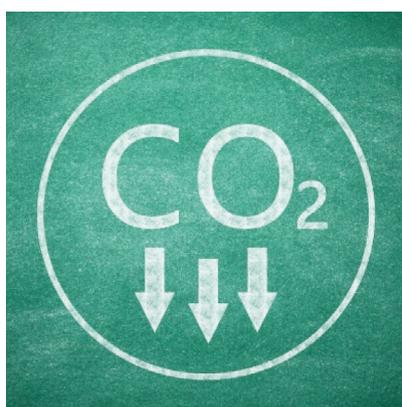


清潔能源： 天平上的決定性法碼

■文：編輯部

在新興和發展中經濟體的引領下，對能源服務的需求正在迅速增長，但轉型的持續進展意味著，到本十年末，全球經濟可以在不使用額外數量的石油、天然氣或煤炭的情況下繼續增長。近年來情況並非如此：儘管清潔能源部署創下歷史新高，但 2023 年全球能源需求增長的三分之二是由化石燃料滿足的，從而推動了與能源相關的 CO₂ 排放量再創歷史新高。在 STEPS (既定政策情景：Stated Policies Scenario) 中，能源需求增長的最大來源 (按降幕排列) 是印度、東南亞、中東和非洲。但清潔能源的增長和全球經濟的結構性變化，尤其是中國，開始抑制整體能源需求的增長，尤其是因為一個電氣化程度更高、可再生能源含量更高的系統本質上比一個以化石燃料燃燒為主的系統 (其中產生的大量能量以廢熱的形式損失) 更有效。根據更廣泛的經濟或天氣條件，或者水電產量，個別年份的結果在實



踐中可能會有所不同，但在當今政策設置下，前進的方向是明確的。2030 年後全球能源需求的持續增長只能通過清潔能源來滿足。

國際能源署執行董事法提赫·比羅爾 (Fatih Birol) 表示：

“在到 2030 年的 5 年多時間內，石油和天然氣供應更加充足甚至過剩的前景，取決於地緣政治緊張局勢的演變，將使我們進入一個與近年來全球能源危機期間所經歷的截然不同的能源世界。“這意味著價格面臨下行壓力，為受到價格飆升重創的消費者提供了一些緩解。燃料價格壓力帶來的喘息空間可以為政策制定者提供空

間，讓他們專注於加大對清潔能源轉型的投資和取消低效的化石燃料補貼。這意味著政府政策和消費者選擇將對能源行業的未來和應對氣候變化產生巨大影響。

清潔技術正在重塑全球能源結構

“在能源歷史上，我們見證了煤炭時代和石油時代——我們現在正在快速進入電力時代，這將定義未來的全球能源系統，並越來越多地以清潔電力為基礎” Fatih Birol 表示：“地區衝突和地緣政治緊張凸顯了當今全球能源系統的重大脆弱性，清楚地表明需要更有力的政策和更大的投資來加速和擴大向更清潔、更安全的技術過渡。”

人類對能源服務的需求不斷增長，借助更高的效率和電氣化正在減緩全球能源需求的增長速度，而可再生能源和電動汽車等清潔技術的採用導致對石油、天然氣和煤炭的需求



資料來源 : www.iea.org

到 2030 年達到峰值，儘管需要更多的清潔能源投資來加速二氧化碳減排。

許多清潔能源技術的發電成本大幅下降，比如太陽能板的成本在過去的 8 年中足足下降了 4.1 倍，電池存儲成本下降超過 1/3，風力發電成本下降超過 20%，這為清潔能源普及提供了方便。2023 年，全球清潔能源的上線水準創下歷史新高。清潔能源正以前所未有的速度進入能源系統，比如 2023 年新增超過 560 吉瓦 (GW) 的可再生能源裝機容量。

