

## 市售輪胎滾動阻力與濕地抓地力測試研究

廖慶復<sup>1</sup>、姜林靜惠<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>財團法人車輛研究測試中心(副工程師)

<sup>1</sup>E-mail: [chingfu@artc.org.tw](mailto:chingfu@artc.org.tw)

能源局編號: 101-D0406

### 摘要

由於環保節能意識的日益高漲，運輸部門之二氧化碳排放已為各國管理重點之一，國內各研究單位及車廠也積極投入車輛環保節能技術研究。而輪胎在行駛過程中所產生的滾動阻力是油耗的最主要原因，因此在維持輪胎整體抓地力並兼顧安全性的前提下，降低輪胎滾動阻力成為車輛節能的關鍵因素。本研究將針對國內 10 款市售輪胎，根據 EC 1222/2009 進行輪胎滾動阻力係數與濕地抓地力測試分級，藉以建立國內市售替換輪胎之性能分佈，作為未來國內推動輪胎標籤政策及評估節能潛力參考使用。測試結果顯示市售國產標準型輪胎滾動阻力係數及濕地抓地力性能差異非常明顯，其中滾動阻力係數最大差異達 25%、濕地抓地力性能達 21.3%，車輛油耗估算差值為 9.7%。另節能型輪胎由於胎面膠料配方、胎體結構與胎面花紋設計關係，可同時兼具低滾動阻力及高濕地抓地力性能，與標準型輪胎比較平均可改善 6.8% 油耗及 12.7% 濕地抓地力表現。

**關鍵詞：**節能輪胎、滾動阻力、濕地抓地力。

### 1. 前言

根據國際能源署(International Energy Agency, IEA) 調查顯示運輸車輛在行駛過程中，輪胎滾動阻力所需能耗達到總能耗 20~30% [1]，原因在於當車輛行駛在路面時，輪胎與地面磨擦產生的滾動阻力與抓地力影響著油耗量。而輪胎在行駛過程中所產生的滾動阻力則是耗油的最主要原因，約佔輪胎產生總油耗量的 90~95%，另外根據研究顯示大部分的事故發生，濕滑路面是乾燥路面的兩倍 [2]。因此為維持輪胎整體抓地力與兼顧安全性的前提下，降低輪胎滾動阻力就成為車輛省油的關鍵因素。

為減少運輸車輛二氧化碳的排放，IEA 在 2009 年針對運輸能源效率改善提出低滾動阻力輪胎與胎壓監測等具體建議，而歐盟亦於 2009 年頒布了 EC 661/2009 及 EC 1222/2009 兩項法規，對輪胎的滾動阻力係數、濕滑路面抓地力以及道路噪音提出了要求；濕地抓地力測試標準主要依據 ECE R117 規範，濕地抓地力性能為相對於在基準試驗條件下，對於基準輪胎的最大制動力之指數。同時根據燃油消耗和濕滑路面抓地力，將輪胎分為 A-G 的 7 個等級；A 代表性能最高，G 代表性能最差 [3]。而歐盟 EC 228/2011 法規圍繞“C1 輪胎的濕滑抓地力測試方法以及相關的影響評估”進行了規

定；日本經濟貿易產業省和國土交通省設置「低燃料消耗輪胎普及促進協議會」，訂定一個關於輪胎燃油效率的標籤制度，並同時於 2010 年 1 月開始實施非強制性低燃料輪胎標示制度，促使輪胎業界的自主標準，成為目前世界最早實施輪胎分級標準的國家 [4]；美國公路交通安全管理局也於 2010 年 3 月也完成法規規範修訂，要求所有輪胎廠商都必須在該法規實施的 12 個月內，對替換輪胎按照燃油效率、濕地抓地力和耐磨耗性進行分級 [5]。

