交　通　學　報
第　六　卷　第　一　期
民　國　九　十　五　年　六　月
頁 21～頁 42

Journal of Traffic Science
Central Police University
Vol. 6 No. 1
June 2006, pp. 21~42

號誌倒數計秒器功能評估

Design Appraisal of Traffic Count-down Timing Device

黃國平　Kuo-Ping Hwang[1]

連仁宗　Jen-Tzon Lain[2]

摘　　要

台北市於民國 88 年起開始試辦行人倒數計秒器，89 年新竹市試辦車行綠燈倒數計秒器，民國 90 年台南市試辦車行紅燈倒數計秒器，隨著這些號誌附加資訊計秒裝置的開發與引進，各級地方政府亦開始試辦各種不同型式的號誌計秒器。而這些新型用路人資訊設施對於交通流暢與安全到底有何效益？其設計目的為何？適用何種環境？委實值得加以評估、檢討，以作為是否繼續廣泛推廣的決策基礎。本論文因此針對國內近年來設置的人行與車行號誌倒數計秒器加以介紹、評比。論文內容包括其發展背景、設計目的、設置條件、設置環境的考慮因素，及國外採用情形，並對其設置後之效能加以評估。研究發現紅燈倒數計秒器具有轉移駕駛人觀看橫向號誌不正常行為、延後駕駛人提早起步穿越停止線進入路口的功能，並能延後汽車駕駛人較機車騎士提早起步進入路口為有效。

關鍵字：交通號誌、倒數計秒器、用路人資訊系統

Abstract

The first Traffic Timing Count-down Device was deployed in Taipei City in 1999. It tells a pedestrian how much time left to cross the intersection. Later the Green-light Count-down Timing Device was tested in Hsinchu City in 2000, and the Red-light Count-down Timing Device was deployed in a greater scale in Tainan City in 2001.

[1]黃國平，國立成功大學交通管理科學系副教授(通訊地址：台南市大學路 1 號；電話：
E-mail:hwangis@mail.ncku.edu.tw)
[2]連仁宗，國立成功大學交通管理科學系碩士，交通部公路總局南部汽車技術訓練中心講師

As these devices are deployed and their functions tested, the issues of installation regulation and ordinance have to be formerly dealt with. What's the aim for designing these devices? Or, what environments are these devices suitable for? And, what benefits will these devices can achieve? These subjects are worth researching to decide whether these devices should be popularized continuously. This paper presents The Traffic Timing Count-down Devices developed and adopted in recent years in Taiwan then compares their functions. The contents of this paper include the devices' backgrounds of developing, objectives of designing, environmental factors of consideration, requirements of installation, circumstances of adoption in overseas, and the appraisal of usefulness for adoption. It finds the attentions of drivers could be drawn back from viewing side-street traffic signal. It also delays the driver from crossing the stop line before a signal turning from red to green which is more significant for vehicle drivers than for motorcycle riders.

Key word：*Traffic Signal, Count-down Device, Traveler Information System*

壹、前言

交通控制的目的在於追求道路的流暢與安全(McShane, 1998)，國內台北、高雄及 5 個省轄市尖峰時段路口服務水準曾普遍低於 C 級(平均每車路口延滯介於 30.1～45.0 秒)(交通部運輸研究所，1990)；而目前各路口尖峰時段號誌週期多大於等於 120 秒，此就獨立二時相號誌而言，車輛穿越路口遇到紅燈的機率將大於 50%，平均每車延滯大於 15 秒；若改為獨立三時相號誌，車輛穿越路口時遇到紅燈的機率約略大於 66.7%，平均每車延滯大於 27 秒；若為獨立四時相號誌，則車輛於路口遇到紅燈的機率將大於 75%，平均每車延滯大於 34 秒(服務水準最佳 C 級)。雖然停等紅燈的機率可藉由號誌連鎖加以改善，然而國內各交通控制中心及相關研究除了模擬外鮮少實證號誌連鎖的績效。

延滯是可預期的，交通事故是隨機的(Evans, 1991)，因此管理上可對交通流暢與安全採平衡設計，然而用路人多數卻重視流暢而忽略安全(Ruby D.E., Hobeika A.G., 2003; Wang J.M., Wang Z.A., Yang J.G., 2005)。國內因為車輛持有率高、道路擁擠，加上機車容易在車陣中穿梭，用路人普遍重視旅行時間遠甚於行車安全(林貴璽，姜智翔，2005；劉　霈、楊仁維、蔡欣翰，2005)，

其心理層面對於遵守交通規則之目的常被曲解為「避免遭取締受罰」，而對於安全之需求反退居其次(張新立、林柏丞，1995)。此等現象常使國內交通管制措施之權威性受到折損(葉名山、張宗華、張志宏，1995)，難以有效地設計令用路人遵循。以台南市的行車績效而言，旅程平均約有 55～60%的時間係處於停等狀態；至於停等紅燈的比例，在台南市東西方向同燈號，南北方向同燈號的電腦號誌控制策略下，行駛中遇到紅燈的個數約佔穿越號誌總數的 50～55%，此與二時相號誌停等紅燈機率相當(台南市政府，1998，2000)。道路服務效率如此，無怪乎用路人甘冒危險以求快速到達。

