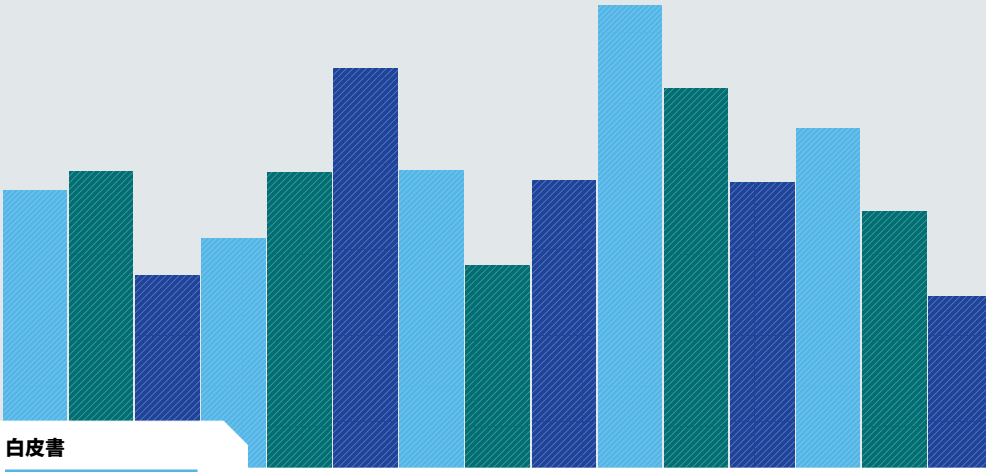




**Harvard
Business
Review**

ANALYTIC SERVICES



白皮書

運用人工智慧和自動化實現創新投資回報

設計製造業



贊助商



業務必備的自動化技術

阻礙創新的因素是什麼？企業往往會採取舊有的行事措施，沿用老方法也往往能夠輕鬆確保正常營運。這種方法的確可簡單進行預測和衡量，但無法讓您突破現狀。創新就像在沒有安全網的情況下走鋼絲，但在自動化的協助下，就像身邊有一位出色的導師，引導您探索全新的可能性。無論您從事於建築、基礎建設、營造還是製造業務，自動化技術都能改變您的工作方式，協助您的團隊探索及發現全新措施。

每當有人問我，自動化和人工智慧是否會讓人們失業時，我會反問他們：「我們已經解決世界上所有問題了嗎？」我們目前正面臨了各項挑戰，工程建設業和製造業的利潤很低，不僅出現勞動力老化的問題，還得努力適應工業化營造、製造回流等全新製造模式帶來的壓力。

自動化是您的好幫手，它能讓您把更多時間專注在解決問題上，而不浪費於繁瑣的工作和解讀大量資料。如今萬事萬物都在收集資料，就連混凝土樑內也安裝了感應器，而人腦顯然無法處理並運用如此大量的資料。人類需要電腦運算的協助，才能探索模式並獲得洞察。

只要透過數位分身、衍生式設計和創新營造流程（例如製造和組合的專用設計 (DFMA)）提供的自動化技術，就能將所有助力都化為實際。數位分身是實體資產（例如汽車、建築或橋樑）的最新動態複本，可以在資產的整個生命週期中吸收和交換資料。透過加入即時的運作資料，數位分身可以獲得所需的行為模式認知來進行模擬和預測，並根據真實世界條件來提供決策參考。

您可以運用衍生式設計來表明您所希望獲得的結果，然後讓公正、原始的運算技術自動建立、測試及評估各種選項。即使您沒有完全採用所傳回的結果，您也可以利用此方式查看您未設想到的情況，進而激發創新和創意，並協助您為複雜的設計問題做出明智決策。

與此同時，DFMA（一系列設計原則的組合）有助於連結從設計到製造的整個流程，為建築環境帶來顛覆性的變革。您與團隊可以運用自動化技術來提高生產力並適應變化，有效協助您實現永續發展目標，包括 2021 年聯合國氣候變遷大會的承諾，及到 2030 年達成所有建築物的淨零排放願景。

所有這些創新都展示了自動化技術的前景。技術創下的未來展望並不是一種奢望，倘若要解決世界上的複雜問題，自動化技術勢必是一項關鍵條件。

Autodesk Research

副總裁

Mike Haley

運用人工智慧和自動化實現創新投資回報

設計製造業

在現今市場環境下，創新能力至關重要。Forrester Research 將技術驅動型的永續創新策略稱為「關鍵任務」，為的是避免業務中斷和因應持續變化；同時還發現，採用這類創新策略的組織，其增長速度相較未採用這類策略的組織快了 2.6 倍。¹

人工智慧 (AI) 和自動化通常被視為創新的關鍵推動因素，不僅能協助組織以永續的方式更有效、更快速完成工作，還能同時降低成本。麥肯錫公司在 2021 年針對 1,843 家全球跨產業組織進行了一項調查。² 該項調查顯示，在 2020 年期間，87% 的組織因採用 AI 而降低了製造成本，69% 的組織降低了產品和 / 或服務的開發成本。2020 年因採用 AI 而提高製造收入的組織達到 63%，而提高產品和 / 或服務開發收入的組織則高達 70%。

New Horizons Studio 團隊位於加州弗里蒙特，負責開發終極機動車輛 (UMV)。現代汽車集團副總裁兼 New Horizons Studio 負責人 John Suh 表示：「現今的業務環境，不論是供應鏈、能源、氣候或客戶期望，都在不斷變化。我認為在這種情況下，想要確保業務增長，創新是必要之舉。我們必須採用新的行事方法，才能因應變化。」

