

# 電動車電池 測試驗證國際標準介紹

財團法人車輛研究測試中心 張偉倫

## 一、前言

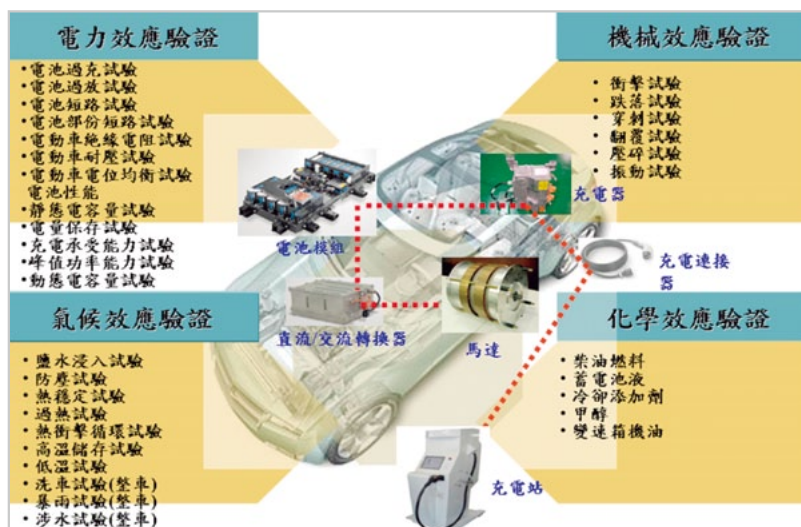
當全球面臨高油價、能源短缺與溫室氣體排放等課題日益嚴重，也正促使世界各國積極尋求解決之道；包括近年來，以鋰電池或鎳氫電池為動力的混合動力汽車及電動車，也都因替代性能源及環保等議題效應帶領下，而受到市場越來越多的關注。於是，在相關替代石油的新能源技術開發過程中，針對新興能源體系而言，電力之儲能元件，即成為首要不可或缺之核心。

動力電池在交通領域的應用，對於減少溫室效應、廢氣排放、降低大氣污染以及新興能源的應用有著重要的意義。其中鋰電池以高能量密度、高重複循環使用次數及綠色環保等優勢而日益受到重視，並有相當廣泛的應用，例如手機、筆記型電腦、電動工具等隨身攜帶之手持設備等。目前更已逐漸邁入電動汽車等大功率的交通運輸應用領域，因而成為全球電動汽車相關產業發展之焦點。

電動車電池或其相關關鍵零組件在使用環境中易受到環境因子(如振動、

溫溼度等)影響而老化失效，嚴重時甚至會有影響安全之虞，所以為了保障消費者權益，一般而言，除了車廠或零組件廠皆會對其產品執行相關測試驗證來保證品質外；國際標準中亦有明確的規範，制定相關測試方法，以確保產品品質。

電動車輛之環境測試驗證項目非常多(如圖1)，基本上可分成電力、機械、氣候及化學4大負載，電力負載主要針對車輛之電池、電子元件進行電力相關測試，如電池過充、電池過放等；機械負載用於模擬路面所產生之振動、衝擊的影響；氣候負載如高低溫試驗、防塵防水等；化學負載則是模擬化學物質塗佈所產生之化學效應。



▲ 圖1、電動車輛環境驗證項目



本文主要將以電動車電池測試驗證之相關國際規範作介紹，所參考之國際標準分別如下：

- ISO 12405-1 : Electrically propelled road vehicles test specification for lithium-ion traction battery systems, Part 1 : High power applications.
- SAE J2464 : Surface vehicle recommend practice - Electric vehicle battery abuse testing.
- SAE J1798 : Recommended practice for performance rating of electric vehicle battery modules.
- SAE J2380 : Surface vehicle recommended practice - Vibration testing of electric vehicle batteries.
- FreedomCAR : Electrical energy storage system abuse test manual for electric and hybrid electric vehicle applications.

