

台灣電網級儲能技術現況與未來機會

台灣亞太產業分析專業協進會 103 年認證產業分析師

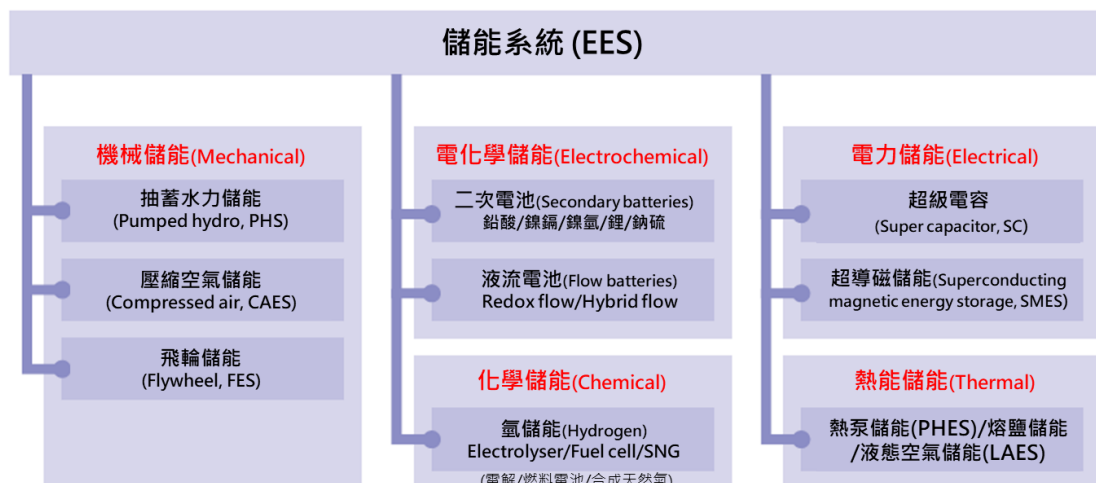
陳靖惠

一、前言

全球能源轉型時代來臨，各國無不積極發展綠能政策，綠能科技更被視為未來經濟成長的趨動引擎；另一方面，全球氣候暖化逐年惡化，異常氣溫與極端氣候消息頻傳，聯合國 IPCC 強烈呼籲各國在 2050 年前盡量使用低碳排放能源發電，並積極尋找綠色替代能源。在經濟成長趨力與低碳排放壓力兩股力量的作用下，我國政府於 105 年通過 5+2 產業政策之一的「綠能科技產業創新方案」，並於「前瞻基礎建計畫」中規劃綠能建設項目，期能加速我國綠能產業發展，以綠色內需吸引國外大型投資，增加優質就業機會，同時帶動綠能科技躍升，提升我國綠色能源自主率。

二、全球儲能技術類型

國際電工委員會 (International Electrotechnical Commission; IEC) 依能量儲存形式之不同，將儲能系統概分為五大類別，包括機械(Mechanical)、電化學(Electrochemical)、化學(Chemical)、電力(Electrical)及熱能(Thermal)儲能，如圖 1 所示。



資料來源：IEC/核能所/金屬中心 MII-ITIS 研究團隊整理

圖 1 五大儲能系統(EES)

三、全球儲能技術發展現況

1. 機械儲能

機械儲能當中主要以抽蓄水力儲能(PHS)、壓縮空氣儲能(CAES)及飛輪儲能(FES)為主，其中抽蓄水力儲能(PHS)技術相當成熟的大型儲能系統，目前已具備商業化規模。PHS 系統通常建置在兩個以上不同高度的蓄水庫(人工或天然)，在用電離峰時段將水從低處蓄水庫打到高處蓄水庫，待用電尖峰時段再將高處蓄水庫的水釋放至低處蓄水庫，通過渦輪水力發電機進行發電，以平衡尖離峰極端的用電需求。根據 SBC Energy Institute 於 2014 年的報告指出，全世界已建置 PHS 容量將近 127GW，占全球儲能系統之 99%，以歐洲(41GW)為最多，從國家別來看，則以日本(26GW)、中國大陸(23GW)、美國(20GW)最為盛行，其次為義大利(7GW)、法國(7GW)、奧地利(5GW)、德國(5GW)及西班牙(5GW)等國家。近年來，PHS 系統開始被用於解決新興能源(如風力發電)供電量不穩定與電力流失問題，例如 GE 在德國巴登符騰堡邦執行了一項名為「Gaildorf」的計畫，嘗試結合風力發電與 PHS，在 4 座 3.4MW 的風機下方興建 16MW 的蓄水池。在用電力需求尖峰時段由風力發電和抽水蓄能發電所產生的電力均同時輸出，在電力需求離峰時段，風機生產出來的風力則會推動抽水馬達，將下槽的水抽去上槽儲存備用。此計畫不僅為了解決供電壓力，更能有效避免電力流失問題，已充分利用新興能源。該實驗計畫表定於 2017 年底啟動，於去年底(2018 年底)正式啟用。

