



提升重型車輛 能源效率面面觀

車輛研究測試中心 石育岑、林峻毅

一、前言

為因應全球氣候變遷議題，減少溫室氣體排放，國際間許多國家積極推動設置再生能源與提高能源使用效率等綠色新政。台灣在2009年第3次「全國能源會議」召開之後，行政院經建會將「永續能源政策綱領」之政策內容結合「全國能源會議」具體結論，彙整而成「永續能源政策行動方案」，並在同年11月規劃我國「國家節能減碳總計畫」，訂定兩項國家總目標：

(一) 節能目標：未來8年每年提高能源效率2%以上，使能源密集度於2015年較2005年下降20%以上；並藉由技術突破及配套措施，2025年下降50%以上。

(二) 減碳目標：全國二氧化碳排放減量，於2020年回到2005年排放量，於2025年回到2000年排放量。

由於車輛運輸的能源效率有較大的改善空間，因此近年來各國陸續推出新的管制策略與實施方法，以有效改善運輸部門的能源消耗與溫室氣體排放。本文分別就國內外現行車輛能源效率的管制方法，並針對重型車輛提升能源效率的管制趨勢，以及現今大型車輛的熱門節能技術等概況進行介紹。

二、國際輕型車輛能源效率管制現況

國際間對於輕型車輛的能源效率管制已行之有年，如下頁表1所示，由表中可知，其主要管制對象為3.5噸以下的客車、輕型商用車。美國為世界首創車輛耗能管理制度的國家，管制方式是以車輛的平均燃油經濟性(CAFE)來管制車輛的燃油效率，自1978年起，每年皆會公佈平均燃油經濟性標準，單位為每加侖燃油可行駛的英哩數(miles per gallon, MPG)，車輛製造廠中所有的車型之加權平均油耗需達規定的燃油效率標準。

日本亦管制車輛的燃油經濟性，要求車輛製造廠各車重等級之整廠加權燃油效率平均值必須滿足對應的法定標準值，對於未能達成法規要求的製造廠，採行勸告、名單公告、罰款等措施處罰，而達到油耗標準的汽車則相對提供政策優惠。為刺激製造廠持續開發新技術以提升車輛的燃油效率，日本採用以參考燃油效率標準等級中表現最佳的車型，並以此設定新的規範值(Top Runner)，再要求同等級新車應在目標年限內達到此新規範值的方式來加嚴燃油效率標準。

歐盟地區則藉由二氧化碳排放量來作為管制車



輛能源效率的方式，1998-1999年間，由歐盟委員會(European Commission)與三大車輛製造協會採取自願性協議導入二氧化碳排放管制。歐洲的自願性協議計畫主要是管制M₁類小客車新車，現已轉為強制性規範，採階段性導入，並分別訂定2015年與2020年的二氧化碳管制目標；去年(2011年)5月並正式通過N₁類輕型商用車的二氧化碳管制標準，管制方式與小客車相近。

國內亦自1988年開始實施車輛耗能管制措施，對於車輛的燃油效率係以新車整車油耗來管制，目前主要管制對象為總重量2.5噸以下的輕型車輛，包括輕型貨車、小客車以及機車等。其中小客車已進入第五期管制標準，商用車第二期耗能標準，機車

則為第四期，除加嚴耗能標準之外，並自2010年起實施強制性車輛能源效率標示分級制度。

三、國際重型車輛能源效率管制趨勢

相較於小型車輛，重型車輛由於其複雜的使用特性與商業用途，在對應燃油消耗與降低二氧化碳排放的標準訂定上不免會更加困難。針對重型車輛能源效率管制的趨勢，目前歐、美、日及中國大陸之發展現況如表2所示，並分別說明如下：

(一) 歐盟地區

由於歐洲重型車輛的二氧化碳排放量約佔總運輸部門的26%，為第二大排放源，僅次於小客車(佔運輸部門60%)。因此歐盟委員會在2010年的清潔

▼ 表1、主要先進國家車輛能源效率法規管制概況 (輕型車輛)

