

高速公路主線篩選式動態地磅系統之推動

Promotion for Preselecting Mode of *Weigh-In-Motion* on Freeway Mainlanes

呂文玉 Wen-Yu Lu¹
林炳松 Pin-Song Lin²
陳怡先 Yi-Hsien Chen³
蔡鎮宇 Chen-Yu Tsai⁴

摘要

車輛載重管理為公路管理中相當重要之環節，國內高速公路目前仍然以傳統式靜態地磅作為管理之工具。然目前高速公路已經實施全電子計程收費，所有車輛均可以不停等、免開窗、不減速完成繳交通行費，突顯了靜態地磅站運作效率較差之問題。因此國內亟須導入動態地磅(Weigh-In-Motion)技術，以更進一步提昇車輛載重管理之效率。本研究針對國內高速公路動態地磅技術之導入進行應用規劃，建議採用主線篩選式動態地磅，疑似超載車則以靜態地磅複磅並做為取締依據。本研究並針對包含動態地磅設置地點條件要求、資訊可變標誌顯示車號之數量、車號顯示之機制、違規逃磅車輛之偵測取締機制以及與公路警察配合機制等課題進行研究，以作為國內未來推動參考。

關鍵字：動態地磅、主線篩選、重車管理、交通執法、計程收費

Abstract

Truck weight control is important for roadway management. Traditional static scales are still used on the freeway system in Taiwan. As the implementation

-
- 1 交通部臺灣區國道高速公路局交通管理組組長。
 - 2 交通部臺灣區國道高速公路局南區工程處處長。
 - 3 乾瑞工程顧問股份有限公司執行副總經理暨儀衡工程科技股份有限公司董事長(聯絡地址：11492 台北市內湖區基湖路 35 巷 51 號 2 樓，電話：02-77208989 轉 18，E-mail：yih sienchen@pavement.com.tw)。
 - 4 儀衡工程科技股份有限公司專案經理。

of electronic distance-based toll collection on the freeway system in Taiwan, all the freeway vehicles can pass through toll sections without slowing down underlining the poor operational efficiency of the traditional truck scales that require the vehicle to come to a stop. Therefore, weigh-in-motion (WIM) system is needed in order to improve the efficiency of truck weight control. Mainlane preselecting mode of WIM is recommended in this research. With mainlane preselecting mode of WIM, suspected overloaded trucks are screened and directed to the static scales. This research present the implementation details of the mainlane preselecting mode of WIM, including the location requirement of installing WIM system, types of vehicles ID should be displayed on the changeable message sign (CMS), law enforcement practices, and secondary message for the overloaded trucks return illegally back to the main roadway using bypass ways. The findings of this research could be used as basis of future implementation of WIM in Taiwan.

Keywords: Weigh-In-Motion, Preselecting mode on mainlanes, Truck management, Traffic enforcement, Distance-based toll collection

一、前言

動態地磅系統又稱「行進間測重」或「動態載重偵測儀器」，為一種利用儀器測量移動中車輛的動態輪胎壓力(dynamic tire forces)，並根據量測結果估計車輛靜態載重的方法，而其產生之資料項目包括軸重、總重、軸組重、軸重當量、車型、軸距、車速、過磅日期、及時間等。自 1950 年代發展至今，動態地磅系統技術目前已日趨成熟，目前於世界各國廣泛應用於：1.道路鋪面設計、養護、管理、及研究；2.橋梁結構設計、養護、管理、及研究；3.載重法令執行、立法、及研究以及 4.交通運輸規劃之用（周家蓓，1994；中華民國運輸學會，1997）。有鑑於 102 年 12 月 30 日實施計程收費後，計次收費站已經全面拆除，行駛於高速公路之車輛完全不再需要停車繳費。惟原配合收費站建置之靜態地磅站使得高速公路重車於行經地磅站時仍需站站停等過磅，故於實施計程收費後，則將使得重車之行車效率，無法隨著計程電子收費之實施而提昇。因此有以動態地磅技術改善此一問題之必要。

國內早期雖已有動態地磅使用經驗，但因建置與維護管理採購模式、日常營運與維護作業，以及系統校正與精準度等問題，致使動態地磅未能長期使用。而過去雖亦已有針對動態地磅於執法取締（周家蓓、曹壽民，1992；周家蓓，1995；1999；蔡蕙伊，1996）、施工及校估技術（曹壽民、周家蓓，1992）、載重資料蒐集（周家蓓，1998）、結合自動車輛辨識系統（鄭建勳，1999），或是結合電子收費之相關研究（王瑞民、周家蓓，2000；周家蓓，2002），但是從未有相關研究針對高速公路採用 eTag 電子收費技術實施計程收費後，動態地磅之應用方式進行研究。故本研究乃為配合計程收費之實施並加強重車管理，針對高速公路實施計程電子收費後，導入動態地磅之應用方式進行評估與研究。

二、動態地磅之技術與應用

動態地磅自 1950 年代發展至今，動態地磅系統技術目前已日趨成熟。國內亦自民國 80 年起進行一系列與動態地磅相關之研究(周家蓓、曹壽民，1992；周家蓓，1995；1998；1999；蔡蕙伊，1996；鄭建勳，1999；王瑞民、周家蓓，2000；何信毅，2001；周家蓓，2002)，包括針對 WIM 進行比較及評估、罰款制度及執法取締之研擬及研究、實地安裝及測試、交通載重資料調查之研究、公路路網之佈設規劃、逕行取締系統之績效評估、提升商車營運績效之研究、對國道地磅站運作績效之影響、以及與高速公路電子收費結合之規劃與測試等。

2.1 動態地磅使用目的探討

美國材料與測試協會(American Society for Testing and Materials, ASTM)依據動態地方之功能及使用目的，將動態地磅系統區分為高速過磅全資料蒐集式系統(Type I)、簡便型資料蒐集式系統(Type II)、篩選式系統(Type III)、與慢速過磅取締用系統(Type IV)四類(ASTM, 2009)。

1. Type I：裝設在公路交通資料蒐集測站的一個或多個車道上，需可偵測時速於 16~130 公里範圍內通過之車輛，並產生及偵測每一通過車輛之輪重、軸重、軸群重、總重、車速、軸距、車種、過磅測站編號、過磅車道及方向、過磅日期及時間、過磅流水號、最遠軸距、及標準軸重當量值等；並可輸入輪重、軸重、軸群重、總重、及速度等限制標準，以判別並記錄個別車輛違規情況。主要應用於中、長期交通載重資料蒐集，以作為橋樑設計載重法令研擬、交通管理、及運輸規劃之依據。
2. Type II：與 Type I 相似，均裝設在公路交通資料蒐集測站的一個或多個車道上，需可偵測時速於 24~130 公里範圍內通過之車輛，除輪重資料外，其餘所蒐集之資料類型與功能則與 Type I 相同。
3. Type III：多裝設在公路主線外側重車道或靜態地磅站前，主要用於過濾、篩選可能違規車輛。需可偵測時速於 16~130 公里範圍內通過之車輛，除車種、最遠軸距、以及標準軸重當量外，偵測項目與 Type I 相同；並可輸入輪重、軸重、軸群重、總重、速度及加速度等限制標準，以判別並記錄個別車輛違規情況。
4. Type IV：裝設在地磅站內，作為直接取締超載違規車輛之用，因此需具備有較高之精準度，屬於慢速系統，適用於車速為時速 3~16 公里範圍內，可輸出除車種、過磅車道及方向、最遠軸距、以及標準軸重

當量之資料；並可輸入輪重、軸重、軸群重、總重、速度及加速度等限制標準，以判別並記錄個別車輛違規情況。

另將 ASTM 訂定之績效要求整理如表 1 所示。由表 1 可以看出，Type I、Type II 與 Type III 於重量資料的容許誤差均以百分誤差表示，而執法取締用途與 Type IV 則是以絕對誤差表示，此與資料大量處理或單一事件處理之目的有密切關係。四類動態地磅中，以直接取締用之 Type IV 容許誤差最小，其次為 Type III，而 Type I 與 Type II 可容許較大之誤差。

表 1 ASTM 動態地磅系統功能績效要求

功能	95%信賴區間下之容許誤差				
	Type I	Type II	Type III	Type IV	
				量測值 ≥ 磅 (公斤)	±磅 (公斤)
輪重	±25%		±20%	5000 (2300)	300 (100)
軸重	±20%	±30%	±15%	12,000 (5400)	500 (200)
軸組重	±15%	±20%	±10%	25,000 (11,300)	1,200 (500)
總重	±10%	±15%	±6%	60,000 (27,200)	2,500 (1,100)
車速	±1 英里 (2 公里)				
軸距	±0.5 英尺 (0.15 公尺)				

資料來源：ASTM(2009)。

歐洲科技合作組織(Cooperation for Science and Technology,COST)323 規範工作小組於 1999 年提出歐洲動態地磅規範(參見表 2)，其發展背景為參考 COST 各成員國與美國之使用經驗，並參酌各國現有之動態地磅規範，內容中包含完整之動態地磅測點選擇、安裝、操作與校估等。依照使用目的與性能要求不同，歐洲動態地磅規範將動態地磅系統分為以下 3 種。

表 2 歐洲動態地磅規範容許誤差

量測項目	使用範圍	精準度要求(%)						
		A(5)	B+(7)	B(10)	C(15)	D+(20)	D(25)	E
總重	3.5 公噸	5	7	10	15	20	25	>25
軸組重	軸重>1 公噸	7	10	13	18	23	28	>28
單軸重		8	11	15	20	25	30	>30
軸組中單軸重		10	14	20	25	30	35	>35

資料來源：COST(1999)。

1. 一般資料蒐集用(statistics)：其主要用於在於進行貨物運送之經濟與技術分析、一般道路與橋梁之交通量評估以及交通統計資料蒐集。對於此類動態地磅系統，歐洲動態地磅規範容許其誤差達到 20% 至 30%，

亦即規範中 Class D+(20)或 D(25)精準度要求。前述 Class D+(20)所代表之意義為等級，由 A 至 E 等級依序遞減，括號內之 20 則代表總重容許誤差可到 20%。此一誤差由式 1 計算而得，為某一信賴區間內，靜態載重與動態載重差值相對於靜態載重之百分比。

$$\delta = \frac{W_d - W_s}{W_s} \quad (1)$$

此式中，

δ ：系統容許誤差；

W_d ：動態載重值；

W_s ：為靜態載重值。

2. 基礎建設與超載執法篩選用(infrastructure and preselection)：其功能在於進行詳細之交通資料分析、道路與橋樑之設計與維護作業、精確之車輛分類確認以及超載執法之預篩選作業。其容許誤差要求為 10%至 20%，及規範中 Class B(10)或 C(15)要求。
3. 逕行取締用(legal purposes)：主要用於逕行執法取締超載車輛，容許誤差要求為 5%至 10%，以及 Class A(5)或 B+(7)，為最高等級之要求。

