

電網儲能技術應用潛力

行政院原子能委員會核能研究所 副研究員 魏華洲

摘要

儲能系統能有效的提升電網電力使用效率、整合再生能源發電、增進電網彈性及應變能力，是未來國際間發展分布式能源供應體系重點開發項目。電網儲能在發電系統端可達到削峰填谷等功能；在輸配電裡能提高穩定性並管理電力品質；在用戶端則作為不間斷電源及管理容量費用與分時電價的功效，近年來電網儲能示範系統運轉布署逐步增加，儲能技術已成為發展智慧電網與擴大再生能源應用不可或缺的關鍵一環，亦為國內未來應積極發展及部署的綠能產業之一。

電網應用特性需求、價值對於儲能系統應用的評價具有重要意義，藉由需求分析預估未來發展方向及適用儲能系統，並據以發展國內可使用同時能產業化之技術，有賴整體深入經濟評估及價值鏈分析，並輔以適當的政策導引及技術研發，以加大及加深儲能應用的層面及力道，同時達成發展再生能源及減碳等國家能源政策目標。

在追求永續發展及創造民生福祉，未來的社會需要面臨重要議題：包含能源、環境、食品安全及健康照護等。其中在追求經濟發展及兼顧環境負荷，各國無不將低碳能源供給作為長期發展願景及目標，國內亦制定「永續能源基本法」、「能源發展綱領」等政策，指引及規劃未來我國能源發展方向及策略，權衡現有技術成熟度及可行性以積極發展太陽光電、LED照明光電產業、風力發電及能源資通訊產業等綠能產業，未來可預估國內將增加以太陽光電及風力發電為主的再生能源比例，除改善發電端的排碳比例，同時亦能揮注支持國內重點綠能產業發展。

但太陽能發電與風力發電具有不穩定與間歇性供電的問題，大規模使用將影響電網穩定度，若棄而不用，則降低太陽能發電與風力發電設置效能，因此如何增進再生能源併網占比、兼顧電網運轉穩定及安全性，現行做法中可以透過儲能系統的設置來緩衝發電~輸配電~用電的動態性差異問題，除減少再生能源併網造成的衝擊，增加電網運行的穩定度，亦可作為電網尖峰負載調節，維持電力供給平衡，具有多方面的應用及效益。此外傳統電力網已不能滿足用戶端，愈來愈多的偏遠地區、無電人口、離島和緊急用電的需求也增加，對智慧電網與微電網建設要求也增多，儲能系統正是發展智慧電網、微電網建設中的重要一環，可以用來均衡用電負載、提供輔助服務、維持電力供給平衡與電力品質穩定性。

一. 儲能需求及未來市場規模預測

儲能系統可以搭配再生能源、電網使用，並提供輔助服務，近幾年來的裝機量愈來愈多，2000~2013 年全球儲能項目裝機累積規模（圖 1），至 2013 年底為止全球已累計 736MW（不包含抽蓄水力、壓縮空氣及儲熱）。相較於 2012 年成長 12%，增加速度趨於平緩。2014 年第一季中，也已增加 15MW 裝機容量。現在運行中的項目有 197 個、規劃中和建置中項目有 130 個，統計共有 327 個項目，圖 1 是參考文獻蒐集全球具有代表性與較大容量的示範項目統計資訊，屬於不完全統計。

