

行人號誌倒數計時器對駕駛人加速通過之行為研究

黃燦煌¹

許俊輝²

陳奕安³

王冠捷³

周思兵³

黃宇君⁴

摘 要

國內外文獻關於行人倒數計時器對駕駛人行為影響，其影響主要有兩項，其一為行人倒數計時器能提供相似於紅燈倒數計時器一樣的效果，有助駕駛人於綠燈起步時延遲時間變短，每篇文獻皆對此影響效果有共同的結論；然而，另外一個影響是駕駛人之行為於有設置行人倒數計時器的十字路口，確有不同的結論，依據蘇昭銘等(2008)提出，機車駕駛人於有設置行人號誌倒數計時器之路口會出現加速通過的現象，汽車駕駛人則是提前減速；然而根據 Huey and Ragland(2006)和 Bundy and Schrock(2007)提出，駕駛人行經設有行人倒數計時器之路口時，此號誌能提供駕駛人資訊關於是否即將要紅燈停止，有助於駕駛人做決定，其結論為駕駛人不會於路口(接近紅燈時)加速通過行為，反而會提前減速；有鑑於此，Schmitz (2011)提出，行人倒數計時器對駕駛人之影響在不同區域，甚至在同一區域內的不同十字路口，每個路口都有不同的特性，也因此造成對駕駛人有不同的影響；因此，本研究觀測大台北地區不同路口寬度之行人倒數計時器對駕駛人之影響，結果發現黃燈時駕駛人通過路口之車速有降低之趨勢；超速的比例也有減少。面臨黃燈時駕駛人選擇「停止」的比例也有提高的趨勢，同時也降低闖紅燈的比例。黃燈時駕駛人通過路口之車速變異數較低，分配較為集中，研究顯示行人倒數計時器確實可以改善路口交通安全。

關鍵字：行人倒數計時器、加速通過行為、交通安全

¹ 國立臺灣海洋大學運輸科學系暨研究所助理教授。(連絡地址：基隆市中正區北寧路 2 號，電話：(02)2462-2192 轉 7030，e-mail: tony@mail.ntou.edu.tw)。

² 國立臺灣海洋大學運輸科學系研究所研究生。

³ 國立臺灣海洋大學運輸科學系大學部學生。

⁴ 國立台北教育大學創新教育與評鑑碩士班研究生。

一、前言

陳一昌等(2007)研究結果顯示加裝綠燈倒數計時器確實會使駕駛人加速通過路口，進而增加肇事率，因此建議將綠燈倒數號誌拆除，只留下紅燈倒數號誌，因其有助於減少汽機車起步延滯。然而，雖然綠燈倒數計時器已撤除，但一般路口卻有設立行人倒數計時器，本意為提供資訊使行人於過馬路時更安全，但同時汽機車使用者也可參考到同向的行人倒數計時器之資訊，間接得知綠燈結束的倒數秒數，進而使駕駛人更改原本通過路口的行為，是否會造成綠燈即將結束與黃燈時加速通過路口，是否變相地使「綠燈倒數計時器」死灰復燃，造成交通安全的疑慮？

目前國內外只有少數文獻探討行人倒數計時器對駕駛人行為影響，其影響主要有兩項，其一為行人倒數計時器能提供類似於紅燈倒數計時器一樣的效果，有助駕駛人於綠燈起步時延遲時間變短，文獻對此影響效果皆有一致的結論；然而，另外一個影響是駕駛人之行為於有設置行人倒數計時器的路口，依據蘇昭銘等(2008)提出，機車駕駛人於有設置行人號誌倒數計時器之路口會出現加速通過的現象，汽車駕駛人則是提前減速，根據 Huey & Ragland(2006)發現駕駛人於設有行人倒數計時器之路口會更放心的以高速通過路口，但於黃燈結束末與紅燈亮前，駕駛人選擇通過比例會降低。然而，Bundy & Schrock(2007)提出，駕駛人行經設有行人倒數計時器之路口時，能提供駕駛人綠燈是否即將要結束的資訊，有助於駕駛人決策，因此接近紅燈時駕駛人不會加速通過路口，反而會提前減速。有鑑於此，Schmitz (2011)提出，行人倒數計時器對駕駛人之影響在不同區域，甚至在同一區域內的不同路口，由於具有不同的特性，也因此造成結論的差異；因此，本研究將試著了解大台北地區行人倒數計時器對駕駛人之影響。

由於行人倒數計時器原本設置的目的為提供行人通過路口的資訊，並非提供汽機車駕駛人綠燈倒數秒數的資訊，當駕駛人參考到此資訊，會對路口交通安全產生何種影響。為了探討行人倒數計時器的設置，是否會對駕駛人產生額外效果，需要對「有」與「無」設置行人倒數計時器的十字路口其駕駛人行為作觀測，進而作比較。相關文獻對於行人倒數計時器對駕駛人之行為影響有著不同的結論，導因於各路口存在特定因素的影響，因此本研究欲探討在一個區域內，大台北地區，「路口的大小」是否會使行人倒數計時器對駕駛人行為有不同的影響。因此本研究目的可分為：

1. 探討有無設置行人倒數計時器，當面臨黃燈時駕駛人之行為反應差異。
2. 探討有無設置行人倒數計時器，黃燈時駕駛人通過停止線之車速差異。
3. 「路口大小」因素是否會使行人倒數計時器對駕駛人產生不同之影響。
4. 探討行人倒數計時器設置後，是否會產生交通安全之疑慮。

二、文獻回顧

2.1 行車管制號誌加裝倒數計時器之影響

2.1.1 加裝綠燈倒數計時器

綠燈倒數裝置本義為幫助駕駛人在行駛至路口時，提供資訊給駕駛人參考能否順利通行。但是有許多文獻顯示，駕駛人會因而加速搶燈通行造成肇事率提高。依據陳一昌等(2007)，在 99%信心水準下利用勝算比(odd ratio)方法，研究結果顯示，在綠燈倒數顯示剩餘 5 秒時，通過停止線的車速比無綠燈倒數設備時來的高，肇事率及受傷人數提高 1.07~1.08 倍（獲得統計上 80~90%信心水準），至於死亡人數方面因為裝設前為 0 件故無法判斷，因此此項研究建議停止加裝綠燈倒數裝置。

根據張建華(2008)之研究，利用三個衡量指標：

- 1.闖紅燈行為：綠燈倒數為 0 秒、黃燈亮時，超過停止線之車輛數。
- 2.猶豫區間變化：觀測選擇停車之駕駛者中，大於 10%小於 90%的駕駛人所在之路段距離路口之長度，探討有無裝置車行綠燈倒數計時器時駕駛人猶豫區間之變化情形。
- 3.羅吉斯迴歸分析：探討有無車行綠燈倒數下，駕駛人行為加入時間因子，分析是否通過路口、其車行速率、距離停止線長度、紅燈亮起時等分析。

其研究結果顯示，設有車行綠燈倒數裝置之路口其闖紅燈比率較低，但駕駛人對於綠燈即將結束時之猶豫區間較長，且加速搶燈行駛造成速度差及未能保持安全距離，交通風險較高。

2.1.2 加裝紅燈倒數計時器

根據唐慧寧(2006)之研究，透過影響駕駛行為因素（肇事率、路口交通量、平均車速、道路寬度、快慢分隔）當實驗因子，以啟動延滯作為反應，結果顯示，平均車速、路口流量受到紅燈倒數計時器之影響為顯著的，表示紅燈倒數計時之存在可以讓駕駛人判斷何時紅燈轉變為綠燈，使駕駛人能減少啟動延滯的時間，使號誌路口通行更流暢，但對於職業駕駛人的影響並不顯著，因為職業駕駛人有駕駛方面之時間上的壓力，對於紅燈的等待時間有不待久候之現象。

2.2 行人號誌倒數器對駕駛人行為影響

Huey & Ragland(2006)研究駕駛人於設有行人倒數計時器的路口存在正向或負向的安全影響，行經十字路口的駕駛人如果能得知紅綠燈之相關資訊

使駕駛人能於黃燈時判斷減速或加速，可以減少闖紅燈的次數，增進路口的安全；相反地，如果駕駛人於黃燈時行經路口，得到行車號誌之相關資訊，駕駛人可能高估其通過的可能性，因此會增加闖紅燈的可能性。設有行人倒數計時器之路口，研究結果發現於設有傳統行人號誌器之路口，駕駛人於黃燈快變紅燈進入路口的次數明顯地高於設有行人倒數計時器之路口，然而駕駛人利用行人倒數計時器提供的資訊會高速的進入路口，可能使駕駛人較無法避免未預期的行人或車輛，因而對路口安全有負面影響。

Bundy & Schrock(2007)有鑑於行人倒數計時器大量設置完成大約三年以上，想研究該設備對長期交通的影響，駕駛人是否參考行人號誌倒數計時器之資訊，使駕駛人加速以避免等紅燈，於是觀測一條路上四個路口，其中兩個有裝設行人號誌倒數計時器，另外兩個則裝設傳統行人號誌（顯示「走」與「停止」），結果發現駕駛人於設有行人倒數計時器之路口，駕駛人加速的比例明顯地減少，除此之外，駕駛人選擇「停止」比較可能於黃燈前就開始減速，此兩項發現似乎與原先認為的大相逕庭，因此認為駕駛人使用行人號誌倒數計時器提供之資訊有助駕駛人於紅燈前作出是否能通過路口的判斷。同時認為更多種型態的地點需要作觀測，使行人倒數計時器的裝設對駕駛人的影響研究更為完整。

蘇昭銘等(2008)研究行人倒數計時器的裝設對駕駛人的影響，將其影響分為駕駛人起步延滯之影響、行駛速率，並分為汽車與機車分別觀測，透過路口攝影觀察，發現駕駛人可能參考行人倒數計時器提供之資訊，於紅燈即將結束時先準備啟動車子，減少號誌變換的反應時間，其中機車駕駛人於有設置行人倒數計時器之路口，有顯著地提早啟動，表示駕駛人只是看到行人倒數計時器呈現紅燈，尚未等到行車號誌為綠燈時就起步。研究發現，綠燈結束前3秒，汽、機車駕駛人行經設有行人倒數計時器之速率，都比未設有行人倒數計時器之路口還低；並且，汽車於綠燈倒數3秒時順利通過的比例在設有行人倒數計時器之路口較高，表示駕駛人可參考行人倒數計時器以助駕駛人選擇如何通過路口。

Kyung et al.(2002)研究數字式行人號誌倒數與圖像式行人號誌倒數對行人是否有正向影響，結果發現無論是數字式倒數的路口或圖像式倒數的路口，當倒數裝置開啟時行人還停留在路口中的比例皆比倒數裝置關閉時高，且數字式倒數開啟時，當停止燈號亮起時還停留在路口中的行人更多，結論為當倒數裝置開啟且行人號誌為綠燈閃爍時，行人偏向於不通過路口。

