

中|華|技|術|130

CECI ENGINEERING TECHNOLOGY

2021. 4. 30 出版

智慧領航 翻轉未來

專訪人物／
交通部政務次長陳彥伯
國家發展委員會副主委游建華



台北郵局許可證
台北字第3758號



機場智慧化設備更新—以桃園機場第一航廈空調設備整建案為例
智慧型影像監控系統資訊安全防护設計實務
利用車載光達點雲於高精地圖測製工作
蘇花路廊維運面臨之課題與展望

智慧領航 翻轉未來



CONTENTS

中華技術 130

目錄

專輯前言

1 | 人物專訪

8. 訪交通部政務次長陳彥伯談「人本交通—智慧運輸與新政策推動與前瞻」.....

.....整理：劉佳任・攝影：詹朝陽

18. 訪國家發展委員會副主委游建華談「加速推動數位建設，以前瞻基礎建設2.0為例」.....

.....整理：黃子珉・攝影：詹朝陽

2 | 工程論著

30. 科技廠房倉儲空間火場中性面傾斜現象之探討.....蘇崇輝、王煊丞

40. 整合能源管理和績效量測與驗證之雲端運算與應用服務平台.....

.....柯明村、曾承銘、黃韋傑

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

編審工作小組
總召集人 施義芳
副總召集人 李順敏
130期召集人 王子安
130期審查委員 施亮輝、林啟豐、鄭宏達、周振發

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

◎ 經刊登之文章，文責由作者自負 ◎



3 | 專題報導

52. 蘇花改長隧道消防及通風排煙安全設施探討.....林啟基、曾豐育、林燦輝

68. 機場智慧化設備更新—以桃園機場第一航廈空調設備整建案為例.....林冠廷、蔡福順、易顯榮

80. 鐵路機廠智慧型檢測及預警設備.....王德民、陳聖堯、施亮輝

88. 智慧機場—行李處理系統及安檢設備智慧化應用.....陳聖堯、施亮輝、易顯榮

100. 建構臺北市治安電子城牆—新一代影像智慧分析應用.....顧詔勛、吳松儒、林柏鋒、林啟豐

116. 智慧型影像監控系統資訊安全防護設計實務.....王翔正、段人豪、林啟豐

130. 機場既設供電及照明系統之優化—供電備援及設備改善之智慧化設計.....林文鏘、林俊傑、陳彥均、易顯榮

140. 臺北自來水智慧化應用及未來發展

.....許家成、王世復、劉新達、黃騰宏、謝連達

152. 利用車載光達點雲於高精地圖測製工作.....高惠欣、高佳瑋、姜興華、吳錫賢、張智安

170. 蘇花路廊維運面臨之課題與展望....劉佳任、吳心琪、呂金和、林富泰、宋威廷、陳國正



186. 無人機結合AI技術於交通管理之應用—以宜蘭地區為例.....李妍或、陳淑芬、游上民

204. 智慧化動態號誌控制應用案例—屏東縣台1線幹道運輸走廊壅塞改善.....范景皓、張智華、林銘樂、齊瑞峻、程大維

編後語



專輯前言

近年持續的美中貿易大戰與2020年新冠肺炎疫情肆虐全球，致使世界各國經濟發展受到嚴重影響。也因新冠肺炎疫情，意外地帶動遠距商機與電子終端產品需求，迫使企業加速創新與數位轉型。行政院主計總處於2021年1月29日公布2020年全年GDP成長2.98%，創下3年新高，同時是自1991年來GDP成長率首見超越中國的2.3%。台灣去年的經濟成長率，表現更是優於經濟規模比台灣大的國家。此等成就，除了歸功於有效率的防疫團隊與配合防疫措施的全體台灣國民外，政府提出的領航政策，更是功不可沒。

回顧2017年行政院提出建設國家的五大施政目標：包括「文化台灣」、「綠能矽島」、「智慧國家」、「公義社會」、「幸福家園」。其中「智慧國家」更是引領著國家整體競爭力的發展。為因應數位創新浪潮，經濟發展必須突破過去思維，運用如AI、IoT、Big Data等技術，加上跨域整合，再導入產業及社會各個層面的應用，讓台灣成為智慧創新的典範。為落實前述目標，國發會研訂了「數位國家・創新經濟發展方案(2017-2025年)」(又稱DIGI+方案)以「數位國家・智慧島嶼」為總政策綱領，並以「發展活躍網路社會、推進高值創新經濟、開拓富裕數位國土」為發展願景。

蔡總統於2019年競選連任時，更提出經濟發展新模式2.0版，內有6大目標。首要目標中揭示「投資台灣」，含括半導體大廠擴建，AIoT、AI及5G等建設，還有綠能、前瞻、都更，以及金融業升級等計畫，預計投資金額高達新台幣6兆元。同時要求政府部門也要強化AIoT、AI跟5G的應用，要將台灣打造成為「亞洲高階製造及研發中心」。也因為前述相關政策的超前部署，才得以將危機變轉機。

隨著AI、Blockchain、Cloud、Big Data、Edge Computing、FinTech、5G、與IoT等技術發展，智慧化無疑將是這一波產業革

命的重要關鍵。藉由相關技術的結合，促成在食、醫、住、行、育、樂等面向上之質變，不僅產生智慧農業、智慧醫療、智慧建築、智慧交通、智慧教育、智慧旅遊等不同層面的應用。這些應用不但改變了生產與服務模式，也同時改變了現有生活習慣。印證了數位轉型，更加速服務的汰舊換新。

本期特別專訪有關「智慧運輸系統發展建設計畫」及「數位國家・創新經濟發展方案」的兩位重要政策推手：一是由交通部陳彥伯政務次長談「人本交通--談智慧運輸與新政策推動與前瞻」，分享對於如何規劃前瞻、擘劃交通願景，引領產業與時俱進的寶貴經驗，另一是由國家發展委員會游建華副主委談「加速推動數位建設，以前瞻基礎建設2.0為例」，分享對於擘劃台灣數位基礎建設的推動方向與期許。

本期另邀請了兩位教授提出工程論著，其一為國立高雄科技大學蘇崇輝教授，以數值模擬與實驗方法，交叉驗證火場中性面傾斜現象及其成因；另一為國立台北科技大學柯明村教授，以建置雲端智慧能源管理應用平台，再藉由自動化量測及運用演算法建立能源設備基準線，達到即時分析與監控節能效益的目的。

本期的專題報導將以「機電設施之智慧防災與智慧節能」、「地理空間資訊-車載光達點雲與智慧水資源應用」與「智慧交通運輸管理」三大主軸，分享工程顧問服務導入智慧化的應用實務經驗：

機電設施之智慧防災與智慧節能

臺北市政府警察局目前已建構臺北市治安電子城牆，可即時有效取得完整影像資訊，藉由調閱、查詢及影像智慧分析，快速打擊犯罪，提升破案率。

桃園國際機場積極推動智慧機場，考量人因與環境需求，採用高效能LED燈具分區配置，以感應方式自動燈控管理；對於如候機室等大空間之空調設計，以三維數值計算模擬與分析，並提供旅客所處區域為最舒適的溫度環境，規劃環控最適範圍，避免空調無端浪費。透過感測與智慧控制，不僅落實節能減碳，同時提升營運效率、降低營運成本、提高服務品質，與創造旅客舒適性。



專輯前言

面對長隧道通風排煙議題，國際間以往通採用縱流式、半橫流式、或全橫流式等方式設計。台9線蘇花公路改善工程是國內少見長隧道公路路段，設計必須特別考量與重視防災與安全，其中觀音及谷風隧道全長約13公里。為了強化長隧道防災與安全，經由探討國際間近年來之長隧道嚴重火災事故，設計新型點排式通風排煙系統，不論平時、塞車或火災，均可藉由感測元件，自動起停控制模式，操作簡單、安全有效，大幅提升隧道安全防災智慧化的功能。

地理空間資訊-新世代三維圖資與智慧水資源應用

國發會因應多元應用需求，規劃國家地理資訊系統整體發展方向，推動國家空間資料基礎建設、3D國家底圖、資產管理及服務研發之升級。近期優先辦理3D國家底圖建置工作，採用內政部既有2D「臺灣通用電子地圖」及一公尺網格高精度DTM資料，辦理國家底圖3D化及相關資料標準之訂定，為我國3D地理資訊系統立下新的里程碑。

另為解決自駕車車載感測設備價格昂貴課題，需要發展輔助自動駕駛之高精地圖，以提供自駕車運行決策運行，達成精準導航之目的。因此，內政部積極推動「無人載具實證運用高精地圖測製」計畫，利用移動測繪系統掃描的光達點雲資料，加值為OpenDRIVE地圖格式，供全台自駕車試驗場域進行上路實證。

北水處為推動自來水智慧管理，執行「擴大GIS多元運用及支援決策」計畫，建立大臺北管網水理模型所需基礎資料，進行水理模型建置、校正、模擬及分析作業，管理單位可藉GIS平台掌握即時的自來水管網訊息。本計畫榮獲第15屆金圖獎最佳應用系統獎及2020年臺北市傑出資訊創新第1名，展現自來水管網之高服務品質與效率，提昇城市競爭優勢，並建構永續發展環境。

在政府積極推動各項前瞻計畫與相關政策引導下，空間資訊產業技術已朝向導入物聯網、人工智慧、智慧運輸等智慧應用領域，未來在跨域合作方面則以無人機、高精地圖、環境監測、物聯網及雲端技術等為主流。空間資訊產業之智慧創新，將有助於奠定智慧城市發展之基礎。

智慧交通運輸管理

交通部「智慧運輸系統發展建設計畫」，以政策創新引導產業、產業發展改善生活環境及智慧運輸科技打造完整的動力生態區計畫為願景。

台灣世曦公司採用智慧化號誌控制策略設計，透過豐富實務經驗調校測試，有效改善通往恆春半島的台1線、台26線壅塞情況，成就了「屏東的智慧公路」。

承辦「新舊台9線蘇花公路交控中心暨交控及機電系統」營運管理服務，完成台灣世曦公司公共工程全生命週期服務之最後一哩路，三年營運管理實務中，營運團隊已克服交通管理、系統維護、緊急應變等三大面向課題，持續為順暢交通與安全防災貢獻心力，亦期許為提供公共工程全生命週期服務的正向循環，盡一份心力。

我們身處於數位變革的年代，台灣必將朝向全球化、數位化與智慧化的方向發展。在傳統公共工程領域中，台灣世曦公司一向都扮演著重要的專業技術服務提供者。因應這股數位科技浪潮的來襲，必須再導入智慧化功能，進一步優化我們的專業技術，藉由參與政府數位基盤建設，協助發展創新應用的公共建設服務，以達到實踐智慧城鄉之均衡發展與安康生活為目標，攜手共創數位經濟的時代，以智慧領航・翻轉未來。



台灣世曦工程顧問股份有限公司

副總經理

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized Chinese characters.



訪交通部政務次長

陳彥伯

談

人本交通—智慧運輸與新政
策推動與前瞻

整理：劉佳任 ■ 攝影：詹朝陽

壹、前言

高速公路交流道與周遭平面道路之交通管理，經常因權責劃分不同而出現歧見，也因缺乏協調與整體疏運策略而產生交通瓶頸，尤其是連續假期。

改善偏遠地區基本運輸服務不足的問題，一直是交通部念茲在茲企望解決的重點事項，如何為目前尚存在的問題來提供藥方，提供更好的服務，滿足偏鄉行的正義？

智慧交通的發展，將結合5G、AI、大數據分析、自駕車、車聯網與雲端技術等之應用，於此浪潮下，身為交通主管機關的交通部，如何規劃前瞻、擘劃交通願景，引領產業與時俱進。

陳政次歷任高公局與公路總局兩單位的首長，深切瞭解區域協控運作的重要性與要點，並實際督導偏鄉運輸服務計畫的執行，目前又承部長「人本交通」之施政理念，督導所屬執行智慧運輸發展政策，落實「與民同行，連結共好」的目標。

本期很榮幸訪問交通部陳彥伯政務次長，以下是訪談紀要：

貳、訪談紀要

問：交通部為改善偏遠地區基本運輸服務不足的問題，自 105 年起推動偏鄉需求反應式公共運輸服務(DRTS)，已頗具成效，但仍有如乘車資訊不足、預約管道不夠多元、欠缺永續營運機制、運輸資源不易有效應用等問題存在，請問次長交通部規劃如何來解決目前存在的問題？

答：

一、交通部為改善偏鄉運輸服務不足狀況，

持續推動偏鄉需求反應式公共運輸服務(DRTS)，執行至目前已經有初步成果，譬如：提升公共運輸空間服務涵蓋率、部分DRTS示範點客座利用率優於公路客運路線、較傳統公車節省營運成本、提供最後一哩路服務，照顧偏(原)鄉民眾。截至109年底，已輔導推動 101 個鄉鎮共 242 條路線(含 45 個偏鄉)，其中幸福巴士已通車 50 個鄉鎮共 140 條路線(含 35 個偏鄉)、幸福小黃已通車 51 個鄉鎮區共 102 條路線(含 10 個偏鄉)，全國偏鄉地區公路公共運輸涵蓋率達88.33%。而就目前服務尚有不足之處，交通部也已鬆綁法規，放寬在地資源投入，並擬定改善方向如下：



(一) **乘車資訊不足**：提供完善乘車資訊服務，建立統一識別標示除提供網頁資訊，建置公車動態資訊系統，方便民眾查詢，提供完整服務之外，也將採統一識別標示，例如統一車身標示與統一站牌型式，利於民眾辨識搭乘。

(二) **預約管道不夠多元**：提供多元預約管道，建立整合派遣平臺鼓勵以預約搭乘為主，提供電話、網路、手機APP及社群軟體(Line)等方式預約，不同的區域可成立聯合服務平臺或預約派遣中心，發揮營運效益。此外，未來亦考量推動整合派遣平臺，可提供車輛派遣、民眾預約服務、整合DRTS各相關角色資訊，提昇營運效能。

(三) **欠缺永續營運機制**：增加補助誘因，整合在地資源

補助機制設計上，除依營運里程給予補助外，亦有補助彈性行駛里程，將部分空駛里程納入補助計算；另修法通過後，在地社會團體或個人均能成立市區汽車客運業，由在地資源提供公共運輸服務，並鼓勵引進企業社會責任CSR資源，以達有效運用運輸資源及營運永續性。



(左1) 游上民副理 (左2) 施亮輝協理 (左3) 鄭宏達協理

(四) **運輸資源不易有效應用**：發展適性運具服務，使運輸資源妥善應用

為了更進一步有效應用運輸資源，未來方向將以整合派遣平臺作為統一派遣服務，考量當地道路條件限制及乘客量不同，可統一資源調派不同的運具。在道路寬度小、乘車需求較少之地區，採用小型車輛提供服務；在客運業者無營運意願之地區，例如地處偏遠之偏



(左4) 劉佳任經理 (中) 陳彥伯次長 (右4) 施義芳董事長 (右3) 王子安副總經理 (右2) 林啟豐協理 (右1) 黃文鑑協理

(原)鄉，於現有法規鬆綁後，亦可輔導自用車輛成立市區客運業提供適當且合法服務，滿足基本民行的需求。

二、此外交通部在花東地區發現在許多偏鄉仍有多數年長者及學童未被現有的公共運輸(鐵公路、幸福巴士、幸福小黃)所服務到，使其仍需長時間步行或者違規騎乘機車至學校、診所或文健站。花東地區多數偏鄉，因需求不多，所以無業者有意願經營幸福巴士及小黃路線，使得多數民眾的

需求仍未被服務到；於是交通部擇既有公車及計程車無法到達的偏遠鄉鎮部落進行試辦「噗噗共乘」，經過盤點在地人與車閒置資源進行活化運用，透過科技平台(Line Bot)的建立及電話預約協助服務制度，改善及服務偏鄉部落就學、就醫、日常活動及通勤等基本民行權利，利用在地人服務在地人的美意，達到創造地方就業機會、回鄉服務及滿足偏鄉返家最後一哩路的在地永續服務願景。



1

人物專訪

三、偏鄉交通服務需公私協力同行，共創永續經營機制：為求服務能於偏鄉在地長期永續運作，並考量在地基本民行無法滿足者，可負擔自付額度有限，未來應積極規劃服務營運財源，以利用在地資源為優先，並整合既有運輸補助津貼，包含盤點既有公部門可運用之相關補助經費，如衛福部、教育部及原民會，在地企業以善盡社會責任方式(CSR)填補財源缺口，以及調查評估乘客自付額，以期有效節省偏鄉人均補助成本。

問：次長在離開公路總局前，曾叮囑同仁要注意新科技：如無人機、自駕車及人工智慧等在交通上之應用，公路總局也推出「無人機結合 AI 技術應用於輔助公路交通管理先期規劃」及「省道公路系統因應自動駕駛汽車之影響分析研究計畫」研究案，請問次長下列問題。

一、請問次長對於國內在類似前述無人機及自動駕駛等新科技之應用推動，未來更深切的期許為何？

二、此外，針對未來自動駕駛汽車之發展，國內已有相關計畫建構測試場域，探討車路整合之需求與發展方向，而以交通部的立場，除考量智慧道路基礎建設外，是否還有其他推動重點方向？

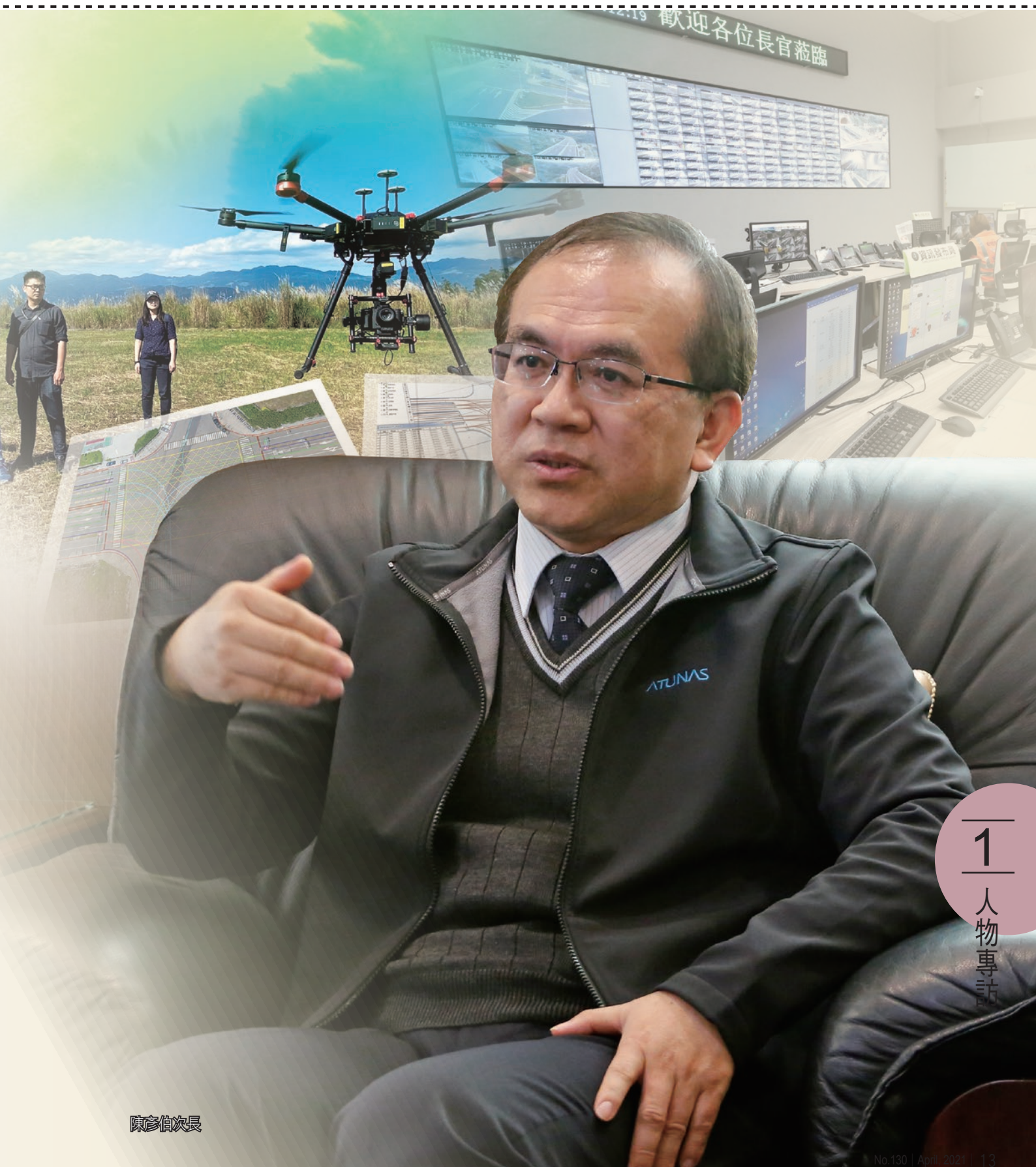
答一：

(一) 有關第一題，主持人所提對於無人機及自動駕駛等新科技，目前有兩大重點要持續辦理，一個是「資料的蒐集」，另一個是「落實與應用」。

(二) 「資料蒐集」是都市交通控制、交通管理的關鍵工作，品質良好的交通數據可用以提升交通績效以及改善交通安全。隨著都市車輛增加，交通行為也因社會變遷日益複雜，現今交通管理顯然需要更多元、品質更好的交通資料以輔助決策。近年來科技創新的巨浪已經快速席捲全球，人工智慧、區塊鏈、雲端運算、大數據、邊緣運算、金融科技、第五代行動通訊技術等科技正引領著交通服務與交通產業創新。

(三) 以人工智慧技術為例，軟硬體技術的突飛猛進與各領域的應用迅速發展，現今利用深度學習的影像辨識方法及能力已大幅超越過去傳統運用車輛偵測器 (Vehicle Detector, VD) 的影像辨識技術。此外，無人機具有高機動性、廣泛部署的特性，因此，可預見未來交通部門將結合無人機、人工智慧、影像辨識、資通訊 (ICT)、物聯網 (IoT) 與 5G 等技術應用於交通領域之潛力，以解決民眾及政府機關於交通運輸上之各項痛點。





陳彥伯次長



1

人物專訪

(四) 另一個「落實與應用」部分，交通部為提升業務效能，落實智慧運輸系統發展設計計畫，期許符合世界同步智慧交通新科技發展與應用。在新政策路線，亦建立交通科技產業會報，設置產業小組，面向包括：鐵道科技、智慧公共運輸服務、智慧電動巴士科技、智慧電動機車科技、自行車及觀光旅遊、智慧海空港服務、無人機科技、智慧物流服務、交通大數據科技、5G智慧交通實驗場域等，並提出融合人本、科技與產業的交通科技產業政策白皮書。

(五) 鑑於無人機及人工智慧在交通領域之發展潛力，未來隨著無人機性能提升，將可朝向特定範圍交通車流影像資料蒐集，補足現有偵測設備不足之處，如應用於車流動線分析、檢視道路路型幾何設計、衝突熱區分析等，未來更可望擴展到空中載客，形成城市空中交通(Urban Air Mobility，簡稱 UAM)之全新運輸工具與服務模式。交通部也將持續在包括橋梁、邊坡、物流等場域，運用無人機協助執行相關業務，並提供產業界進行無人機測試驗證，於提升業務效率的同時亦扶植國內相關產業發展。

(六) 此外，再以自動駕駛車輛為例，交通部未來也將構思自駕車應用於道路巡檢，針對維護的路段或設備，主動且自動辨識找出問題，再通報養路相關單位，減輕養護單位的人力負擔。而在運輸服務層面，隨著自駕車輛技術之發展，自駕車未來可望成為最後一哩路之接駁方案，因此近期將研議

推動自動駕駛之公共運輸服務，期盼透過自動駕駛技術，串連既有運輸服務，彌補公共運輸缺口。

(七) 總結來說，目前科技創新正引領著交通服務與產業鏈改變，交通部將持續正視智慧交通新科技發展與應用，除引領內部治理創新，透過科技輔助決策，減少人工作業外，亦連結科技、產業、社會與環境需求，提供更優質、便捷與智慧的貼心服務，滿足民眾移動的需求。

答二：

另有關第二題主持人所提未來自動駕駛除考量智慧道路基礎建設外，是否還有其他推動重點方向？我概略說明如下。

(一) 自動化車輛可讓交通車流速度與車輛間距更為穩定與一致，可提高容量與減少壅塞，同時，自動化車輛可提高無法自行駕駛車輛者的行動能力，基於這些安全、經濟與社會效益、效率與便利、移動性等考量，歐盟、美國及日本等世界各國對自動化車輛發展，均持有相當正面的看法，持續投入大量資源，結合車聯網與車路整合，支援大規模與特殊環境之自動駕駛技術的實地測試，並因應技術推演所需，逐步建立支持自動化車輛發展所需的軟體環境(例如通訊、圖資等)，同時開始研議與推動自動化車輛安全管理相關措施。

例如，進行大規模實地測試及盤點既有法規，為未來自動化車輛正式商業運轉所需之法規環境做準備。

(二) 另一方面，產業界則是在政府單位支持下，積極朝向自動化車輛商業運轉的方向前進，持續擴展自動駕駛技術與道路上的行駛測試(例如累積夜間或惡劣環境下之行駛經驗等)，並加強向民眾溝通其自動化車輛的安全性。

(三) 自動駕駛汽車發展已是不可逆之趨勢，交通部主管全國交通行政及交通事業，已開始著手研議可能的影響並預作準備，特別是我國人口面臨少子化與高齡化問題，必須為即將到來的勞動人力短缺問題預作準備，而自動駕駛服務被視為解決方案之一，可彌補高齡與偏鄉需求、勞動力不足等問題。交通部於此所扮演的角色，必須提前檢視監理法規、道路環境、交通安全、應用規劃、以及管理運營等需求，配合推動國內產業升級以及實現自動駕駛之各式需求。

(四) 參考美國聯邦政府在自動化車輛的管理發展為例，美國運輸部自 2016 年開始，每隔約 1 年，會依據自動化車輛技術發展狀況與進展，更新發布對應的指南，隨著若干自動化車輛技術與應用越具商業可行性，美國運輸部的管理方向，已逐漸朝向重視使用者需求、法規調適等方向發展。而觀之國內的發展，經濟部「無人載

具科技創新實驗條例」所通過的自動駕駛車輛相關計畫，有不少計畫為大眾運輸應用，大眾運輸是本部向來重視的發展方向之一，若能持續累積自動駕駛車輛在大眾運輸應用上的經驗，未來，將有助於提升我國大眾運輸的服務能量與品質。此外，公路總局於 109-112 年執行的「省道公路系統因應自動駕駛汽車之影響分析研究計畫」中，重點之一為盤點該局轄管之人、車、路相關法規，為未來運輸系統服務所需的管理制度預為準備，後續將可依法規盤點後的結果，因應技術發展與落地的進程，研議適當的調適方案。

(五) 雖然短期 3~5 年內，私有小汽車之自動駕駛服務仍不易商業化運行，但可以於定班、定線之公共運輸先行推動，這也是目前各國推動自動駕駛服務之主要切入點，因此當未來自駕車運行上路後，勢必對現有的客運市場造成極大的挑戰，如人力及車輛調度方式、維護成本與財務結構的改變，因此也必須將公共運輸營運納入一併考量。

問：次長在公路總局局長任內，將蘇花公路及南迴公路的交控及機電系統委託民間營運管理，台灣世曦很榮幸承辦了這項業務，請問次長對交通公共設施委託民間營運管理的政策推動方向有什麼展望？



答：

一、交通部所屬高速公路局及公路總局均於所轄養護分局或工程處設有交控中心，其中高速公路總局轄管之 4 個交控中心，自 92 年起即陸續將中、南區及坪林交控中心之運作委外辦理；另該局北區交控中心原約僱操作員、約聘交通工程師，於退休或離職後，亦依前述方式辦理委外人力進用。至於設備維護及監督工作，高速公路局也已委託專業顧問公司辦理，以增進整體維護品質。

二、而公路總局為因應蘇花改與南迴公路計畫通車後，長隧道機電交控設備維運、交通疏運及防災應變工作，於兩計畫內設有南澳與安朔交控中心，然考慮到隧道群管理工作繁重龐雜，南澳與安朔交通控制中心須配置全天候值班人員，因應政府精簡人力與永續管理目的，公路總局將前開交通控制中心、隧道機電、消防保全、道路救援(包含拖吊及車輛保管業務)，以及發生事故時之第一時間搶救等工作委託民間廠商辦理。

三、有別於過往對於交控中心的委託管理，較偏重於基本操作與勞務工作，南澳與安朔交通控制中心之委託案則進一步包括協助公路總局較為重要的技術與支援決策事項，對公路總局於蘇花改與南迴公路之交通及設備養護管理產生莫大的幫助，此可由接手新舊台 9 線蘇花公路及南迴公路的

交控中心營運管理的台灣世曦表現顯現出來。從通車以來到現在，經歷過年春節、清明節、端午節及中秋節等眾多的連續假期，台灣世曦的營運管理團隊，展現出管理績效，大家有目共睹，也表示此辦理方式的正確性。



四、從政府精簡人力的方向著眼，並考量像公路隧道需要高度交控及機電專業能力管理的路段，如何來結合民間活力，讓交通管理更專業、更靈活、更有創意，而提供民眾安全、有感的順暢交通。未來公路總局的各區工程處與高公局的各工程分局，皆



(右中) 陳彥伯次長 (右4) 林啟豐協理 (右3) 黃文鑑協理 (右2) 鄭宏達協理 (右1) 施亮輝協理
(左中) 施義芳董事長 (左3) 王子安副總經理 (左2) 劉佳任經理 (左1) 游上民副理

可參照此方式在其管轄的職權範圍，更進一步評估擴大交通公共設施委託民間營運的範圍。引入民間活水及創意、提供民眾更好的交通管理服務，我想是政府、人民所樂見的。

後記

承蒙陳彥伯次長百忙之中撥冗接受我們的專訪，謹表達由衷謝忱。陳政次歷任高速公路局與公路總局局長，對於國內高快速公路與地方道路的監督與合作管理、偏遠地區基本運輸服務之拓展及提升、創新科技於智慧交通之

應用推動等，有深入的了解與期許；在專訪中陳政次針對各項議題侃侃而談，提供豐富的經驗與指導。由於訪談時間與篇幅有限，無法讓陳政次暢所欲言，謹將本次專訪內容與大家分享，精彩談話很值得各界參考，最後專訪代表們與陳政次合影留念圓滿結束。



(左) 陳彥伯次長 (右) 施義芳董事長



訪國家發展委員會副主委

游建華

談

加速推動數位建設，以前瞻
基礎建設2.0為例

整理：黃子琨 • 攝影：詹朝陽

壹、前言

國家發展計畫秉承蔡英文總統治國理念與行政院蘇貞昌院長施政方針所擘劃，除積極落實總統交付之「度過疫情、振興經濟、照顧人民、深化改革、均衡建設」五大任務外，亦就總統就職時所揭櫫之「產業發展、社會安定、國家安全、民主深化」四大面向，以宏觀格局及前瞻視野擘劃國發計畫，為國家永續發展持續超前部署。

國家發展委員會游建華副主委於中央歷任總統府參事、高鐵局副局長，於地方曾擔任桃園市政府及新竹市政府等機關首長，服務公職超過30年，在各個階段均是戮力以赴，績效卓著。民國109年5月接任國發會副主委一職，以其豐富歷練瞭解國家各層面的需求，全力推動國家未來之發展。

中華技術編輯團隊很榮幸於110年1月28日訪問游建華副主委，以下是訪談紀要：

貳、訪談紀要

問：副主委公職歷練豐富，30年公務生涯從基層做起，曾擔任總統府參事、高鐵局副局長，於地方政府等均有貢獻心力；109年轉換至國發會服務，擘劃臺灣發展藍圖。是否請您回顧公職歷程及分享心得？

答：本人公職生涯擔任過新竹市政府建設局局長與環保局局長、桃園縣政府建設局局長與交通局局长、高鐵局副局長、新竹市副市長、桃園市秘書長與副市長等職務，擁有中央與地方豐富執行經驗，因此瞭解中央推動政策時，常常面臨地方政府苦於財源、人力及資源不足

或政治色彩等因素，導致政策無法完全落實執行。

所以在擔任新竹市副市長及桃園市副市長期間，為確保中央政策能順利在地方推動且降低民怨，在內部研商期間，透過跨機關協調與分工，使工作權責與執行方向更明確，執行進度與效益更能掌控；在外部推動期間，則扮演溝通者身分與地方民眾、民意代表及網路輿論等進行充分溝通，降低民眾疑慮及輿論壓力。

如今轉換至國發會服務，對於擘劃臺灣發展藍圖亦屬重要挑戰及任務。還記得剛報到



時，恰巧面臨籌編前瞻2.0計畫預算5,100億元的任務，因此每天除處理院交議公共建設計畫外，仍要再審查前瞻2.0計畫案，且必須趕在立法院開議前將前瞻2.0計畫全數審查完畢，以及相關預算編列完成，以確保國家重大建設計畫能順利推動，使後疫情時代經濟成長率持續成長。所幸這項嚴峻任務終於達成了，感謝這段時間國發會各處室同仁的努力與用心。

最後，八年前瞻計畫可望帶動民間投資，刺激國內需求，促使就業機會擴增及所得提升，增加消費動能，進而激勵投資，形成經濟成長的正向循環。預估每1元前瞻計畫經費，將帶動民間投資約0.77元，促進實質GDP增加1.62元，實質GDP規模每年平均較未推動情況可提高0.71%，平均每年可增加就業機會約10.8萬人次。

問：國發會所擬定的「國家發展計畫(110至113年)」，其中數位創新將啟動經濟發展新模式，為了打造數位國家，數位建設是未來政府施政的重中之重。國發會也積極推動前瞻2.0數位建設來超前部署，請副主委談談這個政策的主要方向與內容？

答：前瞻1.0數位建設計畫(106-109年)編列



(左1) 陳彥均經理 (左2) 吳錫賢經理 (左3) 鄭宏達協理

431.26億元，以「建構支持臺灣未來10年發展的數位建設」為願景，期間恰巧碰上新冠肺炎疫情影響，大幅改變人們的生活習慣，以及全球的產業鏈重組。同時，零接觸經濟加速了產業的數位轉型，也擴大了國家數位基礎建設之需求。

為累積我國在後疫情時代的國家數位競爭力，並將促進「六大核心戰略產業」中之資訊及數位、資安卓越產業發展，加速臺灣數位



(中) 游建華副主委 (右3) 王子安副總經理 (右2) 周振發協理 (右1) 施亮輝協理

轉型。本會預期於前瞻2.0數位建設計畫5年內投入954億元特別預算（科技發展預算804億元；公共建設預算150億元），其中前瞻第3期（110-111年）特別預算共編列444億元（110年編列245億元、111年編列199億元），六大項主軸推動重點摘述如下：

一、基礎建設環境

以「成為亞太區數位空間的重要樞紐」為

目標。主要辦理事項包括：推動強化公部門網路服務與運算基礎設施、國家聯網通道建設升級、提升臺灣資安能量、強化氣象資訊基礎建設、以及擴大災害警報訊息傳遞民眾服務等我國先進網路基礎建設。

二、產業數位轉型

以「引領中小企業數位轉型、鞏固先進產業領先地位」為目標。主要辦理事項包括：推



動中小微型企業數位轉型與建構零售暨服務業數據共享創新服務、吸引國內外企業在臺從事前瞻創新研發活動、AI-on-Chip 晶片與新世代半導體材料製程、智慧顯示前瞻系統開發，以及工具機產線智慧系統升級等，提升產業競爭力。

三、數位人才淬鍊

以「培育前瞻數位科技人才，滿足校園數位教學需求」為目標。主要辦理事項包括：培育AI智慧應用與顯示科技等前瞻科技人才、建置校園智慧網路，以及強化智慧學習配套暨數位教學資源等，打通教育體系遠距學習瓶頸，滿足全國學校師生可同時進行線上教學之環境。

四、5G基礎公共建設

以「加速5G網路涵蓋率、降低民眾資費負擔、帶動5G網通產業國產化」為目標。主要辦理事項包括：補助5G網路建設、5G中長程頻譜規劃與整備、5G及物聯網資安防護，以及海纜及5G雲端聯網中心。

五、縮短5G偏鄉數位落差

以「5G行動寬頻提升偏鄉地區的民眾生

活品質」為目標，完備寬頻網路建設與數位化學習。主要辦理事項包括：強化偏鄉地區5G寬頻服務與涵蓋、校園5G教室與學習載具，及改善山區行動通訊品質。

六、推廣數位公益服務

以「鼓勵跨域創新應用」為目標，整合公部門與電信業者、應用業者，升級公共服務與公益應用至5G世代，並提升防救災應變能量。

主要辦理事項包括：5G跨領域應用(含遠距醫療、文化科技、智慧農業等)，以及強化防救災與警政服務(含微波移頻)。

問：前瞻2.0數位建設中之推動5G發展為亮點計畫，請副主委談談推動5G的規劃，及可落實於公共工程的建設項目？

答：「推動5G發展」為前瞻2.0數位建設的重要建設項目，在六大推動主軸中佔三大主軸，分別為「5G基礎公共建設」、「縮短5G偏鄉數位落差」及「推廣數位公益服務」，共計32項子計畫編列490億元推動，其中前瞻第3期(110-111年)特別預算共編列約243億元(110年編列約143億元、111年編列約100億元)。

前瞻
建構支

普及智慧
城鄉生活

民生公共
物聯網

國家文化
記憶庫

數位
加速5G

2.0 數位建設

持未來10年發展的基礎

5G基礎公共建設

中小微型企業數位轉型

智慧顯示前瞻
系統開發驗證

AI應用暨人
才培育

A世代半導
體計畫

建構工具機產線
智慧系統升級

智慧學習暨
教學

建設亮點

落地，平衡城鄉發展

公私合作
民眾生活好便利

縮短偏鄉
數位落差

游建華副主委

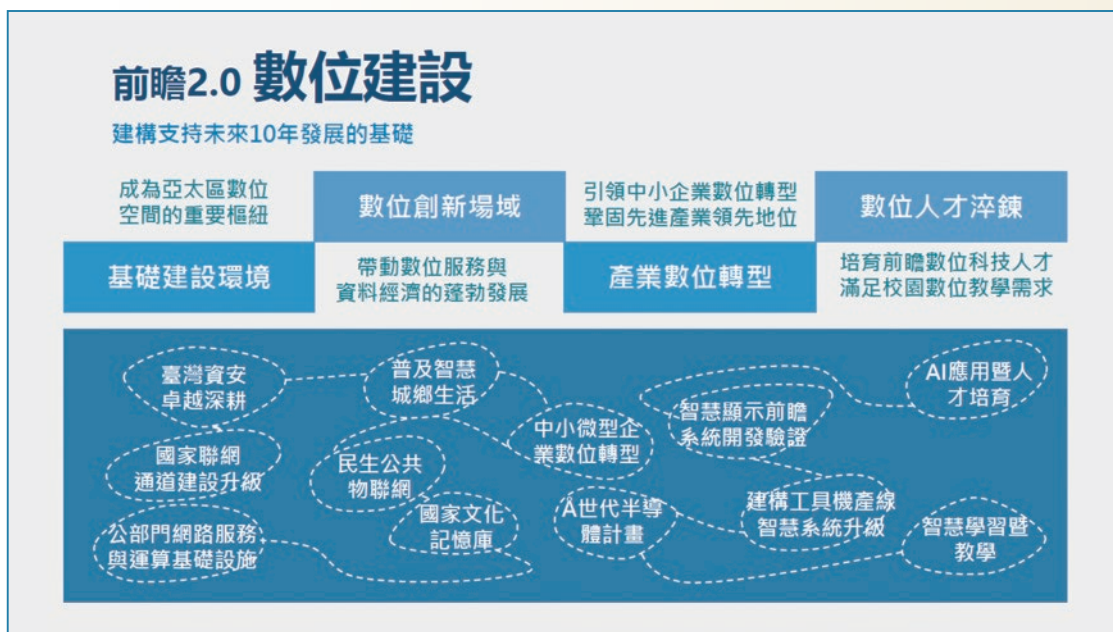
1
人物專訪



「推動5G發展」亮點計畫包括5G網路建設及5G跨領域垂直場域應用，主要為增加5G網路涵蓋率、降低民眾5G資費負擔，逐步透過厚實網路硬體建設、普及民眾5G網路使用習慣以及鼓勵各領域加值應用落地等策略，開展國內5G各項服務並確保商轉可行性。前瞻2.0數位建設5G亮點計畫摘要如下：

■ 亞洲·矽谷5G創新應用

前瞻2.0數位建設計畫將配合行政院108年5月10日核定之「台灣5G行動方案」(108-111年)204.6億元及「高科技研發中心-大A+計畫」等政策，發展5G電信加值服務、垂直應用服務，及5G與AI等尖端技術研發及人才培訓，打



一、5G網路基礎建設

- 補助5G網路建設計畫
- 強化偏鄉地區5G寬頻服務與涵蓋
- 改善山區行動通訊品質

二、5G跨領域垂直場域應用

- 智慧學習
- 智慧醫療
- 文化科技
- 智慧農業
- 智慧交通

造台灣為適合5G創新運用發展的環境，藉以提升數位競爭力、深化產業創新，實現智慧生活。

問：由於近期物聯網、自駕車、人工智慧(AI)、智慧城市等領域的蓬勃發展，帶動各項創新應用，請副主委以「智慧交通行動服務」、「自駕車高精地圖」、「智慧防災」等議題談數位建設的執行現況？

答：

一、智慧交通行動服務

交通部前已投入30億元推動之「智慧運輸系統發展建設計畫（106-109）年」，執行至今已具體呈現部分亮點成果；在物聯網、AI、

而減少碳排放、縮短使用者時間，為民眾創造更便利的交通新體驗。

(二) 車：運用5G、AI等技術發展自駕車產業，提供場域供自駕車實驗及驗證。

藉由車聯網技術，了解各種交通道路上之

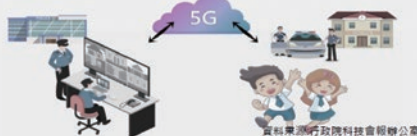
前瞻2.0數位建設亮點

建設與應用並行，加速5G落地，平衡城鄉發展

透過5G技術可提供具獨特性、高可靠度、高覆蓋率、高客製化、自主營運的網路並提供服務

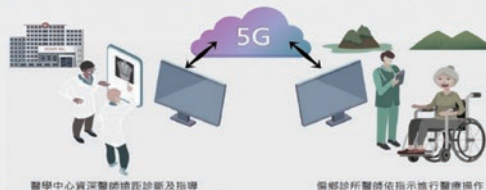
5G基礎公共建設

- 補助5G網路建設/5G基礎設施工程
- 中新二號衛星騰讓頻譜補償
- 5G釋照作業規劃及頻譜整備改善
- 5G/B5G電信資源整備及通訊網路發展研究
- 5G及物聯網資安防護
- 海纜及5G雲端聯網中心



縮短偏鄉數位落差

- 強化偏鄉5G寬頻服務與涵蓋
- 校園5G智慧教室與學習載具
- 改善山區行動通訊品質



醫學中心資深醫師遠距診斷及指導

偏鄉診所醫師指示進行醫療操作

公私合作 民眾生活好便利

- 5G跨領域應用(含智慧醫療、文化科技、智慧城市、智慧顯示、農業物聯網等)
- 強化防救災與警政服務(含微波移頻)

5G、大數據、高精地圖高度發展的環境下，將持續辦理第二期「智慧運輸系統發展建設計畫（110至113年）」，總經費42.87億元。推動方向如下：

(一) 人：建置交通行動服務（Mobility as a Service，MaaS）系統

MaaS可整合交通業者、公私運具與平台，結合票券購買行動支付，打造全新的服務，進

車輛移動情形，例如移動中的車輛、移動距離、目的地等相關資訊，作為交通壅塞疏散措施啟動及決策參考，亦可作為防災避難備援系統之建置。

(三) 路：建置智慧交通行控中心、智慧路口及智慧停車。

充分掌控車流量、主幹道行駛時間、路口車流、路外停車場使用情形等，隨時提供交通



1

人物專訪

資訊予用路人查詢，以均衡道路路網使用，縮短用路人旅行時間，最佳化廊道車流管理，疏解車輛壅塞問題。

二、自駕車與高精地圖

(一) 在5G發展的架構下，人類的移動模式將在未來10年內產生顛覆性的改變，而帶動這股改變的四大趨勢，分別為Autonomous（自駕車）、Connectivity（車聯網）、Electricity（電動車）及Shared Mobility（共享移動服務），簡稱為ACES，其中，自駕車為最重要之發展趨勢。

(二) 國內目前於桃園農業博覽會、桃園虎頭山創新園區、台中水湳經貿園區、高雄亞洲新灣區、新北淡海新市鎮、台南沙崙試驗場域等地方提供場域及協助產業發展自駕車聯網，帶動國內自駕車輛產業發展。

(三) 高精地圖目前內政部地政司整合國內外技術和資訊，發展基於高精地圖之自駕車應用。此外，內政部也與科技部合作，提供沙崙試驗場域高精地圖供自駕車業者進行測試，共同建立自駕車虛擬平台。

(四) 除高精地圖開發外，本會透過「國土空間資訊策略(NGIS)推動小組」規劃機制，經邀集產、官、學研商討論後已形成共識，未來將分為三個層級，第一層為委員會議，第二層工作會議，第三層包括國家底圖分組(內政部召集)、圖資標準分組(內政部、本會資管處共同召集)及智慧國土分組(本會國土處召集)，讓國土空間資訊推動更全面性。



三、智慧防災

(一) 在氣候變遷威脅下，我國極端降雨事件大幅增加，每年汛期都要面對颱風豪雨的侵襲，與複合型災害的衝擊。傳統的防災思維已無法完全應付新型態的災害，將須建構完整之智慧防災拼圖。

(二) 為強化情資整合及預警能力，達到智慧防災精準管理之目標，目前有「前瞻基礎建設-建構民生公共物聯網計畫-水

資源物聯網智慧河川管理計畫」(3.27億元)及經濟部「水災智慧防災計畫」(30.6億元)，運用大數據分析及雲端運算，取代過去大量使用人力或人工判斷等傳統作業模式，建立智慧防災管理決策系統。

(三) 另經濟部亦與農委會及內政部合作，透過機載光達之航遙測飛機，產製高精度之水利數值高程模型(HyDEM)，未來將結合上開水利數模資料庫，精準辨識掌握水情災害程度與影響範圍，提升水災預警與災情掌握能力。

問：因應後疫情時代，請問副主委前瞻2.0數位建設如何提升公共建設的數位含量？

答：我國公共建設發展應導入科技、自動化工具及設備，以降低對人工之依賴，並提升維護管理及應變效率。因此，為提升公共建設數位含量，可朝下述方向推動：

一、運用資訊數據輔助需求評估、規劃設計及計畫審核

(一) 加速建立及蒐集國土測繪資料（如地形、地籍、GIS）、地球觀測資料（衛星、航空影像及數據）、統計調查（如人口、旅次）、位址定位（GNSS、GPS）及民生資訊（如手機信令）等。

(二) 各部會積極投入大數據、AI分析、機器學習等研發及應用，作為公共建設選址、評估、規劃及計畫審核之實證基礎。

二、導入科技技術提升公共建設營造效率及安全

(一) 加強產、官、學合作，開發新型科技工具及技術供公共建設運用（如機器人、無人工程機具、光達、雷達、3D掃描、AR/VR、AI及機器學習等）。

(二) 導入智慧施工管理平台或APP，整合施工圖說、規範、材料、進度及人力等資訊，提升營造管理效能及施工安全。

(三) 例如營建工程職安訓練，可運用AR/VR虛擬操作取代傳統紙本傳授；利用無人機監控危險邊坡，減少工安事件；運用光達車輛測量道路現況，縮短道路基本資料建置時間。



1

人物專訪

三、以數位科技輔助公共建設營運、維護及管理

(一) 運用數位設備監控環境及遠端操作，降低巡檢及駐站人力負擔、即時掌握公共建設進度，達到智慧通報及防災。

(二) 建立公共建設全生命週期管理系統，以GIS系統結合3D地形、建築模型資料(BIM)及設計、維運、規範、歷程管理等資訊，提升管理效能。

四、加強跨部門及公私合作，提供創新設施及服務

(一) 推動新型態公共服務模式(如多元共享運具、線上借還書服務等)，提供點對點精準服務。

(二) 打破傳統公共建設模式，強化跨部門資源整合與橫向連繫(如職安衛區域聯防、流域跨域治理等)。

問：請副主委談談對於參與公共建設的工程顧問業(例如：台灣世曦)如何發展數位創新？進而達成數位轉型的期許及展望？

答：企業的數位創新轉型可以分為「技術」「制度」和「基因」三個層次。第一層是導入數位科技，也就是技術轉型；第二層是落實到公司的制度，塑造數位轉型的環境，改變內部的績效評估方式等；第三層基因則是讓轉型成為企業的文化。

台灣世曦是工程顧問產業的龍頭，主要提供公務部門在公共工程上之設計、監造、專管等技術性服務，似乎與目前數位創新技術如人工智慧(AI)、物聯網(IoT)、大數據、雲端應用、5G等無實質關係。

不過從台灣世曦成立智慧系統部及地理空間資訊部，積極參與中央及地方多項計畫，例如智慧交控系統整合、蘇花公路及南迴公路交控運營管理、無人機AI技術輔助公路交通先期規劃、內政部三維國家底圖(三維建物及三維道路)、內政部自駕車高精地圖、花蓮縣智慧國土計畫、雨污水下水道GIS資料庫建置、高精度數值地形模型及水利數值高程模型(HyDEM)測繪等，顯見台灣世曦已積極朝數位發展邁進，並導入新數位技術提升工程即時性、便利性及精準性。

面對後疫情時代來臨，前瞻2.0計畫已陸續推動，數位建設提供國家基礎建設前進動力。本人期許台灣世曦能秉持誠信、謙卑、熱



(左1) 童啟銘簡任技正 (左2) 陳彥均經理 (左3) 吳錫賢經理 (左4) 鄭宏達協理 (左中) 游建華副主委
(右1) 黃子珉副理 (右2) 施亮輝協理 (右3) 周振發協理 (右中) 王子安副總經理

忱的公司傳統，透過數位創新科技改變未來的服務模式，帶領台灣工程顧問產業向世界邁進！

後記

承蒙 游副主委公務百忙中抽空接受本團隊專訪，分享他30年公職生涯心得，及109年轉換至國發會服務，對於擘劃臺灣發展藍圖挑戰及任務的心路歷程。專訪中，游副主委對前瞻2.0計畫侃侃而談，國家未來發展的整體規劃更是胸有成足。

透過本次專訪，讓我們瞭解前瞻2.0「數位建設」是一前瞻性經濟建設，其定位在加速

推動國內超寬頻網路社會相關基磐建設，建構民生公共物聯網提升生活品質與安全，並帶動數位文創與內容產業發展，協助達成「數位國家・創新經濟發展方案」重點目標，以作為產業創新方案的重要推動基礎，實現蔡總統「數位國家、智慧島嶼」的國家發展願景。游副主委精彩談話很值得各界參考，謹將本次專訪內容與大家分享。



(左) 王子安副總經理 (右) 游建華副主委

科技廠房倉儲空間火場 中性面傾斜現象之探討

Tilted Neutral Plane of Fire Field in the Storage Space of High-tech Factory

關鍵字(Key Words)：消防安全(Fire Safety)、中性面(Neutral Plane)、火災動力模擬程式(FDS)、紋影光學(Schlieren Photography)、排煙設備(Smoke Extraction System)

國立高雄科技大學／環境與安全衛生工程系(所)／教授／蘇崇輝 (Su, Chung-Hwei) ①

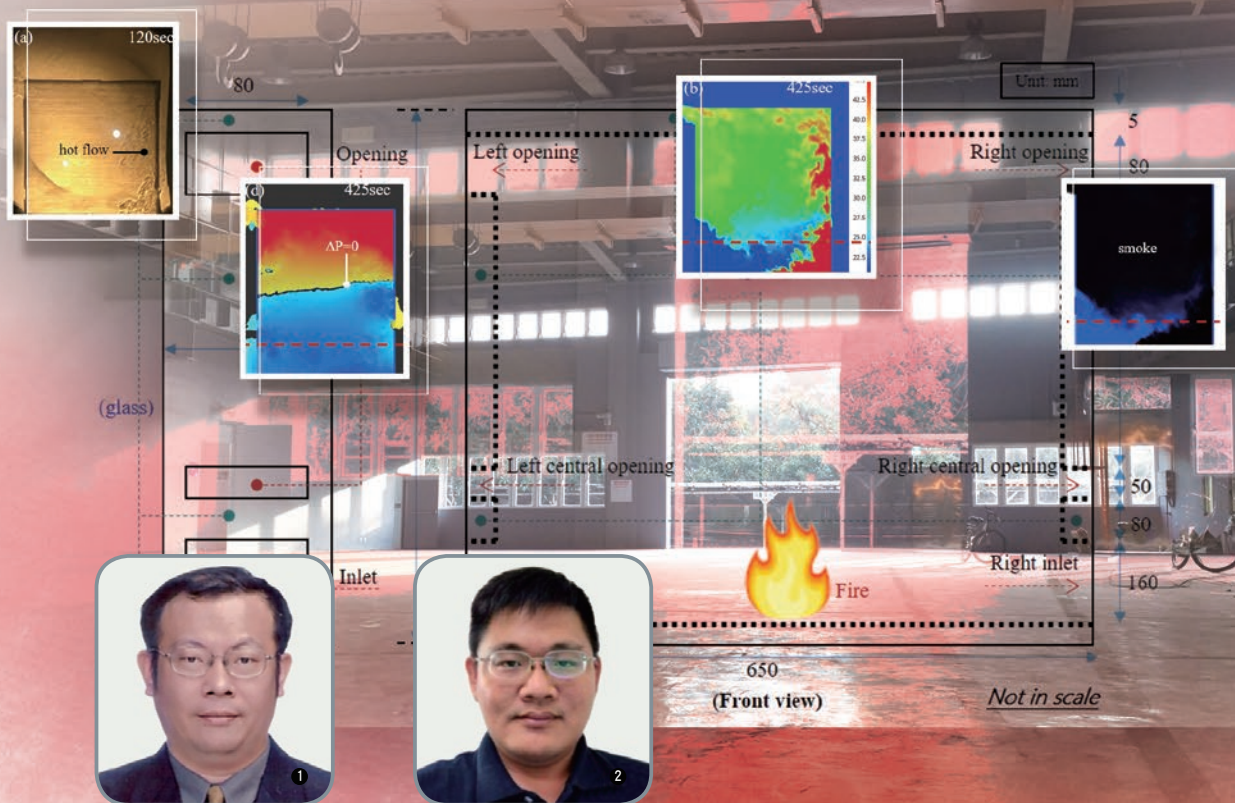
大仁科技大學／消防安全學士學位學程／博士／王煊丞 (Wang, Shiu-Cheng) ②

摘 要

倉儲空間存放大量原料、成品與半成品，是企業較為忽略火災風險的地方。國內場所設置的消防設備都依照法規進行安裝。確保倉儲空間的物品免於火災危害，是消防工程師重要責任之一。節能與環保為近年來的趨勢，自然式排煙設備常較機械式排煙設備於興建時具有優勢。

傳統理論上，中性面為一水平面。實際上，建築物不一定為對稱型開口。對於非對稱型的空間，如僅有單側的入口，火災時空間內的氣流組織對排煙效果影響很大。本研究結果證明排煙效果不能僅以開口面積判斷。單側設置進氣口時，設於屋頂的排氣口不一定有較佳的排氣效率，須視氣流組織影響。

結果也顯示，非對稱型開口空間內的中性面不一定為水平，而為傾斜的狀態。由實驗與模擬顯示，在相同高度的開口，有時一側會成為排氣口，但另一側卻是進氣口。傾斜的中性面會使原以為是進風口的開口，成為排氣口，或是相反。



Abstract

The storage space where a large amount of raw materials, finished products and semi-finished products are stored is a place where companies usually ignore the fire risk. In Taiwan, fire equipment in buildings are installed in accordance with fire regulations. It is one of the duties of the fire safety engineers to ensure that the goods in the storage spaces are not damaged by fire. Natural smoke extraction equipment have advantages over mechanical smoke extraction equipment during construction since energy saving and environmental protection are the trends in recent years.

The neutral plane is a horizontal plane in traditional theory. In fact, the openings of the building are not necessarily symmetrical. For an asymmetrical space, the airflow organization in the spaces have a great influence on the smoke extraction effect when there is only one side entrance. The results of this study prove that the smoke exhaust effect cannot be judged only by the opening area. When the air inlet is set on one side, the air outlet on the roof may not have better exhaust efficiency.

The results also show that the neutral plane in an asymmetrical open space is not necessarily horizontal. Sometimes it is tilted. Experimental and simulation results show that when the height of the two side openings are the same, sometimes one side is the exhaust vent and the other side is the intake port. The tilted neutral surface turns the opening that should be an air inlet into an air outlet.

壹、緒論

消防安全對科技廠房十分重要，嚴重的消防事故將使企業生產中斷，並衍生業務損失與形象破壞。消防工程師如能瞭解火場特徵，進而設計合法與有效之偵測與滅火設備，對降低企業蒙受火災風險極有助益[1]。

節能與環保為近年來的趨勢。引進春、秋季低溫的外氣，可降低室內溫度、維持空氣品質且節省空調能源。基於上述考量，自然式排煙設備常較機械式排煙設備於興建時具有優勢。圖1為常見的科技廠房倉儲空間。側牆壁上方與中央設有排氣窗，可排除熱氣，兼具採光效果。火災發生時，這些開口可成為排煙口或進(補)氣口[2]。

常見的文獻中，中性面為一水平平面。惟上述假設係建立在建築物開口為左右對稱，無論為進氣口或排氣口。實際上，建築物外觀的幾何形狀不一定對稱。即使為對稱，火災發生時，這些使氣流流入或流出的開口也不一定恰好都為開啟。因此，常見的水平中性面標示是

屬於理論性質，實際現象則值得深入研究。本研究探討非對稱型開口的科技廠房倉儲空間在火場時中性面的變化。研究為採用數值分析與紋影光學技術為分析工具。利用熱氣流的可視化技術紀錄熱氣的流動。二者結果相互比對，證明中性面並非絕對為水平面，而是有傾斜的可能性。

貳、研究方法

對火場氣流場進行瞭解後，可有效抑制濃煙的擴散，減少科技廠房內物品受煙燻的污染。火災的燃燒過程極為複雜，為物理與化學反應的綜合過程，不容易從學理上推導、獲得實際的狀況。進行實驗為一種有效的方法。模型實驗(scale model experiment)較全尺度實驗(full model experiment)具有較低成本的特性，為消防安全領域常見的研究方法之一[3]。

實驗中選擇適當尺寸的縮小模型很重要。實際尺寸轉換為縮小模型可依 scaling law 進行。過去的研究結果指出，太小的模型會使



圖1 科技廠房倉儲空間

結果失真[4]。本研究以1/12.5縮小模型進行實驗，利用紋影光學系統作為量測與紀錄的方法。另與Fire Dynamics Simulator (FDS)數值分析的結果比較。

紋影光學系統為利用「光線在路徑上通過不同密度流體介質時會發生光折射」的現象。當透明物質密度不同，折射率也會不同。明暗對比不同的影像變化使觀察者能以肉眼看到一般無法看見之流體流動。常見的紋影光學法可

分為單鏡式紋影法與雙鏡式紋影法[5]。本研究以單鏡式紋影法做為實驗工具。如圖2。整體模型以厚度5mm之透明強化玻璃組成，並以矽膠黏著，確保模型整體結構有良好的氣密性。模型尺寸如圖3。為瞭解中性面的影響，除在兩側牆面上方開設排氣口外，於牆面中央兩側亦各開設一開口，可顯示進、排氣口不對稱下的煙霧排出與空氣進入之情況，據以判斷中性面的分布。

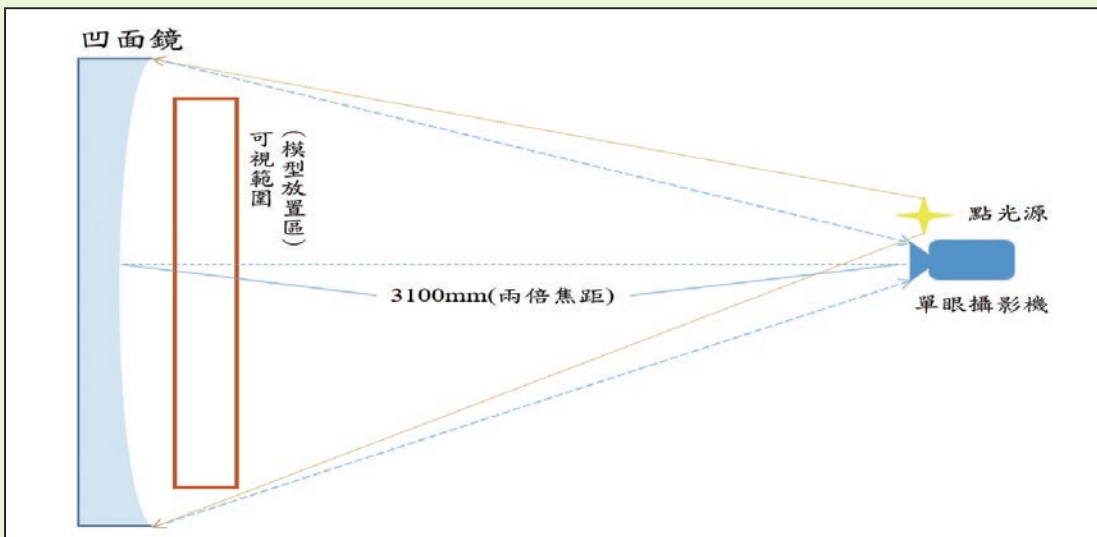


圖2 紋影法架設示意圖

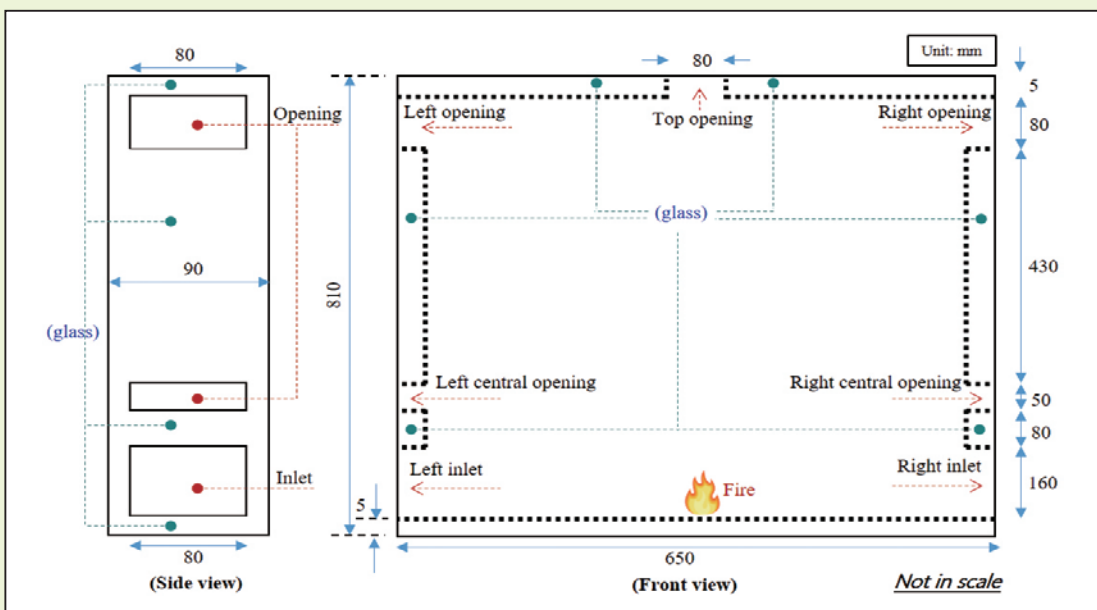


圖3 玻璃模型尺寸圖

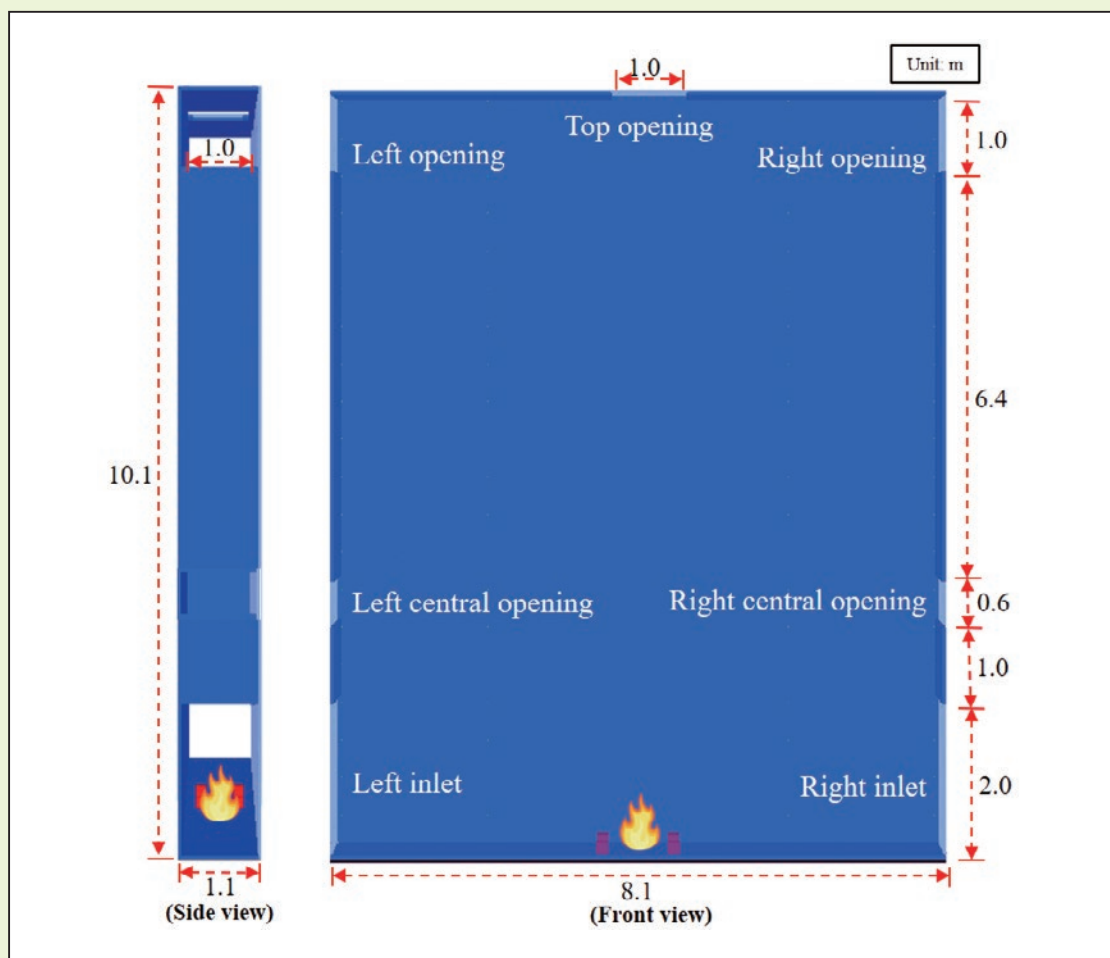


圖4 數值模型尺寸圖

FDS格點設計須兼顧模擬之準確性及效率。本文在火源附近最小長度尺度利用火源特徵直徑(Characteristic Fire Diameter) D^* [6]，亦即：

$$D^* = (Q \cdot / (\rho_{\infty} C_p T_{\infty} \sqrt{g}))^{2/5} \quad (1)$$

其中 D^* 為火源特徵直徑(m)、 C_p 為空氣比熱(J/kg·K)、 $Q \cdot$ 為火源熱釋放率(kW)、 ρ_{∞} 為空氣密度(kg/m³)、 T_{∞} 為空氣溫度(K)、 $\sqrt{g}$ 重力加速度(m/s²)。採用六顆無菸蠟燭作為火源。經採用圓錐量熱儀(cone calorimeter)進行量測，每顆蠟燭熱釋放率為0.03kW。圖4為數值模擬之模型圖。

參、結果與討論

一、縮小模型參數

依國內「各類場所消防安全設備設置標準」之規定，當空間高度大於5m時，位於高度一半以上的開口皆可視為排煙口[7]。目前自然式排煙系統的檢驗以量測排氣口尺寸為主。至於有效性，平時既不檢驗，也無方法與標準可進行量測[8]。

原型與縮小模型流體流動若要達到完全的動力相似，則所有無因次項均須相同。但在實際狀況下，很難達成完全的動力相似。本研究將全尺度轉換為縮小模型時採縮小模型尺度法

則進行。表1為用於建置模型的縮小尺度法則各參數的運算。

表1 原型和縮小模型參數間的比例

名稱	縮小比例
Geometry (幾何尺寸)	$X_m = X_f (l_m / l_f)$
Velocity (速度)	$V_m = V_f (l_m / l_f)^{1/2}$
Time (時間)	$t_m = t_f (l_m / l_f)^{1/2}$
Temperature (溫度)	$T_m = T_f$
Pressure (壓力)	$P_m = P_f (l_m / l_f)$
Convective heat release rate (對流熱釋放率)	$Q_m = Q_f (l_m / l_f)^{5/2}$

※縮小模型和原型之間的比例 $l_m : l_f$

二、中性面分析

一些建築物常見僅在單一側設置入口。火災發生時，外氣將從門口流入，此時火場空間之開口型態即為非對稱型。本研究分析單側入口時，開口如何受補氣的影響。設定兩側牆中

央處設有開口，依序進行Case OR_IL_CLR、Case OL_IL_CLR及Case OT_IL_CLR三種案例的測試。案例符號說明如表2。

表3為在425秒時各案例的數值模擬結果，顯示各開口進、出氣流的流量、風速及溫度。經由相關數字，比較紋影影像，可對內部氣流的流動進行分析。

表2 各案例的符號說明

案例	排煙口 (smoke Outlet vent)	進氣口 (air Inlet)	中央開口 (Central vent)
Case OR_IL_CLR	右側牆面	左側單一入口	兩側開口
Case OL_IL_CLR	左側牆面		
Case OT_IL_CLR	屋頂牆面		

表3 模擬案例的數值結果 (@ 425s)

案例	符號	排氣口		符號	進氣口	
		流量 (m ³ /s)	溫度 (°C)		風速 (m/s)	流量 (m ³ /s)
OR_IL_CLR				IL	0.66	1.31
	OR	1.66	43.23			
				CL	0.35	0.21
				CR	0.05	0.03
	Total	1.66				1.55

表3未完，請接下頁↓

案例	符號	排氣口		符號	進氣口	
		流量 (m ³ /s)	溫度 (°C)		風速 (m/s)	流量 (m ³ /s)
OL_IL_CLR	OL	2.11	36.87	IL	0.74	1.48
				CL	0.68	0.41
				CR	0.16	0.10
	Total	2.11				1.99
OT_IL_CLR				IL	0.65	1.31
	OT	1.48	43.02	CL	0.12	0.07
				CR	-0.017	-0.01
	Total	1.48				1.37

圖5、6與7分別為Case OR_IL_CLR、Case OL_IL_CLR與Case OT_IL_CLR三個案例的實驗與模擬結果。兩側牆中央與下方左側都設有開口 (IL_CLR)，排氣口分別在上方右側、左側與屋頂 (OR、OL及OT)。圖5(a)及5(b)顯示紋影影像與模擬影像之型式極為相似。前者為120秒時之實驗結果，後者為425 sec的模擬結果。同樣地，圖6及7也顯示紋影影像與模擬結果非常相似。

意義為：在相同高度的中央開口，左側為進氣口，右側卻是排氣口。本研究發現較高大的倉儲空間在牆面開口為非對稱型時，火場會產生傾斜的中性面。此現象與過去的火災學理論描述「水平中性面」有很大的不同。

表3顯示Case OR_IL_CLR、Case OL_IL_CLR及Case OT_IL_CLR的排氣口風量分別為1.66、

比較圖5(c)、6(c)及7(c)的煙分布，可發現Case OL_IL_CLR的煙層高度較高。圖6(d)的中性面高度也較高。顯示此時氣流進入口與排出口在同一側時，可順利排出熱氣。因回捲的氣流，中性面高度提高不少。

值得注意的是，Case OL_IL_CLR的中性面為傾斜型態，而非一水平面。圖7(d)顯示該案例的中性面也是傾斜的，可由圖形中發現右側牆面的中央開口處有黑煙流出、但另一側牆外則無。另，從紋影影像發現，圖5(a)及7(a)在右側牆外有一些熱氣流出，顯示牆面的中央開口為熱與煙的流出口。上述現象代表的

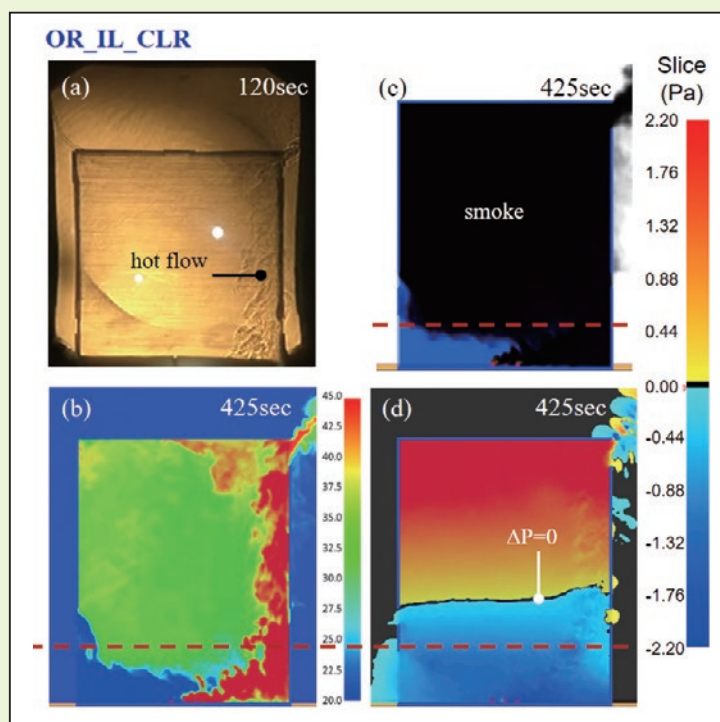


圖5 Case OR_IL_CLR之實驗與模擬結果比對
(a) 紋影影像; (b) 熱氣流; (c) 濃煙擴散; (d) 中性面

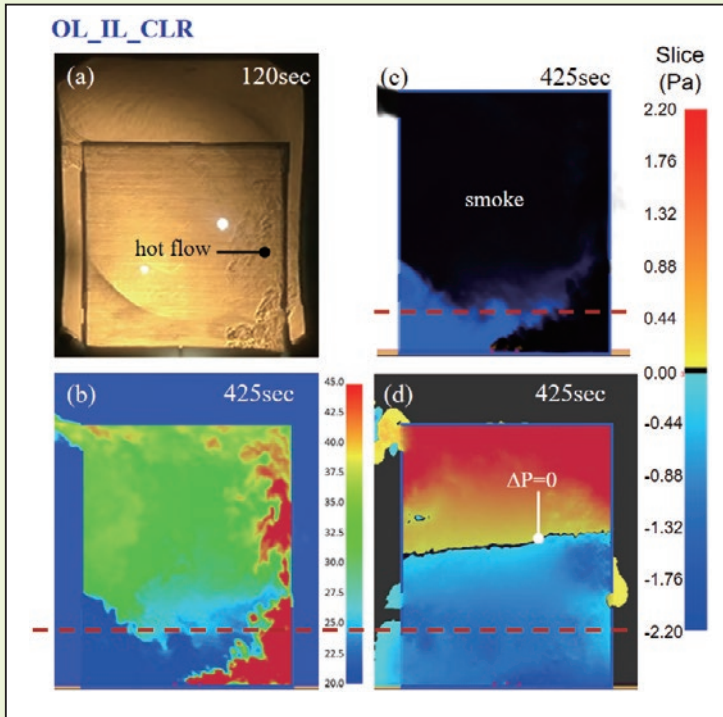


圖6 Case OL_IL_CLR之實驗與模擬結果比對
(a) 紋影影像; (b) 熱氣流; (c) 濃煙擴散; (d) 中性面

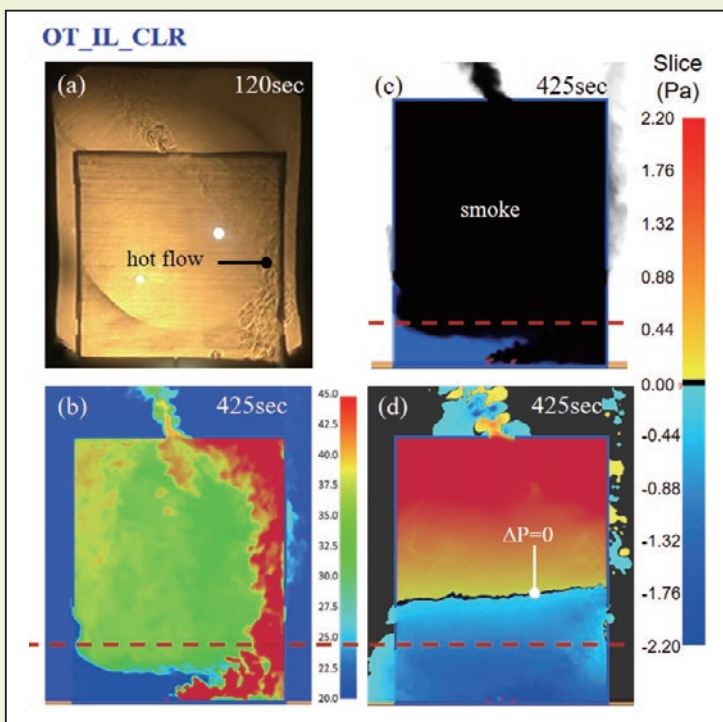


圖7 Case OT_IL_CLR之實驗與模擬結果比對
(a) 紋影影像; (b) 熱氣流; (c) 濃煙擴散; (d) 中性面

2.11及1.48 m³/s。排出的熱氣溫度為43.23、36.87及43.02°C。顯示Case OL_IL_CLR確實有較佳的排氣效果。推導其中原因，為該案例的氣流組織較佳而產生良好的排氣效果。

Case OR_IL_CLR、Case OL_IL_CLR 及 Case OT_IL_CLR左側下方進氣量各為1.31、1.48及1.31 m³/s，顯示Case OL_IL_CLR有較多的補氣量。觀察中央開口的風量，Case OR_IL_CLR的右側開口為0.03 m³/s，接近於0 m³/s。Case OT_IL_CLR的開口為-0.01 m³/s。這些數值說明為何在圖5(c)及7(c)右側牆外有煙的分布。本研究發現，此二案例中央開口的高度雖然相同，但氣流組織造成左側為進風口，右側為排氣口。主要為空間內要持續燃燒，需引入外氣、補充助燃物(O₂)。在一進與一推的情況下，空間內的中性面因此為一傾斜面。

肆、結論

倉儲空間存放大量原料、成品與半成品，是企業較為忽略火災風險的地方。國內場所設置的消防設備都依照法規進行安裝。確保倉儲空間的物品免於火災危害，是消防工程師重要責任之一。自然式通風設備平時可節省通風設備的耗能。當發生火災時，設備可轉換成自然式排煙模式，以減少投資成本，因此目前有一些設計的案例。中性面位置為自然式排煙系統在火場中重要的指標。傳統理論上，中性面為一水平面。實際上，建築物不一定為對稱型開口。即使為

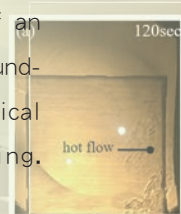
對稱型，火災時也不一定兩側開口都同時被開啟。本研究已進行非對稱型開口空間的火場中性面變化的量測與分析。利用紋影光學技術進行1/12.5的模型實驗。並以分析軟體FDS模擬比對，獲得一致性的結果。

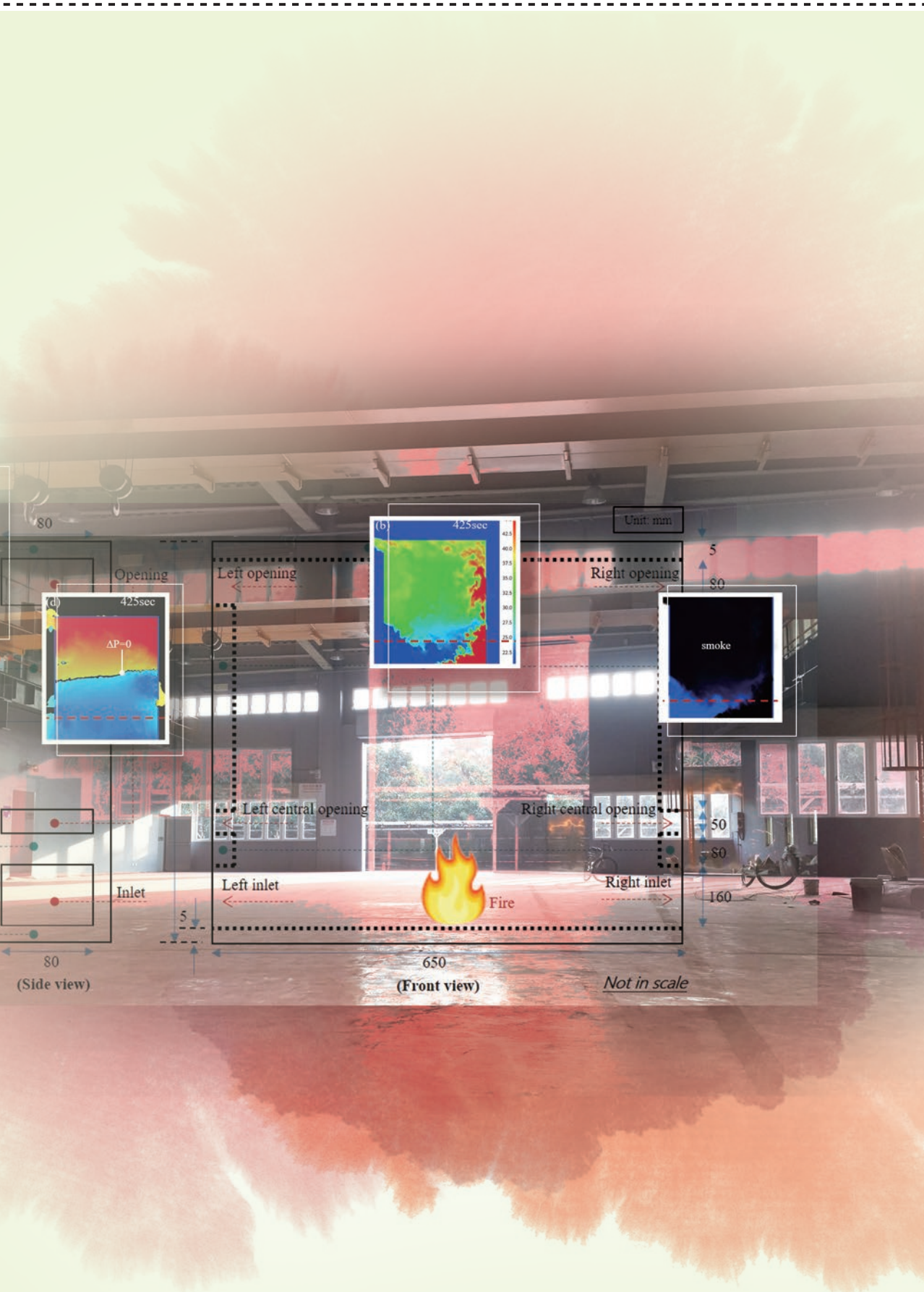
對於非對稱型的空間，如僅有單側的入口，火災時空間內的氣流組織對排煙效果影響很大。本研究的結果證明排煙效果不能僅以開口面積判斷。對於開口面積都相同的案例，排煙效能各有差異。本案例的結果呈現：單側設置進氣口時，如僅有一側的入口，排氣口如與進氣口在同一側，有較佳的排煙效率。單側設置進氣口時，設於屋頂的排氣口不一定有較佳的排煙效率，須視氣流組織的影響。傳統對自然式排煙系統僅檢查排煙口面積與樓地板面積比例是否合格，有可探討的空間。

結果也顯示，非對稱型開口空間內的中性面不一定為水平，而為傾斜的狀態。由實驗與模擬顯示，在相同高度的開口，有時一側會成為排氣口，但另一側卻是進氣口。傾斜的中性面會使原以為是進風口的開口，成為排氣口，或是相反。後續研究可更深入探討此一議題。

參考文獻

- Wang, Y. L., Chang, Y. M., You, M. L., Chen, K. Y., Lin, C. P., & Shu, C. M. (2011). Fire Safety Assessment Research for High-Tech Plants. In *Advanced Materials Research* (Vol. 328, pp. 920-924). Trans Tech Publications Ltd.
- Hu, S.C., Tsai, Y.W., Fu, B.R. and Chang, C.K. (2017), Assessment of the SEMI energy conversion factor and its application for semiconductor and LCD fabs, *Applied Thermal Engineering*, Vol. 121, pp. 39-47.
- Kim, N. K., & Rie, D. H. (2016). A study on the fire extinguishing characteristics of deep-seated fires using the scale model experiment. *Fire Safety Journal*, 80, 38-45.
- ChiaYuan Shih, YaoHan Chen, ChungHwei Su, ShiuanCheng Wang, YungChang Yang (2019, Jan). Analysis of makeup air in a natural smoke vent system in a tall space using numerical simulation and Schlieren technique. *International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow*, 29(1), 309-333.
- ChungHwei Su, JiaHong Bai (2016, Jan). Measurement of the neutral plane of an internal fire whirl using the background-oriented Schlieren technique for a vertical shaft model of a high-rise building. *Measurement*.
- Baum, H. R., & McCaffrey, B. J. (1989). Fire induced flow field-theory and experiment. *Fire Safety Science*, 2, 129-148.
- 內政部消防署. (2018). 各類場所消防安全設備設置標準. 內政部消防署.
- Su, C. and Yao, C. (2016). Performance measurement of a smoke extraction system for buildings in full-scale hot smoke test. *Measurement*, 93, 340-350.





