

高速公路電子收費與交通執法評析

張學孔¹ 莊弼昌² 許宏聖³

¹台灣大學土木工程研究所教授

²台灣大學土木工程研究所博士班研究生

³台灣大學土木工程研究所碩士班研究生

摘 要

高速公路電子收費系統的實施，不只是收費制度的改革或技術上的提昇，更是一項與全體用路人息息相關的全民化措施。因此，對於相關技術的研發與測試固然重要，而對於實施的適法性、完備性與接受性及可能面臨相關執法上的衝擊或衍生問題等因應對策，也是現階段應予制訂釐清的重點課題。因此，本研究擬針對高速公路實施電子收費時可能涉及或面臨的相關法令與執法問題，諸如法源依據、執法現況、電子收費之相關交通工程規劃設計規範、重車過磅與收費系統的干擾問題、新的交通執法技術與取向等、以及未來考慮進一步擴大實施時，可能必須未雨綢繆的相關因應對策等，加以檢討分析，期望藉由問題的發掘剖析，重點的歸納研擬，能進一步提供未來全面性實施電子收費時，有關交通執法取向的參考。

壹、前言

道路使用費如以空間結構而言，基本上可分為城際與市區兩種，在實際應用上，城際道路（尤其是高速公路）由於路況單純，因此實施上較為容易。隨著科技的進步及時代的需求，由於電子收費（Electronic Toll Collection;ETC）技術的逐漸成熟，加上智慧化運輸管理時代的來臨，目前全球已有包括：美、英、法、加、星、泰、日、韓等數十個國家使用電子收費系統，台灣地區高速公路利用智慧卡實施電子收費亦於87年11月23日起，於北二高之樹林及龍潭兩個收費站開始試辦，此為台灣地區公路系統邁向智慧化管理的第一步，交通主管單位後續更將積極籌劃推動高速公路全線電子收費系統之建置，希望在營運效率與公平付費的考量下，逐步達到匝道電子自動收費的目標。展望未來，由於第二高速公路及東西向快速道路的陸續完工，台灣地區的高快速道路將構成一完整路網，如何結合不同道路系統進行電子收費整合控制，進而規劃整體路網管理策略，實為現階段交通管理必須面對的課題。因此，在面臨此一自動化、電子化交通管理時代來臨之際，如何配合新的交通執法技術與自動化功能取向，達到整體系統的整合與全方位功能的發揮，更是電子收費系統能否順利推廣與實施的重要關鍵。

台灣地區在過去對於公路自動化收費與執法等相關技術的測試與研發，亦曾投注心力進行研究，只是缺乏政策的連貫性與技術的傳承性，導致研發與測試均為片段零星，成效並不顯著。例如交通部（79.9~80.5）曾於中山高后里與斗南收費站進行單向電子卡（tag）式的測試。運研所（78.6~79.6）為查緝使用偽造車牌與一牌多掛，亦曾委託大同公司於造橋及員林收費站進行「電子式車牌辨識系統」架設與測試，據稱車牌正確辨識率達96%。而公路警察局為查緝贓車及違法車輛，亦曾於泰山收費站架設類似之電子式車牌辨識系統，進行測試。

基本上，標示車輛的方式，有以下幾種：傳統車牌、條碼（bar code）、電子車牌（electronic number plate）、電子識別卡（tag）、智慧卡（smart card）等。至於電子收費系統建置成功與否，是否可達成有效（effective）、可靠（reliable）、通過量最大且為使用者所接受（customer acceptance）的目的，其技術關鍵主要在於三套子系統，即自

動車輛偵測 (Automatic Vehicle Detection;AVD) 系統或自動車輛辨別 (Automatic Vehicle Classification;AVC) 系統、自動車輛辨識 (Automatic Vehicle Identification;AVI) 系統：(偵測車輛存在及車種，並能指出某一特定車輛在某一時間、某一地點出現)，以及影像執法系統 (Video Enforcement System, VES)。這些系統功能彼此間的互相整合與相容，對於電子收費系統建置的成功與否以及功能是否可以充分發揮，甚為重要，而影像執法系統則居於關鍵地位。因此，技術的測試與評選固然重要，而相關技術的整合與相容似乎又比單一技術設備評選更為重要。

基於上述理念，對於高速公路電子收費系統的實施，所象徵的，當不僅僅只是收費制度上的一項改革，亦不僅僅只是象徵技術上的提昇而已，更重要的，是一種觀念上的創新、科技上的整合，同時更是一項與全體用路人息息相關的全民化措施。因此，對於相關技術的研發與測試固然重要，而對於實施的適法性、完備性與接受性及可能面臨相關執法上的問題，也是現階段應予制訂釐清的重點課題。因此，本章擬針對高速公路實施電子收費時可能涉及或面臨的相關法令與執行問題，諸如法源依據、執法現況、主線或匝道電子收費之相關交通工程規劃設計標準與電子收費系統視覺標識系統的建立，以及未來考慮進一步擴大實施時，可能必須未雨綢繆的相關因應對策等，加以檢討分析，期望藉由問題的發掘剖析，重點的歸納研擬，能進一步提供未來全面性實施時的參考。

貳、實施現況與檢討

台灣地區的高速公路收費系統，隨著電子收費制度的逐步研發與測試，在不久的將來，即將邁入另一個嶄新的新紀元，然而，使用智慧型科技之前，更重要的是應有智慧型的完善政策與計畫配合，而這其中，法令的規定與執行的配合度，亦即執法的公平性與有效性，將是關鍵。而執法功能的有效發揮則有賴於健全縝密的法源基礎、安全明確充分符合用路人需求的交通工程設施、完善適法的執法程序規範與技術以及針對不同實施階段與需求的功能性規劃與宣導配合，以下即以目前與 ETC 相關的法令規定、交通工程設計與執行現況以及國外相關執行案例與成果等，加以整理分析，俾能針對問題，進一步研擬因應對策。

2.1 相關規範法源與現況分析

一、法源規範

(一) 法源依據：道路交通管理處罰條例

第 33 條：汽車行駛於高速公路或設站管制之道路，而不遵管制之規定者，處汽車駕駛人新台幣三千元以上六千元以下罰鍰。前項情形因而致人受傷者，吊扣其駕駛執照六個月；致人死亡者，吊銷其駕駛執照；必要時，並得暫時扣留其車輛，其期間不得超過六個月。(依 63 條規定，記違規點數一點；另依 85 條之一規定，違反 33 條規定，得連續舉發之；依 92 條規定，另由交通部會同內政部訂定高速公路交通管制規則)

