

節能輪胎滾動阻力與實車油耗測試研究

廖慶復¹、陳義承²、許龍興³

^{1,2,3} 財團法人車輛研究測試中心(副工程師)

¹E-mail: chingfu@artc.org.tw

能源局編號: 100-D0406

摘要

由於油價日益高漲及民眾環保意識抬頭，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。然而輪胎滾動阻力可佔到車輛總能耗 20%，直接影響到車輛的燃油經濟性，因此歐美日相繼實施輪胎燃油效率標籤制度，藉以鼓勵消費者多使用節能低滾動阻力之輪胎。因此本研究將針對國內 6 款市售節能輪胎，根據 ISO 28580 進行輪胎滾動阻力測試，另同時安排於車輛研究測試中心試車跑道進行實車油耗測試比對，評估國內外節能輪胎之效益。測試結果顯示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設計關係，都具有低滾阻之特性，其中屬於歐盟輪胎效率等級 C 之節能輪胎與標配胎比較，約可減少 17.6~24.0% 的滾動阻力；且在 50km/hr 節油效益可改善 4.7~9.4%，另 80km/hr 可改善 3.3~7.0%。在不同胎壓測試部份，當標準胎壓減少 20%，滾動阻力則提高至 10.3~11.1%，油耗也明顯增加 1.6~4.4%，可看出隨著胎壓洩漏其滾動阻力與實車油耗影響將更加顯著。另由每公里成本效益分析結果可看出節能輪胎除具有經濟效益，還可減少車輛燃油消耗降低溫室氣體排放，其中 15 吋節能輪胎與標準胎比較每公里花費成本可減少 48~73%。

關鍵詞：節能輪胎、胎壓、滾動阻力。

1. 前言

全球石油約有 20~30% 用於交通運輸，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]。因此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，大多數 IEA 成員國計畫正積極落實輪胎效率分級與制定胎壓監測法規；其中歐盟於 2009 年頒布了 EC 661/2009 及 EC 1222/2009 兩項指令，除針對小客車、輕貨車及大客貨車之滾動阻力(rolling resistance)、噪音(noise)和濕地抓地力(wet grip)的最低指標進行了明確規定，另要求自 2012 年 11 月起，所有在歐洲地區銷售的新輪胎都必須使用標籤標示其滾動阻力、濕地抓地力、和噪音的等級，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 [2]；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

制性低燃耗輪胎標示制度，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 [3]；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 [4]。標籤制度將為消費者帶來更大的消費透明度，幫助他們做出購買決定，更進一步可達到減少二氧化碳排放及減緩溫室效應，IEA 估算輪胎效率標準實施約可改善 3% 車輛油耗，廣泛使用後 2020 年預估每年可節省 300 億公升燃油消耗，換算減少約一億公噸的二氧化碳排放 [1]。

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、接合面相對的側滑，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 [5]，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 [6]。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 [7-8]。另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，可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。

低滾動阻力輪胎是當前輪胎技術中最受矚目的環保產品，裝配低滾動阻力輪胎能實現更好的燃油經濟性，日本交通安全環境研究所針對車輛滾動阻力於實驗

室進行油耗研究 [9]。測試行車型態為日本 10.15 行車型態和 JC08 行車型態，其中 10.15 行車型態加速阻抗佔 60%、空氣阻力佔 5~10%、滾動阻力佔 20~30%。根據測試結果顯示，若輪胎滾動阻力減少 20%，以 10.15 和 JC08 行車型態之燃料消耗率可改善 3.4%~4.2%，都可看出節能輪胎對油耗改善有明顯效益。美國 Tire Rack 輪胎經銷商於 2009 年也針對環保、低滾動阻力輪胎以實際道路經濟行駛的試驗方式進行油耗測試，並以一個裝配固特異 Integrity 全天候子午線輪胎的 Toyota Prius 混合動力汽車組成的小型車隊為基準，將其燃油效率和濕地抓地力與其它環保和標準輪胎進行比較[10]。實車測試結果可看出裝配基準輪胎的 Prius 每公升燃油可行駛 21.9 公里，而搭配 Michelin、Bridgestone 與 Yokohama 低滾動阻力輪胎之 Prius 車款油耗則約在 22.45~22.87km/L 之間，約可改善 2.81~4.74% 燃油效率。在成本效益部份，假設車輛每年行駛 24150 km(15000 英哩)，若以裝配於 Prius 之不同型式輪胎每公升燃油的最低和最高行駛里程進行比較，年燃油消耗差別達到 79.5L 標準汽油，成本差別達到 2500 元，Tire Rack 認為消費者使用低滾動阻力輪胎是一種有效的省錢模式，同時可以透過提升燃油效率來降低二氧化碳的排放量；另在濕地抓地力測試部份，採用普通技術製造的低滾動阻力輪胎通常以損失濕牽引性能或胎面耐磨性能為代價，Tire Rack 進一步對比試驗結果顯示，採用最高新技術製造的燃油經濟性輪胎在實現低滾動阻力的同時沒有危及牽引性能，這是由於新技術採用了新的胎面膠料與輪胎結構設計。

