

從美國經驗看儲能產業發展策略

原子能委員會核能研究所 周宜欣

儲能系統具有擴大再生能源應用、增進電網彈性及升級與提供緊急應用等諸多價值，但目前除少數成熟技術外，要大規模普及及實現其效能，仍有待長時間的投入與努力。

美國能源部在2013年的儲能研究中提出發展策略的幾個階段，如圖1所示，分成四個部分同步推動，第一部分是在材料、裝置及系統方面進行基礎研究，達到具競爭性的技術要求，藉由聯邦政府所屬機關之SBIR及STTR計畫，進行研發及技術推廣工作，藉由創新概念逐步導向工程設計；第二部分則是進行工業原型測試包含老化程度、安全性等，證實其可靠度及安全性；第三部分是標準及政策的制定，透過性能指標、效益分析及資料庫建置等，逐步發展適於工業應用之標準、電網整合等推動政策及民眾溝通；第四部分則是對較具規模之系統進行實地示範展示及測試，以證實具有達到業界接受標準之能力[1]。

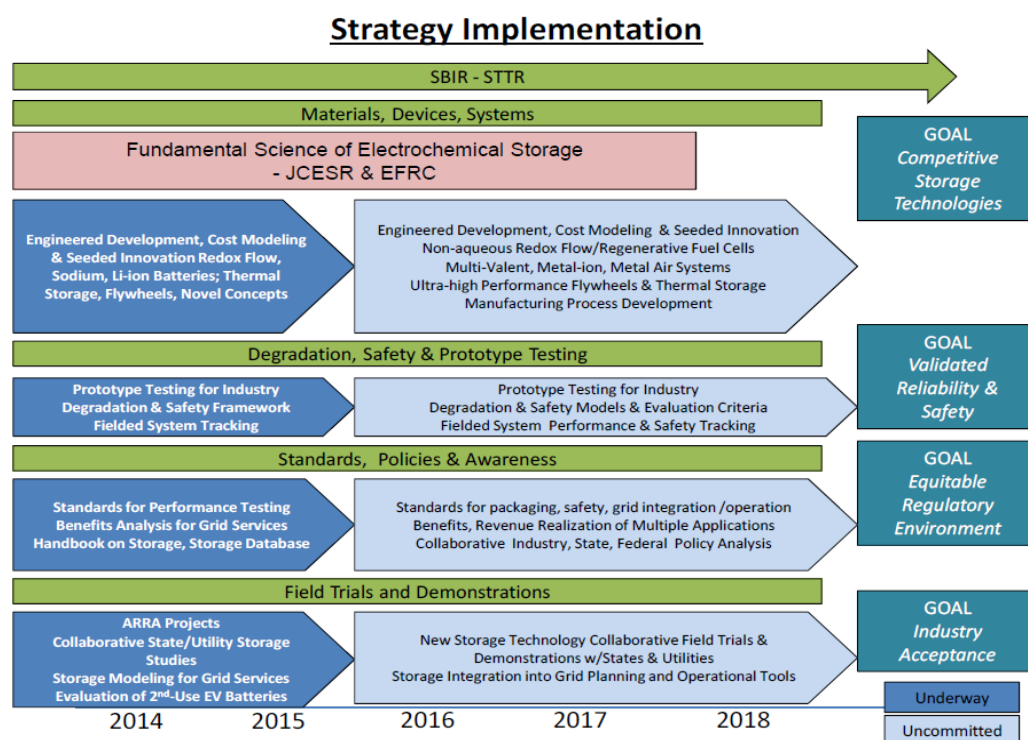


圖 1. 美國儲能技術之推廣策略[1]

這四部分發展具有先後次序，但由於不同儲能技術發展歷程及成熟度差異，因所處位置差異，因此在投入資源及關注問題有所不同。以國際能源總署(IEA)

在 2014 發佈之儲能技術路徑圖為例，則將儲能技術系統的發展情況可分五個等級來區分，亦即技術研究、技術開發、技術驗證、技術部署與技術成熟等階段，如圖 2 所示。從其評估報告目前相對成熟技術包含鋰離子電池及鈉硫電池已達到技術驗證以上階段，而全釩液流電池儲能技術尚屬於進入展示與早期佈署階段，需要投入更多的研發經費來驗證及技術突破，以降低未來應用風險[2]。