科技的發展、進步，用路人資訊系統(ATIS)逐漸被導入交通控制系統中(王瑞民，2005)，除了類似圖 1 藉由網路呈現道路服務水準以方便用路人行前規劃外，更直接藉由裝置在路口號誌上之倒數計秒器以傳遞時制資訊予用路人知道。此等系統在台灣肇始於民國 88 年台北市開始試辦行人倒數計秒器(沈東石、張靖、巫哲緯，2000；張萬生，2000)，後續引發 89 年前後成立的各縣市政府交通局跟隨採用並思索將用路人資訊系統應用於改善都市交通的課題上。

圖 1　網路道路服務水準(台北市[左圖]、高雄市[右圖])

新竹市首先於民國 89 年小規模試辦車行綠燈倒數計秒器，隨後台南市稍具規模地試辦車行紅燈倒數計秒器，緊接著台南縣警察局於永康市設置燈光色(黃色)的綠燈倒數計秒器，至此各縣市政府均選擇性的試辦此等車行號誌倒數計秒器(交通部運輸研究所，2005)。

然而多數交通主管部門在施作此等設施時，常僅知 ATIS 的作用，卻未能充分了解此等設施提供用路人資訊的目的與意義。尤其號誌倒數計秒器的屬性在於提供用路人行旅中的即時資訊，提高交通控制服務以達到用路人行路流暢與安全之目的。因此，本論文介紹號誌倒數計秒器說明其進入市場的

背景、採行試用的目的、適用的條件與環境，最後對其效能加以評估。

貳、號誌倒數計秒器

2.1 號誌控制的課題

交岔路口號誌控制係為了合理分配各來向車輛及行人穿越交岔路口的時間，以化減空間衝突，從而達到增加路口容量與安全之效益。號誌之運作乃依循綠燈、黃燈而紅燈之順序變化。當用路人遇到紅燈時，除非得到特別允許(如紅燈右轉)，否則均須停等，此時即產生延滯。而延滯更是評估號誌化路口服務水準的依據(交通部運輸研究所，1988；HCM, 2000)之一。基於交通行為不是旅行的目的而時間的耗費則是旅行成本的提高，因此用路人自然將設法降低旅次之阻抗(impedance)節省旅行時間、提高旅行價值，所以超速與闖紅燈等違規行為即是為旅行效益而發生。

為求降低號誌化路口之延滯，管理者常藉由號誌連鎖、感應及採用動態交通控制或適應性控制等手段以因應逐年上升的交通量並降低號誌對用路人的影響。然而無論號誌多麼深具智慧，若社會上普遍不尊重號誌，對於個別用路人而言，號誌不可能聰明到滿足每一個人的需要。因此當遇到紅燈而橫向無來車、人行時，用路人內心的衝動往往化成實際闖紅燈的行動(張新立、林柏丞，1995)。國內交通事故後 24 小時內死亡之 A-1 類別事故，原因以超速佔 6.7%(交通部統計處，2005)，而 94 年 1-7 月取締違規案件中超速佔 32.38%(內政部警政署，2005)，且 A-1 類別事故地點中，交岔路口佔 38.0%，此等種種交通現象均與用路人企圖降低行路阻抗而不遵守交通管制之心理存有相當密切的關係(交通部統計處，2005)。

欲建立號制權威、提高用路人遵守意願以使號誌之功能更具效率與安全，解決之道不外乎消極地加強取締違規，或是積極地讓號誌更具智慧，以及藉由轉移、提高用路人的注意力，使其更願意耐心遵守號誌，而在號誌上裝置用路人資訊設施，其主要目的即在於此。

新型之路口用路人資訊系統可分為兩類，其一為提供行人穿越路口時使用的「人行倒數計秒器」，其二為供車輛駕駛人穿越路口時參考使用的「車行倒數計秒器」。

國內綠燈起步延滯值為負之主因係用路人參考橫向道路號誌變化而忽略己向號誌管制之結果(謝惠雄，1993；張家豪，1995)，因此在多時相、多行向衝突或較為複雜的路口，用路人常因為不耐遵守號誌管制，而易於引發冒進的行為並易發生車禍。基於此，除了傳統的號誌、標誌、標線及槽化等管制設施之外，設置在交岔路口的用路人資訊系統乃因應而生。

2.2 人行倒數計秒器

傳統的行人號誌只有兩色(如圖 2)，在上的紅色「站立行人」及在下的綠色「行走行人」，因為沒有黃燈之設計，故以閃綠之方式傳遞綠燈快要結束的訊息。由於行人行走速度每秒約 1.0-1.3 公尺(ITE, 1965)，於是路寬 20 米的道路便需要 15.6-20 秒才得以通過，因此在資訊不足之情況下，行人常在穿越路口時因為號誌變成紅燈，發生被車流前後夾擊進退維谷的窘境。

圖 2　傳統燈泡式行人號誌(紅燈[左圖]、綠燈[右圖])

因此，藉由人行倒數計秒器(如圖 3)顯示行人穿越道路的剩餘秒數作為行人穿越路口時決策的依據，在安全上便有極大的意義。在設計上，當行人綠燈剩餘秒數低於行人以正常速度穿越斑馬線所需時間(公式 1)時，計秒器便以加快小綠人行走之方式提醒行人快步通過路口，並以此建議尚未進入路口之行人勿再穿越馬路。此等裝置對於年幼及年長者或判斷力較差的弱勢行人便有極大幫助(魏健宏、溫哲欽、劉正弘，2003)。

舊型的人行倒數計秒器只能顯示綠色字的綠燈倒數計秒，而新型的人行倒數計秒器則亦可在紅燈禁止通行時以紅色字體顯示紅燈倒數計秒(如圖 3 左側的新加坡倒數計秒器)。然而真正對行人有幫助的是綠燈倒數計秒，紅燈倒數計秒則僅具有轉移行人等候時注意力之附加功能而已(交通部運輸研究

