

台灣地區公路容量手冊

(第二篇第五章高速公路主線收費站)



交通部運輸研究所

中華民國八十六年四月

交通部運輸研究所出版品摘要表

出版品名稱：台灣地區公路容量手冊第二篇－第五章 高速公路主線收費站			
國際標準書號（或叢刊號）	政府出版品統一編號 009104860184		運輸研究所出版品編號 86-19-1128
主辦單位：運輸計畫組 主管：林志明 計畫主持人：鄭賜榮（本組前任組長）、林志明 顧問：林豐博 博士 研究人員：蘇振維、張瓊文、陳勁甫、吳繼虹、黃運貴、黃新薰、朱冠文 聯絡電話：(02)349-6806 傳真號碼：(02)545-0428			研究期間 自 82 年 7 月 至 84 年 6 月
關鍵詞：服務水準、分析性模式、簡化分析法、電腦模擬法			
摘要： 本報告係本所民國 80 年出版之「台灣地區公路容量手冊」中第二篇第五章的修正。 由於主線收費站對於高速公路車流運作之影響相當顯著，因此於民國 80 年之「台灣地區公路容量手冊」中第二篇第五章對於收費站之容量及服務水準分析方法，有相當篇幅的討論。惟所採用之分析方法係分析性模式，於分析過程中較無法詳實的描述實際狀況，亦不能廣泛應用。因此本研究針對主線收費的方式利用電腦模擬的方式為基礎，配合本土化資料的調查，發展簡化分析法及電腦模擬法二種分析程序，可供使用者於不同的需要情況下使用。			
出版日期	頁數	工本費	本出版品取得方式
86 年 4 月	66	100	凡屬機密或限閱性出版品均不對外公開。一般性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按工本費價購。
管制等級： <input type="checkbox"/> 機密（ <input type="checkbox"/> 解密日期為 年 月 日， <input type="checkbox"/> 主辦單位視情況辦理解密） <input type="checkbox"/> 限閱（ <input type="checkbox"/> 解限日期為 年 月 日， <input type="checkbox"/> 主辦單位視情況辦理解限） <input checked="" type="checkbox"/> 一般			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROGRAM
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: Taiwan Highway Capacity Manual Part II — Chapter 5 Toll Plazas on Freeway Mainline			
ISBN(OR ISSN)	UNIFORM SERIAL CODE FOR GOVERNMENT PUBLICATIONS <div style="text-align: center;">009104860184</div>	IOT SERIAL NUMBER <div style="text-align: center;">86-19-1128</div>	
DIVISION: Transportation Planning Division DIVISION CHIEF: Tyh-Ming Lin PRINCIPAL INVESTIGATOR: Tzu-Jung Cheng(former division chief), Tyh-Ming Lin ADVISER: Feng-Bor Lin PROJECT STAFF: Cheng-Wei Su, Chiung-Wen Chang, Ching-Fu Chen, Chi-Hong Wu, Kung-Kuei Huang, Hsin-Hsiun Huang, Kwan-Wen Tzu PHONE: (02)349-6806 FAX: (02)545-0428		PROJECT PERIOD FROM July, 1993 TO June, 1995	
KEY WORDS: Level of service; Analytical models; Manual approach; Simulation-based approach			
ABSTRACT: <p style="margin-left: 40px;">This report is a revised version of the Taiwan Highway Capacity Manual (THCM)- Part II Chapter 5, published by the I.O.T. in 1991.</p> <p style="margin-left: 40px;">As freeway mainline toll plaza would cause significant impacts on freeway traffic operations, the THCM - Part II Chapter 5 in 1991 contained much content of discussing the analytical method of capacity and level-of-service analysis for mainline toll plaza. However, as the analytical methods lack the capability to well describe the actual traffic dynamics, its application is greatly restricted. To contend with this drawback, this study proposed a simulation-based methodology and developed the Toll Plaza Simulation(TPS) model. Based on this model, then both manual and simulation approach for planning and operational analyses are proposed.</p>			
DATE OF PUBLICATION <div style="text-align: center;">April, 1997</div>	NUMBER OF PAGES <div style="text-align: center;">66</div>	PRICE <div style="text-align: center;">100</div>	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of Ministry of Transportation and Communications.			

目錄

	頁次
5.1 緒論 -----	1
5.2 主線收費站之佈設及作業 -----	3
5.2.1 收費站之幾何配置 -----	3
5.2.2 收費站車道數目及分類 -----	3
5.2.3 調撥作業 -----	5
5.3 交通特性 -----	7
5.3.1 尖峰小時流量之變化 -----	7
5.3.2 收費車道服務時間 -----	8
5.3.2.1 無等候車輛狀況 -----	8
5.3.2.2 有等候車輛狀況 -----	8
5.3.2.3 服務時間累積機率 -----	8
5.3.3 收費車道之服務容量 -----	10
5.3.4 駕駛人選擇收費車道之行爲 -----	11
5.3.5 收費車道之交通狀況 -----	11
5.4 分析方法 -----	13
5.4.1 績效評估指標 -----	13
5.4.2 服務水準之評估準則 -----	15
5.4.3 簡化分析法 -----	17
5.4.3.1 簡化之作業分析 -----	22
5.4.3.2 簡化之規劃分析 -----	32
5.4.4 模擬分析法 -----	35
5.5 應用例題 -----	39
參考文獻 -----	49
附錄 輸入資料檔TPS.DAT之建立 -----	50

表目錄

	頁次
表5.2.1 中山高速公路收費車道分類表-----	5
表5.3.1 理想天候下各型收費車道之服務容量-----	10
表5.3.2 夜間或雨天狀況下之容量折減率(%)-----	10
表5.4.1 服務水準評估準則-----	15
表5.4.2 最高流量收費車道之使用率(U_i)-----	24
表5.4.3 收費車道數調整因素(f_g)-----	25
表5.4.4 收費車道容量調整因素(f_c)-----	25
表5.5.1 例題一之輸入值及計算值-----	40
表5.5.2 估計下游主線流率(Q_d)-----	41
表5.5.3 例題二之輸入值及計算值-----	43
表5.5.4 例題三之輸入檔-----	44
表5.5.5 例題三之輸出檔-----	45
表5.5.6 例題四之輸入檔-----	47
表5.5.7 例題四之輸出檔-----	48

圖目錄

	頁次
圖5-1-1 收費站配置示意圖-----	2
圖5-2-1 收費站之代表性幾何配置示意圖-----	4
圖5-3-1 后里收費站尖峰小時每5分鐘單向流量之分佈圖-----	7
圖5-3-2 標準化之服務時間累積機率分配圖-----	9
圖5-4-1 車輛進入收費站系統之時空關係圖-----	14
圖5-4-2 不找零車道不同分析時段下之平均等候長度與V/C之關係 -----	18
圖5-4-3 找零車道不同分析時段下之平均等候長度與V/C之關係 -----	19
圖5-4-4 客聯車車道不同分析時段下之平均等候長度與V/C之關係 -----	20
圖5-4-5 大貨車車道不同分析時段下之平均等候長度與V/C之關係 -----	21
圖5-4-6 簡化之作業分析流程-----	23
圖5-4-7 不同收費車道容量下平均延滯與平均等候長度關係圖--	27
圖5-4-8 不同收費車道容量下平均停等時間與平均等候長度關係圖 -----	28
圖5-4-9 最大等候長度與平均等候長度關係圖-----	29
圖5-4-10 第i種收費車道之最右側收費車道與主線右邊線之距離 -----	30
圖5-4-11 簡化之規劃分析流程-----	33
圖5-4-12 模擬之分析流程-----	36
圖5-5-1 假設之收費站配置示意圖-----	39

5.1 緒論

收費站大致可分為傳統式收費站及電子收費站等二種，其中傳統式收費站多半利用人工或投幣機收費，車輛必須於收費站前減速慢行或停下來，而電子收費方式則利用 Automatic Vehicle Identification (AVI)【1】的技術來收費，如設有專用道，電子收費可能可以使到達車輛以與主線相同的車速通過收費站。目前台灣地區的高速公路收費站皆屬主線傳統式收費站，主要的配置包括減速及停等區、收費亭、加速區、地磅、管理局辦公室及銜接地區之服務道路等，一般收費站之佈設如圖5-1-1所示。

由於主線收費站對於高速公路車流運作之影響相當顯著，因此本所曾於民國80年出版之「台灣地區公路容量手冊」【2】第二篇第五章討論收費站之容量及服務水準分析方法，惟當時所採用之分析模式，於分析過程中有太多的假設條件，因此無法詳實的描述實際狀況而廣泛應用。為解決上述缺失，本所乃利用民國83年之研究結果【3,4】，針對主線傳統式收費站發展出一套分析方法論，並進一步以該方法論為基礎，發展出簡化分析法及電腦模擬法兩種分析程序。使用者可根據需要擇一應用。其中簡化分析法主要是利用人工推算方式來分析問題，一般而言，可用於不需要高精確度的問題分析上或用在無法使用模擬模式之情況下，例如初步規劃工作；電腦模擬法則是利用 Toll Plaza Simulation (TPS) 模式【3,4】模擬整個收費站之詳細運作，計算其運作績效，可用於不同收費站佈設之細部評估及運作策略績效分析。

為了使讀者對收費站分析之背景有所了解，於本章將先簡單介紹主線收費站之設施及收費方式，其次再說明影響收費站容量及服

務水準之交通特性，最後則詳細介紹簡化分析法、模擬法及其應用實例。

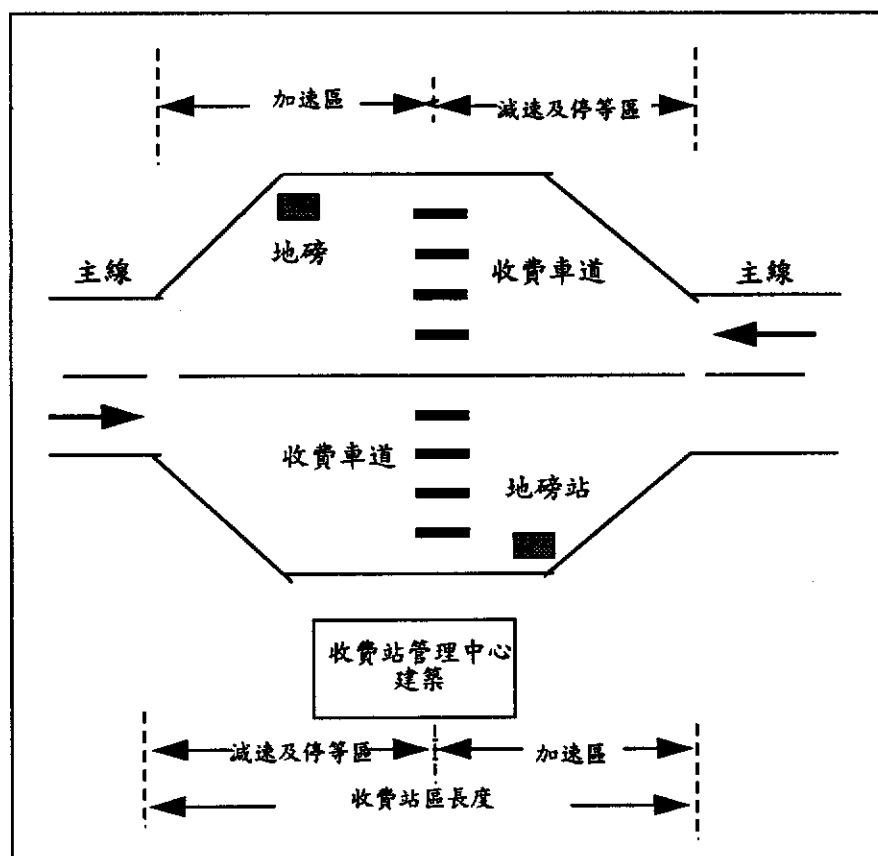


圖 5-1-1 收費站配置示意圖

5.2 主線收費站之佈設及作業

本節主要針對目前中山高速公路收費站之佈設狀況作一說明，內容包括整個收費站之幾何配置、收費車道之數目與分類及調撥車道之操作等。

5.2.1 收費站之幾何配置

目前收費站區內之幾何配置情形大致如圖5-2-1所示。由圖中可以看出區內之安全島全長約為25公尺，其中收費亭的長度約為7.7公尺，前、後端槽化島各長約4.5公尺。

收費站區內收費車道之寬度（包括安全島）由內側向外計有5.2公尺、5.45公尺及5.8公尺等三種。內側安全島之寬度為2.2公尺。較外側之安全島的寬度為2.7公尺。故於收費站區內扣除安全島之寬度，有效之車道寬度分別為不找零小型車3.0公尺，大型車及找零小型車車道為3.1公尺。加減速區之車道漸變率設計標準均為1:12，但在拓寬或計畫拓寬部份，由於受到路權寬度限制，有時無法維持此標準。加減速區之長度，在汐止收費站，因地形關係，僅長約270公尺。泰山收費站規模較大，北端約長460公尺，南端約長650公尺。其他收費站的加減速區長度約在330~360公尺間。

5.2.2 收費車道數目及分類

中山高速公路全線共設10處主線欄柵式收費站，北部第二高速公路計設有2處主線欄柵式收費站。收費車道數一般是上游主線車道數之2.5倍。如表5.2.1所示，收費站之收費作業係依車輛種類及收費方

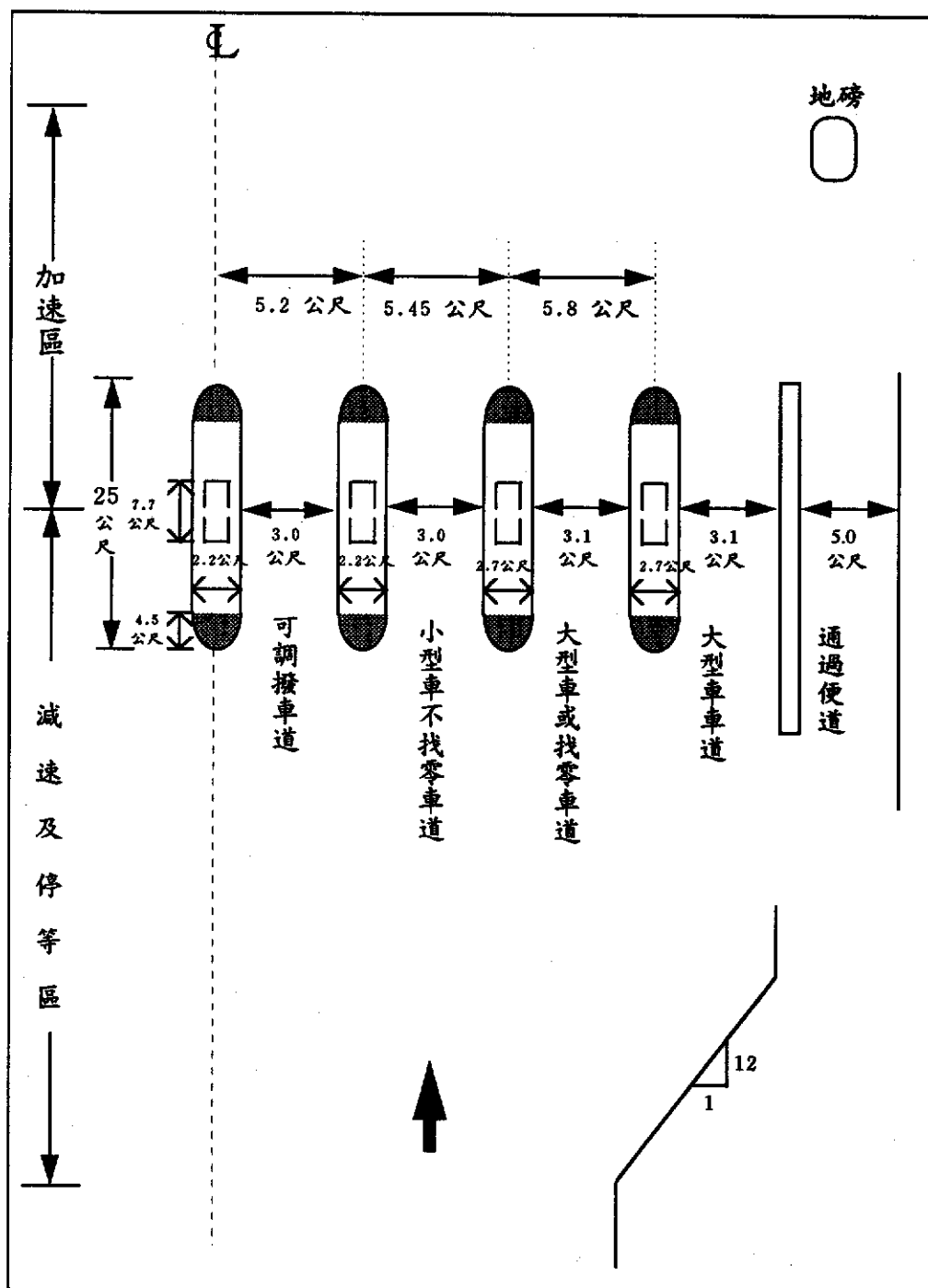


圖5-2-1 收費站之代表性幾何配置示意圖

資料來源：【5】

式固定分派為4種收費車道，高速公路對於重型車輛行駛內側車道有較多之限制，且大貨車需在通過收費站後進行過磅以防超載，因此各收費站皆按行車方向由外向內設置大貨車、客聯車、找零小型車、不找零小型車收費車道。

表5.2.1 中山高速公路收費車道分類表

車道別	車輛種類
小型車不找零車道	含小客車、小貨車、小客貨兩用車及小型特種車等。
小型車找零車道	
客聯車車道	含大客車、以曳引車拖行之半拖車、全拖車（含平板、貨櫃、罐型、廂型等拖車）及小型拖車等。
大貨車車道	含大貨車、大客貨兩用車、大貨車兼充代用客車、未拖帶拖車之曳引車及非拖車型之大型特種車等。

