

電動車輛關鍵零組件與整車EMC驗證標準探索

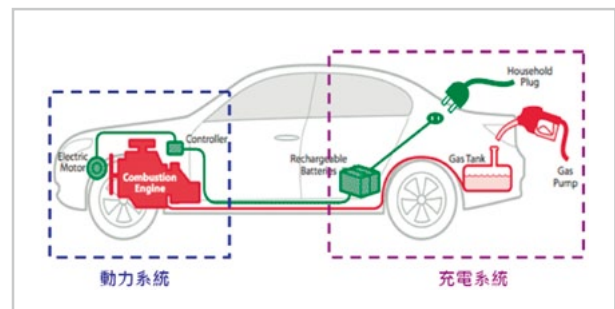
財團法人車輛研究測試中心 黃福祥

一、前言



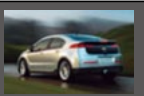













目前國內外各大車廠對於電動汽車這個近代汽車百年發展史下的新產物，從油電複合式電動車 (Hybrid Electric Vehicle, HEV)、插電式油電複合電動車 (Plug-in-Hybrid Electric Vehicle, PHEV)、到純電動車 (Battery only Electric Vehicle, BEV) 皆已研發製造出相關的車型 (如圖1所示)。由於電動汽車在系統設計上有別於傳統的內燃機引擎車輛 (Internal Combustion Engine Vehicle, ICEV)，其中尤以大量使用電機/電子零組件來構成其動力輸出系統為其最大特點；然而，當車上整合裝配愈來愈多的電子裝置/系統時，相對地，所衍生出的電磁相容性 (EMC) 問題也亦趨繁複；因此，本文將針對現階段電動車輛 (Electric Vehicle, EV) 關鍵零組件/系統以及整車 EMC 試驗所需依循之相關國際驗證標準為讀者朋友詳加介紹。

二、關鍵零組件/系統EMC國際驗證標準介紹

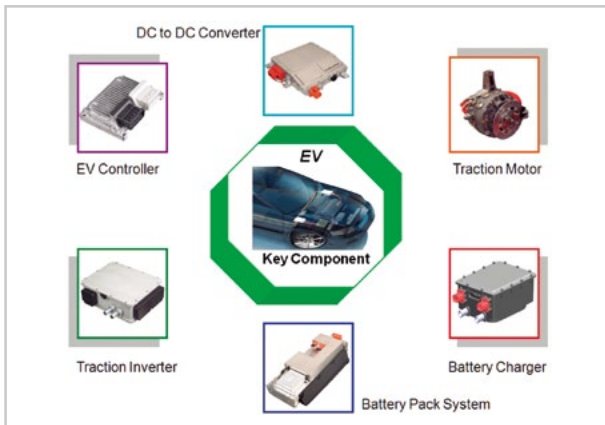
電動車輛與傳統內燃機引擎車輛在關鍵系統設計上最大的不同之處就在於動力系統以及充電系統 (如圖2所示)；而構成這兩大系統的相關關鍵零組件則包括有：控制器、交直流轉換器、電動馬達、電池組、車載充電器等 (如圖3所示)。為確保這些關鍵零組件裝配到車上時，可確保其所引發之電磁相容問題受到良好的控制，故而必須遵循國際驗證標準的規定來執行相關的試驗，其現況如下：



▲ 圖2、純EV車輛與ICEV車輛系統架構之差異

BMW Megacity	BYD E6	Chevy Volt	Coda Electric Sedan	Ford Focus Electric	Ford Transit Connect Electric	Mercedes BlueZero	Mini E
							
Mitsubishi iMiEV	Nissan LEAF	Renault Fluence	Subaru R1E	Luxgen EV+	Smart ED	Tesla Model S	Toyota FT-EV
							

▲ 圖1、國內外車廠所研發製造之電動汽車車款



▲ 圖3、電動車輛關鍵零組件 (圖片來源：delphi.com)

(一) IEC&CISPR標準

國際電工委員會(International Electrotechnical Commission, IEC)之技術委員會TC69負責電動道路車輛及電動工業用貨車之標準制訂，其中對於電動車輛動力零組件之電磁干擾(EMI)量測相關之標準如下表1所示：

▼ 表1、電動車輛關鍵零組件IEC/CISPR驗證標準

標準編號	名稱
IEC/TR 60785 (1984-12) Ed. 1.0	Rotating machines for electric road vehicles
IEC/TR 60786 (1984-12) Ed. 1.0	Controllers for electric road vehicles
CISPR 25 (2008-03) Ed. 3.0	Vehicles, boats and internal combustion engines – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement for the protection of on-board receivers

