

儲能設施是否可以負擔？

黃郁青

核能研究所-能源經濟及策略研究中心

2018.05

壹、儲能種類與產業現況

國際上常見儲能設施如蓄電池(鉛酸、鋰離子、鎳氫、鈉硫電池、液流電池)及燃料電池等化學儲能；飛輪、抽蓄水力儲能、地窖壓縮空氣儲能、超級電容、超導儲能等物理式儲能，各式儲能方式均有其優缺點，但低成本、高能量密度以及長循環壽命是決勝關鍵。我國為獨立式電網，無法與外界的系統進行連結，隨著我國再生能源發電占比的增加，必須發展電網級儲能系統，由於儲能系統具有調節作用並能增加備用容量，將成為電網系統中不可欠缺的重要部分。

為了提升再生能源的發電占比，電網級儲能技術的發展將是關鍵，其中以抽蓄水力及化學儲能較具有發展性，本文參考國內研究報告，盤點我國適合發展的電網級化學儲能技術包括：鉛酸電池、鋰電池、鈉硫電池以及液流電池等，說明如下(經濟部能源局，2012；核能研究所，2018)：

- (1)鈉硫電池：功率密度高，但因使用高腐蝕性的鈉及硫，且反應溫度高(約為300°C)，曾經發生工安意外，因此發展受限。
- (2)鉛酸電池：為最成熟的化學儲能技術，在汽車工業上已廣泛使用，但因為循環壽命低，因此尚未使用在大型儲能。
- (3)液流電池：系統設計相當地靈活，輸出功率和儲能容量獨立設計為其優勢，例如中國 VRB 公司設計的 5 kW/20 kWh 電池，而且因循環壽命長，儲電成本較低，轉換效率最高可達 85% 以上，未來極具有發展潛力。
- (4)鋰電池：具有高能量密度與功率密度，因此體積小、重量輕，而且轉換效率高達 95%，未來將隨著成本的降低而大幅應用在電網儲能以及電動車市場。

近年來政府大力推廣電動機車，使得國內電動機車的產業鏈逐漸蓬勃，也帶動車用鋰電池的發展，而且購置電動機車可獲得環保署相當多的補助，以電動機車為例，二行程汰換電動機車，環保署及縣市政府補助合計，新購補助最高 2.9 萬元，也提高民眾購置電動機車的意願，未來隨著電動機車市占率的增加，國內鋰電池的技術將持續提升，可使得車用鋰電池成本持續下降，並帶動電網級儲能系統及再生能源的發展。

貳、儲能電池成本及壽命

我國電網級儲能以抽蓄水力以及化學儲能較具有發展機會，抽蓄水力為目前最便宜的電網級儲能系統，我國已建置的抽蓄水力包括明潭及大觀兩座發電

廠，總裝置容量約為 2.6GW，另外國內相關研究推估尚未開發的抽蓄水力約 20GW 的潛力(行政院環保署，2014)，其中以光明水庫與翡翠水庫水位的落差大具有發展優勢，而且台電公司 1997 年及台北市政府 2013 年曾委外進行可行性評估¹，合計約 2.1GW，建置成本如表 7-1 所示，目前世界各國之電網級儲能以抽蓄水力儲能裝置容量最大，占比 99.3% 最高，技術已經相當成熟。根據 Pike 調查公司估計目前僅有抽蓄水力及地窖壓縮空氣技術足以達到電網級儲能系統的成本目標(0.03~0.01USD/kWh/cycle)，換算每度電的儲電成本約新台幣 0.3 元，但受限於地形與環保議題，且近年來極端氣候常造成水庫的沖蝕與破壞，因此世界各國目前致力於化學儲能的開發，雖然目前化學儲能相較於抽蓄水力儲電成本仍然相當昂貴，隨著世界各國的投入與研發，未來將有很大的下降空間，電網級化學儲能系統包括：鉛酸電池、鋰電池、鈉硫電池以及液流電池，成本如表 1 及圖 1 所示，由於鉛酸電池的壽命較短，鋰電池具有功率成本低的優勢，適合在用電尖峰調節，因此近年來的發展受矚目。另一個發展性較佳的電網級化學儲能為液流電池，輸出功率和儲能容量獨立設計為其優勢，由於蓄電量高，儲電成本最低，參考表 2 的數據，液流電池 2015 年每度電儲電成本(0.0535USD/kWh/cycle)，換算目前每度電的儲電成本約新台幣 1.7 元，未來仍有很大的下降空間，可接近抽蓄水力的儲電成本，因此化學儲能也並非昂貴到難以負擔，Energy Research 2011 更推估未來大型全鈦液流電池能量功率比值(kWh/kW)可達 15 的蓄電能力，隨著再生能源發電占比的提升，可以儲存電力發揮調節，以消弭再生能源的間歇性與不可調度性。