Schmitz(2011)發現相關文獻關於行人倒數計時器對駕駛人之影響，其對交通安全影響有正向和負向，並未有一致結論，因此認為是因為地區性不同的影響，甚至同一個區域內不同的路口也可能有不同的結論，其觀察同一區域內的兩個路口，發現駕駛人於設置行人倒數計時器之路口，於黃燈時駕駛人會稍微提早停止，但並不顯著；且駕駛人於黃燈時在停止線之速率有明顯下降，此現象為行人倒數計時器裝設後導致車輛運作效率下降。另外，研究發現觀測的兩個路口，行人倒數計時器的裝設對交通安全與車流量效率之影響有不同的結果。

綜合以上文獻，設有「行車號誌外掛綠燈倒數計時器」的路口，駕駛人於綠燈剩餘 5 秒時通過停止線的車速顯著高於未設有的路口；然而，設有「行人倒數計時器」的路口，駕駛人於綠燈剩餘 3 秒時或黃燈時之車速卻顯著低於未設有的路口，對於駕駛人於路口的行為，無論是「行車號誌外掛綠燈倒數計時器」還是「行人倒數計時器」的路口，大致上對駕駛人的影響，能提供剩餘綠燈秒數的資訊以幫助駕駛人判斷是否通過路口，其反應大致都比未設有路口能較早反應，提早減速。由此可發現，每篇文獻其觀察地點不同，導致結論有所不同，Schmitz(2011)發現此差異，經由研究發現其結論於不同區域甚至同區域但不同路口也可能存在不同的影響；因此，本研究欲觀測「行人倒數計時器」於大台北地區之影響。

三、研究方法

3.1 觀測方法

透過實際路口觀測，以「錄影」方式記錄駕駛人之行為，分別於大路口與小路口觀察「有」與「無」設置行人倒數計時器的路口，當行車號誌於黃燈時，記錄駕駛人面臨黃燈後所作之行為反應及通過停止線之車速，利用統計分析方法，則可得知設置行人倒數計時器前後駕駛人的差異。

本研究使用兩種觀測方法：(1)、面臨黃燈時駕駛人之行為反應；(2)、於黃燈時駕駛人通過停止線之速率。

首先，於行車號誌為黃燈時，駕駛人位於設定距離路口可允許減速停止之距離的區段內，觀察位於該區段內的駕駛人面臨黃燈後之選擇行為，將其區分為四種互相獨立的分類，分別為「停止」、「於黃燈時穿越路口」、「於黃燈進入路口、紅燈時離開路口」、「於紅燈時進入路口」。記錄駕駛人之行為發生次數，以判斷駕駛人通過路口的抉擇，是否會因為有無設置行人倒數計時器而有所不同。

依上述方法，大致上可將駕駛人分為兩類，一種為選擇「停止」，而另外一種為選擇「通過」，對於選擇「通過」的駕駛人，則繼續觀測「於黃燈時駕駛人通過停止線之速率」，觀察駕駛人通過路口之速率，是否會受行人倒數計時器影響。

3.1.1 黃燈時駕駛人通過停止線之速率觀測

在開始拍攝前，先於停止線前方且與停止線水平的位置上以白色膠帶做記號以利換算車速，由於駕駛人是否受倒數計時器影響會直接從通過停止線的單點速率反應出來，因此直接測量駕駛人行經路口停止線時的瞬間車速，再和無行人號誌倒數的路口比較，了解駕駛人受到行人號誌倒數下分別在大路口及小路口受影響的量以及是正向影響還是負向影響。

將攝影機架設於停止線旁的位置上將鏡頭朝向停止線使車流方向與攝影方向垂直，再側向拍攝行經路口的車流速率，由圖 1 可明確地了解。於黃燈時開始拍攝至黃燈結束時停止，再換算於黃燈時通過停止線（通過 A 至 B 之固定間距所花時間）的車輛之速率，而速率的換算方式為，將所拍攝到的影片放到電腦中以 Corel VideoStudio Pro X4 軟體處理，此軟體可將所拍攝到的影片裡行駛中的車輛以原速率 10% 的速度慢速播放，然後再將影片以 30 分之 1 秒慢速的格放，從分割畫面中可以由車子行經 A 至 B 點的時間差與 A 至 B 點的間距離換算車速，因此可以透過這個軟體計算出當時的實際車速。

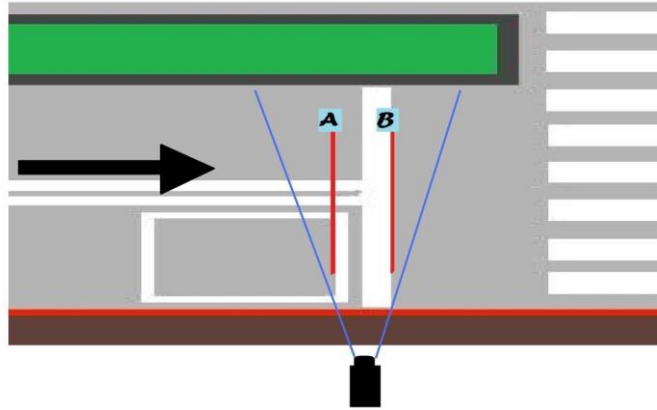


圖 1 觀察車輛通過停止線車速之示意圖

3.1.2 面臨黃燈時駕駛人之行為觀測

以人工現場觀測並登記的方式觀察黃燈時駕駛人行經路口時之行為，而樣本選定為當黃燈時，位在距離路口（停止線）25~30 公尺處的車輛，同樣以直行車輛為準。駕駛人行經號誌路口且面臨黃燈時只會有兩種行為「停下來」或是「通過」，而選擇通過路口又可分為「以正常速度通過」或是「加速搶燈通行」，另外也可以再分成「黃燈時通過路口」、「黃燈轉紅燈時通過路口」、「紅燈時通過路口」。

有設置行人號誌倒數計時器的路口，駕駛人在距離路口數十公尺外即可辨識行人倒數計時器倒數秒數之範圍內，可以透過自己目前所在位置離路口的距離、行人號誌倒數秒數等資訊，可得知是否可以順利通過路口，如果不能順利通過路口可能採取停車或是搶燈通行等。至於無設置倒數計時器之路口，駕駛人在通行路口的過程中沒有其他可以幫助判斷的依據，只能由行車號誌裝置上所顯示的燈號做決定，主要是以黃燈時距離路口長度做決定。

本研究設定合格的樣本為黃燈時距離路口停止線 25~30 公尺處的小客車其駕駛人之行為。選定 25~30 公尺是透過一般車輛行駛速度（40~50 公里），由開始煞車到完全停止時所需之距離（11.04~13.08 公尺）和看到黃燈後之反應時間及當時車速下可行走之距離（11.11~13.89 公尺）相加取整數。而選擇以黃燈時駕駛人之反應來區別在受行人倒數計時器影響下，行經大小路口的反應不同，是因為為了使在有設置及無設置行人倒數計時器之路口的合格樣

本之駕駛人再判斷是否通過時所面臨之情境相同之下，所以都設定是依據行車號誌為黃燈時開始產生不同的反應。

由於本觀察方式為觀測一固定距停止線距離之區間，於黃燈時剛好位於此區間內之車輛，其駕駛人之反應，因此於黃燈此時點，駕駛人位於該觀測區間內，各觀測樣本的時速不同，有些人快而有些人慢，然而若行人號誌對駕駛人有影響，則即會影響該駕駛人通過觀測區段的速度，進而影響駕駛人之行為。

3.2 觀測路口資訊

本研究的目的是在於探討行人號誌倒數對駕駛人行經路口時之影響，分別在行經大路口時與小路口時是否受到倒數裝置的影響及因為路口大小的差別所受到影響的差異，因此必須選擇兩組路口做對照，第一組是在同為大路口及同車流的條件之下有設置行人倒數裝置及無設置行人倒數裝置的路口，第二組則為在同為小路口、同車流的條件下，有設置行人倒數裝置及無設置的路口。為了要得到較客觀的結果不要受到其他干擾因子影響，所以在選擇路口時盡量找條件相近之路口，如沒有進行施工、無測速照相機及沒有警員指揮的路口。

首先我們設定研究的區塊為大台北地區，在歷經一個多月的路口調查後，我們決定選擇新北市的三峽地區做調查，因為有較多無行人號誌數裝置的路口，而且車流量穩定且適中，不會因車輛過多影響到駕駛人判斷，也不會因車流量太少找不到合格樣本，最後我們選擇的兩個對照組分別為，第一組（較寬廣的路口）為新北市三峽區復興路與國慶路交叉口、復興路與民生路交叉口，詳細觀測資料如表 1 所示；第二組（小路口）為新北市三峽區介壽路一段與長泰街交口、介壽路一段與大同路交叉口，詳細觀測資料如表 2 所示。

表 1 較寬廣的路口觀測資訊

路口名稱	復興路/國慶路	復興路/民生路
有無裝設行人倒數號誌	無裝設行人倒數號誌	有裝設行人倒數號誌
路口型式	十字路口	十字路口
觀察方向	西往東	西往東
號誌週期	177 秒	181 秒
綠燈/黃燈/紅燈時間	80 / 4 / 93 秒	89 / 4 / 88 秒
天氣	晴天	晴天
車道數	2	2
路口長度/寬度（公尺）	32.87/16.25	34.68/18.47
觀測日期與時間	2011/11/21（星期一） 08：00—12：00 14：00—16：30	2011/11/28（星期一） 08：00—12：00 14：00—16：30
攝影機架設位置	天橋上	路旁的騎樓
車種組成	大客車：4.91% 大貨車：6.25% 小客車：51.34% 小貨車：18.30% 機車：19.20%	大客車：5.78% 大貨車：9.75% 小客車：49.1% 小貨車：14.44% 機車：20.94%

表 2 小路口之路口資訊

路口名稱	介壽路一段/長泰街	介壽路一段/大同路
有無裝設行人倒數號誌	無裝設行人倒數號誌	有裝設行人倒數號誌
路口型式	十字路口	十字路口
觀察方向	西往東	西往東
號誌週期	144 秒	153 秒
綠燈/黃燈/紅燈時間	95 / 4 / 45 秒	99 / 4 / 47 秒
車種組成	大客車：3.98% 大貨車：5.97% 小客車：60.7% 小貨車：8.96% 機車：20.4%	大客車：2.17% 大貨車：10.87% 小客車：55.65% 小貨車：18.7% 機車：12.6%
觀測日期與時間	2011/12/26 (星期一) 08：00—12：00 14：00—16：30	2011/12/6 (星期一) 08：00—12：00 14：00—16：30
天氣	晴天	雨天
路口長度/寬度 (公尺)	22.32/17.25	24.69/17.07
車道數	2	2
攝影機架設位置	路旁的騎樓	天橋上