資料來源：【6】

5.2.3 調撥作業

目前中山高速公路於臨近都會區之收費站常實施調撥作業，以紓解尖峰時段之擁擠情況。中山高速公路全線10個收費站中，除泰山收費站雙向有20個收費車道，楊梅收費站有12個收費車道外，其餘均只有10個收費車道。泰山收費站中間4個收費車道為調撥車道（單向各2個）外，其餘各收費站皆以中間2個收費車道為調撥車道。

此外，根據高公局長期統計結果顯示每天各時段通過收費站之車輛數大致呈穩定狀態，收費站管理單位基於通行費核帳手續過於繁複之考量，且為避免加重收費員之工作負擔，一般均於固定時段實施調撥。至於機動調撥，因目前並無一定的作業標準可供參考，通常由各收費站之管理當局視實際需要自行依經驗辦理。以泰山收費站為例，

當一方向的車輛較少，而另一方向收費亭前（每車道）之等候車輛超過10輛以上時，會實施機動調撥作業。

進行調撥作業時，係以人工方式將一方向車道分隔線上之交通錐搬移至另一方向之收費亭前車道分隔線上，通常作業人員只將交通錐移動約50公尺，作業時間約需10～20分鐘。

5.3 交通特性

5.3.1 尖峰小時流量之變化

在大型的收費站，如泰山收費站，尖峰時段常超過4小時。且各收費站之尖峰小時流量有所不同，例如泰山收費站之尖峰小時單向流量常高達6,000輛，而造橋及后里收費站之尖峰單向流量則只有3,500輛左右。

近年來高速公路車流量成長快速，目前尖峰小時每5分鐘單向流量已沒有很大的差異，以后里收費站為例（如圖5-3-1所示），每5分鐘單向流量在280~310輛車間，尖峰15分鐘之流量佔尖峰小時總流量之25%~30%；其中各類車道（單孔）每5分鐘車輛通過之狀況分別為小型車不找零車道多集中在63~67輛間、小型車找零車道集中在40~45輛間、大貨車車道集中在37~45輛間、客聯車車道集中在31~35輛間。由上述資料可知，尖峰時段收費站（車道）之流率呈現相當穩定的狀況，顯示目前尖峰小時流量已相當接近收費車道容量。

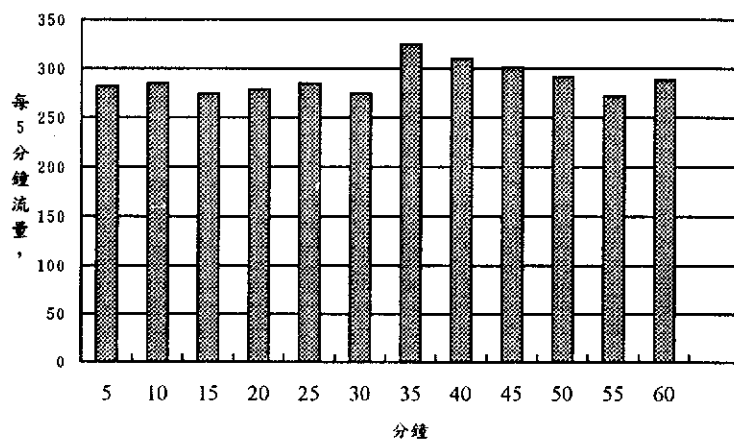


圖5-3-1 后里收費站尖峰小時每5分鐘單向流量之分佈圖

5.3.2 收費車道服務時間

5.3.2.1 無等候車輛狀況

若收費亭前無車，則剛到達之車輛毋須等候。無等候車輛之服務時間可定義為：「自駕駛者到達付費位置後起算，直到該車車尾通過劃在收費亭地面參考線為止所需的總時間」。代表性之平均服務時間【3】分別為不找零小型車2.05秒、找零小型車5.89秒、大貨車3.87秒、大客車與聯結車4.42秒。

5.3.2.2 有等候車輛狀況

若已有車子停在收費亭前，則新到之車輛必須停等。有等候車輛狀況下，每車之服務時間可由量測前後車車尾通過收費亭前之參考線間之時間計算。根據目前已有之資料【3,6】顯示有等候車輛在天氣良好狀況下之平均服務時間大約如下：不找零小型車4.2~4.8秒、找零小型車6.5~10.3秒、大貨車6.9~7.2秒、大客車與聯結車6.8~8.6秒。

5.3.2.3 服務時間累積機率

收費站之服務水準不僅受到服務時間之影響，亦受到服務時間機率分配的影響。根據【3,4】現場調查資料顯示，不論到達之車輛在收費站是否需等候，其標準化（以「服務時間/平均服務時間」標準化）後之服務時間累積機率分配幾乎相同，此機率分配如圖5-3-2所示。

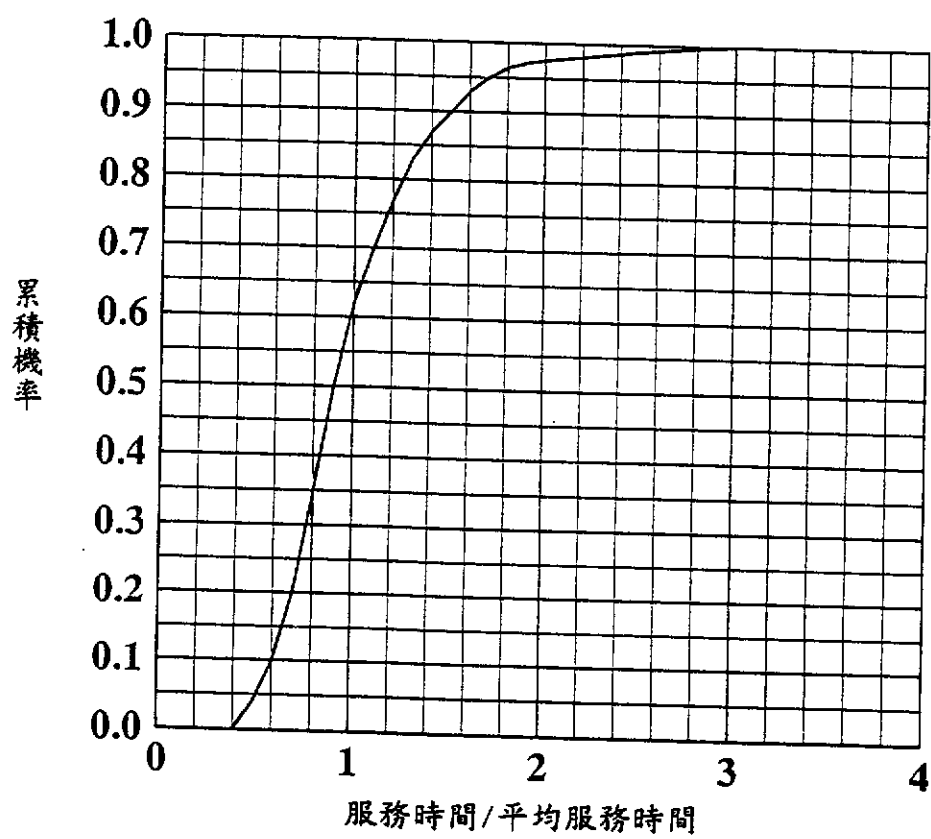


圖5-3-2 標準化之服務時間累積機率分配圖

資料來源：【4】

5.3.3 收費車道之服務容量

收費車道的服務容量主要受付費方式（找零或不找零）、車輛型式及環境等因素影響。在理想天候狀況下（日間，天候良好），中山高速公路四種不同型式收費車道的容量依前述有等候狀況下之服務時間推估，其範圍詳如表5.3.1所示，其中小型車找零車道容量的變異相當大，但引起此種變異的原因尚不清楚。目前已蒐集到之各種不同天候狀況之資料仍相當有限，根據過去研究【6】結果，夜間或雨天收費車道服務容量之折減因素大致如表5.3.2所示。

利用傳統的人工收費方式，收費車道的容量很難超過800輛/時，若在傳統收費車道上（即不改變原收費車道幾何佈設方式）設置電子偵測器採電子收費方式，可使容量提升至1,200輛/時，更進一步，若能另設置專用車道供車輛快速通過，電子收費車道容量將可提升至1,800輛/時【7】。

表5.3.1 理想天候下各型收費車道之服務容量

車道型式	容量範圍（輛/時）
小型車不找零車道	750~850
小型車找零車道	350~550
大客車與聯結車車道	420~530
大貨車車道	500~520

資料來源：本研究調查。

表5.3.2 夜間或雨天狀況下之容量折減率（%）

氣候狀況	小型車不找零車道	小型車找零車道	大客車與聯結車車道	大貨車車道
夜間、晴天	4	4	21	7
日間、雨天	13	6	11	4
夜間、雨天	23	6	—	—

資料來源：【6】。

5.3.4 駕駛人選擇收費車道之行爲

收費車道之車流量分佈情況略有不同，一般而言，位於主線正下方之車道流量比在主線外側車道之流量大。根據目前中山高速公路收費站車道配置情況，除了小型車有多車道可供選擇外，其餘車種因只有單一車道收費，故可以不用考慮收費車道選擇行爲。

以泰山收費站爲例(不包括兩側便道，單向計有10個收費車道)，其北上方向小型車計配置5個不找零收費車道，1個找零收費車道，於尖峰時段則於主線最左側再增加一個調撥收費車道。流量最大之車道在主線正下方，其流量通常佔總流量之17%左右，主線左側之調撥車道的流量爲總量之12%，在最右側之不找零車道的流量則爲總量之11%。此外，各車道流量與總量之比值也受到收費站各種車道流量與容量比(V/C)之影響，若V/C值愈高則表示收費站愈擁擠，每車道之流量也較爲平均。

5.3.5 收費車道之交通狀況

收費車道之交通狀況可分爲穩定(stable)、接近不穩定(metastable)、不穩定(unstable)等三種狀態【3】。在穩定狀態下，停等時間、等候車隊長度等績效值主要爲流量之函數，當流量相同時，不同樣本績效值的變異相當小。當流量接近收費車道的服務容量時，交通狀況即進入接近不穩定狀態，在這種狀態下，即使維持相同的流量，不同樣本所推算之績效評估值可能會出現相當大的變異，此績效值之變異主要與流量及到達車輛間距的順序有關¹。若流量持續增加，交通狀況將會達到不穩定狀態，在這種狀態下，作業績效值不僅

¹ 由於當車輛到達率持續增加到接近容量或超過容量時(即所謂的「接近不穩定」、「不穩定」狀態)，若到達車輛間距短者多集中在某一時段內，則此時段待通過車輛遽增，將造成收費車道更無機會於短時間內消化大量待通過收費站的車輛，故此種情況與間距短者分散的狀況相比較，所須消化通過車輛的時間較長，此即到達車輛間距出現的順序亦影響績效值的變異程度。

是流量與到達車輛間距順序的函數，同時也與流量持續增加的時間長短有關，此時樣本績效值之變異相當大，而且績效值（如平均等候時間）亦隨時間之增加而增加。

上述三種交通狀況並沒有很明顯的分界，但一般而言，流量與容量比未超過0.9時，仍屬於穩定狀態，但若比值超過0.95時或平均等候長度超過10輛時，則很可能已進入不穩定之狀況。

5.4 分析方法

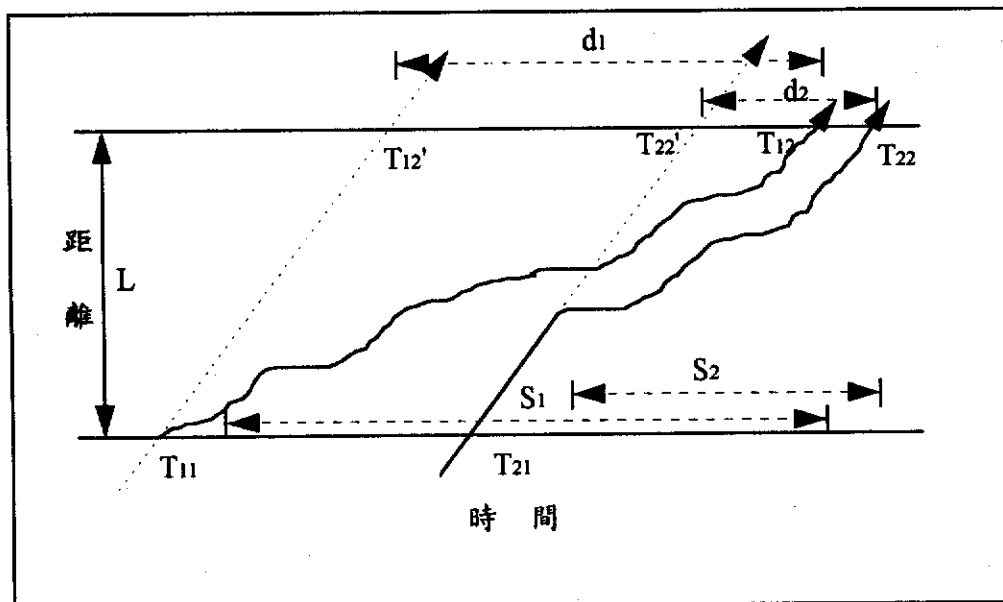
影響收費站服務水準的因素相當多，因此很難發展一套既準確又能廣泛應用的分析性模式 (analytical model)，以作為規劃、設計及評估作業策略 (operating strategies) 之用。因此於建立分析方法時，即決定以電腦模擬方法為骨幹，但另一方面又考慮在實務上有些應用需要一些簡單的評估資料來作為決策的依據 (例如在某需求情況下，若要維持某一定的服務水準，應規劃幾個車道這類的問題)，故本研究亦利用電腦模擬方式，建立一些基本的關係圖、表、公式 (請參閱前期研究【3】)，使用者可利用手算的方式獲得初步的評估資料。基此，以下本章所介紹的分析方法包括簡化分析法及電腦模擬法兩種，其中簡化分析法適用於不需要很精確、詳細評估的狀況，電腦模擬法則適用於比較複雜及需要精確、詳細評估的狀況。

5.4.1 績效評估指標 (Measures of Effectiveness)

等候車隊長度是駕駛者與收費站管理人員最容易了解的績效評估指標 (MOE) 之一，目前國道高速公路局即根據等候長度來決定何時需要執行收費車道調撥作業。美國佛羅里達州的運輸廳亦同樣利用等候長度作為收費站規劃與設計的重要考慮因素【7】。除了以平均等候長度作為個別收費車道劃分服務水準之評估指標之外，本章之分析方法，也能夠估計平均延滯時間、平均停等時間、第85百分位最大等候長度及通過收費站之平均速率等績效指標，茲配合圖5-4-1的時空圖分別說明如下：

1. 平均等候長度

此係指在任一瞬間，可能停在收費車道的平均車輛數，此長度包括正在收費亭付費的車輛及在其後等候的車輛。



L ：收費亭至上游端點的距離

T_{11} 、 T_{21} ：第1、2部車進入收費站上游端點的時間

T_{12} 、 T_{22} ：第1、2部車離開收費亭的時間

T_{12}' 、 T_{22}' ：不收費情況下第1、2部車離開收費亭的時間（維持原速率）

S_1 、 S_2 ：第1、2部車的停等時間

d_1 、 d_2 ：第1、2部車的延滯時間

圖5-4-1 車輛進入收費站系統之時空關係圖

2. 平均延滯時間

此係指每部車自到達收費站上游入口起，因停車繳費而平均增加之旅行時間。（如圖中之 d_1 、 d_2 和之平均）

3. 平均停等時間

此指標代表每部車從第一次在收費站區或主線上停下來至車尾通過收費亭之平均時間。（如圖中之 S_1 、 S_2 和之平均）

4. 第85百分位最大等候長度

在某一流量之下，一個收費車道之最大等候長度並不是一固定值，它會隨著到達車輛間距之分配而變化，換言之，最大等候長度是一個隨機變數(random variable)。第85百分位最大等候長度係指在統計上，最大等候長度小於或等於此值的機率為85%。

5. 通過收費站之平均速率

此指標代表每部車從上游主線進入收費站區，到該車回到下游主線這段距離內的平均速率，相當於收費站總長度除以平均每部車通過收費站區的時間。

5.4.2 服務水準之評估準則 (Level-of-Service Criteria)

根據平均車輛等候長度，收費車道的服務水準可劃分為六級，如表5.4.1所示。各級服務水準之交通狀況說明如下：

表5.4.1 服務水準評估準則

服務水準	平均等候長度，L輛
A	$L \leq 1$
B	$1 < L \leq 2$
C	$2 < L \leq 4$
D	$4 < L \leq 6$
E	$6 < L \leq 10$
F	$L > 10$

A級

任何一瞬間的平均等候長度不超過一部車，即一部剛到達的車輛須等候其他車輛先通過收費亭的機會不大。此時車流屬穩定狀態。V/C比值一般小於0.7，收費車道容量為500輛/時，平均停等時間大約不超過10秒/輛，收費車道容量為800輛/時，平均停等時間則大約不超過5秒/輛。

B級

平均等候長度大於1部車，但不超過2部車，須等候前面車輛先通過收費亭的機會很高，但此時車流仍屬穩定狀態。收費車道容量為500輛/時，V/C比值大約在0.7~0.84之間，而平均停等時間可達20秒/

輛。收費車道容量增至800輛/時，V/C比值大約在0.7~0.86之間，平均停等時間則不超過10秒/輛左右。

C級

平均等候長度大於2部車，但不超過4部車，車流大致仍屬穩定狀態，但此級的上限已有可能接近不穩定狀態。幾乎每部車必須等候前面的車輛。收費車道容量在500輛/時而作業時間為2小時之情況下，V/C比值約在0.84到0.9之間，平均停等時間則在20到35秒/輛之間。收費車道容量為800輛/時而作業時間為2小時之情況下，V/C比值約在0.86到0.94之間，平均停等時間約在10~20秒/輛之間。

D級

平均等候長度大於4部車，但不超過6部車，車流很可能在接近不穩定或已進入不穩定之狀態。收費車道容量為500輛/時而作業時間為2小時之情況下，V/C比值約在0.9到0.93之間，平均停等時間則在35到45秒/輛之間。收費車道容量為800輛/時而作業時間為2小時之情況下，V/C比值約在0.94到0.96之間，平均停等時間約在20到30秒/輛之間。

