

電池模組應變測試應用

三聯科技股份有限公司 / 林暉凱

一、前言

當全球面臨高油價、能源短缺、電力交易平台、碳中和……等議題逐漸發酵，各種解決之道也孕育而生且也會大幅的改變能源的使用習慣，近年世界各國紛紛發佈禁售燃油車時程，以鋰電池或鎳氫電池模組為要核心的儲能貨櫃及電動車，一方面要能有效控制鋰電池串，發揮其高能量密度、高功率等點，另一方面也要確保其不會在高溫、外部短路或過度充電等情況下，發生熱失控的現象，甚至產生高溫燃燒，進而損毀車輛，影響安全，因此近年來分析電池管理與溫度管理機制的研究測試愈臻成熟，也促使電池測試法規標準逐步定型，讓相關從業人員藉由相關的測試方式研發出更安全與穩定的電池模組。

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，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，如電池過度充電、電池過度放電等；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，此次針對電池模組在過度充電與過度放電的狀況下軟包電池組的膨脹對於外殼產生的應變測試來作測試，藉由多點應變規黏貼來判定電池模組在內部機構的膨脹方向進而後改善機構的設計與內部 BMS PCBA(電池管理系統中電路板) 的保護措施。



電池模組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) 影響而失效，嚴重時甚至會有影響安全之虞，所以

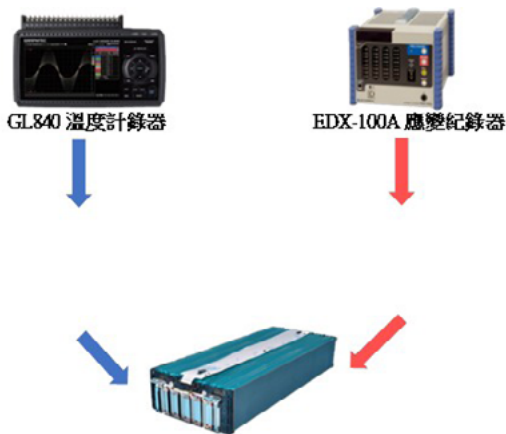


二、電池模組外殼應變測試

(一)、測試架構

針對各式電池模組的機械測試項目大致上為振動測試、衝擊測試、擠壓測試、高低溫衝擊，其中對於測定標準是以電池外殼不破裂、不漏液、不起火、不爆炸為主要條件，故各大電池模組廠正逐步應用應力測試設備對於模組的外殼與內部的 BMS PCBA 來做相關的測試，來驗證電池組在內部膨脹時擠壓外殼的情況與 BMS PCBS 板彎變異度過大導致錫裂失效。

此次測試使用 KYOWA EDX-100A 高速應變記錄器與 GRAPHTEC GL840 溫度記錄器來做相關應變與溫度記錄，並搭配 DAS-200A 分析軟體來做分析計算。



(二)、測試程序與相關數據

將三軸向應變規 (KFGS-1-120-D17-11 L3M2S) 黏貼至電池模組待測試面，因測試過程會產生高溫，故應變規需用 Dummy 的方式來做接續，然後放置入有消防與排氣設備的防爆箱中，藉由過充或是短路使電芯產生化學反應，並藉由應變記錄器上顯示的趨勢圖與數據來判定外殼各個面所產生的應力值，做為後續內部結構與材料變更與設計的依據，並會放置測溫線與溫度記錄器來記錄電芯反應時的溫度作為數據比對用。

