

# 削減「碳足跡」，科技、建築、汽車箭在弦上！

■文：任苙萍

衡量產品綠色低碳水準的重要指標是「碳足跡」，是指原料加工、運輸、生產、銷售等過程中產生的碳排放量總和，近年來，一些國家已逐步建立碳足跡會計、評估和認證體系，更多跨國公司將產品碳足跡納入永續供應鏈管理要求。市調公司 Emergen Research 預估，2032 年全球碳足跡管理市場規模將達 182.6 億美元，年複合成長率 (CAGR) 為 5.5%。政府有關氣候變

遷的舉措以及汽車公司對低碳排放和運輸解方的日益關注，是推動碳足跡管理市場成長的關鍵因素。

穩定的市場收入成長可歸因於有關碳排放的國際協議，其重點是降低碳排放，例如，《巴黎協定》與歐盟排放交易計畫。中國大陸日前由國家發展、改革委員會等四部門聯合發佈的《指導意見》亦宣示將加速建立產品碳足跡管理系統，建立碳足跡資料庫，並推動產品建

立碳標籤和認證體系。就連緊鑼密鼓籌備中的 2024 年巴黎奧運亦應用 ARO 方法 (避免、減少、抵銷) 輔以預測排放量和運動賽事召號力動員手段，宣誓將較上屆夏季奧運會減少一半的碳足跡。

