

不可車外充電複合動力車之能效於法規實驗室測試與實際道路測試結果比較研析

王建凱
Jian Kai Wang

林欣慧
Shin Hui Lin

林樺
Hwa Lin

工業技術研究院機械與機電系統研究所
Industrial Technology Research Institute, Mechanical and Mechatronics Systems Research Labs
itri530917@itri.org.tw

摘要

本研究主要探討不可車外充電複合動力車於法規實驗室測試之能效表現與其在實際道路測試上能效表現結果之差異，研究方法為參照歐盟車輛污染排放法規框架中實際道路駕駛排放量測(Real Driving Emission, RDE)之相關規範，進行我國實際道路測試之實驗設計與路線規劃，並以 4 輛樣本不可車外充電汽油複合動力小客車搭載車載排放量測系統(Portable Emissions Measuring Systems, PEMS)進行實證。實證結果顯示，同一車型於實際道路測試(RDE)之能效會比實驗室(NEDC 或 WLTC)測試之能效差，RDE 與 NEDC 之差異範圍約為 5.6%~19.9%，RDE 與 WLTC 之差異範圍約為 1.9%~9.2%，由上述差異數值來看，WLTC 與實際道路駕駛之情況較為類似。

關鍵詞：車輛能源效率、實際道路排放量測、車載排放量測系統、不可車外充電複合動力車

Abstract

This report mainly discusses the energy efficiency differences between WLTC and NEDC test and Real Driving Emissions (RDE) test. In this study, 4 Not-Off-Vehicle Charging Hybrid Electric vehicles (NOVC-HEVs) were selected to perform the above three test methods. The results show that the difference between RDE and NEDC is from 5.6% to 19.9%, and the difference between RDE and WLTC is from 1.9% to 9.2%.

Keywords: Vehicle Energy Efficiency. Real Driving Emission. Portable Emissions Measuring Systems. Not-Off-Vehicle Charging Hybrid Electric vehicles.

I. 前言

車輛於道路行駛實際之能源消耗情況一直是消費者關注的議題，目前國際上對新車的能源效率管理，在車輛能效法規認證與資訊揭露方面，於公平性原則下，採用一致的法規實驗室檢測標準，考量受驗車輛的穩定性，實驗室內所呈現的封閉式環境參數與檢測程序皆有所規範，以求測試結果的客觀性。然而，在實驗室控制的環境條件與限制檢測程序的前提下，相對於車輛售後實際用於道路上所測得的表現，能源效率與污染排放值會與實驗室測得之數值存在差距。

現行歐盟新車檢測納入實際道路排放量測(RDE, Real Driving Emissions) 項目，源自於 Euro 6 期的污染

排放標準規範，以確保車輛在日後使用中時，也能維持良好耐久品質。歐盟輕型車實際道路排放量測的實施期程，已於 2017 年 9 月(Euro 6d-TEMP)實施 RDE-LDV 的管制程序，分兩階段實施 RDE-LDV 的監控(monitoring)與管制，並於 2019 年 9 月起全面導入新車型在 RDE 的污染排放要求。雖然現行 Euro 6d 於 RDE-LDV 之監控及管制僅針對車輛污染物進行，但 RDE 執行過程可同步獲得車輛能效相關數據，因此為了解車輛於實際道路行駛之能源效率與於實驗室測試數據之差異，可運用 RDE 架構下所得到之能效測試數據與實驗室測試數據進行比較以了解其差異程度。

近年來國際上主要國家如歐、美、日等皆已公告下一階段車輛能效 (2025 或 2030)管理目標值，在提升國家整體車輛能效的政策目標下，僅靠純燃油車輛之技術提升無法完全達成，因此複合動力車、插電式複合動力車與電動車等將成為導入市場之車型選擇。為進一步了解複合動力車於實際道路行駛之能效與於實驗室測試之差異，本研究選擇不可車外充電汽油複合動力小客車(NOVC-HEV)作為研究對象，運用 RDE 架構下所得到之能效測試數據與實驗室測試數據進行差異探討。

II. 研究方法

本研究依循歐盟實際道路排放測試之法規與作法規劃本次實證測試之框架，蒐集彙整國內外關於實驗室與實際道路測試結果差異的研究文獻，了解此議題相關研究成果與趨勢，再以至少符合歐盟污染管制五期之不可車外充電汽油複合動力小客車(NOVC-HEV)進行實驗室(NEDC 與 WLTC)及實際道路排放測試(RDE)，並將相關數據進行比較研析，研究流程如下圖 1。