每年流向清潔能源項目的

投資額接近 2 萬億美元，幾乎是用於新石油、天然氣和煤炭供應的總和的兩倍。大多數清潔技術的成本在 Covid-19 大流行之後上升後正在恢復下降趨勢。這有助於可再生能源發電容量從目前的 4250 吉瓦增加到 2030 年的近 10000 吉瓦，儘管遠低於 COP28 設定的三倍目標，但總體足以滿足全球電力需求的增長，並推動燃煤發電下降。與許多國家重新關注的核電一起，到 2030 年，低排放能源將產生全球一半以上的電力。

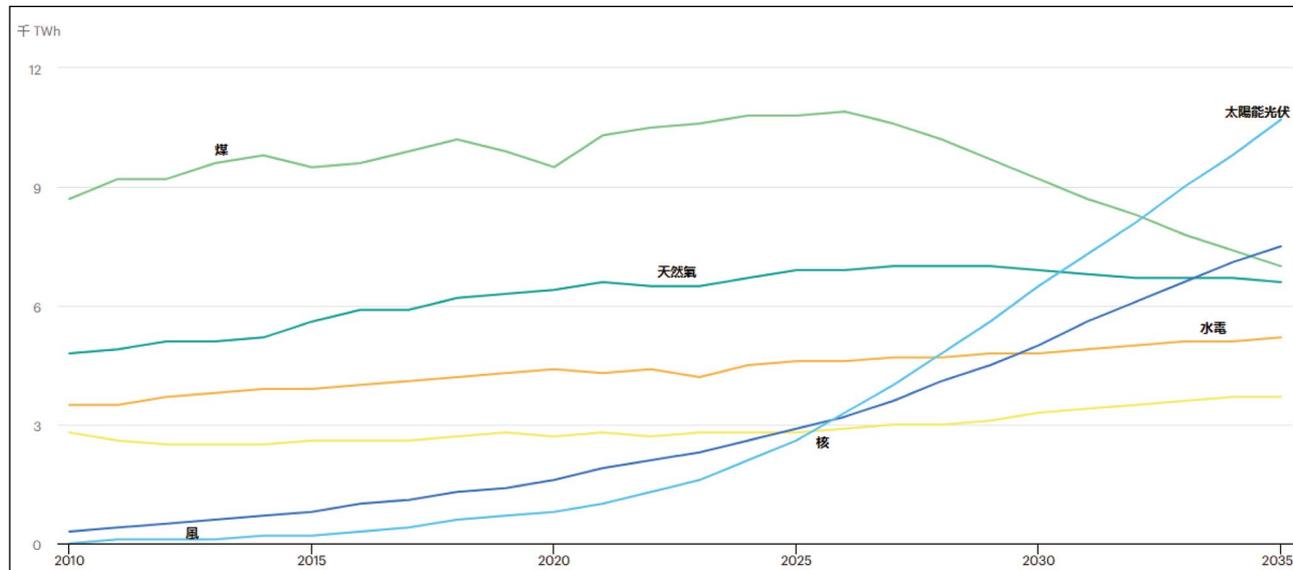
COP28 會議達成的“阿聯酋共識”提出了在保持電力安全

的情況下，到 2030 年，將全球可再生能源裝機容量提高兩倍，能效提高一倍目標，這意味著到 2030 年，能源儲存總量需達到 1,500GW，同時電池儲能部署也必須持續以每年 25% 的速度增長，從而進一步要求政策制定者和行業採取行動，加速電池儲能部署的進度與步伐。

從圖中可知，風電和太陽能光伏的發電量和占比會逐步提升，其中太陽能光伏的發電量的增速和占比將領先其他綠能，與之相反的是煤炭為主的火電占比將在 2025 年之後呈現逐年下降的趨勢。

中國在清潔能源領域的投資，將使其快速接近碳中和目標。2023 年，中國佔全球新增可再生能源裝機容量的 60%，按照目前的發展速度，到 2030 年代初，僅中國的太陽能光伏

