

# 電動輔助自行車最新法規標準介紹

圖◎郭谷米  
文◎SGS 廖銘遠、林景鏞、蘇家慶

瑞士SGS集團台灣檢驗科技，為了提供自行車業界更好的服務及最新法規資訊，特別舉辦一系列研討會，內容包含歐洲電動輔助自行車標準EN15194、歐洲與美國自行車機械性測試標準更新與新技術草案 (BMX) 介紹、歐洲新化學品政策REACH法案、美國CPSIA消費性產品安全改善法案相關法規等，會中並由SGS機械雜貨實驗室副理廖銘遠、電子通訊實驗室副理林景鏞以及機械雜貨實驗室主任蘇家慶等人，分別就法規的機械性、電氣安規、電磁相容等問題，提出說明並分享經驗，讓業者未來在各階段的產品生產、製造過程中能做好風險管理，並有效提升產品品質，以符合法規及客戶要求。



▲SGS機械雜貨實驗室副理廖銘遠（左）、SGS電子通訊實驗室林景鏞（中）、SGS機械雜貨實驗室主任蘇家慶（右）。

◀研討會內容吸引不少業者到場聆聽。

## 2009 EN 15194 電動輔助自行車總覽介紹

電動輔助自行車 EN 15194:2009 Cycles-Electrically power assisted cycles – EPAC Bicycles 這份標準於 2009 年 1 月正式成為歐盟標準，於同年 8 月起取代所有舊標準，適用歐盟地區 30 個國家，未來所有銷往歐洲地區的電動輔助自行車便可依照此特定標準執行相關測試以確認其符合性。而目前電動輔助自行車尚無 CE 的要求，2006/42/EC 的機械指令與 2004/108/EC 的 EMC（電磁相容性）指令都有被考慮將電動輔助自行車納入其範圍，不過一切都還在討論中，截至目前為止也還沒有正式公佈電動輔助自行車該歸屬於哪一個（或哪幾個）指令規範下。

### 設計規格 符合法規

在這份標準中明確地規範電動輔助自行車的技術規格，包括電池電壓必須低於 48 VDC 或內置充電器 230 V 輸入、最大額定功率不得大於 250 W 以及當時速達 25 km/h，輸出馬力應逐漸減弱直至斷電，或如停止踩踏，應更快地減弱輸出馬力直至斷電；所以當設計規格超出規範以上的時候則該自行車已經不符合 EN 15194 的適用範圍，也就是說該自行車已經不算是屬於電動輔助自行車（EPAL/Pedelec）了，而是成為電動自行車（E-Bike/Moped）或是行駛路上的電動車輛，此時便必須考量電動自行車（Moped）的 EC 指令（2002/24/EC）的要求甚至是 E-Mark 的要求，不論是電動自行車（Moped）的 EC 指令（2002/24/EC）或是 E-Mark 的要求，都已經屬於強制規範，這是所有想從事生產電動輔助自行車廠商，未來在設計技術及規格設定時必須要注意的。



▲SGS機械雜貨實驗室副理廖銘遠。

### 完整的測試 安全保障

電動輔助自行車的標準中，可以分為幾項重點測試項目，分別為整車機械強度、電路之設計與使用線材之規格要求、EMC（電磁相容性）、電池安全性測試、防水試驗、動力輸出、超速斷電、煞車斷電與車身標示與說明書之內容要求。在整車機械強度部份是完全參照 EN 14764: 2005 城市車標準第 4 章節至第 6 章節的內容去執行整車機械強度；在電路之設計與使用線材之規格要求部分則涉及到標誌的使用，需參考 ISO 2575:2010 的設計要求以及線材擺動耐久與電線耐電壓測試；在電池安全性部分則必須執行電池短路、馬達迴路短路、放電與過充保護，另外在電池本體則必須參照 IEC 60068-2-75 的衝擊試驗與自 0.9 公尺的落下強度試驗，去確認電池不得產生起火、熔化金屬與氣體溢散等危害；防水試驗則依照 IEC 60529 的 IPX4 的防水等級來進行測試；在動力輸出的部分煞車斷電則是檢測重點，必須考慮有無煞車把手的設計，以這兩種不同設計條件去檢測煞車斷電行駛距離是否符合標準要求，另外若有設計起動輔助模式則需要確認其符合性；在 EMC（電磁相容