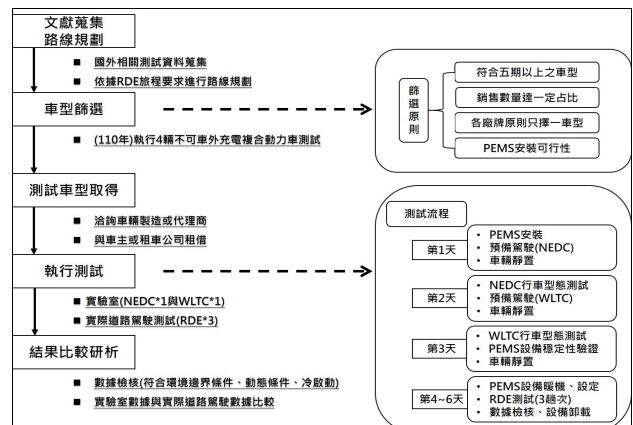


圖 1 研究流程

III. 歐盟 RDE 法規及國內外相關研究文獻

3.1 歐盟 RDE 測試規範

現行實際道路車輛污染排放量測試程序，係以 Regulation (EU) 2016/427[1]、(EU) 2016/646[2]、(EU) 2017/1154[3]與(EU) 2018/1832[4]為參考依據，並以車載排放量測系統(PEMS)為測試設備，前述 RDE-LDV 測試法規中，對於環境條件、車輛負載、動態條件、旅程等各項條件均有其規範要求，RDE 測試並非任意選擇路線進行測試量測污染排放並做判定，而是須依循規定進行測試路線規劃並進行驗證，於測試後進行數據檢核包括環境溫度、駕駛行為及各項交通特性如停等比例、平均速度等，確認測試過程符合規範後再進行最終計算，相關規範要求如表 1。

表 1 歐盟 RDE 測試環境與旅程規範要求

規範項目		規範條件	
測試環境	溫度	(1).一般：環境溫度0~30℃； (2).擴充：環境溫度-7~0℃或30~35℃	
	高度	(1).一般：海拔高度≤700公尺； (2).擴充：海拔高度700~1300公尺	
旅程要求	市區(Urban)	(1).車速小於60(km/h)。 (2).行駛距離大於16km、里程占比34±10%(至少29%)。	額外條件： (1).平均車速介於15~40km/h (2).停等時間應占市區時間的6~30%。 (3).單次停等時間不得超過300秒。
	郊區(Rural)	車速介於60~90km/h； 行駛距離大於16km、里程占比33±10%	
	高速(Motorway)	(1).車速大於90km/h。 (2).行駛距離大於16km、里程占比33±10%。	額外條件： (1).車速最高不超過145km/h (2).車速大於100(km/h)應至少5分鐘。
	測試總時間	90~120分鐘	
	起點與訖點高度差	小於100公尺	
	旅程累積爬升高度	小於 1200公尺/100公里	
動態邊界條件	$V \times a_{pos}[95]$	(1).平均速度≤74.6km/h → $V \times a_{pos}[95] \leq (0.136 \times \text{平均速度} + 14.44)$ (2).平均速度>74.6km/h → $V \times a_{pos}[95] \leq (0.0742 \times \text{平均速度} + 18.966)$ 其中 a_{pos} :大於0.1(m/s ²)的正向加速度； $a_{pos}[95]$:排序第95位的 a_{pos} 。	
	相對正向加速度(RPA)	(1).平均速度≤94.05km/h RPA>(-0.0016*平均速度+0.1755) (2).平均速度>94.05km/h，RPA>0.025 RPA(Relative positive acceleration)單位為m/s ² 。	
其它	冷啟動要求	(1).冷啟動之定義為引擎發動後5分鐘內，引擎水溫≤70℃時。 (2).引擎發動後，不得怠速超過15秒。 (3).啟動期間最大車速不得超過60km/h、平均車速應介於15~40km/h、怠速停等時間不得超過90秒。	
	操作要求	(1).PEMS電力來源應使用外部供電，不可使用引擎提供之電力。 (2).測試車輛的燃油、潤滑油以及添加劑應以車廠對消費者建議的油品規格為主。 (3).空調系統與其他輔助裝置依消費者於實際道路駕駛時使用狀況設定。	

