

國立交通大學
交通運輸研究所

碩士論文

考量混合車流污染排放濃度影響
之適應性號誌控制模式

Adaptive Signal Control Model with Consideration
of Emission Concentration under Mixed Traffic
Flow Conditions

研究生：吳怡潔

指導教授：邱裕鈞 教授

中華民國一〇一年六月

考量混合車流污染排放濃度影響之適應性號誌控制模式

Adaptive Signal Control Model with Consideration of Emission

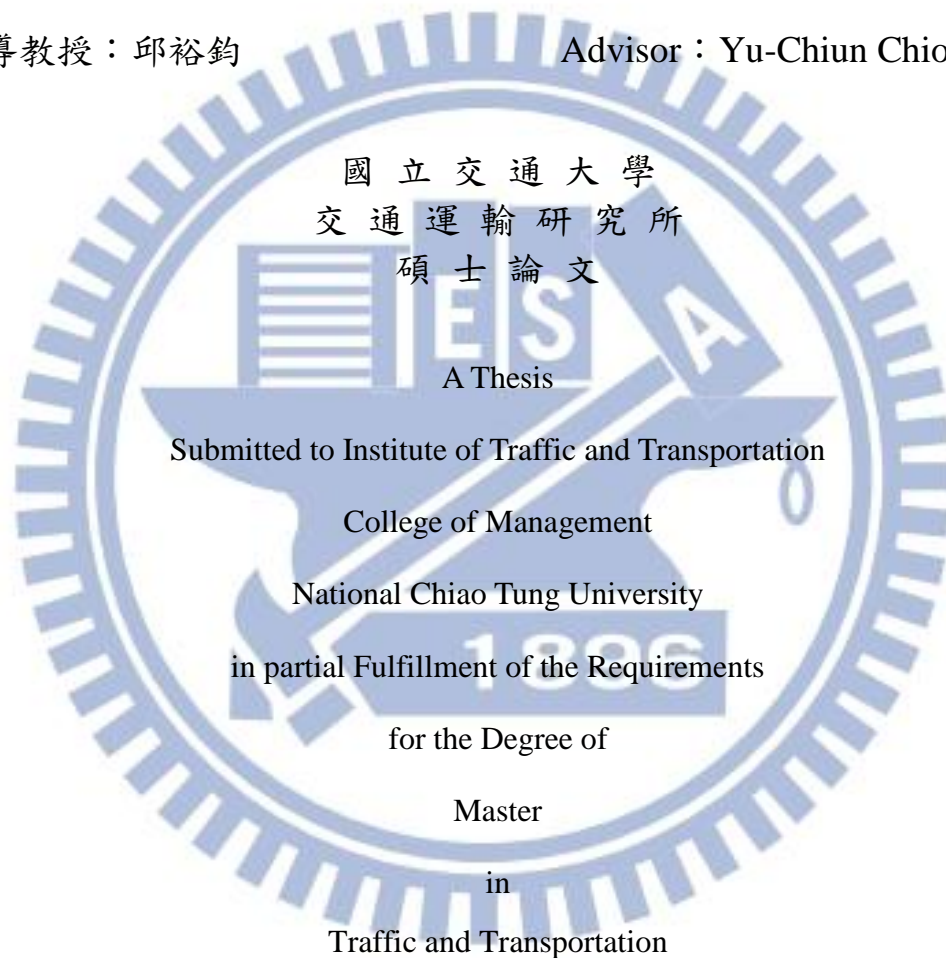
Concentration under Mixed Traffic Flow Conditions

研究生：吳怡潔

Student：Yi-Jie Wu

指導教授：邱裕鈞

Advisor：Yu-Chiun Chiou



June 2012

Taipei, Taiwan, Republic of China

中華民國一〇一年六月

考量混合車流污染排放濃度影響之適應性號誌控制模式

學生：吳怡潔

指導教授：邱裕鈞 博士

國立交通大學交通運輸研究所碩士班

摘要

由於交通排放為能源消耗以及空氣污染主要來源，因此，建構一個可以有效模擬車輛污染的模式有其必要性。本研究建構一考量混合車流污染排放濃度影響之適應性號誌控制模式，此模式可即時偵測路側地區之污染值，甚至在敏感區域(例如醫院、學校)的偵測，其控制結果能使污染值在某一門檻之下，以降低污染濃度對於路側地區的影響。本研究將以污染排放做為績效值，並著重討論污染排放經由大氣擴散後成污染濃度對於路側地區之影響。

本研究模式建構包含四大模式：車流模式、車輛排放推估模式、污染擴散模式、適應性號誌控制模式。然而為了因應國內的機、汽車混合車流運作特性，本研究將使用混合車流格位傳遞模式(mixed traffic cell transmission models, MCTM)做為車流背景運作；並以環保署的 TEDS 7.0 線源排放資料庫做為車輛排放量推估依據；在計算污染濃度值上則選用高斯煙陣模式(Gaussian puff dispersion model)進行空間與時間上的推估；最後以基因模糊邏輯控制模式(Genetic fuzzy logic controller, GFLC)建構即時號誌控制系統，並以車輛到達率以及車輛等候長度作為狀態變數、綠燈延長秒數為控制變數、車輛排放量為控制績效指標。

本研究模式應用之 GFLC 控制結果將與定時號制做比較，在模擬時間兩小時中，GFLC 皆比定時號制有效降低 0.3% 到 25.3% 的濃度值，表示路側受體感受到的污染濃度值整體都降低。確認 GFLC 模式後，本研究進一步設定污染濃度門檻限制模式，並研擬三種獨立路口號誌控制策略：1. 固定號誌周期變動紅綠燈，2. 固定綠燈變動號誌周期，3. 固定綠燈時比變動號誌周期；而得到當幹道綠燈越長，以及週期越短的號誌設定，其路側污染較受到控制的結論。在連續路段情境中，本研究設定五路口路段，並將敏感區域設於下游路口 4 與路口 5 之間，擬定五路口全連鎖、下游三路口(靠近敏感區域)連鎖、以及全部獨立不連鎖三種號誌策略；策略結果顯示全連鎖設定為最佳，可將路側敏感區域濃度值降至最低。

關鍵字：適應性號誌控制、基因模糊邏輯控制、混合車流格位傳遞模式、污染排放、污染擴散濃度

Adaptive Signal Control Model with Consideration of Emission Concentration Under Mixed Traffic Flow Conditions

Student: Yi-Jie Wu

Advisor : Dr. Yu-Chiun Chiou

Institute of Traffic and Transportation
National Chiao Tung University

Abstract

Since road traffic is one of major sources of air pollution, a model which can replicate traffic behaviors, traffic emissions, emission dispersion so as to serve as the platform for evaluating or optimizing traffic control strategies deems necessary. Based on this, this study develops and optimizes an adaptive signal control model which can minimize the total traffic emissions and control the pollution concentration at road-side environmental sensitive areas (such as hospitals or schools) under a certain preset threshold in order to reduce the environmental impact of road traffic.

The proposed model comprising four key sub-models: traffic flow model, traffic emission model, emission dispersion model, and adaptive traffic control model. To acknowledge the prevalence of mixed traffic conditions in urban streets in Taiwan, the mixed traffic cell-transmission model (MCTM) is adopted. Additionally, this study uses the TEDS 7.0 line source emissions database as the basis of emission estimation and the Gaussian puff dispersion model to simulate the pollution dispersion and to predict the concentration temporally and spatially. The genetic fuzzy logic controller (GFLC) is used for real-time signal control by using the arrival rate and queue lengths as the state variables and the extension of green time as the control variables towards the minimization of traffic emissions.

This study compares the performances of the GFLC model and pre-timed signal control system. With two-hour simulation, the results show that the GFLC model can effectively curtail the spatiotemporal concentration values of the pre-timed signal control system by 0.3% to 25.3%. As to the control logics for concentration control, three strategies for isolated intersection are compared: 1. Vary green split by fixing cycle length, 2. Vary cycle length by fixing green time, and 3. Vary the cycle length by fixing green split. The comparing results show that as the green time is longer or the cycle length is shorter, the concentration of road-side sensitive area becomes less severe. For the consecutive intersections (a case study on five intersections), three strategies for arterial signal control are compared: 1. Coordinated signal for all intersections, 2. Coordinated the signal of downstream three intersections (close to sensitive areas), and 3. Without coordination. The results show that the coordinated signal for all intersections perform best. The applicability of the proposed model has been proven.

Keywords: Adaptive signal control, genetic fuzzy logic controller(GFLC), mixed traffic cell-transmission model(MCTM), emission dispersion, pollution concentration.

誌謝

時光飛逝，兩年的研究所生活轉眼間就要畫下句點，在這看似短暫的過程中，有著許多的波折與歡笑，回憶滿滿，感謝這兩年的緣分豐富了我的人生。

首先，感謝指導教授邱裕鈞老師，在這近兩年的時光中對學生細心指導，讓我得以順利完成碩士學業，獲益良多；感謝藍武王老師與曾平毅老師在口試時的寶貴建議與指教，使得本論文更加完善；感謝所上馮正民老師、汪進財老師以及許鉅秉老師在論文研討課期間針對本論文提供諸多建議，特此深表感謝。感謝所上辦公室職員柳姊、陳姊、何姐、楊姊、鄭姊、管理員先生與打掃阿姨的熱心服務，幫我們解決不論是學業中或生活上的大小困難。

在論文寫作的過程中，特別感謝彥斐學長非常有耐心的跟我討論模式內容以及程式碼的撰寫，在我有任何困難時撥冗提供協助、感謝志偉學長對於我論文提供許多想法與建議、感謝煜勝學長在當兵期間還能撥空為我解惑、感謝科技新貴林先生在我家打麻將時順便幫我想 code，感謝你們在關鍵時刻伸出援手，讓我得以順利完成論文。感謝邱家夥伴：纖細敏感體貼但又愛起肖的正妹韋穎、老愛耍幼稚的重光、常互相勉勵的阿盲、總是過去串門子閒聊的彎彎、工作與學業要兼顧的辰澄、會不小心惹火人的小楊；我們每在咪聽前夕共體時艱提供彼此對於論文的建議，很榮幸有緣分與你們一同完成論文。感謝查理不論在論文過程中或日常生活上的相助，雖然我們常互婬但真的很高興能跟你當六年的同學；感謝玩樂夥伴臭大熊讓每次活動都不會流團；感謝天使哲綾總是有貼心小舉動溫暖我的心；感謝理性幽默兼具的歐弟、會跳舞又搞笑的宅宅仙女、超白目將大家醜照 zoom in 的昶律、常失控讓我們崩潰的德坤、精明聰慧的楊老師金剛、打工時和 FB 上都愛鬧我的大頭、總是故意叫錯我名字的彥廷、講話依舊很慢的可愛亞慢、全身都有攻擊性的小萱、有點慵懶但才貌兼具的美女禮卉、總是冷靜看待我們瘋狂舉動的 Daisy、seven 公主雲嘉地區好朋友林 vi，還有其他 ITT 的快樂夥伴們，因為有你們，讓我這兩年的研究所生活充滿了美好回憶。感謝泰山、阿男、皓呆、小帽、賴妙，在台北的我們還可以時常相聚玩樂，我很珍惜這些緣分；感謝丹丹、想紅、小多、小杰你們這些女人一直丟我網拍，讓我在苦悶論文中增添許多色彩；感謝雯君、藝文適時的關心與鼓勵，我們十幾年的友情永不減；感謝 LEO 在當兵收假的前一刻特地打電話對我說口試加油就甘心；感謝半夜不睡覺的那位不管什麼時候總會陪我聊天打屁，聽我瑣碎的生活與心情記事。是你們讓我感到不孤單，是你們豐富了我這兩年在台北的研究所時光，我衷心感謝與珍惜。

最後感謝一路辛勤栽培我的父母親，有你們的支持與關心做後盾，我才能無後顧之憂的完成碩士學業；也感謝我的哥哥莫名與我研究所同學相處愉快，帶給我許多歡笑。如今順利從交研所畢業，希望將這份喜悅與我最親愛的家人分享。

吳怡潔 謹誌於

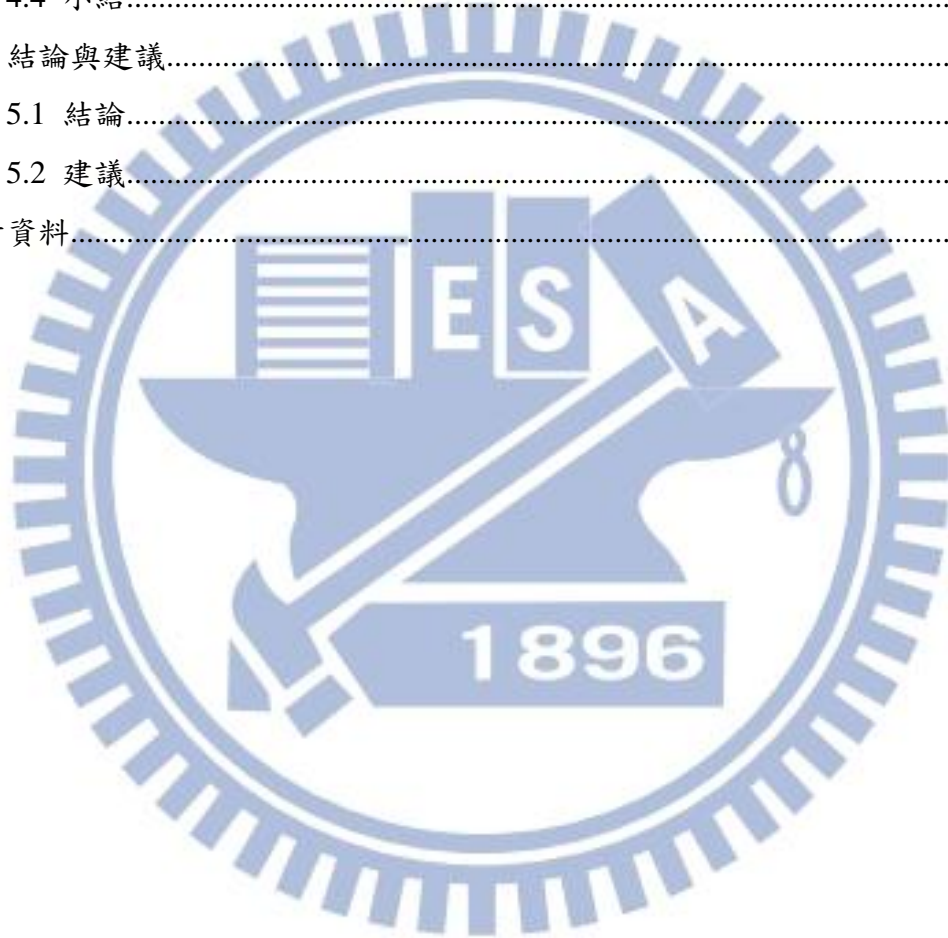
國立交通大學 交通運輸研究所

中華民國一〇一年 六月

目錄

摘要.....	i
Abstract.....	ii
誌謝.....	iii
目錄.....	iv
表目錄.....	vi
圖目錄.....	vii
一、緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	3
1.3 研究內容.....	3
1.4 研究流程.....	4
二、文獻回顧.....	6
2.1 車流模式.....	6
2.2 污染模式.....	10
2.3 號誌控制模式.....	15
2.3.1 號誌控制分類.....	15
2.3.2 適應性號誌控制應用.....	16
2.3.3 小結.....	19
2.4 結合污染排放指標的號誌控制模式.....	20
2.4.1 車輛運行與車速控制策略.....	20
2.4.2 最佳化時制計畫.....	22
2.4.3 小結.....	23
三、研究方法.....	25
3.1 格位傳遞模式.....	25
3.2 污染排放與擴散模式.....	30
3.3 基因模糊邏輯控制.....	33
3.3.1 模糊邏輯控制.....	34
3.3.2 逐步基因模糊邏輯控制.....	35
3.4 小結.....	37
四、模式應用.....	39

4.1 情境設定.....	39
4.2 應用結果.....	42
4.2.1 GFLC 應用	42
4.2.2 比較定時號誌.....	50
4.3 考量污染濃度門檻之號誌設定.....	58
4.3.1 考量獨立路口污染濃度門檻.....	58
4.3.2 考量連續路段污染濃度門檻.....	63
4.4 小結.....	66
五、結論與建議.....	68
5.1 結論.....	68
5.2 建議.....	69
參考資料.....	70



表目錄

表 2-1 中觀車流模式整理	10
表 2-2 高斯擴散模式特性	14
表 2-3 適應性號誌模式整理	20
表 2-4 污染排放結合號誌交控策略模式整理	24
表 3-1 CO 污染排放係數(克/公里.輛).....	31
表 4-1 道路環境參數設定	39
表 4-2 定時號制與 GFLC 號誌策略周期比較.....	51
表 4-3 不同交通量之定時號制控制與 GFLC 控制車輛污染濃度比較.....	55
表 4-4 獨立路口號誌策略一窮舉情形	59
表 4-5 獨立路口號誌策略二窮舉情形	60
表 4-6 獨立路口號誌策略三窮舉情形	62
表 4-7 獨立路口限制濃度之號誌控制搜尋策略	62



圖目錄

圖 1-1 研究流程圖	5
圖 2-1 簡單連續流模式流量密度關係圖	7
圖 2-2 格位傳遞模式 流量—密度關係圖	8
圖 2-3 格位傳遞模式格位示意圖	9
圖 3-1 格位上下游劃分示意圖	25
圖 3-2 單一車流格位傳遞變數示意圖	26
圖 3-3 混合車流格位傳遞示意圖	27
圖 3-4 車種比例示意圖	29
圖 3-5 車輛車速與 CO 排放量之關係	32
圖 3-6 線源與風向座標系示意圖	32
圖 3-7 模糊邏輯控制架構	34
圖 3-8 原始問題與 GAs 的關係	35
圖 3-9 隸屬函數與邏輯規則編解碼方式示意圖	36
圖 4-1 道路格位示意圖	40
圖 4-2 偵測污染受體與路口位置示意圖	40
圖 4-3 車流量示意圖	41
圖 4-4 GFLC 之收斂	42
圖 4-5 GFLC 邏輯規則	43
圖 4-6 GFLC 格位排放量	44
圖 4-7 GFLC 車輛總排放量	45
圖 4-8 GFLC 格位 11 之第一種交通量車輛總排放量情形	45
圖 4-9 GFLC 格位 11 之第二種交通量車輛總排放量情形	46
圖 4-10 GFLC 格位 11 之第三種交通量車輛總排放量情形	46
圖 4-11 GFLC 格位 11 之第四種交通量車輛總排放量情形	47
圖 4-12 GFLC 車輛污染總濃度	48
圖 4-13 不同風速狀態下之 GFLC 濃度結果	49
圖 4-14 GFLC 汽車格位濃度	49
圖 4-15 GFLC 機車格位濃度	50
圖 4-16 GFLC 與定時號誌控制之車輛總排放量	51
圖 4-17 定時號誌控制與 GFLC 在格位 11 之第一種交通量車輛總排放量	52

圖 4-18 定時號誌控制與 GFLC 在格位 11 之第二種交通量車輛總排放量	52
圖 4-19 定時號誌控制與 GFLC 在格位 11 之第三種交通量車輛總排放量	53
圖 4-20 定時號誌控制與 GFLC 在格位 11 之第四種交通量車輛總排放量	54
圖 4-21 定時號制控制與 GFLC 控制車輛污染總濃度	54
圖 4-22 定時號制與 GFLC 控制之四方向格位濃度	56
圖 4-23 定時號制與 GFLC 控制之東向格位濃度	56
圖 4-24 定時號制與 GFLC 控制之西向格位濃度	57
圖 4-25 定時號制與 GFLC 控制之南向格位濃度	57
圖 4-26 定時號制與 GFLC 控制之北向格位濃度	58
圖 4-27 獨立路口號誌策略一情形	59
圖 4-28 獨立路口號誌策略二情形	61
圖 4-29 獨立路口號誌策略三情形	61
圖 4-30 連續路段與路側敏感地區設定	63
圖 4-31 連續路段車流量示意圖	63
圖 4-32 連鎖策略污染濃度結果	64
圖 4-33 連鎖五路口策略之幹道污染濃度結果	65
圖 4-34 連鎖策略之幹道上游污染比較	65

一、 緒論

1.1 研究背景與動機

隨著運輸系統日趨進步，在人類享受科技帶來生活便利的同時，環保問題也日漸浮現。根據民國 99 年出版之能源統計年報指出，公路運輸能源總消費為 12,263 千公秉油當量，佔所有運輸部門的 82% 為最高，此外，公路運輸亦為空氣污染以及溫室氣體排放的主要來源。關於過去的流行病學研究中，針對道路空氣污染源不論是氣體或者顆粒狀污染物，當濃度太高、毒性太強時，均足以使呼吸器官內正常防禦功能與清除功能喪失，進而引起一連串對人體的危害。而交通運輸污染源所排放之污染物大致有一氧化碳(CO)、碳氫化合物(HC)、氮氧化合物(NO_x)、二氧化硫(SO₂)、鉛(Pb)及煙煤等，均會對人體造成不小的影響。有鑒於此，由運輸行為排放的污染必須受到重視，各種車輛污染物的來源、控制策略以及環境影響評估等皆為重要課題，進而探究造成國內運輸污染問題嚴重的主因有二：首先為我國地狹人稠，機車使用率較西方國家頻繁，且根據相關研究指出，機車氣體的排放遠較汽車嚴重；其次為我國都會區道路建設已趨飽和，在原有的道路幾何設計之下難以再增加其道路容量，此現象將使得環境污染問題日益嚴重，也導致用路人所花費的時間成本與外部性難以估計。

要評估國內車輛使用所造成的油耗以及污染排放前，必須先根據國內運輸特性建立適當之模式背景。然而，國內運輸特性最明顯的就是大量的機車使用率，由於一般道路在相同的空間和時間下，機車與汽車之容量、密度與流量皆不同，機車車型小且機動性較大，汽車則反之，當汽車密度達飽和時機車仍可能穿梭運行在道路之中。傳統的車流理論模式鮮少考慮到機車的運行，以往在評估汽機車混合車流行為時，多使用小客車當量數之轉換，但此方法容易忽略機車車流行為之特性。此外，車流模擬的運作效率以及與現實相符的程度亦為考量的因素，微觀車流模式可詳細描述個別車輛行為，但當路網龐大且流量大時會使模擬時間過長；而巨觀車流模式可模擬整體的車流行為，但對於較細微的車流行為模擬結果會較為粗略。Daganzo(1994; 1995)提出的格位傳遞模式(cell transmission model, CTM)，為一結合巨觀與微觀車流方法的中觀車流模式，將道路劃分為數個格位，藉由車輛在格位間的互動關係模擬車隊運行。使用此 CTM 方法不僅可考量整體的車流行為，又可觀察車隊在格位間的微觀轉換行為，可降低模擬模式所需時間以及提升模擬細膩度，更可即時及獲得相關動態車流資訊。在許多研究中顯示，

格位傳遞模式只考慮單一車種，但為了因應國內的機、汽車混合車流運作特性，本研究將會使用混合車流格位傳遞模式(mixed traffic cell transmission models, MCTM)做為交通車流背景運作，使研究更趨實用性。

其次，對於車輛的移動污染排放量的計算方式，多以利用實際車流變化情況推估移動源排放量，對於因交通控制策略影響車流運行狀態，難以分析其車輛排放量之推估。因此，本研究希望藉由上述之混合車流模式模擬道路車流運行行為，用以推估移動源的排放量，並藉由空氣擴散預測模式分析在各種情境下之污染物擴散情形，進行車輛污染之相關研究。以往評估污染單純以車輛排放為主，但若僅考量排放量，對於人體影響程度將不直接相關，排放量為一純量且會累加的概念，若以排放量為指標將會無法有效得知其控制後的成果，因為累積的排放量仍然存在。若以污染擴散的概念進行控制，車輛排放經由擴散模式轉換後成為空氣中的污染濃度，濃度為一流動量的概念，以濃度做為控制指標，才能有效得知在門檻濃度值之前進行控制的成效，將路側敏感地區偵測濃度控制在一門檻值之下，以減低對人體的危害；且污染物經由大氣擴散、空氣流動等因素轉換成濃度之後，對人體才可看出直接影響，濃度將會擴散且依據不同地區有不同濃度值，對於控制上才能有直接性的成果。

最後，對於交通策略的擬定上，一般遵循運輸系統管理(TSM)以及運輸需求管理(TDM)的方針，所謂運輸系統管理是應用傳統的交通工程方法來解決交通擁擠問題；而運輸需求管理則是運用經濟和法規等手段，對交通需求量進行控制與調節，進而使供需達到相對平衡，兩者皆旨在緩解交通擁擠且改善城市生態環境。在運輸系統管理的應用上已相當多年，且多為交通權責單位應用的基本交通控制策略，本研究將以 TSM 導向的控制策略加以延伸探討。交通控制策略的制定，最直觀的方式是利用改變號誌時制進而影響車流運行，進一步針對不同目標做調整，其目標指標通常有以總延滯最小、通過車輛數最多或綠燈寬帶最大為依據，其他也有最小負效用，例如污染排放最小化，但仍然以總延滯最小化的控制為主；有鑒於此，本研究將以車輛污染做為控制指標，進而進行號誌控制模式的建構。

談到號誌控制的方法有許多種，理論面上大致可分為離線(off-line)控制與線上(on-line)控制，離線控制主要是事先經由調查各時段之車流資料，經由相關軟體運算求得最適當之號誌時制加以執行運作，但此控制方式難以因應變動的車流狀況，其中定時號誌控制(pretimed signal control)就屬此類。至於線上控制方式也

就是考慮動態的觀念，利用偵測器(detector)即時傳回的各種車流資料，再經由軟體運算後得到一新時制計畫，再迅速回傳予路口控制器加以執行，故此方式無固定之號誌週期及時間轉換問題，觸動式號誌(actuated signal)控制、適應性號誌(adaptive signal)控制即為此種線上控制的發展。然而，其中以適應性號誌控制方式更具有彈性、可靠性且符合即時性，因而在學術中被大量研究探討。本研究對於號誌控制策略時，將以應用適應性號誌控制做為方法，目標以車輛污染物排放及車輛污染物擴散最適為指標，建立一考量混合車流及污染濃度之適應性號誌控制模式。

1.2 研究目的

歸納上述研究動機，可將本研究之研究目的分述為以下四點：

1. 應用混合車流格位傳遞模式(MCTM)，探討國內汽車與機車之運行特性，進而模擬混合車流於市區道路之運行行為。
2. 應用可反映混合車流運行特性之車輛污染排放推估模式，並經由大氣擴散模式轉換成污染濃度單位。
3. 依據車輛污染濃度進行號誌控制設計，進一步對於敏感地區例如學校、醫院、住家等地區設計濃度門檻限制情境，以減低對人體的危害。
4. 進行適應性號誌控制模式之訓練與驗證，得到以污染濃度做為指標的號誌控制設計最佳結果，可提供未來做號誌時制策略時的參考依據。

1.3 研究內容

本研究旨在考量混合車流的交通狀況下，受車輛污染排放濃度影響之號誌控制模式，以提供相關以控制污染排放做為目標的號誌時制策略參考，茲將本研究之研究內容分述如下：

1. 確立研究目的與研究範圍之界定

本研究依照國內現況問題，進而探討適合之模式發展，了解研究課題之重要性以及研究動機，希望透過模式之建構，達到本研究擬定之目的。

2. 文獻回顧相關研究

為達成本研究之目的，使模式之建構與應用更為準確，本研究之文獻回顧分別針對混合車流運行理論基礎、車輛之污染排放與擴散濃度轉換運算、以及適應性號誌控制模式制定等部分進行探討，甚至進而細部探討以車輛污染做為控制指標的交通控制策略研究進行回顧。

3. 號誌控制模式之建構與確認

此部分因應國內汽、機車混合車流的特性，結合車流模式中的混合車流格位傳遞模式車流背景，進行台灣道路交通環境下車輛運行之模擬。並使用車輛污染為號誌控制指標，並藉由大氣擴散運算後的污染濃度值進行調整運算，做為適應性號誌控制模式中的績效指標。並在適應性號誌控制模式中使用基因模糊邏輯控制方法調控，以基因演算法結合隸屬函數與模糊邏輯規則的號誌應用，建構出最適合之號誌模式。

4. 號誌模式之訓練與驗證

藉由建構之適應性號誌控制模式，本研究將以擬定之簡單案例進行運作，藉以做模式之訓練；並針對不同情境設定之污染濃度門檻濃度值做分析，以調控出不同地區與狀況下最佳的適應性號誌結果。

