

高速公路電子收費（ETC）基礎工程 規設暨監造簡介

吳清良* 林根勝**

摘要

國內高速公路自 2014 年由人工收費及計次收費走向全面性電子收費系統，以計程收費多車道自由車流收費方式，大幅縮短用路人旅行時間、降低人工收費導致壅塞狀況、達到節能減碳及邁向智慧交通運輸新里程。

計程收費係以兩交流道間之收費門架，利用門架掛設扣款模組、執法模組及通訊模組等組成以無線通訊與用路人 eTag 完成收費扣款功能。為此，高速公路沿線需大量興建門架基礎工程，包含土木、鋼構、機電及網路等工項，且需在各工項建立工法、標準作業模式，以降低施工錯誤、重工等風險，進而縮短學習曲線，以達如期如質完成全線基礎工程之目標。

關鍵字：ETC、eTag、計程收費

一、前言

國內高速公路電子收費 ETC 係採「民間參與高速公路電子收費系統建置及營運」BOT 案，由遠通電收股份有限公司取得最優議約權。依契約區分「計次收費階段」及「計程收費階段」兩階段，2006 年 2 月完成計次階段全線通車，2014 年元月完成「計程階段」之系統轉換。

「計程階段」係以兩交流道間之主線路段設置收費區位，採多車道自由車流電子收費系統，詳如圖 1 所示。全線收費區位均以單門架設計，設計概念以前後緣掛設電子收費相關設備，及維護便利性為考量，門架前緣掛設扣款模組（Antenna），與車上 eTag 通訊，以達扣款功能；偵測模組，提供車輛車型辨識判斷，作為車型扣

款金額依據，門架後緣掛設執法模組，採用高速照相機，進行車牌辨識，另設置 Dvr 動態車輛錄影進行稽核等執法舉證功能。如從門架俯視綜觀電子收費設備之配置，詳如圖 2 電子收費設備示意圖。



圖 1 多車道自由車流電子收費系統

* 中興工程顧問公司系統及電氣工程部工程師

** 中興工程顧問公司副總經理兼機電事業責任中心主管

中興工程顧問公司自 2004 年陸續協助遠通電收完成計次收費全省 22 處收費站及 2013 年完成全省 319 處收費區位建置(原規劃建置 373 處，後因橫向高速公路誠作，實際完成為 319 處)，計程階段技術服務工作包含專案管理、規劃設計及施工監造等，基礎工程設計包含門架土木工程、前端設備門架、機電工程等。

二、建立標準樣態模式

高速公路計程電子收費系統計程建置專案，整體工程分項有前端系統建置、後端系統開發及

營運作業開發，其前端系統建置包含土建門架暨機電工程、車道系統安裝及網路傳輸工程，詳如圖 3 所示。前端系統建置因大範圍施工面且涉及用路人行車安全，故施工期間之交維措施，施工工序及工法，在規設階段需考量施工過程中可能面臨交通安全及工程問題，並加以詳細分析、探討，例如：

計程建置專案以基礎工程為主體(土建門架暨機電工程)依系統別可細分為土木工程、前端設備門架及機電等工項，再依公路路型、地質特性歸納數種基本型式，並建立標準圖說，簡化審查流程。

