

改善塞車問題-以臺北市內湖區交通壅塞為例

黃益三¹

摘 要

塞車問題每天發生在我們周遭生活中，造成用路人上班上學遲到，無形中降低社會經濟生產力，甚至造成環境污染，嚴重影響生活品質，如何改善此一問題？本研究從巨觀車流理論著眼，探索自由車流演變至壅塞車流的狀態／相變化，以了解壅塞車流的特性，並從等候理論進一步量化壅塞的等候時間、長度與影響程度，針對重現性壅塞與非重現性壅塞提出解決塞車之道。本文最後以台北市內湖地區交通壅塞為實例，針對內湖交通壅塞現況加以分析，依據車流理論暨等候等相關理論，彙整專家學者意見，提出可行改善策略，即優先推動大眾捷運系統、提高道路使用效率、要求業者負擔部分社會責任以及建立運輸管理系統等四項作法，經實施後短期內已初見成效。

關鍵字：巨觀車流理論、等候理論、重現性壅塞、非重現性壅塞

一、前言

塞車，就像是你我日常生活中的時間小偷，每天偷去我們的時間而不自覺，如果將每個人被偷走的時間累計起來，其數量是相當驚人的；2016年農曆年前，台北市交通出現惡化情形，新聞媒體以大篇幅報導，台北市交通惡化導因於「三橫三縱自行車道」道路施工（聯合新聞網，2016）、年前採買年貨、連日降雨、氣溫驟降以及油價下跌...等因素，再加上內湖地區大型購物商場林立，大批人潮車潮，造成嚴重交通壅塞，民眾怨聲載道（聯合報，2016），台北市市長柯文哲先生呼籲先做交通 CPR（心肺復甦術）搶救，即祭出路口淨空、加強違停取締、禁挖馬路、限時段施工及提早實施調撥車道等五大策略，並強調事出緊急，會先恢復讓員警站崗指揮交通，等塞車狀況緩和後再進行綜和評估（蘋果日報，2016）。究竟交通流量、行車速率與密度三者之間存在何種關係？惱人的塞車問題是如何形成的，如何改善塞車問題？本文以台北市內湖區交通壅塞為例，將上述問題作一闡述與分析，運用車流相關理論，提出可行解決方案，有效改善都市交通壅塞問題。

交通壅塞除了讓駕駛人卡在車陣中動彈不得外，還會有哪方面的影響？一般而言交通壅塞會影響經濟發展，延誤工作時間，降低道路使用效率，以及車輛因低速產生的一氧化碳等廢氣污染環境等，Stopher（2004）認為交通壅塞所產生的影響，主要在於降低使用道路的可及性（accessibility），使旅行

¹ 臺北市政府警察局督察（聯絡地址：10042 臺北市中正區延平南路 96 號，電話：02-23319439，E-mail：goodgood31@yahoo.com.tw）。

時間無法有效掌控，因排放放射性物質而造成環境的污染，以及耗費個人時間...等，但他進一步指出：「增建道路只是增加道路的機動性（mobility），機動性的成本是以每公里所耗費的時間乘上金錢來衡量，而交通壅塞影響卻是道路使用的可及性，可及性是指用路人欲到達旅次目的地的難易程度，其成本係以從起點（origin）到訖點（destination）的總體花費來計算，因此增建道路充其量只是增加道路的機動性，實際上並未讓用路人迅速到達旅次目的地。」另外，車輛因壅塞而產生的一氧化碳等廢氣污染環境，也是一項嚴重問題，根據英國公路局（The United Kingdom Highway Agency）資料，當車速為 10 公里／小時，一氧化碳排放量大約是車速 120 公里／小時的 5~6 倍（Jessica, 2010），可見車輛低速排放廢氣污染環境的影響並不容輕忽；至於交通壅塞也會浪費個人時間，日積月累影響國家經濟發展力，用路人被塞在車陣中無法工作，當然會降低其生產力，而且因為壅塞造成心情沮喪，甚至惱怒影響工作效率暨品質，也是影響生產力的重要因素之一。

美國運輸研究委員會（Transportation Research Board, TRB）（2009）報告指出，美國在 2005 年因交通壅塞，耗費了駕駛人 42 億小時在道路上，以時間換算金錢的話，約相當於 800 億美元，同時也因為交通壅塞而多消耗使用了約 30 億加倫的汽油；該研究報告也指出：在 2030 年前，估計美國人口將持續成長 24%，車輛旅行公里數（vehicle miles traveled）大約會增加 60%，那麼未來應如何面對這個交通壅塞所帶來的影響，確實值得大家重視。本文第二節介紹巨觀車流理論，讓讀者了解交通車流三大參數之間的關係，同時闡述等候理論中車輛到達與離開兩者關係，所造成的延滯影響程度，接著在第三節中說明交通壅塞種類及其發生原因，最後在第四節中以實際發生在台北市內湖地區交通壅塞問題為例，深入分析原因並找出改善之道，希望藉由案例分析建立一個理論與實務結合模式，有效解決都會區交通壅塞問題。

二、巨觀車流模式

巨觀（macroscopic）車流模式，是著重於描述交通車流三大特性參數（traffic stream characteristics）：流量（flow）、密度（density）及速率（speed）間的函數關係，係以某一段時間內或某一路段內的車流總量或平均的總體行為來構建其模式。早在 1933 年 Greenshields 在美國俄亥俄州公路上觀察車流行為，當時他所使用單眼攝影機，以照相方式來量測上述所提到的三項交通流參數，並繪製了速率-密度曲線與速率-流量曲線，分別如圖 1(a)與 1(b)所示（May, 1990）。圖 1(a)表示速率和密度的關係，為一條負斜率的直線，當密度愈大時，速率愈小，圖中 u_0 與 k_0 分別表在最適車流狀態（optimum traffic flow）下的最適速率與最適密度。

以單一函數表示 $u-k$ 關係式可為式(1)：

$$u = u_f \left(1 - \frac{k}{k_j} \right) \quad (1)$$

其中 u_f ：自由車流（free flow）的速率

k_j ：壅塞密度（jam density）

同樣地，圖 1(b)表示速率與流量的關係，為一開口向左的曲線，當流量小時，可能車少而速率快，或者車多而速率慢的兩種不同情況，圖中 q_m 係最大流量 (maximum flow)，或稱容量 (capacity)。