性)的檢測則需執行輻射干擾、耐受性與靜電測試；此外 ESA (電裝部件) 在此標準中也另有規範，包括標示的要求與單獨執行 EMC (電磁相容性) 試驗，尤其是在電池充電器部分，當電動輔助自行車搭配 Integrated Charger (內置式的電池充電器) 時則需要執行 EN 55014 的 EMC (電磁相容性) 試驗；在規格的確認方面檢測實驗室會確認電動輔助自行車最大時速與最大額定功率是否符合廠商宣稱與規範要求；最後在標示與說明書的要求在此標準

中亦有詳細的描述。

此外在最後也建議對於電池安全性也可以考量聯合國運輸安全要求 (UN38.3) 以及電池指令 (2006/66/EC) 對於重金屬 (鉛、鎘、汞) 含量的要求；另外 RoHS 與 REACH 等相關化學測試也是在外銷常會面臨到的檢測需求。唯有執行完整的測試與充分評估整車與單獨零組件的相關安全要求才能讓使用電動輔助自行車的使用者安全獲得充分的保障。

## 電動輔助自行車 (EPAC) EMC 測試

在全球石油價格飆漲年代及節能減碳的環保意識高漲下，促使消費者購買意願提高，電動輔助自行車 (EPAC) 或電動自行車 (E-Bike) 的需求也日益提升。隨著電動輔助自行車在高效能電池、馬達技術及電源管理系統等先進核心組件加持下，對於控制器品質的要求也相對提高。

### 測試關鍵門檻 EMC

EN 15194 (Cycles-Electrically power assisted cycles-EPAC Bicycles) 在 2009 年 1 月 5 日於歐盟正式公告，對電動輔助自行車的安全性提供了一個可依循的安全準則。從 EN15194 的 4.2.5 章節及附錄 C 中詳細描述針對電動輔助自行車 (EPAC) 及電裝零組件 (ESA) 的 EMC 要求。在該標準中要求 EPAC 或 ESA 需通過電磁干擾 (Emission) 及電磁耐受 (Immunity) 的測試，也包含了內建在 EPAC 上的充電器。如何在認證測試過程中，順利快速的通過測試以縮短上市的時程 (Time to Market) 並增加商品利潤？EMC 的測試儼然成為整個 EN15194 測試項目中最關



▲SGS電子通訊實驗室林景繡。

鍵的門檻。

想要通過 EMC 的測試，必須先了解什麼是『EMC』？筆者在此作一個簡單的說明，讓讀者能夠體會什麼叫做 EMC! 其實 EMC 的現象一直是存在我們日常生活中，例如在家裡觀賞電影或聆聽音樂時，如果手機的距離太靠近電視接收機或是廣播接收機時，就可能會發現電視畫面出現雪花或是會聽到類似啵~啵~啵的數碼音從音響喇叭傳出來。這個現象就是類似 EMC 的現象，手機產生了干擾影響電視機或廣播接收機的接收品質。手機通訊因為會影響周遭的電子設備，就類似是 EMI 的行為；電視機或廣播接收機的接收會受

到週遭電子設備的干擾，就類似是 EMS 的現象。在國際電工標準會議（IEC）對 EMC 的定義是：一個設備或系統在電磁環境下可以正常運作，且不對該電磁環境中的任何設備產生難以容忍的電磁干擾能

力。前半段為電磁感受度（EMS：Electromagnetic Susceptibility）或稱電磁耐受度（Electromagnetic Immunity）的基本含義。後半段則是電磁干擾（Electromagnetic Interference：EMI）的基本含義。

**EN 15194引用車規的測試方法，針對EPAC及ESA在EMC（EMI及EMS）的測試要求分別如下所示：**

- 1.EMI：EPAC整車Broad-band輻射干擾（Broad-band radiation from Vehicles）、EPAC整車Narrow-band輻射干擾（Narrow-band radiation from Vehicles）、電機電子零組件（ESA）Broad-band輻射干擾（Broad-band radiation from ESA）、電機電子零組件（ESA）Narrow-band輻射干擾（Narrow-band radiation from ESA）。
- 2.Immunity：EPAC整車輻射耐受（Vehicle immunity to electromagnetic radiation）、電機電子零組件輻射耐受（ESA immunity to electromagnetic radiation）、靜電（Electrostatic discharge; ESD）。