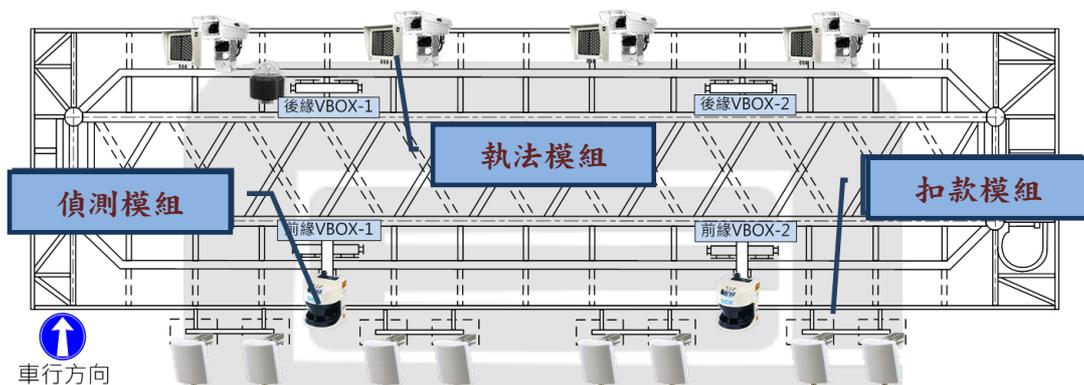


圖 2 電子收費設備示意圖

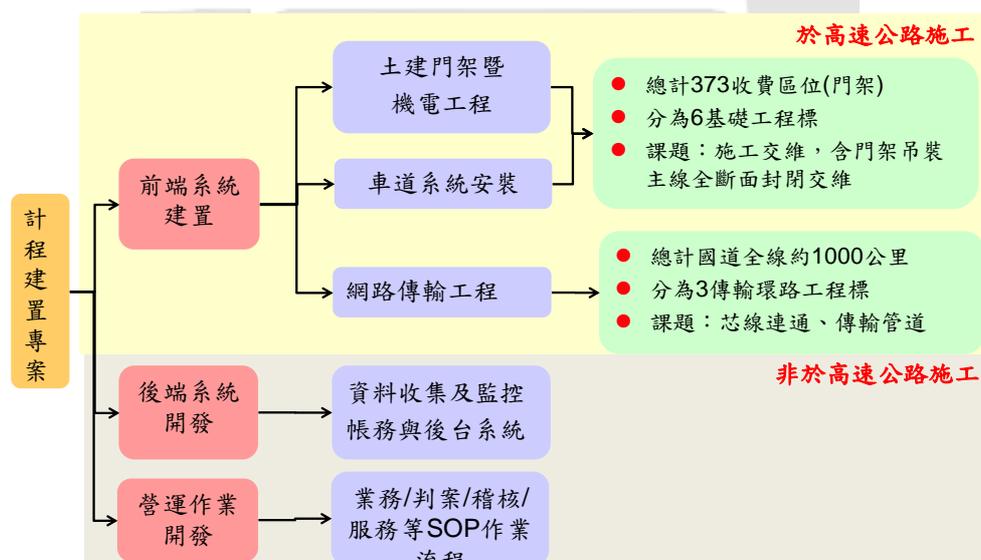


圖 3 計程建置專案分項架構

1. 參考公部門（高公局）比照高公局自辦工程作業流程進行，以簡化行政作業。
2. 由各區工程處參考前期 ETC 案計次設備建置作業方式成立專案受理及審查後，報高公局備查。
3. 為免同路段多次封閉主線施工，考量替代道路路線，規劃鄰近 2-3 交流道合併施工之群組。
4. 交通維持計畫書之送審，非屬主線全斷面封閉施工項目者，依高公局訂定之「施工之交通管制守則」規定，採標準化通案方式分別提送予各區工程處審查核定後辦理。
5. 交通維持計畫書之送審，屬主線全斷面封閉施工項目者，仍須分別依個案提送交維計畫開會審查，並訂定審查相關時程，以推進整體審查進度。

（三）建立設計標準化模式

全線收費區位依地形可歸納路堤、路塹及橋工等，工程屬性為全面性及系統性，工程範圍遍及全台灣北、中、南、東等國道高速公路，施工里程約 2,000Km。基礎工程包含門架土木基礎工作、前端系統設備門架工作、機電工程及網路等工作，面對工程時間短、工程變數大、工項繁雜及不可抗之天候等因素。

1. 土木基礎

基礎工程首要工項土木工作，依地形可區分路堤及路塹，門架基礎可分為路側基礎及中央基礎，其中又因基礎開挖下方因既有管線無法遷移，需變更工法，故需依地況採取適當工法以因應現況。