以單一函數表示 u - q 關係式可表為式(2)：

$$q = k_j \left(u - \frac{u^2}{u_f} \right) \quad (2)$$

其中 u_f ：自由車流的速率

k_j ：壅塞密度

綜合以上兩圖，可以得到流量-密度圖，如圖 1(c)所示，是一向下開口曲線，曲線頂點表示最大流量，該點所對應橫軸的密度便是最適密度，當密度小於最適密度時，也就是圖中左半部，此時為自由車流穩定狀態；當密度超過最適密度時，也就是圖中右半部虛線部分，(a)(b)圖也有相對應的虛線部分，此時就出現強迫性車流，如將曲線的點和原點連線，連線的斜率就是速率，當車流從自由車流漸漸變成強迫性車流，速率就會下降，車輛出現走走停停的情況，這就是我們所謂的壅塞現象。傳統車流理論依據圖 1，將車流狀態概分成自由車流與壅塞車流二種，當然，在現實道路環境中，車流狀態並不會像圖 1 出現那麼清楚明確的圖形，Kerner (2004) 則將車流區分為自由車流 (free-flow)、同步車流 (synchronized-flow) 以及大範圍壅塞車流 (wide-moving-jam) 三個狀態，如圖 2 所示，而 Huang 與 Lan (2008) 也從觀察實際車流中得到類似的關係圖，然而不論是二相車流或三相車流理論，交通流三項參數是隨時間推進而相互緊密變化，並非單一參數各自產生演變，所以，只要根據時間先後順序 (sequential order) 同時觀察這三項參數值的變化情形，一旦發生塞車情形，便可了解究竟是每日尖峰時間所重覆發生的壅塞，或是異常狀況偶發性的塞車，因為兩者發生的時間、原因與狀態是不全然相同的，此一部份將於下一章節中再詳作說明。

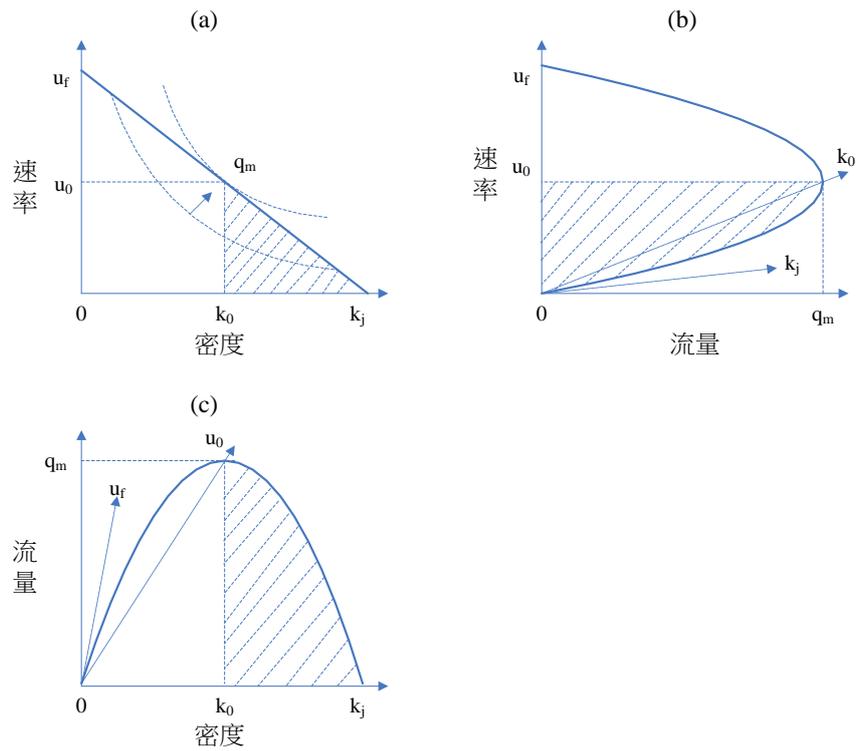


圖 1 速率-密度曲線、速率-流量曲線與流量-密度曲線

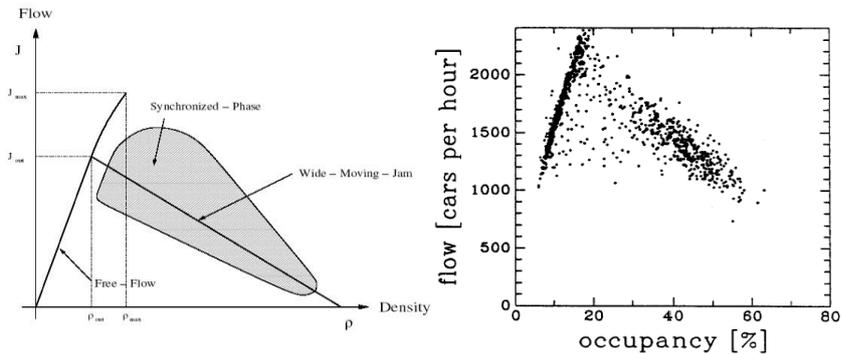


圖 2 三相交通車流狀態 資料來源：Kerner (2004)

我們要在這特別強調，交通流量、速率與密度，並非單一參數各自產生演變，而係隨時間推進相互緊密變化，如果研究人員僅靠觀察車流量的高低即判斷車流的順暢與否，則很容易落入錯誤的陷阱。舉例而言，在高速公路某一處地點量測某一工作日的車流量，得車流量為 20 輛／分鐘／車道，如果將這每分鐘流量，擴大為每小時流量，即為 1200 輛／小時／車道，這個不高不低的數值，讓人很難判斷車流的真正狀態，而且在一天的時間內，有 47 個時間點是有上述的流量，如圖 3(a)所示，但如果我們將這些流量 20 輛／分鐘／車道所對應的速率與佔有率² (occupancy) 一併觀察，可以很清楚地發現：在上午 10 時與下午 14 時左右，速率明顯下降且佔有率也有驟升的情形，如圖 3(b)所示，表示在該兩個時段出現了壅塞的狀態，此時的流量雖然