除以上提到 A 至 D 六個層級之精準度要求外，規範中另提出 Class E 精準度要求，此為最低層及之精準度要求，以將無法符合前述六層級要求之動態地磅系統納入規範之範圍。

此外，澳洲與紐西蘭道路運輸與交通協會(the association of Australian and New Zealand road transport and traffic authorities, Austroads)亦訂定不同系統應用方式所需達到之精準度水準(Austroads, 2000)，如表 3 所示。較精準之檢測方式需要較高之品質控制，亦消耗較多資源。因此，需在時間、成本、人力、以及資料品質與系統績效上進行取捨，以選取一個符合需求之動態地磅系統。

表 3 Austroads 動態地磅資料精準度規範

動態地磅應用方式	最大車輛總重 可容許誤差	信心水準
經濟分析、運輸研究、車輛分類	±20%	95%
道路及橋樑管理、超載偵測、道路安全	±15%	
逕行執法	±5%	

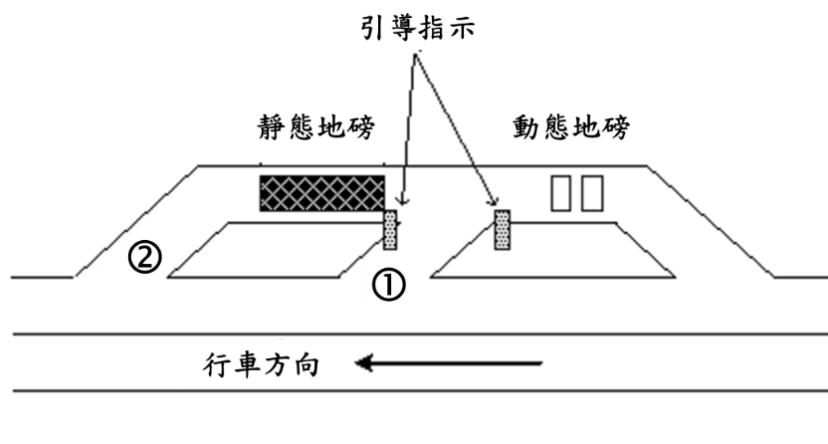
資料來源：Austroads LTD.(2000)。

2.2 動態地磅應用方式

依照動態地磅系統使用目的之差異可概分為資料蒐集、篩選可疑超載車輛以及逕行執法三種，而從道路主管機關執行車輛載重管理的角度來看，應用動態地磅系統最主要的目的即為篩選與執法。以逕行執法而言，動態地磅量測結果直接應用於判斷車輛是否超載，並逕行取締。由於與用路人的權利相關，精度要求相對於其他二類使用目的為高，且過磅速率較慢；相較於逕行執法，篩選式係以篩選可疑車輛為目的搭配執法靜態地磅進行復磅，其動態地磅之精度要求則略低，應用於高速公路具有較佳的實用性。以下章節將針對篩選式與執法式之應用進行說明。

2.2.1 側線篩選式

側線篩選式動態地磅多裝設於公路靜態地磅站前，用於過濾、篩選可能違規車輛，其佈設型式多採用如圖 1 之配置方式。應用側線篩選式動態地磅進行車輛載重取締時，所有通過車輛皆須進入側線，經動態地磅測得其車輛總重並判斷其車型，依據車型比較其核可總重與測得之車輛總重。若過磅重車無超載可能車輛將依引導於圖 1 中之①位置離開地磅站回到主線上；若具有超載嫌疑，則由路側交通號誌指示車輛續行至靜態地磅站過磅，經秤重後決定是否超載，再經由②回到主線上。



資料來源：陳怡先(2013)。

圖 1 側線篩選式佈設示意圖

而依照 ASTM 之規範，此類動態地磅系統適用於單或多車道之超載取締測站，以偵測時速於 16-130 公里範圍內通過之車輛，系統可偵測輪重、

軸重、軸群重、總重、車速、車長等項目，但必須具有可事先輸入各種標準限制之功能，並可即時偵測、判別車輛違規狀況。若可配合設置自動導引號誌系統，則可利於引導違規車輛再行通過靜態地磅或進行他項測量以確定是否違規，無違規嫌疑車輛則可於通過動態地磅系統後放行。

側線篩選式動態地磅系統於國外有諸多使用案例，以美國威斯康辛州為例，該州為加強商用車輛之管理，提高車輛重量、尺寸、相關資格（如行照、駕照）之取締密度，檢討州內設備並體認到原有設施之不足，因此由州巡警單位進行安全與載重執法設施(Safety and Weight Enforcement Facilities, SWEF, 2010)計畫。

威斯康辛州側線篩選式動態地磅之動態地磅安裝於進入靜態地磅的匝道上，當車輛進入匝道後須以中低速（每小時 15~65 公里）通過動態地磅，系統將判斷車輛是否需要進入靜態地磅，所有車輛（無論是否有超載嫌疑）資料皆將傳入地磅站控制室電腦，管理人員可即時掌握每一輛車之資訊。

當車輛通過動態地磅後，系統判斷車輛是否有超載之嫌，亦即是否需要再進入靜態地磅站，此時將以燈號引導駕駛人，所使用燈號型式如圖 2。車輛於靜態地磅上複磅後，確認超載車輛將由如圖 3 所示之可變資訊標誌引導進入卸貨區(inspection area)，若否則引導回到主線。



資料來源：IRD Inc.(2010)。

圖 2 威斯康辛州側線篩選式地磅站入磅指引燈號



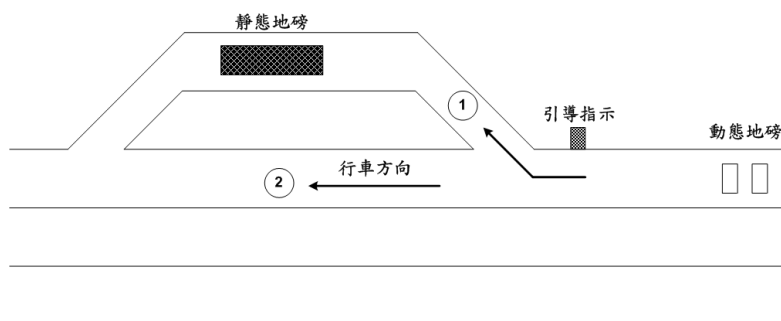
資料來源：IRD Inc. (2010)

圖 3 威斯康辛州地磅站靜態地磅後之可變資訊標誌

2.2.2 主線篩選式

主線篩選式動態地磅則裝設於公路主線上，其功能同樣用於過濾及篩選可能違規超載之車輛，佈設型式如圖 4 所示。與側線篩選式最大不同處，在於並非所有車輛均須進入側線，而是藉由主線上所配置之動態地磅搭配引導指示，將可疑車輛引導入圖 4 中①之方向續行至靜態地磅站過磅，以確認是否超載；而無超載可能之車輛，則依循②之方向逕行通過。

此類主線篩選式動磅系統之引導指示有兩種做法，除可用傳統之資訊可變標誌(CMS)以外，國外亦有利用專屬短距通訊(DSRC)技術，於車上安裝車內設備單元(transponder)，透過車內設備單元告知是否需入磅之作法，而近年亦有一種搭配警車攔檢之作法。



資料來源：陳怡先(2013)。

圖 4 主線篩選式佈設示意圖

美國威斯康辛州之 SWEF 計畫中，除側線篩選式動態地磅以外，尚有包含主線篩選式動態地磅。重型車輛於動態地磅上游將看到靜態標誌指引其行駛於外側車道，通過設置於主線之動態地磅後，系統將判斷車輛是否需駛入靜態地磅站，並以如圖 5 之可變資訊標誌引導車輛。可變資訊標誌設置於動態地磅下游約 365 公尺處，其設置高度、角度、字體大小皆應經審慎設計以使車輛通過時得以清楚辨識。



資料來源：IRD Inc. (2010)。

圖 5 威斯康辛州主線篩選式動態地磅之主線路側可變資訊標誌

而以專屬短距通訊(DSRC)作為引導指示之主線篩選式動態地磅系統，於國外已有諸多成功之運作案例，其中最為著名者當屬美國之 PrePass 系統。PrePass 系統源自於 1983 年所提出之重車電子牌照計畫(Heavy Vehicles Electronic License Plate, HELP)，此為美國第一個涉足商車管理之實驗計畫。當年亞利桑納州運輸部與奧瑞岡州之運輸部首先提出論文說明利用整合車輛自動辨識、車輛自動分類、動態地磅等系統，並利用通訊技術以增進商車營運效率之概念。後經由聯邦公路總署(Federal Highway Administration, FHWA)之委託，亞利桑納州與奧瑞岡州分別進行此一想法之可行性研究與概念評估，其研究於 1984 年 12 月完成，結果顯示此概念技術上可行，且對公私部門均有正面效益。由於研究成果顯示此一系統具有相當之發展潛力與可行性，美國聯邦政府乃投入 575 萬美金之經費，連同西岸之奧瑞岡州、亞利桑納州、加州、華盛頓州、新墨西哥州、猶他州、科羅拉多州，以及德州共同出資 2500 萬美金，進行該系統研發與測試(周家蓓，2002)。

PrePass 系統於 1996 年正式展開商業運轉，其為目前為止美國運作最成功、規模也最大之商車管理系統，截至 2012 年 5 月為止，共有包括阿拉巴馬州、亞歷桑那州、阿肯色州、加州、科羅拉多州、德拉瓦州、佛羅里

達州、喬治亞州、伊利諾州、印第安那州、愛荷華州、肯薩斯州、路易西安那州、馬里蘭州、密西根州、密西西比州、密蘇里州、蒙大拿州、內布拉斯加州、新墨西哥州、俄亥俄州、奧克拉荷馬州、南卡羅萊納州、田納西州、德州、猶他州、維吉尼亞州、西維吉尼亞州、威斯康辛州、懷俄明州、肯德基州等 31 個州共 304 個監測站營運或建置中，並已經有超過 41 萬輛之重車加入 PrePass 系統。