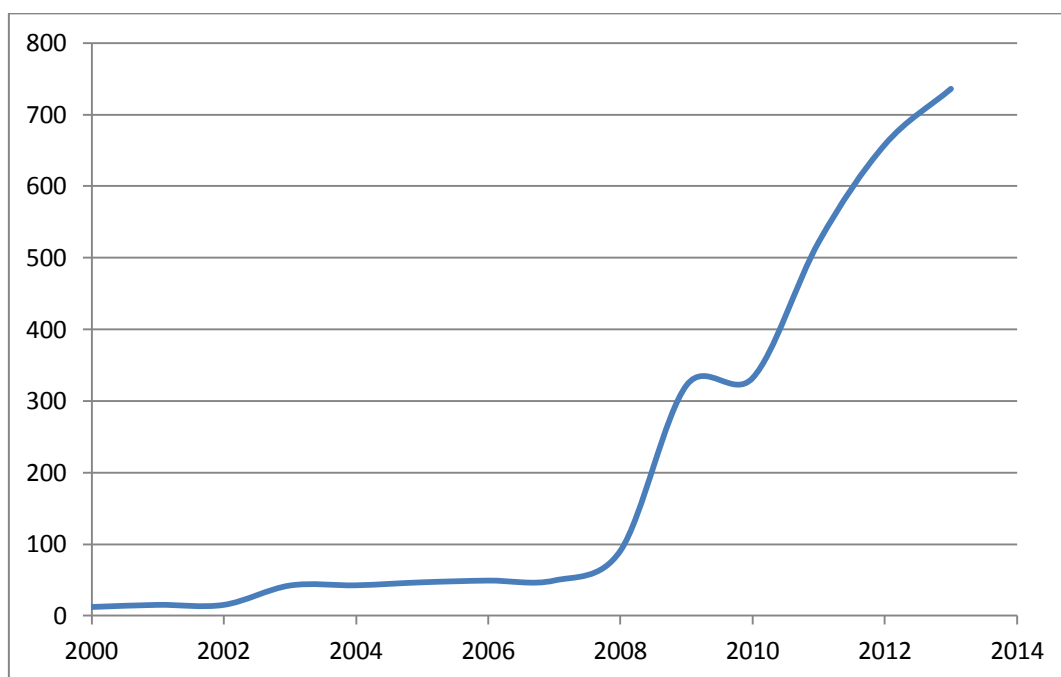


圖 1.2000~2013 年 10 月累積儲能裝機容量^[1](單位~MW)

以國別統計，各國的儲能裝機容量中，日本居領先地位占全球41%，第二名是美國占39%，依序為中國、歐洲。針對未來儲能系統裝置需求預估彙整不同研究機構預測如表 1，顯示預測因為再生能源及智慧電網等需求導致儲能設置增加

需求將具有極大市場潛力。

表 1.各研究機構預測儲能裝置或產值彙整表^[1]

研究機構	裝置量	市場規模	應用	備註
Lux Research		104 億美元	電網級儲能	至 2017 年
Markets And Markets		108 億美元	電網和運輸領域的先進儲能電池	2013~2018 年
Navigant	21.8GW		整合風力發電與太陽能發電的儲能系統新增規模	
Lux Research	711MW	28 億美元	搭配太陽能發電的儲能市場規模	至 2018 年
Navigant	14GWh		微電網	至 2022 年
Navigant	3.5GW		輔助服務功能	至 2023 年

二.儲能應用市場評估

根據美國評估報告顯示^[2]：在發電系統、輔助服務、電網應用、使用者端、可再生能源併網等方面應用，所需儲能其所需應用時間需求及效益如表2。

以預估技術應用潛力與及價值進行分析如圖2，第一個區塊位於圖形左上方從價格的角度來看，變電站電源與調頻兩個應用具有較高價值，調頻屬於短時間高功率應用，變電站電源則為儲能3-6小時能量型應用。第二個區塊則為圖形右邊中間區塊，在市場設置潛能相當高，而其價格相對第一區塊略低，但仍高於其他應用，代表未來具有較大應用市場及儲能產業最需要關注的區塊，相關應用包

含分時電價電費管理、可再生能源的穩定輸出及負載追蹤等應用，從表2可以看出主要應用皆為能量型應用，其應用需求時間從2-4小時乃至於8-16小時等，這些為具有高度應用潛力之儲能應用情境。此一評估亦與目前國外統計近幾年儲能裝置需求結論相符^[3]，顯示能量型的儲能應用，目前已開始因再生能源等政策產生預期性的市場需求。