²佔有率係指一段時間內道路上某一地點被車輛佔有的時間比例，通常以百分比表之；佔有率經換算可求得密度。

也是 20 輛／分鐘／車道，但加上速率與密度的數值變化，可以讓我們真正了解車流的狀態，不致於陷入單一參數表面數值所導致的錯誤。

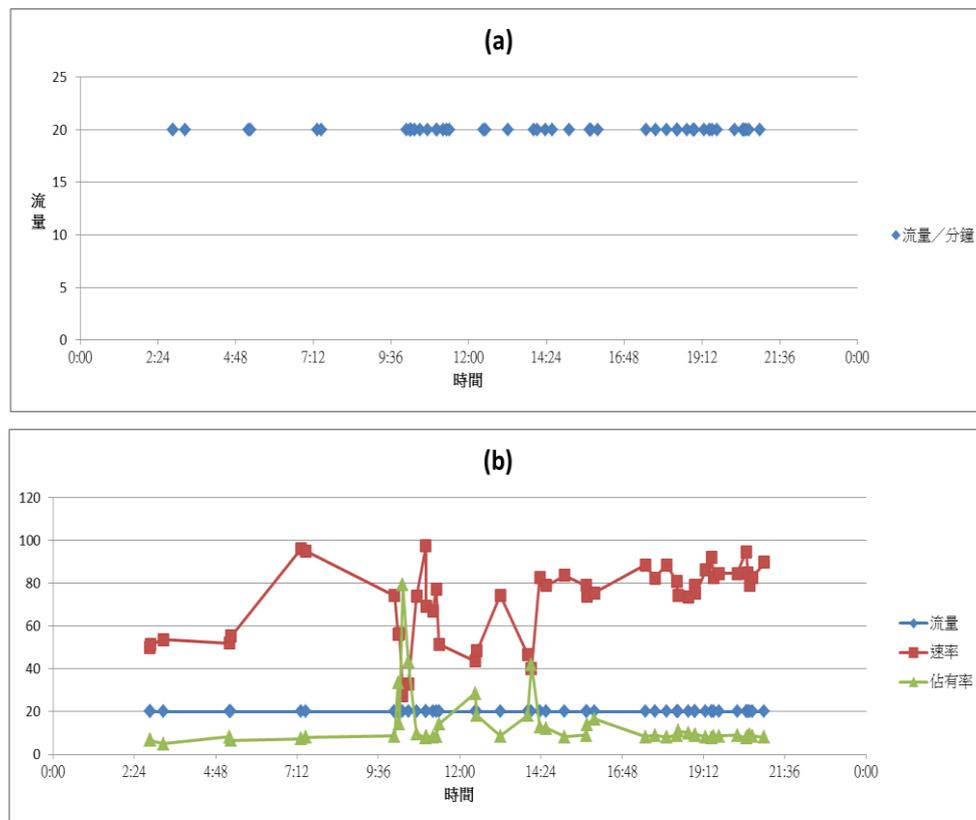


圖 3 高速公路流量 20 輛／分鐘／車道與相對應之速率與佔有率變化情形

如果從車輛的到達路口與離開／紓解情況來分析，我們也可以進一步量化交通壅塞發生時，車輛等候的時間長度與受到影響的程度；圖 4 中， $D(t)$ 代表車輛離開／紓解曲線， $A(t)$ 是車輛累積到達的曲線，假設路口車輛離開／紓解率維持固定， $D(t)$ 就是一條正斜率的直線，當到達路口車輛數開始多於離開數時，就會產生等候情形，如果此時車流量持續增加，車輛等候長度 $Q(t)$ (即 $A(t)-D(t)=Q(t)$) 就會增加， $Q(t)$ 曲線在 $D(t)$ 曲線下方。我們舉 $A_1(t)$ 曲線為例，當 t_0 時間車輛開始有等候情形發生，因車流量持續增加，在 t_3 時間時，最長等候長度為 $Q_{1MAX} = \overline{q_2 q_4}$ ，此時最長等候紓解時間為 $W_{1MAX}(t) = t_3 t_5$ ，直至 t_7 時間車輛等候狀況才會完全紓解完畢， $A_1(t)$ 曲線與 $D(t)$ 曲線所圍成的面積就是受到延滯所影響的車輛總數；這樣的壅塞／等候曲線，其實可能每天尖峰時間就出現在你我週邊熟悉的交岔路口，但如果我們採取一些方法改善車輛的到達情況，例如： $A_2(t)$ 曲線，路口紓解率不變，我們可以發現該路口出現車輛等候情形延後至 t_1 時間才發生，完全紓解則提早至 t_6 時間，且最長等候長度為 $Q_{2MAX} = \overline{q_1 q_3}$ ，最長等候紓解時間為 $W_{2MAX}(t) = t_2 t_4$ ，受到延滯影響的車輛數減少，路口壅塞狀況也比 $A_1(t)$ 曲線明顯改善許多，所以，對於瓶頸路口如果能及早採取一些因應措施，例如：降低流量或採取分流規劃，其壅塞情形可以儘早得到紓解，而且受到延滯的車輛數也會減少許多。

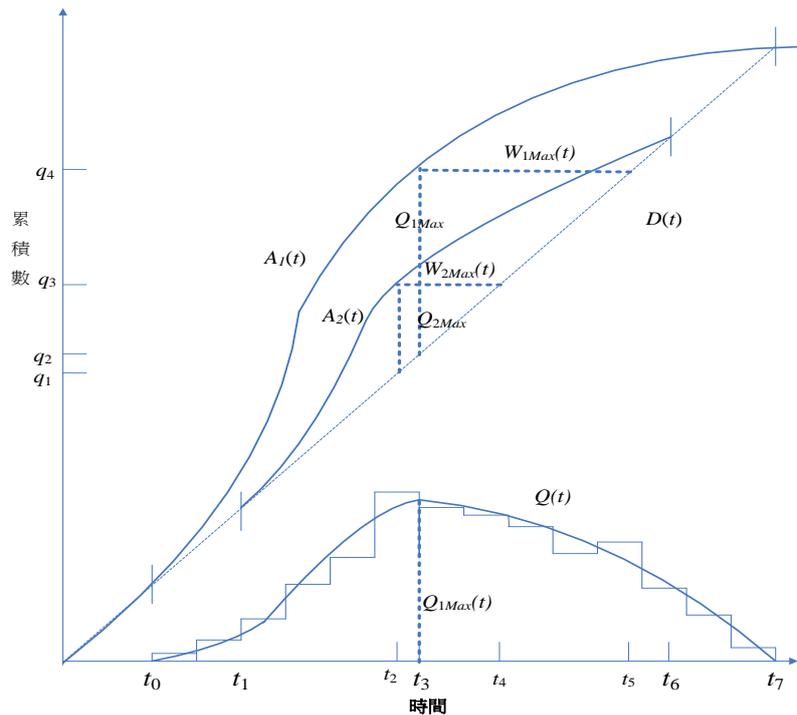


圖 4 車輛累積到達、離開與等待長度曲線示意圖

以上是從巨觀車流模式與車輛到達／離開路口的觀點來說明交通壅塞發生情形，而 Herman 等人以微觀模式，例如：通用汽車模式（General Motors' Model）（Herman *et al.*, 1959; Gazis *et al.*, 1961; Tolle, 1974）、模糊推論模式（Fuzzy Inference Model）（Kikuchi and Chakroborty, 1992; Chakroborty and Kikuchi, 1999）、心理-物理行為門檻模式（Psycho-Physical Behavior Threshold Model）（Hoefs, 1972; Wiedemann, 1974; Brackstone *et al.*, 2002）、細胞自動機模式（Cellular Automaton Model）（Nagel and Schreckenberg, 1992; Lan *et al.*, 2008）、非對稱簡單排斥過程（Asymmetric Simple Exclusion Process）（Huang and Lan, 2009）或中觀車流模式，例如簡單連續流模式（Simple Continuum Model）（Lighthill and Whitham, 1955a, 1955b）、高階連續流模式（High Order Model）（Whitham, 1974; Payne, 1979）、格位傳遞模式（Cell Transmission Model）（Daganzo, 1994）等，著重個別車輛間的關係，來描述或說明動態車流的特性，或利用機率分配模擬車流的隨機性；另外，藍武王等人（Lan, *et al.*, 2007; 2008a; 2008b）則從多維空間角度探討交通流時間狀態特性，從而導引出在時間演進過程中，交通狀態發生先後順序在交通管理作為上具有實質不同的重要意義。總之，不同的車流模式所代表的交通狀態各有其意義，端賴研究人員如何運用其模式解決實際交通問題，始為上策。

