



國道 5 號雪山隧道— 自動化科技執法系統建置簡述

警政署國道公路警察局第九公路警察大隊大隊長 / 吳俊良
中興工程顧問公司系統及電氣工程部資深協理 / 林根勝
中興工程顧問公司系統及電氣工程部計畫副理 / 曾堂坤
中興工程顧問公司系統及電氣工程部工程師 / 張震宇

關鍵字：雪山隧道、自動化科技執法、系統建置、工程顧問公司、經驗學習、經驗傳承

一、前言

國道 5 號是往來台北、宜蘭的重要通道，造就了台北與宜蘭的一日生活圈。在週休二日的帶動下，大量的遊客利用國道 5 號外出旅遊更加省時及便利，卻也導致了開通後車流量不斷攀升，塞車情況越來越嚴重；不止是假日往返旅遊景點可見壅塞的車潮，平日通勤車輛也不計其數、十分擁擠。塞車已然成為國道 5 號雪山隧道的常態。其中，長達 12.9 公里的雪山隧道通過雪山山脈，使原先耗時近 1 小時之車程縮短為 10 多分鐘。相較於快捷的路程，行車安全則容易被忽略。此路段為長隧道，隧道內行車環境不同於一般平面道路，若發生意外，長隧道救援將比一般道路救援更加緩慢及困難，救援危險度也相繼提升。

雪山隧道自開通後發生過多次追撞事故而使多人傷亡。其中，最嚴重的事故當屬一起車禍火災造成 2 人死亡 31 人受傷，出動各種大型救援車輛；雪隧因為這件意外，史無前例全面封閉南北向車道近六小時，嚴重影響國道 5 號行車安全及效率；部分不守交通規則之用路人行駛雪隧時不但有超速行為外，還以逼車、任意變換車道及超車行駛，增加肇事機率，危及其它用路人之行車安全，因此，長隧道行駛安全問題不容忽視。之前雪山隧道內行車取締違規執法方式為固定桿式，以偵測超速之車輛並派遣巡邏車至現場存取資料，另派遣巡邏車現場取締任意變換車道及未保持行車距離違規行為，此種取締方式需要大量警力配合至現場執勤，執勤人員必須忍耐隧道內高溫炎熱及吸入大量車輛排放之廢氣，對執法員警的健康造成相當大的傷害。



科技的進步日新月異，若以過去人力方式取締違規，將不符效益，依交通部高速公路局的分析結果發現，於雪山隧道內最低限速提高後車速及每小時車流量有提升的趨勢，為維持隧道內車流順暢及行車安全管理，以提高雪山隧道最低限速並搭配警方加強執法取締，來確保行駛長隧道車輛確實遵守各項行車限制，維護交通安全秩序，提高長隧道行車之安全，中興工程顧問公司負責雪山隧道自動化科技執法系統之設計、規劃及監造作業之執行，並提供本系統建置案例供大家參酌。

二、建置案概述

雪山隧道長 12.9 公里，係一分離之雙孔隧道，每孔隧道為單向雙車道。隧道內有通行管制，限制特定車輛進入，並對隧道內之行車限制，在安全優先考量下與一般公路或隧道有所差異，除隧道內禁止變換車道之一般限制外，現階段速限為每小時 90 公里，最低速限為每小時 70 公里；小型車行駛於雪山隧道應保持 50 公尺行車安全距離，大型車應保持 100 公尺以上之行車安全距離。如因隧道內道路壅塞、事故或其他特殊狀況導致車速低於每小時 20 公里或停止時，所有車輛應保持 20 公尺以上之行車安全距離。

隧道內無設置路肩，除每 1400 公尺設置一處緊急停車彎外，沿途無任何可停駐之執法地點，且隧道內不宜進行攔停稽查車輛，故必須仰賴自動偵測及蒐證執法設備，以數據方式處理科學證據，避免工作人員停駐於隧道內，影響交通安全。