國家	管制方式	適用車種	備註
歐盟	二氧化碳	M ₁ 類小客車 N ₁ 類輕型商用車	車輛製造協會簽署自願性協議，自2009年起已發展為強制性計畫。
美國	燃油效率	8,500磅以下客車、輕型貨車	· 張貼燃油效率標籤 · 公布油耗指南 · 徵收汽油過耗稅 · 平均油耗標準(CAFE)
日本	燃油效率	小客車、輕型商用車	採用 Top Runner Approach 方式加嚴標準，以前一期最省油車為下一期管制標準訂定的依據。
中國大陸	燃油效率	2.5噸以下小客車與AT車	2005年實施油耗管制，2008年加嚴標準。
台灣	燃油效率	小客車、小貨車及機車	新車整車油耗管制(總重在2,500kg以下的車輛)

▼ 表2、主要先進國家車輛能源效率法規管制趨勢 (重型車輛)

國家	管制方式	適用車種	備註
歐盟	二氧化碳	3.5噸以上重型車輛	尚未管制，處於節能技術評估階段。
美國	燃油效率	8,500磅以上中、重型車輛	2011年9月公佈聯結卡車、重型貨車及特定用途之客貨車管制規範，自2014年起逐步實施。
日本	燃油效率	3.5噸以上重型車輛	· 採用 Top Runner Approach 方式加嚴標準 · 3.5噸以上重型車輛自2015年開始實施
中國大陸	燃油效率	3.5噸以上重型車輛	草案意見徵詢階段，預計最快於2015年實施貨車、大客車及聯結車的管制。



專 題 報 導

能源車輛策略(Stratgy on Clean and Energy Efficient Vehicles)中，將重型車輛二氧化碳排放的因應策略列入。目前為止，歐盟尚未有針對重型車輛的能源效率進行管制規範，主要著重在提升重型車輛能源效率的研發技術評估。根據歐盟委員會初步就重型車輛的減碳因應策略所進行的研究中，並調查歐盟各國境內實施提升重型車輛能源效率的計畫與措施¹¹。綜整後分析指出，具有推動潛力且可有效降低重型車輛二氧化碳排放的策略工具有11項，如表3所列，其中除了道路使用權 (cabotages)，其他項目皆建議列為近程可實施的策略。

▼ 表3、歐盟地區降低重型車輛二氧化碳排放的策略工具

項次	策略工具	說明
1	排放交易平台 (Emissions trading scheme)	可為獨立的交易平台，或是加入歐盟排放權交易制度 (EU ETS)。
2	車輛本身及其零組件的管制規範	有效降低 CO ₂ 排放的強制性管制除了會影響運輸車輛的成本效益，也需要如同污染排放管制般，建立重型引擎的標準測試程序來量測 CO ₂ 排放量。
3	能源效率 / 二氧化碳排放標示 (Labelling)	由於重型車輛會因不同用途的需求而有許多種類的車體配備，因此效率標示無法像小客車一般可以整單的效率標示來實施。但對於一些重型車輛的零組件，如引擎或是輪胎，則會較容易施行效率標示來顯示其對於車輛的燃油效率或 CO ₂ 排放的影響。
4	節能宣導計畫	依據過去的實施成果顯示，實施此項計畫具有明顯達到降低 CO ₂ 排放的潛力，宣導計畫包含車輛的特性與保養資訊，以及物流管理等。
5	降低重型車輛的行駛速度	以美國的長途貨車而言，車速每降低 1 mph，約可減少 1% 的燃油消耗，因此建議速限降為 60mph (96 km/h) 時可減少 5% 的燃油消耗或是 CO ₂ 排放。
6	改變車重與貨運規範	部分研究顯示較長、較重 (增加貨物載運量、減少載運旅次) 或為改變空力特性而延伸長度的車輛，皆具有降低 CO ₂ 排放 3%~15% 以上的潛力。
7	道路使用權 (cabotages)	目前評估此項不應列為近程的策略工具
8	駕駛教育訓練	歐盟法規要求專業駕駛員須通過訓練並持有專業能力證照，此證照也包含節能駕駛的訓練。依據英國的推動經驗指出，節能駕駛訓練具有降低 10% 以上 CO ₂ 排放的潛力，若列為車隊管理的一環，也有 5% 以上的燃油改善效益。