三、交通壅塞種類與原因

一般而言，交通壅塞大致可區分為重現性壅塞（recurring congestion）與非重現性壅塞（non-recurring congestion），前者是指平常工作日反覆出現之上、下班尖峰時段壅塞，或假日旅遊景點重覆發生之交通壅塞，而後者又可

分為預期性與突發性兩種；所謂預期性管制措施，如道路封閉、施工管制、路段清潔管制等，至於突發性事件則是指一般交通意外事件，主要包括交通事故（accident）、車輛故障、散落物…等。圖 5 是台灣中山高速公路北上靠近圓山交流道某一工作日 24 小時所量測到的交通流量、速率與佔有率三項參數的變化起伏情形，從該圖中可清楚看到在三項參數曲線中，早晚尖峰時間流量出現 2 個高峰，持續一段時間，速率與佔有率曲線也相對地起伏變化，這就是重現性壅塞；而在凌晨深夜時段與中午時段，也有 2 次突然高起的小峰，持續時間不長，就這是非重現性壅塞，研判應該是交通事故或意外事件發生所造成，通常重現性擁塞發生之時間與地點較為固定，且頻次亦高，如能優先改善此類問題，不但效益顯著，而且亦能有效掌控。

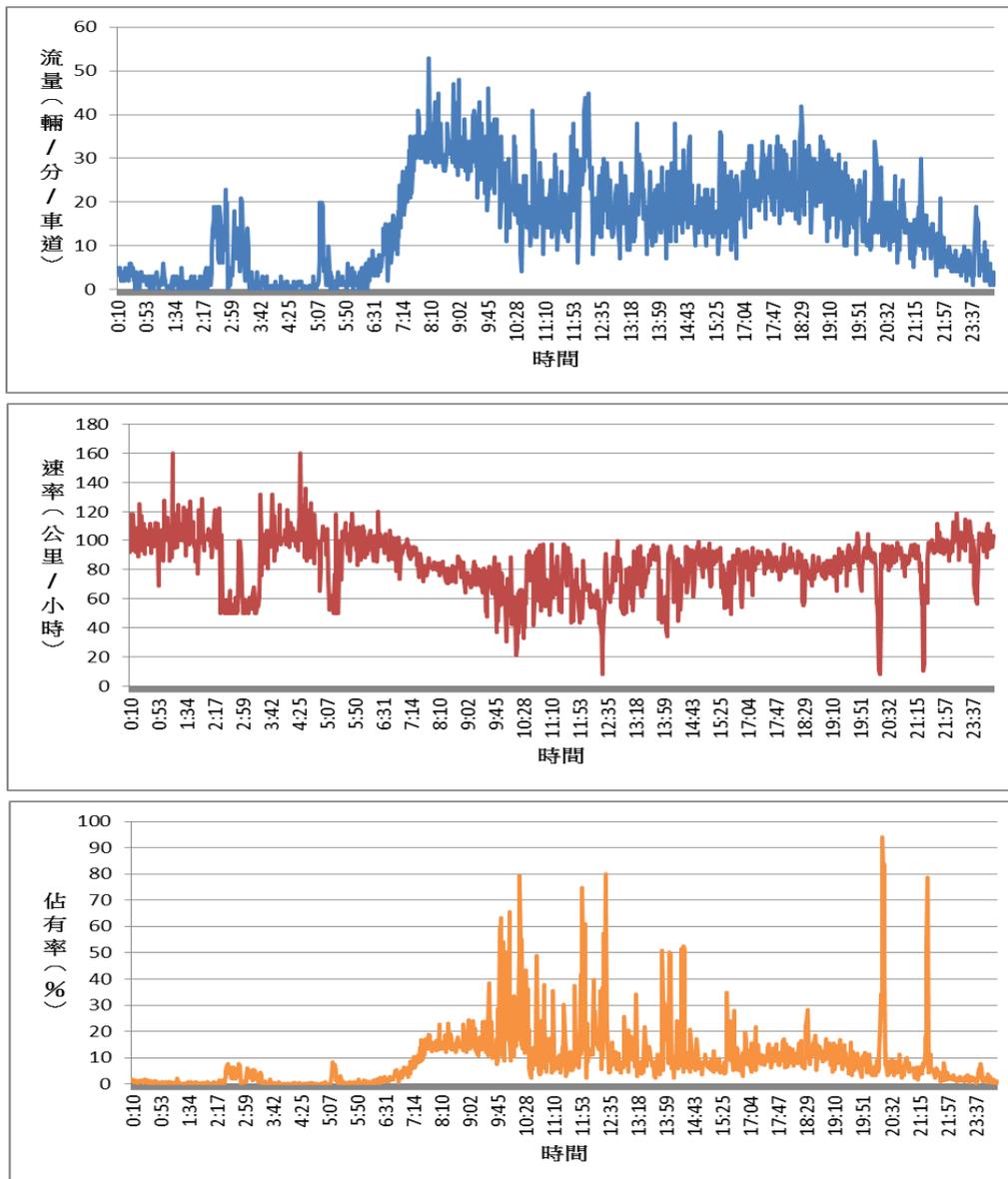


圖 5 中山高速公路一天 24 小時流量、速率與佔有率的變化情形
造成重現性壅塞的原因大致可歸類為以下三項：

高交通流量—重現性壅塞的主要原因，簡單地說就是每日在固定時間，

工作上班交通需求大於道路容量供給，就會造成日復一日，周而復始的壅塞現象；現在由於科技的進步、經濟的發展，汽車變成家家戶戶必備的交通工具，自用車輛大量增加是形成壅塞最直接原因之一，由於自用小客車擁有舒適、快速、私密獨立空間，可以結合不同功能的旅次（trip）需求，所以它比大眾運輸工具更具優勢，但如果用路人都使用私人運具在工作、上學旅次上，當道路容量無法負荷這龐大車流時，便造成壅塞現象；Downs（2004）指出：通常尖峰的壅塞發生在早上 6 點至 9 點，以及下午 4 點到 7 點這段時間，尖峰時段的旅次大約佔了工作日（週一至週五）全天旅次的 40%，而在早上 6 點至 9 點出門的旅次又佔了全日旅次的 66.4%，這種尖峰旅次高比率的情形，會隨著都會區人口經濟發展而更加明顯；事實上，尖峰旅次不僅僅是因為上班、工作的因素，學生上學也在相同的時段，所以重現性壅塞實質上就是反映了都會地區人們的工作與作息時間型態。

瓶頸路段—第二個原因是瓶頸路段容易造成壅塞；因都市地區的發展，土地使用型態不同或是區域資源分配明顯差異時，也會造成交通壅塞，例如，都會區公司行號聚集，是商業行為交易所在地，但地價昂貴，一般市民只能選擇居住在郊區，而郊區的大量人口必須在尖峰時間趕至市中心區上班就學，下班放學時又必須再返回住居所，如此往返的大量車潮，如果沒有適當路徑規劃，都使用同一條道路，就容易形成瓶頸路段，造成交通壅塞情形，Stopher（2004）便認為高流量與瓶頸路段是造成重現性壅塞的主要原因。