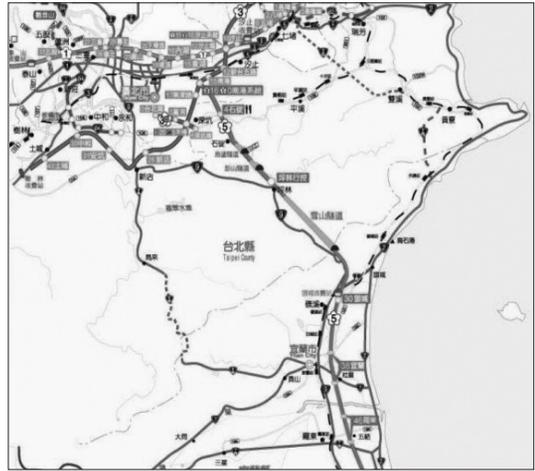


圖 1 國道 5 號路線圖



圖 2 雪山隧道坪林端



圖 3 雪山隧道車禍現場

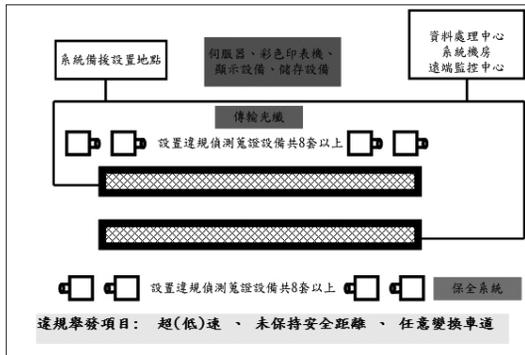


圖 4 雪山隧道自動化科技執法系統架構圖

雪山隧道自動化科技執法系統為一數位化系統，規劃運用設置於隧道內之違規偵測及蒐證設備採證違規資料，並透過光纖電纜將數位違規資料傳輸至系統機房等必要地點，建置一永續自動化科技執法系統，取締超(低)速、未保持行車安全距離及變換車道等 4 項違規。系統機房之規劃包括遠端監控中心及資料處理中心等資料處理設備及監視控制平台等相關設施，俾利警勤指揮及建置案系統控制。

雪山隧道自動化科技執法系統僅為輔助執法工具之一，目的為使用路人遵守行車規定，促進雪山隧道行車安全，科技執法系統實施前、後之行車規定及違規罰則均相同。此外，隧道內已設置完整的禁止變換車道雙白實線、最高及最低速限標誌等，另透過電子看板及隧道廣播，提醒用路人依標誌及標線遵守相關行車安全規定。

三、規劃與配置

(一) 於雪山隧道南、北向各設置 8 組，共 16 組，每處偵測及蒐證系統設備包括前端偵測功能設備及前端偵測蒐證遠端控制器等，偵測蒐證項目：超速、低速、未保持行車距離及變換車道。如圖 5 所示。

1. 超(低)速

違規偵測：車輛進入偵測範圍時，能測定行車瞬間速率，行車速率超過(低於)系統設定之門檻值時，立即啟動蒐證單元，採證違規車輛靜態影像，作為違規舉發之證據。

2. 未保持行車安全距離

違規偵測：車輛進入偵測範圍時，能立即測定其行車速率及前、後兩車間之行車距離，當行車距離低於系統設定之門檻值時，系統能取得違規證據資料，如：採證違規車輛之靜態影像及回溯違規前後之連續動態影像，作為違規舉發之證據。

前端蒐證之靜態影像拍攝範圍至少需涵蓋車輛全景及 2 個車道，未保持行車安全距離違規拍攝範圍必須涵蓋前後 2 車；且必須拍攝到目視可清晰辨識車牌之有效違規影像證據，以符合執法取締之相片解析度等級要求。動態影像必須擷取違規事件點，足以佐證違規事件之動態連續影像。

3. 變換車道

違規偵測：車輛進入偵測範圍時，能測定車輛跨越雙白實線之違規行為，至少涵蓋 2 車道並能取得違規證據資料，如：採證違



規車輛之靜態影像及回溯違規行為前後之連續動態影像，並符合下列條件：

- (1)靜態影像：車輛於跨越雙白實線時之影像。
- (2)動態影像：違規車輛自原行駛車道跨越雙白實線，及變換車道之連續影像。

(二) 偵測技術：偵測設備之技術規格如有國家標準時，不得低於交通執法器材之國家標準；如無國家標準者仍從嚴認定。
(本項設備之審查以獲得評選委員普遍認同及高度信賴為原則，以避免將來交貨安裝後取證之爭議。)