E級

平均等候長度大於6部車，但不超過10部車，車流多半在不穩定的狀態。收費車道容量為500輛/時而作業時間為2小時之情況下，V/C比值約在0.93到0.97之間，而平均停等時間則在45到75秒/輛之間。收費車道容量為800輛/時而作業時間為2小時之情況下，V/C比值約在0.96到0.99之間，而平均停等時間則在30到45秒/輛之間。

F級

平均等候長度大於10部車，車流屬於不穩定狀態。收費車道容量為500輛/時而作業時間為2小時之情況下，V/C比值超過0.97，而平均停等時間則大於75秒/輛。收費車道容量為800輛/時而作業時間為2小時之情況下，V/C比值超過0.99而平均停等時間則大於45秒/輛。

5.4.3 簡化分析法

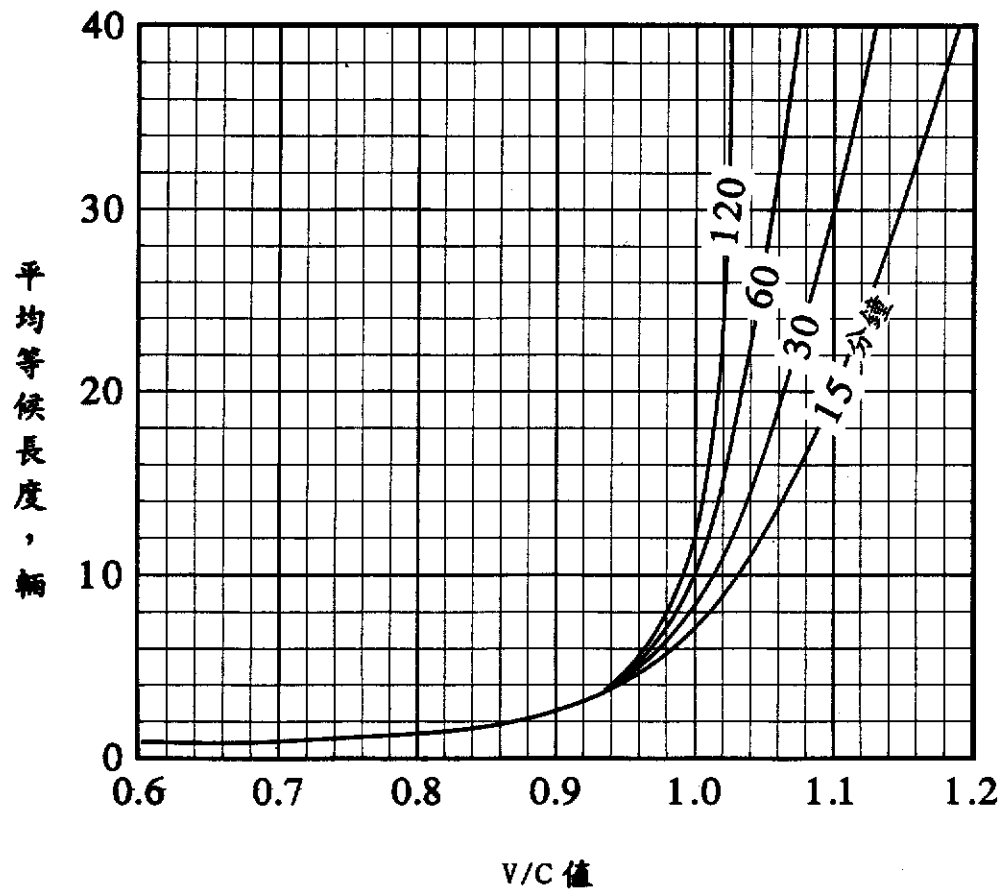
簡化分析法係假設收費站之車流量與作業方式並不隨著時間而改變，並以每種收費車道中吸引流量最大之收費車道為分析對象。此簡化法可用在規劃分析或初步之作業分析。

簡化法主要係利用圖5-4-2、5-4-3、5-4-4及5-4-5等V/C值與平均等候長度間之關係圖，求出各種不同收費車道在不同V/C值之平均等候長度。圖5-4-2至圖5-4-5所描繪V/C值與平均等候長度間之關係圖，是在各種基本狀況，利用TPS模式模擬結果所導出²【3】。通常在應用時，真實的狀況可能與各圖所示之基本狀況不同，在這種情況下，利用這些圖之前必須先調整V/C值。

當實際收費車道數目大於圖5-4-2至圖5-4-5基本狀況之收費車道數時，如V/C值相同，則真實的平均等候長度應該會比基本狀況下之長度小，因此在應用圖5-4-2～圖5-4-5等四圖時，須將V/C值折減以估計平均長度，若實際收費車道數目小於基本狀況之數目時，在應用上述各圖時須將V/C值增加；此外，若真實的收費車道容量大於圖5-4-2至圖5-4-5基本狀況之容量，而V/C值相同時，其真實平均等候長度應較基本狀況下之長度大，因此在應用圖5-4-2～圖5-4-5等四圖時須調高V/C值以估計平均長度，若真實之收費車道容量小於基本狀況之容量，則V/C值須折減。以上所述之兩種調整乃以收費車道數調整因素 f_s 及容量調整因素 f_c 行之。這些調整因素之值及運用在下面的文章中有詳細的說明。

² 圖5-4-2～圖5-4-5之產生係利用TPS模式模擬單一車種、基本容量、基本車道數，在不同分析(模擬)時段下，不同車流率(對應不同V/C值)與等候長度之關係。其中每一時段、每一流率下，利用改變seed number的方式，執行模擬200次，得平均等候長度值(即一個樣本點)。每一分析時段計產生15點左右的樣本點，再利用grapher軟體將樣本點連接成平滑的連續曲線，即所列圖5-4-2～圖5-4-5等基本圖(簡言之，每張圖之總模擬次數超過1萬次以上)。

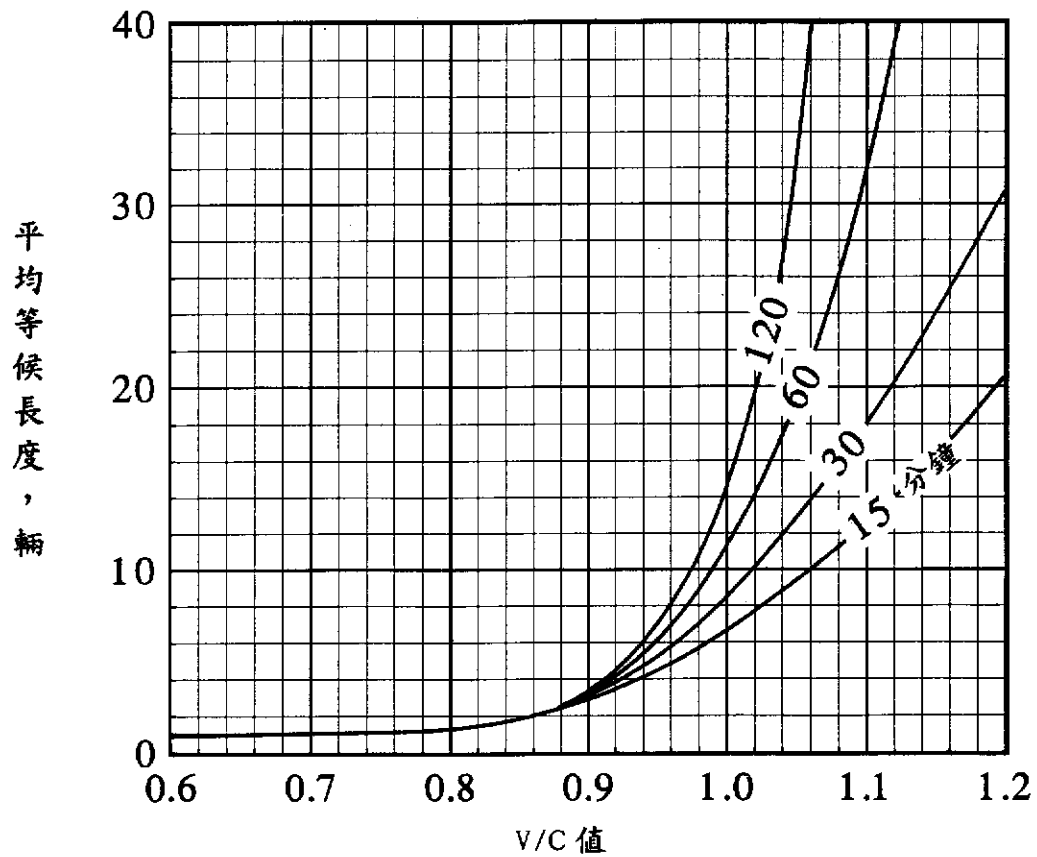
基本狀況：2個收費車道；容量 $C_0=775$ 輛/時



註：圖中四曲線分別代表模擬分析時段為15、30、60及120分鐘下之狀況

圖5-4-2不找零車道不同分析時段下之平均等候長度與V/C之關係

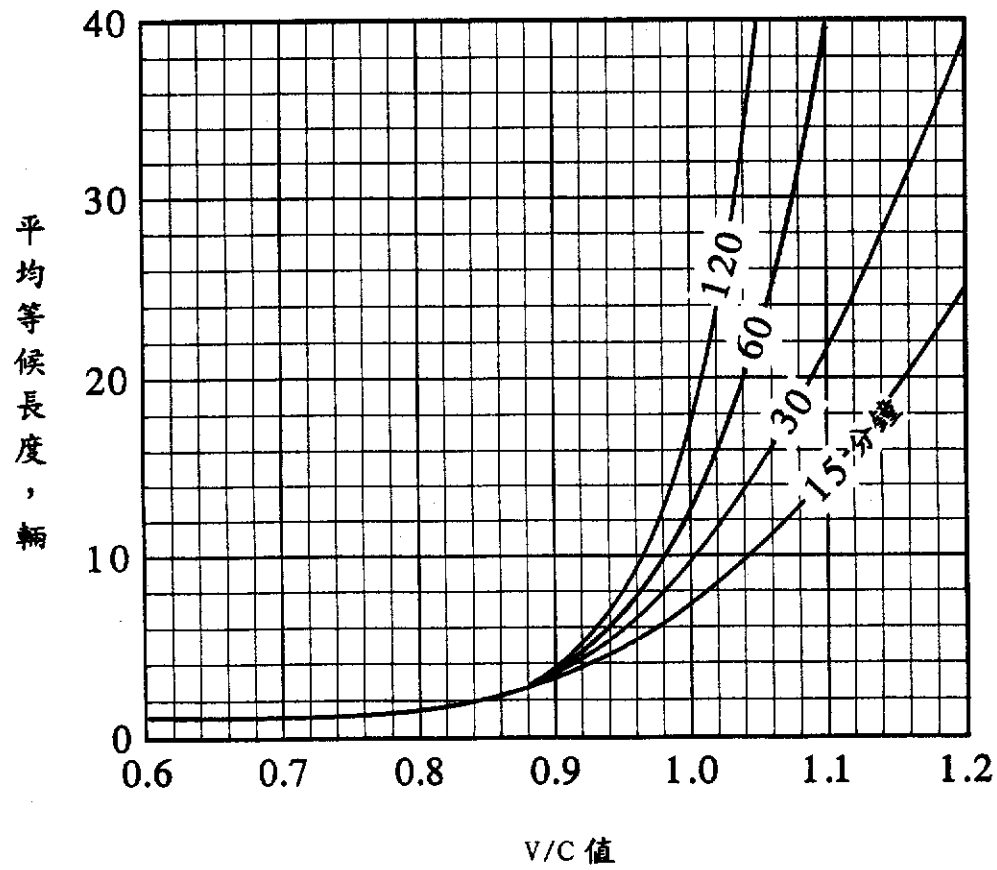
基本狀況：1個收費車道；容量 $C_0=450$ 輛/時



註：圖中四曲線分別代表模擬分析時段為15、30、60及120分鐘下之狀況

圖5-4-3 找零車道不同分析時段下之平均等候長度與V/C之關係

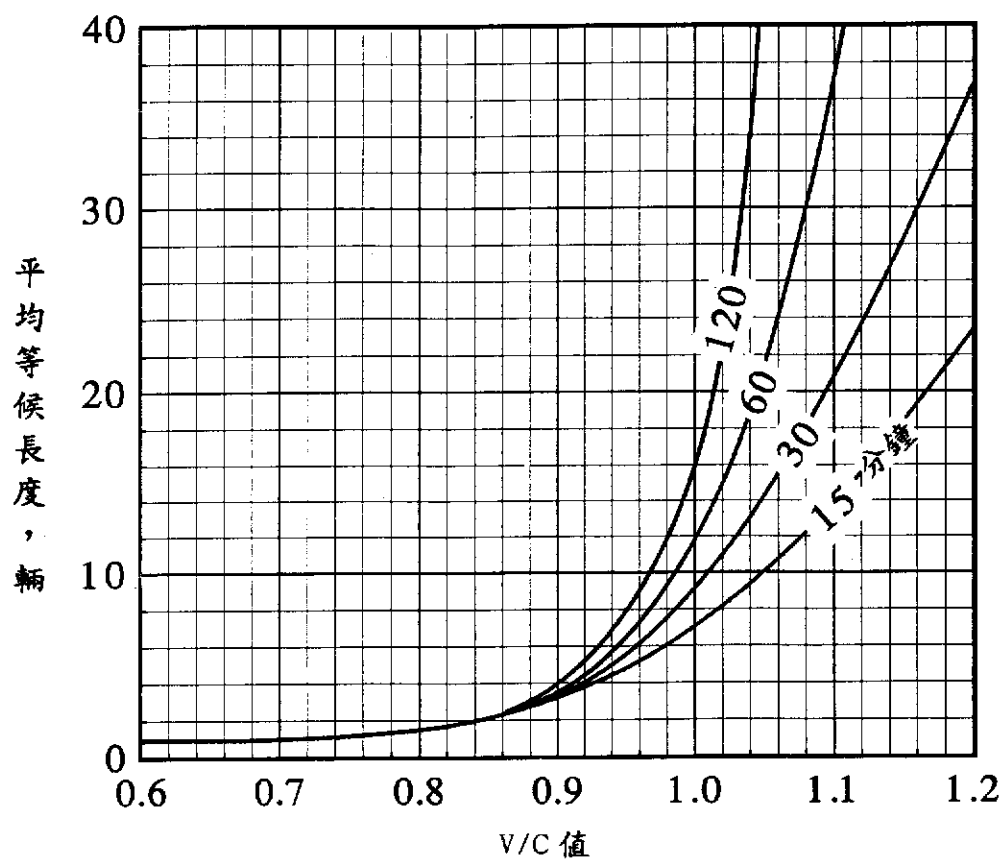
基本狀況：1個收費車道；容量 $C_0=490$ 輛/時



註：圖中四曲線分別代表模擬分析時段為15、30、60及120分鐘下之狀況

圖5-4-4 客聯車車道不同分析時段下之平均等候長度與V/C之關係

基本狀況：1個收費車道；容量 $C_0=500$ 輛/時



註：圖中四曲線分別代表模擬分析時段為15、30、60及120分鐘下之狀況

圖5-4-5 大貨車車道不同分析時段下之平均等候長度與V/C之關係

5.4.3.1 簡化之作業分析 (Operational Analysis)

作業分析之重點在於評估設施佈設及作業方式的服務水準，分析的流程如圖5-4-6所示。此分析流程係就各類型收費車道進行個別分析，流程中各步驟之分析內容分別說明如下：

1. 輸入資料

作業分析所需之輸入資料包括：

- 分析時間長度（如15分鐘、1小時…等）；
- Q =從主線進入收費站每小時之總流量，輛/時；
- P_i =總流量中利用第 i 種收費車道的比例（ $i=1、2、\dots$ ）；
- N_i =第 i 種收費車道之收費車道數；
- C_i =第 i 種收費車道之容量，輛/時/收費車道（調查值，目前服務的最大量）；
- β_i =利用第 i 種收費車道車輛在等候時所佔之平均車道長度（以公尺為單位；建議值：不找零或找零小車6公尺；大客車及聯結車18公尺；大貨車11公尺）；
- 幾何設計及收費車道之佈設（如圖5-2-1所示），包括加速區長度 L_a 、減速及停等區長度 L_w ，路寬漸變率 R ，下游主線車道數 N_d ，收費車道的位置及收費車道種類 n 。

2. 估計第 i 種收費車道之平均 V/C 值， $(V/C)_i$

$$(V/C)_i = \frac{Q P_i}{N_i C_i} \quad (1)$$

3. 估計第 i 種收費車道中最大流量收費車道的使用率 (U_i)

輸入之收費車道數 N_i 及從公式(1)得到之 $(V/C)_i$ 值可用在表5.4.2以估計最大流量收費車道之使用率 U_i 。例如 $(V/C)_i=0.85$ ， $N_i=4$ ，如所分析的收費車道為小型車不找零收費車道，在無調撥的情況下，最大流量收費車道的使用率為0.26，亦即使用率最高之收費車道吸收26%之不找零車流量。