所有加入 PrePass 系統之車輛均裝設有車內設備單元(Transponder)，當通過動態地磅站時，經由 DSRC 系統之判斷決定車輛是否須進入地磅站再次過磅。PrePass 之系統於地磅站內雖仍採用靜態地磅系統，但實地觀察發現，執法人員為求加大磅站容量，於運作上乃採取「類動態」方式操作：所有車輛均以慢速行進方式通過靜態地磅，執法人員則隨時觀察過磅重量之變化情形，若其有超出核重值之現象，則將其引導至一旁再行以完全靜止方式過磅以確認其總重。

2.2.3 主線執法式

主線執法式動態地磅係依據動態地磅所量測結果直接取締超載車輛之系統，動態地磅裝設於公路主線道或特殊設計路段，配合攝影舉證設備或車輛自動辨識系統以取得車輛資料。由於此型系統直接用於取締超載違規車輛，故系統需為高精準度之固定式動態地磅系統，且在高精準度之要求下，其過磅速度較其它功能之系統為低，於 ASTM 標準中規定適用車速為時速 0~10 英哩 (0~16 公里) 範圍內。

2.3 小結

綜合考量高速公路全面採計程電子收費後，對於重型車輛管理須同時符合「維持車輛營運效率」與「維護公路設施績效」之雙重目標，因此於比較項目中特別著重「交通干擾程度」與「取締效果」二項，由表 4 比較內容可知，三種型式之優缺點存在互補關係 (即取締效果愈佳者其交通干擾程度亦較大)。然基於側線篩選式動態地磅省時績效不彰，且未來採計程電子收費後硬體設置空間不足以及現階段國內法律面、技術面與環境面亦不適合用採用主線執法式動態地磅，本研究建議以「主線篩選式動態地磅系統」作為我國高速公路實施電子收費後之車輛重量管理設施較為適當。

表 4 動態地磅佈設方式優缺點比較

佈設方式	優點	缺點
側線篩選式	<ul style="list-style-type: none"> 篩選效果佳 	<ul style="list-style-type: none"> 車輛仍須減速進入地磅站，對省時較無貢獻 仍有明顯交織 若系統設計不良駕駛人無法辨別而皆過磅，則集中取締之績效無法發揮 土地面積需求較大
主線篩選式	<ul style="list-style-type: none"> 未超載車輛無須減速，省時省能績效較佳 	<ul style="list-style-type: none"> 須有較佳方式通知駕駛人入磅，若否會造成非故意逃磅行為
主線執法式	<ul style="list-style-type: none"> 對車流運行干擾最小 採逕行取締對警力需求較低 	<ul style="list-style-type: none"> 地磅精度將影響取締誤判機率，較易生爭議 無法當場立即取締，對於保護公路不受超載車輛破壞之能力較低 非立即取締，對超載者之警惕作用較低

依照主線篩選式動態地磅的需求，建議應選取 ASTM 定義之 Type I、歐洲動態地磅規範之基礎建設與超載執法篩選用、或 Austroads 定義之超載偵測用動態地磅系統。整體而言，系統所容許誤差範圍介於 10~15% 之間。

而綜合國外研究評估，主線篩選式動態地磅之效益包括：

1. 減少鋪面損壞及養護成本

根據美國州公路暨運輸官員協會(American Association of State Highway Transportation Officials, AASHTO)於 2007 年之研究指出，一輛 80,000 磅的重車，其軸重當量值 (Equivalent Single Axle Load, ESAL) 與 26,000 輛小客車之 ESAL 值相同；而一輛 100,000 磅的重車，則與 70,500 輛小客車有相等的 ESAL 值。因此，若可即時取締一台載重標準為 80,000 磅，但實際載重卻為 100,000 磅之違規超載車，其效益等同於減少 44,500 輛小客車對鋪面所造成之損壞。另根據亞利桑那州的估算，違規超載車每年對其公路鋪面造成約 1,200 萬至 5,300 萬美元之損壞；而德州於 1999 年的研究指出，違規超載車對其州內路面及橋樑造成 600 萬至 4,800 萬美元的損失。

2. 提升執法效率

美國自 1990 年至 2006 年，重車行駛里程增加 53% 且完成登記之重車數量也增加 42%；然而執法資源並未等比例的成長。因此隨著重車營運數量的提高，執法資源勢必難以負荷。藉由主線篩選式動態地磅的運作，執法資源可鎖定於特定高風險路段，據以提高執法效率。

3. 增進行車安全

根據商車資訊系統網路(Commercial Vehicle Information Systems and Networks, CVISN)的研究評估指出(FMCSA, 2008)，透過電子式超載篩選設備的運作，針對超載或有安全疑慮的車輛進行篩選，每年可較人為篩選方式減少達 17,907 次車禍及 215 次死亡事故。

4. 提升運作績效

CVISN 亦曾針對 848 個重車業者進行訪談，以了解其對於電子式超載篩選的效益感受。約 98% 的重車業者表示，藉由電子式超載篩選的運作確實可減少停等時間；另有 80% 重車業者表示，該系統有助於減少勞動成本(FMCSA, 2008)。

5. 改善空氣品質

根據美國能源部研究指出，每年因卡車空轉所消耗之柴油高達 2000 萬桶，另產生 1000 萬噸二氧化碳、5 萬噸氮氧化物及 2000 噸懸浮微粒(Argonne National Laboratory, 2015)。因此，若可減少重車於地磅站的停等時間，必定可減少對空氣品質所造成的負面影響。

三、主線篩選式動態地磅系統運作邏輯與應用細節

主線篩選式動態地磅系統之組成包含在靜態地磅上游一定距離之動態地磅系統、介於動態地磅與靜態地磅間之超載告警機制，以及靜態地磅系統等三大部分，本章說明其整體運作邏輯與應用細節。

3.1 主線篩選式動態地磅運作邏輯

主線篩選式動態地磅之整體系統運作邏輯，係透過靜態地磅上游一定距離之動態地磅系統，偵測通過重車之總重並判定其是否屬疑似超載車輛；倘經判定非屬疑似超載車輛，則告知其可免入靜態地磅進行複磅；未受告知為免入磅之重車，依法令仍須進入靜態地磅站過站，且其車輛與過磅資料將即時傳送至靜態地磅站內以為比對基礎，倘複磅結果違規超載屬實，則需依法取締，如圖 6 所示。

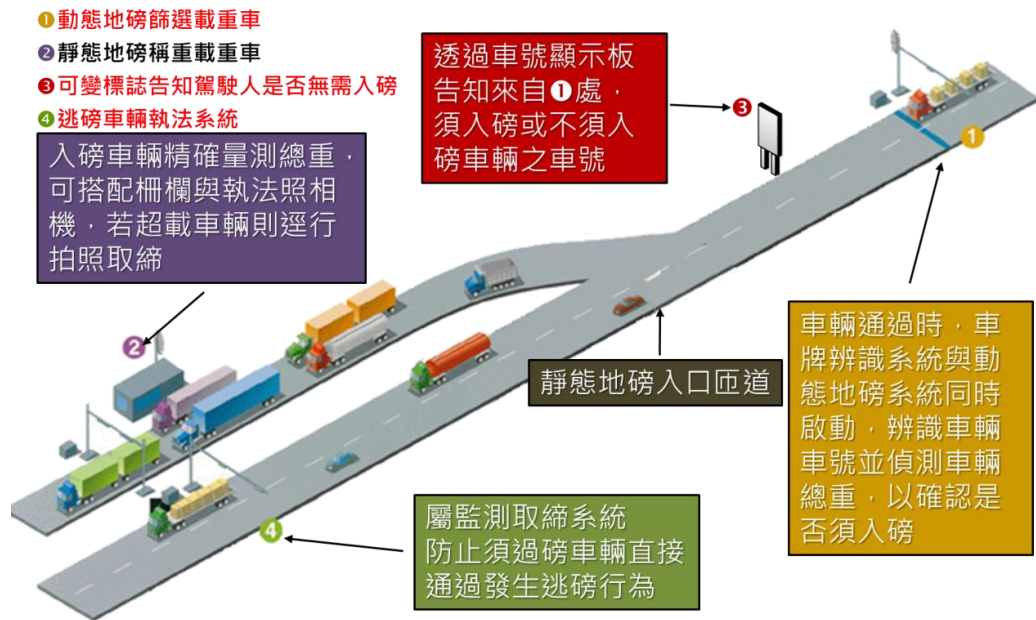


圖 6 主線式動態地磅系統運作邏輯

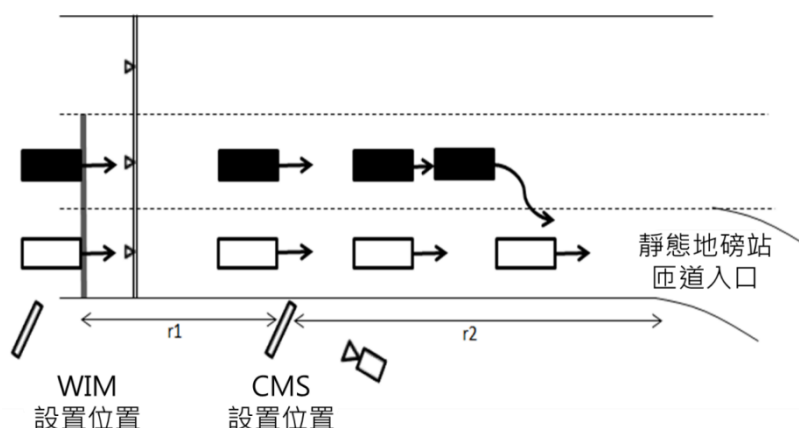
車輛首先接收到提醒過磅訊息，當車輛通過動態地磅系統時，車輛提供識別資訊（車號）予動態地磅系統之車輛自動辨識系統，動態地磅系統將識別資訊、影像資料與過磅重量傳輸至地磅站主機，判斷車輛是否須進入靜態地磅站複磅，並透過超載告警系統將訊息告知車輛駕駛人。當須進入靜態地磅系統車輛接收資訊後，若未依號誌指示進入靜態地磅，亦由地磅站主機依通過超載告警系統之影像資料與動態地磅記錄逕行舉發逃磅；進入靜態地磅系統複磅時，靜態地磅系統由地磅站主機取得核定總重以判定車輛是否超載，若有超載情況則依目前地磅站運作方式直接於靜態地磅站進行超載車舉發。

3.2 主線篩選式動態地磅應用細節

3.2.1 主線篩選式動態地磅設置地點條件

1. 動態地磅與靜態地磅站間距離需求

動態地磅站區配置所需的範圍與距離，取決於過磅資訊處理傳遞之時間與車輛反應減速進入靜態地磅站區所需的安全距離，如圖 7 所示， r_1 為動態地磅至路側資訊可變標誌之距離， r_2 為路側資訊可變標誌至靜態地磅站匝道入口之距離。



