

AI矽島的新契機： 大型負載時代的電網新布局

◎賴靜仙／中華經濟研究院第三（臺灣經濟）研究所 助研究員

AI發展帶動先進製程、先進封裝、伺服器及AI資料中心等相關用電需求成長，也使大型負載的規模、區位與運轉特性逐漸受到重視。相較於傳統用電型態，AI資料中心通常具有用電規模大、區位集中、建置時程較短及負載變動較明顯等特性，使電力規劃除整體供需平衡外，也逐漸涉及區域供電能力、供電時程與系統承載條件。國際間相關制度亦陸續就需求確認、分期供電、批次評估及責任分攤等面向進行調整。對臺灣而言，隨著5 MW以上大型資料中心納入能源使用說明書審查，相關制度除能源效率外，也逐步納入供電可行性、區位條件與產業效益等考量。從整體發展來看，AI大型負載可視為AI矽島發展的重要成長動能，其發展亦可能對區域電網規劃、供電制度及電力基礎建設帶來新的課題與布局需求。

關鍵詞：大型負載、AI資料中心、區域電網規劃

Keywords: Large Loads, AI Data Centers, Regional Grid Planning

人工智慧發展持續影響全球產業投資與電力需求。生成式AI、高效能運算（High-Performance Computing, HPC）及雲端服務的擴張，帶動AI晶片、先進封裝、伺服器及大型運算中心等相關投資，也使電力供應逐漸成為影響AI產業布局的重要條件之一。國際能源總署預估，全球資料中心用電量將由2024年約415 TWh增加至2030年約

945 TWh，AI相關應用為其中主要成長動力之一¹。

臺灣在全球半導體與AI硬體供應鏈中占有重要位置，近年亦持續推動AI產業、算力建設及相關應用發展。AI產業所帶動的用電需求，除資料中心外，也包括：晶圓製造、先進封裝、伺服器及相關供應鏈的擴充。大型負載的範圍因而由傳統能源密集產業，逐



漸涵蓋半導體聚落及 AI 資料中心等新興用電設施。

相較於傳統大型用電設施，AI 資料中心與半導體聚落通常具有用電規模大、區位集中、建置時程較短及需求不確定較高等特性，部分 AI 資料中心亦可能出現短時間功率快速變化。這使電力規劃除持續關注整體供電充裕度外，也逐漸涉及特定區域的供電能力、電網建設與投資時程的配合，以及新增大型負載對系統運轉與成本分攤可能產生的影響。

AI 矽島的形成除仰賴晶片與算力投資外，也涉及電網規劃與供電制度的配合。本文由新一代大型負載的樣貌出發，初探其對電網規劃與供電制度的可能影響，並就臺灣面對大型負載成長的電網布局方向進行探討。

從半導體到AI算力：大型負載的新樣貌

大型負載（Large Loads）並非 AI 時代才出現，一般係指用電容量較高，且其併網或運轉可能影響區域供電能力、輸配電設施規劃與系統運轉的用電設施。過去，大型負載主要來自鋼鐵、石化、水泥及煉油等能源密集產業，其建廠期程較長，用電型態亦相對穩定，電力公司較能依據產業投資與用電申請提前進行規劃。

近年隨著 AI 相關投資增加，晶圓廠、先進封裝廠及大型 AI 資料中心逐漸納入大型負載的範疇。這些設施除增加用電需求外，其區位分布、建置時程及負載特性亦與傳統能

源密集產業有所不同，使電網規劃、供電審查及後續管理需要考量更多因素。

一、AI浪潮重新定義大型用電需求

臺灣與歐美國家的大型負載發展路徑並不完全相同。美國近年新增大型負載多受到資料中心擴建帶動，臺灣目前則仍以半導體製造及其供應鏈為主要來源。受 AI 晶片、高效能運算及先進封裝需求影響，晶圓製造、封裝測試、伺服器及相關零組件業者持續投資，使半導體產業成為國內新增用電需求的重要來源之一。台積電年報亦指出，高效能運算相關需求持續帶動先進製程與先進封裝業務發展²。

半導體製程具有全年連續運轉、高度自動化及對電力品質（Power Quality）要求較高等特性。短暫停電或電壓驟降，均可能造成製程中斷及產品損失。因此，晶圓廠除需要足夠的供電容量外，也重視供電穩定、電力品質及事故後的復電能力。隨著先進製程與先進封裝持續擴充，半導體聚落對區域變電所、輸電線路及相關供電設施的影響亦可能更加明顯。