而壓縮空氣儲能(CAES)的原理是在用電離峰時將電能用於壓縮空氣，再將空氣高壓密封在廢棄礦井、沉降的海底儲氣罐、鹽洞、過期油氣井或儲氣井中，待用電尖峰時再釋放出壓縮空氣，經過加熱燃燒與渦輪膨脹等過程進行發電，雖然燃氣渦輪機運作仍然需要化石燃料助力，但是該技術是一種更高效、儲存容量也更大的儲能方式。CAES 技術至今已發展超過 30 年，因為開發壓縮空氣儲能技術門檻高，整體設備需求大(包括壓縮設備、膨脹設備、熱交換器、儲存空氣與熱量設備等)，雖然這些設備可使用 50 年以上，但因前期建置成本高昂，更需要精細工程與技術才能讓電廠穩定運作，也因此目前全球僅有兩家商業化的壓縮空氣發電廠，分別是位於美國阿拉巴馬州的 McIntosh 發電廠以及位於德國埃爾斯夫萊特的 Huntorf 發電廠。

飛輪儲能(FES)是將電能以動能的形式儲存起來的一種技術，因此又稱為「動能電池」，其操作原理為，在飛輪系統在充電時，電流流經馬達驅動飛輪增加速度，藉由飛輪旋轉運動，將能量以動能（旋轉）的形式儲存電力；在放電時，則經由飛輪的旋轉帶動發電機產生電流，輸出供給負載。FES 的特色是儲能密度高、功率大、效率高(80~90%)、壽命長且無污染。事實上，飛輪的概念早在 1970 年代初期就被提出，但因受限於當時的飛輪所需的技術與材料尚未成熟，以至於該技術一直無法被實現。在 21 世紀的今天，材料科學的突破使得高強度碳纖維和玻璃纖維被廣泛運用，飛輪的最高容許轉速也大大提升，增加單位質量的動能儲量；在軸承方面，磁浮原理將飛輪以磁力承載，再將飛輪放置於真空容器中，得以大幅降低飛輪再高速旋轉時與空氣摩擦造成的能量損失；電能與動能的轉換，也受惠於電子電力技術的進步，讓飛輪不論在何種轉述下都能穩定的將動能轉換成電能輸出。目前夏威夷電力公司與新創事業琥珀動力公司(Amber Kinetics)正一同開發飛輪技術，琥珀動力公司專精於飛輪技術，其飛輪有 95% 材料為鋼，該公司宣稱能使用 30 年，唯一會耗損的零組件為軸承，但僅需每 10 年更換一次，相較於鋰電池僅有 10 年的壽命，琥珀動力公司認為飛輪儲能較為划算。琥珀動力公司在飛輪的設計上，改採用更均質的鋼材，以降低飛輪轉動時的空氣阻力、摩擦力與電阻，因此能夠有更長的儲能時間，提供 4 小時的充放電循環；2012 年，琥珀動力公司宣稱其技術相較於競爭者可降低一半的成本。

