


[交大人動態](#)
[友聲歷史](#)
[產業科技](#)
[校友專訪](#)
[專欄演說](#)
[校友作品](#)
[創新故事](#)
[優質生活](#)
[其它訊息](#)

## 高速公路收費站的故事

文／圖 杜榮福

讀 1.4 萬 分享

幾天來，電視報導不停地播放著高速公路即將改變收費方法的新聞，人工收費走入歷史，全改成電子收費，讓我想起四十年前在台灣首家系統設計公司工作的往事，當時承包了高速公路工程局汐止收費站的電子收費系統，從此展開了連續七年的高速公路收費站的設計工作生涯。

話說民國63年，參加完交大電子研究所的畢業典禮後，在等服役的暑假期間，繼續留在宿舍內，幫教授們做一些小型的研究計畫。

### 畢業後第一個工作

有一天，有位先生跑到宿舍來找我，問我有沒興趣在服役以前先做些線路的設計工作。原來是有幾位交大教授成立了一家系統設計公司，想要設計橋樑的收費計數系統。在那個年代，橋樑的收費站都是靠人工收費，收費員的工作是個大肥缺，若想當收費員，需要花十多萬元打通關節。當然，這些“投資”，大概不到一年就可回收。想想看，在那民國60年代，台灣電子業方開始萌芽，電子工廠的作業員月薪大約新台幣七、八百元而已呢！當時報紙經常報導橋樑收費的弊案，但雷厲風行掃蕩一陣子，沒幾個月後，雲淡風輕，又故態復萌。

交大教授們想替國家做些事情，解決這個頭痛問題，當然也認為這是個大好商機，因而成立了這家系統設計公司，擬從橋樑收費計數系統切入。對我來說，有兩個多月的時間可好好印證一下在交大六年所學，也是個很好的磨練機會，於是就欣然答應。這計畫的主持人是謝清俊教授，謝教授在當年名聲如日當中，研究中文輸入法有成，與另外一位中文輸入法的朱邦復先生同為當時研究中文電腦的兩大泰斗。於是謝教授負責系統規劃，我負責線路設計。在研究所時曾修過謝教授的積體電路設計，謝教授也常交一些小型的設計計畫讓我做；能趁此機會多向謝教授學些功夫，機會難得。設計此線路尚稱順利，在服役前大部分都完成了。

### 一面服役，一面參與十大建設

公司向當時負責管理橋樑收費的公路局申請到在華江橋的一個車道進行道路實測。那時候雖然個人遠在左營的海軍陸戰隊接受新兵訓練，每到星期五晚上放大假，就風塵僕僕的坐夜平快到台北，奮鬥兩天後，再搭星期天的夜平快趕回左營收假。

結果連續實地測試了三個月，成果豐碩，在電腦的計數之下，收費員總收費金額比以往多了四分之一，建置這種收費計數系統的設備投資不必一年就可以全部回收。公路局也表現出很濃厚的興趣。

但是這種斷人財路的生意那有這麼容易到手呢？由一群空有熱血的書生組成的公司也不懂得如何做政府生意，與公路局交涉了數個月，總有一些枝枝節節的小問題卡住待解決，橋樑收費系統的生意毫無進展，遙遙無期地拖延下去。

那時行政院長蔣經國充滿活力，急於推行十大建設，對於高速公路的收費方式仍然採用人工收費，清明的蔣院長是絕對無法容忍高速公路的收費再重蹈橋樑收費的老路，決定採用電腦計數系統。首先完工的台北到桃園這段高速公路中的泰山收費站，就決定使用全台第一套電腦計數系統。但那時台灣沒有會設計這種電腦系統的公司，於是就要求承包泰山收費站地磅系統的美國Toledo公司把收費站的計數系統也順便包下來。Toledo是一家做地磅的專業公司，為了地磅的生意，也就不得不連計數系統也一起接下來。

既然公路局的橋樑收費計數系統生意卡住了，於是轉攻高速公路工程局，向高工局提出建議書。高工局顯然有意願培植國內本土企業，對往後的售後服務也比較容易些，於是一拍即合，將汐止收費站的工程與我們以約八百萬元台幣議價成功。若以今天的物價來推算，這個價格或許可達到今天的四、五千萬吧，可以說是相當昂貴的系統。但比起老美的承包價來看，大概只有半價而已呢！