資料來源：陳怡先(2013)。

圖 7 動態地磅與靜態地磅距離示意圖

當車輛經過動態地磅後，所得車輛載重資料須經過計算處理而後傳遞給下游的路側資訊可變標誌，以指示駕駛是否進入靜態地磅。因此動態地磅與路側資訊可變標誌間的距離(r_1)，必須足以令系統得以於車輛通過路側資訊可變標誌前完成篩選結果之判斷。一般而言，過磅資訊處理與傳遞的時間最多費時 5 秒，若假設車輛以時速 100 公里/小時通過，即以約每秒 27.8 公尺之速度前進，則 r_1 值約需 150 公尺，然此為最長需求時間之保守估計，實際所需距離或可稍微縮短。

路側資訊可變標誌與匝道入口之間的距離(r_2)，須足以供中間車道或中外車道須入靜態地磅車輛完成車道切換，因此須由車輛所需之最短應變視距決定。表 5 為交通部公路路線設計規範(2008)中最短應變視距之規定彙整，其中狀況三與狀況四分別為鄉區與市區公路車輛為應變而須變換車速、車道或車向之所需最短應變視距，其差異在於交通量之高低，由於我國國道系統貫穿南北，所經過路段包括交通量較高與較低路段，亦可可能包含狀況三與狀況四。依照國道重車速限 90~100 公里/小時之範圍，可查表得所需之最短應變視距介於 270~400 公尺間。

上述兩距離之總和即可計算 CMS 與匝道出口所需之最短距離，若 r_1 選取 150 公尺， r_2 為 270~400 公尺，則此區段長度約為 420~550 公尺。

表 5 最短應變視距

設計速率 V_d (公里/小時)	應變視距 S_d (公尺)			
	狀況一 ¹	狀況二 ²	狀況三 ³	狀況四 ⁴
100	200	370	315	400
90	170	325	270	360
80	140	280	230	315
70	115	235	200	275
60	95	195	170	235

註：1.鄉區公路車輛為應變而須停止。
 2.市區公路車輛為應變而須停止。
 3.鄉區公路車輛為應變而須變換車速、車道或車向。
 4.市區公路車輛為應變而須變換車速、車道或車向。

資料來源：公路路線設計規範(2008)。

2. 公路幾何條件要求

由於動態地磅系統設置區位特性將影響車輛動態行為，進而造成感測器量測值與車輛實際靜態載重值間之落差，因此應針對動態地磅系統設置區位之道路幾何條件與鋪面狀況需求予以規範，以期將前述落差控制在可容許範圍內。ASTM E1318-09 內針對各類動態地磅的設置位置有不同的規定，本研究彙整如表 6 所示。

表 6 ASTM E1318-09 動態地磅設置之幾何設計要求

幾何特徵 地磅型式	曲率半徑(m)	縱向坡度(%)	橫向坡度(%)	車道寬(m)
Type 1	≥ 1740	≤ 2	≤ 2	3~4.5
Type 2	≥ 1740	≤ 2	≤ 2	3~4.5
Type 3	≥ 1740	≤ 2	≤ 2	3~4.5
Type 4	≥ 1740	≤ 1	≤ 1	3~4.5

資料來源：ASTM(2009)。

前述建議之主線篩選式動態地磅屬於表內 Type 3。除了以上幾何形式之規定外，為避免橋梁共振造成動態地磅系統量測之誤差，因此設置地點亦須避開橋梁路段。而為設置路側相關設施需求，亦須避開隧道路段。

歐洲科技合作組織(Cooperation for Science and Technology, COST)323 歐洲動態地磅規範則建議(COST, 1999)，動態地磅系統設置區位上游 50 公尺及下游 25 公尺之道路區段，應符合下列幾何條件：

- 1.縱向坡度應維持穩定，且須小於 2%；
- 2.橫向坡度須小於 3%；
- 3.曲率半徑應大於 1000 公尺（但以直線路段為佳）。

除上述條件外，為避免車輛於行經動態地磅系統時，突然發生加減速或變換車道之行為，進而影響量測準確性，此規範另建議應避免將動態地磅系統設置於加減速區段、匝道及車道縮減或增加處。相較於 ASTM 之規範，COST323 之規定似較為寬鬆，本研究建議仍是以 ASTM 規範之幾何要求，為國內未來應用時之參考。

3. 公路鋪面狀況需求

鋪面狀況之優劣對車輛垂直方向上之動態衝擊力有決定性的影響，而此動態衝擊力將決定動態地磅系統量測準確性及使用年限。因此除縱向平坦度外，鋪面破壞（如車轍及裂縫等）與撓度亦須予以規範。COST323 之中有關撓度之需求，係透過落重撓度儀(Falling Weight Deflectometer, FWD)，於參考溫度 20°C 及 5 噸荷重量測而得。另建議應於待測區位之左右輪軌跡處至少各量測 3 次，取其最大值後計算左右輪軌跡之撓度差值，各等級之需求如表 7 所示。

表 7 歐洲動態地磅規範之系統設置區位鋪面狀況需求

鋪面績效	鋪面類型	最佳需求	良好需求	最低要求
車轍 (Rutting)	不限	≤ 4mm	≤ 7mm	≤ 10mm
平坦度 (IRI)	不限	≤ 1.3m/km	1.3~2.6 m/km	2.6~4 m/km
撓度 (Deflection)	半剛性	≤ 0.10mm； 左右輪軌跡差 ≤ 0.02mm	≤ 0.15mm； 左右輪軌跡差 ≤ 0.04mm	≤ 0.20mm； 左右輪軌跡差 ≤ 0.07mm
	全厚度 瀝青混凝土	≤ 0.15mm； 左右輪軌跡差 ≤ 0.03mm	≤ 0.25mm； 左右輪軌跡差 ≤ 0.06mm	≤ 0.35mm； 左右輪軌跡差 ≤ 0.09mm
	柔性	≤ 0.20mm； 左右輪軌跡差 ≤ 0.05mm	≤ 0.35mm； 左右輪軌跡差 ≤ 0.07mm	≤ 0.55mm； 左右輪軌跡差 ≤ 0.10mm

資料來源：COST(1999)。

此外 COST323 亦建議：

- (1) 鋪面內層不得有剛體結構物存在（如導坑）。
- (2) 黏結層厚度應大於 10 公分。
- (3) 鋪面各層應具有良好之聯結力，且應避開各層交界處，於均質層中妥善設置感測器。
- (4) 磅台處之鋪面面層應避免破損或變形。

COST323 針對不同精準度等級動態地磅，其鋪面所應符合之標準彙整如下表 8 所示。其中符號-代表無法滿足；符號+代表足夠；而符號(+)代表足夠但沒有絕對必要。而依本計畫之需求，所欲建置之系統精準度係為規

範中 Class B(10)或 C(15)，因此系統設置之鋪面狀況以能符合”良好需求”等級即可。

表 8 歐洲動態地磅規範系統設置區位鋪面狀況需求

設置區位等級 動態地磅系統精準度	最佳需求	良好需求	最低要求
Class A (5)	+	-	-
Class B+ (7)	+		
Class B (10)	+	+	-
Class C (15)	(+)	+	+
Class D+ (20)	(+)	(+)	+
Class D (25)	(+)	(+)	+

資料來源：COST(1999)。

4. 候選測站選擇

就地磅設置目的而言，主要係管理重車載重，藉由適度檢查車輛總載重量並執行超載車輛取締以遏阻超載行為發生。於此目的下，若可於道路系統全面設置地磅將可發揮最大取締績效；然因經費與用地空間等限制，無法於道路系統中大量安裝地磅，因此如何使有限投資發揮最大效益即為選擇設置地點時須考量重點。歸納地磅站設置位置應符合下列原則：

- (1) 位於重型車輛交通量較大之處：重型車輛交通量較大之處若未設置動態地磅，僅以靜態地磅進行車輛秤重，則較可能因重型車輛交通量大而導致地磅站前排隊擁塞情況，嚴重影響車輛運行效率，因此可藉動態地磅進行疑似超載車輛篩選；此外若比較各地磅站之效率而言，設置於重型車輛交通量較大之處可藉由單一地磅站進行較多車輛之重量檢查，發揮地磅之安裝效益。
- (2) 位於重車超載率較高之處：地磅站裝設之主要目的在於取締超載車輛，因此若以績效概念而言，將動態地磅裝設於重車超載率較高之處較為合理。
- (3) 接近載重車輛源頭之處：若將動態地磅設於公路系統中接近載重車輛源頭處，則可盡早攔截超載車輛，將其對公路橋梁、鋪面可能造成之損害降低，因此於選擇設置位置時，亦須考慮車輛起點之分布。

其中根據第一、二項設置原則，即依照重型車輛之交通量與超載率，可將所有地點劃分成四種不同特性，以圖 8 輔助說明。

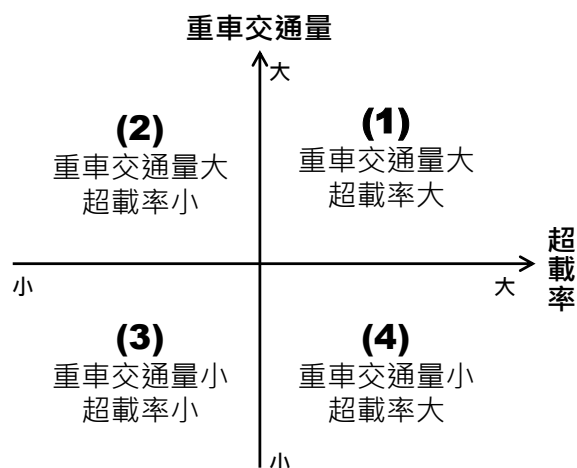


圖 8 地磅裝設地點特性劃分

- (1) 重車交通量大且超載率大：此類地點重車交通量多，且超載比例高，為最適合設置主線篩選式動態地磅之地點。藉由裝設主線篩選式動態地磅可避免大量車輛於靜態地磅等候的問題，可將靜態地磅之運作容量保留給疑似超載車輛，發揮裝設地磅進行取締之效果，是設置主線篩選式動態地磅的優先地點。
- (2) 重車交通量大但超載率小：此類地點雖有大量重型車輛，但由於車輛裝載特性（例如空車較多或載運物品之密度較低）因此較少有超載情形，於此種情況下設置動態地磅可提高車輛之運行效率，但由於超載率低進入靜態地磅站進行複磅之車輛甚少，有多數情況下靜態地磅可能處於閒置狀態，因此建議可考慮以無人靜態地磅站之方式處理。
- (3) 重車交通量小且超載率小：此類地點重型車輛少，且亦甚少出現超載違規情況，因此即使設置地磅站亦多數時間處於閒置狀態，可以考慮不設站，但為掌握重型車輛使用情況是否有所變化，可使用機動性動態地磅定期或不定期進行資料蒐集。
- (4) 重車交通量小但超載率大：此類地點之重型車輛少，但由於車輛裝載特性導致比例高，須設置地磅站進行重量管理，因重型車輛交通量低，可僅設置靜態地磅站進行秤重取締。
- (5) 上述概念為研究團隊考量各類地磅特性與安裝地磅執行重車載重管理之經濟效益後提出，於交通量與超載率之分界點（即圖 5 之座標原點）方面則須依實際量測資料觀察其分布後提出，而就目前各靜態地磅站進行相對比較，各靜態地磅站之重車過磅交通量與超載率統計如表 9 與表 10 所示。

