

乘用車輪胎性能調查與濕地抓地力研究測試

廖慶復^{1*}、黃敏祥²

^{1,2}財團法人車輛研究測試中心(工程師)

E-mail*: chingfu@artc.org.tw

能源局計畫編號: 107-E0404

摘要

歐盟自 2012 年 11 月起實施強制性輪胎最低性能標準與輪胎分級標示制度後，已帶動世界主要國家與地區之輪胎相關產業積極投入兼顧安全與節能之綠色輪胎研發，並陸續實施輪胎分級標籤制度，提供消費者購買資訊參考，以引導消費者選擇高性價比的產品，提升燃油使用效率。本研究針對國內 29 款乘用車輪胎，依據 ECE R117 測試規範進行輪胎性能分級，依此建立完整國產/進口輪胎性能資料庫，作為政策推動效益評估與高效率性能門檻制定參考。測試結果顯示新車所裝配之原廠輪胎於安全及節能性能均有一定水準，替換輪胎部分則有 30% 款式屬節能輪胎，並兼具高濕地抓地力安全性能。整體而言輪胎製造商開發產品以安全性能為主，符合 C 級濕地抓地力款式可達 74%；C 級滾動阻力款式則僅占 37%，且尚有 22% 款式無法達到歐盟性能門檻(E 級)，代表國內實施輪胎標籤具導入效益與性能水準提升空間。另針對濕地抓地力指數測試研究部分，可看出不同測試車輛與煞車踏力，對濕地抓地力性能影響不大，測試可排除人為、車輛等因素，另發現透過穩定的煞車起始點有助於縮小數據變異，可提高測試效率與數據準確性。

關鍵詞：滾動阻力，濕地抓地力測試，輪胎性能標籤

1. 前言

全球約有 30% 能源消費量納入強制性能源效率政策[1]，國際能源總署(International Energy Agency, IEA) 在 2009 年針對運輸能源效率所提出的改善建議之一，即為建立輪胎最低性能標準及分級標籤制度，IEA 估算輪胎效率標準實施約可改善 3% 車輛油耗，預估每年可節省 300 億公升燃油消耗[2]；聯合國車輛法規協調工作小組(UN/ECE/WP29) 於 2011 年頒布 ECE R117 輪胎型式認證法規[3]，訂定輪胎之滾動阻力、濕地抓地力及滾動噪音三項性能限值和試驗方法，國際間目前已實施管制的國家主要為歐盟、日本、韓國及沙烏地阿拉伯，而中國大陸已規劃於 2019 年實施。

最低容許耗用能源基準 (Minimum Energy Performance Standards, MEPS) 與能源效率標示為互為表裡的二項政策工具，全球主要國家採用 MEPS 以及能源效率標示進行產品能效管制的產品數量已越來越多[4]。2017 年歐盟執行委員會發佈 2017/1369/EU 能源

效率標示指令[5]，原指令框架範圍僅針對家電產品，而新指令已把範圍擴展為全部影響能源消耗之相關產品，意指任何在使用過程中對能耗產生直接或間接影響的產品皆可納入，並同步要求產品在上市前應把相關資訊登錄於產品數據庫，為消費者的購買決策提供必要的資訊，確保產品除了符合最低容許耗用能源基準之外，民眾也可藉由能源效率標示自由選擇能源效率較高的產品。

輪胎滾動阻力是指與輪胎滾動方向相反的作用力，由於車輛負載時，輪胎與地面接觸部分會隨之變形，從而導致內部能量損耗，一般約占車輛總行駛阻力的 15%~30%。國外研究測試結果顯示，輪胎滾動阻力降低 20% 約可提升整車燃油效率 3-4%，為此歐盟於能源效率標示框架中納入輪胎項目，並訂定 EC 1222/2009 輪胎標籤指令[6]，要求其三項性能按結果進行分級並標示出各項性能的等級。其中輪胎燃油經濟性主要以 ISO 28580 測試之滾動阻力值來進行分級，從最佳性能的「綠色 A 等級」至最差性能的「紅色 G 等級」共 7 個等級；濕地抓地力分級則依據 ISO 23671 測試規範，以相對於基準輪胎濕地最大制動力或者減速度的指數值作為分級，從最佳性能的「綠色 A 等級」至最差性能的「紅色 G 等級」共 7 個等級；另在輪胎噪音分級部分，主要以 ISO 10844 量測輪胎外部之滾動噪音值作為分級指數，並依據 ECE R117 條例中不同輪胎型式之最高限值(Limit Values, LV)為基準，將輪胎噪音區分為三個等級，等級 1 代表輪胎外部噪音低於條例規定之最高限值 3dB(A)，等級 3 則代表輪胎外部噪音高於條例規定之最高限值。

