

## 動態速率回饋警示標誌成效評估之研究

### Evaluation of Dynamic Speed Feedback Warning Signs

郭正成 Cheng-Chen Kou<sup>1</sup>

王銘亨 Ming-Heng Wang<sup>2</sup>

洪境聰 Ching-Tsung Hung<sup>3</sup>

黃錦虹 Jin-Hung Huang<sup>4</sup>

#### 摘要

桃園市政府為國內首次於危險路段設置太陽能動態速率回饋警示標誌（簡稱動態警示標誌），依車輛行車速率顯示警告或禁制標語，藉以提醒用路人注意速限或道路特殊狀況，減慢行車速率，以防制交通事故的發生。本研究選擇兩個測試地點，以蒐集同一部車輛在動態警示標誌地點上游與下游處之行車速率，分析應用動態警示標誌於降低車輛行車速率的影響成效。結果顯示，在接近住商混合區域路段，車輛受到動態標誌警示後，其平均速率在警示標誌下游處，皆有明顯降低的趨勢，超速的比率亦有下降，整體平均速率約下降 3.2 公里/小時，超速比率下降 18%，第 85 百分位速率亦減少 3 公里/小時，對於在標誌警示前已超速的車輛，更可顯著降低平均速率 3.9 公里/小時；在郊區彎道下坡路段，動態警示標誌僅降低整體的車輛的平均速率約 1 公里/小時，雖然在統計上並不顯著，但第 85 百分位的速率下降了 3.4 公里/小時，且車輛超過速限 10 公里的比率亦降低約 14%，顯示動態顯示標誌對於在標誌上游處已超速的車輛，則可明顯發揮警示標語功能，降低超速車輛平均速率 1.9 公里/小時。

**關鍵詞：**動態速率回饋警示標誌、平均行車速率、超速比率

<sup>1</sup> 開南大學運輸科技與管理學系助理教授。

<sup>2</sup> 臺灣警察專科學校交通管理科副教授（聯絡地址：11696 臺北市文山區興隆路三段 153 號，電話：02-22308512，E-mail：wang.mingheng@gmail.com）。

<sup>3</sup> 開南大學運輸科技與管理學系副教授。

<sup>4</sup> 桃園市政府交通局交通工程科科長。

## Abstract

*Taoyuan city is the first local government agency in Taiwan to install solar dynamic speed feedback warning signs (abbreviated as dynamic warning signs, DWS) at hazardous road segments to provide information regarding the attributes of road segments to slow down vehicles. This study evaluated the effects of the DWS on speed reductions at two sites. Speed data were collected on the same car at upstream and downstream of the DWS. The results show that at the studied site near residential and business mixed area, the overall mean speed reduced significantly by 3.2km/hr after passing the sign at the downstream of the sign. The 85th percentile speed was reduced by 3 km/hr. The percentage of speeding also decreased by 18%. The mean speed decreased by 3.9km/hr for those cars speeding at the upstream of the sign. At the studied rural site, the speed reduction of 1km/hr was not significant enough to justify a change in the overall mean speed. However, the 85th percentile speed was reduced by 3.4km/hr. The percentage of cars speeding over 10 km/hr than the speed limit also decreased by 14%. The DWS is more effective on speeding cars at the rural site. The mean speed reduced significantly by 1.9km/hr for those cars speeding at the upstream of the sign.*

**Keywords:** Dynamic Speed Feedback Warning Signs, Mean Speed, Percentage of Speeding

## 一、前言

超速是影響交通事故發生或嚴重度最主要的原因之一，「減速」也是當前國內推動道安政策重點之一（交通部，2015），由於道路交通之特性、或是道路線形的因素，常導致車速過快，容易發生交通事故。為降低行車速率，目前國內作法大多以加強執法或設置自動測速照相機取締超速違規，然而，由於道路幾何的限制，部分危險路段並不適合現場攔停執法或設置照相執法設備，加上現有標誌內容的限制，無法全然讓駕駛人了解危險路段道路的特殊狀況，而提高警覺。基於警力及道路幾何的限制，國外先進國家大多以各種型式的動態速率回饋(Dynamic Speed Feedback Sign)或速率顯示標誌(Speed Display Signs)，包含顯示前方特殊路況如彎道、路口，或直接顯示車輛速率(Your Speed)訊息等方式，提醒用路人注意道路速限及特殊狀況，具有相當的成效。但國內目前在這一方面應用並不常見，相關的評估測試或應用準則亦較缺乏。

有鑑於此，為推動「減速」道路交通安全政策，促進道路交通安全，桃園市政府交通局首先大幅採用相關速率回饋警示標誌，自 2015 年起針對 22 處易肇事及特殊道路幾何路段，結合環保節能的太陽能科技、速率偵測、以及資訊顯示科技，設置太陽能動態速率回饋警示標誌（簡稱動態警示標誌），配合道路幾何及區域特性，依車輛速率狀況顯示禁制或警告標誌（語），希望能藉以引起用路人的注意，提醒用路人道路狀況改變或速率限制，減慢行車速率，以避免交通事故的發生。本研究之目的即為評估太陽能動態

警示標誌對於車輛行車速率的影響及相關成效，分析駕駛人在受到這些動態警示資訊後，是否因而減慢速度，亦即動態警示標誌地點下游處的行車速率是否較警示標誌上游的速率低。

本研究選擇兩個設置地點，於現場蒐集同一部車輛在警示標誌上游與下游處的行車速率，並進行比較分析。分析內容包含同一部車輛在警示標誌上、下游的速率差異、平均速率、超速的嚴重程度差異比較，並特別針對在受到警示前已超速之車輛，在標誌上、下游處的速率及超速比率差異進行比較分析，確認動態警示標誌的成效及應用範圍，作為後續應用範圍、推廣之參考。

本文的內容架構首先簡要介紹國內外有關速率回饋警示標誌的應用及運作方式，以及成效評估結果，作為國內設置之參考，並介紹桃園市動態警示標誌的組成，及說明本研究內容設計，包含實地速率資料蒐集及分析方法；再針對所調查的結果進行統計比較分析，最後進行研究總結與未來應用及研究建議。