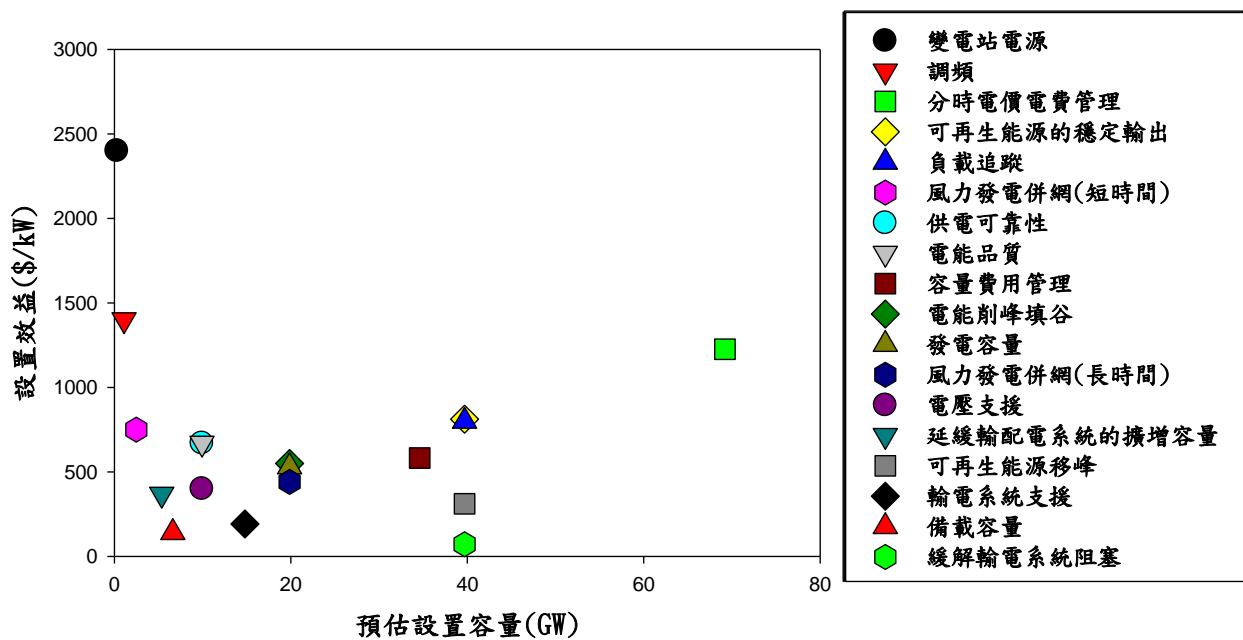


圖 2. 預估設置容量與設置效益評估

表 2. 電力系統中儲能應用需求及效益^[2]

應用分類	應用領域	儲能功率	儲能時間	效益(\$/kW)	
發電系統應用	電能削峰填穀	1-500 MW	2-8 小時	400-700	
	發電容量	1-500 MW	4-6 小時	359-710	
輔助服務	負荷跟蹤	1-500 MW	2-4 小時	600-1000	
	調頻	1-40MW	15-30 分鐘	785-2010	
	備用容量	1-500MW	1-2 小時	57-225	
	電壓支援	1-10MW	15-60 分鐘	400	
電網應用	輸電系統支援	10-100MW	2-5 秒	192	
	緩解輸電系統阻塞	1-100MW	3-6 小時	31-141	
	延緩輸配電系統的擴增容量	250W-5MW	3-6 小時	481-687	
	變電站電源	1.5kW-5kW	3-6 小時	1800-3000	
用戶端應用	分時電價電費管理	1kW-1MW	8-16 小時	1226	
	容量費用管理	50kW-10MW	4-6 小時	582	
	供電可靠性	0.2kW-10MW	5-60 分鐘	359-978	
	電能品質	0.2kW-10MW	10-60 秒	359-978	
可再生能源併網	可再生能源移峰	1kW-500MW	3-5 小時	233-389	
	可再生能源的穩定輸出	1kW-500MW	2-4 小時	709-915	
	風力發電併網	短時間	0.2kW-500MW	10 秒-15 分鐘	500-1000
		長時間	0.2kW-500MW	1-6 小時	100-782

根據研究結果顯示目前幾個主要儲能系統應用領域及其功能需求等，茲簡述

如下^[1]：

(一).擴大再生能源應用效益併網應用

隨著各國積極發展再生能源之能源供給政策及現有再生能源技術快速發展，未來如太陽能發電與風力發電等裝置容量將日益增加，但因其隨機性、間歇性供電與季節性等問題，若再生能源要規模化發展，需要優先解決其對電網帶來的衝擊。現有的電網無法負荷未來大規模再生能源瞬間電量變化或電力品質的下降，間歇性能量引起的電壓波動也會造成電網品質不穩定。因此因應大規模儲能大量調峰、快速調頻等需求勢必增加，而搭配儲能系統的電網，可以快速反應電網負載變化，削峰、填谷、調頻、穩壓，增加再生能源的併網應用，如德國的太陽能電池整合儲能系統，中國河北張北國家風光儲能項目等，都是擴大再生能源併網的應用。

