階段性逐步推動以符學習曲線。目前在嘉義市A2類以上交通事故由交通隊專責人員，及A3類事故由轄區派出所員警，均能運用交通事故數位繪圖及行動處理。

##### (二) 街廓圖仍大量仰賴人力繪製

初期阡陌系統合作廠商雖具備資訊專業技術，然非警政、交通或工程專業，較難以跨域開發系統。因此現階段之推動策略，除了介接Google Map、國土測繪中心及縣市正射影圖以利套圖繪製，並合作開發智慧繪圖物件功能以增進繪圖效率，且與台灣世曦工程顧問公司合



圖5 阡陌系統教育訓練

作開發自動化圖資生成服務，以縮短人力繪製時間。

## 五、創新亮點

### (一) 高精度地理資訊繪圖

結合衛星 (Google Map) 或航拍正射影圖，產生最大1pixel對應1cm之高精度數化街廓圖資，並可以在與正射影圖同步下，採用向量混合物件圖示繪圖以詳實的記錄街道走向、路緣線型、標誌、標線、號誌等交通工程設施，如圖6所示，以作為交通事故處理及碰撞構圖分析之共通基礎。

運用「色彩+符號」區隔不同當事人之車種與行向，利於繪圖與審核人員檢視圖面是否異常；另提供框選輸出範圍的智慧功能，以所見即所得的概念，提供使用者任意框選範圍輸出事故現場圖。

### (三) 事故處理APP整合紙筆作業

透過APP交通事故行動處理一次到位，如圖8所示，在交通事故現場使用平板數位工具，藉由雲端服務即時處理包含事故資料、談話紀錄、現場照片及繪製交通事故現場圖等作業，無線列印當事人登記聯單交付各當事人完成事故處理，節省民眾等候及過去常需往返警駐地

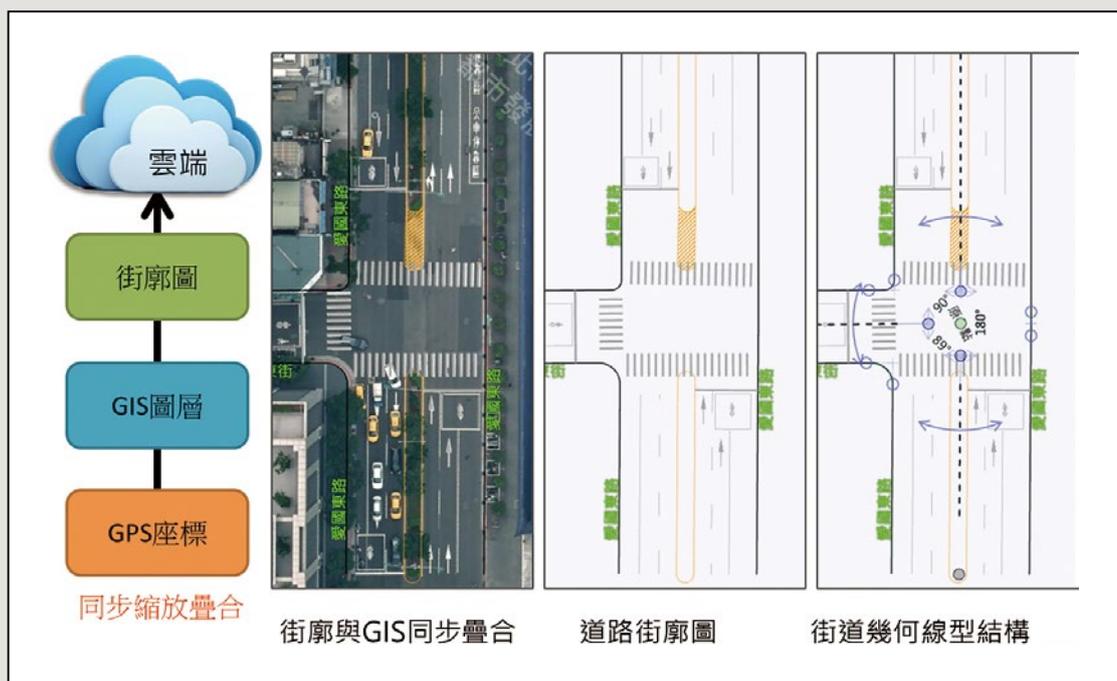


圖6 高精度地理資訊繪圖

### (二) 大量運用智慧運算輔助繪圖

阡陌系統大量運用智慧運算以輔助繪圖，如圖7所示，除可自動角度對正所在街道，方便依事故發生行向旋轉至方便繪圖之角度；並可自動計算車道、路肩及交通島等寬度，節省反覆標示作業；且將編號功能與繪圖流程整合，

作業之路程時間。案件上傳雲端後，員警回駐地無縫接續桌上型電腦作業。

### (四) 碰撞構圖分析

碰撞構圖分析係由街廓圖資疊合碰撞圖元之視覺化分析技術，其將肇事軌跡及事故資訊

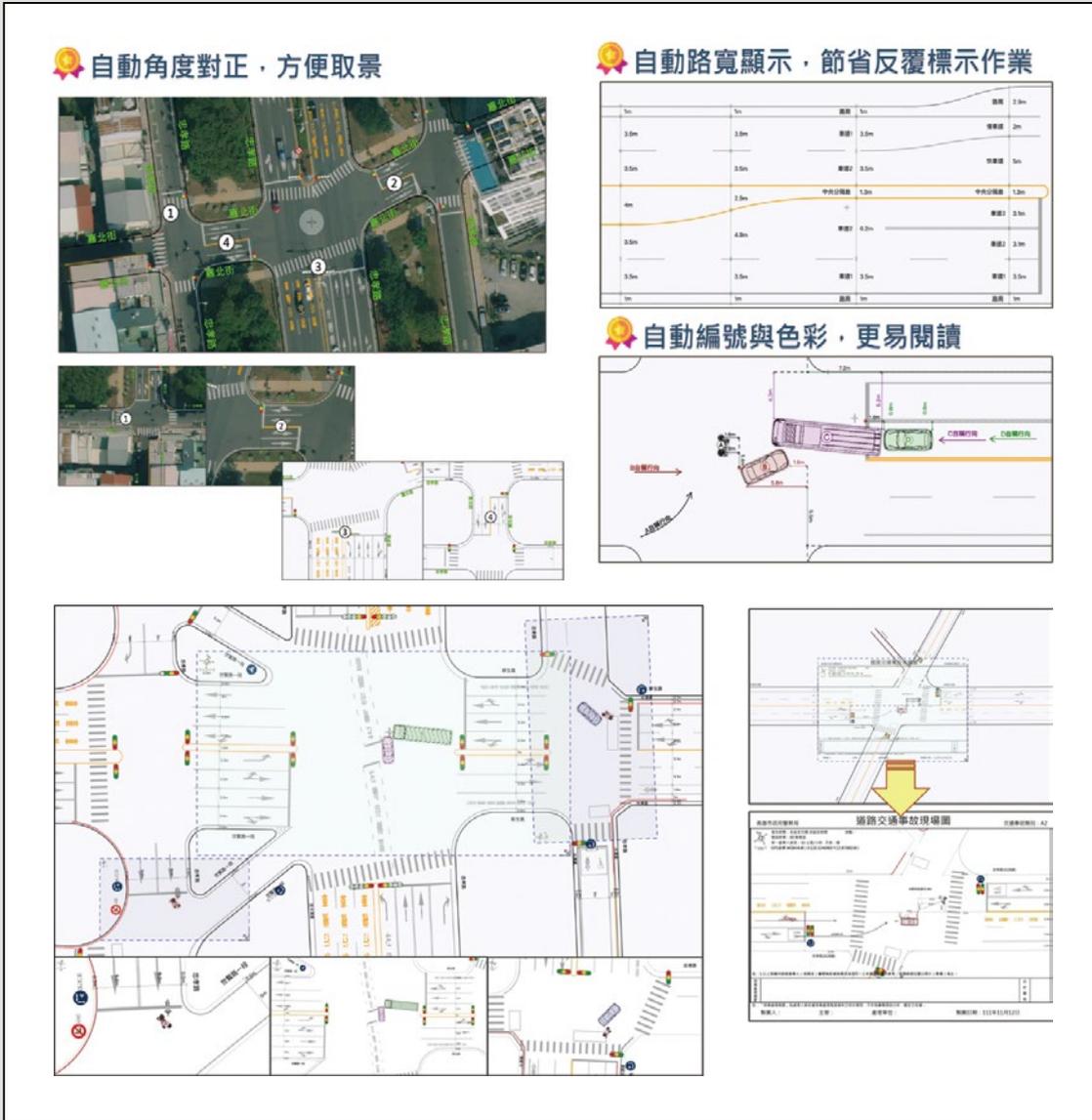


圖7 大量運用智慧運算輔助繪圖



圖8 行動APP一次到位及雲端存檔全面數位化

轉換為碰撞圖元以呈現碰撞位置、事故時段、傷亡人數、車種、行向軌跡等事故資訊，如圖9所示；阡陌可將碰撞構圖自動聚合排序，以更清楚呈現相同碰撞型態之事件並進行後續分析，如圖10所示。

手繪草圖、記錄事故資料及拍攝照片，常需要回到駐地製作談話紀錄及複寫當事人登記聯單等，平均約需花費50分鐘，後續於駐地建檔各類事故表單、精繪現場圖及製作事故卷宗等作業，平均須再花費約55分鐘。而導入阡陌系統

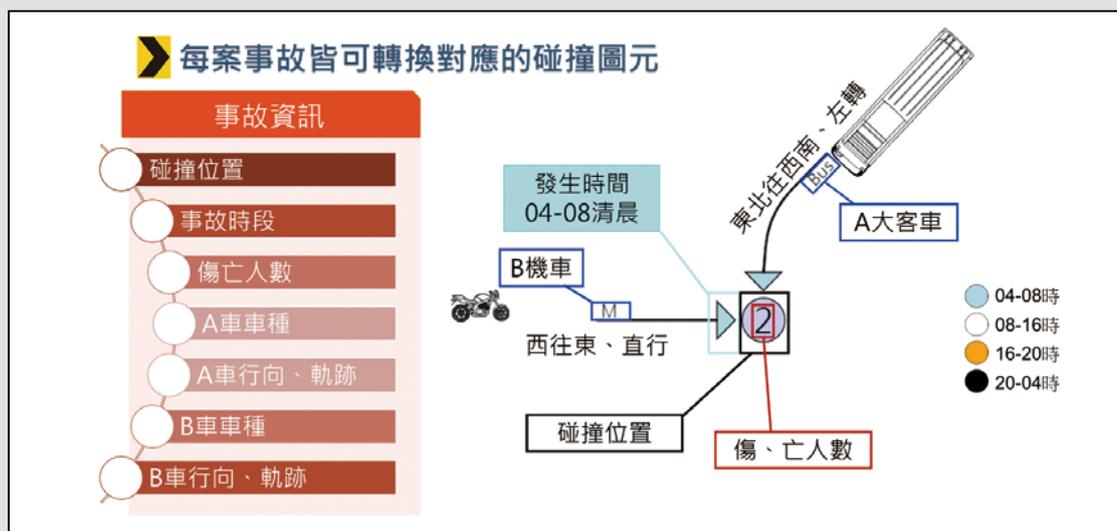


圖9 肇事軌跡視覺化

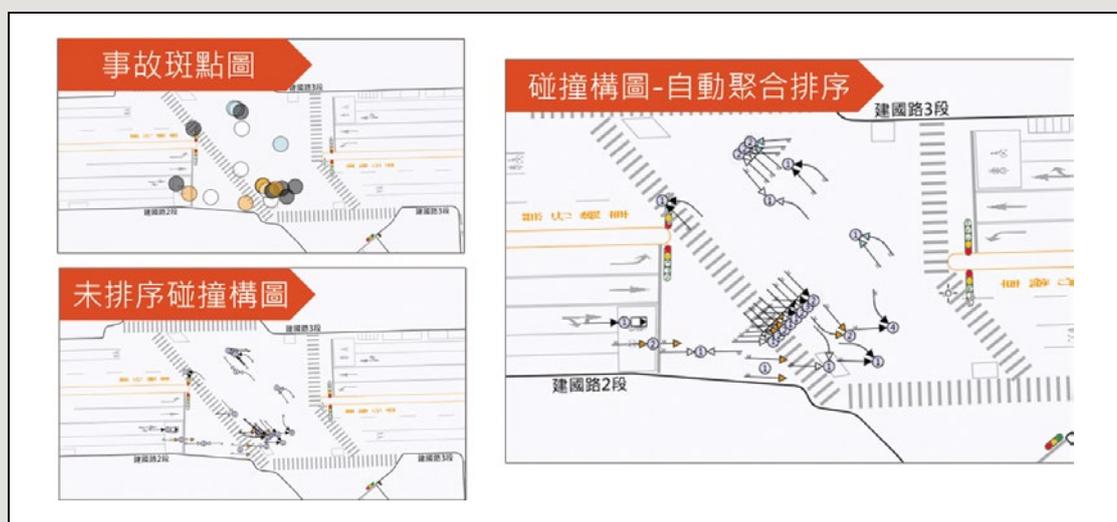


圖10 碰撞構圖分析-圖資疊合風險評估

## 六、具體效益

### (一) 作業處理行動有效率

事故處理作業主要可分為現場作業及駐地建檔兩部分，過去處理員警於交通事故現場

後，藉由行動處理一次到位，僅需於駐地檢視表單完整性後輸出事故卷宗，大幅提升駐地建檔作業效率，而現場處理每年可節省約20%之處理時間，整體事故處理流程約可節省43%之時間，如圖11所示。



圖11 阡陌系統可有效節省事故案件處理時間

(二) 數位作業提升專業與信賴

當發生交通事故時，當事人於現場往往處於焦躁不安、不穩定之情緒，而過去事故處理現場仰賴人工紙筆作業，受員警個人風格落差造成當事人辨識之不一致性及困難，易引發不滿情緒或遭質疑現場處理人員之專業度及公正性。而導入阡陌系統後，除可將談話紀錄數位化，現場圖亦運用色彩呈現交通設施及區別事故車輛，有助當事人理解處理過程緩解緊張情緒，專業形象增進信任感，甚至參與員警處理過程，有利於整體處理程序進行，如圖12所示。

(三) 科學專業產製

有鑑於交通安全受到重視，政府主管單位持續推動碰撞構圖各項應用，惟推展最大阻力為繪製碰撞構圖仰賴大量勞務作業，目前交通單位繪製碰撞構圖，係由警察單位提供事故現場圖，再透過人工判讀轉繪，十分耗費人力。而阡陌系統藉由雲端載入街廓圖及事故資料，輔以智慧輔助繪圖及輸出，大幅節省作業人力與提升作業效率，且不須額外經費及時程耗損，如圖13所示。



圖12 阡陌系統可協助提升民眾對第一線處理人員的專業與信賴

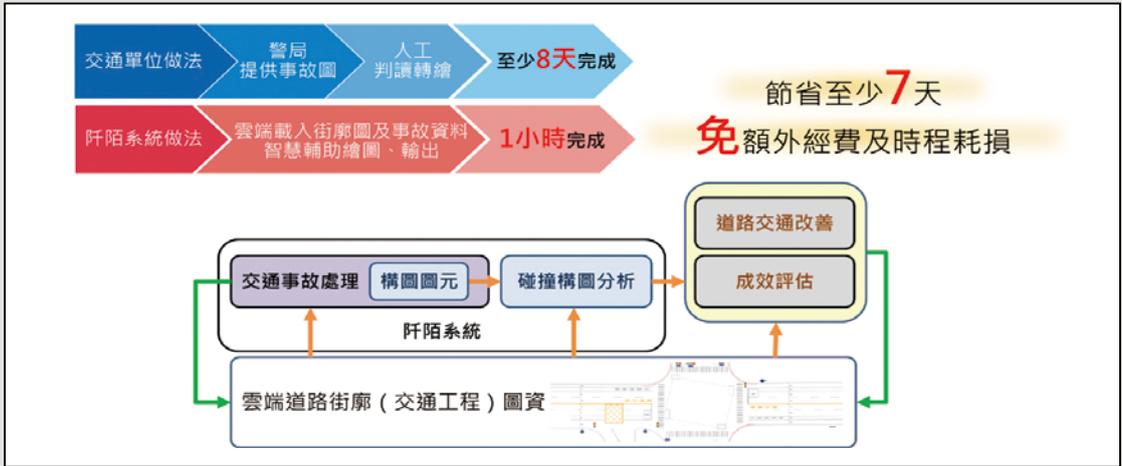


圖13 科學專業產製碰撞構圖

### 參、未來展望

阡陌系統自108年起逐年升級擴充，並積極推廣至各縣市警政與交通單位採用，未來將以打造安全幸福城市為願景，接軌國際SDGs永續發展與我國淨零減排目標，運用AIoT、5G及大數據等前瞻技術，持續推動「雲端圖資串聯交通事故處理、分析與改善」之政府智慧治理方案，以客觀數據、科學循證的方法輔助交通工程改善、聚焦交安宣導目標及規劃精準執法，整合跨域改善能量，維護交通安全，預防交通事故。

### 一、交通安全跨域數位治理

以現有建置之阡陌繪圖系統為道路地理圖資服務核心，藉由資訊平臺（或跨局處交換事故與圖資）統合道路地理圖資、交通事故繪圖及碰撞構圖分析等3項主要應用，衍生相關數位加值應用（如交通事故行動處理、道路地理圖資歷史沿革平臺、交通工程設計發包系統），讓圖資在事故處理與改善循環中更新成長，實現交通安全跨域數位治理，如圖14所示。

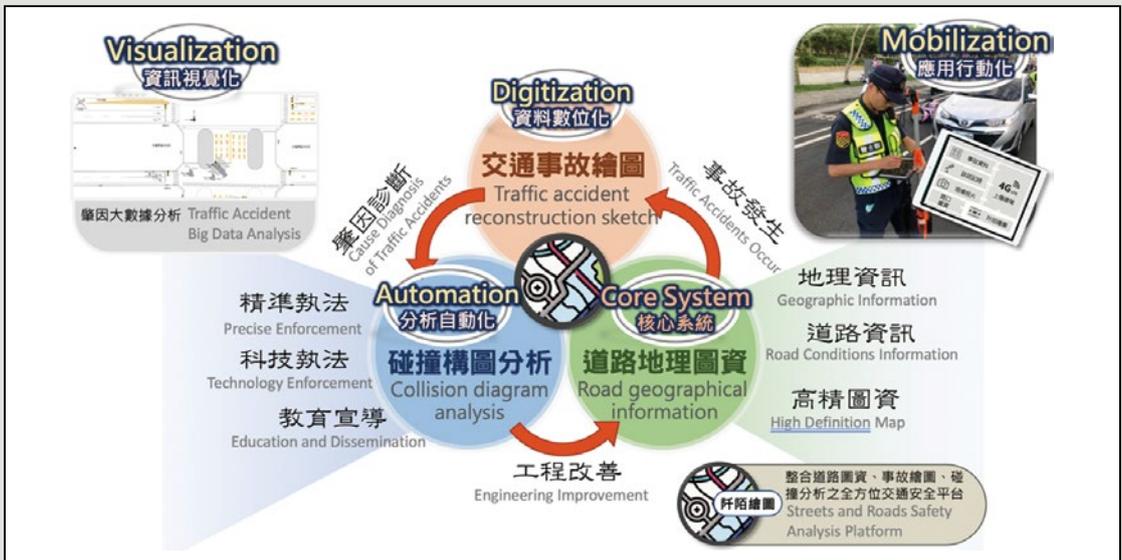


圖14 交通安全跨域數位治理

## 二、運用AI與大數據建立專家系統

以碰撞構圖分析為例，目前分析侷限單一路口，如將路口幾何與道路結構納入分析因子，疊合指定區域或同路段相似路口，進行高風險區域、路廊碰撞構圖分析，可據以進行系統性改善及評估成效；在繪製道路地理圖資時，加入不合理交通工程偵測、進行現有設計潛在交通風險評估、導入智慧化改善建議等專家系統，可大幅增進作業效率並避免設計風險，如圖15所示，嘉義市於112年1月嘗試將長路段圖元疊合入標準路口進行長路廊碰撞構圖，並將以此概念進行大數據應用之開發。

## 三、數位繪圖永續發展

以嘉義市警察局現行交通事故E化處理為例，截至112年底已建置逾4,000路口之道路地理圖資，皆由該局同仁自行繪製未依賴廠商協助，交通隊事故處理小組（處理傷亡事故）、各分局派出所員警（處理財損事故）等基層同仁，各年齡層（20~55歲）都能使用數位繪圖，並享受行動化處理帶來的便利及效率。各類系統以基層同仁好學易用、自主繪圖為目標，建立經驗傳承機制讓圖資永續發展。

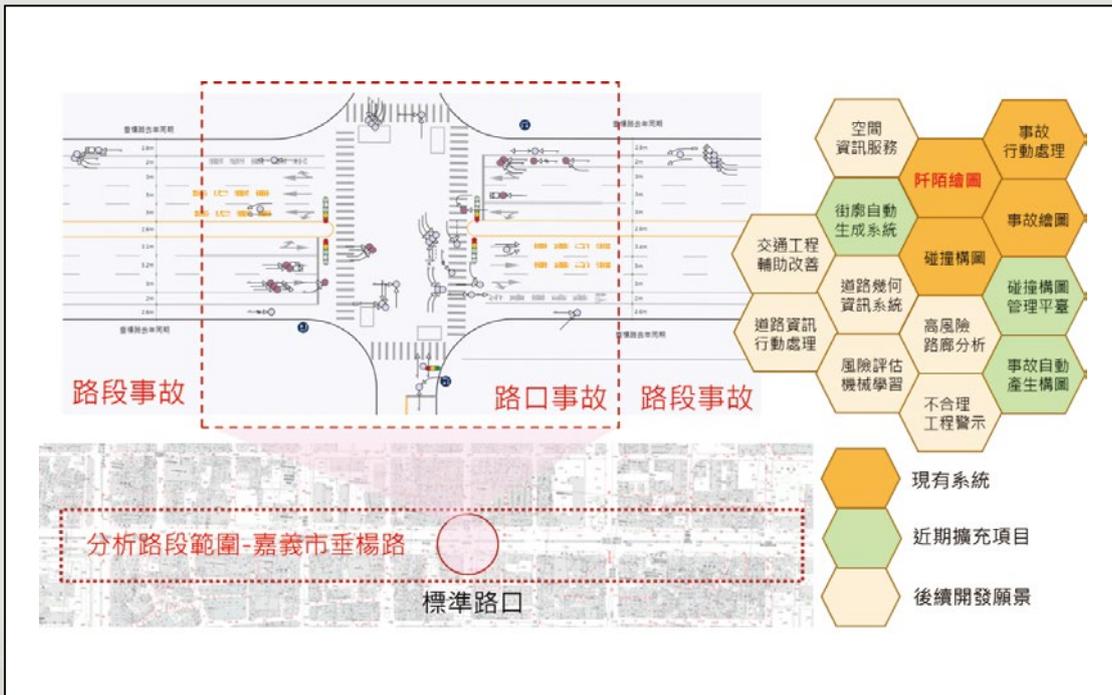


圖15 運用AI與大數據建立專家系統

# 道路交通的數位治理基礎—車道地圖推動與展望

關鍵詞(Key Words)：智慧運輸系統 (Intelligence Transportation System, ITS)、自動駕駛 (Autonomous, Self-driving)、車聯網 (Internet of Vehicles, Vehicle to Everything, V2X)、數位道路圖資 (Digital Maps)、車道地圖 (Lane Map)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／地理空間資訊部／技術經理／吳錫賢 (Wu, Hsi-Hsien) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／地理空間資訊部／正工程師／翁敬恆 (Weng, Chin-Heng) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／地理空間資訊部／工程師／楊軒 (Yang, Hsuan) ❸

交通部／交通科技及資訊司／簡任技正／李霞 (Lee, Lisa) ❹

## 摘要

近年隨著自動駕駛（Autonomous, Self-driving）、車載資通訊（Telematics）或車聯網（Internet of Vehicles, Vehicle to Everything, V2X）等技術發展，ITS專業領域也開始探討「數位道路圖資」（Digital Maps）的運用，世界道路協會（Permanent International Association of Road Congress, PIARC）對於支援數位基礎設施之地圖稱Digital Maps，專為自駕車量身打造的「高精地圖」（High Definition Map, HD Map）亦應運而生。依據美國汽車工程師學會SAE J3016對自動駕駛分級的定義，Level 1至Level 2即屬於先進駕駛輔助系統（Advanced Driver Assistance Systems, ADAS）的應用範疇，在高精地圖大量運用前，TomTom認為需要一種介於標準地圖與高精地圖的中間產品，因此推出TomTom ADAS Map來輔助駕駛。數位道路圖資屬於支持交通資訊服務之主題圖資，需由既有二維導航地圖路網架構，優化發展為「車道等級」，以輔助政府的交通數位治理，滿足智慧道路資訊服務之空間化運用，本文係以「車道地圖」為探討重點，主要參考交通部「我國智慧道路應用與數據服務發展策略規劃」專案之部分成果內容進行技術報導。



# Digital Infrastructure of Governance for Road Traffic - Promotion and Prospects of Lane Map

## Abstract

In recent years, with the development of technologies such as Autonomous, Telematics, and Internet of Vehicles (IoV) in the automotive industry, the Intelligent Transportation Systems (ITS) field has also begun to explore the utilization of "Digital Maps." The World Road Association (Permanent International Association of Road Congress, PIARC) refers to maps that support digital infrastructure as Digital Maps. Specifically tailored for autonomous vehicles, the concept of "High Definition Map" (HD Map) has emerged. According to the definition of automated driving levels by the Society of Automotive Engineers (SAE) in J3016, Level 1 to Level 2 fall within the scope of Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) applications. Prior to the widespread use of HD Map, TomTom believes that there is a need for an intermediate product between standard maps and HD Map. Therefore, they introduced the TomTom ADAS Map to assist driving. Digital maps fall under the category of thematic maps that support traffic information services. They need to evolve from existing two-dimensional navigation map network structures and be optimized to the "lane-level" to assist the government's digital governance of traffic. This transformation aims to meet the spatial utilization of smart road information services. This article focuses on "Lane Map," drawing primarily from the results of the Ministry of Transportation's project "Development Strategy Planning for Smart Road Applications and Data Services of Our Country—Research for Digital Maps" for technical reporting.

