

國外輪胎分級標籤實施現況與 節能輪胎油耗測試

◎廖慶復、姜林靜惠

一、前言

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。根據國際能源署(International Energy Agency, IEA)估算，每年輪胎滾動阻力所消耗的能量與工業所消耗的能源相當[1]；輪胎產業可分為兩大市場，一個是以整車廠及供應鏈所形成的原廠輪胎 (Original Equipment, OE) 市場，但由於原廠輪胎市場伴隨著新車油耗標準而間接管制原裝配輪胎之滾動阻力性能水準，也相當於隨著新車油耗標準的加嚴，新車必須配備更低滾動阻力輪胎；而另外一個是以使用中車輛替換輪胎 (Replacement Tire, RT) 為主要市場的輪胎體系，但由於各國並未針對使用中車輛替換輪胎與耗能進行管制，造成市售替換輪胎之滾動阻力分佈都遠高於原廠輪胎，詳如圖 1 所示[2]。以美國每年銷售的小客車替換輪胎 1.81 億條中，就有 78%未能達歐盟 2012 年實施之最低標準；歐盟部份則有 38%未能達到最低標準，造成使用中車輛整體油耗與二氧化碳排放上升。

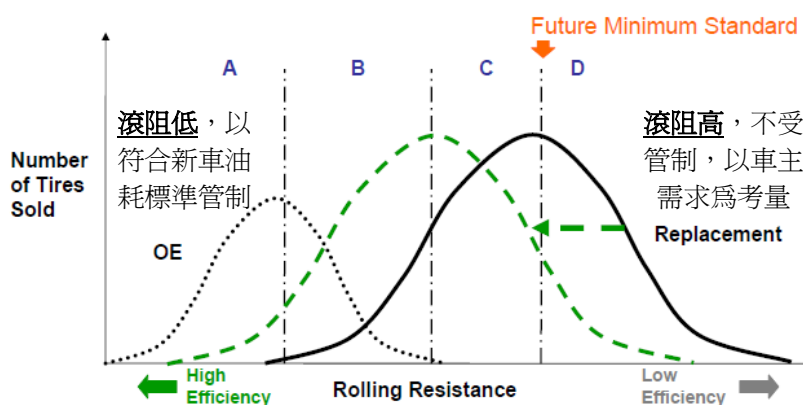


圖 1 新車標配胎與使用中替換胎滾動阻力分佈

二、國外輪胎標籤法規介紹

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輪胎最低性能標準及分級標籤制度等建議，現階段歐盟、美國、日本與韓國已陸續推行輪胎效率分級標籤法規。其中歐盟和韓國將於 2012 年 11 月開始實施強制性輪胎標籤法規，日本從 2010 年即開始實行自願性輪胎標籤制度，美國則早在 2007 年就已經通過輪胎標籤法案，目前輪胎業者和監管機構正對這一法律進行最後修改，各國輪胎效率管制現況如圖 2 所示[3-4]。相

關規範說明如下：

country or area	effective date	RR						Wet Grip						Noise						Wear
		Threshold			Grading			Threshold			Grading			Threshold			Grading			Grading
		PC	LT	TB	PC	LT	TB	PC	LT	TB	PC	LT	TB	PC	LT	TB	PC	LT	TB	PC
UN/ECE	Nov. 2012	Green	Green	Green				Green	Orange	Orange				Green	Green	Green				
EU	Nov. 2012	Green	Green	Green				Green	Green	Green				Green	Green	Green				
Japan	Jan. 2011				Green						Green			Yellow	Yellow	Yellow				
Korea	Nov. 2012	Green	Green					Green	Green											
USA	?				Orange						Orange									Orange
China	?	Orange						Orange												

	mandatory regulation
	regulation is under drafting
	voluntary standard
	regulation will be drafted in future

圖 2 各國輪胎標籤推動現況[3]

1. 歐盟




歐盟為符合 2008 年氣候及能源套案之車輛排放規章要求，2012 年前將小客車二氧化碳排放量降低至 120 g/km 以下，因此於 2009 年頒佈 EC 661/2009 《歐盟汽車安全的型式認證要求》和 EC 1222/2009 《關於燃油效率及其它基本參數的輪胎標籤》兩項輪胎法規，EC 661/2009 條例中對乘用車、輕型貨車及大客貨車輪胎之滾動阻力、噪音和濕地抓地力的最低指標進行明確規定，管制範圍涵括新車與使用中車輛之替換輪胎，如表 1 所示[5]。

