

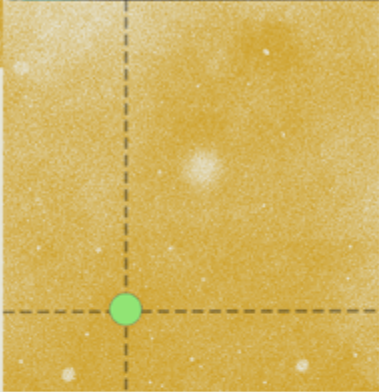
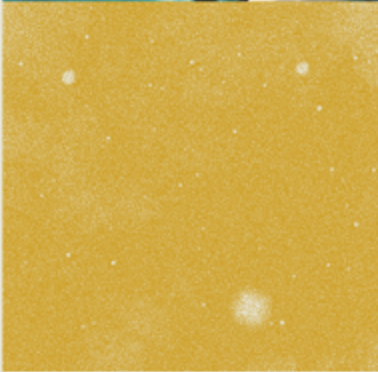
2025 政府趨勢報告

由 Deloitte Center for
Government Insights 所製報告



Deloitte.

勤業眾信



建構韌性治理，擘劃世代改革新局



《2025 政府趨勢報告》精選九大全球政府趨勢，從政策執行力到 AI 應用，全面揭示各國政府在推動轉型與創新過程中的前瞻思維。

伴隨地緣政治、科技創新與氣候變遷等多元因素交織，全球經濟版圖與社會結構正持續重塑，並將政府治理推向愈發複雜之境。氣候變遷等挑戰，加劇能源供應與基礎建設壓力；人口結構轉變則進一步考驗公共服務體系適應力與包容性。面對此局勢，各國政府亟需加速轉型，以確保施政具備足夠的敏捷性與應變力。台灣身處國際關鍵位置，更須在全球競爭與在地需求間取得平衡，重塑公共服務的執行效能與長期韌性，以因應未來的不確定性與變動。

近年來，台灣政府積極推動數位轉型、產業升級與能源轉型，致力於推進政策規劃與落實。在 AI 發展領域，「AI 新十大建設」已納入國家級發展架構，由國發會主導，並結合國科會等跨部會合作推動，涵蓋智慧應用、關鍵技術與基礎設施三大面向。將核心著重於強化台灣在矽光子、量子科技與 AI 機器人等領域之布局，同時推進雲端資料中心與超級電腦等基礎建設，以支撐未來經濟成長與產業升級的需求。

智慧城市計畫則不再侷限於單一領域的數位化，而是進展至交通、能源、醫療、環境監測等系統的互聯互通，利用 IoT、邊緣運算與 AI 分析等科技提升城市治理效率，並強化韌性及安全性能源轉型方面，除積極部署太陽光電、離岸風電與儲能系統，更推動智慧電網與分散式能源管理，以支援再生能源占比提升後的穩定供電需求，並加速老舊基礎建設更新，降低能源浪費與維運成本。

透過跨部會、產官學研協作，以及新型治理模式的導入，台灣正逐步建構具彈性與整合力的公共服務框架，以回應內外部挑戰與發展需求。

本次摘錄報告特別聚焦四大與台灣當前政策高度契合之趨勢，包括提升政策與計畫落實敏捷度、推進 AI 科技於公共服務之應用、加速能源與基礎設施轉型，以強化社會韌性等。藉由 Deloitte 專家觀點與國際案例觀察，期能為台灣提供具體的參考經驗，協助評估並優化施政路徑。

本報告之價值不僅在於呈現全球視野下的前瞻觀點，更期望成為政策對話與行動設計的重要工具。透過借鑑各國創新實踐與挑戰經驗，台灣政府部門將能更精準地識別關鍵成功因素，並在轉型中建立具策略性與協同性的治理框架；進一步協助跨部門與跨層級的政策制定，將國際趨勢轉化為具體可行的行動方案，從而在不確定性中持續提升公共服務的效能與影響力。

勤業眾信聯合會計師事務所

政府與公共事務負責人

陳威棋 資深執行副總經理 Ike Chen



目錄

- 03... 引言：建構韌性治理，擘劃世代改革新局
- 07... 從政策承諾到成果：九大趨勢驅動政府提升施政力
- 17... 效益導向治理：兼顧預算管理與服務品質
- 35... 實現 AI 於政府的價值
- 47... 前瞻基礎建設的準時交付與成本控管
- 63... 邁向能源韌性的未來
- 78... 聯絡我們





從政策承諾到成果：九大趨勢 驅動政府提升施政力

在當前地緣政治緊張與多重挑戰並存的環境下，全球各國政府正積極透過科技、創新與協作的策略運用，提升公共服務品質並應對複雜局勢。

面對住房可負擔性、能源韌性與經濟繁榮等多元且迫切的課題，領導者們不單著眼於推動大型計畫或基礎建設，更關注如何從根本上改革治理機制，以加快施政速度、提升成效與效率，縮小政策願景與落實能力之間的差距。

在公民期望不斷攀升、科技快速且難以預測地發展的時代，政府承受的施政壓力更是前所未有¹。這不只是對治理品質的要求，亦是對徹底翻轉公共管理模式的強烈呼籲。唯有具備更高的敏捷性與回應能力，政府方能應對日益多元且複雜的挑戰。

鑒此，如何縮短承諾與成果間的落差，已成為各國無可迴避的核心議題，領袖們正致力於強化施政能力，期望重新定義現今「有效治理」的真正意涵。

時刻進化的施政挑戰

政府在施政上面臨挑戰並非新鮮事，而能否有效交付成果，自古以來更是確立政府正當性的關鍵。數十年前，許多國家便已開始建立高度結構化的執行方式，著重縮短政策設計與實際落地之間的落差，以提升施政執行力²。

以美國為例，2001年推出的《總統管理議程》(The President's Management Agenda)便奠定了提升政府效率之基礎，強調問責制度與執行力³。同年，英國成立「首相服務傳送單位」(The Prime Minister's Delivery Unit)，負責監督並加速公共服務改革之落實。加拿大、澳洲、沙烏地阿拉伯、迦納及哥斯大黎加等國家也紛紛仿效，成立類似機構。這些單位聚焦於交付可衡量的成果，並導入績效指標，以提升公共服務品質⁴。

儘管這些早期的努力確實取得一定成效，但隨著時間推移，政治領導層對施政執行的關注度卻逐漸減弱，許多施政單位在數年內便遭裁撤⁵。如今，施政能力再度成為眾多政治領袖的優先議題⁶。然而，當前的政府運作環境早已大不相同，尤其挑戰與機會並存、交織而來：

- **公信力下降：**各國政府正處於動盪局勢，一方面面對公民期望不斷攀升，另一方面卻遭遇對大型機構信任感下滑的雙重壓力。信任流失可能限制創新，並削弱政府在應對重大社會問題時所需的行動力⁷。然而，政府若能持續展現透明、問責、高效且具同理心之作為，便有機會重建大眾信任，並展現其有效交付服務與回應需求的能力。

- **數位化期望提升：**儘管近年已有所進展，政府的數位服務整體卻仍落後於民間企業⁸。面對數位化需求快速成長，許多政府開始加強對「顧客體驗」與「數位交付」的投入⁹。透過設計高效率、具吸引力且易於使用的數位互動介面，政府能讓民眾更順暢地取得服務，並提升即時性¹⁰。
- **人工智慧 (AI) 崛起：**AI 的應用正為公共服務的傳遞開啟新時代，且有望徹底地革新專案、服務與政策推行模式，帶來前所未有的生產力與效率。政府若能投入資源擴展 AI 能力、提升數據可用性，並確保 AI 保持高度可信賴，將能在 AI 驅動的環境中脫穎而出；反之，若無法及時跟上此轉變，將可能被時代淘汰¹¹。
- **複雜的跨界挑戰：**當今最棘手的問題不外乎跨越傳統界線，需要政府與民間攜手合作方能解決。若政府願意建立跨部門、跨產業的合作關係，並善用不同組織的優勢，將能大幅提升「使命達成」的成效¹²。

在這個複雜多變的時代，政府必須擁抱轉型，培養持續改善、問責與創新之文化。而有效的領導力正是轉型的核心，領導者亟需成為變革的推手，將結果導向的思維注入政府各個層級，並優先培養組織的適應能力，確保在不斷演變的挑戰中，依然能維持敏捷與韌性。

施政工具箱：多元解方強化政府執行力

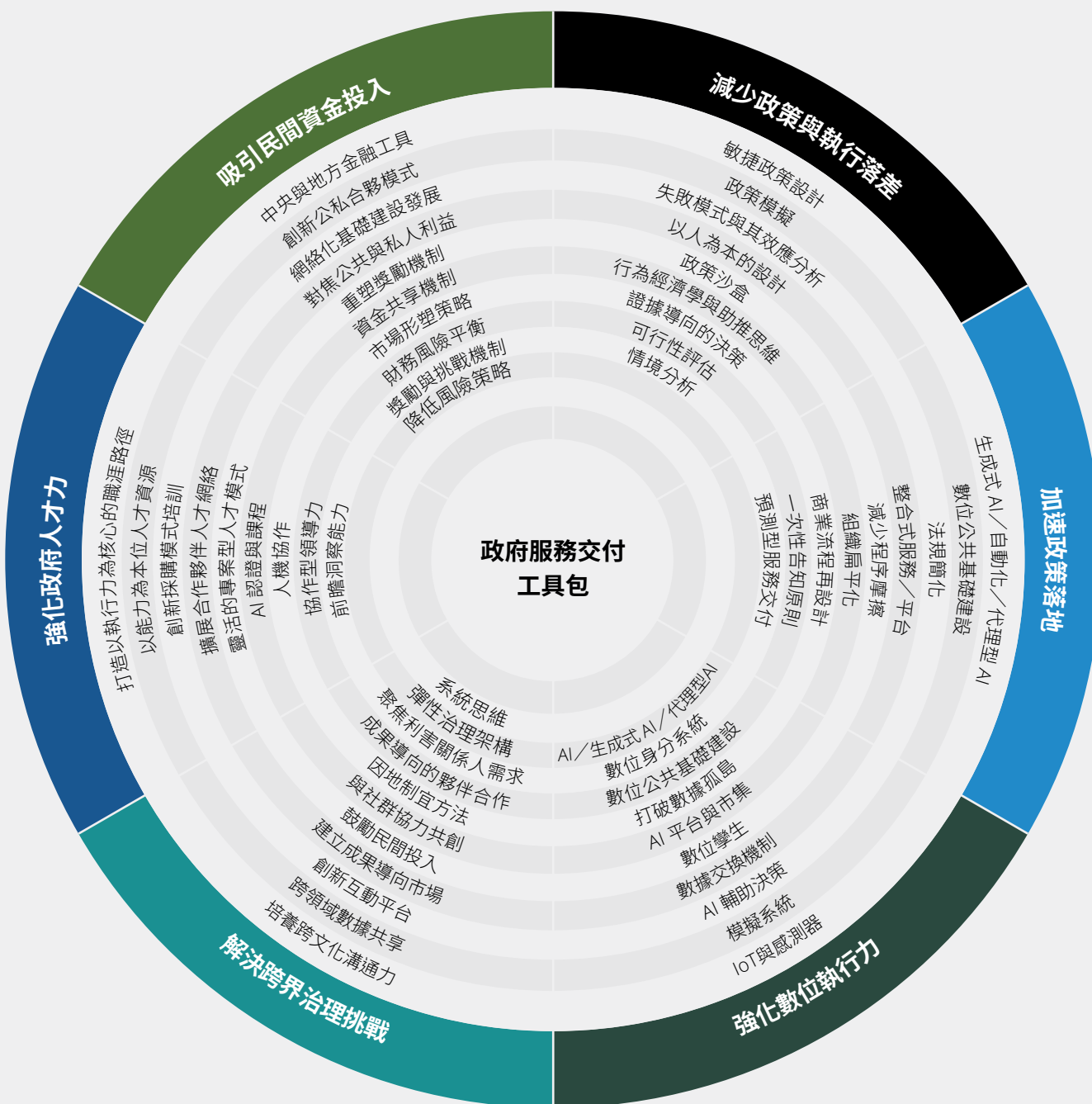
在撰寫本報告的過程中，團隊觀察到，全球各層級的政府正靈活運用多項工具與策略，應對包括縮小政策與執行落差、加快施政速度、解決跨境複雜議題，以及強化數位服務能力等多重挑戰。

縮小政策與執行落差：許多施政挑戰的根源在於政策設計與實際落地之間的脫節，尤其當制定與執行的過程缺乏有效銜接時，問題將更為突出¹³。造成此現象的一大原因便是政策制定與實務執行之間的結構性分工，通常係由一組團隊負責政策擬定，另一組負責執行，另有其他團隊負責監督，然而彼此間卻又缺乏充分的溝通¹⁴。

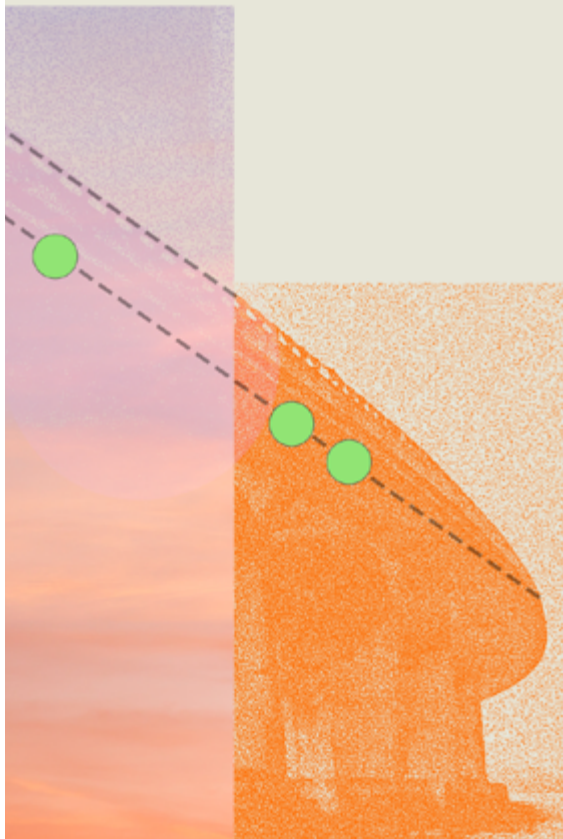
為解決這項長期存在的問題，許多政府正導入新興科技、數據洞察、敏捷開發、共創模式與行為洞察等解方，以提升政策的有效性¹⁵。例如，美國佛羅里達州布勞沃德縣 (Broward County) 運用「數位孿生」技術，預測極端天氣對基礎設施的影響，進而進行更精準的規劃¹⁶；英國的「行為洞察團隊」(The United Kingdom's Behavioral Insights team, BIT) 則透過將退休金登記改為自動加入（而非自願選擇）的方式，有效提升民眾的參與率¹⁷。

圖 1

破解施政挑戰：提升落地效能的工具與策略



資料來源：Deloitte analysis.



