



國內重型車輛 節能技術應用發展

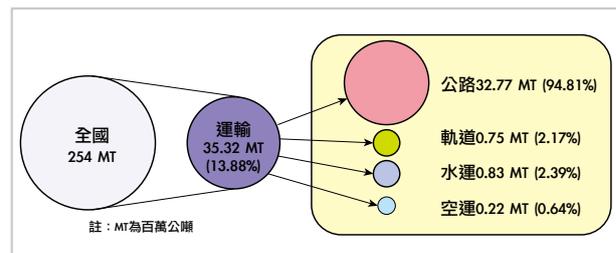
車輛研究測試中心 廖慶復

一、前言

隨著國際間對於能源效率與CO₂排放日趨重視，尤其是針對交通運輸工具的燃油效率與降低排放量更是當前的重點議題。目前各國大多透過強制性能源效率法規來管制重型車輛(新車)，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]；而針對於使用中車輛管制，則主要以實施標準型的自願性節能計畫為主，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來減少燃料消耗量與溫室氣體排放量。

以國內交通運輸為例，2010年所排放之CO₂估計約為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，如圖1所示^[3]，因此，若能提升其能源效率，將可節省可觀的用量。車輛中心蒐集國際上現行之各項重型車輛節能應用技術，經過分析評估，從中挑選較適合短期有效導入國內運輸車隊之節能先進技術，同時也

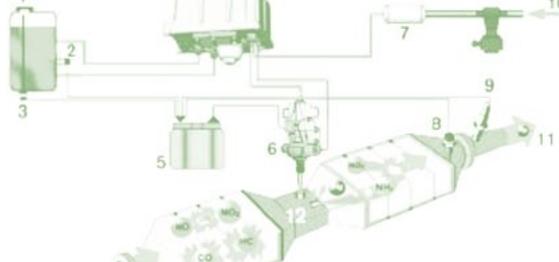
搭載於目標車型進行實車測試驗證，以作為車輛節能技術推廣的參考與政策輔導的依據，本文亦將就此議題之相關內容作深度介紹。



▲ 圖1、2010年國內運輸部門車輛CO₂排放

二、國外重型車輛節能技術發展

車輛的節能技術可分為整車、動力系統及燃料技術等三大領域，其中若涉及引擎效率、變速系統等需於新車型設計階段在車輛製造廠即配置完成，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，營運路線與行駛型態差異大，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



專 題 報 導

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]，各項技術應用於重型車輛之後的CO₂減量效果，大致整理如表1所示。

▼ 表1、各項節能技術之CO₂減量效果彙整表^[5]

車種 (行駛特性)		市區公車	城際運輸車輛	長途運輸車
		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	0%	11%(貨車)	11%
	低滾動阻力輪胎	1%	3%	5%
	single wide 輪胎	4%	6%	5%
	自動胎壓調整	1%	2%	3%
	輕量化	6.0%	2.2%	2.2%
動力系統	電子式複合增壓	1%	2.5%	3%
	廢熱回收	1.5%	2.5%	5%
	電動車	100%	100%	100%
	怠速熄火 / 起步輔助	4%	3%	1%
	Full Hybrid EV	30%	10%	7%
	液壓式 Hybrid	15%	0%	0%
燃料技術	替代能源之車身動力源	0%	15%(貨車)	15%

以下即為現階段世界各國針對重型車輛所發展出的重要節能技術及應用方式：

1. **空氣動力節能技術**：本項技術主要在於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，較適合城際及長途運輸等高速行駛車輛。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，約佔車輛高速行駛風阻的30%，如圖2所示^[8]；同時還有其他相關空氣動力技術節能應用的空間，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，已普遍應用於各國實車上，是短期可行的節能技術應用項目。



▲ 圖2、重型車輛空氣動力技術^[8]

2. **低滾動阻力相關技術**：包含低滾動阻力輪胎、寬基輪胎(如圖3)及自動胎壓調整等，特別適用於高速定速與高負載等行駛條件的城際與長途運輸車輛，能展現有較高的節能效果。其中低滾動阻力節能輪胎目前為已具量產化規模，且國內亦有產品供應，可方便國道長途運輸大客車及貨車使用。



▲ 圖3、低滾動阻力輪胎(右)及寬基輪胎(左)^[9]

3. **替代能源之車身動力系統**：減少主引擎在低轉速下的低效率運轉時間，改由其他高效率的輔助發電系統或外部插電電力供應，也可達成約15%的節能幅度，最常見的應用方式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，目前在國際上已有相關產品發展，並搭配政策或法規推動。