所，2005)。

$$F = W/(v \times a) \quad (1)$$

其中

F：行人倒數計秒器閃爍「人型」快走所需秒數

W：路寬(單位：公尺)

v：行人步行速度(1.0-1.3 米/秒，穿越路口以 1.3 米/秒計算)

a：人型閃爍時，行人加快步伐的倍數(一般為原始速度的 1.5 倍)(張仕獻，1998)

圖 3　行人倒數計秒器(新加坡[左圖]、台灣[右圖])

台北市裝設的行人倒數計秒器係採學習模式，不直接從號誌控制器輸出秒數，而是由號誌控制器的綠燈、紅燈、共同線供電的線路啟動倒數計秒裝置。因此當號誌更換時制時，倒數計秒器需經過 2、3 個週期對綠燈長度的辨識(學習)才會再顯示倒數計秒數字。因為學習模式產生顯示數字空窗的缺點，民國 90 年台南市設置行人倒數計秒器時，便更換控制器直接從控制器輸出秒數，以克服學習模式行人倒數計秒器於週期變換期間不具計秒功能的限制。

2.3 車行倒數計秒器

世界上許多國家均已採用車行用路人資訊系統之相關設施(交通部運輸研究所，2005；Lum, K.M. and H. Halim, 2006)，如中國大陸之上海、北京等都市均可見號誌倒數計秒裝置。而跨居歐亞大陸的土耳其亦在其柱立式號誌桿上設有車行倒數計秒裝置(圖 4)。新竹市於民國 89 年試辦綠燈倒數計秒裝

置，台南市於民國 90 年試辦六個複雜路口的紅燈倒數計秒裝置。此後民國 92 年嘉義市、基隆市及高雄縣等地亦開始裝設號誌倒數計秒裝置，此時系統已演化成能在紅燈時顯示紅色字的紅燈倒數計秒，在綠燈時顯示綠色字的綠燈倒數計秒；民國 92 年台南縣以黃色 LED 顯示板顯示綠燈倒數計秒為較獨特之顯示方式。

圖 4　土耳其號誌倒數計秒器

圖 5　高雄市號誌倒數計秒器(黃燈式)

圖 6　高雄市號誌倒數計秒器(旁置式)

土耳其號誌倒數計秒器(圖 4)，在其大多數城市均已成為標準裝置。其倒數計秒器掛於三色燈號之上方，燈面較三色燈號為大，能同時顯示紅燈與綠燈倒數秒數。圖 5 與圖 6 為高雄市測試型的倒數計秒器，圖 5 係裝置於黃燈燈面上，因此計秒燈面與三色燈號之燈面尺寸相同，且兼具紅燈與綠燈倒數計秒之功能。

參、設置目的與環境

3.1 設置目的

3.1.1 人行倒數計秒器

一般人行倒數計秒器是指設於行人穿越道兩端顯示行人綠燈剩餘秒數之顯示器，其主要目的在於提供資訊幫助行人安全穿越路口。亦即透過顯示行人綠燈剩餘秒數幫助行人自行判斷是否適宜進入路口，或者使正處於路口中的行人在綠燈即將結束前能加快腳步以安全通過路口，其價值是用路人採用後所產生的價值(魏健宏、溫哲欽、劉正弘，2003)。

新型的人行倒數計秒器亦提供在紅燈時也以紅字顯示倒數計秒(如圖 3 左新加坡的計秒器)，然而此功能對於行人的價值而言，值得進一步研究商榷。因為行人在交通事故中屬於弱勢族群(黃承傳 陳宗淋，2001)，台灣地區車輛搶黃燈、闖紅燈頻率極高(謝惠雄，1993)，紅燈倒數計秒器有誘使行人於綠燈始亮時便踏入路口，忽略判斷橫向闖紅燈車輛的可能，因此行人紅燈倒數計秒器除了也供車輛駕駛人使用之外，對於行人的效用如何，有賴進一

步對流暢與安全進一步研究。

3.1.2 車行倒數計秒器

車行倒數計秒器可分為綠燈倒數計秒器與紅燈倒數計秒器兩種(黃國平、李志華，2003；黃國平、賴柏璏，2005)。當車流達到飽和之情況時，車輛之最小間距可達 1.6～1.7 秒，此時路口可服務最大流量。由於綠燈倒數計秒可以提醒車輛駕駛人綠燈即將結束的時間，因此當駕駛人接近路口而經由判讀發現綠燈即將結束時，基於節省旅行時間之目的，車輛將加快速度並縮短間距以便能在紅燈啟亮前越過停止線(謝惠雄，1993)。此時車輛可以維持接近飽和流率的型態通過路口，使路口有效綠燈可被充分使用降低號誌轉換期間的時間損失。此外，綠燈倒數計秒促成綠燈結束前車輛結隊而行之現象亦可有效阻絕橫向道路車輛提早起步、冒進的意圖。因此設置綠燈倒數計秒器的主要目的乃在於充分利用路口有效綠燈時間、提高路口容量及減少橫向道路車輛之冒進。

然而綠燈倒數計秒器亦可能帶來負效用。其一是當計秒器顯示綠燈即將結束時，路口車隊尾端之駕駛人可能會繼續通過路口而闖紅燈，並連帶造成緊急煞車或追撞事故(陳逸勳，2006)。再者，離路口稍遠之駕駛人亦會因眼見綠燈剩餘秒數不多，而加速欲通過路口以致於造成進停兩難區的衝突(陳逸勳，2006)。