5. 結論與建議

根據本研究之模式結果進行歸納分析，並依據研究過程總結本研究之結論，並對於建立模式的困難處與後續可能發展之研究進行建議，藉此達成研究之最終完整性。

1.4 研究流程

本研究流程圖繪製如圖 1-1。

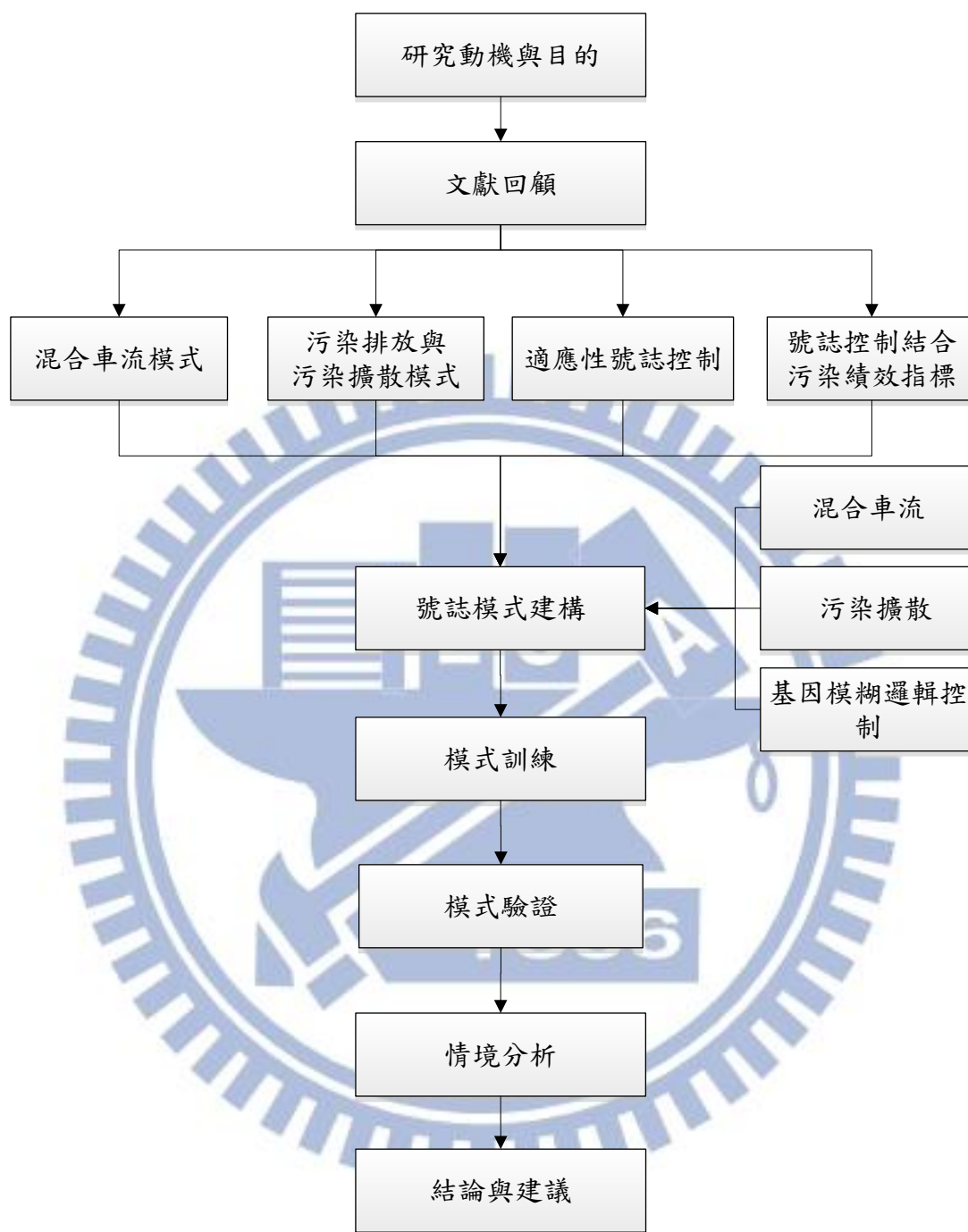


圖1-1 研究流程圖

二、 文獻回顧

本研究旨在考量混合車流的交通狀況下，受車輛污染排放濃度影響之號誌控制模式，因此，文獻回顧將分為四個部份：車流模式、污染模式、號誌控制模式，以及結合污染排放指標的號誌控制模式做探討。

2.1 車流模式

交通車流理論旨在探討、分析以及模擬車流運行的行為。車流理論根據對車輛行為特性之觀察以及模擬的細緻程度，可分為巨觀(Macroscopic)、中觀(Mesosopic)及微觀(Microscopic)等三種類別。巨觀模式著重在於描述車流的三大特性參數：流量(q)、密度(k)以及速率(u)之間的關係，係以某段時間內整體路網車流狀況為觀測重點，而不強調單一車輛或某一車隊的運行行為；其優點為資料統計方便，可透過交通調查技術搜集到車流資料，但較難反映交通組成及車輛運行間的關係。反之，微觀車流模式則著重強調時間—空間下，個別駕駛者因應前方車輛狀況之反應行為，係以探討車輛之間彼此的互動關係，例如跟車行為、車道變換或者超車等駕駛特性；但微觀車流模式需要觀察每一部車的行為，其觀測的變數包括個別車輛之加減速率及速率、前後兩車的時間車間距，以及前後車在於速度上的差異等資料，因此在蒐集資料上會耗費較多成本，且由於每輛車運行行為均以函數方式加以推導及預測，因此在模式操作上也會較為繁雜與耗時。而中觀車流理論則是介於巨觀以及微觀車流之間，又稱為介觀車流，主要利用巨觀的車流模式及流量守恆法則，描述車輛在時空上運行之行為及軌跡。

本研究針對市區道路於路側污染濃度之計算，並藉由適應性號誌控制之方法，分析並探討不同情境下污染濃度的改善情況。為了使研究更趨於現實，選擇適當之車流模式為第一要務。巨觀車流理論雖可以得知路段上之流量、密度以及其速率，但是缺乏車輛運行間之相互關係，雖然每輛車輛都為一獨立個體，彼此間並不連續。而在微觀車流理論中，其假設利用期望速率、相對速率以及駕駛者反映時間等參數與變數，來模化單一車輛的駕駛行為分析基礎，若欲以微觀方法建構一道路在連續時間下的多車輛行為，則資料會過於龐大且運算上也相當複雜。中觀車流模式旨在描述一群車的運行行為，不像微觀車流模式關注個別車輛駕駛行為，但並非巨觀車流模式只探討某一地點的車流總體行為，算是結合巨觀與微觀特性的一種車流方法，較貼近本研究所要考量的車流背景。因此本研究以下將針對中觀車流進行重點回顧。

基本上，中觀車流理論係利用巨觀車流模式中的速率、密度以及流量三者的關係函數，來描述時空中車輛運行行為，可以有效分析在交通環境變化對於車流所產生的影響。中觀車流模式甚多，其中以簡單連續流模式(simple continuum model, SCM)、高階連續流模式(high order model, HOM)，以及格位傳遞模式(cell transmission model, CTM)較為著名，以下文獻回顧將依序做介紹。

簡單連續流模式最早由 Lighthill 及 Whitham (1955)提出，將車流視為一度空間的可壓縮流體，並以流量守恆方程式推導出動力學方程式，Richard(1956)提出類似的車流理論，因此又被合稱為 LWR 模式。即以車流理論流量(q)及密度(k)之關係為基礎，並令速率與密度具有一對一之關係，在模式中反映出流量及密度的變化會彼此影響，當流量到達最大流量密度(k_{max})時車流量將會開始減少，直到飽和密度(k_j)時流量為 0，示意如圖 2-1。

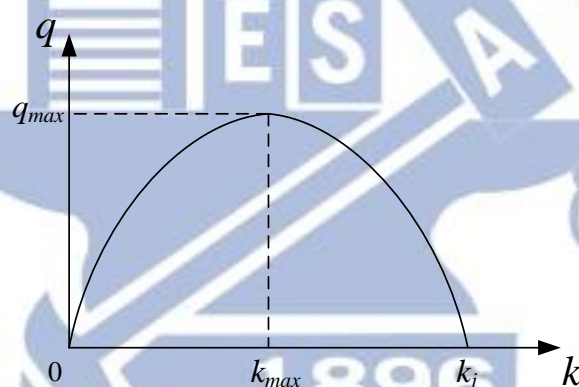


圖2-1 簡單連續流模式流量密度關係圖

LWR 模式主要概念來自於流量守恆方程式，以密度(k)對時間微分以及流量(q)對路段長度(x)微分之關係，表示上游車流最終會通往下游路段，又稱為一階連續流模式。簡單連續流模式係以車隊形式，透過流量守恆及密度流量之關係，探討因車隊行為改變所形成之衝擊波，並藉此描述車流行為。此種方式擁有巨觀蒐集資料之方便性，透過密度、流量與衝擊波間之關係了解車隊運行的變化，亦兼具微觀之特性。

由於簡單連續流模式中「速率與密度為一對一關係」之假設與實際車流有幾點不合理之處；首先，流量—密度關係圖僅存在於車流達穩定狀態時的情形，但根據跟車理論，車流運行過程中會有有相當大之比例是處於不穩定狀態。其次是由於駕駛人反應時間之關係，速率並無法因應密度的改變而作立即的改變，才會

有延滯現象之產生。第三，簡單連續流模式假設車流為連續性，因此當流量不高時應用上會發生錯誤之情況。

因此，為解決上述情況，Whitham(1974)和 Payne(1979)則以動量方程式(momentum equation)取代簡單連續流模式所引用的車流模式，並推導車隊中加減速之關係，以模擬出行駛速率會受到駕駛人反應時間之影響。藉由動量方程式以及流量守恆方程式之結合，發展高階連續流模式(HOM)。高階連續流模式會較簡單連續流模式更接近實際車流行為，但其求解過程則更為複雜。

Daganzo(1994)提出格位傳遞模式(cell transmission model, CTM)便是以離散的方式來推估車流，此模式主要是透過車流流體理論之概念引伸而來，用以預測車流在空間、時間上之流動情形。格位傳遞模式假設在一均質的系統中，將道路分割成多個格位(Cell)，每個格位特性皆為獨立且具有同質性，而其所推估之車流運行結果與 LWR 模式之流量與密度圖類似，以梯形表示如圖 2-2。結合 Newell(1991)提出預測單一車道路段之進出口車流行為模式，但此模式未推估路段中的車流行為，因此，Daganzo 提出格位傳遞模式推估路段中的車流行為，以時間與空間的關係，構建在單車道、單一出入口及單車種等均質狀態下推估車輛在路段中的行為。

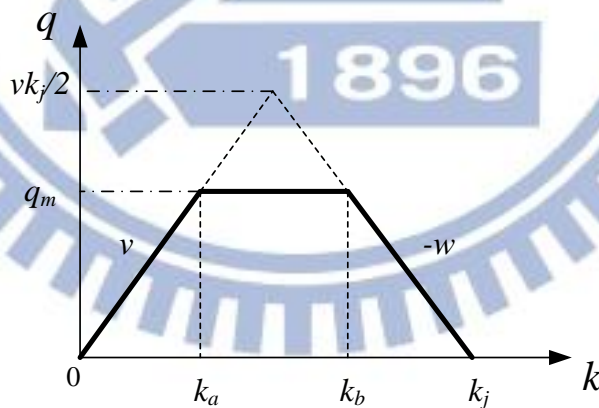


圖2-2 格位傳遞模式 流量—密度關係圖

格位傳遞模式利用格位間的轉換，推估車隊由上游到下游之行為，示意如圖 2-3 所示。圖中可了解車隊在時間變化下之空間變化，其格位長度係以設定時間間隔內，自由車流速度可行駛之距離，車隊在格位內轉換係依據格位內之車輛數、最大流量及可容納之空間等因子，透過這些因子，模式在應用上可得到自由速率、最大流量、飽和密度及衝擊波波速等參數；這些參數在交通工程上可應用在複雜

的路網上，評估總延滯時間以及旅行時間等績效指標。詳細之模式推估與計算將於第三章研究方法做詳細介紹。

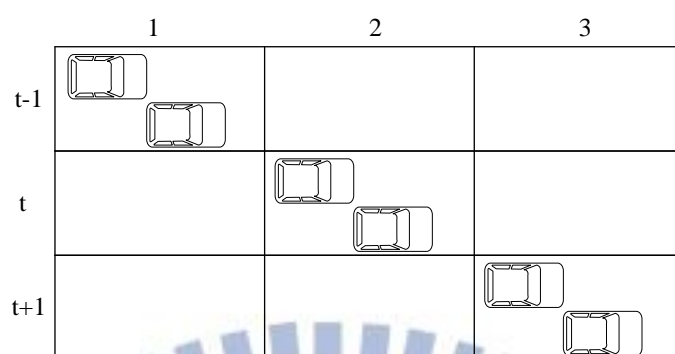


圖2-3 格位傳遞模式格位示意圖

市區道路包含不同類型之交通運具，以我國市區道路而言，以汽車以及機車為主要之交通工具，不同類型之運具其運行特性均有差異。由於這兩種運具除了在相同時間、空間上所能承受之密度以及容量皆有所不同，對於機車之使用行為也與汽車有著相當大的差異，例如當汽車密度達飽和時，機車仍然能穿梭在汽車間的縫隙；在評估汽機車混合車流行為時，以往僅將機車換算成小客車當量，卻忽略了機車運行特性，容易影響相關交通工程方案結果。因此，在探討國內市區道路交通狀況時，考量汽車與機車之混合車流模式將有其必要性。

邱裕鈞和謝志偉(民 100)以格位傳遞模式為基礎，加入格位傳遞模式未考慮之混合車流特性，建構混合車流格位傳遞模式(mixed traffic cell transmission models, MCTM)。研究中建構混合車流格位傳遞模式係考慮多車流行為，探討汽車與機車之混合車流行為，格位車種由單一車種改變成汽車與機車兩種車種，並且在兩種車種進行格位傳遞時，將產生競爭的現象分為三種型態：無競爭關係、最大流量競爭以及剩餘儲車空間競爭。其研究係透過汽、機車兩種車種之競爭關係來建立混合車流之模式，並藉由蒐集實際道路資料進行模式驗證，以比較實際值、模擬值與修正推估之參數，以絕對誤差百分比(MAPE)與均方根誤差法(RMSE)評估模式模擬之績效。

綜觀以上所述中觀車流模式，可整理如表 2-1。

表2-1 中觀車流模式整理

模式名稱	作者	年份	應用理論	車種	車流變數
簡單連續流模式 (LWR模式)	Lighthill, Whitham and Richard	1955 1956	流量守恆方程式	汽車	流量、密度
高階連續流模式	Whitham and Payne	1974 1979	動量方程式	汽車	流量、密度、反應時間
格位傳遞模式	Daganzo	1994	車流流體理論	汽車	流量、密度、容量、格位
混合車流格位傳遞 模式	邱裕鈞、 謝志偉	民100	格位傳遞模式、 熵值(Entropy)	汽車、 機車	流量、密度、容量、格位 、小汽車當量

資料來源：陳惠國等(民100)、謝志偉(民100)

總結車流運行模式，其巨觀、微觀以及中觀車流三大方法並不能比較其優缺點，各有優劣且都有他們適合的應用之處，而本研究主軸以適應性號誌控制方法做號誌調整，探討的車流背景將以中觀的格位傳遞模式結合混合車流的交通環境為主，如果使用微觀的方法進行模擬，對於做適應性號誌控制最佳化時，所需要的運算時間會過於繁瑣將會有失研究的效率，所以本研究擬以 CTM 方法進行運算，可以快速的運算出混合車流中的結果，並且提升做號誌控制時的效率。

2.2 污染模式

車輛所排放出的廢氣，其推估的模式可分為直接推估道路上污染物的污染排放模式，以及經過空氣擴散到鄰近區域，污染擴散模式的探討。

根據行政院環保署「台灣地區空氣污染排放量推估手冊 TEDS 7.0 版」(民91)，空氣污染排放量的推估可有以下幾種方法：直接推估方法、質量平衡法、工程計算法與間接推估方法。其中，直接推估方法是較為可靠的方法，但惟獨成本較高，故僅能夠針對部分重要地點進行有限的實測；而最方便及最常使用的方法係利用間接推估法，亦即排放係數法進行推估。以排放係數法進行排放量推估之基本公式如下：

$$\text{排放量} = \text{排放係數} \times \text{活動強度} \times \text{控制因子}$$

「排放係數(或稱排放因子，Emission Factor)」之定義為每單位生產量(能源

消耗或服務量)所排放之空氣污染量；「活動強度(Activity Intensity)」是指一段時間內之生產量(或能源消耗量或服務量)大小，主要配合排放係數之單位項目代入推估；「控制因子」係指污染源受到控制後與控制前之排放量比值。然而針對本研究要探討的車輛排放量，亦稱為移動污染源排放量，其計算方法可改寫為：

$$\text{排放量} = \text{排放係數} \times \text{車輛行駛里程} \times \text{車輛數}$$

用以評估移動污染源排放係數主要有兩種模式：COPERT 排放模式與 Mobile 排放模式。COPERT(Computer Programme to calculate Emissions from Road Traffic)係由歐盟環保署(EEA)所資助發展而成的車輛污染推估模式，該模式將污染物分成四大類：第一類包括 CO、NO_x、VOC(揮發性有機化合物)、PM(懸浮微粒)等；第二類包括 CO₂、Pb 等重金屬污染物；第三類包括 NH₃、N₂O 等；第四類將非甲烷揮發性有機物(NMVOC)細分成烷類、烯類、炔類等。但其中僅第一類污染物是以車輛實際測試的方式建立其相關資料，其餘三種污染物類別之排放推估則是以其他污染源模式做為其主要之推估依據。在車種方面，COPERT 推估模式所能包含之車種主要包含以下幾種車型：Passenger cars、Light-duty vehicles(<3.5t)、heavy-duty vehicles(>3.5t)、Bus、Mopeds 與 Motorcycles。每種車種再依據使用之燃料、排氣量大小等特性分類。

Mobile 模式係由美國環境保護署(US-EPA)所發展，針對八種不同車型種類進行排放係數之推估。藉由不同車種的基本排放係數、車輛組成特性、車輛啟動特性、燃料特性等因素，以及五種不同的排放型態，估算 CO、HC 以及 NO_x 之平均排放係數。目前此模式發展至今經多次修正後發展至 Mobile 6.2，對於過去之模式已有大幅度的修正。而目前台灣主要在排放係數的推估上，是使用中鼎顧問公司的 Mobile-Taiwan 2.0，主要是將美國之 Mobile 模式中部分參數本土化。

Marmur and Mamane(2003)利用上述兩種資料庫以推估移動污染源之排放因子，分別為排放模型以及實際排放資料，並以 FTP 的行駛型態作為排放模型的基本設定，而實際之排放因子是來自隧道實際行駛條件下所蒐集建立。文中是以以色列三條快速道路作為研究之地點，主要排放模式採用 COPERT 與 Mobile 來推估 NO_x 排放係數並與實際排放資料相互比較，結果發現因不同車種組成比例對於整體排放係數之推估也會有所差異，Mobile5b 的推估適用於柴油車輛比例較高的情況，而綜觀而言 COPERT3 是以色列地區較為適用的模式。

藉由排放係數的計算可以得知污染物在空氣中的排放總量，但是由於不同的氣象條件以及地形因子等條件，會使得污染物在空氣中有著不同的傳輸情況，而僅計算污染總量並無法得知污染物在空氣中之擴散情形；因此擴散模型主要是利用數理方程式描述大氣、擴散、煙流的過程，以計算不同地點之濃度。為了瞭解各種污染物在空氣中的擴散情況，近年來發展了許多污染擴散模型，而各種模型均有其特性、限制以及適用範圍，主要可分為四大類型分別為：箱型模式(Box Model)、高斯模式(Gaussian model)、Lagrangian model 以及計算流體力學模式(Computational fluid dynamic models, CFD)，較為常見的污染擴散模式為高斯擴散模式，以下將針對此模式做詳細介紹與文獻探討。

高斯模式中主要共可兩種預測方法，煙流(Plume)以及煙陣(Puff)，兩者皆是以高斯分佈作為煙流或者煙陣之分佈假設。高斯煙流模式是目前運用最廣泛的大氣擴散模式型態，其原理是煙流垂直與水平擴散方向在穩定狀態下呈高斯分配，Pasquill(1961)與 Gifford(1976)指出煙流寬與高之氣象穩定度設定由 σ_y 與 σ_z 來決定。目前發展許多以高斯方程為架構之擴散模式，如 CALINE(California Department of Transportation)、HIWAY(US EPA)、CAR-FMI(Finish Meteorological Intitute)、GFLSM、IITLS 等。其中，GFLSM 以及 IITLS 模型是較為方便運用之數值模型。

Goyal and Rama Krishna (1999)針對印度德里地區之 NO_2 濃度進行分析，文中以 CALINE3 以及印度理工學院(IIT)所發展之線源模式「IITLSM」與實際觀測的空氣品質相互比較，藉以檢驗兩種模式模擬之績效。結果發現，在平行風的情況下 CALINE3 之濃度模擬結果會有高估的情況，在斜風以及側風的情況下模擬結果會有低估的情況。兩種模式皆能夠有效的預測道路之 NO_2 濃度，其中又以 IITLSM 模式與觀測值具有較為顯著的相關性。

Wang *et al.* (2006)探討香港地區之都市路側區域因交通而引起的氣體以及粒子排放擴散特性。研究中選定三段市區道路進行實地量測，同時並以 GFLSM 推估其路側污染物 CO 與 $\text{PM}_{2.5}$ 之濃度，結果顯示該模型能夠準確的預測污染濃度的分佈情形，因此 GFLSM 為評估香港城市內空氣品質的適當模式。

Lin and Ge (2006)利用格位傳遞模式(CTM)模擬車流的運行行為，並且利用高斯擴散模型 CALINE4 來估計一道路之交通排放以及路邊空氣品質。根據 CTM 之特性，以格位為單位進行污染排放之計算以模擬污染物之擴散情形，並假設號

誌、相關之車流變數以及設定相關大氣環境變數以模擬實際之道路交通情況，並將道路分割成十個格位，以距離路緣 3 公尺做為擴散預測的地點，分散於道路的四個位置。污染排放係數以 MOBILE6 進行推估，結果發現，車流模式可以充份模擬車輛在尖峰以及離峰之行為，在污染物方面發現越接近路口 CO 之濃度變化比上游路段有更大的變化，污染程度也以靠近路口處較為嚴重。

煙陣模式係在煙源不斷連續排放，而將排放體以短時間切割，短時間之排放體為一煙陣之擴散，煙陣之分佈情形亦假設為高斯分佈。Thomson and Manning(2001)針對於低風速狀態下穩態之高斯煙陣模式，提出一新的求解方法。作者將煙陣模式擴散行為分為小型時間以及大型時間尺度，並以拉式積分時間尺度(Lagrangian integral time scale)做為擴散時間長短分隔之準則。此種方式之用意在於整合在不同時間下之煙陣，並且假設在短時間下煙陣成長會與時間成正比，在長時間下會與時間的均方根成正比。文章中並以此模式與高斯煙流模式相互比較，並發現此模式有著良好的擴散推估能力，此模式也有效的說明在低風速下煙陣的變化情形。

邱煜勝(民 100)結合混合車流模式模擬道路車流運行行為，以推估移動源排放量，並藉由空氣擴散推估模式分析在各種不同交控策略情境下之污染物擴散情形。進行混合車流格位傳遞模式與污染排放、高斯煙陣擴散模式之整合，提供一動態道路交通污染濃度推估模式。研究中探討一號誌化交叉路口，透過不同的號誌時制控制方案，進行區域內一氧化碳(CO)之排放與不同距離下污染物擴散影響的比較。結果顯示污染濃度之推估，會受到排放源強度、風速、受體與排放源點之距離等相關環境因素影響，且隨著距離的增加，平均污染濃度會有逐漸下降的趨勢。另外，延滯的增加雖然對於污染排放有明顯增加的情況，但對路口污染的濃度則沒有增加的趨勢。

污染排放必須根據預測地區環境的不同，應擇一合適之擴散模式，關於高斯煙流模式與煙陣模式之比較如表 3-2。經由文獻回顧發現高斯煙流模式是較常被使用之擴散模式，其原因在於能夠計算方便，能計算長時間下之濃度分佈情形，並且此類型之模式也有較為簡便之軟體可做應用。然而，本研究之目的在於號誌控制下之污染擴散影響，由於需要瞭解在短時間下的濃度分佈情形，由表 2-2 中綜合比較，煙陣模式能計算短時間內都市污染物濃度的分佈，與本研究之目的較為符合，因此，本研究對於計算車輛排放濃度的計算將會以高斯煙陣擴散模式做

發展。

表2-2 高斯擴散模式特性

預測模式	高斯煙流模式	高斯煙陣模式
概要	煙流(Plume)之分佈假設為高斯分佈，用以處理污染源的連續排放以及均勻之流場	煙陣(Puff)之分佈假設為高斯分佈，用以處理污染源的瞬間排放以及非均勻流場
適用範圍	1. 距煙源 20 公里內且地形平坦之濃度推定 2. 中小尺度的長期平均濃度推定	短時間內都市之污染物濃度分佈
輸入參數	1. 平均風速、風向 2. 大氣穩定度 3. 污染源之分佈 4. 煙囪煙道資料	1. 風速、風向之水平變化 2. 大氣穩定度 3. 污染源分佈 4. 排放量時間變化 5. 煙囪煙道資料
優點	1. 計算容易且理論符合亂流之不規則性 2. 適合長期平均濃度之預測 3. 適合平坦地形，固定煙源之濃度預測	1. 能配合氣象條件隨時空之變化 2. 適合無風狀況之濃度預測
缺點	1. 難以配合風系變化 2. 無法處理複雜地形之環境 3. 無法做無風狀態之解析	1. 煙陣之間隔大時始能應用 2. 不易考慮垂直風切及煙源間相互之影響

資料來源：邱煜勝(民 100)

進行車輛污染排放之相關研究，以往單純以車輛排放為主，但若僅考量排放量將對於人體影響程度將不直接相關，排放量為一純量且會累加的概念，若指標為排放量將會無法得知控制後的成果，因為累積的排放量仍然存在。若以污染擴散的概念進行控制，車輛排放經由擴散模式轉換後成為空氣中的污染濃度，濃度即為一流動量的概念，若以濃度做為控制指標，才能有效得知在門檻濃度值之前進行控制的成效。因此，本研究以車輛排放濃度的概念進行號誌控制，擬探討在

不同路側區域，甚至敏感地區例如學校、醫院等地方做情境分析，訂定不同的濃度敏感值進行控制，評估其績效。

2.3 號誌控制模式

依照「道路交通標誌標線號誌設置規則」(交通部、內政部，2007)以及「交通工程手冊」(交通部，2010)將交通號誌依照功用分類成三種：行車管制號誌、行人專用號誌，以及特種交通號誌。在本研究中探討混合車流中的污染擴散情形，進一步以號誌控制模式改善且評估結果，其中所要探討的號誌控制部分，將以行車管制號誌為主；交通號誌依型式又可分為獨立號誌、幹道連鎖號誌以及區域路網連鎖號誌。以下將行車管制號誌分別依功用以及型式的分類描述之。

2.3.1 號誌控制分類

所謂行車管制號誌，係藉圓形之紅、黃、綠三色燈號及箭頭圖案，依時間做交互變換的方式，分派不同方向之行進路權；或藉僅含紅、綠二色之圓形燈號，以管制單向輪放之交通。一般設置於交叉路口或實施單向輪放管制之道路上，依其運作方式可再區分為三種：定時號誌、交通觸動式號誌以及交通適應性號誌。

定時號誌(pre-timed signal)：定時號誌是控制邏輯中最基本的，其週期、時相數、時相長度與時相順序必須為定值，利用歷史流量資料，透過經驗法則或號誌軟體以獲得每日不同時段之最佳時制計畫；一般用於交通量穩定或變化有規律之地點。定時號誌控制為獲得週期與時比，最常利用最小延滯公式對週期加以微分即可獲得最小延滯週期，且具有簡單易行之特性，因此最為被廣泛應用及討論；但由於定時號誌控制之基本要素皆為定值，常導致無法即時針對車流狀況而加以改變時制，為其主要的缺點。

交通觸動式號誌(traffic actuated signal)：利用路口感應器以即時方式獲得車流資料，使觸動號誌能調整綠燈時間；相較於定時號誌控制，觸動號誌控制較沒有固定週期的概念，只有最大綠燈和最短綠燈觀念。其中，最大綠燈、最短綠燈與延長時間必須是已知的，不論車流量多寡，最短綠燈要能夠確保行人可通過該路口。一般用於交通量變化顯著且無規律，或主要道路和次要道路交通量懸殊之地點，若次要道路交通量變化甚大，感應器僅設於次要道路上，稱為「半交通觸動式控制」(semi-actuated control)，除非次要道路有車輛觸動感應器，否則主要幹道永遠為綠燈；若各交通量相近但變化甚大且不規律，感應器設於所有道路上，稱為「全交通觸動式控制」(full-actuated control)。觸動式號誌的優點是可以即時

反應交通狀況，缺點為感應器裝設與維修費用較為昂貴，成本較高。

交通適應性號誌(traffic adaptive signal)：適應性號誌與觸動號誌相似，但必須在每一車道佈設偵測器，以精確和完整地收集車流資訊，將此資訊傳送至中央控制電腦，針對相關車流情況對週期、時比與時差做即時調整。適應性號誌控制系統廣泛地被使用，例如在都市交通控制系統中之英國SCOOT(Split, Cycle and Offset Optimization Technique)系統、歐洲的SCATS(Sydney Coordinated Adaptive Traffic System)系統以及美國OPAC(Optimization Policies of Adaptive Control)策略等等。

交通號誌依型式又可分為獨立號誌、幹道連鎖號誌以及區域路網連鎖號誌。以下將分別描述。獨立號誌(isolated signal)：運作方式為未考慮鄰近路口號誌，各路口號誌獨立運作，不影響其他路口號誌稱之為獨立路口號誌控制。幹道連鎖號誌(coordinated signal for arterials)：幹道系統中兩個或兩個以上號誌同時運作，透過號誌連鎖提供車流擁有更多續進機會，使車流運行更加順暢。常見之設計方法有同亮系統(simultaneous system)、迭亮系統(alternative system)以及遞亮系統(progressive system)。其號誌時制設計的方法由理論層面而至電腦軟體程式之應用相關文獻眾多，並持續為交通工程學者所研究與發展中，並已廣泛運用於目前相關交通控制軟體中。區域路網連鎖號誌(coordinated signal for networks)：路網號誌控制是將幹道號誌擴展並考慮各個方向續進帶寬，為控制範圍中最廣泛的一種。是以車輛偵測器去不斷蒐集路況資料，經電腦設備之處理、運算，以控制區域性的路網，使整體車流延滯最小之號誌。

2.3.2 適應性號誌控制應用

在本研究中探討混合車流中的污染濃度擴散情形，進一步以號誌控制模式改善且評估結果，為反應即時的交通狀況，將以適應性號誌控制為基礎做號誌調整，所以以下文獻將以適應性號誌控制之應用在獨立路口、幹道連鎖以及區域路網的控制做回顧。

