

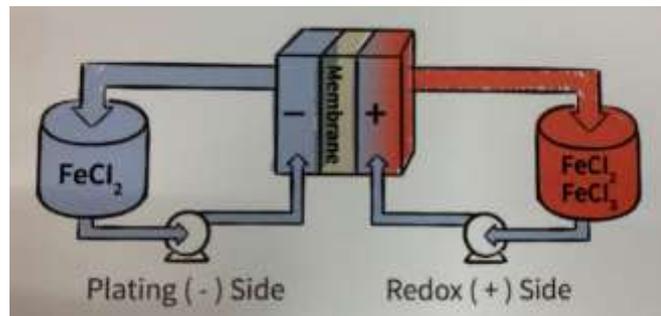
# 前瞻高安全儲能系統介紹

林浩東

太陽能、風力發電等再生能源因具間歇性與位置依賴性等特性，若要將再生能源併入電網時，需要整合儲能系統來改善間歇性變動並且儲存剩餘電力，使再生能源的應用能最大化。目前在儲能系統中的應用中，以鋰電池儲能系統為最大宗，其次為鈉硫電池、鈎液流電池等。然而鋰電池有爆炸、燃燒之安全問題，鈉硫電池、液流電池則有電壓較低與成本過高等問題。為了尋找安全、低成本、容量效率佳的電池，業者與研究人員也積極研究前瞻的儲能技術，包含全鐵液流電池(Iron redox flow battery)、固態鋰離子電池(Solid state battery energy storage system)、鋅-鎳電池(Zn-Ni battery)、鋅-混合水系電池(Znic-hybrid aqueous battery)。

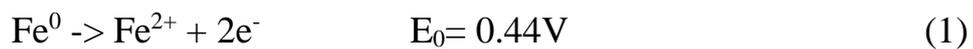
## [全鐵液流電池(Iron redox flow battery)]

有別於鈦液流電池使用的電解液活性物質是成本較高的鈦離子，全鐵液流電池採用的則是低價位的鐵離子。圖一說明全鐵液流電池系統的電解液儲存在電池外部的儲存槽中，負極的電解液儲存槽的活物包含二價鐵離子與鐵原子( $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^0$ )、正極儲存槽則包含三、二價鐵離子( $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ )。在放電時，循環幫浦將電解質由儲存槽中注入電池內，在電池在電池正、負極發生的電化學反應分別如式(1)及式(2)所示。電池操作電壓約為 1.21V。反應後的電解質再循環到電解槽中，充電時，式(1)、式(2)的電化學反應方向相反。

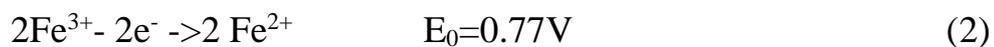


圖一、全鐵液流電池<sup>[1]</sup>

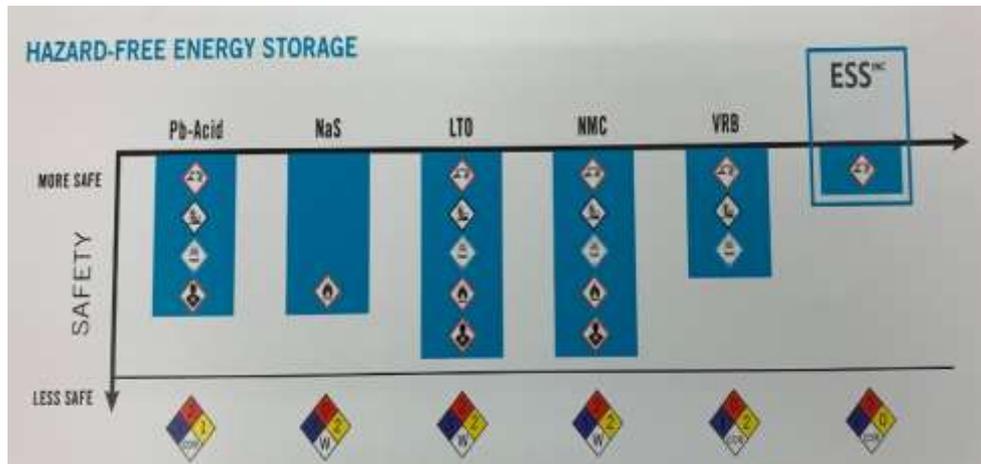
放電時負極電化學反應:



