

國立交通大學  
運輸科技與管理學系

碩士論文

號誌化路口機車車隊等候長度  
對混合車道容量影響之研究

Effects of Motorcycle Queueing Length  
On Lane Capacity at Signalized Intersections

學生：張家峯  
指導教授：吳宗修

中華民國九十三年十月

# 號誌化路口機車車隊等候長度 對混合車道容量影響之研究

學生：張家峯

指導教授：吳宗修

國立交通大學運輸科技與管理學系碩士班

## 中文摘要

任何形式交通設施的改變，將影響車道原有的設計容量，而車道容量可經由每個號誌週期可疏解之停等車輛數加以估算。因此，本研究由汽機車疏解特性的角度切入，選定三處不同路側空間型態之混合車道為調查路口，以影像攝錄之方式進行資料蒐集，再利用電腦反覆播放及人工判讀方式，記錄各項數量化數據，並分為汽車前方之機車車隊、側邊有停等機車之汽車車隊及側邊無停等機車之汽車車隊三部分，來探討因機車停等區之繪設所造成的機車車隊對混合車道容量的影響。

本研究以公路容量分析理論為基礎，利用汽車機疏解特性及適當模式假設，建構每號誌週期可用綠燈時段中能疏解之停等車輛數分析模式，搭配本研究所建立之機車車隊縱向等候列數與疏解時間關係式、側邊有停等機車之汽車疏解時間特性及側邊無停等機車之汽車疏解時間查詢表，可有效用於估算混合車道容量。

研究結果發現：汽車前方之機車車隊疏解時間，並未因機車車隊等候密度高低而呈現顯著差異；側邊停等機車對停等汽車的干擾，因車道側邊空間型態差異而有所差異；混合車道容量的變化趨勢，因機車車隊縱向等候列數每增加一列之疏解時間、汽車受停等機車干擾之平均疏解間距及汽車飽和疏解間距三者之數值關係差異，而有所不同。

關鍵詞：機車車隊、容量分析、號誌化路口

# **Effects of Motorcycle Queueing Length on Lane Capacity at Signalized Intersections**

Student: Chia-Feng Chang

Advisor: T. Hugh Woo

Department of Transportation Technology & Management  
National Chiao Tung University

## **ABSTRACT**

Any kind of variation of traffic facilities will affects the original lane capacity which could be estimated by the amount of cars passing through the intersections per signal cycle. This study explores the impacts of motorcycle queueing length resulting from the marking of exclusive stopping area of motorcycles to lane capacity at signalized intersections with the characteristics of cars and motorcycles. The analysis is divided into three segments: motorcycles in front of cars, cars with motorcycles stopped aside, and cars with no motorcycle stopped aside. Three intersections were chosen as the study sites.

This study builds the lane capacity analysis model based on highway capacity analysis theory, characteristics of cars and motorcycles, and some adequate model assumptions. It was found that the discharge time of motorcycles with different density of stopped motorcycles in front of cars are not statistical significant, the influences of the motorcycles stopped aside cars on stopped cars are not the same with different roadside space patterns, and the variations of the lane capacity depends on the relationship with discharge time of motorcycles in front of cars, average time headway of cars with motorcycles stopped aside, and the saturation headway of cars.

Key Words: Motorcycles, Capacity analysis, Signalized intersections

## 誌謝

本論文得以順利完成，首先感謝恩師吳宗修教授在論文寫作期間，不厭其煩地給予學生指導與鼓勵，讓學生得以在最後緊要關頭，完成此畢業論文。三年來，每當學生在課業或日常生活上表現較不尋常時，恩師皆能寬宏地包容及適時地糾正學生所犯下的過錯，學生由衷感激。畢業前夕，恩師耳提面命地教誨學生離開校園後待人處世之道，學生將銘記於心，以不負恩師再造之情。

在論文口試期間，感謝本系張新立教授及中華大學蘇昭銘教授撥冗細審，並惠賜寶貴意見，使本論文得以更加完備。期中論文複審期間，感謝本系林貴璽老師及本校黃台生老師詳細審閱，特別是林貴璽老師，多次撥冗與學生討論，啟發學生想法。研究所授業期間，感謝李明山老師、吳水威老師、韓復華老師、謝尚行老師、任維廉老師及郭秀貴老師等對學生生活及課業上的支持與鼓勵。

研究所求學期間，實驗室士銘、建民、智仁及善斌等學長；實驗室議賢、苑綾、弘霖、傑閔、維龍及燦仁等學弟妹；系上英斌、廉凱、承瑋、鴻文、筑雅、建緯、伯榮、國琛、怡宏及文俊等學長姐；系上詩芹、建仁、俊哲、家銘、建安、月貞、信豪、依伶、雲萍、鵬先、明穎、乃哥、阿貴、小渣、瑞禧、duran、元劭、a 彭、靖媛、思賢、家盛、小本及小智仁等同窗好友；系上起豪、依潔、韻璇、惠玉、梅子、小宇及大中等學弟妹，你們曾給予我的關懷與鼓勵，我亦由衷感激。特別是昔日好友詩芹，我不會忘記妳曾對我的支持與關懷、寬恕與包容，再次，謝謝妳。

至於柚子、格瑋、家瑋、郭博、立昇、小亮、美杏、小雞及國城等山服 90 級及 pinga、方瑜、小龜、小白、性獸、蕙怡、照慶、麵包、皓棠、小花、薇嵐、小丸、小鐵、小強、重佑、a 達、駝鳥及日本等山服團老老少少的朋友，想跟大家說聲：謝謝你們。因為你們在生活上的扶持與分享，使我的研究所生活，竟是如此的豐富及多采多姿。特別是好友方瑜，這一年來，若少了妳的關懷與叮嚀，此本論文或許將無法如此順利在此刻完成，謝謝妳。

最後，將此本論文獻給我最摯愛的家人，感謝你們對我的關懷與協助，僅將此份成果與你們分享。

張家峯 謹誌

中華民國九十三年於風城交大

# 目錄

中文摘要 .....	I
英文摘要 .....	II
誌謝 .....	III
目錄 .....	IV
圖目錄 .....	VI
表目錄 .....	VII
<b>第一章 緒論 .....</b>	<b>1</b>
1.1 研究背景與動機 .....	1
1.2 研究目的與內容 .....	3
1.3 研究範圍與對象 .....	3
1.4 研究方法 .....	4
1.5 研究流程 .....	4
<b>第二章 文獻回顧 .....</b>	<b>6</b>
2.1 機車於路口停等及疏解特性 .....	6
2.1.1 機車於混合車道停等與疏解特性 .....	6
2.1.2 機車於機車專用道停等與疏解特性 .....	8
2.2 汽車於路口停等及疏解特性 .....	9
2.2.1 飽和間距與飽和流率 .....	10
2.2.2 損失時間 .....	11
2.2.3 有效綠燈 .....	11
2.3 號誌化路口容量 .....	12
2.3.1 容量定義 .....	12
2.3.2 影響因素 .....	13
2.3.3 分析方法 .....	13
2.4 小結 .....	19
<b>第三章 研究設計與方法 .....</b>	<b>20</b>
3.1 名詞定義說明 .....	20
3.2 研究設計 .....	22
3.3 研究方法 .....	24
<b>第四章 模式建構與資料蒐集 .....</b>	<b>26</b>
4.1 號誌化路口混合車道容量分析模式建構 .....	26
4.1.1 號誌化路口車道容量分析理論基礎 .....	26
4.1.2 機車車隊等候長度對汽車疏解的影響 .....	26
4.1.3 混合車道容量分析模式建構 .....	27
4.2 資料蒐集 .....	33
4.2.1 蒐集方式與使用器材 .....	33
4.2.2 調查路口選取 .....	33
4.2.3 蒐集時間 .....	39
<b>第五章 資料分析 .....</b>	<b>41</b>
5.1 汽車前方之機車車隊 .....	41

5.1.1 同一等候長度下，不同停等空間利用率之疏解時間差異分析 .....	44
5.1.2 等候長度與疏解時間關聯分析 .....	47
5.2 側邊有停等機車之汽車車隊 .....	48
5.2.1 無路側空間可供機車停等及疏解 .....	49
5.2.2 無路側空間可供機車停等，但可利用右轉專用道疏解 .....	49
5.2.3 有路側空間可供機車停等及疏解 .....	50
5.2.4 差異比較 .....	51
5.3 側邊無停等機車之汽車車隊 .....	54
5.4 小結 .....	57
<b>第六章 混合車道容量分析 .....</b>	<b>59</b>
6.1 資料設定 .....	59
6.2 混合車道容量分析 .....	60
6.2.1 型態一—混合車道外側無空間供機車停等及疏解 .....	60
6.2.2 型態二—混合車道外側有空間供機車停等及疏解 .....	64
6.2.3 型態三—混合車道外側為右轉專用道 .....	65
6.2.4 綜合分析 .....	67
6.3 小結 .....	69
<b>第七章 結論與建議 .....</b>	<b>70</b>
7.1 結論 .....	70
7.2 建議 .....	71
<b>參考文獻 .....</b>	<b>73</b>
<b>附錄一 .....</b>	<b>75</b>
<b>附錄二 .....</b>	<b>77</b>
<b>附錄三 .....</b>	<b>79</b>



## 圖目錄

圖 1-1 機車停等區示意圖 .....	2
圖 1-2 機車車隊示意圖 .....	2
圖 1-3 研究流程圖 .....	5
圖 2-1 飽和間距示意圖 .....	10
圖 2-2 飽和流率示意圖 .....	11
圖 3-1 汽機車無違規之機車車隊等候長度示意圖 .....	20
圖 3-2 機車違規超越停止線之機車車隊等候長度示意圖 .....	21
圖 3-3 汽車違規佔用機車停等區之機車車隊等候長度示意圖 .....	21
圖 3-4 研究分析項目思考過程圖 .....	23
圖 3-5 研究架構圖 .....	24
圖 4-1 飽和間距起始點示意圖-1 .....	29
圖 4-2 飽和間距起始點示意圖-2 .....	31
圖 4-3 中興路與竹中路交叉路口型態 .....	35
圖 4-4 自由路與中央路交叉路口型態 .....	36
圖 4-5 光復路與東光路交叉路口型態 .....	37
圖 5-1 資料分析架構圖 .....	42
圖 5-2 錄影資料判讀-1 .....	43
圖 5-3 錄影資料判讀-2 .....	43
圖 5-4 汽機車疏解間距計算差異示意圖 .....	52
圖 5-5 汽車車尾位置與疏解間距 .....	56
圖 6-1 型態一之車道容量變化圖 .....	62
圖 6-2 汽車可用疏解時間增加示意圖 .....	62
圖 6-3 型態二之車道容量變化圖 .....	64
圖 6-4 汽車可用疏解時間減少示意圖 .....	65
圖 6-5 型態三之車道容量變化圖 .....	66
圖 6-6 車道容量隨停等機車數變化示意圖 .....	68

## 表目錄

表 1-1 國內機車總數每年成長率 .....	1
表 2-1 機車與小客車正常行駛速度及加速度關係表.....	9
表 2-2 機車與小客車車輛特性比較表 .....	9
表 2-3 車輛靜態尺寸特性表 .....	10
表 4-1 調查路口型態說明表 .....	38
表 4-2 路口調查時間表 .....	40
表 5-1 光復路-停等空間利用率與疏解時間之調查內容及樣本說明 .....	45
表 5-2 光復路-停等空間利用率與疏解時間差異分析之結果摘要表 .....	46
表 5-3 自由路-停等空間利用率與疏解時間之調查內容及樣本說明 .....	46
表 5-4 自由路-停等空間利用率與疏解時間差異分析之結果摘要表 .....	47
表 5-5 路口調查樣本資料 .....	50
表 5-6 汽機車疏解時間計算差異表 .....	51
表 5-7 中興路與自由路疏解間距差異分析表 .....	53
表 5-8 中興路與光復路疏解間距差異分析表 .....	53
表 5-9 光復路與自由路疏解間距差異分析表 .....	54
表 5-10 側邊無停等機車干擾之汽車疏解間距調查內容摘要表 .....	55
表 5-11 汽車車尾位置與疏解間距對應表 .....	56
表 5-12 $T_{cc}$ 值查詢表 .....	58





# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

根據交通部統計處資料顯示，截至九十二年十二月底為止，全國機器腳踏車（以下簡稱機車）總數已達 12,366,864 輛（包括重型與輕型），約佔全國機動車輛總數百分之六十七(全國機動車輛總數為 18,500,658 輛)，機車總數每年皆有所成長(如表 1-1 所示)，可知國人對於機車此類型交通運輸工具的需求，未因其它大眾運輸工具的發展而有所減少，且已達到每兩人就有一人擁有一輛機車的比率(截至民國九十三年五月底止，全國總人口數為 22,632,661 人)，使得機車的使用與管理，已成為目前交通管理上的一大課題。

表 1-1 國內機車總數每年成長率

年度	機器腳踏車總數	機器腳踏車年成長率
八十二年	7,867,396	---
八十三年	8,034,509	2.12%
八十四年	8,517,024	6.01%
八十五年	9,283,914	9.00%
八十六年	10,051,613	8.27%
八十七年	10,529,040	4.75%
八十八年	10,958,469	4.08%
八十九年	11,423,172	4.24%
九十年	11,733,202	2.71%
九十一年	11,983,757	2.14%
九十二年	12,366,864	3.20%

資料來源：交通部統計處[1]

民國八十六年九月中旬，台北市交工處選定中山北路民族西路路口西側及復興北路民生東路路口東西兩側，試辦三處機車停等區[2]，自此，於路口繪設機車停等區之交通管理方式，始獲得國內專家學者的重視。民國八十九年七月十三日交通部增訂發布「道路交通標誌標線號誌設置規則」第 174-2 條[3]，明文規定機車停等區線之用途及繪設方式，並於民國九十二年九月二十四日再度修正第 174-2 條條文內容，現今公路主管機關幾乎皆遵循此法令規定，以繪設機車停等區線之交通管理方式，維護道路路口之安全與暢通，路口機車停等區示意圖如 1-1 所示。

此類於停止線後方繪設一矩型區域供機車停等的交通管理方式，使得停等區內之停等機車，得以在綠燈始亮後，先行自路口疏解（與後方停等汽車比較），並且改善汽機車混合停等時可能帶來的衝突。然而，任何形式交通設施的改變（車道佈設、號誌週期、車道寬度、路側淨寬…等），將造成車道容量的改變。另外，停等區的繪設，雖改善汽機車混合停等的情況，但同時造成機車易於路口近端形成車隊，此路口近端與無法進入停等區停等而停等於汽車側邊之機車車隊之疏解特性，勢必影響混合車道上汽車之疏解，當汽車疏解受影響時，車道之設計容量勢必改變。因此，本研究

由汽、機車疏解特性的角度切入，探討近幾年來因機車停等區的繪設所造成的機車車隊疏解時（包括汽車前方及汽車側邊，如圖 1-2 所示）對車道容量的影響，並依據相關研究發現，提出可供公路主管機關繪設機車停等區之參考依據。

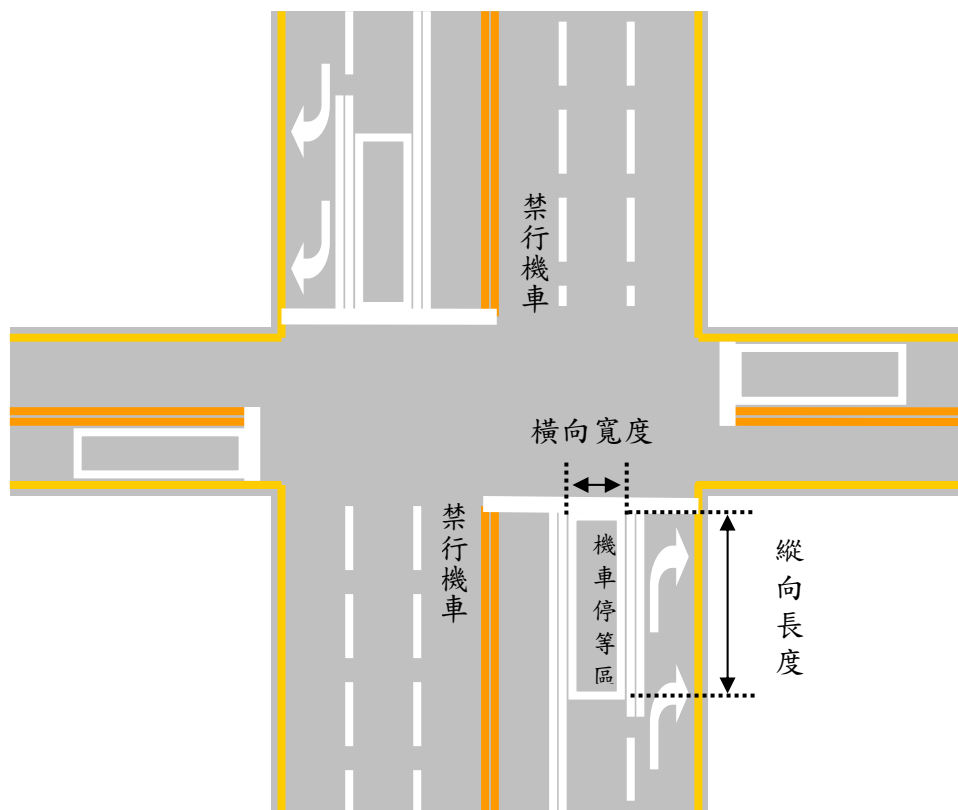


圖 1-1 機車停等區示意圖

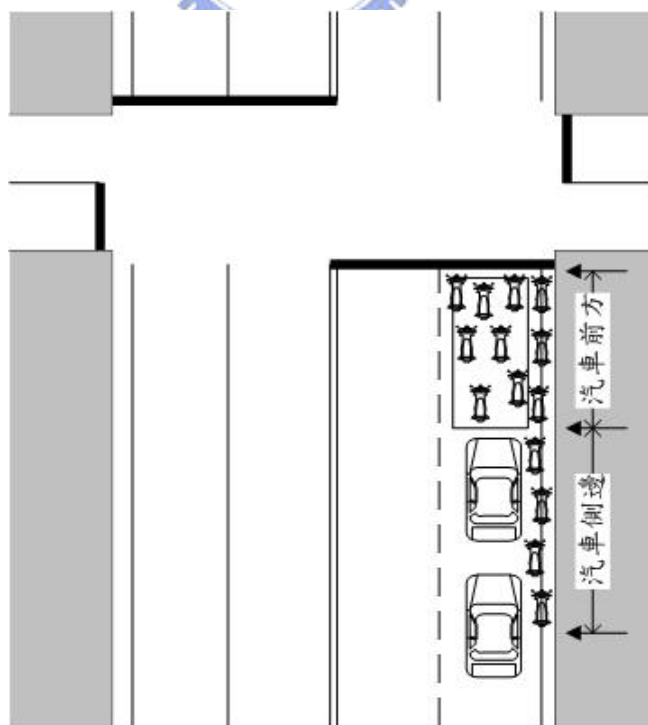


圖 1-2 機車車隊示意圖

## 1.2 研究目的與內容

本研究之主要目的為探討號誌化路口機車車隊等候長度對混合車道容量的影響，另外探討側邊有停等機車干擾之汽車車隊疏解特性（疏解間距），是否因混合車道外側可供機車停等及疏解之空間型態不同而有所差異。

為達成上述之研究目的，本研究依據機車車隊疏解時對車道上汽車疏解所造成的影響，建構一般化混合車道容量分析模式，並據此分析機車車隊等候長度對混合車道容量的影響。機車車隊疏解對汽車疏解所造成的影響，可分成三部分加以探討：

### 1. 停等於汽車車隊前方之機車車隊

考量汽車於車道疏解時，需等待前方車輛（機車或汽車）疏解完畢後，才可進行疏解動作，而前方車輛疏解所花費之時間可視為汽車綠燈時段中無法使用之綠燈時間，無法使用之綠燈時間增多相當於可使用之綠燈時間減少，若可使用之綠燈時間減少，則每號誌週期可疏解之停等車輛數勢必減少。因此，本研究針對汽車車隊前方之機車車隊，進行機車車隊等候長度與疏解時間之關聯分析。

### 2. 側邊有停等機車干擾之汽車車隊

在一般情況下，當機車無法停等於汽車車隊前方時，將停等於汽車車隊側邊，以此停等方式停等之機車疏解時，勢必對混合車道上之汽車疏解產生影響，而車道容量可經由每號誌週期可疏解之停等車輛數進行估算。因此，本研究量測汽車側邊有停等機車干擾下之汽車平均疏解間距。

另外，此部分亦考量混合車道外側可供機車停等及疏解之空間型態差異，是否對側邊有停等機車干擾之汽車疏解間距產生差異影響，因此，本研究選定三種不同類型之混合車道外側空間，進行差異比較與分析。

### 3. 側邊無停等機車干擾之汽車車隊

在一般情況下，純小客車車隊中之第四部或第五部車輛起，將以「飽和間距」之疏解特性進行疏解。然而，汽車前方之機車車隊等候長度及側邊有停等機車干擾之汽車車隊長度，將影響到側邊無停等機車干擾之汽車車隊起始位置，而此起始位置又關係到該輛汽車能否以飽和間距疏解特性疏解，因此，本研究針對汽車側邊無停等機車干擾下，各汽車停等位置之疏解時間特性加以分析。

## 1.3 研究範圍與對象

本研究以都市地區號誌化路口之混合車道為研究範圍，研究對象則為停等於本研究範圍內之機車與汽車（小型車）。另外，考量混合車道外側可供機車停等及疏解之空間型態差異，是否對側邊有停等機車干擾之汽車車隊疏解特性（疏解間距）造成差異影響，本研究選定下列三種類型之混合車道進行資料蒐集與分析。

### 1. 混合車道外側無空間可供機車停等及疏解時使用。

2. 混合車道外側有空間可供機車停等及疏解時使用。
3. 除混合車道空間可供機車停等及疏解使用外，混合車道外側設置有右轉專用道，可供停等機車疏解時使用。

## 1.4 研究方法

考量本研究可利用實證資料配合數學分析模式進行，因此本研究以下列方法為研究方法：

### 1. 文獻評析法

評析與本研究內容相關之研究成果，從中擷取可用資訊或參數設定，並確認本研究之可行性。

### 2. 現場調查法

以攝影之方式拍攝路口現場車流資料，配合時間量測及間距量測法，量化汽、機車車流疏解時間特性。

### 3. 模式分析法

以二〇〇一年公路容量手冊中之號誌化路口容量分析模式為基礎，建構混合車道容量分析模式，並據此分析模式，分析機車車隊等候長度對混合車道容量的影響。



## 1.5 研究流程

本研究流程如圖 1-2 所示，茲說明如下：

### 1. 問題分析與文獻回顧

初步依欲進行研究之方向，研讀相關研究背景資料，並依據研究方向與目標，界定研究問題內容，再進一步針對與本研究內容相關之文獻資料，進行蒐集與分析。蒐集資料包括汽機車路口停等與疏解特性、汽機車車輛尺寸及基本特性、機車停等區相關研究成果及號誌化路口容量分析方法與分析模式等方面。

### 2. 研究架構與模式建立

依據本研究目的、研究內容與相關文獻資料評析結果，擬定本研究之研究架構，並確立資料蒐集方式與分析方法，再依據路口機車車隊停等及疏解時，對混合車道上停等汽車疏解特性之影響，建構混合車道容量分析模式。

### 3. 資料蒐集與分析

在時間與成本考量下，針對新竹市路口進行勘查，篩選出適合本研究調查之路口，再依所選定之路口，蒐集機車車隊疏解時間與汽車車輛疏解間距等實證資料，最後，針對依所蒐集之資料，進行量化處理與差異比較分析。

### 4. 容量分析

以本研究所建構之混合車道容量分析模式為基礎，搭配量化後之汽機車疏解時間特性資料，綜合分析機車車隊等候長度對混合車道容量的影響。

### 5. 結論與建議

針對本研究之具體研究成果及發現，歸納本研究之綜合結論，並提出後續相關研究之具體建議。

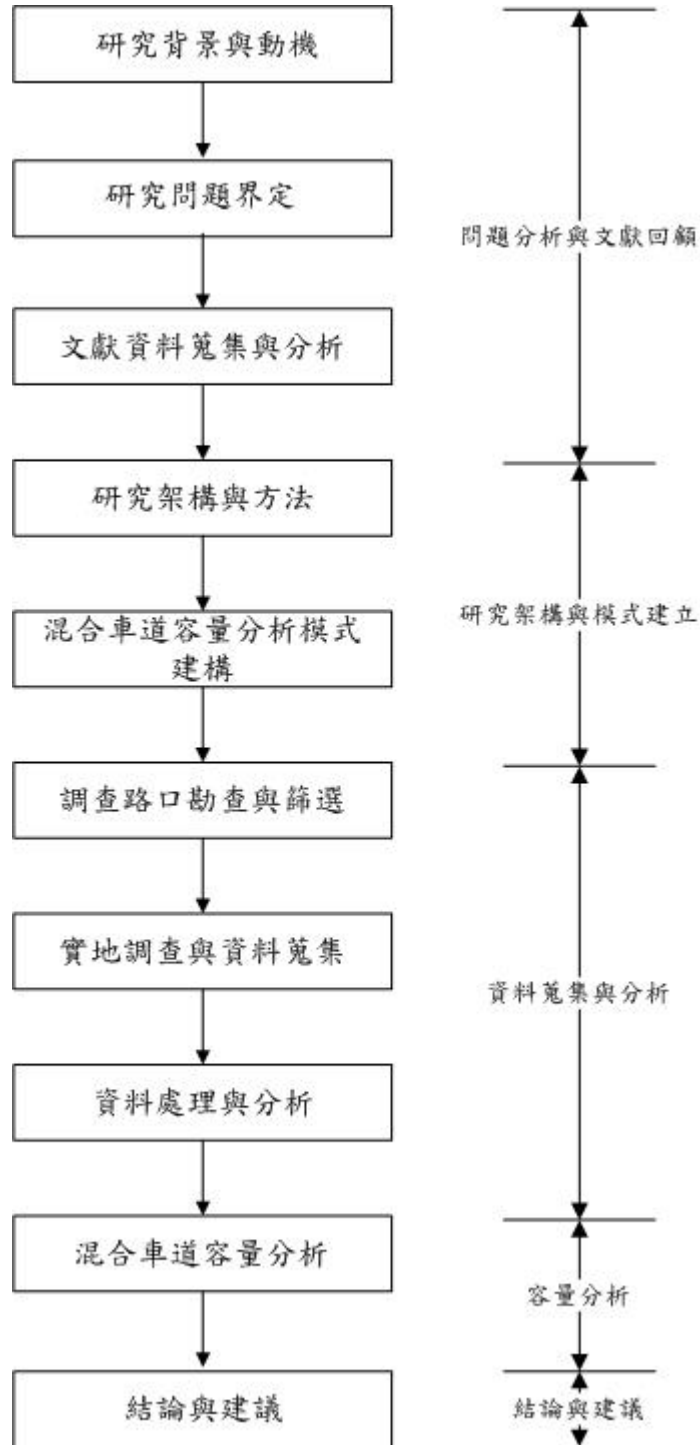


圖 1-3 研究流程圖

## 第二章 文獻回顧

本章針對與本研究內容相關之文獻，分機車於路口停等及疏解特性、汽車於路口停等及疏解特性與號誌化路口容量三個子題，進行回顧與整理，以期對研究內容上有更深層的瞭解。

### 2.1 機車於路口停等及疏解特性

機車於路口停等時，其停等與疏解特性依路口車道佈設及使用限制不同而有所差異，下列分機車於混合車道停等與疏解特性及機車於機車專用道停等與疏解特性兩部分加以回顧。

#### 2.1.1 機車於混合車道停等與疏解特性

混合車道並非法定名詞，難以明確界定其內涵。一般在概念上認為混合車道係設置於最外側之車道，提供汽車、機車、腳踏車等兩種以上運具使用之車道，因此與慢車道內涵相當接近，難以區別，故通常在實務上，混合車道係指車道路幅較寬，足供一輛汽車與一輛機車或自行車等慢車併行之車道空間，慢車道則較窄，而無併行之考量[20]。

機車於路口混合車道的停等與疏解特性，受混合車道寬度、汽機車到達型態、汽機車實體尺寸、汽機車靜態尺寸、汽機車動態尺寸與汽機車加速特性差異等因素影響，在其它影響因素變化不大下，以混合車道上是否有繪設機車停等區的影響最鉅，因此下分無繪設機車停等區及有繪設機車停等區兩部分加以探討。

