

## 知識物件上傳表

計畫名稱：「電力市場制度研析計畫」(2/3)

上傳主題：電力市場之儲能最新發展應用

提報機構：工業技術研究院

提報時間：108年12月08日

國 別	<input type="checkbox"/> 1. 國內 <input checked="" type="checkbox"/> 2. 國外：(美國)
能 源 領 域	<input checked="" type="checkbox"/> 1. 政策與法規 <input type="checkbox"/> 2. 環境衝擊與調適 <input type="checkbox"/> 3. 經濟及產業 <input type="checkbox"/> 4. 科技 <input type="checkbox"/> 5. 統計資料
決 策 知 識 類 別	<input type="checkbox"/> 1. 建言 (策略、政策、措施、法規) <input checked="" type="checkbox"/> 2. 評析 (先進技術或方法、策略、政策、措施、法規) <input type="checkbox"/> 3. 標竿及統計數據：技術或方法、產業、市場等趨勢分析 <input type="checkbox"/> 4. 其他：
重 點 摘 述	<p>儲能是存在已久的技術，近幾年美國電力市場已經採用大量的再生能源，為因應再生能源的間歇特性，儲能反而取而代之成為眾所矚目的焦點，其應用推廣及技術創新上也有了巨幅的改變。本文將介紹聯邦能源管理委員會（Federal Energy Regulatory Commission, FERC）的 FERC841法令對於美國在儲能參與電力市場這部分的影響。並提及美國儲能目前在電力市場的發展與應用現況，包含美國儲能新型態運作機制(如儲能提供輔助服務機制、儲能混合電源調度、電網儲能服務、氫氣儲能能源-hydrogen 等)。</p>
詳 細 說 明	<p>儲能系統在電力事業的應用，近年來是為了解決間歇性再生能源帶來的問題，而且在大量再生能源需求比例之下，才需要運用儲能系統來解決再生能源的時間性問題。下列幾種為目前美國儲能系統普遍在電力電業上的運用操作模式：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>再生能源出力平滑化</b>：調節太陽能或風能輸出的穩定，以保持再生能源輸出電力的品質。</li> <li>➤ <b>提供調頻穩定</b>：調節電力系統頻率穩定，可在極短時間內(幾秒-幾分鐘)配合市場調度充放電，需要的儲能容量不必高、時間不用長，所以成本也較低。。</li> <li>➤ <b>降低尖峰負載或發電</b>：儲能系統建置最大功能就是在太陽能發電過剩時充電，在尖峰用電時段放電，解決供電時段不同之需求</li> <li>➤ <b>輔助電力市場供需平衡</b>：為了保持系統的安全可靠度，需要隨時備有可迅速提供電能的可發電容量，因而儲能可提供電力市場有多樣的輔助服務在需要時發電。（指即時與補充備轉）。</li> </ul>

- **提供完全綠能電源的長期供電：**由於美國部分電力市場以再生能源 100% 為目標，在完全再生能源的情況下，必須仰賴能夠維持長時間放電的儲能裝置，如氫燃料儲能技術搭配燃氣複循環機操作。

## **I. 儲能參與電力市場法規要求**

在美國電力市場是由監管機構聯邦能源管理委員會(FERC)所監管，會以法令要求電力市場運營符合其標準或準則，但 FERC 大多不會訂定市場規則，電力市場必須遵從 FERC 公布的規範制定符合其產品的市場規則細節，再經 FERC 核准後實施。所以我們將探討 FERC 對儲能資源規範及其衍生各電力市場提供反對的爭議，了解這些爭議的觀點與立場，即可評估對國內電力市場對儲能規則需要考量的因素。

FERC 841法令目的是為了消除儲能資源參加電力市場(ISO/RTO)中電能、容量、輔助服務等市場之阻礙，儲能參與電力市場可透過與 TSO 簽約以成本費用方式或是透過 ISO 以市場競價的方式來回收成本。FERC 提出儲能參與電力市場的五項規範要點如下：

