



交通控制

專輯序言

專輯客座主編 許添本／國立台灣大學土木工程學系暨研究所 教授

交通控制 (Traffic Control) 係指一切採用外在人為的手段去控制交通的措施，用以影響用路人的行止，以便達成效率、安全與環保的目標。交通控制系統的組成包括：交通需求的蒐集、交通資料的處理、控制策略的決策與控制策略的執行等四大組件。其分別可以採用不同等級的即時化或自動化的方式，來進行交通控制。這些方式在交通需求的蒐集面，可以採用交通調查 (Traffic Survey) 或偵測器 (Detector) 即時偵測；交通資料的處理面，可以採用離線 (Off-Line) 或線上 (On-Line) 的處理；控制策略的決策面，可以使用時間相依 (Time Dependent) 或交通相依 (Traffic Dependent) 來決策；而控制策略的執行面，可以採用整體式顯示 (Mass Display)，例如交通號誌或可變標誌 (CMS)，或個人式顯示 (Personalized Display)，例如行動裝置或車機顯示 (On-Board Unit)。將這四大組件及其採用的方式加以組合，即成為由定時固定時制的控制方式到動態即時變動時制的控制方式；或是由個別獨立的控制系統，到連鎖 (Connected) 及整合 (Integrated) 控制系統，到引入車聯網 (V2X) 的控制系統。

一個交通控制系統的建置，可依其控制對象區分成都會區道路、鄉區公路及高速公路等三個體系。可依其控制中心的控制範圍區分成獨立式控制，分散式控制或集中式控制。其決策與運算方面，可分成雲端 (Cloud) 運算決策、或邊緣端 (Edge) 及霧端 (Fog) 決策運算或執行。

都會區道路的交通控制以交通號誌為主。分成單一交叉口，幹道連鎖及路網控制三種範圍。其採用的控制方式為固定時制及動態時制。固定時制可以採依時固定時制 (TOD) 或依交通需求固定時制，例如，每個時段採用動態查表決定這段時間的號誌時制；而動態時制可以為觸動號誌、優先號誌、適應性號誌及即時最佳化求解號誌時制等。其中觸動號誌包括：半觸動及全觸動；優先號誌則包

括：救護車優先、消防車及救災車優先、公車優先及輕軌優先、大眾運輸優先等；適應性號誌則依偵測器即時偵知的交通到達情形，以每一個小時段，例如 2 秒（例如，應用於傳統上的成本效益法的適應性號誌）或 5 秒（例如，目前在發展中的 AI 的深度學習的方法，就有以 5 秒的損失函數 (Loss Function) 來決策號誌時制），來即時決定是否延長綠燈；即時號誌時制的求解，則依在路網中所佈設的偵測器，再經一個即時交通到達的推估方式，使用一個內建的運算方式，即時求解新的時制，提供給下一個時段使用，例如 SCOOT 及 SCAT 系統與 BALANCE 系統等。當然，也有一種即時求解的系統是先預測下一時段的交通需求，再依此一預測的交通需求去即時求解號誌時制，例如 OPTIMA 系統。這個方法可以突破過去是由上一時段的交通量來求解下一時制的號誌時制的弱點。

鄉區公路的交通控制在有號誌化的鄉區交叉口上，如同都會區的交通號誌一樣，可採不用的控制方式；只是鄉區公路交叉口的交通需求的可能變化較大，有些交叉口則交通量較低，因此，較多機會採用半觸動號誌。但是鄉區公路的交通控制會多一個較特別的重點，即為區間速率控制，避免超速及一些危險駕駛，透過車牌辨識 (AVI) 及測速系統，管制車輛的行駛速率 (Speed Control)。另一方面，鄉區公路經常會扮演高速公路塞車時替代路線的角色，故而會被納入高速公路替代路線交通控制系統之中；或者在高速公路的聯絡道上，配合上、下匝道，採用匝道與地方道路號誌連鎖整合控制 (On-ramp or Off-ramp Integrated Control)。

高速公路的交通控制則依塞車對象區分為重現性 (Recurrent) 塞車及非重現性塞車 (Non-Recurrent) 塞車；依高速公路交通控制中心可採用的交通管理策略，按目前歐洲採用的情形，包括：漸變速率控制系統、塞車預

警系統、動態替代路線管制系統、多匝道連鎖整合控制系統、匝道儀控及主線速率聯合控制系統、動態開放路肩行駛管制系統、上下匝道與地方道路連鎖整合控制系統。其他的定時匝道儀控、動態匝道儀控、高承載管制、大眾運輸優先、旅行時間預告等，亦皆為普遍的做法。台灣的高速公路具備交流道密集，重現性擁塞普遍，不同節慶連假特性的連續假期可預期極端需求尖峰等特性，會有更廣泛的交通控制需求，例如，配合大眾運輸鐵路長途及短途聯合排班及調度，或成立連續假期聯合交通指揮中心等，如同全國防災指揮中心一樣。許許多多可以提升台灣高速公路運行效率的做法，皆有待技術升級。

