



液流電池、虛擬電廠上線

分散式能源崛起

逐年攀升的尖峰負載，讓臺灣的能源使用規劃，成為各方焦點。跳脫興建更多電廠的思維，透過「虛擬電廠」，整合再生能源、儲能設備、備援電力等分散式能源，已成為能源管理新顯學。隨著再生能源占比逐步升高，為了解決供電間歇性的問題，能長時間儲存電力的「液流電池」也備受關注。



透過「虛擬電廠」整合再生能源、儲能設備、備援電力等分散式能源，已成為能源管理新顯學，能長時間儲存電力的「液流電池」也備受關注。

撰文／陳怡如

數 10年來，臺灣傳統電力供應以大型電廠為主，想要解決尖峰用電問題，除了蓋電廠外，是否還有更省成本、更有效率的解方？

攤開臺灣的用電分布，若以1年8,760小時來

看，臺灣每年用電最多的200個小時，對於電力系統產生的額外需求大約為2GW，相當於年度用電尖峰的5%，且大多集中在夏季。工研院綠能與環境研究所組長梁佩芳認為，若要持續蓋電

廠，得先思考2個問題：一是電廠投資大、建廠時間久，還會面臨環保抗爭行動；二是只為了每年200小時的尖峰需求興建新電廠，似乎也不太符合投資效益。

其實除了大型電廠之外，民間也暗藏不少中小型的電力資源，像是散落在企業、工廠、住家裡的太陽能、風力、儲能設備、備援發電機、UPS系統和電動車等。隨著供電挑戰愈來愈大，未來必須要更加靈活善用這些電力資源。「虛擬電廠」概念應運而生，「就是將分散式的中小型資源聚合起來，變成可靠的電力供應來源，就像一個可受控制的電廠。」

用戶代理人扮演關鍵角色

當傳統以大型機組為主的集中式電力系統，走向分散式電力系統後，原先單純做為電力的消費者，同時也轉為電力供給的產銷者。正因為聚集了各種不同類型的用戶參與，虛擬電廠有著更大的調度彈性，能在短時間內提供尖峰負載電力，也能為電力公司提供輔助服務。

相比過去台電控制大電廠，只要一個指令；當眾多小資源集結時，該如何有效管理就成了關鍵。這造就一個角色興起，也就是所謂的「聚合者」或「用戶代理人」（Aggregator），「他必

須聚合用戶資源，就像一個統一窗口，去台電或電力市場報價，未來代理人會是新的商機。」

「虛擬電廠有很多不同機制，有些可以做出一桌菜，有些就是很專業的一道菜，不同公司的營運策略都不一樣。」梁佩芳表示，目前虛擬電廠在國際已有不少成功案例，以全球知名的德國公司Next Kraftwerke來說，旗下聚合超過1萬個用戶，裝置容量達8GW以上，並依據用戶特性，設計不同方案，有些投入電力交易市場，有些則投入輔助服務市場；特斯拉（Tesla）也在加州聚集旗下家用儲能設備Powerwall的用戶，向電力公司提供電網服務，當加州電力不夠時，便控制電池放電。

滿足五大條件 虛擬電廠商機可期

梁佩芳認為，虛擬電廠必須具備5項條件才能發揮其優勢。第一是ICT的基礎建設，為了讓代理人清楚掌握每個參與者的狀況，需要導入智慧電表等ICT應用，才能即時掌握數據。

第二是預測。代理人需了解電力系統狀況，進行負載預測，事先讓參與者知道未來幾天的用電趨勢，讓用戶有心理準備，提高用戶的參與意願，不至於突然收到斷線通知，措手不及。

第三是打造客製化方案。因應不同參與者的



特斯拉也在加州聚集旗下家用儲能設備Powerwall的用戶，向電力公司提供電網服務，當加州電力不夠時，便控制電池放電。（特斯拉提供）



特性，客製化電力的供應狀態，而非所有人一體適用的規則，甚至是調整用戶的生產行為。比如台電大多在下午1點到3點的尖峰時間，要求降低用電，或許就能和工廠討論改變生產排程。

第四是對市場的了解。代理人需對市場敏銳，針對用戶屬性，細分成不同群體，參與市場上的不同計畫。台電現已要求，未來代理人參與電力市場，必須取得「合格排程者」（Qualified Scheduling Entity；QSE）的資格，代表代理人對市場有基本了解。

第五是決策技術。如何安排出最妥適的方法，讓參與者的成本降低，在電力市場獲得比較高的回報；同時也要有預先準備，當執行期間發生意外的話，如何啟動緊急機制，這些都需要依賴精密的排程決策。

雖然目前臺灣的虛擬電廠概念在仍在起步階段，代理人角色也仍舊偏少，但可以預期，台電的電力交易平台正式上線後，「臺灣的市場就會打開，未來參與電力市場服務會比以前更加自