- i. 允許儲能根據其可操作的技術能力，可以提供市場所有容量、電能及輔助服務等。並且接受儲能可以提供其它市場服務的豐富潛力。
- ii. 對儲能的費用規則應與其他電源相同。儲能的充放電能夠以市場的買方(demand/charging)和賣方(supply/discharging)身份參與批發電力市場交易，而且儲能競價(若處於邊緣電價機組)可成為市場的結算價格。
- iii. 提出競價投標的參數(也包含在電力市場 Master File 中)規定，電力市場競價和調度應考慮不同儲能技術的物理和操作特性。
- iv. 儲能可參與電力市場的最小容量要求不得超過100 kW。
- v. 每個電力市場必須針對供給儲能充電與儲能放電回售給電力市場有相關之規定，且在相同位置與時間下之充電/放電必須與電力市場電價計費一致。

以上的規範有提倡儲能的良好意圖，但有些提議可能沒有考慮電力市場在運作與技術方面的困難，系統安全可靠性的現有規定，以及成本分配之複雜性，在五項規範的灰色地帶中已經有存在的互相衝突。

## **II. 與 FERC 841 法令之間的衝突**

因為儲能技術持續的改進，許多市場現有機制及規則並無法即時的跟上腳步，並且取得共識。許多電力市場也因自身原有的儲能規範與 FERC 841五大要求有相互衝突，衝突的內容大略整理以下幾點：

- i. PJM 說明容量市場設計以安全可靠度為考量，參與容量市場最小運行時間為持續10小時放電。FERC 認為再生能源間歇性需求僅4小時，10小時的最低運行時間要求具有歧視性。

- ii. PJM 為防止市場價格被不合理的競價壓低，設定了市場的最低競價限制(Minimum Offer Price Rule -MOPR)，FERC 認為此機制會阻礙儲能成為市場結算電價對象的可能，是不公平的作法。
- iii. FERC 認為目前有許多市場【PJM、NYISO、CAISO(California Independent System Operator)】，在儲能參與競價運行時，未配合加入儲能的參數限制，可能導致在實際運行時不可運作。
- iv. CAISO 要求允許其最小容量放寬的特殊條款，希望遵循現有市場規則，允許裝置容量大於500kW 的電源參與市場輔助服務，但是 FERC 認為違反他們的要求。
- v. MISO(Midcontinent Independent System Operator)的在輔助服務市場調度下調頻 ramping down 時，其市場規則充電將收取電能費與輸電服務費；但 FERC 認為 MISO 並未開放儲能參與電能市場，屬於 reliability 的服務，所以收費不合理。

FERC 過去已經批准了許多為了系統可靠性建立的市場規則，FERC 841對儲能的五大規範，認為有必要改進現有的市場規則，但過分遷就儲能而導致損害安全可靠性的風險，卻是各種法律訴訟的來源。

### III. 美國儲能系統在電力市場之運用

美國及歐洲在電力市場儲能應用的發展已有一段時間，這些電力市場很積極的主要原因是受推廣大量再生能源的衝擊之下，而迫切需要一個減緩電力市場負擔的對策，這些發展過程的挑戰及問題，可作為其他國家儲能發展的借鏡。近年來儲能發展正在逐步轉型中，這些轉變促使電力市場開始進行市場規則的重大改革，在此先說明幾個造成市場規則改革的最新議題，可以幫助解釋為何會導致各方對市場規則的改變。

#### 1. 儲能混合電源(hybrid resource)的運作方式

儲能的混合電源機制大致上分成兩種，第一種是儲能搭配再生能源，第二種為儲能搭配傳統火力機組（例如燃氣複循環機組），此兩種搭配模式，前者儲能可以做到平滑化與電能時間移轉(Time-shifting)的作用；後者可以利用儲能特性讓火力機組更有調度彈性。

圖 1 是從 Lazard 公司評估發電成本比較圖擷取其中一部份，圖中太陽能加儲能系統 (PV + Storage) 的平均成本為(\$102/MWh)，小於單獨太陽能合約成本(\$35/MWh) 和單獨儲能系統成本(\$165/MWh) 的總和，這是在同一個場所共置兩個電源而提高的經濟效益現象。