放電時正極電化學反應:



該系統電池模組成本低廉具可靠性，與鉛酸、鈉硫、鋰鈦氧電池(LTO)、鋰三元系電池(NMC)、以及鈎液流電池等進行安全特性比較，因其採用無毒材料且不會起火燃燒，在安全性能上有最佳的表現，如下圖(二)所示。



圖二、全鐵液流電池危險程度比較[1]

開發全鐵液流電池的代表公司如 ESS Inc. (圖三)，其成立於 2011 年，為商業和公用事業規模的儲能應用製造開發具低成本、長時效的 Energy Warehouse<sup>TM</sup> (EW<sup>TM</sup>) 全鐵液流電池。其可以提供 4 小時以上的具有彈性應用容量(energy capacity) 和 20 年以上的使用壽命且過程中無容量衰減的特色。全鐵液流電池利用地球上蘊藏豐富的鐵、鹽和水作為電解質，並以最低的每千瓦時平均儲能成本，為全球再生能源基礎設施提供了環境安全、壽命長的儲能解決方案。



圖三、ESS Inc.[2]

ESS Inc. 於 2019 年 5 月 14 日宣布將建置 Energy Warehouse™(EW™)，50 kW / 400 kWh 液流電池系統在加州聖地亞哥的海軍陸戰隊彭德爾頓營地(Camp Pendleton)。該電池通過 CleanSpark 微電網控制器，整合到微電網中，可實現即插即用解決方案來應對現代能源挑戰。並提供長達八小時的儲存能力，以支持關鍵負載的備份功能、通過現場充放電，節省運營能源成本以及具有完整的孤島功能以增強彈性。

## [固態鋰離子電池(Solid state battery energy storage system)]

有別於傳統採用液態有機電解液固態電池，固態電解質不起火、不會熱爆走、無漏液與漏氣、不需要冷卻系統具有較高的安全和穩定性。Blue Solutions 是目前全球唯一將固態鋰離子電池技術應用在儲能系統上的公司。Blue Solutions 是法國 Bolloré 集團旗下的一間子公司，在法國和加拿大建有兩家工廠，研究開發出 LMP (Lithium Metal Polymer) 電池的技術，自從 2011 年開始分別由 BlueStorage 子公司推廣。

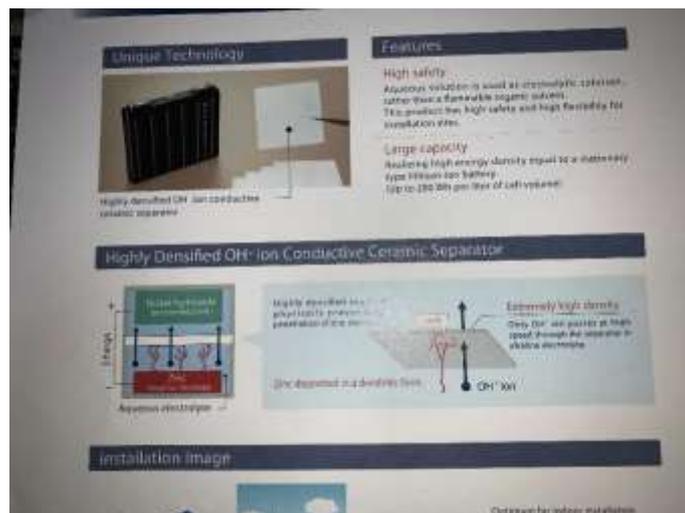
Bluestorage 在全球建立 30 個 off-grid 及 on-grid 的裝置，不僅在法國，Blue Solutions 已安裝幾種不同用途的儲能解決方案，例如太陽能整合，EV 儲能站以及工業用電高峰和需求響應服務。自 2014 年以來，Blue Solutions 已在非洲建置太陽能發電廠與儲能設備，以提供電力與穩定電網，而不依賴污染且昂貴的發電機，如圖四。



圖四、Blue Solutions 在非洲安裝儲能系統[3]