表 9 國道一號靜態地磅站過磅資料統計

方向	北向			南向		
	平均過磅數量	平均超載數量	超載率(%)	平均過磅數量	平均超載數量	超載率(%)
汐止	16,678	11	0.07%	—	—	—
泰山	32,888	82	0.25%	30,491	64	0.21%
楊梅	48,000	16	0.03%	45,816	19	0.04%
造橋	56,837	8	0.01%	50,073	3	0.00%
后里	66,470	4	0.01%	34,268	4	0.01%
員林	88,896	9	0.01%	31,525	5	0.02%
斗南	67,999	16	0.02%	44,004	5	0.01%
新營	33,567	1	0.00%	30,009	1	0.00%
新市	43,008	22	0.05%	30,335	11	0.04%
岡山	43,260	34	0.08%	24,555	6	0.03%
總計	497,603	203	0.04%	321,076	118	0.04%

表 10 國道三號靜態地磅站過磅資料統計

方向	北向			南向		
	平均過磅數量	平均超載數量	超載率(%)	平均過磅數量	平均超載數量	超載率(%)
七堵	4,374	1	0.02%	—	—	—
樹林	47,047	187	<u>0.40%</u>	<u>54,919</u>	<u>364</u>	<u>0.66%</u>
龍潭	40,352	33	<u>0.08%</u>	<u>47,503</u>	<u>61</u>	<u>0.13%</u>
後龍	46,213	29	<u>0.06%</u>	<u>35,162</u>	<u>36</u>	<u>0.10%</u>
大甲	48,085	70	<u>0.15%</u>	<u>41,731</u>	<u>33</u>	<u>0.08%</u>
名間	15,042	3	0.02%	12,981	3	0.03%
古坑	6,538	12	0.18%	11,732	8	0.07%
白河	9,398	7	0.07%	7,211	6	0.08%
善化	11,878	4	0.03%	7,572	5	0.06%
田寮	31,404	8	0.02%	7,989	5	0.06%
竹田	4,796	2	0.03%	3,133	2	0.06%
總計	265,127	356	0.13%	229,933	523	0.23%

依照表 9 與表 10 之數據，可重新製圖如圖 9，本研究初步以每日平均過磅 40,000 部車及超載率 0.075% 作為象限之標準，初步篩選出重車交通量與超載率較大之 7 個地磅站(約佔地磅站總數之 17.5%)為第一象限地磅站，各象限地磅站彙整如表 11 所示。

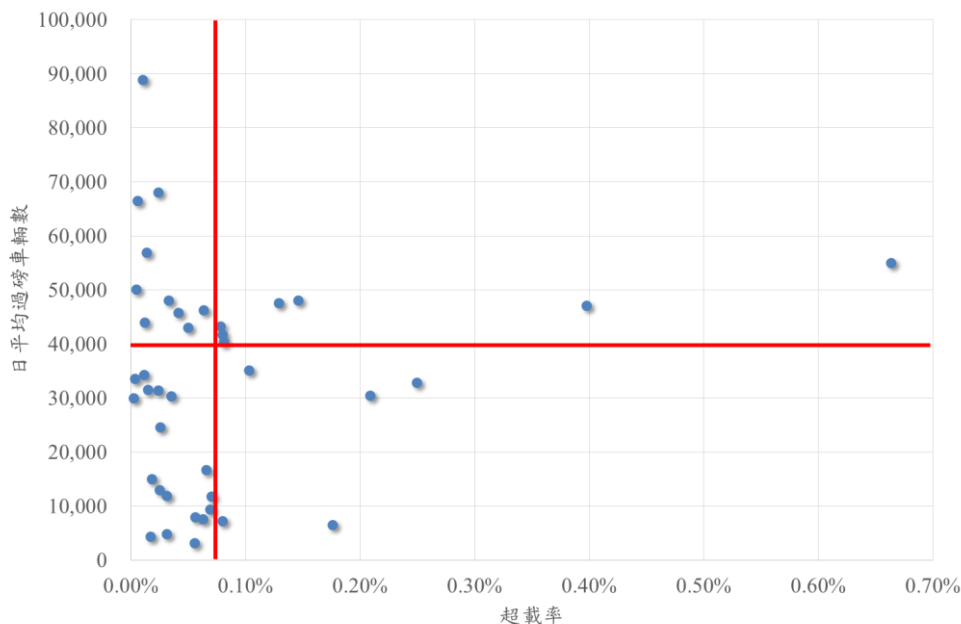


圖 9 各地磅實際過磅交通量與超載率分布

表 11 國道地磅站適用地磅型式建議

地點特性	適用地磅型式	地點/方向
重車交通量大且超載率大 (第 1 象限)	主線篩選式動態地磅	岡山北向、樹林南向、樹林北向、龍潭南向、龍潭北向、大甲南向、大甲北向
重車交通量大但超載率小 (第 2 象限)	無人地磅站	楊梅南向、楊梅北向、后里北向、員林南向、員林北向、斗南南向、斗南北向、新市北向
重車交通量小且超載率小 (第 3 象限)	不設站 (機動性動態地磅)	汐止北向、造橋南向、造橋北向、后里南向、新營南向、新營北向、新市南向、岡山南向、七堵北向、後龍北向、名間南向、名間北向、白河北向、善化南向、善化北向、古坑南向、田寮南向、田寮北向、竹田南向、竹田北向
重車交通量小但超載率大 (第 4 象限)	靜態地磅站	泰山南向、泰山北向、後龍南向、古坑北向、白河南向

由圖 9 與表 11 中可知，符合圖 8 劃分原則中第一象限(重車交通量大且超載率大)者包括岡山北向、樹林南向、樹林北向、龍潭南向、龍潭北

向、大甲南向、大甲北向等 7 處，為各地磅站中最適合設置動態地磅站，惟由於樹林已經將改建為交流道，故考量裝設與運作動態地磅之成本及效益，建議以岡山北向、龍潭雙向、大甲雙向等 5 處優先設置動態地磅。

其餘地點部分，楊梅南向等 8 處因重車交通量大但超載率小可考慮設置無人地磅站；汐止北向等 20 處地點則因重車交通量與超載率皆低，建議可不設固定式地磅站，僅以機動式動態地磅定期或不定期進行資料蒐集檢查其地點特性是否有所改變即可；後龍南向等 5 處則因重車交通量低但目前資料顯示超載率高，若擬提高重車重量管理績效可考慮設置（保留）靜態地磅站。

3.2.2 超載告警機制

1. 告知方式

參考國外之運作方式以及相關研究之成果，主線篩選式動態地磅之過磅結果，通常係透過路側資訊可變標誌(Changeable Message Sign, CMS)以燈號搭配文字告知；或是透過安裝於車內之專屬短距通訊(Dedicated Short Range Communication, DSRC)車上單元，於車上單元上以燈號方式告知。

DSRC 技術已廣泛應用於高速公路之電子收費(Electronic Toll Collection, ETC)，但目前國內電子收費系統所採用之 eTag 技術，係依循國際標準組織 ISO 18000-6C 標準，屬被動式之無線射頻技術(Radio Frequency Identification, RFID)，其 eTag 僅為一線圈與晶片組成之如貼紙狀設備，並未內建電池或蜂鳴器或是 LED 燈號，與一般 DSRC 技術常用之主動式車上單元仍有差異，故無法透過 eTag 告知重車之過磅結果。

因此短期之內，國內仍僅能應用路側資訊可變標誌，將動態地磅過磅結果告知重車。而參照道路交通管理處罰條例第 29-2 條第 3 項之規定：「汽車裝載貨物行經設有地磅處所一公里內路段，未依標誌、標線、號誌指示或不服從交通勤務警察或依法令執行交通稽查任務人員之指揮過磅者，處汽車駕駛人新臺幣一萬元罰鍰，並得強制其過磅。」，採用路側資訊可變標誌方式亦屬適法。惟未來長期而言，隨著國內其他 DSRC 技術之日漸普及，仍可思考導入其他 DSRC 技術，改以車上單元方式告知用路人過磅結果。

2. 路側資訊可變標誌告知形式

參照國外之經驗，係透過紅綠燈號與文字告知是否需進入靜態地磅，但若採此一方式規劃，則超載重車用路人可能主張因未見到燈號與文字告知，故未入靜態地磅，以避免遭取締超載。

因此為避免發生此一問題，本研究建議應採負面表列方式告知，於路側資訊可變標誌僅呈現不須入磅之車輛車號，故車號凡未列於路側資訊可

變標誌上之重車，依法仍須進入靜態地磅。超載重車即無法主張未見到燈號與文字告知，方直接離去。執法單位可舉發該車輛逃磅，並處以罰鍰，應無疑義。

表 12 從對靜態地磅負擔等 9 個項目評估二種不同之路側資訊可變標誌列舉車號方式差異，其中於「駕駛人因搜尋車號產生之駕車干擾」、與「對靜態地磅負擔」等 2 項二者影響程度相同；於「駕駛人感受」、「攝影、舉證設計」、與「其他優點」等 3 項方面則以負面表列較佳；於「逃磅舉證」方式則以正面表列較接近現行舉證方式；「顯示數量」方面因受設置地點載重分布、入磅門檻設定、各時間點通過車輛載重情況而異，無法一概而論。