(二) 法源依據（繳通行費之規定與處罰）：道路交通管理處罰條例：

第 27 條：汽車行駛於應繳費之公路、橋樑、隧道或輪渡，不依規定繳費者，處汽車所有人或駕駛人新台幣三千元以上六千元以下罰鍰，並追繳欠費。汽車駕駛人逃避繳費，致收費人員受傷或死亡者，吊銷其駕駛執照。(依 67 條規定，終生不得再考領)

(三) 時效性：道路交通管理處罰條例

第九十條：違反本條例之行為，自行為成立之日起；行為有連續或繼續之狀態者，自行為終了之日起，逾三個月不得舉發。但汽車肇事致人受傷或死亡案件，因肇

事責任不明，已送鑑定者其期間自鑑定終結之日起算。前項案件自確定之日起逾三年未執行者，免於執行。

(四) 收費站使用規定：高速公路交通管制規則：

第五條：汽車行駛高速公路應依速限標誌指示。

第八條：汽車行駛高速公路，除於規定之停車處外，不得在路肩及路肩外、中央分隔帶、隧道內、交流道或收費站區停車。

第二十二條：汽車行駛高速公路，於駛進收費站前，應依標誌指示為減速慢行，並依標誌、號誌指示或公路警察指揮順序駛入收費車道，停車繳費。

第二十三條：載重貨車進入地磅站時，應先行停車再以緩慢速度駛入，不得在地磅上緊急剎車，並依服務人員或號誌指示緩慢停車或開車。載重貨車因超載逾百分之二十而無法當場卸貨分裝者，經舉發後，未改正繼續行駛者，得連續舉發處罰。

第二十六條：……前項值勤之公路警察，發現汽車駕駛人違反交通管理事件，當場不能或不宜攔截舉發者，除依處理細則第二十三條規定辦理外，遇有左列情形之一者，得逕行舉發：超過規定速度行駛者。……載重貨車逃避過磅或過磅超重未停車處理者；行經收費站不依規定繳費逃逸者。

(五) 裁罰規定：違反道路交通管理事件統一裁罰標準與處理細則：

第二十三條：汽車違反道路交通管理事件有下列情形之一，當場不能或不宜攔截舉發者，得逕行舉發之：闖紅燈或平交道……以科學儀器取得違規證據資料，足資認定其違規事實者。……。前項逕行舉發，應記名車輛牌照號碼、車型等可資辨明之資料，查明汽車所有人姓名或名稱、住址，並以該汽車所有人為被通知人舉發之。

第二十四條：逕行舉發違反道路交通管理事件，經汽車所有人依通知單之應到案日期前到案，並告知違規駕駛人性名、身份證統一編號及住址者，處罰機關應即另行通知違規駕駛人到案依法處理；逾應到案日期，處罰機關應依本條例第八十五條第三項規定處罰汽車所有人。

(六) 道路設施使用管制規定：道路交通標誌、標線、號誌設置規則：

第二三四條：標誌、標線、號誌之體型、顏色、大小、圖案、字體、反光、照明及設置位置之設計，均應依本規則之規定。如有特殊需要必須增減或變更者，應先報請交通部會同內政部核定後公告實施。

國家賠償法第三條：公有或公共設施因設置或管理有欠缺，致人民生命、生體或財產受損害者，國家應負賠償責任。

二、執行現況與檢討

目前相關測試與主管單位，對於測試執行期間相關車輛誤闖違規使用電子收費車道車輛，均援引處罰條例第三十三條及高速公路交通管制規則第二十六條第一項第七款（行經收費站不依規定繳費逃逸者）規定辦理，惟駕駛人若無逃逸情事，自當無處罰之事由及依據；又或有人認為如駕駛人有停車補繳行為，則可引高速公路交通管制規則第八條不得於收費站區停車的規定加以告發，惟此亦甚易引起爭議，又所謂電子收費（車道）其義為何？法規上定位如何？有無使用管制規定（例如速限）？凡此種種均仍存有疑義，有待進一步加以界定釐清。

由於上述有關執行上的困難、車道配置及導引設施的不足以及法規的不盡完備等因素，在測試期間相關舉發件數與申訴案件數，截至八十九年四月底止，在經催繳無效後，予以開單告發總件數約三千三百件（詳見表1所列），當然其中有許多逾期（因人工作業，超過三個月告發時效）或模糊不可辨識及其它不明原因者，已預先予以剔除。而其

在開立告發單之初，也引起違規人、民意代表的強烈質疑，甚或執行單位亦有不同的看法與立場，造成許多困擾。（有關申訴案件部份，截至 89 年 5 月 15 日止共有 346 件，其申訴/告發件數之比例約為 10.5%。此統計數據中亦已剔除部份逾越舉發時效及車牌模糊不清者，且舉發違規原因僅為誤闖車道，不含超速等其他違規行為）。因此，面對未來全面性電子收費的實施，如何透過良善的工程規劃，搭配自動執法功能與設施的加強以及執法區的設置或執法技巧的提昇等，均是相當值得重視的課題。

表 1 國道六隊受委舉發誤闖電子收費車道違規件數統計表

	樹林分隊	龍潭分隊	備註
88 年 1 月		14	
2 月	66		
3 月		42	
5 月	46		
7 月	917	810	
8 月	185	128	
9 月	297	150	
10 月		76	
12 月	53		
合計	1564	1230	
89 年 1 月	5		
2 月	98	49	
3 月	123	70	
4 月	81	90	
合計	307	209	
共計	1871	1439	總計 3300 件

2.2 電子收費車道交通工程配置現況與規劃之檢討

有關電子收費車道配置原則，除需考量容量、服務水準及車流交織的安全性外，整體性的交通管理及重車過磅等諸多複雜因素，也必須加以考慮。目前依據中華電信公司「高速公路電子收費系統建置計畫書」規劃，小型車電子收費車道位於最內側車道，惟若依此設計，尖峰時段將無法使用調撥車道，可能降低其機動性，因此，高公局傾向將小型車電子收費車道設於小型車最外側車道；而大型車電子收費車道依據中華電信公司「高速公路電子收費系統建置計畫書」規劃，係預備設於最外側第二車道，高公局則較傾向於最外側車道，然因目前收費站之地磅站有收費站前及站後過磅兩種，而不論何種方式，均會造成電子收費大型車需與最外側車道之大型車輛交織之情形，究竟何種配置型式較佳，見仁見智，至今一直未有定論。目前交通部國道高速公路局僅於北二高之樹林及龍潭兩處收費站進行試辦，其中龍潭為雙向設有十八個收費車道，而樹林收費站則設有南北雙向合計共廿二個收費車道，其中單向小型車回數票車道 7 個、小型車找零車道 1 個、客聯車收費車道 2 個、大貨車收費車道 1 個，其年平均每日交通量，以八十六年為例，為 85,164 輛，與其他收費站相較，其流量屬中低流量。目前電子收費測試車道依前述規劃書之規劃內容，將其設於最內側車道（為調撥車道，僅適用小型車），至於其相關設施之配置，如圖 1 所示，綜合其主要設施有以下各項：