加速施政執行：傳統的官僚流程、組織結構，以及繁複的法規與文件要求，正是削弱政府系統敏捷性的原因之一。為解決此問題，那些具有前瞻思維的政府正透過重整工作流程、整合資料系統與簡化組織架構，以提升整體運作效率。以阿拉伯聯合大公國為例，其推行的「零官僚政府計畫」(The UAE's Zero Government Bureaucracy program) 旨在整併相似流程、刪除冗餘步驟、採納企業最佳實務、重新檢視既有流程管理，並運用數位工具實現自動化與加速作業，使流程更簡單、快速且高效¹⁸。

提升 AI 與數位服務能力：儘管各國政府在數位轉型上已有顯著進展，但仍可藉由強化數位基礎建設進一步提升效率。AI 的快速發展正促使政府重新檢視既有官僚架構，並透過數位身分系統、資料交換平台、新興服務平台與顧客體驗工具等數位解決方案，全面提升服務品質與交付效能。

解決跨域問題：面對跨領域且複雜的挑戰，領導者們正積極與不同利害關係人協作，藉由理解其優先事項、整合解決方案生態系，並明確界定各單位之角色，推動協同合作。舉例來說，澳洲已成為推動創新公私部門協力的標竿國家，現今更是積極鼓勵企業投資開發新世代能源基礎設施¹⁹。

強化政府人才能力：全球各國正投入資源吸引、留任並培育人才，以協助公務體系應對不斷演變的挑戰。在 AI 時代，公部門的生產力與人機協作平衡更是成為焦點²⁰。政府必須優先推進機關內部協作，並與生態系內的利害關係人建立密切連結。以新加坡為例，其推出多項 AI 解決方案，協助公務員自動化日常作業並加速大量數據檢索，除顯著提升生產力外，更減少近半數的行政作業時間²¹。

吸引民間資金投入：在資本密集且攸關民生的領域，政府極可能面臨資金與融資機制不足，以及民間合作夥伴因認為風險過高而卻步，導致專案推動受阻之情況²²。為解決此問題，部分領先的政府正採取創新策略以降低投資風險，例如，開發新型金融工具以吸引資金並催生新市場。其中，印度便率先推行「混合年金收益模式」(Hybrid-annuity revenue models) 收益模式，成功吸引民間參與高速公路建設專案²³。

九大趨勢改變 2025 政府治理

自 2019 年起，Deloitte 政府洞察中心（Center for Government Insights）每年發布《政府趨勢》報告，持續關注並分析對全球治理具深度影響之關鍵議題。其中，數位政府等主題多年來保持重要地位，而生活品質與 AI 則在近年迅速崛起。2025 年，本報告聚焦九大趨勢，呈現各國政府如何回應施政執行的多元挑戰。

跨領域趨勢

效益導向治理：兼顧預算管理與服務品質

在財政壓力下，許多政府單位正從過去僅做小幅改革或短期節省成本的方式，轉變為從根本重新調整施政方式與資源運用模式。透過持續提升效率、進行組織變革，以及防止舞弊、過度支出和資金浪費，政府不僅得以簡化流程、善用資源，還能夠為長期且穩健的財務基礎打下基石。

現況：政府正從削減短期成本轉向永續策略，利用 AI、優化組織架構，並藉數位工具與結構轉型來提升效率、降低成本、改善服務品質，同時杜絕長期存在的舞弊問題，實現長期穩健的財務品質。

實現 AI 於政府的價值

AI 有望協助政府在有限預算與不斷攀升的公民期望間取得平衡。然而，若欲真正發揮 AI 價值，政府不僅需導入技術，還必須具備合適的技術平台、完善的人才培訓，以及跨部門和外部合作夥伴關係，方能推動 AI 在組織內大規模的落地。隨著生成式 AI 與代理型 AI 逐漸擴大在政府部門中的應用，當前正是全面導入的最佳時機。

現況：許多政府正推進以員工為主導的 AI 應用，包括導入 AI 平台、提升同仁 AI 素養、部署代理型 AI，並建立治理框架，以兼顧創新與公部門責任，推動 AI 解決方案規模化落地。

簡化政府繁文縟節

各國政府正努力在維護公共利益的同時，降低監管與行政負擔。透過流程優化、人才培訓、利害關係人參與，以及數位工具應用，政府能改善監管體驗、推動商業創新、簡化民眾取得服務的流程，並減少不必要的阻力。同時，平衡監管需求與行政效率，將有助於更有效地達成施政目標。

現況：政府正運用以人為本的設計理念、規範工程（Norm Engineering）、AI 與其他商業工具，來刪減冗餘的流程和文書作業，整合數據、降低分歧，為民眾與企業提供更優質的服務，同時減輕公務員在遵循規範時的無效負擔。

公共服務現代化

公共服務的數位與實體互動設計，常對施政執行造成挑戰，並顯著影響民眾滿意度²⁴。透過持續優化流程、引入創新數位工具與新興技術（例如，數位身分與 AI），政府能重新設計服務體驗並簡化複雜的互動流程，尤其聚焦在「高接觸」（High-touch）服務場景，以提升使用者體驗並建立公眾信任。

現況：推動創新的政府單位正示範如何結合小規模、精準的流程更新與全面性的服務系統再設計，以更快速且具成本效益的方式優化高接觸服務。

產業領域趨勢

前瞻基礎建設的準時交付與成本控管

雖然基礎建設是現代生活不可或缺的基礎，但專案卻仍常面臨延宕、超支，或難以跟上社會需求變化之問題。具前瞻視野的政府領袖正積極採用新技術與新流程，優化基礎建設開發的每一道環節。

現況：各國政府正導入「數位孿生」及其他創新技術，以提升專案規劃與設計之精準度，同時簡化企業與政府間的互動流程；並透過重新分配財務風險，吸引民間參與，培養具備未來建設能力之人才。

實現優質生活

提升經濟與社會條件，推進公民全方位發展，是政府的重要使命。而領先的政府正在重新設計政策介入之方式，以改善基本服務的可及性與可負擔性，並在實體與數位層面打造符合公民需求的基礎建設。

現況：全球政府正重新檢視政策與合作關係，讓從住宅到高速網路等基本服務更加普惠可及。同時透過基礎建設投資和新專案推動，促進社會連結、減少孤立感，打造更有活力、參與度更高的社區。

邁向能源韌性的未來

隨著全球能源需求持續上升，非傳統能源方案的加入正推動能源產業轉型。而政府正把握此機會，採取整合性策略管理能源供需，推動能源組合多元化，並建設韌性電網，以確保長期能源之安全。

現況：政府，正加強協調能源策略、政策與法規，以實現能源韌性與安全；投資符合未來需求的能源基礎設施；並在社區層級強化能源韌性。

迎接未來就業市場

儘管科技快速發展創造出新興工作機會，卻也對現有職位造成衝擊，使培養具未來性的勞動力成為迫切的課題。在 AI 與自動化重塑職場的背景下，將勞動力發展與瞬息萬變的市場需求緊密結合尤為關鍵。

現況：政府機構正運用數據分析以及與產業合作，推動勞動力轉型。透過擴大學徒制與創新教育模式，縮小勞工技能與雇主需求間的落差。

推進太空發展成長

太空發展在經濟、科學與國防安全方面具有極大的潛力。太空產業與國家航太機構正處在為社會與經濟帶來全新價值的關鍵時刻。具前瞻性的政府正積極投入市場開發、優化監管制度，並促進新型國際合作，以加速成果落地。

現況：各國持續擴大太空預算（尤其在國防領域），並將多數資金用於推動商業太空產業發展。同時，政府也正檢視國家法規與國際合作模式，以培育新市場與新機會；然而，地緣政治的緊張局勢仍可能影響未來太空產業的發展。

參考資料

1. Edelman, "2023 Edelman Trust Barometer: Navigating a polarized world," January 2023.
2. For reference, see Michael Barber, "Instruction to deliver: Fighting to transform Britain's Public Services," Methuen, 2008; William D. Eggers and John O'Leary, *If We Can Put a Man on the Moon: Getting Big Things Done in Government* (Massachusetts, United States: Harvard Business Press, 2009).
3. Congressional Research Service, "The president's management agenda: A brief introduction," Jan. 27, 2009.
4. Michelle Clement, "The art of delivery: The Prime Minister's Delivery Unit 2001–2005," Gov.uk History of Government, Aug. 26, 2022.
5. Jen Gold, "Tracking delivery: Global trends and warning signs in delivery units," Institute of Government, accessed, Feb. 3, 2025.
6. Clement, "The art of delivery."
7. Gold, "Tracking delivery."
8. There are multiple delivery-focused initiatives that have cropped up globally recently including, in the United States, the United Kingdom, and Canada. See more in UK's Civil Service People Plan 2024–2027; Canada's Canadian Global Leadership: Excellence in public service delivery; and Jennifer Pahlka and Andrew Greenway, "A state capacity agenda for 2025," Niskanen Center, Dec. 20, 2024.
9. Edelman, "2025 Edelman Trust Barometer," accessed April 4, 2025.
10. William D. Eggers et al., "Digital government and citizen experience survey," *Deloitte Insights*, April 2023.
11. William D. Eggers et al., "Government Trends 2024," *Deloitte Insights*, March 25, 2024; Joe Mariani, "The building blocks of monumental government service delivery," *Deloitte Insights*, Feb. 29, 2024.
12. Mahesh Kelkar, Joshua Knight, and William D. Eggers, "The virtuous cycle of digital customer experience and trust in government," *Deloitte Insights*, Sept. 12, 2023.
13. Mahesh Kelkar, Nihar Dalmia, Gustav Jeppesen, Monica McEwen, and Joe Mariani, "Unleashing productivity in government," *Deloitte Insights*, March 25, 2024.
14. John O'Leary, "Crossing boundaries to transform mission effectiveness," *Deloitte Insights*, March 24, 2024.
15. Eggers and O'Leary, *If We Can Put a Man on the Moon: Getting Big Things Done in Government*.
16. Nancy Scola, "Why government's still struggling with digital, with Jen Pahlka," Substack, July 23, 2021.
17. William D. Eggers, Paul Bien, Shannon Lundquist, Maximilian Lennart Nagel, and Pankaj Kishnani, "Government's newfound agility," *Deloitte Insights*, March 24, 2024.
18. Broward Metropolitan Planning Organization, "Smart Metro: Transforming our region with AI and advanced analytics," accessed April 2, 2025.
19. Broward Metropolitan Planning Organization, "Annual report 2023–2024: Mapping the future of transportation," July 2024; Rob Hardcastle, "How can we incentivize pension saving? A behavioural perspective," Department for Work and Pensions, 2012.
20. William D. Eggers, Felix Dinnessen, Tsuyoshi Kono, Mark Price, and Glynis Rodrigues, "Government at warp speed," *Deloitte Insights*, March 25, 2024.
21. Australia - Australian Government Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water, "Rewiring the Nation," Oct. 14, 2024.
22. Eggers et al., "Government Trends 2024."
23. Bryan Ong and Gary Chew, "Pairing with AI for public sector impact in Singapore," Singapore Global Centre, Sept. 26, 2024; Open Government Products, "Pair," accessed Nov. 13, 2024.
24. John O'Leary, Micheal Flynn, and Sushumna Agarwal, "The future of infrastructure: A survey of infrastructure trends," *Deloitte Insights*, accessed April 4, 2025.
25. Dinesh Shiwakoti and Devayan Dey, "The hybrid annuity model for public-private partnerships in India's road sector," ADP South Asia Working Paper Series No. 94, August 2022.
26. William D. Eggers, Jean Gil Barroca, David Noone, Pankaj Kishnani, and Mahesh Kelkar, "The digital citizen: A global survey of how people perceive government digital services," *Deloitte Insights*, 2023.

致謝

The authors would like to thank **Bruce Chew**, **Suguna Sundaravadivel**, and **Joe Mariani** for providing feedback and suggestions at critical junctures.

關於作者

William D. Eggers

weggers@deloitte.com

William D. Eggers is the executive director of Deloitte's Center for Government Insights, where he is responsible for the firm's public sector thought leadership. His most recent book is *Bridgebuilders: How Government Can Transcend Boundaries to Solve Big Problems*.

Beth McGrath

bmcgrath@deloitte.com

Beth McGrath is Deloitte's global leader for Government and Public Services (GPS). In her role, she is committed to strengthening synergies across global industries and GPS with a focus on client mission needs and solutions. McGrath has broad, multidisciplinary, strategic, and operational management experience acquired from more than 25 years of successful performance in the United States government sector. As a member of Deloitte's Strategy practice, she advises government and commercial organizations on strategies that help further innovation and improve business operations.

Jennifer J. Walcott

jwalcott@deloitte.com

Jennifer J. Walcott leads Deloitte's US national GPS industry, where she serves clients from federal, state, and local government, higher education institutions, and nonprofit agencies. Walcott has been immersed in mission-centric client service work for more than 25 years, supporting every federal cabinet-level agency and more than 10 states. Previously at Deloitte, she led a cross-functional team in developing innovative market capabilities and solutions to meet the emerging needs of our GPS clients.