2. 前端系統設備門架

前端系統設備門架工作主要提供高速公路電子收費之偵測設備、扣款設備、執法系統及稽核系統等設備，設計考量包含載重、風力、地震力

及高公局要求之 5.35m 最小淨高等相關規範外，還須兼顧維護便利，故採用鋼構雙柱式桁架系統，主要用以承受自重、風力、地震等造成之彎矩，詳如圖 5 所示。



圖 5 前端系統設備門架示意圖

門架設計依據路型，分別採路工及橋梁（圖 6）方式設計，其路工設計可區分單向門架及南北雙向門架（圖 7 及圖 8），無論何種型式門架，均採用相同收費系統架構，僅有套數之差異，以標準化模組設計及簡化施工流程，可大幅降低錯誤率。

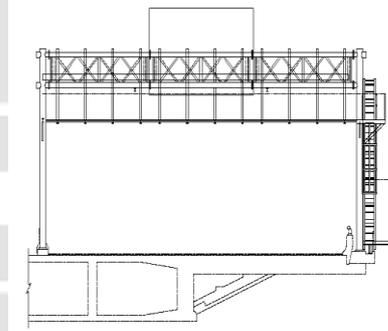


圖 6 橋梁型門架

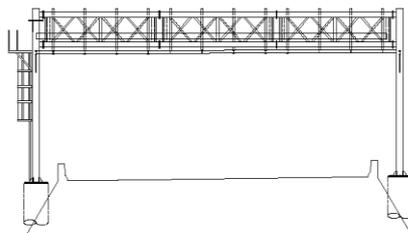


圖 7 路工型單向門架

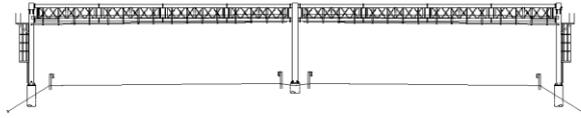


圖 8 路工型雙向門架

3. 機電工作之電力供應

為確保高速公路電子收費系統全天候供電穩定無虞，電子收費系統需具有當市電發生斷電時，本身能立即繼續提供備援電力（SMR 直流整流器機組）達到不斷電之功能，詳如圖 9 電力單線圖。電子收費系統係以 SMR 直流整流器機組提供直流 DC24V 供電，亦作為備援緊急供電系統，具備能連續供給全系統正常用電量連續運轉 6 小時以上以確保電子收費系統維護人員至現場維修完畢前之正常運轉所需電力。另為維持供電不中

斷，於各維運站設有車載緊急發電機組，隨時支援各收費區位正常供電。

計程收費以高速公路主線建置電子收費門架，路側建置收費區供電點多達 198 處，且因路側空間較少，無法建置土木站房以容納緊急發電機及系統，故以小型化機櫃規劃，配合供電不斷電需求，機櫃內裝設 SMR 直流整流器，可允許 6 小時收費設備全載運轉，平時由市電供電，當市電停電時，以 SMR 直流整流器備援供電，同時遠端監控 SMR 直流整流器供電狀態，適時啟動維運站人員以車輛機動載運緊急發電機至現場，插裝於緊急電源插座上供應 SMR 直流整流器機組轉換直流 DC24V 供應電子收費系統，維持系統正常運作，詳如圖 10 所示。

