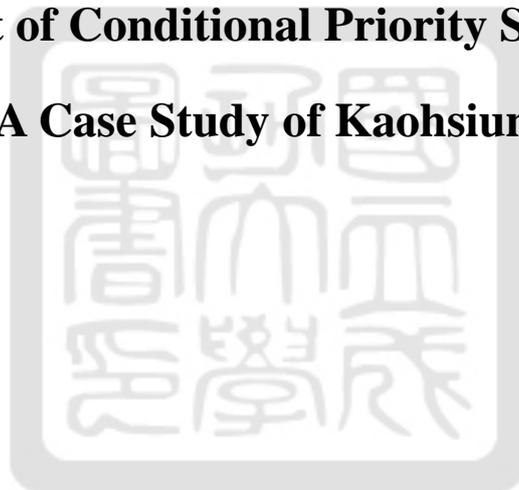


國立成功大學
交通管理科學研究所
碩士論文

有條件優先號誌控制策略之研擬-以高雄市輕軌為例

**Development of Conditional Priority Signal Control
Strategies –A Case Study of Kaohsiung Light Rail**



研究生：余信旻

指導教授：胡大瀛 博士

中華民國一百零八年七月十九日

國立成功大學

碩士在職專班論文

有條件優先號誌控制策略之研擬-以高雄市輕軌為例
Development of Conditional Priority Signal Control
Strategies - A Case Study of Kaohsiung Light Rail

研究生：余信旻

本論文業經審查及口試合格特此證明

論文考試委員：

廖彩雲

蔡東峻

林佑鼎

指導教授：陳弘志

系(所)主管：陳弘南

中華民國 108 年 7 月 19 日

摘要

有鑑於目前國內尚無有條件優先號誌之相關執行依據，本研究為國內公共運輸系統交通環境改善，將提出一套適合所有大眾運輸工具之有條件優先號誌執行策略，進一步研擬有條件優先號誌時制設計邏輯，使國內交通管理部門時制計畫之設計有所依循，並有效增進大眾運輸工具之行駛效率，不僅可適用於國內輕軌運輸系統上，更可以直接運用在現有快捷公車系統改善計畫(如台中BRT)，或是市區公車之沿線號誌建置計畫，以確保在對平面道路交通影響程度最小之下，給予大眾運輸工具更多優先通行之權利，以提升國人搭乘大眾運輸工具之意願。

目前高雄市輕軌第一階段，係採完全優先號誌控制策略，當輕軌列車於輕軌共用時相前、後時相紅燈時間抵達路口，以綠燈延長、紅燈截斷等方式，延長輕軌共用時相之綠燈時間，或直接插入輕軌時相，讓輕軌列車不須停等紅燈即順利通過路口，待輕軌列車通過後再回到原時制計畫運作，雖完全優先號誌執行，可大幅減少輕軌列車旅行時間，卻大大破壞了原路段號誌連鎖功能，及造成支道車流回堵情形嚴重，就整體路網而言，行駛效率績效非常不好。

本研究將藉由輕軌第一階段運行經驗為例，找出問題並提出解決對策，運用國內自行研發之車流模擬軟體(DynaTAIWAN)，以輕軌第二階段大順路段，為本研究模型建構目標，實際模擬有條件優先號誌之執行環境，以驗證於有條件優先號誌策略執行下，可有效降低對整體路網之交通環境衝擊。

關鍵字：號誌時制、有條件式優先號誌策略

Extended Abstract

Development of Conditional Priority Signal Control

Strategies –A Case Study of Kaohsiung Light Rail

Master Student : Hsin-Min Yu

Adviser : Ta-Yin Hu

Department of Transportation and Communication Management Science, National
Cheng Kung University

SUMMARY

In order to provide better and faster transit service, priority signal control strategies should be implemented; however, the discussions on conditional priority signal control strategies are still insufficient in Taiwan. This study presents a conditional priority signal control logic for public transport systems, especially for Bus Rapid Transit (BRT) and Light Rail Transit (LRT).

Kaohsiung Light Rail Transit System (Phase 1) adopts a full priority signal control strategies, in which green time is extended or red time is truncated to give LRT vehicle full priority. The full priority signal policy can greatly improve the travel time of the light rail, but it also destroys the traffic signal coordination. As far as the overall road network is concerned, traffic system performance is highly deteriorated.

This study proposes a signal control logic for conditional priority for transit vehicles. Signal control policies and possible strategies, including green time extension, red time truncation, new phase, and skip phase, are evaluated based on transit vehicle arrival times and overall traffic system performance.

Kaohsiung LRT (Phase 1) operation experience is examined and problems are identified and solutions are proposed. Empirical data from Kaohsiung LRT (Phase 2) on Dashun road are used and simulation results from DynaTAIWAN, a simulation-assignment model, are investigated to validate the system performance of the proposed control policies. The results show that the conditional priority signal control strategies can effectively improve the overall system performance.

Keywords : signal timing plans, the conditional priority signal control strategies

INTRODUCTION

In order to provide better and faster transit service, priority signal control strategies should be implemented; however, the discussions on conditional priority signal control strategies are still insufficient in Taiwan. This study presents a conditional priority signal control logic for public transport systems, especially for Bus Rapid Transit (BRT) and Light Rail Transit (LRT).

The Kaohsiung Light Rail system uses a track without a suspended power system and the light rail train only can be charged in a very short time after entering the station. In order to avoid the power shortage during the operation, Kaohsiung Light Rail Transit System (Phase 1) adopts the full priority signal control strategies, however, the performance of the traffic system is highly deteriorated. This study takes Kaohsiung Light Rail Transit System (Phase 2) as an example and proposes the signal control logic for the conditional priority signal timing plan development. The space-time diagram is used to illustrate the performance of the proposed control logic. Then DynaTAIWAN, a traffic simulation model, is used to simulate Dashun Road traffic flow model.

MATERIALS AND METHODS

Kaohsiung Light Rail Transit System (Phase 1) adopts a full priority signal control strategies, in which green time is extended or red time is truncated to give LRT vehicle full priority. The full priority signal policy can greatly improve the travel time of the light rail, but it also destroys the traffic signal coordination. As far as the overall road network is concerned, traffic system performance is highly deteriorated.

This study proposes a signal control logic for conditional priority for transit vehicles. Signal control policies and possible strategies, including green time extension, red time truncation, new phase, and skip phase, are evaluated based on transit vehicle arrival times and overall traffic system performance.

Kaohsiung LRT (Phase 1) operation experience is examined and problems are identified and solutions are proposed. Empirical data from Kaohsiung LRT (Phase 2) on Dashun road are used and simulation results from DynaTAIWAN, a simulation-assignment model, are investigated to validate the system performance of the proposed control policies. The results show that the conditional priority signal control strategies can effectively improve the overall system performance.

This research uses the DynaTAIWAN traffic simulation software to simulate the traffic flow and to show the interaction relationship between the various traffic flows. Three scenarios are examined, including no priority signal condition (case 1) the conditional priority signal condition (case 2), and the full priority signal condition (case 3). Simulation results are examined through traffic system performances and vehicle trajectories.

RESULTS AND DISCUSSION

Three scenarios are examined, including no priority signal condition (case 1) the conditional priority signal condition (case 2), and the full priority signal condition (case 3). The results show that the average travel time of the cases 1, 2, and 3 are 8.18 minutes/vehicle, 8.3 minutes/vehicle, and 8.45 minutes/vehicle, respectively.

The results show that the traffic network performance is highly affected by signal policies. The total travel time of the light rail train from C23 station to C26 station, case 3 is 12.48min, case 2 is 14.07min, and case 1 is 17.04min. The total driving time of case 3 is only 1.59 min faster than case 2, and there is no obvious different. Details of each personality are summarized in Table 1.

Table 1 Performance comparison table of each situation

	Case 1	Case 2	Case 3
Total travel time of the light rail train from C23 to C26 (min)	17.04	14.07	12.48
Total travel time of the light rail train from C26 to C23 (min)	15.61	14.36	12.35
Average travel time of System(min/veh)	8.18	8.3	8.45
Average travel time of System(min/veh)	3.52	3.61	3.75

CONCLUSION

The results show that the conditional priority signal can maintain the fast characteristics of public transportation and can also improve the overall system performance.

誌謝

剛踏進成功大學交管所的頭一天，迄今在我腦海裡仍記憶猶新，韶光似箭已經到了高唱驪歌的時後，回首這兩年高雄台南頻繁往返之求學過程，支撐自己走到最後終點的力量，莫過於學校諄諄教誨之老師、范張雞黍之同學及分勞解憂之家人。

最感謝我的論文指導教授胡大瀛教授，老師在論文編撰各階段，皆給予我們明確目標達成日期，雖對於工作課業兩頭燒的我們，著實感到壓力倍增，不過卻也正因為如此，我們比同期同學更能有效掌控論文產出進度，且老師總是在論文進度停滯的時後，適時提供解決辦法及意見，以我的論文來說，最大的挑戰為車流模型建置，幸經胡老師模型雛形擘劃及參數調整指導，最終能如期如質如式於期限內完成車流模型建置。

另感謝論文口試委員蔡東竣老師、廖彩雲老師及林佐鼎老師，撥冗悉心審閱並指導論文疏漏之處，使本論文能更加完臻。最後感謝 Lab501 所有可愛的學弟(妹)們(仲宇、怡楨、筑涵、冠捷…等)，幸好有你們之鼎力相助，才能讓學長(姊)在歷次審查會無後顧之憂，有你們真好，謝謝你們。

余信旻 謹誌於

國立成功大學 交通管理科學系

中華民國一〇八年七月十九日

目錄

第一章 緒論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 研究範圍.....	3
1.4 研究內容與方法	4
1.4.1 研究內容.....	4
1.4.2 研究方法.....	5
1.5 研究流程.....	6
第二章 文獻回顧	8
2.1 交通號誌控制設計	8
2.2 輕軌路權特性	9
2.3 優先號誌設備組成	10
2.4 優先號誌控制種類	11
2.5 模擬績效評估	15
第三章 研究方法	17
3.1 研究架構.....	17
3.2 輕軌優先號誌	20
3.2.1 優先號誌運作設備	20
3.2.2 優先號誌運作流程	22
3.3 有條件優先號誌時制設計邏輯	25
3.4 DynaTAIWAN 交通模擬軟體.....	27
3.4.1 DynaTAIWAN 軟體特色	27
3.4.2 DynaTAIWAN 輸入(出)項目	27
3.5 DynaTAIWAN 研究模型建立	28
3.6 DynaTAIWAN 模型路網分析	31
第四章 有條件優先號誌時制計畫	33
4.1 假設前提條件	33
4.2 設計原則.....	34
4.3 通行秒數假設	35
4.3.1 C23 站~C24 站假設條件	36
4.3.2 C24 站~C25 站假設條件	37
4.3.3 C25 站~C26 站假設條件	37
4.4 C25-C26 時制規劃設計	38
4.5 C24-C25 時制規劃設計	45
4.6 C23-C24 時制規劃設計	54

4.7 C23-C26 時制計畫	62
第五章 DynaTAIWAN 模擬分析	64
5.1 情境設定.....	64
5.1.1 建構 DynaTAIWAN 基本路網	65
5.1.2 模擬時間及模型車種車輛總數	65
5.2 車流模擬統計數據	67
5.3 統計數據分析	69
5.3.1 各情境運行績效成果	70
5.3.2 運行績效統計分析	75
5.4 輕軌列車運行績效分析	77
5.4.1 輕軌 DynaTAIWAN 車輛追蹤檔	78
5.4.2 輕軌列車運行時空圖	79
第六章 結論與建議	81
6.1 結論.....	81
6.2 建議.....	82
參考文獻	86



表目錄

表 1-1	研究方法比較表	6
表 2-1	輕軌路權型式	10
表 2-2	五種優先等級比較表	14
表 4-1	停等秒數限制表	36
表 4-2	C23-C24 上行行駛時間表	36
表 4-3	C23-C24 下行行駛時間表	36
表 4-4	C24-C25 上行行駛時間表	37
表 4-5	C24-C25 下行行駛時間表	37
表 4-6	C25-C26 上行行駛時間表	37
表 4-7	C25-C26 下行行駛時間表	38
表 4-8	C25-C26 時制計畫表(尖峰).....	39
表 4-9	C24-C25 時制計畫表(尖峰).....	45
表 4-10	C23-C24 時制計畫表(尖峰).....	55
表 4-11	C23-C24 時制計畫表(尖峰).....	62
表 4-12	C24-C25 時制計畫表(尖峰).....	63
表 4-13	C25-C26 時制計畫表(尖峰).....	63
表 5-1	各情境運行績效比較表	75

圖目錄

圖 1-1	高雄環狀捷運預定路線圖	2
圖 1-2	研究路段範圍	4
圖 1-3	研究流程圖	7
圖 2-1	輕軌電車觸發時點	12
圖 3-1	研究架構	19
圖 3-2	輕軌優先號誌運作架構	20
圖 3-3	輕軌號誌控制器	21
圖 3-4	高雄市中心三(四)路/新(舊)凱旋四路時相圖	22
圖 3-5	優先號誌運作流程圖	24
圖 3-6	有條件優先號誌時制設計邏輯	26
圖 3-7	高雄市環狀輕軌二階段車站站體位置	29
圖 3-8	DynaTAIWAN 單一路口示意圖	30
圖 3-9	DynaTAIWAN 連續路口示意圖	30
圖 3-10	DynaTAIWAN 路網圖	31
圖 4-1	上行 C25-C26 時空圖	40
圖 4-2	下行 C25-C26 時空圖	41
圖 4-3	上行 C25-C26 時空圖(停等龍德新路).....	41
圖 4-4	下行 C25-C26 時空圖(停等龍德新路).....	42
圖 4-5	上行 C25-C26 時空圖(停等龍華橋&河堤路).....	43
圖 4-6	下行 C25-C26 時空圖(不得停等龍華橋&河堤路).....	43
圖 4-7	上行 C25-C26 時空圖(停等聯興路).....	44
圖 4-8	下行 C25-C26 時空圖(停等聯興路).....	44
圖 4-9	上、下行 C25-C26 可出站發車時間序列帶	45
圖 4-10	下行 C24-C25 時空圖(無須停等路口).....	49
圖 4-11	上行 C24-C25 時空圖(停等博愛路).....	50
圖 4-12	下行 C24-C25 時空圖(停等博愛路).....	50
圖 4-13	下行 C24-C25 時空圖(停等富民路).....	51
圖 4-14	上行 C24-C25 時空圖(停等富國路).....	52
圖 4-15	下行 C24-C25 時空圖(不得停等富國路).....	52
圖 4-16	上行 C24-C25 時空圖(停等自由路).....	53
圖 4-17	下行 C24-C25 時空圖(停等自由路).....	53
圖 4-18	上、下行 C24-C25 可出站發車時間序列帶	54
圖 4-19	上行 C23-C24 時空圖(無須停等).....	57
圖 4-20	下行 C23-C24 時空圖(無須停等).....	57
圖 4-21	上行 C23-C24 時空圖(停等龍德路).....	58

圖 4-22	下行 C23-C24 時空圖(停等龍德路).....	58
圖 4-23	上行 C23-C24 時空圖(停等南屏路).....	59
圖 4-24	下行 C23-C24 時空圖(停等南屏路).....	60
圖 4-25	上行 C23-C24 時空圖(停等龍文街).....	60
圖 4-26	下行 C23-C24 時空圖(停等龍文街).....	61
圖 4-27	上、下行 C23-C24 可出站發車時間序列帶	61
圖 5-1	輕軌大順路 DynaTAIWAN 路網圖	64
圖 5-2	路網資訊摘錄檔	65
圖 5-3	情境 1 模擬車輛數	66
圖 5-4	情境 2 模擬車輛數	66
圖 5-5	情境 3 模擬車輛數	67
圖 5-6	情境 1 Statistic-Total Information.....	68
圖 5-7	情境 2 Statistic-Total Information.....	69
圖 5-8	情境 3 Statistic-Total Information.....	69
圖 5-9	情境 1 Statistic-Average Information	71
圖 5-10	情境 1 Statistic-System Average Information	71
圖 5-11	情境 2 Statistic-Average Information.....	72
圖 5-12	情境 2 Statistic-System Average Information.....	73
圖 5-13	情境 3 Statistic-Average Information	74
圖 5-14	情境 3 Statistic-System Average Information.....	74
圖 5-15	情境 1 車輛上、下行追蹤檔(VehTrajectory.dat)	78
圖 5-16	情境 2 車輛上、下行追蹤檔(VehTrajectory.dat)	78
圖 5-17	情境 3 車輛上、下行追蹤檔(VehTrajectory.dat)	78
圖 5-18	輕軌下行時空圖	79
圖 5-19	輕軌上行時空圖	79

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

高雄輕軌係為國內首次採用無懸垂系統之軌道，為大幅減少輕軌沿線供電架空線數量，須有自我供電系統(ACR 系統)以確保行駛電量充足，ACR 系統可在煞車時回收電力儲存動能，而儲能模組則由數個超級電容串及電池所構成，超級電容特性，可滿足高能量儲存密度及瞬間高操作功率需求，列車於進站後極短時間即能完成充電，相對存在另一個根本問題，即是放電速度同樣也很快，故輕軌列車行駛過程有電力不足的擔憂，為避免列車於路口行駛(停等)過久致電力不足，輕軌第一階段即採輕軌完全優先號誌控制策略，卻對於平面交通道路系統造成非常大衝擊。

完全優先號誌控制策略，透過輕軌列車通過路口三處實體偵測器時間點，輕軌號誌控制器(TR)之工業電腦(IPC)，快速推算預測列車抵達路口時間，並改變現有時制計畫執行內容，若於輕軌共用時相前、後時相紅燈時間抵達，於滿足前、後時相最小綠燈後，以紅燈截斷或綠燈延長方式，加大輕軌共用時相之綠燈時間，而輕軌共用時相其實是一直存在時制計畫內運作，另若非於輕軌共用時相前、後點抵達，直接插入一個輕軌時相(隱藏於定時時制計畫內)，仍須滿足插入時相前、後時相之最小綠燈，故對於輕軌沿線路口交通影響，除與輕軌列車同行向車流外，其它行向車流會嚴重回堵，又以輕軌上、下行雙向會車時更為明顯，由於插入時相執行方式，會直接破壞沿線路口時制計畫原有號誌時序運作，造成整體路網車流延滯性增加及車流運行績效值降低。

本研究將以高雄市輕軌第二階段建置過程為例(路線範圍，如圖 1-1)，採用

有條件優先號誌策略，藉由禁止(開放)優先號誌及限縮優先號誌執行程度，以有效提昇整體路網通行績效，並提供國內平面道路各公共運輸工具，可依循之有條件優先號誌時制設計邏輯，輔以車流模擬軟體建構路網驗證其可行性。

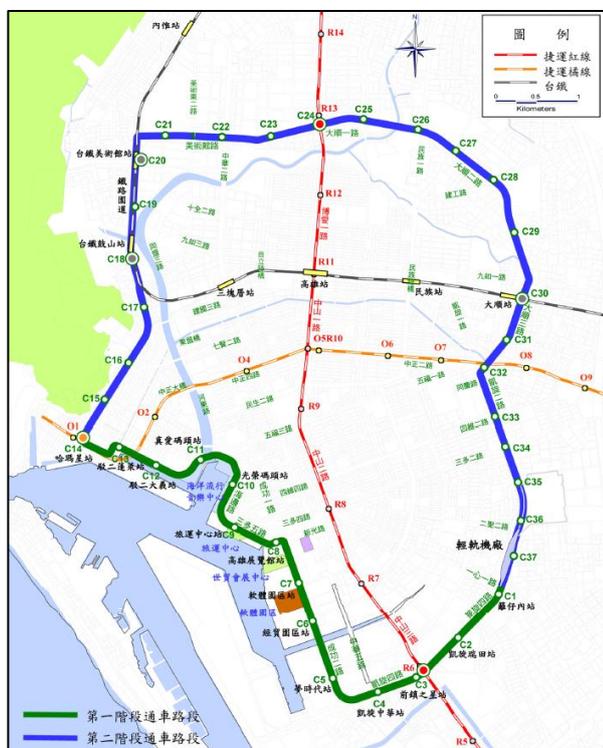


圖 1-1 高雄環狀捷運預定路線圖

資料來源:高雄市政府捷運工程局(2018)

1.2 研究目的

鄭雄飛(2000)說明有條件優先須考慮各交通影響因子，僅於有助路口總績效值提昇狀況之下，才允許優先之交通號誌控制方法，本研究目的是針對國內交通環境現況，以執行有條件優先號誌策略為前提，研擬出一套有條件優先號誌時制設計邏輯，並進行車流模擬以驗證其可行性，因高市輕軌為無懸垂列車緣故，必須滿足電力無虞之先決條件，再予以評估各路口優先通行權利之必要，及各項影響整體路網績效之交通因素，如輕軌列車停等路口選擇、時相規劃、時差及時比調整等，期望國內未來有執行有條件優先號誌控制策略需求之都會

區道路，可參照本研究有條件優先號誌時制設計邏輯進行規劃設計。本研究主要目的如下：

1. 依據國內交通環境現況條件，研擬有條件優先號誌時制設計邏輯，以提供未來國內須採行有條件優先號誌之都會區，規劃設計大眾運輸工具沿途路口號誌時制計畫之依據。
2. 將繪製車站間各路口時空圖，依時制設計邏輯程序，決定停等路口、執行優先路口及優先執行秒數，藉由輕軌列車軌跡圖形繪製過程，以圖解方式佐証時制設計邏輯之可行性。
3. 使用車流模擬軟體(DynaTAIWAN)，建構出符合高雄市環狀輕軌第二階段(大順路段)之車流路網模型，並套用有條件優先號誌時制設計邏輯產出之時制計畫，以分析驗證有條件優先號誌控制策略，有助於路口整體運行績效提昇。

1.3 研究範圍

本研究有條件優先號誌時制設計邏輯，適用於未來國內各都會區須執行有條件優先策略號誌之沿線路口，為真實呈現並包括大部分有條件優先策略下之交通情況，故選擇國內目前道路行駛條件，無論於路權型式、車流交織點、路幅及列車行駛時間限制等各方面，皆為複雜且極具代表性之路段，以作為本研究構建整體路網車流基礎模型。

為能夠有效掌握研究內容及未來預期成果，本研究選定高雄市環狀輕軌第二階段路型審議通過路型，逐路口構建本目標路網車流模型，以驗證本研究研擬之時制計畫績效，路段範圍為高雄市東西向幹道大順一路，西起鼓山區大順一路/龍勝路，東迄三民區大順一路/民族一路止，路口分別為大順一路/龍勝路、龍德路、龍華國小、南屏路、龍文路、博愛一路、富民路、富國路、自由一路、龍德新路、河堤路、聯興路及大順一路/民族一路，其中包含三條高雄市南北主

要幹道，分別為大順一路/博愛一路、自由一路及民族一路，另途中經過 4 個輕軌車站分別為 C23 站龍華國小站(大順一路/龍德路)、C24 站愛河之心(大順一路/博愛一路)、C25 站新上國小站(大順一路/自由一路)及 C26 站灣內仔站(大順一路/民族一路)，本研究路段範圍如圖 1-2。

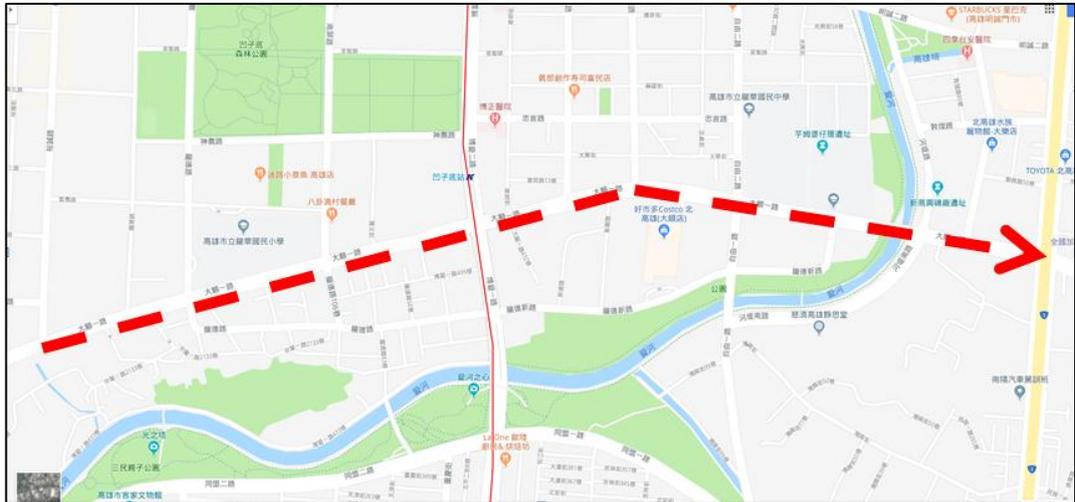


圖 1-2 研究路段範圍

1.4 研究內容與方法

1.4.1 研究內容

1. 研擬一套國內有條件優先號誌時制設計邏輯，並將此邏輯流程套用於高雄市環狀輕軌第二階段(大順路段)，以分析於有條件優先號誌策略下發展出之時制計畫運作績效。
2. 本研究將針對交通號誌控制設計、輕軌路權特性、優先號誌設備組成、優先號誌控制種類及模擬績效評估等相關文獻進行回顧。
3. 由於高雄市環狀輕軌(第二階段)運輸系統尚未完成建置，本研究的輕軌沿線路口道路幾何配置，係以高雄市環狀輕軌第二階段審議通過路型為主，交通流量則以近年來數據為主。

4. 利用 DynaTAIWAN 交通模擬軟體，構建本研究路網模型，包括道路幾何、車道配置、尖峰時段交通流量及輕軌車站等交通條件。
5. 依據交通模擬軟體產出數據結果，包括平均行駛時間及平均停等時間等行駛績效，分析整體車流模擬路網，於輕軌無優先、輕軌有條件優先及輕軌完全優先等三種情境下之運行績效表現。
6. 針對本研究結論，給予未來國內都會區大眾運輸工具系統，因囿於交通環境現況條件限制，無法採用完全優先策略，或採用完全優先後整體路網效率低落，提供執行有條件優先號誌控制策略之建議內容。

1.4.2 研究方法

為探求實際車流運作可能情況，研究方法可採用模式推演、模擬法、實驗控制及現場觀測法等方式進行評估，並針對金錢花費、時間耗費、重複應用性、模擬真實度、結果一般化程度等五項評估指標進行分析比較，挑選出其中較適合本研究之研究方法。

因考量目前高雄市環狀輕軌(第二階段)統包工程尚未完工運行，無法實際採用實驗控制及現場觀測方式，且為本研究更能完整且貼近於交通真實度，將藉由車流模擬軟體之使用，不僅能夠大幅降低各種交通情境車流測試所需經費預算，更可描繪出研究模擬路段之車流變化之真實表現，以能展現各行向車流間之交互影響關係，故經前述原因比較評估後，本研究方法採用模擬法(DynaTAIWAN 交通模擬軟體)以進行車流模擬。

表 1-1 研究方法比較表

研究方 法	理論模式	模擬法	實驗控制 現場觀測
金錢花費	少	中	多
時間耗費	少	中	多
重複應用性	大	中	小
模式真實度	小	中	大
結果一般化程度	大	中	小

資料來源:吳育婷(1999)

