

知識物件上傳表

計畫名稱：綠能電網儲能模組暨運維技術計畫

上傳主題：新型無鎖固複合框體製造鈦液流電池技術開發

提報者與機構：古鴻賢/許寧逸/行政院原子能委員會核能研究所

提報時間：112 年 5 月 29 日

與計畫相關	<input checked="" type="checkbox"/> 1. 是 <input type="checkbox"/> 2. 否
國別	<input checked="" type="checkbox"/> 1. 國內 2. <input type="checkbox"/> 國外
能源業務	<input type="checkbox"/> 1. 能源政策(包含政策工具及碳交易、碳稅等) <input type="checkbox"/> 2. 石油及瓦斯 <input type="checkbox"/> 3. 電力及煤碳(包含電力供應、輸配、煤炭、核能等) <input checked="" type="checkbox"/> 4. 新及再生能源 <input type="checkbox"/> 5. 節約能源(包含工業、住商、運輸等部門) <input type="checkbox"/> 6. 其他
能源領域	<input type="checkbox"/> 1. 能源總體政策與法規 <input type="checkbox"/> 2. 能源安全 <input type="checkbox"/> 3. 能源供需 <input type="checkbox"/> 4. 能源環境 <input type="checkbox"/> 5. 能源價格 <input type="checkbox"/> 6. 能源經濟 <input checked="" type="checkbox"/> 7. 能源科技 <input type="checkbox"/> 8. 能源產業 <input type="checkbox"/> 9. 能源措施 <input type="checkbox"/> 10. 能源推廣 <input type="checkbox"/> 11. 能源統計 <input type="checkbox"/> 12. 國際合作
決策知識類別	<input type="checkbox"/> 1. 建言(策略、政策、措施、法規) <input checked="" type="checkbox"/> 2. 評析(先進技術或方法、策略、政策、措施、法規) <input type="checkbox"/> 3. 標竿及統計數據：技術或方法、產業、市場等趨勢分析 <input type="checkbox"/> 4. 其他：
重點摘述	<p>鈦液流電池(Vanadium Redox Flow Battery, VRFB)電池框體結構傳統液流電池多設計以螺栓進行鎖固組裝，並透過大量密封件導入結構中來達成電池堆防漏之工程，而造成電池堆尺寸過於龐大，從而降低電池之體積功率密度，本計畫研發策略通過異質材料透過雷射接合之技術導入電池框體製程中，使框板與雙極板之間透過加熱熔融達到接合之目的，以省去密封元件之使用，最後並通過膠封後綁束之方法對電池堆進行封裝，以此達複合化框體製造及電池堆之組裝目的。</p>

因應 2050 減碳淨零政策規劃，2025 年再生能源占比提升達到電力系統中 20%，定置型儲能系統補償再生能源之波動功率輸出的需求增加，其中全鈮氧化還原液流電池(Vanadium Redox Flow Battery, VRFB)儲能系統，其具有使用壽命長、安全性高等優點且儲能電功率與電容量可獨立設計且彈性大的優點，只要增加電解液的儲槽容量，即可擴增總儲能容量，為新時代最具潛能的電力系統輔助服務的技術選項之一，系統發展至今已漸趨成熟邁向商業化模式由於能源趨勢逐漸轉向再生能源。

VRFB 是一種以鈮離子： V^{2+} 、 V^{3+} 、 VO^{2+} 、 VO_2^+ ，分別對應氧化態 V(II)、V(III)、V(IV)、V(V)，將電能轉化為化學能，反之亦然。溶液不同價態作為正、負極活性物質的電化學儲能電池，由兩個獨立電解槽所組合而成，電池中間利用質子交換膜來隔離正、負兩極的電解液，避免電解液中不同價數的鈮離子直接接觸而造成自氧化反應及能量耗損，現行液流電池結構與系統運作如圖 1 所示，在充電電為 100% 的標準狀態下，其單片 cell 電池開路電壓約為 1.26 V，一般來說，電池組電池數大約介於 36~38 cell，開路電壓約為 45~48 V，利用升降電壓併聯電網提供儲能系統補償再生能源之波動功率輸出功能。