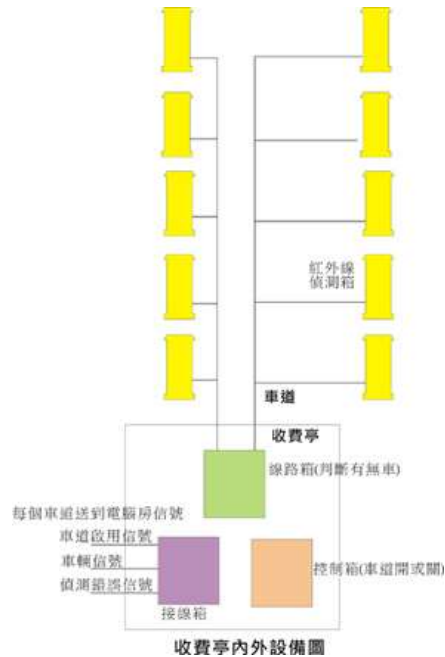
從海軍陸戰隊學校完成了新兵訓練，轉到同在左營軍區的海軍電子學校受電子專業訓練，三個月後抽籤到屏東東港的空軍幼校當教官。在整個一年十個月的服役日子，每到周五晚上趕回台北參與設計，周日晚上回部隊銷假，從初期的搭夜平快車往返，到後來公司有收入了，就改搭飛機。年紀輕，體力足，如此奔波兩地不以為苦。民國65年退伍後，全力投入收費系統的設計工作。

### 汐止收費站

汐止站總共有十個車道，中間兩車道可視南上或北下車流量多寡而改變行車方向。因此對我們系統來說是

十二個車道。每一個車道要有一套車輛的偵測系統以判斷車子的經過次數；每一車道有一個控制箱，收費員上班時，可以用鑰匙將控制箱上的電源開啟，供電到車輛偵測系統，並把屋頂上的紅燈變換成綠燈。每一車道還有一個接線箱把車道上的偵測箱信號轉接到管理辦公大樓地下室的電腦房。

電腦房內，有一台迷你電腦，車道過來的諸多訊號先經過我們自製的訊號轉換器，再送到迷你電腦中。訊號轉換器另將車道上的各種訊號傳到二樓站長室的狀態顯示板上，讓站長能隨時了解車道上的運作情形。



由一個電子線路去判斷電感量的變化；當車輛通過線圈時，造成電感量大增，線路就認定是一輛車走過。泰山站的計數系統就是採用這種方法。為了有別於這種傳統方法，我們當時在華江橋則採用光電的方法，在車道兩側安裝數對光電箱，由光電箱被遮住的順序來判斷是否為車子經過或是行人走過。我們就複製華江橋已經初步驗證過的車輛偵測方法到汐止收費站上。

這系統後來在汐止站使用一陣子後，才發現我們方法比泰山站的設計高明些，原因是：

1. 電感式的偵測方法容易因為外物干擾而趨向算出比較多的車子；譬如說，當有工人拿了個工具箱走過線圈迴路時，馬上就被誤判為一部車子；又如，載著鋼筋的貨車，後面的鋼筋上下擺動時，一下子可能就多了好幾部車到電腦裡面。因此據說，泰山站的收費小姐初期經常會因為電腦中的計數較多，她們收到的錢較少而要自掏腰包補足差額。
2. 光電的方法則剛好相反，會因為干擾而趨向漏計一些車子；譬如說，值勤員警有時沒注意會站在光電箱前，若剛好又另外有雨水污物擋住了某一光電箱，這相當於把人的兩個眼睛都遮住，就看不到車子了。

據說汐止站的收費小姐經常會有比電腦紀錄超收的情況，不但表示小姐們盡忠職守，而且誠實。因此，這兩種車輛的偵測方法，土洋大戰的結果，優勝立辨。後來陸續開通的岡山、楊梅兩站就是理所當然再交給我們做。