設計不良—道路容量不足會形成瓶頸路段，但道路或交通工程設計不良也同樣可能造成壅塞，甚至會導致高肇事率發生；交岔路口車流在行進中會分成左轉、直行及右轉等三種行向，經過路口後不同方向車流會再併流匯集在一起，車輛的分流、併流與交叉行為就會產生衝突點，衝突點愈多，交織頻率愈高，車流速率就會降低，路口紓解效率也就相對減少，甚至容易發生車禍肇事案件。為了維護交叉路口之行車安全與行車效率，往往藉由路口車道型態的佈置與號誌的設置來改善道路使用的效率，許添本與張家豪（1998）、吳水威等人（2001）以及陳名碩（2010）針對路口號誌設計以及車道分流規劃設計等相關議題，進行分析與評估，因此在討論交通壅塞問題時，路口衝突因素與號誌設計良窳亦是重要考量因素之一。

非重現性壅塞則主要導因於交通事故、意外事件發生、道路施工、車輛拋錨或極端氣候突然發生，在今（2016）年台北市發生下雪的極端氣候，由於台北市很少有下雪的情形，一旦發生就會吸引大量人潮上山賞雪，當時陽明山週邊道路即發生交通壅塞情形，車陣回堵非常嚴重，這就是一個非常典型偶發性極端氣候引發交通壅塞的例子，至於交通事故發生或其他意外事件所引起的壅塞，就更無法預測，這類突發性壅塞通常是靠民眾報案或交控中心監看系統才會發現。

解決重現性交通壅塞，主要著重於提高道路使用率以及降低私人運具使用，而不同於重現性壅塞的改善方法，非重現性壅塞的解決方法主要在於及早發現，立即反應處理，以及平時備妥臨時替代方案可供因應。以交通事故而言，事故發生屬不可預期性，所以一旦發生交通事故，尤其是重大交通事故影響交通範圍大，就必須靠民眾報案或利用道路流量異常監測方法，立即

派員處理迅速排除障礙，恢復交通，從本研究圖 4 中可知，不論是何種壅塞，當到達車流高於離開／紓解率時，受延滯影響的車輛數是以面積計算，只要提早到達現場將障礙或事故現場排除，受影響的車輛數即可以時間的平方量減少，所以對於非重現性壅塞及早發現，即時排除處理，是非常重要的因應解決方法。

四、台北市內湖區交通壅塞問題實例分析

以上是本研究從巨觀模式與等候理論說明壅塞形成的過程與態樣，同時闡述重現性壅塞與非重現性壅塞形成的原因與造成的影響，但如此惱人的塞車問題究應如何改善解決？本研究藉由近期發生在台北市內湖地區的壅塞問題為案例，深入剖析其原因，並整理台北市政府為改善內湖地區交通壅塞，相關團隊與專家學者所提出幾項短、中、長期的解決方法，綜述分析如下：

4.1 地區特性

台北市內湖地區東、西、北三面山陵環繞，南面臨基隆河，面積約 3,157.9 公頃（相當於 31.579 平方公里）屬於封閉地形，對外聯絡以麥帥一橋、二橋、環東大道、堤頂大道、中山高速公路以及民權大橋為主要對外聯絡道路；在土地使用方面，非都市發展區佔 54.97% 面積，都市發展區佔 45.03%，在開發進程上，屬台北市第二波發展脈動，都市機能主要以住宅、休憩為主，以輔市區機能不足。迄至 1995 年內湖科技園區³成立，大批高科技廠商進駐，該區已在原有基礎上呈現以重劃區工商業為主的發展型態，從第 1 期至第 8 期重劃區的陸續規劃完成，工商、住宅、休憩都市機能已愈趨健全，形成內湖地區工商業、住宅的磁吸效應，目前內湖科技園區已超過 5,000 餘家廠商進駐，除捷運文湖線於 2009 年 6 月完工通車外，該區面臨每日輸運逾 12 萬人通勤工作者，是一項嚴峻的挑戰。

4.2 交通現況分析

內湖地區為什麼那麼塞？平日上下班塞車，假日購物也動彈不得，這是最近駕駛人經常談起的話題，內湖究竟發生了什麼事？內湖為什麼交通如此壅塞？根據台北市政府交通局就主要聯外廊帶進行交通調查，暨內科員工旅次特性問卷調查，結果顯示：內湖地區對外聯絡道路於上午尖峰時間交通流量驟增，且尖峰時段非常明顯（如圖 6），其中內科園區員工上班時間 82% 集中在上午 9 時左右，而主要道路壅塞時段集中於 8 時 30 分～9 時 30 分及 18

³內湖科技園區，簡稱內科，位於台北市內湖區西側，是臺灣第一座由民間投資及政府放寬產業進駐而發展出來的科學園區，最北與最西位於在堤頂大道上段（二段）與內湖路一段的交界處，最南的相對位置在堤頂大道下段（一段）與行善路的交界處，最東的位置位於昇恆昌免稅大樓內湖店，面積達到 768.5 公頃，目前被政府劃入該區域的廠商家數超過 5,000 家，每天有 12 萬多人在此通勤工作。

時~19時，尤其以上午尖峰時段壅塞情形更為明顯；而上午尖峰壅塞路段不僅包含聯外橋梁，區內道路亦顯壅塞，其中聯外道路自強隧道、環東大道及堤頂大道於8時30分最為壅塞，區內道路樂群一路、民權東路、舊宗路、瑞光路及港墘路等路段上午尖峰時間為9時（如圖7）。