2. 電化學儲能

由於電化學儲能系統較不受限於地理環境，因此現階段的儲能系統以此方面的技術為主，包含鉛酸電池、鋰電池、液流電池等；其中，鋰電池因具備體積小及能量密度高等特性，逐漸成為市場主流。Frost & Sullivan 的報告指出，2018 年全球電網級的儲能系統發電量將成長至 6144.3MWh，成長率高達 52.5%；全球裝置容量也從 2,284.2MW 成長至 2,724.5MW，成長動能主要來自鋰電池與液流電池(Flow battery)。而 2017 年各類電池裝置容量佔比依序為鋰電池(61.3%)、以鈉為基礎的電池(25.6%)以及液流電池(10.2%)；預估 2018 年前三大類型電池為鋰電池(60.7%)、液流電池(19.1%)和以鈉為基礎的電池(18.2)。另一方面，德國萊茵 TÜV 指出的 2017 年全球電化學儲能專案技術分佈與佔比，也呈現相同的趨勢，如圖 2 所示。

2017全球電化學儲能專案技術分佈及占比

技術類別	占比
鋰離子電池	76%
鈉硫電池	13%
鉛蓄電池	7%
液流電池	3%
超級電容	0%
其它	1.1%

資料來源：德國萊因 TÜ V/金屬中心 MII-ITIS 研究團隊整理

圖 2 2017 全球電化學儲能專案技術分佈及比重

3. 化學儲能

化學能源儲存技術主要是將氫氣(H₂)及合成天然氣(SNG)作為二次能源載體，因上述物質具高能量密度以及可壓縮或液化儲存之特性，對於大量電能儲存有顯著的效果。其運作原理為，將電網過剩的電力經由電解水產製氫氣，將之作為能源載體，再以純氫或合成(替代)天然氣燃料形式使用。化學儲能的整體來回效率較低(20-40%)，但相當適合用於儲存大量能源，甚至可達到 TWh 的等級，也可用於跨季節儲能。此外，氫氣和 SNG 作為能量載體，可應用於相當廣泛的領域，包含發電、電動車、加熱和化工業。此外，氫儲能相當適合作為孤島供電的解決方案，歐洲和美國已在 2000 年完成示範場域；其中，鹽穴(salt cavern)是打造儲氫穴的最佳場域，目前在德州已建置兩組完整、大規模的儲氫穴，透過結合氫氣與二氧化碳變成合成氣體後，可直接導入天然氣管線使用，讓氫氣做更靈活的運用。目前全世界有超過千家的企業及研究機構投入氫能技術研發，且有多國簽署「氫能經濟國際夥伴計畫(IPHE)」，包含澳洲、巴西、加拿大、中國大陸、法國、德國、冰島、印度、義大利、日本、俄羅斯、韓國、挪威、英國、美國等。全球的加氫站也持續增加，截至 2018 年底，全球加氫站數目達到 369 座。這 369 座加氫站，在日本、德國和美國的就 198 座，佔全球總數的 54%。中國大陸位居第四，有 23 座。可見氫能技術儼然得到全球的重視。

4. 電力儲能

電力儲能以超級電容(Super Capacitor, SC)及超導磁儲能(Superconducting Magnetic Energy Storage, SMES)為主。目前由於超級電容(SC)功率高、穩定佳且循環壽命長，在產業應用上也發展的相當穩定。例如，機電大廠 ABB 以超級電容(Supercapacitors)「閃充」技術應用於公車營運商 Tosa 的公車上，並在 2018 年底於日內瓦市郊到機場的公車路線上全面行駛，如圖 3 所示。



資料來源：ABB 官網 /金屬中心 MIL-ITIS 研究團隊整理

圖 3 ABB 和 HESS 合作開發的超級電容巴士

超導磁儲能(SMES)是利用超導線圈通過整流/逆變器，將電網過剩的能量以電磁能的形式儲存起來，需要時再通過整流/逆變器將能量回饋給電網或做其他的用途。超導材料在低於其臨界溫度下，結構中電子與晶格相互作用沒有能量的損失，完全不受晶格影響，因此電阻是零，傳輸電能時不會有電力損失，所以可做為發電廠與城市之間電力輸送之用。另外，因電流在超導體內流動不會衰減，若把超導體線圈做得很