屬於零組件/次系統層級的電磁干擾量測標準主要是以CISPR 25這份標準為量測規範；此外，IEC/TR 60785標準裡提到“由於馬達可能是EMI的干擾源，所以在設計、製造時，應使得來自馬達的EMI干擾源不會影響車輛的操作”，但並無規範相關的試驗方法與限制值要求。同樣的，在IEC/TR 60786標準裡有提到“控制器可能是EMI的干擾

源，所以在設計、製造或安裝時，應使得來自控制器的EMI干擾不會影響車輛的操作”，至於相關的試驗方法與限制值要求，如同IEC/TR 60785標準，並無述及。

(二) 中國大陸GB國家標準

中國大陸標準，簡稱國標（Guóbiāo，GB），其分為強制性國標（GB）和推薦性國標（GB/T）。強制性國標是保障人體健康、人身、財產安全的標準和法律及行政法規規定強制執行的國家標準；推薦性國標是指生產、交換、使用等方面，通過經濟手段或市場調節而自願採用的國家標準。

GB國標大多參考、引用國際標準之內容，以完成各標準內容制定。研究整理目前中國大陸對於電動車輛關鍵零組件/次系統相關之電磁相容量檢測標準如表2所示：

▼ 表2、電動車輛關鍵零組件GB國家驗證標準

序號	標準號碼	中文標準名稱	英文標準名稱	狀態	備註
1	GB/T 17619-1998	機動車電子電器元件的電磁輻射抗擾性限值和測量方法	Limits and methods of testing for immunity of electrical/electronic sub-assemblies in vehicles to electromagnetic radiation	現行	1999-12-01 實施
2	GB 18655-2002	用於保護車載接收機的無線電騷擾特性的限值和測量方法	Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics for the protection of receivers used on board vehicles	現行	2003-03-01 實施

其中GB 18655等同採用CISPR 25之標準內容，屬於零組件/次系統EMI電磁干擾量測之驗證標準；而GB/T 17619則可使用來驗證零組件/次系統之輻射耐免疫力是否合乎標準之規範。



(三) ISO國際標準

國際標準化研究組織之技術委員會TC22主要負責道路車輛之標準制訂，而旗下分支技術委員會SC21則專門負責電動道路車輛(Electrically propelled road vehicles)的標準制訂；SC3則為負責汽車電氣和電子設備(Electrical and electronic equipment)技術領域的標準化工作。

目前ISO組織對於電動車輛關鍵零組件/次系統並無發佈任何特定的標準來加以規範，但畢竟EV也是在道路上行駛的交通工具，所以參考ISO組織對於道路車輛EMC相關試驗標準，來做為EV關鍵零組件/次系統後續驗證發展的基礎有其必要性。尤其對於車輛零組件之電磁耐受性(EMS)試驗的部份，主要還是以ISO國際標準做為指標性的參考規範(如表3所示)。

除了原有之ISO規範車輛零組件之試驗標準外，另有規範EV安全規格之標準(ISO 6469-1, 2)，其內容亦有針對EMC試驗的部份做相關說明與要求。

(四) SAE標準

自動機工程師協會(Society of Automotive Engineers, SAE)成立於1905年，是國際上最大的汽車工程學術組織。SAE並非強制性認證，其不負責產品認證，只發佈標準；換言之，任何有能力的測試實驗室均可以按照SAE標準進行產品測試，出具測試報告，也因此申請企業對認證的產品結果應自行確保品質的要求。

目前SAE針對電動車輛關鍵零組件/次系統之EMC試驗要求係延用J1113系列標準來進行相關之驗證，整理相關驗證標準及其項目如表4所示：

▼ 表3、電動車輛關鍵零組件ISO驗證標準

標準號碼	標準名稱	技術委員會	發佈日期
ISO 11452-5: 2002	Road vehicles -- Component test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy -- Part 5: Stripline	TC 22/SC 3	2002-05-09
ISO 7637-2: 2004	Road vehicles -- Electrical disturbances from conduction and coupling -- Part 2: Electrical transient conduction along supply lines only	TC 22/SC 3	2004-06-28
ISO 21848: 2005	Road vehicles -- Electrical and electronic equipment for a supply voltage of 42 V -- Electrical loads	TC 22/SC 3	2005-04-19
ISO 11452-2: 2004	Road vehicles -- Component test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy -- Part 2: Absorber-lined shielded enclosure	TC 22/SC 3	2004-10-27
ISO 11452-1: 2005	Road vehicles -- Component test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy -- Part 1: General principles and terminology	TC 22/SC 3	2005-02-02
ISO 11452-7: 2003	Road vehicles -- Component test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy -- Part 7: Direct radio frequency (RF) power injection	TC 22/SC 3	2003-11-27
ISO 8713: 2005	Electric road vehicles -- Vocabulary	TC 22/SC 21	2005-04-12
ISO 11452-8: 2007	Road vehicles -- Component test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy -- Part 8: Immunity to magnetic fields	TC 22/SC 3	2007-06-19
ISO 10605: 2008	Road vehicles -- Test methods for electrical disturbances from electrostatic discharge	TC 22/SC 3	2008-07-07
ISO 6469-1: 2009	Electrically propelled road vehicles -- Safety specifications -- Part 1: On-board rechargeable energy storage system (RESS)	TC 22/SC 21	2009-09-14
ISO 6469-2: 2009	Electrically propelled road vehicles -- Safety specifications -- Part 2: Vehicle operational safety means and protection against failures	TC 22/SC 21	2009-09-14