##### 1. 無繪設機車停等區

路口混合車道在尚未繪設機車停等區之前，機車於路口停等與疏解行為，不似汽車有明顯車道觀念及依序停等與疏解行為。機車車流在路口受到號誌阻斷後，會以平面散佈方式停等於停止線前，且此一停等車流會以由外側往內側逐步減少的方式停等，即具有向前集中、橫向擴張停等的特性[4]。另由於機車車身小，會設法往前推擠，但推擠程度又受路口停等汽車的影響，因此機車停等型態大致可分類為橫條型機車停等形狀、前聚型機車停等形狀、長條型機車停等形狀與不規則型停等形狀四種停等型態[6]。

機車疏解特性雖因停等形態不同而有所差異，但綜合來看，有綠燈始亮時會以成群方式衝出路口、由右往左疏解率逐次降低、易產生負的起動延滯、機車疏解車流之飽和時段不易確認與機車可用之停等空間對機車疏解率之變化影響很大等幾項疏解特性存在[7]。

##### 2. 有繪設機車停等區

民國八十六年九月中旬開始，台北市交工處選定中山北路民族西路路口西側及復興北路民生東路東西兩側，試辦三處機車停等區[2]，自此，在停止線後方繪設一矩形區域供機車停等，使得機車得以在綠燈始亮後先行自路口疏解與降低汽機車衝突的交通管理方式，始獲得國內專家學者的重視，及至民國八十九年七月十三日交通部增訂發布「道路交通標誌標線號制設置規則」第 174-4 條[3]，並自民國八十九年七月十六日起正式執法，明言規定機車停區線之用途及繪設方式，並於民國九十二年九月二十四日再度修正第 174-4 條法條內容至今，公路主管機關幾乎皆遵循法令規定，以繪設機車停等區線之交通管理方式，維護道路路口之安全與暢通。

依據「道路交通標誌標線號制設置規則」中第 174-4 條規定，「機車停等區線，用以指示機器腳踏車駕駛人於紅燈亮時行駛停等之範圍，其他車種不得在停等區內停留。本標線視需要設置於行車速限每小時六〇公里以下之道路，且設有行車管制號誌路口之停止線後方。但禁行機車或紅燈允許右轉車道不得繪設。機車停等區線，線型為白色長方形，橫向（前後）線寬二〇公分，縱向（二側）線寬一〇或一五公分，縱深長度為二·五公尺至六公尺，並視需要於機車停等區內繪設機車圖案或白色標字。」其內容可分下列數項要點：

#### (1)功能

用以指示機器腳踏車駕駛人於紅燈時停等之範圍，其他車種不得在停等區內停留。

#### (2)繪設環境

本標線視需要設置於行車速限每小時六〇公里以下之道路，且設有行車管制號誌路口之停止線後方。但禁行機車或紅燈允許右轉車道不得繪設。其中「禁行機車」與「紅燈允許右轉車道」不得繪設則同時限制了機車停等區橫向寬度所能繪設的範圍。

#### (3)線型

機車停等區線，線型為白色長方形，橫向（前後）線寬二〇公分，縱向（二側）線寬一〇或一五公分。

#### (4)縱深長度

縱深長度為二·五公尺至六公尺。

#### (5)其它

視需要於機車停等區內繪設機車圖案或白色標字。

雖然法令規定機車停等區僅允許機車於紅燈時停等，但若號誌設計未配合停止線退縮及調整燈號轉換時間，將造成汽車在黃燈時段抵達停止線時，陷入猶豫區間，除有安全上的顧慮外，更形成汽車違規佔用機車停等區之情況[5]。且由於機車在停等區中，並不會整齊排列停等，而會因為進入停等區行駛路線角度不同

或駕駛員保持舒適的停等間隔，使得機車騎士不可能充分利用到所有的停等空間[15]，使得停等區的使用率，除與機車需求有關外，更與汽車違規佔用及停等區的可及性有關。機車常利用路肩空隙及車道空隙，以穿梭的方式進入停等區，若此通道受阻時機車便難以進入停等區中。

另外，機車停等區的繪設對於混合車道上，停等於機車停等區後的汽車確實產生影響，除了使後方混合車流混合比下降，汽車車流在純化的情形下可以有較高的飽和紓解率之外[14]，發現汽車必需多用 2 秒鐘通過路口，增加延滯[9]，且汽車通過路口的延滯時間與停等區縱深長度呈現正相關，在信心水準為 0.95 情況下，進行 t 檢定，具有顯著差異，顯示停等區的縱深長度對於起動延滯是有影響的[5]，但在汽車總延滯方面，事後比事前減少，而機車總延滯值，則由於設置機車停等區後，使得機車向前集中先行疏解，停等區內的機車可以有較高的飽和紓解率，因此，總延滯值得以降低。

至於快車道上汽車飽和紓解率與起動延滯，雖然在混合車道繪設機車停等區後有所改善，但經統計檢定並無顯著差異[14]，而機車停等需求面積，範圍由 1.73 至 3.05 平方公尺不等，平均值為 2.25 平方公尺[5]。

#### 2.1.2 機車於機車專用道停等與疏解特性

機車在設置有機車專用道或機車優先道的路口停等時，由於不必與其它車種車輛混合停等，在車流純化下，一般機車在路口停等排列情況，雖遠較混合車流停等時佳，但仍與混合車流一般，有往停止線，甚至交叉口邊線（人行道前端）推擠的現象[17]。

至於機車在設置有機車專用道的路口疏解時，早期多直接引用國外車流理論之觀念，逕將汽車之行為模式加諸機車之上，認為機車飽和車流應存在，討論之重點偏在飽和流率之值應為多少。

依照林大煜君[21]對台北市天津街機車專用道進行純機車車流調查分析結果顯示，在單向 1.5 公尺寬之機車專用道上，其飽和車流之車間距為 0.5 秒/車，換句話說，該 1.5 公尺寬之機車專用道，其飽和流量應達 7,200 輛/小時·1.5 公尺。雖然該研究未明確描述出機車車流之疏解型態或過程，但依其對飽和車流之結論，顯示該研究認為純機車車流亦存在與汽車相同之飽和疏解型態。

另依何志宏君[22]之研究結果指出，在 1.8 公尺寬之機車專用道上，其飽和疏解率為 2.21 輛機車/2 秒·1.8 公尺，且飽和車流出現在綠燈始亮後約 4 秒以後，該研究仍認為機車車流具有飽和車流型態。

然而，林豐博君[18]回顧國內以往研究結果，接受機車並無飽和車流特性之觀點，並提出「機車專用道等候車之疏解可分為三階段：第一階段，機車在綠燈還未亮之前就開始加速，疏解率很快增加，並在綠燈始亮後 6 秒左右達到最高值；



第二階段，疏解率急速下降至 5~10 秒左右；最後一階段，疏解率可能繼續下降或達到一較穩定之值」之見解，同時，據此建立出三階段疏解率推估模式。

由以上之文獻內容可知，雖然過去對於路口純機車車流是否存在飽和車流，有相當大的差異看法，但對於機車起動延滯為負值的現象，仍廣泛的存在於這類型的車道上，甚至在綠燈始亮前 2 秒鐘，機車已開始起動，至於各轉向車流之動線相互衝突的情況，亦會在此類型車道發生，此亦是造成機車專用道疏解率降低的原因之一[17]。

另外，根據運輸研究所的研究報告內容中提及，機車專用道的實施對於路口汽機車平均延滯及平均停等延滯有降低的趨勢，且在實施機車專用道後，有近 95% 的機車行駛於機車專用道及混合車道中，機車行駛在快車道僅有 5%。機車集中在機車專用道及混合車道中，汽車則分佈在內側二快車道及右轉車道中，少數分佈於機車專用道中[23]。

## 2.2 汽車於路口停等及疏解特性

由於汽車體積龐大且汽車駕駛者有明顯的車道觀念，使得汽車在路口有依序停等及一輛接著一輛依序自路口疏解的特性，另由於駕駛者本身「反應時間」(自駕駛者看到綠燈始亮後到車輛開始移動的時間)特性及汽車在低速時加速度慢(相較於機車而言，數據如表 2-1 所示)、汽車體積龐大(相較於機車而言，數據如表 2-2、2-3 所示)等車輛特性的影響，使得汽車在號誌化路口疏解上有以下幾點特性。

表 2-1 機車與小客車正常行駛速度及加速度關係表

單位：公尺/秒<sup>2</sup>

速率(KM/HR)	16	24	32	40	50	56	65
機車	2.51	2.09	1.68	1.26	0.75	0.44	---
小客車	1.61	1.47	1.36	1.14	0.94	---	---

資料來源：林大煜、林豐福、賴靜慧，機車問題探討及改善策略[8]

表 2-2 機車與小客車車輛特性比較表

基本特性	長	寬	高	重量
機車/小客車	39%	39%	76%	7%
佔用面積特性	靜止時佔用面積		運動時佔用面積	
機車/小客車	18%		23%	
其它特性	軸距	迴轉半徑	駕駛者視線高度	
機車/小客車	49%	38%	131%	

資料來源：林大煜、林豐福、賴靜慧，機車問題探討及改善策略[8]

表 2-3 車輛靜態尺寸特性表

特性	機車	小汽車	機車/小汽車
實體長度(m)	1.85	4.00	46%
實體寬度(m)	0.75	1.55	48%
停車間距(m)	0.30	1.50	20%
靜態車長(m)	2.20	5.50	40%
靜態車寬(m)	1.00	2.00	50%

資料來源：陳世泉，混合車流中機車駕駛行為之分析[12]

### 2.2.1 飽和間距與飽和流率

由於汽車在路口等候疏解時有依序停等與疏解的特性，使得停等之汽車車隊於路口等候疏解時，若車道上只有小客車且疏解不受其它車流或行人干擾時，第一部停等車輛之平均疏解間距（Discharge Headway, 綠燈始亮至汽車車尾通過停止線的時間差）大約在 2.5 秒到 3.5 秒之間，第二部停等車輛之平均疏解間距（前方車輛車尾通過停止線與後方車輛車尾通過停止線的時間差）較第一部停等車輛短，第三部停等車輛之平均疏解間距更短，到第四部或第五部車之後，平均疏解間距趨向一穩定值，此穩定之平均疏解間距稱為飽和間距（saturation headway），而飽和間距之倒數稱為飽和流率（saturation flow rate），其單位可轉換成「輛/小時」，示意圖如 2-1、2-2 所示。

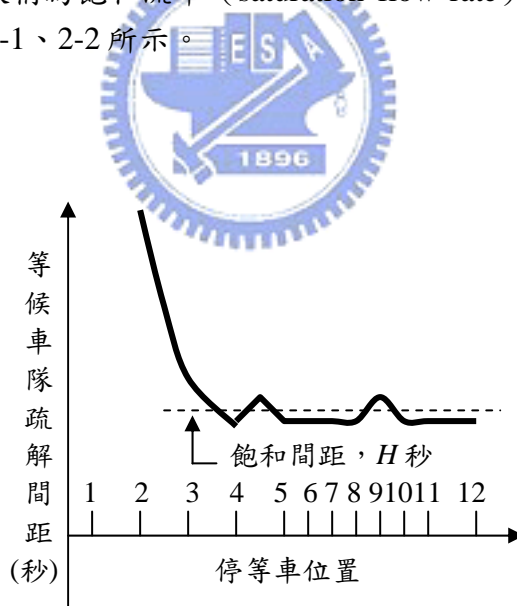


圖 2-1 飽和間距示意圖

資料來源：二〇〇一年台灣地區公路容量手冊

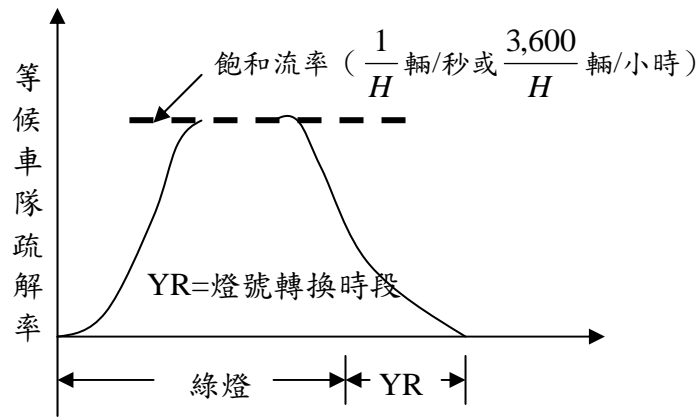


圖 2-2 飽和流率示意圖

資料來源：二〇〇一年台灣地區公路容量手冊

### 2.2.2 損失時間

損失時間 (lost time) 可分為起動損失時間 (starting lost time or start-up lost time) 與清道損失時間或燈號轉換損失時間 (clearance lost time) [19]，指的是號誌週期內，由於汽車起動特性及剎停特性，造成汽車在綠燈燈號始亮和燈號轉換時段的時間損失，如圖 2-2 所示，汽車在綠燈剛開始後的一短暫時間內疏解率小於飽和流率，這是因為最前面幾部車輛起動到達參考基線之速率較慢而造成較大之疏解間距，若前面五部車子總共花費了 15 秒才通過基線而飽和間距為 2 秒，則這五部車的損失時間為  $15 - 2 * 5 = 5$  秒，此損失時間稱為起動損失時間。另外，在燈號轉換時段開始後，疏解率開始下降，其結果是一部分汽車不能以飽和疏解率疏解車流，若燈號轉換時間為  $Y$  秒、飽和間距為  $H$  秒、平均在燈號轉換時段（在有充分之車輛時）能疏解之車輛為  $N$  輛，則在燈號轉換時段內的損失時間為  $Y - N \cdot H$ （秒）。每時相在一號誌週期內損失時間為起動損失時間和燈號轉換損失時間之和。

### 2.2.3 有效綠燈

有效綠燈指的是各時相內，汽車所能使用有效的綠燈時間，其估計式如下：

$$G_e = G + Y - L_t \quad (2.1)$$

式中：

$G_e$ =每時相之有效綠燈(秒)；

$G$ =綠燈時段(秒)；

$Y$ =燈號轉換時段(秒)，包括黃燈及全紅時段；

$L_t$ =每時相之損失時間(秒)。

## 2.3 號誌化路口容量

容量 (capacity) 指在各種交通設施原所具備和所提供的基本運輸能力，而美國公路容量手冊是一本以經驗資料為主要內容的權威性著作，今回顧國內對美國公路容量手冊內容的相關探討及 2001 年台灣地區公路容量手冊內容。

### 2.3.1 容量定義

早期的美國公路容量手冊，將「容量」分為：基本容量、可能容量、實際(或實用)容量三種，其涵意如下：

#### 1. 基本容量

係指在理想的路幅和交通狀況下，小型客車每小時能通過某一特定點的最大車輛數。此係假定所有車輛均以同一速率行駛，而車間空程亦保持最短距離而言。一般在每一標準寬度車道上的基本容量為 2000 輛/時，是以車輛能以 50~65KPH 的速率行駛且能符合下述各項規定：

- (1) 至少有兩線車道供車輛做同向行駛；
- (2) 所有車輛係以幾近相同的速率(50~65KPH)行駛；
- (3) 車流中無大型車輛混雜其間；
- (4) 車道與路肩的寬度以及車道旁至障碍物間的橫向淨距，必須足敷需要或規定設計。
- (5) 視距足夠，坡度、超高、交叉狀況適當。
- (6) 無行人及機、慢車的干擾。

#### 2. 可能容量

係指在現有路況下，小型客車每小時能通過某一特定點的最大車輛數。

#### 3. 實際容量

係在現有路況及交通狀況下，交通密度並未大到足以構成行車危險、延誤或影響駕駛操作的情況下，小型客車每小時能通過某一特定點的最大車輛數。然而，新版的美國公路容量手冊，已將上列所述之三種容量，另以「容量」和「服務水準」字樣或名詞替代。

#### 4. 容量

係指在現有街道和交通狀況下，單位時間內在道路某處的每一車道上，依同向行駛所能通過車輛的最大數量，稱為「容量」(此即早期公路容量手冊中所示的「可能容量」)。除非能將現有的交通情況和路況加以改善，否則公路容量是不可能增加的[16]。

另外，2001 年台灣地區公路容量手冊[17]及市區號誌化交叉口容量分析手冊[18]將容量定義為：在一特定時間(不短於 15 分鐘之時間)內，在現存之交通、幾何設計及號誌控制狀況下，經常能從某車道或車道群進入交叉路口之最大車輛數之期望值，其單位為輛/小時。現場調查必須在每週期到達路口之車輛數超過能進入交叉路口之車輛數時才能直接量得容量。在分析號誌化路口時，容量為估計值。在單純之狀況下(如只有專用時相、沒停車及公車站之干擾、也沒有行人之衝突)，容量之估計並不困難，但在其它情況下，很難從分析性模式準確地估計容量。

### 2.3.2 影響因素

交通和道路情況均處於理想狀態的情形者並不多，因此，若能將各種影響公路容量的因素加以考慮之後，容量的估算將較為合理，影響一般公路容量和服務流量的因素可分為公路因素和交通因素，其中：

#### 1. 公路因素

可對公路容量產生積極影響的設計特徵稱為公路因素，諸如車道寬度、側向淨寬、路肩寬度、輔助車道、鋪面條件、路線配置、縱向坡度等，其設計差異將對公路容量產生影響。

#### 2. 交通因素

具有相同道路因素的公路，若該公路的交通組成、交通特性、交通願望和管制方式不同，將構成不同的公路容量，而上述各項加以考慮的事項稱為交通因素，這些因素包括有重型貨車、大型客車、車道分佈、流量變化、車流中斷等。

另外，號誌化路口容量除了受上述一般性影響因素影響之外，更受號誌控制策略、交通狀況、路口幾何設計、交通管理、氣候及能見度等因素影響。

### 2.3.3 分析方法

一般研究車流行為的方法有三種[10]：現場觀察法(Field Observation Method)、數學分析法(Mathematical Analysis Method)及系統模擬法(System Simulation Method)，三種方法各有其優劣及適用情形，分述如下：

#### 1. 現場觀察法

通常需要精密測量儀器、設備與人力，配合大規模調查，雖然調查結果較其它方式準確，但所需花費人力、金錢及時間甚鉅，如果缺少則難以進行此類研究，使得所得資料無法作為預測之用。

#### 2. 數學分析法

數學模式在應用上較簡便，所需調查及花費時間與成本最少，但在模式建構時，預依據實際情況作某種程度之簡化，且在選定變數及參數時，極需謹慎，否則模式分析結果可能無法反應實際情況。

### 3. 系統模擬法

藉電腦記憶容量特性，涵蓋大量相關因素，控制變動的幅度，具有極大的彈性及適應性，經由高速運算可減少實驗所需時間。

在分析道路容量的方法上，有下列流量—密度—速率曲線關係配適法、極值法、間距量測法及模擬法等四種方法[24]：

#### 1. 流量—密度—速率曲線關係配適法

本法屬巨觀方法，經由長期實際調查之資料建立「流量—密度—速率」之關係，由「流量—速率」曲線之彎折點找出容量及其速率值，本法特點在於：

(1)需大量實測資料，以配適適當之曲線。

(2)觀測點之散佈趨勢可能是多階段 (Multi-Regime)，故其尋優過程較為複雜。

以往容量之決定多依據「流量—速率」曲線之彎折點或極點求取，蓋因車流之密度值不易取得，惟近年因汽車車流之「流量—密度—速率」已經過許多研究反覆驗證確認，故有部份研究，在進行道路或車道容量研究時，直接假設流量、速率、密度三要素關係存在且確定，而逕由「流量—密度」或「速率—密度」關係曲線，配合  $Q=K \times V$  關係式，推算容量值。

#### 2. 極值法

本法之基本精神在於：公路流量達到飽和流量之狀態，為瞬間發生之事件，理論上不會一直延續，故其將調查時段劃分成很小的單位時間（如 30 秒等），然後求得某特定時段內之最高單位時間流量（極值），再將以單位時間內之最高流量，依趨近極值分配統計理論，求出極限值，再轉化成小時流量，用以估算該處之基本容量。

本法之資料蒐集容易，且分析過程相當簡便，然而，以此極值法所求得之容量會因調查所選定之時段長短而異，該時段過短時會產生容量高估之情形；特定時段過長時，則易發生容量低估之狀況，此乃本法之最大缺失。補救方法為<sup>人</sup> 為之主觀判斷容量值之範圍，再選擇適當之時段長短。

#### 3. 間距量測法

所謂間距量測法，係測量單一車道上車輛跟車行為中，前車與後車之車頭距或車尾距，並取間距之倒數，以推估車道容量，如式 2.2 所示。

$$\text{容量, } c \text{ (車/小時)} = \frac{3600 \text{ (秒/小時)}}{\text{車頭 (尾) 距 ( } \Delta t \text{, 秒/車)}} \quad (2.2)$$

由於車道上車輛的跟車行為中，後車必然會與前車保持一適當之間距，以做為危機出現時，本身避險之緩衝必需，故該間距（ $\Delta t$ ）之存在，實質上將造成道路在兩車使用過程中時間之損耗，因此當車流趨於飽和時，車輛與車輛間之間距亦漸趨一致（通常即為最小安全跟車間距），再透過式 2.2 之比值關係，即可求得合理之容量值。

本法屬微觀方法，在應用上與極值法為一體的兩面，理論基礎穩固，亦頗獲肯定。其假設車流乃由「穩定車流」與「擁擠車流」共同組成，再以兩者之間的臨界情況為取樣之基礎，由現場觀測所得之個別車輛間距分配加以分析，以「最小平均安全跟車間距」推算車道容量（即最小平均安全跟車間距之倒數）。

#### 4. 模擬法

由於車流特性、交通特性極為複雜，調查現場不易控制，且調查成本相當高，故有應用模擬方式推估容量。模擬法的優點在於成本較低，且可做各項敏感度分析，但模擬模式愈接近真實則愈複雜，任何假設校估驗證的過程，若稍有偏誤，都將會造成錯誤的結果，此為模擬法在應用上需注意的地方。

上述四種方法為評估道路容量的方法，然而，號誌化路口容量由於受號誌控制策略的影響，其路口車道容量分析方式與上述四種方法內涵上略有不同，綜合來說，有下列七種方法可估算路口車道容量。

##### 1. 飽和流率法

在綠燈始亮的幾秒內，等候的車隊以一最大穩定的離去率通過停止線，而且一直保持到車隊完全疏解或黃燈亮時，其單位可為 TCU、PCU、VEH。此法在調查上又可概分固定時段飽和流率法（Fixed Interval Saturation Flow Survey）及三時段飽和流率調查法（Three Interval Saturation Flow Survey），將飽和容量乘上有效綠燈時間除以週期時間而得容量。

##### 2. 平均最小間距法

此法於 1933 年由 Donald S Berry 發表，認為路口容量為等候車隊疏解間距、起始延滯及黃燈使用部份之函數，其容量估計式如下：

$$n = \frac{g + \lambda y - D}{\bar{h}} + 1 \quad (2.3)$$

$$Cap = \frac{3600 \cdot (g + \lambda y - \bar{D} + \bar{h})}{\bar{h} C} \quad (2.4)$$

上二式中：

$n$  : 路口疏解車輛數  
 $g$  : 綠燈時間 (sec)  
 $y$  : 黃燈時間 (sec)  
 $D$  : 第一部車起始延滯  
 $\lambda$  : 使用黃燈之比例  
 $C$  : 週期時間  
 $\bar{h}$  : 平均間距  
 $Cap$  : 每小時路口容量

而式中  $\frac{3600}{\bar{h}}$  為有效綠燈時間之飽和流量， $g + \lambda - \bar{D} + \bar{h}/C$  可視為調整因子，平均最小間距法為臨界車道分析法求飽和流率的基本方法，此方法只適合於以車道為衡量對象。

### 3. 尖峰小時流量法

本法可適合應用於市區街道路之容量計算，當路口流量達到飽和時稱為飽和流量，而容量可當作是車流達到飽和時之交通量，利用尖峰小時因素 (Peak-hour factor) 來放大交通量，作為飽和流量之估計值。其計算過程如下：

首先由調查中求出尖峰小時因素

$$PHF_i = \frac{V_i}{4 \times V_{15i}} \quad (2.5)$$

式中：

$PHF_i$  : 尖峰小時因素

$V_i$  : 尖峰小時流量

$V_{15i}$  : 尖峰內 15 分鐘最大流量

再估算飽和流動  $S_i$

$$S_i = 4 \times V_{15i} = \frac{V_i}{PHF_i} \quad (2.6)$$

從許多調查資料中獲得眾多之飽和流量估計值  $\{S_i ; i=1,2,3 \dots n\}$ ，由眾多的飽和流量估計值中，取一極大值作為近似的飽和流量，使用此法需要很多的資料，並利用統計方法求出。

### 4. 等候理論法

首先將等候理論應用於交通問題上是 Adam 於 1936 年用來分析無號誌化交叉口的行人延滯；而以等候理論推導交叉口之車流，求取路口之車流量，



是在 1966 年由 Gordon & Miller 提出號誌化交叉口之容量分析模式；1980 年 M. Flaxman 亦應用於號誌化路口；瑞典更以等候理論為基礎發展其容量手冊，而且成效的是無號誌化路口之容量分析及號誌化交叉口之轉向分析。以等候理論作容量分析是將交叉口視為一個服務設施。

#### 5. 線性規劃法

以線性規劃方法求得交叉口之最大容量是由 Richard E. Allsop 於 1972 年所提出的，其建立之線性方程式是在(1)路口容量限制式；(2)號誌時相分配限制式；(3)號誌週期限制式；(4)最小綠燈時間限制式等四個限制式下，求取路口的實際容量。

#### 6. 多元線性迴歸式

此方法由 David Branston 於 1979 年提出，在使用上配合三時段飽和流率調查法，將綠燈時間分成三段，第一段為起動時段，第二段為飽和時段，其它為第三段，而在計算小汽車通過停止線之車輛與時間長度調配有分同步計算與非同步計算兩種方式。

#### 7. 電腦模擬法

此法乃是建立一套和真實系統相類似之模式，藉由模式來進行實驗，以估算路口容量。

另參考國內二〇〇一年台灣地區公路容量手冊及其它文獻資料[25]，將號誌化路口容量分析方式做如下整理。

一般號誌化路口車道或車道群容量估計式如下：

$$c = S \frac{G_e}{C} = S \frac{G + Y - L_t}{C} \quad (2.7)$$

此式中：

$c$  = 車道或車道群容量；

$S$  = 飽和流率；

$G_e$  = 有效綠燈長度；

$C$  = 號誌週期長度；

$G$  = 綠燈時段；

$Y$  = 燈號轉換時間；

$L_t$  = 損失時間。

另外，2001 年台灣地區公路容量手冊在第十三章號誌化交叉路口內提及，在利用傳統飽和流率估計容量時，交通界常將飽和流率與損失時間當成兩個獨立的參數，事實上此二參數必須滿足下列的關係：

$$L_t = G + Y - \frac{3600(M_g + M_t)}{S} \quad (2.8)$$

此式中：

$L_t$ ， $G$ ， $Y$ ， $S$ 如式(2.3)中之定義；

$M_g$ =綠燈時段中每車道停等車之平均疏解車數(輛/車道)；

$M_t$ =燈號變換時段中每車道停等車之平均疏解車數(輛/車道)。

最後，該專章建議在無現場資料或模擬模式可用時，為了避免利用飽和流率時可能遭遇的困難，建議利用下式估計號誌化路口車道或車道群容量：

$$c = \frac{3600}{C} \left[ \sum_{i=1}^n (M_{gi} + M_{ti}) \right] N f_{HV} f_R f_L f_g f_i f_p f_b f_s \quad (2.9)$$