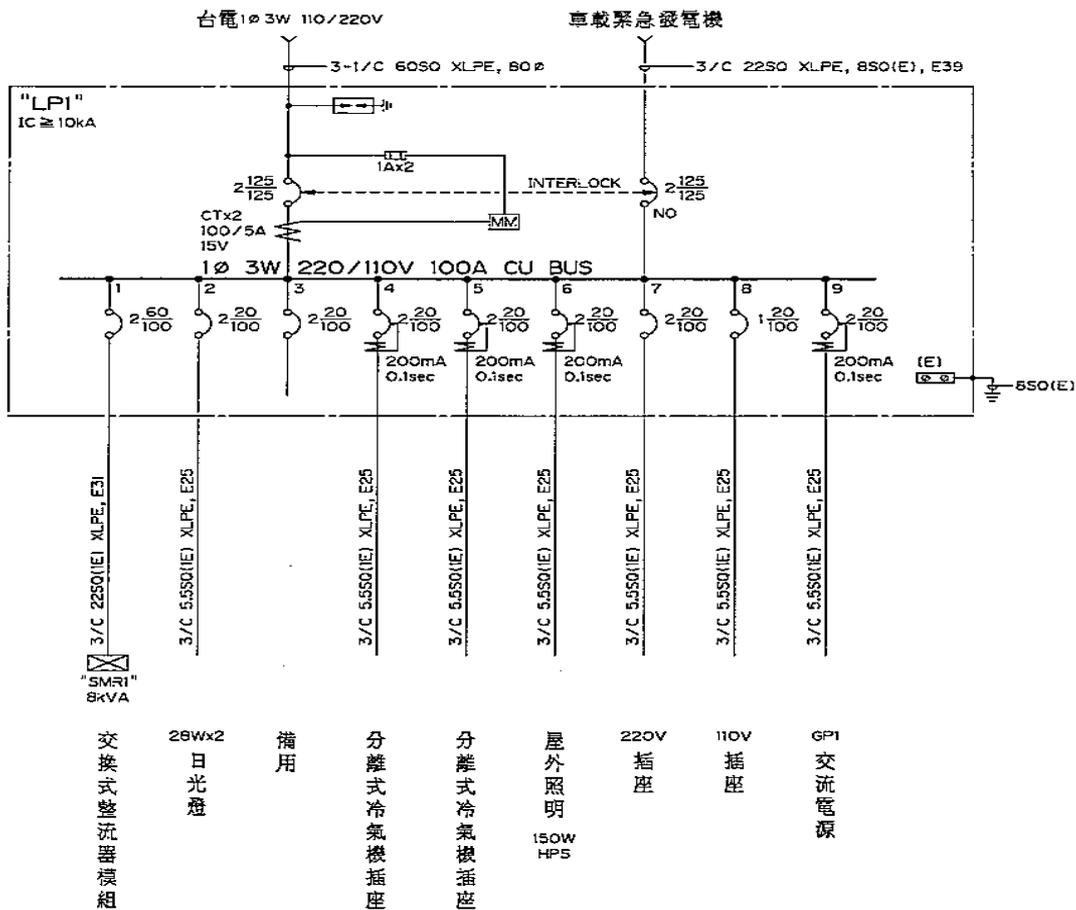


圖 9 電力單線圖



圖 10 SMR 直流整流器機組

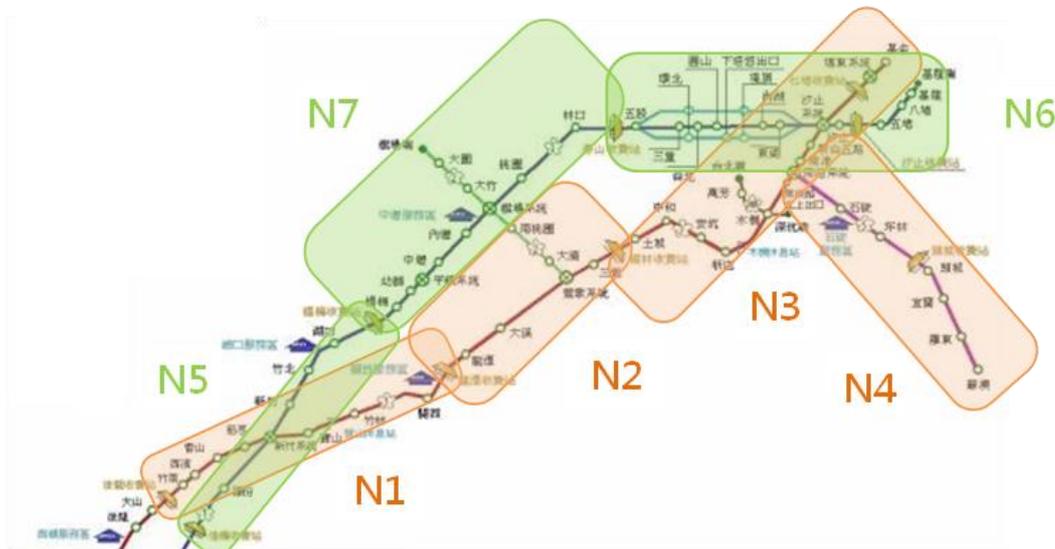
三、建立施工策略

由於各項工程皆在繁忙的國道車道上施工，

施工期間要封閉車道，以及封閉交流道之間全路段通行，勢必造成公眾用路人的不便，故須透過公眾和媒體的宣導及施工策略以減少車道和交流道封閉次數。

(一) 區塊化分階段施工

以北區為例，詳如圖 11 所示，施工面全面展開，對國道交通影響衝擊最大是北部苗栗以北地區，包含國道 1 號、國道 3 號及國道 5 號等，依國道交通量分析各路段尖峰點採取區塊化模式施工，以時程、區塊、路線為主項，以不減少施工面且減少封閉次數為原則，降低用路人不便。



北區 (小計146)										
時程	區塊	路線	起訖收費區位							
			交流道	里程	交流道	里程	區位	起訖里程數	封閉次數	起訖收費站
階段一	N1	國3	龍潭	68.2K	竹南	119.1K	18	49.1K	9	龍潭、後龍
	N3		七堵(以北)	0.0K	三鶯	42.5K	25	42.5K	13	七堵、樹林
階段二	N2	國5	土城	42.5	龍潭	68.2	12	25.7	6	樹林、龍潭
	N4		頭城(以北)	0K	頭城(以南)	41.7K	14	41.7K	7	頭城以北/以南