4. **動力系統技術**：包括複合動力系統及自動手排系統AMT等技術，主要應用於行車型態常處



於市區、頻繁起步煞停者，具有極佳的節能效果，其中尤以複合動力系統的節能效果最顯著，可達10~30%不等。複合動力系統的技術種類較多，主要以油電複合動力為主，惟其成本較高而導致投資回收期較長；其次常見的則為液壓複合動力車輛，由於其設備成本較油電複合系統為低、投資回收較快，且耐久性佳，所以，目前國內外均大力推動許多示範運行測試方案；再者，如飛輪複合動力等則僅有少部份廠商投入初期示範研究。

5. 駕駛行為改善：係指「節能駕駛(Eco-driving)」，藉由對駕駛者的訓練及提高環保駕駛意識，換言之，透過駕駛人可控制的參數包含車速、變速箱檔位、加速行為、煞車動作、怠速時間、胎壓等來降低車輛燃油消耗。依據英國SAFED計畫研究，經過駕駛訓練過後節能效益可從1.9~17%不等，平均節能超過10%，對於油耗影響不可謂不大，因此近年來國際間十分致力推廣節能駕駛行為。

三、國內重型車輛節能技術應用與實測

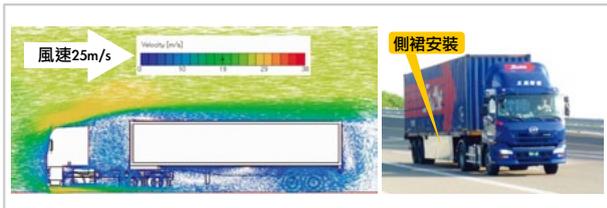
車輛中心參考國際各項節能技術發展後，評估可於短期導入車隊應用之空氣動力、節能輪胎與替代能源之車身動力節能技術，並各選擇一個示範車型及搭配節能設備系統，依據其車輛使用特性條件進行相關的節能成效研究，其實車測試之結果概述如下：

(一) 空氣動力節能技術

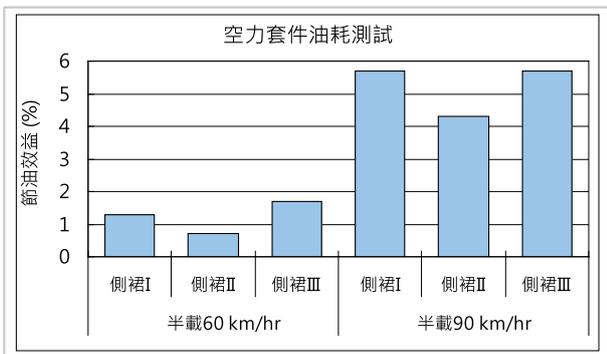
重型車輛體積大相對迎風面積也大，因克服風阻所損失之能量自然就越高，且由於車身結構因素而存在許多空間間隙，使得車輛高速行駛時易形成空氣流動紊流區，此也是產生空氣阻力之來源之一。以重型貨車所承受之風阻分佈來看，約有25~35%的風阻值來自於拖車頭，國內貨櫃貨運業車輛已普遍裝置車頂導風板(Cab roof fairing)空氣動力技術以降低風阻；另在拖車尾車部份是最大的風阻來源，約佔65~75%風阻值，參考國際發展趨勢，亦可由聯結車頭的駕駛艙後方側延伸板(cab side extenders)、油箱導流罩等，以及拖車部份的導流側裙(side skirt fairing)及車尾導流等其它空氣動力技術來進一步提升燃油效率之技術。

由於國內貨櫃尾車規格尺寸與國外不一，無法直接安裝使用國外側裙套件。因此車輛中心特別參考國外之產品及文獻，針對國內40呎貨櫃拖車之側裙空氣動力節能技術進行測試研究，詳如圖4所示。為能求得側裙較佳的效益，研究以CFD模擬軟體進行車輛外流場分析，分別模擬車輛加裝各種不同型式側裙之風阻係數，並根據模擬結果選取三組側裙(側裙I、II、III)，實際安裝於貨櫃車進行實車燃油經濟性測試。其中為降低行駛環境變異及人員等因素對油耗測試之影響，實驗設定於車輛中心封閉跑道、定速60 km/h與90 km/h半載條件下進行油耗測試驗證。由圖5測試結果可看出，側裙I、II、III在60 km/hr條件下效益較不明顯，油耗改善約0.7~1.7%；當車輛車速提高至90 km/h，可看出側裙I、II、III可有效減少拖車所形成的空氣流動阻力，