大，便可儲存大量的電流。當需要時，可以把超導線圈的控溫區升高於臨界溫度，這時電流會被迫向外流，超導線圈便成為強大的電能儲存與供應器。由於超導磁儲能系統價格昂貴且維護複雜，雖然已有商業化的產品(低溫和高溫超導儲能)，但在電網的應用相當少，大多屬於實驗性的應用。而 SMES 在電力系統中的應用取決於超導技術的發展，特別是材料、低成本、製冷、電力電子等方面技術的發展。目前 SMES 的實際應用以微型裝置為主，投入開發的國家有美國、德國、日本、義大利、韓國等；主要廠商包含美國超導公司(ASC)、日本住友電工(SEI)、Bruker 集團、Southwire 公司、Superpower 公司、德國先進超導技術(EAS)等。

5. 熱能儲能

熱能儲能有三種主要類型，分別是熱泵儲能(PHES)、熔鹽儲能以及液態空氣儲能(LAES)。熱泵儲能是由兩個桶槽(通常是不鏽鋼)所組成，桶槽內填裝礦物顆粒與能壓縮與膨脹氣體的裝置，使用接近理想氣體的單原子氣體(如：氫氣)作為工作氣體，搭配充滿工作氣體的迴路連接至壓縮機與膨脹機，在增加/降低相同的壓力下，可加熱/冷卻較多的能量，有效降低儲能成本。熱泵儲能可達數分鐘或數十分鐘，屬於中型除能系統，儲能成本相當低；目前熱泵儲能規模約為 2-5MW。

熔鹽儲能是轉換效率相當好的一種除能技術，利用兩個均為液態金屬的電極，將低密度液態金屬(如：鎂)至於頂端、高密度液態金屬(如：銻)至於底端，當電流通過時，鎂會失去兩個電子變成鎂離子，並進入電解質，接受兩個來自銻的電子，兩者形成合金；當電子進入外部迴路即會產生放電現象；反向輸入電流時，鎂從合金上脫離，返回上層電極，使電池回復初始狀態，達到充電的作用。然而，此系統需於 700 度高溫下操作，以保持液態金屬的工作狀態，是一大技術課題。

液態空氣儲能(LAES)的工作流體通常為液態空氣或液態氮氣，因此又稱為低溫儲能(Cryogenic Energy Storage, CES)。液態空氣儲能主要利用用電離峰時段時過剩的電能，驅動空氣液化機吸取周圍的空氣、產生液態空氣(700 公升常溫空氣約可變成 1 公升液態空氣)。液態空氣被儲存於低壓絕熱的桶槽，當需要用電時，將液態空氣從儲存槽中以高壓的狀態輸出(溫度亦升至室溫)，以此驅動發電機以產生電能。全球第

一座液態空氣能源儲存廠-Pilsworth，已 2018 年 6 月初在英國伯里(Bury)開始運作，是全球第一座 LAES，相當於一個可充電的巨無霸電池，能儲存過多的電量並在需要時釋出。

四、結論與建議

台灣目前在綠能產業的推動上，主要有四大主軸：(1)創能(如太陽能、離岸風電開發)；(2)節能(如使用智慧電網、節能設備、汽電共生等)；(3)儲能(如鋰電池、燃料電池、氫能等技術開發)；(4)智慧系統整合(引進能源技術服務業(ESCO)，推動節約能源)。現階段台灣經濟部在創能產業(離岸風電產業與太陽能產業)推動上十分積極，然而，由於再生能源如太陽能和風力，幾乎都存在著發電量不穩定的問題，未來在離尖峰時間對於用電調節上的需求，儲能技術的發展勢必將會扮演相當重要的角色。從國際儲能的發展現況也不難發現，先進國家如美國、德國近年來相當積極推動儲能產業，並透過鼓勵性質的補貼政策以及電力政策，加速儲能技術與產業的發展。綜合前述，儲能技術的發展儼然是推動綠能產業不可或缺的一環，而台灣該如何切入國際儲能產業供應鏈，亦或是尋找利基市場以建立自主儲能產業，是目前急需獲得解答的問題。此外，現階段台灣廠商在儲能領域上，也並未有太多著墨，後續的佈局仍十分值得思考。

(本文作者為金屬中心執行產業技術基磐研究與知識服務計畫產業分析師)

原文出處：ITIS 智網 <http://www.itis.org.tw/>