

左轉時相選擇與左轉車道配置之整合設計

林良泰* 郭永富**

摘要

以往於號誌時制設計時大都假設車道配置為已知，並於指定號誌時相後，即進行時制之最佳化，如此所求得之時制計畫僅為局部最佳解而非整體最佳解，因此如何整合車道配置與時相設計實為不容忽視之課題。本研究有鑑於此，乃以左轉車流為分析對象，探討左轉時相選擇之影響因素及左轉車道配置方法。左轉時相之選擇係依據路口左轉肇事、流量、車速、車道數及行車視距等因素加以決定，而左轉車道配置則以車輛等候線長度及駕駛者選擇車道行為作為衡量標準，其次依據各項影響因素，建立左轉時相選擇及左轉車道配置之程序性準則。再者由於車道配置過程中將影響時相型態選擇之結果，故兩者之設計理念實具有互動性，因此本研究乃將左轉之時相選擇與車道配置予以整合設計，並構建電腦輔助系統，以便於交通工程師進行實務應用。

一、前言

於都市道路路網中，交叉路口往往需容納多方向之車輛進出，往往使得號誌化交叉路口成為交通瓶頸之所在，因此如何有效疏導號誌化路口之交通需求，已成為當務之急。

對於號誌化路口，一般採用之交通疏解策略有空間隔離及時間隔離兩種方式，前者係採車道配置之方法，將各流向(Approach)之空間或車道分配給不同流動之車流；而後者則是透過時相設計指定各流動擁有不同時間之路權。所以號誌化路口運作績效之良窳，實受到時相設計及車道配置之交互影響。

在時相設計中，車流之轉向交通需求為時相型態選擇之重要因素，尤其左轉車流與對向車流發生之衝突，常為交叉路口問題癥結所在，而以往研究左轉時相選擇之文獻複雜且缺乏程序性，容易造成左轉時相選擇之困擾，因此本研究綜合整理得出肇事、流量及行車視距等準則，並建立一完整性之設計程序。至於左轉車道配置方面，乃依據效率、安全和公平之三大原則下，先求出紅燈時段中各流向之車輛等候線長度，再依據駕駛者選擇車道行為，以決定左轉車道配置之方式

* 林良泰係逢甲大學交通工程與管理學系副教授
(聯絡地址：台中市文華路100號 電話及傳真：(04)4513062)

** 郭永富係逢甲大學交通工程與管理學系學生

。再者，由於車道配置之結果，將影響左轉時相之選擇型態，亦即左轉之車道配置與時相選擇實具有相互回饋之特性；因此，本研究乃將此兩者予以整合設計，並構建電腦輔助系統，以利交通工程師實務應用。

二、文獻回顧

2.1 左轉時相選擇

1. 鄭有欽〔1〕將左轉時相型態分為允許(Permissive)左轉、保護(Protected)左轉和保護且允許左轉時相。
2. Machemehl 及 Mechler〔2〕於分析左轉時相對交叉路口運轉績效研究中，將左轉時相分為允許、保護和保護且允許左轉時相。
3. 美國聯邦公路署在1983年出版之交通管制設備使用手冊(Traffic Control Devices Handbook)〔3〕中，對設置左轉時相之準則如下：
 - (1) 流量：
 - a. 雙向四車道時，左轉車與對向直行車在尖峰小時之乘積大於100,000。
 - b. 雙向二車道時，左轉車與對向直行車在尖峰小時之乘積大於50,000。
 - c. 在尖峰小時內每一週期至少有2部左轉車。
 - (2) 延滯：
 - a. 尖峰小時內，平均每一週期至少有2部左轉車。
 - b. 於交叉路口之臨界流向(Critical Approach)，其左轉延滯在尖峰小時內超過2車一小時。
 - c. 對於左轉車流，其平均延滯每部車至少為35秒。
 - (3) 意外事件：
 - a. 若考慮一個流向，左轉肇事一年內發生4次或二年6次以上。
 - b. 若同時考慮二個流向，左轉肇事一年內發生6次或二年10次以上。至於該手冊中，對設置早開或遲閉時相之設計準則如下：
 - (1) 已經符合上述左轉時相條件。
 - (2) 直行及右轉車不能僅擁有一車道，或該流向僅有一車道。
 - (3) 號誌燈頭建議用五個鏡面，其時間最好不超過6至12秒。
4. Upchurch〔4〕利用左轉車輛數、車速、視距、肇事改善及左轉車與對向直行車流數量之乘積等項作為左轉時相設計之定性及定量準則。
5. Zegeer〔5〕依據交叉路口衝突之嚴重與否，透過工程師實務經驗之判斷，決定是否設置左轉保護時相。
6. Lalani〔6〕蒐集並整理美國各州，設置左轉保護時相所考慮之因素與使用之準則，該類準則之考慮因素為肇事、延滯、流量、衝突量、速率及車道數等項
7. 范玉琳〔7〕認為在交叉路口中，某一流向之左轉車輛比例越大，則使用綠燈早開或遲閉號誌控制的效果愈為顯著。