油耗改善約4.3~5.7%，具有明顯的節能效益，換算每公升可增加0.17公里，相當於每行駛100公里可節省1.8公升柴油消耗。



▲ 圖4、CFD外流場分析及側裙實車安裝測試



▲ 圖5、空力套件油耗測試結果

(二) 節能輪胎節能技術

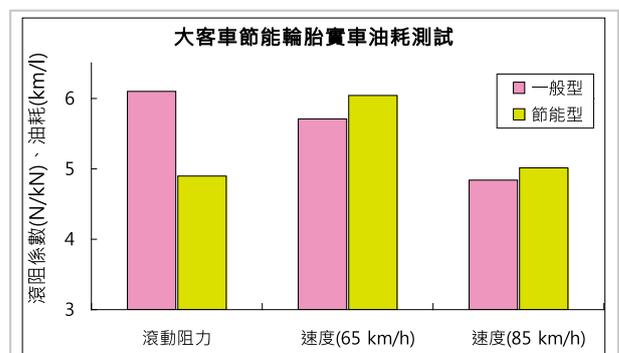
根據國際能源署調查顯示，運輸車輛在行駛過程中，輪胎滾動阻力所需能耗約佔總能耗20~30%^[10]，因此各輪胎廠相繼推出低滾動阻力之節能輪胎，主要透過使用新的橡膠材料與結構設計來減少車輛行駛滾動阻力。現階段低滾動阻力輪胎也已被美國EPA SmartWay列為認可之技術之一，另於加州所實施之聯結車輛溫室氣體法規計畫中則要求所有車型之聯結車輛，均需使用美國SmartWay認可之低滾動阻力輪胎。

本研究以國內市售節能與一般型之大客車輪胎，分別以ECE R117輪胎滾動阻力測試規範進行測

試，同時於車輛中心封閉跑道進行實車油耗測試比對，以評估節能輪胎之節能效益，詳如圖6所示。輪胎實車油耗測試前，首先參考CNS D3017汽車滑行駛試驗法規先於封閉跑道進行實車道路200 km之磨合程序，環境條件風速設定在3 m/s以下，且於正式測試前輪胎會以車速80 km/h條件下行駛30分鐘進行暖胎動作，暖胎完畢後立即進行測試輪胎胎壓調整。由圖7測試結果顯示，一般型輪胎滾動阻力係數為6.1 N/kN，屬於歐盟等級D之輪胎，節能型輪胎滾動阻力係數為4.9 N/kN，屬於歐盟等級B之輪胎，約可減少20%之滾動阻力；在油耗測試結果部分，則看出輪胎滾動阻力係數測試值與實車油耗成正比關係，當滾動阻力係數越小，節油效益越大，其中在65 km/hr定速負載2噸條件下，節油效益可達5.6%、85 km/hr節油效益可達3.7%。



▲ 圖6、輪胎滾動阻力與實車油耗測試



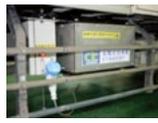
▲ 圖7、大客車節能輪胎滾動阻力與實車油耗測試結果

(三) 替代車身動力源節能技術

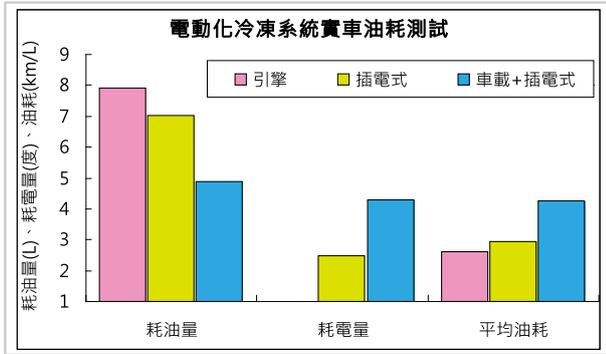
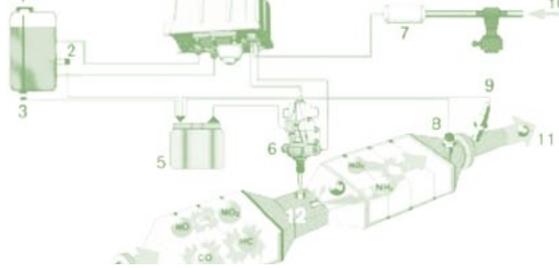
因應現代社會之生活方式，低溫運輸車輛之數目在國內運輸領域所佔比例越來越高，每年所生產的低溫運輸車輛超過2,500台，而其驅動冷凍系統的動力來源則全部依靠車上的柴油引擎動力或是獨立引擎。特別是當車輛於物流中心上下貨物預冷及門市配送時，引擎在長時間惰轉下，除造成機件磨耗，以及排放之廢氣亦會對週遭環境造成不良影響之外，也導致燃油的損失。為因應國內外惰轉法規的實施及對環境與能源的改善需求，許多車用冷凍空調大廠也逐漸發展出新的節能技術，例如停車Stand-by插電式冷凍機組技術，其利用電動馬達驅動壓縮機來有效避免使用引擎驅動壓縮機所消耗之燃油。

