

國內轎車胎市場調查及其滾動阻力性能測試研究

王家閔^{1*}、劉庭瑜²、賴銘彬³

^{1,2}財團法人車輛研究測試中心(副工程師)

³財團法人車輛研究測試中心(專員)

(經濟部能源署委辦計畫編號: 112-E0404)

*Email: jiamin@artc.org.tw

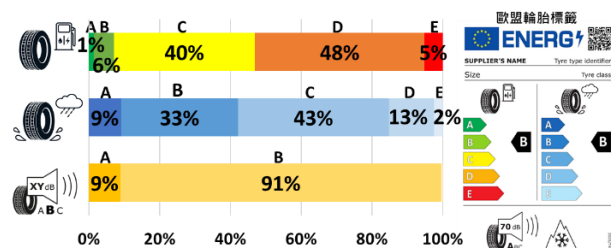
摘要

我國因應2050淨零排放也宣告一系列減碳措施，其中提高能源使用效率的運具節能則是邁向淨零排放首先應投入的項目。研究顯示輪胎有80%的碳排放來自使用中，輪胎製造業推動碳中和過程，除製程及原料改良外，滾動阻力也成為節能輪胎重要設計指標，我國經濟部能源署自2019年起已推動自願性節能輪胎標誌分級。本研究將針對國內市售輪胎主流規格花紋進行盤點，並選擇205/55R16規格銷量前90%的48款不同花紋之輪胎進行滾動阻力等級性能普查，使用輪胎滾動阻力試驗機，並以扭矩法量測其滾阻係數，將量測之輪胎滾阻係數比對歐盟分級表，得出測試輪胎的滾阻等級，並將各輪胎滾阻等級套用至輪胎市場占比數據中，藉以建立國內市售替換輪胎之滾阻性能分佈。結果顯示2022年市場上205/55R16規格輪胎滾動阻力C級以上占76%，而申請我國節能輪胎標誌產品市占為10.3%，根據不同產品定位分類，各類別的滾動阻力等級C級以上輪胎比例均有7成以上，可見廠商在確保輪胎性能的同時也會確保其滾動阻力性能，透過適時揭露輪胎滾動阻力等級資訊給輪胎廠商及消費者，鼓勵輪胎廠申請或引進更優良的產品進到市場，並提供消費者在選購輪胎時，除了考量價格及品牌等之額外的資訊參考。

關鍵字：節能輪胎、滾動阻力、減碳

政府法規包括原物料及各國對於碳排放的規範，皆會影響區域市場碳稅成本。車廠/使用端需求則需考量輪胎壽命、低滾動阻力與高耐磨特性，但也由於全球運具朝電動化發展，因此需滿足車廠對於輪胎性能要求，並實現供應鏈碳中和願景。

輪胎製造業推動碳中和過程，除製程及原料改良外，滾動阻力也成為節能輪胎重要設計指標，研究顯示輪胎有80%的碳排放來自使用中[4]。國際間投入此性能效率(除了滾動阻力外，尚有濕地抓地力及噪音)管理已十餘年，相關資訊也充分對民眾揭露，統計歐洲能源標籤產品註冊網站(European Product Registry for Energy Labelling, EPREL)，目前約有16萬個輪胎產品完成註冊及產品性能標示，所有輪胎產品性能分布如圖一所示，其中A級滾動阻力輪胎僅占1%、B級阻輪胎6%、C級40%，民眾可於該網站查詢輪胎相關性能作為考量依據，根據不同需求選購合適的輪胎產品[5]。



圖一:歐盟輪胎產品性能分布[5]