1. 距收費亭約一公里處之中央分隔島設置有「電子收費」字樣懸臂式指示標誌；
2. 約七百公尺處有一可變標誌，可顯示「非試用車輛禁入電子收費車道」；
3. 並沿途於電子收費車道地面上設置四組標字，依序為◇電子收費◇、無專用卡、

無專用卡勿入及無專用卡禁入等標字及交通錐；

4. 收費亭上端及左側並設有電子收費字樣之指示導引標誌；

5. 萬一有誤闖車輛，於收費亭後端之路旁電子字幕機會顯示「違規補罰，繼續前行」，提醒用路人繼續前行，離開收費站區。

上述相關設施由於規劃時間過短，並未充分考量其適法性及真正需求，因此，不論對於裝設之測試專用車道選擇或相關指示引導設施，均有進一步檢討之必要。

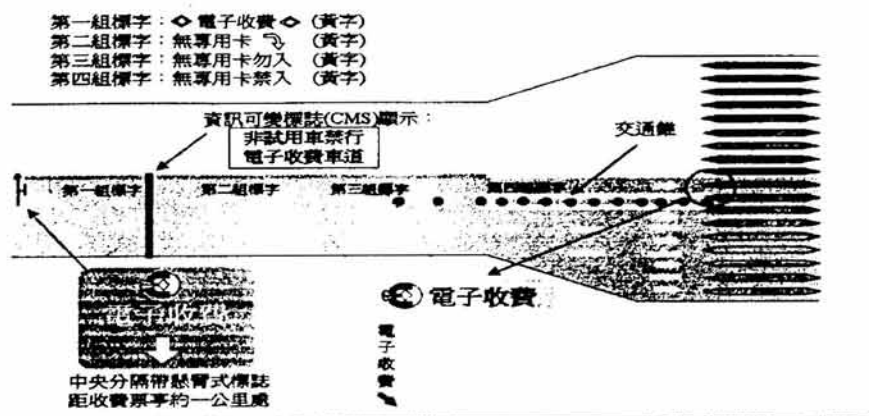


圖 1 電子收費車道相關設施配置圖

一、標誌的檢討：

由於電子收費車道的特殊需求，目前相關收費站之標誌設施，均必須重新規劃考量，其主要在於位置、顏色、型式及功能上的檢討及修訂，以目前因測試車道之需，以樹林收費站為例，其在距收費亭約一公里處之中央分隔島設置有綠底白字「電子收費」字樣之懸臂式指示標誌，由於其為新的標誌型式，目前道路交通標誌、標線、號誌設置規則中尚未有明確規範，未來應配合整體實際需求，重新設計並納入設置規則中；而其現有之綠底白字之標誌顏色，亦應配合設置規則第十一條有關標誌顏色之選配準則，選擇合適之顏色式樣，避免誤用。至於其使用懸臂式標誌之設置型式，僅於其上書寫「電子收費」字樣，並未能盡到明確導引之目的，未來可考慮以門架式型式予以裝置或參考國外相關之設置圖例，以符合實際需求。最後，為因應國際化之需求，相關標誌之設計，亦應考量國際性及普遍性（國外之設計圖例中，如日本及馬來西亞等國，均有考量此一需求），避免造成因不瞭解而誤用之情況發生。

對於目前正在使用之舊有標誌，亦有許多不合實際狀況之情形，舉其要者如下：

1. 「持回數票小型車輛靠左」；
2. 「停車檢查（繳費）標誌」-設置規則第 60 條，用以告示車輛駕駛人應停車接受檢查或繳費等手續。）；
3. 「車道專行車輛標誌」-設置規則第 69 條，用以告示前段車道專供指定之車輛通行，不准其他車輛進入（未有電子收費車輛之專行車道設計）；
4. 「大型車靠右標誌」-設置規則第 102 條，用以指示大型車應靠右駛入收費車道。（配合未來收費車道之重新佈設，重新設計）；
5. 「公路收費站預告標誌」（指 42）-設置規則第 114 條，用以指示前有收費站及其

距離，告示車輛駕駛人應準備減速停車繳費（電子收費不用停車）。

6. 「告示牌」-設置規則第 137 條，用以現有標誌無法充分說明或指示時，為維護行車安全與順暢之需要，得設置本標誌，依需要分為警告、禁制、行車指示、服務設施指示等四類，目前收費站設有「不找零錢車道」之服務設施指示，未來因應電子收費之需，亦應加入新的服務設施指示標誌。

以上各類標誌在實施電子收費措施後，均必須進行局部或全面性的修（增）訂，以符合適法性及實用性。

二、標線的檢討

主要應考量其顏色、劃設方式及功能分類，例如目前收費站前大抵均有減速標線之劃設，以提醒用路人減速停車繳費，未來設置電子收費車道後，該類標線即已不符需求，當應重新劃設，美國新澤西州一處實施電子收費之收費站，其最內側三個車道為 ETC 車道，其相關減速標線均已配合予以塗消（圖略）。至於在現有設置規則上，必須加以檢討者，列舉如下：

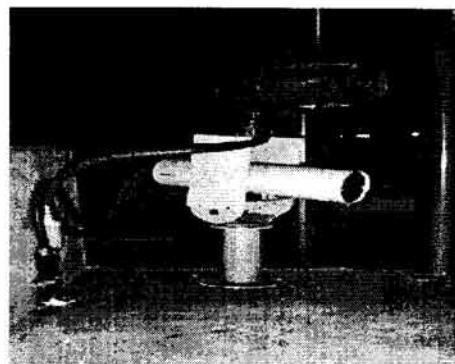
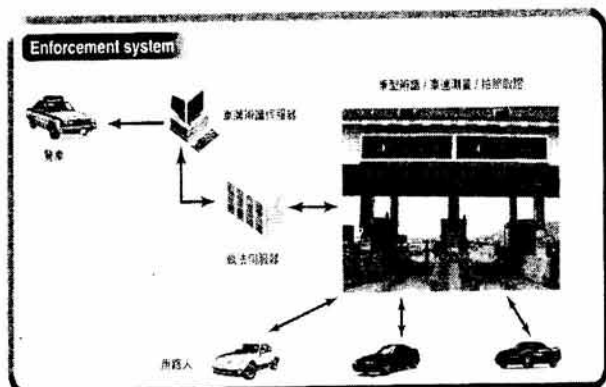
1. 標字之大小、顏色（如目前測試車道四組標字，其字的大小、顏色均未符合規定）
2. 禁止變換車道標線之劃設長度，對於 ETC 車道及其他一般車道是否應有不同劃設標準等，亦應加以重新規劃考量。
3. 車種專用車道標線-設置規則第 174 條，是否考慮加入電子收費車道？
4. 車種專用車道標字-設置規則第 175 條，是否考慮加入電子收費車道標字？
5. 指向線-設置規則第 188 條（指示直行、轉彎或轉出車道等，均有不同劃設型式，目前測試車道之轉出車道指向現誤用成轉彎指向線，應予修正。）