3.2 有關實驗室(WLTC 或 NEDC)與實際道路能效差異研究

參考過去相關研究，部分研究與測試結果指出(J. May et al.,2014[5])，實驗室檢測認證結果較難反應實際路況的排放狀態，實際道路駕駛測試有較高的二氧化碳排放量與能源消耗且與實驗室測試之結果差異顯著，且實驗室與實際道路駕駛之差異並非絕對(中國汽車工程研究院,2018[6]、G. Triantafyllopoulos et al (2019)[7])，

且以 WLTC 行車型態測試之數據較接近實際道路駕駛測試。過去在不同車種實際道路與研究室測試研究亦曾有我國環保署於 2017 年進行實驗室(WLTC 或 NEDC)與實際道路 CO₂ 差異研究[8]，當年度共計執行 7 車型之測試(6 輛 M 類汽油小客車與 1 輛 N1 Class II 類汽油小貨車)，實際道路與實驗室 WLTC 之差異約為 17%，與 NEDC 之差異約為 18%，但商用車樣本數量較少，並未跟對不同車種之結果進行詳盡分析。

我國工研院機械所[9]於 2019-2020 年以 5 輛樣本小客車與 5 輛樣本商用車搭載車載排放量測系統(Portable Emissions Measuring Systems, PEMS)進行實證，比較不同車種於實際道路駕駛排放量測所取得之能效數據與於車輛法規實驗室以 WLTC 及 NEDC 行車型態測試之能效測試值三者之差異程度，結果顯示 RDE 與 NEDC 之差異範圍約為 2.2%~17.5%，RDE 與 WLTC 之差異範圍約為 3.0%~10.8%，以不同車種之實驗室能效測試值與實際道路能效測試結果來看，NEDC 與 RDE 之差異情形因不同車種而有差異，WLTC 行車型態在不同車種上仍能反映相對貼近實際道路測試數值之結果。前述文獻摘要整理如表 2。

表 2 相關文獻整理表

作者	樣本數	研究結果摘要
J. May et al.(2014) [5]	1 輛汽油車與 1 輛柴油車，共計 2 輛	所得之結果中實際道路駕駛測試有較高的二氧化碳排放量與能源消耗且與實驗室測試之結果差異顯著。
中國汽車工程研究院 (2018)[6]	2 輛汽油輕型車	1 車型實際道路與實驗室 NEDC 差異為 4.82%、WLTC 差異為 3.88%，另 1 車型實際道路駕駛測試與實驗室 NEDC 差異為 4.59%、WLTC 差異為 -3.69%，2 車之實際道路與實驗室 NEDC、WLTC 測試之差異均在 5%以內，且以 WLTC 行車型態測試之數據較接近實際道路測試。
G. Triantafyllopoulos et al (2019)[7]	3 輛柴油輕型車，分別為 Hatchback、Sedan 與 Wagon 車型	WLTC 之 CO ₂ 排放量比 NEDC 高約 10%，但與 RDE 之結果相近；此研究進一步將 RDE 市區段與 WLTC(Low)及 NEDC(UDC)相比，RDE 郊區段與 WLTC(High)相比，RDE 高速段與 WLTC(Extra-high)及 NEDC(EUDC)相比，其結果顯示因實際交通狀況、車輛風阻及調校設計之不同，RDE 各階段數據與實驗室型態之各階段並無明顯一致之趨勢。
我國環保署 (2017)[8]	6 輛汽油小客車與 1 輛汽油小貨車，共計 7 輛	7 輛車於實際道路測試之 CO ₂ 值均高於該車在實驗室(WLTC 與 NEDC)的排放值，實際道路與實驗室 WLTC 之差異約為 17%，與 NEDC 之差異約為 18%。
工研院機械所 (2021)[9]	5 輛小客車與 5 輛商用車，共計 10 輛。	RDE 與 NEDC 之差異範圍約為 2.2%~17.5%，RDE 與 WLTC 之差異範圍約為 3.0%~10.8%。

