

第二章 文獻回顧

本研究回顧國內外有關機車路口行為及疏解特性之研究，並從中歸納出主要研究方向及研究方法，加以比較結果，並找出適合本研究使用之研究方法與研究方向。在疏解特性的研究上，疏解率或是飽和流率的討論通常都是最終的目的，因此本研究同樣也從探討疏解率的角度，視對疏解率的不同影響做為文獻回顧的分類。



2.1 機車車流飽和流率研究回顧

一般而言，各路段都會存在飽和流率這一項屬性，所代表的值就是指在一個理想的狀態下，該路段在單位時間內能夠通過的最大流量數值，此點尤其在針對汽車車流，至今已有完整的理論系統發展；而這種情形進入了路口之臨進路段後，如果一切環境影響因素維持不變，同樣是在最理想的狀態下，則飽和流率可以視為與路口之飽和疏解率相等，此狀況在單一車種的交通環境之下最有可能清楚地顯現出來，因此，本研究就先從純機車流的角度來看待機車在路口的疏解情形，也就是先回顧國內對於機車專用道飽和流率的研究探討。

首先，交通部運輸研究所〔1〕提出，由於過去在實務工作上多半以車當量數值做為機車車流分析之基礎，而簡單帶過機車之車流行為，顯示出對機車的忽略，然而機車在國內都市地區車流組成裡佔有30%~80%，車流秩序對效率之影響必然相當大，因此研究機車設計尺寸與機車道合理寬度值之建立，並確立純機車車流之疏解型態，以供後續研究或是道路規劃設計時參考之用，才是重點所在。

該研究之範圍與研究對象皆鎖定在純機車車流上，並提出機車在行進之時，由於缺乏車道化之設計，其線性跟車狀態不明顯，而是採用近似「車團」之型態來運動，然而若將機車直接以小汽車當量來做為行為分析，則在先前之研究出現兩種截然不同之結論，亦即機車車流飽和流率存在與否之問題；直至民國七十九年之台灣地區公路容量手冊〔7〕出版後，發現在混合車流之中，機車在各種混合比之下，有在綠燈始亮後，疏解率快速上升，並在3至6秒後一路下降，這麼一來似乎顯示，混合車流當中，機車車流並無類似飽和車流特性之存

在。

因此，交通部運研所對純機車車流之路口疏解特性著手進行調查，並將調查資料整理為機車每 2 秒通過路口數與綠燈亮後之時間關係圖，其結果如下圖 2-1，可以清楚看出純機車車流仍然有其飽和疏解率存在，所呈現出來的圖型與與汽車之飽和疏解型態相同，這是在綠燈始亮後 8 到 12 秒之後達到，並在之後持續一穩定之疏解狀態。



圖 2-1 機車專用道路口平均疏解率圖

資料來源：交通運輸研究所，機車車道寬度與路口疏解型態之研究，民國八十八年六月

依據調查結果，該研究歸納出幾點特性如下：

- 1、機車飽和車流大約發生在綠燈始亮後 8 到 12 秒。
- 2、3.0 公尺寬之機車專用道，飽和疏解率為 4.22veh/hr/3.0m；飽和流量則為 7596veh/hr/3.0m。
- 3、機車專用道上並無明顯提早起動之傾向。
- 4、3.0 公尺寬之機車專用道上，路口機車疏解初期並無小尖峰之

存在。

最後作者並建議研究機車首先必須建立其行進法則，不可一切按照依據汽車之線性跟車行為所建立的傳統車流理論，尤其在混合車流當中，機車是以「車團」之方式行進，須多加注意。

林國顯、湯儒彥〔2〕在民國九十一年之研究中提到，國內在有限的機車專用道路容量研究中，最具代表性者首推七十九年版之台灣地區公路容量手冊，然早期之研究，對機車並無詳加考慮其車流是否有如汽車車流一般，存在固定之跟車關係，而是將機車車流視為流體，以車道寬度為自變數，並建立一連續線性迴歸函數式，做為機車車道容量預測之基礎，但其實機車具有一定之實體寬度，直接將之視為流體恐有不足以正確描述機車車流行為之疑問；也正由於將機車車流視為連續性流體之觀念，因此考量其車道化之特性或可能性，並不見於當時對機車專用道之研究中。