針對消費商品之安全管理，目前世界各國所採行之機制可分為「前市場管理」與「後市場監督」兩種[7]，由於歐盟輪胎生產廠商本身皆已具備檢測能量，且企業信用程度普遍較高，故針對輪胎產品之標籤管理主要採「後市場監督」方式。此方式由供應商宣告產品符合性聲明，政府則在產品上市後監督市場輪胎商品所張貼的標籤是否符合標示規範，並定期從市場上抽取樣胎送至第三方檢驗機構(TÜV、UTAC、IDIADA)，以核實輪胎標籤的準確性和真實性，防止出現謊報(Over-Grading)[8]。其優點可減少主管機關在產品上市前後所需之行政管理負擔，及降低廠商在銷售時之時效性與檢測成本。

考量輪胎滾動阻力與濕地抓地力具有一定的關聯性，目前國際上實施輪胎分級管制的國家，為兼顧節能

與安全，其管制項目至少都包含了滾動阻力以及濕地抓地力兩項。其中滾動阻力量測採室內輪鼓試驗機台，測試準確性及重現性相對較高[9]，同時 ISO28580 測試規範建立參考實驗室比對機制，將不同實驗室測試結果的相關性納入要求，可使同一條輪胎在不同實驗室中得出一致性的結果，確保來自不同供應商的輪胎間比較的公平性；因濕地抓地力測試採戶外濕地跑道測試方式，歐盟輪胎及輪圈技術組織(ETRTO)認為目前 ISO 23671 測試標準所訂定的測試條件範圍較為寬鬆[10、11]：可使用不同試驗方法(試驗車/拖車法)、不同煞車路徑(寬摩擦範圍)、及不同測試參考標準胎使用條件(使用次數、胎面深度)等，且標準未納入測試場地比對程序，易造成後市場監督單位因試驗跑道與試驗方式不同，導致監督抽查結果與輪胎供應商宣告性能不一致情況發生。目前國際標準組織正著手進行測試限制條件研究評估，並透過循環測試之數據來建立不同跑道(紋理深度)及試驗方法之修正公式，以提高濕地抓地力測試之準確性與重現性。

歐盟自 2012 年實施強制性輪胎標籤以來，透過標籤制度已影響消費者對節能產品的選擇意向，歐盟 2017/1369/EU 指令於 2020 年起要求所有輪胎性能資料須同步登錄至數據資料庫，除可為政策決策提供市場資訊，並以此提供消費者透明資訊。為了解國內使用及銷售的輪胎性能水準，本研究針對市售國產/進口輪胎，以歐盟 ECE-R117 規範之測試方法進行滾動阻力與濕地抓地力性能測試，以此建立完整國產/進口輪胎性能資料庫；另同時於車輛研究測試中心之煞車性能測試道進行濕地抓地力研究測試，以評估不同測試條件對濕地抓地力指數研究分析。

2. 實驗方法與步驟

歐盟標籤法要求車輛與輪胎供應商/經銷商，在銷售宣傳的產品型錄與網站、及輪胎實體，需同步揭露輪胎性能資訊，因此低滾動阻力、高濕地抓地力已成為全球輪胎製造製造商所著重發展之方向，更是消費者選用的重要考量因素，目前國際輪胎廠已普遍具備生產符合歐盟 B 級之滾動阻力/濕地抓地力輪胎能力，有助於減少車輛行駛時所消耗之能源。

國內乘用車輪胎市場總量約 870 萬條/年，其中國產胎約占 58%(500 萬條)，輪胎族約 13 款、涵蓋規格尺寸約 29 款；進口胎約占 42%(370 萬條)，輪胎族約 14 款、涵蓋規格尺寸約 31 款。各輪胎所涵蓋規格尺寸中，依國內輪胎廠之市場銷售統計資料可看出 16 吋規格最多，銷售佔比約 36.7%，其中又以胎寬 205mm、扁平比 55 之尺寸為大宗，佔 16 吋輪胎銷售總額 27.1%，詳如圖 1、圖 2 所示。因此本研究針對市售乘用車 205/55R16 規格，挑選國產六大輪胎品牌(15 款)及進口前十大輪胎品牌(14 款)共計 29 款式，送至國外/國內專業檢測機構，依 ECE R117 規範進行滾動阻力及濕地抓地力測試，同時於車輛中心試車場進行濕地抓地力測試程序研究。