詳細說明

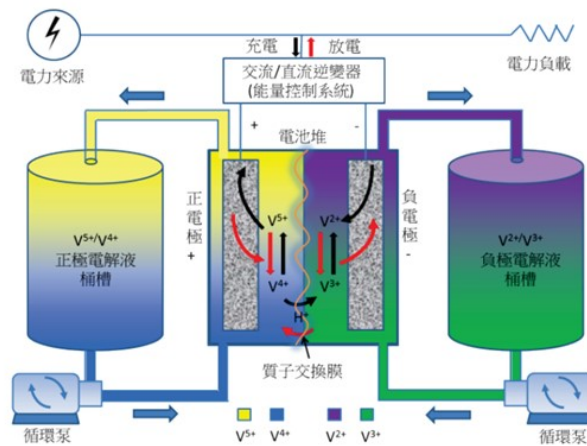


圖 1. 全鈮液流電池結構與系統運作示意圖^[1]。

傳統液流電池多以螺栓進行鎖固組裝，其順序為石墨極板、碳氈、隔離膜、碳氈與石墨極板為重複電池單元其組成如圖 2 所示，為了避免電池中之電解液洩漏須配合相對應之放置 O-ring 與極板的槽，深約 1.5 mm 的設計導入框板結構中

來達成電池堆防漏之工程，如圖 3 所示，造成電池堆尺寸過於龐大且厚，且各鎖固點的施力不均易導致原設計的密封性不佳，如應力集中促使石墨板材脆裂，而損壞電池組內部從而降低電池原設計效能。

本開發技術將傳統液流電池結構中之密封元件大部分移除省去，透過異質材料雷射接合技術將極板與框板接合成複合電池框體及超音波接合進行塑膠與質膜接合，另外配合膠封組裝技術，以交互鎖扣的方式，改良傳統鎖固帶來之種種不良影響，組裝成一非鎖固的複合框體電池組，如圖 4 所示；最後在電池的運行測試 24 小時以上無發生電解液內漏情況以定電流密度下進行性能測試驗證，確認此組裝技術能成為電池組新的選項之一。