此式中，

$c$ =車道群在基本狀況下之容量(輛/小時)；

$C$ =定時控制之週期長度或觸動控制之平均週期長度(秒)；

$M_{gi}$ =在基本狀況下，第 $i$ 個可用時相之綠燈時段中能疏解之平均停等車輛數(輛)；

$M_{ti}$ =在基本狀況下，第 $i$ 個可用時相之燈號轉換時段中能疏解之平均停等車輛數(輛)；

$n$ =可用之時相數；

$N$ =車道群之車道數；

$f_{HV}$ =車種調整因素；

$f_R$ =右轉調整因素；

$f_L$ =左轉調整因素；

$f_g$ =坡度調整因素；

$f_i$ =安全島或護欄調整因素；

$f_p$ =交叉路口地點調整因素；

$f_b$ =公車站調整因素；

$f_s$ =路邊停車調整因素。

其中， $M_{gi}$ 與 $M_{ti}$ 值之估算方式，二〇〇一年台灣地區公路容量手冊與八十七年運研所出版之市區號誌化交叉路容量分析手冊略有不同。

市區號誌化交叉路容量分析手冊則配合燈號轉換時段長短，將 $M_{ti}$ 值之估算與 $M_{gi}$ 值之估算，整合在同一數學模式中，如下式所示。

$$N_{di} = \left[ 4 + \frac{G + 0.5Y - 9}{1.85} \right] [1 + 0.1(W - 3.5)] \quad (2.10)$$

式中：

$N_{di}$ =每號誌週期能疏解之車輛數；

$G$ =綠燈時段（秒）；

$Y$ =燈號轉換時段（秒）；

$W$ =車道寬度（公尺）。

即一般車道在基本狀況及無機車之狀況下，大約需要 9 秒的綠燈時間以疏解最前面 4 部停等車輛，如車道寬為 3.5 公尺時，此後每一等候車大約需 1.7 秒到 2.0 秒之額外時間以疏解，且疏解率隨車道寬而增加，增加率大約是每公尺百分之十，在假設第 4 輛車後之平均疏解間距為 1.85 秒，且有一半的燈號轉換時段不能利用情況下，估算式如上式 2.10 所示。

台灣地區公路容量手冊將 $M_{gi}$ 與 $M_{ti}$ 值分開估算，且 $M_{ti}$ 值可能受黃燈及全紅時段長度、交叉路口性質、交通法規及執法方式的影響，為了容量分析方便起見，建議在一般無機車的車道可讓兩輛小客車在燈號轉換時段內疏解，即 $M_{ti}=2$ （輛），其每時相可疏解之平均停等車輛數估算式則如式 2.11 所示。

$$N_{di} = M_{gi} + M_{ti} = \left[ 5 + \frac{G-12}{1.846} \right] [1 + 0.1(W - 3.5)] + 2 \quad (2.11)$$

式 2.10 與 2.11 間之差異，乃由於車輛以飽和間距疏解之起始停等車輛位置認定不同所致，公路容量手冊以第 5 輛停等車輛及疏解前 5 輛汽車所需時間為 12 秒計算，且 $M_{ti}$ 值建議為 2，另車道寬為 3.5 公尺時，此後每一停等車輛大約需要 1.7 秒到 2.0 秒之額外時間疏解，以疏解率代表值為 1,950 小客車/小時推算，每 1.846 秒有一小客車可疏解。

## 2.4 小結

經由上述之文獻回顧內容得知，機車車隊於路口疏解時，對汽車疏解產生干擾影響。為降低此影響及減少路口汽機車疏解衝突，交通部於民國八十九年修訂道路交通標誌標線號誌設置規則第 174-2 條法令，明文規定機車停等區線之用途及繪設方式。然而，由於機車停等區的設置，使得路口易形成分段式機車車隊，即汽車前方與汽車側邊之機車車隊，此二處之機車車隊疏解時，將影響到混合車道上之汽車疏解。

車道容量受公路或交通因素影響，而機車停等區的繪設可視為交通因素的改變。另外，車道容量可經由估算每號誌週期可疏解之停等車輛數加以估算。因此，本研究考量機車車隊此項影響因子，建構混合車道容量分析模式，分析機車車隊等候長度對混合車道容量的影響。

### 第三章 研究設計與方法

本研究目的在探討機車車隊等候長度對號誌化路口混合車道容量的影響，為使後續說明更加明確，先針對相關之名詞做一定義，再依序闡述本研究設計與研究方法。

#### 3.1 名詞定義說明

##### 1. 機車車隊等候長度

本研究將機車車隊等候長度定義為「綠燈燈號始亮前，於路口等候疏散之機車車隊縱向長度」，另外，機車停等位置由於機車駕駛者超越停止線停等或汽車違規停等於機車停等區而有所差異，但皆可視為停等於汽車前方及汽車側邊（如圖 3-1、3-2、3-3 所示），因此，機車車隊等候長度區分為停等於汽車前方之機車車隊縱向等候長度及停等於汽車側邊之機車車隊縱向等候長度。

##### 2. 混合車道容量

混合車道定義如文獻回顧中所述，概念上泛指設置於最外側之車道，車道路幅較寬，足供一輛汽車與一輛機車或自行車等慢車併行之車道空間。而本研究所謂之混合車道容量，係指混合車道之可能容量，非指基本容量或實際容量。

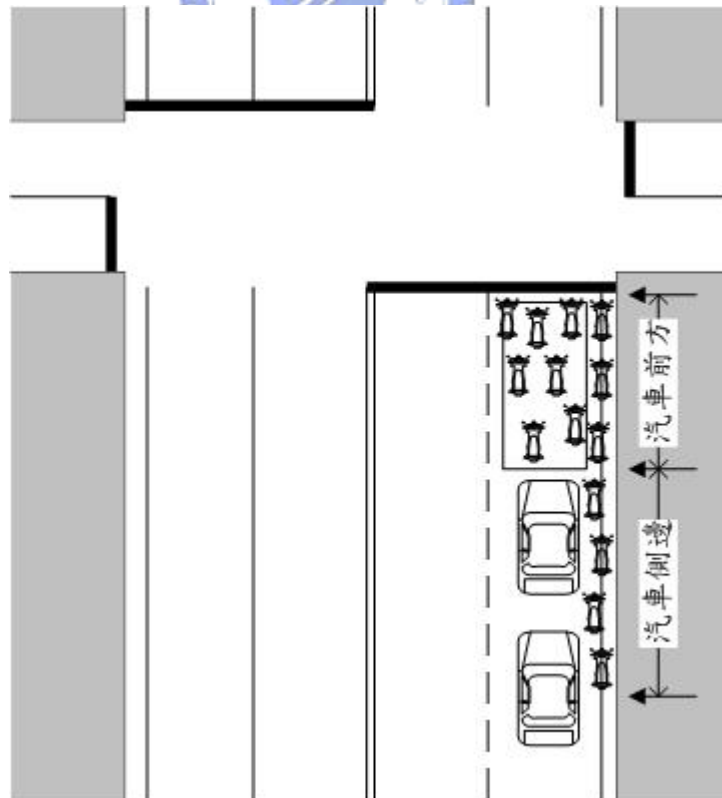


圖 3-1 汽機車無違規之機車車隊等候長度示意圖

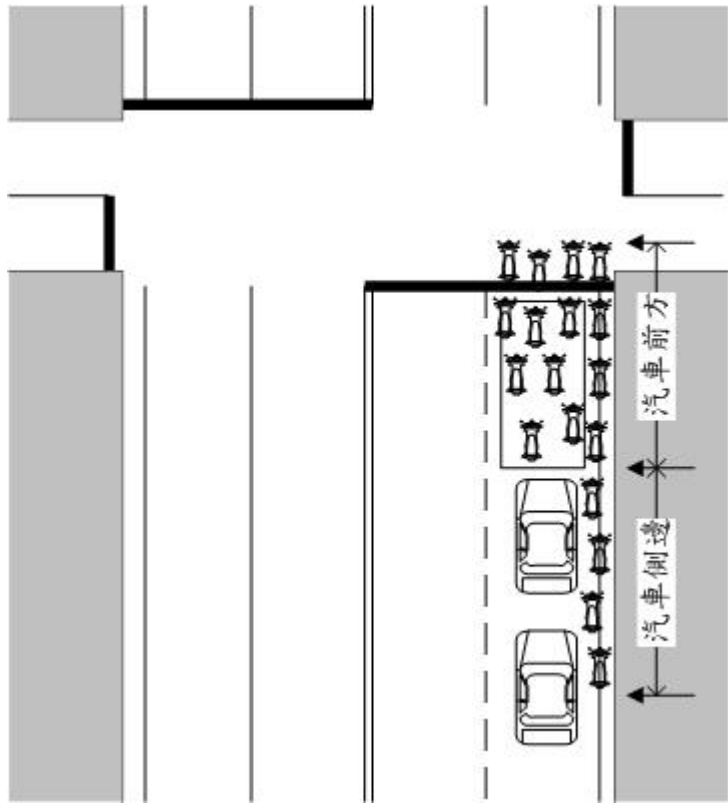


圖 3-2 機車違規超越停止線之機車車隊等候長度示意圖

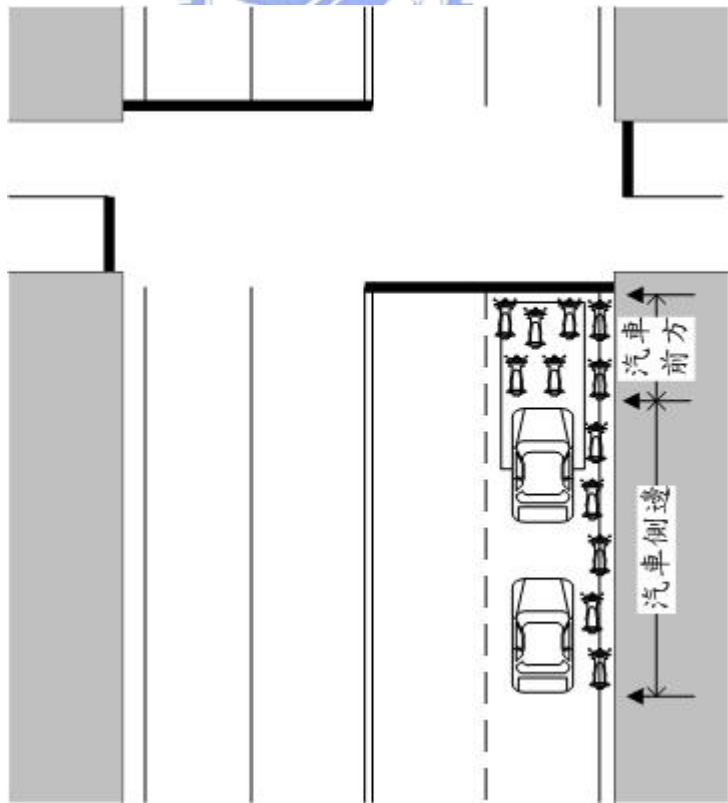


圖 3-3 汽車違規佔用機車停等區之機車車隊等候長度示意圖

## 3.2 研究設計

在整個研究設計進行之初，先針對機車車隊疏解時，如何影響混合車道上之汽車疏解著手，其思考過程及所考慮之分析項目如圖 3-4 所示。

即從停等於汽車前方之機車車隊疏解對汽車可用綠燈時間的影響、停等於汽車側邊之機車車隊疏解對汽車疏解特性的影響及側邊無停等機車之汽車車隊本身疏解特性三個方向思考，詳細分析內容，如下所述。

### 1. 停等於汽車前方之機車車隊

由於號誌化路口每號誌週期可疏解之停等車輛數以綠燈時段及燈號轉換時段為時間計算基礎，而停等於汽車前方（下述以 A 區簡稱）之機車車隊疏解所花費的時間，可視為機車車隊後方停等汽車可用綠燈時間的損失，因此，A 區之機車車隊疏解對混合車道容量的影響探討，首重機車車隊等候長度與疏解時間的關聯分析，即分析各機車車隊等候長度與其對應疏解時間之關係曲線。

### 2. 側邊有停等機車之汽車車隊

由於機車體積小、低速時加速度快、機車騎士會以鑽行方式找空隙停等與疏解，當其停等於汽車動態空間範圍內時，勢必對汽車疏解特性造成某種程度的影響，若以汽車疏解間距來看，通常會造成汽車疏解間距的增加，而疏解間距的增加，將降低每號誌週期可疏解車輛數，因此，在探討停等於汽車側邊之機車車隊疏解對混合車道汽車疏解的影響上，則分析側邊有停等機車（下述以 B 區簡稱）之汽車車隊，受側邊停等機車影響下，各不同等候位置之汽車疏解間距。

### 3. 側邊無停等機車之汽車車隊

由於車道容量可以每號誌週期可疏解之停等車輛數衡量，而側邊無停等機車（下述以 C 區簡稱）之汽車車隊疏解特性，在無停等機車干擾時，可視為純汽車車流疏解，因此，本研究以汽車疏解特性—疏解間距—為分析基準，分析 C 區之汽車各停等位置之平均疏解間距，搭配 C 區之汽車車隊剩餘可用綠燈時間（綠燈時間扣除 A 區機車車隊與 B 區汽車車隊疏解時間），估算剩餘時間之可疏解車輛數。

另外，如文獻回顧中所述，車道容量以汽機車疏解特性為基礎，搭配數學分析模式加以分析，因此，本研究考量上述機車車隊疏解對車道汽車疏解的影響，並以號誌化路口容量分析模式為基礎，建構混合車道容量分析模式，再經由適當之模式假設，分析混合車道容量，整個研究架構如圖 3-5 所示。

本研究架構內容可分混合車道容量分析模式建構、實證汽機車停等及疏解特性分析及模式假設三部分。在混合車道容量分析模式建構上，考量機車車隊疏解對車道上汽車疏解的影響，建構混合車道容量分析模式；在實證汽機車停等及疏解特性分析方面，則根據所建構之混合車道容量分析模式中，所欠缺之參數特性資料，進行實證資料蒐集與分析；在模式假設方面，則給定適當之參數假設。

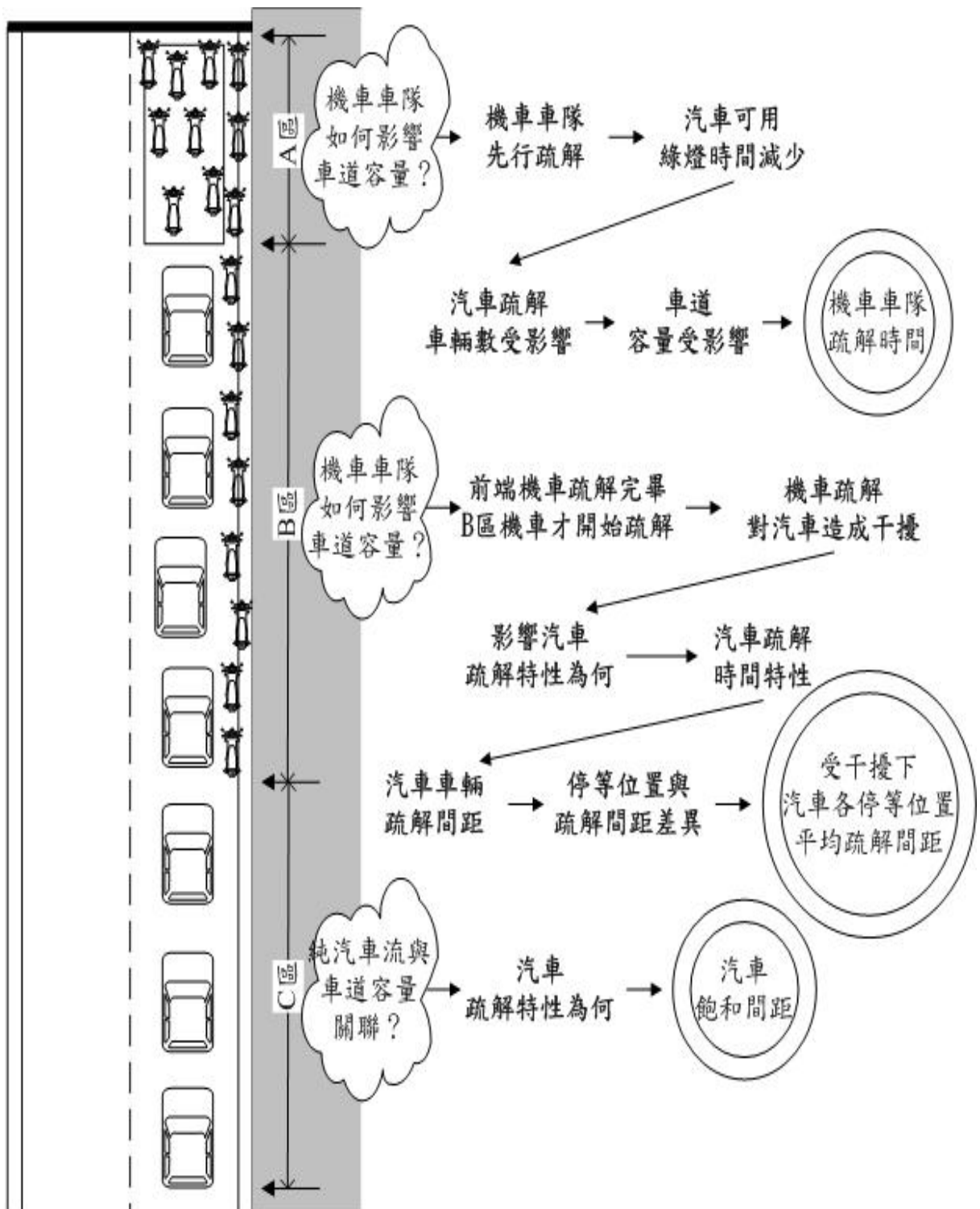


圖 3-4 研究分析項目思考過程圖

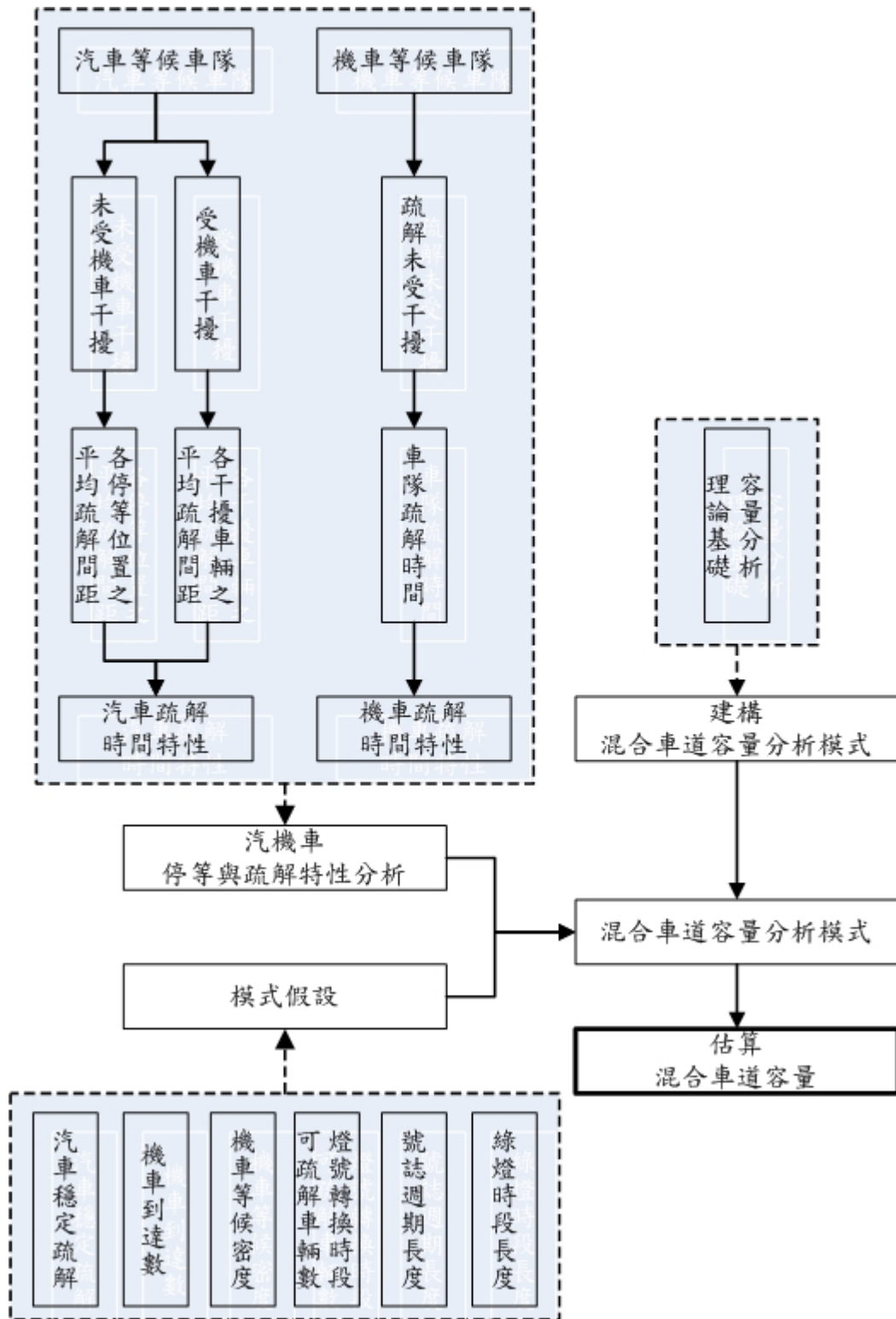


圖 3-5 研究架構圖

### 3.3 研究方法

如第二章文獻回顧中所述，號誌化路口容量可利用飽和流率法、平均最小間距法、等候理論法、尖峰小時流量法、線性規劃法、多元線性迴歸法與電腦模擬法等方法加以估算，而本研究欲由模式分析配合實證汽機車停等及疏解特性資料進行，因



此，本研究以文獻評析、現場調查及模式分析為本研究之研究方法，各研究方法在本研究中之應用方式說明如下。

### 1. 文獻評析法

評析與本研究內容相關之研究成果，從中擷取可用資訊，諸如汽機車於路口停等與疏解特性、混合車流疏解特性、汽車穩定疏解間距特性、汽機車停等尺寸、機車停等空間利用率與車道容量分析模式等，以確定本研究之可行性及合理引用相關分析數據。

### 2. 現場調查法

選定適當調查路口，利用數位攝影機拍攝，再將所拍攝資料帶回研究室，以影像播放軟體反覆播放與人工判讀方式，將現場調查資料進一步數量化，進行相關車流特性分析，諸如機車車隊等候長度與疏解時間關係曲線、受停等機車干擾之汽車平均疏解間距與汽車等候位置與疏解間距關係曲線等內容。

### 3. 模式分析法

考量機車車隊疏解時對於混合車道容量的影響，主要在於綠燈時段可疏解之停等車輛數（以小客車為單位），因此，本研究以考量機車車隊等候長度此一影響因素，建構每號誌週期可疏解之停等車輛數分析模式，再藉此分析模式配合文獻評析、現場調查量化數據及模式假設項目，分析混合車道容量。



## 第四章 模式建構與資料蒐集

本研究以容量分析理論為基礎，考量機車車隊此一影響因素，建構每號誌週期可疏解之停等車輛數分析模式，並依分析模式中，所缺乏之實證車流特性資料，進行資料蒐集與量化分析。

### 4.1 號誌化路口混合車道容量分析模式建構

#### 4.1.1 號誌化路口車道容量分析理論基礎

經文獻回顧內容得知，號誌化路口車道容量受公路因素（坡度、安全島或護欄及路口型態等）、交通因素（車種、左右轉車流及路邊停車等）及號誌控制策略（可用時相與號誌週期等）等因素影響，車道容量可由每號誌週期可疏解之停等車輛數加以推估，再依各項影響因素加以調整。因此，本研究以二〇〇一年台灣地區公路容量手冊中之號誌化路口容量分析模式（如式 4.1 所示）為基礎，考量機車車隊此一影響因素，建構適合分析號誌化路口混合車道容量之分析模式。另外，車行方向可用之時相數、車道群之車道數、車種混合比、左右轉車流、坡度、安全島或護欄、路口地點、公車站位及路邊停車等影響因素已有相關之研究成果，本研究不再針對各項容量調整因子內容加以探討。

$$C = \frac{3600}{C} \left[ \sum_{i=1}^n (M_{gi} + M_{ti}) \right] N f_{HV} f_R f_L f_g f_i f_p f_b f_s \quad (4.1)$$

此式中，各項參數定義如同式 2.9 之參數說明。

#### 4.1.2 機車車隊等候長度對汽車疏解的影響

如同第三章研究架構圖所示，分析機車車隊等候長度對汽車疏解的影響，主要可分成下列三項：

1. 停等於汽車前方之機車車隊，其機車車隊疏解時所需時間，可視為混合車道上汽車可用綠燈時間的損失；
2. 側邊有停等機車干擾之汽車車隊，其疏解時所花費的時間，將比純汽車車流時增加，即側邊機車等候車隊疏解時造成汽車疏解間距的增加；
3. 側邊無停等機車干擾之汽車車隊，其汽車停等位置將關係到該車輛是否以飽和間距疏解特性疏解。

上列機車車隊等候長度、側邊有停等機車干擾之汽車數及側邊無停等機車干擾之汽車車隊停等位置的改變，都將對每號誌週期可疏解之停等車輛數造成影響，此將影響到整個混合車道容量。

### 4.1.3 混合車道容量分析模式建構

本研究探討停等於汽車前方（A 區）之機車車隊、側邊有停等機車（B 區）之汽車車隊及側邊無停等機車（C 區）之汽車車隊之疏解時間特性，並依此疏解時間特性建構混合車道容量分析模式。

#### 1. 停等於汽車前方（A 區）之機車車隊

停等於機車車隊後方之汽車車隊，需等待 A 區之機車車隊疏解完畢後，才可開始疏解，因此，A 區之機車車隊疏解所需時間，可視為後方汽車可用綠燈時間的損失，而此一疏解時間的長短與其 A 區之機車車隊等候長度有關。因此，此部分探討機車車隊等候長度與機車車隊疏解時間的函數關係。

A 區之機車車隊等候長度於路口實際量測時，若以一般化長度單位—公尺—為量測單位，可能造成相近之等候長度，其等候之車輛數不同的情況，例如當兩輛機車前後等候間距相當大時，其等候長度可能長達 5 公尺，但若機車緊密停等時，三輛機車等候長度亦可能僅有 5.5 公尺，在此情況下，若以一般化長度單位—公尺—為單位，恐無法加以區別。

經路口實際觀察，機車於路口等候疏解時，雖然車輛之停等情況較為混亂，但仍會有跟隨前車停等的情況，而且，機車於車隊中疏解時，亦需等候前方機車疏解，後方車輛才可進行疏解，因此，本研究改以機車車隊之縱向等候列數為機車車隊等候長度之量測單位。機車車隊縱向等候列數與機車車隊疏解時間的函數關係，如式 4.2 所示。

$$t_{ma} = f(l_{ma}) \quad (4.2)$$

式中：

$t_{ma}$ ：機車車隊疏解時間（秒）

$l_{ma}$ ：汽車前方之機車車隊縱向等候列數（列）

#### 2. 側邊有停等機車（B 區）之汽車車隊

當汽車前方之機車停等區已無停等空間或進入停等區之動線受阻時，後續抵達路口之機車在不違規之情況下，大部分將停等於汽車側邊，然而當機車停等或疏解時，若過於靠近或進入汽車動態行駛空間範圍，將對汽車疏解造成影響，而此一影響結果，可由汽車疏解間距加以衡量。

停等汽車疏解間距的增加，亦可視為後方汽車可用綠燈時間的損失，此時間損失將減少每號誌週期可疏解之停等車輛數，因此，側邊有停等機車干擾之汽車車隊在疏解時間特性分析上，先記綠汽車各停等位置之疏解間距（ $H$ ），再計算受停等機車干擾之汽車平均疏解間距（ $\bar{H}$ ）。

疏解間距的量測，可由前後兩車車基準點（車頭或車尾）通過停止線或其它參考基線來測得。本研究考量前後兩車相隨時，後車進行任何駕駛判斷之參考點

為前車之尾部，因此，本研究以車尾通過參考基線來進行調查。另外，汽車駕駛的駕駛行為（左轉、右轉、直行）及操作特性（車長、車重、加減速），則包含於在汽車的疏解間距裡。至於參考基線的選定，則依機車車隊第一輛機車停等位置加以調整，即當機車車隊無違規超越停止線停等時（可參閱圖 3-1 及 3-3），參考基線為停止線；機車車隊違規超越停止線停等時（可參閱圖 3-2），參考基線則以機車車隊第一輛機車車頭位置為基準。

### 3.側邊無停等機車（C區）之汽車車隊

在不考量後續抵達機車及車隊中大型車干擾下，側邊無停等機車干擾之汽車車隊，可視為純小客車車隊疏解。據相關研究指出，純小客車車隊疏解時，車隊中第四部或第五部車輛之疏解間距會開始趨於穩定，此一穩定值稱為飽和間距。因此，此部分需估算汽車各停等位置之疏解間距及車輛開始以飽和間距疏解之位置。