2.2 左轉車道配置

1. 鄭有欽〔1〕將左轉車道分為左轉專用車道、左轉直行共用車道及左轉直行右轉共用車道三種。
2. 范玉琳〔7〕認為沒有左轉專用車道之交叉口不適用於使用綠燈遲閉號誌控制。
3. 黃士哲〔8〕提出設有專用時相即應有專用車道配合。
4. 交通部之交通工程手冊〔9〕中，不論是否為號誌化路口，若左轉交通需求由直行交通需求分出時，宜考慮設置中央左轉專用車道，其車道長度包括漸變段長度及儲存段長度。儲存段長度則需考慮將等候左轉之交通量，按每輛小客車增加7.5公尺之長度設置；儲存長度最短需能停等兩部小客車，若等候之交通中含有10%以上之卡車時，最短長度需能停一部小客車及一部卡車以上。中央左轉專用道寬度應為3.6公尺，若中央分向島寬度較窄且需設號誌時，左轉專用道寬度可縮至2.8公尺，至於設置號誌所需之最窄緣石寬度為0.5公尺。

2.3 綜合評析

上述各文獻中大都分別探討左轉時相選擇及左轉車道配置，僅鄭有欽〔1〕將路口車道配置與號誌時制設計予以整合，以啓發式求解法得出交叉路口整合設計之結果，但因分析流程中需使用T7F-T88及TRAF-NETSIM兩號誌軟體，所以其結果易受該軟體設計理念所影響，因此，本研究擬以流向（Approach）為基礎，以實地蒐集交通資料作為各項準則之輸入，期望能求得較為客觀之分析結果。

三、左轉時相選擇準則

本研究所謂左轉時相係包含下列數項：

1. 允許左轉時相：即左轉車流無專用時相，其通常以綠圓之號誌鏡面來指示左轉車必需等候對向車流產生可接受間距，才得以完成左轉之行爲。
2. 左轉保護時相：其號誌週期中設有專用時相予左轉車流，通常以綠色箭頭之號誌鏡面指示左轉車輛得以在該時段內進行左轉，但除此時段外，左轉車不得左轉。
3. 左轉保護且允許時相：其號誌週期中，不僅設有一專用時相給予左轉車流，且該流向之號誌鏡面顯示綠圓時，亦允許左轉車左轉。
4. 綠燈早開時相：左轉交通需求比例較大之流向於綠燈始亮時，會有一段時間，對向之號誌仍為紅燈，使得該流向左轉、直行及右轉之車輛於此時段內得以在沒有衝突下自由行進，直至該時相結束為止。
5. 綠燈遲閉時相：兩相對流向之綠燈同時開啓後，左轉交通需求較大之流向，其綠燈時間比左轉交通需求較小之流向延後結束，使得左轉需求較大之流向，能夠擁有一段不受干擾之車流運行時間。

於左轉時相選擇方面，本研究採用實地調查時較易收集且可量化之肇事、流

量、車速、車道數及行車視距等項準則，至於延滯值因與流量、車速及車道數相關，因此不再重覆考慮。且於此左轉時相選擇階段僅有允許、保護及保護且允許左轉時相可供選擇，而對於綠燈早開或遲閉時相之選擇，係在車道配置階段中才能決定交叉口係為早開或遲閉時相之適用時機，為某流向選擇允許左轉時相後且其左轉流量大時方有設置之可能性。

左轉時相選擇之準則分析可分述如後：

- (1) 將單向道與雙向道分開討論。
- (2) 對向供直行和右轉的車道數。
- (3) 在對向 2 車道時，左轉車流量和對向直行與右轉流量和之乘積是否大於 144000？或對向 3 車道時，其乘積是否大於 100000？
- (4) 對向車流之車速是否超過 72 公里/小時。
- (5) 行車視距是否小於 122 公尺。
- (6) 單向道之左轉肇事是否一年大於 4 次以上？雙向道之左轉肇事是否一年大於 6 次以上？

依據上列之六項定量準則，即可決定該流向之左轉時相型態，其分析流程如圖 1 所示。

四、左轉車道配置之準則

依左轉時相選擇準則而選擇左轉時相後，欲進一步求得左轉車道配置時，需有下列四點假設：

1. 車道中若設置中央分界帶，其寬度超過三公尺。
2. 號誌時制之週期長度通常介於 40 至 180 秒中，因此假設號誌化路口之最長紅燈時段為 90 秒。
3. 依照交通工程手冊〔9〕規定，由於左轉待轉區至少需有 2 部車之等候線長度，再者，若有 10% 之卡車時，最短長度需能停一部小汽車及一部卡車以上，若每小汽車當量之平均空間車頭距為 7.5 公尺，則可假設左轉待轉車道長度需大於 20 公尺。
4. 由於左轉待轉車道之最短長度為 20 公尺，因此假設路段長度需大於 20 公尺。

由上述之假設可知：

$$Ll = (Ql / 3600) \cdot R_{max} \cdot Lv$$

$$Ltr = (Qtr / 3600) \cdot R_{max} \cdot Lv$$

$$Nl = Ll / Lc$$

$$Ntr = Ltr / Lc$$

式中， Ll ：左轉所需之等候線長度 (M)