應用於獨立路口的適應性號誌控制上，Trabia *et al.*(1999)研究模糊邏輯交通號誌控制設計，使用的方法為兩階段(two-stage)，在第一階段是由偵測器收集到資料估計出「交通強度」(traffic intensity)，依照此強度資訊，將會在第二階段用來決定是否延長或者終止現有的綠燈時向。第一階段使用的模糊描述為車流量和車隊，建構出交通強度(TR)的規則庫；而每個行向綠燈的交通飽和度是由最大車

流量 O_{max} 和最大車隊長度 Q_{max} 所觀察到， O_{max} 與 Q_{max} 是梯形隸屬函數，語意等級分為零(Z)、少量(S)、中等(M)和大量(B)。再來由紅燈與綠燈時的 TR 建構出交通號誌轉換的規則庫，其中 E 為延伸綠燈時間，T 為終止現在的綠燈時相。綠燈延長為 3 秒，表示當上游偵測器沒有偵測到來向的車輛持續 3 秒且雙向車隊為 0 時，控制器會由綠燈轉換為紅燈。結果顯示當紅燈與綠燈時的交通飽和量都很高的時候，會需要較長的週期長度，因此時相延長(E)是適當的。此研究的績效會依據平均車輛延滯和停等車輛數的比例計算出，結果顯示當維持停等車輛的比例時，此方法控制能夠導致相對於觸動式控制較低的車輛延滯。

Chiou and Lan(2004)則是建構應用於號誌化路口的基因模糊邏輯控制(Genetic Fuzzy Logic Controller, GFLC)反覆演算法，依序去選擇邏輯規則和轉換隸屬函數，並在台北市的獨立路口做驗證。研究的概念類似雙層數學規劃，上層是用來解決用在隸屬函數的邏輯規則，下層則決定從上層邏輯規則得來的隸屬函數形狀。GFLC 模式使用綠燈時的交通流量(TF)和紅燈時的車隊長度(QL)為狀態變數，是否延伸綠燈時間(EGT)為控制變數，假設每個變數都在三角型隸屬函數中有五個語意等級，總共將會有 125 個可能的邏輯規則；最後則以流體近似法估計出的總車輛延滯做為績效評估準則。研究效率將與三個定時號誌時制計畫做比較：單一最佳化、多重最佳化以及 Webster 模式。由實證案例的驗證顯示出 GFLC 模式，可以完成幾乎跟多重最佳化時制相同的結果，且會優於單一、Webster 和現有的時制計畫；並且當車流量隨機變動 10%、30%和 50%時，GFLC 模式結果最佳、當車流量大時的控制績效也較好。

Zheng *et al.*(2010)以交通號誌控制系統為研究主軸，介紹用反覆學習控制(Iterative Learning Control, ILC)和模糊邏輯方法設計的適應性資料導向(data-driven)交通號誌控制器，進而改進路口的容量。研究中的號誌控制策略，可以藉由本身的反覆學習去適應變動的交通流量，並且用模糊邏輯去處理交通系統中的不確定性和隨機性，避免太過複雜的交通系統模式。控制策略中有三個主要的部分：評估績效指標模組、反覆最佳化模組和控制執行模組。反覆最佳化模組是由綠燈時間、績效指標和歷史資料所組成，計算原則是下一個週期的綠燈時間會經由反覆的最佳化、模糊控制以適應車流量的變化，得到最大效率的綠燈時間。並且使用由到達車輛和車隊長度組成的佔有率資料作為績效指標的評估。此篇研究建構的模式是應用於獨立路口的號誌控制，模式的優點為可以迅速反應變

動的車流量。最後使用 VISSIM 模擬的結果驗證效率，結果顯示號誌週期策略會有效隨著交通流量做變動，並且此篇研究所建構的方法，會比定時和觸動式控制方法更有效率。

在幹道連鎖控制上，Wolshon and Taylor(1999)應用 SCATS，使用偵測器去監控流量狀況並且連鎖號誌設定，當流量接近容量時用以最小化停等數和延滯時間。此研究使用巨觀的模擬程序，在固有的延滯參數設定下，分析 SCATS 號誌控制與一般適應性號誌控制策略的不同之處。SCATS 其中的 SOAP(signal operations analysis package)分析程序，可使用延滯、停等車輛數、油耗、車隊長度和其他車流特性做為 MOE 指標，並且在短時間內就可計算出結果；但此模組的限制就是假設車輛在每個週期到達時都呈均勻分配，且都不受上游號誌影響。研究結果顯示當在 SCATS 控制下，會有較高的平均總路口延滯，會導致此結果是因為 SCATS 的目標在於平均飽和流量，而不是最小化路口延滯。SCATS 控制將可以使平均延滯較為均衡，模擬結果顯示在高流量和低流量行向上的變異數都減低，並且 SCATS 對於在減低低流量區間的延滯上，會較高流量時有效率。

Chiou and Huang(2011)為了發展適應性交通號誌控制模式的效率，研究考慮到交通流量、汽車與機車的車隊長度做為狀態變數，以及延伸綠燈時間做為控制變數，並以最小化總車輛延滯為目標，建構一個新的漸進式基因模糊邏輯控制 (SGFLC)。為了解決亞洲城市汽車與機車混合的道路特性，研究中的混合交通格位傳遞模式(MCTM)將用來解釋混合的交通行為。狀態變數的設定分為三種模式，第一種考慮四個狀態變數：小汽車流量、機車流量、小汽車車隊長度、機車車隊長度；第二種則是分別對車流量和車隊長度將機車與汽車做權重加總，機車權重為 PCE (研究設定為 0.3)；第三種則是直接將機車與汽車做加總，只考慮總和的流量以及車隊長度兩種狀態變數。在 MCTM 模式裡面的主要參數：最大流率、最大儲存容量、剩餘儲存容量(remaining storage capacity)，除了在自由車流的情況下，小汽車與機車將會互相競爭。為了驗證 SGFLC 模式的控制績效，會與兩種定時時制計畫和兩種適應性號誌時制模式做比較，結果顯示 SGFLC 模式是最好的，並且在交通流量變動大時，SGFLC 模式甚至會有更好的績效，所以 SGFLC 為一個有效率、健全且具應用性的號誌控制模式。

對於市區路網的適應性號誌控制上，Stevanovic *et al.*(2008)結合 VISSIM 微觀模擬程式，並使用 GA 的方法去同時最佳化大眾運輸和私人運具的交通號誌時制，

稱為VISGAOST(VISSIM-based Genetic Algorithm Optimization of Signal Timings)。隨著交通議題日趨重要，運輸號誌優先(Transit Signal Priority, TSP)的概念是使用交通控制的方法讓車輛在號誌化路口得到優先權，使運輸服務更可靠、快速、具有效率。研究中的績效指標(PI)為總延滯和停等車輛數的加權總和，此PI值越小越好。在基因演算法的運算中，VIAGAOST使用轉盤式(roulette wheel)選擇進入到下一個世代的時制計畫，並對每個時制計畫使用單點交配(single point crossover)。對於最佳化的效率評估，使用四種GA參數：交配率、突變率、GA裡的號誌時制計畫數，以及GA的世代數。此篇研究在驗證VIAGAOST的使用分為兩種，第一個為VISSIM的基本號誌時制參數，設定在美國猶他州的Park City，為有12個號誌化路口的郊區路網；另一個評估基本以及TSP號誌時制設定的最佳化，則是在紐約的Albany 7個號誌化路口的市區走廊。其結果顯示兩種情境使用VIAGAOST模擬，相較於SYNCHRO的模擬都有更良好的績效，可以改善整體交通狀況且減少行人的延滯。

2.3.3 小結

本節依以上回顧之適應性號誌控制模式做整理如表 2-3。適應性號誌控制之方法甚多，近年來的研究也指出應用基因演算法於模糊邏輯控制的基因模糊邏輯控制方法(GFLC)，對於市區道路以及高速公路匝道儀控都有顯著的成效，可得知此方法將會適用於號誌控制的應用，因此，本研究擬以基因模糊邏輯控制做為適應性號誌控制模式的研究方法，進而結合污染濃度的概念進行最佳化。

表2-3 適應性號誌模式整理

作者	年份	應用模式	號誌地區	內容
Trabia <i>et al.</i>	1999	模糊邏輯控制	獨立路口	使用兩階段(two-stage)方法，以交通強度規則庫判定是否增加綠燈長度。
Chiou and Lan	2004	基因模糊邏輯控制	獨立路口	依序選擇邏輯規則和轉換隸屬函數，以流體近似法估計總車輛延滯做為績效評估。
Zheng <i>et al.</i>	2010	反覆學習控制模糊邏輯方法	獨立路口	由反覆學習和模糊邏輯處理交通特性。包含評估績效指標模組、反覆最佳化模組和控制執行模組。
Wolshon and Taylor	1999	SCATS 模擬	連續路口	用偵測器監控流量並連鎖號誌設定；使用 SOAP 程序，以延滯、停等車輛數、油耗、車隊長度做為指標。
Chiou and Huang	2011	漸進式基因模糊邏輯控制	連續路口	考慮交通量、汽、機車車隊長度為狀態變數，延伸綠燈時間為控制變數，以最小化總車輛延滯為目標。
Stevanovic <i>et al.</i>	2008	VISGAOST	區域路網	使用 GA 最佳化大眾和私人運具的號誌時制，並運用運輸號誌優先的概念。

2.4 結合污染排放指標的號誌控制模式

在此章節整理出有關號誌控制模式，且結合污染排放做為績效指標或者改善對策的方法，可得知在目前關於污染排放的應用，在污染物的製造上，多會探討車輛的運行模式、而在交通控制策上多為車速限制、調整時制計畫、或者設置優先規則例如公車專用道等方法。歸納以上應用，以下文獻回顧將針對車輛運行與車速控制策略，以及對於號誌時制計畫策略的應用做探討。

2.4.1 車輛運行與車速控制策略

Li *et al.*(2011)指出車輛運行的減速、停等、加速都會造成市區路口的高污染排放，研究上通常會使用兩階段(two-stage)方法評估其效用。首先由微觀車流模擬軟體收集資料，再者建構車輛排放模式。模式建構分別為Model A最小化延滯、Model B最小化車輛停等數、Model C則是在停等數受限於UBS個時的最小化延滯計算；Model A和Model B的最佳解將決定UBS的上下界，Model C使用不同的UBS值來調查延滯和停等數之間的損益權衡。此研究使用動態規劃處理第一階段的最

佳化模式，再來由第一階段的結果進而使用VSP(vehicle specific power)模式去估計路口的排放量。研究結果指出當 $0 < \text{VSP} < 1$ 時四種污染物(CO_2 、 CO 、 NO_x 、 HC)為最低排放量，且車輛加速和減速時比怠速產生更多的排放；當車輛停等數減低時延滯會提高，減低停等數可能導致 CO 排放量降低、 CO_2 和 HC 排放量提升， NO_x 排放量輕微影響；但當有大數量的停等數減少時，四種污染量都提升。

若交控策略上使用車速控制的方法，Coelho *et al.*(2005)指出高速公路上設置有車速減速裝置，可以控制車流速度和減少意外發生，但也因此造成過多的延滯、車輛排隊情形，導致污染排放量增加。此篇研究以中觀的交通模式，和車速控制號誌排放績效的方法，呈現號誌控制變數(例如最小時制設定、車速門檻設定、最小綠燈情境)和環境與交通績效變數(例如碳化物、氮化物、氫化物的排放與延滯)間的交互作用，並使用攝影機錄影取得這些模式中需要拿來驗證的實證性資料。此篇研究的重要性分析是基於執法程度(駕駛者對於限速的容忍度)與增加的車輛排放量之間相權衡。分析中的輸入資料是交通流量和車道容量的比例(V/C)，此比例會影響交通控制和車輛排放的參數，控制比例的最大值為0.7，當數值大於0.7時的大量延滯數和排放量，將會是因為本身的擁擠導致而不是交通號誌控制車速的影響。模式結果顯示超速者受到車速減速裝置影響而成功停止的數量越大，會導致較高的污染排放量，與車隊受到號誌影響而停止造成延滯增加的結果相符合。

Kidane *et al.*(2009)則是呈現一個以模式為基礎(model-based)的交通控制方法，目的去改善路網中的交通流量和車輛污染排放量。建置的MPC(model predictive control)模式，使用跟車車流模式和以平均車速為基礎(average-speed-based)的排放模式。MPC的概念是以預測和移動水平面方法(moving horizon approaches)為基礎的最佳化控制。MPC會基於現有以及未來預測的系統狀態，做線上(on-line)最佳化控制；控制策略中以減低總時間花費(TTS)和總排放量(TE)做為績效指標。改善交通流量並不會降低污染的排放程度，且經由研究模擬結果指出，目標若僅著重減低旅行時間，將會有增加車輛污染排放的情形；同時考量旅行時間花費和車輛排放量兩者的減低，可在目標式中做出適當定義，且得到降低了37.53%的總排放量和11.23%總時間花費的結果。

而Madireddy *et al.*(2011)在比利時的Antwerp地區，不僅使用車速限制，同時探討關於號誌時制的控制探討污染排放的影響。其研究的量測指標有二：降低速

限以及交通號誌連鎖。研究中提到微觀交通模式考慮到個體車輛行為例如跟車、變換車道和超車行為等，所以會考量到許多細節的指標，例如煞車和加速度。計算現實中車輛停等啟動的污染排放尚不可得，此研究使用的Quadstone Paramics是最先進且結合微觀車流和排放模式VERSIT+的污染模式。VERSIT+中計算即時的CO₂和NO_x的排放是根據交通模式中的車速和加速度資料，使用複迴歸去計算不同車輛等級(包含輕型和重型車輛)的排放因素。模擬結果得到當號誌不連鎖時，輕型和重型車輛排放的污染分別增加9.5%和8.7%，原因是交通流受到許多干擾；且當住宅區速限由50KPH降低至30KPH時會減少25%的CO₂和NO_x排放；另一方面，建置市區幹道綠燈帶的號誌連鎖計畫，可得到依序降低10%排放量的預期結果。

2.4.2 最佳化時制計畫

對於污染排放在交控策略上的應用，Li *et al.*(2004)研究對於最佳化號誌時制的績效指標，主要改進交通品質、減低排放和車輛的油耗。目標式中三個不同的指標：延滯(D)、油耗(F)、以及污染排放(E)會使用不同的權重。其中油耗(F)需要考慮車輛加速、怠速以及減速時的情況，污染排放量(E)也被分為車輛行駛時的排放以及車輛怠速排放兩個部份；可由最小的績效指標(PI)值追求最佳的號誌周期長度C。案例探討一南京市的獨立路口，以交通流率V和1.2V做比較，將號誌周期從20秒增加至200秒逐一找最佳解，得到當交通流量越大時，最佳的號誌周期長度也需要增加的結論。

調整幹道連鎖號誌時制計畫的部分，Zhang *et al.*(2009)利用 PEMS(portable emission measurement system)系統，收集並且比較現實中北京有號誌連鎖以及無號誌連鎖路段的車輛污染排放結果，並且分析污染程度在駕駛行為循環和不同車速間的排放特性。利用微觀的交通模擬軟體 VISSIM 和以 VSP(vehicle specific power)層面為基礎的污染排放模式，建構整合一個交通污染排放的微觀模擬平台，並且用以評估號誌時階和交通流量的兩種交控策略的排放影響。污染特性分析結果得到使用號誌同步策略可有效減低 HC 和 CO 排放，但卻會增加 NO_x 的污染；駕駛循環中的加速期間污染排放都很高，還有 NO_x 在減速期間的排放也不可忽視；在車速方面，HC 和 CO 在時速高於 20KPH 的污染都降至很低，顯示此兩種物質必須在低速時受到控制。研究結論得知最佳化號誌控制規畫，可以有效的增進作業效率和減低車輛排放污染；且當交通需求量增加時，旅行時間會增加、平

均車速降低、污染排放因素會顯著上升，因此，降低交通需求為可以有效降低車輛排放和達到最佳化的作業。

對於在路網上的應用，Chen and Yu(2007) 建構一個整合交通模擬模式 VISSIM和排放模式CMEM的微觀交通排放模擬平台。研究中依序描述兩大模式：VISSIM可以獲得車輛跟車以及車道變換行為的資料；CMEM模式計算排放量做為考慮車輛運作模式的函數，包含車輛加速度、怠速等。實例驗證北京市的路網，並對小汽車、輕型貨車(LGV)以及公車三類車型做污染排放研究，提出改善交控策略並進一步分析其優劣。其中一策略分析設置公車專用道的效用，結果顯示設置專用道將會改善交通作業，減少平均旅行時間和平均停等延滯時間，且設置公車專用道可對公車減少了2.58%、5.02%、2.67%的CO、HC和NO_x排放；但此策略會提升小汽車和輕型貨車的污染排放，結果顯示設置公車專用道可以提升交通作業，但卻會增加總污染排放量。另一交控策略為最佳化號誌計畫，研究中增加5%的綠燈比，但保持號誌周期、全紅以及黃燈時間不變；結果顯示最佳化時制相對於現有時制將會減少17.9%的車輛排隊情形和減少25.4%的停等時間，且可以得到CO、HC和NO_x排放量都大幅減少的結果。

Ishaque and Noland(2008)則特別分析行人受到車輛排放和號誌時制的影響。由微觀模擬模式 VISSIM 編碼出一個複雜的路網，他可以追蹤車輛和行人的動向並與污染排放資料做連結；關於行人路徑上和交叉路口上的污染排放量是使用空氣擴散模式做估計。在此研究中也討論了變動的號誌時制和 CO 與 PM 污染排放對於行人影響的適當性。以微觀模擬軟體 VISSIM 與 CMEM 排放模式進行倫敦的馬里波恩路(Marylebone Road)實證模擬，號誌周期使用 66、81、96、111 秒四種控制情境。結果大致顯示越長的號誌周期將會導致較少的總車輛排放量，這對於在行人道上的行人是較好的現象；但對於在穿越馬路的行人，較短的週期才能使他們暴露在污染物中的時間較短。在交通管理策略的制定上，必須要在車輛旅行時間以及行人受到污染排放的暴露影響中做權衡。

2.4.3 小結

總觀結合車輛污染與交控方法的文獻，本節依以上回顧之污染排放結合號誌交控策略模式做整理，表格如表 2-4。可將其分為探討車輛運行方式、進行車速控管、以及號誌時制改變這三大類，其中在探討車輛運行方式的文獻上，多得到車輛的加速度會與污染排放最相關，當加速度越大時所排放的污染將會越大，得

知若要控制車輛加速度，將可以著眼於會影響車輛加速度的號誌時制以及車速限制上。所以本研究擬以適應性號誌控制做車輛運行的控制，進而改善空氣中的污染物濃度情形。

表2-4 污染排放結合號誌交控策略模式整理

作者	年份	應用方法	污染物	研究目標
Li <i>et al.</i>	2011	VSP	CO ₂ 、CO、NO _x 、HC	評估最小化延滯、最小化車輛停等數、停等數受限時的污染情形
Coelho <i>et al.</i>	2005	中觀車流模擬	碳氧化物、氮氧化物、氫氧化物	以車速控制探討車輛污染排放情形
Kidane <i>et al.</i>	2009	MPC 模式	-	以減低總時間花費和總排放量做為績效指標
Madireddy <i>et al.</i>	2011	Quadstone Paramics	CO ₂ 和 NO _x	降低速限以及交通號誌連鎖方法控制排放
Li <i>et al.</i>	2004	數學規劃	-	最佳化號誌時制，目標為改進交通品質、減低排放和車輛油耗
Zhang <i>et al.</i>	2009	PEMS、VISSIM、VSP	HC、CO、NO _x	評估號誌時階和改變交通流量這兩種交控策略評估
Chen and Yu	2007	VISSIM、CMEM	CO、HC、NO _x	設置公車專用道和最佳化號誌計畫對於實證路網的影響評估
Ishaque and Noland	2008	VISSIM、CMEM	CO 和 PM	行人受到車輛排放和號誌時制的影響

三、 研究方法

本研究旨在考量混合車流的交通狀況下，受車輛污染排放濃度影響之號誌控制模式，因此本研究之研究方法第一步將先針對所使用之車流方法：格位傳遞模式其基本內容進行介紹，進一步介紹格位傳遞模式結合混合車流之建構方式。第二，將利用混合車流格位傳遞模式之模擬結果，推估移動污染源之排放量，並利用所推估之排放總量進行污染物擴散之轉換計算，得到車輛污染濃度之結果。最後，將經推估轉換得到之污染濃度結合號誌控制設計，以基因模糊邏輯控制之方法做適應性號誌控制，將調整其週期、綠燈比、清道時間等號誌時制參數，與未調整前之資料做相互比較，得到最佳化之結果，其相關內容介紹依序如下：

3.1 格位傳遞模式

本研究於文獻回顧已介紹多種中觀車流模式，其中以格位傳遞模式的運算時間較少，以及運算方式更為簡便，因此本研究擬採用此模式進行混合車流行為之模擬。於此，本小節將針對格位傳遞模式之建構與基本假設進行探討，再進行混合車流模式構建之說明。

Daganzo(1994; 1995)為了能夠即時反應車流行為之模式而提出格位傳遞模式(CTM)，主要是將中觀車流中之簡單連續模式以離散化的方式加以推導，用以分析單一方向及單一出入口道路的密度變化。由於格位傳遞模式源自於簡單連續流模式(LWR 模式)，因此是從中觀之角度來描述車流運行行為，故忽略了車輛在格位中的相對位置。格位傳遞模式主要是將道路劃分成數個具有同質性之格位(Cell)，將各個格位從 1 至 i 依序編號，如圖 3-1 所示。

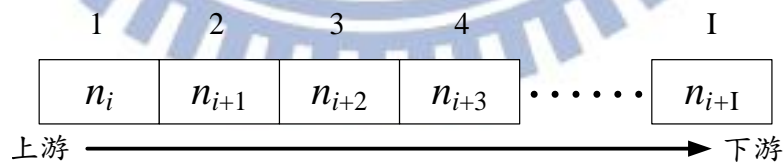


圖3-1 格位上下游劃分示意圖

而格位之長度取決於該道路上車輛在單位時間(t)所行走之距離，模式中假設車輛運行皆是以一格位為單位，因此忽略車輛在格位中的位置，關係式如式(3-1)，此式說明假設在無車隊的情況下，車輛不受到前方擁塞的影響，格位中的車輛在下一個時階可以順利抵達下游之格位。

$$n_{i+1}(t+1) = n_i(t) \quad t = 0, 1, 2, \dots, I \quad (3-1)$$

其中， $n_i(t)$ ： t 時階內，格位 i 內之所有車輛數

由於上述狀況為道路上之車輛均能以自由流速率(free-flow speed)行駛，然而在車流量較大的路段上，速率因進入瓶頸路段而降低時，上游格位的車輛可能無法全部抵達下游格位，亦即出現車隊等候的狀態。因此在格位傳遞模式中，為了模擬因擁擠而造成之車流變化情形，係將模式中之變數與格位特性做了新增以及限制，在給定一時階的條件下，在格位中的車輛數為 n_i ，每個時階所能流入下一個格位之流量為 y_i ，則決定流量 y_i 之限制如式(3-2)所式。

$$y_i(t) = \min \left\{ n_{i-1}(t), Q_i(t), [N_{i+1}(t) - n_i(t)] \right\} \quad (3-2)$$

其中， $n_i(t)$ ：格位 i 在時階 t 的車輛數

$N_i(t)$ ：格位 i 在時階 t 的可容納最大車輛數(擁擠密度)

$Q_i(t)$ ：格位 i 在 t 到 $t+1$ 時階可移動的最大車輛數(最大流量)

利用 $N_i(t)$ 以及 $Q_i(t)$ 分別表示格位中在單位時階內所能容納以及可移動的最大車輛數，並以 $[N_i(t) - n_i(t)]$ 表示格位 i 內所能再容納之車輛數。因此格位內之車輛數會受到前一格位之車輛數、可移動之最大車輛以及此格位中所剩餘之空間的影響，利用此條件模擬當擁擠情況發生時造成之車流變化情形。因此，格位 i 在單位時階 $t+1$ 之車輛數，可藉由格位 i 在單位時階 t 之車輛數，加上單位時階內流入車輛數扣除流出車輛數，方程式表示如下式(3-3)，圖示如圖 3-2：

$$n_i(t+1) = n_i(t) + y_i(t) - y_{i+1}(t) \quad (3-3)$$

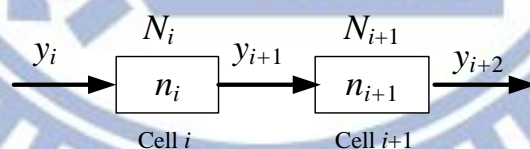


圖3-2 單一車流格位傳遞變數示意圖

資料來源：Lo et al.(2004)

格位傳遞模式則是根據上式不斷依時間變化而產生遞迴關係，因此可以透過遞迴模式瞭解每一時階中，存在於某格位的車輛數。而混合車流格位傳遞模式之建構係考慮多車流行為，由考慮單一車流行為延伸考慮多車流行為，探討汽車與機車之混合車流行為，格位車種由單一車種改變成汽車($n_i^c(t)$)與機車($n_i^m(t)$)兩種車種，如圖 3-3 所示，在最大流量與格位最大儲車空間都不變下，考慮汽車與機車車流行為，於最大流量與格位最大儲車空間的限制下，兩種車種進行格位傳遞時，產生競爭的現象。模式中將利用三種競爭型態—無競爭關係、最大流量競

爭及下游儲車空間競爭，分別討論如下：

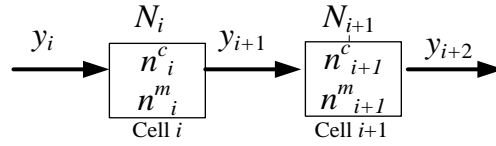


圖3-3 混合車流格位傳遞示意圖

資料來源：邱裕鈞、謝志偉 (民 100)

1. 無競爭關係

兩種車種在運行時，不因最大流量和下游儲車空間限制時，表示上游兩種車種混合之最大流量及混合密度皆小於上述兩者，因此，在上游之車輛數均可傳遞到下游格位。

2. 最大流量競爭

上游格位兩種車種車輛數相加大於最大流量時如式(3-4)，其中 α 假設為小客車當量，在式(3-4)條件下須考慮在最大流量限制，不同車種在此限制下可通過之流量。

$$n_{i-1}^c(t) + \alpha \times n_{i-1}^m(t) \geq Q_i(t) \quad (3-4)$$

由上面之關係，分別假設汽車與機車之最大流量分別為 $Q_i^c(t)$ 和 $Q_i^m(t)$ ，汽車及機車最大流量乘以小客車當量(α)總和會等於混合車流之最大流量 $Q_i(t)$ ，即 $Q_i^c(t) + \alpha \times Q_i^m(t) = Q_i(t)$ ，其中，混合車流最大流量，本研究假設為小客車在單位時間可通過之最大流量，進一步討論流量競爭關係，假設只有存在單一車種機車時，沒有汽車的競爭，汽車之最大流量為 0，機車最大流量與混合車流最大流量關係為 $Q_i^m(t) = \frac{Q_i(t)}{\alpha}$ ，然考慮汽車存在時，機車最大流量會受到汽車之影響，即汽車每增加一輛，機車之最大流量會降低，於此將此種關係是為混合車種之競爭關係，本研究假設兩車種競爭關係係透過一個最大流量競爭函數 $R^Q(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t))$ 所構成，其中為混合車流之競爭條件如格位之車輛數、速度及流量等關係，如式(3-5)所示：

$$Q_i^m(t) = \frac{\left[R_m^Q(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t)) \times Q_i(t) \right]}{\alpha} \quad (3-5)$$

式(3-5)為考慮競爭關係之機車最大流量，本研究設定競爭函數關係為百分比型態，當汽車車輛數為0時，競爭函數則為100%，表示機車最大流量在無汽車干擾下沒有損耗，則當汽車車輛數大於0時，競爭函數則會小於100%，表示出現汽車競爭時，機車會因汽車出現，減少機車最大流量，反之減少之百分比則會分配給汽車，百分比越大分配到的流量就越大，由以上之關係，汽車之最大流量可以下列式(3-6)表示：

$$Q_i^c(t) = \left[1 - R_m^Q(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t)) \right] \times Q_i(t) \quad (3-6)$$

當上游格位只有單一車種狀況時，無其他車種競爭時，則以該車種之最大流量傳遞至下一格位，關係如式(3-7)所示。

$$\begin{cases} \text{if } n_{i-1}^c(t) = 0, Q_i^m(t) = \frac{Q_i(t)}{\alpha} \\ \text{if } n_{i-1}^m(t) = 0, Q_i^c(t) = Q_i(t) \end{cases} \quad (3-7)$$

3. 剩餘儲車空間競爭

剩餘儲車空間競爭考慮格位密度對車輛傳遞之影響，於單一車流只需考慮單一車種對密度之影響，但在混合車流狀態，道路可容納之最大空間固定，因此兩種車種對空間存在競爭之關係，本研究係討論汽車與機車之混合車流行為，汽車和機車對於空間的分佈特性有若干差異，當下游密度已飽和，汽車無法傳遞到下游格位，但機車之車型相對於汽車小，前方有剩餘空間，機車依然能透過車與車間的空間到下游格位，為反映此現象，參考 Lan *et al.*(2010)將汽車與機車以格位為單位，以車型大小分配佔有之格位數，由此，本研究以機車為格位車輛數的基準單位圖 3-4 所示，探討機車與汽車的車型比例(l)，即一輛汽車車型約為 l 輛機車，關係式如式(3-8)所示，以此關係考慮下游剩餘可進入車流空間($S_i(t)$)如式(3-9)，其中壅擠指數(δ)為單一車流格位傳遞模式中，為使格位傳遞模式能與實際車流更吻合，在剩餘空間中考慮壅擠指數(δ)，模擬壅擠車流所產生之衝擊波之特性。

$$l = \frac{A^c}{A^m} \quad (3-8)$$

其中：

A^c 為汽車之面積。

A^m 為機車之面積。

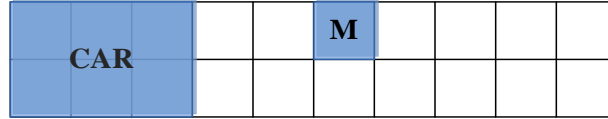


圖3-4 車種比例示意圖

$$S_i(t) = \delta \times \{N_i(t) - [l \times n_i^c(t) + n_i^m(t)]\} \quad (3-9)$$