## 二、文獻回顧

為降低危險路段行車速率，促進道路交通安全，歷年來各國已著手採用各種先進設施，透過速率的偵測及動態資訊顯示系統，提醒用路人注意行車速率，且已獲得相當的肯定，國內亦曾有類似設施和評估，但並未加以推廣。本文分別針對國內外類似設施進行回顧，摘要各設施之使用條件及評估成效。

### 2.1 國外速率回饋警示標誌應用實例與成效

國外實務上應用速率回饋的警示標誌及相關的評估研究甚多，但大都以顯示行車速率為主，部分則顯示道路的特殊狀況。在英國，Winnett and Wheeler (2002)即針對不同的型式的警示標誌進行較大幅度的測試，內容包含注意彎道或路口減速警示（如圖 1），以及速限閃燈警示（如圖 2），並進行標誌設置時間前、後車輛平均速率的差異比較。結果發現在設有「彎道」警示標誌的路段，平均速率可降低 2.1-6.9 英里/小時，車輛超速比率減少 1-10%；在「路口」警示路段平均速率可降低 0.8-7.4 英里/小時，車輛超速比率減少 1-25%；使用測速照相 LOGO 標誌，可降低平均速率 0.5-3.7 英里/小時，車輛超速比率則下降 0.5-15%。在使用限速閃爍標誌的路段，平均速率可降低 3-9 英里/小時，平均速率和超速比率降低的幅度與道路的速限有關，在速限 30 至 40 英里/小時的路段，平均速率最多 13.8 英里/小時，超速比率減少最多達 80%。

該研究並指出，僅有固定的標誌對於降低駕駛人行車速率效果並不大，速率回饋警示標誌似乎對於降低行車速率較有效果，特別是降低高危險群超速車輛的速率，而不需要額外的執法警力或設備。經過三年的觀察，並無證據顯示，速率回饋警示標誌會隨設置時間增加而減少其功效。該研究並針對 450 位駕駛進行訪談，結果發現大部分的駕駛人覺得他們的行車速率被鎖定，特別是限制標誌閃爍時，會特別注意和控制行車的速度。



(a)彎道警示



(b)路口警示

資料來源：Winnett and Wheeler (2002)。

圖 1 英國動態速率回饋警示標誌



(a)速限標誌



(b)測速照相 LOGO 標誌

資料來源：Winnett and Wheeler (2002)。

圖 2 速限閃爍及測速照相 LOGO 標誌

在美國，最近的研究(Hallmark and Hawkins,2015)針對美國 7 個州，共有 22 處郊區雙向二車道彎道路段設置動態速率回饋警示標誌(Dynamic speed feedback warning sign, DSFS)的成效進行評估，該研究蒐集標誌設置前、設置後 1 個月、12 個月和 24 個月後，車輛進入彎道前和彎道中心位置（如圖 3）的速率變化情形。



(a)彎道中心點

(b)彎道前（彎道和直線路段交會點）

資料來源：Hallmark and Hawkins (2015)。

圖 3 動態速率回饋警示標誌設置位置示意圖

結果發現平均大多數的測試路段，不論是彎道前或彎道中點，都可降低平均速率最高達 10.9 英里/小時。多數的測試路段，車輛在進入彎道前的 85 百分位數速率可降低 3 英里/小時以上，在彎道中心處可降低 2 英里/小時。比較超速 5、10、15 及 20 英里/小時以上的車輛數，在彎道前或彎道中，都有顯著的下降，顯示這些標誌對於降低高速行駛車輛的速率、平均速率和第 85 百分位速率都有非常好的成效。該研究並針對標誌設置時間前、後的交通事故進行分析，並藉以建立事故調整因子(crash modification factors, CMF)，依事故型態及行車方向，動態速率回饋警示標誌的事故調整因子大約介於 0.93 至 0.95 之間。

Ullman and Rose (2005)評估 2 處雙向二車道彎道設有動態速率顯示標誌對車輛行車速率的影響，他們使用有顯示「Your Speed」的標語及所偵測到來車速率的標誌，結果發現速率顯示標誌大約可降低平均速率 1 至 3 英里/小時，以及 85 百分位速率 2 英里/小時。

Knapp and Robinson (2012) 評估郊區 3 處雙向二車道道路設置動態彎道警示標誌對行車速率的影響，所測試的標誌與圖 1 類似，測試路段車流量約每日 455 至 710 輛，分別偵測彎道前端及中心點，標誌設置時間前、1 個月後及 12 個月後車輛行車速率。結果顯示在標誌設置 1 個月後，車輛在進入彎道前的平均速率下降 3.3 英里/小時，在彎道中心則下降 2.9 英里/小時；第 85 百分位速率在彎道前平均下降 3.9 英里/小時，在彎道中心點平均下降 3.6 英里/小時。在標誌設置 12 個月後，車輛的速率與 1 個月後類似，



在彎道前的平均速率下降 3.8 英里/小時，在彎道中心則下降 3.3 英里/小時；第 85 百分位速率在彎道前平均下降 4.2 英里/小時，在彎道中心點平均下降 3.5 英里/小時。

## 2.2 國內速率回饋警示標誌應用實例與成效

國內過去應用速率回饋警示標誌的案例不多，僅有少數試辦計畫及成效評估，特別是警示用路人特殊路況的應用。陳弘霖(2005)針對新竹市三處測速照相系統之上游設置測速顯示器(如圖 4)進行評估，調查測試路段自由車流之汽車行駛速率。



資料來源：陳弘霖(2005)。

圖 4 測速顯示器標誌示意圖

結果發現設置測速顯示器後，在測速顯示器與其下游自動測速照相系統之間的平均速率較設置前顯著減少，平均速率減少約 3.9-7.2 公里/小時，超速比例亦明顯降低。然而測速顯示器是否有顯示反饋速率訊息，對於行車速率的影響並不顯著，但超速比率在有速率訊息顯示時則較低，表示具有回饋速率訊息的標誌更能提醒駕駛注意行車速率，意識到自動照相系統的存在，避免超速。