3

專題報導

## 壹、前言

地圖對於人類生活應用之目的，在於了解環境位置之相對關係，從早期航海圖、陸地疆域輿圖等之應用。從19世紀工業革命至20世紀電腦世代的來臨，人類在陸、海、空各式交通運輸工具也隨之蓬勃發展，而可滿足、提供從出發地與目的地的「導航」（Navigation）目的的關鍵就是「地圖」。

地圖的製作主要由政府機關負責，以我國為例，早期因軍事需求，由國防部聯合後勤司令部（現改制為國防部軍備局）之製圖廠統籌測製台灣地區二萬五千分一及五萬分之一地形圖，後為因民間應用之需求，提供各種專業使用，遂於1985至1989年間編纂出第一版二萬五千分一及五萬分之一經建版地形圖。因內政部地政司為國家基本地形圖及測繪成果管理的主辦機關，自1992年起統籌編繪第二版二萬五千分一及五萬分之一經建版地形圖，至2003年已發行至第四版。

1970至1980年代國內少數出版社，已著手自行編繪、印製出版、販售各類紙本地圖，包含台灣全島地圖及各縣市地圖、主要城市（直轄市、縣轄市）街道地圖等，大比例尺地圖長期以來被視為機密資料，一直到1987年解嚴之後才漸趨改善開放。伴隨著經濟成長，國人生活水平提升，駕駛自用汽車外出之需求提升，以全島或各縣市為主題的小比例尺地圖已無法滿足旅遊導航之需求，例如大興出版社、戶外生活出版社等，則開始出版供大眾使用的旅遊地圖圖冊。至此時期，旅遊地圖圖冊儼然成為駕車出遊導航之重要參考資料，民眾接受度高，其銷售量可謂一車一冊。

至1990年代電腦科技普及，地圖由傳統紙圖格式朝向電子化發展，即所謂「電子地圖」時代來臨，為促進智慧運輸系統（Intelligence

Transportation System, ITS）發展，交通部運輸研究所於1998年10月公開發行第一套專為交通應用而製作之數值地圖：「台灣本島1/25000交通路網數值地圖1.0版」，其數化來源係參考內政部之經建版地形圖，並納入現地調查資料，另增加都市地區路寬8公尺以上道路、行政區界、河流湖泊、鐵路捷運、地標地物等圖層，為我國交通專業應用之首版電子地圖。

此時期因全球衛星定位（Global Positioning System, GPS）及1公尺以下商用高解析度衛星影像（例如：美國IKONOS衛星）的同步發展，對於導航又帶來二個關鍵性的影響。首先是GPS可提供飛機與汽車全球性、24小時不中斷的定位服務；而商用高解析度衛星影像可滿足路網數值地圖的快速更新。此二項技術再度觸發汽車產業之「汽車導航」（Automotive Navigation System）的發展，國際主要車廠例如BMW、Toyota、Mazda、Nissan皆積極投入開發以GPS衛星定位為核心的「汽車導航」系統；以日本Panasonic開發的汽車導航系統為例，除駕駛艙需具備可顯示地圖與導引路線的數位液晶螢幕之外，因電子地圖資料龐大，需同步搭載CD/DVD之光碟設備作為儲存地圖資料之用。而今國際車廠之導航圖資供應商（例如Here或TomTom）對於提供導航地圖的產品稱為標準地圖（Standard Map, SD Map），是一種基於路網結構的2D地圖，在高架與平面多層次複合路段，則以仿3D之透視圖片來輔助路徑導引。

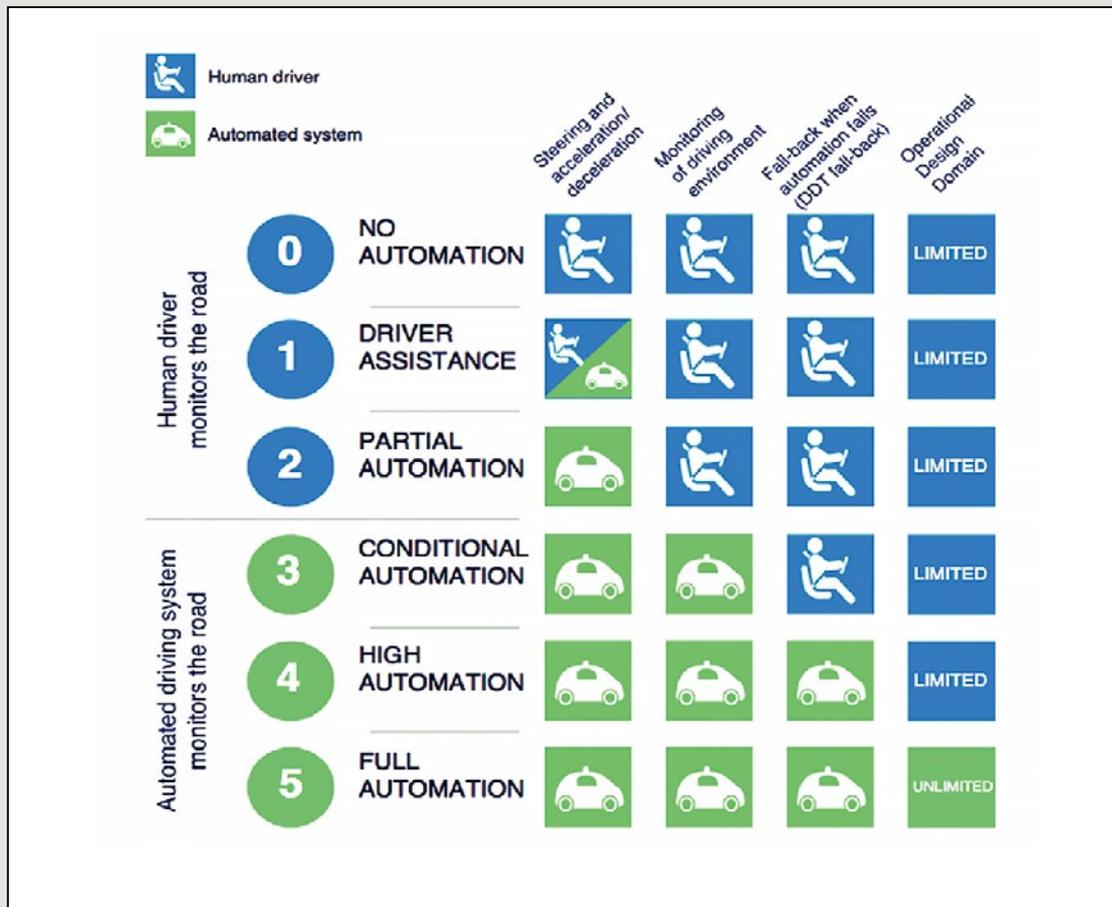
Google Maps自2005年首次公開，並持續以大量資金投入全球地圖服務，除蒐集購買全球衛星影像之外，積極在各國與OEM廠商合作以快速獲取當地圖資。因其成功的商業模式，除中國市場之外，Google Maps已成為全球地圖服務的霸主，在個人及商用地圖皆有廣大的市場涵蓋，加上結合商家地標興趣點（Point of Interest, POI）、門牌地址（Address）、街景（Street View）、即時公共運輸資訊（Public

Transport Information) 等，對於一般導航應用已帶來相當良好的用戶體驗。

## 貳、交通應用數位圖資國際發展趨勢

近年隨著自動駕駛 (Autonomous, Self-driving)、車載資通訊 (Telematics) 或車聯網 (Internet of Vehicles, Vehicle to Everything, V2X) 等技術發展，ITS專業領域也開始探討「數位道路圖資」(Digital Maps) 的運用。世界道路協會 (Permanent International Association of Road Congress, PIARC) 對於支援數位基礎設施之地圖稱Digital Maps，是物理環境或資產

的數位表示方法，結合圖形元素和電子資訊形成虛擬展示，且依賴地理空間資訊中具有地理或位置的成分，為道路數位基礎設施之重要部分。例如智慧自動駕駛車輛(簡稱自駕車)的發展進程，依據美國汽車工程師學會SAE J3016對自動駕駛分級的定義 (如圖1)，Level 1至Level 2即屬於先進駕駛輔助系統 (Advanced Driver Assistance Systems, ADAS) 的應用範疇，其中最大的關鍵因素是Level 2以下自駕車須由駕駛人負責，而Level 3以上自駕車則由車廠負擔駕駛責任。而除了車載感測設備可支援不同等級的自駕車，專為自駕車量身打造的「高精地圖」(High Definition Map, HD Map) 亦應運而生，期以空間資訊技術，減輕自駕車對即時感測設備的依賴，提升安全性。

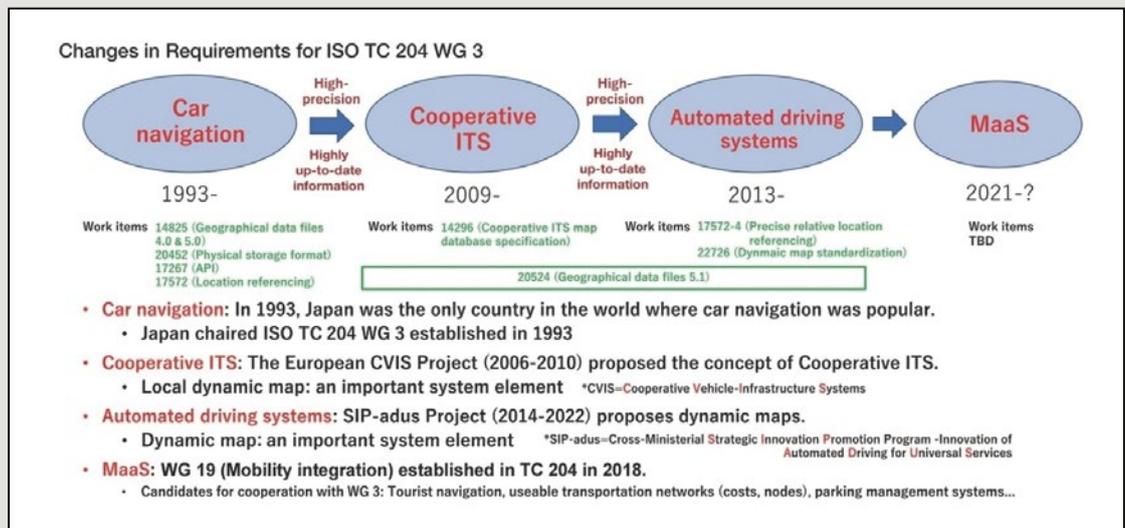


資料來源：<https://www.researchgate.net/>

圖1 自動駕駛分級示意圖

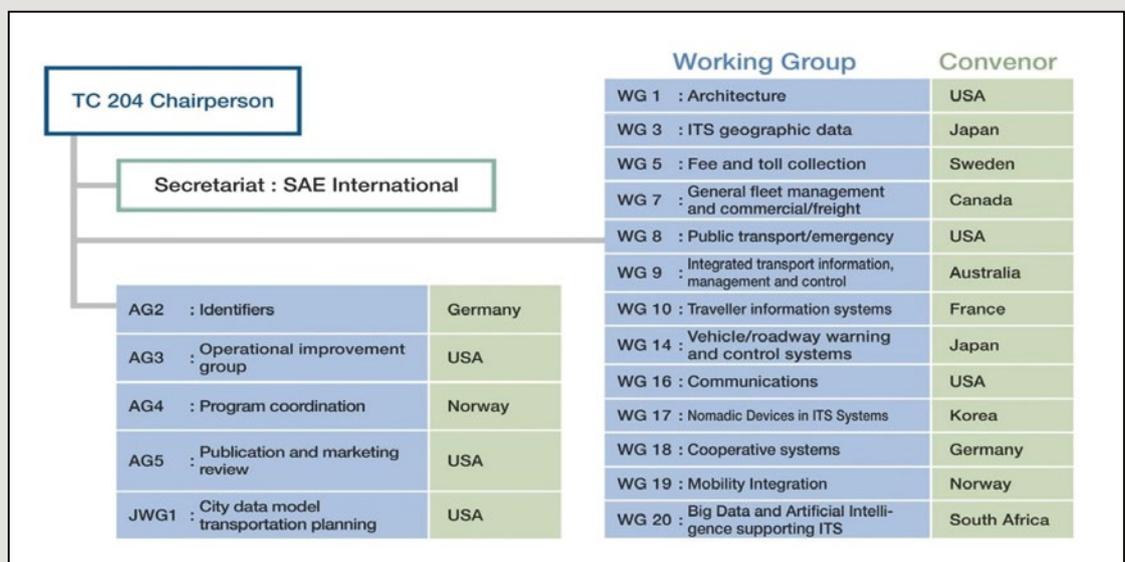
國際標準化組織（International Organization for Standardization, ISO）在智慧運輸系統（ITS）領域的標準化，是由1992年成立的ISO/TC 204技術委員會（Technical Committee, TC）負責ITS在整體系統和基礎設施，包含ITS訊息、通信和控制系统標準化，例如：旅行者訊息、交通管理、公共交通、商業運輸、緊急服務以及ITS領域的商業服務相關的標準制定，以及協調ITS領域與整體ISO工作計畫的全面推進，ISO/TC 204任務進程如圖2。（2）

ISO/TC 204其下第3工作小組WG3（如圖3），主要負責地理空間資料（ITS geographic data）的相關標準制定，並由日本擔任召集人，迄今已完成多項與地圖有關之標準：例如ISO 17572-4 Precise Relative Location Referencing for Geographic Databases、ISO 20524-1 Geographic Data Files - GDF5.1 Part 1、ISO 20524-2 Geographic Data Files - GDF5.1 Part 2。在ISO與交通應用地圖相關的空間資訊範疇而言，日本可算是全世界的標準引領者；因此



資料來源：日本自動車技術會

圖2 ISO/TC 204目標發展示意圖



資料來源：日本自動車技術會

圖3 ISO/TC 204工作小組分工示意圖

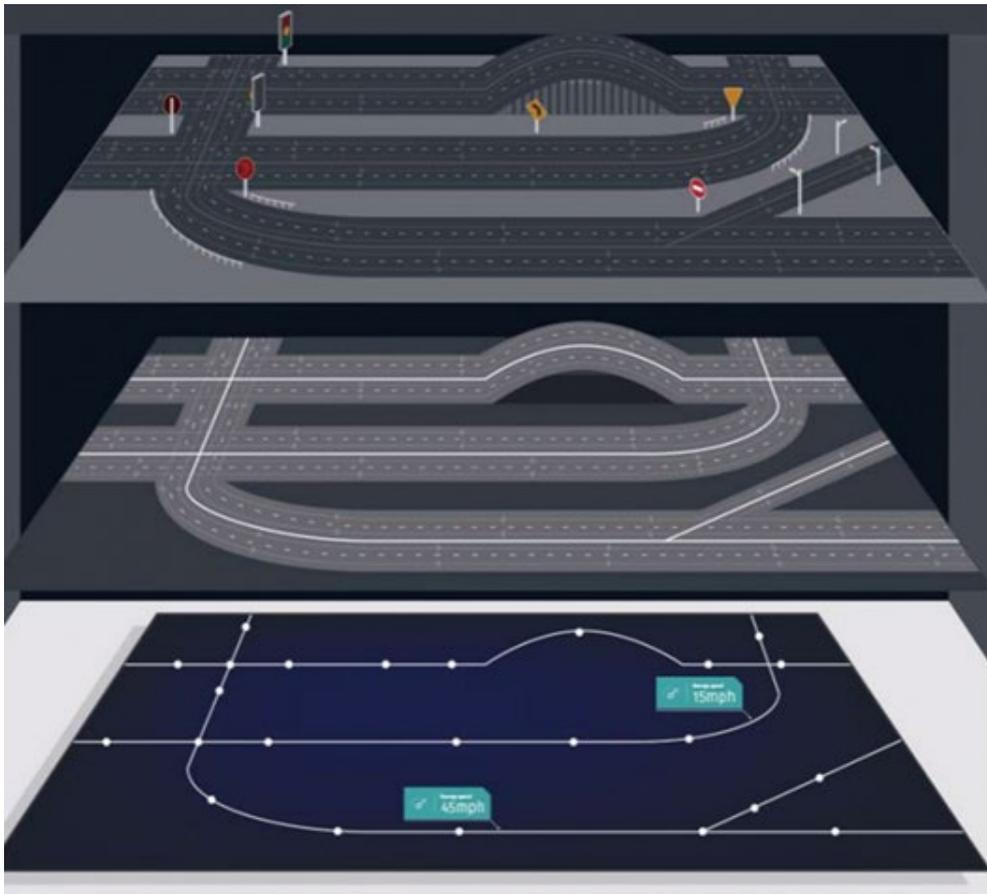
對於新世代交通應用地圖的發展，建議可多關注其動向。

以下即例舉國際上幾項與交通應用有關之地圖發展：

### 一、HERE地圖

HERE提供的服務包含開發環境（HERE Workspace）、資料交換（HERE Marketplace）、地圖創建和視覺化功能（HERE Studio）和定位服務（HERE Location Services）等。其曾為Nokia所提供之服務，2015年被德國汽車聯盟收購，應用涵蓋200多個國家與地區，與許多汽車製造商合作，包括Toyota、Nissan、BMW、Benz

等，此外也為Amazon、Microsoft 等公司進行地圖資訊應用開發，目前已有整合地圖的導航SDK與車載導航系統。HERE HD Live Map主要架構分三層（如圖4），第一層稱為HD Road，對應到SAE J3016之自駕等級Level 0和Level 1，包含道路線、道路高程、坡度、道路規則（例如速限）、道路邊界、隧道和路口。第二層為HD Lanes，對應自駕等級為Level 1和Level 2，主要較第一層基底上新增各式道路等級圖徵，如：道路類型、道路寬度、道路標線、停車格、減速丘和速限。最後第三層為HD Localization，對應自駕等級為Level 2+、Level 3和Level 4，此圖層主要增加路側設施，如：標誌、障礙物、電線桿、號誌和門架設施。



資料來源：Here

圖4 HERE HD Live Map圖層架構

## 二、TomTom地圖

TomTom主要提供地圖資訊、導航與交通資訊解決方案等服務。該產品已應用在美國與歐洲大部分主要高速公路上。TomTom數位圖資包含道路網路、交通流和即時資訊、POI數據、地形與地理特徵、三維建築和地標、速度限制與交通標誌、地理編碼等資訊，數位圖資包含以下三層結構：

- (一) Localization Layer：定義基本的道路特徵與地理資訊。如道路幾何、行駛方向、高程、坡度、路緣邊界、交叉路口等基本要素。用於基本的最短路徑規劃、提供轉向指示、地圖顯示等。
- (二) Planning Layer：定義車道等級的特徵，包括車道配置、道路寬度、道路方向、停車區域、速度限制等。用於協助車輛更即時、更精確的預測與應對不同路段的情況。
- (三) Road DNA：由於傳統GPS解決方案無法提供自動駕駛所需的準確性和穩健性，TomTom開發了RoadDNA，將基於3D點雲圖轉換壓

縮空間為2D，並保留關鍵要素，描述道路設施，如建築物、交通號誌、標誌標線等細節資訊。有助於更高級別的自動駕駛和車輛控制系統更精確地了解道路情況。

在高精地圖大量運用前，TomTom認為需要一種介於標準地圖與高精地圖的中間產品，因此推出TomTom ADAS Map來輔助駕駛，截至2020年的第四季，已有超過300萬輛Level 1、Level 2的自駕車輛使用TomTom的ADAS Map，TomTom ADAS Map內含6種經計算而得知的圖資特徵來對應相關應用目的，包含坡度梯度（Gradient）、道路曲率（Curvature）、交通標誌（Traffic Sign）、速限（Speed Restriction）、路口轉彎曲率（Road Curvature at Junction）、車道交會（Lane at Junction）。例如可利用道路坡度來計算坡度梯度以改善燃油使用效率；計算道路曲率來預測車輛最佳過彎速度，輔助安全駕駛；計算路口曲率，提高乘坐舒適性及預測換檔時機；透過預先設計之道路線，提醒駕駛行車路線及提示前方尚未出現之道路標線；數位化交通標誌可讓駕駛預先收到警示；數位化速度限制標示可更提升超速警告效率（如圖5）。



資料來源：TomTom

圖5 TomTom ADAS Map

TomTom認為ADAS Map可帶來以下幾點優勢：

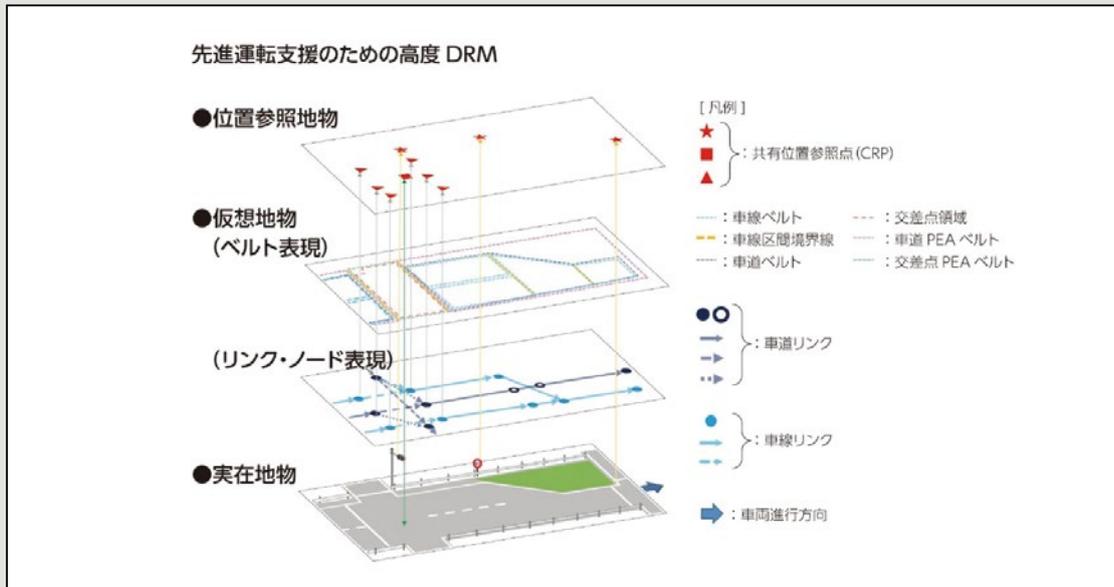
- (一) 透過地圖中更明確的交通號誌、速限標誌來提前預示用路人，來達到改善導航之效果。
- (二) 運用圖資來預測換檔時機點及滑行時間，以增加引擎效率。
- (三) 經過道路幾何形狀及速度限制綜合運算後，為電動車及混合動力汽車提供更精確的時速及里程計算。
- (四) 預先計算道路圖資內容來提供最佳駕駛舒適度，同時可提升使用者信任度。

### 三、日本數位道路地圖

由日本數位道路地圖協會（日本デジタル道路地図協会, Japan Digital Road Map Association）著手規劃建置數位道路地圖（デジタル道路地図, Digital Road Map, DRM），基於日本國土地理院的1/25000比例尺底圖進行擴充而得，依據每年日本中央及各地方政府

之相關道路管理單位所發布的基本圖資進行更新。高速公路、國道、縣道等級以上的道路於開工2年前，其施工圖即納入新建道路數據，讓道路交通訊息通信系統中心得以統一更新圖資，該中心將其收集、處理、編輯的文字、圖形形式的道路交通訊息，以通信、廣播媒介向車載導航系統等車載設備傳送。道路交通訊息包括交通堵塞訊息和交流道之間通過所需時間、事故、故障車輛、施工訊息、限速、車道限制訊息、停車場位置訊息和服務區空餘車位訊息等。數位道路地圖之路網由路段（Link）與節點（Node）的組合來表示，每個節點皆有唯一編號，與我國基礎路段編碼之功能相近。

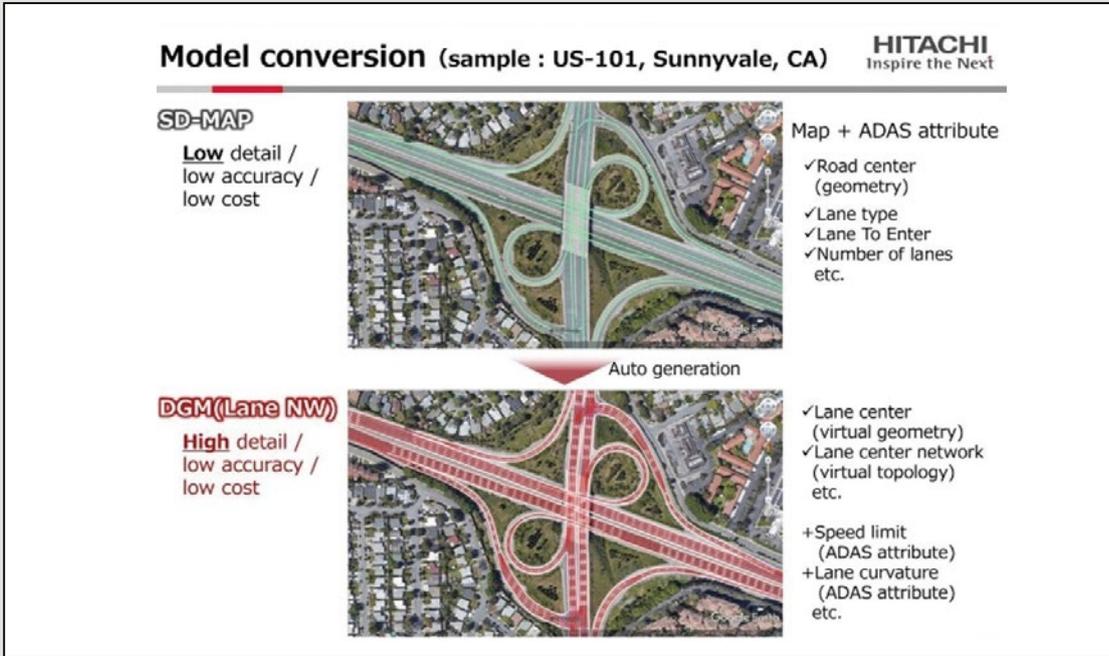
日本數位道路地圖協會認為所謂的智慧交通系統則是利用最新的通信技術，將人、道路、車輛與訊息聯網，解決交通事故和擁堵等道路交通問題。是一個視應用領域目的所新構建的新型交通系統，包含9個開發領域：先進導航系統、自動收費系統、支持安全駕駛、流量管理優化、簡化道路管理、支援公共交通、提高商用車的效率、行人支援和支援緊急車輛運營。為了未來更多元的應用及自駕車時代的來臨，智慧交通系統需要能夠辨識車道級別



資料來源：日本數位道路地圖協會

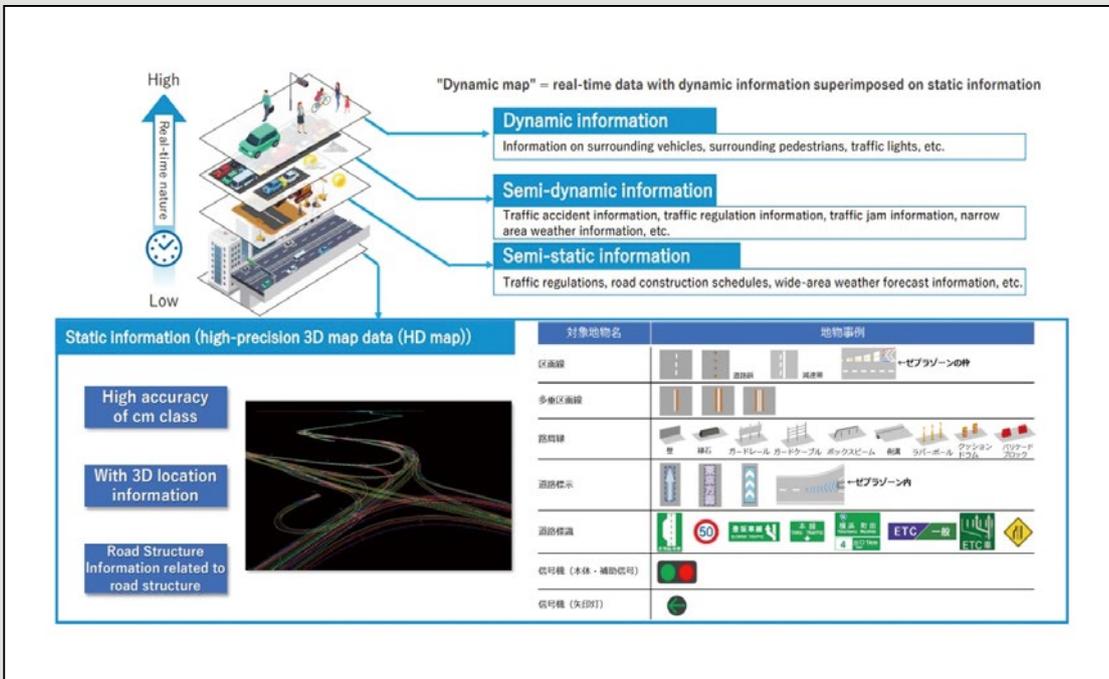
圖6 高度化數位道路地圖（DRM）內容組成





資料來源：日立製作所

圖8 日立細緻幾何地圖提供車道等級導航示意圖



資料來源：SIP-adus 2021 Workshop

圖9 日本DMP高精地圖

截至目前為止，DMP公司擁有日本30,000多公里、美國約640,000公里，歐洲超過300,000公里的公路及高速公路數據。DMP公司目前除了日本全國高速公路高精地圖成果已

經產製完成外，近年也開始產製一般道路之高精地圖，擴展該公司數據庫，不過相較高速公路，一般道路情況較為複雜，產製成本及效率也不如高速公路場域。〔7〕

## 七、車聯網地圖

隨5G高速傳輸時代來臨，圖資走向聯網傳輸的應用，可即時依照地理位置交換使用者所需之小範圍地圖與附加之交通訊息。車聯網V2X發展初期著重於短距離通訊的技術（Dedicated Short Range Communication, DSRC），包含：V2V（Vehicle to Vehicle）、V2I（Vehicle to Infrastructure）、V2P（Vehicle to Pedestrian）和V2N（Vehicle to Network），同時另有V2R（Vehicle to Road）、V2M（Vehicle to Motorcycle）及V2T（Vehicle to Transit）的概念。目前最新的通訊架構則改以蜂巢網路（Cellular Vehicle-to-Everything, C-V2X）為主要技術，號誌燈號轉換前就透過路側設施傳遞即時訊息，感測範圍為數百公尺內，在系統容許反應時間內更新車輛、交通及環境資訊。透過聯網系統，將車輛、路側設施、行人、交控中心等多方資訊進行傳遞、接收，掌握彼此現況，改善整體用路人安全。

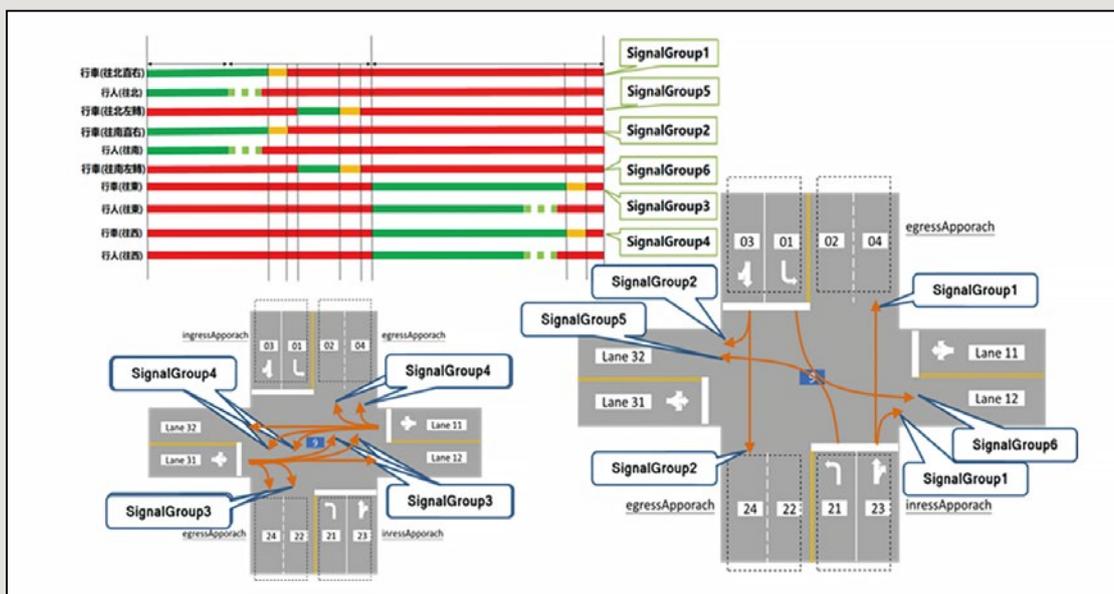
依據SAE J2735國際標準的通訊協定，包含地圖資料（Map Data）以及號誌時相與秒數