因此，作者在純機車車流中進行分析調查，以便進行巨觀車流特性與車道容量的探討，並歸納出幾點結論：

- 1、機車專用道容量，與車道寬成正比但非線性之關係。
- 2、在 2001 年版「台灣地區公路容量手冊」中，機車專用道容量建議值偏高，應適時予以修正為：5400veh/hr/1.7m；7800veh/hr/2.5m；7800veh/hr/3.0m；8400veh/hr/4.0m。
- 3、機車車流非連續性函數，且其跟車行為受車道寬度影響而有不同。
- 4、機車車流具車道化之潛力。

- 5、機車車流之流量、密度、速率間應存在一定關係，但若不分車道行車，則傳統汽車車流關係之 $Q = K \times V$ 公式並不適用。
- 6、機車專用道應朝向車道化之設計。

另外在機車專用道之機車飽和流率更近期的研究上，蔣靜宜〔3〕提出，飽和流率是在進行路口容量分析與時制計劃之重要參數。該研究於台北市林森南路、承德路、忠孝橋與新竹市園區一路之機車專用道進行拍攝調查，並讀取每 2 秒鐘通過停止線的車輛數，以轉換為累積曲線計算飽和流率與起動損失時間。所得結果為，林森南路(1.8m)飽和流量 5139Mcu/lane/hr，承德路(2.1m)飽和流量 7432Mcu/lane/hr，園區一路(3.0m)飽和流量 8255Mcu/hr/lane，忠孝橋(3.7m)飽和流量 10546Mcu/lane/hr，並建立其飽和流量與可用車道寬度之關係為： $S=2597.4W+860.5$ ，其中 S 為飽和流量(Mcu/hr/lane)， W 為可用車道寬度(m)。將調查結果換算為單位寬度飽和流量(Mcu/hr/m)發現，以承德路單位寬度飽和流量 3539Mcu/hr/m 為最高，顯示在可用車道寬度 2.1m 的情況下，機車疏解效率最高。

2.2 路口機車疏解率模式架構研究回顧

在建構機車疏解率模式前，必要的是先觀察其疏解率，然後才能從中發現其模式架構的型態，在這一點上，國內外對機車在路口疏解的研究亦不在少數，其中包括純機車流與混合車流等不同行駛環境的研究，以下進行回顧。

林豐博〔4〕將機車專用道上之機車等候車流的疏解情形依照時間分為三段：第一階段機車在綠燈未亮時即開始加速，在 6 秒後達到最高疏解率；之後的 5 到 10 秒為疏解率急速下降之第二階段；最後第三階段中，疏解率將持續下降或是維持穩定之值。

該研究可說是接受純機車車流不具飽和疏解特性之主張，該研究中亦提出了機車車流在綠燈始亮後，其疏解率的變化基本上可以分為三段進行，關於這兩點與交通部運輸研究所〔1〕所提出的論點不同，而兩者都是在機車專用道上所進行之研究，與本研究所要探討的混合車道中之機車疏解特性有運行環境上的差別，這點我們可以在往後的調查當中比較驗證。

至於提到機車在路口疏解特性上分為三段，其中的第一段將可以顯示出機車高度的機動性與較汽車優異的加速性，有關這一點，英國學者 Powell〔18〕採用 first order macroscopic approach 的方法將機車車流在路口第一小段時間內的疏解行為表示出來，經由多元線性迴歸推導出其模式，所計算的目標數值為『在有效綠燈時間之前 6 秒鐘內離開停止線的機車車輛數』，並命名為 QFLIERS（本研究參照 Powell 的研究，同樣採用 QFLIERS 此一名稱），而 QFLIERS 的數量大小所