圖說 : 2010-2035 年既定政策輕重的世界發電量



資料來源 : www.iea.org

發電量就有望超過當今美國的總電力需求。

發達經濟體最近的清潔能源趨勢呈現出喜憂參半的局面，一些領域的加速伴隨著其他領域的放緩，包括 2024 年上半年歐洲熱泵銷量的大幅下降。COP28 的其他主要承諾進展滯後：到 2030 年，將全球能源效率提高速度翻倍的目標可能比其他任何目標都提供更大的減排量，但在今天的政策設置下似乎遙不可及。同樣，久經考驗的政策和技術也可用於大幅減少化石燃料運營中的甲烷排放，但減排工作參差不齊且不均衡。

清潔能源在能源電氣化轉型中舉足輕重

國際能源署執行董事法提赫·比羅爾 (Fatih Birol) 指出：充足的清潔能源製造能力為更快的轉型創造了空間，但要解決當今投資流和清潔能源供應鏈中的不平衡問題。

在過去五年中，太陽能年新增產能翻了兩番，達到 425 GW，但年製造產能將增加六倍，達到 1100 GW 以上，如果全面部署，這一水準將非常接近 NZE 情景中所需的數量。鋰離子電池的製造能力也有類似的情況。將這些技術大規模引入發展中經濟體將對全球前景

產生變革性影響，有助於以可持續的方式滿足不斷增長的需求，並使全球排放量不僅在未來幾年達到峰值，就像 STEPS 中所做的那樣，而且會進入有意義的下降，而 STEPS 中沒有這樣做。這需要各方齊心協力，通過解決推高資本成本的風險來促進對發展中經濟體的投資。供應充足的時期使新進入者的生活變得困難，但提高清潔能源技術和關鍵礦物供應鏈的彈性和多樣性仍然是一項重要任務。目前，這些供應鏈主要集中在中國。

隨著全球電力需求的飆升，新的、電氣化程度更高的能源系統的輪廓正在成為人們關注的焦點。過去十年中，電力使用量的增長速度是整體能源需求的兩倍，其中過去十年全球電力需求增長的三分之二來自中國。未來幾年，電力需求增長將進一步加速，在 STEPS 中，每年的全球用電量需求將相當於一個日本的電力需求，並且在滿足國家和全球淨零目標的情況下增長得更快。在輕工業消費、電動汽車、製冷、數據中心和人工智慧的推動下，STEPS 對 2035 年全球電力需求的預測為 6%，即 2200 太瓦時 (TWh)。

全球 11000 多個註冊的數據中心，它們通常在空間上集

中，因此對電力市場的本地影響可能很大。然而，在全球範圍內，到 2030 年，數據中心在整體電力需求增長中所佔的份額相對較小。比 STEPS 中假設的更頻繁和更強烈的氣候變化，比如更多的熱浪，或對新設備（尤其是空調）提出更高的性能要求，製冷設備增長所需的能耗，可能比單純計算設備的能耗要多。預計到 2035 年，收入增加和全球氣溫上升相結合，全球製冷需求增加超過 1200 TWh，這一數位比今天整個中東地區的用電量還要多。從趨勢上看，數據中心用電量的增加，部分與 AI 的使用增長有關，已經對所在地產生了很大影響，AI 對能源的潛在影響更廣泛。

MIC 表示觀測資料中心發展，GenAI 市場規模的快速成長，帶動全球 AI 軟硬體投資熱潮，雲端服務供應商投入更多經費於購買 GPU 與擴張全球資料中心，以興建週期 4 年計算，預期全球資料中心電力需求將在 2028 年翻倍，且亞洲的成長幅度最高。MIC 產業分析師陳奕伶表示，電力需求的大增，加劇資料中心的綠色挑戰，業者如何在 AI 與永續發展之間取得平衡，成為近年資料中心最劇烈且影響範圍最大的轉型議題。

可持續能源系統需要韌性且平衡地區差異

WEO-2024 強調，需要構建一個持久的新能源系統，該系統優先考慮安全性、韌性和靈活性，並確保新能源經濟的好處得到共用和包容。在世界一些地區，高昂的融資成本和項目風險限制了具有成本競爭力的清潔能源技術向最需要的地方傳播。在發展中經濟體尤其如此，這些技術可以為可持續發展和減排帶來最大的回報。缺乏能源仍然是當今能源系統中最根本的不平等現象，有 7.5 億人（主要在撒哈拉以南非洲）無法獲得電力，超過 20 億人沒有清潔的烹飪燃料。