四、調查結果與分析

4.1 面臨黃燈時駕駛人之行為

表 3 為較寬廣路口有無設置行人倒數號誌與駕駛人行為的觀察次數表，其中不論是有無行人倒數號誌之路口，駕駛人行為之觀察次數最多的皆為「黃轉紅通過」。將「有無行人倒數號誌」與「駕駛人行為」作卡方檢定，檢定兩名義變數是否獨立，其檢定結果如表 4 所示，可得知「有無行人倒數號誌」與「駕駛人行為」兩名義變數於 5% 顯著水準下拒絕 H_0 之假設，說明兩名義變數不為獨立 (H_0 ：行人號誌有無與駕駛人行為為獨立； H_1 ：行人號誌有無與駕駛人行為不為獨立)。

表 3 較寬廣路口有無設置行人倒數號誌時駕駛人行為之次數表

駕駛人行為 行人倒數號誌	停止	黃燈通過	黃轉紅通過	紅燈通過	總數
無設置	21(16%)	23(17%)	58(43%)	32(12%)	134
有設置	39(38%)	4(4%)	49(47%)	12(12%)	104

表 4 較寬廣路口有無設置行人倒數計時器時駕駛人行為之卡方檢定

	數值	自由度	漸近顯著性 (雙尾)
Pearson 卡方	25.238	3	0.000
有效觀察值的個數	238		

a. 0 (0%) 的預期個數少於 5。最小的預期個數為 11.80。

將有與無設置行人倒數計時器的四種駕駛人反應行為之比例作是否相等的檢定，其假設如下，以此類推其餘三種。由於兩樣本抽樣皆超過 30 筆，根據中央極限定理可近似常態分配，其結果如下表 5 所示：

H_0 ：有行人倒數計時器下之駕駛人選擇「停止」的比例與無行人倒數計時器下之駕駛人選擇「停止」相同。（ $P_1=P_2$ ； P_1 ：於有行人倒數計時器下駕駛人選擇「停止」的比例占、 P_2 ：於無行人倒數計時器下駕駛人選擇「停止」的比例）。

H_1 ：有行人倒數計時器下之駕駛人選擇「停止」的比例與無行人倒數計時器下之駕駛人選擇「停止」不相同。

表 5 比例相等檢定（較寬廣路口）

統計值 駕駛人行為	Z 值	顯著性（雙尾）
停止	3.8467	0.0000
黃燈穿越	-3.2135	0.0014
黃燈入紅燈出	0.5894	0.5556
紅燈穿越	-2.4329	0.0149

經過統計檢定後可發現在 5% 顯著水準下，駕駛人行為「停止」、「黃燈穿越」及「紅燈穿越」此三種反應行為皆拒絕 H_0 假設，顯示較寬廣路口有或無行人倒數計時器下之比例不相同；若以單尾檢定，在 5% 顯著水準下，可發現有設置行人倒數計時器駕駛人行為「停止」之比例顯著的大於無設置行人倒數計時器之比例，而有設置行人倒數計時器駕駛人行為「紅燈穿越」與「黃燈穿越」之比例皆顯著地小於沒有設置行人倒數計時器路口之比例。

表 6 為小路口有無設置行人倒數計時器下駕駛人行為的觀察次數表，其中不論是有無設置，駕駛人行為之觀察次數最多的皆為「黃轉紅通過」。

表 6 駕駛人行為之次數表（小路口）

駕駛人行為 行人倒數計時器	停止	黃燈通過	黃轉紅通過	紅燈通過	總數
無設置	17(22%)	16(21%)	33(42%)	12(15%)	78
有設置	16(21%)	11(14%)	40(52%)	10(13%)	77

將「行人倒數計時器有無」與「駕駛人行為」作卡方檢定，檢定兩名義變數是否獨立，其檢定結果如表 7 所示，可得知「行人倒數計時器有無」與「駕駛人行為」兩名義變數於 5% 顯著水準下無法拒絕 H_0 之假設，表示無足夠的證據說明行人計時器的有無會影響駕駛人之行為，也就是無足夠的證據說明兩不獨立。

H_0 ：行人倒數計時器有無與駕駛人行為互為獨立

H_1 ：行人倒數計時器有無與駕駛人行為互不為獨立

表 7 卡方檢定（小路口）

	數值	自由度	漸近顯著性（雙尾）
Pearson 卡方	1.803	3	0.614
有效觀察值的個數	155		

a. 0 格 (.0%) 的預期個數少於 5。最小的預期個數為 10.93。

將有與無設置行人倒數計時器的四種駕駛人反應行為之比例作是否相等的檢定，其假設如下，以此類推其餘三種。由於兩樣本抽樣皆超過 30 筆，根據中央極限定理可近似常態分配，其結果如下表 8 所示：

H_0 ：有行人倒數計時器下之駕駛人選擇「停止」的比例與無行人倒數計時器下之駕駛人選擇「停止」相同。（ $P_1=P_2$ ； P_1 ：於有行人倒數計時器下駕駛人選擇「停止」的比例占、 P_2 ：於無行人倒數計時器下駕駛人選擇「停止」的比例）

H_1 ：有行人倒數計時器下之駕駛人選擇「停止」的比例與無行人倒數計時器下之駕駛人選擇「停止」不相同。

表 8 比例相等檢定（小路口）

統計值	Z 值	顯著性（雙尾）
駕駛人行為		
停止	-0.1544	0.8692
黃燈穿越	-1.0220	0.3064
黃燈入紅燈出	1.2022	0.2293
紅燈穿越	-0.4277	0.6689

經過統計檢定後可發現在 5% 顯著水準下，四種駕駛人行為皆不拒絕 H_0 假設，表示有或無行人倒數計時器下駕駛人行為之比例沒有顯著差異。

根據以上所觀察到之樣本資訊，發現於較寬廣路口有無行人倒數計時器確實會影響駕駛人面臨黃燈時所作出之行為，但於小路口下卻無顯著影響，可見行人倒數計時器對駕駛人是否有影響會於不同路口型態下有不同結論。

由此可以知道，較寬廣路口有設置行人倒數計時器時駕駛人能得知綠燈即將結束之資訊，進而提前作好是否通過的決定，也就是說駕駛人能於黃燈前即準備好以多少時速通過，可提前減速以利停止，因此駕駛人面臨黃燈時選擇「停止」的比例顯著地高於未設置之路口，也因此於未設置行人倒數計時器之路口，駕駛人闖紅燈的比例顯著地高於設有行人倒數計時器之路口，因此，行人倒數計時器的設置有助於交通安全的提升。

然而於小路口下，以無母數方法檢定後，有無行人倒數計時器對駕駛人行為並無顯著影響，駕駛人行為差異不大。至於在闖紅燈部分，不論有無行人倒數計時器路口之比例相近，但相對於較寬廣路口，小路口闖紅燈情況降低許多，這是因為路口小，駕駛人比較不會像面臨大路口前產生是否來得及通過的遲疑。

4.2 黃燈時駕駛人通過停止線之速率分析

表 9 為較寬廣路口有無設置行人倒數計時器時駕駛人面臨黃燈時通過停止線之速率分析，一般道路限速為 50 公里/每小時之情況下，無行人倒數計時器之路口其平均車速已超速，且最高車速竟超出速限約 19 公里/每小時；有行人倒數計時器之路口其平均車速雖未超出速限，但其最高車速卻超出最高速限約 15 公里/每小時。

表 9 樣本資訊 (較寬廣路口)

	無設置行人倒數計時器	有設置行人倒數計時器
有效樣本	99 輛	85 輛
平均車速	50.91 km/hr	45.23 km/hr
標準差	9.57 km/hr	8.46 km/hr
最高車速	69 km/hr	65 km/hr
最低車速	27 km/hr	31 km/hr

將觀察之樣本依車速分組，如圖 2 所示，橫軸為車速 (公里/每小時)，縱軸為相對次數 (百分比)，可明顯看出於一般道路限速 50 公里/每小時的情況下，無行人計時器之路口其超速 (高於 50 公里/每小時) 的比例高於有行人計時器之路口，將近 65% 的樣本超出速限，反觀有行人計時器之路口其超速之比例約 34%，幾乎為無行人倒數計時器路口的一半。且由圖可觀察到，有行人倒數計時器之路口的車速較為集中，反觀無行人倒數計時器之路口，其車速分配之範圍較廣。

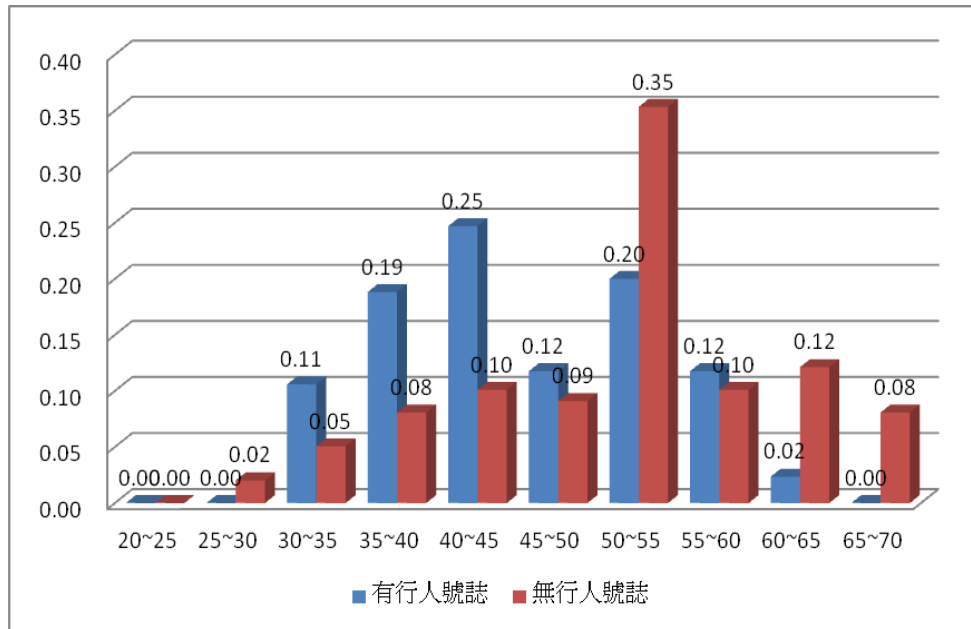


圖 2 車速相對次數表 (較寬廣路口)

表 10 為較寬廣路口有無行人倒數計時器其黃燈時通過停止線速率是否相等的統計檢定結果，由於「車速」此種資料特性為服從常態分配，且兩樣本皆為大樣本因此可根據中央極限定理近似常態分配，可發現利用 Levene 檢定在 5% 顯著水準下不拒絕變異數檢定之 H_0 假設，因此假設變異數相等，此時可發現 t 值為 4.234，在 5% 顯著水準下拒絕平均數相等之 H_0 假設，表示有無行人倒數計時器路口之平均時速不同，或以單尾檢定，可得知無行人倒數計時器路口下平均時速顯著大於有行人倒數計時器下平均時速。其中變異數相同之假設 (H_0 : 有無行人倒數計時器路口其車速變異數相同; H_1 : 有無行人倒數計時器路口其車速變異數不相同); 平均數相等之假設 (H_0 : 有無行人倒數計時器路口其平均時速相同; H_1 : 有無行人倒數計時器路口其平均時速不相同)