代表的意義，在於一個時相的開始將會多少機車快速消散，數值越高，則表示單對機車而言，可以達到佔用更少路口容量的目的，單方面而言對路口疏解效率是正面的影響；然而為求 QFLIERS 能夠增加，就需要有足夠的有效紅燈時間，使機車能夠充分滲透到車隊的前方—即停止線的後方，也代表著該週期之車隊平均停等延誤上的增加，故太長的有效紅燈時間不但不能夠增加在路口的混合車流疏解量，反而會有負面的效用發生，Powell 在論文中已經將 QFLIERS 數量的推導模式建構出來，其結果如下：

$$Q = -1.176 + 0.866P + 0.366NL - 0.206BT + 1.367ALW + \varepsilon \quad (2-1)$$

上述等式中， Q 即為 QFLIERS 之數量， NL 為車道數， BT 為大型車數， ALW 為平均車道寬， ε 為誤差項，而 P 則是由機車進入之時間點經過消除時間區段大小不同之誤差而得到的 QFLIERS 預測數，但是在計算 P 前，要先定義另一個時間變數 e 如下：

$$e = \frac{m - [x_1 - 0.1(x_2 - x_1)]}{[x_2 + 0.1(x_2 - x_1)] - [x_1 - 0.1(x_2 - x_1)]} = \frac{m + 0.1x_2 - 1.1x_1}{1.2(x_2 - x_1)} \quad (2-2)$$

其中， m 為機車進入臨進路段之時間點， x_1 、 x_2 是時間之分割點，關係到在某時間點進入距離停等線 D 之某一部機車是否能成為下一時相之 QFLIER，見圖 2-2，在時間點 x_1 到 x_2 之間（A 區）進入臨進路段的機車剛好可以在有效紅燈的結束前，滲透至車隊的前方，亦即停止線的後方，因此可以在有效綠燈開始後，順利地通過停止線，成為 QFLIERS；然而在時間點之後（B 區）進入臨進路段者，則會在有效綠燈時間開始 6 秒鐘之後才通過停止線，因此不屬於 QFLIERS，也就

是成為與汽車車流互相混合，而必須計算其當量之機車車流；最後一區（C區），也就是在 x_3 之後進入之機車，則不會受到衝擊波的影響，直接通過路口，雖然也是與汽車車流混合在一起，但屬於無停等延誤之車流，對路口容量之影響較小，本研究在此不予討論。