（Signal Phase and Timing, SPaT）等17種訊息集。其中「地圖資料」（Map Data）主要傳達路口的幾何資訊，內容包含路口描述、車道路段描述，其內容亦可定義與其他訊息的關聯索引，以確認道路上特定位置的事件相關資訊（如圖10）。為易於了解SAE J2735地圖資料之意涵，則以V2X Map或車聯網地圖稱之，目前我國也透過台灣車聯網產業協會參考SAE J2735資訊標準，積極辦理相關之標準訂定作業，初步完成「臺灣協同智慧運輸車聯網路側設施資通訊開放標準」（Taiwan C-ITS Roadside Open Standards, TCROS）。〔8〕

## 參、交通應用數位圖資國內發展現況

### 一、臺灣通用電子地圖

為建立嶄新之全國性、共通性、一致性的國家級臺灣通用電子地圖，有助於民間產業發展之加值應用，國家發展委員會將「通用版電子地圖」列為「國家地理資訊系統建置及推動



資料來源：台灣車聯網產業協會

圖10 車聯網地圖V2X MAP與SPaT資料關聯對應示意圖

十年計畫」優先辦理之分項計畫，並交由內政部國土測繪中心於96年度試辦，97至100年度辦理第一版建置作業，並自101年度起逐年辦理更新維護作業。為配合各界對圖資時效性殷切需求，自103年度起將圖資更新頻率由5年提升為2年，並104年起更名為「臺灣通用電子地圖（Taiwan e-Map）」。

臺灣通用電子地圖，主要包含道路、鐵路及捷運、水系、行政界、區塊、建物、地標、控制點、門牌及正射影像等10大類圖資（如圖11）。道路、鐵路及捷運、水系、建物等圖層

平面位置精度為1.25公尺，區塊範圍線平面位置精度為2.5公尺。臺灣通用電子地圖於網路提供WMS（Web Map Service）介接服務，已成為重要的國家底圖之一。〔9〕

## 二、三維國家底圖之三維道路模型

內政部與國家發展委員會積極推動將現有2D國家底圖升級為三維國家底圖，定調以「數值地形模型」及「臺灣通用電子地圖」做為必備元件，正式啟動「三維國家底圖建構工程」，以深化我國三維加值智慧應用及產業發



圖11 臺灣通用電子地圖



圖12 LOD1三維道路模型局部成果

展。內政部已於108年推動「三維道路模型資料建置試辦案」，研議以上述圖資快速產製三維道路模型之方法，經謹慎分析國內外相關研究方法並試辦實作，以臺灣通用電子地圖道路面為基本資料，萃取臺灣地區1公尺網格數值表面模型（Digital Surface Model, DSM）資料做為道路面之高程值，以產製三維LOD1彩帶式道路模型，目前已完備標準作業流程及品質檢驗方法，並於109年進入大規模生產建置之階段。三維道路模型成為臺灣目前高程精度最高之道路模型資料。因三維道路模型具備量產且覆蓋範圍廣之特性，可做為數位道路圖資由二維轉為三維附加高程資訊之重要參考（如圖12）。〔10〕

### 三、交通路網數值圖

內政部「臺灣通用電子地圖」及交通部「交通路網數值圖」皆為中央機關建置涵蓋全國區域且具道路圖資的電子地圖，由於兩項圖資測製、更新方式及資料結構不一致，常導致使用者困擾，也容易有圖資重製浪費疑慮。自103年起，內政部與交通部攜手合作，透過多次會議研商、檢討及試辦，於107年1月正式完成兩項圖資整合，並由內政部國土測繪中心透過「國土測繪圖資e商城」統一對外供應。

### 四、基礎路段編碼

因應交通資訊之蒐集、發布及交換需求，交通部已於107年頒訂「交通資訊基礎路段編碼規範V1.0-資訊標準格式」，該文件用以規範全國主要道路之「道路分段」與「路段編碼」，主要道路包含：國道、省道快速公路、市區快速道路（以上含匝道但不含服務區道路）、省道、線道、鄉道、重要市區道路（不含機慢車道），以及路名含「街」之路寬大於15公尺的市區道路，並暫時排除巷、弄、產業道路及無名道路（如圖13）。基礎路段編碼每年定期以臺灣通用電子地圖完整版、異動中繼檔案比對更新。

交通應用領域裡常使用「預碼法」作為交通資訊的位置參照。所謂「預碼法」是預先將特定的空間位置（如路段）給予唯一的編碼，欲參照某位置時，只須指明這個位置的編碼即可。為使路段編碼本身具有快速篩選的功能，以利交通資訊的查詢，路段編碼須進行多碼段結構化的設計，各碼段具有特定意義，即可快速檢索特定路段的交通資訊。結構化的路段編碼是查詢交通資訊時的一種索引，亦是各項交通資訊服務的共通基礎。〔11〕

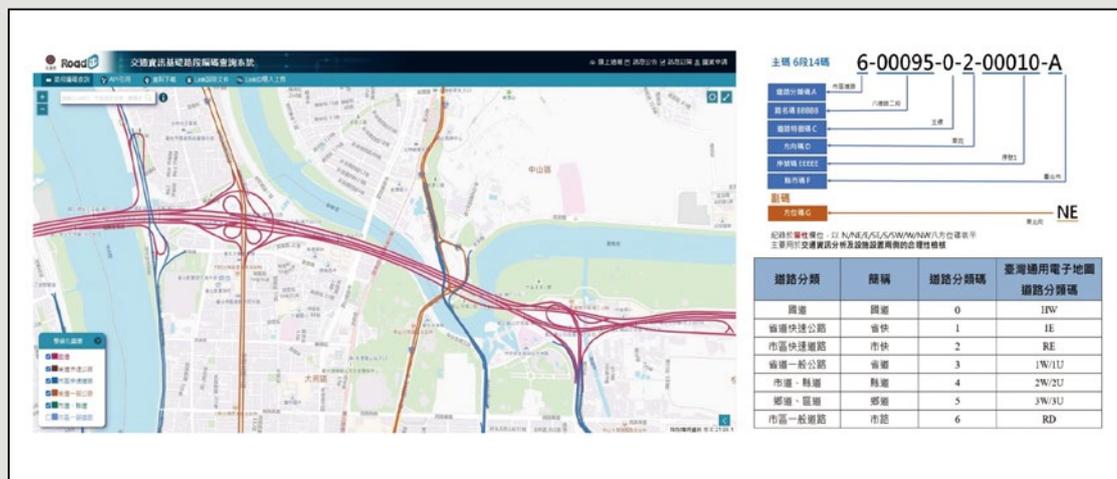


圖13 基礎路段成果及編碼原則

## 五、臺灣高精地圖

內政部委託臺灣資通產業標準協會（Taiwan Association of Information and Communication Standards, TAICS）於2020年出版高精地圖（High Definition Map, HD Map）圖資內容及格式標準（TAICS TR-0016 v1.0），以及高精地圖檢核及驗證指引（TAICS TS-0024

v1.0），其平面精度要求為20公分，三維精度要求為30公分，測製內容則包含道路、車道、標線、標誌、號誌、交叉路口等幾何與屬性資料（如表1），主要目的是提供自駕車作自駕導航決策使用。高精地圖資料終極目標將包含豐富且準確的場景語意資訊、即時路況資訊及駕駛經驗訊息附註環境感知、車輛定位與規劃控制，用以實現當前情況下最優駕駛策略。

表1 臺灣高精地圖測製內容

圖層	必須屬性	
道路圖層	道路參考線	識別碼(id)、交叉路口(junction)、規則(rule)、前參考線識別碼(predecessor)、後參考線識別碼(successor)、道路等級類型(type)、起始節點(startNode)、結束節點(endNode)
	路面邊緣	識別碼(id)、起始節點(startNode)、結束節點(endNode)
	車道線	識別碼(id)、車道線種類(type)、車道線顏色(color)、車道線樣式(style)、車道線寬度(width)、起始節點(startNode)、結束節點(endNode)
	節點	識別碼(id)
車道圖層	車道中心線	識別碼(id)、種類(type)、車道寬度(width)、前一車道識別碼(predecessor)、下一車道識別碼(successor)、起始節點(startNode)、結束節點(endNode)
	車道中心線節點	識別碼(id)
標線圖層	停止線	識別碼(id)、標線代碼(code)、行車號誌識別碼(signalid)、停止線寬度(width)
	停車格	識別碼(id)、標線代碼(code)、停車格的使用規定(access)、停止線寬度(width)
	標線	識別碼(id)、標線代碼(code)、標線顏色(color)、標線寬度(width)
	標線範圍	識別碼(id)、標線代碼(code)
	標線圖形	識別碼(id)、標線代碼(code)、標線顏色(color)、標線寬度(width)
物體圖層	識別碼(id)、物體種類(type)、動態物體(dynamic)、物體底部範圍(extent)、物體頂點z坐標(zTop)	
標誌圖層	識別碼(id)、桿識別碼(poleid)、標誌種類(code)、標誌牌面角度(angle)、包圍矩形左下坐標(bboxMin)、包圍矩形右上坐標(bboxMax)	
號誌圖層	識別碼(id)、桿識別碼(poleid)、號誌種類(code)	
桿圖層	識別碼(id)、桿柱種類(type)、桿頂部z坐標(zTop)	

資料來源：臺灣資通產業標準協會（TAICS）

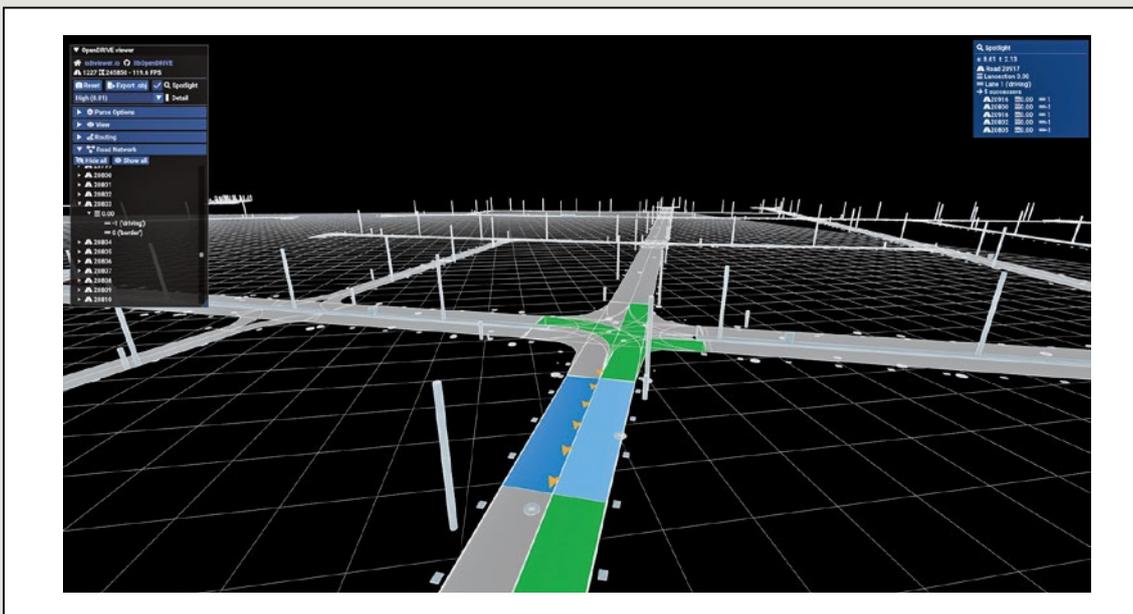


圖14 高精地圖OpenDRIVE成果範例

內政部近年亦根據自駕車實證場域需求辦理測繪臺灣高精地圖，109-110年辦理無人載具實證運用高精地圖測製工作案，委託國內測繪業進行試辦。截至112年底完成高精地圖場域包含臺北市信義路、新北淡海新市鎮、桃園青埔、桃園機場、新竹市、新竹縣、臺中水湳、臺中台灣大道、臺61線部分路段、彰濱工業區、臺南沙崙、臺南南科、澎湖、台9線部分路段等場域，合計約170公里。臺灣高精地圖測繪方式主要採車載移動測繪（MMS），以獲取直接地理定位點雲與影像，並透過人工繪製物件方式製作。臺灣高精地圖主要以OpenDRIVE格式建置，以提供輔助自駕車運行使用（如圖14），其欄位屬性設計，尚無與交通資訊進行關聯，故建議增加紀錄LaneID，使其可有效將路側設施、號誌等進行資訊關聯與整合。〔12〕

## 肆、數位治理—車道地圖推動構想與策略

### 一、當前課題與車道地圖構想

國際數位道路圖資發展現況正由二維導航地圖朝向ADAS Map及更上位可輔助自駕車之高精地圖發展。然而對應我國已全國涵蓋建置完成之臺灣通用電子地圖，或研發建置中之三維道路模型，係以共通性國家底圖為建置目的，因此需重新規劃可適用於智慧道路服務範疇之車道地圖建置之可行方法，以切合智慧道路之應用需求，滿足應用情境。

綜整目前之數位道路圖資面臨之課題如下：

(一) 高精地圖係以輔助自駕車行駛為目的，精度要求特別高，且限定採用移動測繪技術，其製作成本每公里需30萬元，在預算有限之情況下，無法大規模建置以拓展地圖涵蓋範圍。

(二) 臺灣通用電子地圖具有全國之涵蓋，更新週期為全臺二年一次，地圖精度為1.25公尺，對於車道級解析或加值尚具潛力。

(三) 全面建置中之三維道路模型，係以生產符合CityGML LOD1彩帶式道路為可視化立體模型，因其道路面源自臺灣通用電子地圖二維資料，對於車道級解析或加值尚有不足。

(四) 基礎路段資料具有全國之涵蓋，但無法解析至更細緻之車道空間。

(五) 道路工程之標線劃設，為決定車道空間位置之重要工作及最後一哩路，但竣工資料未納入即時資料庫更新，殊為可惜。應規劃建立行政流程，收納竣工資料，完備地圖資料庫之即時更新。

(六) 各式圖資建置有其既定方法及更新週期，對於訊息瞬時萬變之交通服務應用，仍有縮短更新週期之需求。如欲縮短更新週期，則不能倚賴既定之作業方法，需思考設計可快速更新之機制，例如採用眾包（Crowdsourcing）之資料流設計。

交通部於111年啟案辦理「我國智慧道路應用與數據服務發展策略規劃」案，考量道路應用服務與實體道路空間互動整合，故於其中納入數位道路圖資發展初步規劃，不僅為智慧道路數位基礎設施之要項，亦為數位治理及數位服務發展之重要基礎。

將實體道路數位化為滿足道路管理、導航、資訊應用服務等目的之道路主題地圖，數位道路圖資為ITS發展之重要基礎與介面，過往傳統數值或影像加值應用有限，須以空間維度收納交通資料，諸多交通資訊服務、交通管理與政策擬定皆須仰賴地圖服務進行呈現，例

如：自駕導航、交通事故資料登載與肇事分析、路況績效與施工位置紀錄、交管策略模擬與車聯網應用等，進行不同資料之整合呈現。隨著智慧道路之發展趨勢，如何建立更符合ITS發展需求，並透過數位圖資共享方式以及提供車道等級之數位服務，乃至建構智慧道路數位孿生基礎，強化跨域合作、資料共享及數位治理，將是未來ITS發展重點。

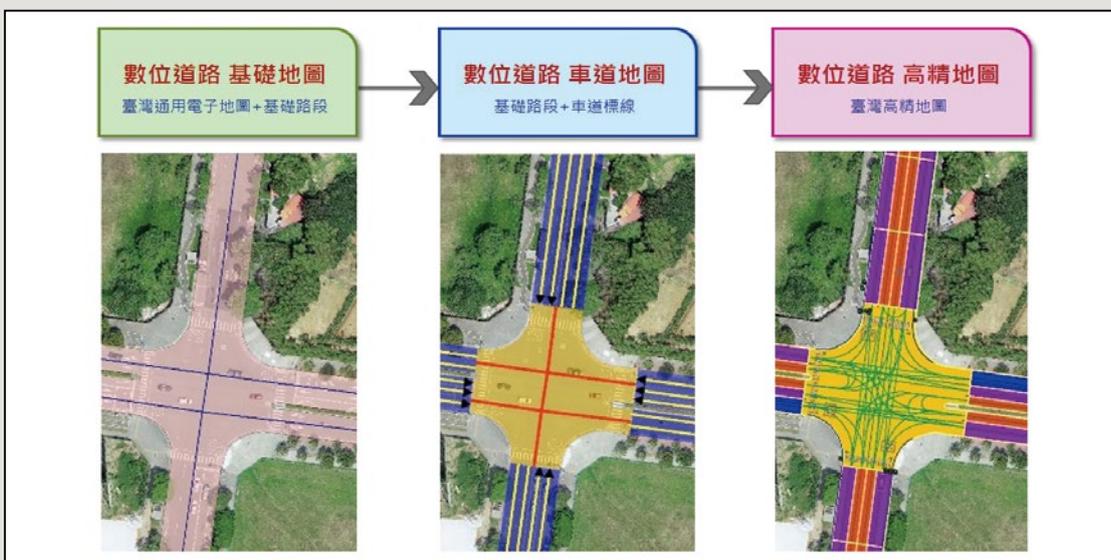
智慧道路將以數位化的道路資訊為基礎，從目前國家基礎地圖成果，優先將道路細緻化為車道地圖，並建置相關屬性資料，可滿足大多數管理及應用單位之需求。為增進數位道路智慧化應用，可再依照不同使用範疇與情境，增加抽取所需資訊內容以利後續加值應用，另藉由數位道路圖資擴展應用層面與應用對象，可加強輔助提升智慧化道路應用之成效。數位道路圖資依據不同細緻程度之圖徵（Feature）組合，可進行分類如下：「數位道路基礎地圖」、「數位道路車道地圖」及「數位道路高精地圖」（如圖15）。

車道地圖主要目的為表現道路「行車帶空間」之車道幾何，輔助道路資訊服務及管理應

用之數位地圖。車道地圖由基礎車道中心線為資料核心，並搭配道路上可見之各式圖徵所組成（如表2），以做為智慧道路應用服務最主要使用之數位化基礎圖資，期能滿足車聯網應用、導航優化、道路安全提升等服務。車道地圖建置原則如下：

- (一) 納入縱向標線以表現車道範圍。
- (二) 納入與安全有關之停止線、行人穿越道。
- (三) 納入與道路服務有關之路側停車格、公車停靠區。

交通部已於112年擬定「數位道路圖資基準共同規範（草案）」，此規範（草案）主要基於資訊環境整合流通需要，規定資料標準訂定時須共同遵循之原則文件，以供後續相關作業之依循。規劃共同規範章節內容包含：目的、範圍、應用場合及使用限制、參考標準及規範、專有名詞說明、特性分析、資料架構、資料典、詮釋資料、參考文獻等。本規範(草案)主要參考國土空間資訊圖資標準、ISO 19100系列標準或OGC正式頒布之標準，及我國政府之相關



資料來源：我國智慧道路應用與數據服務發展策略規劃第2次專家會議

圖15 數位道路圖資三大分類

表2 數位道路圖資分類表

數位道路圖資分類	圖徵內容 分類名稱	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	平面精度建議
		基礎路段	路面範圍	標誌	縱向標線	停止線	機慢車停等區	機慢車停等區線	行人穿越道	自行車穿越道	穿越道中心線	網狀線範圍	槽化線範圍	機慢車待轉區	停車格	公車停靠區	路段面	路口面	路肩	基礎車道中心線	
		來源	既有	實測	實測	實測	實測	實測	加值	實測	實測	加值	實測	實測	實測	實測	實測	加值	加值	加值	
圖徵類別	虛擬	實形	實形	實形	實形	實形	虛擬	實形	實形	虛擬	實形	實形	實形	實形	實形	實形	虛擬	虛擬	虛擬	虛擬	
數位道路基礎地圖		有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	5.0 m
數位道路車道地圖		有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	0.5 m
數位道路高精地圖		有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	0.25 m
資料形式		線	面	點	線	線	面	線	面	面	線	面	面	面	面	面	面	面	面	線	

資料來源：我國智慧道路應用與數據服務發展策略規劃第2次專家會議

交通領域法律或規範訂定，透過標準化之開放資料格式（Open Data Format）以描述各類數位道路空間資料。

## 二、車道地圖支援應用面向

就交通管理層面：針對道路車道配置、標

誌牌面、地面標線標字（如車道標線、路面邊緣線、行人穿越道線、指向線等）、號誌燈桿結合數位道路圖資，將傳統道路設施清查作業轉為智慧道路設施數位化，提供政府機關各種可能有用資訊，使各管轄單位可以依據該區域道路設施配置情形，進行滾動式精進及分析，提升管理單位規劃或決策成效。

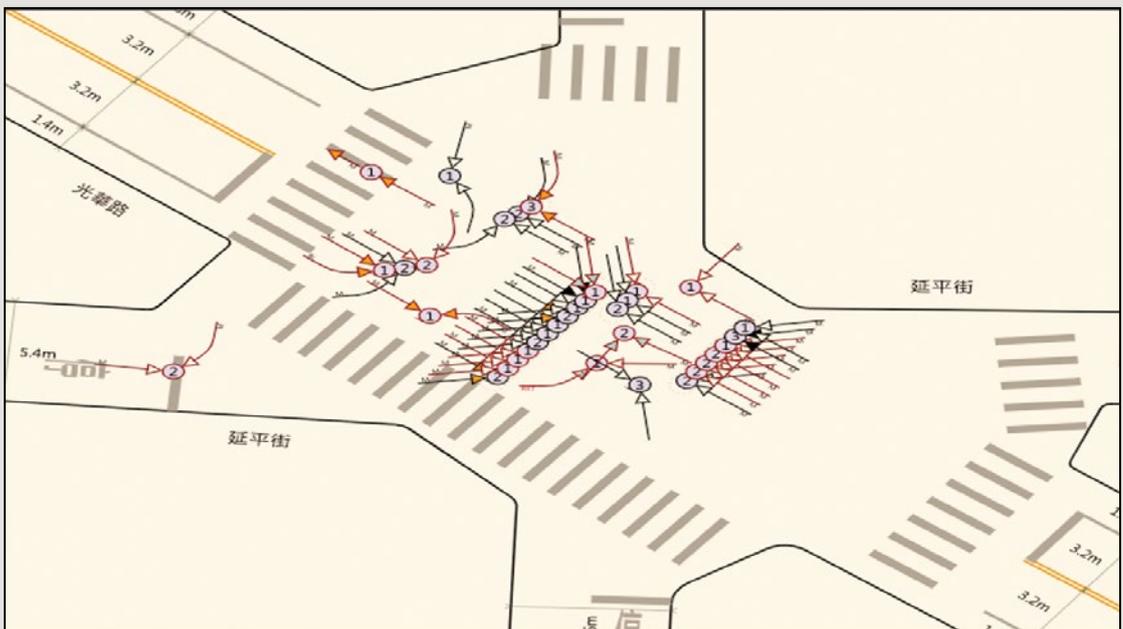


圖16 交通事故碰撞圖

就交通安全與分析應用層面：交通管理單位以及第一線警察局同仁可透過數位道路更全面掌握道路事故趨勢、更精準繪製交通事故碰撞圖（如圖16），加速事故資料之數位化作業，減少繪製人力與業務負擔，進而提升交通安全分析與改善處理之時效，有效掌握重點路口與事故分布趨勢。

就工務施工層面：若能將道路施工訊息（包含事故車輛、車道限制訊息等資訊）提供通信系統中心統一更新圖資，則該中心可將其收集、處理、編輯的文字、圖形形式的道路施工訊息以通信、廣播媒介向車載導航系統等車載設備傳送，進而達成車聯網施工預告之目的。

### 三、車道地圖推動策略

內政部為國家測繪圖資主管機關，近年來於發展地圖之跨域應用不遺餘力。交通部與內政部已有成功之跨部會合作經驗，自103年起透過研商、檢討及試辦，107年起統一由內政部國土測繪中心供應「臺灣地區交通路網圖數值資料檔」，每年並以臺灣通用電子地圖完整版、異動中繼檔案提供「交通部基礎路段」比對更新。

以當前車道等級地圖資料尚未建置之情況下，經盤點國家既有地圖資源後，初步構想是在車道地圖建置初期，針對都會地區之智慧道路優先發展路段，可利用一千分之一都市計畫數值航測地形圖之10公分高解析度影像，以航測方法進行車道地圖之測製。因一千分之一都市計畫數值航測地形圖範圍屬於我國主要城市發展區域，具有大範圍之涵蓋，且其加值測製成果之平面精度可滿足50公分需求。

內政部除積極維護更新國家底圖外，預計自112年起啟動「都會地區多維度空間資訊基礎圖資測製及更新計畫」（一千分之一都市計畫數值航測地形圖）之10年計畫，113年陸續產出成果，其高解析度影像資料可為加值建置車道地圖之重要素材來源〔13〕。為降低產製數位道路車道地圖之初期作業費用，建議儘量使用國家既有航拍一千分之一航測地形圖資料進行加值，可於市區優先路段辦理車道地圖建置作業；隨著農業部林業及自然保育署航測及遙測分署對全臺航拍影像解析度的提升（15公分），針對高快速道路區域，亦可比照以航測製圖作業方式產製車道地圖；如未來將數位道路車道地圖作業成果納入國家底圖資料庫之中，應可再結合三維道路模型成果，融合車道之高程資訊，進一步豐富車道地圖



圖17 車道地圖發展規劃

的資訊內容（如圖17）。

綜合以上，推動建置車道地圖之效益如下：

- (一) 車道地圖與設施數位化為智慧道路所需之基礎資料，可符合多元應用。
- (二) 車道地圖可相容車聯網標準（SAE J2735）所需地圖架構。
- (三) 導入國家底圖資源有效利用及加值，促進跨域合作資料共享，發展車道等級智慧交通應用。

擴大應用與介面協調，以及智慧運輸系統發展、數位轉型規劃推動；而內政部負責測繪成果（國家底圖）之管理事項及測繪技術研發，未來可由二個政府機關的充分協調合作，共同推動我國車道地圖建置與應用發展（如圖18）。

## 二、善用空間資料融合、實現車道地圖3D化

智慧交通所需之車道地圖，未來具有商業應用之潛力，如需滿足大規模的資料範圍覆蓋，預期在建置初期須投入大量之資源。為擴大政府預算運用效益，建議優先以內政部之高精度國家底圖、高解析度航空影像進行數位加



圖18 國家底圖資源共享發展數位道路圖資示意圖

## 伍、行動與展望

未來支援輔助智慧道路資訊服務，發揮數位治理成效，地圖確實為一項非常重要的空間資訊來源，而車道等級之數位地圖尤為關鍵。如何預為整體規劃，逐步構建我國車道地圖資料，應有賴跨機關合作以實現車道地圖的建置。後續行動與展望歸納如下：

### 一、政府機關協調合作、開創車道地圖發展

車道地圖屬於智慧交通應用之主題地圖，以機關權責而言，交通部負責跨領域交通科技

值，並採用二維方式構建我國之車道地圖及其資料庫，可兼顧精度、成本之最佳化設計。考量在複雜性道路立體交會區域時，將會有面臨不同高度道路之混雜狀況，而內政部辦理中之三維道路模型建置計畫，已納入以空載光達採集之高精度道路高程資料，將可有效協助處理此類問題。因此，未來可妥善運用三維道路模型之高程資料與二維車道地圖進行融合，將車道地圖轉為三維化，即可增加提供道路之坡度資訊，對於未來新能源車（電動車）之路徑耗能計算，預期能有更多之助益。

### 三、規劃行政流程更新、維持車道地圖鮮度

車道地圖雖然可透過國家底圖加值，利用較低成本的方式進行建置，然而以航測方式進行大範圍拍攝更新恐緩不濟急。以全生命週期資料庫維運來看，車道地圖之即時更新，可視為「路面標線數位化之最後一哩路」，在各式道路新建、改線、擴寬、柏油路面重新鋪設工程中，現場標線劃設完成當下，隨即運用合適之測繪技術，將實體標線之空間位置，依據統一之資料架構與格式進行數位化建置，即可完成車道地圖之即時更新，以維持地圖之新鮮度。此行政流程更新規劃，則有賴政府機關之協調合作。

### 參考文獻

1. 交通部，「我國智慧道路應用與數據服務發展策略規劃期末成果報告書」及第2次專家會議資料(2023)
2. 日本自動車技術會，「ITSの標準化」(2023)
3. 日本數位道路地圖協會，「高度デジタル道路地図」(2020)  
From : <https://www.drm.jp/database/future/>
4. 日本國土技術政策総合研究所，「道路基盤地図情報（整備促進版）製品仕様書」(2015)  
From : <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0848pdf/ks084811.pdf>
5. 日立製作所，「カーナビ地図から自動運転用の地図を自動生成」(2020)
6. SIP-adus Workshop，「Dynamic Map Platform Co. Current Initiatives and Future Developments」(2021)
7. 內政部，「日本自駕車用高精地圖與導航安全相關產業技術交流訪談會議」出國報告(2023)
8. 台灣車聯網產業協會，「臺灣協同智慧運輸車聯網路側設施資通訊開放標準」(2023)
9. 內政部，「臺灣通用電子地圖資料標準」第二版(2018)
10. 內政部，「三維道路模型資料標準」(2018)
11. 交通部，「交通資訊基礎路段編碼規範V1.0」(2018)
12. 臺灣資通產業標準協會，「高精地圖圖資內容及格式標準v1.1」(2020)
13. 內政部，「都會地區多維度空間資訊基礎圖資測製及更新計畫」(2021)

# 臺灣鐵路營運管理 智慧化推動

關鍵詞(Key Words)：營運管理(Operations Management)、雲平台(Cloud Platform)、智慧鐵道(Smart Railways)

國營臺灣鐵路股份有限公司／總經理／馮輝昇 (Feng, Hui-Sheng) ❶

國營臺灣鐵路股份有限公司／數位發展處／處長／劉傳彥 (Liu, Chuan-Yen) ❷

國營臺灣鐵路股份有限公司／數位發展處／副處長／黃柏景 (Huang, Po-Jing) ❸

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) ❹

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) ❺

台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機部／正工程師／蔡宗螢 (Tsai, Tzung-Ying) ❻

## 摘要

臺灣鐵路營運超過百年，累積了長期經驗，臺鐵運務、工務、機務及電務等專業單位，逐漸為了解決各專業系統面對之課題與因應技術改善進步，導致各專業系統大都各自獨立建置、維運與管理，各自管控所轄系統之多樣及重要資料，尚無一整合機制可蒐集彙整各單位各系統之資料，故未能將臺鐵所積累之數據或資料加以整合分析應用，尚難提供精準決策支援，致營運效能有所瓶頸，對於潛在可能問題，不易預測評估判斷與即時應變處理。因此，臺鐵營運數位轉型正面臨「資訊交換格式待統一」、「資訊孤島待整合」及「決策支援成效待精進」等問題。

本文提出臺鐵雲平台專案，提供一個共同之平台有效整合，以達到智慧化管理之目標，並以「數位轉型應用服務」、「智慧鐵道整合平台」與「標準資料介接整合」為三大主軸推動，藉由資訊分享、整合，建立跨單位領域間之即時溝通、應用轉型。



# Taiwan Railway Operation Management Smartization Promotion

## Abstract

Taiwan's railway has been in operation for over a century, accumulating long-term experience. Departments within Taiwan Railway Corporation, Ltd. (TRC) have gradually tackled issues and technological advancements within their respective systems. However, this has led to independent construction, maintenance, and management of these systems. Each department controls diverse and crucial data within its jurisdiction, lacking an integrated mechanism to collect information from different units and systems. Consequently, the accumulated data and information remain unintegrated and underutilized for analysis, hindering precise decision-making support. Therefore, TRC's digital transformation is currently facing issues such as "Pending Standardization of Information Exchange Formats," "Integration of Information Silos," and "Enhancement of Decision Support Effectiveness." To address the aforementioned issues, we focus on three main pillars: "Digital Transformation Application Service," "Intelligent Railway Integration Platform," and "Standard Data Integration." Through information sharing and integration, this project aims to establish real-time communication and application transformation across different departmental domains.