## 二、國際標準介紹

### (一) ISO 12405-1國際標準介紹

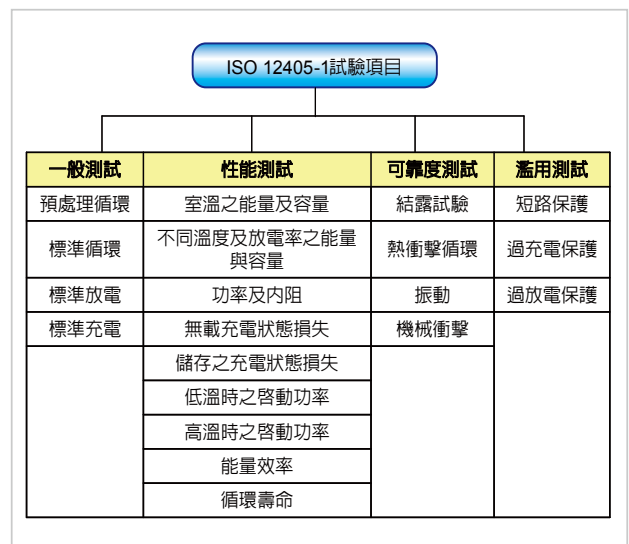
ISO 12405-1用於規定電動車輛的鋰電池組和系統之測試程序。其規定之測試程序內容相當多樣，主要分為一般測試(General test)、性能測試(Performance test)、可靠度測試(Reliability test)及濫用測試(Abuse test)4大類，如圖2。

由圖2可看出ISO 12405-1的4大試驗項目下還有很多項試驗，以下以振動及機械衝擊為例做一簡單說明：

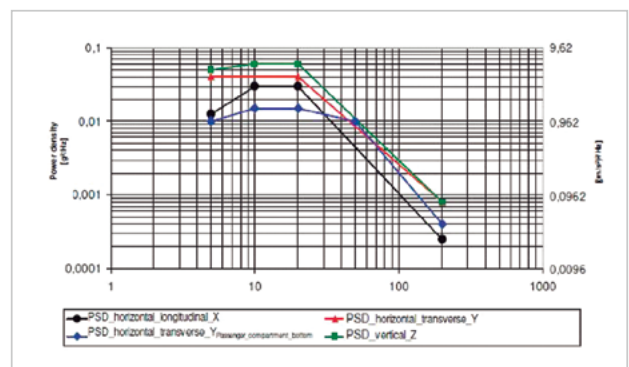
在ISO 12405-1的振動試驗中，主要模擬因表面

不平道路和動力驅動所引起的隨機振動，進而造成故障和損壞。測試方式並依大質量系統與小質量系統分成兩種方法。(大質量係指電池組或電池系統；小質量則係指電子設備或是電池系統的元件。)

針對大質量系統，測試頻率限制在200 Hz以內，試驗方向為3軸向(x,y,z)、每軸向振動試驗時間為21 hr，其試驗頻譜如圖3。而小質量系統其試驗頻譜如圖4(測試頻率10~2,000 Hz)，試驗時間為每軸向8小時。

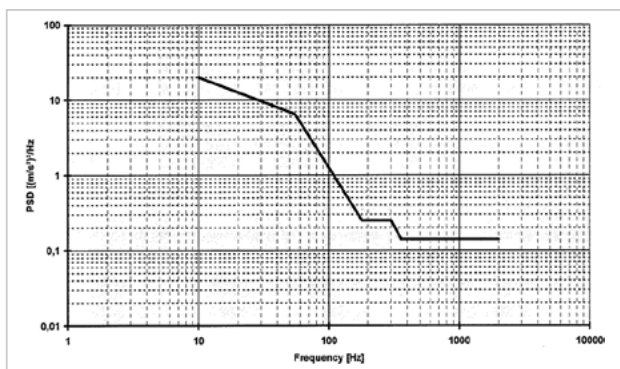


▲ 圖2、ISO 12405-1試驗項目



▲ 圖3、ISO 12405-1振動試驗頻譜(大質量系統)





▲ 圖4、ISO 12405-1振動試驗頻譜 (小質量系統)