（二）島嶼與偏遠地區離網供電

全球有許多島嶼因無法設立大型發電廠造成缺乏電力，也有許多偏遠地區因電力線布署不易而無法供電，這些地區適合採用再生能源與分布式發電，整合儲能系統使用，提供完整的解決方案。當再生能源發電或分布式發電設備運作時，可以透過儲能系統儲存剩餘能量，等到需要用電時再放電，例如白天的太陽能發電供給夜晚電力使用。印尼約有 13,000 多個島嶼、菲律賓有 6,000 多個島嶼都是沒有電力供應，目前主要倚賴就地柴油發電機進行發電，未來可搭配再生能源及儲能系統提供用電，中國、印度也有許多待開發的偏遠地區，可以應用相同的發電與

儲能模式。

(三) 提升電力品質及穩定供電

隨著生產成本考量的影響，愈來愈多的企業前往開發中國家設廠，如印度、越南等，但這些國家的基礎電力網尚未完善且供電不穩定，常常因為電壓不足或不定時斷電，造成工廠停工與生產損失。儲能系統不僅可以當作緊急備用電源和不斷電系統，也可成為能源管理系統提高電網供電可靠性。公用事業設施、電信基地台、醫療機構等也可以應用儲能系統來穩定供電。

(四) 遞緩電力設備設置時間及投資

儲能系統可以延緩電力設備的更新，在某些個案甚至可完全避免更新，以節省升級輸配電設備所需的投資。例如：在某些使用峰值電載負荷已接近系統額定承載能力的系統，若能藉由安裝一定容量儲能系統，可以在適當傳輸節點解決負荷超載問題並減緩升級的需求，延緩擴充輸配電設備服務所需要的大筆投資資金、減少整體成本、提高公用事業資產利用率。有些儲能系統則以行動貨櫃的形式安裝，它不僅能負擔單一電力設備的負載，還可以因應需求移動到其他電力設備，延緩其他電力設備的更新，增加儲能系統的投資報酬率。而對於評估升級的電力設備而言，則能提供緩衝時間來評估該設備的負荷增長是否將會實現。雖然這種應用是在延緩電力系統的升級，但同時也是在延長電力設備的使用

年限，在已接近其使用壽命終點的現有設備上使用儲能系統去降低負荷，能延長現有設備的使用壽命。

三.儲能系統特性及應用

目前儲能技術發展呈現多樣性，技術類別繁多，全球逐步建置示範應用的技術超過十餘種，且每種儲能技術因特性差異及應用情境不同，加上規模、設置位置差異，實際應用資訊不透明化等問題，更增加技術間比較難度。因此從了解儲能技術定位、儲能系統應具備規格及功能、及認定技術價值或經濟性等，仍有待持續研究與評估。

儲能系統要達成應用之首要考量為安全性可以提供，其次需要具有耐久性可以長期使用，此外為滿足特定應用用途的應答速率、功率及能量需求，系統效率、維修、環保、生態影響等因素。部分儲能技術基本特性如表 3^[4]，而即使不同研究對於引用充放電週期、設置成本、效率等會因為參考系統規模及技術成熟度等差異而不同，因此增加不同類別技術比較難度。

目前儲能技術中以電化學儲能系統具容易批量生產，且不受限於地理環境的特點，利用電化學方式充電將電能轉換成化學能，在需要時再將化學能轉化成電能完成放電，且容易根據應用特性及需求設計易於擴增之模組化儲能系統，具有實用性及便利性，其中較常被使用的包含鉛酸電池、鋰電池、鈉硫電池及液流電池等幾類，其主要特性比較如表 5 所示，現階段資料顯示液流電池在安全性、壽命及成本上最具應用潛力。

表 3. 部分儲能技術應用及一般特性^[4]