AI 發展所帶動的大型用電需求，並不僅限於終端運算中心，也涵蓋晶片製造、先進封裝、伺服器及相關供應鏈，逐漸形成由半導體製造延伸至 AI 算力服務的用電鏈。

二、從晶圓廠到AI資料中心：大型負載的新成員

除半導體製造外，大型 AI 資料中心（AI Data Centers）亦逐漸成為全球新增大型負載的重要來源。相較於一般企業機房或傳統資料中心，AI 資料中心配置大量圖形處理器（Graphics Processing Unit, GPU）伺服器、高速網路、儲存設備及冷卻系統，通常具有較高的單位面積功率密度。部分大型設施的規劃或申請用電容量已達數百 MW，甚至朝 GW 等級發展，使電力供應能力逐漸成為科技業者選址與投資時程的重要考量³。

AI 資料中心的用電成長模式與晶圓廠並不完全相同。資料中心可能依較完整的開發規模提出新增設用電申請，再隨機房完工、伺服器上架及算力需求增加，分階段提高實際用電。因此，初期實際用電需求可能低於申請容量；電力公司除評估最終需求外，也需掌握機房啟用、伺服器上架及算力擴充進度，使電網規劃較能貼近實際用電成長。

此外，AI 資料中心的建置時程通常短於大型電網工程。資料中心可能在數年內完成，但新建輸電線路、變電所及相關供電設施往往需要較長時間。當多個大型設施集中於相同區域時，即使全國整體供電仍具一定支應能力，也可能因局部輸配電容量不足而形成區域供電瓶頸。

三、AI時代大型負載的新特性

AI 資料中心不只是用電規模較大的資料中心，其設備組成與運算方式亦可能呈現不同於傳統工業用戶的負載特性。首先，單一

設施的用電規模較大且區位集中，可能在較短期間內增加特定變電所及輸電走廊的供電壓力。因此，大型負載所涉及的規劃課題，除整體供電充裕度外，也包括：新增需求位於何處、何時開始用電，以及區域電網是否能配合擴充。

其次，AI 資料中心大量使用伺服器電源供應器、不斷電系統（Uninterruptible Power Supply, UPS）、電池備援單元（Battery Backup Unit, BBU）、變流器及冷卻設備，其電力轉換與控制特性與傳統工業負載有所不同。除評估最大申請用電容量外，電力公司亦需關注相關設備在電壓、頻率及其他系統擾動下的運轉反應。

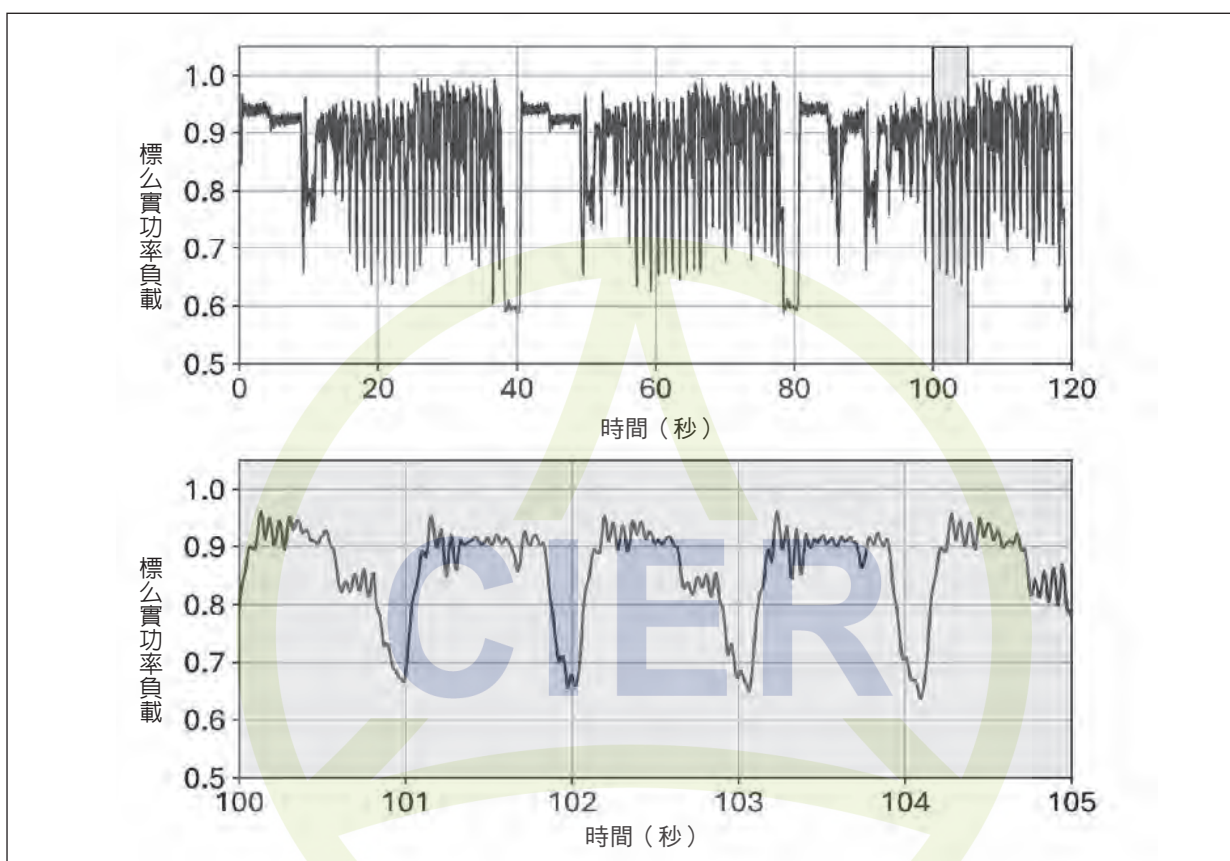
此外，AI 模型訓練期間，GPU 叢集可能隨運算工作、資料傳輸及同步處理而快速改變功率需求。由附圖可見，AI 資料中心負載在兩分鐘內持續變動；放大至五秒尺度後，仍可觀察到短時間功率升降。此類負載動態與傳統大型工業負載有所不同，可能增加即時供需平衡、電壓控制及輔助服務（Ancillary Services）的需求⁴。