(三) 違規取締資料應以繁體中文顯示下列項目：

1. 違規項目及事實。
2. 違規日期及時間。
3. 違規地點。
4. 偵測蒐證設備序號。
5. 違規影像編號。

(四) 前端偵測及蒐證設備之違規資料須設置資料儲存設備，且其儲存容量至少足供五年儲存之所需。

(五) 數位違規影像具有加密及防篡改機制，以確保影像及資料之真實性及證據能力。

(六) 前端偵蒐設備要考量安全、防盜、防污、防水及高溫問題，並確保設備在相對濕度介於 20%-95%、溫度介於 0°C ~ 60°C 條件下能正常運作，須符合 CNS 防水防塵 IP 等級要求。

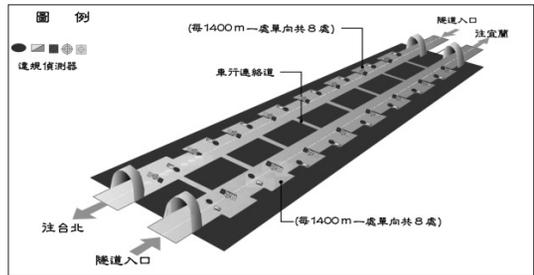


圖 5 前端偵測設備配置圖

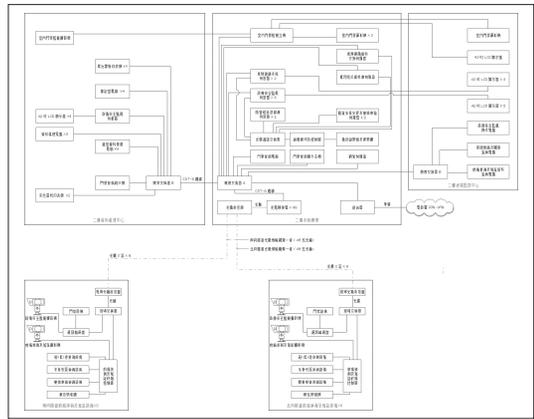


圖 6 雪隧執法系統整體系統架構圖

四、雪山隧道自動化科技執法系統架構

雪山隧道自動化科技執法系統為一數位化系統，運用設置於隧道內之違規偵測及蒐證設備採證違規資料，並透過光纖電纜將數位違規資料傳輸至資料處理中心及監控勤務指揮中心，資料處理中心除設置自動化之違規資料處理系統、自動輸出違規舉發相關資料外，並備有隧道行車及設備監視控制平台及相關設施，俾利警勤指揮及本案系統控制，其包含前端執法前端偵及蒐證系統、保全系統、資料處理系統，其整體雪山隧道自動化科技執法系統架構圖如圖 6 雪隧執法系統整體系統架構圖所示。