## 「洗綠」疑雲恐釀「聲譽風險」

可惜的是，深入檢視科技業

圖 1：「碳足跡」是指產品或服務在整個生命週期過程所產生的溫室氣體排放量總和，以 CO<sub>2</sub> 當量表示

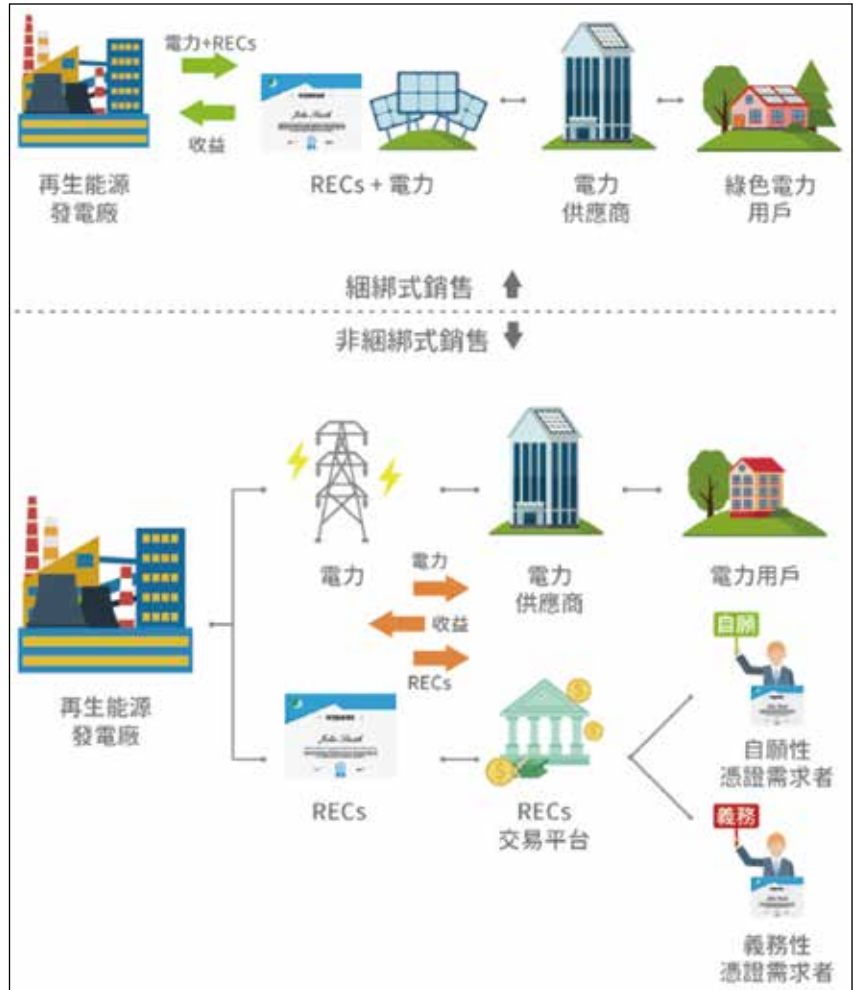


的淨零作為似乎多停留在表面，日前綠色和平組織即批評英特爾 (Intel)、富士康 (Foxconn)、立訊精密 (LUXSHARE-ICT)、三星 (Samsung) 和台積電 (TSMC) 等主要科技製造商減排努力不夠！雖然英特爾承諾 2030 年將過渡到 100% 可再生能源，但綠色和平組織聲稱該公司嚴重依賴可再生能源憑證 (RECs) 等低影響方法，並無助於新清潔能源生產。對雲端永續性的運算研究也表明，這裡提到的許多組織並沒有按照其某些行銷暗示的速度朝著其既定的碳中和 (Carbon Neutrality) 目標取得進展，建議企業應選擇高影響力的採購方法。

例如：經由購電協議、再生能源投資和現場發電，以實現再生電力目標，因為與使用再生能源證書不同，再生能源證書的使用可能涉及僅移動已被使用的可再生能源單位。創建後，這些方法具有明顯的額外性和可追蹤性。反觀蘋果 (Apple) 在展示將清潔能源和可回收材料整合到製程中的同時，減少排放的可行性；更重要的是，蘋果向客戶保證，到 2030 年兌現碳中和承諾無須消費者支付額外費用。蘋果在減少碳足跡方面確實比其他任何科技巨頭都積極，包括大力鼓勵和支持其供應鏈解決其自身的環境影響。

弔詭的是，斥責在氣候目標上落後的公司並不會對其資產負債表產生影響，反而暗示他們最好不要討論氣候問題以避免反彈。在此

圖 2：電力及 RECs 之交易模式



資料來源：經濟部能源署；<https://www.re.org.tw/news/more.aspx?cid=219&id=201>

氛圍下，是否會讓企業「變相」迫使企業不再熱衷於擔當環保先鋒？另一方面，法規等外部支持同樣重要，且若缺少參考框架，縱使有心落實友善環境的企業在執行上亦有一定困難。隨著人們對「洗綠」擔憂不斷加劇，2022 年底一項調查中，約 40% 的企業受訪者表示擔心公眾對碳抵銷計畫的批評所帶來的「聲譽風險」；近期，殼牌、雀巢等公司都宣佈放棄抵銷或依賴其碳中和聲明。

## 建築脫碳，節能綠建築當紅！

與此同時，建築業脫碳亦成為必然趨勢，減碳商機正逐漸浮現。房地產公司可因此要求更高租金、獲得投資機會，並領先應對可能徵收的高額碳費，而租戶也多願意為環保建築的空間支付更多費用。碳中和建築的成本是相對的，受位置、規模、設計複雜性和可用技術等因素的影響。傳統的永續發展標準，例如，BREEAM (建築研究發展環境評估工具) 或 LEED (能

源與環境設計領導認證) 通常會帶來成本溢價，而創新技術和材料往往會帶來更高的前期投資——包括：太陽能板、先進隔熱材料、節能暖通空調 (HVAC) 系統等。

實現淨零排放需要同等重視永續設計、高性能材料、節能系統、再生能源、認證和營運節約的部署，也為半導體及電子資訊產業帶來商機。過去十年，光電成本下降了 80% 以上、照明效率亦提高了一倍，電網碳強度顯著下降。清楚地掌握相關成本可更好地為過渡到永續建築環境做好準備。隨著世界努力應對氣候變遷的現實，建築業在減少碳排放方面可以發揮重要作用；建築物的隱含碳，包括與建築材料的提取、生產和運輸相關的碳排放，以及建築過程本身的碳排放。在英國，建築業是碳排放的重