效益導向治理：兼顧預算管理與服務品質

各國政府已不再僅是針對預算進行小幅調整，而是從根本改變施政運作模式，以提升服務效率並創造更高的公共價值。

近年來，全球各國面臨的財政壓力不斷升高，原因包括稅收成長放緩、醫療與社會福利支出增加，以及政府債務利息負擔攀升等，許多政府意識到其財政發展正陷入難永續經營的路徑¹（詳見〈財政吃緊之際：化壓力為改革推力〉）。

意識到這點後，許多政府不再僅靠調整預算補救，而是著手從根本翻轉施政運作的經濟模式，重新思考「如何完成任務」，並採取一系列長期可行、能同時降本與增效的作法。

在面臨預算短缺的情況下，政府通常會採取短期措施以暫時減少支出，例如凍結招募、限制差旅、延後培訓、維護與 IT 現代化等投資。儘管這些「臨時補丁」能立即展現成效，但因無法改變成本結構，長期下來反而可能削弱組織效率²。

此外，全球公民對於納稅人的稅款的使用方式愈發關注³。政府若期望在滿足民眾服務期望的同時，長期穩定地降低成本，勢必需要採取更加整合且全面的策略，而不只是傳統的削減支出。

本章將探討政府如何運用多元工具與關鍵策略，實現長期成本降低。與傳統的節流不同，這些作法將從整體組織與服務角度進行檢視（如圖 1 所示），並分為三大類別：

營運效率：重新思考「怎麼做」

透過導入 AI 等新科技，從根本改變服務提供的成本結構。同時推動流程再造以簡化作業、優化內部系統，並落實減少浪費、杜絕舞弊與防止資源濫用。

結構轉型：重新思考「誰來做」

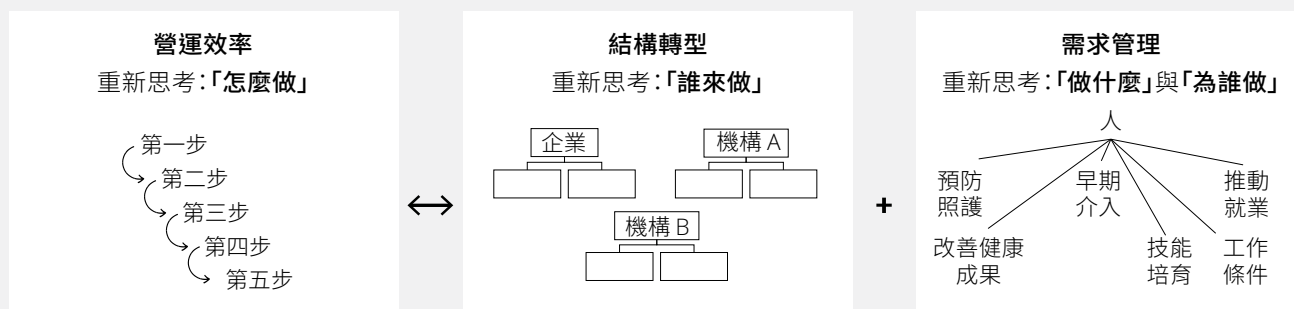
改變組織與營運模式，重新定義公部門的服務交付方式。策略可能包含機構合併、組織重整、共享服務模式，以及各類公私單位協作或民營化方案，以因應公共領域的挑戰。

需求管理：重新思考「做什麼」和「為誰做」

該些策略旨在確保真正有需求者能在獲得必要服務的同時，降低對特定計畫之依賴或需求。這在醫療與社會福利等政府開支占比不斷上升的領域中尤其有效。

圖 1

政府成本優化策略



資料來源：Deloitte analysis.

財政吃緊之際：化壓力為改革推力

截至 2024 年第 4 季，全球政府債務總額已攀升至前所未有的 95.3 兆美元，當年度全球 GDP 預估則為 109.5 兆美元⁴。根據國際貨幣基金（International Monetary Fund, IMF）預測，若目前趨勢持續，全球公共債務在 2024 年底可能突破 100 兆美元，並在本世紀末使債務在全球 GDP 的占比達到近 100%⁵。

自 2019 年以來，法國債務占 GDP 比例已達 98%，並於 2024 年進一步升至 112%。

此上升的主因包含因應 COVID-19 疫情與俄烏戰爭帶來的經濟衝擊而增加支出⁶，進而推高借貸成本並削弱投資者信心。而英國亦面臨類似困境，截至 2024 年 3 月的財政年度，其借貸金額達 1,311 億英鎊，債務占 GDP 比例達 100%⁷。

美國由公眾持有的政府債務正逼近 27.5 兆美元⁸，相當於國內生產毛額（GDP）的 100%⁹。2024 年，國債利息支出在現代歷史上首次超過國防支出，而且利息成本預計還將持續上升¹⁰。美國政府責任署（The US Government Accountability Office, GAO）指出，長期

財政預測顯示「當前的聯邦財政難以永續經營」¹¹。

財政壓力亦波及全球各地。加拿大省級合併赤字自 2023 年的 106 億加幣增加至 2024 年的 279 億加幣，且省級總債務預計在 2025 年增加逾 650 億加幣，創下歷年最大年度增幅¹²。美國部分州政府更同樣面臨預算短缺的挑戰¹³。

財政緊箍咒：揭開成本控管困境

政府在推行成本控管時，可能面臨多重挑戰——有些是長年存在的結構性問題，有些則是近年才浮現，更有些可能在未來加劇：

- **人口老化推升社會福利支出：**2022 年，經濟合作暨發展組織（Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD）成員國的社會福利計畫平均支出約占 GDP 的 21%¹⁴。該些計畫提供廣泛福利，且在政治上普遍受到支持，卻也進一步壓縮到可靈活運用於其他計畫之資源¹⁵。

- **服務需求與成本同步攀升：**醫療保健與教育等領域的服務需求持續增加，而提供這些服務的成本亦隨之水漲船高。
- **長期方案難以獲得前期投資：**公共預算常受多方限制，難以撥出足夠資金推動重大改善，尤其當投資成效無法在當屆政府任期內顯現時，更難取得政治支持。
- **領導者的風險規避心態：**在推動根本性改革或採取關閉公共設施等重大措施時，領導者常因擔憂計畫失敗引發輿論反彈或負面觀感，而傾向採用熟悉且受過往驗證有效之短期補救方案。
- **技術債務影響現代化升級¹⁶：**維護老舊技術系統的成本通常較為高昂，不僅壓縮投資新科技的空間，也限制了運用尖端技術來優化作業流程的能力¹⁷。
- **採購流程低效導致浪費：**全球各國政府每年在產品、服務與公共工程上的支出高達 13 兆美元，但低效率的採購流程卻可能造成高達四分之一的資源浪費¹⁸。
- **組織孤島與服務重疊：**分隔式的組織架構、重複的服務項目，以及缺乏統一的規劃與問責機制，不僅降低決策效率，更削弱節省成本的可能性。
- **成本資訊不足：**若缺乏準確且完整的數據，可能導致領導者難以掌握政府運作的真實成本，進而無法制定有所依據的策略決策。

趨勢實踐

營運效率

目標：透過投資科技工具，提升員工與流程的效率及生產力，同時優化公共服務體驗。

新一代數位解決方案為公部門的運作改革開啟了嶄新契機。正如企業透過 AI 與多元數位科技創造可觀的市場價值一樣，這些技術同樣能為公共領域注入動能、提升整體價值。

然而，要將這些方法有效落地並非易事，其通常涉及科技投資、立法改革，甚至組織文化轉型等大規模變革。儘管如此，當這些科技成功導入後，最終可望帶來成倍的投資報酬。

AI 驅動效率革命：開啟生產力與營運新時代

生產力的核心在於以相同資源創造更高產出。伴隨著科技大幅提升民間產業效率，社會大眾對政府也逐漸產生相同的期待——期望公部門能以更高效、更具成本效益的方式提供服務。

AI、生成式 AI 及代理型 AI 等新興科技，正為公私部門帶來全新的成本管理模式。據 Microsoft 研究顯示，跨產業中有 70% 的員工認為 AI 有助提升工作效率，且在研究、資訊摘要與內容優化等流程上，平均加快約 29% 的完成速度¹⁹。

同時，自動化任務的成本正快速下降：過去導入 AI 需投入大量資金與專業技能，如今新一代 AI 平台需部署之資源與成本已大幅降低。這些數位工具正從根本上改變服務傳遞與工作之模式，使政府單位得以達成事半功倍之效果。

此外，領導者可運用這些科技優化現有運作，甚至開創全新施政模式。例如，數位孿生可協助改善工作流程並進行政策情境模擬；AI 驅動的流程與服務再設計，則能協助領導者探索並實現組織運作的最佳化可能性。

總體而言，許多政府流程與系統透過科技應用可獲得提升效率之潛力。對領導者而言，關鍵在於如何精準識別並導入最適科技解方、重塑業務流程以增加成本效益，並調整人才政策，藉由成果導向的方式充分釋放員工潛能。

超越 AI 的應用

- 英國斯溫頓區議會 (Swindon Borough Council) 開發一款生成式 AI 應用程式，其可將繁瑣複雜的政府公文轉換成淺顯易懂的格式，協助有學習障礙的民眾更容易理解內容。同時，該工具支援 75 種語言翻譯，將翻譯成本從每頁 120 英鎊大幅降低至不到 0.1 英鎊²⁰。
- 澳洲數位轉型局 (The Digital Transformation Agency of Australia) 在六個月的時間內，為 60 多個政府單位、超過 7,600 名員工開放 Microsoft 365 Copilot，並藉此觀察生成式 AI 對員工生產力之影響。結果顯示，該工具平均每天可為每位員工節省約 1 小時的行政作業時間²¹。
- 巴西國家財政部 (National Treasury of Brazil) 於 2023 年推出名為 PagTeseuro-GRU 的數位工具，協助那些尚未有自有系統的單位自動化稅款繳納流程。該平台每日處理 27,000 筆申請，顯著地縮短了政府費用的處理時間²²。
- 在醫療健保支出占政府財政大宗的情況下，各國政府正積極導入新科技，期望以此提升醫療服務效率並降低成本。根據國際數據資訊公司 (International Data Corporation, IDC) 預估，生成式 AI 將可替醫護人員釋出約 10% 的工作時間，而光是在日本以外的亞太地區，每年即可節省近 1,000 億美元的醫療支出²³。

自動化應用

- 英國北蒂斯河與哈特爾浦國民保健署信託基金 (North Tees and Hartlepool NHS Foundation Trust) 自 2015 年啟動轉型計畫，不僅推動紙本系統數位化，亦為臨床醫師導入強化決策支援工具，透過電子處方與藥物管理系統優化急診與住院病房流程。在系統上線後，管理單位回報藥物錯誤率大幅下降，每年更替護理人員釋放出近 20,000 小時的時間，使其能投入更多心力於直接性的病患照護²⁴。

- 美國俄亥俄州導入一套機器人流程自動化工具，協助辦理醫療補助 (Medicaid)、補充營養援助 (SNAP) 與貧困家庭臨時援助 (TANF) 等計畫之個案工作人員，藉此簡化繁複行政作業。同時，州立矯正與更生局 (The Department of Rehabilitation and Correction) 亦採用此技術，將新入監人數的數據直接整合進入俄亥俄州福利系統，自動更新個案資訊、重新判定資格，並將後續需要處理的案件報告交付縣級人員。此機器人每月可審核約 4,000 筆新入監警示，其中 60% 能在 24 小時內完成處理，而其餘需要更多情境判斷的案件則自動轉交人工審核，確保複雜的資格決策仍保有人為把關的安全機制²⁵。

科技基礎建設

- 面對重複性作業帶來的高成本壓力，許多政府開始將焦點放在科技基礎建設的升級上，藉此推動轉型。以印尼為例，政府正著手把全國約 27,000 個應用程式整合成一個「超級應用」(Super App)，讓民眾能透過單一入口就能取得各機關服務，而公務員也能在同一平台上處理員工相關的行政作業²⁶。
- 過去那些單一用途、為個別需求量身打造的系統，經常導致效率低落、維護成本居高不下，尤其當相似系統不斷累積時更為明顯。美國海軍正在推動「MyNavy HR」計畫，將分散的 200 個人力資源系統加以整合，藉此節省龐大的時間與經費消耗²⁷。
- 同樣的思路也出現在印度。早在 2010 年，印度政府便推出「India Stack」，該套跨部會的數位金融框架與產品組合，旨在推動普惠金融，讓民眾更容易開立銀行帳戶。透過此措施，銀行開戶成本從原先的 23 美元大大降低至 0.1 美元，成功吸引超過 5 億人開立新帳戶²⁸。



其中一個值得借鏡的方法，便是透過快速靈活的合作模式，加強跨部會、跨國間的數據與情報共享，以因應日益複雜的犯罪手法。舉例來說，2018 年成立的「全球稅務執法聯席會」(The Joint Chiefs of Global Tax Enforcement)，便定期讓成員國交換資訊與策略，並展開跨境聯合調查，強化打擊詐騙與逃漏稅之成效³²。

進階分析與 AI 不僅能快速處理龐大的交易數據，還能有效識別複雜的詐騙模式、降低誤判率、提升行政效率，並避免公共資金流失。以英國為例，2022 年成立的公共部門詐騙管理局 (The UK Public Sector Fraud Authority, PSFA) 即是一個代表性案例。該單位與超過 1,000 個公共機構合作，透過資料比對找出異常，並藉由先進工具偵測潛在詐騙行為，首年便成功攔阻金額高達 3.11 億英鎊的詐騙案件³³。同樣地，美國財政部 (The US Department of the Treasury) 在 2024 財政年度，亦透過數據驅動之策略，成功防堵並追回逾 40 億美元的詐騙與不當支付。其具體作法包括利用 AI 應用程式自動標記高風險交易，並透過機器學習協助偵測國庫支票詐欺，清楚展現科技在公共治理領域之價值³⁴。

針對補助計畫的資金監管，透過強化詐騙偵測機制，同樣能有效降低計畫成本。結合新科技、跨機關協作以及完善的監督制度，政府組織得以大幅降低詐騙風險與相關開支，並確保補助資金真正用在最需要的地方。