車輛輪胎滾動阻力除了與輪胎本身材料、結構與花紋有關係之外，另外最重要也是一般車輛駕駛最容易疏忽的是輪胎的胎壓，根據 NHTSA 統計，每四條在轎車上的輪胎或是每三條的卡車輪胎中，就有一條輪胎的胎壓明顯不足，主要原因在於車輛駕駛很少會檢查車輛的胎壓，另一個原因則是胎壓不足的輪胎很難從外觀上判定。正確的胎壓會使胎面紋路與地面以最大面積完全接觸，此時輪胎的抓地力最大；當輪胎胎壓力過低時，輪胎與地面接觸面積變大，使得車輛行進阻力增加，對於引擎亦同時產生較重的負荷，增加汽油消耗，加上輪胎胎壁容易在車輪高速行駛時，因大幅撓曲變形及摩擦阻力增加，致使輪胎內部溫度升高及承受過大的負荷，造成輪胎溫度過高而產生爆胎之情形[11]。大多數駕駛者容易疏忽的是輪胎即使沒有任何破洞，輪胎也會自然漏氣而導致氣壓降低。美國 ExxonMobil 採用 ASTP F1112 輪胎充氣壓力損耗率測試標準[12]，針對 140 條以上的市售輪胎進行測試統計分析。測試結果顯示市售輪胎每個月胎壓損耗率在 0.86~4.6%，其中胎壓損耗率大於 2% 以上約佔 80%，且隨著輪胎老化胎壓損耗率會更加明顯，因此每月定期檢視，保持適當胎壓是正確且必要的手段。在國內車輛輪胎胎壓量測調查部分，工研院於 93 年度透過新竹地區保養場進行保養前的輪胎氣壓量測調查[13]，並將輪胎胎壓依原廠的建議值補充至標準胎壓，再分別計算各車種的差異值，其中車種包涵小客車、客貨車與貨車。統計各車種保養前後胎壓差異結果顯示，小客車前、後輪平均差異為 -9.1%、-7.9%，客貨

車前、後輪平均差異為 -10.5%、-11.6%，貨車前、後輪平均差異為 -11.2%、-6.1%，整體而言前、後輪平均差異為 -10.3%、-8.6%，平均最低壓力較正常值減少 -16.1%、-17.9%；工研院另規劃各一輛小客車、廂式小客車及廂式客貨車，針對不同輪胎壓力進行實驗室 CNS 法規燃油經濟性測試，測試結果可看出當輪胎壓力降低 10% 時，燃油經濟性減少 1.76~3.65%；當輪胎壓力降低 20% 時，燃油經濟性減少 2.37~9.34%，可看出輪胎胎壓對車輛油耗有很大的影響。

由於國內台灣能源 98% 仰賴進口，且運輸部門為國內二氧化碳排放之主要來源之一，約佔整體排放 15%，因此國內各部門也將提升車輛燃油效率列為最優先推動之策略。本研究將針對市售國產及進口之節能輪胎，以 ISO28580 輪胎測試標準進行滾動阻力測試，同時於車輛研究測試中心之試車跑道進行實車油耗測試比對，藉以評估國內外節能輪胎之節能效益。