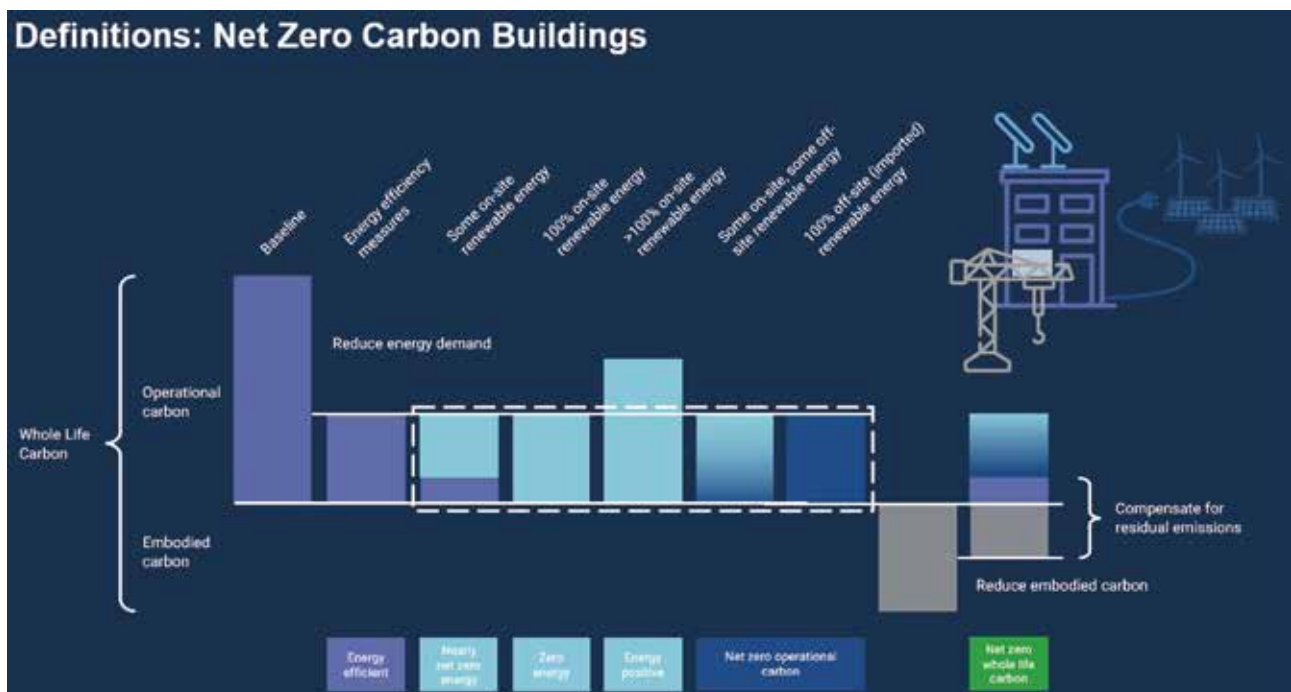
要貢獻者，佔據 33% 溫室氣體、40% 的全球能源消耗。

在碳中和建築中，能源效率至關重要，除了採用節能設計，碳中和建築還使用再生能源技術來發電，包括：太陽能電池板、風力渦輪機，在某些情況下還包括地熱系統。這些系統產生的電力可用於為建築物的照明、加熱和冷卻系統以及建築物內的任何電器或設備供電。建築師和工程師利用被動式太陽能設計和高效能暖通空調系統等原理來最大限度地減少能源消耗。HVAC 平均佔建築物總能源消耗的 40% 左右。日本大阪大學借助應用新的人工智慧 (AI) 驅動演算法來控制 HVAC 系統，不需複雜的物理建模或建築知識，就能顯著發揮節能效果。

## AI「數據驅動」完勝複雜建模

在寒冬裡，由於照明、設備甚至人體產生的熱量所造成的熱干擾，傳統基於感測器的系統有時很難確定何時應該關閉暖氣。研究人員改用控制演算法，根據收集的數據預測建築物熱力學響應，這比嘗試明確計算可能影響溫度的多種複雜因素 (例如，絕緣和發熱) 更有效；有了足夠訊息，「數據驅動」甚至可完勝複雜建模。利用機器學習 (ML) 優化 HVAC 運行時間，自主系統能為辦公大樓節能達 30% 以上——經由最大限度減少總能耗、實際室溫與期望室溫之間的差異以及峰值需求時電力輸出率變化，且允許根據現實需要優先考慮節能或溫度/精度客製化。

圖 3：淨零碳排建築的定義涵蓋能耗、營運及生命週期等多方面



資料來源：世界綠建築委員會：<https://worldgbc.org/advancing-net-zero/what-is-a-net-zero-carbon-building/>

2020年，微軟宣布了「行星電腦」(Planetary Computer)計劃，旨在收集全球範圍內的環境數據，透過與環保組織合作並利用尖端的AI演算法，將其用於永續發展解決方案，包括從生物多樣性喪失到氣候變遷，使人工智慧和永續性成為現代專案管理的支柱。不幸的是，若沒有適當執行，這也可能使碳足跡增加，且出現另一層三角問題：部署AI的複雜性、成本和碳排放。畢竟，機器學習演算法需要大量能源，強大運算能力提高了該專案對環境的影響，這些複雜演算法所需的硬體的生命週期(從製造到處置)也會帶來環境成本。