1.5 研究流程

本研究流程圖，如圖 1-3 所示：

1. 確立本研究方向。
2. 律定本研究範圍。
3. 文獻回顧:包含交通號誌控制設計、輕軌路權特性、優先號誌設備組成、優先號誌控制系統及績效評估等。
4. 藉由輕軌第一階段完全優先號誌之運行經驗，歸納出未來路網績效改善方式，進而研擬出都會區之有條件優先號誌時制設計邏輯，並依此得出大順路段號誌時制計畫。
5. 依高雄市環狀輕軌第二階段(大順路段)，道路幾何、車站站體位置及交通流量資料等交通條件，建構本研究 DynaTAIWAN 車流模型，並套用大順路段有條件優先號誌時制計畫，進行無優先號誌、有條件優先號誌及完全優先號誌等三種情境交通模擬。
6. 針對 DynaTAIWAN 車流模型模擬結果，如整體路網車流停等時間或旅行時間等數據進行分析，提出於有條件優先號誌策略下，交通環境配置及交通號誌規劃設計之結論與建議內容。

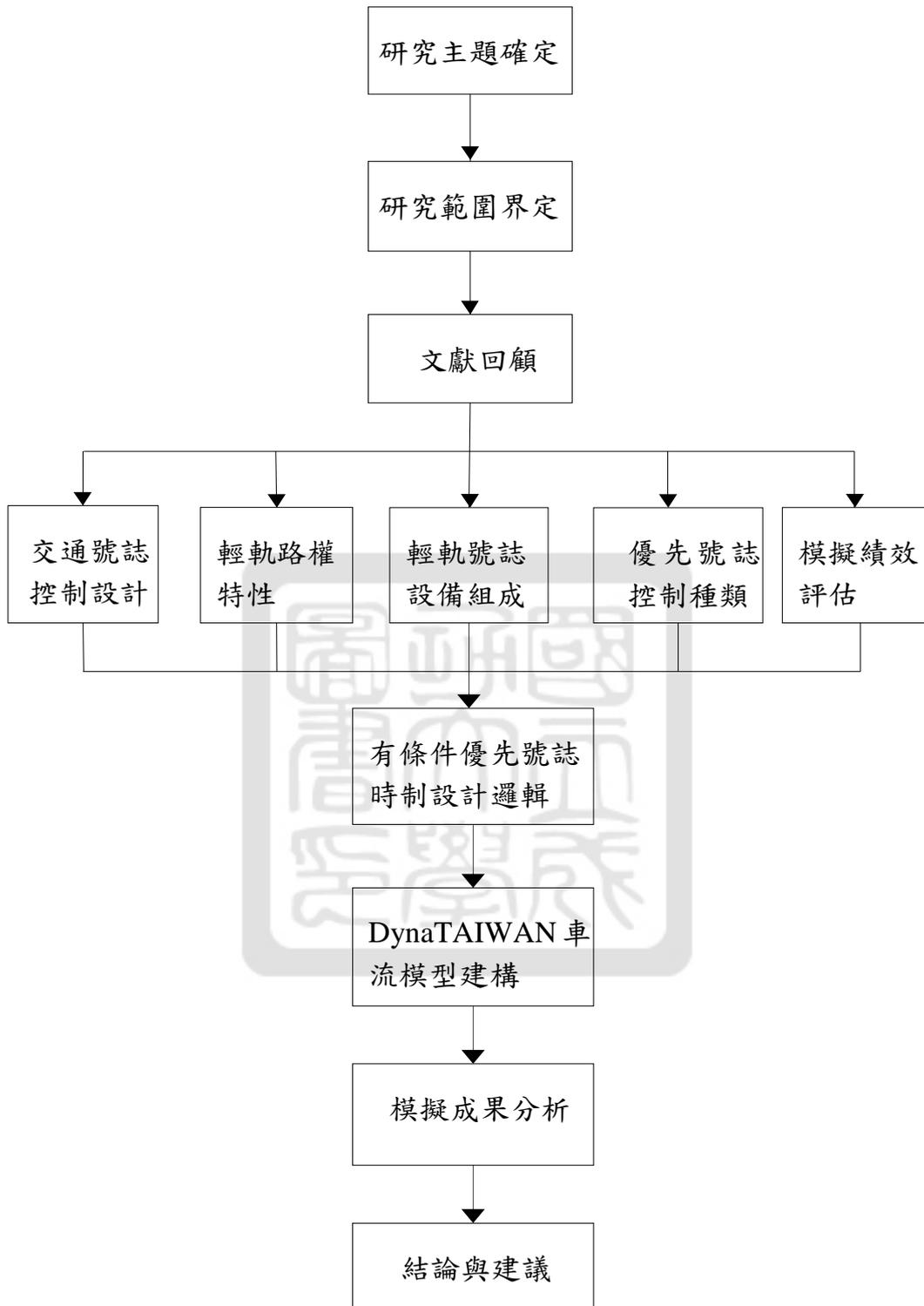


圖 1-3 研究流程圖

第二章 文獻回顧

本章節將依據交通號誌控制設計、輕軌路權特性、優先號誌設備組成、優先號誌控制系統及模擬績效評估之歷年文獻加以回顧。

2.1 交通號誌控制設計

胡大瀛等人(2010)發展出幹道選取演算法，將所蒐集之交通流量資料，根據車行方向或交通流量，予以決定主要幹道連鎖車行方向以及路口數量，幹道選擇途徑有經驗法則、路段流量法則及路徑流量法則等三種方法，再針對所選出的幹道，依平均旅行時間(車輛)指標，以評估設計較佳的號誌連鎖時制，並採用 PASSER II，以檢視分析幹道連鎖後對於整體路網車流的影響。

許添本等人(2003)建立公車優先號誌控制之微觀模擬系統，係依據微觀車流模擬系統(MISSION)十四個模組(Module)，再加入公車運行及公車優先號誌等二個模組，用以評估台北市公車專用道不同控制策略下，公車優先號誌模擬之績效表現。

李典晏(2006)利用優先號誌提升台南市西門路 5 路公車進站準點率，採用 PI 控制理論推測公車抵達路口前 5 秒精準預測，故有充裕時間判斷號誌優先控制模式，為達成路口效益最高之公車優先目的，優先執行參數採取綠燈延長或紅燈縮短均不超過 6 秒，且兩車站間行駛時間不超過 68 秒。

劉姿君(2013)將公車旅行時間依發車區間分成兩大類預測模式，分別為公車發車時間間隔小於 15 分和大於 15 分，小於 15 分屬於短期預測，採用濾波器方法，研究結果指出預測時間若大於四小時後精準度可有效提升，且可有穩定之預測成果，另大於 15 分長期預測則使用離散傅立葉變換方法，研究結果指出每天離峰時間之預測成果較尖峰時間為準確，故傅立葉轉換預估模式較適用於離峰時刻。

林良泰等人(2001)建立一個程序性群組間之時差制定流程，採取最大續進可能值為評估績效指標，並搭配考量最小總停等延滯數值，藉由調整群組間相鄰路口之最佳之時差，以提昇路網號誌連鎖控制功能，並可同時維持各車流於群組內(間)之續進效果，及降低車流平均延滯值。

Chang & Sun(2004)，提出依車流續進狀況不同，合併處理最大綠燈帶寬及最小負面效用問題，以獲得最佳之績效函數，運算方法採用 bang-bang like control model，以得出各交岔路口之績效值(最小值)，再經由多處壅塞路口找出續進途徑進行調整時制，以有效解決車流回堵壅塞問題。bang-bang like control 流程控制如下：

1. 對於路段到達率較大給予最大綠燈時間，路段到達率較小則給最小綠燈時間。
2. 對於路段流量較小給予最大綠燈時間，路段流量較大之則給予最小綠燈時間以有效疏解車流。

2.2 輕軌路權特性

高雄市環狀輕軌列車路線，行駛區域為 B 型路權或 C 型路權，輕軌 B 型路權即為半專有路權路權，可採用實體阻隔物與普通行駛車道加以區隔，如花草木、圍籬、緣石、柵欄及坡度高低差等設施，汽、機車車輛不得進入 B 型路權輕軌軌道內，惟可允許平交道或輕軌交叉路口通過輕軌路權，另 C 型路權即為混合路權，由於輕軌軌道鑲嵌於行駛車道鋪面，一般車輛可進入輕軌 C 型路權並進行車道變換，輕軌路權型式如表 2-1 所示。

表 2-1 輕軌路權型式

路權型式	說明
A 型路權 (專有路權)	立體車道(高架或地下)或地面車道但以分隔島、實體障礙物隔離，不受任何其他交通(包括行人)干擾。
B 型路權 (半專有路權)	允許一般道路交通在於受限制之地點(如平交道或輕軌交叉路口)通過輕軌路權，除此之外輕軌路權禁止任何交通穿越或干擾。
B1 型路權	於路外設置，路口與路口間之路權於兩側以圍牆或柵欄與外界分隔，平面交通僅能於路口穿越輕軌路權。
B2 型路權	使用道路路權，路口與路口間之路權兩側以高低差或柵欄分隔，平面交通僅能於路口穿越輕軌路權。
B3 型路權	使用道路路權，路口與路口間之路權兩側以高低差或於兩股軌道中央以柵欄分隔，平面交通僅能於路口穿越輕軌路權。
B4 型路權	使用道路路權，路口與路口間之路權兩側以緩坡或標線分隔，平面交通僅能於路口穿越輕軌路權。
B5 型路權	輕軌使用路側行人徒步區，平面車輛僅能於路口穿越輕軌路權，行人可自由穿越輕軌路權。
C 型路權 (混合路權)	輕軌與一般道路系統上的交通(包括車輛或行人)共同使用同一路權，並無任何隔離設施。
C1 型路權	輕軌電車與一般車輛共用路權，行人於指定之地點穿越道路。
C2 型路權	輕軌電車與大眾運輸車輛共用路權，私人車輛禁止進入，行人於指定處所穿越輕軌路權。
C3 型路權	輕軌電車與行人共用路權，所有車輛禁止進入。

資料來源: Korve et al.(1996)

2.3 優先號誌設備組成

Fehon et al.(1994)提及為達成優先號誌之運作安全順暢，須仰賴各軟、硬體設備間相互配合，硬體包括阻絕設施、軌道鋪面、車輛偵測器、輕軌專用號

誌燈及道路交通相關設備等，並搭配輕軌行控中心(Operation Control Center)，輕軌車程運作時間表設計、輕軌優先號誌邏輯規劃及相關輕軌維修作業執行，另輕軌沿線交通號誌控制器，內建對時系統、定時號誌時制計畫，及通訊設備可採無線通訊模組或有線傳輸方式，將輕軌路口輕軌運行狀況，傳輸回輕軌行控中心監控，亦可接收行控中心所下達之執行命令。

Kuddart & Thompson (1989)提及為減少輕軌運行與其它行向車流交織及延滯機會，並增加輕軌沿線路口交通安全，輕軌優先號誌執行上，須有輕軌專用號誌，軌道沿線並設有清楚標誌，並採用輕軌列車偵測器，以計算列車到達或離開時間，適時變更路口交通號誌燈號。

Saffer & Wright (1994)提及為即時控制號誌運作，須於輕軌沿線佈設多種偵測器，Prepare Detector 設置於路口前一段距離，以預知輕軌列車抵達路口時間，Stopline Detector 設置於路口處，用以觸發輕軌專用時相，Stopline Detector 設置於停止線上，判斷輕軌列車是否已經過停止線，Exit Detector 則是判斷輕軌列車是否已完全離開路口。

新竹市交通局交通工程與管理課(2001)提及優先號誌控制，號誌控制器及輕軌控制器須相互配合運作，當輕軌列車觸發後，輕軌控制器會將通行需求(撤回)傳送至路口號誌控制器進行運算並控制路口號誌變換，並透過數據通訊網路及時回傳訊息至行控中心。

2.4 優先號誌控制種類

Xu et al.(2010)對於有條件優先(Conditional Priority)一詞進行解釋，”有條件”意味著對於交通現況已符合特定規定標準時，即可允許已具備優先通行權利之交通運具，授予優先處理其行向號誌燈號之權利，以利順利通過路口，例如綠燈延長、紅燈截斷及插入時相等手段。且在相關車流模擬實驗中，在交通運行效率方面，有條件優先(Conditional Priority)相對於無條件優先

(Unconditional Priority)明顯具有更大優勢。

鄭雄飛(2000)對於公車優先號誌控制策略，依據優先程度差異區分為絕對優先與條件優先兩類型，絕對優先係於完全不考慮其它車種所產生之延滯與號誌連鎖情形之下，可允許公車優先通過路口之交通號誌控制方法，而條件優先則須考慮各交通影響因子，僅於有助路口總績效值提昇狀況之下，才允許公車優先通過路口之交通號誌控制方法。

Vukan (2007)提及為提昇輕軌列車行駛速度，採用輕軌優先號誌控制、禁左措施、輕軌專用時相等方法，以確保輕軌列車於無延滯情形下安全通過路口，且輕軌專用時相之設計，特別是行駛轉彎路線，可避免與其它車流行向交織機會，輕軌列車觸發後決定輕軌優先號誌控制策略，如圖 2-1 所示。

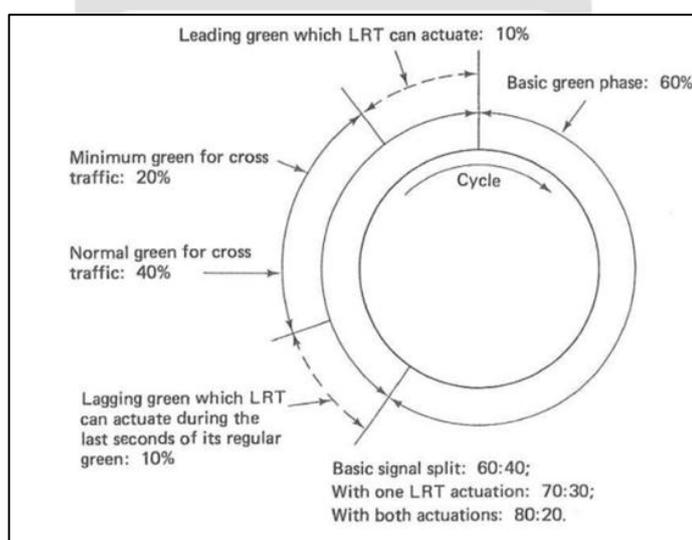


圖 2-1 輕軌電車觸發時點

資料來源：Vukan (2007)

Tighe & Patterson (1985)提出輕軌優先控制策略可分為部分優先(partial priority)及完全優先(full priority)兩種。部分優先策略主要藉由號誌燈號延長綠燈時間或縮短現有時相紅燈時間等手段，使輕軌列車不停等於且順利通過路口，完全優先策略則為當輕軌列車到達前，觸發通行路口需求，路口號誌控制器進

行判斷輕軌插入時相插入時間點，是為現有時相結束後或者於滿足行人之最小綠燈後，俟輕軌列車通過路口後，再針對時相變化的時相予以補償時間，以降低因插入時相所造成車流延滯問題。

Bodell & Huddart (1987)依輕軌沿線橫向路口交通流量，區分成小路口、大路口及非常複雜路口，依各型路口給予優先程度不同之優先號誌，優先策略如下：

1. 小路口:因輕軌行向交通量小，平時號誌綠燈時間較多給予與輕軌衝突行向，當輕軌列車到達時，經最小綠燈與清道時間(黃燈+全紅時間)後再執行輕軌插入時相，若輕軌列車雙向到達或接連到達路口提出通行需求，則於最大綠燈時間限制之下採行延長綠燈。
2. 大路口:因該型路口車流量大，為減少與輕軌衝突行向延滯情形，輕軌並非享有絕對優先通行權利，並採行號誌通行損失時間補償之方式，以確保車流順暢。
3. 非常複雜路口:該型路口車輛及行人交通量非常大，採行路口定時號誌時制，而不執行任何輕軌優先號誌策略。

Nelson et al. (1993)提到歐洲德國 Stuttgart 輕軌優先號誌控制策略如下：

1. 有限制優先:為降低對路口其它行向車流衝擊，優先策略採綠燈延長方法，可減少輕軌列車 50%延滯時間。
2. 完全優先:除限制輕軌專用時相具有最大綠燈時間(與輕軌衝突行向有最大紅燈時間)外，餘情形皆給予輕軌通行優先權利。
3. 絕對優先: 所有情形皆給予輕軌通行優先權利。

Dreher et al.(2005)針對 5 種輕軌優先等級進行模擬，最高優先等級並非為最佳旅行時間，因最高優先易造成其它行向車流較高延滯影響，結果顯示較佳旅行時間介於最高優先和高優先。五種優先等級比較表如表 2-2 所示。

表 2-2 五種優先等級比較表

	最高 (Very High)	高 (High)	中等 (Medium)	低 (Low)	最低 (Very Low)
輕軌 優先 程度	立刻優先	優先	中等優先權	低優先權	無優先權
號誌 控制 策略	有輕軌需求便立即 切換至輕 軌時相	給予最小 綠燈後便 直接切換 至輕軌時 相	最大綠燈 後才切換 至輕軌時 相	不直接切 換至輕軌 時相，依 序給予競 爭時相最 小綠燈後 ，才輪到輕 軌綠燈	輕軌為定 時號誌中 的一個時 相，按照 時相順序 輪放
輕軌 綠燈 時間	無最大綠 燈限制	有最大綠 燈限制	固定長度	固定長度	定時號誌 之綠燈長 度
號誌 種類	VAP/最佳化	VAP/最佳化	VAP	VAP	定時號誌

資料來源：Dreher et al. (2005)

Fehon et al.(1994)提及輕軌部分優先策略，當輕軌列車到達路口，將運作與列車行向不互衝突之時相，並且於該時相時間內，輕軌列車長度可完整通過，號誌依原時序運作，反之，若將運作時相為列車衝突時相，則利用延長綠燈及紅燈截斷等手段通過路口。完全優先則為只須輕軌觸發通行需求，燈號即變換為輕軌專用時相，以供輕軌列車通過路口。

Muir(1989)提到輕軌路口設計時相須分行車、行人及輕軌專用時相，另為避免用路人誤判燈號，輕軌號誌與一般行車號誌應有所區別，輕軌列車路口通行時，其它與輕軌行向衝突之車輛及行人之號誌須顯示為紅燈。

McGinley & Stolz(1985)提到延長綠燈之時間計算，與車輛壓佔偵測器開始至停止線之時間長短有關，假如上、下行同時到達不僅有一台輕軌列車時，延

長綠燈之時間則繼續延長至原設計最大綠燈時間，惟此法最大缺點係常佔用下一週期運作之時間。

Yagar & Han (1994)針對多倫多號誌化路口(混合路權)進行模擬，因公共運具旅客上下車時間，易造成其它行向通行績效數值降低，可先律定路口各情況之優先次序，經由評估績效流程產出時制計畫，以發展出即時號控系統。

2.5 模擬績效評估

針對優先號誌研究國內外相當多，其中優先號誌執行策略搭配不一樣的研究方法，所以評估績效方式也不盡相同，目前大致上作為車流模擬之評估指標，可由路網所呈現之相關模擬數據得知，如平均延滯時間、平均停等時間及平均行駛距離等模擬數據成果，隨著交通情境之改變，數據表現程度可驗證研究模型建置，是否與現有交通狀況條件相符，故驗證模型可靠度與選擇績效評估指標兩者，具有完全高度正相關，故必須確認研究目的後，再進行挑選合適之績效評估指標，未來並可作為後續同類型交通改善預測之基礎，本研究整理相關績效評估指標文獻如下。

Chin et al. (1992)以車延滯作為績效指標，於香港屯門低車流量路口，進行分析比較三種控制策略，分別為輕軌優先號誌、觸動號誌及定時號誌，結果顯示輕軌列車於輕軌優先號誌策略下延滯最小，定時號誌最大，對於汽車而言，定時號誌延滯最大，觸動號誌延滯最小。

Bauer et al. (1995)以汽車總延滯及輕軌列車速度作為績效指標，於芝加哥輕軌路線進行分析比較定時號誌、延長綠燈(縮短紅燈)及適應性號誌，結果顯示對於輕軌列車速度而言，適應性號誌速度最快，定時號誌最慢，對於汽車總延滯而言，定時號誌延滯最小，適應性號誌最高。

林胤宏(2001)以平均人延滯作為績效指標，於獨立且簡單二時相之路口進行模擬，分析絕對優先、完全優先及部分優先之運作績效，結果顯示對於輕軌

列車絕對優先下幾乎未有延滯情形，惟對於與輕軌衝突行向車流延滯影響最大，完全優先次之，部分優先影響最小。

Bauer & Fuller (2002)以旅行時間、平均路口延滯及等候長度作為績效指標，分析絕對優先、大眾運輸優先(早開或延長綠燈)與預測優先，結果顯示輕軌旅行時間以預測優先最小。

李仕勤(2002)以新竹市獨立路口為研究範圍，採數學構建方式建立目標式，並以平均人延滯作為績效指標標準，分析固定時制、固定週期與不固定週期三種號誌情況，結果顯示不固定週期情境之下，輕軌列車可有效減少停等機會。

Kang et al. (2004)依據整體系統交通現況，評估研究範圍之通過交通總量，分別以平均速度指標及平均延遲指標，進行評估三種完全不同車流情境下之執行策略效益。

盧彥聰(2010)於研究範圍內，以平均旅行速度作為比較指標，再進一步觀察模型內速度變異數、車流通過量、延遲時間及旅行時間等評估績效指標。



第三章 研究方法

本研究主要係為針對高雄市環狀輕軌第一階段完全優先號誌之交通問題進行改善，以發展適合高雄市環狀輕軌二階段，有條件優先號誌時制設計邏輯，並設計大順路段之號誌時制計畫，於交通模擬軟體 DynaTAIWAN 進行車流模擬，以驗證有條件優先號誌策略之可行性，並歸納出有條件優先號誌策略之結論及建議。

3.1 研究架構

本研究架構將先針對高雄市環狀輕軌第一階段，完全優先號誌策略所衍生交通影響進行分析，整理本研究有利於有條件優先號誌策略運作之原則，如輕軌車站近端設站、臨時充電設備、列車路口停等及列車發車時間等原則條件，並搭配沿途路口時制計畫之時差、時比及總週期等調整方法，以加大各車站間輕軌列車之通行綠燈帶。

本研究將發展出一套有條件優先號誌時制設計邏輯，以作為目前國內整體道路交通條件不佳之下，仍須發展都會區公共運輸之解決方式，套用於高雄市環狀輕軌第二階段(大順路段)，首先須先整理所有路段列車行駛時間，包括不停等直接通過路口或停等再通過路口之時間秒數，另針對列車電量細分成各站間上、行停等時間限制，前述假設數據由高雄市輕軌統包商，經評估輕軌列車效能而來，因為各路口交通條件不盡相同，必須逐路口進行時制計畫設計。

故本研究將繪製每路口輕軌列車之行駛軌跡時空圖，逐路口用時空圖圖解方式，進行有條件優先號誌時制計畫設計，如當不執行優先情形下，輕軌列車無法於綠燈帶內順利抵達下一站，則必須再考慮停等路口之可能(只允許站間停等 1 次)，或是選擇一個至數個路口執行優先，經過一連串繁複之檢視過程，如檢視停等時間限制、停等時間點(如黃燈開始後才停等)及通過時間點等等，

最後若能滿足輕軌列車可出站時間序列帶大於 2/3 總週期，即可完成並確定有條件優先號誌時制計畫內容。

依上述有條件優先號誌時制計畫內容，採用國內自行發展之 DynaTAIWAN 車流軟體，建構出符合大順路段之車流模型，以驗證依循本研究有條件優先號誌策略，可有效降低對整體路網交通衝擊，本研究 DynaTAIWAN 模型建構，輸入項目主要以旅次起迄資料(O-D)、模擬路網路型屬性等交通資料，目標模型高雄市大順路段，該路段恰位處高雄市三民區及鼓山區交界，因旅次起迄資料蒐集不易，囿限於人力、時間及成本等考量因素，本研究主要以三民區旅次起迄歷史資料為基礎，進一步假設推估本研究範圍之旅次起迄輸入矩陣資料，為避免旅次起迄推估資料，與現行大順路實際車流不同致驗證成果產生偏差，本研究以高雄市政府捷運工程局(2018)之交通維持計畫書交通流量調查資料為佐參資料，進行相關車流參數測試及調整，選擇最適合本研究之模型參數設定值。

以本研究而言，在 DynaTAIWAN 模型建置過程中，有很多挑戰困難點，過去 DynaTAIWAN 實務應用經驗上，尚未有真正以輕軌為模擬設計對象，而輕軌與公車運行模式最大不同，在於輕軌列車須模擬號誌優先運行狀態，本研究運用軌道旁增設號誌燈號管制方式，以模擬輕軌優先通過路口之執行狀況，另為能即時管控有條件優先號誌執行時間，本研究延伸運用 DynaTAIWAN 內建事件資料(Incident data)功能，當路口有執行有條件優先需求時，藉由設定路段上事件資料，包含開始時間、結束時間及容量，以真實模擬輕軌優先通行之要求，研究架構如圖 3-1。

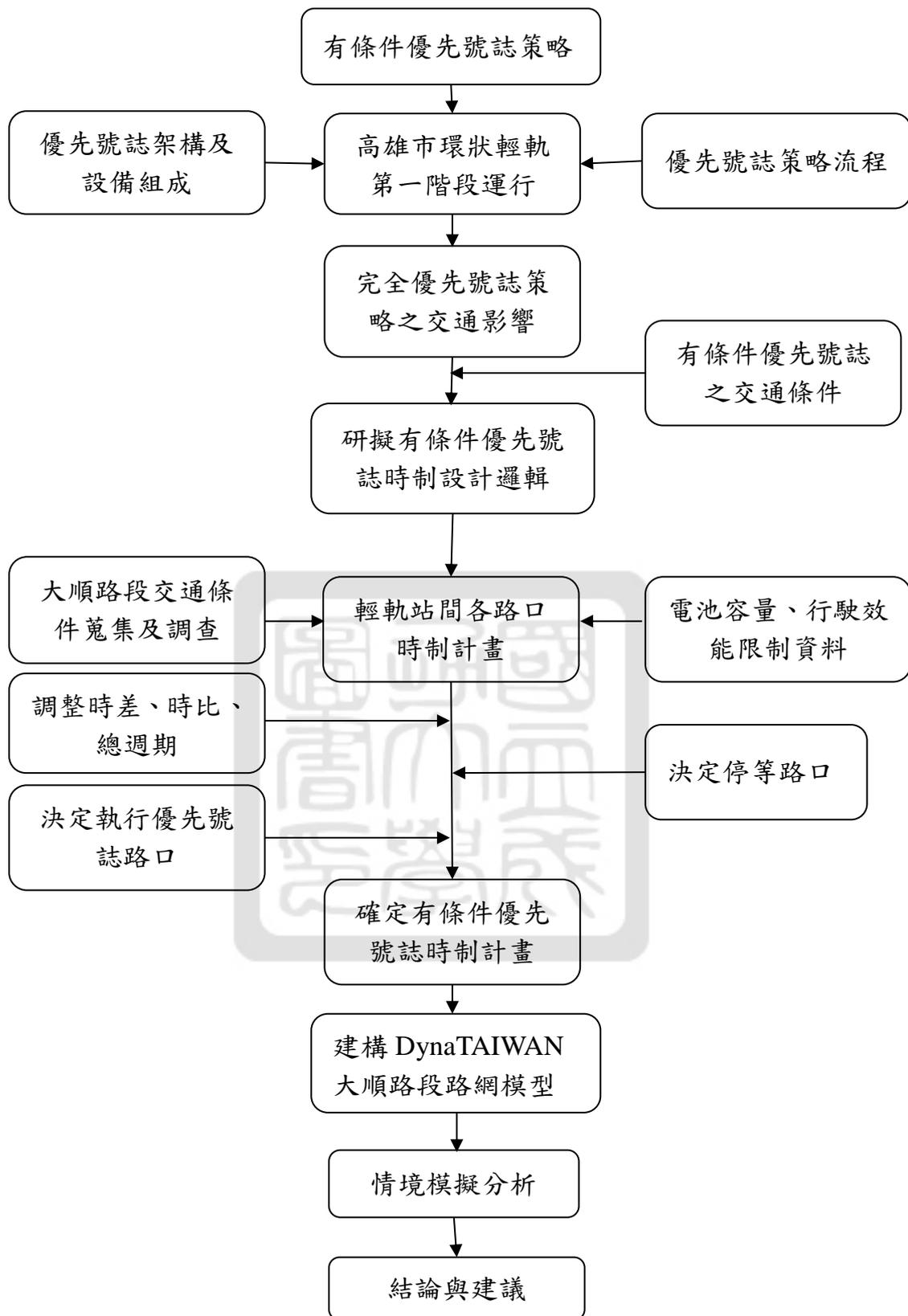


圖 3-1 研究架構

3.2 輕軌優先號誌

高雄市環狀輕軌第一階段(C1 站~C14 站)，沿線路口範圍起自凱旋四路/籬仔內路至臨海新路/蓬萊路，原為避免輕軌列車於路口停等時間過久，致電量不足以到達下一輕軌車站充電而停駛，故高雄市捷運工程局於設計初期，即採行輕軌完全優先號誌策略，惟對於高雄市支道交通產生極大影響。