▼ 表4、電動車輛關鍵零組件SAE驗證標準

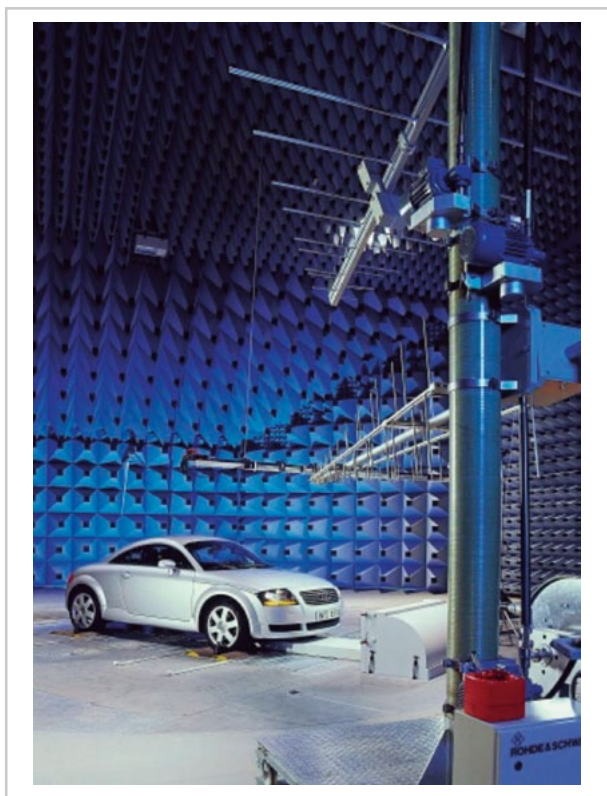
標準名稱	標準號碼
車輛零組件—電磁耐受 (EMS) 試驗標準	
General and Definitions	J1113-1 : 2006
Conducted Immunity – 30 Hz to 250 kHz all leads	J1113-2 : 2004
Direct RF Power Injection	J1113-3 : 2006
Bulk Current Injection (BCI)	J1113-4 : 2004
Immunity to Conducted Transients on Power Leads	J1113-11 : 2007
Electrical Interference by Coupling	J1113-12 : 2006
Electrostatic Discharge (ESD)	J1113-13 : 2004
Radiated Immunity Absorber Lined Shield Enclosure (ALSE)	J1113-21 : 2005
Radiated Magnetic Fields from Power Lines	J1113-22 : 2003
Strip Line Method	J1113-23 (Cancelled Oct 2002)
TEM Cell	J1113-24 : 2006
Tri-Plate Line Method	J1113-25 : 2005
AC Power Line Electric Fields	J1113-26 : 2006
Reverberation Chamber – Mode Stirred	J1113-27 : 2005
Reverberation Chamber – Mode Tuned	J1113-28 : 2004
Limits and Methods of Measurement of Radio Disturbance Characteristics of Components and Modules for the Protection of Receivers Used on Board Vehicles	J1113-41 (Cancelled Sep 2006)
Conducted Transient Emissions	J1113-42 : 2006
Radiated Immunity – Portable TX	—
車輛零組件—電磁干擾 (EMI) 量測標準	
Test Limits and Methods of Measurement of Radio Disturbance Characteristics of Vehicles, Motorboats, and Spark-Ignited Engine-Driven Devices	J551-2(Cancelled Sep 2006)
Protection of radio on board radio receptions	J551-4(Cancelled Sep 2006)

三、整車EMC國際驗證標準介紹

針對電動車輛整車EMC試驗，目前可依循之國際驗證標準綜整如表5。讀者由其內容中不難發現，電動車行駛於一般道路上，與傳統汽車所面對的整體外部生活環境並無太多差距，所以，相關標準訂訂專家認為，現有標準並不一定須作大幅調整，仍可依舊延用CISPR 12以及ISO 11451系列標準進行電磁干擾EMI量測以及電磁耐受EMS功能驗證。後續若因電動車特有之充電介面或相關需求需要進行測試定義，則將再進一步進行標準討論和制訂。