整合能源管理和績效量測 與驗證之雲端運算與應用 服務平台

Integration of energy management and performance measurement and verification of cloud computing application services platform

關鍵字(Key Words)：雲端運算平台(Cloud Computing Platform)、物聯網(IoT)、量測與驗證V2.0(M&V2.0)

國立臺北科技大學／能源與冷凍空調工程研究所／副教授／柯明村 (Ke, Ming-Tsun) ❶

國立臺北科技大學／能源與冷凍空調工程研究所／研究生／曾承銘 (Zheng, Cheng-Ming) ❷

國立臺北科技大學／能源與冷凍空調工程研究所／研究生／黃韋傑 (Huang, Wei-Jie) ❸

摘 要

近期由於各項科技如大數據(Big Data)、物聯網(IoT)、雲端運算(Cloud Computing)以及資通訊技術(ICT)之崛起與成熟，將其結合應用於傳統的量測與驗證(M&V)技術，可妥善改善其耗時費力的缺點。本論文發展一雲端運算平台，結合現今M&V標準化程序並利用自動化量測之方法，以解決M&V耗時耗力之數據蒐集問題。本運算平台以「通用性能基準線方程式」為能源基線模型(Energy baseline model)，利用Python運算迴歸分析建立出能源設備基準線，並於雲端平台上計算出進行節能改善措施後之節能效益，進而達到快速分析並即時監控節能效益的目的。

$$P = C_0 + C_1 \times T_{\text{cond}} + C_2 \times T_{\text{evap}} + C_3 \times Q_{\text{evap}} + C_4 \times T_{\text{cond}}^2 + C_5 \times T_{\text{evap}}^2 + C_6 \times Q_{\text{evap}}^2 + C_7 \times T_{\text{cond}} \times T_{\text{evap}} + C_8 \times T_{\text{cond}} \times Q_{\text{evap}} + C_9 \times T_{\text{evap}} \times Q_{\text{evap}} \quad (7)$$

$$P = C_0 + C_1 \times X + C_2 \times Y + C_3 \times Z + C_4 \times X^2 + C_5 \times Y^2 + C_6 \times Z^2 + C_7 \times X \times Y + C_8 \times Y \times Z + C_9 \times X \times Z \quad (3)$$



Abstract

Recently, due to the rise and maturity of various technologies such as Big Data, Internet of Things (IoT), Cloud Computing, and ICT, they have been combined and applied to traditional measurement and verification (M&V) Technology can properly improve its time-consuming and labor-intensive shortcomings. This paper develops a cloud computing platform that combines current M&V standardization procedures and uses automated measurement methods to solve the time-consuming and labor-intensive data collection problem of M&V. This computing platform uses the "General Performance Baseline Equation" as the Energy baseline model, uses Python computing regression analysis to establish the baseline of energy equipment, and calculates the energy-saving benefits after implementing energy-saving improvement measures on the cloud platform, and then To achieve the purpose of rapid analysis and real-time monitoring of energy-saving benefits.

壹、前言

能源績效量測與驗證技術已成熟應用於節能改善之效益驗證，傳統作法需有專業人力於專案現場使用儀器量測並記錄運轉數據。但隨著資通訊技術的發展，數據傳遞技術的提升，大數據、物聯網以及雲端運算廣大應用在各領域間，如：農業、醫療、工商管理等。美國於2017年提出M&V2.0之概念技術，將繁瑣的能源專案步驟，結合資通訊、大數據以及物聯網等技術，透過自動抓取和儲存數據，減少以往人工耗時的工作量及操作流程，並可以有效拉長並監測運轉數據，了解能源的使用狀況。因此，如何利用以上所述結合能源與資通訊技術來改善傳統數據的處理，快速完成M&V節能效益分析和即時監測，勢必成為必要的研究焦點。

貳、理論分析

一、能源績效量測與分析

為使節能效益在計算上更具有公平性，必須將改善前的能源使用狀況與改善後的能源使用狀況在同一基準點比較，因此國際性能量測與驗證協議IPMVP詳細說明其所用的相關方法，其使用的方法如圖1，以及方程式(1)，在進行改善後的節能績效計算前，必須先建立改善前之能源績效基準線，要將改善前的能源設備使用狀況，調整至與改善後相同的條件下，方能計算出公正客觀的節能效益。

改善前先對舊設備之關鍵耗能參數進行量測(長期或短期)，再經由統計學之迴歸分析，建立其性能基準線方程式，基準線方程式將是能源設備之性能曲線，而在能源績效改善計畫(EPIA)施作期後，再進行量測改善後之耗能設備，將量測到的關鍵耗能參數，帶入改善前所

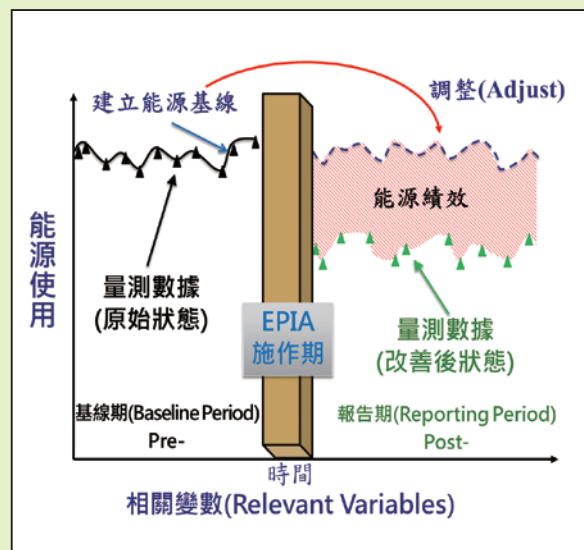


圖1 能源績效量測與驗證概念

製作的基準線方程式，即可分析出改善前耗能設備之耗能情況，最後比較改善前後之耗能差異，利用方程式(1)即可得知實際之節能績效。

節能量(報告的任何期間)=(基準期耗能量±調整量)-改善報告期耗能量 (1)

二、基準線之建立方式

台灣目前標準的量測與驗證技術以及其參考範本已經有二十餘種，大部分都已經應用於「節能績效保證專案示範推廣」計畫中，並將驗證方法整合成一「通用性能基準線方程式」，並透過雲端平台自行擷取關鍵耗能參數，再利用雲端平台運算軟體，建立其性能基準線。

假設能源設備其耗能P受到相關自變數影響，如外氣溫度、濕度、壓力、能源設備相關參數(冷卻水溫度、冰水出水溫度或是冷媒溫度…)等，因此可以將其用方程式(2)表示。

$P=f(\text{外氣溫度、濕度、壓力、能源設備相關參數})$ (2)

並利用X、Y、Z代表能源設備之關鍵耗能參數，並以簡單二次方程式展開，如方程式(3)。

$$P = C_0 + C_1 \times X + C_2 \times Y + C_3 \times Z + C_4 \times X^2 + C_5 \times Y^2 + C_6 \times Z^2 + C_7 \times X \times Y + C_8 \times Y \times Z + C_9 \times X \times Z \quad (3)$$

若以上的自變數確定為能源設備之耗能「關鍵參數」，即可使用簡單二次方程式展開此函數方程式(3)，並利用現場量測等方式，收集所需要的數據，並將關鍵耗能參數代入方程式(3)，利用迴歸分析，即可求得方程式(3)之C0至C9各項係數值，基準線之建立才算完成。

三、關鍵耗能參數選擇、篩選以及基準線之建立

本研究團隊已建立數十種節能績效量測與驗證之技術程序和範本，目前已供能源局節能績效保證專案(ESPC)採用。本論文將舉其中四種量測與驗證技術為例予以說明，分別為「冰水主機汰換之節能績效量測與驗證方法」、「冷凍冷藏設備之節能績效量測與驗證方法」、「水冷式箱型節能改善之節能績效量測與驗證方法」、「氣冷式箱型節能改善之節能績效量測與驗證方法」，其關鍵耗能參數選擇和關鍵耗能參數篩選之原則可參考文獻[1,2]。

(一) 冰水主機

表1 冰水主機量測與驗證關鍵耗能參數與篩選原則[1、2]

通用性能基準線方程式自變數	a.冰水主機之冰水出水溫度(°C) b.冰水主機之冷卻水回水溫度(°C) c.冰水主機之冷凍能力(kW)
通用性能基準線方程式依變數	改善前冰水主機之耗電功率(kW)
篩選項目	篩選範圍
冰水溫度(°C)	5°C~14°C
冷卻水回水溫度(°C)	24°C~34°C
冷凍能力 (kW or RT)	> 10%之額定冷凍能力
耗電功率(kW)	> 10%之額定耗電功率

於現場設置ICT量測儀錶，可即時量測並記錄表1所述之關鍵耗能因子，並將數據經過計算以及篩選，即可代入通用性能基準線方程式中，如方程式(4)，其中Tchwst為冰水主機之冰水出水溫度(°C)，Tcwrt為冰水主機之冷卻水回水溫度(°C)，Qe為冰水主機之冷凍能力，Pch為改善前冰水主機之耗電功率(kW)。

$$P_{ch} = C_0 + C_1 \times T_{chwst} + C_2 \times T_{cwrt} + C_3 \times Q_e + C_4 \times T_{chwst}^2 + C_5 \times T_{cwrt}^2 + C_6 \times Q_e^2 + C_7 \times T_{chwst} \times T_{cwrt} + C_8 \times T_{cwrt} \times Q_e + C_9 \times T_{chwst} \times Q_e \quad (4)$$

(二) 冷凍冷藏

表2 冷凍冷藏量測與驗證關鍵耗能參數與篩選原則[1、2]

通用性能基準線方程式自變數	a.冷凍冷藏設備之系統庫內蒸發溫度(°C) b.冷凍冷藏設備之系統冷凝溫度(°C) c.冷凍冷藏設備之冷凍能力(kW)	
通用性能基準線方程式依變數	改善前冷凍冷藏之耗電功率(kW)	
篩選項目	篩選範圍	
系統庫內蒸發溫度(°C)	冷凍	-12°C ~ -20°C
	冷藏	2°C~10°C
冷凍能力(kW or RT)	> 10%之額定冷凍能力	
耗電功率(kW)	> 10%之額定耗電功率	

通用性能基準線方程式中如方程式(5)，其中 T_{eva} 為冷凍冷藏設備之系統庫內蒸發溫度(°C)， T_{cond} 冷凝溫度(°C)， Q_{evap} 為冷凍冷藏設備之冷凍能力， P_f 為改善前冷凍冷藏設備之耗電功率(kW)。

$$\begin{aligned}
 P_f = & C_0 + C_1 \times T_{eva} + C_2 \times T_{cond} + C_3 \times Q_{evap} + C_4 \times T_{eva}^2 \\
 & + C_5 \times T_{cond}^2 + C_6 \times Q_{evap}^2 + C_7 \times T_{eva} \times T_{cond} \\
 & + C_8 \times T_{eva} \times Q_{evap} + C_9 \times Q_{evap} \times T_{cond}
 \end{aligned} \quad (5)$$

(三) 水冷式箱型機

表3 水冷式箱型機量測與驗證關鍵耗能參數與篩選原則[1、2]

通用性能基準線方程式自變數	a.水冷式箱型機冷卻水塔出水溫度(°C) b.水冷式箱型機外氣乾球溫度(°C) c.水冷式箱型機水冷式箱型冷氣之負載率(PLR)
通用性能基準線方程式依變數	改善前水冷式箱型冷氣之耗電功率(kW)
篩選項目	篩選範圍
冷卻水塔出水溫度(°C)	24°C~34°C
冷卻水出回水溫差(°C)	2°C ~6°C
負載率(%)	> 10%
耗電功率(kW)	> 10%之額定耗電功率

通用性能基準線方程式中如方程式(6)，其中 T_{cw} 為冷卻水塔出水溫度(°C)， TOA 為外氣乾球溫度(°C)， PLR 為水冷式箱型冷氣之負載率， P_t 為改善前水冷式箱型冷氣之耗電功率(kW)。

$$\begin{aligned}
 P_t = & C_0 + C_1 \times T_{cw} + C_2 \times T_{OA} + C_3 \times PLR + C_4 \times T_{cw}^2 \\
 & + C_5 \times T_{OA}^2 + C_6 \times PLR^2 + C_7 \times T_{cw} \times T_{OA} \\
 & + C_8 \times T_{cw} \times PLR + C_9 \times PLR \times T_{OA}
 \end{aligned} \quad (6)$$

(四) 氣冷式箱型機

表4 氣冷式箱型機量測與驗證關鍵耗能參數與篩選原則[1、2]

通用性能基準線方程式自變數	a.氣冷式箱型機蒸發溫度(°C) b.氣冷式箱型機冷凝溫度(°C) c.氣冷式箱型機冷凍能力(kW)
通用性能基準線方程式依變數	改善前氣冷式箱型冷氣之耗電功率(kW)。
篩選項目	篩選範圍
冷媒蒸發溫度(°C)	低於出風平均溫度5°C~10°C
冷媒冷凝溫度(°C)	35°C ~58°C
冷凍能力(kW or RT)	>10%之額定冷凍能力
耗電功率(kW)	> 10%之額定耗電功率

通用性能基準線方程式中如方程式(7)，其中 T_{cond} 為氣冷式箱型冷氣設備的冷凝溫度(°C)， T_{evap} 為氣冷式箱型冷氣之蒸發溫度(°C)， Q_{evap} 為氣冷式箱型冷氣設備的製冷能力(kW)， P 為氣冷式箱型冷氣設備之耗電功率(kW)。

$$\begin{aligned}
 P = & C_0 + C_1 \times T_{cond} + C_2 \times T_{evap} + C_3 \times Q_{evap} + C_4 \times T_{cond}^2 \\
 & + C_5 \times T_{evap}^2 + C_6 \times Q_{evap}^2 + C_7 \times T_{cond} \times T_{evap} \\
 & + C_8 \times T_{cond} \times Q_{evap} + C_9 \times T_{evap} \times Q_{evap}
 \end{aligned} \quad (7)$$

參、能源績效量測與驗證雲端運算平台系統架構

一、雲端運算平台系統架構

本研究之重點在於將「能源績效量測與驗證平台」，其目的在於可以讓使用者更方便之操作，其主體架構利用五大部分來劃分：(1)現

場量測、(2)傳輸端、(3)資料庫端、(4)雲端後端運算、(5)使用者端。平台構思如圖2所示。

二、現場量測端

選定欲量測之設備，並且將量測儀器例如：超音波流量計、有線溫度感測器(PT-100)、多功能電力計…等，妥善連接至資料蒐集器

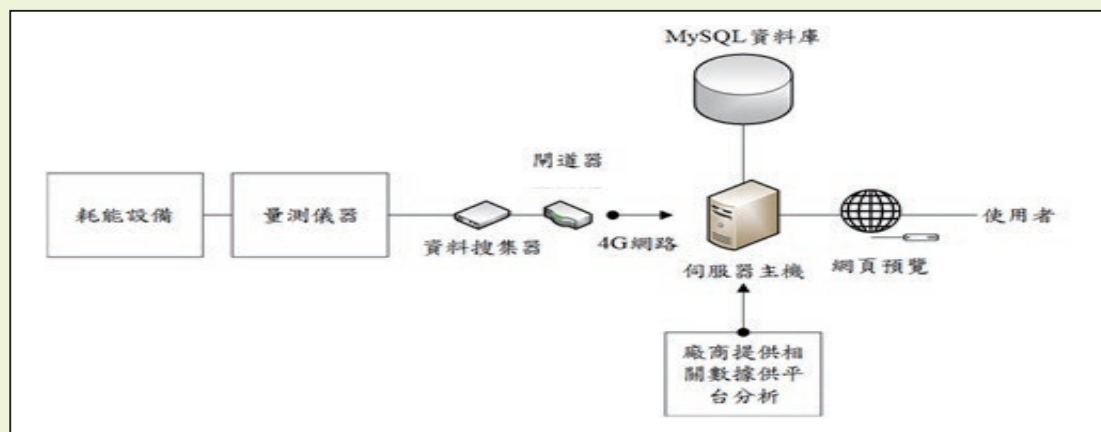


圖2 平台主體架構

錄器，並且將資料蒐集器連接至閘道器(Gateway)，上傳至資料庫儲存，提供後續分析。

三、傳輸系統設定

閘道器(Gateway)其功能是連線兩個網路裝置，因此在物聯網的應用中，閘道器是不可缺少，本研究所使用的閘道器裝置為iBASE AGS100T，此款適合應用於需求較高之智慧工廠，採用Intel® Atom™ E3950/ E3930處理器以及工業型主機板，並提供電源保護功能，以防止工廠設備電力異常導致閘道器損壞。

於現場之量測儀器架設後，於ADAM-3600

的軟體上進行感測器的設定並確認ADAM-3600資料蒐集器與儀器連接無誤後(圖3)，必須將ADAM-3600連接至一簡單之路由器(Router)，此步驟無須做任何設定，其目的在於閘道器連接路由器，以便傳送ADAM-3600所蒐集到的相關數據至伺服器資料庫。

完成上述之步驟後，可以在現場打開嵌入式電腦閘道器，並利用遠端軟體連線至嵌入式電腦閘道器，並完成嵌入式電腦閘道器以及ADAM-3600之連接，在連線前，必須先確認閘道器以及ADAM-3600之相關設定如圖4所示，連線成功後即可顯示「連接PLC成功」如圖5所示。

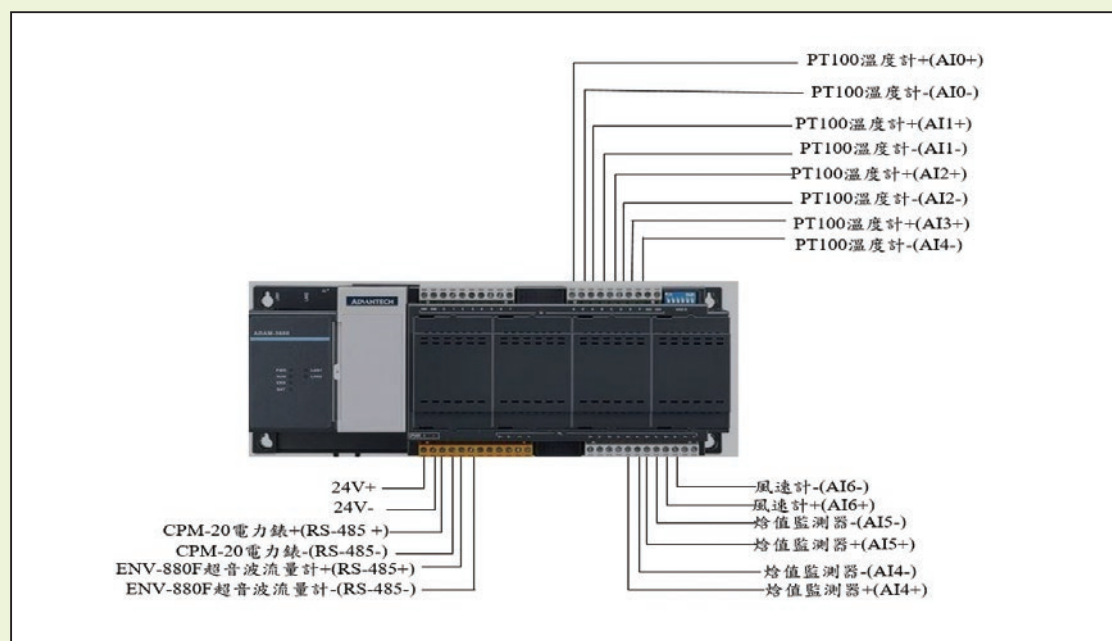


圖3 ADAM-3600接線圖

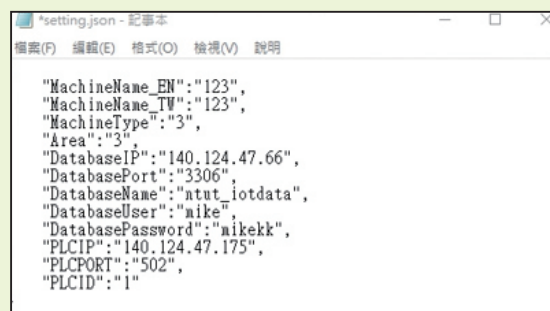


圖4 閘道器之設定

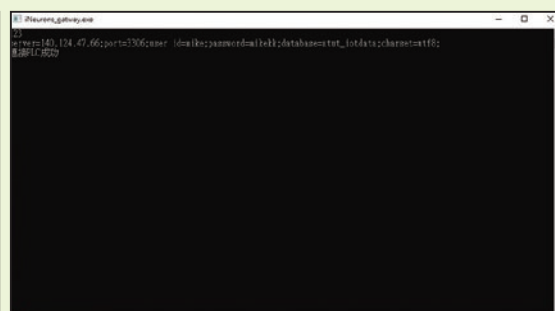


圖5 閘道器連接成功之畫面

四、雲端運算架構與設計

圖6為本系統雲端的架構圖，從圖6可以得知Get_BeforeImprovementData()及Get_AfterImprovementData()為資料庫從網頁後

使用者可以先至系統設定頁面，建立一專案如圖7所示，此範例將利用分離式冷氣機掛錶實際即時量測，其專案名為「testlab」，當專案建立好後，使用者即可進入Navicat Premium 資料庫管理系統，即可看到剛新增的專案資料

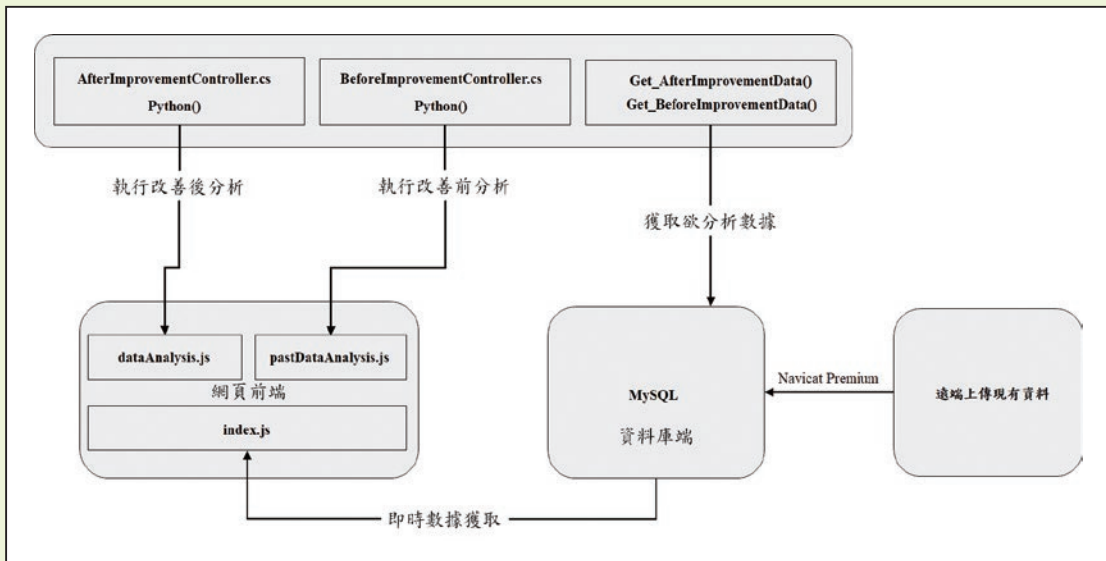


圖6 雲端運算平台架構圖

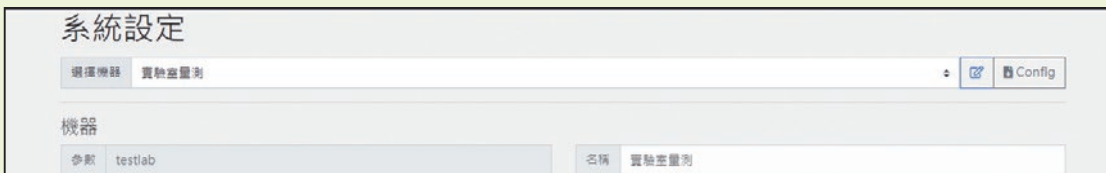


圖7 專案建立名稱

端擷取改善前與改善後之語法，再傳至網頁前端(index.js)供使用者做即時呈現。網頁後端的BeforeImprovementController.cs、AfterImprovementController.cs將使Python()的運算自動化，其中Python()此語法內部有數據篩選、迴歸運算等功能；運算完成後將傳至網頁前端(pastDataAnalysis.js、dataAnalysis.js)供使用者查詢。

肆、研究結果與分析

一、預算資料庫

夾名稱，如圖8所示。

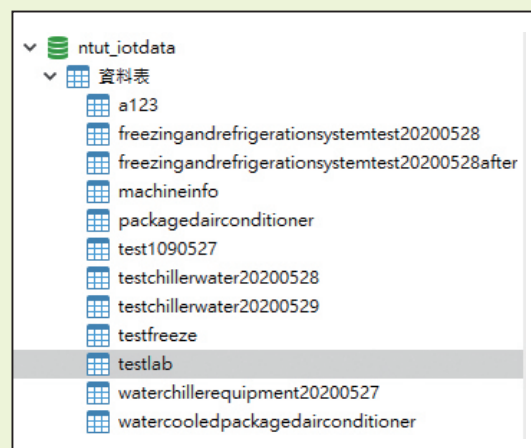


圖8 Navicat Premium資料庫管理系統示意圖

LogTime	MachineName_EN	MachineName_TW	Voltage	Current	Power	PF	V_out
2020-05-30 14:42:44	testlab	實驗室量測	215.4	0.6654	1.664	0.58	3.243
2020-05-30 14:42:45	testlab	實驗室量測	215.4	0.663	1.664	0.582	3.241
2020-05-30 14:42:46	testlab	實驗室量測	215.4	0.663	1.663	0.582	3.228
2020-05-30 14:42:47	testlab	實驗室量測	215.5	0.663	1.665	0.583	3.245
2020-05-30 14:42:48	testlab	實驗室量測	215.5	0.663	1.643	0.575	3.242
2020-05-30 14:42:49	testlab	實驗室量測	215.4	0.663	1.641	0.574	3.259
2020-05-30 14:42:50	testlab	實驗室量測	215.4	0.6606	1.646	0.578	3.243
2020-05-30 14:42:51	testlab	實驗室量測	215.4	0.6606	1.652	0.581	3.242
2020-05-30 14:42:52	testlab	實驗室量測	215.4	0.6606	1.656	0.582	3.243
2020-05-30 14:42:53	testlab	實驗室量測	215.4	0.6606	1.659	0.583	3.212

圖9 資料庫逐筆更新示意圖

二、資料庫與Gateway

當設定好Gateway的相關設定後，即可看到資料庫的數據，隨著時間逐筆自動更新，如圖9所示。

三、網頁上即時顯示

當確認有正常蒐集數據時，即可利用網頁上的監控頁面，得知所有量測的相關數值，如圖10所示。

四、數據驗證-雲端平台數據與量測儀器比較

(一)電壓、電流、功率、功率因數之數值驗證：
由網頁即時監控頁面可以得知電壓為215.5V、電流為12.423A、功率為2.62kW、功率因數為0.976如圖11。在此利用HIOKI PW3360系列的電力分析儀進行數據驗證如圖12，並將各結果整理於表5。

利用電力分析儀比較雲端運算平台自動量測的數據之準確性，其數值接近於電力分析儀

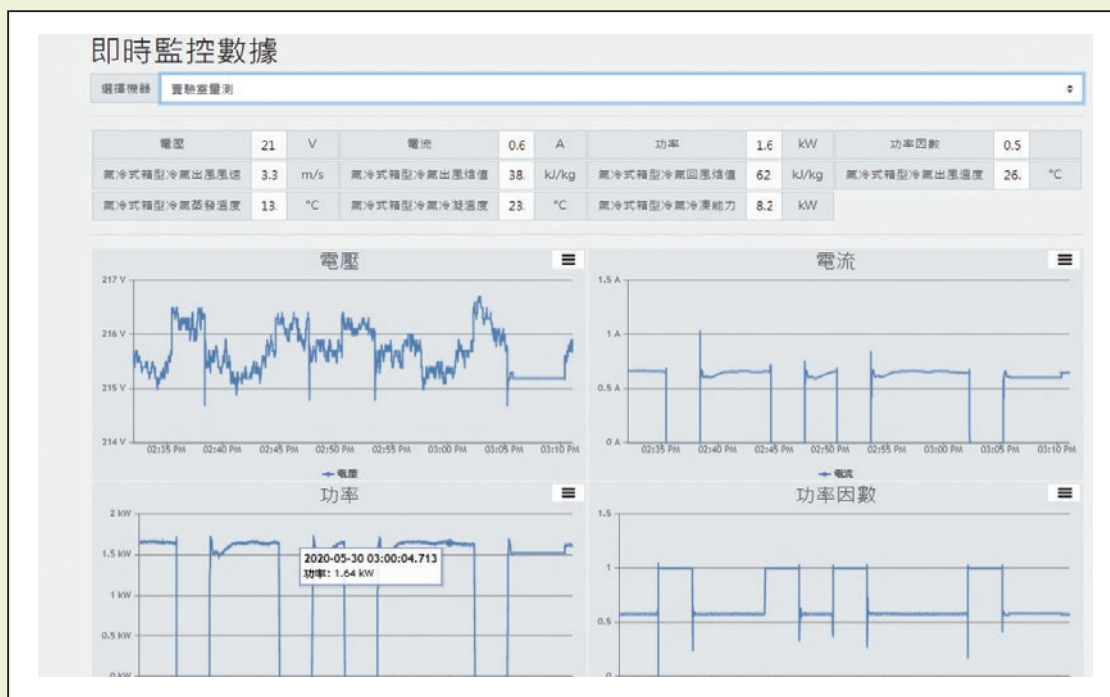


圖10 即時監控頁面示意圖

選擇數據	選擇參數	單位
電壓	215.5	V
電流	12.423	A
功率	2.627	kW
功率因數	0.976	
風冷式機型冷風出風風速	4.333944	m/s
風冷式機型冷風出風溫度	31.27489	°C
風冷式機型冷風回風溫度	52.08057	°C
風冷式機型冷風出風濕度	10.3212	%
風冷式機型冷風回風濕度	10.20523	%
風冷式機型冷風冷量能力	10.11261	kW

圖11 雲端平台即時監控數據-電力

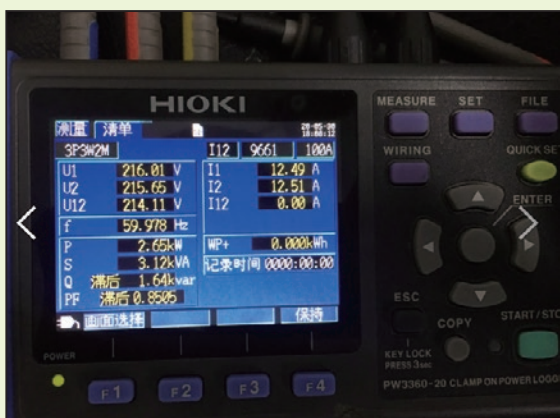


圖12 HIOKI電力分析儀數據量測

表5 HIOKI電力分析儀與雲端平台數值比較

	電壓	電流	耗功	功率因數
監控平台	215.5(V)	12.4(A)	2.62(kW)	0.97
電力分析儀	214.11(V)	12.5(A)	2.65(kW)	0.85

所量測的數據，可以得知此雲端運算平台量測數據的可靠性。

(二)風速計數值驗證：

由網頁即時監控的數據可以得知風速為4.33m/s

如圖13，本論文利用Testo 480進行數據的驗證，其結果顯示為4.25m/s如圖14。

(三)出風焓值驗證：

由網頁即時監控的數據可以得知，出風焓值大約

選擇數據	選擇參數	單位
電壓	215.5	V
電流	12.423	A
功率	2.627	kW
功率因數	0.976	
風冷式機型冷風出風風速	4.333944	m/s
風冷式機型冷風出風溫度	31.27489	°C
風冷式機型冷風回風溫度	52.08057	°C
風冷式機型冷風出風濕度	10.3212	%
風冷式機型冷風回風濕度	10.20523	%
風冷式機型冷風冷量能力	10.11261	kW

圖13 雲端平台即時監控數據-風速



圖14 Testo 480風速量測

為31kJ/kg如圖15，本論文利用Testo 480進行數據的驗證，利用Testo 480量測出風之乾球溫度以及相對溼度如圖16，並利用濕空氣線圖軟體查詢其焓值為32.9kJ/kg如圖17所示。

(四)回風焓值驗證：

由網頁即時監控的數據可以得知，回風焓值大約為52kJ/kg如圖18，本論文利用Testo 480進行數據的驗證，利用Testo 480量測回風之乾球溫度以及相對溼度如圖19，並利用濕空氣線圖軟體查詢其焓值為51.5kJ/kg如圖20所示。

即時監控數據

選擇機群

資料量查詢

電壓	2155	V	電流	12.423	A	功率	2.627	kW	功率因數	0.976	風冷式機型冷風出風焓值	4.333944	m/s	
風冷式機型冷風出風焓值	31.27489	kJ/kg	風冷式機型冷風回風焓值	52.08057	kJ/kg	風冷式機型冷風出風溫度	10.3212	°C	風冷式機型冷風回風溫度	10.20523	°C	風冷式機型冷風冷量	24.06874	°C
風冷式機型冷風冷量能力	10.11261	kW												

圖15 雲端平台即時監控數據-出風焓值



圖16 Testo 480溫度和相對濕度量測

Current Point	
DB	12.3
RH	91.3
Air Flow	472
DB	12.300
WB	11.508
RH	91.3
W	8.15
v	0.819
h	32.939
DP	10.924
d	1.2311
vp	9.7968
AW	9.957

圖17 濕空氣線圖軟體焓值示意圖

即時監控數據

選擇機群

資料量查詢

8

電壓	215.5	V	電流	12.423	A	功率	2.627	kW	功率因數	0.976	風冷式機型冷風出風焓值	4.33944	kJ/s	
風冷式機型冷風出風焓值	31.27489	kJ/kg	風冷式機型冷風回風焓值	52.08057	kJ/kg	風冷式機型冷風出風溫度	10.3212	°C	風冷式機型冷風回風溫度	10.20523	°C	風冷式機型冷風冷量	24.06874	°C
風冷式機型冷風冷量能力	10.11261	kW												

圖18 雲端平台即時監控數據-回風焓值



圖19 Testo 480溫度和相對濕度量測

Current Point	
DB	23.6
RH	59.8
Air Flow	472
DB	23.600
WB	18.221
RH	59.8
W	10.93
v	0.855
h	51.528
DP	15.338
d	1.1824
vp	13.0732
AW	12.782

圖20 濕空氣線圖軟體焓值示意圖

(五)出風溫度驗證：

由網頁即時監控可以得知，出風溫度為 10.32°C 如圖21，在此利用Testo 480，進行溫度數據的驗證，可以得知利用Testo 480所量測的值为 12.3°C 如圖22。

門別類的儲存於資料庫中，而無須額外做多餘的設定與整理，使用上非常方便與人性化。本文利用實際的設備進行量測，並確認資料蒐集器、Gateway、資料庫以及網頁端的即時量測方面之可行性，以及利用其他儀器進行相關的

即時監控數據

選擇傳感器

資料量查詢

電壓	2155	V	電流	12.423	A	功率	2.627	kW	功率因數	0.976	風冷式機型冷風出風溫度	4.313944	m/s	
風冷式機型冷風出風溫度	31.27489	kJ/kg	風冷式機型冷風回風溫度	52.08057	kJ/kg	風冷式機型冷風出風溫度	10.3212	℃	風冷式機型冷風回風溫度	10.20523	℃	風冷式機型冷風冷量溫度	24.04974	℃
風冷式機型冷風冷量能力	10.11261	kW												

圖21 雲端平台即時監控數據-出風溫度



圖22 Testo 480溫度值量測

由以上的自動量測結果，並利用其他儀器進行量測數值之驗證，可以得知本雲端運算平台自動量測和使用之量測儀器的可靠性以及便利性。

結論

本研究發展之雲端運算平台系統結合ICT技術與即時運算核心，可達到即時監控能源績效之目的，並可將蒐集到的即時大量數據，分

數據、數值驗證，結果證明本雲端即時量測端數據量測與運算的準確性和可靠性，將可整合應用於能源績效保證專案，節省傳統M&V需要大量儀表人力和長時間量測、無法即時展現節能績效、並據以即時管理的問題，不但可以有效率並長期監管能源績效，並將能源管理系統(EnMS)有效整合，全面提升能源管理的效能和即時管理的能力。

參考文獻

1. 柯明村、黃凱群，「能源績效量測與驗證雲端運算平台之開發」，國立臺北科技大學能源與冷凍空調工程系研究所，碩士論文，臺北，2019年。
2. 柯明村、程奕勳，「應用於空調與冷凍冷藏系統績效量測與驗證之數據分析方法」，國立臺北科技大學能源與冷凍空調工程系研究所，碩士論文，臺北，2018年。

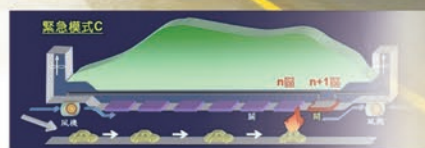
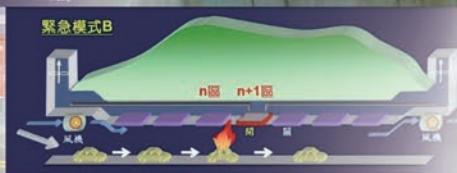
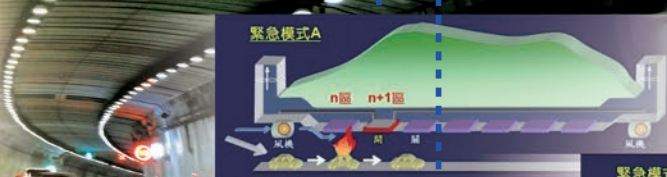
蘇花改長隧道消防及通風排煙安全設施探討

關鍵詞(Key Words)：隧道排煙(Tunnel Smoke Exhaust)、複合型點排式通風排煙系統(Points Extraction system)、水霧系統(Water Spray System)、計算流體力學(Computational Fluid Dynamics)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／機械部／副理／林啟基 (Lin, Chi-Ji) ①

台灣世曦工程顧問股份有限公司／機械部／正工程師／曾豐育 (Tseng, Li-Yu) ②

交通部公路總局／蘇花改工程處／主任工程司／林燦輝 (Lin, Tsan-Hui) ③



隧道內
請
依
速
限
行
駛

摘要

臺灣地形起伏，山區面積約70%。在土地面積有限情況下，為應付不斷成長的交通需求，除一般平面道路、高架道路外，交通隧道成為現代公路建設不可或缺的一部分。受益於工程技術不斷精進，世界各國的隧道數量及隧道長度不斷增加，大幅提昇交通效率及經濟發展。狹長型空間之結構特色，縱向距離遠大於垂直高度和橫向距離，而且出口一般較少，且常位於兩端。因為隧道狹長型空間功能特色，人員通行和交通運輸的主要通道相同，意即火災時人員的逃生路徑可能會與火場煙霧行徑方向重疊，存在著較高的火災風險與避難難度。隧道內火災，水霧系統有較佳的吸熱冷卻效率，可有效保護隧道結構，故近年來被採用。爰此；蘇花公路改善工程(蘇花改)之長隧道消防自動滅火設備，採用水霧系統作為防護設備。

本文主要介紹蘇花改觀音、谷風隧道複合型點排式通風系統及水霧系統的設計構想與計算說明，另包含如何利用台鐵舊北迴觀音隧道作為通風與排煙系統管道之重要角色，而緊急模式下的煙控策略更是複合型點排式通風系統之精髓，以強化路線抗災維生性及達成運輸安全服務性為最終目標。



Analysis to the Safety Facilities of Fire Protection, Ventilation and Smoke Exhaust in the Long Tunnel of Suhua Highway Improvement Project

Abstract

Taiwan's undulating terrain, with about 70% of the mountainous area. In the case of limited land, in order to cope with the deepening traffic demand, in addition to ordinary flat roads and elevated roads, traffic tunnels have become an indispensable part of modern road construction. Benefiting from the continuous improvement of engineering technology, the number of tunnels and the length of tunnels in countries around the world have been increasing, which has greatly improved traffic efficiency and economic development. The structural feature of the long and narrow space is that the longitudinal distance is much larger than the vertical height and the horizontal distance, and the exits are generally less and mostly located at both ends. Because of the long and narrow space features, the main passages for people passing and transportation are the same, which means that the escape route of people during a fire may overlap with the direction of smoke from the fire site, which presents a higher fire risk and difficulty in evacuation. In the case of a fire in the tunnel, the water mist system has better heat absorption and cooling efficiency and can effectively protect the tunnel structure, so it has been adopted in recent years. The automatic fire extinguishing equipment for the Suhua Highway Improvement Project long tunnel uses a water mist system as a protective equipment.

This article mainly introduces the design ideas and calculation instructions of the Suhua Highway Improvement Project Guanying and Gufong Tunnels composite point exhaust ventilation system and water mist system. It also includes how to use the old Beihui Guanyin Tunnel of Taiwan Railways as an important role in the ventilation and smoke exhaust system ducts, and the smoke control strategy in emergency mode is the essence of the composite point exhaust ventilation system to strengthen the route's disaster resistance and survival. Transport safety service is the ultimate goal.

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)主要分為蘇澳-東澳段、南澳-和平段及和中-大清水段，全長38.8公里，有8座隧道(24.6公里)，其中5座為超過3公里之長隧道，這五座隧道分別為東澳隧道、觀音隧道、谷風隧道、中仁隧道及仁水隧道[1]。

觀音隧道長度超過7.9公里為蘇花改工程中最長隧道，其南側藉由60公尺長半封閉式的鼓音橋串連超過4.7公里的谷風隧道，有如一座全長近12.6公里的隧道。因此，隧道內如何在平時提供一個良好空氣品質與保持合理的溫度環境外，緊急時火災煙控策略更是工程師們尋求如何突破的重要挑戰。

交通部於2000年12月頒布「公路隧道消防安全設備設置規範」，明確規範各級隧道所需之消防安全防護設備。國內歷往採用之縱流式或歐盟各國經常採用之全橫流式隧道通風與排煙系統，近年來有往「縱流式+點排式」發展之趨勢。蘇花改的長隧道群是台灣第一次採用複合型點排式通風與排煙系統，由於通風與排煙操作方式一致，故簡稱為通風排煙系統，為最新趨勢之改良型通風與排煙方式，其排煙管道佈設於隧道上方空間，透過人煙分離的排煙管道，有效的將火災濃煙迅速排出隧道，限縮濃煙擴散範圍。

本文介紹蘇花改觀音隧道複合型點排式通風排煙設計構想與計算說明，另包含如何利用台鐵舊北迴觀音隧道作為通風排煙系統管道之重要角色，而緊急模式下的煙控策略更是複合型點排式通風排煙系統之精髓。

貳、長隧道通風排煙系統設計

觀音隧道及谷風隧道長度分別為7.9、4.7公里，採用縱流式+點排式(JF+PEV)方式。此隧道路段為南北走向，穿越高山峻嶺，東臨太平洋西倚中央山脈。為提供隧道通風排煙需求、及配合相關隧道安全管理措施的條件下，在正常、塞車及火災三種不同狀況加以評估分析，提出適當之長隧道通風系統。

一、長隧道通風排煙系統型式

應用於公路隧道之通風排煙系統，主要可概分為縱流式、全橫流式、半橫流式，以及最新趨勢之複合型點排式(縱流式+點排式)等四種型式[2]：

(一) 縱流式系統(Longitudinal Ventilation)

隧道內風向與隧道車流方向平行之系統。台76線八卦山與國道5號雪山隧道即為典型縱流式隧道通風排煙系統案例，如圖1、2所示。八卦山及雪山隧道分別設有一座與三座中央通風豎井，外氣與廢氣各有分離的獨立管道，透過豎井進入和排出；而排煙方式，則依循緊急應變措施及救援標準作業程序，以「初期滅火」及「早期避難」作為隧道防災之基本措施，即隧道發生火災時，不得將煙霧竄至隔壁隧道造成二次事故，並能藉由排煙風機有效抽除或推向下游出口，引導用路人向上游逃生。

(二) 橫流式系統(Transverse Ventilation)

隧道內風向與隧道車流方向垂直，且全部藉由機械通風管道進行通風排煙，系統如圖3所示。若隧道等級為甲級或乙級時，於單孔雙向行車隧道應採半橫流式或橫流式為宜；但於雙孔單向行車隧道，則視有無豎井或橫坑佈置，有縱流或半橫流、橫流系統之選擇；橫流式及半橫流式之通風排煙系統效能上均較縱流式系統為佳，但由於此兩種系統需設置送風或

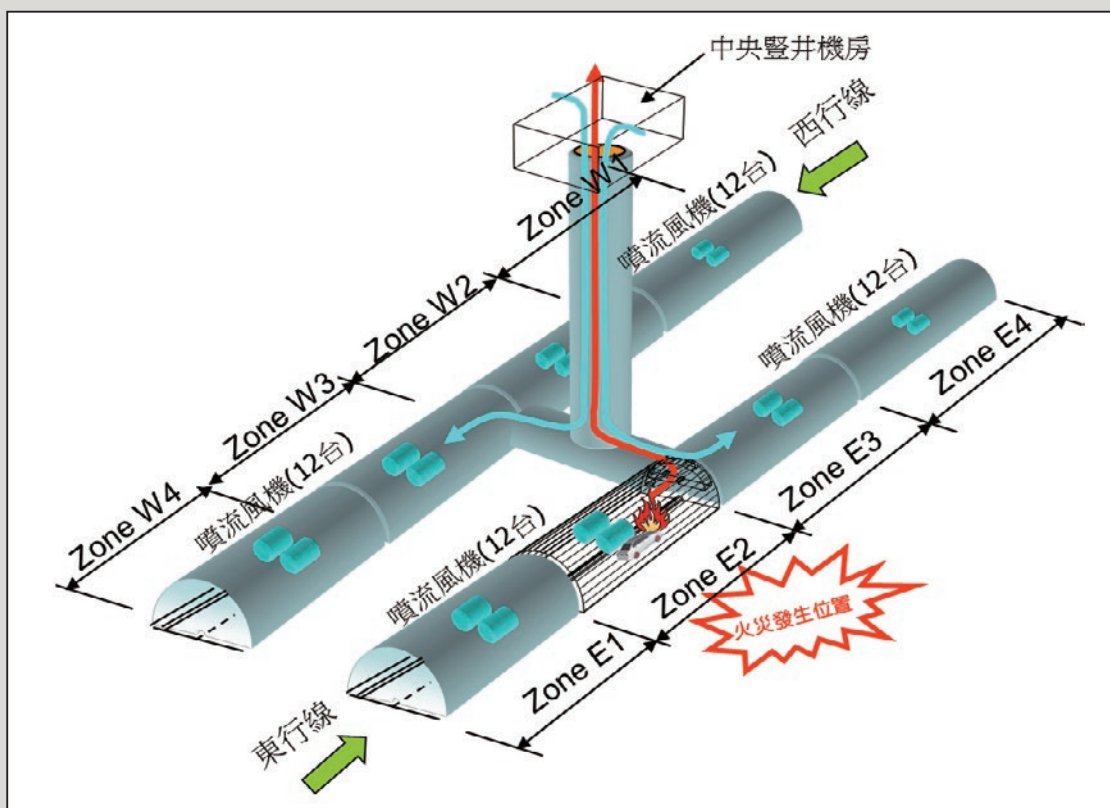


圖1 八卦山隧道縱流式通風排煙系統示意圖[2]

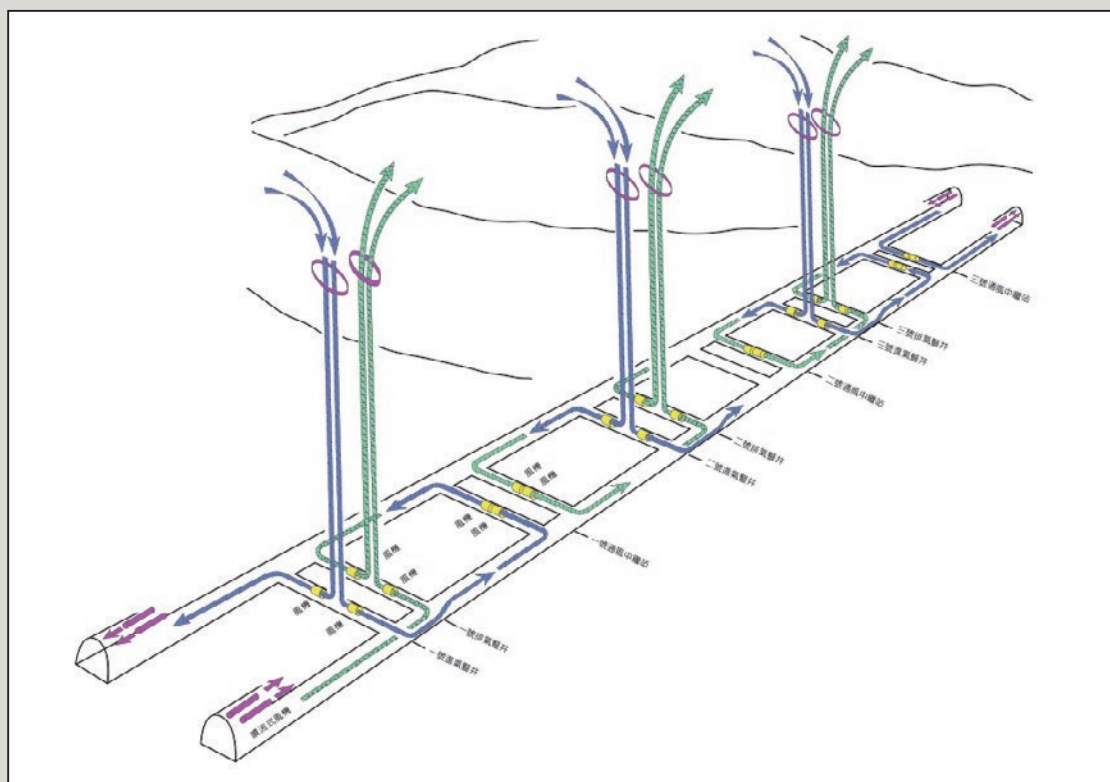


圖2 雪山隧道縱流式通風排煙系統示意圖[2]

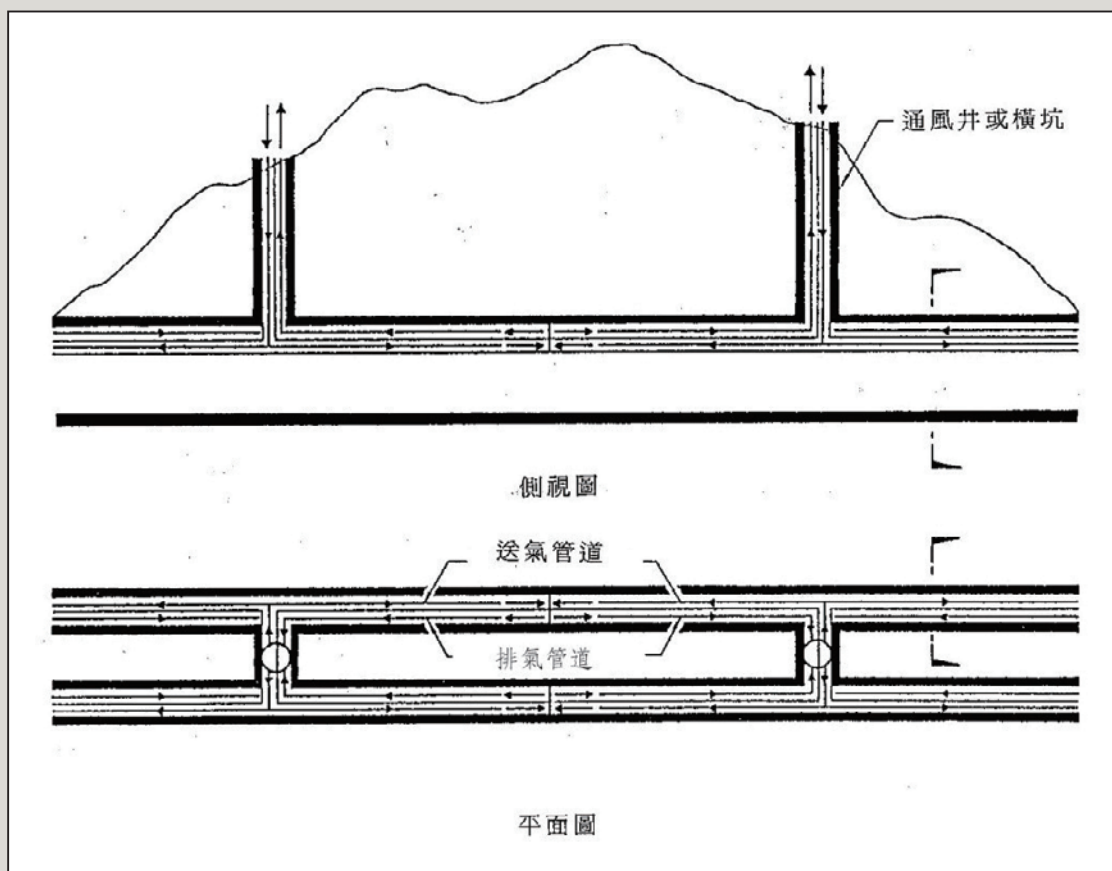


圖3 橫流式隧道通風排煙系統圖[2]

排風管道，隧道開挖斷面大幅增加，增加之固定成本使其經濟效益比縱流式系統為低。早期於1999年法義邊境長約11.6公里之白朗峰隧道(Mont Blanc)，同年奧地利6.04公里之桃恩隧道(Tauern Tunnel)，以及2001年瑞士長約16.9公里之聖格達隧道(St. Gotthard Tunnel)，三座均為全橫流式系統。惟整段隧道全區採均壓排氣之排煙方式，不但沒有集中，反將煙霧範圍擴大，即使採用管道排煙，仍然造成重大災情。

(三)縱流式+點排式通風排煙系統(Point Extraction)

由於白朗峰隧道與聖格達隧道及其他各國長隧道於災後修建改善或新建時，由全區排煙改為集中排氣式，已由全橫流式(圖4A)、半橫流式(圖4B)，修改為最新趨勢之縱流式+點排式系統(圖4C)；其排氣管道佈設於隧道上方空間，並

搭配裝設噴氣式通風機(Jet Fan)輔助氣流方向及推力。當積蓄廢氣致使隧道內廢氣濃度升高至安全設定值，則隧道通風機啟動，而連接該區上方管道之特定電動風門排除廢氣，風道上之其他風門，則在關閉之位置。此操控方式為一動態式排氣系統，性能佳，操作簡單，塞車時廢氣直接由管道吸入後由隧道機房排出，外氣由隧道口自然引入，如圖5所示。

二、觀音、谷風隧道通風排煙系統設計

(一)擬定設計條件

1. 隧道條件

(1)隧道的長度、線形及幾何形狀之限制

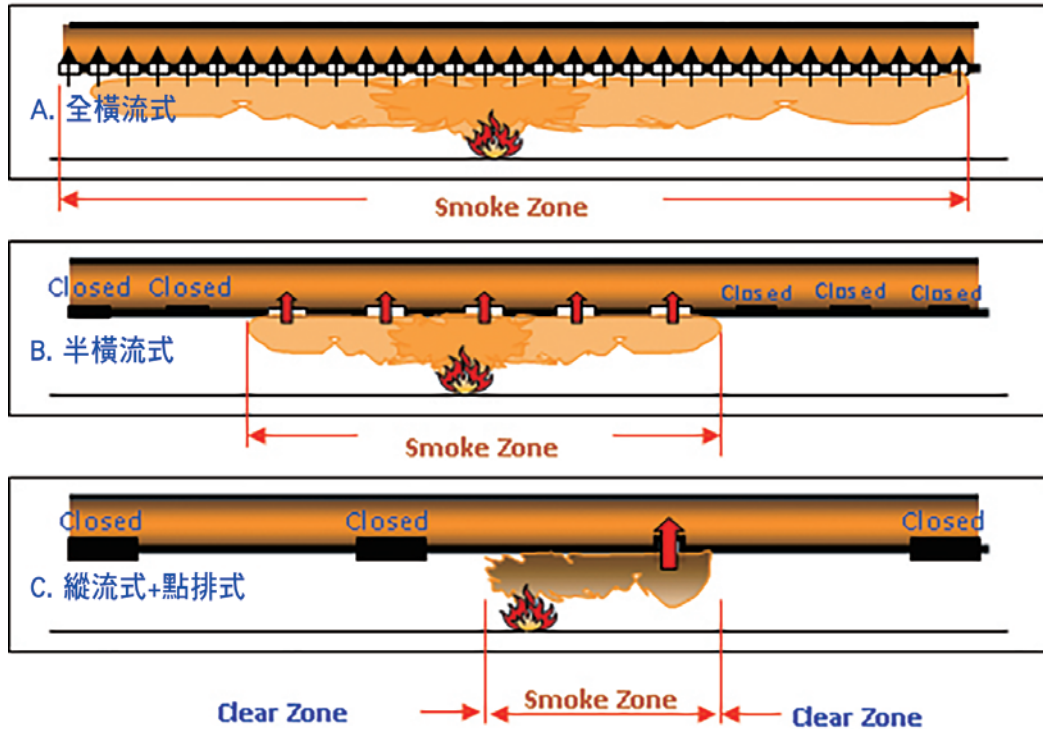


圖4 隧道通風排煙系統演變[2]

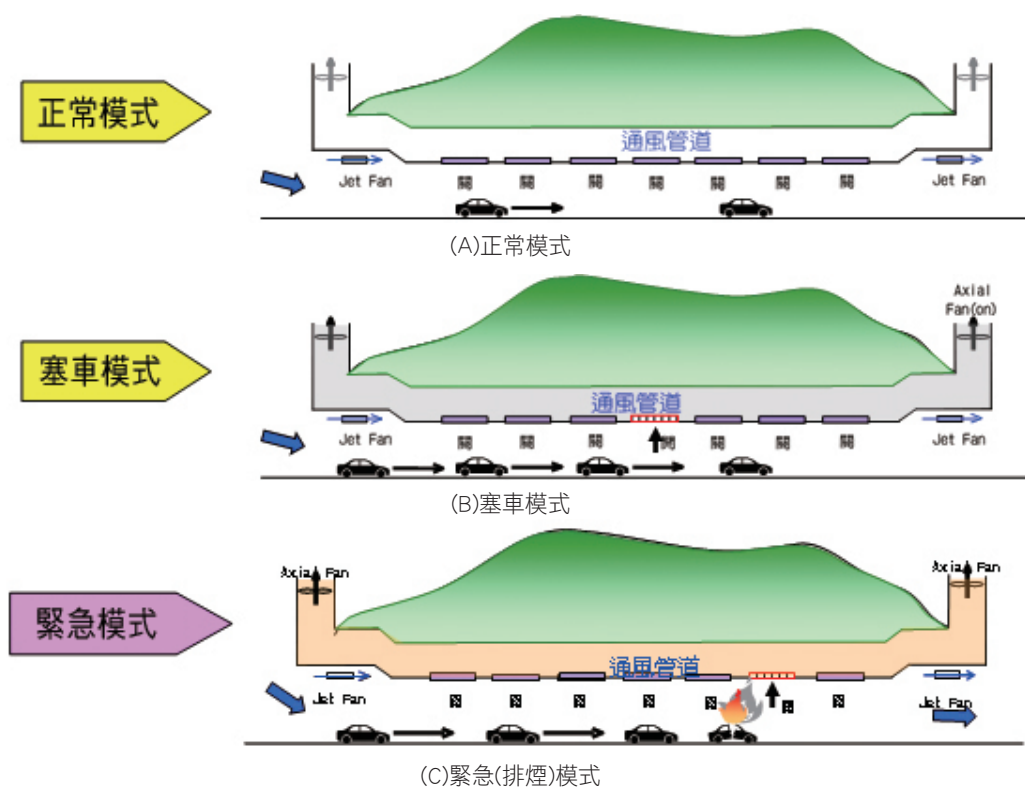


圖5 縱流式+點排式通風系統示意圖[2]

(2)通風設備位置及其淨空面積之限制

(3)隧道銜接機房結構物之設計特性

(4)隧道長度、坡度調整之可能性

2. 交通條件

(1)交通量設計目標年

(2)車輛種類之限制及重車比率

(3)設計車行方向(單、雙向)、車速之限制

(4)路段或單一隧道塞車之可能性及預估塞車情況

3. 環境條件

(1)環保標準的限制包括排氣污染物濃度、噪音振動程度

(2)鄰近隧道口、豎井之受影響敏感程度或聚落資料

(3)隧道口鄰近盛行風向、風力與噪音管制標準

(4)通風設備運轉頻率、持續時間

(5)通風口高度及機房量體對周圍景觀之影響

4. 通風排煙機房需求

(1)隧道通風設備型式需配合機房面積需求

(2)洞口、豎井、橫坑等施工現場位置及面積所造成之限制

(3)銜接高架橋位置之地形、地質及通風機房或管道開挖的限制

(4)是否有配合施工條件更換機房位置之可能性

(二) 通風排煙量估算方式

以2011年車輛管制標準，考量車輛組成，在柴油車部份所佔比例約20%以上，其中曳引車在重貨車中佔七成以上，若再斟酌駕駛行為與超載情況，須酌量調整排放係數。

本路段工程隧道甚長，隧道火災之安全排煙為觀音、谷風隧道在研選通風系統時的重要考慮因素。火災規模以熱釋放率(HRR, Heat

Release Rate)表示，來探討隧道車輛所在位置發生火災之典型特徵問題。火災發生時，所需通風設備容量常以火災模式的臨界速度 V_c (Critical velocity)來決定，隧道於緊急狀況下，使隧道內風速大於臨界速度，才可壓制濃煙，防止逆流現象發生。

(三) 通風排煙方式選擇條件

隧道通風型式，一般可分為自然通風與機械通風，而最後決定之隧道通風方式必須符合經濟效益與行車安全之要求。觀音、谷風隧道通風系統不論平時或緊急排煙系統，均配合隧道監控及交控系統，以操作簡單之風機控制方式，協助用路人逃生。

(四) 通風與排煙之設計依據

隧道通風系統設計主要參考世界道路協會(World Road Association)、PIARC之標準和日本道路公團「隧道技術基準」為準則，並依循交通部於2000年12月頒布之「公路隧道消防安全設備設置規範」。

參、觀音隧道通風排煙系統設計基準

一、車輛廢氣排放標準(在海平面高度之水平路面以60 km/hr速度行駛)所納入考量各項車輛廢氣包括一氧化碳、粒狀污染物及氮氧化物，其排放標準說明如下：

(一) 一氧化碳排放量：

1.小客車：0.12 m³/hr-veh

2.大貨車：0.12 m³/hr-veh

(二) 粒狀污染物排放量：

120 m³/hr-veh(平均重車噸數以23 ton計)

(三) 一氧化氮(氮氧化物)排放量：

1.小客車：0.02 m³/hr-veh

2.大貨車：0.41 m³/hr-veh

以上排放標準為預定實施之車輛管制標準。隧道設計目標年為民國125年，並參考其他隧道為通風量計算之依據。

二、空氣品質標準

(一) 隧道內空氣品質標準(PIARC之建議)：

本工程隧道內空氣品質標準依永久國際道路協會(Permanent International Association of Road Congresses, PIARC)於2012年頒布之ROAD TUNNELS: VEHICLE EMISSIONS AND AIR DEMAND FOR VENTILATION的建議值[3]，如表1隧道內空氣品質標準所示。

(二) 隧道外空氣品質標準

依中華民國台灣地區環境空氣品質標準(2012.5.14修正公告)，如表2。

表2 隧道外空氣品質標準

種類	小時平均值
一氧化碳	35 ppm
二氧化氮	0.25 ppm

三、風速設計標準

(一) 通風排煙系統隧道內最大允許縱向風速

單孔雙向通車：8 m/sec

雙孔單向通車：11 m/sec

(二) 送/排風管道內風速

15~25 m/sec

(三) 緊急通風狀況

表1 隧道內空氣品質標準

交通狀況	一氧化碳濃度	能見度	
	ppm	衰減係數, Extinction Coefficient(K)	穿透率, Transmissions (光束長度：100m)
		10 ⁻³ m ⁻¹	%
交通流暢，車速50~100 km/hr	70	5	60
每日塞車，所有車道車流停頓	70	7	50
例外的塞車(Exceptional congested traffic)，所有車道車流停頓	100	9	40
開放交通下維修隧道	20	3	75
隧道關閉	200	12	30



圖6 點排式通風排煙口



圖7 噴流式風機

觀音、谷風隧道採複合式點排通風系統，道路上方設置排煙隔板，作為獨立之排煙管道，排煙(氣)路徑完全與車行空間分開。單一排煙區劃點排式排煙口如圖6，排煙口面積合計為24 m²，每組2m×3m，共4組。噴流式通風機配置，如圖7所示。

四、溫度設計標準

隧道內溫度：40℃以下，若超過40℃即啟動通風系統降溫。

五、通風排煙系統噪音需求

(一) 隧道內通風排煙設備噪音：85dB(A)以下。

(二) 通風排煙機房通風設備噪音：

對內噪音：95dB(A)以下(量測點為機房內任何一點)。

對外噪音：65dB(A)以下(量測點為結構體外緣3m處且離地1.5m)。

六、隧道排煙設計需求

(一) 隧道中火災規模之排煙需求：以100百萬瓦(MW)火災規模產生排煙量為設計基準。

(二) 縱向排煙風速：2.5~3.5公尺/秒。

(三) 兼排煙使用風機需有緊急電源。

(四) 當火災已受控制且進行災後處理時，不論市電是否停止供電，雙向車道均暫時不開啟通風系統(包括噴流風機及大型軸流排煙風機)，所有通風設施均需檢查後再行操作。

七、隧道監控原則

當隧道中能見度超過上限，除與交控系統配合以管制隧道車流量外，隧道風機必須依隧道監控系統偵測值啟動、關閉或持續運轉。

監控系統為全自動監控隧道內各項設施，主要目的為對隧道內之CO、NO_x濃度、能見度偵測(VI)、風向風速計(WD)及溫度濕度計(TM)等各項設施之運轉控制及監視，須配合隧道通風系統獨立運作特性，即當與交控中心連線中斷時，仍不影響隧道之整體監控功能，且必須將所收集之資料提供行車控制中心，執行各種交控預測及連動策略，藉以構成監控與交控系統間相互運作。

肆、長隧道通風排煙系統規劃內容

一、隧道通風排煙系統之設計考量

考量隧道維生安全服務，觀音隧道長7.9公里，以雙孔隧道配置，觀音、谷風隧道間之鼓音谷地約60公尺為出露段，設有高架橋銜接，觀音、谷風兩隧道串聯，合併長度達12.6公里，僅次雪山隧道，車輛以60 km/hr行駛，通過時要花近13分鐘才能穿越隧道。鼓音高架橋之設計考量進出隧道時之側風、雨水及眩光等影響，於橋梁加設鋼構百頁以增進行車安全[4]，圖8為鼓音橋實景圖。

觀音、谷風隧道為雙孔單向通車，屬甲級隧道，加上本路段重車比率近10%，增加隧道的事故風險。在考量火災控制效果與救災可及性，設計採點排式通風系統。

(一) 通風排煙系統之特殊考量

由於隧道屬半密閉空間之特性，使逃生與救援有其不便利性，過去世界各國專家學者已針對長隧道(如阿爾卑斯山脈)數次隧道事故作為研究議題，紛紛提出許多改善方案，在排煙系統上有漸趨一致的看法－採用新型之「點排式排煙系統」；除直接應用於災後需再重新修復