3.2.1 優先號誌運作設備

1. 輕軌優先號誌運作架構:

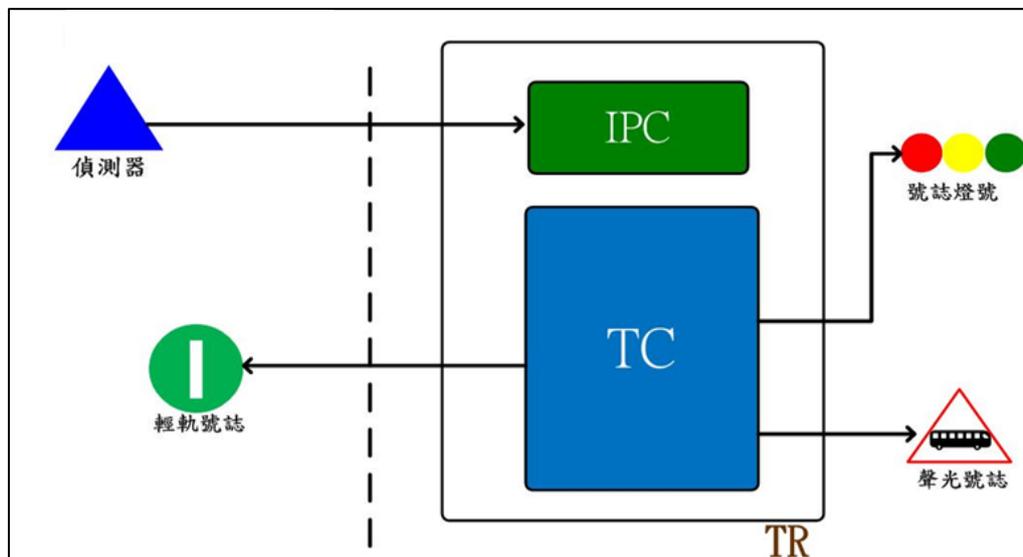


圖 3-2 輕軌優先號誌運作架構

2. 輕軌號誌控制器(TR)組成，包括號誌控制器(TC)及工業電腦(IPC):

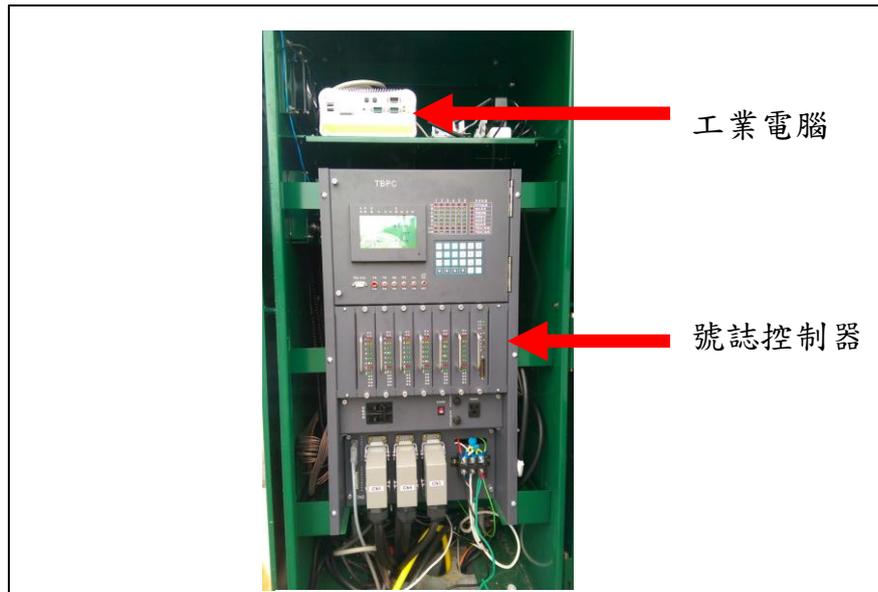


圖 3-3 輕軌號誌控制器

3. 交岔路口上對輕軌列車之偵測，是由三個計軸器所控制，所在相對位置依序為：接近偵測器(AC1)、抵達偵測器(AC2)和解除偵測器(AC3)，接近偵測器(AC1)設置位置，必須提供輕軌號誌控制器足夠的時間，於輕軌列車抵達交岔路口時，給予輕軌列車優先通行權，以確保輕軌列車在進入十字路口前，不需要停車或剎車，距離之計算由以下參數決定：
- (1) 輕軌號誌控制器運算時間。
 - (2) 輕軌列車號誌轉為停止+閃爍三角形之時間。
 - (3) 道路或行人時相。
 - (4) 輕軌列車速度資料。
 - (5) 輕軌列車剎車資料。

3.2.2 優先號誌運作流程

若輕軌列車預計抵達時間與共用時相完全重疊(綠燈不調整)，若輕軌列車預計抵達時間在共用時相之後，且其間隔不足一最小綠燈，延長輕軌共用時相時間(綠燈延長)，若輕軌列車預計抵達時間在共用時相之前，且其間隔不足一最小綠燈，調整偵測到輕軌時間點至輕軌共用時相間的各時相，最多可將之全部縮短為最小綠燈(紅燈截斷)，若當輕軌抵達時間不滿足上述任何條件時執行，調整輕軌列車抵達前(不得早於偵測時間點)的時相長度，供插入時相執行插入(插入時相)。以高雄市中山三(四)路/新(舊)凱旋四路路口總週期 150 秒為例：

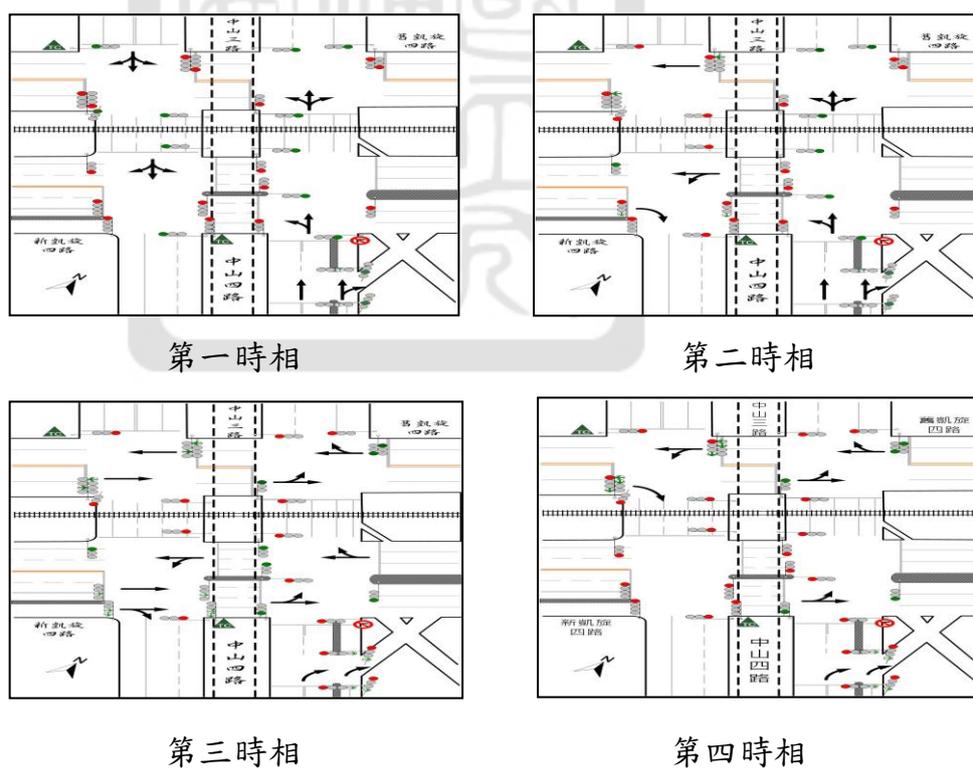


圖 3-4 高雄市中山三(四)路/新(舊)凱旋四路時相圖

當輕軌列車於進入中山三(四)路/新(舊)凱旋四路路口前，壓佔 Section1(偵測器 AC1~偵測器 AC2 間)工業電腦(IPC)即啟動優先號誌運算邏輯，若為輕軌共用時相(第三時相)內抵達，則不需調整時相，輕軌列車於第三時相開通時通過路口，若為輕軌共用時相前、後抵達路口(如第三、四時相抵達)，則依抵達路口與輕軌共用時相中間時間長短判斷，能否插入一個最短綠燈時間而定，以決定執行優先號誌手段(如綠燈延長、紅燈截斷及插入時相)。

1. 若輕軌列車於預期時間內抵達路口：
 - (1) Section2(偵測器 AC2~偵測器 AC3 間)於預期時間解除壓佔，號誌直接執行第四時相運作。
 - (2) Section2 未於預期時間解除壓佔，且延長共用時相達 50%時間，號誌直接執行第四時相運作。
2. 若輕軌列車未於預期時間抵達路口，延長共用時相：
 - (1) Section2 於預期時間解除壓佔，號誌直接執行第四時相運作。
 - (2) Section2 未於預期時間解除壓佔，且延長共用時相達 50%時間，號誌直接執行第四時相運作。

Section2 解除壓佔表示輕軌列車已通過中山三(四)路/新(舊)凱旋四路路口，若 Section2 持續被壓佔且已延長輕軌共用時相達 50%時間仍未被解除，表示因故未能通過路口，將採降級運轉及相關救援工作，優先號誌運作流程圖，如圖 3-5。

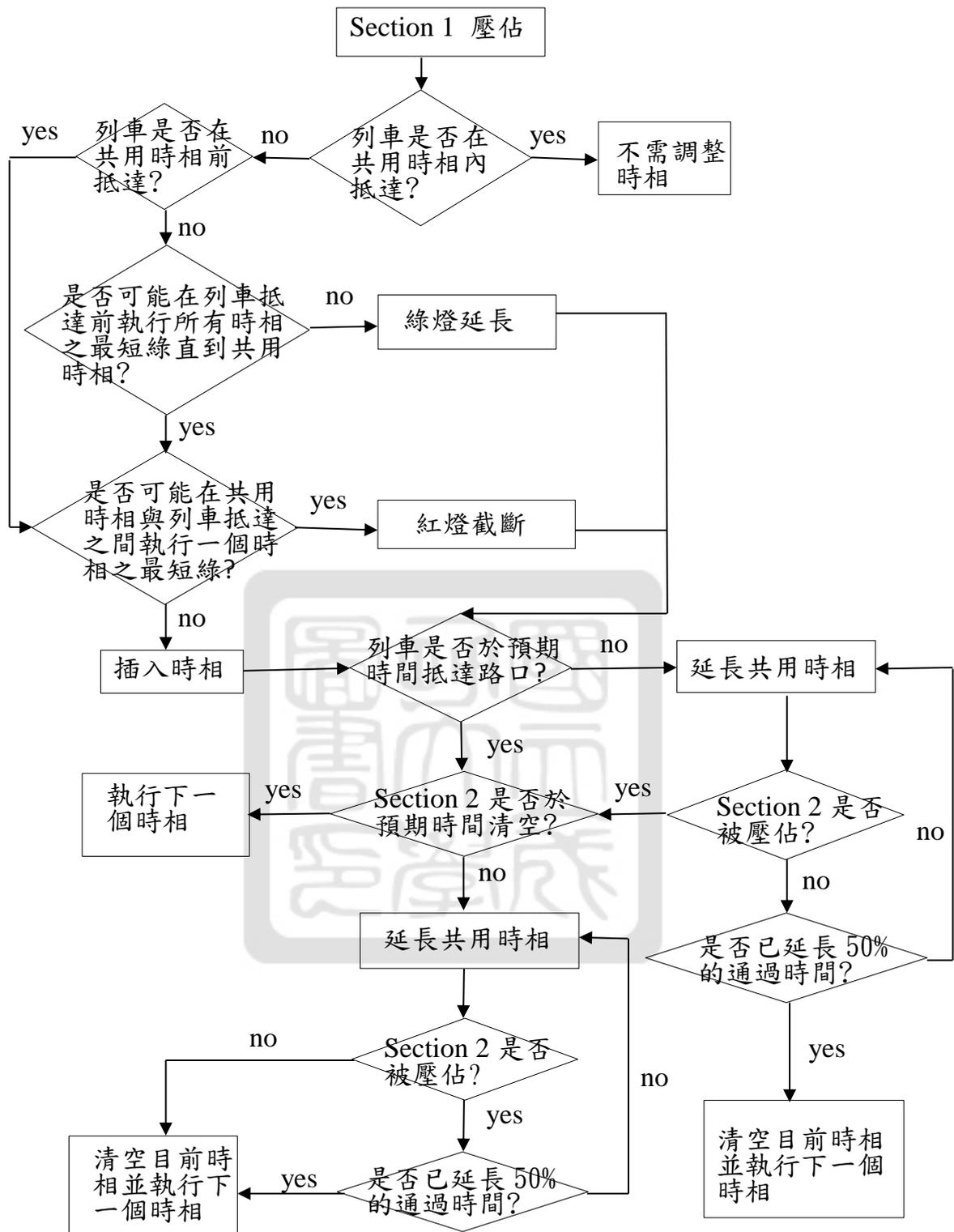


圖 3-5 優先號誌運作流程圖

3.3 有條件優先號誌時制設計邏輯

有條件優先與完全優先運作流程大致相同，差別在於優先執行路口數及執行程度之不同，完全優先是直接觸發每一個路口之優先號誌，而有條件優先僅於站間沿線部分路口可運作優先號誌，且大大限制綠燈延長及紅燈截斷等優先方法之執行秒數，與本研究第三章第 3.2.2 節可延長輕軌共用時相長達 50% 不盡相同。兩者間最大不同點在於，有條件優先完全限縮插入時相方法之使用時機，僅可於閃光路口或車流量極小路口(如路外停車場出入口)可執行插入，其餘一般號誌化路口皆不允許執行插入時相，以避免號誌時序遭破壞，也正因為有條件優先號誌弱化大部分優先執行程度，為維持大眾運具該有快捷優點特性，本研究提出有條件優先號誌時制設計邏輯，藉由時制計畫研擬檢視要件過程，以彌補輕軌列車原喪失之優先通行時間。

為有條件優先號誌執行，首先必須針對沿線路口號誌時制計畫進行調整，擴張大順路行向綠燈時間(輕軌共用時相)，以增加輕軌列車綠燈帶時間內抵達下一站之可能性，另依各輕軌行駛條件(如站間停等時間限制等)，以決定各站間時比、時差、及號誌優先程度，驗證有條件優先號誌時制設計邏輯可行性，本研究將繪製各路口輕軌時空圖，希望透過圖形表現方式，進一步解析輕軌通過路口之各種情形，並討論可能運行之機制，包括決定優先路口及執行秒數。

本研究有條件優先號誌時制設計邏輯檢視順序，須先考量無優先及無停等路口情況下，可出站發車時間序列帶是否大於 $2/3$ 總週期，若無法滿足賡續再考慮停等路口之可能，並檢視輕軌列車停等時間，是否小於本研究停等時間限制值，若都無法滿足，於執行優先號誌路口最少化前提下，選擇決定必須執行優先之路口，最後再檢視是否滿足停等時間及可出站發車時間序列帶，有條件優先號誌時制設計邏輯如圖 3-6。

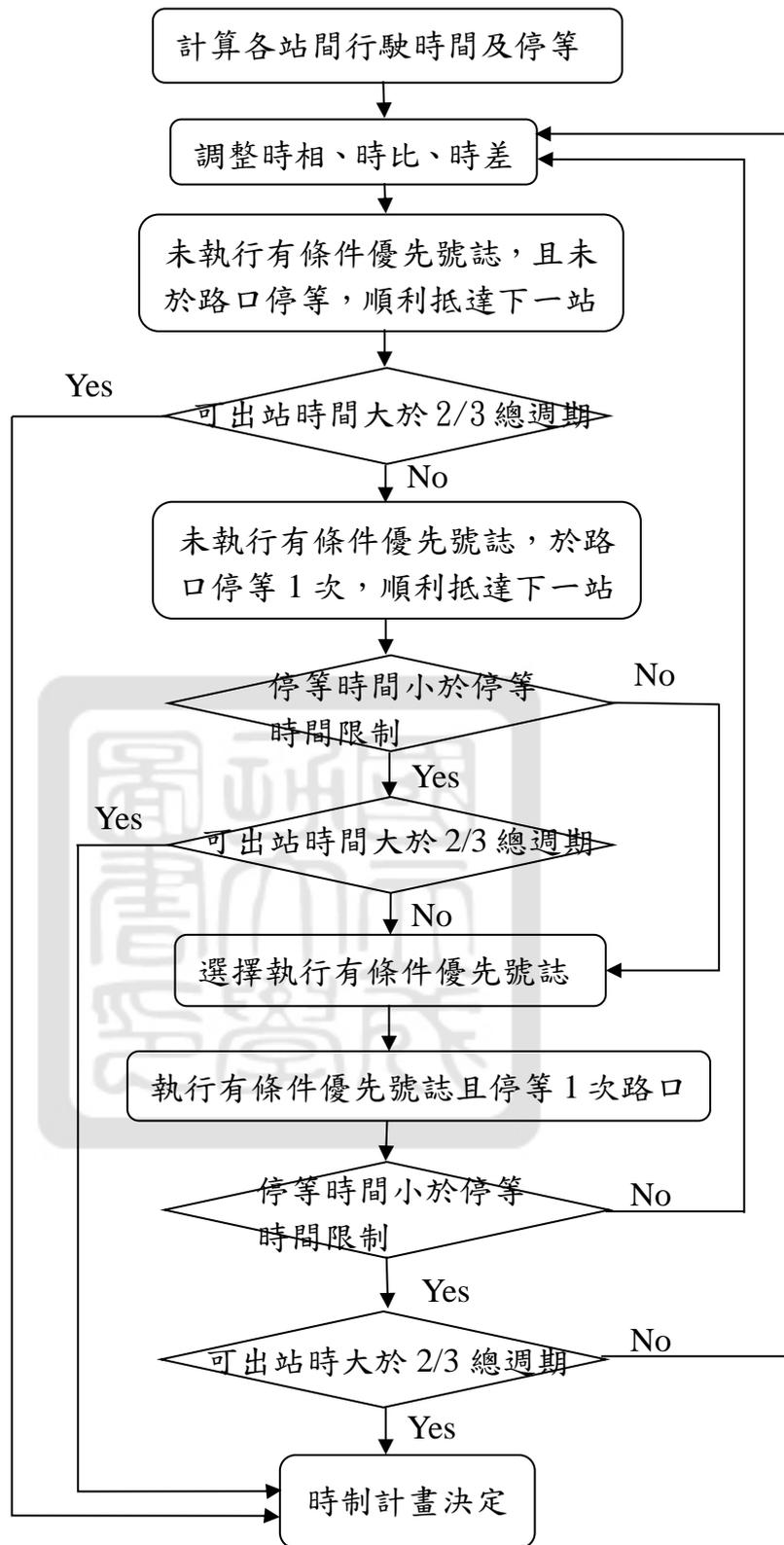


圖 3-6 有條件優先號誌時制設計邏輯

3.4 DynaTAIWAN 交通模擬軟體

目前多數交通模擬軟體皆為國外發展，因國外的車流、道路型態、駕駛習慣...等交通狀況，與國內實際交通狀況有別，且國外交通模擬軟體的程式碼未開放，無法了解軟體實際運作情況，故國內本土自行發展 DynaTAIWAN 的交通模擬軟體，以作為國內模擬評估整體路網車輛的旅行時間、停等時間...等各項交通績效指標。

3.4.1 DynaTAIWAN 軟體特色

1. 可模擬國內交通特徵軟體，如車流、道路幾何、駕駛行及行車號誌。
2. 考量目前國內大型車、小型車及機車之混合車流。
3. 搭配使用 ITS 基礎建設發展階段所取得之交通資料。
4. 軟體具有離線狀態模擬之功能。
5. 依交通實際現況輸入資料，以觀察目標車流的模擬情況。
6. 管理者可使用不同的交通策略，如交通資訊管道、替代道路、匝道儀控等，分析比較各交通策略的差異性。

3.4.2 DynaTAIWAN 輸入(出)項目

1. DynaTAIWAN 輸入項目：
 - (1) 路網資料、交通分區資料、路網轉向資料、流量需求、行為屬性、輕軌號誌時制計畫、事件資料等參數。
 - (2) 道路幾何路型資料。
2. DynaTAIWAN 輸出項目共分下列四大項：
 - (1) 摘要資訊檔案：

- A. 基本路網資訊:路網節點(線)數量。
 - B. 整體資料:包括模擬進行時間(時段)、開始(結束)及總時間。
 - C. 路口號誌資訊:各式號誌之路口數量。
 - D. 各型車輛相關統計:包括各型車輛之統計資料,如總數量、旅行需要總時間、旅行停等總時間及各型車輛統計數值之平均值及平均速度等。
 - E. 抵達各終點之車輛數量。
 - F. 總車輛數統計資料之平均值:包括平均行駛時間(分鐘/車)、平均行駛距離(公尺/車)、平均停等需求時間(分鐘/車)。
- (2) 各車輛之屬性檔案:包括車種、編號、備註與否、接收資訊與否、車產生點之上游節點、起(迄)節點、出發(到達)時間、等待加入路網時間、旅行節點數、旅行實際經過節點數、總時間、節點編號、通過節點時間、經過各路段節線所需時間、各路段節線停等所需時間。
- (3) 路段檔案資料:路網車流量、路段車流量、停等汽(機)車輛數、路段平均速度(密度)、路段移動車輛平均速度(密度)及各時段各路口綠燈時間。
- (4) 指派輸出檔:指派統計數檔案。

3.5 DynaTAIWAN 研究模型建立

本研究之路網範圍,主要為高雄市環狀輕軌二階段行經路線,西起大順一路/龍勝路東迄大順一路/民族一路,其中主要道路包含高雄南北主要幹道,如博愛一路、自由一路及民族一路,經過輕軌車站為 C23 站至 C26 站,相關站體位置及路線,如圖 3-7 高雄市環狀輕軌二階段車站站體位置。



圖 3-7 高雄市環狀輕軌二階段車站站體位置

本研究路網的建構內容,必須考量各行向車流,主要有一般平面行向車流、輕軌列車車流及站體位置,各行向與交岔路口或車站處產生交織點,為清楚區分各圖形於路網中代表意義,臚列本模型各圖形代表意義如下:

1. 輕軌車站表示圖形: ▲
2. 輕軌軌道與支道交岔點表示圖形: △
3. 交通分區結點表示圖形: ●
4. 平面交通號誌結點表示圖形: ●
5. 平面車流行向表示線: →
6. 輕軌列車行向表示線: →

為使輕軌列車於各模擬情境下,輕軌列車能於設計時制下順利通過路口,以呈現未來大順路輕軌車流實際運作情形,本研究模型必須有效控制前述各交織點之車輛行為,包括原大順路交岔路口及新增輕軌路線後所產生的交織點,故本研究模型於輕軌列車通過之沿線路口左右兩側,皆設置有號誌進行管制,以約束交織點之車輛行止行為,本研究模型交通型態類雙十字型路口,分別管

制兩端路口之交通行為，當輕軌列車抵達時，號誌可以分別管制左、右側橫越輕軌軌道車流，包括支道行向及幹道轉向車流，另輕軌列車於輕軌車站處，列車必須執行停等動作後，再依時制計畫可出站發車時間序列帶內出站，並前往下一個車站，DynaTAIWAN 單一路口示意圖(如圖 3-8)，連續路口示意圖(如圖 3-9)。

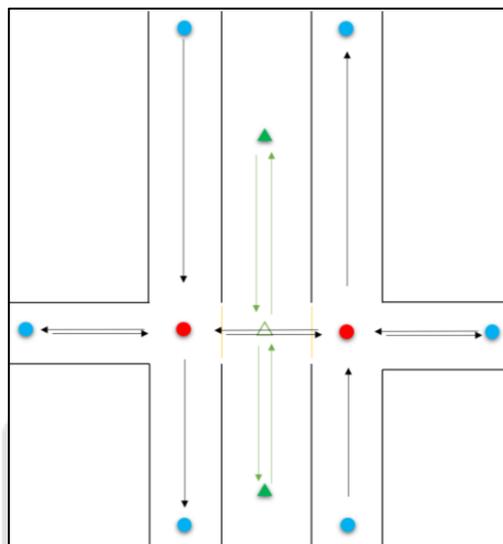


圖 3-8 DynaTAIWAN 單一路口示意圖

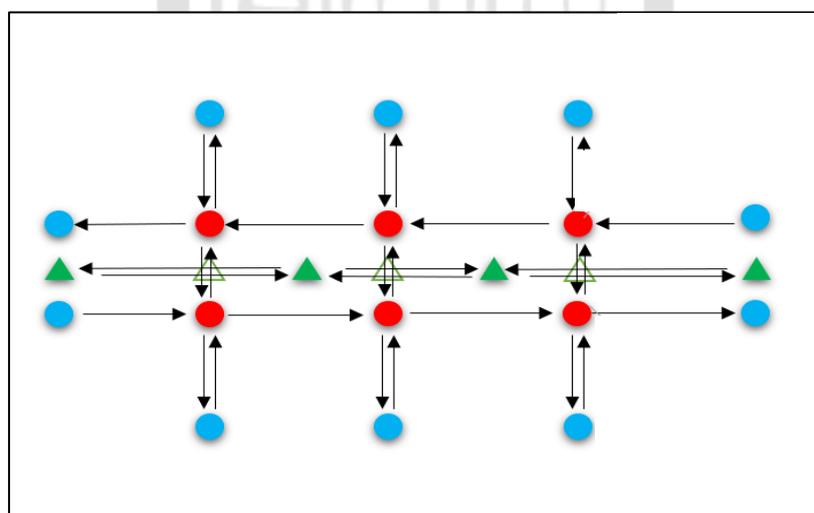


圖 3-9 DynaTAIWAN 連續路口示意圖

本研究模型依大順路交通需求特性，模擬路網將建置 13 個交通分區，其

中包含 7 個主要活動/通過性交通分區及 6 個居住型分區，合計 13 個交通分區，共有 53 個節點，結點包括輕軌車站、輕軌軌道與支道交岔點、交通分區結點及平面交通號誌結點，如輕軌列車行駛經過路徑，為結點編號 15、17、19、22、25、27、29、32、35、38、40、45、48、50 及 52 等，另結點與結點之間連線稱為節線，本研究模型共計有 116 條節線，DynaTAIWAN 車輛追蹤檔，可紀錄各節線相關交通模擬數據，如路段之平均速度或平均密度，可作為單一路段行駛績效比較分析依據，本研究模型路網圖如圖 3-10。

