

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

行人專用時相對路口運行效率與安全之影響分析

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC94-2211-E-009-031-

執行期間：94年08月01日至95年07月31日

執行單位：國立交通大學交通運輸研究所

計畫主持人：黃承傳

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 10 月 24 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

行人專用時相對路口運行效率與安全之影響分析
The Effect of Exclusive Pedestrian Phase on the Operational
Efficiency and Safety of Intersections

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC94-2211-E-009-031

執行期間：94年8月1日至95年7月31日

計畫主持人：黃承傳

共同主持人：

計畫參與人員：

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：國立交通大學交通運輸研究所

中華民國九十五年七月三十一日

摘要

為落實行人路權優先、維護行人安全之政策理念，台北市政府近年來已陸續在台北市選擇八十八處號誌化交叉路口設置「行人專用時相」。就安全層面而言，該項措施可能有助於提高行人穿越路口的步行安全，但就路口整體運行效率層面而言，由於多增加一個時相數，往往亦會提高車輛之平均延滯，降低路口之服務水準，如何兼顧安全與效率層面的影響，為一值得探討的課題。本計畫主要目的即在藉由構建適合國內環境特性之車輛延滯與行人延滯模式，以及實際肇事資料的分析，探討在各種不同道路幾何、號誌設計以及交通特性之組合情況下，設置與不設置「行人專用時相」對於路口運行效率，以及行人安全之影響，進而歸納一套分析設置「行人專用時相」門檻值之方法，以供實務應用之參考。研究結果顯示「行人專用時相」確實有助於提昇行人通行的安全，效率層面的影響則因路口幾何條件、號誌設計以及車輛與行人交通等特性之不同而異。

關鍵詞：行人專用時相、車輛延滯模式、行人延滯模式、肇事分析

Abstract

In order to implement the policy of roadway priority for pedestrians and to protect pedestrians' safety, the Taipei City Government has recently installed 「exclusive pedestrian phase」 at 88 signalized intersections. From safety point of view, it may help pedestrian' safety while crossing intersections. But on the other hand, it usually increase average delay to vehicles due to the additional signal phase. The trade-off between safety and efficiency caused by the 「exclusive pedestrian phase」 is worth being studied. The purpose of this study is aimed to analyze & compare the effect on operational efficiency and safety of intersections with and without exclusive pedestrian phase, under various combinations of roadway geometrics, signal timing plan, traffic characteristics as well as pedestrian volume. Quantitative models, such as vehicle delay models, pedestrian delay models, and accident analysis method are developed based on the relevant data collected from selected intersections, using statistical methods. These models can be used as major tool to analyze those effects. The results of this study reveals that 「exclusive pedestrian phase」 really can reduce pedestrian accident rate and severity, but the effect on efficiency is different for different situations.

Keywords: Exclusive Pedestrian Phase, Vehicle Delay Models, Pedestrian Delay Models, Accident Analysis

壹、研究動機與目的

都市地區的平面號誌化路口，行人穿越路口與轉向車流之相互干擾，會隨著行人與車輛交通量之增加而增加，除降低道路之容量及服務水準外，亦會影響行人安全，增加肇事發生機率。為落實行人路權優先的「人本交通」理念，暨保護老弱婦女與殘障人士等弱勢行人，台北市政府已先後在市中心商業區、學校、醫院、公園及行人徒步區週邊等地區選擇八十八處平面號誌化路口，設置「行人專用時相」(exclusive pedestrian phase)。

「行人專用時相」雖可以時間隔離的方式完全分離人車動線，提供全路口行人綠燈而行車號誌全紅之時相，允許包括路口對角方向之各個方向行人通行，創造安全、舒適及便利之行人步行環境，但由於多增加一個時相，往往亦會增加路口整體車流之延滯時間，影響運行效率。如何在安全的正向影響與效率的負向影響之間作一個適當的取捨，為一值得探討的課題。目前台北市「行人專用時相」之設置雖訂有一些基本條件，原則上以路口道路寬度及交通管制措施為必要條件，行人穿越量與車流轉向交通量、以及路口服務水準為充分條件，但並非詳細與具體。「行人專用時相」是由美國紐約市最早創先實施，由於實施後發現道路交通擁擠情形普遍惡化，加以行人違規情形難以有效防止，因而逐漸取消。其後雖有若干中小型都市引進實施，其整體成效之良窳並無定論，端視個別路口之情況而異。換言之，倘若路口條件適合，設置「行人專用時相」是利多於弊。反之，則可能適得其反。惟國外之相關文獻與手冊亦未訂定適合實施的具體條件。

