

美國微電網案例及相關法規分析—兼論對台灣之政策意涵(上)

許志義¹

中華大學創新產業學院暨企管系特聘教授

李豫洋²

國立政治大學經濟研究所碩士生

黃俊凱³

寰瀛法律事務所合夥律師

2024/08

壹、前言

隨著分散式能源資源及分散式智慧微電網其佈建的電力市場滲透率逐步提高，歐美現階段正積極朝向以分散式再生能源極大化與強化電網韌性方向發展。而智慧型微電網因能落實「在地綠能即產即銷」的永續極大化佈建與電網韌性，已成為 2050 淨零排放趨勢下各國日益重視的能源轉型課題。其中，有關於微電網政策法規及相關配套措施之研析，更是攸關各界利害關係人共同創造多贏商業模式的市場遊戲規則，因此值得蒐集先進國家的發展路徑，加以彙整與歸納，並擷取有助於台灣能源與電力政策制定過程的他山之石。

本文以美國微電網發展為例，分析美國微電網推動之相關政策與法規，探討微電網分散式再生能源群集(cluster)之市場定位及對電力市場之結構性影響，並進一步研提對台灣發展淨零減碳型微電網的政策意涵。

¹ 中華大學創新產業學院暨企管系特聘教授、國立中興大學智慧運輸發展中心特聘研究員、國立臺北商業大學終身榮譽講座。

² 國立政治大學經濟研究所碩士生。

³ 德國柏林洪堡大學博士候選人、寰瀛法律事務所合夥律師。

貳、美國微電網案例—DERConnect

隨著 5G+EIOT(Energy Internet of Things)能源物聯網迅速發展，先進國家皆積極發展微電網。在美國，除了加州聖塔利塔監獄(Santa Rita Jail)及紐約布魯克林微電網(Brooklyn Microgrid project)「太陽能+儲能+區塊鏈」的能源交易之外，最有亮點特色的莫過於美國加州大學聖地牙哥分校(University of California, San Diego, UCSD)。UCSD 的微電網(UCSD Microgrid)系統此刻正建置分散式能源資源 (Distributed Energy Resource, DERs) 的 DERConnect 測試平台，這些 DER 資源包括：太陽能板、能源儲存系統 (Energy Storage System, ESS)、EV 電動汽車、EMS 建築物能源管理系統(獨立電能與熱能系統)等。

UCSD Microgrid 不僅為 UCSD 提供多元服務，並曾在單一年度節省高達 800 萬美元(以 2018 全年估算)的能源成本，滿足校園 85%電力需求、95%供暖需求和 95%製冷需求，甚至減少 75%標準污染物排放量。此微電網系統不但能節省電費且達成供電穩定，還能執行孤島運轉模式，確保自身電網安全。此外，UCSD 的 Point Loma 廢水處理廠提供淨化後的甲烷，將其注入既有的天然氣管道，足以供應 UCSD 及聖地亞哥市區之兩個大型燃料電池，支援市電，同時也完善了 UCSD 的大學社會責任(University Social Responsibility, USR)。

DERConnect 平台於 2020 年獲得美國國家科學基金會的資助，並將於 2025 年在 UCSD 建置完成與應用，以利了解如何將再生能源資源併入電網。儘管 UCSD

Microgrid 分散式能源的數量和多樣性正在增加，但對安全性、可靠性及成本的負擔阻礙了這些資源的運用。DERConnect 代表了一種包羅萬象的設施平台，可用來測試實際應用的創新商業模式及其演算法。

DERConnect 將涵蓋校園微電網中超過 2,500 個分散式能源資源或終端設備，包括燃料電池和太陽能電池板、各種建築類型(例如教室與辦公大樓)以及 300 個電動車充電樁，同時，還建造一個儲能整合實驗室。此外，測試平台的設計允許不同的測試選項和參數，包括孤島模式、網路安全測試，以及即插即用選項。DERConnect 作為一個綜合電網平台，涵蓋了不同的用戶群(例如辦公大樓、停車場)。從社會科學的角度來看，該測試平台將可用於研究重點關注變數(例如成本、節能和舒適度等) 如何影響使用者的選擇。

參、美國微電網相關政策法規分析

1.FERC ORDER 2222

2020 年 9 月 17 日，美國聯邦能源管理委員會(FERC)公告 2222 號行政命令，要求所有的獨立系統操作者(Independent System Operator, ISO)及區域輸配電組織(regional transmission organizations, RTO)必須於 18 個月內推動革新。這項命令旨在促使分散式能源資源(DERs)能夠更有效地參與由地區電網營運商管理的電力市場。DERs 包括電池儲能系統、屋頂太陽能板以及電動汽車和其充電基礎設施。這些資源可以設置在商業建築、教堂、非營利組織、社區中心等等。

FERC Order 2222 要求 7 個 ISO/RTO 修訂其電力市場參與資格之限制及其供需雙方交易價格機制，具體言之，可歸納成以下十項法規措施：

- (1) 允許 DER 聚合商(DER Aggregator, DERA)參與其所屬 ISO/RTO 的電能批發、輔助服務及容量市場，並將 DERA 視為合格市場參與者；
- (2) 允許 DERA 可根據其物理特性與營運特性參與一個或多個交易模式；
- (3) ISO/RTO 向 DERA 提出最小聚合規模之要求(minimum size requirement)不可超過 100 kW；
- (4) 訂定 DERAs 涵蓋的地理規範(locational requirements)；
- (5) 建立 DERA 投標參數(bidding parameters)以及輸配電相關影響條件的規範；
- (6) 訂定 DERA 提出資訊及資料(information and data)的規範；
- (7) 訂定 DERA 讀表及通訊(metering and telemetry)的規範；
- (8) 處理 RTO/ISO、DERA、配電公用事業(DU)及相關電力零售監管機構(RERRA)之間的協調工作；
- (9) 制定 DERA 調整或更新所聚合 DER 之清單或相關資訊的規則；