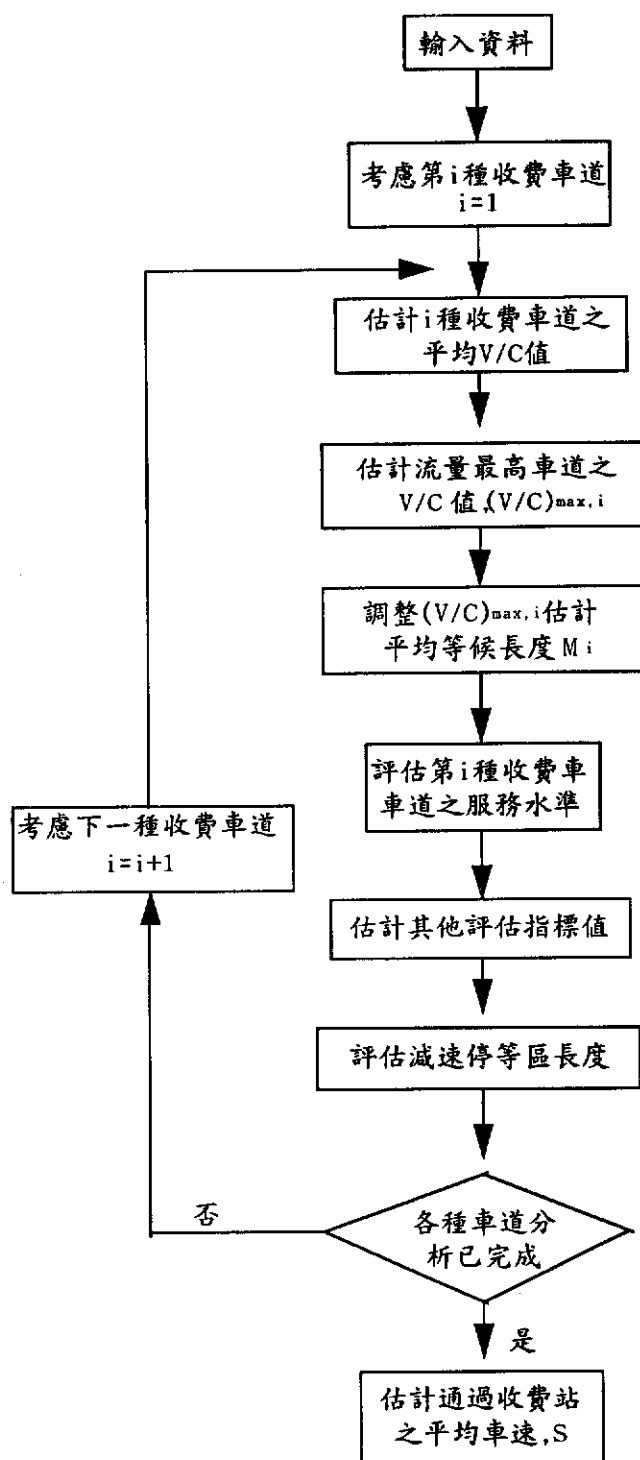


圖5-4-6 簡化之作業分析流程

表5.4.2 最高流量收費車道之使用率(U_i)³

車道及 作業別	V/C	收費車道數目						
		1	2	3	4	5	6	7
不找零小車 無調撥	0.75	1.0	0.5	0.34	0.26	0.22	0.19	0.18
	0.85	1.0	0.5	0.34	0.26	0.21	0.18	0.17
	0.95	1.0	0.5	0.34	0.25	0.20	0.17	0.15
不找零小車 一調撥車道	0.75	—	—	0.39	0.28	0.22	0.19	0.18
	0.85	—	—	0.37	0.27	0.22	0.18	0.17
	0.95	—	—	0.35	0.26	0.21	0.17	0.15
不找零小車 二調撥車道	0.75	—	—	—	0.35	0.26	0.21	0.18
	0.85	—	—	—	0.32	0.24	0.20	0.17
	0.95	—	—	—	0.29	0.22	0.18	0.15
其他種車道	0.65	1.0	0.53	0.39	0.32	—	—	—
	0.75	1.0	0.53	0.38	0.31	—	—	—
	0.85	1.0	0.52	0.37	0.30	—	—	—
	0.95	1.0	0.51	0.36	0.29	—	—	—

註：若表中未列請用內差法求得

4. 估計第 i 種收費車道中最大流量收費車道的 V/C 值， $(V/C)_{\max,i}$

$$(V/C)_{\max,i} = \frac{Q P_i U_i}{C_i} \quad (2)$$

5. 調整 $(V/C)_{\max,i}$ 並估計平均等候長度， M_i

首先利用表5.4.3求算收費車道數調整因素 f_c 。前述圖5-4-2～圖5-4-5中，不找零的基本收費車道數 N_0 是2，其他收費車道之 N_0 為1。利用基本 N_0 、實際收費車道數 N_1 ，及收費車道之 $(V/C)_{\max,i}$ ，從表5.4.3可估得調整因素 f_c 之值。其次利用表5.4.4估計收費車道容量調整因素 f_c 。表5.4.4中所定義之基本容量為 C_0 ：不找零小型車775輛/時，找零小型車450輛/時，客聯車490輛/時，大貨車500輛/時（見圖5-4-2～圖5-4-5）。利用輸入容量 C_i ，基本容量 C_0 ，及收費車道之 $(V/C)_{\max,i}$ 可從表5.4.4估得 f_c 值。

³ 本表主要針對各車種、基本容量下，改變其車流率、收費車道數、模擬時間，進行各狀況模擬各200次，其次統計各狀況下最高車流量車道流量佔(該車種)總流量之百分比，最後整理出表5.4.2之各類狀況下之使用率。其中由於現況作業中僅有小型車不找零車道可能有調撥的情況產生，其車輛操作行為與其他收費車道之車種有較大之差異，故特別對調撥情況下之使用率另外整理。

調整後之 $(V/C)_{\max,i}$ 值為：

$$(V/C)_{\max,i}^* = (V/C)_{\max,i} + f_g + f_c \quad (3)$$

表5.4.3 收費車道數調整因素(f_g)⁴

收費車道數		收費車道之V/C值					
基本值	實際值	0.85	0.9	0.95	0.975	1.0	1.5
1	2	0	-0.04	-0.05	-0.035	-0.015	0
1	≥3	0	-0.07	-0.09	-0.060	-0.020	0
2	1	0	0.03	0.04	0.030	0.010	0
2	2	0	0.00	0.00	0.000	0.000	0
2	≥3	0	-0.04	-0.05	-0.035	-0.015	0

註：若表中未列請用內差法求得。

表5.4.4 收費車道容量調整因素(f_c)

$C_i - C_o$ (輛/時)	收費車道之V/C值			
	≤0.9	1.0	1.1	1.2
-100	0	-0.014	-0.026	-0.040
-50	0	-0.007	-0.013	-0.020
0	0	0.000	0.000	0.000
50	0	0.007	0.013	0.020
100	0	0.014	0.026	0.040

註：若表中未列請用內差法求得。

C_o = 基本容量值 (請參閱圖5-4-2 ~ 圖5-4-5)

C_i = 實際收費車道服務容量

6. 評估第*i*種收費車道之服務水準

利用調整之 $(V/C)_{\max,i}^*$ ，可從圖5-4-2、圖5-4-3、圖5-4-4或圖

5-4-5推估最大流量收費車道之平均等候長度 M_i 。利用所得之平均等候長度 M_i ，從表5.4.1可推估該收費車道之服務水準。至於

⁴ 不同收費車道數之調整值，係先在各車種、基本容量下，改變收費車道數、車流率(對應不同的V/C值)、模擬時間，每一種情況各執行模擬200次，獲得其平均的等候長度值。其次，再與基本狀況比較，即在相同的平均等候長度下，找出V/C值的差異。最後再按原V/C值及車道數分類，求出其差異平均值，即如表5.4.3所示。另收費車道容量調整值之求得方法與前同，其間差異僅在於前者係考慮收費車道數之改變，而本項調整值主要考量在於基本容量之改變，調整值整理結果如表5.4.4所示。

其他同類型收費車道之服務水準，可假設至少與最大流量收費車道之服務水準相同。

7. 估計其他評估指標值

其他評估指標包括平均延滯時間 D_i (秒/輛)、平均停等時間 T_i (秒/輛)，及第85百分位最大等候長度 $M_{85,i}$ 。這些指標可根據平均等候長度 M_i ，分別於圖5-4-7，圖5-4-8及圖5-4-9估計得知。

8. 評估減速停等區之長度

如收費車道之等候長度超過減速停等區之長度，收費站上游入口即有阻塞之可能，在此情況下，即使其他車道尚有空間亦無法利用，因此有必要檢查該區之長度是否足夠。檢查手續包括估計減速停等區所需之長度，並比較減速停等區所需之長度與實際佈設長度。

如第 i 種收費車道都在主線正下方時，減速停等區所需之長度（以公尺為單位）可估計為：

$$(L_u)_r = \beta_i M_{85,i} \quad (4)$$

如第 i 種收費車道最少有一收費車道在主線之右側，則減速停等區所需之長度可估計為：

$$(L_u)_r = \beta_i M_{85,i} + RW_i \quad (5)$$

此公式內 W_i 代表第 i 種收費車道在主線最右側的第一個收費車道距離主線右側邊線的距離（如圖5-4-10所示）。

如所需長度 $(L_u)_r$ 超過實際佈設長度 L_u （以公尺為單位）則在 i 種收費車道的車輛很可能影響其他收費車道之車輛，故若減速停等區長度不足，則表示需要增加一個收費車道，再重新評估整個系統，如圖5-4-6之流程所示。

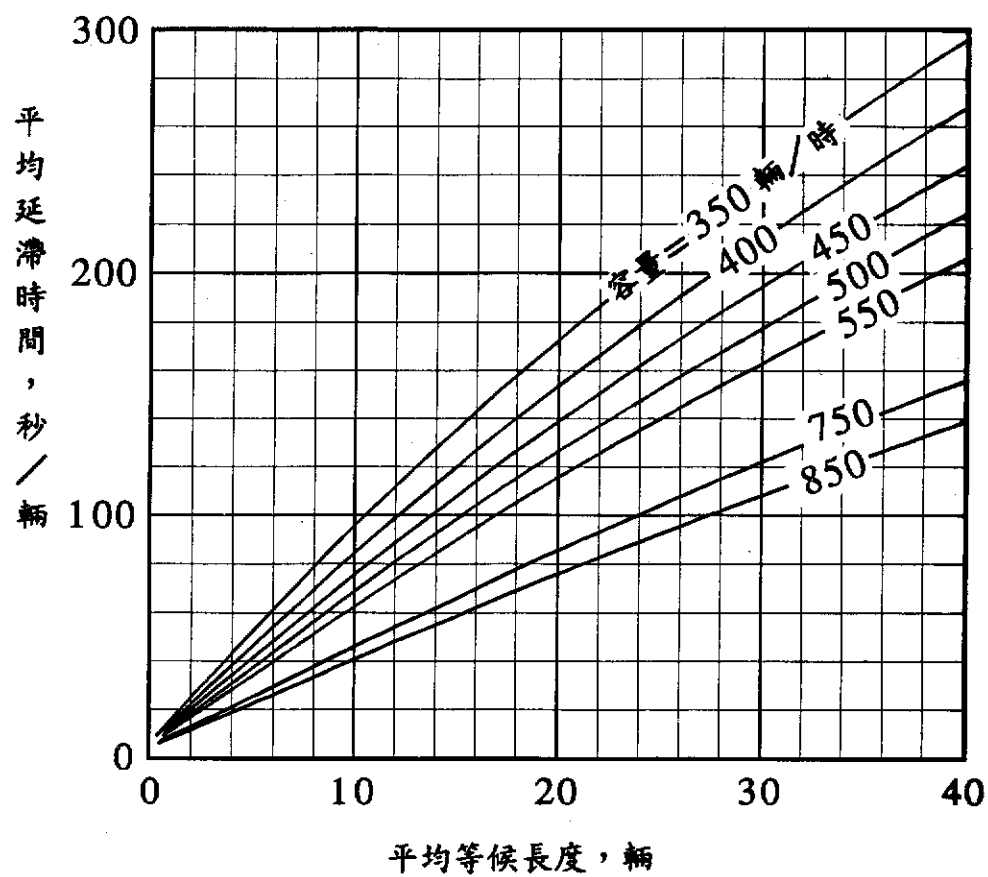


圖5-4-7 不同收費車道容量下平均延滯與平均等候長度關係圖

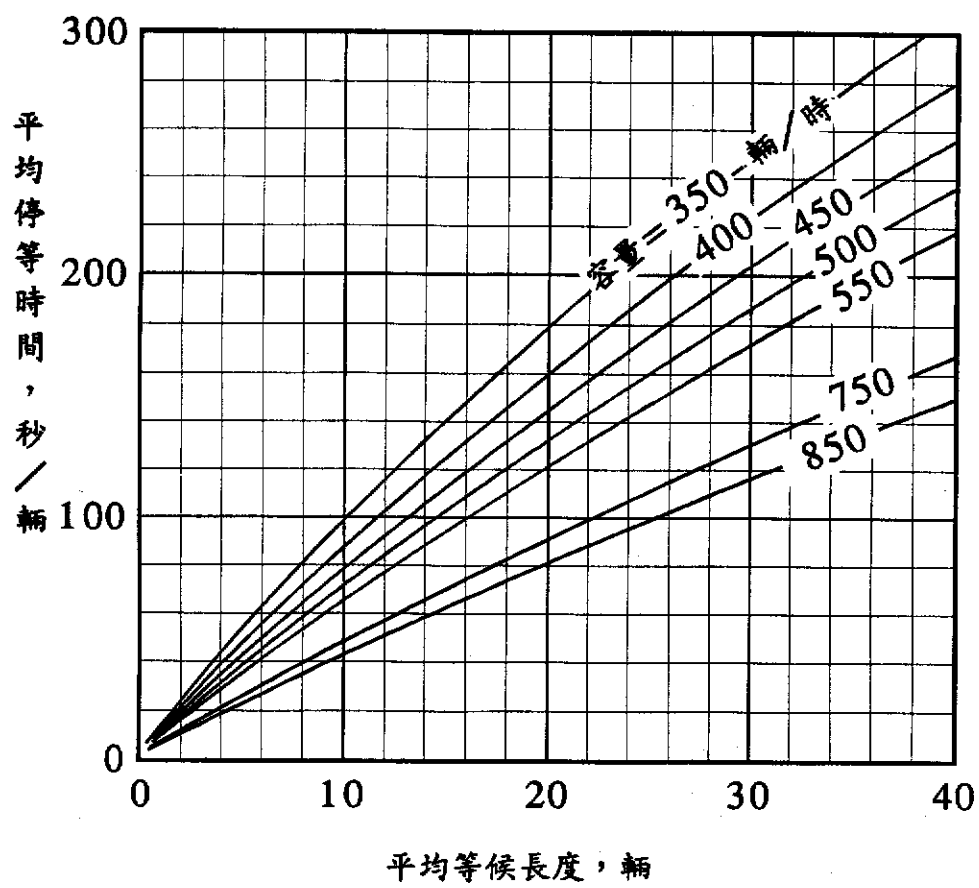


圖5-4-8 不同收費車道容量下平均停等時間與平均等候長度關係圖

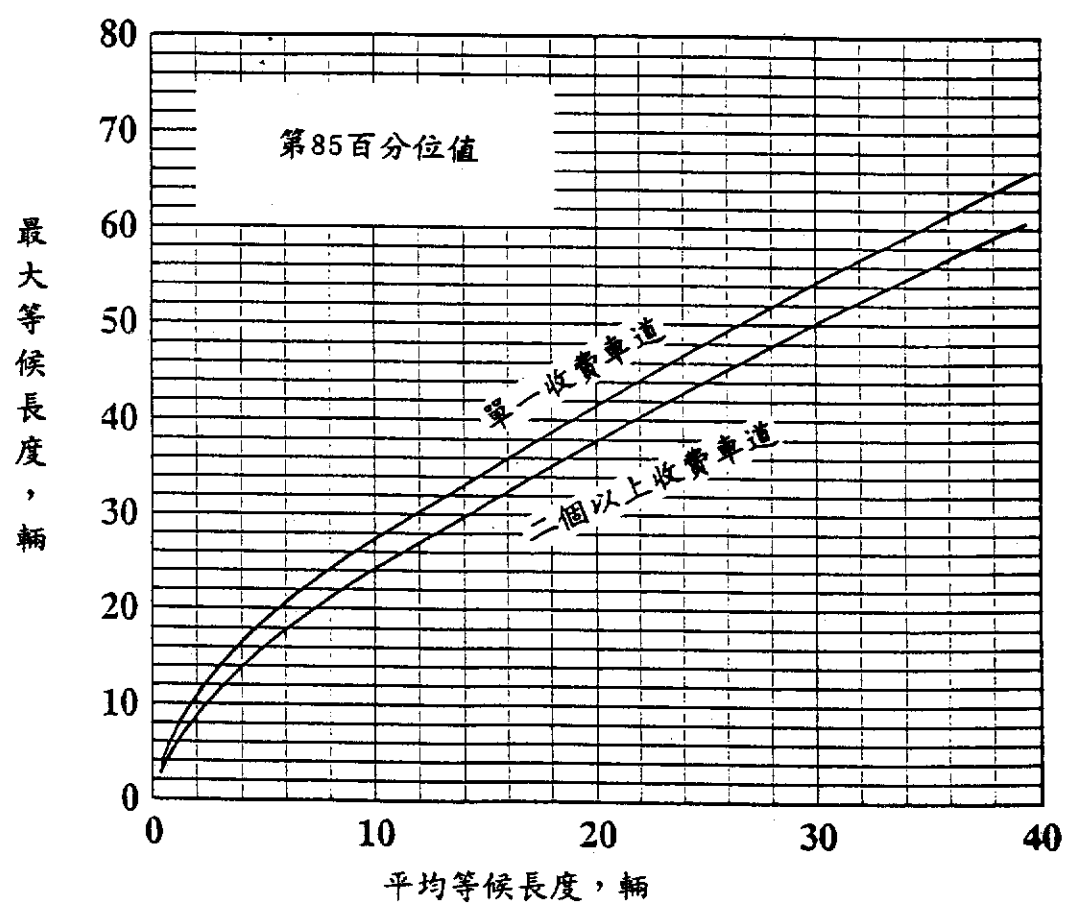


圖5-4-9 最大等候長度與平均等候長度關係圖

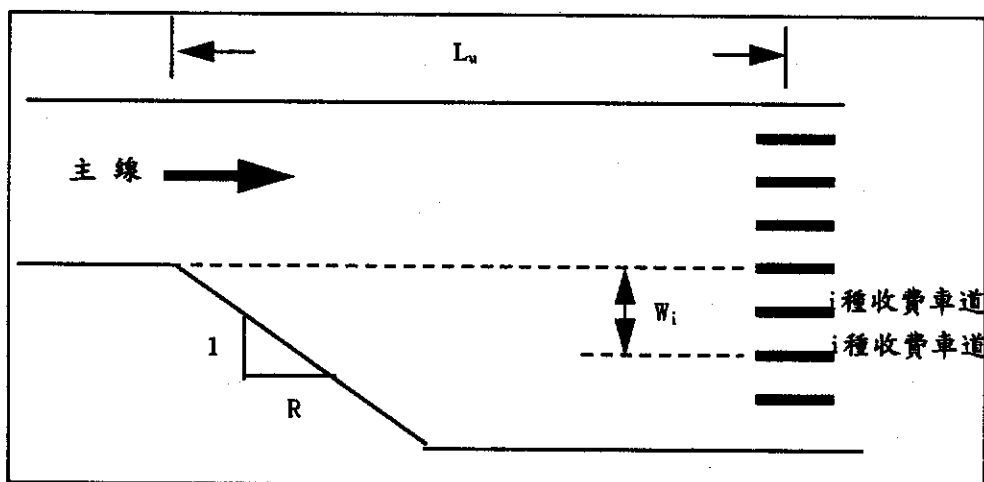


圖5-4-10 第*i*種收費車道之最右側收費車道與主線右邊線之距離

9. 估計通過收費站之平均車速

收費站為高速公路之一部分，為了評估高速公路系統之服務水準，有必要估計通過收費站之平均速率。此工作須先行估計所在減速停等區之平均旅行時間 T_d （秒/輛）及加速區內的旅行時間 T_a （秒/輛）。