三、執法的配合

執法系統為電子收費系統中嚇阻逃費、取締違規的機制，因此被視為電子收費的守門員。在德國 A555 Autobahn ETC 的測試結果，政府當局最後裁定不採用 ETC 的主要原因並非偵測功能上的問題，而是「車輛辨識」與「違規取締」執行能力上的不足。以牌照辨識為例，如每一單字體的辨識準確度為 95%，則整個車牌（六個字）的辨識準確度將降低為約 0.73，其實際操作經驗辨識準確度約在 50%~90% 之間，如此低的準確度將使違規取締的執法權威頓失。

台灣地區，以目前北二高龍潭及樹林二個收費站電子收費的試辦情形而言，主要是以中華電信研究所配合測試所自行研發的電子收費執法系統之照相存證配合人工作業寄發方式進行，其係根據國內高速公路的主線收費方式、車型/費率分類方式、取締逃費/違規的相關規定來設計的一套本土化系統。該系統是利用架設在收費站車道上的感應器來感應車輛的通過以技術通過車輛的個數，並利用感應器來探測車輛的外型輪廓（如高度、長度等）以測量車輛的車速及辨識車輛的車型。此外，也以攝影機來攝取違規影像並做車牌辨識，以作為違規開單的依據。而系統所產生的執法資料可透過網路傳回後端帳務系統，結合扣款交易資料來完成帳務稽核程序；同時亦可將即時違規資料傳送給前方的警車俾對重大違規車輛進行現場攔停，該系統架構如圖 2 所示，

除了上述相關基礎功能特色外，由於與其他系統的整合，此一執法系統更具有擴充性功能，包括：車輛偵測與追蹤（Detecting and tracking wanted vehicles）、收費站間旅行時間的量測以及 Acting as a zero-pieced debit system（不需使用車上單元（OBU））等功能。



2.3 國外相關實施案例

一、美國：

麻塞諸塞州（Massachusetts）高速公路管理局對於其快速車道自動收費系統違規使用的處理，其違規罰單原先均由州警於現場進行取締告發，並未採用影像方式來取締違規進入自動收費車道之車輛；而就在 Massachusetts 高速公路管理局欲採用照相告發舉證時，在 Boston 與 Springfield 兩地法院卻面臨因缺乏充分證物來證明其違規事實，而無法告發交叉路口違規闖紅燈被照相車輛之情事，Massachusetts 高速公路管理局由於此一事件遂對於逕行舉發產生疑慮，後來州政府乃經將照相舉發違規凌駕於罰鍰與罰金之法律上，在如此明確法律依據下，1998 年，州警即以照相方式取締 161 件違規閃避、無付費闖入之車輛，而且在 1999 年之前三個月亦已取締 47 件違規事件；民眾對管理單位的反應主要是針對系統傳訊問題，因其在通過收費站時並無聽到「ba-da-boom」的聲音，但是民眾的滿意程度正逐漸提高中。

在實施照相取締之後，高速公路管理局發覺每年大約損失幾十萬美元收入，因平均每月約有 400 件違規事件，管理單位決定多派警力加強取締，以每四位警察為一單位監測收費站電子收費系統，管理局統計中每一條收費車道每年約損失 156000 美元收入，而高速公路管理單位欲以影像取締的方案來嚇阻違規車輛，並且期望法院能夠在 2000 年的夏天通過立法，使影像執法更具有法源依據，而高速公路管理局估計約有 3-4% 車輛違規躲避收費，但是收費系統卻顯示出大約高有 8-20% 違規；但是在違規事件逐漸增加情況下，管理局發現違規事件之多寡與告發罰單數無關，卻明顯地與警察現場監控取締有關。

二、歐洲：ADVICE 專案計畫

歐洲國家對於道路電子收費系統的建置非常積極，由於電子收費市場的大量成長，歐盟各國卻因缺乏整合互容的執法系統而面臨越來越多駕駛人試圖違規使用的窘境，處理這些案件除將增加執法的成本外，也將造成彼此付費操作上的部分障礙，ADVICE 專案計畫即著眼於幫歐盟各國在規劃設計車輛分類與執法系統時提供指導綱領

(guidelines)。ADVICE 專案計畫的目標在於：

1. 使政府與操作管理單位加入與研發建置廠商的對話，俾確保新收費系統需求的滿意度。
2. 界定需求並加入指導綱領的規劃製作中。
3. 激勵對於分類與執法系統等相關關鍵科技性課題的發展，同時顧慮到發展廠商的原則性需求。
4. 促進便利、精確而可靠的車輛分類與執法技術的進步。
5. 藉由許多實驗區（test sites）結合正常車流與控制條件下的實證等有效測試，達

成執法系統的有效發展。

ADVICE 專案計畫的主要目的是希望協助歐盟發展自動化車輛分類與執法系統的共通性指導綱領，這些指導綱領必須充分考慮現有系統，同時提供新系統發展的基礎，特別是多車道自由車流（multi-lane free-flow）的操作。其主要工作要項有二：一為程序的設計規劃，即對於車輛分類與執法相關使用者特殊需求的重新界定以及相關特殊功能性的定義等，這一部份從奧地利、葡萄牙、希臘與挪威的運作經驗中獲的許多寶貴經驗。其二為在現有通訊介面（DSRC）下建構各相關工作，同時參酌使用其他技術如蜂巢式行動電話（cellular phone）或衛星定位（satellite positioning）的可能性，以產生電子收費系統有關車輛分類與執法次系統的設計綱領。