表 1 未來建置抽蓄水力的容量與成本推估

水庫名稱	裝置容量 (MW)	建置成本 (千元/KW)	運維成本 (元/度)	備註
翡翠水庫	1398	39.52	0.35	傳統型抽蓄水力
石門水庫	2376	38.51	0.34	傳統型抽蓄水力
大南澳	1004.1	50.99	0.49	傳統型抽蓄水力
宜蘭南澳	2840	33.86	0.31	海水型抽蓄水力
花蓮和平	3510	38.95	0.34	海水型抽蓄水力
光明	705	46.07	0.42	傳統型抽蓄水力
西歡	1000	61.02	0.48	傳統型抽蓄水力
曾文水庫	3730	33.08	0.3	傳統型抽蓄水力
南化水庫	3064	30.3	0.28	傳統型抽蓄水力
牡丹水庫	648	34.57	0.34	傳統型抽蓄水力

¹台電 1997 年曾規劃在台中和平鄉大甲溪上游建設光明抽蓄水力電廠，而翡翠水庫因蘊藏豐富之再生能源資源，包括小水力發電及太陽光電，台北市政府 2013 年曾委託中興工程顧問股份有限公司進行翡翠水庫再生能源發展可行性研究。(資料來源：核能研究所，2017)

資料來源：環保署，2014，我國抽蓄水力發電潛能先期調查及規劃專案工作計畫

表 2 電網級化學儲能 2015 年儲電成本

電池總類	容量範圍 (MW)	功率成本 (USD/kW)	能量成本 (USD/kWh)	循環壽命 (次)	每度電儲電成本 (USD/kWh/cycle)
鉛酸電池	50-100	660	660	500	1.32
鋰離子電池	1-100	950	950	5,000	0.19
鈉硫電池	2-10	2500	500	8,000	0.0625
液流電池	0.05-10	2140	535	10,000	0.0535

資料來源：ETP (IEA, 2014)、ETRI (EU, 2014)

註：電池每儲存 1 度電所需成本一般以儲電成本(USD/kWh/cycle)估算，而功率成本(USD/kW)定義為建置每 KW 系統所需成本，能量成本(USD/kWh)定義為建置每 KWh 系統所需成本。

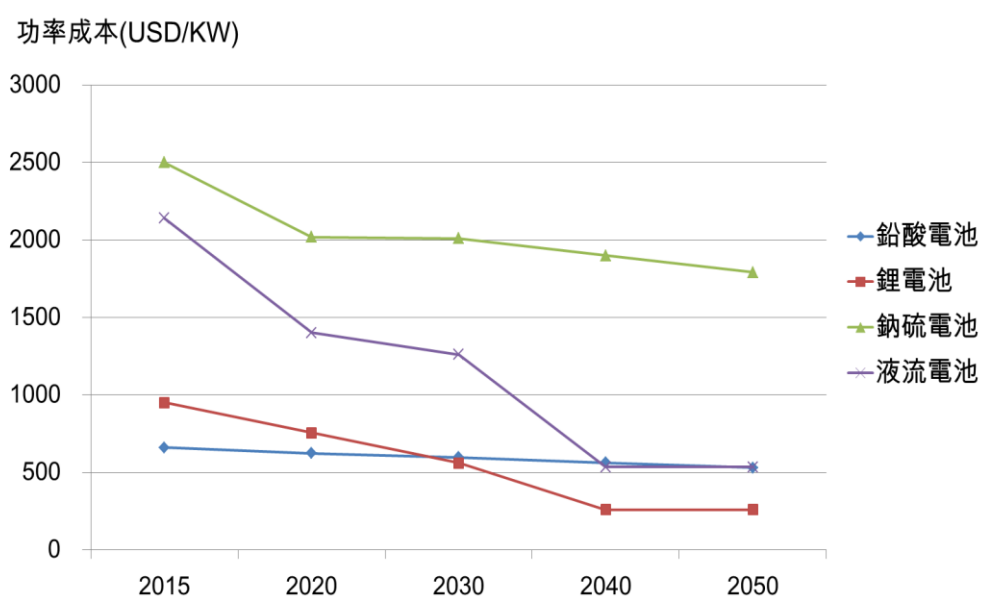


圖 1 電網級化學儲能成本趨勢推估

資料來源：

1. 鋰電池 2030 年以前參考運研所之估算，2030 年以後參考 ETRI 2014 推估值。
2. 鉛酸、鈉硫及液流電池成本參考 ETRI 2014 的推估。

電池使用的壽命在於充放電的次數，以電動機車之車用鋰電池為例，在非假日通常使用模式為日間使用而夜間充電，而例假日充電的次數較為頻繁，若非假日以 1 次估算，例假日以 2 次估算，利用表 7-2 鋰電池循環壽命 5,000 次的數據，推估車用鋰電池的壽命約 5~7 年，而液流電池為另一個發展性較佳的電網級化學儲能系統，由於輸出功率和儲能容量獨立設計的優勢，因此液流電