在減速停等區內的旅行時間包括在進入收費站入口後減速前之時間、減速之時間及加入停等車隊到離開收費車道之時間。因各收費車道之情況不一，若要很準確的估計旅行時間，須利用繁雜之手續，為了避免困擾，本研究利用下列簡化方法估計平均旅行時間。

首先利用前述步驟所得到每種收費車道在最大流量收費車道之平均等候長度（以輛為單位）之 M_1, M_2, \dots ，推算總平均等候長度為：

$$L_a = \frac{\beta_1 M_1 + \beta_2 M_2 + \dots + \beta_n M_n}{n} \quad (6)$$

此式之 n 代表收費車道種類數目， β_1, β_2, \dots 分別代表第1, 第2, ... 種收費車道車輛佔據車道之平均長度（以公尺為單位）。

如平均等候長度為 L_a (公尺) 大於或等於 L_u 時, 停等車輛回堵到高速公路主線上, 則可以下列公式估算平均旅行時間:

$$T_u = \frac{H_a(M_1 + M_2 + \dots + M_n)}{n} \times \frac{L_u}{L_a} \quad (7a)$$

其中 H_a 為平均服務時間 (以秒為單位), 公式如下:

$$H_a = P_1 \frac{3600}{C_1} + P_2 \frac{3600}{C_2} + \dots + P_n \frac{3600}{C_n} \quad (7b)$$

如平均等候長度為 L_a 小於 L_u 時, 則收費站之長度足夠容納平均等候長度, 此時在減速停等區之旅行時間 T_u (秒/輛) 相對地可估計為:

$$T_u = 3.6 \frac{L_u}{S_u} + \sum_{i=1}^n D_i P_i \quad (8)$$

式8中 S_u 為臨近收費站入口之平均速率, 依實際調查結果約為75公里/時; D_i 為第 i 種收費車道平均延滯時間 (秒/輛); L_u 為減速停等區之長度 (公尺); P_i 是使用 i 種收費車道流量佔總流量之比例。

加速區終點速度 S_d 之大小主要與下游主線起點車輛之併入狀況有關, 假設下游出口主線有 N_d 車道, 而到達出口之流量為 Q_d (輛/時) (到達出口之流量 Q_d 為進入收費站之流量 Q 與收費車道總容量中之較小者, 例如 $Q=4,000$ 輛/時, 收費車道總容量為3,500輛/時, 則 $Q_d=3,500$ 輛/時), 在無收費攔阻的情況下, 該速度 (公里/小時) 可估計為:

$$S_d = 80 - 0.02 \frac{Q_d}{N_d} \quad (9)$$

包括加速的時間, 加速區之每車平均旅行時間 (秒/輛) 大約為:

$$T_d = 3.6 \frac{L_d}{S_d} + \frac{1}{3.6} \frac{S_d}{2\alpha} \quad (10)$$

其中, α 為加速度, 假設為1.8公尺/秒²

根據 T_u 及 T_d ，通過收費站之平均速率 S (公里/小時) 為：

$$S = 3.6 \frac{L_u + L_d}{T_u + T_d} \quad (11)$$

5.4.3.2 簡化之規劃分析(Planning Analysis)

規劃分析的主要目的在於估計每種收費車道所需之收費車道數及加減速區所需之長度，此分析之流程如圖5-4-11所示，流程中各步驟之內容說明如下：

1. 輸入所需資料

簡化之規劃分析所需之資料包括：

- 分析時間長度 (例如15分鐘, 1小時...等)；
- 設計服務水準；
- Q = 從主線進入收費站每小時之總流量，輛/時；
- n = 收費車道之種類；
- P_i = 總流量中利用第 i 種收費車道之比例 ($i=1, 2, \dots$)；
- C_i = 第 i 種收費車道之容量，輛/時/收費車道；
- β_i = 利用第 i 種收費車道車輛在等候時所佔之平均車道長度
(以公尺為單位，建議值：不找零或找零小型車6公尺；
大客車及聯結車18公尺；大貨車11公尺)；
- R ：路寬漸變率。

2. 選擇容許之平均等候長度， M_0 。

根據前述所輸入的服務水準，可利用表5.4.1選擇一適當的平均等候長度 M_0 作為規劃之依據。例如當設計服務水準為D級時，根據表5.4.1可知，其平均等候長度大於4輛車，但不超過6輛車，因此在進行規劃作業時，可採用這個範圍內之任何值，但如經費或土地取得有困難時，可以適用範圍內之最大平均等候長度作為 M_0 值。

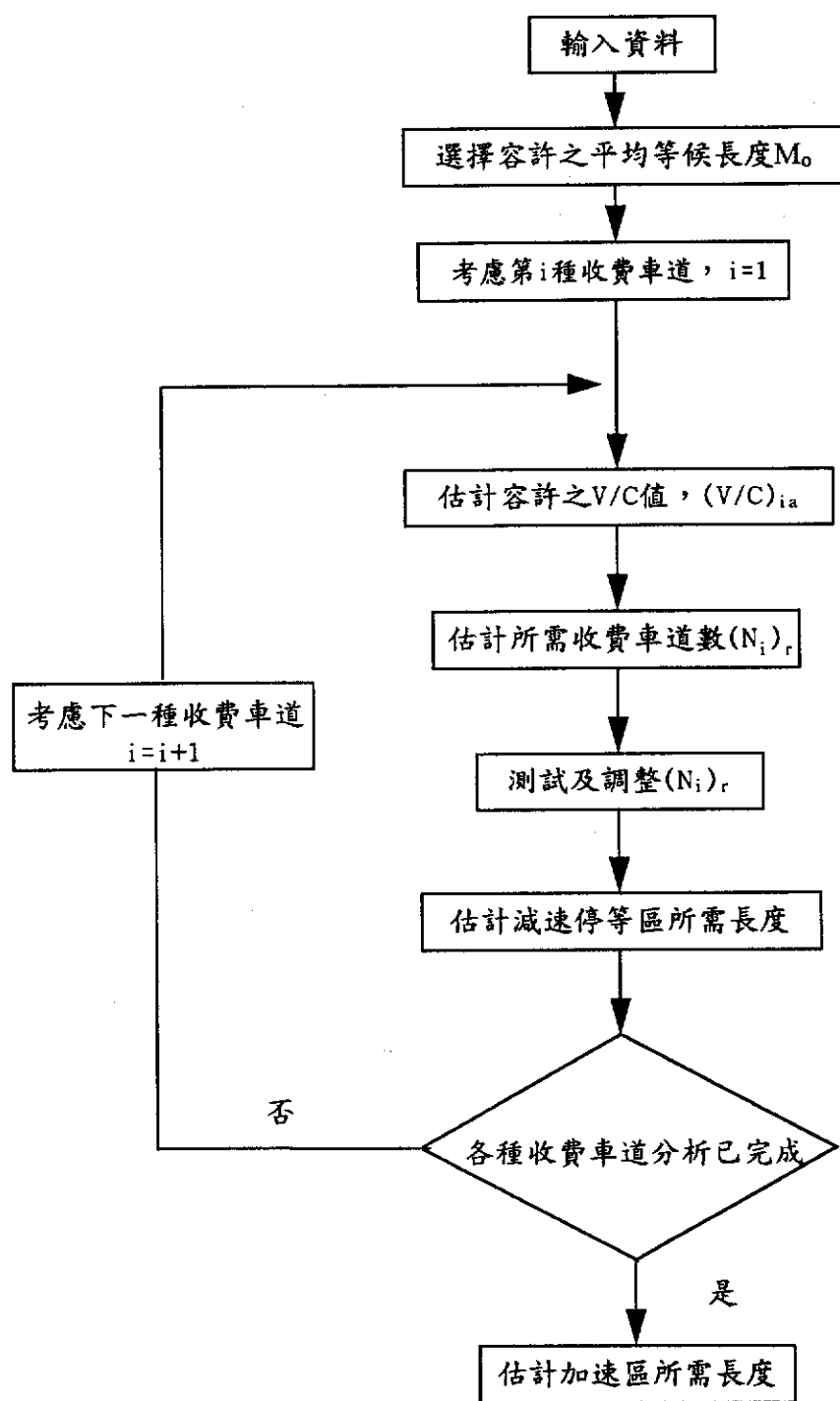


圖5-4-11 簡化之規劃分析流程

3. 估計第*i*種收費車道容許之V/C值, $(V/C)_{ia}$

此步驟係利用容許之平均等候長度 M_0 及圖5-4-2、圖5-4-3、圖5-4-4、圖5-4-5, 估計在基本狀況下第*i*種收費車道容許之V/C值。例如分析時間為2小時, 設計之平均等候長度不能超過6輛車, 在此狀況下, 小型車不找零收費車道容許之V/C值為0.96 (見圖5-4-2)。

4. 估計第*i*種收費車道所需之收費車道數, $(N_i)_r$

假設每收費車道所吸引的流量相同, 則第*i*種收費車道所需之收費車道數可估計為:

$$(N_i)_r = \frac{QP_i}{C_i(V/C)_{ia}} \quad (12)$$

5. 測試及調整 $(N_i)_r$

由於利用公式12所估計之 $(N_i)_r$ 值並未考慮到每收費車道所吸引的流量並不相同, 所以 $(N_i)_r$ 值必須要加以測試, 以免最大流量收費車道的服務水準低於設計服務水準, 測試之步驟如下:

(1) 根據表5.4.2, 利用 $(V/C)_{\max,i}$ 、 $(N_i)_r$ 估計最大流量收費車道之使用率 U_i ,

(2) 利用 U_i 估計最大流量收費車道之流量: QP_iU_i

(3) 利用公式2計算最大流量收費車道之V/C值: $(V/C)_{\max,i}$

(4) 利用表5.4.3推算收費車道數調整因素: f_s

(5) 利用表5.4.4估計收費車道容量調整因素: f_c

(6) 用公式3調整 $(V/C)_{\max,i}$ 為 $(V/C)_{\max,i}^*$

(7) 利用調整之 $(V/C)_{\max,i}^*$ 及圖5-4-2、圖5-4-3、圖5-4-4、圖

5-4-5, 估計最大流量收費車道之平均等候長度, M_i , 若此長度在設計服務水準的長度範圍內 (參見表5.4.1), 則其收費車道數 $(N_i)_r$ 應數需求, 否則收費車道數應增至 $(N_i)_r+1$

6. 估計減速度停等區所需長度

此區域的長度應足夠容納第85百分位最大等候長度，其所需長度可利用公式4或公式5估計，但是在使用此二公式之前，必須先估計最大流量收費車道之平均等候長度 M_i ，如所需之收費車道數 $(N_i)_r$ 在前一步驟不須調整，則 M_i 值等於測試及調整 $(N_i)_r$ 時所估計之值；如 $(N_i)_r$ 須增加為 $(N_i)_r+1$ ，則以 $(N_i)_r+1$ 值，利用上述之測試步驟，重新估計 M_i 值， M_i 值取得後可用圖5-4-9估計第85百分位最大等候長度 $M_{85,i}$ 。不同種類的收費車道可能需要不同長度之減速停等區，但設計長度應以其中最大所需長度為主。

7. 估計加速區所需長度

加速區所需之長度受各方向總收費車道數及路寬漸變率之影響。假設一方向之總收費車道數為 N ，且每一個收費車道寬度為5.5公尺（包括安全島寬），當路寬漸變率為1： R 時，若不考量安全島長，則加速區之所需長度可估計為 $5.5NR$ 。

5.4.4 模擬分析法

由於簡化分析法並不適合分析當流量隨時間變化的狀況，也不能用在分析時間內有車道調撥的情形，且其分析過程只考慮每種收費車道中最大流量的收費車道，而沒有個別收費車道之分析，所以僅能得到概估值，電腦模擬分析法可克服上述簡化分析法之缺點與限制。

TPS模式可用於規劃分析及作業分析，如圖5-4-12所示。其中規劃分析之程序說明如下：

1. 首先訂定設計服務水準、收費車道之種類及預測車流之特性。

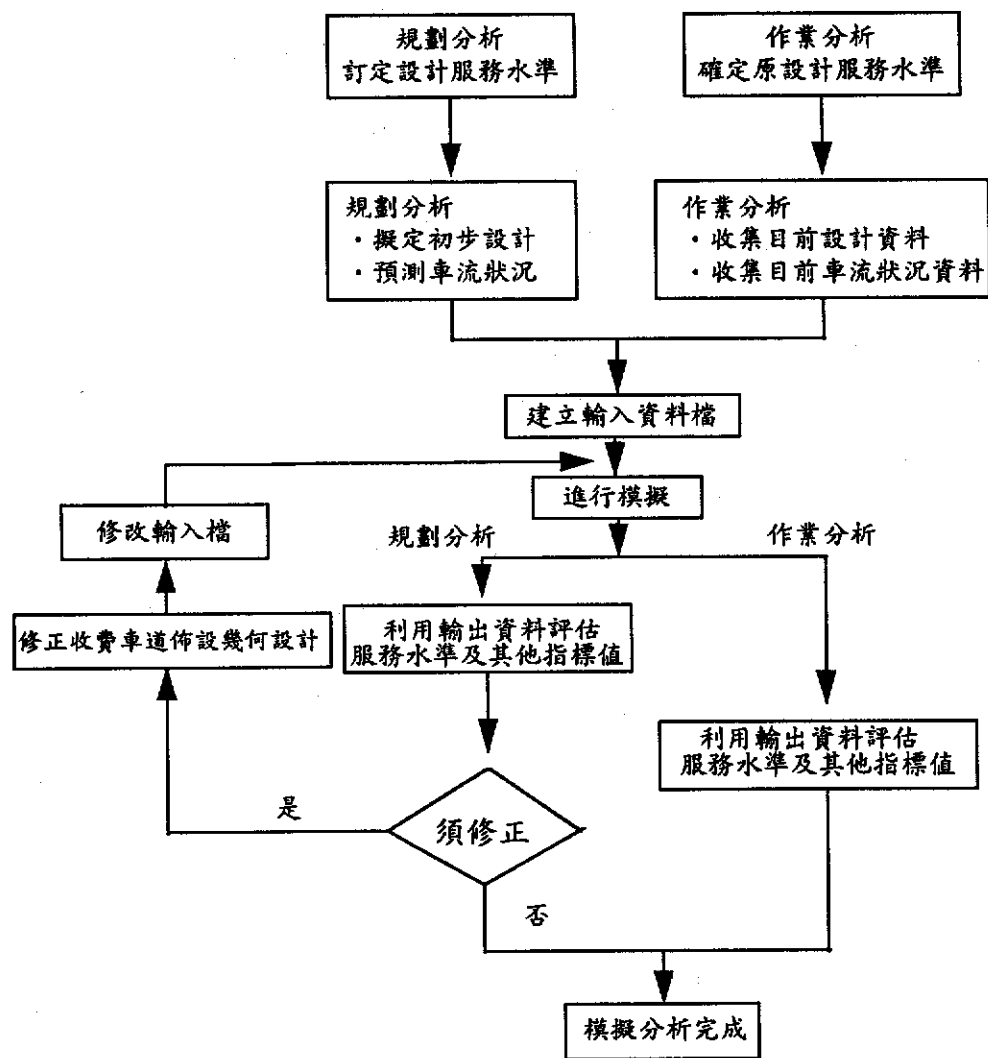


圖5-4-12 模擬之分析流程

2. 其次擬定收費站之初步收費車道佈設與幾何設計；包含每種收費車道之收費車道數、收費車道與上游主線之相關位置、減速停等區長度、加速區長度、路寬漸變率及上、下游主線車道數等。
3. 利用上述資料建立一輸入資料檔（附錄中對於資料檔之建立有詳細的說明）。
4. 進行模擬。
5. 模擬之結果可得到每個收費車道之V/C值、平均延滯、平均停等時間、平均等候長度、平均最大等候長度、第85百分位最大等候長度、調撥之必要及時間、服務水準、下游主線車道是否足夠，及通過收費站之平均速率等資料。目前TPS模式尚未考慮下游車流回堵對收費站之影響，此缺陷可在將來對高速公路車流特性有較完整之資料後再補充。TPS模式之輸出資料檔在附錄有詳細之說明。使用者可參考TPS模式之輸出資料修改收費站之佈設，例如某種收費車道之服務水準高於其設計服務水準太多時，其收費車道數目可減少，反之則須增加。此外，亦可根據其他輸出資料，修正收費站之幾何設計。
6. 若原本之收費車道佈設或幾何設計須修正，可利用修正後之狀況再重新建立輸入資料檔，重覆上述第4及第5步驟，直到使用者滿意修正後之收費車道佈設及幾何設計為止。