階段三	N5	國1	楊梅	68.8K	頭份	110.4	14	41.6	7	楊梅、造橋
	N6		基隆端	0K	三重	27.1K	29	27.1K	15	汐止以北、泰山
階段四	N7		五股	33K	楊梅	68.8K	34	35.8K	17	泰山、楊梅
Total							146		74	

圖 11 區塊化施工圖表

(二) 土木門架施工策略

土建基礎施工需封閉內外單一車道，每 1 區位施工天數為 1~2 週，每日施工時數 8 小時，全省分北中南三區，施工面細分為六區，每區有不同施工廠商採區塊化分階段施工，北區分 7 區塊（4 階段）、中區分 6 區塊（4 階段）、南區分 9 區塊（5 階段），計 22 區塊。

(三) 門架吊裝施工策略

門架吊裝作業屬主線全斷面封閉施工，對交通衝擊極大，故作業均採夜間施工，且為降低吊裝作業次數，門架設計方式及施工工序大幅縮短吊裝次數，由原需至少 292 次全線封閉，最多可降至 190 次全線封閉。

1. 雙門架系統改成單門架系統。
2. 門架吊裝施工工序分成兩階段採全線封閉施工，進行門架鋼構組裝，封閉時間預計可縮短 1~2 小時，eTag 天線同步進行安裝，減少車道設備安裝之車道封閉交雜。
3. 門架吊裝全線封閉，1 次封閉 2~3 個交流道進行組裝作業。
4. 門架吊裝全線封閉，北、中、南各區塊吊裝方向錯開。