輪胎的滾動阻力主要來自胎紋與地面接觸部分會受力產生變形、接合面相對的滑動，當變形量越大消耗的能量也越大，相對的摩擦阻力也就越大，其他影響的因素如輪胎直徑、行進速度、表面粗度、胎壓、胎紋深度等。輪胎滾動阻力因行駛路面的狀態而有很大的不同，在一般道路路面行駛，滾動阻力中有 90% 以上是因遲滯現象 (Hysteresis) 所導致 [6]，另外 10% 則是由於風阻損失以及輪胎與地面摩擦造成，其中輪胎滾動行駛中造成的遲滯現象主要來自於橡膠材料，由於橡膠材料本身為一非線性的材料行為，因此橡膠材料在輪胎滾動時承受快速的施載與卸載，內部分子會產生劇烈的運動造成分子間摩擦產生能量損失，此能量損耗會轉換成熱來釋放，使得車胎溫度升高，而此現象是橡膠材料的黏彈性材料行為所造成 [7]。一般輪胎是以標準的合成橡膠和天然橡膠製成，在汽車行駛溫度升高的條件下，其防護材料的架構和性能都發生改變，同時輪胎滾動的阻力也隨著增加。1992 年米其林公司將含有二氧化矽的材料添加至輪胎表面，使滾動阻力比當時最先進的子午線輪胎還要大幅下降 20% 以上。二氧化矽的配方就像是潤滑劑可以填平作為輪胎胎面膠的溶聚丁苯膠分子的間隙，減少橡膠分子之間的摩擦，避免輪胎溫度提高，同時降低輪胎胎體重量，減少輪胎滾動阻力達到節能效果 [8]。

輪胎在安全方面最重要的驗證參數就是煞車，尤其是濕地的煞車表現。為避免輪胎廠過度追求輪胎低噪音與低滾動阻力等環保訴求而忽略安全性能之要求，因此，ECE R117 自 2009 年 2 月起已強制所有 C1 類輪胎在申請認證同時必須量測濕地抓地力，其溼地抓地力指標 (G) 值必須大於 0.9~1.1 以上。而輪胎在潮濕路面煞車時，除了要設法使輪胎與地面有效摩擦外，還必須儘可能將水排除，一旦輪胎與地表貼合面有積水來不及排除，則輪胎就像水上滑板一樣毫無抓地力可言，此稱為

水漂現象(hydroplaning)。故濕地抓地力與輪胎的排水性關係密切，為設計上必須具備的基本觀念[9]。

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，濕地抓地力性能取決於胎面的胎紋、胎塊設計，而胎塊的設計也牽扯到輪胎本身的定位考量，如性能胎、舒適型車胎、越野車胎、高荷重車胎等各有不同的訴求，因此輪胎的濕地抓地力性能優劣，關鍵因素除胎紋設計與胎面積大小外，輪胎的滾動阻力也是影響濕地抓地力的重要影響因素[10]，一般而言，低滾動阻力可使油耗下降同時也讓輪胎工作溫度不致過高，但會影響其抓地力性能，故輪胎廠為避免降低輪胎滾動阻力間接影響到輪胎濕地抓地力性能，因此一般在節能輪胎設計結構方面，胎面膠的配方、胎體結構與胎面的花紋均會作一些加強設計，以有效控制車輛行駛間所造成的壓力與變形，並加強在濕地狀態下車輛制動性能的表現。

2009 年歐盟正式通過編號 779 的「生態輪胎標示」法令，該指令規定未來 3 年內所有要進口到歐盟各國的輪胎，都必須貼上標註輪胎相關指數的標籤，內容主要分成三項，分別是節能效率、噪音性能與安全性，這項法規將從 2012 年 11 月 1 日起正式實施其燃油效率、濕抓著力和滾動噪聲之標示。且必須按照歐盟要求之安全級數進行分級，此意味著輪胎燃油效率、安全性和環境影響已成為輪胎選用的重要指標。而低滾動阻力與濕地抓地力兼具的輪胎也成為當前輪胎技術中最受矚目的產品。來自輪胎橡膠供應商朗盛公司生產的溶聚丁苯橡膠用於高性能輪胎的胎面膠料，可降低滾動阻力，同時改善在潮濕路面的抓地性能。鈹系順丁橡膠用於輪胎膠料，在降低能耗方面優於其他輪胎橡膠，且又能降低輪胎磨損，因而提高汽車安全性、環保性和經濟性[11]。