GPU(圖形處理器)、TPU(張量處理器)等專用硬體在加速演算法過程的同時，也增加了專案的整體碳足跡。馬薩諸塞大學阿默斯特分校的研究人員進行的一項研究發

現，僅訓練一個人工智慧模型所產生的排放量就可能高達626,000磅二氧化碳當量，大約是普通美國汽車生命週期排放量的五倍；但若將綠色演算法與一系列AI方法無縫集成，從支援預測性維護的機器學習到用於利害關係人情緒分析的自然語言處理，甚至用於動態資源分配的強化學習，最終結果是AI工具不僅執行智能，而且對專案的影響可持續。綠色演算法有助於解決複雜性、成本和碳的挑戰。

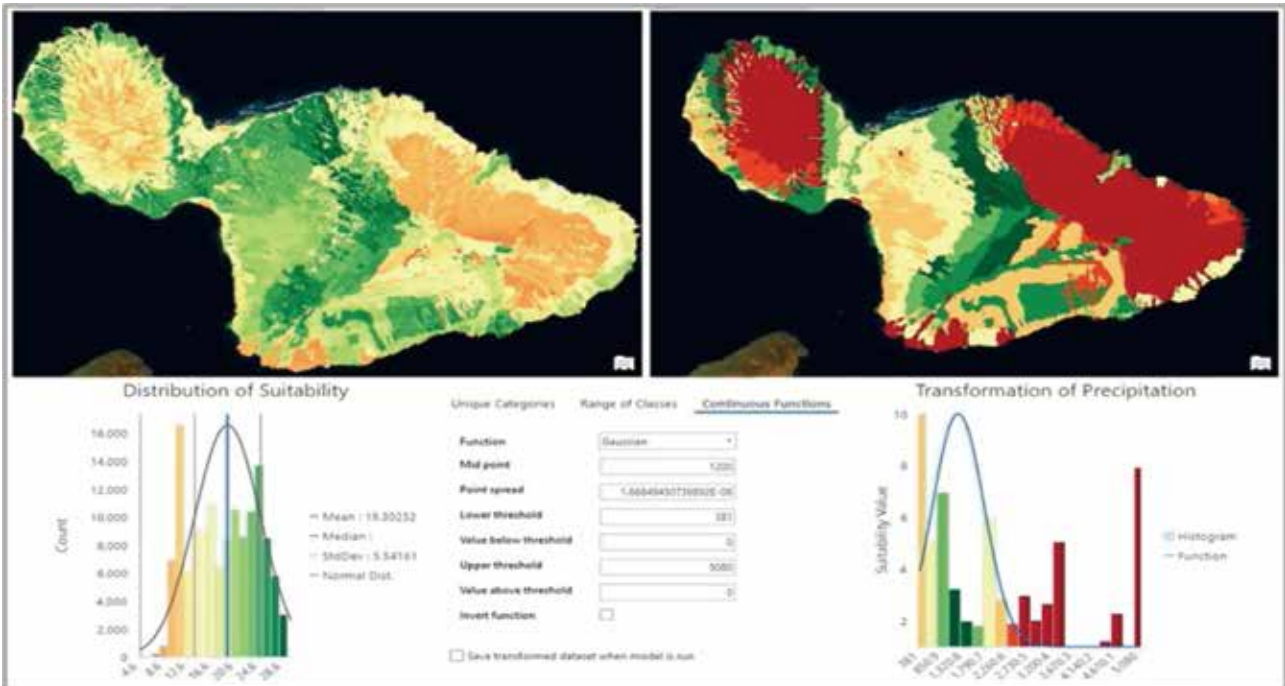
### 「碳中和資料中心」採用100%再生能源

高效能資料中心節省的能源可以顯著減少營運費用並降低合規成本。採用綠色演算法還可能帶來無形收益，例如降低風險和增加品牌價值。借助綠色演算法，可透過

自動化解決方案獲得經過驗證的營運效率，並優化資源使用、減少浪費和遵守永續發展法規以達到顯著節約。從普通資料中心切換到更有效率的資料中心可減少多達30%碳足跡。GE Research與GE再生能源公司合作開發機器學習工具，旨在優化風力渦輪機物流，該演算法解決方案專注於優化風電場營運，包括從運輸和安裝到持續維護，使成本、複雜性和碳排放獲得管理或減少。

研 調 機 構  
ResearchAndMarkets.com 新近發佈「2023年碳中和資料中心全球市場報告」指出，在永續發展至關重要的時代，企業和組織正在轉向創新、環保的解決方案來管理其資料基礎設施，進而重塑IT、銀行、醫療保健、製造和零售等多個產業的資料中心。這些資料中心採用