本專刊邀請目前正在從事有關交通控制專案研究、或在研發提升交通控制技術水準的產、官、學研部門的專家學者，就其近年的實務建置系統及理論發展研究提供研究成果。由於交通控制的對象是使用道路的車輛駕駛人，但建置系統則屬政府基礎建設，因此，任何交通控制方法皆會考慮駕駛人及交通需求特性，產生有理論模式依據的控制模型，再經由結合軟、硬體的系統整合(SI)，進行實際的建置運作，才能成為實際營運的交通控制系統。此一交通控制系統的績效在實施之後，可以由實際的路況及駕駛人馬上感受到的塞車或延滯變化的情形反映出來。若績效不好，就會馬上引起反彈，而且要馬上變更或改善也要耗費時日。因此，在交通控制系統建置之初，一般皆會先採用交通模擬(Traffic Simulation)先進行模擬測試。另一方面，設備的品質亦會影響交通控制的績效，例如，若偵測器偵測有所誤差，會影響控制決策判斷的品質；或者通訊不良也會因為資料傳輸的落差而降低控制的績效。所以，一個交通控制系統的完成，會需要多元技術(Multi-Discipline)的整合及產官學研的通力合作。因此，本專刊的文章則包括由政府部門與產業界所主導與參與的實際交通控制系統的建置專案，及由學術界或結合產業界所做的技術應用，也包含純由學術界的理論技術研發部分。由此，本專輯共收錄七篇文章，當作一個交通控制系統的實務與理論展示的示例。在文章順序編排上則由政府部門主導及產業合作發展的排在前面，依序由都市交通到高速公路相關，再到軌道相關的順序編排，希望提供一個有系統的示例。其中，以交通控制技術的層級來說，如何由靜態的定時號誌，擴展成為動態即時求解的號誌時制，再進而使用預測未來，來決定未來的號誌時制，這是目前最困難也是最先進的控制方法之一，此即文章(1)「國一暨台74匝道及平面聯絡道號誌協控計畫」所展現的內容重

點。為了能讓號誌控制系統即時反映交通需求的變動，可以採用對整個路網進行即時的求解最佳號誌時制，以便滿足一個較為複雜的路網的交通變化，採用即時偵測交通需求，並且線上(On-Line)進行即時號誌時制的求解及控制，此即文章(2)「智慧型動態交通號誌控制系統－應用於台北市重點壅塞區域」所闡述的重點。由於都市號誌控制需要因應隨時動態變化的交通需求，因此發展出許多不同的適應性(Adaptive)號誌控制方法，此即文章(3)「都市適應性號誌控制原理與發展」的主要重點。在都市的交通控制系統中，為了提升交通效率，應能提供一條幹道的續進號誌，讓車輛能在綠燈時，連續通過多個路口，避免走走停停，此即文章(4)「都市幹道連鎖時制設計之研究與實例分析」的研究重點。然而，針對一條由高速公路銜接到地方道路，具備許多轉向交通需求的通勤路徑，傳統的幹道直進續進的概念將會受到挑戰。此時，需要將轉向路徑納入交通控制概念之中，以取得最佳的路徑的交通控制成果，此即文章(5)「以路徑為基礎之匝道與幹道協控系統」的內容特點。在高速公路所可採用的交通控制方法中，可以針對已開始陷入塞車的車流進行控制，亦可在塞車即將開始前進行預警，此即文章(6)「高速公路交通壅塞預警邏輯分析」的分析重點。另一方面，近年來，台灣開始引進平面輕軌運輸系統，以致出現平面輕軌號誌化交叉口。此類輕軌交叉口的號誌，一般都會考慮給予輕軌優先，提供輕軌優先號誌。同時，此一輕軌交叉口的號誌控制績效會明顯影響到輕軌運輸系統的容量，此即文章(7)「號誌控制對輕軌運輸系統容量之影響」的主要內容。

因為交通控制系統的含蓋面很廣，本專輯尚無法全面含蓋。更因為交通控制系統直接關係到交通系統的效率、安全與環保；同時，交通控制系統技術水準也反映了一個國家交通系統的品質層級。是故，為了持續提升我國交通控制的技術水準，仍有待產、官、學研，軟體、硬體及系統整合技術等相關的各界的持續投入。近年來，更因為車聯網(V2X)技術的發展，及人工智慧(AI)的各種機器學習(Machine Learning)，特別是其中的深度學習(Deep Learning)的快速發展，及交通大數據的應用等，大家對於交通控制系統技術的再進步，給予更高的期待。未來可預期的是，交通控制技術還會有一波新的進步發展。在台灣，因為人口密度高、路網密度高、車流密度高、車種別多元複雜，以致交通控制的難度較高。因此，需要更多產、官、學研資源的投入，以便不斷地提升交通系統的效率、安全與環保，達成使用交通系統來協助社會經濟發展的目標。 