2. 實驗方法與步驟

本研究測試之節能輪胎將參考市售國產及進口之產品挑選 6 款進行滾動阻力及實車油耗測試，其中 16 吋輪胎規格挑選 4 組、15 吋輪胎規格挑選 2 組，兩種輪胎規格會另挑選一組市售非節能輪胎作為基準比較，測試標準胎壓將參考 ISO28580 標準設定為 210kPa；在不同胎壓測試部分，將挑選節能與非節能輪胎合計三款進行測試比對，測試胎壓將參考國內調查結果設定為標準胎壓 -10% 及 -20%。測試車輛選用 Honda civic 1.8，該車型可同時搭配 16 吋及 15 吋兩種輪胎尺寸，可避免測試車輛不同造成油耗基準值不一致，實驗規劃流程如圖 1 所示，



圖 1 輪胎滾動阻力與實車油耗規劃

2.1 ISO 28580 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，其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[14]。

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)，該標準另將不同實驗室測試結果的相關性納入考量，可以提供不同實驗室間或不同試驗機之間試驗結果的比較方法，同時可對輪胎進行質量分級評價。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。國內輪胎廠有建置符合 ISO28580 標準規範之輪胎滾動阻力測試機台僅有正新輪胎公司，檢測能量如表 1 所示。因此本研究工作將委託正新公司針對市售之國產及進口節能輪胎，以 ISO28580 標準之測試方法進行輪胎滾動阻力測試。

表 1 MTS 輪胎測試機台

廠牌	美國 MTS
	
可執行之標準測試	<ol style="list-style-type: none"> 1. ISO 28580 Passenger Car, Truck and Bus Tires – Single Point Test 2. ISO 18164 Passenger Car, Truck, Bus and Motorcycle Tires 3. SAE J1269 Steady-State Procedure for Car and Truck 4. SAE J2452 Coast-Down Procedure for Car

2.2 封閉跑道實車油耗測試

上述節能輪胎除針對其輪胎滾動阻力進行測試外，另同時規劃於車輛研究測試中心之國際試車跑道進行實車油耗測試比對，藉以了解國內外輪胎業者所生產節能輪胎之滾動阻力測試值與實車油耗值之對照關係。在安裝節能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，且於正式測試前輪胎會以車速 80km/hr 條件下行駛 30 分鐘進行暖胎動作，暖胎完

畢再立即進行測試輪胎胎壓調整，可避免環境溫度影響輪胎胎壓變化，間接影響車輛油耗之測試結果。節能輪胎油耗正式測試將在風速 < 5 m/s 條件下，以定速 50 km/hr 及 80 km/hr 行駛 10.5 公里進行實車油耗測試，再計算其平均油耗，油耗量測設備規格如表 2、圖 2 所示。

表 2 實車油耗測試儀器規格

儀器名稱	廠牌型式	量測範圍
資料紀錄器	CORRSYS DATRON DAS-2A8	<ol style="list-style-type: none"> 1. 電壓輸入：範圍 ± 10 VDC 2. 頻寬 300 Hz，解析 10 bit 3. 數位輸入：具 4 種功能通道
非接觸式光學速度計	CORRSYS DATRON L-350 Aqua	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更新頻率：250Hz 2. 速度量測範圍：0.3~250km/h 3. 量測距離精確度：< ±0.1% 解析度：1.5mm
體積式燃油流量計	CORRSYS DATRON DFL	<ol style="list-style-type: none"> 1. 流量量測範圍：0.5~60l/h 2. 解析度：0.333cm³ 3. 精確度：±0.5% F.S
風速感測器	WAA151	<ol style="list-style-type: none"> 1. 量測範圍：0.4...72 m/s 2. 正確性：最大 ± 0.5 m/s



圖 2 實車油耗測試

3. 結果與討論

3.1 節能輪胎對滾動阻力與油耗影響

在節能輪胎設計結構方面，以轎車節能輪胎而言，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，高矽膠成分具低滾定阻力，可提升節能效果。本研究針對市售 16 吋及 15 吋共計 6 組節能輪胎(ECO-1~ECO-6)進行滾動阻力與實車油耗測試，測試結果彙整如表 3 所示，節能輪胎效益如圖 3 所示。在滾動阻力測試結果部分，由表可看出 C1 測試車輛原廠標配胎滾動阻力屬於歐盟輪胎效率等級 F，測試值介於 10.64 ~ 10.78 N/kN 之間，而本計畫完成測試之市售節能輪胎有 ECO-1、ECO-2、ECO-3、及 ECO-6 四款屬於歐盟輪胎效率等級 C，亦符合日本低燃費輪胎之標準，其中測試值介於 8.16 ~ 8.77 N/kN 之間，與同尺寸基準輪胎比較滾動阻力約可改善 17.6 ~