利用TPS模式進行作業分析的程序較規劃分析簡便，因為進行作業分析時，收費車道佈設、幾何設計及作業方式均為固定，所以只須模擬一次。其分析程序說明如下：

1. 首先確定原設計服務水準。
2. 利用收費站收費車道佈設、幾何設計及車流狀況等資料建立一輸入資料檔。
3. 進行模擬。

4. 模擬之結果可得到每個收費車道的服務水準。將此服務水準與設計服務水準比較，以作為修正現況幾何設計及作業方式之參考。

目前之 TPS 模式主要係供 PC 電腦使用。在使用之前須先建立一輸入資料檔，該資料檔應以 DOS 之文字檔撰寫，存在 tps.dat 檔名之下，進行模擬時須有 TPS 模式之執行檔（executable file）。此執行檔之檔名為 tps.exe，輸入資料檔之範例包括於本章附加之磁片中。有輸入檔及執行檔時，只要在 DOS 之環境下在 C:\後，鍵入 tps 就可進行模擬，有關 TPS 模式之輸入及輸出檔請參閱附錄。

5.5 應用例題

例題一：簡化之作業分析

假設：一收費站有四種收費車道，其收費車道之安排如圖5-5-1所示，上游主線進入收費站之總流量為 $Q=3,200$ 輛/時，各種收費車道之容量(C_i)，吸引流量之比重(P_i)，平均每車所佔車道長度(β)，及其他有關之輸入值列在表5.5.1。

評估：作業時間1小時之情況下各種收費車道之服務水準及有關幾何設計。

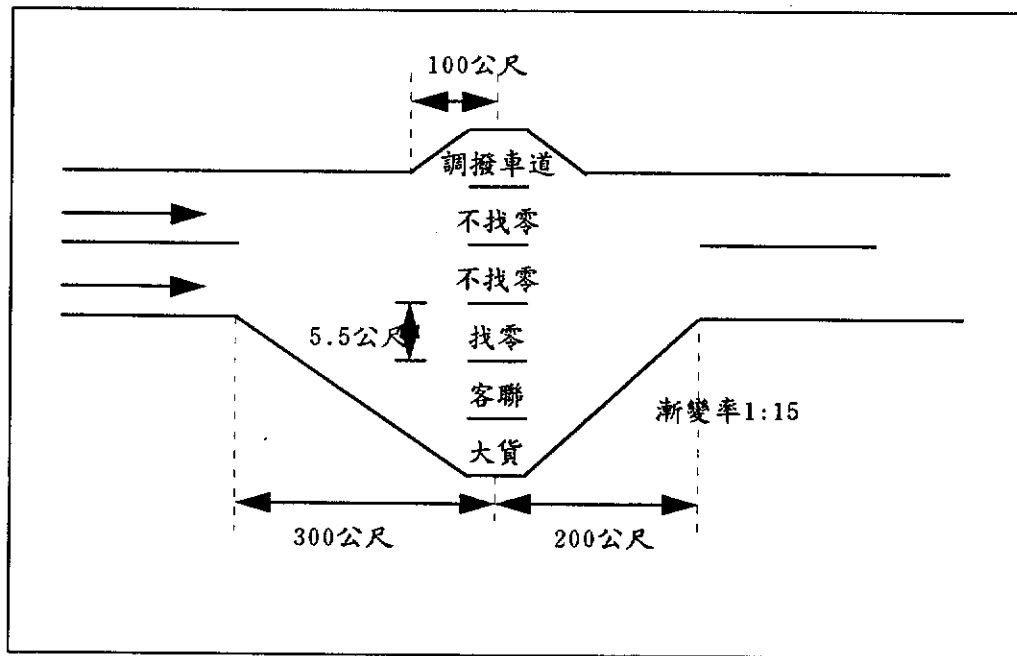


圖5-5-1 假設之收費站配置示意圖

表5.5.1 例題一之輸入值及計算值

輸入：Q=3,200輛/時； $(Lu)_r=300$ 公尺； $L_d=200$ 公尺； $N_d=2$ 車道；R=15

項目	收費車道種類，i			
	不找零	找零	客聯車	大貨車
輸入： N_i (收費車道數)	3	1	1	1
C_i (容量，輛/時)	800	500	450	500
P_i (流量比重)	0.70	0.15	0.05	0.10
β_i (每車佔有長度，公尺)	6	6	18	11
$(V/C)_i$ (公式1)	0.93	0.96	0.36	0.64
U_i (表5.4.2)	0.34	1.00	1.00	1.00
$(V/C)_{\max,i}$ (公式2)	0.95	0.96	0.36	0.64
調整 $(V/C)_{\max,i}$				
N_0 (基本收費車道數，圖5-4-2~5-4-5)	2	1	1	1
f_g (表5.4.3)	-0.05	0	0	0
C_0 (基本容量，圖5-4-2~5-4-5，輛/時)	775	450	490	500
$C_i - C_0$ (輛/時)	25	50	-40	0
f_c (表5.4.4)	0.002	0.003	0	0
$(V/C)^*_{\max,i}$ (公式3)	0.90	0.96	0.36	0.64
M_i (平均等候長度，圖5-4-2~5-4-5，輛)	2.5	7.3	0.4	1.0
服務水準 (表5.4.1)	C	E	A	A或B
D_i (平均延滯，圖5-4-7，秒/輛)	15	50	8	12
$M_{ss,i}$ (圖5-4-9，輛)	11	23	4	7
$(Lu)_r$ (公式4，公尺)	66			
$(Lu)_r$ (公式5，公尺)		221	237	325
平均速度，公里/小時				
L_a (公式6，公尺)	$(6 \times 2.5 + 6 \times 7.3 + 18 \times 0.4 + 11 \times 1.0) / 4 = 20$			
T_u (公式8，秒/輛)	$3.6 \times 300 / 75 + (21 \times 0.7 + 50 \times 0.05 + 8 \times 0.15 + 12 \times 0.1) = 34$			
Q_d (表5.5.2，輛/時)	3,200			
S_d (公式9，公里/小時)	$80 - 0.02 \times 3,200 / 2 = 48$			
T_d (公式10，秒/輛)	$3.6 \times 200 / 48 + 48 / 13 = 18.7$			
S (公式11，公里/小時)	$3.6 (300 + 200) / (34 + 18.7) = 34$			

此例題所需之計算工作也列於表5.5.1。計算之順序依表例之順序利用表、圖或公式以求得所需之值，此表之計算值有兩處須加說明，第一處在求所需之減速停等區長度(L_u)時，因為不找零之收費車道幾乎全部在主線正下方（除了臨時之調撥收費車道外），所以不找零收費車道之值(L_u)是以公式4求得，而其他各種收費車道皆在主線右側，其各別之(L_u)值以公式5求得。

另一須說明之處在估計通過收費站之平均速度，此估計之工作須先估計到達下游主線之流量，此流量等於從收費亭流出之流量。其估計手續如表5.5.2所示。

表5.5.2 估計下游主線流量(Q_d)

收費車道 種類	總容量 (輛/時)	到達流量 (輛/時)	離開流量 (輛/時)
不找零	$3 \times 800 = 2,400$	$3,200 \times 0.7 = 2,240$	2,240
找零	$1 \times 500 = 500$	$3,200 \times 0.15 = 480$	480
客聯車	$1 \times 450 = 450$	$3,200 \times 0.05 = 160$	160
大貨車	$1 \times 500 = 500$	$3,200 \times 0.1 = 320$	320
總離開流量 $Q_d = 2,240 + 480 + 160 + 320 = 3,200$			
到達下游主線之流量 = 總離開流量 = 3,200輛/時			

在表5.5.2中每種收費車道之總容量等於各收費車道數乘以其容量，到達每種收費車道之流量等於總流量 Q 乘以每種收費車道所吸引之比重 P_i ，能從各種收費車道流出之流量是總容量或到達流量之最小值，總流出率則為能從各收費車道流出之流量和。

由表5.5.1之數值顯示不找零及找零收費車道之服務水準，以流量最高之收費車道而言，分別為C級與E級。客聯車收費車道之服務水準為A級。大貨車之服務水準則在A級B級之邊界，延滯時間以找零收費車道最長，大約在每車50秒左右。以容納各種收費車道第85百分位

最長等候長度為基準，減速停等區之長度應有325公尺，但實際長度只有300公尺，由於325公尺係計算出的大貨車所需長度，所以大貨車於進入站區時，因其等候長度太長，有時可能會擋住其他進入站區之車輛，使得進入站區時速度會降低，至於通過收費站之平均速度時只有34公里／時左右。

例題二：簡化之規劃分析

假設：15年後某一新設之收費站，預期在2小時尖峰時間內須容納3,200輛/時之流量，此流量有70%通過不找零收費車道，15%通過找零收費車道，5%通過客聯車收費車道，另10%通過大貨車收費車道，此新站之服務水準不能低於C級。

問題：估計每種收費車道所需之收費車道數。

根據所須維持之C級服務水準，最大之容許等候長度可從表5.4.1得知，為 $M_0=4$ 輛車，基此容許之等候長度，可利用圖5-4-2到圖5-4-5估計每種收費車道能容許之 V/C 值， $(V/C)_{10}$ 。利用這些平均之 V/C 值可初步估計所需之收費車道數，由表5.5.3可發現，不找零收費車道約需3個，客聯車及大貨車各需一收費車道，找零小車明顯地需要2收費車道。於此例中，找零之收費車道暫訂為1，當做初步設計值。初步設計值決定後須測試這初步設計是否能接受，所以必須估計各種收費車道容量最高者之服務水準。經由作業分析之分析過程，會發現一個找零收費車道不能維持C級之服務水準，所以收費車道必須增為2個，如依表5.5.1之程序修改後之設計無須再測試。除了估算各種收費車道之數目外，公式4、5及其他有關之公式及圖表也可用以估計減速停等區所需之長度，下游主線所需之車道數，及加速區所需之長度。

表 5.5.3 例題二之輸入值及計算值

輸入：服務水準C級；流量 $Q=3,200$ 輛/時				
容許等候長度，表5.4.1： $M_0=4$ 輛				
項目	收費車道種類， i			
	不找零	找零	客聯車	大貨車
輸入： C_i (容量，輛/時)	800	500	450	500
P_i (流量比重)	0.70	0.15	0.05	0.10
$(V/C)_{ia}$ (圖5-4-2~圖5-4-5)	0.94	0.91	0.90	0.90
$(N_i)_r$ (所需收費車道數，公式12)	3.0	1.1	0.4	0.7
初步設計值， N_i	3	1	1	1
測試 (無調撥)				
U_i (表5.4.2)	0.34	1.00	1.00	1.00
$(V/C)_{\max,i}$ (公式2)	0.95	0.96	0.36	0.64
調整 $(V/C)_{\max,i}$				
N_0 (圖5-4-2~圖5-4-5)	2	1	1	1
f_g (表5.4.3)	-0.05	0.00	0.00	0.00
C_0 (圖5-4-2~圖5-4-5，輛/時)	775	450	490	500
$C_i - C_0$	25	50	-40	0
f_c (表5.4.4)	0.00	0.03	0.00	0.00
$(V/C)^*_{\max,i}$ (公式3)	0.90	0.96	0.36	0.64
M_i (圖5-4-2~圖5-4-5，輛)	2.8	8.0	0.4	1.1
服務水準	C	E	A	B
修改設計 M_i	3	2	1	1

例題三：模擬作業分析

假設：一收費站如例題一所形容，調撥車道已開啓很久。

評估：作業時間1小時之情況下，之服務水準及有關之幾何設計。

此問題如以TPS模式分析則其輸入檔如表5.5.4所示，此輸入檔只分析，分析時利用50個模擬之simulation run，其個別之流量一樣，但車間距及車輛到達順序不同，模擬之熱機 (warm-up) 時間設為5分鐘 (300秒)，作業時間是1小時，將其劃分成12時段，每時段為300

秒，所以全部模擬時間是13個時段，共計3,900秒。此外並假設每個段落之流量都一樣（不隨時間而變化）。

模擬之輸出檔如表5.5.5所示。自表中可發現找零收費車道（第3收費車道）之服務水準很低，只有E級。上游減速停等區之長度夠長，下游主線之車道數足夠應付自收費亭離開之車輛，但加速區長度不夠，應增長到412公尺左右，通過收費站之平均車速只有35.5公里/小時。

表 5.5.4 例題三之輸入檔

1	欲模擬之方向數
50	欲模擬之次數
34528 54321 98785 66432	產生亂數之種子
1	選擇 0 或 1
1	設定實際之到達型態及服務時間之分佈【固定值1，請勿更改】
13 300	模擬之時段數，每時段之時間長度(秒)
1	熱機時段數
800 500 450 500	各型收費車道之容量(輛/時;按型1(不找零小型車),型2(找零小型車),型3(客聯車),型4(大貨車)之順序)
6 6 18 11	利用各收費車道之車輛平均車長(公尺;按收費車道型式1,2,3,...之順序)
3200	上游平均流量(輛/時)
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	各時段流量與平均流量之比值
2 4	主線車道數,車種數
0.7 0.15 0.05 0.1	各車種組成比例(依車種1,2,3,4之順序)
1 2 3 4	不同車種使用之收費車道型式(按車種1,2,3,4之順序,填列其相對之收費型式)
5	模擬之收費車道數(不包括調撥收費車道數)
4 3 2 1 1	各收費車道之收費型式(由右向左填列各收費車道之收費型式)
1 1 1 2 2	收費車道區位編號(由右向左填列各收費車道之區位編號,其中1代表主線右方,2代表主線正下方,3代表主線左方(通常調撥車道屬此類))
4 5	各主線車道正下方收費車道之編號(由右向左自1開始給予車道編號)
300 200 15	收費站上半部之長度,下半部之長度(公尺),漸變率
2	收費站下游主線車道數
0 0 1 0	尋求調撥時機,車隊長度,調撥車道數,調撥啓始或關閉時間(秒)
100	調撥收費車道前之車道長度(公尺)
0 0	選擇是否列印 (1=列印,0=不列印),欲列印之收費車道編號
2	列印型式(1=詳細列印各樣本,2=只列印樣本平均值)

表 5.5.5 例題三之輸出檔

***** 方向 1 *****

有效模擬時間 = 3600. 秒

收費車道 1 = 大貨車車道
 收費車道 2 = 客聯車車道
 收費車道 3 = 找零小型車車道
 收費車道 4 = 不找零小型車車道
 收費車道 5 = 不找零小型車車道
 收費車道 6 = 不找零小型車車道

*****樣本平均值與標準差*****

收費 車道	流量 (輛/時)	容量 (輛/時)	V/C	平均延滯 (秒/輛)	平均 停等時間 (秒/輛)	平均 等候長度 (輛)	平均最大 等候長度 (輛)	樣本數
1	325.	501.	0.650	13.7	12.5	1.1	6	31
			標準差	1.9	2.1	0.2	2.4	
2	159.	450.	0.354	9.1	6.5	0.3	2	23
			標準差	0.6	0.8	0.0	1.2	
3	494.	504.	0.981	53.8	55.4	7.6	1.9	41
			標準差	22.6	23.7	3.4	7.2	
4	776.	799.	0.971	14.7	14.7	3.2	8	43
			標準差	1.5	1.7	0.4	1.6	
5	781.	802.	0.974	14.8	15.1	3.3	9	43
			標準差	1.5	1.6	0.3	1.7	
6	665.	800.	0.831	9.7	8.9	1.6	6	32
			標準差	1.2	1.4	0.3	2.0	

第85百分位最大等候長度=1.13×平均最大等候長度

收費站上游部份長度，公尺

收費車道	服務水準	所需長度	可用長度
1	B	292.9	300.0
2	A	172.7	300.0
3	E	173.8	300.0
4	C	54.2	300.0
5	C	61.0	300.0
6	B	40.7	300.0

下游主線車道數是足夠的！

***** 加速區長度 *****

實際長度(公尺) = 200.000

漸變率 1: 15.0000

所需最短長度(公尺) = 412.500

實際長度可能過短！

通過收費站之平均速度= 35.5 (公里/小時)

例題四：模擬作業分析

假設例題三之調撥車道在模擬開始後15分鐘（900秒）才啓用，則所需之輸入檔如表5.5.6所示，與表5.5.4中之輸入檔資料之不同在於第21列之資料，表5.5.4之第21列爲（0 0 1 0），表示有增加一調撥車道，而且此車道在模擬一開始時即啓用，表5.5.6中第21列之值爲（0 0 1 900），表示有增加一調撥車道，於模擬開始後900秒才啓用。表5.5.6相對應之輸出檔如表5.5.7所示，比較表5.5.5與表5.5.7，可知不找零收費車道及找零收費車道（收費車道3至6），調撥車道開始較慢者，其服務水準較差，如收費車道4（不找零）之平均等候長度更從原來的3.2輛增到26.6輛，大幅增加之主要原因在調撥車道沒開放時，兩個不找零之收費車道總容量1,600輛/時必須容納 $3,200 \times 0.7 = 2,240$ 輛/時；收費車道3（找零）之平均等候長度由原7.6車（表5.5.5）增爲18.7車（表5.5.7），增加之主要原因在於很多的不找零車輛因等候車輛太多，而轉到找零收費車道。

表 5.5.6 例題四之輸入檔

1 欲模擬之方向數
50 欲模擬之次數
34528 54321 98785 66432 產生亂數之種子
1 選擇0 或 1
1 設定實際之到達型態及服務時間之分佈【固定值1，請勿更改】
13 300 模擬之時段數，每時段之時間長度(秒)
1 熱機時段數
800 500 450 500 各型收費車道之容量(輛/時;按型1(不找零小型車),型2(找零小型車),型3(客聯車),型4(大貨車)之順序)
6 6 18 11 利用各收費車道之車輛平均車長(公尺;按收費車道型式1,2,3,...之順序)
3200 上游平均流量(輛/時)
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 各時段流量與平均流量之比值
2 4 主線車道數,車種數
0.7 0.15 0.05 0.1 各車種組成比例(依車種1,2,3,4之順序)
1 2 3 4 不同車種使用之收費車道型式(按車種1,2,3,4之順序，填列其相對之收費型式)
5 模擬之收費車道數(不包括調撥收費車道數)
4 3 2 1 1 各收費車道之收費型式(由右向左填列各收費車道之收費型式)
1 1 1 2 2 收費車道區位編號(由右向左填列各收費車道之區位編號，其中1代表主線右方，2代表主線正下方，3代表主線左方(通常調撥車道屬此類))
4 5 各主線車道正下方收費車道之編號(由右向左自1開始給予車道編號)
300 200 15 收費站上半部之長度,下半部之長度(公尺)，漸變率
2 收費站下游主線車道數
0 0 1 900 尋求調撥時機,車隊長度，調撥車道數，調撥啓始或關閉時間(秒)
100 調撥收費車道前之車道長度(公尺)
0 0 選擇是否列印 (1=列印,0=不列印),欲列印之收費車道編號
2 列印型式(1=詳細列印各樣本,2=只列印樣本平均值)