就用路人心理而言，在交岔路口遇紅燈停等，駕駛人常因不耐久候、或因眼見橫向車流逐漸稀疏，而發生提早起步或闖紅燈之行為(謝惠雄，1993；Rubym, D.E. and A.G. Hobeika, 2003； Wang, J.M., Wang, Z.A., Yang, J.G., 2005)。在路口設置紅燈倒數計秒器除了可以提醒用路人紅燈剩餘秒數外，亦有轉移用路人注意力並降低紅燈所帶來負效用的功效。因此，設置紅燈倒數計秒器的主要目的為避免駕駛人因錯誤辨識及不耐久候而闖紅燈以提高行車安全。台南市政府於民國 90 年 6 月起，選擇市區路口多岔或是號誌時相早開、遲閉的六處地點，裝置附設於紅燈燈號旁的倒數計秒器，其目的即在於提供顯性資訊以改善駕駛人不遵守號誌時相所導致的危險。如圖 7 顯示一處大型五岔路口，及一處丁字路口於 30 公尺內緊鄰不規則十字路口所面對的複雜車流而藉助紅燈倒數計秒器予以協助管制的實例。

圖 7　多岔多時相路口(海安、臨安、公園南路口[左圖]，金華、新興、大成路口[右圖])

3.2 工程設計

3.2.1 系統技術

倒數計秒器的發展與科技的演變存有密切的關係，除了號誌控制器之外，發光二極管(Light Emitting Diode, LED)顯示器是關鍵產品。傳統燈泡式資訊可變顯示器盤面大且重，且輝度、解析度不佳，因此當 LED 發明之後，便陸續被大量引用於用路人資訊系統包括人行倒數計秒器與車行倒數計秒器(沈東石、張靖、巫哲緯，2000；張萬生，2000；魏健宏、溫哲欽、劉正弘，2003；交通部運輸研究所，2005)。

就運作特性而言，為配合號誌同步作業，目前倒數計秒器仍以固定時制號誌為連線對象，仍未規劃倒數計秒器配合感應號誌。此外，將紅燈剩餘秒數經由控制器輸出並透過面板顯示給用路人知道時，其顯示器內秒數位數過去以三位數為主，近來考慮面板重量多已減為兩位數，當剩餘秒數超過 99 秒時以顯示 99 秒予以處理。其在路口實際設置情況如圖 8 所示。

由於傳統的號誌控制器只能控制號誌燈號變化而無法輸出號誌週期、已經使用的綠燈長度、紅燈長度，此種控制器無法配合車行倒數計秒器使用。必須具備運算及輸出剩餘秒數等功能的控制器方能作為車行倒數計秒器的基礎。尤其當一個路口在一天中有不同的時制計畫，須要定時全區域對時以校正所有控制器的時差，甚至當遠端交通控制中心下達變換號誌時制計畫時，倒數計秒器都必須能夠因應變化，所以更換智慧化的控制器是設置倒數計秒器的基礎。因此設置倒數計秒器是昂貴的工作，僅能遴選關鍵路口施作，難

以全面裝置。台南市在 90 年間裝置 6 組紅燈倒數計秒器時即全面換新路口控制器，同時建立並發展出「交通部 V3.0 版都市交通控制系統規範」(交通部運輸研究所，2005)。

3.2.2 設置位置

我國法規規定資訊辨識距離與行車速度之關係如表 1 所示。以一般市區行車速限 50 公里的規定下，倒數計秒器必需具有 80 公尺的辨識距離(交通部、內政部，2003)。然而倒數計秒器之設置目的不同，適宜選擇的路口位置亦有所差異。以綠燈倒數計秒器而言，由於其主要目的在於充分使用路口管制號誌之有效綠燈時間，因此理論上較適合設置於路口近右遠左，近端的號誌桿上以利流動中的車流觀看。而將其設於近端號誌桿上將可較設於遠端者增加約 20 公尺以上的辨識距離。

至於紅燈倒數計秒器，因其目的係供停等之車輛觀看以避免其提早起步，故以選擇路口遠端號誌桿設置為宜。若將其設置於近端號誌桿上，則無法讓號誌桿正下方的車輛閱讀顯示數字。

表 1　資訊辨識距離與行車速度關係(單位：公里/小時，公尺)

行車速限(公里/小時)	30	40	50	60	70	80	90	100
辨認距離(公尺)	30	50	80	110	140	170	200	220

資料來源：交通部、內政部道路交通標誌標線號誌設置規則

然而檢視目前國內各縣市設置情形，缺乏一個車行號誌倒數計秒器的設置準則。台南縣的綠燈號誌倒數計秒器有的掛在遠端(圖 9 左圖)，有的掛在近端(圖 9 右圖)，而台南市設置之紅燈倒數計秒器則以附掛於路口遠端號誌桿上旁置方式為主。