至於ISO 12405-1的機械衝擊試驗則是用於模擬車子在高速行駛時撞到突起的石頭所產生衝擊力對電池之影響，表1為衝擊試驗條件。試驗執行前，需以C/3的電流大小將電池放電至SOC 50% (State of charge)狀態，試驗方向須與實車受力方向相同，若不知道方向來源，則須執行6個方向。(註：C：電池容量，以安培小時(Ah)表示、SOC：電池儲電量百分比)。

▼ 表1、ISO12405-1衝擊試驗

項目	條件要求
波形	半正弦波
加速度	500 m/s <sup>2</sup>
時間	6 ms
溫度	常溫
次數	每方向 10 次

(二) SAE J2464國際標準介紹

SAE J2464的試驗類型共分為三個部分，第一部分為機械濫用試驗：試驗項目有衝擊試驗、掉落試驗、穿刺試驗、翻覆試驗、浸入試驗、壓碎試驗。第二部分為熱濫用試驗：試驗項目有高溫危險試驗、熱穩定試驗、無熱管理循環試驗、熱衝擊循環試驗、被動傳播電阻試驗。第三部分為電力濫用

試驗：試驗項目有短路試驗、過充電試驗、過放電試驗。如表2~表4。

▼ 表2、SAE J2464第一部分機械濫用試驗項目

SAE J2464 試驗項目	
試驗項目	試驗方法概述
衝擊試驗	<ul style="list-style-type: none"> <li>電池芯 (Cell)：加速度 150 g，持續時間 6 ms，脈波形式半正弦波</li> <li>電池組 (Module)：加速度 50 g，持續時間 11 ms，脈波形式半正弦波</li> <li>電池模組 (Pack)：加速度 25 g，持續時間 15 ms，脈波形式半正弦波</li> </ul>
掉落試驗	以最脆弱方向從 2 公尺高度掉落待測裝置至硬平面
穿刺試驗	<ul style="list-style-type: none"> <li>電池芯：鋼桿直徑 3 mm 桿端類型：逐漸變細至一尖點</li> <li>穿刺速度：8 cm/s 或更多、最小穿刺深度：穿透電池芯</li> <li>電池組 / 電池模組：鋼桿直徑 20 mm、桿端類型：逐漸變細至一尖點</li> <li>穿刺速度：8 cm/s 或更多、最小穿刺深度：穿透 3 個電池芯或 100 mm，選擇較大值</li> </ul>
翻覆試驗	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 分鐘旋轉待測裝置一轉</li> <li>以每次遞增 90 度的增量將待測裝置完全旋轉一轉</li> <li>在每個位置觀察待測裝置 1 小時</li> </ul>
浸入試驗	<ul style="list-style-type: none"> <li>將待測裝置浸入鹽水至少 2 小時，水的深度必須完全淹沒待測裝置。</li> </ul> 
壓碎試驗	<ul style="list-style-type: none"> <li>對於電池模組及電池組，壓碎夾具應由一個半圓柱形壓毀表面且帶有紋路的模板組成，其直徑相當於待測裝置的最小尺寸</li> <li>在三個軸向中，一個待測裝置至少進行兩個軸向的壓碎</li> <li>每個待測裝置，壓碎至初始尺寸的 85%，並保持五分鐘。保持時間後繼續壓碎至初始尺寸的 50%。壓碎力量不得大於待測裝置重量的 1,000 倍</li> </ul> 

▼ 表3、SAE J2464第二部分熱濫用試驗項目

SAE J2464 試驗項目	
試驗項目	試驗方法概述
高溫危險試驗	<ol style="list-style-type: none"> <li>待測裝置的熱環境必須在 90 秒內從周圍溫度上升至 890 °C</li> <li>待測裝置在 100% 充電狀態，放置在輻射加熱夾具內執行</li> <li>建議的“輻射加熱”測試夾具為一個薄圓柱形金屬夾具，其內部塗膜使其將輻射近似黑體。外部表面由石英燈陣列（或其它加熱源）的輻射能加熱。測試溫度由安裝在夾具內部表面的熱電偶控制，待測裝置放在夾具中心，不與夾具內壁接觸</li> </ol>