表10 獨立樣本檢定

		變異數相等的 Levene 檢定		平均數相等的 t 檢定				
		F 檢定	顯著性	t	自由度	顯著性 (雙尾)	平均差異	標準誤差異
車速	假設變異數相等	.015	.901	4.234	182	.000	5.68	1.3416
	不假設變異數相等			4.274	181.833	.000	5.68	1.3291

表 11 為小路口有無行人倒數計時器其黃燈時通過停止線之速率分析，不論有無設置行人倒數計時器路口之平均車速皆無超出速限(50 公里/每小時)。

表11 樣本資訊 (小路口)

	無設置行人倒數計時器	有設置行人倒數計時器
有效樣本	59 輛	49 輛
平均車速	45.65 km/hr	38.47 km/hr
標準差	9.46 km/hr	6.09 km/hr
最高車速	64 km/hr	58 km/hr
最低車速	24 km/hr	23 km/hr

將觀察之樣本依車速分組，如圖 3 所示，橫軸為車速 (公里/每小時)，縱軸為相對次數(百分比%)，可明顯看出無行人倒數計時器之路口其超速(高於 50 公里/每小時)的比例高於有行人倒數計時器之路口，將近 33%的樣本超出速限，反觀有行人倒數計時器之路口其超速之比例約僅有 2%，遠低於無行人倒數計時器路口。且有行人倒數計時器之路口的車速範圍較為集中，反觀無行人倒數計時器之路口，其車速分配之範圍較廣。

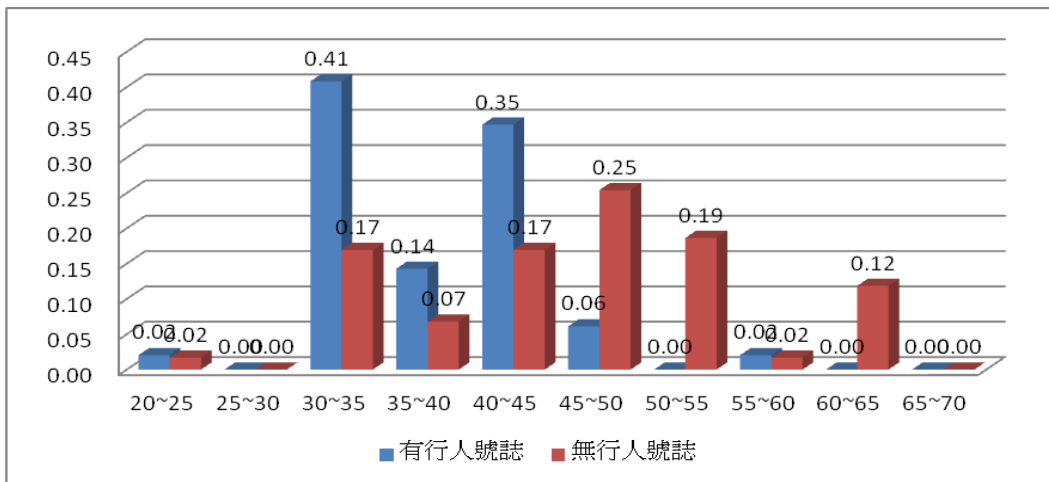


圖 3 車速相對次數表 (小路口)

表 12 為小路口有無行人倒數計時器其黃燈時通過停止線之速率是否相等的統計檢定結果，可發現利用 Levene 檢定在 5%顯著水準下拒絕變異數檢定之 H_0 假設，因此假設變異數不相等，此時可發現 t 值為 -4.761，在 5%顯著水準下拒絕平均數相等之 H_0 假設，表示有足夠證據顯示有無行人倒數計時器路口之平均時速不同，或以單尾檢定，可得知無行人倒數計時器路口下平均時速顯著大於有行人倒數計時器下平均時速。其中變異數相同之假設 (H_0 ：

有無行人倒數計時器路口其車速變異數相同； H_1 ：兩有無行人倒數計時器路口其車速變異數不相同)，平均數相等之假設 (H_0 ：有無行人倒數計時器路口其平均時速相同； H_1 ：有無行人倒數計時器路口其平均時速不相同)。

表 12 獨立樣本檢定

		變異數相等的 Levene 檢定		平均數相等的 t 檢定				
		F 檢定	顯著性	t	自由度	顯著性 (雙尾)	平均差異	標準誤差異
車速 (y)	假設變異數相等	5.340	0.023	4.580	106.000	0.000	7.179	1.567
	不假設變異數相等			4.761	100.143	0.000	7.179	1.508

根據以上資料分析，可發現不論是於較寬廣路口或小路口，設有行人倒數計時器時其平均速率顯著降低，其超速的比例遠低於未設置之路口，對交通安全有正面助益。其中小路口設有行人倒數計時器其車速變異數顯著地小於無設有行人倒數計時器之路口，有行人倒數計時器路口其車速分配也較為集中，也就是駕駛人應用該資訊後，使得車速較為相近，相對地，無設置行人倒數計時器之路口，駕駛人會依照個人習慣通過，因此車速較為分散。至於大路口雖然設有行人倒數計時器其車速變異數低於無行人倒數計時器之路口，但其影響並不顯著，無行人倒數計時器之路口平均時速顯著大於有行人號誌下平均時速，可見行人倒數計時器對駕駛人是否有影響會於不同環境下有不同的結論。

不論於較寬廣路口或小路口，無設置行人倒數計時器下駕駛人「黃燈通過」之比例皆高於有設置行人倒數計時器之路口，且於有設置行人倒數計時器下之駕駛人「黃燈進入路口、紅燈時離開路口」之比例高於未設置之比例。有行人倒數計時器之路口其平均速率皆顯著低於無設置之路口。

將有無行人倒數計時器對駕駛人之影響差異彙整於表 13，可發現行人倒數計時器對駕駛人之影響會因路口型態的不同而有不同的結果，因此表 13 所知，本文認為路口型態因素中，「路口的大小」此因素會使行人倒數計時器對駕駛人之影響有著不同的結果。

表 13 有無行人倒數計時器對駕駛人之影響差異

		大路口	小路口
		黃燈時於停止線速率	平均速率
變異數	不存在顯著差異		存在顯著差異
面臨黃燈時駕駛人行為		存在顯著差異	不存在顯著差異

五、結論與建議

本文使用實際觀測的方法判斷行人倒數計時器的裝設是否會影響駕駛人的行為，並且探討路口型態的不同是否會產生不同的結果，因此以路口大小及兩種觀測方法用以探討行人倒數計時器的影響，分析得到以下結論：

- 1.根據本研究資料，設有行人倒數計時器下產生的影響為：
 - (1)、面臨黃燈時駕駛人通過路口之車速降低，且超速的比例下降。
 - (2)、面臨黃燈時駕駛人選擇「停止」的比例提高，並且降低闖紅燈的比例。
 - (3)、面臨黃燈時駕駛人通過路口之車速變異數較低，分配較為集中。
- 2.本研究觀測「黃燈時駕駛人通過停止線之速度」，本為駕駛人面臨黃燈時那些選擇「通過」的人，結果設有行人倒數計時器下不但不會使駕駛人之速度增加，反而是使其減低。
- 3.行人倒數計時器提供駕駛人有關綠燈即將結束之訊息，使駕駛人有更充分的資訊且更容易做出正確的決定。
- 4.本研究觀測較寬廣路口與小路口下行人倒數計時器的設置對駕駛人之影響，根據觀測樣本作分析後可得如下：
 - (1)、較寬廣路口：駕駛人面臨黃燈時選擇「停止」的比例顯著地上昇，而闖紅燈之比例顯著地下降；而於黃燈時駕駛人通過路口之速度顯著地下降，但其變異數無顯著地不同。
 - (2)、小路口：面臨黃燈時駕駛人之反應行為，於比例上皆無顯著的不同，也就是行人倒數計時器設置後，駕駛人行為無太大的改變；而於黃燈時駕駛人通過路口之速率顯著地下降，且其變異數顯著地下降。
- 5.經由觀測發現行人倒數計時器不論於何種路口並沒有使駕駛人有如綠燈倒數計時器一般之影響，例如：闖紅燈比例增加或者加速通過的情形。因此，本研究認為行人倒數計時器對駕駛人行為之影響，反而有正面的助益。行人倒數計時器本為方便行人通過路口，但同時也會提供給同向的駕駛人一些參考資訊的影響。
- 6.本研究證實了同一區域內，不同種類的路口，行人倒數計時器對駕駛人產生不同的影響，也可說明為何文獻對行人倒數計時器的結論會不同。但本研究僅以「路口大小」作判斷，為有更深入且廣泛瞭解哪些路口因素會產生影響，建議往後研究可多尋找其他的因素，能更確認行人倒數計時器對駕駛人行為之影響。

參考文獻

- 張建華(2008)，車行號誌倒數計秒器下駕駛行為分析，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文。
- 唐慧寧(2006)，行車號誌倒數計時器設置程序之研究-以紅燈倒數計時器為例，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文。
- 陳一昌、張開國、張仲杰、賴靜慧(2007)，行車管制號誌加裝倒數計時顯示裝置之影響，交通部運輸研究所。
- 蘇昭銘、林芝嶸、唐婉玲、朱玉英(2008)，行人倒數計時器對汽機車駕駛行為之影響分析，道路交通安全與執法研討會。
- Brandon Bundy and Steven D. Schrock (2007), *Modification of Driver Behavior Based on Information from Pedestrian Countdown Timers*, University of Kansas.
- Jacob N. Schmitz (2011), *The Effects of Pedestrian Countdown Timers on Safety and Efficiency of Operations at Signalized Intersections*, University of Nebraska – Lincoln.
- Kyung Whan Kiln, Yeong Kim, and Hyun Yeal Seo(2002), *An Evaluation of Pedestrian Countdown Signals*, KSCE Journal Of Civil Engineering, Transportation Engineering.
- S. Brian Huey and David Ragland(2006), *Changes in Driver Behavior Resulting from Pedestrian Countdown Signals*, Safe Transportation Research & Education Center, Institute of Transportation Studies, UC Berkeley.