Ql ：左轉流量 (PCU/HR)。

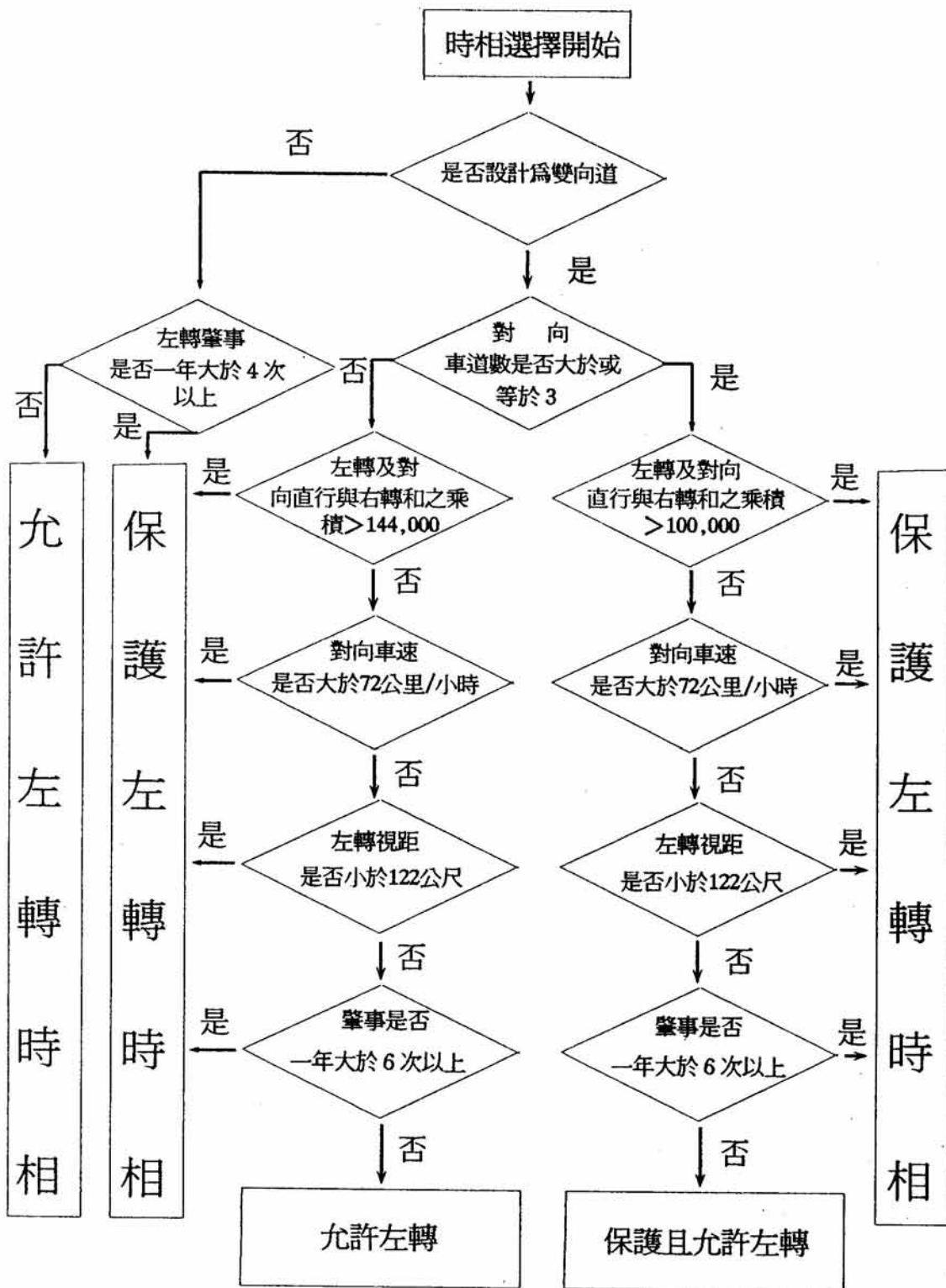


圖 1 左轉時相選擇階段之分析流程

R_{max} ：最長之紅燈時段，本研究假設為 90 秒。

L_v ：小汽車當量之平均空間車頭距，本研究假設為 7.5 公尺。

L_{tr} ：直行及右轉所需之等候線長度 (M)。

Q_{tr} ：直行及右轉流量和 (PCU/HR)。

L_c ：路段長度 (M)。

N_l ：供左轉車道數。

N_{tr} ：供直行及右轉車道數。

依照上述假設，以等候線長度作為公平性之衡量指標，並綜合考慮時相選擇種類及路權型式，共有八種情況之組合，茲分述如下：

情況一：時相選擇——選擇保護或保護且允許左轉時相。

路權型式——雙向車道且設置中央分界帶。

1. 當 $20 < L_c \leq 40$ ，此時路段長度最長為 40 公尺，而左轉待轉車道設置時最短長度為 20 公尺，若該路段之兩端均設置左轉待轉車道時，則該中央分界帶功能將完全喪失，此時不宜配置左轉待轉車道。