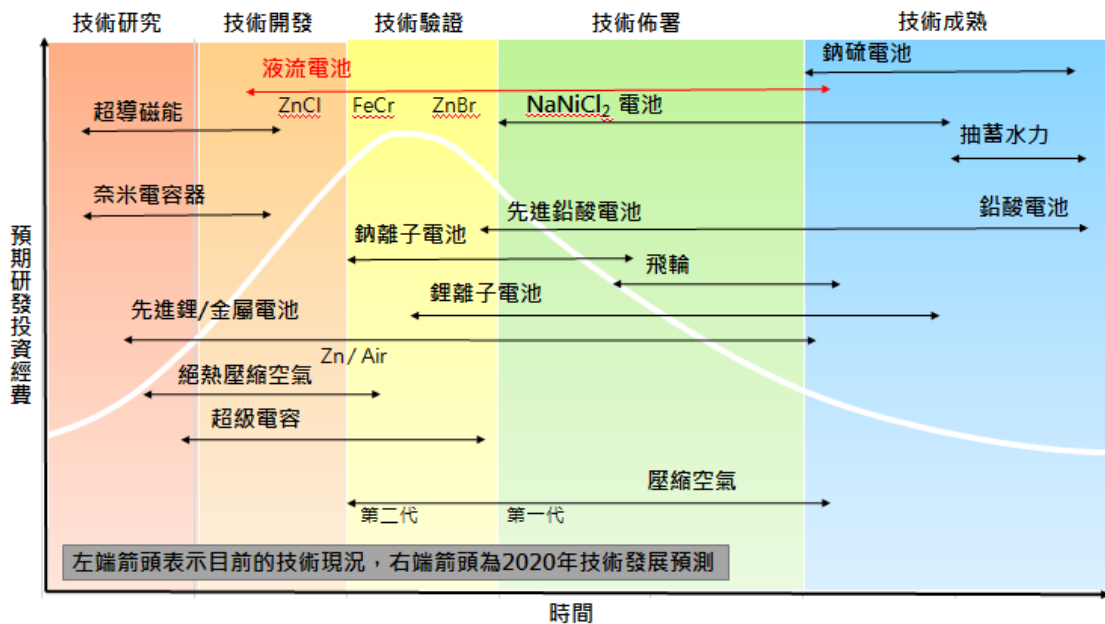


圖 2. 能技術發展成熟度[2]

以美國能源部投入研發經費為例，可以由圖 3 看出，對於接近實用驗證階段需要投入較多經費來驗證其性能、安全性乃至於建立技術指標及工業標準，此部分以 2012 年統計為例為 1.8 億美金，主要由 Smart Grid Demonstration Grants 主導，主要包含壓縮空氣儲能(CAES)(32%)、鋰離子電池(20%)、液流電池(17%)、飛輪(15%)及其他電池(16%)；而對於創新性的概念開發及材料突破等研究，則由 APRA-E Grants 主導的電網儲能技術研發 GRID 計畫，補助研究經費規模約為前述示範驗證 1/10，主要是因為測試規模較小，而研發補助項目包含液流電池(31%)、飛輪(16%)、金屬空氣電池(16%)、SEMS(15%)、鋅鎂氧化物電池(11%)、可再生式燃料電池(8%)、壓縮空氣儲能(3%)等[3]。除了政府的研發經費支援，事實上創投或大眾市場等來源也投入相當多的資源，以彭博產經統計的資訊如圖 4 所示，這些資金投入飛輪、鈉離子電池、鋅空氣電池、液流電池、鉛碳電池及液態金屬