3

專題報導

## 壹、前言

臺鐵整體營運主要由營業處(原運務處)、工務處、機務處及電務處等單位分工達成，為利於工作推動，各單位皆各自獨立建置必要之維運與管理業務系統，各自管控所轄資料，尚無一整合機制可蒐集彙整各單位各系統之資料，未能將所積累之數據或資料加以整合分析應用。

臺鐵因應組織老化、系統老舊、運量需求提昇，積極推動智慧化、數位化轉型。為利整體發展，首先擬定臺鐵智慧鐵道整體架構，並與組織面相結合，如圖1所示，將各類系統區分

為旅運服務、安全管理、行車控制、電務、機務、工務、行政支援、附業營運、資產開發等九大面向，建立臺鐵雲平台與各面向系統發展架構，各單位同時依據其業務需求擴充數位化及智慧化功能，並透過臺鐵雲平台跨領域整合資訊，循序推動數位轉型工作。

圖1架構之核心為建立臺鐵雲平台，本專案已盤點各既有專業系統，將集中處理運、工、機及電務間各子系統資訊，並相互分享。以期逐步結合物聯網、大數據、雲端運算、人工智慧等先端科技，加強旅運服務、列車控制、維修、安全面之即時監控及資訊回饋。



圖1 臺鐵智慧化發展架構示意圖



圖2 臺鐵雲平台發展重點

本專案發展重點包括規劃建立「臺鐵雲平台」及介接整合臺鐵各系統跨域應用服務資訊，各單位配合運作需求提出跨域服務新需求（課題）及提供系統介接資訊，藉由本平台進行跨域資料融合後，供各單位取得新資訊及新服務，如圖2所示，藉由新服務需求不斷提出，期能正向循環逐步數位轉型。

整體規劃以「數位轉型應用服務」、「智慧鐵道整合平台」與「標準資料介接整合」三大主軸為發展策略，如圖3所示，將於下列各節分別敘述。

以下列舉兩項應用服務功能說明：

### 一、行車安全資訊彙集比對

臺鐵以往行車命令傳送，是以傳真、行車電報等方式進行傳送，發送單位不易確認已收到回報，而其他單位亦不易進行查詢，且在電報記錄上亦不容易進行管理。

因應曾發生行車資訊未即時分享給不同單位，導致事故發生，為降低臺鐵因人為因素或行車環境資訊告警不即時（或不完整）而發生事故之比例，因此建立行車環境資訊即時分享

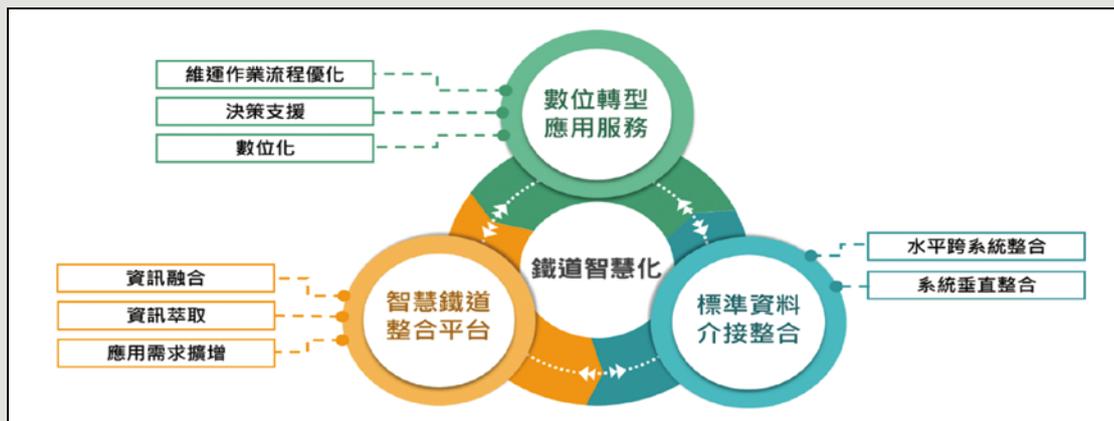


圖3 臺鐵智慧化三大主軸

## 貳、數位轉型應用服務

臺鐵雲平台建置初期，應解決各單位首要問題再逐步精進，以確保組織內各單位願意支持配合數位轉型過程所需克服之困難及工作。經盤點各單位需求，以強化「數位轉型應用服務」為基礎，研討數位化及智慧化之新應用服務趨勢，廣泛蒐集內外部意見，最終歸納「安全管理」、「行車運轉環境」、「預防性維護」、「旅運服務」及「經營管理（決策支援）」等五大應用服務發展方向，如表1所示。未來仍可持續擴充其他應用面向（+N），以提高營運及維修效能、提升鐵路行車安全與服務品質。

為一當務之急之工作項目，而透過此軟體功能的建立，臺鐵各獨立系統可即時取得行車環境資訊，另外在列車司機員部分，未來於臺鐵號誌系統升級時，可評估參照其相關之技術規範及介接介面，研擬與此軟體功能介接，整合行車運轉各式環境資訊如圖4所示。

各單位系統可由「行車環境資訊分享」即時交換最新行車命令與影響行車之環境資訊，透過時間、空間衝突比對，若有衝突發生時提出衝突危險警示，時間空間衝突比對示意如圖5所示。

表1 臺鐵雲平台應用服務軟體功能說明

應用服務方向	服務功能(軟體名稱)	軟體功能概述
方向一 安全管理	1. 行車安全資訊彙集比對	透過跨單位「異常事件、事故資訊、行車資訊、路線資訊」橫向交換整合，即時掌握鐵路行車安全資訊，並提供空間、時間之比對主動告警。
	2. 事故事件追蹤管理	針對特殊災害或事件，提供集中式資訊圖形化界面，以利追蹤事件歷程，並支援事故/事件時間鏈追蹤管理。
方向二 行車運轉環境	3. 行車運轉資訊整合	整合列車運行軌道沿線之各式環境及設備資訊，建立資訊於圖資上之相對位置、產製整合展示圖，展示圖可分工作站網頁、手機等顯示版面。
方向三 預防性維護	4. 關鍵設備妥善分析	收集關鍵設備妥善率資料，協助導入現代化維修觀念與技術，支援新一代維修管理系統升級。
	5. AIoT分析應用發展支持	收集各系統設備資訊，建立大數據資料庫，支援各系統發展「預防性維護」等AI應用所需資訊(如設備正常/異常/故障資訊、事件資訊、環境資訊等)。
方向四 旅運服務	6. 旅運資訊強化服務	藉由介接現有網頁與行動APP方式，提供旅客列車到站時間、車站資訊、月台股道、目的地天氣、事故訊息、以及可能誤點時間等有用於旅客的資訊。
	7. 旅運效益決策輔助	介接售票資訊、機列車之排班及排點等資料，數據經分析統計，整理出1：諸如路線不同之空間（車站）、時間（日月年及特殊活動節慶日），多面向不同時間軸距的營收統計對比，圖示化展示營收計量，2：機列車使用時間、里程、與妥善率等資訊可供營運決策參考。
方向五 經營管理 (決策支援)	8. 關聯性資訊整合查詢	1. 關聯性資訊以時間、空間、設備ID等查詢條件及整合顯示，可供高階技術會報之研討。 2. 提供資訊平台各項應用服務之連結查詢。
	9. 經營管理分析	提供跨系統資訊(運轉指標、關鍵設備指標、安全指標、營收、成本等)，以時間、空間作統計趨勢比較分析。

### 臺鐵雲平台介接系統

- 劇烈天氣監測系統
- 地震速報系統
- 邊坡預警及維護管理系統
- 臺鐵橋梁及隧道管理系統
- 軌溫監控系統
- 軌道巡檢APP
- 地下化隧道監控系統
- 平交道自動防護集中監視
- 第三代中央行車控制中心(CTC)
- 緊急應變決策支援系統
- SCADA電力調度系統
- 斷電封鎖通報
- 列車ATP系統
- 列車控制監視系統(TCMS)

### 四大支持

- 路線環境
- 行車調度
- 路線封鎖
- 列車狀態

圖4 整合行車運轉各式環境資訊示意圖

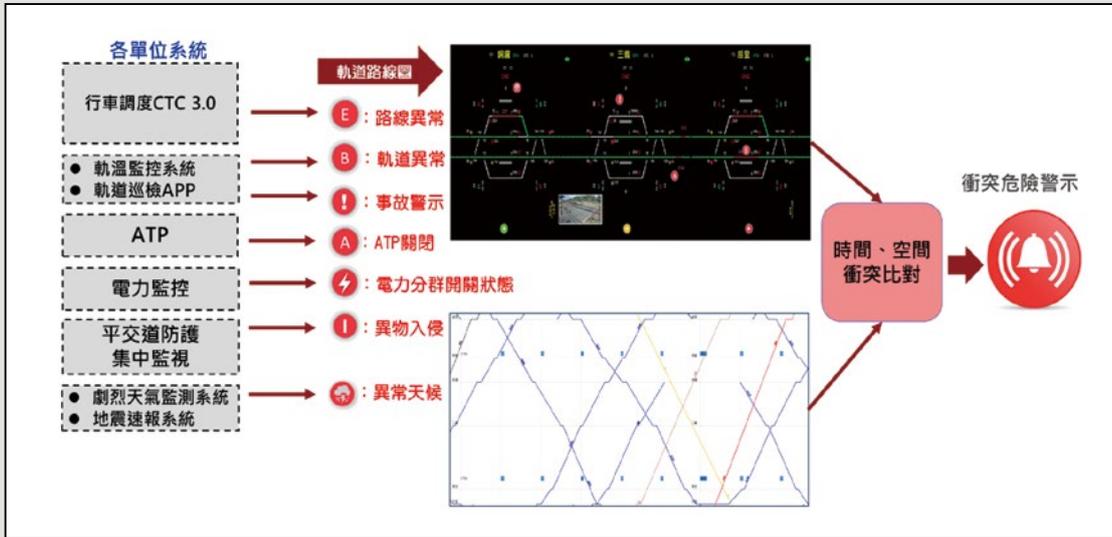


圖5 時間空間衝突比對示意圖

臺鐵雲平台預計於2027年完成建置，未來將介接各專業系統資訊，預期行車運轉監視如圖6所示，可整合為單一畫面，以軌道路線圖或GIS圖層方式即時監視軌道沿線之各式環境及設備資訊，即時掌握軌道沿線告警、設備故障訊息，有助於行車安全、列車調度，期能避免行車事故。

## 二、經營管理分析

為使臺鐵高階管理人員即時了解營運之績效及各項參數關連性，作出最即時之決策，建立經營管理分析服務，預期可以分析的資料包含：安全管理指標、列車運行指標、預防性維護分析、旅運服務指標等，提供跨系統資訊在時間、空間上分布趨勢。以事故事件為例，可

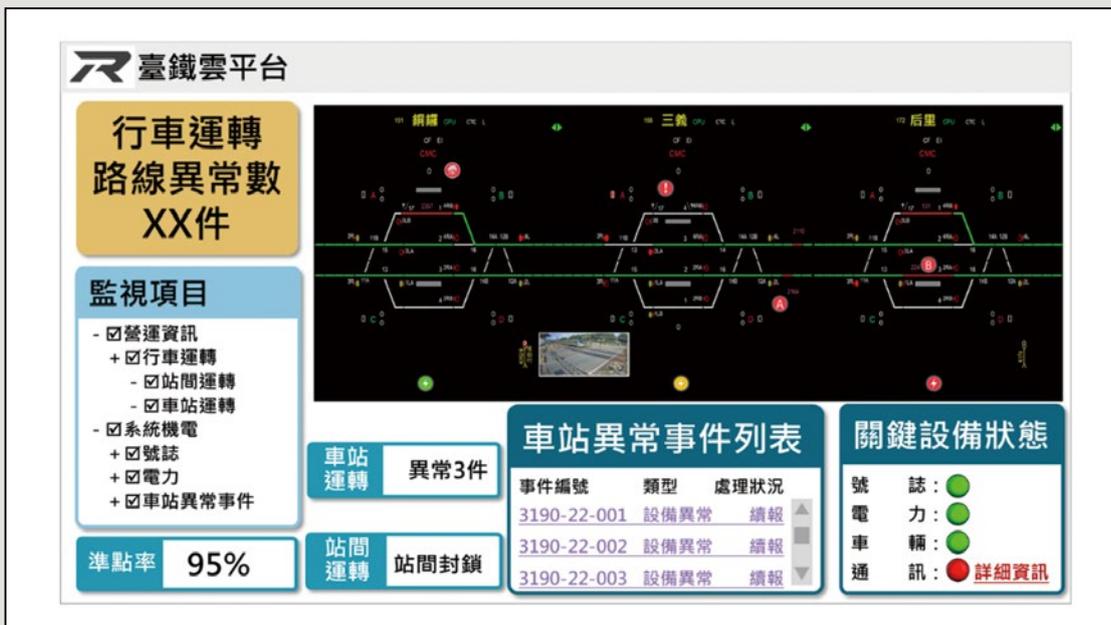


圖6 行車運轉監視路線示意圖



過開放網路系統介面與通訊協定標準規範達到跨系統資料交換目標。

#### 四、數據分析管理

因應臺鐵各業務單位對於數據應用及管理需求具專業性及擴展性，規劃數據分析應用架構如圖9所示，包含資料介接、資料儲存、資料

分析以及決策支援等機能組件。此管理工具可滿足不同面向資料分析之需求，未來臺鐵各業務單位可依其需求自行發展，各類分析成果亦可透過本交換平台進行分享。各組件整合市面成熟軟體、工具達到所有對應設計之短、中、長期應用規劃，亦可添增組件滿足未來擴充性需求。

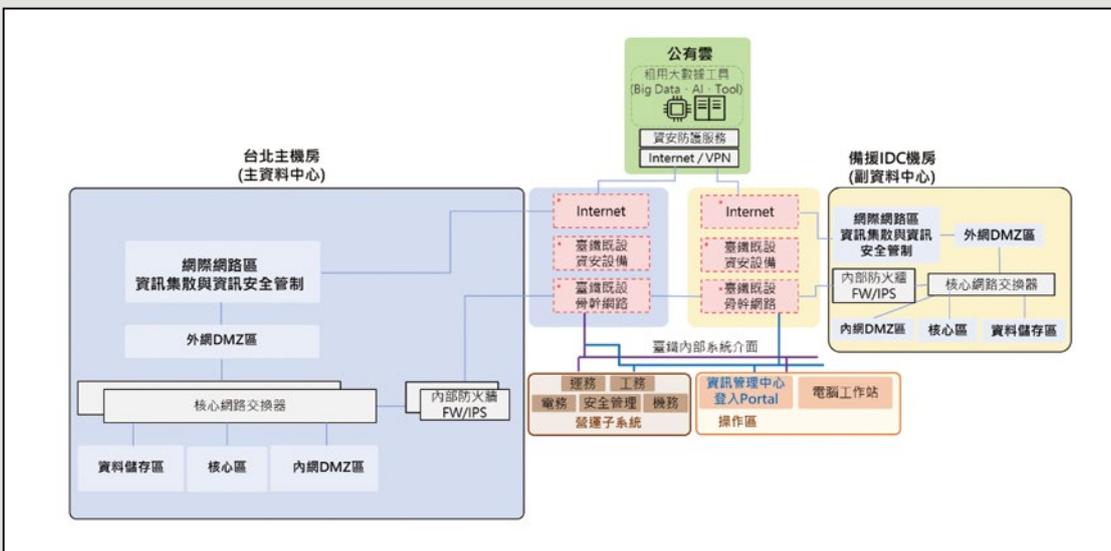


圖8 公私混合雲架構圖

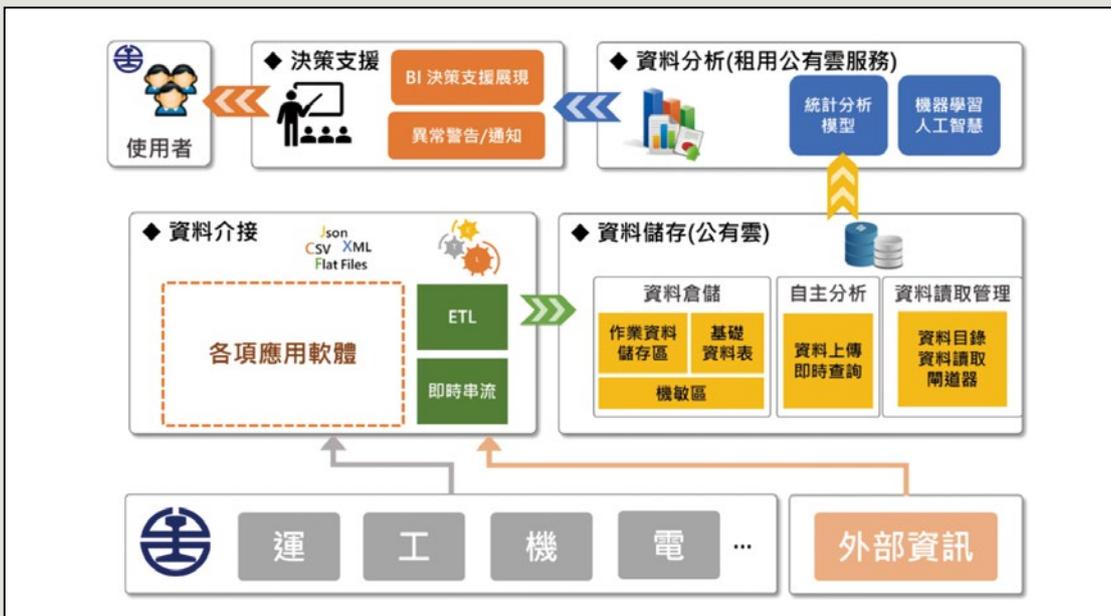


圖9 數據分析應用架構圖

## 肆、標準資料介接整合

因臺鐵內部相關單位各自獨立建置、維運與管理其業務相關系統，未具共同之標準資訊介面，難以進行跨系統之整合性分析，對於長期擴充發展受到相當大之限制。

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，應建立「一致性資料介接規範」，以有效進行跨專業系統之資料擷取與轉換，降低跨域融合之阻礙與成本，並可供未來各專業系統更新、新建之通訊介面基礎，提供長久發展應用。

### 一、新舊系統介接架構

本計畫包含既設系統與新設系統之標準資訊，提供垂直與水平的系統擴充性，整體架構如圖10所示。為避免衝擊既設系統運作，已盤點各既設系統所擁有之資訊項目，另增設各系統資訊轉換之閘道器，藉由閘道器擷取資料庫、監聽應用服務通訊介面等方式，將既設資料轉換為標準格式，達成資料整合且維持既設系統之運作。

### 二、推動作法

參考過往經驗，既設系統資料必須先由系統中擷取，再以中繼伺服器進行清洗、標準化，建立資料模型並定義輸入與輸出的格式架構後，透過API發布至臺鐵雲之資訊交換匯流排供各單位訂閱取用，如圖11所示。而資料擷取作法將依各系統現況而異，由於臺鐵各專業系統較多，系統盤點後提出三種方法來因應各專業系統資訊介接，包含設計規劃中系統、現有系統由專業廠商維護及既有系統已無廠商維運等三種情境，推動作法分別如下：

#### (一) 設計規劃中系統

提供「臺鐵雲平台資訊介面工作說明」及「一致性資料介接規範」供該系統納入招標文件，以利該系統建置時即可產出標準資料與臺鐵雲平台介接整合。

#### (二) 現有系統由專業廠商維護者

建議採限制性招標或納入維護標辦理，請既有廠商依據「臺鐵雲平台資訊介面工作說

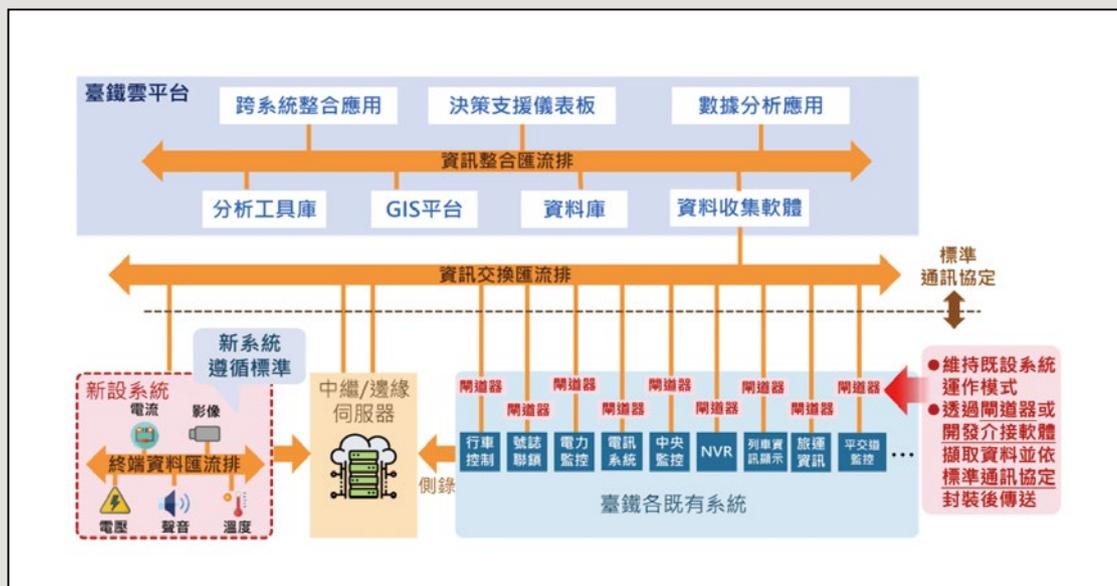


圖10 臺鐵各新設與既有系統介接臺鐵雲平台架構圖

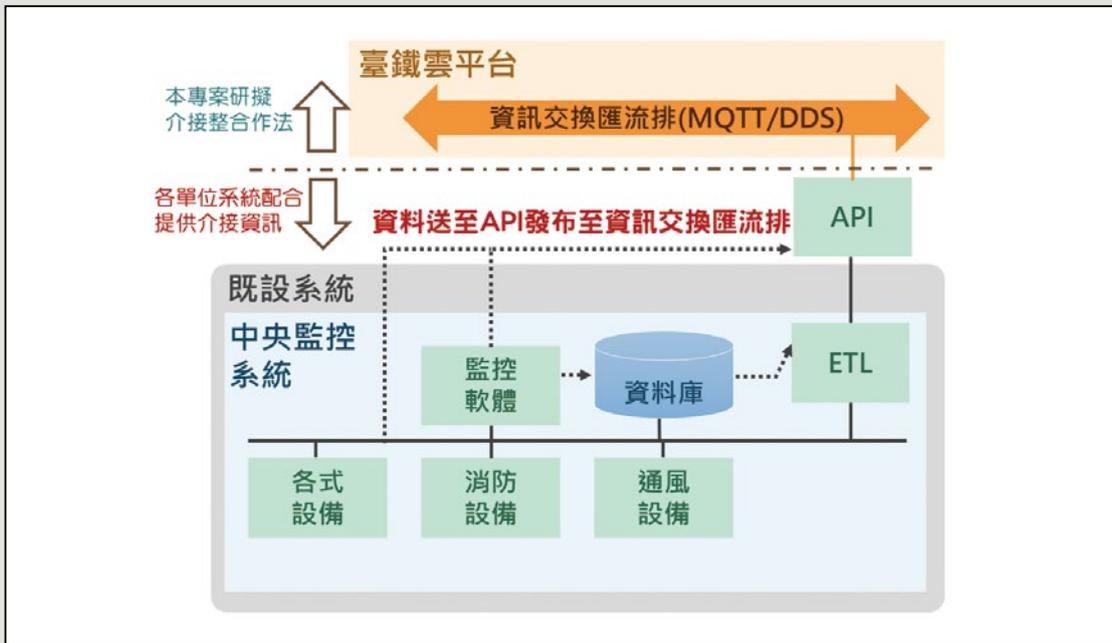


圖11 臺鐵雲平台介接各系統資料方法

明」及「一致性資料介接規範」修改既設軟體，產出標準資料與臺鐵雲平台介接整合。

### (三) 現有系統已無廠商維運者

個別檢討其介接方案，由臺鐵雲平台建置廠商研析其資料庫格式、資訊監聽方式等，予以解析取得相關資訊。

## 結論

本專案規劃以「數位轉型應用服務」、「智慧鐵道整合平台」與「標準資料介接整合」3大主軸為發展策略，建立臺鐵雲平台及五大應用服務（安全管理、行車運轉環境、預防性維護、旅運服務、經營管理(決策支援)），介接各單位各系統數據或資料，加以整合分析應用，提供跨域資訊應用服務及經營管理決策支援，初期以解決臺鐵所面臨之「資訊交換格式待統一」、「資訊孤島待整合」、「決策支援成效待精進」等3大問題，中長期發展持續匯

集大量寶貴業務數據，運用資料治理、AI及大數據分析技術，挖掘寶貴資料分析，以支援經營管理者快速直覺地掌握即時且精準之重要數據，優化業務執行效率、強化決策支援品質、提升營運效率與營收，達到前瞻智慧化管理。

未來臺鐵各單位依循「智慧鐵道系統資訊與通訊技術規範」[2]推動各系統數位化及智慧化，將使臺鐵各系統未來具擴充性與開放性，易於橫向擴充及垂直整合，逐步達成標準化、數位化、智慧化及智慧鐵道數位轉型之目標。

## 參考文獻

1. Industrial Internet Consortium, The Industrial Internet of Things Volume G5: Connectivity Framework, V1.01, 2018
2. 交通部鐵道局，智慧鐵道系統資訊與通訊技術規範，民國112年。

# 我國車聯網技術與 應用發展——以淡海 實驗場域為例

關鍵詞(Key Words)：淡海 (D-City) 車聯網試驗場域、協同式智慧交通系統 (C-ITS)、  
Taiwan C-ITS Roadside Open Standards (TCROS)、臺北聯網車互通  
測試大會 (2023 OmniAir Taipei PlugFest)

華電聯網股份有限公司／總經理特助／吳榮煌 (Wu, Rong-Huang) ❶

華電聯網股份有限公司／高級工程師／黃敏玲 (Huang, Min-Ling) ❷

華電聯網股份有限公司／資深經理／劉姿君 (Liu, Zih-Jyun) ❸

華電聯網股份有限公司／協理／楊瓏凱 (Yang, Li-Kai) ❹

台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／協理／范景皓 (Fan, Jing-Hao) ❺

台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／正工程師／張佳雯 (Chang, Chia-Wen) ❻



**D-City** 淡海實驗場域

## 摘要

近年來，歐美等先進國家致力朝交通事故「零死亡願景(Vision Zero)」的理想邁進。其中，聯合國及歐盟均已設定2021-2030年，將死傷降幅50%為道安政策目標；另根據美國交通部的報告，全球先進國家亦將C-V2X車聯網應用，視為「零死亡願景」的重點發展項目，以確保進一步提升交通安全和效率。而我國行政院於2023年衡酌國內道安情況，亦設定交通事故「零死亡」為政策願景，並以「2030年前降低30%死亡人數」為目標。為實現這一目標，過往幾年，我國交通部賡續推動車聯網的相關應用；舉凡制定國內車聯網TCROS通訊協定、建置淡海(D-City)車聯網試驗場域、導入國際驗證標準及舉辦國際車聯網互通性測試大會等初步成果，不僅讓臺灣能跟上國際C-ITS發展步調，更期望藉此促進國內智慧交通產業，能順應國際交通運輸轉型的發展趨勢及融入海外C-V2X車聯網的市場。



## The Origin, Current Status, and Future of Connected Vehicles in Taiwan – A Case Study of D-City in Danhai New Town

### Abstract

In recent years, advanced countries such as those in Europe and the United States have embraced the "Vision Zero" for traffic safety, aspiring toward the elimination of traffic-related fatalities. Both the United Nations and the European Union have outlined ambitious road safety policies, aiming to achieve a 50% reduction in fatalities and injuries between 2021 and 2030. According to a report by the U.S. Department of Transportation, the adoption of Cellular Vehicle-to-Everything (C-V2X) technologies is recognized as a pivotal strategy among leading nations to realize the "Vision Zero", thus fostering further enhancements in traffic safety and operational efficiency.

