

國外中小型定置鋰電池儲能個案成本效益分析

洪瑋嶸

核能研究所-綜合計畫組研策室

2023/02

壹、前言

根據國際能源署(International Energy Agency, IEA)研究指出，在新政策情境下(New Policy Scenarios)，間歇性再生能源未來將持續快速擴張，預計到 2040 年時，間歇性再生能源新增發電容量將占所有新增發電容量一半以上[1]，由於間歇性再生能源的不穩定性，所以儲能需求將大幅上升，過去儲能主要以抽蓄水力為主，但部署受限於合適地點的限制，加上鋰離子電池隨著電動車的發展，電池成本逐漸下降，於是在短時間儲能的應用上，模組化的鋰電池日漸重要。我國也規劃了發電端在 2025 年至少要安裝 500MW、2030 年要安裝 2500MW 儲能系統的目標[2]，同時為推動儲能系統結合太陽光電發電設備，改善太陽光電間歇性供電問題，使太陽光電之電能經儲存後得於夜間或光照不足之尖峰時段饋入電網，以及提升太陽光電發電設備建置量，我國也將以競標及容量分配方式辦理遴選儲能系統結合太陽光電發電設備[3]，這些儲能系統將以定置鋰電池為主，目前中小型定置鋰電池案例相對零星，故探討國外相關儲能個案成本效益分析對我國後續政策推動與執行有所助益。

貳、不同規模的鋰電池儲能系統成本

根據 IEA 研究，2020 年電網級大型鋰電池儲能系統 1 小時級、4 小時級及 8 小時級的總資本成本分別約為 550、360 及 310 美元/kWh[1]，NREL 4 小時電網級鋰電池儲能系統的總資本成本為 345 美元/kWh[4]，而 Lazard 研究也指出電網級大型鋰電池儲能系統(100MW) 1 小時級及 4 小時級的電池組成本分別約為 172-250 及 147-231 美元/kWh，如表 1。由此可見不同容量的儲能系統成本相異，不同功率等級的成本更是大相逕庭，Lazard 的研究顯示中型鋰電池儲能系統(1MW) 及住家用的小型鋰電池儲能系統(0.006MW)的電池組成本推估分別為 292-346 及 454-780 美元/kWh[5]

表 1 不同電池容量之電網級大型鋰電池儲能系統成本

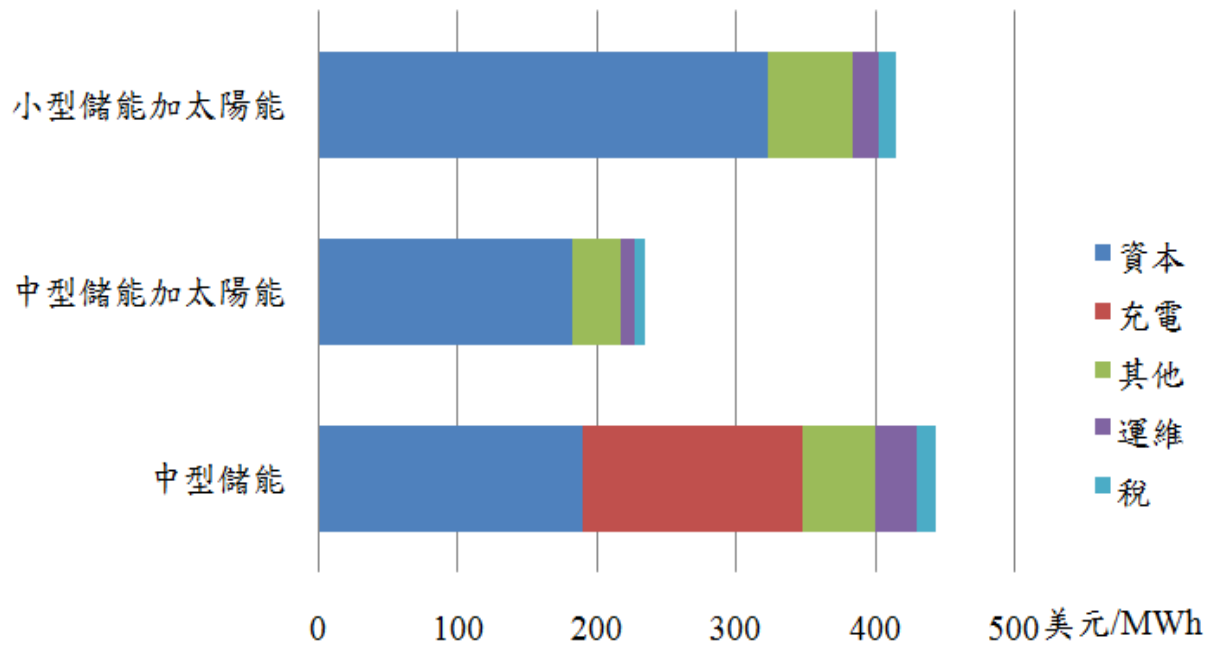
單位:美元/kWh (2020 年)		總資本成本	電池組成本
IEA	1 小時級	550	
	4 小時級	360	180
	8 小時級	310	
NREL	2 小時級	410	
	4 小時級	345	
	6 小時級	325	
Lazard	1 小時級		172-250
	2 小時級		147-239
	4 小時級		147-231