個人曾於去年指導一位研究生[1]進行初步研究。該論文以現場調查方式收集台北市四個實行人專用時相之路口的相關資料；包括車輛、行人、交通量與停等延滯之同步調查資料，以及號誌與道路幾何條件等基本資料，分別構建有、無實行人專用時相情況下之車輛及行人停等延滯模式，並以某一特定路口為案例，嚐試利用該等模式推估出適合實行人專用時相之人車交通量門檻值。由於該研究只探討效率面而未涉及安全面的影響，且並未考量(1)「行人專用時相」對斜向對角穿越路口行人延滯之影響。(2)未設置「行人專用時相」情況下人車衝突對轉向車流運行效率之影響。(3)「行人專用時相」在各種不同道路幾何、號誌與交通特性組合情形下對車輛與行人延滯的影響。故其成果仍不完整，有待進一步的補充與修正。

本研究主要目的除在效率層面補充修正上述影響外，並將安全層面之影響一併納入，重新探討設置「行人專用時相」對車輛及行人之效率與安全層面之影響，進而綜合整體研究結果，研擬評估設置「行人專用時相」之各項門檻值的方法。

貳、文獻回顧與評析

1. 「行人專用時相」實施條件

依據台北市政府交通局交通管制工程處於 90.8.6 修訂之準則[2]，其設置所應具備之必要條件（交通管制設施及路口道路寬度）與充分條件（包括最低行人穿越量與轉向交通量及路口服務水準）如下：

(1)必要條件

- ①路口各側應有完整之「行人穿越道線」及「行人專用號誌燈箱」。
- ②路口道路寬度以未滿 20 公尺為佳，最大寬度亦不得超過 25 公尺。

(2)充分條件

- ①市區或郊區路口之尖峰及非尖峰時段每小時行人穿越量與車流轉向交通量，需同時高於下表之規定。

項目 區位	行人穿越量（人/小時）		轉向交通量（輛/小時）	
	尖峰	非尖峰	尖峰	非尖峰
市區	300	200	250	200
郊區	200	150	150	120

- ②路口各鄰近路段之服務水準等級需在 D 級以上。

國外較重要的文獻則有 C.M.Abrams, S.A.Smith[14]之研究指出行人專用時相的實施成效將因行人遵守程度、行人需求量、車流轉向量及道路寬度等因素而有所差異，另外

老年人與學童較多的路口應優先實施。M.D.Fritter[15]選擇澳洲一市中心區路口分析車輛停等延滯成本，認為在轉向比高、行人流量大、4車道路口等條件下比較適合行人專用時相。C.V.Zegeer 等人[16]在美國 15 個城市，收集 1297 個號誌化路口之相關資料，發現於行人穿越量高於 1200 人/天，實行人專用時相有助於改善行人安全。D.M.Zaidel, I.Hocherman[17]，於 1977~1982 間針對以色列三大城市之路口肇事資料進行分析，發現當車流量及行人穿越量越高時，實行人專用時相越有助於行人安全。F.M.Greenberg[18]則調查發現實行人專用時相對於車流紓解效果不佳，行人違規問題嚴重，並認為較適用於行人與車流活動密度低的小型都市。

2. 號誌化路口車輛延滯模式

關於車輛延滯的估計，一般考慮的影響因素，主要有車輛到達率、飽和流率、週期長度、有效綠燈時間及 I-ratio(即到達車輛的變異數與平均數之比)等。此類文獻甚多，較具代表性者如下：