C 區汽車各停等位置之疏解間距可經由一般車道上僅有小客車等候疏解之車隊量測，至於車輛以飽和間距疏解之起始點位置，考量本研究中車輛疏解間距乃以車輛車尾為量測點，且本研究以較保守之方式，設定第六部車輛開始以飽和間距疏解（相關研究為第四部或第五部），因此，本研究以汽車車隊中第六部汽車車尾之位置為分界點，並在第一輛汽車於路口停等時，車頭平均距停止線 0.5 公尺，加上小客車平均基本車長為 4 公尺及靜態停等長度為 5.5 公尺（參閱表 2-3）情況下，第六部汽車車尾離停止線之距離經計算為 32（ $0.5 + 4 + 5 \times 5.5$ ）公尺，即若汽車尾端超過此一分界點（飽和間距起始點），該車輛及後方車輛則假設以飽和間距疏解，此假設論證將於第五章資料分析中，做進一步說明。

綜合上述三項分析內容，本研究以「A 區之機車車隊等候長度」加上「側邊受停等機車干擾之汽車車隊長度」是否超過飽和間距起始點（離參考基線 32 公尺）為判斷基準，考量下列兩種情況：

$$(1) 2 \times l_{ma} + 5.5 \times N_b \geq 32 \quad (4.3)$$

式中參數：

$l_{ma}$ ：汽車前方之機車車隊縱向等候列數（列）<sup>1</sup>

$N_b$ ：側邊有停等機車干擾之汽車數（輛）

常數 5.5 表汽車平均停等靜態長度、32 為汽車以飽和間距疏解之起始點。

即若 A 區之機車車隊等候長度加上 B 區之汽車車隊長度超過基本狀況第六部車輛尾端離參考基線之平均距離（飽和間距起始點）時，C 區之汽車車隊將以飽和間距疏解，如圖 4-1 所示。

<sup>1</sup> 此處機車車隊縱向等候列數（ $l_{ma}$ ），以每列 2 公尺（機車尺寸）計算。

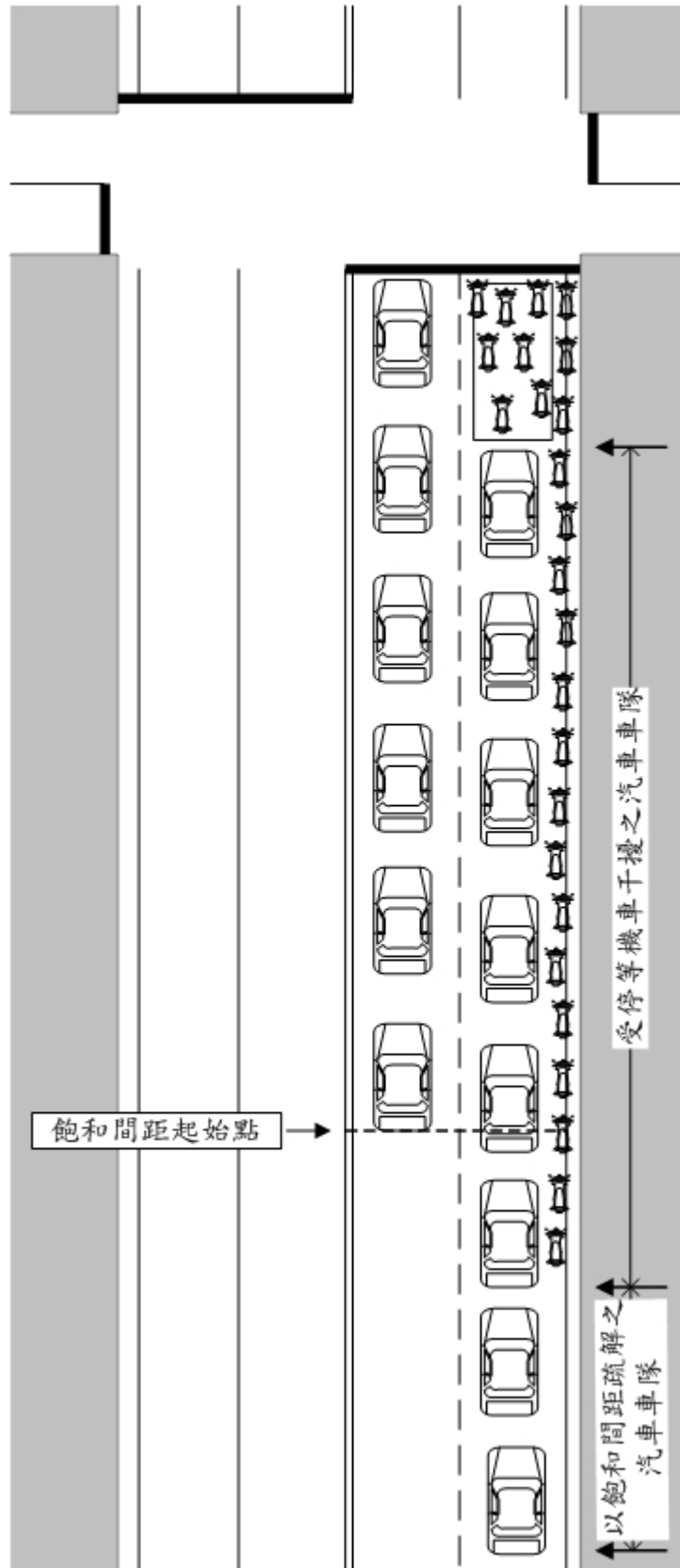


圖 4-1 飽和間距起始點示意圖-1

在此情況下，可用時相之綠燈時段中能疏解之停等車輛數估算式如下式 4.4 所示：

$$M_g = N_b + (G - t_{ma} - t_{cb}) / H_s \quad (4.4)$$

式中參數：

$M_g$ ：基本狀況下，可用時相之綠燈時段中能疏解之停等車輛數（輛）

$N_b$ ：側邊有停等機車干擾之汽車數（輛）

$G$ ：綠燈時段長度（秒）

$t_{ma}$ ：機車車隊疏解時間（秒）

$t_{cb}$ ：側邊受停等機車干擾之汽車車隊疏解時間（秒）

$H_s$ ：汽車飽和間距（秒/輛）

當  $G - t_{ma} - t_{cb} < 0$ ，此模式不適用，即綠燈時段長度需大於機車車隊疏解時間及側邊有停等機車干擾之汽車車隊疏解總時間之合，否則會產生  $N_b > M_g$  之情況。

本模式乃依「可用之綠燈時間，扣除汽車車隊無法以飽和間距疏解之車輛疏解總花費時間，則剩餘之綠燈時間，汽車車輛得以飽和間距疏解」之觀念建構，在符合式 4.3 之條件下，每號誌週期可疏解之停等車輛數為側邊有停等機車干擾之車輛數加上以飽和間距疏解之車輛數。式中， $t_{ma}$  之值需由後續建構之機車車隊等候長度與疏解時間關係式求得； $t_{cb}$  之值則由  $N_b$  值乘以受停等機車干擾之汽車平均疏解間距（ $\bar{H}$ ）求得。

$$(2) 2 \times l_{ma} + 5.5 \times N_b < 32 \quad (4.5)$$

式中參數及常數定義如式 4.3 中所定義。

即若 A 區之機車車隊等候長度加上 B 區之汽車車隊長度未超過基本狀況第六部車輛尾端離參考基線之平均距離（飽和間距起始點）時，C 區之汽車前端車隊中，將有部分停等車輛未能以飽和間距疏解，如圖 4-2 所示。

在此情況下，本研究建構每號誌週期可疏解之停等車輛數估算式如下式 4.6 所示：

$$M_g = 5 + (G - t_{ma} - t_{cb} - t_{cc}) / H_s \quad (4.6)$$

式中參數定義如式 4.4 參數之說明，新增參數  $t_{cc}$  定義如下：

$t_{cc}$ ：前五部疏解汽車車輛中，未受停等機車干擾之汽車疏解總時間（秒）

常數 5 之設定，乃由於滿足式 4.5 之條件下，停等於機車車隊後方之前五部汽車（包括側邊有停等機車干擾及無停等機車干擾），並無法以飽和間距疏解，而第六部以後之停等車輛（側邊已無停等機車干擾），得以飽和間距疏解。因此，在估算每號誌週期可疏解之停等車輛數上，可經由綠燈時段長度，扣除 A 區之機車車隊疏解時間（ $t_{ma}$ ）及疏解停等於機車車隊後方之前 5 輛汽車（包括側邊有停等機車干擾及無停等機車干擾）所需時間（ $t_{cb} + t_{cc}$ ），則剩餘之綠燈時間，後方

汽車得以飽和間距疏解。其中， $t_{cc}$  之值，可利用本研究所建構之無干擾下汽車等候位置與疏解時間加總表查知，其內容及應用方式，詳述於第五章之資料分析。

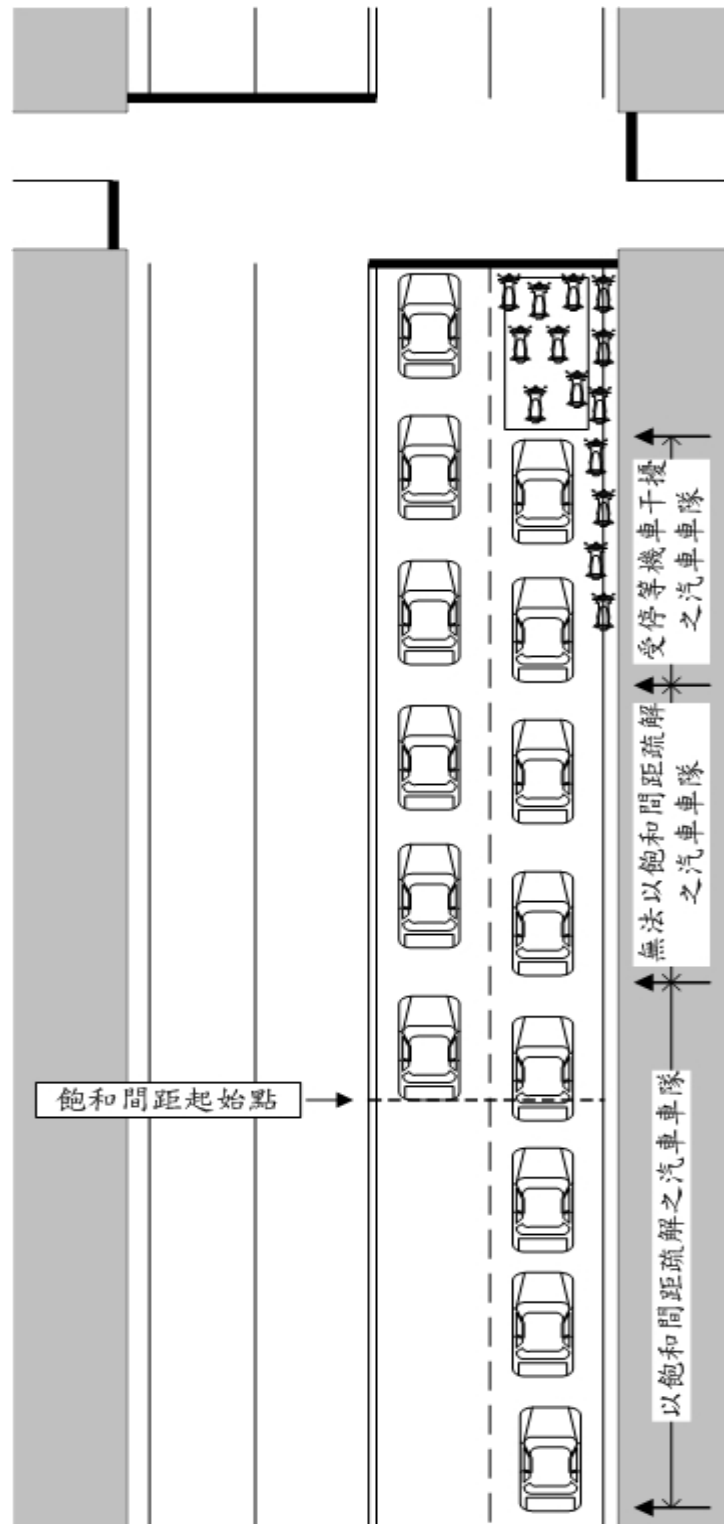


圖 4-2 飽和間距起始點示意圖-2

另外，考量公路容量手冊中之路口車道容量分析模式之每號誌週期可疏解車輛數之分析模式（如式 4.7 所示），加入車道寬度此一調整項目，即以 3.5 公尺之車道寬為基準，每增減 1 公尺對車道容量影響值為百分之十。

$$M_g = \left[ 5 + \frac{G-12}{1.846} \right] [1 + 0.1(W-3.5)] \quad (4.7)$$

式中參數：

$M_g$ ：基本狀況下，可用時相之綠燈時段中能疏解之停等車輛數（輛）

$G$ ：綠燈時段時間（秒）

$W$ ：車道寬度（公尺）

式中常數 5 乃假設汽車車隊前五部汽車無法以飽和間距疏解，而常數 12 則為前五部汽車疏解所花費之平均時間，常數 1.846 則為汽車飽和間距。

因此，本研究以上述可疏解車輛數分析模式為基礎，加入車道寬度調整項目，在條件式 4.8 下，最後建構之每號誌週期可疏解之停等車輛數分析模式，如下式 4.9、4.10 所示。

若

$$2 \times l_{ma} + 5.5 \times N_b \geq 32 \quad (4.8)$$

則

$$M_g = \left[ N_b + \frac{G - t_{ma} - t_{cb}}{1.846} \right] [1 + 0.1(W - 3.5)] \quad (4.9)$$

否則

$$M_g = \left[ 5 + \frac{G - t_{ma} - t_{cb} - t_{cc}}{1.846} \right] [1 + 0.1(W - 3.5)] \quad (4.10)$$

式中：

$l_{ma}$ ：汽車前方之機車車隊縱向等候列數（列）

$N_b$ ：側邊有停等機車干擾之汽車數（輛）

$M_g$ ：基本狀況下，可用時相之綠燈時段中能疏解之停等車輛數（輛）

$G$ ：綠燈時段長度（秒）

$t_{ma}$ ：機車車隊疏解時間（秒）

$t_{cb}$ ：側邊受停等機車干擾之汽車車隊疏解時間（秒）

$t_{cc}$ ：前五部疏解汽車車輛中，未受停等機車干擾之汽車疏解總時間(秒)

$W$ ：車道寬度（公尺）



最後，加入號誌週期長度及其它調整因素，本研究所建構之混合車道容量分析模式，如式 4.11 所示，其中主要差異在於  $M_g$  值之估算方式，可經由本研究所建構之混合車道可疏解停等車輛數分析模式（如式 4.9、4.10、4.11 之分析模式及說明）加以估算， $M_t$  值則以公路容量手冊中所建議之簡化值 2 代表，其它可調整因素詳細內容，可參閱二〇〇一年台灣地區公路容量手冊第十三章之車道容量調整因素說明。

$$c = \frac{3600}{C} (M_g + M_t) f_{HV} f_R f_L f_g f_i f_p f_b f_s \quad (4.11)$$

## 4.2 資料蒐集

本研究依混合車道容量分析模式中所欠缺之實證資料進行蒐集，茲將資料蒐集方式、使用器材、調查路口型態及調查時間等項目說明如下。

### 4.2.1 蒐集方式與使用器材

本研究所建構之每號誌週期可用時相中可疏解之停等車輛數 ( $M_g$ ) 分析模式，乃以汽機車疏解特性為基礎，而估算  $M_g$  值所欠缺之實際參數值有  $t_{ma}$ 、 $t_{cb}$  及  $t_{cc}$  等參數之數值，該數值可利用現場觀察及間距法加以量測。

因此，在蒐集方式上，考慮若於調查路口現場以人工按錶方式，記錄各機車車隊等候長度疏解時間與汽車受機車干擾與未受機車干擾之疏解間距，恐因個人反應時間差異而增加量測誤差，但若改以攝影機錄影方式，記錄路口車輛停等及疏解狀況，則可將所拍攝資料，經由儀器及程式轉成影像格式儲存於電腦上，再利用影像播放軟體，反覆播放及判讀，而減少量測誤差。基於上述理由，本研究以現場攝影之方式進行資料蒐集，所使用之器材為數位攝影機二台及三角架二支，數位攝影機型號為 SONY DCR-PC120 及 SONY DCR-TRV19。

### 4.2.2 調查路口選取

在調查路口選取上，必須佈設有符合本研究所欲探討之混合車道，即「有設置機車停等區之混合車道」，另基於模式參數  $t_{ma}$ 、 $t_{cb}$  及  $t_{cc}$  性質差異，選取原則分述如下：

#### 1.A區 $t_{ma}$ 機車疏解時間性質

依  $t_{ma}$ （機車車隊疏解時間）特性，調查路口需能量測停等於汽車前方（A區）之「機車車隊等候長度」及「車隊疏解時間」，而車隊疏解時間需以該路口燈號顯示為基準，因此，擬定以「可量測機車車隊長度、車隊疏解時間及路口燈號顯示」之號誌化路口為選取原則。

#### 2.B區 $t_{cb}$ 汽車平均疏解間距性質

依 $t_{cb}$ （汽車車輛疏解間距）特性，調查路口需能量測側邊有停等機車干擾（B區）之「汽車疏解間距」，然而，考量側邊同樣有停等機車干擾下，汽車疏解間距是否因路側可供「機車停等或行駛之道路空間型態」不同而有所差異，因此，擬以「可量測汽車疏解間距」為選取原則下，進一步選取不同可供機車停等及行駛之路側空間之路口。

### 3.C區 $t_{cc}$ 汽車平均疏解間距性質

依 $t_{cc}$ （汽車車輛疏解間距）特性，乃為側邊無停等機車干擾下之汽車疏解間距，此時間特性可由上述選取原則之調查路口，利用路口車流量之非尖峰時段加以量測。

綜合上述選取原則，本研究在新竹市選定之調查路口為中興路與竹中路交叉口、自由路與中央路交叉口及光復路與東光路交叉口，茲依各路口車道佈設型態及調查車道型態說明如下：

#### (1)中興路與竹中路交叉口

路口型態如圖 4-3 所示，該交叉路口為一非正交 T 字路口，調查車流方向為中興路往市區方向，該方向車道佈設為雙車道，內側車道為禁行機車車道，外側車道為繪設有機車停等區之混合車道，本研究以此混合車道為樣本資料調查車道，該車道寬為 3.55 公尺（兩車道中雙白線中心點至路側白線中心點），繪設有縱向長度 5.75 公尺（前後兩側外緣距離）及橫向寬度 3.10 公尺（左右二側距離）之機車停等區，車道外側無可供機車停等或行駛之空間。

#### (2)自由路與中央路交叉口

路口型態如圖 4-4 所示，該交叉路口為一 T 字路口，調查車流方向為自由路往光復路方向，該方向車道佈設為雙車道，內側車道為禁行機車車道（車道寬 3.5 公尺），外側車道為混合車道（車道寬 3.55 公尺），機車停等區繪設範圍涵蓋內外側車道及部份可供機車行駛之路側空間，為一縱向長度 7.10 公尺、橫向寬度 7.45 公尺之機車停等區。本研究以外側混合車道為樣本資料調查車道，該車道外側可供機車行駛之路側寬度為 2.30 公尺。

#### (3)光復路與東光路交叉口

路口型態如圖 4-5 所示，該交叉路口為一非正交十字路口，調查車流方向為光復路往市區方向，該方向車道佈設為三車道，內側車道為禁行機車車道（車道寬 3.2 公尺），中間車道為混合車道（車道寬 3.3 公尺），外側車道為右轉專用道（車道寬為 3.4 公尺），路肩寬度 0.5 公尺，中間混合車道繪設有縱向長度 6.9 公尺及橫向寬度 2.9 公尺之機車停等區，本研究以此混合車道為樣本資料調查車道，另由於該車行方向（光復路往市區方向）之右轉專用道在右轉專用時相的輔助之下，發揮其應有之效用，讓具右轉需求之車輛得以在紅燈時段疏解，使得右轉專用道在綠燈始亮前幾乎呈現淨空狀態，經實地觀察發現，直行停等機車在疏解時，亦利用此右轉專用道進行疏解。

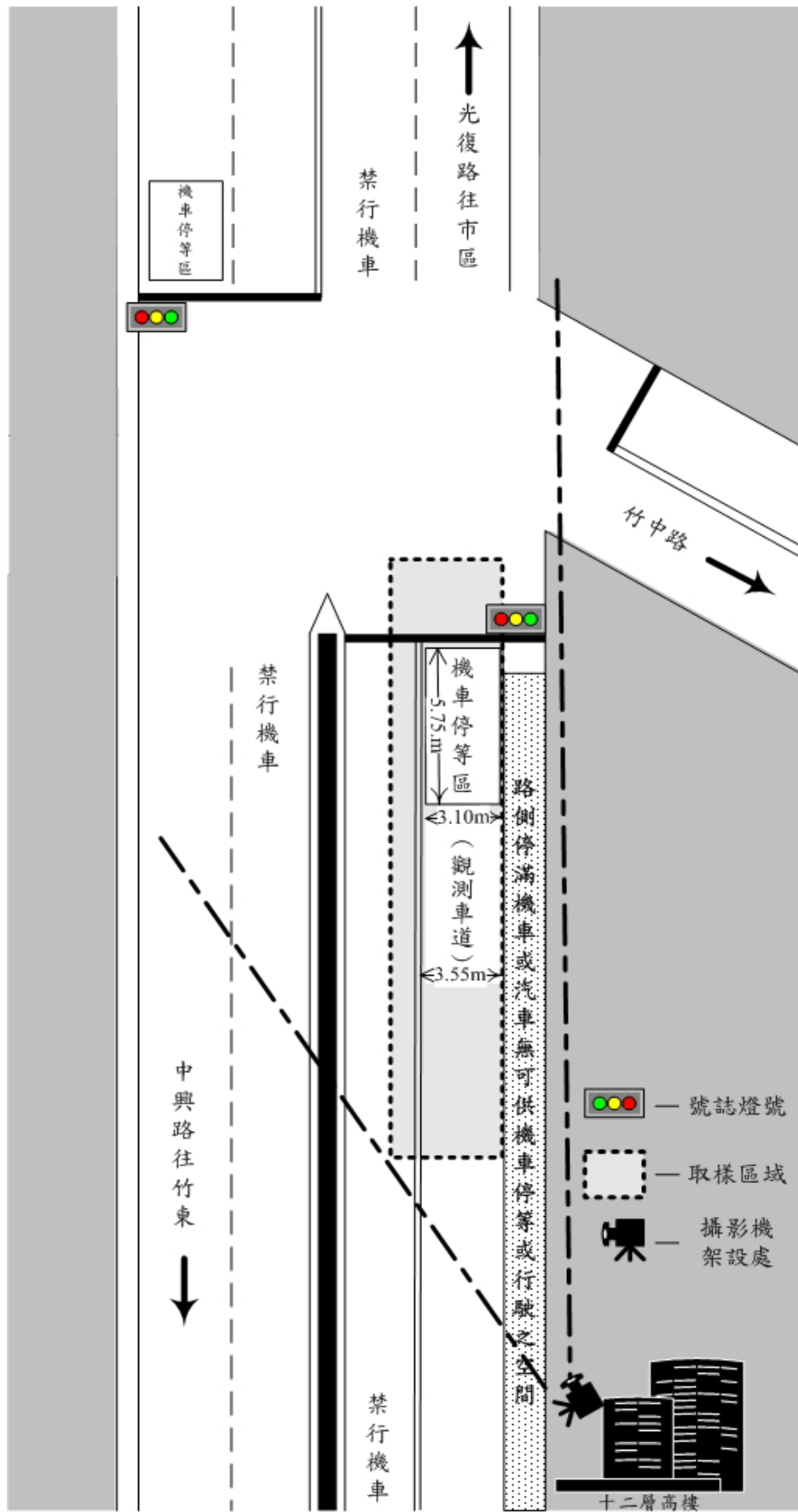


圖 4-3 中興路與竹中路交叉路口型態

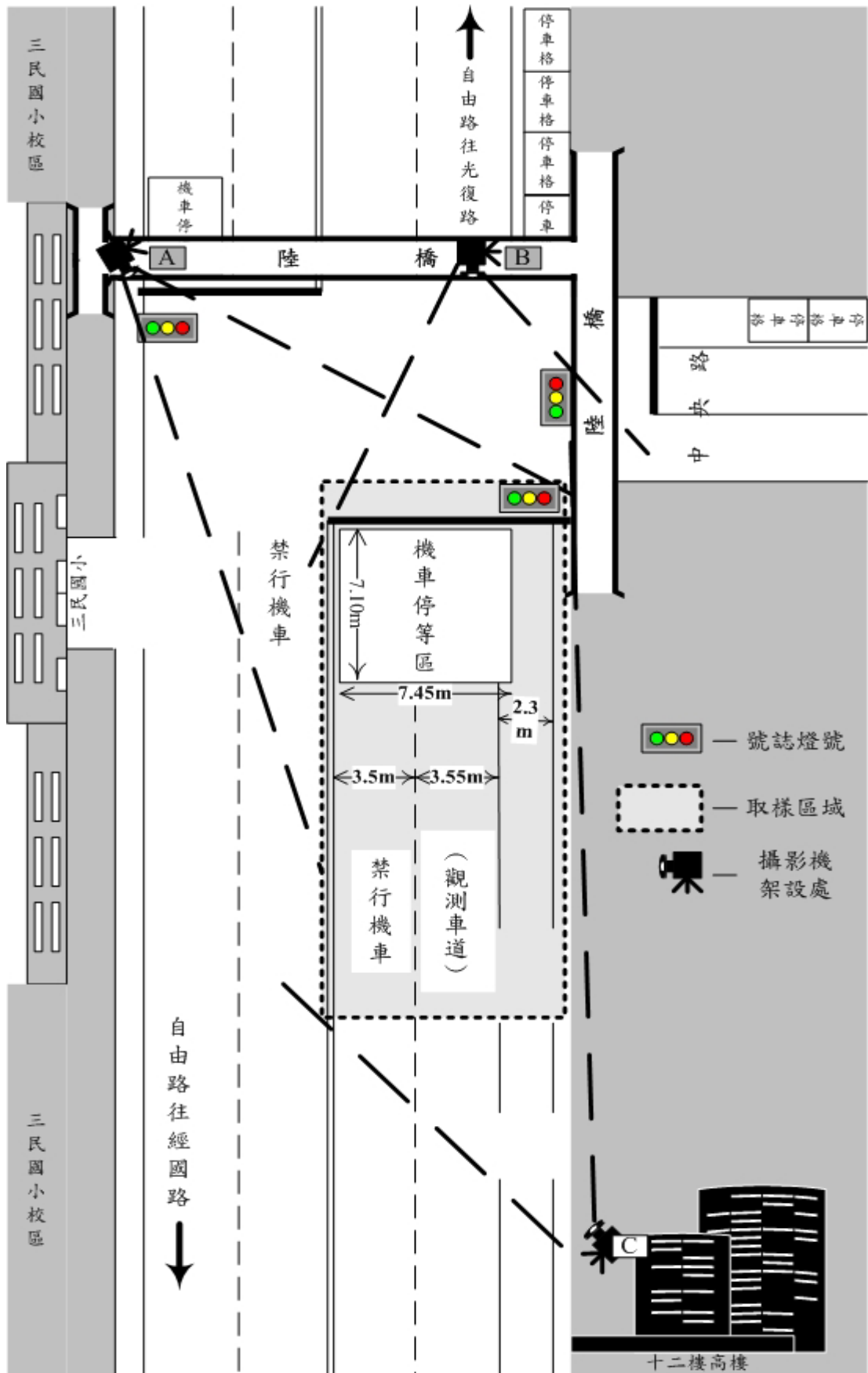


圖 4-4 自由路與中央路交叉路口型態



此三處路口，皆符合前述之選取原則，即皆囊括「繪設有機車停等區」之「混合車道」，且可利用鄰近路口之陸橋或大樓，架設數位攝影機，以適當之角度觀測路口燈號顯示及拍攝路口車流資料，後續再以影像軟體播放及人工判讀方式，分析「機車車隊縱向等候列數」、「車隊疏解時間」及「汽車疏解間距」等資料特性。

