

知識物件上傳表

計畫名稱：淨零排放-液流電池儲能系統技術驗證計畫

上傳主題：高安全長壽命液流電池技術

提報機構：工業技術研究院綠能所

提報時間：112年3月8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 <input type="checkbox"/> 2.國外：美國
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、法規沒措) <input checked="" type="checkbox"/> 2.評析(先進技術或方法、沒策略、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>儲能系統除了考量其價格，用於電力系統之首要考量是安全性，其次必須具備耐久壽命可以長期使用。本次知識物件主要介紹高安全與長壽命的液流電池技術，包括全鈦液流電池、多硫化物/溴化物液流電池、鐵鉻液流電池及鋅溴電池等，此類儲能技術其能量密度一般低於65 Wh/kg，電池能量效率約60至80%，全鈦液流電池之深度的充放電循環壽命最為優異，一般可達到10,000-20,000次。對於未來長時間儲能與消峰填谷之應用情境，將更具有經濟效益。</p>
詳細說明	<p>儲能應用則因使用位置(如發電端、電網端或用戶端)、目的(例如調節頻率、能量轉移等)、規模差異(家戶使用 kW 級、大型應用 MW 甚至 GW 級)及儲能時間(幾分鐘、幾小時或數天)等差異，因此在設計須滿足最基本的功率、能量、使用時間、應答時間等基本需求，而由於不同儲能技術的基本特性仍存在相當大的特性差異，因此目前多數儲能系統仍處在示範應用的階段，其特性與適用性仍有相當大的發展空間來做進一步驗證。</p> <p>鉛酸電池、鋰電池、鈉硫電池及液流電池等為較常被使用的儲能電池。而鉛酸電池雖然是成熟產品，但有重金屬污染及僅能做數百次充放電之壽命問題，同時無法深度放電，目前研究朝向結合超級電容作為電極方式之超級電池，以提高充放電特性及使用壽命。鋰電池具有高能量密度等優點，但是安全性與材料資源有限是其主要問題，目前研究著重在開發固態電解質、電池改善安全性及評估電動車淘汰電池之二次再利用等，以降低成本。鈉硫電池具有高能量密度及材料便宜等特點，但是鈉硫電池使用高溫操作條件，使用材料反應活性相當高，相對在熱能管理及安全性上需要特別設計，全球僅有日本 NGK 公司具備量產能力，可見其技術門檻相對困難，以下將介紹具高安全與長壽命之液流電池技術。</p> <p>液流電池(Flow Battery)是一種以電解液方式外部儲存電力的電池系統概念，其主要構造包含兩個外部電解液的儲存槽、電池組、幫浦及電力負載控制元件等，如圖 1。電解液透過幫浦從儲槽傳送至電池組，兩種不同活性物質的電解液</p>

分別流經電池組中的陰陽極進行充電程序，經由電化學反應將電能轉換成化學能後再流回儲槽儲存。於放電程序時，則將電解液的化學能轉換成電能釋放出。液流電池相較於其他儲能技術具有功率及容量可分開靈活設計、反應過程僅為電解液中活性物質電荷轉移，無任何溶解或沈積反應，因此電極及電解液使用壽命長、可深度充放電、電解液可分開儲放、使用水溶液無爆炸危險性等，但大量使用昂貴的鈦金屬，目前研究朝向高能量密度的全鈦液流電池、使用便宜金屬的空氣液流二次電池、鋅溴液流電池、鐵鉻液流電池等，以降低其成本。