24.0%；另 ECO-4 及 ECO-5 兩款則屬於歐盟輪胎效率等級 E，測試值介於 9.27~10.29 N/kN 之間，與同尺寸基準輪胎比較滾動阻力約可改善 3.3~14.0%，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。

在實車油耗測試結果部分，由圖可看出輪胎滾動阻力測試值與實車油耗有直接對等關係，當輪胎滾動阻力變小，車輛油耗節油效益越大。其中 ECO-1、ECO-2、ECO-3、及 ECO-6 四款節能輪胎在 50km/hr 定速條件下節油效益可達 4.7~9.4%，在 80km/hr 定速條件下節油效益可達 3.3~7.0%；另 ECO-4 及 ECO-5 兩款節能輪胎在 50km/hr 定速條件下節油效益約 1.4~6.9%，在 80km/hr 定速條件下節油效益約 1.2~3.3%。由測試結果可看出各款式輪胎在 50km/hr 速度點之節油效益都比 80km/hr 速度點來的大許多，主要由於一般車輛在 80km/hr 定速行駛時，風阻阻力比輪胎滾動阻力來的大因此執行節能輪胎節油效益在 50km/hr 測試條件下會比較明顯。

表 3 實車油耗測試結果

輪胎		滾動阻力 (N/kN)	油耗 50km/hr (km/L)	油耗 80km/h (km/L)
16 吋	ECO-1	8.66 (等級 C)	22.63	21.83
	ECO-2	8.16 (等級 C)	23.39	22.34
	ECO-3	8.77 (等級 C)	22.39	21.56
	ECO-4	10.29 (等級 E)	21.69	21.13
	基準胎	10.64 (等級 F)	21.38	20.87
15 吋	ECO-5	9.27 (等級 E)	22.78	21.78
	ECO-6	8.19 (等級 C)	23.03	21.97
	基準胎	10.78 (等級 F)	21.3	21.08

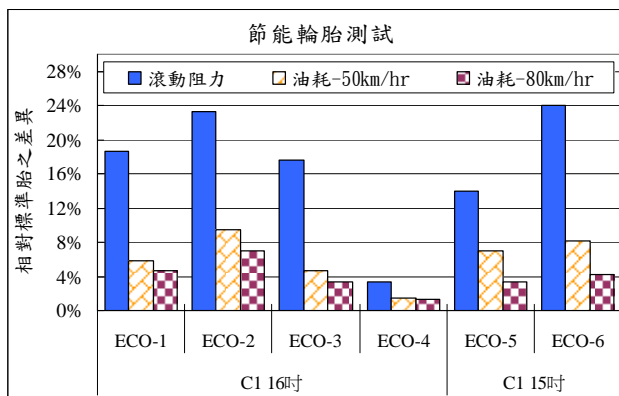


圖 3 節能輪胎與基準胎效益比較

3.2 不同輪胎胎壓對滾動阻力與油耗影響

正確的胎壓不但可以改善行車安全並可節省能源消耗，因此歐美國家也制定胎壓監測法規，針對車輛安全與耗能層面進行技術性能規範。本研究針對 16 吋 ECO-1 及 15 吋 ECO-5 節能輪胎與 15 吋基準胎進行不同胎壓之滾動阻力與實車油耗測試工作，測試結果如

表 4 所示，胎壓測試差異如圖 4 所示。整體上由圖可看出各輪胎型式輪胎之滾動阻力與實車油耗都會隨著胎壓減少而變差，且輪胎滾動測試值與實車油耗也具有對等關係，其中當標準胎壓減少 10%，滾動阻力將提高 4.1~5.3%，實車油耗也隨著增加 1.0~2.7%；另當標準胎壓減少 20%，滾動阻力則提高至 10.3~11.1%，油耗也明顯增加 1.6~4.4%，可看出隨著胎壓洩漏越大，其滾動阻力與實車油耗影響將更加顯著。