(1) 最早的延滯模式係由 Clayton(1941)所提出，其假設車輛係以均勻分配的型態到達號誌化路口，所得車輛平均延滯如以下公式所示：

$$d = \frac{C(1-\lambda)^2}{2(1-y)}$$

該模式成為日後各延滯模式的基礎，即為各模式的第一項。其缺點為均勻到達之假設過於簡化，不符合實際情況，也無法估算過飽和(overflow)情形的延滯，易低估實際的車輛延滯。

(2) Webster(1958)假設車輛到達呈 Poisson 分配，利用理論推導以及模擬與迴歸分析方法得出以下公式：

$$d = \left[\frac{C(1-\lambda)^2}{2(1-y)} \right] + \left[\frac{x^2}{2q(1-x)} \right] - 0.65 \left(\frac{C}{q} \right)^{\frac{1}{3}} x^{2+5\lambda}$$

其中第一項為 Uniform delay(均勻延滯)，係假設均勻到達率為 q 所產生的平均延滯；第二項為 Poisson 分配之額外延滯，又稱 Random delay；第三項為模擬而得之修正值。由於該公式假設車輛到達呈 Poisson 分配，且理論基礎也較前者完整，因此至今仍被廣泛採用。其缺點為當 x 趨近於 1 時，平均延滯將急遽增加，而此現象並不符合實際交通狀況。另外第三項調整值約為總平均之 5~15%，因此一般應用多採用以下簡化式：

$$d = 0.9 \left\{ \left[\frac{C(1-\lambda)^2}{2(1-y)} \right] + \left[\frac{x^2}{2q(1-x)} \right] \right\}$$

(3) Huctchinson(1972)修改 Webster's 公式如下式，其在第二項 Random delay 中加入 I-ratio，當 I=1 時，呈 Poisson 分配，即為 Webster's 之公式。

$$d = 0.9 \left\{ \left[\frac{C(1-\lambda)^2}{2(1-y)} \right] + \frac{Ix^2}{2q(1-x)} \right\}$$

(4) HCM(1985)的延滯模式係以理論模式為基礎，經實際資料加以驗證而來，第一項為 Uniform delay(均一延滯)，第二項為考慮因 overflow 而變動的延滯量，如下式：

$$d = \frac{0.38C(1-\lambda)^2}{1-y} + 173x^2 \left[(x-1) + \sqrt{(x-1)^2 + \frac{16x}{Q}} \right]$$

此式乃估計每車平均停等延滯，由於路口延滯較停等延滯高出 30%，故第一項為 Webster's 公式之 0.76 倍。此外考量大部分都市幹道的路口號誌皆有連鎖，車輛到達型

態會受到上游路口號誌之影響而呈車隊(platoon)到達，所以 HCM 設定五種車輛到達路口型態，可將路口停等延滯值算出後，選定適合其路口之型態加以調整。

(5) Akcelik(1988)整合 HCM、澳洲及加拿大等延滯模式而發展一個一般化(Generalized)的模式，利用不同的參數以代表不同的模式，如下式：

$$d = \frac{C(1-\lambda)^2}{2(1-y)} + 900Tx^n \left[(x-1) + \sqrt{(x-1)^2 + \frac{m(x-x_0)}{QT}} \right]$$

其中 $x_0=a+bsG$ ， a 、 b 為常數 T =分析時段(一般為 15 分鐘)，不同參數(a ， b ， m ， n)的組合代表各種不同的模式。此延滯公式與上述公式最大的差異在於 d 為路口延滯值，而非停等延滯值。

(6) HCM(2000)延滯模式中，第一項為假設均勻到達所產生之 Uniform delay(均均延滯)，第二項為考慮因隨機到達所增加之延滯量，除第三項增加因初始等候所造成之延滯外，與 1985 年版之延滯公式類似，亦可選定適合其路口型態之調整因子，作必要之調整。

(7) 黃厚淳(2004)【1】以現場調查方式分別針對台北市四個實施「行人專用時相」之路口收集相關資料，並構建在有實施與未實行人專用時相情況下之車輛延滯模式。經以 Akcelik 與 HCM 模式為依據，校估其參數值，研究結果發現 1985HCM 及 1988Akcelik 兩模式所計算之延滯值並無太大差異，但以 Akcelik 模式的解釋能力較佳。