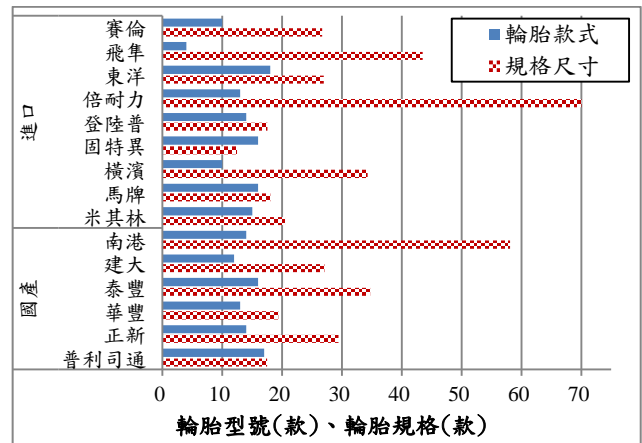


圖 1 國產/進口輪胎款式與規格尺寸

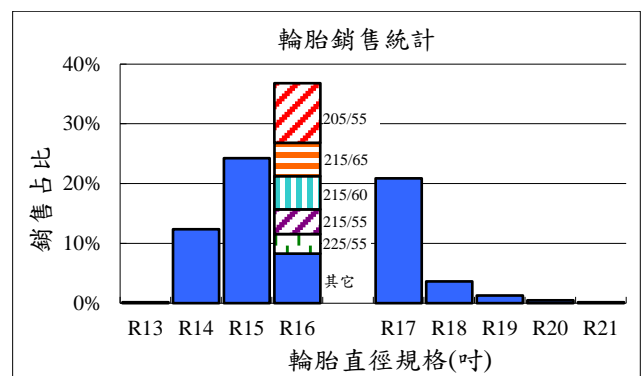


圖 2 國內各輪胎尺寸銷售統計

2.1 輪胎滾動阻力測試

輪胎滾動阻力是一種能量損失的度量，在正常行駛的環境工作溫度下，其與車輛負荷呈線性關係，故國際間目前已實施輪胎分級管制的主要國家皆以滾動阻力係數作為效率指標。歐盟 ECE-R117 規範滾動阻力測試是採用 ISO 28580 標準，測試方式採用室內輪鼓試驗台量測，以單點(80% load)、穩態(80 km/h)之測試條件進行滾動阻力量測，相關測試條件如表 1 所示。輪鼓試驗台具有不受環境條件限制、試驗週期短、試驗條件可控、試驗結果重現性佳等優點，且實驗室須滿足 ISO/TS16949 規定，每個月實施品質監測，兩款基準胎(Cr 值差異大於 3 N/kN 以上)每個月須有三組量測數據，將此三組量測的均值作成月推移圖並進行評估管制，實驗室須保證基準機台量測單一輪胎時能維持以下的 $\sigma_m < 0.05$ N/kN。

按照實驗室量測參數不同，可分為測力法(量測垂直於徑向輪軸上的反作用力)、扭矩法(量測輪鼓的輸入扭矩)、功率法(量測輪鼓的輸入功率)及減速度法(量測輪鼓和輪胎在慣性滑行時的減速度)，其中測力法、扭矩法測試機台由於量測較精準且快速，國內外輪胎廠商大多採用此量測方法；而減速法及功率法因修正係數過多較有變異性，業者則較少使用。無論採用何種方法都要將測量數據換算成作用於輪胎與輪鼓接觸面的滾動阻力，最後再換算求得滾動阻力係數。

表 1 ISO28580 測試規範

	C1 轎車胎	C2 載重胎	C3 載重胎
量測方法	測力法、扭矩法、功率法、減速度法		
輪胎直徑 (mm)	≥ 1708		
試驗溫度 (°C)	25		
測試速度 (km/h)	80	80	80、60 (速度等級 F~J)
荷重條件 (% of Max)	80	85	85
風壓條件	210 kPa、250 kPa (加強型)	100% of Max	100% of Max
熱機條件 (80 km/hr)	30 min	50 min	150 (內徑 < 22.5") 180 (內徑 = 22.5")