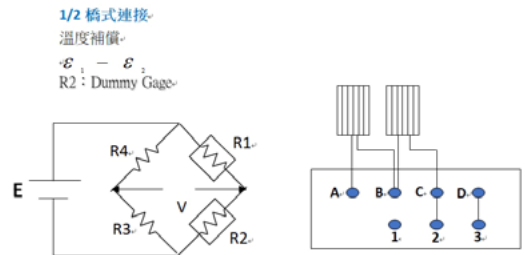


圖 4. 惠斯登電橋電路

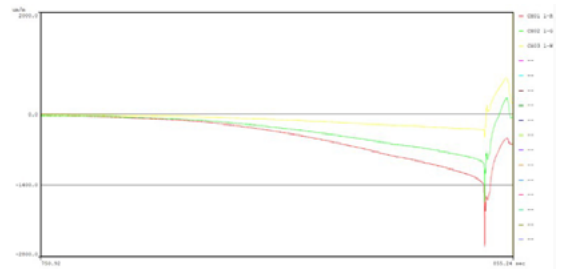


圖 5. 應變趨勢圖

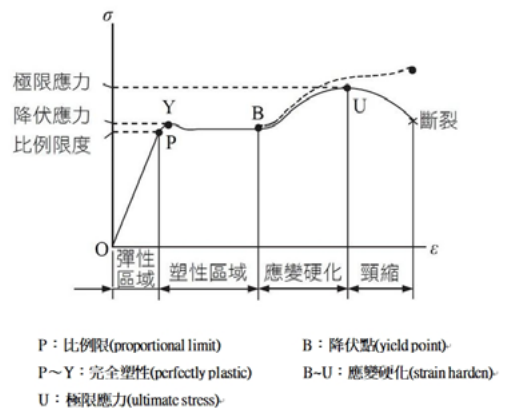


圖 6. 應力應變曲線

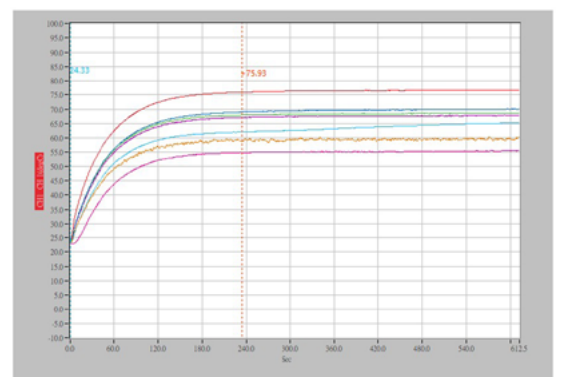


圖 7. 溫度趨勢圖

(三)、應力分析

當材料在外力作用下不能產生位移時，它的幾何形狀和尺寸將發生變化，這種形變稱為應變 (strain)，材料發生形變時內部產生了大小相等但方向相反的反作用力抵抗外力，定義單位面積上的這種反作用力為應力 (stress)，或物體由於外因 (受力、濕度變化等) 而變形時，在物體內各部分之間產生相互作用的內力，以抵抗這種外力的作用，並力圖使物體從變形後的位置回復到變形前的位置，故當使用儀器測得應變值後可藉由計算式求出所需的數值。

最大主應變

$$\varepsilon_{\max} = 1/2 \left\{ \varepsilon_a + \varepsilon_c + \sqrt{2 \left[(\varepsilon_a - \varepsilon_b)^2 + (\varepsilon_b - \varepsilon_c)^2 \right]} \right\}$$

最小主應變

$$\varepsilon_{\min} = 1/2 \left\{ \varepsilon_a + \varepsilon_c - \sqrt{2 \left[(\varepsilon_a - \varepsilon_b)^2 + (\varepsilon_b - \varepsilon_c)^2 \right]} \right\}$$

最大主應力

$$\sigma_{\max} = \frac{E}{2(1-\nu^2)} \left\{ (1+\nu)(\varepsilon_a + \varepsilon_c) + (1-\nu) * \sqrt{2 \left[(\varepsilon_a - \varepsilon_b)^2 + (\varepsilon_b - \varepsilon_c)^2 \right]} \right\}$$

最小主應力

$$\sigma_{\min} = \frac{E}{2(1-\nu^2)} \left\{ (1+\nu)(\varepsilon_a + \varepsilon_c) - (1-\nu) * \sqrt{2 \left[(\varepsilon_a - \varepsilon_b)^2 + (\varepsilon_b - \varepsilon_c)^2 \right]} \right\}$$