2023 年，全球對可持續能源轉型技術的投資增加了 17%，達到創紀錄的 1.8 萬億美元。預計到 2024 年，清潔能源技術和基礎設施的支出將是化石燃料的近兩倍。中國在 2023 年成為全球清潔能源轉型的最大投資者，投資額接近 6800 億美元，占全球總投資的 33%，是美國投資的兩倍。

儘管中國以外的新興市場和發展中經濟體佔全球人口的三分之二，佔全球 GDP 的三分之一，但這些經濟體的清潔能源投資份額仍停留在 15% 的水準。COP29 和 G20 氣候融資討論將成為發展中經濟體擴大



清潔能源投資前景的晴雨錶，這也需要加強國家政策願景、政策和機構，並願意與私營部門合作。

更快的清潔能源轉型使電力安全成為焦點，因為不斷增長的電力需求和更多的可變發電增加了電力系統對靈活性的運營需求，無論是短期需求還是季節性需求。這也需要電力部門對電網和電池存儲的投資再平衡，正如 IEA 在 COP29 之前所提議的那樣，目前，在可再生能源上每花費一美元，就有 60 美分用於電網和儲能。到 2040 年代，這在所有情況下都達到了平等。許多電力系統容易受到極端天氣事件和網路攻擊增加的影響，因此對彈性和數位安全性的適當投資顯得尤為重要。

部分主要國家和地區可持續能源政策

全球範圍內，各國正在努

力加快綠色能源資源的採納，以減少傳統能源使用的碳排放。超過 550 家領先的金融機構從 50 個國家組成了全球聯盟，即格拉斯哥金融聯盟 (GFANZ)，致力於加速減碳並為全球向淨零排放過渡提供資源。

國際可再生能源機構 (IRENA)：IRENA 在其《世界能源轉型展望 2023》中強調提高建築能效、準備電力需求增長、用清潔高效的爐灶替代傳統生物質能源、推廣可再生能源用於加熱等多個方面的措施。IRENA 還提出了創建全球氫能市場的建議，通過認證來促進貿易。

利用風能、水能、地熱能、農作物、氫能以及工業廢棄物等產生能源的技術，減少空氣中的二氧化碳排放，增強環境可持續性。根據自身的資源狀況、經濟發展水準和政策導向，各國各地區採取了不同的綠色能源發展路徑。

美國：推動清潔氫能、碳捕集、能源儲存等技術的研發和部署

《美國國家創新路徑》說明美國通過國際合作和多項專項計畫，推動清潔能源技術創新和應用。《兩黨基礎設施法案》提供 5600 億美元的資金支援，以推動清潔氫能、碳捕集、能源儲存等技術的研發和部署。加利福尼亞州還推出了

電力配額制的政策，要求所有電力零售商在 2020 年前銷售的電量中 33% 以上來自可再生能源，2030 年需達到 60%。

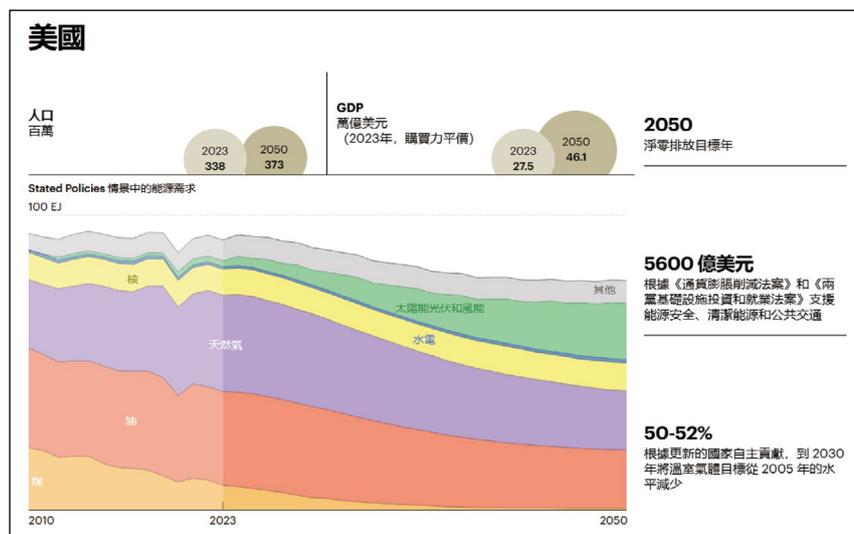
除了推動清潔氫能技術的研發和應用，包括氫能軌道交通通用燃料電池動力系統。美國還鼓勵發展長時儲能技術，提高能源系統的靈活性和可靠性，還在風能、太陽能、核能和 CCUS (carbon capture