其中，

$$\delta = \begin{cases} 1 & \text{if } n_{i-1}^c(t) + \alpha \times n_{i-1}^m(t) \leq Q_i(t) \\ \frac{w}{v} & \text{if } n_{i-1}^c(t) + \alpha \times n_{i-1}^m(t) > Q_i(t) \end{cases}$$

上述探討之儲車空間，當上游格位車量數大於下游格位之最大儲車空間時如式(3-10)，必須考慮混合車流傳遞至下游之競爭關係，考慮最大儲車空間之競爭函數 $R^s(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t))$ ，以上游不同車種車輛數分配可傳遞到下游之車輛數，考慮剩餘儲車空間以及競爭狀況，可以得到汽車及機車的剩餘儲車空間，關係式如式(3-11)和式(3-12)。

$$l \times n_{i-1}^c(t) + n_{i-1}^m(t) \geq S_i(t) \quad (3-10)$$

$$S_i^m(t) = R_m^s(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t)) \times S_i(t) \quad (3-11)$$

$$S_i^c(t) = \frac{[1 - R_m^s(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t))] \times S_i(t)}{l} \quad (3-12)$$

上述的模式構建中，確立混合車流之競爭關係，分別為無競爭、最大流量競爭及剩餘儲車空間競爭，然這三個競爭關係是將單一車流格位傳遞模式加入混合車流之特性建構混合車流格位傳遞模式，單一車種格位傳遞之關係參考式(3-2)，由考慮單一車種，進而考慮汽車($n_i^c(t+1)$)及機車($n_i^m(t+1)$)，如式(3-13)和式(3-14)所示，式中的 $y_i^c(t)$ 和 $y_i^m(t)$ 分別為由上述的三種競爭關係得來，整理成式(3-15)。

$$n_i^c(t+1) = n_i^c(t) + y_i^c(t) - y_{i+1}^c(t) \quad (3-13)$$

$$n_i^m(t+1) = n_i^m(t) + y_i^m(t) - y_{i+1}^m(t) \quad (3-14)$$

$$y_i^j(t) = \min \left\{ \begin{array}{l} n_{i-1}^c(t) \left[\frac{1 - R_m^Q(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t)) \times Q_i(t)}{\alpha} \right], \\ n_{i-1}^m(t) \left[\frac{1 - R_m^S(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t)) \times S_i(t)}{R^S(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t)) \times S_i(t)} \right] \end{array} \right\} \quad j = c, m \quad (3-15)$$

而格位中汽機車之平均速度($v_i^j(t)$)推估方法則以流量及密度之關係加以推估，如式(3-16)式所示

$$v_i^j(t) = \frac{y_i^j(t+1)}{n_i^j(t)} \quad j = c, m \quad (3-16)$$

3.2 污染排放與擴散模式

本研究於文獻回顧時已對污染的排放以及擴散模式做初步介紹，本章節將針對兩者的模式推估以及計算運作做詳細說明，並著重在污染擴散模式之部分。

本研究將以環保署所建構之 TEDS 7.0 線源排放資料庫做為道路污染物排放量之推估參考依據，並輔以 TEDS7.1 版的最新資料做推估。由於國內並無本土化之車輛排放係數推估方式，主要還是參考並引用美國之推估方式，對於各種污染物質之排放係數推估而言主要分為兩部分：一為 CO、NO_x 及 HC 之推估，主要係採用由中鼎顧問公司所建構之 Mobile-Taiwan2.0 模式或直接使用美國 Mobile 相關模式，而 TEDS7.0 版之推估皆是以 Mobile-Taiwan2.0 模式來進行。TEDS7.0 中之數值推估是以 96 年為基年進行更新與整理，而 TEDS7.1 則加入民國 97 年的資料。計算排放係數的區域由過去 TEDS5.1 與 TEDS6.1 之三區改為五區，分別為台北縣市(現台北市、新北市)、高雄縣市(現高雄市)、台中縣市(現台中市)、離島縣市及其他縣市等，因此在 TEDS7.0 中更新了包括上述五區各年份之平均排放係數。

本研究以資料庫中的「台北縣市」(現台北市、新北市)區域之資料做為排放模式推估之參考；在污染物推估上依照資料庫的「全國各污染源管制後排放量一覽表」，共統計 SO_x、NO_x、THC、CO、Pb、PM_{2.5} 等污染源，其中顯示 CO 佔所有污染源中 55.9% 為最高，因此本研究擬先以 CO 的排放推估為主；在車種之考量上，資料庫中的公路運輸車型，可分為自用小客車、汽油小貨車、公車/客貨車、大貨車、二行程機車、四行程機車、油氣雙燃料車等，而 CO 排放在所有公路運輸車型中以「自用小客車」佔 35.32%，與「四行程機車」佔 15.86% 為最

高，因此選擇以自用小客車與四行程機車兩種車種做為排放係數之參考，並符合國內汽機車混合車流之條件。其 CO 污染排放係數如表 3-1 所示。

表3-1 CO污染排放係數(克/公里.輛)

車速(km/hr) \ 車型	自用小客車	四行程機車
5	13.1300	11.5300
10	8.3300	6.9600
15	6.6200	5.0700
20	5.7900	4.1400
25	5.3000	3.6200
30	4.9900	3.2900
40	4.2700	2.8700
50	3.7800	2.6000
60	3.4600	2.4100
70	3.2400	2.3000
80	3.1300	2.2500
90	3.2300	2.3900
100	3.9100	3.3200

資料來源：行政院環保署排放清冊資料庫

為配合本研究之車流模式特性，須將該排放係數的單位進行轉換，將「克/公里」轉換為「克/秒」，並進行對車速(V)之排放函數配適；配適出小客車與四行程機車之 CO 排放函數型態如式(3-17)與(3-18)所示。

$$0.036-0.00035V+0.000078V^2-0.0000016142V^3+1.005\times 10^{-8} V^4 \quad (3-17)$$

$$0.025-0.00075V+0.000063V^2-0.000001182V^3+7.0755\times 10^{-9} V^4 \quad (3-18)$$

另外，由於 TEDS7.0 之排放資料庫中，並未針對車輛怠速(V=0)進行排放係數之推估，因此本文中之小客車怠速之排放係數引用自交通部運輸研究所(民 99)針對小客車於一般市區道路上之實車測試值為 0.04g/s，而機車的部分則引用自張安伶(民 94)的排放係數 0.029g/s，整體調整計算出之車輛車速對 CO 排放量之關係如圖 3-5 所示。

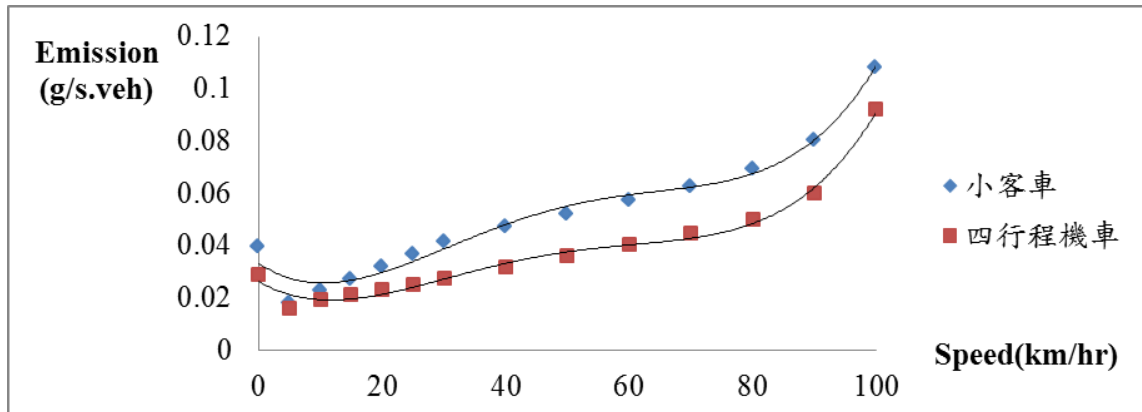


圖3-5 車輛車速與CO排放量之關係

而污染擴散係根據各種不同的方程式，利用排放清單以及大氣變數等條件來計算出結果。根據質量守恆的原則，微分方程被用於描述污染濃度因平均風速以及紊流擴散所造成的變化，而一般的高斯線源模式(Gaussian Line Source Model)是利用疊加的原理，受體的濃度是從無限個點源組成線源並將其進行加總，而這種從點源的擴散原理是假設各個點源是獨立存在的。另外，模式也假設點源是以煙流的方式散播至大氣之中，其濃度是往垂直以及水平方向分佈。

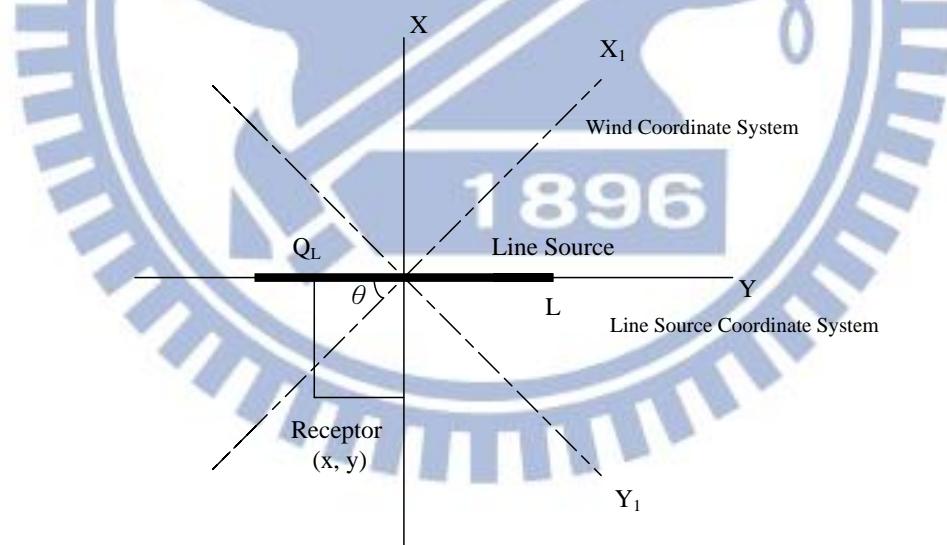


圖3-6 線源與風向座標系示意圖

資料來源：Nagendra and Khare (2002)

根據上述對於確定性線源模式的假設，風向座標系(X_1, Y_1, Z_1)以及線源座標系(X, Y, Z)便是線源模式發展的重要基礎，Nagendra and Khare (2002)描繪線源以及風向座標系之關係如圖 3-6。煙陣模式係在煙源不斷連續排放，而將排放體以短時間切割，短時間之排放體為一煙陣之擴散。經 t 時間後 x 、 y 、 z 軸方向之擴

散標準差各為 σ_x 、 σ_y 、 σ_z 之形狀擴散，隨著時間的經過，煙塊逐漸擴大。因此在煙陣模式中受體(x,y,z)經 t 時間後之濃度計算方法為：

$$\bar{c}(x, y, z, t) = \frac{Q}{(2\pi)^{3/2}} \int_0^t \frac{1}{\sigma_x \sigma_y \sigma_z} \exp\left\{-\frac{(x-\bar{u}t')^2}{2\sigma_x^2} - \frac{y^2}{2\sigma_y^2} - \frac{z'^2}{2\sigma_z^2}\right\} dt' \quad (3-19)$$

其中， Q 為排放源強度(unit/s)； σ_x 、 σ_y 與 σ_z 分別為 x、y、z 方向之濃度分佈標準差，為一與時間 t 有關之函數。 t' 為煙塊之形成時間。 $z' = z - z_s$ ，其中 z_s 為排放源點之高度， z 為受體與地面之高度(m)， \bar{u} 為排放源高度之平均風速。

Thomson and Manning(2001)指出穩態高斯煙陣的擴散型態分為 small-time 與 large-time，而其關係如式(3-20)所示

$$\frac{\sigma_x}{\sigma_u} = \frac{\sigma_y}{\sigma_v} = \frac{\sigma_z}{\sigma_w} = \begin{cases} t' & \text{if } t' \leq 2\tau \\ \sqrt{2\tau t'} & \text{if } t' > 2\tau \end{cases} \quad (3-20)$$

其中， τ 為拉氏積分時間尺度(Lagrangian time scale)，而 σ_u 、 σ_v 與 σ_w 分別為 x、y、z 方向之紊流均方根速度，當 $t'=2\tau$ 時 small-time 與 large-time 的值會相等；本研究將假設車輛排放污染源的擴散型態為 small-time。

Luhar(2010)藉由風速與風向等統計資料推估 σ_u 與 σ_v 分別為式(3-21)與式(3-22)所示，Caughey *et al.* (1979)建議近地層(surface layer)的紊流均方根速度為式(3-23)所示：

$$\sigma_u^2 = \bar{u}^2 [\cosh(\sigma_\theta^2) \{1 + (\frac{\sigma_U}{\bar{u}})^2 \exp(-\sigma_\theta^2)\} - 1] \quad (3-21)$$

$$\sigma_v^2 = \bar{u}^2 \sinh(\sigma_\theta^2) \{1 + (\frac{\sigma_U}{\bar{u}})^2 \exp(-\sigma_\theta^2)\} \quad (3-22)$$

$$\sigma_w^2 = (1.25u_*)^2 \quad (3-23)$$

其中， σ_θ ：風向標準差

σ_U ：風速標準差

u_* ：地表摩擦速率

3.3 基因模糊邏輯控制

自從適應性控制、學習系統等方法應用在越來越多的最佳化過程後，將基因演算法應用在模糊邏輯控制系統，已逐漸發展成為一項有利的工具，且基因演算法對於模糊邏輯控制之隸屬函數參數以及邏輯規則選擇，的確能夠提供一客觀的運作，近二十年來有許多以基因模糊邏輯控制(Genetic fuzzy logic controller,

GFLC)之相關研究產生，尤其在號誌控制上更有良好的效益。

3.3.1 模糊邏輯控制

所謂的模糊邏輯控制(Fuzzy Logic Control, FLC)，或稱模糊專家系統 (fuzzy expert system)、模糊推論系統 (fuzzy inference model)、模糊聯想記憶 (fuzzy associative memory)，是以推論為核心，利用領域專家的知識與經驗，建構成某種規則所組成的知識庫(knowledge based, KB)，然後根據受控對象的現況推論出對應的控制策略，以便模仿專家決策與控制行為，達到智慧化控制的目的。

其模糊邏輯控制基本架構如圖3-7。

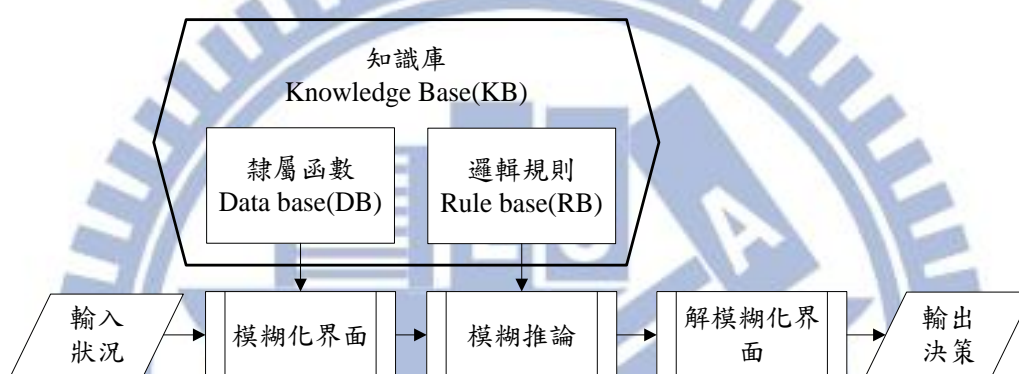


圖3-7 模糊邏輯控制架構

資料來源：馮正民、邱裕鈞(民93)

基因演算法用於在能從一個給定的資料庫，且此資料庫能夠達成維持控制績效下最小化規則數的目標，找尋最佳化某個規則的子集(包括規則的數量和規則的數值)。基因演算法將消除所有對於提高系統性沒有重大貢獻的不必要規則，同時最佳化控制器資料庫的規則；基因演算法搜尋也能剔除不適當的定義和規則衝突，因為它們會降低系統性能。因此，基因演算法可以在使用最低規則數量的系統下，用來設計出最佳化模糊控制。

要提出一個建立在基因演算法基礎的模糊邏輯控制過程，可能有以下特性：從人類語言控制經驗而來的語意資訊(linguistic information)，例如車速快、慢；車輛到達率高、低。如果是要設計出一個完整的控制系統，單靠語意的規則通常是不夠的，必須要有數量化的資訊，可從樣本的輸入-輸出(狀態控制)的成對實驗紀錄而來，但記錄也有可能不具任何語意資訊和具有完整的量化資訊。

而原始問題與基因演算法之間的關聯，主要由編碼與解碼做轉換。基因演算

法(GAs)是利用基因代表原始問題的決策變數，因此將決策變數轉換成基因演算法的基因，稱為編碼；反之將基因轉換回決策變數值則稱為解碼，其之間的關係可由圖3-8表示。本研究所使用之方法為逐步基因模糊邏輯控制，於3.3.2詳細模式介紹。

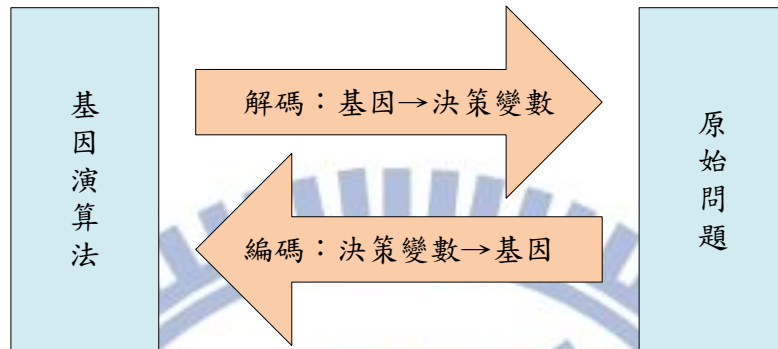


圖3-8 原始問題與GAs的關係

3.3.2 逐步基因模糊邏輯控制

1. 邏輯規則庫與隸屬函數庫之編解碼

考慮一形狀為三角形的隸屬函數，其每一語意等級的右底角、中心及左底角之位置參數分別為 c^r 、 c^c 及 c^l 。因此，每一語意等級變數有三個參數需要被校估，其次序為 $c^r \leq c^c \leq c^l$ 。

若直接以基因演算法校估各參數，則勢必要將所有的限制條件納入模式中，惟此作法將嚴重影響尋優之效率。為避免此一情況，本研究採用 Chiou and Huang (2011)所應用之編解碼方式來校估此三參數，其中設計 3 個位置變數 $r_1 \sim r_3$ 分述其關係如式(3-24)、(3-25)與(3-26)。

$$c^l = r_1 \tag{3-24}$$

$$c^c = r_1 + r_2 \tag{3-25}$$

$$c^r = r_1 + r_2 + r_3 \tag{3-26}$$

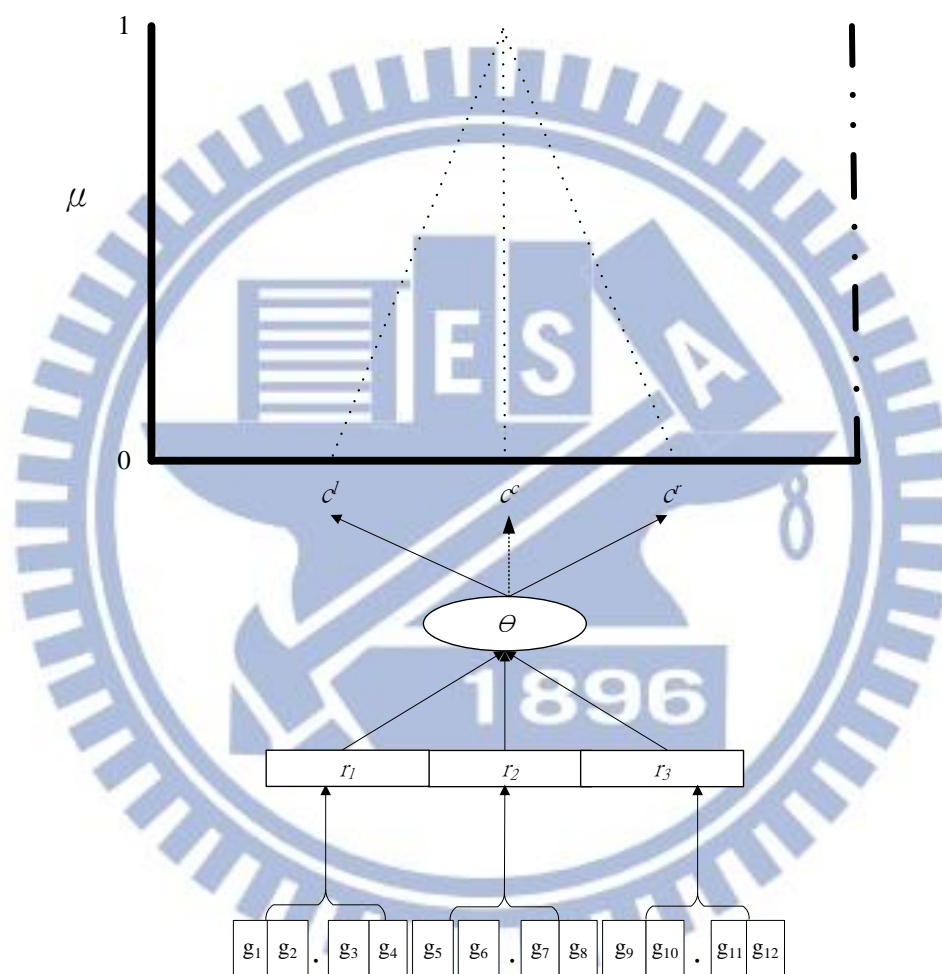
每個位置變數 r_i 係以 4 個實數基因代表之(如圖 3.9 所示)，為使求解參數之精確度達小數點後兩位，其最大值為 99.99，最小為 0。因此，以 2 個狀態變數與 1 個控制變數為例，每一等級之模式其染色體長度共計 $3 \times 3 \times 4 = 36$ 個基因。

2. 基因演算法運算元之運作

由於應用於求解最佳邏輯規則與隸屬函數之基因，均非 0, 1 整數，並不適採最常用之 SGAs 方法(simple Gas)，(Goldberg, 1989)。因此，針對基因運算法則中

最重要的交配與突變法則，本研究採用 max-min-arithmetical 交配方式以及 non-uniform 突變方式。

另外為保留原 SGA 之優點，也納入雙點交配方式 (two-point crossover)，由母代產生兩子代。因此，每個交配運算法則將由 2 個母代染色體產生 6 個子代染色體，再由此 8 個染色體中挑選適合度最高之 2 個，置回族群中，其他 6 個則予以刪除。



Note: $g_i = 0 \sim 9$

圖3-9 隸屬函數與邏輯規則編解碼方式示意圖

資料來源：Chiou and Huang (2011)

3. GFLC 逐步演化之機制 (Stepwise evolution of GFLC)

透過逐步演化過程，進行邏輯規則及隸屬函數選取的方法，與資料探勘中的逐步過程類似，每個階段主要在既有的邏輯規則及其隸屬函數中，自潛在規則集合中選擇可以改善整體績效最佳的邏輯規則及隸屬函數，如此週而復始直到沒有

規則可以改善目前績效為止，因此現有規則庫的組合即為最佳的控制結果。考慮一具有 n 個狀態變數 x_1, x_2, \dots, x_n 及一個控制變數 y 之 FLC，本研究所制定之績效指標為路口總濃度值，控制變數設定為綠燈延長時間。其逐步學習過程如下：

Step 0: 初始化: $s=1$.

Step 1: 更新現有儲存的邏輯規則庫

Step 2: 求解隸屬函數

Step 2-1: 產生具有 p 個染色體的初始族群，每一個染色體有 $12(n+1)$ 個基因，同時每個基因隨機產生 $(0, 9)$ 的整數。

Step 2-2: 根據現有儲存的邏輯規則組合，計算所有染色體的適合度值。

Step 2-3: 選擇

Step 2-4: 交配

Step 2-5: 突變

Step 2-6: 測試停止條件。令 f_s 在 s^{th} 演化時期為一最大的適合度，則停止條件則根據突變率是否達到給定的定值 η 而定。若是則跳至步驟 3，並令 $s=s+1$ ；否則則跳至步驟 2-3。

Step 3: 測試停止條件。若 $(f_{s+1} - f_s) \leq \varepsilon$ ，其中， ε 為一個給定的微小值，則停止並更新儲存的邏輯規則庫，現有儲存邏輯規則之組合即為最佳化的學習結果；否則，回到步驟 1。

3.4 小結

綜合本研究使用方法，首先以得到的車輛流量、格位密度應用在混合格位傳遞模式中上，得到各格位車輛速度；再將參數套入污染排放模式中與排放係數結合計算，得到擴散模式需要的排放源強度；並使用高斯煙陣模式計算出各格位的車輛污染濃度。最後使用基因模糊邏輯控制方法，以上述得到的濃度值作為模式的控制目標，再經由一連串的試誤學習與循環求解，求得最佳號誌控制結果；進一步可能設定一濃度門檻值，並對此濃度門檻值做號誌調控，使得整體路口濃度符合預期。本研究模式結合與應用如圖 3-10 之架構所示。

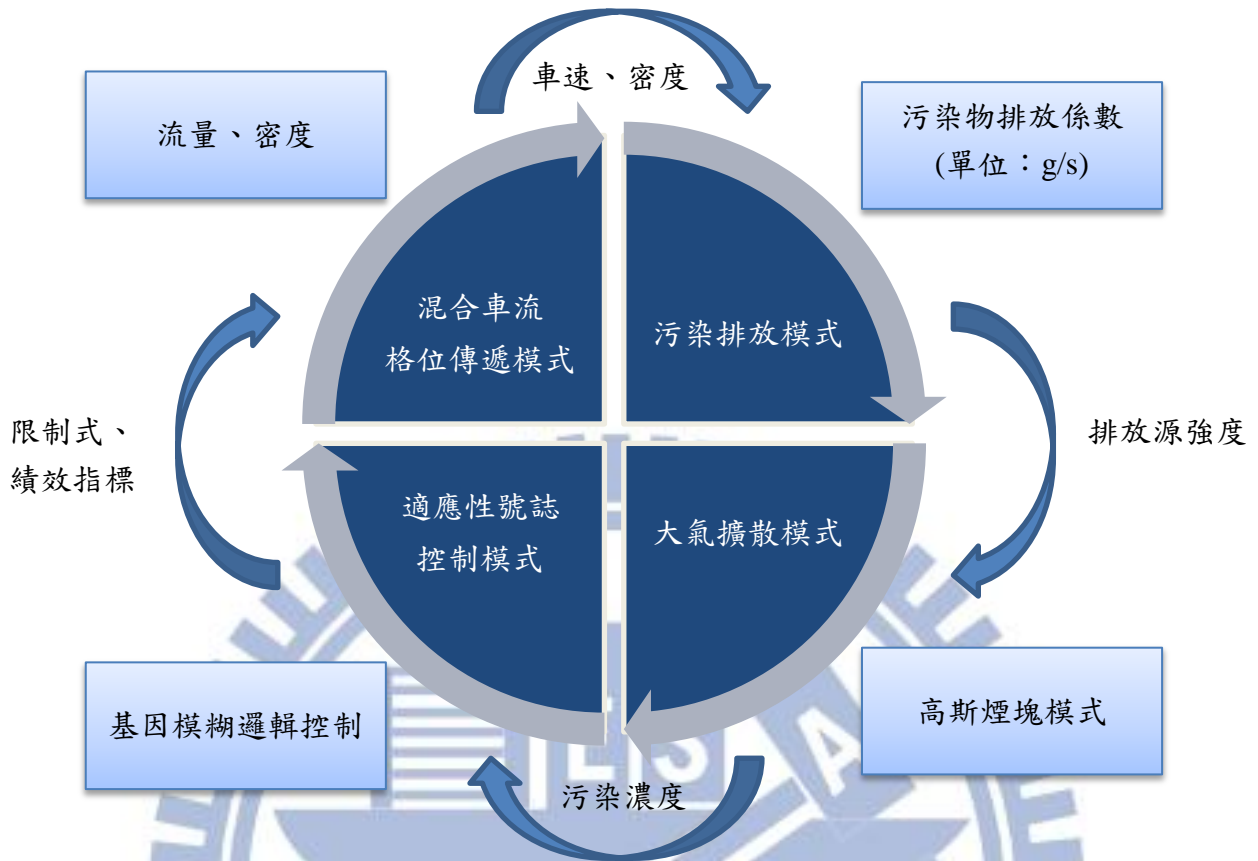


圖 3-10 研究方法架構圖

四、 模式應用

本研究旨在考量混合車流的交通狀況下，受車輛污染排放濃度影響之號誌控制模式，因此，本章節將透過設計之道路情境進行污染物排放以及擴散之推估，並針對濃度推估之結果做道路號誌控制應用，進一步與不同模式、不同情境相互比較其結果。

4.1 情境設定

格位傳遞模式運用的基本假設為「單一車道、單一車種、單一出入口及單一速度」，故模式的應用先選定一號誌化交叉路口做為模擬之情境，並針對本研究探討之混合車流狀況做修改。道路環境相關基本參數設定如表 4-1 所示。

表4-1 道路環境參數設定

參數	中文解釋	數值	參數	中文解釋	數值
T	模擬時間	3600(時階)	Lane	車道數	3(lane)
t	時階	2(s)	cell	格位數	23
Δ	壅擠指數	0.5	α	小客車當量	0.25
V_f	自由車流速率	50(km/h)	ε	最大小客車當量增量	0.2
Q	每格位最大流量	2(pcu/2s)	N	每一格位最大可容納車輛數(以機車為單位)	90(vehs)
l	汽機車車型比例	6	σ_U	風速標準差	0.7
σ_θ	風向標準差	1.6	u_*	地表摩擦速率	0.136
\bar{u}	風速	1.5(m/s)	z'	濃度偵測高度	3(m)