條件 (1)： $0 < N_l \leq 1$

「1」若 $N_l < N_{tr} / (N_t - 1)$ 式中， N_t ：可配置之總車道數

此時左轉車輛等候線長度將小於右轉及直行車輛之等候線長度，如此會造成部分右轉及直行車輛駛入單左轉車道，故於此狀況下設置一左轉直行共用車道。

「2」若 $N_l \geq N_{tr} / (N_t - 1)$

此時左轉車輛等候線長度將大於右轉及直行車輛之等候線長度，使右轉及直行車輛不會駛入左側之左轉車道，所以設置單左轉車道，且根據左轉專用車道應與保護左轉時相配合使用之原則，故此狀況下，時相應改為保護左轉時相。

條件 (2)： $1 < N_l \leq 2$

「1」若 $(N_l - 1) < N_{tr} / (N_t - 2)$

此時左轉車輛等候線長度已超過路段長度，因此該流向最內側應配置單左轉車道，由於超過路段長度之部分等候線長度小於右轉及直行車輛之等候線長度，如此會造成部分右轉及直行車輛駛入此車道，而於單左轉車道之右側應再設置一左轉直行共用車道。故此狀況下，配置單左轉與一左轉直行共用車道，且時相應改為保護左轉時相。

「2」若 $(N_l - 1) \geq N_{tr} / (N_t - 2)$

如上所述，該流向最內側配置單左轉車道後，由於超過路段長度之部分左轉等候線長度會大於右轉及直行車輛之等候線長度，故於單左轉車道之右側再設置單左轉車道而成為雙左轉車道配置，且時相改為保護左轉時相。

綜合條件(2)之敘述即可推知，當條件為 $L < N1 \leq H$ ，(L、H為連續之正整數)

「1」若 $(N1 - L) < N_{tr} / (N_t - H)$ ，則配置L個左轉車道與一左轉直行共用車道，且時相為保護左轉。

「2」若 $(N1 - L) \geq N_{tr} / (N_t - H)$ ，配置H個左轉車道，且時相為保護左轉。

2. 當 $L_c > 40$ ，此時之路段長度已足夠利用中央分界帶設置左轉待轉車道。

條件(1)： $0 < N1 \leq 20 / L_c$

此時左轉待轉車輛等候線長度尚未到達左轉待轉長度最短20公尺之設置門檻，故僅配置一左轉直行共用車道。

條件(2)： $20 / L_c < N1 \leq 0.5$

該流向之車道設置中央分界帶時，為使其中央分界帶不完全喪失功能，且考慮對向車流使用分界帶之需求，而設置左轉待轉車道時，其長度不宜超過路段長度之一半，此時應開闢中央分界帶而設置一左轉待轉車道其長度為L1公尺。

條件(3)： $0.5 < N1 \leq 1 + 0.5$

「1」若 $N1 - 0.5 < N_{tr} / (N_t - 1)$

此時左轉車輛所需等候線長度超過路段長度之一半(0.5Lc)，則該流向內側之中央分界帶應開闢路段長度之一半為左轉待轉車道；且由於超過路段長度一半之部分會小於右轉及直行車輛之等候線長度，使部分右轉及直行車輛駛入此車道，而於左轉待轉之右側再設置一左轉直行共用車道。故此種狀況下，配置一左轉待轉車道(其長度為0.5Lc公尺)與一左轉直行共用車道，且時相改為保護左轉時相。

「2」若 $N1 - 0.5 \geq N_{tr} / (N_t - 1)$

同理可知，此種狀況下，配置一左轉待轉車道(長0.5Lc公尺)與單左轉車道，且時相改為保護左轉時相。

由條件(3)之敘述可知，當條件為 $L + 0.5 < N1 \leq H + 0.5$

(L、H為兩連續非負之整數)。

「1」若 $N1 - 0.5 - L < N_{tr} / (N_t - H)$ ，則配置一左轉待轉(長0.5Lc公尺)與L個左轉與一左轉直行共用車道，且時相為保護左轉。

「2」若 $N1 - 0.5 - L \geq N_{tr} / (N_t - H)$ ，則配置一左轉待轉車道(長0.5Lc公尺)與H個左轉車道且時相為保護左轉。

情況二：時相選擇——選擇保護或保護且允許左轉時相。

路權型式——雙向車道但無設置中央分界帶。

1. 當 $20 < Lc \leq 40$

條件 (1) : $0 < N1 \leq 1$

$N1 < Ntr / (Nt - 1)$, 則由情況一可知, 配置一左轉直行共用車道。

$N1 \geq Ntr / (Nt - 1)$, 則由情況一可知, 配置單左轉車道, 且時相改為保護左轉時相。

由上述可推知, 當條件為 $L < N1 \leq H$ (L, H 為兩連續之非負整數)。

「1」若 $N1 - L < Ntr / (Nt - H)$, 則配置 L 個左轉車道與一左轉直行共用車道, 且當 $L \geq 1$ 時, 時相設計需改為保護左轉時相。

「2」若 $N1 - L \geq Ntr / (Nt - H)$, 則配置 H 個左轉車道, 且當 $L \geq 1$ 時, 時相設計需改為保護左轉時相。

2. 當 $Lc > 40$ 時, 在雙向車道且無中央分界帶設置時, 其設置左轉待轉車道時會影響對向車流之運行, 而設置左轉待轉車道時應採用車道漸變方式且不以佔用對向流向之車道為原則, 故其長度於實務上均未超過 40 公尺且寬度可採用 2.8 公尺〔9〕之設計。