節能減碳時代已正式來臨，低滾動阻力、高濕地抓地力及高里程之輪胎已成為消費者選用的重要考量因素也是全球輪胎製造商未來著重之發展方向。本研究將針對國內 10 款市售輪胎，根據 EC 1222/2009 進行輪胎滾動阻力係數與濕地抓地力測試，並比較不同類型輪胎之滾動阻力係數與濕地抓地力的相對關係，藉以評估各類輪胎其節能與安全性之相對效益。

## 2. 實驗方法與步驟

在市售輪胎規格挑選部分，根據國內輪胎廠 2011 年替換輪胎市場之銷售統計資料可看出 R16 規格替換輪胎每年銷售約 11.1 萬條，佔銷售總額 36.7%；R15 規格替換輪胎每年銷售約 7.3 萬條，佔銷售總額 24.2%；R17 規格替換輪胎每年銷售約 6.3 萬條，佔銷售總額 20.8%，詳如圖 1 所示。其中 R16 規格中又以 205/55/R16 銷售量最大，每年銷售約 3.0 萬條，佔 R16 輪胎銷售總額 27.1%；215/65/R16 銷售約為 1.6 萬條，佔 R16 輪胎銷售總額 15.1%。因此本文市售小客車之測試輪胎規格將以市場銷售量最大之規格 205/55/R16 挑選 10 組不同廠牌及不同性能之市售國產或進口輪胎進行滾動阻力及濕地抓地力測試，挑選款式詳如表 1 所示。其中標準型輪胎挑選 5 款、運動型輪胎挑選 2 款、舒適型輪胎挑選 1 款、節能型輪胎挑選 2 款。

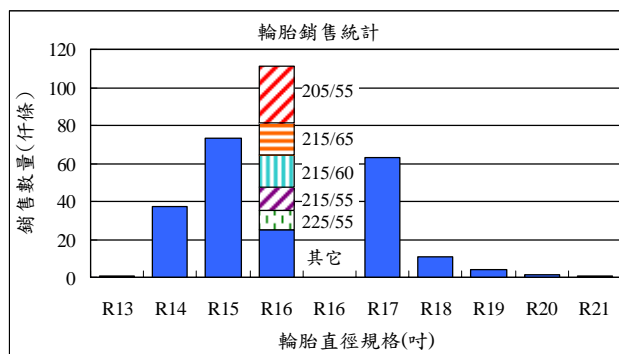


圖 1 國內各輪胎尺寸銷售統計

表 1 輪胎滾動阻力與濕地抓地力測試條件

輪胎種類		滾動阻力測試			濕抓測試		
NO.	輪胎編號	荷重/速度指數	測試荷重(N)	測試風壓(kpa)	測試速度(kph)	測試荷重(kgf)	測試風壓(kpa)
標準型	S1	91V	4826.4	210	80	460	180
	S2	91V	4826.4	210		460	180
	S3	91V	4826.4	210		460	180
	S4	94V	5257.6	250		503	220
	S5	91V	4826.4	210		460	180
運動型	D1	94W	5257.6	250	503	220	
	D2	91V	4826.4	210	460	180	
舒適型	C1	91W	4826.4	210	460	180	
節能型	E1	91V	4826.4	210	460	180	
	E2	91V	4826.4	210	460	180	

### 2.1 輪胎滾動阻力測試

輪胎對車輛能耗的影響主要取決於滾動阻力，而輪胎滾動阻力可利用室內輪鼓試驗台來量測，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、試驗結果重現性好等優點，因此許多輪胎廠和研究單位都藉由輪鼓試驗台來進行輪胎開發與滾動阻力性能比較。目前常用的輪胎滾動阻力測試標準有美國汽車工程學會標準 SAE J1269 和國際標準 ISO 18164、ISO 28580 等，按照測量參數的不同，可分為測力法(量測垂直於徑向輪軸上的反作用力)、扭矩法(量測轉鼓的輸入扭矩)、功率法(量測轉鼓的輸入功率)、減速度法(量測轉鼓和輪胎在慣性滑行時的減速度)，然而目前國際上的滾動阻力試驗機都採用測力法，但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[12]。