人行號誌倒數計秒器之設置位置相對便較一致，各縣市均將其設置於行人穿越道兩端之人行道上且面對行人穿越道，符合理論上的要求。

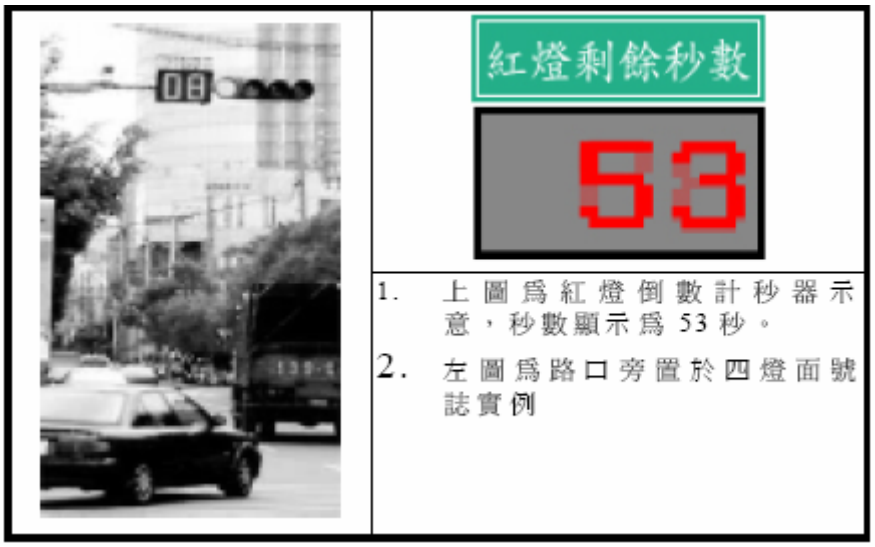

圖 8　台南市紅燈倒數計秒器裝置情形

圖 9　台南縣黃色綠燈倒數計秒器(置於遠端左側[左圖]，置於近端右側[右圖])

3.2.3 燈面安排

在倒數計秒器與號誌燈面的安排上，台南市將倒數計秒器附掛在號誌燈旁，因此不需要更改原號誌燈面；而高雄市則利用黃燈燈面兼作顯示綠燈與紅燈倒數計秒，其黃燈燈面就必須更新為 LED 的燈面。

如不利用黃燈燈面顯示倒數計秒而另外附加一顯示器於號誌桿上，則為利於辨識，紅燈倒數計秒顯示器以設置於紅燈左側而綠燈倒數計秒器則以綠燈右側為佳。如兼具紅、綠燈倒數計秒(如圖 6)，則本研究認為其以設置在號誌燈面之右側較佳。蓋因綠燈時車輛係處於流動狀態，倒數計秒器之位置自然應靠近綠燈以方便駕駛人能於行進中判讀。然而對於此等要求，乃僅有門

架式之號誌設置方式能予滿足，至於懸臂式之號誌則因受限於燈桿上可懸掛的位置及重量，仍以附設於燈面左側接近紅燈處較有可能。此外，如號誌為柱立式，則建議參考土耳其式的做法，將顯示器設置於燈面之上方。

3.3 設置條件

在設置的需求條件方面，以人行倒數計秒器而言，目前國內並無一致的設置標準。台北市幾乎在每一處號誌化路口均裝設(交通部運輸研究所，2005)，台南市最初僅選擇行人、學生較多的商圈、學校、醫院附近設置；對於號誌化路口，路寬未達 20 公尺者不予以設置。此外，全台亦無一致的車行倒數計秒器設置標準，因其目前乃仍屬於試辦的性質(交通部運輸研究所，2005)。

人行倒數計秒器係針對行人安全而設計，根據美國 MUTCD 或我國交通號誌標誌標線設置規則之規定，交通設施之設置必須符合設置準則(Warrants)，然而對此國內並沒有一套施作的準則。台北市在 88 年試做後便採用標準化原則，逐步地對每一個路口的行人號誌加裝人行倒數計秒器。台南市最初限於經費選擇重要地點設置，之後再擴大裝設範圍，然而亦沒有建立評選設置地點的規範。如圖 2 左所顯示的傳統式行人專用號誌，因為面對 15 米寬道路(崇明路)未設置人行倒數計秒器，而其左側面對 40 米寬道路(林森路)的燈面則具有人行倒數計秒器，如此設置之原因即在於縛節經費。

至於優先設置綠燈倒數計秒器的地點，台南縣選擇省道經過、人口集中鄰近台南市的永康市、仁德鄉作為施作的地區，且優先選擇接近飽和流量之路口予以設置。

肆、設置效能評估

本研究選擇若干已設置此新型設施之路口，針對 1.車輛起動時間、2.車輛起動延滯、3.駕駛人闖紅燈比例等，從駕駛人行為面評估紅燈行車倒數計秒器之效用。

4.1 交通效能

4.1.1 車輛起動時間

為了解紅燈倒數計秒器對車輛起動時間之影響，本研究以台南市東寧路與林森路之交岔路口往南方向做為調查路口，該方向之橫向遲閉綠燈 7 秒，黃燈 2 秒，全紅 1 秒。過去駕駛人因為視線的緣故，完全不知道路口橫向有遲閉綠燈，因此常在橫向綠燈遲閉時段違規起步而發生嚴重衝突。在裝設紅燈倒數計秒器之後，調查發現機車騎士平均於紅燈結束前 1.732 秒時便開始起步，至於汽車駕駛人則到了紅燈結束前 1.237 秒才開始起步。換言之，機車起步時間比汽車約提早 0.5 秒左右；而整體平均起步時間則是約在紅燈結束前 1.5 秒後才開始起步。以路口全紅時間 1 秒而言，表示車輛起步是在橫向號誌轉為紅燈前 0.5 秒之後才起步。因此雖然仍有提早起步的現象，但是較之看到橫向號誌轉為黃燈時(紅燈結束前 3 秒)便起步之現象已經有所改善。再者由紅燈結束前 10 秒左右起步(橫向綠燈遲閉 7 秒+黃燈 2 秒+全紅 1 秒)，降至紅燈結束前 1.237 秒與 1.732 秒起步，證明此一裝置已明顯能將駕駛人視線由注意橫向號誌燈號變化轉移至注意前方紅燈倒數計秒器的秒數(黃國平、賴柏瑎，2005)。