電池等不同類別[4]。

DISTRIBUTION OF US DOE FUNDS TO ENERGY STORAGE

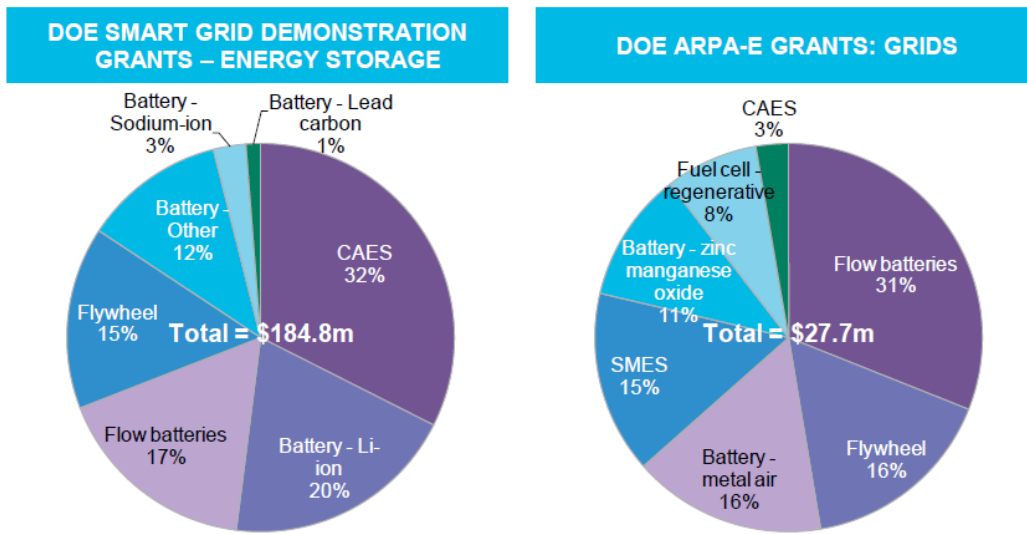
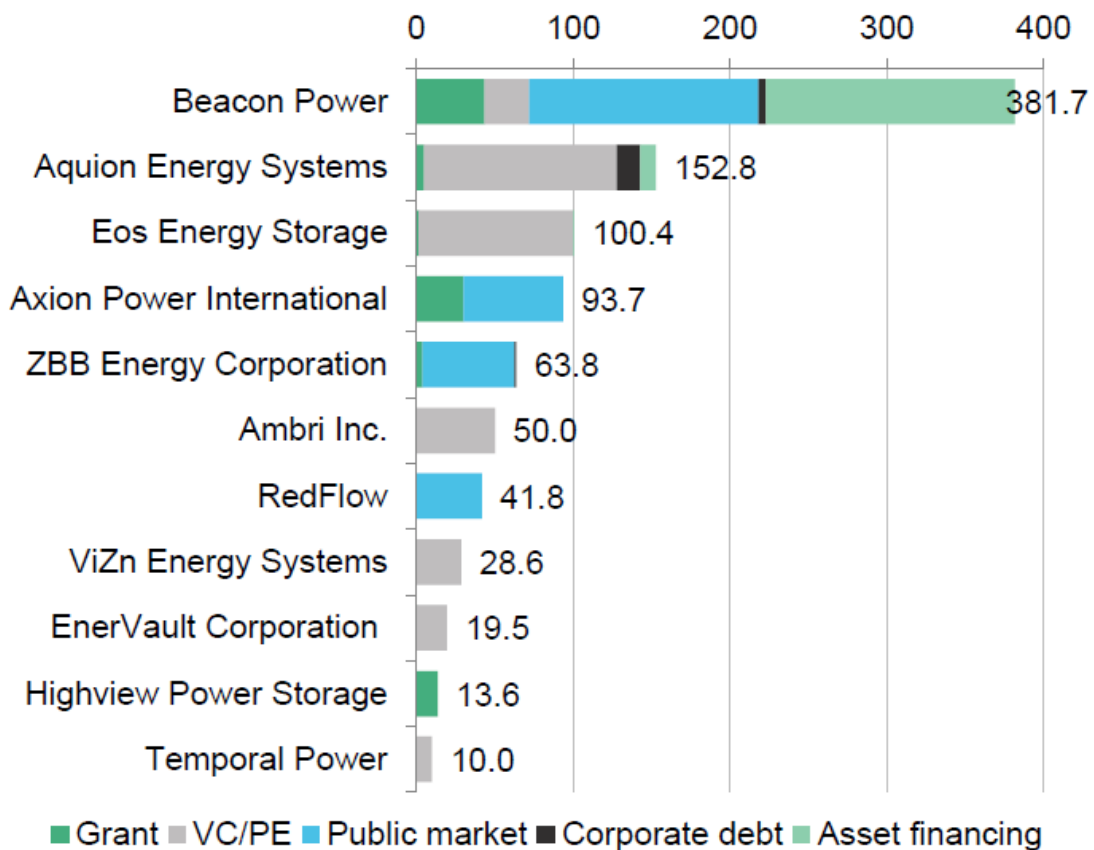