設計與製造業 (D&M) 及工程建設業 (AEC) 正在轉向 AI 和自動化技術的協助，設法透過簡化流程、探索新模式和洞察分析，以及實行資料型決策自動化來推動創新。AI 和數位分身、衍生式設計及製造和組合的專用設計 (DFMA) 等方法，可以釋放員工創造力的潛力，並將創新活動擴展到特定適用案例以外的範疇，進而影響大型組織及其策略方向。

除了同行競爭和客戶壓力，永續發展以及需要吸引精通數位技術的年輕員工等因素，也在推升以創新來促進未來增長的需求。但是，製造業和營造業生態系統中的組織，有時無從確立創新構想，也難以將其化為利潤。促進和實施創新面臨的常見阻礙包括：文化阻力、根深蒂固的商業做法，以及不確定該如何逐步實現創新的流程。

重點介紹

製造業和營造業生態系統中的組織，有時無法判定創新構想是否可行，也難以將其化為實際利潤。

組織若能投資創新、以全新措施來解決陳舊問題，就能大幅推動發展。

人工智慧及數位分身、衍生式設計及製造和組合的專用設計等措施，都能有效協助員工發揮創造力。

倘若 D&M 和 AEC 產業的組織力求將創新化為利潤，就勢必要瞭解自己需要做出哪些變革，才能培育並採納創新，以便成功應對未來市場。組織必須瞭解創新技術對轉型的重要意義，以及創新公司如何藉由採用 AI 和相關技術來獲得優勢。組織還需要加強協同合作，找出可能阻礙創新的各種因素，並利用最佳實踐，參考早期 D&M 和 AEC 產業用以成功轉型創新培育的業務措施和文化。若要確保轉型成功，就要建立多元化的跨部門團隊，並打造以創新為中心的組織架構。

PIX Moving 是一家位於中國貴陽的跨領域公司，專注於開發和製造模組化智慧車輛，其創辦人兼 CEO Angelo Yu 表示：「創新不僅推動了 AEC 和 D&M 的增長，還由下至上顛覆了整個產業。正如 Henry Ford 促進了汽車的廣泛使用，Apple 公司引發了數位時代的蓬勃發展，在設計、工程和製造領域的創新，最終也將改變我們的工作、生活和娛樂方式。」

遭逢壓力，創新以應

Gartner 的報告指出，實現創新需要三個關鍵要素：新穎、執行力和實用成效。³ 在 AEC 和 D&M 產業中，創新能帶來的成效包括大幅縮減時間、成本和風險，同時提升營造和製造流程的永續性。

以 Bryden Wood 為例，這是一家位於倫敦的建築、工程和設計公司，致力於在營造業中發展創新。該公司正在推動各種 AEC 流程的自動化，並實施製造和組合的設計。在種種措施的協助下，公司的資本成本降低了 20% 至 30%，許多專案的時程安排縮短了 20%。傳統設計團隊可能需要 15 個月才能完成的工作，只要兩天即可處理完畢。同樣的，PIX Moving 也採用了 AI 驅動的設計演算法，將一款 3D 列印的自動駕駛滑板底盤平台所需的元件數量減少了 10 倍，並且利用數位製造，將交付週期縮短了 75%。以上僅為其中兩間公司的案例，如今還有更多組織比競爭對手更積極地採用推動創新的流程、技術和思維來創造領先優勢。

無論是製造踏板車還是建造摩天大樓，只要能大幅減少設計、工程和建造所需的資源，便可以帶來超越傳統方法的顯著競爭優勢。Forrester 的調查結果證明，組織若投資創新、採取新措施來解決舊有問題，就能坐享大幅增長。但有跡象表明，這類創新能力也將成為 D&M 和 AEC 產業的生存之道。2020 年 5 月的世界經濟論壇白皮書《在生存競賽中勝出》(Winning the Race for Survival) 指出：「我們可能正面臨『營運達爾文主義』的絕境，僅僅是降低成本，並不足以抗衡其他享有快速製造優勢、推行關鍵數位創新轉型的領導品牌。」客戶、競爭對手和組織員工對組織形成了壓力，更迫使他們力求創新。

儘管競爭和客戶需求形成的壓力已非一日兩日，但許多工業部門在努力吸引新人才的過程中，都感受到了勞動力所帶

來的創新壓力。史丹佛大學土木工程與環境工程教授 Martin Fischer 觀察到：「如今全球各地都需要更多更優秀的人才。年輕人無法忍受從事能靠自動化技術完成的愚蠢工作，他們只會轉身離去。」

「2021 年未來製造業勞動力研究」(The 2021 Future Manufacturing Workforce Study) 是一項由勞動力管理公司 UKG 對 882 名 Z 世代製造業員工進行的調查。該調查發現，94% 的受訪者表示，從事能帶來成就感的工作項目，對其工作滿意度很重要、非常重要或極為重要。四分之三的受訪者同意、有些同意或非常同意製造業的工作條件令人感到不快。

在工業組織嘗試推出吸引新人才的舉措後，原已熟悉製造專業知識的老員工，遇到沒有相關背景但精通數位技術的年輕人才時，產生了一種文化衝突。Culture Consultancy 是一家位於倫敦的文化變革顧問公司，其共同創辦人 Jo Geraghty 表示：「在某些情況下，這種文化衝突會造成大量的隔閡和文化失調，新員工也因此不容易被接納。」組織需要採取一些方法，讓新員工向老員工學習經驗和知識，同時利用新員工的數位技能來更新和轉變流程。