守護公共價值：打擊詐騙、終結浪費與濫用

當政府能有效防堵浪費、詐騙與濫用，就等於為國庫「省下了一筆意外之財」，這些資金不僅能避免被流失，還能重新投入到真正能帶來價值的公共服務上。和傳統的成本控管方式（例如，品質管理、流程再造）類似，這必然需要更全面的思維。同時，領導者也應清楚認知到如成本與品質研究所提醒的那樣，「事前預防往往比事後補救更有效」²⁹。

以數據來看，美國政府責任署估計，2018 至 2022 年間，美國聯邦政府因詐騙導致的年度損失介於 2,330 億至 5,210 億美元之間³⁰；而在英國，政府官員則推估詐騙造成的損失占政府總支出的 0.5% 至 5%³¹。這些數字更顯示出問題的嚴重性。如今隨著新工具與新科技的出現，全球各國政府正積極採取多元策略來面對這項長期挑戰。

此外，健全的數位公共基礎設施 (Digital Public Infrastructure, DPI) 同樣能避免資金在政府服務交付過程中外洩。以印度為例，其 DPI 計畫是一套涵蓋數位身分、數位支付與數據交換系統的標準化平台，協助政府以規模化方式向公民提供基本服務。透過這套系統，印度政府能刪除重複受益人，並將補助直接發放給農民、長者、弱勢族群等公民。

營運效率新動能：打造高效治理關鍵工具

AI、雲端與物聯網：投入新一代科技應用，將有望翻轉公共部門的經濟運作模式。這些技術幾乎能強化政府從教育、醫療、治安到交通運輸等各領域服務的量能。 行為經濟學與「助推」思維：藉由設計更具引導性的制度與環境，政府能協助民眾更容易地做出有利的選擇，同時也可以提升政策落實的效果與遵循度。 數據整合與分析：將營運數據轉化為可用的洞察，以協助政府更精準配置人力、資產與財務資源。 數位公共基礎設施（DPI）：DPI 係由開	放且可互通的數位工具組成，是推動更進階公共服務的一大基石，而各政府領導人則需依自身情境擬定藍圖，挑選最適工具與技術（詳見報告：《The building blocks of monumental government service delivery》）。 商業模式轉型：透過建立明確價值主張，並採取長期策略與合作夥伴關係，使商業模式與政府服務之需求緊密對齊。 服務組合優化：檢視政府各項功能，評估是否需要調整服務內容與組合，以提升公共服務成效與交付效率。 流程優化／業務流程再設計：簡化、標	準化、重整並自動化組織內的端對端流程（例如，任務自動化），以減少行政摩擦與「程序泥淖」，同時削減繁瑣規定。 組織設計：使組織架構（包括回報關係、人力規模與組織型態）與實際營運及服務的需求相符，例如，進行勞動力規劃與數據分析。 服務交付模式：調整跨部門與跨機關的工作分工，決定「由誰、在哪裡」執行，涵蓋共享服務、外包及合作營運模式。 資產效能提升：優化營運並降低主要流程中的重複與浪費，進一步提升公共資源效益。
--	---	---

該數位公共基礎設施建設始於「Aadhaar」數位身分系統，並與受益人銀行帳戶綁定，方便政府直接匯款。截至 2024 年 7 月，數位公共基礎設施已協助印度政府節省超過 410 億美元支出，主要來自於補助發放過程中成功防堵資金流失³⁵。

結構轉型

目標：透過重大組織與營運調整，降低政府的長期成本基礎。

整併

雖然政府機關不像營利企業會進行併購，但「整併與重組」在公部門中已逐漸成為常見模式。其目的在於透過精簡組織、整合服務，以降低成本並提升效能。

學術機構整併：近年來，高等教育領域面臨招生萎縮與財務壓力之挑戰，導致許多小型學院被迫關閉或合併。自 2016 年以來，美國已有近 60 所公立院校啟動整併或宣布相關計畫³⁶。

在佛蒙特州，COVID-19 疫情加劇了原本的財務問題，促使州政府於 2020 年決定關閉 4 所州立學院中的 3 所，並整合為「佛蒙特州立大學」。當時該系統累計結構性赤字達 2,500 萬美元。

透過聯邦資金支援，整併計畫刪減了 150 項重複課程、推動混合學習、縮減校園規模並優化基礎設施³⁷。到 2024 年秋季（合併運作的第二年），該校註冊人數已較前一年成長 14%³⁸。

2023 年，康乃狄克州則將 12 所社區學院合併為「康乃狄克州立社區學院」，成為全州規模最大的高等教育機構，且涵蓋多個校區。藉由行政重組與其他成本削減措施，預估每年可節省超過 4,000 萬美元³⁹。

資料中心合併：各國政府正透過資料中心與 IT 基礎設施的整併來提升效率，美國行政管理及預算局（The US Office of Management and Budget's, OMB）推動的「資料中心最佳化計畫」便是一例。以國防部（The US Department of Defense）僅在 2020 年就關閉 46 個資料中心為例，當年即省下 1.785 億美元⁴⁰；美國衛生及公共服務部（The US Department of Health and Human Services）則在 2016 至 2022 年間關閉 49 個資料中心，並推動外包與雲端遷移，累計節省至少 3.4 億美元⁴¹。整體而言，OMB 的計畫自 2011 至 2021 財政年度，共為聯邦機構節省 57 億美元，顯示透過系統性整併與基礎設施優化，不僅能有效降低營運成本，亦能提升公共資源的長期配置效率⁴²。

共享服務

共享服務係指政府機關將財務管理、人力資源、採購等支援性業務，交由少數經核准的機關統籌辦理。其核心目的並非單純集中至單一大型單位，而是依不同需求，找到最合適的提供方式。以英國為例，2024 年政府推動一項計畫，由稅務海關總署（The HM Revenue and Customs）、交通部（The Department for Transport），以及房屋、社區暨地方政府事務部（The Ministry of Housing, Communities and Local Government）共同建置並使用一個數位平台，涵蓋人力資源、財務與採購服務。此舉預期可有效降低成本，同時提升服務效率與一致性⁴³。

民營化與公私部門協力

民營化則提供政府另一種活化資產的途徑。透過將閒置或效益不彰的資產（例如，停車場、水利設施或高爾夫球場）轉為民間經營，不僅能創造新的財務收入，也能將資產納入稅基，增加公共財源。

例如，印度在 2022 年將國營航空公司「印度航空」（Air India）以 23 億美元出售給塔塔集團（Tata

Group）⁴⁴。當時該公司每日營運成本高達 240 萬美元，長期拖累政府財政。完成民營化後，塔塔集團隨即推動重組，升級 IT 基礎設施並推出數位應用程式，同時也完成印度史上最大宗飛機採購⁴⁵，並於 2024 年 11 月與維斯塔拉航空（Vistara）合併，成功吸引新加坡航空（Singapore Airlines）加入成為合作夥伴⁴⁶。

除了直接民營化，政府機關亦可與民間企業建立策略性合作夥伴關係，透過公私合作模式吸引投資與創新的做法，不僅優化服務交付，也帶來顯著的成本節省效果⁴⁷。

不動產資產組合優化

各國政府機構正積極重新檢視自身的不動產資產組合。除了設施本身的直接成本外，地方維運與管理支出亦佔據相當比重。

當前的不動產配置，多半反映出過去的決策、人口結構與需求，更重要的是，亦呈現服務交付、成本與地理便利性之間的歷史取舍。當前的不動產配置，多半反映出過去的決策、人口結構與需求，更重要的是，亦呈現服務交付、成本與地理便利性之間的歷史取舍。然而，隨著科技進步，許多前提已被根本性改變。對於政府機關而言，若能重新檢視「哪些工作應該在哪裡進行？完成這些工作需要哪些基礎設施？是否仍需保有所有現有設施？」等問題，便有機會找到大幅節省空間。再加上科技發展、不動產市場、勞動力結構與成本條件的轉變，確實值得重新評估當前設施的配置。

以加拿大來看，位於渥太華的聯邦公共服務暨採購部（The Public Services and Procurement Canada, PSPC）擁有僅次於國防部的最大辦公空間⁴⁸，總面積達 620 萬平方公尺⁴⁹。隨著混合辦公日益普及，該部門規劃將不動產規模減半，透過資產出售及節省租金與維護費用以產生效益⁵⁰。

結構轉型新動能：打造精實治理關鍵工具

營運模式再設計：重新思考並設計整個或部分機關的營運模式。例如，重新界定總部與業務單位的功能定位，整合跨部門職能或計畫，或導入以服務收費或成本回收為基礎的運作模式。

組織結構優化：檢視並調整組織結構，以精簡流程、合併相似業務，並減少管理層級。透過消除重複職能與優化管理幅度，不僅能降低行政成本，也能加快決策速度與執行效率。

業務切割與分拆：政府在推動組織改革時，可能會將部分關鍵業務或流程獨立出來，成立新的單位或機構。若採取「分割」(Carve-out)，新成立的單位將完全獨立，不再隸屬於原機關；若採取「分拆」(Spin-off)，則意味著新單位雖然具備更高的自主性，但政府仍保有控制權，

以確保其發展方向與政策目標一致。

組合優化：重新檢視各項業務與職能，評估是否需要調整或重新配置，以更有效推動政策目標，並提升公共服務的交付成果。

服務交付模式：優先思考「哪些工作該由哪個單位來做」，透過跨部門與跨機關協作，善用共享服務中心、委外合作夥伴或專責營運公司，讓服務更高效與同步。

替代性服務交付：當人力規劃顯示某些技能並非核心專業、或維持常設人力不具效益時，政府可選擇以「借力」方式來補足。例如，透過委外或專案合作，既能降低成本、增加彈性，又能快速取得專業能量，而無須耗費龐大的長期編制。

商業化：當部分機構完成商業化轉型後，將改以收入為主要驅動，並導入企業最佳實務。這樣的轉型得讓該些機構具備更大管理彈性，採取更具商業導向的營運模式，有效降低營運成本並提升效率。

公私部門協力 (Public-private partnerships, PPPs)：政府可與民間單位建立合作，共同管理與維護公共資產。透過公私部門協力，部分營運與財務風險可轉移給民間夥伴，同時保留政府的資產所有權。這不僅能導入專業與創新，也能提升營運效率，減少資產管理成本。

不動產資產組合：透過整併、調整與縮減現有的不動產組合，優化空間使用與相關服務交付，將可進一步提升資產價值與管理效能。

在美國，聯邦總務署 (The General Services Administration, GSA) 正推動將政府不動產規模縮減 30%，預計十年內可節省高達 600 億美元。值得注意的是，這項計畫主要是延續先前既有的行動持續深化：自 2013 年以來，聯邦總務署已成功減少 1,200 萬平方英尺的自有辦公空間與 1,800 萬平方英尺的租賃空間⁵¹。此外，國防部亦透過五輪的「基地關閉與重整計畫」(Base Realignment and Closure, BRAC)，每年節省約 120 億美元支出⁵²，顯示不動產組合優化所帶來的實質財務效益。

需求管理

目標：降低對部分公共服務的使用需求。

過去一個世紀以來，全球社會福利支出持續上升，如今多數富裕國家將 GDP 的 15% 至 30% 投入至退休金、醫療保健、教育、住宅及其他基本服務

如圖 2 所示，且這些支出幾乎從未下降。隨著時間推移，民眾對該些福利的期待愈加龐大，使得立法者在推動成本削減時面臨高度政治與社會壓力。

為此，部分政府開始積極引導並管理大眾對醫療與社會服務之需求，不僅著重在現有支出的效率，更透過促進就業市場參與、加強預防性健康照護，以及推動早期介入措施，來降低未來社會對高額醫療與福利資源的依賴。

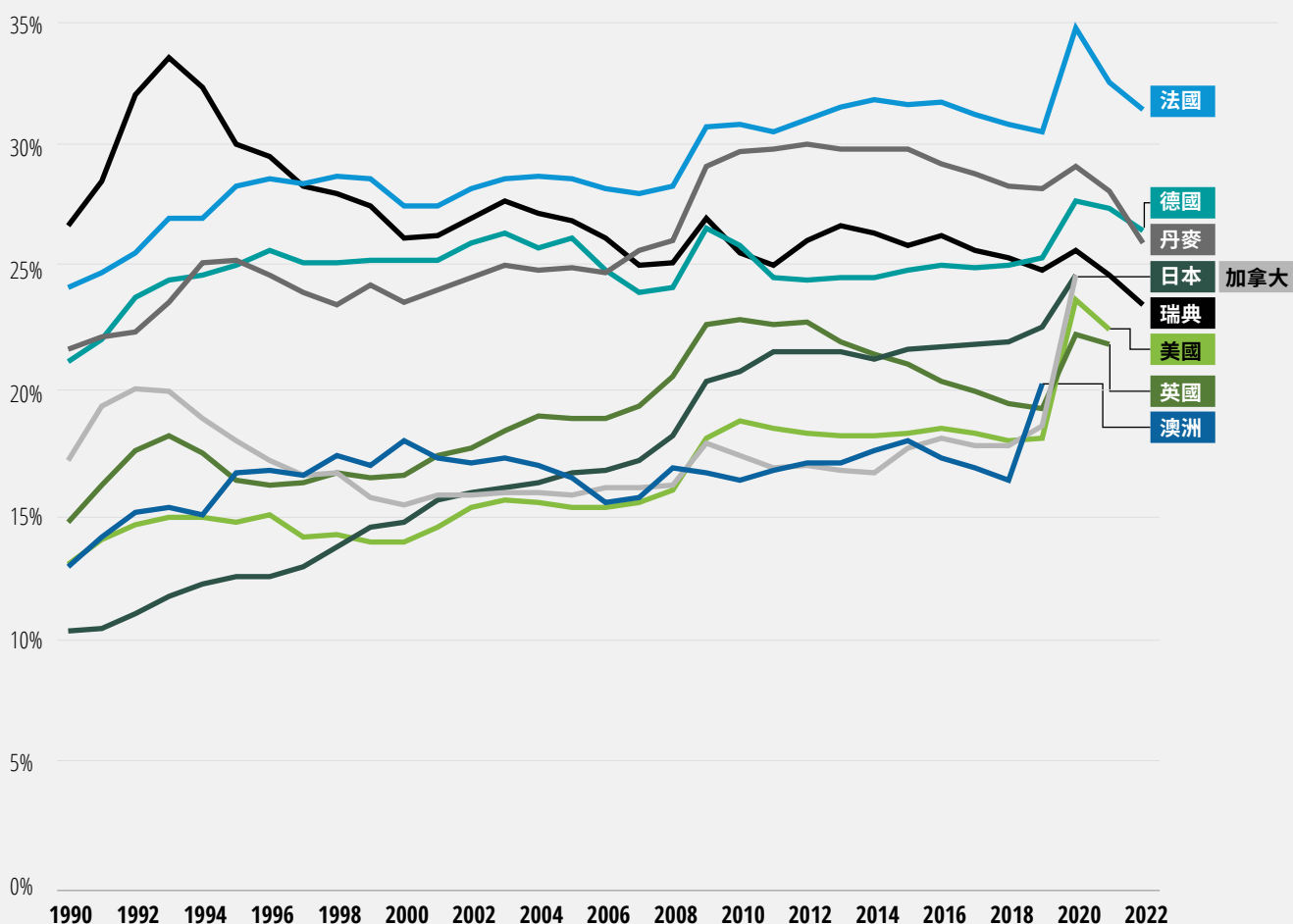
促進就業市場

部分政府機關正重新思考針對適齡工作人口的社會福利政策，逐漸從單純的財務補助，轉向結合促進就業與技能發展的新模式。此類轉型不僅止於提供短期資源，更聚焦強化受助者的長期自立能力。

圖 2

過去一世紀以來，富裕國家在社會福利支出方面持續攀升

(公共社會支出，占 GDP 百分比)



資料來源：Social Expenditure Database, Organisation for Economic Co-operation and Development.