參、自動化交通執法功能規設與需求

所謂電子化交通執法，大體上而言，包括了 1. 交通違法自動偵測與取締系統，2. 超載動態過磅系統，3. 貨車及危險物品載運路線管理資訊與取締系統，4. 自動化失竊車輛追查系統及作業程序電腦化的配合等，亦即將各項管理作業予以電腦化處理，同時配合電子地圖之建立，將各項交通設施納入為其屬性，將使整體路網管理方式更趨完善。這些系統應用在高速公路交通執法與管理可有效增進高速公路的運作效率與安全，而藉由 ITS 相關技術與策略的協助即整合，這些設施已具有彼此互容與支援的功能，而這其中影像執法系統的建置與發展是其整體系統整合運作成功的關鍵。

一、影像執法系統的需求與技術

所謂影像執法系統（Video Enforcement System; VES）是指應用收費系統中各種組成（components）與執行過程（processes），使收費設施能對於未繳付適當通行費車輛之資料能加以獲取。其方式主要是針對未裝置有效的電子收費設施而使用電子收費車道之車輛攝取該車輛車牌的影像（攝影裝置如圖 3 所示），這些車牌號碼資料與車輛所有人的進一步篩選比對可藉由人工或自動方式，經由車籍資料中心加以取得，並於填摺違規通知單後寄達通知違規車輛所有人，一般而言，其違規罰款通常高出道路通行費許多，俾防止車輛駕駛人習慣性違規並彌補在違規過程所造成的額外成本。以往人工收費時代由於有收費人員管制以及公路警察的守望勤務，違規情事並不嚴重也不構成問題，然電子收費時代的來臨，強調收費的效率與便利，駕駛人已毋需停車繳費，因此，如未能適當裝置相關取證設施，或其堪用率、有效性存疑，則違規率必然激增，此不僅有違公平正義原則，且亦將造成行車上的安全顧慮。

一般而言，有關影像執法系統應用的科技不外乎以下幾種：

1. 照片（photographs）：使用相機照相取證是最早使用的技術，由於人工比對車牌是一項高人力需求的工作，且對於相機的觸發、照片中顯示的日期、時間、與車道的相互關係以及儲存等問題，目前已經逐漸被淘汰。
2. 錄影帶（video tape recording）：接下來是使用錄影記錄裝置（video tape recording devices; VCRs），攝取通過車道相關車輛的影像，影帶可於隨後重複播放並獲取相關車輛車牌資料，一般均會加上車道編號以及日期時間等輔助資料，其缺點為資料的儲存空間太大且欲從所有影帶中找尋違規部份的資料是相當耗費人力的，唯目前仍普遍使用中。
3. 數位影像（digital imaging）：VES 最近的使用趨勢則是利用數位影像的拍攝與儲存，數位化系統可將影像數位化、儲存電子化並可傳輸至遙控位置。此外，數位系統亦可增加車牌辨識（License Plate Recognition; LPR）功能，LPR 可使 VES 自動化選取所需要車牌的所在位置、讀取車牌資料並透過處理器儲存資料，如此，一來可免除違規人工作業的大量人力需求，也可大福降低電子收費所需操作成本。當然，由於 LPR 本身的某些限制影響其在 VES 上的應用，故而至今大部分已使用或發展中的系統仍未採用。

4. 車牌辨識 (License Plate Recognition; LPR) : VES 的一個最主要目標是希望獲取高品質影像以便篩選出車牌號碼資料，從而透過車籍資料的查詢便可得到車輛所有人的相關資料，其問題是如何能準確而經濟的獲取車牌資料，目前大部份系統仍是倚賴人工去檢視照片或影帶並將違規車牌號碼登錄或輸入 (key in)，這個方法不但耗費人力而且在讀取或登錄 (輸入) 的過程中極可能發生錯誤。目前應用光學字形辨識 (Optical Character Recognition; OCR) 技術已可有效自動辨識車牌並提昇其辨識準確率。準確率是自動化 LPR 的一個最主要問題，以國外電子收費的影像辨識系統為例，通常在 70 至 80% 之間。事實上，技術本身比較沒有問題，其關鍵主要在於車牌的設計、標識及使用等組合性因素的影響。其主要因素包括：

- ❑ 缺少車牌一致性的標準化；
- ❑ 車牌骯髒、損壞、或遮蔽；
- ❑ 車牌登錄錯誤、中斷或遺漏；
- ❑ 輔助照明系統無法有效適用所有車牌；
- ❑ 不同車型及裝設位置；
- ❑ 字型與數字相近或容易混淆模糊，無法精確辨識。

由於以上的種種限制因素，LPR 系統還是需藉助人力加以輔助執行，為克服這個缺點，某些系統會增加拍攝影像的數量，可是如此一來又會增加作業成本。近來透過一些更先進的科技如：機器眼 (machine vision)、類神經網路 (neural networks)、高速處理系統 (high speed processing system) 的協助，已可有效增加其準確率。根據粗略估計，人工檢視影像處理速度每小時大約可處理一百個影像，透過 LPR 系統則可提昇至一百五十或更高，其經濟效益可想而知。

二、VES 的運作機制

VES 的運作主要包括以下六項程序：

1. 觸動 (Trigger) : 透過車道上的偵測感應器 (一般均使用與自動車輛分類系統所使用的相同的設施) 通知 VES 車輛已位在影像攝取的位置。
2. 影像攝取 (Image acquisition) : 攝影機攝取車輛類比影像，並透過數位轉換過程傳輸影像。一般均攝取後車牌，有些新的建置系統考慮特殊車型需要，會增加前車牌影像攝取的功能。
3. 影像的辨識 (Image identification) : 對於每一部通過收費車道車輛的影像，僅是暫時放在介面卡的暫存區上，稱為 frame grabber，如果車道控制 (lane controller) 機制證實車輛違規，在 frame grabber 內的相關影像便優先被儲存，並同時加上車道編號、收費站名稱、日期、時間、違規類型或使用的攝影機編號等資料。
4. 影像的儲存 (Image storage) : 影像可儲存於個別的 lane controller 中或傳輸至收費站集中儲存。
5. 影像的處理 (Image processing) : 影像的處理通常是藉由檢視系統 (review system) 與服務中心聯合集中處理。
6. 影像的消除 (Delete of images) : 對於沒有違規車輛的影像一般均會立即消除，違規車輛影像則會放在收費站伺服器檔案上一段時間再予消除。送到服務中心的影像則被用來開立告發單，並直到相關單位收到違規罰鍰及補繳的通行費後，始予消除。