IV. 研究設計

4.1 研究路線設計

本研究測試規劃主要依循前述歐盟實際道路污染排放測試指令以及歐盟研究機構 JRC 公布之輕型車

RDE 測試指導書[10]進行測試路線及相關執行條件之訂定。本研究設計之測試路線涵蓋新竹縣/市與苗栗縣(如圖 2)，其組成以新竹縣/市之縣道或省道、台 61 號西濱快速道路及國道 3 號高速公路為主，規劃路線之實際速限及行駛路線安排彙整如表 3；以 Google 地圖進行路線預估，全程之里程為 86.1 公里，行駛時間約為 100 分鐘。此外，測試環境條件、車輛負載、動態條件等各項條件皆符合歐盟相關規範，針對實際道路測試時，未明確之規定，本研究參考輕型車 RDE 測試指導書[10]，將測試執行過程中應注意之事項加以規範，以確保測試過程一致性。針對測試過程中車輛各種裝置之設定及測試駕駛之開車行為或操作彙整如表 4。



圖 2 測試路線示意圖

表 3 RDE 測試路線安排

路段 型態	行駛路線	速限
市區	第 1 段(約 22 公里): 工研院東大門→竹縣中興路四段(122 縣道)→竹市光復路(122 縣道)→東大路高架道路→東大路(122 縣道)→天府路一段→左轉西濱路一段(台 15 線)	道路速 限為 60km/h
	第 2 段(約 6.0 公里): 竹縣富林路三段(120 縣道)→右轉文明路(新中正橋)→右轉光明路→右轉明星一路→右轉中興路四段(122 縣道)→工研院東大門	
郊區	西部濱海快速公路(台 61 線)77-大庄交流道→101-外埔交流道→迴轉西部濱海快速公路(台 61 線)101-外埔交流道→93-竹南交流道	道路速 限為 80km/h
高速	福爾摩沙高速公路(國道 3 號)119k-竹南交流道→90k-芎林交流道	道路速 限為 110km/h

表 4 測試前條件、裝置設定與開車行為規範彙整

車輛預備駕駛	完成 PEMS 設備安裝後，於一般道路上行駛 20~30 分鐘，以確認設備與車輛狀態。	
測試前靜置	在一般或擴充的環境條件下靜置 6~56 小時	
測試執行時間	平常上班日(星期一~星期五) 8:00~18:00	
車輛裝置設定	冷氣狀態	溫度設定: 23-25℃ 風量設定: 中等風量
	急速熄火裝置	開啟, 不需關閉
	電子安全輔助裝置	在安全狀態下視實際狀況開啟使用
	車輛行駛模式	於標準(standard)或正常(normal)模式進行測試, 不須

特意切換為環保(eco)、運動(sport)或越野(off-road)等模式	
測試駕駛規範	(1)行駛過程中遵守交通安全法規及道路速限等規範。(2)依道路實際車流交通狀況行駛，無安全疑慮下避免特殊駕駛行為，如不斷踩放油門、特意提高轉速或特意放慢車速等。(3)測試期間 PEMS 設備應持續進行污染物分析取樣至測試結束，不可無故中斷。

4.2 選用設備與設備驗證

本研究使用之車載排放量測系統(PEMS)為 HORIBA OBS-ONE，此套設備不僅用以分析車輛於實際道路行駛時所排放的污染物外，更可同步紀錄排氣流量、車輛位置、環境狀況(溫度、濕度及大氣壓力)與收集可用的車輛資訊，並藉此計算出排放量與車輛燃油消耗量，表 5 為 HORIBA OBS-ONE 的基本概要說明。依 RDE 法規規定，於 RDE 測試前須先進行 PEMS 設備穩定性驗證，驗證方式應在車體動力計上執行 WLTC 行車型態測試，驗證結果應滿足 PEMS 設備驗證容許公差要求，若有任何公差無法符合，應進行設備功能確認與維護並再次執行 PEMS 驗證測試，直至驗證結果滿足表 6 所列的要求，方可執行測試。