三處路口型態最大的差異點在於「車道外側可供機車停等及疏解之空間」，其中，中興路與竹中路交叉口混合車道外側無多餘空間可供機車停等及疏解使用（機車僅與停等汽車共用一混合車道）；自由路與中央路交叉口混合車道外側有多餘空間可供機車停等及疏解使用（機車除與停等汽車共用混合車道空間外，尚有 2.3 公尺寬之路側空間可使用）；光復路與東光路口型態則是機車停等空間與中興路與竹中路交叉口相近，但機車疏解時，卻可利用車道右側之右轉專用道進行疏解，茲將三路口之基本特性整合如表 4-1 所示。

表 4-1 調查路口型態說明表

路口名稱 項目	中興路	自由路	光復路
研究方向車道佈設	雙車道	雙車道	三車道
研究車道	外側混合車道	外側混合車道	中間混合車道
車道寬度	3.55 公尺	3.55 公尺	3.3 公尺
停等區佈設	是	是	是
路側可供停等與否	否	是	否
路側可供停等型態	無	路肩(2.3 公尺)	無
路側可供行駛與否	否	是	是
路側可供行駛型態	無	路肩(2.3 公尺)	右轉專用道(3.4 公尺)
資料蒐集地點	陸橋	陸橋、高樓	陸橋、高樓
資料分析項目	B 區汽車疏解間距	A 區機車車隊疏解時間 B 區汽車疏解間距 C 區汽車疏解間距	A 區機車車隊疏解時間 B 區汽車疏解間距
三路口相似處	研究車道皆繪設機車停等區、車道左側皆佈設一禁行機車車道。		
三路口相異處	車道外側可供機車停等及疏解之空間型態不同：中興路車道外側無額外空間可供機車停等及疏解使用，僅可與停等汽車供用一車道空間；自由路車道外側有額外路肩 2.3 公尺可供停等及疏解使用；光復路車道外側無額外空間可供停等，但機車可利用右轉專用道空間進行疏解。		

因此，在「車道外側可供機車停等及疏解之空間型態」具有差異性下，可進行 B 區之汽車平均疏解間距差異性探討，即針對「中興路與竹中路交叉口」與「光復路與東光路交叉路」（相似機車停等空間，但不同機車可利用之疏解空間）以及「中興路與竹中路交叉口」與「自由路與中央交叉口」（一為汽車側邊僅受單排機車干擾，另一為汽車側邊除受停等機車干擾外，側邊停等機車又受側邊停等機車干擾）之汽車疏解間距做比較。

另一選取此三處路口車道佈設型態不同之原因，在於將來可利用各路口車流特性分析結果，配合本研究所建構之混合車道容量分析模式及適當之假設，推估與此三處路口車道佈設型態相似之混合車道容量。

#### 4.2.3 蒐集時間

茲將上述三處路口之資料蒐集時間，整理如表 4-2。其中：

##### 1. 中興路與竹中路交叉路口

自鄰近路口端之十三層樓樓頂往觀測車道拍攝，號誌燈號轉換可辨識，調查日期時間為七月五日下午五時至七時及七月六日上五七時至九時，總拍攝時數為四小時。

##### 2. 自由路與中央路交叉路口

自鄰近路口端之十二層樓樓頂及路口陸橋往觀測車道拍攝，號誌燈號轉換僅可由陸橋上辨識，但此路口由路側高樓（無法辨識號誌燈號轉換）拍攝之資料，仍可用於分析 B 區之汽車車隊疏解間距，其原因在於疏解間距之量測乃以前車車尾通過參考基線之時間點為基礎，而第一輛汽車之疏解間距需量測的是前方機車車尾通過參考基線的時間，不用計算綠燈燈號始亮時間，因此，該時段調查資料仍可用於資料分析。調查日期時間為七月一日上午七時至九時（樓頂及陸橋皆架設攝影機）、七月六日下午六時至七時、七月七日上午七時至九時及七月九日上午七時至九時，總拍攝時數為七小時。

##### 3. 光復路與東光路交叉路口

自路口陸橋往觀測車道拍攝，號誌燈號轉換可辨識，調查日期時間為六月九日下午一時至五時、六月十日上午十時至十二時、六月十一日下午二時至七時、六月十三日下午二時至五時及六月十五日上午七時至九時，總拍攝時數為十六小時。

此三處路口之拍攝角度（路口陸橋或路側高樓）雖然不同，但在皆以車輛尾端通過參考基線為判斷標準及選擇非垂直之角度拍攝（利於從旁觀測車輛尾端位置）下，其所記錄之時間資料雖為車輛尾端通過參考基線之時間點，但真正用於比較之資料實為前後兩車車尾通過參考基線之時間差，在同以時間差為比較標準下，不致於有太大之差異性，故可加以比較。

表 4-2 路口調查時間表

調查地點	中興路與竹中路交叉路口				資料應用項目
日期	時段	拍攝位置	號誌辨識	時數(小時)	
7月5日	17-19	高樓	可	2	B區
7月6日	7-9	高樓	可	2	B區
總拍攝時數			4小時		
調查地點	自由路與中央路交叉路口				
日期	時段	拍攝位置	號誌辨識	時數(小時)	
7月1日	17-19	陸橋	可	2	A區、B區
7月1日	7-9	高樓	否	2	B區(無需觀測號誌)
7月6日	17-18	陸橋	可	1	B區、C區
7月7日	7-9	陸橋	可	2	B區、C區
7月9日	7-9	陸橋	可	2	B區、C區
總拍攝時數			9小時		
調查地點	光復路與東光路交叉路口				
日期	時段	拍攝位置	號誌辨識	時數(小時)	
6月9日	13-17	陸橋	可	4	A區、B區
6月10日	10-12	陸橋	可	2	A區、B區
6月11日	14-39	陸橋	可	5	B區
6月13日	14-37	陸橋	可	3	B區
6月15日	7-9	陸橋	可	2	A區、B區
總拍攝時數			16小時		



## 第五章 資料分析

本研究利用三處路口調查資料，分析汽車前方機車車隊等候長度與疏解時間、汽車側邊有停等機車干擾之汽車疏解間距及汽車側邊無停等機車干擾之汽車疏解間距三項車流特性，分析架構如圖 5-1 所示。

汽車前方機車車隊等候長度與疏解時間關聯分析方法為時間量測法，應用於參數  $t_{ma}$ （機車車隊疏解時間）；側邊有停等機車干擾下，汽車等候位置與疏解間距關聯分析方法為間距量測法，經由計算  $\bar{H}$  之值，配合受干擾汽車車輛數  $N_b$ ，計算  $t_{cb}$ （ $t_{cb} = \bar{H} \times N_b$ ，側邊受停等機車干擾之汽車車隊疏解時間）之值；側邊無停等機車干擾下，汽車等候位置與疏解間距關聯分析方法亦為間距量測法，應用於參數  $t_{cc}$ （前五部疏解汽車車輛中，未受停等機車干擾之汽車疏解總時間）。

資料分析方式則將路口拍攝資料，經由電腦轉成影像檔後，利用 Adobe Premiere 6.5（影像剪輯軟體）反覆播放及人工判讀方式，記錄各項數值化資料。此處選擇以 Adobe Premiere 6.5 為播放軟體，乃考量該軟體播放影像檔時，在定格狀態下，可利用微調畫面（frame，每秒 30 張畫面）方式，反覆判讀車輛尾端通過參考基線的時間，如此可降低人工判讀誤差及增加資料時間精密度，實際判讀方式如圖 5-1、5.2 所示，即在前車（A 車）車尾通過參考基線（此處為停止線）時，記錄資料「02；03」，在後車（B 車）車尾通過參考基線時，記錄另一筆資料「05；02」，「」中分號前面之數字表示秒數、分號後面之數字表示該畫面位於該秒數之第  $n$  張畫面位置，為三十進位，若將 B 車時間資料減去 A 車時間資料，可得「02；29」（若以十進位方式計算，分號後面之數字相減原為 99，但轉換為三十進位時，需扣除額外增加之 70，因此得資料為 29，但若被減數大於減數時，無需如此調整，如 25 減 13），最後將「02；29」時間資料，轉換以「秒」為單位，得 B 車之疏解間距為 2.97 秒，本研究中各項時間資料分析，皆依循此方式進行。

### 5.1 汽車前方之機車車隊

本研究所探討汽車前方之機車車隊為「綠燈燈號始亮前，於路口等候疏解之機車車隊」，其車隊長度之量測單位，如同 4.1.3 小節之說明，乃以「縱向等候列數」為長度量測單位。

車隊長度與疏解時間量測上，先記錄該號誌週期等候車隊之「縱向等候列數」，再記錄「綠燈始亮時間」及「等候車隊中，最後一輛機車通過參考基線的時間」，最後計算兩者時間差，得到一筆機車車隊等候長度與疏解時間資料。

然而，考量機車駕駛人於路口等候時，並無法有效利用所有停等空間，使得同一計算長度標準下之停等車輛數（停等空間利用率）產生差異，因此，本研究先探討同一機車車隊等候長度不同停等空間利用率下之疏解時間是否存在顯著差異，再依此分析結果，進一步探討機車車隊等候長度與疏解時間關聯。

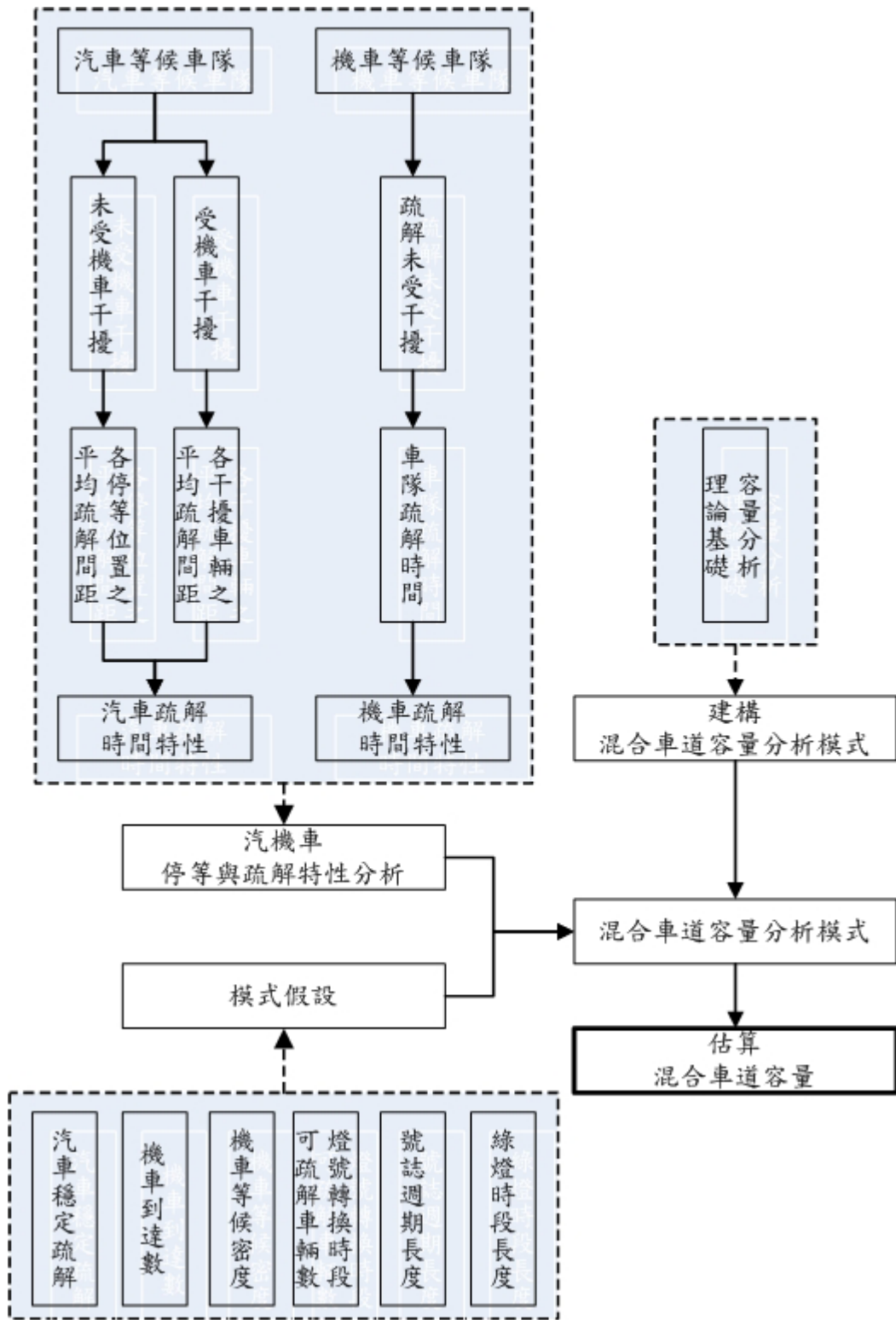


圖 5-1 資料分析架構圖



圖 5-2 錄影資料判讀-1



圖 5-3 錄影資料判讀-2

### 5.1.1 同一等候長度下，不同停等空間利用率之疏解時間差異分析

機車車隊等候長度定義如同前述，乃以縱向等候列數為計算基準。至於停等空間利用率，理論上應以單位面積之停等車輛數計算，但為配合本研究之性質，將停等空間利用率之計算方式及高低程度之區分，做如下述之調整。

此小節所欲分析之項目為「同一機車車隊等候長度下，不同停等空間利用率之疏解時間差異」，其中，同一機車車隊等候長度之「同一」，已明指各分析內容之長度單位相同；另外，本研究以車道寬度範圍之等候機車為取樣樣本，其影響利用率計算之寬度亦已被限制，因此，在分析上，並不實際計算機車停等空間利用率之數值，而以取樣範圍內之等候機車數代表。

此部分利用光復路往新竹市區方向與東光路交叉口（路口型態可參考圖 4-5）之中間混合車道及自由路往新竹市區方向與中央路交叉口（路口型態可參考圖 4-4）之外側混合車道兩部分調查資料進行探討。

#### 1. 光復路與東光路交叉口

如圖 4-5 所示，雖然該混合車道前端之機車停等區之橫向寬度僅為 2.9 公尺，但於路口勘查時發現，機車停等時會稍微佔用混合車道兩側之空間，使得橫向停等車輛數可達 4 輛（此橫向停等範圍，並未將佔用外側右轉專用道及內側禁行機車車道之停等機車列入），因此，在停等空間利用率高低的界定上，本研究以取樣車道可供停等車輛數的一半為分界點。即在縱向等候列數為一列時，量測範圍內可供停等之車輛數為 4 輛，則低利用率之代表車輛數為 1 與 2，高利用率之代表車輛數為 3 與 4；在縱向等候列數為二列時，量測範圍內可供停等之車輛數為 8 輛，低利用率之代表車輛數為 1、2、3 與 4，高利用率之代表車輛數為 5、6、7 與 8；縱向等候列數為三列時，停等車輛數低於 6 輛視為低利用率，高於 6 輛視為高利用率，並依此類推。

本研究於六月九日下午一時至五時、六月十日上午十時至十二時及六月十五日上午七時至九時，前往光復路與東光路交叉口調查，總調查時數為 8 小時，經人工判讀調查影片資料，共取得有效樣本數 177 筆，其中包含 62 筆縱向等候列數為一列、61 筆縱向等候列數為二列、44 筆縱向等候列數為三列及 10 筆縱向等候列數為四列之樣本資料，本調查內容及樣本說明彙整如表 5-1 所示。

樣本分析則利用 SPSS 統計分析軟體，檢定同一縱向等候列數下，低利用率與高利用率等候車隊之疏解時間是否存在顯著差異（獨立性樣本 T 檢定），結果說明如下：

#### (1) 縱向等候列數為一列

低利用率疏解時間資料 44 筆，高利用率疏解時間資料 18 筆，在母體標準差及變異數未知下，進行獨立性樣本 T 檢定，得 P 值為 0.961（大於 0.05），未達顯

著差異水準，表示縱向等候列數為一列時，低利用率與高利用率等候車隊之疏解時間無顯著差異存在。

(2)縱向等候列數為二列

低利用率疏解時間資料 34 筆，高利用率疏解時間資料 27 筆，在母體標準差及變異數未知下，進行獨立性樣本 T 檢定，得 P 值為 0.752（大於 0.05），未達顯著差異水準，表示縱向等候列數為二列時，低利用率與高利用率等候車隊之疏解時間無顯著差異存在。

(3)縱向等候列數為三列

低利用率疏解時間資料 25 筆，高利用率疏解時間資料 19 筆，在母體標準差及變異數未知下，進行獨立性樣本 T 檢定，得 P 值為 0.708（大於 0.05），未達顯著差異水準，表示縱向等候列數為三列時，低利用率與高利用率等候車隊之疏解時間無顯著差異存在。

上述分析結果，整理如表 5-2 所示。另由於縱向等候列數為 4 列之樣本數，僅有 10 筆，不加以分析。

表 5-1 光復路-停等空間利用率與疏解時間之調查內容及樣本說明

調查時間	6月9日下午1時至5時 6月10日上午10時至12時 6月15日上午7時至9時			備註
調查地點	光復路與東光路交叉口			
取樣車道	中間混合車道（寬3.55公尺）			橫向可供停等4輛機車
有效樣本	177筆			
樣本分佈	縱向停等一列	低利用率	44筆	1輛18筆、2輛26筆
		高利用率	16筆	3輛14筆、4輛2筆
		總樣本數	62筆	
	縱向停等二列	低利用率	34筆	2輛5筆、3輛8筆、4輛21筆
		高利用率	27筆	5輛17筆、6輛7筆、7輛2筆、8輛1筆
		總樣本數	61筆	
	縱向停等三列	低利用率	25筆	3輛3筆、4輛3筆、5輛6筆、6輛13筆
		高利用率	19筆	7輛10筆、8輛5筆、9輛3筆、11輛1筆
		總樣本數	44筆	
	縱向停等四列	低利用率	5筆	6輛2筆、7輛2筆、8輛1筆
		高利用率	5筆	9輛2筆、13輛2筆、15輛1筆
		總樣本數	10筆	

表 5-2 光復路-停等空間利用率與疏解時間差異分析之結果摘要表

縱向等候列數	利用率	樣本數	平均數	標準差	p 值	顯著差異
1 列	低	44	1.77	0.70	0.961	否
	高	18	2.27	0.73		
2 列	低	34	2.99	0.72	0.752	否
	高	27	3.62	0.75		
3 列	低	25	4.44	0.70	0.708	否
	高	19	4.58	0.68		

## 2. 自由路與中央路口

路口型態如圖 4-4 所示，僅針對外側混合車道路口近端之停等機車進行取樣，橫向可停等車輛數以 4 輛為限，停等空間利用率高低區分比照光復路與東光路口型式，路口調查時間為 7 月 1 日與 7 月 7 日上午 7 時至 9 時及 7 月 6 日下午 5 時至 6 時，總取樣時數為 5 小時，經反覆播放調查內容及判讀，共取得有效樣本 115 筆，其中包含 41 筆縱向等候列數為一列、40 筆縱向等候列數為二列、21 筆縱向等候列數為三列、13 筆縱向等候列數為四列及 5 筆縱向等候列數為五列時之資料，調查內容及樣本說明彙整如表 5-3 所示。

表 5-3 自由路-停等空間利用率與疏解時間之調查內容及樣本說明

調查時間	7 月 1 日及 7 日上午 7 時至 9 時 7 月 6 日下午 5 時至 6 時			備 註
調查地點	自由路與中央路交叉口			
取樣車道	外側混合車道（寬 3.55 公尺）			橫向可供停等 4 輛機車 <sup>2</sup>
有效樣本	120 筆			
樣本分佈	縱向等候一列	低利用率	17 筆	1 輛 3 筆、2 輛 14 筆
		高利用率	24 筆	3 輛 11 筆、4 輛 13 筆
		總樣本數	41 筆	
	縱向等候二列	低利用率	16 筆	2 輛 2 筆、3 輛 3 筆、4 輛 11 筆
		高利用率	24 筆	5 輛 4 筆、6 輛 15 筆、7 輛 4 筆、 8 輛 1 筆
		總樣本數	40 筆	
	縱向等候三列	低利用率	9 筆	5 輛 2 筆、6 輛 7 筆
		高利用率	12 筆	8 輛 3 筆、9 輛 4 筆、10 輛 4 筆 11 輛 1 筆
		總樣本數	21 筆	
	縱向等候四列	樣本數	13 筆	
縱向等候五列	樣本數	5 筆		

<sup>2</sup>雖然該路口之機車停等區橫向可停等機車數大於 4 輛，但本研究僅對外側混合車道前方之機車停等區進行取樣，而外側混合車道寬度為 3.55 公尺，與中興路混合車道相同，因此，該混合車道橫向可供停等機車數仍以 4 輛為代表。

此路口亦分析同一縱向等候列數下，低利用率與高利用率等候車隊之疏解時間是否存在顯著差異（獨立性樣本 T 檢定），結果說明如下：

(1)縱向等候列數為一列

低利用率疏解時間資料 17 筆，高利用率疏解時間資料 24 筆，在母體標準差及變異數未知下，進行獨立性樣本 T 檢定，得 P 值為 0.937（大於 0.05），未達顯著差異水準，表示縱向等候列數為一列時，低利用率與高利用率等候車隊之疏解時間無顯著差異存在。

(2)縱向等候列數為二列

低利用率疏解時間資料 16 筆，高利用率疏解時間資料 24 筆，在母體標準差及變異數未知下，進行獨立性樣本 T 檢定，得 P 值為 0.562（大於 0.05），未達顯著差異水準，表示縱向等候列數為二列時，低利用率與高利用率等候車隊之疏解時間無顯著差異存在。

(3)縱向等候列數為三列

低利用率疏解時間資料 9 筆，高利用率疏解時間資料 12 筆，在母體標準差及變異數未知下，進行獨立性樣本 T 檢定，得 P 值為 0.953（大於 0.05），未達顯著差異水準，表示縱向等候列數為三列時，低利用率與高利用率等候車隊之疏解時間無顯著差異存在。

上述分析結果，整理如表 5-4 所示。另由於縱向等候列數為四列及五列之樣本數太少，不加以分析。

綜合光復路與自由路之分析結果，可得知，同一機車車隊縱向等候列數下，其車隊疏解時間並不因機車停等空間利用率高低而呈現顯著差異。

表 5-4 自由路-停等空間利用率與疏解時間差異分析之結果摘要表

縱向等候列數	利用率	樣本數	平均數	標準差	p 值	顯著差異
1 列	低	17	2.22	0.64	0.937	否
	高	24	2.15	0.47		
2 列	低	16	3.34	0.58	0.562	否
	高	24	3.49	0.52		
3 列	低	9	4.64	0.59	0.953	否
	高	12	4.44	0.7		

5.1.2 等候長度與疏解時間關聯分析

由前一小節分析結果，同一機車車隊等候長度下，不同車隊停等空間利用率之疏解時間，並未存在有顯著差異，因此，此小節之機車車隊等候長度與疏解時間關聯分析，則不再區分停等空間利用率，以綜合方式處理路口調查資料。

如果單獨利用光復路與自由路之車隊長度與疏解時間資料，進行車隊等候長度與疏解時間線性估計，各可得線性關係式 5.1（光復路）與式 5.2（自由路）。

$$t_{ma} = f(l_{ma}) = 1.214l_{ma} + 0.781 \quad (5.1)$$

$$R^2 = 0.679$$

$$t_{ma} = f(l_{ma}) = 1.073l_{ma} + 1.195 \quad (5.2)$$

$$R^2 = 0.807$$

式中：

$t_{ma}$ ：機車車隊疏解時間（秒）

$l_{ma}$ ：汽車前方之機車車隊縱向等候列數（列）

不論是光復路或自由路之線性關係式，其 $R^2$ 皆在可接受範圍內，顯示此二式可適當表示機車車隊縱向等候列數與疏解時間之關係，然而考量未來此關係模式將應用於其它路口，因此，本研究將光復路與自由路之樣本資料，綜合進行車隊等候長度與疏解時間關聯分析，得出機車車隊等候長度與疏解時間之線性關係式，如式 5.3 所示，其中 $R^2 = 0.731$ ，顯示此線性模式可適當解釋機車等隊等候長度與疏間時間之關係。

$$t_{ma} = f(l_{ma}) = 1.146l_{ma} + 0.966 \quad (5.3)$$

式中參數定義如上述， $R^2 = 0.731$ 。

如將本研究所建立之機車車隊疏解時間關係式，將疏解時間改以疏解率（輛/小時）表示，即將縱向等候列數每增加一列所需時間的倒數乘以 3600 秒。在一般車道寬度為 3 公尺時，本研究假定最高可橫向停等 3 輛機車，其疏解率代表值為 9424（輛/小時）；車道寬度為 4 公尺時，假定橫向可供停等 4 輛機車，疏解率代表值為 12565（輛/小時），此結果與台灣地區公路容量手冊技術報告所採用之機車專用道飽和流量推估值差異不大（車道 3 公尺寬為 9498 輛/小時，車道 4 公尺寬為 11082 輛/小時），亦與二〇〇一年台灣地區公路容量手冊中所提之機車專用道寬度與服務流率值差異不大（服務水準為 E 級時，車道 3 公尺寬，服務流率為 9500 輛/小時、車道 4 公尺寬為 11080 輛/小時），顯示本研究所推估之關係式尚可接受。

## 5.2 側邊有停等機車之汽車車隊

此部分所欲探討之汽車疏解特性為側邊有停等機車干擾下之汽車疏解間距，其中，疏解間距量測方式依汽車等候順序區分為機車車隊後方第一輛汽車及其它受干擾汽車。

機車車隊後方第一輛汽車疏解間距之量測：記錄汽車前方機車車隊中，最後一輛機車車尾與第一部停等汽車車尾通過參考基線的時間資料，求取兩者之時間差。



其它受干擾汽車疏解間距之量測：記錄前方汽車車尾與後方車尾通過參考基線的時間資料，求取兩者之時間差。

另外，本研究考量混合車道外側可供機車停等及疏解之空間型態不同，是否會對汽車疏解間距造成不同影響，因此，本研究針對「車道外側可供機車停等及疏解之空間型態」此一因素，選擇車道外側佈設型態不同之混合車道進行差異比較分析，各車道外側型態、調查時間、樣本數及分析結果，如下分析所述。

### 5.2.1 無路側空間可供機車停等及疏解

衡量此型態之混合車道，本研究選定中興路與竹中路之交叉路口為調查地點，路口車道佈設型態如圖 4-3 所示，此混合車道外側型態與其它二處路口混合車道外側型態之主要差異為：由於路側停滿機車與汽車，使得機車僅可利用混合車道上汽車側邊之剩餘空間，進行停等及疏解動作，經實地觀察，除非汽車停等過於靠近內側車道，否則僅可容納 1 輛機車停等。

取樣時間為 7 月 5 日下午 17 時至 19 時及 7 月 6 日上午 7 時至 9 時，利用路側高樓以攝影機由上往下拍攝方式進行調查，經人工判讀調查資料，共取得汽車疏解受側邊停等機車干擾之樣本數 116 筆，包括第一輛車 46 筆、第二輛車 33 筆、第三輛車 16 筆、第四輛車 10 筆、第五輛車 6 筆、第六輛車 3 筆及第七輛 2 筆，而各停等位置車輛之平均疏解間距分別為 3.68、3.51、3.41、3.95、3.38、2.36 及 2.44，單位秒，前五輛停等汽車之平均疏解間距值為 3.51 秒，標準差為 1.16，全部樣本平均疏解間距為 3.56 秒，標準差為 1.183。

### 5.2.2 無路側空間可供機車停等，但可利用右轉專用道疏解

衡量此型態之混合車道，本研究選定光復路與東光路之交叉路口為調查地點，路口車道佈設型態如圖 4-5 所示，此混合車道外側型態與其它二處路口混合車道外側型態之主要差異為：混合車道之右邊佈設有右轉專用道，機車停等時雖無法利用該空間，但疏解時，可衡量後方有無來車，不需等候前方車輛疏解，即可利用右轉專用道先行自路口疏解，因此有停等空間受限（混合車道汽車停等側邊之剩餘空間），但疏解空間不受限（衡量情況，利用右轉專用道進行疏解）的特性。