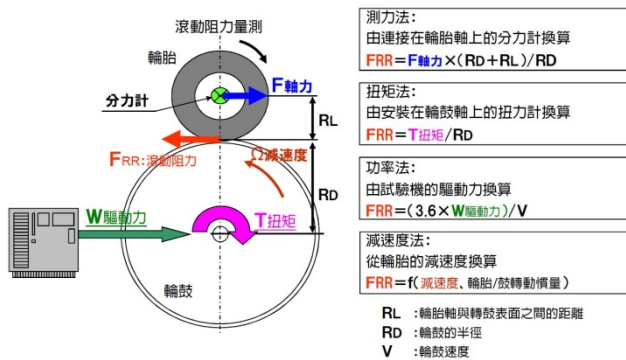


圖 3 滾動阻力測試機台 [12]

2.2 濕地抓地力測試、試驗場地與量測儀器

歐盟 ECE-R117 法規濕地抓地力測試是採用 ISO 23671 測試方法，試驗可採試驗車法或拖車法，其中試驗車法將試驗輪胎安裝在 M1 試驗車上，在 ABS 防鎖死系統啟動制動情況下，量測試驗速度從 80km/hr 降至 20 km/hr 時之平均減速度，並據以計算制動力係數(Braking Force Coefficient, BFC)；拖車法則是將試驗輪胎安裝在拖車上，以 65±2 km/hr 的速度通過試驗路面，透過拖車煞車系統對試驗輪胎施加制動力，量測輪胎在鎖死前之峰值制動力係數(peak brake force coefficient, PBFC)，詳如表 2 所示。兩種方法都是以測試輪胎與標準輪胎(Standard reference test tire, SRTT)的對比值來表示，試驗中使用的 SRTT 是按照 ASTM F2493-08 生產製造和儲存，如果測試輪胎無法與 SRTT 安裝到相同的車輛上(輪胎規格尺寸不合適、達不到要求的負荷能力)，可透過對照胎(Control tyre)進行對比試驗，使用兩輛不同的試驗車輛，一輛車裝配 SRTT 和對照胎，另一輛車裝配對照胎和測試胎

濕地測試場地要求路面須採用密實的瀝青混合材料，同時測試路面平整度、摩擦係數、鋪設石料顆粒尺寸及紋理深度皆有規範，跑道上不得有鬆動材料與異物，詳如表 3 所示；濕地試驗路面可使用路邊噴水裝置，也可以在試驗車輛或拖車上連接噴水裝置，路面至少在試驗前半小時淋水，水膜深度須控制在 0.5mm~1.5mm 之間，試驗路面溫度控制在 5°C~35°C 之間，測試過程溫度變化不應大於 10°C。

本研究使用之濕地測試場地為車輛研究測試中心之煞車性能試驗場地，當中濕地試驗區域有一段之路面規格(坡度、平坦度、紋理深度、磨擦特性 BPN 及水膜厚度等)經查驗可符合 ECE R117 測試規範；試驗方法採用試驗車法，考量測試配重及測試胎安裝之輪弧空間，故挑選具 ABS 系統之休旅車款式(M1 類)，及安裝非接觸式速度量測模組，量測在兩個預設速度之間之平均減速度，以計算輪胎的濕地抓地力性能。測試使用之車輛、速度紀錄器、標準胎(Standard reference test tyre, SRTT)等規格如圖 4、表 4 所示。

表 2 濕地抓地力測試方法及規範

		拖車法	試驗車法
試驗方法		車速 65±2 km/h，煞車後 0.2~0.5 秒達最大煞車力，量測輪胎在鎖死前之制動力係數峰值(PBFC)	車速 85±2 km/h 煞車，在 80 km/h 前啟動 ABS，量測由 80 至 20 km/h 的平均減速度，計算制動力係數(BFC)
整備	測試道	1. 測試道灑水半小時以上，水深 1.0±0.5mm 2. 測試跑道起點：縱向誤差 5m、橫向誤差 0.5m 3. 以 90km/hr 在測試跑道上至少進行 10 試跑	
	胎壓	180kpa(加強胎 220kpa)	220kpa，最小煞車踏力 600N
	負載	最大負載 75±5%	最大負載 60%~90%
測試胎	試驗輪胎應至少靜置 2 個小時，全新輪胎可除去胎面留下的胎毛或膠邊，並進行 2 次試跑。		
計算公式	拖車法： $G = \frac{\mu_{test}}{\mu_{SRTT16}} \cdot 1.25 + a \cdot \Delta T + b \cdot \Delta \mu$ 試驗車法： $G = \frac{BFC_{test}}{BFC_{SRTT16}} \cdot 1.25 + a \cdot \Delta T + b \cdot \Delta \mu$ a=-0.4232、b=-8.297、ΔT溫度修正、Δμ摩擦係數修正		