(10) 擬定 DERA 的各項市場參與協議。

2.密西西比州眾議院 1198 法案(House Bill 1198，簡稱 HB1198)

2023 年 7 月 1 日，密西西比州眾議院通過 1198 法案「微電網與電網韌性法案(The Microgrid and Grid Resiliency Act)」，並即日起生效。該法案初步可整理為以下幾項重點內容：

(1) 對微電網相關用語進行法律定義。其中：

- a. 「微電網區域」係指最小面積 100 英畝的指定土地區域。每個微電網區域應位於一個郡內，並在該郡內受到公用事業委員會 (Public Utilities Commission, PUC) 或服務委員會 (Public Service Commission, PSC)之法定監管或豁免監管；
- b. 「社區級微電網」係指旨在透過本地發電，並確保其能源的住宅區，其最小規模應由 PUC 或 PSC 決定；

(2) 規定每個郡的郡委員會或參事委員會(county commission or board of supervisors)可請求州務卿(The Secretary of State)指定郡內一至三個、連續面積不少於一百英畝的非屬法人(即自然人)或國有之土地區域為微電網區；

(3) 規定 PUC 或 PSC 應監督微電網區域內外之相關建設；

(4) 就(2)之請求指定進行通知及舉行聽證會；

- (5) 要求微電網區域的微電網營運商(Microgrid Operator)在其需量反應計畫中提供 20%以內的營運容量，以確保電網穩定性；
- (6) 若將使用微電網的營運容量，例如 5%或 20%以下的容量，電網營運商應至少在一定時間前，例如 30 分鐘或 120 分鐘前，向微電網區域內的微電網營運商發出預警；
- (7) 要求微電網營運商參與次級頻率響應(Secondary Frequency Response, SFR)，以確保電網穩定性；
- (8) 要求微電網營運商參與初級頻率響應(Primary Frequency Response, PFR)，以確保電網穩定；
- (9) 要求微電網開發商(Microgrid Developers)在開始開發微電網之前申請併網；
- (10) 微電網申請核准營運時，PUC 或 PSC 應審查下列事項，以確定微電網是否滿足核准要件：
 - a. 微電網在併網後可合理提高當地公用事業電力效率、韌性、可靠性和安全性的能力；
 - b. 微電網再併網後執行需量反應和頻率響應的能力；
 - c. 對改善當地公用事業使用潔淨能源或再生能源結構的合理期望。
- (11) 從微電網區逆回送至公用電網或公用事業執行需量反應的所有電力，

需符合當地及時即電價、時間電價或 PUC 或 PSC 設定的當地管制電價；

- (12) 要求 PUC 或 PSC 應擬定相關計畫，使社區能夠申請和營運社區級微電網。

肆、台灣微電網案例

掌管中央電網的台電公司基於垂直綜合國營電業的立場，為善盡「供電義務」之法令遵循，支持離島地區或特定救災用途之微電網布建，如偏鄉打造防災型微電網，包括：2022 年 4 月啟動的屏東霧台鄉佳暮村、牡丹鄉旭海村、東源村、石門村、獅子鄉草埔村、丹路村和南世村等 7 處原鄉部落避難中心，已經有所進展。同時，對於電表後端(behind-the-meter)高壓用戶自建的微電網系統，亦多鼓勵，如：國家原子能科技研究院與彰化師範大學的百萬瓦級微電網，皆已先後通過台電公司允許無償「逆回送」電力的測試，甚至參與台電公司電力交易平台的輔助服務。

澎湖望安微電網於 2022 年 6 月開始建置、12 月完成初期設施，設置屋頂型太陽光電 30kWp、垂直型風力機 3kW 及儲能系統 500kW/250kWh，後續將再建置太陽光電 400kWp、垂直型風力機 27kW，期望將望安建置成另一個低碳島。位於屏東林邊鄉光采濕地的微電網占地 6 公頃，是臺灣首座在社區運作的智慧型微電網系統，全區電力完全來自再生能源，包括 78kW 太陽光電、9.8kW 風力發

電機、60kW 生質柴油發電機和 159kW 儲能系統。此微電網配有智慧能源調控系統，具有能源調控、需量反應與發電預測三大特點。當台電系統供電中斷且全區無法自行發電時，微電網可啟動持續 72 小時的孤島運轉模式。在平時無預警斷電時，微電網仍能提供基本的照明、通訊和小型民生電器的運作功能。

「高雄國立科學工藝博物館」與台灣碳交易公司合作，整合國內創能與節能的優良廠商，共同打造全台首座獨立綠色電力系統供電的「驛日光屋」微電網系統。此項目採用 20 呎貨櫃進行打造，配備太陽能發電和儲能系統，並搭配各種隔熱、節能建材以及電動車充電樁。驛日光屋可作為偏遠地區和山區是自給屋，也可作為在遭受颱風、山洪等自然災害後提供電力的避難屋。若將模組擴大，將太陽能及儲能系統搭配各式環保與隔熱建材，便可客製化運用於住宅及工廠，透過所建構的低耗能微電網模組，讓低碳家園能源轉型更邁向穩固的綠色循環經濟。

(接續下篇，內容含台灣現行法規對微電網電力交易之規範框架、他山之石可以攻錯—台灣微電網發展之瓶頸與展望、結論及參考文獻)