美國 PJM 電網近期曾發生一項相關事件。北維吉尼亞一條高壓輸電線路異常退出運轉後，雖未造成大規模停電，但電力品質出現短暫波動，當地多座資料中心依保護機制停止向電網取電，改由備援電池系統供電，造成超過 3 GW 用電需求短時間內自電網移除，約占當時總用電需求的 3%。由於多座資料中心接近同步切換電源，電網頻率與電壓



亦出現波動，並於數分鐘內恢復。此事件顯示，即使未造成停電，大型資料中心在電力

品質異常時的同步保護反應，仍可能對區域電網的供需平衡與電壓穩定產生影響⁵。



資料來源：North American Electric Reliability Corporation (2025). Characteristics and risks of emerging large loads.

附圖 AI資料中心訓練期間2分鐘（上）及5秒（下）之負載曲線示例

大型負載如何改變電網規劃與市場規則

傳統電力規劃多依全國或區域尖峰負載成長，推估未來電源與輸配電建設需求。然而，AI 資料中心與半導體聚落具有用電規模大、區位集中、建置快速及需求不確定等特性，使規劃重點由整體供電充裕度（Resource Adequacy），進一步延伸至特定區域能否在

預定時程提供所需供電容量。大型負載因此不只是新增用電需求，也開始影響區域電網投資、供電審查方式及成本責任。

一、從總量供需走向區域容量規劃

大型負載對電網最直接的影響，在於用電需求高度集中。半導體廠多聚集於科學園區與產業廊帶，AI 資料中心則偏好設於具備土地、通訊、水資源及供電條件的地區。當

數百萬瓩負載集中於同一供電區域時，即使全國發電容量足以支應，仍可能受限於變電所容量、輸電線路或區域電壓穩定，而無法依預定時程供電。

因此，電網規劃不能只依整體用電成長率配置資源，還需掌握重大投資案的區位、申請用電容量及預定用電時程，盤點各區域可供電容量與必要的電網強化工程。ERCOT（Electric Reliability Council of Texas）已將 75 MW 以上大型負載納入專門程序，並以全系統觀點評估其可靠度影響及可用輸電容量，反映大型負載管理已由單一用戶供電問題，轉為區域電網整體規劃議題⁶。

二、從新增設用電申請走向需求確認與分期供電

大型負載於新增設用電申請中提出的容量，不一定會立即轉化為實際用電。AI 資料中心可能依最終開發規模提出申請，但實際負載仍會隨土地與許可取得、機房完工、設備上架及算力需求分期增加；同一開發案也可能在不同區域洽詢供電條件，造成需求重複計入。因此，供電可行性評估除考量最終申請用電容量外，也需檢視專案成熟度、分期啟用時程及負載成長情形。

