

新竹市號誌重整計畫之微調經驗

吳宗修¹ 曾明德²

摘要

一般對於較大規模的幹道、路網時制重整改善計畫中，路口時制計畫之設計已鮮少採用人工計算方式進行。為能有效提昇作業效率與減少人工計算所產生的謬誤，適宜藉助專業交通分析與模擬軟體之輔助，達到幹道或路網最佳時制之產生及了解各改善方案之可行性；但交通分析軟體產生之路口最佳化時制終究只是一種『仿』真實環境下所推算之結果，該時制計畫是否可真正落實至各路口運行仍受許多因素所影響(如分析軟體之系統參數校對、路口交通流量變化等)。因此，從交通分析軟體產生之最佳化時制至真正落實到各路口實際運作間，仍須經由多次反覆路口實際觀察與微調後才能達成。在整個時制重整過程中微調作業係扮演著重要的關鍵環節，但目前國內對於路口號誌重整計畫之微調作業並無一套標準程序或做法，因此藉由「新竹市號誌重整實作計畫」之機會，針對中華路、經國路、光復路、西大路等幹道進行時制重整改善，並透過實際操作與執行建立起一套可依循之時制微調準則，以提供後續相關時制重整計畫執行或號誌管理人員之經驗參考。本計畫係依循交通部運輸研究所「交通號誌時制重整計畫—標準作業程序建立」之精神，針對市轄內急需改善之瓶頸路口、路段，透過交通特性及流量之調查分析，進行現有時制計畫檢討，並依地方交通特性研擬改善方案，且藉由時制計畫分析軟體產生各方案結果與進行方案模擬評析，以產生最佳之時制計畫，最後由交控中心或人工方式將新設計之時制下傳至各改善地點，再透過路口實際觀察結果微調時制計畫。在幹道各路口時制計畫均完成微調後，則進行改善前後之績效評估分析，以期透過此一標準化之時制計畫重整程序，達到預期改善效益及確實提昇幹道續進能力、路口與路段車流運轉效率等目的。

關鍵詞：時制重整、時制微調、績效評估、Synchro

一、緒論

1.1 研究緣起與目的

本計畫內容主要以各路口之時制計畫重整為主，預期透過時制計畫重整作業，使實作範圍內之各路段交通問題能獲得改善，以降低道路擁塞時間、改善道路服務水準，亦達到減少汽機車停等延滯、降低空氣污染排放、減少油耗等效益，以提供民眾更順暢及安全的交通運輸環境。而本計畫主要依循交通部運輸研究所「交通號誌時制重整計畫(I)—標準作業程序建立」之精神，針對新竹市轄內各瓶頸路口、路段，透過交通特性及流量之調查分析，進行各路口或幹道之時制計畫檢討、改善方案研擬與方案評估。最後由交通控制中心將新設計之時制計畫下傳至各改善地點，並透過改善前後之績效調查瞭解整體改善計畫之改善成效。本計畫中除了預期達到提昇幹道續進能力、路口與路段車流運轉效率之目的外，另考量一般

¹ 交通大學運輸科技與管理學系副教授兼系主任 (聯絡地址：新竹市大學路 1001 號交通大學綜合一館 A812 室，電話：03-5731998，E-mail: thwoo@mail.nctu.edu.tw)

² 交通大學運輸科技與管理學系博士班學生

對於較大規模的幹道、路網時制重整改善計畫中，為能有效提昇作業效率與減少人工計算所產生的謬誤，均藉助專業交通分析與模擬軟體之輔助，達到幹道或路網最佳時制之產生及了解各改善方案之可行性，但交通分析軟體產生之路口最佳化時制終究只是一種『仿』真實環境下所推算之結果，該時制計畫是否可真正落實至各路口運行仍受許多因素所影響。因此，從交通分析軟體產生之最佳化時制至真正落實到各路口實際運作間，係須經由多次反覆路口實際觀察與微調後才能達成，但目前國內對於路口號誌重整計畫之微調作業並無一套標準程序或做法，因此藉由本計畫機會建立起一套可依循之時制微調準則，以提供後續相關時制重整計畫執行或號誌管理人員之經驗參考。