圖8 鼓音橋實景圖

之隧道外，並依此概念發展新設隧道通風排煙系統。

考量較長隧道維生安全服務，除武塔隧道外，觀音及谷風均採用縱流式+點排式(JF+PEV)方式。

(二) 隧道通風排煙系統與安全之重要性

長隧道伴隨著整合隧道安全設施、機電系統及交控系統設計、施工、管理等，為顧及全路段隧道設施標準化，確保行車安全及暢通，安全逃生與救援行動策略一致性更為重要。

觀音、谷風隧道依規劃條件研擬並提出各典型隧道之最佳通風排煙方式，並就隧道建造成本與安全設施機能之間尋求平衡點，期強化安全排煙與救援程序之一致性。

(三) 動態模式之隧道排煙系統

觀音、谷風隧道通風系統之緊急排煙操控策略，需藉由隧道監控及交控系統相互交換資訊，以操作軸流式排煙風機控制方式，協助用路人逃生。在隧道上方設置管道，每350公尺區域內設置一處大型排煙口($A=24\text{m}^2$ 由4組 $\times$ @ 6m^2 組成)，並與人行聯絡隧道交錯配置。因考量洞口外氣影響採用縱流式通風系統，以提供較佳之隧道空氣環境，並經由汽車前進帶動活塞效應以節省能源。緊急狀況下，則提供點排式排煙系統迅速將濃煙排除，用路人可經由隧道兩端逃生。排煙口採動態定址式，有效地將發生事故區域之煙熱迅速排除，進而展開逃生、救援行動。

(四) 隧道火災規模及煙控考量

1. 隧道火災規模

在隧道之車輛事故常導致火災發生而產生大量濃煙、有毒氣體及熱量。各國相關研究文獻中採用20MW(百萬瓦)、30MW、50MW、100MW或300MW等各種不同之熱釋放率(HRR)作為火災

模擬或全尺度測試的基本條件，供隧道建造、營運及逃生救災之評估；如歐盟1992 EUREKA-EU 499 “FIRETUN” HGV TEST[5]，巴士熱釋放率如圖9所示及美國1995 Memorial Tunnel Fire Ventilation Test Program(MTFVTP)[6]，重型卡車(HGV, Heavy goods vehicle)熱釋放率如圖10所示等探討相關溫度與時間對車輛、隧道結構之影響。

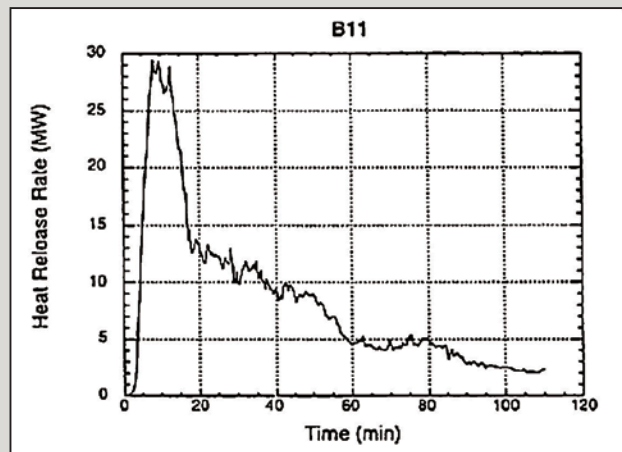


圖9 巴士熱釋放率與時間關係圖[5]

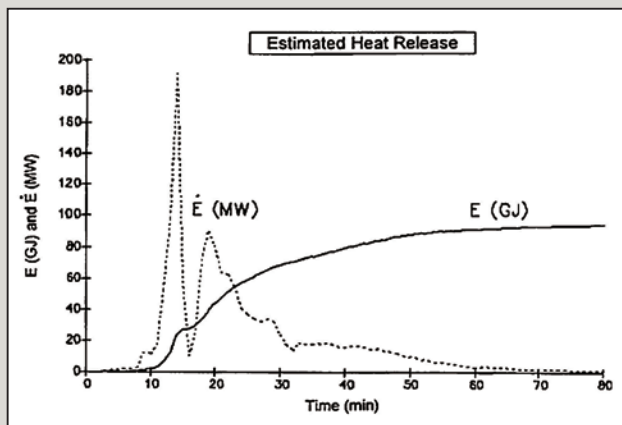


圖10 重型卡車(Heavy goods vehicle)熱釋放率與時間關係圖[5]

2. 觀音、谷風隧道通風排煙計算

依據「臺9線蘇花公路山區路段改善計畫交通控制系統工程委託設計服務工作—緊急應變計畫專題研究」報告(2013)結論，觀音、谷風隧道未開放危險車輛通行，另參考EUREKA實驗值(圖

9) 及文獻「由國內長隧道現有消防機制探討國道公路隧道消防救援最適模式暨效益評估計畫」(2009) [7]，估計一輛大貨車火災為100MW，一輛大客車火災為30MW，一輛小客車火災為8MW，故採用100MW作為計算依據。

Q (排煙量, m^3/s) = V_c (臨界風速, m/s) $\times A$ (隧道通風斷面, m^2)，觀音、谷風隧道於火災規模100MW時， V_c 為3.0 m/s 。隧道通風斷面：60 m^2 ，則得排煙口 $Q=60 \times 3.0 \times 2=360 \text{ m}^3/\text{s}$ 排煙管道最大風速：約20 m/s ，排煙管道推薦面積18 m^2 。

3. 濃煙擴散影響逃生速度之對策

緊急狀況發生時必須考慮逃生方向與行徑，即當火災發生時如何由事故點逃生至最近避難橫坑而不致遭到煙霧波及。經估算隧道內氣流保持行車方向3.0 m/s 之臨界風速(Critical velocity)控制煙流及限制縱向擴散，以確保在避難階段人員完成逃生程序。

4. 隧道排煙管道

隧道內火災時濃煙迅速擴散而使人在短時間內無法呼吸到無煙空氣，排煙系統用以保障人身與煙熱分離，使用機械排煙，藉管道直接由隧道安全分區(@300-350m)單點排煙。

表3 隧道機房軸流風機配置

機房位置	送/排氣	數量	風量 m^3/s
觀音/北洞口	排氣	3台(1台備用)	125
觀音/中橫坑	排氣	2台(北上線使用)	110
觀音/中斜坑	進氣	4台(北上、南下各2台用)	80
觀音/南斜坑	排氣	2(南下線使用)	110
谷風/北橫坑	排氣	2組4台(互為備援)	120
谷風/南洞口	排氣	3台(1台備用)	120

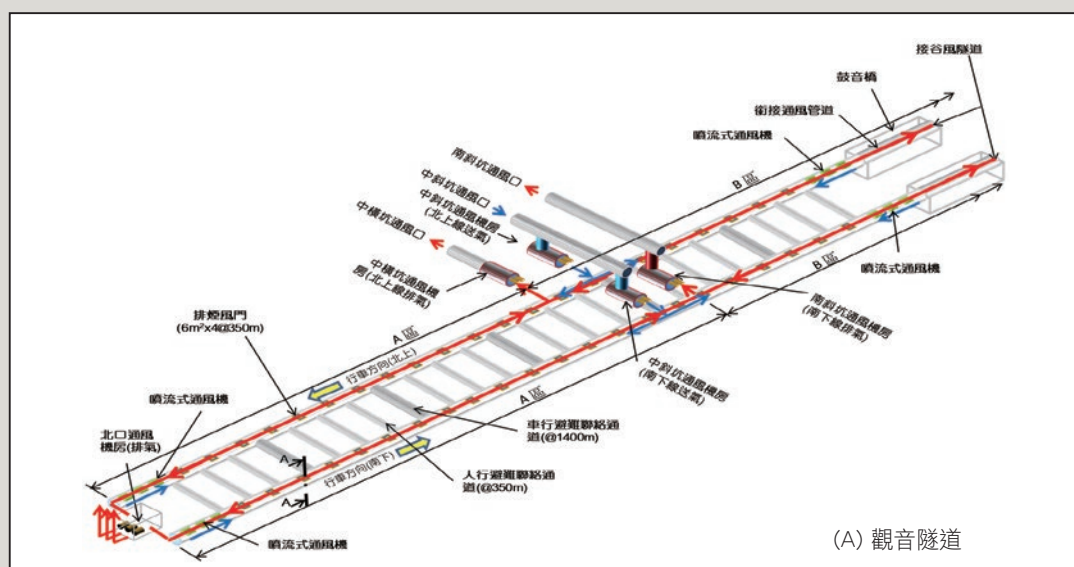


圖11 (A) 觀音、谷風隧道通風排煙系統透視圖

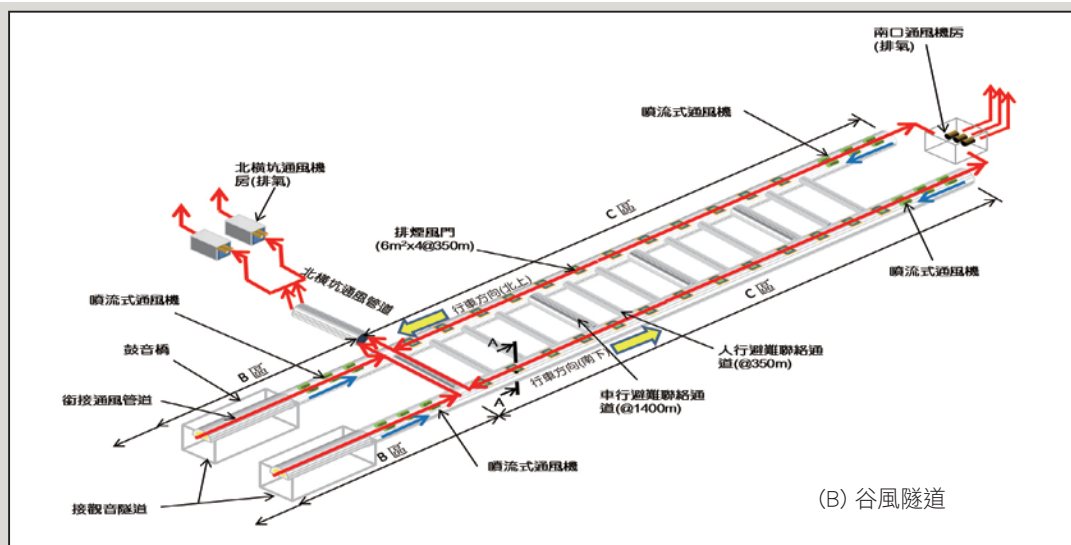


圖 11 (B) 觀音、谷風隧道通風排煙系統透視圖

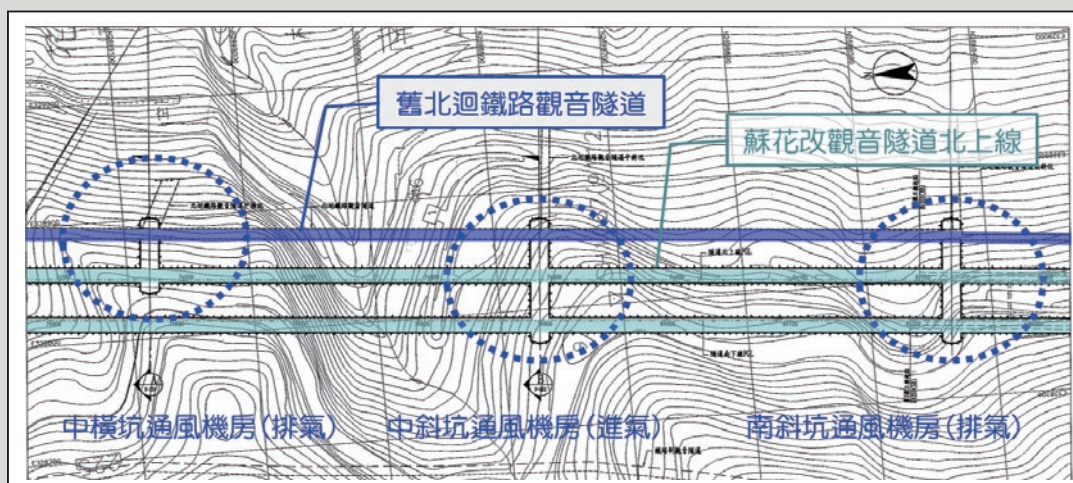


圖 12 中橫坑排氣機房、中斜坑北上與南下進氣機房、南斜坑排氣機房示意圖

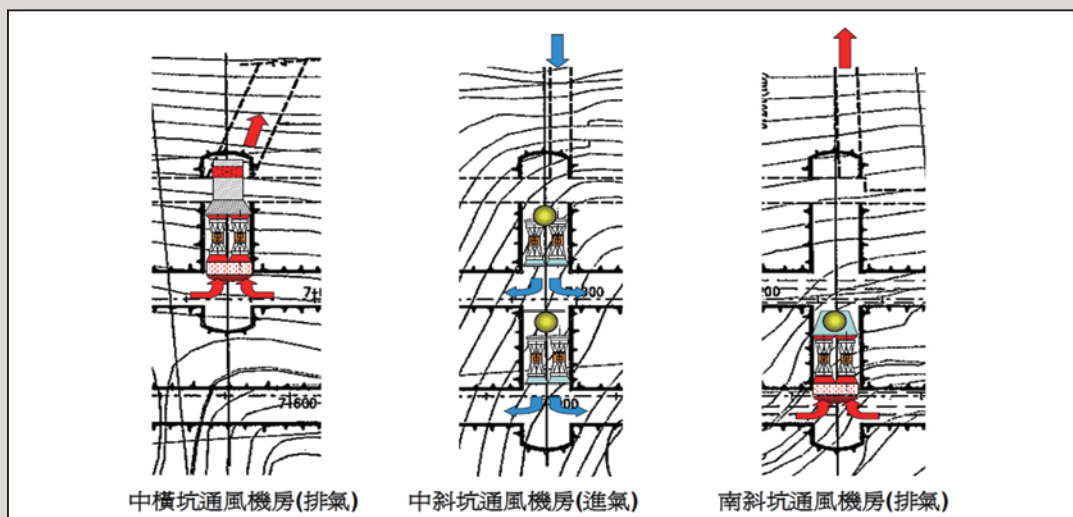


圖 13 中橫坑排氣機房、中斜坑北上與南下進氣機房、南斜坑排氣機房示意圖

伍、通風排煙機房設置

圖11為觀音、谷風隧道通風排煙系統透視圖，觀音隧道設置4處機房，谷風隧道2處機房，隧道機房軸流風機配置整理如表3所示。另觀音隧道及谷風隧道北洞口與南洞口各設置3組（6台）噴流式風機（Jet Fan），噴流式風機約每175m各設置1組（2台）。中橫坑排氣機房、中斜坑北上與南下進氣機房、南斜坑排氣機房皆使用台鐵舊北迴隧道做進排氣使用，如圖12、13所示。

陸、複合型點排式通風排煙系統緊急模式

複合型點排式通風排煙系統為最新通風與排煙設計方式，其排氣管道佈設於隧道上方，

約每350公尺設1只24m²的排煙口，並與聯絡隧道交錯配置，該通風系統不論在正常或緊急時均為排氣模式，隧道洞口裝設噴流式風機輔助導引氣流，主隧道上視圖與人行連絡道断面如圖14所示，兩座人行橫坑間距設定為一排煙區（N區），當隧道風機（Tunnel Ventilation Fan, TVF）啟動運轉排煙，煙層由火源下游之排煙口經由排氣管道排出（N+1區排煙），隧道洞口之噴流式風機協助導引氣流，使煙層控制於火源與排煙口間，保持隧道其他區域則為無煙環境，人員往上游方向逃生，遠離事故現場。

複合型點排式通風排煙系統尤需注意，由於火災事故位置不同造成通風排煙口位置有因應的調整，因此造成通風排煙口離隧道洞口之距離將不同，如圖14之緊急模式A，當隧道入口附近火災，除開啟下游通風排煙口，應順轉隧道入口噴流風機，而出口噴流風機則需關閉。

圖14之緊急模式B或C，當隧道中段或出口附近火災，除開啟下游通風排煙口，應順轉隧道入口噴流風機，而出口噴流風機則需順轉啟動，避免點排式排煙口吸入過多火場下游空氣，造成煙層逆流或臨界速度過低的情況。

設計階段採用FDS進行3D煙控模擬，模擬隧道發生火災時，煙層分布、能見度、溫度、CO濃度分布之結果如圖15 [10]所示，以單點排煙可將隧道內熱煙控制於火場、排煙口間，確保用路人安全。

為提供東部民眾「安全回家的路」，蘇花公路改善工程，於2011年1月29日開始動工，通車前針對長隧道安全，進行各項隧道安全相關設施測試及演練，圖16為全尺度火盆煙控設施測試。本項工程已於2020年1月6日全線通車，宜蘭往返花蓮行車時間，

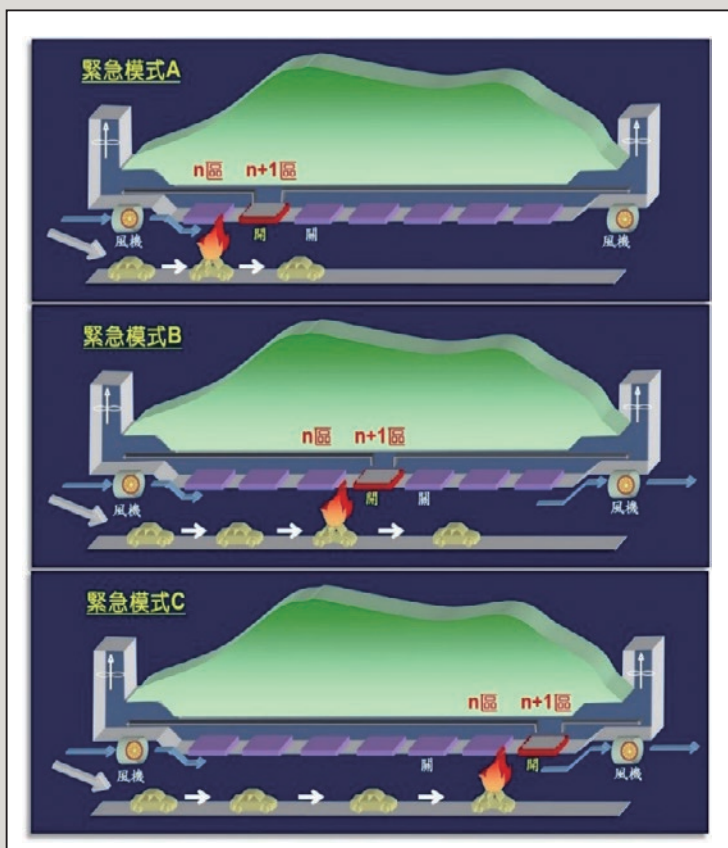


圖14 複合型點排式通風排煙系統移動式緊急模式[8, 9]

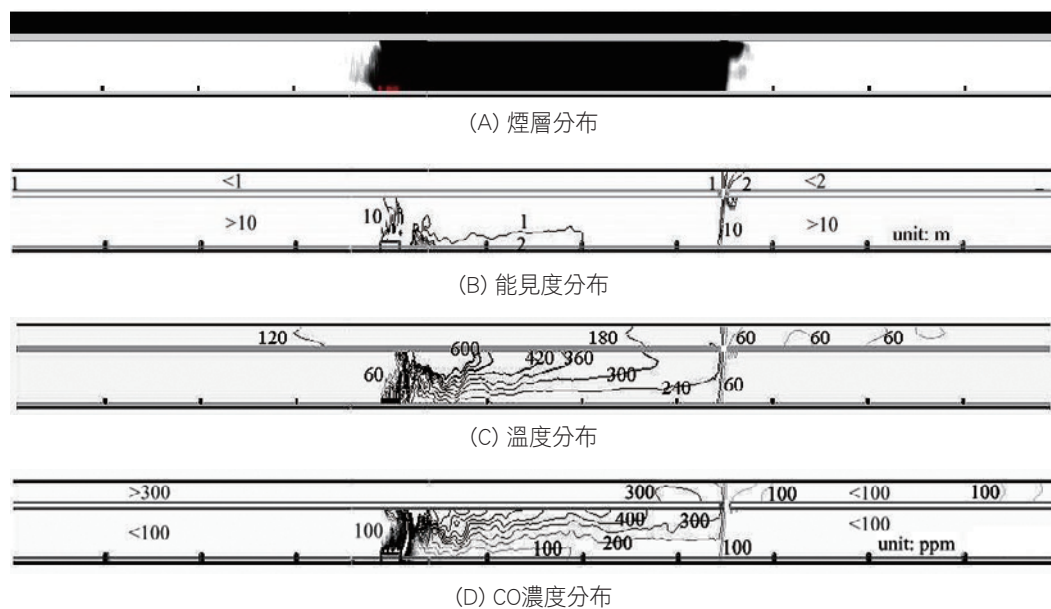


圖15 FDS煙控模擬結果[10]



圖16 全尺度煙控測試

從160分鐘縮短至100分鐘，大幅提昇蘇花公路用路安全與便利性。

結語

鑑於隧道工程規模日漸龐大，每一專案

計畫在獨特的交通、經濟、環境、建設與安全條件下，由主管機關、設計、監造、承包商等共同努力達成。長隧道通風與排煙不僅是設計與施工過程中重要的課題，隧道安全更是未來營運管理關鍵的課題。蘇花改觀音、谷風隧道係利用台

鐵舊北迴觀音隧道中斜坑作為通道，經由新設之水平通風管道及豎井導入主隧道進行通風，建置了中橫坑排氣機房、中斜坑進氣機房、南斜坑排氣機房，就隧道建造成本與安全設施機能之間尋求平衡點。觀音隧道所採用複合型點排式通風系統，為最新趨勢之改良型通風排煙系統，其排煙管道佈設於隧道上方空間，並於

兩側洞口設置噴流式風機；平時藉由點排式排煙口可迅速排出隧道區間內之廢氣，降低能源消耗；火災發生時，火災煙層由鄰近事故區下游之排煙口排出，而上游洞口噴流式風機輔助推送氣流，下游洞口噴流式風機可協助抵抗外氣，增加排煙效能。

參考文獻

1. 交通部公路總局第四區養護工程處，參考網址：<https://thbu4.thb.gov.tw/page?node=6861c85c-e12e-468e-b885-f3e9d29d40ed>
2. 施亮輝、邱豪磊、林啟基，公路隧道排煙與避難逃生系統之整合應用，中華技術第91期，2011年07月，pp 132-143。
3. Road tunnels: Vehicle Emissions and Air Demand for Ventilation, Permanent International Association of Road Congresses, R05EN, 2012.
4. 邱豪磊；林啟基，蘇花公路改善工程兩隧道間氣流干擾及煙控策略分析，第十一屆海峽兩岸隧道與地下工程學術與技術研討會，2012年11月1, 2日，pp B-3-1~11。
5. EUREKA 499, Fires in Transport Tunnels: Report on Full-Scale Test. EUREKA-Project EU499: FIRETUN Studiengesellschaft Stahlanwendung e.V. D-40213 Dusseldorf 1995.
6. Memorial Tunnel Fire Ventilation Test Program - Test Report - Massachusetts Highway Department and Federal Highway Administration, November 1995.
7. 李伊平、簡賢文，「由國內長隧道現有消防機制探討國道公路隧道消防救援最適模式暨效益評估計畫」，交通部臺灣區國道新建工程局委託研究案，成果報告，2009。
8. 陳福勝、侯嘉松、陳正勳、邱豪磊、楊偉良，公路隧道安全及其襯砌結構防火考量探討，中華技術第67期，2005年7月。
9. 交通部公路總局蘇花公路改善工程處全球資訊網，參考網址：<https://appsuhua.thb.gov.tw/tw/article/detail.aspx?detailid=174>
10. Chi-Ji Lin, Yew Khoy Chuah, "A Study on Long Tunnel Smoke Extraction Strategies by Numerical Simulation", Tunnelling and Underground Space Technology, Vol. 23 (2008)/5, pp 522-530.



機場智慧化設備 更新—以桃園機場 第一航廈空調 設備整建案為例

關鍵詞(Key Words)：建築資訊模型(BIM 3D)、機場設施(Airport facility)、中央空調系統(HVAC system)、室內空氣品質(Indoor Air Quality)、設備整建(Equipment replacement)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／機械部／工程師／林冠廷 (Lin, Kuan-Ting) ①

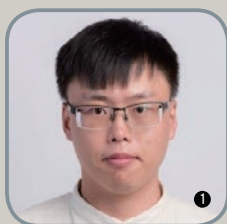
台灣世曦工程顧問股份有限公司／機械部／技術經理／蔡福順 (Tsai, Fu-Shun) ②

桃園國際機場股份有限公司／維護處／處長／易顯榮 (Yi, Hsien-Jung) ③

摘要

桃園國際機場近年來隨著出入境旅客逐年攀升，航廈空調設備老舊、運轉效率差，不僅不利於節能省電，也無法提升旅客舒適度，第一航廈所屬出入境大廳、南北登機長廊、候機室及舊海關大樓的空調設備老化且尚有不斷改建裝修或相關服務影響空調品質。

本文由本公司規劃設計及監造之第一航廈空調系統設備整建為例，探討機場空調設備整建工程於需求確認、細部設計、進度管控、施工品質等規劃設計及監造工作，有別於一般空調整建工程作法，並探討智慧化BIM技術應用於機場空調整建方式，可做為未來機場相關汰換整建工程技術服務精進參考。



Intelligent equipment upgrade in the airport HVAC- with Taoyuan International Airport Terminal 1

Abstract

Passengers of Taoyuan International Airport has increasing in recent years. HVAC equipment of Terminal 1 is old and operate by low efficiency. Not only consume more electricity power, but also decrease comfort for Passengers. It because HVAC equipment of Terminal 1(including lobby, corridor, departure lounge and customs office building) getting old. And add more decoration or facility for Passengers services.

This article will take the terminal 1 of Taoyuan International Airport as an example to discuss the design and site supervision of airport equipment in demand confirmation, detail design, engineering quality. And discuss the application method of intelligent BIM in the airport HVAC. As a better reference for airport equipment replacement in the future.

3

專題報導

壹、前言

桃園國際機場第一航廈及周邊空調設備整建工程由桃園機場公司維護處主辦，台灣世曦工程顧問股份有限公司辦理設計監造，107年11月29日決標予施工廠商旭冠工程股份有限公司，107年12月21日開工，契約工期620日曆天，完工期限為109年8月31日，實際竣工日期為109年7月31日，原契約金額為132,650,000元整(含稅)，契約變更後總金額為143,558,177元整(含稅)。本文就機場空調系統設備整建工程範圍(圖1)執行過程之規劃需求、細部設計細節、施工進度管控、品質管理等設計監造工作，在一般空調工程生命週期例行設計監造執行工作之外，針對機場工程應特別注意之管理重點及作法，以及智慧化BIM技術應用於機場工程模式進行說明。

貳、空調工程整建規劃設計監造技術服務重點及作法

一、需求確認

(一) 規劃需求具體明確，奠定施工階段良好基礎

規劃階段指派專業工程師與業主及維護單位溝通現場空調使用情形及設備運轉狀況，使各空間需求明確定量定性、使用者需求具體化，並以BIM 3D探討現況(圖2)，讓業主及維護單位了解實際情況，降低未來施工階段增加變更設計的機率，避免履約爭議，使契約執行更加快速及合理化。

(二) 建立機場空調施工方式及流程

為確保空調整建期間施工方式及程序能滿足機場航廈旅客舒適度需求，透過建立妥善之施工方式及流程(表1)作為施工監造階段之執行



出境大廳



南北登機長廊



候機室



舊海關大樓

圖1 桃園國際機場第一航廈空調工程整建範圍

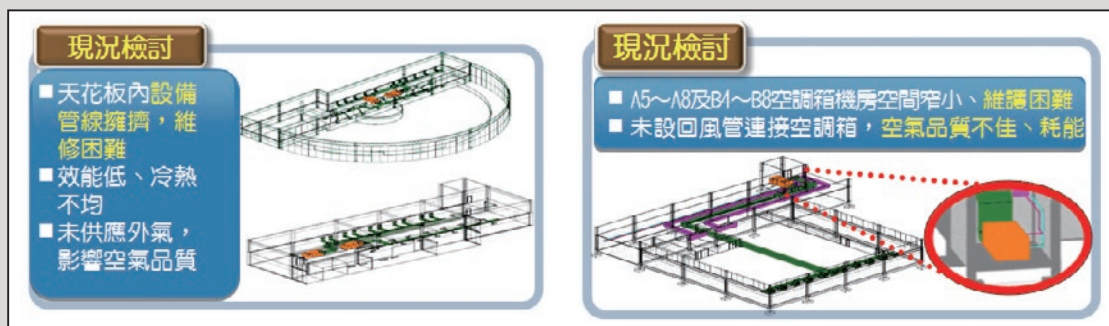


圖2 南北登機長廊及候機室空調現況

表1 施工監造階段之施工方式及流程

工區	施工方式及流程
舊海關大樓	既有系統持續運轉下：施工承商需配合現場使用單位執行冷風機汰換作業。於既有系統隨時出問題前，完成冰水系統建置，避免使用單位無空調供應之危機。
南北登機長廊空調機房	先行建置戶外空調箱供應長廊空調無虞，再將南北長廊區劃逐區汰換空調箱設備，第一次施作小範圍測試其影響情形及應對方法，找到兼顧機場營運及汰換整建之平衡點。
候機室	施工期間降低營運衝擊：主動邀集航空公司、航警局、地勤、免稅商店等單位於施工前召開說明會，將施工黑暗期對旅客影響降到最低。

流程，預先規劃讓施工廠商進場後據以辦理，並於施工監造階段時要求詳實記錄(如會議記錄、施工計畫等)，以落實後續施工執行。

二、細部設計

(一) 機場空調整建汰換設計說明

桃園國際機場第一航廈候機室、登機長廊、出入境大廳及周邊舊海關大樓空調設備老舊、效率低、故障率高，且已達財政部「固定資產耐用年數表」年限，須予以汰換更新，以提升設備能源使用效率、減少能源浪費、提高設備運轉可靠性及穩定度，並提供旅客及作業人員舒適環境，以強化桃機公司服務品質。

(二) 南北登機長廊及候機室細部設計

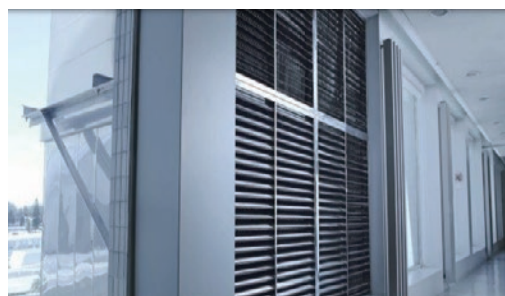
目前南北登機長廊各有24部空調箱容量介

於13~20RT範圍，安裝於2樓天花板內，其中24部供應2樓入境長廊，以天花板送回風方式提供冷氣、24部供應3樓出境長廊以3樓地板出回風方式提供冷氣，其設備本體已達汰換更新年限外，尚有設備及後期新增管線佔滿天花板空間造成維護困難、回風未連接管路影響冷房效能、冷熱不均(熱空氣堆積氣流死角)，以及新鮮外氣補充不足等待改善現況。

考量新增設備管線全數重新汰換更新，因維護空間不足可能嚴重影響機場營運，故將原天花板內空調箱容量減半，使新設空調箱周遭留有空間足以進行維護保養。減半之容量則於長廊外側增設12處戶外空調箱，透過A316不銹鋼風管將部分回風及新鮮外氣供應長廊(圖3)，同時一併預先使用三維模擬軟體，模擬室內改善前後之舒適度，以解決冷熱不均情況。



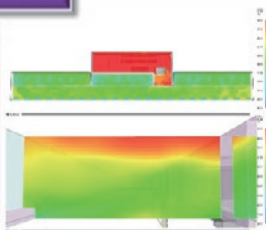
增設戶外空調箱及保護設施



出回風百葉

改善前氣流模擬分析

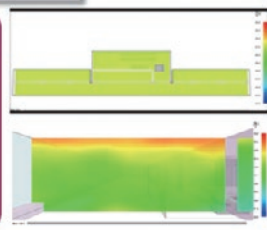
- 長廊溫度約 26°C
- 熱空氣累積天花板附近



改善前熱空氣堆積

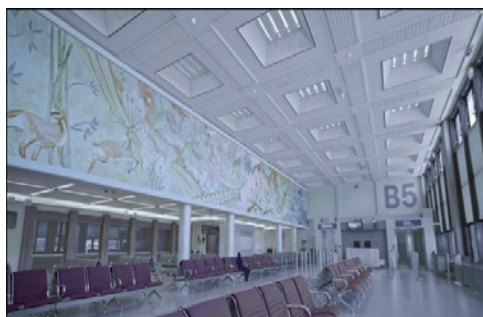
改善後氣流模擬分析

- 長廊溫度約 24°C
- 改善溫度偏高及冷熱不均，提升舒適度



改善後舒適度及環境品質提升

圖3 長廊外側增設12處戶外空調箱及室內改善前後模擬情形



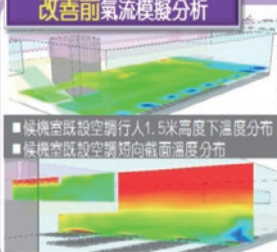
候機室新設兩部20RT立式空調箱



流線格柵造型營造美感

改善前氣流模擬分析

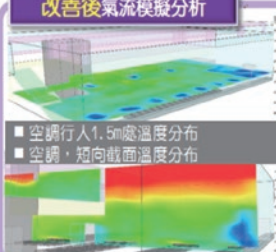
- 候機室既設空調行人1.5米高度下溫度分布
- 候機室既設空調箱向截面溫度分布



改善前冷熱不均

改善後氣流模擬分析

- 候機室溫度約 24°C
- 回風管連接空調箱，改善冷熱不均，可提供外氣換氣



改善後舒適度及環境品質提升

圖4 候機室新設兩部立式空調箱採流線型格柵包覆

第一航廈A5-A8及B4-B8候機室其空調機房空間窄小、維護困難，且空調箱過往因故未連接回風管，採透過空調機房空間回風。

本次整建汰換工程將機房內空調箱容量由50RT降至30RT，減少設備尺寸，增加60~120cm維護空間，並增設回風管及機房開孔引入新鮮

外氣，提高機房內空調箱之性能及增加候機室室內環境品質。候機室內新設兩部20RT立式空調箱，計40RT，每個候機室空調容量增為70RT，提升1.4倍備援容量，並採流線格柵造型包覆營造候機室整體美感，並預先模擬室內改善前後舒適度(圖4)。

(三) 出入境大廳細部設計

第一航廈東西兩側出入境大廳靠近外牆窗邊各設有48台小型冷風機，其功用為消除出入境大廳外圍之熱負載，現因設備老舊及部分建築裝修縫隙導致熱空氣滲入或冷風機出口未能緊密連接出風口，而影響冷房效能。除汰換全數96台小型冷風機設備外，並在拆除施作過程中檢視設備周遭建築縫隙，或安裝施作過程中確保冷風機出口與出風口緊密連接無洩漏。

(四) 舊海關大樓細部設計

舊海關大樓現為行政院農委會動植物防疫檢疫局新竹分局，其既有空調系統已經使用長達16年，運轉效率不佳使得檢疫人員的工作環境品質下降，藉由本次空調整建工程，不只解決頻繁故障問題，也有效提升檢疫作業效率。經改善後重新設計一次空調冰水系統，省去4台二次冰水泵之初設成本及運轉成本，冰水主機採用雙螺旋式一定頻一變頻壓縮機，COP達4.92(符合經濟部能源局空調系統冰水主機能源效率標準)，且增設平衡閥確保各樓層空間冰水

供應量平均分配(圖5)。

三、施工管控

現場施工品質管理仰賴監造計畫內容是否務實，監造計畫於工程開工前依據委託契約、行政院公共工程委員會頒佈之監造計畫製作綱要及公共工程施工品質管理作業要點提送審查核定，後續依歷次上級工程督導查核紀錄及工程會109年4月27日修正監造計畫暨品質計畫製作綱要辦理修正版。

(一) 施工階段品質管理

監造單位審查承商送審文件計有整體分項施工暨品質計畫34件，施工圖說18件，主要施工圖說為風管工程、水管工程、控制工程及配電工程等。材料設備依監造計畫第5章送審管制總表完成全數36件審查核定，所有文件審查均依契約相關圖說規範辦理，且審查無逾期。

材料設備檢驗作業由監造人員會同承商進行抽取樣送驗，以本工程冰水管路用之鍍鋅鋼管為例，依契約規範第15105章管材鍍鋅鋼管CNS4626試驗，並蓋有監造單位之判讀合格章，落實監造計畫查驗標準作業程序。本工程全數檢驗成果統計完成有鍍鋅鋼管5次(含交通部工程查核1次)、導線管4次、電纜線5次、混凝土4次，鋼筋1次，合計19次，檢驗成果均符合



採一次冰水系統設計



雙螺旋一定頻一變頻冰水主機

圖5 舊海關大樓新設空調系統

契約規定。

監造計畫第7章設有各項施工抽查作業流程，以冰水主機為例，於抽查標準表訂有定量定性描述，例如：設備廠牌、規格(型號)、安裝位置標示於圖面、基礎尺寸、配管空間等。執行施工抽查時依現場實際情形描述填入抽查紀錄表。本工程監造單位施工抽查停留點總計完成59次，此外在施工過程中實施隨機抽查，即時發現缺失，要求承包商立即改善，確保工程品質。

(二) 施工階段精進作為

空調工程重要設備例如冰水主機及監控系統均在原製造廠內進行檢驗與試車，以確認其能符合性能要求。冰水主機採CNS12575測試標準，實驗室具TAF認證。

為降低空調動力盤停機檢修對機場旅客及使用單位影響，在進行配電盤結線作業時，要求施工人員將端子螺絲鎖固，同時在上面畫線作記，當未來移交維護人員檢點時，可易於發

現鬆脫情形、快速恢復空調供應。

候機室新設備援空調箱，冰水供應來源為南北長廊之冰水主幹管，故必須在供應整段南北長廊的冰水主幹管進行Tie-in插管作業，Tie-in插管作業過程需考量放補水時間及確保Tie-in插管燒焊品質，本工程全數38個Tie-in插管點，在周全準備下避免南北長廊完全無空調供應危機(圖6)。

對於設備吊運、安裝與拆除過程，擬定施工計畫、保護措施及緊急應變等優化方式。閥件與管路之固定對鎖，考量系統運轉耐久性，以扭力扳手定位定磅後由施工人員及現場工程師在螺栓上畫記(圖7)。冰水管路除一般依契約規定試水試壓1.5倍工作壓力或10kg/cm²外，另抽檢進行PT焊道染色滲透檢驗(圖8)，確保管路焊道品質。

(三) 施工階段進度管理

執行整建汰換施工過程的相關介面協調與品質保證是首要任務，然過程中尚須面臨旅

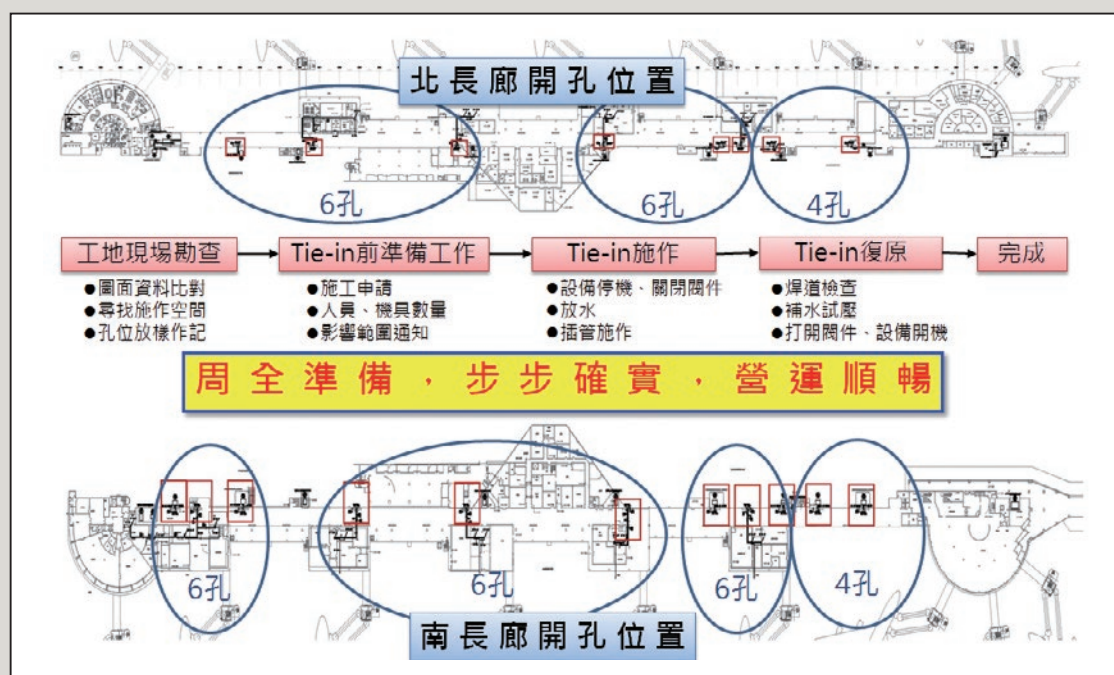


圖6 南北長廊的冰水主幹管38個Tie-in插管點一夜完成



圖7 施工階段優化桃園機場服務品質



圖8 抽檢進行PT焊道染色滲透檢驗，確保管路焊道品質

客、免稅商店、地勤、航空公司、檢疫等使用者隨時隨地可能會影響現場施工進度的挑戰。施工團隊除依契約每週固定召開週進度會議，掌握每週施工執行狀況，協調與有關單位之互動，並於各分項工程施工前召開施工說明會，邀集所有相關單位會勘，事先排除各種現場施工時可能遇到的困難或著手前置準備作業，現場實際執行情形藉由滾動式檢討修正，調整施工順序或時間。本工程雖施工區域廣泛、介面

複雜，但在妥善規劃及滾動式檢討修訂下，自開工到109年7月31日實際進度穩定超前，並提前一個月申報竣工。

本工程在109年4~5月於南登機長廊B1-B5施作過程適逢機場受新冠肺炎疫情影響，配合交通部趁空檔維修機場政策，加速執行該區空調汰換工程，協助桃園機場做足準備，待疫情結束後，用最好的室內環境品質再創桃園機場

服務佳績。

參、工程執行挑戰

本工程契約工期長達620日曆天，然而自開工即是一個營運中機場，第一航廈啟用至今長達40年之久，如同一台行駛40年的車子，在汰換零件的過程仍要繼續行駛。施工團隊依照各分項工程及施工範圍採取各項應對措施，候機室及舊海關大樓以先行建置新設備後再拆除舊設備；辦公室架設臨時空調維持營運；南北登機長廊事先調查設備管線位置放樣以減少汰換時間及施作圍籬範圍，藉由以上各種措施將空調整建汰換對航廈營運及旅客的影響降至最低。

一、管路Tie-in作業

候機室新設20台空調箱，冰水供應來源為南北長廊之冰水主幹管，故需在供應整段南北長廊的冰水主幹管進行Tie-in插管作業，Tie-in插管作業因空調停機，必須選在冬天外氣溫度最低時施工，避免造成旅客不舒適。第一航廈南北長廊冰水主幹管總計長達1.2公里，供應第一航廈南北長廊18間候機室及機坪辦公室等空調，事先需跟維護單位協調放補水點的閥件位置、計算放水所需時間、補水壓力及時間等，確保Tie-in插管作業按照計畫書進度時程執行。本工程全數38個Tie-in插管點規劃安排4組工班人員同時展開，不只施作項目需在一夜完成，管路燒焊更是須符合品質管理標準。

二、避免影響旅客，降低營運衝擊

空調汰換區域包含候機室、南北登機長廊、出入境大廳等，皆屬於旅客活動範圍，候機室施作前需調查當天夜間出入境航班，施工過程產生噪音或異味，需避開旅客。南北登機

長廊及候機室汰換工程事前勘察放樣、提出分項施工計畫減少汰換時間及施作圍籬範圍。除航廈內旅客活動區域，新舊空調設備進出航廈建築物需佔用旅客車道，依照機場及航警規定提出申請，利用夜間離峰車潮進行吊掛作業，大幅降低機場營運之影響。

肆、智慧化設備更新無縫接軌

空調整建汰換工程牽涉介面廣泛，包括建築之基礎座、管線路穿牆，新舊設備擺設位置、新舊管路銜接點、配管動線等，尤其桃園機場第一航廈為長達40年之老舊建物，設計單位有鑑於此，在規劃設計階段即超前部屬，於舊海關大樓、南北登機長廊、長廊1樓空調機房風管連接動線等施工階段可能發生之介面癥結點，利用BIM 3D技術協助提供施工廠商熟悉工程難題、解決對策，有效加速介面溝通及縮短工期。BIM 3D模型可同時透過本公司自行研發之材料數量自動計算，加速提供準確的重要使用材料數量統計，避免材料浪費或不足，提高工程全生命週期。

舊海關大樓為防檢局現使用中之大樓，設有實驗室、辦公室、會議廳等，透過BIM 3D技術準確定位空調機房冷卻水及冰水新舊幹管銜接點，空調負載側平面冰水管路新舊動線避免衝突，及小型冷風機新設備安裝位置放樣，加速施工圖繪製及正確性(圖9)

南北登機長廊之空調箱位於2樓入境長廊天花板內，既有空調箱設備下方因後期新增其他各式管線，佔滿天花板空間，造成前置及復原作業複雜。利用BIM 3D繪製及研擬施工順序，管線移設及復原(圖10)，成功減少施工階段因不可預期因素延宕工程進度之可能。

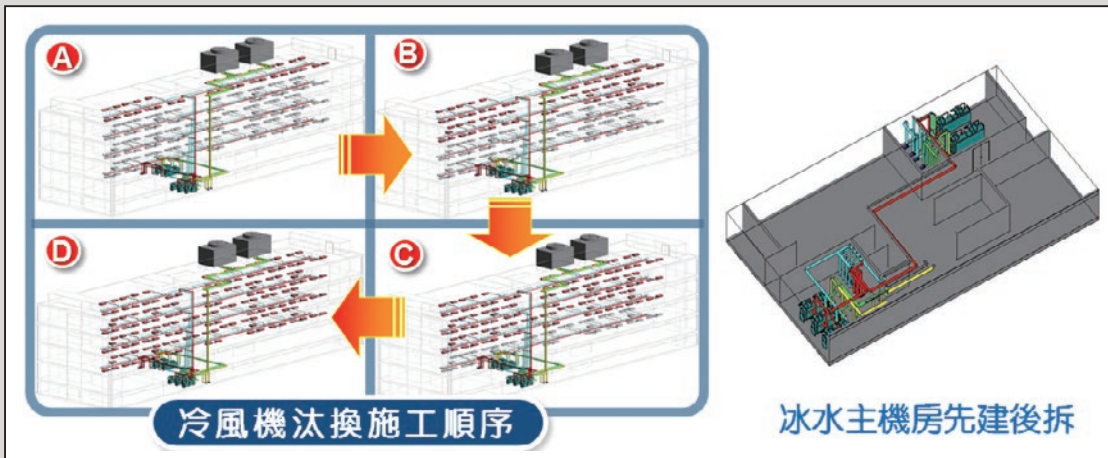


圖9 舊海關大樓智慧化設備更新應用

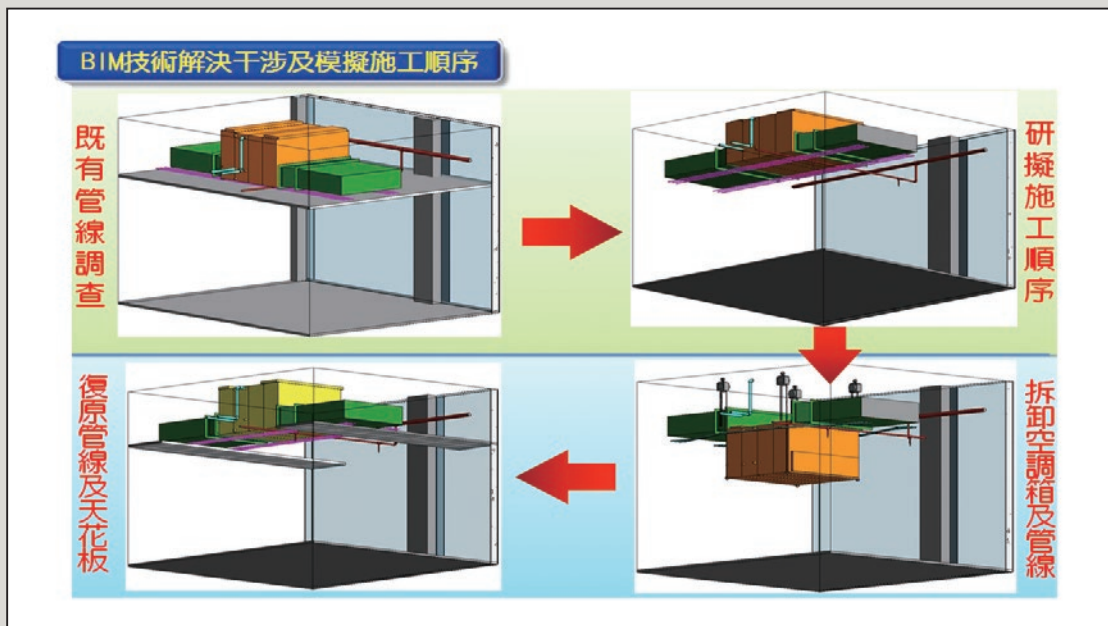


圖10 南北登機長廊智慧化設備更新順序

結語及展望

一、整體效益分析

本工程由於設計施工團隊研提完善設計與施工計畫，得以確保施工期間機場營運順暢，以及施工人員、機械、車輛之安全；舊海關大樓、南北長廊及候機室採先建後拆、半半施工等方式，避免影響旅客安全與舒適，且執行之成效良好。在勤務或旅客車道施工過程，由於監造現場人員無時無刻進行安全教育指導及各

種保護措施，成功使營運中的機場無旅客或本工程施工人員任何災害，本工程零職災。

工程進度自開工迄今，歷經六次工程施工督導查核成績優異，且一直穩定維持工程進度超前，較預計完工日提早一個月提報竣工。

彙整本工程改善後五大效益：

- (一) 設備更新，旅客開心：汰換第一航廈含新增備援110台空調箱，增加設備使用效率

及冷房容量，提高航廈室內舒適度及環境品質10%以上，足以應付機場旅客人數逐年成長。

(二) 效能提升，減少支出：第一航廈及其周邊空調系統更新後預期可節省用電容量92kW，每年節省約106萬元電費支出，全年節省約39萬度電。

(三) 系統可靠，維護便利：採先建後拆，避免施工期間無空調可供應之窘境。並考量日後維護保養便利性，增加天花板及空調機房作業空間60-120cm。新設空調箱增加1.4倍備援容量。

(四) 節能減碳，國門形象：降低約20萬公斤碳排放量，相當於0.52座大安森林公園一年的吸碳量，2020年桃園機場取得機場綠色認證-白金獎、機場碳認證等級三-最佳化。

(五) 配合國家政策堆動，加強宣導新型冠狀病毒（COVID-19）防疫措施，工地出入口放置額溫槍及酒精，並於人員進入時量測體溫。並調整施工進度之順序，優先針對入境長廊旅客匯集點進行空調箱汰換，提供疫調人員及旅客舒適安全的環境。

二、機場整建工程展望

桃園國際機場在109年11月慶祝改制為公司10周年，回顧過去10年桃園機場的蛻變與成長，現已規劃出未來10年第三航廈、第三跑道建設願景，持續打造國門新意象。

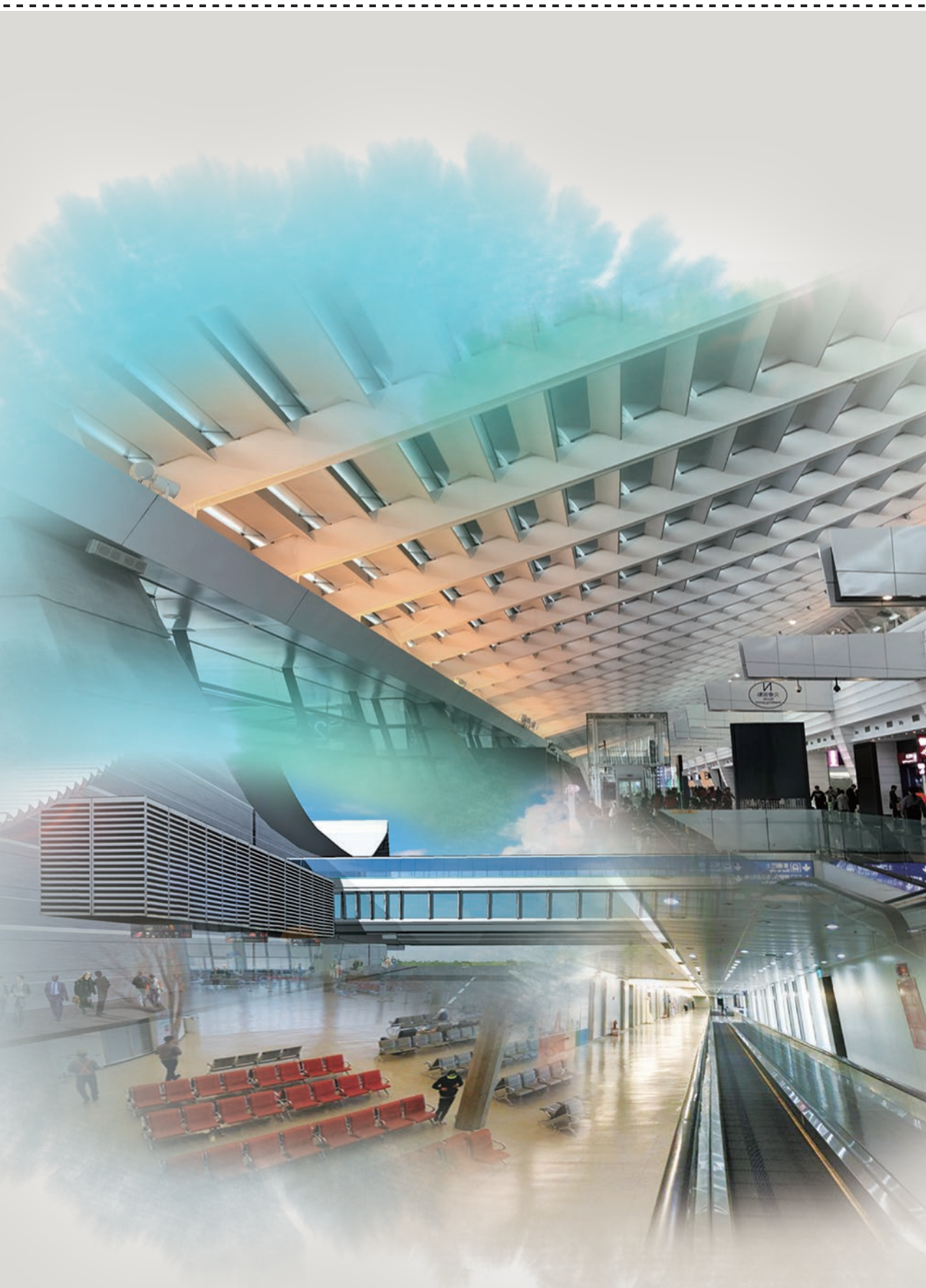
機場工程之規劃設計及監造技術服務扮演新建或整建機場的重要角色，有別於一般建築工程，機場工程工項繁多、機能特殊、使用單

位廣泛，整建工程更涉及機場飛航安全、旅客動線及介面整合等專業知識，因此專精於機場工程之規劃設計及監造技術服務團隊需具備相當專業能力及智慧化管理能力。

空調整建工程之成果雖然不起眼，但卻悠關航廈旅客整體舒適度、空氣品質感受，讓機場不再只是旅程的起點和終點，而是一個國家提供優良服務品質新亮點，提升全球旅客對台灣的第一印象，「用心，連結世界！」

參考文獻

1. 工程預算自主檢查暨整合查詢系統(PQRS) 相關資料，台灣世曦工程顧問股份有限公司，2019年。
2. 室內空氣品質標準，行政院環境保護署室內空氣品質管理法，2012年。
3. 台灣機場建設歷程與展望，中華技術123期-中華顧問50周年特刊，2019年。
4. 機場候機室內熱流分析與空調舒適度研究，國立臺北科技大學能源與冷凍空調工程系陳志瑋、顏維謀，2019年。



3

專題報導

鐵路機廠智慧型檢測及預警設備

關鍵詞(Key Words)：鐵路車輛維修設備(Railway vehicle maintenance equipment)、鐵路軌道檢查設備(Railway track inspection equipment)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／機械部／正工程師／王德民 (Wang, Te-Ming) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／機械部／副理／陳聖堯 (Chen, Sheng-Yao) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／機械部／協理／施亮輝 (Shih, Liang-Hui) ❸



摘要

隨著科技的進步，鐵路車輛運行速度不斷提升，運量也隨之增加，對於安全性的要求也更為嚴格，許多傳統需以人力作業的工作，逐漸為先進的設備所取代，如：車輛的車輪、碟剎、避震器與集電靴等驅動機構組件的量測及軌道的檢查設備等，以節省人力及物力，縮短作業時間，並提高作業準確度及可靠程度。

本文將介紹先進的鐵路車輛量測設備及軌道檢查設備，包括：功能、原理、操作方式及檢測結果對維修的助益，並說明規劃設計時應注意事項及相關介面需求，以做為未來辦理相關工程設計之參考。



Intelligent detection and warning equipment for railway depot

Abstract

With the advancement of science and technology, the running speed of railway vehicles continues to increase, and the volume of transportation increases. The requirements for safety are also stricter. Many traditional tasks that require manual operations are gradually replaced by advanced equipment, such as: the measurement of driving mechanism components such as wheels, disc brakes, shock absorbers and collector shoes, and track inspection equipment, etc., to save manpower and material resources, shorten work time, and improve work accuracy and reliability.

This article will introduce advanced railway vehicle measurement equipment and track inspection equipment, including: functions, principles, operation methods and test results to help maintenance, and explain the matters needing attention in planning and design and related interface requirements for future processing reference for related engineering design.

3

專題報導

壹、前言

隨著科技的進步，鐵路車輛運行速度不斷提升，運量也隨之增加，對於安全性的要求也更為嚴格，許多傳統以人力作業的工作，在技術創新的要求下，逐漸為先進的智慧型設備所取代，如：車輪組、煞車碟片、車軸軸承及牽引馬達溫度、避震器與捷運車輛的集電靴等鐵路車輛驅動機構組件的量測及軌道的檢查等設備，採用非接觸式檢測方式，不僅可節省人力及物力，縮短作業時間，其檢測結果具有高準確度及可靠性，並可即時顯示檢測數據或預先發出警告，大幅提升作業效率。

台灣世曦工程顧問公司多年來辦理捷運、台鐵及高鐵等各種鐵路車輛維修機廠之規劃設計及監造工作，熟稔於維修工廠作業區之維修流程、設備需求與配置及相關介面。

本文擬藉由參與鐵路車輛維修設備採購案之規劃設計監督經驗及對鐵路車輛維修機廠作業需求的了解，介紹智慧自動化鐵路車輛量測設備及軌道檢查設備，包括：功能、原理、作業方式及檢測結果對維修的助益，並說明規劃設計時應注意事項及相關介面需求，以饗讀者及為設計作業之參考。

貳、鐵路車輛量測設備

鐵路車輛的車輪、輪軸、避震器與集電靴等驅動機構組件，攸關行車的動力與安全，向來都是鐵路車輛的檢查重點，各項組件之智慧自動化量測設備分述如后。

一、車輪智慧檢測系統

可用於量測車輪踏面磨耗情形、量測車輪真圓度，診斷車輪踏面的缺陷(裂紋等)與煞車

碟片等作業，並可偵測車軸軸承及牽引馬達溫度。



圖1 車輪檢測系統外型布置圖

設備採用模組化設計，分別依據檢測需求，設置於軌道區適當位址，主要分為5套模組(圖1)，包括：

(一) 車輛辨識系統

當列車接近時，安裝於檢測區前方之感應器可依據車輛之辨識貼片，進行辨識及記錄有關列車資訊包括：日期、時間、車速、行進方向、列車編號、轉向架編號、輪對編號、車輪位置及列車輛數等。

(二) 車輪踏面磨耗檢測系統(車輪踏面診斷設施或車輪磨損檢測設備)

以設置在軌道內側及外側之量測設備(雷射光)，投射於車輪踏面，利用圖像量測技術，量測車輪踏面外型(如：輪緣高度、輪緣厚度等)，以高解析度的數位攝影鏡頭，拍攝記錄車輪踏面之外型(圖2及3)。

作業方式使用智慧非接觸式動態量測，車輛以慢速通過檢測區，檢測系統分別自動進行量測，將結果與標準值進行比對並記錄，以分析磨耗情形及行車趨勢，瞭解車輛的現況，當

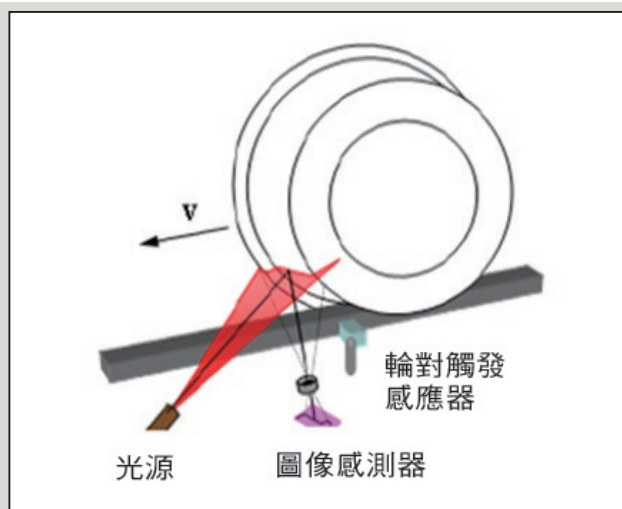


圖2 車輪檢測系統元件

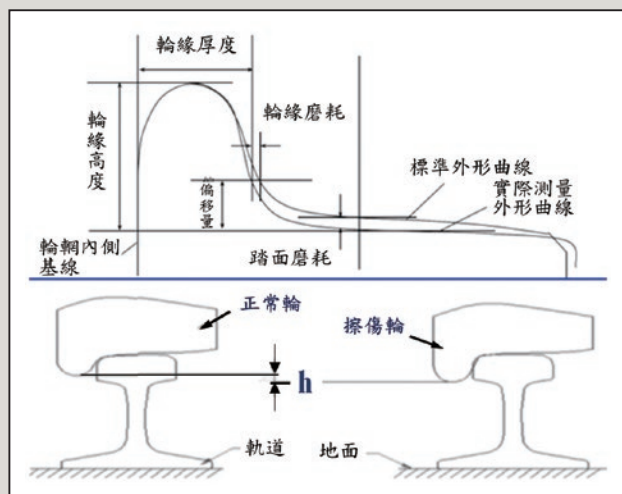


圖3 車輪檢測系統原理

超過系統設定之容許值時，本系統可自動立即發出警告訊號，以便檢修人員進行檢修，並提供規劃適當保養計畫所需之基本資訊，以確保車輛符合業主相關品質標準，並傳送至維修管理系統(MMS)作為追蹤列管，及早預知可能發生的故障，減少人工，增加作業準確度(圖4)。

(三) 車輪真圓度檢測系統

以設置在軌道與軌枕間的智慧負載感應器，量測記錄車輛各組輪對之軸重(因車輪真圓度改變所造成之衝擊值)，據以推估判斷車輪真圓度。

(四) 車輪裂縫偵測系統

以設置在軌道內外兩側的智慧聲波探頭，發射聲波於車輪踏面，再依據聲波接收器所接收之聲波，判斷車輪踏面淺層缺陷(圖5)。

(五) 煞車碟片檢測系統

以設置在軌道內外兩側的智慧多重光源探照煞車碟片，顯現碟片邊緣特徵，再以高解析度的數位攝影鏡頭，拍攝煞車碟片圖像，由系統量測煞車碟片之剩餘厚度，以瞭解煞車碟片之磨耗情形(圖6)。

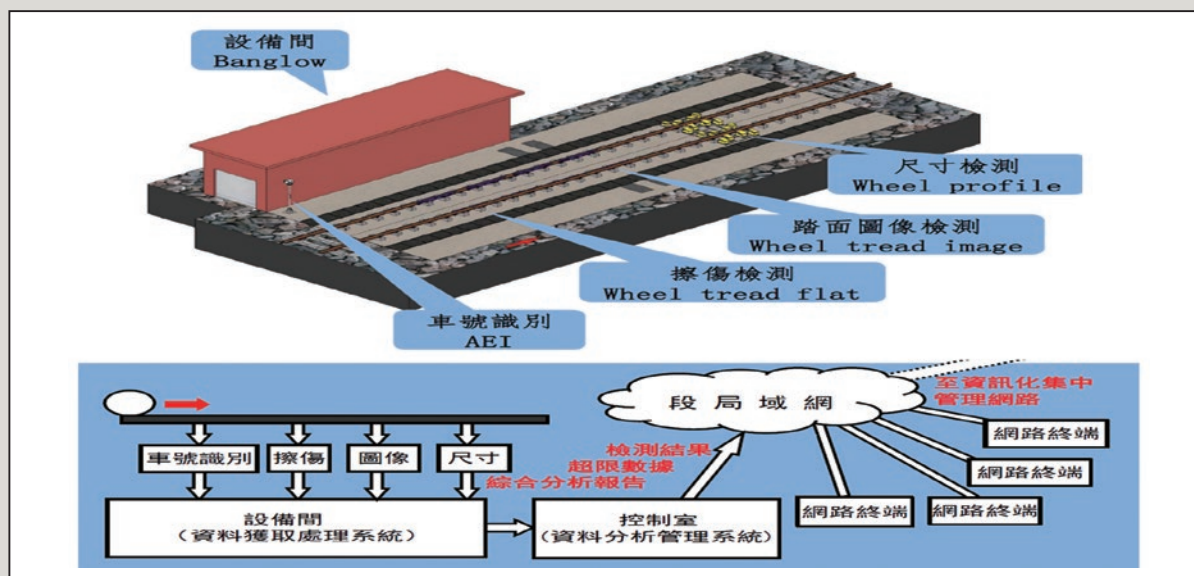


圖4 車輪檢測設備系統架構

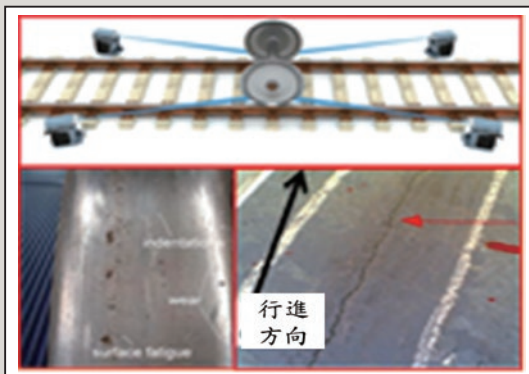


圖5 車輪裂縫偵測原理

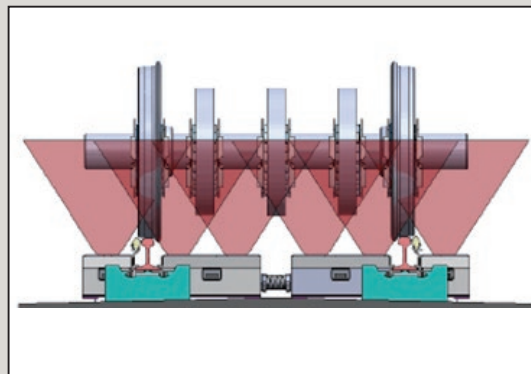


圖6 煞車碟片檢測原理

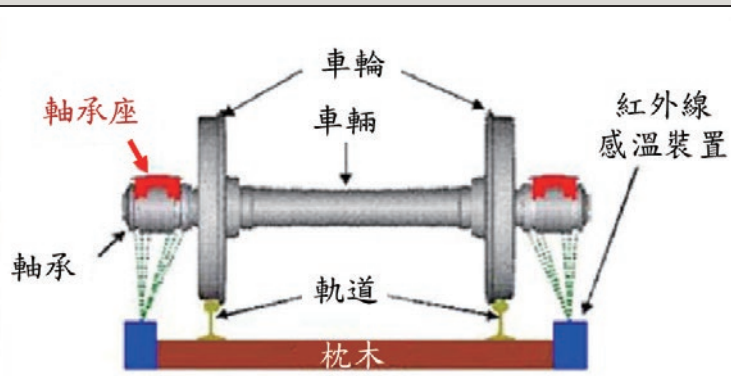


圖7 車軸軸承溫度偵測原理

(六) 車軸軸承及牽引馬達溫度偵測系統：

以設置在軌道的紅外線感溫裝置，偵測車軸軸承及牽引馬達之溫度，若有異常狀況即自動發出警告(圖7)。

二、避震器智慧檢測

由於現今鐵路車輛對車速、軸載重，噪音、振動、磨損及舒適度的要求與日俱增，故對於避震器的測試標準更加嚴謹。

檢測原理係對避震器施力，模擬運轉情形(簡諧運動)，並量測及繪製施力-行程之變化圖形，檢測結果將顯示於螢幕，並由系統進行分析比對，研判避震器的性能。

作業方式係將避震器置放於專用檢測台進行，並考慮溫度效應，由維修人員依據檢測結果進行調整及維修(圖8)。

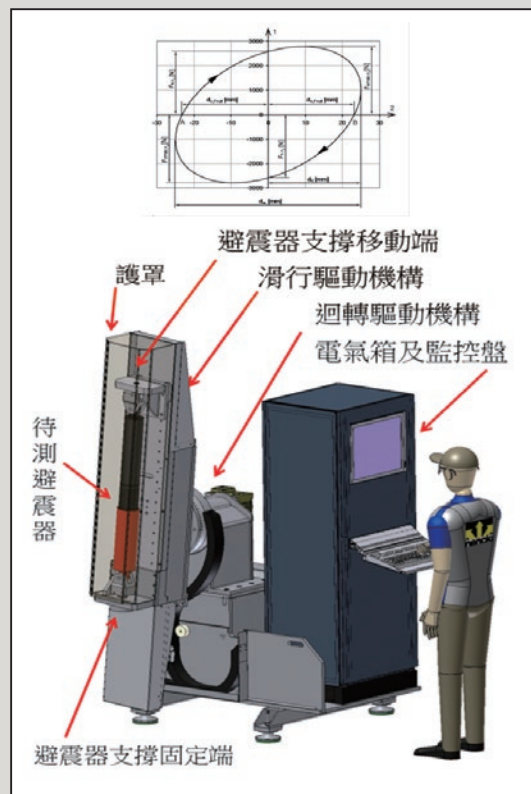


圖8 避震器檢測原理及設備配置

三、集電靴智慧檢測

以第三軌供電的鐵路車輛(如捷運列車)，需要檢測車輛集電靴之碳滑板厚度、碳滑板與臂軸高度及碳滑板接觸力等。

檢測原理係利用設置於軌道外側雷射發射器及圖像感測器，獲取碳滑板之三維空間位置關係，經由幾何運算分析碳滑板厚度、缺口大小與斷裂情況、碳滑板與臂軸高度(垂直方向)等參數，進而經由前述碳滑板在垂直方向的三維姿勢(上下傾斜度與前後傾斜度等)，推算碳滑板之接觸力。

作業方式亦使用非接觸式動態量測，處理系統將依據圖像檢測結果，對集電靴異常部件提出自動警示，並交由維修人員處理(圖9)。

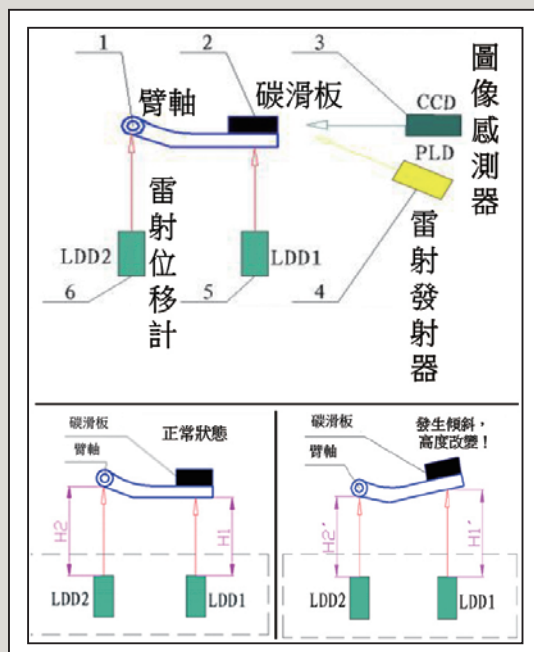


圖9 集電靴檢測原理及設備元件

參、軌道檢查設備

軌道主要需要檢查的部分，包括軌型、軌頭(踏面)、接頭、軌道裂紋等，對乘坐的舒適與安全性影響甚鉅，智慧先進的軌道檢查設備

利用高解析度、高速快門相機及電腦運算比對分析功能，以模組方式設計，裝置於工程檢修車輛底部或下方，對前述軌道部位進行非接觸式、動態檢測(行駛速度約100km/hr)，各項功能檢測模組分述如后。

一、軌型智慧檢測

用於偵測鋼軌踏面及側面之初期損傷，以便適當研磨以增加鋼軌使用年限。

檢測原理係採用三角量測方式，依據拍攝的圖像，計算鋼軌的橫斷面、縱斷面、軌距等相關數據，並分析磨耗情形。

作業方式係由工程檢修車輛行駛於待測軌道區，由車下檢測設備進行拍攝，經由系統智慧演算，評估鋼軌斷面狀況及瑕疵，並記錄所在位址，以便即時處理，避免擴大(圖10)。

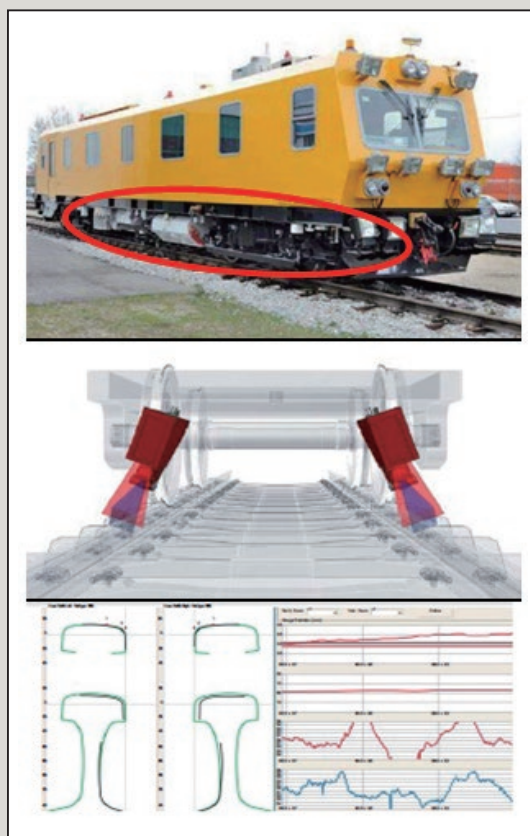


圖10 軌型檢測設備及原理

二、接頭智慧檢測

作業方式亦係由工程檢修車輛行駛於待測軌道區，由車下檢測設備進行拍攝，由檢視人員評估鋼軌連接鈑(魚尾鈑)是否正常連接(螺栓與螺帽是否有脫落情形)或出現裂紋等瑕疵，並記錄所在位址，以便即時處理，避免影響行車安全。

三、軌枕裂紋智慧偵測

軌枕裂紋亦有可能危及行車安全，目前先進偵測設備可自動檢出寬度0.5mm以上的裂紋，並記錄所在位址及發出警示。

肆、界面整合與規劃設計應注意事項

一、界面整合及協調

各項檢測設備設計完成(功能、規格、量體、配置、數量)的同時，必須確實檢討訂定各項界面需求，包括：

在設計階段，前述需求應先行估算規劃，在施工階段，當設備確定後，應由供應廠商依其設備，正式確認相關界面需求，整合界面圖說(如CSD與SEM)，方得據以施作。

二、智慧檢測設備與維修管理系統之配合

車輛檢測與軌道檢查等設備之作業結果，屬於追蹤管理項目，故須傳送至維修管理系統，在設計時，應考量前述設備之傳輸界面與維修管理系統之傳輸界面之整合(如各設備之傳訊方式及維修管理系統之收訊方式、線路之供應責任分界等)。

結語

檢測設備的作業方式與品質，關係到未來營運的順暢穩定，故規劃時務必縝密謹慎，採用智慧先進的非接觸式檢測設備，搭配智慧型的監控功能，以符合人性的創新設計，提供作業人員精確便利的工作環境與成果，將是未來的趨勢。

項次	界面項目	工作內容
1	設備與土建界面	應考量軌道、機坑、基座、管線槽溝、支撐結構、手孔、人孔、爬梯、預埋管線或構件之設置位址與量體需求。
2	設備與水環界面	應考量排水與污染空氣之處理設施及環境控制設施之設置位址與量體需求。
3	設備與電力界面	應考量供電需求(電壓、功率)及接地之設置位址等需求。
4	設備與機械界面	應考量給水、進氣、排氣、壓縮空氣之設置位址與量體需求。
5	設備與監控界面	應考量設備之監控需求、設置位址與量體需求。
6	設備與維修管理系統界面	應考量設備運轉與記錄資訊之傳輸設備的設置位址與需求。

檢測設備的配置，原則上仍應以機廠之維修型態、功能需求及作業流程是否順暢為主要考量，並應考量未來可能的維修需求，符合經濟性、安全性與預期服務水準等因素，本文所提供的檢測設備作業方式、流程與配置，謹供作為規劃設計作業之參考。

參考文獻

1. 李萬億、蘇培坤，「捷運機廠規設理念及相關維修設備」，捷運技術，第35期，(2006)。
2. 交通部高速鐵路工程局，「臺灣桃園國際機場聯外捷運系統建設計畫機電系統統包工程維修策略」(2008)。
3. 交通部高速鐵路工程局，「臺灣桃園國際機場聯外捷運系統建設計畫機電系統統包工程維修計畫(F版)」(2009)。
4. 交通部高速鐵路工程局，「臺灣桃園國際機場聯外捷運系統建設計畫機電系統統包工程機廠維修設備綱要設計報告」(2010)。
5. 施亮輝、周振發、王德民，「捷運及鐵路維修機廠規劃設計及先進維修設備應用探討」，中華技術107，(2015)。



智慧機場—行李處理系統及安檢設備智慧化應用

關鍵詞(Key Words)：智慧機場(Smart Airport)，行李處理系統(Baggage Handling System)，智慧安檢設備(Smart Security Equipment)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／機械部／副理／陳聖堯 (Chen, Sheng-Yao) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／機械部／協理／施亮輝 (Shih, Liang-Hui) ❷

桃園國際機場股份有限公司／維護處／處長／易顯榮 (Yi, Xian-Rong) ❸

摘要

智慧機場(Smart Airport)係充分利用新興或成熟的技術，透過感測元件之佈建與新舊資訊系統整合，盡可能將機場人流、物流運作軌跡轉為可分析的數據，並建立即時反應能力，以提升機場營運效率，並提升旅客服務品質。

鑒於國際各標竿機場均致力於邁向智慧化，桃園國際機場近年來亦積極進行數位轉型、提升智慧化，以有效地處理日益增多的運量，減少旅客排隊等候時間，因此「航機、旅客、行李」就是桃園機場目前正在努力數據化，邁向智慧化的三大項目。本文將由國際各標竿機場智慧化案例分享，說明桃園國際機場智慧化推動的進展。



Smart Airport-Intelligent Application of Baggage Handling System and Security Equipment

Abstract

Smart Airport makes fully use of emerging or mature technologies. Through the deployment of sensing components and the integration of new and old information systems, the flow of people and logistics operations at the airport can be turned into analytical data as much as possible, and real-time response capabilities can be established. To improve the efficiency of airport operations and improve the quality of passenger services.