## 2.3 桃園市太陽能動態速率回饋警示標誌組成與運作

桃園市政府交通局所使用的太陽能動態速率回饋警示標誌係利用太陽能板所儲存的能量作為電力的來源，提供測速器與燈號警示標誌使用，當測速器偵測到來車速率已高於設定的門檻值時，即啟動態警示標語，引起用路人注意道路狀況或速限，提高警示效果。動態警示的內容則依設置路段的道路狀況，提出警示，如「下坡路段」、「連續彎路」等，並接序顯示「減

速慢行」等資訊標語，提醒用路人注意路況或速限，及減速慢行。太陽能動態資訊警示標誌架構及顯示內容如圖 5 和圖 6 所示。

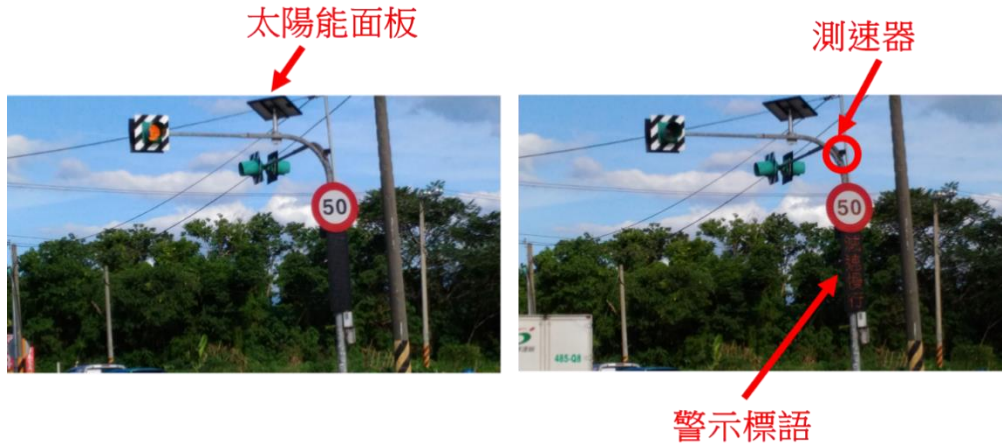


圖 5 太陽能動態資訊警示標誌架構圖（桃園市桃園區樹仁三街/延平路）

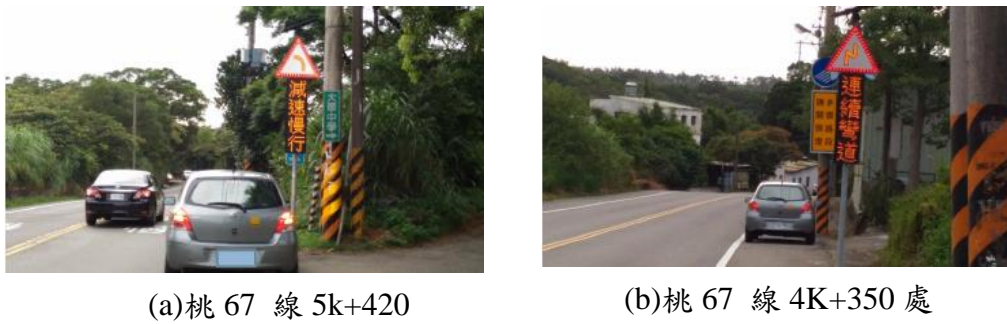


圖 6 太陽能動態資訊警示標語內容範例（桃園市楊梅區老莊路）

研究調查期間，桃園市共設有 52 處動態速率回饋警示標誌，其設置地點及內容如表 1。

表 1 桃園市設置動態速率回饋警示標誌地點列表

行政區	設置路段	設置地點	標誌內容
楊梅區	老莊路(桃 67)	412 巷、303 巷前(2 處)	前有岔路、減速慢行
楊梅區	老莊路(桃 67)	5K+420、4K+570(2 處)	前有彎道、減速慢行
楊梅區	老莊路(桃 67)	4K+100、4K+350(2 處)	連續彎道、減速慢行
楊梅區	老莊路(桃 67)	4K+980(1 處)	下坡路段、減速慢行
楊梅區	幼獅路二段	342 號、186 號、青山一街、仁愛之家(4 處)	前有彎道、減速慢行

表 1 桃園市設置動態速率回饋警示標誌地點列表 (續)

行政區	設置路段	設置地點	標誌內容
楊梅區	梅獅路	蘋果路、文化路前(2處)	下坡路段、減速慢行
龍潭區	福龍路(113甲)	8K+300、8K+400、9K、+200(3處)	前方彎道、減速慢行
龍潭區	福龍路(113甲)	7K+000、7K+250(2處)	前有急彎、放慢速度
龍潭區	福龍路(113甲)	8K+800、9K+370(2處)	下坡路段、減速慢行
龍潭區	楊銅路(桃67)	6K+530	前有急彎、放慢速度
龍潭區	楊銅路(桃67)	6K+840、7K+000、7K+240、7K+760(4處)	彎道顯示(無文字)
龍潭區	楊銅路(桃67)	148號、8K+100(2處)	下坡減速、限速40
龍潭區	中原路一段	400號、56巷21弄33號(2處)	下坡減速、限速40
八德區	新興路(桃46)	1K+200、1K+750(2處)	連續彎道、減速慢行
八德區	新興路(桃46)	2K+800(1處)	超速闖禍、減速慢行
八德區	長興路(114線)	忠孝巷口西向、東向(2處)	前有岔路、減速慢行
八德區	長興路(114線)	29K+050、慈光十村(2處)	危險路段、減速慢行
八德區	長興路(114線)	崁頂路(1處)	前方彎道、減速慢行
八德區	東泰街	6號(1處)	前方彎道、減速慢行
平鎮區	南東路	267號、205巷(2處)	危險路段、減速慢行
平鎮區	天津街	162號(1處)	超速闖禍、減速慢行
大溪區	介壽路4段(台3)	38K+550	下坡減速、限速50
大溪區	慈康路(桃59)	0K+240	下坡減速、限速40
桃園區	三民路	大同路(2處)	前有岔路、減速慢行
桃園區	民族陸橋	大同路(2處)	前有岔路、減速慢行
桃園區	成功路二段	85號	前有岔路、減速慢行
桃園區	樹仁三街	延平路(4處)	前有岔路、減速慢行