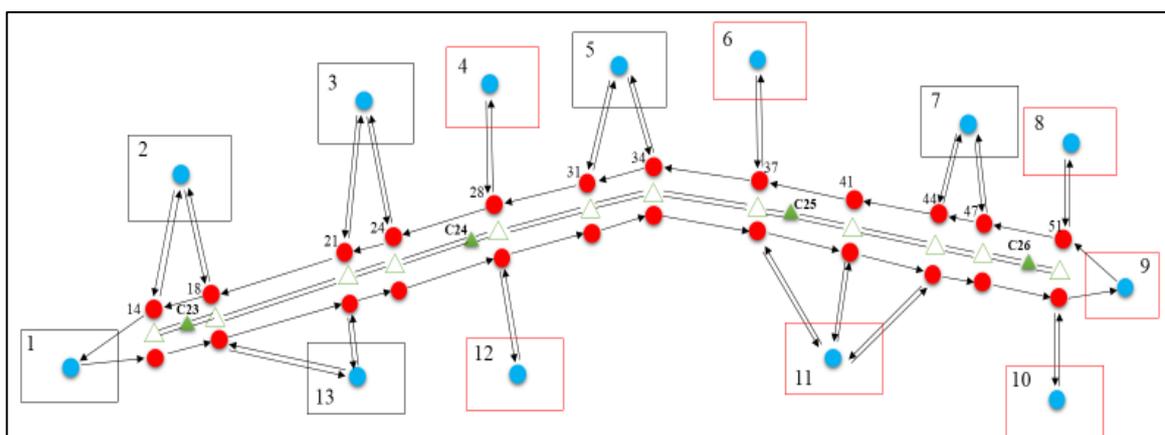


圖 3-10 DynaTAIWAN 路網圖

3.6 DynaTAIWAN 模型路網分析

高雄市環狀輕軌第一階段(C1 站~C14 站)完全優先號誌邏輯，因完全優先號誌對號誌連鎖之破壞，造成高雄市支道車流(非輕軌行向)延滯時間增加，本研究針對環狀輕軌二階段大順路沿線號誌化路口，採取有條件優先號誌策略，進而設計出(大順路段)沿途路口之時制計畫，套用至 DynaTAIWAN 已完成交通環境設計之模型，並執行三種情境以進行分析，分別為情境 1 輕軌無優先號誌、情境 2 輕軌有條件優先號誌及情境 3 輕軌完全優先號誌，前述三情境皆採本研究所設計出之時制計畫運作，其基本交通環境影響因子設定相同，主要差異在於優先號誌執行之路口數量及執行程度不同。

本研究將由 DynaTAIWAN 模擬輸出檔結果進行比較分析，包括整體路網之總旅行時間、總停等時間及總車輛數，計算各情境下之平均旅行時間及平均停等時間，藉由不同情境下之交通模擬數據，以比較出各情境下整體路網之績效差異程度，並可驗證有條件優先號誌於整體路網績效表現上優於完全優先號誌。

另本研究將就輕軌列車運行績效進行各情境比較，藉由 DynaTAIWAN 之車輛追蹤檔輸出功能，車流模擬軟體可以紀錄單一車輛(輕軌)之運行歷程，透過分析比較車輛運行紀錄，以了解輕軌列車在有條件優先號誌情境之下，輕軌列車行駛績效之表現程度，是否會因執行優先號誌路口數減少之下，造成輕軌列車行駛績效大幅降低，導致民眾對於捷運快捷性之期望落差感加大，或在有條件優先號誌下，犧牲部分輕軌列車行駛績效，可否換來整體路網擁有更佳之行駛效率。



第四章 有條件優先號誌時制計畫

本章將依照本研究第 3.3 節所提出之有條件優先號誌時制設計邏輯，並於第 4.1~4.2 節提出本研究整理出之假設前提條件及設計原則，第 4.3 節為輕軌統包商(中鋼公司)針對輕軌列車行駛表現，所得出各站行駛時間及停等時間之限制值，於第 4.4~4.6 節將依有條件優先號誌時制設計邏輯，以時空圖圖解方式詳細說明，本研究 C23~C24、C24~C25 及 C25~C26 站間各路口有條件優先號誌時制計畫產出過程。

4.1 假設前提條件

1. 以各輕軌車站間為路段連鎖區段:

本研究須改變原高雄市區路段連鎖區間設計，改以輕軌各車站間之沿線路口為同一號誌設計連鎖路段，並採輕軌列車行向(大順路行向)為最大綠燈帶考量前提，調整各站間路口之時比及時差。

2. 總停等時間不超過輕軌列車電容量限制:

各車站間行駛所需的電量，依行駛距離、加(減)速度頻率、停等次數而有所不同，本研究有條件優先號誌時制計畫，採輕軌第二階段統包商測試車行效能之最大停等時間限制為設計基礎，如 C23 站-C24 站上、下行最大停等時間為 37 秒，C24 站-C25 站上、下行最大停等時間為 73 秒，C25 站-C26 站上行最大停等時間為 97 秒(下行 102 秒)。

3. 查國內「道路交通標誌標線號誌設置規則」第 231 條規定，有關行車管制號誌之黃燈時間得依行車速限而定，如行車速限為 50(km/hr)黃燈時間為 3 秒，另全紅時間應有 1 秒以上，經查目前輕軌第一階

段已運行路口，輕軌沿線各路口黃燈時間，設計以 4 秒居多，且全紅時間以 2~3 秒不等，本研究為簡化設計內容，故清道時間統一採黃燈 4 秒、全紅 2 秒進行清道時間設計。

4.2 設計原則

1. 輕軌車站間停等次數:

為降低輕軌通行帶來交通整體延滯性增加，須有條件限縮輕軌號誌之優先程度，惟輕軌建設仍為大眾捷運系統之一環，仍須具備與一般道路公車不同之號誌優先條件(無法每個路口皆停等)，故本研究以輕軌各車站間沿線路口，最多停等一個路口為設計原則。

2. 通過路口時間點限制:

- (1) 若輕軌列車不須停等通過路口，輕軌列車全部通過路口最後之時間點，為輕軌共用時相全紅時間結束前。
- (2) 若輕軌列車須停等再通過路口，輕軌列車開始停等路口之時間點，為輕軌共用時相黃燈開始時間點。
- (3) 輕軌列車結束停等路口之時間點，為下一個輕軌共用時相開始時間點，或為允許號誌優先路口，截斷紅燈開始之時間點。

3. 執行有條件優先號誌限制:

- (1) 本研究範圍有條件優先號誌，僅以輕軌共用時相之紅燈截斷及綠燈延長為主，優先執行秒數限制，且完全不採用插入時相。
- (2) 插入時相僅適用於閃光號誌路口，或為複雜路型(時相)路口，以減少時序變動下之不確定性。
- (3) 為減少執行輕軌優先對後續週期產生持續影響，進而破壞原路段號誌連鎖功能，故不採時比補償功能，以控制影響程度於單一週

期內結束。

4. 上、下行可出站發車時間序列帶須大於 2/3 總週期:

輕軌列車出站時間點不同，影響列車是否能順利抵達下一站之關鍵，故有條件優先號誌設計，係以列車可於不停等狀況或僅停等一次路口條件下，可順利抵達下一車站為設計主軸，可出站發車時間序列帶，即為允許列車出站之數個時間點所形成的序列帶，而於非允許出站之時間點，列車則必須於車站內停等充電，惟輕軌為大眾捷運系統的一環，為避免列車於車站內停等過久，須確保輕軌列車可出站發車時間序列帶超過總週期之 2/3，如時制計畫總週期為 180 秒，則可出站發車時間序列帶必須大於 120 秒。

5. 路口號誌燈態顯示器:

本研究係以控制輕軌列車出站之時間，以達到號誌有條件優先通行之目的，故輕軌列車駕駛員必須清楚了解，前方路口號誌燈態及已執行綠燈秒數，並於正確時間內發車出站，順利抵達下一站。

6. 緊急備援方案:

因高雄市輕軌列車為無懸垂列車(無架空線)，若列車於站間行駛途中，遭遇車流回堵、交通事故、路口號誌故障等事件，影響輕軌軌道無法淨空通過，順利抵達下一站進行充電，故於各重要路口必須設置臨時充電設備，以供輕軌列車進行臨時充電所需，或是直接執行 RTS 功能取得號誌最優先通行權利。

4.3 通行秒數假設

高雄市輕軌第二階段統包商(中鋼公司)，為能精準計算輕軌列車到站時間，及控制發車時間，以利輕軌列車順利抵達下一站進行充電，統包商針對輕軌第

二階段列車行駛狀態及電容量衰減表現，評估預設出各站間上、下行停等秒數限制表，如表 4-1，並假設計算站間沿線各路段所需行駛通過秒數，包括須停等路口後通過秒數，各站行駛時間表如表 4-1~表 4-7。

表 4-1 停等秒數限制表

站間停等時間限制	上行(秒)	下行(秒)
C23-C24	37	37
C24-C25	73	73
C25-C26	97	102

4.3.1 C23 站~C24 站假設條件

表 4-2 C23-C24 上行行駛時間表

C23~C24 上行	行駛秒數	停等路口行駛秒數
C23 車站至龍德路前	6.7	
通過龍德路	17.2	22.2
通過龍德路後至南屏路前	20.9	
通過南屏路	16.2	21.2
通過南屏路後至龍文街前	5.0	
通過龍文街	14.0	19.0
通過龍文街至 C24 車站	17.9	

表 4-3 C23-C24 下行行駛時間表

C23~C24 下行	行駛秒數	停等路口行駛秒數
C24 車站至龍文街	22.1	
通過龍文街	14.0	19.0
通過龍文街後至南屏路前	5.0	
通過南屏路	16.2	21.2
通過南屏路後至龍德路前	20.5	
通過龍德路	18.3	23.3
通過龍德路後至 C23 車站	1.3	

4.3.2 C24 站~C25 站假設條件

表 4-4 C24-C25 上行行駛時間表

C24~C25 上行	行駛秒數	停等路口行駛秒數
C24 車站至博愛路前	1.9	
通過博愛路	18.4	23.4
通過博愛路後至富民路前	9.4	
通過富民路	16.2	21.2
通過富民路後至富國路前	5.1	
通過通過富國路	16.2	21.2
通過富國路後至自由路前	10.2	
通過自由路	19.5	24.5
通過自由路後至 C25 車站	0.0	

表 4-5 C24-C25 下行行駛時間表

C24~C25 下行	行駛秒數	停等路口行駛秒數
C25 車站至自由路前	6.9	
通過自由路	22.6	27.6
通過自由路至富國路前	13.8	
通過富國路	16.2	21.2
通過富國路至富民路前	8.0	
通過富民路	16.2	21.2
通過富民路至博愛路前	13.0	
通過博愛路	18.8	23.8
通過博愛路後至 C24 車站	2.6	

4.3.3 C25 站~C26 站假設條件

表 4-6 C25-C26 上行行駛時間表

C25~C26 上行	行駛秒數	停等路口行駛秒數
C25 車站至龍德新路	19.3	
通過龍德新路	17.3	22.3
龍德新路至龍華橋&河堤路	7.0	

通過龍華橋&河堤路前	30.2	40.2
通過龍華橋&河堤路至聯興路前	12.4	
通過聯興路	16.0	21.0
通過聯興路後至 C26 車站	0.0	

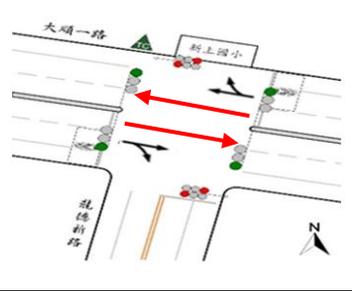
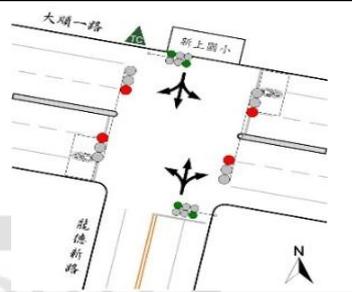
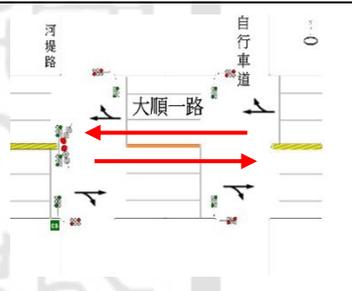
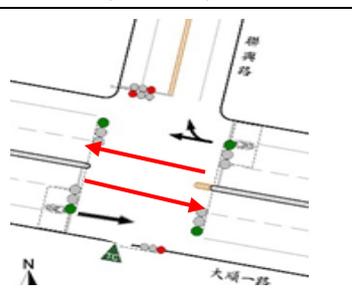
表 4-7 C25-C26 下行行駛時間表

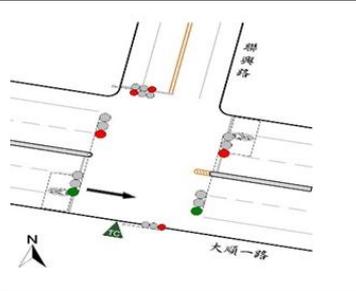
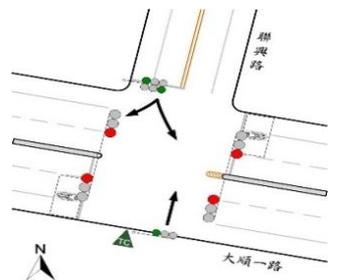
C25~C26 下行	行駛秒數	停等路口行駛秒數
C26 車站至聯興路前	16.9	
通過聯興路	16.2	21.2
聯興路至龍華橋&河堤路	2.9	
通過龍華橋&河堤路	30.3	40.3
通過龍華橋&河堤路至龍德新路	7.4	
通過龍德新路	17.3	22.3
通過龍德新路至 C25 車站	18.3	

4.4 C25-C26 時制規劃設計

依有條件優先號誌設計流程圖，先調整間各路口時比、時相及時差，調整原則以輕軌共用時相有最大通行綠燈長度，C25-26 沿線路口時差調整設定為 55 秒，總週期 180 秒(尖峰)，大順一路/龍德新路時制，為第一時相大順一路通行 125 秒(輕軌共用時相)、第二時相龍德新路通行 55 秒；大順一路/龍華橋&河堤路時制，為第一時相大順一路通行 125 秒(輕軌共用時相)、第二時相龍華橋&河堤路通行 55 秒；大順一路/聯興路時制為第一時相大順一路通行 110 秒(輕軌共用時相)、第二時相大順一路西往東遲閉 20 秒；第三時相聯興路通行 50 秒，如表 4-8。

表 4-8 C25-C26 時制計畫表(尖峰)

C25~C26 路口	總週期	時差	時相	秒數	備註	
大順一路/龍德新路	180	55	I	125		輕軌共用時相
			II	55		
大順一路/龍華橋&河堤路	180	55	I	125		輕軌共用時相
			II	55		
大順一路/聯興路	180	55	I	110		輕軌共用時相

			II	20		
			III	50		

1. 不執行有條件優先號誌及不停等路口情形:

C25-C26 於一個週期可出站發車之時間，藍實線與黃色虛線區間，上行為 0 秒~7.8 秒及 160.7 秒~180 秒，下行為 0 秒~34 秒及 163.1 秒~180 秒，合計可出站發車之時間，皆未達總週期之 2/3 時間(120 秒)，故須再考量評估停等一次路口，如圖 4-1、圖 4-2。

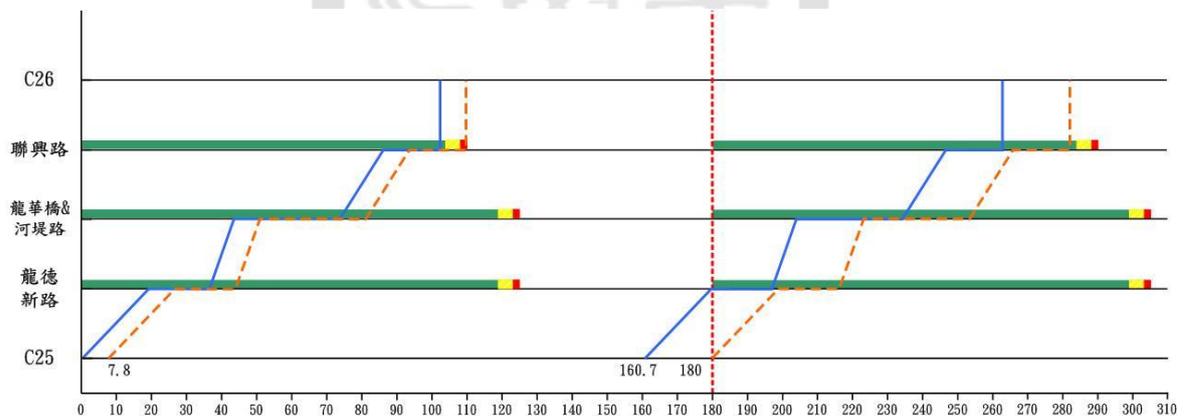


圖 4-1 上行 C25-C26 時空圖

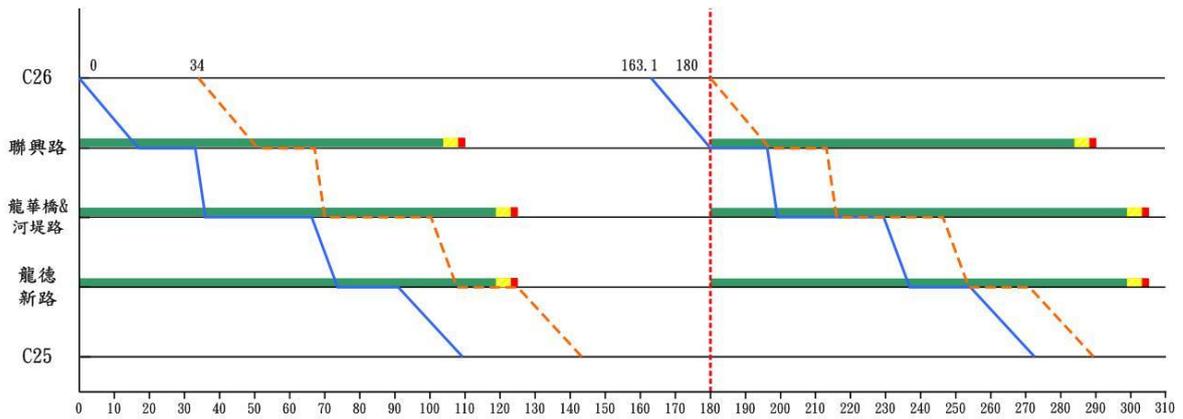


圖 4-2 下行 C25-C26 時空圖

2. 不執行有條件優先號誌且停等一次路口情形:

(1) 停等龍德新路:

A. 上行 C25 站可出站發車之時間，介於 99.7 秒~160.7 秒，輕軌列車不得於龍德新路行向綠燈時停等路口，故停等於龍德新路開始時間，為龍德新路黃燈開始時間，停等龍德新路自 C25 站出站發車最早時間為 99.7 秒，停等龍德新路自 C25 站出站發車最晚時間為 160.7 秒，所需停等時間依 C25 站出站發車先後依序遞減，並於下一週期開始後再通過龍德新路到達 C26 站，最長停等時間小於上行 C25-C26 停等限制值 97 秒，上行 C25-C26 時空圖(停等龍德新路)，如圖 4-3。

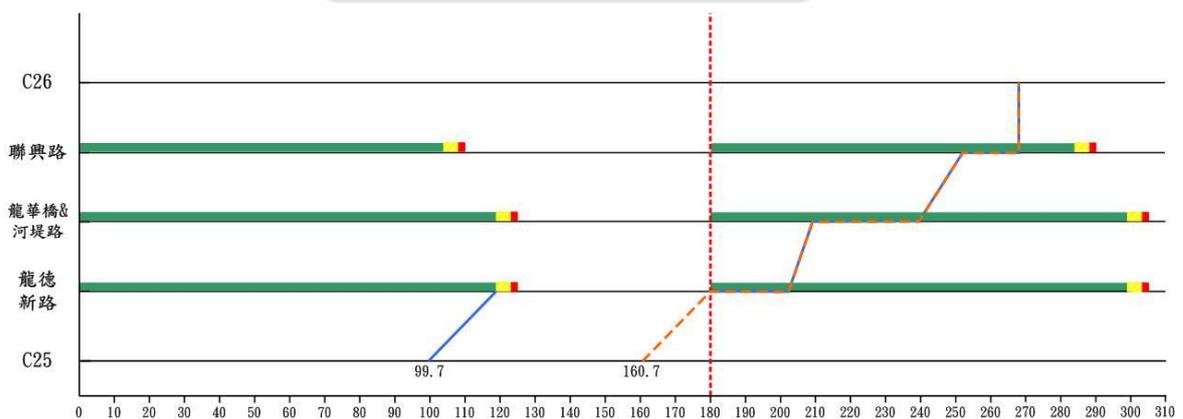


圖 4-3 上行 C25-C26 時空圖(停等龍德新路)

- B. 下行停等龍德新路自 C26 站出站發車最早時間為 45.3 秒，自 C26 站出站發車最晚時間為 58.7 秒，最長停等時間小於下行 C25-C26 停等限制值 102 秒，下行 C25-C26 時空圖(停等龍德新路)，如圖 4-4。

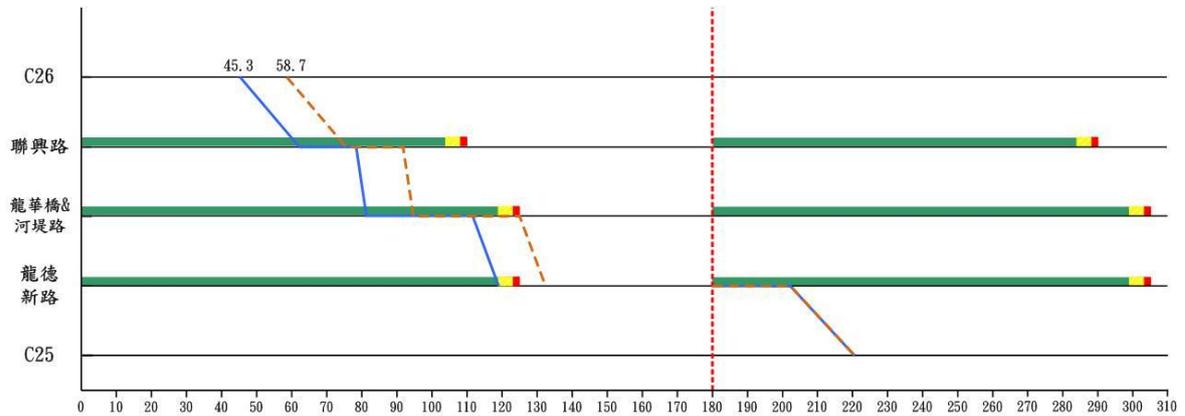


圖 4-4 下行 C25-C26 時空圖(停等龍德新路)

(2) 停等龍華橋&河堤路:

- A. 上行停等龍華橋&河堤路自 C25 站出站發車最早時間為 75.4 秒，自 C25 站出站發車最晚時間為 88.4 秒，並於下一週期開始後再通過龍華橋&河堤路到達 C26 站，最長停等時間小於上行 C25-C26 停等限制值 97 秒，上行 C25-C26 時空圖(停等龍華橋&河堤路)，如圖 4-5。

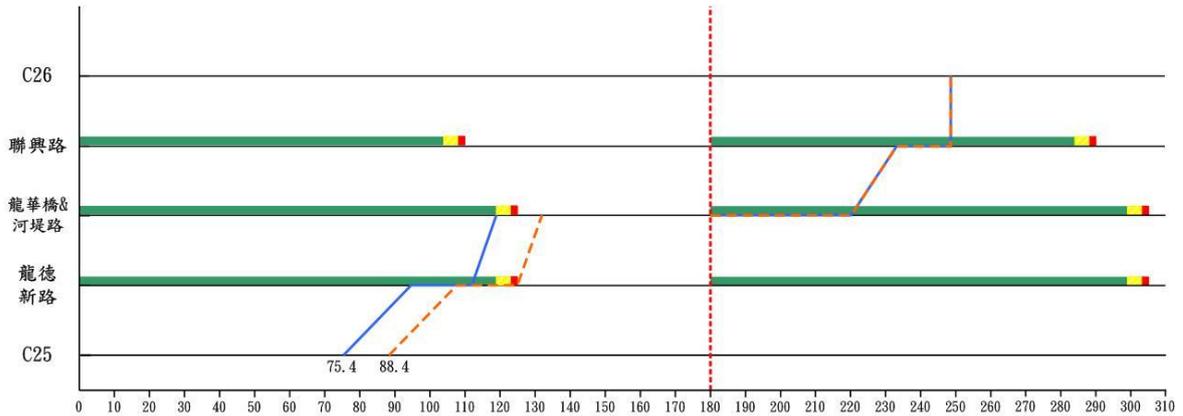


圖 4-5 上行 C25-C26 時空圖(停等龍華橋&河堤路)

- B. 下行停等龍華橋&河堤路自 C26 站出站發車最晚時間為 76.9 秒，輕軌列車於 112.9 秒到達龍華橋&河堤路，此時該路口仍為綠燈時間，黃燈時間尚未開始，故下行不得停等於龍華橋&河堤路，如圖 4-6。

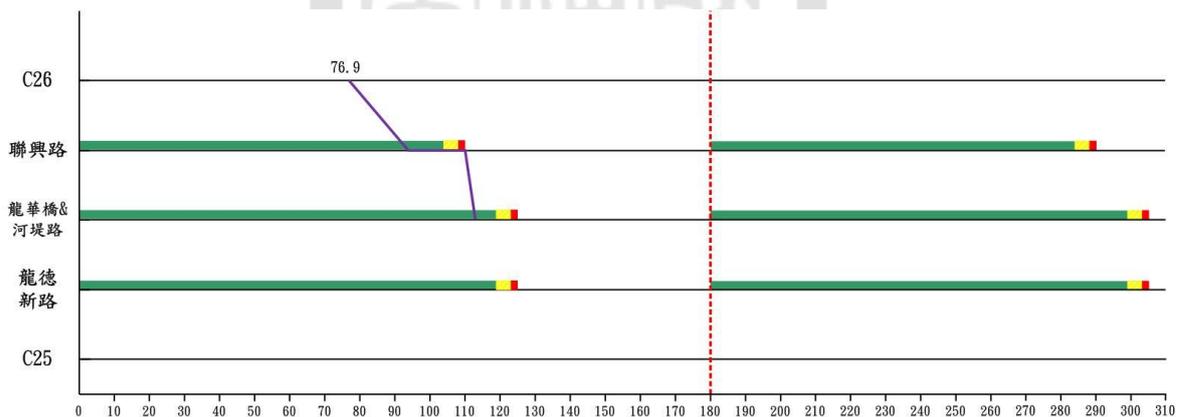


圖 4-6 下行 C25-C26 時空圖(不得停等龍華橋&河堤路)