1. 前言

1.1 研究背景

全球已有136個國家宣示淨零排放(Net Zero)為長期施政目標，巴黎氣候協定(COP)更規劃2050年前達碳中和(Carbon Neutral)願景，期望全球平均氣溫上升控制在工業化前的2°C以內[1]。聯合國永續發展目標(Sustainable Development Goals, SDGs)也規劃2030年前大幅提高再生能源占比，並增加能源效率改善程度[2]。國際能源署也指出淨零排放需以節能做為基礎，節能(提高效率)是邁向淨零碳排的首要燃料(First Fuel)[3]，因此國際間針對工業節能、商業節能、住宅節能與運輸節能無不做出最大努力。我國因應2050淨零排放也宣告一系列減碳措施，其中運具領域已明確朝電動化發展。

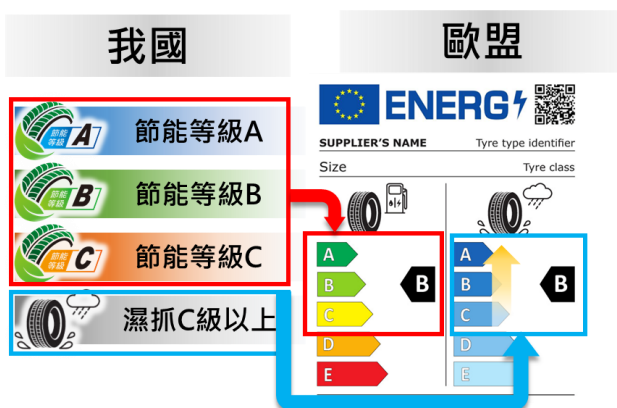
車輛的行駛阻力約有20至30%來自於輪胎的滾動阻力(Rolling Resistance)，其中有90%的滾動阻力是輪胎的遲滯現象所導致，另外10%則是由風阻損失以及輪胎與地面磨擦造成，透過改變輪胎膠料配方設計，降低輪胎運行過程的變形量進而減少能量損失，以提升燃油使用效率，同時減少運輸車輛碳排放[6]。

然而，傳統膠料配方對於滾動阻力與溼地抓地力(Wet Grip)性能會有所抵觸，因此輪胎廠如何透過外觀花紋與膠料配方的設計來同時兼顧滾動阻力與溼地抓地力特性，將是節能輪胎發展的重點。因此節能輪胎的滾動阻力需要改善20-30%以上(設計更大輪圈直徑、窄斷面胎寬、低扁平比)，並兼顧抓地力與耐磨性(改善30%)來維持輪胎性能，胎面噪音更需降低

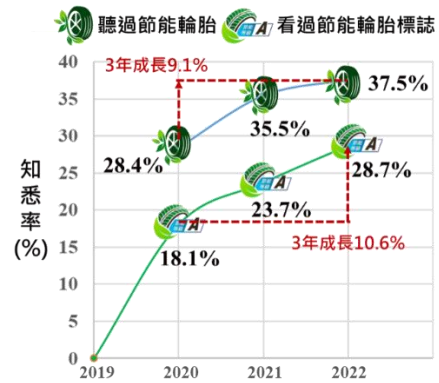
30%來達到車廠需求[7]。

1.2 研究目的

我國經濟部能源署自2019年起已推動小客車自願性節能輪胎標誌分級，對應歐盟輪胎性能標籤，將溼地抓地力C級以上並符合滾動阻力A~C級的輪胎加以分級張貼標誌，為擴大不同運具使用節能輪胎效益，110年將小貨車用輪胎納入節能輪胎標誌認證制度管理，輪胎分級的級距與歐盟標籤法性能基準一致，節能等級越高(節能等級最高A，其次為B，最低為C)，代表車輛行駛中滾動阻力越低，車輛行駛的燃油效率越高，如圖二所示，國內小客車與小貨車分別約為710萬輛與95萬輛[8]，經實車測試結果顯示小客車選用節能輪胎可節省車輛油耗4~8%；小貨車使用B級(節能輪胎)相較E級(一般輪胎)約可節省9%車輛油耗[9]。透過節能輪胎標誌提供民眾能直觀判斷輪胎產品水準，如圖三為自2019年節能輪胎產業聯盟成立以來，每年皆針對消費者進行知悉率問卷調查，2020年至2022年間，聽過節能輪胎的民眾比例從28.4%上升至37.5%，三年成長9.1%，而看過節能輪胎標誌的民眾比例從18.1%成長至28.7%，三年成長10.6%，民眾對於節能輪胎標誌知悉度逐年成長，目前來申請標誌廠商主要以國產廠商為主，為調查國內市場整體輪胎性能等級，期望透過市售輪胎進行滾動阻力普查瞭解國內市場節能等級占比，並適度提供給用車族群選購參考。另一方面，也提供輪胎業者了解該品牌與花紋型號於目前的市場定位，導引生產或引進更節能的產品進到台灣市場。