3.行人延滯模式

關於行人延滯的估計，一般考慮的影響因素，包括週期長度(C)、有效綠燈時間(G)、行人流量(P)及行人通行時間(W)，以下分別簡介主要文獻的模式：

(1) Pretty's Method (1979) 針對三種行人穿越道路方式；包括穿越一街道、穿越兩街道及行人專用時相等分別構建行人延滯模式。三種模式均假設行人為均勻到達，延滯值為行人總延滯時間(單位為 Ped-hr./hr.)，分別為：

$$d_1 = \frac{P}{2C}(C-w)^2$$

$$d_2 = P_d(0.75C-w)^2$$

$$d_3 = \frac{P+P_d}{2C}(C-w)^2$$

上式中： d_1 為穿越一街道之行人總延滯時間

d_2 為穿越兩街道之行人總延滯時間

d_3 為實行人專用時相下之行人總延滯時間

P 為穿越一街道之單位小時行人量

P_d 為穿越兩街道之單位小時行人量

(2) Virkler's Method (1998) 調查澳洲布里斯本(Brisbane) 18 個路口之行人延滯時間，發展行人平均延滯模式，如下：

$$d = \frac{[C-(G+0.69A)]^2}{2C}$$

註： C 為號誌週期時間

G 為行人綠燈時間

A 為閃光禁行時間

(3) HCM (2000) 假設行人抵達路口為均勻到達 (uniform arrival) 型態，則行人平均延滯時間為：

$$d = \frac{(C - g)^2}{2C}$$

(4) 黃厚淳 (2004) [1] 考量上述之模式假設轉向車輛會禮讓行人優先通行，並不符合國內之真實行為，為能夠反應轉向交通量與行人穿越量之衝突與延滯間的關係，因此，另外依據四個路口之調查資料，以複迴歸分析方法構建實證式的行人延滯模式如下：

無行人專用時相：

$$d = 5.099 + 0.459 * X_1 + 0.392 * X_2$$

d：行人平均延滯 (秒/人)

X_1 ：轉向交通量 (輛/週期)

X_2 ：行人穿越量 (人/週期)

有行人專用時相：

$$d = \frac{(C - 0.521G)^{1.971}}{2C}$$

4. 人車衝突對號誌化路口運行效率之影響

Joseph S. Milazzo II, Nagui M. Roupail 等人[19]研究指出，在有效綠燈時間內，轉向車流之轉向路徑與穿越路口行人將產生人車衝突區間，該研究調查了九個路口、935個週期，提出在不同行人穿越量與轉向車流量下，對飽和流量之影響調整因子 f_{Rpb} (右轉)、 f_{Lpb} (左轉) 之估計模式。以右轉車流影響調整因子 f_{Rpb} 為例

$$f_{Rpb} = 1.0 - P_{RT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{RTA})$$

其中：

P_{RT} ：右轉車輛比例

A_{pbT} ：轉向車流與行人穿越衝突對應之飽和流量調整因子

P_{RTA} ：轉向車流使用專用時相之比例

5. 號誌化路口之安全影響分析

(1) 對於交叉路口之安全分析方法，一般可歸納為衝突點及肇事分析，如詹丙源[5]、饒智平[6]以及期望衝突量分析，如林良泰與朱孝純[7]，林良泰與張建彥[8]等文獻，各有其適用情況。

6. 綜合評析：

國內目前設置行人專用時相之準則，其必要條件為交通管制設施及路口道路寬度，其中交通管制設施可配合實際需要而設置，因此不需討論。而道路之寬度影響行人穿越時間，以 20 公尺路寬為例，一般行人步行速度之下限值為 0.6-1.0 公尺/秒，則通過路口時間約需 35-20 秒，為免過長之行人專用時相長度影響路口行車效率，因此 20 公尺路寬之建議大致合理。