(3) 停等聯興路:

- A. 上行停等聯興路自 C25 站出站發車最早時間為 17.8 秒，自 C25 站出站發車最晚時間為 51.2 秒，並於下一週期開始後再通過聯興路到達 C26 站，最長停等時間小於上行 C25-C26 停等限制值 97 秒，上行 C25-C26 時空圖(停等聯興路)，如圖 4-7。

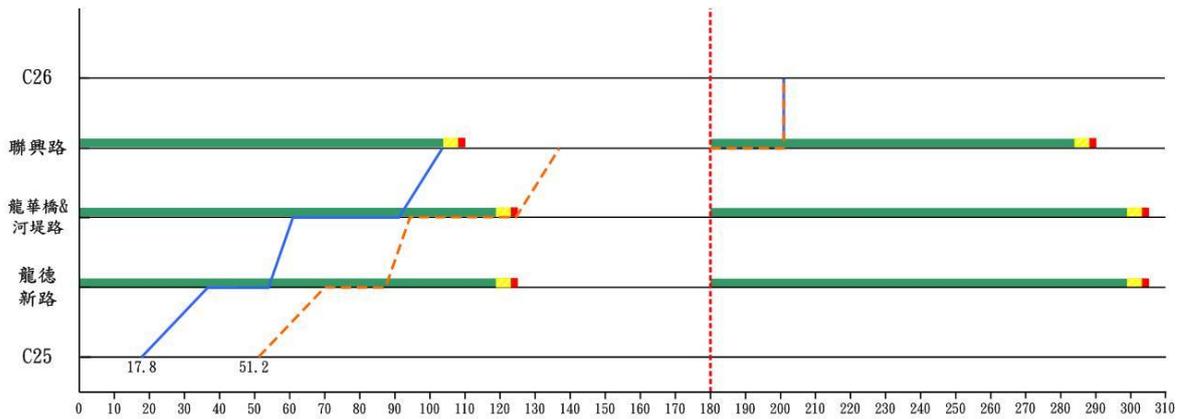


圖 4-7 上行 C25-C26 時空圖(停等聯興路)

B. 下行停等聯興路自 C26 站出站發車最早時間為 87.1 秒，自 C26 站出站發車最晚時間為 163.1 秒，並於下一週期開始後再通過聯興路到達 C25 站，最長停等時間小於下行 C25-C26 停等限制值 102 秒，下行 C25-C26 時空圖(停等聯興路)，如圖 4-8。

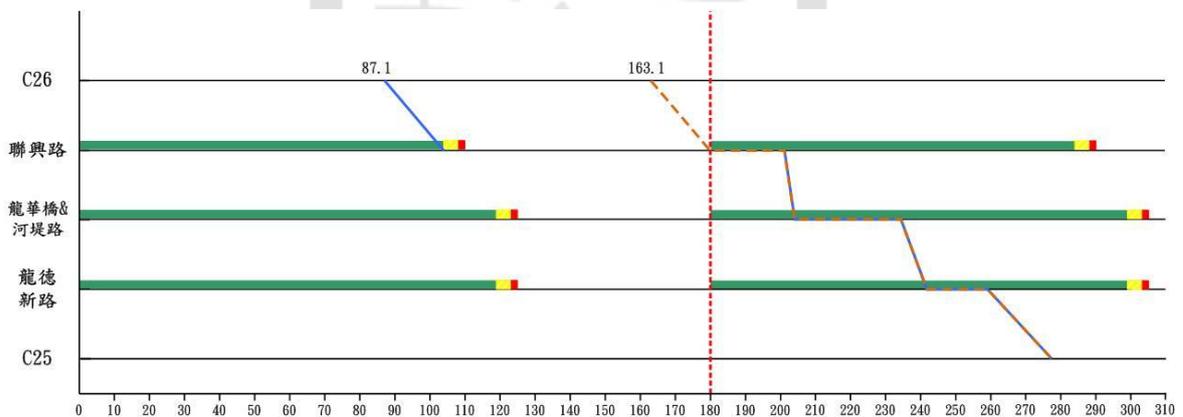


圖 4-8 下行 C25-C26 時空圖(停等聯興路)

3. 輕軌列車上、下行可出站發車時間序列帶:

將上述可出站發車時間序列帶，彙整於圖 4-9，上行可出站發車時間序列帶合計有 134.5 秒，下行可出站發車時間序列帶合計有 140.3 秒，上、下行可出站發車時間序列帶均已大於 2/3 總週期(120 秒)，符合本研究

設定前提條件，故 C25-C26 無須設計優先號誌路口。

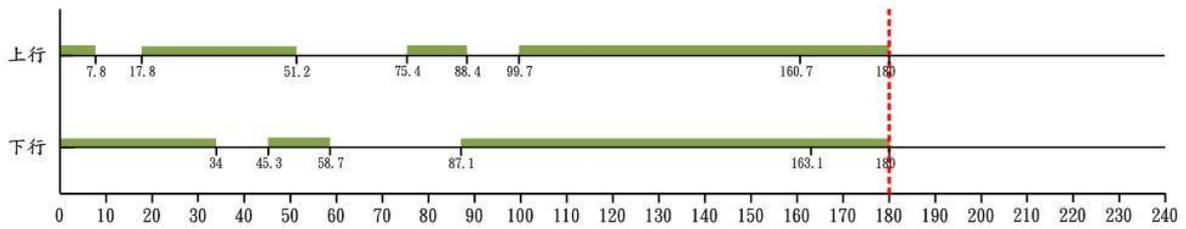


圖 4-9 上、下行 C25-C26 可出站發車時間序列帶

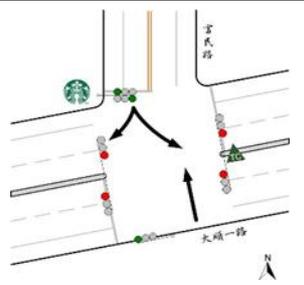
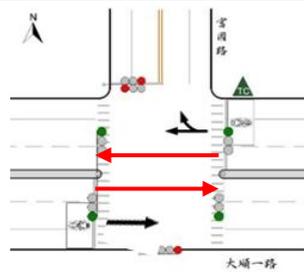
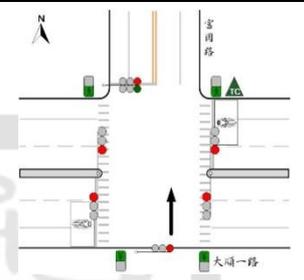
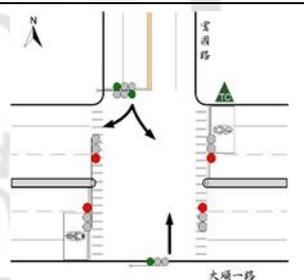
4.5 C24-C25 時制規劃設計

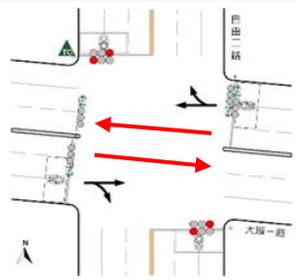
C24-C25 沿線路口大順一路/博愛路、自由路時差調整設定為 0 秒，另大順一路/富民路、富國路時差調整設定為 100 秒，總週期 180 秒(尖峰)，大順一路/博愛路時制，為第一時相博愛路通行 80 秒、第二時相博愛路北往南遲閉通行 20 秒，第三時相大順一路直、右轉箭頭綠燈通行 65 秒(輕軌共用時相)，第四時相大順一路雙左轉保護時相 15 秒；大順一路/富民路時制，第一時相大順一路通行 120 秒(輕軌共用時相)、第二時相富民路通行 60 秒；大順一路/富國路時制，第一時相大順一路通行 120 秒(輕軌共用時相)、第二時相富國路南往北早開 10 秒，第三時相富國路通行 50 秒；大順一路/自由路時制，第一時相自由路北往南早開 15 秒，第二時相自由路通行 85 秒，第三時相大順一路通行 65 秒(輕軌共用時相)，如表 4-9。

表 4-9 C24-C25 時制計畫表(尖峰)

C24~C25 路口	總週期	時差	時相	秒數	備註

大順一路/博愛路	180	0	I	80		
			II	20		
			III	65		輕軌共用 時相
			IV	15		
大順一路/富民路	180	100	I	120		輕軌共用 時相

			II	60		
大順一路/富國路	180	100	I	120		輕軌共用 時相
			II	10		
			III	50		
大順一路/自由路	180	0	I	15		

			II	85		
			III	65		輕軌共用 時相
			IV	15		

1. 不執行有條件優先號誌及不停等路口情形:

上、下行皆無法自 C24 站順利抵達 C25 站，故須再考量評估停等一次路口。

2. 不執行有條件優先號誌及停等一次路口情形:

上、下行皆無法滿足本研究設定前提條件，可出站發車時間序列帶皆小於 2/3 總週期(120 秒)，故須再考量沿線路口執行有條件優先號誌。

3. 決定執行有條件優先號誌路口及秒數:

為降低優先號誌對其它行向交通影響程度，評估優先號誌執行路口及秒數，應直接考量停等一次路口之情形下，以確保站間沿線執行優先路口數量最少，及執行有條件優先號誌秒數最小值，故本研究由

C24-C25 沿線各路口中，選擇博愛路及自由路兩路口為有條件優先號誌路口，且限定綠燈延長及紅燈截斷時間各為 25 秒。

4. 執行有條件優先號誌且不停等路口情形:

上行於博愛路及自由路具有條件優先號誌情形下，無法順利自 C25 站抵達 C26 站，另下行 148.1 秒~154.5 秒可於有條件優先號誌執行下，無須停等即順利通過各路口，如圖 4-10。

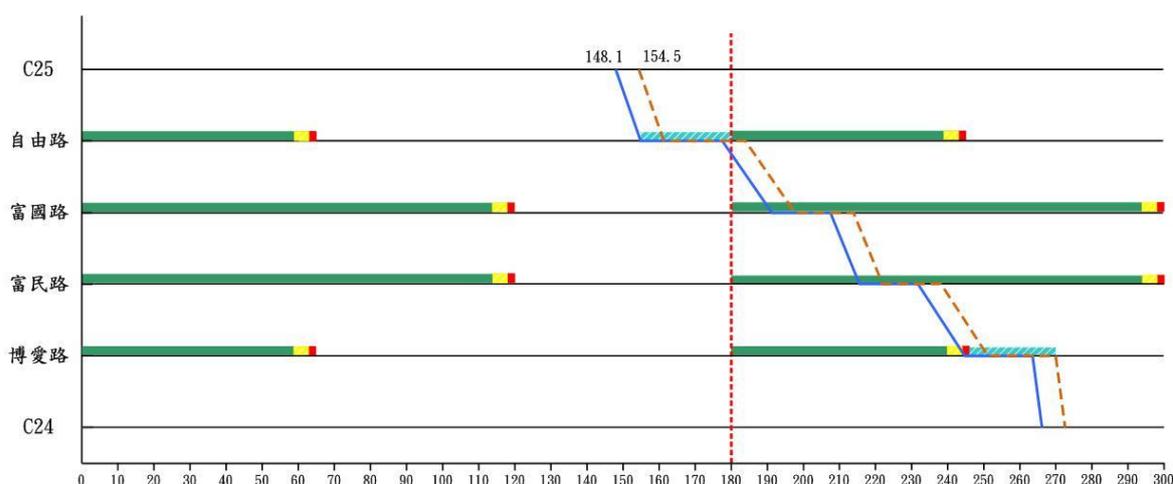


圖 4-10 下行 C24-C25 時空圖(無須停等路口)

5. 執行有條件優先號誌且停等路口情形:

(1) 停等博愛路:

A. 上行停等博愛路自 C24 站出站發車最早時間為 80.1 秒，自 C24 站出站發車最晚時間為 153.1 秒，並於下一週期開始後再通過博愛路到達 C25 站，最長停等時間小於上行 C24-C25 停等限制值 73 秒，上行 C24-C25 時空圖(停等博愛路)，如圖 4-11。

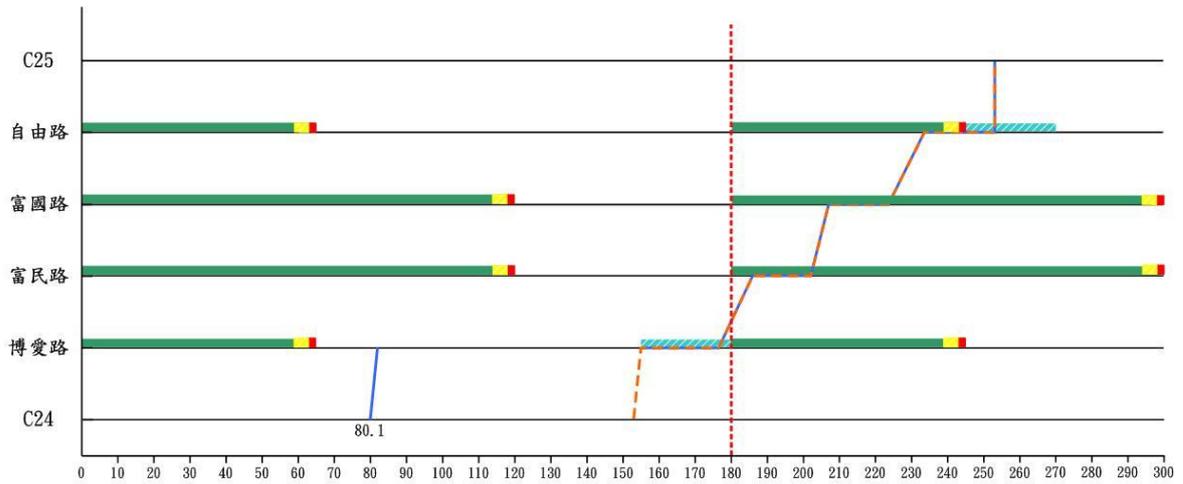


圖 4-11 上行 C24-C25 時空圖(停等博愛路)

- B. 下行停等博愛路自 C25 站出站發車最早時間為 0 秒，自 C25 站出站發車最晚時間為 36.3 秒，並於下一週期開始後再通過博愛路到達 C24 站，最長停等時間小於下行 C24-C25 停等限制值 73 秒，下行 C24-C25 時空圖(停等博愛路)，如圖 4-12。

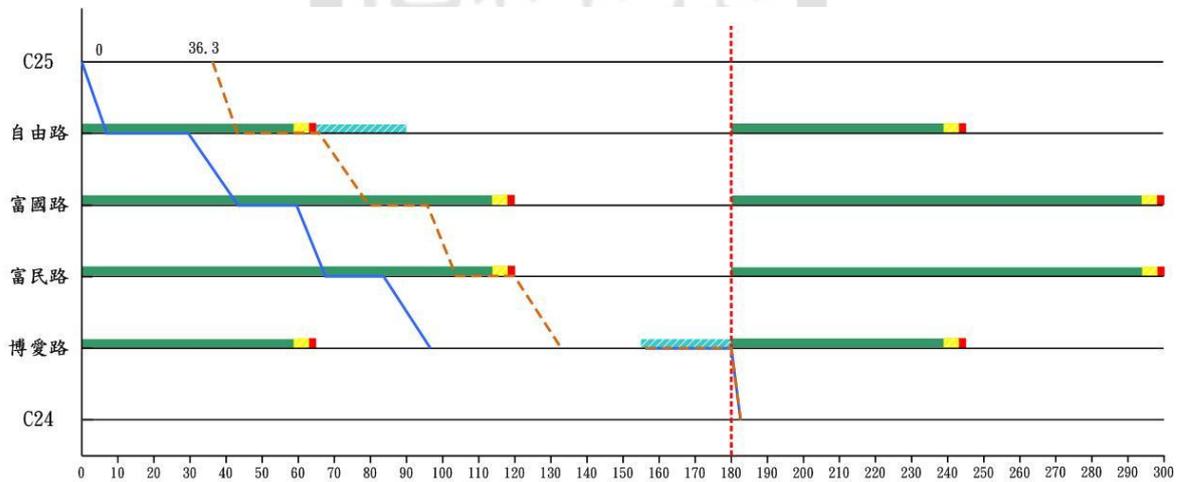


圖 4-12 下行 C24-C25 時空圖(停等博愛路)

(2) 停等富民路:

- A. 上行於自由路及博愛路有條件優先號誌 25 秒及停等富民路情形下，仍無法順利抵達下一站。
- B. 下行停等富民路自 C25 站出站發車最早時間為 46.5 秒，自 C25 站出站發車最晚時間為 60.5 秒，並於下一週期開始後再通過富民路到達 C24 站，最長停等時間小於下行 C24-C25 停等限制值 73 秒，下行 C24-C25 時空圖(停等富民路)，如圖 4-13。

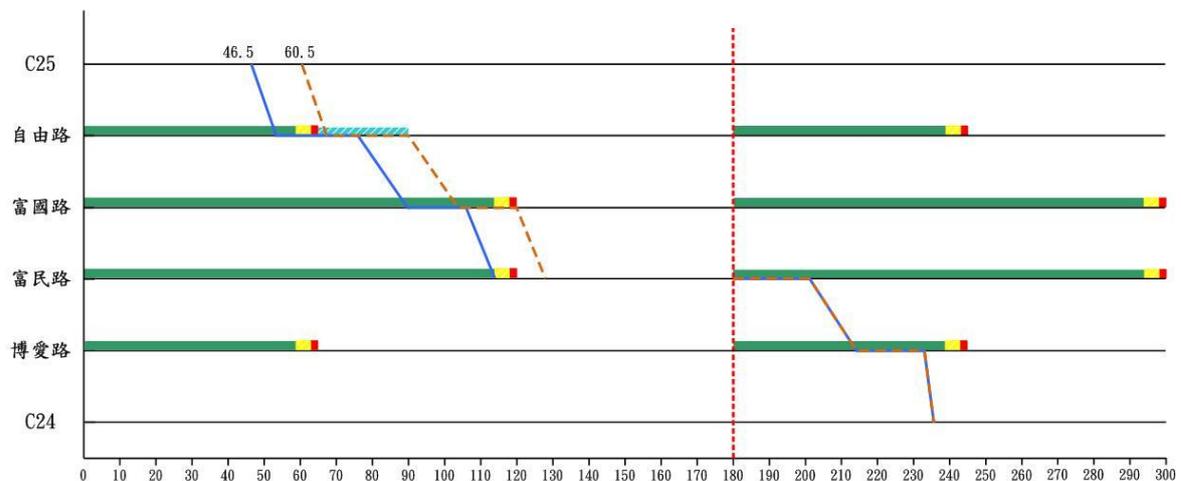


圖 4-13 下行 C24-C25 時空圖(停等富民路)

(3) 停等富國路:

- A. 上行停等富國路自 C24 站出站發車最早時間為 63 秒，自 C24 站出站發最晚車時間為 71.6 秒，並於下一週期開始後再通過富國路到達 C25 站，最長停等時間小於上行 C24-C25 停等限制值 73 秒，上行 C24-C25 時空圖(停等富國路)，如圖 4-14。

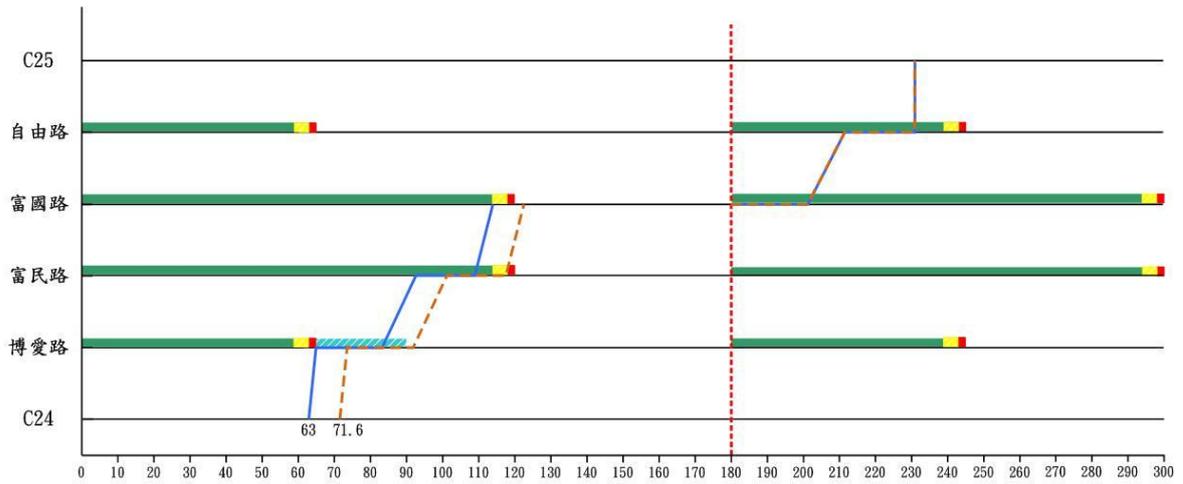


圖 4-14 上行 C24-C25 時空圖(停等富國路)

- B. 下行停等富國路自 C25 站出站發車最晚時間為 60.5 秒，輕軌列車於 103.8 秒到達富國路，此時該路口仍為綠燈時間，黃燈時間尚未開始，故下行不得停等於龍華橋&河堤路，如圖 4-15。

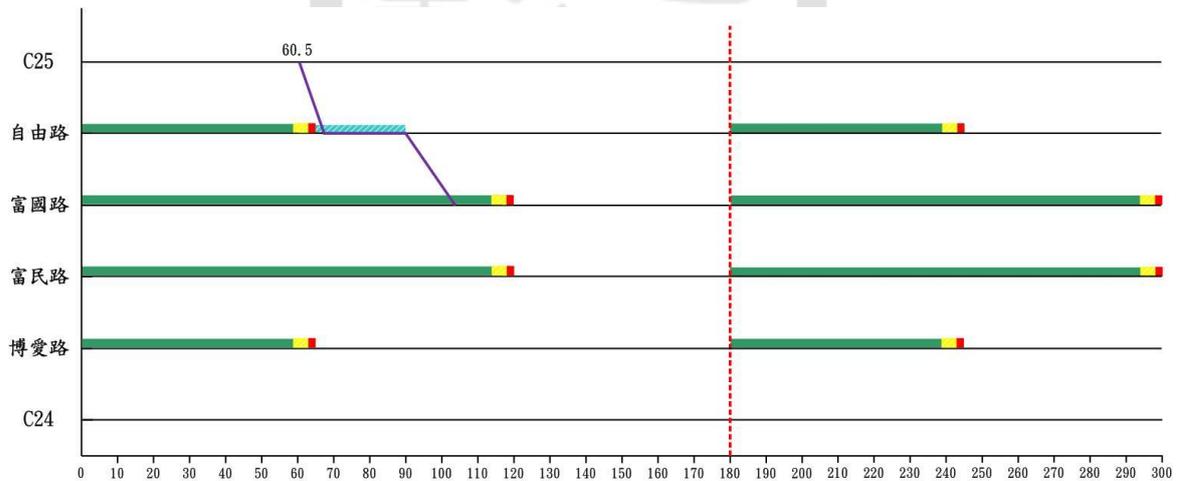


圖 4-15 下行 C24-C25 時空圖(不得停等富國路)

(4) 停等自由路:

- A. 上行停等自由路自 C24 站出站發車最早時間為 9.6 秒，自 C24 站出站發車最晚時間為 52.8 秒，並於下一週期開始後再通過自由路到達 C25 站，最長停等時間小於上行 C24-C25

停等限制值 73 秒，上行 C24-C25 時空圖(停等自由路)，如圖 4-16。

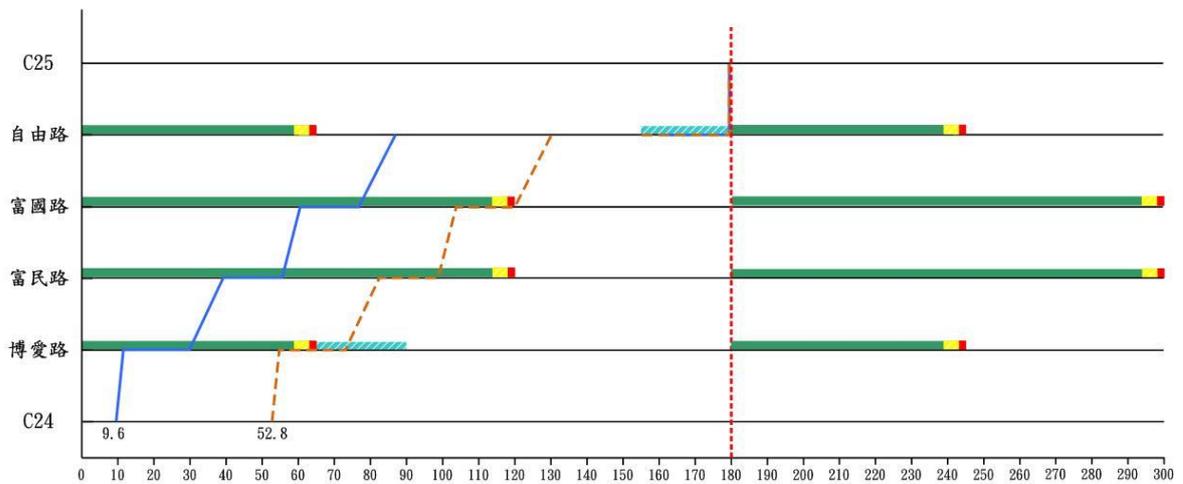


圖 4-16 上行 C24-C25 時空圖(停等自由路)

B. 下行停等自由路自 C25 站出站發車最早時間為 75.1 秒，自 C25 站出站發車最晚時間為 148.1 秒，並於下一週期開始後再通過自由路到達 C24 站，最長停等時間小於下行 C24-C25 停等限制值 73 秒，下行 C24-C25 時空圖(停等自由路)，如圖 4-17。

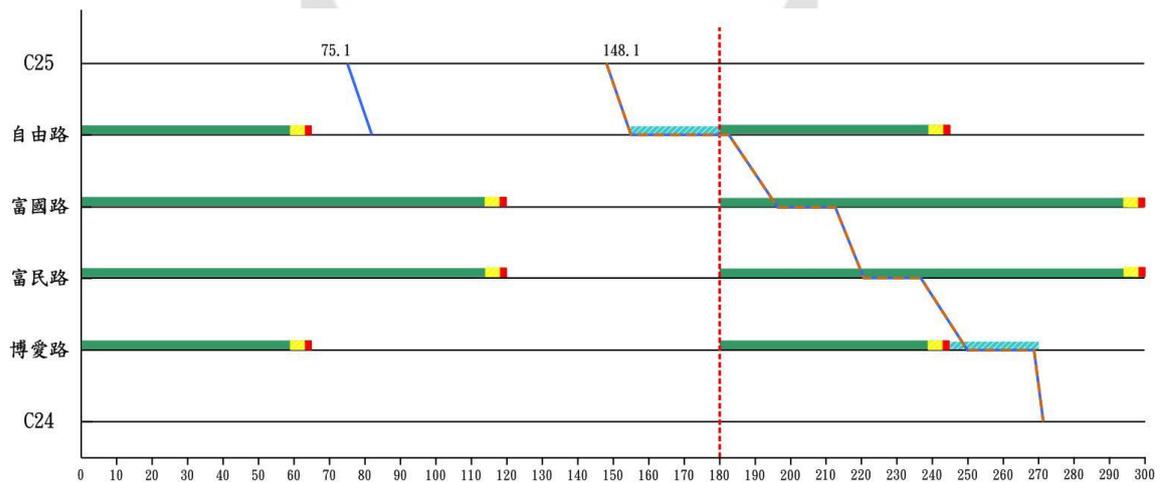


圖 4-17 下行 C24-C25 時空圖(停等自由路)