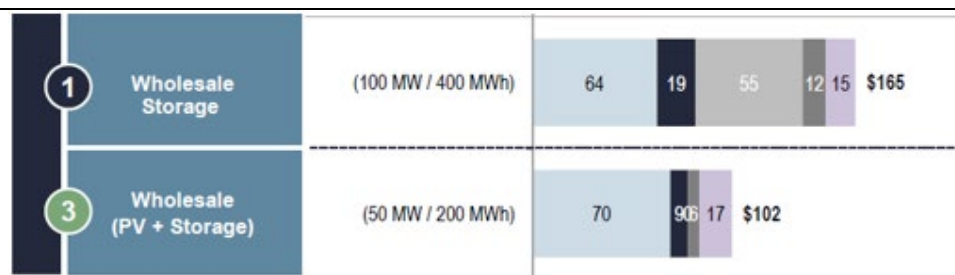


圖 1 Lazard 公司發電成本分析<sup>1</sup>

混合電源有幾個優點，若電源設置在同一個廠址下，共同放置儲能搭配其它電源可以減少土地需求，可共享併網設施、饋線容量、變電器以及併網分析評估費用等，除了節省成本外，也可減少電網壅塞時的電能削減。以儲能和其他的電源共置效益，不僅有利於再生能源，也有利於增加其他火力發電源的運作彈性，另外，亦可避免在待機狀態下需要燃燒燃料的排氣污染，為天然氣複循環機組提供在排碳管制下增強競爭力。

## 2. 儲能系統額外的誘因機制

電力市場的運作首重精神為公平不歧視，所以應該依據電源能力差異給予不同的支付費用。基於儲能能夠快速調整發電量的特殊優勢，市場需要有彈性電源來因應再生能源的間歇特性。因此，在美國多個電力市場即時市場增加彈性調度產品後，已開始規劃介於調頻及備轉容量輔助服務間，增加一個反應時間 5 分鐘的即時爬坡產品(Ramping Product)，其目的是為因應再生能源瞬時變化所產生負載預測與發電預測的誤差，過去在沒有儲能系統參與時，較少資源能夠達到此商品的要求，所以對於儲能在執行上來說相對有優勢，因此在市場報價的費用也相對比較高。

在美國，大部分的電力市場有為了電源能受市場迅速上下調度的調頻服務，而另外增加的費用，這額外支付稱為調頻里程費 (regulation mileage fee)，是依照資源能否準確達到市場指令要求之績效來衡量支付多寡，但此種機制對儲能的增值作用並沒有起到很大的效果，因為它不是對儲能特定功能所提供的特殊價值，而且提供調頻里程而收到里程付費的價值太低，由圖 2 中加州電力市場 2019 年的 mileage 市場價格顯示，平均價格連\$ 0.01/MWh 都不到，參加調頻里程所花費的時間成本比其收入還高，所以若單獨為儲能而建立調頻里程的付費機制很可能淪為徒勞無功。

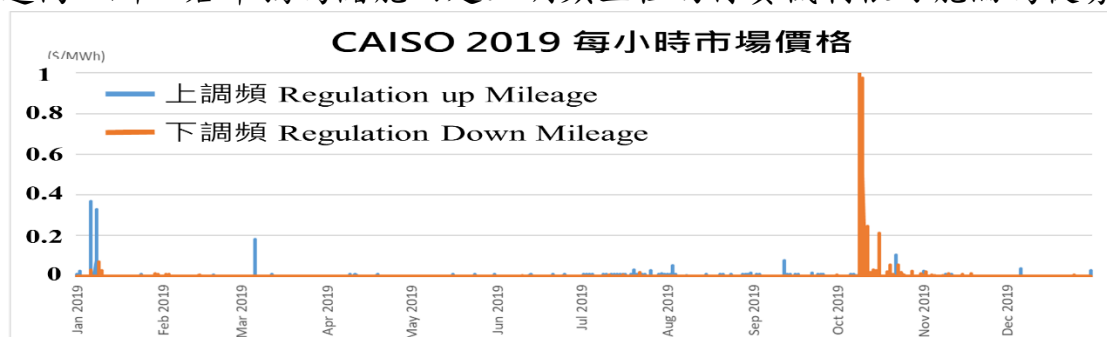


圖 2 CAISO 電力市場調頻調度里程價格

## 3. 儲能連續運轉模式

儲能在電力市場運轉的新模式「連續運轉」，已在美國許多市場開始運作。以往儲能採用抽蓄水力發電模式只能以發電或用電模式運轉，而在兩個模式間的轉換需要大約 30 分鐘的時間做轉換，若儲能在日前市場以充電或放電一種模式得標，雖然電力市場可每 5 分鐘進行即時調度，儲能即時調度必須在一小時內保持相同的運轉模式，這將減少儲能提供電力市場的彈性，所以儲能新的連續運轉模式允許在得標時間內進行快速轉換模式。