本研究設計之道路為十字路口(東向、西向、北向、南向)，每一方向畫分有 23 個格位，編號 1 為車流上游入口格位，編號 11 為路口前格位，編號 12 為路口，編號 23 為下游收車格位；一方向有三車道，設定市區道路速限為 50KPH；為確保每一格位能在時階(2 秒)內讓車輛順利通過，格位長度的計算為 $50 \div 1800 = 0.0278$ (公里)，因此劃定格位長度為 27.8 公尺；且格位寬度為三車道共 10.8 公尺，其車輛間的運行無特定型態，機車與汽車可併行且無內外側車道之分。偵測車輛污染排放濃度之受體，設計於距離道路水平距離 0.5 格位長度處、垂直距離 1 格位長度處。其道路格位設計如圖 4-1，受體與路口位置示意如圖 4-2。

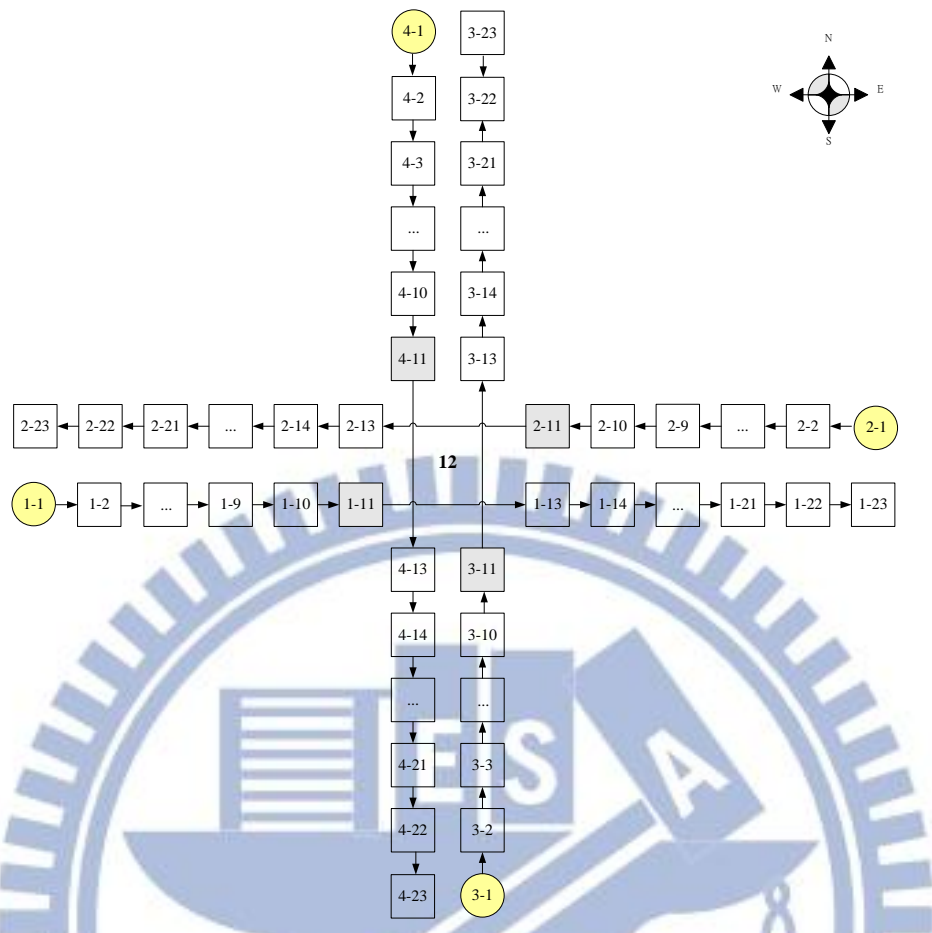


圖4-1 道路格位示意圖

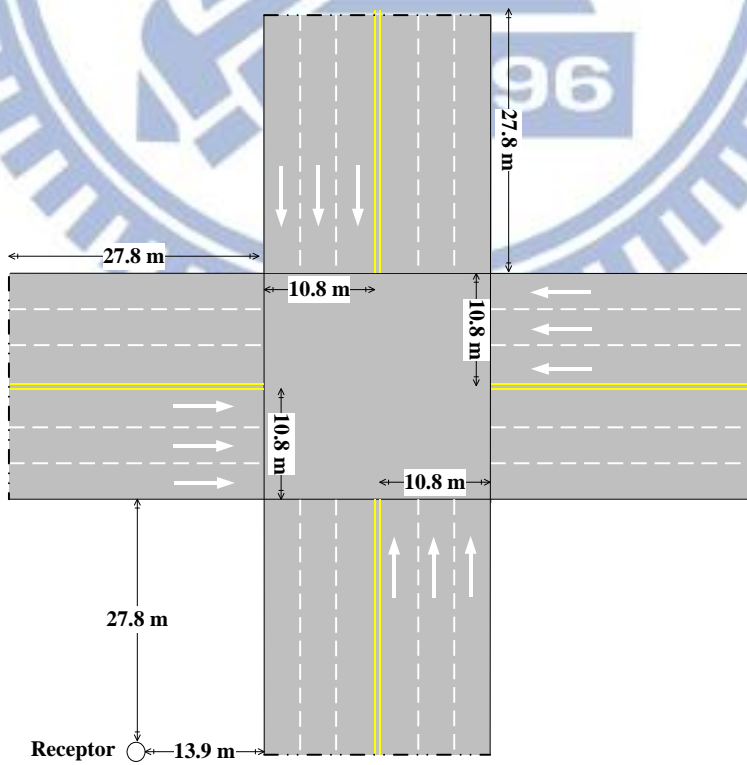


圖4-2 偵測污染受體與路口位置示意圖

而車流量設計為能夠訓練每種交通狀況的情形，其道路南北向之車流為在 3600 個時階內均均勻到達的情況，而道路東西向則有明顯尖離峰情形；東向與西向交通量相同，南向與北向交通量相同。在 1-450 與 3150-3600 時階為南北向車流量明顯大於東西向車流量之狀況，在 451-900 與 2701-3150 階為南北向車流量略大於東西向，在 901-1350 與 2251-2700 時階為東西向略大於南北向車流量之狀況，而在時階 1351-2250 則為東西向車流量明顯大於南北向，其整體道路車流量設計示意如圖 4-3 所示，其四類交通量會在之後的敘述中做詳細分類。

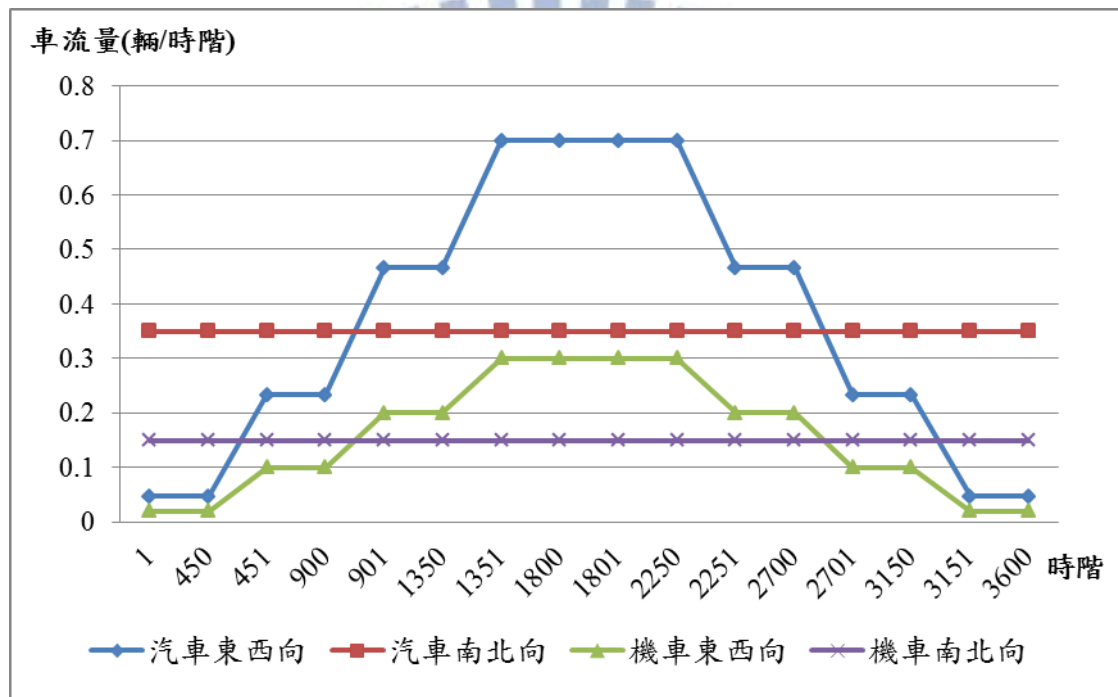


圖4-3 車流量示意圖

4.2 應用結果

本研究應用車輛排放量最小化之基因模糊邏輯控制，得到污染運算之結果。並與定時號誌、對道路污染濃度做限制之基因模糊邏輯控制兩種模式相比較，根據整體路口之時間污染變化、格位空間污染變化的結果作探討分析。

4.2.1 GFLC 應用

應用基因模糊邏輯控制之模式，本研究以汽車到達率(TFC)、汽車等候長度(QLC)、機車到達率(TFM)、機車等候長度(QLM)做為狀態變數，總路口排放量最小化為績效指標，是否延長綠燈時間(EGT)做為控制變數，為求得整體路口之污染排放量以及污染擴散濃度的變化結果。且其隸屬函數上下限之訂定，下限均為 0，到達率上限為車道容量，而等候長度上限為格位容納車輛數。本研究應用 GFLC 求得三條規則，其基因收斂世代如圖 4-4 所示。

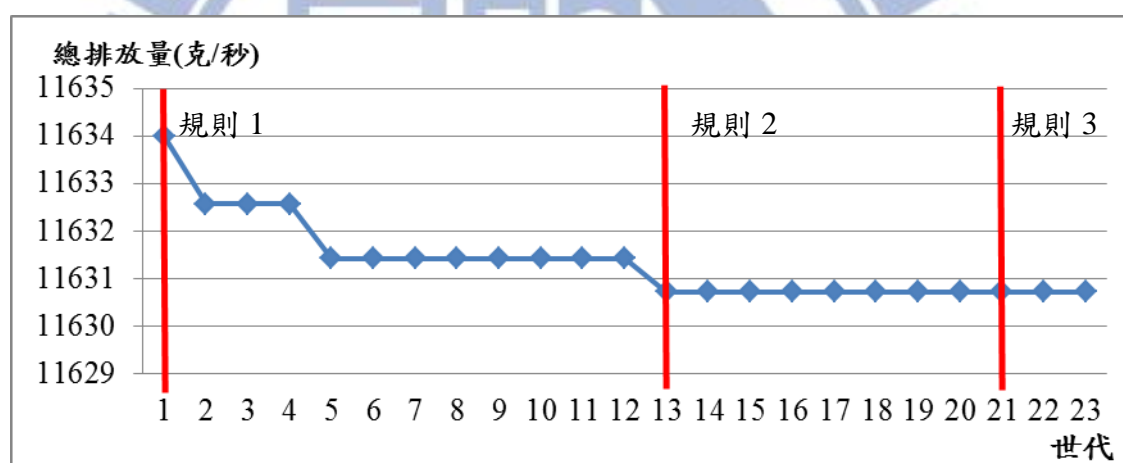
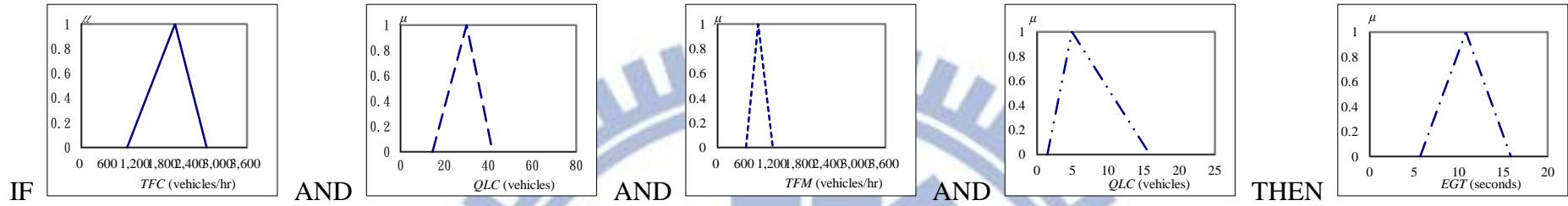


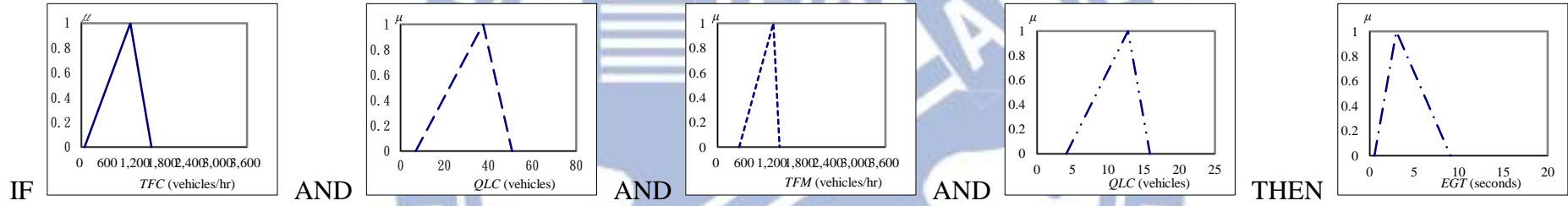
圖4-4 GFLC之收斂

本研究設定之基因模糊邏輯控制，其交配率為 0.03、成熟率為 0.95、族群數初步設定為 100。在經過 13 代收斂後得到總排放量 11631.43 為最小的結果，為規則 1；規則 2 則經由 9 世代收斂後得到總排放量 11630.73 為最小的結果；規則 3 則經由 3 世代收斂後得到總排放量 11630.73 為最小，三條 GFLC 邏輯規則如圖 4-5 所示。

規則 1 :



規則 2 :



規則 3 :

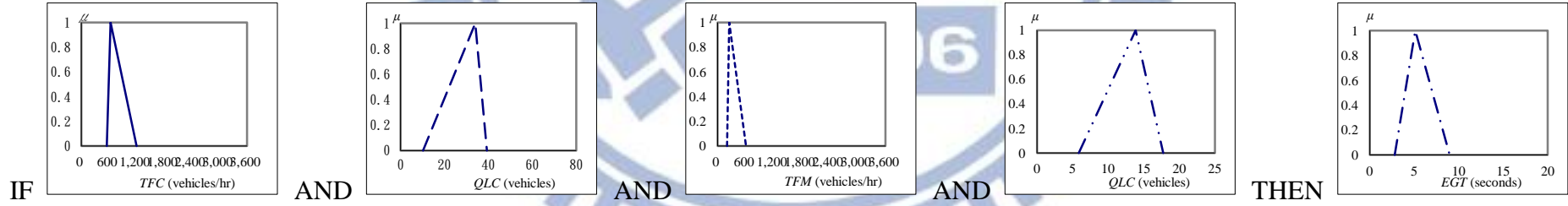


圖4-5 GFLC邏輯規則

本研究應用 GFLC 號制調控，其求得之污染排放量格位空間變化趨勢，如圖 4-6 所示。

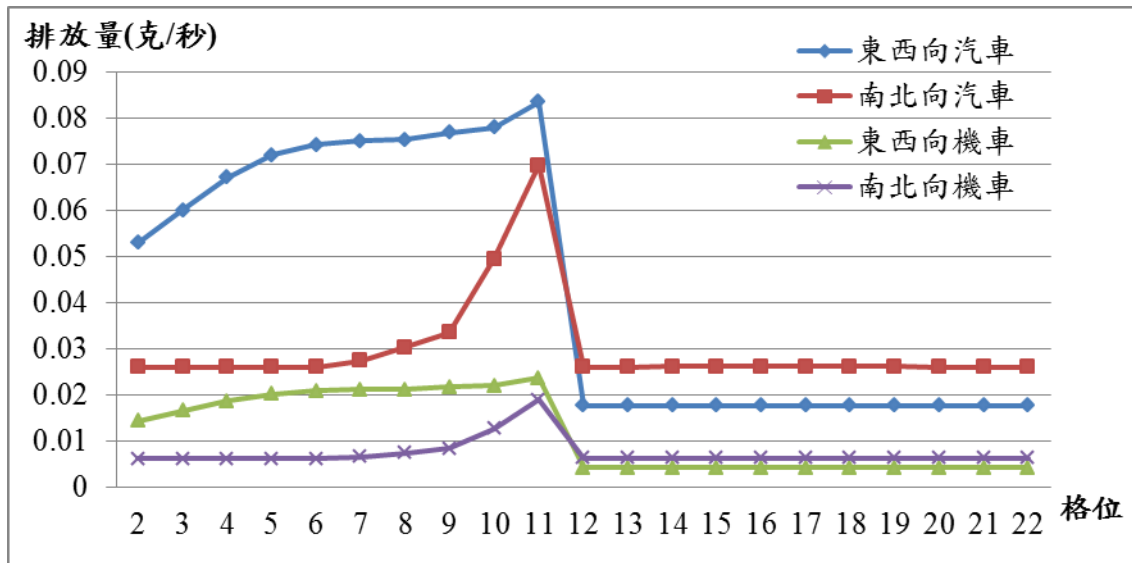


圖4-6 GFLC格位排放量

圖 4-6 可顯示平均兩小時(3600 個時階)的空間格位上的排放量趨勢，由於本研究設定之交通量東向與西向相同，南向與北向相同，相同交通量之排放量相等，故僅分別以汽車和機車的東西向與南北向表示。圖中顯示格位 11 為排放量最大之區域，格位 12 的排放量驟減，此種趨勢是因為格位 12 為路口，在清道時間內無車輛通過，所以平均時間內之排放量為最小；而格位 11 是路口前格位，即車輛在紅燈停等之格位，因車輛比其他格位多，故排放量為最大。而上游格位排放有遞增趨勢，推測是因為車輛抵達路口因紅燈停等而往後遞延，導致車輛在越靠近路口格位的排放量越大；下游格位的排放量呈現均勻現象，是因為車輛無路口紅燈停等的干擾，沒有堵塞導致格位內車輛增加的情形，故排放量也呈現平均分布。

應用基因模糊邏輯控制模式之路口排放量，其時間與車輛總排放量關係如圖 4-7 所示。其趨勢與交通量大致符合；並分別在 1-450 時階、451-900 時階、901-1350 時階、1351-2250 時階、2251-2700 時階、2701-3150 時階以及 3151-3600 時階有不同趨勢。以下將稱 1-450 與 3151-3600 時階時為第一種交通量，451-900 與 2701-3150 時階時為第二種交通量，901-1350 與 2251-2700 時階時為第三種交通量，1351-2250 時階時為第四種交通量。

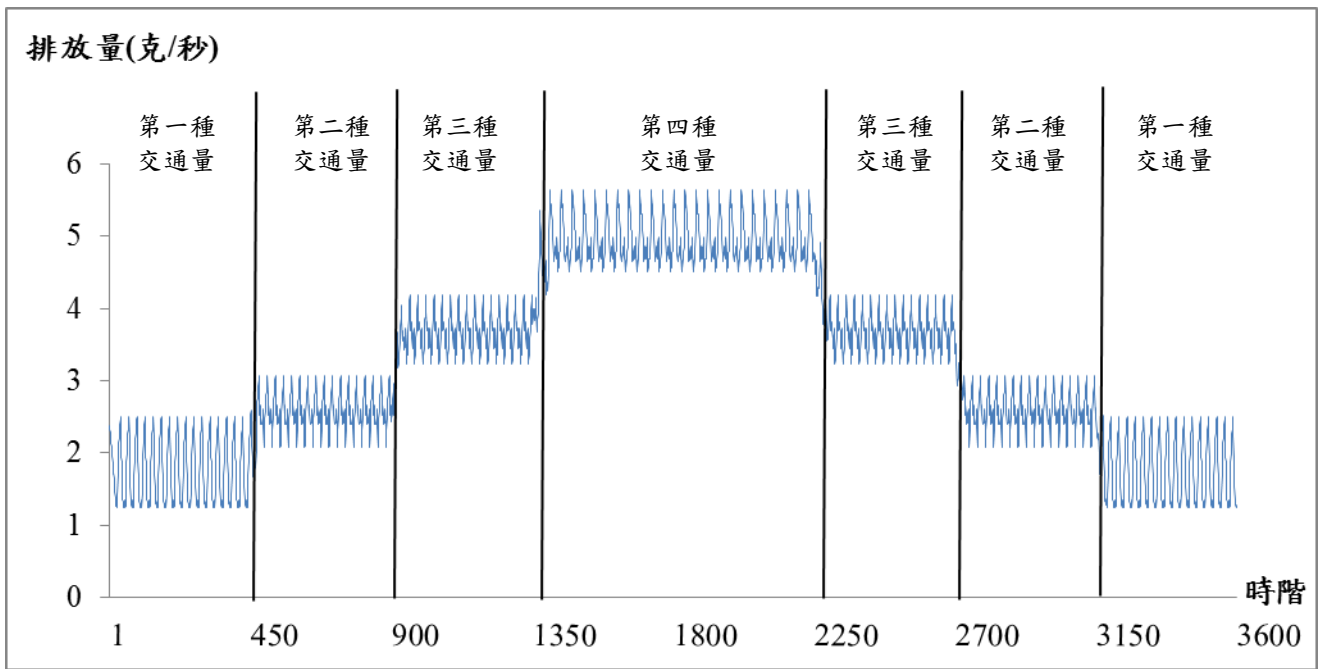


圖4-7 GFLC車輛總排放量

詳談排放量的趨勢分析，因格位 11 為排放量最大之格位，且路口前格位會有因號誌燈號轉變，排放量明顯消長的情形，故本研究探究格位 11 其四種交通量的南北向、東西向排放變化情形，分別如圖 4-8、圖 4-9、圖 4-10、圖 4-11 所示。

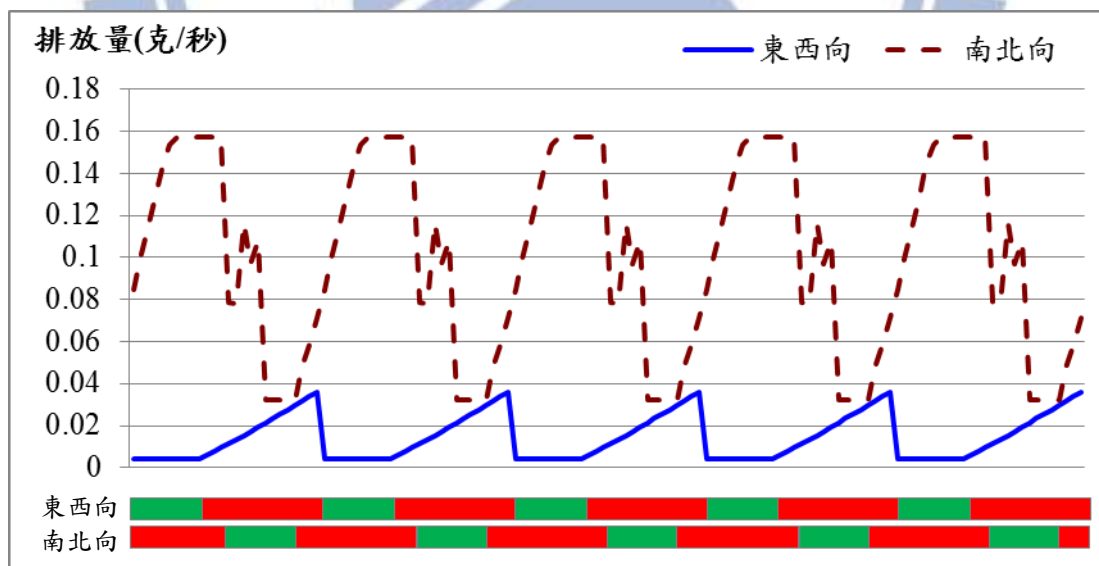


圖4-8 GFLC格位11之第一種交通量車輛總排放量情形

圖 4-8 顯示 GFLC 應用下，格位 11 之第一種交通量車輛總排放量情形，以及東西向與南北向號誌燈號變化；在第一種交通量下根據 GFLC 的控制，號誌調控結果為一周期 52 秒，東西向綠燈 20 秒，南北向綠燈 20 秒，清道時間 6

秒。由於南北向之車流量遠大於東西向車流量，而南北向之綠燈秒數與東西向綠燈秒數相同，故在此種交通量狀況和號誌時制下，會顯示出排放量南北向遠大於東西向，並且因紅綠燈號誌轉換有明顯消長情形。

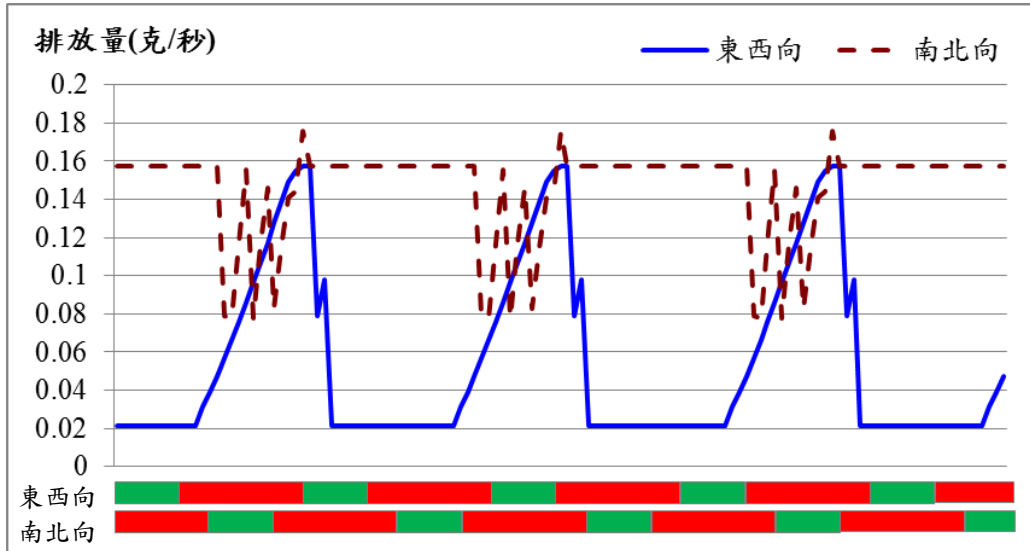


圖4-9 GFLC格位11之第二種交通量車輛總排放量情形

圖 4-9 顯示 GFLC 應用下，格位 11 之第二種交通量車輛總排放量情形，以及東西向與南北向號誌燈號變化；在第二種交通量下根據 GFLC 的控制，號誌調控結果為一周期 52 秒，東西向綠燈 20 秒，南北向綠燈 20 秒，清道時間 6 秒。由於南北向之車流量略大於東西向車流量，此種交通量狀況下可顯示出，東西向排放量平均略低於南北向排放量，但因車流與排放量差異不大，因紅綠燈號誌轉換的排放量消長情形較不明顯。

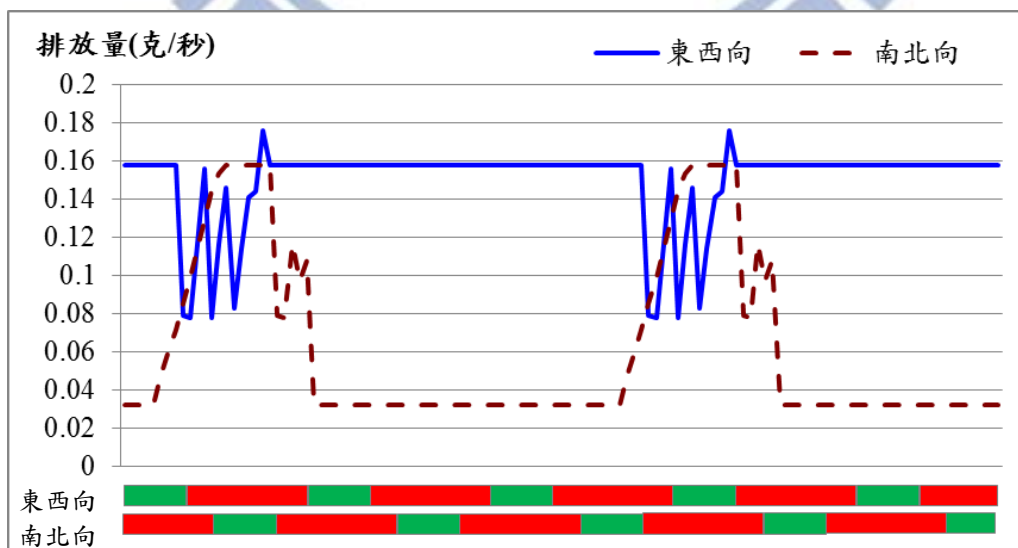


圖4-10 GFLC格位11之第三種交通量車輛總排放量情形

圖 4-10 顯示 GFLC 應用下，格位 11 之第三種交通量車輛總排放量情形，以及東西向與南北向號誌燈號變化；在第三種交通量下根據 GFLC 的控制，號誌調控結果同樣為一周期 52 秒，東西向綠燈 20 秒，南北向綠燈 20 秒，清道時間 6 秒。由於東西向之車流量略大於南北向車流量，此種交通量狀況下可顯示出，南北向排放量平均略低於東西向排放量，但因車流與排放量差異不大，因紅綠燈號誌轉換的消長情形較不明顯，且與第二種交通量呈現相反的趨勢。