1.2 實作範圍

本計畫以新竹市內聯外道路、進出科學園區道路為改善對象，改善範圍如圖1所示，包含中華路一段、中華路二段、經國路、光復路、西大路等五條幹道，共計82處路口，並考量路口之重要性、車流轉向量等因素，擇其中40處進行調查，而後續時制重整之設計與分析將以40處路口之資料為基礎，對於未調查路口之時制計畫將採行配合上下游路口並加以微調方式處理。

1.3 計畫內容與方法

本計畫內容主要係對所界定之實作範圍內，針對各改善路口或路段進行交通流量之調查與分析作業，透過分析之結果進行時制改善方案之研擬，以提高交通改善之成效性，以下針對主要工作內容及方法作說明。

1.3.1 現況交通量及績效指標調查

道路交通特性調查之目的主要係為瞭解各瓶頸路口之現有道路幾何配置、交通流量及流向、時制計畫等道路交通現況資訊，並應用調查資料進行號誌時相與時制計畫之研擬與設計，以及道路設施飽和度與服務水準之評估。本計畫之時制重整路口數共計有82處，然受限於經費及時間因素，無法針對每一路口進行調查，最後篩選出重整路線上主要路口或車流轉向量較大之路口進行調查，共計40處，作為幹道時制重整分析之基礎，而未調查路口之時制則依據其上游或下游路口之改善時制進行微調作業。計畫執行時將派調查人員至現場實地調查，調查及分析方法主要係參考「交通工程手冊」、「2001公路容量手冊」。

本計畫所定之實作範圍，依其道路交通與幾何特性，均偏向於幹道群組類型，故系統績效指標以「幹道旅行時間」、「幹道旅行速率」等資料為主。本項調查方法調查及分析方法主要係參考「交通工程手冊」，以調查車在選定路線上按正常速率（代表整體車流之速率）行駛於快車道，但不可有任意超車之行為或行駛至慢車道之情形，在各調查時段內來回行駛4趟，並由另一調查員依據碼錶或手錶所指示之時間，將調查車經過各路口之時刻、里程數及所有延滯時間與其延滯原因，填列於調查表內。