目前，在美國，不論是已建置使用的電子收費系統或刻正發展中電子收費系統，均已使用某些型式的 VES 或正尋求於其收費系統中增加 VES 功能，而那些未使用 VES 的，則依靠車道柵欄來防止車輛違規使用。有關美國各地 VES 的使用現況詳如表 2 所示。至於其他與 VES 相關的課題，主要包括了：攝影機的視野 (Field-of-View) 及角度、隱私權 (Privacy)、照明 (Illumination) / 快門速度 (Shutter Speed)、影像數目的多寡 (Number

of Images)、影像壓縮(Image Compression)、前照車牌的必要性(Front license plates)、違規影像處理的傳輸媒介與速度(Transfer of image for violation processing)以及影像檢視處理過程的自動回饋(Feedback from the Image Review Process),以確保系統的正常使用及提供檢修的警訊。

總之,自動化執法系統(Automatic enforcement(AE))是不同於一般高速公路在取締超速與交叉路口中取締違規駕駛車輛的系統;因為AE是與ITS採用相同技術來增加相互整合功能,而且兩者均必須依存在多數民眾認知與支持下,因為當有少數但影響力大的反對團體,經過遊說往往會導致AE或是ITS系統在執行上的重大阻礙;所以在引導系統執行計畫中須考量不同團體聲音與想法方可達到計畫成功的目標,在計畫推行中須對不同私人團體意見表示尊重,並舉辦公廳會以增進社會大眾支持程度,加強法源訂定與立法公權力,研發合理偵測執法之系統技術,提升社會對公平付費價值觀,以系統便利度來增加民眾需求,增進執法系統取締時間效率。

一般在處理AE會面臨到下列三項問題:一、罰單是告發駕駛者或是車輛擁有者?在AE執法中告發車輛擁有人是不切實際的,因為違規是決定於駕駛者而不是取決於車輛擁有人;二、照相是否可以斷定違規告發?在New York案例中,照相是可以告發違規闖紅燈的事件,以照相取締其關鍵在於是否有足夠地證據證明違規,此一部份需靠明確地影像捕捉系統與有效率地人員資料庫才可強烈證明其為違規事件;三、如何處理罰金?最好的方式是以達到系統實施前後損益平衡為目標,這包括實施前所有預作事件花費。AE與ITS整合技術系統研究漸漸地已成為新趨勢,透過技術與架構整合可增加運輸系統安全度與民眾認同與支持程度。

表2 美國各州VES建置現況

地區與單位	系統名稱	整合廠商	影像儲存媒介	後照車牌影像	前照車牌影像	使用光學字型辨識	其他
California California Department of Transportation	FasTrak	MFS	Magnetic Disk	2 Black/White 4 Color	None	Yes	
California, Los Angeles Transportation Corridor Agencies	FasTrak	Lockheed	Magnetic Disk	1	None	No	
California, Orange County California Private Transportation Company	91 Express Lanes	MFS	Magnetic Tape	1 (plus video footage)	Video Footage	No	
Colorado, Denver E-470 Public Highway Authority	Express Toll	Planning Research Corp.	Magnetic Disk	1	None	No	
Florida, Kissimmee Osceola County	O-Pass (10)	TransCore (12)	Optical Disk	10	None	No	
Florida, Lee County Lee County	LeeWay	TransCore	None - System uses gates				
Florida, Orlando Orlando-Orange County Expressway Authority	E Pass	TransCore (12)	Optical Disk	10	None	No	
Georgia, Atlanta Georgia State Tollway Authority	Cruise-Card	Lockheed	Magnetic Disk	1	None	No	
Illinois, Chicago Illinois State Toll Highway Authority	I-PASS	TransCore	Magnetic Tape	Yes	None	No	
Kansas Kansas Turnpike Authority	K-TAG	IBM	None - System uses gates				
Louisiana, New Orleans Greater New Orleans Expressway Commission	TOLLTAG	Gulf Systems (1)	Disk	1	None	No	1 image of side of vehicle is also taken.

Massachusetts Massachusetts Turnpike Authority	MassPass	MFS	NA				
New York New York State Thruway Authority	E-ZPass	In-House	Magnetic Disk	1	1	No	
New York, New York City Metropolitan Transportation Authority Bridges & Tunnels	E-ZPass (6)	Amtech	Optical Disk	4	None	No	
New York, New York City Port Authority of NY & NJ	E-ZPass	Lockheed	Magnetic Disk	4	1	No	
Oklahoma Oklahoma Turnpike Authority	PIKEPAS S	Amtech	Magnetic Tape	3 seconds	None	No	
Texas, Houston Harris County Toll Road Authority	EZ Tag	Amtech/ Cubic Toll Systems (2)	Magnetic Tape	20 seconds	None	No	
Virginia Virginia Department of Transportation	Fastoll	TransCor e	Magnetic Disk	1	None	No	

NA = Not Available ; 資料來源： ETMM On The Web

肆、交通工程與交通執法策略

電子收費車道交通工程規劃佈設的良窳，對於交通執法的品質與成效影響甚鉅，明確而完善的交通工程設施，不僅可引導駕駛人正確使用相關設施，也可提供執法上的有力依據。而交通執法程序與策略的正確與適時的配合運用，也可收事半功倍之效。對於電子收費車道相關設施與配備之佈設，由於目前仍屬起步階段，相關規範尚付之闕如，同時由於世界各國收費方式與系統上的差異，標準化的設施或基本交通工程上的建構要求，仍有待進一步從實務面的實施經驗及交通工程或車流相關理論中互相印證，加以制訂及規範。以下將從國內外之實施經驗中，對於相關之車道型態、電子收費車道配置方式、電子收費車道佈設相關設施與配置之型態以及相關可能面臨之問題，加以分析討論，以提供研擬與評析之參考。

一、電子收費車道交通工程設計

對於目前有關電子收費車道之佈置，茲以奧地利為例，其依不同收費車道型態，將其收費車道之佈置分為以下這五類：

- a full multi-lane station
- full speed (140KPH) single lane station
- low speed entry ticket lane (with barrier)
- low speed through lanes (with barriers)
- combined ETC / Conventional (manned) lanes