另外，EPAC如果包含充電裝置，則充電功能必須另外通過EN 55014-1（EMI）及EN 55014-2（EMS）測試。

以下是針對EMC每個測試項目的目的及測試要求所做的整理：

1. EPAC整車Broad-band輻射干擾（Broad-band radiation from Vehicles）、EPAC整車Narrow-band輻射干擾（Narrow-band radiation from Vehicles）
  - (1) 引用標準：CISPR12（車輛、船體和由內燃機引擎驅動裝置之無線電擾動特性-保護接收機之之限制值與量測方法）。
  - (2) 測試目的：主要當EPAC在居住環境距離10公尺內且使用頻率範圍在30-1000MHz的廣播接收機能夠不受其影響。
  - (3) 限制值：如Table1。
2. 電機電子零組件Broad-band輻射干擾（Broad-band radiation from ESA）、電機電子零組件Narrow-band輻射干擾（Narrow-band radiation from ESA）
  - (1) 引用標準：CISPR25（保護車載接收機之無線電擾動特性的限制值與量測方法）。
  - 測試目的：保護裝在車上的接收機免於車輛本身零件/模組所產生的擾動。
  - (2) 限制值：如Table1。

C1 requirements relating to narrow-band radiation emission from vehicle, antenna at 10m  
 C2 requirements relating to broad-band radiation emission from vehicle, antenna at 10m  
 C3 requirements relating to narrow-band ESA radiation emission, antenna at 1m  
 C4 requirements relating to broad-band ESA radiation emission, antenna at 1m  
 C5 requirements relating to narrow-band radiation emission from vehicle, antenna at 3m  
 C6 requirements relating to broad-band radiation emission from vehicle, antenna at 3m

| Charac teristic | Value      | Band-width  | Antenna Distance[m] | Equation for L [db(μV/m)]within f [MHz] |                     |            |
|-----------------|------------|-------------|---------------------|---|---------------------|------------|
|                 |            |             |                     | 30...75                                 | 75...400            | 400...1000 |
| C1              | Mean value | Narrow-band | 10 ± 0.2            | 24=const                                | 24+15,13-log (f/75) | 35=const   |
| C2              | Quasi-peak | Broad-band  | 10 ± 0.2            | 34=const                                | 34+15,13-log (f/75) | 45=const   |
| C3              | Mean value | Narrow-band | 1.0 ± 0.05          | 54-25,13-log (f/30)                     | 44+15,13-log (f/75) | 55=const   |
| C4              | Quasi-peak | Broad-band  | 1.0 ± 0.05          | 64-25,13-log (f/30)                     | 54+15,13-log (f/75) | 65=const   |
| C5              | Mean value | Narrow-band | 3 ± 0.05            | 34=const                                | 34+15,13-log (f/75) | 45=const   |
| C6              | Quasi-peak | Broad-band  | 3 ± 0.05            | 44=const                                | 44+15,13-log (f/75) | 55=const   |

Table1

**1. EPAC整車輻射耐受（Vehicle immunity to electromagnetic radiation）**

- (1) 引用標準：ISO 11451-1（道路車輛 窄帶輻射的電磁能量產生的電干擾 車輛試驗方法 第1部分:總則和定義）。
- (2) 測試目的:測試車輛本身不會受到外界干擾而影響車輛本身的功能性。
- (3) 限制值：20-2000MHz, 24V/m。

**2. 電機電子零組件輻射耐受（ESA immunity to electromagnetic radiation）**

- (1) 引用標準：ISO 11452-1（道路車輛 窄帶輻射的電磁能量產生的電干擾 部件試驗方法 第1部分:總則和定義）。
- (2) 測試目的:測試車輛本身不會受到外界干擾而影響車輛本身的功能性。
- (3) 限制值：
  - (A)：Stripline test：20-2000MHz, 150mm\_48V/m; 20-2000MHz, 800mm\_12V/m。
  - (B)：Bulk Current Injection test：20-2000MHz, 48mA。
  - (C)：TEM-cell test：20-2000MHz, 60V/mA。
  - (D)：Absorber lined Chamber: 20-2000MHz, 24V/m。

**3. 靜電（ESD）**

- (1) 引用標準：EN 61000-4-2（電機、電子設備，直接和間接操作的靜電放電免疫力要求和測試方法）。
- (2) 測試目的：測試車輛本身不會受到靜電放電干擾而影響車輛本身的功能性。
- (3) 限制值：Contact：±4Kv；AIR：±8kV。