6. 輕軌列車上、下行可出站發車時間序列帶:

將上述可出站發車時間序列帶，彙整於圖 4-18，上行可出站發車時間序列帶合計有 124.8 秒，下行可出站發車時間序列帶合計有 129.7 秒，上、下行可出站發車時間序列帶均大於 2/3 總週期(120 秒)，符合本研究設定前提條件。

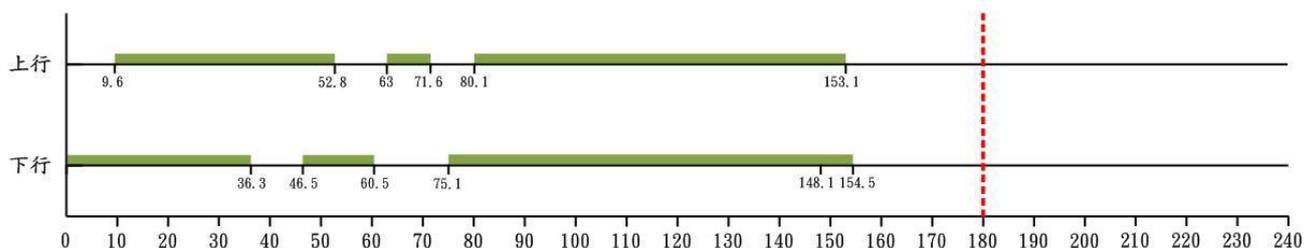
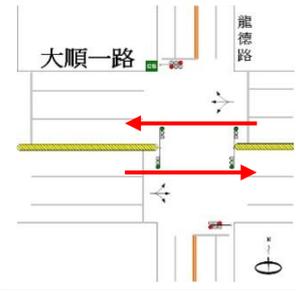
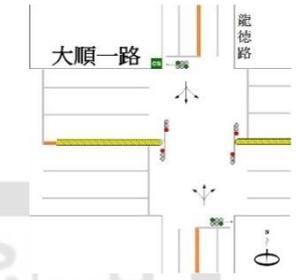
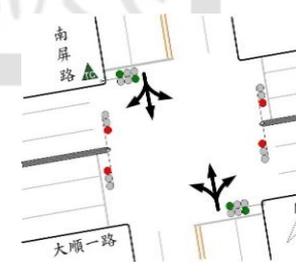
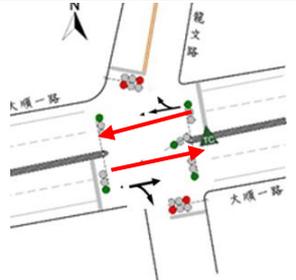


圖 4-18 上、下行 C24-C25 可出站發車時間序列帶

4.6 C23-C24 時制規劃設計

C23-C24 沿線路口大順一路/龍德路、南屏路、龍文街時差調整設定為 40 秒，總週期 120 秒(尖峰)，大順一路/龍德路時制，為第一時相大順一路通行 75 秒(輕軌共用時相)、第二時相龍德路通行 45 秒；大順一路/南屏路時制，第一時相大順一路通行 75 秒(輕軌共用時相)、第二時相南屏路通行 45 秒；大順一路/龍文街時制，第一時相大順一路通行 80 秒(輕軌共用時相)、第二時相龍文街通行 40 秒，如表 4-10。

表 4-10 C23-C24 時制計畫表(尖峰)

C23~C24 路口	總週期	時差	時相	秒數	備註	
大順一路/龍德路	120	40	I	75		輕軌共用時相
			II	45		
大順一路/南屏路	120	40	I	75		輕軌共用時相
			II	45		
大順一路/龍文街	120	40	I	80		輕軌共用時相

			II	40		
--	--	--	----	----	--	--

1. 不執行有條件優先號誌及不停等路口情形:

上、下行皆無法自 C24 站順利抵達 C25 站，故須再考量評估停等一次路口。

2. 不執行有條件優先號誌及停等一次路口情形:

上、下行皆無法滿足本研究設定前提條件，可出站發車時間序列帶均小於 2/3 總週期(80 秒)，故須再考量執行有條件優先號誌。

3. 決定執行有條件優先號誌路口及秒數:

本研究由 C23-C24 沿線各路口中，選擇大順一路/龍德路、南屏路兩路口為有條件優先號誌路口，大順一路/龍德路限定綠燈延長及紅燈截斷時間為 5 秒，大順一路/南屏路限定綠燈延長及紅燈截斷時間為 15 秒。

4. 執行有條件優先號誌且不停等路口情形:

上、下行於龍德路、南屏路具有條件優先號誌情形下，上行 108.3 秒~120 秒及下行 97.9 秒~98.9 秒，毋須停等即順利通過各路口，如圖 4-19 及圖 4-20。

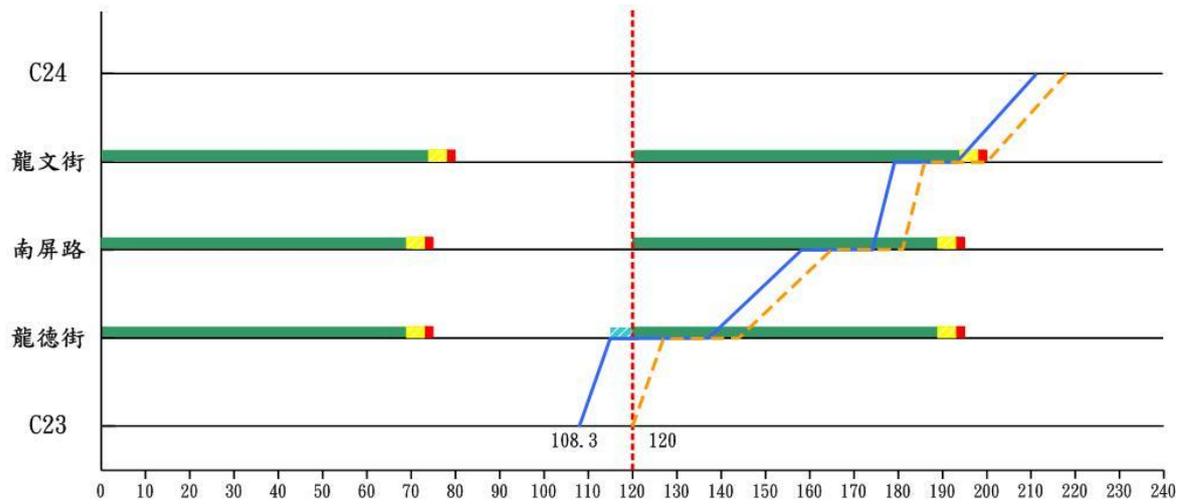


圖 4-19 上行 C23-C24 時空圖(無須停等)

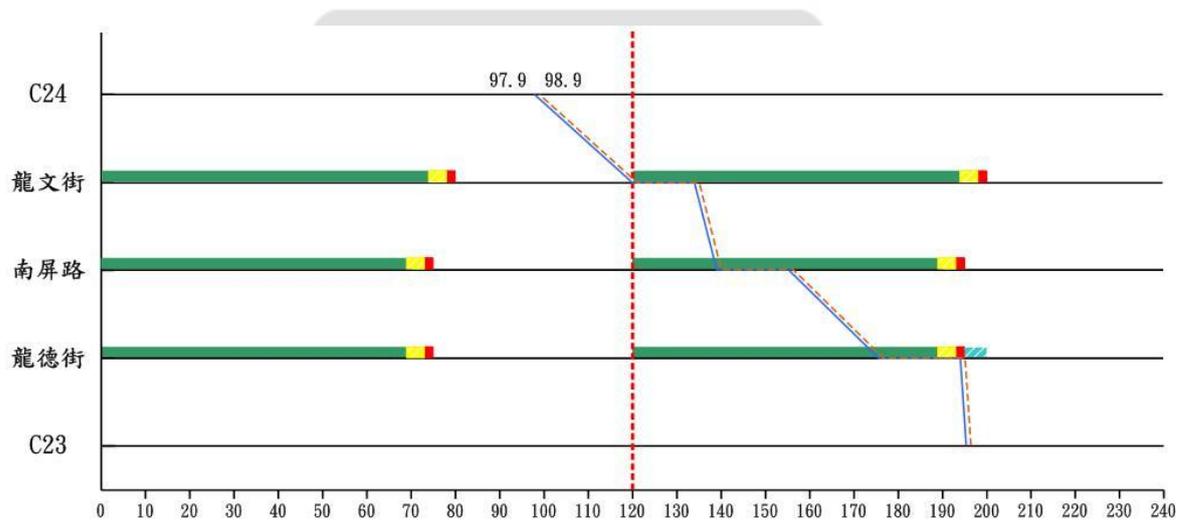


圖 4-20 下行 C23-C24 時空圖(無須停等)

5. 執行有條件優先號誌且停等路口情形:

(1) 停等龍德路:

- A. 上行停等龍德路自 C23 站出站發車最早時間為 71.3 秒，自 C23 站出站發車最晚時間為 108.3 秒，並於下一週期開始後再通過龍德路到達 C24 站，最長停等時間小於上行 C23-C24

停等限制值 37 秒，上行 C23-C24 時空圖(停等龍德路)，如圖 4-21。

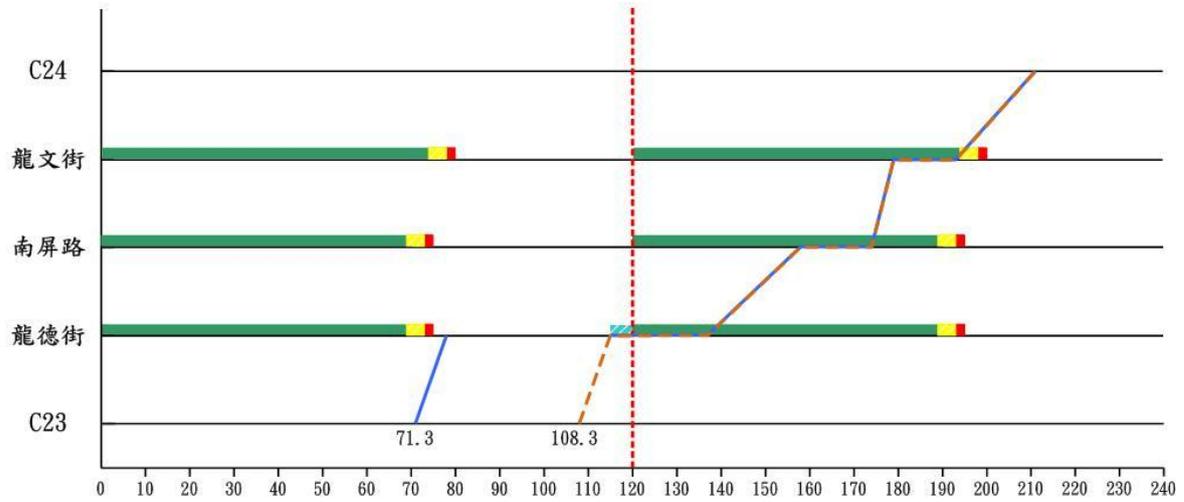


圖 4-21 上行 C23-C24 時空圖(停等龍德路)

B. 下行停等龍德路自 C24 站出站發車最早時間為 0.2 秒，自 C24 站出站發車最晚時間為 32.7 秒，並於下一週期開始後再通過龍德路到達 C23 站，最長停等時間小於下行 C23-C24 停等限制值 37 秒，下行 C23-C24 時空圖(停等龍德路)，如圖 4-22。

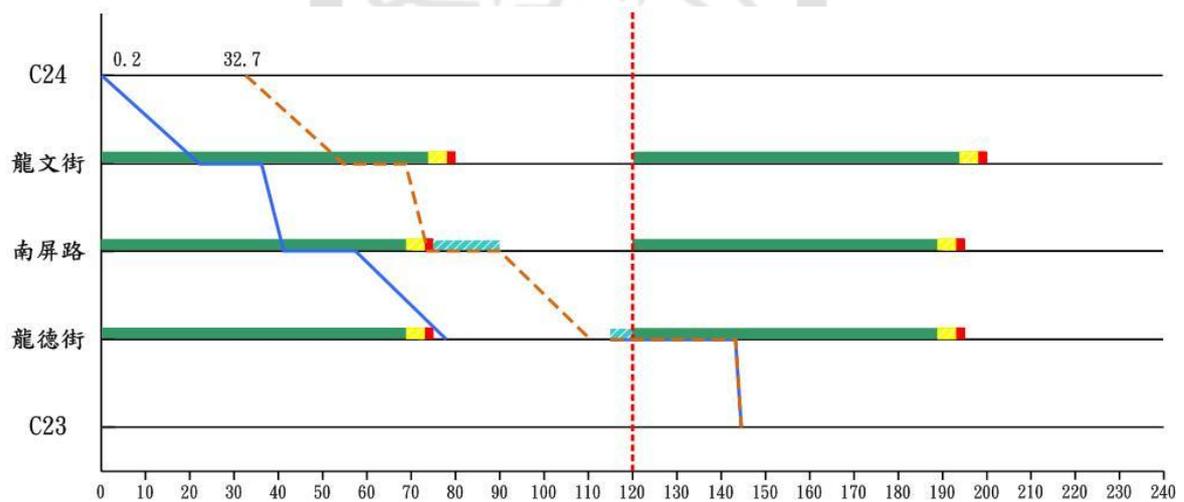


圖 4-22 下行 C23-C24 時空圖(停等龍德路)

(2) 停等南屏路:

- A. 上行停等南屏路自 C23 站出站發車最早時間為 24.2 秒，自 C23 站出站發車最晚時間為 56.1 秒，並於下一週期開始後再通過南屏路到達 C24 站，最長停等時間小於上行 C23-C24 停等限制值 37 秒，上行 C23-C24 時空圖(停等南屏路)，如圖 4-23。

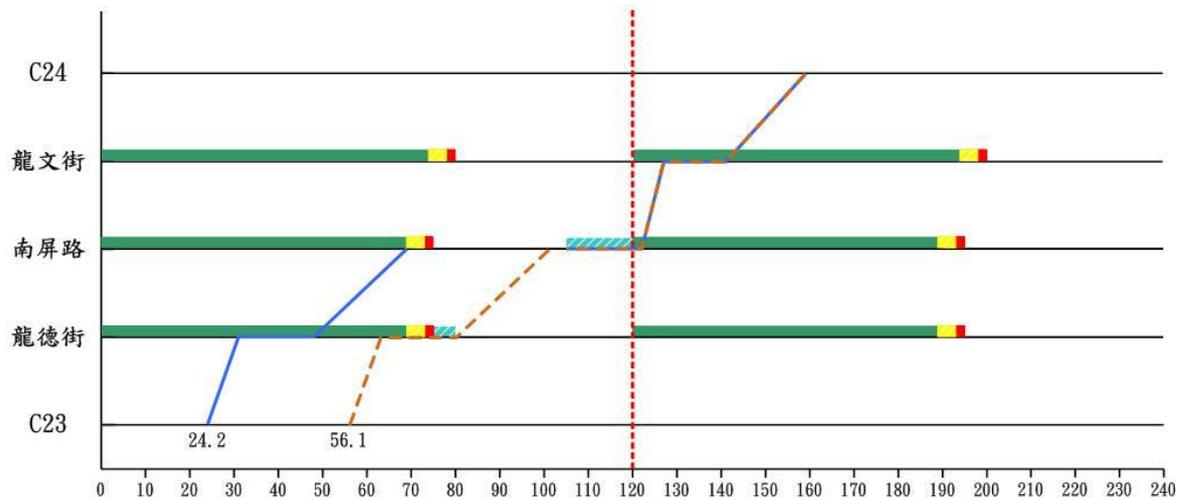


圖 4-23 上行 C23-C24 時空圖(停等南屏路)

- B. 下行停等南屏路自 C24 站出站發車最早時間為 27.9 秒，自 C24 站出站發車最晚時間為 43.9 秒，並於下一週期開始後再通過南屏路到達 C23 站，最長停等時間小於下行 C23-C24 停等限制值 37 秒，下行 C23-C24 時空圖(停等南屏路)，如圖 4-24。

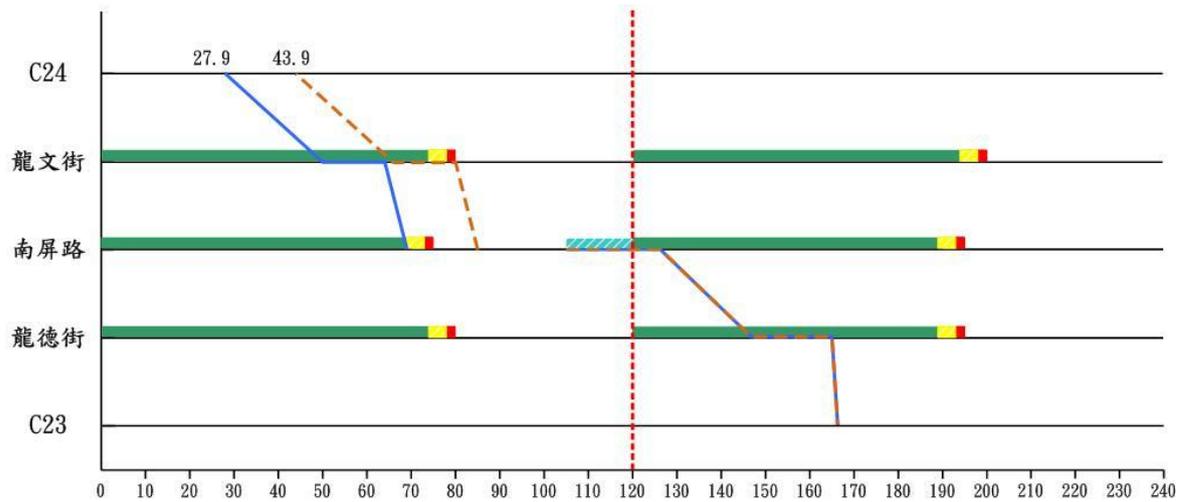


圖 4-24 下行 C23-C24 時空圖(停等南屏路)

(3) 停等龍文街:

A. 上行停等龍文街自 C23 站出站發車最早時間為 17 秒，自 C23 站出站發車最晚時間為 29 秒，並於下一週期開始後再通過龍文街到達 C24 站，最長停等時間小於上行 C23-C24 停等限制值 37 秒，上行 C23-C24 時空圖(停等龍文街)，如圖 4-25。

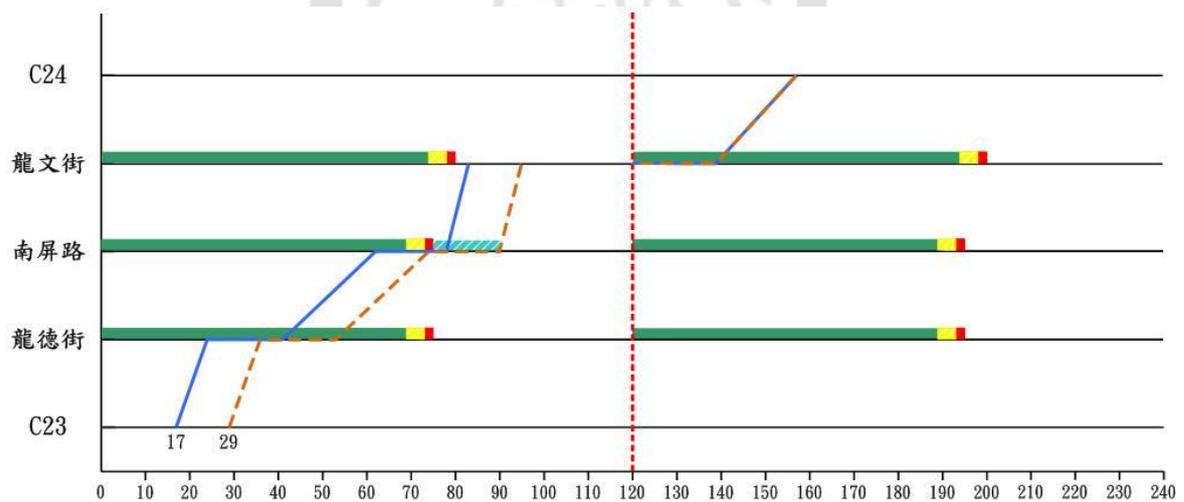


圖 4-25 上行 C23-C24 時空圖(停等龍文街)

B. 下行停等龍文街自 C24 站出站發車最早時間為 60.9 秒，自 C24 站出站發車最晚時間為 97.9 秒，並於下一週期開始後再通過龍文街到達 C23 站，最長停等時間小於下行 C23-C24 停等限制值 37 秒，下行 C23-C24 時空圖(停等龍文街)，如圖 4-26。

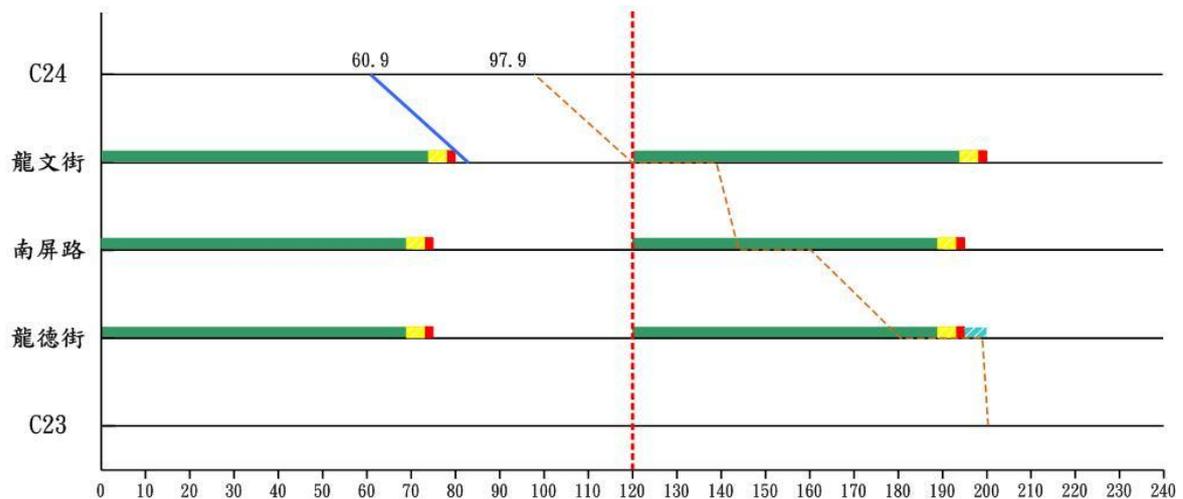


圖 4-26 下行 C23-C24 時空圖(停等龍文街)

6. 輕軌列車上、下行可出站發車時間序列帶:

將上述可出站發車時間序列帶，彙整於圖 4-27，上行可出站發車時間序列帶合計有 87.8 秒，下行可出站發車時間序列帶合計有 81.7 秒，上、下行可出站發車時間序列帶均大於 2/3 總週期(80 秒)，符合本研究設定前提條件。

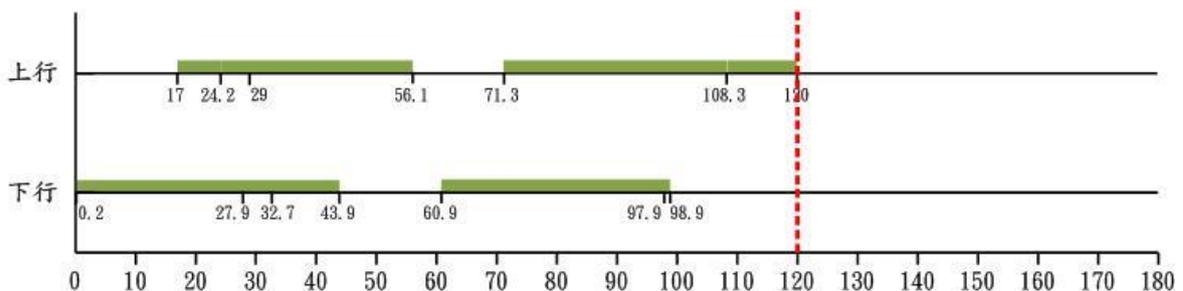


圖 4-27 上、下行 C23-C24 可出站發車時間序列帶

4.7 C23-C26 時制計畫

依前節設計規劃流程，及各站間沿線路口交通條件，分別設計時相、時比、時差及總週期等時制計畫要件，評估適合執行有條件優先號誌之路口，並限縮號誌優先可執行秒數，綜整 C23-C26 沿線各路口時制計畫表(尖峰)，如表 4-11~表 4-13。

1. C23-C24 沿線路口：

本路段挑選大順一路/龍德路及大順一路/南屏路為執行有條件優先號誌路口，執行秒數分別為 5 秒及 15 秒，時制計畫(尖峰)如表 4-11。

表 4-11 C23-C24 時制計畫表(尖峰)

C23~C24 路口	總週期	時差	時相	秒數	黃燈	全紅	優先秒數	備註
大順一路/龍德路	120	40	I	75	4	2	5	輕軌共用時相
			II	45	4	2		
大順一路/南屏路	120	40	I	75	4	2	15	輕軌共用時相
			II	45	4	2		
大順一路/龍文街	120	40	I	80	4	2	0	輕軌共用時相
			II	40	4	2		

2. C24-C25 沿線路口：

本路段挑選大順一路/博愛路及大順一路/自由路為執行有條件優先號誌路口，執行秒數皆為 25 秒，時制計畫(尖峰)如表 4-12。

表 4-12 C24-C25 時制計畫表(尖峰)

C24~C25 路口	總週期	時差	時相	秒數	黃燈	全紅	優先秒數	備註
大順一路/博愛路	180	0	I	80	4	2		
			II	20	4	2		
			III	65	4	2	25	輕軌共用時相
			IV	15	4	2		
大順一路/富民路	180	100	I	120	4	2	0	輕軌共用時相
			II	60	4	2		
大順一路/富國路	180	100	I	120	4	2	0	輕軌共用時相
			II	10	4	2		
			III	50	4	2		
大順一路/自由路	180	0	I	15	4	2		
			II	85	4	2		
			III	65	4	2	25	輕軌共用時相
			IV	15	4	2		