utilization and storage：碳捕集利用與封存) 技術方向投入資源，光伏、風能等綠色能源的成本將會繼續下降。

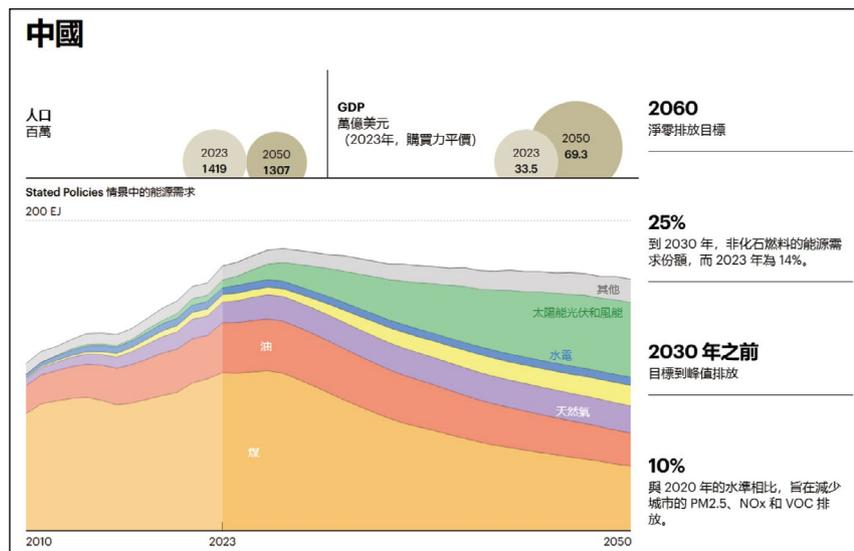
美國的科技公司憑藉雄厚的資金實力構建自己的能源系統，比如 face 資料中心通過新墨西哥州綠色電費項目，確保其電力 100% 來自可再生能源。微軟要耗資 1000 億美元打造一台叫做「星際之門」的人工智慧超級電腦，預計 2028 年完工，微軟稱這個資料中心建成以後會比現有的資料中心效率高出 100 倍，但其中的大量資金用於建設基礎電力供應設施。穀歌、亞馬遜、英偉達也都在紛紛搶奪能源的主導權。

中國：目標是在 2030 年達到排放峰值，2060 年實現碳中和

中國是目前全球最大的工業國，一直積極致力於在可再生能源的投資，2023 年中國成為全球清潔能源轉型的最大投資者，投資額接近 6800 億美元，占全球總投資的 33%，是美國投資的兩倍。政策方面，中國實施了能耗雙控和非化石能源目標制度，強化能耗強度降低約束性指標管理，有效增強能源消費總量管理彈性。同時，官方還大力推進統一的綠色產品認證與標識體系建設，建立綠色能源消費認證機制。



資料來源：www.iea.org



資料來源：www.iea.org

截至到 2023 年的資料，中國風電、光伏發電累計裝機容量分別達 4.41 億千瓦、6.09 億千瓦，合計較 10 年前增長了 10 倍，其智慧電網技術處於世界前列，建成柔性直流輸電等標誌性工程。