## [鋅-鎳電池(Zn-Ni battery )]

可充電的鎳鋅(Zn-Ni)電池非常安全、無毒，可用於儲能系統和電動汽車(EV)。與其他材料不同，鎳和鋅材料皆可以回收利用，同時保持其物理和化學性質。此外，鋅在地球有豐富的含量，使 Ni-Zn 電池具有成本效益和環境友好的特性。然而，由於在充電或放電過程中鋅電極會溶解到溶液中造成鋅電極的形狀變化，循環壽命低，另外因鋅枝晶(Zinc dendrite)生長造成自放電與短路等問題，這些問題是 Zn-Ni 電池商業化的障礙。日本 NGK 公司將鋅(Zn)用於負極，將鎳(Ni)基材料應用在正極，並使用含有氫氧根離子(OH<sup>-</sup>)的水性溶液作為電解質，即是將鋅(Zn)用於鎳氫(NiMH)電池的負極來製造，開發出密度約 200 Wh/L 的鋅-鎳二次電池。其核心技術(core technology)是以陶瓷作為隔離膜(separator)，其具有高緻密與 OH<sup>-</sup>可傳導的特色(如圖五所示)。高緻密的隔離膜，可避免鋅晶枝的穿透，防止短路的發生。此外，利用水當溶劑取代易燃的有機溶劑，具有安全性。



圖五、日本 NGK 公司開發之電池材料[4]

## [鋅-混合水系電池(Znic-hybrid aqueous battery)]

座落於加州聖地牙哥大學分校(UC San Diego, UCSD)校園內的 Eos Energy Aurora 2.0 電池系統是美國 Eos Energy Storage (Eos)公司開發具高安全性、可量化，並足以取代鋰離子電池的鋅-混合水電池系統（如圖六）。在加州能源委員會(California Energy Commission)資助下，該儲能系統被整合應用在校園的電網中。UCSD 和 Eos 展示 Aurora 2.0 長時間放電的能力，如可以減少公共事業、工業與商業大用電客戶對尖峰用電的需求以及零售能源之消耗與管理。該系統的規格為 30kW/120kWh，是一錶後(Behind The Meter, BTM)系統。Eos 表示，未來將與 Convergent Energy 與 Pacific Gas & Electric.合作開發 10 MW/40 MWh 電池系統。Eos 是唯一通過加州 AB2514 公用設施儲能指令 (California's AB2514 utility energy storage mandate) 授權採用的非鋰離子儲能技術。



圖六、鋅-混合水系統電池[5]

而除了和 UCSD 合作外，Eos 也與 Duke Energy 合作，應用 Aurora 2.0 系統開發作為北加州太陽能-儲能系統的一部份，Duke Energy 在北加州應用功率容量規格為 30 kW/120 kWh 的鋅混合水系電池。鋅電池可以直接整合或者直流耦合 (DC-coupled) 到太陽能陣列的微電網使用 DC-DC 轉換器取代 AC 逆變器 (AC-inverter)，因為 Eos 系統並不需要 HVAC (High Voltage Alternating Current) 或滅火系統，因此可以分散並分佈在整個太陽能電池陣列中，將前期資本成本和維運成本降至最低。在未來的 10 年內，Duke Energy 計畫為加州提供 5 億美元的儲能電池，佈建於社區中，以提高電網可靠性，推遲電力系統升級等。

## 結 論

隨著各國政府綠色能源政策的實行，再生能源的需求逐日增加，為了使其發電量極大化且可充份利用不浪費，同時能夠穩定電網並滿足適當調節需求，儲能系統扮演著極為重要的角色。鋰離子電池具有極高的能量密度，且應用在消費型電子產品與電動車上多年，技術成熟，為目前使用最多的儲能技術，然而多起的爆炸事件令人對鋰電池儲能系統產生疑慮。因此研發安全的替代技術成為未來儲能系統發展的重點。目前除了鈦液流電池以及鈉硫電池之外，前瞻的全鐵液流電池、固態電池、鋅-鎳電池以及鋅-混合水系電池皆是未來具潛力的儲能電池技術。

## 參考文獻

- [1] <https://www.essinc.com/energy-storage-products/>
- [2] ESS, Inc. Advertising materials
- [3] <https://www.blue-solutions.com/en/applications/stationnaire/references/>
- [4] NGK INSULATORS, LTD. Advertising materials
- [5] Photo was taken in UCSD.