表 5.5.7 例題四之輸出檔

***** 方向 1 *****

有效模擬時間 = 3600. 秒

收費車道 1 = 大貨車車道
 收費車道 2 = 客聯車車道
 收費車道 3 = 找零小型車車道
 收費車道 4 = 不找零小型車車道
 收費車道 5 = 不找零小型車車道
 收費車道 6 = 不找零小型車車道

*****樣本平均值與標準差*****

收費車道	流量 (輛/時)	容量 (輛/時)	V/C	平均延滯 (秒/輛)	平均 停等時間 (秒/輛)	平均 等候長度 (輛)	平均最大 等候長度 (輛)	樣本數
1	325.	501.	0.650	13.7	12.5	1.1	6	31
			標準差	1.9	2.1	0.2	2.4	
2	159.	450.	0.354	9.1	6.5	0.3	2	23
			標準差	0.6	0.8	0.0	1.2	
3	512.	508.	1.007	126.0	131.2	18.7	32	23
			標準差	20.6	31.4	4.6	6.4	
4	777.	800.	0.972	115.7	123.5	26.6	64	42
			標準差	28.3	30.4	6.5	9.1	
5	780.	802.	0.973	117.0	125.0	27.0	65	43
			標準差	25.6	27.5	5.8	8.3	
6	775.	800.	0.969	41.2	43.0	9.3	14	37
			標準差	6.6	7.3	1.8	1.0	

第85百分位最大等候長度=1.13×平均最大等候長度

收費站上游部份長度，公尺

收費車道	服務水準	所需長度	可用長度
1	B	292.9	300.0
2	A	172.7	300.0
3	F	262.0	300.0
4	F	433.9	300.0
5	F	440.7	300.0
6	E	94.9	300.0

上游長度太短！

下游主線車道數是足夠的！

***** 加速區長度 *****

實際長度(公尺) = 200.000

漸變率 1: 15.0000

所需最短長度(公尺) = 412.5

實際長度可能過短！

通過收費站之平均速度= 15.8 (公里/小時)

參考文獻

1. Fenichell, D., Alling, P., Douglas, M., and Klein, G., Electronic Toll Collection - Technology Update and Market Analysis, Waters Information Services, Inc., Binghamton, N.Y., 1994.
2. 交通部運輸研究所，「台灣地區公路容量手冊」，民國80年5月。
3. Lin, F. B., A Methodology for Level-of-Service Analysis of Toll Plaza on Freeway Main Lines, Report Prepared for Institute of Transportation, Ministry of Transportation and Communications, Oct. 1994.
4. Lin, F. B., et al., " A Methodology for Level-of-Service Analysis of Toll Plazas on Freeway Main Lines," Transportation Planning Journal, Vol.24, No.2, June 1995, pp.97-130.
5. 台灣區高速公路工程局，南北高速公路細部設計圖（台中—嘉義段），圖號 SHEET TA-1。
6. 張家祝等，高速公路交通特性分析與基本容量訂定，交通部運輸研究所，76-49-132，民國76年。
7. Pietrzyk, M. C., and Mierzejewski, E. A., Electronic Toll and Traffic Management (ETTM) Systems, National Cooperative Highway Research Program, Synthesis of Highway Practice 194, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 1993.

附錄 輸入資料檔TPS.DAT之建立

輸入資料檔之檔名為TPS.DAT，有關輸入檔建立之手續請參見表A.1之範例。使用者若遭遇到任何困難時，請與交通部運輸研究所運計組聯絡（電話：02-3496806；傳真02-5450428）。輸入檔之建立說明如下：

表A.1 TPS 中文輸入格式範例

（範例中各列輸入值之前所標示之第X列係方便說明各列之使用所加，在輸入檔中並不出現，請使用者注意。）

第 1列	1	欲模擬之方向數
第 2列	20	欲模擬之次數 ※※※ 第一方向 ※※※
第 3列	34528 54321 98785 65432	產生亂數之種子
第 4列	1	選擇0 或 1
第 5列	1	設定實際之到達型態及服務時間之分佈【固定值1，請勿更改】
第 6列	5 200	模擬之時段數，每時段之時間長度(秒)
第 7列	1	熱機時段數
第 8列	800 500 450 500	各型收費車道之容量(輛/時;按型1(不找零小型車),型2(找零小型車),型3(客聯車),型4(大貨車)之順序)
第 9列	4.5 4.5 16.5 9.4	利用各型收費車道之平均車長(公尺;按型1,2,3,...之順序)
第10列	2500	上游平均流率(輛/時)
第11列	1 1 1 1 1	各時段流率與平均流率之比值
第12列	2 4	主線車道數,收費車種數
第13列	0.7 0.15 0.05 0.1	各車種組成比例(依車種1,2,3,4之順序)
第14列	1 2 3 4	不同車種使用之收費車道型式(按車種1,2,3,4之順序,填列其相對之收費型式)
第15列	5	模擬之收費車道數(不包括調撥收費車道數)
第16列	4 3 2 1 1	各收費車道之收費型式(由右向左填列各收費車道之收費型式)
第17列	1 1 1 2 2 2	收費車道區位編號(由右向左填列各收費車道之區位編號,其中1代表主線右方,2代表主線正下方,3代表主線左方(通常調撥車道屬此類))
第18列	4 5	各主線車道正下方收費車道之編號(由右向左自1開始給予車道編號)
第19列	300 200 12	收費站上半部之長度,下半部之長度(公尺),漸變率
第20列	2	收費站下游主線車道數
第21列	1 10 0 0	尋求調撥時機,車隊長度,調撥車道數,調撥啓始或關閉時間(秒)
第22列	100	調撥收費車道前之車道長度(公尺)
第23列	0 0	選擇是否列印 (1=列印,0=不列印),欲列印之收費車道編號
第24列	1	列印型式(1=詳細列印各樣本,2=只列印樣本平均值)

表A.1 TPS 中文輸入格式範例 (續)

第25列	20	欲模擬之次數	※※※ 第二方向 ※※※
第26列	34528 54321 98785 65432	產生亂數之種子	
第27列	0	選擇0 或 1	
第28列	1	設定實際之到達型態及服務時間之分佈【固定值1,請勿更改】	
第29列	5 200	模擬之時段數, 每時段之時間長度(秒)	
第30列	1	熱機時段數	
第31列	775 450 500 500	各型收費車道之容量(輛/時;按型1(不找零小型車),型2(找零小型車),型3(客聯車),型4(大貨車)之順序)	
第32列	4.5 4.5 16.5 9.4	利用各型收費車道之平均車長(公尺;按型式1,2,3,...之順序)	
第33列	3500	上游平均流率(輛/時)	
第34列	0.7 1.1 1.2 1.0 1.0	各時段流率與平均流率之比值	
第35列	2 2	主線車道數,收費車種數	
第36列	0.8 0.2	各車種組成比例(按車種1,2,3,4之順序)	
第37列	1 2	不同車種使用之收費車道型式(按車種1,2,3,4之順序,填列其相對之收費型式)	
第38列	5	模擬之收費車道數(不包括調撥收費車道數)	
第39列	2 1 1 1 1	各收費車道之收費型式(由右向左填列各收費車道之收費型式)	
第40列	1 1 1 2 2	收費車道區位編號(由右向左填列各收費車道之區位編號,其中1代表主線右方,2代表主線正下方,3代表主線左方(通常調撥車道屬此類))	
第41列	4 5	各主線車道正下方收費車道之編號(由右向左自1開始給予車道編號)	
第42列	350 150 12	收費站上半部之長度,下半部之長度(公尺), 漸變率	
第43列	2	收費站下游主線車道數	
第44列	1 10 0 0	尋求調撥時機,車隊長度,調撥車道數, 調撥啓始或關閉時間(秒)	
第45列	100	調撥收費車道前之車道長度(公尺)	
第46列	0 0	選擇是否列印 (1=列印,0=不列印),欲列印之收費車道編號	
第47列	2	列印型式(1=詳細列印各樣本,2=只列印樣本平均值)	

第1列 1 欲模擬之方向數

1. 本列輸入值係提供使用者設定欲模擬之方向數。輸入值可選擇 1 或 2。
2. 當輸入值為 1 時，程式僅模擬收費站單一方向之運作績效，此時程式將自動讀取輸入檔資料中第一方向，即第 2 列至第 24 列之數值，進行模擬，第 25 列以後之數值不用輸入。
3. 當輸入值為 2 時，程式將輪流模擬收費站雙向之運作績效，此時程式將自動讀取輸入檔資料中第 2 列至第 47 列之所有數值，進行模擬；其中第 2 列至第 24 列之數值係第一方向之模擬狀況設定資料，第 24 列至第 47 列係第二方向之模擬狀況設定資料。

第2列 20 欲模擬之次數

1. 本列輸入值係提供設定收費站第一方向欲執行模擬程式之次數。
2. 每次模擬，程式將自動改變亂數產生之種子(seed number)，並透過不同的亂數種子產生出不同之亂數，製造出不同車輛到達的分佈以進行模擬。(參見第 3 列)
3. 若每次模擬所產生之服務流量值與設定之服務流量值(第 8 列數入值)相差每小時 15 輛以上，則該次模擬之結果，程式將自動不予納入所接受之樣本。
4. 模擬次數之多寡，並無設限，但建議最好至少 40。若經接受所產生之樣本數太小(小於 10)，則可酌量增加本輸入值。

第3列 34528 54321 98785 65432 產生亂數之種子

1. 本列輸入值係設定產生亂數之種子。
2. 所需設定的亂數產生種子共四個，每個數值建議最好為 4 或 5 位數，使用者可自行設定不同之亂數產生種子，另每個數值的最後一位數儘量避免用 0 (如 34520)。

第4列 1 選擇 0 或 1

1. 本列輸入值係提供選擇是否將已產生的亂數序列予以倒序，而進行模擬。輸入值可選擇 0 或 1。
2. 當選擇輸入值為 0 時，代表不將產生的亂數序列加以倒序。

3. 當選擇輸入值為1時，代表欲將產生的亂數序列加以倒序。
4. 因為不同的亂數序列將製造出不同的車間距順序(headway sequence)，而不同的車間距順序又將產生不同的模擬結果。但實際上如果模擬的車輛到達狀況是處於穩定狀態(stable condition)，此時V/C時尚不大，則車間距順序是否倒序，所模擬出來的運作績效，應該極為相似，亦即模擬結果並不受車間距順序是否倒序之影響。然而若車輛到達狀況是處於接近不穩定狀態(meta-stable condition)或不穩定狀態(unstable condition)時，此時V/C值頗大(一般約大於0.92左右)，則不同的車間距順序將可能產生迥異的模擬結果，故本列輸入值選擇0或1所模擬之結果，則可用以判別車輛到達的狀況。並可將由0及1所產生之結果加以平均以代表收費站運轉之績效。

第5列 1 設定實際之到達型態及服務時間之分佈

1. 本列輸入值係設定模擬車流之實際到達型態及收費車道服務時間之分佈型態。
2. 本列輸入值固定為 1，請勿更改。

第6列 5 200 模擬之時段數，每時段之時間長度(秒)

1. 本列輸入值係提供設定所需之模擬時間。
2. 模擬程式對模擬時間之讀取方式係依模擬之時段數及每時段之時間長度的順序來讀取。因此，使用者必須先行決定欲將模擬時間劃分為多少時段，再將模擬總時間除以模擬時段數，而得每時段之時間長度。例如：

【例1】所欲模擬之時間總長為1000秒，擬劃分為5個時段進行模擬，則每時段之時間長度為200秒，故本列輸入值為：

5 200

【例2】所欲模擬之時間總長為3600秒，擬劃分為12個時段進行模擬，則每時段之時間長度為300秒，故本列輸入值為：

12 300

3. 輸入值中模擬時段數與每時段之時間長度兩數值間應最少空一格，以供程式讀取時辨別兩數值。本輸入檔中其它輸入值若需同時輸入兩個以上的數值，數值間均應空格。
4. 模擬時段數可自行決定，上限為400個。
5. 各模擬時段之時間長度以秒為單位。
6. 總模擬時間最高不得超過4小時。
7. 本列輸入值將模擬時間區分為數個時段，其係為能提供使用者利用每時段之流率與平均流率之比值設定來達到模擬不同時段之實際車流狀況(詳見第11列輸入值)

第7列 1 熱機時段數

1. 本列輸入值係提供設定系統模擬到達穩定狀況所需之熱機(warm-up)時間。
2. 本列輸入值以時段數為單位，例如假設模擬每時段之時間長度為200秒(如第6列)，而熱機時段設定為1，則指模擬啓動後的前 200秒係用以產生進入收費站之車輛達穩定狀態之時間長度。執行熱機時間之期間，程式並不作資料收集之工作。
3. 熱機時間一般在200到300秒之間即可。

第8列 800 500 450 500 各型收費車道之容量 (輛/時;按型1(不找零小型車),型2(找零小型車),型3(客聯車),型4(大貨車)之順序)

1. 本列輸入值係提供設定四種型式收費車道在有車輛停等情形之服務容量。
2. 本列輸入值之輸入係依型一(小型車不找零)、型二(小型車找零)、型三(客聯車)及型四(大貨車)之順序。

【例】本列輸入值為：

800 500 450 500

則指設定：

型一收費車道(即小型車不找零收費車道)在有停等情形下服務容量為800 輛/時

型二收費車道(即小型車找零收費車道)在有停等情形下服務容量為500 輛/時

型三收費車道(即客聯車收費車道)在有停等情形下服務容量為450 輛/時

型四收費車道（即大貨車收費車道）在有停等情形下服務容量為500 輛/時

3. 本列輸入值之單位為輛/時。

4. 各型收費車道之代表性服務容量範圍如表A.2：

表A.2各型收費車道理想狀況下服務容量之範圍

	服務容量（輛/時）
型一：小型車不找零收費車道	750-850
型二：小型車找零收費車道	350-550
型三：客聯車收費車道	420-530
型四：大貨車收費車道	500-520

第9列 4.5 4.5 16.5 9.5 利用各型收費車道之平均車長
（公尺；按型式1,2,3....之順序）

1. 本列輸入值係提供設定使用各型式收費車道的車輛之平均車長。
2. 型一收費車道係供小型車不找零車輛使用，此處假設小型車之平均車長為4.5公尺。
型二收費車道係供小型車找零車輛使用，此處假設其平均車長為4.5公尺。
型三收費車道係供客聯車使用，此處假設客聯車之平均車長為16.5公尺。
型四收費車道係供大貨車使用，此處假設大貨車之平均車長採用9.4公尺。
3. 本列輸入值之單位為公尺。

第10列 2500 上游平均流率（輛/時）

本列輸入值係提供設定收費站上游主線之平均總車流率

第11列 1 1 1 1 1 分段流量與平均流率之比值

1. 本列輸入值係提供調整模擬實際車流分佈狀況之設定功能。

2. 實際車流分佈狀況之設定係利用每時段流率與平均流率之比值來調整。有關每時段流率與平均流率之比值之求算過程為：

- (1) 將各時段之車流量加總而得總車流量。
- (2) 總車流量除以總時段數得平均各時段車流量。
- (3) 將各時段車流量除以平均各時段車流量則可得分段流率與平均流率之比值

3. 熱機時段之比值應與熱機後第一時段之比值相同。

【例】有一8個時段之模擬，包括3個熱機時段及5個熱機後時段，車流率分佈資料如下：

時 段	熱 機 中			熱 機 後					平 均
	1	2	3	4	5	6	7	8	
流 率 (輛/時)	-	-	-	200	300	100	400	200	1200/5=240

則分段流率與平均流率比值為：

時段(熱機後)	4	5	6	7	8
分段與平均 流率之比	200/ 240	300/ 240	100/ 240	400/ 240	200/ 240
比 值	0.83	1.25	0.42	1.67	0.83

熱機時段之比值應與熱機後第一時段之比值相同

故本列輸入值則為：

0.83 0.83 0.83 0.83 1.25 0.42 1.67 0.83

(需8個輸入值以代表8個時段)

4. 倘若本列輸入值均為1，則代表模擬的各時段車流率呈均一分佈。

【例】車流率假設每小時6000 輛/時，模擬時間1小時，並區分10個時段，每時段時間為360秒。當本列輸入值為：

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

則代表每個時段之車流率均為6000 輛/時

5. 分段車流率與平均流率比值之輸入數目，應與模擬時段數目相符，若分段流率與平均流率比值之輸入數目大於模擬時段數目，則超過模擬時段數目之比值輸入值部份，程式將自動不予讀取。而若分段流率與平均流率比值輸入數目小於模擬時段數目，則程式將無法執行。

第12列 2 4 主線車道數，收費車種數

1. 本列輸入係提供設定收費站上游主線車道數及模擬的車輛種類數。

2. 本列需輸入二項數值，依序代表主線車道數及收費車種數。

【例1】 輸入值 2 2

代表模擬狀況為：

(1) 收費站上游主線有2個車道

(2) 行駛在主線上之收費車輛種類有2種

【例2】 輸入值 4 3

代表模擬狀況為：

(1) 收費站上游主線共有4車道。

(2) 行駛在主線上之收費車輛種類共有3種。

3. 收費車輛種類之分類，本程式依現況收費站收費車道之劃分，共分為小型車不找零、小型車需找零、大貨車及客聯車等4種。因此收費車種數之輸入值可視使用者所欲模擬之車輛種類數，選擇輸入1，2，3或4。

第13列 0.7 0.15 0.05 0.1 各車種組成比例
(依車種1,2,3,4之順序)

1. 本列輸入值係提供設定主線上不同收費車種之組成比例。

【例1】 若本列輸入值為

0.2 0.8

表示第一車種車輛佔主線全數車輛之20%

第二車種車輛佔主線全數車輛之80%

【例2】 若本列輸入值為

0.3 0.4 0.3

表示第一車種車輛佔主線全數車輛之30%

第二車種車輛佔主線全數車輛之40%

第三車種車輛佔主線全數車輛之30%

第14列 1 2 3 4 不同車種使用之收費車道型式
(按車種1,2,3,4之順序，填列其相對之收費型式)