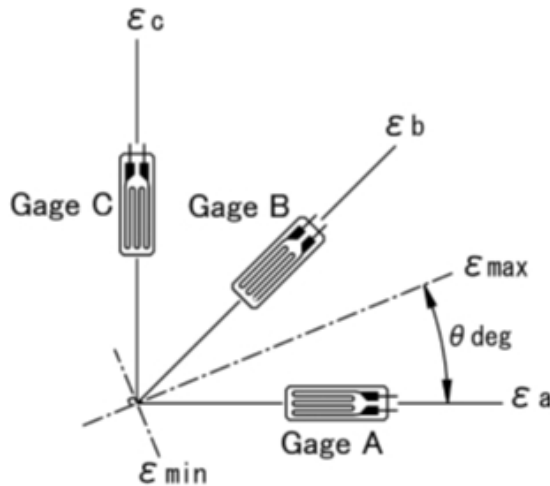


圖 8. 主應力計算公式

三、BMS PCBA 板彎測試

(一)、何謂 BMS

我們常常在鋰電池的各類產品介紹里看到「BMS」這個字眼，BMS 即 Battery Management System 電池管理系統，大家也叫它「電池保護板」，它是電池的核心。可以這麼說，如果把電池比作人體，那麼 BMS 電池管理系統就是支配其身體運作的大腦。而 BMS 測試設備連接器則是整個人體的大動脈，保障人體生命線的暢通。BMS 電池管理系統，主要負責控制電池的充電和放電以及實現電池狀態估算等功能，實現電池狀態監測、電池狀態分析、電池安全保護、能量控制管理、電池信息管理。它可以實時採集、處理、存儲電池組運行過程中的重要信息，與外部設備如控制器交換信息，解決鋰電池系統中安全性、可用性、易用性、使用壽命等關鍵問題。主要作用是為了能夠提高電池的利用率，防止電池出現過度充電和過度放電，延長電池的使用壽命，監控電池的狀態。在防止電池過充與過放，除了採用 BMS 管理系統，選擇專業的鋰電池充放電接口同樣也可以達到這樣的效果，延長電池壽命。

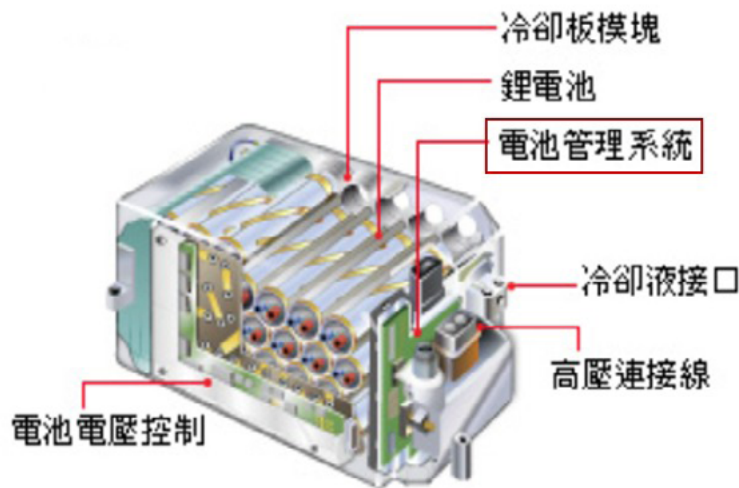


圖 9. 電池模組 BMS 架構

(二)、板彎測試架構

電池管理系統 (Battery Management System、BMS) 是電池模組不可少的核心系統，負責對蓄電池組進行安全監控和有效管理，提高蓄電池的使用效率和可靠性，延長電池的使用壽命。但如電池模組遭受外力擠壓或是內部短路機構產生膨脹變異時也相對會擠壓到 BMS PCBA 使其失效，故通常在測試相關外殼應變時也會連同 BMS PCBA 的板彎應變一同做測試，並遵從 IPC/JEDEC-9704 法規對於板彎的應變值來做基礎的判定。此次測試使用 KYOWA EDX-100A 高速應變記錄器做資料擷取，並搭配 DAS-200A 分析軟體來做分析計算。

(三)、測試程序與相關數據

將三軸式應變規 (KFGS-1-120-D17-11L3M2S) 依照法規限定距離黏貼至 PCBA 重要元件四個測試位置，並配合電池模組的電性測如短路或是過充，藉由得知 PCBA 的應變量來判定 PCBA 是否受到電池組膨脹擠壓而導致相關元件有錫裂、彎曲、脫焊現象以至於對於電池模組的保護效果完全失效。