### 三、研究設計與資料蒐集

#### 3.1 研究內容與目的

為了解太陽能動態警示標誌的成效，本研究初步選定二處設有動態標誌地點，以雷達測速器，進行標誌地點上、下游車輛行車速率之蒐集，並分析比較標誌地點上、下游路段車輛行車速率的差異、超速狀況等，其內容及目的包含：

1. 同一車輛在警示標誌地點上、下游之速率差異：用以了解車輛是否因受到動態資訊標誌警示而減慢速度，亦即標誌地點下游的速率是否會低於標誌地點上游的速率。
2. 警示標誌地點上、下游車輛超速之情形：用以了解動態資訊警示標誌對於防制違規超速的成效。
3. 在警示標誌上游已超速車輛在受到警示之後的速率變化：即超速車輛在標誌地點上、下游的速率差異，用以了解在標誌前已超速的駕駛者是否會有比較明顯地減慢速度的行為，以及超速行為減少之成效。
4. 探討兩測試地點道路特性、速率差異，以及警示標誌之成效：用以了解設置不同路段的標誌，是否會因其地理位置特性而有不同的成效。

#### 3.2 資料蒐集及分析方法

##### 3.2.1 速率調查方法

本研究以兩組雷達測速器於所選定路段警示標誌地點上、下游適當位置測量同一部車輛速率，並進行統計比較分析，檢定上、下游車輛成對平均速率與速率分佈差異。

所使用的兩組雷達測速器事先經過測試檢定，同時測量 75 部車輛速率，進行此兩把測速槍量測速率的比較分析，結果顯示兩把測速槍所量測車速的平均速率差僅 0.17 公里/小時，小於平均速率的 0.5%，確認兩組測速槍量測同一部汽車的速率並沒有顯著的差異（p 值等於 0.379）。

為考慮資料的適當性以及代表性，本研究資料蒐集的方法如下：

1. 使用雷速測速槍蒐集汽車現點速率資料。
2. 利用夜間蒐集資料。
3. 標誌前、後約 50~150 公尺各有一組（2 人一組）調查員，利用通訊設備傳達訊息，追蹤同一部汽車的速度。

4. 調查員站立於隱密處，確定不會被駕駛人察覺，以免影響駕駛人行為，唯仍儘量靠近路邊，以縮小車行方向與測速方向夾角之角度。
5. 自車輛後方測速。
6. 蒐集通過標誌時燈號有顯示之樣本車輛，受到動態資訊標誌警示。
7. 所蒐集之車輛樣本為自由流(Free Flow)狀況，與前後車輛時間間距(headway)相差 5 秒以上，車輛行車速率不受他車影響。

### 3.2.2 速率分析方法

依標誌設置地點的上、下游適當地點所調查的速率資料，分析並比較上、下游地點車輛平均速率的差異及車輛超速的比率，以了解標誌於上、下游同一部車輛的行車速率是否有差異，亦即檢定速率在統計上是否有顯著差異，本研究以成對樣本平均數的檢定(Paired-Samples T Test)，檢定標誌位置上、下游車輛平均速率是否有顯著差異，若顯著值(P-value)小於 0.05，代表兩對平均速率差異顯著。另針對整體速率分布的差異則以 K-S(Kolmogorov-Smirnov)檢定兩樣本速率分布是否有差異。

### 3.3 資料蒐集地點

本研究對於資料蒐集地點的選擇，考慮下列基本的原則：

1. 有安全且隱蔽的地點供調查員站立。
2. 有適當的交通量，以便能於適當的時間內蒐集足夠的樣本，每一地點至少具備 50 輛有效樣本。
3. 代表不同都市發展型態的路段，例如：郊區路段、臨近人車較密集的都市道路路段。

經實地觀察桃園市所有太陽能測速器設置地點後，本研究選擇下列二個地點進行資料收集、以及後續的資料分析：

1. 平鎮區南東路 205 巷（往大潤發方向）：該路段屬住商混合區段，雙向兩車道，速限 50 公里/小時，中央以黃虛線分隔行車方向，路側有多處住商出入口，並有路邊停車。標誌設置位置方向為由西向往平鎮區大潤發賣場，為平坦直路路段，速率調查地點為標誌位置上、下游各約 90 公尺處（標誌位置及調查地點相關位置如圖 7 所示）。動態顯示標誌內容為「危險路段、減速慢行」，提醒用路人注意行車速限，減速慢行。