表 1 歐盟輪胎管制標準及輪胎標籤

項目		乘用車 C1 Tyres	輕型貨車 C2 Tyres	大客貨車輪胎 C3 Tyres
Stage 1 (2012/11)	滾動阻力	12.0 kg/t	10.5 kg/t	8.0 kg/t
	濕地抓地力	≥1.1 G	--	--
	滾動噪音	70-74 dB(A)	72-73 dB(A)	73-75 dB(A)
Stage 2 (2016/11)	滾動阻力	10.5 kg/t	9.0 kg/t	6.5 kg/t

EC 1222/2009 輪胎標籤法規要求自 2012 年 11 月 1 日起開始，輪胎製造商必須提供給消費者輪胎燃油效率、安全性及噪音性能等相關資訊[6]，屆時全球 150 多個國家的輪胎製造廠將必須在歐盟認可的第三檢測機構按照輪胎測試規範進行分級，輪胎分級標籤如表 2 所示。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；濕地抓地力分級將依據 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，但現階段僅針對 C1 進行分級；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 EC 661/2009 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。

表 2 EU 輪胎分級制度及標籤


	滾動阻力			濕地抓地力	分級
	C1 Types (kg/t)	C2 Types (kg/t)	C3 Types (kg/t)	C1 Types (G)	
	RRC ≤ 6.5	RRC ≤ 5.5	RRC ≤ 4.0	1.55 < G	A
	6.6 ≤ RRC ≤ 7.7	5.6 ≤ RRC ≤ 6.7	4.1 ≤ RRC ≤ 5.0	1.40 < G < 1.54	B
	7.8 ≤ RRC ≤ 9.0	6.8 ≤ RRC ≤ 8.0	5.1 ≤ RRC ≤ 6.0	1.25 < G < 1.39	C
	Empty	Empty	6.1 ≤ RRC ≤ 7.0	Empty	D
	9.1 ≤ RRC ≤ 10.5	8.1 ≤ RRC ≤ 9.2	7.1 ≤ RRC ≤ 8.0	1.10 < G < 1.24	E
	10.6 ≤ RRC ≤ 12.0	9.3 ≤ RRC ≤ 10.5	RRC ≥ 8.1	G < 1.09	F
	RRC ≥ 12.1	RRC ≥ 10.6	Empty	Empty	G
輪胎滾動噪音 N(dB)	$N \leq LV - 3$		$LV - 3 < N \leq LV$	$N > LV$	
等級					

2. 日本

日本為降低運輸部門二氧化碳排放，除透過 Top Runner Approach 加嚴各車型新車油耗標準外，針對使用中車輛為促進低燃料消耗輪胎普及，日本經濟貿易產業省和國土交通省透過低燃料消耗輪胎普及促進協議會[7]，訂定非強制性低能耗輪胎標示制度，並於 2010 年 1 月開始實施，成為世界最早實施輪胎分級標準的國家，現階段僅針對乘用車夏季胎之燃油效率與濕地抓地力性能進行標示，詳如表 3 所示。在日本輪胎評估等級指數部份，燃油效率主要是以 JIS D4234(ISO 28580)輪胎滾動阻力測值作為分級指數，共分成 AAA~C 五個等級；濕地抓地力則依據 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，以百分比表示，共分成 a 到 d 四個等級，其中如測試輪胎滾動阻力係數在 9N/kN 以下，濕地抓地力性能在 110%以上，則可額外標示為低燃料消耗輪胎。

表 3 日本輪胎分級制度及標籤

滾動阻力係數(N/kN)	等級	濕地抓地力(%)	等級
RRC < 6.5	AAA	155 < G	a
6.6 < RRC < 7.7	AA	140 < G < 154	b
7.8 < RRC < 9.0	A	125 < G < 139	c
9.1 < RRC < 10.5	B	110 < G < 124	d
10.6 < RRC < 12.0	C		



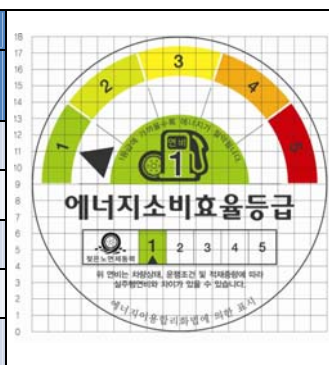
3. 韓國

根據南韓輪胎廠統計資料，2010 年南韓外銷歐盟區域達 1,700 萬條，佔輪胎外銷的 28%。

因此面對 2012 年歐盟實施的輪胎效率標準及輪胎標籤法規，南韓輪胎製造商於 2011 年即提出非強制性的輪胎標示制度[8]，是繼日本之後第二個實施非強制性的輪胎標示制度的國家。另為了與歐盟輪胎法規進行調和，韓國政府也與歐盟同步於 2012 年 11 月實施強制性輪胎分級制度，管制車型包含乘用車(C1)及輕型貨車(C2)的燃油效率及濕地抓地力性能，詳如表 4 所示。在輪胎分級認證程序，將委託韓國國營能源管理公司和韓國汽車技術研究院第三檢測機構簽發證書和輪胎測試分級，強制認證和標籤制度寬限期為一年。在韓國輪胎評估等級指數部份，燃油效率主要是以 ISO 28580 輪胎滾動阻力測值作為分級指數，分成 1~5 共 5 個等級，等級 1 代表滾動阻力非常低，相當於歐盟輪胎等級 A、日本等級 AAA；濕地抓地力部份亦依據 ISO 23671 測試規範，並分成 1~5 共 5 個等級。