取樣時間為 6 月 9 日下午 1 時至 5 時、6 月 10 日上午 10 時至 12 時、6 月 11 日下午 3 時至 7 時、6 月 13 日下午 2 時至 5 時及 6 月 15 日上午 7 時至 9 時，取樣時間包括非尖峰時段及部分尖峰時段。調查時利用橫跨該路口之陸橋，以攝影機由側邊往調查車道方向拍攝方式進行，經人工判讀調查資料，共取得汽車疏解受側邊機車干擾之樣本數 167 筆，包括第一輛車 64 筆、第二輛車 42 筆、第三輛車 24 筆、第四輛車 16 筆、第五輛車 9 筆、第六輛車 7 筆、第七輛 3 筆、第八輛 1 筆及第 9 輛 1 筆，而各停等位置車輛之平均疏解間距分別為 3.15、2.82、2.57、

2.96、2.28、2.93、2.17、2.3 及 3.43，單位秒，前五輛汽車平均疏解間距為 2.9 秒，標準差為 1.034，全部樣本平均疏解間距為 2.89 秒，標準差為 1.042。

### 5.2.3 有路側空間可供機車停等及疏解

衡量此型態之混合車道，本研究選定自由路與中央路之交叉路口為調查地點，路口車道佈設型態如圖 4-4 所示，此混合車道外側型態與其它二處路口混合車道外側型態之主要差異為：混合車道之側邊有寬 2.3 公尺之路側淨空區域，可供機車停等與疏解時使用。另外，機車停等區的涵蓋範圍包括內側禁行機車車道、外側混合車道及部分路側空間，經觀察發現，大部分之機車騎士幾皆停等於外側混合車道之機車停等區，即外側停等區之停等比率高於內側停等區。

取樣時間為 7 月 1 日上午 7 時至 9 時與下午 5 時至 7 時、7 月 6 日下午 5 時至 6 時、7 月 7 日上午 7 時至 9 時及 7 月 9 日上午 7 時至 9 時，利用路側高樓及路口陸橋以攝影機拍攝方式進行，經人工判讀調查資料，共取得汽車疏解受側邊機車干擾之樣本數 135 筆，包括第一輛車 76 筆、第二輛車 34 筆、第三輛車 18 筆、第四輛車 5 筆及第五輛車 2 筆，而各停等位置車輛之平均疏解間距分別為 3.00、2.72、2.46、3.47、及 3.27，單位秒，計算前 3 輛停等汽車之平均值 2.84 秒，標準差為 0.798，全部樣本平均疏解間距為 2.87 秒，標準差為 0.93。上述三處路口之汽車疏解時間資料如表 5-5 所示。

表 5-5 路口調查樣本資料

調查路口		中興路	光復路	自由路
樣本分佈	第一輛	46	67	76
	第二輛	33	42	34
	第三輛	16	24	18
	第四輛	10	16	5
	第五輛	6	9	2
	其它	5	12	0
總樣本數		116	167	135
前三輛樣本平均		3.57	2.94	2.84
前三輛樣本標準差		1.178	0.941	0.798
前五輛樣本平均		3.56	2.9	2.87
前五輛樣本標準差		1.183	1.034	0.93
總樣本平均		3.35	2.89	2.87
總樣本標準差		1.18	1.042	0.93

#### 5.2.4 差異比較

受干擾汽車中第一輛汽車疏解間距之計算方式為前方機車車尾通過參考基線與後方汽車車尾通過參考基線之時間差，後續停等車輛疏解間距之計算方式為前方汽車車尾與後方汽車車尾通過參考基線之時間差。兩者差別為第一輛汽車疏解間距之計算基準為「機車對汽車」，後續停等汽車疏解間距則為「汽車對汽車」，如欲引用此兩種不同計算基準之疏解間距資料進行比較分析時，須將此兩種不同計算基準之疏解間距加以調整成同一計算基準。

因此，本研究考量機、汽車在疏解時間之差異，主要來自於機車與汽車加速特性差異，為調整此部分之差異，本研究假設：1.機、汽車於同一基準點同時起動；2.後方駕駛者看到前車起動，經過相同反應時間後，車輛亦開始起動；汽車加速性相同。依據上述三項假設，使得機、汽車在疏解間距計算上，產生如圖 5-4 中  $\Delta t$  之疏解間距差異，即「機車—汽車」之疏解間距會比「汽車—汽車」之疏解間距大。

為量化此部分疏解間距之數值差異，本研究量測等候車隊中之機車與汽車開始移動的時間及每移動 2 公尺的時間，記錄機汽車各移動距離（0m、2m、4m、6m、8m 及 10m）的時間資料，再加以計算，發現汽機車移動各距離所需之時間差異愈來愈小，此結果符合機車低速時加速度高、高速時加速度低與汽車低速時加速度低、高速時加速度高之車輛基本加速特性，結果整合如表 5-6 所示。

表 5-6 汽機車疏解時間計算差異表

總移動距離	2 公尺	4 公尺	6 公尺	8 公尺	10 公尺
機車花費時間	1.54	2.21	2.76	3.26	3.74
汽車花費時間	1.97	2.66	3.13	3.6	4.03
兩者差異	0.43	0.45	0.37	0.34	0.29

因此，本研究在分析不同混合車道外側空間型態之汽車疏解間距差異上，將第一輛汽車之疏解間距（機車—汽車），扣除機、汽車間疏解間距計算差異，調整成與其它等候位置（第二部車以後）之疏解間距（汽車—汽車）相同計算基準後，再與其它不同混合車道外側空間型態之疏解間距進行比較分析。

分析比較時，將機、汽車移動 6 公尺之疏解時間差異 0.37 秒及目前資料中差異最大之疏解時間 0.45 秒及最小之 0.29 秒，視為第一輛汽車疏解間距之調整因子，即將原始第一輛汽車之疏解間距扣除上述數值（0.45、0.37 與 0.29）後，再配合其它等候位置之汽車疏解間距，進行不同混合車道外側空間型態之差異分析，分析結果分述如下。

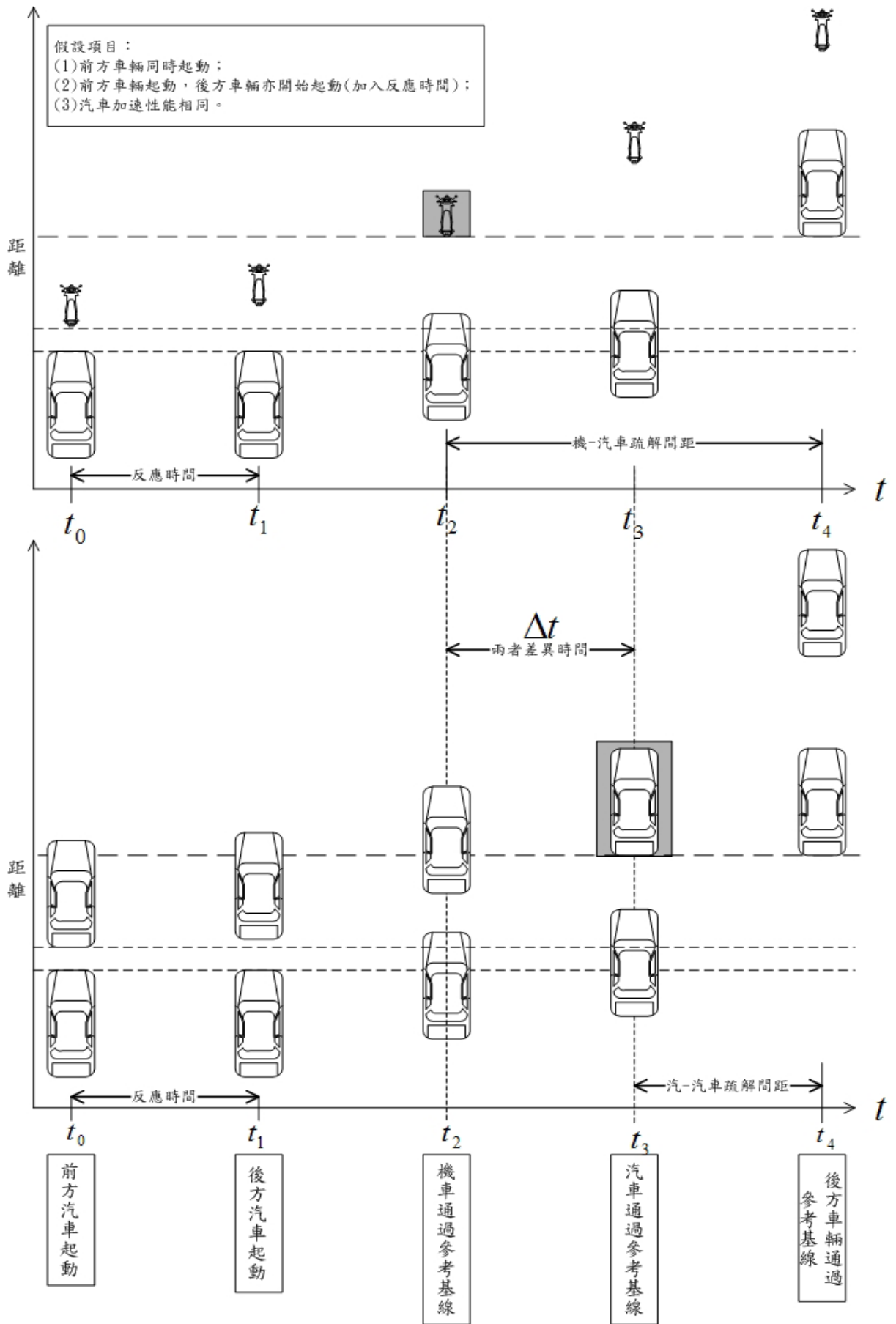


圖 5-4 汽機車疏解間距計算差異示意圖

## 1. 中興路與自由路

此兩路口混合車道外側之差異為：中興路無路側空間供機車停等及疏解使用，自由路有路側空間 2.3 公尺供機車停等及疏解使用。由於自由路之樣本以前三輛車輛居多，因此，此處僅針對前三輛汽車樣本之疏解間距資料進行統計差異性檢定，經計算後發現在未加入機汽車疏解間距計算差異此一調整因子前與加入調整因子為 0.45、0.37、0.29 的情況下，各項比較結果均達顯著差異水準，其檢定分析結果如表 5-7 所示。

表 5-7 中興路與自由路疏解間距差異分析表

比較項目	路口名稱	樣本數	調整因子	平均數	標準差	P 值	顯著差異
前三輛	中興路	95	0	3.57	1.178	0.001	是
	自由路	128		2.84	0.798		
	中興路	95	0.45	3.36	1.18	0.0001	是
	自由路	128		2.58	0.777		
	中興路	95	0.37	3.39	1.117	0.0001	是
	自由路	128		2.62	0.776		
	中興路	95	0.29	3.43	1.175	0.0001	是
	自由路	128		2.67	0.777		

## 2. 中興路與光復路

此兩路口混合車道外側之差異為：中興路無路側空間供機車停等及疏解使用，光復路雖無額外路側停等空間，但機車可利用右轉專用道空間進行疏解。由於此兩處路口皆以前五輛之樣本居多，因此，針對前五輛汽車樣本之疏解間距資料進行統計差異性檢定，經計算後發現在未加入機汽車疏解間距計算差異此一調整因子前，兩路口之疏解間距資料並未達顯著差異水準，但在加入調整因子為 0.45、0.37、0.29 的情況下，各項比較結果均達顯著差異水準，其檢定分析結果如表 5-8 所示。

表 5-8 中興路與光復路疏解間距差異分析表

比較項目	路口名稱	樣本數	調整因子	平均數	標準差	P 值	顯著差異
前五輛	中興路	114	0	3.56	1.183	0.61	否
	光復路	155		2.9	1.034		
	中興路	114	0.45	3.38	1.187	0.042	是
	光復路	155		2.71	1.013		
	中興路	114	0.37	3.41	1.183	0.045	是
	光復路	155		2.75	1.013		
	中興路	114	0.29	3.44	1.181	0.046	是
	光復路	155		2.78	1.015		

### 3. 光復路與自由路

此兩路口混合車道外側之差異為：自由路有路側空間 2.3 公尺供機車停等及疏解使用，光復路雖無額外路側停等空間，但機車可利用右轉專用道空間進行疏解。由於自由路之樣本以前三輛車輛居多，因此，針對前三輛汽車樣本之疏解間距資料進行統計差異性檢定，經計算後發現在未加入機汽車疏解間距計算差異此一調整因子前，兩路口之疏解間距離顯著差異水準僅差距 0.001，本研究將其視為達顯著差異水準，而在加入調整因子為 0.45、0.37、0.29 的情況下，各項比較結果均達顯著差異水準，其檢定分析結果如表 5-9 所示。

表 5-9 光復路與自由路疏解間距差異分析表

比較項目	路口名稱	樣本數	調整因子	平均數	標準差	P 值	顯著差異
前三輛	光復路	130	0	2.94	0.941	0.051	否
	自由路	128		2.84	0.798		
	光復路	130	0.45	2.71	0.91	0.04	是
	自由路	128		2.58	0.777		
	光復路	130	0.37	2.75	0.91	0.039	是
	自由路	128		2.62	0.776		
	光復路	130	0.29	2.79	0.919	0.04	是
	自由路	128		2.67	0.777		

綜合上述三處路口之分析內容，在第一輛等候汽車扣除適當之機汽車疏解間距調整因子後，各路口混合車道側邊有停等機車干擾之汽車車隊疏解間距皆呈現顯著差異，顯示側邊有停等機車干擾之汽車車隊疏解間距因混合車道外側可供機車停等及疏解之空間型態不同而有所差異，因此，此部分所調查分析之平均疏解間距數據，可分別應用於與本研究路口混合車道佈設相似之混合車道。

### 5.3 側邊無停等機車之汽車車隊

本研究假設當汽車前方之機車車隊等候長度加上側邊有停等機車干擾之汽車車隊長度大於飽和間距疏解起始點時，後方車輛將以飽和間距疏解特性疏解。對於此假設之合理性，本研究以中興路、自由路與光復路為資料調查路口，調查當汽車車隊前方有機車車隊停等，且前五部停等汽車中，側邊有停等機車干擾（可能有 1 輛、2 輛或 3 輛以上受干擾）時，汽車車隊中第六部車輛（無停等機車干擾）之疏解間距。

經影帶資料判讀，共蒐集有效資料樣本 29 筆，其平均疏解間距為 1.87 秒，標準差 0.41，平均疏解間距值落於二〇〇一年公路容量手冊中之小型車飽和間距平均值範圍內（1.7 秒~2.0 秒），表示本研究之假設合理，即當側邊無停等機車干擾之汽車車隊，其車輛尾端位置超過 32 公尺時，該車輛將以飽和間距疏解特性疏解。

基於上述之假設基礎，本研究進一步探討混合車道容量分析模式中，所缺少之最後一項參數  $t_{cc}$ （前五部疏解汽車車輛中，未受停等機車干擾之汽車疏解總時間）實證資料，此資料可由估算未受停等機車干擾之汽車位置及其對應之平均疏解間距求得。

本研究以自由路與中央路交叉口之內側禁行機車車道（無停等機車干擾，如圖 4-4 所示）為取樣車道，將攝影機架設於圖中 A 處，參考前方號誌時間（為自由路往經國路車行方向之號誌），量測內側禁行機車車道在無停等及行駛中之機車干擾下，各停等位置之汽車疏解間距，調查時間為 7 月 6 日下午 5 時至 6 時、7 月 7 日上午 7 時至 9 時及 7 月 9 日上午 7 時至 9 時，經人工判讀調查資料，取得有效樣本數為 301 筆，其中包括第一輛車 21 筆、第二輛車 34 筆、第三輛車 27 筆、第四輛車 27 筆、第五輛車 33 筆、第六輛車 26 筆、第七輛車 26 筆、第八輛車 23 筆、第九輛車 23 筆、第十輛車 21 筆、第十一輛車 15 筆、第十二輛車 14 筆及第十三輛車 11 筆，其中前五輛汽車疏解間距依序為 3.84 秒、2.57 秒、2.4 秒、2.27 秒及 2.17 秒，而飽和間距（第六輛後之總平均疏解間距）為 2 秒，資料分析結果整理如表 5-10 所示。

表 5-10 側邊無停等機車干擾之汽車疏解間距調查內容摘要表

調查時間	7 月 6 日下午 5 時至 6 時、7 月 7 日上午 7 時至 9 時 7 月 9 日上午 7 時至 9 時							
調查地點	自由路與中央路交叉路口							
取樣車道	無停等及行駛中之機車干擾下之內側禁行機車車道							
總樣本數	301 筆							
汽車停等順序	1	2	3	4	5			
樣本數	21	34	27	27	33			
平均疏解間距（秒）	<b>3.84</b>	<b>2.57</b>	<b>2.4</b>	<b>2.27</b>	<b>2.17</b>			
停等順序	6	7	8	9	10	11	12	13
樣本數	26	26	23	23	21	15	14	11
平均疏解間距	2.15	2.08	2.06	1.9	1.98	2.06	1.98	1.78
飽和間距	2（秒）註：（第六輛車後之總平均疏解間距）							

本研究以第一輛汽車車尾距停止線 4.5 公尺（車頭距停止線 0.5 公尺、汽車平均長度 4 公尺）、第二輛汽車車尾距停止線 10 公尺（汽車平均停等長度尺寸為 5.5 公尺）、第三輛汽車車尾距停止線 15.5 公尺、第四輛 21 公尺、第五輛 26.5 公尺及第六輛 32 公尺，而其相對應之平均疏解間距 3.84 秒、2.57 秒、2.4 秒、2.27 秒、2.17 秒及 1.846 秒<sup>3</sup>，利用內插法，以每 0.5 公尺為間隔，估算各汽車車尾位置與其相對應之疏解間距。疏解間距變化趨勢如圖 5-5 所示，詳細資料如表 5-11 所示。

如圖 5-5 所示，若第六輛車之飽和間距以 2 秒估算，則車尾距參考基線在 26.5 至 32 公尺段，其對應之疏解間距變化趨勢較為平緩，若以 1.846 秒估算，則該段較為陡峭。本研究引用之飽和間距數值為 1.846 秒。

<sup>3</sup> 雖然本研究調查之飽和間距為 2 秒，介於公路容量手冊之調查值內（1.7~2.0），但考量每號誌週期可用時相中能疏解之停等車輛數分析模式中所引用之數值為 1.846 秒，因此，此處以 1.846 秒為飽和間距代表值，並非引用本研究之調查數值。

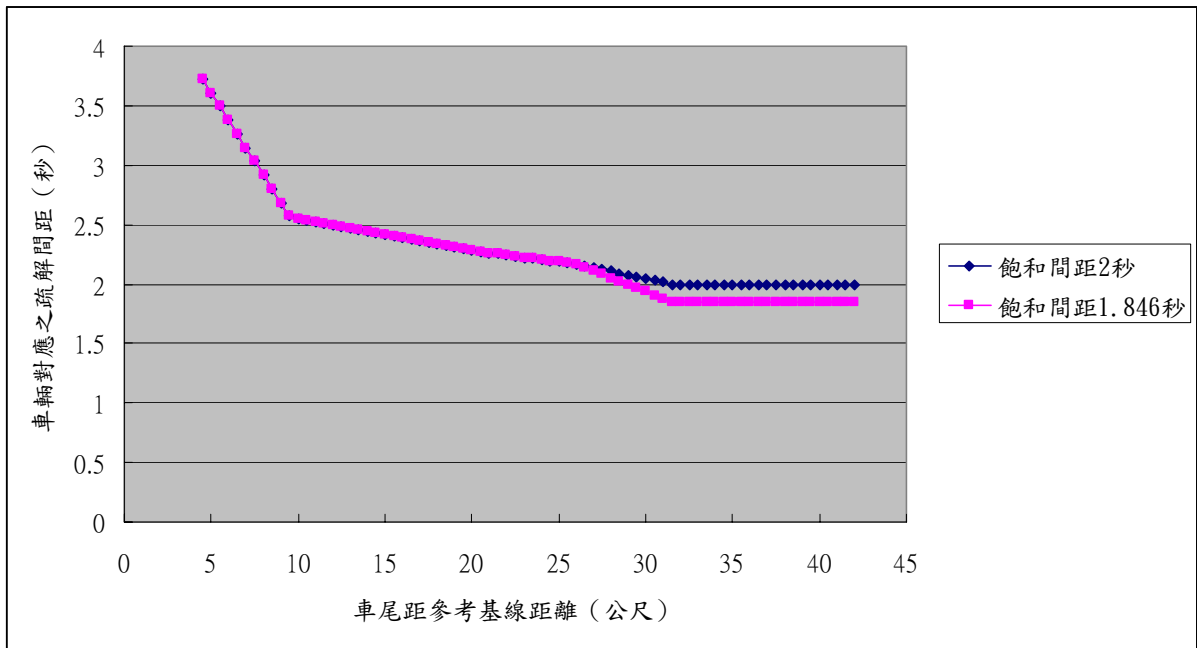


圖 5-5 汽車車尾位置與疏解間距

表 5-11 汽車車尾位置與疏解間距對應表

車尾位置	疏解間距(秒)	車尾位置	疏解間距(秒)	車尾位置	疏解間距(秒)
4.5	3.84	15.5	2.41	26.5	2.17
5.0	3.73	16.0	2.40	27.0	2.14
5.5	3.61	16.5	2.38	27.5	2.11
6.0	3.49	17.0	2.37	28.0	2.08
6.5	3.38	17.5	2.36	28.5	2.05
7.0	3.26	18.0	2.35	29.0	2.02
7.5	3.15	18.5	2.33	29.5	1.99
8.0	3.03	19.0	2.32	30.0	1.96
8.5	2.92	19.5	2.31	30.5	1.94
9.0	2.80	20.0	2.30	31.0	1.91
9.5	2.68	20.5	2.28	31.5	1.88
10.0	2.57	21.0	2.27	32.0	1.85
10.5	2.55	21.5	2.26	32.5	1.85
11.0	2.54	22.0	2.25	33.0	1.85
11.5	2.52	22.5	2.24	33.5	1.85
12.0	2.51	23.0	2.23	34.0	1.85
12.5	2.50	23.5	2.22	34.5	1.85
13.0	2.48	24.0	2.21	35.0	1.85
13.5	2.47	24.5	2.20	35.5	1.85
14.0	2.45	25.0	2.19	36.0	1.85
14.5	2.44	25.5	2.18	36.5	1.85
15.0	2.42	26.0	2.18	37.0	1.85



當前方機車車隊縱向等候列數為  $l_{ma}$ （一列 2 公尺）、側邊有停等機車干擾之汽車數為  $N_b$ （1 輛 5.5 公尺）時，在假設停等於機車車隊後方第一輛汽車車尾距前方機車車尾為 4.5 公尺（即車頭距前方機車車尾 0.5 公尺、汽車車身長度 4 公尺）及其它停等位置汽車停等需求長度為 5.5 公尺下，以  $N_b$  是否大於 0，區分側邊未受停等機車干擾之第一輛汽車車尾位置（ $D_c$ ）計算方式，即：

若  $N_b > 0$

$$D_c = 2 \times l_{ma} + 4.5 + 5.5 \times (N_b - 1) \quad (5.4)$$

否則

$$D_c = 2 \times l_{ma} + 4.5 \quad (5.5)$$

式中參數：

$l_{ma}$ ：機車車隊縱向等候列數（列）

$N_b$ ：側邊有停等機車干擾之汽車數（輛）

$D_c$ ：側邊未受停等機車干擾之第一輛汽車車尾位置（公尺）

由於  $t_{cc}$  之定義為前五部疏解汽車車輛中，未受停等機車干擾之汽車疏解總時間，因此，在計算  $t_{cc}$  之值時，需先計算側邊未受停等機車干擾之汽車車隊中之第一輛汽車車尾位置，以及後續停等車輛之車尾位置（以前車車尾位置加上 5.5 公尺方式計算），再利用表 5-11 查詢各汽車停等位置相對應之疏解時間，再將其加總，即為  $t_{cc}$  之值。

以  $l_{ma}=3$ 、 $N_b=2$  為例，由於  $N_b > 0$ ，取式 5.4 為  $D_c$  值計算式，求得  $D_c$  值為 17，後續兩輛汽車（由於汽車  $N_b$  為 2，因此僅需估算前三輛汽車）車尾位置分別為 22.5 公尺及 28 公尺，此三輛汽車所對之疏解間距分別為 2.37 秒、2.24 秒及 2.08 秒，將其加總為 6.69 秒。因此，在  $l_{ma}=3$ 、 $N_b=2$  時， $t_{cc}$  值為 6.69 秒。本研究即依此方式，建構出不同  $l_{ma}$  值與  $N_b$  值之  $t_{cc}$  值對應表，如表 5-12 所示。

## 5.4 小結

經由上述三小節的資料分析，本研究求得機車車隊等候長度與疏間時間關係式 5.1，其  $R^2$  值為 0.731，表示所推估線性估計式適合推估各機車車隊等候長度之疏解時間，且將其轉換為疏解率時，與相關研究之機車專用道疏解率差異不大。

另外，側邊有停等機車干擾之汽車車隊疏解間距中，亦驗證混合車道外側可供機車停等及疏解之空間型態差異，將對側邊有停等機車干擾之汽車車隊疏解間距造成不同影響，表示當混合車道模式分析所引用之此部分數據，需依混合車道外側空間差異，引用不同之實證數據。

側邊無停等機車干擾之疏解間距，經驗證飽和間距起始點此一假設之後，亦利用自由路路之車輛疏解資料加以求得，並據此資料，以內插法建立  $t_{cc}$  值（前五部疏解汽

車車輛中，未受停等機車干擾之汽車疏散總時間) 查詢表，可供後續混合車道容量分析引用。

表 5-12  $t_{cc}$  值查詢表

$l_{ma}$ \ $N_b$	0	1	2	3	4
0	13.26	9.41	6.85	4.44	2.17
1	12.53	9.15	6.64	4.28	2.05
2	11.81	8.89	6.44	4.13	1.94
3	11.20	8.65	6.25	3.99	1.85
5	10.94	8.44	6.10	3.87	1.85
5	10.68	8.24	5.94	3.76	1.85
6	10.44	8.06	5.81	3.70	1.85
7	10.24	7.91	5.69	3.70	1.85
8	10.04	7.75	5.58	3.70	1.85
9	9.87	7.63	5.50	3.70	1.85
10	9.72	7.51	5.50	3.70	1.85

$t_{cc}$ ：前五部疏散汽車車輛中，未受停等機車干擾之汽車疏散總時間

$N_b$ ：側邊有停等機車干擾之汽車數。

$l_{ma}$ ：機車車隊縱向等候列數，每列 2 公尺。



## 第六章 混合車道容量分析

此章節以本研究所建構之每號誌週期可用時相之綠燈時段中能疏解之停等車輛數分析模式為基礎，配合第五章資料分析之結果數據及車道容量分析模式，進行混合車道容量分析。然而每號誌週期路口停等機車數、停等空間利用率、號誌週期長度及綠燈時段長度等，皆將影響到混合車道容量分析結果，因此，6.1 小節先針對上述之相關資料進行說明及設定，混合車道容量分析則詳述於 6.2 小節。

### 6.1 資料設定

#### 1. 停等空間利用率

本研究所探討之機車車隊易發生於繪設有機車停等區之混合車道，因此，此小節先探討機車停等區設計容量，再探討機車車隊停等空間利用率。

一般機車停等區之容量，乃以機車停等區面積（長×寬，單位平方公尺），除以機車停等時之面積需求（2.00~3.00 公方公尺不等）計算。此類計算方式雖以機車停等面積需求為基礎，但其計算方式，卻不自覺地將機車基本尺寸特性給忽略（機車平均長度 1.8 公尺、寬度 0.8 公尺；機車靜態停等平均長度 2.2 公尺、寬度 1.0 公尺）。例如以停等區橫向長度 4 公尺、縱向長度 4.4 公尺及 5 公尺為例，依一般化停等區容量之計算方式，其停等區容量分別為 8 輛（ $4.4 \times 4 / 2.2 = 8$ ）及 9 輛（ $5 \times 4 / 2.2 = 9$ ），然而實際道路之停等區容量，卻不會因為縱向長度多繪設這 0.6 公尺而增加，此顯示上述一般化之計算方式易有高估停等區容量之情況發生。