4.1.2 車輛起動延滯

為了解紅燈倒數計秒器對車輛起動延滯的影響，本研究以台南市府前、忠義路口往西之方向做為調查車輛起動延滯之路口，該路口係一東西向交通量明顯差異而設置早開綠燈(早開 5 秒)的標準十字路口。調查結果顯示各車(不包含機車)間距如表 2 所示。

表 2　車輛起動延滯(府前、忠義路口往西)

車次	平均通過時間	間距	延滯	累積延滯
1	0.39	--	0.39	0.39
2	3.02	2.63	0.35	0.74
3	5.69	2.67	0.39	1.13
4	9.18	3.49	1.21	2.34
5	12.15	2.97	0.69	3.03
6	14.57	2.42	0.14	3.17
7	16.85	2.28	0	3.17
7以後	19.13	2.28	0	3.17

表 2 顯示該路口方向之車輛累積起動延滯為 3.17 秒，將表 2 車輛通過函數進一步寫成公式 2。其中累積延滯 3.17 秒的數值並不明顯低於國內起動延滯數值，最小間距 2.28 秒也較國內調查數值為高(張家豪，1995)。然而從表 2 可知，第 1 輛車在綠燈後 0.39 秒即通過路口，表示第 1 輛車通常不是綠燈

啟亮時才起步，而是在紅燈倒數計秒器顯示 0 秒前便已起步。亦即第一輛車是在對向早開綠燈而自己仍是紅燈時便已穿越停止線闖入路口。此結果顯示用路人之特性仍偏向於喜好觀看其他車流之動向(橫向或對向)以做為決策的依據而疏忽己向紅燈之管制情形。

$$Y = 3.17 + 2.28X \quad (2)$$

其中

Y：車輛穿越停止線時間(單位：秒)

X：起步時車輛編號

公式 3 是 Bruce Greenshields 早期研究美國起動延滯的公式(Greenshields, 1947)，Kunzman 於 1978 年重新利用 175 處號誌化路口量測得到修正後的公式 4 (Kunzman, 1978)，公式 5 與 6 則分別本是研究利用台南市勝利路與大學路交岔路口北往南(5)與南往北(6)，70 多個週期 500 多輛車起動時調查數據校估所得的起動延滯公式：

$$Y = 3.7 + 2.1X \quad (3)$$

$$Y = 1.1 + 2.1X \quad (4)$$

$$Y = 0.57 + 2.81X \quad (5)$$

$$Y = 0.80 + 2.80X \quad (6)$$

其中公式 2 之飽和車流間距(2.28 秒)較公式 5、6 之間距(分別為 2.81 與 2.80 秒)為低，此與前者屬於快慢車道車流能較明顯分隔的道路，後者屬於混合車流道路可能有關。此外，公式 5、6 之量測路口並無紅燈倒數計秒器，現場觀察用路人參考橫向道路號誌作為起步依據，因此可能導致其累積起動延滯(分別為 0.57 與 0.80 秒)明顯較公式 2 為低。而比較公式 3、4 與公式 2、5、6 不難發現早期美國之累積啟動延滯(3.7 秒)均比國內三個對照路口為高，此可能與美國路口較寬闊難參考橫向號誌、機車流量低沒有混合車流，尊重號誌權威及常見號誌懸掛路口中央有關。至於 1978 年 Kunzman 量測所得的累積啟動延滯已明顯降至 1.1 秒，是否顯示美國人亦因交通擁塞而變得不耐等待急欲進入路口，則未見相關文獻對此有具體著墨。

4.1.3 駕駛人闖紅燈比例

在前述林森路往南穿越東寧路的之向上，第一輛汽車穿越停止線闖紅燈進入路口的比例約為 16.7%；第一輛機車穿越停止線闖紅燈進入路口的比例

則為 66.7%(黃國平、賴柏瑎，2005)。此結果對照於汽、機車起動的時間(機車-1.732 秒汽車-1.237 秒)而言尚為合理，因為機車之平均起步時間(-1.732 秒)較早，且其加速性能較佳，故其闖紅燈之比例會較汽車為高。

在府前、忠義路口往西之方向，汽車闖紅燈進入路口的比例為 20.0%，此與該路口第 1 輛車平均於綠燈 0.39 秒後通過路口的現象大致符合。因為沒有同時調查該路口機車數據，所以機車闖紅燈百分比無法客觀比較。

由於本研究對於闖紅燈的定義為「在綠燈啟亮之前穿越停止線」，加以資料收集時難以詳載每一部闖紅燈車輛是在綠燈前多久穿越停止線，以致於無法在總體的分析中實證紅燈倒數計秒器對於延後起步時間或降低闖紅燈比例的功效。

4.1.4 行人安全

表 3 整理統計台北市近年來行人車禍死亡、受傷人數及裝置人行倒數計秒器之數據。不難發現自民國 90 年較多處路口裝設人行倒數計秒器之後，台北市行人車禍之傷亡情形比裝設前降低許多，似乎隱含人行倒數計秒器對於行人安全存在某種程度的貢獻(張萬生，2000)。然而就具體資料內容而言，事故發生地點除了行人穿越道外亦可能在其他位置(如街廓當中)，事故之原因除了行人闖紅燈外亦可能為其他因素，如汽車闖紅燈，況且資料中僅含行人死亡與重傷之人數亦無法充分顯示行人困在路口中之情況，因此欲以此資料分析人行倒數計秒器與行人安全之關係似嫌不足，若有行人穿越道上之具體事故資料將更有助於正確之分析(張萬生，2000；魏健宏、溫哲欽、劉正弘，2003)。