Aligned with this international momentum, Taiwan government also espoused the "Vision Zero" policy vision in 2023, setting a target to curtail fatalities by 30% by the year 2030 subsequent to an assessment of domestic road safety conditions. In pursuit of this objective, the Ministry of Transportation and Communication (MOTC) has been steadfastly advancing various initiatives in recent years. These endeavors encompass Taiwan C-ITS Roadside Open Standards (TCROS), establishment of the D-City testing field for evaluating Connected Vehicle (CV) technologies, adoption of internationally recognized validation standards, and held the 2023 OmniAir Taipei PlugFest.

These initiatives are not only geared towards ensuring Taiwan's alignment with international trends in Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS) but also aimed at catalyzing the digital transformation of the domestic smart transportation sector and fostering its expansion into global markets.

3

專題報導

## 壹、前言

為因應全球5G、自駕車、車聯網及智慧城市等創新科技與應用的時勢潮流，交通部於2019年即成立「交通科技產業會報」，並編制12大產業小組。其中，核心項目之一的「5G智慧交通應用產業小組」在推動策略、執行方向及效益價值，如圖1所示，係以淡海新市鎮作為我國車聯網首要之開放試驗場域[1]。相關之推動策略與執行方向，係建構聯網車測試環境，綜整國內外環境與需求差異，透過訂定資通訊標準及建構一致性驗證流程，以接軌國際發展脈絡為發展主軸。此外，進行相關創新及試驗示範，亦為重要的計畫工作內容；此項工作除了提供產官學研各界，進行車聯網相關系統功能測試及驗證外，並可提供各縣市地方政府作為日後廣續發展C-V2X車聯網應用之參考依據。尤有甚者，我國交通部期望透過結合產學研各界的共同合作，以精進新世代智慧交通的相關技術，以及與淡海場域具關聯性之其他研究專案協同發展之回饋，以加速國內智慧交通運輸產業與國際市場鏈結，進而激發C-V2X車聯網新興產業生態鏈的形成。

依據MarketsandMarkets™ 2024年最新市場調查研究報告指出[2]，全球汽車車聯網

(Vehicle-to-Everything, V2X)市場預計自2023年的5億美元成長到2030年的95億美元，即51.9%的複合年增長率。因聯網車(Connected Vehicle, CV)技術的進步、國際對交通安全的高度重視，以及歐美政府支持、倡議與監管框架支持等因素，將大幅增長汽車產業在車聯網(V2X)市場營收。其中，以C-V2X (Cellular Vehicle-to-Everything)實現5G技術低延遲特性，在車輛、基礎設施和行人間之即時相互通訊，亦將加速採用聯網技術以增強安全防護，提升行駛效率的自動駕駛發展。而5G技術的日新月異及自動駕駛技術的臻於至善，均將為車聯網市場創造一個嶄新的格局。

本文依據前述國際車聯網發展趨勢，經檢視全球與車聯網發展有較完整推動計畫之相關資料，包括美國Intelligent Transportations Systems Joint Program Office (ITS JPO)在2023年10月發佈的加速V2X部署計畫草案與相關部署文件[3-5]，以及韓國Intelligent Transportations Systems Korean (ITS Korean)、Intelligent Transport Society of Korea (ITS Korean)及Cooperative Automated Driving Industry Development Council [6-7]在C-ITS推動上的組織與分工等資訊，以探究我國未來發展車聯網關聯工作中，如何強化有關之推動佈署規劃指引



圖1 淡海場域試驗計畫推動策略、執行方向及效益價值

與組織架構分工等要項。

此外，臺灣擁有強大的資訊及通訊技術 (Information and Communications Technology, ICT)、半導體、車用零組件及系統整合等技術與製造能力，惟日後期望在國際車聯網體系上發揮臺灣的產業優勢，必須結合國內相關產業協會，並與國際認證組織通力合作，方能竟其功。此乃為何「淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究計畫」自2020年計畫成立迄今，透過協會與產業的通力合作，著手訂定國內車聯網資通訊格式標準[8]，並藉由淡海試驗場域(Danhai City, D-City)持續擴建，提供國內具市場發展潛力的前瞻智慧交通及聯網自動駕駛車業者，一完善的現地試驗環境，以臻致其技術水準及淬煉其服務品質。終極目標則擬導入國際認證驗證之活動、機制與流程[9]，與世界技術及市場接軌，為臺灣前瞻智慧交通產業，開創新藍海。

## 貳、美國加速V2X部署計畫草案

多年來，美國交通部(USDOT)致力於降低其國家道路交通事故死亡及重傷人數。為落實其國家道路安全戰略，美國交通部積極尋求一種綜合方法，以期將道路死亡人數減少到唯一可接受的數字「零」，又稱「零死亡願景」(Vision Zero)。並指出實現這長期目標的強大工具就是車聯網(Vehicle-to-everything, V2X)技術，使車輛能與行人、騎自行車者等其他道路使用者，與路邊基礎設施相互通訊。惟要充分發揮V2X的技術潛力，需要車輛和基礎設施間，皆能安全可靠地相互通訊且不受干擾。迄今，利用小規模V2X技術的部署，已顯示其安全優勢。

因此，美國交通部於2022年8月舉行首次高峰會，確定V2X部署推動方向。在高峰會上，各界確定影響V2X部署的關鍵課題與挑戰，同時強調期望由聯邦政府，在一致性與互通性

上，發揮領導作用。其後，於2023年4月，再次召開第二次高峰會，報告推展進度並收集制定國家V2X部署計畫的意見。聯邦政府為表態擔任主導角色，美國交通部發佈「Saving Lives with Connectivity: A Plan to Accelerate V2X Deployment」草案，敘明將致力於使用V2X拯救生命，並加速技術創新和部署，以推進部門目標的承諾。該草案中說明，由美國交通部主責協調、促進和支持V2X部署相關工作，包含降低監理不確定性(Regulatory Uncertainty)、提供技術支援和資源，以及為全國各地部署提供資金。至於為實現一致性及互通性的V2X部署，共提出了9項重大關鍵課題，如圖2所示，並簡要說明如下。此外，美國交通部亦將於近期公告各項重大關鍵課題細部說明文件。

- 系統工程流程：風險管理與確保系統可滿足運輸需求。
- 無線技術：採用目前的許可5.9GHz頻譜並追蹤其發展趨勢。
- 標準與架構：傳輸和處理訊息之協定需要明確定義並規範記錄。
- 網路安全：維護網路安全設定文件，以確保部署設施間的互通性。
- 憑證管理：利用安全憑證管理對訊息進行身份驗證，以建立其可信性。
- V2X驗證：設備需進行測試驗證，以確保符合產業標準、要求和功能。
- 政策法規：政策引領包括標準、通訊、安全、隱私和資料治理。
- 頻譜管理：授權ITS頻段與附加頻譜可受到不同單位的管理。

- 效益框架：以網路影響力和技術之生命週期做為成本效益比的評估因子



圖2 美國推動V2X之9項重大關鍵課題

上述草案中，明訂美國國家級車聯網(V2X)發展路徑，目標為透過於全國廣泛部署互通性V2X技術，打造安全、高效、公平且永續的交通系統。經由聯邦政府、公部門、私營企業間的協同作業，使用5.9GHz頻譜部署V2X設施。以「基礎建設發展」、「車輛」、「頻譜和互通性」及「效益及技術支援」四大範疇，定出短

程(2024-2026)、中程(2027-2029)及長程(2030-2034)發展政策及目標，如圖3所示。該草案總結指出，美國政府認定V2X對於促進跨地區車輛和用路人相互聯網，係為至關重要之協作技術；目前美國交通部及相關機關正在積極推動V2X技術部署，以實現未來交通運輸的現代化和轉型，同時藉此提高安全性、機動性、效率和

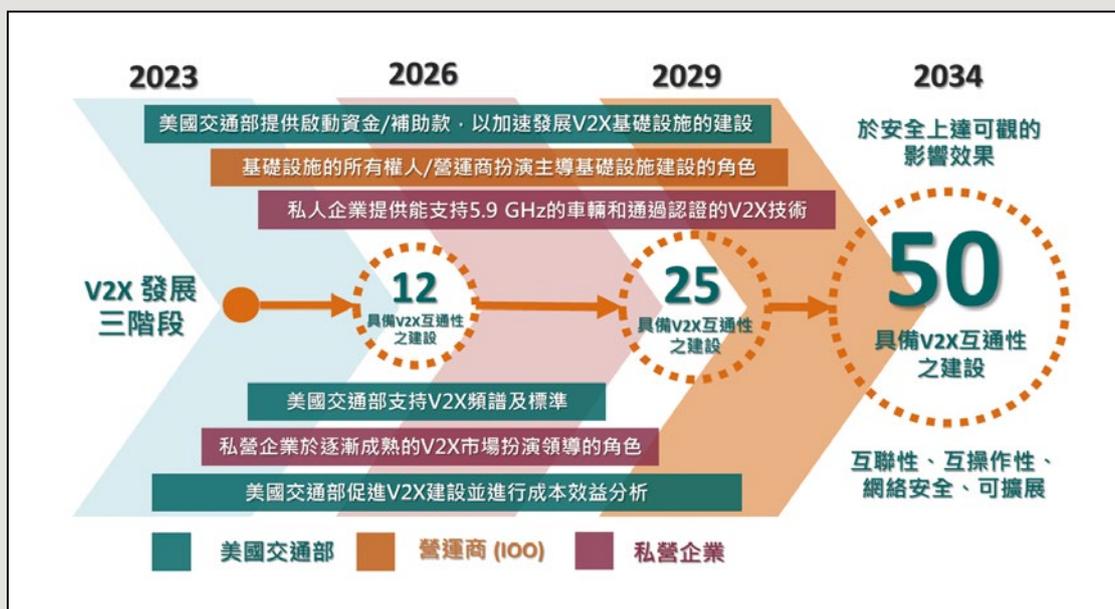


圖3 美國推動V2X之短中長期目標、策略與協作行動

減少環境影響，並透過加速V2X部署，實現零死亡之目標。

### 參、韓國C-ITS推動組織與分工

韓國國土交通部(MOLIT)在推動協同式智慧交通系統(C-ITS)上，持續以「聯網車示範計畫(Connected Vehicle Pilot, CV Pilot)」為發展策略的核心。至於執行面向，則在另案「安全示範典範部署(Safety Pilot Model Deployment, SPMD)計畫」中，提出運營概念與系統設計文件，直接於韓國K-City測試場域以及C-ITS試點計畫(大田-世宗市高速公路共計90.7公里)上，

進行實際系統部署與相關應用。其中，C-ITS試點計畫概分四項重要課題，分別為：「服務開發與基礎設施建立和運營」、「效果分析、法制研究、生活實驗室運營」、「標準制定認證體系建立」及「V2X認證管理系統建立與運作」，並由韓國高速公路公社(Korea Expressway Corporation)、韓國交通研究所(Korea Transport Institute)、韓國智慧運輸系統協會(ITS Korea)及韓國交通安全管理局(Korea Transportation Safety Authority)分別負責，其工作項目如圖4所示。

韓國C-ITS整體計畫目標為確保韓國CV產品符合國際銷售標準。因此，韓國C-ITS計畫受美國標準和規範影響甚鉅；在相關標準訂定



圖4 韓國C-ITS試點計畫分工

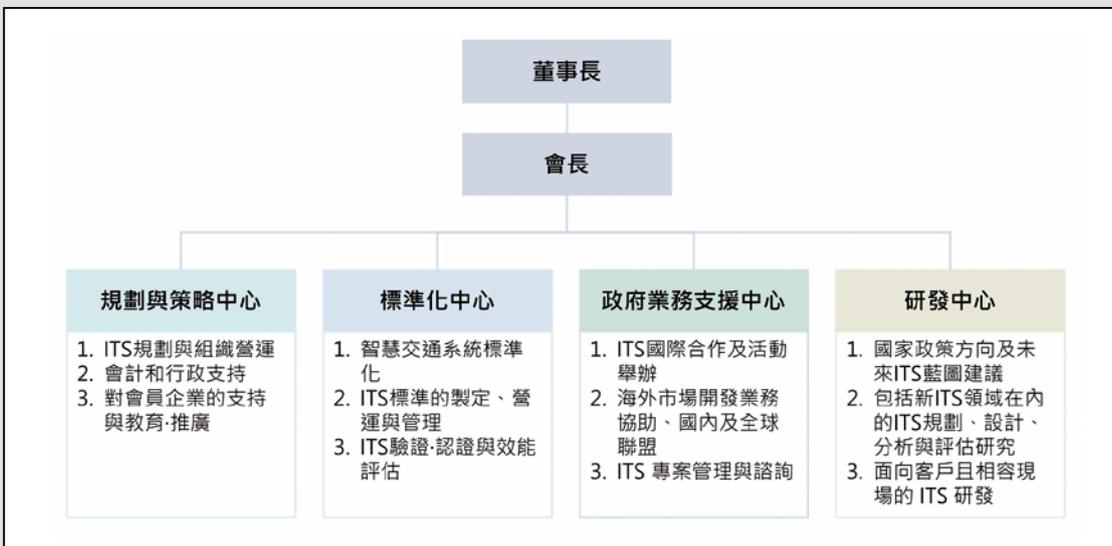


圖5 ITS Korea內部單位分工

上，亦參照美國標準，如美國V2X訊息採用SAE J2735、V2X網路傳輸層採用IEEE 1609，以及OBU與RSU設備的技術規範(以RSU Spec 4.0、Aftermarket Safety Device(ASD)Spec 3.1和Vehicle Awareness Device(VAD)Spec 3.6為參考依據)。

就韓國國內所有ITS相關標準係由韓國智慧運輸系統協會(ITS Korea)訂定，ITS Korea與我國智慧運輸系統協會(ITS Taiwan)組織權限不同，ITS Korea係屬半官方單位，由韓國國土交通部(MOLIT)授權，受韓國法律《國家運輸系統效率法》第91條管轄，主責韓國ITS相關之各種研究、政策諮詢、技術推廣和業務活動，促進公私部門間的相互合作，以有效實施ITS建置，並為ITS領域發展做出貢獻。其組織分工如圖5所示，共有四個內部單位，分別為規劃與策略中心、標準化中心、政府業務支援中心及研發中心。

其中，標準化中心為ITS Korea的標準制定組織，係由韓國國土交通省指定，從事本地和國際標準相關活動，同時負責韓國ITS標準大會之標準組織運作事宜。此外，標準化中心亦與

韓國技術標準局合作，處理有關標準制定相關事宜，包含負責韓國交通運輸和智慧交通系統國家標準的制定和修訂，其組織架構分工如圖6所示。簡言之，ITS Korea標準化中心的主要工作包括參與韓國ITS之基礎規劃標準、制定標準驗證和認證相關之指引、適用技術審查及技術法規制定，更包括制定符合國際主要標準之本土標準。此外，ITS Korea標準化中心亦負責國家智慧交通資料登記中心的建立與運營，除參與國際標準合作會議外，在國內亦每年固定舉辦標準化培訓與發布海外智慧交通標準化趨勢報告。

隨著國際上自駕車發展趨勢日益蓬勃，韓國有許多企業期望能參與其中，然而韓國亦認知在自動駕駛的各個環節技術尚落後於先進國家，因而轉向發展自動駕駛之協同合作基礎設施與聯網通訊技術，以期韓國在全球市場上有足夠之競爭力，可創造新的商業模式，使自動駕駛相關產業能加速發展，故在韓國政府、ITS Korea、多家韓國汽車與電信相關重要企業的支持下，聯合成立Cooperative Automated Driving Industry Development Council(協同自動駕駛產業

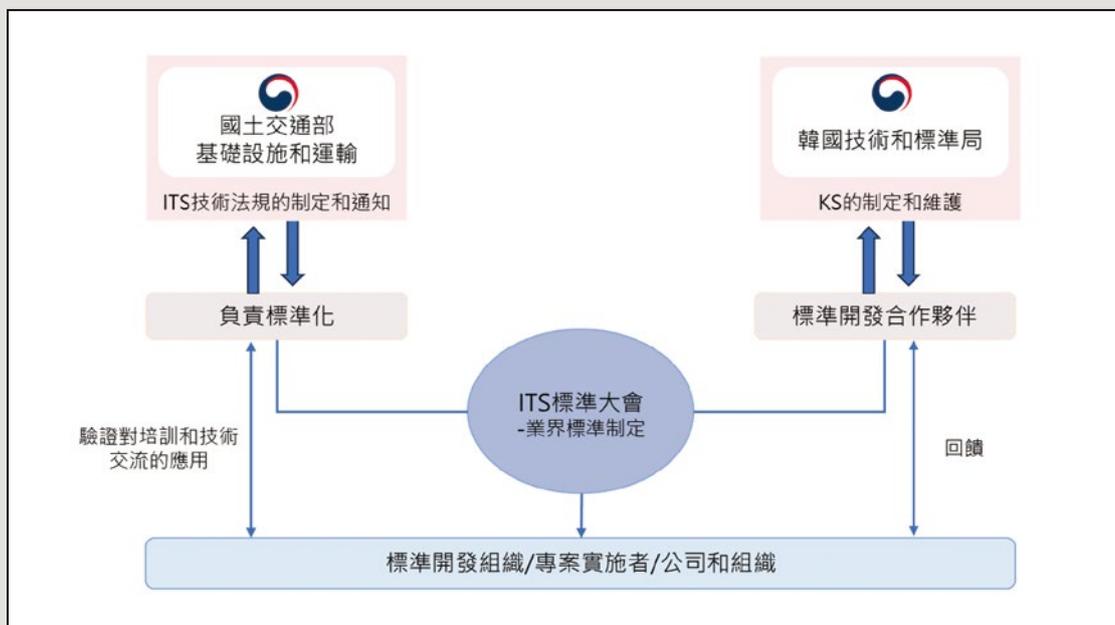


圖6 韓國ITS協會組織分工

發展委員會)，其組織架構及子委員會分工如圖7所示，主要活動包括：

- 商務性研討會舉辦：支持韓國大小企業共同成長，加強技術交流，建立相互協作體系，發展新商業模式，並鼓勵投資。
- 生活實驗室運作：為了支持民間技術發展，開放「大田-世宗C-ITS試點計畫」部分的基礎設施和數據，為企業開發技術和服務提供測試平臺環境。
- 互通性測試(PlugTest)：為了準備擴大智慧基礎設施，支援私人企業提高國內技術競爭力，並透過確保開發設備的互通性和確認標準一致性，以減少開發成本和開發週期。
- 子委員會會議舉辦：建立協同自動駕駛產業發展子委員會，以舉辦推動標準化、研究、系統維護等相關領域專家小組會議。

## 肆、淡海新市鎮試驗場域計畫車聯網推動現況

綜上所述，協同式智慧交通系統(C-ITS)的發展，在現今世界交通領域，已深具戰略性的重要性地位；而車聯網(CV)的相關技術與應用，更是其中的關鍵要素，它不僅能提高道路安全性，更可改善交通流量並降低能源浪費。雖然我國沒有具全球規模之汽車製造商，但交通部意識到，不能因為沒有汽車製造商而缺席協同式智慧交通系統(C-ITS)的發展，惟我國發展車聯網，需與歐美及韓日等國家的發展脈絡有所差異。

綜整交通部對於我國發展車聯網的整體構思，概與韓國發展C-ITS的模式相類似，係由交通部主導及支持相關研究計畫的執行，包括「淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究二期計畫」、「我國智慧道路應用與數據服務規劃」、「國內車聯網認證暨資安憑證管理指引建立先導計畫」、「機車聯網協作安全與服務擴散試驗研究計畫」及「新北市淡海智駕電動巴士環線多車服務測試運行計畫」，皆集中於

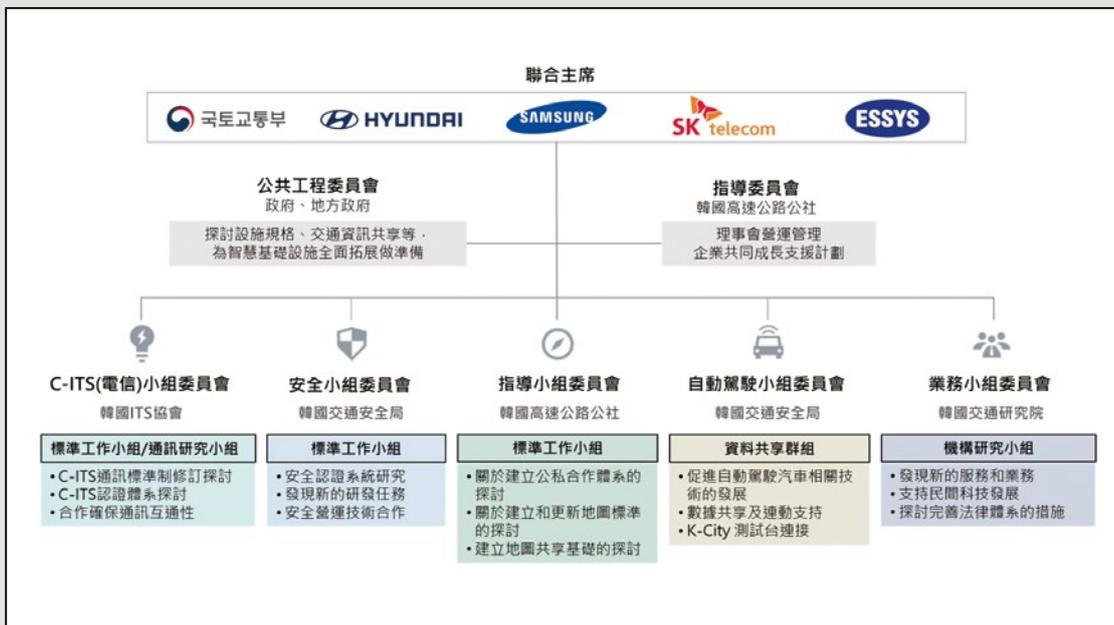


圖7 韓國協同自動駕駛產業發展委員會組織架構與分工

淡海場域(D-City)進行先期研究、示範及運行，如同美國在懷俄明州(Wyoming)、坦帕(Tamp)及紐約市(New York City)的CV Pilot計畫；韓國在大田-世宗市的C-ITS試點計畫。未來，再擇善推進，將車聯網落實執行到現實的城市環境中。

交通部自2020年成立「淡海場域(D-City)試驗計畫」，實施至今，相關之車聯網研究內容與推動方式均與美國、韓國雷同，並產出多項重大成果及亮點，分別為「臺灣車聯網標準訂定」、「在臺建立符合車聯網國際驗證規範實驗室」及「在臺舉辦國際車聯網互通測試大會2023 OmniAir Taipei PlugFest」。

### 一、臺灣車聯網標準訂定

係以調和美國SAE J2735標準內容，並延續TCROS 2023標準、驗證測試規範及驗證辦法文件公告，除原有TCROS 2023標準的號誌資訊與車聯網地圖訊息(SpAT、V2X MAP、V3 TCROS USE)、優先號誌訊息(SRM、SSM)、弱勢用路人安全訊息(PSM)及旅者資訊訊息(TIM)7項協定外，亦協助台灣車聯網產業協會(Taiwan

Telematics Industry Association, 以下簡稱TTIA)完成TCROS 2024標準草案訂定，其協定內容包括緊急車輛告警(EVA)、基礎安全訊息(BSM)及路況告警(RSA)，而TCROS 2024標準與SAE J2735標準資訊流應用架構如圖8所示。

### 二、在臺建立第一個符合國際車聯網驗證規範實驗室

完成導入國際車聯網OmniAir驗證標準環境及測試調和項目，112年6月經OmniAir稽核通過，在臺灣建立第一個符合OmniAir標準驗證實驗室(OmniAir Authorized Test Laboratories, OATL)，藉此提升國內智慧交通與車聯網產業國際化能量，協助產業進軍國際車聯網藍海市場。OmniAir車聯網標準驗證實驗室架構主要分為無線層、網路層、安全層、訊息層及應用層，分別對應不同標準以實現不同功能；為確保車載單元及路側單元能符合標準，且可正常互通互聯，需對各層標準執行對應之測試，而其各層所參照導入美國之標準、測試範疇及可待測設備類型如表1所示。

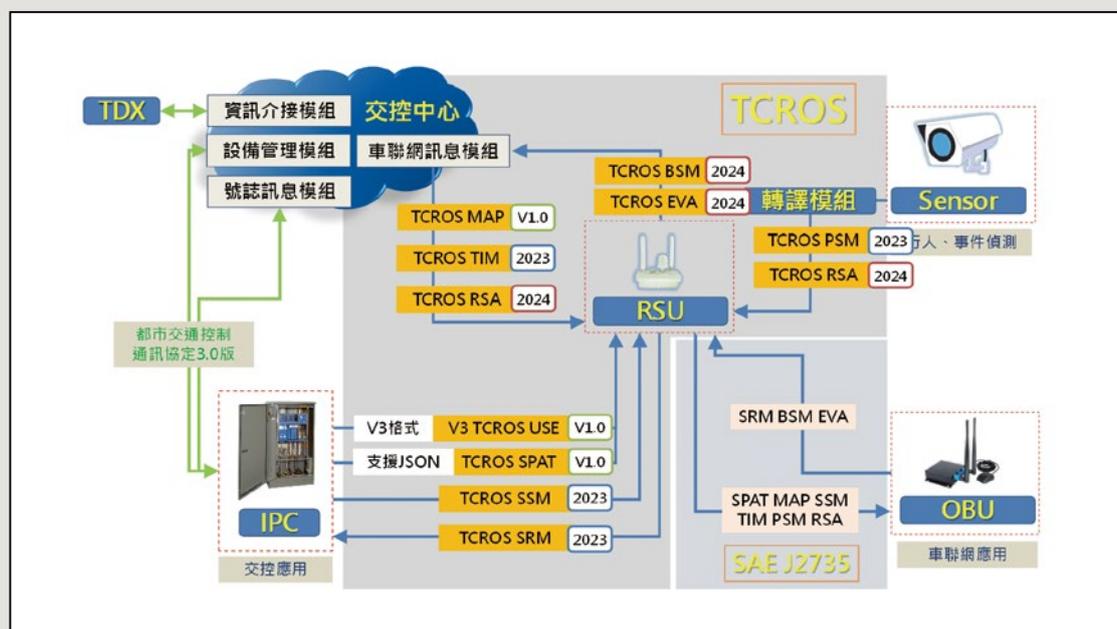


圖8 TCROS 2024標準與SAE J2735標準資訊流應用架構

表1車聯網各層標準、測試範疇與待測設備參照表

車聯網標準層	參照標準	測試範疇	待測設備類型
應用層	SAE J3161/1、 SAE J2945/1	車載通訊系統	OBU
訊息層	SAE J2735	車聯網訊息集	OBU與RSU
安全層	IEEE 1609.2	車聯網安全服務	OBU與RSU
網路層	3GPP CV2X (R14)	車聯網網路服務	OBU與RSU
無線層	3GPP 36.521 (R14)	用戶設備一致性規範	OBU與RSU

### 三、在臺舉辦國際車聯網互通測試大會2023 OmniAir Taipei PlugFest

支持TTIA與美國OmniAir Consortium, Inc.(以下簡稱OmniAir)車聯網認證組織簽署合作備忘錄(Memorandum of Understanding, MOU)，並爭取OmniAir於112年11月6日至10日於淡海D-City場域舉辦2023臺北聯網車互通測試大會(2023 OmniAir Taipei PlugFest)，共計有24家國外廠商及8家國內廠商，其中包括了車聯網技術開發者、通訊設備供應商、車聯網應用供應商等，實證我國車聯網產業技術導入國際標準與本土化調和之研發成果。

依照過往OmniAir PlugFest或是ETSI Plugtests活動的舉辦作業，雖然不公開參與活動廠商之各別測試報告，但主辦方皆會公布該次活動的整體測試通過率，而此次在臺舉辦的車聯網互通測試大會，除了可提供國內外車聯網廠商設備，於臺灣的場域(D-City)進行互通測試外，亦證實臺灣場域的C-ITS佈建以及臺灣產業標準與國際標準的調和，已與國際接軌，且透過臺灣領導廠商的測試通過率資料，可以呈現臺灣廠商在針對國際標準的合規性不亞於國際廠商。