資料來源:IEA、NREL 及 Lazard 。[1][4][5]

參、 中小型定置鋰電池儲能系統均化成本與效益的個案討論

因為不同規模的鋰電池儲能系統成本差異太大，本研究只針對國外已成案的中小型定置鋰電池儲能系統裝置來個案討論，根據 Lazard 的研究[5]，加州的 1 MW / 2 MWh 中型儲能系統的均化成本為 442 美元/MWh(約台幣 13.7 元/度)¹，主要成本結構為資本成本(43%)、充電成本(35.5%)及其他成本(11.8%)，因為此系統為純粹的儲能系統，必須反覆的充電，加上加州的電費較高(102.33 美元/MWh，約台幣 3.17 元/度)，故充電成本較高；而加州的 1MW 的中型太陽能搭配 0.5 MW / 2 MWh 儲能系統的均化成本為 235 美元/MWh(約台幣 7.29 元/度)，主要成本結構為資本成本(77.4%)及其他成本(14.9%)，因為此系統必須結合安裝太陽能，所以成本組成以資本成本為主，而太陽能的發電量遠多於儲能系統的儲電量，所以無需充電成本，均化成本也較純儲能系統低；而夏威夷的 0.01MW 的住宅小型太陽能搭配 0.006 MW / 0.025 MWh 儲能系統的均化成本為 416 美元/MWh(約台幣 12.9 元/度)，主要成本結構為資本成本(77.4%)及其他成本(14.7%)，成本結構與加州中型太陽能儲能系統接近，但因為規模較小，所以均化成本較高，如圖 1。

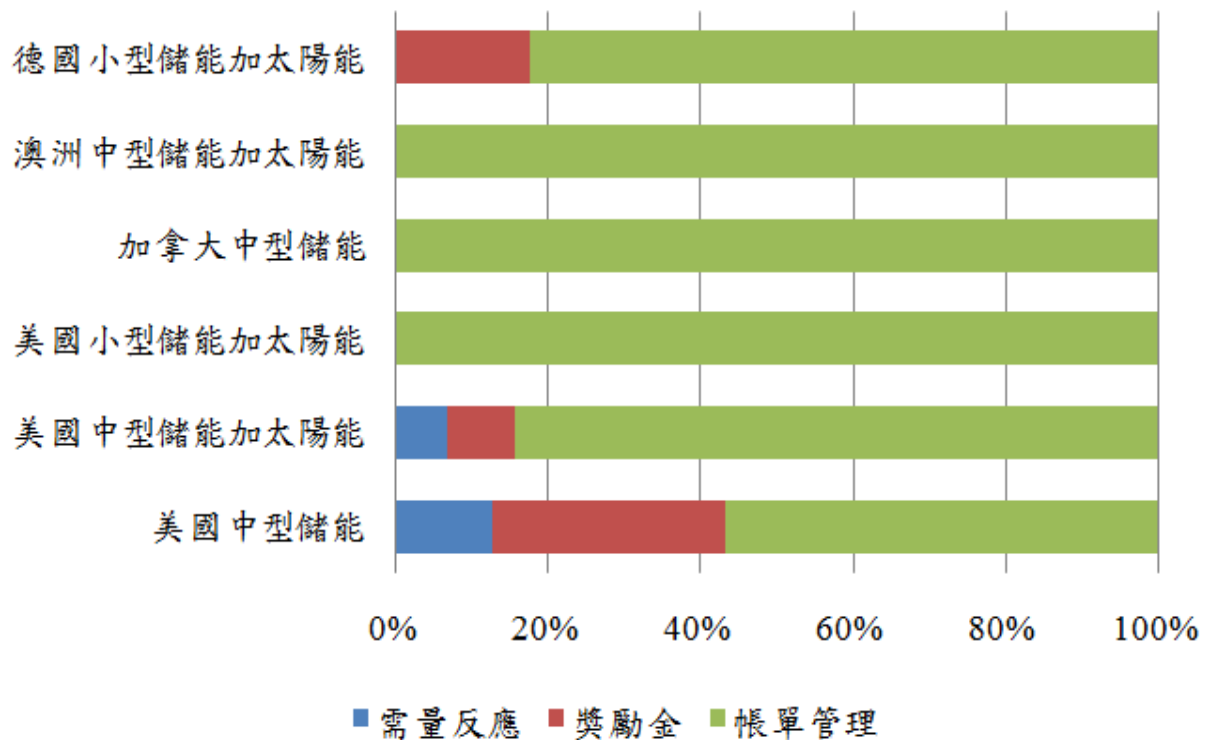
¹本文中，美金對台幣的匯率皆為 1:31



資料來源: Lazard 。[5]