1. 本列輸入值中第一值代表第一車種所利用之收費車道型式，第二值代表第二車種所利用之收費車道型式，以此類推。

2. 本程式中已設定收費車道型式編號如下：

- 利用型一收費車道(小型車不找零收費車道) 輸入值為 1
 利用型二收費車道(小型車找零收費車道) 輸入值為 2
 利用型三收費車道(客聯車收費車道) 輸入值為 3
 利用型四收費車道(大貨車收費車道) 輸入值為 4
3. 本列輸入值之個數應配合第12列輸入值所設定之車輛種類數。

若本列輸入之個數大於第12列設定之車輛種類數，則超出部分之數值，程式將自動不予讀取，但若本列輸入值之個數少於第12列所定之車輛種類數，則程式無法執行，而出現錯誤訊息。

【例】設有4種車種進行模擬，而本列輸入值為：

4 2 3 1

則代表之意義如下：

- (1) 進行模擬的第1車種將使用大貨車收費車道。
(亦即設定第1車種為大貨車)
- (2) 進行模擬的第2車種將使用小型車找零收費車道。
(亦即設定第2車種為找零之小型車)
- (3) 進行模擬的第3車種將使用客聯車收費車道。
(亦即設定第3車種為客聯車)
- (4) 進行模擬的第4車種將使用小型車不找零收費車道。
(亦即設定第4車種為不找零小型車)

第15列 5 模擬之收費車道數 (不包括調撥收費車道數)

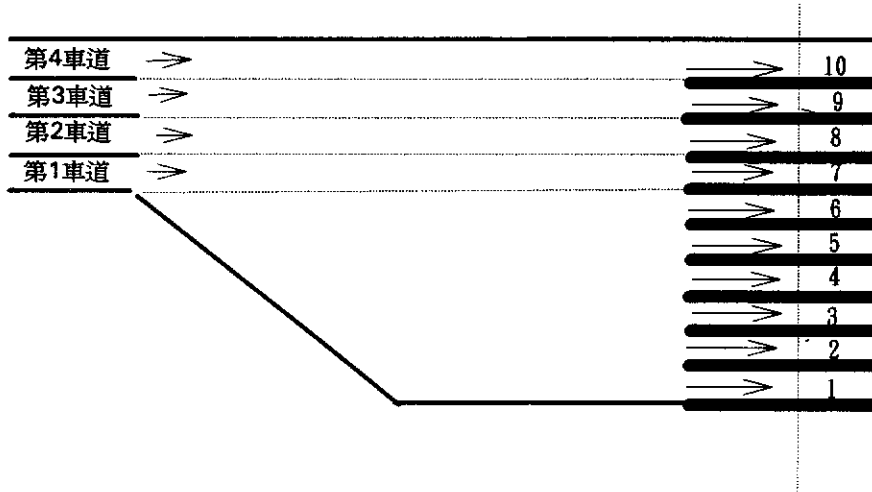
1. 本列輸入值係提供設定所欲模擬的收費車道總數目。
2. 本列輸入值所設定的模擬收費車道數目並不包括將實施調撥之收費車道數目，有關設定調撥收費車道之相關輸入值請參考第21列輸入值之說明。
3. 有關收費車道數目之上限為12個收費車道，此值包括調撥車道之數目。

第16列 4 3 2 1 1 各收費車道之型式 (由右向左填列各收費車道之收費型式)

1. 本列輸入值係提供設定各收費車道之收費型式，亦即設定各收費車道之服務功能。
2. 本列輸入值之個數應配合第15列輸入值所設定的收費車道數目，由最右邊之收費車道起，向左依序設定各收費車道之型

式。若本列輸入值之個數超出部分之數值，程式將自動不予讀取，若本列輸入值之個數低於設定模擬之收費車道數目，則程式將無法執行，而出現錯誤之訊息。

3. 本程式有關收費車道編號係依收費站外側往內側遞增之順序，亦即第一收費車道位於收費站之最右側。以泰山收費站南下方向共10個收費車道為例，其主線車道及收費車道之編號如圖A.1所示：



圖A.1 泰山收費站主線車道及收費車道之編號

【例1】若本列輸入值為

4 4 1 1 1

- 代表第一收費車道屬型四收費車道，亦即供大貨車使用
 第二收費車道屬型四收費車道，亦即供大貨車使用
 第三收費車道屬型一收費車道，亦即供不找零小型車使用
 第四收費車道屬型一收費車道，亦即供不找零小型車使用
 第五收費車道屬型一收費車道，亦即供不找零小型車使用

第17列 1 1 1 2 2 收費車道區位編號

(由右向左填列各收費車道之區位編號，其中1代表主線右方，2代表主線正下方，3代表主線左方(通常調撥車道屬此類))

1. 本列輸入值係提供設定各收費車道與上游主線間之區位關係。
2. 本列輸入值之個數應配合第15列輸入值所設定的收費車道數目，若本列輸入值之個數超過設定模擬的收費車道數目，則

超出部份之數值，程式將自動不予讀取，若本列輸入值之個數低於設定模擬之收費車道數目，則程式將無法執行，而出現錯誤之訊息。

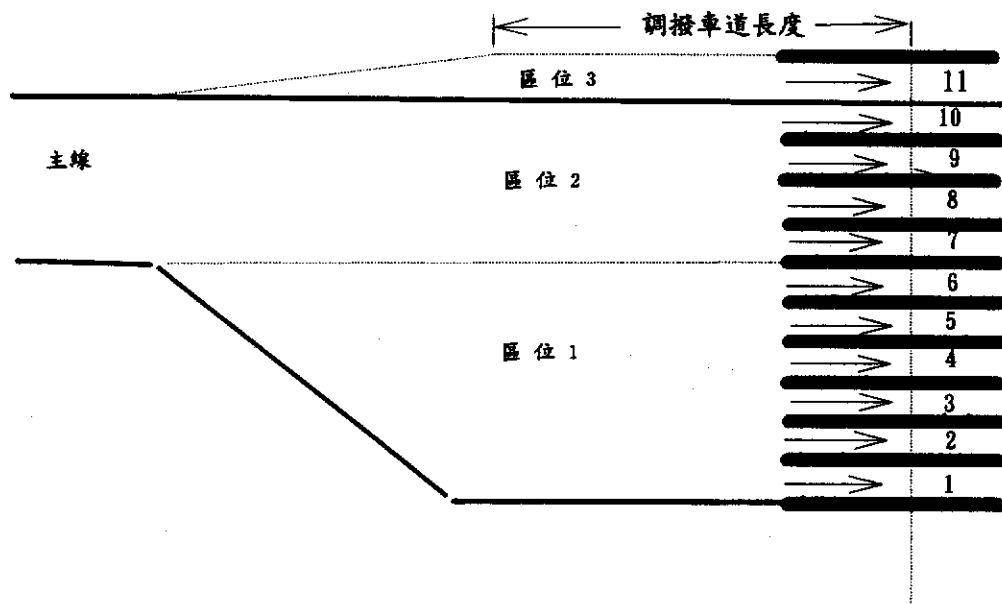
3. 如圖A.2所示，本程式所設定主線與收費車道間區位關係之編號為：

主線下游右方的收費車道之區位編號為 1

主線下游正對的收費車道之區位編號為 2

主線下游左方的收費車道之區位編號為 3

【例】以泰山收費站南下方向10個收費車道及實施調撥時增加的第11收費車道為例(如圖A.2)，其收費車道區位為：



圖A.2 收費車道區位編號

則本列輸入值應為

1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 3

第18列 4 5 各主線車道正下方收費車道之編號
(由右向左自1開始給予車道編號)

1. 本列輸入值係提供設定主線各車道最正下方收費車道之編號。

2. 本列輸入值之輸入係依車道1, 2, 3, ...之順序(見圖A.1)。第一值是主線第一車道最正下方收費車道之編號，第二值是主線第二車道最正下方收費車道之編號。

【例1】設以泰山收費站南下收費車道區位與主線車道間之對應關係(如圖A.1)

第一車道最正下方之收費車道為第7收費車道。

第二車道最正下方之收費車道為第8收費車道。

第三車道最正下方之收費車道為第9收費車道。

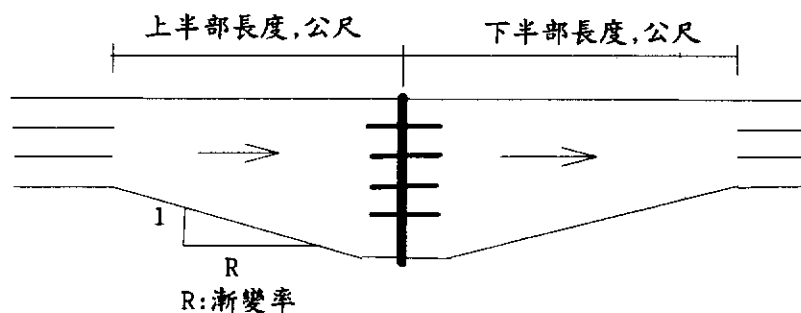
第四車道最正下方之收費車道為第10收費車道。

則本列輸入值為：

7 8 9 10

第19列 300 200 12 收費站上半部長度(公尺)，下半部長度(公尺)，漸變率(R)

1. 本列輸入值係提供設定收費站區上半部長度，下半部長度及路寬漸變率(如圖A.3)。
2. 收費站區上半部之長度係指自收費站上游主線車道與收費站區銜接處(即喇叭口之上游端)到收費亭間之長度，如圖A.3中所示。下半部長度則指收費亭至下游主線車道之銜接處之長度，如圖A.3中所示。路寬漸變率則如圖A.3中R值所示。
3. 漸變率指數通常在10至15之間。



圖A.3 收費站上半部及下半部之長度及路寬漸變率

第20列 2 收費站下游主線車道數

第20列 2 收費站下游主線車道數

1. 本列輸入值係提供設定收費站下游之主線車道數。

第21列 1 10 0 0 尋求調撥時機,等候長度,調撥車道數, 調撥啓始或關閉時間(秒)

1. 本列輸入值係提供設定有關調撥之作業。
2. 本列第一值若設定為1,表示要在模擬過程中尋找調撥應開始之時間。若不需尋找調撥時間,則第一值應設定為0。
3. 本列第二值代表需調撥時之最小等候車輛長度門檻值。例如輸入值為10,則表示停車長度必須超過10輛車才需要調撥。若停車長度在連續 5分鐘超過設定之門檻值時,輸出檔會註明應實施調撥之時間。
4. 本列第三值為調撥車道數,第四值為調撥啓始或關閉時間。若本列第一值為 1(即要尋求調撥時機),則第三值與第四值不論設定何值均無作用;但若本列第一值為 0(即不需尋求調撥時間),則模擬過程將根據第三及第四設定值進行調撥。
5. 如果某方向調撥時段內,收費車道數增加則調撥車道數(第三值)為正值,如果收費車道減少,則為負值。
6. 調撥啓始時間或關閉時間指自模擬啓動多少時間後,調撥作業開始或關閉調撥。

TPS模式目前尚沒有模擬在調撥後回到正常作業之功能。

【例1】若欲模擬一原有10個收費車道,而在模擬開始後第500秒開啓一對向收費車道作為調撥之用的情形。
則本列輸入值應設定為:

0 0 1 500

此亦代表模擬開始第500秒時,模擬方向之收費收費車道成為11個收費車道,其中第11收費車道為調撥收費車道。

【例2】若欲模擬一原有11收費車道,而在模擬開始後第400秒關閉一調撥收費車道之情形。

則本列輸入值應設定為:

0 0 -1 400

此亦代表模擬開始第 400秒時,模擬方向原有11收費車道變成10個收費車道,其中原第11收費車道則被關閉。

5. 若模擬狀況是雙向同時模擬且有實施收費車道調撥,則務必確認雙向的本列輸入值是否符合下述兩項原則:

- (1) 雙向設定之調撥收費車道數務必相同，但因一方開啓，
 另一方關閉，故數值符號務需相反。
- (2) 雙向調撥開始的時間務必相同。
- 【例3】若欲尋求應調撥之時間而且等候長度須超過10輛車才調
 撥，則本列之輸入值應設定為：

1 10 0 0

第22列 100 調撥收費車道之車道長度(公尺)

1. 本列輸入值係提供設定調撥收費車道上游之車道長度，如圖
 A.2所示。
2. 本列輸入值之單位為公尺。

第23列 0 0 選擇是否列印(1=列印，0=不列印)， 欲列印之收費車道編號

1. 本列輸入值係提供設定是否列印特定收費車道等候長度與時
 間之關係。
2. 本列另一值係按選擇是否列印。第二值則為列印之收費車道
 之編號。
3. 「選擇是否列印」有兩選擇值：
 若選擇1代表要求列印特定收費車道之模擬結果。
 若選擇0代表不列印特定收費車道之模擬結果。
4. 「欲列印之收費車道」係輸入要求列印之特定收費車道之編
 號。

【例1】若本列輸入值為：0 0，則不列印

【例2】若本列輸入值為：1 1

代表要求列印第1收費車道隨時間變化之等候長度 (Queue
 Length) 模擬結果。

5. 收費車道模擬結果之印列內容為模擬時段內該收費車道車輛
 等候長度 (Queue Length) 之資料如下例所示：

時間(秒)	等候長度(輛)	第1收費車道
9	0	
15	0	
24	1	
34	1	
50	1	
57	0	
65	0	

71	1
.	.
.	.
.	.
976	0
996	0

第24列 1 列印型式(1=詳細列印各樣本,2=只列印樣本平均值)

1. 本列輸入值係提供選擇模擬結果之列印型式。

2. 本程式設定兩種列印型式：

選擇 1 則將列印詳細各樣本之模擬結果及平均值。

選擇 2 則將只列印樣本之平均模擬結果。

【例】如用輸入檔之範例，則第一方向選擇1 之列印結果格式如表A.3。

表A.3 TPS輸出檔列印簡例

***** 方向 1 *****

有效模擬時間 = 800. 秒

收費車道 1 = 大貨車車道

收費車道 2 = 客聯車車道

收費車道 3 = 找零小型車車道

收費車道 4 = 不找零小型車車道

收費車道 5 = 不找零小型車車道

本方向須增調撥收費車道

建議之調撥開始時間：

T = 332 秒

***** 個別樣本統計資料 *****

收費車道	流量 (輛/時)	容量 (輛/時)	V/C	平均延滯 (秒/輛)	平均 停等時間 (秒/輛)	平均 等候長度 (輛)	最大 等候長度 (輛)
4	787.5	749.6	0.99	33.0	34.7	7.6	11.0
5	783.0	792.1	0.99	34.7	36.3	7.9	12.0
.
.
.
5	805.5	814.3	0.99	25.4	26.3	5.9	10.0
4	796.5	786.7	1.01	19.2	19.8	4.4	9.0
5	783.0	791.1	0.99	27.5	28.8	6.3	11.0

**** 樣本平均值與標準差 ****

收費車道	流量 (輛/時)	容量 (輛/時)	V/C	平均延滯 (秒/輛)	平均 停等時間 (秒/輛)	平均 等候長度 (輛)	平均最大 等候長度 (輛)	樣本數
1	240.	509.	0.472	9.9	7.7	0.5	2	3
			標準差	1.0	1.4	0.1	1.0	
2	109.	452.	0.242	7.8	5.0	0.2	1	4
			標準差	0.3	0.5	0.0	0.6	
3	457.	500.	0.915	18.5	17.7	2.3	6	2
			標準差	0.0	0.0	0.0	0.0	
4	804.	802.	1.002	23.0	23.8	5.3	10	9
			標準差	6.7	7.2	1.5	1.4	
5	792.	801.	0.990	26.4	27.5	6.0	11	11
			標準差	5.5	6.0	1.3	2.4	

第85百分位最大等候長度 = $1.13 \times$ 平均最大等候長度

收費站上游部份長度,公尺

收費車道	服務水準	所需長度	可用長度
1	A	199.8	300.0
2	A	125.9	300.0
3	C	76.7	300.0
4	D	67.8	300.0
5	E	74.6	300.0

下游主線車道數是足夠的！

***** 加速區長度 *****

實際長度 (公尺) = 200.000

漸變率 1: 12.0000

所需最短長度 (公尺) = 330.000

實際長度可能過短！

通過收費站之平均速度 = 35.1 (公里/小時)

【例】若選擇2之列印結果，則表A.3中個別樣本統計資料 (individule sample statistics) 欄之資料將不會列印出。

3. 模擬結果之列印內容包括

- 模擬之方向
- 收費車道之編號及型式
- 流量、容量、流量/容量值、平均停等時間、平均延滯、平均停等長度、最大停等長度
- 收費車道之服務水準
- 收費站上下半部長度評估
- 通過收費站之平均速度 (公里/小時)。

第25列至第47列

1. 第25列至第47列係提供設定收費站第二方向收費車道之運作模擬，各列輸入值之意義及輸入方式，請對照第2列至第23列輸入值之意義及設定。
2. 當第一列輸入值為1時，代表設定模擬收費站單一方向之收費車道運作情形，模擬程式將自動不讀取第25列至第47列輸入值之資料。但當第一列輸入值為2時，代表設定模擬收費站雙向之收費車道運作情形，模擬程式將會讀取第25列至第47列輸入值之資料。

台灣地區公路容量手冊
(第二篇第五章高速公路主線收費站)

著者：交通部運輸研究所

發行人：張有恒

發行所：交通部運輸研究所

地址：台北市敦化北路 240 號

電話：(02)3496789

經銷處：交通部運輸研究所運輸資訊組

三民書局：台北市重慶南路一段 61 號

正中書局：台北市衡陽路 20 號 3 樓

五南文化廣場：台中市中山路 2 號

新進圖書廣場：彰化市光復路 177 號

青年書局：高雄市青年一路 141 號

印刷者：新立印刷文具有限公司

地址：台北市和平西路三段 374 號 1 樓

電話：(02)3085296・3060281

中華民國八十六年四月初版一刷

本書印製 190 冊・每冊工本費 100 元

統一編號：

009104860184