表 12 路側資訊可變標誌列舉車號方式評估

比較項目	列舉應入磅車輛車號 (正面表列)	列舉不須入磅車輛車號 (負面表列)
對靜態地磅負擔	二者相同	二者相同
CMS 故障時之影響	因無法通知車輛入磅，全數不入靜態地磅，無超載取締效果	因無法通知車輛入磅，全數入靜態地磅，無篩選效果
AVI 辨識錯誤時之影響	因無法正確辨識應入磅車輛車號，將誤放行應入磅車	因未能放行不須入磅車輛，將無篩選效果
顯示數量	受 1.設置地點載重分布、2.入磅門檻設定、3.各時間點通過車輛載重情況而異，較無法一概而論。	
駕駛人因搜尋車號產生之駕車干擾	有 (二者相同)	有 (二者相同)
駕駛人感受	正面表列隱含「多數車輛不須入磅」，因此被篩選出「應入磅」車輛帶有指責、懲罰意味，若最後未遭取締較易造成駕駛人反感	負面表列隱含「多數車輛須入磅」，因此被篩選出「不須入磅」者有優越感，能感受動態地磅之助益；另一方面被篩選出「應入磅」者即使最後未遭取締亦較不起反感
逃磅舉證	應入磅 (車號顯示) 而未入磅，與現行舉證方式一致	應入磅 (車號未顯示) 而未入磅，與現行舉證方式不同
攝影、舉證設計 (逃磅說詞)	駕駛人可主張沒看到車號而未入磅，無法舉證駕駛人已看到顯示，只能舉證有顯示	駕駛人可主張看到而未入磅，但因可由攝影舉證並未顯示其車號，得以取締
其他優點	較接近駕駛人之認知習慣 (因為超載所以應入磅)	可篩選部分未超載車輛入磅校估

對「CMS 故障時之影響」與「AVI 辨識錯誤時之影響」2 項而言，對於採正、負面表列時其影響不同，當採正面表列時，因無法正確辨識與顯示應入磅車輛車號，將誤放行應入磅車，喪失地磅系統之超載取締功能。但採負面表列時，其影響為因未能放行不須入磅車輛，因此將無篩選效果，然依系統設計此時車輛仍須進入靜態地磅站，故仍可發揮地磅系統之超載取締功能。

而從法規遵循之角度觀之，道路交通管理處罰條例、道路交通安全規則，以及高速公路及快速公路交通管制規則，均包含「應依標誌、標線、號誌指示」之意涵，但並未指明相關標誌、標線、號誌內容係規範應入磅或不須入磅車輛。而相關法規之立法意旨，亦是傾向於全數載重車一律過磅，故採用負面表列（列舉不須入磅車輛車號）之方式時，較能符合立法原意。

整體評估結果顯示雖採用正面表列方式具有與現行駕駛人認知與習慣較為接近之優點，但採負面表列於整體上較易執行，對於設置動態地磅加強管理重車載重之目標較為接近，且對於駕駛人感受上而言，採用負面表列預期所遭遇之阻力較低，因此建議採取負面表列方式。惟因負面表列方式與用路人一般習慣不同，故須加強駕駛人之教育宣導；由於載重車輛駕駛人多為以駕車為業之職業駕駛人，屬於人數相對甚少之特定族群，其使用情況與一般自用車不同，其教育宣導之執行相對較為容易；且藉由動態地磅篩選可節省駕駛人時間與燃油成本支出，有助於令其盡快熟悉本系統之運作。

3.路側資訊可變標誌顯示數量

路側資訊可變標誌應顯示之車號數，應與駕駛視距、車速及尖峰時段車間距息息相關。重車行駛於高速公路之最高速限為每小時 100 公里，相當於每秒鐘前進 27.78 公尺；最低速限則與一般車輛相同，不得低於每小時 60 公里，相當於每秒鐘前進 16.67 公尺。由於車流狀態為動態變化，因此對於路側資訊可變標誌上顯示訊息之停留時間、更換速度與車號數量，建議於系統中加裝車輛偵測器(VD)，或以動態地磅位置之車輛偵測設備（通常為環路線圈），將偵測所得之車速資料與應顯示內容進行連動，以避免因車速過快或過慢導致所顯示資訊無法即時通知應入磅車輛而喪失動態地磅之篩選功能。

一般而言，要能清楚辨識顯示文字之正常視距大約為 100 至 150 公尺。以所有車輛均無須入磅為假設前提，車輛通過目視範圍（保守起見以 150 公尺為代表）所需秒數，並以最短車間距 3.23 秒估算，資訊可變標誌應顯示之車號數如表 13 所示。

表 13 戶外車號顯示板應顯示車號數

車輛時速	通過目視範圍所需秒數	顯示範圍內可能通過車輛數	應顯示車號數
60 kph	9.0	2.79	3
70 kph	7.7	2.39	3
80 kph	6.8	2.09	3
90 kph	6.0	1.86	2
100 kph	5.4	1.67	2

分析結果顯示，在車輛時速大於 60 公里的情況下，即使所有車輛均無須入磅，只需顯示不超過 3 組車號。國內大型車與聯結車之車牌為 5 碼或 6 碼之英文字母與數字組合，若以國內高速公路常見之 2*8 中文字資訊可變標誌(CMS)，則一次可顯示 4 組車號，故仍應符合動態地磅之車號顯示需求。本研究初步設計之高速公路入磅標誌與車號顯示板模擬圖如圖 10 所示。

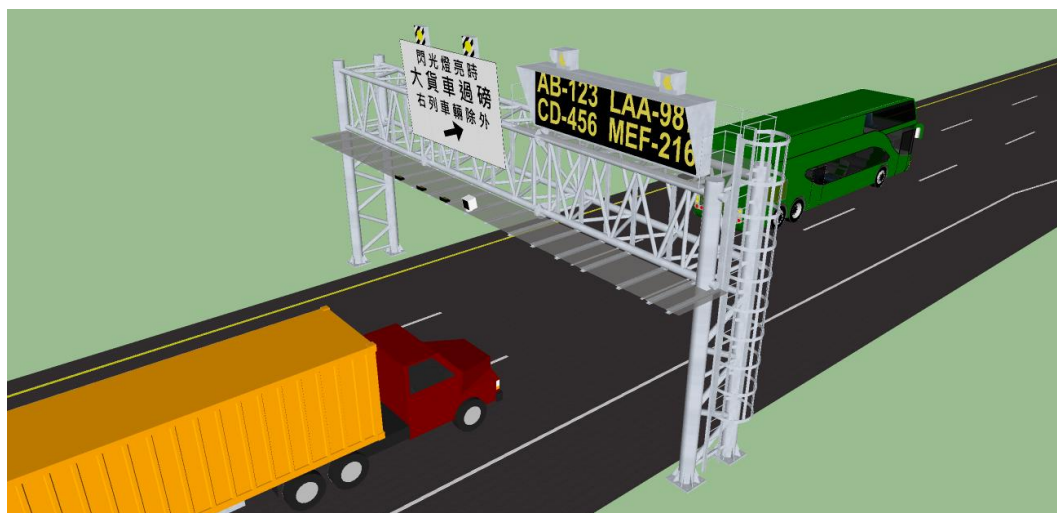


圖 10 高速公路入磅標誌與車號顯示板模擬圖

3.2.3 大客車與貨櫃車之處理機制

依照現行大型車輛過磅情形，一般而言大客車與貨櫃車行駛於國道高速公路上不需進入地磅站進行過磅。為能有效排除無須入磅之車輛提升系統運作效率與減少路側資訊可變標誌之顯示資訊量降低用路人負擔，本研究建議利用現有監理資料建立大客車與貨櫃車之車號-車型資料庫，藉由車牌辨識結果與資料庫進行比對，排除無須入磅之大型車輛。

3.2.4 違規逃磅車輛之偵測與取締機制

為避免應入磅之重車逃避過磅，而逕自從高速公路主線駛去，於靜態地磅站平行之高速公路主線路段，本研究建議應該設置執法攝影機，配合車牌辨識軟體，針對每輛通過車輛自動辨識其車號，並比對是否屬應入磅之重車。倘屬應入磅之重車，則由系統逕行舉發其逃磅，並依照道路交通管理處罰條例第 29-2 條第 4 項之規定，處汽車駕駛人新臺幣 10,000 罰鍰。

依照現行道路交通管理處罰條例第 29-2 條第 3 項之規定，超載之重車之罰鍰最低為處以新臺幣 10,000 元罰鍰，再依超載重量多寡每公噸再額外處以 1,000 元以上之罰鍰，但逃磅車輛罰鍰則為最高新臺幣 10,000 元。此

一規定導致未被公警強制過磅之逃磅重車，其所受之逃磅罰鍰反較入磅被處以超載罰鍰為低，使得超載重車恐有寧可逃磅，而不願入磅之規避心態。為改善此一現象，建議未來應考慮修正道路交通管理處罰條例第 29-2 條第 4 項之規定，加重逃磅車輛應處以罰鍰金額，以避免用路人以逃磅規避超載罰鍰，且亦未能發揮遏止超載車輛損壞路面之目的。

3.2.5 其他入磅訊息告知機制之可行性

由路側可變標誌告知入磅訊息仍有其缺點存在，因此使用其他訊息告知機制作為第二項入磅訊息告知機制可提供用路人不同的選擇，彌補路側可變標誌之不足。

除路側資訊可變標誌外，DSRC 引導方式在國外已有諸多成功之運作案例。DSRC 之應用係透過路測裝置與車內單元進行溝通與資訊傳輸，以告知用路人過磅資訊。車內單元中註冊有車輛資料，動態地磅系統透過路側天線裝置讀取並比對相關資料，並傳輸是否需進入靜態地磅站複磅之訊息與車內單元達到告知的目的。

此外，近年來智慧型手機普及率大為提升，國外亦開發動態地磅 APP，利用 GPS 衛星定位偵測車輛是否位於動態地磅區位，並透過行動網路傳輸告知訊息告知用路人是否需進入靜態地磅站複磅。相較於 DSRC 相關技術之應用，使用手機 APP 可降低購買車內單元之費用，提高用路人之接受度；而建置上則不須路側天線設備作為資訊傳輸之媒介，亦為較經濟之選擇。因此短期內入磅訊息告知機制使用路側資訊可變標誌顯示車號，並搭配手機 APP 作為第二項機制為較可行之作法。

3.2.6 與公路警察之配合機制

過去針對逃磅車輛僅能以現行犯的方式進行取締，公路警察必須要於地磅站處待命，且必須成功攔下逃磅車輛後才可進行取締。主線篩選式動態地磅系統於靜態地磅平行主線處設有車牌辨識設備，可及時發現逃磅車輛並於系統中產生告警，公路警察可透過攜帶式設備與系統連線，即時取得逃磅車輛之車號、即時影像及其他相關資訊作為攔檢及取締之依據。

3.2.7 與電子收費系統設備之整合

在主線篩選式之動態地磅應用架構之下，完整之動態地磅系統除地磅磅台本身外，尚包含車輛偵測用之線圈，以及車號辨識照相機等設備。而於電子收費系統中，亦包含雷射車輛偵測器及執法照相機（含車號辨識功能），是故理論上而言，兩者應有整合空間。其整合之作法有二：