In view of the fact that international benchmark airports are committed to becoming smarter, Taoyuan Airport has also actively carried out digital transformation and improved smartness in recent years, in order to efficiently handle the increasing traffic volume and reduce passenger queuing and waiting time. "Flights, passengers, and luggage" are the three major items that Taoyuan Airport is currently working on digitalization to move towards intelligence. This article will share the smart cases of international benchmark airports and explain the progress of Taoyuan Airport's smart promotion.

3

專題報導

壹、國際各標竿機場智慧化案例

一、杜拜國際機場智慧化案例

杜拜國際機場第三航廈於2018年底嘗試導入新一代智慧安檢閘門(Smart Gate)，又稱為智慧安檢隧道(Smart Tunnel)，截至2020年止，三個航廈出境及入境處已設置68個智慧安檢隧道(Smart Tunnel)。

一般智慧安檢閘門(Smart Gate)須在第一道門藉由護照掃描後，進入身分辨識區再進行臉部及指紋辨識，身分比對無誤後再開啟第二道門，而智慧安檢隧道系統(Smart Tunnel)已與阿聯酋身份證局資料庫連結，旅客以正常行進速度通過智能門隧道時，僅數秒間利用臉部辨識技術與身分證件上之照片進行AI智能分析，旅客可在15秒內完成護照身分查驗作業，可大幅降低旅客在機場通關辦理護照查驗時排隊等待時間，使世界上最繁忙的國際機場候機時間大大縮短。杜拜國際機場傳統人工安檢、智慧安檢閘門及智慧安檢隧道如圖1所示。



圖1 杜拜國際機場傳統安檢與智慧安檢示意圖（摘自<https://www.youtube.com/>）

二、巴黎國際機場智慧化案例

巴黎機場在物聯網和其他智能技術方面進行了大量投資，希望利用智慧技術的能力來提高效率、生產力和安全性。從遍布整個機場的傳感器來監視和管理溫度與照明；利用RFID標籤將行李更準確地運送到正確的航機；設置智能自助報到機(Check-in Kiosk)及自助行李託運設

備(Self bag drops)；具有臉部辨識及AI分析技術的攝影機可增強安全性，以及統一通訊網路實現整個機場的即時通訊等新技術的應用。

巴黎戴高樂機場在2017年部署新一代智慧安檢閘門(如圖2)，此新一代智慧安檢閘門結合AI大數據及影像分析技術，旅客只需借助護照和臉部辨識，便可以更快地通過登機口。新一代智慧安檢閘門，係導入智能生物識別功能，可提供所有擁有生物特徵護照之歐盟國民使用，傳統智慧安檢閘門只有乘客的手指與護照芯片中存儲的指紋匹配時，eGate才能打開，新

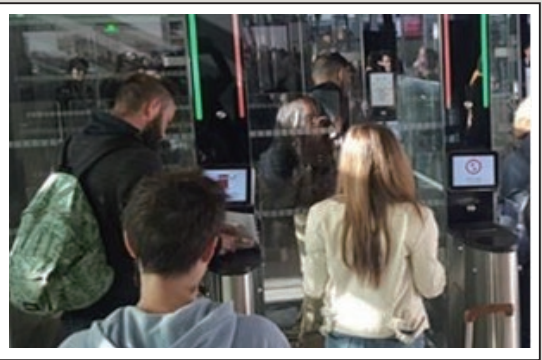


圖2 巴黎機場新一代智慧安檢閘門

（摘自<https://www.thalesgroup.com/en/markets/digital-identity-and-security/government/customer-cases/smart-gates-paris>）

的臉部辨識過程只需10至15秒，而傳統指紋辨識需要30至45秒，新智慧安檢閘門可大幅降低旅客排隊等候時間。

三、新加坡樟宜國際機場智慧化案例

新加坡樟宜國際機場對於智慧機場之發展願景，係透過分析和資源轉換進行服務管

理(Service Management through Analytics and Resource Transformation)，自2017年以來，樟宜機場使用連接技術實現其SMART Airport 的發展願景（如圖3），茲分別說明如下：



圖3 新加坡樟宜國際機場智慧機場願景圖
(摘自Vol.6 / Asian Management Insights)

(一) 航班到達時間預測系統：樟宜機場與SITA公司合作建構航班到達時間預測系統，該系統係建置一套機器學習（Machine Learning）模型，將航班到達的歷史數據及實時數據，利用深度學習技術以準確地預測長途航班的到達時間，並透過不斷的學習與驗證，增強預測模型以及數據源，將預測準確性不斷提高至近95%的準確性。可提升機場入境運營的支援能力，有助於改善旅客、行李搬運及地面運輸服務的服務交付計畫和執行，減少旅客排隊或發生嚴重情形，提高服務人員的利用率和生產率。

(二) 跑道異物碎片檢測：樟宜機場利用視覺分析來檢查跑道中的“異物”，航空業將其稱為“異物碎片（FOD）檢測”。FOD通常是小東西，例如鑰匙、鋼筆、電池、硬幣，甚至是不小心從口袋裡掉下來的工人手套。這些看似微不足道的物品可能會對飛機造成重大損害，甚至可能導致重大事故。

(三) 智慧機坪：為符合國際航空運輸協會第753號(IATA 753)決議，樟宜機場在行李分揀區，行李處理人員使用手持設備掃描行李，然後將其裝載到行李輸送機上，以轉發到各自的飛機上，樟宜機場在空側亦建置Wi-Fi系統(如圖4)，以蒐集每個行李上的數據，並將訊息傳輸到行李服務器，從而提高行李追蹤的便利性。



圖4 新加坡樟宜國際機場智慧機坪示意圖
(摘自樟宜機場網站資訊)

(四) 自動化、智慧機器人的應用：樟宜機場2017年10月開放第四航廈，其部分想法是使用其最小和最新的設施來測試和開發自動化，並利用臉部辨識技術，在報到、行李託運、出入境審查以及登機時提供自助服務選項。雷射導引的登機空橋可自行定位，讓旅客下機。機坪行李卸載的自動駕駛機器人與餐車運送機器人或運送貨物機器人可互相閃避(如圖5)。

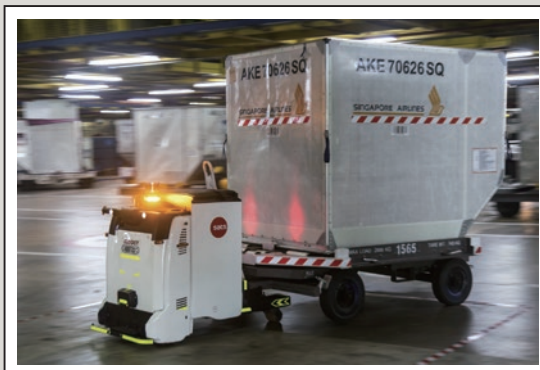


圖5 新加坡樟宜國際機場智慧機器人的應用
(摘自彭博社)

四、韓國仁川國際機場智慧化案例

仁川國際機場自2019年開始實施其“智能機場計畫”，包括行進式自助服務安全檢查系統(walkthrough self-service security screening system)，啟用臉部辨識技術的Smart Pass出境和轉機服務，家庭行李託運快遞服務以及在旅客航站樓部署人工智能機器人等。“智能機場計畫”嘗試使用生物識別、區塊鏈、大數據和人工智能、單一識別(One ID)之概念應用等新技術，以大幅降低出境和轉機護照和登機證查驗之等待時間，達成旅客在機場之無縫旅行、消費，且可避免旅客使用偽造護照，從而增強了航空安全性。

五、香港國際機場智慧化案例

香港國際機場在2015年成立了香港國際機場技術創新委員會，以推動香港國際機場的創新和技術發展，兩年後發佈五項關鍵技術以實現智能機場城市願景技術，並加速數位轉型：

- (一) 由臉部識別技術支持的先進生物識別技術：利用單一識別(One ID)使乘客能夠在整個機場通過各個檢查站而無需排隊進行文件檢查。
- (二) 移動技術（如HKG My Flight應用程序）對於為乘客提供個性化功能和訊息至關重要，包括及時航班更新、登機警報、機場方向指示牌翻譯和行李到達通知。
- (三) 關鍵功能的自動化和機器人技術應用(如行李和貨物交付)，以提高機場和航站大廈運營效率，滿足不斷增長的交通需求並緩解容量限制。
- (四) 數位孿生(香港國際機場的設施實體和數位3D模型)，將促進全面的機場管理，預

測性決策制定和維護。它的應用將涵蓋建築物整個生命週期的設計、建造、運營和維護。

- (五) 大數據智能是為上述技術提供支持的最重要技術，使機場管理局能夠獲得洞察力，進一步優化機場運營。

香港國際機場2017年至2018年陸續安裝了44台配備臉部辨識功能的電子安全門，另HKG My Flight移動應用程序已增加交通堵塞警報、機場停車在線支付及聊天機器人等新功能，並將自動駕駛技術應用於電動拖車，以運輸停機坪上之行李和貨物等實質進展。

六、澳大利亞國際機場智慧化案例

澳大利亞2019年在9個國際機場採用智慧安檢閘門(Smart Gate)，使用臉部辨識技術及ePassport來檢查旅客身份，以大幅降低出境和離境護照及登機證查驗之等待時間，且任何國籍擁有電子護照的人都可以使用智慧安檢閘門(Smart Gate)。

七、瑞士日內瓦國際機場智慧化案例

瑞士日內瓦機場在2017年推出了一款機器



圖6 瑞士日內瓦機場智慧機器人的應用

(From “<http://www.airport-business.com/2016/06/innovation-showcase-2>”)

人Leo提供旅客行李服務(如圖6所示)，Leo平時就在機場外的行李託運點，旅客一下計程車就可以把自己的行李箱交給它，再用掃描槍掃描自己的登機牌後，拿到Leo列印的行李標籤，旅客只需把標籤貼在行李把手，Leo就會帶著旅客的行李自動進入託運行李倉庫。

貳、桃園國際機場智慧安檢及自動通關系統

民用航空服務對於安全檢查設備已訂有一套分類標準，依照歐洲民航會議(European Civil Aviation Conference, ECAC)〔1〕的規定，手提行李爆裂物安檢設備標準(Explosive Detection System Cabin Baggage Standard C)如表1所示。對

應前述安檢設備標準之技術原理及偵測圖像如表2所示。另依據歐洲民航會議(European Civil Aviation Conference, ECAC)手持行李安檢設備使用時程規定(如表3)，單視圖X光機(Std. 1)已到期，禁止使用，多視圖X光機(Std. 2)亦在2021年到期，因此，新購安檢設備均須採用CT電腦斷層掃描設備(Std. 3)。桃園國際機場第三航廈依歐洲(ECAC)採三級安檢模式辦理，其操作流程如圖7所示。另第二航廈出境報到櫃台近期配合櫃台更新工程汰換之安檢設備亦採符合ECAC std. 3之CT電腦斷層掃描設備，並於2021年元月起正式實施爆裂物偵測系統三級安檢模式。

桃園國際機場第三航廈智慧安檢設施設計概念如圖8所示，智慧安檢設施除設置3D電腦斷層掃描爆裂物偵測系統(EDS)、人體掃描儀外，

表1 安檢設備類別、技術及性能

Standard	典型X-Ray技術	性能	使用狀態
1	單視圖雙重能量 Single View Dual Energy	檢測不良，高無效率 Poor detection, high reject rates	已到期 EXPIRED
2	多視圖雙重能量 Multi View Dual Energy	中檢測率及無效率 Medium detection and reject rates	2021年到期 EXPIRING
3	電腦斷層掃描 Computer tomography(CT)	高檢測率及低無效率 high detection, low reject rates	可使用 AVAILABLE

表2 各類安檢設備技術原理及偵測圖像

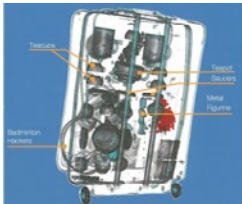
	Standard 1 & 2 Single/ Multi View	Standard 3 Computer tomography
技術原理	 Radiographic Projection(s) = View(s)	 Radiographic Section (Slice)
偵測圖像		

表3 ECAC 手持行李安檢設備使用時程

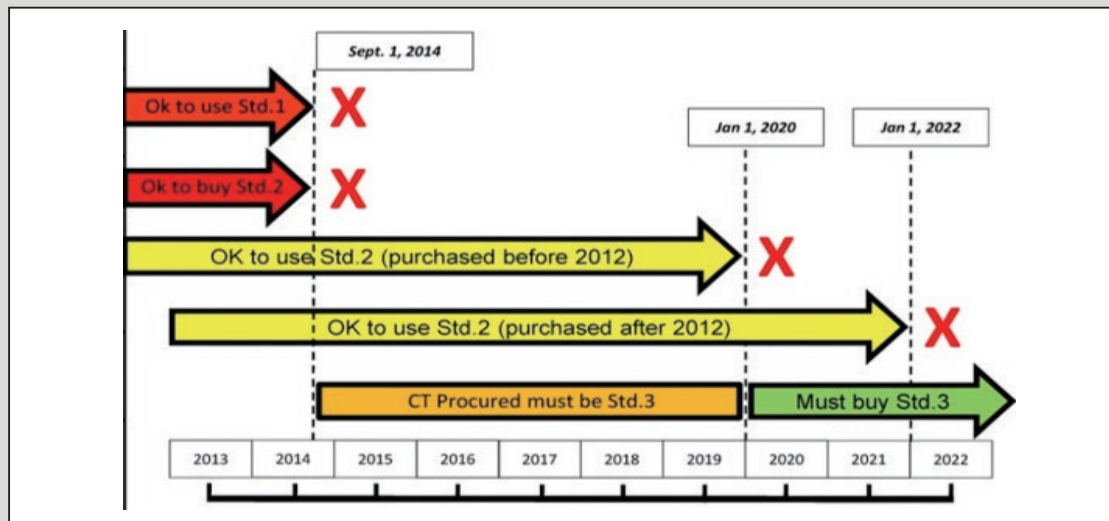


圖7 三級安檢操作流程



圖8 桃園國際機場第三航廈智慧安檢設施及人體掃描儀設計概念

另設置自動化托盤回收系統，以及在安檢行李輸送帶配備一排上下分組的攝影機，以實現旅客資訊和行李資訊的綁定。一旦發現問題行李需要開箱複檢時，複檢台工作人員面前的顯示幕可以直接顯示出問題行李的主人照片，可通知對方配合開箱檢查。

桃園國際機場第三航廈之機場旅客服務與安檢系統係藉由結合機場資訊系統(ICT)軟硬體平台之建置、共用自助報到機(Check-in Kiosk)、自助行李託運(Self Bag Drops)、自助登機閘門(自動通關)，以及交通資訊、航班資訊、購物與餐飲之定位資訊推播等系統自動化服務，以減少人力投入及提升服務效率，並進而增進整體旅客體驗，其出境及入境旅客服務

與安檢系統設計理念如圖9所示〔3〕。至於單一識別(One ID)部分之推動，因移民署現階段考量護照個人資訊安全問題，暫不開放護照個人資訊，目前僅透過系統整合配對個人資料、生物特徵及行李資料，建立以人臉辨識加速通關，未來再擴及移民署之自助登機閘門系統。

參、桃園國際機場智慧化行李處理系統

桃園國際機場近年來在行李處理系統亦積極推動智慧化，以下說明桃園國際機場智慧化行李處理系統的推動進展。



圖9 桃園國際機場第三航廈出境及入境旅客服務與安檢系統設計理念

一、行李追蹤及再確認系統

國際航空運輸協會IATA 753決議於2018年6月1日生效，建議航空公司對於旅客託運之行李，在下列行李處理過程中之四個關鍵節點進行追蹤，包括報到(行李交運)、裝機、轉機、到達(入境)，如圖10所示，以釐清行李保管權改變之責任，提高旅客行李服務之滿意度。

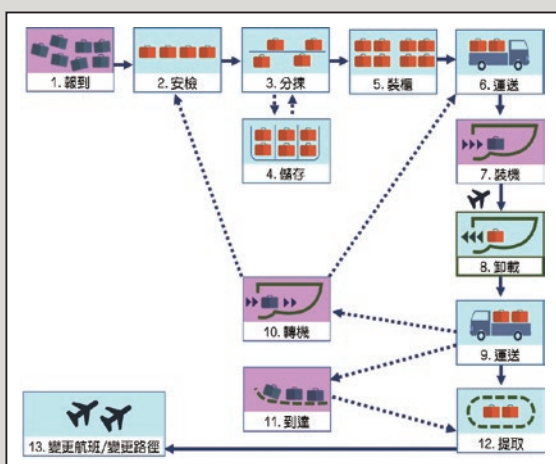


圖10 IATA 753 四個行李追蹤關鍵節點

桃園國際機場已建置行李追蹤及再確認系統，藉由與行李處理系統之BHS監控系統、

CCTV影像監視系統、航空公司離境控制系統(DCS)等資料連結界接，在報到(Check in)、分揀(SORT)、裝機(Load)、轉機(Transfer)均已符合IATA 753要求。惟「到達」行李之追蹤，後續將以手動掃描器掃描行李上之條碼，讀取行李來源訊息(BSM)並與事先取得之入境行李BSM作比對，達到入境行李追蹤之目的。

行李再確認系統(BRS)於出境卸載轉盤處設手持式條碼掃描機、行李資訊顯示系統(BIDS)、CCTV等設備，藉由室內及室外(機坪)WiFi無線傳輸網路連接至航廈主體控制室之核心網路交換機、複聯式WEB/IGS伺服器及資料庫(DB)伺服器，並利用高速乙太網路交換機與北登機及主體BHS伺服器連線進行資料交換，並經由防火牆、入侵偵測防禦設備與SITA、航班資訊顯示系統(FIDS)等網路連線，取得BSM及航班資訊，以確認行李分揀裝載之正確性，並即時提供航廈BHS控制室之操作工作站於遠端監視及查詢各行李分揀歷程；另於資訊處設置複聯式行李處理訊息(Baggage Process Message, BPM)伺服器，經防火牆提供航空公司付費查詢行李歷程追蹤資訊，其系統架構如圖11所示。

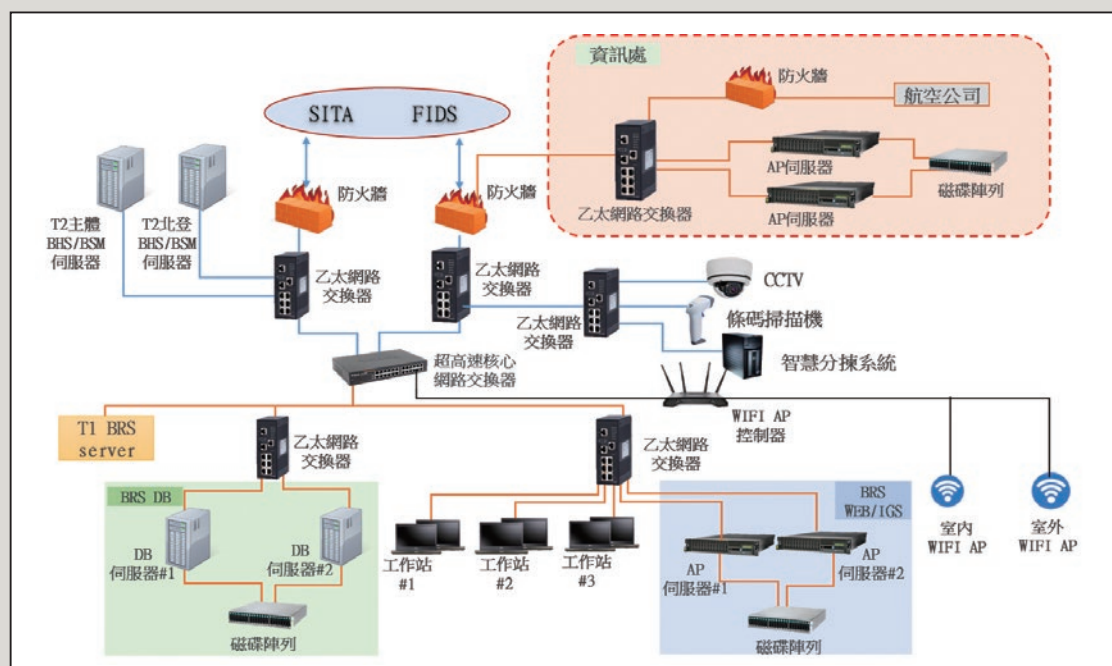


圖11 桃園機場行李再確認(BRS)系統架構圖

二、共用自助報到機及自助行李託運設備

旅客自助行李託運設備設置模式可分為一站式或二站式，如圖12所示。其中，一站式係為報到及自助行李託運是在同一設備完成；二站式係為報到及自助行李託運是分別在自助報到機(Check-in Kiosk)及自助行李託運設備各自完成。考量桃園機場已先行於各航廈設置自助報到機，以及旅客分流與處理效能等因素，各航廈之自助行李託運設備均採二站式模式建置。

桃園機場公司已先後規劃於A1車站、第二航廈及第一航廈建置自助行李託運設備，並搭配早到行李儲存系統，供旅客預辦登機或當日登機前3小時提早將行李託運，旅客可輕鬆進行

City tour或至免稅商店購物，提升旅客整體服務體驗。

自助行李託運設備(SBD)有專用型或混合型等自助報到櫃檯型式，A1車站及第二航廈已採專用型自助報到櫃檯，如圖13所示。第一航廈因航空公司及機場營運模式等因素，將採自助託運及傳統混合型報到櫃檯(Hybrid SBD)建置，混合式行李託運設備(Hybrid SBD)提供了自助行李託運（乘客模式）和傳統報到櫃檯（人工託運）的所有設施，混合式SBD提供一組硬體來執行這兩種功能，地勤人員和乘客都可以使用該硬體，其設備依型式及功能規格可區分為全棚罩式及簡易式，如圖14所示。

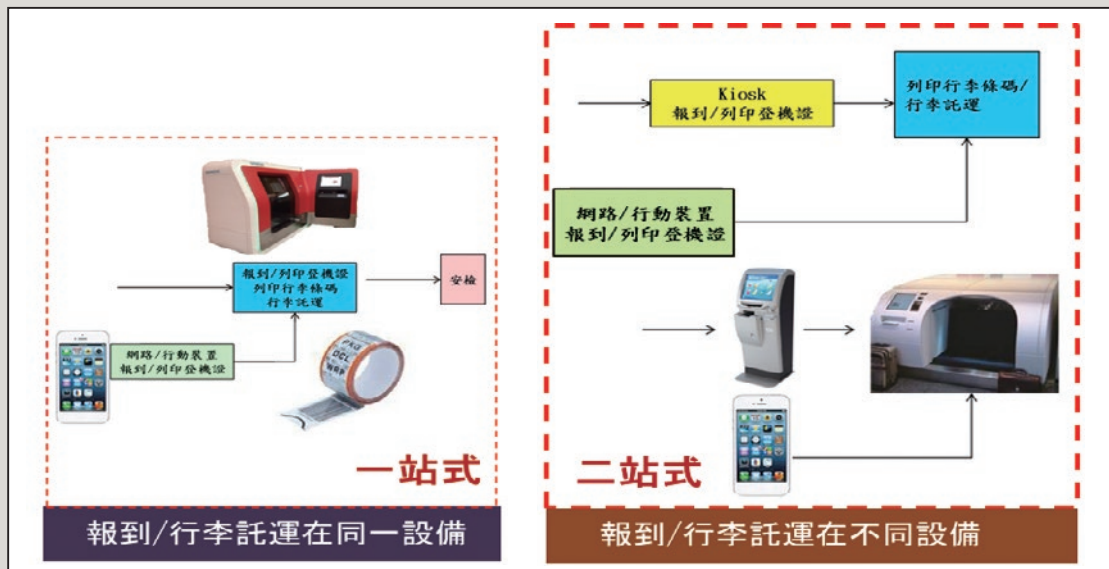


圖12 旅客自助行李託運設備設置模式示意圖

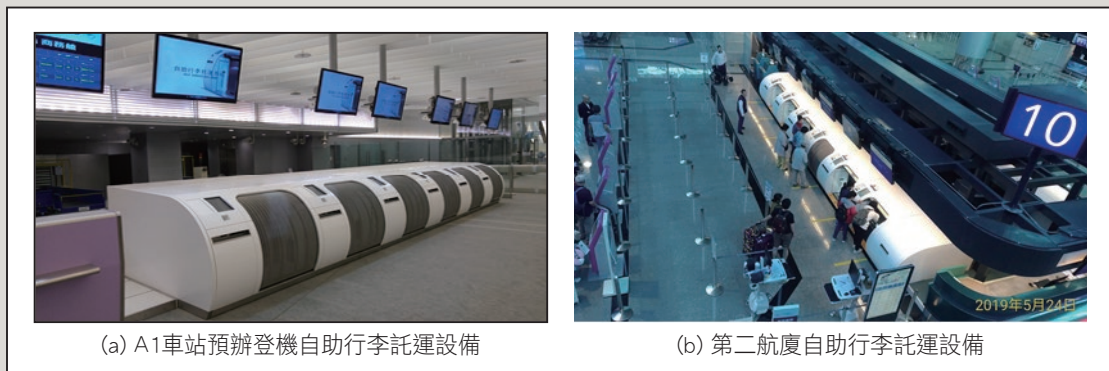
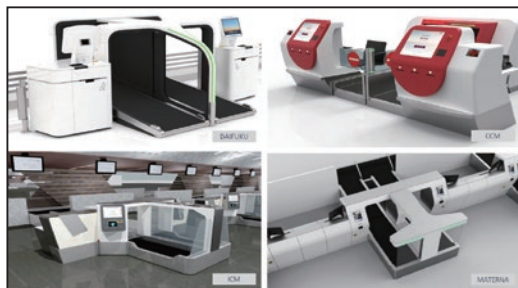


圖13 A1車站、第二航廈旅客自助行李託運設備



(a) 全棚罩式Hybrid自助行李託運設備



(b) 簡易式Hybrid自助行李託運設備

圖14 Hybrid自助行李託運設備



圖15 航機即時動態監測系統

肆、其他智慧化應用

桃園國際機場在2019年底建置完成航機即時動態監測系統，可展示所有入境、出境航班資訊、準點率、航班趨勢圖、各航廈旅客量即時狀態，並結合地理資訊(GIS)地圖可顯示航機起降、進出動線、降落後的所有移動軌跡以及空側所有車輛位置之營運狀態，如圖15所示。

伍、桃園國際機場近期推動計畫

目前移民署在桃園國際機場設置有人臉辨識自動通關閘門，但若進入管制區及登機口前，仍要透過航警及地勤人員檢查護照、登機證。為提升通關效率、同時配合新冠肺炎防疫需求，桃園國際機場近期按國際航空運輸協會IATA提倡之單一識別(One ID)精神加速推動全程人臉辨識登機服務，桃園國際機場預計於2021年10月試辦，出境旅客報到時就開始身分識別，報到時所獲取的護照結合人臉影像等資

料，做為後續身分識別依據直至登機，旅客不需要其他身分識別手續，該資料也將於旅客登機後刪除，提供更便利的報到及通關服務，並兼顧旅客隱私權及資安要求。

結語

國際各標竿機場均致力發展智慧機場，桃園國際機場公司及台灣世曦公司在規劃第三航廈期間，均安排專業人員參訪國際各標竿機場，期許將第三航廈整體規劃更加完善，藉由機場資通訊系統之建立，搭配採用先進智慧化安檢設備、共用自助報到機、自助行李託運設備，藉由單一識別(One ID)、臉部辨識技術，以及跨單位、跨系統、跨平台資訊流之整合界面，將機場人流、物流進行追蹤及數據分析，建立即時反應能力，加速通關、減少旅客排隊與等候時間，從旅客報到、行李託運、安檢、護照查驗、免稅商店購物、用餐及登機等各環節，導入自動化、智慧化設施及各類加值服

務，以提升機場營運效率，及提高機場整體服務水準。

參考文獻

1. 歐洲民航會議(European Civil Aviation Conference, ECAC)法規標準。
2. 美國運輸安全管理局(Transportation Security Administration, TSA)法規標準。
3. 台灣世曦工程顧問公司林啟豐協理，「資通訊系統於智慧交通管理之應用」，108年。

建構臺北市治安電子城牆——新一代影像智慧分析應用

臺北市警察局勤務指揮中心
 關鍵詞(Key Words)：人工智慧(AI)、H.265、中央管理系統(CMS)、影像管理系統(VMS)、
 車牌辨識(LPR)

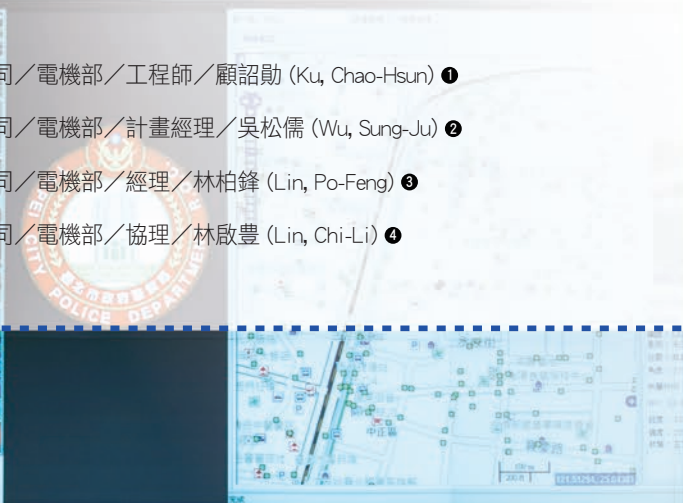
Lice Department Command and Control Center

台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機部／工程師／顧詔勛 (Ku, Chao-Hsun) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機部／計畫經理／吳松儒 (Wu, Sung-Ju) ❷

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

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



摘要

世界各國主要城市為反恐及治安需求，陸續建置即時影像監視及錄影分析平台，臺北市政府警察局於102年3月啟用第一期「臺北市錄影監視系統」，在11,500處治安要點，配置13,699支各式攝影機錄影監視系統，成效卓越犯罪率大幅下降，破案率亦顯著提升，故陸續擴充建置1,717支各式攝影機。

作為守護臺北市民安全及保障治安的電子城牆，第一期工程建置的攝影機大部分為類比式30萬畫素攝影機，裝設至今將近10年，雖維持99.80%之妥善率，惟設備老舊達使用年限，故臺北市政府警察局於108年7月開始推動辦理「錄影監視系統汰舊換新委託規劃設計」，預期間於112年完成系統更新升級，並將攝影機總數擴充至17,000餘支。

本文謹系統更新升級重點作一綜整剖述，包含整體系統架構、導入影像智慧處理技術應用與對策、系統效益及未來展望，以提供各界研擬或發展影像智慧分析應用參考。



Construction of Taipei Public Security – A New Generation of Video Intelligence Analysis Applications

Abstract

The major cities of the world gradually establish the real-time video surveillance and recording analysis platform for counter-terrorism and security requirements. In March 2013, the Taipei City Police Department started using the first phase of "Taipei city video surveillance system," at 11,500 security points to deploy 13,699 sets of different types of cameras. The crime rate has dropped significantly, and the detection rate has also increased significantly. Therefore, Taipei City Police Department expands 1,717 sets of various types of cameras subsequently.

As an electronic city wall to protect the safety and security of Taipei citizens, most of cameras were applied 0.3 million analogy type installed nearly 10 years ago at the first phase. The proper rate of maintenance is keep about of 99.80%, but the equipment is old and has reached the life cycle. In July 2019, the Taipei City Police Department began to promote "Plan and design service of video surveillance system replacement and renew project" to complete the system upgrade, and expand the total number of cameras to 17,000 by 2023.

This article focuses on the system upgrade to make a comprehensive analysis including the overall system architecture, application and strategy of the applied image intelligence processing technology, system benefits and future prospects which provide reference for the development of video intelligence analysis and application.

壹、前言

臺北市政府警察局爰於民國96年開始著手辦理臺北市錄影監視系統計畫，工程範圍如圖1所示。第一期錄影監視系統啟用迄今已近10年，設備技術較老舊且已逾使用年限。故規劃藉由最先進科技、數位錄放監控設備及傳輸網路，於臺北市重要路段及路口設置網路攝影

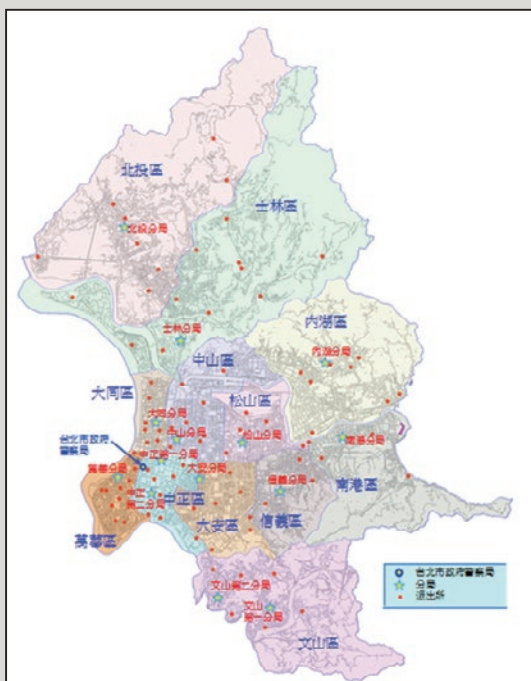


圖1 工程範圍示意圖 [1]

機，建置錄影監視系統並結合影像智慧辨識功能，建構臺北市治安電子城牆，以利臺北市政府警察局110勤務指揮中心、14個分局及90個派出所，可即時有效取得完整影像資訊，掌握治安要點動態即時影像、車牌辨識及提供事件發生之歷史影像調閱、查詢或影像智慧分析，以快速打擊犯罪及提升破案率。

貳、周延的系統架構

一、整體系統架構

為能有效嚇阻犯罪，依據治安要點分布設置攝影機，一旦案件發生即可透過錄影監視系統調閱清晰影像，追查嫌犯容貌、特徵、車牌與逃逸路線，有效延伸治安觸角，提升破案率。

治安要點除依據轄區「竊盜」與「暴力」之十萬人口比之外，考量人口密度、轄區面積、市民、鄰里長及民意代表等需求及交通因素，並兼顧各里間平衡性，綜合上述需求，本工程規劃新增2,000多支攝影機，系統攝影機總數達17,000多支。

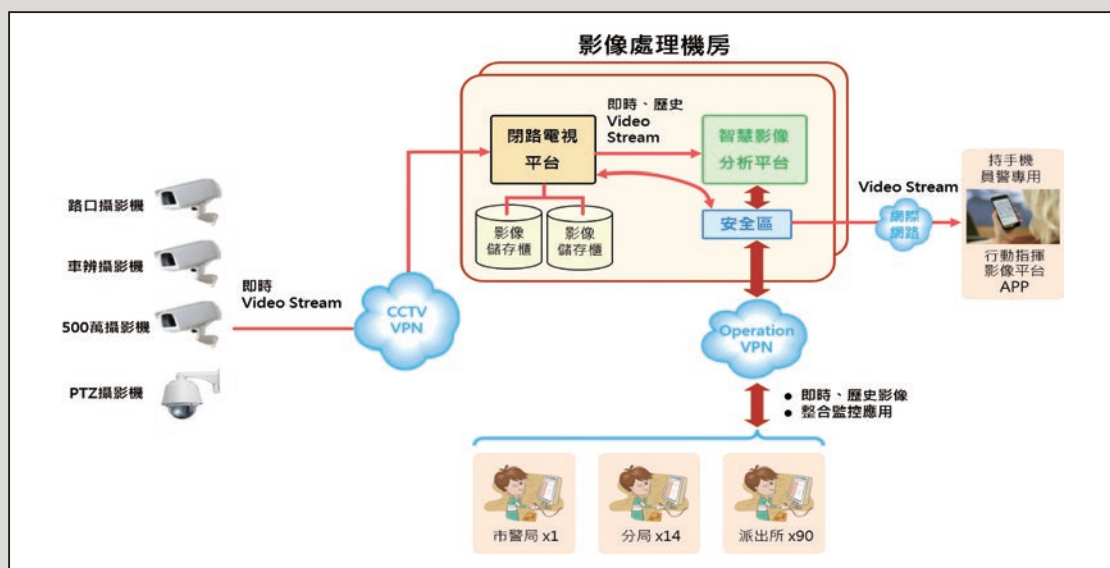


圖2 整體系統架構圖

本系統為提供市警局各單位勤務作業時影像調閱需求，因此對於各治安要點攝影機之選用、影像壓縮技術、影像儲存格式、影像智慧處理技術及傳輸網路架構等考量要點，以符合低成本、高資安、易調閱、易維運、易擴充等建置目標，其整體系統架構如圖2所示，規劃要點如下：

(一)影像傳輸網路(CCTV VPN)

配合臺北市政府政策，本工程專用通訊傳輸網路優先租用台灣智慧光網(以下簡稱TAIFO)，TAIFO為臺北市政府「臺北市光纖網路委外建設暨營運案」於2012年簽訂為期25年「興建-營運-移轉」合約，強化並提升臺北市現行的寬頻環境，提供臺北市公務部門與民間運作。其系統採超高速被動式光纖網路(Gigabit Passive Optical Network, GPON)，路側端攝影機透過TAIFO之光網絡終端(Optical Network Terminal, ONT)、光線路終端(Optical Line Terminal, OLT)，經其各機房傳輸設備將影像訊號傳送至影像處理機房，使用之傳輸網路架構採用VPN服務，形成影像傳輸網路(CCTV VPN)。

(二)操作連線網路(Operation VPN)

因應市警局、分局及派出所整合監控應用連線需求，同影像傳輸網路CCTV VPN，租用TAIFO網路，另考量資安管理，本網路為有效阻絕駭客及網路病毒等入侵攻擊與影像傳輸網路CCTV VPN隔離，以免相互影響不同之安全管控機制，市警局、分局及派出所網路形成操作連線網路(Operation VPN)，頻寬需求分別為1Gbps、60Mbps及60Mbps。

(三)網際網路

為利於戶外勤務查詢應用，故租用網際網路，透過建置安全區提供外網之安全防護，並於安全區內建置防火牆、入侵偵測防禦(IDS/IPS)及網站應用程式防火牆(Web Application Firewall, WAF)，內部則設置日誌管理及USB

儲存裝置管理，並由遠端資訊安全監控中心(Security Operation Center, SOC)進行監控服務，確實防止有心人士透過網際網路入侵錄影設備。

(四)影像處理機房網路

機房內包括閉路電視平台、智慧影像分析平台等，設置核心路由器(Core Switch Router, CSR)及超高速路由乙太網路交換器，供各影像管理平台、各式伺服器及影像儲存櫃交接，核心路由器採備援架構，以確保機房內網路可靠性。另於市警局設置超高速路由乙太網路交換器供工作站及大型投螢幕交接，分局及派出所透過操作連線網路(Operation VPN)與工作站交接。

二、攝影機規格選用

攝影機為取得清晰影像，設置時須考量背景環境因素，包含背景明亮度、取像大小、景深、背景物移動速度及鏡頭選用等，且須配合現場安裝及調校才能發揮監視最大效益，本工程採200萬及500萬畫素選用，總合考量安裝原則如下：

(一)路口攝影機

採用200萬畫素固定式攝影機，以拍攝鄰里巷道即時全景畫面為主，於半徑9公尺(水平視角可達14公尺)，可取得清晰之人車影像(125像素/公尺)。

規劃高感光度感光晶片及低照度影像處理技術，在昏暗場景下，仍可顯示夜間彩色畫面，並搭配伸縮鏡頭，安裝時避免監視死角，主要以監視人/車移動物體與週遭環境間互動關係，共計規劃約13,000多支路口攝影機。

(二)車辨攝影機

採用200萬畫素固定式攝影機，安裝於重要道路路側或路口，以拍攝街道上汽機車後車

牌為主，故安裝時考量拍攝區域光線、拍攝角度及高度、安裝位置，使車牌辨識系統(License Plate Recognition, LPR)可辨識汽機車車牌為目的，共計規劃約2,000多支車牌攝影機。

(三)500萬攝影機

採用500萬畫素固定式攝影機，以試辦在聚眾熱點寬廣場域為主，於半徑25公尺(水平視角可達22公尺廣域需求)，可取得清晰之人車影像(125像素/公尺)。

規劃對拍攝影像邊緣畫面之遠端物件具辨識能力，安裝廣角拍攝為主，主要監視移動物件之間與週遭環境間互動關係，共計規劃22支500萬畫素攝影機。

(四)PTZ攝影機

採用200萬畫素遠端遙控式(Pan/Tilt/Zoom, PTZ)攝影機，以拍攝重要路段為主。具有遠端人工水平及垂直視野旋轉功能，以達無死角監控，且內建紅外線光源做補光，可與遙控伸縮鏡頭搭配使用，能針對遠端物件具辨識能力，於夜間呈現清晰畫面，共計規劃110支PTZ攝影機。

三、影像壓縮技術與儲存架構

(一)影像壓縮技術頻寬需求

閉路電視影像傳輸頻寬需求，主要取決於影像壓縮技術及影像錄影儲存設備容量等因素，考量分析如下：

1. 影像壓縮技術

影像壓縮技術不斷演進，市場產品以支援種類包含H.264、H.265影像壓縮技術為主流，針對壓縮技術之演進過程，如圖3所示。

在H.265編碼架構中，整體被分為三個基本單位，分別是：編碼單位(Coding Unit, CU)、預測單位(Predict Unit, PU)及轉換單位(Transform Unit, TU)。

相較H.264，H.265提供了更多編碼方式來降低碼率，以編碼單位來說，H.264中每個MarcoBlock(MB)大小，都是固定的16x16像素，而H.265的編碼單位，可以選擇從最小的8x8，到最大的64x64，具有更彈性的降碼方式。

以圖4所示，H.265的幀內預測模式

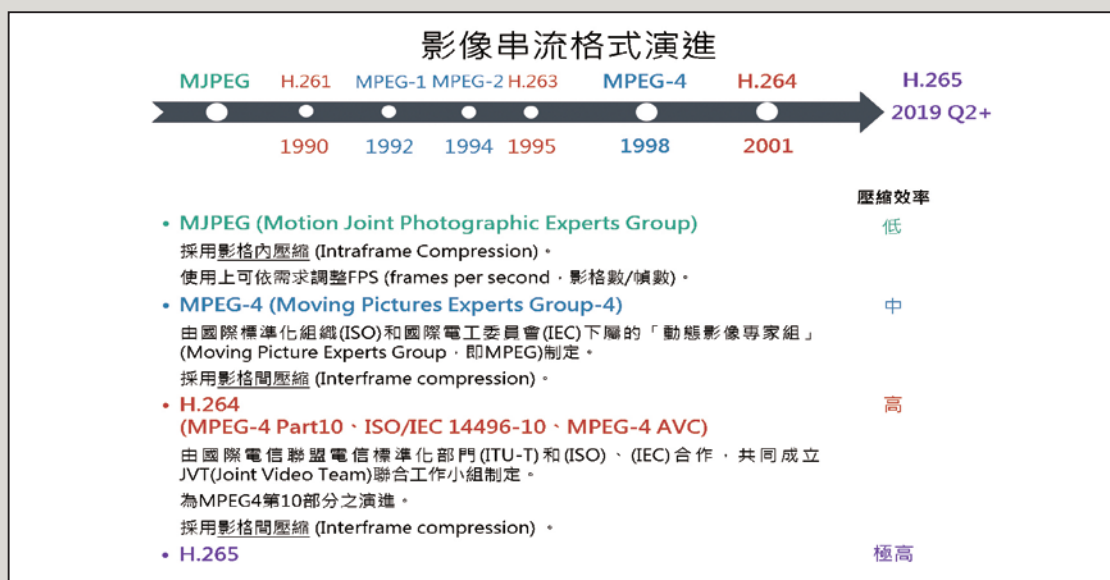


圖3 M-JPEG及MPEG-4特性、優缺點及適用性比較 [2]

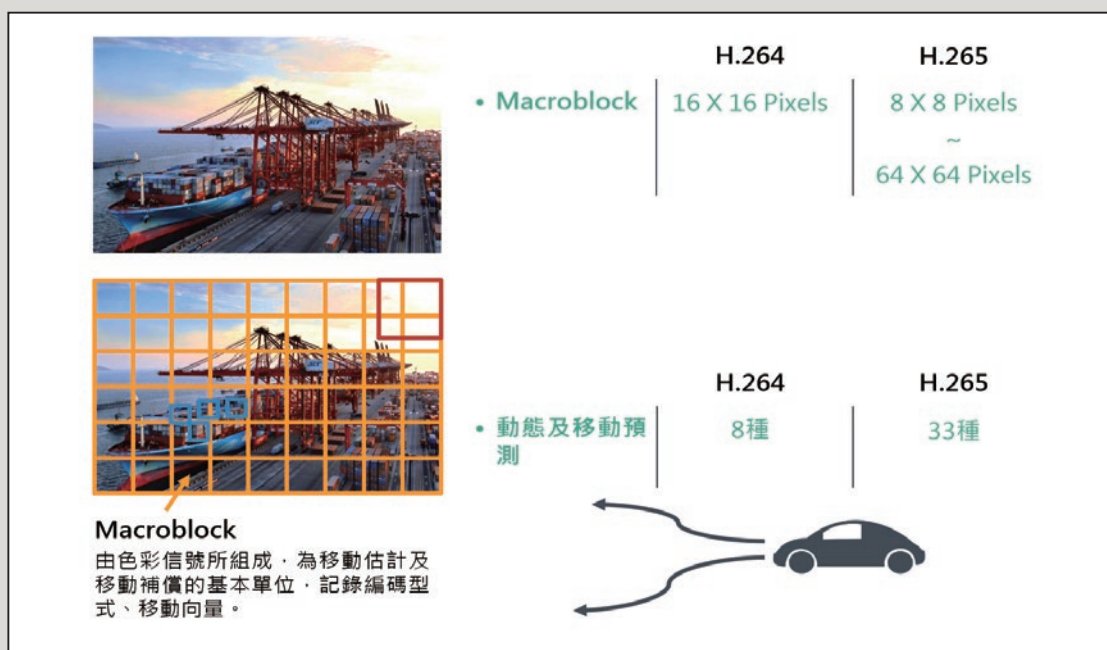


圖4 H.264及H.265影像壓縮技術比較示意圖 [2]

支援33種方向(H.264只支援8種)，並且提供了更好的運動補償處理和向量預測方法。

H.265於2019年正式成為新一代壓縮格式標準。綜合分析上述之說明及表1實際應用分析，本工程規劃H.265壓縮格式，以減少頻寬並達成更佳之智慧影像分析應用。

2. 頻寬需求比較

本工程拍攝場景皆在戶外，不同於

室內之恆定光源環境，戶外日夜皆有人員、車輛移動等，導致畫面變動率大，當畫面變動狀態下，實際影像壓縮率會降低，再加上攝影機斷線回補之頻寬預留，實際需求頻寬估計如表2所示。

(二)影像儲存架構

錄影監視系統除提供即時影像監視外，須考量錄影影像之風險、維護及智慧影像加值應用，規劃可行性架構，以滿足各單位對影像之擷取需求。

表1 H.264及H.265特性比較[2]

壓縮技術	H.264	H.265
估計最大頻寬	路口攝影機：3.5Mbps 車牌攝影機：3.5Mbps 500萬攝影機：5.5Mbps PTZ攝影機：3.5Mbps	路口攝影機：3Mbps 車牌攝影機：3Mbps 500萬攝影機：5Mbps PTZ攝影機：3Mbps
成熟性	現行技術	108年第二季推出
特性	需求頻寬較高 電腦及影像分析伺服器性能要求較低	需求頻寬較低 需配置獨立GPU顯示卡

表2 不同影像壓縮技術對傳輸速率需求比較表[2]

應用場景	每秒張數FPS	H.264	(1) H.265	(2) 影像斷線回補預留之頻寬(Mbps)	(1)+(2) 租用之頻寬(Mbps)
恆定光源 少變化場景	7	1.8	0.7	0.3	1
	15	2.5	1	0.4	2
	25	3.8	1.5	0.5	2
變化光源 多變化場景	7	2.5	1	0.4	2
	15	3.5	2	0.5	3
	25	5	3	0.5	4

註：(1)+(2)之頻寬以整數計算。

1. 儲存系統架構

依現行技術，影像儲存系統架構主要可分為下列兩類：

(1) 分散式儲存系統

影像於攝影機壓縮後，經由傳輸網路分別存於93個派出所內，系統架構如圖5所示。

(2) 集中式儲存系統

影像於攝影機壓縮後，經由傳輸網路存於集中機房，系統架構如圖6所示。

2. 系統架構特性比較

兩種不同系統架構使用特性及傳輸需求，分析比較如表3所示。



圖5 分散式儲存系統架構圖



圖6 集中式儲存系統架構圖

表3 影像錄存架構方案特性及頻寬需求分析比較

項目 \ 架構	分散式儲存系統	集中式儲存系統
錄影監控系統	一期	三期 (一期汰舊換新)
佈設安裝	錄影設備分散於93個派出所內。	錄影設備安裝於集中機房。
風險管理	單一派出所斷電或網路故障，不會影響其他派出所影像調閱錄存。	集中於少數機房，需建立備援機房以減少風險。
維護管理	- 放於派出所機房，空間取得不易，且增加維護難度。 - 設備管理不易。	- 錄存設備集中於機房，設備易管理、維護、安全性高，惟需尋找較大機房空間安裝設備。 - 集中機房，方便人員進出管控。
加值應用	需經過傳輸網路，無法即時提供影像供智慧影像分析快速得到結果。	- 錄存於集中機房，易於即時提供影像供智慧影像分析快速得到結果。 - 集中機房得建立大規模物件資料庫，得提供智慧影像分析更長時間資料蒐詢。

3. 系統比較建議

本工程攝影機及儲存等設備數量龐大，系統攝影機總數達17,000多支，錄影天數60天，共計49 PB(Peta Byte)，基於設備易管理、維護、安全性高之考量，採集中式架構，將路側攝影機集中回傳至單一機房，以利影像集中管理、維護及智慧影像分析等加值運用，隨時

滿足各種影像加值分析應用及擷取影像需求。

(三) 機房建置評估

影像儲存及系統平台所需之機房，可採自建機房與租用IDC機房兩方案，優缺點比較詳表4所示，考量市警局並無適當空間及維管人員，故規劃租用IDC機房，將機房基礎設施建置與維

表4 自建機房與租用IDC機房優缺點比較表

優缺點	自建機房	租用IDC機房
優點	- 使用彈性高 - 自主性高 - 長時間使用成本低	- 委外專人管理維運機房基礎設施 - 進駐啟用時間短，變數極少 - 基礎設施可靠度高 - 機房/資料中心專有建築，物理環境安全性佳 - 無設備再置成本 - 權責分明
缺點	- 需自行管理維運機房基礎設施 - 作業時間長，且有變數，需辦理建築使用執照變更（室裝申請、結構計算等） - 基礎設施若要高可靠度投資不斐 - 可觀的設備汰換再置成本 - 非機房/資料中心專有建築，物理安全性不足 - 市電單迴路，電源供電穩定性較IDC機房低	使用彈性有一定限制

運完全委外，租賃機房可選擇使用既有網路或電信商的IDC資料中心，以uptime institute或TIA標準而言，一般IDC資料中心普遍符合Rated/Tier 2以上等級。

經資料收集，臺北市轄區計有4座以上符合Rated/Tier 2以上等級的IDC資料中心，IDC資料中心皆有專人負責機房基礎設施的維運，可為資訊系統提供更可靠的運作環境與保護，並讓資訊服務管理人員將工作重心與投資集中在資訊系統的建置與維運上。

參、智慧影像辨識應用

深度學習為實現智慧影像辨識目標的其中一項技術，有關智慧影像辨識之相關技術發展情形，可追溯至1950年代至今，由於軟硬體技術的突破而產生幾波的投資開發人工智慧熱潮，其後又因實際應用受限無法落實在生產實務上而淡出產業界的關注。但近年因分散式運算技術與圖形處理器(Graphics Processing Unit, GPU) 運算技術之突破，以及發展人工智慧之關

鍵基礎「大數據」的建構日趨完善，透過「深度學習」及其衍生技術，使過去難以實現的仿人類思考模式得以建立出來，再藉由現代電腦強大的運算能力，於特定的領域甚至已可以取代真人來處理事務，人工智慧的發展詳圖7。

深度學習發展源自於類神經網路(Artificial Neural Network, ANN)，其運作基本原理為透過輸入層(Input layer)載入原始資料、隱藏層(Hidden layer)進行權重運算與輸出層(Output layer)產出判斷預測結果之層狀結構詳圖8所示，於「學習(training algorithm)」的階段則是將原始資料及判斷預測結果固定於輸入層與輸出層，透過各種最佳化演算法及反向傳播(Backpropagation, BP)來校正隱藏層中的各項權重值，使其符合神經網路結構。

然而，早期類神經網路因受限於當時機器運算能力，多採用單隱藏層式網路進行模型建構，其對於真實世界問題多屬高度非線性的問題求解能力不佳，進而發展出多隱藏層式的網路，即是現今的「深度神經網路(Deep Neural Networks, DNN)」其結構詳圖9所示，採用深度

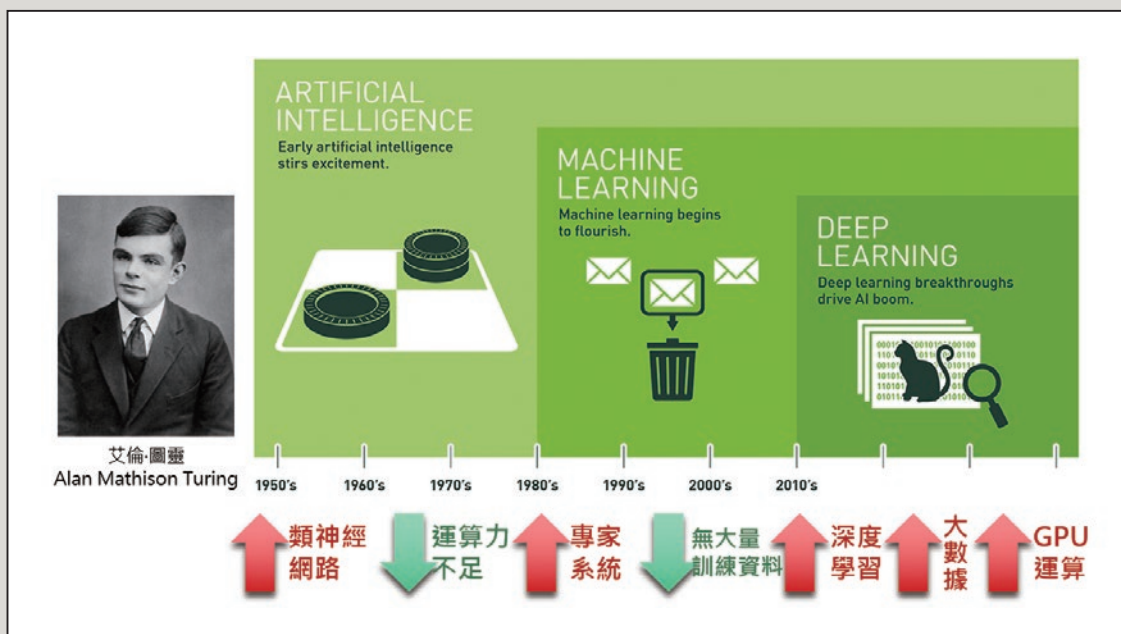


圖7 人工智慧的發展圖 [3]

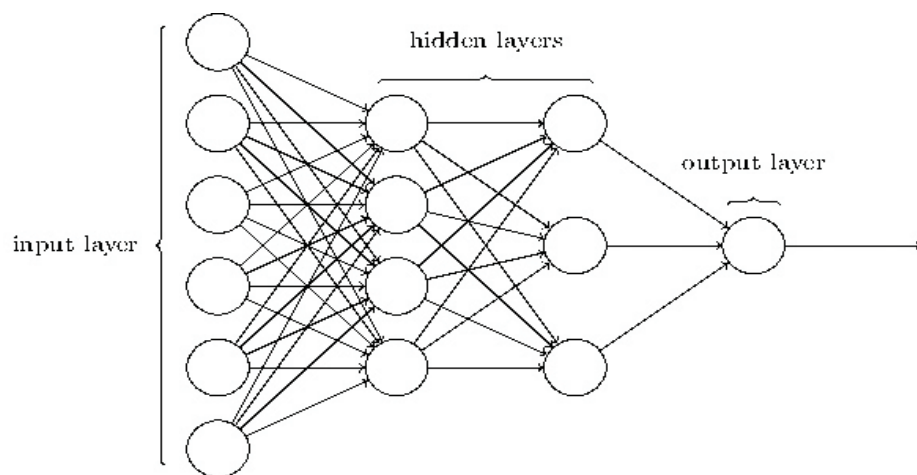


圖8 類神經網路結構示意圖 [4]

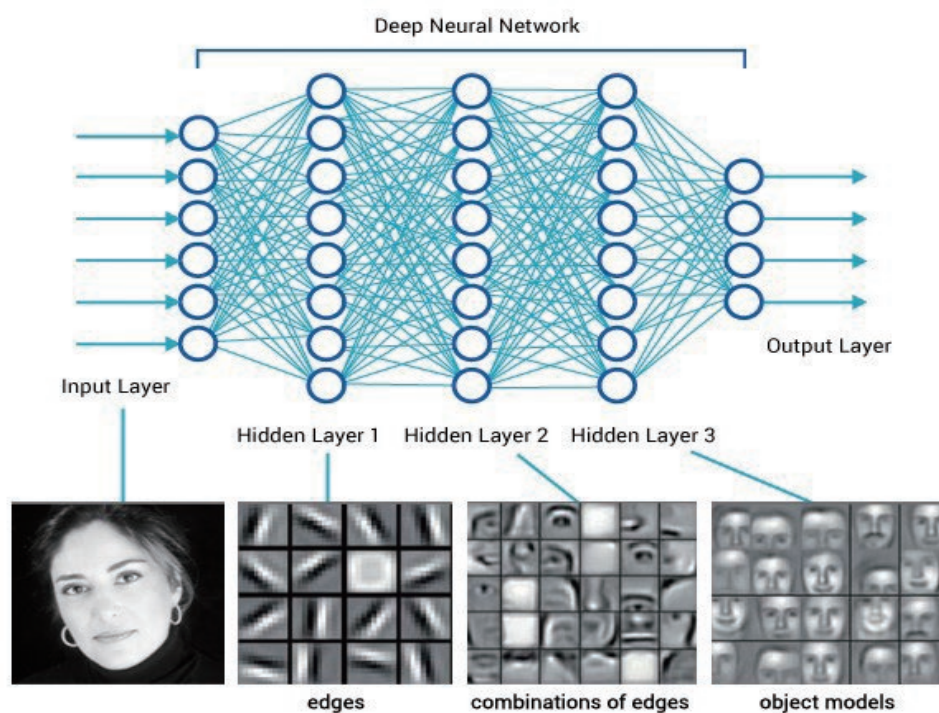


圖9 深度神經網路結構示意圖 [6]

神經網路為基礎發展的技术即稱為深度學習[5] [6]。

深度學習除對於一般結構化資料(資料表、布林值、數值類型之資料)有良好的分析能力，

特別對於非結構化資料(文字、聲音、圖像)更是突破現有技術的發展，如著名的ImageNet圖像辨識競賽，於深度學習技術出現後，即將長年來錯誤率約30%的比賽結果降至3.5%，其他的應用如文字辨識、翻譯、臉部辨識、風格轉移、

消費者行為預測、推薦系統等，皆因引入深度學習技術而取得更進一步的優良結果[7]。

因深度學習近年大量發展，可以具備類似人類判斷之能力，因此亦被大量應用於影像辨識，相較於傳統影像辨識技術，AI辨識能力較為準確，可有效排除誤報訊息及應用於統計分析，大幅降低操作人力負荷，目前已多個試辦案例，本工程規劃導入其AI應用。

肆、導入智慧影像處理技術

一般過往當發生刑案、交通事故或為協尋人口、財物等情事，員警將依案情需要，擇定案發地、附近或沿途攝影機之攝錄時段後，調閱錄影監視系統之影像資料。此時需要花費大量時間與人力過濾與觀看大量影像，以取得有助案情之資訊，然而面對巨量傳統影像監視在

人為辨識、判別經常受主觀認定、視覺疲乏等因素，而造成目標辨識上產生誤差、遺漏、重覆觀看，以致耗時且降低可靠度。

臺北市警察局導入智慧影像處理技術應用，可對目標影像進行物件分析與特徵演算，以準確解析目標物件於影像資料之偵測與辨識，可協助傳統上需要大量人力及時間之影像搜尋及辨識工作，有效縮短員警偵辦工時，可讓員警執行更有價值之勤務。

一、智慧影像分析設計架構

應用上述AI影像分析為基礎，智慧影像分析系統目前能針對特定場景的一段影片進行影像處理分析，可從影片之特定片段中每一影像畫面分析搜索出鎖定之目標物(例如汽車、機車、行人等)及其顏色、車型大小或不正常的行進軌跡(逆向、不正常轉向)，透過快速辨識，可

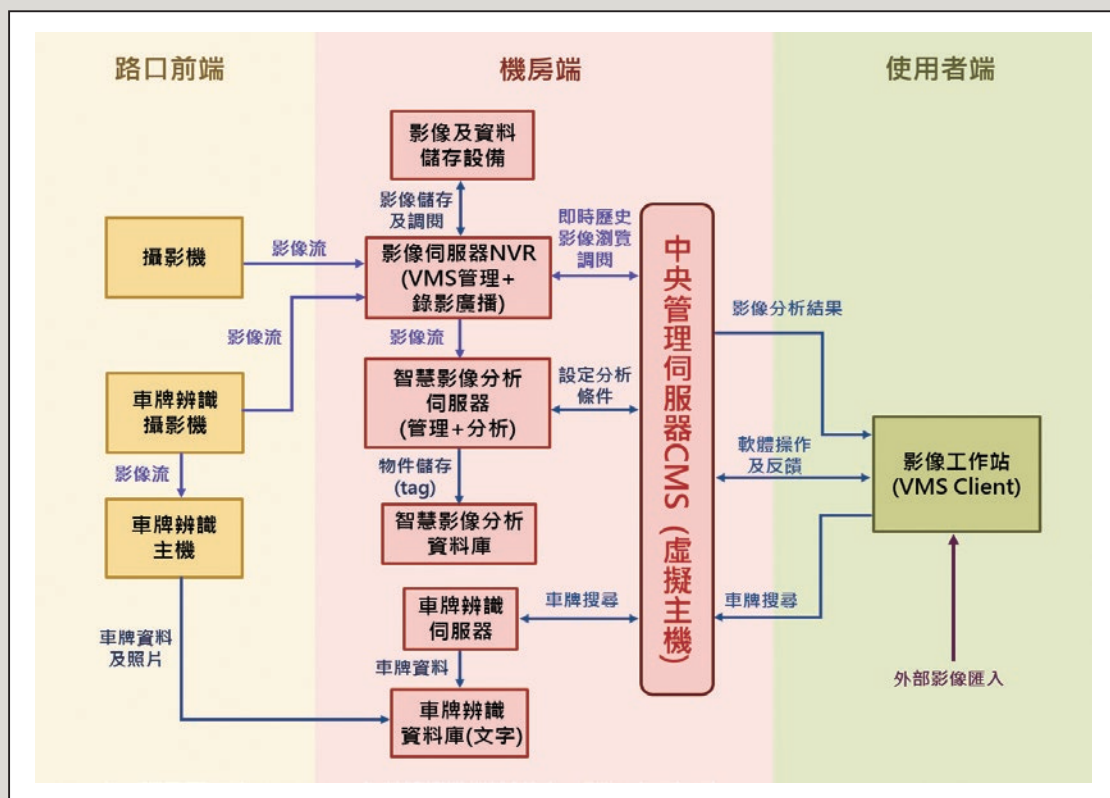


圖10 智慧影像分析平台架構圖

大幅節省人員查看影像時間，並透過自動告警通知，強化安全監視，整合建置一完善之智慧影像分析平台，如圖10所示。

(一) 智慧影像分析伺服器

採用實體主機方式，可分析影像伺服器NVR所提供攝影機即時與歷史影像流，主要分析功能說明如下：

1. 為彌補前端車牌辨識不足，可選擇符合車牌辨識影像需求之攝影機，將即時或歷史影像串流，進行後端車牌影像分析。
2. 特徵分析包括行人、腳踏車、機車、汽車、卡車及公車，有利於各式快搜應用。
3. 所有歷史影像可配合辦案需求，進行所有辨識應用。

(二) 智慧影像分析資料庫

1. 可將分析過之物件影像予以儲存60天，保存於影像及資料儲存設備，供整合各式條件進行快速搜尋分析。
2. 由於原始完整影像量大，考量經濟性及辦案調閱需求，為延長儲存期間，可針對特定範圍或部分影像進行分析，僅保留物件影像，可大幅延長有效影像保存期間。

(三) 中央管理伺服器CMS

採用虛擬主機方式，建構完整之軟體功能平台，主要分析功能說明如下：

1. 與VMS介接，即時監視各設備異常故障、網路斷線等即時告警及通報功能。

2. 紀錄任何操作人員之操作過程，其紀錄資料具不可抹滅性，確保後續之事證紀錄。

3. 依警局規劃簽呈流程之需求，可細部設定各權限開放時間，提供不同之權限管理，不同權限可調閱之攝影機數量、區域、位置、及歷史影像均不相同，依警局需求規劃設計。

(四) 影像工作站

本工程影像工作站(VMS Client)用戶端軟體，採用影像伺服器NVR原廠軟體為底層，不同系統應用功能在此平台上發展客製化軟體，避免閉路電視系統各軟體操作之破碎化，在單一圖形使用者介面(Graphical User Interface, GUI)上，即可完成各項功能之操作需求。

二、智慧影像分析軟體功能

(一) 分析功能

1. 即時特定偵測(含黑名單車輛)告警

員警可設定特殊活動範圍之各式事件(如警戒區等)偵測，並產生即時告警，且系統比對即時車牌辨識結果(詳圖11所示)與黑名單車輛資料庫，或員警設定車牌當偵測到黑名單車輛時，系統立即產生告警訊息。

本功能供辦案人員於第一時間掌握特定車輛行蹤或異常事件(入侵告警)，可立即出動警網查緝黑名單車輛。

2. 車輛軌跡分析

針對大範圍之影像資料進行車牌辨識，並與特定車輛之車牌號碼比對，建立該車於各時間點之出現位置，供即時與過去之長期軌跡，如圖12所示。

藉由嫌疑犯之歷史軌跡，可追查嫌

疑犯可能之出沒地點，並分析各黑名單車輛是否具有共同流向，可追查可疑之黑名單車輛所在地點。

3. 物件查詢分析(車型、車色、人員特徵)

辦案人員可利用車型、車色、交通工具及人員特徵(詳圖13、14、15所示)等不同特徵、整合條件進行查詢，或設定先篩選符合條件之影像片段供調閱監視，可大量縮減辦案人員之調閱監視時

間，並提高辦案效率。

4. 事故現場還原

對於交通事故或其他事故，有必要進一步了解當時現場狀況時，可調閱現場附近之歷史影像畫面，且系統藉由車牌辨識軟體，可分析經過事故現場附近之所有車輛，並結合車籍資料、前科犯及嫌疑犯資料，可同時將人、車、電話、住址等詳細資料列表顯示，讓平台



圖11 可同時辨識汽車、機車等不同車型之車牌號碼 [8]

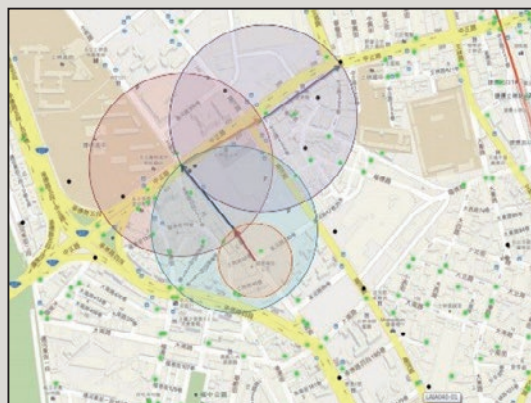


圖12 車輛軌跡分析



圖13 車型物件偵測功能畫面 [9]

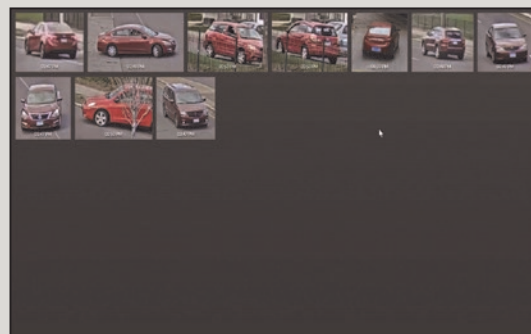


圖14 車色物件偵測功能畫面 [9]

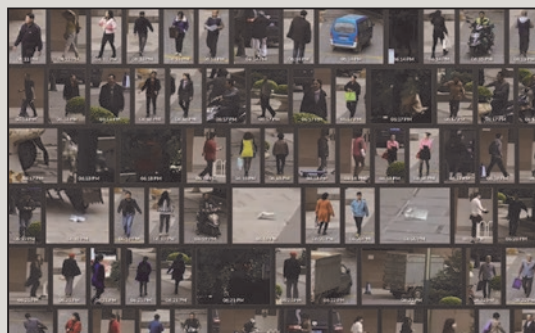


圖15 人員特徵物件偵測功能畫面 [9]



圖16 多重影像整合搜尋功能畫面 [9]



圖17 不同物件設定功能畫面 [10]



圖18 選定多支攝影機
搜尋相同條件之影像功能畫面 [10]



圖19 電子地圖平台功能畫面(一) [10]



圖20 電子地圖平台功能畫面(二) [10]

以自動化方式提供辦案人員大量線索。

5. 多重影像整合搜尋

上述各式應用可同時針對多支攝影機影像，建立其相關物件於不同攝影機出現之時間點，類同軌跡分析功能，如圖16所示。

(二) 建立整合式操作介面

1. 可將各式不同物件設定為條件，並同時整合查詢，更有效縮小關注範圍，如圖17所示。
2. 可同時選定多支攝影機搜尋相同條件之影像進行比對，快速追蹤可疑物件，如圖18所示。
3. 為利於快速掌握各式資訊地理位置相關性，建議利用地理資訊系統整合相關應

用，上述各式查詢操作及結果展示，應於電子地圖平台上操作、展示，如圖19、20所示。

伍、系統效益分析

一、防制犯罪發生

各式攝影機能夠全時監控追蹤犯罪事件，對犯罪者產生嚇阻作用。因而在13,500多處治安要點形成防衛空間，有效嚇阻不法行為，防制犯罪發生，保護市民免於恐懼，提升民眾的安全感。

二、提升員警辦案效能

透過系統各項智慧功能及結合110報案系統，授權員警於地理資訊系統(GIS)地圖事件發生處，以同心圓迅速調閱偵辦事件，將歷史影

像進行分析，勾選嫌犯特徵，快速顯示相關影像，以利追蹤嫌犯路徑，大幅提升辦案效能。

三、還原案發或事故現場

透過系統強大影像儲存及管理功能提供案發或事故現場相關影像資料，以利員警進行現場還原作業，協助犯罪偵查。

四、精確的警力勤務派遣系統

透過系統強大影像儲存及管理，結合110報案系統與地理資訊系統(GIS)，勤務派遣人員將能更精確有效執行派遣作業。

五、行動視訊APP影像調閱

員警透過手機APP即時監看CCTV影像，於出勤前先行提早瞭解現場狀況，到達辦案現場後，若因辦案需求也可選擇CCTV調閱歷史影像，選擇觀看事發前之錄影時段紀錄，以利現場即時釐清案發之前後狀況。

結論與展望

繼語音通聯記錄偵查之後，錄影監視系統已成為另一種犯罪偵查及破案之最有利工具。各治安要點之鏡頭彷彿鷹眼般銳利地俯視大街小巷，全程如實記錄經過的人、車、移動物體及事件發生的經過，以影像還原事實，釐清真相，提供全年無休的守護服務，24小時保衛人民的安全，它的存在已讓犯罪者怯步，迫使不法無所遁形，使市民安居樂業，建構臺北市成為幸福樂活的優質城市。

近年來資訊科技進步，隨著攝影機、影像儲存、網路傳輸技術提升，促使影像資訊的應用蓬勃發展，顯著提升監視器安全監控應用範

圍，智慧影像監控與警政勤務之整合應用，已成為城市治安與犯罪預防工作的趨勢，亦為智慧城市重要項目之一。

臺北市錄影監視系統升級智慧影像分析平台，採數位影像並同時考量影像畫質提升、節省傳輸頻寬及影像加值應用的需求等要點，選用200萬畫素攝影機獲得最佳化投資效益，並試辦在聚眾熱點寬廣場域上採用500萬畫素攝影機，作為未來系統精進之參考。

誌謝

台灣世曦工程顧問股份有限公司於108年10月經公開競標評選，擔任臺北市政府警察局「第一期錄影監視系統汰舊換新委託規劃設計監造服務採購案」技術服務顧問，作業期間承蒙 臺北市政府警察局、資訊局各級長官及諮詢委員指導協助，得以順利完成本錄影監視系統汰舊換新工程規劃設計，為臺北市民治安盡一份心力，特在此謹誌謝忱。

參考文獻

1. 台灣世曦工程顧問股份有限公司，「建置臺北市錄影監視系統委託規劃設計監造技術服務案服務建議書」，(2008, 6)
2. 台灣世曦工程顧問股份有限公司，「第一期錄影監視系統汰舊換新委託規劃設計監造服務案整體規劃報告」，(2020, 1)
3. <https://muralibala.gitbooks.io/introduction-to-machine-learning/content/>
4. Michael A. Nielsen, "Neural Networks and Deep Learning", Determination Press. (2015)

5. <http://www.bigdataarchitect.com/blog/deep-learning>。

6. Rene Meyer, Deep Learning Smarts Up Your Smart Phone, AMAX. (2015)

7. 台灣世曦工程顧問股份有限公司，「深度學習技術於高快速公路網交控領域之應用研發計畫研發計畫成果報告書」，(2019)

8. 經AiUnion富萱科技公司授權圖示，僅用於本期刊不得轉貼。

9. 經BriefCam公司授權圖示，僅用於本期刊不得轉貼。

10. 經神通資訊科技公司授權圖示，僅用於本期刊不得轉貼。



智慧型影像監控系統資訊安全防護設計實務

關鍵詞(Key Words)：智慧影像分析(Intelligent Video Analytics)、監視系統(Video Surveillance System)、資訊安全(Information Security)、資通安全管理法(Cyber Security Management Act)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機部／工程師／王翔正 (Wang, Shiang-Jeng) ①

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) ②

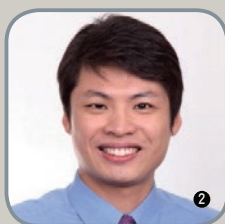
台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機部／協理／林啟豐 (Lin, Chi-Li) ③

Information
Security

摘要

為強化公共場域安全管理及達成智慧城市發展願景，各公務機關刻正逐步導入智慧化影像監視系統，採用具備人員行為特徵、物件及事件辨識的影像分析技術，透過現場錄影設備收集之影像資料，於前後端分析系統以人工智慧技術偵知各項安全管理標的，加速安全維護人員對事件反應處理以及減輕監視人員作業負擔。

而此類監視系統以維護場所安全為目的，所採集的人員特徵資訊皆來自於公共場所開放空間，原則上應無法鑑別出一般個人身分資料，以避免衍生侵犯隱私之議題。但無論所收集影像資料屬公開或非公開資料，系統擁有者仍有責任維護所收集資料之機密性(Confidentiality)及完整性(Integrity)，不得使系統受威脅入侵而發生資料外洩或遭竄改之情事；在系統維運方面，則須依其服務特性，應維持既定之可用性(Availability)要求並符合相關法律規定。有鑑於此，本文將著重於系統設計階段即納入完整系統發展生命週期之資訊安全需求，並參照國內外相關法規及技術發展趨勢，部署資安防禦設備及建立資安風險控制措施，打造出一套可靠穩定的安全維護管理系統。



The Information Security Design Practice of Intelligent Video Surveillance

Abstract

In order to strengthen the security management of public space and to achieve smart city vision government agencies are gradually implement Intelligent Video Surveillance Systems. Through the front-end AI video analysis system to detect security management targets, to accelerate the incidents response of security officer and reduce the burden of monitoring personnel.