臺灣機車交通工程設計之回顧與展望

張勝雄¹

張開國²

孔垂昌³

周文靜⁴

張耕碩⁵

摘 要

機車已成為臺灣主要的交通工具之一，而機車靈巧的操控性也增加路段或路口上超車、鑽車隙的情形，提升了機車與汽車混合行駛時之風險，為了改善類似情況，因此出現汽機車分流行駛之概念。本研究主要蒐集過去汽機車分流產生之問題、車流特性、工程設計建議標準，並將機車行駛空間分為路段與路口兩個部分分析說明，路段包括：緩衝區、車道配置、車道寬度；路口包括：機車停等區、左轉待轉車道、待轉區等。文獻回顧後發現，關於機車分流之相關研究多集中於民國 85~90 年間，車流特性是否與現況相同有待研究；而建議工程設計標準方面因當時機車分流工程尚未普遍，無法有較多實際情況以供分析，因此大多採電腦視覺模擬方式，請受測者模擬駕駛情況，再提出設計標準建議。本研究回顧機車車流特性與工程設計建議後，提出台灣機車未來之展望。

關鍵字：緩衝區、車道寬度、機車停等區、待轉區

一、機車交通工程問題

我國目前許多道路配置型態為混合車流，由於汽機車實體大小及操作特性的差異，當兩者使用同一道路空間時，可能造成許多衝突，因此陳柏君等人（民國 87 年）建議，在兩種運具車流特性差異到達一定程度時，可將之分流，以提升安全與效率，而分流方式可分為空間與時間兩類。時間分流可實行於路段或路口，路段上將汽機車以實體或標線的方式區隔，亦即設置機車專用道或機車優先道；路口則設置機直行車停等區與機車左轉停等區。時間

¹淡江大學運輸管理學系運輸科學研究所副教授（聯絡地址：新北市淡水區英專路 151 號，電話：02-26236517，E-mail：shawn@mail.tku.edu.tw）。

²交通部運輸研究所運安組組長（聯絡地址：臺北市敦化北路 240 號，電話：02-23496855）。

³交通部運輸研究所運安組副研究員（聯絡地址：臺北市敦化北路 240 號，電話：02-23496855）。

⁴交通部運輸研究所運安組研究員（聯絡地址：臺北市敦化北路 240 號，電話：02-23496855）。

⁵淡江大學運輸管理學系運輸科學研究所研究生。

分流偏向路口的號誌設計管制方式，亦即透過時相將機車與汽車區隔，減少兩種運具間的衝突。

雖然分流以提升安全與效率為目的，但是，不良的交通工程設計，將導致不同運具間的衝突，而產生如路口進入待轉區側撞、路段超車擦撞等新的問題，以下分別討論路段與路口汽機車採取分流措施後產生的問題。

1.1 路段問題

路段上若採取汽機車相關分流措施，於路段起始處首先碰到的問題為緩衝區長度與車道配置位置，為了給予機車足夠時間經過路口進入路段的機車專用道，因此需設置緩衝區，但目前緩衝區設置並未有一正式設的計標準（許添本等人，民國 88 年），緩衝區長度不足的情況可能造成機車沒有足夠時間進入機車專用道，嚴重時將發生機車降低車速尋找機會進入專用道的情況，使效率下降。另外，車道配置需視周邊土地活動強度與轉向需求而定，錯誤的配置將增加路段衝突。

機車專用道寬度可能影響機車的行駛速度與超車行為，雖然市區道路及附屬工程設計規範說明了機車專用道的設計寬度，單一車道不得小於 1.5 公尺、雙機車道不得小於 2.5 公尺（內政部，民國 98 年），但並未說明不應大於多少，且過去幾年於實務上設置機車專用道時通常是在配置完汽車道後，才將剩餘空間設置機車專用道，而造成機車道出現過寬、過窄或模稜兩可的情形，過寬雖使行駛速度提升，但也增加事故風險程度，標線分隔時若車道過窄，則將出現機車專用道使用率降低或者騎乘時有壓迫感的情形，失去設計意義，而模稜兩可寬度則增加超車事故次數。

1.2 路口問題

直行機車停等區已成為國內路口設置主流，雖然設置後可能變相提升了機車於路段行駛時的鑽隙行為，增加路段行駛之風險，但目前無更佳的方式改善汽機車停等情況，因此直行機車停等區仍為主要汽機車路口停等設計方式，但是停等區常出現位置不足或者使用率低的情況。過去相關研究並沒有實例佐證待轉區應於何種情況設置，僅以專業判斷歸納，希望能以較符合機車集中停等與紓解特性之方式設計（許添本等人，民國 87 年）。

號誌可將汽機車以時間方式分流，於該種情況下，機車左轉便不易使用汽車左轉空間直接跟隨汽車左轉，必須特別處理左轉機車，而左轉管制的方式可分為直接左轉與兩段式左轉，但判斷方式仍須進一步研究（許添本，民國 87 年），表 1 為直接左轉與兩段式左轉的問題。

表 1 不同機車左轉管制方式下之現況缺失

機車直接左轉路口缺失	機車兩段式左轉路口缺失
1.機車左轉方式未予告知或標示不明	1.機車慢車兩段左轉標誌毀損或被遮蔽
2.左轉機車無適當停止空間	2.標誌與標線未能配合
3.左轉機車行為與對向車流衝突	3.左轉待轉區標線劃設不當造成衝突
4.機車穿梭車陣間之衝突	4.待轉機車與行人衝突
	5.尖峰時段待轉空間不足
	6.停止線約束力受挑戰

資料來源：陳柏君（民國 87 年）

待轉區設置於行穿線前方，提供兩段式機車待轉之用，陳柏君（民國 89 年）的研究指出，機車騎士進入待轉區時會出現壓過行穿線再進入待轉區的行為，或者有停等於待轉區外的情況發生，另外待轉區雖有規定設置位置與方式（不含大小），但是可能受限於道路環境，而難以如規定設置。

為了提升機車行駛安全，減少路段或路口的衝突情況，因此採取時間或空間的方式將汽機車分流，本節整理採分流之交通工程設計方式而產生的問題，路段探討項目分為：緩衝區長度、車道配置位置、機車道寬度與路側淨距；路口探討項目分為：直行機車停等區、機車左轉待轉區與號誌設置，而相關問題整理如下表 2：

表 2 機車分流之交通工程設施問題

位置	分流設施	現況或設置不當產生的問題
路段	緩衝區長度	●緩衝區長度不足，造成機車減速等候進入機車專用道，降低行駛效率
	車道配置位置	●增加因為需停靠路邊的車輛與機車產生的衝突 ●增加機車轉向的困難度
	機車道寬度	●通常為汽車道配置完畢後剩餘的空間，造成車道寬度大小不一，不符合駕駛習慣 ●設計準則較為粗略，未限制寬度不得大於多少，增加行駛速度提升事故風險程度 ●車道過窄造成使用效率降低或者騎乘時有壓迫感 ●模稜兩可寬度增加因起車發生的事故
路口	直行機車停等區	●變相鼓勵路段上機車鑽隙行為 ●停等區使用率低 ●空間大小不足
	機車左轉待轉區	●騎士進入停等區時，可能占用行穿線 ●受限於道路環境，無法適當設置
	左轉號誌設置管制	●機車左轉無法利用汽車左轉空間左轉 ●直接左轉與兩段式左轉判斷方式尚未確立

資料來源：本研究整理

二、機車車流特性

建立機車分流概念與機車專用道之前，必須先了解機車車流特性（許添本，民國 90 年），依據許添本等人的架構，將一般將機車行駛空間分為路口與路段兩處，路段特性包括：行駛車道分布、速率、亂度、衝突；路口行為包括：停等特性、左轉待轉特性、紓解特性。

2.1 機車路段車流特性

2.1.1 車道分布

許添本（民國 90 年）調查當時機車行駛車道分佈，機車多行駛於混合車道或外側車道，為符合此種配置造成的機車靠右行駛駕駛習慣，機車專用道配置建議可先設於道路外側。

由於近幾年許多路段逐漸開放汽車道予機車，取消靠外側之禁行機車標線，此方式除了增加機車行駛空間，也灌輸民眾汽機車於行駛速度 70kph 以下操作特性差異不大，可混合行駛的觀念。因此，目前機車駕駛車道分佈型態是否如過去研究之調查仍有待進一步研究。

2.1.2 速率

過去調查機車行駛於汽車道上的研究顯示，機車速度偏高，且變異程度大，許添本等人調查機車行駛空間車道化後駕駛行使特性。研究顯示，機車行駛較為集中，而產生行駛速度變慢、速度集中且亂度較低的情況，因此機車行駛於車道化空間有助於集中機車速率，並降低機車行駛速率，另外如果速度變異程度降低，也有助於降低肇事嚴重程度。

2.1.3 行駛亂度

亂度旨在反映機車行駛時左右偏移的現象，其定義為車輛縱向行駛 10 公尺，在橫向位移量的絕對值平均，行駛亂度值越高代表車流秩序越混亂，許添本等人（民國 90 年）研究發現，機車在無專用道的情況行駛亂度大於設有機車專用道時的行駛亂度，此現象說明未來若能適當設置機車專用道，將可提升車流秩序。

2.2 機車路口車流特性

2.2.1 停等特性

關於停等區之研究可分為使用者特性與紓解特性兩方面，使用特性描述設置停等區後，駕駛者進入停等區與停等的情況，紓解特性則比較設置前與設置後之差異。

許添本等人（民國 87 年）說明，若以較符合機車集中停等與紓解特性之方式設計停等區，可提升道路空間的使用效率，減少汽機車夾雜停等現象，因此分析設置直行機車停等區對紓解特性產生的影響，並且內容偏向進入停等區受阻對停等區使用率之影響，研究重點整理如下：

1. 汽車是否違規停入機車停等區與第一部機車是否順利進入停等區內會影響停等區內機車數量。

2.機車停等區使用效率隨機車進入停等區路線與角度、駕駛者欲保持舒適停等空間有所不同。

3.機車前往停等區之路線受阻，停等區使用率隨之降低。

許添本（民國 90 年）之研究說明，由於機車體積小，因此在於路口停等時有向前集中，橫向發展的趨勢，停止線對機車限制小，即代表大多數機車並部會停止於停止線後方，在路口設置待轉區時，機車會停等於待轉區與停止線之間的行穿線上，該研究偏向描述停等區內停等之情況調查結果如下：

1.機車駕駛者所需求之停等空間可能會超過單一機車停止時所占用之淨面積 2.2 平方公尺，平均約 3.2 平方公尺。

2.機車駕駛者習慣停等於右側靠近路邊緣石，不習慣停等靠近快車道區。

3.每個號誌周期下的機車停等區的使用率不相同。若其前幾輛機車停等位置為停等區外側，則後續機車將受阻礙，以致於進入停等區停等的比率降低。

游恕信（民國 101 年）透過問卷與錄影的方式得知，機車於紅燈進入機車停等區時，並不是依照綠燈後欲行駛的方向停等於機車停等區內，而是以能夠順利進入機車停等區的方式為主，該特性使得綠燈後機車交織與衝突情況嚴重，圖 1 為依照敘述概念所繪之狀況。

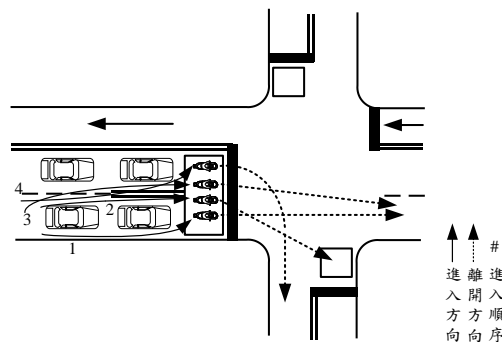
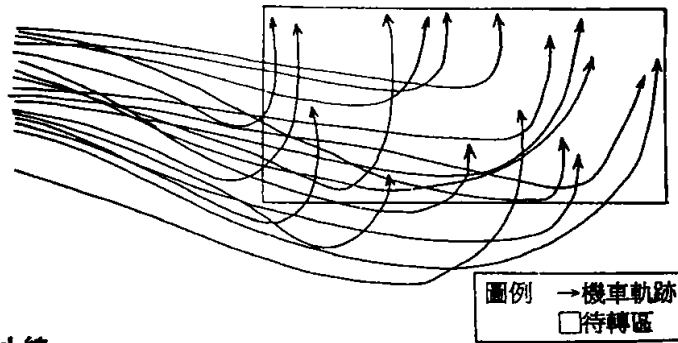