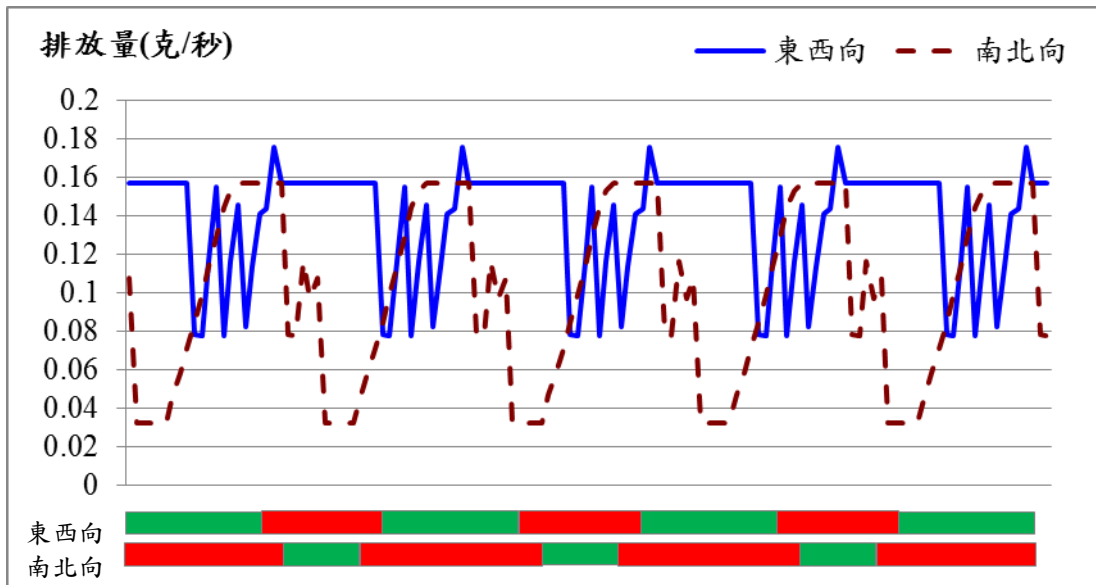


圖4-11 GFLC格位11之第四種交通量車輛總排放量情形

圖 4-11 顯示 GFLC 應用下，格位 11 之第四種交通量車輛總排放量情形，以及東西向與南北向號誌燈號變化；在第四種交通量下根據 GFLC 的控制，號誌調控結果為一周期 72 秒，東西向綠燈 40 秒，南北向綠燈 20 秒，清道時間 6 秒。由於東西向之車流量遠大於南北向車流量，而東西向之綠燈秒數為南北向綠燈秒之兩倍，故在此種交通量狀況和號誌時制下，並不會因為交通量不同而雙方向的污染排放量有巨大的差異。

在分析完污染排放量結果，探討污染物擴散濃度為本研究之探討重點，應用基因模糊邏輯控制模式的污染物濃度擴散結果，受測點之濃度與時間的變化如圖 4-12 所示。圖 4-12 可顯示本研究經由 GFLC 控制號誌時制之後，受測點所偵測得到的污染總濃度；污染物濃度是以污染排放量為基礎，再經由高斯煙塊模式轉換得來，故濃度趨勢與排放量趨勢會呈現高度相關，也隨著交通量的不同產生不同的濃度。

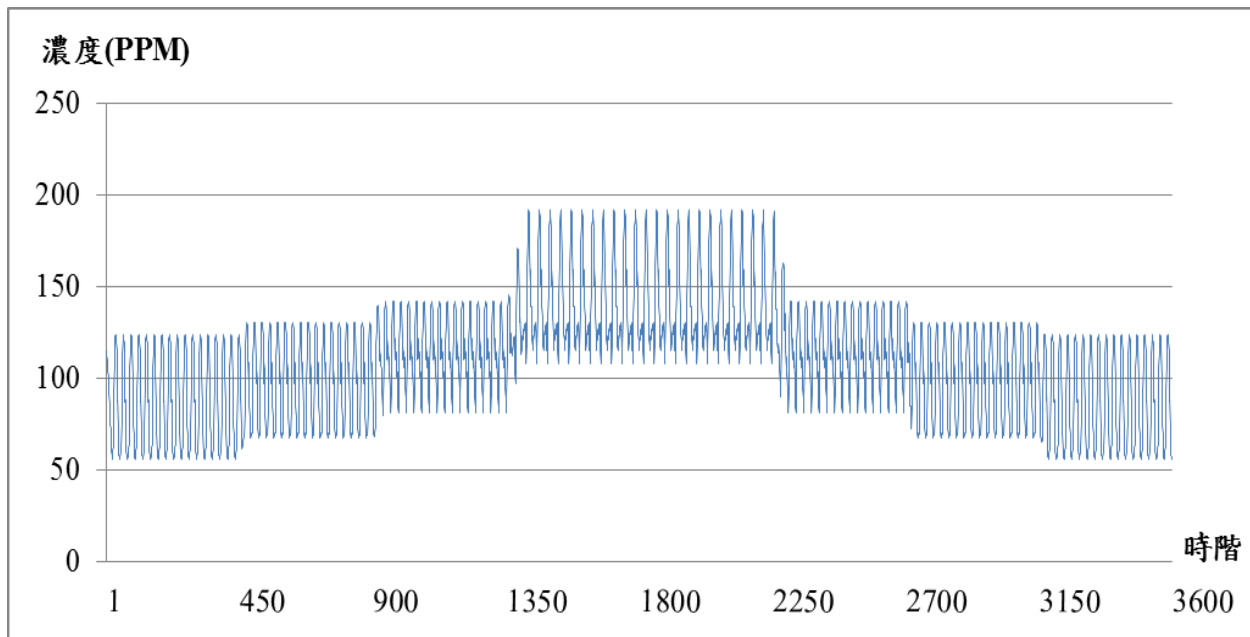


圖4-12 GFLC車輛污染總濃度

結果顯示在第一種交通量時的最低濃度為 56.01 PPM，最高濃度為 123.53 PPM；第二種交通量時的濃度則介於 61.99 PPM 到 130.66 PPM 之間；第三種交通量的濃度則介於 68.13 PPM 到 141.82 PPM 之間，而第四種交通量時的濃度則介於 68.13 PPM 到 191.56 PPM 之間；此種濃度變化趨勢與交通量及排放量呈現同向的關係。

以上研究之濃度結果設定，情境皆為風速 1.5 公尺/秒的輕風(Light breeze)大氣狀態，本研究進一步改變風向設定，與風速 0.2 公尺/秒的無風(Calm)狀態與風速為 10 公尺/秒的強風(Strong breeze)狀態做比較。其結果為在無風狀態下的濃度偵測值為最大，介於 129.04PPM 與 864.04PPM 之間，在強風狀態下的偵測點濃度值為最小，最低為 0.14PPM 而最高為 0.98PPM；可知在強風狀態下的污染濃度影響近乎零，而在無風的大氣狀態下則污染濃度影響最劇。其三種風向污染濃度比較如圖 4-13 所示，然而在強風狀態下的濃度近乎零，所以圖 4-13 僅可看出無風狀態與輕風穩定狀態下的濃度比較。

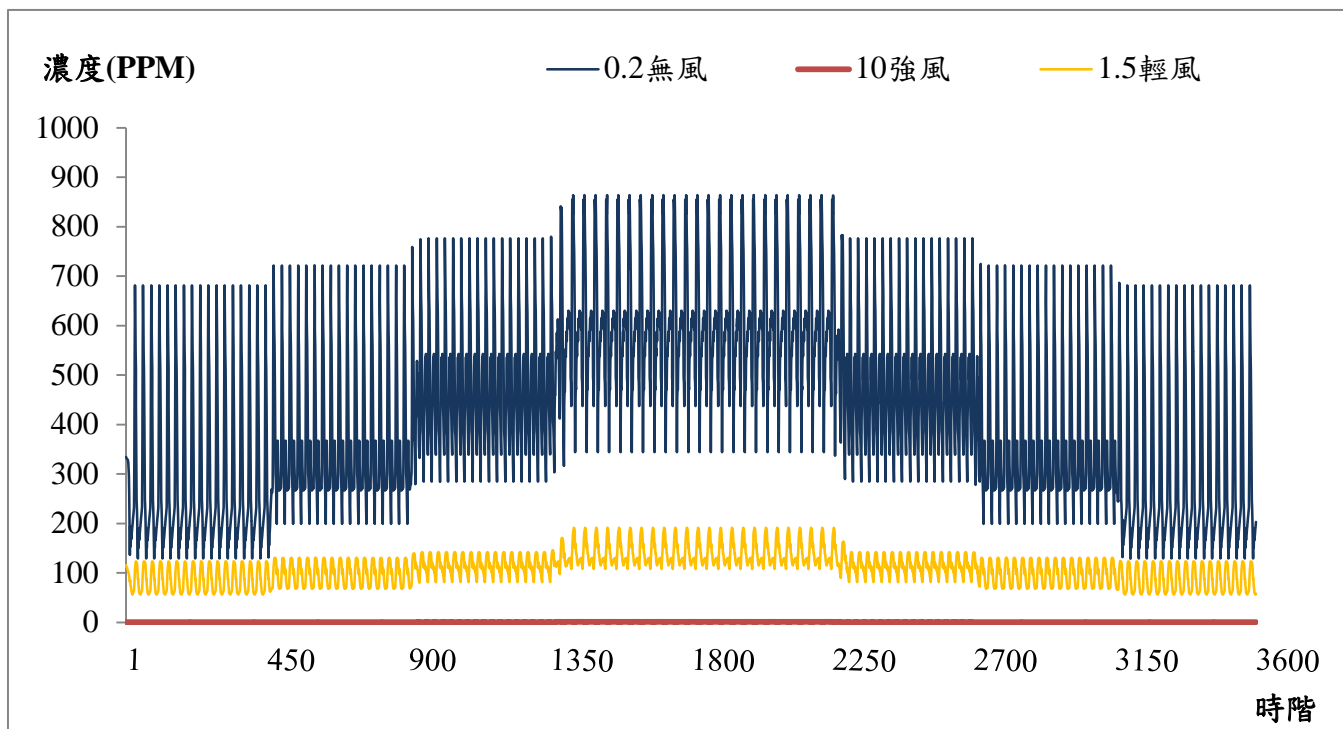


圖4-13 不同風速狀態下之GFLC濃度結果

經空氣擴散之後的濃度，會因受體之於排放源的相對位置不同而且所差異，故探討濃度時不像排放量的因為交通量東向與西向會相同、南向與北向相同，污染濃度會因其東向、西向、南向、北向會有不同的濃度變化。本研究應用經由基因模糊邏輯控制模式之後的濃度與格位關係，汽車與機車分別可如圖 4-14 與圖 4-15 所顯示。

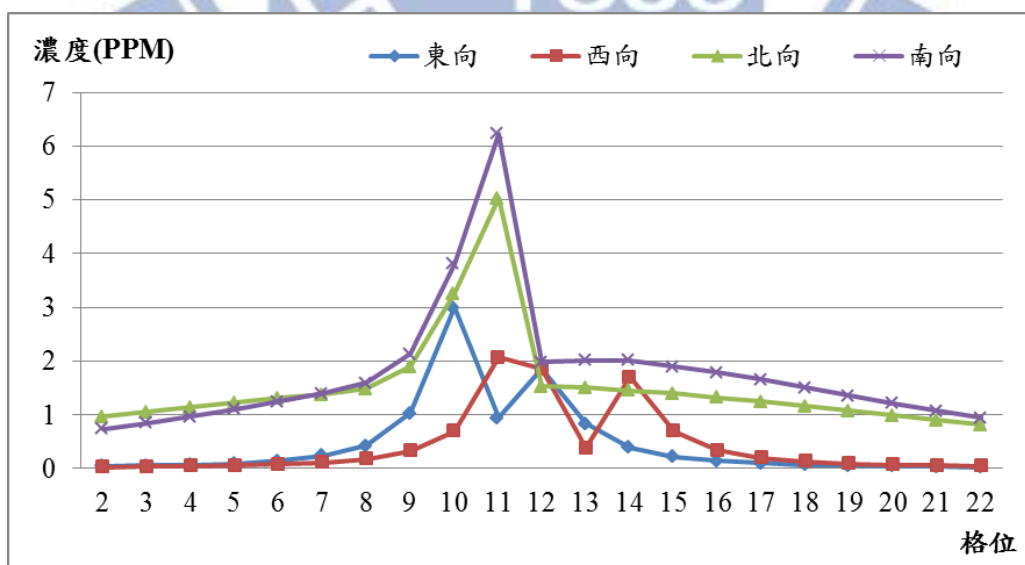


圖4-14 GFLC汽車格位濃度

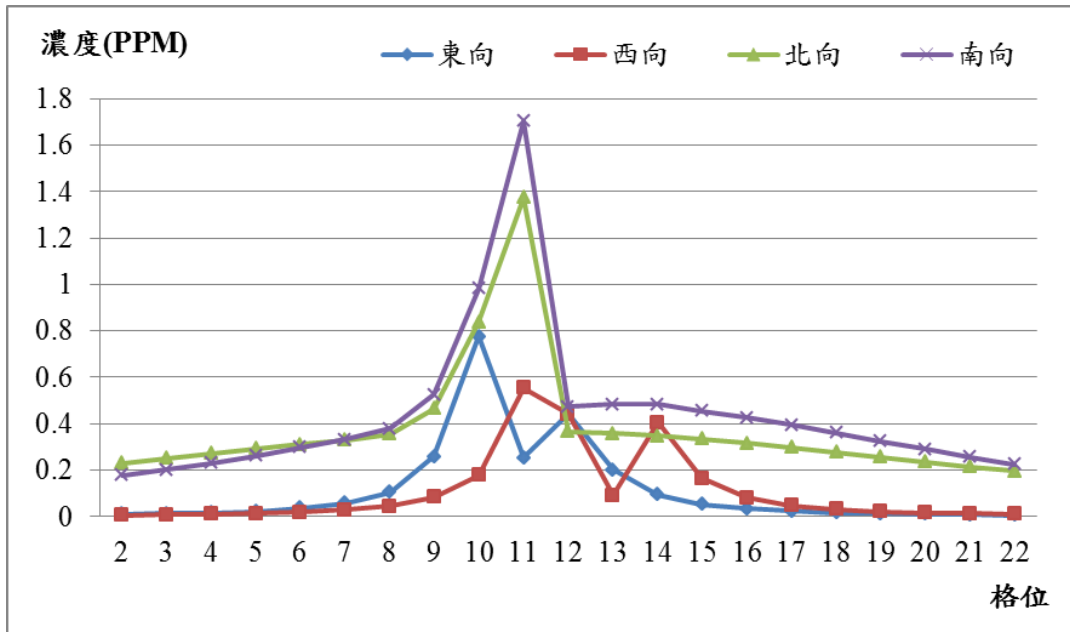


圖4-15 GFLC機車格位濃度

圖 4-14 呈現應用 GFLC 號誌調控後，平均時間內的汽車格位濃度，跟排放量有相似的趨勢，即在路口前的格位 11 呈現最大值，而越往上游與下游因空間距離受體越遠，故濃度越低。且受測點接近東向的第 11 格位，西向的 13 格位，北向第 10 格位以及南向第 14 格位，因為污染濃度隨空氣擴散的關係，在鄰近受測點的格位濃度值也相對較高。而圖 4-15 呈現應用 GFLC 號誌調控後，平均時間內的機車格位濃度，其發展趨勢同圖 4-14 的汽車濃度。

4.2.2 比較定時號誌

應用基因模糊邏輯控制後，本研究以定時號誌控制方式做為比較，選定長周期之號誌設定：周期長 92 秒，東西向與南北向綠燈長度皆為 40 秒，清道時間 6 秒；因一般先驗知識認為長周期路口號誌能減少號誌轉換之耗損時間，其效率較好，故選定長周期之定時號制做為比較基礎。其同樣經由混合車流格位傳遞模式運算出各格位車流量，且使用排放係數轉換公式得到排放量，以及高斯煙陣模式計算求得污染擴散濃度結果。運算之總體污染物排放量與 GFLC 模式相較，如圖 4-16 所示。

圖 4-16 顯示 GFLC 與定時號誌控制其車輛總排放量與時間之關係，由圖可看出定時號誌控制的排放量較 GFLC 控制後的排放量較多，顯示經由 GFLC 的控制較能達到減低車輛排放量的效果。表 4-2 則歸納定時號制與 GFLC 號誌控制後，在四種交通量狀況下的號誌周期調控。由時間與總體排放量的關係圖

看出 GFLC 較有效率後，接下來可在特定空間格位上細看不同交通量時，兩種控制策略的相異程度。依舊選定排放量最大格位 11 進行分析，圖 4-17、圖 4-18、圖 4-19、圖 4-20 即可顯示出兩種控制，在四種交通量上對於污染排放的不同結果。

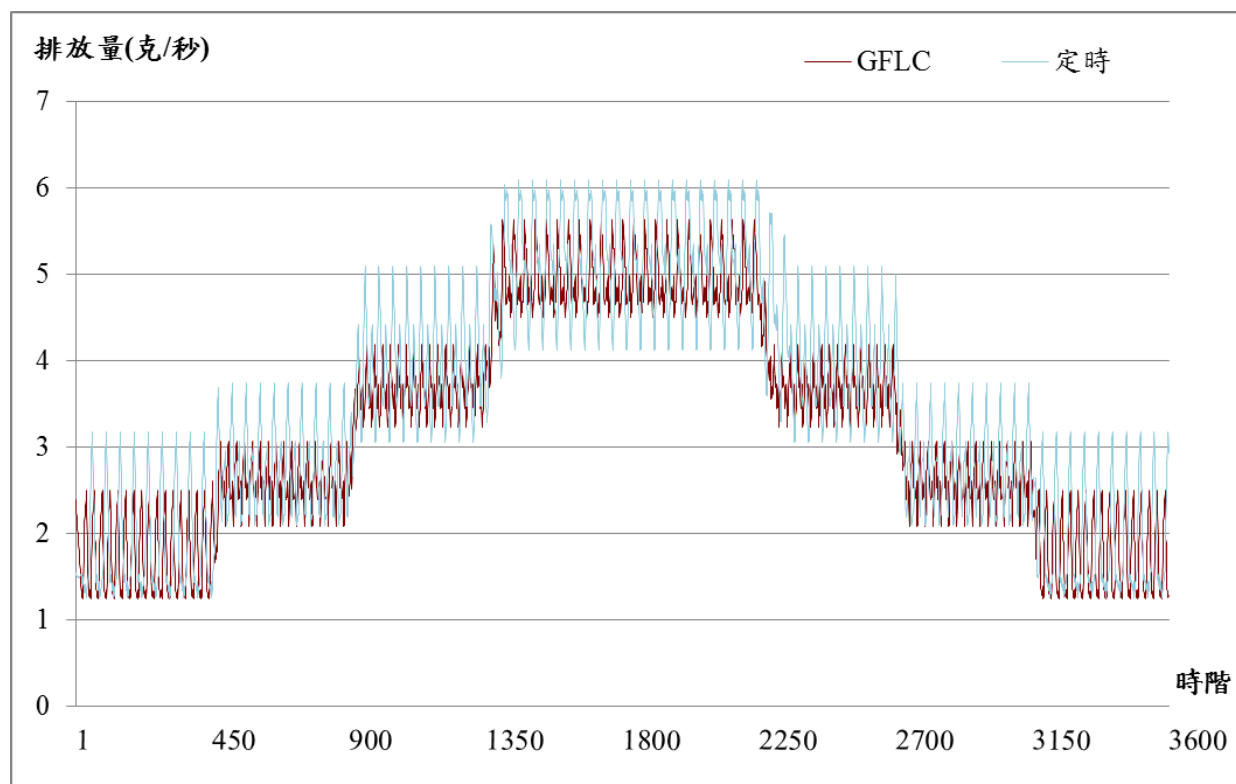


圖4-16 GFLC與定時號誌控制之車輛總排放量

表4-2 定時號制與GFLC號誌策略周期比較

	第一種交通量	第二種交通量	第三種交通量	第四種交通量
車流量描述	南北向遠高於東西向	南北向略高於東西向	東西向略高於南北向	東西向遠高於南北向
GFLC 號誌	周期 52 秒，東西向綠燈 20 秒，南北向綠燈 20 秒，清道時間 6 秒。			周期 72 秒，東西向綠燈 40 秒，南北向綠燈 20 秒，清道時間 6 秒。
定時號誌	周期長 92 秒，東西向與南北向綠燈長度皆為 40 秒，清道時間 6 秒。			

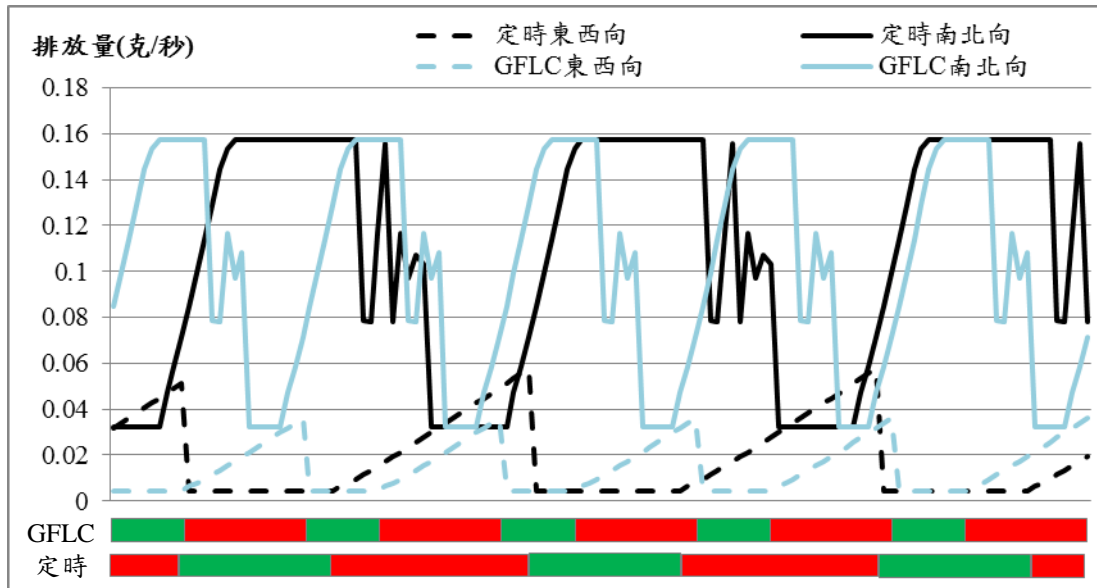


圖4-17 定時號誌控制與GFLC在格位11之第一種交通量車輛總排放量

圖 4-17 表達定時號誌控制與基因模糊邏輯控制，在格位 11 之第一種交通量車輛總排放量相比較，深色線為定時號制，淺色線為先前的 GFLC 模式結果，實線為南北向，虛線為東西向的排放量；且圖片下方的紅綠燈時制表示，為 GFLC 東西向的時制，以及東西向定時號制的時制。在第一種交通量中，南北向交通量遠大於東西向交通量，故可看出雙方向在兩種時制中的排放量都有很大差異；且在第一種交通量中，GFLC 模式調控東西向綠燈為 20 秒，定時號制設定的東西向綠燈時間為 40 秒，由於交通量為南北向遠大於東西向，故可看出 GFLC 控制的結果明顯能降低排放。

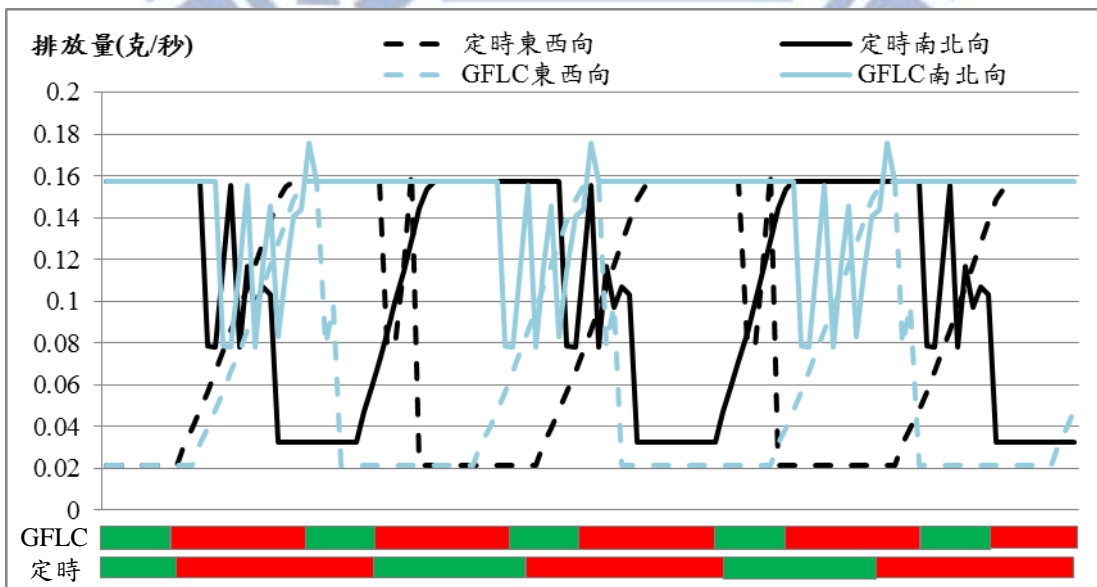


圖4-18 定時號誌控制與GFLC在格位11之第二種交通量車輛總排放量

圖 4-18 表達在第二種交通量時，定時號誌控制與基因模糊邏輯控制，在格位 11 之車輛總排放量相比較；深色線為定時號制，淺色線為先前的 GFLC 模式結果，實線為南北向，虛線為東西向的排放量；且圖片下方的紅綠燈時制，表示為 GFLC 東西向的時制，以及東西向定時號制的時制。第二種交通量為南北向略高於東西向，交通量差距不明顯，兩種策略的差異較不明顯。

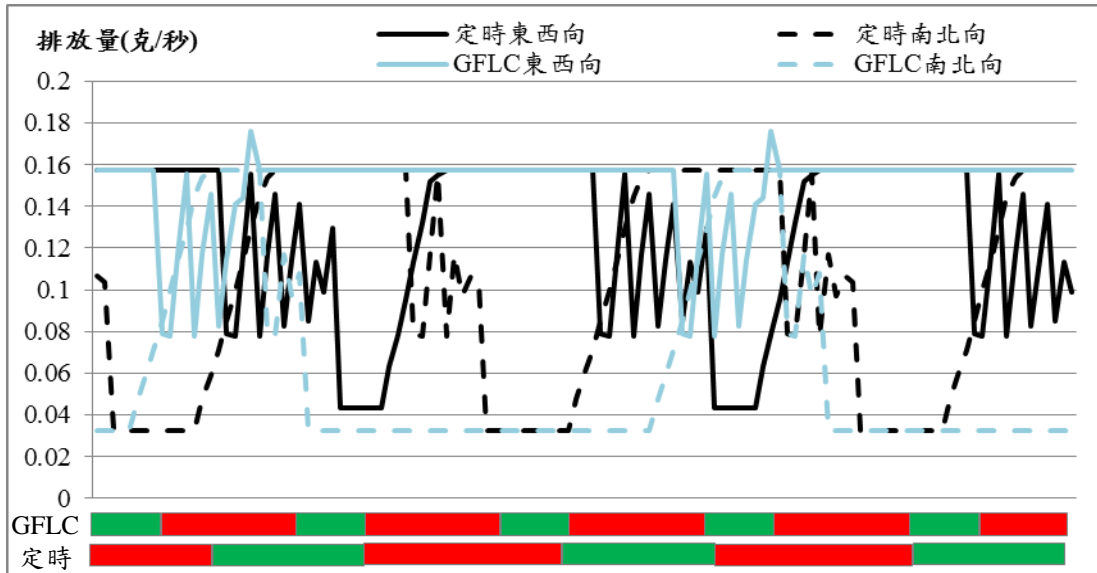


圖4-19 定時號誌控制與GFLC在格位11之第三種交通量車輛總排放量

圖 4-19 表達在第三種交通量時，定時號誌控制與基因模糊邏輯控制，在格位 11 之車輛總排放量相比較；深色線為定時號制，淺色線為先前的 GFLC 模式結果，虛線為南北向，實線為東西向的排放量；且圖片下方的紅綠燈時制，表示為 GFLC 東西向的時制，以及東西向定時號制的時制。第三種交通量為東西向略高於南北向，交通量差距不明顯，兩種策略的差異較不明顯。

下圖 4-20 表達在第四種交通量時，即在東西向車流量遠大南北向車流量之狀況，於定時號誌控制與基因模糊邏輯控制，在格位 11 之車輛總排放量相比較；深色線為定時號制，淺色線為先前的 GFLC 模式結果，虛線為南北向，實線為東西向的排放量；且圖片下方的紅綠燈時制，表示為 GFLC 東西向的時制，以及東西向定時號制的時制。在此種狀況下，本研究應用出來的 GFLC 結果，將號誌調控為東西向綠燈 40 秒，南北向綠燈 20 秒，與定時號制設定東西向綠燈 40 秒，南北向綠燈 40 秒，在車流量大的東西向燈號一致，故在此種交通量狀況下兩種策略上的排放量差距改善不大。