表 3 濕地抓地力場地規格要求

項目	規格值範圍
斜度、平坦度	≤ 2%、≤ 6 mm
顆粒尺寸	10 mm(容許誤差 8~13 mm)
紋理深度	0.7±0.3 mm
磨擦特性 (擇一)	英式擺錘數值(BPN)：42~60
	制動力係數峰值(BPF)：0.7±0.1
環境溫度	5°C 至 35°C，環境與濕地路面溫差 < 10°C
水膜厚度	1.0 mm±0.5 mm

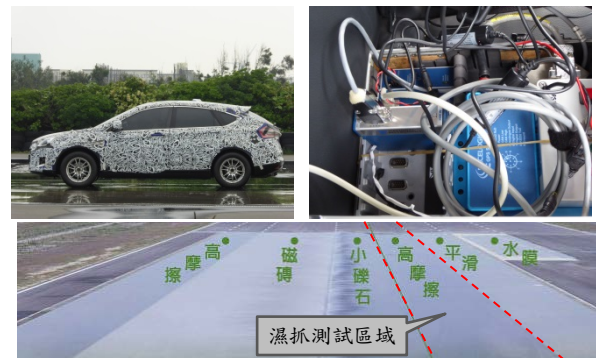


圖 4 濕地抓地力試驗測試

表 4 道路油耗測試儀器規格

儀器名稱	廠牌型式	規格
速度量測/資料紀錄器	RACELOGIC VBOX III 100Hz	量測速度、距離、減速度等。 1.速度部份 量測範圍：0.1~1600km/h 精確度：0.1km/h 解析度：0.01km/h 2.距離部份 精確度：0.05% 解析度：1.0cm
測試車輛	HONDA CRV、Luxgen U6	具備 ABS 防鎖死系統
溫度感測器	TESTO 835	1.量測範圍：-50~100°C 2.精確度：±0.5°C
踏力計	HKM PKH 2.0	1.量測範圍：0~1500N 2.精確度：±0.5% f.s.
測試標準胎	Michelin SRTT 16"	ASTM F2493 (P225/60R16 97S)

3. 結果與討論

3.1 輪胎滾動阻力與濕地抓地力測試結果

輪胎在車輛上扮演著重要的角色，因應不同的整車法規與使用條件也意味著需要不同性能之輪胎，以車輛使用生命週期可區分為兩大輪胎族群，一為以整車廠及供應鏈所形成的原廠輪胎族群，一是以汽車售後維修服務形成的替換輪胎族群。本研究針對 29 款市售輪胎進行滾動阻力及濕地抓地力測試，測試結果彙整如圖 5 所示，由圖 5 可看出 2 款原廠輪胎落於高安全高節油區域(C 級滾動阻力/濕地抓地力)，主要由於在國內辦理新車認證時，須同時符合整車安全型式檢測與新車油耗標準之規範，間接影響對新車配備輪胎之性能水準要求；國內替換胎市場因無『輪胎標籤』資訊參考，消費者主要依據品牌喜好度或銷售價格來選用，測試結果有 19 個款式(70%)之滾動阻力與濕地抓地力性能皆低於原廠輪胎，意味著將對車輛生命週期耗能水準與安全性能產生影響。

理論上輪胎的滾動阻力與濕地抓地力性能是相互牽制，然現階段輪胎廠商已可利用胎面膠料配方、胎體結構與胎面花紋設計等方式，來降低行駛時之滾動阻力，同時也兼顧良好之抓地力，維持輪胎基本安全性能，由圖 5 可看出 8 款(30%)節能型輪胎可兼具高濕地抓地力性能。整體來看國內市售輪胎皆可符合歐盟最低濕地抓地力性能門檻(>1.1G, E 級)，其中有 22 款之濕地抓地力在 C 級以上(74%)，顯示輪胎製造商產品開發以安全性能要求為主；滾阻性能則呈常態分佈以 E 級 11 款(40%)占比最高，但仍有 7 款屬 F、G 等級(22%)無法符合歐盟實施之第二階段性能門檻(≤ 10.5 N/kN, E 級)，這也顯示國內消費者對於節能型輪胎的認知與需求仍有提升空間。