而「積極勞動市場計畫」(Active Labor Market Programs)，即透過就業媒合、技能培訓與持續支持，協助民眾重返勞動市場、提升職涯韌性，並逐步減少對社會福利的依賴。

加拿大安大略省的減貧策略，旨在協助民眾自社會救助順利過渡至就業，並透過完善的支援體系推動轉型。該省提供就業媒合、技能培訓，以及住房穩定等配套措施，作為確保民眾取得並持續維持工作的關鍵支柱。僅在 2023 年，就有超過 28,000 戶家庭成功由社會救助轉向就業⁵³。



同樣地，英國政府推出「全民福利救濟金」(Universal Credit program) 的一站式制度，透過「隨收入增加，逐步調降補助」的方式，而非一次性取消福利，來鼓勵民眾就業。此舉不僅降低低收入族群的顧慮，促使其更積極就業或延長工時，也避免因就業導致補助立即中斷之風險。參與計畫的民眾同時需定期與就業教練會面，並持續採取具體行動以提升自身收入⁵⁴。

丹麥的勞動政策則透過「彈性安全」(Flexicurity) 模式，兼顧勞動市場的高度彈性與政府對個人的積極支持。政府除承擔失業者的再培訓與再就業責任外，也要求受益者在領取福利的同時，必須參與積極勞動市場計畫。這些計畫每年投入約 GDP 2% 的資源，使丹麥成為 OECD 成員國中，在積極勞動市場政策上投入規模最大的國家⁵⁵。自 2014 年以來，此模式有效降低了社會福利依賴人口，並協助越來越多民眾重返職場⁵⁶。

提升健康成果，強化永續成本優勢

面對持續上升的醫療支出，政府正逐步導入「全人健康 (Whole Health)」的概念，強調以促進健康為核心，而不只是單純治療疾病⁵⁷。這類計畫通常涵蓋預防與早期照護服務，例如，癌症篩檢、孕期照護，以及包含反菸宣導在內等健康促進措施。

為改善民眾的生活條件，並投資長期健康發展，醫療機構與政府單位愈加重視影響健康結果的關

鍵因素，包括生活習慣、飲食營養、社經地位、教育水準與環境條件等。這些面向往往是造成健康成效落差的重要原因⁵⁸。而相關措施的核心目標，便是提升整體健康水準、減少過度依賴急診，進而降低公共醫療開支⁵⁹。

美國北卡羅來納州率先推動一項創新的支付模式，對能在控制成本的同時有效提升健康成果的醫療機構給予獎勵。透過強化病患的基層照護，不僅改善慢性病管理，也大幅降低住院與急診需求。在計畫推行的三年內，便成功為州政府節省逾 1.55 億美元，同時透過「共享節省分配 (Shared Savings Allocations)」與「品質獎金 (Quality Bonuses)」機制，讓參與的醫療機構額外獲得超過 7,500 萬美元的收益。這項公私協力計畫已在 540 多個據點實施，其中約 85% 便位於聯邦認定的基層醫療人力不足地區⁶⁰，進一步強化了弱勢地區的醫療可及性。

馬里蘭州則借鏡德國等國經驗⁶¹，推動「全支付者醫院總額預算 (All-payer Hospital Global Budget)」模式，為每家醫院設定年度固定支付額，而不再與服務量直接掛勾。這樣的轉變促使醫院得更積極地降低可避免的住院需求。實際成果顯示，馬里蘭州的住院率下降了 16.2%，並在多項品質指標上顯著縮小差距。推行三年後，該模式已為聯邦醫療保險 (Medicare) 省下 6.89 億美元的支出⁶²。

需求管理新動能：打造永續服務關鍵工具

積極勞動市場計畫：此類計畫將就業或準備就業作為福利給付的前提，同時結合職業訓練、就業媒合等支持措施，協助受助者取得更具可行性與效益的工作機會。

全支付者醫院總額預算：係一種創新醫療支付模式，旨在為醫院設定固定的年度預算，與服務量脫鉤。

透過此制度，醫療機構得以將重心放在照護品質與效率，並降低可避免的住院使用，而非僅追求服務數量的增加。

價值導向照護 (Value-based Care)：此模式將醫療機構的報酬與「整體醫療成本管理」相連結，而非依據服務量給付。

行為經濟學與「助推」思維：政府可運用行為經濟學，設計出「有利於民眾做出更佳選擇的環境」，以此引導行為改變，進而降低對特定公共服務或資源的需求。

另一方面，「護理家庭夥伴關係」(The Nurse-Family Partnership, NFP) 是一項社區健康計畫，專為首次懷孕的母親設計。由專業護理師在產婦懷孕初期便與其建立合作關係，並持續陪伴至孩子兩歲。研究顯示，在嬰幼兒的關鍵成長階段，這類支援能有效降低因意外、食物中毒，以及兒童虐待或疏忽所造成的急診就醫次數，為母嬰健康提供更完整且持續的保障⁶³。

公共衛生宣導同樣是提升健康成效、並兼顧長期成本控制的有效途徑。以美國食品藥物管理局(The US Food & Drug Administration, FDA) 推動的菸草防制計畫「The Real Cost」為例，其在實施三年內成功阻止約 58.7 萬名 11 至 19 歲青少年開始吸菸。透過付費媒體策略與精準訊息傳遞，該計畫有效改變青少年對於菸草使用的認知，更使 2014 至 2016 年間的青少年吸菸初始率下降 30%。這項成效預估可避免未來龐大的社會與經濟成本，包括因傷殘、醫療照護、薪資損失與生產力下降所帶來的支出，總額高達 530 億美元，相當於每位原本可能成為吸菸者的青少年可節省超過 18 萬美元⁶⁴。

提供低成本、高價值政府服務的工具與策略

當前政府正面臨同時提升效率與重塑成本結構的巨大壓力。為實現此目標，勢必需要結合傳統的成本管理工具（例如，整併、打擊舞弊與浪費）與新一代數位與 AI 解決方案，藉由建立深度且永續的營運效率，推動真正的治理轉型（如圖 3 所示）。

營運效率：企業流程再造等成熟工具在結合 AI 科技與數位平台後，將提升效率並釋放新動能。這對政府領域尤為關鍵，因其大量作業經常涉及福利申請、資訊提供與財務交易，故透過數位化與智慧化將可大幅提升處理速度與準確度。

結構轉型：政府可採取多元的結構性措施，在不犧牲服務品質的前提下降低成本。此類措施包含部門或業務整併、IT 資源整合與優化，以及公私部門協力的新模式，藉此提升公共資源配置的彈性與韌性。

需求管理：有效的需求管理工具可進一步為政府帶來成本節省。例如，將需求導引至成本更低的管道（如以數位服務取代臨櫃服務），或透過提升勞動參與率與改善健康成果，減少部分福利支出的需求。

圖 3

提升政府成本效能之整合型工具架構



資料來源：Deloitte analysis.

專家洞察

有限資源中的選擇：愛爾蘭如何最大化公共醫療服務價值

愛爾蘭衛生部
秘書長
Robert Watt⁶⁵

自 2008 年金融危機以來，愛爾蘭便長期依賴歐盟、歐洲央行與國際貨幣基金組織的財政援助，惟條件是政府必須大幅縮減財政赤字。面對這典型的「燃眉之急」情境，愛爾蘭政府不得不思考如何在不進一步拖累經濟、亦不削弱社會安全網的前提下，達成赤字削減。

作為公共支出與改革部（The Department of Public Expenditure and Reform）首任秘書長，我主導了一項跨部會的成本緊縮計畫，推動人事與薪資縮減、刪減既有支出方案，並優化採購程序。值得注意的是，我們並未設定「不得削減」的部門，因為若只集中於特定領域，將迫使其他單位承擔更沉重的壓力。

此計畫的核心在於降低公共服務的提供成本，這需要嚴謹的控管機制以及多項艱難抉擇。在與工會的合作下，各部會皆推動營運效率改革，使政府能以更精實的人力持續支援服務需求；同時，也建立起更具建設性的勞資合作框架，取代過往的對立格局。

雖然該些措施確實對全體社會來說相當艱難，對部分群體更是格外衝擊，但政策卻也逐步展現其成效。2013 年，愛爾蘭成為首個順利脫離援助計畫的歐元區國家，不僅重拾經濟自主，更在後續實現充分就業、經濟成長與財政盈餘。

在我目前服務的醫療體系中，成本控管與提升生產力仍是首要課題。隨著需求不斷增加，政府部門必須在維持既有預算分配的情況下，設法提升效率並降低病患醫療支出。以藥品為例，其支出佔整體醫療預算的六分之一；透過積極推動使用具成本效益的替代藥品，相關部會在 2024 年即成功節省超過 3,000 萬歐元的藥費。

愛爾蘭的「Sláintecare」計畫，正是以「預防勝於治療」為核心，推動醫療資源從醫院回流到社區，讓重症病床能留給最需要的患者。以慢性病管理計畫為例，病患透過家庭醫師與護理師的定期追蹤，加上專科醫師的支援，得以更有效地進行糖尿病等疾病管理。雖然這類措施在初期需要投入更多資源，但長遠來看卻能降低成本。實際評估顯示，病患的住院次數與住院天數更是有所下降。

若欲進一步推動以預防與健康促進為核心的模式，需仰賴基層醫療體系的專業引領，並強化跨醫療機構與社區的整合，使單一預算管理者得以有效掌握整體照護體系的資源配置。

同時，科技的應用也扮演關鍵角色。例如，遠距與視訊門診可有效降低不必要的住院與臨床就診；AI 則正在革新診斷與篩檢流程，不僅提升精準度與效率，亦能協助醫護人員專注於更具價值的臨床決策與病患照護。我們對此類科技的發展持樂觀態度，並相信其將有助於政府在財政限制下，持續滿足快速成長的醫療需求。