The collected personal characteristics information are all from public space, in principle, it should be impossible to identify general personal data to avoid privacy concerns.

Regardless of the video data source from public or non-public information, the system owner has the responsibility to maintain collected information of confidentiality and integrity, to avoid data leakage or tampering due to threats. According to service characteristics, availability and compliance should be maintained.

In the light of this, this article will focus on Security System Development Life Cycle (SSDLC) in system design. Introduce information security risk management and equipment deployment refer to laws, regulations and technology development trends at home and abroad for a reliable and stable safety maintenance management system.

壹、前言

根據行政院資安處統計，近年因國際情勢發展，我國政府機關遭受網路攻擊每月超過3千萬次，其受攻擊次數是全球平均值的2倍，而民間企業每週受到攻擊亦高達全球平均值的3.5倍[1]，而涉及民生、經濟、政府運作之國家關鍵基礎設施(Critical Infrastructure, CI)遭攻擊或災損將嚴重影響社會安定，故更應重視資安防護；因此，各項資訊系統建置時應完善考量對於攻擊威脅的「安全性」與遭受災害快速恢復的「韌性」，透過不斷持續精進調整的資安控制措施，達到組織資訊系統永續發展之目標。

過去各政府機關資訊安全多依據「行政院及所屬各機關資訊安全管理規範」、「政府機關(構)資通安全責任等級分級作業規定」(已停止適用)等規定執行，相關業務則由行政院國家資通安全會報與國家資通安全技術服務中心

辦理，直至105年6月成立行政院資通安全處綜整並推動全國資安政策發展，並於107年6月6日公布「資通安全管理法」[2](以下簡稱資安法)後，擴大其適用範圍及強制力，使國家層級的資安制度趨於完整，且近期已在109年11月提出資安法修正草案，將加強國家核心科技、特定財團法人之資安防護，以期達到維護國家競爭力之目標，法規發展歷程詳圖1所示。

未來行政院將成立數位發展部，負責國家傳播、資安、個資保護等相關工作，配合數位國家・創新經濟發展方案(DIGI+)、資安產業發展行動計畫、前瞻基礎建設計畫等長期國家發展策略，資訊安全產業與人才之需求將持續增長，相關資訊系統設計之資安要求將更加多元、防護層次更深、防護面向更廣，系統設計人員須考量目標單位之業務性質、服務內容、

資安治理成熟度等進行適當之系統配置。而根據現行資安法，各機關須遵照其子法內容，進行資通安全責任分級及應辦事項，故系統設計人員可依循資安法之脈絡做為系統基本設計框架，其相關責任分級應辦事項檢核流程彙整如圖2所示。

本文將逐步說明一套完整的資訊安全系統於設計階段應考量之各項控制措施，並參照ISO 27001/CNS 27001標準架構[3][4]，融合智慧型監視系統之特性，說明應強化重點項目，以作為相關系統規劃設計檢核參考。

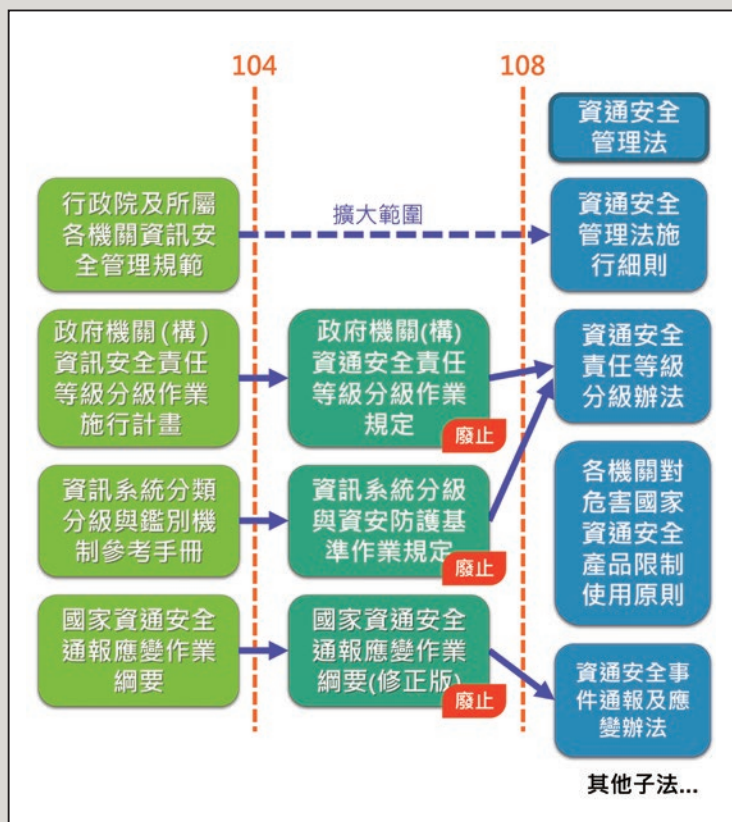


圖1 國家資安法規發展歷程

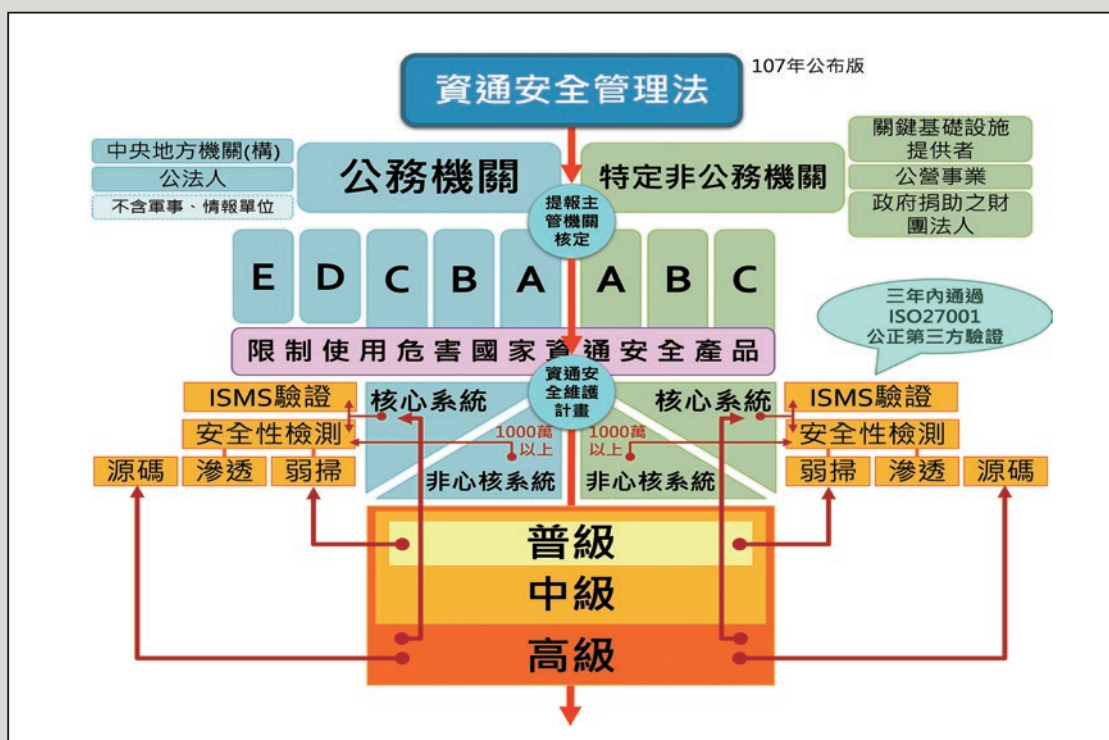


圖2 資安法適用機關應辦事項系統設計檢核流程圖

貳、資訊安全風險管理

於系統設計前，須先進行風險管理程序，首要步驟為根據組織全景(Context)以明確訂定出系統評鑑範圍，其後參照ISO 27005資訊安全風險管理流程[5]，逐步進行風險評鑑及風險處理等主要步驟，以完整建立出風險評鑑報告，此報告則為後續實質設計之依據。而風險管理主要步驟及參考作法如後說明。

一、風險評鑑

風險評鑑主要內容為識別出任何對於威脅到專案或系統達成目標之可能情形，並決定是否進行處理的程序。於ISO 31000風險管理標準中，列舉出31項風險評鑑的實務做法，而ISO 27005針對資訊系統建議採用高階風險評鑑法(High-Level Risk Assessment)或詳細風險評鑑法(Detailed Risk Assessment)來執行本項作業，相關作法及注意事項說明如下。

高階風險評鑑法為參考營運衝擊分析(Business Impact Analysis, BIA)做法，將風險衝擊視為必然發生，並訂定幾項主要關注之構面，分別評定風險衝擊程度，取其最高者代表該系統之風險等級。現行資安法風險評鑑作法即是採用高階風險評鑑，其檢視構面分別為機密性、完整性、可用性及法律遵循性共四項，風險等級(資安法稱防護需求等級)分為普、中、高共三級；而高階風險評鑑的優勢在於執行方式簡單直覺、評估標的少，可快速建立出企業組織或機關單位的資訊系統資安防護原則，適當分配資源，以達到一定程度之防護效益，但相對的，因未詳細識別系統營運細節，可能存在不符合的評鑑結果，將造成設計階段防護配置不足或過度配置。為避免此狀況發生，建議可針對高風險等級之系統進行詳細風險評鑑。

詳細風險評鑑法為參考後果機率矩陣(Consequence/probability matrix)做法，納入風險發生機率的概念，再加上衝擊程度、資產價

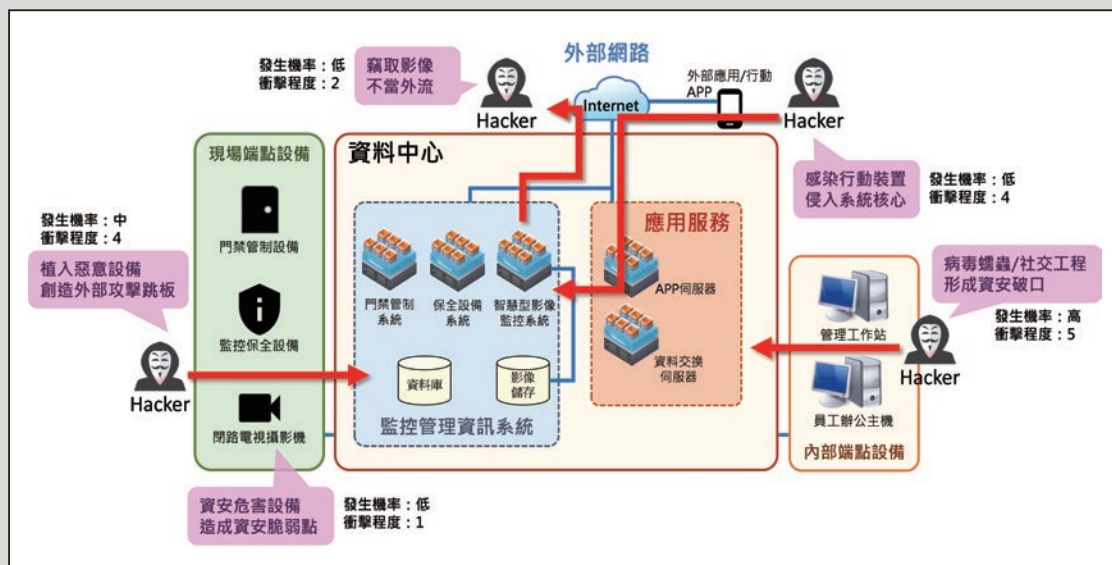


圖3 詳細風險評鑑風險項目分析概念圖

值、受利用性等定量指標（一般以0、1、2…量化尺度表示）或定性指標（一般以0或1方式表示無／有、否／是），進行多維度的分析並產生預先定義矩陣，依據事先定義好的風險接受準則，劃分出應處理之風險項目，再進入風險處理階段，其系統分析概念詳圖3所示。詳細風險評鑑的優勢在採用類似期望值計算分析方式，可有效識別出如高衝擊但極低發生率或高發生率卻極低衝擊之風險，考量後續風險處理階段接受其風險，以有效分配資安投入成本與資源，來處理對系統營運實質產生影響之危害事項。

二、風險處理

依據前階段結論產生之風險評鑑報告實作風險處理作業，風險處理主要有降低、接受、避免、分擔之四種策略，各項策略採用得視組織經營目標、財務規劃、人力資源等適當使用，並無優劣之分。風險處理後亦可能產生新的風險，此時就要再回到風險評鑑階段重新評估或調整評估準則，持續循環此步驟直到殘留風險降低至可接受範圍，則完成一輪的風險評鑑程序。而風險評鑑結果須配合組織政策、環

境、資產、法規或威脅攻擊手法等變動重新檢討，以維持相關控制措施之有效性。

參、資安防護系統規劃

參照風險處理結論，可依其辦理系統設計工作，而在資訊安全設計方面可參考ISO/CNS 27001附錄A內之控制目標與控制措施逐項檢視，並配置適當系統設備，而本文介紹常規上會採用的幾項主要基本防護系統或技術，其智慧型影像監控系統整體資安防護配置詳圖4所示，讀者仍得視目標系統環境增減其配置、替代技術或採用複合式解決方案，以達成組織資安政策目標。

一、威脅偵測系統

系統威脅是指人為、軟體或設備以惡意或無意的對系統進行可能產生危害之行為，此類威脅不僅來自外部，依統計更多組織企業的威脅其實來自於內部本身員工，因此，資安防護設計除邊境保護外，內部威脅的偵測亦為重點項目。近年來因虛擬化技術成熟、資安設備軟

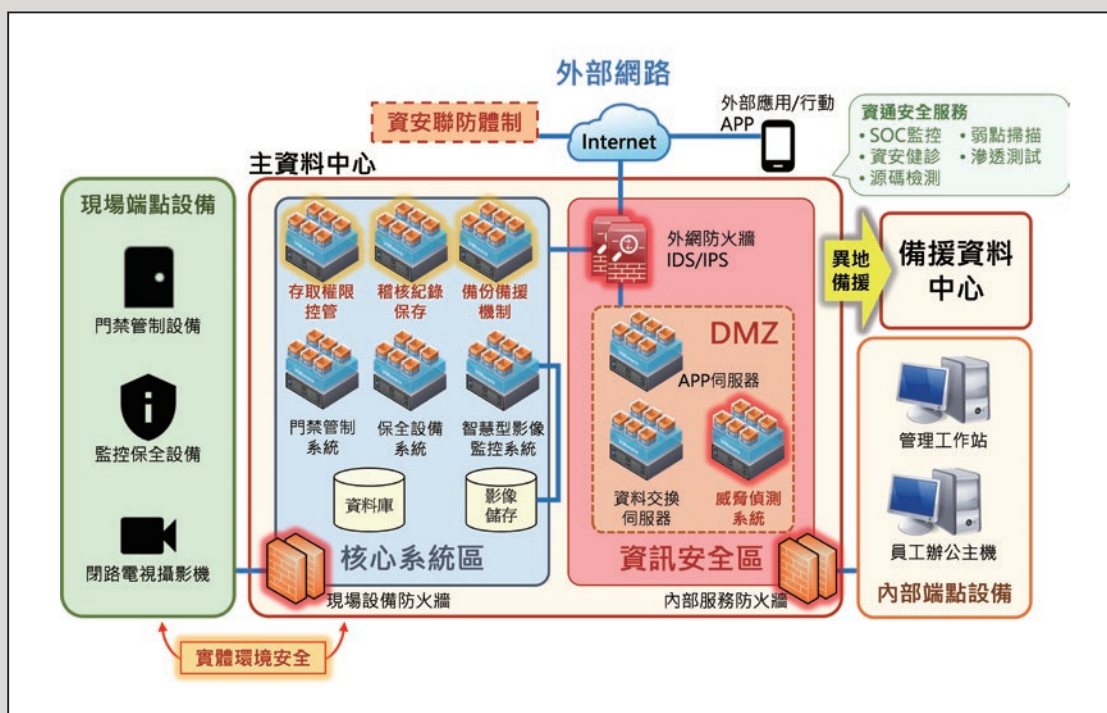


圖4 智慧型影像監控系統資安防護配置示意圖

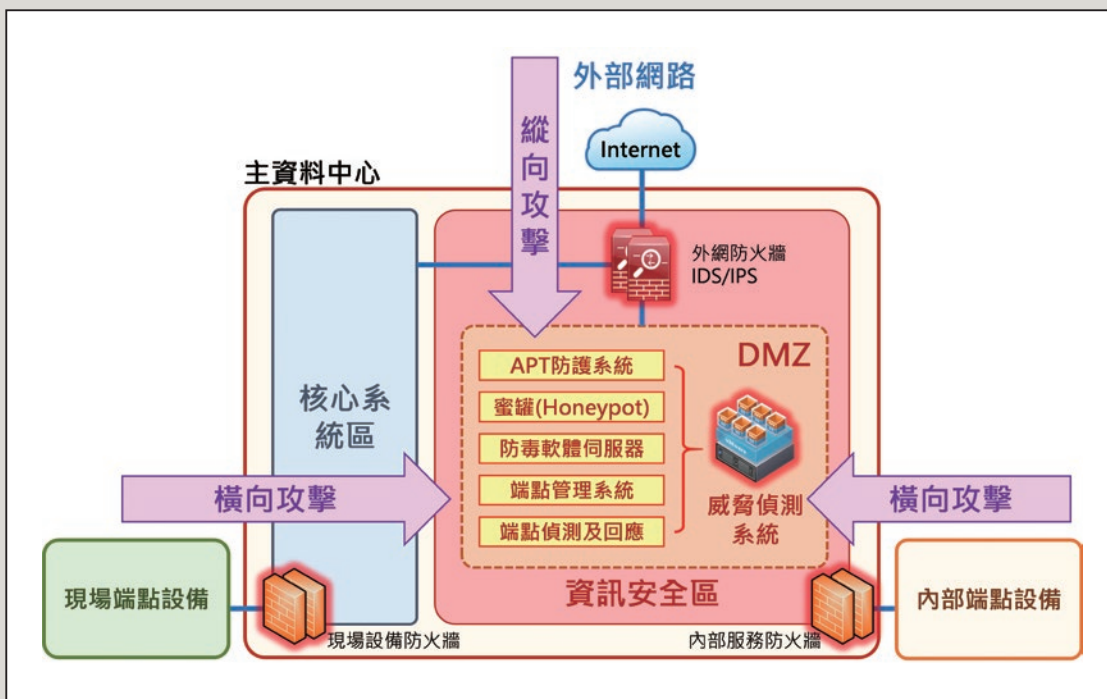


圖5 威脅偵測系統防護作用示意圖

硬體的界線已模糊，部分網路業者也提供雲端資安解決方案，一般而言如有高處理效能需求可採地端硬體方案，如追求靈活配置則可採用

雲端方案，威脅偵測防護作用方式參考圖5所示。

於邊境保護的部分，傳統架構會採用防火牆處理，透過規則邏輯設定，可產生基本的防禦效果，而現行主流會以新世代防火牆(NGFW)來取代邊境之防火牆設備，透過可辨識至網路第七層的流量特徵及IPS主動阻斷攻擊，以應付不斷變化的威脅。防火牆主要是對網路封包流量分析，針對傳送的内容則需透過其他方法辨識，其偵測方式有檔案特徵辨識及行為辨識兩種，特徵辨識採用拆解、分析檔案內容，並找出可能的威脅加以阻擋；而行為辨識則採用將可疑檔案送入虛擬機或容器等隔離環境內執行，並監控是否出現侵入行為以發掘威脅，其惡意檔案相關資安技術如郵件掃描、病毒蠕蟲偵測、沙箱技術等，此類技術可防禦進階持續性威脅(Advanced Persistent Threat, APT)攻擊，偵知潛在的入侵行為加以阻擋。此外，針對網路入侵行為，則可透過蜜罐(Honeypot)誘捕，將不合法的流量導入虛假的环境中，藉以觀察入侵者行為模式，作為後續因應之參考依據。

對於外部威脅有上述各式措施可以防範，

而內部威脅的部分則相對難處理，除採用防毒軟體、導入統一端點管理(UEM) 確保各項設備安全性修補狀態，或以具端點偵測及回應(EDR)機制的方案，主動防禦與追蹤威脅，其他保護方式多為權限控管、移動裝置管制、社交工程演練等，多為偏向管理制度面的防護策略，故對於內部威脅則以存取權限控管為主。

二、存取權限控管

權限控管為任意資訊系統最基本的防護措施，透過將權限賦予適當人員，以最小開放權限為原則，為維護資訊系統的根本；而在實務上，權限控管措施時常伴隨著使用者的不便，在已營運中的系統要進行限縮使用者權限作業，需投入大量評估與溝通成本，因此，於系統設計期間即規劃完備的權限控管措施，可有效減少後續維護之成本，其相關系統建議配置方式如圖6所示。

為有效進行權限控管，理想方式應由目錄

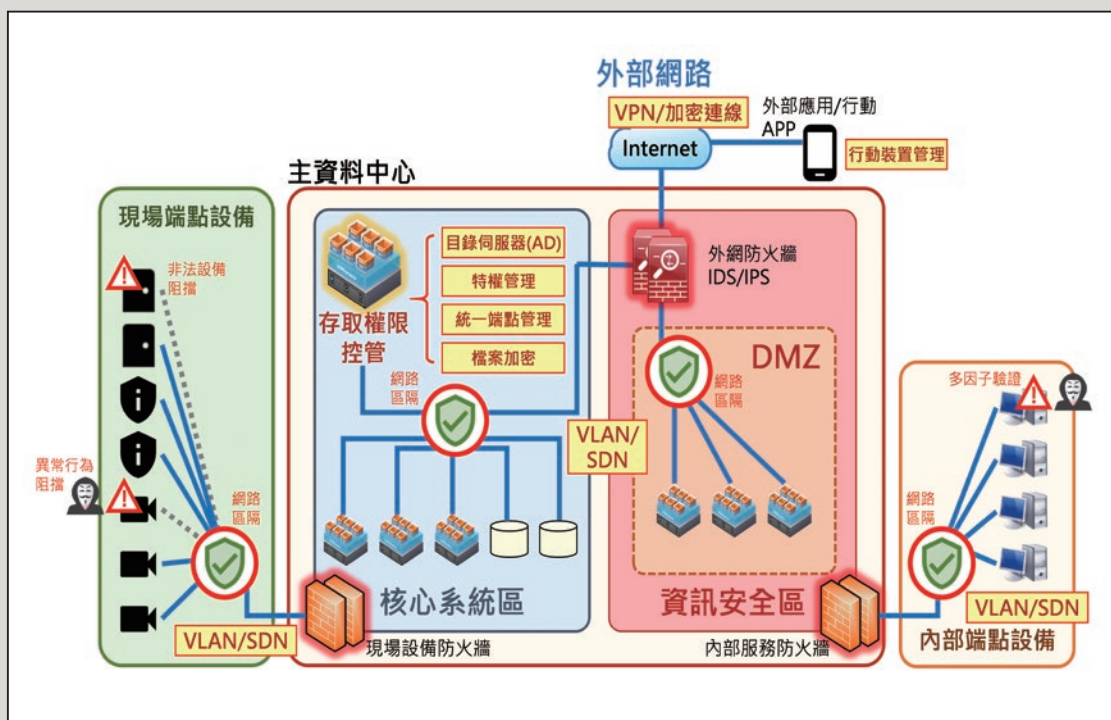


圖6 存取權限控管措施示意圖

伺服器(AD)集中控管驗證，訂定各帳號之有效性、可操作系統範圍等，並導入單一登入機制(Single sign-on, SSO)，儘量減少各別系統軟體自建帳號之情形，針對高安全需求之系統，應導入特權號管理系統，以嚴格追蹤高權限之操作行為；在帳號密碼的管理方面，多數企業機關會採用大小寫英數混合、最小密碼長度限制、90日變更密碼等策略，其出自於美國國家標準暨技術研究院(NIST)所發布舊版指引，該指引已於2017修正，新版指引建議密碼設置採用長密碼能有較佳保護效果，惟現行多數軟體或機關規定仍維持舊版指引規則，建議可在此規則前提下增加最小密碼長度限制（15字元以上），已達保護系統之目的。此外，除帳密管理，採用生物辨識、一次性密碼(OTP)，或組合複數驗證方式的多因子驗證機制，皆可大幅提高系統安全，減少遭入侵可能性。

在網路存取控管方面，於各不同系統、使用單位、部門之間，應實行網路區隔，受區隔的網路間溝通應受監控，以防止單一入侵事故擴及其他系統，如近年來推行的零信任(Zero Trust)系統架構即是權限控管的實踐。網路區隔實務做法可以採實體線路隔離，惟線路配置與管理不易，在內部網域現行常用方式為建立虛擬網路(VLAN)，或更大型網路架構可採用軟體定義網路(SDN)，皆可有效集中管理網路流量，同時具備橫向擴充的彈性，亦維持網路管理的便利性；而在內外網路間，為邊境防守重點，應於對外防火牆後鄰接非軍事區(DMZ)，其內配置所有應對外之服務，如企業入口網站、資訊發布、資料交換服務等，避免外部流量直接貫通至內部核心服務區。在對外網路通訊部分，常用管理方式即採用VPN技術，透過在兩個端點間建立的VPN，訊息會根據指定的加密協定重封裝封包後送出，只有在送達目的後才被還原訊息，確保訊息傳輸過程中無法被探知內容，以保護資料機密性。

在設備控管方面，重點在於確保接入受信任的設備及設備埠口控管兩件事，主要解決方案有針對設備IP/MAC管理的IPAM、針對行動裝置管理的MDM、統一端點管理的UEM等產品，透過允許／阻擋清單（慣稱黑名單／白名單，因近年Black Lives Matter運動，此類涉及歧視性名稱建議避免使用）、安全性修補狀態、異常行為等檢測機制，管制其進入系統可執行之權限、開放埠口（USB、網路埠）；惟要注意的是，部分產品會採用於端點安裝代理程式(Agent)進行管理，對於影像監控設備、偵測器或IoT這類量產型設備，可能不允許被額外加裝非原廠軟體／韌體而無法監管，故在產品選用上須依實際需求調整。

對於文件、圖片、影像、音訊等輸出檔案存取防護措施，在完整性保護方面可採用加密雜湊值(Hash)、浮水印避免檔案遭竄改，機密性保護方面可採用密碼控管、專用閱讀器、專用播放器等機制，避免無授權者取得檔案內容。

三、稽核紀錄保存

於資訊安全系統稽核紀錄指的是系統運行之事件日誌，此紀錄內容須包含詳實的事件類型、時間、設備、使用者等資訊，並以統一時戳收存於日誌保存系統內，配合存取權限控管機制，避免遭受竄改。

稽核紀錄主要目的除留存系統運作紀錄，最重要的是可做為資安監控中心(SOC)之分析資料源，以及資安事件事故的數位鑑識之依據，為了可完整追蹤入侵軌跡，建議設計上應至少包含所有防火牆設備、存取控制點、目錄伺服器、對外服務主機及核心服務主機，並視日誌伺服器處理容量，儘量包含系統內重要設備之紀錄，其系統架構如圖7所示。

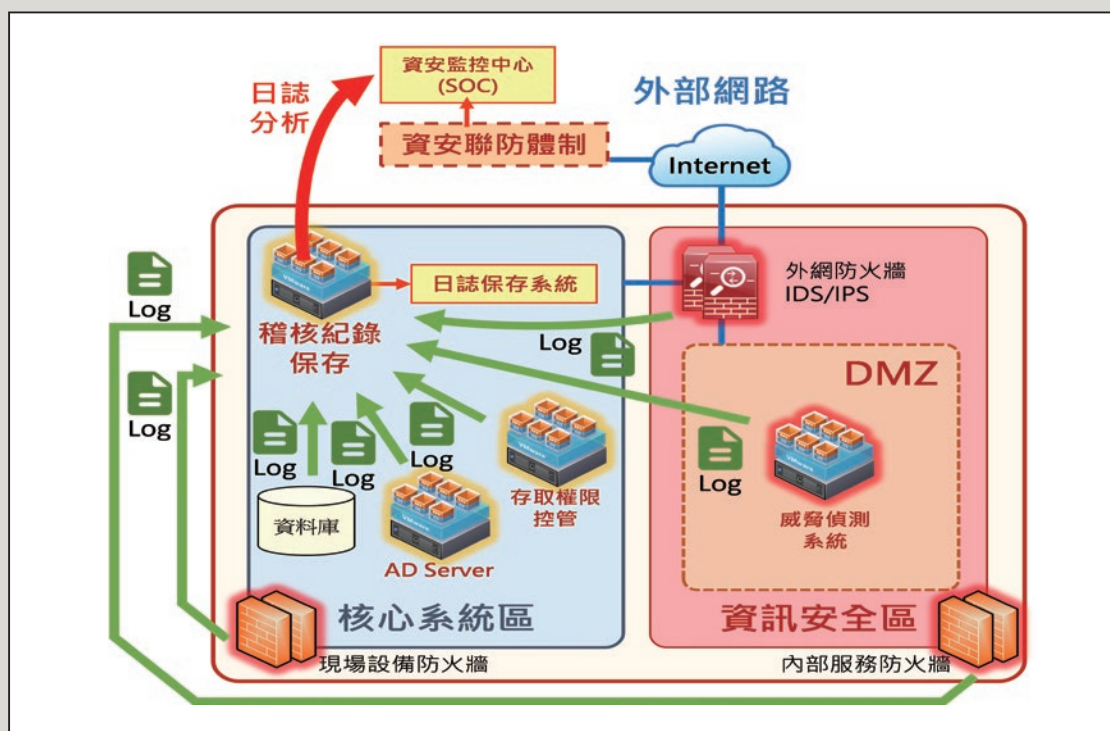


圖7 稽核紀錄保存系統架構示意圖

四、備份備援機制

備份與備援是資安韌性中恢復力之重要關鍵，其投入成本越高、架構越完整則能提升系統持續運作的可用性，但不宜因此而無限上綱備份備援需求，應依據風險管理結果，參照系統可用度目標、復原點目標(RPO)、復原時間目標(RTO)等指標設計適當配置。

備份主要是指資料、軟體的保護，尤其近年來勒索病毒猖獗，贖回被加密的資料對企業而言是巨大的風險，備份還原則為主要恢復手段，其在技術上可分為完整備份、增量備份、差異備份等，得視備份可用容量選用適合方式；而備援則涵蓋整體系統服務的保護，其包含傳輸通訊、電源供應、散熱系統、伺服器主機、資安防護設備等，設計上會以高可用性架構(High Availability, HA)來做思考，因智慧型影像監控系統多需要以連續影像進行分析，對於系統中斷容許值低，建議應以熱備援架構為

主，並於本地或異地配置一套相同規格設備進行AA(Active/Active)或AS(Active/Stand By)架構備援，縮短系統服務中斷時間，整體備份備援參考架構如圖8所示。

五、實體環境安全

對於實體環境安全須考量整體保全區域配置，因智慧型影像監控系統一般為輔助企業組織運作之子系統，故本文將探討範圍專注於資訊系統機房與攝影機設備之安全。

機房為存放系統服務設備之重要設施，其風險因素主要來自於進出人員、公共服務事業（電力、冷卻水供給等）與自然環境（溫度、濕度等），設計方面可以參照TIA-942標準來進行，建議至少達到該標準Tier 2等級，始可做為持續性監控服務之基礎。對於機房維運，重點可放在門禁管制、人員監控、環境監控系統，確保機房範圍內處於一個風險可控制之狀態。

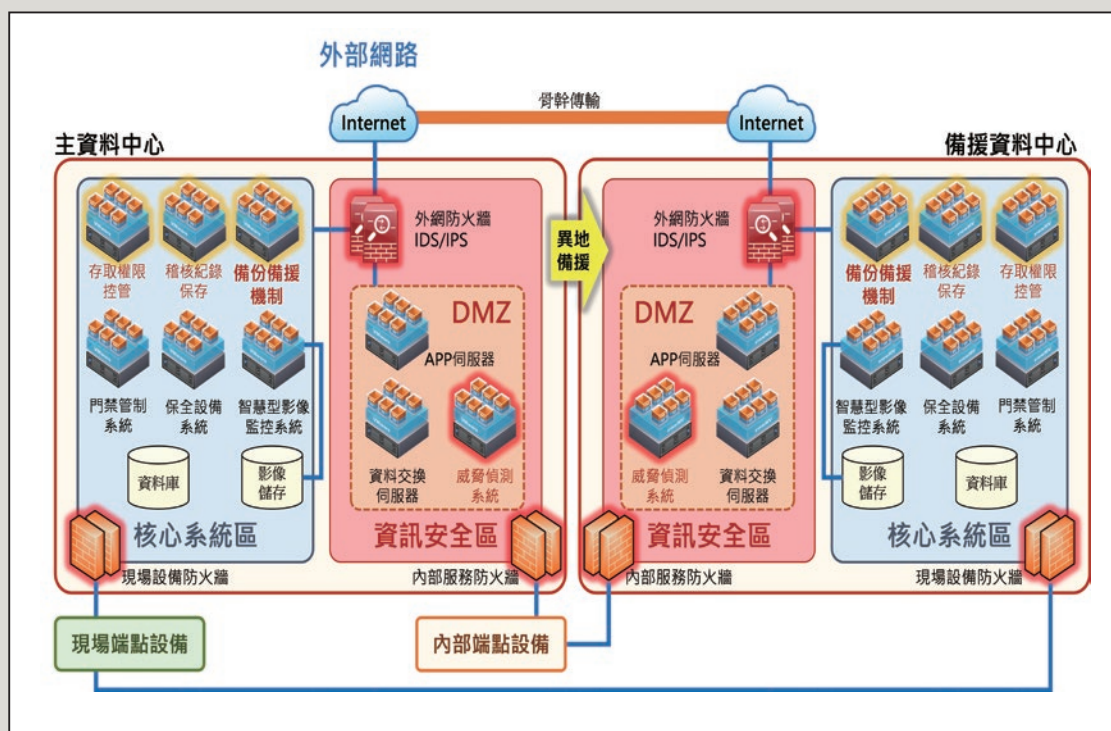


圖8 備份備援架構示意圖

對於現場攝影機設備，重點則在於設備本身與纜線之保護，對於攝影機設備規格設計應視安裝環境選擇一般或工規設備，訂定耐冷／熱、防水、防塵之要求；在纜線部分應由攝影機埠口至上游接點，全線加裝保護管（RSG、EMT或PVC等），於連接攝影機之脆弱點應採金屬軟管以加強防護，實際安裝方式參考圖9所示。

肆、資通安全服務導入

一、系統發展生命週期文件

系統發展生命週期(SDLC)指的是系統開發過程中，所進行的需求分析、設計、開發、測試、部署與維運各階段的成果品質確認，降低開發後期問題處理的成本及確保系統功能如預



圖9 現場設備保護管線實際安裝圖

期，而針對系統發展之資訊安全，已發展出安全系統發展生命週期(SSDLC)方法，其在SDLC的基礎上，加入各式資訊安全檢測之要求，如開發測試階段執行源碼掃描、弱點掃描，營運維護階段執行資安健診、滲透測試與持續性資安監控等。

對於系統設計，須注意納入有關SSDLC內進行的風險評鑑、確認檢查點、資安檢測結果、軟體更版紀錄等，涉及系統開發過程追溯之項目，必須確實文件化，並儘量以統一發布格式版本文件紀錄，以利後續稽查活動或系統驗證，作為佐證資料使用。

二、源碼掃描

現行主流的系統軟體開發流程，會採用持續整合與持續部署(CI/CD)架構，其持續整合(CI)過程中，進行原始碼的靜態應用程式安全測試(SAST)，或稱白箱測試、源碼掃描，主要目的於開發階段，透過完整揭露軟體內部各項單元，發掘可能之軟體弱點並進行修補。源碼掃描可透過自動化之工具軟體進行獲取弱點報告，惟實務上透過源碼掃描所揭露之弱點過於詳細，絕大部份可能是低風險或是無法觸發的弱點，完整修正將徒增開發人員負擔，故建議應以高風險弱點優先進行修正，中等風險弱點可由專業人士研判修正之必要性。

三、安全性檢測服務

延續CI/CD架構的系統軟體開發流程，於持續部署之準備階段，應進行動態應用系統安全測試(DAST)，或稱黑箱測試、弱點掃描，透過由系統軟體之外部對其檢測可能風險項目，常用依據為「Common Vulnerabilities and Exposures (CVE)」及「OWASP TOP 10」之最新公布資料，建議修補檢測結果中等以上風險弱點，即可避免常見之軟體漏洞。

而實際部署後系統上線前，則可以滲透測試通盤性檢測是否存在系統安全性弱點，發掘不同軟體或設備組成系統後，是否存在錯誤配置形成弱點，或低強度身分驗證機制、過度揭露系統資訊等問題，模擬出在最近似真實環境下系統運作，可能遭受攻擊之情形，及早修復，降低實際上線後再進行矯正之困難度。

四、資安健診

除系統建置期資安檢測外，於系統上線營運後仍應定期進行資安健診。資安健診主要從網路面、系統面及終端面三層面進行檢視[6]，在實際作業情境下對於工作站、伺服器、防火牆等設備的系統設定、服務活動狀態、安全性修補情形進行確認。由於環境威脅隨時間不斷變化，建議健診週期以每年至少一次為佳，不宜超過二年，以維持資安防護有效性。

五、資安監控與聯防體制

為建立全方面資安運行環境，除定期健檢外，應導入全時段7x24x365即時監控機制，基本做法為建立資訊安全監控中心(Security Operation Center, SOC)或委外SOC服務，透過專業人員解析日誌，保存系統內紀錄，發掘資安事件、異常流量或入侵行為，回饋給系統管理者啟動防護措施，避免災害事故發生造成損失及衍生的復原成本。

另根據行政院「資通安全情資分享辦法」規定，機關應適時與主管機關進行情資分享，以有效掌握新型威脅並預先防範。而我國已建置國家聯防體系包括國家資安聯防監控中心(N-SOC)、國家資安資訊分享與分析中心(N-ISAC)、國家電腦緊急應變中心(N-CERT)，以及交通領域的交通部資安資訊分享與分析中心(T-ISAC)、醫療衛生領域的衛生福利部醫療資安資訊分享及分析中心(H-ISAC)、金融領域的金

管會金融資安資訊分享與分析中心(F-ISAC)、學術領域的教育部教育學術資訊分享與分析中心(A-ISAC)等，或由資安業者建立的SOC服務，皆可完整包含威脅攻擊之前中後所需情資，故將系統加入聯防體系的保護，可擴大威脅偵測範圍，及早因應可能之攻擊行為。

結語

對於智慧型影像監控系統或其他架構相似之資訊系統設計，除可參照本文架構初步構思外，亦可依循ISO 27000系列標準、NIST網路安全框架(Cybersecurity Framework, CSF)、網路安全中心的Critical Security Controls (CSI CSC)控制措施指引等，完整的資安架構進行設計，其中CSF受多數企業組織採用，該框架將網路安全以五個面向持續循環改善系統資安水準，易於實務上推行。而本文納入SSDLC之概念，彙整出一套安全資訊系統設計架構詳圖10所示，其中各單元內容可參照本文主題套入，即可建構出兼具安全性與韌性之資訊系統。

一、現況建議

我國因國際情勢及產業特性，一直以來都是全球遭受駭客網路攻擊的高風險地區，政府亦持續強化公部門資安防護規定，並提出「資安就是國安」的施政方向，大力推動民間資安產業發展與人才培育，惟現況機關單位或企業組織苦於無資安專業人員或無重視資安威脅，往往將資安工作由一般資訊管理人員兼任，以至於無法及時察覺危害輕微的資安事件，或無法確實執行資訊安全措施，而演變成嚴重資安事故，如近年來的資訊電子業台積電、仁寶電腦、研華科技，石化產業中油、台塑等，接連發生重大資安事故，不但衝擊公司營運，亦可能導致國家核心科技遭外流，危及國家發展安全。

故如何落實全民資安意識，為當今重要課題，如教育部推行「全民資安素養」即是一個良好的入門方式，而對於資安防護策略，我國對於流行病COVID-19超前部署的相關作為亦是資安防護最佳參考案例，值得借鏡。

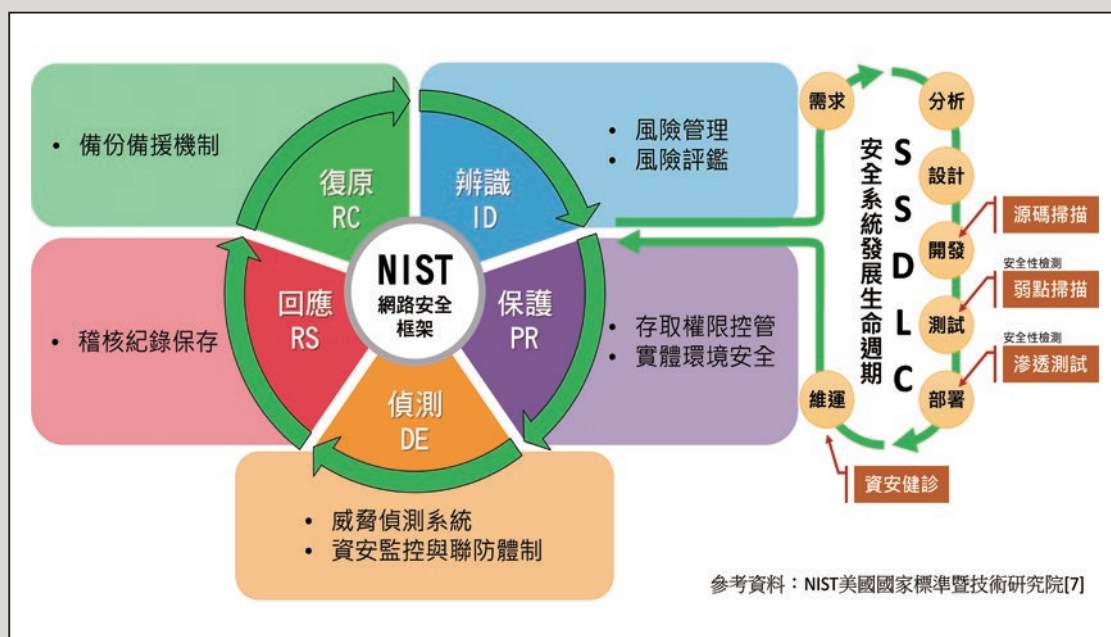


圖10 安全資訊系統設計架構圖

二、未來發展

對於未來要持續精進資安作為，筆者參照國內外分析及技術發展趨勢，提出以下建議供讀者參考：

- (一) 發展零信任資安架構：有別於傳統資安防護架構，將外部視為危險、內部視為安全，防護重心僅擺在邊境上，零信任(Zero Trust)及零信任網路架構(Zero Trust Network Architecture, ZTNA)主張任何存取行為都需受驗證、任何流量都應受區隔，從最根本的權限控管做起，建構出縱深防禦基本架構。如此一來，可大幅提高威脅由單點擊潰整體系統之難度，對於潛伏中的APT，使其更加難以探知系統全貌，以致無法真正發動攻擊，零信任可視為一種由基礎面達成高度資安防護的有效作法。
- (二) 建置自動化AI APT防禦系統：以目前的技術上，APT是一種具高度隱密性、計畫性的攻擊手法，受APT真正發起攻擊的系統，往往早已被入侵潛伏數月之久，如採用無學習機制的APT防禦系統，將難以探測出系統中的異常行為或以零時差漏洞(zero-day vulnerability)進行的攻擊，對應此類威脅須採用具AI、機器學習等，可即時適應環境變化的技術進行防護，並自動化阻擋威脅行為，避免人為過晚介入導致攻擊成功發動。
- (三) 採用託管式偵測及回應(MDR)服務：將系統納入SOC監控，可察覺威脅行為，但實際阻擋仍需由系統維護者執行，實務上系統維護者可能並非專業資安人員，將容易發生誤判或錯誤處置，因此，將資安防護工作轉由專業資安團隊廠商執行，除可降低受威脅攻擊的損失，亦可

減輕機關或組織的網管人員負擔，真正專注於系統維運的工作。

- (四) 導入端點偵測及回應(EDR)機制：相對於防毒軟體強調的是端點對於惡意檔案的防護，EDR強調的則是對於威脅行為的阻擋，並記錄威脅入侵軌跡，作為精進系統防護能力的依據。端點通常為系統中一般人員使用操作的主機，也是資安防護中脆弱點之一，端點使用者往往會在無意中啟動了惡意的檔案或連結，使得系統暴露在危險之中，故透過EDR即時自動阻擋惡意程序的發動，並通報管理人員鑑識入侵軌跡加以防範，以避免重複威脅的發生。
- (五) 強化IoT、OT、CT資安規劃：以現行物聯網風潮來看，未來在2025年將有750億裝置聯結在網路上[8]，其IT設備資安防護方案完整，而IoT、OT設備通常為簡易系統，對於資安防護力極為薄弱、甚至無任何防護措施，目前可實行的控制措施也僅要求高強度預設密碼、定期更新韌體等方式，如遭有心人士刻意破壞，將物聯網設備做為跳板入侵系統核心，尤其CT技術進入5G時代，攻擊方式更加複雜且難以管理，嚴重影響資訊安全。現階段要求所有物聯網產品都通過資安驗證在實務執行上有困難，但仍建議可逐漸要求使用通過國際標準ISO/IEC 15408、物聯網設備CTIA及工控產業IEC 62443等標準之物聯網產品，或以國內台灣資通產業標準協會TAICS、物聯網資安聯合檢測中心驗證通過之產品，以達到一定水準安全防護。
- (六) 關注容器資安發展：因應雲原生技術蓬勃發展，導入微服務架構的資訊系統亦在成長中，而微服務中一項主要的技

術應用即是容器化服務設計，雖容器化設計對於系統開發部署帶來相當的便利性，但也形成了資安的隱憂，如不安全映像檔建構的服務、惡意容器奪取系統控制權等問題，故建議應控管映像檔來源、導入映像檔掃描程序、建立容器庫管理機制等方式，以防止雲系統受破壞。

參考文獻

1. Check Point Research, 2020 Cyber Security Report, 2020.
2. 行政院，資通安全管理法及子法彙編，民國108年9月。
3. ISO/IEC, ISO 27001:2013 Information technology—Security techniques—Information security management systems—Requirements, 2013.
4. 經濟部標準檢驗局，CNS 27001「資訊技術-安全技術-資訊安全管理系統—要求事項」，民國103年4月。
5. ISO/IEC, ISO 27005:2018 Information technology — Security techniques — Information security risk management, 2018.
6. 中華資安國際股份有限公司，資安健診服務，<https://www.chtsecurity.com/service/m104>，民國109年12月。
7. NIST, Cybersecurity Framework Version 1.1, 2018.
8. 行政院國家資通安全會報技術服務中心，資安新聞：英國擬制定新法令規範IoT裝置安全性，民國109年2月。



機場既設供電及照明系統之優化—供電備援及設備改善之智慧化設計

關鍵詞(Key Words)：節能(Energy Saving)、供電優化(Power supply optimization)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機工程部／計畫工程師／林文鏘 (Lin, Wen-Chiang) ❶

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

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

桃園國際機場股份有限公司／維護處／處長／易顯榮 (Yi, Hsien-Jung) ❹



摘要

桃園國際機場股份有限公司(以下簡稱桃機公司)為全天候營運，穩定的電力供應系統至關重要，考量機場內既有桃機(一)161kV變電站及航廈內變電、開關設備已屆使用年限，因設備老舊導致機場無預警停電事故頻率漸增，汰換高壓開關、變壓器及電力電纜等重電設備有其必要性。

本文主要在探討及介紹，以機場運轉經驗及維護需求，並因應智慧化趨勢，新增161kV備援線路將全機場電力系統納入備援，針對第一、第二航廈等核心負載之高、低壓電力系統進行優化，並以第一航廈電力系統為例，說明航廈電力系統優化措施。另針對航廈照明燈具進行優化檢討，選擇適用於機場的節能燈具並搭配燈控管理系統，以節省降低營運成本、減少日後維護及節能減碳。



Optimization of the existing power and lighting system of the airport-intelligent design of backup power supply and equipment improvement

Abstract

Taoyuan International Airport Co., Ltd. (TIAC) operates all year round, and a stable power system supply is absolutely essential for its operation. Equipment obsolescence brought about by the existing TIAC (1) 161kV substation inside the airport, as well as substation and switches located in the terminal exceeding their service life, has caused the frequency of unexpected power outages at the airport to increase. It is thus necessary to replace much of the airport's heavy electrical equipment, such as high-voltage switches, transformers, power cables, etc.

This article refers to airport operation experience, maintenance requirements, and the need to respond to the trend of an increased use of "smart" technologies, to build a new 161kV line for backup of whole airport power consumption, to discuss and introduce a number of recommendations for an optimization of the TIAC 1st and 2nd Terminals core load power system architecture, as well as a choice of energysaving lamps combined with a light control management system, which can not only reduce operating costs and future maintenance expenses, but also save energy and minimize carbon emissions.

壹、前言

桃園機場為國家重要門戶，營運迄今已逾40年，用電量已較成立時成長460%，電力負荷急遽增加，原桃園機場161kV變電站備援能力有限且變電站建置迄今已逾20年，雖桃機公司每年均積極定期就高、低壓設備進行保養檢修汰換，卻仍受限於備援能力與設備老舊，造成維運困擾。為確保機場電力運作無虞，將進行桃園機場電力系統備援設計能力提升，以提高供電穩定。另考量第一、二航廈等建築物光源多以T5燈管、T8燈管、PL燈、複金屬為主，經估算照明負載約佔航廈整體耗電量16%-20%，建議全面汰換成本較低且適用於機場的節能LED燈具並搭配燈控管理系統，照明燈具可依日照強度調節光源輸出功率，以期達到穩定運轉綠色節能的智慧機場目標。

貳、現況說明

一、機場電力系統現況

(一) 桃機(一)變電站

既設桃機(一)變電站內設置8檔位161kV單匯流排GIS開關，由台電福海變電所採二迴路經常且一次側並聯方式供電，下游設置5組161kV/11.4kV 40/50MVA主變壓器，供應機場核心區域及機場週邊負載，電力系統現況架構示意如圖1所示。現因高壓開關、變壓器及電力電纜等重電設備已屆使用年限，易因設備故障造成開關設備跳脫，影響機場核心負載正常供電。

(二) 第一航廈電力系統

第一航廈主體負載用電分為營業區及非營業區兩部份，分別由設置MOF1及MOF2兩電表供電，MOF1電表供應非營業區負載；MOF2電表供應營業區負載。

考量系統穩定性，航廈內一般負載分別由一般匯流排(B-Bus)及緊急匯流排(A-Bus)供電。並於兩匯流排間設置常開型聯絡斷路器(Tie)，當任一迴路跳脫時，可經由開關切換進行電源轉供。並分別於非營業區設置11.4kV 1,500kW緊急發電機組3台機組負載；營業區設置11.4kV 1,500kW緊急發電機組2台及1部465kW 480V低壓發電機組，第一航廈電力系統架構如圖2所示。經分析檢討，非營業區緊急發電機之總裝

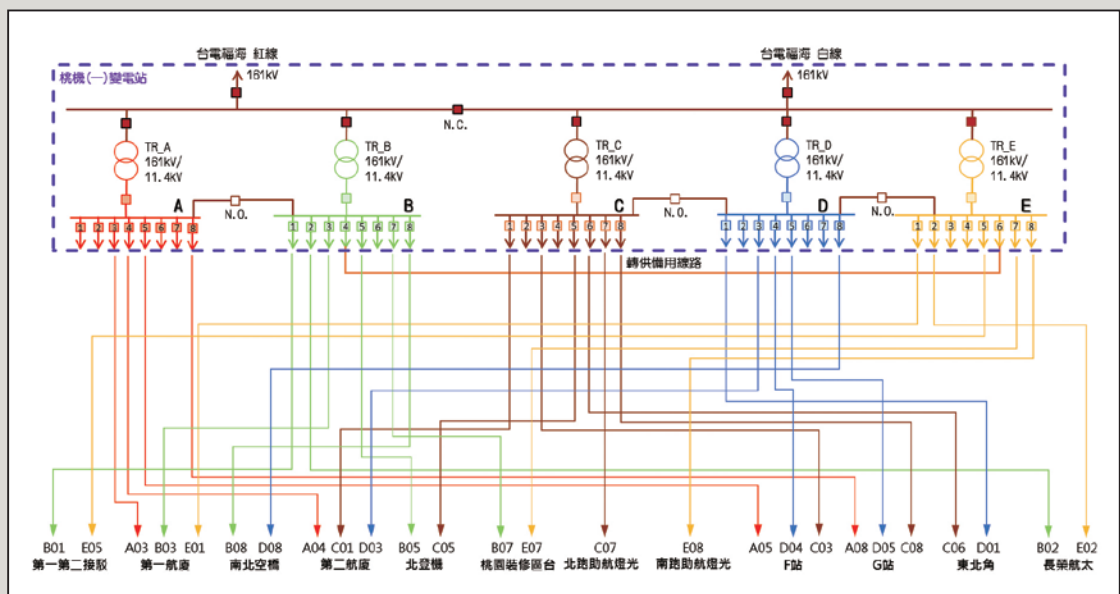


圖1 桃園機場電力系統現況架構示意圖

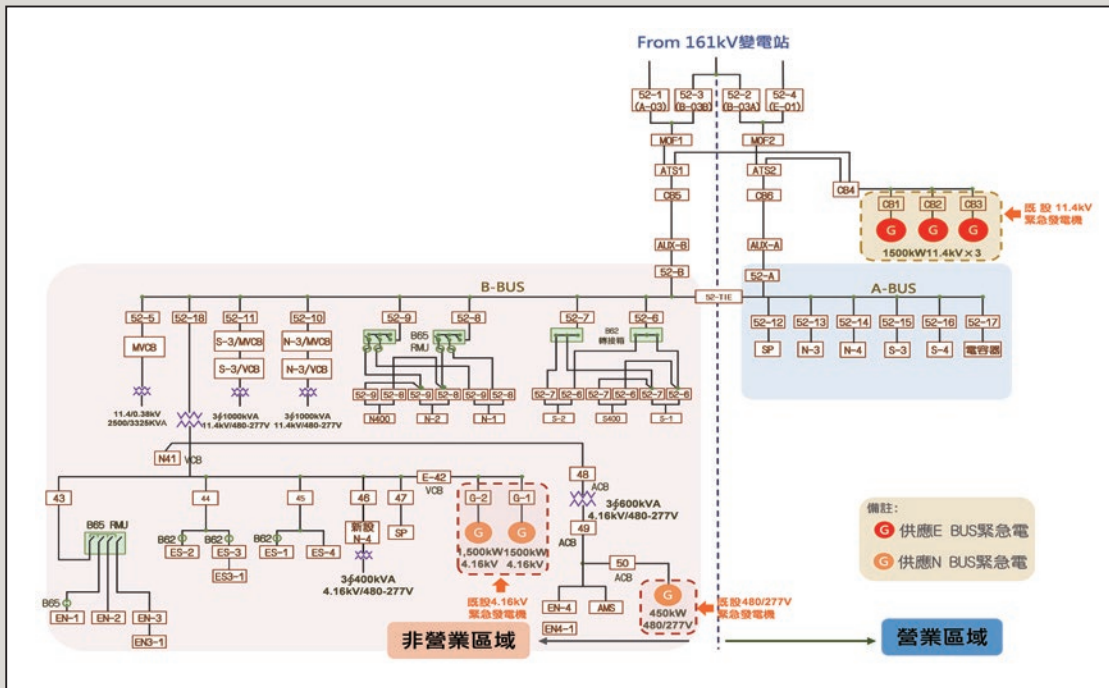


圖2 第一航廈電力系統現況單線圖

表1 第一航廈負載量及發電機組裝置容量彙整表

電表	迴路	供電範圍	契約容量	柴油發電機容量	備註
MOF1	(A-03、B-03)	非營業區域	4,914 kW	1,500kW×2+465kW	需降載運轉
MOF2	(E-01、B-03)	營業區域	2,851 kW	1,500kW×3	100%備援

置容量低於用電契約容量，當市電停電時，航廈需降載運轉以避免發電機組過載致無法正常啟動，故有擴充之必要，彙整第一航廈各電表負載量及發電機組裝置容量，如表1所示。

另第一航廈低壓系統，考量系統維護及運轉穩定性，分別由一般匯流排(N-Bus)及緊急匯流排(E-Bus)供電，並於兩匯流排間設置常開型聯絡斷路器(Tie)，當任一迴路跳脫時，可經由開關切換進行電源轉供。惟緊急匯流排端變壓器容量(EN3、EN4、ES3、ES4)小於一般匯流排之變壓器容量2,000kVA(N3、N4、S3、S4)，若要由緊急匯流排端變壓器轉供至一般匯流排所需負載時，恐發生變壓器容量不足無法轉供問

題或系統需降載運轉，故有提升變壓器容量與開關啟斷能力之必要，有關第一航廈低壓電力備援系統示意如圖3所示。

二、航廈照明現況

第一航廈改建工程於2010年起耗時3年於2013年6月完工，更新範圍為航廈主體部分，但南北登機長廊未在更新範圍內；第二航廈於1989年10月起展開規劃設計、1991年3月9日正式動工，在2000年7月29日正式啟用，第二航廈北候機廊廳於2003年正式啟用，過往設計時照明燈具僅有高壓氣體放電燈管、PL燈、T5、T8日光燈等傳統光源，近年來LED光源光效率、

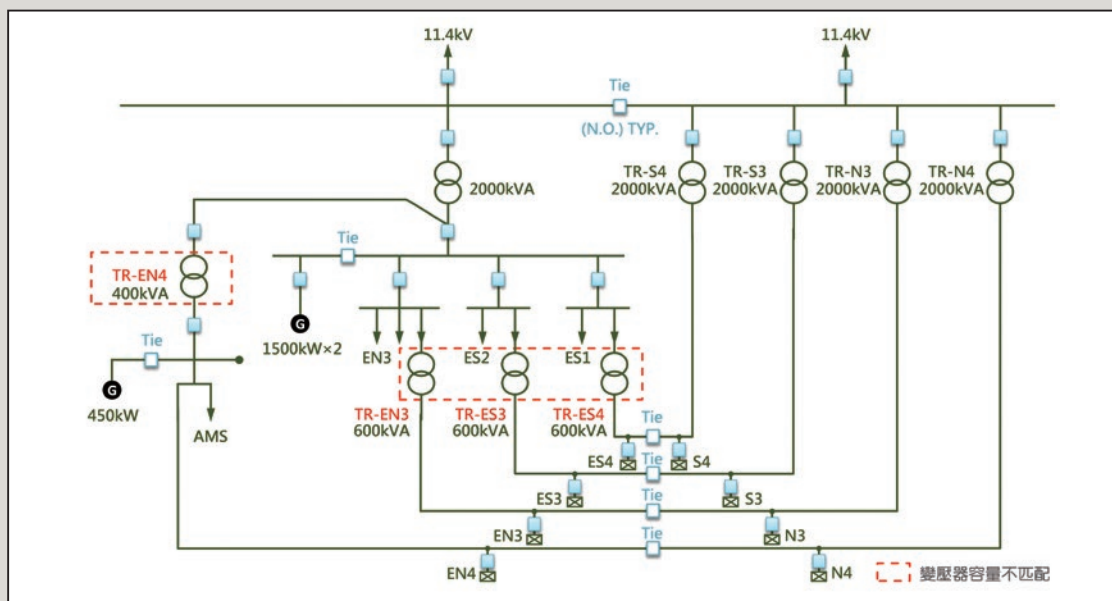


圖3 第一航廈低壓電力備援系統現況示意圖

壽命、價格等變化劇烈，已達到燈具更換平衡點，且啟用迄今燈具安定器、燈座等已老舊，更換後燈泡色差不一致，造成維護及整體視覺觀感落差，並配合政府環保政策全面汰除航廈螢光燈具，以達到環保節能減碳之目的。

參、機場電力系統改善構想

配合第三航廈新增用電需求，未來機場將採161kV分戶供電原則，原桃機(一)變電站由台電福海變電所供電為福海供電區，供應第一、第二航廈及機場週邊負載；配合第三航廈新增用電需求，另申請新設二迴路161kV電源，由台電長安變電所供電，為長安供電區供應第三航廈區負載。並於兩供電區間以備援線路相連，以達成全機場電力100%電力備援。另配合航廈發電機設備汰換，全面盤點航廈用電需求，採11.4kV高壓發電機組容量以達航廈100%用電備援設計；另航廈低壓側，於一般匯流排與緊急匯流排間汰換容量相匹配之變壓器，並設置連絡匯流排及斷路器，以滿足維生電源轉供需求，桃園機場電力系統100%備援架構示意如圖

4所示。

一、全機場161kV特高壓 100%電力備援

原桃機(一)變電站由台電福海變電所採161kV雙迴路經常且一次側併聯供電至第一、第二航廈及機場週邊負載為福海供電區；配合第三航廈新增用電需求，已另申請新設二迴路161kV電源，由台電長安變電所雙迴路經常且一次側併聯供電至第三航廈區負載為長安供電區。

長安供電區及福海供電區電源端各設置一161kV電力開關檔位供台電第二備用電源使用，其中一回線分歧引接至福海供電區之第二備用線路檔位，並由福海供電區161kV電源其中一回線分歧引接至長安供電區之第二備用線路檔位。當任一供電區台電電源失效，可經由第二備用線路開關投入供應機場電源，達成全機場100%電力備援需求。桃園機場161kV電力系統整體建置計畫示意如圖5所示。

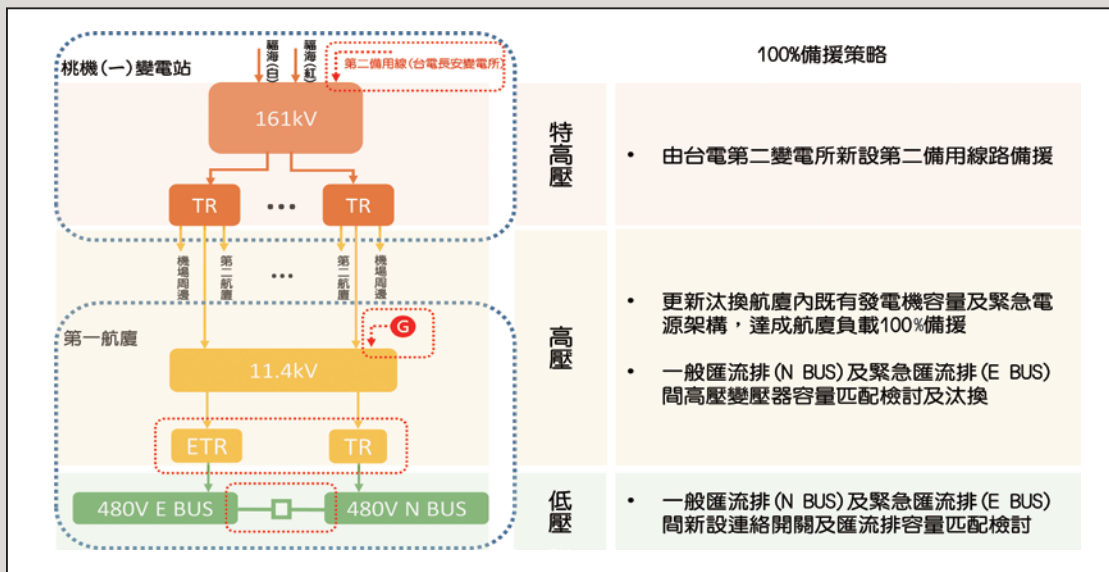


圖4 桃園機場電力系統100%備援架構示意圖

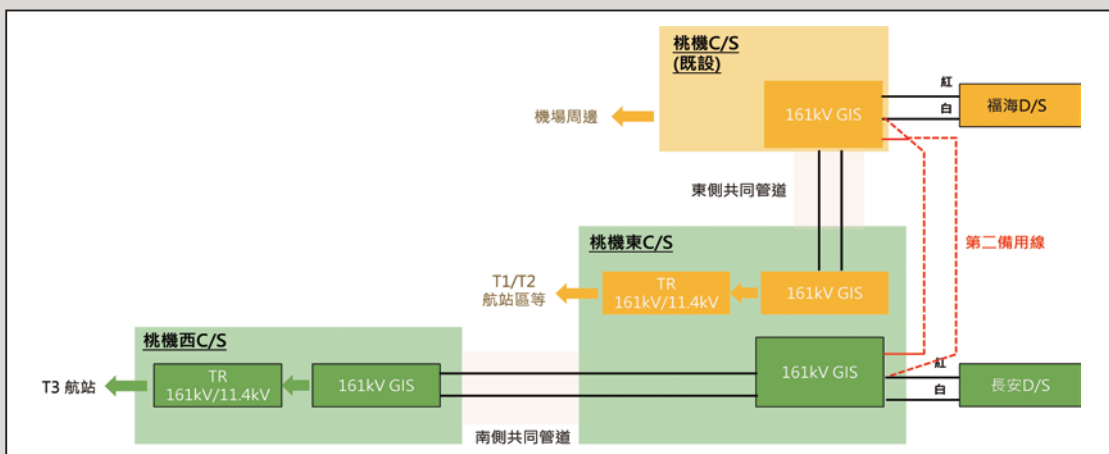


圖5 桃園機場 161kV 電力系統整體建置計畫示意圖

二、航廈內11.4kV高壓系統 100%電力備援

將第一航廈原本11.4kV、4.16kV及480V發電機，統一規格全部採用11.4kV系統，非營業區設置11.4kV 2,500kW×2及11.4kV 2,700kW×2組柴油發電機，汰換後總容量為10,400kW大於7,965kW(原容量)，可提高不斷電系統涵蓋範圍，達到斷電時仍可維持不中斷營運之要求。第一航廈主體緊急電力系統改善示意如圖6所示。

三、航廈內低壓380V系統100%電力備援規劃

因應航廈內TR-EN3、TR-EN4、TR-ES3及TR-ES4等緊急匯流排(E-Bus)變壓器容量小於相對之一般匯流排(N-Bus)變壓器容量，當執行系統電源轉供時，恐發生變壓器容量不足無法轉供問題或系統需降載運轉，爰此統一更換為2,000kVA與一般匯流排(N-Bus)端變壓器容量(TR-N3、TR-N4、TR-S3及TR-S4)一致，並汰換相關開關及匯流排設備，以利迴路故障時系統轉供，提高供電可靠度。第一航廈變壓器汰換規格彙整如表2所示。

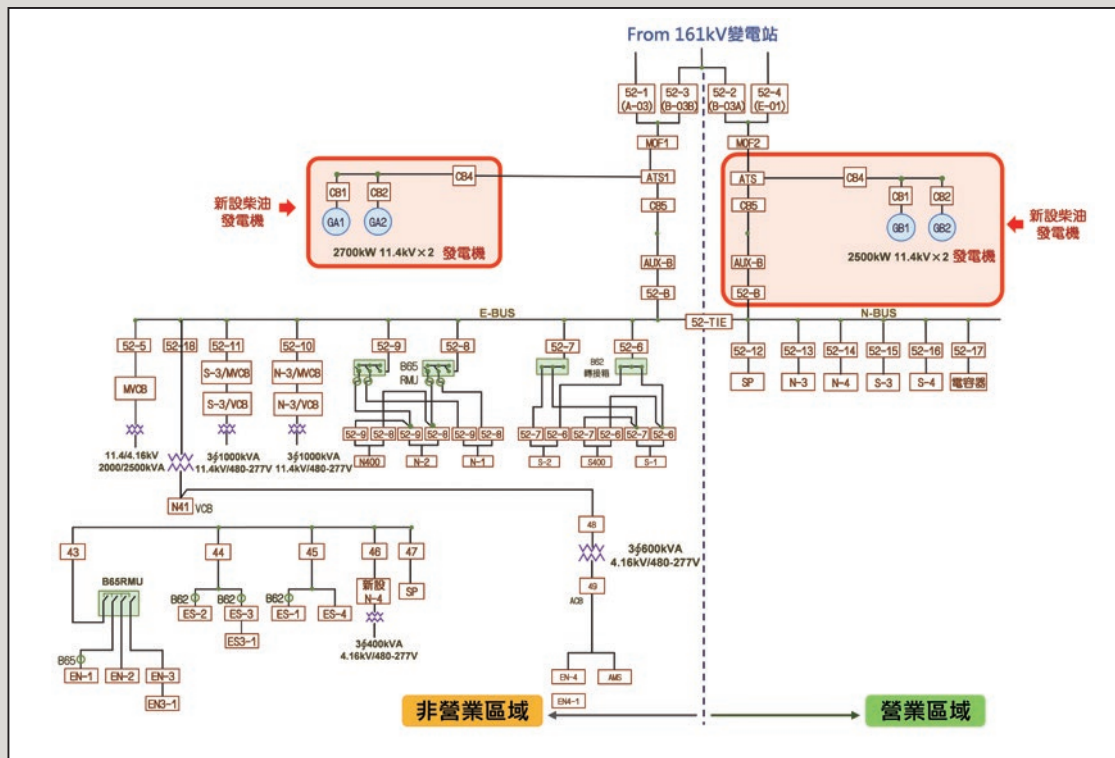


圖6 第一航廈主體緊急電力系統改善示意圖

表2 第一航廈變壓器汰換規格彙整表

航廈	變電站	變壓器	原設備容量(kVA)	更新設備容量(kVA)
T1	N3	TR-EN3	600	2,000
	N4	TR-EN4	400	2,000
	S3	TR-ES3	600	2,000
	S4	TR-ES4	600	2,000

肆、機場照明改善構想

桃園國際機場為全天候營運，經估算照明負載約佔整體耗電量16%-20%。另各區域作業需求不同，其室內天花板裝修造型亦不同，選擇適合各區域環境之節能照明設備，並能與機場作業需求相互結合智慧運作，各類型燈具選型及照度模擬分析分述如下。

一、LED燈具研選與改善分析

經現場調查，本計畫需更新區域範圍之現有燈具，光源多為T5燈管、T8燈管、PL燈、複金屬等，考量發光效率與點燈效率(如複金屬燈停電後再啟動，點亮時間約5分鐘影響使用)等因素，與因應節能及燈具發展趨勢，經詳細分析比較現況燈具與LED燈具之光源效率、演色性、建置成本及維護成本等如表3所示，可知LED燈具優於現況燈具。故汰換傳統光源燈具更換為LED燈具，以符合實際需求。

表3 現況燈具與LED燈具比較表

類型	光源	外型	效率 (lm/W)	壽命 (hrs)	單盞建置 成本(元)	十年單盞 電費(元)	十年單盞維 護成本(元)	十年單盞合計成本 (元)	十年單盞碳 排量 (kgCO ₂ e)
T-BAR	T5、T8 56W		90	20,000	1,600	7,358	4,000	12,958	1,528
	LED 30W		130	50,000	3,000	3,942	6,000	12,942	819
嵌燈	PL 燈管 38W		66	6,000	1,800	4,993	12,000	18,793	1,037
	LED 10W		125	50,000	1,000	1,314	2,000	4,314	273
筒燈	複金屬 80W		94	12,000	3,000	10,512	4,200	17,712	2,183
	LED 40W		100	50,000	4,200	5,256	8,400	17,856	1,091

經現場調查，本計畫更新範圍約需汰換20,375盞燈具，初估每年耗電量可減少約3,878,560kWh，節省電費11,635,680元，減少碳排放量2,416,343 kgCO₂e。

二、照明模擬比較

LED燈具可依各種環境挑選適合的配光曲線，為最合適之設計，經採用DIALux軟體，進行不同燈具安裝於各場所之照明模擬後，經比較可發現，於相同位置下直接汰換為LED燈具，

均勻度可提高、用電密度至少減少約50%，改善完成後，除節省用電外，亦可提供旅客及工作人員更舒適之照明感受，現況燈具與LED燈具照明模擬比較示意如圖7所示。

三、日光照明設計模擬

妥適運用第二航廈建築採天窗及外牆玻璃帷幕等環境資源，進行最合適之設計，藉由自然光可減少燈具照明的需求，以達到節能及降低碳排放量。透過DIALux分析模擬日照條件，善

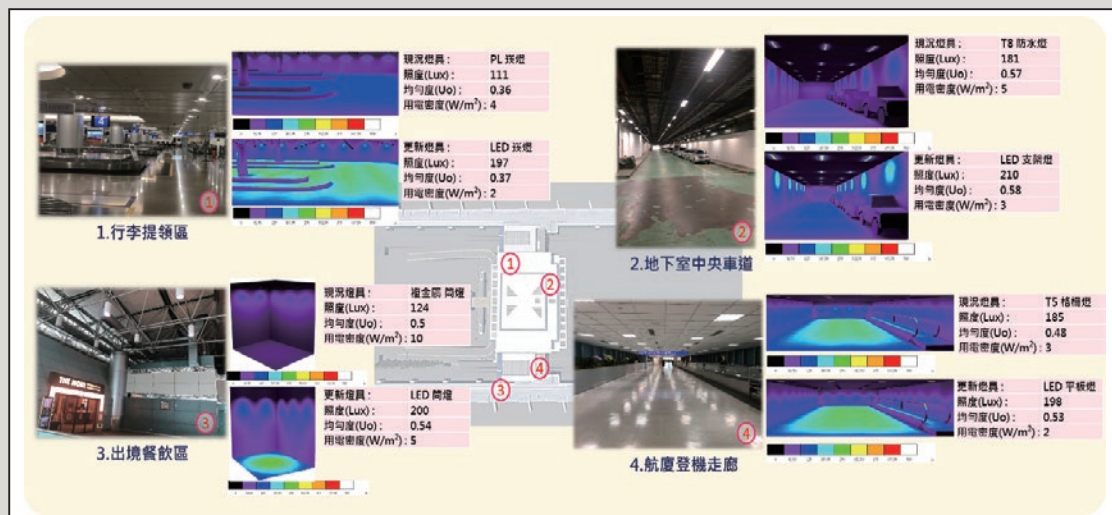
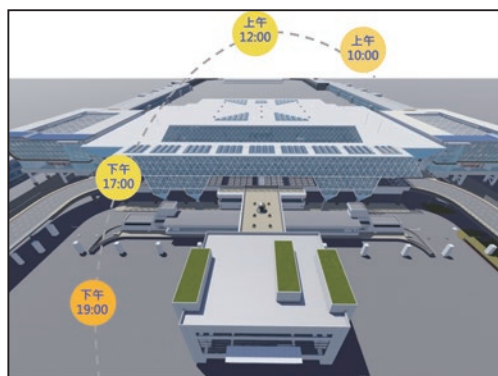


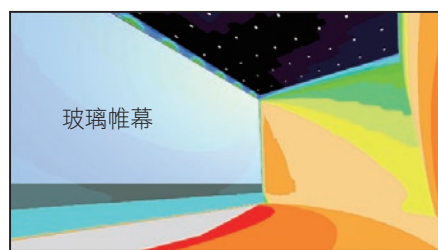
圖7 現況燈具與LED燈具照明模擬比較示意圖



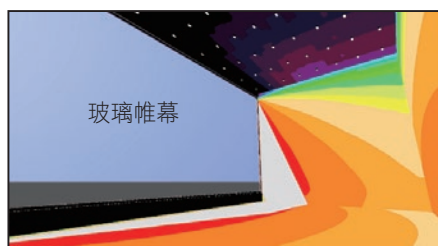
太陽照射軌跡



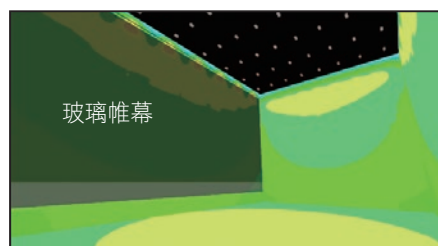
室內自然採光模擬



10:00AM 燈具輸出功率約20%



5:00PM 燈具輸出功率約70%



10:00PM 燈具輸出功率100%

圖8 第二航廈玻璃帷幕照明模擬

加利用足夠自然光線，第二航廈報到大廳及登機長廊處，可符合照度500Lux需求，並節省35~60%的耗電量，第二航廈玻璃帷幕照明模擬如圖8所示。

四、智慧型照明控制設備運用

現況照明仍採二線式控制方式，且採分區(同時亮滅)控制，惟無法依現況環境或工作特性調整。因LED燈具可0~100%無段式調光，可透過智慧照明控制系統，搭配感測器自動檢測整體照度，即可藉由自然光源及人員感測器，調整燈具光源輸出或熄滅燈光。

為達上述智慧調光功能採用先進的DALI數位調光系統，此系統具有獨立調節燈具的亮度、偵測燈具用電量、調節日照下燈具亮度、偵測無人時自動調節輸出等特性，並透過網路與控制站內主機連線達成全面性控制。並於既設分電盤旁增設DALI控制器之控制盤，其系統架構如圖9所示。

結語

桃園機場已運作約40年，多數設備有老舊情形，桃機用電量較成立時已成長460%，在

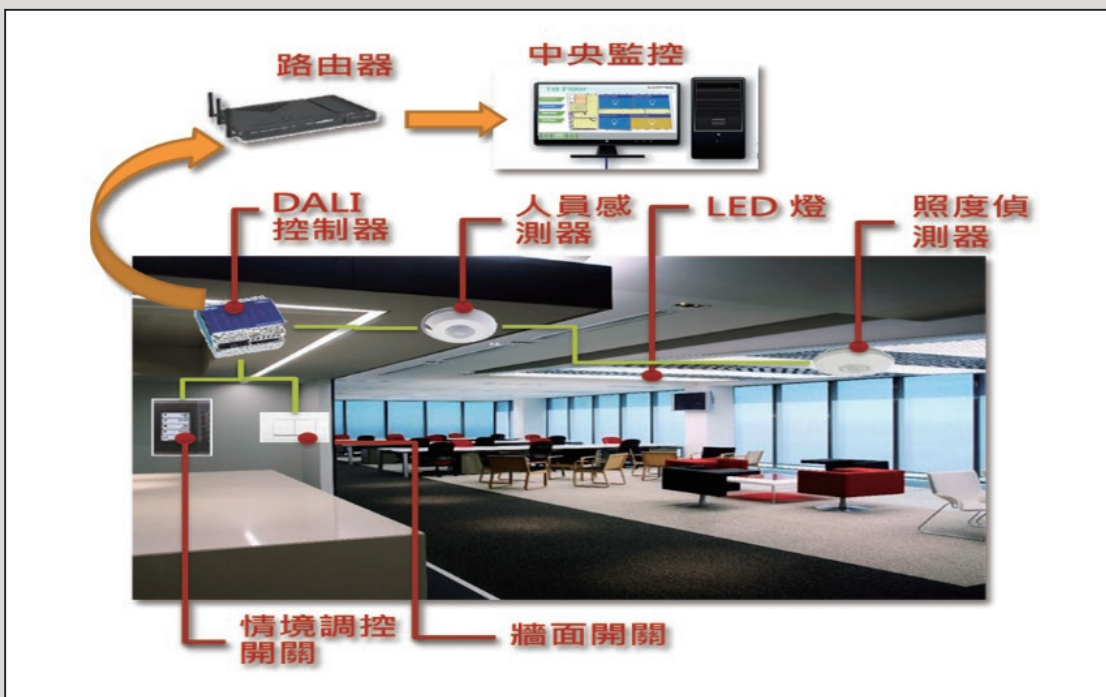


圖9 燈控架構

極高負荷運作與設備老舊狀況下，偶傳出設施故障損壞情形，桃園機場公司推動之桃園機場電力設備汰換優化工程不僅僅是「穿著衣服改衣服」還須兼顧營運之重大任務，工程難度相當高。桃園機場公司秉持確保機場飛航安全理念，除辦理設備汰換更新，同時進行系統優化檢討，並利用本次設備汰換機會全面檢視機場穩定運轉及在線維護需求，確保機場高可靠營運，維持機場良好形象。

另照明節能與智慧燈控部分，全面汰除傳統螢光燈具，並以LED燈具取代，結合先進的DALI數位調光系統，具有獨立調節燈具亮度、偵測燈具用電量、調節日照下燈具亮度、偵測無人時自動調節輸出等特性，並透過網路與控制站內主機連線達成全面性控制，期將桃園機場再造為穩定運轉舒適節能之現代化機場。

參考文獻

1. 桃園國際機場設施設備體檢委託專業服務總成果報告，桃園國際機場股份有限公司，106年12月。
2. 第二航廈照明及設備改善暨第一、二航廈電力電纜及改善工程規劃設計及監造委託技術服務服務建議書，台灣世曦工程顧問股份有限公司，2019年4月。
3. 第一、二航廈發電機汰換及相關變電設備改善工程規劃設計及監造委託技術服務案服務建議書，台灣世曦工程顧問股份有限公司，2019年9月。
4. 第一航廈配電設備汰換及照明系統改善工程規劃設計及監造委託技術服務案服務建議書，台灣世曦工程顧問股份有限公司，2020年1月。

臺北自來水智慧化應用及未來發展

關鍵詞(Key Words)：網路地理資訊系統 (WebGIS)、水理分析 (Hydraulic Analysis)、
臺北自來水事業處 (Taipei Water Department)、
智慧化應用 (Intelligent Application)、自來水 (Tap Water)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／地理空間資訊部／計畫經理／許家成 (Shiu, Chia-Cheng) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／地理空間資訊部／計畫工程師／王世復 (Wang, Shih-Fu) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／地理空間資訊部／副理／劉新達 (Liu, Shin-Da) ❸

臺北自來水事業處／技術科／股長／黃騰宏 (Huang, Teng-Hong) ❹

臺北自來水事業處／技術科／四級管理師／謝連達 (Hsieh, Lien-Ta) ❺



摘要

臺北自來水事業處自民國106年起執行「擴大GIS多元運用及支援決策」計畫案，重新改版應用系統，大幅提昇現地使用行動裝置查詢空間設備圖資及斷水分析作業效率，並整合內外部空間資訊，建立臺北自來水智慧化資訊管理系統，藉由WebGIS系統，可即時匯出管網水理模型所需基礎資料，並以大直內湖供水分區作為示範區，進行水理模型建立、校正、模擬及分析作業，獲得良好成效，協助處內人員可隨時隨地掌握全處自來水管網最新訊息，開發成果並獲得各界肯定，榮獲第15屆金圖獎最佳應用系統獎及2020臺北市傑出資訊創新第1名，北水處將以高服務品質效率提昇城市競爭優勢，建構永續發展環境，成為世界一流的自來水事業管理單位。

此系統未來將可依據歷史資料，藉由大數據統計分析方法，建立監控資料24小時的基礎值，做為未來預警值，當有數據異常時，可即時於地圖顯示，結合追蹤分析，讓監控中心同仁於系統可瞭解影響所及範圍，進行輔助決策。同時若有發生水壓不足時，亦可即時預警，降低災害風險，擴大GIS多元應用及整合服務，提昇系統應用層次，增加可供決策支援之參考資料。



Intelligent Application in Taipei Water Department and Expectancy for Future

Abstract

Taipei Water Department launched the 'GIS Application variety expansion and decision supporting' plan, redesigned the application system, the efficiency of spatial search of facilities and water cut-off analysis was improved by a significant rate in 2017. By integrating internal- and external-spatial information, an intelligent Taipei running water information system is created. With the help of WebGIS system, real-time pipe network data can be exported, for the usage of hydraulics analysis model creation, calibration, simulation, and data analyzation work, which has earned great credit. The achievement of providing the Taipei Water Department crew the latest information of the whole pipe network is recognized, winning the 15th Golden-Map Award and Taipei Outstanding innovative tech 2020 1st place award. Taipei Water Department will be able to serve the city with a higher quality and efficiency, increasing the city's advantage and building sustainable development environment, becoming a world-class water management department.