此次在國內舉辦OmniAir PlugFest共計有24家國外廠商及8家國內廠商。就參與之國內廠商益處而言，可利用此次2023 OmniAir Taipei PlugFest的參與經驗與測試報告成果，向亞洲東南亞國家說明，以推動海外市場；亦可複製臺

灣從TCROS標準訂定至PlugFest活動經驗，至亞洲東南亞國家，以促進國與國之間的協作，進而帶動國內產業鏈整體輸出。以下將進一步說明與OmniAir舉辦PlugFest之重要性與影響層面分析。

### 伍、2023臺北聯網車互通測試大會

本2023臺北聯網車互通測試大會(2023 OmniAir Taipei PlugFest)係與美國OmniAir驗證組織合作舉辦。而OmniAir源自於美國ITS辦公室，於2012年正式成立，其前身為Wi-Fi聯盟的車載通訊小組，是由美國政府部門代表與民間廠商所共同組成的非營利性組織，成立的宗旨為協助制定美規車用通訊技術的相關驗證方案，及促成各項技術與設備達成場域布建的要求，並專注推動ITS與CV間的發展及標準化。

OmniAir所舉辦之PlugFest活動，是一種以技術交流為主體之國際性活動，常用於測試和驗證不同裝置、系統或軟體之間的互通性。此活動之主要目的係確保來自不同的供應商或製造商之設備和技術，能夠相互通訊協作。綜整PlugFest活動之目的主要如下。

- 測試互操作性：PlugFest的主要目標之一是確保不同設備和系統間，可以在相同的環境內，無縫地協同作業。

- 標準使用一致性：PlugFest係為確保參與者的產品，可符合特定的標準和規範；有助於確保整體生態體系的一致性，並提高系統的穩定性。
- 解決問題和錯誤：透過PlugFest活動，參與者能夠發現並解決互通性方面的相關問題，有助於改進產品性能，並提高整體系統的可靠性。
- 建立共識與合作的平臺：PlugFest活動提供一個共同參與協作的溝通平臺，使來自不同組織和公司的專業人員能夠在此平臺上，相互交流並進行技術分享，進而達成解決相關課題的共識，並建立合作關係，促進產業的發展。

此次臺北聯網車互通測試大會(2023 OmniAir Taipei PlugFest)是OmniAir首屆在亞洲舉辦。除行政與行銷推廣由OmniAir與TTIA執行外，其技術支援、場域設施及測試環境提供包括：

- 國內符合OmniAir的驗證實驗室。
- 訂定調合國際(美國)標準之國內車聯網產業資通訊標準TCORS。
- 於淡海場域建置符合TCORS標準車聯網設施。
- 更新支援TCORS號誌控制器。
- 提供符合TCORS標準的應用服務SPaT/MAP(號誌資訊)、TIM(旅者資訊)及SRM/SSM(優先號誌)。

前述皆利用交通部D-City計畫所建構之主要基礎設施，並協同該計畫主要成員，包含華電聯網(HwaCom Systems Inc.)、台灣德國萊茵

(TUV Rheinland)、亞勳科技(Unex Technology Corporation)等企業及合作夥伴，包含中華智慧運輸協會(ITS Taiwan)、台灣世曦工程顧問公司(CECI ENGINEERING CONSULTANTS)等單位予以大力支持，以打造符合OmniAir PlugFest規範與要求。另本次活動亦得到交通部支持國內廠商，如中華電信，研發車聯網資安憑證，以支持測試活動所需的資安測試需求。

目前國際聯網車互通測試活動規模和會員參與數，雖尚無法與當今的ITS世界大會(ITS World Congress)活動相比擬，但與20年前ITS世界大會舉辦的情境與條件相似，故未來國際聯網車互通測試活動有可能達到(甚至超越現今)ITS世界大會活動。20年前臺灣曾經有機會舉辦ITS世界大會，但因較無政府及產業支持，而失去良機，導致後來因美中對抗等外在因素，即使現今極力爭取舉辦ITS世界大會，卻難以達成期望的遺憾。有此前車之鑑，我國更應把握當下任何可以躍上國際舞台的機會。

經由本次舉辦2023臺北聯網車互通測試大會(2023 OmniAir Taipei PlugFest)的成功經驗，TTIA理事長深信臺灣有機會翻轉ITS世界大會現況，並且可帶領臺灣智慧交通，朝向新世代C-ITS全力發展。此外，在與OmniAir合作舉辦本次2023臺北聯網車互通測試大會的過程中，讓OmniAir見證到臺灣ITS產業的堅強技術能力，並主動提出「以臺灣為亞洲基地，推動五年PlugFest長期合作計畫」的建議，以期共同推動全球C-ITS的發展。依據TTIA理事長的推估，OmniAir PlugFest未來勢必將成為ITS世界大會不可或缺的一環，其活動規模甚至有機會超越ITS世界大會。因此，爭取OmniAir PlugFest活動持續在台舉辦，勢必可為臺灣在全球發展C-ITS的浪潮上，奠定極高的聲譽與不可抹滅的歷史定位，對於臺灣交通的產、官、學、研界，更具有非凡的意義。

## 結語

依據前述章節內容說明，並檢視全球對於發展車聯網有較完整計畫之美國與韓國的組織與分工狀況，概可彙整發展車聯網(CV)首要之15個關鍵執行項目，如表2所示。初步評估我國與美韓之間現況差異，其中，○表示具備完整資料與發展較為完善；▲表示相關資料與發展狀況持續加強中；×表示較缺乏相關資料及主導單位。

表2 美、韓、臺CV關鍵執行項目比較表

項次	關鍵執行項目	美國	韓國	臺灣
1	系統工程流程	○	○	▲
2	無線技術	○	○	▲
3	標準與架構	○	○	○
4	網路安全	○	○	×
5	憑證管理	▲	▲	▲
6	V2X驗證	○	○	○
7	政策法規	○	○	▲
8	頻譜治理	○	○	▲
9	效益框架	○	○	×
10	示範城市	○	○	○
11	業務推廣	○	○	▲
12	產業輔導	○	○	○
13	資料共享	○	○	▲
14	PlugFest	○	○	○
15	公私合作	○	○	×

我國在CV發展上，相較於美韓現況，雖有多項關鍵執行項目上仍需持續加強研究與跨部會協作，但我國交通部仍一肩承擔重任，並於2023年第四季的交通科技產業會報之「5G智慧交通應用產業小組」會議上，宣示以下未來發展方針，引領我國ITS產業轉型、邁向國際C-ITS，實現共享、共創、共贏之願景：

### 一、強化我國5G C-ITS產業推動

有鑑於美國交通部2023年10月V2X發展路徑規劃報告，將在2034年於美國50州全面執行V2X應用服務。且世界先進國家亦都將其列為國家戰略產業，以確保國家交通安全、效率、減碳，這讓我國需更加正視與世界同步議題。因此，我國交通部將持續規劃制定國內車聯網標準，接軌國際，同時完善國內符合國際要求的驗證規範，並促進交通部與產業間的協同合作，提

供前瞻智慧交通與聯網自駕車產業的開放試驗場地，提升並確保國內產業技術水準一致性，以奠定我國未來C-ITS產業在國際上的地位。

### 二、融入國際市場，採納國際產業測試標準，提升國內產業競爭力，開拓海外市場

臺灣擁有強大的ICT、半導體產業和汽車

零件製造以及系統整合商，要充分發揮臺灣的優勢，展現臺灣的特質和實力，走出自己的道路，並推動相關產業的發展，與國際驗證組織合作是必要的。採納國際產業測試標準，以確保國內聯網自駕(Connected and Automated Vehicles, CAV)產業的成果能滿足國際市場的需求。實現在臺灣場地進行的測試和驗證可在國外通用，以降低產業開發聯網自動駕駛產品和應用的成本，並提高國內產業國際競爭力。

我國交通部亦將持續協助臺灣產業與國際合作，包括2023年11月初舉辦之OmniAir Taipei PlugFest，這個活動正是我國C-ITS邁向國際的重大里程碑，不只讓世界看見臺灣，更讓世界知道臺灣的技術與能力，未來也會持續支持國內產業舉辦相關的國際技術串接活動。

### 三、完善智慧道路和聯網環境，制定智慧道路和連網環境建設指南，開啟國內聯網交通新時代

聯網自駕是國際戰略產業，智慧道路即為國際戰略產業。要開創聯網自駕市場，智慧道路是必要條件，同時也是打開智慧城市的關鍵。除了實現臺灣C-ITS島提供各種智慧化服務，也將鏈結國內外相關標準規範和應用案例，明確我國智慧道路的分類原則，作為未來建設新道路和提升現有道路功能的重要指南。

實施智慧道路以道路為主體，以資料為核心，以服務為目標，透過對道路資料的收集、分析、決策、發布和協作，實現為使用者提供智慧化服務的聯網交通新時代。

### 四、加速國內5G C-ITS應用推動，跨領域整合，資源聚焦，帶動產業市場共享、共創、共贏

我國交通部與台灣車聯網產業協會自2020

年11月開始制定與國際接軌的國家產業標準TCROS，除了符合國內既有交通產業生態，降低產業升級所產生的衝擊外，更與產業共同數位轉型再造，以提升國內C-ITS技術水平，帶動國內聯網車產業生態鏈。相關標準及驗證流程的公聽會已於今(2023)年6月公告TCROS 2023，交通部將規劃協同地方政府推廣執行，除了導入TCROS外，也將配合行政院「2030年客運(公車)全面電動化」政策目標。今(2024)年亦將擴散在淡海場域C-ITS聯網化服務成果，同時持續推動符合國際標準和規範的車聯網認證暨資安憑證管理。

### 參考文獻

1. 吳榮煌、王宏仁，淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究計畫，交通部(2022)。
2. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/automotive-vehicle-to-everything-v2x-market-90013236.html>
3. U.S. Department of Transportation, “DRAFT Saving Lives with Connectivity: A Plan to Accelerate V2X Deployment” (2023).
4. <https://www.its.dot.gov/pilots/index.htm>
5. 5GAA, “United States Vehicle-to-Infrastructure Communications ; Day One Deployment Guide” (2023).

6. <https://www.c-its.kr/introduction/concept.do>

7. <https://itskorea.kr/>

8. 台灣車聯網產業協會，臺灣協同智慧運輸車聯網路側設施TCROS 2023版(2023)。

9. <https://omniair.org/>



Dcity 淡海實驗場域

3

專題報導

# 我國自動駕駛創新應用—新北市淡海智駕電巴環線多車載客運行

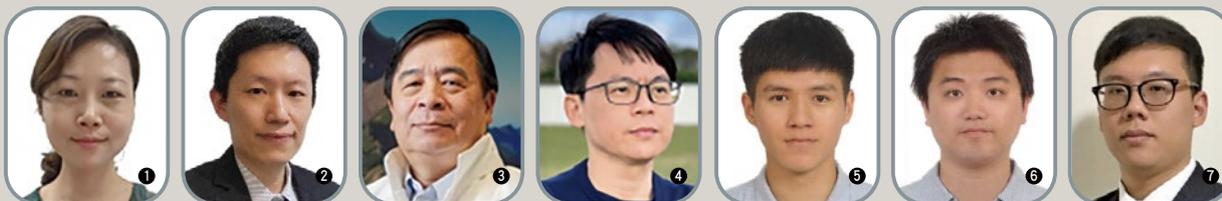
關鍵詞(Key Words)：智駕巴士(Autonomous Bus)、沙盒試驗(Sandbox)、蜂巢式車聯網(C-V2X)、車間通訊(V2V)、列隊行駛(Platooning)

- 台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／正工程師／楊惠茹 (Yang, Hui-Ru) ①  
 台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／經理／游上民 (Yu, Shang-Min) ②  
 新北市政府／交通局／局長／鐘鳴時 (Chung, Ming-Shih) ③  
 新北市政府／交通局／綜合規劃科／科長／吳政諺 (Wu, Cheng-Yen) ④  
 新北市政府／交通局／綜合規劃科／技士／巫宥濤 (Wu, Yo-Jyun) ⑤  
 勤崑國際科技股份有限公司／城市治理處／經理／蔡憲裕 (Tsai, Hsien-Yu) ⑥  
 勤崑國際科技股份有限公司／城市治理處／專案管理師／張舜傑 (Chang, Shun-chieh) ⑦



## 摘要

隨著科技的進步，智駕車已成未來日常生活指日可待的新興運具，依照我國無人載具辦公室所揭露之測試計畫資料，過往智駕車測試計畫皆為單車測試，新北市政府交通局致力於探索創新的城市交通解決方案，於2022年至2024年執行「新北市淡海智駕電巴環線多車載客運行計畫」，利用車間（V2V）通訊技術，加強車輛間溝通及應變能力，展現全國首創之智駕電動巴士聯動技術，主要進行車隊編組、解除列隊及重新編組等測試，期待未來可利用智駕電巴打造類捷運系統的運輸模式。



## Autonomous Driving Innovation Application in Taiwan – The study of The V2V Platooning Autonomous Bus Implementation and Operation Project in New Taipei

### Abstract

With the advancement of technology, autonomous vehicles have become an emerging mode of transportation that is poised to become an integral part of our daily lives in the near future. According to the test project data disclosed by the Department of Industrial Technology (DoIT) Unmanned Vehicle Office in Taiwan, previous autonomous vehicle testing projects were mostly focused on individual vehicles. The New Taipei City Government's Transportation Bureau is dedicated to exploring innovative urban transportation solutions. From 2022 to 2024, implemented the "The V2V Platooning Autonomous Bus Implementation and Operation Project in New Taipei."

This project utilizes Vehicle-to-Vehicle (V2V) communication technology to enhance communication and response capabilities between vehicles. It is the first autonomous bus platooning project, and showcases the Taiwan first-ever collaborative technology for autonomous electric buses, primarily conducting tests on fleet formation, queue disbandment, and reformation. The goal is to pave the way for future transportation models resembling a light rail system using autonomous electric buses.

## 壹、緒論

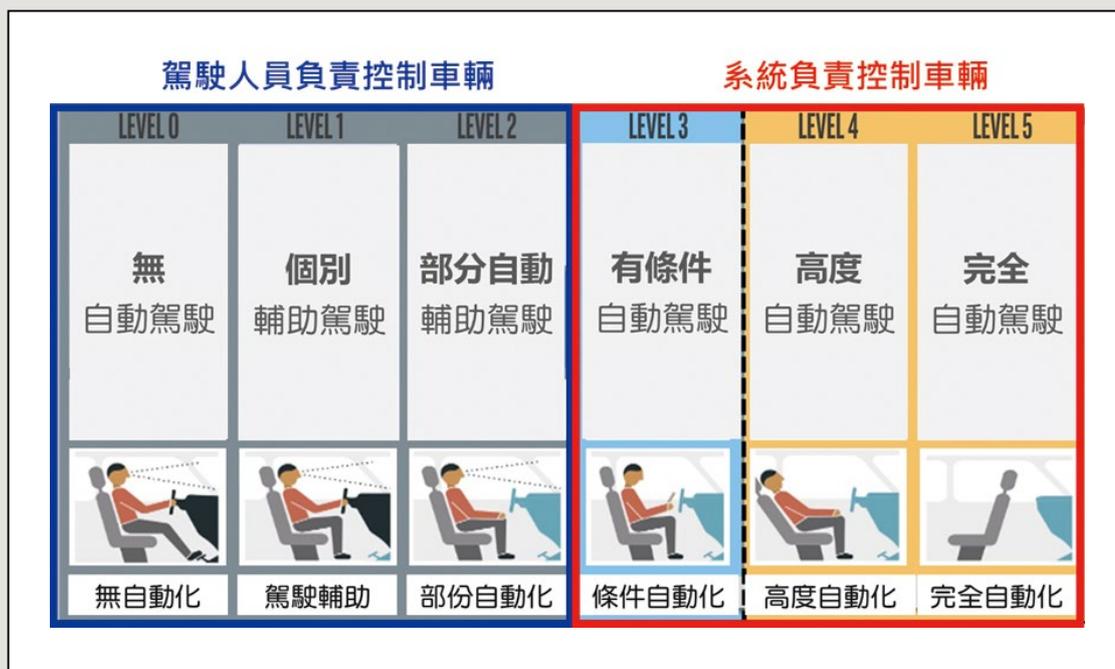
「低碳、樂活、永續」環境是現代化都市的發展願景，鼓勵使用公共運輸、降低私人機動車輛的使用，為交通部門目前積極推動之重要政策。新北市政府近年來積極建構人本安全與全面科技運輸系統，運用人工智慧、大數據、雲端運算等技術提昇效率及安全，希望透過新興科技與綠能運輸系統的結合，讓交通更貼近生活，發展讓民眾有感的智慧城市。「新北市淡海智駕電巴環線多車載客運行計畫」，為我國公部門於一般道路測試智駕電動巴士雙車聯動之先驅，以科技設備導入道路環境，打造淡海新市鎮為全台5G車聯網智駕電巴試驗場域，提升大眾運輸可及、安全及科技等面向，並以安全性評估為最高優先原則審慎規劃與執行。

## 貳、國內外自駕車發展

### 一、國外

全球自動駕駛技術正處於快速發展階段，目前自動駕駛汽車(以下簡稱“自駕車”)為全世界各國發展之車輛應用技術與物聯網(IoT)重要前瞻發展項目，自駕技術結合攝影機、雷達與光達等感測器，進行偵測與道路基礎設施之布建，讓自駕車輛進行感測與辨識。隨著車輛與相關系統結合程度不同，將使自駕車產生不同程度之自主性，全球自駕技術分級根據美國SAE(汽車工程師協會)的標準如圖1所示。就自駕車發展之等級劃分而言，等級0-2係由駕駛人主導車輛動態駕駛任務之決定權，故相關之監理檢測規範可與目前運作機制一致，而等級3-5由自動駕駛系統主導車輛動態駕駛任務之決定權，與現行之駕駛方式有很大的不同，朝向高度至完全自動駕駛車輛發展與布建，此變化將使得目前現行人(包括公路安全及公共運輸)、車(法規監理)、路(公路環境)、場(交通管理)，以及物(交通控制)受到影響。

目前各國在自駕車的發展上，運用於載客接駁的案例，都是以單車行駛，如中國大陸廣



資料來源：SAE、本文章整理

圖1 不同程度之自動駕駛車輛等級

州文遠知行、韓國首爾42dot、德國Karlsruhe EVA與日本NAVYA ARMA等，相關資料彙整如圖2所示。

巴登-符騰堡州自動駕駛測試場進行試駕，時速為20公里/小時，民眾透過應用程式預約。

			
<p><b>廣州文遠知行</b></p>	<p><b>韓國首爾42dot</b></p>	<p><b>德國 Karlsruhe EVA</b></p>	<p><b>日本 NAVYA ARMA</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• L4級自動駕駛、V2X聯網</li> <li>• 1安全員駕駛位，9個乘客位</li> <li>• 無方向盤、無駕駛艙</li> <li>• 最高時速 40km/h</li> <li>• 路線全長11公里</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L4級自動駕駛</li> <li>• 可透過App預約</li> <li>• 1安全員駕駛位，7個乘客位</li> <li>• 有方向盤、駕駛艙</li> <li>• 路線全長3.4公里</li> <li>• 服務開始時間2022.11.24</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L4級自動駕駛</li> <li>• 8個座位，可放置行李、輪椅</li> <li>• 無方向盤、無駕駛艙</li> <li>• 最高時速50km/h</li> <li>• 路線全長1.8公里</li> <li>• EVA 主要運行於城市中心、校園、火車站到市區路段</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L4級自動駕駛</li> <li>• 11個座位，4個站位</li> <li>• 充電可行駛9小時</li> <li>• 最高時速25km/h</li> <li>• 路線全長2.5公里</li> <li>• 服務時間2020.11~2024年底</li> </ul>

圖2 各國自駕車載客上路案例

### (一) 文遠知行

文遠知行We ride成立於2017年，是一家發展Level 4級自動駕駛科技公司，2019年11月，在廣州市黃埔區推出中國首個公開運營的Robotaxi收費服務。2023年11月17日，文遠知行正式獲准在北京亦莊開展車內無人自動駕駛載客服務(Robotaxi)收費。

### (二) 韓國首爾42dot

42dot為韓國現代汽車公司子公司，於2022年11月24日在首都首爾清溪川地區開通第一條自動駕駛巴士路線，民眾可透過手機應用程式預約即可免費乘車，兩輛自動駕駛巴士載著人們往返清溪廣場和附近的詩韻商業街，全程路線3.4公里，兩個站點，行車時間20分鐘。

### (三) 德國Karlsruhe EVA

Karlsruhe EVA-Shuttle 提供三輛名為 Ella、Vera 和 Anna 的小型巴士，於2020年初開始在

### (四) 日本NAVYA ARMA

日本自2016年5月起，開始陸續推出《自動駕駛汽車道路測試指南》、《遠距自動駕駛系統道路測試許可處理基準》、《自動駕駛相關制度整備大綱》、《自動駕駛汽車安全技術指南》等文件，為日本自動駕駛技術驗證構建了體系化的標準和安全制度。《道路交通安全法》於2020年4月生效，允許在高速公路上使用L3級自動駕駛。日本東京自2017年7月即採用法國納維亞(Navya)公司開發的自動駕駛專用電動汽車NAVYA ARMA進行實際測試，經過三年多實車測試運行，日本軟銀集團(Softbank Group)旗下智慧交通子公司BOLDLY率先2020年11月於茨城縣長期運行，以補足短缺的駕駛人力，並為年長者提供安全便利的移動方式。

## 參、臺灣發展自駕車現況

經濟部產業技術司為「無人載具科技創新實驗計畫」主政機關，藉由引進監理沙盒精神

制定「無人載具科技創新實驗條例」，以賦予產學研各界於實際場域進行無人載具科技、服務及營運模式之創新實驗時，能夠於特定範圍及條件下，透過法律暫行排除相關監理規範之適用，鼓勵產、學、研各界投入無人載具科技之研究發展與創新應用。根據無人載具科技創新實驗計畫辦公室之公開資料，截至2024年1月24日已累積核准19案，包括都會運輸、最後一哩路接駁、觀光接駁、物流…等多元化實驗(自駕車16案、自駕船2案、無人機1案)，其中自駕車分別有載客測試14案、物流運輸1案、整合導航系統與定位演算法計畫1案，帶動投資約新台幣17億元。

## 肆、計畫簡介

新北市政府為推動智慧城市智慧交通，近年積極執行智駕電動巴士測試計畫，結合新興科技與綠能運具，發展符合未來趨勢的新型態智慧運輸服務。為瞭解智駕電動巴士系統於真實道路運行之限制與運輸特性，測試場域選定淡海新市鎮，因淡水地區夏季氣候多日照，冬季氣候多雨潮濕，對於智駕車之感測、通訊及定位系統影響甚鉅，以淡水地區作為測試路線場域，相較國內其他示範場域條件更為多元，有其運行之代表性。

新北市政府交通局(以下簡稱機關)於2020年辦理「智駕電動巴士系統測試運行計畫」(以下簡稱一期計畫)，於淡海輕軌崁頂站至美麗新廣場來回約1.2公里，導入智駕電動巴士系統結合小型監控中心及路側監控設備，並將「智駕電巴 168」納入新北市公共運輸行列，成為全國第一個將智駕電動巴士導入公共運輸系統載客接駁的測試計畫，完成不載客3個月及載客5個月測試，總搭乘人數15,462人次，總里程6,768公里，民眾搭乘滿意度為92%，如圖3所示。



圖3 一期計畫路線及KPI

機關為持續努力建構人本安全與全面科技運輸系統，於2022年度接續推動「智駕電動巴士環線多車服務測試運行計畫」(以下簡稱「本計畫」)，與交通部辦理「淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究計畫」設備整合，以科技設備導入道路環境，打造淡海新市鎮為全台5G車聯網智駕電巴試驗場域，並持續精進軟、硬體技術以確保系統穩定性，應用車聯網優化V2V通訊列隊傳輸技術，加強車輛間溝通及應變能力，提升大眾運輸可及、安全及科技等面向，並以安全性評估為最高優先原則審慎規劃與執行，建立可提供多車營運服務之智慧交通示範場域。

## 伍、執行方法與步驟

本計畫配合交通部推動淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究計畫所採用之TCROS (Traffic Controller to Roadside Open Standard)標準，建置新世代路側及感測設備、智慧號控、邊緣交通資訊蒐集運算系統等基礎設施，並租賃2台智駕電巴，整合C-V2X (Cellular Vehicle-to-Everything) 智慧路側系統與智駕車監控管理平臺，完成監控中心裝修與建置車輛整備間，達到場域運行監控、車輛充電與基礎維修功能，建構人、車、路及雲的開放型智慧運輸實證環境，以進行測試自駕公車於市區開放道路接駁能力。

營運路線以淡海輕軌V10、V11站為核心，行經淡海新市鎮商業區之環狀路線，營運路線採固定路線方式，並配合淡海輕軌營運提供整合性服務，主要將雙車聯動打造成類輕軌的列車模式進行測試，測試流程如圖4所示。

營運路線從一期計畫的兩個站點，拓展為停靠淡海輕軌崁頂站、美麗新廣場站(義山路)、美麗新廣場(海洋都心)站、崁頂6鄰站及淡海輕軌淡海新市鎮站共5站，總長度約為2.8公里，如圖5所示。除增加停靠站及車輛數外，也在安全的前提下提升車輛運行速率，從一期計畫的時速15km提高到25km，更發展出只要駕駛員按下一鍵，2輛電巴即開始互相溝通，分享彼此運行狀態以決策車輛移動的V2V模式。

- 由一期計畫單輛智駕車測試提升為多車之「列車服務模式」，規劃車輛可以互通道路環境資訊並及早做出反應，及彈性規劃編組車隊模式，並增加系統整合、運行舒適性、車輛靠離站、障礙物辨識等測試情境演練。
- 整合運行範圍內既有候車亭並增設偵測AI CCTV即時監控人流及上下車動態。
- 建置車輛整備間，提供車輛即時保養、維修及充電環境。



圖4 測試流程



圖5 本計畫運行路線

綜整本計畫創新作為說明如下：

- 整合交通部辦理「淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究計畫」之聯網設備進行測試，透過符合國際標準之車載及路側通訊設備互通，達更有效率且安全的運行。

## 陸、計畫成果與效益

### 一、場域建置

#### (一) 監控中心裝修

本計畫租賃新北大眾捷運股份有限公司1樓訓練教室作為本計畫智駕監控中心，並進行整

修，如圖6所示，兼具專案辦公室、會議室等功能。監控中心主要功能為結合環境監測系統，應用於智駕巴士運行監控，如圖7所示。

(二) 車輛整備間建置

車輛整備間建置於新北大眾捷運股份有限公司土木軌道工廠旁空地，建置成果如圖8



圖6 淡海智駕電巴監控中心裝修成果



圖7 監控中心監控畫面



圖8 車輛整備間

所示，提供本計畫智駕電巴停駐、充電、進行基礎維修與保養需求。充電樁設置於車輛整備間後方，具螢幕顯示介面，可清楚顯示充電資訊，同時具備高規格安全防護，偵測異常時將自動斷電，另亦有緊急開關，可因應特殊情況緊急停止充電。車輛整備間設有CCTV，可將車輛整備間影像回傳監控中心。

### (三) 路側設備建置與候車亭優化

智駕車從封閉場域走向開放場域測試，考驗的是智駕車通過路口的能力。要具備通過路口能力需掌握具備”得知路口號誌狀態與時相資訊”及”具備感知路口其他車輛或用路人狀

態”，故需裝設智慧路側設備(Road Side Unit, RSU)與AI CCTV影像偵測等設備。針對以上兩項需求，智駕車需與路側系統整合協同運作，透過智慧路側系統，提供如智慧號誌時相推播應用與智慧路口安全預警應用。

本計畫所運行之場域，因部份路段交通部淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究計畫已建置相關路側設施，為避免重覆建置，故與該計畫之設備所提供之資訊進行整合。經盤點計畫測試路線範圍及交通部淡海計畫已建置之設備，綜合評估本計畫應建置之路側設備、環境監測系統與優化候車亭等設備位置如圖9所示。以下分別就建置成果做說明：



圖9 設備安裝點位

1. 路側設備

增設3處路側設備(RSU)及3處號誌控制器韌體升級(符合TCROS標準)，智慧路側RSU通訊設備連結多路口號誌控制器(透過RS-232或寬頻網路連接)，並廣播路口號誌狀態，透過智駕車上的車載設備接收，提供智駕車做車速調控。

2. 環境監測系統

於場域5處重要路口裝設影像監視器(AI CCTV)，透過AI影像偵測異常事件，再透過路側RSU通訊設備將偵測結果提供給智駕車，擴大智駕車感測範圍，提高路口安全性。

3. 候車亭優化

本計畫停靠站以既設候車亭為主，為提升既有候車亭服務功能，於五處候車亭分別裝設多元顯示幕與影像監控器，利用即時回傳至監控中心之影像畫面，監看智駕車停站、開關門及上下客狀態。在僅有本計畫停靠的候車亭(輕軌崧頂站(新市六路)、美麗新廣場站(義山路))，則加以AI影像辨識進行候車人流

偵測，以確認及監控候車人潮狀況。以輕軌崧頂站候車亭為例，裝設成果及多元顯示幕畫面如圖10所示。

二、測試成果

(一) 臺灣智駕實驗室封閉場域測試及模擬器測試

依據無人載具科技實驗計畫要求，智駕車上路前，必須經過封閉場域測試或模擬測試通過。本計畫於2023年3月底在台南的臺灣智駕測試實驗室，透過設計多項情境測試項目，模擬淡海場域道路情境，驗證車輛自動駕駛技術及安全能力(如圖11所示)，並取得驗證報告。由於臺灣智駕實驗室之封閉場域無法進行雙車列隊模式測試，於雙車正式上路前，先利用系統模擬器進行雙車列隊虛擬情境測試，成果如圖12及圖13所示。