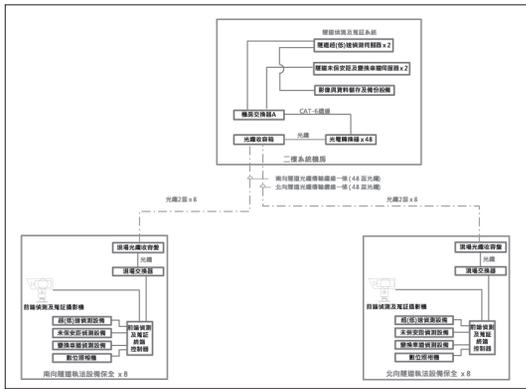


圖 7 雪隧執法系統前端偵及蒐證系統架構圖

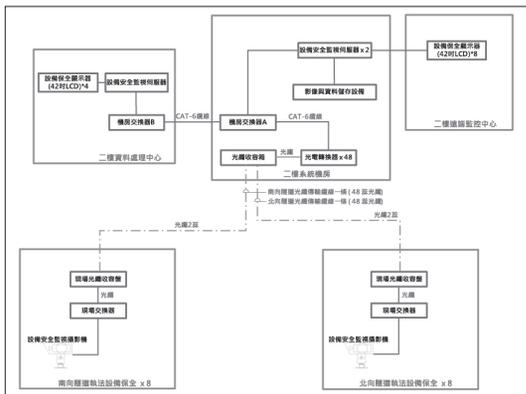


圖 8 保全系統架構圖

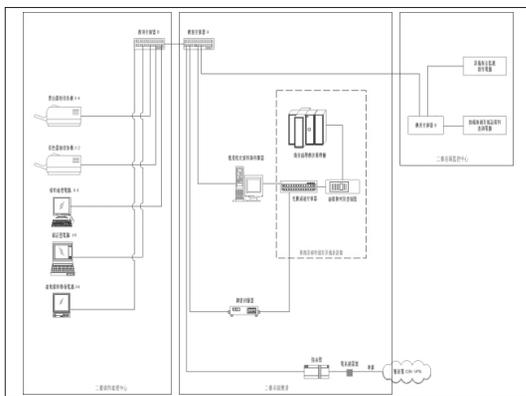


圖 9 資料處理系統架構圖

(一) 前端執法前端偵及蒐證系統

本系統在前端偵測及執法系統之 16 處佈設現場，違規偵測所蒐證之違規影像以數位影像檔案，經由光纖即時傳輸到第九警察大隊頭城隊部之資料處理中心與監控勤務指揮中心。其系統架構如圖 7 所示。

(二) 設備保全監視系統

本系統在前端偵測及蒐證設備之 16 處現場，設置有設備安全監視攝影機，這些攝影機除可即時監看 16 處前端偵測及執法系統設備現場狀況外，尚可一併監看雪山隧道內各處之現場車流狀況，且這些設備監視影像訊號將傳回資料處理中心與監控勤務指揮中心。而這些現場設備安全監視攝影機可直接將畫面即時傳回遠端系統機房內，並具全時錄影功能。其系統架構如圖 8 所示。

(三) 資料處理系統

資料處理中心之違規資料舉發電腦，可連接各隧道超(低)速偵測伺服器、隧道未保安距及變換車道偵測伺服器並進行違規資料舉發作業，及進行『前端偵測及蒐證系統軟體』、『設備保全監視系統軟體功能』及其資料庫之資料內容，進行資料處理設定、統計、列印及操作與進行『資料處理系統軟體』功能操作。其資料處理系統架構如圖 9 所示。

(四) 監控中心

可即時監看 16 處前端偵測及執法系統設備現場狀況外，尚可一併監看雪山隧道內各處之現場車流狀況。

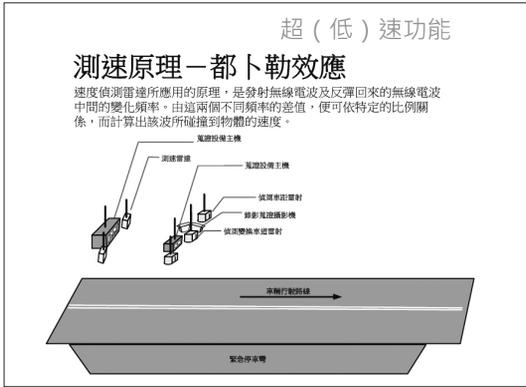


圖 10

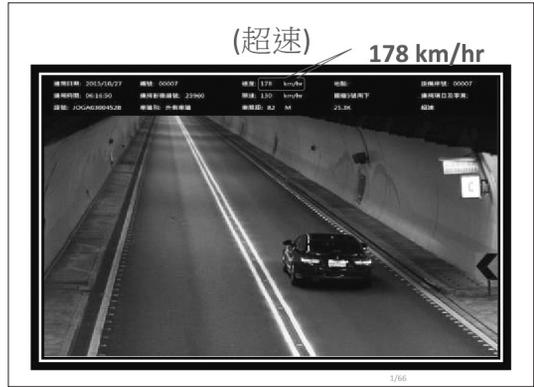


圖 11 超速違規照片

五、系統特色

本系統兼具有：數位違規影像具有加密及防篡改機制，以確保影像及資料之真實性及證據能力；系統具備遠端設定、遠端檢測校正功能，對系統功能異常時自動提出警訊並通報監控勤務指揮中心通知必要人員進行檢修；系統可偵測車流量、即時速率，判斷車流是否壅塞，壅塞時系統可依使用者設定是否自動關閉系統。

取締項目如下：

(一) 超(低)速：速度偵測雷達所應用的原理，是發射無線電波及反彈回來的無線電波中間的變化頻率。由這兩個不同頻率的差值，便可依特定的比例關係，而計算出該波所碰撞到物體的速度。其測速原理如圖 10～圖 12 所示。