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電動化冷凍系統及車載儲能式系統設備進行實車營運路線油耗測試。插電式電動化冷凍系統，主要提供低溫運輸車輛在物流中心上下貨物的冷房需求，可避免車輛在非行駛階段引擎惰轉運轉；另車載儲能系統可克服門市配送之電力供應問題，使低溫運輸車輛在配送點卸貨時，無須發動引擎而仍保有冷凍櫃之冷房需求，詳如表2所示。另為了讓電動化冷凍系統有良好的控制與操作方式，利用可程式邏輯控制器(Programmable Logic Controller, PLC)來進行冷凍機組動力來源的邏輯控制管理，可分為模式1.引擎驅動模式、2.插電式電動化及車載系統充電模式、3.車載儲能型電動化模式，並增設能量管理系統來進行電池的管理與保護，及透過顯示器來提供使用者各項用電資訊。

▼ 表2、替代車身動力源技術

模式	車輛運送	物流中心疊貨	門市配送
動力來源	引擎動力冷凍系統 	插電式電動化冷凍系統 	車載儲能系統 
系統規格	<ol style="list-style-type: none"> 車輛型式： HI10A 7961 c.c. 冷凍機組： DENSO SS42In 壓縮機： 10PA20 	<ol style="list-style-type: none"> 壓縮機馬達： 3 相 220 VAC/3.7 kW 冷凍機組： 與原車冷凍機組並接，冷凍能力與原車相同。 	<ol style="list-style-type: none"> 電池模組： 12 VDC / 4 kWh，具電能管理及 SOC 量測模組。 利用 PLC 與電動化冷凍系統進行整合控制。
備註	<ul style="list-style-type: none"> 惰轉油耗 1.8~2.0 L/hr 噪音 75~78 db 	<ul style="list-style-type: none"> 使用電動化冷凍系統製冷，並提供電力給車載儲能系統。 	<ul style="list-style-type: none"> 提供電力供電動化冷凍系統製冷運轉 60~75 分。

由圖8實驗結果可看出，低溫運輸車輛在物流中心疊貨停留時間約30分鐘，其怠速運轉時間為運送過程中最長的怠速時段，採取插電式冷凍系統模式，柴油節油量為0.92公升，所消耗電功率約1.8度電；另當低溫運輸車輛進行7個門市的配送路線，每站停留時間約10分鐘，7站共計70分鐘，採取車載儲能式電動化冷凍系統模式，柴油節油量為2.15公升，所消耗電功率約2.5度電。以每度電5元、每公升柴油32.5元進行三種模式之配送成本及油耗比較，一般引擎模式柴油消耗量為7.9公升，運輸成本合計為258元；使用插電式電動化系統可改善燃油消耗11.5%，運輸能源成本可降低6.9%；使用車載儲能式電動化系統可改善燃油消耗38.6%，運輸能源成本可降低27.7%，隨著使用時間增加，節能效益將更為可觀。



▲ 圖8、替代車身動力源實車運行測試

四、結論

車輛中心在參考及分析國際各項節能技術後，選出最適合、且可於短期導入重型車輛車隊應用之節能技術，包含空氣動力技術、節能輪胎及替代車身動力源節能技術，並依各車輛使用特性條件進行實車節能成效研究，綜合獲得以下結論：

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90 km/h條件下，三款不同型式側裙之空氣動力套件可提升重型車輛燃油效率達4.6~5.7%，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歐盟B級之大客車節能輪胎約可減少20%之滾動阻力係數，在實車65 km/h及85 km/h定速條件下之節油效益為3.7~5.6%，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及門市配送時，引擎惰速運轉所造成

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，使用車載電動化冷凍系統可減少38.6%燃油消耗，相當於減少27.7%運輸能源成本，隨著使用時間增加其節能效益將越為可觀。

重型車輛節能技術在國際間已有多項成熟技術可供應用，同時國內外的研究結果亦均顯示，各種商用車輛若能適當地搭配多項節能技術，在提升能源效率上可發揮至少10%的節能潛力。因此，有愈來愈多的客貨運業者開始重視節能議題，願意主動投入相關產品設備，並鼓勵駕駛員工參與訓練課程，希望多管其下以降低油耗、提高整體效益。如同各界經常呼籲民眾「隨手關燈」以節省用電能源一樣，其實車輛節能技術也能達到利人利己的效果，在節省能源油耗之餘，更為地球大幅降低二氧化碳的排放，不僅是企業，也是每一個用車人都應該多關注、並且身體力行。

五、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。



NEWS

AUTOMOTIVE RESEARCH & TESTING

<http://www.artc.org.tw>

[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] http://www.handyshippingguide.com/shipping-news/european-truck-testbed-produces-massive-fuel-savings-for-operators_855

[9] <http://www.truckinginfo.com/channel/equipment/article/story/2013/05/what-you-need-to-know-about-wide-base-singles-offset-axles.aspx>

[10] 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>.