圖 1 美國中小型鋰電池儲能系統均化成本結構

就效益面來看，理論上中小型儲能系統可透過電力不穩時提供調頻服務(Frequency Regulation, FR)、電力中斷時提供即時/非即時備轉容量(Spinning/Non-Spinning Reserve)、減少使用者因應需量反應(Demand Response)所需的高額電費、價高放電及價低充電的帳單管理(Bill Management)或維持資源充裕性(Resource Adequacy)以滿足額外的尖載電力需求來獲得收入，但實務上並非所有電力輔助服務都已經能取得收入，以國外中小型定置鋰電池儲能系統為例，目前的收入來源主要還是集中在帳單管理、領取設備獎勵金補貼以及降低需量反應的電費為主(如圖 2)，尤其以價高放電及價低充電的帳單管理最為重要，但台灣的電價目前相對固定，就算時間電價的價差也不大，難以透過帳單管理來獲利，只能依靠政府補貼的躉購費率來獲取收入。



資料來源: Lazard 。[5]

圖 2 國外中小型鋰電池儲能系統收入來源

肆、 台灣的中小型定置鋰電池儲能系統均化成本試算

假設台灣太陽能及儲能系統的資本成本、安裝成本與運維成本，都與美國的案列相同時。若以台灣 111 年的平均電價 2.8458 元/度來計算充電成本[6]，加州的 1 MW / 2 MWh 純儲能系統，因為台灣電費較美國低，所以均化成本將從台幣 13.7 元/度降為 13.2 元/度；若以台電公布的 111 年台灣太陽能平均容量因素 13.78%來推估[7]，發電及儲能成本延用 Lazard 資料，因為台灣太陽能容量因素較美國低，所以加州 1MW 的中型太陽能搭配 0.5 MW / 2 MWh 儲能系統在台灣的均化成本將從台幣 7.29 元/度增加至 10.31 元/度)，同樣地，夏威夷的 0.01MW 的住宅小型太陽能搭配 0.006 MW / 0.025 MWh 儲能系統在台灣的均化成本也將從台幣 12.9 元/度增加至 14.96 元/度。台灣儲能躉購費率目前適用對象為 1MW 以上的太陽光電結合儲能系統的案場，與加州中型太陽能結合儲能系統最相似，但台灣未經儲存的電能與電池儲存後釋放的電能適用的費率不同，在加州的案例

中每年只有 630MWh 的太陽能會經電池儲存後釋放電能，若以此數據來計算，搭配我國 112 年第一期未經儲存的 1MW 地面型太陽能躉購費率 4.0031 元/度[8]，則經電池儲存後釋放電能的電力均化成本將為台幣 16.09 元/度，但功率越大的太陽能及儲能系統，其成本將遠低於此數據，若將 Lazard 報告中的 100MW 太陽能搭配電網級 50 MW / 200 MWh 儲能系統放在台灣，重新計算後，功率較大的太陽能及儲能系統相較小功率系統，經電池儲存後釋放電能的電力均化成本將從台幣 16.09 元/度下降至 4.85 元/度。

伍、 結論

本文發現定置鋰電池儲能系統的成本易受電池容量以及規模大小而有所不同，若有合適的空間及足夠的資金，建議建立電網級的儲能系統是最划算的，若能搭配太陽能或其他低成本的發電系統，不僅能穩定間歇性能源的發電系統，更能降低儲能系統原本的均化成本。若受限於土地面積，而不得不優先推動中小型鋰電池儲能系統的話，前期雖然可以靠政府補貼為主要收入，但中後期建議可仿照國外的案例，將收入來源逐漸市場化，除了既有帳單管理以及降低需量反應的電費，也開始努力擴大其他效益面的收入，讓儲能系統所能提供的電力輔助服務更容易取得收入，以彌補高額的均化成本，所以台灣除了繼續推動電力市場化，如果也讓電價可以自由波動，並協助電力輔助服務更容易取得收入，將能激起更多元的商業模式，以推動儲能系統市場的興起。

參考文獻

1. IEA (2018). World Energy Outlook 2018
2. 國發會 (2022). 十二項關鍵戰略 04_電力系統與儲能
3. 能源局(2022). 儲能系統結合太陽光電發電設備中華民國一百十一年度競標及容量分配作業要點
https://www.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/Law/Content.aspx?menu_id=20835
4. Cole, Wesley, A. Will Frazier, and Chad Augustine. (2021). Cost Projections for

Utility Scale Battery Storage: 2021 Update. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. NREL/TP-6A20-79236.<https://www.nrel.gov/docs/fy21osti/79236.pdf>.

5. LAZARD (2021). LAZARD'S LEVELIZED COST OF STORAGE ANALYSIS—VERSION 7.0
6. 台電(2022). 111 年電價費率審議臨時會電價調整說明,
<https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=6614&cid=4199&cchk=d516fd0e-da65-4d3e-b2e7-f2111383897e>
7. 台電(2023). 111 年各縣市太陽光電容量因數
<https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=207&cid=165&cchk=a83cd635-a792-4660-9f02-f71d5d925911#b04>
8. 經濟部(2023). 112 年度再生能源電能躉購費率正式公告
https://www.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/news/News.aspx?kind=1&menu_id=41&news_id=29288