連續運轉模式在電能市場，被運用在 5 分鐘即時調度，以即時市場的價格做上下調度的費用，放電由市場給業者 SMP 的價格，充電時業者退 SMP 的費用給市場；輔助服務市場時，採取自願參與的模式，若願意參與連續運轉模式的儲能，不論是上調頻得標或是下調頻得標的輔助服務，電力市場都可以依市場情況在小時內突然調度另一種模式，以提高市場調度彈性。

#### 4. 儲能為輸電系統設施(Storage as Transmission)

採用儲能為輸電系統設施的電力市場運作機制，在美國已經至少有兩個電力市場提出市場機制規劃，目的是提高電業為可靠度而建置高成本儲能之意願，因為擔心儲能僅參與電力市場輔助服務可能無法回收成本，以類似電源方式與電力市場簽訂合約，提供全黑啟動的模式，成本由參與電力市場售電業分擔，充電和放電受電力市場控制，並且充電用之電能不收費，也不收取傳輸服務費，雖然以輸電系統設施操作儲能有好處，但其中還是存有讓人憂慮的負面影響：

- i. 許多人認為僅為了可靠度而建置的儲能成本會太高，可能只有不到一半的時間使用於可靠度，其他時間則是閒置，況且儲能成本比電能削減成本要高很多。
- ii. 除了幫助系統可靠度外，儲能可用於輸電調度應用和電力市場交易，額外節省的市場成本或收益不能與提供儲能的業者公平分配
- iii. 儲能建置位置可使某些電源比其他電源在傳輸壅塞問題上受益更多，而帶來對各電源的不公平待遇

#### 5. 氫氣型態的儲能運用

在加州，逐步淘汰 100%非再生能源的目標，最快也需要耗時約 20 年，但美國這二年來已經有燃煤及天然氣電廠宣布破產而停止運轉，然而也有電業投資具有高度優勢的新燃氣發電廠。新的燃氣複循環機組在調度或使用燃料方面比較有彈性，而且已改進舊式機組啟動及爬坡速度緩慢的致命傷，可以在 30 分鐘內迅速啟動，提高輔助服務的能力之外，其發電效率高，可以比燃氣舊機組減少大量的溫室氣體，整廠在電力市場輔助服務交易上可以提高到 30%，甚至 50%的獲利；如果在未來百分之百再生能源時，新型態燃氣複循環機可以燒綠能氫氣發電成為再生能源發電機使用，而不被視為傳統火力機組被能源政策所淘汰。

#### IV. 結論

以美國儲能系統參與電力市場的近況對照我國儲能參與電力市場現況，雖然我國才剛開始積極推廣儲能參與電力市場，但短期來說，我國試行平台在儲能運用上

<sup>1</sup> 2019 Lazard's levelized cost of storage analysis V5.0 – Storage Cost by component (\$/MWh)

是有銜接國際趨勢的野心，也符合我國積極推動儲能的能源政策。由於我國才剛開始在電力市場上發展儲能運用，還未能思考儲能系統的多元運用性，因此建議儲能發展至中期，應該規劃制訂多元運用模式及規範，不僅可同時參與多種商品的交易市場、亦可作為輸配電業設施以及電業端使用。但是應詳細說明如何計量，以及核算不同電能的方法與規範；儲能發展至長期，在高再生能源比例下，更應規劃可提供長時間出力的儲能系統進入，以維持電網的可靠性。

註：1.請計畫執行單位上傳提供較具策略性的知識物件，不限計畫執行有關內容。

2.請計畫執行單位每季更新與上傳一次，另有新增政策建議可隨時上傳。

3.文字精要具體，量化數據盡量輔以圖表說明。