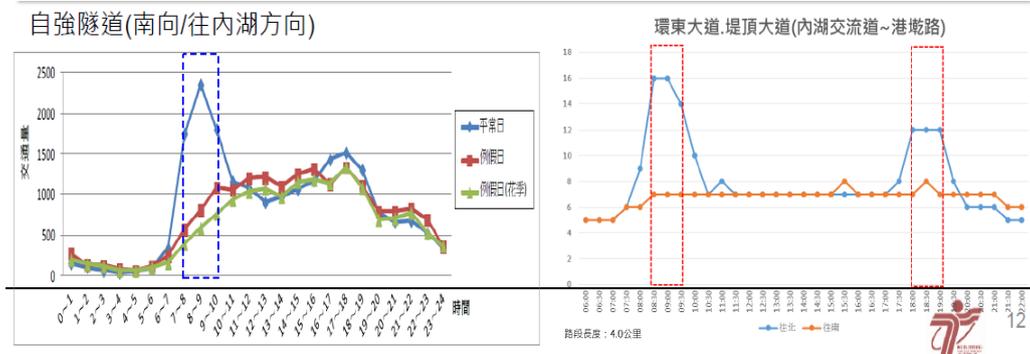


圖 6 台北市自強隧道往內湖方向暨環東大道、堤頂大道往北方向工作日交通流量趨勢圖（資料來源：台北市交通局）



圖 7 內湖地區上午尖峰時間壅塞路段示意圖（資料來源：台北市交通局）

內湖地區交通壅塞可歸納為以下幾項原因：

1. 天然屏障區隔，工作往返穿山越河，尖峰流量遽升：內湖區三面山陵環繞，南臨基隆河，對外交通只能依靠聯外道路以及捷運文湖線，而且內湖科學園區的上班族中，有 82% 的人上班時間集中在早上 9 點，造成整個內湖科技園區上班日從 8 點開始就湧進大量車潮，下班時間因為部分人員分散下班，所以壅塞情形不若上班時間嚴重，但一遇到週五下班時間，隔天休假，塞車情形又更加嚴重。
2. 人口快速成長，鄰居變多，車子變更多：內湖區設籍人口數從 2006 年 264,624 人，逐年增加至 2015 年 287,566 人，平均成長率 0.9%，相較全市設籍人口數平均成長率 0.3%，內湖區人口成長率是全市成長率近 3 倍；

另外，私有運具（汽、機車）持有成長幅度也是呈倍數增加，可見在內湖地區因都市區域發展，人口與私有運具不斷增加，交通需求明顯上升，而道路容量並未相對擴展，再加上多數用路人都只能使用特定聯外道路，就容易形成瓶頸路段，造成交通壅塞。

3. 科技園區工作多，就業機會增加，購物人潮也相對增加：1995 年內湖科技園區成立，大批高科技廠商進駐，使該區呈現以工商業為主的發展型態，內湖區二、三級產業人口佔總人口數比例，從 2006 年分別為 17% 與 8%，迄 2011 年增加至 21% 與 11%，產業人口增加，表示該區科技廠商進駐，增加就業機會，也同時吸引大量外來人口到此地上班工作，交通運輸需求負荷加重，再加上大型購物商場不斷在內湖區開幕營業，假日吸引購物人潮，使得內湖地區不僅工作日交通流量大，連假日也因購物逛街旅次增加，將該區道路塞得爆滿。
4. 私人公司及大賣場停車方便，戶外停車空間供需失衡：根據台北市政府交通局調查，內湖科技園區內現有的汽車停車位，有 73% 屬於公司或個人停車位，戶外停車場佔 23%，僅 4% 係路邊停車格；而機車停車位也有 62% 是屬於公司或個人停車位，顯見在該園區的上班族，只要公司提供停車位，開車上班、停車是非常方便的，而且有近 50% 是免費停車，吸引上班族捨大眾運具而偏好使用私人運具；大型購物中心也有類似情形，平日購物提供免費停車，但一遇假日大量人潮時，停車位卻明顯不足，業者不願再租借場地權充停車場，造成購物者為停車排隊而佔用道路或繞行周邊道路，降低道路容量形成壅塞現象。
5. 大眾運輸運量低，路線規劃不當，競爭力不足：根據台北市大眾捷運公司運量統計資料，上午尖峰時間搭乘各線捷運至內科三站（西湖、港墘、文德）下車人數，少於 30 人的站數計有 54 站之多，佔總站數約 86%，足見該園區上班人員以捷運為交通工具不多；另外，文湖線是唯一經過內湖地區的大眾捷運線，但該線在上午尖峰時間的運量，集中在忠孝復興站和南京復興站兩站，往內湖方向過了劍南路站乘客即大量減少，顯示內科上班族並未選擇捷運文湖線為主要交通工具，分析其中原因可能是文湖線車廂容量小，在忠孝復興和南京復興兩站轉乘旅客眾多，轉乘旅客平均必須等候三班車才能上車，居住在士林、北投、新店等地之乘客，需轉乘二次以上，合計旅次時間長，與使用自小客的時間相較之下，反而不具優勢。

綜觀以上內湖區交通壅塞原因，不外乎就是外來就業人口湧入，車流量驟增，原有道路容量無法滿足現有交通需求，在聯外道路車輛匯集處形成瓶頸路段，加上路線規劃不當，使該區目前唯一捷運文湖線搭乘人數少，未發揮大眾運輸系統功能；另外，假日壅塞也肇因於大賣場購物人潮湧入，停車位不足，等候進場車輛急速佔用道路、以及部分車輛違規停車，降低道路容量，使該區交通壅塞問題遲遲無法解決，終究引起媒體及社會大眾關注。

4.3 改善作法

針對以上問題，台北市政府交通局首先蒐集內湖地區造成交通壅塞的相關資料，包括社經環境、交通特性以及民眾的意見，經過分析後，召集專家學者與地方人士代表，透過討論凝聚共識，大致區分為四個面向，作為改善策略的方向：第一，政府義務；第二，企業責任；第三，學生及消費族群的配合；第四，居民自發自律。具體改善作法如下所述：

1. 優先推動大眾運輸系統：先進城市未來運輸發展趨勢，係以大眾運輸為導向的城市發展（transit-oriented development），內湖地區的科技發展已是事實，於上下午尖峰時間進入內湖區就業工作的人口未來仍將持續增加，所以，如何降低交通流量的需求是最大關鍵所在。以本研究圖 4 車輛到達、離開與等待曲線示意圖來看，當車輛累積到達曲線不高出離開曲線，就不致形成車隊等候／壅塞的情形，而內湖地區在受限於地理環境因素，短期內無法增建道路情況，且外來工作人口遞增又無法避免情況下，優先推動大眾運輸系統，降低私人運具使用，應是最優先有效的方法。

短期內作法如下：捷運文湖線競爭力低，所以建議重整公車路線，在重要轉運節點提供便捷巡迴公車接駁，規劃公車專用道，在尖峰時間增加班次，加強文湖線與其他捷運線連結網絡，同時提升文湖線運能（安全無虞情況下，可考慮加掛為 6 節車廂），以解決乘客在忠孝復興和南京復興兩站久候上不了車的問題；另外，提供乘客使用公共運具的誘因，在時間及路線方面，實施差別定價，擴大吸引通勤者使用大眾運輸系統，或者在內湖區停靠站採早鳥優惠，達到移轉部分用路人在同一時間上班的效果。

2. 提高道路使用效率：提高道路使用效率可分為交通工程與交通執法兩部分；在交通工程方面，針對瓶頸路段全面實施調查，就壅塞的原因予以分類，可歸因於號誌時制部分，應儘速調整，對上下午尖峰時段有進城出城明顯不同流量的路段，可考慮實施調撥車道或成對單行道，以增加道路使用率，例如：在瑞湖街（自陽光街 321 巷口至民權東路六段 11 巷口間）改為單行道（北往南），以增快瑞湖街前往內湖區聯外道路（舊宗路及民權東路六段）的行車速率；而歸因於標線道路工程部分，應立即施工繪設，如係車道應重新調整，或增設公車彎、公車專用道或修改槽化島等道路工程，應配合重新設計施作，以減少車流交織或延滯；在對外聯絡道路上，應設計提早讓車輛分流，減少交織車流造成延滯；還有可考慮將老舊聯外橋樑拓寬，以增加流量，例如：成美橋與成功橋拓寬，可以有效疏解內湖通往南港、松山地區的對外車流。