大型負載投資案通常希望在較短期間內取得所需供電容量，但電源及輸電建設所需時間相對較長，已使部分市場開始研議分期供電。MISO（Midcontinent Independent System Operator）提出「Firm Service Step-Up」構想，

依現有系統能力先提供部分可靠供電容量，再隨電網工程完成逐步增加；SPP 亦建立高影響大型負載程序，將大型用電需求、電源充足性與供電條件納入整體評估⁷。

這些作法顯示，未來大型負載未必能在初期一次取得全部申請容量，而可能依實際建置進度分階段供電，並在相關電網工程尚未完成前，接受一定的供電條件或限制。

三、從個案供電審查走向批次評估與責任分攤

當多個大型負載集中於同一區域，逐案辦理供電審查，可能低估其累積影響。即使個別案件各自符合供電條件，合計需求仍可能超過區域電網的承載能力。ERCOT 於 2026 年啟動 Batch Zero 程序，將符合成熟度及承諾條件的 75 MW 以上大型負載納入批次研究，以一致假設評估其系統整體影響、配置可用輸電容量，並形成後續可執行的輸電建設方案⁸。

供電規則也逐步要求大型負載提供更完整的技術與運轉資訊。除投資進度及分期用電需求外，業者可能須提出負載模型、升降載速率、故障穿越能力（Fault Ride-Through, FRT）、備援電源切換及緊急降載方式，使系統營運者能評估其對頻率、電壓及系統穩定的影響。MISO 正在建立區域一致的大型負載可靠度要求，內容即涵蓋資料、模型、升降載、故障穿越及穩定度等項目⁹。

此外，若大型負載需要提前興建專用線



路、變電所或區域電網設施，其容量保留、計畫延後或退出，以及相關工程成本的分攤責任，也需更加明確。大型負載所帶來的市場規則變化，核心並非限制 AI 或半導體投資，而是讓產業投資速度、區域電網承載能力、供電可靠度與成本負擔相互匹配。

大型負載成長也可能影響電力市場的資源充足性與運轉安排。當新增需求快速增加時，系統除須評估電源與輸電容量，也可能透過需量反應（Demand Response）、可中斷供電（Non-Firm Service）或其他彈性機制，協調大型負載的用電時程。部分 AI 資料中心所配置的儲能、不斷電系統及可調整運算工作，亦可能在適當條件下提供系統彈性，使大型負載由單純用電需求，逐步具備參與電力市場及系統服務的可能性¹⁰。

臺灣迎向AI大型負載的新布局

臺灣具備半導體、伺服器及 AI 硬體供應鏈基礎，隨著先進製程、先進封裝及 AI 資料中心持續發展，大型用電需求可能進一步增加。相較於傳統大型負載，AI 資料中心與半導體聚落通常具有用電規模較大、區位集中、建置時程較短及實際用電分階段成長等特性，使電力規劃除整體供需平衡外，也逐漸涉及區域供電能力、用電時程與系統承載條件。

一、逐步強化大型負載資訊掌握

大型負載於新增設用電申請中提出的容量，未必會立即轉化為實際用電。AI 資料中

心與半導體廠多採分期建置，實際用電可能隨廠房或機房完工、設備進駐、伺服器上架及產能或算力需求增加而逐步成長；部分案件亦可能因土地、許可、資金或市場需求變化，調整原定時程與規模。

因此，除最終申請用電容量外，若能掌握分期啟用與用電成長時程、預估負載變化及設備特性等資訊，可能有助於判斷需求實現的時程與規模。此外，若能進一步區分初步洽詢、已提出新增設用電申請、已核定及已開始用電等不同階段，亦可作為需求預測及電網建設評估的重要參考。

二、由個案供電審查延伸至區域整體評估

大型負載通常集中於科學園區、產業聚落，或具備土地、通訊、水資源與供電條件的特定區域。當多個投資案集中出現時，即使個別案件分別具備供電條件，合計需求仍可能超過當地變電所、輸電線路或區域電網的承載能力。因此，除個案供電審查外，區域整體需求與共同電網建設需求，也逐漸成為規劃時的重要考量。

臺灣已於 2025 年 11 月將新設或擴建、能源使用數量達 5 MW 以上的超大型資料中心及主機代管資料中心納入能源使用說明書審查，要求業者於規劃階段說明能源使用情形，並評估資訊設備、冷卻系統、電力系統及整體能源使用效率。2026 年 7 月，經濟部預告將擴大審查面向，除能源效率外，亦擬納入投資與產值、就業、產業供應鏈、AI 生