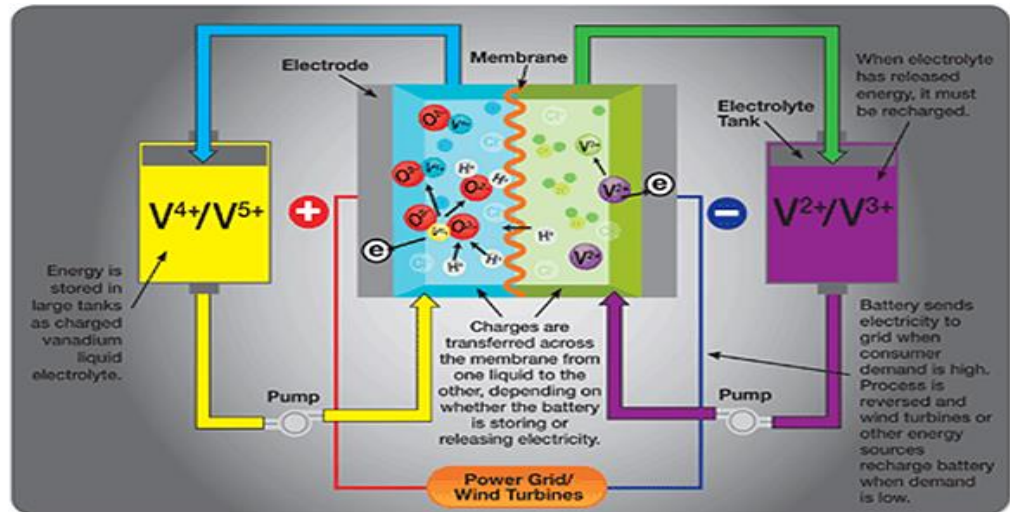


圖 1、液流電池結構的示意圖 [5]

液流電池包括全鈦液流電池(All Vanadium Redox Flow battery, VRB)、多硫化物/溴化物液流電池(Polysulphide Bromine Flow Battery, PSB)、鐵鉻液流電池(Iron Chromium Flow Battery, ICB)及鋅溴電池(Zinc Bromide Battery, ZBB)，各種液流電池技術參數比較如表 1，單電池之操作電壓在 1 至 2 V 間，能量密度一般低於 65 Wh/kg，電池能量效率 60 至 80 %，深度的充放電循環壽命以全鈦液流電池最為優異，一般認為可達到 10,000-20,000 次。

表 1、各種液流電池技術參數

type	open circuit voltage (V)	specific energy (Wh/kg)	characteristic discharge time, hours	self-discharge % per month, at 20 °C	cycle life (cycles) ^c	round-trip DC energy efficiency
VRB	1.4	15 (29) ^a	4–12	5–10	5000	70–80%
PSB	1.5	20 (41)	4–12	5–10	2000	60–70%
ICB	1.18	<10	4–12		2000	70–80% ^b
ZBB	1.8	65 (429)	2–5	12–15	2000	65–75%

^a Theoretical specific energy. ^b Depending on operating temperatures. ^c Commonly reported cycle numbers under deep charging/discharging, usually 20–80% SOC.

■ 全鈦液流電池 (Vanadium Redox Battery, VRB)

日本住友電工公司在北海道電力公司所屬之南早來變電站，興建 15 MW/60 MWh 全鈦液流電池蓄電站，於 2015 年 12 月正式運轉，如下圖 2 所示，另於北海道北部亦建置一套 17 MW/51 MWh 大型儲能蓄電站於 2020 年 7 月完成，如下圖 3 所示。此兩座電池蓄電站用於以下功能：(1) 將蓄電站用於頻率調節電源，研究頻率波動抑制控制方法的開發；(2) 提供電力公司調度所需，結合火力發電、水力發電與大型蓄電站，驗證對頻率調節功率的影響；(3) 研究蓄電池儲存過剩電力的運轉排程，根據風力發電和太陽光電等的輸出預測，有效運行大型蓄電站；(4) 針對全鈦液流電池進行性能評估、系統效率評估、長期循環壽命測試等。

2015年於北海道安平町/南早來變電站，運用鈎液流電池，總容量為15MW/60MWh



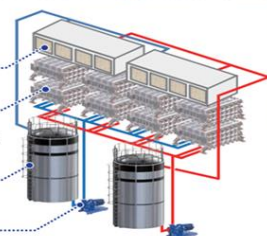
面積為5,000平方公尺



Cell stacks, Heat exchangers (2nd Floor)



Tanks, Pumps, PCS (1st Floor)



南早來變電站

Minamiyaka Substation

圖 2、日本住友於北海道建置 15 MW/60 MWh 大型儲能蓄電池



圖 3、日本住友於北海道建置 17 MW/51 MWh 大型儲能蓄電池

中國大陸在液流電池發展快速，大連融科公司於 2016 年與大連恆流儲能電池有限公司簽訂 200 MW/800 MWh 液流電池儲能調峰電池合作案，是目前全球單一規模最大的化學儲能電池蓄電池，已於 2022 年 2 月完成第一期工程 100MW/400MWh 建置。這座蓄電池將作為調峰、調頻、無功補償、旋轉備用和全黑啟動等輔助服務的電力基礎設施，相對傳統調峰電池，具有選址簡單、距離負載中心更近、環境友好等功能。中國大陸隨著風力發電與太陽光電占比的不斷擴大，電力系統的調峰需求日益重要，此類大型電池調峰電池可有效緩解電力系統需求，有利於再生能源的發展。