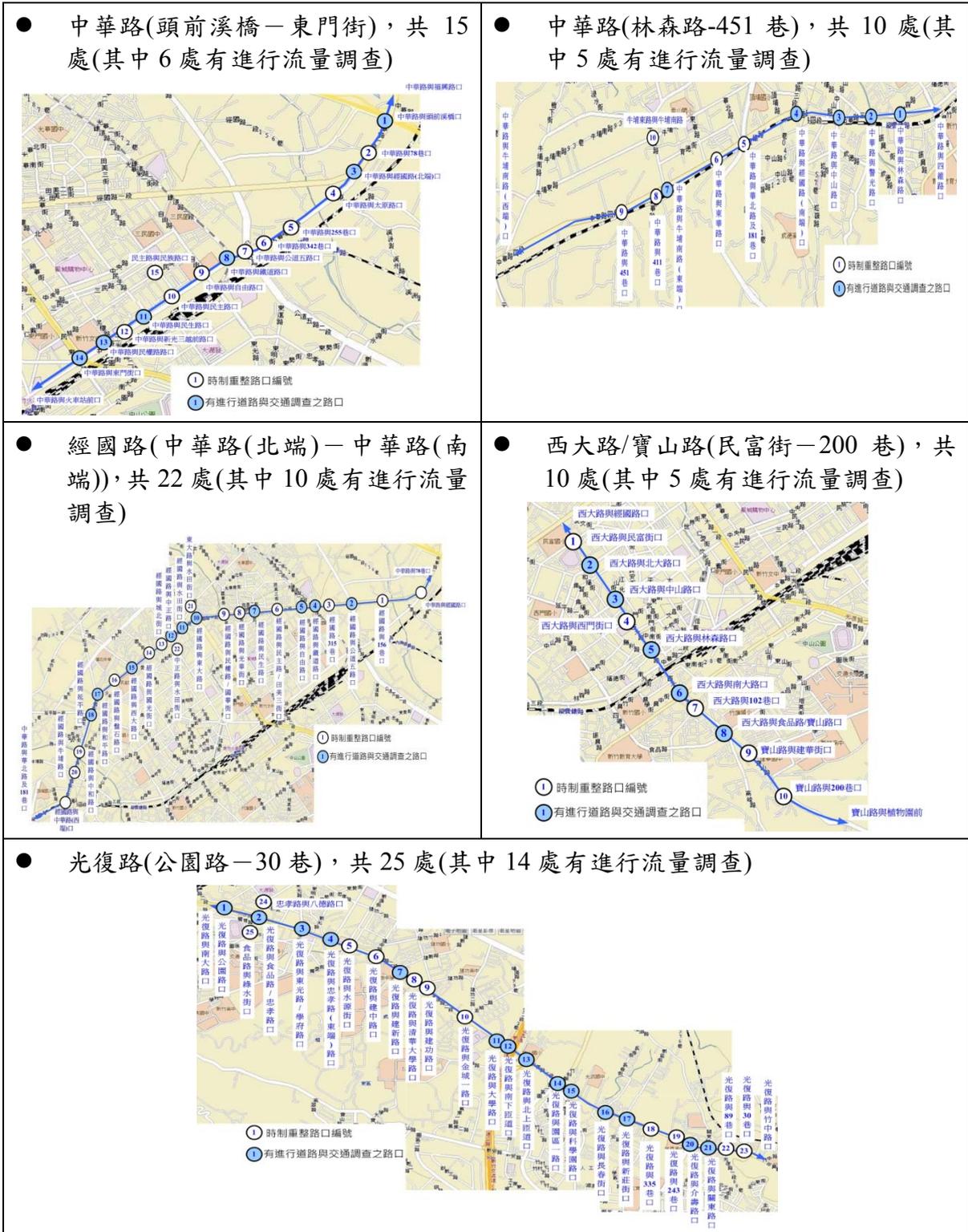


圖 1 實作範圍示意圖

1.3.2 時制改善方案研擬與評估

號誌化路口之標準時制設計方法，係依據調查所得之道路交通特性資料，從

事調查資料彙整，然後執行一整套的標準分析方法與程序，最後設計出號誌化路口之最適時相與時制計畫，從而達成提高路口運作績效之最終目的。

而有關時制最佳化分析部分，本計畫為能有效提昇作業效率與減少人工計算所產生的謬誤，引進專業的號誌時制分析套裝軟體 Synchro 做為時制設計與分析輔助工具，並利用該軟體產出路口停等延滯值，作為各改善方案之成效性及可行性評估依據。另 Synchro 交通分析軟體已將時差分析納入求解模式中，以週期範圍內每 1~4 秒為一時差間隔，所算出之不同對應延滯值，再以其中的最小延滯值所對應之時差做為幹道系統之最佳時差，如此即可將由不同幹道系統所組成之路網及其中各個路口，先找出不同幹道之同步最佳化時差，再求得整體路網之最佳時差。至於時制最佳化之求解方法乃是針對主控路口與相鄰路口所求出之不同方案延滯值及時差值進行分析比較，再考量幹道的合理綠燈帶寬，並依此去與路網中各相鄰路口進行分析比較，然後擴大至路網中之各個路口，以求解出幹道綠燈帶寬最大化及負效用最小化時的最佳時差。經 Synchro 模擬所得之最佳化成果，有時並非使用者心中之理想結果，因為路口某些方向可能會被忽略，或是某些時相長度顯得不合理。因此可以手動方式調整至理想的時相長度，其調整目標主要在使各個方向之延滯時間與 v/c 值均能較為接近且合理，如此將可得到較為理想之延滯績效值。

以下針對時制改善之方案分析步驟作一說明：

(一) 時相檢討：

依調查之路口流量及道路環境條件檢討現行時相是否符合需求，可依各口特性分別採行綠燈早開、綠燈遲閉、設置左轉專用時相、紅燈右轉等方式來因應。但因時相修改可能牽涉工程上之施工，且考量本計畫僅針對新竹市部份主要道路路段進行時制重整改善，為避免各道路路口時相調整之差異性過大，造成其它未納入本計畫範圍之垂直道路無法配合，故本計畫在時相設計時，以保留路口原時相為原則，僅提供時相檢討之建議供未來改善之參考。

