

Pathfinder

報告

2023 年 7 月

构建可持續發展的 企業優勢

S&P Global
Market Intelligence

受
DELL
Technologies
委託進行

©Copyright 2023 S&P Global. 保留所有權利。

執行摘要

隨著企業資料量呈指數級增長，加上基礎結構越來越分散與離析，清晰的邊緣策略成為 IT 和 OT 成功的重要關鍵。儘管超分散的基礎結構提供許多優點（輕量、去中心化、低延遲性），但仍要從獨特的永續性角度考慮一些事項。儘管大多數組織有興趣提高其舊有基礎結構的永續性，但需要更加重視如何確保企業優勢快速增長時的永續性，且該位置會支援越來越多最關鍵的任務、全新的數位工作負載和應用程式。

若要完整計算出公司永續性各項目標的邊緣運算影響力，企業在計算時一定要同時考慮「部署邊緣」和「運用邊緣」等情境。

第一個考量要點 — 如何以永續性為出發點建立最佳邊緣運算能力 — 企業將會獲得一些優勢，不過挑戰也會隨之而來。新的邊緣位置可結合現代電力和散熱措施，包括利用更多可再生能源及效率更高的運算。就地處理資料也可以將資料傳輸量降到最小，有利於網路與雲端合作夥伴改善其脫碳策略，進而降低企業的範疇 3 排放量。同時，越趨分散的邊緣基礎結構缺少雲端的關鍵巨量及集中式永續性優勢 — 此為決策中必須考量的現實。

在「使用邊緣」方面，採用邊緣和 IoT 技術的使用案例可扮演重要角色，協助企業透過提高效率、最佳化流程，並提供可行動、資料驅動的永續性見解以達到其永續性目標。目前約有四分之一的企業提出永續性和 / 或 ESG 計量追蹤做為邊緣和 IoT 提議計畫的一項驅動因子。雖然利用科技支援永續性目標仍處於相對起步階段，隨著公司策略進一步與不斷發展的 ESG 使命和目標保持一致，採用 IT 技術與採用邊緣技術的永續性措施將逐漸顯露出重要性。

重要調查結果

- **企業資料量與相關電力需求呈現指數級增長。**到了 2027 年，低延遲性、關鍵邊緣工作負載的資料量的複合年均成長率 (CAGR) 預計將達到 80%，而電源需求的複合年均成長率 (CAGR) 將達到 87%。
- **邊緣將處理這些運算需求的絕大部分。**在相同時間範圍內，62% 的資料量和 68% 的電源需求將來自內部部署或附近的邊緣場地（其餘部分來自核心資料中心和 / 或雲端）。
- **企業必須在永續性規劃中考量邊緣場地、雲端場地等決策。**例如，新建的邊緣位置可以利用現代資料中心技術成為更「環保」的綠色產地。然而，相比於偏向集中的雲端基礎結構，偏向分散的邊緣場地性質為其帶來獨特的永續性挑戰與機會。
- **採用邊緣技術的使用案例能明顯改善永續性。**更多經過最佳化、採用邊緣技術的生產線運作可以更節能；智慧型建築可以在本地分析照明、能源使用和其他資料，以提升永續性。
- **公司永續性規劃正處於早期階段，因此可以利用邊緣來投入這些工作 — 創造強大的上升機會。**只有 43% 的企業已經設定減少環境影響的正式目標，另外 52% 的企業仍處於規劃階段。使用邊緣 / IoT 直接影響永續性也處於起步階段 — 只有 25% 的企業提出永續性做為其邊緣 / IoT 部署的驅動因子。

邊緣運算的崛起

廣義來說，邊緣運算是指在資料生成位置附近運作的運算資源，並且在超大規模雲端等集中位置之外運作。時至今日，邊緣的發展已經包括各種場地和形式因素。內部部署可以包括任何內容，從單一系統伺服器或閘道，再到內部微型資料中心設備。但現今的邊緣也包括提供邊緣即服務的近端場地，例如透過區域資料中心 / 託管設施或電信供應的多存取邊緣運算 (MEC) 場地。