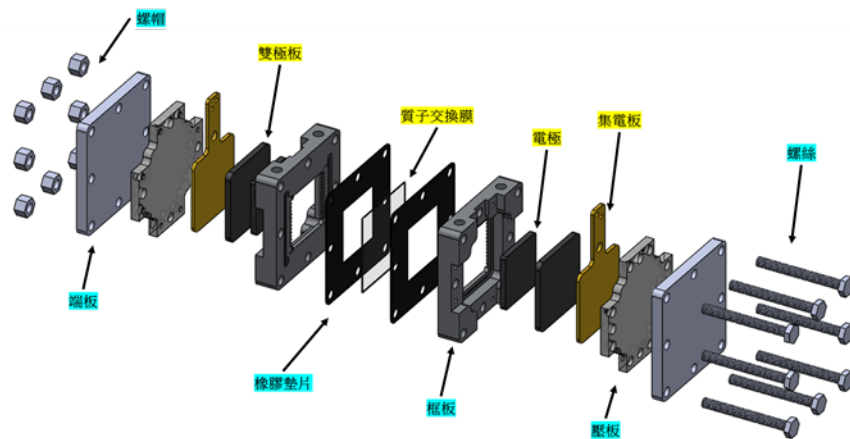


圖 2. 傳統鎖固型液流電池內部組件結構爆炸圖

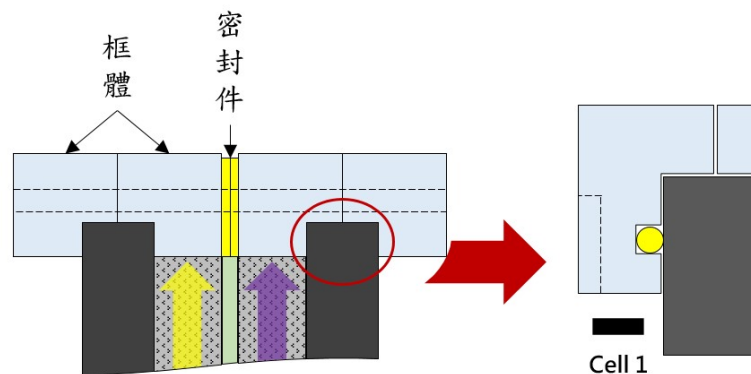


圖 3. 傳統鎖固型密封件示意圖

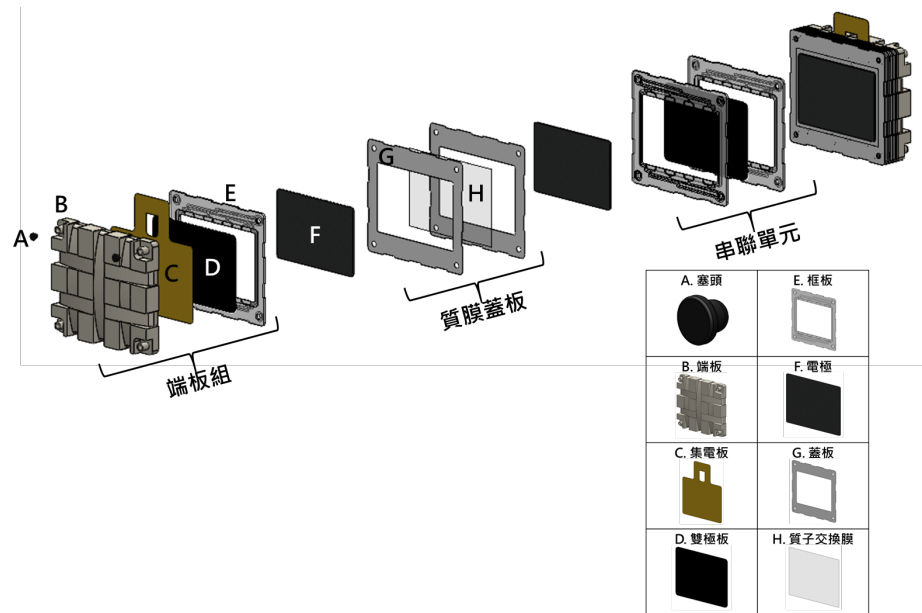


圖 4. 新型無鎖固複合鈦液流電池內部組件結構爆炸圖

為解決電池串聯框體之密封件原設計功能，包含同、異質材料間黏合技術如框-框與框-極板及塑膠-質膜的黏合，如圖 5 所示，使用雷射與超音波 2 種接合技術。雷射銲接針對框-框-極板，以功率、焦距、進給率、下壓力等控制與參數最佳化來完成兩相間進行複合框體串連電池一體化製造^{[2]-[5]}，獲得出最佳接合參數並透過黏合接點與路徑之設計來提升黏合材料兩者的黏合面積與強度，框體與框體之黏合，主要解決電池組電解液外漏之現象如電池組重複串聯框體，以及框體極板之黏合，主要解決電池組內漏之現象如串聯框體石墨極板與塑料框體的接觸面；超音波融接針對塑膠-質子交換膜接合，改變熔接時間以及下壓壓力，觀察其接合強度以及密封程度，獲得出最佳接合參數，挾持質膜的蓋板，主要解決電池組內漏無法完全分隔正負極電解液，造成電解液效能快速下降，實體成果如圖 6 所示。



圖 5. 複合化框體黏合示意圖。

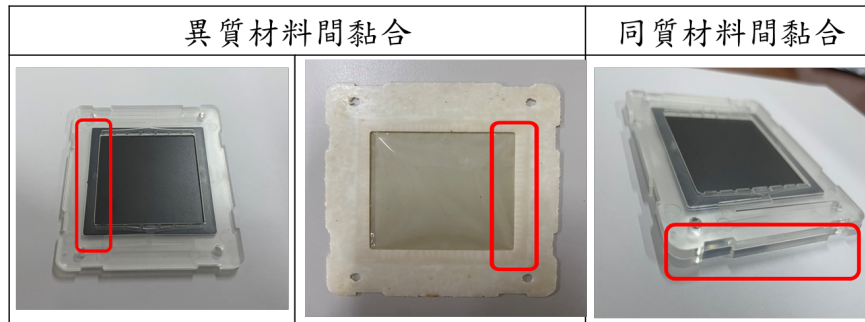


圖 6. 複合化框體黏合圖。

複合電池串聯單元與質膜蓋板製作完成後，透過兩串聯框體壓合一質膜，形成一有效反應之單電池結構，重複單元多組串聯組成串聯電池組，使其反覆交疊後利用密封膠進行膠封黏合，並利用綁束帶固定電堆，防止受外力而破壞組裝結構，如圖 7 所示。