熱穩定試驗	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 熱升載率至少應為 5°C/min</li> <li>(2) 將電池芯放置在可以將其加熱至超過它最大操作溫度 300°C 的加熱室</li> <li>(3) 以 5°C 增量增加溫度，每個溫度步驟保持 30 分鐘，或直到偵測到任何自加熱發生。如果偵測到自加熱 (&gt;1.0°C/min)，保持加熱室溫度直到待測裝置的溫度達到穩定，或是直到 (a) 溫度達到電池芯操作溫度 300°C 以上，或 (b) 災難事件發生 (例如，排氣或電池芯重大損壞)。如果電池芯發生熱破壞，應重覆進行測試以準確界定熱穩定極限。以定速將溫度升至低於第一個步驟的事件溫度。接著以 2°C 增量增加溫度，並保持至少 1 小時，直到該事件重覆發生且界定熱穩定極限</li> <li>(4) 此測試應在過充電池芯重覆進行 (以 2°C 增量增加溫度，並保持至少 1 小時)。過充條件：電池芯以 1 C-rate 充電至近似 150% 的充電狀態</li> </ol>
無熱管理的循環試驗	待測裝置在標稱操作溫度，完全充電，且使主動熱控制 (主要及次要的) 失效，將待測裝置使用製造商定義的充電演算法充電，接著以實際應用接近的放電率放電。上述程序須在充電與放電間以無中斷的方式進行 20 次完全充 / 放電循環
熱衝擊循環試驗	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 待測裝置在最大操作充電狀態，且使主動熱控制 (主要及次要的) 失效，在環境溫度 70°C 到 -40°C 之間循環下進行待測裝置熱循環</li> <li>(2) 溫箱周圍溫度達到每個溫度極限的時間應為 15 分鐘或更短</li> <li>(3) 待測裝置應維持每個溫度極限至少 1 小時；模組層級需 6 小時；電池組層級則以達到所需的均勻溫度 (<math>\pm 5^\circ\text{C}</math>)。總共需執行五次循環</li> <li>(4) 測試前與測試後在 25°C 周圍空氣溫度下執行三次 C/3 放電循環</li> </ol>
被動傳播電阻試驗	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 待測裝置加熱至電池芯的溫度穩定保持在 55°C 或是最高操作溫度，兩者擇較高值</li> <li>(2) 將待測裝置內電池芯於指定位置，5 分鐘內 (例如，使用電阻加熱或是利用外在加熱源進行熱傳導) 均勻加熱至 400°C (或是直到電池芯進入熱破壞)</li> </ol>

▼ 表4、SAE J2464第三部分電力濫用試驗項目

SAE J2464 試驗項目	
試驗項目	試驗方法概述
短路試驗	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 以阻抗小於 5 mΩ，且甚大於待測裝置直流阻抗，於 1 秒內在待測裝置的正極與負極端子施加硬短路，持續 60 分鐘</li> <li>(2) 以阻抗相當於待測裝置總直流阻抗，但不得少於 10 mΩ，於 1 秒內在待測裝置的正極與負極端子施加軟短路，持續 60 分鐘</li> </ol>
過充電試驗	<p>對電池芯進行二次過充測試，對模組或電池組進行一次過充測試</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 電池芯以二種速率充電，(a) 1 C-Rate 定電流，以及 (b) 以再生煞車或充電系統 (當多個電池芯並聯時，調整比例至電池芯層級的電流) 所能提供的最大電流高速度過充，直到至少達到 200% 充電狀態</li> <li>(2) 模組和電池組應以 1 C-Rate 定電流充電，直到至少達到 200% 充電狀態。模組或電池組除了待測裝置最大操作電壓外，尚須受到電池組最大電壓 20% 的過電壓限制</li> </ol>
過放電試驗	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 電池芯測試：以二倍電池芯容量的安培小時時間之建議最大連續電流，將完全充電的待測裝置放電。強制放電結束時電壓將維持 30 分鐘</li> <li>(2) 模組測試：一個完全放電的電池芯藉由與相同種類完全充電的電池芯串聯連接進行強制放電。與被放電電池芯串聯連結的完全充電電池芯數量，等於模組內電池芯總數減一。以最大建議電流放電，直到模組電壓達到 0.0 ± 0.2 伏特。保持電壓 30 分鐘</li> </ol>