國際間已陸續將輪胎之節能與安全同步納入強制性規範要求，達不到最低限值標準的輪胎禁止在市場銷

售使用，可有助於輪胎製造商持續改善滾阻性能，亦可針對濕抓性能做把關，對輪胎市場具正面引導效益。由圖 6~圖 7 可看出進口輪胎款式在性能等級分布皆優於國產輪胎款式，以 C 級滾動阻力與 B 級濕地抓地力為主流，國產輪胎款式則以 E 級滾動阻力與 C 級濕地抓地力占比最高。目前國產廠商已具生產 B 級輪胎的技術能量，且以同等級節能輪胎款式為例，國產輪胎價格約可低於進口輪胎 25%，惟現階段因價格因素不易依市場機制快速推廣。透過輪胎性能資訊揭露，除有助於國產節能輪胎產品更具競爭優勢，亦可促使進口業者引進更節能/安全的輪胎，形成市場良性競爭，將可提升輪胎銷售市場之整體性能水準。

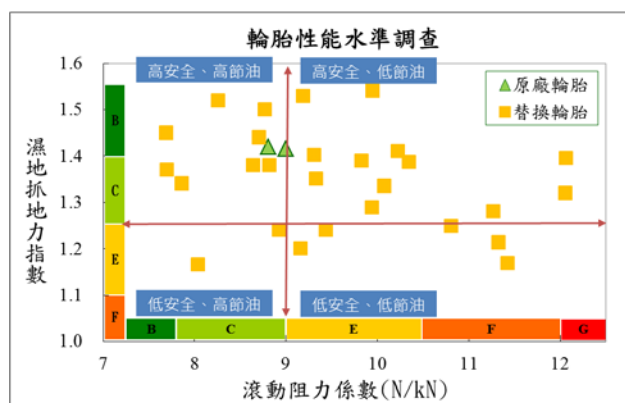


圖 5 市售乘用車輪胎性能水準調查

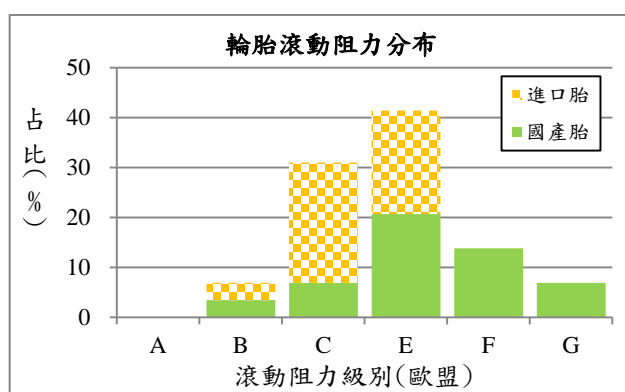


圖 6 國產/進口輪胎滾動阻力分布

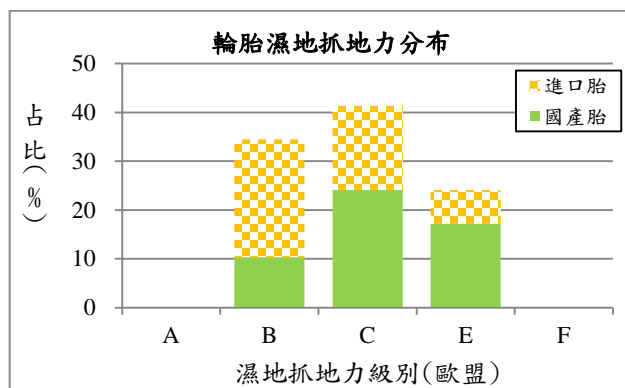


圖 7 國產/進口輪胎濕地抓地力分布

3.2 濕地抓地力測試參數研究分析

濕地抓地力是輪胎在濕滑路面上與地面保持接觸的能力，這是確保駕駛安全性的關鍵指標。依據 ECE R117 測試規範，試驗車法須先以標準輪胎經過 3 次有效測試後，換裝測試胎進行 6 次有效測試，再換回標準輪胎進行 3 次有效測試，方為一個完整的測試循環，過程中各測試數據變異係數皆須小於 3%；另引入溫度和摩擦係數來修訂濕地抓地力指數的計算公式，以降低市場監督者與輪胎生產商得出不同測試結果的風險。