圖 3. 美國 DOE 於儲能技術相關之研發經費分布[3]



Source: Bloomberg New Energy Finance

圖 4. 2008-2015 年儲能公司經費來源[單位：百萬美元][4]

以液流電池為例，美國 DOE 所屬的太平洋西北國家實驗室(PNNL)主導全鈮液流電池的產業化推動，主要目標是透過技術研發降低電池成本，於 2009 年開始投入研發，進行電池溶液改質，並進行電池放大及示範展示，2015 年推出新全鈮液流電池產品，而預計於 2020 年左右將均化成本(levelized cost)降至 0.10\$/kWh，使其容易與其他電化學儲能技術(例如，鋰離子電池)相競爭。其中必須解決的主要挑戰包括：提升電池能量密度、降低待機電耗、減少低溫能量耗損、降低電池溶液價格等[5]。

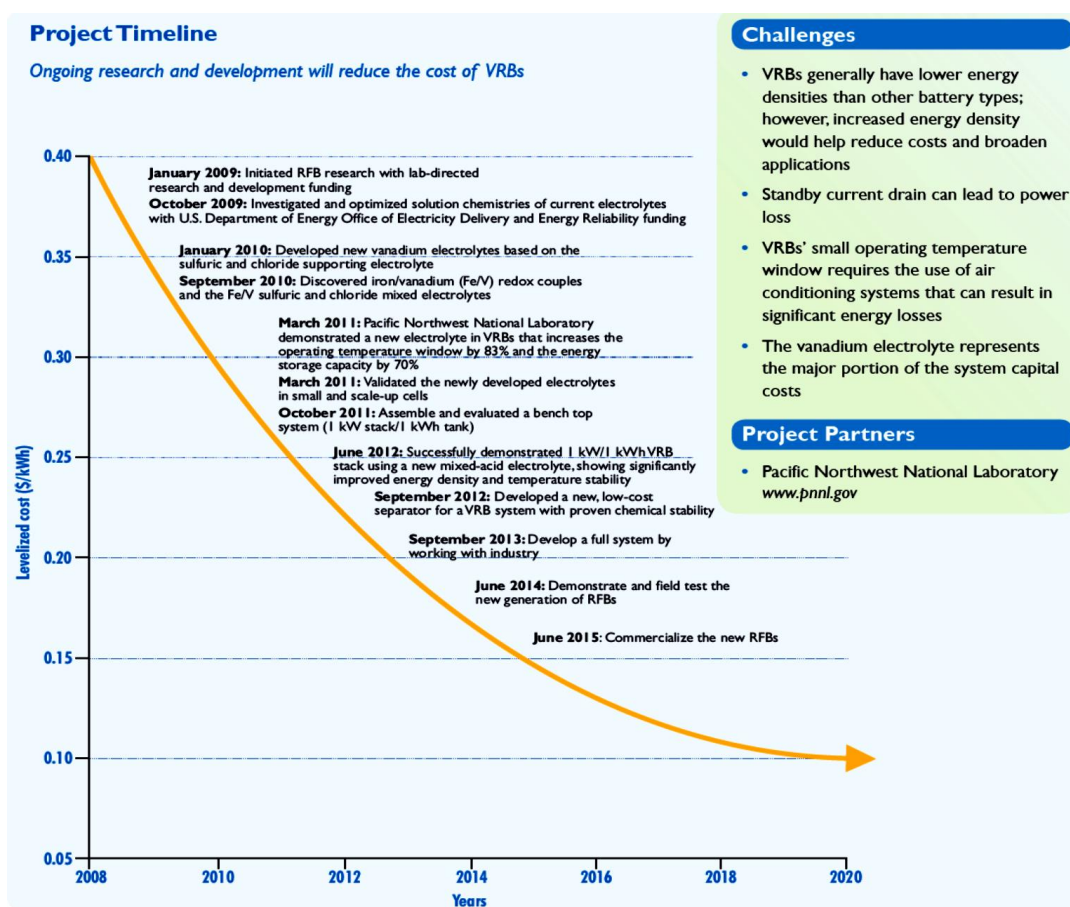


圖 5. 美國 PNNL 全鈮液流電池儲能技術之產業化進程目標[5]