圖 1 機車進入停等區順序與離開方向

2.2.2 機車左轉待轉區

機車騎士進入左轉待轉區時，常出現與行穿線行人發生衝突的情況（圖 2），以錄影方式調查和平東路-新生南路之機車待轉區，研究顯示，西向路口與北向路口違規比例差異大（西向 80.66%、北向 28.70%），但兩個待轉區基本特性差異不大（大小、待轉區前緣與路口淨空標線距離、待轉區後緣與停止線距離），較有差異的為平均左轉機車輛（西向 2.7 輛/週期、北向 9.6 輛/週期）（許添本等人，民國 89 年），但是由曝光量角度分析無法推得合理結果，只能說明機車左轉待轉區應與行人穿越道保持適當距離，以免造成衝突。

黃網線



停止線

資料來源：許添本等人，民國 89 年

圖 2 待轉區機車行駛軌跡示意圖

本節整理了機車於路段與路口行駛的特性，路段包含車道分布、速率、行駛分布與衝突肇事；路口包括直行機車停等區與機車左轉待轉區，而上述特性整理如下表 3：

表 3 路段與路口機車行駛特性

位置	分析項目	行駛特性
路口	直行機車停等區	<ul style="list-style-type: none"> ● 停等時有向前集中，橫向發展的趨勢 ● 停止線對機車限制小 ● 口設置待轉區時，機車會停等於待轉區與停止線之間的行穿線上 ● 機車駕駛者所需求之停等空間可能會超過單一機車停止時所占用之淨面積 2.2 平方公尺，平均約 3.2 平方公尺。 ● 機車會由於停等區通道受阻而無法進入停等區中，受阻的原因包括汽車占用停等區，及前方機車占用車間空隙 ● 機車駕駛者習慣停等於右側靠近路邊緣石 ● 若前幾輛機車停等位置為停等區外側，則後續機車將受阻礙，以致於進入停等區停等的比率降低 ● 汽車是否違規停入機車停等區與第一部機車是否順利進入停等區內會影響停等區內機車數量 ● 機車停等區使用效率隨機車進入停等區路線與角度、駕駛者欲保持舒適停等空間有所不同 ● 機車於停等區停等時並非依照綠燈後欲行駛方向停等，交織情況嚴重
	機車左轉待轉區	<ul style="list-style-type: none"> ● 機車騎士進入左轉待轉區時，常出現與行穿線行人發生衝突的情況
	衝突肇事	<ul style="list-style-type: none"> ● 分流無法排除所有衝突，有部分必須依賴其他管制手段減輕其衝擊，特別在交叉口的左右轉交通管制方面
路段	車道分布	<ul style="list-style-type: none"> ● 過去研究機車多行駛於混合車道或外側車道 ● 目前開放禁行機車道予機車行駛狀況可能與過去不同
	速率	<ul style="list-style-type: none"> ● 機車行駛於汽車道上的研究顯示，機車速度偏高，且變異程度大 ● 機車行駛空間車道化後，駛速度變慢、速度集中且亂度低
	行駛分布	<ul style="list-style-type: none"> ● 機車在無專用道的情況行駛亂度大於設有機車專用道時的亂度
	衝突肇事	<ul style="list-style-type: none"> ● 實施分流後汽機車間發生的同向變換車道衝突可完全消除

資料來源：本研究整理

三、機車交通工程設計方式

3.1 路段設計方式

3.1.3 機車道寬

機車專用道影響機車行駛速度、安全、超車行為與行使駛之秩序，影響機車專用道設計因子包含速度、安全間距、超車所需間距等因素。機車專用道寬度應避免汽車行駛為原則，因此需小於 2.5 公尺，但考慮機車動態車寬，設計上以 1.2 公尺為下限，並以 1.5 公尺為標準寬。混合車道部分寬度可達 5 公尺，若不考慮路邊停車，則至少 3.5 公尺（許添本等人，民國 90 年）。表 4 為過去一些機車專用道設計相關研究建議之設計寬度。

表 4 機車專用道寬度設計值

研究名稱	機車道寬(m)		備註
台灣省市區道路規畫標準之研究	主要幹道	次要幹道	
	1.5~2.0	1.5~1.8	
	單一機車道 ≥ 1.8		
市區道路及附屬工程設計規範	單機車道	雙機車道	
	≥ 1.5	≥ 2.5	
台北都會區快速道路係編號及本省都市計劃道路路型設計之研究	1.5~2.0		
台北市區道路功能分類與路行規劃	機車道+超車	雙機車道	
	1.9	2.4	
研商機車專用道配置及相關配合事宜	機車道+超車	雙機車道	
	1.65~1.9	2.15~2.4	
機車速率與車道寬度需求關係分佈	車速(KPH)	建議車道寬	
	$V=0$	$0.85 \leq W \leq 1.2$	靜態
	$0 < V \leq 16$	$1.0 \leq W \leq 1.5$	動態
$16 < V$	$1.5 \leq W \leq 2.5$		

資料來源：本研究整理

機車專用道可再細分為機車專用道車道，此概念與道路相同，道路包含汽車道、混合車道、機車專用道等，而機車專用道與機車專用道車道示意圖如圖 3，令 W 為道路寬，則單向道路寬為 $W/2$ 、汽車車道寬為 l_a 、機車專用道寬為 w_m 、機車車道寬為 l_m ，機車專用道寬度決定了是否將專用道區分為多車道，雖然有許機車專用道車道寬研究，但是實際應用的情況並不多，多數研究探討機車專用道車道之寬度。

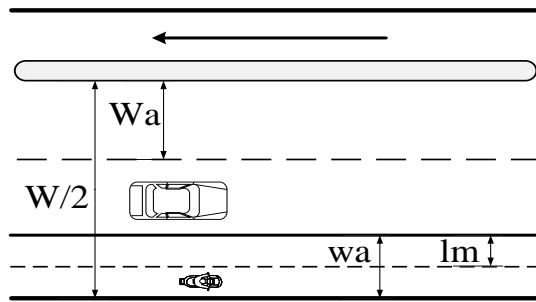


圖 3 機車專用道寬、機車專用道車道寬示意圖

3.1.2 車道配置

機車道配置需依照路邊活動強度與轉向需求而定，若將車道區分為汽車道、機車道及混合車道三種，佈設情況有三種可能，汽車道-混合車道-機車道、汽車道-機車道-混合車道與機車道-汽車道-混合車道（楊德邵，民國 88 年），而上述三種設計方式優缺點與圖示如表 5 所示。

1. 機車道-汽車道-混合車道

機車道配置於最內側車道方式，適用於穿越性旅次為主之路段，由於干擾較少，因此機車行駛速度較高，而且對於公車停靠的干擾較小，另外，此方式提供機車較佳的左轉空間。但是，機車道設於最內側較不符合民國 88 年的機車駕駛人習慣。如果無左轉專用時向，將增加左轉汽車與直行機車的衝突，且欲右轉的機車右轉困難。

2. 汽車道-機車道-混合車道

適用於都市混和土地使用區域，路邊活動強的地區有較高之適應性，對於公車停靠及路邊停車的干擾較小，但較不符合民國 88 年時機車駕駛人習慣，路邊停靠之汽車與機車產生交織，此時混和車道只供路邊活動進出之用。

該設計方式較適用於路邊停車需求高之路段，為確保混和車道不因工車站或路邊停車所占用，造成混合車道上車輛行進困難，因此對於混合車道之寬度必須加以注意，由內側至外側加上停車位之寬度配置為汽車道 3.5 公尺、機車道 3 公尺、混合車道 3.5 公尺與停車位 2 公尺。

3. 汽車道-混合車道-機車道

在無路邊停車需求時（包括汽機車停車、公車停靠、計程車停靠等）車道配置只需配置汽車道及機車道，兩者的相對位置為汽車道在內、機車道在外，若空間許可，也可在汽車道與機車道之間配置混合車道。

該方法為避免右轉汽車與機車衝突的最佳方式，且符合機車靠右行駛特性，對機車騎士而言衝擊小。但若路邊活動強度高（商業區或有停車需求區段），於停車過程中將造成機車車流中斷或轉向，因此適用於路邊並無公車站與路邊禁止停車之道路，寬度配置由內側至外側為汽車道 3.5 公尺、混合車道 3.5 公尺與機車道 2 公尺。

表 5 單向車道佈設方式

編號	優缺點	示意圖		
1	優點 ● 提供左轉機車較佳空間 ● 提升行駛速度 ● 減少公車欲停靠路邊與機車產生之干擾 缺點 ● 不符台灣汽車駕駛習慣 ● 與左轉汽車嚴重衝突 ● 右轉機車須跨越快車道	機車道	汽車道	混合車道
2	優點 ● 路邊活動強之地區有高適應性 ● 對於路邊停靠公車干擾小 缺點 ● 不符合目前台灣汽機車駕駛習慣 ● 欲路邊停靠之汽車與機車產生衝突 ● 欲進入汽車道之汽車與機車產生衝突	汽車道	機車道	混合車道
3	優點 ● 符合目前台灣汽機車駕駛行為 缺點 ● 路邊活動強之地區汽車停靠與機車產生衝突	汽車道	混合車道	機車道

資料來源：楊德邵（民國 88 年），本研究整理

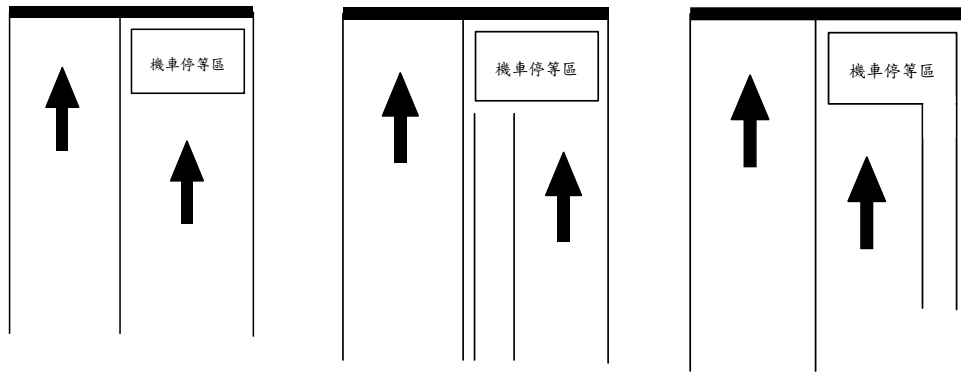
3.2 路口設計方式

路口設計方式主要探討直行機車停等區基本寬度與深度，並說明欲增加寬度與深度時應以多少公尺為基本比例增加。左轉管制方式中左轉方式可分為直接左轉、兩段式左轉與禁止左轉（許添本等人，民國 89 年），若採直接左轉建議設置左轉車道；若採兩段式左轉則須設置左轉待轉區，另外也須因應左轉管制方式而設置新的標誌標線。