表 4 韓國輪胎分級制度及標籤

等級	滾動阻力係數		濕地抓地力	
	C1 Types (N/kN)	C2 Types (N/kN)	C1 Types (G)	C2 Types (G)
1	RRC < 6.5	RRC < 5.5	1.55 < G	1.40 < G
2	6.6 < RRC < 7.7	5.6 < RRC < 6.7	1.40 < G < 1.54	1.25 < G < 1.39
3	7.8 < RRC < 9.0	6.8 < RRC < 8.0	1.25 < G < 1.39	1.10 < G < 1.24
4	9.1 < RRC < 10.5	8.1 < RRC < 9.2	1.10 < G < 1.24	0.95 < G < 1.09
5	10.6 < RRC < 12.0	9.3 < RRC < 10.5	G < 1.09	G < 0.95



三、節能輪胎油耗及滾動阻力測試

一般車輛行駛時需克服各種阻力如空氣阻力、加速阻抗、滾動阻力、重力、和車輛本身機件運轉的阻力，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[9]，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，因此為使燃油更經濟性，在節能輪胎結構設計上會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，以提升節能效果。

本研究將針對 9 款市售國產及進口之小客車節能輪胎，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。其中 205/55R16 輪胎規格將挑選 5 組、195/65R15 輪胎規格挑選 4 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 3 所示，

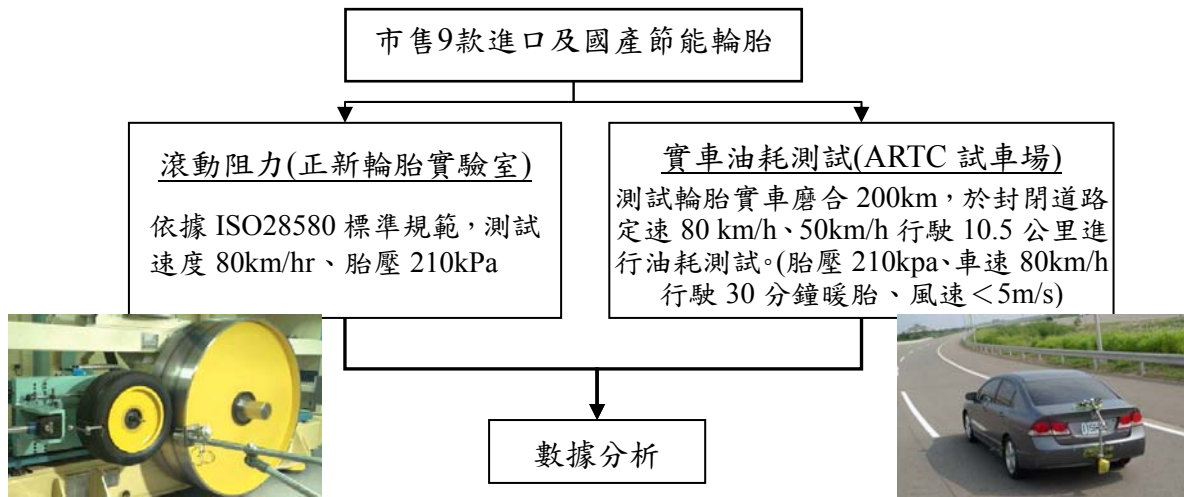


圖 3 節能輪胎測試規劃流程

本研究輪胎滾動阻力與實車油耗測試結果彙整如表 5 所示，在滾動阻力測試結果部分，由表可看出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，而本次完成測試之市售節能輪胎有 ECO-1、ECO-2、ECO-3、ECO-8 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%，在 50km/h 定速條件下節油效益可達 4.7~9.4%，在 80km/h 定速條件下節油效益可達 3.3~7.0%；另 ECO-5、ECO-6、ECO-7 及 ECO-9 四款則屬於歐盟輪胎效率等級 E，測試值介於 9.21~10.29 N/kN 之間，與同尺寸基準輪胎比較滾動阻力約可改善 3.3~14.6%，在 50km/h 定速條件下節油效益約 1.4~6.9%，在 80km/h 定速條件下節油效益約 1.2~4.2%；另在市售節能輪胎中，有一款 ECO-4 測試結果則屬於歐盟輪胎效率等級 F，滾動阻力略大於基準胎。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。