因此，本研究認為機車停等區容量的計算方式，在考量機車停等尺寸（長度及寬度分別考量）下，其設計容量計算方式應為「橫向可停等機車數×縱向可停等機車數」，得到以「輛」為單位之停等區容量，而其中橫向停等機車數可由停等區橫向寬度或向兩側延伸至車道寬度（一般機車於路口停等時，皆會佔用此一區域）除以機車靜態寬度需求（1 公尺）；縱向停等機車數則以停等區之縱向長度除以機車靜態長度需求（2.0 或 2.2 公尺）為計算基準，即停等區設計容量估算式如下所示。

$$\text{機車停等區設計容量} = (\text{橫向可停等數量} \times \text{縱向可停等數量}) \quad \text{單位：輛}$$

依此停等區設計容量計算方式，於路口繪設機車停等區時，應以 2 公尺為間隔，再依據路口型態調整繪設縱向長度為 2.5 公尺、4.5 公尺或 6.5 公尺之機車停等區（道路交通標誌標線號誌設置規則建議值為 2.5 公尺~6 公尺）。

機車車隊停等空間利用率計算方式，即由可供機車停等區域之可停等機車數與實際停等機車數加以計算，即：

$$\text{機車車隊停等空間利用率} = \text{實際停等機車數} / \text{機車停等區域之可停等機車數}$$

機車車隊停等空間利用率可能因地域（如台北市與高雄市）或城鄉（如台北市與台北縣）之機車騎士停等特性差異而有所不同，然而，本研究並無針對此部分加以探

討分析。在下述混合車道容量分析中，將以給定機車車隊停等空間利用率為 0.5~0.9，探討混合車道容量的變化。

## 2. 車道停等機車數

路口混合車道停等機車數受號誌週期長度、時相配置、上游路口號誌時相設計、車流量尖離峰時段、離上游路口距離與車輛抵達型態等因素影響，而無一定值，因此，本研究於混合車道容量分析時，則以給定每號誌週期抵達停等機車數為 5~40 輛之方式，探討混合車道容量的變化。

## 3. 其它

其它資料設定尚有號誌週期長度 120 秒、綠燈時段長度 60 秒、燈號轉換時段可疏解之停等車輛數為 2 輛。

## 6.2 混合車道容量分析

本研究以號誌週期長度 120 秒、綠燈時段長度 60 秒、燈號轉換時段可疏解之停等車輛數為 2 輛、汽車停等需求長度為 5.5 公尺、機車停等需求長度為 2.0 公尺、機車停等寬度需求為 1 公尺、機車車隊停等空間利用率 0.5~0.9 及號誌週期平均停等機車數為 5 輛~40 輛，再配合第五章資料分析之結果（機車車隊縱向等候列數與疏解時間、側邊受停等機車干擾之汽車平均疏解間距及側邊無停等機車干擾之汽車平均疏解間距），分三種混合車道類型，分析機車車隊等候長度對混合車道容量的影響，分述如下。

### 6.2.1 型態一——混合車道外側無空間供機車停等及疏解

本研究以中興路與竹中路交叉路口之混合車道為例，經實地觀察發現，其外側混合車道橫向可供停等機車數為 4 輛，雖然該外側混合車道寬不足 4 公尺（機車平均停等寬度需求為 1 公尺，可參閱表 2-3），但機車騎士會輕微佔用部分內側禁行機車道之空間，因此以可供停等 4 輛機車計算。另外，在該混合車道寬度為 3.55 公尺及混合車道外側已無空間可供機車停等的情況下，扣除汽車停等空間後，剩餘之混合車道空間僅可容納 1 輛機車停等，即混合車道在有汽車停等的情況下，剩餘之混合車道空間可容納 1 排機車停等。

汽車車隊前方之機車車隊停等車輛數，本研究以給定號誌週期停等機車數乘以停等空間利用率，配合四捨五入法加以估算。即若給定號誌週期停等機車數為 13 輛、停等空間利用率為 0.6、機車車隊縱向等候列數為 3 列時，計算得停等於汽車前方之機車車輛數為 7 輛（縱向 3 列、橫向 4 輛、停等空間利用率 0.6）。在此情況下，將有 6 輛機車需停等於汽車側邊。

機車停等長度需求為 2 公尺及中興路口之混合車道側邊可供機車停等之機車排數為 1 排下，上述 6 輛停等於汽車側邊之機車長度將為 12 公尺。因此，在側邊有停等機車干擾之汽車數 ( $N_b$ ) 計算上，本研究以每輛汽車停等需求長度為 5.5 公尺，且當機車位於汽車停等長度範圍內，即視為造成干擾，因此，此 12 公尺長之

機車車隊將造成 3 輛停等汽車疏解受干擾（12 除以 5.5，等於 2 餘 1，視為 3 輛受干擾），受停等機車干擾之汽車疏解間距，則引用中興路之調查數值，即為 3.56 秒。

依上述之情況，如欲進一步計算混合車道容量時，需再加入汽車疏解特性「飽和間距疏解起始點」為判斷條件（式 4.8），判斷該以式 4.9 或 4.10 為  $M_g$  值之估算模式。以本例  $l_{ma}=3$ （縱向等候列數）、 $N_b=3$ ， $2 \times l_{ma} + 5.5 \times N_b = 22.5$ ，並未大於 32，因此，需以式 4.10 估算  $M_g$  值，最後再以式 4.11 估算此情況下之混合車道容量。此例之後續混合車道容量計算內容如下所述。

$$\text{式 4.10 為 } M_g = \left[ 5 + \frac{G - t_{ma} - t_{cb} - t_{cc}}{1.846} \right] [1 + 0.1(W - 3.5)]$$

給定  $G = 60$  秒

$$W = 3.55$$

$$l_{ma} = 3$$

則

$$t_{ma} = f(l_{ma}) = 1.146l_{ma} + 0.966 = 1.146 \times 3 + 0.966 = 4.404 \text{ 秒}$$

$$t_{cb} = 3.56 \times N_b = 3.56 \times 3 = 10.68 \text{ 秒} \quad (N_b \text{ 值如上文所述})$$

$$t_{cc} = 3.99 \text{ 秒} \quad (\text{由 } t_{cc} \text{ 值查詢表，查詢 } N_b=3、l_{ma}=3 \text{ 對應之值})$$

$$\text{經計算得 } M_g = 27.03$$

$$\text{式 4.11 為 } c = \frac{3600}{C} (M_g + M_i) f_{HV} f_R f_L f_g f_i f_p f_b f_s$$

$$M_i = 2 \quad (\text{假設值})$$

$$C = 120 \text{ 秒}$$

在不考慮其它因素影響下（將  $f_{HV}$ 、 $f_R$ 、 $f_L$ 、 $f_g$ 、 $f_i$ 、 $f_p$ 、 $f_b$  與  $f_s$  皆設定為 1），得上例情況（停等機車數 13 輛、機車車隊縱向等候列數 3 列、停等空間利用率 0.6）之混合車道容量為 871（輛/綠燈小時）。

依此方式，本研究試算號誌週期為 120 秒、綠燈時段長度 60 秒、燈號轉換時段可疏解車輛數為 2 輛、不同號誌週期機車抵達數輛（5~40 輛）、不同機車車隊停等空間利用率（0.5~0.9）及不同機車車隊縱向等候列數（1~10 列）所對應之混合車道容量（分析數據詳見於附錄一），如取每號誌週期平均停等機車數為 40 輛、機車車隊停等空間利用率為 0.6~0.9，其混合車道容量變化如圖 6-1 所示，呈現混合車道容量隨汽車前方之機車車隊縱向等候列數增加而增加之趨勢。

觀察所分析之混合車道容量變化，在同一到達車輛數、同一停等空間利用率時，汽車前方之等候車隊愈長，其相對應之車道容量愈大，此乃因為汽車受停等

機車干擾所增加之疏解時間，高於機車車隊每增加 1 列之疏解時間與飽和間距之合。即機車由汽車側邊轉換為停等於汽車前方時，汽車可用之剩餘綠燈時間增加，因此，混合車道容量增加。此關係之示意圖如圖 6-2 所示。

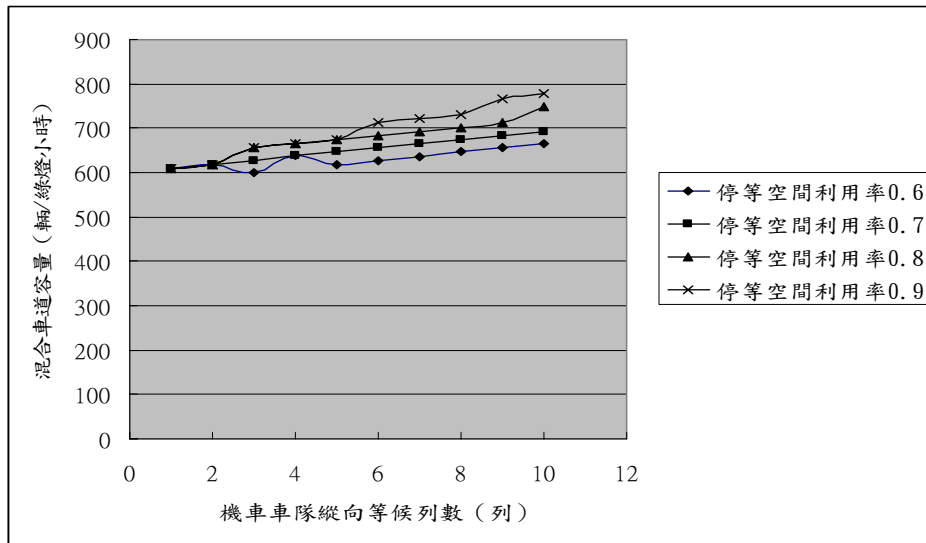


圖 6-1 型態一之車道容量變化圖

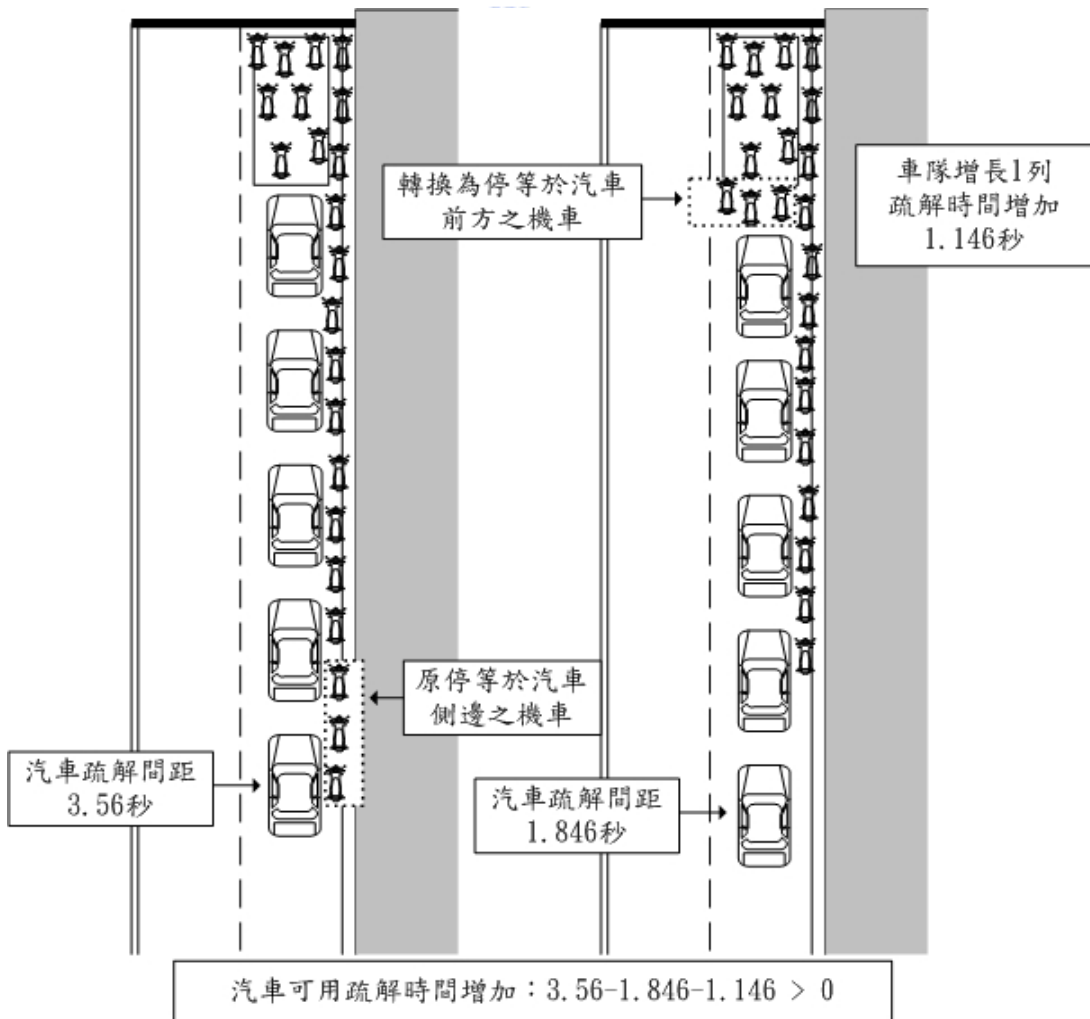


圖 6-2 汽車可用疏解時間增加示意圖

上述情況會有例外發生，例如附表中，當抵達停等車輛數為 40 輛、機車停等空間利用率為 0.5、汽車前方機車車隊縱向等候列數為 5 列時，其所對應之混合車道容量值為 589（輛/綠燈小時），但當縱向等候列數為 6 列時，其所對應之混合車道容量值 570（輛/綠燈小時），車道容量有不增反減的情況。

此乃由於縱向等候列數為 5 列時，經計算剩餘無法停等於汽車前方之機車，對混合車道上之汽車造成之干擾汽車數為 11 輛，此 11 輛汽車疏解所需總時間為 39.16 秒。

此 11 輛受停等機車干擾之汽車之計算方式為：給定抵達停等機車數為 40 輛時，扣除汽車前方機車車隊停等機車數 10 輛（縱向等候列數 5 列、橫向可供停等 4 輛、停等空間利用率 0.5），則剩餘之 30 輛機車（ $40-10=30$ ）就無法停等於汽車前方，當此 30 輛機車轉為停等於汽車側邊時，共造成 11 輛（ $30/(5.5/2)=10.9$ ，視為 11 輛）停等汽車受到干擾。

另外，由於縱向等候列數為 5 列時，其對應之疏解時間為 6.696 秒，縱向等候列數為 6 列時，對應之疏解時間為 7.842 秒。然而，縱向等候列數為 5 及 6 列時，其所對應之干擾車輛數皆為 11 輛（6 列時，受停等機車干擾之汽車數為， $28/(5.5)/2=10.18$ ，視為 11 輛），汽車疏解時間亦為 39.16 秒。

經計算得知，5 列時之剩餘可用綠燈時間為 14.144（ $60-39.16-6.696=14.144$ ）秒，6 列時之剩餘可用綠燈時間為 12.988 秒，汽車可用綠燈時間反而減少 1.146 秒，因此，使得混合車道容量有減少的情況發生。

另外在同樣情況下（抵達停等車輛數為 40 輛、停等空間利用率 0.5），在不同縱向等候列數（5 列、8 列），卻有相同之混合車道容量之情況。此乃由於機車車隊縱向等候列數為 5 列時，後方受停等機車干擾之汽車數為 11 輛，而在縱向等候列數為 8 列時，計算得後方受停等機車干擾之汽車數為 9 輛，兩者差異為 2 輛。

在縱向等候列數為 5 列、受停等機車干擾之汽車數為 11 輛時之剩餘可用綠燈時間為 14.144 秒，在縱向等候列數為 8 列、受停等機車干擾之汽車數為 9 輛之可用剩餘綠燈時間為 17.826 秒，兩者差異為 3.682 秒，而此差異若以飽和間距 1.846 秒估算，可疏解 2 輛汽車。

若將原本受停等機車干擾之汽車數為 9 輛加上此 2 輛汽車，則縱向等候列數為 8 列時，亦可視為受停等機車干擾為 11 輛及剩餘可用之綠燈時間為 14.144 秒，因此，使得兩種情況（縱向等候列數為 5 列及 8 列）下之可疏解停等機車數相同，是故，混合車道容量相同。

細部來看，此乃由於縱向列數每增加 1 列所增加之時間型態（1.146 秒）、汽車平均干擾間距（3.56 秒）、飽和間距（1.846 秒）、橫向可供停等機車數（4 輛）及機車停等空間利用率（0.5）的綜合影響結果，此現象於停等空間利用率並不多見。

綜合上述分析結果及附錄一之數值變化，本研究發現，在各種情況下（不同停等空間利用率、抵達車輛數）混合車道容量之最大值，幾乎皆在號誌週期抵達路口停等之機車全部停等於汽車前方時發生。

### 6.2.2 型態二—混合車道外側有空間供機車停等及疏解

本研究以自由路與中央路交叉路口為例，即混合車道左側佈設禁行機車車道、右側無佈設車道，但有路側空間可供機車停等及疏解使用。混合車道寬度為 3.55 公尺，路側寬度為 2.3 公尺，經觀察發現，混合車道前方之機車停等區及路側空間橫向可供機車停等機車數為 6 輛（若以每輛機車橫向停等尺寸為 1 公尺計算，車道寬度 3.55 公尺及路側空間 2.3 公尺，共 5.85 公尺，橫向可供停等車輛數亦接近 6 輛），而汽車側邊縱向可供機車停等排數則以 3 排計算（混合車道扣除汽車停等空間後，可供停等 1 排、2.3 公尺之路側空間可供停等 2 排）。

在汽車側邊縱向可供可機車停排數為 3 排下，本研究假定汽車側邊之機車停等空間利用率為 0.9，並據此估算側邊停等機車之等候長度，再估算該等候長度下對汽車疏解造成干擾之汽車數。

另外，此混合車道受停等機車干擾之汽車平均疏解間距值為 2.84 秒，其它條件如同上述其它兩路口之給定條件（號誌週期長度 120 秒、可用綠燈時段 60 秒、燈號轉換時段可疏解車輛數 2 輛、機車停等長度尺寸 2 公尺、汽車停等長度尺寸 5.5 公尺）。

依上述條件，利用混合車道容量分析模式，試算不同機車停等空間利用率、不同等候車輛數及不同等候車隊長度下之混合車道容量，各項數值結果整理如附錄二。如以號誌週期平均停等機車數為 40 輛、機車車隊停等空間利用率為 0.6~0.9，其混合車道容量變化如圖 6-3 所示，呈現混合車道容量隨汽車前方之縱向等候列數增加而減少之趨勢。

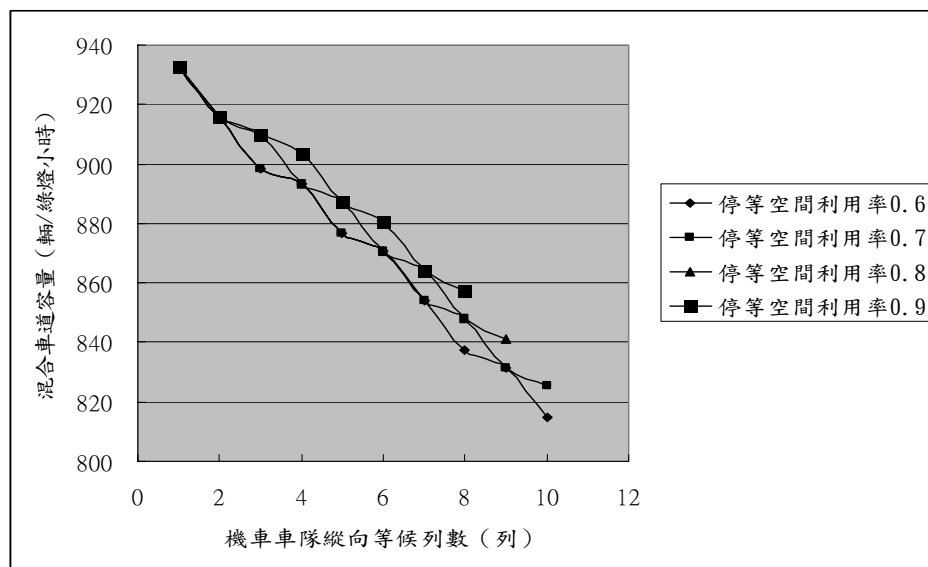


圖 6-3 型態二之車道容量變化圖



觀察所分析之混合車道容量變化，在同一到達車輛數、同一停等空間利用率時，汽車前方之等候車隊愈長，其相對應之車道容量愈小，此乃因為汽車受停等機車干擾所增加之疏解時間，低於機車車隊每增加 1 列之疏解時間與飽和間距之合。即機車由停等於汽車側邊轉換為停等於汽車前方時，汽車可用之剩餘綠燈時間減少，因此，混合車道容量減少。此關係之示意圖如圖 6-4 所示。

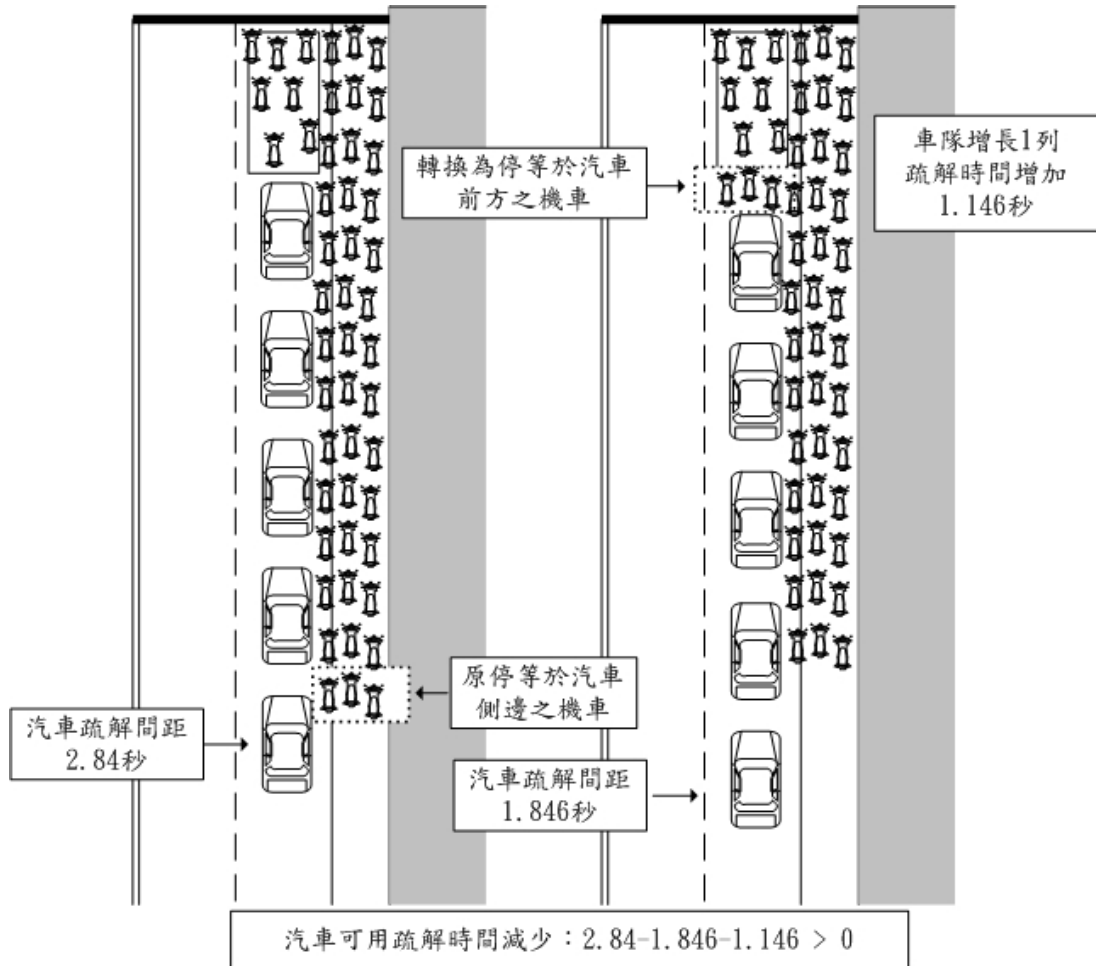


圖 6-4 汽車可用疏解時間減少示意圖

### 6.2.3 型態三—混合車道外側為右轉專用道

本研究以光復路與東光路交叉路口為例，即混合車道左側佈設禁行機車車道、右側佈設右轉專用道。

經觀察發現，雖然該混合車道車道寬度雖僅 3.3 公尺，但機車騎士於路口等候時，會稍微佔用混合車道兩側之空間（本研究無針對機車騎士嚴重佔用右轉專用道之情況加以討論），使得此混合車道橫向可同時容納 4 輛機車停等。汽車車隊側邊可供機車縱向停等排數，在停等機車未嚴重阻礙右轉專用道上之汽機車通行下，扣除混合車道上之汽車停等空間，剩餘之混合車道空間，亦如同車道群型態一，可供機車停等 1 排。

在號誌週期長度 120 秒、可用綠燈時段 60 秒、機車停等長度尺寸 2 公尺、汽車停等長度尺寸 5.5 公尺及汽車受停等機車干擾後之平均疏散間距 2.9 秒（前五部受停等機車干擾之平均值），利用本研究所建構之混合車道容量分析模式，試算不同機車停等空間利用率（0.5~0.9）、不同號誌週期平均等候機車數（5~40 輛）及不同機車車隊縱向等候列數所對應之混合車道容量，其試算結果整理如附錄三。如取號誌週期平均停等機車數為 40 輛、機車車隊停等空間利用率為 0.6~0.9，其混合車道容量變化如圖 6-5 所示。

若以汽車可用疏散時間之增加或減少（如圖 6-2、6-4 所示）判斷，此混合車道容量之變化趨勢應如同型態二，即車道容量隨機車車隊縱向等候列數增加而減少，然而，此型態之車道容量變化呈卻因停等空間利用率之不同，而呈現車道容量隨縱向等候列數增加而增加或減少之趨勢，由此可知，停等空間利用率亦對混合車道容量之變化有影響。

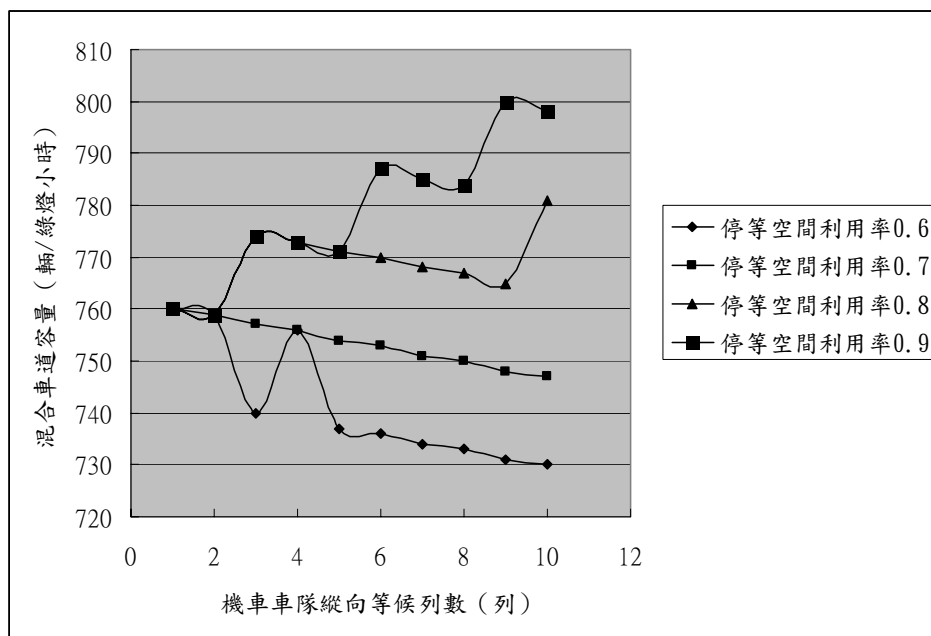


圖 6-5 型態三之車道容量變化圖

圖 6-5 中，在停等空間利用率為 0.9 時，機車車隊縱向等候列數由 2 列增加到 3 列時，車道容量急遽增加 15 輛（由 759 增加到 774），此乃由於當縱向等候列數為 2 列時，汽車前方之停等機車數為 7 輛（縱向 2 列、橫向 4 輛、空間利用率 0.9， $2 \times 4 \times 0.9 = 7.2$ ，視為 7 輛），當剩餘 33 輛無法停等於汽車前方之機車，轉換為停等於汽車側邊時，共對 13 輛汽車造成干擾，此 2 列機車及 13 輛受干擾之汽車疏散時，總花費時間為 40.958 秒（機車 3.258 秒、汽車 37.7 秒）；當縱向等候列數為 3 列時，汽車前方之機車數為 11 輛（ $3 \times 4 \times 0.9 = 10.8$ ，視為 11 輛），剩餘 29 輛無法停等於汽車前方之機車，轉換為停等於汽車側邊時，共對 11 輛汽車造成干擾，此 3 列機車及 11 輛受干擾汽車疏散總花費時間為 36.304 秒。