永續發展目標也在加劇了組織面臨的壓力，促使其在採購、材料和流程方面進行創新。投資者、客戶和員工等利害關係人也日益重視單純提高收入之外的其他目標。Bryden Wood 董事兼全球系統主管 Jaimie Johnston 表示：「我們越來越深刻意識到，不能再拖了，我們現在必須馬上執行策略來減少材料、提高材料效率和達成其他目標，尤其永續發展更是刻不容緩。」

政府的命令和獎勵也加重了推行創新的壓力，例如新加坡政府就為創新轉型提供減稅獎勵。從英國到巴西再到墨西哥，各地政府都在強制推行或鼓勵採用建築資訊模型 (BIM)。BIM 是一種建立和管理建築資產資訊的全方位流程，通常是從政府資助的專案開始推行。永續發展需求正逐漸納入到建築法規中，例如加州就提出了某些新住宅和商業建築應使用太陽能板、電池和電動熱泵的新規定。⁴ 《歐洲綠色協議》提案中也包含了新條例，旨在提升幾乎所有實體產品的環保程度，並就永續營造目標實施更嚴格的法規。2021 年在格拉斯哥舉行了聯合國氣候變遷大會，決議聚焦在 2050 年底前實現全球二氧化碳零排放，而此目標對 AEC 和 D&M 組織都會產生影響。例如，水泥和營造價值鏈需要將目前的脫碳速度提高兩倍才能達成此願景。在這次大會中，麥肯錫公司召集了營造業專題討論小組，該小組成員判定，打造創新文化是實現該目標的策略關鍵。⁵

想要因應這個複雜的壓力網，AEC 和 D&M 兩個產業都需要大幅改變常規業務模式。倘若要避免業務中斷、因應長期的氣候變化，並在相關產業加快成長速度，組織需要重新思考內部及其整個生態系統的流程和文化，以確定並致力於新的工作方式。



史丹佛大學土木工程與環境工程教授
Martin Fischer 觀察到，「年輕人無法忍受
從事能靠自動化技術完成的愚蠢工作，
他們只會轉身離去。」

推動創新的關鍵因素

事實證明，技術是推動創新的關鍵因素，除了將日益複雜的演算法和模型用於處理資料，還能為您所選的設計自動執行反覆運算。感應器和攝影機的價格漸漸合理化，再加上運用無線網路、行動網路和雲端收集及累積資料的能力日益成熟下，製造業和營造業的重要資料來源正在快速增加。除了單純使用這些資料來推行現有類比流程的數位化轉型外，組織也大規模以新方式共用數位資訊並就數位資訊進行協同合作，藉此重新安排業務流程，而這種新營運模式的核心即為資訊。AEC 和 D&M 的組織正在利用自動化、AI、數位分身、衍生式設計和 DFMA，來簡化流程、探索新模式和洞察分析，更運用資料來推動決策自動化，進一步培養創新能力、創造業務價值。

AI 必定會對全球整體經濟產生深遠影響。麥肯錫公司建立了一個模型來模擬截至 2030 年 AI 的使用對全球經濟的潛在累積影響，其中還分析了 AI 的使用對於各公司的影響。



麥肯錫公司 2018 年的一份報告指出，企業如未採用 [人工智慧]，其「現金流可能會比目前水準下降約 20%。」

在 2018 年 9 月發佈的《以先進的量化模型推估 AI 對於世界經濟的衝擊》(Notes from the AI frontier: Modeling the impact of AI on the world economy) 報告中，麥肯錫公司的分析師發現截至 2030 年底，率先採用 AI 的企業可能將其現金流 (所得經濟收益減去相關投資和轉型成本) 翻倍，累計變化可達 122%。該報告指出，「假設組織的成本和收入模型並無變化，圖 1 中未採用 AI 組織，其現金流可能會比目前水準下降約 20%。」

AI 技術的規模和速度往往超越人類所能及，只要利用 AI 執行往往依賴人類智慧的工作，就能協力組織創造全新的設計、工程和生產作業流程。以 PIX Moving 為例，該公司正在利用 AI 和自動化來開發系統，以便快速生產隨時做好製造準備的客製化產品。PIX Moving 的 Yu 表示，採用 AI 驅動的設計和數位製造技術，可以減少元件數量、縮短交付週期、減少對供應鏈的依賴、更快速回應客製化需求，並採用無模具的作業方式，而上述種種優勢有效大幅降低了組織的成本。

Yu 還表示，這類由軟體定義的製造系統成功協助 PIX Moving 擺脫傳統汽車製造商所面臨的創新限制因素，不論是超大型工廠、大量投資、高進入門檻、較長的交付週期和費時的流程，例如機床安裝和生產線設置，都會降低迭代速度、產生風險。如果在同樣的汽車設計和生產工作上採用 AI 等工具加以支援，Yu 認為可以將流程「分散化、去中心化、讓使用者投入參與、擺脫模具、減少加工裝置，[讓我們得以] 靈活順應市場變遷。」