圖二:我國節能輪胎標誌分級

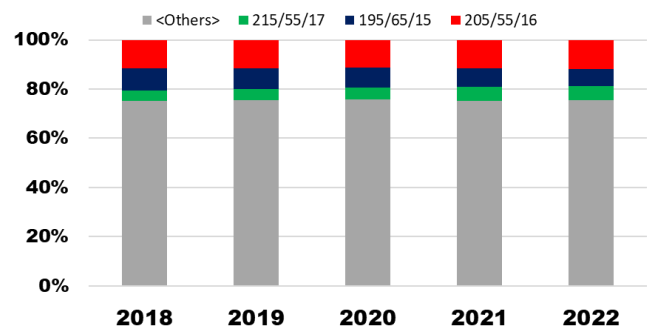


圖三:近三年節能輪胎標誌知悉率

2. 研究方法

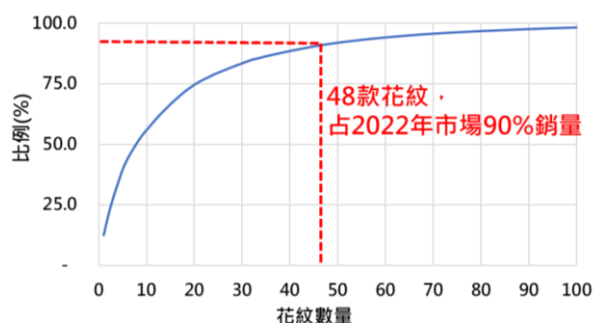
2.1 研究輪胎挑選

輪胎尺寸規格眾多，經統計資料得知約300餘款，連續五年銷量最高的小客車輪胎前三大尺寸為205/55R16、195/65R15以及215/55R17，其中以205/55R16規格銷量為最高，約占一成的銷售量，如圖四所示。在205/55R16規格中一共有130餘款輪胎花紋在市場上販售，而市售前90%銷量輪胎花紋約有48款，故調查前48款花紋已具代表性，如圖五所示。本研究針對2022年為基準年，鎖定205/55R16規格銷量占比前90%的輪胎盤點，共14個廠牌48款輪胎選為測試輪胎。



資料來源:GfK·車輛中心整理

圖四:近五年國內零售端輪胎規格銷量變化



圖五:國內零售端205/55R16輪胎花紋數量銷量占比

2.2 實驗設備

國際間輪胎性能管理主要參考歐盟所使用的UNECE R117法規，其中輪胎滾動阻力測試是參考國際標準組織ISO 28580其中規定四種不同方法量測輪胎滾阻係數，如測力法、轉矩法、功率法及減速法等，本研究主要使用車輛中心建置的滾阻試驗機進行量測[10]，並透過轉矩法以及測力法來取得滾動阻力係數，如圖六所示。