本研究挑選不同款式輪胎於車輛研究測試中心之煞車性能測試道進行濕地抓地力研究測試，以評估不同煞車力、煞車輪轍與試驗車輛對濕地抓地力指數之影響。首先針對測試人員不同踩踏煞車力測試部分，ECE R117 測試規範要求測試過程 ABS 系統須作動，且煞車踏力要大於 600N，由圖 8 可看出測試人員操作不同煞車踏力於 600~1400N 之間，並不會影響濕地煞車距離，凡踏力達 ABS 系統作動門檻時，系統均可藉由車輪滑動比控制維持穩定的煞車性能；在煞車輪轍測試部分，測試規範要求每次煞車起始位置須控制在試驗路面同一區域進行，且實際行駛路面縱向誤差不大於 5 公尺，橫向誤差不大於 0.5 公尺，由圖 9 測試結果可看出穩定的煞車起始位置有助於取得穩定煞車距離數據(σ 為 0.21)，可提高有效測試率；然而當測試起始點誤差大於法規規範時，煞車距離數據會因路面特性與水膜深度變化而呈現不穩定狀態，造成測試數據變異過大(σ 為 0.72)。

採試驗車法執行濕地試驗須使用 M1 類車款，且測試過程各試驗輪胎負載須介於最大負荷能力之 60%~90%，本研究挑選兩款市售休旅車款式，設定輪胎負載 75% 進行測試比對，測試結果如圖 10 所示。不同試驗車輛本身配載之 ABS 系統與煞車制動型式不一，其煞車制動效率與反應時間等性能皆有差異，將直接影響試驗車輛之煞車性能，由圖 10 看出測試輪胎與標準輪胎在不同測試車輛呈現之煞車性能皆有顯著的差異，煞車距離落差最大達 2.4 公尺；但由於濕地抓地力性能是以測試輪胎與標準輪胎的對比值來表示，可排除不同試驗車輛之影響因素，由計算求得 CAR 1、CAR 2 之濕地抓地力指數僅相差 0.018，對濕地抓地力性能影響並不大，且廠商在性能申報時已納入安全係數，可避免宣告性能不一致情況發生。

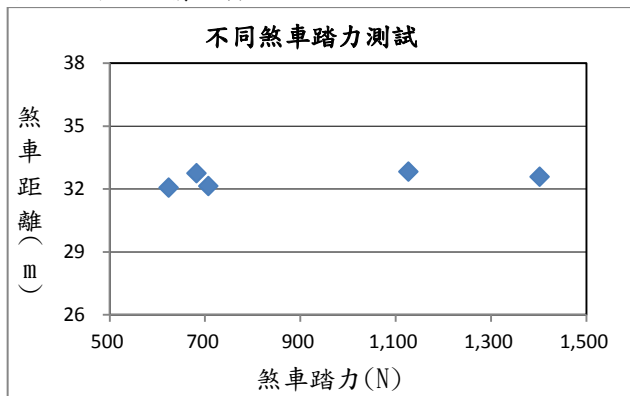


圖 8 濕地抓地力測試(不同煞車踏力)

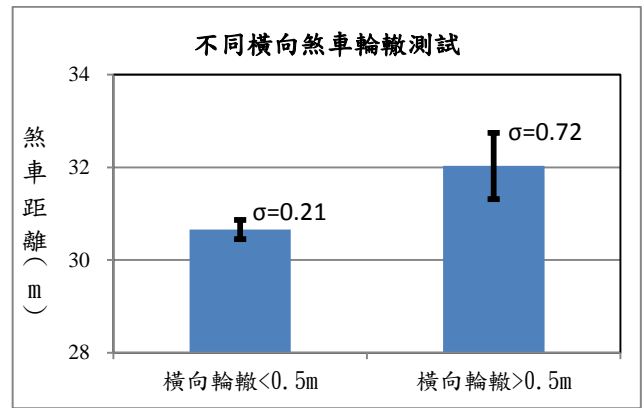


圖 9 濕地抓地力測試(不同橫向輪轍)