隨著企業收集更多有價值的邊緣資料，並利用該資料來提供給新的關鍵任務數位使用案例，他們面臨了一個重要問題，哪裡才是這些工作負載的最佳執行位置？目前的趨勢顯示，大部分的資料最好在來源地進行儲存、處理和分析 — 即附近的邊緣場地。絕大多數的邊緣使用案例顯示，依賴營業場所以外的網路將帶來難以接受的可用性風險。在某些情況下，將該資料傳送到雲端的成本太高，或者會導致效能或延遲問題。在其他情況下，則由於資料主權或隱私權問題、缺乏可用頻寬或其他限制，導致資料無法離開邊緣場地。

無論驅動因子為何，邊緣運算都代表一種日益重要的基礎結構分層，可以滿足成熟的數位轉型專案以及多數企業每天產生的大量資料需求。這促使邊緣的應用環境涵蓋各種產業與使用案例。像是醫院走廊上的伺服器機櫃，其在本機儲存患者資料，而將風險降到最低；可能是製造生產線上的內部部署邊緣裝置，可以減少關鍵任務應用程式的延遲情況；或可能是新興的 MEC 基礎結構，可以處理日漸增加的聯網車輛的即時資料需求。隨著這種需求不斷增長，企業採用邊緣技術的想法日益成熟，並且逐漸落實：

- 在 2023 年，56% 的企業「正在使用」邊緣運算基礎結構，另外 28% 的企業正在進行試驗或概念驗證，資料來源根據 451 Research 的 Voice of the Enterprise：邊緣基礎結構與服務，資料來源為 2022 年的問卷調查。
- 根據相同的問卷調查，邊緣支出預計將進一步成長，在 2023 年，79% 的企業計劃增加邊緣支出 — 有 32% 的企業甚至是「大幅」增加。

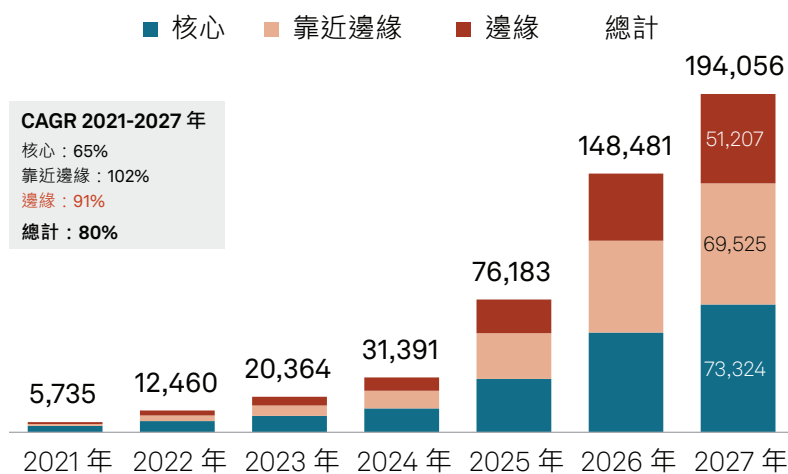
推動邊緣採用和支出成長的因素為資料的大幅成長 — 以及認同資料可以創造的商業和經濟價值。

例如，451 Research Market Monitor 對美國八大關鍵產業的低延遲工作負載進行了分析，預計到 2027 年，資料總量將以 80% 的複合年增長率 (CAGR) 增長，從 5,700 PB 增長到 194,000 PB。在 2022 年，52% 的資料量在核心或雲端位置進行處理；該數字預計到 2027 年將下降至 38%，因為一系列內部部署和近端邊緣場地將會承擔更多的處理負載 (請參見圖 1)。

如果更進一步細分，預計整體低延遲工作負載資料量將以 80% 的複合年增長率成長，而預計該時期的邊緣成長年平均成長率將略低於 100%。

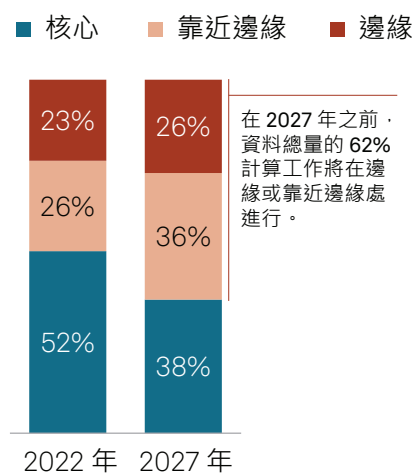
圖 1：資料運算總量，且依場地、低延遲性工作負載細分，美國，2021-2027 年