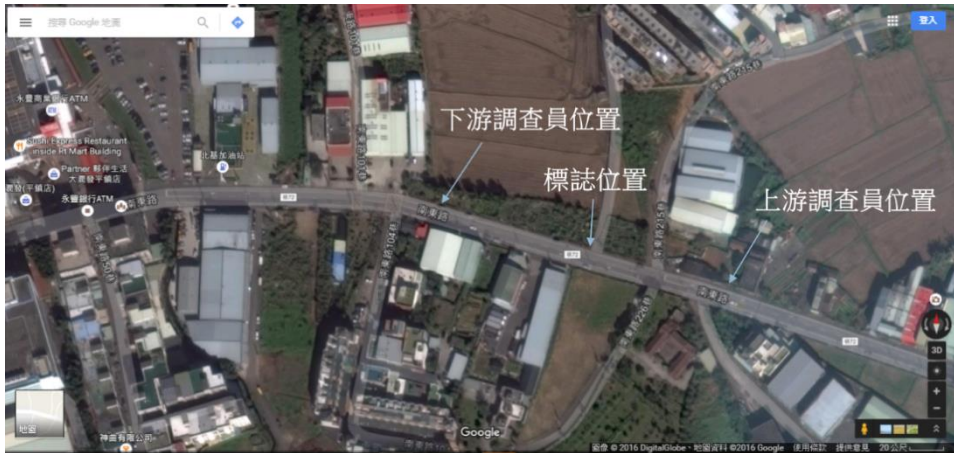


圖 7 平鎮區南東路 205 巷調查位置示意圖

2. 龍潭區福龍路 113 甲線 8K+800 左下坡路段：該路段屬郊區雙向四車道（含兩機慢車優先道），速限 50 公里/小時，中央以交通桿分隔行車方向，路段中僅有少數住家，路邊無停車；標誌設置方向為龍潭往中壢方向，為下坡及連續彎路路段，速率調查地點為標誌位置上游約 100 公尺，下游約 150 公尺處（標誌位置及調查地點相關位置如圖 8 所示）。動態顯示標誌內容為「前方彎道、減速慢行」，警示車輛道路特殊路況。



圖 8 龍潭區福龍路 113 甲線 8K+800 左下坡調查位置示意圖

#### 四、調查速率結果分析

調查結果分兩個部分進行分析，第一個部分針對每一部車於標誌位置上、下游的速率進行成對比較，了解前後的速率差異，並特別針對在標誌

前已超速的車輛進行分析。第二部分則針對超速的比率分佈進行分析，以比較標誌警示後對駕駛人所產生的影響，分析動態資訊警示標誌的成效。

## 4.1 平鎮區南東路測試路段

### 4.1.1 標誌前、後速率差異分析

本路段共調查 55 部車輛於標誌位置上、下游適當地點行車速率，依標誌位置上游處行車速率高底排序，同一部車輛於標誌位置上、下游速率及降低速率值比較如圖 9 所示。降低速率為車輛受到標誌警示後因而降低的速率，為標誌上游的車輛速率減去標誌下游的車輛速率，若為負值，代表下游的速率較上游的速率高。

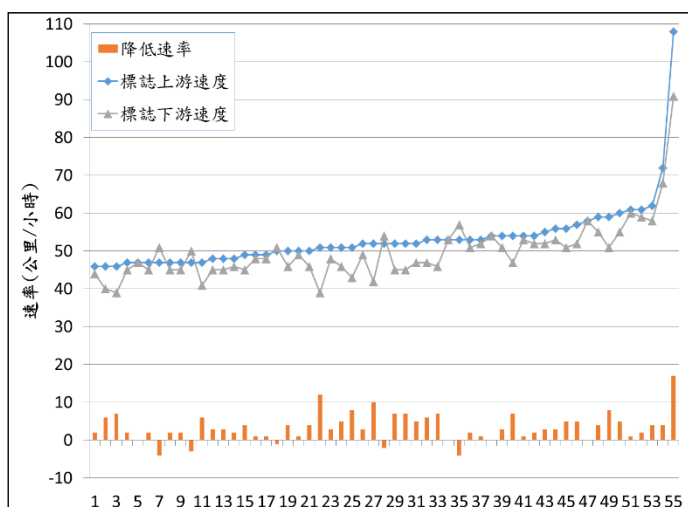


圖 9 車輛於測試路段標誌上、下游速率及速率差分佈 (平鎮區南東路)

由圖 9 可發現在此測試路段，整體而言，車輛在受到標誌警示後，速率都有下降的趨趨勢，行車速率平均下降 3.4 公里/小時，特別是當車輛在標誌之前已超過行車速限 (50 公里/小時) 的車輛，則行車速率平均下降 4.2 公里/小時。

若將所調查樣本的極端值移除 (標誌警示前速率為 108 公里/小時)，則用以統計分析車輛樣本為 54 部，並另外針對在標誌位置上游已超速車輛進行分析，有關整體及超速樣本於標誌前、後的速率相關統計值如表 2 所示。可知車輛在受到警示後，整體速率平均下降 3.2 公里/小時，而已超速車輛更下降 3.9 公里/小時，依成對樣本平均數差異檢定結果顯示，車輛在受到標誌警示後，平均速率顯著下降 (統計檢定如表 3 所示，p-值均小於 0.001)。整體樣本車輛的第 85 百分位速率亦由 57 公里/小時，下降至 54 公里/小時。

表 2 標誌上、下游車輛速率相關統計值（平鎮區南東）

統計值	全部樣本		超速車輛	
	標誌上游	標誌下游	標誌上游	標誌下游
平均數	52.3	49.1	55.2	51.3
第 85 百分位數	57.05	54.05	59.2	57.2
中位數	52	48	54	52
眾數	47	45	52	51
標準差	5.05	5.66	10.1	5.9
變異數	25.47	32.09	19.6	34.5
全距	26	29	21	29
最小速率	46	39	51	39
最大速率	72	68	72	68
樣本數	54	54	33	33

表 3 標誌上、下游成對車輛平均速率差異(t-test)檢定（平鎮區南東路路）

統計值	全部樣本		超速車輛	
	標誌上游	標誌下游	標誌上游	標誌下游
平均數	52.3	49.1	55.2	51.3
變異數	25.5	32.1	19.6	34.5
觀察值個數	54	54	33	33
皮耳森相關係數	0.823		0.819	
假設的均數差	0		0	
自由度	53		32	
t 統計	7.188		6.517	
P(T<=t)單尾	0.000		0.000	
臨界值：單尾	1.674		1.694	
P(T<=t)雙尾	0.000		0.000	
臨界值：雙尾	2.006		2.037	

圖 10 為進一步顯示標誌地點上游處、速率累積百分比分佈圖，可知車輛在標誌警示標誌後的行車速率分析，均較標誌警告前的速率較低(左移)，特別是速率在速限（50 公里/小時）以內在車輛比率大幅增加。若以 K-S 統計檢定速率分佈的差異（結果如表 4），則可發現標誌警告的上、下游，車輛行車速率的分佈有顯著的差異( $p < 0.05$ )。