參考資料

1. US Government Accountability Office (GAO), "The nation's fiscal health: Road map needed to address projected unsustainable debt levels," Feb. 15, 2024; Courtenay Brown, "U.K. plots own DOGE amid huge global shifts," Axios, March 26, 2025.
2. Bruce Chew and William D. Eggers, "What will be your agency's Act Two on budget reductions?," *Deloitte Insights*, Aug. 16, 2018.
3. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), "Almost half of taxpayers don't see their taxes being spent for the public good," Dec. 12, 2024; Cameron Huddleston, "Survey: Only 18% of Americans believe their tax dollars are being spent the right way," *GOBankingRates*, July 1, 2024.
4. Emre Tiftik, Khadija Mahmood, and Raymond Aycok, "Navigating the new normal," *IIF Global Debt Monitor*, May 7, 2024; Emre Tiftik, Khadija Mahmood, Raymond Aycok, "Return of the bond vigilantes – Dangerous dynamics in debt markets," *IIF Global Debt Monitor*, Feb. 25, 2025; Nessa Anwar, "How the world got into \$315 trillion of debt," *CNBC*, May 27, 2024.
5. International Monetary Fund (IMF), "Putting a lid on public debt," *Fiscal Monitor*, October 2024.
6. Courtenay Brown, "Why France's fiscal freakout matters to the world," Axios, Oct. 24, 2024.
7. Kevin Klowden, "Op-ed: The UK's budget problems date back to the 2008 financial crisis," *CNBC*, Sept. 24, 2024; UK Office for National Statistics (ONS), "Public sector finances, UK: August 2024," press release, Sept. 20, 2024; ONS, "Public sector finances, UK: December 2024," press release, Jan. 22, 2025.
8. Federal Reserve Bank of St. Louis (FRED), "Federal debt held by the public," last updated March 4, 2025.
9. FRED, "Federal debt held by the public as a percent of gross domestic product," last updated March 27, 2025.
10. Ben Steil and Elisabeth Harding, "For the first time, the U.S. is spending more on debt interest than defense," *Council on Foreign Relations*, May 23, 2024.
11. GAO, "America's fiscal future – Fiscal outlook," accessed May 2025.
12. Kyle Bakx, "Provincial governments facing higher debts and more financial pressure," *CBC News*, May 5, 2024.
13. National Association of State Budget Officers (NASBO), "Fiscal survey of states," Fall 2024; Liz Farmer, "State budgets are downsizing," *The Pew Charitable Trusts*, July 15, 2024.
14. Willem Adema, Pauline Fron, and Maxime Ladaïque, "Sizing up welfare states: How do OECD countries compare?" *OECD Statistics*, Feb. 2, 2023.
15. For instance, see Tami Luhby, "Trump has promised to protect Social Security. His proposals could lead to benefit cuts in 6 years," *CNN*, Oct. 21, 2024.
16. GAO, "Information technology: Agencies need to continue addressing critical legacy systems," May 10, 2023.
17. Mauricio Garcia, Annie Adams, and Austin Buit, "2024 MarginPLUS study: Refocusing amidst uncertainty," *Deloitte*, March 2024.
18. Indermit Gill, "The hidden \$1 trillion: Halting waste in public procurement," *World Bank Voices Blog*, Jan. 19, 2022.
19. Microsoft, "Transforming government efficiency and mission delivery," Jan. 30, 2025.
20. Mark Say, "Swindon develops GenAI for Easy Read documents," *UK Authority*, Dec. 1, 2023.
21. *GovTech Review*, "DTA releases report into whole-of-government trial of GenAI," Oct. 28, 2025.
22. Brazil National Treasury, "National Treasury launches PagTeseuro portal – GRU," Nov. 22, 2023.
23. IDC Corporate (IDC), "IDC forecasts \$100 billion healthcare savings in Asia/Pacific with GenAI by 2025," press release, Jan. 23, 2024.
24. InterSystems, "A case study on North Tees and Hartlepool NHS Foundation Trust with InterSystems TrakCare," *PULSE Blog*, June 14, 2023.
25. National Association of State Chief Information Officers (NASCIO), "The Ohio Benefits Program is 'BOT' in," August 2022.
26. Mochamad Azhar, "President Jokowi launches GovTech Indonesia, INA Digital, to transform Indonesia public services," *GovInsider*, May 29, 2024; Mochamad Azhar, "Indonesia plans limited release of INA Digital Services," *GovInsider*, Sept. 4, 2024.
27. Nick Wakeman, "IBM prevails in fight for \$100M Navy HR contract," *Washington Technology*, April 2, 2024. Also see Robert N. Charette, "Inside the hidden world of legacy IT systems," *IEEE Spectrum*, Aug. 28, 2020.
28. Vikas Kumar, "47 years target met in 6 years: World Bank praises India's digital public infrastructure," *The Economic Times*, Sept. 8, 2023.
29. Dan Lips, "Preventing fraud and spending in government programs: An Interview with the Program Integrity Alliance's Linda Miller," *Foundation for American Innovation*, Jan. 6, 2025.
30. GAO, "Fraud risk management: 2018–2022 data show federal government loses an estimated \$233 billion to \$521 billion annually to fraud, based on various risk environments," April 2024.
31. Independent Commission for Aid Impact (ICAI), "Rapid review: Tackling fraud in UK aid: Country case studies," March 26, 2024.
32. US Internal Revenue Service (IRS), "Joint Chiefs of Global Tax Enforcement: About us," last updated March 6, 2025.
33. Cabinet Office and Baroness Neville-Rolfe, "New counter fraud team saves taxpayers £311 million in first twelve months, beating target by more than £100 million," press release, GOV. UK, Nov. 13, 2023.

34. US Department of the Treasury (Treasury), "Treasury announces enhanced fraud detection processes, including machine learning AI, prevented and recovered over \$4 billion in fiscal year 2024," press release, Oct. 17, 2024.
35. Ayang Macdonald, "India G20 Task Force report defines course of global DPI development," BiometricUpdate.com, July 16, 2024.
36. *Higher Ed Dive*, "A look at trends in college consolidation since 2016," updated April 22, 2025.
37. Doug Lederman, "From 3 struggling public colleges, a new university emerges," *Inside Higher Ed*, Aug. 23, 2022.
38. Vermont State University, "Vermont State University sees enrollment boost as it starts its second year, welcoming nearly 1,700 students in the class of 2028," press release, Sept. 5, 2024.
39. Jessika Harkay, "CT community colleges will merge into single institution on July 1," *CT Mirror*, June 23, 2023; Crystal Elescano and Richard Chumney, "CT State Community College had over 32,000 in its first year, here's where most students are from," *CT Insider*, Sept. 9, 2024.
40. Government Accountability Office, "2023 Annual Report: Additional opportunities to reduce fragmentation, overlap, and duplication and achieve billions of dollars in financial benefits," June 14, 2023.
41. US Department of Health and Human Services (HHS), "HHS data center optimization multi-year plan 2023–2026," Nov. 16, 2023.
42. GAO, "2022 annual report: Additional opportunities to reduce fragmentation, overlap, and duplication and achieve billions of dollars in financial benefits," May 11, 2022.
43. SAP News, "UK government's Unity Cluster selects RISE with SAP for ERP cloud transformation," press release, Nov. 15, 2024.
44. Lionel Lim, "The CEO of the just-privatized Air India describes how tough it was to turn around a 91-year-old airline: 'The first 6 months was really triage'," *Fortune*, Feb. 28, 2024.
45. Anil Agarwal, "Privatized Air India's takeoff can lead other PSUs to thrive as well," *Mint*, March 22, 2023.
46. Sukalp Sharma, "Air India, Singapore Airlines announce successful completion of Air India-Vistara merger," *The Indian Express*, Nov. 13, 2024.
47. Alliance for Value-Based Patient Care (AVBPC), "Value-based care transforms health," September 2023.
48. Government of Canada, "Overview of real property holdings in federal operations," April 9, 2025.
49. Canada Mortgage and Housing Corporation, "Canada to convert a federal building into affordable homes in Belleville," Feb. 15, 2024.
50. Government of Canada, "Reducing office portfolio over the next 10 years," March 21, 2025.
51. Jory Heckman, "GSA sees 'huge opportunity' to cut federal office space by up to 30%," *Federal News Network*, Nov. 14, 2023.
52. Christopher T. Mann, "Base Closure and Realignment (BRAC): Background and issues for Congress," Library of Congress, April 25, 2019.
53. Government of Ontario, "Poverty reduction strategy (2023 annual report)," April 9, 2024.
54. GOV.UK, "Universal Credit," accessed Nov. 15, 2024.
55. Claus Thustrup Kreiner and Michael Svarer, "Danish flexicurity: Rights and duties," *The Journal of Economic Perspectives* 36, no. 4 (Fall 2022): pp. 81–102.
56. Einar H. Dyvik, "Number of social benefits recipients in Denmark 2012–2022, by national origin," Statista, Aug. 23, 2024.
57. David Betts, Julia Elligers, and Alison Muckle Egizi, "Teaming up to deliver whole health," *Deloitte Insights*, March 23, 2023.
58. Kulleni Gebreyes et al., "Addressing the drivers of health," *Deloitte Insights*, Nov. 5, 2021.
59. Kimberly Amadeo, "How preventive care lowers health care costs," *The Balance*, Oct. 28, 2022.
60. C. Annette DuBard and Alex Mullineaux, "An update on the financial impact of value-based care innovations in North Carolina," *North Carolina Medical Journal* 84, no. 1 (Jan. 10, 2023).
61. Tsung-Mei Cheng, "Bending the cost growth curve and expanding coverage: Lessons from Germany's all-payer system," *Milbank Quarterly* 98, no. 2 (Feb. 28, 2020): pp. 279–96.
62. Centers for Medicare & Medicaid Services (CMS), "Maryland Total Cost of Care Model: Evaluation of the first four years (2019–2022)," 2024; also see Greg Peterson et al., "Evaluation of the Maryland Total Cost of Care Model: Progress report," *Mathematica*, April 8, 2024.
63. Child First, "Nurse-Family Partnership overview," October 2022.
64. US Food & Drug Administration (FDA), "The real cost: A cost-effective approach," Aug. 20, 2019.
65. The executive's participation in this article is solely for educational purposes based on their knowledge of the subject and the views expressed by them are solely their own. This article should not be deemed or construed to be for the purpose of soliciting business for any of the companies mentioned, nor does Deloitte advocate or endorse the services or products provided by these companies.

致謝

The authors would like to thank **Sara Siegel, Alex Claybrook, Angela Choi, John Byrne-Nash, Gustav Jeppesen**, and **Walter Porter** for providing feedback and suggestions at critical junctures, as well as **Nicole Savia Luis** for research support. In addition, the authors would like to thank **Robert Watt** for his valuable input in the “My take” section.

關於作者

William D. Eggers

weggers@deloitte.com

William D. Eggers is the executive director of Deloitte's Center for Government Insights, where he is responsible for the firm's public sector thought leadership. His most recent book is *Bridgebuilders: How Government Can Transcend Boundaries to Solve Big Problems*.

James Gordon

jamesgordon@deloitte.ca

James Gordon is a managing partner at with Government and Public Services at Deloitte Canada and Chile. He and the team he leads have dedicated their work to supporting public service organizations in preparing for a prosperous and inclusive future. Through his portfolio, he serves clients across all levels of government, as well as crown corporations, boards, commissions, and higher education institutions.

Ian Washington

iwashington@deloitte.co.uk

Ian Washington is a lead partner for the Local and Regional Government practice. He has more than 20 years' experience in advising public sector organisations. He specializes in supporting clients through large-scale transformation programs, with a particular focus on cost reduction, income generation, implementing new operating models, and organizational redesign. With an extensive track record within local government, he has also worked with central government, the health service, police, and fire.

Christina Dorfhuber

cdorfhuber@deloitte.com

Christina Dorfhuber leads Public Sector Core Government Services for Deloitte Consulting LLP. She is responsible for managing the firm's delivery in government cost reduction, customer relationship management, revenue growth, financial and administrative systems, and leadership innovation. With more than 20 years consulting for state, local, and federal governments, she is recognized for her deep experience in major government transformation and efficiency efforts involving significant process and system change.

William Miracky

wmiracky@deloitte.com

William Miracky is a managing director with Deloitte Consulting LLP in the US Strategy practice, Monitor Deloitte, where he serves as the strategy lead for Deloitte's Civilian sector, as well as the lead for the federal aviation administration account. His engagements have addressed a number of management issues, including corporate portfolio strategy, business unit strategy, cost management, and organization strategy and transformation. He has more than 15 years of experience advising senior government officials and corporate executives on a range of strategic and operational issues associated with institutional performance, competitiveness, economic development, and security.

Sushumna Agarwal

sushagarwal@deloitte.com

Sushumna Agarwal is a research specialist with the Deloitte Center for Government Insights, Deloitte Services LP. She researches workforce issues at the federal, state, and local government levels, and her primary focus is on applying quantitative techniques to enable data-driven research insights.





實現 AI 於政府的價值

政府領導者已認知到 AI 的潛力，但要擴大其應用規模，需要獨特的策略、人才培訓，並在成本與公共效益之間取得平衡。

世界各地的政府領導人似乎越來越認可 AI 的轉型潛力。然而，問題在於：要實現這項潛在價值，意味著必須大規模採用 AI，但政府機構可能難以擺脫小規模試點的階段。至於生成式 AI，由於其大規模解決方案仍在發展中，目前仍處於持續推進的階段。

若要將有效的做法規模化，不能僅僅複製企業的模式。由於政府機構與私營企業的動機和風險不同，且對民眾而言往往攸關更重大的利害關係，因此政府在擴大 AI 應用的規模時，可能需要採取獨特的路徑。部分政府領導人已開始朝著由員工主導的方向邁進¹。

在擴大應用的過程中，政府機關將面臨多項挑戰。其中，員工導向的策略仰賴每位員工具備足夠的 AI 素養，而所需訓練程度則依其職務內容、層級與角色而異。更根本地，任何 AI 投資皆應在推動前審慎評估其導入成本與對大眾帶來的效益。

這句看似平凡的陳述，實則對政府領導者提出兩項艱鉅課題：其一，技術專業能力的不足可能掩蓋 AI 的真實成本，使其看似高不可攀或過度樂觀；其二，領導者必須找到方法，衡量 AI 投資在任務成果上那些難以量化的成效。

這是一項政府領導者可能無法再等待做出的決策。AI 的未來已然來臨，政府機關應積極主動，塑造這項技術如何最有效地協助實現公共部門的使命。

主要挑戰

- **AI 專業知識有限：**根據 Deloitte 近期一項調查，僅有六分之一的政府領導者認為其組織在生成式 AI 方面具備高度或非常高的專業能力，相較之下，產業界的比例則為 32% 至 56%²。這樣的落差使政府在模型選擇、成本控管、資料清理、儲存與資安等技術決策上更顯困難。
- **對於 AI 興趣發生了逆轉：**在商業世界中，對生成式 AI 的熱情主要來自高層，由業務主管們推動這項技術；但在政府部門，這種趨勢卻是顛倒的：員工可能更渴望嘗試生成式 AI，而領導者則對潛在風險心存顧慮。
- **缺乏對生成式 AI 的使用途徑：**儘管基層對 AI 應用展現出一定興趣，調查中僅有 1% 的政府領導者表示其機關中超過 60% 的員工能夠接觸生成式 AI，這一比例遠低於私人企業，呈現出數量級的差距³。

趨勢實踐

規模化悖論 (The Scaling Paradox)

AI 對公共利益的潛在影響確實是巨大的，即便考慮到所有常見的限制因素。然而，若政府機構的技術輔助計畫未能實現 AI 的規模化應用，其影響力將會有限。這可能導致一個根本性的悖論：大規模應用需要廣泛使用，但廣泛使用同時也會帶來政府機構必須管理的風險。

以阿根廷首都布宜諾斯艾利斯為例，該市已開始循此思路發展。布宜諾斯艾利斯市政府在 2019 年推出了一款應用程式聊天機器人，並逐步擴展其功能。到 2022 年，居民已能透過該聊天機器人存取社會服務、申請建築許可，甚至通報需要維護的基礎設施。截至當年年底，該機器人已處理超過 5,800 萬次互動，讓布宜諾斯艾利斯的居民能夠全天獲得服務⁴。

不過，規模化不僅僅代表擁有龐大的用戶數量，更意味著成為組織營運的核心。例如，美國財政部已開始使用 AI 工具來偵測政府支付款項中潛在的詐欺行為，成功防止或追回了 40 億美元的不當支付款項，這筆金額是 2023 年的五倍多。這些工具真正的力量在於打破了各機構間的資料孤島。財政部的「(Do Not Pay)」服務已經擴展，與各州失業救濟機構以及社會安全局的「(Death Master File)」進行整合，增加了驗證能力，並在聯邦支付系統中節省了大量資金⁵。此外，更大規模的跨組織資料整合也正在進行中⁶。

