

重型車輛節能技術發展與應用推廣

◎廖慶復、林峻毅

一、前言

隨著國際間對於運輸部門能源效率與 CO₂ 排放減量的重視，提升重型車輛的燃油效率與降低排放量成爲當前的重要議題之一。在重型車輛新車管制部份，各國主要透過強制性能源效率法規管制，其中美國及日本均已完成油耗管理制度訂定，並公告實施時程[1]；另針對使用中車輛管制部份，各國主要以實施標竿型的自願性節能計畫爲主，例如美國環保署的 SmartWay 計畫[2]，便是透過政府主管機關與民間業者的合作，研究發展運輸部門降低溫室氣體的設備與相關技術，並建立公正的測試準則和可以信賴的節能技術，確保車隊可以透過節能技術的應用以減少燃料消耗量與溫室氣體排放量。

2010 年國內運輸部門所排放之 CO₂ 約 35.3 百萬公噸，佔全國 CO₂ 總排放量之 13.88%，其中重型柴油車輛耗能佔比則僅次於小客車，約佔公路運輸燃油消耗量的三成，詳如圖 1 所示[3]，若能提升其能源效率，將可節省可觀的用油量。本研究將蒐集及分析國際上重型車輛節能應用技術，挑選較適短期有效導入國內運輸車隊之節能先進技術，並搭載於目標車型進行實車測試驗證分析，以作爲車輛節能技術推廣的參考與政策輔導的依據。

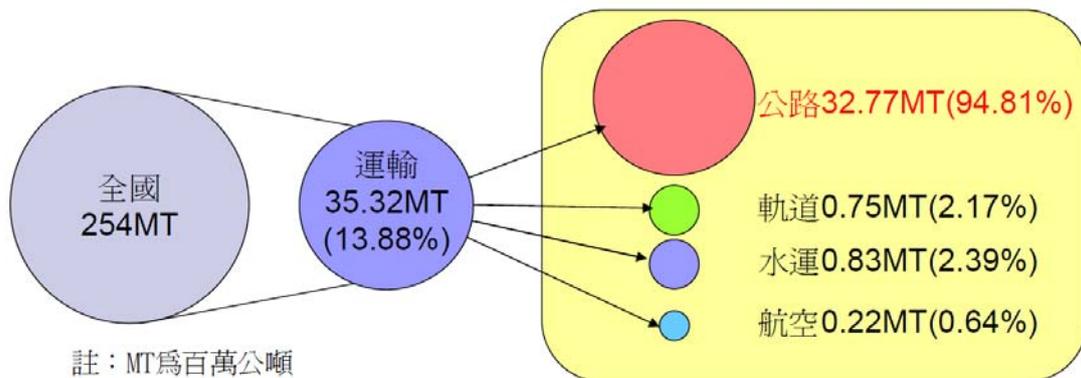


圖 1 2010 年國內運輸部門車輛 CO₂ 排放[3]

二、國外重型車輛節能技術發展

車輛的節能技術可分爲整車技術、動力系統及燃料技術等三大領域，與重型車輛相關之各項節能技術在 CO₂ 減量效果整理如表 1 所示，其中引擎效率、變速系統等需限於車輛製造廠於新車型設計階段即配置完成，故建議商用車隊所屬營運公司在選擇購置新車輛時，可優先考量搭載節能技術之車型。而其它節能技術應用方面，除有部份已納入新車設計提供配備選用外(例如高速長途車輛可選配空氣動力套件)，另可藉由車輛改裝技術來達到節能效果。

由於重型車輛屬商業用途，營用路線與行使型態差異大，在節能技術應用上也有不同的適用方案，例如市區運輸與城際運輸行駛特性即大不相同，故節能技術需針對不同使用條件的車輛選擇方可獲致較大的節能成效[4~7]，以下分別針對現階段重要節能技術之發展及應用說明如下：

表 1 各項節能技術之 CO₂ 減量效果彙整表[5]

技術項目		車種 (行駛特性)	市區運輸車輛	政府公務車輛	市區公車	城際運輸車輛	長途運輸車
			頻繁起步/煞停	低速+頻繁起步煞停	低速+頻繁起步煞停	涵蓋高速定速+市區起步煞停	高速定速+少部份市區行駛
整車技術	空氣動力-拖車/車體		1%	0%	0%	11%(貨車)	11%
	低滾動阻力輪胎		1%	1%	1%	3%	5%
	寬基輪胎(single wide)		4%	4%	4%	6%	5%
	自動胎壓調整		1%	—	1%	2%	3%
	輕量化		2.2%	4.7%	6.0%	2.2%	2.2%
動力系統	電子式複合增壓		1%	1%	1%	2.5%	3%
	廢熱回收		1.5%	1.5%	1.5%	2.5%	5%
	電動車		100%	100%	100%	100%	100%
	怠速熄火/起步輔助		6%	6%	4%	3%	1%
	Full Hybrid EV		20%	20%	30%	10%	7%
	飛輪式Flywheel Hybrid		15%	15%	20%	7.5%	5%
	液壓式Hybrid		10%	15%	15%	0%	0%
自動手排系統AMT		5%	5%	5%	1.5%	1.5%	
燃料技術	替代能源之車身動力源		0%	15%	0%	15%(貨車)	15%