初期與初期之後資料計算總量 (PB)
依場地細分



CAGR 2021-2027 年
 核心：65%
 靠近邊緣：102%
 邊緣：91%
 總計：80%

資料計算總量 (PB) %，
係依場地細分



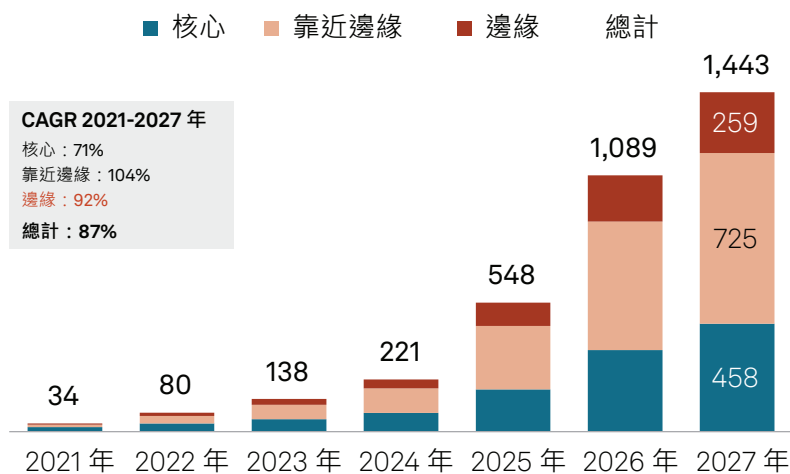
在 2027 年之前，
資料總量的 62%
計算工作將在邊
緣或靠近邊緣處
進行。

資料來源：451 Research 的邊緣工作負載整體潛在市場 (TAM) 分析，2023 年。

資料量的巨量成長衍生了另一個挑戰：應付運作處理所有資料所需伺服器及資料中心的龐大電力需求。根據同一份 451 Research 分析報告，新的數位驅動、資料密集型工作負載將使電力需求在同一時期的複合年增長率高達 87%，到了 2027 年，將從 34 MW (兆瓦) 增加到超過 1,400 MW，邊緣運算位置所需電力需求將會佔總量 68% (請參見圖 2)。

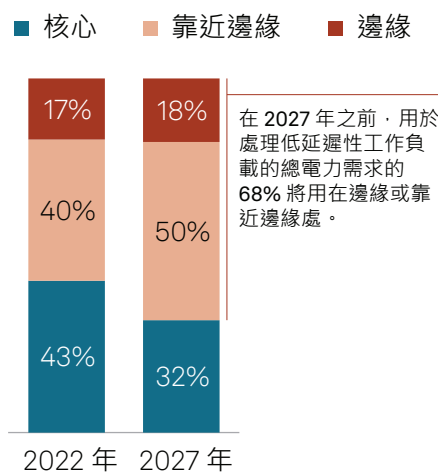
圖 2：電力需求總量，且依場地、低延遲性工作負載細分，美國，2021-2027 年

初期與初期之後的總電力需求 (MW) 分析 依場地細分



CAGR 2021-2027 年
 核心：71%
 靠近邊緣：104%
 邊緣：92%
 總計：87%

總電力需求的 (MW) %， 則是依場地細分



在 2027 年之前，用於處理低延遲性工作負載的總電力需求的 68% 將用在邊緣或靠近邊緣處。

資料來源：451 Research 的邊緣工作負載整體潛在市場 (TAM) 分析，2023 年。

評估所有資料處理對電力和能源的影響是一項複雜的計算，不僅要考慮主要運算基礎結構和相關的電力負載，還要考慮影響企業永續性計算時的次要考慮因素。對入門者而言，大型資料中心的散熱需求龐大，而這會對當地的水資源供應系統造成壓力。資料也會在不同場所間移動，在電信網路和超大規模雲端位置中進行回傳和傳輸——現在的數據傳輸都交由電信設施處理，這些設施本身包括耗電的無線電網路和資料中心。使用雲端服務與來回傳送資料的企業在考慮自身脫碳目標時，應該將其合作夥伴的基礎結構納入永續性影響因素。