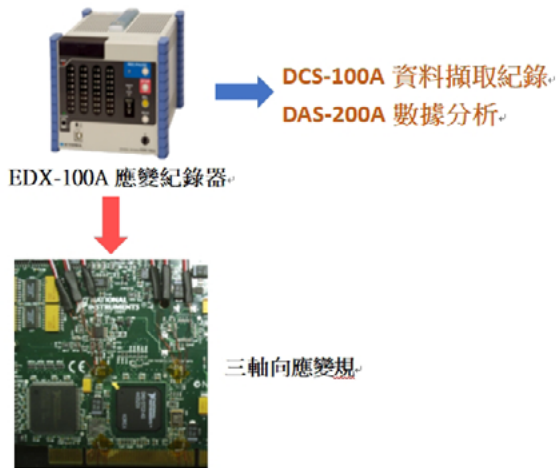


圖 10. BMS PCBA 板彎測試架構

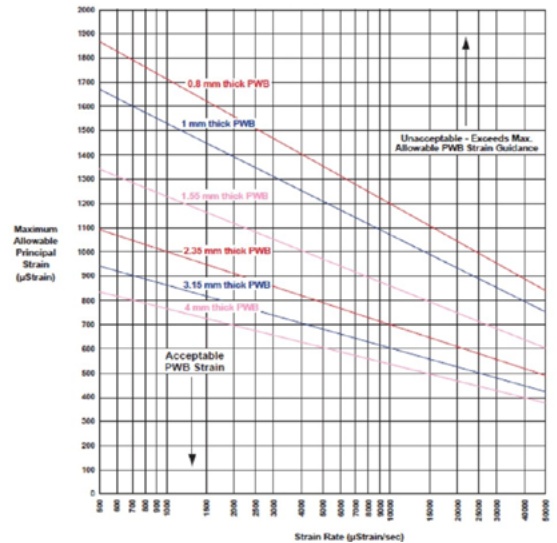


圖 12. 應變率板厚標準

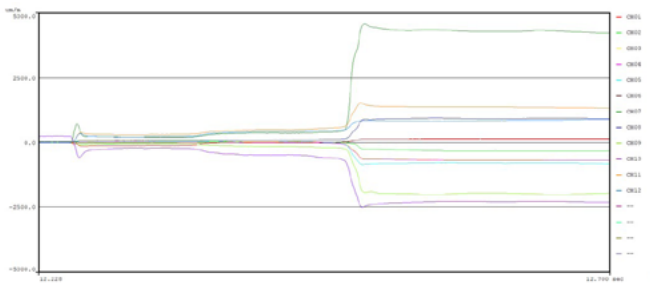


圖 11. PCBA 應變趨勢圖

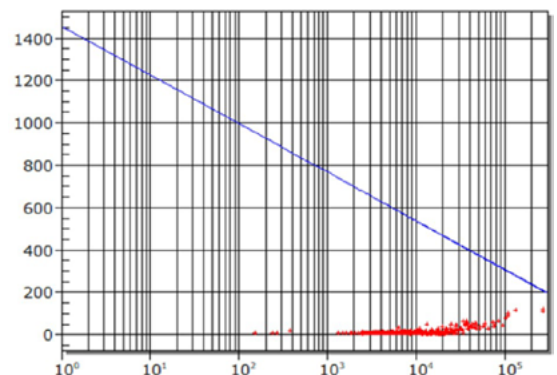


圖 13. 數值判定示意圖

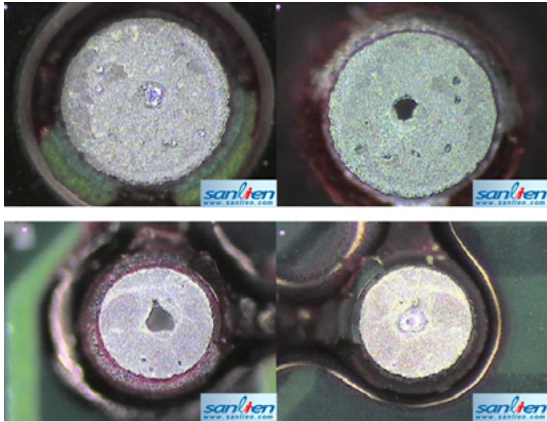


圖 14.PCBA 錫裂狀況示意圖

四、結語

電池模組在設計各種結構物件時，必須符合安全性為最重要其中的事情勢必防止因強度不夠造成安全失效狀況且目前安全係數的要求已越來越高，因此在設計一個結構物件時，如何在安全性和經濟性當中求得一個很好的平衡點就變的非常的重要，如何取得這個平衡點，量測應變即是一個重要的方法，應變代表在一個結構物件中產生微小的伸長或壓縮量，運用量測應變的方法可以決定出伸長或壓縮的量之大小對於靜態、動態和衝擊的應力有 90% 是使用應變規來做為量測，藉由外部的殼具機構與內部 BMS PCBA 的板彎測試所量測出的應變數值分析，給予機構與電子設計人員針對安全失效有所判斷依據，藉由相關的測試數據提供讓台灣本來就蓬勃發展的電池產業更有機會走向國際舞台，也為未來電動車的發展紀元寫下新的歷史。