- **空氣動力節能技術**：本項技術主要降低空氣阻力對車輛行駛造成的負面影響，故僅在高速行駛狀態方有節能效益，較適合城際運輸及長途運輸車輛等高速行駛車輛。目前國內大型商用車輛已普遍裝置車頂導流板之空氣動力節能設備，惟此部分約僅佔車輛高速行駛風阻的 30%，仍有其它空氣動力技術節能應用空間，例如側裙導流或車尾導流等，由於其成本較低且投資回收期短，國際間的實車應用上也較為普遍，是短期可行的節能技術應用項目。
- **低滾動阻力相關技術**：包含低滾動阻力輪胎、寬基輪胎及自動胎壓調整等技術，對於高速定速與高負載等行駛條件比率較高的城際運輸與長途運輸車輛有較高的節能效果。其中以低滾動阻力節能輪胎為已具量產化規模且國內已有產品供應，較適合國道長途運輸大客車及貨車使用。
- **替代能源之車身動力源系統**：減少主引擎在低轉速下的低效率運轉時間，由其它高效率的輔助發電系統或外部插電電力供應也具有明顯的節能幅度(約 15%)，其應用如貨車惰轉熄火之獨立空調、低溫運輸車之停車 Stand-by 插電式電動冷凍機組等，在國際上均已具有相關產品並有相關的推動政策或法規，在國內的應用上則須進一步搭配基礎供電設施

規格。

- **動力系統技術**：包含複合動力系統及自動手排系統 AMT 等技術，對於車輛行車型態中如市區頻繁起步煞停者，均有明顯的節能效果，其中以複合動力系統的節能效果最顯著，從 10%~30% 不等。由於複合動力系統的技術種類較多，主要以油電複合動力為主，惟因其成本較高而導致投資回收期較長；其次則為液壓複合動力車輛，國內外均有許多示範運行測試計畫進行中，其設備成本較油電複合系統低且耐久性佳，投資回收期較油電複合系統短，其它如飛輪複合動力等則僅有少部份廠商投入進行初期示範研究。

三、國內重型車輛節能技術應用與實測

本研究將參考國際評估可於短期導入車隊應用之空氣動力、節能輪胎與替代能源之車身動力節能技術，將各選擇一個示範車型及其搭配之節能設備系統，並依據其車輛使用特性條件進行相關的節能成效研究。

1. 空氣動力節能技術

依據交通部 99 年之汽車貨運調查結果，貨櫃車輛運輸里程非常高，其佔汽車貨運業車輛之總里程 30.8 %，因此在空氣動力技術節能應用部份，國內貨櫃貨運業車輛已普遍裝置車頂導風板(Cab roof fairing)以節省燃油，但參考國際發展趨勢，除車頂導風板外，亦可由聯結車頭的駕駛艙後方側延伸板(cab side extenders)、油箱導流罩等，以及拖車部份的導流側裙(side skirt fairing)及車尾導流等其它空氣動力技術來進一步提升燃油效率之技術。本研究針對國內 40 呎貨櫃拖車之側裙與前擾流空氣動力節能技術進行測試研究，詳如圖 2 所示。



圖 2 國內空力動力套件安裝式樣

為降低行駛環境變異及人員等因素對測試之影響，本實驗於車輛中心試車場進行空氣動力節能設備裝置前後的實車油耗測試驗證，經實驗後測量空載與負載時，在定速 60km/hr 與 90km/hr 半載條件下配置空氣動力套件皆產生效益，由圖 3 可得知安裝空氣動力套件後油耗改善效益最高可達 2.35%，且車速較高時效益愈明顯。安裝空氣動力套件後油耗每公升可增