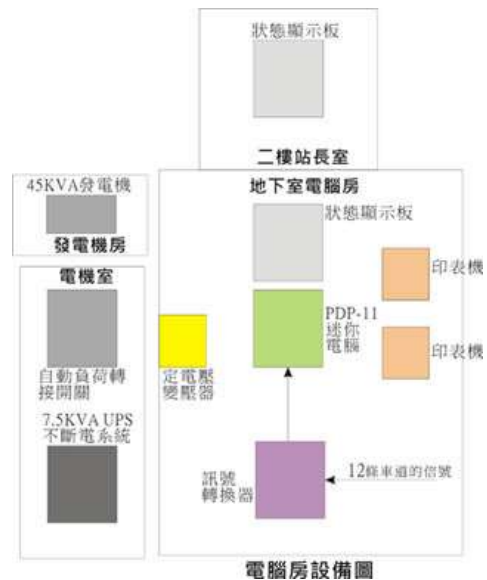
為了保障電腦不會因停電而漏失車輛的計數，又設置了不中斷供電系統(UPS)、發電機、與自動負載轉接開關；還有一台定電壓變壓器來保障嬌貴的迷你電腦可有穩定的交流電壓。這些電力系統的使用狀況也隨時送到迷你電腦中。站長室的狀況顯示器也可以隨時顯示各電力設備的使用狀況。

迷你電腦可以透過兩台印字機，將每位收費小姐收班後應該上繳的金額打出，也隨時將電力系統的運作狀況打出來。

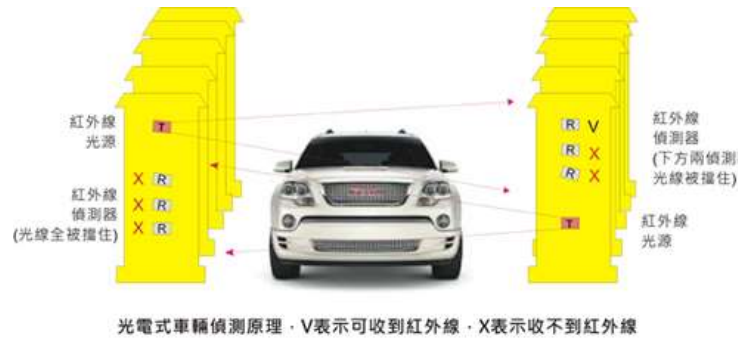
這個系統的迷你電腦軟體就是由謝教授操刀，後來他發現工作量太大，又找來了交大計算機系的杜敏文教授協助。我則負責所有的系統與硬體規劃與設計等工作。

### 車輛偵測器困難重重

一般的偵測車輛的方法都採用Loop Detector(線圈迴路)，就是在車道地上埋入一個大線圈，再



在測試光電式的車輛偵測器時，可就讓我們吃盡了苦頭；也許任何人都會懷疑說，判斷車子那有甚麼困難？那麼大的一輛車，有誰會看不見？或是把一輛車看成兩輛？但是要由機器去判斷是不是車子確實是



有許多原先想不到的挑戰；首先，如前面舉例的載運鋼筋的貨車，鋼筋隨著剎車、起步而上下搖晃，光電箱時而看到，時而看不到，若刚好在光電箱造成滿足一輛車的時序，極有可能就會判斷是好幾輛車子；又如貨車起步放個黑煙，也有可能誤判是有其他的車子跟著過去。再者，像聯結車，其兩車廂連接的桿子很細

的時候，也很可能會誤判為是兩輛車子一起走過。於是判斷車子的狀態圖的設計要根據車道的實測結果不斷的修正，加上一些計時器以過濾掉許多干擾信號。這些調校都是由硬體TTL線路上加上電容、電阻等零件去過濾，一片印刷电路板後來焊上了許多的違章建築，真是苦不堪言。若用微電腦的話，改改程式就可達到目，這工作會輕鬆很多。在當時微電腦剛冒出土，知道的人甚少。好在經過數個月的調校，準確度總算到達可以接受的程度了。

或許您看到前文所說，要是有人故意將電眼圍住，讓幾個偵測器瞎掉了，那不就讓電腦的車數大大減少，是否有弊案的疑慮？這點我們早就想到了，收費亭內的線路箱就有一“偵測錯誤信號”送到電腦房，若有電眼被遮住超過一定時間，或是電眼有很奇怪的偵測時序發生時，站長室的狀態顯示板該車道會有紅燈閃爍，報表也打出此一錯誤訊息，若某一車道的錯誤較多時，管理人員就會過去了解原因並排解之，交通部管理單位的稽查人員也會注意到這個異常較多的收費站。