條件 (1) : $0 < N1 \leq 20 / Lc$

同情況一可知, 配置一左轉直行共用車道。

條件 (2) : $20 / Lc < N1 \leq 40 / Lc$

此時左轉車輛等候線長度尚未超過左轉待轉車道最長為 40 公尺之設置門檻, 故配置一左轉待轉車道 (長 $L1$ 公尺)。

條件 (3) : $40 / Lc < N1 \leq 1 + 40 / Lc$

「1」若 $N1 - (40 / Lc) < Ntr / (Nt - 1)$

此時左轉等候線長度大於 40 公尺, 該流向最內側應採用車道漸變方式設置一左轉待轉車道 (長 40 公尺), 由於超過左轉待轉車道 (長 40 公尺) 之左轉等候線部分會小於右轉及直行車輛之等候線長度, 因此於此狀況下, 配置一左轉待轉車道 (長 40 公尺) 與一左轉直行共用車道, 且時相改為保護左轉時相。

「2」若 $N1 - (40 / Lc) \geq Ntr / (Nt - 1)$

同理, 於此狀況下, 配置一左轉待轉 (長 40 公尺) 與單左轉車道, 且時相改為保護左轉時相。

由條件 (3) 之敘述可推知, 當條件為 $L + 40 / Lc \leq N1 \leq H + 40 / Lc$ (L, H 為兩連續之非負整數)

「1」若 $(N1 - 40 / Lc - L) < Ntr / (Nt - H)$, 則配置一左轉待轉 (長 40 公尺) 與 L 個左轉與一左轉直行共用車道, 且時相改為保護左轉。

「2」若 $(N1 - 40 / Lc - L) \geq Ntr / (Nt - H)$, 則配置一左轉待轉車道 (長 40 公尺) 與 H 個左轉車道, 且時相改為保護左轉。

情況三：時相選擇——選擇保護左轉時相。

路權型式——單向道。

於單向道系統中，因無左轉待轉車道之配置且無中央分界帶之型式，故可直接以通式表示如下：

當條件為 $L < N1 \leq H$ (L 、 H 為兩連續之非負整數) 時，

「1」若 $N1 - L < N_{tr} / (N_t - H)$ ，則配置 L 個左轉車道與一左轉直行共用車道。

「2」若 $N1 - L \geq N_{tr} / (N_t - H)$ ，則配置 H 個左轉車道。

情況四：時相選擇——選擇允許左轉時相。

路權型式——雙向車道且設置中央分界帶。

1. 當 $20 < Lc \leq 40$

條件 (1)： $0 < N1 \leq 20 / Lc$ ，則配置一左轉直行共用車道。

條件 (2)： $20 / Lc < N1 \leq 1$

「1」若 $N1 < N_{tr} / (N_t - 1)$ ，則配置一左轉直行共用車道。

「2」若 $N1 \geq N_{tr} / (N_t - 1)$ ，則於允許左轉時相中，其車道不可有左轉專用道之設置，若車道配置為左轉專用車道時，其時相設計應改為綠燈早開或遲閉時相。其原因為早開及遲閉時相係介於二時相與三時相間之設計理念，其可避免保護左轉時相造成直行車流受阻及損失時間增加之缺失，亦可達到確保左轉車流順利運行之目的。因此於此種狀況下，應配置單左轉車道，且其時相應改為綠燈早開或遲閉時相。

由上述可推知，當條件為： $L < N1 \leq H$ (L 、 H 為兩連續之正整數)

「1」若 $N1 - L < N_{tr} / (N_t - H)$ ，則配置 L 個左轉與一左轉直行共用車道，其時相為早開或遲閉設計。

「2」若 $N1 - L \geq N_{tr} / (N_t - H)$ ，則配置 H 個左轉車道，其時相設計為早開或遲閉。

2. 當 $Lc > 40$ ，

條件 (1)： $0 < N1 \leq 20 / Lc$ ，則配置一左轉直行共用車道。

條件 (2)： $20 / Lc < N1 \leq 0.5$ ，其時相改換為綠燈早開或遲閉時相，且配置一左轉待轉車道 (長 $L1$ 公尺)。

條件 (3)： $0.5 < N1 \leq 1 + 0.5$

「1」若 $N1 - 0.5 < N_{tr} / (N_t - 1)$ ，時相改換為綠燈早開或遲閉時相，且配置一左轉待轉車道 (長 $0.5 Lc$ 公尺) 與一左轉直行共用車道。

「2」若 $N1 - 0.5 \geq N_{tr} / (N_t - 1)$ ，時相改換為綠燈早開或遲閉時相，且配置一左轉待轉車道 (長 $0.5 Lc$ 公尺) 與單左轉車道。

由條件(3)之定論可知，當條件為 $L + 0.5 < N1 \leq H + 0.5$ 時：
(L、H為連續之非負整數)

「1」若 $(N1 - 0.5 - L) < N_{tr} / (N_t - H)$ ，則配置一左轉待轉(長 $0.5 Lc$ 公尺)及L個左轉和一左轉直行共用車道，且時相需改為綠燈早開或遲閉。