表 3　台北市人行倒數計時器與行人交通事故死亡對照表

年	累積裝置人行倒數計時器路口	行人交通事故死亡	行人交通事故重傷	死亡重傷合計	較前年度增減
86	0	32	26	58	--
87	0	35	29	64	6
88	1	41	21	62	-2
89	81	31	21	52	-10
90	104	22	23	45	-7
91	256	24	22	46	1
92	293	28	18	46	0
93	521	29	16	45	-1

資料來源：臺北市統計要覽、台北市警察局、交通局

4.2 其他非交通項目效能

4.2.1 執(協)勤人員

交通指揮的效益主要發揮在號誌變換時，此一期間，指揮人員除了必須隨時注意各方車輛之動向外，更須留意號誌的變換趨勢。以週期 120 秒的二時相號誌而言，平均每 60 秒變換號誌 1 次，1 小時中便有 60 次的號誌變換次數。若以每次號誌變換含黃燈加全紅長度 5 秒鐘計算，1 小時中便累計有 300 秒的號誌變換時間。因此執勤人員在 1 小時 3600 秒的時間中，須特別專注的是這 300 秒(8.3%)以發揮其執勤效益。此時若於路口有設置號誌倒數計秒器，執勤人員便無須隨時注意號誌變化，有利於降低警員、協勤義交指揮交通的壓力。

4.2.2 耗油與空氣污染排放

汽車怠轉不僅耗油亦造成廢氣排放(Lum, K.M. and H. Halim, 2006)。車行號誌倒數計秒器的設計目的雖然在於提高有效綠燈利用率、促進路口安全，卻同時能減少油耗與防制空氣污染。因為當駕駛人更清楚掌握號誌變化時間，便能有效利用綠燈增加路口容量、減少旅行時間，且能幫助駕駛人更精準地控制油門而不必提早加油準備起步，可達到減少耗油與空氣污染排放的作用(交通部運輸研究所，2005)。

伍、系統採用相關課題

採用號誌倒數計秒器，除了上述的優點之外，也隱含一些需要面對的課題，敘述如下：

5.1 直接課題

1. 由於屬於新型設施，因此初期當設施故障時無法仰賴編制技術人員即時予以修復。此時新設施延誤修復便特別引人注意，因此將增加設施管理者在維護人力與維護費用上的負擔。
2. 本研究證實，紅燈倒數計秒器可有效降低車輛提早起步競速奔馳起步的現象；對於綠燈倒數計秒器仍存有車輛在「靜停兩難區」是否會加速通過路口引發安全問題的疑惑，尚待進一步研究。

3. 當一個行向(Approach)同時裝置車行與人行倒數計秒器時，設施有重複建置的傾向，應以何者為優先選擇仍待比較。
4. 目前人行倒數計秒器仍無法因應早開遲閉號誌的處理，因此若路口同時裝置車行與人行號誌倒數計秒器，將會出現人行綠燈而車行紅燈(早開)或是人行紅燈而車行綠燈(遲閉)的資訊衝突現象，此現象仍待研議處理。

5.2 衍生性問題

1. 由於車行倒數計秒器已由試用階段逐漸進入被接受且可以廣泛設置的階段，相關設備亦不斷地翻新，在這些設備中，數字顯示器與用路人的關係最為直接，因此需要針對這些設備進行系統測試，據以訂定規範作為全國各地參考採用的依據。
2. 雖然更換新型號誌控制器所需相關工程設施與經費不多，然而在民眾寧有不願無的比較心理上，除了須考量滿足民意需求外，更應訂定相關設置規則，以使資源得以有效運用，不致造成資源浪費(交通部運輸研究所，2005)。
3. 設置車行號誌倒數計秒器的地點，多是交通量較高的路口，其尖峰時段亦常有警員執勤或義交協勤，由於號誌倒數計秒器帶給用路人的價值之一乃在於提供資訊、轉移焦點以降低用路人內心的焦慮，因此對於設置號誌倒數計秒器的路口，建議路口警員應著重於導正交通秩序，避免動手操控號誌燈，以使整體系統能發揮功效。
4. 由於各縣市施作交通設施的部門有交通局及警察局等，考慮其施作的範疇(因素、地點)各不相同，因此宜訂立施作與操控等事權之規範，以加強部門間橫向的協調。

陸、結論與建議

經由調查分析以及相關課題的探討，本研究獲致以下結論與建議：

6.1 結論

1. 車行倒數計秒器中，以安全為設置目的之紅燈倒數計秒器初步驗證其具有矯正駕駛人觀看橫向號誌不正常行為的功用。

2. 紅燈倒數計秒器有延後駕駛人提早起步穿越停止線進入路口的功能。
3. 設有紅燈倒數計秒器的地點，汽車駕駛人較機車騎士晚約 0.5 秒起步。

6.2 建議

1. 有關號誌計秒器的安全價值，比較適當的是透過事前事後的車流特性與肇事紀錄加以比較，以客觀呈現其對改善路口安全與效率之貢獻。
2. 台灣地區因為混合車流的緣故，各地區調查的差異性極可能因為車流、路型交互干擾的緣故，不容易客觀比較。雖然號誌倒數計秒器可以經由觀察得知其功效，然而若能建立討論與意見交流的平台，輔以調查、驗證，可以明確的訂定此等設施的施作準則。
3. 因為技術演變迅速，台灣目前有若干不同型式的車行號誌計秒器，主管道路交通標誌標線號誌設置規則的交通部宜針對這些產品加以客觀評估以訂出其規範與適用條件。

參考文獻

【1】Greenshields, B. (1947), Traffic Performance at Intersections, Yale Bureau Technical Report No. 1, Yale University, New Haven, CT.