這些案例不僅突顯了 AI 的潛在效益，也證明了隨著全球各地的政府機構紛紛採用 AI 應用，應有更多公務人員熟悉這項技術及其日益擴大的用途。布宜諾斯艾利斯的社會服務工作者應了解 AI 聊天機器人的局限性，以確保它能向使用者輸出有效資訊；各州失業救濟辦公室的員工應具備足夠的 AI 素養，才能善用財政部的「(Do Not Pay)」服務，在阻止詐欺的同時，不延遲向有需要的勞工發放合法款項。為了達到規模化，政府機構應培訓員工與 AI 協作，並利用這些應用程式來提高日常工作的效率與準確性。

但是，政府工作具有高度敏感性，因此在擴大 AI 應用時，必須同步管理其於公共領域廣泛部署所帶來的風險。賦予員工更廣泛使用 AI 應用程式（特別是基於生成式 AI 的工具）的權限，固然能迅速發掘 AI 協助機關實現任務的新契機，但也可能大幅提高風險。新導入的 AI 解決方案可能無法如預期運作，更嚴重的情況是，它可能產生不準確的資訊，進而誤導員工或民眾做出錯誤決策。因此，政府機關當前的關鍵課題，是如何在有效控管風險的前提下，促進 AI 的廣泛且自發性地採用。

我們對政府部門採用 AI 的研究顯示，可以透過以下策略來解決這個悖論：賦予具備適當技能的員工正確的權限，並持續衡量任務成果，以確保計畫步入正軌。

合適技能的員工獲得適當的權限管理

與相較於商業企業通常由高層主導 AI 的規模化應用，政府機關的基層員工反而可能更有機會挖掘具轉型潛力的 AI 應用場景。然而，若要找到並發展這些應用案例，員工必須能夠取得適合其職位和專業的工具及培訓。目前，生成式 AI 的使用權限仍是一大問題。根據 Deloitte 最新調查，僅有 1% 的政府受訪者表示其機關中有 60% 的員工能使用生成式 AI 工具⁷。儘管改變的步伐緩慢，但隨著越來越多政府部門讓員工更廣泛地使用生成式 AI 工具，這種情況正在開始轉變。

在為期六個月的期間內，澳洲數位轉型署（The Digital Transformation Agency of Australia）向約 60 個政府機關、超過 7,600 名員工部署了一款 AI 助理，藉此評估生成式 AI 對員工效率與生產力的影響。該項計畫旨在了解此工具對日常工作的效率提升程度，並進一步發掘可量身打造解決方案的機會。在初步試行階段中，該工具平均為每位員工每日節省約一小時的行政作業時間⁸。

儘管政府對工具的使用權限持續緩慢擴大，領導者可率先著手解決 AI 素養不足的問題。畢竟，並非每位員工都需要精通如何微調大型語言模型或自行開發聊天機器人。少部分使用者應具備深入了解 AI 工具開發的專業知識，部分則可透過中階知識學會如何挑選合適工具，另一部分員工則僅需具備基本的使用能力即可。我們研究指出，AI 素養可依據「建構－選擇－使用」三階段進行劃分，其深度應依員工的職業別、職級與角色而有所不同。接觸生成式 AI 較多且潛在接觸度較高的職務，應具備更多相關知識以充分利用該技術的可用性。同理，相較於初階員工，管理階層通常需要比基層員工具備更高的 AI 素養，以有效領導組織進行數位轉型。而初階員工僅需掌握在有限情境下正確使用工具的能力即可。當然，若員工的職責涉及開發 AI 工具以強化現有流程或開創潛在應用場景，其技能要求自然應高於純技術支援或最終使用者角色（如圖 1 所示）。

這些層級的 AI 素養能幫助員工掌握適合他們的知識水平。這對於設定與 AI 協作的體驗預期至關重要。人們可能對 AI 抱有近乎奇蹟般的過高期待，而一次不好的體驗就可能讓整個組織停止進一步的嘗試。因此，在 AI 領域取得進展，取決於讓每位員工在技能和預期上都具備正確的素養。

新加坡的經驗直接說明了投資於員工 AI 素養與擴大 AI 應用規模之間的緊密關係。2023 年 12 月，新加坡政府修訂其 2019 年發布的 AI 發展策略，正式推出《國家 AI 策略 2.0》（National AI Strategy 2.0），強調為迎接由 AI 驅動的未來，必須對勞動力進行重新培訓與技能提升，並建立必要的基礎設施以支持蓬勃發展的 AI 產業⁹。其中，打造具備正確技能的人才隊伍，是新加坡由下而上推動 AI 應用的關鍵策略之一。



例如，「AI 先鋒（AI Trailblazers）」計畫，目標在 100 天內開發出 100 個生成式 AI 應用，並讓政府機關與企業均可存取第三方開發工具包，積極促進跨部門的技術導入與實務應用¹⁰。

只要能為政府員工提供合適的工具與正確的技能，他們便能以前所未有的速度和規模，發掘並利用 AI 來為公眾創造福祉。

衡量任務成果

即使出現良好的 AI 應用案例，受限的預算仍可能使擴大導入的進程停滯。我們的研究顯示，政府領導者對於投資 AI 的積極程度與甚至超過私人企業，但他們常面臨一項挑戰：難以有效衡量 AI 對機關運作所帶來的實質影響（如圖 2 所示）。

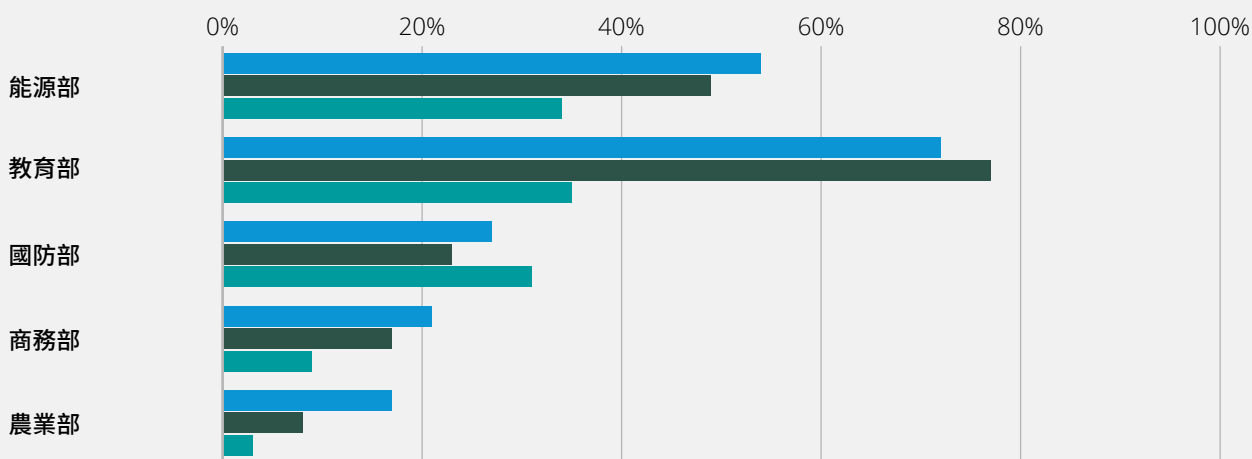
圖 1

員工所需的AI素養程度，會依其職業類別、職務層級與在AI應用中的具體角色而有所不同

● 建構 ● 選擇 ● 使用

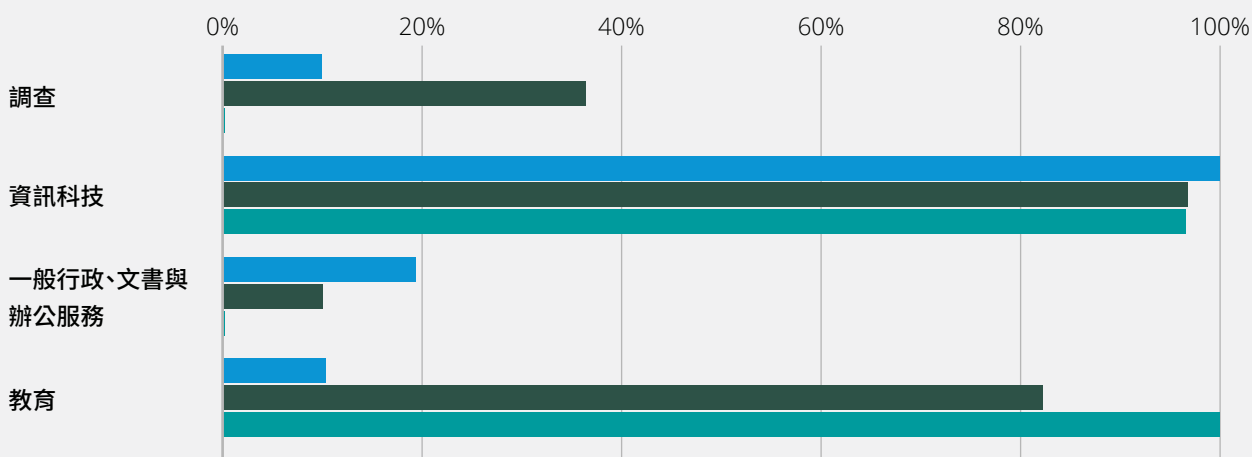
針對不同層級的培訓需求，每個政府機構都有其獨特性

各機關中需接受高強度各類型訓練的員工比例



訓練的類型和強度也會因職業而異

各職業對高強度訓練的需求比例分析



備註：建構：創建 AI 工具；選擇：選擇合適的工具；使用：操作工具。

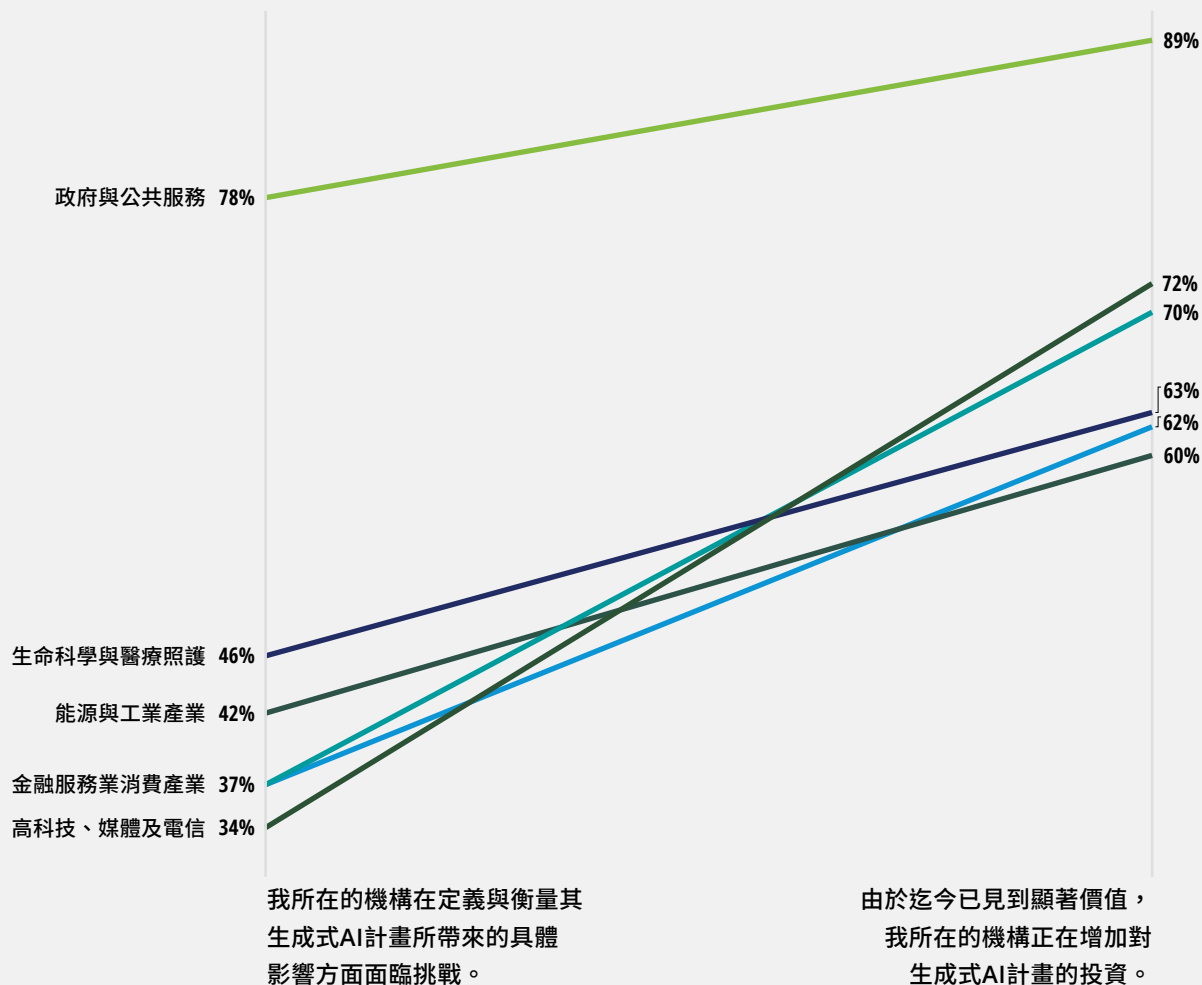
資料來源：Based on the Deloitte Center for Government Insights analysis of US Department of Labor O*net data and Office of Personnel Management federal workforce data.

圖 2

根據受訪者意見，政府領導者尚未能夠具體量化生成式 AI 所帶來的任務價值

請說明您對以下陳述的同意程度。若該問題不適用於您，請選擇「不適用」或「不知道」。

(選項包括：部分同意 或 非常同意)



備註：n = 2,770 (消費產業= 687，能源與工業= 439，金融服務 = 518，生命科學與醫療照護= 347，高科技、媒體及電信= 579，政府與公共服務= 200)。

資料來源：Deloitte's State of Generative AI in the Enterprise, Q3 report, 2024.