在節能輪胎與非節能輪胎不同胎壓差異比較部份，雖然節能輪胎胎面膠料的配方、胎體結構與胎面花紋均有作一些加強設計，但由圖可看出隨著胎壓的改變，兩款節能輪胎之滾動阻力與油耗變化趨勢與非節能輪胎比較並無特別差異，惟值得一提的是兩款節能輪胎在標準胎壓減少 20% 的情況下，其滾動阻力與實車油耗的測試值還比非節能輪胎在標準胎壓之測試值具有節能效益，顯示出節能輪胎低滾動阻力的特性。

在不同尺寸輪胎之胎壓影響比較部份，在維持同一輪胎直徑的前提下，由於 15 吋輪框直徑比 16 吋輪框直徑小的關係，因此 15 吋輪胎必須增加輪胎的輪胎高度來維持同一直徑，惟輪胎高度的提高將增加輪胎的變形量，其遲滯現象將造成較大的能量損失，由圖可看出 15 吋 ECO-5 及 15 吋基準胎的滾動阻力與實車油耗差異值稍微比 16 吋 ECO-1 來的大一些。

表 4 不同胎壓油耗測試結果

測試項目/胎壓	16 吋		15 吋	
	ECO-1	ECO-5	基準胎	
滾動阻力 (N/kN)	210 kPa	8.66	9.27	10.78
	189 kPa	9.06	9.65	11.35
	168 kPa	9.55	10.29	11.98
油耗 50km/hr (km/L)	210 kPa	22.63	22.78	21.3
	189 kPa	22.29	22.34	21.08
	168 kPa	22.01	21.78	20.79
油耗 80km/h (km/L)	210 kPa	21.83	21.78	21.08
	189 kPa	21.43	21.56	20.51
	168 kPa	21.17	21.43	20.23

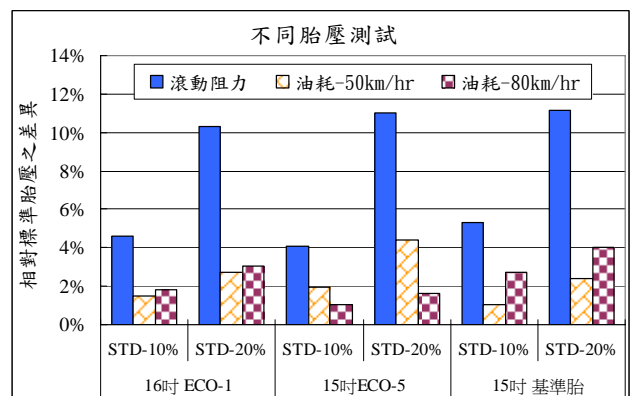


圖 4 不同胎壓之節能輪胎與基準胎效益比較

3.3 節能輪胎成本效益分析

由於歐美日將實施輪胎效率管制，現階段國產及進口輪胎業者都積極投入低滾動阻力節能輪胎研發，但由於填加二氧化矽將使得輪胎單價增加，造成一般駕駛接受度不大。因此本研究將根據各款式節能輪胎實車油耗測試值與其輪胎購買的價格，以每公里所需花費的輪胎及燃油成本合計進行比較[15]，其中行駛里程主要根據各輪胎標示的耐磨指數進行換算(指數 100 換算 13,000 公里)，油耗將以上述各款輪胎在 50km/hr 之實車油耗換算成 L/100km，油耗節省成本以每公升 31.5 元計算，節能輪胎成本效益分析結果如表 4 所示。由表可看出 16 吋節能輪胎由於進口的關係，與基準胎差價最高可達 3900 元，15 吋節能輪胎最高約 1500 元，但由於低滾動阻力輪胎其耐磨性會比一般輪胎來的高，因此以每 100 公里所需花費的輪胎成本來看，節能輪胎與基準輪胎差異就不會很明顯，甚至國產的 ECO-4、ECO-5 及 ECO-6 會比基準胎低。將輪胎成本再扣除節能輪胎所節省的燃油成本可看出節能輪胎除具有經濟效益，還可減少車輛燃油消耗，並降低二氧化碳排放。其中 16 吋 ECO-1 與基準胎比較可改善 27%，等於每 100 公里可節省 8.2 元，同時減少 0.19 公升燃油消耗，ECO-2 及 ECO-4 約改善 10%，ECO-3 則於基準胎相差不大；另在 15 吋節能輪胎成本效益的部分，可看出明顯高於 16 吋輪胎，國產 ECO-6 高達 73%，等於每 100 公里可節省 17 元，同時減少 0.35 公升燃油消耗。