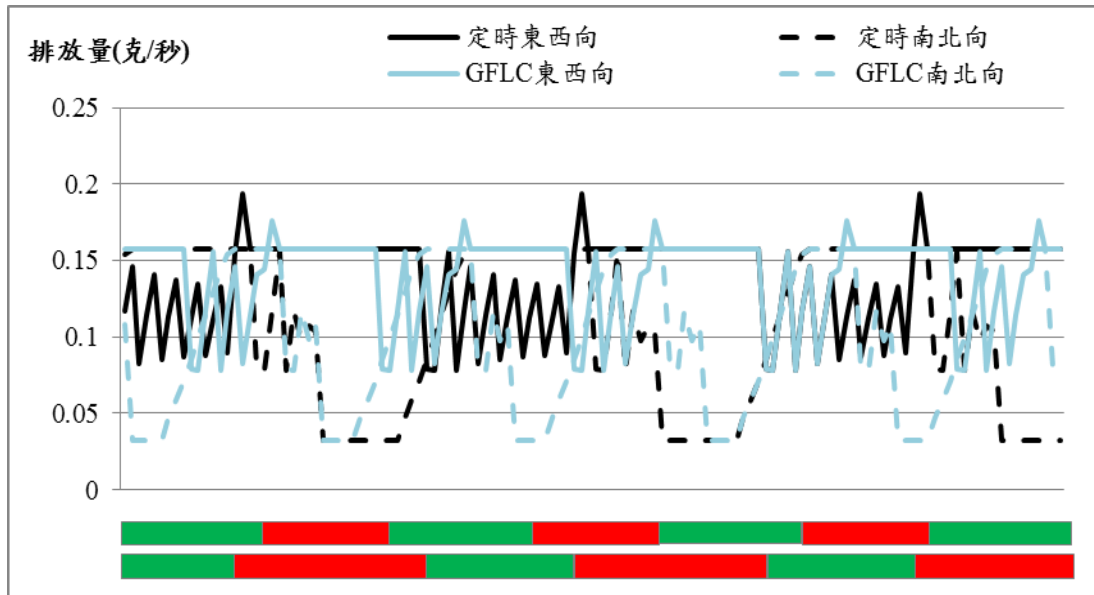


圖4-20 定時號誌控制與GFLC在格位11之第四種交通量車輛總排放量

在分析完定時號制與 GFLC 模式污染排放量結果，探討污染物擴散濃度，其受測點之濃度與時間的變化比較如圖 4-20 所示。

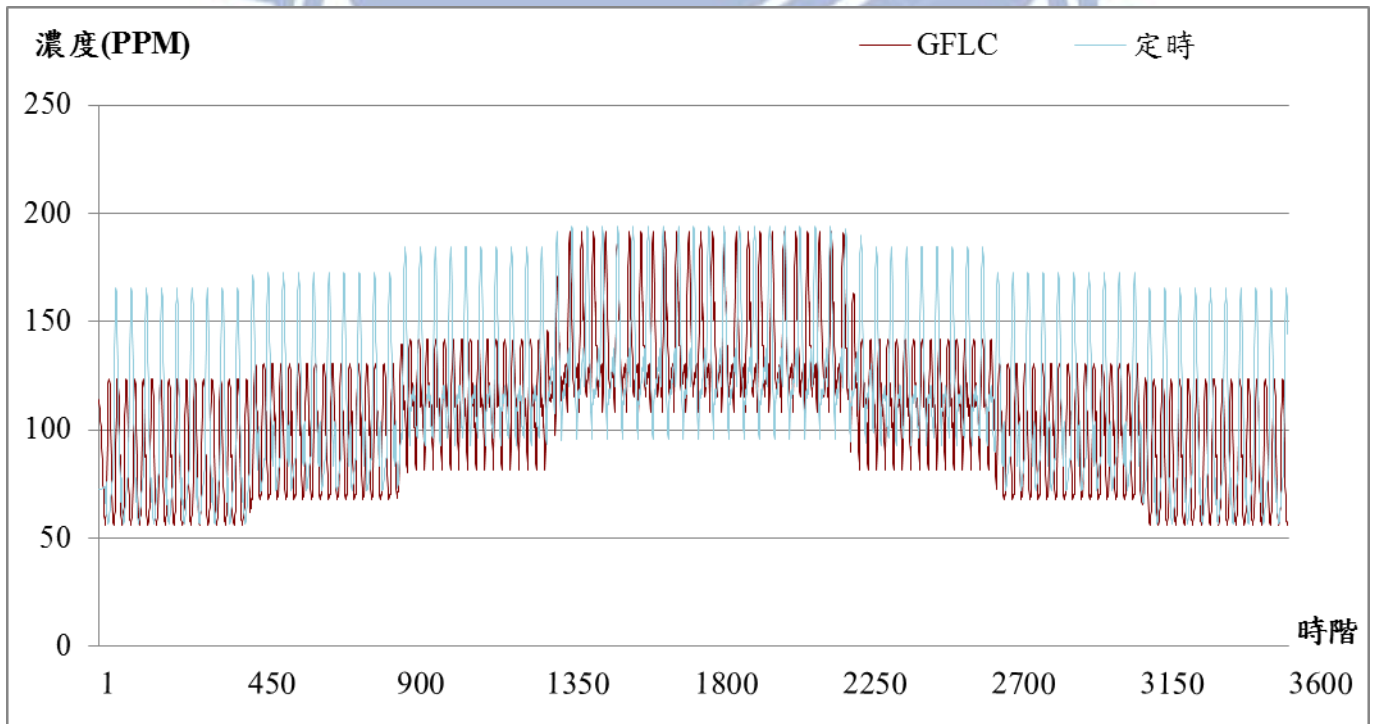


圖4-21 定時號制控制與GFLC控制車輛污染總濃度

圖 4-21 可顯示本研究經由 GFLC 控制號誌時制之後，以及設定定時號制後受測點所偵測得到的污染總濃度比較，淺色線為定時號制，深色線為 GFLC 控制。結果顯示在第一種交通量時的定時號制最低濃度為 56.17 PPM，最高濃度

為 165.44 PPM; 第二種交通量時的濃度則介於 66.95 PPM 到 172.89 PPM 之間; 第三種交通量的濃度則介於 72.84 PPM 到 184.43 PPM 之間, 而第四種交通量時的濃度則介於 93.17 PPM 到 194.18 PPM 之間; 此種濃度變化趨勢與交通量及排放量呈現同向的關係, 且經由兩條趨勢線的比較, 可看出深色線的 GFLC 控制後污染濃度, 比淺色線的定時號制污染濃度有明顯改善, 其定時號制與 GFLC 控制之濃度比較數據如表 4-3。

表4-3 不同交通量之定時號制控制與GFLC控制車輛污染濃度比較

		第一種交通量	第二種交通量	第三種交通量	第四種交通量
車流量描述		南北向遠高於 東西向	南北向略高於 東西向	東西向略高於 南北向	東西向遠高於 南北向
最低污染濃度 (單位: PPM)	定時	56.17	66.95	72.84	93.17
	GFLC	56.01	61.99	68.13	81.33
	改變	-0.3%	-7.4%	-6.5%	-12.7%
最高污染濃度 (單位: PPM)	定時	165.44	172.89	184.43	194.18
	GFLC	123.53	130.66	141.82	191.57
	改變	-25.3%	-24.4%	-23.1%	-1.3%

由表 4-3 的對照, 可顯示出本研究的 GFLC 模式能夠有效改善擴散的污染濃度。在路側受體偵測到的污染濃度, 最低濃度改善幅度為 0.3% 到 12.7% 之間, 而在最高污染濃度的改變, 則有 1.3% 到 25.3% 的大幅改善; 表示本研究的 GFLC 調控, 能隨著車流量不同做號制周期調控, 進而達到減低污染排放量, 且有效降低路測受體偵測到的污染濃度量。

探究完濃度與時間上的關係後, 本研究進一步探討濃度對於空間上的差異性, 經空氣擴散之後的濃度, 會因受體之於排放源的相對位置不同而且所差異。圖 4-22 為在定時號制以及 GFLC 控制上, 在四方向上汽、機車總體污染的濃度變化。

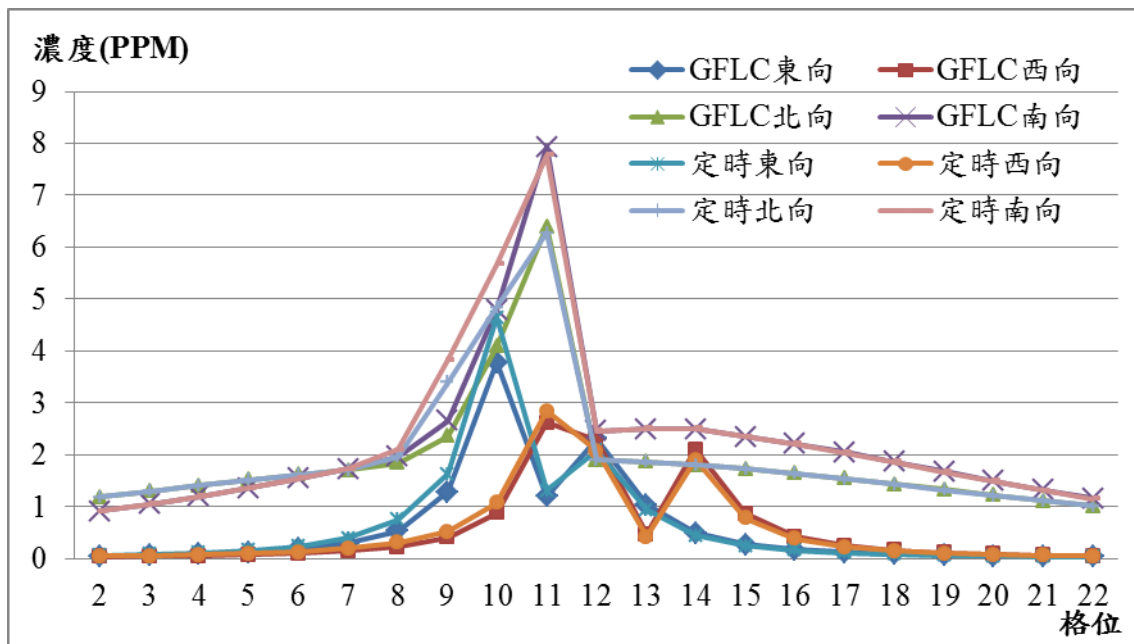


圖4-22 定時號制與GFLC控制之四方向格位濃度

由圖 4-22 看出 GFLC 對於定時號制，平均時間內在空間上的濃度也有所改善，其分別探究東向、西向、南向、北向的汽、機車濃度，可如圖 4-23、圖 4-24、圖 4-25、圖 4-26 所表示。

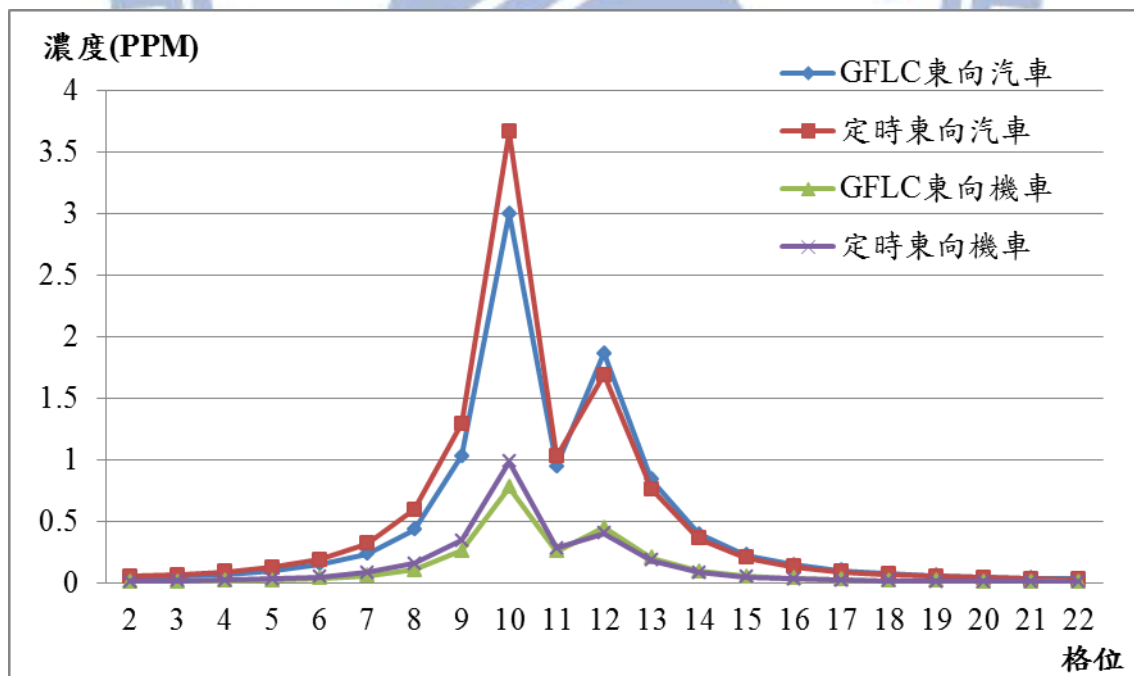


圖4-23 定時號制與GFLC控制之東向格位濃度

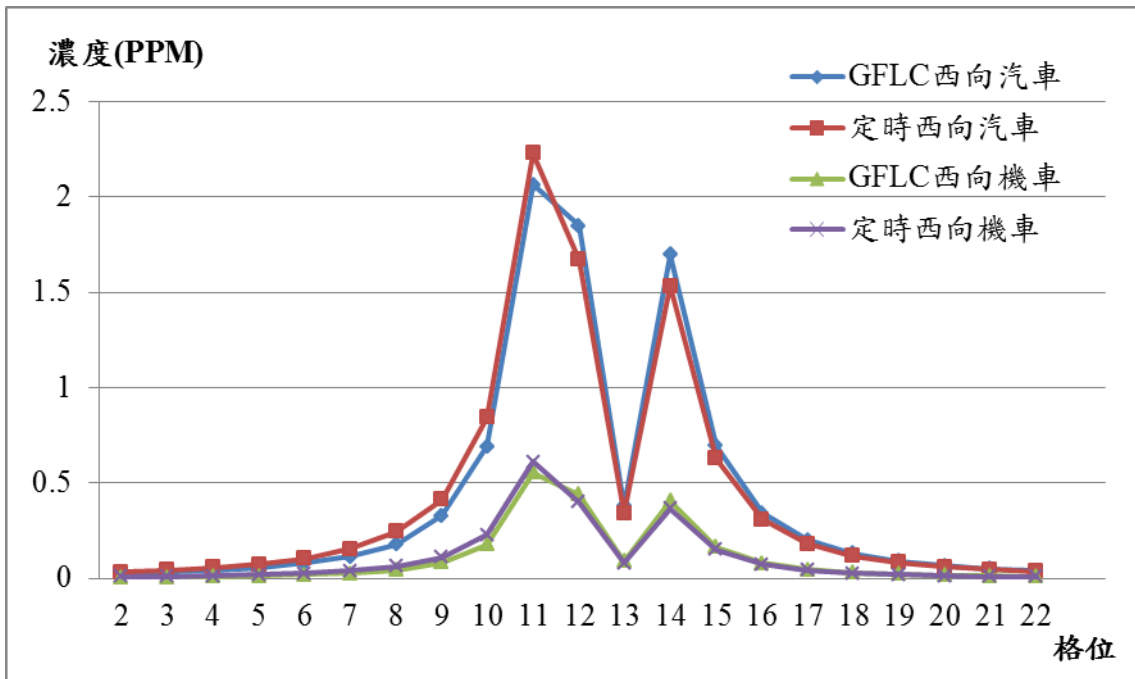


圖4-24 定時號制與GFLC控制之西向格位濃度

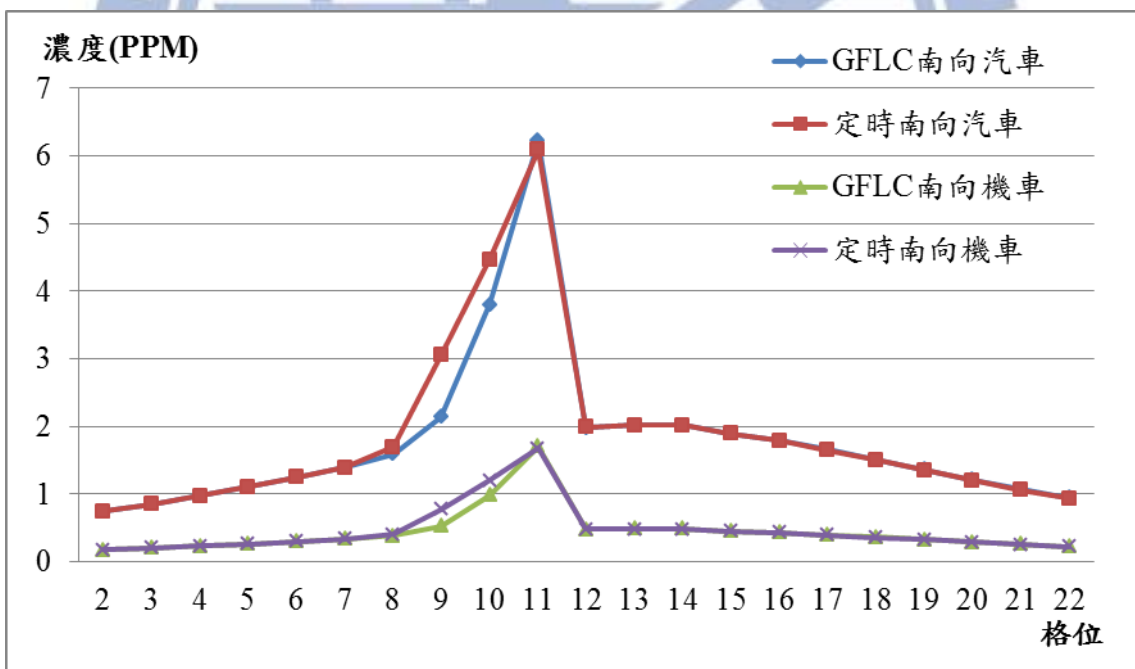


圖4-25 定時號制與GFLC控制之南向格位濃度

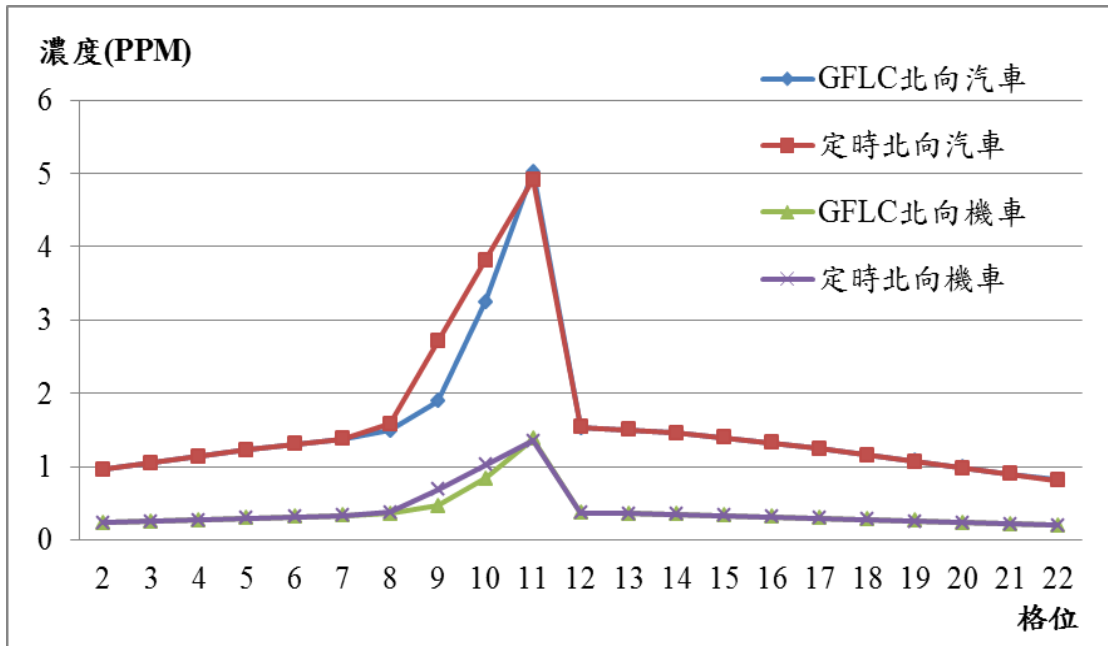


圖4-26 定時號制與GFLC控制之北向格位濃度

由圖 4-23、圖 4-24、圖 4-25、圖 4-26 中可顯示，平均時間內的空間格位上，不論在東向、西向、南向、北向，本研究建構之 GFLC 模式都較定時號誌模式所產生的污染濃度少，顯示 GFLC 號制調控確實能夠降低路側地區所感受到的污染量。

4.3 考量污染濃度門檻之號誌設定

確立 GFLC 模式後，本研究主要再進一步探討濃度限制模式，目的在控制路側敏感地區(例如：醫院、學校)，其偵測的污染濃度值能在某一門檻之下，以減少對於人體的危害。本節將分別探究獨立路口與連續路段之結果分析。

4.3.1 考量獨立路口污染濃度門檻

本節就獨立路口的車輛狀況，尋找各種策略下的趨勢情形，其偵測濃度受體依舊固定在路口，距離道路水平距離 0.5 格位長度處、垂直距離 1 格位長度處，其受體與路口位置示意如圖 4-2。獨立路口分別探究三種策略：固定號誌周期變動紅綠燈、固定綠燈變動號誌周期、以及固定綠燈時比變動號誌周期。進一步訂定受測區域之濃度限制門檻值，由於本研究為模擬資料，污染門檻設定若以環保署規範之污染指標會不相符合，故訂定之門檻為上述 GFLC 濃度結果整體污染濃度值三分之二處，約為 150PPM，為本研究自行訂定的門檻值。

- ✓ 策略一：固定周期秒數 72 秒，變動紅綠燈秒數，以變動 2 秒為單位。

本研究設定最短綠燈為 20 秒，最長綠燈 80 秒，清道時間為 6 秒，根據策

略一可窮舉出十種組合，東西向以及南北向綠燈秒數分別為 20 秒-40 秒、22 秒-38 秒、24 秒-36 秒、26 秒-34 秒、28 秒-32 秒、30 秒-30 秒、32 秒-28 秒、34 秒-26 秒、36 秒-24 秒、38 秒-22 秒；且此十種不同號誌組合，其東西向綠燈時比漸增。根據號誌控制結果，受體偵測到的十種污染濃度值，且能夠在模擬時間 2 小時內，濃度低於門檻值 150PPM 狀況下的時間不同，其細節窮舉結果如表 4-4 所示，其分布如圖 4-27 所示，得到在此種策略下，當幹道(東西向)的綠燈越長，其污染濃度值較受到控制的結論。

表4-4 獨立路口號誌策略一窮舉情形

時制(東西綠燈-南北綠燈)	東西向綠燈時比	超過門檻值時間比例
20-40	0.31	0.25
22-38	0.33	0.23
24-36	0.36	0.21
26-34	0.39	0.19
28-32	0.42	0.15
30-30	0.44	0.14
32-28	0.47	0.11
34-26	0.5	0.11
36-24	0.53	0.11
38-22	0.56	0.09

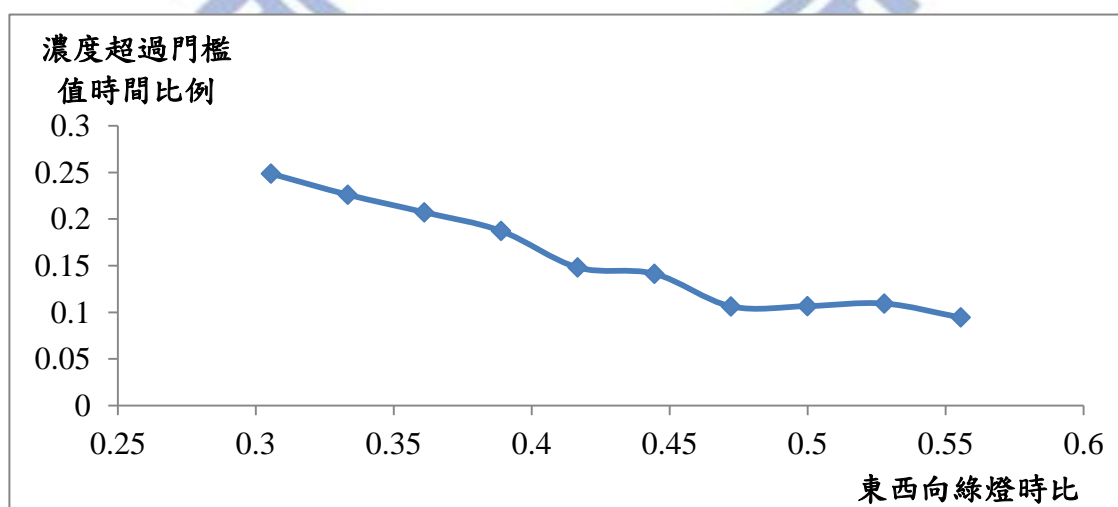


圖4-27 獨立路口號誌策略一情形

✓ 策略二：固定南北向(次要道路)綠燈秒數 20 秒，變動週期長度

本研究設定最短綠燈為 20 秒，最長綠燈 80 秒，清道時間為 6 秒。根據策略二可窮舉出 30 種組合，分別為東西向綠燈由 20 秒遞增，以遞增兩秒為單位，至最長綠燈秒數 80 秒為止，週期長度及從 52 秒變動至 112 秒。根據這 30 種不同號誌組合結果，在模擬時間 2 小時內，受體偵測到濃度低於門檻值 150PPM 狀況下的情形，其細節窮舉結果如表 4-5 所示，分布如圖 4-28 所示。且由圖 4-28 可看出在長週期的狀況下濃度控制較佳，所以當支道(南北向)綠燈秒數固定時，其號誌控制設計應使幹道(東西向)綠燈時間越長，其污染濃度值能受到控制。

表4-5 獨立路口號誌策略二窮舉情形

週期(秒)	超過門檻值時間比例	週期(秒)	超過門檻值時間比例
52	0.0589	84	0.0608
54	0.0642	86	0.0592
56	0.0644	88	0.0589
58	0.0689	90	0.0569
60	0.0742	92	0.0569
62	0.0747	94	0.0564
64	0.0733	96	0.0567
66	0.0725	98	0.0553
68	0.0714	100	0.0547
70	0.0694	102	0.0558
72	0.0675	104	0.0561
74	0.0661	106	0.0567
76	0.0647	108	0.0564
78	0.0636	110	0.0556
80	0.0631	112	0.055278
82	0.0611		

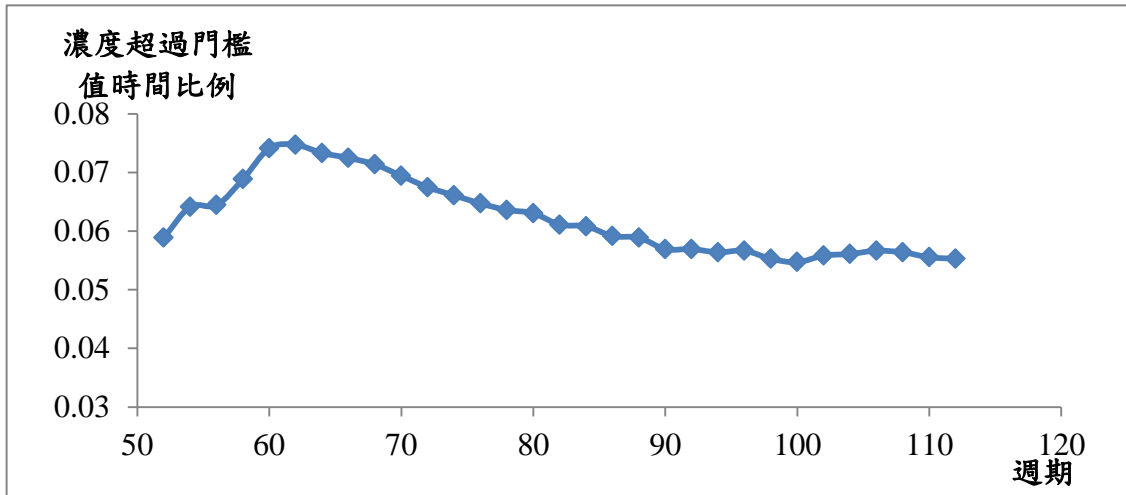


圖4-28 獨立路口號誌策略二情形

✓ 策略三：固定東西向(幹道)綠燈時比 0.5，變動週期長度

本研究設定最短綠燈為 20 秒，最長綠燈 80 秒，清道時間為 6 秒。根據策略二每次延長 2 秒，東西向與南北向綠燈秒數分別為 32 秒-20 秒、34 秒-22 秒、36 秒-24 秒、...、78 秒-66 秒、80 秒-68 秒，共 25 種組合，週期長度由 64 秒遞增至 160 秒。根據這 25 種不同號誌組合結果，在模擬時間 2 小時內，受體偵測到濃度低於門檻值 150PPM 狀況下的情形，其細節窮舉結果如表 4-6 所示，分布如圖 4-29 所示；由圖可看出在越長週期的狀況濃度控制越差，所以當在幹道綠燈時比固定時，週期越短的號誌設定較能控制路口污染濃度值。

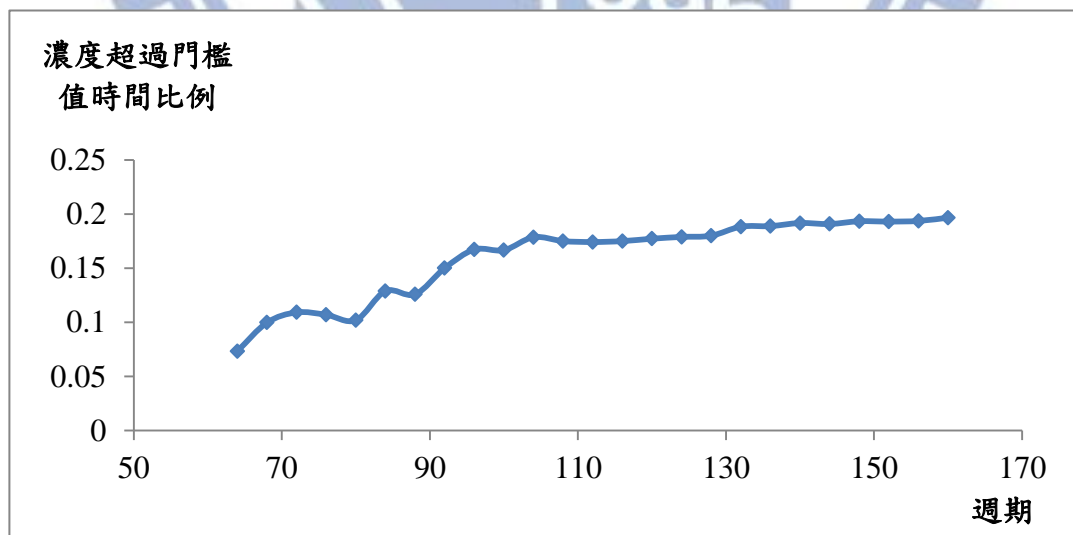


圖4-29 獨立路口號誌策略三情形

表4-6 獨立路口號誌策略三窮舉情形

週期(秒)	超過門檻值時間比例	週期(秒)	超過門檻值時間比例
64	0.0733	116	0.1750
68	0.0997	120	0.1772
72	0.1092	124	0.1789
76	0.1069	128	0.1800
80	0.1019	132	0.1883
84	0.1289	136	0.1889
88	0.1258	140	0.19167
92	0.1500	144	0.1908
96	0.1672	148	0.1933
100	0.1667	152	0.1931
104	0.1786	156	0.1936
108	0.1750	160	0.1967
112	0.1742		