## 設計初期 滿足法規標準

在整個 EMC 的測試過程中，首先必須設定 EPAC 或是 ESA 須滿足標準所要求的測試條件。但是一般廠商的設計都是依照標準所訂定的規範來設計，例如使用 Torque sensor 來感應使用者在不同的道路環境下，輔助馬達輸出的功率大小。而這樣的設計則無法達到標準所要求的 75% 輸出功率、Start up assistance mode 或是 Designed maximum assistance mode；所以必須請廠商另外設計一個特定的操作方式來滿足法規的測試條件，但是 EPAC 廠商的背景大部分都是自行車製造商，所以在電子控制器的功能設定，或是設計一個供 EMC 測試使用程式時，就會需要花費較長的時間準備，若需要藉助外包廠商來協助完成，一方面因為自行車產業對 EMC 屬於陌生的測試領域，所以在設計及組裝上都沒有將 EMC 考量進去。當產品送到實驗室做測試時，才發現產品本身的 EMC 特性很差，無法通過測試。因此花費相當長的時間及精力做修改使產品能夠通過測試，往往又因為買家訂單的交期已逼近，導致交期被迫延期，甚至於訂單流失。

## 排除雜訊 通過測試

事實上，產品只要一開始的設計初期就把 EMC 的觀念導入（增加濾波器、預留濾波元件的位置或是設計硬體機構的方式來消除或減低 EMC 的干擾與輻射），就能大大降低測試時失敗（Fail）的機率，以縮短上市的時程（Time to Market）並增加商品利潤。那麼，如果在設計的時候就已經把 EMC 的相關對策加到產品中，但是到實驗室測試時還是失敗了，那該怎麼辦

呢？在這裡分享筆者近 10 年的 EMC 經驗所得：首先，必須找出導致失敗的來源，在電磁波的理論當中必須先了解波長的特性：當波長與導線產生諧振時，導線就變成天線（接收天線或是發射天線）。舉例來說，當輻射干擾超出限制值，代表產品本身在運作時會產生雜訊藉由天線（可能是導線或 PCB 板上的 Trace）輻射出來，而且他的振幅大小超出法規要求的限制值。這時的導線就被稱之為發射天線，將雜訊發射出去。反之，如果輻射耐受無法通過測試，就表示產品上有一個或多個接收天線將干擾訊號接收之後傳至控制器或其他電子裝置，導致控制器或其他電子裝置功能異常。所以，先要了解測試的目的及測試的方法，然後針對該測試所對應潛在可能的來源做適當的處理，如此就能夠將該雜訊給排除或抑制以順利通過測試。

最後，分享幾個通過 EMC 的簡易設計方法供讀者參考。

1. 使用具隔離編織網的導線：因為波長與導線的關係，使用具隔離編織網的導線將雜訊包起來，使雜訊無法發射出去。亦使外界的干擾訊號隔離在外面，不再藉由導線將雜訊接收進來而影響產品的正常功能。

2. 在控制器的 Input/Output 介面增加濾波元件或電路（例如 Inductor、Bead、Ferrite Core、Chock、Capacitor、L 型濾波、 $\pi$  型濾波 ... 等），使雜訊不會藉由導線流出或流入控制器或其他電子裝置。

3. 使用 ESD Protector（例如 TVS）在控制器的 Input/Output 介面或其他電子裝置以保護控制器或其他電子裝置不受靜電的干擾（使用導流的手法）以確保產品的功能能夠正常運作。
4. 設計硬體機構（使用隔離的手法）來避免靜電的干擾。

## 參考文獻：

1. EN 15194: 2009 Cycles - Electrically power assisted cycles - EPAC Bicycles
2. CISPR12: 2007 Vehicles, boats and internal combustion engines – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement for the protection of off-board receivers
3. CISPR25: 2008 Radio disturbance characteristics for the protection of receivers used on board vehicles, boats, and on devices – Limits and methods of measurement
4. ISO 11451-1: 2005 Road vehicles -- Vehicle test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy -- Part 1: General principles and terminology
5. ISO 11452-1: 2005 Road vehicles - Component test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy -- Part 1: General principles and terminology
6. EN 61000-4-2: 1995+A1: 1998+ A2: 2001 Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test

## 符合規範的機械性測試

EN 15194 電動輔助自行車中在測試需求的第一章節便提到電動輔助自行車需符合 EN 14764 城市車的要求，雖然目前市面上已有 EPAC 是屬於登山車或公路車的類型，不過目前依據規範要求機械性的測試只需符合城市車的要求即可，但製造商仍可主動增加測試的強度，以符合實際使用狀況。