表 5 車載污染量測系統 OBS-ONE 簡介

設備可應用車種		LDV、HDV		
設備標準	歐盟 Euro6-Commission Regulation (EU) No 582/2011			
	美國聯邦 US EPA CFR 1065 - J			
測試紀錄參數	PEMS GA 氣狀污染物	CO、CO ₂ 、NO _x 、THC		
	PEMS PN 粒狀污染物	PN		
	EIU 外部訊號	排氣流率、溫度、壓力(皮托管流量計)		
		環境溫度	範圍:-40~60℃； 精度:±0.5℃ (at 23℃)	
		環境溼度	範圍:0~100%(相對溼度)； 精度:±1.5%(at 23℃)	
		大氣壓力	範圍:0~115kPa；精度:±2%	
	OBD 車載訊號	GPS 訊號(受測車輛位置之經緯度、高度、移動速度)		
		引擎轉速、車輛速度、節氣門開度、油 水溫(視各車輛釋放之訊號)		
可安裝位置		車輛後廂、托板車、座椅		
操作環境限制		-環境溫度：-10℃~40℃ -環境濕度：相對溼度 80%以下 -高度：海拔高度 2000 公尺以下		

表 6 PEMS 設備驗證容許公差

參數[單位]	容許公差 (取數值較大者)
距離[km]	以實驗室為參考值的±250m
THC[mg/km]	±15mg/km 或以實驗室為參考值的 15%
CO [mg/km]	±150mg/km 或以實驗室為參考值的 15%
CO ₂ [g/km]	±10g/km 或以實驗室為參考值的 10%
NO _x [mg/km]	±15mg/km 或以實驗室為參考值的 15%
PN[#/km]	1*1011 #/km 或以實驗室為參考值的 50%

4.3 測試車型選用

本研究以 109 年度車輛油耗指南[11]所登載之車型資料進行選取，依排氣量範圍進行車型數統計，為求測試具代表性，篩選各排氣量等級銷售量較多之車型進行租借，選出之車型(如表 7)於 WLTP 車型分類屬 Class 3b 等級，並屬於至少對應歐盟污染五期之車輛。

表 7 本研究測試車型基本資料

車輛代號	排檔型式	排氣量 (c.c.)	空重 (kg)	傳動方式	最大馬力 (kw)	Turbo	供油方式
H1	CVT	2487	1966	F	131.0	無	直噴
H2	A6	1580	1635	F	77.2	無	直噴
H3	CVT	1798	1644	F	72.0	無	間噴
H4	A7	1498	1791	F	110.0	有	直噴

4.4 測試條件與參數設定

參數設定的部分如表 8，其中路阻設定於實驗室皆採原廠滑行阻力設定，RDE 則依實際路況；測試燃料為使測試結果能盡量在同一基準上做比較，因此皆使用 E5 為本研究測試用油。

表 8 主要測試條件設定

測試程序項目	NEDC	WLTP	RDE
行車型態	NEDC	WLTC	依實際路況
阻力	原廠滑行阻力	原廠滑行阻力	依實際路況
使用油品	E5		
量測內容	CO ₂ 、CO、THC、NO _x 、PN、PM		
能效計算	測量 CO ₂ 、CO 及 THC 排放量並根據碳平行法反推		

V. 實證結果

本研究之實際道路駕駛測試(RDE)，駕駛人於正常開車行為與用車情境下，遵守相關道路規範，並依實際車流路況之方式行駛符合歐盟 RDE 法規條件之設計路線；於實驗室測試則遵守 NEDC 與 WLTP 之規範進行；且實際道路駕駛(RDE)與實驗室(NEDC 或 WLTC)能效測試均在負載 PEMS 設備重量(約 200 公斤)之條件下執行。選用車型進行實驗室 NEDC 與 WLTC 行車型態測試，於實驗室進行 WLTC 測試時動力計模擬之慣性重量計算方式，需考量車輛總重、旋轉質量與驅動方式等，與 NEDC 之計算方式不同(表 10)，此外均需額外負載 PEMS 設備重量(約 200 公斤)，觀察其能效測試值結果(表 9)。

每樣本車輛均再執行 3 次符合歐盟實際道路排放測試規範之測試，取 3 次 RDE 能效測試數據之平均值與實驗室之測試結果進行比較(表 11)，以避免特殊交通路況之數據影響比較結果。結果顯示同一車輛執行 RDE 測試所取得之能效數值，與執行實驗室能效測試取得之能效測試值相比，車輛於實際道路之能效值相較實驗室能效數據為差，差異約從 1.9%~19.9%不等；以不同行車型態來看(圖 3)，NEDC 與 RDE 之差異為 5.6%至 19.9%，而 WLTC 與 RDE 之差異為 1.9%至 9.2%，兩者相比，車輛於實際道路駕駛之能效與 WLTC 之測試結果較為近似，此結果與國外研究趨勢較為一致。