3.2.1 直行機車停等區

停等區深度考量機車長度(1.6~2.0m)與停等保留淨空(0.5m)，因此最小深度為 2.5 公尺，深度以 2 公尺為基本增加單位；機車道寬度以單一汽車道寬(3.2m)為最小寬，寬度以 1.6 公尺為基本單位增加（許添本，民國 87 年）。

直行機車停等區可分為三種類型，分別為未車道化機車停等區(a)左側車道化機車停等區(b)與右側車道化機車停等區(c)如圖 4 所示（楊德邵，民國 88 年），但並未詳細說明何種情況下應如何設置。



(a) 未車道化機車停等區 (b) 左側車道化機車停等區 (c) 右側車道化機車停等區
資料來源：楊德邵，民國 88 年

圖 4 直行機車停等區設計方式示意圖

3.2.2 左轉管制方式

1. 左轉方式

許添本（民國 87 年）認為若採取汽機車分流，機車便不易使用汽車左轉空間直接隨汽車左轉，需考慮機車數量及車道分佈情形來決定，若機車採用兩段式左轉即須劃設左轉待轉區，而左轉待轉區的設置涉及機車的道路幾何與交通量條件。

在道路幾何方面，可按路段車道數來分為單向兩車道或三車道以上兩種，並且區分有無機車道及機車專用停等區；機車交通量方面則以左轉機車數每號誌周期內 6 輛機車或每尖峰小時左轉機車 200 量為區分。在交通號誌管制方式方面，若對於無號誌管制之路口，機車可直接左轉不必採取兩段式作法。而在號誌化交叉口則必須考慮到道路幾何條件，當道路單向路段車道數 ≤ 2 車道時，以一段式左轉為原則；當路段車道數總數 ≥ 3 車道時，以兩段式左轉為原則。可配合左轉專用道及路段長度進行適當的設計，圖 5 為左轉管制方式簡易判斷流程圖。

根據臨界衝突條件分析，若達到可以直接左轉之條件時，則可以考慮配置機車左轉道。機車左轉道主要是利用汽車左轉專用道加設機車左轉道之概念，在路口設有左轉保護時相時，提供機車與汽車併行左轉，而機車左轉保護時相之設計可參考汽車左轉保護時相設計準則，以每尖峰小時左轉機車超過 200 輛，或每號誌周期內左轉機車達 6 輛者為原則。

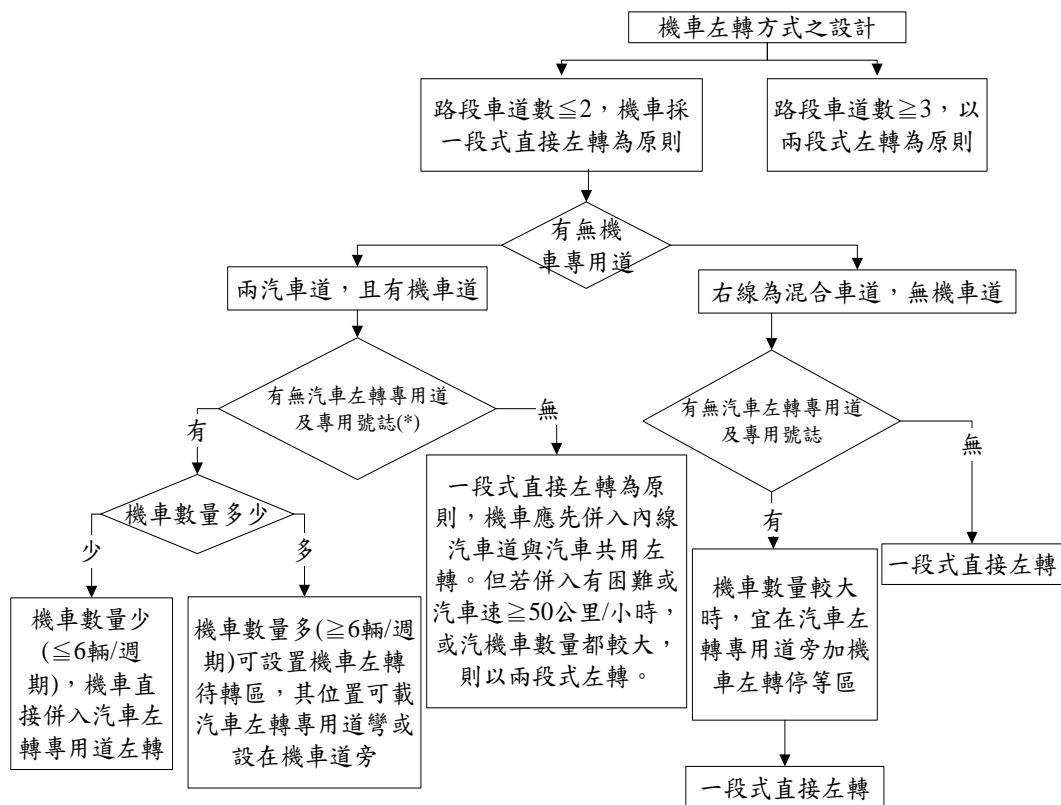


圖 5 機車左轉管制方式簡易判斷方式

註 1：但若整體路口可以用分流設計其設計方式，左轉專用號誌一段式直接左轉

(若無法設置兩段式左轉待轉區時，則採禁止機車左轉)

註 2：(*)快慢分隔(車道分隔)則將機車左轉之處理方式，依路段 3 車道以上方式處理。

資料來源：許添本(民國 87 年)

陳柏君(民國 87 年)以其乘積為判斷機車是否可安全地併入左轉之準則，而當衝突流量乘積大於臨界條件時，即表示衝突情況嚴重，其路口不適合採取直接左轉，必須採用兩段式左轉。

透過模擬求得所有情況下之衝突流量乘積值，依據不同車道數、不同交織區長度設計結果得知機車在 100 公尺處開始併入動作，因此採用 100 公尺為設置變換車道之依據。採 80 公尺作為交織區長度統一設置準則後，其衝突流量乘積如表 6 所示，若大於表之值，表示此一汽機車衝突流量大過表中之臨界流量值，此時不宜採用機車直接左轉。

表 6 機車直接左轉之臨界衝突流量乘積值

車道數	2 車道	3 車道	4 車道	5 車道
臨界衝突流量乘積	6.48×10^4	7.49×10^4	1.30×10^5	1.80×10^5

資料來源：陳柏君(民國 87 年)

2. 機車左轉待轉車道

在機車左轉待轉車道規劃上，許添本(民國 87 年)建議長度設置原則為機車直線停等方式，車道寬以 1.5 公尺為原則，至少 1.2 公尺，長度按紅燈期間到達機車數計算，每輛機車以 2.5 公尺計，總長度至少 15 公尺，但未說明

至多為幾公尺。

許添本、陳柏君（民國 89 年）認為機車左轉道可分為兩種，設置於中央分隔路型之內側車道處與快慢分隔路型之外側車道處。中央分隔型路口最內側車道為汽車左轉專用道，可將機車左轉道附加於汽車左轉專用道之右側，寬度以 1.5 公尺為原則，並應於路口前 100 公尺處設置標誌，如圖 6(a)所示。該設計方式以減少路口衝突情況為考量，但車道數越多，機車由外側車道進入機車左轉道交織的情形也越嚴重。

快慢分隔型路口機車無法駛入內側車道左轉，但可於慢車道處增設機車左轉道，附加於右側車道之左側，配合車道一併設計，寬度以 1.5 公尺為原則，並配合畫設機車專用標線引導，如圖 6(b)所示。該設計方式可減少路段交織情形，行駛上較中央分隔型機車左轉道安全。

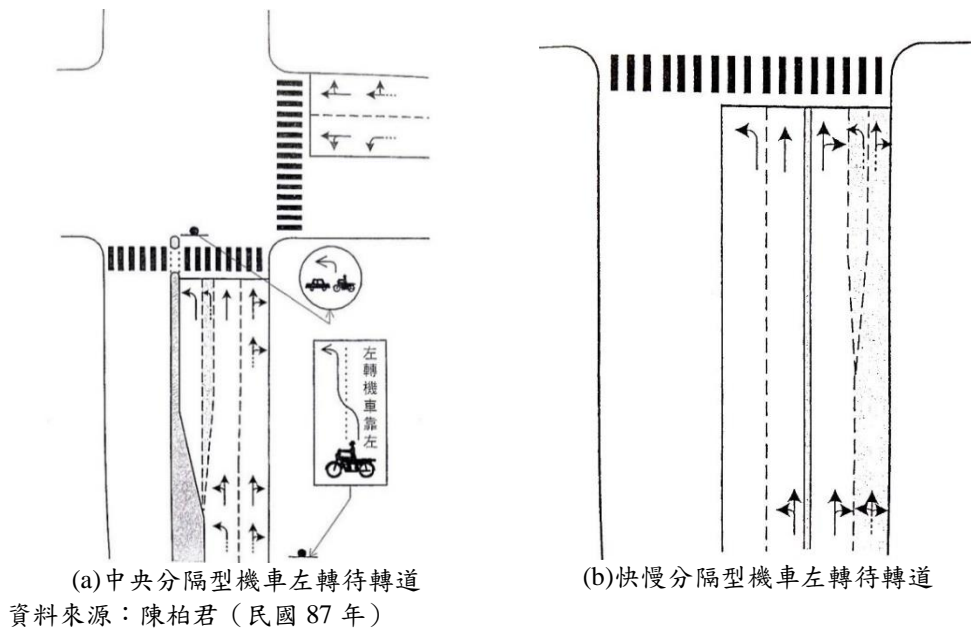
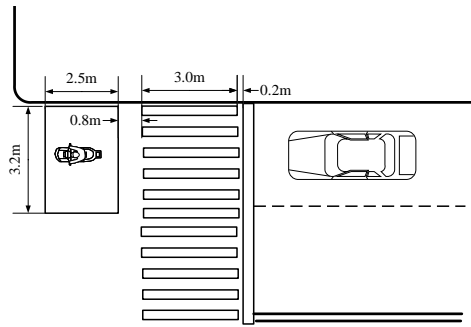


圖 6 機車左轉待轉車道

3.左轉待轉區

許添本、陳柏君（民國 89 年）建議一般橫向路口待轉區之設置條件為淨寬 9 公尺以上且不能向前凸出阻礙橫向直流車流及阻擾轉向車流為原則，而考慮機車車身及設留淨空以深度 2.5 公尺、寬度 3.2 公尺為基本，欲增加深度則以 2 公尺而增加寬度則以 1.6 公尺為基本增加單位，而待轉區配置前緣需與行車動線切齊以 0.3 公尺為主，後緣標線與後方行人穿越道或停止線之安全淨距透過錄影調查方式得知，保持 0.8 公尺之距離可包含 85% 機車進入待轉區前之軌跡，減少與行人的衝突，如圖 7 所示。