SAE J1269 及 ISO 18164 標準由於沒有進行相關量測數據及不同試驗設備間的量測結果驗證比對，無法符合輪胎性能分級測試使用。因此為了配合歐美日輪胎分級制度相關法規的實施，在歐洲輪胎業界的推展下，國際標準化組織於 2009 年 7 月 1 日發佈 ISO 28580

(2009)，該標準將不同實驗室測試結果的相關性納入考量，藉以比較不同實驗室間或不同試驗機之間試驗結果，並進行輪胎質量分級評價。其中實驗室須符合 ISO/TS16949 規定，且基準機台須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( $\sigma_m < 0.05 \text{N/kN}$ )。目前歐盟、美國、日本和其它地區規範滾動阻力的測量方法都採用國際標準 ISO 28580，測試方式採用室內輪鼓試驗台量，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 2 所示。

國產輪胎公司已建置符合 ISO28580 標準規範之輪胎滾動阻力測試機台，檢測能量如表 3 所示。本研究工作將委託國內輪胎公司針對市售之國產及進口輪胎，以 EC 1222/2009 規範之 ISO28580 測試方法進行輪胎滾動阻力測試。

表 2 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	≥ 1708 mm		
試驗溫度	25 °C		
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	210kPa、250kPa(加強型)	100% of Max	100% of Max
熱機條件 (80km/hr)	30min	50min	150(內徑 < 22.5" ) 180(內徑=22.5" )

表 3 滾動阻力測試機台

廠牌	美國 MTS
	
可執行之標準測試	<ol style="list-style-type: none"> <li>ISO 28580 Passenger Car, Truck and Bus Tires – Single Point Test</li> <li>ISO 18164 Passenger Car, Truck, Bus and Motorcycle Tires</li> <li>SAE J1269 Steady-State Procedure for Car and Truck</li> <li>SAE J2452 Coast-Down Procedure for Car</li> </ol>

## 2.2 濕地抓地力測試

上述輪胎除針對其滾動阻力進行測試外，另依 EC 1222/2009 規範進行濕地抓地力測試，藉以了解國內外輪胎業者所生產之輪胎其滾動阻力測試值與濕地抓地力之對照關係，其中濕地抓地力指數(G)是代表測試輪胎與標準輪胎(Standard reference test tyre, SRTT)之制動

力峰值係數(peak brake force coefficient, pbfc)，指數越大代表溼地抓地力性能越好。

EC 1222/2009 法規濕地抓地力測試是採用 EC 228/2011 測試方法，該條例用更精確的測試方法取代 EC 1222/2009 附錄 I 第 B 部份公布的 ECE R117 中規定的轎車胎濕地抓地力指數的測試方法，旨在提高濕地抓地力等級結果的精度，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。其中對 ECE R117 濕地抓地力測試方法的修訂包括：標準輪胎以 SRTT 16” (ASTM F2493-08) 代替 SRTT 14” (ASTM E1136)，並增加輪胎制動力及垂直負荷的比率、另明確定義普通輪胎及雪地輪胎的測試條件，並引入溫度和摩擦係數來修訂溼地抓地力指數的計算公式。測試場地規範部份[13]，環境溫度則需介於 5°C ~ 35°C 之間，試驗道路應為密實的瀝青路面，任意方向的坡度不超過 2%。濕地測試路面可以使用路邊噴水裝置，水膜厚度介於 0.5mm~1.5mm 之間，亦可在試驗車輛或拖車上連接噴水裝置，且噴灑的水膜延展寬度至少比輪胎接地面寬 25 mm，水接觸地面的位置應在輪胎接地面中心前面 250~450mm。試驗方法允許使用兩種方法進行輪胎溼地性能試驗，一種是拖車或者專用評價車輛法；另一種是標準車輛法(M1 類車輛)。兩種方法都是以測試輪胎與標準輪胎的對比值來表示[14]。試驗中使用的 SRTT 16” 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。相關試驗條件整理如表 4 所示。