表 9 樣本車輛於實驗室測試之重量數據表

車輛代號	測試型態	總重 (kg)	空車重 (kg)	NEDC參考車重(kg) WLTC測試重量(kg)	慣性重量(kg)
H1	NEDC	2195	1966	2066	2040
	WLTC			2085.6	2117
H2	NEDC	1880	1635	1735	1700
	WLTC			1757.0	1783
H3	NEDC	1915	1644	1744	1700
	WLTC			1769.8	1796
H4	NEDC	2080	1791	1891	1930
	WLTC			1919.4	1948

表 10 實驗室(NEDC 與 WLTC)能效測試數據

車輛代號	測試型態	能效(km/l)				平均	WLTC與NEDC差異(%)
		NEDC-Urban		NEDC-Extra Urban			
		WLTC-Low	WLTC-Medium	WLTC-High	WLTC-Extra High		
H1	NEDC	18.58		18.35		18.43	3.7
	WLTC	18.99	16.12	21.41	15.92	17.74	
H2	NEDC	17.38		24.83		21.47	11.7
	WLTC	14.30	21.48	21.36	18.15	18.95	
H3	NEDC	30.10		17.16		20.37	9.0
	WLTC	21.06	19.15	21.86	15.53	18.54	
H4	NEDC	12.56		17.85		15.44	2.8
	WLTC	12.06	15.59	17.71	14.14	15.01	

表 11 實際道路駕駛(RDE)測試數據

車輛代號	測試型態	能效(km/l)							
		市區	市區平均	郊區	郊區平均	高速	高速平均	全程平均	3次全程平均
H1	RDE1	17.8	17.2	17.4	18.1	17.3	16.9	17.5	17.4
	RDE2	16.7		18.1		16.8		17.2	
	RDE3	17.2		18.7		16.5		17.5	
H2	RDE1	16.2	16.9	18.3	19.4	17.1	15.7	17.2	17.2
	RDE2	17.6		20.5		15.0		17.5	
	RDE3	16.8		19.5		15.1		17.0	
H3	RDE1	17.4	17.3	19.0	18.6	16.4	16.6	17.6	17.5
	RDE2	16.9		18.4		17.1		17.5	
	RDE3	17.6		18.4		16.4		17.5	
H4	RDE1	10.9	11.0	18.2	18.2	15.5	15.7	14.2	14.3
	RDE2	11.4		18.3		15.7		14.5	
	RDE3	10.8		18.0		15.9		14.2	

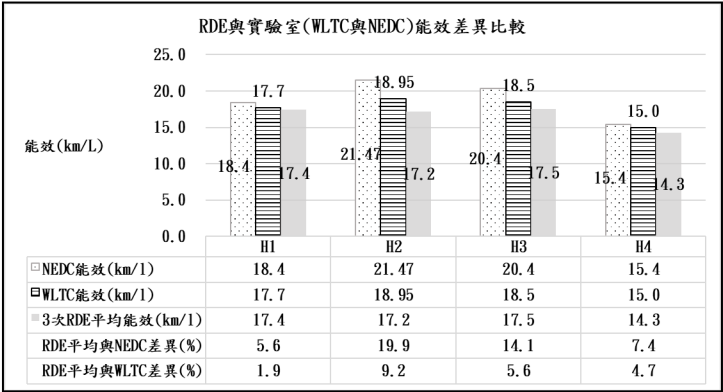


圖 3 RDE 與實驗室測試能效差異

VI. 結論

本研究參照歐盟車輛污染排放法規框架中實際道路駕駛排放量測(Real Driving Emission, RDE)之相關規範，進行我國實際道路測試之實驗設計與路線規劃，測試路線涵蓋新竹縣/市與苗栗縣，其組成以新竹縣/市之縣道或省道、台 61 號西濱快速道路及國道 3 號高速公路為主，經檢核驗證符合歐盟 RDE 法規規範之條件。

本研究以 4 輛樣本不可車外充電汽油複合動力小客車(POVC-HEV)搭載車載排放量測系統(Portable Emissions Measuring Systems, PEMS)進行實證，比較樣本車輛於實際道路駕駛排放量測所取得之能效數據與於車輛法規實驗室以 WLTC 及 NEDC 行車型態測試之能效測試值三者之差異。