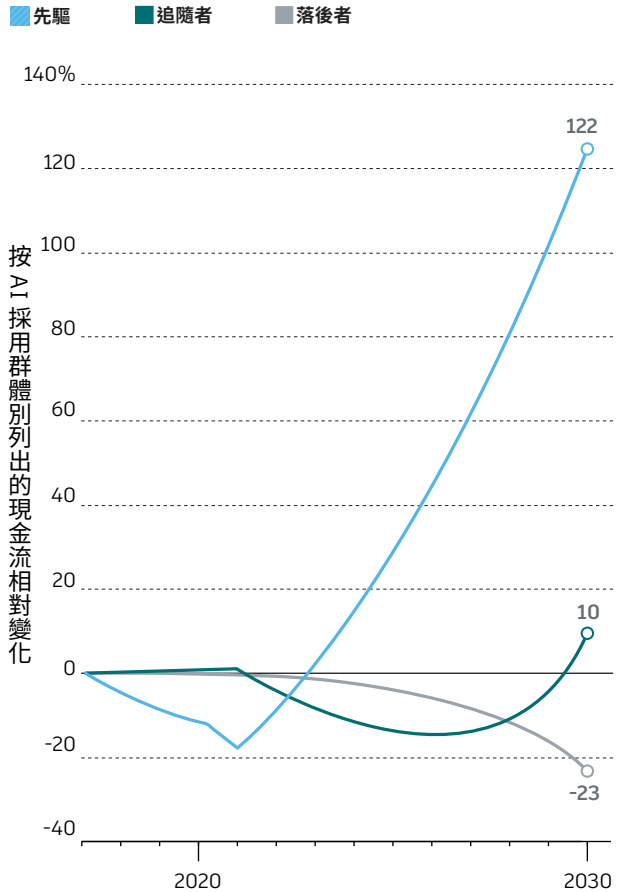
在營造業中，部分最廣泛使用的 AI 應用是進度追蹤和安防保護。營造公司運用起重機和日益普遍的無人機上配置的攝影機，捕捉及分析其影像資料，正大幅減少了編製目前工作狀態 (一項關鍵指標) 報告所需的時間和人員，現在只要短短幾分鐘即可建立報告。

Leighton Asia 是 CIMIC Group 旗下的國際營造承包商，總部位於香港，其數位營造團隊經理 Francseco Tizzani 表示：「在整合式數位技術的輔助下，我們的專案經理可以客觀地評估專

圖 1

早期採用技術所累積的優勢

到 2030 年，率先採用人工智慧的先驅企業可能產生翻倍的現金流量



資料來源：麥肯錫公司，2018 年 9 月

案狀態、生產力和任何風險，並更快速根據資料做出決策以提升安全、績效和成果。這些技術還能減少手動生產報告，讓我們的員工能夠專注於分析智慧型資料，以便改善專案交付。」

Tizzani 表示，Leighton Asia 正在各個領域採用數位化來進行創新，其中就包括了安全領域。例如，Leighton Asia 已經在營造工地試用了其集團內部的軟體創新公司 Nextplore 的安全解決方案。這款解決方案採用 AI 支援的近似偵測攝影機系統來監控禁區 (高風險活動周圍的禁入區域)，並在操作人員或工人進入禁區 (例如為保護人員不被移動設備傷害而設立的禁區) 時發出警報。

但是，許多人認為這些應用僅僅只是一個開端。在 AEC 和 D&M 的設計及生產流程中，從篩選巨量資料、辨識永續發展機

麥肯錫公司的分析師發現，截至 2030 年底，率先採用 AI 的企業可能將其現金流（所得經濟收益減去相關投資和轉型成本）翻倍，累計變化可達 122%。

《AI 前沿注記：用模型分析 AI 對世界經濟的影響》(Notes from the AI frontier: Modeling the impact of AI on the world economy)，麥肯錫公司，2018 年 9 月



Anglian Water @ One Alliance 的數位主管 Jo Vertigan 表示：「我們可以應用 AI 和機器學習來捕捉到資料中的細微差異，進而快速得出新的洞察分析。」

會、從年長員工身上獲取知識，再到執行模擬，AI 都適用於各種創新使用案例。Anglian Water @ One Alliance 是由七家公司組成的合作聯盟，共同參與英國水務公司大部分的資本投資計畫，其數位主管 Jo Vertigan 表示：「這是人類知識和智慧的編纂。我們可以應用 AI 和機器學習來捕捉到資料中的細微差異，進而快速得出新的洞察分析。」

此外，AI 還能快速處理多為問題，例如，將參數最佳化以取得最符合永續發展目標的設計版本，讓人員將注意力集中在適當的領域。

史丹佛大學的 Fischer 教授表示：「我們可以在許多領域推行創新，因為 AI 可以為我們提供洞察分析，有助於優先處理真正重要的事項及最具影響力的領域。」

正如上述範例所示，AEC 和 D&M 的組織正在採用 AI 來發掘新洞察分析，並最佳化各種不同變數的選項，若無技術的輔助，將難以達成這些創新目標。隨著組織開始收集更多更優質的資料，享有的優勢也將呈倍數成長。事實上，Deloitte 的 2020 年「在智慧製造領域啟用 AI」(AI Enablement in Smart Manufacturing) 調查訪問了 110 家中國製造公司的資深管理人員。結果顯示，分別有 54% 和 39% 的受訪者同意和強烈同意，AI 將是製造業增長和創新的關鍵所在。

數位分身將創新思維幻化成真

在 AEC 和 D&M 領域，數位分身也逐漸成為一種創新工具。組織正在利用數位分身打造產品或結構的虛擬化版本，讓設計師和工程師在初始設計過程中使用各種設計、材料和其他變數進行試驗。數位分身具有動態性，可以在虛擬模型上展現真實世界的資料和效能，以此在實體及虛擬環境之間建立了回饋的循環模式。這種循環模式可協助使用者和組織做出更明智的決策、改善其業務措施，進而在營造和製造階段有效減少停工時間、提高投資報酬率 (ROI) 及享有更多優勢。數位分身也有助於延長產品及建築的長期使用壽命。