### 迷你電腦延遲交貨

高工局沿用泰山站的設計，規定迷你電腦要採用聞名的“迪吉多”DEC (Digital Equipment Computer) 的PDP-11。在當時，DEC可是全世界排名前三名的電腦公司，在迷你電腦的領域執世界牛耳。生意好得不得了，交貨期長達14個月，若等到交貨後，我們的程式才能開始測試，正式啟用就不知道又要拖到甚麼時候。汐止站的開通日不可能等，而且按照合約規定，延誤一天罰總價的千分之三。總價約台幣八百多萬的合約，若要等到這迷你電腦正式啟用，大概合約總價會被罰光光。與高工局商討解決辦法，我們提出暫用微電腦取代數個月，直到PDP-11的程式完工可以上線為止，免得影響到汐止站的正式營運。高工局也別無他法，不得不同意。

### 台灣首部土製微電腦？

MOS Technology 的  
KIM-1 微電腦板。



於是立刻買了一片名為KIM-1的6502微電腦板(這是當年台灣第一片在市面上銷售的微電腦板，記得是向當時尚在榮泰電子上班的施振榮、邵中和學長買的。)與兩片8 Mega Byte的記憶板(每片單價

NT15,000—同樣價錢，今天在PCHome，4GB DRAM的價格NT1,000元，價格相差7500倍)，自己再設計一片有兩個序列埠(UART)與並聯輸入輸出(Parallel IO)的擴充版。用角鋁鋸成支架，以螺絲組裝了個克難的電腦箱，又自製了個電源供應器，把微電腦板、記憶板、擴充板等固定在角鋁架內。KIM-1的鍵盤太小，操作不易，又自行製造個十六進位(Hex)輸入鍵盤，採用六個七結數字管當顯示器，來做為程式的輸入裝置。為了怕停電，裝上鉛酸電池，保證停電後能繼續撐個五、六小時。還是不放心，再買台手提錄音機當程式的備份儲存裝置。於是，一台克難的電腦就此完成；以不到台幣五萬元的微電腦，想要取代一、兩百萬台幣的迷你電腦的功能，是不是痴人夢話？當時也沒絕對的把握，但是過河卒子，沒有退路，只能硬著頭皮幹了。

軟體還是由謝教授負責操刀。那時候買台微電腦的發展系統至少都在台幣百萬以上，若要折算成今天的物價來看，應該相當於今天的好幾百萬台幣，小公司那有這麼多的財力買昂貴的發展系統？想都不用想。那時的微電腦也沒有高階語言，只能採用組合語言(Assembly)撰寫程式--真正的“撰寫”程式--先寫在紙上，用自己的腦袋編譯(compile)成機器碼(Machine code)，再寫在紙上，然後用人工以十六進位的鍵盤將其機器碼打入電腦中。經常是教授念出程式的機器碼，由我負責從鍵盤輸入，兩人合作，以提高程式的輸入效率。



整個程式到完工時已經超過20kbytes，每天晚上要收工時，需要花上三十多分鐘將程式存入錄音帶中，這錄音機是手提音響用，可靠度堪慮，只存一卷怕不夠保險，萬一讀出時錯誤時就完了，存兩捲錄音帶就要花一個小時以上，每天的錄音帶都要保留下來，以防萬一讀不出來時海可追溯到幾天前的程式。

今天就算是要用C語言來寫這20kbyte的程式也算是個大工程，何況是用組合語言？這年頭，要開發微電腦程式，便宜的開發板，只要花台幣一、兩百塊就可以買到一片，以個人電腦連接，就可以開始開發；再大的程式，幾秒鐘內就可以存妥好幾個拷貝；我們當時的開發環境，今天的工程師們看來，大概是很匪夷所思的神話吧？

這個代用的電腦居然還挺爭氣，在汐止站通車後，使用了將近一年，才由DEC的PDP-11取代，功成身退。假如繼續用下去，或許可以再撐好多年吧？這應該是第一台由台灣人士製的電腦，也是微電腦在台灣產業界的第一個應用，而且是用在不得有絲毫差錯，與金錢攸關的管理工作上！



自製的十六進位鍵盤  
(用以輸入程式碼)

自製的十六進位鍵盤(用以輸入程式碼)