「2」若 $(N1 - 0.5 - L) \geq N_{tr} / (N_t - H)$ ，則配置一左轉待轉(長 $0.5 Lc$ 公尺)和H個左轉車道，且時相改為綠燈早開或遲閉。

情況五：時相選擇——選擇允許左轉時相。

路權型式——雙向道但無設置中央分界帶。

1. 當 $20 < Lc \leq 40$ ，

條件(1)： $0 < N1 \leq 20 / Lc$ ，則配置一左轉直行共用車道且其時相不改變。

條件(2)： $20 / Lc < N1 \leq 1$

「1」若 $N1 < N_{tr} / (N_t - 1)$ ，則配置一左轉直行共用車道。

「2」若 $N1 \geq N_{tr} / (N_t - 1)$ ，則配置單左轉車道且其時相改為綠燈早開或遲閉時相。

由上述可推知，當條件為 $L < N1 \leq H$ (L、H為連續之非負整數)，車道配置方式分為二種：

「1」若 $(N1 - L) < N_{tr} / (N_t - H)$ ，則配置L個左轉與一左轉直行共用車道，若 $L \geq 1$ ，其時相需改為綠燈早開或遲閉。

「2」若 $(N1 - L) \geq N_{tr} / (N_t - H)$ ，則配置H個左轉車道，而當 $L \geq 1$ ，其時相需改為綠燈早開或遲閉。

2. 當 $Lc > 40$ ，

條件(1)： $0 < N1 \leq 20 / Lc$ ，則配置一左轉直行共用車道。

條件(2)： $20 / Lc < N1 \leq 40 / Lc$ ，則配置一左轉待轉車道(長 $L1$ 公尺)且時相改為綠燈早開或遲閉時相。

條件(3)： $40 / Lc < N1 \leq (1 + 40 / Lc)$

「1」若 $(N1 - 40 / Lc) < N_{tr} / (N_t - 1)$ ，則配置一左轉待轉車道(長 40 公尺)與一左轉直行共用車道，且時相皆改換為綠燈早開或遲閉時相。

「2」若 $(N1 - 40 / Lc) \geq N_{tr} / (N_t - 1)$ ，則配置一左轉待轉車道(長 40 公尺)與單左轉車道，且時相皆改換為綠燈早開或遲閉時相。

由上述可推知：當條件為 $(L + 40 / Lc) \leq N1 \leq (H + 40 / Lc)$
(L、H為連續非負整數)

「1」若 $(N1 - 40 / Lc - L) < N_{tr} / (N_t - H)$ ，則配置一左轉待轉(長 40 公尺)與L個左轉與一左轉直行共用車道，且時相改

為綠燈早開或遲閉。

「2」若 $(N1 - 40 / Lc - L) \geq N_{tr} / (Nt - H)$ ，則配置一左轉待轉車道（長40公尺）與H個左轉車道，且時相改為綠燈早開或遲閉。

情況六：時相選擇——選擇允許左轉時相。

路權型式——單向道。

條件（1）： $0 < N1 \leq 1$ ，

「1」若 $N1 < N_{tr} / (Nt - 1)$ ，則配置一左轉直行共用車道。

「2」若 $N1 \geq N_{tr} / (Nt - 1)$ ，則配置單左轉車道且時相改為綠燈早開或遲閉時相。

條件（2）： $L < N1 \leq H$ ，（L、H為連續正整數）

「1」若 $(N1 - L) < N_{tr} / (Nt - H)$ ，則配置L個左轉車道與一左轉直行共用車道，且時相改為綠燈早開或遲閉時相。

「2」若 $(N1 - L) \geq N_{tr} / (Nt - H)$ ，則配置H個左轉車道且時相改為綠燈早開或遲閉時相。

情況七：左轉流量為零（ $Q1=0$ ）時，無需選擇左轉時相亦無需配置左轉車道。

情況八：車輛等候線長度大於總車道長度（ $N1 + N_{tr} > Nt$ ）時，有路段溢流現象產生，應先執行相關車流疏導計劃，以減少此路段之交通需求後，再執行左轉時相選擇與左轉車道配置之設計工作。

五、程式構建

號誌化路口左轉時相選擇與左轉車道配置，若採人工作業方式求得時，其耗時甚鉅，基於此原因，乃將準則撰寫成電腦程式，透過電腦快速運算之功能，達成左轉時相選擇與左轉車道配置之實用性。本程式可分設計理念與輸入輸出兩部分加以說明：

1. 設計理念部分：

- （1）依照單向道或雙向道系統，分別從事時相選擇與車道配置。
- （2）左轉時相之選擇準則，為路權型式、流量、車道數、車速、行車視距及左轉肇事等，至於車道配置之設計準則為車輛等候線長度及駕駛者選擇車道行為。
- （3）採用最長紅燈時段為90秒，作為計算最大等候線長度之基礎。
- （4）考慮左轉時相選擇與左轉車道配置之互動性，求得適合之時相設計及車道配置，即將允許左轉時相若因配置左轉專用車道時，則需改為綠燈早開或遲閉之時相設計。