中國的目標是在 2030 年達到排放峰值，2060 年實現碳中和。2030 年，非化石能源占比達到 14%，進一步減少對化石燃料的依賴，增加太陽能 and 風能等可再生能源的使用。儲能、氫能、智慧電網等技術將成為重點，推動能源效率提升和成本下降。

歐盟：2050 年實現經濟體的淨零碳排放

歐盟計畫到 2050 年實現經濟體的淨零碳排放。歐盟已經設定了中間目標，即到 2030 年至少 32% 的總能源消耗來自可再生能源，並提高能源效率

32.5%。此外，歐盟還實施了碳定價政策，並推出了淨零工業法案，旨在加快綠色專案的發展。通過連接歐洲基金，扶持綠氫、光伏、風能發展。歐盟已在起北部海域建設海上風能專案，推動風電特別是海上風電的增長，此外到 2030 年，歐盟綠氫需求將達到 2000 萬噸，工業和交通領域將大幅增加綠氫使用。

比如丹麥已經從煤電為主轉向風光發電為主，2022 年風光發電量占比超 60%，生物質發電占比 23%。在德國，風光裝機占比提升至近 6 成，火電和氣電保留一定比例用於調峰，退居次要角色。

日韓：簽署 2050 年將核能容量增加兩倍的宣言

日韓兩國在可持續能源領域合作頻繁，作為能源資源匱

乏的發達經濟體，兩國將重點放到核能領域，並簽署了 2050 年將核能容量增加兩倍的宣言。

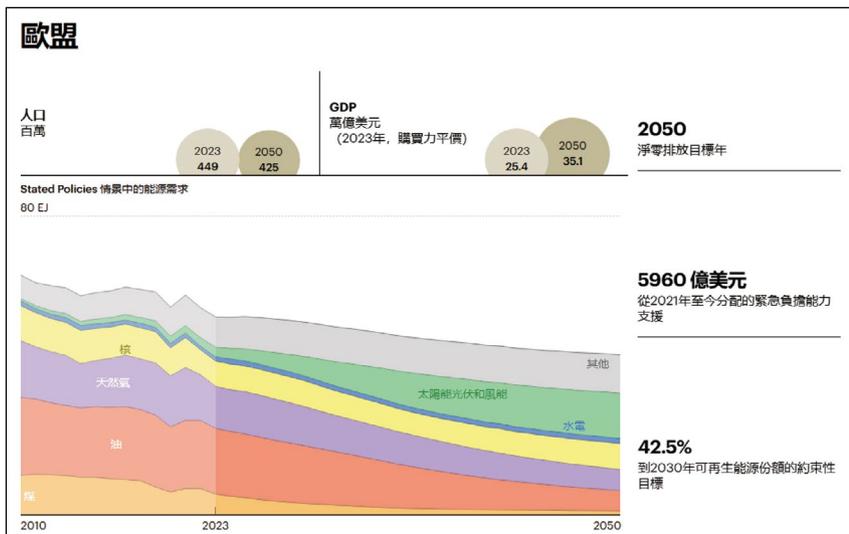
日本的《綠色增長戰略》提到通過發展海上風電、氫能、氫燃料等可再生能源。《綠色轉型推進法》推動節能和可再生能源普及，設立綠色創新基金，提供稅收優惠和金融支援。推動綠色製造、綠色回收和綠色能源的“三綠”產業體系建設。

日本的橫濱藍碳項目通過海洋生物質(如海藻)生產碳中和材料，推動鋼鐵生產工序的碳中和。借助在氫能技術研發和應用上的優勢地位，日本的車輛製造商正在生產氫能車輛，包括豐田的氫燃料電池車、氫燃料電池巴士、氫能列車等。

臺灣在綠能產業中的機遇

AI 資料中散熱需求帶來商機

資策會 MIC 研究表明：隨著資料中心朝向傳統與 AI 混合演進，各國 PUE 監管規範與企業 ESG 減碳策略，皆推動資料中心業者提供更綠色的資料中心，透過引入綠色科技、尋找更多綠電來源兩大作法，帶動創新技術商機，也吸引新、舊業者參與，臺廠將有兩大機會。陳奕伶表示，AI GPU 功耗高漲，既有空氣冷卻系統將逐漸被液體冷卻取代，IT 設備