針對城市車規範一般廠商最先碰到的問題是「目前 EN 14764 城市車規範最新版本為何？」由於各歐盟的國家引用該規範作為自己國家規範的時間並不一，因此會造成版本好像已經更新的假象，例如賽爾維亞 2010 年才將城市車規範納入國家規範中，因此該國的城市車規範會這樣呈現「SRPS EN 14764:2010」，而實際上內容還是顯示 2005 年版的，最新的版本訊息可以從歐盟網站查出 <http://www.cen.eu/cen/pages/default.aspx>。

## 擺放電池的重要性

EN 14764 城市車規範整合了各國規範的重要測試，包含了整車、零件、以及部分化性的測試，該規範已經於業界耳熟能詳，不過若要將此規範套用於 EPAC 則有許多外觀設計及機械結構是需要特別注意的。



▲SGS機械雜質實驗室主任蘇家慶。

以目前市面上的 EPAC 設計看來，有許多是小徑車或折疊車，EN 14764 城市車規範中折疊車仍然是需要符合所有的機械強度要求的，而且其鎖固機構於騎乘中不可接觸輪組也不可出現非預期的鬆脫或開啓。特別要注意的是充電電池的擺放位置及設計不可突出於車架上管處，否則會形成突出物，這是一般 EPAC 設計時常常會忽略的重點。

## 握桿與車把距離的重要性

多數 EPAC 的煞車握桿常會牽涉到電控相關設計，所以不會加裝調整螺絲來調整握桿與車把的距離，因此設計或組車時需直接考慮握桿的形式，以避免造成握桿與車把的距離超過規範的要求。

煞車測試是一般整車廠最容易遇到的問題，因為整個煞車的過程中牽涉到測試結果的因素不單單只有煞車塊，還需要考慮到輪圈的選用，輪胎、煞車夾器、煞車握桿的種類都會是影響的因素，在 EN 14764 城市規範中煞車測試有兩種方法，一種是實車測試，另一種為機台測試，因實車測試之再現性較差且危險度高，因此 SGS 是採用機台測試，規範中的煞停要求值是利用機台測試出煞車制動力後帶入公式，利用不同的經驗常數來模擬出實際騎乘於路面上的煞停距離，除了需要符合煞停距離的要求以外，煞車測試還需符合乾溼式煞車比以及線性的要求，若是煞車系統是採用韞煞 / 碟煞設計，則還需要符合耐熱測試的要求。

### 額外零件類測試問題

把手立管組需要符合靜力強度及扭轉強度的要求，除了靜態測試以外還需要符合動態強度的測試，動態測試必須以同一組把手立管做完兩階段的動態測試。

車架在規範中除了外觀檢驗外，還包含動態及衝擊測試，分別為車架踏力疲勞、車架垂直力疲勞、落錘衝擊測試，若 EPAC 為折疊車則需特別注意折疊機構強度，通常在疲勞測試中折疊機構是最容易出現疲勞破壞的部位，前叉測試涵蓋了，疲勞、靜力及衝擊測試，除了一般的前叉以外，用於韞煞 / 碟煞的前叉還需要加測 12,000 次的水平疲勞及扭矩測試以確保前叉上的韞煞 / 碟煞固定座強度是足夠的。

輪組的測試除了轉動精確性的要求外，輪組與車架的緊固測試也是重點項目，因為在國外有發生騎乘時車輪脫離造成受傷的案例，若是快拆與車架的搭配不當會有輪組脫離的風險。而經常被忽略的項目為



▲蘇家慶主任親切的為學員說明測試標準。



▲學員仔細聆聽講師說明電動車相關法規規範。

輪圈及快拆上的標示。其他的零件如驅動系統、座墊座桿、鏈條、鏈條保護蓋、踏板、踏板、貨架等，也都於 EN 14764 城市車中有完整的要求及說明。

值得一提及注意的是 EPAC 在德國規範裡 (DIN EN 15194:2009) 針對馬達安裝於前輪的車架及前叉有額外的建議測試，分別為車架需加測 +/-600N 的水平力疲勞 5 萬次，以及前叉的疲勞測試力量增至 600N，這也是目前出口到德國的製造商最常遇到的問題。

不論 EPAC 的電控系統設計的有多優良，終究是一台自行車，若是無法通過機械性強度的測試，可能造成連鎖的影響，甚至必須重新變更電控設計，萬丈高樓平地起，EPAC 的設計與機械性構造是相輔相成的，唯有經過專業的安全設計與機械強度測試才能造出一台優秀的電動輔助自行車。