企業永續性與優勢

環境、社會及公司治理 (ESG) 考量層面已經擴大到接近董事會議程的首要議題。在全球範疇中，2015 巴黎氣候變遷協議以及後來的聯合國氣候變遷會議都成功引起政府與立法機關注意，目標在 2030 年前做到全球排碳量降低 50%。這項目標已經納入各國的法律架構方針。例如，2020 年核准的歐盟《綠色政綱》(Green Deal) 不僅制定了排放目標，也啟動了循環經濟、建築改造、生物多樣性、農業和創新等方面的立法流程。循環經濟和創新正在合力推動企業 IT 變革。

這些強制任務使永續性成為各產業公司的優先工作事項。世界經濟論壇的《2023 年全球風險報告》提出未能緩和與未能適應氣候變遷將被視為是未來十年的兩大風險。然而，只有五分之一的公司制定出適應氣候變遷實際風險的計劃，資料來源 [2023 年 2 月分析](#)，S&P Global Sustainable1 資料。

就本白皮書而言，永續性根據《溫室氣體議定書》(Greenhouse Gas Protocol) 定義評定為範疇 1、2 和 3 排放量。企業自有的資料中心或可現場發電的設施屬於上述所有三種範疇：範疇 1 為直接產生的能源；範疇 2 為消耗能源但未產生能源，而範疇 3 為材料和系統的建造及其汰換、翻新、再利用、回收或廢棄物處理所產生的碳排放。於此同時，雲端與多租用戶資料中心提供者也必須負責所有三個範疇的排放量；然而，他們的客戶通常會將其份額歸類為範疇 3 排放 (企業價值鏈)。

當企業考量 IT 工作負載進行的場地 — 特別是全新數位工作負載 — 必須計算邊緣相較於雲端場地的效能和成本 / 收益。通常較適合留在內部部署邊緣或附近的邊緣服務場地的工作負載，可分為三類：

- 要求低延遲和 / 或高頻寬的應用程式，例如金融中的極低延遲、高頻交易系統或生產線上的高頻寬電腦視覺工作負載。除了上述技術考量，如果缺乏可行的國內雲端選項或傳出資料成本昂貴的話，也可能造成工作負載將會被留在內部部署和邊緣場地。
- 舊有系統，例如關鍵任務系統，通常是內部部署生產控制系統，例如不能容忍任何形式中斷的 SCADA 系統。此類工作負載通常在本地實體隔離網路中運作或存在其他安全性相關考慮因素，或為了將本地資料處理視為必要考慮因素而執行非標準協定。
- 政府和行業監管機構的法律要求，要求資料落地權或資料主權，進而限制資料移動到超大規模雲端提供者。