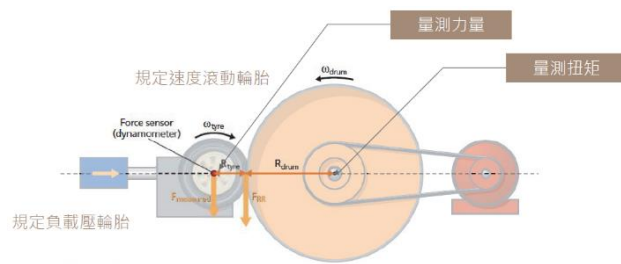
圖六:輪胎滾動阻力試驗機

由於輪胎商品隨不同尺寸具備不同負載能力，實際產生的滾動阻力也隨之不同，因此無法透過單純比較滾動阻力來判定輪胎商品是否節能。為方便且客觀辨別不同尺寸大小輪胎的節能水準，國際間以滾動阻力係數RRC(Rolling Resistance Coefficient)做為指標，並將其定義為輪胎單位負載下的滾動阻力，如公式(1)所示，係數越小代表滾動阻力愈低，反之則愈高。

$$\text{滾阻係數(RRC)} = \frac{\text{輪胎滾動阻力}}{\text{施加於輪胎的負載}} \quad (\text{單位: } \frac{N}{kN} \text{ or } \frac{kg}{t}) \quad (1)$$

轉矩法及測力法測試方式如圖七所示，輪胎以法規規定負載加壓於鋼輪，鋼輪依法規規定速度轉動並量測鋼輪扭矩，得出扭矩後除以鋼輪半徑(R_{drum})即可得輪胎滾動阻力(F_{RR})；測力法則是輪胎以法規規定負載加壓於鋼輪，鋼輪依法規規定速度轉動，此時由裝在輪胎軸心的感測器量測到力量($F_{measured}$)

推算鋼輪的扭矩，使用測力法時由於力量感測器裝載在輪胎軸心位置，執行測試時力量感測器同時接收到與鋼輪直徑平行的力量（測試負載）及與鋼輪直徑垂直的力量，產生串擾(Cross Talk)情況造成量測誤差，但偏差量並不會因為鋼輪正轉或反轉而改變其大小及方向，為了消弭這個誤差，使用測力法量測滾阻則會在鋼輪正反情況下各量測一次，兩次力量量測值相加除以2得出。



圖七:滾阻測試示意圖[10]

2.3 測試條件及步驟

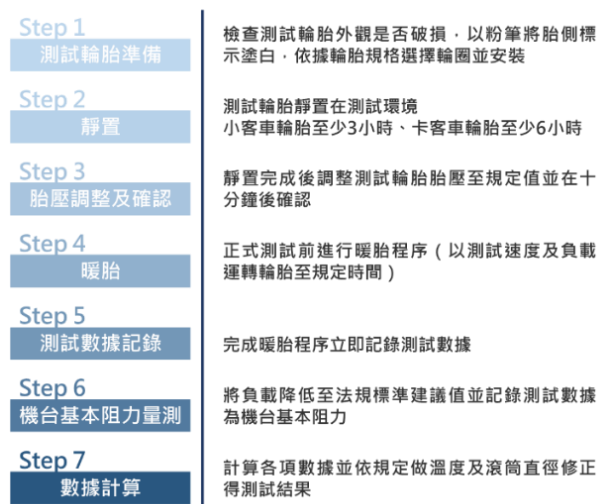
為了測試公平及公正性，針對影響測試結果的各項參數法規標準皆明確定義如表一所示：

表一 小客車輪胎滾動阻力測試規範

靜置時間	至少 3 小時
轉鼓直徑	≥ 1.7m (部分係數以直徑 2m 轉鼓為基礎，直徑異於 2m 之轉鼓者，該係數需修正)
轉鼓表面	光滑表面，粗糙度≤6.3 μm (中心線平均高度值) 紋理表面，表面紋理深度為 180 μm (標稱粒度為 80)，並應記錄於測試報告中
環境溫度	參考點(距胎側 0.15~1m 處)溫度須 25°C，試驗環境溫度若異於參考點，則須修正滾阻結果，測試開始時轉鼓表面與周遭溫度相同
胎壓條件	210kPa、 250kPa(加強型)
熱機條件	30min (於 80km/hr)
測試速度	80 km/h
荷重條件	80% of Max