據 Markets and Markets 的報告指出，2020 年至 2026 年的全球數位分身市場預計將以 58% 的複合年增長率 (CAGR) 增長，即從 2020 年的 31 億美元增長至 2026 年的 482 億美元。⁶ 預計亞太地區的 CAGR 增長最快，而依預測結果顯示，該地區的製造業正是最早採用此技術的全球先驅。

根據倫敦皇家特許測量師學會 (Royal Institution of Chartered Surveyors) 於 2021 年 9 月到 11 月進行的一項全球調查顯示，26% 的受訪者正在使用數位分身，而 18% 的受訪者已開始採取實施數位分身的前期步驟。主要的使用情境包括用以推動資料共享來提升所有利害關係人的執行效率，並用於收

產業洞察分析

應對設計與製造業的創新挑戰

設計與製造 (D&M) 產業具有悠久的創新傳統。然而，將創造新構想的工作指派給多個團隊、建立及測試實體原型，或是進行耗時的市場研究等傳統措施不但難以繼續跟進時代腳步，更缺乏動態調整能力。若要跟上現今市場環境的步調，就勢必要採用新的創新方法來提升速度、擴大合作規模及大幅推行文化變革。

促進文化創新本就並非易事，對於歷久的製造業組織而言，難度又是更上一層。愛荷華大學工業與系統工程教授 Andrew Kusiak 認為，工程創新尚未在學術領域佔有一席之地是目前面臨的其中一項挑戰。他表示：「在創新知識相對薄弱的情況下，公司難以推行策略。」

Culture Consultancy 是一家位於倫敦的文化變革顧問組織，其共同創辦人 Jo Geraghty 表示，近期嘗試引入資料科學等新領域人才的舉措，已經導致文化衝突和不信任的問題。D&M 產業在獲取可供行動參考的資料方面處處受限，且業內組織分享各自資料的意願也不高。本報告所訪談的專家建議 D&M 組織採取以下措施，以便克服創新過程中面臨的挑戰。

建立跨部門團隊。想要培養鼓勵每個員工創新、提升其創新能力的文化，就必須進行謹慎有序的變革。

Geraghty 表示，建立創新中心可能是有效的短期策略，但從長遠來看，D&M 組織需要進行多元的跨領域團隊合作。她任職的顧問公司為一家大型食品製造商的員工展開一項訓練，向不同世代、專業、性別和背景的人員團隊指派了一項創新任務。該訓練大獲成功，製造商因此在更大型的專案中也採用了這種做法。

她表示：「他們確實想出了有效的創新構想，不過最大的優勢在於，每個人都能瞭解到『哦，我看出你的不同想法能帶來什麼價值了。』」

與大專院校及新創公司相互交流。這種協同合作方法可以延伸到組織之外，與學術和商業合作夥伴攜手互助，其中也包括沒有傳統文化負擔的新創公司。New Horizons Studio 團隊位於加州弗里蒙特，負責開發終極機動車輛 (UMV)，其創辦董事兼現代汽車集團副總裁 John Suh 表示，如要避免製造組織之間出現人才搶奪戰，合作可能是特別有效的方法。他的團隊與第三方合作，以便在 UMV 設計方面獲得最創新的想法。在協同合作的模式下，不但能解決智慧財產權 (IP)、專利所有權的歸屬等重要問題，任一合作方也都能從中受益。

Suh 表示：「我們正努力開拓此特定技術領域的限制，希望各個組織都能有所受益，還能將這些優勢運用在其他經濟商機上。我們必須接受在自己資助這項計畫的同時，其他人也能從中得利。」

解決資料問題。共同推動創新發展不僅可以解決 IP 問題，也可以用來解決資料問題。老舊的機械和設備可能尚未適當配置，無法擷取有用的資料。愛荷華大學的 Kusiak 表示，組織即使收集到資料，有時也並不願意共用。假如調整內部政策來因應共用資料的需求以促進合作式創新，或許可以解決這項問題。

提供實驗空間。領導層也需要為員工提供創新空間，不僅要提供時間、投入資源，更要理解到失敗是在所難免。各個層級的員工在共用資訊時，不論資訊涉及的專案成功與否，都不應影響分享資訊時心裡應有的踏實感。支援範圍不僅要擴展至創新失敗、改良和早期實施等完整創新流程，還要進一步延伸到部署階段。新構想往往需要持續採用一段時間，才會廣為接納並完全轉化為獲利。

只要自動化手動工作、發掘可刺激新構想的洞察分析，就能有效運用技術推進創新流程。

接續第 8 頁

產業洞察分析

接續第 7 頁

Culture Consultancy 的 Geraghty 也提倡採用新構想和協同合作工具來擷取和分享經驗。她表示：「許多絕佳的創新想法都來自於一線員工，因為他們是最瞭解現場實地情況的一群人。」

衡量進展。指標有助於讓創新計畫持續進行，以及識別具有前景的計畫。PIX Moving 是一家位於中國貴陽的跨領域技術開發公司，專門研究機器人和自動化領域。該公司會從成本、靈活性、效率、呈現的「革新」程度、使用者體驗，以及對員工的影響等多個方面，評估公司本身的創新計畫。這家製造商的文化，特別注重在員工效率與公平之間取得平衡。公司創辦人兼 CEO Angelo Yu 表示，在這種企業文化背景下，「員工更願意使用機器人等自動化設備來提高日常工作效率，也更願意收集生產資料來推行產品和生產流程自動化。一個能夠迎接未來挑戰的文化正是企業的必備關鍵。」