表 4 以拖車或測試專用車測試條件

測試方法	車速 65±2km/h, 煞車後 0.2~0.5 秒達最大煞車力,量輪胎鎖死前煞車力與垂直負載最大比值	
整備	測試道	1.車輛輪胎須於測試道暖胎半小時以上，使溫度與路面一致 2.測試道灑水半小時以上,水深 1.0±0.5mm; 或 測試車附噴水系統 3.以非測試車胎煞車至少 10 次,調整路面狀況
	胎壓	SRTT:180kpa;測試胎 180kpa、220kPa(加強型)
	負載	最大負載 75±5%
測試	測試順序	SRTT 14” $\mu_{peak,ave}$ 須介於 0.7±0.1 R_T1_T2_T3_R 或 R_T1_T2_T3_R_T4_T5_R (標準胎、測試輪胎至少測 6 次以上)
	結果確認	R、T 變動率需小於 ≤ 5%

國內輪胎公司目前也已建置符合 EC 1222/2009 規範之測試專用拖車，檢測能量如表 5 所示。本研究工作將委託國內輪胎公司針對上述之市售國產及進口輪胎，以 EC 228/2011 溼地抓地力測試方法，以測試專用拖車方式於車輛研究測試中心之煞車性能測試道進行輪胎濕地抓地力測試研究。

表 5 輪胎濕地抓地力測試拖車

規格	Tow Vehicle : Ford F350 (2011) Test Trailer Model : Dynatest 995-2 Tire Tire Class : C1
可執行法規	EC 1222/2009、ECE R117、SAE J345A、ASTM F408、ASTM E2337、ASTM E274、ASTM F408、GMW 15208、
	

### 3. 結果與討論

#### 3.1 市售輪胎滾動阻力測試結果

輪胎在車輛的操控性、舒適性、煞車距離和滾動阻力的表現上扮演著重要的角色，不同的使用條件也意味著需要不同性能的輪胎。其中運動型輪胎的主要產品訴求為乾濕地煞車距離較短、出色的抓地力與較優異的過彎穩定性，故胎體較硬並減少排水紋增加胎面面積以減少在轉向時胎面的變形現象；舒適型輪胎強調低噪音、高舒適性與較佳的排水性，故其半胎壁較柔軟，踏面的胎塊較小；節能型輪胎強調其低滾動阻力及具一定濕地抓地力特性，在胎面膠的配方與胎體的結構均有作一些調整，特別是胎面膠料採用矽膠與天然橡膠混和，高矽膠成分具低滾動阻力，可提升節能效果。本研究針對 10 款市售 16 吋輪胎進行滾動阻力測試，測試結果彙整如表 6、圖 2 所示。由表中可看出 S1 與 S4 標準胎、D1 運動型胎與 C1 舒適型胎其滾動阻力係數屬於歐盟輪胎效率等級 E，測試值介於 9.05 ~ 10.35 N/kN 之間；另 S2 與 S3 標準胎之滾動阻力係數屬於歐盟輪胎效率等級 F，測試值介於 11.27 ~ 11.43 N/kN 之間；S5 標準胎與 D2 運動型胎之滾動阻力係數屬於歐盟輪胎效率等級 G，測試值介於 12.06 ~ 12.07 N/kN 之間；而 E1 與 E2 節能型胎其滾動阻力係數測試值介於 8.16 ~ 8.77 N/kN 之間，屬於歐盟輪胎效率等級 C，同時亦符合日本低燃費輪胎之標準，整體上可看出各款式之節能輪胎由於胎面膠料配方、胎體結構與胎面花紋均有作一些加強設計，因此都具有低滾動阻力之特性。