(二) 實車測試階段性測試成果

本計畫向無人載具辦公室所申請之測試重點項目如下：



圖10 候車亭優化設備及多元顯示幕內容



圖11 臺灣智駕測試實驗室封閉測試



圖12 場域模擬建置



圖13 多車測試利用3D模擬與現地測試雙管齊下(上)



圖13 多車測試利用3D模擬與現地測試雙管齊下(下)

1. 提升自駕行駛速度至時速35km。
2. 增加物體偵測距離，提升煞車舒適度及安全：透過融合雷達、相機、與光達(LiDAR)，物體偵測距離可達60公尺，使自駕車提早進行應對障礙物，車輛可線性減速，減少急煞。
3. 乘客採預約制，營運時間跨及白天與夜間(發車時間為10:35~19:35)，部份班次配合需求進行彈性發車。
4. 有別於傳統自駕車個別蒐集號誌秒數資訊與道路狀況作為減速之依據，本計畫採多車聯動，以V2V技術共用號誌秒數資訊及智慧路口影像辨識成果，提升安全性。前方車輛行經號誌化路口時發送訊號並拋轉路況資訊至後車，供其提前辨識前方路況並做出預警行為。
5. 自駕巴士異質平臺監控整合：監控後台即時掌握多車駕駛行為與確認場域安全狀況。

實車測試階段性成果如下說明：

#### 1. 封閉測試

封閉場地測試目標是讓智駕電巴AI系統，收集整個場域行車環境的各種資料，同時滿足基本道路操作的各種要

求，包括在指定車道上進行自動駕駛，識別交叉路口號誌燈態及自動停車，以及執行進出公車站和站點自動開門測試。封閉場地測試情境如圖14所示。



圖14 封閉測試情境

#### 2. 半封閉測試

半封閉測試為本計畫正式載客前的重要測試階段，本階段於場域實際運行路線佐以後導車進行測試，測試重點為確認智駕技術研發內容與調校運行順暢度，做為後續開放測試提高行車穩定性及乘客舒適性進行改善。測試路線及情境如圖15所示。



圖15 半封閉測試路線及情境

### 3. 開放測試及營運

開放測試則取消後導車，於營運路線進行不載客測試，在確認車輛運行狀態已累積足夠的穩定度與安全性後，於112/10/13舉辦雙車聯動載客營運記者會（如圖16所示），並於112/10/14~112/12/14展開2個月的接駁

載客，總結測試成果如下：

- 脫離率低於5%，脫離率為每百公里運行里程中，由自動駕駛任務轉換為人工介入操作任務產生車輛脫離現象之事件次數。
- 乘客服務的總運行里程為3,472公里。



圖16 雙車聯動載客營運記者會

c. 民眾搭乘人次超過3,000人。

d. 乘客滿意度超過95%。

## 柒、遭遇困難與挑戰

### 一、中央經費支持

目前智駕車測試計畫多為一至二年期計畫，由縣市政府提出需求申請，中央於各年度編列經費補助。但若未來要推動智駕電動公車載客營運，除購買或租用智駕車輛外，可預見需大量建置相關路側設備(RSU)及影像偵測等設備，設備完成建置後，後續年度的維運、更新，則需由地方政府編列經費持續因應，隨著整體規模越來越龐大，地方政府的財政負擔也越加重，因此未來仍需仰賴中央經費支持，配合營運發展需求，必要的建置補貼，及後續的系統維運、更新等應有更完整的規劃，並至少包含三~五年期以上的經費預算匡列。

### 二、道路環境與天候影響

智駕車控制仰賴環境感測資訊以決定車輛行為，惟現階段運行過程中，遇路面雜草及突出之路樹飄動、路邊臨停車輛或臨時性的豪大雨等道路環境與天候影響，易導致車輛常態性煞停、減速，而使行車順暢度降低，這部份仍有賴相關感測科技技術之提升。

### 三、路側設備發送穩定度可再強化

智駕車主要透過路側RSU設備所傳送的號誌時相與秒數 (Signal Phase and Timing, SPaT) 資訊，或智駕車偵測設備即時辨識輕軌運行路口號誌之時相燈態，以判斷車輛通過路口或減速停等動作。若遇有RSU發送訊息狀況不穩定情形及遇未設SPaT功能之號誌路口，皆以電腦視覺

AI辨識方式判斷紅綠燈號誌狀態，但判斷結果仍可能受環境干擾影響。

## 四、電池續航力

本計畫營運班次係依開放不載客測試時，所取得電池消耗量之數據來進行設計。由於目前電動車電池續航力尚無法與燃油車相比，充電時間也大幅超過燃油車的加油時間，未來若要推動自駕電動公車，除需依各營運路線取得電池容量消耗數值外，亦需規劃相關充電站點，以避免衍生車輛調度問題。

## 結論與建議

自駕車相關科技仍在精進發展中，目前臺灣尚無自駕車上路之法規，亦尚無正式規範的協力廠商實證測試單位，故自駕車上路仍屬專案測試階段，係依經濟部產業技術司無人載具創新實驗條例，以科技沙盒之精神進行相關實驗與測試，在一定條件、一定期間下可豁免相關法令規範，給予自駕車較大之彈性空間發展其技術、服務或營運模式。

本計畫為臺灣首次進行智駕車多車列隊測試，成功應用C-V2X驗證列隊行駛，以及行駛途中解隊、編隊的列隊模式。測試成果顯示，自動駕駛巴士車隊服務結合了軌道系統編隊運輸能力和自動駕駛的靈活性的優勢，而無需傳統軌道基礎設施高昂建設和維護成本。同時，它實現了根據運輸需求靈活調度行程和車輛部署的功能，不僅成本較低，而且節省了大量的建設費用，減輕未來的營運壓力，提高公共運輸的整體效率與營運彈性。在新北市未來推動智慧運輸的藍圖上，希望不久的將來可以實際應用自動駕駛技術於公共運輸服務，故期待本計畫測試成果可作為未來智駕電動巴士導入公共運輸之發展基礎，讓自駕車代表的不僅只是科技發展成果的一項運輸工

具，而是兼顧提升服務品質與交通安全、解決人力不足問題並且滿足民眾移動需求，實現台灣美好的智慧運輸生活。

## 參考文獻

1. SAE J3016 (2014 Jan). Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems.

2. 臺灣經濟部，無人載具科技創新實驗條例。

3. 何世榮 (2019)：自駕車測試技術。ARTC 車輛研測專刊，創新研發，80-87。



# 國際智慧運輸發展趨勢 回顧—以2023年智慧 運輸世界大會為例

關鍵詞(Key Words)：智慧運輸系統 (Intelligent Transportation System)、自動駕駛車 (Autonomous Vehicle)、電動巴士 (Electric Bus)

財團法人中華顧問工程司／智慧運輸中心／副研究員／王瑋萱 (Wang, Wei-Hsuan) ❶

財團法人中華顧問工程司／偏鄉智行中心／主任／王冠堯 (Wang, Kuan-Yao) ❷

財團法人中華顧問工程司／副執行長／葉文健 (Yeh, Wen-Chien) ❸

Suzhou · 2023  
29<sup>th</sup> ITS World Congress

## 摘要

第29屆智慧運輸世界大會（29th ITS World Congress，中國譯為智能交通世界大會），2023年10月16日至20日假中國蘇州國際博覽中心舉行，此次智慧運輸世界大會臺灣雖未設置臺灣館，但有遠通電收張永昌董事長獲頒ITS WC名人堂終身成就獎，亦於第10場「交通創新和個性化服務—公平、可達性和技術的交叉點」行政會議擔任演講者，分享臺灣推動ETC的成功經驗，可見臺灣實力仍被世界肯定。

本屆主題以「智能交通，美好生活」（Driving Towards Intelligent Society—Quality Life），可知世界各國的智慧運輸發展，皆從技術導向服務生活需求之滿足，本文從大會活動中進行重點摘錄，觀察現行智慧運輸發展趨勢展望國內推動方向。



# Global Trends and Insights from the 29th ITS World Congress

## Abstract

The 29th ITS World Congress was held at the Suzhou International Expo Center in China from October 16 to 20, 2023. Although Taiwan did not set up a Taiwan Pavilion at this Intelligent Transportation World Congress, Chairman DR. YC CHANG of Far Eastern Electronic Toll Collection Co., Ltd Telecom was awarded the ITS WC Hall of Fame Lifetime Achievement Award. He also participated in the 10th session of "Transportation Innovation and Personalized Services-Fairness, Accessibility, and the Intersection of Technology" as a speaker at the Executive Conference, sharing Taiwan's successful experience in promoting ETC. This demonstrates that Taiwan's strengths are still recognized by the world.

The theme of this year's congress, "Driving Towards an Intelligent Society - Quality Life," reflects the global trend of developing smart transportation based on technology-oriented services to meet people's needs. This article presents key excerpts from the seminar to observe the current development trends in smart transportation and anticipate the direction of domestic promotion.

## 壹、前言

智慧運輸世界大會（ITS World Congress，簡稱ITSWC或ITS世界大會）是由美洲、歐洲、亞太地區智慧運輸國際組織發起的國際會議，是智慧運輸領域最具影響力的綜合性國際會議，也是智慧運輸業規格最高、規模最大、範圍最廣的成果展示與技術交流平台。自1994年於巴黎舉辦第1屆世界年會迄今，大會每年舉辦一次，由美洲、歐洲、亞太地區輪流擔任主辦國（表1），目的是推動智慧運輸交通領域前沿技術的研究，推廣智慧運輸系統的應用。臺灣除屬於「智慧運輸亞太組織ITS Asia-Pacific」創始會員國，每年皆有成員出席智慧運輸世界大會，亦曾於2003年及2011年成功舉辦亞太論壇，與世界各國智慧運輸組織往來密切。

本屆智慧運輸世界大會自2023年10月16日至20日，為期5天於中國蘇州國際博覽中心舉辦，由中國交通運輸部、江蘇省人民政府擔任指導單位，蘇州市人民政府、江蘇省交通運輸廳及交通運輸部公路科學研究所主辦，亞太智慧運輸協會、美洲智慧運輸協會、歐洲智慧運輸協會聯合主辦，蘇州市交通運輸局、蘇州工業園區管理委員會及中國智能交通產業聯盟協辦。以「智能交通。美好生活」（Driving Towards Intelligent Society—Quality Life）為年會主題（圖1），相較2022年大會主題「由運輸轉型」（Transformation by Transportation），及2021年智慧運輸世界大會之主題「未來移動新體驗（Experience Future Mobility Now）」，將智慧、效率、安全、環保與韌性等議題納入，並進一步強調到智慧運輸應用，讓民眾生活更美好的願景。

表1 近5年ITS WC舉辦地點、期間及主題一覽表

<b>2023年中國蘇州第29屆智慧運輸世界大會 ITS World Congress 2023</b>
活動日期：2023/10/16-20 舉辦地點：Suzhou International Expo Center 大會主題：Driving Towards Intelligent Society—Quality Life智能交通。美好生活
<b>2022年美國洛杉磯第28屆智慧運輸世界大會 ITS World Congress 2022</b>
活動日期：2022/09/18-22 舉辦地點：Los Angeles Convention Center 大會主題：Transformation by Transportation由運輸轉型
<b>2021年德國漢堡第27屆智慧運輸世界大會 ITS World Congress 2021</b>
活動日期：2021/10/11-15 舉辦地點：Hamburg Messe 大會主題：Experience Future Mobility Now未來移動新體驗
<b>2020年美國洛杉磯第27屆智慧運輸世界大會 ITS World Congress 2020</b>
活動日期：2020/10/04-08 本次主題：The New Age of Mobility移動新時代 活動地點：Los Angeles Convention Center 備註：因疫情未辦理
<b>2019年新加坡第26屆智慧運輸世界大會 ITS World Congress 2019</b>
活動期間：2019/10/21-25 本次主題：Smart Mobility, Empowering Cities智慧交通，賦予城市力量 活動地點：SUNTEC SINGAPORE CONVENTION & EXHIBITION CENTRE
<b>2018年丹麥哥本哈根第25屆智慧運輸世界大會 ITS World Congress 2018</b>
活動期間：2018/09/17-21 本次主題：Quality of life生活品質 活動地點：Bella Center



圖1 第29屆智慧運輸世界大會主視覺<sup>1</sup>



圖2 張永昌博士於大會分享臺灣推動ETC的成功經驗

本次會議共有來自44國家和地區，超過1萬2,000餘名代表參展，以及有134個來自不同國家的展商進行參展，觀展人數5萬人，約有10萬人次參加了大會戶外演示及技術參訪路線。大會期間共召開122場會議，發布800場主題報告，錄取的論文有311篇，亦具有一定規模。

本次智慧運輸世界大會臺灣未設置臺灣館，亦未組織代表團，由產、官、學、研界各自派代表出席，包含臺北市政府、新北市政府、中華智慧運輸協會、中華電信企業客戶分

公司、遠傳電信股份有限公司、工業技術研究院、鼎漢國際工程顧問股份有限公司、華電聯網股份有限公司及財團法人中華顧問工程司等，共計約50人參與。主要行程包含10月16日參與遠通電收張永昌執行董事兼總經理獲頒ITS世界大會名人堂終身成就獎（ITS World Congress Hall of Fame）及10月19日參與遠通電收張永昌執行董事兼總經理於行政會議「交通創新和個性化服務—公平、可達性和技術的交叉點」場次與談(圖2)。

## 貳、與會過程與概要

### 一、2023年大會辦理概況

本年度智慧運輸大會假蘇州國際博覽中心辦理，為中國繼北京後第二次擔任主辦國。蘇州除是中華著名的歷史文化名城，具有豐富觀光條件外，其絕佳的地理位置造成外向型經濟特點，不僅距離上海虹橋機場僅1小時車程，附近還擁有運河可發展航運，平坦無高山的地

<sup>1</sup> 資料來源:第29屆智能交通世界大會論文徵集手冊

形則適合發展電動車，為中國三角中心城市之一，更是中國首批智慧交通先導應用試點城市。為配合本次大會，蘇州也特別提早規劃，連續三年舉辦智能交通創新大賽作為暖身，致力打造智慧運輸的「夢工廠」。

本次大會主題為：智能交通，美好生活，希望透過聚焦智慧交通，以智慧、創新的方式滿足人民對美好生活的想像，通過暢通無阻且可持續運行的行動方式改善人民的日常生活。五天大會共規劃包含開幕式暨高層會議、以「可持續智慧綜合交通」、「創新動的未來交通與運輸行業」及「數位化重塑交通和社會的未來」進行廣泛討論的全體大會、行政會議（ES）、特別興趣會議（SIS）、科學論文會議（SP）、技術論文會議（TS）、互動會議（IS）及閉幕式。同時於場內外分別設置展覽展示及演示項目展示區，以及9項技術考察，活動安排豐富精彩。

## 二、大會開幕式

本次大會開幕式於2023年10月16日假蘇州國際博覽中心3樓金雞湖廳辦理，包含中國交通運輸部李揚副部長、江蘇省政府副秘書長崔巍、第29屆智慧運輸世界大會主席蘇州市吳慶文市長，亞太智慧運輸秘書處山本昭雄秘書長、歐洲智慧運輸協會安吉洛斯·阿姆迪蒂斯，江蘇省交通廳吳永宏廳長等貴賓出席。

於貴賓致詞中可得知，交通是經濟和生活的脈絡，智慧運輸更為世界各國解決與提升交通問題的方法，尤其隨著5G、AIoT等技術日新月異，更可將數位經濟轉型為智慧運輸發展的關鍵(圖3)。未來智慧運輸的推動將有三個方向：

(一) 各國面臨的問題皆相同，包含人口老化、淨零排放及都市化等，應加強國際間交流，共同解決問題。



圖3 第29屆智慧運輸世界大會主席蘇州市吳慶文市長致詞

(二) 自駕車為未來發展重點項目，其成功關鍵包含車載設備、路側設備、IT技術及無線通訊技術等。

(三) 為利發展相關技術，未來將投入更多且更包容的開放措舉，包含試驗場域及政策鬆綁等。

我國遠通電收執行董事兼總經理張永昌博士亦於開幕式上獲頒智慧運輸世界大會名人堂終身成就獎，該獎項由智慧運輸亞太秘書處山本昭雄秘書長Akio Yamamoto頒發(圖4)，此為臺灣從2013年起，在ITS世界大會獲得的第8座獎項，包括3項個人終身成就獎與其他5項產業成就或地方成就獎。我國代表歷年於智慧運輸世界大會獲獎資訊彙整如表2：

表2 臺灣於智慧運輸世界大會獲獎一覽表

序號	獲獎單位	年份	獎名
1	毛治國先生	2013	終身成就獎
2	遠通電收股份有限公司	2015	產業成就獎
3	台灣高速鐵路股份有限公司	2016	產業成就獎
4	臺北市政府	2017	地方成就獎
5	王國材先生	2018	終身成就獎
6	工業技術研究院	2019	產業成就獎
7	高雄市政府	2022	地方成就獎
8	張永昌先生	2023	終身成就獎

遠通電收協助推動的多車道自由流 (Multi-lane Free-Flow) ETC系統已經成為亞洲智慧運輸典範。本次獲獎不僅是對國內推動智慧運輸及ETC系統可發揮多車道自由流效益的重大認可，也是對過去二十年來政府與遠通電收透過公私協力夥伴關係合作 (Public-Private Partnership, PPP) 獲得廣大民眾支持，進而實現智慧高速公路和智慧城市數位轉型的肯定。



圖4 遠通電收張永昌董事長接受名人堂終身成就獎

### 三、論文研討

本次大會共計舉辦135場不同類型會議，包含3場全體會議、12場行政會議、49場特別興

趣會議、20場科學論文會議、36場技術論文會議、3場互動會議，以8個主題及72個子主題進行討論和分享(表3)，主題包含：

- (一) 交通運輸的永續性和數位轉型發展
- (二) 協同合作式自動化出行
- (三) 智慧和數位交通基礎設施

- |                       |                 |
|-----------------------|-----------------|
| (四) 綜合交通運輸系統          | (七) 定價和交通服務需求管理 |
| (五) 利用先進技術改進服務        | (八) 政策、標準和協調    |
| (六) 智慧城市與交通運輸業的未來發展方向 |                 |

表3 大會論文主題及子主題一覽表<sup>2</sup>

論文主題	論文字題
交通運輸的永續性和數位轉型發展	交通運輸領域的氣候目標和行動計畫（以及其他、比如綠色協議） 交通運輸業的模式轉換策略 交通行動服務（MaaS） 共享出行 能源、噪音及環境影響 電動交通工具與電動汽車充電基礎建設 高齡族群的移動需求
協同合作式自動化出行	下一代人機界面與人力因素 服務於自動駕駛車輛的高精度地圖和高精定位技術 服務於自動駕駛車輛的傳感器和感知方法 V2V、V2I和V2X技術的最新發展 V2X通信技術和協作系統 模擬與建議 智慧自駕車的試運行、試驗與測試 自動化公共交通運輸系統 全無人駕駛計程車 車輛列隊行駛 無人駕駛和自動駕駛汽車的影響、成本效益和風險評估 自動化運輸系統的網絡安全與彈性 智慧車輛的遠程更新與自我診斷
智慧和數位交通基礎設施	新型探測器和傳感機 數據採集與融合技術 下一代數位地圖和定位系統 下一代交通管理 服務於交通運輸業的物聯網 服務於自動駕駛車輛的智慧交通基礎設施 交通運輸基礎設施的預測性維護 緊急情況和意外事件的智慧管理 用於保障交通安全的智慧交通技術
綜合交通運輸系統	鐵路水路交通運輸應用程式和5G解決方案 服務於海運和空運的智慧交通系統 多式聯運旅遊資訊與規劃服務 多式聯運行程規劃工具 智慧供應鏈與物流 智慧物流平台 智慧綠色汽車路徑問題 汽車共享、自行車共享和共乘 最後一公里配送

<sup>2</sup> 資料來源：第29屆智能交通世界大會論文徵集手冊

利用先進技術改進服務	利用5G技術使車輛和運輸系統發生變革 雲計算、邊緣計算、人工智慧、數位孿生、交通區塊鏈 低軌衛星網絡 下一代通信和互聯網 數據的可用性、質量與可視性 大數據分析 新商業模式 服務於步行和騎行交通的新型智能交通系統 道路天氣資訊系統
智慧城市與交通運輸業的未來發展方向	即時資訊、智慧交通管理 預測性路網管理、對旅運者行為的影響、公民參與和共同創作等等 智慧停車 服務於交通流量監控與管理的數據分析 未來軌道交通體驗 大都市交通運輸業的未來發展方向 數位交通的破壞性創新
定價和交通服務需求管理	道路定價 電子支付系統和高速公路管理 ETC基礎設施創新性服務與其他應用 綜合交通票務支付系統 服務於旅運需求管理的相關技術 公共交通需求管理 收費、付費和道路使用收費
政策、標準和協調	智慧交通政策與策略 關於聯網汽車和自動駕駛汽車的政策及法規 交通運輸的網路資訊安全與數據安全 數據隱私保護 智慧交通系統的實施技術 標準化與建築學 國際標準化與協調 現場操作測試與演示 教育培訓 績效管理

觀察會議主題及內容，可發現聚焦於交通技術、理念、應用等不同類型主題進行交流，特別是針對隱私保護和政策鬆綁進行討論，顯示我國智慧運輸發展符合目前國際發展趨勢，未來除應持續關注智慧運輸技術提升外，更應朝向滿足民眾應用場景，包含商業落地、智慧城市和智慧交通的相互配合以及政策與標準的制定。

#### 四、展覽展示

本次大會共有134家廠商參展，與過往智慧運輸世界大會相比，本次參與單位多數為中國國營企業。展示主題仍以自動駕駛車、車路協同、數位孿生系統為大宗，比較特別的是因蘇州擁有多條運河的地理特色，現場亦有針對航運管理開發的多項應用。以下僅針對筆者參與之自動駕駛車輛、電動巴士及道路安全主題進行觀察：

### (一) 自動駕駛車輛

於自動駕駛發展應用部份，其發展技術大致與臺灣相同，以雷達、光學雷達、感測器、GPS及電腦視覺等技術感測環境進行運算，並將其轉換成適當的導航道路。除運輸需求外，中國也將相關技術另外應用於清掃車、販賣車、保全、充電樁…等，行駛車速較低且無需人員隨車的相關應用(圖5)。

雨後春筍般蓬勃發展。

蘇州市相城區現已設置超過250公里的智慧道路，覆蓋城市開放道路、高速公路、國省幹道和隧道等各類別道路場景(圖7)。路網涵蓋超過110個智慧路口，佈署超過1,700台各類智慧聯網設備，可提供5G聯網式L4高級別自動駕駛服務。相城區也包含一條高速公路(S17)，在符合「蘇州市智能聯網汽車道路測試示範應用



圖5 摩源(蘇州)新能源展示智能移動充電樁

為推動自動駕駛發展，蘇州有條件的開放相城區全區489平方公里、道路里程1906公里做為智慧車輛測試、示範應用和示範營運區域(圖6)，並以高標準推動智慧道路建設以支持車路協同測試驗證。於蘇州高鐵新城28.9平方公里區域內、道路里程162公里之服務區段間以「主駕不配備安全員、副駕配備安全員」方式有條件開放自駕車輛試運行，未來也將逐步朝向「全車不配備安全員、遠程配備安全員」的測試和示範應用發展，此一政策使蘇州自動駕駛車輛如

管理實施細則」範圍下，測試高速下的速度和轉向，符合生活中具體使用場景。

此次中國交通運輸部公路科學研究所亦展示該單位費時40年於北京市通州區建設公路交通綜合試驗場(圖8)，為中國公路交通運輸領域規模最大、設施完善、功能完整、設備先進的綜合科研試驗基地。擁有8個基礎試驗平台、1個科學數據平台和38個學科/專業實驗室，可做為自動駕駛車於開放道路測試前置的封閉場域測試。

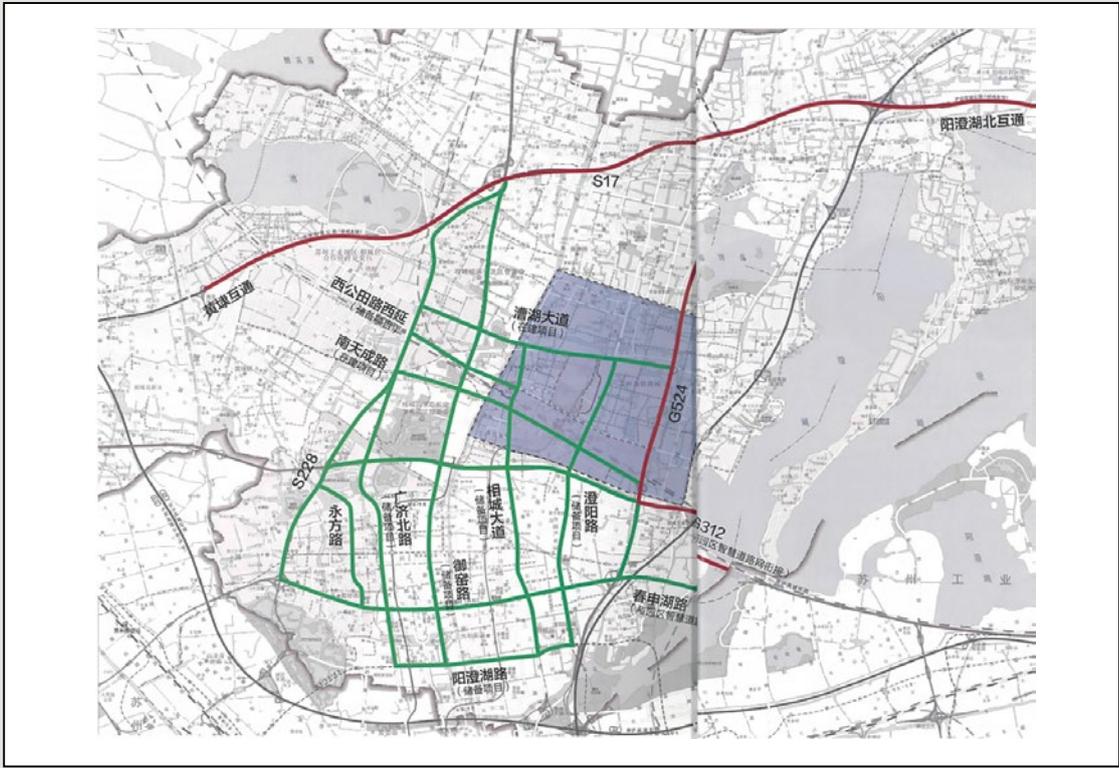


圖6 蘇州相城區開放智能聯網汽車道路測試、示範應用和示範營運區域<sup>3</sup>



圖7 蘇州相城區佈建智慧道路<sup>4</sup>

<sup>3、4</sup> 資料來源：蘇州相城智能車聯網（智能聯網汽車）產業圖冊



圖8 中國交通運輸部公路科學研究所公路交通綜合試驗場

## (二) 電動巴士

中國電動車產業受惠於政府與業者的早期布局，除有政策引導與豐沛資源投入，更有龐大的內需市場支撐而可擁有完整供應鏈。在高度競爭下也促使技術不斷迭代，造就中國製電動車的**成本優勢**，預估2023年中國將出口約480萬輛汽車，其中新能源車占比約25%，意謂著出口量高達120萬輛。除小型車以外，電動車發展成果亦體現在新能源公車近年的蓬勃發展，於2014到2022年間車輛總數從3.7萬輛暴增至52.9萬輛（佔比從6.9%增至77.1%）。在電動巴士蓬勃發展需求下，其管理系統需求應運而生，由南京智慧交通展示的新能源車監控大數據平台及智慧調度管理系統即為一例。

由本次世界大會，中國南京智慧交通公司所展示的新能源車監控大數據平台資料得知，現行南京市電動巴士比例已達75%以上。該新能源車監控大數據平台可有效彙整、分析其日

常營運產生的大量運行數據，運用相關數據儀表板可即時了解車輛基礎訊息、路線、車輛電力、警報、控制等數據，保障車輛安全與服務效率，同時達到節能減碳的環保目的(圖9)。

值得一提的是，由於國內現行客運公司之每日營運調度仍仰賴有經驗的員工使用人力安排，相較之下，南京市內超過6,000輛公車則採用系統輔助實現即時監控及智慧化調度。包括路線、車輛排定，GIS定位、以及人員排班…等皆可於調度系統上自動設置、調整，並由APP通知駕駛員，此部分可作為國內客運業未來推動智慧營運調度之參考(圖10)。

此外，杭州國朗科技有限公司亦展示類似產品，包含「公交調度系統」，結合大數據、邊緣運算，從訂票、檢核、數據上傳到產出報表皆可協助的「訂製公車」。針對支付費用部分，近期除人臉辨識系統外，該單位亦開發掌靜脈支付系統，相對於人臉可能因口罩或其他



圖9 南京智慧交通展示新能源車監控大數據平台



圖10 南京智慧交通展示智能調度管理系統



圖11 杭州國朗科技有限公司展示多元刷卡機

狀況產生不易辨識狀況，掌紋可更有效的感應及支付(圖11)。

### (三) 道路安全

觀察本次大會發現中國目前對如何應用技術導入道路行人安全的相關議題關注度仍偏低，多數發展僅關注於車路協同，透過感測設備提供資訊或輔助駕駛功能，僅有少數廠商針對此主題進行研究。