使用滾阻試驗機在輪胎加載後量測滾動阻力會加計原本設備如軸承等轉動件摩擦力，必須將其扣除才能得到正確的輪胎滾動阻力。機台基本阻力量測方式為降低輪胎負載到最低且可推動輪胎運轉的情況以測試相同速度運轉並量測阻力。

測試流程如圖八所示，當實驗室收到測試輪胎後，首先進行檢查及規格確認並依規格安裝輪圈，完成後將輪胎靜置於測試環境達規定時間後進行測試。測試時輪胎先以測試負載及速度進行暖胎至規定時間後量測輪胎滾動阻力，降低負載以量測機台基本阻力最後計算修正至參考環境及鋼輪直徑的輪胎滾動係數。最後依照滾動阻力係數大小，依表二的對照表進行分級，得出該測試輪胎的滾阻等級。



圖八：滾阻測試流程圖

表二：乘用車滾動阻力分級對照表[11]

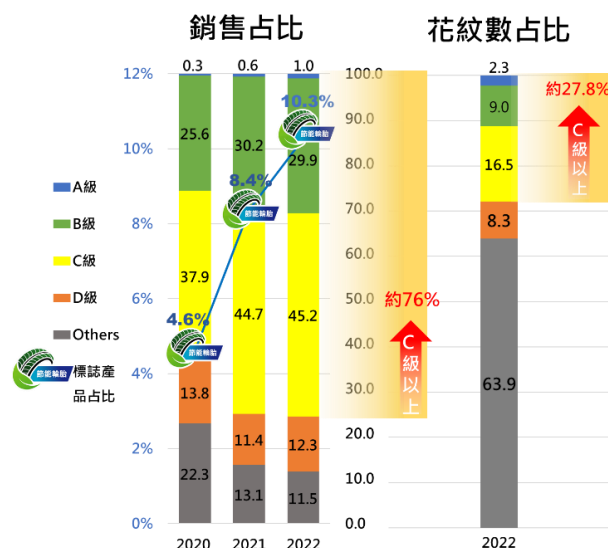
滾阻等級	滾阻係數(RRC)
A	$RRC \leq 6.5$
B	$6.6 \leq RRC \leq 7.7$
C	$7.8 \leq RRC \leq 9.0$
D	$9.1 \leq RRC \leq 10.5$
E	$10.6 \leq RRC$

3. 結果與討論

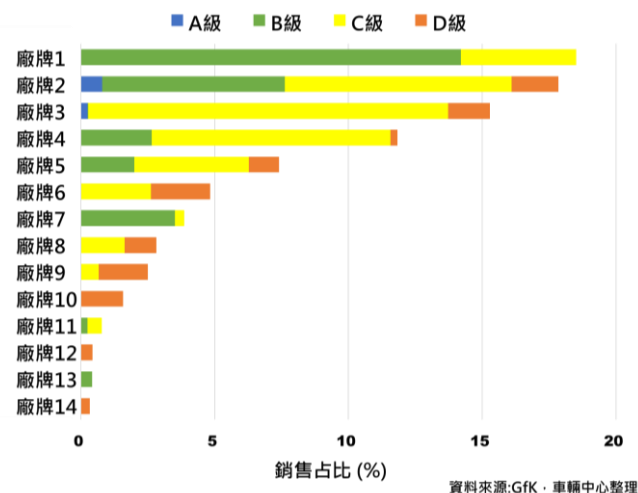
本年度針對2022年零售端市場205/55R16輪胎規格前90%銷量之花紋型式進行滾阻性能普查，測試研究發現C級以上節能輪胎花紋型式數量約占27.8%，(其中A級花紋型式占2.3%、B級占9%、C級占16.5%)。此外，滾阻等級與銷售量交叉分析得知，C級以上節能輪胎銷售約占76%(其中節能C級占45%、B級占29.9%、A級占1%)。從近三年的輪胎滾阻市占率中可看出，輪胎節能等級有逐年提升的趨勢，節能輪胎標誌產品市占率從2019年的4.6%提升至2022年的10.3%，如圖九所示。