車輛輪胎滾動阻力將直接影響到車輛的燃油經濟性，車輛中心於 100 年度已針對市售 8 組不同滾動阻力特性之輪胎，以 HONDA CIVIC 進行實車油耗測試數據建立，測試結果如圖 3 所示。其中測試環境是在風速 < 5 m/s 條件下，以定速 50 km/hr 行駛 10.5 公里進行實車油耗測試，再計算其平均油耗，且在輪胎進行實車油耗測試前，會參考 CNS D3017 汽車滑行試驗法規定先於封閉跑道進行實車道路 200 km 輪胎磨合程序，並於正式測試前車輛會在車速 80km/hr 條件下行駛 30 分鐘執行暖胎動作。由測試結果可看出市售 8 組不同廠牌不同滾

阻特性輪胎之燃油經濟性表現具相關性 ( $R^2 = 0.9$ )，線性迴歸式為  $y = -0.64x + 28.35$ 。本文根據關係式來估算 10 款測試輪胎之燃油經濟性表現，估算結果如表 6 所示。由測試結果可看出市售 5 款標準型輪胎油耗值差異非常明顯，最大油耗差值達 9.7%；市售兩款節能型輪胎明顯較標準及運動型油耗表現優異，節能型兩款輪胎與標準型輪胎油耗約可改善 6.9%。

表 6 輪胎滾動阻力係數測試結果

輪胎種類		滾動阻力測試			
類別	輪胎	滾動阻力 (N)	滾動阻力係數 (N/kN)	油耗換算 (km/hr)	歐盟分級
標準型	S1	46.63	9.05	22.6	E
	S2	54.35	11.27	21.1	F
	S3	55.11	11.43	21.0	F
	S4	52.92	10.08	21.9	E
	S5	58.18	12.06	20.6	G
運動型	D1	54.34	10.35	21.7	E
	D2	58.2	12.07	20.6	G
舒適型	C1	44.88	9.31	22.4	E
節能型	E1	39.36	8.16	23.1	C
	E2	42.29	8.77	22.7	C