2. 輸入輸出部分：

- （1）以交談式從事輸入及輸出，易學易懂。

- (2) 螢幕輸入時，可直接將輸入資料寫成檔案，作為日後檔案處理之用。
- (3) 結果顯示時，有文字且配合圖形輔助說明，使結果能讓使用者了解。
- (4) 左轉時相與車道配置之結果，可連接印表機輸出。

六、實例研究

為驗證本研究之左轉時相選擇及左轉車道配置之準則，乃以台中市中正路與五權路交叉口為實例分析對象，其路口之幾何現況如圖2所示，該路口之特色為中正路（流向1）為單向道，中港路（流向3）為設置中央分界帶之雙向道，五權路（流向2及流向4）為無設置中央分界帶之雙向道；中正路路段長度為120公尺，中港路路段長度為82.5公尺，五權路兩流向之路段長度均為100公尺，依據八十三年度台灣省市區道路交通流量調查[10]流量與路口之幾何資料輸入電腦輔助系統計算，而求得各流向之左轉時相與左轉車道配置，此結果與現況之比較如表1所示。

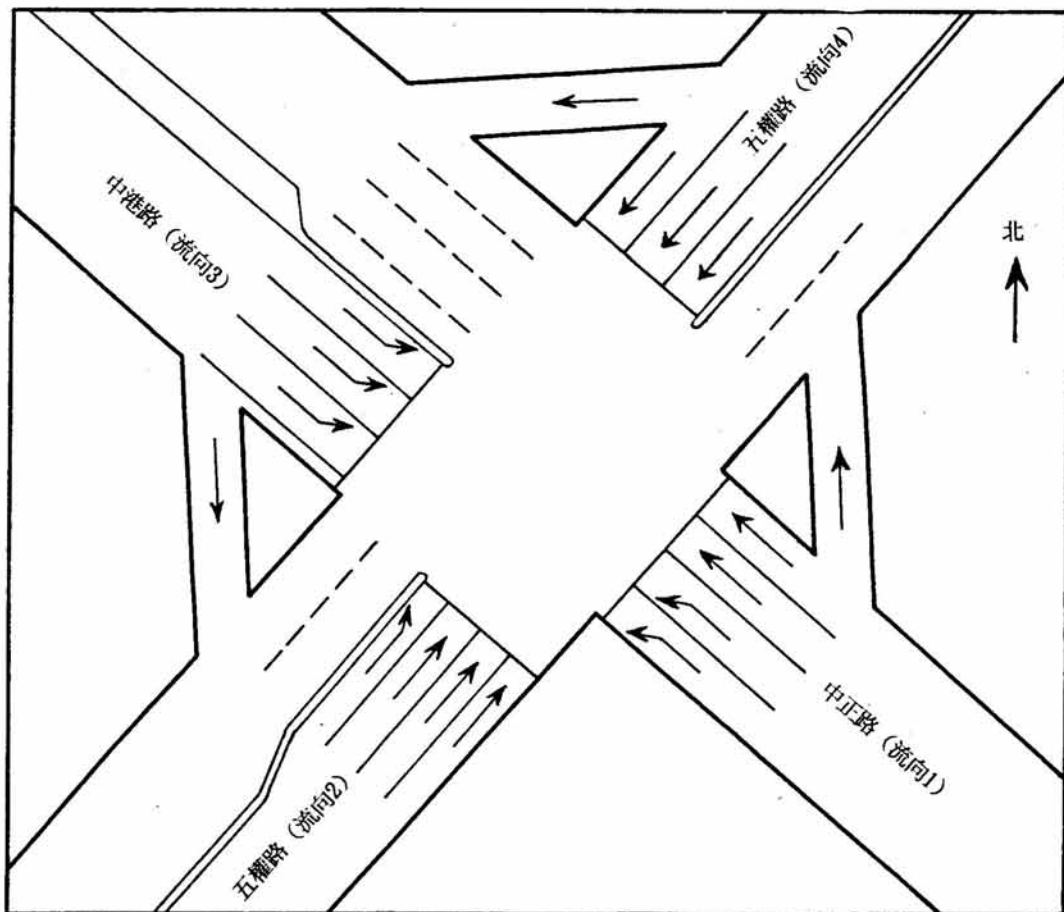


圖2 中正路與五權路交叉口幾何現況

表1 現況與研究結果之左轉時相和左轉車道配置比較

流 向 編 號	流 向 名 稱	時 相 選 擇		車 道 配 置	
		現 況	本 研 究	現 況	本 研 究
1	中正路	保護左轉	允許左轉	雙左轉車道	一左轉直行共 用車道
2	五權路	保護左轉	保護左轉	一左轉待轉車 道(39m)	一左轉待轉 (40m)與一左 轉直行共用
3	中港路	保護左轉	保護左轉	3個左轉車道	一左轉待轉 (41.25m)與 3個左轉車道
4	五權路	無左轉時相	不需左轉時相	無左轉車道	不需要配置左 轉車道

由表1可知中正路（流向1）之時相現況為選擇保護左轉時相，而研究結果為允許左轉時相，此項差異之原因在於中正路為單向道使對向車流（中港路）僅能左轉或右轉，且中港路右轉直流通槽化而形成保護右轉，使得中正路左轉車流較容易選擇左轉安全間距而達成左轉之目的，故本研究選擇允許左轉時相。至於現況則配置雙左轉車道，而計算結果為設一左轉直行共用車道，因此應將此雙左轉車道改為左轉直行共用車道，其他車道則專供直行車流使用，提高行車效率。