數位分身具有動態性，可以在虛擬模型上展現真實世界的資料和效能，以此在實體及虛擬環境之間建立了回饋的循環模式。這種循環模式可協助使用者和組織做出更明智的決策、改善其業務措施，進而在營造和製造階段有效減少停工時間、提高投資報酬率 (ROI) 及享有更多優勢。

Leighton Asia 的 Tizzani 很高興能見證公司取得數位分身技術應用的領先地位，他表示：「我們正為客戶建立資產及其數位分身。數位分身最初採用其即將建造之建築的動態 BIM 模型。我們會將專案的多個工作流程整合至模型中，然後根據專案進展輸入相應資料。」 Leighton Asia 不會將資料鎖定在工作表和 2D 圖面中，因此團隊可以使用模型和視覺化報告來協同合作進行變更管理。接著，團隊成員可以利用模擬和機器學習來輔助決策、提高效率及降低重新執行作業。Tizzani 補充道：「在建造完成後，數位分身在資產的整個生命週期中對營運和維護都具有非常重要的作用。」

雖然目前的進展十分樂觀，但倘若要改變 AEC 和 D&M 設計和生產商品及結構的大部分流程，數位身分的潛力仍有待開發。組織可以增加資料收集的數量和種類，為未來的洞察生成和實驗推行奠定穩健基礎。

集即時的現場資料以供決策流程和協同合作使用 (各為 54%)。


東京工業大學環境與社會學院教授兼東京大學未來倡議研究所教授 Yuya Kajikawa 表示：「數位分身將有助於降低設計和展示 [流程] 中部分環節的開發成本，進而有效提高收益。」

Hyundai 的 New Horizons Studio 正在將其 UMV 概念車的數位分身應用到數位模擬世界中，長期目標是在該環境中評估車輛的效能。由於在模擬表面上模仿車輛的擬真牽引力十分複雜，New Horizons 的短期目標是展示在簡化車輛效能的實體性質後，UMV 在各種情境下的使用方式。這種洞察分析可以讓潛在客戶瞭解未來產品的功能並提供意見回饋，然後工程師可以根據回饋來迭代新設計，而無需建立實體原型。

New Horizons 的 Suh 表示：「如果您開發了一種具有新功能的新產品類型，您很難向從未接觸過這種產品類型的人說明它的好處，而未接觸過的人也很難理解這種產品的好處。但是，如果以虛擬的形式與這種產品進行互動，就能夠理解產品的優勢。」模擬設計和材料的使用，也全程在建築過程中為 AEC 組織提供了諸多協助。

「數位分身將有助於降低設計和展示 [流程] 中部分環節的開發成本，進而有效提高收益。」

東京工業大學環境與社會學院教授兼東京大學未來倡議研究所教授 Yuya Kajikawa



現代汽車集團副總裁兼 New Horizons Studio 負責人 John Suh 表示：「如果您開發了一種具有新功能的新產品類型，您很難向從未接觸過這種產品類型的人說明它的好處，而未接觸過的人也很難理解這種產品的好處。但是，如果以虛擬的形式與這種產品進行互動，就能夠理解產品的優勢。」

運用新一代 設計方法推行創新

提高組織創新能力的需求也促使衍生式設計及製造和組合專用的設計得到更多的使用。衍生式設計是一種設計探索流程，可將設計目標、參數和限制條件納入考慮，以便快速產生及測試設計替代方案。DFMA 不僅能在變更成本較低的初期設計階段，協助工程師加入營造作業的考量，還能有助於設計師/建築師、工程師、裝配商、承包商和分包商在設計流程中攜手合作，並同時達到縮短時間、降低專案總成本等目標。舉例來說，建築師可以瞭解每個零件的製造和組合方式，以此將設計最佳化。製造商和裝配商可以提前分享其限制條件，以便建築師或設計師將這些因素納入考量。隨著專案持續進展，高效的設計流程能為下游廠商節省巨額成本、提高效率，創下不少市場優勢。

Bryden Wood 透過多種方式利用衍生式設計在流程中注入創新理念，其中也協助「連續型」建築商在多個地點為同一資產建立不同變化。衍生式設計可以快速產生超過 10 萬種的變化方案，而不是用傳統方法為每個地點個別進行一次性設計方案。如此一來，即可根據客戶的價值驅動因素剔除不合適的設計，最終為每個地點選出不同的理想方案。成功運用此技術後，Bryden Wood 便能掌握最佳設計方案，詢問組織還能達成哪些成果，進一步將衍生式設計的理念提升至新境界。The Forge 是南倫敦的一項淨零碳排商用辦公樓專案，Bryden Wood 則採用自動化設計為 The Forge 的上部結構開發了一組可以快速組合的高度精確零件。