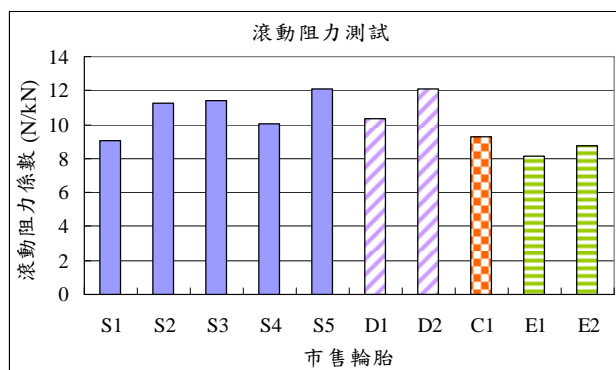


圖 2 輪胎滾動阻力係數測試

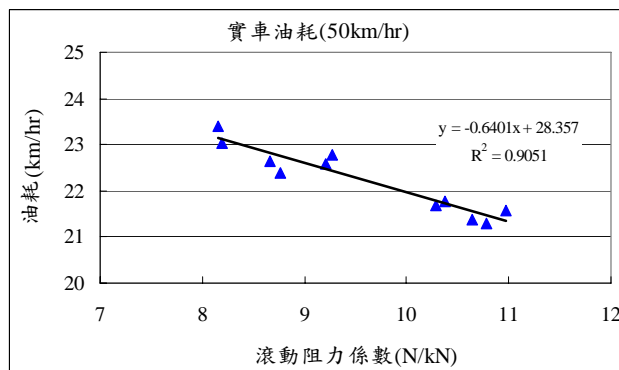


圖 3 滾動阻力係數與實車油耗關係

#### 3.2 市售輪胎濕地抓地力測試結果

輪胎的產品性能上滾動阻力與濕地抓地力是相互

牽制，此兩項特性與材質及胎紋設計又互相關聯，因此設計上也必須同時考量，在溼地抓地力測試部分，本研究根據條例(EC)228/2011 測試方法進行測試，測試結果彙整如表 7、圖 4 所示，由表可看出市售 5 款標準型輪胎溼地抓地力性能差異較為明顯，最大溼地抓地力性能差值可達 21.3%；其中 S3 標準胎其溼地抓地力指數屬於歐盟輪胎效率等級 E，測試值為 1.17；另 S2、S4 與 S5 標準胎及 D1 運動型胎之溼地抓地力指數屬於歐盟輪胎效率等級 C，測試值介於 1.28 ~ 1.393 之間；而 S1 標準胎、D2 運動型胎、C1 舒適胎與 E1、E2 節能型輪胎之溼地抓地力指數屬於歐盟輪胎效率等級 B，測試值介於 1.40 ~ 1.50 之間，由此可看出市售輪胎無論是標準型、運動型、舒適型或節能型輪胎都可維持高溼地抓地力安全性能。

一般來說降低滾動阻力其溼地抓地力會降低，如此一來可能會危害到車輛行駛的安全性。由圖 5 測試結果可看出滾動阻力屬於歐盟 C 級之兩款節能型輪胎，其溼地抓地力性能亦為歐盟 B 級，除能改善車輛燃油並能維持足夠抓地力，與標準型輪胎比較平均約可改善 12.7% 溼地抓地力表現；標準型 S1 及 S4、舒適型 C1 與運動型 D1 屬於歐盟 E 級，其溼地抓地力性能仍可維持在歐盟 C 級以上；另標準型 S2、S3 及 S5 輪胎溼地抓地力及滾動阻力性能則表現較差。

表 7 溼地抓地力測試結果

輪胎種類		滾阻測試		溼地抓地力測試	
類別	輪胎	滾阻係數 (N/kN)	歐盟分級	濕抓指數	歐盟分級
標準型	S1	9.05	E	1.42	B
	S2	11.27	F	1.28	C
	S3	11.43	F	1.17	E
	S4	10.08	E	1.34	C
	S5	12.06	G	1.32	C
運動型	D1	10.35	E	1.39	C
	D2	12.07	G	1.40	B
舒適型	C1	9.31	E	1.40	B
節能型	E1	8.16	C	1.44	B
	E2	8.77	C	1.50	B