在交通執法方面，首要加強取締主要幹道交通違規行為，以 80%-20% 守則而言，交通執法不力或不執法，就是讓 80% 的守法用路人，必須忍受 20% 少數人違規行為所帶來的壅塞惡果，是一種不公平的交通現象，所以針對重點時段在重要路段，警察應嚴格執法以保障大眾行的權利。可行的作法是：警察局在重點時段（尖峰時間、下雨或重要節日）派遣警

力在路口定點疏導，保持路口淨空，在重要路段上則派遣機車巡邏警力，穿梭查報路況，遇有偶發性（即非重現性）壅塞，立即查明原因，發現違規行為（例如：併排停車、路口十公尺違規停車...等）或輕微車禍影響交通，迅速驅離排除；如果受限於警力不足因素，可利用交控中心監看全市路網交通流量，當看板上顯示上游紅色，下游綠色的異常路口／路段，立即派遣警力前往處理，警察愈慢到達現場，或排除時間愈晚，壅塞車輛要等候紓解的時間愈長，整個受到延滯的車輛總數（面積）便愈多，因此針對偶發性的交通壅塞，警察執法與到場速度是非常重要的因素之一。

3. 要求業者負擔部分社會責任：改善壅塞問題，除了推動大眾運輸系統以及提高道路使用效率外，如果停車方便、費用低廉，或者遇到汽油降價、天候不佳...等因素，還是會吸引大量私人運具，造成壅塞。所以在壅塞路段適當提高停車費率，以及要求業者必須負擔產業發展所造成外部交通衝擊的責任，可適度降低私人運具使用，例如：內湖科技園區企業廠商可考慮將免費提供員工停車方式，改為收費，並將收費所得回饋為社會公共運輸的費用，如此一來，用路人在每日上班時間，一方面在搭乘大眾運輸系統既便捷又省時省錢，另一方面駕駛自用小客車則必須負擔高額停車費用，雙管齊下，當可降低用路人使用私人運具意願，改善瓶頸路段即有更顯著效果；或者，企業廠商可考慮將停車收費所得轉移為免費公司接駁車，接送員工至捷運站，替代政府的公車接駁功能。

而在解決假日購物停車位不足作法上，因購物者至大賣場採購物品必須考慮載運問題，所以搭乘大眾運輸工具並不方便，可行的方法是：要求大型商場業者可在每逢假日時段，即在賣場外圍租借停車場，並設置賣場與外圍停車場免費接駁車輛，供賣場手推車可上下車使用，方便購物者在外圍停車場停車，仍可運行所採購之商品，這樣才不致造成購物者為等候賣場停車位而佔用道路排隊，或持續繞行賣場周邊而造成壅塞，換言之，政府一方面要設法解決壅塞問題，但企業廠商也應負起必要責任，這樣才是雙贏的作法。

4. 建立智慧型運輸管理系統 (Transportation Management System, TMS)：以上改善作為可算是短中期治標的方法，但中長期作法還是在於政府應建立交通資料庫，鑒於智慧型運輸系統 (Intelligent transportation systems, ITS) 在實際運作上已發展一段時間，但運用科技最終還是必須加以管理，才能真正發揮效用，因此台北市政府應建立一套智慧型運輸管理系統，才能永續管理交通運輸等相關問題。

舉例而言，目前車輛導航系統以及智慧型手機已非常普及，已具備全球衛星定位系統 (Global positioning system, GPS) 以及地理資訊系統 (Geographic information system, GIS) 等功能，未來可以發展車輛肇事求援系統，當發生交通事故時，車上設備或路側架設偵測設施，即能立即向 110 或 119 通報求援，可有助於快速清理車禍事故現場，避免交通壅塞；另外，交通資料管理系統，可即時提供用路人完整交通資訊，讓用路人在旅行前、旅行中、到達目的地、返回出發點的整個過程中，透

過這套系統可以隨時掌握公車、捷運、火車等大眾運輸工具的動態，以及路網轉乘資訊，同時了解道路交通流量、事故／事件、天候、道路施工…等相關訊息，適時建議用路人路徑選擇，避免壅塞路段；以內湖地區為例，市府可以思考採用類似 ETC 方式結合高速公路、火車、捷運系統，蒐集車流量，旅次需求以及相關資料等，提供充分資訊，包括不同運輸工具的動態、票價等，計算最有利的接駁方式，俾供用路人做出適當的路徑選擇，避免形成瓶頸路段，有效紓解交通壅塞狀況。

4.4 初步改善情形

內湖地區交通壅塞事實上是一個整體性的問題，需要長期性規劃以及各相關單位的配合，才能有效澈底改善，惟為有效滿足社會大眾對改善該地區交通的殷切期盼，台北市政府已就短期內可實施的具體作法立即執行，並獲致以下初步改善結果：第一，自 105 年 7 月 1 日起往返汐止至內湖、大直、內湖科技園區的快速公車上路，預計尖峰時間可增加疏運 1,500 人次，估計可節省通勤族約 20 分鐘車程，其他淡水至捷運劍南路站、板橋至科技園區的快速公車也將於年底前上路，可擴大疏運效果。第二，在內湖瑞湖街實施單行道、部分路段實施禁止臨時停車以及好市多 (Costco) 大賣場取消等候進場車輛在道路排隊…等措施，在下午尖峰時段瑞湖街暨周邊路段，平均車輛停等時間從 780 秒下降為 119 秒，成效最佳；另在舊宗路二段削減中央分隔島寬度，增設一左轉車道，亦有效疏解左轉車流，平均車輛停等時間也從 190 秒下降為 143 秒，車流延滯情形明顯獲得改善。第三，內湖地區對外主要聯絡道路 (堤頂大道、舊宗路) 自 105 年 1 月至 5 月，車輛平均行駛速率有提升趨勢，堤頂大道車輛平均行駛速率 1 月份為 44 公里／小時，舊宗路為 33 公里／小時，迄 5 月份止，堤頂大道車輛平均行駛速率提高至 50 公里／小時，舊宗路則增至 46 公里／小時，如圖 8 所示，顯示塞車情形獲得改善。