此外，同時 DOE 也資助具有應用前景的工程技術研發驗證，並補助建立示範系統案例，例如 EnerVault 公司的 250kW/1000kWh 鐵-鉻液流電池儲能系統結合太陽光電廠之運轉，全案預估 952 萬美元，ARRA 經費則補助 476 萬美元，該系統於 2014 年 6 月完成設置，目前正進行性能驗證及測試中。位於 PAINESVILLE

的全鈦液流電池儲能系統預計設置 1MW/8MWh,主要目的在於輔助 32MW 的燃煤火力電廠提升效率及減少碳排放，全案預估 966 萬美元，ARRA 經費補助 424 萬美元[6]。

然而除了技術發展及驗證外，法規的支持及標準等建立及認證，有助於營造整體儲能產業的技術發展，以表 1 為例[7]，美國除了前述 ARRA 法案挹注基金作為儲能系統建置外，並規劃如 FERC775 及 784 等法案，獎勵調頻等服務利用快速響應特性而非裝置容量特性計價，提供使用儲能系統誘因；加州政府則因應未來長期發展太陽光電設置量需求，評估未來電力供應及負載等變化趨勢加劇，規範三大電力業者儲能系統裝置量；其他包含稅收減免或補助用戶端等，都有助於儲能應用的持續發展。

表 1.美國儲能系統推動政策措施[7]

發佈單位與獎勵措施內容	說明
加州公共事業委員會 (AB 2514) ● 規定加州境內三大電力公司須於2020年前完成至少 1,3GW電力儲存設備	● 直接規定電力公司儲能系統的設置比例， 增加電網儲能系統建設 。 ● 推動 電網級儲能系統的佈建 。
美國聯邦能源監管委員會(FERC755和784法案) ● 採取積極措施，鼓勵美國電力市場業者使用儲能技術。 ● 允許電力業者在電力市場銷售輔助服務，提出了「按成效付費」的調頻服務計費方式，鼓勵廠商採用具有快速響應能力的儲能技術。	● 促進電力市場 輔助服務 的推動。 ● 建立儲能在電力市場的 商業模式與價格支持政策 。
美國能源局(可再生與綠色能源儲能技術法案) ● 對美國儲能產業的發展做出了一系列的規劃和部署。 ● 針對美國儲能系統的投資提供稅收減免，及對電網規模儲能的投資提供稅收優惠。	● 提出 儲能產業發展藍圖規劃與設備投資獎勵措施 。
美國能源部(聯邦政府復興與再投資法案,ARRA) ● 對儲能示範項目進行1.85億美元的資助同時募集市場上約5.87億美金對儲能投資，共資助16個儲能示範項目。	● 利用財政工具補助 儲能示範項目 。
加州公共事業委員會(SGIP計畫) ● 對使用太陽能發電與其發電技術整合儲能系統(包含獨立儲能系統)的用戶端進行補助(1.63美元/W)	● 美國 商品化儲能系統補助政策 直接補助用戶端。 ● 促進 用戶端的儲能市場形成 。

儲能產業是一個新興的領域，潛力無窮，全球主要國家，例如美國、中國、日本、德國等皆投入相當多的資源以期在這個新興產業佔有一席之地。而從美國的案例分析說明，明確的科技及產業發展政策，配合法規及制度面的配合，再加上科技研發投入及產業合作，逐步建置示範應用及法規標準，以期擴大儲能系統應用範圍及降低產業化不確定性，方能在未來尋求一絲國內儲能產業的機會。

參考資料

- [1] U.S. Department of Energy, Grid Energy Storage, 40~42 (2013)
- [2] IEA: Energy Storage Technology roadmap, 4 (2014)
- [3] KEMA, Inc. Market Evaluation for Energy Storage in the United States (2012)
- [4] ICEF, DISTRIBUTED SOLAR AND STORAGE - ICEF ROADMAP 1.0(2015)
- [5] Pacific Northwest National Laboratory, Vanadium Redox Flow Batteries, Improving the performance and reducing the cost of vanadium redox flow batteries for large-scale energy storage (2012)
- [6] 台灣經濟研究院，電網液流電池應用國際趨勢分析與產業化策略評估，核能研究所委託研究計劃期末報告(2014)
- [7] Electricity Advisory Committee, Energy Storage Activities in the United States Electricity Grid (2011)