由、開放，只要聚合資源就能去交易，許多業者都在準備，商機可期。」

四大優勢 液流電池成儲能新星

在分散式能源系統中，再生能源和儲能設備不僅是其中的重要一環，兩者也有高度相關。隨著再生能源的占比逐漸增加，面對「看天吃飯」的間歇特性，更需要長時間的儲能設備，才能24小時供應綠電，而安全性更高、儲能時間又長的「液流電池」開始受到關注。

工研院綠能所組長張文昇指出，液流電池顧名思義「就是電池裡有液體流動」。液流電池包含2個大型的電解液桶槽，內含可儲存電力的活性物質，將電解液以管線輸送到中央元件，稱其為「電堆」。當需要充放電時，便透過泵浦將液體輸送至電堆，產生電子轉移，以此進行放電或儲電。根據電池種類不同，液流電池可使用多種不同金屬元素組成，目前最成熟的便是採用鈦離子的液流電池系統。



由於能量是儲存在液體裡，桶槽愈大，能提供的能量就愈多，根據不同應用情境，只要增加桶槽與電解液，儲存的能量與時間就能更多、更久。



工研院和中油攜手打造首座多元電力供應及儲能系統的智慧加油站「臺南前鋒路示範站」。(中油提供)

比起傳統鋰電池，液流電池具備更多優勢。第一是安全，挑選電池首重安全考量，用水溶液安全性高，無爆炸跟自燃風險。第二是設計更有彈性，由於能量是儲存在液體裡，桶槽愈大，能提供的能量就愈多，根據不同應用情境，只要增加桶槽與電解液，儲存的能量與時間就能更多、更久。

第三是使用壽命長，深度充放電循環可超過2萬次，至少用20年沒問題，平均儲能成本攤提下來，在長時間儲存上比鋰電池更划算。第四活性物質在液體裡容易回收，即使電池長期使用後，裡頭的有價金屬也不耗損。

「液流電池屬於長跑型的選手，潛力上就是適合做連續長時間的放電和儲存，」張文昇說。這也是為什麼液流電池特別適合作為長時間儲能用途，面對間歇性的再生能源，可將綠電安全、穩定的儲存起來，扮演重要的調節角色。

打造電堆2倍功率 創國際領先水準

早在2008年，工研院便意識到儲能會是未來電力系統的要角，率先進行小型的前瞻計畫，評估各種不同的儲能方法。直到2017年正式投入，在沙崙綠能科技示範場域打造液流電池系統。

張文昇指出，液流電池有幾個研發關鍵。第一也是最重要的，便是位於中央位置的電堆，「電池所有的功率跟充放電效率，都在那裡決定。」第

二是電解液性質，由於活性物質儲存在液體裡，就像泡咖啡，水加太少，底部就會有很多顆粒沉澱，若能在相同體積中，溶解更多活性物質，就能儲存更多能量。第三是系統整合介面，如何讓液體流動的最好、耗電最低，牽涉到系統設計問題。

工研院在電堆上花最多心思，除了在結構設計面讓能源效率最大化，材料也經過最適化調整，比起市面上相同體積的電堆，工研院可輸出2倍以上的功率，居於國際領先水準。

應用範圍廣 積極導入產業

目前工研院已在沙崙打造一套200度電的儲能系統，近似於2萬顆手機電池的容量。未來沙崙場域希望可以達到電力自給自足達50%的程度，儲能系統能調節尖峰負載，也能支援夜間用電，甚至在停電時做為緊急備援電力。

工研院也將此套系統投入產業使用。工研院綠能所總監楊昌中指出，2019年，工研院和中油攜手打造首座多元電力供應及儲能系統的智慧加油站「臺南前鋒路示範站」。因應未來的電車趨勢，中油率先啟動轉型，著手布建百分百使用再生能源的全綠能站體，提供加油站本身與電動機車充換電需求，其中的儲能系統便是採用安全性更高的鈦液流電池。

今年1月，政府也通過「一定契約容量以上之電力用戶應設置再生能源發電設備管理辦法」，俗稱「用電大戶」條款，規範契約容量5,000kW以上的用戶，必須在5年內設置契約容量10%的再生能源，而液流電池也很適合推展至工業區和住商大樓。

除了國內的產業化進度外，目前也有國際電池材料公司，委託工研院進行測試工作，顯示技術已被國際認可。工研院也積極將技術技轉給臺灣電池和儲能業者，「透過扶植臺灣有潛力的廠商，讓此技術做到電堆百分之百MIT，」楊昌中說。在分散式能源和再生能源的發展下，工研院持續以扎實技術力，協助臺灣迎接能源新時代。■