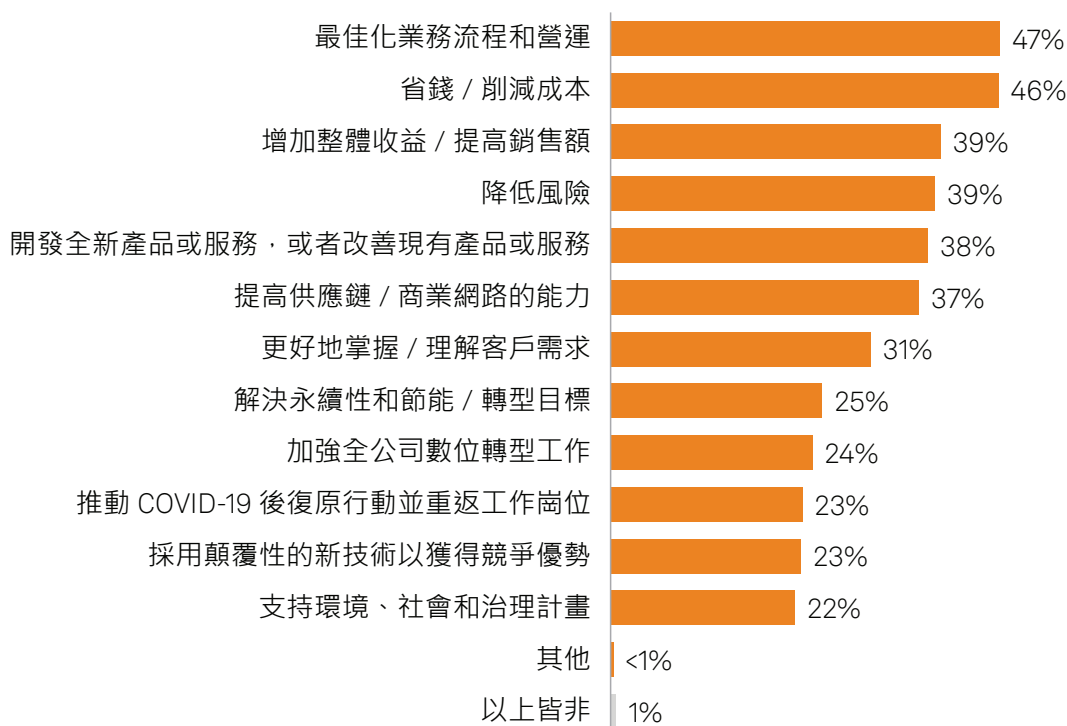
現今許多情況下，這類工作負載已經載入無條件限制的非資料中心場地，例如零售後台或位於廠房附近。與雲端和多租用戶資料中心提供者的規模經濟以及電力和散熱專業知識相比，以這種方式部署的「邊緣」難以彰顯出永續性的優勢。也就是說，一種更現代、經過深思熟慮的邊緣部署方法——包括內部部署和附近的即服務邊緣場地——本身就可以帶來永續性優勢。但這需要配合清晰的規劃：

- 如果規劃不當，內部部署邊緣位置可能會導致基礎結構數量倍增，增加永續性疑慮。例如，**關鍵任務型資料中心或附近的邊緣位置可能需要不間斷電力、現場發電和設計冗餘，而每項要求都會帶來永續性挑戰。**即使邊緣場地不需要此類基礎結構就能啟動，當其支援更重要的工作負載時，可能就會需要此類結構。事實上，在不斷增長的邊緣站點中更新現有技術和基礎結構是現在邊緣支出增加的主要驅動原因，特別是當此類站點支援越來越多的關鍵商務型工作負載時，資料來源根據 451 Research 的 Voice of the Enterprise：邊緣基礎結構與服務、預算與展望 2023 問卷調查。
- 如果是具有大型和 / 或高度分散式邊緣處理需求的企業，**邊緣即服務提供了更符合永續性的替代方案。**隨著本地頻寬改善和本地資料中心 / 託管 / MEC 基礎設施數量激增，企業可以開始選擇使用託管邊緣運算。因為此類場地具有許多與大型雲端 / 資料中心位置相同的優勢（共用基礎結構、中心化程度高、強大網路互聯能力與其他），與高度分散式、無條件限制的內部部署邊緣運算相比，其可提供更符合永續性的邊緣案例。邊緣運算基礎結構從純粹的內部部署演進成部署為新興的即服務方法，使其比高度分散的內部部署場地更便宜，更有效率。
- 電信業者也正在建造邊緣運算場地，提供企業級的額外邊緣即服務選項——以及更進一步的可能範疇 **3 永續性獲益。**邊緣運算是電信公司特別重視的焦點，尤其是與新興的 5G 網路基礎結構結合時。其實在許多情況下，5G 本身就是明顯的邊緣工作負載，其虛擬化網路功能不僅在業者邊緣場地運作（例如在分散式基地站）同時也在託管的第三方邊緣位置運作，例如與本地資料中心合作夥伴一起運作。邊緣 / MEC 服務 + 5G 對於需要邊緣運算的企業來說更具意義，其整合 5G 網路的高速和無所不在的覆蓋、附近邊緣運算的效能和延遲優勢，以及通常用於回傳資料或將其快速發送到雲端的光纖設備。此外，電信邊緣 / 5G 基礎設施可能為企業提供成本轉嫁脫碳效益，因為其共享設施可能比高度分散的內部部署運算安裝更為密集、更集中，因此可能更具永續性。最終，電信業者可以從利用自己的邊緣部署，以及協助企業使用電信邊緣和建置 / 營運自有邊緣而受益。
- 新推出的邊緣基礎結構組建提供重要的永續性機會：**使用現代資料中心技術，建置新的邊緣場地。**其中包括新能源方法，例如使用燃氣發電機、免費空氣散熱，以及透過校園供暖抵消熱量。現代化伺服器基礎結構也可以透過更新型、效能更好的晶片，在相同能耗下達到潛在效率；在整體伺服器設計中著墨更多，利用新材料技術達到散熱；及使用相對新興的散熱技術，例如液體或浸沒式冷卻。