池在使用一段時間後可以對於儲能的電解液進行更換，也延長了液流電池使用的壽命，參考 ETRI 2014 的推估，使用壽命可以超過 15 年。

參、儲能電池在車輛上的應用

為了達成 2030 年 NDC 溫減目標，行政院責成各部會提出部門減碳因應策略，交通部提出對應的減碳策略以發展綠色運輸系統為主軸，內容分為提昇公共運輸運量及改善車輛能源使用效率兩大類(交通部運研所，2017)，其中改善車輛能源使用效率除了將老舊車輛汰換，發展電動巴士及電動機車更是施政的重點，目前政府對於購置電動機車與電動巴士提供相當多的補助，以電動機車為例，二行程汰換電動機車，環保署及縣市政府合計，新購補助最高 2.9 萬元，電動巴士參考交通部「交通部公路公共運輸補助電動大客車作業要點」²，每輛巴士的補助根據車子的種類及巴士的路線，補助額度介於 200-375 萬元之間。電動小客車由於目前國內生產價格仍然偏高，尤其電池成本更為關鍵，而進口車受到關稅的限制，因此國人購買的意願不高，行政院 103 年公布之「智慧電動車發展策略與行動方案」，建議電動小客車以自主關鍵零組件培養為基礎，切入全球供應鏈，未來隨著國際上電動小客車的普及，帶動車用鋰電池價格的下滑，國內車商的生產成本也隨之降低，國內的電動小客車的市占率可隨之提升。

電動車所使用的電池以鋰電池為技術主流，在於重量輕、體積小、充放電效率高，但成本也相對較高，電池使用一段時間後，其電池容量衰退至電池新品的 70-80%，功能已無法滿足電動車的使用需求，這些電池的能量密度仍高出其他化學儲能電池許多，經過有效的電池檢測、分級、重組後可應用的範圍廣泛，例如：利基電動車、備用電源與電網級儲能系統，可降低生產成本，這些重組後的電池稱之為汰役電池。近幾年國際上開始發展汰役電池發展和應用，也衍生電池儲能相當多的效益，例如美國電力公司 AEP(American Electric Power)和電力研究機構 EPRI(Electric Power Research Institute)在發展社區儲能設備中，他們認為已使用過的插電式油電混合車(PHEV)的車用電池是個不錯的電池來源。Enerdel 公司亦發展使用汰役電池作為儲能系統建築物。

肆、結論

隨著太陽光電使用量的持續成長，日夜發電的差異性將持續擴大，透過儲能系統可以調節太陽能日夜的差異性，使得電力系統的使用達到最佳化，本文已在前段說明，化學儲能仍有很大的下降空間，未來有機會接近抽蓄水力儲電的成本，而且化學儲能的選址比較不受地形的限制，因此，建議儲能系統的選址可與太陽能結合，選擇日照時數較高的地區，以發揮最大經濟效益，並且可結合區域的用電，朝向發展分散式儲能，減少電力需長距離傳送而造成的線損。另外，儲能對於電力工業的持續發展和社會系統資源的優化極為重要，而且儲

² 「交通部公路公共運輸補助電動大客車作業要點」

<https://www.mvdis.gov.tw/webMvdisLaw/LawArticle.aspx?LawID=E0069002&KWD1=>

能為政府推廣「綠能科技」的四大主軸(節能、儲能、創能及智慧系統整合)之一，其對於國家綠能產業的發展極為重要，雖然儲能不具直接減碳的效益，然而儲能系統可調節間歇性發電並可與燃氣機組搭配，降低尖峰供電量，使得電力系統的穩定性大幅增加並達到最佳化。

參考文獻

行政院環保署委辦計畫，(2014)。我國抽蓄水力發電潛能先期調查及規劃專案工作計畫。

交通部運輸研究所，(2017)。城際運輸節能減碳策略評估模組開發及應用。

黃郁青，(2017)。「運輸部門技術盤查與參考情境建置分析」，核能研究所研究報告。

黃郁青，(2015)。新世代儲能材料的現況與發展，核能研究所簡析。

黃郁青、陳治均、葛復光，利用 TIMES 模型進行我國電網級儲能分析，(2017)。臺灣能源期刊，第 4 卷，第 1 期，第 45-58 頁。

黃郁青、葛復光，(2018)。電動車的發展對我國電網級儲能系統之影響，核能研究所研究報告。

經濟部能源局委辦計畫，(2011)。電網用電化學儲能市場發展趨勢分析。

Anissa Dehamna and Kerry-Ann Adamson, 2012. Energy Storage on the Grid, Pike Research, New York, United States.

European Commission(EU), 2014. Energy Technology Reference Indicator projections for 2010-2050 .

International Energy Agency (IEA), 2014. Energy Technology Perspectives 2014, OECD/IEA, Paris, France.

International Energy Agency (IEA), 2016. Energy Technology Perspectives 2016, OECD/IEA, Paris, France.

G. Kear, A. A. Shah and F. C. Walsh , 2011. Development of the all-vanadium redox flow battery forenergy storage: a review of technological, financial and policy aspects, International Journal of Energy Research.