整理以上三種獨立路口的號誌控制策略，可如表 4-7 所示。

表4-7 獨立路口限制濃度之號誌控制搜尋策略

策略內容	策略結果
固定周期秒數 72 秒，變動紅綠燈秒數，變動以 2 秒為單位	幹道(東西向)的綠燈越長，其污染濃度值較受到控制
固定南北向(次要道路)綠燈秒數 20 秒，變動週期長度，變動以 2 秒為單位	幹道(東西向)綠燈時間越長，使週期越長，其污染濃度值較受到控制
固定東西向(幹道)綠燈時比 0.5，變動週期長度，變動以 2 秒為單位	週期越短的號誌設定，其污染濃度值較受到控制

4.3.2 考量連續路段污染濃度門檻

確立獨立路口之污染策略，即幹道方向之綠燈時間越長，以及週期越短之號誌設定，偵測污染濃度值較受到控制。本節再進一步探討連續路段，並設定一路側敏感地區，探討此敏感地區的相鄰路段號誌控制策略以及污染濃度結果。路段示意如圖 4-30；車流量設計則是幹道有尖離峰情形，支道皆為均勻到達的情況，示意如圖 4-31。

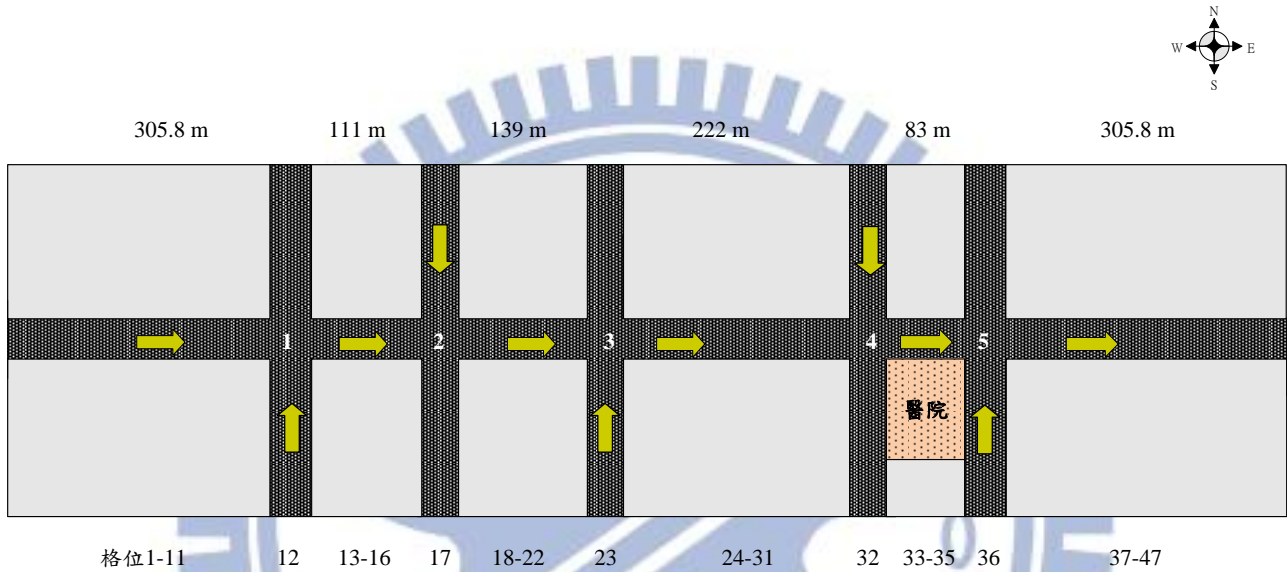


圖4-30 連續路段與路側敏感地區設定

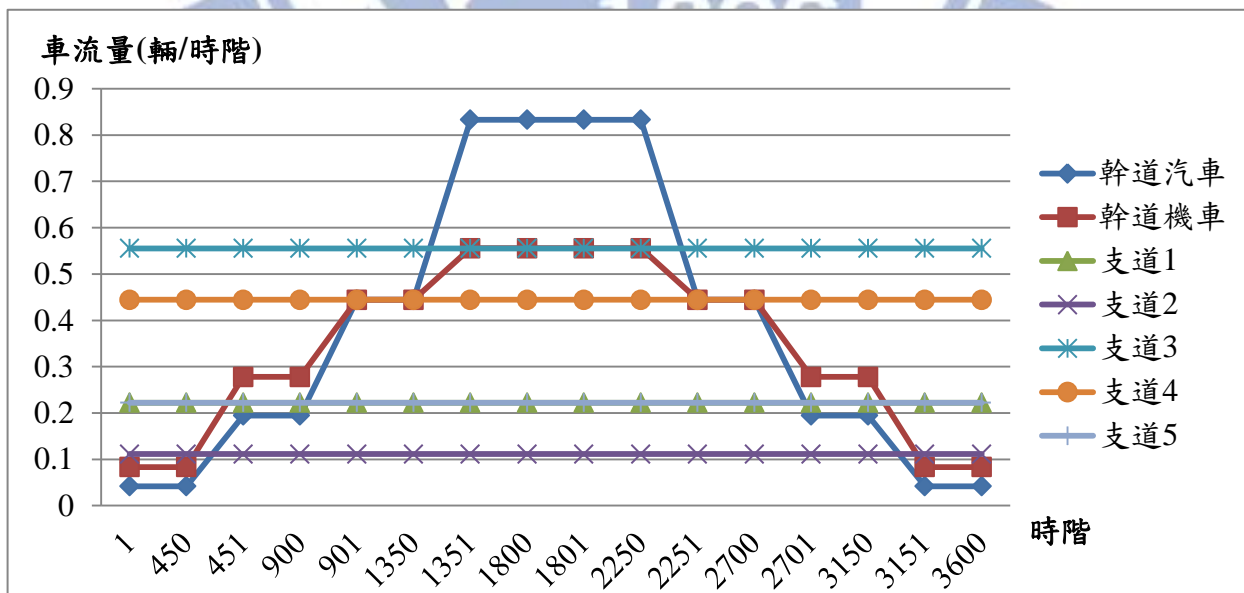


圖4-31 連續路段車流量示意圖

圖 4-30 為連續路段設計示意圖，本研究設計連續路段為一東西向幹道與五條南北向支道，皆為單行道；設定一醫院為敏感地區，位置在下游的支道 4 與支道 5 之間，一格位長度仍為 27.8 公尺，東西向共有 47 格位，南北向則為 23 格。東西向幹道在格位 12 為與支道 1 交叉之路口，格位 17 為與支道 2 交叉之路口，格位 23 為與支道 3 交叉之路口，格位 32 為與支道 4 交叉之路口，格位 36 為與支道 5 交叉之路口。

根據獨立路口之號誌策略結果，為幹道綠燈時間越長，控制路側污染濃度結果越好，故本研究進行連續路段之號誌設定，將以遞亮(progressive system)號誌連鎖控制為主，擬以五路口全連鎖、下游三路口(即靠近敏感區域)連鎖、以及全部獨立不連鎖三種策略進行分析比較。在三種號誌策略之下，敏感地區偵測污染濃度結果如圖 4-32 所示，僅列出 150 時階(即五分鐘)之結果以利比較觀察。

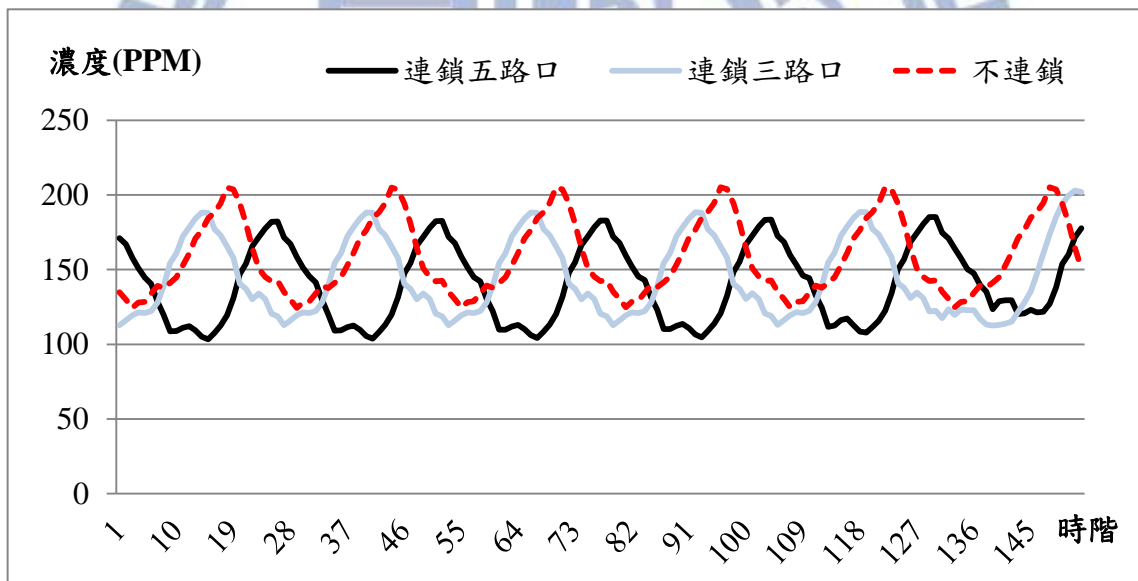


圖4-32 連鎖策略污染濃度結果

由圖 4-32 中可看出在五路口皆不連鎖的情況下，整體污染濃度為最高；當路段中五路口皆採連鎖號誌設定，即可得到相對最低的污染濃度值；而連鎖三路口策略則介於上述兩者之間。可得到連鎖號誌設定越多路口時，整體路段對於敏感地區的污染程度會最小的結論。

本研究進而探究幹道路段之格位污染濃度，連鎖五路口號誌策略之幹道污染結果如圖 4-33 所示。圖 4-33 顯示當在上游路段的格位 11、16、22 處，皆有

較高之濃度值，其原因是此三個格位為路口前車輛停等紅燈處，故在這些格位會有相對較高的濃度值。而在格位 30 至格位 37 處，為本研究設置敏感地區之相鄰格位，因為距離偵測點較近，故有高污染濃度值之結果，符合研究預期。

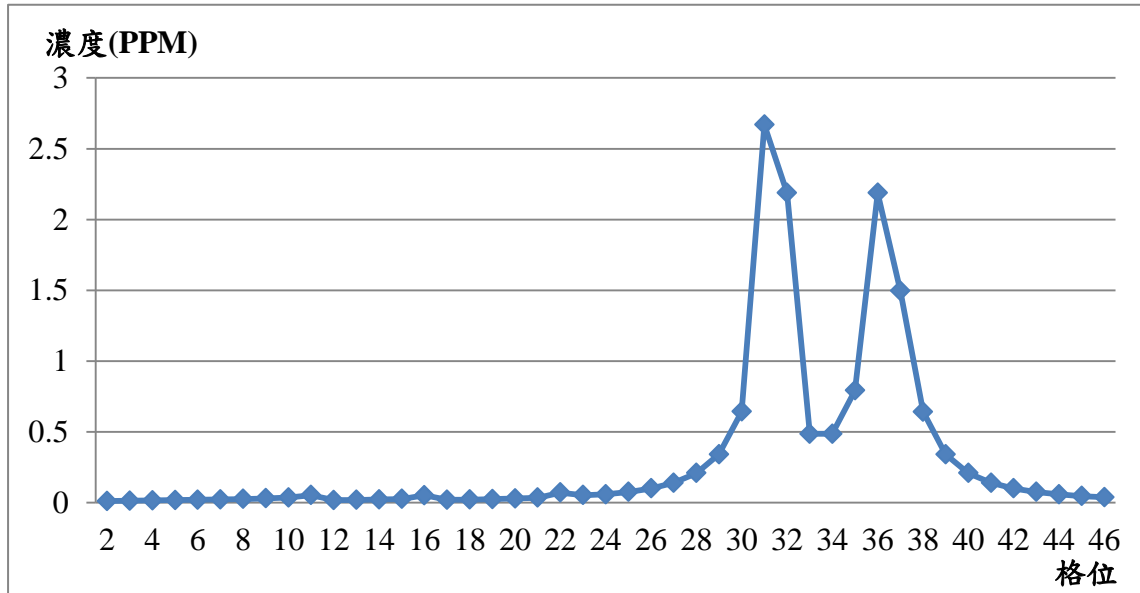


圖4-33 連鎖五路口策略之幹道污染濃度結果

進一步細究三種策略下對於幹道車輛產生的污染濃度情形，可如圖 4-33 所示。在第一個路口前之污染濃度值，三種連鎖策略並無差異性；而在通過第二個路口時連鎖五路口策略啟動，與連鎖下游三路口和不連鎖兩種號誌策略產生相對低之污染值；在通過第三路口時連鎖下游三路口號誌策略亦啟動，故產生三種連鎖策略之明顯差異污染程度。

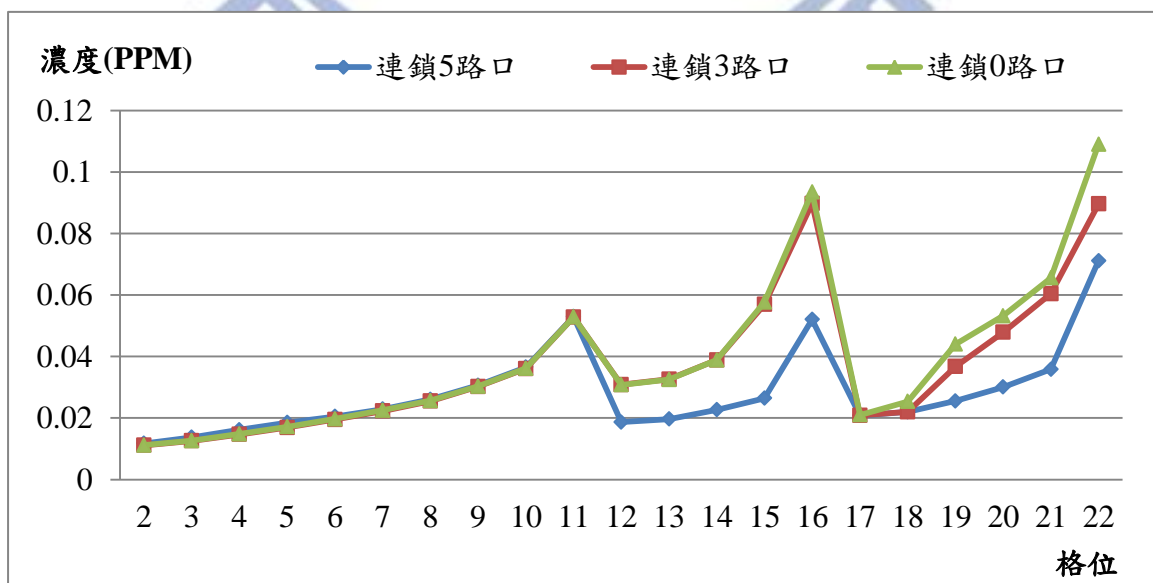


圖4-34 連鎖策略之幹道上游污染比較

4.4 小結

總結本研究模式應用，首先分別針對混合車流模式、污染排放與擴散模式，以及號誌設定之背景訂定參數。應用基因模糊邏輯控制(GFLC)之模式，以汽車到達率(TFC)、汽車等候長度(QLC)、機車到達率(TFM)、機車等候長度(QLM)做為狀態變數，總路口排放量最小化為績效指標，是否延長綠燈時間(EGT)做為控制變數，求得偵測地點之污染排放量以及污染擴散濃度的變化結果。

本研究分別就獨立路口以及連續路段作情境設計。首先在獨立路口上，設計之道路為十字路口(東向、西向、北向、南向)，每一方向畫分有 23 個格位，一格位長為 27.8 公尺；車流量以東西向為主要幹道設計有明顯尖離峰情形，而南北向則為車輛均勻到達情況，交通量趨勢可分為四種型態：南北向車流量明顯大於東西向、南北向車流量略大於東西向、東西向車流量略大於南北向、東西向車流量明顯大於南北向。

根據本研究 GFLC 應用結果，在第一種、第二種以及第三種交通量的狀況下，號誌調控結果皆為一周期 52 秒，東西向綠燈 20 秒，南北向綠燈 20 秒，清道時間 6 秒；第四種東西向車流量明顯大於南北向的交通量，則號誌調控結果為周期 72 秒，東西向綠燈 40 秒，南北向綠燈 20 秒，清道時間 6 秒。本研究進一步與定時號制設定做比較，定時號制設定在四種交通量時，皆調整號誌周期長 92 秒，東西向與南北向綠燈長度皆為 40 秒，清道時間 6 秒。以排放績效觀看兩種號誌調控方法，皆有因紅綠燈消長之合理情形發生，且 GFLC 調控結果之排放量較定時號制設定的結果少；在路口受體偵測到的污染擴散濃度，四種交通量不論是在模擬時間中的最低污染濃度或最高污染濃度，GFLC 比定時號制有效降低 0.3% 到 25.3% 的濃度值，表示路側受體感受到路口的車輛污染濃度值整體都降低，故本研究之 GFLC 模式調控出的號誌設定是效的。並且進一步根據三種情況做風速對於污染濃度的探討，分別是無風狀態、輕風狀態、以及強風狀態，其結果顯示在強風狀態下的受體偵測到污染濃度近乎零，而在無風狀態下的濃度值將會增加，與先驗知識相符合。

確認 GFLC 模式後，本研究擬進一步設定污染濃度門檻限制模式，期望在路側敏感地區，例如醫院、學校，能夠受到車輛排放濃度的污染值在某一門檻之下。本研究先就獨立路口的車輛狀況，尋找各種策略下的趨勢情形，以利設定 GFLC 號誌調控的方向。訂定受體門檻濃度為 150PPM，研擬三種獨立路口

號誌控制策略：固定號誌周期、變動紅綠燈；固定綠燈、變動號誌周期；以及固定綠燈時比、變動號誌周期。而能得到在本研究的情境之中，當主要幹道(東西向)的綠燈越長，其污染濃度值較受到控制；以及週期越短的號誌設定，其污染濃度值較受到控制的結論。在連續路段情境中，本研究設定五路口路段，並將敏感區域設於下游路口 4 與路口 5 之間，並擬定三種遞亮號誌連鎖策略，即五路口全連鎖、下游三路口(靠近敏感區域)連鎖、以及全部獨立不連鎖三種策略。就本研究情境中的三種策略結果看來，即幹道上五路口皆設定號誌連鎖策略為最佳，可將污染濃度控制最低；故在路段之路側敏感區域設定污染限制時，其應用號誌控制將以幹道調整為全連鎖設定，其結果最佳。



五、 結論與建議

本研究旨在考量混合車流的交通狀況下，受車輛污染排放濃度影響之號誌控制模式，利用所得到之交通行為參數，進行車輛排放量之推估，並透過污染擴散模式進行污染物於大氣中之擴散情形，以瞭解不同號誌控制之下對於路側區域之影響程度，而根據本研究之結果得到以下結論與建議。

5.1 結論

1. 以往在車輛污染排放量的推估上，大多利用巨觀車流方式進行，即透過實際小時車流量以及車輛平均速度來進行推估，難以充分顯示出在不同的車輛運行狀態下對於污染排放之差異。因此，本研究應用混合車流格位傳遞模式進行污染之推估，此中觀車流模式既能將車流劃分成同質格位觀察其運行，也不失巨觀模式的運作效率。
2. 一般考量適應性號誌模式之研究，其績效指標大多為最小化延滯數，近年來考量油耗、排放等目標的國外研究漸增，但國內研究仍鮮少以環境污染變數做為績效評估。有鑑於此，本研究考量最小化排放量作為評估之績效指標，並且進一步探討車輛排放經由大氣擴散後的污染濃度值，更能直觀指出道路車輛排放對於路側地區的影響，用以設法降低污染值、減少危害。
3. 本研究應用之GFLC模式以汽、機車到達率，汽、機車輛等候長度作為狀態變數，綠燈延長秒數為控制變數，車輛排放量控制績效指標。並進一步與定時號誌控制結果作比較，在模擬時間兩小時中，GFLC模式皆比定時號誌有效降低0.3%到25.3%的濃度值，表示路側受體感受到的污染濃度值整體都降低，本研究應用之GFLC模式確實有效率。
4. 確認GFLC模式後，本研究進一步設定污染濃度門檻限制模式，在獨立路口號誌控制上，研擬三種控制策略：固定號誌，周期變動紅綠燈、固定綠燈，變動號誌周期、以及固定綠燈時比，變動號誌周期；最後得到在本研究情境中，當幹道綠燈越長以及週期越短的號誌設定，其路側污染較受到控制的結論。在連續路段情境中，本研究設定五路口路段，並將敏感區域設於下游，擬定五路口全連鎖、下游三路口(靠近敏感區域)連鎖、以及全部獨立不連鎖三種號誌策略；策略結果顯示在本研究設定的情境中，以全連鎖設定為最佳，可將路側敏感區域濃度值降至最低。

5.2 建議

1. 本研究模式皆以模擬的方式進行應用，使用模擬之車流量、模擬之道路設計、模擬之情境等，僅以簡例進行結果分析，建議未來可蒐集實際之資料以進行模式與數值之驗證。
2. 本研究僅考慮汽、機車混合車流之互動行為，然在市區道路中尚有大型車輛以及自行車等車種；未來研究擬可在混合格位傳遞模式中加以考慮公車行為，並且進行多種運具之污染評估分析。
3. 過去在號誌控制設計上多以延滯最小化做為其目標，本研究則應用排放與污染濃度的概念進行評估，其結果也符合先驗知識，且近年來環保意識高漲，建議未來可考量以污染值做為即時交控之參考指標。
4. 在大氣污染擴散模式中，本研究採用高斯煙陣模式做為應用，且考慮大氣流動屬於穩定狀況，由於污染環境變數例如風向、溫度等，皆為變動之參數，而本研究對於這些變數皆根據文獻的數值做設定，也僅對於三種風速不同做初步的比較，較難以符合現實即時情況，建議未來研究可考量不同風向、溫度等環境變數做細部探討。
5. 本研究以設計之路口與簡易路段作為背景，由於市區道路皆以路網形式運行，未來建議可考慮採用多路口來進行模擬，增加模式之應用範圍及準確性。
6. 本研究直接以污染排放作為GFLC模式中的績效指標，並未與傳統以車輛延滯為績效指標做比較，推估要控制某敏感區域之濃度最小，其整體路口或路段的總延滯可能會增加，但本研究並無實地進行延滯為績效指標的模擬比較，故建議未來可實際進行以確立論點。

參考資料

- 行政院環保署排放清冊資料庫，http://ivy2.epa.gov.tw/air-ei/new_main2.htm
- 賴建華(民92)，「適應性基因模糊邏輯號誌控制系統」，國立交通大學交通運輸研究所，碩士論文。
- 馮正民、邱裕鈞(民93)，*研究分析方法*，建都文化事業股份有限公司。
- 王雲慶(民94)，「應用基因模糊邏輯建構適應性匝道儀控系統」，逢甲大學交通工程與管理學系，碩士論文。
- 張安伶，「油品成分對機車引擎排放氣態污染物影響研究」，國立成功大學環境工程學系，碩士論文，民國94年。
- 邱裕鈞(民98)，「巨集演算法之發展與應用」，*國防管理學報*，第廿八卷第一期。
- 黃華宇(民99)，「延滯最小下續進路口數最大化模式之研究」，逢甲大學交通工程與管理學系，碩士論文。
- 林國顯等，「能源消耗、汙染排放推估模式與永續運輸模式之整合應用」，交通部運輸研究所，民國99年。
- 行政院環保署(民100)，「台灣地區空氣污染排放量推估手冊 TEDS 7.1 版」。
- 陳惠國、邱裕鈞、朱致遠(民100)，*交通工程*，五南文化事業。
- 邱裕鈞、謝志偉(民100)，「混合車流格位傳遞模式之建立與驗證」，*中華民國運輸學刊*，第廿四卷第二期。
- 邱煜勝(民100)，「混合車流污染排放與擴散模式之建構」，國立交通大學交通運輸研究所，碩士論文。
- Caughey, S. J., Wyngaard, J. C. and Kaimal, J. C.,(1979), "Turbulence in the Evolving Stable Boundary Layer," *Journal of Atmospheric Sciences*, Vol.36, pp.1041-1052.
- Chen, K., Yu, L., (2007), "Microscopic Traffic-Emission Simulation and Case Study for Evaluation of Traffic Control Strategies," *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, Vol.7(1), pp.93-100.
- Chiou, Y.C. and Huang Y.F.,(2011), "Stepwise Genetic Fuzzy Logic Signal Control Under Mixed Traffic Conditions," *Journal of Advanced Transportation*. (under review)
- Chiou, Y.C. and Lan, L.W. (2004), "Adaptive Traffic Signal Control with Iterative Genetic Fuzzy Logic Controller (GFLC)," *IEEE International Conference on*

- Networking, Sensing and Control*, pp.287-292.
- Coelho, M. C., Farias, T. L., Roupail, N. M., (2005), "A Methodology for Modelling and Measuring Traffic and Emission Performance of Speed Control Traffic Signals," *Atmospheric Environment* , Vol.39, pp.2367-2376.
- Daganzo, C. F., (1994), "The Cell Transmission Model: A Dynamic Representation of Highway Traffic Consistent with the Hydrodynamic Theory," *Transportation Research Part B*, Vol.28, pp.269-287.
- Goyal, P. and Rama Krishna, T.V.B.P.S., (1999), "A Line Source Model for Delhi," *Transportation Research Part D*, Vol.4, pp.241-249.
- Ishaque, M. M. and Noland, R. B., (2008), "Simulated Pedestrian Travel and Exposure to Vehicle Emissions," *Transportation Research Part D*, Vol.13, pp.27-46.
- Kidane, S., De Schutter, B., Hellendoorn, H. and Breunese, E., (2009), "Reduction of Travel Times and Traffic Emissions Using Model Predictive Control," *American Control Conference*
- Ley, A.J. and Thomson, D.J., (1983), "A Random Walk Model of Dispersion in the Diabatic Surface Layer," *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Vol. 109, pp.847-880.
- Li, J.Q., Wu, G.Y. and Zou, N., (2011), "Investigation of the Impacts of Signal Timing on Vehicle Emissions at an Isolated Intersection," *Transportation Research Part D*, Vol.16, pp.409-414.
- Li, X., Li, G., Pang, S.S., Yang, X. and Tian, J., (2004), "Signal Timing of Intersections Using Integrated Optimization of Traffic Quality, Emissions and Fuel Consumption: a Note," *Transportation Research Part D*, Vol.9, pp.401-407.
- Lin, J. and Ge, Y.E., (2006), "Impacts of Traffic Heterogeneity on Roadside Air Pollution Concentration," *Transportation Research Part D*, Vol.11, pp.166-170.
- Luhar, A.K., (2010), "Estimating Variances of Horizontal Wind Fluctuations in Stable Conditions," *Boundary-Layer Meteorology*, Vol. 135, pp. 301-311.
- Madireddy, M., De Coensel, B., Can, A., Degraeuwe, B., Beusen, B., De Vlioger, I. and Botteldooren, D., (2011), " Assessment of the Impact of Speed Limit Reduction and Traffic signal Coordination on Vehicle Emissions Using an

- Integrated Approach,” *Transportation Research Part D*, Vol.16(7), pp.504-508.
- Marmur, A. and Mamane, Y., (2003), “Comparison and Evaluation of Several Mobile-source and Line-source Models in Israel,” *Transportation Research Part D*, Vol.8, pp.249-265.
- Nagendra, S.M.S. and Khare, M., (2002), “Line Source Emission Modeling.” *Atmospheric Environment*, Vol.36, pp.2083–2098.
- Stevanovic, J., Stevanovic, A., Martin, T. P. and Bauer, T., (2008), “Stochastic Optimization of Traffic Control and Transit Priority Settings in VISSIM,” *Transportation Research Part C*, Vol.16, pp.332-349.
- Thomson, D.J. and Manning, A.J., (2001), “Along-wind Dispersion in Light Wind Conditions.” *Boundary-Layer Meteorology*, Vol. 98, pp. 341-358.
- Trabia, M. B., Kaseko, S. M., Ande, M. (1999), “A Two-stage Fuzzy Logic Controller for Traffic Signals,” *Transportation Research Part C*, Vol.7, pp.353-367.
- Wang, J.S., Chan, T.L., Ning, Z., Leung, C.W., Cheung, C.S. and Hung, W.T., (2006), “Roadside Measurement and Prediction of CO and PM_{2.5} Dispersion From On-road Vehicles in Hong Kong,” *Transportation Research Part D*, Vol.11, pp.242-249.
- Wolshon, B., Taylor, W.C. (1999), “Analysis of Intersection Delay Under Real-time Adaptive Signal Control,” *Transportation Research Part C*, Vol.7, pp.53-72.
- Zhang, Y., Chen, X., Zhang, X., Song, G., Hao, Y. and Yu, L. (2009), “Assessing Effect of Traffic Signal Control Strategies on Vehicle Emissions,” *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, Vol.9(1), pp.150-155.
- Zheng, Y. C., Zhang, Y., and Hu, J. M., (2010), “Iterative Learning Based Adaptive Traffic Signal Control,” *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, Vol.10(6), pp.34-40.