Bryden Wood 的 Johnston 表示：「接著，我們會詢問機械與電氣承包商，『如果您知道上部構造的設計非常精確，所有固定點也都已準確內建於樓板，您會用它來做什麼？』」為了考量柱子的位置異動等在所難免的變化，機械和電氣承包商會在現場透過一系列的單獨作業手動安裝電氣元件。然而，由於上部結構是完全按照設計規格所建立，因此電氣承包商可以在工廠生產包含機械和電氣元件的多用途機電盒，然後用滑輪將這些機電盒快速放置到各自的位置。實際上，承包商可以針對製造和組合進行設計。Johnston 表示：「安裝時間成功從幾個小時壓縮至短短幾分鐘。」同樣的概念也適用於建築外觀元件的安裝，每塊飾板的安裝時間也有效從一小時縮短為七分半鐘。

New Horizons 的 Suh 表示，越來越多生產流程都交由機器人來完成的趨勢下，倘若能在設計階段將製造和自動化裝配流程納入考量，就能創下更多價值。他解釋道：「我們會將自動裝配專用元件的數位模型連結起來，然後將檔案直接傳送給製造和組裝元件的機器人。接著，現場的工作人員會使用簡單的自動化技術，來支援快速且精確地對次組合進行最後組裝。」

AEC 和 D&M 組織透過採用衍生式設計和 DFMA，逐漸提升自己在初期設計流程的產生、測試構想及協力推行構想的能力。有了這種能力，組織便可以開發創新的工作模式，同時大幅降低成本並提高效率。隨著衍生式設計和 DFMA 的應用愈趨廣泛，它們勢必會為 AEC 和 D&M 的端對端流程帶來更緊密的協同合作和更強的凝聚力。



隨著專案持續進展，高效的設計流程能為下游廠商節省巨額成本、提高效率，創下不少市場優勢。

開發永續發展的全新措施

最需要創新的項目可能莫過於推動設計、生產和營造流程的永續發展。政府和客戶要求提升產品、流程和結構永續性的壓力持續增加，因此 AEC 和 D&M 組織將越來越依賴 AI、建模工具和技術來完成新設計，以此在目標、永續設計、材料和經濟因素之間取得平衡。

東京大學教授 Kajikawa 表示：「我們往往需要在環境永續與經濟效率之間權衡利弊。而 AI 和建模技術可以協助人類在複雜的權衡關係中做出決策。」

Capgemini Research Institute 在 2021 年 2 月和 3 月訪問 480 名全球製造業主管，而調查結果顯示，組織已經意識到擴大數位技術（包括自動化、AI/ 機器學習和資料分析）應用範圍能夠帶來的永續發展優勢。以圖 2 為例，受訪者指出，組織在過去兩年內平均減少 15%，在未來的五年內，預計還會再降低 20%。報告顯示，「只要以技術和資料推動創新，就能協助製造商一併解決永續發展和經濟層面的顧慮。」

倫敦大學學院研究院副院長兼營造管理教授 Jacqui Glass 表示：「假設要嘗試消除建築結構的碳排放，就勢必要減少能源使用，但同時還需要留意建築本身及材料隱含的碳排放量。」

她指出，英國巴斯大學的自動化混凝土營造 (Automating Concrete Construction) 專案正是永續創新的一項範例，該專案旨在全程透過定義製造、組合、重複使用及拆除混凝土建築的方式，來大幅提升營造的永續性和生產力。機器學習是 AI 的一個子類別，能夠讓機器自動從過去的資料中學習，而無需專門針對特定用途編寫程式。他們使用機器學習來設計採用混凝土框架的智慧樓板，確保在所需位置使用混凝土來提供足夠的穩定性和強度，將材料使用量減少多達 50%。此外，3D 列印和機器人生產也會提升生產流程的效率。Glass 表示：「這個

良好的範例展示了如何整合各種技術來推動創新，進而提升營造流程的永續性。」

提升製造和營造流程及材料的永續性的需求日益迫切，AEC 和 D&M 組織因此轉而尋求創新，以突破傳統做法的限制。一旦結合了 AI、數位分身、衍生式設計和 DFMA 的方法，就能有效促成新的工作方式，進而消除浪費、加快流程、降低成本，還能創造更具凝聚力、整合更完善的作業形式。

公司若想要發現新方法以在商品和建築的設計及生產過程中減少時間、材料和其他成本，勢必要克服一些重大障礙。AEC 和 D&M 公司必須解決其產業特有的組織、文化和技術挑戰，才能成功為更多創新做法奠定基礎。