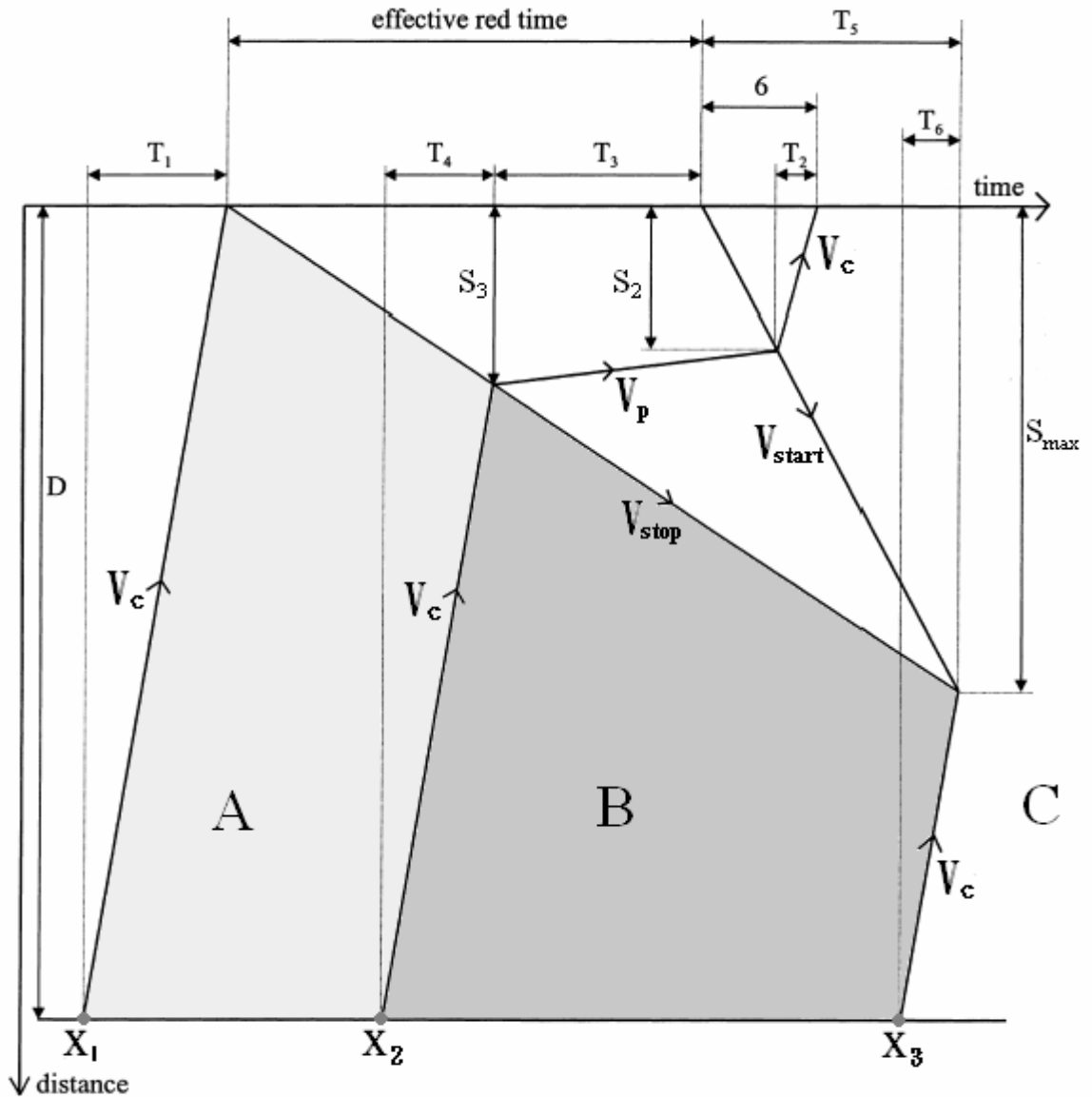


圖 2-2 單一週期內時間分割點時空圖

資料來源：Powell, A model to represent motorcycle behaviour at signalised intersections incorporating an amended first order macroscopic approach

算出時間變數 e 之後，使用在馬來西亞與泰國調查的十組資料，推導出進入臨進路段之機車能否成為 QFLIERS 之機率大小， Y ，並依

照變數 e 大小分為三部分，如下所示：

$$Y = -0.1829 + 6.8843e \quad , \quad 0 \leq e < 0.2 \quad (2-3)$$

$$Y = 1.1623 - 0.6353e \quad , \quad 0.2 \leq e < 0.8 \quad (2-4)$$

$$Y = 3.1269 - 3.1251e \quad , \quad 0.8 \leq e < 1 \quad (2-5)$$

如此一來則可由 Y 推導出 P ，並放入最終模式 (2-1) 式，則可求得 QFLIERS 的數量。

綜觀 Powell 的分析方式，其中屬於符合機車在路口臨進路段的行為者，包含機車進入車隊前、後及離開車隊時之不同速度的描述，與在有效綠燈前 6 秒內離開路口之機車快速疏散數量，會受到機車在何時到達該路段所影響等特性。

除了 P 為時間參數之外，其餘三個參數為空間參數。經過分析，其準確性相當高，但真正要應用在實用效果上，尚需要進一步對路口混合車流做總延誤的分析，又，此研究所採用的資料為東南亞國家：馬來西亞、泰國、印尼三國內的路段作分析，其機車車流比例高逾七成的狀況下，與在台灣的情況雖然較西方國家為近，但是台灣不少地方之駕駛人有利用全紅時段提早起動通過停止線之特性，可能與他國在程度上有所不同，再加上台灣各重要路口均已設置直行機車專用停等區，所以，可以相信台灣在有效綠燈開始之時必能放出更多的機車流量，亦即 QFLIERS 數量會更多，相對於在馬、泰、印等東南亞國家之研究結果，台灣機車車流之路口疏散特性雖然原理相同，但有模式修正之必要。