(二) 方案研擬考量

1. 目前路口時制運作已有劃分群組路口，為避免分組錯誤之判斷，先依據調查所得之各路口道路交通特性資料，在不先設定其路口群組下，輸入至 Synchro 軟體中，以進行幹道最佳化分析，可作為改善方案之考量。
2. 為了能夠針對個別群組的特性與需求設計出最佳的號誌時制計畫，並簡化問題減少電腦計算所需的時間，針對實作範圍內各路口進行號誌控制群組之劃分。群組劃分方式主要是依幾何與交通特性的觀點來探討是否應將某一路口劃入獨立路口、幹道群組或是網路群組內，且劃入同一群組內的路口，必定是相鄰的路口。本計畫除利用 Synchro 自動化產生群組外，亦利用路口距離及群組路口長度方法來進行群組路口之劃分。
3. 考量尖峰時段週期調整，對於其它道路或用路人之影響較大，故將提出維持原週期同亮，僅針對時比加以分析調整之方案。另考量民眾接受程度(多數駕駛者觀念上會有“號誌未同亮即號誌無連鎖”之錯誤認知)，離峰時段

亦相對提出同亮方案。

(三) 時制改善方案模擬及評估分析：

在各號誌時制計畫設計完成後，透過模擬之分析程序，針對路口或幹道之整體運作績效進行評估，藉以瞭解該號誌時制計畫設計之優劣，並於必要時重新進行時相類型與參數的調整，而本計畫依據上述考量提出之改善方案，透過 Syncro 之模擬並產出績效值(如路口總延滯、幹道平均旅行時間)，以比較各方案之改善成效性。

1.3.3 時制改善方案測試及微調

(一) 時制計畫下載：

本時制重整範圍內之各路口大部份均已與交控中心連線，因此針對調查路口，利用交控中心直接將時制方案下傳至各路口執行、測試；對於未連線之路口則透過手動調整控制器設定進行。時制重整範圍內未進行調查之路口，則依據其上游或下游路口時制之設計配合調整。

(二) 路口時制微調：

至各路口觀察時制方案實際運作狀況，並依現場車流狀況、行人通行考量、或路口特殊需求進行各路口時制微調作業。

1.3.4 績效評估

於改善前及改善後分別進行績效指標(路段行駛時間及延滯調查)調查，並進行事前及事後之比較分析，以了解改善之實際成效性。另為確保時制重整之成效，本計畫以分析性模式方式產生路口之停等延滯指標，在假設事前事後各路口之轉向交通量不變情況下，利用 Synchro 軟體，計算出各路口事前事後之平均停等延滯，並以其作為改善前後之績效分析參考指標之一。

二、時制計畫微調過程說明

本研究之目的主要係對於路口號誌重整計畫之微調作業建立一套標準程序及做法，以提供後續相關時制重整計畫執行或號誌管理人員之經驗參考；因此，對於時制計畫重整程序之諸多內容主要係依循上述之研究內容與方法，以下僅就時制重整微調步驟部分詳加說明。