### (三) SAE J1798國際標準介紹

SAE J1798為用來判定電動汽車電池模組的性能，其試驗項目有靜容量試驗(定電流法)、靜容量試驗(定功率法)、電量保存試驗、充電承受能力試驗、峰值功率能力試驗、動態容量試驗，以下為其試驗方法之說明。

#### 1. 靜容量試驗(定電流法)

此測試目的為在不同放電率和溫度下，建立適合車輛應用使用時的能量容量。可應用在熱管理系統大小的需求和能量性能的篩選測試，以及用來驗證製造商所陳述的性能，因此這些測試需執行100%放電直到電壓截止，而非僅額定容量。其測試方法為在25°C下以C/3放電率量測電池至截止電壓之容量，連續測試至容量誤差在2%以內為準，重複測試C/2與C/1的容量，及在45°C，0°C及-20°C不同溫度下的容量。

#### 2. 靜容量試驗(定功率法)

此試驗方式與定電流法概念類似，只是改以P/3、P/2及P/1放電率測試電池在不同溫度下的容量 (註：P為功率)。

#### 3. 電量保存試驗

此測試目的為建立模組再充電後的儲存特性曲線，亦即特定模組技術及設計的停滯損失。此測試可以在不同停滯時間或溫度下，以多重模組並聯的方式執行。其試驗內容為在25°C及45°C儲存溫度下，測試電池在C/3的容量下存放2天，14天及30天的保持率。

#### 4. 充電承受力試驗

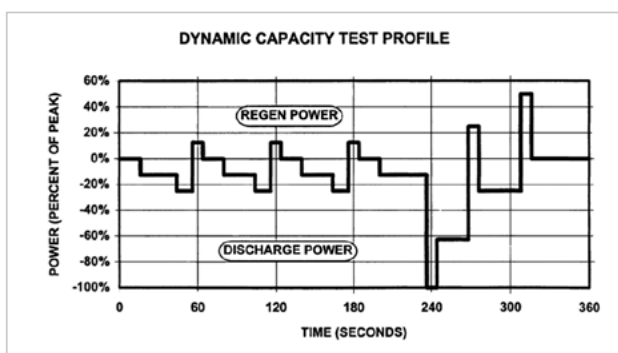
此試驗目的為建立在不同溫度下，模組如何快速地接受充電。這不是用來判定初始接受能力的暫態測試，而是一個完整充電接受測試。此測試允許製造商估計車輛充電系統的需求和熱管理的需求。

#### 5. 峰值功率能力試驗

此測試目的在判定電池模組在超過其可用放電容量時，提供持續電力30秒之能力。執行方法為最大額定放電電流於每10%放電深度進行一次30秒放電，最大額定電流放電後只能休息1分鐘，以計算最大放電功率能力。