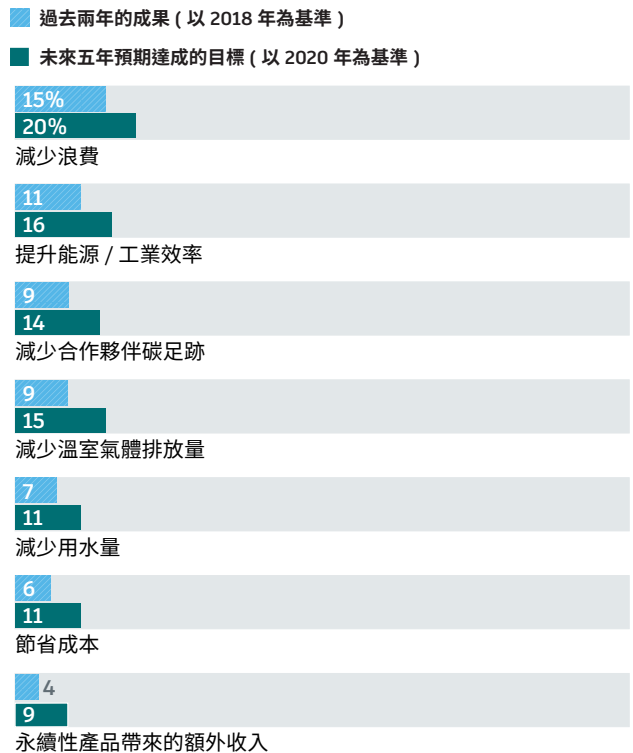
運用創新技術解決複雜挑戰

圖 2

數位投資帶來永續發展優勢

製造商報告稱，他們透過大規模採用自動化和人工智慧 / 機器學習等數位技術獲得了收益

擴大數位技術應用範圍帶來哪些典型的永續發展優勢？



資料來源：Capgemini Research Institute，2021 年

AEC 和 D&M 產業想必隨時都面臨重重挑戰。然而，如今的競爭和客戶壓力、永續發展和勞動力難題以及與日俱增的規定，帶來了前所未見的衝擊。許多人認為，創新是解鎖新材料、新流程和新創意能量的關鍵所在，能有效滿足現今局勢的需求。

創新議題的熱度節節攀升，AEC 和 D&M 組織也開始探索如何運用技術來推動工作模式。AI 和數位分身、衍生式設計、DFMA 等各種方法都推動了機械化流程的自動化，並協助人們探索、測試及實施更好的方式，進而實現組織目標。早期採用這些技術的先驅（包括 Bryden Wood 和 PIX Moving），不僅資本成本大幅降低、設計及生產時間明顯縮短，同時還發現了促進永續發展的材料和方法。

組織也紛紛改變他們的工作方式，以便真正從新技術驅動的創新方法中獲益。以 AEC 而言，倘若要推出一項成功的策略，就要變更合約結構、改進資料的收集和分析，並建立更正式的組織架構，才能將創新引進日常工作環境。在 D&M 領域，組織只要培養更多元的跨部門內部團隊、與大學及新創公司協同合作，並在公司文化設立創新的空間，就能成功培育新構想、將其化為利潤。許多專家相信，組織一旦能克服技術採用的障礙，就能從其整個生態系統的創新策略獲取優勢。

Culture Consultancy 的 Geraghty 指出：「在如今這個時代，想要實現增長，除了創新別無他法。」



Culture Consultancy 的共同創辦人
Jo Geraghty 表示：「在如今這個時代，
想要實現增長，除了創新別無他法。」

尾註

- 1 Forrester Research, 《透過持續創新實現業務價值的增長和差異化》(Grow And Differentiate Business Value Through Continuous Innovation), 2021年5月10日。 <https://www.forrester.com/report/grow-and-differentiate-business-value-through-continuous-innovation/RES165159?objectid=RES165159>。
- 2 麥肯錫公司, 《2021年的人工智慧現狀》(The state of AI in 2021), 2021年12月。 <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Analytics/Our%20Insights/Global%20survey%20The%20state%20of%20AI%20in%202021/Global-survey-The-state-of-AI-in-2021.pdf>。
- 3 Gartner, 《Gartner 指出, 營銷創新費用佔營銷預算的 20% 以上, 但許多營銷商對創新沒有明確定義》(Gartner Says Marketing Innovation Makes Up More Than 20% of Marketing Budgets, Yet Many Marketers Lack a Clear Definition of Innovation), 2021年8月11日。 <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/gartner-says-marketing-innovation-makes-up-more-than-20--of-mark#:~:text=Gartner%20defines%20innovation%20as%20%E2%80%9Cthe,execution%20and%20a%20useful%20outcome>。
- 4 Penn、Ivan, 《加州使新大樓更環保的方案拉高建築成本》(California's Plan to Make New Buildings Greener Will Also Raise Costs), 《紐約時報》(The New York Times), 2021年8月30日。 <https://www.nytimes.com/2021/08/30/business/energy-environment/californias-solar-housing-costs.html>。
- 5 Tony Hansen、Focko Imhorst、Anna Moore 等人, 《建築環境脫碳: OP26 要點》(Decarbonizing the built environment: Takeaways from COP26), McKinsey.com, 2022年1月12日。 <https://www.mckinsey.com/industries/engineering-construction-and-building-materials/our-insights/decarbonizing-the-built-environment-takeaways-from-cop26>。
- 6 Markets and Markets, 《從企業、應用(預測性維護、業務最佳化)、產業(航空、汽車與運輸、醫療保健、基礎建設、能源與公共事業)角度看數字分身市場 - 截至 2027 年的全球預測》(Digital Twin Market by Enterprise, Application (Predictive Maintenance, Business Optimization), Industry (Aerospace, Automotive & Transportation, Healthcare, Infrastructure, Energy & Utilities) and Geography - Global Forecast to 2027), 2020年9月。 https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/digital-twin-market-225269522.html?gclid=EAIaIQobChMI9Mz6vw_A7wIVinZgCh0gBgMFEAAAYASAAEgJQI_D_BwE。



**Harvard
Business
Review**

ANALYTIC SERVICES

關於我們

《哈佛商業評論》分析服務是哈佛商業評論集團旗下的一個獨立商業研究機構，主要針對重大管理挑戰和新興商機進行研究和比較分析。該機構致力於提供商業情報和同儕群體洞察分析，所發布的每一份報告都以原創定量和 / 或定性研究及分析的結果為依據。定量研究是由該機構與 HBR 的全球研究小組 HBR 諮詢委員會聯手進行，定性研究是由該機構與《哈佛商業評論》作者社群和外界的企業資源主管及主題專家共同進行。請傳送電子郵件至 branalyticservices@hbr.org 與我們聯絡。

hbr.org/hbr-analytic-services