2.1 初始方案與測試方案分析

2.1.1 初始方案

本計畫之各方案產生程序如圖 2 所示，分別進行六組初始方案之績效評估，其評估標準主要以幹道平均旅行速率為主，次要再考量幹道總延滯。評估之原則如下：

(一) 在幹道總延滯不增加的情況下，從各方案中選擇幹道平均旅行速率最佳者

為最佳方案。

(二) 績效相近時，以群組數少、週期變化性少之方案為優先。

(三) 績效相近時，路口週期與現況週期差異小之方案為優先。

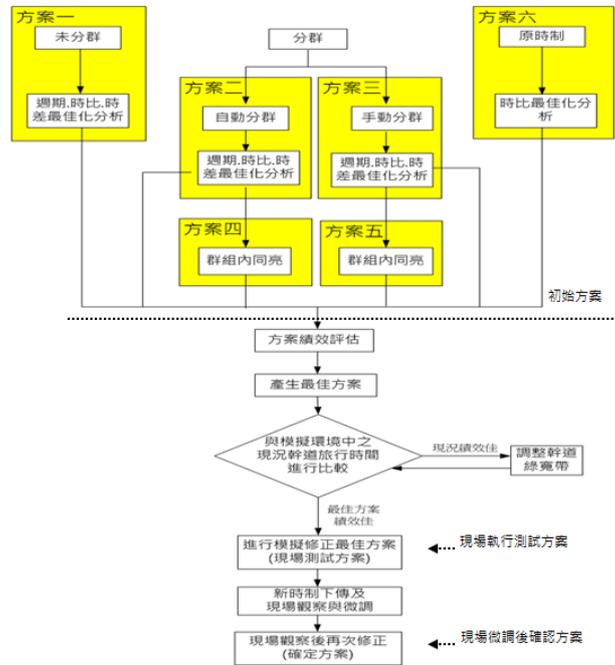


圖 2 方案產生及執行方案處理程序

針對績效最佳之初始方案，再次與模擬環境中之現況(以下簡稱模擬現況)績效進行比較(此目的係要確保新設計之時制對於幹道之綠寬帶是否大於現況)，若最佳之初始方案其幹道平均旅行速率低於模擬現況，則調整最佳初始方案之幹道綠寬帶直至產生之績效優於模擬現況。

而優於模擬現況績效之最佳方案，會再透過 Synchro 軟體之模擬功能、時空圖等進行各路口時制、時差調整，以產生現場預計執行之測試方案。透過交控中心將測試方案時制下傳至各幹道路口，並進行現場各路口觀察及幹道順暢度觀察，並依現場觀察再次進行測試方案之些許調整及修正。

本計畫範圍五條道路均偏向幹道型群組路口分析而非單一路口或路網型群組路口分析，且考量本計畫範圍內中華路一、二段與經國路、經國路與西大路均具有相同節點，因此在該節點之時差設計上應具有統一性，故本計畫之做法如下：

- (一) 將中華路一、二段視為首要主要幹道，先完成該幹道之最佳化(週期、時比、時差)分析及評估。
- (二) 確定中華路一、二段之最佳化方案後，以中華路一段與經國路口、中華路二段與經國路口為控制點，再進行經國路之最佳化分析及評估。
- (三) 確定經國路之最佳方案後，以經國路與西大路口為控制點，再進行西大路之最佳化分析及評估。

採用此控制點之方式處理，可減少分別進行各幹道型群組路口最佳化分析後，二幹道共同節點時差值不一致之問題。

2.1.2 現場測試方案

經由上述之方案評估分析後，針對評選之最佳方案進行初步的路口時比及幹道時差微調，而對於未調查之路口亦配合上下游主要路口進行週期及時差之調整，以產生現場執行測試方案，其調整過程如下所述。

(一) 路口時比及幹道時差初步微調程序：利用 Synchro 模擬功能，產出各路口各方向之停等車隊長度，比較幹支道車隊停等長度，進行路口時比之些微調整。微調程序如圖 3 所示：

1. 支道車隊停等長度比現況小時，以 5 秒為單位減少，並挪移以增加幹道之綠燈秒數。
2. 支道車隊停等長度較大時，再檢視幹道車隊停等長度，若幹道車隊停等長度亦大時，維持原時比；若幹道停等車隊停等長度較小者，可考慮以 2~5 秒為單位減少，並挪移以增加支道之綠燈秒數。
3. 上述比較之過程中，各分相若減少秒數時，以減少支道秒數為優先；若增加秒數時以增加幹道為優先，且支道或幹道各分相若減少秒數時，以減少左轉車輛使用時相為優先；若增加秒數時，則以直行車輛使用之時相為優先。
4. 雖然於模擬環境中可產出各方向之平均停等車隊長度數據，但對於平均停等車隊長度之大小比較、減少秒數之多寡等衡量均屬較主觀之判定。