#### 6. 動態容量試驗

此測試指在動態放電條件下測量一個電池模組的容量，相似於電動車輛在都市行駛條件時之情形。測試模組的動態循環依額定或特定最大功率的百分比估算，其示意圖如圖5所示。



▲ 圖5、SAE J1798動態能力放電曲線

#### (四) SAE J2380國際標準介紹

此份標準對於電動車電池長時間暴露於路面所引起之振動提供測試程序，主要用於確保電池振動

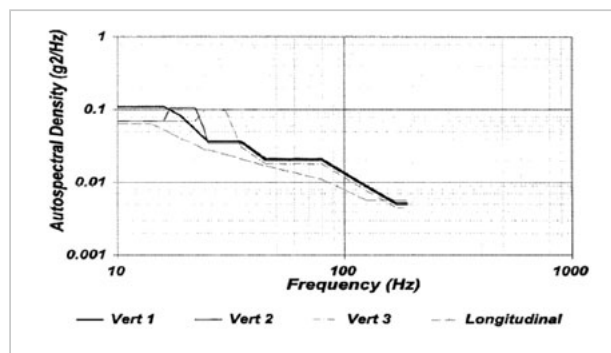
耐久後之品質，其試驗執行方法簡述如下：

1. 先依序執行以下3種性能試驗：參考SAE J1798規範執行C/3定電流放電、額定容量之100%的動態能力放電、峰值功率放電。
2. 執行完上述3種性能試驗後，依電池製造廠商建議之方式將電池完全充飽電。
3. 對於電池的垂直軸、縱軸或橫軸，可以選擇如表5所示之正常或替代性振動位準來執行振動試驗，其差異主要在於振動試驗時間長短，而各軸向之振動試驗頻譜如圖6所示。

▼ 表5、SAE J2380三軸向振動試驗規劃

測試條件 振動頻譜	測試條件 充電狀態 (%)	正常測試 加速 (g rms)	正常測試 Time (h)	正常測試 累計 Time, h	替代測試 加速 (g rms)	替代測試 時間 (h)	替代測試 累計 Time, h
垂直：頻譜	100	1.9	0.15	0.15	1.9	0.15	0.15
垂直：頻譜	100	0.75	5.25	5.4	0.95	3.5	3.65
垂直：頻譜	100	1.9	0.15	5.55	1.9	0.15	3.8
垂直：頻譜	100	0.75	5.25	10.8	0.95	3.5	7.3
垂直：頻譜	20	1.9	0.15	10.95	1.9	0.15	7.45
垂直：頻譜	20	0.75	5.25	16.2	0.95	3.5	10.95
縱向：頻譜	60	1.5	0.09	16.29	1.5	0.09	11.04
縱向：頻譜	60	0.4	19.0	35.29	0.75	6.7	17.74
縱向：頻譜	60	1.5	0.09	35.38	1.5	0.09	17.83
縱向：頻譜	60	0.4	19.0	54.38	0.75	6.7	24.53
橫向：頻譜	60	1.5	0.09	54.47 <sup>(1)</sup>	1.5	0.09	24.62 <sup>(1)</sup>
橫向：頻譜	60	0.4	19.0	73.47 <sup>(1)</sup>	0.75	6.7	31.32 <sup>(1)</sup>
橫向：頻譜	60	1.5	0.09	73.56 <sup>(1)</sup>	1.5	0.09	31.41 <sup>(1)</sup>
橫向：頻譜	60	0.4	19.0	92.56 <sup>(1)</sup>	0.75	6.7	38.11 <sup>(1)</sup>

這些累計時間僅適用於全部三個軸向是分別進行。



▲ 圖6、SAE J2380隨機振動測試頻譜

4. 依照電池製造商建議之物理方向來固定電池並執行各軸向之振動試驗。振動試驗允許執行1軸或同時執行2軸或3軸向，其完全取決於振動





## 專 題 報 導

機性能。

5. 執行所規劃的振動試驗，其完整流程為電池狀態需由SOC 100% 變化至SOC 20%，有以下兩種方式選擇：

方式一：若使用1軸或2軸振動試驗機，垂直向振動2/3的試驗時間 (電池狀態SOC 100%)，然後為縱軸與橫軸振動試驗 (電池狀態SOC 60%)，最後剩餘1/3 垂直軸之試驗時間 (電池狀態為SOC 20%)。

方式二：若使用3軸向振動試驗機，所有的測試時間可以分為相等的3等分。第一階段為電池狀態SOC 100%，第二階段為電池狀態SOC 60%，第三階段為電池狀態SOC 20%。

6. 振動試驗3階段之過程中，電池需以C/3定電流放電，試驗完後電池需重新充飽電。
7. 重複執行SAE J1798中的性能試驗。包含C/3定電流放電、動態能力試驗及峰值功率放電。