五權路（流向2）時相現況為保護左轉時相則與研究結果相同，其現況之車道配置為一左轉待轉（39m）車道，本研究之結果為一左轉待轉（40m）與一左轉直行共用車道，故現況中，本路口常因該流向左轉車流運行不順暢而使路口產生擁塞現象。

中港路（流向3）時相現況為保護左轉時相則與本研究結果相同，其現況車道配置為三個左轉車道，但現況之中央分界帶卻槽化一半之路段長度予以對向（流向1）直行車流使用，而研究結果顯示，應將中央分界帶給予本流向之左轉車流使用，因而利用中央分界帶配置一左轉待轉（41.25m）與三個左轉車道，以維持行車順暢。

五權路（流向4）現況中無左轉時相與本研究結果不需左轉時相相同，車道配置為無左轉車道亦與研究結果相同，但綜合考量路口之車流運行，本流向應將三個直行車道縮減為二個直行車道，一方面可消除對向（流向2）因設置左轉待轉車道產生之衝突，另一方面則撥出一車道給予對向車流使用，如此將可有效疏解由各流向匯入之龐大車流。

綜合以上所述，本研究可提供一客觀而有效之決策環境，以輔助交通工程師設計左轉時相選擇與車道配置之依據。

七、結論與建議

7.1 結論

1. 左轉時相之選擇係依據路權型式、對向流向車道數、左轉與對向流向直行及右轉流量和之乘積、對向車速、左轉視距與肇事多寡等定量準則，而決定保護左轉、允許左轉及保護且允許左轉之初步左轉時相。
2. 左轉車道之配置，係將時相選擇之初步結果與路權型式之組合予以綜合討論，應依據效率、安全、與公平之原則而考慮車輛等候線長度及駕駛者選擇車道行為而建立八種情況之左轉車道配置準則，又因左轉時相與車道配置具有彼此互動之特性，所以左轉車道配置結果應回饋至時相選擇階段，且此步驟將綠燈早開或遲閉時相納入考量，而決定最後之時相型態，如此則形成左轉時相選擇與左轉車道配置之整合性準則。
3. 本研究構建之左轉時相選擇與左轉車道配置電腦輔助作業系統，以交談方式從事輸入與輸出，利用檔案處理從事資料分析，且將左轉時相與左轉車道之結果以彩色繪圖及文字表式，以便於交通工程師之實務應用。
4. 由實例研究結果顯示，中正路（流向1）應選擇允許左轉時相與配置一左轉直行共用車道，五權路（流向2）應選擇保護左轉時相與配置一左轉待轉（40 m）及一左轉直行共用車道，中港路（流向3）應選擇保護左轉時相與改變其中央分界帶配置車道方式及配置一左轉待轉（41.25 m）和三個左轉車道，五權路（流向4）不需任何左轉時相與左轉車道，而其直行車道數由三車道縮減為二車道。

7.2 建議

1. 實例研究結果應與現況之時相型態與車道配置進行績效模擬分析比較或事前事後評估，而得到效益改善之結果。
2. 對未來規劃路口時，為求得整體路口之時相型態與車道配置，應將各流向車流之交互影響行為納入考量。
3. 本研究所使用之最長紅燈時段、小汽車平均空間車頭距及最大左轉待轉車道長度等參數值，均值得進一步分析。

參考文獻

- 1、鄭有欽，路口車道配置與號誌時制設計整合之研究，台大土木研究所碩士論文，民國83年6月。
- 2、Machemehl, R.B., and Mechler, A.M., "Comparative Analysis' of Left-Turn Phase Sequencing", Transportation Research Record 956, P.P. 37-40, 1984。
- 3、Federal Highway Administration, "Traffic Control Devices

- Handbook : Part II Signals” , U.S.Department of Transportation , 1983 。
- 4、Upchurch, J.E., ” Guidelines for Selecting Type of Left—Turn Phasing ” , Transportation Research Record 1069 , P.P 30—38 , 1986 。
 - 5、C.V Zegeer , R.C.Deen , ”Traffic Conflicts as a Diagnostic Tool in Highway Safety” , TRB , TRR 667 , 1978 , PP.48-57 。
 - 6、N.Lalani etc. , ”A Summary of the Use of Warrants for the Installation of Left-Turn Phasing at Signalized Intersections” , ITE Journal , April , 1986 , PP.57-59 。
 - 7、范玉琳 , 交叉路口綠燈早開或遲閉號誌控制之研究 , 成大土木研究所 , 民國 68 年 4 月 。
 - 8、黃士哲 , 綠燈右轉下駕駛者行爲之探討及右轉專用道設置之研究 , 台大碩士論文 , 74 年 6 月 。
 - 9、交通部 , 交通工程手冊 , 幼獅文化事業公司 , 79 年 3 月初版 。
 - 10、邱毅工程顧問公司 , 台灣省市區道路交通流量調查 (83 年度) 第六冊 (台中市) , 83 年 6 月 30 日 。