態系，以及資通訊安全與韌性等產業效益，並要求資料中心於區位規劃階段先確認所需電力容量的供應可行性，再進入後續審查程序¹¹。

相關制度顯示，臺灣對大型資料中心的管理，已逐漸由能源效率要求，延伸至供電可行性、區位條件及產業效益等面向。若產業投資、園區開發與區域電網資訊能在較早階段相互銜接，可能有助於掌握不同地區的可供電能力，並降低投資規劃與區域供電條件出現落差的情形。大型負載的區位選擇與區域供電條件逐漸相互連結，也使產業空間布局、電源配置與輸變電建設成為彼此關聯的規劃課題。

三、分期供電與成本責任逐漸受到重視

大型負載的建置時程通常短於重大輸變電工程，供電時程與電網建設之間可能存在落差。相較於一次提供全部申請容量，依專案成熟度、實際建置進度及區域電網能力分階段供電，可能使供電安排較貼近實際用電成長，也有助於降低容量長期未被使用的風險。

另一方面，若特定大型負載需要提前興建專用線路、變電所或區域電網設施，其容量保留、計畫延後、規模縮減及工程成本分攤等問題，也可能成為後續制度討論的重點。相關安排可能需要兼顧產業投資需求、供電可靠度及一般用戶負擔，並依個別案件與系統條件審慎評估。

部分 AI 資料中心亦配置儲能、不斷電系統與備援電源，未來可能具備參與需量反應或其他系統彈性機制的條件。不過，各類大型負載的營運模式、資安要求及可調整能力不同，實際適用方式仍需視個別條件及相關制度設計而定。

整體而言，臺灣面對 AI 大型負載成長，相關制度可能逐步由單一用電申請與個案供電審查，延伸至需求資訊掌握、區域供電評估、分期供電及成本責任等面向。其後續發展仍需在產業成長、供電可靠度與電網投資效率之間取得適當平衡。

結語

過去能源轉型的討論，多聚焦於再生能源擴張、燃料結構調整及電力部門減碳，電網建設亦主要配合再生能源併網與電源配置變化。隨著 AI 資料中心、先進製程及先進封裝等大型負載持續成長，能源轉型除受到供給端低碳電源發展影響外，需求端的 AI 資料中心與先進製造用電成長，也逐漸成為電力規劃的重要考量，使電力系統同時面對低碳電源發展與大型用電需求增加所帶來的調整課題。

對臺灣而言，AI 大型負載的成長不僅反映用電需求增加，也與半導體、伺服器及 AI 硬體供應鏈的持續發展有關。此一趨勢將使區域供電能力、電網建設與產業布局之間的關聯更加緊密，並使能源效率、供電可行性及產業效益等制度面向逐漸相互銜接。



整體而言，AI 大型負載可視為 AI 矽島發展下的「甜蜜負擔」：一方面展現產業投資、技術升級與算力需求的成長動能，另一方面也為電網規劃、供電制度與低碳轉型開啟新的發展空間。隨著產業布局、能源供應與電網建設之間的資訊銜接及協調逐步深化，電力基礎建設可望進一步提升供電韌性與投資效益，並成為支撐臺灣 AI 產業發展的重要基礎。

附注

1. International Energy Agency (2025). Energy and AI.
2. Taiwan Semiconductor Manufacturing Company Limited (2026). TSMC 2025 Annual Report.
3. North American Electric Reliability Corporation (2025). Characteristics and Risks of Emerging Large Loads.
4. 同注3。
5. 優分析產業數據中心（2026年7月23日）。美國最大

電網逾3 GW用電瞬間消失 資料中心同步切換BBU造成電壓波動。

6. Electric Reliability Council of Texas (2025). Questions and answers about the large load interconnection process.
7. Midcontinent Independent System Operator (2026). Firm service step up for large load interconnections; Southwest Power Pool (2026). FERC approves SPP's large load connection proposal.
8. Electric Reliability Council of Texas (2026). PUCT approves ERCOT's batch zero process for large load interconnections.
9. Midcontinent Independent System Operator (2026). Large Load Interconnection Reliability Requirements; Midcontinent Independent System Operator (2026). Large Load Interconnection.
10. 同注9。
11. 經濟部（2025年11月4日）。現行的能源使用說明書審查納入一定規模以上資訊服務業；經濟部（2026年7月1日）。經濟部《能源開發及使用評估準則》修正草案預告納入資料中心產業效應審查。