2.3 影響機車疏解率特性之其他變數研究回顧

邱宏華〔5〕在研究號誌化交叉路口機車延滯特性時提出，Akcelik Generalized Model、HCM 與替代 HCM 等模式由於是建立在車輛皆以飽和流率（Saturation Flow）從路口以「逐輛」的方式疏解的假設之上，這一點與台灣路口機車疏解方式有很大的不同，故在本研究裡，其適用性尚受到質疑，邱君另提出影響疏解率的一項重要因素，即機車在路口停等之分佈形狀，其中可分為橫條型、長條型、前聚型及不規則停等型四種，依照各車隊停等形狀的不同而有不同的疏解型態。

但是在本研究中，所調查之地點與時段，皆以大流量汽機車為選擇方向，因此會探討到的停等型態全部都屬於前聚型與不規則停等型兩種，此兩種停等形狀同樣會發生在大車流量的前提下，而之所以造成兩者差別的原因，通常都是由於右轉汽車停等在外側車道致使機車不能停等於最右邊，只好停在右轉汽車的左邊，而造成不規則停等形狀，因此點出了右轉汽車以及行駛或停等於路肩之車輛，此二種車流對機車疏解率的影響力所在。

另外我們可以從實務成效的方向來探討機車專用停等區對機車疏解率的影響，何國榮、陳榮明〔6〕之研究表示，台北市在八十六年度周界流量及車種組成調查統計結果中，機車車流在上下午尖峰時間，民族東路、中山北路口各向機車車種比例為 47%~77%，民生東路、復興北路口各向機車車種比例為 37%~56%，可以看出機車車流比例在台北市區內占了約有一半甚至更高的交通量，所以就台北市區之交通狀況而論，為高機車混合車流比例，這點與東南亞國家情形相近。

而設置直行機車停等區對於路口交通狀況的成效方面，在前述民族東路、中山北路與民生東路、復興北路兩個路口試辦的結果為：『劃設直行機車待停區經檢討初期試辦成效及改進相關設施後，對交通安全及紓解路口汽機車混亂現象確有明顯助益』，後來並進一步擴大試辦，其結論為：『路口行車秩序已獲得明顯改善，以往機車混雜於各車道間之情形已大幅減少，對於行車安全助益甚大』。

由此實務經驗得知，在民國八十六年間，增設直行機車停等專用區的做法，已能有效改善機車在路口疏解之秩序，秩序的提升即代表混亂的減少，也就可以免去機車車流在疏解時不必要浪費的位移動作，因此可增加機車疏解之效率；亦即，對於機車此單一車種之車流管制措施，提出改善，就能帶來對路口交通之整體改善。

除了對機車車流巨觀之觀察外，其微觀駕駛行為之研究回顧，亦相當之重要，張瓊文、藍武王〔7〕之研究藉由回顧車流理論與機車駕駛行為之相關文獻，解析影響機車駕駛行為之因素，並建立機車在受到環境因素影響時之速率模式。

該研究實地調查之資料為台北市敦化南路一段（八德路至市民大道間）南向路段慢車道，所採用資料為混合車流中的機車與其他汽機車間的互動行進軌跡，因此，所建立機車速率與影響因素之關係式，可描述機車在慢車道路段混合車流中的行進行為。研究中再將機車在路段上與其他汽機車間互動的狀況分為前面無車、前面有車（左右無車）、前面無車（左右有車）、前面有車（左右有車）四種，各自再細分狀況，並建立機車行車速率影響模式，其中各關係式在信賴水準為5%的條件下均達到顯著，此外，尚有幾點結論在本研究中值得注意：