表 5 節能輪胎滾動阻力與油耗測試

項目		滾動阻力(N/kN)	50km/h 油耗(km/L)	80km/h 油耗(km/L)
C1 205/55R16	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	10.97(等級 F)	21.56	20.96
	ECO-5	10.29 (等級 E)	21.69	21.13
	基準胎	10.64 (等級 F)	21.38	20.87
C1 195/65R15	ECO-6	9.27 (等級 E)	22.78	21.78
	ECO-7	9.21(等級 E)	22.58	21.47
	ECO-8	8.19 (等級 C)	23.03	21.97
	ECO-9	10.38(等級 E)	21.78	21.56
	基準胎	10.78 (等級 F)	21.3	21.08

在節能輪胎成本效益分析部份，由於歐美日韓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，因此將以整體擁有成本效益評估模式進行分析(Total Cost of Ownership)，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[10]，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/h 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 6 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 5260 元，15 吋節能輪胎最高約 5783 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-5 及 ECO-8 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 ECO-1、ECO-6 及 ECO-8 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；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-8 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 7 節能輪胎成本效益分析

項目	C1 205/55R16						C1 195/65R15					
	ECO-1	ECO-2	ECO-3	ECO-4	ECO-5	基準胎	ECO-6	ECO-7	ECO-8	ECO-9	基準胎	
輪胎價格(元)	15850	16600	13400	17960	12300	12700	11300	15533	9120	10600	9750	
耐磨指數	400	320	280	300	320	320	400	400	400	320	320	
行駛里程(km)	52000	41600	36400	39000	41600	41600	52000	52000	52000	41600	41600	
50km/h 油耗(L/100km)	4.42	4.28	4.47	4.64	4.61	4.68	4.39	4.43	4.34	4.59	4.69	
輪胎成本(元/100km)	30.5	39.9	36.8	46.1	29.6	30.5	21.7	29.9	17.5	25.5	23.4	
節省成本(元/100km)	-8.1	-12.7	-6.6	-1.2	-2.1	--	-9.6	-8.4	-11.1	-3.3	--	
輪胎效益(元/100km)	-8.2	-3.3	-0.4	14.3	-3.1	--	-11.3	-1.9	-17.0	-1.2	--	
節能輪胎	-27%	-11%	-1%	47%	-10%	--	-48%	-8%	-73%	-5%	--	

註: 1.輪胎成本=輪胎價格/行駛里程【輪胎價格為 100 年 5 月三家業者平均】【指數 100 換算成 1.3 萬公里】
2.油耗節省成本=(節能輪胎油耗-基準胎油耗)*油價【31.5 元/公升】
3.節能輪胎效益=油耗節省成本+輪胎成本-基準胎輪胎成本

四、結論

歐盟 2012 年 11 月實施的強制性輪胎最低性能標準與輪胎分級標章，將帶動各個國家與地區之輪胎相關產業積極投入環保節能輪胎研發。在分級標章部份，國內雖已建立自願性認證標章及強制性能源效率分級標示制度，但僅針對小客車納入強制性能源效率分級制度，尚未將使用中車輛替換輪胎納入管制。為提升消費者替換節能輪胎之意願，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. 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%。

五、致謝

本研究承蒙經濟部能源局贊助，計畫編號 101-D0406，始得完成，謹此致謝。

六、參考文獻

- [1] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SEC:2008:1908:FIN:EN:PDF>.
- [2] Luke Tonachel, "Moving Forward with California's Tire Efficiency Program," Natural Resources Defense Council, Dec 2007
- [3] 紀世偉, "Global status of tire grading and Progress ," 財團法人車輛研究測試中心, November 2011.
- [4] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/lang-trad/MainPage.aspx>
- [5] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:200:0001:0024:EN:PDF>.
- [6] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:342:0046:0058:EN:PDF>.
- [7] 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
- [8] <http://www.michelinchallengebibendum.com/en/NEWS-AND-PUBLICATIONS/News-and-publications/South-Korea-Rolls-Out-Tire-Labeling-in-Sync-with-EU>
- [9] Y. Wong. Theory of ground vehicles. John Wiley & Sons, 2nd edition, 1993. ISBN 0-471-52496-4.
- [10] Christophe LAPRAIS, "Industry standards & government regulations," Michelin, Juin 2009.

(本文作者現任財團法人車輛研究測試中心環能研究課副工程師)