而對於電子收費車道上之相關設施及佈設，基本上有以下三大類：車道之指示引導設施、車道之控制管制設施以及執法設備（其基本佈設圖例參見圖 4 所示）：

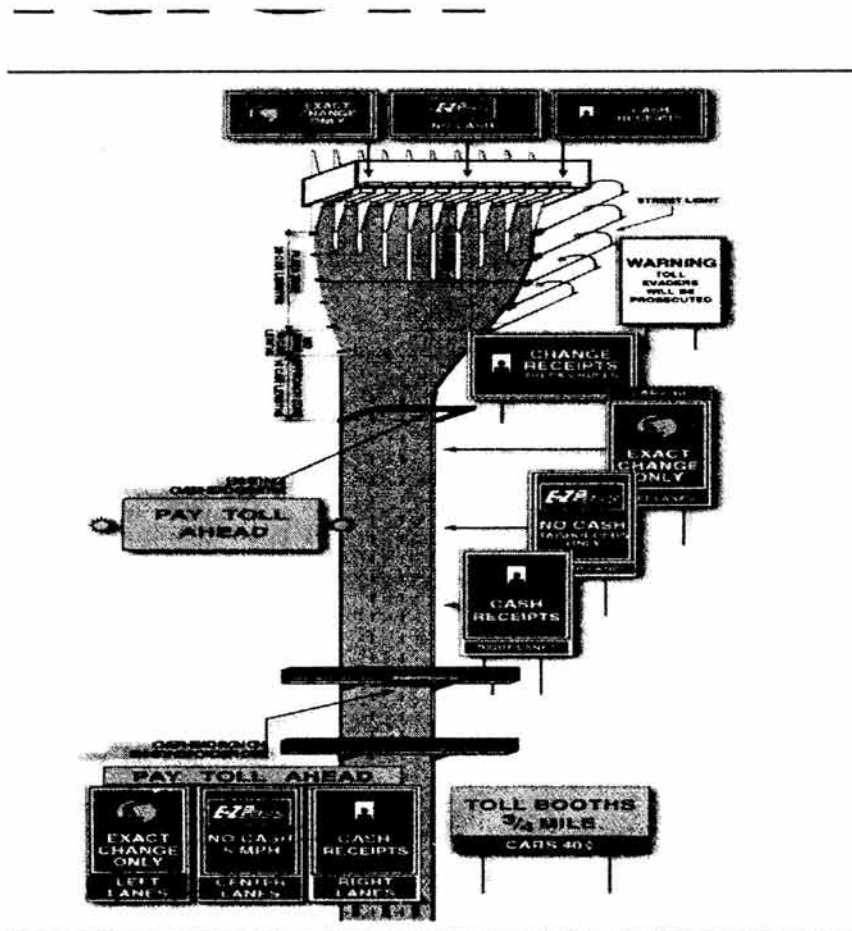


圖 4 電子收費車道之佈設圖例

因此，對於基本的電子收費車道之佈設型態，可歸納整理如下：

- (1)車道設置形式：對於電子收費車道之佈設型態，其首要之務為決定車道之設置形式，例如單車道或多車道、人工與電子收費分開或混合式車道等，一旦車道設置形式決定後，方能進一步探討各種相關設施與其佈設。
- (2)車道佈設：各種車道之數目、配置區位以及相互間之關係位置，均會連帶影響許多後續建置的需求，故而應從實際需求與相關理論求得。
- (3)車道寬度：不同的收費型態有不同的收費車道寬度需求，而不同的車種也應分別設計不同的車道寬度，以符合安全、經濟與效率之需求，對於車道的寬度設計，人工與電子收費以及實施多車道收費之差異，其車道寬度之基本需求亦將有所不同。
- (4)上、下喇叭口長度：由於行近收費站之速度上的差異，對於其上下喇叭口之長度亦應視接近速度之大小或車流交織運作情形，予以配置諸如前置警示區、前漸變區段、緩衝區段、前測試區段、後測試區段及後漸變區段等不同區域之長度，俾使車流運作更安全順暢。
- (5)車道管制：對於各種車道之管制措施，如柵欄、顯示號誌等，均應予以明確規範，以避免因不熟悉而滋生危險。
- (6)安全島與緩撞設施：收費站區由於加減速及車流之交織，往往為易肇事之區段，尤

其實施電子收費初期，由於收費型態複雜、用路人不熟悉等因素，將更容易肇事，因此，對於站區附近之安全島及緩撞設施等，應依相關規範加以考量設置。

(7)標線與標字：各種車道線、車道專用標字及各種警告、禁制或指示性質之標線，應依實際需求及設置規則予以檢討設置。

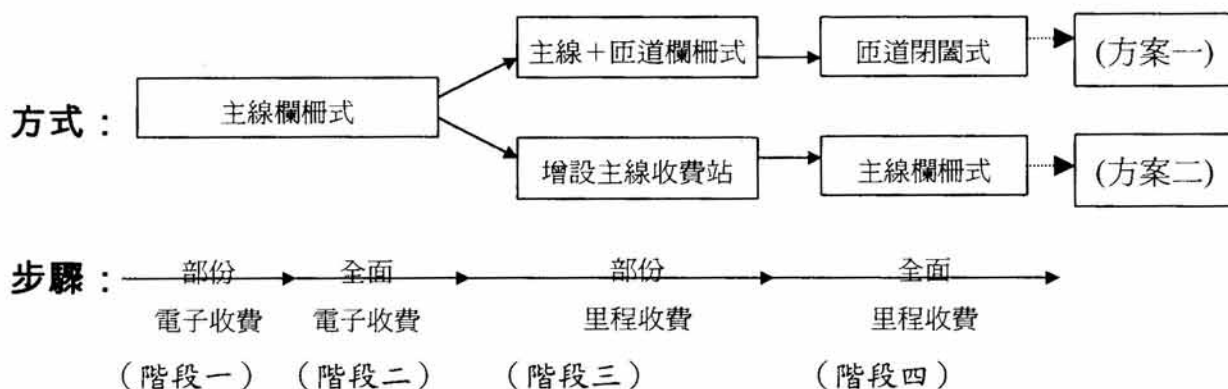
(8)標誌與號誌：目前對於收費站區之交通管制設施，均沿以往之設置種類及設施，基本上已不符合實際需求，其相關檢討如前一節所述，未來應依實施現況及使用者之需求，進行全面性之通盤檢討與重新佈設。

(9)執法設備與執法區：實施電子收費初期，由於用路者之誤闖、系統之錯誤、偵測上的問題或其他因素，可能會有許多違規情形發生，基於公平原則，對於交通執法的有效度，也就格外顯得重要，因此，對於相關之執法設備及執法區之設置，亦應在系統建置時一併考量。

(10)監控中心：對於監控中心之基本需求，其應為獨立空間、大小適中且可看到車道，目前中山高各收費站，符合需求之場地大致上有：作業室、值班室或會議室、站長室等場地，國外監控中心之設置，其區位與鳥瞰視野均特別列入考量。