3. C25-C26 沿線路口:

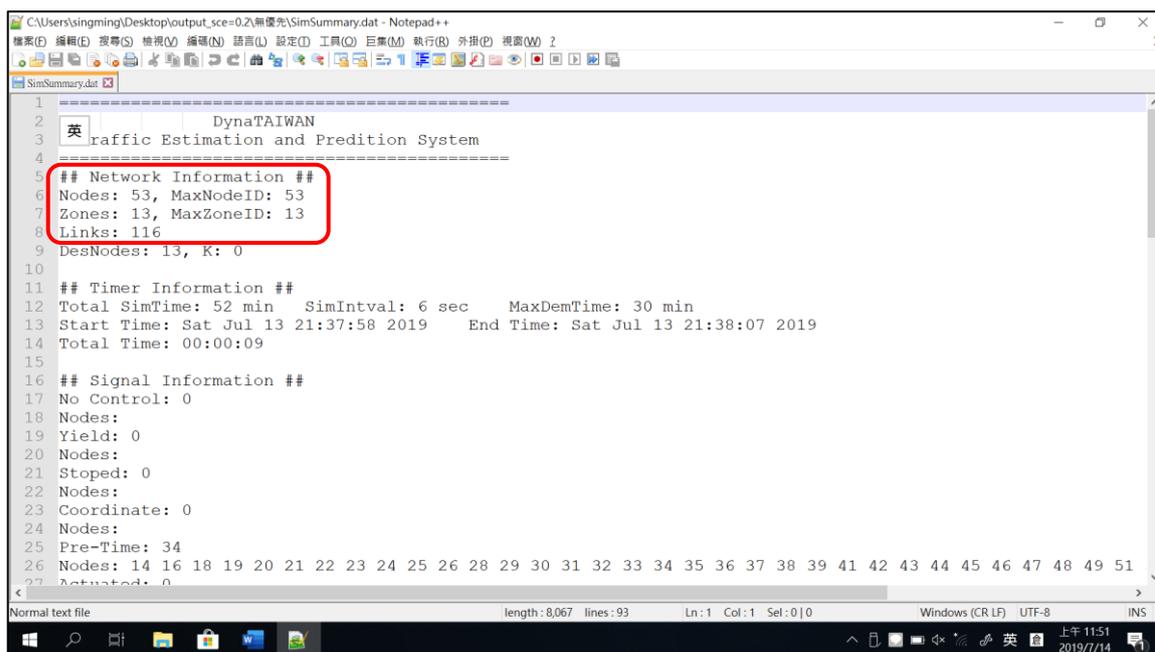
本路段無執行有條件優先號誌路口，時制計畫(尖峰)如表 4-13。

表 4-13 C25-C26 時制計畫表(尖峰)

C25~C26 路口	總週期	時差	時相	秒數	黃燈	全紅	優先秒數	備註
大順一路/龍德新路	180	55	I	125	4	2	0	輕軌共用時相
			II	55	4	2		
大順一路/龍華橋&河堤路	180	55	I	125	4	2	0	輕軌共用時相
			II	55	4	2		
大順一路/聯興路	180	55	I	110	4	2	0	輕軌共用時相
			II	20	4	2		
			III	50	4	2		

5.1.1 建構 DynaTAIWAN 基本路網

本研究路網共模擬建置 13 個交通分區，其中包含 7 個主要活動/通過性交通分區及 6 個居住型分區，合計 13 個交通分區，有 116 條節線與 53 個節點，圖 5-2 為路網資訊摘錄檔(紅框所示)。



```
1 =====
2 DynaTAIWAN
3 Traffic Estimation and Prediction System
4 =====
5 ## Network Information ##
6 Nodes: 53, MaxNodeID: 53
7 Zones: 13, MaxZoneID: 13
8 Links: 116
9 DesNodes: 13, K: 0
10
11 ## Timer Information ##
12 Total SimTime: 52 min SimIntval: 6 sec MaxDemTime: 30 min
13 Start Time: Sat Jul 13 21:37:58 2019 End Time: Sat Jul 13 21:38:07 2019
14 Total Time: 00:00:09
15
16 ## Signal Information ##
17 No Control: 0
18 Nodes:
19 Yield: 0
20 Nodes:
21 Stopped: 0
22 Nodes:
23 Coordinate: 0
24 Nodes:
25 Pre-Time: 34
26 Nodes: 14 16 18 19 20 21 22 23 24 25 26 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 41 42 43 44 45 46 47 48 49 51
27 Actuated: 0
```

圖 5-2 路網資訊摘錄檔

5.1.2 模擬時間及模型車種車輛總數

1. 情境 1: 輕軌無優先號誌

模擬期間共產生小客車車輛數為 921 台，產生機車車輛數為 914 台，如圖 5-3 (紅框所示)。

```

25 Pre-Time: 34
26 Nodes: 14 16 18 19 20 21 22 23 24 25 26 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 41 42 43 44 45 46 47 48 49 51 5
27 Actuated: 0
28 Nodes:
29 Other: 0
30 Nodes:
31
32
33 ## Statistic - Summary Information ##
34          PC          INFO_PC          SO_PC          UE_PC          MOTO          SO
35 VEHTYPE_COUNT          921          0          0          0          914
36 SWITCH_COUNT          0          0          0          0          0
37 CONSERVATIVE_SWITCH          0          0          0          0          0
38 MODERATE_SWITCH          0          0          0          0          0
39 AGGRESSIVE_SWITCH          0          0          0          0          0
40 FAMILIAR_SWITCH          0          0          0          0          0
41 UNFAMILIAR_SWITCH          0          0          0          0          0
42 NEAR_SWITCH          0          0          0          0          0
43 MID_SWITCH          0          0          0          0          0
44 FAR_SWITCH          0          0          0          0          0
45
46 ## Statistic - Total Information ##
47          PC          INFO_PC          SO_PC          UE_PC          MOTO
48 TOTAL TRAVEL TIME (min)          7478.27          0.00          0.00          0.00          7534.60
49 TOTAL STOPPED TIME (min)          3599.03          0.00          0.00          0.00          2860.89
50 TOTAL_PRE_WAITING (min)          0.00          0.00          0.00          0.00          0.00
51 TOTAL TRAVEL_DIST (m)          3331500.00          0.00          0.00          0.00          3369000.00

```

圖 5-3 情境 1 模擬車輛數

2. 情境 2: 輕軌具有條件優先號誌

模擬期間共產生小客車車輛數為 921 台，產生機車車輛數為 918 台，如圖 5-4 (紅框所示)。

```

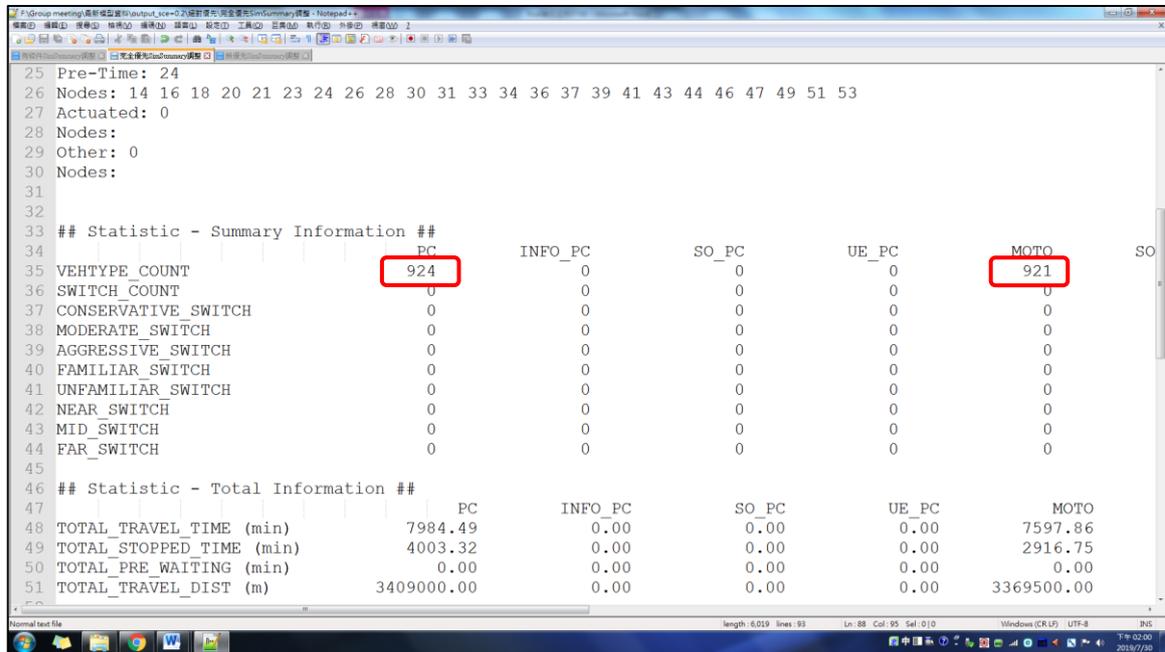
25 Pre-Time: 30
26 Nodes: 14 16 18 20 21 23 24 25 26 28 30 31 32 33 34 35 36 37 39 41 42 43 44 45 46 47 48 49 51 53
27 Actuated: 0
28 Nodes:
29 Other: 0
30 Nodes:
31
32
33 ## Statistic - Summary Information ##
34          PC          INFO_PC          SO_PC          UE_PC          MOTO          SO
35 VEHTYPE_COUNT          921          0          0          0          918
36 SWITCH_COUNT          0          0          0          0          0
37 CONSERVATIVE_SWITCH          0          0          0          0          0
38 MODERATE_SWITCH          0          0          0          0          0
39 AGGRESSIVE_SWITCH          0          0          0          0          0
40 FAMILIAR_SWITCH          0          0          0          0          0
41 UNFAMILIAR_SWITCH          0          0          0          0          0
42 NEAR_SWITCH          0          0          0          0          0
43 MID_SWITCH          0          0          0          0          0
44 FAR_SWITCH          0          0          0          0          0
45
46 ## Statistic - Total Information ##
47          PC          INFO_PC          SO_PC          UE_PC          MOTO
48 TOTAL TRAVEL TIME (min)          7832.06          0.00          0.00          0.00          7423.14
49 TOTAL STOPPED TIME (min)          3868.20          0.00          0.00          0.00          2764.53
50 TOTAL_PRE_WAITING (min)          0.00          0.00          0.00          0.00          0.00
51 TOTAL TRAVEL_DIST (m)          3395500.00          0.00          0.00          0.00          3357500.00

```

圖 5-4 情境 2 模擬車輛數

3. 情境 3: 輕軌具完全優先號誌

模擬期間共產生小客車車輛數為 924 台，產生機車車輛數為 921 台，如圖 5-5 (紅框所示)。



```
25 Pre-Time: 24
26 Nodes: 14 16 18 20 21 23 24 26 28 30 31 33 34 36 37 39 41 43 44 46 47 49 51 53
27 Actuated: 0
28 Nodes:
29 Other: 0
30 Nodes:
31
32
33 ## Statistic - Summary Information ##
34
35 VEHTYPE_COUNT          PC          INFO_PC          SO_PC          UE_PC          MOTO          SO
36 SWITCH_COUNT          924          0          0          0          921          0
37 CONSERVATIVE_SWITCH    0          0          0          0          0          0
38 MODERATE_SWITCH        0          0          0          0          0          0
39 AGGRESSIVE_SWITCH      0          0          0          0          0          0
40 FAMILIAR_SWITCH        0          0          0          0          0          0
41 UNFAMILIAR_SWITCH      0          0          0          0          0          0
42 NEAR_SWITCH            0          0          0          0          0          0
43 MID_SWITCH             0          0          0          0          0          0
44 FAR_SWITCH            0          0          0          0          0          0
45
46 ## Statistic - Total Information ##
47
48 TOTAL_TRAVEL_TIME (min) PC          INFO_PC          SO_PC          UE_PC          MOTO
49 TOTAL_STOPPED_TIME (min) 7984.49    0.00          0.00          0.00          7597.86
50 TOTAL_PRE_WAITING (min) 4003.32    0.00          0.00          0.00          2916.75
51 TOTAL_TRAVEL_DIST (m) 0.00       0.00          0.00          0.00          0.00
52 TOTAL_TRAVEL_DIST (m) 3409000.00 0.00          0.00          0.00          3369500.00
```

圖 5-5 情境 3 模擬車輛數

5.2 車流模擬統計數據

由 DynaTAIWAN 路網軟體輸出檔資訊摘錄檔(SimSummary.dat)，可統計各車種總旅行時間(Total Travel Time)及各車種總停等時間(Total Stopped Time)，以作為本研究整體車行效率的依據。

1. 情境 1: 輕軌無優先號誌(如圖 5-6)

(1) 總旅行時間(Total Travel Time): 小客車車輛:7,478.27(min)，機車車輛 7,534.6(min)。

(2) 總停等時間(Total Stopped Time): 小客車車輛:3,599.03(min)，機車車輛 2860.89 (min)。

	PC	INFO_PC	SO_PC	UE_PC	MOTO
TOTAL TRAVEL TIME (min)	7478.27	0.00	0.00	0.00	7534.60
TOTAL STOPPED TIME (min)	3599.03	0.00	0.00	0.00	2860.89
TOTAL_PRE_WAITING (min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL_TRAVEL_DIST (m)	3331500.00	0.00	0.00	0.00	3369000.00

圖 5-6 情境 1 Statistic-Total Information

2. 情境 2: 輕軌具有條件優先號誌(如圖 5-7)

- (1) 總旅行時間(Total Travel Time): 小客車車輛:7832.06(min), 機車車輛 7423.14(min)。
- (2) 總停等時間(Total Stopped Time): 小客車車輛:3,868.2(min), 機車車輛 2,764.53(min)。

	PC	INFO_PC	SO_PC	UE_PC	MOTO
TOTAL TRAVEL TIME (min)	7832.06	0.00	0.00	0.00	7423.14
TOTAL STOPPED TIME (min)	3868.20	0.00	0.00	0.00	2764.53
TOTAL_PRE_WAITING (min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL_TRAVEL_DIST (m)	3395500.00	0.00	0.00	0.00	3357500.00

圖 5-7 情境 2 Statistic-Total Information

3. 情境 3: 輕軌具完全優先號誌(如圖 5-8)

- (1) 總旅行時間(Total Travel Time): 小客車車輛:7,984.49(min) , 機車車輛 7,597.86(min)。
- (2) 總停等時間(Total Stopped Time): 小客車車輛:4,003.32(min) , 機車車輛 2,916.75(min)。

## Statistic - Total Information ##						
	PC	INFO_PC	SO_PC	UE_PC	MOTO	
TOTAL TRAVEL TIME (min)	7984.49	0.00	0.00	0.00	7597.86	
TOTAL STOPPED TIME (min)	4003.32	0.00	0.00	0.00	2916.75	
TOTAL_PRE_WAITING (min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
TOTAL_TRAVEL_DIST (m)	3409000.00	0.00	0.00	0.00	3369500.00	
## Statistic - Average Information ##						
	PC	INFO_PC	SO_PC	UE_PC	MOTO	
AVG TRAVEL TIME (min/veh)	8.64	0.00	0.00	0.00	8.25	
AVG STOPPED TIME (min/veh)	4.33	0.00	0.00	0.00	3.17	
AVG PRE_WAITING (min/veh)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AVG TRAVEL_DIST (m/veh)	3689.39	0.00	0.00	0.00	3658.52	
AVG_SWITCH (times/veh)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AVG_SPEED (m/min)	426.95	0.00	0.00	0.00	443.48	
## Reach Destination Information ##						
Centroid ID	PC	INFO_PC	SO_PC	UE_PC	MOTO	SO_PC

圖 5-8 情境 3 Statistic-Total Information

5.3 統計數據分析

本研究建構 DynaTAIWAN 路網模型主要目的，係為了解各情境下輕軌運行對於整體路網系統之車流行駛績效變化，由 5.1.2 小節各車種車輛統計數量及 5.2 節各車種運行數據，或由 DynaTAIWAN 路網軟體輸出資訊摘錄檔 (Statistic - Average Information)，可得知本模型系統內各車種行駛之平均數據，如平均旅行時間(Average Travel Time)、平均停等時間(Average Stopped Time)及平均速度(Average Speed)，另合併考量本模型系統內所有車種之運行表現程度，

可進一步求得整體路網系統平均旅行時間(AvgTravTime of System)及系統平均停等時間(AvgStopTime of System)等數據，以分析輕軌於各種情境之行駛績效表現。

5.3.1 各情境運行績效成果

1. 情境 1: 輕軌無優先號誌(如圖 5-9、圖 5-10)

- (1) 平均旅行時間(Average Travel Time):小客車車輛:8.12(min/veh)，
機車車輛 8.24(min/veh)。
- (2) 平均停等時間(Average Stopped Time):小客車車輛:3.91 (min/veh)，
機車車輛 3.13(min/veh)。
- (3) 平均速度(Average Speed):小客車車輛:445.49(m/min)，機車車輛
447.14(m/min)。
- (4) 系統平均旅行時間 (AvgTravTime of System): 8.18 (min/veh)。
(總旅行時間/總車數)
- (5) 系統平均停等時間(AvgStopTime of System):3.52 (min/veh)。
(總停等時間/總車數)

```

43 MID_SWITCH          0          0          0          0          0
44 FAR_SWITCH          0          0          0          0          0
45
46 ## Statistic - Total Information ##
47          PC          INFO_PC          SO_PC          UE_PC          MOTO
48 TOTAL TRAVEL TIME (min)      7478.27      0.00      0.00      0.00      7534.60
49 TOTAL STOPPED TIME (min)     3599.03      0.00      0.00      0.00      2860.89
50 TOTAL PRE WAITING (min)      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00
51 TOTAL TRAVEL_DIST (m)       3331500.00  0.00      0.00      0.00      3369000.00
52
53 ## Statistic - Average Information ##
54          PC          INFO_PC          SO_PC          UE_PC          MOTO
55 AVG TRAVEL TIME (min/veh)     8.12      0.00      0.00      0.00      8.24
56 AVG STOPPED TIME (min/veh)   3.91      0.00      0.00      0.00      3.13
57 AVG PRE WAITING (min/veh)    0.00      0.00      0.00      0.00      0.00
58 AVG TRAVEL_DIST (m/veh)     3617.26      0.00      0.00      0.00      3686.00
59 AVG SWITCH (times/veh)      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00
60 AVG_SPEED (m/min)           445.49      0.00      0.00      0.00      447.14
61
62 ## Reach Destination Information ##
63          Centroid ID          PC          INFO_PC          SO_PC          U          MOTO          SO
64          1          71          0          0          0          70
65          2          70          0          0          0          71
66          3          69          0          0          0          71
67          4          71          0          0          0          71
68          5          72          0          0          0          68
69          6          72          0          0          0          71
70          7          71          0          0          0          71
71          8          70          0          0          0          70
72          9          71          0          0          0          70
73          10         71          0          0          0          71
74          11         72          0          0          0          69
75          12         71          0          0          0          71
76          13         70          0          0          0          70
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90 ## Statistic - System Average Information ##
91 AvgTravTime of System: 8.18 (min/veh)   AvgStopTime of System: 3.52 (min/veh)
92 AvgPrewaiting of System: 0.00 (min/veh) AvgSwitch of System: 0.00 (times/veh)
93

```

圖 5-9 情境 1 Statistic-Average Information

```

67
68          3          69          0          0          0          71
69          4          71          0          0          0          71
70          5          72          0          0          0          68
71          6          72          0          0          0          71
72          7          71          0          0          0          71
73          8          70          0          0          0          70
74          9          71          0          0          0          70
75          10         71          0          0          0          71
76          11         72          0          0          0          69
77          12         71          0          0          0          71
78          13         70          0          0          0          70
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90 ## Statistic - System Average Information ##
91 AvgTravTime of System: 8.18 (min/veh)   AvgStopTime of System: 3.52 (min/veh)
92 AvgPrewaiting of System: 0.00 (min/veh) AvgSwitch of System: 0.00 (times/veh)
93

```

圖 5-10 情境 1 Statistic-System Average Information

2. 情境 2: 輕軌具有條件優先號誌(如圖 5-11、圖 5-12)

(1) 平均旅行時間(Average Travel Time): 小客車車輛:8.5(min/veh) , 機車車輛 8.09(min/veh)。

(2) 平均停等時間(Average Stopped Time):小客車車輛:4.2(min/veh) , 機車車輛 3.01(min/veh)。

(3) 平均速度(Average Speed):小客車車輛:433.54(m/min) , 機車車輛 452.3(m/min)。

(4) 系統平均旅行時間 (AvgTravTime of System): 8.3 (min/veh)。

(5) 系統平均停等時間(AvgStopTime of System):3.61 (min/veh)。

## Statistic - Total Information ##					
	PC	INFO_PC	SO_PC	UE_PC	MOTO
TOTAL TRAVEL TIME (min)	7832.06	0.00	0.00	0.00	7423.14
TOTAL STOPPED TIME (min)	3868.20	0.00	0.00	0.00	2764.53
TOTAL PRE WAITING (min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL TRAVEL_DIST (m)	3395500.00	0.00	0.00	0.00	3357500.00

## Statistic - Average Information ##					
	PC	INFO_PC	SO_PC	UE_PC	MOTO
AVG TRAVEL TIME (min/veh)	8.50	0.00	0.00	0.00	8.09
AVG STOPPED TIME (min/veh)	4.20	0.00	0.00	0.00	3.01
AVG PRE WAITING (min/veh)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG TRAVEL_DIST (m/veh)	3686.75	0.00	0.00	0.00	3657.41
AVG_SWITCH (times/veh)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG_SPEED (m/min)	433.54	0.00	0.00	0.00	452.30

## Reach Destination Information ##						
Centroid ID	PC	INFO_PC	SO_PC	UE_PC	MOTO	SO
1	72	0	0	0	69	
2	71	0	0	0	70	
3	71	0	0	0	71	

圖 5-11 情境 2 Statistic-Average Information

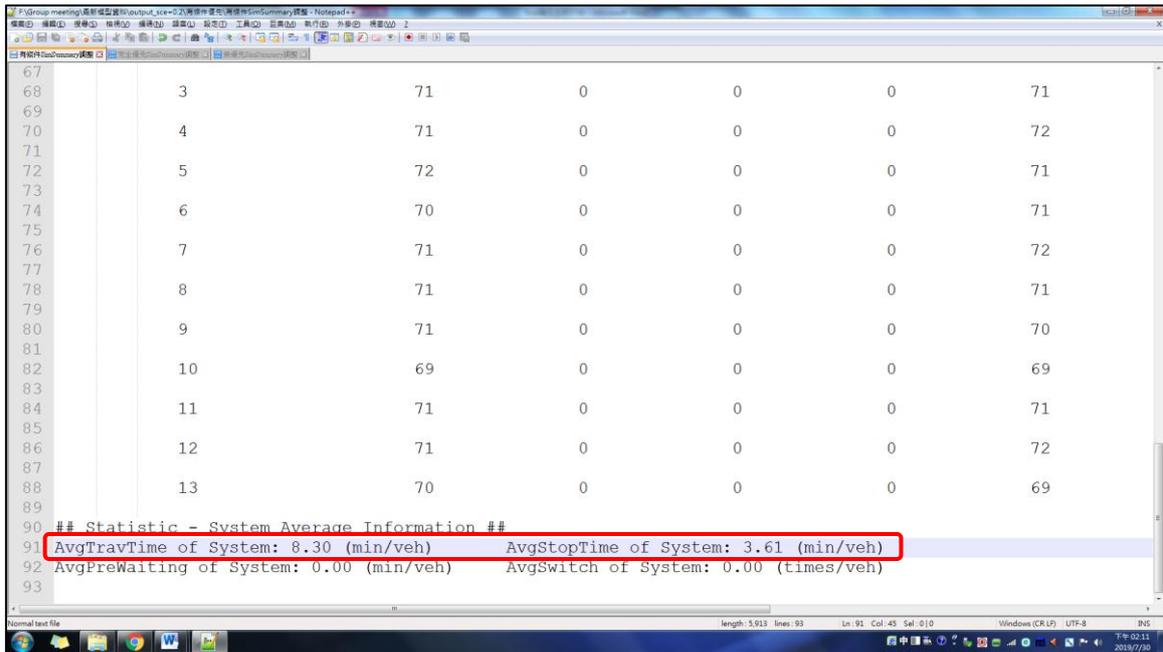


圖 5-12 情境 2 Statistic-System Average Information

3. 情境 3: 輕軌具完全優先號誌(如圖 5-13、圖 5-14)

- (1) 平均旅行時間(Average Travel Time): 小客車輛:8.64(min/veh), 機車車輛 8.25(min/veh)。
- (2) 平均停等時間(Average Stopped Time): 小客車輛:4.33(min/veh), 機車車輛 3.17(min/veh)。
- (3) 平均速度(Average Speed):小客車車輛:426.95(m/min), 機車車輛 443.48(m/min)。
- (4) 系統平均旅行時間 (AvgTravTime of System): 8.45 (min/veh)。
- (5) 系統平均停等時間(AvgStopTime of System):3.75 (min/veh)。

```

43 MID_SWITCH          0          0          0          0          0
44 FAR_SWITCH          0          0          0          0          0
45
46 ## Statistic - Total Information ##
47          PC          INFO_PC          SO_PC          UE_PC          MOTO
48 TOTAL TRAVEL TIME (min)      7984.49      0.00      0.00      0.00      7597.86
49 TOTAL STOPPED TIME (min)    4003.32      0.00      0.00      0.00      2916.75
50 TOTAL PRE WAITING (min)      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00
51 TOTAL TRAVEL_DIST (m)      3409000.00      0.00      0.00      0.00      3369500.00
52
53 ## Statistic - Average Information ##
54          PC          INFO_PC          SO_PC          UE_PC          MOTO
55 AVG TRAVEL TIME (min/veh)    8.64      0.00      0.00      0.00      8.25
56 AVG STOPPED TIME (min/veh)   4.33      0.00      0.00      0.00      3.17
57 AVG PRE WAITING (min/veh)    0.00      0.00      0.00      0.00      0.00
58 AVG TRAVEL_DIST (m/veh)     3689.39      0.00      0.00      0.00      3658.52
59 AVG SWITCH (times/veh)      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00
60 AVG SPEED (m/min)           426.95      0.00      0.00      0.00      443.48
61
62 ## Reach Destination Information ##
63          Centroid ID          PC          INFO_PC          SO_PC          UE_PC          MOTO          SO
64          1          72          0          0          0          72
65
66          2          71          0          0          0          69
67
68          3          71          0          0          0          72
69
70          4          72          0          0          0          71
71
72          5          70          0          0          0          71
73
74          6          71          0          0          0          72
75
76          7          72          0          0          0          71
77
78          8          70          0          0          0          70
79
80          9          71          0          0          0          71
81
82          10         71          0          0          0          70
83
84          11         71          0          0          0          72
85
86          12         71          0          0          0          70
87
88          13         71          0          0          0          70
89
90
91 ## Statistic - System Average Information ##
92 AvgTravTime of System: 8.45 (min/veh)      AvgStopTime of System: 3.75 (min/veh)
93 AvgPreWaiting of System: 0.00 (min/veh)    AvgSwitch of System: 0.00 (times/veh)

```

圖 5-13 情境 3 Statistic-Average Information

```

67
68          3          71          0          0          0          72
69
70          4          72          0          0          0          71
71
72          5          70          0          0          0          71
73
74          6          71          0          0          0          72
75
76          7          72          0          0          0          71
77
78          8          70          0          0          0          70
79
80          9          71          0          0          0          71
81
82          10         71          0          0          0          70
83
84          11         71          0          0          0          72
85
86          12         71          0          0          0          70
87
88          13         71          0          0          0          70
89
90
91 ## Statistic - System Average Information ##
92 AvgTravTime of System: 8.45 (min/veh)      AvgStopTime of System: 3.75 (min/veh)
93 AvgPreWaiting of System: 0.00 (min/veh)    AvgSwitch of System: 0.00 (times/veh)