實際道路駕駛測試(RDE)時駕駛人於正常開車行為與用車情境下，遵守相關道路規範，並依實際車流路況之方式行駛符合歐盟 RDE 法規條件之設計路線；於實驗室測試則遵守 NEDC 與 WLTP 之規範進行；且實際道路駕駛(RDE)與實驗室(NEDC 或 WLTC)能效測試均在負載 PEMS 設備重量(約 200 公斤)之條件下執行。

實證結果顯示，同一車型於實際道路測試(RDE)之能效會比實驗室(NEDC 或 WLTC)測試之能效差，RDE 與 NEDC 之差異範圍約為 5.6%~19.9%，RDE 與 WLTC 之差異範圍約為 1.9%~9.2%，相較 NEDC 行車型態之能效測試結果，WLTC 之能效測試結果與 RDE 較為接近，此結果與國外研究趨勢較為一致，此外同一車型於實驗室 NEDC 與 WLTC 之能效測試結果比較發現並無絕對趨勢。

誌謝

由於經濟部能源局「車輛能源效率管理策略執行與基準再提升之研究計畫」(計畫編號 110-E0416)之支持，使本篇論文研究得以順利進行，特此致上感謝之意。

參考文獻

- [1] Commission Regulation (EU) 2016/427 of 10 March 2016, amending Regulation (EC) No 692/2008 as regards emissions from light passenger and commercial vehicles (Euro 6), Official Journal of the European Union, L 82/1 (2016).
- [2] Commission Regulation (EU) 2016/646 of 20 April 2016, amending Regulation (EC) No 692/2008 as regards emissions from light passenger and commercial vehicles, Official Journal of the European Union, L 109/1 (2016).
- [3] Commission Regulation (EU) 2017/1154 of 7 June 2017, amending Regulation (EU) 2017/1151 supplementing Regulation (EC) No 715/2007 of the European Parliament and of the Council on type-approval of motor vehicles with respect to emissions from light passenger and commercial vehicles (Euro 5 and Euro 6) and on access to vehicle repair and maintenance information, amending Directive 2007/46/EC of the European Parliament and of the Council, Commission Regulation (EC) No 692/2008 and Commission Regulation (EU) No 1230/2012 and repealing Regulation (EC) No 692/2008 and Directive 2007/46/EC of the European Parliament and of the Council as regards real-driving emissions from light passenger and commercial vehicles (Euro 6), Official Journal of the European Union, L 175/108 (2017).
- [4] Commission Regulation (EU) 2018/1832 of 5 November 2018, amending Directive 2007/46/EC of the European Parliament and of the Council, Commission Regulation (EC) No 692/2008 and Commission Regulation (EU) 2017/1151 for the purpose of improving the emission type approval tests and procedures for light passenger and commercial vehicles, including those for in-service conformity and real-driving emissions and introducing devices for monitoring the consumption of fuel and electric energy, Official Journal of the European Union, L 301/1 (2018).

- [5] May, J., Bosteels, D., and Favre, C., "An Assessment of Emissions from Light-Duty Vehicles using PEMS and Chassis Dynamometer Testing", SAE Int. J. Engines 7(3): 2014, doi:10.4271/2014-01-1581.
- [6] 冉林堯,杜寶程, "輕型汽油車實際道路行駛工況與實驗室工況油耗對比分析" (2018).
- [7] G. Triantafyllopoulos et al., "A study on the CO₂ and NO_x emissions performance of Euro 6 diesel vehicles under various chassis dynamometer and on-road conditions including latest regulatory provisions", Science of the Total Environment 666 (2019) 337–346.
- [8] 行政院環保署, "車輛排放管制、環保駕駛與綠色運輸推廣計畫" (2017).
- [9] 王建凱、林樺, "汽車不同車種之能效於實際道路測試與法規實驗室測試結果比較研析" 中華民國第二十六屆車輛工程學術研討會、2021 年 11 月、大葉大學。
- [10] Valverde Morales Victor et al., "On-road testing with Portable Emissions Measurement Systems (PEMS) - Guidance note for light-duty vehicles", Publications Office of the European Union (2018).
- [11] 經濟部能源局, "車輛油耗指南 109 年測試合格銷售車型"