This system will be able to provide future warning alert by setting a 24 hour baseline, created based on historical data and big data analysis, whenever data anomalies happen, a mapping service and tracing analysis can be shown in real time, providing the monitor center information of the possible effects and affected area, supporting the decision making process. Also when low water pressure supply happened, immediate alert will be sent, reducing risk of disaster. The expansion of GIS application variety and integration service can upgrade the level of system application and provide more data for decision making.

3

專題報導

壹、前言

臺北自來水事業處（以下簡稱北水處）服務大臺北地區近400萬用戶供水，矢志提供質優量足的自來水資源。在圖資蒐集、數化及應用系統開發已有深厚基礎，系統可擷取、分析資訊，供業務查詢、管理及規劃，成為北水處內、民間及政府各管線單位不可或缺的重要決策資訊。但資訊技術及應用層面與時俱進，近年新課題與技術著重在資料共享、地理資訊倉儲、雲端服務、即時便民、管網監控、業務資訊整合、防災決策、大數據分析等，原有以「圖幅檔案」管理架構的自來水管網已無法支援上述的需求，因此必須針對現有的自來水管網進行優化設計，但要如何有效透過新知識與科技的結合，將概念發展成具體可行的策略與方法，且可實際推動執行，則是一項重要的新研究課題與挑戰。

北水處於民國106年起，採用最新地理空間資訊技術，開發全新一代管理系統，整合內部自來水管線、閥栓設備管理、即時施工數據、高精度地形圖、地籍圖及門牌號碼等空間圖資，串聯用戶端終端水費抄表資訊、自來水自動化監控系統SCADA (Supervisor Control And Data Acquisition)、水質即時監控數據等，建立「臺北自來水智慧化資訊管理系統 (Water Intelligence System of eTaipei, WISE)」，可隨時隨地掌握全處自來水管網最新訊息，以高服務品質效率提昇城市競爭優勢，建構永續發展環境，成為世界一流的自來水事業管理單位。

貳、課題研析

面對新技術同時，許多事業單位面臨既有環境不足的困境，北水處在建構全球一流的水事業管理路途上，存有以下課題，簡述說明如下：

一、資訊整合平臺老舊

北水處業務繁多，皆與空間資訊及地圖關聯，例如：水質採樣點、監測站分布圖、工程案例分布圖、停水範圍分布、直飲點、加壓站及淨水廠範圍、修漏案件分布、加壓站供水範圍圖、地籍圖、門牌、高程、地形圖、影像、管線及閥栓圖資、水質敏感區及竣工圖等，缺少整合平臺彙整空間資訊。

二、圖資無法即時查閱

過去現場人員為處理管線設備突發狀況，都必須先將紙圖印好帶至現場，如有缺漏時，施工人員需往返駐所調閱圖資或請辦公室同仁協助調出平面及竣工圖後，再將圖LINE給現場監工，使用上極度不方便，相當費時耗工且不利於現場災情之控制。

三、停水作業耗時費工

停水作業需要多年經驗判斷及熟悉現地，當現地人員趕往現地時，常遇圖資不足或對現地不熟悉，往往無法即時確認應關閉哪些閥，才可於最短時間完成停水作業，因而整個停水作業耗時費工，造成資源浪費及民眾不安。

四、無法支援水力分析

水力分析人員取得管線圖資檔案後，無法直接轉製成水力模型資料 (.INP File) 進行水力分析，必須經過多個步驟後（包括在水力分析軟體EPANET上重新繪製、查地形圖取得節點高程、調閱用戶用水取得需水量、分配需水量至水力模型各節點、配置水源或場站基礎資訊），才可進行水力分析，因此要進行一個供水分區的水力模擬，可視為不可能的任務。

五、缺少動態展示平臺

目前國內多以EPANET來進行管網水力數值模擬，其還具有圖表呈現及水質濃度擴散分析等多種功能。然EPANET無法直接與地理資訊系統（GIS）的圖層資料結合，必須透過轉檔及資料前處理程序後才能將GIS資訊載入EPANET模式中運算，且分析完成的結果，過去亦僅能用EPANET單機軟體進行檢視，且無法與動態地圖相互整合，分析成果無法與現有設備及管網套疊，讓使用者充分瞭解其分析結果是否正確。

六、缺漏漏水潛能計算

北水處歷年來已累積大量的漏水點資料，過去僅利用評估小區內售水率、和100*100平方公尺網格圖對漏水點分佈進行分析，未針對此數據再進一步利用其它分析方法找出可能造成漏水的原因及因子探討，故無法針對管線汰換順序，提供系統性建議及經費概估。

參、創新策略

北水處擁有20餘年的GIS發展經驗，深感企業GIS深化過程不單只是將資料空間資訊化或開

發GIS應用系統所能代表，應該能滿足現在及未來需求、有深度的資料規劃、資料建置成果要具信賴度。此外，惟有將企業可加值之GIS應用與決策支援的項目納入管理考量，才能使應用環境與企業作業完美結合。

為改善上述問題，以現有自來水管網為基礎，導入空間資料庫管理架構，進行自來水管網的優化設計及資料重構，在空間資料庫導入過程中，解決過去有圖無資或圖資不符情形，作業過程中並引發出多元智慧化管網應用，建立臺北自來水智慧化資訊管理系統（WISE），其架構如圖1。本系統以自來水設備圖資為基礎、整合多元底圖、閥栓巡檢、施工資訊、即時監控資訊、即時供水歷線等資料庫類型，並整合設計圖、竣工圖、閥栓卡等實體檔案類型，至同一圖台進行呈現，系統以功能主題的方式呈現，使用者點擊最上層模組分類後，功能項目將以群組方式呈現，後續說明WISE應用系統六大特點：

一、建立即時高效率平臺

WISE平臺以彙整資訊、強化主題、個人呈現與介接分享等四個概念展開設計與開發作業，說明如下：

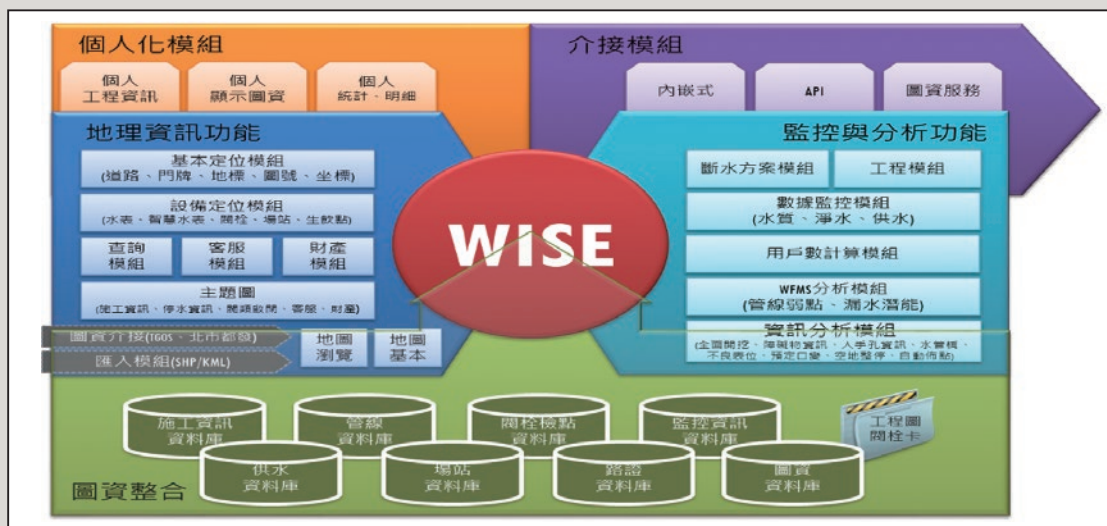


圖1 WISE資訊整合架構圖

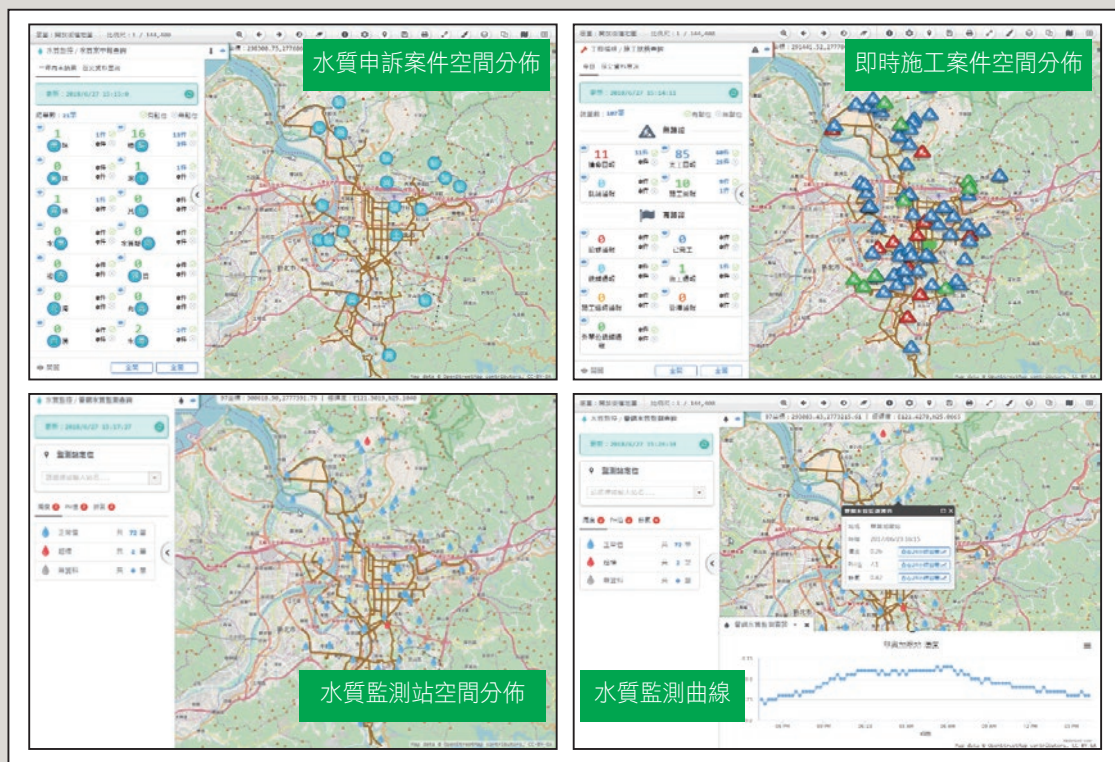


圖2 空間資訊整合範例

- 彙整資訊：分析既有23個系統、28個資料庫，將適合以WebGIS呈現之資訊彙整至管理系統上進行呈現，如圖2。
- 強化主題：針對彙整資訊加以分析後，抽取各項業務所需之內容，以主題分類方式呈現，降低資訊干擾，提升作業與決策之效率。
- 個人呈現：將個人業務相關資訊統整，於

統一頁面展示，迅速掌握各項代辦事項內容與時限。

- 介接分享：評估既有系統模式，提供多項WISE管理系統介接方式，與既有或新建系統做緊密結合。

二、行動監工

使用者除在辦公室內，在戶外也可利用手

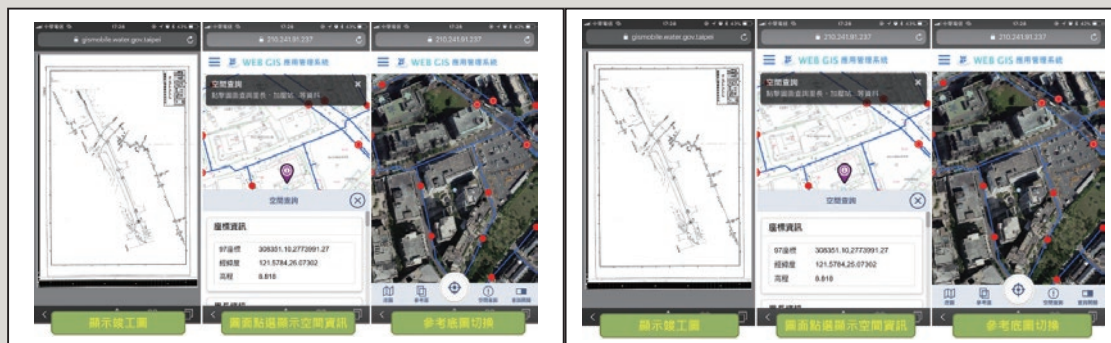


圖3 外業即時調閱竣工圖範例

機及平板電腦讀取管網圖及相關資料，結合GPS即時定位及WISE地圖服務功能，可提供現場第一線工程人員，透過行動裝置，可立即於現地查看管線平面圖、調閱各式工程竣工圖、閥柱圖卡及檢視各管線基礎資訊，瞭解即時災害及位置，提供研判資訊，避免管線誤挖情形，如圖3。

三、建立智能斷水

當現場發生漏水、爆管情形時，智能斷水分析功能可提供使用者完整斷水方案模擬，自動建議分階段所需關閉的制水閥，協助現場

人員在停水影響範圍最小的情況下，用最短時間完成閥關閉作業，縮短民眾不便時間，並自動化依據關閉範圍，統計受影響用戶，未來可主動通知停水訊息，讓民眾可即時取得停水資訊。另針對自來水施工工程進行作業前宣導，可由WISE研判受影響區域，經由多元管道通知受影響用戶，以提昇北水處服務品質及民眾滿意度，詳細作業流程如圖4～9。

四、管網模型分析應用

北水處目前轄管長度為6311公里，管線密度非常高，若要以全部管線進行分析，易產生



圖4 點選欲進行汰換之管線



圖5 自動化顯示需關閉之閥位置圖

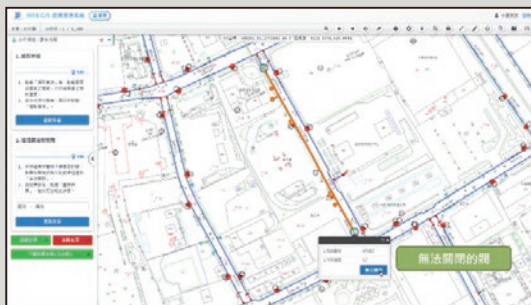


圖6 現地無法斷水需擴大關閉範圍



圖7 擴大範圍後需關閉之閥位置圖



圖8 自動化判斷關閉最少的閥



圖9 多管同時進行汰換時顯示邊界閥

效率不彰且實用性不高，因此必須針對管線資料進行預處理，經由自動化骨架萃取功能，將管網概括化，但概括化結果仍是一個完整的管網，WISE提供預處理的功能，以現行自來水管網為基礎，依據水力分析的需求，來進行自來水管網的優化設計及管網拓撲關係重構作業，可由系統自動轉出智慧管網，產製水力分析所需要的管網結構及匯出INP檔案，流程如圖10，使用者可於水力分析軟體上直接進行後續的參數設定及水力分析作業，縮短分析人員的繪製時間，及提高模型的準確性。

以內湖供水示範區為例，利用系統自動化產出之模型，評估現況各時段供水情境以及未來供水情境之管網承載能力，找出管網局部供水瓶頸，提供機關管線汰換參考依據；而在模型中設定管線之啟閉，可以模擬管線因爆管、維修時造成大量漏水或停水之影響範圍與影響程度，預先針對影響嚴重地區實施預防措施，提高緊急事故時之供水調度可靠性；另外，透過隨時間變化的多時段分析，模擬管網中水齡分布、物質擴散預測，可評估管網水質情形，確保供水範圍內用戶用水安全，如圖11。

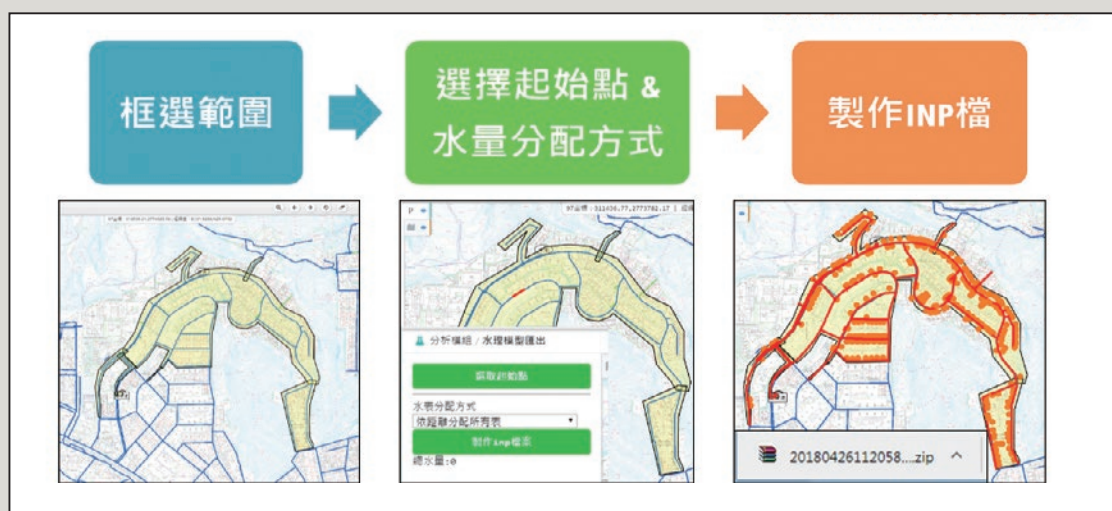


圖10 自動化產製水力分析管網（以東湖加壓站範圍為例）

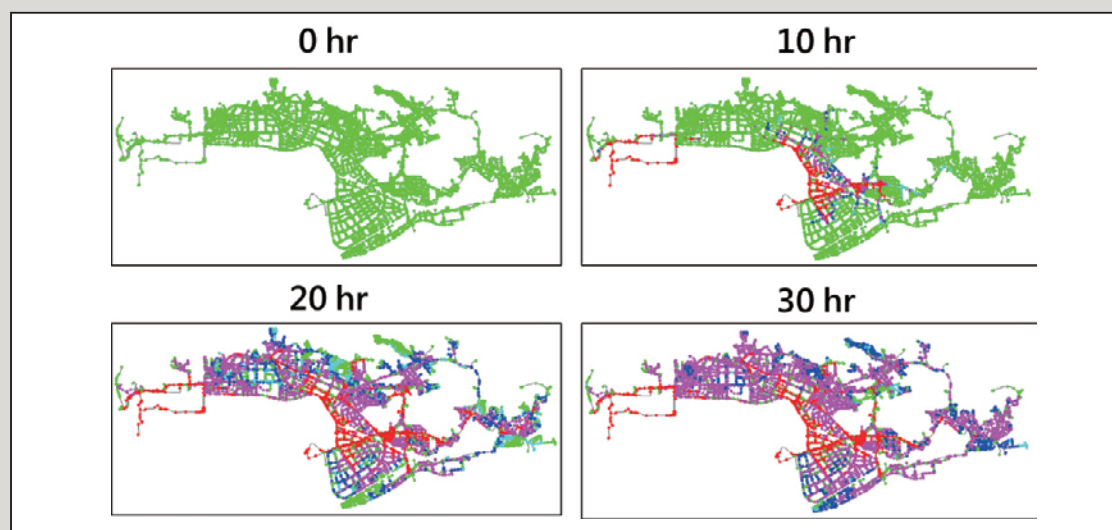


圖11 管網餘氯隨時間擴散示意圖

五、開發動態展示功能

過去使用者僅能使用EPANET單機軟體進行水力分析成果檢視，並無法於EPANET中與動態地圖相互整合，分析成果亦無法與現有設備及管網套疊，使用者無法瞭解其分析結果是否正確，因此在WISE平臺中開發動態展示分析結果

透過本次所開發的介面，上傳管線資料，如圖16～17，並整合至小區進行顯示，讓使用者可瞭解管理範圍內各管線的漏水潛能及小區分佈，可預先針對管線汰換提供建議。

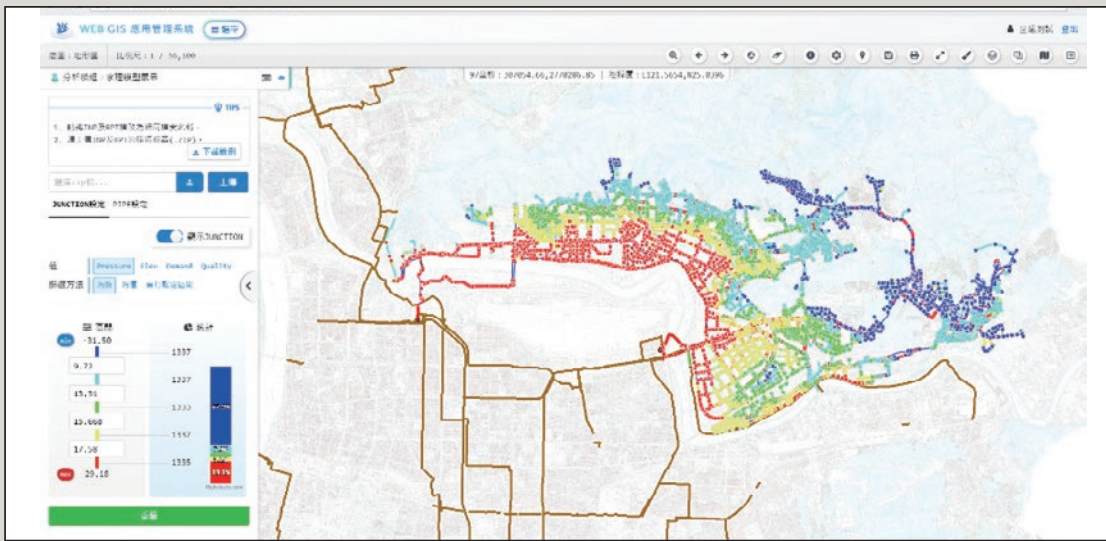


圖12 水力分析成果上傳展示範例圖

功能，當同仁在EPANET中完成水力分析後，以WISE做為分析結果展示的平臺，可讓決策人員在不受地點與軟體的限制下，查看管網模擬結果，與即時實際監測數值做比較，協助判斷管網運行狀況，加速管線修漏或修改管網圖資問題，展示範例如圖12。

六、結合機器學習的大數據分析

人工智慧 (AI) 是電腦科學的一個領域，致力於解決與人類智慧相關的常見認知問題，例如學習、解決問題和模式辨識。本次開發利用Google所提供的機器學習技術TensorFlow，本系統結合管線及2012-2018年間漏水點的資料，找出影響漏水的主要影響因子為管線材質、管齡，各因子的機率分佈圖如圖13～15所示，並以此為分析基礎，將現有管線進行潛能分析，

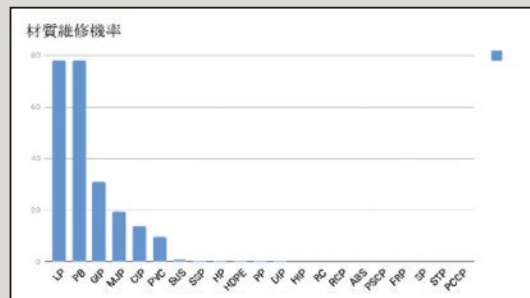


圖13 材質維修機率分佈圖

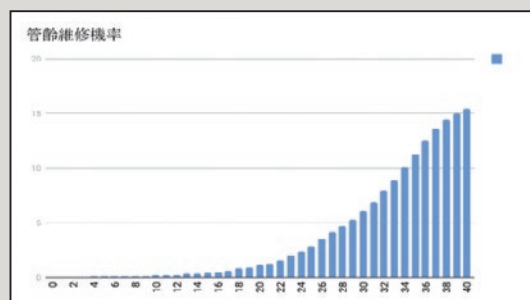


圖14 管齡維修機率分佈圖

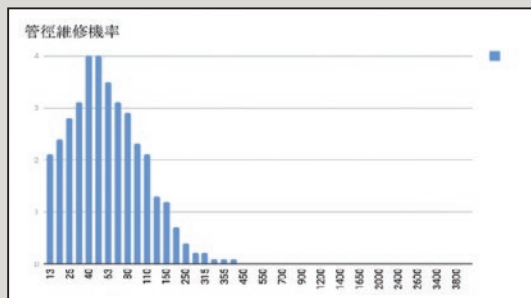


圖15 管徑維修機率分佈圖

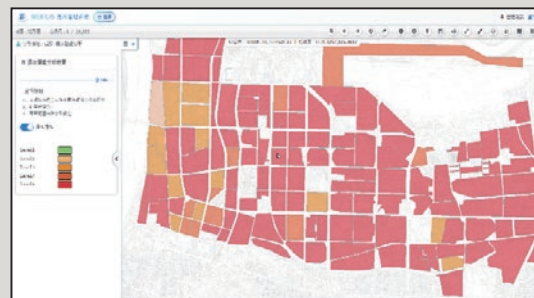


圖17 機器學習小區漏水潛勢範例圖

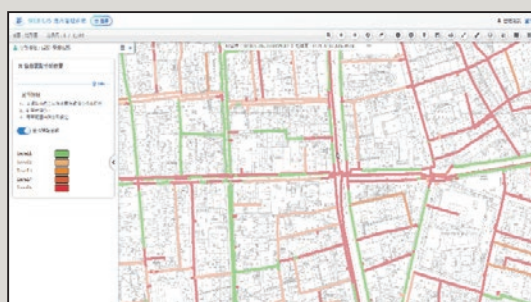


圖16 機器學習管點弱點分佈範例圖

肆、實施影響範圍

本系統上線後，已養成北水處運用地圖的業務特性，從依賴單機版作業環境慣性中提昇進化。同仁每日上班後，地圖瀏覽服務就被大量啟用，如下圖18所示，上班期間地圖服務一日使用約63萬次，非上班間期間約10萬次，代表使用地圖已成為工程人員執行日常業務的必要之工具之一。

使用次數統計

類型	每日登入次數 (不重複使用者)	每日API使用量	地圖服務使用量
上班日	約123.3次	約9,800次	約63萬次
假日	約13.8次	約1,550次	約10萬次

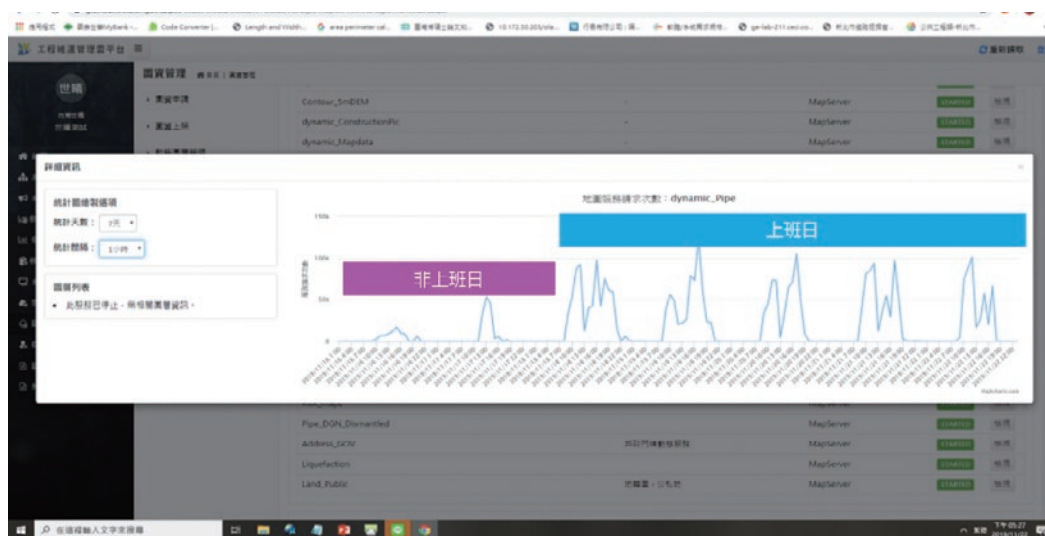


圖18 每日地圖服務使用曲線圖

伍、實施成效

北水處積極推動創新應用及資訊系統建置，期望藉由導入資訊科技，整合自來水管線資料庫，來提昇整體應用成效，本系統完成後達成下列成效：

一、榮獲第十五屆金圖獎最佳應用系統獎及臺北市2020傑出資訊創新第一名

本計畫參與金圖獎之甄選從42件參賽作品中，榮獲最佳應用系統獎，圖19。

另參與臺北市2020傑出資訊創新之甄選從13件參賽作品中，榮獲第1名佳績，圖20。



圖19 第15屆金圖獎得獎獎座



圖20 2020傑出資訊創新獎得獎獎座

內湖示範區水力分析時間節省統計表

重新繪製管網	管網繪製12個工作天*17個 ≒ 1632 小時 共可節省204工作天
計算節點高程	19948 個節點*2 分鐘 ≒ 665 小時 共可節省83.125 工作天
查詢用戶用水	19948 個節點*5 分鐘 ≒ 1662 小時 共可節省207.75 工作天
分配用水量	19948 個節點*5 分鐘 ≒ 1662 小時 共可節省207.75 工作天
配置水源及分析	17個*10分鐘 ≒ 2.83 小時 共可節省0.35工作天
成果與地圖整合	若需額外開發客製化程式，至少500,000元



節省承辦人員

2年8個月的工作時間

圖21 內湖示範區水力分析時間節省說明圖

內湖示範區水力分析人力節省統計表

註：月薪以 \$40000 估計



圖22 內湖示範區水力分析費用節省說明圖明圖

二、節省作業人力成本

使用者於WebGIS圖台產出水理分析管網，每一個供水分區可節省約5,624小時，大約2年8個月工作時間（包括重新繪製管網、計算節點高程、查詢用戶用水量、分配用水量及配置水源及分析），如圖21所示，若將其節省時間轉化為經費，共可節省新台幣1,778,143元/單一供水分區，若以北水處計11個供水分區共可節省19,559,573元/全區，如圖22所示。

三、增進防救災決策功效

藉由強化自來水管線位置圖資之有效應用與管理，促進管線設施汰舊更新，俾利天然或人為災害之預防、應變、救護與復原。同時避免因錯挖造成停水公安事件，提昇都市防護能力。另配合水質、淨水及供水監控模組，當有數據異常時，可即時於地圖顯示，結合追蹤分析，讓首長於系統上瞭解影響所及範圍，輔助首長決策，立即降低風險。

四、空間資訊整合共享

中央部會、臺北市及新北市已有地理資訊共同平臺，提供電子地圖、公共管線位置、門牌位置、正射影像及施工攝影等介接服務，北水處透過本系統除可介接上述最新資料，節省實體資料交換時程及存取空間，亦可透過此平臺發佈最新資訊供其它單位使用，例如：施工及停水資訊、水質監測資訊、直飲台資訊及消防栓點位等，達到利民便民服務。

結語及未來展望

北水處透過WISE系統的建立，將系統功能重新整合後，提供後續更多之加值服務，並完善大數據及雲端服務的資訊基礎環境，達成GIS技術提昇及隨時隨地掌握全處自來水管網最新訊息，以高服務品質效率提昇城市競爭優勢，建構永續發展環境，成為世界一流的自來水事業。

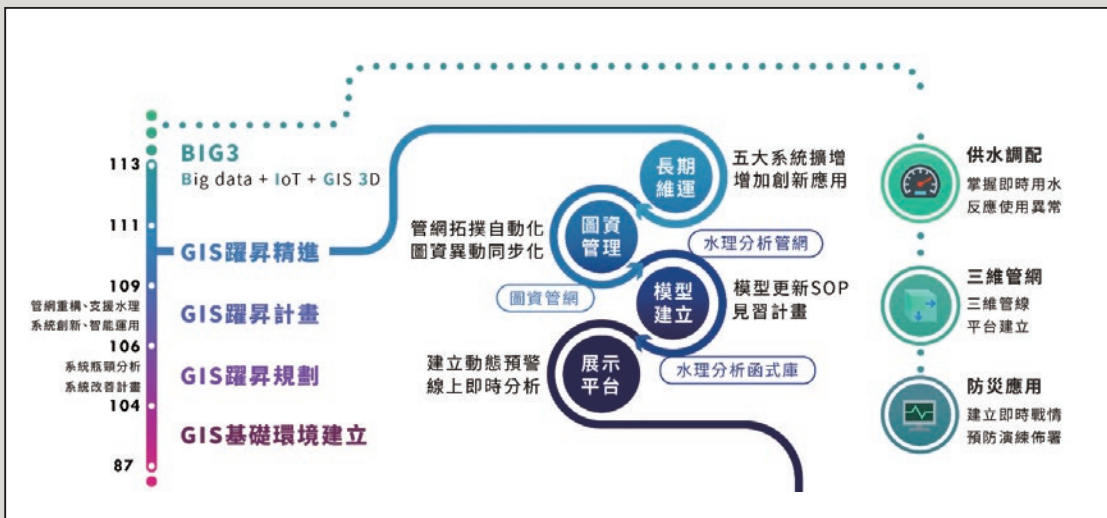


圖23 北水處未來GIS應用構想圖

北水處預計109年至111年將續辦GIS躍昇精進，透過五大系統的擴增及創新應用，來協助長期維運管理，圖資管理面向導入管網拓樸自動化及雙北市圖資異動同步化，並進一步產製水理分析管網，透過水理分析函式庫的導入，建立線上動態預警及線上水理分析。112年至113年將藉由大數據、物聯網及三維地理資訊的整合，來協助北水處進行供水調配及防災應用，未來展望如圖23所示。未來亦可配合臺北市政府智慧城市的推動策略，可與其它新世代的設備技術（如智慧水錶、物聯網、移動式水量計等）應用相互整合，將有助於自來水管理業務推動及管網資訊資源分享，更進一步促進水資源永續發展。

3. 時佳麟等，GIS在智慧水管理的應用發展，台灣地理資訊學會年會暨學術研討會，2018

參考文獻

1. 臺北自來水事業處，「擴大GIS多元應用及支援決策」案成果報告，2019
2. 陳錦祥等，自來水管網優化設計與智慧化應用-以內湖供水分區為例，台灣地理資訊學會年會暨學術研討會，2018



利用車載光達點雲於高精地圖測製工作

關鍵詞(Key Words)：自動駕駛車輛(Autonomous Vehicle)、高精地圖(High Definition Map)、移動測繪系統(Mobile Mapping System)、光達點雲(Lidar Point Cloud)、深度學習(Deep Learning)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／地理空間資訊部／計畫工程師／高惠欣 (Kao, Hui-Hsin) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／地理空間資訊部／工程師／高佳瑋 (Kao, Chia-Wei) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／地理空間資訊部／副理／姜興華 (Chiang, Shing-Hua) ❸

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

國立交通大學／土木工程學系／教授／張智安 (Teo, Tee-Ann) ❺



摘要

高精地圖(High Definition Map, HD Map)是自駕車技術發展的必要圖資，相較於傳統的汽車路徑規劃導航地圖，高精地圖主要測製方法為使用移動測繪系統(Mobile Mapping System)的光達點雲資料，使之成為優於車道等級精度的三維地圖，並且更強化語義(Semantic)資訊，以滿足自駕車(Autonomous Vehicle)自動化駕駛的空間資訊需求。

本文以車載光達點雲產製高精地圖，透過多元技術專業分工、自動化產製機制、豐富的實務經驗以及落實自我檢查機制，發展HD Map製圖技術，強化新世代製圖領域的實力。



Applying MMS LiDAR point cloud in HD Map production

Abstract

HD Map (High Definition Map) is required for the development of autonomous driving technology. In comparison with traditional navigation map with route planning, the LiDAR point cloud data collected by MMS (Mobile Mapping System), is used in the main procedure of HD Map. According to the above description, HD map is a three-dimensional map with accuracy of better than lane level and more focus on strength semantic information to satisfy the spatial information requirement of autonomous driving.

In this article, the MMS LiDAR point cloud is used to produce HD Map. Through diversified technology and professional division of work, automated production system, abundant practical experience and implement of self-inspection mechanism to develop HD Map production technology and strengthen the ability in new generation of Cartography field.

壹、前言

隨著資通訊技術的快速發展，「智慧運輸」與「智能移動」儼然成為當前科技的熱門議題，政府為兼顧創新產業及確保科技應用的安全性與可靠度，研擬「無人載具科技創新實驗條例」，並於107年11月30日經立法院三讀通過，期能在健全的法規制度下，建構完善的實驗環境以促進技術發展，構建全球科技產業聚落，提升我國競爭力。

以自駕車發展為例，主要技術來自於先進駕駛輔助系統(Advanced Driver Assistance Systems，以下簡稱ADAS)，ADAS的發展初期在於分析車輛行駛動態與車外環境的變化，預測可能發生的危險情況，提前警告駕駛人作出反應行為來確保安全。ADAS的再進化即是當前全球熱門的自駕車技術，由ADAS的「警示功能」、「視覺輔助」和「操控輔助」三種主要功能，提升到「感知」、「策略」與「控制」的協作整合。

為解決車載感測設備價格昂貴之課題，降低自駕車製造成本，另一種方式是建置高精地圖(HD Map)，其字義來自High Definition Map，意指可對地物高分辨的地圖，提供自駕車運行的基礎參考資料。高精地圖有別於傳統2D導航地圖，是電腦可讀格式之地圖，用來輔助自動駕駛車輛，達成精準導航的目的。(圖1)

貳、高精地圖自動化測繪技術

依據台灣資通產業標準協會制訂之「高精地圖製圖作業指引」，高精地圖屬於輔助精確導航之路網訊息，提供車載電腦進行判斷，故特徵區塊之空間絕對位置，平面絕對精度須優於20公分，三維絕對精度須優於30公分。為了滿足上述需求以及考慮製圖成本，本公司於HD Map測繪程序中，針對專業技術進行研發並投入人力開發自動化工具，提高作業效率，降低錯誤發生。



圖1 自駕車關鍵技術示意圖

一、掃描軌跡自動解算及點雲資料平差處理

由測量車經外業作業程序取得多種觀測資料後，進行掃描軌跡解算及資料平差處理；因單一車道或路段經過多次掃描，成果之間仍存在一定程度的偏差，需進行控制點量測及整體平差計算，始可得到絕對及相對精度良好的點雲成果。內業資料後處理流程如圖2，可分為掃描軌跡解算及資料平差計算兩個主要步驟，分別由POSPac及RiProcess兩種移動測繪系統(Mobile Mapping System, MMS)專業商用軟體進行處理如圖3所示。

二、點雲自動化擷取車道線向量圖資

高精地圖所需的車道線圖資可使用車載影像或光達點雲萃取而得，由於多視角影像需使用前方交會間接獲取像點之三維坐標，而光達系統具有可直接從點雲中獲取三維坐標之優勢，因此，本研究使用光達點雲發展自動化車道線萃取技術，採用光達反射值(Intensity)影像及光達路面高程模型(圖4)進行自動化辨識，車道線之平面坐標及高程坐標分別來自光達反射值影像及路面高程模型，以提升自動化作業之運算效能。

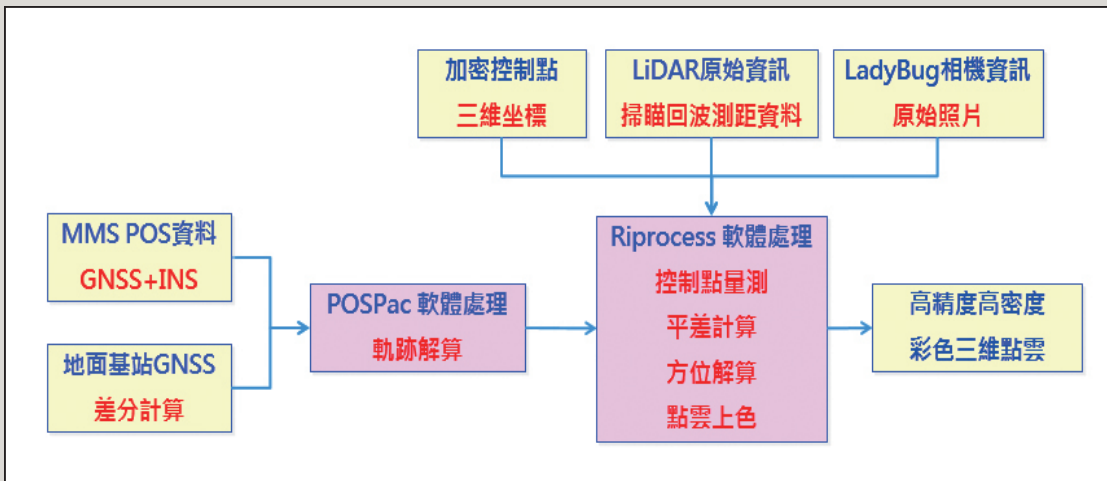


圖2 內業資料後處理作業流程

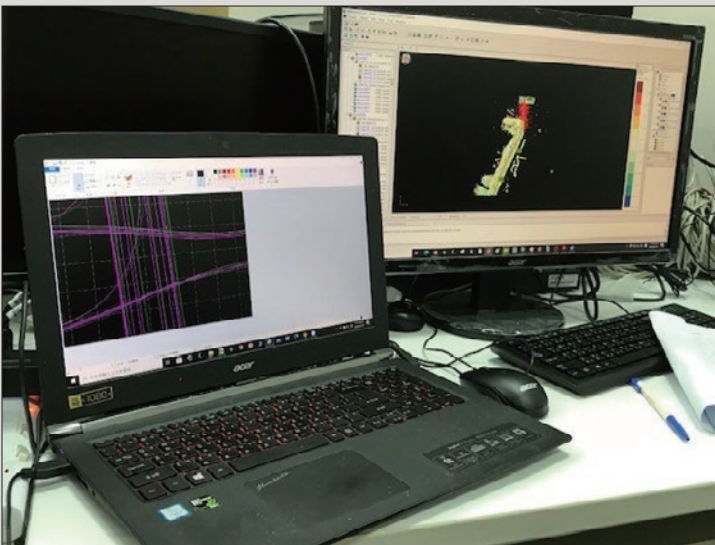
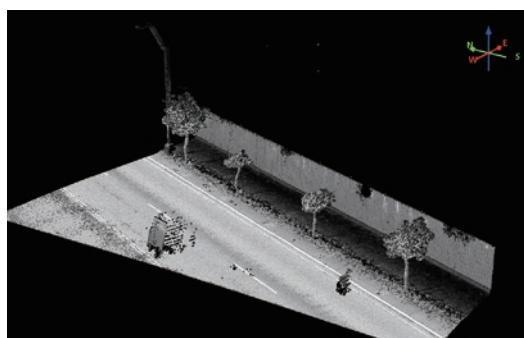
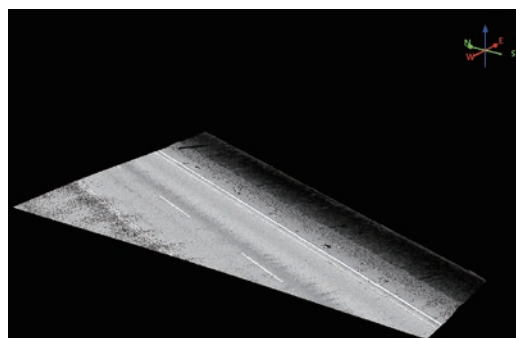


圖3 POSpac及RiProcess作業處理

研究策略是從光達反射值影像偵測車道線區域，再鎖定車道線區域，最後以幾何推論擬合重建車道線。自動化萃取車道線包含兩個主要項目：車道線偵測(Detection)及車道線重建(Reconstruction)。車道線偵測之目的是從光達反射值影像中自動化辨識道路標線，研究中採用人工智慧之深度學習(Deep Learning)技術，卷積神經網路(Convolutional Neural Network, CNN)使用深層神經網路之大量線性參數，以大量線性參數描述



(a) 光達點雲



(b) 光達地面點



(c) 光達反射值影像



(d) 光達路面高程模型

圖4 光達反射值與路面高程

特徵，進而達成自動化辨識之目的。本研究採用DeepLabV3+ (Chen et al., 2018)卷積神經網路架構進行像元式語義分割(Pixel-level Semantic Segmentation)，DeepLabV3+使用FCN(Fully Convolutional Networks)的概念，並利用Encoder-Decoder架構萃取輸入資料的特徵，以空洞卷積(Atrous Conv)得到多尺度特徵，再融合多尺度資訊，以提升語義分割成果邊界線之品質。

為滿足高精地圖規範的道路標線類別，本研究依據高精地圖圖資內容標準(草案)規範，將

測試資料中的道路標線分類為18個類別，並增加1個道路面區域類別及1個道路區域外類別，共計20類。由於深度學習需要大量訓練樣本，本研究採用人工數化之道路標線產生深度學習訓練樣本，訓練樣本包含500 x 500網格大小之光達反射值影像(Image)與對應類別標籤(Label)影像，訓練樣本應用於計算深度學習參數，研究中同時建立驗證集確認參數的正確性，並建立檢核集做為獨立精度評估。為檢核自動化道路標線辨識之品質，精度評估採用獨立檢核區(圖5)進行精度評估，在20個類別中，有17個類

別的偵測正確率優於90%，其他三個類別車輛停放線、機慢車停等區線、網狀線的正确率較低，分別為21%、78%、74%，此三個類別正確率低的原因是訓練資料樣本數不足而造成誤判。最後，將訓練完成之深度學習參數應用於測試區，道路標線偵測成果如圖6所示，研究成果顯示，本研究發展的自動化車道線偵測技術，可有效偵測及分辨不同類別之道路標線。

車道線重建使用自動化偵測之道路標線重建車道線(Laneline)與車道中心線(Centerline)，車道線是指道路分隔線及道路邊界線所組成的線段，而車道中心線則是兩條車道線的中心線，可做為行車路徑之導航點(Waypoint)，兩者均為高精地圖的必要圖層。首先，從自動化

道路標線偵測成果中選取後續作業需要的道路標線，並刪去不需要的道路標線。接著透過霍夫轉換(Hough Transform)(Duda & Hart, 1972)初步偵測車道線段，可過濾道路標線偵測錯誤的部分外，也能藉由偵測到之車道線段描述並產生符合真實狀況的車道線影像。為了進行車道線與車道中心線擬合，以人工數化參考線(Reference Line)為基準產生車道線頂點，從參考線法線方向尋找車道線節點。判斷是否為車道線節點時需考量車道寬度設計規範，以減少誤判，此外，車道中心線頂點可進一步利用車道線頂點平均而得。最後，以多項式擬合獲取車道線與車道中心線，再使用路面高程模型內插節點之高程坐標。

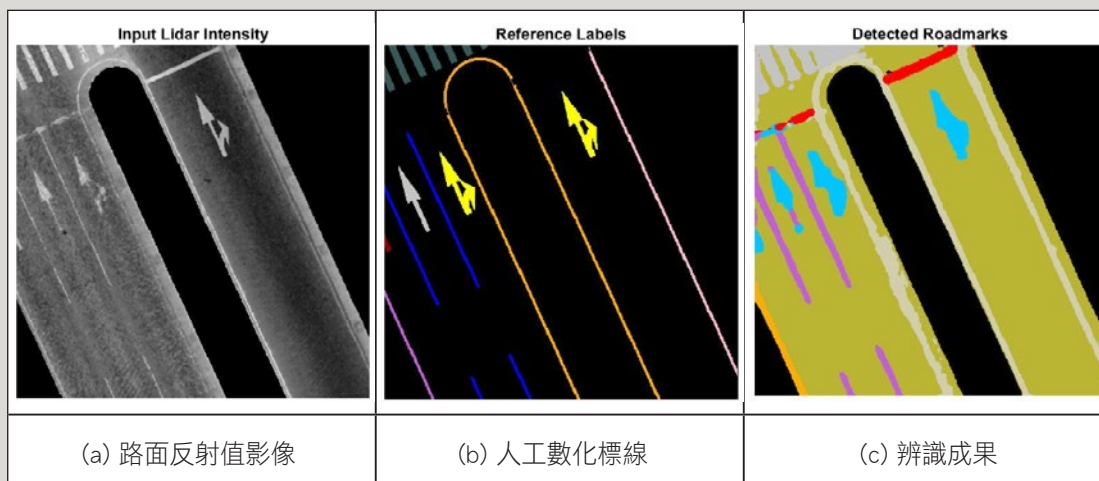


圖5 檢核區自動辨識成果

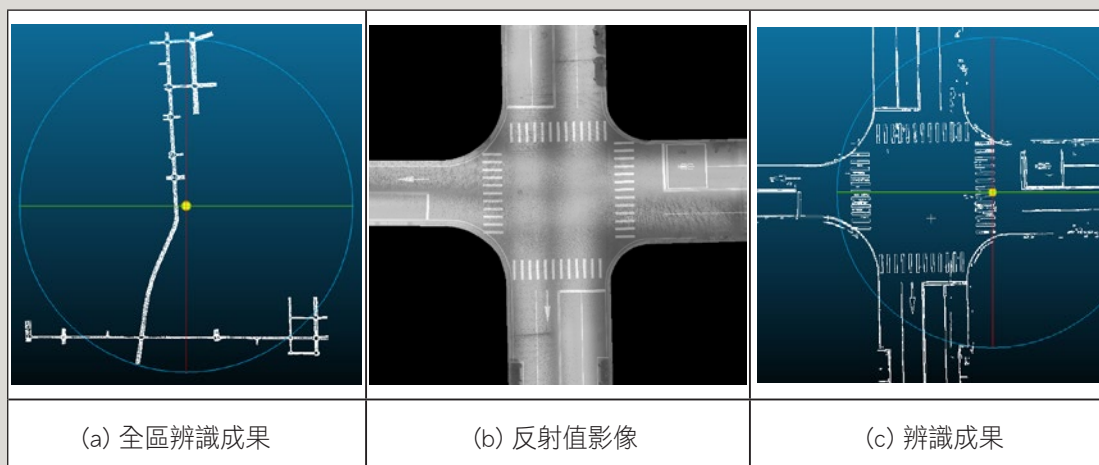


圖6 全區道路標線辨識成果

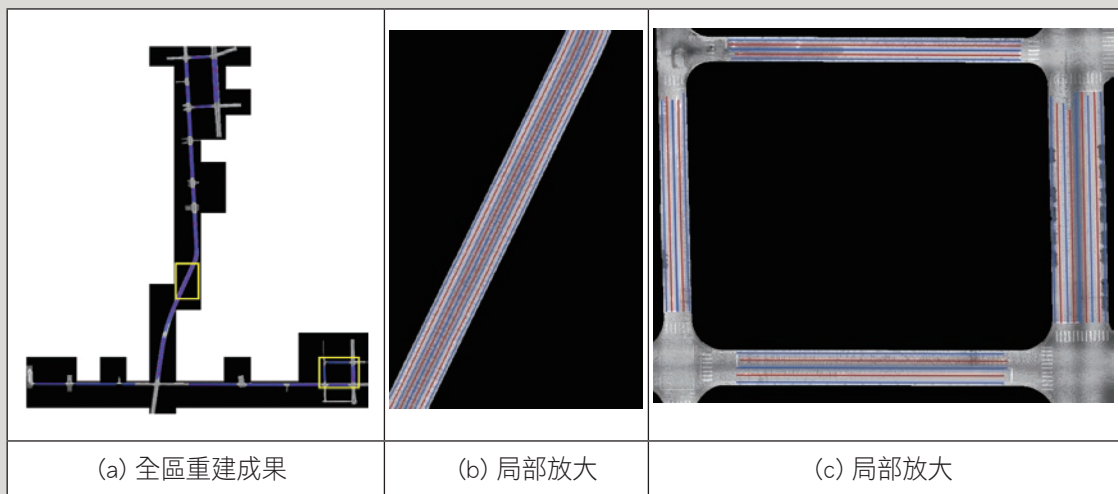


圖7 全區車道線及車道中心線重建成果

本研究使用測區標線偵測成果進行車道線及車道中心線重建，成果顯示可將標線偵測成果成功應用於重建測區車道線及車道中心線(圖7)，在直線道路路段中，重建成果良好，但在曲線道路區域則有較大的偏差。此外，部分區域由於反射值影像雜訊比例較高，其重建成果亦較差。精度評估結果顯示，比較自動化重建與人工數化成果之垂距，垂距小於20公分，滿足高精地圖規範之節點數達90%，其垂距殘差平均值約為5公分，垂距殘差標準差約4公分。研究成果顯示，使用深度學習辨識不同類別之道路標線，再針對道路標線進行幾何推論及線段

擬合，可達成自動化重建車道線及車道中心線之目的。

三、自動化產製OpenDRIVE格式高精地圖

向量圖資為人眼閱讀導向的圖資，而OpenDRIVE格式圖資為機器讀取導向，藉由兩者共同具備的空間屬性，可建立兩者的對應關係。從OpenDRIVE資料格式分析點雲產製向量圖資包含道路的空間資訊及周邊相關物件(圖8)，將向量圖資與OpenDRIVE資料比對可統整圖徵對應表，如表1所示。



圖8 道路車道圖資涵蓋之類型(引用本公司108年3D國土倉儲研發期末報告)

表1 向量圖資與OpenDRIVE圖徵對應表

Shapefile	OpenDRIVE	對應說明
特徵面	object	記錄機車停等區、斑馬線
特徵線	reference line lane	在參考線擷取時，可擷取線坐標，屬性部分僅有路名及速限。車道線擷取時，也可擷取線坐標及其他屬性。
交通牌號誌	object	可擷取點坐標，記錄交通牌位置。
紅綠燈號誌	signal	可擷取點坐標，記錄號誌位置。
路燈	object	可轉換至object，type為streetLamp。

針對對應完成的圖徵，分別進行擷取以便進行格式轉換。首先以特徵線資料作為車道平面參考線，亦即OpenDRIVE的道路坐標基準，依據其道路變化如：車道數改變、車道性質改變、參考線幾何改變等進行特徵線分段，再從分段後的特徵線擷取轉換所需起點、終點、長度及其他屬性資料，若路口處無特徵線則另行數化虛擬參考線；在車道屬性的部分可由對應的車道線做為參考依據，從中量測道路起點與終點的車道寬度並進行後續轉換。

標準OpenDRIVE以單一參考線為單位，推算出各車道線及道路邊緣線之寬度，形成車道線及路面邊緣線，再加入屬性。採用基於參考線的5種曲線方程(straight lines、spirals、arcs、cubic polynomials、parametric cubic polynomials)

和偏移的方式來表達車道形狀與車道中心線形狀，而參考線的記錄方式以Road Plan View標籤描述。各類型道路參考線共同的記錄基本屬性包含s（在軌跡坐標系的起始位置）、x與y（在慣性坐標系的x、y坐標）、hdg（起始方向）、length（參考線長度），詳細如表2所示。

由前述分析，可知道路參考線為以一個線形作為核心，解讀其坐標可從其起點、角度、距離再推算終點坐標。如線形是直線，轉換公式如下：

$$\text{length} = \sqrt{(X_1 - X_0)^2 + (Y_1 - Y_0)^2} = S_1 - S_0$$

$$\text{Hdg} = \cos^{-1} \frac{(X_1 - X_0)}{\text{length}}$$

表2 參考線屬性

參數	類型	單位	值域	說明
s	double	m	[0,∞[	起點位置（軌跡坐標）
x	double	m	]-∞,∞[	起點位置（慣性坐標x）
y	double	m	]-∞,∞[	起點位置（慣性坐標y）
hdg	double	rad	]-∞,∞[	起點方向（慣性坐標方向）
length	double	m	[0,∞[	參考線長度

其中length為參考線長度、 (X_0, Y_0) 為參考線起點慣性坐標、 (X_1, Y_1) 為參考線終點慣性坐標、 S_0 為參考線起點軌跡坐標、 S_1 為參考線終點軌跡坐標(如圖9)。正算代表由OpenDRIVE參考線記錄參數求得參考線坐標，反算代表由參考線坐標求得OpenDRIVE參考線記錄參數。

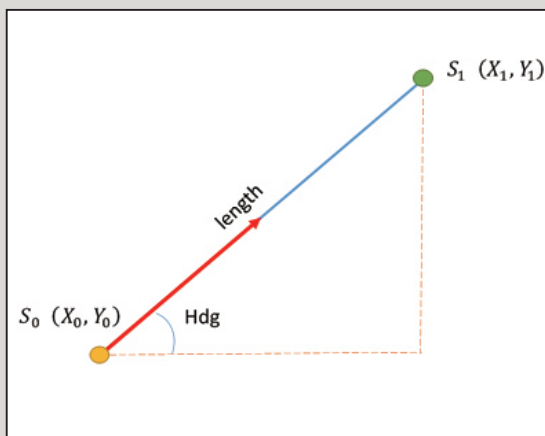


圖9 道路參考線的幾何關係

完成參考線之轉換後，以數學公式推算出車道線及道路邊緣線之寬度，形成車道線及路面邊緣線，產生OpenDRIVE車道線及路面邊緣線的幾何，再加入屬性。在OpenDRIVE道路的屬性中，車道寬度(offset)是以三階多項式的參數a、

b、c、d進行表述，可由參考線、車道線、路面邊緣線計算推導，公式如下：

$$\text{offset} = a + b \times ds + c \times ds^2 + d \times ds^3$$

$$ds = S_1 - S_0$$

公式中ds為道路起點至終點的距離、offset為車道線與路面邊緣線之寬度、 S_0 為參考線起點軌跡坐標、 S_1 為參考線終點軌跡坐標。

另外，轉換過程中尚需要參考線及車道編號對應，參考線的前後聯結關係(前後聯結關係會以predecessor與successor來記錄)對應車道的前後聯結關係。藉由OpenDRIVE與向量圖資的對應關係進行轉換，可完整轉換出OpenDRIVE格式檔案，可顯示於OpenDRIVE官方Viewer，亦能有效率的產製高精地圖所需圖資。

參、高精地圖實作經驗

點雲數化圖層包含：標線、路面邊緣、

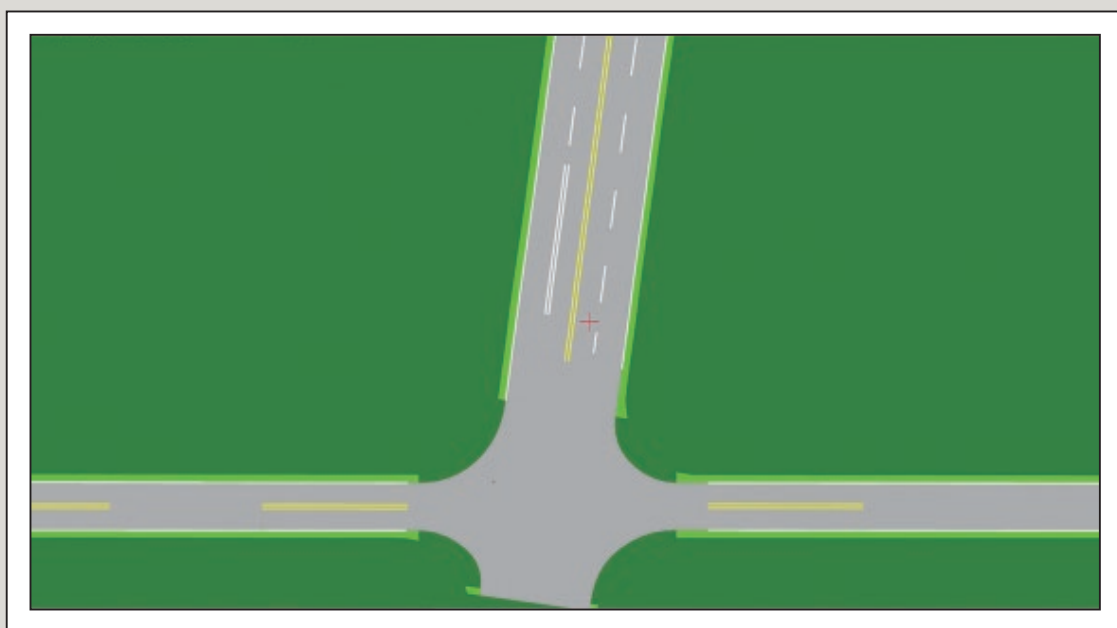


圖10 OpenDRIVE道路連結轉換成果(路口)

停止線、停車格、標線、標線圖形、物體、隧道、橋梁、標誌、號誌、燈號、桿，各圖層數位化方式依據其點、線、面特性而有相異的測繪方式。

一、線圖層向量擷取成果

包含了標線(MarkLine)、路面邊緣(RoadEdge)、停止線(StopLine)，其數位化方式皆是以其中心線位置為準，若標線為虛線則需相連並於屬性記錄其形態，寬度則是記錄於屬性欄位，線圖層向量擷取成果如圖11。

二、面圖層向量擷取成果

面圖層包含標線圖形(MarkGraph)、物體(Object)、隧道(Tunnel)、橋梁(Bridge)，其中標線圖形包含了各種型式之行人穿越道、自行車

穿越道、機慢車停等區及平交道等，依據其圖形外圍形成之邊界為準，描繪出實際之線形圖形，如圖12所示。

而物體(Object)則是數位化其包含的範圍，物體(Object)需數位化路面邊緣往外1m內，所有非桿狀及樹木以外的路面或路邊之物體，並記錄其底部中心點坐標及頂點橢球高，如圖13。

三、點圖層向量擷取成果

點圖層則包含標誌、號誌、燈號、桿、節點，其中桿的識別碼需要與其附屬之標誌、號誌進行關聯，號誌的識別碼要和燈號進行關聯。標誌部分需記錄種類、牌面角度及其左右上包圍矩形之三維坐標，數位化成果如圖14。

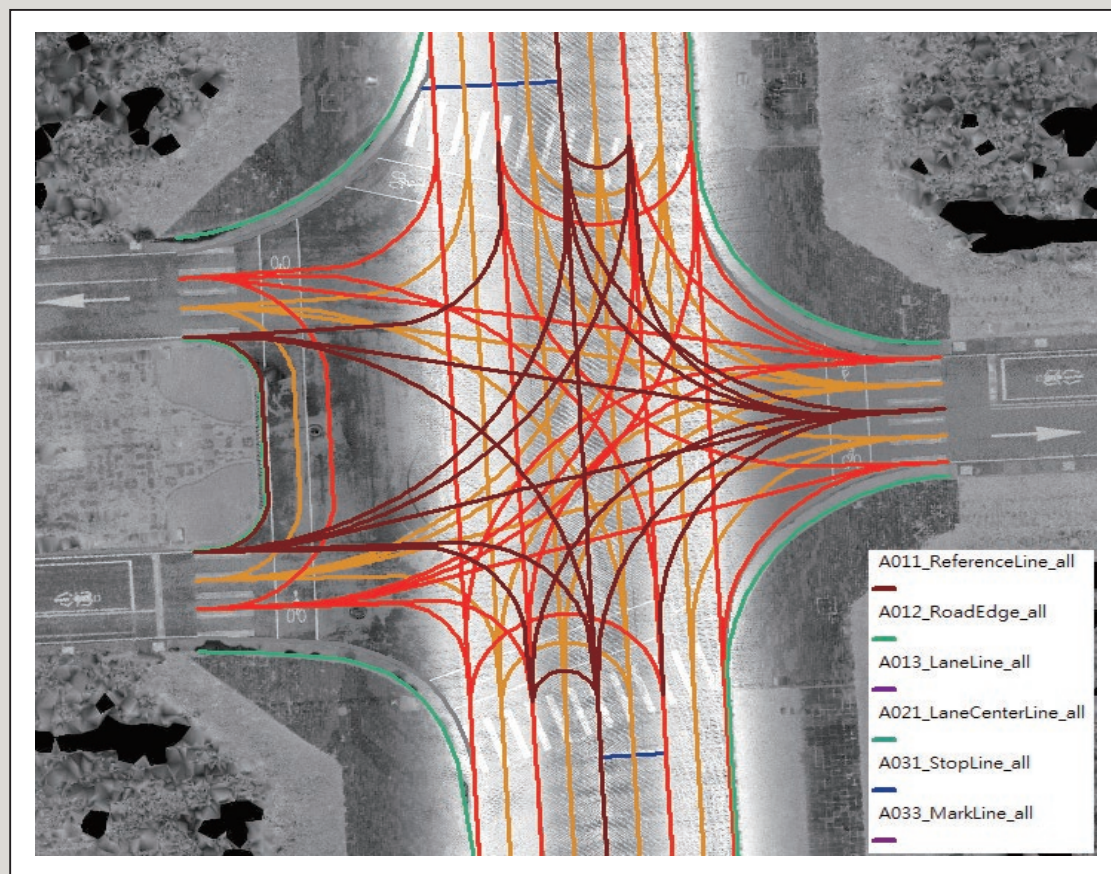


圖11 線圖層向量擷取成果(路口處)



圖12 面圖層向量擷取成果

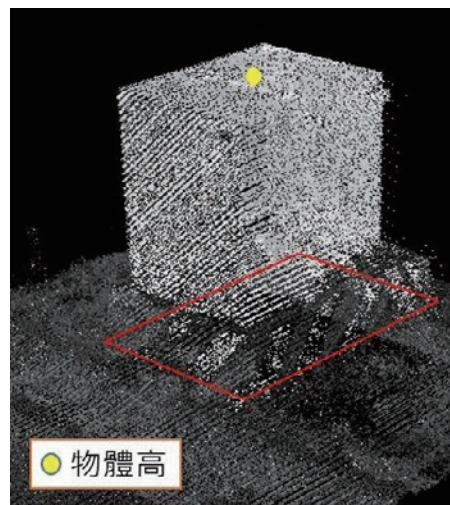


圖13 物體向量擷取成果示意

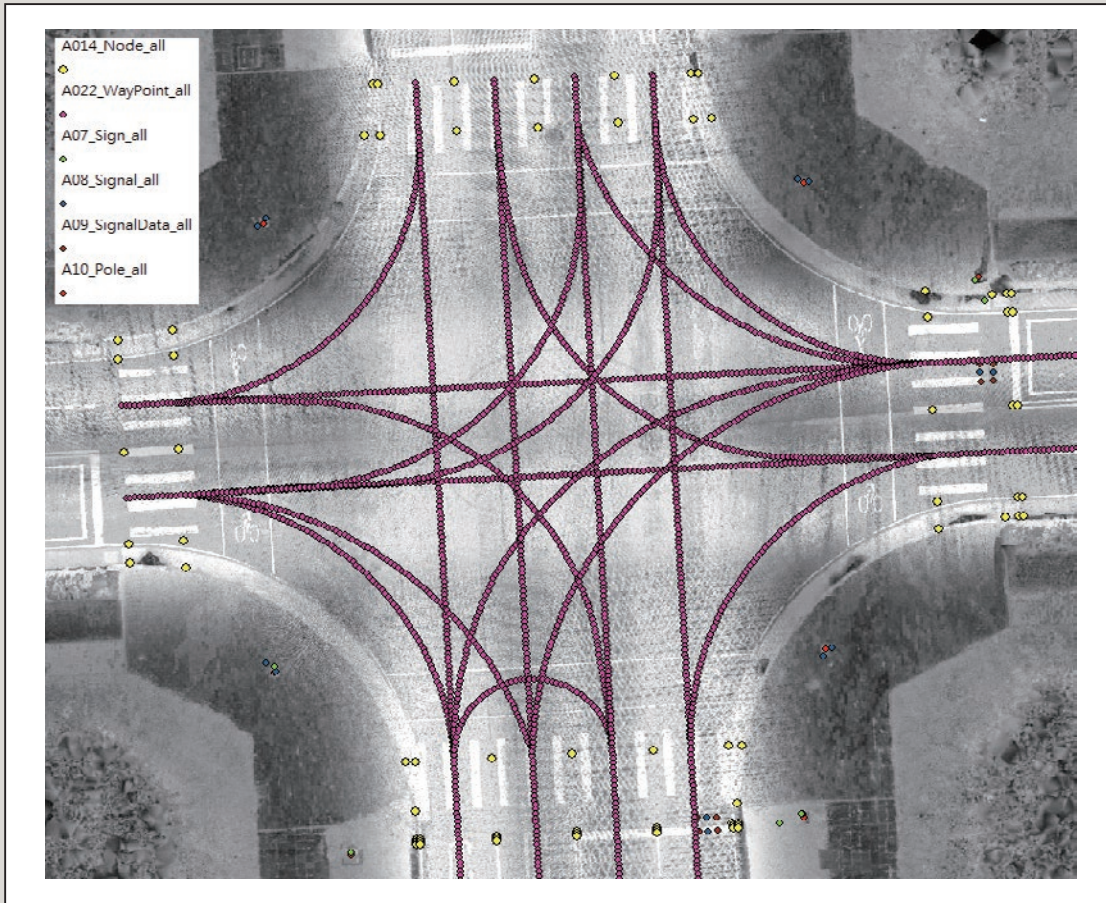


圖14 點圖層向量擷取成果

四、圖資屬性建置

高精地圖驗證指引(草案)中，有明確訂定高精地圖圖層屬性，其規定各圖層皆有其必填及選填等不同欄位屬性，其部分屬性可於原始CAD圖層數化時記錄於向量圖檔及其圖層屬性，而部分屬性則須於GIS平台中進行建置，如：識別碼、起始即結束節點、前參考線等。而各圖層其必填欄位屬性如表3所示。