(四) 機電施工策略

機電作業已是整體工程最後階段，且最容易被壓縮時程之工項，尤其以申請台電送電，面臨

不可控制因素很大，在台電申請用電，除符合規範外，更應掌握台電內部作業細節，可透過網路以隨時掌握進度，確保送電期程是否延宕，詳如圖 12 所示。

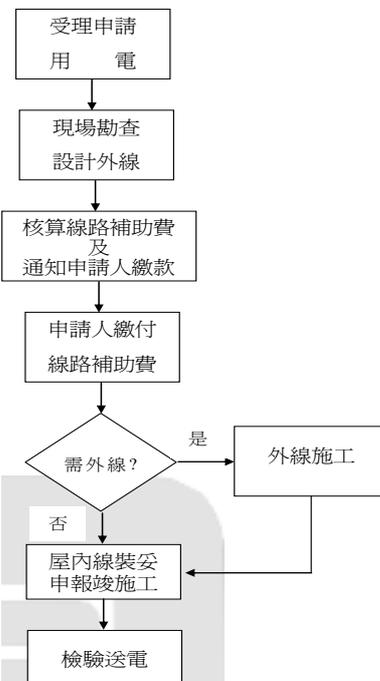


圖 12 送電流程

為確保機電作業完成，且符合送電標準，每週以送電管控表，掌握各區機電作業進度，分項包含用電申請、機櫃定位、二次側線路施工、台電外線施工及繳費，最後完成送電作業，符合系統完整，全區 193 處均須送電完成，方可達成通車目標，詳如表 1 所示。

表 1 全區進度管控表

全區：機電及送電工程進度計劃													
送電目標區位處	184	3月	4月	5月	6月	現況	W14		W15		W16	W17	W18
							排程	實際完	排程	實際完			
台電送電	184	24	76	144	184	46	0	1	10	2	4	13	19
提出用電申請	184	184	184	184	184	184	0	0	0	0	0	0	0
機櫃吊裝	193	99	138	175	193	108	10	15	8	4	9	8	6
二次側施工	193	56	106	154	193	66	16	4	13	5	18	14	2
台電外線施工	184	68	104	150	184	77	2	3	9	8	13	6	6
繳費	184	103	155	181	184	132	2	0	28	17	4	5	11

四、結 論

國道高速公路由人工收費以 BOT 案「民間參與高速公路電子收費系統建置及營運」於 2004 年由遠通電收股份有限公司（遠東聯盟）完成簽約，相繼於 2006 年完成計次階段，並於 2014 年轉換成計程階段，歷經十餘年，是少數以 BOT 案成功的案例。

電子收費系統計程階段工程建置時程短、工項多及範圍大，且施工過程影響百萬車輛用路人安全。專案成立時，由規劃設計階段便已進行相關工程推演作業，如何降低風險、如何簡化工項、如何增進工進等作業。在施工階段實務操演中，面臨土木施工廠商工進無法如預期、交通事

故工安事件影響、鋼構產能不夠及請送電不易等問題，接踵而來是整體進度無法如預期，而在種種困境中，找出解決方式，並於主辦機關支持、遠通電收及廠商相互合作下，目標一致，共同完成不可能的任務，更讓外國媒體再次見證臺灣奇蹟。

參考文獻

- 中興工程顧問公司（2012）遠通電收計程階段收費區位基礎之細部設計報告及圖說
- 遠通電收（2012）遠通電收計程階段 ETC 計程建置專案報告之高公局月會
- 遠通電收（2012）遠通電收國道計程收費設施建置報告（工程處說明會議）

新 書 推 介

(一) 流體注儲行為之力學機制研究與工程應用

俞旗文、譚志豪、雷世璋等 編著

2017 年 1 月初版

(二) 高岩覆對隧道設計與施工影響研究(二)

脆性破壞特性評估與因應對策

蕭富元、林金成、蔡明欣等 編著

2017 年 10 月初版

(三) 應用雷達影像評估坡地災害

林伯勳、蕭震洋、鄭錦桐、陳俊愷、李易叡等 編著

2016 年 10 月初版