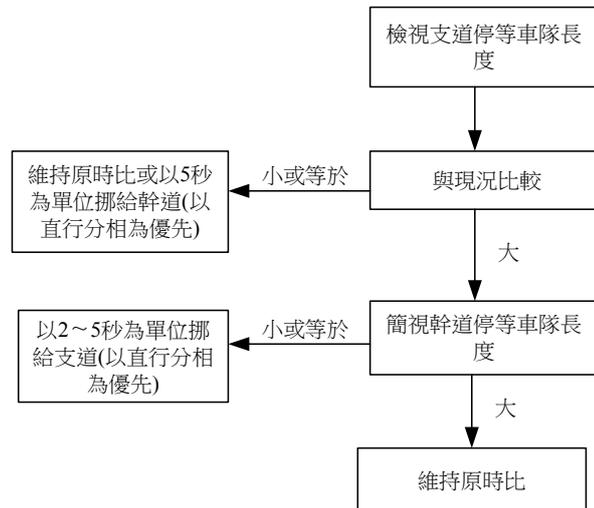


圖 3 路口時比微調程序

(二) 各路口時比調整完成後，利用 Synchro 軟體之時空圖，採 50-70%之車流量情況下，針對幹道時差進行微調。微調方式如下：

1. 車流多且路口間距離近時，採同亮方式處理。

- 2.檢視從每個路口車輛開始啟動後，是否有於下一路口即需要再停止之現象，若有盡量避免採用該時差。
- 3.路口遞亮方向盡量以車流量多之方向為主。

(三) 未調查路口之時制處理方式：

透過上述之路口時比及幹道時差初步微調後，產生現場各路口之執行測試方案，其中對於未調查之路口則配合幹道或鄰近路口以採相同週期方式處理，並以遞亮方向及距離計算時差，而對於路口增加之週期秒數，將優先增加幹道方向之綠燈時間，對於減少之週期秒數，則平均減少幹道與支道秒數，惟當支道最小綠燈秒數低於 10-15 秒時，則不再減少支道秒數。

2.2 時制改善方案執行與微調

2.2.1 時制計畫執行

經由改善方案評析所選定之時制計畫必須先行輸入儲存在交控中心資料庫之中，再傳送至路口執行。如果路口號誌控制器未與中心連線，則必須採用現場人工設定的方式。各幹道於時制下傳後隨即派員至各路口觀察新時制與車流運行狀況，以作為時制再次調整的依據，如此反覆之作業會執行至下傳之時制能符合路口實際運作狀況為止。

2.2.2 路口時制微調

由於時制設計軟體運算的結果係依據實地調查的資料，所以資料是否足以代表現況，就成為時制計畫是否完善的主因之一。但再精準的調查也必定存在著誤差，因此根據現場路口車輛紓解的情形加以調整，以求更加符合用路人的需求是微調必經的過程。因此，本研究時制計畫之微調主要係針對路口時比及時差進行調整，以下分別就人員分配與微調方法與原則說明。

(一) 人員配置及紀錄方式

1.路口時比觀察之微調人員配置：

2 人一組分別在各路口觀察交通流狀況，紀錄如表 1 所示，紀錄下列各項資訊以提供時制計畫設計人員進行路口時制微調之參考。觀察步驟及紀錄資訊如下：

- (1) 每人均需要紀錄該路口時相順序。
- (2) 每人分配二方向，分別紀錄該方向之綠燈空等時間、紅燈停等長度、該週期內未通過之車輛數。
- (3) 每方向至少需觀察 3 週期以上。對於無法一次觀察二方向者，應先觀察一方向 3 週期後再觀察另一方向 3 週期。

秒數，惟當該分相最小綠燈秒數低於 10-15 秒時，則不再減少秒數。

- (5) 對於各分相秒數增減之衡量，雖然具有各項觀察所紀錄之數據可參考，但亦屬較主觀之判定。

2. 時差微調原則：

對於利用時制計畫軟體產生時差之運用在國外是被承認有效的工具之一，唯仍須加入現場工程師之主觀判斷為是，因此對於時差之調整準則如下：

- (6) 觀察停等車隊位置是否正確，是否與綠寬帶設計之大約停等車隊位置相近，若相近表示軟體計算出之時差結果符合幹道上實際車流狀況，此時不更動時差。
- (7) 觀察停等車隊位置及停等時間，若連續路口出現紅燈停等狀況，則依停等時間再次進行時差之調整，若連續路口過近則採同亮方式處理。

3. 民眾反應及意見：

因時制下傳後各幹道之觀察期程有限，加上本計畫之重整範圍並非全面性路網，故在實施時制重整的同時較無法顧及各路口實際發生之問題，因此亦可藉由交通處提供之民眾反映意見，作為各路口或幹道之時制調整依據。