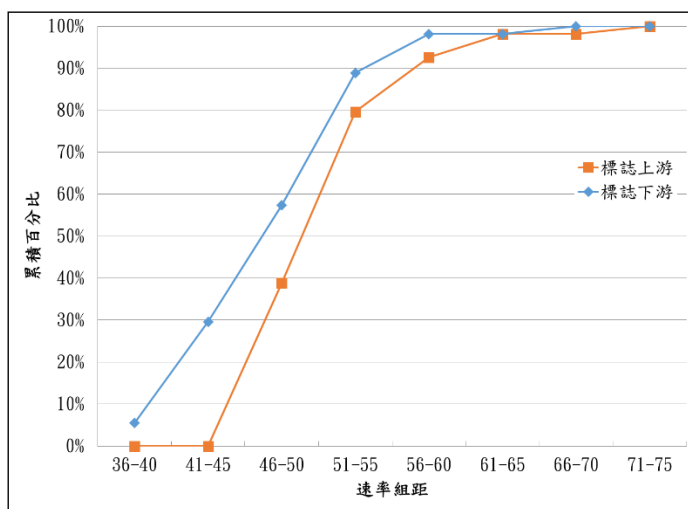


圖 10 警示標誌上、下游車輛速率累積百分比分佈圖 (平鎮區南東路路段)

表 4 K-S 統計檢定標誌上、下游整體速率分佈差異(平鎮區南東路路段)

<p>Two-sample Kolmogorov-Smirnov test</p> <p>data: s01\$Before and s01\$After D = 0.32727, p-value = 0.005529</p> <p>alternative hypothesis: two-sided</p>
--

註：以 R 統計軟體(R, 2008)進行檢定。

#### 4.1.2 超速比率分析

圖 11 為標誌警示上、下游車輛超速 (速率大於速限 50 公里/小時) 的比率分布，可發現在標誌警示前，車輛超速的比率超過 61%，而在標誌警示後，超速的比率則明顯降為 43% 以下 (卡方檢定值為 8.89,  $p$  值=0.003 小於 0.05)。由於國內道路交通法規規範超速 10 公里/小時以內，得以違規情節輕微而改以勸導取代違規舉發 (交通部，內政部; 2016)，因此實務上，民眾常誤以為實際速限在此路段為 60 公里/小時。此路段藉由動態資訊警示標誌警示後，行車速率超過 60 公里/小時以上的比率則由 7.4% 降至 2% (卡方檢定值為 10.68,  $p$  值=0.001 小於 0.05)。顯示警告標誌的作用，在此路段可明顯降低車輛平均速率，同時也減少車輛超速的比率，對於行車安全將有顯著的成效。

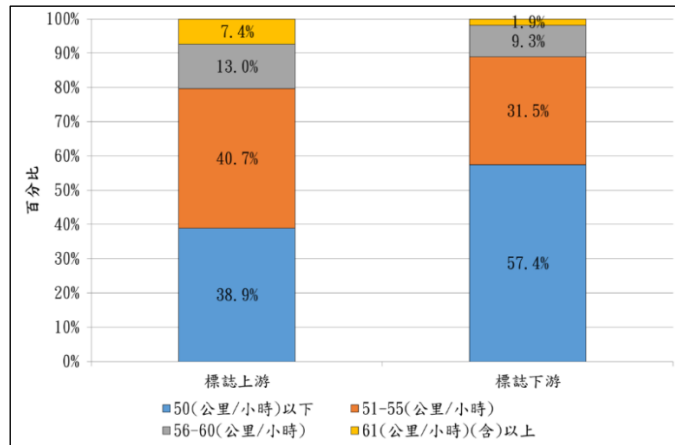


圖 11 警示標誌上、下游車輛超速比率分布圖 (平鎮區南東路路段)

## 4.2 龍潭區福龍路測試路段

### 4.2.1 標誌地點上、下游速率差異分析

本路段共調查 59 部車輛於標誌前、後適當地點行車速率，依標誌地點上游車輛行車速率高底排序，同一部車輛於標誌地點前、後速率及降低速率值比較如圖 12 所示。可發現在此測試路段，整體而言，車輛在受到標誌警示後，速率都有下降的趨勢，特別在到達標誌之前已超速車輛，速率下降的幅度更為明顯。

有關整體及超速樣本於標誌上、下游的速率相關統計值如表 5 所示。在此測試路段，車輛受到警示後，整體速率平均僅下降 1 公里/小時，在統計上不顯著 (如表 6 檢定結果所示)，但若僅考慮已超速的車輛，則速率可明顯下降 1.9 公里/小時 (p-值均小於 0.05)。整體樣本車輛的第 85 百分位速率則由 67 公里/小時，下降至 63.6 公里/小時，但仍高於該路段的行車速限。

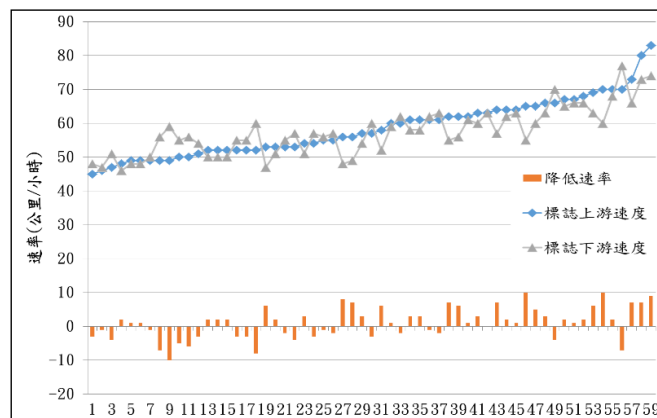


圖 12 車輛於測試段標誌上、下游速率及速率差分佈 (龍潭區福龍路)