(二) 未保持行車安全距離：偵測方式是將雷射光束在道路上建立一條掃描牆，當車輛經過會造成雷射光束反射，控制主機藉由雷射光束反射回的時間差計算出車輛之距離。其偵測車間距原理如圖 13～圖 16 所示。



圖 12 低速違規照片

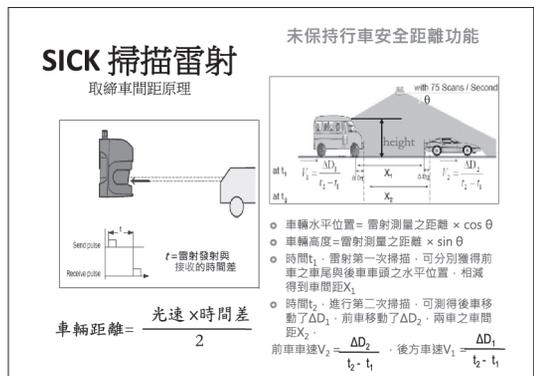


圖 13

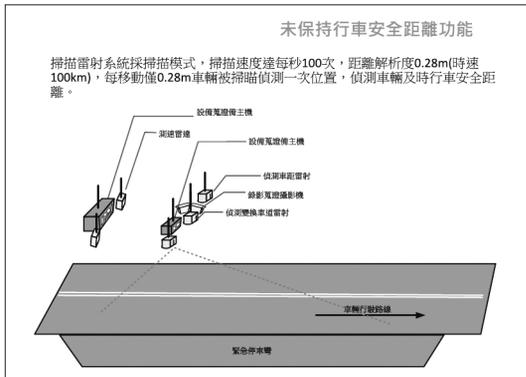


圖 14

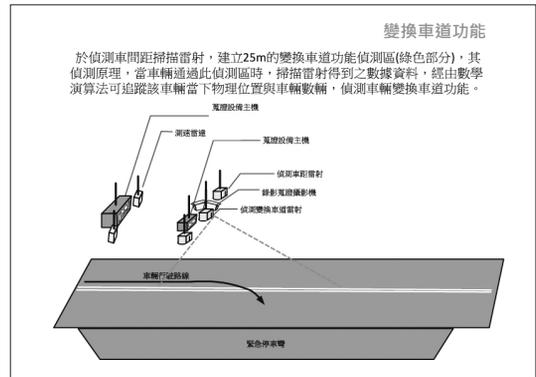


圖 17



圖 15 未保持行車安全距離違規照片



圖 18 變換車道違規照片

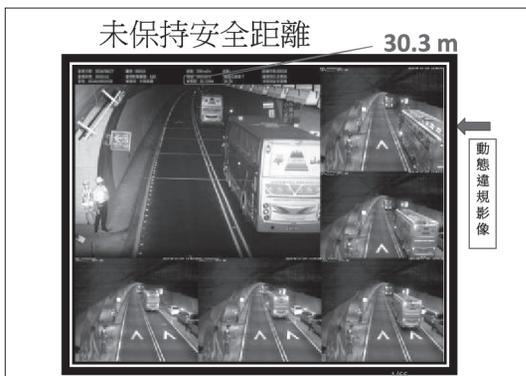


圖 16 未保持行車安全距離違規照



圖 19 變換車道違規照片



圖 20 變換車道違規照片

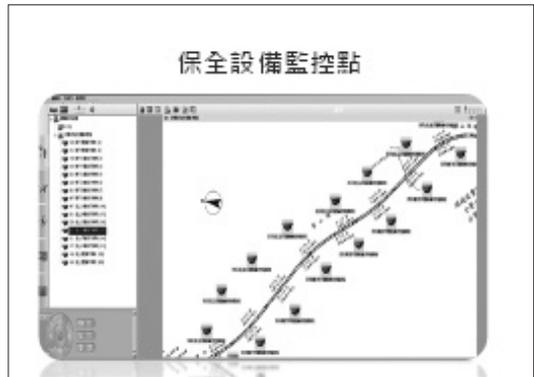


圖 21

(三) 雙白實線禁止變換車道：於兩車道中央上方及中線上方各裝設一顆掃描雷射(共計三顆)。車輛碰觸中線上方掃描雷射即觸發訊號至照相及錄影等蒐證設備，取締違規的車輛。其偵測原理如圖 17 ~ 圖 20 所示。