因此，C 區汽車可用之綠燈時間增加 4.654 秒（40.958 減 36.304），此 4.654 秒如以飽和間距 1.846 秒計算，可供 2.52 輛汽車疏解使用，其增加之幅度高於受干擾汽車數之變化（2 輛），相當於當縱向等候列數由 2 列增加到 3 列時，每號誌週期可疏解之停等汽車數增加 0.52（輛/每週期），即每小時增加 15 輛。因此，車道容量有急劇上升的情況。

#### 6.2.4 綜合分析

初步觀察三混合車道型態在不同機車車隊等候長度下之車道容量變化，發現兩種差異極大的現象：一為中興路之車道型態（混合車道外側無空間可供機車停等及疏解），在各種機車停等空間利用率下，其車道容量隨著汽車前方之機車車隊縱向等候列數增加而增加；另一為自由路與光復路之車道型態（自由路混合車道外側有空間可供機車停等及疏解、光復路混合車道外側為右轉專用道），在各種機車停等空間利用率下，其車道容量卻隨著汽車前方之機車車隊縱向等候列數增加而減少，此情況與一般認知情況產生差異，其原因分析如下。

本研究在探討機車車隊等候長度對車道容量的影響時，主要分汽車前方之機車車隊疏解時間及停等於汽車側邊之機車對汽車疏解間距之干擾影響兩部分，分析結果顯示，汽車前方之機車車隊等候列數每增加一列時，機車車隊疏解時間增加值為 1.146 秒，而側邊受停等機車干擾下之汽車平均疏解間距依路側可供機車停等及疏解之空間不同而有差異（中興路 3.56 秒、光復路 2.9 秒及自由路 2.86 秒）。

在分析中興路之車道容量時，汽車受停等機車干擾所增加之疏解時間（無干擾時為 1.846 秒、有干擾時為 3.56 秒，增加 1.614 秒），高於機車車隊每增加 1 列之疏解時間 1.146 秒。因此，當機車由汽車側邊轉換為停等於汽車前方時，後方汽車可用之綠燈時間相當於增加了 0.558 秒。也因此，混合車道容量會隨著汽車前方之機車車隊縱向等候列數增加而增加。如以號誌週期 120 秒及飽和間距 1.846 秒計算，縱向等候列數每增加一列，混合車道容量增加幅度約為 9 輛。

然而，上述情況卻與自由路之車道容量變化剛好相反。在機車車隊縱向等候列數增加一列之疏解時間，同為 1.146 秒下，機車停等於汽車側邊時，該受機車干擾之汽車平均疏解間距為 2.86 秒，當機車由汽車側邊轉換為停等於汽車前方時，雖然該汽車之疏解間距變成 1.846 秒，但是該汽車需多等待前方機車車隊增加 1 列之疏解時間 1.146 秒，總共需要花費 2.992 秒，此情況比機車停等於側邊時之 2.86 秒多出 0.132 秒，因此，後方汽車可用之綠燈時間必然減少。而此為當汽車以飽和間距 1.846 秒疏解之情況，若在汽車尚未以飽和間距疏解時，其因機車由側邊停等改為停等於汽車前方時，該汽車額外增加之疏解時間必大於 0.132 秒，如此，後方汽車可用之綠燈時間減少程度將增大。如此使得混合車道容量會隨著汽車前方之機車車隊縱向等候列數增加而減少。

造成車道容量變化方向不同，主要為機車車隊縱向等候列數每增加一列之疏解時間、側邊有停等機車干擾下之平均疏解間距及側邊無停等機車干擾下之平均疏解間距

三者之關係，其變化趨勢可參考圖 6-2 及 6-4。即當側邊有停等機車干擾之平均疏解間距大於機車車隊縱向等候列數每增加一列之疏解時間加上側邊無停等機車干擾下之平均疏解間距時，車道容量隨著機車車隊縱向等候列數增加而增加，反之，車道容量隨著機車車隊縱向等候列數增加而減少。

另外，觀察各型態車道容量試算結果，在相同縱向等候列數時，不論機車停等空間利用率為何，其車道容量皆隨停等機車數增加而減少，但是各型態車道容量的變化程度不一，如圖 6-6 所示（縱向等候列數 2 列、停等空間利用率 0.7、停等機車數 5~40 輛）。此乃由於側邊有停等機車干擾時，中興路之停等汽車平均疏解間距達 3.56 秒，且汽車側邊僅可容納一排機車停等，在相同機車到達數時，有較長之機車車隊（與自由路比較），使得型態一之混合車道容量變化程度最大；自由路之平均汽車疏解間距（側邊有停等機車干擾下）為 2.86 秒，汽車側邊可供三排機車同時停等，在相同機車到達數時，其汽車側邊之機車車隊較短（與中興路、光復路比較），使得型態二之混合車道容量變化程度最小。至於光復路之中間混合車道容量變化，則由於平均汽車疏解間距為 2.90 秒（介於型態一與型態二之間），且汽車側邊僅允許一排機車停等，因此，其車道容量變化程度介於型態一與型態二之車道容量變化中間。

本研究於分析過程中，並未將停等機車數轉換為小客車當輛數，加入車道容量之計算，主要原因在於做比較分析時，勢必要固定某幾項因子，再去探討其它變動因子的影響，而當停等機車數被固定時，不論機車的小客車當輛為何，其對各型態之混合車道容量增加的量皆相同，即各型態之混合車道會同時增加某一個量，可視為無影響（變化趨勢不變）。如上述混合車道容量隨停等機車數變化趨勢，在停等機車數為 20 輛時，三路口型態之混合車道容量分別為 814、935、879（輛/綠燈小時），若機車的小客車當輛為 0.4，則 20 輛機車相當於 8 輛小客車，則三路口型態之混合車道容量增加之量相同（同為 8 輛），然而其相對關係卻未受改變。

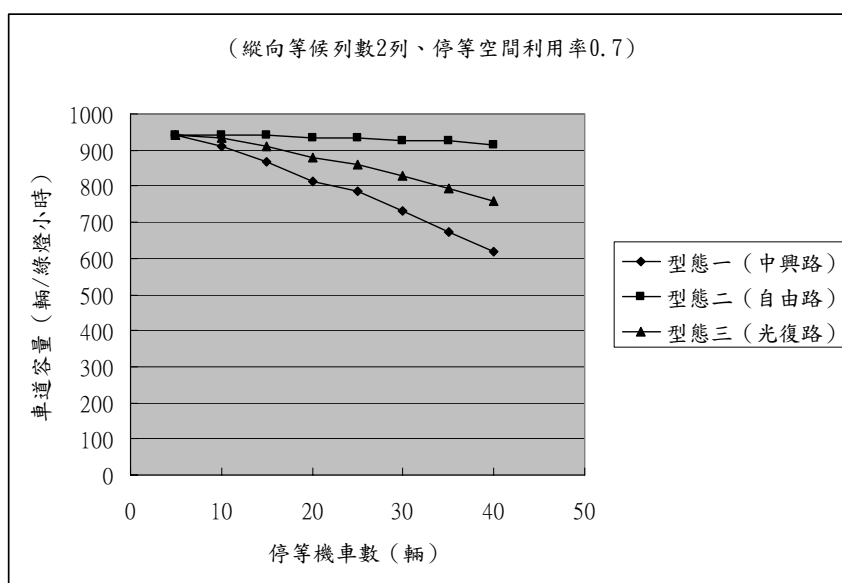


圖 6-6 車道容量隨停等機車數變化示意圖

### 6.3 小結

依上述之分析結果，本研究發現機車車隊等候長度對混合車道容量的影響，因混合車道外側空間型態差異，呈現兩極化的結果：一為車道容量隨機車車隊等候長度增加而增加，另一為車道容量隨機車車隊等候長度增加而減少。此差異來自於機車車隊縱向等候列數每增加一列時之疏解時間、汽車受側邊停等機車干擾之平均疏解間距及汽車無停等機車干擾之平均疏解間距三者數值關係。即當側邊有停等機車干擾之平均疏解間距大於機車車隊縱向等候列數每增加一列之疏解時間加上側邊無停等機車干擾下之平均疏解間距時，車道容量隨著機車車隊縱向等候列數增加而增加，反之，車道容量隨著機車車隊縱向等候列數增加而減少。

另外，由於目前汽車前方之機車車隊的形成，主要來自於機車停等區的繪設，因此，將來若欲以混合車道容量最大化為機車停等區縱向長度繪設依據，可參考本研究路口型態之車道容量變化，酌情繪設。即若路口車道佈設型態與中興路口之混合車道佈設情況相似時，可估算尖峰時段（或離峰時段，由公路主管機車決定）之每號誌週期平均停等機車數，在汽車駕駛者可接受之長度範圍下，以可將所有抵達車輛納入停等區為最佳繪設長度；若路口車道佈設型態類自由路口（車道容量隨機車等候列數增加而減少），在汽車駕駛者可接受之長度範圍下，酌情繪設即可；若路口車道佈設型態類似光復路口，則需考量該路口之機車停等空間利用率，再酌情繪設。



## 第七章 結論與建議

### 7.1 結論

由前述各章之分析內容與成果，本研究提出以下幾點結論：

1.經由系統化分析，本研究認為機車等候車隊對混合車道容量的影響，可由汽車前方之機車車隊疏解時間及汽車側邊有無停等機車干擾下之平均疏解間距三項目探討。

2.本研究由估算每號誌週期可用綠燈時段中能疏解之停等車輛數切入，考量機車車隊等候長度因素，並以汽車疏解特性「飽和間距疏解起始點」為判斷條件，建構如下每號誌週期可用綠燈時段中能疏解之停等車輛數分析模式。

$$\text{若 } 2 \times l_{ma} + 5.5 \times N_b \geq 32$$

$$\text{則 } M_g = \left[ N_b + \frac{G - t_{ma} - t_{cb}}{1.846} \right] [1 + 0.1(W - 3.5)]$$

$$\text{否則 } M_g = \left[ 5 + \frac{G - t_{ma} - t_{cb} - t_{cc}}{1.846} \right] [1 + 0.1(W - 3.5)]$$

式中參數：

$l_{ma}$ ：汽車前方之機車車隊縱向等候列數（列）

$N_b$ ：側邊有停等機車干擾之汽車數（輛）

$M_g$ ：基本狀況下，可用時相之綠燈時段中能疏解之停等車輛數（輛）

$G$ ：綠燈時段長度（秒）

$t_{ma}$ ：機車車隊疏解時間（秒）

$t_{cb}$ ：側邊受停等機車干擾之汽車車隊疏解時間（秒）

$t_{cc}$ ：前五部疏解汽車車輛中，未受停等機車干擾之汽車疏解總時間(秒)

$W$ ：車道寬度（公尺）

式中常數 2 表示機車靜態停等尺寸，每輛長 2 公尺；常數 5.5 表示汽車靜態停等尺寸，每輛長 5.5 公尺；常數 32 表示汽車飽和間距疏解起始點，距參考基線 32 公尺；常數 0.1 表示車道寬度增減對可疏解車輛數影響的比率；常數 3.5 表示車道寬度；常數 5 表示當未達飽和間距起始點時， $M_g$  值之估計乃將綠燈時段扣除汽車車隊前五輛之疏解時間，剩餘綠燈時間再以飽和間距去估算可疏解停等汽車數；常數 1.846 表示平均汽車飽和疏解間距。

該分析模式可配合二〇〇一年台灣地區公路容量手冊中之號誌化路口容量分析模式（如下式所示，式中參數定義可參考式 2.9 或公路容量手冊之說明），估算混合車道容量。

$$c = \frac{3600}{C} (M_g + M_t) f_{HV} f_R f_L f_g f_i f_p f_b f_s$$

3.本研究以縱向等候列數為汽車前方機車車隊等候長度之計算單位，經統計檢定結果發現：在同一機車車隊縱向等候列數下，不同機車停等空間利用率之車隊疏解時間，並無顯著差異。

4.依據第 3 項之結果，本研究建構之機車車隊等候長度（縱向等候列數）與疏解時間關係式如下：

$$t_{ma} = f(l_{ma}) = 1.146l_{ma} + 0.966$$

式中：

$t_{ma}$ ：機車車隊疏解時間（秒）

$l_{ma}$ ：汽車前方之機車車隊縱向等候列數（列）

$$R^2 = 0.731$$

5.經統計檢定發現，停等於汽車側邊之機車車隊對汽車疏解間距的影響，因混合車道外側可供機車停等及疏解之空間型態不同，而有顯著差異影響。其中，在混合車道外側無空間可供機車停等及疏解之影響最大、混合車道外側有空間可供機車停等及疏解之影響最小，混合車道外側為右轉專用道則介於兩者之間。

6.在固定停等機車數及給定不同機車停等空間利用率及縱向等候列數下，利用本研究所建構之混合車道模式，試算各型態混合車道之車道容量變化，結果顯示機車車隊等候長度對混合車道容量之影響呈現兩極化：一為車道容量隨汽車前方之機車車隊等候長長度增加而增加，另一為隨汽車前方之機車車隊等候長度增加而減少，此差異來自於機車車隊縱向等候列數每增加一列時之疏解時間、汽車受側邊停等機車干擾之平均疏解間距及汽車無停等機車干擾之平均疏解間距三者數值關係。

7.依據第 6 項之結果，在車道容量最大化為前題下，車道型態類似型態一（中興路）之機車停等區，應以可容納所有停等機車為最佳；車道型態類似型態二（自由路）之機車停等區，則酌情繪設即可，因為車道容量隨汽車前方之機車車隊等候長度增加而減少；車道型態類似型態三（光復路）之機車停等區，則可考量該路口之機車停等空間利用率，再酌情繪設。

## 7.2 建議

針對本研究結果及發現，提出如下之建議：

本研究以給定每號誌週期之平均停等機車數進行分析，然而，車流尖峰時段與離峰時段之平均停等機車數應有很大之差異，未來公路主機關如以本研究之每號誌週期可用時綠燈時段中能疏解之停等車輛數分析模式為基礎，分析混合車道容量，且以混合車道容量最大化為機車停等區縱向長度繪設依據時，將涉及到該以車流尖峰時段或離峰時段之平均停等車輛數為依據，後續研究學者可針對此議題加以深入探討，如欲擴大研究範圍，可探討機車停等區之繪設準則。





## 參考文獻

1. 交通部統計處，<http://www.motc.gov.tw/service/hot/c9212.htm>
2. 何國榮、陳榮明，「中華路試辦直行機車停等區成效檢討」，都市交通，第98、99期，第40-49頁，民國87年3、5月。
3. 全國法規資料庫，<http://law.moj.gov.tw/>
4. 許添本，「機車交通工程及分流發展理念」，都市交通，第91期，第41-50頁，民國86年1月。
5. 王義川，「機車交通空間之分流設計」，國立台灣大學土木研究所，博士論文，民國91年6月。
6. 邱宏華，「號誌化交叉路口機車延滯特性之研究」，交通大學運輸研究所，碩士論文，民國84年6月。
7. 許添本，「機車交通空間之規劃與設計」，都市交通，第97期，第9-29頁，民國87年1月。
8. 林大煜、林豐福、賴靜慧，「機車問題探討及改善策略」，中國民國第一屆機車交通與安全研討會論文集，第1-12頁，中壢，民國85年11月29日。
9. 許添本、王義川、林明志，「機車停等區的設計與績效評估」，中華民國第三屆機車交通與安全研討會論文集，第55-67頁，中壢，民國90年4月28日。
10. 郭梅芬，「混合車流下號誌化交叉路口車輛延滯估計模式之研究」，交通大學運輸研究所，碩士論文，民國82年6月。
11. 吳祚炯，「混合車流特性調查分析及右轉車當量模擬之研究」，台灣大學土木研究所，碩士論文，民國72年6月。
12. 陳世泉，「混合車流中機車駕駛行為之分析」，台灣大學土木研究所，碩士論文，民國82年6月。
13. 黃國忠，「路口車流延滯與安全分析之小客車當量值」，台灣大學土木研究所，碩士論文，民國86年1月。
14. 林明志，「設置機車停等區對號誌化路口之影響」，國立台灣大學土木研究所，碩士論文，民國90年6月。
15. 許添本、簡正銓、王義川，「直行機車停等專用區紓解特性之研究」，中華民國第二屆機車交通與安全研討會，第155-164頁，新竹，民國87年10月23日。
16. 王文麟，交通工程學—理論與實用，修正版，台北，著者發行，民國八十七年九月。
17. 交通部運輸研究所，二〇〇一年台灣地區公路容量手冊，台北，交通部運輸研究所，民國九十年三月。
18. 交通部運輸研究所，市區號誌化交叉路口容量分析手冊，台北，交通部運輸研究所，民國八十七年一月。
19. Roger P. Roess, et al., Traffic Engineering, 2nd ed, Prentice-Hall, New Jersey, 1998.
20. 林國顯、湯儒彥，機車專用道車流特性與容量探討，台北，交通部運輸研究所，民國九十一年十月。
21. 林大煜，「台北市天津街機車專用道之交通量及特性分析」，運輸計劃季刊，8卷2期，第231-244頁，民國68年4月。
22. 何志宏等編著，號誌化交叉路口飽和車流率之估計，台北，交通部運輸研究所，民國八十三年十二月。

23. 交通部運輸研究所，機車車道寬度與路口疏解型態之研究，台北，交通部運輸研究所，民國八十八年七月。
24. 交通部運輸研究所，台灣地區高速公路容量與服務水準評估指標之研究，台北，交通部運輸研究所，民國八十二年十一月。
25. 林豐博等編著，台灣地區多車道郊區公路容量及特性研究(一)，台北，交通部運輸研究所，民國九十二年四月。



## 附錄一

型態一（中興路）混合車道容量分析數值表

機車停等空間利用率：0.5

單位：輛/綠燈小時

縱向列數 機車數	1 列	2 列	3 列	4 列	5 列	6 列	7 列	8 列	9 列	10 列
5 輛	926	929	931	-	-	-	-	-	-	-
10 輛	907	891	896	899	902	-	-	-	-	-
15 輛	861	842	851	858	863	847	852	857	-	-
20 輛	805	814	796	805	814	823	805	813	819	825
25 輛	749	758	768	749	758	768	749	758	767	777
30 輛	694	703	712	693	703	712	721	702	712	721
35 輛	638	647	656	666	647	656	665	675	656	665
40 輛	610	591	601	610	619	600	610	619	600	609

機車停等空間利用率：0.6

單位：輛/綠燈小時

縱向列數 機車數	1 列	2 列	3 列	4 列	5 列	6 列	7 列	8 列	9 列	10 列
5 輛	926	940	-	-	-	-	-	-	-	-
10 輛	907	911	896	917	-	-	-	-	-	-
15 輛	861	868	874	879	863	868	872	-	-	-
20 輛	805	814	823	833	841	823	830	836	841	-
25 輛	749	758	768	777	786	768	805	786	795	803
30 輛	694	703	712	721	730	740	749	730	767	749
35 輛	638	675	656	666	675	684	693	702	712	693
40 輛	610	619	601	638	619	628	637	647	656	665

機車停等空間利用率：0.7

單位：輛/綠燈小時

縱向列數 停 等機車數	1 列	2 列	3 列	4 列	5 列	6 列	7 列	8 列	9 列	10 列
5 輛	944	940	-	-	-	-	-	-	-	-
10 輛	907	911	915	917	-	-	-	-	-	-
15 輛	861	868	874	879	884	887	-	-	-	-
20 輛	805	814	823	833	841	847	872	857	-	-
25 輛	749	786	768	777	786	823	830	813	841	825
30 輛	721	731	712	749	758	768	777	786	795	803
35 輛	666	675	684	693	703	712	721	730	740	749
40 輛	610	619	628	638	647	656	665	675	684	693

機車停等空間利用率：0.8

單位：輛/綠燈小時

縱向列數 機車數	1 列	2 列	3 列	4 列	5 列	6 列	7 列	8 列	9 列	10 列
5 輛	944	940	-	-	-	-	-	-	-	-
10 輛	907	911	931	-	-	-	-	-	-	-
15 輛	861	868	896	899	902	-	-	-	-	-
20 輛	805	814	851	858	863	868	872	-	-	-
25 輛	749	786	796	805	814	823	830	857	-	-
30 輛	721	731	740	749	758	768	805	813	819	825
35 輛	666	675	684	693	730	740	749	758	767	777
40 輛	610	619	656	666	675	684	693	702	712	749

機車停等空間利用率：0.9

單位：輛/綠燈小時

縱向列數 機車數	1 列	2 列	3 列	4 列	5 列	6 列	7 列	8 列	9 列	10 列
5 輛	944	940	-	-	-	-	-	-	-	-
10 輛	907	911	931	-	-	-	-	-	-	-
15 輛	861	891	896	899	902	-	-	-	-	-
20 輛	833	842	851	858	884	887	-	-	-	-
25 輛	777	786	796	805	841	847	872	-	-	-
30 輛	721	731	768	777	786	823	830	836	841	-
35 輛	666	675	712	721	730	768	777	786	795	825
40 輛	610	619	656	666	675	712	721	730	767	777

## 附錄二

型態二（自由路）混合車道容量分析數值表

機車停等空間利用率：0.5

單位：輛/綠燈小時

縱向列數 機車數	1 列	2 列	3 列	4 列	5 列	6 列	7 列	8 列	9 列	10 列
5 輛	956	940	931	-	-	-	-	-	-	-
10 輛	956	941	927	-	-	-	-	-	-	-
15 輛	950	941	927	911	903	-	-	-	-	-
20 輛	950	935	920	911	896	880	873	-	-	-
25 輛	942	926	920	903	887	880	864	848	841	-
30 輛	942	926	910	903	887	871	864	848	832	825
35 輛	933	916	910	893	877	871	854	837	832	815
40 輛	920	916	899	880	877	859	840	837	819	801

機車停等空間利用率：0.6

單位：輛/綠燈小時

縱向列數 機車數	1 列	2 列	3 列	4 列	5 列	6 列	7 列	8 列	9 列	10 列
5 輛	956	940	-	-	-	-	-	-	-	-
10 輛	956	941	932	-	-	-	-	-	-	-
15 輛	950	941	927	911	903	-	-	-	-	-
20 輛	950	935	927	911	896	888	-	-	-	-
25 輛	942	935	920	903	896	880	873	-	-	-
30 輛	942	926	910	903	887	880	864	848	841	-
35 輛	933	916	910	893	887	871	854	848	832	825
40 輛	933	916	899	893	877	871	854	837	832	815

機車停等空間利用率：0.7

單位：輛/綠燈小時

縱向列數 機車數	1 列	2 列	3 列	4 列	5 列	6 列	7 列	8 列	9 列	10 列
5 輛	956	940	-	-	-	-	-	-	-	-
10 輛	956	941	932	-	-	-	-	-	-	-
15 輛	950	941	927	917	-	-	-	-	-	-
20 輛	950	935	927	911	903	-	-	-	-	-
25 輛	942	935	920	911	896	888	-	-	-	-
30 輛	942	926	920	903	896	880	864	857	-	-
35 輛	933	926	910	903	887	871	864	848	841	0
40 輛	933	916	899	893	877	871	854	848	832	825

機車停等空間利用率：0.8

單位：輛/綠燈小時

縱向列數 機車數	1 列	2 列	3 列	4 列	5 列	6 列	7 列	8 列	9 列	10 列
5 輛	947	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10 輛	956	940	-	-	-	-	-	-	-	-
15 輛	950	941	927	917	-	-	-	-	-	-
20 輛	950	935	927	911	903	-	-	-	-	-
25 輛	942	935	920	911	896	888	-	-	-	-
30 輛	942	926	920	903	896	880	873	-	-	-
35 輛	933	926	910	903	887	880	864	857	-	-
40 輛	933	916	910	893	887	871	864	848	841	-

機車停等空間利用率：0.9

單位：輛/綠燈小時

縱向列數 機車數	1 列	2 列	3 列	4 列	5 列	6 列	7 列	8 列	9 列	10 列
5 輛	947	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10 輛	956	940	-	-	-	-	-	-	-	-
15 輛	950	941	932	-	-	-	-	-	-	-
20 輛	950	941	927	917	-	-	-	-	-	-
25 輛	942	935	927	911	903	-	-	-	-	-
30 輛	942	926	920	911	896	888	-	-	-	-
35 輛	933	926	910	903	887	880	873	-	-	-
40 輛	933	916	910	903	887	880	864	857	-	-

### 附錄三

型態三（光復路）混合車道容量分析數值表

機車停等空間利用率：0.5

單位：輛/綠燈小時

縱向列數 機車數	1 列	2 列	3 列	4 列	5 列	6 列	7 列	8 列	9 列	10 列
5 輛	948	940	931	-	-	-	-	-	-	-
10 輛	939	923	917	910	902	-	-	-	-	-
15 輛	914	896	894	890	885	868	863	857	-	-
20 輛	880	879	860	858	857	855	837	835	830	825
25 輛	846	844	843	824	823	821	803	801	800	798
30 輛	812	810	809	790	788	787	785	767	765	764
35 輛	777	776	774	773	754	753	751	750	731	730
40 輛	760	742	740	739	737	718	717	715	697	695

機車停等空間利用率：0.6

單位：輛/綠燈小時

縱向列數 機車數	1 列	2 列	3 列	4 列	5 列	6 列	7 列	8 列	9 列	10 列
5 輛	948	940	-	-	-	-	-	-	-	-
10 輛	939	933	917	917	-	-	-	-	-	-
15 輛	914	911	907	901	885	879	872	-	-	-
20 輛	880	879	877	876	873	855	852	847	841	-
25 輛	846	844	843	841	840	821	837	818	817	813
30 輛	812	810	809	807	806	804	803	784	800	781
35 輛	777	793	774	773	771	770	768	767	765	747
40 輛	760	759	740	756	737	736	734	733	731	730

機車停等空間利用率：0.7

單位：輛/綠燈小時

縱向列數 機車數	1 列	2 列	3 列	4 列	5 列	6 列	7 列	8 列	9 列	10 列
5 輛	954	940	-	-	-	-	-	-	-	-
10 輛	939	933	925	917	-	-	-	-	-	-
15 輛	914	911	907	901	895	887	860	-	-	-
20 輛	880	879	877	876	873	868	872	-	-	-
25 輛	846	861	843	841	840	855	852	835	841	-
30 輛	829	827	809	824	823	821	820	818	817	813
35 輛	794	793	791	790	788	787	785	784	782	781
40 輛	760	759	757	756	754	753	751	750	748	747

機車停等空間利用率：0.8

單位：輛/綠燈小時

縱向列數 機車數	1 列	2 列	3 列	4 列	5 列	6 列	7 列	8 列	9 列	10 列
5 輛	954	940	-	-	-	-	-	-	-	-
10 輛	939	933	931	-	-	-	-	-	-	-
15 輛	914	911	917	910	902	-	-	-	-	-
20 輛	880	879	894	890	885	879	872	-	-	-
25 輛	846	861	860	858	857	855	852	857	-	-
30 輛	829	827	826	824	823	821	837	835	830	825
35 輛	794	793	791	790	806	804	803	801	800	798
40 輛	760	759	774	773	771	770	768	767	765	781

機車停等空間利用率：0.9

單位：輛/綠燈小時

縱向列數 機車數	1 列	2 列	3 列	4 列	5 列	6 列	7 列	8 列	9 列	10 列
5 輛	954	940	-	-	-	-	-	-	-	-
10 輛	939	933	931	-	-	-	-	-	-	-
15 輛	914	923	917	910	902	-	-	-	-	-
20 輛	897	896	894	890	895	887	-	-	-	-
25 輛	863	861	860	858	873	868	872	-	-	-
30 輛	829	827	843	841	840	855	852	847	841	-
35 輛	794	793	809	807	806	821	820	818	817	825
40 輛	760	759	774	773	771	787	785	784	800	798