表 4 節能輪胎成本效益分析

項目	16 吋				15 吋			
	進口 ECO1	進口 ECO2	進口 ECO3	國產 ECO4	國產 基準胎	國產 ECO5	國產 ECO6	國產 基準胎
輪胎價格(元)	15850	16600	13400	12300	12700	11300	9120	9750
耐磨指數	400	320	280	320	320	400	400	320
行駛里程(km)	52000	41600	36400	41600	41600	52000	52000	41600
油耗 (L/100km)	4.42	4.28	4.47	4.61	4.68	4.39	4.34	4.69
輪胎成本 (元/100km)	30.5	39.9	36.8	29.6	30.5	21.7	17.5	23.4
油耗節省成本 (元/100km)	-8.1	-12.7	-6.6	-2.1	--	-9.6	-11.1	--
節能輪胎效益 (元/100km)	-8.2	-3.3	-0.4	-3.1	--	-11.3	-17.0	--
節能輪胎(%)	-27%	-11%	-1%	-10%	--	-48%	-73%	--

註:1.輪胎成本=輪胎價格/行駛里程
2.油耗節省成本=(節能輪胎油耗-基準胎油耗)*油價
3.節能輪胎效益=油耗節省成本+輪胎成本-基準胎輪胎成本

4. 結論

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實車油耗結果，並以消費者每公里投入成本效益評估節能輪胎之經濟效益。綜合評估獲得以下結論：

1. 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設計關係，因此都具有低滾動阻力之特

性，其中屬於歐盟輪胎效率等級 C 之節能輪胎與國產車輛原廠標配胎做比較，約可減少 17.6 ~ 24.0% 的滾動阻力；在 50km/hr 節油效益可改善 4.7~9.4%，另 80km/hr 可改善 3.3~7.0%。

2. 在不同胎壓測試部份，當標準胎壓減少 10%，滾動阻力將提高 4.1~5.3%，實車油耗也隨著增加 1.0~2.7%；另當標準胎壓減少 20%，滾動阻力則提高至 10.3~11.1%，油耗也明顯增加 1.6~4.4%，可看出隨著胎壓洩漏越大，其滾動阻力與實車油耗影響將更加顯著。
3. 由成本效益分析結果可看出節能輪胎除具有經濟效益，還可減少車輛燃油消耗，並降低二氧化碳排放。其中 15 吋節能輪胎由於市場銷售量較高，價格與標準胎相差不大，其成本改善可達 48~73%。

5. 致謝

本研究承蒙經濟部能源局 100 年度「車輛節能應用技術研究計畫」(1/3)贊助，計畫編號 100-D0406，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] Fourin, 「低油耗輪胎」, 世界汽車調查月報, 第 22 期, 2010 年 6 月, 頁 60-61
- [3] 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
- [4] National Highway Safety Traffic Administration (2009a), Tire Fuel Efficiency Consumer Information Program, www.nhtsa.gov/staticfiles/rulemaking/pdf/Laboratory_Test_Protocols.pdf
- [5] Y. Wong. Theory of ground vehicles. John Wiley & Sons, 2nd edition, 1993. ISBN 0-471-52496-4.
- [6] 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。
- [7] Ed Pike, "Opportunities to Improve Tire Energy Efficiency," ICCT, July 2011
- [8] 蔡為民, 「低碳環保 節能降耗 發展綠色輪胎」, 輪胎工業, 第 30 卷, 2010 年 8 月, 頁 457-458
- [9] Hisakazu Suzuki, "Investigation of anti-global warming and evaluation of CO2 reduction from conventional vehicles," National Traffic Safety and Environment Laboratory, July 2008.
- [10] 趙敏, 「Tire Rack 低滾動阻力輪胎測試」, 輪胎工業, 第 12 期, 2009 年, 頁 765-766
- [11] 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
- [12] Walter H. Waddell, "Inflation pressure retention effects on tire rolling resistance and vehicle fuel economy," Exxonmobil chemical, May 2008.

- [13] 工業技術研究院，「使用中車輛能源效率評估與提升研究計畫」，經濟部能源局委辦計畫，計畫編號：93-D0201。
- [14] 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
- [15] Christophe LAPRAIS, "Industry standards & government regulations," Michelin, Juin 2009.