### 可怕的電力系統

電腦怕停電，合約規定採用7.5KVA的不斷電UPS；今天的這種規格的UPS可能就像張椅子般大小。當年技術尚不純熟，這UPS是一台寬與高都約一米六，深約八十公分的龐然大物。在其外還有三大排鎳鎘電池。運作時滋滋作響，聽起來覺得隨時會讓你觸電的樣子。停電時，這UPS至多可以撐個20分鐘，於是另外有一間發電機室，裝上45KVA的柴油發電機，它也是一台龐然大怪物；發動起來驚天動地。為了能在台電停電，發電機啟動後把電力送給電腦，要有一台「自動負載轉接開關」來切換台電或發電機至電腦，其轉接時，會發出巨大的“嗚”一聲，在旁邊經常會被嚇到。學校中沒學過、也沒接觸過這些電力設備，剛開始安裝時心裡壓力蠻大的，既怕觸電危險，又怕沒搞好是否有爆炸或燒起來的疑慮？這些設備都是遠從

美國買來，搞壞了可能在台灣找不到人修，也有可能得運回美國修理，除了擔心需花大把銀子外，萬一耽誤到開通日期更是擔當不起。好在猛K使用說明書後，謹慎的讓每個設備都能順利運作，通過驗收。

### 承包系統工作真不是人幹的

從簽約前的計畫書就不知道做過多少個版本，再三與高公局討論、修正。簽約後，一口氣有十多個不同產品要設計，整個系統中全部自製的大小鐵箱接近100個，兩個箱子之間要如何連接都要想得清清楚楚，從線路板設計、接線圖、機構圖等，全部都要以鉛筆在半透明紙上畫，整天就趴在製圖桌上畫圖；然後藍晒出一疊疊的副本，畫出上百張圖面，要修改設計的話，就得用橡皮擦慢慢地清除後重畫。線路板則需要用黑膠點帶貼在透明片上，再拿去翻印成底片才能去洗線路板。在今天的話，全部都可以在電腦上做，工作量應該可以節省一半以上，全部的設計時間可以大大縮減。

設計完成後一項項進入生產階段，從全部的紙上作業進入加工作業，突然要製造100個各式各樣的鐵箱子，生產出來之後，還要先在公司內把全部系統連接在一起，進行系統測試，將可能的問題事先挖掘出來，整個公司內塞爆了大大小小鐵箱，滿地的電線到處連結，整整試驗、改進了兩個月，才把大部分的問題解決掉。

到了現場安裝期間，每天早上到汐止站上工，把一個個的箱子安裝上、接線，工作繁多，車道上的光電箱更是大工程。每車道要在安全島上裝五對與人同高的光電箱，每個光電箱內要裝上七、八個紅外線光源與紅外線偵測器，紅外線看不到，要讓它對準五、六米外的接收器還真不容易。每天都得做到晚上九點以後，才拖著疲憊的身子開車回家。

就在一個冬天黑夜的十點多，從汐止開到快到內湖交流道時，忽然聽到鳴笛聲，正想不通是那來的聲音，突然正前方有一個黑影出現，本能地把剎車踏板踩到底，尖銳的剎車聲停止後，看到車前方有一黑衣人的兩手兩腳都努力往旁衝，只是整個身體還停留在車子前面，原來是位警察在取締闖上當時還沒開通國道的違規車子；全身穿黑色冬天制服的警察先生，也沒有手電筒等燈號，就站在車道正中間勇敢的以手擋車，在黑夜裡有那個駕駛者看得到？算他命大，我的國產車開不快，年紀輕反應較靈敏，車子就在他身邊三十公分處停住。嚇得我雙腳發軟，心理撲通撲通地跳好久。這是一段終生難忘的經驗。

汐止段通車時，在站長室內看著玻璃窗外的一輛輛車子通過收費亭後，牆壁上的狀況顯示板上對應車道黃燈就閃一下，一部車子就計入電腦中，從車道下班的收費小姐剛關掉車道控制箱上的鑰匙，電腦房內的打字機就打出一行字，顯示出她從幾點幾分工作到幾點幾分，總共有多少輛車，應該收到多少錢，一切就如我們所設計的一樣。驗收工作整整進行了三天，由於是議價的工程，除了高速公路工程局外，審計部也派人參與驗收工作(以防有包庇議價廠商的不法事)、與我們公司三方派人在車道上各按各的馬錶，共同算一輛輛車子。每個車道有三個人坐在椅子上，看著一輛車子走過，隨手按一下碼表，看起來是多麼輕鬆愉快的工作吧？沒錯，前一、二十分鐘是很輕鬆，過了一個鐘頭後，就不一樣了，單調、枯燥，不聚精會神的話，腦中一想東想西，稍一恍惚，就會發生“剛才那輛車到底按了沒？”的困擾。三方派出人員痛苦的連續