表 5 標誌警示上、下游速率統計摘要值（龍潭區福龍路）

統計值	全部樣本		超速車輛	
	標誌上游	標誌下游	標誌上游	標誌下游
平均數	58.6	57.6	60.9	59
第 85 百分位數	67	63.6	49.2	49.2
中位數	57	57	61	58.5
眾數	52	55	52	55
標準差	8.4	7.1	7.5	6.8
變異數	70.7	50.6	56.2	46.7
全距	38	31	32	30
最小速率	45	46	51	47
最大速率	83	77	83	77
樣本數	59	59	48	48

表 6 標誌上、下游車輛平均速率差異統計檢定結果（龍潭區福龍路）

統計值	全部樣本		超速車輛	
	標誌上游	標誌下游	標誌上游	標誌下游
平均數	58.6	57.6	60.9	59
變異數	70.66	50.56	56.21	46.74
觀察值個數	59	59	48	48
皮耳森相關係數	0.835		0.821	
假設的均數差	0		0	
自由度	58		47	
t 統計	1.631		3.028	
P(T<=t)單尾	0.054		0.002	
臨界值：單尾	1.672		1.678	
P(T<=t)雙尾	0.108		0.000	
臨界值：雙尾	2.002		2.012	

由速率累積百分比分布圖可發現（如圖 13），在標誌警告地點上、下游的速率分布在 55 公里/小時以前的速率分布接近相同，由 K-S 統計檢定亦發現標誌警示前、後的速率分布並無顯著差異（如表 7，p-值大於 0.05）。但速率在 55 公里/小時以上的速率分布，在標誌警示後速率累積分布有向左移動現象，顯示車輛在標誌警示後，速率有下降的趨勢。

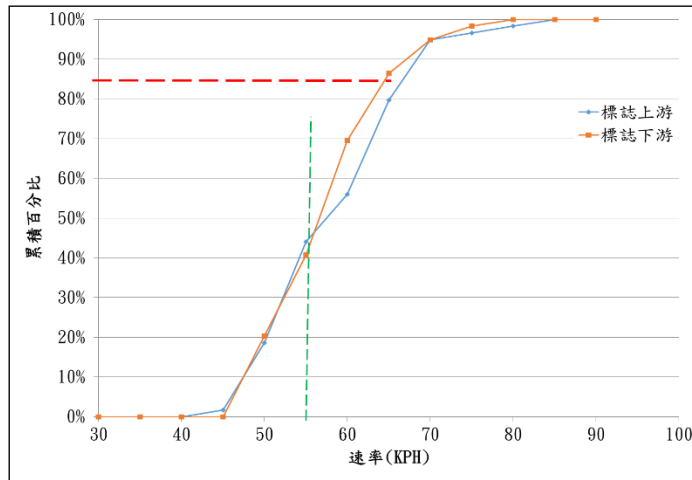


圖 13 標誌上、下游車輛速率累積百分比分佈圖 (龍潭區福龍路)

但僅針對在標誌上游已超速的車輛速率分佈進行 K-S 統計檢定速率分佈的差異 (如表 8), 則可發現超速的車輛在標誌警告的前、後, 速率的分布有顯著的差異( $p=0.005 < 0.05$ )。顯示動態警示標誌對於超速的車輛具有一定之作用, 可降低其行車速率。

表 7 K-S 統計檢定標誌上、下游整體速率分佈差異 (龍潭區福龍路)

Two-sample Kolmogorov-Smirnov test
data: s02\$Before and s02\$After D = 0.13559, p-value = 0.65
alternative hypothesis: two-sided

註：以 R 統計軟體進行檢定。

表 8 K-S 統計檢定超速車輛標誌上、下游速率分佈差異 (龍潭區福龍路)

Two-sample Kolmogorov-Smirnov test
data: s250\$Before and s250\$After D = 0.34694, p-value = 0.00549
alternative hypothesis: two-sided

註：以 R 統計軟體進行檢定。

#### 4.2.2 超速比率分析

若以車輛行車速率超過行車限速 (50 公里/小時) 的比率進行分析 (如圖 14), 可發現在標誌警示後, 車輛超速的比率有明顯下降的趨勢, 由 81.4% 下降至 79.7% (卡方檢定值 7.34,  $p$  值 = 0.007 小於 0.005)。在行車速率超過 60 公里/小時的比率則由原來的 44.1%, 下降至 30.5% (卡方檢定值 7.34,  $p$  值小於 0.001)。由於國內現行法令在超速的違規取締有 10 公里的緩衝區間, 速限 50 公里/小時的路段一般都被認為行車速率可達 60 公里/小時, 因

此，駕駛即便發現超速警告標誌時，通常僅降低至所認為的緩衝速限（即 60 公里/小時）。

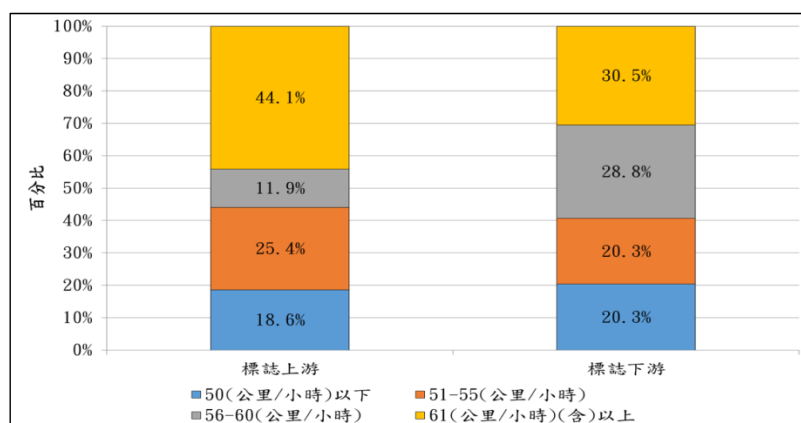


圖 14 警示標誌上、下游超速比率分佈圖（龍潭區福龍路）

#### 4.2.3 測試路段比較

依速率調查結果顯示兩調查路段的速限雖然相同，但其平均速率及成效卻有明顯差異，可能與路段的道路幾何和土地使用區分有關。在平鎮區南東路路段，係屬住商混合區域路段，警示標誌的內容為「危險路段、減速慢行」，路旁皆有住宅及商家出入口，車道數也較少，且路邊有停車，依速率調查結果，平均速率在動態警示標誌上游路段略高於速限，標誌警示後的效果較為顯著，可顯著降低平均速率 3.2 公里/小時，降低超速比率 18%，對於在標誌警示前已超速的車輛，更可顯著降低平均速率 3.9 公里/小時。