二、不同實施階段的交通執法程序與策略

高速公路電子收費由於收費方式與建置時程的不同，對於交通執法自會造成不同程度的衝擊，因此，應事先配合收費方式與建置時程，規劃研擬相關交通執法程序與策略，以為因應。基本上，高速公路收費方式可分為四種，若以實施里程收費為目標，長期而言可由匝道閉閘式及主線(交流道下游)欄柵式兩種方式擇一實施。就中期而言，匝道閉閘式可以主線+匝道欄柵式做為過渡期的措施，主線(交流道下游)欄柵式則可以選擇重點路段先行架設主線收費站逐步達成。同時由於在現有匝道及主線上同時佈設電子及人工收費車道相當困難，因此實施里程收費的時機可能必須於高速公路完全電子收費之後。由部份電子收費推進至全面里程收費之階段步驟可規劃如下圖：



因此，針對上述不同的收費方式與不同的實施階段，應配合其不同的實施環境及需求，妥善規劃各因應的交通執法程序與策略，俾符合使用者需求與促進整體執法功能的有效發揮。

伍、結論與討論

一、法源問題：

為因應電子收費之實施，對於以往針對傳統人工收費所研擬之相關法令，包括道路交通管理處罰條例、高速公路交通管制規則或違反道路交通管理事件統一裁罰標準與處理細則等法令，應視相關法理與實際需求重新檢討增（修）訂。在國外，美國聯邦公路管理局（FHWA）所支持的「Value Pricing」研究計畫，曾針對舊金山至奧克蘭灣的跨海大橋進行一項壅塞付費的研究，其研究結果顯示，在交通尖峰時段，將過路費由美金一元提高為三元，將可有助於交通狀況的改善，惟因州議會的否決，該計畫亦只能停留於可行性研究的階段。此一實例即凸顯出「法規問題」影響ETC的推行甚巨。反觀新加坡，其為遂行其「需求管理」之決策，於1975年即已制訂完成所謂「區域牌照綱要」（The Area Licensing Scheme, ALS）。依據該綱要，駕駛人如擬於某一時段進入某一特定商業區域或高速公路時，需購買該時段之區域牌照，交通警察則依法於各路口執行檢查工作（由於完全依賴人工檢核取締，不僅耗費人力，增加警力負荷，成效亦打了折扣，不過，此純屬執法上的問題）。如今新加坡得以推行全球首創的Electronic Road Pricing System (ERPS)，除科技支援外，完善的法規條款及嚴密的執法，當亦功不可沒。相對於台灣地區駕駛者的守法精神，未來一旦實施全自動化之電子收費，交通違規的案件必然激增，故相關法規的訂定或配合修訂，亦應未雨綢繆，預作準備。

二、電子收費車道交通工程之配置：

由於目前仍屬電子收費之測試階段，因此，對於收費車道上相關交通工程設施大致上仍沿用舊有之設施，也因此造成許多不符合法令及實際需求的情形，在本研究中已有針對其各種設施加以檢討，未來隨著電子收費系統不斷的推廣建置，對於其交通工程上各項設施之需求，將更為急迫，為求未雨綢繆，應配合系統之建置，進行整體性之設計及規劃，以增加民眾對於電子收費的信賴與支持。

三、隱私權問題

在美國紐約地區，對於違規闖紅燈之自動執法方式，係以後照車牌附寄相片方式予以告發，而亞歷桑那州對於超速違規者，則以前照車牌不寄照片方式加以告發，當遇有爭議或需要時，再進一步索取比對，以保障個人隱私權。而有關香港早期推行之道路電子付費措施，後來即因涉及個人隱私之問題，在民意壓力下，亦不得不暫時終止實施。在歐美許多高度民主化的國家，對於隱私權的問題均相當重視，而在可預見的將來，由於電子收費的實施，勢必亦將帶來此一方面的問題與困擾；美國及澳洲，早在ITS系統建構及發展之初，即因察覺可能面臨相類似之資料存取使用與隱私問題，而訂定相關的準則或草案，以為因應（后附表為美國及澳洲有關隱私權保護之相關規定，請參考）；反觀我國目前僅有電腦處理個人資料保護法（及處理細則），其主要係以規範電腦處理個人資料，避免人格權受到侵害，並促進個人資料之合理運用為目的，以概括性及綜合性方式，針對個人資料之保護與使用，作一籠統性的規範，對於實際需求而言，自是不足，未來是否以修法或另立他法方式處理？當亦宜及早規

四、有關重型車輛過磅造成車流交織干擾問題：

目前地磅站之設置，可分為站前過磅與站後過磅兩類，其幾何佈設亦均有所不同，對於需過磅車輛的收費問題，可考慮在地磅站即予以收費（含人工與電子收

費)、或以設置動態地磅方式進行篩選，此一部份問題因涉及系統整合與因地制宜，及執法等不同層面問題，在設置上仍必須加以進一步研究。

五、有關各種車道數配置比例問題：

對於各種車道數比例，隨著使用比例之增加，應配合逐步增加電子收費車道之比例（相關電子收費與交通執法設施管線，施工初期即予以預留埋設），至於設計方式可考慮參考如美國有關人工與電子收費車道混合配置之設置形式，在電子收費車道的部份，當使用比例增加，可配合將收費島予以移除，採多車道自由車流（Multilane Free Flow）之設計形式，配合高功能影像執法系統，以符實際需求與設置電子收費的功能及目的。

六、第三車牌與影像執法系統之配合使用：

為達動態執法的目的，透過電子車牌（第三車牌）的規劃、設計與使用（以RFID與路旁RSU的感應，將相關車及資料傳送執法單位），並結合影像執法系統（VES）執行取締，將可有效達成動態交通執法管理之目的。

參考文獻

1. 交通部，道路交通標誌標線號誌設置規則，1994。
2. 台北市監理處，道路交通管理相關法令彙編，1997。
3. 中華電信公司，高速公路電子收費系統計畫方案（核定版），1998。
4. 中華顧問工程司，高(快)速公路交控管轄層級之研究，交通部國工局，1995。
5. 中華電信公司，一九九八台灣電子收費系統技術與應用研討會專輯，1998。
7. 財團法人道路新產業開發機構，ITS HANDBOOK JAPAN，1998.
8. Amy Ellen Polk, "Automated Enforcement of Traffic Laws:How to do it right and why you should care", ITS CONFERENCE II, Korea, 1998.
9. ADVICE Advanced Vehicle Classification and Enforcement System.(Readers are referred to the Web site: www.a-d-v-l-c-e.co.uk)
10. Quen-Zong Wu,etc, "EXPANDED FUNCTIONS OF THE ENFORCEMENT SYSTEM FOR ELECTRONIC TOLL COLLECTION", TAIWAN'S International Conference & Exhibition on ITS 2000, Taipei, 2000.
11. FHWA, US Department of Transportation, "ATMS/ATIS Infrastructure Summary Description", U.S. Congress Report, 1997.