加 0.06 公里，相當於每行駛 100 公里可節省 0.9 公升柴油消耗。

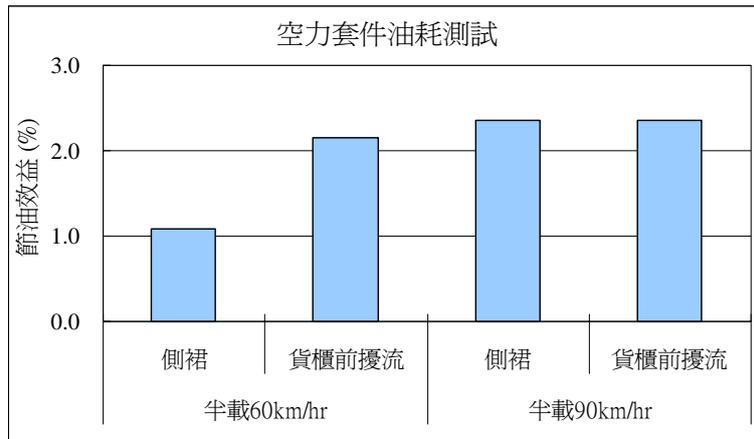


圖 3 空力套件油耗測試

2. 節能輪胎節能技術

根據國際能源署調查顯示，運輸車輛在行駛過程中，輪胎滾動阻力所需能耗約佔總能耗 20~30% [8]，因此各國輪胎廠已相繼推出低滾動阻力之節能輪胎，主要透過使用新的橡膠材料與結構設計來減少車輛行駛滾動阻力。現階段低滾動阻力輪胎也已被美國 EPA SmartWay 列為認可之技術之一，另於加州實施之聯結車輛溫室氣體法規計畫中則要求所有 2010 車型年以前之聯結車輛，均需使用美國 SmartWay 認可之低滾動阻力輪胎。

本研究將針對市售節能與一般型之大客車輪胎，以 ISO28580 輪胎測試標準進行滾動阻力測試，同時於車輛中心之試車跑道進行實車油耗測試比對，藉以評估節能輪胎之節能效益。由圖 4 測試結果顯示，二款輪胎滾動阻力係數介於 5.59~5.93N/kN 之間，都屬於歐盟等級 C 之輪胎，其中節能輪胎約可減少 5.7% 之滾動阻力係數；在實車油耗測試結果部分，由圖 4 可看出輪胎滾動阻力係數測試值與實車油耗有直接對等關係，當輪胎滾動阻力變小，可降低車輛油耗，其中在 50km/hr、80km/hr 定速條件下節油效益可達 2% 以上。

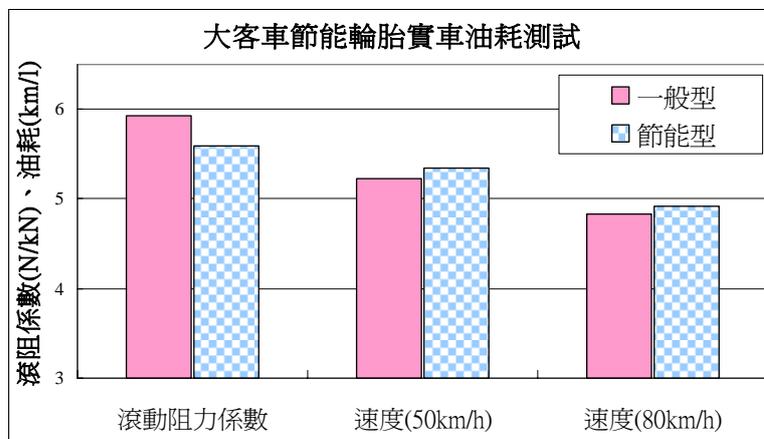


圖 4 大客車節能輪胎滾動阻力與實車油耗測試

3. 替代車身動力源節能技術

由於低溫運輸車車輛數在我國運輸領域的佔比越來越高，其驅動冷凍系統的動力來源也全部依靠車上的柴油引擎動力或是獨立引擎，但在國內外隨著轉法規的實施及對環境與能源的改善需求，許多車用冷凍空調大廠也逐漸發展新的節能技術，例如停車 Stand-by 插電式冷凍機組的技術運用為產品選配項目。在國內，低溫運輸車輛於物流中心上下貨物及預冷時，仍須由車上柴油引擎驅動壓縮機組，而在長時間引擎惰轉下除造成機件磨耗外，所排放之空氣污染亦會對週遭環境造成不良影響，且導致燃油的損失