▼ 表5、電動車輛整車EMC國際驗證標準

標準編號	名稱
車輛整車電磁干擾 (EMI) 量測標準	
CISPR 12 (2007-05) Ed. 6.0	Vehicles, boats and internal combustion engines-Radio disturbance characteristics-Limits and methods of measurements for the protection of off-board receivers
SAE J551-5 (2004-01)	Performance Levels and Methods of Measurement of Magnetic and Electric Strength from Electric Vehicles, Broadband, 9kHz To 30 MHz
車輛整車電磁耐受 (EMS) 試驗標準	
ISO 11451-1: 2005	Road vehicles—Vehicle test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy—Part 1: General principles and terminology
ISO 11451-2: 2005	Road vehicles—Vehicle test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy—Part 2: Off-vehicle radiation sources
ISO 11451-3: 2007	Road vehicles—Vehicle test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy—Part 3: On-board transmitter simulation
ISO 11451-4: 2006	Road vehicles—Vehicle test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy—Part 4: Bulk current injection



▲ 圖4、電動車輛整車EMC試驗環境

在此值得一提的是，由於國際上有研究指出，電動車在系統設計上可能會引發潛在的低頻磁場(LFMEF)問題，故表5中的J551-5標準主要係特別針對電動車輛低頻(30 MHz以下)電磁場干擾規範試驗方法與相關限制值要求。

四、總結

電動汽車的研究開發為現今車輛產業中最熱門的議題，唯至今相關驗證標準仍尚未完整建立，故國內車廠與相關政策單位仍需持續觀察國際標準組織對於電動車輛驗證標準之制訂動向。

由本文所介紹之國際驗證標準可得知，電動車

輛無論在零組件/次系統或是整車的EMC試驗上，皆與傳統車輛EMC的測試手法、觀念無太大差異；但由於電動車輛的動力系統是使用電池做為動力輸出的來源，一定會牽涉到車載充電器以及電池組這些需要高電壓供應的系統，這與傳統車輛零組件標準規範12V/24V的系統有很大的不同，故實際在進行電動車輛關鍵零組件/次系統試驗時，需依待測件之電力規格特性與作動方式略作修正，採取與標準內容規範不同的試驗配置與量測手法；同時，車廠/供應商應亦提供完整的測試計畫(Test Plan)給實驗室，如此才能針對關鍵零組件或次系統做出最佳的試驗評估。

不可諱言，整車EMC之檢測技術目前大多掌握在國外車廠手中，檢視國內的技術能量，除了經濟部標準檢驗局建置於汐止的大型10 m電波暗室能夠執行完整的整車電磁干擾量測與電磁耐受評估之外，再無其它任何的檢測機構有足夠的試驗能量與測試環境足以協助車廠進行完善的整車EMC性能驗證；基於台灣車輛產業已計畫加速推展最新的電動車領域，也因此車輛中心在經濟部技術處科專計畫的全力支援之下，預計於今年6月動土，著手建置可與國際專業車輛檢測單位媲美的整車電磁相容實驗室，預訂於民國101年9月底完成，期能協助國內外車輛業者進行智慧化車輛與綠能車輛(電動汽車、電動巴士)之測試、研究與開發，完善國內的驗證環境，並逐步拓展整車外銷與海外車廠驗證業務。另一方面，經濟部標準檢驗局亦已於今年3月中促成車輛中心、台灣大電力研究試驗中心，以及

全球認證機構 UL (Underwriters Laboratories) 簽署合作備忘錄，將於未來兩年內，針對整車電器安全、電池、馬達、控制器、充電系統、充電站等六大領域，制定符合國際化的標準，不僅推動國內電動車產業與國際標準、驗證接軌，更可藉此推升台灣電動車產業的技術實力。

五、參考資料

- [1] Kin P. Moy, EMC Testing Strategy and Methodology for Electric Vehicle, Research Report submitted to ARTC, 30 June, 2010.
- [2] DELPHI, <http://delphi.com/>
- [3] International Electrotechnical Commission, <http://www.iec.ch/>
- [4] International Organization for Standardization, <http://www.iso.org/iso/home.html>
- [5] SAE International, <http://www.sae.org/>
- [6] 中國標準在線服務網, <http://www.gb168.cn/std/indexpage/index.jsp>
- [7] 中國標準服務網, <http://www.cssn.net.cn/>