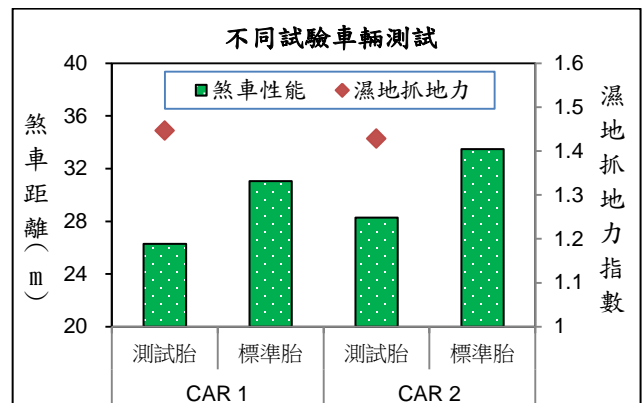


圖 10 濕地抓地力測試(不同試驗車輛)

4. 結論

輪胎節能性能影響整車油耗的表現，目前歐盟推動輪胎標籤已 6 年，透過標籤制度協助消費者選擇節能產品，實施以來對輪胎市場具正面性影響。本研究針對市售國產及進口節能輪胎，分析比較其滾動阻力與濕地抓地力性能，並針對不同測試條件對濕地抓地力指數之影響分析。結論如下：

1. 輪胎標籤可區分出不同效率等級之輪胎滾動阻力及濕地抓地力性能，提供消費者替換輪胎時，除考量價格及品牌外之節能、安全性能資訊參考。
2. 新車配備之兩款輪胎在滾動阻力及濕地抓地力皆有良好的性能表現，主要由於在國內新車須通過耗能及安全認證，間接影響車輛製造廠在選配輪胎時之性能水準要求。
3. 國內 29 款替換輪胎實測結果：C 級濕地抓地力款式達 74%，滾動阻力達 C 級款式則僅占 37%，且尚有 22% 款式無法符合歐盟 E 級滾阻性能門檻，顯示消費者對於節能型輪胎的認知與需求尚不熟悉與普及，實施輪胎標籤具導入效益。
4. 不同測試車輛與煞車踏力，對輪胎濕地抓地力性能影響不大，測試可排除人為、車輛等因素，另透過穩定的煞車起始點有助於縮小數據變異，可提高測試效率與數據準確性。

5. 致謝

本研究承蒙經濟部能源局 107 年度「重型車輛耗能管制執行與節能應用技術推廣計畫」(2/3)贊助，計畫編號 107-E0404，始得完成，謹此致謝。

6. 參考文獻

- [1] “ENERGY EFFICIENCY Market Report”, IEA, 2016
- [2] “Improving the fuel Economy of Road Vehicles, Policy Pathway”, IEA, 2012
- [3] R117, UNECE Regulation No. 117, “Uniform provisions concerning the approval of tyres with regard to rolling sound emissions and to adhesion on wet surfaces and/or to rolling resistance
- [4] 歐盟能源效率標示，以及最低容許耗用能源基準之發展 (2018)。能源知識庫。檢自 https://km.twenergy.org.tw/KnowledgeFree/knowledge_more?id=3383 (Jun. 11, 2018)
- [5] Council Directive 2017/1369 O.J. (L 198)1–23; Commission publishes new energy efficient labelling regulations to empower consumers, European Commission, <http://ec.europa.eu/energy/en/news/commission-publishes-new-energy-efficient-labelling-regulations-empower-consumers> (Jun. 11, 2018).
- [6] Regulation (EC) No 1222/2009 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2009 on the labelling of tyres with respect to fuel efficiency and other essential parameters .
- [7] 我國市場監督及回收機制之研究，台灣經濟研究院，檢自 http://www.tier.org.tw/tierBook/tierBookDetail.aspx?doc_id=420161231122 (Aug. 18, 2018)
- [8] 許叔亮，“國際節能輪胎管制現況與做法，”財團法人車輛研究測試中心，2015年10月。
- [9] 李紅偉，「淺析ISO 28580：2009輪胎滾動阻力測試方法」，輪胎工業，第30卷，2010年5月，頁259-264
- [10] 趙冬梅，「ECE R117法規對輪胎噪音和濕路面附着性能要求的分析」，輪胎工業，第29卷，2009年4月，頁522-528.
- [11] Ottawa, 「Wet Grip Test Method Improvement For Passenger Car Tyres (C1)」, Jun.2017, ETRTO.
- [12] 低燃費タイヤ等普及促進協議会，日本國土交通省，檢自 http://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_tk10_000015.html (Aug. 18, 2018).