圖4：Planetary Computer 提供對數百種即用型分析工具及直覺式使用者體驗，包括從互動式適宜性建模到用於預測分析的AI



資料來源：<https://planetarycomputer.microsoft.com/applications>

100% 再生能源，不僅減少碳排放，還為能源和水效率設定了新標準，是對長期永續性和營運效率的策略性投資，預計市場將從 2022 年的 60.8 億美元成長到 2023 年的 75.1 億美元，CAGR 高達 23.53%！2027 年將達到 170.2 億美元，CAGR 為 22.71%。

放眼望去，從服裝製造商到咖啡生產商，公司和品牌都在尋找變得更加永續的方法——在材料、製程，當然還有他們最終生產的最終產品上。然而，在汽車產業內，永續發展的概念與電力的概念緊密相連。近年來，「電動車」和「碳中和」或「零排放」幾乎成了同義詞，越來越多汽車製造商使用完全可再生能源生產，或正迅速轉向完全或大部分使用再生能源的設施，由太陽能電池板或風力渦輪機供電，同時致力於閉環回收，但這並沒有改變「生命週期」未達到「零排放」的事實；不過，車廠也正進行脫碳之路。

## 汽車減碳之路：純電動？ e-fuels？氫能？

例如，BMW(寶馬)第五代 eDrive 馬達強調不需稀土礦物，為了最大限度地提高電動車的零排放特性，Mercedes-Benz (梅賽德斯-奔馳) 和 Volkswagen (大眾汽車)

則是在歐洲建立自己的充電網路，並承諾確保這些網路僅供應再生能源產生的電力；也有不依賴全電動汽車的車廠——Porsche (保時捷) 和 Mazda(馬自達)，皆表示未來內燃機將使用碳中和燃料（或稱「電子燃料」，e-fuels），而向來對純電動車抱持疑義的 Toyota (豐田)，則大力投資氫燃料電池汽車。2035 年起，在歐盟銷售的所有新車必須零碳排，但使用 100% 碳中和的電子燃料汽車卻可豁免。

雖然根據委員會的計畫，合成燃料將實現碳中和，但在內燃機中燃燒時，它們仍然會排放空氣污染物，特別是有毒的二氧化氮和致癌顆粒。T&E 測試表明，採用電子燃料的汽車排放的氮氧化物 (NOx) 與化石燃料引擎一樣多 (約 22mg/km)，且一氧化碳和氨的排放量要高得多，這對緩解城市空氣品質毫無幫助。根據歐盟再生能源指令的 RFNBO 方法，電子燃料「從油井到車輪」排放的減排是透過碳捕捉落實。一項新的分析發現，如果歐盟淡化要求電動車實現碳中和的計畫，那麼電動車的二氧化碳排放量幾乎是電動車的五倍！

電子燃料的生產成本也很高，使用合成汽油為汽車加油的成本遠高於駕駛電池電動車甚至使用化石汽油的汽車，生產電子燃料的效率

也遠低於為電動車提供動力，僅向一小部分新車提供電子燃料而非電力，將需要歐洲大幅增加再生能源發電量。歐盟委員會已要求成員國就其提案提供回饋，該提案旨在 2035 年後僅允許在新車中使用 100% 碳中和的電子燃料，預計歐盟各國政府將在今年年底前就該標準做出最終決定。另隨著汽車製造商制訂綠色議程以尋求碳中和，清理鋼鐵生產亦成為其中一部分。

根據美國鋼鐵協會的數據，普通汽車有 54% 是由鋼材製成，而全球大部分鋼鐵生產都依賴煤電。麥肯錫一項報告指出，為了生產碳中和鋼鐵，生產商正在採取脫碳措施，例如轉向氫基鋼鐵生產。此外，還從再生能源中獲取電力，並減少製程對環境的影響。Mercedes-Benz 正快速將碳中和汽車投入生產、整合碳中性鋼部件，並在整個車輛中使用再生鋼。國際能源總署 (IEA) 表示，在鋼鐵生產接近零排放方面取得最大進展的是歐盟、美國和瑞典。歐盟《綠色交易工業計畫》與美國《通膨削減法案》以及全球其他計畫都重點關注氫作為煤炭替代品的重要性。

氫是一種能源載體，是重要化學價值鏈的起點！[CTA](#)

## 下期預告

# 智慧健康 / 健身應用趨勢