### (五) FreedomCAR國際標準介紹

此份標準完整定義電動車及複合式電動車輛 (Hybrid electric vehicle) 電池濫用試驗，用於模擬超出正常操作下之極限狀況。其內容不僅包含了SAE J2464電池濫用試驗之內容，且更完整的說明關於複合式電動車輛及相關能量儲存系統之技術。FreedomCAR的試驗類型共分為三個部分，第一部分為機械濫用試驗：項目有壓碎試驗、穿刺試驗、掉落試驗、浸入試驗、翻覆模擬試驗、機械衝擊試

驗。第二部分為熱濫用試驗：項目有熱穩定試驗、高溫危險試驗、無熱管理的循環試驗、熱衝擊循環試驗。第三部分為電力濫用試驗：項目有過充電/過電壓試驗、短路試驗、過放電試驗，表6~表8為其相關試驗內容說明。

▼ 表6、FreedomCAR第一部分試驗項目

FreedomCAR 試驗項目	
試驗項目	試驗方法概述
衝擊試驗	分成3種試驗等級可供選擇，如下： Low Level：25 g, 30 ms, 半弦波、Mid1 Level：35 g, 51 ms, 半弦波、Mid2 Level：25 g, 60 ms, 半弦波
掉落試驗	不超過 10 公尺高度自由落下至半徑 150 mm 鋼鐵圓柱
穿刺試驗	穿刺速度 8 cm/sec 電池芯：直徑 3 mm 鋼棒穿過樣品 電池組 / 電池模組：直徑 20 mm 鋼棒穿過 3 個電池芯或穿刺深度 100 mm
翻覆試驗	(1) 在密閉容積內，1 分鐘旋轉待測裝置一轉 (2) 以每次遞增 90 度的增量將待測裝置完全旋轉一轉 (3) 在每個位置觀察待測裝置 1 小時
浸入試驗	完全浸入相當於海水鹽度之 25°C 鹽水至少 2 小時
壓碎試驗	半圓形表面半徑 75 mm，間隔 30 mm 之壓碎平台，平台表面採用非傳導材料製成 (1) 第一段壓縮模組高度 15%，5 min. (2) 第二段壓縮模組高度 50% 或最大力量為樣品重量 1,000 倍，5 min.

▼ 表7、FreedomCAR 第二部分試驗項目

FreedomCAR 試驗項目	
試驗項目	試驗方法概述
高溫危險試驗	(1) 被測裝置在 100% 充電狀態，放置在 890°C 輻射加熱圓柱形夾具 10 分鐘 (2) 在輻射加熱圓柱形夾具內部塗膜使其將輻射近似黑體 (3) 被測裝置的熱環境必須在 90 秒內從周圍溫度上升至 890 °C
熱穩定試驗	· 電池芯：加熱率 5 °C / min，每個溫度步驟保持時間 30 分鐘，升溫至 200°C · 電池組以上 (放熱溫度已知)：加熱率 10 °C / min，每個溫度步驟保持時間 120 分鐘，升溫至 200°C · 電池組以上 (放熱溫度未知)：加熱率 10 °C / min，每個溫度步驟保持時間 120 分鐘，升溫至 200°C
無熱管理的循環試驗	· 測試件在 100% 充電狀態，中間不休息下，連續充電及 3 kW 定功率放電 20 次循環
熱衝擊循環試驗	· 測試件在 50% 充電狀態、衝擊溫度 80°C ~ -40°C，達到溫度極值時間 < 30 min (15 min 內更佳) · 溫度極值停留時間：電池芯 1 小時，電池組 6 小時，電池模組則為均勻溫度所需時間，停留時間執行熱循環次數：5 次