在圖10中可看出，2022年輪胎各品牌銷量占比及輪胎滾阻等級分布中可看出，各品牌輪胎滾阻等級大部分皆為C級以上，且有部分品牌販售之大多數輪胎，節能等級為B級，滾動阻力D級輪胎占整體銷售量比例較低。

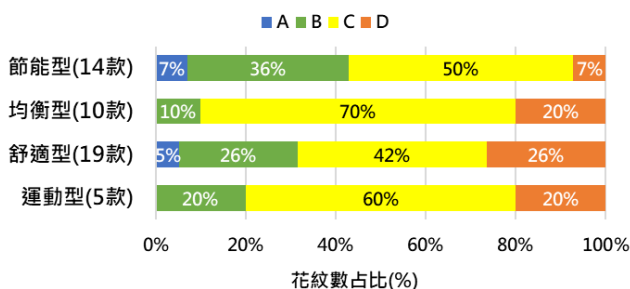
圖十一顯示按照輪胎產品定位分類，大致可分為節能型(14款)、均衡型(10款)、舒適型(19款)以及運動型(5款)4種不同類型，可看出每種類型輪胎，除了節能型93%的輪胎花紋產品滾阻等級調查結果皆為C以上，A級占7%，B級占33%，C級占53%，其他類型輪胎滾動阻力C級以上的花紋產品雖然比例無節能型輪胎高，但皆占7成以上，其中均衡型輪胎B級占10%，C級占70%，舒適型輪胎A級占5%B級占26%，C級占42%，其中A級為一款電動車輪胎，運動型輪胎則是4個花紋中有4個滾阻等級在C以上，且其中一個花紋為B級。



圖九：近三年205/55R16輪胎滾阻等級零售端市占率



圖十：2022年各品牌205/55R16輪胎銷量占比及滾阻等級分布(銷量前90%)



圖十一:各類型輪胎滾阻等級花紋數(銷量前90%)

然而以2022年205/55R16輪胎滾阻等級零售端市占率(圖九)中,節能輪胎標誌產品市占僅1成,皆為國產品牌為主,而2022年度滾動阻力等級C級以上輪胎市占超過7成,可知市場上尚有許多未被揭露性能的優良產品,在2022年各品牌205/55R16輪胎銷量占比及滾阻等級分布(圖十)中顯示,有不少品牌販售之輪胎,滾阻等級B以上占比偏高,且多數為進口輪胎品牌,在各類型輪胎滾阻等級花紋數圖中顯示(圖十一),不管輪胎廠對於該花紋產品定位為何,在國際對於輪胎滾阻性能重視的環境下,普遍滾阻等級都在C級以上。

目前我國申請節能輪胎標誌主動揭露產品性能,的產品主要以國產廠商為主,如表三所示,目前共計5個品牌13型129款輪胎規格,包含主流轎車、休旅車及電動車輪胎規格可供民眾選用。

表三:聯盟標誌產品列表

滾阻等級A		
MAXXIS®	MECOTRA ME3T	
Giti 	SYNERGY H2	
滾阻等級B		
MAXXIS®	VICTRA SPORT EV BRAVO HPM3	
NANKANG	AS-3 EV	
滾阻等級C		
MAXXIS®	MECOTRA MA-P5 Vezda Eco II KR30	
KENDA	EMERA A1 KR41 KENETICA KR201	
	SP-9	
NANKANG	NEV-1 NA-1	
PRESA	PR1 SUV	
*目前已加入聯盟成員的輪胎品牌有正新(Maxxis)、建大(Kenda)、南港(Nankang)、佳通(Giti)、普利司通(Bridgestone)、國柱(Dunlop)、固特異(Goodyear)、橫濱(Yokohama)		