採用邊緣技術的見解推動全體企業的永續性效益

邊緣是 IoT 的推動因素之一，它將資料入口、資料處理和決策提升到不受延遲和頻寬考慮或高雲端成本限制的境界。採用 IoT 技術和採用邊緣技術的永續性工作尚處於採用曲線的早期階段，而其可以利用資料見解來最佳化各產業的生產作業——如製造、公用事業、石油和天然氣、運輸交通等——並在此過程中影響整體建築和站點的能源效率。直接影響永續發展和 ESG 目標的專案仍相對處於起步階段——只有 25% 的企業表示，他們目前的 IoT 專案目標是實現永續性或能源轉型，而 22% 的受訪者提到了為支援 ESG 工作而推動採用 IoT 技術的計畫，資料來源根據 451 Research 的 Voice of the Enterprise：物聯網、OT 觀點、使用案例與成果，2023 年（請參見圖 3）。然而，隨著永續性成為公司更重視的優先事項，我們預計這些數字將隨之成長。

圖 3：永續性、能源轉型和 ESG 支援是工業物聯網 (IoT) 的關鍵驅動因素



Q. 下列哪個選項是您組織中 IoT 提議計畫的驅動因素？請選取所有適用的選項。

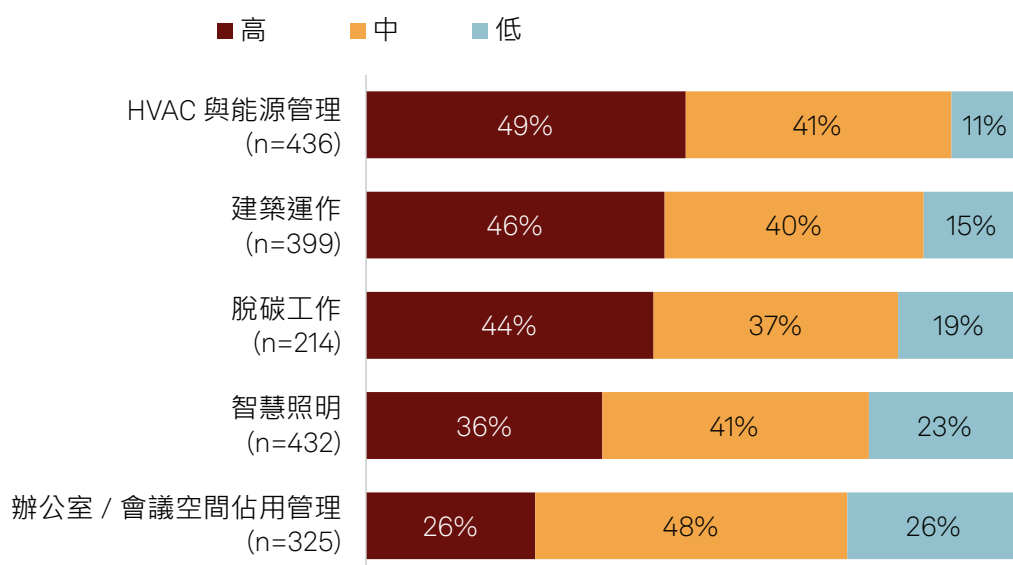
基數：全部作答人數 (n=588)。

資料來源：451 Research 的 Voice of the Enterprise：物聯網、OT 觀點、使用案例與成果，2023 年。

其他間接使用案例 — 而且有影響力 — 影響永續性，包括利用邊緣和 IoT 技術來最佳化業務流程和營運，並降低風險（合規性、安全性與資料防護）。建立更符合永續性的營運是關鍵的產業最佳化目標，無論是單一工廠或是整個供應鏈。IoT 和邊緣也可以因應政府規定的 ESG 目標提供全體公司合規風險管理方法，包括降低違規或不合規等風險。