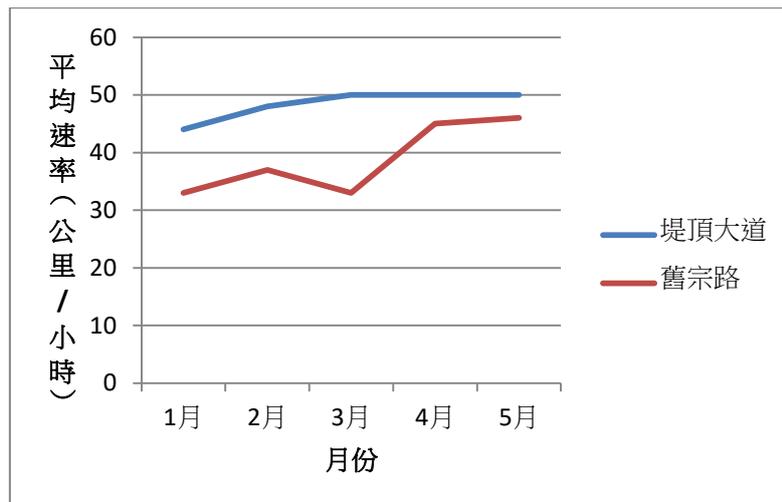


圖 8 內湖地區對外主要聯絡道路 (堤頂大道、舊宗路) 車輛平均行駛速率

五、結論

內湖地區的交通塞車問題，是產業經濟發展、人口暨車輛增加的必然結果，重現性與非重現性壅塞是交通壅塞兩種基本的態樣，本研究運用巨觀車流模式以及等候理論，提出降低使用私人運具（即優先使用大眾運輸系統）、增加道路容量（即提高道路使用率）、業者自負社會成本（即回饋公共運輸費用）以及運用科技（即建立智慧型管理系統）等四項改善策略，經初步實施已漸顯成效，惟目前針對交通改善成效，仍持續觀察評估中，未來後續相關措施如再逐步配合實施，應可有效紓解該地區長久以來塞車問題，也可做為都會城市其他地區交通壅塞的參考作法。

參考文獻

- 吳水威、陳文彬、黃建安（2001），交叉路口車道分流規劃設計與管制績效評估之研究，*九十年國際道路交通安全與執法研討會*。
- 陳名碩（2010），以車流衝突量模式評估號誌路口之潛在危險性，逢甲大學運輸科技與管理學系在職專班碩士論文。
- 許添本、張家豪（1998），「交叉口左轉號誌時相設計安全準則之研究」，*運輸計劃季刊*，27期4卷，頁707~748。
- 聯合新聞網（2016），網站：
<http://udn.com/news/story/6655/1488966-%E6%9F%AF%E6%96%87%E5%93%B2%E8%AA%8D%E9%8C%AF%EF%BC%9A%E4%B8%89%E6%A9%AB%E4%B8%89%E7%B8%B1%E8%B8%A2%E9%90%B5%E6%9D%BF>。
- 聯合報（2016），網站：<http://a.udn.com/focus/2016/01/31/17664/index.html>。
- 蘋果日報（2016），網站：
<http://www.appledaily.com.tw/appledaily/article/headline/20160203/37047486/>。
- Brackstone, M., Sultan, B. and McDonald, M. (2002), "Motorway Driver Behaviour: Studies on Car Following," *Transportation Research, Part F*, Vol. 5, No. 1, 31-46.
- Chakroborty, P. and Kikuchi, S. (1999), "Evaluation of the General Motors based Car-following Models and a Proposed Fuzzy Inference Model," *Transportation Research Part C*, Vol. 7, No. 4, 209-235.
- Daganzo, C. F. (1994), "The Cell Transmission Model: A Dynamic Representation of Highway Traffic Consistent with Hydrodynamic Theory," *Transportation Research B*, Vol. 28, No. 4, 269-287.
- Downs, A. (2004), *Still Stuck in Traffic: Coping with Peak-Hour Traffic Congestion*. Washington D. C.: The Brookings Institution.
- Gazis, D. C., Herman, R. and Rothery, R. W. (1961), "Non-linear Follow-the Leader Models of Traffic Flow," *Operations Research*, Vol. 9, No. 4, 545-567.
- Herman, R., Montroll, E. W., Potts, R. and Rothery, R. W. (1959), "Traffic Dynamics: Analysis of Stability in Car-Following," *Operations Research*, Vol.

- 1, No. 7, 86-106.
- Hoefs, D. H. (1972), "Untersuchung des Fahrverhaltens in Fahrzeugkolonnen," *Forschungsberichte des Institut für Verkehrswesen*, Heft 140, Universität Karlsruhe.
- Huang, Y. S. and Lan, L. W. (2008), "Exploration of Traffic Phases," Proceedings of the 13th Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies, 51-60.
- Huang, Y. S. and Lan, L. W. (2009), "Exploring Traffic Phenomena with Modified Asymmetric Simple Exclusion Process Approach," *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 8, 1671-1685.
- Jessica McGroarty (2010), "Recurring and Non-Recurring Congestion: Causes, Impacts, and Solutions," *Neihoff Urban Studio-W 10*.
- Kerner, B. S. (2004), *The Physics of Traffic*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Kikuchi, S. and Chakroborty, P. (1992), "Car-Following Model Based on Fuzzy Inference System," *Transportation Research Board*, Washington, DC 20001 United States.
- Lan, L. W., Chiou, Y. C., Lin, Z. S. and Hsu, C. C. (2008), "A New Cellular Automaton Model in Traffic Simulation at a Highway Work Zone," *Proceedings, 10th International Conference on Applications of Advanced Technologies in Transportation*. Athens, Greece.
- Lan, L. W., Sheu, J. B. and Huang, Y. S. (2007), "The Characteristics of Temporal Traffic Flow Dynamics," *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 7, 2246-2260.
- Lan, L. W., Sheu, J. B. and Huang, Y. S. (2008a), "Investigation of Temporal Freeway Traffic Patterns in Reconstructed State Spaces," *Transportation Research Part C*, Vol. 16, No. 1, 116-136.
- Lan, L. W., Sheu, J. B. and Huang, Y. S. (2008b), "Features of Traffic Time-series on Multi-dimensional Space," *Journal of the Chinese Institute of Transportation*, Vol. 20, No. 1, 91-118.
- Lighthill, M. J. and Whitham, G. B. (1955a), "On kinematic waves: I. Flood movement in long rivers," *Proceedings of the Royal Society of London A*, Vol. 229, No. 1178, 281-316.
- Lighthill, M. J. and Whitham, G. B. (1955b), "On kinematic waves: II. A theory of traffic flow on long crowded roads," *Proceedings of the Royal Society of London A*, Vol. 229, No. 1178, 317-345.
- May, A. D. (1990), *Traffic Flow Fundamentals*. Prentice Hall, New Jersey.
- Nagel, K. and Schreckenberg, M. (1992), "A Cellular Automaton Model for Freeway Traffic," *Physics I*, France 2, 2221-2229.
- Payne, H. J. (1979), "FREFLO: A Macroscopic Simulation Model of Freeway Traffic," *Transportation Research Board*, Vol. 722, 68-77.
- Stopher, P. R. (2004), *Reducing Road Congestion: a Reality Check*. Transport Policy 11.
- Tolle, J. E. (1974), "Composite Car-Following Models," *Transportation Research*, Vol. 8, 91-96.
- Transportation Research Board (2009), "Implementing the Results of the Second Strategic Highway Research Program: Saving Lives, Reducing Congestion, Improving Quality of Life," Special Report 296, Washington D.C.: National Academy of Sciences.