向量特徵檔案之道路相關圖層需依照交通資訊基礎路段編碼(<https://link.motc.gov.tw/>)之LinkID欄位進行試驗場域路段編碼。其編碼原則依照其道路分類、路名、特徵、方向、縣市等屬性分成6段屬性共計14個數字，如圖15所示。

道路分類則依據臺灣通用電子地圖之道路等級將道路分類成國道、省道快速公路、市區快速道路、省道、縣道、鄉道及市區一般道路，而其路名則將全台有路名之道路按照種類及筆畫給予其專屬對應名稱與號碼。目前交通資訊基礎路段編碼LinkID，最低等級僅編碼到市區道路，若其為巷弄、無名道路或區塊道路，目前並無編定相關編碼，故場域範圍內選擇若有上述類型，其LinkID將無法給予，如圖16所示。

表3 高精地圖欄位屬性表

圖層		必填屬性
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)
燈號圖層		識別碼(id)、關聯號誌識別碼(signalId)、燈號意義(code)、燈號鏡面角度(angle)、包圍矩形左下坐標(bboxMin)、包圍矩形右上坐標(bboxMax)
桿圖層		識別碼(id)、桿柱種類(type)、桿頂部z坐標(zTop)

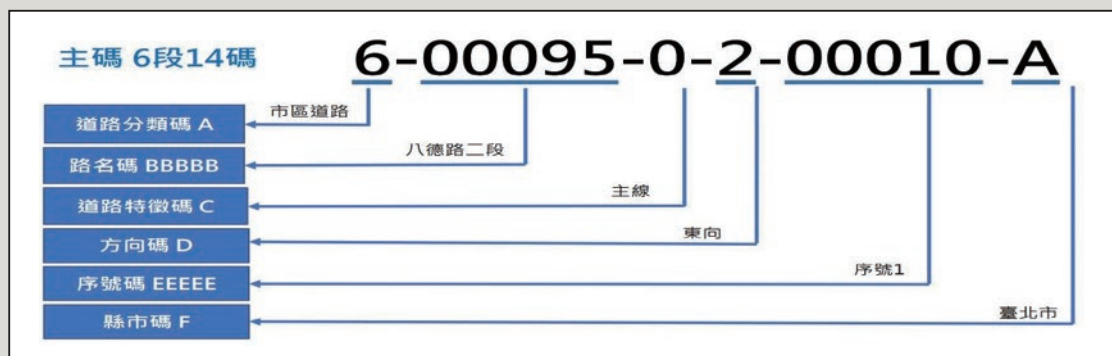


圖15 LinkID欄位編碼 (資料來源：交通部網站)



圖16 LinkID 僅編碼到市區一般道路 (資料來源：交通部)

肆、高精地圖驗證

審查為測製程序之重要步驟，由品保人員嚴格檢核，避免誤差累積影響後續作業之推展；其目的在使各階段之成果品質均能符合本計畫之規定。審查品質管制計畫書，設立各品質檢核點，並辦理作業講習使現場實際作業人

員易於瞭解遵行。在各檢核點以ISO表單審查管制作業之品質，審查之項目則涵蓋了各作業項目。

一、點雲精度檢核

各檢核點於點雲之量測示意圖如圖17所

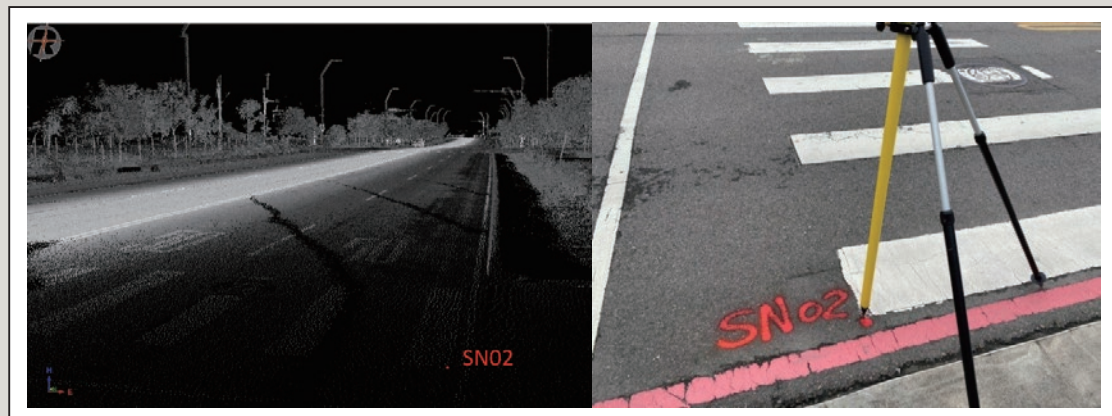


圖17 點雲絕對精度之檢核量測示意圖

示，所有量測之坐標值皆符合絕對精度平面優於20公分，三維優於30公分之規範，如表4所示。

18所示，所有位置皆符合相對精度平面優於10公分，三維優於15公分之規範，其屬性資料確認依規定填寫。

表4 點雲絕對精度表

ID	檢核點 E	檢核點 N	檢核點 H	點雲 E	點雲 N	點雲 H	平面 差值	三維 差值
SN02	215111.198	2676045.248	130.247	215111.254	2676045.197	130.327	0.075	0.110
SN05	215112.990	2675768.502	127.265	215112.904	2675768.453	127.160	0.099	0.144
SN07	215121.471	2675596.167	126.246	215121.400	2675596.136	126.178	0.078	0.104
SN10	215117.176	2675235.554	123.158	215117.127	2675235.518	123.054	0.061	0.121
SN12	215020.806	2674986.059	119.571	215020.757	2674986.114	119.489	0.074	0.110
SN18	215668.617	2674784.582	125.348	215668.692	2674784.639	125.428	0.095	0.124
SN23	214638.707	2674779.199	119.269	214638.754	2674779.126	119.175	0.087	0.128
SN26	214894.077	2674792.570	119.994	214894.136	2674792.630	120.082	0.084	0.122
SN27	215223.387	2674792.087	121.634	215223.352	2674792.047	121.561	0.053	0.090
SN29	215229.532	2676004.898	131.428	215229.567	2676004.933	131.532	0.050	0.115

二、向量圖層相對精度檢核

在各圖層中，將成果向量與檢核人員從點雲重覆繪製之向量進行比對，檢核示意圖如圖

三、向量圖層絕對精度檢核

以向量坐標與外業測量之控制點坐標進行比對，各控制點於向量之量測位置示意圖如圖

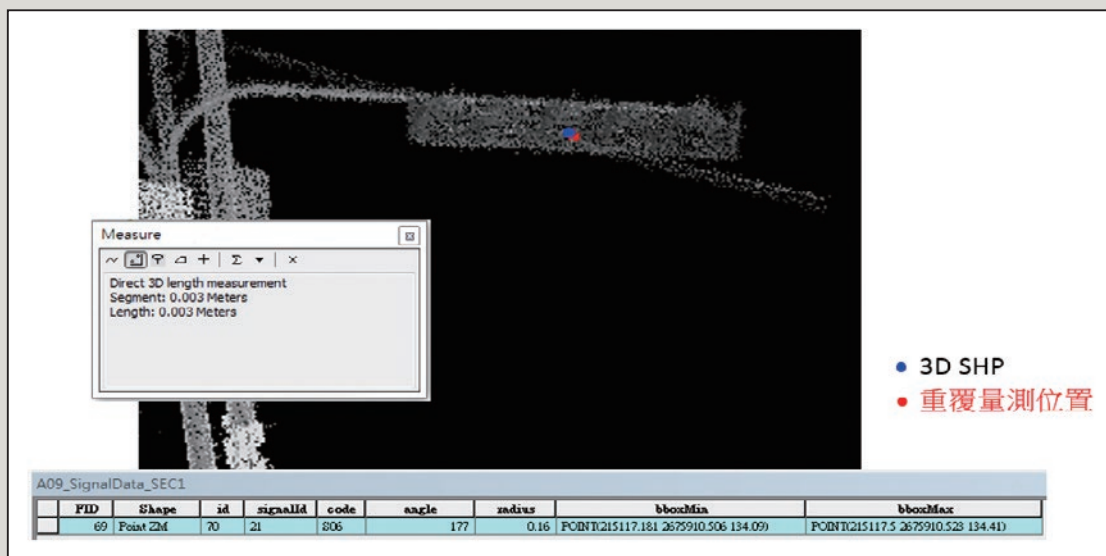


圖18 相對精度檢核位置量測示意圖

19所示，所有量測之坐標值皆符合絕對精度平面優於20公分，三維優於30公分之規範，如表5所示，其屬性資料也確認依規定填寫。

四、臺灣高精地圖格式檢查

以文字編輯器確認OpenDRIVE資料內容

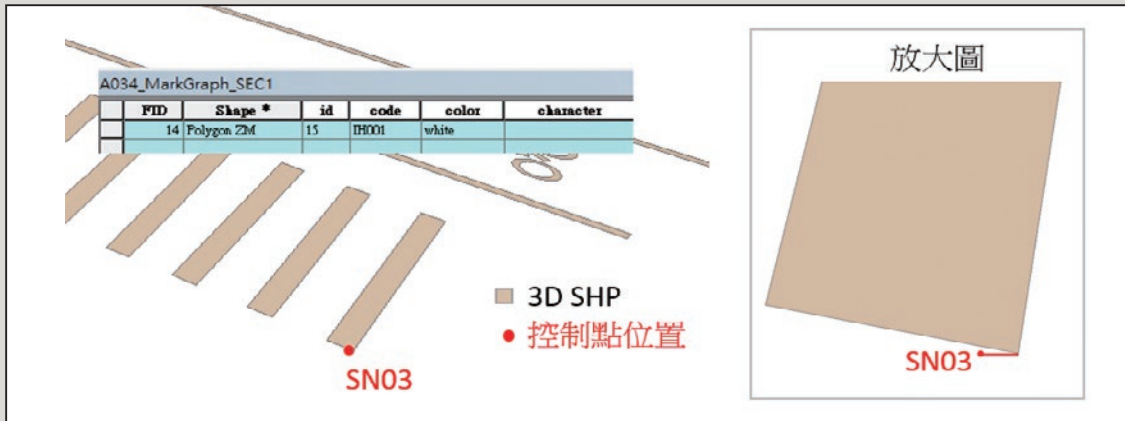


圖19 絕對精度檢核位置量測示意圖

表5 向量圖層絕對精度表

ID	檢核點 E	檢核點 N	檢核點 H	點雲 E	點雲 N	點雲 H	平面 差值	三維 差值
GNSS01	215140.957	2675530.867	125.766	215141.016	2675530.862	125.749	0.059	0.062
GNSS02	214976.520	2674800.521	120.072	214976.518	2674800.519	120.049	0.003	0.023
SN01	215093.493	2676142.532	131.386	215093.527	2676142.583	131.339	0.061	0.077
SN02	215111.198	2676045.248	130.247	215111.217	2676045.257	130.250	0.021	0.021
SN03	215117.693	2675911.357	128.296	215117.743	2675911.385	128.300	0.057	0.057
SN04	215101.563	2675943.733	128.729	215101.547	2675943.717	128.697	0.023	0.039
SN05	215112.990	2675768.502	127.265	215112.977	2675768.556	127.270	0.056	0.056
SN06	215126.680	2675728.780	127.081	215126.681	2675728.776	127.069	0.004	0.013
SN07	215121.471	2675596.167	126.246	215121.465	2675596.187	126.269	0.021	0.031
SN08	215127.932	2675494.083	125.341	215127.914	2675494.085	125.332	0.018	0.020
SN09	215144.322	2675403.586	124.928	215144.328	2675403.526	124.929	0.060	0.060
SN10	215117.176	2675235.554	123.158	215117.184	2675235.489	123.131	0.065	0.071
SN11	215056.552	2675137.449	121.631	215056.555	2675137.458	121.617	0.009	0.017
SN13	214986.923	2674874.106	119.761	214986.920	2674874.126	119.768	0.020	0.021
SN14	214988.527	2674778.258	120.384	214988.544	2674778.253	120.379	0.018	0.018
SN15	215108.845	2674792.961	121.245	215108.859	2674792.972	121.249	0.018	0.018
SN16	215336.383	2674778.016	121.788	215336.424	2674777.995	121.785	0.046	0.046
SN17	215498.522	2674792.830	123.271	215498.542	2674792.828	123.257	0.020	0.024
SN18	215668.617	2674784.582	125.348	215668.619	2674784.538	125.334	0.044	0.046

↓表5未完，請接下頁

ID	檢核點 E	檢核點 N	檢核點 H	點雲 E	點雲 N	點雲 H	平面 差值	三維 差值
SN19	215786.280	2674781.290	126.330	215786.302	2674781.289	126.300	0.022	0.037
SN20	215780.000	2674869.904	126.706	215779.988	2674869.892	126.674	0.017	0.036
SN21	215659.636	2674888.671	125.728	215659.643	2674888.670	125.685	0.007	0.044
SN22	214822.089	2674794.596	120.174	214822.060	2674794.576	120.153	0.035	0.041
SN23	214638.707	2674779.199	119.269	214638.708	2674779.212	119.263	0.013	0.014
SN24	214483.815	2674785.822	116.407	214483.874	2674785.788	116.406	0.068	0.068
SN25	214465.659	2674814.450	116.763	214465.651	2674814.460	116.693	0.013	0.071
SN26	214894.077	2674792.570	119.994	214894.072	2674792.584	119.975	0.015	0.024
SN27	215223.387	2674792.087	121.634	215223.401	2674792.096	121.609	0.017	0.030
SN28	215235.295	2675923.013	130.531	215235.268	2675923.060	130.521	0.054	0.055
SN29	215229.532	2676004.898	131.428	215229.551	2676004.940	131.428	0.046	0.046
SN30	215223.046	2676152.576	133.023	215223.038	2676152.536	132.979	0.041	0.060

規格，確認每個道路的連接點（predecessor、successor）完整定義、且路口處皆以junction物件描述，確保道路物件是連續接合的，在標線及號誌部分，採用視覺化成果與OpenDRIVE格式資料對照方式，從視覺化成果辨識標線與號誌是否與向量圖資一致，再從文字編輯器中對OpenDRIVE進行修改與修正，以確保OpenDRIVE中的各類物件標籤及類別符合規範。

五、臺灣高精地圖3D可視化檢查

依「高精地圖圖資內容標準及格式標準」規範，應包含道路主體、標線及其他路側設施，因此可針對視覺化的成果先由道路的完整性、路側設施及標線的完整性與數量進行人工判別，以確認視覺化資料的完善程度，如圖20，藉由視覺化的資料辨識與資料格式內容的



圖20 3D可視化檢查

檢查修正，可驗證OpenDRIVE成果符合「高精地圖檢核及驗證指引」規範。

六、邏輯檢查

透過軟體將高精地圖之成果載入，並規劃路線模擬車輛運行，檢查道路方向性是否正確及路面是否平順無異常跳動之情形，模擬畫面如圖21所示。

及落實自我檢查機制，積極投入HD Map測製技術的研究，期望增加自駕車高精地圖測繪之效益。

參考文獻

1. 台灣資通產業標準協會，高精地圖製圖作業指引v2，2019

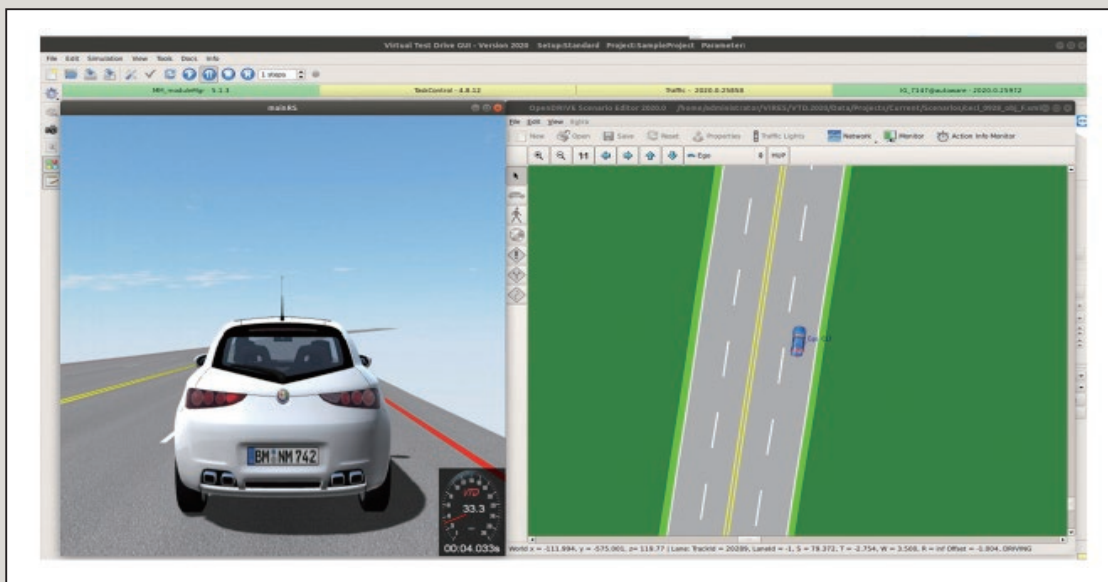


圖21 OpenDrive軟體模擬測試

結語與建議

HD Map是自駕車技術發展的必要圖資，相較於傳統的汽車路徑規劃導航地圖，HD Map具備更豐富及更細緻的空間資訊，並且更強化語義(Semantic)資訊及3D幾何資訊，以滿足自駕車自動化駕駛的空間資訊需求，HD Map是新一個世代的圖資，具廣大應用市場的潛力。

本公司以交通事業之專長，整合各種工程技術專業，近期積極關注高精地圖的發展，對於智慧交通輔助智慧城市之發展，亦有深入的觀察與整體規劃、運用策略。透過多元技術專業分工、自動化產製機制、豐富的實務經驗以

2. 台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
3. 台灣資通產業標準協會，高精地圖檢核及驗證指引v1.0，2020
4. Dupuis, M., Hekele, E., and Biehn, A.: OpenDRIVE Format Specification, Rev. 1.5. VIRES Simulationstechnologie GmbH., 2019

蘇花路廊維運面臨之課題與展望

1:600,000
0 10 20 40 公里



關鍵詞(Key Words): 蘇花改(Su-Hua highway improvement)、蘇花路廊(Su-Hua highway corridor)、連假疏運計畫(Continuous holiday evacuation plan)、防救災演練(Disaster prevention and relief exercises)、緊急應變處置(Emergency response)

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／計畫副理／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／林富泰 (Lin, Fu-Tai) ❹

台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／計畫工程師／宋威廷 (Sung, Wei-Ting) ❺

公路總局第四區養護工程處／交通管理及控至中心／主任／陳國正 (Chen, Kuo-Cheng) ❻



值日官

督導員

四工交控

摘要

公路總局第四區養護工程處(以下簡稱四工處)為了東部地區的運輸需求及觀光遊憩發展，提供蘇花地區南北向道路運輸系統。然為提高台9線蘇澳至花蓮等地方往來之安全性，於南澳設置交通控制中心，由第四區養護工程處金岳工務段之南澳交通控制中心綜整辦理蘇花路廊之新舊台9線道路事故緊急應變事宜。為能有效管理，南澳交通控制中心配置全天候值班人員，監控路段交通及隧道消防安全；因應政府精簡人力，達永續管理目的，爰擬將前開交通控制中心、隧道機電、消防保全、道路救援(包含拖吊及車輛保管業務)，及發生事故時之第一時間搶救等工作委託民間辦理。

台灣世曦公司有幸承攬辦理此委託民間案，由於成效卓越，確認此項辦理方式的正確性，並提供爾後辦理此類案件的方向，及未來設計單位更完整與正確的設計資訊，故提出本蘇花路廊維運面臨之課題與展望報告供各界參考。



The maintenance & operation issues and prospects of Su-Hua road corridor faced

Abstract

For the safety of the trip between Su'ao and Hualien, Fourth Maintenance Office, Directorate General of Highways, MOTC has established Jinyue Branch and traffic control center in Nan'ao. In order to supervise the situation of whole Su-Hua road corridor more effectively, Fourth Maintenance Office arrange a 24 hours shift duty to monitor the traffic flow and fire safety of tunnels. But, limited by the manpower reduction policy of government, Fourth Maintenance Office can only authorize other private institutions to deal with the task, including emergency management, roadside assistance, maintenance of traffic control center, electromechanical equipment and fire safety of tunnels.

Fortunately, CECI could contract this project and has made excellent results. In order to make a reference and let designing institutes design more completely and accurately in the future, we propose this paper which describes the challenge and prospect of the maintenance of Su-Hua road corridor.

3

專題報導

壹、前言

公路總局為妥善管理蘇花改與既有蘇花公路(台9線)路網(以下稱蘇花路廊)、宜蘭縣與花蓮縣省道及隧道等之交通控制，規劃於南澳設置交通控制中心(以下簡稱南澳交控中心)，並辦理「新舊台9線蘇花公路交控中心暨交控及機電系統」委託民間營運管理服務(以下稱蘇花改營運專案)，期引進專業人力常駐南澳交控中心，負責交控、消防、與隧道機電等系統之操作與維護管理，全天候監控路段交通、壅塞疏導及隧道安全。

著眼於插足營運領域、完成公共工程全生命週期服務的契機，本公司積極爭取前述營運專案，由智慧系統部邀集交控、電機、機械、電腦與交通專業人員組成營運團隊，於106年7月進駐四工處後，開始配合辦理蘇花改通車作業，並逐步建立營運管理體制，除執行24小時值班業務外，同時協助工程處進行蘇花路廊各項交通、防災、設備管養業務的策略擬定與機制建立。有別於規劃設計類型計畫，營運計畫係與業主長期合署，共同處置第一線的各項事務，面對嶄新的計畫類型，營運團隊或有摸索、碰撞，也從實務問題與經驗中獲取養分，逐漸成長。

營運團隊進駐迄今三年餘，經歷了蘇花改分階段、分車種通車，以及長隧道特有交控與機電設施的特殊管理問題，相較於未來漫長管養期間可能遭遇的挑戰，現階段僅能就進駐以來所遭遇的課題進行初探，主要可分為交通管理、系統維護、緊急事件應變等三大領域，除說明各課題的特性與相對應對策供各界參考外，也擬定未來的發展方向，期許團隊共同努力，為蘇花路廊的營運工作繼續貢獻心力。

貳、營運背景與面臨課題探討

一、背景說明

南澳交控中心隸屬於公路總局第四區養護工程處金岳工務段，除肩負四工處轄區(宜蘭花蓮地區省道)之交通管理及設備管養外，蘇花改路段之事件處置與緊急應變作業亦屬中心業務範疇，營運管理範圍如圖1所示。整體而言，南澳交控中心提供交通管理、設備管養與防災應變之整合性服務，全天候24小時三班輪值，執行交通管理、壅塞疏導、緊急應變、設備巡檢、故障報修與排除等工作。南澳交控中心營運組織架構如圖2所示，工作內容如圖3所示。



圖1 南澳交控中心營運管理範圍示意圖

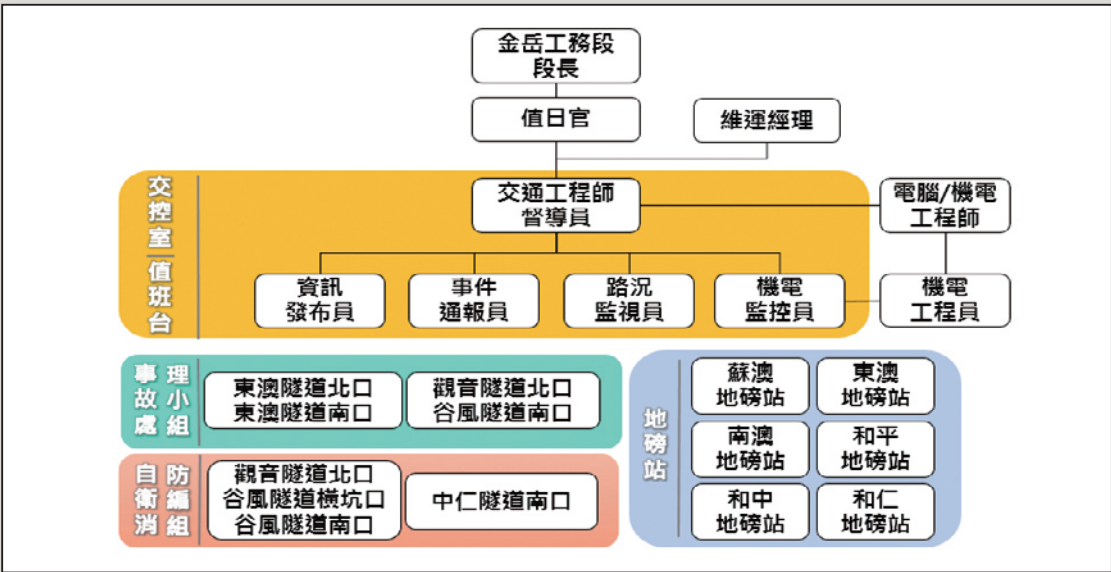


圖2 南澳交控中心組織架構

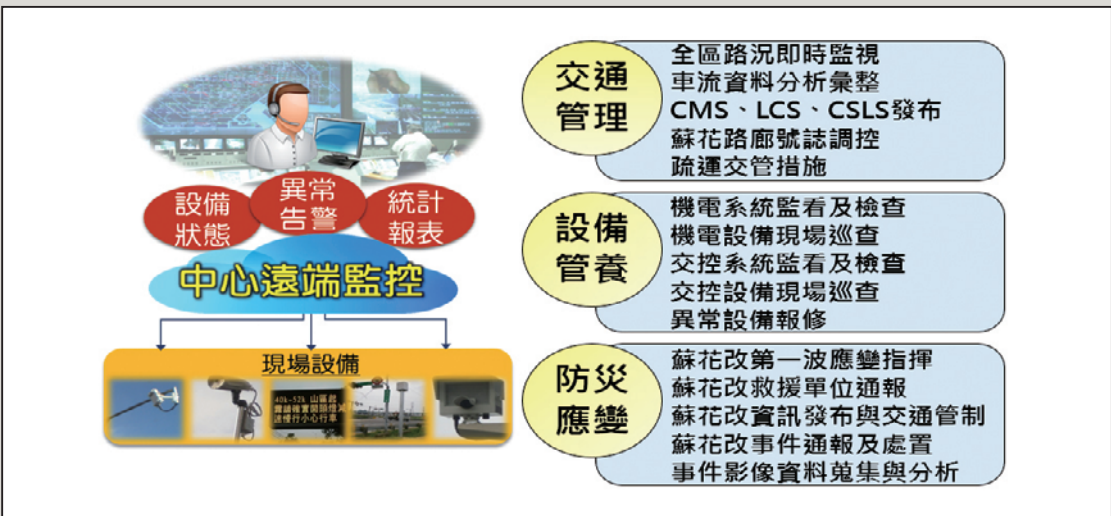


圖3 南澳交控中心工作內容

二、面臨課題

如前述，南澳交控中心集交通管理、設備管養與防災作業於一身，中心人員平時須兼顧路況監視及訊息通報、交控策略下達、連假疏運計畫、防救災演練、緊急應變處置、設備故障追蹤及分析、系統故障通報及排除等工作，遇到緊急情況則搖身一變，成為蘇花改緊急應變的第一波指揮中心，中心人員需合作互助完成多方通報，並與聯防單位彼此分工各司其職，方能將災害影響的程度降至最低。在轄

區廣大、時間緊迫、介面複雜、人力有限的情況下，營運團隊確實面臨許多課題，然藉由分析、了解課題的本質與特性，方能擬定適合的策略，協助業主做好管理、解決難處，促使團隊同仁們一同成長，奠定長期營運的良好基礎。

以下說明蘇花改營運所面臨之課題，分別就交通管理、設備管養、防災應變三方面分述之。

(一) 交通管理-如何調控異質交通環境，維持車流穩定

蘇花改計畫在規劃本質上是在不增加車道數的條件下局部改善易肇事路段，提升安全，也避免引入過多外來車流影響東部永續發展。然蘇花改計畫北接國道5號蘇澳端，南續往花蓮，造就了國道-省道-隧道如漏斗型由大至小的道路容量供給型態，當湧入車流大於隧道服務容量時，整體路網吞吐不及造成壅塞，此種現象在連續假期最為顯著。因此，如何弭平國、省、隧間的容量差別，以及平、假日間的需求迥異，合理有效的調控車流、分配道路資源，是交通管理方面首要克服的課題。

(二) 設備管養-如何梳理龐大設備系統，確保運作正常

在設備管養方面，為盡可能無死角地監控轄區路段，中心連接大量之交控與機電設備，目前接管蘇花改加上宜花轄區之設備數量達5千餘處，含括隧道機電、交控及中央電腦等系統，而蘇花改隧道位處偏遠山區，外部技術資源支援不易，自我檢測與障礙排除之能力培養是當務之急，方能因應緊急狀況、維持營運。而管養範圍涉及宜花全轄區，幅員廣大，在人力有限之情況下，如何有效率的巡檢，維持各設備正常運作且發揮其應有之功能，在考驗營運團隊的管理能力。

(三) 防災應變-如何整備防災人車資源，及時應變處置

蘇花改隧道緊急應變計畫賦予了南澳交控中心第一波應變指揮的責任，與隧道駐點人員，以及警、消、衛等聯防單位就近處置，再視災況逐步增援。防救災作業時非公路主管單位可一力完成，加上蘇花改地處偏遠，如何在救災資源不易抵達災點之環境下，以最有效率之方式與各聯防單位合作並進，儘快解除災害事故，為營運團隊一大考驗。

以下整理營運團隊進駐以來所遭遇的情境與管理經驗，就前述三大課題整理相對應之策略與措施，續以「參、交通管理」、「肆、設備管養」與「伍、緊急應變」分別說明探討。

參、交通管理

課題：如何調控異質交通環境，維持車流穩定

蘇花路廊位屬宜花交通要道，連續假期常有大量返鄉、觀光之車潮，自107年蘇花改A段通車迄今之連假交通量如圖4所示，由圖可知，連假單日最大雙向日運量總和最高達2.7萬輛，為平日1.6倍，連假與非連假之交通需求相差懸殊，成為管理蘇花路廊交通之一大課題。

蘇花路廊北接國道5號、南以舊蘇花公路續往花蓮，國道與山區省道間之車潮處理能量懸殊，國道5號可通過之最大小時流量約1800~2500輛，蘇花改道路可通過之最大小時流量僅約900~1000輛，造成大量車流由北向南湧入時形成漏斗效應，易產生壅塞現象，再者蘇花路廊新舊道路交錯，常有上下游路段車道數相異之現象，進而增加車輛交織機會並降低行車速率，此外，蘇澳至崇德居民聚落大多沿蘇花公路發展，沿線商家吸引部分民眾停駐休憩，此類路側活動也制約整體路廊之車流紓解效率。

限於環境條件，蘇花路廊無法以工程手法大幅增加道路能量，唯有朝向車流調控、需求管理的方向發展，方為永續經營之道，以下將針對因上述環境條件而衍生之現行蘇花路廊交通管理策略進行介紹。

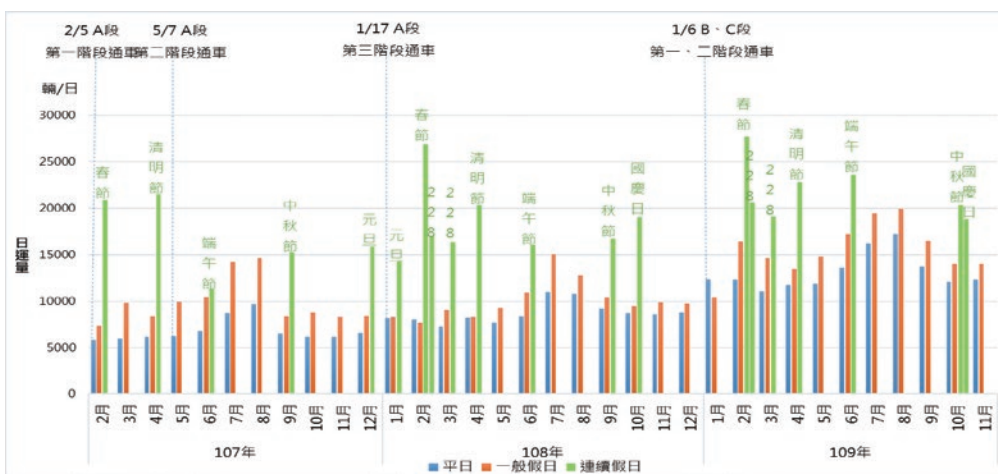


圖4 蘇花改平假日與連續假日車流量比較圖

策略與作為：「疏」「截」互用，營造一條龍循序漸進疏運環境

(一) 車流管制

主要構想係於蘇花路廊南北兩端周邊之銜接路段，利用路口號誌調控等交控手段，管制進入蘇花路廊之車流量(如圖5)。南下部分包含縮短蘇澳地區台9線上游路段路口之幹道綠燈時間，如壅塞情形嚴重亦會配合警察單位封閉國5右轉槽化道，並調降交流道南下號誌綠燈時間，大幅減少短時間內進入蘇澳之車流量；北上部分路網較為單純，主要係縮短崇德及新田地台9線上游路段路口之幹道綠燈時間，控制進入蘇花路廊之流量避免溢流。同時，於蘇花路廊內則調整路口號誌，為幹道方向長綠增

加紓解率，並於蘇花改隧道內定時實施隧道廣播，提醒用路人於速限範圍內提高車速，以免後方塞車。

(二) 車輛動線規劃

為弭平上下游車道數不匹配之影響，連假期間規劃於蘇花改蘇澳端、蘇花改東澳端、中仁隧道南端等路口上游路段，設置交通錐並擺放分流牌面(如圖6)，提早導引前往不同目的地之用路人行駛不同車道，維持車道縮減處車流秩序，避免因車輛搶道造成嚴重壅塞。同時亦規劃「南下一條龍」策略，導引宜花長途旅次通行台9線並給與幹道號誌優勢，避免新舊道路競爭通行、提升整體路網效率。



圖5 蘇花路廊車流交管策略



圖6 交通錐及分流牌面

另外，目前於蘇花改道路周邊之蘇澳、和平及崇德地區亦規劃佈設大客車優先道(如圖7)，佈設方式可概分為利用替代道路之車道或是利用原道路車道兩種，如蘇澳地區大客車優先道即屬前者，其係規劃改走台2線以避開台9線之車潮，經109年端午、中秋及國慶連假之經驗回饋，此方式可減少大客車於蘇澳地區之旅行時間約30分；而崇德地區大客車優先道佈設於台9線原道路之內側車道，經109年中秋及國慶連假之經驗回饋，此方式可減少大客車於崇德地區之旅行時間約7分；和平地區之大客車優先道於109年連假尚未實際執行，其規劃佈設方式係依該地區路網條件，同時包含利用替代道路及原道路車道。

(三) 車種通行時段管制

蘇花路廊沿線多砂石、水泥產業，平日大貨車占比約17%-21%，大貨車因其體積、載重及駕駛行為，一旦發生事故，其產生之交通衝擊甚鉅。為降低連假期間事故風險，並考量連假出遊用路人路況不熟，易與大貨車相互干擾，四工處與大貨車業者、地方機關(宜、花兩縣政府及其警察局)多次協商，參考歷史連假資料之車流尖峰時段(如圖8)，針對不同天數之連續假期擬定21噸以上大貨車實施通行管制之時段，使蘇花路廊於車多時段可達成客貨分離，提高紓解效率。



圖7 蘇花路廊大客車疏導動線規劃

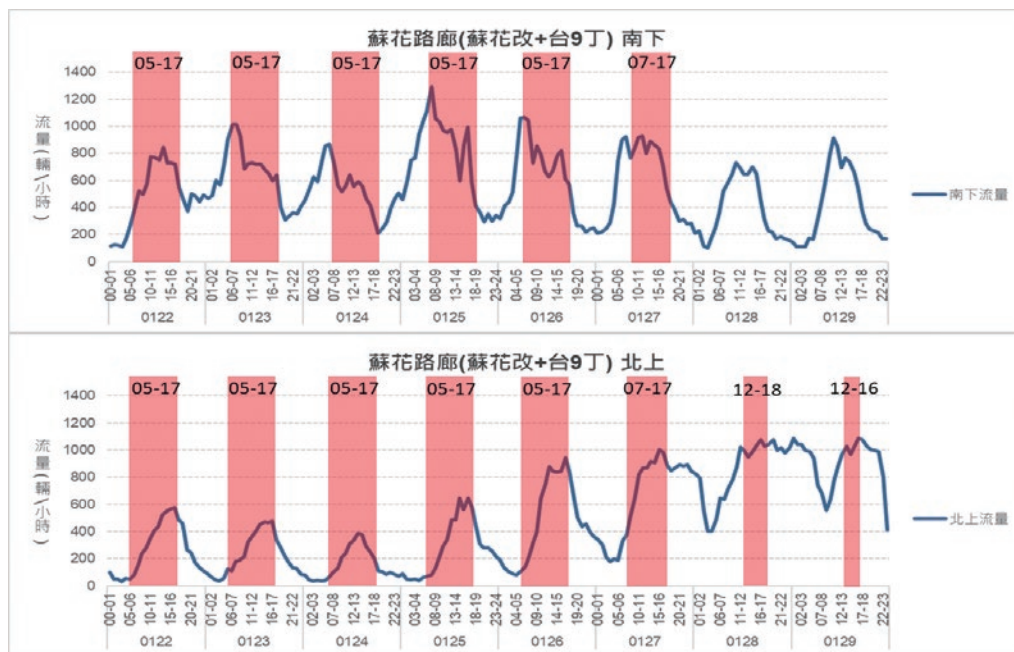


圖8 車流量與大貨車管制時段比較圖 (以109年春節為例)

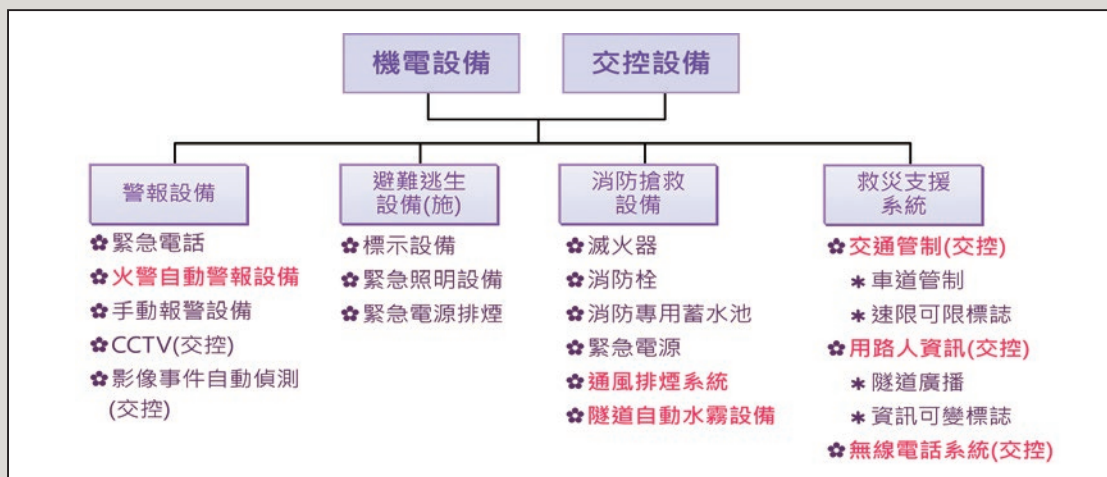


圖9 蘇花改隧道安全防護系統架構

肆、設備管養

課題：如何梳理龐大設備系統，確保運作正常

一、蘇花改隧道安全防護系統簡介

因應蘇花改長隧道群應變救援、與人員生命安全，蘇花改率先於隧道路段配置先進之安全防護系統，由機電及交控設備組成，其安

全防護策略係將隧道事故產生之火、煙透過排煙、水霧等措施「限縮」在有限的空間內，使用路人在安全的環境下避難。隧道火災發生之偵測告警及火警連動運作為全自動，不需人工操作，系統會自動偵測並進行隧道照明全亮、建立隧道正向風場、通風排煙及水霧噴灑抑制火勢，隧道內各項安全防護系統如圖9所示，並簡要說明各子系統如下。

(一) 隧道光纖溫度偵測系統

蘇花改長隧道頂端布設光纖，利用光纖溫度偵測（Distributed Temperature Sensor, DTS）溫度變化感應火災自動警報，隧道內每間隔50公尺作為一火警分區，可涵蓋全隧道範圍進行分布式之溫度監測，並在測得高溫或瞬間增溫，即時將信號提供至火警受信總機，並同時將訊號傳至機電監控系統，啟動火點區域之控制閥執行水霧噴灑。

(二) 隧道排煙通風系統

蘇花改隧道內採用複合型點排式通風系統，為最新之改良型通風與排煙方式，其排煙管道佈設於隧道上方空間，搭配隧道內裝設噴

流式通風機輔助氣流方向及推力，將煙由火災上方風門控制的通風口導入排煙管道，人煙分離，有效的將火災濃煙迅速排出隧道，限縮濃煙擴散範圍，如圖10所示。

(三) 隧道水霧系統

蘇花改長隧道設置水霧系統是全國第一次採用水霧設備的隧道，水霧自動設備可在第一時間降溫、限縮起火區域。當系統於偵知確認火災時，於單向隧道3分鐘內、雙向隧道5分鐘內自動啟動水霧設備放水，水霧系統可營造有利於用路人安全避難及後續消防救援之作業環境。水霧系統對於火場溫度抑制比較分析如圖11所示。

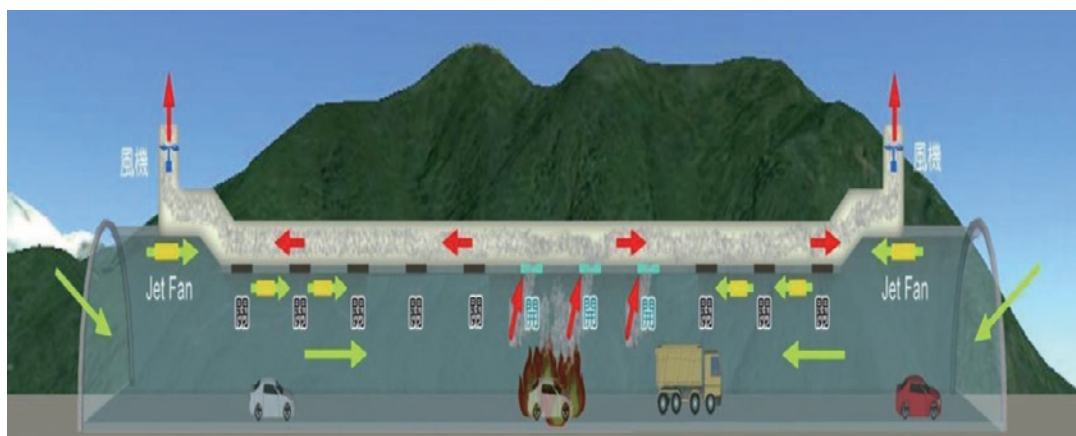


圖10 隧道火災排煙示意圖

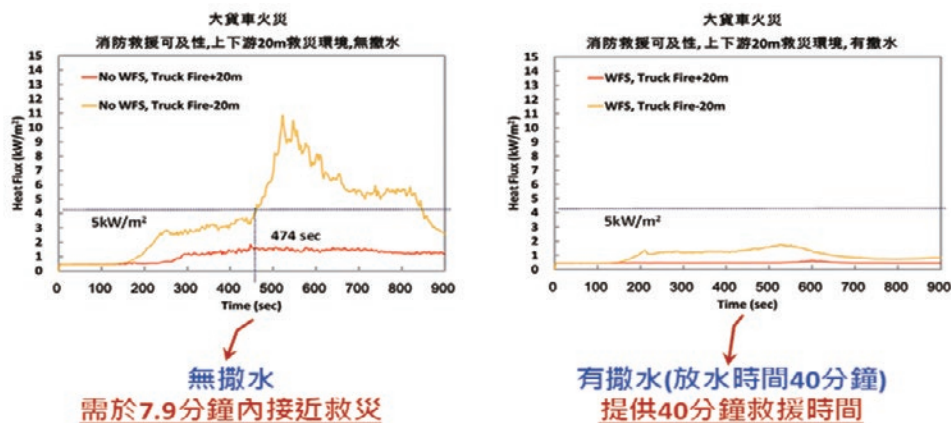


圖11 水霧系統對於火場溫度抑制比較圖

資料來源：李伊平、簡賢文、林展仰，”公路隧道火災煙控CFD模擬之研究”，101年度台灣世曦研發計畫報告，2012

(四) 蘇花改機電監控系統

蘇花改機電監控系統為隧道安全防護的核心系統，透過交控中心及洞口機房所設置之機電工作站進行監控，處理火警連動各項機電設備功能。於隧道洞口機房配置遠方控制器，監視及控制各項機電設備（如隧道照明、火警、通風、空調、安全與消防…等），透過網路整合運作。

二、系統與設備配置說明

南澳交控中心肩負蘇花路廊的交通管理與防災應變，透過交控中心的交控與機電系統，及布設在路段的各項偵測、管制、顯示與通風消防設備來達成，尤其是當隧道發生火災時，能夠發揮疏散人員、抑制火勢的連動應變。南澳交控中心管轄之設備種類及數量統計如表1及表2所示。其中交控系統包括蘇花改及公路總局第四區養護工程處轄區既有之交控設備數量，

表1 蘇花改與既有轄區交控設備統計

	車輛偵測器	攝影機	資訊可變標誌	自動車輛辨識	電子標籤	車道管制標誌	速限可變標誌	緊急電話	影像事件偵測	風力偵測器	雨量偵測器	能見度偵測器	大貨車儀控	路口號誌	總計
A段	30	101	20	6	8	29	25	51	60	1			2	45	333
B段	58	330	34	12	4	82	76	194	220	1	2	1	2	9	1,016
C段	34	200	28	18	7	52	48	122	147				2	66	658
小計	122	631	82	36	19	163	149	367	427	2	2	1	6	120	2,007
既有轄區	154	523	96	14	78	50						5			920
合計	276	1,154	178	50	97	213	149	367	427	2	2	6	6	117	3,044

表2 蘇花改、舊蘇花公路機電設備統計

	水霧盤	消防盤	滅火器盤	軸流風機	軸流風機風門	噴流風機	加壓風機	加壓風門	總計
A段	158	167	22	4	12	48	18	18	447
B段	537	574	20	18	32	48	72	72	1,373
C段	263	276	0	14	28	76	44	44	745
小計	958	1,017	42	36	72	172	134	134	2,565
舊蘇花		106	210						316
合計	958	1,123	252	36	72	172	134	134	2,881

數量達3千多個設備。機電系統之設備數量亦達2千8百多個。面對這麼多的現場設備，如何運用有限的人力來管理與維護，維持設備的妥善狀況，是營運面臨的問題與挑戰。

對策與作為：「巡」「檢」落實，配合自動化標準作業維持高妥善率

為了有效管理為數眾多的設備，維持設備的高妥善率，四工處南澳交控中心已制訂設備維護管理手冊，建立標準作業程序進行現場巡檢、中心每日檢查與設備維修通報與回報，維護管理流程如圖12所示。

南澳交控中心透過每天早晚2班同時對A段（蘇澳東澳段）、B段（南澳和平段）及C段（和中大清水段）設備進行巡查與檢查，中心操作員透過交控與機電系統畫面每日檢查設備運作狀態，若有設備狀態異常系統會即時告警通知，當有發現設備故障/異常時，依據大故障、小故障通報標準作業程序進行發布事件通報、開立故障通知單與維護管制表進行設備之維護管理。廠商完成設備維修後填報維修報告書，由交控中心確認是否完成維修。

南澳交控中心透過設備維護管理系統（Equipment maintenance management system，EMMS）來提升交控設備維護的效率，設備維護管理系統可以依據交控系統自動偵測設備連線狀態與設備運作狀態，自動建議開立故障通知

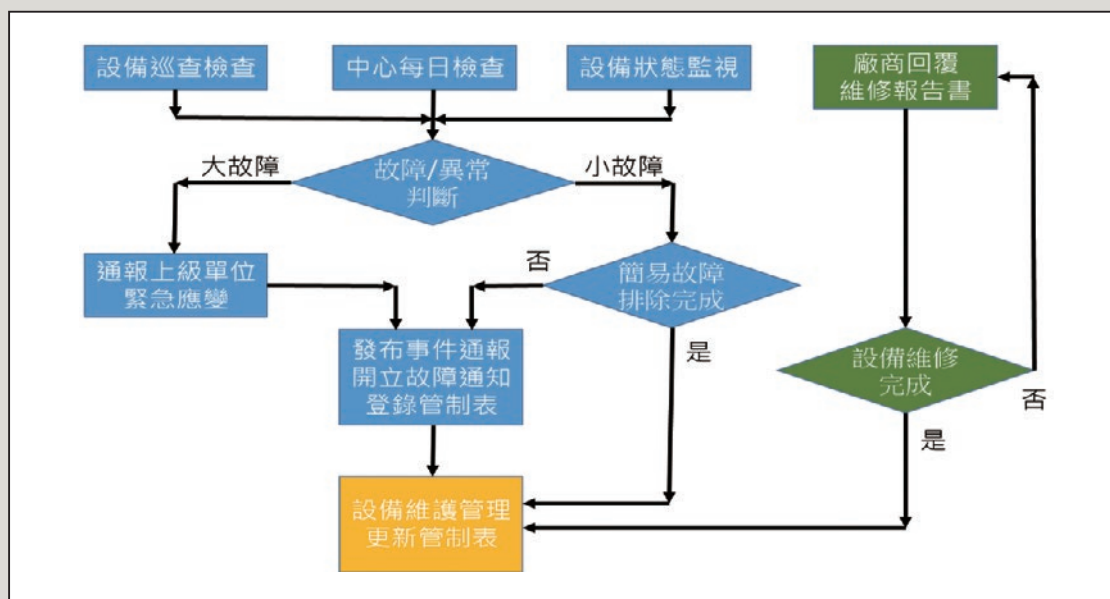


圖12 南澳交控中心設備維護管理流程圖

單。操作員也可以隨時手動輸入開立故障通知單，開單後系統依據計算抵達時間與維修時間是否符合契約要求。設備廠商完成維修後，透過網際網路登入系統回報維修報告書，經中心確認後完成設備維修程序。設備維護管理系統同時提供備品庫存管理，即時更新管理備品數量，避免因為備料進貨時程延遲而影響設備修復工作，滿足設備及時維護之需求。

伍、緊急應變

課題：如何整備防災人車資源，及時應變處置

蘇花改隧道受限於地理位置及道路條件，各種搶災機具及人力物資於短時間內皆難以到達，因此，為保障隧道行車安全及降低事故造成之傷害，除了隧道中設置先進防救災設備系統外，公路總局擬定「台9線蘇花公路山區路段改善計畫隧道公路事故暨整體防救災應變計畫」（簡稱「應變計畫」）作為蘇花改隧道防救災應變作業之最高指導書，依據應變計畫，主管單位據以籌辦、預置各項救災人車物資，並律

定主管機關與警、消、衛等聯防單位組成之救援指揮體系分工與組織，以利迅速應變、減少損失。

目前蘇花改設有交控、自衛消防及事故處理等任務編組，均採24小時輪值，負責初期應變作業及後續與各救援單位橫向聯繫、配合救災等工作，如圖13所示，隧道事故發生後，第一時間須仰賴蘇花改特有的自動化設備，同時交控中心發動應變程序與駐點救災人員共同合作，依七階段展開之主要工作流程，不論是人力或是設備，依照既定的SOP按部就班完成各項作業，合作並進，有效救災，如圖14所示。

承上，隧道防災應變作業有別於一般性工作，遇到非熟悉事故情境，在時間短、壓力大的狀況下，人員平時所受之訓練與智識恐怕大打折扣，甚至出現錯誤、影響救災作業的進行。故除了平時完備救災組織的人力與本職學能外，定期辦理實地演練、加強各單位人員整合與熟悉度更顯重要。



圖13 蘇花改災害救援編組配置圖

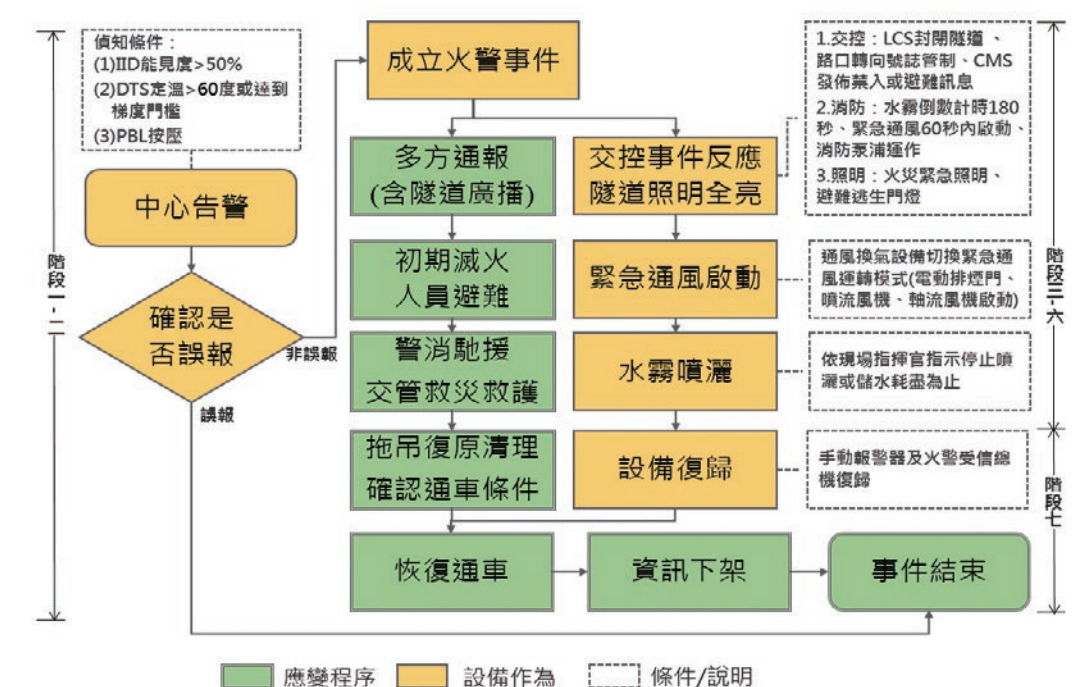


圖14 蘇花改隧道火警事件處置流程

對策與作為：「整」「備」並進，辦理演練
促進整合人力、熟悉程序

一、層次性的演練規劃與布局

蘇花改演練的規劃佈局有幾個演進階段，在蘇花改通車前，掌握「由簡而繁、由小到大、循序漸進、掌握重點、貼近現實」的理念作安排，讓人員逐漸熟悉各項救災程序與資源，並針對隧道環境設施與事故特性作重點操

演。爾後進入營運階段，則依據應變計畫之建議，按月辦理年、季、月不同層級演練，如遇有重大政策、特殊環境變動，則加強重點演練（如開放大貨車前辦理大貨車事故演練），演練辦理概況如圖15所示。

此外，南澳交控中心每日均實施自主實兵演練，著重在交控室各席位對於通報程序之掌握、通報內容及資訊傳遞正確性，以內部群組方式記錄相關通報內容、時序表及照片組圖，



演練前與聯防單位協商會議



演練人員情境說明與走位



現場人員布設火盆預備實兵演練



模擬隧道火警、水霧噴灑情境



自主演練-配合辦理現場人員考核



自主演練-交控室人員兵推討論

圖15 蘇花改隧道演練辦理示意圖

而自衛消防、事故處理小組與地磅人員則依交控中心派遣實際出勤，檢視其通報派遣、馳援速度及現場資訊回報之妥適性，自主演練實施後，交控室針對整體處置流程進行自主檢核，以利SOP細節之改進釐清；或結合不定期考核一併進行評鑑，以為人員考評汰換之基礎。

二、循序性的演練籌辦與實施

面對數量龐大且內容繁雜的演練活動，目前已有循序性的籌辦步階與要點，並彙整歷史資料整理成懶人包，供承辦工程師遵循作業，以確保效率與品質，籌辦各階段之重點工作如圖16所示。

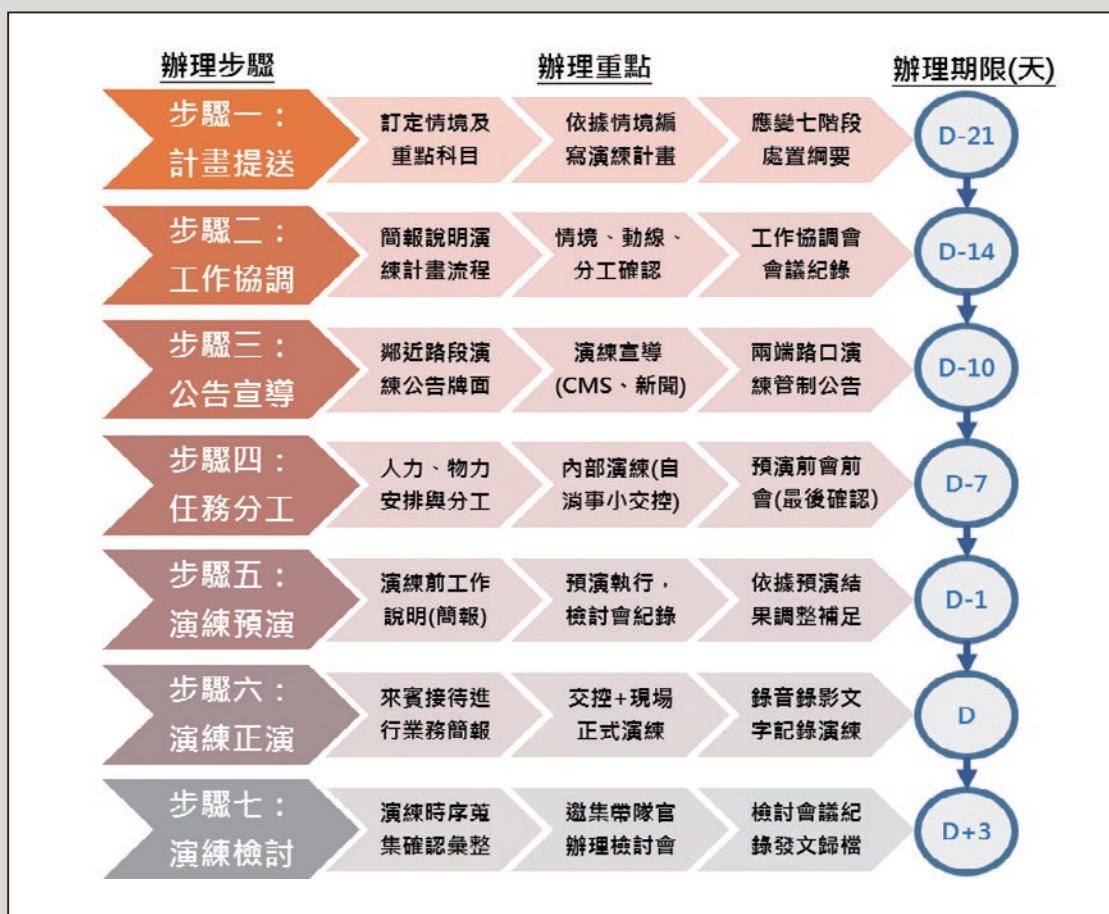


圖16 防災演練籌重點工作(以大型專案演練為例)

陸、未來展望

蘇花改南澳至和平段、和中至大清水段在開放大貨車通行後，原設計可通行之車種將全數完成開放，南澳交控中心將持續精進全區之交通管理，除了已開始著手進行開放大客車於連假期間行駛蘇花改外側車道之評估外，也將整備未來蘇花改可能開放重機行駛與開放雙車道行駛之議題，並積極與地方警察協商，以智慧化、自動化之違規取締系統提高執法效率，進而降低用路人違規意圖，希冀藉由上述規劃能更加完善交管策略，提高蘇花改道路行車安全與運作效率。

在蘇花改隧道災害應變處置方面，將強化各種救災演練之現實度，規劃可作業環境較

小、後勤補給困難之相關情境，提升各聯防單位於不利情境下之應變能力。

在系統與機電部分，未來可以透過建立設備維護履歷，定期分析與檢討，改善重覆性發生故障的設備，研討改善方法與預防對策，提升設備維修的品質，維持設備妥善率。設備維護管理系統目前為針對蘇花改交控系統而設計開發，實務營運的設備包含四工處歷年來建置的交控、機電、地磅、科技執法等系統，維護合約與維護廠商多達十多家，整合需求開發一套符合契約文件要求、結合品質管理考核要求及滿足多家維護廠商的設備維護管理系統，可以進一步提升設備維護管理的效率與品質。

綜上所述，面對後續蘇花改道路與長隧道管理課題的各種挑戰，蘇花路廊營運團隊將持續精進檢討各項策略措施，提升交控中心人員的疏運管理效能並縮短事故應變時程，提供東部民眾一條真正安全、可靠的幸福公路。

參考文獻

1. 公路隧道火災煙控CFD模擬之研究，101年度台灣世曦研發計畫報告，李伊平、簡賢文、林展仰，2012
2. 台9線蘇花公路山區路段改善計畫仁水隧道計和中大清水段機電工程綜合規劃報告，交通部公路總局蘇花公路改善工程處，2013
3. 「新舊台9線蘇花公路交控中心暨交控及機電系統」委託民間營運管理服務-交控中心值勤工作手冊，交通部公路總局第四區養護工程處，2019
4. 台9線蘇花公路山區路段改善計畫隧道公路事故暨整體防救災應變計畫(第一次修訂)核定本，交通部公路總局，2020
5. 台9線蘇花公路山區路段改善計畫（蘇澳～東澳、南澳～和平、和中～大清水）環境影響說明書核定本，交通部公路總局蘇花公路改善工程處，2011
6. 台9線蘇花公路交通控制系統工程，交通部公路總局蘇花公路改善工程處，2011
7. 交通部公路總局公路養護手冊，交通部公路總局頒定，2019
8. 公路隧道消防安全設備設置規範，交通部頒定，2010



3

專題報導

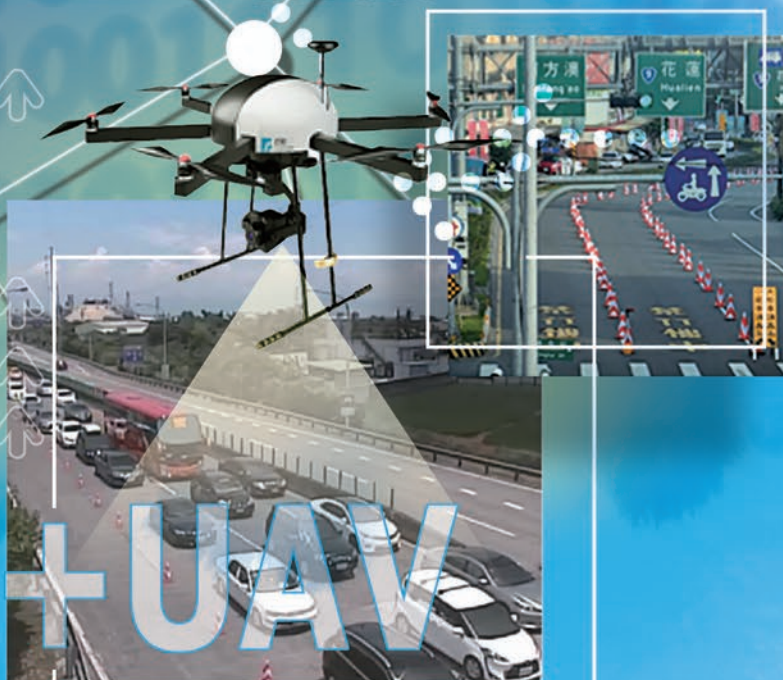
無人機結合AI技術於交通管理之應用——以宜蘭地區為例

關鍵詞(Key Words)：交通管理(Traffic Management)、無人機(Unmanned Aerial Vehicle (UAV))、人工智慧(Artificial Intelligence (AI))

台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／正工程師／李妍彧 (LEE, Yen-Yu) ①

台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／正工程師／陳淑芬 (Iris Chen) ②

台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／副理／游上民 (Mick Yu) ③



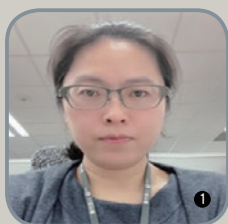
摘要

無人飛行載具 (Unmanned Aerial Vehicle, UAV)，以下簡稱無人機，因不受地形限制且配備攝影機，當應用於交通路況監控時，所拍攝影像相較於即時影像監視器(CCTV)範圍更廣，與既有路側設備如車輛偵測器(VD)相比，機動性亦較高，並可同時觀察數個路段交通路況及各路段相互產生的影響，或可輔助整體交通管理之執行。

國內外無人機應用於交通量監測及交通管理仍屬發展階段，目前國內主要應用於探討路口之車流運行、交通衝突或路段車流行為等。本文主要在探討無人機與人工智慧(AI)影像辨識如何協助與提升交通管理成效，且以宜蘭縣蘇澳地區為實測場域，期望透過實測場域路段及路口的測試，評估是否可成為未來交通管理上之應用工具。

蘇澳鎮位於國五蘇澳交流道與台9線蘇花改之間，由於蘇花改容量遠低於高速公路，而假日前往花東之需求高，大量由國五前往蘇花改的車流，需仰賴蘇澳地區之台9線、台2戊及台2線等路段緩衝，因此連假期間易發生壅塞狀況。主管機關以號誌控制、車道管制、大客車改道等交管策略減輕道路壅塞，而交管策略係以VD偵測資料及CCTV即時監看畫面作為執行門檻，惟VD與CCTV均屬於定點監測設備，僅能監看該地點限定範圍內之交通量及車流影像，管理人員須同時調閱數個設備資訊，以片段的交通資訊拼湊出整體路網資訊，操作程序較為繁複且費時。

本研究透過無人機空拍結合AI影像分析之交通資料，預計以車流分析儀表板呈現整體路網交通資訊以輔助交管策略執行。目前已完成初期應用規劃，預期可輔助應用之交管策略包括：路廊車流調控、路口號誌時比調控、車道管制、及大客車優先道調控等。



Application of UAVs Combined with AI Technology in Traffic Management - in the Case of Yilan Area

Abstract

An Unmanned Aerial Vehicle (UAV), also known as a drone, is equipped with a camera and is operated to fly over various terrain. When it is applied to traffic and road condition monitoring, the images taken are wider than real-time video monitors (CCTV) and more mobility than the existing roadside equipment such as vehicle detectors (VD). It is provided to observe the traffic conditions on the sections and the mutual influence or to assist the traffic management.

The application of UAVs for traffic monitoring and management domestic and abroad is in the development phase. UAVs are currently mainly used to discuss traffic flow, traffic conflicts, or vehicle behaviors at intersections or on the road segments in domestic. The focus of this study is to discuss how to assist and improve the effectiveness of traffic management by UAVs combined with AI technologies. Suao Township of Yilan County is chosen to the experimental field. This study is expected to evaluate whether UAVs combined with AI technology can be applied in traffic management through the field test at the intersections and on the segments in the chosen field.

Suao is located between Suao Interchange on National Freeway No.5 and Suhua Highway Improvement Section on Provincial Highway No.9. As the capacity of Suhua Highway Improvement Section is much lower than that of Freeway, and the traffic demand for Huadong during holidays is high, a large amount of traffic from National Freeway No.5 to Suhua Highway Improvement Section must distribute over the road sections of Provincial Highway No.9, Provincial Highway No.2E and Provincial Highway No.2 in Suao, so the network congestion occurs during legal holidays. The authority adopts traffic control strategies such as signal control, lane control, and bus lane diversion to reduce traffic congestion. The thresholds executive of traffic control strategies are according to VD detection data and real-time monitoring images. However, both VD and CCTV are fixed monitoring equipment for the traffic flow and the images monitoring within the limited range. The operator must patch up the road network condition from several pieces information by inspecting the data collection. It is a complicated and time wasting procedure.

The data from UAVs combined with AI technology, is expected to present the traffic information of the road network on the traffic analysis dashboard to assist in the execution of traffic control strategy. This study is expected to assist the application of the traffic strategies such as traffic flow in corridor control, split phase control, lane use control, and bus lane diversion.