三、改善成果與建議

3.1 改善績效與成果

於現場測試下傳執行方案並經現場微調完成後約一星期時間，即開始進行幹道旅行速率調查，以下是本計畫對於時制重整改善前後及其績效評估結果。

- (一) 經由時制重整後，各幹道於上午尖峰、離峰、下午尖峰等各時段之平均旅行速率均有提昇。其中以中華路(頭前溪橋-東門街)路段之平均改善幅度最大，東門街至頭前溪橋方向上、下午尖峰時段平均旅行速率之改善幅度高達 37-43%，平均節省之旅行時間均約為 3 分鐘，頭前溪橋至東門街方向以離峰時段平均旅行速率之改善幅度較高，約達 14%，平均節省之旅行時間均約為 1 分鐘。
- (二) 經由 Synchro 計算之停等延滯時間，各幹道之總延滯時間均有下降，其中以中華路(林森路-451 巷)降低幅度最大。主要係中華路(林森路-451 巷)之車流量不大，原有較長週期時間易造成綠燈空等時間增加，因此本計畫將上下午尖峰段之週期由原來之 140 秒降至 120 秒，非尖峰段週期由 110 秒降至 90 秒，大幅降低了幹道總延滯時間。
- (三) 在各幹道時制重整改善執行後，估計每年約可節省用路人之旅行時間為 287,200 小時，換算每年節省旅行時間價值(運輸效益)為 94,776 千元，而每

年因平均停等延滯減少所節省之油耗(運輸效益)約為 395.71 公秉,減少之一氧化碳排放量(運輸效益)約為 22.91 公噸。

3.2 建議

幹道時差設計於實際執行之瓶頸及後續調整建議：

3.2.1 執行瓶頸

- (一) 幹道時差設計於實際執行上之最大瓶頸係民眾對於“看到號誌呈現不同亮的情況”之接受度較低,易產生較多反映意見,因此除了灌輸民眾時差設計之概念與主張外,亦應對於民眾反映之地點持續加強檢視該地點之時差設定是否有不妥之處。
- (二) 本次計畫僅針對 5 條幹道進行改善,且各路口大多採行有時差之設計,因此易造成其它未納入本次改善範圍中之相交道路產生不同步之現象,建議下一階段針對其它受影響之鄰近路口亦應進行時差之檢討。
- (三) 幹道時差之設計於某種流量下可提高幹道之續進效果,且是針對某一方向,而目前本計畫中時差之設定係依調查當時之車流量所設計,故當車流量減少或增加幅度過大時,時差之設計可能會無法發揮原有設計之效力,因此建議後續應持續觀察幹道車流長期變化,進行時差之必要調整。

3.2.2 後續微調方式

- (一) 調整時機：
 - 1. 依民眾反映之地點。
 - 2. 可不定期進行幹道順暢度之測試,以發現行駛中較不順暢之路口。
 - 3. 路口時相順序調整時,時差亦需配合調整。
- (二) 調整方式與步驟：
 - 1. 依需求透過 Synchrob 軟體調整路口時相設計或時相順序或時比,並利用軟體中之時空圖加以檢視其時差(包含上下游路口需同時檢視)。
 - 2. 將新調整過後之時制計畫(含時差)下傳至路口後,除了需實際至路口檢視路口時制設計是否符合車流狀況外,亦須利用汽車實際進行行駛測試,以瞭解車輛停等狀況是否與時空圖所顯示之情形相近,且行駛狀況是否順暢。
 - 3. 對於測試結果進行判斷,判斷方式如下,惟下述所提之判斷方式,如車輛停等狀況與時空圖的相近度、車輛行駛順暢度等,仍需依設計者經驗作主觀認定。
 - (1) 車輛停等狀況與時空圖相近,且車輛行駛順暢,表示路口車流狀況與軟體中之流量相近,且重新調整之時差是良好的。

(2)車輛停等狀況與時空圖相近，但且車輛行駛不順暢，表示路口車流狀況與軟體中之流量相近，但重新調整之時差可能是不佳的，應重新再檢視時空圖，是否有更好之設計。

(3)車輛停等狀況與時空圖相差甚多，表示軟體中之流量與實際路口車流有所差異，此時應先進行軟體中路口車流量之修正後，再執行時差之設計。

參考文獻

1. 交通部運輸研究所(2001)，2001年台灣地區公路容量手冊。
2. 交通部(1990)，交通工程手冊。
3. 交通部運輸研究所(2007)，交通號誌時制重整計畫(1)－標準作業程序建立。
4. 交通部運輸研究所(2008)，交通號誌時制重整計畫(II)－績效評估模式建立。
5. 吳水威、陳文彬、黃建安(2001)，「交叉路口車道分流規劃設計與管制績效評估之研究」，九十年國際道路交通安全與執法研討會。