設備保全具備執法系統監看功能，可調整監視區域，監視影像回傳資料處理中心、遠端監控勤務指揮中心，並具全時錄影功能。如圖 21 ~ 圖 23 所示。



圖 22

目前雪山隧道內增設自動化科技執法系統，以加強執法，並強調龜(低)速、超速、任意變換車道、惡意逼車(未保持車距)之取締項目，以達到取締違規、遏止交通事故、減少慢速車導致隧道內塞車問題之發生。雪山隧道執法系統除可以降低交通事故或其它事件的發生，亦能提供事發過程紀錄供警察單位調閱，作為後續違規取締偵查的依據及證據。隨著科技日新月異，以科學儀器自動照相取締之方式，逐漸取代人工執法，此種利用科學儀器取證的執法方式，稱之為「科

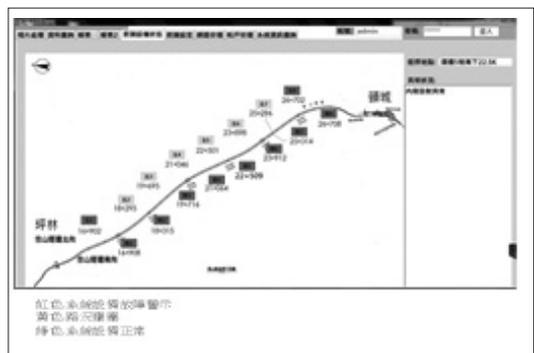


圖 23



表 1 雪山隧道自動化科技執法系統違規種類統計

項目年度	未保持行車安全間距	超速	低速	變換車道	合計
105 年 3 月 驗收試營運	891	1846	764	26	3527
106 年 6 月 系統啟動滿 1 個月	32	1263	731	0	2026

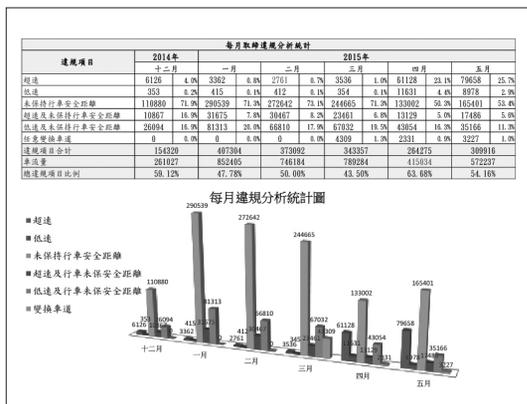
超(低速)----- 最高時速 90 公里, 最低時速 70 公里。
未保持車距 ----- 大、小車車距 50 公尺。
變換車道 ----- 隧道內全線。

技執法」。目前國內對於違規任意變換車道之取締, 執法機關大多採用傳統的錄影蒐證, 再以人工檢視審核後舉發, 如此方式耗費甚多人力物力。雪隧環境悶熱、空氣不佳, 考量到值勤人員健康, 主管機關採用新科技的方式來彌補產生的各種問題, 來增加雪隧裡面的執法強度。如表 1 所示。

自動化科技執法系統啟用前於 103 年 12 月先行南下線完成一處單一執法系統建置, 以南下線該處之違規行為車輛統計如圖 24 ~ 25 所示:(本階段為測試階段, 尚未開始執法)

在六個月的測試期間, 雪山隧道用路人之行車樣態, 違規行為多, 代表行駛於隧道內危險性高。

105 年 3 月本系統驗收試營運測試報告所測得之 3 月份行車違規行為有 3527 件; 雪山隧道自動化科技化執法 106 年 6 月 15 日正式啟用前進行 4 日之執法系統模擬上線測試依國道公路警察局第九公路警察大隊統計共有 1563 件違規行為, 而經啟用首日正式執行後共取締違規案件 210 件, 其中超速有 128 件, 低於最低速限 73 件、惡意逼車 9 件, 其中於南下段發現單一車輛連續 4 次違規之行為, 且 3 次均為嚴重超速行為(超速 60 公里以上, 時速 150 公里以上), 另依國道公路警察局第九公路警察大隊表示啟用 1 個月來共計取締違規件數 2026 件, 其中也有單一車輛於當日遭連續舉發 9 次, 皆由系統完整取締, 充分的發揮了自動執法系統的功效, 且經由 1 個月的宣導期, 也有效嚇阻雪隧違規行為, 進而提升行車安全。