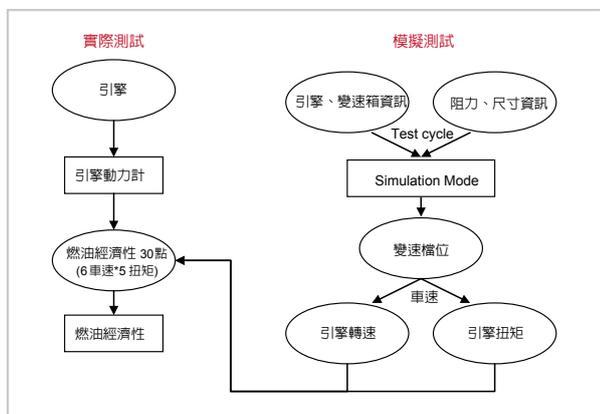
9	燃料稅	歐盟指令在能源產品的稅務中已將燃料稅列入，採用增加燃料稅的方式有其可行性。
10	道路使用者付費	歐洲地區對於道路使用者收費已有法規規範，歐盟的研究也指出，貨車的計程收費約可降低 CO ₂ 排放約 0.2%~3.5% 之間。
11	車輛購置稅 (purchase taxes) 的差異化或提供誘因 (incentives)	這是指藉由購置稅的差異化與提供誘因而改變車輛的售價，例如對於低排放車輛或零組件提供購買誘因，但對於重型車輛則尚未有相關的評估結果。

(二) 日本

日本在2006年訂定3.5噸以上重型柴油車輛的燃油效率標準，預定2015年開始實施，將重型客車類、貨車類的燃油效率標準作一摘要說明，如表4。值得注意的是，3.5噸以上的重型車輛燃油效率單位皆以km/l表示，油耗測試方法採用JE05市區行車型態(Urban JE05 test)以及城際行車型態(interurban transient tes)進行測試，其中JE05是以東京地區的行駛條件所建立的市區車速變化，為整車測試型態。城際行車型態是模擬往返東京地區高速公路及其坡度變化，整個行車型態需時3,100秒，車速維持在80 km/hr。日本重型車輛(3.5噸以上)的油耗測試流程如圖1所示，是以實際引擎參數為基礎設定，模擬引擎輸出扭矩、引擎轉速與相對應的燃油消耗量(L/s)，作為引擎於動力計上實際執行測試時的運轉條件。

▼ 表4、日本重型客車類、貨車類之燃油效率規範摘要

車輛種類	燃油種類	實施年度	測試型態	說明
公車 (11 人以上, GVW3.5 噸以上)	柴油	2015 以後	urban JE05 + interurban transient test	依車重等級區分燃油效率標準，市區巴士共分成 5 級，其他巴士分成 7 級。
卡車 (GVW3.5 噸以上)	柴油	2015 以後	urban JE05 + interurban transient test	依車重等級、最大載重量區分燃油效率標準，共分成 11 級。
連結車 (GVW3.5 噸以上)	柴油	2015 以後	urban JE05 + interurban transient test	· GVW ≤ 20 ton : 3.09 km/l · GVW > 20 ton : 2.01 km/l



▲ 圖1、日本重型車輛油耗測試流程^[2]

依據日本目前公佈的車輛燃油效率管制標準，預估至2015年各型車輛燃油效率相較於基準年可改善的比例則如表5所示。

▼ 表5、日本各型車輛的燃油效率管制目標與改善比例^[3]

車種別	目標年限 (西元年)	目標規範值 (km/L)	基準年 (西元年)	基準年實際水準 (km/L)	相較於基準年之改善率
小客車 (包含汽油車與柴油車)	2015	16.8	2004	13.6	23.5%
巴士 (<10人)	2015	8.9	2004	8.3	7.2%
商用車 (<3.5ton)	2015	15.2	2004	13.5	12.6%
商用車 (>3.5ton)	2015	7.09	2002	6.32	12.2%
巴士 (>11人)	2015	6.30	2002	5.62	12.1%

(三) 美國

美國環境保護局(EPA)與交通運輸部(DOT)於2010年10月公布8,500磅以上(約3.85噸)重型車輛溫室氣體排放與提升燃油效率的管制草案，EPA主要負責溫室氣體排放管制，而隸屬於DOT的國道交通安全管理局(NHTSA)則負責燃油效率管制^[4]。2011

年9月則正式公布重型車輛油耗與溫室氣體管制規範^[5]，其訂定溫室氣體排放減量與燃油效率提升的目標與期程，主要分為三類型車輛：

1. 重型貨車(heavy-duty pickup trucks and vans)：分別制定汽油貨車與柴油貨車標準，自2014年起至2018年，汽油貨車需減少10%、柴油貨車需減少15%的二氧化碳排放與燃油消耗(相較於一般水準)；若有聲明空調洩漏，對於溫室氣體減量則汽、柴油貨車需分別達12%與17%。
2. 聯結卡車(combination tractors)：自2014年開始，至2017年需減少7~20%(相較於2010年)的二氧化碳排放與燃油消耗。
3. 特殊用途之客貨車(vocational vehicles)：提出引擎與車輛的標準，自2014年起，至2017年需達到減少10%(相較於2010年)的二氧化碳排放與燃油消耗的目標。