儲能技術	主要應用	優點	挑戰
壓縮空氣儲能	能量管理 季節備用電力 再生能源整合	較天然氣機發電廠啟動快 技術成熟	地理性限制 轉換效率低 相較飛輪或電池反應慢 環境衝擊
水力抽蓄	能量管理 季節備用電力 可經由變速泵浦達到調節服務	已開發成熟技術 目前最具成本效應儲能技術	地理性限制 環境衝擊 總設置經費高
飛輪	負荷跟蹤 頻率調節 削峰填谷 傳輸穩定性	模組技術 使用週期長 高負載輸出功率無過熱問題 反應速率快 能量效率高	轉子強度限制 因磨擦損失造成儲能時間短
先進鉛酸電池	負荷跟蹤及調節 電網穩定	成熟電池技術 成本低 高回收比例 電池壽命可	放電深度限制 低能量密度 佔用空間大 電極腐蝕影響使用壽命
鈉硫電池	功率品質 紓緩電力壅塞 再生能源整合	高能量密度 放電週期長 反應快 規模放大潛力好	操作溫度高 250-300°C 液體汙染造成玻璃密封材料腐蝕及脆化
鋰離子電池	功率品質 頻率調節	能量密度高 充電/放電效率高 使用次數好	製造成本高 溫度、過充及內部壓力累積等問題 深度放電容忍度差
液流電池	良好升降載率 削峰填谷 時間平移 功率品質 頻率調節	充放電次數長 壽命長 充放電效率可	發展中技術 設計複雜 能量密度低
超導儲能	功率品質 頻率調節	高放電效率	低能量密度 材料及製造成本限制
電化學電容器	功率品質 頻率調節	壽命非常長 高可逆性及快速放電	目前受成本限制
熱化學儲能	負荷跟蹤及調節 穩定電網運行	相當高能量密度	目前受成本限制

表 4.電網儲能技術應用適用性評估^[4]

應用	壓縮空氣	水力抽蓄	飛輪	鉛酸電池	鈉硫電池	鋰離子電池	液流電池
負載調配	O	O	X	V	V	V	V
再生能源併網電能品質管理	X	O	O	V	V	V	V
輔助服務	O	O	O	O	O	O	O
全黑啟動	O	O	X	V	V	V	V
延緩輸電設備更新	X	X	X	V	V	V	V
延緩配電設備更新	X	X	X	V	V	V	V
可移動式分布電力支援	X	X	X	O	V	V	V
用戶端負載調配	X	X	X	V	V	V	V
整合間歇性分布式發電	X	X	X	V	O	O	O
用戶端時間電價管理	O	O	X	O	O	O	O
用戶端不斷電設備	X	X	O	V	V	V	V
孤島型微電網應用	X	X	X	V	V	V	V

註: V~完全適用, O~可能適用, X~完全不適用

表 5.部分儲能系統基本特性比較^[5]

	鋰離子電池	鈉硫電池	液流電池	壓縮空氣	水力抽蓄
能量密度	190	150~240	18~28		
充放電效率(%)	85~95	75~85	75	70~80	70~85
生命週期(次)	1000	5000	15000	30000	50000
功率設置成本 (\$/kW)	400	3000	1600	668	1500
能量設置成本 (\$/kWh)	1200	500	470	223	125
均一化能量成本 (\$/cycle/kWh)	1.2	0.1	0.03	0.02	0.01

五.結語

現有儲能設置量及應用評估，儲能技術於風力和太陽能發電併網、微電網儲能、輔助功能與分布式發電整合將有應用前景。目前各國政府紛紛推出儲能與電網相關政策，並積極投入儲能技術研發，近幾年愈來愈多的電網儲能示範運轉項目正在布署，部分儲能技術也趨向成熟，儲能系統是發展智慧電網與擴大再生能源應用不可或缺的一個關鍵，未來應該在評估儲能技術價值與經濟價值後，搭配技術標準及法規政策輔助，朝向大規模推廣應用與產業化的方向邁進。

參考文獻

1. 楊珏, 左峻德, “電網儲能技術發展與應用現況”, 台灣經濟研究月刊, 第 37 卷第 9 期 ,pp74-84, (103 年)
2. J. Eyer, G. Corey, “Energy Storage for the Electricity Grid: Benefits and Market Potential Assessment Guide”, SANDIA REPORT ,SAND2010-0815, (2010)
3. Ronald Mosso, “EnerVault 250 kW – 1 MWh System: Development and Commissioning of the World's Largest Iron-Chromium RFB”, 2014 IFBF ,Hamburg, Germany, 2014/7/1
4. US DOE, “Grid Energy storage”, Dec (2013)
5. Alex Tong , “Strategies of Green Energy Industry Development in Taiwan”, 2011/8/5,
http://www.digitimes.com.tw/tw/B2B/Seminar/Service/download/053A008040/053A008040_PZGROLGNL1LIJYJUAMVV.pdf