超(低速)----- 最高時速 80 公里, 最低時速 60 公里。
未保持車距 ----- 大、小車車距 50 公尺。
變換車道 ----- 隧道內全線。

圖 24

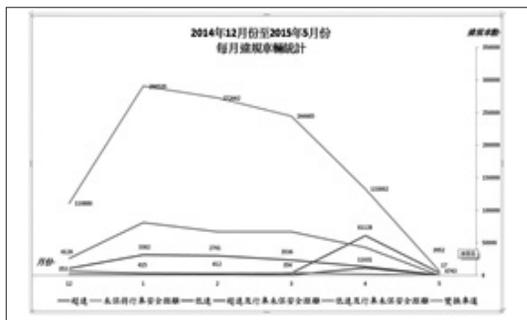


圖 25



長隧道有別於一般開放性之公路，擁有其密閉性與地下化等空間上之特殊性，對於其行車事故之排除及救難更增其困難度，因此危機的預防遠勝災害的搶救。

雪山隧道自動化科技執法系統，建構全方位的電子警察，除可節省警力、提升執法績效外，終極目的則在於有效防制交通事故發生與改善隧道內因慢速車長期堵塞之問題，除可嚇阻交通事故或其它事件，亦能提供事發過程紀錄供警察單位調閱，作為後續違規取締偵查的依據及證據。

系統啟動後隧道改善：

- ◆ 超速與未保持行車安全距離、變換車道及之違規車輛減少
- 確保隧道行車安全減少車輛事故機率與嚇阻交通事故發生
- ◆ 低速車取締
- 改善隧道因龜速車長期假日堵車問題
- ◆ 科技執法取代人力
- 隧道內環境不佳，以科技的方式來彌補人力的不足，來增加雪隧裡面的執法強度
- ◆ 科技執法效力
- 以科學儀器自動照相取締之方式，執法效率比人力高
- ◆ 違規連續影像與錄影影片
- 事發過程紀錄供警察單位調閱，作為後續違規取締偵查的依據及證據，降低民眾申訴案件。

六、結論

目前交通違規舉發及入案全面 e 化作業，以科學儀器取得證據資料並利用科技設

備資源，成為科技執法的一股主流。隨著科技的開發研新，各種數位化執法平台推陳出新，除可節省龐大之設備費用及維護費用，且因系統功能不斷更新、提升，對我國警察工作可發揮事半功倍之效。

雪山隧道執法系統啟用後，民眾擔心塞車會加重。實際上，自動科技執法系統啟用初期，由於民眾對行駛於隧道路段的交通法規並不熟悉，駛入雪山隧道會因為懼怕被取締而減速，造成車流回堵之現象。只要加強宣導及讓駕駛人明確了解行駛長隧道之取締標準及項目，讓駕駛人依據規定行車，塞車問題應可疏解。

取締只是提高車速紓解塞車的一種手段，由於雪山隧道內之道路條件限制，警察執法技術與交通安全上難以攔車進行舉發違規，而藉由隧道科技執法設備之建置，其違規資料可即時傳訊至公警隊執勤單位，不需要警車停駐現場執法或耗費人力架設照相設備，執勤員警不需長時間停留於隧道內，以減少執勤員警身心的負擔。

此科技執法系統為一新型態之執法系統在未來勢必是不可或缺的做法之一，以疏解塞車、提高行車效率、縮減大量人力資源及維護執勤人員之健康方向長遠來看，於長隧道、高速公路亦或一般道路上均可使用此系統來輔助執法作業，共同守護全國國民之行車安全。◆

參考文獻

1. 內政部警政署國道公路警察局。
2. 交通部高速公路局。
3. 雪山隧道自動化科技執法系統建置委託設計、規劃、監造案細部設計報告及圖說，中興工程顧問公司。
4. 雪山隧道自動化科技執法系統建置案現場單機收集報告、系統測試報告，中興工程顧問公司。