美國重型車輛的油耗測試程序亦與污染測試程序相同，其中連結卡車引擎以穩態的SET測試程序(Supplemental Emission Test, SET)進行測試，特殊用途之客貨車引擎則採用暫態的FTP Transient Cycle在引擎動力計上進行測試，無論是使用SET或是Transient Cycle進行測試，皆須符合同一標準。在能耗管制方面，則並非以整車直接在底盤動力計上進行測試，而是藉由美國EPA所開發的車輛模擬軟體Greenhouse gas Emission Model (GEM)來作為評估大型車輛整車油耗的替代方式。使用車輛特性的量測數據來作為GEM的輸入參數，如空氣動力特性、車體輕量化、輪胎滾動阻力、減少惰轉狀態的



專 題 報 導

應用技術、車速限制器，或是其他的參數等。

(四) 中國大陸

近年來，中國大陸經濟持續快速發展，汽車產銷量也不斷增長，而3.5噸以上的重型商用車輛在2010年汽車銷售量中約占10%。為進一步加強中國重型商用車的節能管理，工信部在2008年開始進行“重型商用車輛燃料消耗量測量方法”國家標準的制定專案^[6]。2011年10月全國汽車標準化技術委員會完成重型商用車燃料消耗量管制標準徵求意見稿，未來重型車輛管制標準將適用於總車重大於3,500 kg的汽油和柴油商用車輛，包括貨車(不含自卸汽車)、客車(不含城市客車)及半掛牽引車等。

四、大型車輛節能技術發展

車輛的節能技術可分為整車技術、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項目列如表6所示。由於重型車輛類型多，使用條件差異大，在節能技術上也有不同的適用方案，例如市區內運輸與長途高速運輸即有很大的差異，同一個有效的節能技術對應不同使用條件的車輛則會有很大的節能效果差異^[7-10]，以下再分別針對現階段重要節能技術之發展及應用說明如下：

▼ 表6 重型車輛節能技術種類與效益

類別	技術項目	節能效益	範例 / 說明
整車技術	1. 空氣動力	2~7%	拖車頭：車頂導風板、駕駛室後端整流 拖車：拖車前端整流、車尾導流、拖車側裙
	2. 滾動阻力	2~11%	低滾動阻力輪胎、寬基輪胎 (Single Wide-based Tyres)、自動胎壓調整
	3. 駕駛行為	1.9~17%	環保駕駛 (Eco-driving)、預測巡航控制 (Predictive Cruise Control)

整車技術	4. 輕量化	0.3~4%	引擎、傳動、輪圈及輪胎、懸吊、拖車貨櫃等輕量化
	5. 替代能源之車身動力源	10~20%	全電動化冷凍貨櫃、垃圾車電動化舉升與壓縮系統
動力系統	6. 引擎效率	-4%~8%	後處理器、燃燒系統、減少引擎附屬系統損失
	7. 廢熱回收	1.5~10%	機械式複合增壓 (Mechanical turbocompound)、電子式複合增壓、熱電式系統 (Thermoelectrics)
	8. 替代動力系統	0~40%	燃料電池車、純電動車、複合動力車 (可分為 HEV、Hydraulic Hybrid Vehicle 及 Flywheel Hybrid Vehicle 等)
燃料技術	9. 變速系統	7~10%	自動手排變速系統 (Automated Manual Transmission)
	10. 生質燃料	--	Biodiesel、BTL (Biomass to Liquid)、HVO (氫化植物油)
	11. 替代能源燃料	--	CNG (壓縮天然氣)、Biogas (沼氣)、氫燃料 (用於火花點火內燃機引擎) 等

(一) 空氣動力技術：

通常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，惟該部分僅佔車輛高速行駛風阻的30%左右，尚有許多空氣動力技術應用空間，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，國際上的導入應用也越來越普遍，是短期可行的節能技術應用項目。

(二) 滾動阻力技術：

適用於高速定速與高負載等行駛條件比率較高的城際運輸車輛，較能有效發揮其節能效果，其中以低滾動阻力輪胎為已具量產化規模且國內已有產品之項目，適合國道長途運輸大客車及貨車使用。