本研究與國內低溫運輸車隊合作研究，在實車上搭載插電式冷凍設備進行油耗測試，由圖 5 實驗結果可看出，在物流中心端以引擎動力驅動之預冷模式，達工作溫度 4°C 所花的時間為 29 分鐘，消耗之燃油為 1.18 公升，以 31.4 元/公升進行估算預冷成本為 37 元；另以插電式冷凍系統取代引擎帶動壓縮機模式，預冷時間為 19 分鐘，消耗電功率約 1 度電，以 5 元/度進行估算預冷成本為 5 元，節省預冷成本約 86.4%。以每趟實際配送成本比較，使用插電式冷凍設備耗油量 11.5 公升及電費 1 度，運輸成本合計為 366.1 元；一般引擎模式為 12.7 公升，運輸成本合計為 398.7 元，運輸能源成本可改善 8.1%。

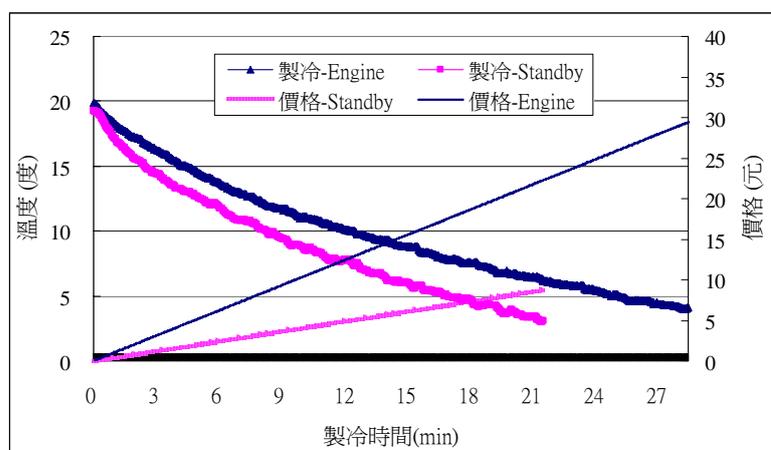


圖 5 插電式替代車身動力源實車運行測試

四、結論

重型車輛節能技術在國際間已有多項成熟技術可供應用，依據國外研究結果預估，各種商用車輛若能適當地搭配運用多項相關節能技術，則在提升能源效率上可發揮至少 10% 以上的節能潛力。本研究參考國際評估可於短期導入車隊應用之重型車輛節能技術，包含空氣動力技術、節能輪胎及替代車身動力源節能技術，依其車輛使用特性條件進行實車節能成效研究，綜合評估獲得以下結論：

1. 空氣動力技術目前已納入新車設計或列為配備選用，使用中車輛則可由加裝方式來達到節能效果。經測試在定速 80km/hr 條件下，安裝側裙及貨櫃前擾流之空氣動力套件可提升重型車輛燃油效率達 2.35%，且車速越高效益愈明顯，車隊可視營運型態自行選擇加裝。
2. 節能輪胎為目前國際間建議可直接選擇應用之節能技術。經本研究測試國內市售大客車節能輪胎約可減少 5.7% 之滾動阻力係數，在實車 50km/hr 及 80km/hr 定速條件下之節油效益可達 2% 以上，適合應用於國內長途運輸車隊使用。
3. 使用插電式替代車身動力源可避免車輛引擎於物流中心怠速運轉所造成之燃油消耗、環境污染及噪音。經國內運輸車隊實際營運測試結果，使用插電式冷凍可減少 9.4% 燃油消耗，相當於減少 8.1% 運輸能源成本，其隨著使用時間增加其節能效益將越為可觀。

五、致謝

本研究承蒙經濟部能源局贊助，計畫編號 102-E0414，始得完成，謹此致謝。

六、參考文獻

- [1] Heavy-duty Vehicle Fuel Efficiency Regulatory Developments Around the world, ICCT, July 3, 2012
- [2] US EPA website, "SmartWay," retrieved November 28, 2011, from the World Wide Web: <http://epa.gov/smartway/index.htm>
- [3] 黃新薰。2012。從運輸管理談節能減碳現況作法。重型車輛能源效率提升國際論壇。能源局舉辦。台北。
- [4] Reduction and Testing of Greenhouse Gas(GHG) Emission from Heavy Duty Vehicles-Lot1:Strategy, AEA, 2011
- [5] Review of Low Carbon Technologies for Heavy Goods Vehicles-Annex1, Ricardo, 2010
- [6] Technologies and Approaches to Reducing the Fuel Consumption of Medium-and Heavy-Duty Vehicles; National Research Council, Transportation Research Board, 2010
- [7] EU Transport GHG: Routes to 2050, Technical options for fossil fuel based road transport, AEA, 2010.
- [8] Commission of the European Communities (2008b, May). Commission staff working document accompanying the proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council concerning type-approval requirements for the general safety of motor vehicles: Impact assessment. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SEC:2008:1908:FIN:EN:PDF>.

(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)