4. 結論

本研究針對48款市售輪胎進行滾動阻力性能普查,並加入市場調查結果,得出輪胎節能等級市場占比。綜合評估獲得以下結論:

1.以測試結果套用市場占比顯示,205/55R16規格輪

胎滾動阻力C級以上占76%,其中C級占54.2%,B級占29.9%,A級占1%,調查結果樂觀,市場上多數輪胎滾阻性能表現佳。

- 2022年205/55R16輪胎滾阻等級零售端市占率中,節能輪胎標誌產品市占為10.3%,而整個市場滾動阻力等級C級以上輪胎市占超過7成,市場上尚未申請標誌並揭露性能的優良產品尚有許多。
- 不同的產品定位,滾動阻力等級C級以上輪胎比例均有7成以上,在國際對於輪胎滾阻性能重視的環境下,可見廠商在確保輪胎性能的同時也會確保其滾動阻力性能,且近年來盛行的電動車風潮,為了滿足電動車重量較重,順時扭矩大以及提升續航里程的需求,使得廠商專為電動車開發滾阻更低且磨耗表現更佳並確保有足夠抓地力表現的輪胎產品。
- 民眾對於節能輪胎標誌知悉度逐年提升,109年至111年間,聽過節能輪胎的民眾比例三年成長9.1%,而看過節能輪胎標誌的民眾比例三年成長10.6%。
- 透過適時揭露輪胎滾動阻力等級資訊給輪胎廠商及消費者,鼓勵輪胎廠申請或引進更優良的產品進到市場,並提供消費者在選購輪胎時,除了考量價格及品牌等之額外的資訊參考。

5. 誌謝

本研究承蒙經濟部能源署112年度「重型車輛能源效率提升研究與輔導推廣計畫」(1/3)贊助,計畫編號112-E0404,始得完成,謹此致謝。

6. 參考文獻

- UNFCCC. The Paris Agreement. Retrieved 2022/7/12 from <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>
- United Nations. Goals 7 Ensure Access to Affordable, Reliable, Sustainable and Modern Energy for All. Retrieved 2022/7/12 from <https://sdgs.un.org/goals/goal7>
- IEA(2019). Energy efficiency is the first fuel, and demand for it needs to grow. Retrieved from <http://www.iea.org/commentaries/energy-efficiency-is-the-first-fuel-and-demand-for-it-needs-to-grow>
- 楊東(2015), 乘用車子午線輪胎碳足跡分析, 中國科學院生態環境研究中心城市與區域生態國家重點實驗室
- EPREL - European Product Registry for Energy Labelling Tyres, <https://eprel.ec.europa.eu/screen/product/tyres>
- 倉定國(2003), 充氣輪胎之遲滯現象之研究, 國立成功大學
- 胡乃浩(2022), 節能及電動車胎應用新世代橡膠材料解決方案, 台橡股份有限公司
- 交通部統計處網站查詢, 網址: <https://stat.motc.gov.tw/mocdb/stmain.jsp?sys=100&funid=b3301>

9. 王傳賢(2022)，車輛使用節能胎，行車減碳省荷包，111年第3季節能標章與能源效率分級標示季刊，<https://www.energylabel.org.tw/admin/upload/news/report/93/file/111%E5%B9%B4%E7%AC%AC3%E5%AD%A3%E7%AF%80%E8%83%BD%E6%A8%99%E7%AB%A0%E8%88%87%E8%83%BD%E6%BA%90%E6%95%88%E7%8E%87%E5%88%86%E7%B4%9A%E6%A8%99%E7%A4%BA%E5%AD%A3%E5%88%8A.pdf>
10. 陳佳良(2023)，輪胎滾動阻力量測技術，ARTC車輛研測專刊2023，財團法人車輛研究測試中心
11. Regulation (EU) 2020/740