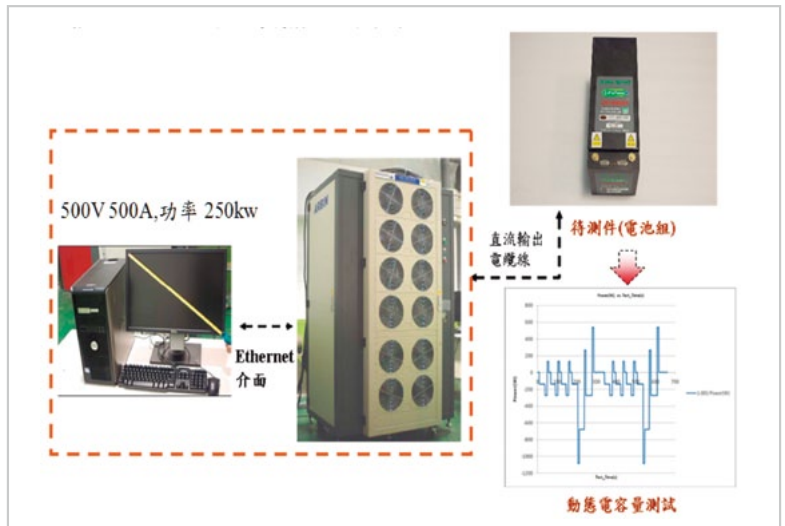
▼ 表8、FreedomCAR第三部分試驗項目

FreedomCAR 試驗項目	
試驗項目	試驗方法概述
短路試驗	(1) 1秒內，以小於 5 mΩ 以內的導體短路 10分鐘 (2) 對於測試件內阻小於 5 mΩ，使用電阻為測試件最小電阻 1/10的導體短路 10分鐘
過充電試驗	EV：測試件在 100% 充電狀態，以電壓 450 V，定電流 32 A，過充至測試件達 200% 充電狀態，4 小時 HEV：測試件在 100% 充電狀態，以 HEV 能量產生源及其他充電源之最大電壓，使 32 A 電池，過充至測試件達 200% 充電狀態
過放電試驗	以 1C 放電 1.5 小時

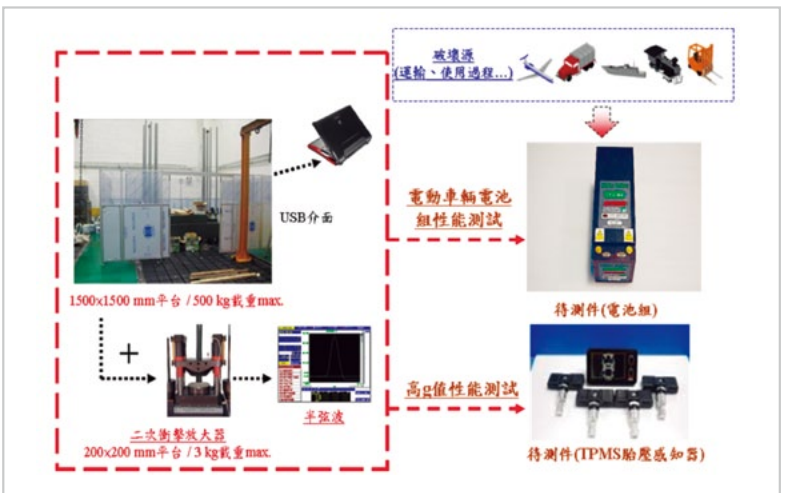
### 三、結論

ISO 12405-1為目前國際上針對電動車電池組所制定之最新規範，版本為2009年版。由於電動車電池發展迅速，以及需求日增，舊有之環境可靠度驗證要求規範，已無法符合目前電動車電池組產品技術、品質及可靠性驗證。相對的由於ISO 12405-1調和了SAE J2464與FreedomCAR電動車電池相關之驗證技術要求，其內容之完整性，已可取代上述舊有電動車電池驗證規範。

車輛中心(ARTC)不僅關注電動車電池檢測的國內外標準之制定及發展，持續進行研究分析，現階段更依據國內業者電動車電池環境檢測服務需要，從去年起即逐步增加設備技術，完備相關檢測能量，如電池充放電試驗機(如圖7)、機械衝擊試驗機等(如圖8)，以便協助業界加速電池測試與開發腳步，並提升產品可靠性及耐久性，早日達成擴展國際市場之目的。



▲ 圖7、電池組大功率電力性能測試設備



▲ 圖8、機械衝擊設備



**ARTC 行動智庫** 本文分享

好文共享：分享文章給您的朋友  
若您有QR Code程式，請掃描左方圖像  
或請輸入網址 <http://goo.gl/l1H9k>