雖然在早期階段很難得出邊緣永續性所節省成本的明確數字，但我們可以清楚地洞悉邊緣和 IoT 技術對於企業永續性工作的影響。例如，考量能改善建物永續性的工作 — 從辦公室複合空間到廠房等場地，再到倉庫位置。數個永續性使用案例，特別是推動建築物脫碳與最佳化整體建築物營運，預期可以對企業建築物與站點永續性工作發揮大幅影響（請參見圖 4）。

圖 4：企業預期 IoT/ 採用邊緣技術的使用案例將在建築物永續性發揮大幅影響



Q. 對於整體業務造成的影響。

基數：全部作答人數 (n=601)。

資料來源：451 Research 的 Voice of the Enterprise：物聯網、OT 觀點、使用案例與成果，2023 年。

控制能源使用節省的成本不僅對設施預算有直接影響，而且也可以資助其他需要更長時間才能實現的永續性提議計畫。

意義

雖然邊緣運算正在走出新興階段，且許多垂直產業進入部署工作，然而邊緣對於永續性的影響才剛開始展露並受大眾理解。建設更有效率、「更環保」的邊緣基礎結構 — 無論是在內部部署或附近的自助管理，或是透過日益增加的邊緣即服務提供者 — 都表示向前邁出重要一步。除此之外，邊緣在提供見解以協助關鍵業務流程轉型和最佳化方面的能力，也可以協助加強組織的永續性立場。

1. [Siemens 智慧建築物基礎結構 · Desigo CC](#)：使用邊緣解決方案建造高效能的建築物

例如，教育部門的基礎設施管理人員可以將教室排程軟體同步到其整棟建築的系統。透過了解教室何時有人使用，Desigo CC 可以在使用者到達之前打開燈、重新調整溫度、停用任何移動偵測器，或根據使用者的喜好調整百葉窗。當課堂結束後，可以鎖上門，並將房間恢復為無人模式，採用最小化維護、提高安全性和減少能源使用，有效降低管理費用。Desigo CC 也透過需求響應計畫，成功協助客戶實現其永續性目標。在需求較低時期從當地電力系統獲取能源，並在電網遇到需求高峰時將其退還，成功降低能源成本和碳排放。

2. [ATOS 案例研究](#)：透過邊緣自動化作業流程減少了 480 公噸 CO₂ 排放

「在零售客戶方面，我們談論到在維持邊緣環境的維護和合規性方面節省 66,000 小時，等於每年可減少約 480 公噸 CO₂ 排放 — 這些都得歸功於自動化和端對端監控功能。」Atos 全球邊緣與物聯網資深產品總監 · Arnaud Langer

3. [Nature Fresh Farms](#)

做為非基因改造溫室，永續性是 Nature Fresh Farms 的首要任務。為了促進永續性工作進行，該公司需要一種能夠支援溫度控制、電力管理和灌溉效率方面的人工智慧和自動化的邊緣解決方案。

關於作者



Tiny Haynes

全球邊緣基礎結構與服務部門首席分析師

Tiny Haynes 是全球邊緣基礎結構和服務部門首席分析師。在過去 12 年裡，他一直致力於資料中心、雲端運算和邊緣運算、永續性和資料主權等領域的研究。在此之前，他曾擔任產品經理長達 10 年，負責建立和管理託管和主機管理產品組合。



Rich Karpinski

IoT 與產業轉型部門，首席分析師

Rich Karpinski 是 IoT 與產業轉型部門的首席分析師，率領 S&P Global Market Intelligence 451 Research IoT 與應用基礎結構團隊。在此職位上，Rich 對各產業與使用案例之 IoT 與數位技術採用的近況與方向進行追蹤、分析與預測。他也同時監督 451 Research 針對 IoT 採用人員的季度問卷調查，及針對操作技術 (OT) 專業人員的每年二次問卷調查。