商與資料中心基礎設備供應商積極與散熱廠合作，為臺灣散熱產業帶來商機，同時，臺灣精密金屬廠商也加入關鍵零組件供應鏈。其二為再生能源商機，當國際大廠尋找更多電力來源，為新興本地發電技術帶來機會，臺灣廠商已切入國際氫能設備供應鏈，並於上游製氫與關鍵零組件進行佈局。

AI 發展對算力的需求驅動能源消耗攀升，然而 AI 同樣有助於企業的淨零、永續發展，提供新的解決方案，在金融融資、流程改善、資訊設備監控以及供應鏈管理的淨零，AI 皆扮演要角。MIC 產業顧問施柏榮指出，AI 導入淨零與碳管理有兩類需求者，一是受到供應鏈淨零轉型要求的企業，二是金融與資產管理機構，企業應用 AI 工具達到自主碳管理、供應鏈減碳需求；金融部門聚焦於降低 ESG 投資與風險控制，甚至期望藉由 AI 尋找對永續發展產生正面影響的新事業。

AI 助企業強化綠電使用效率

綠電正在成為企業因應淨零碳排壓力的解方。資策會 MIC 表示，AI 產業將帶動臺灣整體供應鏈的綠電需求，預估 2030 年臺灣綠電需求約為 400 億度，且對綠電的需求將持續上升。由於國際雲端服

務大廠提升自身與供應鏈的綠電使用，加上企業自主承諾、國際供應鏈與國內法規要求，臺灣企業已開始面臨綠電採購壓力。MIC 產業分析師劉家介表示，綠電市場資訊仍不夠透明，買賣雙方對價格的期待有落差，企業在採購綠電時特別須掌握三大關鍵資訊：綠電供需量預測、價格資訊掌握、市場活絡政策。

實務上企業可先盤點自身用電結構，並透過官方平臺如再生能源憑證中心、協力廠商綠電顧問服務機構等，掌握綠電供需與市場資訊，規劃採購配比與合適購電管道。除此，更可利用 AI 技術最佳化綠電採購決策與強化綠電管理，現階段坊間已有諸多新興服務與系統開發，包含提高綠電發電效率、綠電最佳配比與用電需求模擬等應用，企業可視自身需求適當的援引資源。

電動物流車應用

全球邁向淨零排放，電動物流車成為低碳運輸的關鍵方案。在經濟部產業發展署支持下，工研院攜手多家產業夥伴，包括中華汽車、威剛科技、新竹物流、嘉裡大榮物流、祥億貨運、國瑞汽車、起而行綠能，展示包括 3.5 噸電動小貨車、電動機車與充電站的多元場域

應用成效。工研院強調，希望透過建立標竿示範，加速電動運具在物流產業的導入及普及，協助臺灣達成 2050 淨零排放及綠色運輸的目標。

工研院機械與機電系統研究所資深技術專家饒達仁表示，工研院本次展示協助產發署推動電動物流車示範運行，取得顯著成果，包括參與中華汽車及國瑞汽車的電動貨車前期技術開發，技轉「電動車輛底盤系統設計開發」與「動力系統整合技術」予中華汽車、「130kW 整合式動力馬達與驅動器技術」予士林電機，並協助國瑞汽車建立電動車輛系統整合，強化國產電動車輛的設計基礎。展望未來，工研院將持續協助產業開發 5 噸電動貨車及輕量化冷鏈電動車，強化載重、續航與冷鏈應用能力，持續引領臺灣物流產業朝低碳化與智慧化邁進。

參考資料

- 國際能源署：iea.org (IEA) 《2024 年世界能源展望》，
- 國際可再生能源機構 (IRENA)：irena.org
- 聯合國：un.org
- 美國農業部：usda.org
- 自然：nature.com
- 資策會：MIC 