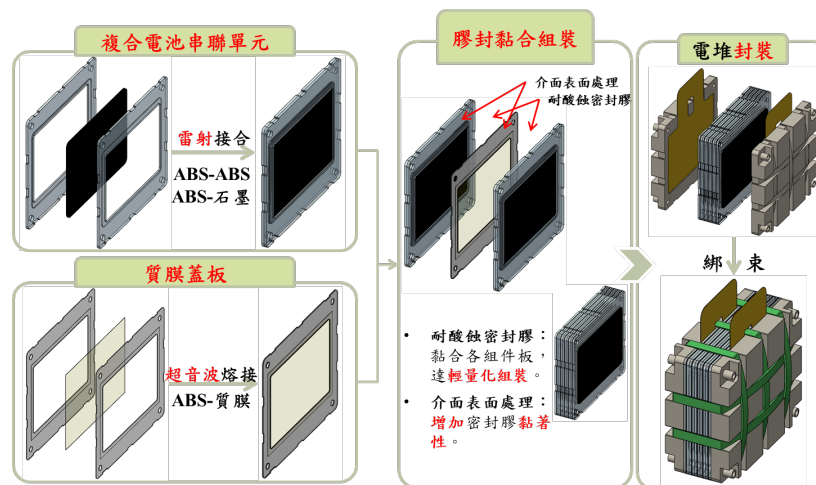


圖 7. 複合化框體電池組膠封組裝流程示意圖。

為驗證封裝手法技術所組合的電池，是否符合電池進行充放基本電功能，以定電流進行充放電並控制電流密度在 $60 \sim 100 \text{ mA/cm}^2$ 的範圍數值，充電上限為 8.0 V (5 串聯，每串電壓 1.6 V) 後，放電下限為 3.5 V (5 串聯，每串電壓 0.7 V)，此為一圈參數設定，重覆循環測試 5 圈並紀錄平均值，如圖 8 所示。

本複合材料結構設計，大量使用異材間的黏合技術將傳統電池結構中密封功能元件移除省去，降低電池模組面積下約 22%，電池單片框板厚約 50%，並有效提高體積功率密度在同功率比較下提升約 1.6 倍，並使用被大量應用的工業材

料作為電池框板基材，大大降低廠商設備投資門檻如射出成型機與需針對不同框體各別開模具導致回收期限過長的憂慮。電池組依 IEC 62932 相關規範要求，符合確實可進行電池充、放電的性能表現且與傳統電池表現相當，因應未來輕、薄、小的應用需求，開發電池複合框體一體化之框體架構確認此組裝技術可成為電池組新的選項之一。

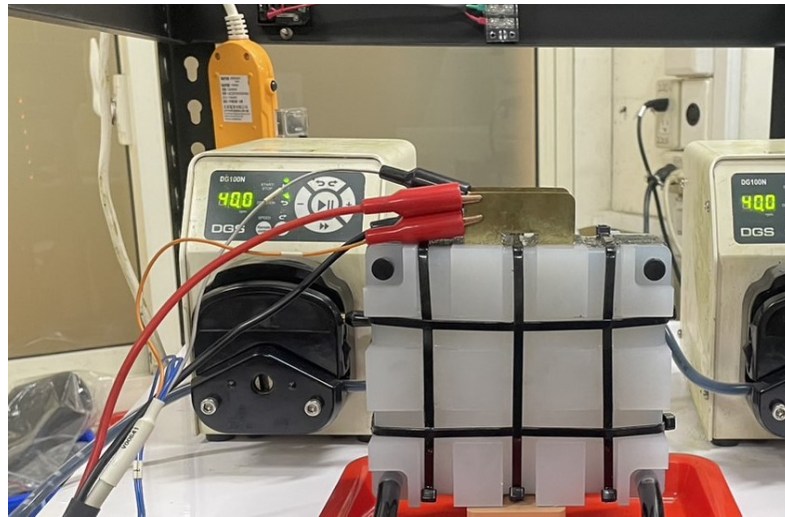


圖 8. 五串聯電池組充放電測試。

四、參考文獻：

- [1] 張書維、吳成有、劉茂煌(108年度)， “電廠固體副產物資源化利用於全鈇氧化還原液流電池電解液研究”，台電工程月刊，第849期，第75-83頁.
- [2] Troughton MJ, Handbook of Plastics Joining: A Practical Guide. Plastics Design Library; 2008.
- [3] Wissemborski R, Klein R, Welding and Marking of Plastics with Lasers. Laser Technik Journal; 2010, 5, p. 19-22.
- [4] Bappa, A. (2020). Laser transmission welding of polymers – A review on process fundamentals, material attributes, weldability, and welding techniques. Journal of Manufacturing Processes, 60, 227-246.
- [5] Yeh, H.J., 11 - Ultrasonic welding of medical plastics, in Joining and Assembly of Medical Materials and Devices, Y. Zhou and M.D. Breyen, Editors., Woodhead

- 註：1. 請計畫執行單位上傳提供較具策略性的知識物件，不限計畫執行有關內容。
2. 請計畫執行單位每季更新與上傳一次，另有新增政策建議可隨時上傳。
3. 文字精要具體，量化數據盡量輔以圖表說明。