1. 電子收費與動態地磅建置區位整合

目前縱向國道兩交流道之間均已經建置有計程電子收費之門架與設備，未來可與負責電子收費系統建置及營運之遠通電收公司研商確認電子收費與動態地磅兩系統間之介面格式，以及資料拋轉方式。直接於選定電子收費門架位置建置動態地磅設備，兩系統共用車輛偵測器及執法照相機（含車號辨識功能）。此外，亦可透過 eTag 所對應之車號，以輔助車牌辨識之不足。其整合系統架構如圖 11 所示，後續仍應針對其資料交換格式等課題進行深入之探討。

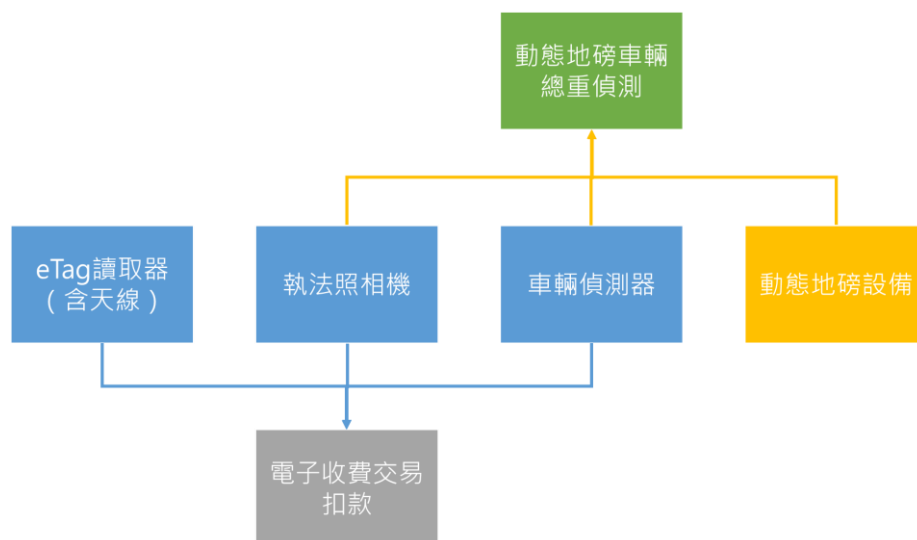


圖 11 動態地磅與電子收費整合建置架構

2. 動態地磅獨立建置區位增設 eTag 讀取設備

目前大型車之 eTag 利用率已經超過 90%，且 eTag 係符合 ISO 18000-6C 標準之電子標籤。建議未來可考慮於動態地磅搭配建置符合 ISO 18000-6C 國際標準之 eTag 讀取器，未來凡重車通過動態地磅系統時，可透過 eTag 讀取器讀取車上黏貼之 eTag ID，並由遠通電收公司之申裝資料進一步對應其申裝車號，此一方式將可補車號辨識之不足，可提昇系統辨識車輛身分之能力。未來建置 eTag 讀取設備後之系統運作流程如圖 12 所示。

惟遠通公司並未於 eTag ID 中寫入車輛車號資訊，故縱然已以 eTag 讀取器讀取 eTag ID，仍須遠通公司提供車號與 eTag 之對照資料庫，方可確認車號。

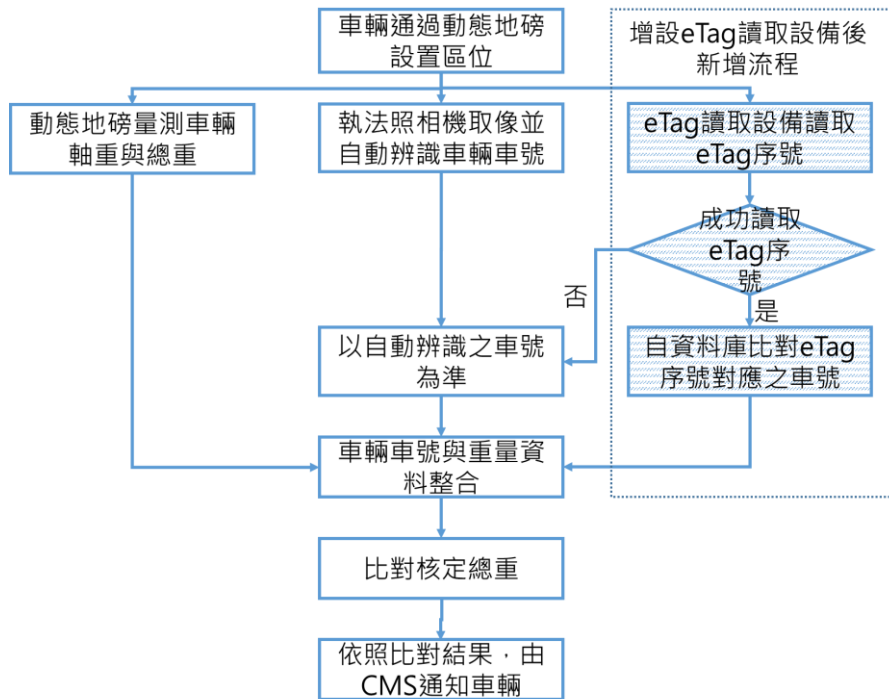


圖 12 動態地磅整合電子收費系統後之運作流程

3.2.8 車輛核定總重資訊之取得

當車輛通過動態地磅取得動態地磅過磅重量後，欲比對該車輛是否有超載疑慮時，必須取得該車輛之核定總重資訊方可進行判定。通常車輛之核定總重與該車輛之車型有相當之關連性，是故可透過車輛偵測系統判定之車型，大致認定該車輛之核定總重值；然而同一車型各車輛之核定總重仍可能有差異，為求精確，應透過併同動態地磅架設之照相取證設備，取得該車輛之車牌影像，透過車牌辨識軟體自動辨識其車號，並連線至資料庫取得該車輛之核定總重以進行比對，方為較適當之作法。

目前交通部公路總局有建置完整之公路監理電腦系統，儲存所有車輛包含核定總重在內之完整車籍資料，且為確保監理電腦系統之安全性亦已建立定期備份至交通部備份主機之機制。目前電子收費系統運作時係採定時批次傳輸方式，由交通部備份主機將所需資料傳輸至電子收費系統之資料主機。於地磅系統（含動態地磅與靜態地磅系統）運作時建議可依循此運作模式，建立地磅系統之資料主機，並定時與交通部資料備份主機間進行資料交換，惟因地磅系統運作時除車籍資料外，主要需求為車輛核定總重資料，以利比對車輛是否超載，因此於現行架構中，公路監理電腦系統與交通部資料備份主機間，須增加大貨車與聯結車核定總重資料之傳輸；

此外於備份主機與地磅系統資料主機間僅須傳輸大貨車與聯結車資料，並包含核定總重資料。整體架構建議則如圖 13 所示。

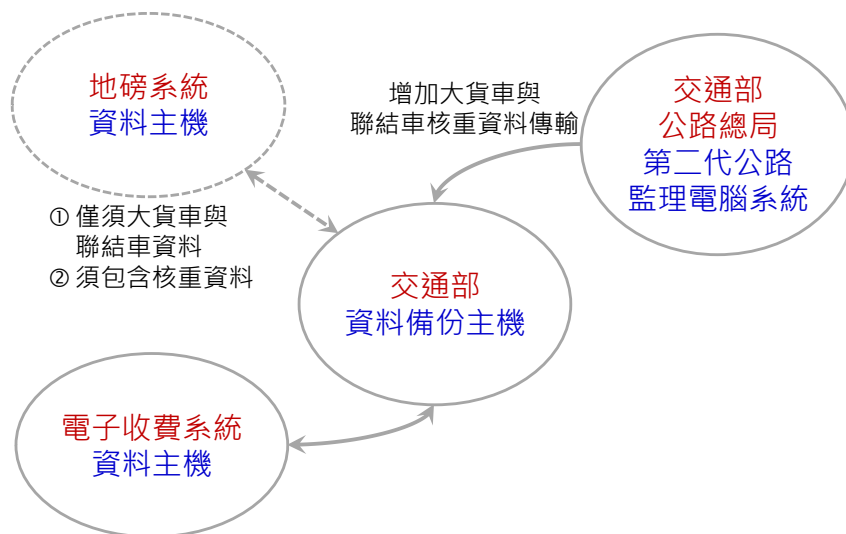


圖 13 車輛核定總重資訊架構建議

3.2.9 法令之配合

根據前述之運作流程，研判車輛於本系統中之違規項目有三，首先為車輛於通過動態地磅時行駛於未裝設動態地磅之內側車道，以至於無法經由動態地磅進行篩選；其次為經篩選需入靜態地磅車輛未依要求進入靜態地磅站而無法取締；第三為經靜態地磅複磅後認定為超載車輛。彙整車輛過磅流程與此三類違規情況如圖 14 所示。

對於第一種違規項目可依道路交通管理處罰條例第 33 條第 1 項第 3 款「未依規定行駛車道」予以處罰，而通過動態地磅後，車輛雖未經動態地磅進行篩選，但仍有可能進入靜態地磅，故此違規項目係得以單獨計罰，但若車輛既未通過動態地磅亦未進入靜態地磅，則另須依第二種違規情況開立逃磅罰單。第二種違規情況可依道路交通管理處罰條例第 29-2 條第 4 項「行經設有收費站、地磅之道路，不依規定停車繳費或過磅」予以處罰。第三種違規情況與目前靜態地磅之運作情況相同，經靜態地磅複磅後依據其載重與核定總重判定是否超載，並依據道路交通管理處罰條例第 29-2 條「汽車裝載貨物超過核定之總重量、總聯結重量者」之相關處罰方式予以開罰。