其次在充分條件上，依據國內外許多研究雖皆指出行人穿越量及車流轉向交通量為主要影響因子，但並無明確之門檻值。另外，老年人與學童較多路口應優先實施專用時相則著重於安全層面的考量。至於服務水準等級，雖往往會因增加時相數而增加車輛平

均延滯，但另一方面可完全消除人車衝突干擾，對於路口服務水準之影響，值得深入探討。

國內外對於號誌化路口效率與服務水準之評估均以延滯時間及停等數為主要指標。因此本研究在效率層面的評估，亦將以行人與車輛之平均延滯為主。惟如何構建更嚴謹的行人延滯模式，尤其關於對角穿越之行人延滯目前迄無任何適當的估計模式，亦為本研究的重點之一。

Joseph S. Milazzo II [19]以迴歸分析方法建立行人穿越量與人車衝突區佔用率之關係模式，利用衝突區佔用率之觀念並納入車道數之影響，得到飽和流量的調整因子。對於分析未實施「行人專用時相」路口之行人穿越量與轉向交通量等因子對路口運行效率之影響有很好的參考價值。

參、研究方法與成果

本計畫之進行步驟與主要工作項目，包括(1)文獻回顧與評析(2)基本資料收集與分析(3)現場調查與延滯模式構建(4)效率層面之影響分析(5)肇事特性與安全層面之影響分析，以及(6)綜合結論與建議等六大項，均已依照預定進度順利完成。其中現場調查與延滯模式構建部份，本研究係選定松壽路—松智路與松壽路—市府路兩處路口，以錄影方式分別於假日與非假日之尖峰與離峰時段進行轉向交通量、交通組成、轉向與斜向穿越之行人交通量、步行速率、車輛延滯、行人延滯等同步資料之調查分析，據而分別構建有、無「行人專用時相」下之車輛與行人共四種延滯模式。車輛延滯模式之構建並特別考量轉向車輛與行人之衝突影響，而行人延滯模式則區分為二階段穿越與斜向穿越，以符合實際。

應用實際調查資料所構建的四種延滯模式，即可針對任何給定或已知之幾何條件與號誌時制路口，進行效率層面之影響分析。其分析程序(1)首先設定多組不同之交通量、交通組成、轉向交通量、行人交通量、行人斜向穿越比例等組合情境。(2)分別估算在無「行人專用時相」情況下每一種情境之車輛平均延滯與行人平均延滯，並依據交通組成與各車種之平均乘載人數將車輛平均延滯轉換為人平均延滯(秒/人)，即可與行人延滯相加，得出總延滯。(3)以同樣的方法估算在有「行人專用時相」情況下之車輛、行人以及總平均延滯。(4)比較在同一情境下有無「行人專用時相」之總平均延滯，即可分析其影響情形，並從中找出有助於降低總延滯之組合情況或門檻值。本研究經以松壽路與松智路口為例，依照上述方法所獲致之結果如表 1 所示。

表 1 實行人專用時相可降低人車總停等延滯之車輛轉向比

行人穿越量 (人/hr)	500	750	1000	1250	1500
車輛交通量 (pcr/hr)					
200	-	-	-	-	1
400	-	-	1.0	0.9	0.8
600	-	1.0	0.8	0.6	0.6
800	-	0.8	0.6	0.5	0.4
1000	0.9	0.6	0.5	0.4	0.4

至於「行人專用時相」對於安全之影響分析，本研究首先收集台北市民國 92 年與 93 年所有號誌化路口之肇事資料，進行肇事型態、嚴重度類別、原因、時間等一般特性分析，再就該項資料庫中篩選出民國 93 年底前已實施「行人專用時相」之 76 個路口，收集其實施前二年之所有行人與車輛肇事資料，配合民國 92、93 年之實際肇事資料，以事前與事後(before and after)分析方法比較其肇事率。分析結果顯示該 76 個路口在專用時相實施後二年期間共發生 15 件人車肇事案件，造成 21 人受傷；平均肇事率為 0.3394 件／萬小時，平均受傷率為 0.4752 人／萬小時。實施前二年同時段則發生 29 件人車肇事案件，造成 2 人死亡，32 人受傷；平均肇事率為 0.6212 件／萬小時，平均死亡率為 0.0428 人／萬小時，受傷率則為每萬小時 0.6855 人。若刪除實施「行人專用時相」期間因駕駛人違規所導致的案件數(亦即駕駛人均遵守號誌)，推估實行人專用時相約可減少 71% 的死亡人數與 77% 的受傷人數。依據保險事業發展中心民國 94 年之事故賠償金額概估，每月至少可減少 366 萬元之肇事成本。顯示實施「行人專用時相」確實有助於改善行人之安全。