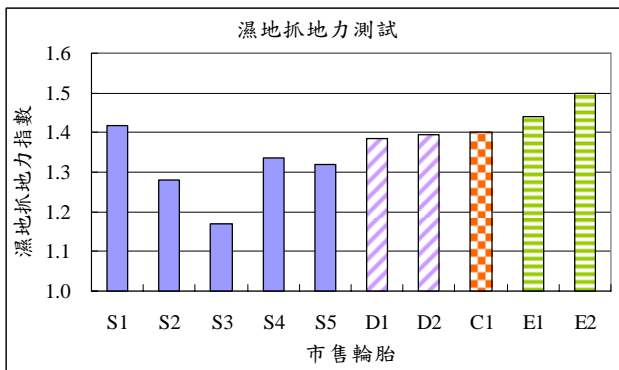


圖 4 輪胎溼地抓地力測試

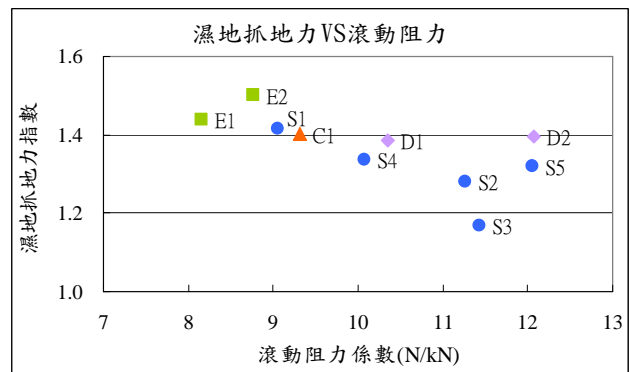


圖 5 滾動阻力與溼地抓地力特性比較

#### 4. 結論

本研究針對 10 款市售國產及進口輪胎，分析比較其滾動阻力係數與溼地抓地力測試結果。綜合評估獲得以下結論：

1. 市售國產標準型輪胎滾動阻力係數及溼地抓地力性能差異非常明顯，其中滾動阻力係數最大差異達 25%、溼地抓地力性能為 21.3%，車輛油耗估算差值可達 9.7%。
2. 節能型輪胎由於胎面膠料配方、胎體結構與胎面花紋設計關係，可同時兼具低滾動阻力及高溼地抓地力性能，與標準型輪胎比較平均約可改善 6.8% 油耗及 12.7% 溼地抓地力表現。
3. 由於不同頻率的材料變形，輪胎滾動阻力與溼地抓地力可同時降低。其中 E1、E2 滾動阻力屬於歐盟 C 級，其溼地抓地力性能亦為歐盟 B 級；標準型 S1 及 S4、舒適型 C1 與運動型 D1 屬於歐盟 E 級，其溼地抓地力性能仍可維持在歐盟 C 級以上。
4. 歐盟輪胎標籤可明顯區分出不同效率等級之輪胎滾動阻力及溼地抓地力性能，提供車輛駕駛及車隊更換輪胎時，除考量價格及品牌之額外資訊參考。

#### 5. 致謝

本研究承蒙經濟部能源局 101 年度「車輛節能應用技術研究計畫」(2/3)贊助，計畫編號 101-DO406，始得完成，謹此致謝。

#### 6. 參考文獻

- [1] EU (2009b), Regulation (EC) No 1222/2009: The labelling of tyres with respect to fuel efficiency and other essential parameters, Brussels..
- [2] Accident rates and road surface skidding resistance: a literature survey survey, Y, Delanne LCPC, P. Travert Michelin, ISATA 97SAFO15 1997
- [3] Fourin, 「低油耗輪胎」，世界汽車調查月報，第 22 期，2010 年 6 月，頁 60-61
- [4] 台灣區橡膠工業研究試驗中心，「輪胎、燃料與環境節能」，橡膠工業，第 34 卷，第十一期，2010 年，頁 32-33
- [5] National Highway Safety Traffic Administration 2009a), Tire Fuel Efficiency Consumer Information

Program, [www.nhtsa.gov/staticfiles/rulemaking/pdf/Laboratory\\_Test\\_Protocols.pdf](http://www.nhtsa.gov/staticfiles/rulemaking/pdf/Laboratory_Test_Protocols.pdf)

- [6] Y. Wong. Theory of ground vehicles. John Wiley & Sons, 2nd edition, 1993. ISBN 0-471-52496-4.
- [7] 倉定國，「充氣輪胎之遲滯現象之研究」，國立成功大學碩士論文，民國92。
- [8] Ed Pike, “Opportunities to Improve Tire Energy Efficiency,” ICCT, July 2011
- [9] 潘國良，「車用輪胎之環保與安全議題漫談」，財團法人車輛研究測試中心車輛研測資訊雙月刊，第70期，pp.2-7
- [10] Ph.D. Esteban Cañibano Álvarez “Type approval requirements for the general safety of motor vehicles,” Policy Department Economic and Scientific Policy, November 2008
- [11] 台灣區模具工業同業公會產業新聞，「汽車減碳之綠色輪胎適當氣壓造福氣候」，2012年2月10日，[http://www.tmdia.org.tw/industry\\_detail.asp](http://www.tmdia.org.tw/industry_detail.asp)
- [12] 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
- [13] 趙冬梅，「ECE R117法規對輪胎噪聲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
- [14] [http://www.global-autonews.com/board/view.php3?table=bd\\_chae\\_war&gubun=7&page\\_num=7&idx=4902&key=](http://www.global-autonews.com/board/view.php3?table=bd_chae_war&gubun=7&page_num=7&idx=4902&key=)
- [15] 廖慶復，「節能輪胎滾動阻力與實車油耗測試研究」，中華民國第十六屆車輛工程學術研討會，2011年11月，F6-004