(三) 替代能源技術：

以替代能源為車身動力源系統之目的，在於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(如APU)或外部插電電力供應，也具有明顯的節能幅度。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進行基礎供電設施規格等適用性評估。

(四) 動力系統技術：

包含複合動力系統、自動手排系統AMT及輕量化等技術，對於車輛行車型態中包含有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，且有小規模量產化產品，惟其缺點為成本較高而導致投資回收期較長。其次為液壓複合動力車輛，其設備成本較油電複合系統低且耐久性佳，相對投資回收期較快，為許多示範運行測試計畫所採用。其它如飛輪複合動力，目前僅有少部份廠商投入進行初期示範研究。

其他如引擎效率提昇(降低摩擦損失及附屬系統損失)及廢熱回收等技術，由於需於新引擎設計製造時即導入，部分技術尚在開發研究與驗證階段。故建議商用車隊在選擇購置新車輛時，可優先考量已搭載節能技術之車型。

五、結論

台灣大型車輛約佔機動車輛總數的1.1%，雖然佔比不大，但由於主要為商業用途，行駛里程長，車齡也偏高，其能源消耗與污染排放相當可觀；雖

然國內尚未將重型車輛的燃油效率納入管制，但部分民間廠商已自行在公司內部實施節能措施，例如客貨運業者自行以車隊形式實施大型車輛的節能措施以提升能源效率。

綜觀國內外對於重型車輛能源效率的管制方式，美國、日本與大陸皆已公佈未來的管制方式，歐盟各國則尚在研提相關的管制策略。而國內重型車輛的引擎與底盤皆分別由國外引進，在國內打造成車，因此引擎技術多半主要掌握在國外母廠。但由前述節能技術選項可知，大型車輛的節能技術在動力系統之外，整車技術的節能效益改善空間也很大，近期國內除了可藉由推動車隊實施自願性節能措施的方式提升能源效率之外，短期可導入的節能技術亦不失為另一選擇。

六、參考文獻

- [1] AEA Technology plc, (2011), "Reduction and Testing of Greenhouse Gas (GHG) Emissions from Heavy Duty Vehicles – Lot 1: Strategy," Final Report to the European Commission – DG Climate Action, February 22, 2011.
- [2] ECCJ website, "Developing the World's Best Energy-Efficient Appliances," retrieved May 25, 2011, from the World Wide Web: http://www.asiaeec-col.eccj.or.jp/top_runner/index.html
- [3] Ministry of Economy, Trade and Industry (METI), (2010), "TOP RUNNER PROGRAM," brochure data, March 2010 revised edition.



專 題 報 導

[4] DieselNet website, (2010), “United States propose fuel economy standards for medium- and heavy-duty trucks,” news released on October 27.

[5] US EPA and NHTSA, (2011), “Greenhouse Gas Emissions Standards and Fuel Efficiency Standards for Medium- and Heavy-Duty Engines and Vehicles,” final rules, Federal Register, Vol. 76, No. 179, September 15, 2011.

[6] 全國汽車標準化委員會，(2011)，「汽車行業標準《重型商用車輛燃料消耗量限值》徵求意見的函」，2011年10月21日發佈。

[7] AEA Technology plc, (2011), “Reduction and Testing of Greenhouse Gas (GHG) Emissions from Heavy Duty Vehicles – Lot 1: Strategy,” Final Report to the European Commission – DG Climate Action, February 22, 2011.

[8] Ricardo, (2009), “Review of Low Carbon Technologies for Heavy Goods Vehicles – Annex 1,” Prepared for Department for Transport, RD.09/182601.7, June, 2009.

[9] Transportation Research Board, (2010), “Technologies and Approaches to Reducing the Fuel Consumption of Medium-and Heavy-Duty Vehicles,” National Research Council of the National Academies, ISBN : 0309149827, July 30, 2010.

[10] Ruben Sharpe (TNO), (2010), “EU Transport GHG: Routes to 2050? Technical GHG reduction

options for fossil fuel based road transport,” Contract ENV.C.3/SER/2008/0053, ED45405, February 11, 2010.



ARTC 行動智庫 本文延伸

延伸閱讀：瀏覽更多關於此主題資訊
若您有 QR Code 程式，請掃描左方圖像
或請輸入網址 <http://goo.gl/VyTdY>