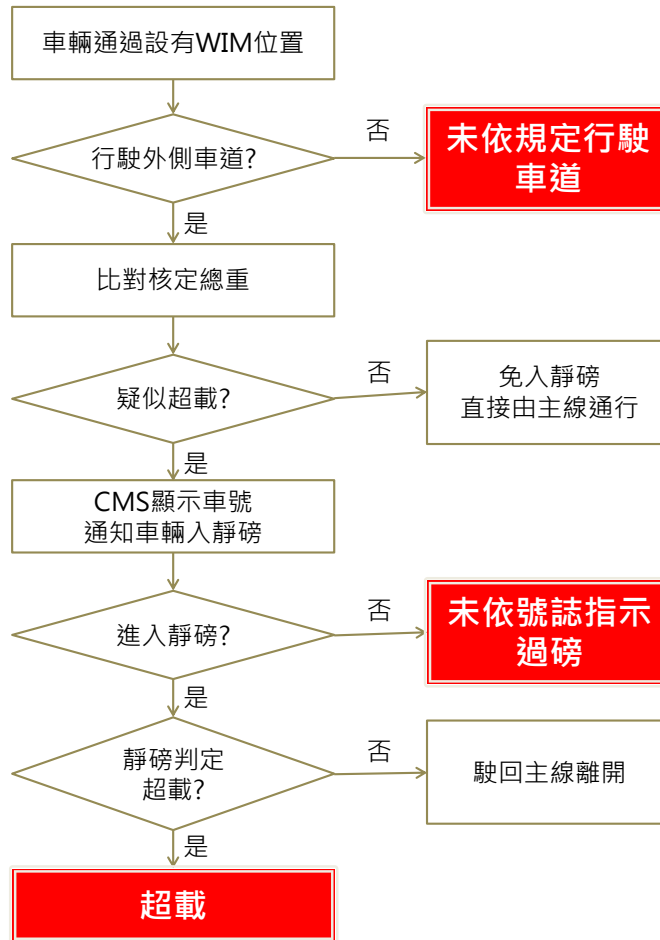


圖 14 車輛通過地磅系統時之流程與可能違規情況

雖此三類違規情況皆有相對應之法源得以進行處罰，然檢討其裁罰額度發現，對於第一類與第二類違規情況而言，可分別處汽車駕駛人新臺幣 3,000~6,000 元及 10,000 元罰鍰。但對於第三種情況—超載之罰鍰則至少為新臺幣 10,000 元，並須再依超載重量多寡累進加罰。於此情況下，可能導致逃磅重車其所受之逃磅罰鍰反較入磅被處以超載罰鍰為低，使得超載重車恐有寧可逃磅而不願入磅之規避心態。為改善此一現象，建議未來應考慮修正道路交通管理處罰條例第 29-2 條第 4 項之規定，加重逃磅車輛應處以罰鍰金額，以避免用路人逃磅以規避超載之高額罰鍰。

3.2.10 後續測試之進行

後續建議應進行現地測試，於高速公路主線建置 1 處以上之動態地磅設備，搭配執法照相機辨識車輛車號，並以 eTag 讀取器設備直接讀取通過重車上之 eTag ID，配合遠通公司提供之車號與 eTag 之對照資料庫，以確

認車號，再以路側可變資訊標誌告知車輛是否入磅。現地測試時可驗證之項目說明如下：

1. 動態地磅精準度：設置主線之動態地磅與照相機，已可辨識通過車輛車號，並將動態地磅測得車輛重量整合為單一筆資料，經與該車輛於靜態地磅之量測重量比對後，即可計算動態地磅之精準度。
2. 動態地磅妥善率：於測試期間實際計算動態地磅正常運作之時間比例，作為系統妥善率之評估依據。
3. 超載篩選正確率：評估經動態地磅篩選為可疑超載車輛，於進入靜態地磅複磅後，確認屬超載車輛之比例。
4. 車號辨識系統辨識正確性：以人工方式檢視包含不同天候環境下，一定筆數之通過重車照片，確認其實際車號；透過比對系統自動辨識車號之方式，以評估車號辨識系統之辨識正確性。
5. 逃磅車輛數量比例：比對經動態地磅篩選為可疑超載車輛，卻未進入靜態地磅站複磅之車輛數量比例。
6. 重車駕駛使用主線篩選式動態地磅之服務滿意度調查：透過訪談或問卷調查之方式，了解重車駕駛對於主線篩選式動態地磅系統之滿意度，並據此了解主線篩選式動態地磅系統未來可改進之方向。
7. 監理連線之車輛核定總重資料測試：協調由公路監理資料庫備份重車核定總重資訊至備份資料庫中，並測試由動態地磅系統主機，即時比對通過車輛實際總重與備份資料庫內核定總重之功能穩定度，以驗證其可行性。
8. 讀取 eTag ID 之成功率統計：統計 eTag 讀取器讀取之 eTag ID 總數，並依照通過車號，比對遠通公司提供之 eTag 申裝資料庫，以統計通過車輛安裝有 eTag 之數量，以進一步分析讀取 eTag ID 之成功率。

四、結論與建議

4.1 研究結論

本研究獲致具體結論說明如下：

1. 動態地磅應用方式應以「主線篩選式動態地磅系統」為主

綜合考量未來高速公路全面採計程電子收費後，對於重型車輛管理須同時符合「維持車輛營運效率」與「維護公路設施績效」之雙重目標，本研究建議以「主線篩選式動態地磅系統」為我國高速公路實施電子收費後

之車輛重量管理設施，此一應用方式並可有效改善目前動態地磅日常營運與維護作業上之問題。

2. 動態地磅建議優先設置於岡山北向、龍潭雙向、大甲雙向等地點

重車交通量大且超載率大之地點重車交通量多，且超載比例高，為最適合設置主線篩選式動態地磅之地點。本研究認為可優先設置於岡山北向、大甲北向、後龍南向等3處地磅站。

3. 高速公路路面平坦度已符合主線篩選式動態地磅設置之需求

根據 ASTM E1318-94 及歐洲科技合作組織(COST)323 歐洲動態地磅規範之規定，本研究建議動態地磅安裝地點必須選擇安裝於縱向坡度小於 1%，且橫向坡度小於 3%之路面。該路段之曲率半徑必須小於 1,000 公尺。且路面平坦度國際糙度指標(IRI)值應小於 2m/km。

4. 短期內建議採用路側可變標誌版之方式告知入磅

本研究短期內仍建議採用路側可變標誌版之方式，將動態地磅過磅結果告知重車。經本研究分析，在車流時速大於 60 公里的情況下，路側可變標誌只需顯示不超過 3 組車號即可符合需求。

5. 長期考慮建置其他入磅訊息告知機制

近年來智慧型手機普及率大為提升，國外亦開發動態地磅 APP，利用 GPS 衛星定位偵測車輛是否位於動態地磅區位，並透過行動網路傳輸告知訊息告知用路人是否需進入靜態地磅站複磅。相較於 DSRC 相關技術之應用，為較經濟且較易推廣之機制。

6. 公路警察透過攜帶式設備與系統連線進行攔檢與取締

主線篩選式動態地磅系統於靜態地磅平行主線處設有車牌辨識設備，可及時發現逃磅車輛並於系統中產生告警，公路警察可透過攜帶式設備與系統連線，即時取得逃磅車輛之車號、即時影像及其他相關資訊作為攔檢及取締之依據。

4.2 後續進行建議

本研究後續建議事項，說明如下：

1. 法令配合修正

依照目前之法令規定，超載之罰鍰則至少為新臺幣 10,000 元，並須再依超載重量多寡累進加罰，但逃磅車輛僅處以 10,000 元罰鍰；逃磅重車其所受之逃磅罰鍰反較入磅被處以超載罰鍰為低。建議未來應考慮修正道路交通管理處罰條例第 29-2 條第 4 項之規定，加重逃磅車輛應處以罰鍰金額，

以避免用路人逃磅以規避超載之高額罰鍰。

2. 規劃進行高速公路動態地磅之現地測試

本研究已經就高速公路未來動態地磅之推廣完成初步規劃研究，後續建議進行現地測試，於高速公路主線建置 1 處以上之動態地磅設備，配合路側可變資訊標誌告知車輛是否入磅，以驗證系統之運作效能。

3. 針對動態地磅與電子收費系統之整合辦理後續研究

高速公路動態地磅與電子收費系統之整合為未來之趨勢，為確認能否將 eTag 之車輛辨識資料與動態地磅之載重偵測資料整合，兩者間之資料交換格式等議題應有進行相關研究之必要。

參考文獻

中華民國運輸學會(1997)，動態載重交通量偵測系統-安裝培訓說明，交通部臺灣區國道高速公路局委託研究。

公路路線設計規範(2008)。

王瑞民、周家蓓(2000)，電子收費系統應用於匝道及結合動態地磅之研究，中華電信研究所委託研究。

何信毅(2001)，動態地磅對國道地磅站運作績效影響之研究，臺灣大學土木工程學研究所碩士論文。

周家蓓(1994)，動態載重交通量偵測系統於公路路網之規劃研究，財團法人中興工程顧問社專案研究報告。

周家蓓(1995)，動態載重偵測系統逕行取締之績效評估，行政院國家科學委員會暑期研究計畫成果報告。

周家蓓(1998)，應用動態地磅於高速公路交通載重資料之調查研究，交通部國道高速公路局委託研究。

周家蓓(1999)，以行進間測重(WIM)逕行取締超載規範與提升商車營運績效之研究，交通部運輸研究所委託研究。

周家蓓(2002)，高速公路電子收費與動態地磅結合應用機制之規劃與測試，交通部運輸研究所委託研究。

周家蓓、曹壽民(1992)，車輛超載偵測系統及罰款制度之研究，交通部運輸研究所委託研究。

陳怡先(2013)，高速公路電子收費計程階段動態地磅評估，臺灣區國道高速公路局委託研究。

曹壽民、周家蓓(1992)，動態載重交通量偵測系統施工及校估技術之研究，交通部運輸研究所委託研究。

蔡蕙伊(1996)，動態載重偵測系統於執法取締之應用，臺灣大學土木工程學研究所碩士論文。

鄭建勳(1999)，動態地磅結合自動車輛辨識系統於國內收費道路應用之可行性研究，臺灣大學土木工程學研究所碩士論文。

AASHTO (2007), "Virtual Weigh-in-motion: A WIM-win for transportation agencies," Retrieved Feb 11 2015, website: <http://aii.transportation.org/Documents/VWIMV4011907.pdf>.

ASTM (2009), "Standard Specification for Highway Weight-In-Motion (WIM) Systems with User Requirements and Test Methods," American Society for Testing and Materials, E1318-09.

Argonne National Laboratory (2015), "Reducing Vehicle Idling," Retrieved Feb 11, 2015, website: <http://www.transportation.anl.gov/engines/idling.html>.

Austrroads LTD. (2000), "Weigh-in-Motion Technology," AP-R168.

COST (1999), "European Specification on Weigh-In-Motion of Road Vehicles," Working Group 'Specification' of the COST 323 Management Committee.

FMCSA (2008), "CVISN National Evaluation Report," *Federal Motor Carrier Safety Administration*, Vol. 1, pp. 7-13.

IRD Inc. (2010), "Project Showcase Safety & Weight Enforcement Facilities, Wisconsin, USA."

(收稿2014/10/1，第一次修改2015/3/25，定稿2015/4/20)