```

圖 5-14 情境 3 Statistic-System Average Information

5.3.2 運行績效統計分析

由 5.3.1 節得出各情境各車種及整體系統之運行績效個別表現，本節進一步將各數據整理，各情境運行績效比較表，如表 5-1，以分析比較出各情境下，對於整體路網運行績效程度差異。

表 5-1 各情境運行績效比較表

	情境 1		情境 2		情境 3	
	小客車	機車	小客車	機車	小客車	機車
平均旅行時間 (min/veh)	8.12	8.24	8.5	8.09	8.64	8.25
平均停等時間 (min/veh)	3.91	3.13	4.2	3.01	4.33	3.17
平均速度 (m/min)	445.49	447.14	433.54	452.3	426.95	443.48
系統平均旅行時間 (min/veh)	8.18		8.3		8.45	
系統平均停等時間 (min/veh)	3.52		3.61		3.75	

單就小客車比較平均旅行時間，以評估車輛行駛於路段兩點間，包括所有交通延滯及中途停車之時間，即抵達目的地所需之時間長短，由表 5-1 情境 3>情境 2>情境 1 可知，假使輕軌列車具有完全優先通行權利，系統每輛車抵達目的地平均所需時間為最久，輕軌具有條件優先號誌次之，而輕軌無優先號誌則所需時間最少。

再分析比較小客車平均停等時間，停等原因可能為交通阻塞、輕軌優先通過或號誌化路口等多項因素造成，亦可視為路網交通延滯性之程度比較，由表 5-1 可知，平均停等時間情境 3>情境 2>情境 1，輕軌無優先號誌於路網停等時間最少，另比較檢視小客車平均速度，為情境 1>情

境 2>情境 3，可完全呼應前兩項平均數據，在無號誌優先路網狀況下小客車行駛速度可達 445.49m/min (26.73km/hr)，而在完全優先路網則為 426.95 m/min(26.61km/hr)，故對於小客車而言，情境 1 優於情境 2、3 之路網表現。

就機車比較平均旅行時間為情境 3>情境 1>情境 2，比較平均停等時間為情境 3>情境 1>情境 2，再比較平均速度情境 2>情境 1>情境 3，機車與小客車之績效表現結果不同，機車在情境 2(有條件優先號誌路網)，反而可得到更好之行駛績效，情境 1 次之情境 3 最差，可能之原因為機車於三種情境平均速度皆比小客車速度快，因情境 2 部分路口執行優先號誌(4 個路口)，串連起較大之綠燈帶時間，機車速度較快提早於綠燈時間通過路口，間接減少機車總停等時間，故於平均速度及平均停等績效值情境 2 反而具有更佳之績效值，對於再增加更多優先號誌路口，如情境 3 行駛績效卻無法等比例增加反而下降，可能原因為每增加一個幹道優先路口，即造成一個支道路口延滯值增加，也就是總停等時間隨之增加，所以若所有路口皆執行優先號誌情形之下，總停等時間會大幅增加，對於平均旅行時間、平均停等時間及平均速度則會相對下降，故對於機車車流而言，本研究情境 2 因只有四處路口允許執行優先號誌，可能恰為績效良好表現之臨界值，若再多允許一處路口執行優先號誌，各數據可能會大幅度下降。

對於整體路網表現績效來看，系統平均旅行時間，為路網系統內不分車種抵達目的地之旅行時間平均值，由表 5-1 情境 3>情境 2>情境 1 可知，就整個系統而言，輕軌列車具有完全優先，將造成整體路網每輛車平均抵達目的地時間最久，輕軌具有條件優先號誌次之，而輕軌無優先

號誌則所需時間最少。另系統平均停等時間，由表 5-1 情境 3>情境 2>情境 1 可知，輕軌無優先號誌，整體路網每輛車平均所需停等時間最少。

由各情境整體路網績效而言，隨著優先號誌執行路口數增多，整體路網績效會遞減，係因輕軌優先號誌會干擾壓縮其它行向通行綠燈時間，迫使車流須進行停等，進而增加平均旅行時間，若要以整體路網行駛績效為最佳化目標，應完全不考慮採用輕軌優先號誌，換句話說，定時號誌系統運作之下，即可維持路網系統最大通行順暢度，因為各路網時制計畫設計初期，時比、時差及總週期之規劃，本來就已納入路型幾何、車流量、車速、路幅等交通環境因子為考量因素。

定時號誌是整體路網最佳化之執行模式，若增加單一或數個動態號誌燈號執行，必然會直接破壞原路段號誌連鎖功能，大幅降低整體路網行駛績效，故輕軌一階段完全優先策略，營運後造成高雄市平面交通壅塞路段增多，與每個路口號誌都具動態調整有其高度相關性，為改進完全優先策略之根本缺點，依本研究模型可知，僅有條件優先號誌策略(情境 2)，以號誌優先路口數最少化，並能有效維持大眾運具之便捷性(縮短輕軌通行時間)。

5.4 輕軌列車運行績效分析

為私有運具使用有效轉化為公共運具使用，必須提升民眾對於搭乘公共運具之意願，可藉由增加相關交通誘因以達成目的，如票價減免、班次加密、轉乘設施方便及交通時間縮短等手段，其中又以縮短公共運具通行時間效果最為顯著，輕軌列車運行效率亦是本研究必須考量之要素一，故為整體路網行駛順暢目標之下，仍須縮短輕軌列車通行時間，本節將以三種情境(輕軌無優先、

輕軌有條件優先及輕軌完全優先)，進一步分析輕軌列車在模型路網下之行駛績效。

5.4.1 輕軌 DynaTAIWAN 車輛追蹤檔

本研究由 DynaTAIWAN 模擬結果車輛追蹤檔(VehTrajectory.dat)進行比對，模型輕軌列車種類代號設定值為 12，因各情境產生非常多筆車輛追蹤檔，本節主要以三種情境之下各擷取其中一筆資料進行追蹤檔比較分析，各情境車輛追蹤檔如圖 5-15、圖 5-16、圖 5-17。

Veh(class #	tag	inf	From	O	D	ST	ET	AT	PNod#	Nod#	TT):								
12	2452	0	0	15	15	50	0.00	10.00	26.02	15	15	27.04							
15	17	19	22	25	27	29	32	35	38	40	42	45	48	50					
10.76	11.52	12.80	13.57	14.58	16.80	17.57	18.33	19.80	20.82	22.00	22.77	25.00	26.02						
0.76	0.77	1.28	0.77	1.02	2.22	0.77	0.77	1.47	1.02	1.18	0.77	2.23	1.02						
0.25	0.00	0.52	0.00	0.25	1.45	0.00	0.00	0.70	0.25	0.42	0.00	1.47	0.25						
Veh(class #	tag	inf	From	O	D	ST	ET	AT	PNod#	Nod#	TT):								
12	2453	0	0	52	52	17	0.00	10.00	24.58	15	15	25.61							
52	50	48	45	42	40	38	35	32	29	27	25	22	19	17					
10.63	11.40	13.00	13.77	14.78	16.80	17.57	18.33	19.80	20.82	21.58	22.80	23.57	24.58						
0.63	0.77	1.60	0.77	1.02	2.02	0.77	0.77	1.47	1.02	0.77	1.23	0.77	1.02						
0.25	0.00	0.83	0.00	0.25	1.25	0.00	0.00	0.70	0.25	0.00	0.47	0.00	0.25						

圖 5-15 情境 1 車輛上、下行追蹤檔(VehTrajectory.dat)

Veh(class #	tag	inf	From	O	D	ST	ET	AT	PNod#	Nod#	TT):								
12	2446	0	0	15	15	50	0.00	10.00	23.02	15	15	24.07							
15	17	19	22	25	27	29	32	35	38	40	42	45	48	50					
10.76	11.52	12.28	13.03	14.05	14.82	15.58	16.80	17.57	18.58	19.35	20.12	22.00	23.02						
0.76	0.77	0.77	0.77	1.02	0.77	0.77	1.23	0.77	1.02	0.77	0.77	1.88	1.02						
0.25	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.47	0.00	0.25	0.00	0.00	1.12	0.25						
Veh(class #	tag	inf	From	O	D	ST	ET	AT	PNod#	Nod#	TT):								
12	2447	0	0	52	52	17	0.00	10.00	23.35	15	15	24.36							
52	50	48	45	42	40	38	35	32	29	27	25	22	19	17					
10.63	11.40	13.00	13.77	14.78	15.55	16.80	17.57	18.33	19.35	20.80	21.57	22.33	23.35						
0.63	0.77	1.60	0.77	1.02	0.77	1.25	0.77	0.77	1.02	1.45	0.77	0.77	1.02						
0.25	0.00	0.83	0.00	0.25	0.00	0.48	0.00	0.00	0.25	0.68	0.00	0.00	0.25						

圖 5-16 情境 2 車輛上、下行追蹤檔(VehTrajectory.dat)

Veh(class #	tag	inf	From	O	D	ST	ET	AT	PNod#	Nod#	TT):								
12	2460	0	0	15	15	50	0.00	10.00	21.38	15	15	22.48							
15	17	19	22	25	27	29	32	35	38	40	42	45	48	50					
10.76	11.52	12.28	13.03	14.05	14.82	15.58	16.33	17.10	18.12	18.87	19.62	20.38	21.38						
0.76	0.77	0.77	0.77	1.02	0.77	0.77	0.77	0.77	1.02	0.77	0.77	0.77	1.02						
0.25	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00						
Veh(class #	tag	inf	From	O	D	ST	ET	AT	PNod#	Nod#	TT):								
12	2461	0	0	52	52	17	0.00	10.00	21.27	15	15	22.35							
52	50	48	45	42	40	38	35	32	29	27	25	22	19	17					
10.63	11.40	12.17	12.92	13.93	14.68	15.43	16.20	16.97	17.97	18.73	19.50	20.27	21.27						
0.63	0.77	0.77	0.77	1.02	0.77	0.77	0.77	0.77	1.02	0.77	0.77	0.77	1.02						
0.25	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.25						

圖 5-17 情境 3 車輛上、下行追蹤檔(VehTrajectory.dat)

5.4.2 輕軌列車運行時空圖

為了解輕軌列車於各路段行駛時間與距離之間的關係，本研究對於 3 種情境下，依據車輛追蹤檔，各挑選一個輕軌上、下行發車時間點，追蹤紀錄輕軌列車於大順路段之行止行為，並計算各點所需時間，進而繪製時間-距離(時空圖)，如圖 5-18、圖 5-19 所示。

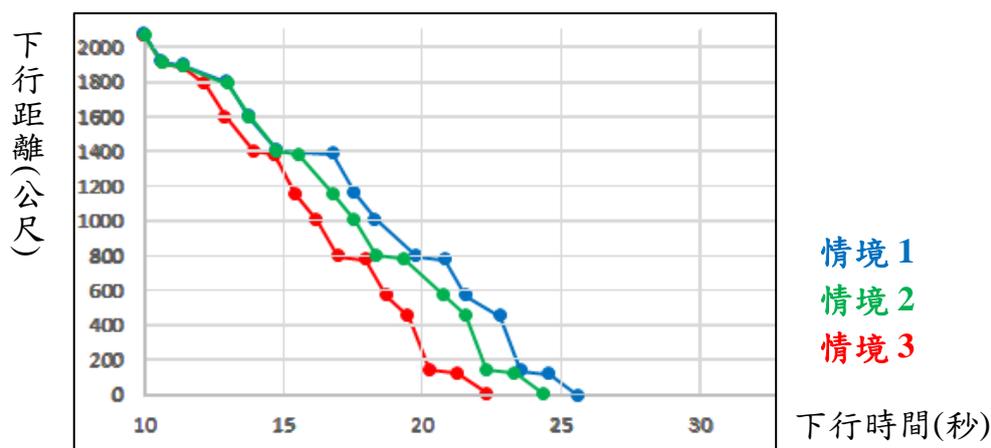


圖 5-18 輕軌下行時空圖

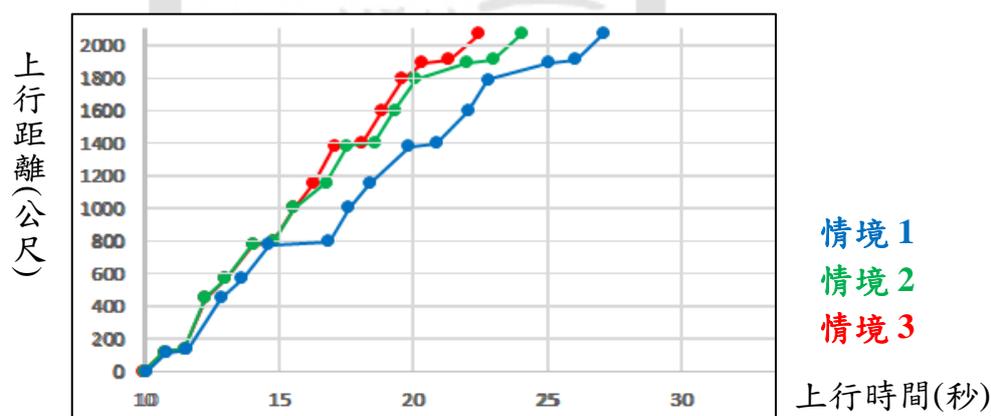


圖 5-19 輕軌上行時空圖

上述 3 個情境上、下行圖形皆呈現，情境 1 之時間與距離圖形斜率較其它 2 種情境相對平緩許多，情境 2 次之，情境 3 圖形最陡峭，斜率可視為單位時間內所移動之距離，由此可知無優先號誌之輕軌列車，行

駛速率於三個情境下最慢，主要是因為情境 1 受交岔路口號誌干擾影響最深，頻繁之加減速度(起步、停止)過程中，不僅無形中浪費了相當多時間，更大量損耗列車電池電量，就大眾運具而言，是非常沒有經濟效率之運行過程，故情境 1 不可能為未來大眾運輸之最佳選擇。

由上圖可知情境 3 輕軌列車行駛速率最佳，惟情境 3 之行駛效率表現程度，完全是藉由增加輕軌行向綠燈秒數，及犧牲其他行向綠燈時間所達到，再以 5.3.2 小節分析成果可知，整體路網效率情境 3 卻非最好，故若未來大眾運具須採行完全優先策略，必須謹慎考量整體交通環境之影響程度，及後續改善交通環境之成本代價，情境 3 之實際應用上，必須有更相對嚴謹之交通環境要求。



第六章 結論與建議

6.1 結論

由高雄市第一階段輕軌運行經驗知道，因為考量輕軌電力續航力之問題，輕軌必須採完全優先號誌，惟對於路口產生之交通衝擊很大，包括時制次序變動、號誌連鎖及支道車流延滯等問題，且輕軌與一般捷運、火車及高鐵特性完全不同，它非屬專屬路權，於路口必須與一般車輛爭道，無形中增加交通上更多的動線交織點，反而更容易發生交通事故。

輕軌第二階段建置初期，高市府即有了不一樣的交通思維，輕軌不再具最高通行路權，路權定位與路上其它所有行駛車種相同，仍須遵從路口交通號誌之指揮，於路口進行停等紅燈。

為保有國內公共運具之快捷特性，號誌設計仍須具有條件優先的概念，本研究透過有限度的限縮輕軌優先程度，發展出有條件優先號誌時制設計邏輯，以為公共運輸有條件優先號誌時制計畫之設計依據，重新規劃大順路沿線交通號誌時制計畫內容，包括時相、時差、時比之調整，期能以定時號誌大順路綠燈帶最大化前提下，輕軌列車可不執行優先號誌策略，電量足夠順利抵達下一車站，有條件優先號誌只採共用時相(延長綠燈、縮短紅燈)方式，儘可能不採用插入時相，以避免號誌時相時序變動，破壞整體號誌連鎖功能。

為驗證有條件優先號誌能提升整體路網行駛效率，本研究建構出高雄市大順路段之 DynaTAIWAN 路網，套用三種不同輕軌列車行駛情境，得出車流模擬數據成果，情境 3 系統平均旅行時間為 8.45(min/veh)，情境 2 有條件優先系統平均旅行時間為 8.3(min/veh)，情境 1 完全無優先系統平均旅行時間為 8.18(min/veh)。

系統平均旅行時間模擬數值越大，表示車輛在路網須更久時間才能到達目的地，相對行駛效率表現較不佳，整體交通路網行駛效率以情境3完全優先號誌行駛效率值最不好，情境2次之(4處路口執行優先)，情境1表現最好，由前述模擬結果可以得知，會隨著優先號誌執行路口數增加而下滑。

都會區大眾運輸系統不應所有路口都具有優先通行權，應依交通環境限制等條件，於部分路口給予優先通行權，以避免直接影響交通車流通行順暢，對於高雄市逐漸高漲之民意反彈壓力，適度減少輕軌列車對於原有之交通環境衝擊，可以彌平民眾對於交通情況惡化之負面觀感，以達成發展公共運具最終目標。

由輕軌列車 C23~C26 站上行總行駛時間得知，情境3總行駛時間 12.48min，情境2總行駛時間 14.07min，情境1總行駛時間 17.04min，由前述模擬結果可以得知，大眾運輸工具若未給予優先通行權，因沿途路口號誌影響，無法於最大綠燈帶順利抵達次站，行駛時間將大幅度增加，故為不失大眾運輸系統原應具備之快捷特性，並增加民眾未來搭乘大眾運輸工具之意願，沿線路口應適度給予優先通行權利，且由模擬結果可知情境3總行駛時間僅比情境2稍微快 1.59min，並未有很明顯之差異值呈現，故有條件優先號誌雖失去部分路口優先通行權，仍能保有大眾運輸該有之快捷特性。

6.2 建議

以高雄市環狀輕軌第一階段經驗可知，完全優先號誌策略下，會直接壓縮支道車流(非輕軌行向)原本可通行綠燈時間，且會破壞支道原續進綠燈帶，若為輕軌列車雙向會車先後連續觸發輕軌優先號誌情況則更為嚴重，造成支道車流嚴重回堵及整體路網行駛效率低落，有鑑於此，為整體路網行駛效率提升下，本研究提出將來國內發展有條件優先號誌建議如下：

1. 臨時充電設備: 執行完全優先號誌策略之限制, 輕軌列車為無懸垂列車, 沿途無電力架空線路, 站間輕軌列車並無法進行停等, 若可於輕軌沿途站間部分路口架設臨時充電設備, 輕軌列車就可於部分路口進行停等, 毋須執行優先號誌。
2. 預告號誌設備: 部分輕軌車站體非設置於路口處, 或駕駛員無法於車站體內清楚辨視路口交通號誌燈號, 若於車站體或列車裝置前方路口交通號誌燈號顯示, 駕駛員可依預告號誌燈號, 以適時調控輕軌列車行止狀態。
3. 區分優先權利等級路口: 目前高雄市輕軌第一階段, 沿途所有路口皆直接採輕軌完全優先號誌, 未依路口交通特性(如路幅、支道交通量及路型), 進行區分路口優先號誌等級, 應視路口幾何路型及車流量等交通條件, 再予以區分不同程度之優先權利路口, 如尖峰時段幹、支道通行車流量很大且路幅大, 應取消優先通行權或限縮優先號誌執行程度, 另對於路幅較小之路口, 則可給予輕軌完全優先通行之權利。
4. 電池容量計算: 超級電容列車電量衰減速度快, 但通行於站間途中路口仍可有停等路口時間, 而不會因電量不足未能到達下一站, 故可針對輕軌列車之充電量, 計算可運行時間及距離, 以求得站與站間允許停等路口數及允許停等時間, 以作為規劃有條件優先號誌之基本設計規劃依據。
5. 限縮插入時相執行條件: 因插入時相對於車流號誌連鎖功能具有破壞性, 對於支道車流延滯性也最大, 為增加車流順暢度, 應限制插入時相之使用機會, 而非每一個路口皆可執行插入時相, 僅有符合相關交通條件需求才可允許使用。

6. 限制紅燈截斷或綠燈延長之執行秒數:以環狀輕軌第一階段為例,綠燈延長最大時間為共用時相之50%時間,佔去原應通行行向之秒數,應限制優先號誌執行時間秒數,以減少優先號誌手段對原時制計畫時相運行的干擾。
7. 輕軌車站近端設站原則:以前鎮之星站(C3站)站體為例,上、下行軌車站體皆設置於中山三路/舊凱旋路西南側,對於下行軌來說為近端設站,對上行軌來說則為遠端設站,近端設站之優點為輕軌列車於進入路口前可在車站內停等充電,不須執行優先號誌在站內等待共用時相再通過路口。
8. 取消時制補償功能:時制補償設計數次週期內時比之調整,以回復原時制計畫運作,當輕軌優先號誌一經觸發,必須歷經很多次週期才可完全補償完畢,造成路口長期處於時比變動情況,進而影響上、下游路口之號誌連鎖功能,應採行輕軌優先系統執行後一律不予補償,以降低對原時制運作機制之干擾。
9. 控制出站時間:有條件優先號誌策略,必須搭配輕軌列車出站時間,因出站時間點不同,列車停等次數會有所不同,且列車應儘量於站間最大綠燈帶時間內通行,不僅有效減少觸發優先機會,並可減少列車路口停等機會,大幅降低超級電容電量不足的問題,另為避免列車於站內停等時間過久,失去大眾運輸工具之快捷特性,於有條件優先號誌時制計畫設計過程,以輕軌列車可出站發車時間序列帶以大於2/3總週期為目標。
10. 減少交通動線交織機會:有條件優先號誌設計,首先必須將沿線路口於列車行向之綠燈帶最大化,若路口有多個行駛動線需求,如左轉保護時相或遲閉早開時相等,將會影響列車行駛綠燈帶最大化結果,

造成須執行優先號誌路口數增加，故應採路口限制轉向簡化動線，如禁止左轉或單行道之設計。

11. 未來延伸研究方向:

- (1) 本研究 DynaTAIWAN 路網模型，針對各情境模擬成果數據可以進一步運用統計檢定方法，比較各情境間之差異顯著性，加以佐証有條件優先號誌策略之可行性。
- (2) 本研究清道時間採統一設計為黃燈 4 秒、全紅 2 秒，因實務上清道時間秒數各路口都不相同，未來可再針對不同清道時間為情境進行後續延伸研究，以了解清道時間對於模擬數據成果之影響程度。
- (3) 本研究主要以高雄市輕軌為例，未來可以直接套用至其它公共運輸系統進行研究，如可以公車系統號誌優化進行延伸研究，藉由公車行駛路線有條件優先號誌運行，以解決都會區公車行駛效率不彰之交通問題。

參考文獻

1. 李仕勤(2002)，輕軌行經號誌化獨立路口號誌控制之研究，中央大學土木工程學研究所學位論文。
2. 李典晏(2006)，以站間準點為目標之公車到站時間預估與號誌優先控制整合開發研究，成功大學交通管理科學系學位論文。
3. 吳育婷(1999)，公車專用道下公車優先號誌控制策略模擬之研究，臺灣大學土木工程學研究所學位論文。
4. 林良泰、楊杰興、黃宏仁(2001)，以續進最大化為主延滯最小化為輔之程序性群組間時差設計，運輸計劃季刊，30(4)，795-822。
5. 林胤宏(2001)，輕軌運輸系統交通控制策略之模擬研究，臺灣大學土木工程學研究所學位論文。
6. 胡大瀛、黃秀雲、許義宏、吳東祐(2010)，都市路網號誌連鎖策略改進之研究，運輸計劃季刊，39(3)，323-357。
7. 高雄市政府捷運工程局(2018)，高雄市使用道路施工期間交通維持計畫書。
8. 許添本、盧嘉棟、吳育婷、鄭雄飛(2003)，公車優先號誌一般化微觀模擬系統 (MISSBUS)之建立與應用，運輸計劃季刊，32(4)，745-775。
9. 新竹市交通局交通工程與管理課(2001)，新竹市捷運輕軌報告書。
10. 鄭雄飛 (2000)，考慮公車車隊之公車優先號誌模擬分析，臺灣大學土木工程學研究所學位論文。
11. 劉姿君(2013)，基於號誌因子之公車動態旅行時間預估模式研究，臺灣大學土木工程學研究所學位論文。
12. 盧彥聰(2010)，高速公路速率漸變控制策略之研究，臺灣大學土木工程學

研究所學位論文。

13. Bodell, G., & Huddart, K. (1987). Tram Priority in Hong Kong's first Light Rail Transit System. Part1. Traffic engineering & control, 28(9).
14. Bauer, T., Medema, M. P., & Jayanthi, S. V. (1995). Testing of light rail signal control strategies by combining transit and traffic simulation models. Transportation research record, 1494, 155.
15. Bauer, T., & Fuller, P. (2002). An evaluation of light rail transit signal control options. In Proc., Institute of Transportation Engineers Conference.
16. Chin, K., Mundy, J., & Thompson, T. (1992). Control of the Light Rail Transit/traffic conflict: an update from Hong Kong, and simulation using the FLEXYT program. Traffic engineering & control, 33(2).
17. Chang, T. H., & Sun, G. Y. (2004). Modeling and optimization of an oversaturated signalized network. Transportation Research Part B: Methodological, 38(8), 687-707.
18. Dreher, F., Ahuja, S., van Vuren, T., & Smith, J. (2005). Innovative modelling and design of integrated light rail transit priority systems-case study of LRT in Nottingham, UK.
19. Fehon, K. J., Tighe, W. A., & Albers, A. O. (1994). Advanced integration of LRT and traffic signals. In Third International Conference on Road Traffic Control, 1990, pp. 209~214.
20. Huddart, K. W., & Thompson, T. (1989). LRT on-street running-design and safety issues. In IEE Colloquium on Light Rapid Transit On-Street, pp. 7~1.
21. Korve, H. W., Farran, J. I., Mansel, D. M., Levinson, H. S., Chira-Chavala, T., & Ragland, D. R. (1996). Integration of light rail transit into city streets (No.

Project A-5 FY'93).

22. Kang, K. P., Chang, G. L., & Zou, N. (2004). Optimal dynamic speed-limit control for highway work zone operations. *Transportation research record*, 1877(1), 77-84.
23. McGinley, F. J., & Stolz, D. R. (1985). The design of tram priority at traffic signals. *Journal of advanced transportation*, 19(2), 133-151.
24. Muir, R. S. (1989). A British traffic signal control and detection system for LRV priority at signalled intersections. In *IEE Colloquium on Light Rapid Transit On-Street*, pp. 10-1.
25. Nelson, J. D., Brookes, D. W., & Bell, M. G. (1993). Approaches to the provision of priority for public transport at traffic signals: a European perspective. *Traffic engineering & control*, 34(9).
26. Saffer, H. G., & Wright, T. (1994). The development of LRT signal control techniques for the Sheffield Supertram system.
27. Tighe, W. A., & Patterson, L. A. (1985). Integrating LRT into Flexible Traffic Control Systems. *State-of-the-Art Report 2: Light Rail Transit: System Design for Cost-Effectiveness*, 213-220.
28. Vukan, V. R. (2007). *Urban transit systems and technology*. John Wiley & Sons, Inc New Jersey, USA.
29. Xu, H., Sun, J., & Zheng, M. (2010). Comparative analysis of unconditional and conditional priority for use at isolated signalized intersections. *Journal of Transportation Engineering*, 136(12), 1092-1103.
30. Yagar, S., & Han, B. (1994). A procedure for real-time signal control that considers transit interference and priority. *Transportation Research Part B*:

Methodological, 28(4), 315-331.