- 1、各關係式確實可以反映在快慢分隔路型中，機車所在之橫向位置與其行車速率之關係，特別在沒有前車或右車的狀況下。
- 2、當前車存在時，其模式可反映出機車受到前車速率與兩車距離所影響，此為機車之跟車特性。
- 3、前面無車但左或右側有車時，較易受到右車之影響，此與機車習慣靠右行駛之特性相符合。
- 4、同樣在左側無車之條件下，機車與其右側之車輛距離越大，其速率越高，同樣符合易受右車影響之特性。



2.4 文獻回顧小結

至此，對於機車車流行為之理論發展，從一般混合車流中將機車車流當作縮小版的汽車車流做調查之方式，走向純機車車流的客觀分析，直至純機車車流理論發展出足夠規模，再走回混合車流之實際應用，此處，本研究歸納各研究文獻之結論如下：

- 1、Powell [18] 之研究已對號誌化路口巨觀機車車流疏解模式有相當足夠之結果，其模式與方法論對本研究具有相當之價值，而其計算之目標值，QFLIERS，對機車於號誌化路口疏解狀況之優劣程度可為一重要指標，可惜在其建構之最終模式上，最具重要性之變數，是由機車進入觀察範圍之時間點所計算得到之 P ，因此要得到 P 變數需要有適合的環境，至少，觀察範圍的長度必須大於車隊的長度，才能符合其採用之 first order macroscopic approach，然而，在台北市區尖峰時段的主要幹道上，車隊停等動輒超過 50 公尺以上，使得本研究在礙於設備及人力資源條件的情況下，無法觀察到全部的車隊長度，因此也不能採用 Powell 的模式直接進行校估；雖然如此，本研究仍採用 QFLIERS 此一觀點，認定機車在綠燈剛開始亮後，將會出現一波疏解率良好的純機車車流，以此來進行模式的建構。
- 2、在分析模式當中，為求清楚，將時間、空間變數先分開探討再組合之作法值得參考，本研究將放入更多種類之影響因素以解釋機車在混合車流中之疏解情形。

- 3、純機車車流下，於綠燈始亮後，一直到 8 至 12 秒，可逐漸增加達到飽和疏解率之高峰，其後則維持穩定，直至車隊消散為止。純機車車流下，並無出現綠燈始亮初期之小疏解尖峰，表示機車車流仍然是以漸進、逐步之方式改變其行為特性；然而在混合車流中的機車，在其他車種的車流干擾下，是否仍然能夠逐漸增加疏解率以達到一穩定之值，有待本研究之調查驗證。
- 4、如果能夠對機車單一車種之車流做出有效之疏解率改善措施，則等同於改善其他車種之用路環境，對增加路口之整體績效有不少助益；因此在考量改善策略時，可以先針對改善機車車流方面，評估其能夠執行的改善措施之效果，再考量是否對其他車種造成負面之影響，逐步進行整體的評估。因此本研究將先以機車疏解率之最大化為最佳來進行改善建議，然後再評估每一項建議中可能帶來對其他車種運行環境的衝擊。
- 5、機車專用道之容量與其車道寬度具有非線性但成正比之關係，隨著車道寬度之增加，機車之跟車行為變化越大；若是應用在混合車流中，同樣可以推估機車車流行為將受到可用寬度所影響，差別在於，機車專用道之分隔實體或標線不會改變其空間位置，而混合車道中，機車所面臨的空間寬度受到兩旁之其他汽機車移動而有所改變，因此在混合車流中，欲探討機車之疏解情形，則必然要考量到其他車種的干擾，如混合比對機車疏解率的影響，則可以認定為一重要變數，

本研究將探討之。

- 6、微觀而言，機車有容易受到右側之車輛影響其行進速率，而行進速率在疏解特性中也是極為重要的一環，當行車速率較高時，疏解率才會有較高之可能性；行車速率降低時，疏解率的最大可能值則會降低。在路口中之右側車輛，多半是要進行右轉、路邊停車、外側直行穿越路口之行為，其對疏解率應有直接的影響力，因此在混合車流中要特別注意位於機車右側之車輛，是否具有足夠威脅行車速率並造成在路口之延滯增加等現象。