但在龍潭區福龍路路段由於地處郊區，且處下坡路段，屬郊區彎道下坡路段，警示標誌內容為「前方彎道、減速慢行」，路旁僅有零星住宅，具有機慢車道，道路的寬度較寬，且無路邊停車，雖然路段有彎道，但卻有下坡情形，平均速率不論在標誌警示的上或下游處皆高於行車速限。在此路段，雖然標誌警示對於降低整體的車輛的平均速率並不顯著，但對於在標誌地點上游已超速的車輛則可明顯發揮警示標語功能，降低超速車輛平均速率 1.9 公里/小時，且車輛超過速限 10 公里以上的比率亦降低約 14%，85 百分位的速率亦降低 3.4 公里/小時，若僅針對超速車輛進行速率分佈分析，則可發現速率有明顯降低的趨勢。

由兩個測試路段上、下游速率變化的情形，可發現在住商混合區域路段，警示標誌對於降低行車速率成效較佳，可明顯降低整體的行車速率，在郊區路段，由於路旁並無住家，加上是下坡路段，對於整體平均速率下降情形並不顯著，但在於超速車仍有規範作用，降低超速的比率，以及第 85 百分位數的速率，對於行車安全亦有相當的助益。



## 五、結論與建議

### 5.1 結論

為降低危險路段行車速率，促進道路交通安全，歷年來各國已著手採用各種先進設施，透過速率的偵測及動態資訊顯示系統，提醒用路人注意行車速率，經評估大多可顯著降低車輛行車速率及超速車輛數，但在國內，相關的應用及評估較為缺乏。桃園市政府交通局為國內首次結合環保節能的太陽能科技、速率偵測及與資料顯示科技，於危險路段設置太陽能速率反應警示標誌，以提醒用路人的注意速限或道路特殊狀況，減慢行車速率，以防制交通事故的發生。本研究選擇兩個測試地點，蒐集同一部車輛在警示標誌地點上、下游車輛之行車速率，以分析應用太陽能動態速率反應警示標誌之成效。速率調查分析結果依測試地點土地使用型態區分顯示：

1. 在接近住商混合區域路段(平鎮區南東路路段)，車輛受到動態標誌警示後，其平均速率在警示標誌後，皆有明顯降低的趨勢，超速的比率亦有下降：
  - (1) 整體平均速率約下降 3.2 公里/小時。
  - (2) 超速比率下降 18%。
  - (3) 第 85 百分位速率亦減少 3 公里/小時。
  - (4) 在標誌警示前已超速車輛，平均速率顯著降低 3.9 公里/小時。
2. 在郊區彎道下坡路段(龍潭區福龍路路段)，雖然標誌警示對於降低整體車輛的平均速率並不顯著，但對於在標誌前已超速的車輛則可明顯發揮警示標語功能：
  - (1) 降低超速車輛平均速率 1.9 公里/小時。
  - (2) 車輛超過速限 10 公里的比率亦降低約 14%。
  - (3) 第 85 百分位的速率亦降低 3.4 公里/小時。
  - (4) 在標誌警示前已超速車輛速率有明顯降低的趨勢。

### 5.2 建議

由於在本研究進行之前，所有動態速率反應警示標誌都已建置完成，因此，缺乏在設置時間之前的速率資料，為能更嚴謹呈現動態警示標誌的成效，建議未來：

1. 增加測試路段，評估不同型態(標語內容)及設置地點的的應用成效，分析其應用範圍。

2. 選擇部分路段，關閉標誌功能後進行測試調查評估，以比較無警示標誌狀況下的速率變化情形，進一步確認警示標誌的應用成效及適用範圍，並藉以擬定相關設置準則，包括：
  - (1)標誌的位置：能讓駕駛人有足夠的反應時間，察覺危險警示內容。
  - (2)標誌的內容：必須反應實際的危險狀況，並考慮行車速率、道路的幾何狀況及視距範圍，以能確實發揮動態警示標誌的功能，確保交通安全。

## 參考文獻

- 交通部(2015)，第 12 期院頒道路交通秩序與交通安全改善方案。
- 陳弘霖(2005)，測速顯示器之減速成效評估，交通大學運輸科技與管理學系碩士論文。
- 交通部，內政部，違反道路交通安全管理事件統一裁罰基準及處理細則(2016)。
- Hallmark, S. L. and Hawkins, N. R., "Dynamic Speed Feedback Signs" (2014). Tech Transfer Summaries. Paper 72, Accessed on Aug 22, 2016. website: [http://lib.dr.iastate.edu/intrans\\_techtransfer/72](http://lib.dr.iastate.edu/intrans_techtransfer/72)
- Knapp, K. K. and Robinson F., (2012). The Vehicle Speed Impacts of a Dynamic Horizontal Curve Warning Sign on Low-Volume Local Roadways. Minnesota Department of Transportation.
- R Development Core Team (2008). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, website: <http://www.R-project.org>.
- Ullman, G. L. and Rose, E. R., (2005), "Evaluation of Dynamic Speed Display Signs," *Transportation Research Record 1918*, pp.92-97.
- Winnett, M. A. and Wheeler A. H., (2002). Vehicle Activated Signs—A Large Scale Evaluation. Road Safety Division, Department for Transport. TRL (Transport Research Laboratory). Berkshire. UK.
- (收稿 106/4/5，第一次修改 106/5/2，接受 106/5/4，定稿 106/5/24)