【2】Traffic Engineering Handbook (1965), Institute of Traffic Engineers.

【3】Kunzman, W. (1978), “Another Look at Signalized Intersection Capacity”, ITE Journal.

【4】交通部運輸研究所(1988)，市區街道容量調整因素之研究。

【5】交通部運輸研究所(1990)，台灣地區公路容量手冊。

【6】Evans, Leonard (1991), Traffic Safety and the Driver, Van Nostrand Reinhold, New York.

【7】謝惠雄(1993)，號誌化交叉口安全導向服務水準評估方法之研究，國立台灣大學土木學系碩士論文。

【8】張家豪(1995)，交叉口左轉號誌時相設計安全準則之研究，國立台灣大學土木學系碩士論文。

【9】葉名山、張宗華、張志宏(1995)，「台中市區交通違規行為之研究」， 84

年道路交通安全與執法研討會，第 242-252 頁。

【10】張新立、林柏丞(1995)，「青少年隊交通違規行為之危險感認研究」，85 年道路交通安全與執法研討會，第 63-73 頁。

【11】張仕獻(1998)，群集步行速度調查與避難安全評估應用之研究，中央警察大學消防科學研究所碩士論文。

【12】台南市政府(1998)，台南市多岔及畸形路口交通工程改善規劃。

【13】McShane, R.W., Ross, R.P., Prassas, E.S. (1998), Traffic Engineering, 2nd Edition, Prentice Hall.

【14】Transportation Research Board (2000), Highway Capacity Manual.

【15】沈東石、張靖、巫哲緯(2000)，「行人號誌倒數計時顯示器功能之評估研究」，都市交通季刊，第 16 卷，第 1 期。

【16】張萬生(2000)，「談行人號誌加裝倒數計時器—行人的危機管理」，都市交通季刊，第 16 卷，第 2 期。

【17】台南市政府(2000)，台南市交通政策白皮書。

【18】黃承傳、陳宗淋(2001)，「臺北市行人肇事特性分析與改善對策」，90 年道路交通安全與執法研討會，第 61-72 頁。

【19】道路交通標誌標線號誌設置規則(2003)，交通部、內政部。

【20】黃國平、李志華(2003)，「紅燈倒數計秒器對交通特性影響研究」，中華民國第九屆運輸安全研討會，台南，第 FS47-FS54 頁。

【21】魏健宏、溫哲欽、劉正弘(2003)，「行人號誌加裝倒數計時顯示器課題之探討—以台南市為例」，中華民國第九屆運輸安全研討會，台南，第 FS11-FS18 頁。

【22】Rubym, D.E. and Hobeika, A.G. (2003), “Assessment of Red Light Running cameras in Fairfax County, Virginia”, Transportation Quarterly, Vol. 57, No. 3, pp. 33-48.

【23】內政部警政署警政統計通報 94 年第 36 號(2005 年 1-7 月警察機關交通執法績效) ，http://www.npa.gov.tw/stats.php。

【24】交通部統計處(2005)，94 年上半年台閩地區道路交通事故概況統計，http://www.motc.gov.tw/hypage.cgi?HYPAGE=stat03.asp。

【25】王瑞民(2005)，「高雄市自行研發智慧型運輸系統設施－發揮創意，推動 ITS 不必花大錢」，運輸人通訊，第 2-5 頁。

【26】黃國平、賴柏璏(2005)，「車行號誌倒數計秒器之設置目的、條件與效能評估」，2005 易肇事路口前車之鑑研討會，高雄，第 37-52 頁。

【27】Wang, J.M., Wang, Z.A., Yang, J.G. (2005), “Modeling and simulation of red light running violation at urban intersections”, Systems Modeling and Simulation: Theory and Applications Lecture Notes in Computer Science 3398, pp. 376-385.

【28】林貴璽、姜智翔(2005)，「交通號誌時相補償方法之研究」，中華民國運輸學會第 20 屆論文研討會，第 6-16 頁。

【29】劉 霈、楊仁維、蔡欣翰(2005)，「路口交通事故成因分析方法之比較研究」，中華民國運輸學會第 20 屆論文研討會，第 7-20 頁。

【30】交通部運輸研究所(2005)，檢討修正道路交通標誌標線號誌設置規則之通盤研究-號誌篇。

【31】交通部運輸研究所(2005)，發展都會地區及城際系統區域級智慧型運輸系統架構。

【32】Lum, K.M. and Halim, H. (2006), “A before-and-after study on green signal countdown device installation”, Transportation Research Part F-Traffic Psychology and Behavior, Vol. 9, No. 1, pp. 29-41.

【33】陳逸勳(2006)，應用駕駛模擬器從事時相轉換下路口追撞事故因素之探討，國立成功大學交通管理科學系碩士論文。

(94/12/21 收稿，95/6/26 第一次修改，95/9/14 第二次修改，95/9/22 定稿)