圖4、大陸/融科儲能之大型儲能蓄電池

■ 鋅溴液流電池 (Zinc-bromine redox flow battery, ZBB)

以鋅溴材料作為液流電池，其含水的電解質主要由溶解在水中的溴化鋅鹽組成，在充電過程中，金屬鋅會從電解質溶液電鍍到電池堆中的負極表面，溴化物則會在電池組的正極表面轉化為溴，並立即作為一種安全的化學複合有機物儲存在電解質罐中。鋅溴液流電池具有電解液原料和製造成本低的優點，其成本僅為鋰電池的五分之一。其中「鋅」是常見金屬，容易大量獲取而且價格較低；「溴」則甚至可從污水中提取，由於是採用有機活性材料而非無機活性物質，有機比較容易製造與取得，不需要開採或提煉，因此具有潛在的成本效益。在中國大陸與美國有零星的實驗成功案例。如美國 ZBB Energy Corporation 與安徽鑫東投資管理有限公司共同投資成立安徽美能系統公司，早在2014年即開發出可移動式的鋅溴液流儲能系統產品，並該產品可應用於從6kWh 到5MWh 的能源儲存方案，美國加州 Primus Power 公司於2019年7月獲得加州能源委員會提供的400萬美元資助。2021年3月澳洲 Redflow 公司在美國加州 Rialto 生物能源發電廠中完成部署液流電池儲能系統 Energy Pods (與 Primus Power 產品同名)，支援2.0MW 沼氣燃料熱電聯產機組的沼氣調節系統和微電網控制系統，如下圖五。



圖5、Redflow 公司在加州 Rialto 生物能源發電廠部署之 Energy Pods 鋅溴電池儲能系統

■ 鐵/鉻液流電池 (Iron-chromium redox flow battery, ICB)

鐵是另一種成本較低的活性材料，目前已開發出的鐵/鉻液流電池可提供持續長達 10 小時的系統運行，現正在努力將電池容量擴大到 >5 MW 並提升製造能力。美國 ESS Tech Inc.全鐵液流電池表示，該產品已可提供約4~12小時的儲電與放電時間，並可以做到無容量損耗的無限次迴圈，該公司的 Energy Warehouse 和 Energy Center 與其產品皆使用鐵、鹽、和水等作為電解質，期望可提供高安全、低成本、可長壽命與對環境影響最小的儲能產品，並於2021年推出第一個電網規模的專案。鐵/鉻液流電池的運作溫度為零下20度到70度，比起全鈦液流電池運作溫度，可使用的地區範圍更大。鐵/鉻液流電池堆也進入量產投產階段，每條產線預計每年可生產5000台30kW 電池堆。2020年底中國大陸「容和一號」250kW/1.5MWh 的示範項目，如下圖6，已經在河北穩定運行超過400天，並完成超過200次充放電循環，通過當地冬季寒冷環境的考驗。



圖6、中國大陸「容和一號」250kW/1.5MWh 的鐵/鉻液流電池示範項目

■ 多硫化物液流電池

採用以硫化物為基礎的多硫化物液流電池，如硫/溴、硫/鐵、硫/碘以及其他有機物，亦可望能大幅提升液流電池的能量密度和降低儲能成本。不過，受限於離子交換膜，會出現活性物質之交叉污染及沉積，進而導致電池容量快速衰減和壽命短等問題。因此，此技術研發人員致力於加強膜表面的負電性，並減少活性物質的流失，以提高電池的使用壽命。2021年香港中文大學提出「電荷增強型離子選擇性膜（CRIS）」技術，讓電池在沒有明顯容量衰減情況下，使運作時間超過2,000小時，每次充滿電後可持續使用達15小時，解決過去因使用壽命短、成本高，而未能普及應用於再生能源大型電網儲能的難題，目前仍處於研究階段，尚未商業化。

資料提供者／機構：吳錦貞/工研院綠能與環境研究所

連絡電話：06-3636963

Email: ccwu@itri.org.tw

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。