3

專題報導

壹、前言

無人飛行載具（Unmanned Aerial Vehicle, UAV），以下簡稱無人機，因不受地形限制且配備攝影機，當應用於交通路況監控時，所拍攝影像相較於即時影像監視器(CCTV)範圍更廣，與既有路側設備(如車輛偵測器(VD))相比，機動性亦較高，並可同時觀察數個路段交通路況及各路段相互產生的影響，可輔助整體交通管理之執行。

國內外無人機應用於交通量監測及交通管理仍屬發展階段，目前國內主要應用於探討路口之車流運行、交通衝突或路段車流行為等。爰此，本文以蘇澳地區為實際測試場域，期望透過路段與路口測試，探討如何應用AI影像辨識技術，將無人機所拍攝的交通影像，即時轉換為有用的數據資料，並傳至當地交通控制中心，輔助交通管理、發布相關交通資訊或擬訂管理策略。

貳、蘇澳地區交通管理現況

一、蘇澳地區交通現況

台9線蘇花公路山區路段改善計畫(以下稱蘇花改)全線通車後，提高民眾前往花東地區旅遊意願，尤以連續假期車流綿延不斷，使連假疏運面臨極大的考驗。以109年端午節為例，受到疫情影響而蟄伏的旅遊潮在此次連假大量出現，如圖1所示，蘇澳地區在連假第一天凌晨即湧現大量南下車潮，受限於蘇花改容量，清晨五時蘇澳地區台9線蘇港路、中山路、台2戊聖愛路等路段即停滿等候進入蘇花改的車輛，壅塞的路段持續到下午六時才得以疏解，第一天蘇花路廊南下全日運量即達2萬輛，壅塞程度亦引發民眾抱怨。

蘇澳鎮位於國五蘇澳交流道與台9線蘇花改之間，為進入蘇花路廊前重要補給站，由於蘇花改目前開放單一車道，容量僅900~1,000輛/小時，遠低於高速公路，假日前往花東需求高，大量由國五前往蘇花改的車流，需仰賴蘇澳地區之台9線、台2戊及台2線等路段緩衝，連假期間易發生壅塞狀況，其範圍如圖2所示，因此由公路總局第四區養護工程處(以下稱四工處)交控中心，偕同蘇澳分局警力執行各項交通管理措施，以確保進入蘇澳地區的車流在壅塞的情況下仍能循序漸進駛入蘇花改路段。



圖1 台9線蘇花改蘇澳端南下流量速率圖(109年端午連假)



圖2 蘇澳地區連假疏運期間壅塞路段

二、蘇澳地區交通管理策略施行現況

為因應蘇澳地區交通車流特性，交控中心針對此區域之交通管理策略說明如下。

(一) 蘇澳地區車流疏導

為提升蘇澳地區路網疏運效率，針對往來國道五與蘇花改及南方澳之車流設定分流路線，減少不必要之車流交織，如圖3所示，並搭配路口號誌動態控制，提升蘇澳地區路網之運作效率。

1. 小客車疏導動線

(1) 往來花蓮

南下：國五蘇澳端出口右轉銜接台9線(國五 - 台9線 - 蘇花改蘇澳端入口)。

北上：蘇花改蘇澳端左轉蘇港路至箕山橋路口後，直行台2戊聖愛路至海山西路銜接國五。

(2) 往南方澳

國五蘇澳端出口左轉馬賽路銜接台2線蘇



圖3 蘇澳地區車流疏導動線

資料來源：四工處網站<https://thbu4.thb.gov.tw/> 蘇花改台9線蘇花公路通車宣導

濱路後，經蘭陽隧道銜接台2戊往南方澳方向。

2. 大客車疏導動線

為提升大眾運輸服務水準，連假期間實施大客車疏導方案，由台北往花蓮方向之客運於離開國五蘇澳交流道後，改為左轉馬賽路銜接台2線蘇濱路，過蘭陽隧

道後，銜接台9線進入蘇花改，如圖4所示，利於大客車在南下車多時段避開回堵車潮，旅行時間約可節省30分鐘。

(二) 蘇澳地區路網號誌控制策略

連假期間，交控中心必須於車流湧現前將蘇澳地區重要路口號誌(如圖5)更改為疏運時制，以「慢進快出」策略控制蘇澳地區路網車

流循序漸進。藉由監控點布設之VD及CCTV設備監視道路車流變化，並設置對應之門檻值，如表1所示。於慢進策略(截流)路口降低號誌週期長度，避免大量車潮湧進蘇澳市區造成交通癱瘓；於快出策略(疏流)路口號誌設定長綠，全力疏導車輛進入蘇花改。



圖4 蘇澳地區大客車連假疏導路網圖



圖5 蘇澳地區路網號誌控制範圍

表1 蘇澳地區「慢進快出」策略啟動門檻值與控制範圍

交管策略	門檻值	控制路口/路段	號誌週期
慢進策略	蘇花改交通流量達700輛/小時 (175輛/15分)	台9線(國五蘇澳交流道-聖賢路) 號誌路口8處	截流號誌週期： 90-120秒
快出策略	國五蘇澳路段交通流量達 800輛/ 小時(200輛/15分)	台9線蘇港路(箕山橋-蘇花改蘇 澳端)號誌路口7處	疏流號誌週期：180-210秒

(三) 交通工程管制措施

1. 車道分流導引

因應蘇花改容量限制，台9線蘇澳新站處至蘇花改蘇澳端，沿線擺放交通錐進行分流、設置LED車道分向牌面提醒用路人依指示前進，此外蘇花改沿線各重要路口現場由警方指揮疏導，如圖6所示。

2. 國五蘇澳端路口右轉槽化動線管制

當台9線車流自蘇花改蘇澳端回堵至蘇澳新站時，封閉國五南下車道預留之右轉動線，如圖7所示，使主線車輛必須經由

路口號誌，方可右轉至台9線。

參、蘇澳地區交控系統現況

蘇澳地區主要路網包含台2線、台2戊與台9線，沿線交控設施包含車輛偵測器(VD)、監視攝影機(CCTV)、eTag偵測器及資訊可變標誌(CMS)等，其路口號誌控制、資料蒐集及資訊發布系統均由南澳交控中心進行營運管理。交控系統現況概述如下：



圖6 蘇澳地區路段交通工程管制措施

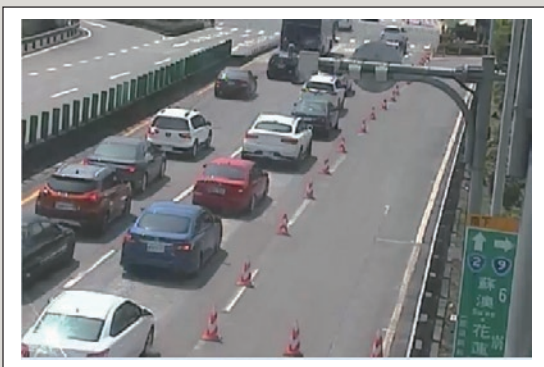


圖7 國五蘇澳端路口交通管制措施

一、號誌管理系統

蘇澳地區主要道路之號誌路口納入蘇花改交控系統計44處，皆具備標準3.0通訊模組連線交控中心，可由中心檢視號誌時制運作狀態，進行燈態及時制管理，如圖8所示，連假疏運期間，配合路網車流管理策略，由交控中心人員依據即時車流狀態，動態調整路口號誌時制。



圖8 蘇澳地區號誌管理系統

二、交通資訊蒐集系統

交控中心人員透過路段及路口之CCTV及VD即時監看車流狀態，調閱事故影像，連續假期則藉由CCTV影像檢視沿線停車隊狀況，並利用VD即時交通資料判斷交通策略啟動門檻值。交通資訊蒐集系統如圖9所示。

肆、場域監測需求

依據蘇澳地區過去經歷春節、清明節、端午節等連假疏運之實務經驗，提出無人機監測需求說明如下：

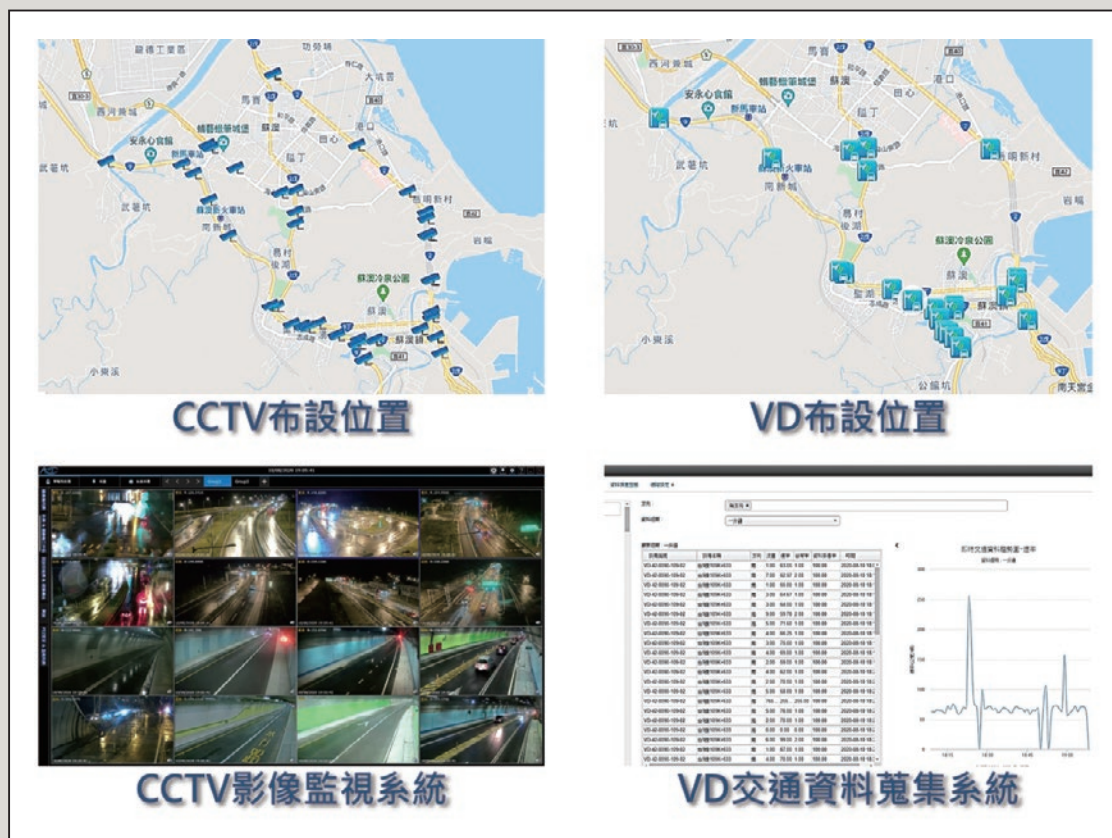


圖9 蘇澳地區交通資訊蒐集系統

一、國五蘇澳交流道車流疏解狀態

無人機重點監測範圍如圖10。

- (一) 觀察國五南下車道蘇澳端路口等候車隊尾端位置。
- (二) 觀察蘇澳服務區出口車流是否受主線回堵影響，交控中心可視情況調整蘇澳端路口及下游台9線沿線路口號誌。
- (三) 觀察蘇澳端路口轉向車流比例，當北上車流需求量大時，可動態調整號誌時比。

二、台9線(蘇澳新站至新馬陸橋路段)車流疏解狀態

此路段等候車隊之末端點，為判斷是否啟

動國五蘇澳端南下右轉車道管制，及大客車改道行駛台2線之判斷門檻，南下車多時可利用無人機觀察此路段之車隊等候線變化，重點監測範圍如圖11。

三、海山西路及台2戊線(國五蘇澳交流道至箕山橋路段)

重點監測範圍如圖12所示，觀察此路段車隊等候線變化情形，及箕山橋路口號誌運作效率，提供交控中心視情況調整號誌時比。

四、台2線蘭陽隧道-蘇港路蘇澳端

重點監看範圍如圖13，於啟動台2線作為大客車疏導路線後，觀察大客車行駛狀況，並觀察移山路口號誌運作效率，提供交控中心視情況調整號誌時比。



圖10 國道五號蘇澳交流道監測範圍



圖11 台9線中山路(蘇澳新站-新馬陸橋)監測範圍



圖12 國五蘇澳交流道至箕山橋路段監看範圍

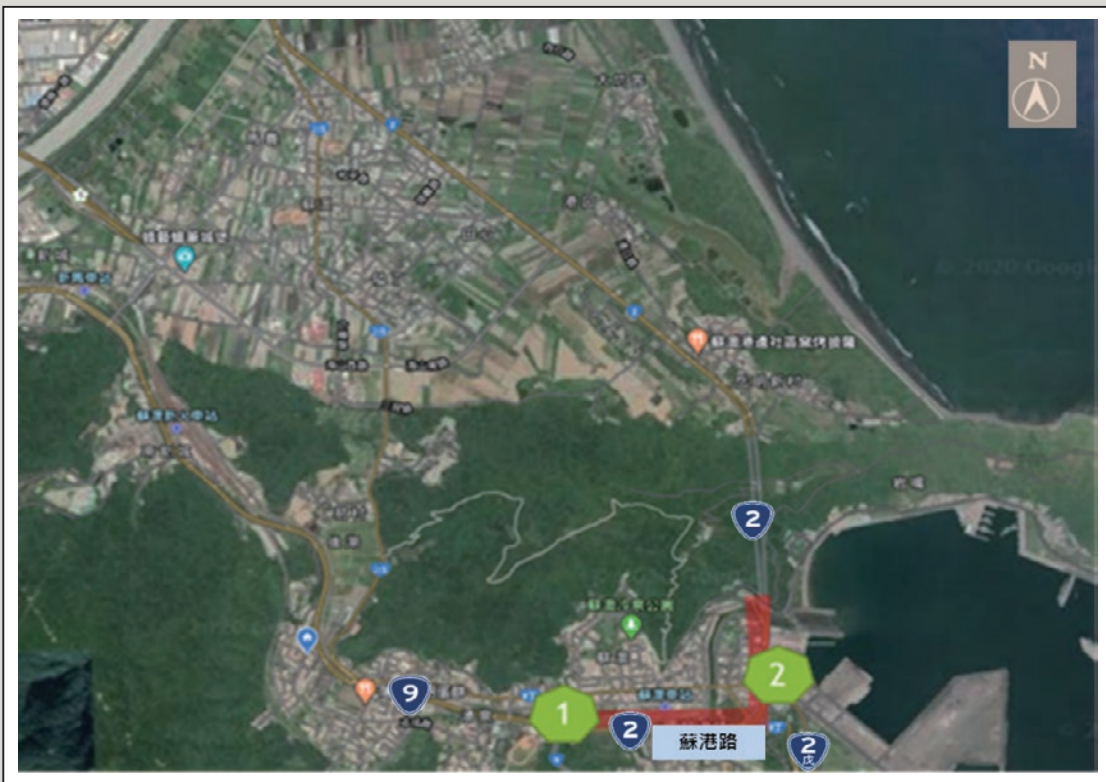


圖13 台2蘭陽隧道-蘇港路蘇澳端監看範圍

伍、無人機設備規格及效能研選

依民航局所訂定之「遙控無人機管理規則」，將無人機依構造分類為無人飛機、無人直升機及無人多旋翼機等三大類，然而，各類別還可向下細分不同類型，或是混合型的機種

(如定旋翼混合機)。

不同構型的無人機，於飛行時間、載重、續航力及飛行速度有很大的區隔，適用的任務類別及場域亦有所不同，各類型無人機的優缺點統整結果如表2所示。

表2 不同構型無人機綜合比較表

構型 分析項目	無人飛機 (定翼機)	無人直升機 (單旋翼機)	無人多旋翼機	有線多旋翼機	定旋翼混合機
續航力	長	中	短-中	近無限	中-長
飛行速度	快	慢	中	定點飛行	快
定點懸停	不可	可	可	可	可(非長時間)
動力來源	汽油/電池	汽油/電池	電池	繫留電源	汽油/電池
優點	載重大 飛行效率高 飛行時間長	載重大 定點起降 機動性強	定點起降 飛行穩定度高 安全性高 機動性強	定點起降 無限續航力	定點起降 飛行效率高 飛行時間長
缺點	不可定點懸停 需起降跑道 機動性低	操作困難 飛行速度慢 風險高	載重能力差 續航力較差	定點操作 飛行高度受限 機動性差	不可長時間定點懸停 飛行效率大幅降低

整體來說，定翼機及定旋翼混合機受限於需保持一定的飛行速度，較不適用於交通路口或路段監測之懸停需求，實際操作仍需考量地形、地貌、天候狀況、區域風速等因素，以選擇最適合的機型執行無人機空拍作業。

綜合前述之各種無人機型式、飛行特性及性能，以及本研究測試場域之特性，歸納無人機選擇考量重點如下：

一、動力來源

由於須於連假期間測試，根據過去營運經驗，可預期交通尖峰且車流量較大之時段會延續數個小時。無人機飛行的穩定性及安全性為首要考量，因此暫不考慮以燃油作為動力來源之引擎機種。

二、構型

蘇澳地區地形地貌為狹長型山谷，主要道路周邊地形起伏變化劇烈(海拔10公尺~490公尺)，且無大片平坦之起降場域，較不適合定翼機或定旋翼機作為測試機種。另路口之交通監控需定點多時段拍攝，定翼機之飛行模式為持續移動飛行，較不適合。

三、飛行高度與續航力

本計畫路段監測重點為交通流量及車輛回堵長度，路口監測重點為號誌管制之車流紓解效率及等候線長度。因此，依需要拍攝範圍及監測時間長短不同，所搭配之無人機的飛行高度及續航力也不同。

綜合以上考量，初步規劃以多旋翼機型執行實際場域測試，並搭配不同載重需求，預計將以Sentinel X4-Plus、Sentinel X6-Plus II及ITRI Tethered drone三種型號執行測試，其設備規格

及效能重點為：

一、長時間滯空能力，全面監控

交通監控需要長時間的監測，始可統計分析具有代表性之參考數據，初步規劃採用之機型，滯空時間可達50-60分鐘，為一般市售無人多旋翼機之2倍，適用於交通監控資訊蒐集。此外，有線無人機(繫留)可達到超長時間(超過6小時)觀測之目的，適用於路口監測。

二、模組化電池設備，快速抽換

搭配無人機單一架次的長時間滯空，快速抽換電池，可大幅降低飛機起降所造成的監測空檔，盡可能做到連續無縫持續觀測。

三、4G操控傳輸技術，無遠弗屆

透過4G的多鏈路傳輸技術，可突破遙控器與飛機之間需保持通視之空間限制，大幅提昇無人機之作業範圍，並且可由地面監控站直接指揮、操作與直播畫面即時分享，有助於進一步緊密連結交控中心管理需求與跨單位之資訊整合。

陸、場域測試計畫

一、拍攝範圍(如圖14所示)

重要路段：

- (一) 台9線(國五-台9線中山路-蘇花改蘇澳端)全長3.9公里
- (二) 台2戊(海山西路-台2戊聖愛路-箕山橋)全長3.3公里

(三) 台2線(蘇花改蘇澳端-蘇港路-移山路) 全長2.6公里

重要路口：國五/馬賽路口、台9丁/移山路口、台9線/台2戊線、蘇花改蘇澳端。

二、拍攝時間：

為了解無人機所拍攝影像結合AI辨識轉換之交通資料，是否能輔助交通疏運，除了一般

日與例假日，並將於連續假日進行空拍資料蒐集。預定拍攝時間如表3所示，拍攝路線則分為A、B兩線，單次飛行路線以45分鐘完成影像拍攝作業。

(一) 路段飛行方式

以蘇澳國中或四工處為起降地點，進行A、B路線(如圖14所示)拍攝作業。每小時完成至少一趟飛行範圍及路徑，以取得每小時之壅塞路段範圍。

表3 預定拍攝時間表

日期類別	預定拍攝日期時間
連續假期	1. 春節放假日第一日：110年2月10日，07:00-15:00 2. 春節收假日前一日：110年2月15日，10:00-18:00 3. 兒童／清明節放假日第一日：110年04月02日，07:00-15:00 4. 兒童／清明節收假日前一日：110年04月04日，10:00-18:00
一般日	1. 一般日(非寒暑假)：110年05月19日 07:00-10:00 及 15:00-17:00 2. 一般日(寒假)：110年01月27日 07:00-10:00 及 15:00-17:00
例假日	1. 例假日(非寒暑假)：110年05月23日 08:00-11:00及14:00-17:00 2. 例假日(寒假)：110年01月30日-01月31日 08:00-11:00及14:00-17:00



圖14 飛行範圍

(二) 路口飛行方式

於實測路口上方懸停，以計算該路口號誌時制運作下，路口車流疏解率。

(三) 飛行高度

考量無人機飛行時間與分析車流範圍，以市面上常見攝影機FOV(Field Of View)為80度計算，在無人機飛行高度120公尺下，拍攝寬度約為200公尺(如圖15所示)，足以涵蓋一般道路區段。

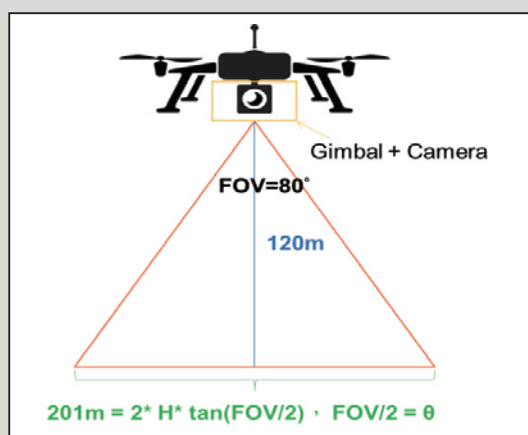


圖15 飛行高度與涵蓋範圍

柒、交通車流AI影像分析與傳輸方式探討

近幾年來隨著深度學習的崛起，許多科學領域都有相當突破性的發展，特別是在影像辨識/分類方面，十年前被認為是難以突破的問題，如今已被陸續解決。因此，本研究將利

用深度學習中的卷積神經網路(Convolutional Neural Networks, CNNs)架構，進行車輛偵測工作。

卷積神經網路與過去機器學習方法最大不同之處，在於過去方法為預先設計影像特徵，再透過機器學習根據影像特徵進行分類，因此影像特徵設計的好壞會影響分類結果。然而由人類設計的影像特徵往往較為理想而單純，難以適用所有複雜而多變之實際影像內容。而卷積神經網路將影像特徵的生成涵蓋在網路架構裡，透過非常大量的影像訓練，在不同尺度(scale)上產生大量適用於各類影像的局部特徵，如圖16所示，這些由百萬張真實照片訓練歸納得出的局部影像特徵，遠較人類設計的影像特徵更為泛用，也更能呈現多數影像的局部特質。

於此同時，隨著深度學習領域爆炸性的成長，越來越多物件偵測的演算法被提出，深度學習技術各方面都不斷更新，從激活函數、數據增強到網絡結構，都有大量的創新。2020年中央研究院更提出了YOLOv4架構，結合所有最新的深度學習技術，讓速度及精準度都有非常大的進步，如圖17所示，在Tesla V100的GPU上，使用MS COCO資料集進行物件辨識，已經達到接近65 FPS(Frames per second, 每秒顯示張數)的表現，而且AP(Average Precision, 平均精確度)還可達43.5%。

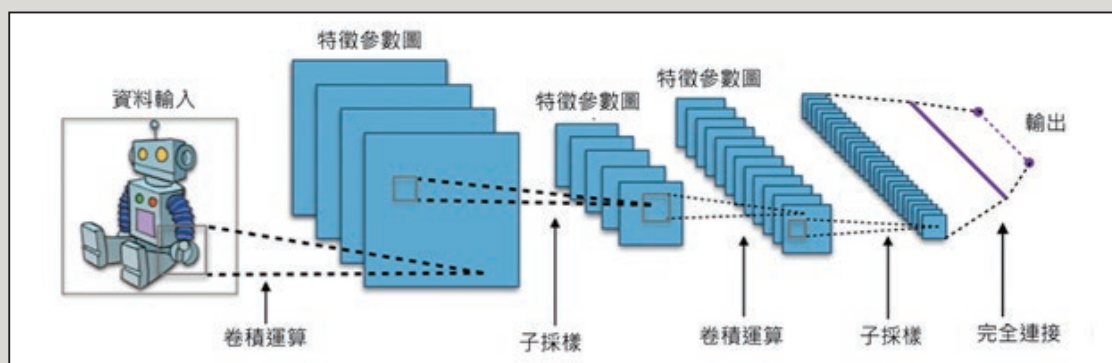


圖16 卷積神經網路影像辨識架構圖

資料來源：https://en.wikipedia.org/wiki/Convolutional_neural_network

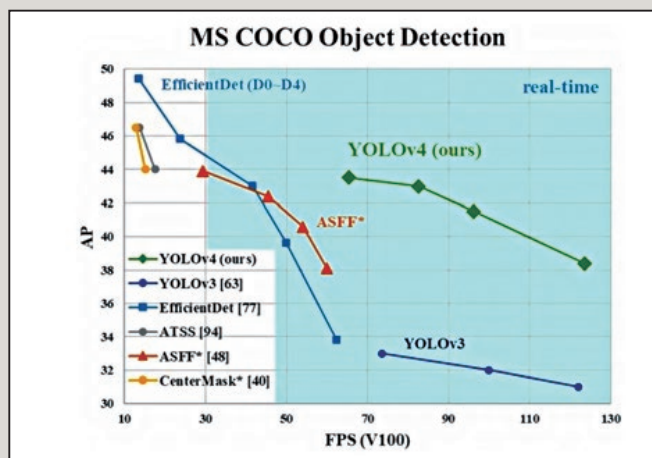


圖17 物件偵測方法比較圖

考量本研究需以無人機空拍影像分析路口/路段車流狀況，其偵測範圍廣且車流量高，加上高空影像物件偏小，考慮精準度及速度的需求下，預計採用卷積神經網路進行路口影像辨識，此外應用YOLOv4輔助路段車流辨識，藉由空拍影像分析車流概況，透過大量的資料訓練以偵測道路車輛，並分析各車輛間的距離及分布，進而得知車流密度。

捌、交通管理策略應用探討

本研究已完成初期應用規劃，透過無人機空拍結合AI影像分析之交通資料，預期可輔助應用之交通管理策略如下：

一、運輸路廊車流調控

藉由無人機拍攝車流結合AI影像辨識，可提供國五及台9線車流即時影像以及壅塞長度變化紀錄，協助交控中心人員能更準確判斷路況，以因應連假疏運期間之交通管理策略，輔助蘇澳地區路網車流管理。

二、主控路口號誌時比調控

連假疏運期間，因應路口各流向的車流量變化大，交控中心需針對各個主控路口，動態調控號誌綠燈時比。若能藉由路口空拍影像與AI影像辨識，即時傳送路口各方向等候車隊長度影像，並計算路口號誌時制運作下之車流紓解效率，讓交控中心人員在進行號誌路口動態調整時，可以更精確估算時制計畫調整方案，以快速疏解路口等候車隊。

三、國五蘇澳端右轉槽化道封閉管制

因應蘇澳交流道南下車多時將封閉南下右轉槽化道，使所有車流需受號誌管制。此管制作為須因應台9線車流狀態動態調整，惟目前CCTV監看範圍無法判定國五蘇澳端的回堵長度(如圖18所示)，無人機將可即時協助監控台9線回堵車隊長度變化，及國五南下車道回堵現況，同時監看路口號誌疏解效率，讓交控中



圖18 國五號蘇澳端右轉槽化管制等候車隊(現況CCTV畫面)

心、蘇澳分局及國五坪控中心人員藉由空拍影像畫面分享，適時協調蘇澳端之車道管制。

四、台2線大客車優先道動態調控

為因應連假第一天壅塞車流，而研擬之大客車導引措施(如圖19所示)，是否啟用該優先道導引策略，需仰賴交控中心人員持續關注台9線之壅塞狀況，彈性調整大客車行駛路線，無人機將可即時協助監控台9線回堵車隊尾端變化，作為判斷是否導引大客車改走替代動線之決策參考。

五、路口服務水準評估

(一) 路口交通量調查

現況路口交通量調查主要將攝影機架設於

路口周邊桿件，拍攝畫面角度有限，只能觀察單一動線，利用無人機影像則可大範圍拍攝路口車流動線，再藉由AI影像辨識，計算路口轉向交通量，將可大幅節省人力。

(二) 路口等候線長度與延滯計算

路口停等延滯計算須由人員在車陣中來回行走計算停等車輛數，藉由無人機影像則可大範圍拍攝路口停等車輛數，並可檢視路口等候線長度，透過AI影像辨識，可自動計算路口停等延滯狀態，評估路口服務水準。

六、路段車流分析

路段車流影像分析重點在於即時顯示各路段車流數量/密度資訊。由於深度學習所需運算



圖19 大客車導引措施執行狀況(現況CCTV畫面)

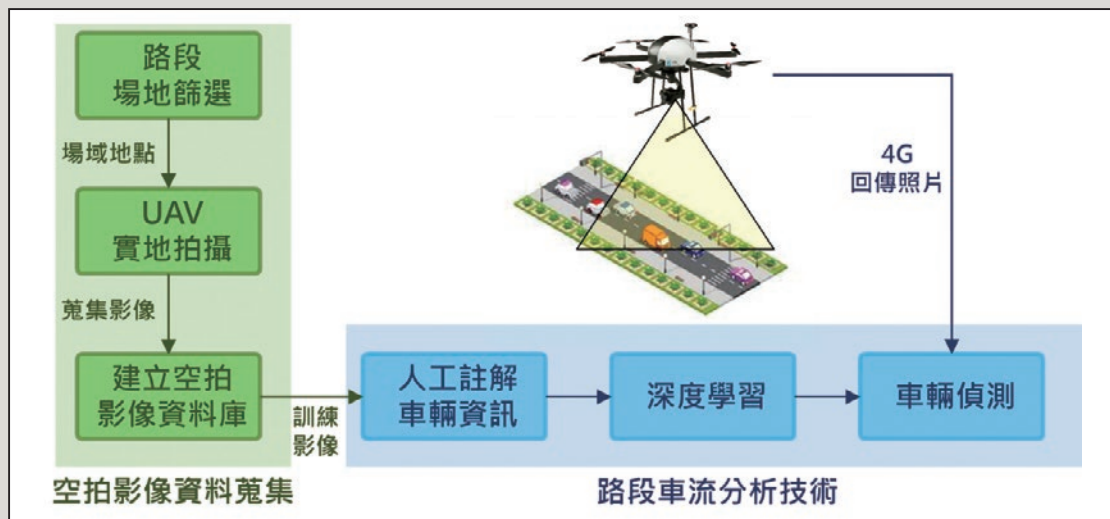


圖20 無人機路段車流影像辨識架構

資源較高，因此將無人機在巡航期間所拍攝資料，利用4G通訊網路方式定期將路段照片傳送至AI影像辨識主機，進行車流量與密度計算，路段車流影像辨識架構如圖20所示。考量管理需求，擬將建立一套蘇澳地區無人機路段交通分析儀錶板，以顯示無人機行經空拍路段，及無人機行經當下交通流量/壅塞程度，使用者點擊畫面上方路段圖示後，即顯示前次無人機經過此路段拍攝之照片、地理位置、道路里程、拍攝時間、車輛數及壅塞程度等資訊。路段分

析儀錶板如圖21所示。

七、路口車輛軌跡分析

路口車流影像分析著重於路口車流軌跡，記錄車輛於路口之轉向量及號誌時制管制下之車輛紓解率。此時運算牽涉車輛細部軌跡，因此須利用記憶卡方式將高解析度影片上傳至AI影像辨識主機，進行車輛軌跡分析，其架構如圖22所示。並能將無人機於路口上方懸停拍攝



圖21 無人機路段車流分析儀錶板示意圖

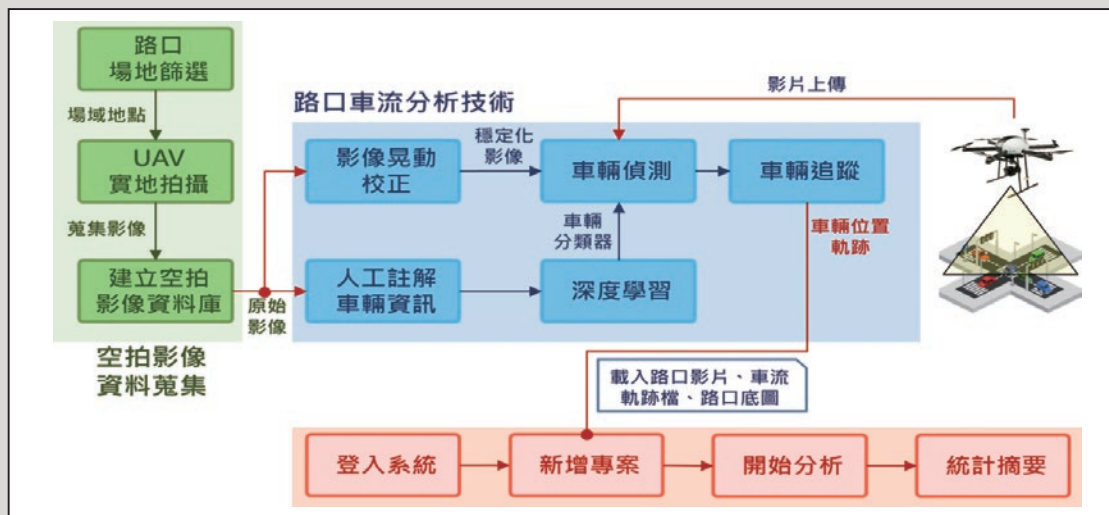


圖22 無人機路口車輛軌跡分析架構



圖23 無人機路口車輛軌跡分析應用示意圖

之車輛軌跡進行詳細記錄，擬將建立一套蘇澳地區無人機路口車輛軌跡分析儀表板，顯示無人機於路口上方拍攝時，依不同時段建立專案進行軌跡分析，其分析應用示意如圖23所示。

結論

綜整上述，本研究之預期效益包括：

一、擴大路況監視範圍並即時監看

既有交通監測設備如VD、CCTV等，均屬於定點監測，只能監看該地點限定範圍內之交通量及車流影像，惟交管策略須同時考慮路段上下游，甚至平行道路交通量之相互關係，以傳統設備監看時，需廣設監測設備，如果車流壅塞長度超過監測範圍即無法得知實際壅塞長度，在監看時也須同時調閱數個設備資訊輔助判斷。

無人機可彌補此項功能不足，持續移動至等候車隊最上游處，亦可定點監測路口車流疏解情形，同時觀測路網車流分布狀況，提供決策人員更完整掌控整體路網交通資訊，因此UAV與CCTV之搭配應用將可提升交通監控能力，如圖24所示。

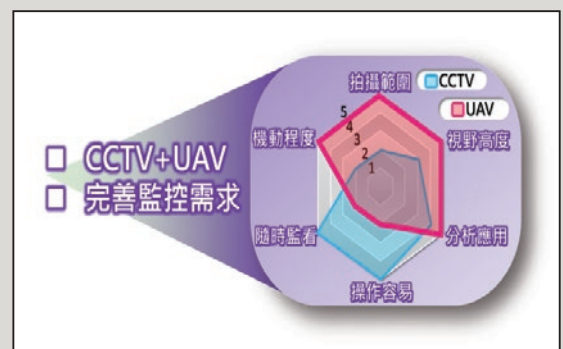


圖24 CCTV與UAV應用特性比較示意圖

二、即時輔助調整交管策略

交管策略執行的原則一般會設定門檻值(流量、速度、路段旅行時間…等)，在車流達到門

檻值即啟動管制策略，包括號誌週期或時比調整、資訊發布、路徑導引、車道管制…等，本研究預計開發無人機交通資訊儀表板，可輔助即時掌握路況、檢視交管策略實施成效，以提供管理人員調整交管策略之參考。

三、擴展無人機輔助應用可行性

在傳統監測設備布設密度不足以涵蓋監看地點之範圍，交管人員無法即時掌握車流狀況，如能以無人機定時巡航，提供即時路況影像，除可適時調整交管策略，亦能提供民眾更即時精確的交通資訊。另在事故發生影響道路

受阻情況下，救援人員難以抵達現場確認實際事故影響範圍，無人機可輔助確認事故地點及受影響範圍，提供管理者作為是否調整該時段交管策略與增派現場救援人力及配置參考。



智慧化動態號誌控制應用案例——屏東縣台1線幹道運輸走廊壅塞改善

關鍵詞(Key Words)：運輸走廊(Transportation corridor)、智慧化號誌(Intelligent dynamic signal)、動態控制(Dynamic control)、車流續進(Traffic progression)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／副理／范景皓 (Nelson Fan) ①

台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／計畫工程師／張智華 (Chang, Chih-Hua) ②

台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／計畫工程師／林銘樂 (Lin, Ming-Le) ③

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) ④

屏東縣政府警察局／交通隊業務組／組長／程大維 (Chen, Ta-Wei) ⑤



摘要

屏東縣政府警察局推動4年期運輸走廊壅塞改善計畫，執行台1線、台17線及台26線交通特性調查分析、智慧化號誌控制策略設計、旅行時間資訊收集與分析，並規劃智慧化號誌運作邏輯，進行智慧化號誌軟體與相關硬體的建置，即時反應調整號誌控制，取代大量警力配置，讓員警人力的運用更有彈性，並紓解台1線壅塞情形。

本公司採用自主研發之智慧化動態號誌控制系統，協助屏東縣警察局於屏東台1線屏鵝公路進行動態控制，系統之控制方法是配合控制路口群組之路段旅行時間或VD流量變化，即時調整幹道路口號誌群組之週期秒數，達到提升幹道車流續進能力之計畫目的，於4年期計畫中，除了於現地交通狀況進行踏勘以設計符合屏東縣之交控策略外，每逢連續假期更是系統運作的重要時機，透過資深工程師之現場觀察調校系統參數，滾動式優化控制模式，不僅改善壅塞，亦透過分階段導入不同的智慧運輸技術，打造「屏東的智慧公路」。



Intelligent dynamic signal control application case-Improvement Plan for Congestion of transportation corridor of Provincial Road No. 1 in Pingtung County

Abstract

Pingtung county police bureau promotes the four-year transportation corridor congestion improvement plan, and implements traffic characteristics survey and analysis, strategy design of intelligent signal control, travel time information collection and analysis for Provincial Road No.1, No.17, and No.26. Moreover, the plan designs the operation logic of signal to develop the software and constructs related hardware. The system can do the real-time response to the signal adjustment and reduce the attendance of the police, so that the use of police will be more flexible.

We use independent development of intelligent dynamic signal control system, to assist the Pingtung county police bureau to control signal dynamically in Provincial Road No.1, and No.26. The control method adopted is to adjust the signal cycle length by group according to the travel time of the road section or the traffic flow data change from the VD to achieve the purpose of improving the progression on an transportation corridor. In the four-year plan, in addition to surveying the current traffic conditions to design an optimal control strategy for Pingtung County, during every continuous holiday is the important period for the system operation. We adjust the system parameters through the observation of senior engineers, and tune control mode continuously. We are not only improving congestion, but also building "Pingtung's Smart Highway" through the introduction of different intelligent transportation technologies in stages.

3

專題報導

壹、前言

本公司自97年起即持續發展智慧化動態號誌控制，一般來說號誌控制可分為定時號誌控制及動態號誌控制，其中動態號誌控制可分為觸動號誌、動態查表、動態TOD、動態計算及適應性號誌等控制方式，本公司主要承接各縣市政府之交通控制或交通壅塞改善計畫，並依業主需求、預算及交通特性等，設計符合當地場域之智慧化動態號誌控制系統。

本公司很榮幸承接屏東縣政府警察局自106年起推動之4年期運輸走廊壅塞改善計畫，使用路人從國道3號經台1線往返屏東墾丁路段，能有一致性與更有效率的續進能力，本公司針對屏東縣交通特性與警察局密切溝通、需求訪談及共同討論，建置適合屏東縣之智慧化動態號誌控制系統。

貳、計畫範圍與目的

銜接國道3號南下的台1線及連接的台26線，是通往恆春半島及台9南迴線的重要運輸走廊，因沿線著名景點眾多，如墾丁國家公園、

海生館等，每逢連續假期或是墾丁重大活動時，就會吸引大量遊客前往，而目前多是利用私人運具，造成路段嚴重壅塞，為了疏運如此大量之需求，屏東縣政府警察局需要實施許多交通管理措施，並於重要路口加派人力站崗疏導，全力進行壅塞疏導作業。

本公司考量屏東縣控制範圍廣（圖1），大部分路口距離大，因此評估在有限的經費下選用最適當之動態控制策略，本計畫採用動態查表控制搭配幹道續進策略之擬定，並將沿線所有號誌化路口皆連線納入中心系統控制，希望可取代過去連假期間，警察局需於路口配置大量人力進行指揮及手動操作燈號之現象，透過系統自動化之智慧控燈，員警僅需區域性配置交管人力，讓警力的運用更有彈性，紓解主要幹道壅塞回堵情形。

參、交通特性與問題

為完整分析計畫範圍內交通特性，因此透過計畫範圍周邊VD資訊、路段旅行時間資訊等，進行交通特性分析，由於計畫範圍內壅塞時段往往發生於連續假期期間，因此本計畫資

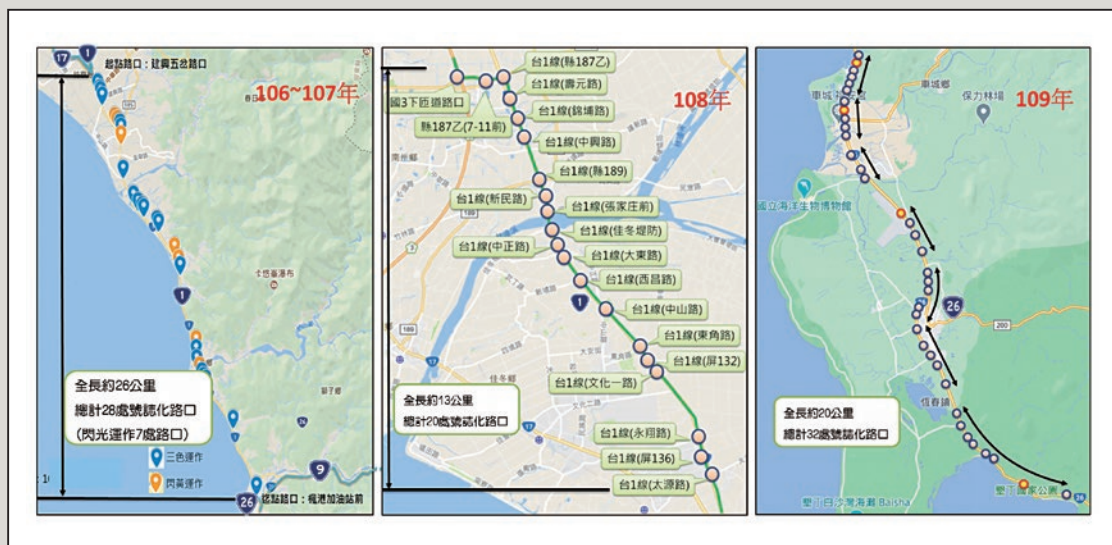


圖1 各年期控制範圍說明

料分析時間均以連續假期為主，以下以109年中秋四天連續假期(109年10月1日- 10月4日)為例進行說明。

一、尖峰日交通量分時說明

中秋連假第一天10月1日南下交通量較大，當日交通量分時如表1所示，台1線與台17線南向匯集交通量於上午07時至08時開始超過2,000PCU，於上午09時至10時為最大量高達3,212PCU(南北向相差2,384PCU)，直至下午15時交通量下降低於2,000PCU；南下續往台26線交通量於上午08時至09時開始明顯增多，於上午10時至11時為最大量達631PCU(南北向相差330PCU)，直至下午16時交通量開始明顯下降，其中在尖峰時段內台1線續往台26線的比例約為52%。

表1 中秋連假(109年10月1日)交通量分時表

2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01									
2020-10-01										2020-10-01										2020-10-01																			



圖2 連續假期往返墾丁壅塞路況



圖3 交控中心監控路況及路口動態號誌控制觀察

自動調整幹道週期，以達幹道續進紓解交通之目的，連假期間每日之紓運情形說明如下。

(一) 10月1日

連假第一天，約6時開始台1線南下車流增多，台1線水底寮五岔至內獅路口動態號誌週期自動提高至270秒，約7時30分員警上崗並實施調撥車道措施，紓解南下車流，大約14時撤除調撥車道，員警並於15時返所待命且動態號誌維持系統自動運作，全線約於18點恢復順暢。

(二) 10月2日

連假第二天，約上午9點南下車流增多，台1線五岔至內獅路口動態號誌週期自動提高至270秒，約15時30分南下車流減少，各交通崗員警返所待命，動態號誌維持系統自動運作，全線約於20點恢復順暢。

(三) 10月3日

連假第三天，開始出現北返車潮，約14時北上車流增多，台1線內獅路口至五岔動態號誌週期自動提高至270秒，員警上崗疏導，並實施

台1線永翔路口分流，14時20分實施台1線沿山路口分流，並於15時40分實施北上調撥車道措施，約18時北上車流減少，撤除沿山路口分流措施，並於20時20分撤除調撥車道措施，約20時45分撤除台1線永翔路口分流措施，全線約於21時恢復順暢。

(四) 10月4日

連假最後一天，約12時45分北上車流增加，台1線內獅路口至五岔動態號誌週期自動提高至270秒，15時25分北上車流增多，實施台1線永翔路口分流措施，15時45分開始實施北上調撥車道措施，約17時25分北上車流減少，移除調撥車道措施，約18時20分：北上車流減少，各交通崗員警返所待命，全線約19時10分交通恢復順暢，各路口號誌週期持續由智慧號誌系統彈性調整。

肆、智慧化號誌控制策略擬定

本計畫為針對運輸走廊幹道系統連鎖號誌控制模式進行控制，各路口車流將會大幅影響其相鄰上、下游路口之到達車流，因此構建模式時須同時考量幹道上所有路口，並將車流推進行為納入幹道時制最佳化考量，為有效提升幹道續進，因此採用策略步驟如圖4所示。

一、最完整號誌控制範圍

針對計畫範圍之上下游路段，及考量計畫整體幹道車流之續進成效，故於本系統會視每年期之控制範圍進行延伸。

二、最佳化路口群組切分

進行幹道策略研擬時，須先確認控制群組劃分，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」之下述兩項原則：1.臨界路段長度準則、2.車流管制方式與幾何路型，進行檢核劃分，並於現場試運轉階段時，視車流續進狀況進行群組微調。

三、最適化車流控制策略與邏輯

(一) 控制策略

本計畫採用之動態號誌控制方法是配合控制路口群組之路段旅行時間或VD流量變化，即時調整幹道路口群組之時相秒數，控制目標為提升幹道車流續進能力，策略執行時遵從以下3個限制條件：

- 維持群組內各路口相同週期長度
- 依據道路服務水準決定對應時制計畫
- 維持幹道P1時相開始時間一致

而關於上述提及3個限制條件，其對應之控制策略分別於以下說明之：

1. 未啟動動態號誌控制

當該路口群組之旅行時間資訊未達到壅塞門檻時，不進行動態號誌控制策略執行，以下圖5為例，假設該群組兩路口均為二時相運作，其中第一時相為幹道綠燈時相，第二時相為支道綠燈時相，當



圖4 智慧化號誌控制策略流程

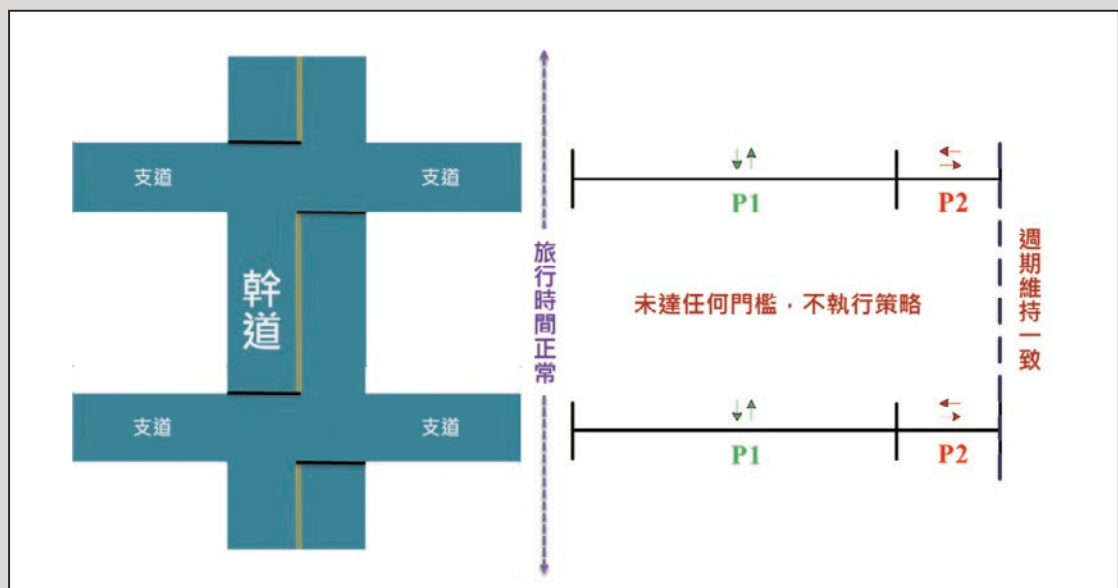


圖5 控制策略_未啟動動態號誌控制

旅行時間未達壅塞門檻時，路口遵循原本定時時相運作，同時群組內各路口須維持週期一致方式運作。

2. 執行幹道綠燈延長(未啟動支道半觸動控制)

當該路口群組之旅行時間資訊達到壅塞門檻時，經由動態查表作業選擇最佳幹道綠燈時間進行幹道綠燈延長控制，以

下圖6為例，假設該群組兩路口均為二時相運作，其中第一時相為幹道綠燈時相，第二時相為支道綠燈時相，當旅行時間達到壅塞門檻時，將延長幹道綠燈時間，同時群組內各路口須維持週期一致方式運作。

3. 執行幹道綠燈延長(同時啟動支道半觸動控制)

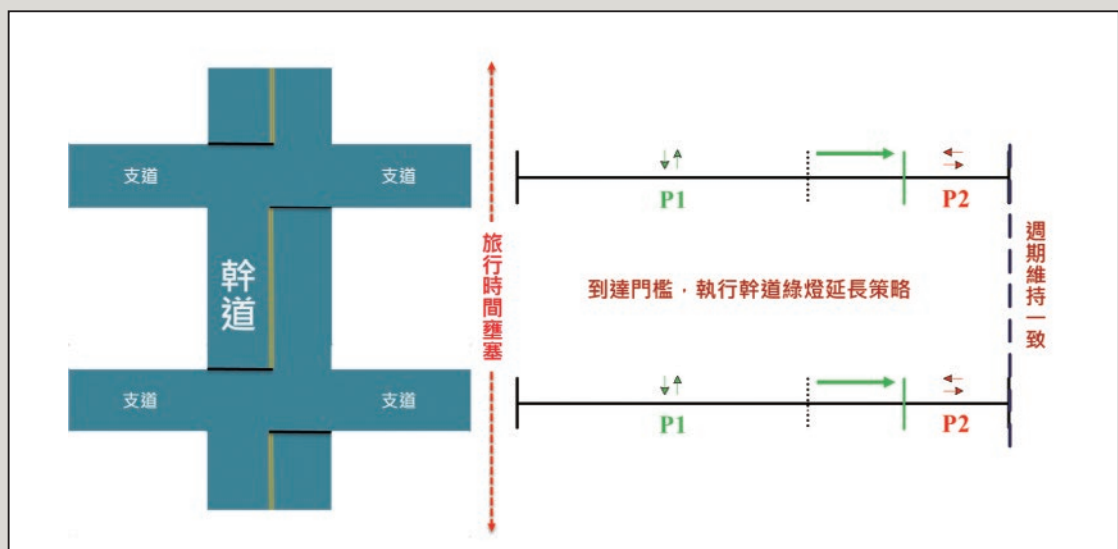


圖6 控制策略_執行幹道綠燈延長(未啟動支道半觸動控制)

當該路口群組之旅行時間資訊達到壅塞門檻時，經由查表作業選擇最佳幹道綠燈時間進行幹道綠燈延長控制，同時若支道有車輛等候時，將切換支道綠燈時間給予通行，以下圖7為例，假設該群組兩路口均為二時相運作，其中第一時相為幹道綠燈時相，第二時相為支道綠燈時相，當旅行時間達到壅塞門檻時，將延長幹道綠燈時間，由於下方路口支道有車輛等候，因此第一時相將提早結束進行切換支道時相，形成短周期Cycle

1'，待Cycle 1'執行結束後執行Cycle 2'，同時群組內各路口須維持週期一致方式運作($Cycle\ 1 = Cycle\ 1' + Cycle\ 2'$)。

(二) 控制邏輯

在路口動態號誌控制之邏輯上，整體以維持幹道車流續進並考量支道車流通過需求為目的，控制邏輯流程如圖8所示，各程序詳述如下：

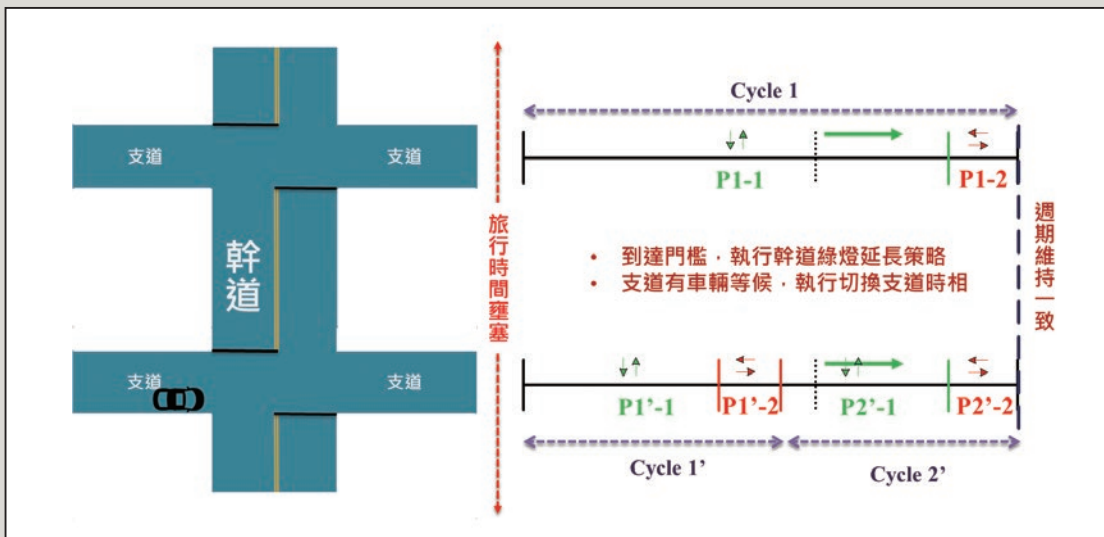


圖7 控制策略_執行幹道綠燈延長(啟動支道半觸動控制)

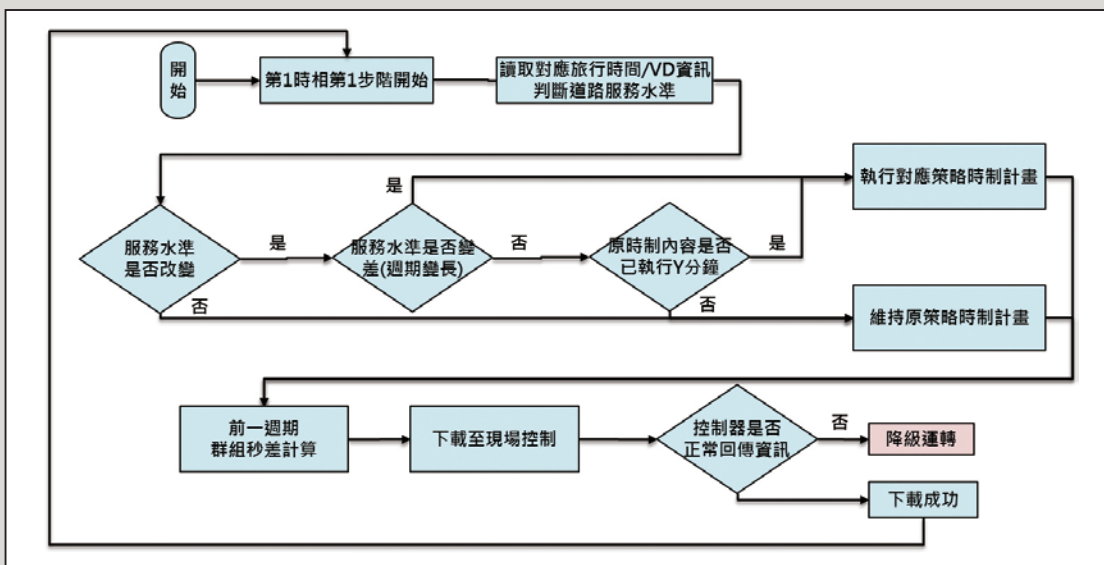


圖8 動態號誌控制邏輯流程圖

1. 接收旅行時間/國道VD查表選擇策略時制計畫內容

採用各群組對應路段旅行時間與國道VD資訊，評估道路服務水準為何，依此服務水準對應時制計畫策略表，查詢本週期需執行的時制計畫內容。

2. 本週期服務水準是否改變

當評估服務水準表現提升時，將先判斷是否已經執行Y分鐘，方可進行新策略時制計畫內容執行；若查表本週期欲執行較長的時制計畫內容時，則可立即執行提升主幹道車流紓解。

3. 前一週期群組秒差計算

系統控制過程，偶爾會因網路通訊延遲有秒差存在，導致群組內各路口有時P1無法同時對齊，產生不連鎖情況，因此每週期結束前需計算群組內路口秒差，並於下一週期進行回補，以維持群組內路口綠燈連鎖。

4. 控制器是否正常回傳資訊

現場設備發生異常狀況則無法正常執行控制策略，如設備故障、通訊斷訊、設備斷電等，若發生上述情形則降級運轉。

四、最全面交通資訊收集

為達到上述控制策略目標，須全面收集運輸走廊即時交通狀況，因此需透過現場會勘及觀察車流特性，進行設備布設規劃，以收集包含各路段旅行時間、上游VD交通量及主要路口即時影像畫面等資訊。

伍、智慧化號誌控制系統

一、系統架構

本計畫於交控中心規劃建置動態控制系統，整體架構可分為中心端、路側端與外部資料，系統架構如圖9所示。

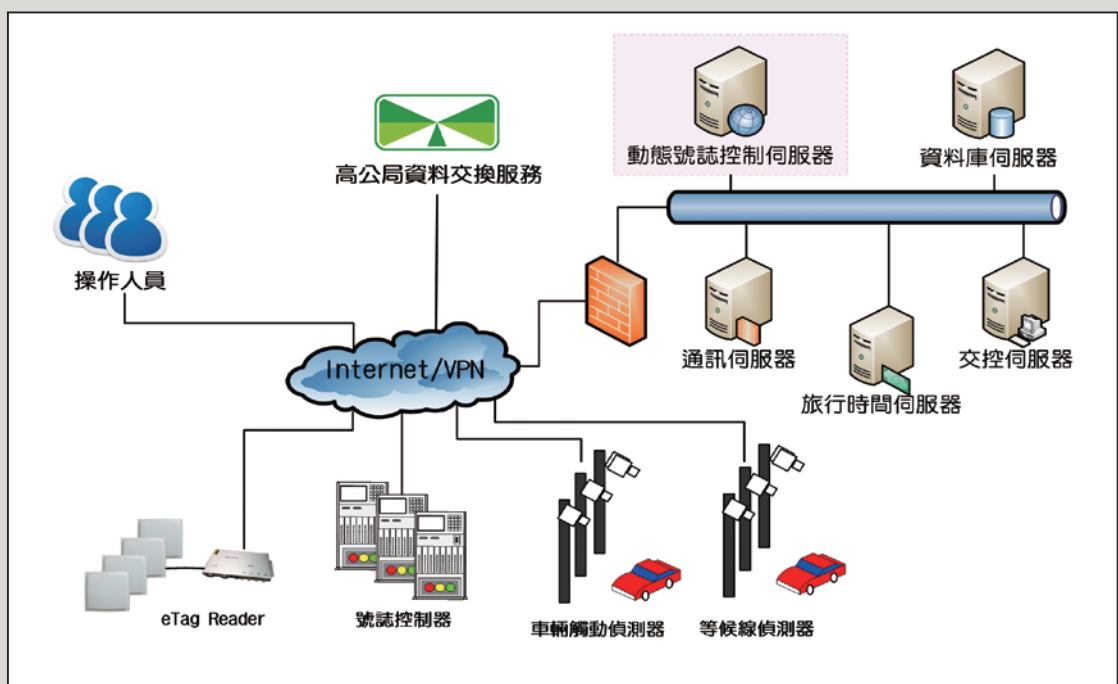


圖9 屏東縣智慧化號誌控制系統架構圖

(一) 中心端

中心端設置動態號誌控制伺服器，軟體模組設計說明於5.2小節，通訊傳輸採用網際網路通訊架構，智慧化號誌控制系統於計算過程中需取得道路旅行時間作為資料來源。

(二) 路側端

1. 號誌控制器

號誌控制器(如圖10)採用交通部都市交控3.0版通訊協定，可由中心端與其透過通訊協定取得現場時制計畫與路口燈態，另外亦可透過通訊協定動態調整

幹道內路口之時比，以達即時控制之目的。

2. eTag Reader

屏東縣建置之旅行時間系統，其可由現場eTag Reader(如圖11)回傳之EPC資料計算路段旅行時間，其可回饋於智慧化號誌控制系統，作為時制計畫調整之資料來源。

3. 等候線偵測器

透過於支道需求量之時間變異性高且支道交通量較高之路口布設等候線偵測器



圖10 號誌控制器設備安裝圖

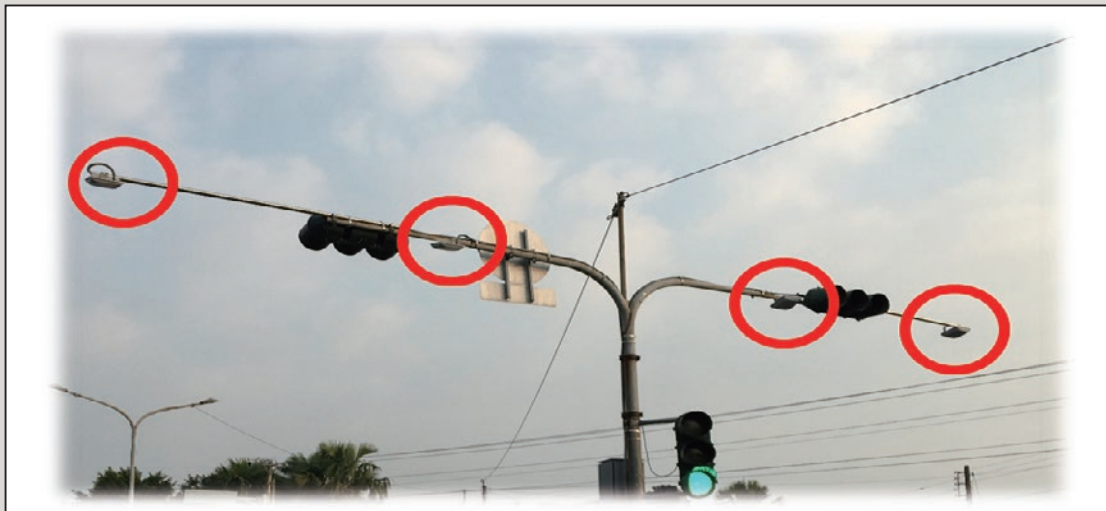


圖11 eTag Reader設備安裝圖

(如圖12)，並定期將現場車流即時資料回傳至中心端，中心可透過等候線長度之資料動態調整支道路口之綠燈開放。

(三) 外部資料

本計畫之智慧化號誌控制系統在運算過程中考量國道之車流狀況，透過資料交換之方式取得高公局之國道VD資料，做為決策輔助之參考。

二、軟體模組設計

本計畫之軟體模組主要分為資料蒐集、號誌控制、邏輯演算以及使用者介面(UI)，架構如圖13所示，各模組功能說明如下。

(一) 資料蒐集模組

資料蒐集模組可分為國道VD資料蒐集服務、旅行時間資料蒐集服務與偵測器資料蒐集

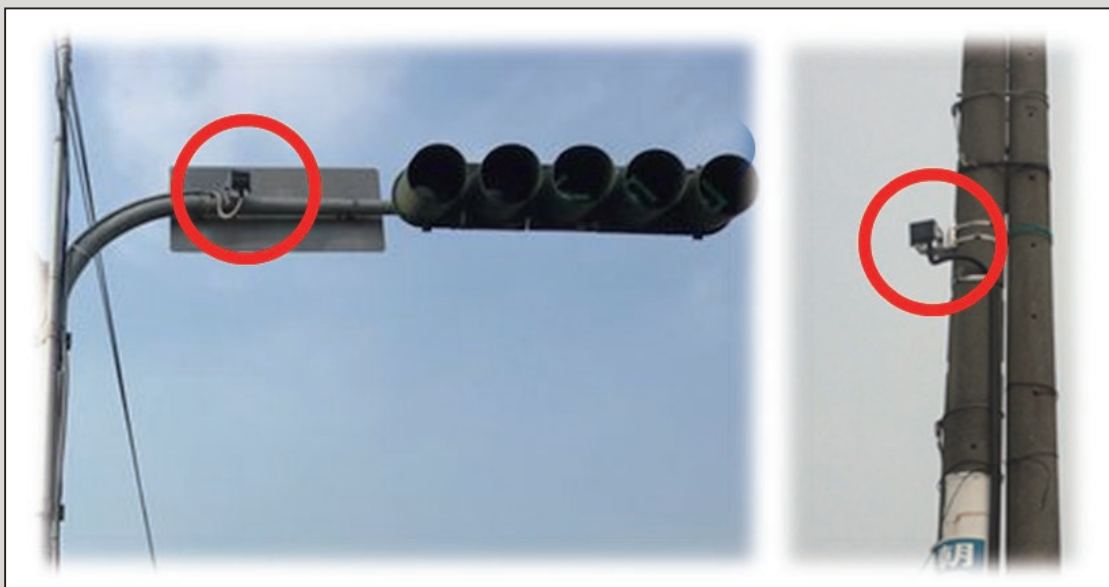


圖12 等候線偵測器設備安裝圖

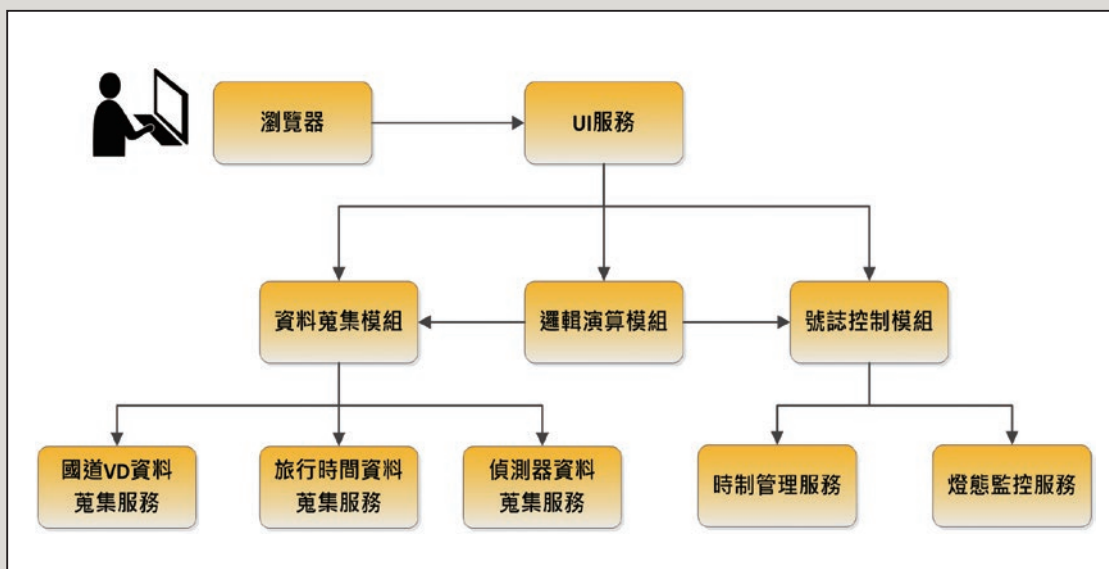


圖13 軟體架構圖

服務，說明如下。

1. 國道VD資料蒐集服務

由於連續假期經由台1線至恆春、墾丁之車流多數經由國道3號往返，因此在本計畫範圍內南下初始路段(復興路-沿山公路)除採用旅行時間判斷外，亦利用國道3號(崁頂至南州交流道)路段進行南下交通量判斷，透過資料交換之方式取得國道VD資料。

2. 旅行時間資料蒐集服務

旅行時間為動態號誌控制之主要門檻判斷依據，本計畫針對各群組訂定旅行時間門檻以及其對應之策略時制，其共分為四種不同服務水準下之時制內容。

3. 偵測器資料蒐集服務

採用之偵測器可分為車輛觸動偵測器與等候線偵測器，前者適用於支道需求量較低之路口，後者則適用於支道需求量較高之路口，本計畫開發之偵測器資料蒐集服務將會接收此兩類偵測器資料，以使動態控制系統能夠即時偵知支道路口車輛等候狀態。

(1) 車輛觸動資料

車輛觸動資料採用半觸動雷達設備，其可透過雷達波來檢測物體的運行，最遠可偵測到75公尺之距離，本計畫將其佈設於支道路口，用以偵測支道之等候車隊與車輛壓佔情形。

(2) 支道等候線資料

於支道需求量較高之路口布設等候線偵測器，其可即時追蹤通過之車輛物件，並回傳其即時速度與即時座標，進而推斷其等候線長度。

(二) 號誌控制模組

動態號誌採用之控制方式採時相控制，號誌控制模組提供API介面供邏輯演算模組進行時制計畫、分相秒數與控制策略的查詢、下載與執行，服務說明如下。

1. 時制管理服務

號誌控制模組會定期查詢現場號誌目前執行之時制計畫內容，確保邏輯演算模組能夠於運算過程掌握目前現場號誌執行現況，當達到策略執行條件，進行時制計畫或秒數之調整。

2. 燈態監控服務

由於中心端必須得知現場號誌之即時燈態資訊，因此燈態監控服務會透過接收號誌控制器主動回報之指令，進一步解析為號誌即時燈號狀態，則邏輯演算模組便可迅速得知目前即時燈態。

(三) 邏輯演算模組

此模組為智慧化號誌之核心模組，其會透過API與資料蒐集模組和號誌控制模組取得系統內設備之即時狀態，包含：偵測器資料、旅行時間資料、觸動狀態或號誌燈態等，融合運算以得出目前最佳時制內容以及判斷支道綠燈是否需開啟。

(四) 使用者介面

使用者介面以Web方式呈現，操作人員只要在允許的網路環境內透過瀏覽器即可進行操作，監控畫面之設計採用儀表板方式，操作人員能夠一眼得知目前系統運作之狀況，如群組策略啟動狀態、路口燈態、路段旅行時間、偵測器觸動資料以及國道資料交換執行狀況，系統畫面如圖14與圖15所示。

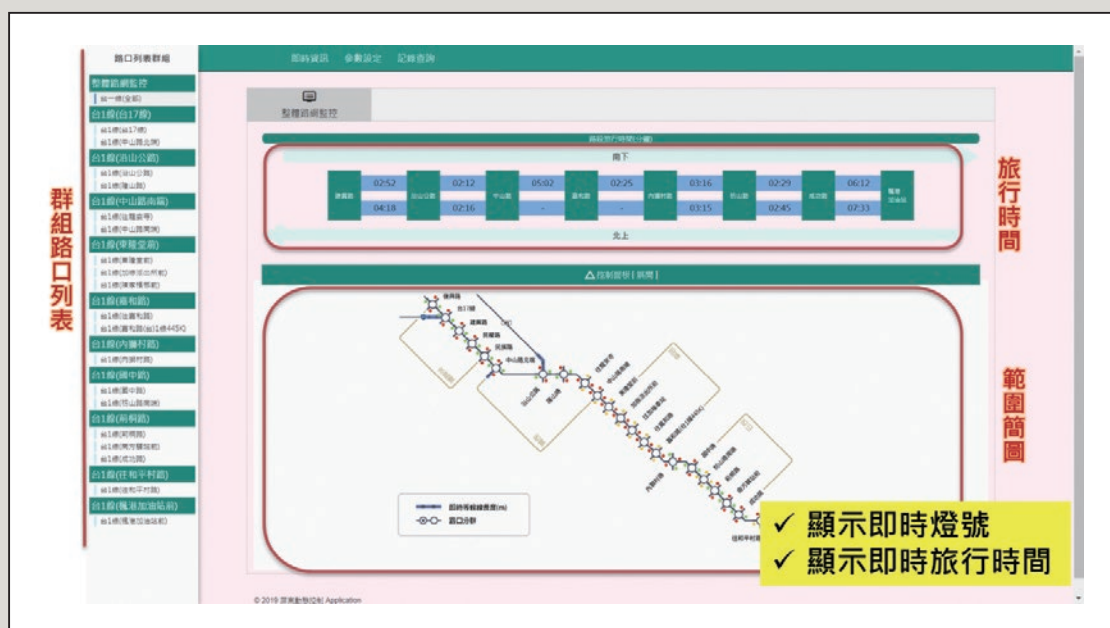


圖14 智慧化號誌系統監控畫面(1)



圖15 智慧化號誌系統監控畫面(2)

陸、計畫成果效益

一、旅行時間績效評估

本動態號誌系統運作以各路段的實施結果分別進行執行績效檢討，以下以109年系統上線運作前之春節連假(事前)與系統上線運作後之清

明連假(事後)進行分析，分析時間以連假南下尖峰時段(0600-1600)、連假北上尖峰時段(1100-2200)為主，分析結果顯示台1線在各路段南下與北上執行成果均有明顯的改善幅度，其中以台1線(永翔路-建興五岔)路段改善幅度為最高，各旅行時間路段改善幅度彙整結果如表3所示。

表3 台1線旅行時間路段執行績效彙整說明表

路段	連假南下尖峰日			連假北上尖峰日		
	旅行時間減少	速度提升	改善幅度	旅行時間減少	速度提升	改善幅度
南州交流道-縣189	29.4秒	2.8 km/hr	10.1%	46.7秒	4.7 km/hr	19.1%
縣189-西昌路	28.0秒	4.3 km/hr	13.1%	36.4秒	6.9 km/hr	17.9%
西昌路-永翔路	19.8秒	2.9 km/hr	6.5%	15.8秒	3.0km/hr	5.7%
永翔路-建興五岔	241.8秒	8.7 km/hr	83.1%	62.1秒	13.8 km/hr	32.2%

二、貨幣化效益評估

貨幣化效益評估為連續假期車流紓解與警力出勤人力減少加總，前3年期運輸走廊壅塞改善計畫成效顯著，分別說明如下。

(一) 連續假期車流紓解評估

連續假期車流紓解評估以109年春節連假(事前)與清明連假(事後)進行分析，採用計畫範圍旅行時間與VD流量資料進行評估，分析時間以連假南下尖峰時段(0600-1600)與北上尖峰時段(1100-2200)為主，並透過交通部「節能減碳預估效益表」評估空汙改善指標與經濟效益指標。

(二) 警力出勤人力減少評估

警力出勤人力減少評估以警力平均加班費進行估算。警力1小時加班費平均為263元，假設連續假期平均一天手操燈12小時，一般假日平均一天手操燈8小時，推估全年連續假期總計28天，一般假日96天，並依計畫範圍路口數推算全年節省人力成本。

(三) 綜合貨幣化效益

經由上述連續假期車流紓解評估，與警力出勤人力減少評估，106-108年計畫成果貨幣化效益如表4所示。

表4 屏東縣智慧化動態號誌控制成果說明

年期	106年	107年	108年
範圍	台1線(水底寮-楓港)		台1線(南州交流道-水底寮)
工作內容	- 交通特性調查分析 - 旅行時間收集應用 - 動態號誌控制規劃 - eTag設備採購安裝	- 動態號誌系統開發 - 號誌控制器更新 - 路側設備採購安裝 - 中心軟硬體擴充	- 動態號誌系統擴充 - 東港聯外路網壅塞改善規劃 - 整體運輸服務推動策略研擬 - 號誌控制器更新 - 路側設備採購安裝 - 交控中心軟硬體擴充
成果	VISSIM模擬106年雙十連假實施成效，評估動態號控可取代手操燈警力，減少尖峰時段人力需求	- 時間節省76,051車小時 - 油耗節省117,118公升 - 二氧化碳減少265公噸 - 警力減少655人次	- 時間節省80,585車小時 - 油耗節省124,101公升 - 二氧化碳減少281公噸 - 警力減少2,760人次
貨幣化效益	107年		
	共23,514,233元		
	時間 18,465,140	油耗 3,513,548	環境 156,373
	警力 1,379,172		
貨幣化效益	108年		
	共29,934,859元		
	時間 21,629,052	油耗 2,333,098	環境 165,696
	警力 5,807,040		

結論與建議

本公司協助屏東縣進行之106-109年計畫，完成了全台唯一由交控中心與現場警力共同合作之動態號誌控制實作計畫，針對南州交流道至墾丁路段，建置了全國最長也最多處之動態號誌路口，於4年期的計畫中，因配合交通部補助款期程，因此逐年產出成果報告，而配合系統測試需求，每年春節前就需完成路側設備安裝施作，並進行連線測試及系統上線運作，並分別於春節、228、清明、端午、中秋等連假至路口實測觀察，於專案執行過程中，相關長官同仁需犧牲連假外，因面臨的是瞬息萬變的交通車流，除監控系統運作情形，並需隨時保持與警察局之聯繫，而系統運作期間，亦需於遇到現場設備出現異常時，立即溝通並即時因應處理，本專案團隊也累積了無法細數的各類現場狀況排除經驗，並也精進了動態號誌控制系統之妥善度、因地性及模式彈性，也有助於本公司持續推廣發展智慧化動態號誌控制，而在本實作場域，本團隊綜整以下實務經驗：

- 一、現場有指定週期秒數的需求，因此本系統增加「即時控制群組週期秒數」功能，可依特殊情況，及早鎖定幹道週期。
- 二、路段群組間距長，各路口指令採獨立下載，因此路口之間可能有秒差存在，因此本系統增加「群組路口秒差回補」功能，可維持幹道綠燈連鎖。
- 三、因本場域有明顯之南北向車流差異，因此本系統增加「南北向車流判斷」功能，以因應南北向2種壅塞狀況。

四、由於部分路口有實體連鎖線控制，因此本系統透過時制計畫參數調整，將連鎖釋放步階對齊，使被連鎖路口一併執行對應策略。

五、因屏東縣境內部份路口號誌控制器屬於公路總局轄管，因此未來可透過區域整合協調控制，增進跨單位之資源共享及提供整體性交通疏導策略。

參考文獻

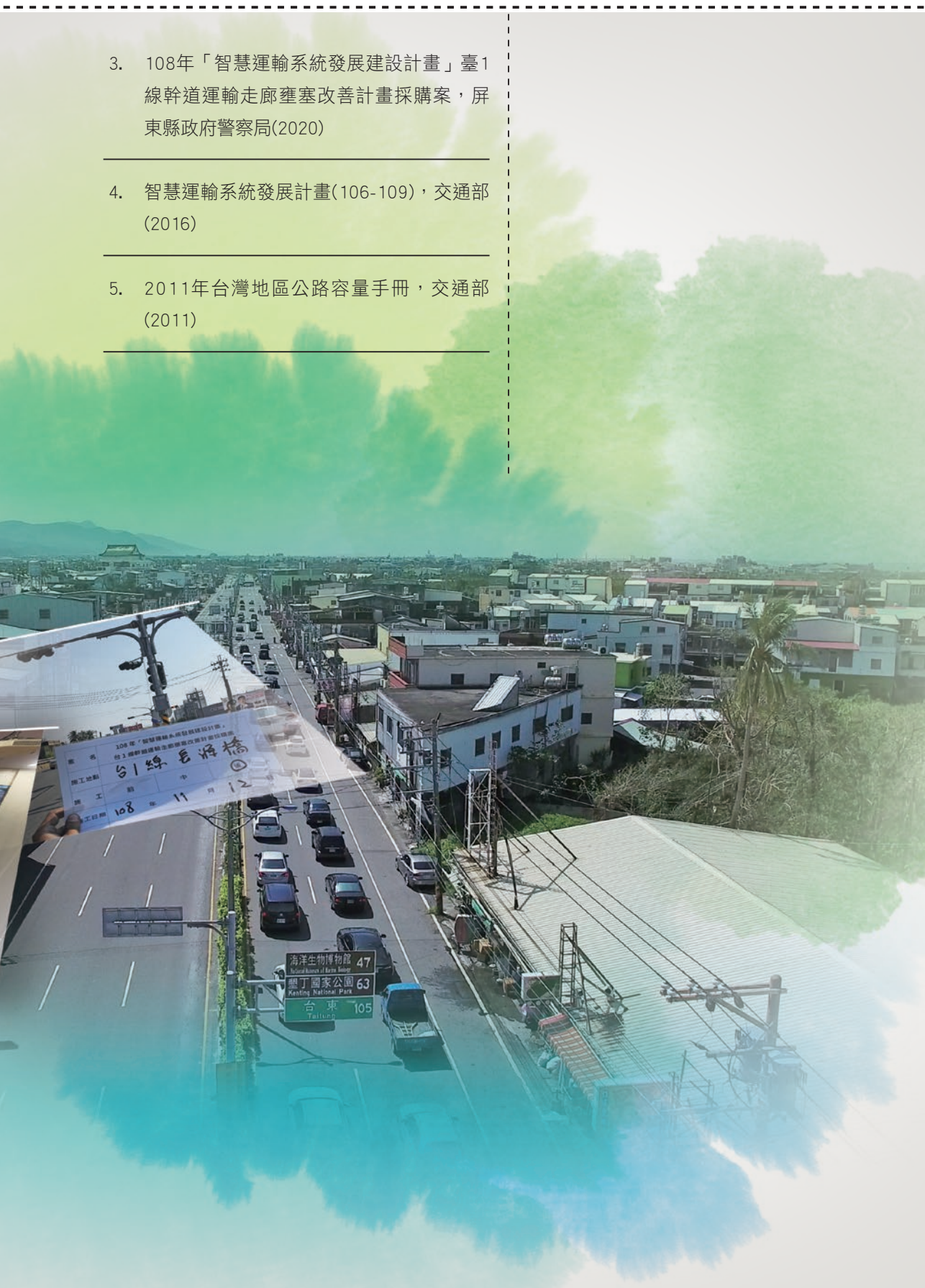
1. 106年台1線幹道運輸走廊壅塞改善計畫採購案，屏東縣政府警察局(2018)
2. 107年「智慧運輸系統發展建設計畫」台1線幹道運輸走廊壅塞改善計畫採購案，屏東縣政府警察局(2019)



3. 108年「智慧運輸系統發展建設計畫」臺1線幹道運輸走廊壅塞改善計畫採購案，屏東縣政府警察局(2020)

4. 智慧運輸系統發展計畫(106-109)，交通部(2016)

5. 2011年台灣地區公路容量手冊，交通部(2011)



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」，中國土木水利工程學會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

自1943年美國神經科學家麥卡洛克（Warren McCulloch）和邏輯學家皮茨（Water Pitts）提出神經元的數學模型以來，人工智慧的發展迄今突飛猛進。在2016年，南韓棋王李世乭與AlphaGo大戰5盤，最終以1比4落敗。南韓媒體評論是「以4000年歷史自負的東方文化精粹圍棋，屈服於21世紀超級人工智能」。而今年在台北舉辦的2021「智慧城市論壇暨展覽」（Smart City Summit & Expo, 簡稱SCSE），大會主題就是「智慧物聯網引領智慧城市再升級」，由此可見產業智慧化及創新科技，儼然已成為各行各業競爭的新趨勢。

前交通部林佳龍部長曾在「全國交通科技產業會議」中表示，交通是臺灣最大的服務業，須提供優質便捷與智慧的貼心服務。交通部頒布了第一本的「交通科技產業政策白皮書」，白皮書融合了人本、科技與產業。林部長表示在「交通科技產業會報」支持下，五年內要投入171億元，協助智慧交通科技產業發展。產、官、學、研共同合作，以台灣為試驗場域，目標是引領台灣的產業迎向全球市場。

在「交通科技產業政策白皮書」引領下，以智慧化專業服務滿足時代的需求。為迎接新科技挑戰，我們必須不斷汲取新知、創新求變與加速跨域整合。本期中華技術由系統及機電事業群主編，特別感謝交通部陳彥伯政務次長及國家發展委員會游建華副主委百忙之中接受本刊專訪；同時感謝國立高雄科技大學蘇崇輝教授以及國立台北科技大學柯明村教授，發表工程論著；最後感謝系統及機電事業群同仁協助，撰寫12篇精彩專題報導。相信不負眾讀者對於未來數位科技應用的期待！讓我們攜手合作，寫下數位轉型嶄新應用的篇章。

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**
CHINA ENGINEERING CONSULTANTS, INC.

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

CECI



台灣世曦

工程顧問股份有限公司

www.ceci.com.tw



匯通藝文新地標／大港橋

全臺首座水平旋轉橋梁，串聯亞洲新灣、駁二、蓬萊商港區，完備港灣環鏈遊憩線，點亮港都海灣觀光新廊道。



Creativity · Excellence · Conservation · Integrity

台北市11491內湖區陽光街323號

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

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

E-mail: pr@ceci.com.tw

用心
做好每一件事情

匠心，才得以淬煉「專業」品質
誠心，才足以貫徹「人本」信念
悉心，才可以恢宏「關懷」情操
台灣世曦永遠以「心」為出發
持續履行對土地、對人民不變的承諾
一個環境永續的生態樂園
一個幸福溫馨的生活家園