四、結論與建議

4.1 結論

1. 為分析行人與轉向車輛之人車衝突對行車效率之影響，本研究經現場調查路口各方向行穿線上行人交通量，並統計人車衝突區內有行人之累計時間，計算人車衝突區域內行人佔用率，所構建之行人交通量與行人佔用率之迴歸方程式如下式。

$$\text{Occped} = 0.00028494 V_{\text{pedg}} \quad V_{\text{ped}} \leq 3000$$

$$\text{Occped} = 0.00002403 V_{\text{pedg}} + 0.78273 \quad V_{\text{ped}} > 3000$$

2. 實施「行人專用時相」在行政商業區中，其最大之效益在於隔離人車衝突，惟因增加時相數，造成行人及車輛之綠燈時比降低，使得停等延滯增加。但是在轉向共用車道部分，卻可以因行人與轉向車輛之衝突因素消失，使得車輛通過路口之效率提昇。
3. 經以調查路口個案分析的方式，應用所構建之車輛停等延滯模式，比較右轉共用車道在有、無實施「行人專用時相」下，停等延滯變化之情形，得出個案路口在行人穿越量及轉向交通量達到一定量之後，實施「行人專用時相」能降低人車總延滯之門檻值如表1所示。本研究所構建的延滯模式與分析方法可用於估算實施「行人專用時相」對於任何路口效率層面之影響，以及有助於降低路口延滯的門檻值。
4. 實施「行人專用時相」下，斜向穿越之行人雖可直接斜向穿越路口，縮短步行距離，但無論穿越一方向或連續穿越二方向之行人皆需等候所有方向的車輛號誌時間，俟行人專用時相顯現綠燈才能通過。而無實行人專用時相下，行人穿越道路雖受轉向車流干擾，但行人僅需等候一個方向的號誌紅燈，而斜向穿越行人可配合到達路口當時綠燈方向，選擇優先順序穿越二個方向街道。因此實行人專用時相反而增加斜向穿越行人之平均停等延滯。
5. 本研究蒐集台北市近年來發生於號誌化路口之肇事資料，分析號誌化路口人車衝突事故主要之原因大部分皆為駕駛人因素，其中轉向車流與行人衝突事件之肇事主因包括搶越行人穿越道、左(右)轉彎未依規定及未注意車前狀況等項，該部分肇事

主因佔死亡人數的71%，及受傷人數的77%，且肇事嚴重性皆位居前五名中。可見在號誌化路口人車衝突事故中，肇事責任主要為駕駛人因素，而傷亡者皆為行人，因此實施行人專用時相確有提高行人穿越路口安全之效益。

6. 為進一步比較「行人專用時相」實施前後對肇事率的影響，經選定76個台北市政府93年底以前已實施行人專用時相之路口，計算個別路口每日實施行人專用時相之小時數，並統計該76個路口於實施行人專用時相時發生之事故件數與傷亡人數，得出該76個路口於92、93年間實施行人專用時相後之總平均肇事率與受傷率。另統計該76個路口89年及90年兩年間相同時段之總平均肇事率死亡與受傷率加以比較，顯示實施行人專用時相後肇事率減少約45%，而平均傷亡率亦有明顯的下降。