關於本報告

Pathfinder 報告引導決策者解決關於特定技術或業務案例的問題，探索採用的商業價值，並建議決策過程的考量範圍和具體後續步驟。

關於 S&P Global Market Intelligence

S&P Global Market Intelligence 完全了解正確、深入且富含見解的資訊極為重要。我們的專家團隊推出市場無所匹敵的見解、領先業界的資料與技術解決方案，並與客戶合作拓展其視野，滿懷信心地營運，並做出堅定的決策。

S&P Global Market Intelligence 是 S&P Global (NYSE: SPGI) 的一個部門。S&P Global 是在全球資本、商品和汽車市場當中提供信用評比、基準、分析與工作流程解決方案的佼佼者。許多世界頂尖組織運用我們的每項產品來掌握經濟格局，為未來與當下做好計劃。如需詳細資訊，請瀏覽 www.spglobal.com/marketintelligence。

連絡方式

美洲：+1 800 447 2273

日本：+81 3 6262 1887

亞太地區：+60 4 291 3600

歐洲、中東、非洲：+44 (0) 134 432 8300

www.spglobal.com/marketintelligence

www.spglobal.com/en/enterprise/about/contact-us.html

著作權 © 2023 S&P Global Market Intelligence · S&P Global Inc. 的一個部門。保留所有權利。

本文資料係根據一般公眾可取得的資訊與業界可信任的資料來源進行製備，且僅供參考用途。任何內容（包括指數資料、評比成績、信用相關分析和資料、研究、模型、軟體或其他應用程式或其輸出）或當中任何部分（內容），未事先取得 S&P Global Market Intelligence 或其子公司（合稱「S&P Global」）的書面同意，一律不得以任何形式、任何方法進行修訂、逆向工程、重製或散佈，或儲存於資料庫或檢索系統。「內容」不得用於任何非法或未經授權的目的。S&P Global 及任何第三方提供者（合稱「S&P Global 當事方」）不保證「內容」的準確性、完整性、時效性或可用性。對於使用內容所獲得結果的任何錯誤或遺漏，無論原因為何，S&P Global 當事方概不負責。內容「依現狀提供」。S&P Global 當事方不做任何及所有明示或暗示的保證，包括但不限於適銷性或針對特定目的或用途的適用性、不存在錯誤、軟體錯誤或缺陷、內容的運作不會中斷，或者內容可以在任何軟體或硬體配置下運作。在任何情況下，S&P Global 當事方均不對任何一方承擔任何直接、間接、附帶、懲戒性、補償性、懲罰性、特殊或後果性損害、成本、開支、法律費用或損失的責任（包括但不限於因疏忽而造成的收入損失或利潤損失以及機會成本或因疏忽造成的損失），即使已被告知發生此類損害的可能性。

S&P Global Market Intelligence 的意見、引言和信用相關分析及其他分析均為截至表達之日的意見陳述，並非購買、持有或出售任何證券或做出任何投資決策的事實陳述或建議，並且不涉及任何證券相關的適用性。S&P Global Market Intelligence 負責提供指數資料。絕對無法直接對指數進行投資。透過以指數為基礎的可投資工具，可以對指數所代表的資產類別進行投資。以任何形式或格式發行內容之後的更新與否，S&P Global Market Intelligence 一概不負任何責任。進行投資和其他商業決策時，不應依賴「內容」，也不能以內容取代使用者、管理階層、員工、顧問和 / 或客戶的技能、判斷和經驗。S&P Global 的各部門的特定活動彼此分開，藉以保持各自活動的獨立性和客觀性。因此，S&P Global 中的特定部門可能取得其他 S&P Global 部門無法取得的資訊。S&P Global 已經制定相關政策與程序來維護因各項分析作業所接收的特定非公開資訊的機密性。

S&P Global 可接受其所做評比與特定分析的報酬，通常係由證券發行人或承銷商或債務人所提供。S&P Global 保留對其意見與分析的散布權。S&P Global 所做的公開評比與分析將於其網站提供：www.standardandpoors.com（免費）與 www.ratingsdirect.com（訂閱），且可能透過其他方式散佈，包括透過 S&P Global 發行部門與第三方分銷商。如需有關我們評比服務費用的更多資訊，請參閱 www.standardandpoors.com/usratingsfees。