按了三天，眾多人腦與一部土製微電腦比賽誰比較精確，人仰馬翻，苦不堪言。好在三方面的數字都證明了我們系統的精確度達到合約所規定的萬分之三誤差以內，一次就順利通過驗收程序。

兩年來，每天工作十二小時以上與每週工作六天半的努力，總算沒有白費，很是欣慰。

### 又接下了岡山、楊梅與其他的六站

有前例可循，其後的岡山、楊梅兩站的第二包工程就比較駕輕就熟了，當然車輛偵測判斷就由TTL線路改用微電腦來判斷車子，把偵測車子的方法做得更完美些，總共只花了一年多時間就順利安裝、驗收完畢。

再過來一口氣承包下了剩下的六個站，也在民國七十年內陸續完工。在這系統公司的七年時間，與中山高速公路結下不解之緣。後來每次駕車通過收費站，看到一排排整齊的光電偵測鐵箱，都會百感交集，回憶起那那些年在每個收費站工作的點點滴滴。

這九個站的設備運作了十多年後都陸續退休更新系統了。由於技術進步，電感式的迴圈偵測線路應該實用些了，全部收費站都把光電箱拆掉了改用迴圈式偵測器。也說實在的，我們做的那一排排的光電箱的雄壯景觀實在不是那麼好看，後來的收費站看起來就清爽很多。

### 七年練了一身基本功，受用一輩子

在這段日子的磨練，可是扎實得很；自謝清俊與杜敏文兩位教授偷學到一些軟體技巧，也自當時的廠長江昭彥學長(與謝教授同為交大電研同學)學到一些處理工業產品的嚴謹觀念，從此中了微電腦毒癮而無法自拔，往後的工作生涯都在與微電腦相關的產品上打轉，一開始從八位元切入，往下做到四位元與一位元電腦(沒說錯，是一位元！做成了一個訓練機，用以教高工學生微電腦的基本概念)，又做到16位元與32位元電腦。靠著這一招半式走唱江湖四十年，從台灣不到十家電腦公司(全都是美國的公司)，到現在有幾千家。至於，這個微電腦生涯要做到甚麼時候才退休呢？可能要再等20年吧！

### 後記

年初寫完了這篇文章，本來想這高速公路的收費方法的變遷將很快為世人淡忘；沒想到每天都有大量的新聞報導佔據媒體大幅版面，居然還因此產生了群眾運動抗爭。遠東電通公司也成了家喻戶曉的知名公司；相對照我們當年九個站都順利驗收過，連上個報的機會都沒有；默默無聞的營運了十多年才被替換掉，印證了「沒有消息就是好消息」這句名言。

徐大老闆財大氣粗，深信「有錢就能擺平一切」的道理。但做這種系統工程，是一步一腳印沒有捷徑，若從系統規畫之初，就只盤算一年要賺多少，一切以成本、賺錢掛帥，抱著「反正出了狀況，花點小錢擺平的心態」，而不能完全尊重專業團隊的意見的話，產生今天的結果也就不足為奇。當然，投下去的幾十億，就算完全砸鍋的話，相對他的財力來說，也不過是九牛一毛而已，無關痛癢。更何況合約上明訂，若政府要接收，政府得付他45億元，當然是有恃無恐。

當年政府對我們的要求是萬分之三的準確度，現在對ETC系統的要求卻放寬到千分之一，實在有點奇怪。三十多年前，這些交大窮教授們，紛紛把房地產拿出來當履約保證，若系統不夠完善，不但工程款拿不到，還可能導致傾家蕩產，被銀行掃地出門的窘境。大家在沒有退路之下，只有盡全力地將系統做好。

今天想起來，不知道當年我們怎麼敢簽下這萬分之三誤差的合約？我們用光電的方法偵測車子是全世界首創，也沒有長期使用的經驗，要是事先知道偵測車子有這麼多困難的話，大概也不敢包下這系統。小公司接下這門大生意，不成功便成仁，沒有退路，只能硬著頭皮幹下去，與今天ETC的結果相較，這或許是造成兩個不同結局的重大原因吧。

做完了九個高速公路收費站後，就一直認為這些工程本來就該做得好好的才對。對照起這些日子的紛紛擾擾，倒還覺得當年的順利完成還真是不簡單呢！也慶幸當年沒有把交大的金字招牌砸掉。

[回上頁](#)[回首頁](#)