資料來源：陳柏君（民國 87 年）

圖 7 機車兩段式左轉待轉區設置示意圖

機車專用道設計方式由路段與路口分類後各分析項目整理如下表 7，路段包含緩衝區長度、車道配置位置與機車道寬，路口分維值型機車停等區、左轉方式、左轉車道、機車左轉待轉區與標誌標線。

表 7 機車專用道設計方式

位置	分析項目	設計方式
路段	緩衝區長度	<ul style="list-style-type: none"> ● 緩衝區長度(m)=平均入匯入距離 65(m)-路口寬度(m)
	車道配置位置	<ul style="list-style-type: none"> ● 機車道-汽車道-混合車道 ● 適用於穿越性旅次為主之路段 ● 汽車道-機車道-混合車道 ● 適用於都市混和土地使用區域 ● 汽車道-混合車道-機車道 ● 無路邊停車需求時（汽機車停車、公車與計程車停靠等）
	機車道寬	<ul style="list-style-type: none"> ● 如表 5 所示
路口	直行機車停等區	<ul style="list-style-type: none"> ● 最小深度為 2.5 公尺，深度以 2 公尺為基本增加單位 ● 最小寬度為 3.2 公尺，寬度以 1.6 公尺為基本增加單位
	左轉方式	<ul style="list-style-type: none"> ● 如流程圖如圖 5 所示 ● 如表 6 所示，大於臨界衝突流量建議兩段式左轉
	左轉車道	<ul style="list-style-type: none"> ● 最小寬度為 1.2 公尺，以 1.5 公尺為佳 ● 長度按紅燈期間到達機車數計算，每輛機車以 2.5 公尺計，總長度至少 15 公尺
	機車左轉待轉區	<ul style="list-style-type: none"> ● 最小深度為 2.5 公尺，深度以 2 公尺為基本增加單位 ● 最小寬度為 3.2 公尺，寬度以 1.6 公尺為基本增加單位

資料來源：本研究整理

四、結論與建議

近幾年較少關於機車專用道設置之相關研究，較多研究多在 10 年前左右許添本副教授與其學生之相關研究，研究內容以汽機車分流與機車為本位的概念，初步研究該方面相關之工程設計措施，以提供較為適當之設計標準。

研究理念以機車與汽車分流為前提下，發展路段與路口（包括臨近路口）交通工程設計標準。路段之設計偏重於使用視覺模擬的方式，以模擬軟體建構不同模擬場景，統計受測者認為適當之設計方式以作為設計標準；路口方面除了以模擬軟體模擬之外，也以衝突與安全的觀點分析路口管制與設計方

式，另外，最重要的是從機車騎士使用特性設計機車專用道，以提升機車專用道使用效率，並同時改善安全與效率兩大問題，而架構圖如圖 8，其中灰色部分：車道寬度不當、緩衝區長度不足直行機車停等區與機車左轉待轉區方面，因 10 年前駕駛行為可能與今日不同，且當時無足夠實例能以影片分析，因此可再更進一步研究。

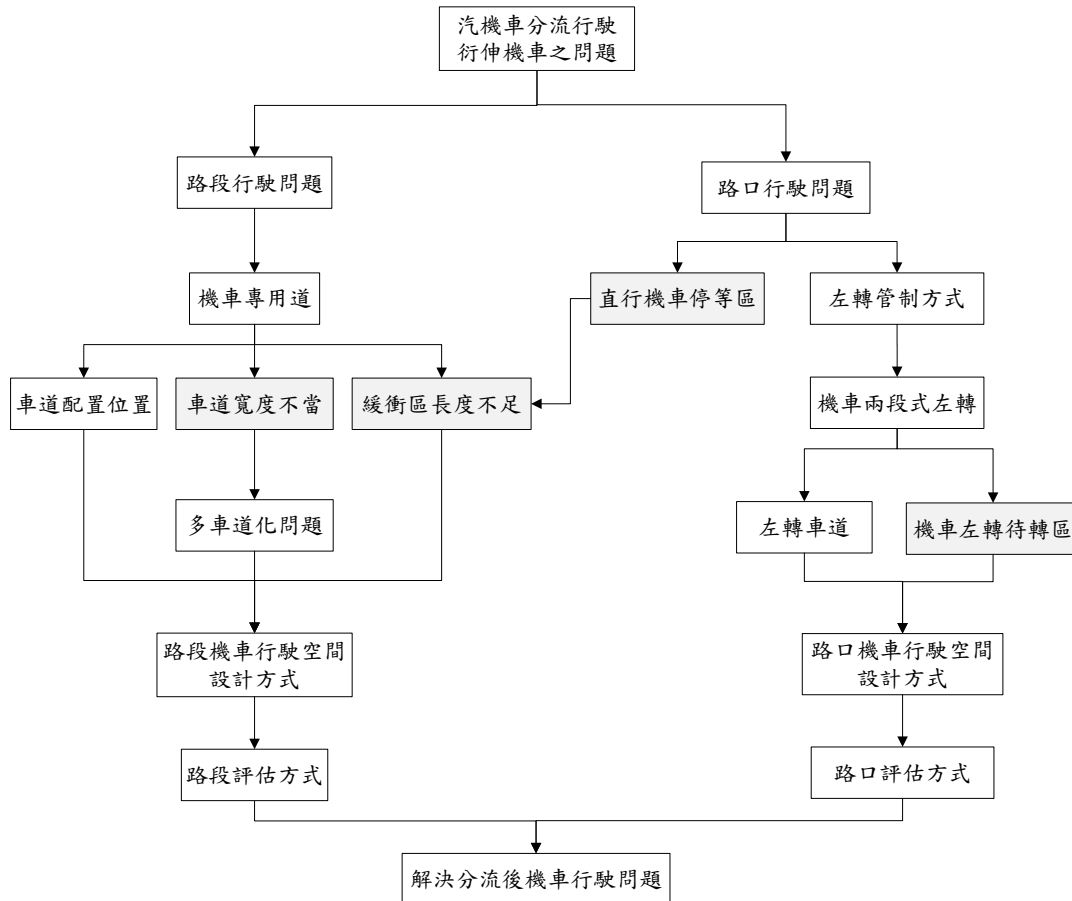


圖 8 道路機車交通工程設計理念架構圖

4.1 車流特性分析

於機車車流特性分析方面大多透過實地錄影方式，分析機車於路段與路口行駛於相關分流措施之行為，並且比較分流前與分流後之差異，偏向介紹當時分流後產生的現象，並再由該現象提出建議改善方式，以提高分流措施使用率。研究發現，分流後大多改善了行車秩序，提升行駛安全性。

車道分布之研究時間為 10 年前左右知機車駕駛行為，當時研究結果顯示，機車偏向靠右側行駛（許添本，民國 90 年），但目前已慢慢開放汽車道予機車行駛，因此現今之行駛特性是否如當時所述需要進一步觀察，另外，於當時之研究，設置機車專用道雖然有助於降低行駛亂度，但是，目前存在許多不合理的寬度，因此亂度可能隨之提升。

由楊德邵(民國 88 年)之研究得知,直行機車停等區的設置有助於改善混合車道的停等時的行駛秩序,並且提升紓解率,但是,設置停等區可能變鼓勵騎士於路段行駛時的超車行為,這並非希望得到的結果,但目前沒有其他方式可採用,因此直行機車停等區仍然是分流停等時的主要設計方式。

停等區常出現機車並非依綠燈後欲行駛之方向停等,造成綠燈始亮機車交之情形嚴重,產生許多側撞事故,可從教育與工程兩方面探討應如何改善該行況。

4.2 機車交通工程設計方式

機車專用道設計方式考慮因素多樣,包括周邊土地使用情況、駕駛行為、速度、車身大小等,雖然蒐集的文獻中,大多建議設計方式站在以駕駛行為角度設計,但緩衝區長度、機車道寬、機車左轉待轉區仍值得討論。

許添本等人(民國 88 年)說明機車專用到初始處應設置緩衝區,給予機車足夠時間併入機車專用道,該研究透過電腦模擬三種不同漸變段長度,取得平均匯入長度之距離。雖然使用模擬平台建構之虛擬環境與實際道路測試之情況類似,但該研究屬於初步探討漸變段設計之階段,因此採三種設計場景之平均匯入長度(65m)作為設計之標準。現在已有許多路段配置機車專用道,應可列入機車專用道寬度、上一臨近路口停等區寬度等因素作為考量,以提供更為準確之設計準則。

許添本等人(民國 88 年)為了模擬機車行駛空間,因此蒐集機車專用道寬度設計標準,而實驗場景設計單機車道 1.5、1.8、2.2 公尺;雙車道為 2.2、2.5、3.0 公尺(每單車道寬為數值之一半),雖然研究結果說明,同寬度(2.2 公尺)雙車道行車秩序優於單車道,而設計考慮內容可除了幹道類型、單雙機車專用道、超車寬與車速外,亦可納入側向間隙。

文獻回顧中雖然探討了不同寬度與車道數對於速度之影響,但仍屬於模擬階段,雖然提出同寬度下雙車道行車秩序較單車道佳,但是雙車道的寬度稍窄,而目前常見模稜兩可之機車專用道寬度,此將造成許多擦撞事故,因此車道之寬度仍有研究的空間。

許添本(民國 87 年)在機車左轉之安全與效率考量下,對機車左轉方式提出一完整的設計準則,其中納入左轉待轉區,陳柏鈞(民國 89 年),針對左轉待轉區有較深入的研究,研究指出,左轉待轉區應具距行穿線 0.8 公尺,可涵蓋 85% 以上機車進入待轉區前之軌跡,但 0.8 公尺距離似乎仍稍嫌不足。

參考文獻

- 內政部(2009)，市區道路附屬工程規範。
- 許添本、楊德邵(1999)，機車專用道之安全匯入緩衝區長度之視覺模擬分析，中華民國第六屆運輸安全研討會。
- 許添本、簡正銓、王義川(1998)，直行機車停等專用區紓解特性之研究，中華民國第二屆機車交通與安全研討會。
- 許添本、王義川(2001)，機車專用道之設計與績效評估，運輸學刊。
- 許添本(1998)，機車交通左轉管制方式之設計原則，中華道路第 37 卷。
- 許添本、陳柏君(2000)，號誌化交叉口機車左轉管制方式設置準則，運輸計畫季刊，第 29 卷 2 期。
- 許添本、葉源祥，車道標線對道路容量與車流衝擊分析，運輸第二十五期。
- 游恕信(2012)，機車騎士於機車停等區之行為研究，國立交通大學運輸科技與管理學系碩士論文。
- 楊德邵(1999)，電腦視覺模擬應用於機車專用道設計之研究，國立台灣大學土木工程學系碩士論文。