現行中國考照能量不足，學員與教練比也嚴重失衡(45:1)，同時中國交通運輸部自2016年發布「關於機動車駕駛證自學直考試點的公告」支持民眾自學直考。為解決上述問題，蘇州市嘗試使用「智慧駕培」及「智慧駕考」的營用模式，透過VR、AI加實際道路訓練方式，提高訓練效率及駕駛水準。於訓練階段

引入沉浸式的場景，並透過數據分析直接評估學員學習狀態，最後的路考階段則使用裝上AI機器人代替人工考官，實現智慧化的考照模式(圖12)。無獨有偶，中華顧問工程司自2023年與社團法人臺灣老人學學會合作研發之高齡者機車安全駕駛智能模擬系統，亦是透過類似技術，使用以國內道路環境、標誌與標線進行設置，擬真度高的駕駛模擬器，使高齡者實際操作，直接體驗與了解各種行車風險，在相對安全的模擬環境下學習並養成良好的駕駛習慣。本套高齡者機車安全輔助工具曾在本工程司2023年智慧鄉鎮論壇首度亮相，當時亦獲得與會人員熱烈迴響，未來亦將考慮與監理站或駕訓班合作推廣，做為高齡者換證時考核或教學使用的重要工具之一。

針對行人穿越馬路部份，中國多家業者研發智慧發光斑馬紋行穿線(後簡稱發光斑馬線)，



圖12 智慧駕訓與輔考系統

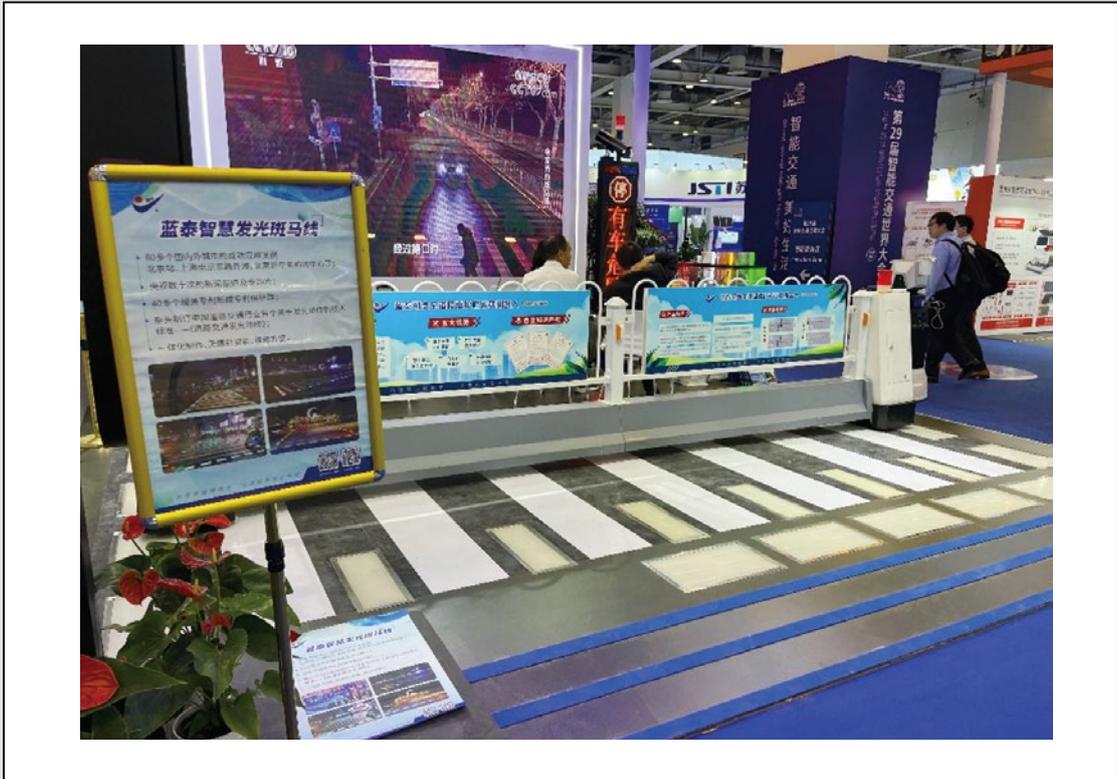


圖13 藍泰公司展示智慧發光斑馬線



圖14 冰島西峽灣區試辦推動創意3D斑馬線以期提升道安<sup>5</sup>

由嵌入式控制器、發光斑馬紋行穿線、智慧探測感應傳輸器、提示喇叭組成，透過聲光警示提醒過往車輛注意停車禮讓，減少交通事故，改善行人出行體驗(圖13)。發光斑馬線除與紅綠燈號誌資訊結合，當行人信號燈亮紅燈時，發光斑馬線即同步發出紅光，禁止行人通行。此外也透過感測設備主動感知，當有行人通行時，對車道發出提示聲音及光線，提醒駕駛注意行人，此種作法與其餘國家透過藝術方式(如立體彩繪或3D投影)有異曲同工之妙。國內雖有部分縣市如桃園市曾引進立體彩繪行穿線試辦經驗，整體而言目前仍偏好以資訊可變標誌(Changeable Message Sign, CMS)提供做為用路人主要使用模式，不同文化針對如何提升行人穿越馬路之安全，採用不同的提醒方式值得玩味(圖14)。

## 五、展示項目

展示內容依據四大主題(飛行演示區、自動駕駛區、自動遊船區及靜態演示區)共有9項展示項目，內容涵蓋未來智慧交通的「新技

術」、「新產品」及「新場景」。以下針對筆者實際參與之飛行演示區及自動遊船區進行分享：

### (一) 飛行演示區

旅航者X2是一款由小鵬匯天公司在2021年完成自主研發的第五代雙人智慧電動飛行器，為減輕重量，全機身採用碳纖維結構，裸機重量為360公斤，採純電動設計，其續航力為35分鐘，飛行高度最高1,000公尺，最快飛行速度每小時130公里。最大起飛重量可達560公斤，亦即可搭乘該設備進行飛航移動。於2022年10月時已於杜拜完成海外公開飛行測試，共有手動駕駛和自動駕駛兩種模式，本次於智慧運輸大會每日共有3次自動駕駛的動態演示(圖15)。其特點為可於50公尺以下低空飛行，未來除可滿足短途出行需求外，也可支援野外救援及醫療運輸等。實際觀察旅航者飛行展示於起飛與降落皆順暢，惟聲音過大，未來如欲推動為一般民眾出行使用恐須研究如何降低運轉聲音，以免造成民眾申訴。

<sup>5</sup> 資料來源：Vegamálun公司Youtube頻道。<https://www.youtube.com/watch?v=szJbz-z7iJw>



圖15 飛行汽車旅航者X2動態演示

## (二) 自動遊船區

陝西歐卡電子智能科技有限公司創立於2017年，專注於研究水上無人駕駛技術研發和水面服務機器人的打造與落地應用。臺灣雖然

四面環海，且擁有超過100條河流，但對於水上無人機發展及觀光應用涉略較少，值得借鏡。

陝西歐卡電子智能科技有限公司的自動駕駛遊船已經具備L4級的水面自動駕駛系統，以



圖16 陝西歐卡電子智能科技有限公司研發自動駕駛遊船



圖17 工作人員說明自動駕駛遊船技術

光達、毫米波雷達及相機…等作為感測設備，結合高精地圖達到自動航行及靠岸功能，目前已於雲南東風韻、西安護城河、揚州瘦西湖及武漢東湖上線(圖16)。

經實際體驗，航行及靠岸皆平穩且舒適，惟為確保安全，筆者當日體驗之航行為事先設定好路線後自動駕駛模式。經現場工作人員說明，當日天氣、水況皆會影響航行體驗，故若臺灣擬引進該技術做為推廣海上觀光使用仍有一定須克服之問題(圖17)。

## 六、技術參訪

本次大會共安排9項技術參訪，帶領大家感受中國智慧運輸發展的前瞻性和先進性，以及智慧交通帶給智慧城市的便利性和實用性，共分為城市智慧交通綜合管理類、5G車聯網項目

展示類、會後專題考察路線三類，內容涵蓋自動駕駛、智慧交通指揮、自動化碼頭、智慧高速公路、智慧軌道捷運等。以下僅就筆者實際參與之2項技術參訪內容：智慧交通管控—交通運輸應急指揮中心（TOCC）及公交調度中心以及智能聯網車輛／智慧文旅—太湖生態島自動駕駛項目進行分享(圖18)。

### (一) 智慧交通管控—交通運輸應急指揮中心（TOCC）及公交調度中心

交通運輸應急指揮中心（TOCC）是蘇州交通的智慧大腦、眼睛、中樞及數據中心，匯聚了公路、航道、港口以及公共交通領域等5萬多路監控及大數據資料，運用運行監測、緊急處理、數據分析和資訊服務，協助於事前感測預警、事發值守接報、事中處置會商及事後評估改進(圖19)。



圖18 參訪交通運輸應急指揮中心（TOCC）及公交調度中心

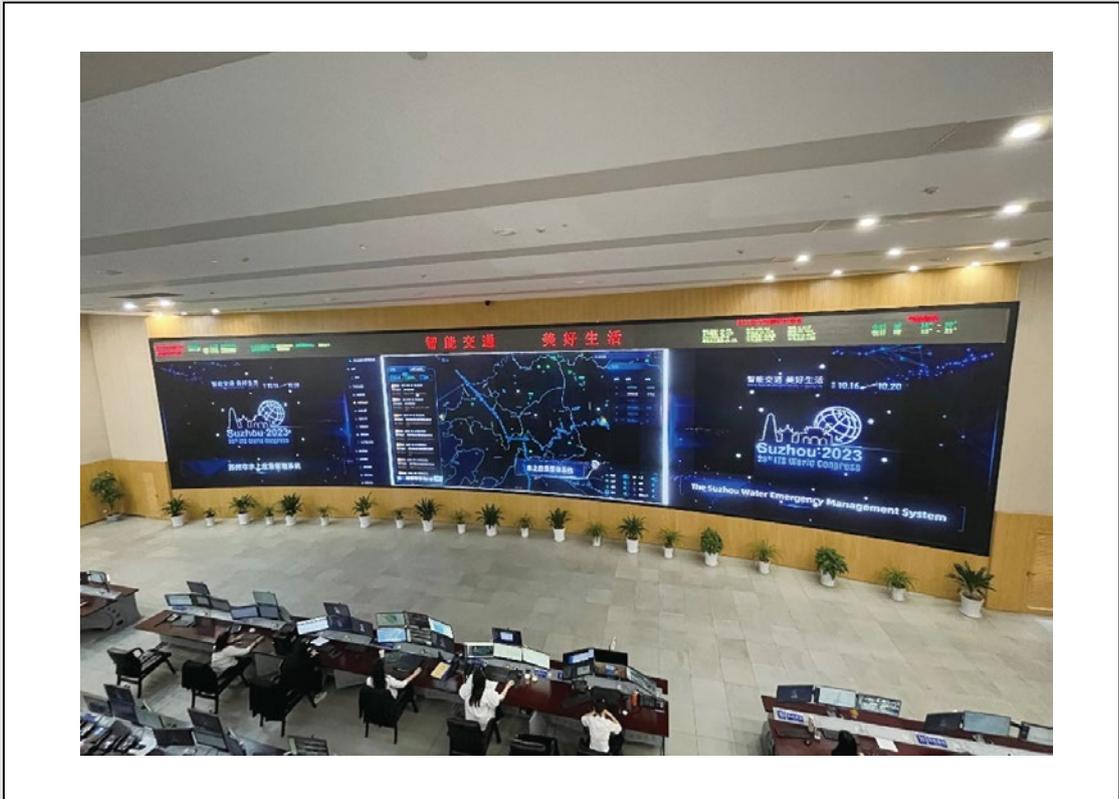


圖19 交通運輸應急指揮中心（TOCC）實況

交通運輸應急指揮中心除依據運具區分為路上監管專區及水上監管專區外，亦成立交通熱線專區，結合蘇州交通運輸微信公眾號，以耐心的傾聽、即時的反饋為目標，提供24小時不關門的協助。依據2022年統計數據約有30.5

萬進線量，其中約60%為訊息諮詢、20%進行檢舉及10%要求協助。而為提升老年人叫車便利性，交通熱線專區亦提供協助老年人電話叫車服務，優先確保老年人移動需求(圖20、21)。

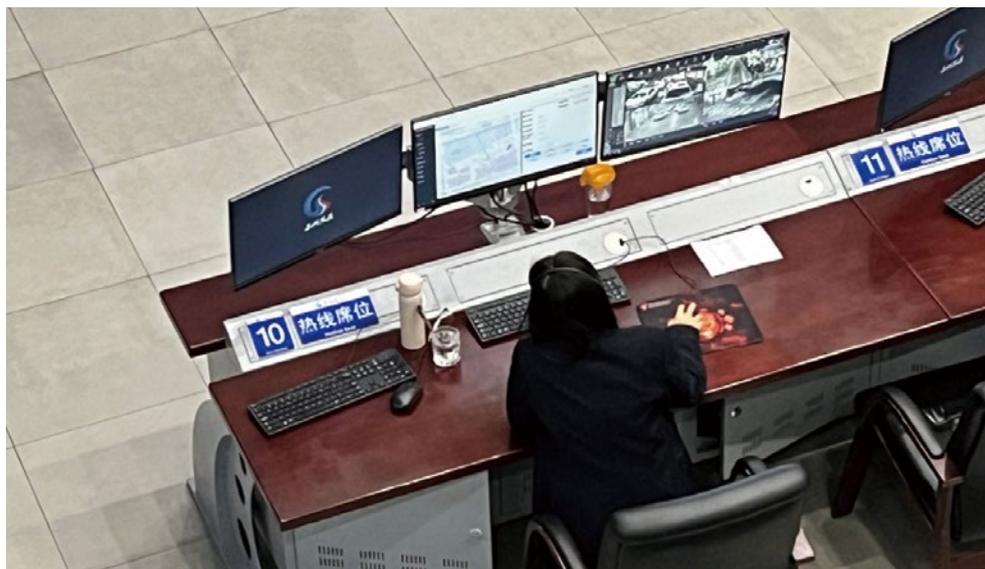


圖20 交通熱線專區工作人員



圖21 蘇州交通運輸微信公眾號畫面

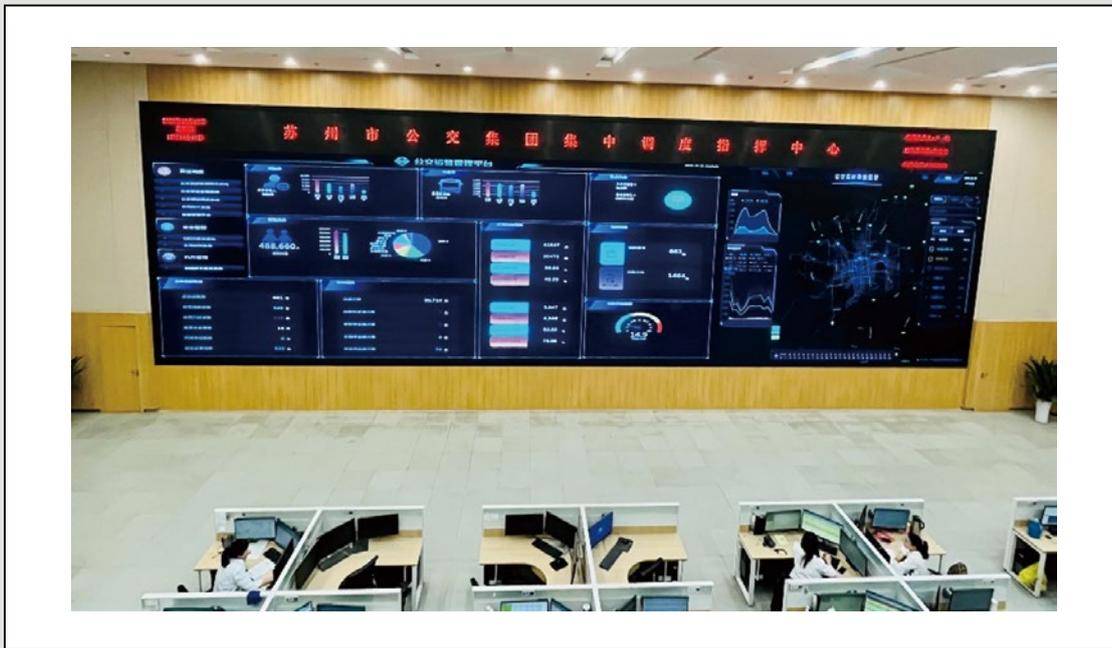


圖22 公交調度中心實況

蘇州公交集團集中調度中心是蘇州公車的數據大腦，目前建立了「蘇州公交運營管理」和「公交實時數據監管」兩大平台，形成了「一中心、兩平台」的布局結構，負責匯報運營調度、車輛監管、應急調度、實時客流、場站管理、經營分析及訊息發布七大功能(圖22)。

蘇州現行之公車營運模式為一集團下有七家公司共同經營的方式，現行共有661條線路營運，除已經完成全面市區公車的電動化，部分公車專用道亦已完成提早10秒鐘之公車優先號誌的設立，故於資料收集上非常完善。蘇州公交運營管理可針對乘客人數、年齡、達成時間、搭乘地點等相關資料進行即時蒐集與統計分析，可協助調度中心了解乘客狀態及進行總體管理。公交實時數據監管平台則可針對車輛和路線進行把控，現行蘇州市之公車站點已無需配置調度人員，所有調度皆依據監管平台於調度中心統一管理。除可利用系統之GPS定位進行車輛監管外，每台公車上皆配有六至八個監控設備，可即時了解車內及車外道路狀況。

透過整合上述兩系統之資訊，包含站點客流數據、公車出勤數據、乘客類型等可進行客製化班次調整，現行蘇州市每條公車路線皆採一線一刻，依據統計數據調整專屬的發車時刻表，未來亦可參考數據資料，於晨昏尖峰區間加開通勤快線，或於老年乘客多的路線投放適合老年人乘坐之車輛。

#### (二) 智能聯網車輛／智慧文旅－太湖生態島自動駕駛項目

太湖生態島自動駕駛項目主要展示自動駕駛技術在景區、樞紐和城市道路上的示範應用水準，由蘇州太湖國家旅遊度假區與百度聯手打造，是中國第一個自動駕駛生態文旅示範基地。以雙向200公里的自動駕駛道路，投放無人零售車、物流車、安防車、清掃車、漫遊車等全系列車型，希望能將智慧聯網產業與智慧文旅進行整合成中國的雙智樣板(圖23)。

本次參訪中心展示了智慧座艙、車路協同相關應用及太湖生態島數位孿生系統。智慧座



圖23 太湖生態島自動駕駛展示中心

艙則展示了未來自動駕駛車內場景，將不再設置方向盤或儀表板等設備，以電子螢幕為主體，提供車及路的相關資訊。車路協同透過路側設備提供更多資訊予自動駕駛車輛，可因應各種臨時、緊急事件，包含鬼探頭（兩名交通參與者從彼此視覺盲區，近距離、短時間出現，使彼此都沒有反應與躲避的時間與空間）或行人闖紅燈…等，減少安全風險(圖24)。

太湖生態島數位孿生系統可針對佈建設備、車輛、事件進行管制與統計資料分析，現行系統已經透過感測設備收取數據及拍攝畫面呈現真實畫面，包含車輛及號誌數據。相關數據均上傳至百度系統，駕駛人可透過導航系統接收下一個路口紅綠燈倒數秒數…等訊息，以便調整車速，達到安



圖24 中心展示智慧座艙

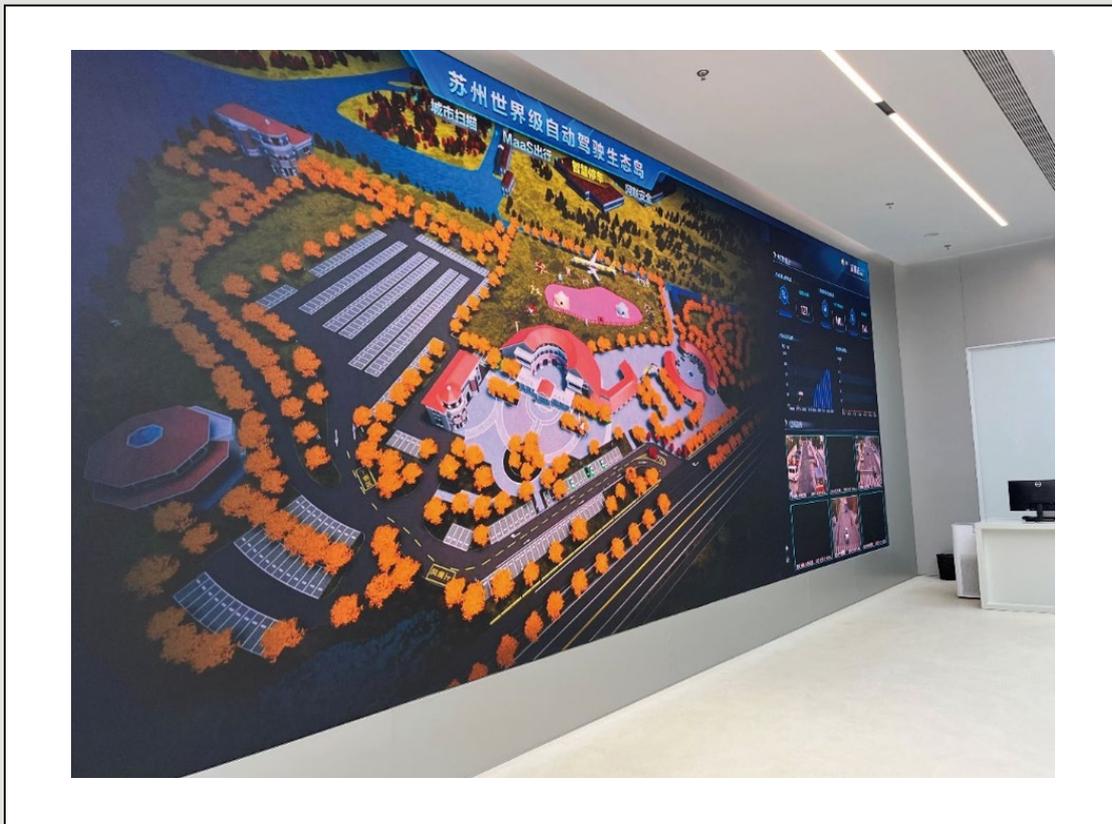


圖25 中心展示車路協同系統

全行車與環保節能駕駛目的。未來除於智慧交運、智慧交管、智慧高速及智慧停車等交通應用外，亦可結合智慧燈桿等資訊，發展智慧城市或智慧觀光等多元應用(圖25)。

本次參訪路線展示兩種不同型態的自動駕駛車輛，包含一般轎車及7人座小巴(圖26)，系統使用百度Apollo開發的「蘿蔔快跑」服務平台，兩者皆已達到L4級別且時速達30公里，惟配合法律規範，車上仍需配置一位安全員。透過實際體驗，自動駕駛車輛於道路駕駛、過彎、停等及路邊停車皆表現優異，惟系統尚無法接收所有路側設備資訊(或路側設備佈建不夠完善)，目前仍採用測試訊息來展示系統畫面。



圖26 7人座小巴自動駕駛車輛

太湖自駕車路線串聯全島包括飄渺峰、禹王廟等開放景點，以及東村古村、明月灣村2個歷史文化名村。未來也將開闢網紅打卡專線、親子旅遊專線等，透過自動駕駛車輛與觀光資訊，達到推動智慧文旅的目的。

## 結語

智慧運輸世界大會為交通領域年度盛事，本年度於中國蘇州舉辦，透過本次活動了解中國ITS目前發展及未來趨勢、規劃及建置、產品研發，實屬難能可貴。本次大會以「智能交通，美好生活」為題，希望能讓城市更智慧、更高效並更加宜居，與我國未來四年智慧運輸推動方向「Go Safe、Go Smart、Go Green」相吻合，顯示臺灣智慧運輸發展符合國際脈絡，以智慧、創新的方式滿足人民對美好生活的想像。

而綜觀世界各國的智慧運輸發展，自動駕駛時代的來臨已毋庸置疑，因應更多新技術的應用，各國皆採開放態度，透過更多的測試及法規鬆綁調適加速自動駕駛車輛落地。臺灣以電動巴士自駕化為推動方向，現已在淡海場域推動雙車聯動，為國內自動駕駛產業技術的新里程碑，未來如能將其納入公共運輸一環，則可提供更便捷的MaaS服務，往一站式體驗及一碼暢遊的服務模式邁進。

交通部長期以來積極持續推動智慧運輸發展，然當今科技發展百尺竿頭、日新月異，每一年皆有長足發展，世界交通建設科技發展不斷演化，國際間針對智慧運輸發展的趨勢著重於推進公平(Equity)的運輸系統、淨零排放與交通無碳化，以及如何運用數位基礎建設作為骨幹，為未來提供更多機會。除了持續導入6G、低軌衛星、AI、大數據應用等新興科技、打造綠色永續運輸體質，更應回歸提供民眾良好交通服務之理念，將人本思維融入計畫規劃，以

發展高齡友善、偏鄉平權的交通環境為重點。使國家各項新興智慧交通服務更貼近人民需求，並以更有效率的方式建置、整合、回饋民眾使用情形。朝向目標的道路上尚有許多嶄新的課題有待努力，如世界各國都在因應2050淨零排碳目標及國際供應鏈淨零轉型趨勢所衍生之議題。

為此，交通部已完成「智慧運輸系統發展建設計畫(114-117年)」草案規劃，並提出五大行動方案與二十項工作項目作為國內未來推動智慧運輸發展之方向。由本次世界大會展示成果可知，車路協同技術與自駕車技術的發展為各國顯學，必須強化跨部會、跨產業交流。未來智慧運輸必然是跨域、跨界、跨中央部會與地方單位，朝C-ITS—包含合作(Cooperative)和協調(Coordinated)方向努力。建議以此概念，進一步將五大行動方案納入，並訂定未來智慧運輸發展藍圖，讓我國智慧運輸發展逐步落實，由傳統的智慧運輸系統發展(Intelligent Transport Systems, ITS)，轉型為整合性智慧運輸服務(Integrated Transport Services, ITS)，落實安全、智慧、永續，應用技術提升產業，並讓累積的成果與經驗改善運輸環境，提供幸福且永續智慧運輸，營造人民有感服務。未來也期望能持續透過跨國合作、交流機會或參訪機會，取得與世界同步的標準，站在巨人的肩膀上，達到事半功倍的效益。

## 參考文獻

1. 第29屆智能交通世界大會網站，<https://www.itsworldcongress2023.com/cn/about/iTSWCBoDMembers>
2. 第29屆智能交通世界大會手冊

3. 第29屆智能交通世界大會論文徵集手冊

---

4. 蘇州相城智能車聯網（智能聯網汽車）產業圖冊

---

5. 巴士管家手冊

---

6. 歐卡智舶手冊

---

7. Vegam lun公司Youtube頻道。https://www.youtube.com/watch?v=szJbz-z7iJw

---




# 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

奠基於第一期與第二期「智慧運輸系統發展建設計畫」，我國ITS各項應用蓬勃發展，加以近年來AI人工智慧、雲平台、車聯網及自駕車等技術與應用的快速發展，目前我國ITS正處於承先啟後的關鍵時期，不僅見證技術創新的飛速進步，也為台灣的交通運輸領域帶來前所未有的機遇與挑戰。

本期中華技術以「ITS NEXT-科技應用數位創新」為主題，由台灣世曦工程顧問股份有限公司智慧系統部主編，共收錄9篇專題報導、1篇工程論著與1篇特稿，除了介紹近期我國ITS領域如何應用科技解決交通管理、安全與營運等層面之課題，同時呼應國際ITS發展趨勢，回顧及分享我國車聯網及智駕電動巴士最新應用經驗，並提出未來ITS之展望。

特別感謝中華智慧運輸協會施義芳理事長，以及交通部運輸研究所王穆衡副所長接受本刊專訪。施理事長分享過往如何整合產官學研等能量，將我國智慧運輸推向國際舞台，同時也指出未來ITS協會發展方向，持續推動跨領域溝通並凝聚多方共識，全力協助政府實現ITS發展目標。王副所長為我們分享智慧運輸協作推動之寶貴經驗，以及未來ITS發展方向之精闢見解，從需求角度出發，善用科技工具，並整合協調多方專業與資源，才能滿足不同面向使用需求。

隨著技術的不斷進步和應用領域的擴展，我國智慧運輸系統面臨著轉型和升級的重要機遇。通過積極應對、準備及跨域合作，共同實現GO SAFE、GO SMART及GO GREEN的友善移動環境，提供民眾更優質的生活移動體驗，同時亦透過科技創新，打造我國智慧運輸產業生態系，循環不息。

## 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>



# 夢想和幸福

## 零距離的接軌

技術必須經得起考驗，專業來自於永不妥協的堅持，  
夢想的城堡、幸福的家園，就座落在不遠的前方，  
台灣世曦和您一起攜手而行，用築夢的心、關懷的情，  
戮力建設出每一項希望的工程。



Creativity · Excellence · Conservation · Integrity

CECI



台灣世曦  
工程顧問股份有限公司

台北市11491內湖區陽光街323號  
Tel:(02) 8797 3567 Fax:(02) 8797 3568  
<http://www.ceci.com.tw> E-mail:pr@ceci.com.tw