4.2 建議

1. 本研究僅討論右轉車流與路口穿越行人之人車衝突對車輛停等延滯之影響，而左轉車流部分因需考量對向車流與穿越行人之雙重影響，複雜度較高，囿於人力與時間的限制，未能一併考量，建議後續研究可繼續加以探討，以臻周延。
2. 本研究以調查資料，應用迴歸分析方法建立行人穿越量與人車衝突區佔用率之關係模式，利用衝突區佔用率之觀念並納入車道數之影響，得到飽和流量的調整因子。對於了解未實施行人專用時相之情況下，行人穿越量與轉向車流量等因子對路口運效率之影響有極大的幫助。惟因飽和流量調整因子ApbT之折減比率係直接引用國外文獻，是否適用於國內，建議後續研究尚可加以探討。

參考文獻

1. 黃厚淳，設置行人專用時相對車輛與行人延滯影響之研究，交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國九十三年六月。
2. 台北市交通局，行人專用時向設置準則，民國九十年八月。
3. 何美瑩，號誌化交叉路口車輛延滯模式之研究，交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國七十九年六月。
4. 交通部運輸研究所，2001台灣地區公路容量手冊，民國九十年六月。
5. 詹丙源，以交通衝突理論分析交叉路口及研擬改善策略之研究，中央警察大學警政研究所碩士論文，民國七十九年六月。
6. 饒智平，號誌化交叉路口風險分析及安全檢核評估方法之研究，臺灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國八十四年六月。
7. 林良泰、顏秀吉、朱純孝、吳淵展，「交叉路口整體安全水準分析架構之研究」，中華民國運輸學會第十一屆論文研討會，民國八十五年十二月。
8. 林良泰、張建彥、朱純孝、吳淵展，「以期望值觀點推導路口衝突量」，運輸學刊第十卷第三期，民國八十六年九月。
9. 翁燕芬，獨立路口行人專用時相之研究，臺灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國九十二年六月。
10. 黃承傳、余水林，「平面交叉路口行人與車輛延滯之模擬研究」，運輸計畫季刊第十六卷第二期，民國七十六年六月。

11. 張嘉男，交叉路口交通衝突之研究，成功大學土木工程研究所碩士論文，民國八十五年六月。
12. 郭梅芬，混合車流下號誌化交叉路口車輛延滯估計模式之研究，交通大學交通運輸研究所碩士論，民國八十二年六月。
13. 林良泰、張建彥、朱純孝、張嘉惠，「考量安全與效率下號誌化路口整體績效評估之研究」，運輸計畫季刊第二十九卷第二期，民國八十九年六月。
14. C.M. Abrams and S.A. Smith, "Selection of Pedestrian Signal Phasing", TRR629, pp.1~6, 1977.
15. M.D. Fritter, Exclusive Pedestrian Phases at Intersections, B.E. Thesis, Department of civil Engineering, University of Queensland, 1997.
16. C.V. Zegeer、K.S. Opiela、M.J. Cynecki, "Effect of Pedestrian Signals Timing on Pedestrian Accident", TRR847, pp.63~72, 1982.
17. D.M. Zaidel、I. Hocherman, "Safety of Pedestrian Crossing at Signalized Intersections", TRR1141, pp.1~6, 1987.
18. F.M. Greenberg, "Pedestrian Signal Usage in the CBD of Medium-Sized Cities", ITE Journal, pp.15~18, April 1995.
19. Joseph S. Milazzo II, Nagui M. Rouphail, "Effect of Pedestrians on Capacity of Signalized Intersection", TRR1646, pp37~46, 1988.
20. Allen P.P, J.E. Hurmmer, "Effect of Bicycle on Capacity of Signalized Intersection", TRR1646, pp87~95, 1988.
21. R.L. Pretty, "The Delay to Vehicles and Pedestrian at Signalized Intersection", ITE Journal, pp20~23, 1979.
22. M.J. Cynecki, "Development of a Conflicts Analysis Technique for Pedestrian Crossing", TRR743, pp.12~20, 1980.
23. S. Khasnsbis, C.V. Zegeer, M.J. Cynecki, "Effect of Pedestrian Signals on Safety, Operations and Pedestrian Behavior-Literature Review", TRR847, pp.78~86, 1982.
24. C.V. Zegeer, S. Khasnabis, J.C. Fegan, "Development of Improved Pedestrian Warrant for Traffic Signals", TRR904, pp.58~66, 1983.