若要讓 AI 專案在預算競爭中脫穎而出，必須具備對其成本效益的明確理解。AI 素養訓練可協助政府領導者釐清在選擇與運作 AI 模型時，常被忽略或難以掌握的隱性成本。然而，在效益面，政府領導者往往面臨更大挑戰。不同於企業能直接引用銷售額與獲利等量化指標，政府機關需投入更多心力，才能明確定義並衡量任務成果。在 AI 導入初期階段，若專案著重於提升效率，可透過節省時間與經費等指標進行評估；但隨著機關 AI 應用日益成熟，並朝向更具影響力的場景推進，勢必愈加需要建立清晰的任務績效衡量指標。

充分理解生成式 AI 為機關創造價值的方式至關重要，這不僅有助於明確成果應觀察的方向，也能指引應採用哪些指標進行衡量。價值實現的路徑將決定成功所需衡量的指標類型，甚至影響應採取的治理程度與層級。

- **AI 自動化工作任務。**當 AI 自動化單一工作時，能透過提升組織效率來創造價值。此類應用情境下，節省的時間與成本即為衡量成效的適當指標。

- **AI 強化工作。**當 AI 被整合進一個更大的工作流程時，可以透過提升該流程的整體績效來創造價值。在商業領域，這類績效益處通常很容易衡量，例如，透過銷售額增長或現金轉換時間縮短等指標；然而，對政府而言，這通常意味著需要找到能反映任務成果的衡量標準，例如，降低犯罪率、提高福利發放效率或延長社區居民的平均壽命。

這些價值實現的路徑不僅有助於選擇衡量指標，還能作為制定 AI 治理層級的參考依據。生成式 AI 應用對公共利益的影響越大，就越需要嚴格的驗證與持續的監督。關鍵不在於該應用是否直接與民眾互動，因為即使是如社會福利審核等內部流程，也可能對民眾生活產生重大影響。因此，判斷某一應用案例是著重於提升效率的自動化，抑或旨在改善整體流程成果，並將其與該案例是後勤支援或任務導向的性質一併考量，將有助於確定該特定應用案例所需的監督程度。

圖 3

衡量自動化與增強應用案例的價值及治理需求

			對.....所需的治理措施	
	價值來源	衡量指標	後台使用案例	任務使用案例
自動化	效率	節省的金額、節省的工時	低	中
增強化	效率與效能	節省的金額、節省的工時或任務成果指標	中	高

資料來源：Deloitte analysis.

了解 AI 如何創造價值，不僅能幫助我們選擇適當的治理層級，更能引導我們選定可有效衡量成功的指標。以紐澤西州政府為例，他們推行了一項以「紐澤西 AI 助理」(NJ AI Assistant) 平台為核心的 AI 實施策略。由於這個 AI 助理涉及公共服務，因此必須受到嚴格的治理。為了確保安全協議與資料主權，員工只能在州政府的專屬基礎設施上操作該平台¹¹。同時，因為該 AI 助理旨在提升任務成效，其成功與否也由任務改善的程度來衡量。例如，紐澤西州勞工部 (The New Jersey Department of Labor) 透過 AI 優化的通訊方式，使居民回應率提升了 35%；而稅務局運用 AI 驅動的電話中心分析，也將成功解決來電的比例提高了 50%¹²。

實現 AI 成效的工具與策略

為實現能帶來顯著效益的規模化應用，政府領導者應具備所需的策略和執行工具。

策略：建構平台以快速擴大效益

- **工具：AI 平台與市場。**由下而上的擴展策略，不僅意味著讓員工廣泛使用 AI 工具，還需具備識別成功應用案例的能力，並將其推廣給其他員工的能力。對部分機關而言，這可能代表需要一個整合技術與組織能力的 AI 平台，將支援技術層面的廣泛應用，也能進行新興 AI 解決方案的篩選與審查。美國國防部 (The US Department of Defense) 的「聯合共通基礎平台 (Joint Common Foundation)」即為一個大型 AI 平台的範例；同時，美國國務院也導入較小規模的 AI 應用市集，以協助開發並迅速擴展新的 AI 應用案例¹³。

策略：建立專業知識以做出明智決策

- **工具：學術與政府機構所提供的既有 AI 證書課程。**要為合適的員工提供適當的培訓，不一定需要學習與發展部門投入大量心力。包括「聯邦 AI 學院 (Federal AI Institute)」在內的多個學術與政府機構已推出以證書為基礎的課程能協助員工迅速達到相應的 AI 素養水準¹⁴。

策略：與合作夥伴共同建構，以有效控管風險

- **工具：技術合作夥伴的專業能力。**AI 領域發展迅速，獨立因應其變化對多數機關而言具有高度挑戰性。善用技術合作夥伴的專業知識，不僅有助於奠定穩固的技術基礎，更可作為防止陷入供應商綁定的關鍵步驟之一。這是一條雙向互動的道路。技術合作夥伴不僅能幫助政府領導者建立所需的 AI 素養，以做出適當的決策；同時，政府也能反向影響科技產業對問題的思考方式，進而推動如「主權 AI」這類能解決政府資安與隱私需求的解決方案¹⁵。
- **工具：其他政府領導人的專業經驗。**政府領導人面臨獨特的激勵機制，因此，來自其他政府領導人的建議往往更切合實際需求。在如 AI 長 (Chief AI Officer) 或資訊長 (CIO) 委員會等論壇中分享的專業知識與建議，對協助領導人應對政府特有的挑戰 (例如，預算限制與選舉週期) 具有重要意義。

OpenAI

Alexis Bonnell，

合作夥伴關係
經理（曾任美
國空軍部空軍
研究實驗室數
位能力署署長
暨資訊長）¹⁶

專家洞察

透過賦能人才，加速推動 AI 規模化應用

身為美國空軍研究實驗室（AFRL）資訊長，我深刻體會到，AI 的規模化推動不僅是技術議題，根本上是「服務人才」的課題。數位轉型，本質上就是人才的轉型。我們在美國空軍研究實驗室面臨的最大挑戰之一，是過於聚焦在技術本身，無論是 AI 模型還是工具，而忽略了其真正目的：補強並賦能我們優秀的團隊。因此，所有討論應從「人」開始，思考技術如何提升人員的能力與價值。

當美國空軍研究實驗室推出實驗性生成式 AI 研究平台 NIPRGPT 時，關注的焦點不僅在探索技術、安全性與基礎設施，更著重於「人機協作」。我們不只是觀察人們如何運用 AI，更深入了解新技術的導入歷程，以及如何協助使用者建立一種願景：透過技術強化自身能力的可能性。這是一種「AI 賦能於你」，而非「AI 取代你」的價值觀。

有關 AI 的整體敘事，往往將其描繪得過於技術性且複雜，無意間傳達出人們不夠聰明或不具備足夠的倫理來掌控它。我們在推動 AI 導入與擴展時，起點是建立在信任之上。我們理解人們具備能力，並且已成功應對過歷次技術浪潮。這種以信任為核心的方式有著根本的不同，其核心訊息就是告訴人們：「你已足夠，有能力掌握一切，我們信任你。」

這種對 AI 的思維方式不僅僅是標語口號，更改變了我們採用 AI 的整體流程。我們將 AI 的採用歷程劃分為四個階段：「驚喜 (Ta-da)」、「警覺 (Uh-oh)」、「領悟 (Ah-ha)」與「常態 (Ho-hum)」。

1. 這個「驚喜」(Ta-da) 關乎人們親自體驗生成式 AI。它需要提供接觸新工具的管道和實驗機會，鼓勵員工自主探索。NIPRGPT 的目的並非打造一款終極工具，而是提供一個安全且穩固的空間，讓大家能夠進行探索。透過觀察員工如何與 AI 互動，美國空軍研究實驗室得以向商業和政府團隊分享，如何設計更好的初始 AI 體驗，並有效推動 AI 素養。
2. 當人們經歷了「驚喜」(Ta-da) 時刻後，會進入「警覺」(Uh-oh) 階段，開始思考 AI 與自身職務的相關性。他們會問：「這在我的生活中有什麼定位？與我的工作角色有何關係？我該如何有效運用它？」這些問題根植於對技術現實的理解。此階段對於人們克服恐懼與焦慮至關重要。如果「警覺 (Uh-oh)」先於「驚喜 (Ta-da)」出現，人們只能重複他人的恐懼與疑慮；但若「警覺」發生在「驚喜」之後，他們便能藉由親自使用工具來探索自身憂慮，進而提出更多基於技術現實及其在任務中角色的更具深度的問題。
3. 隨著這些疑問的演進，會達到「領悟」(Ah-ha) 時刻，使用者開始在日常工作中感受到具體的效益，例如，減輕工作上的痛點。當他們發現某些任務可以更快速或更輕鬆地完成，並且因此為任務節省時間時，這個工具便真正融入了他們的生活和工作之中。

4. 最終目標是達到「常態」(Ho-hum) 階段，此時使用者對這項技術的體驗已成為日常，並感到自在舒適。身為資訊長，我的職責就是協助員工盡可能快速地從對一項新技術感到不安，轉變為對其感到自在甚至習以為常。因為一旦他們感到習以為常，就代表他們已準備好迎接下一個挑戰。在技術賦能的國安時代，我們可能會忘記，若人們不使用或不習慣使用最頂尖的技術，那麼它再好也無關緊要。當我們的人員能夠適應、主動需求並有效運用最合適的技術時，我們才能取得並維持戰略優勢。推動採用的速度與成效，決定我們超越對手的速度。

在「驚喜」(Ta-da) 階段，我們確保你擁有工具及 AI 基礎課程，此訓練著重於「為何選擇 AI、為何現在要使用 AI，以及為何與您相關？」接著在「警覺」(Uh-oh) 階段，我們確保他們能接觸到專家及同儕，討論疑慮或最佳實踐方式。促使人們快速推進這個歷程的關鍵之一，是基於角色的訓練。在基礎知識過後，進入「領悟」(Ah-ha) 階段，我們專注於工具真正能為他們帶來什麼效益。AI 是一個令人驚奇的工具，因為它具備「親近性」，每個人使用方式皆不同。在角色基礎訓練中，我們告訴使用者「這項工具能為您做什麼？」。例如，公共事務人員會學習公共事務領域如何運用該工具，而法律資訊主管的訓練內容則不同於管理者訓練。在每一堂角色基礎課程中，我們會回答「這對我有何好處？我如何利用它取得優勢？」，當人們發現與自己相似的同事都在使用這個工具時，他們的觀念會從「這工具威脅我的工作」轉變為「不使用這工具會影響我的升遷」。

他們明白同儕都在運用這些工具，為了生存與發展，AI 是推動未來機會的催化劑，而非阻礙。

這種以人為本的做法帶來一個重要成果：當我們從人出發，便允許他們自行組織與技術的關係。這顛覆了傳統由技術主導的權力結構。當使用者能以自己的方式運用 AI 時，他們便成為真正的策展者，深入了解自己的角色、使命與資訊。他們開始調整工作流程，圍繞 AI 重新架構作業方式，這種改變往往比中央高層主管所能推動的更為有效。透過這樣的方式，使用者能主動優化任務執行，最終確保納稅人的資金能獲得更好的回報。

我們正進入一個人人都是技術專家的時代，而這是在個極具潛力的機會。作為資訊長，我的責任是思考如何協助人們踏上 AI 旅程，並擁抱自身與 AI 協作的潛力。對我來說，最令人振奮的一天，就是當使用者主動詢問：「接下來呢？」

參考資料

1. Joe Mariani, Pankaj Kishnani, and Ahmed Alibage, "Government's less trodden path to scaling generative AI," Deloitte, Oct. 24, 2024.
2. Jim Rowan et al., "Now decides next: Moving from potential to performance—Deloitte's State of Generative AI in the Enterprise: Quarter three report," Deloitte, August 2024.
3. Mariani et al., "Government's less trodden path to scaling generative AI."
4. Buenos Aires Administration, "Boti reached 58 million conversations and continues to add services," Jan. 31, 2023.
5. Natalie Alms, "AI tools helped Treasury recover billions in fraud and improper payments," *Nextgov/FCW*, Oct. 18, 2024.
6. The White House, "Fact sheet: President Donald J. Trump protects America's bank account against waste, fraud, and abuse," March 25, 2025.
7. Mariani et al., "Government's less trodden path to scaling generative AI."
8. Australian Government Digital Transformation Agency, "Evaluation of whole-of-government trial into generative AI: Now available," Oct. 23, 2024.
9. Singapore Economic Development Board, "Singapore updates AI strategy with aim to contribute globally valuable breakthroughs," Dec. 14, 2023.
10. Smart Nation Singapore, "Launch of the AI Trailblazers initiative," July 24, 2023.
11. New Jersey Office of Innovation, "NJ AI Assistant," accessed April 1, 2025.
12. State of New Jersey, "Governor Murphy unveils AI tool for state employees and training course for responsible use," press release, July 3, 2024.
13. Alexandra Kelley, "State to develop new AI marketplace for staff," *Nextgov/FCW*, Nov. 1, 2024.
14. Rebecca Heilweil, "The federal government wants to teach workers about AI prompt engineering," *FedScoop*, Nov. 1, 2024.
15. Muath Alduhishy, "Sovereign AI: What it is, and 6 strategic pillars for achieving it," World Economic Forum, April 25, 2024.
16. The executive's participation in this article is solely for educational purposes based on their knowledge of the subject and the views expressed by them are solely their own. This article should not be deemed or construed to be for the purpose of soliciting business for any of the companies mentioned, nor does Deloitte advocate or endorse the services or products provided by these companies.

致謝

The authors would like to thank **Sushumna Agarwal** and **William D. Eggers** for their research contributions and support with project management. In addition, the authors would like to thank **Alexis Bonnell** for her valuable input in the "My take" section.

關於作者

Costi Perricos

cperricos@deloitte.co.uk

Costi Perricos is an experienced technology leader, with over 30 years of experience in the field of data and AI-related technologies. He has been at the forefront of the industry for three decades and has a wealth of experience in delivering large and complex technology programs.

Edward Van Buren

emvanburen@deloitte.com

Edward Van Buren is the strategic growth leader of AI for Deloitte Consulting LLP's Government and Public Services industry and the executive director of the Deloitte AI Institute for Government. He works with technology companies and other strategic partners to develop solutions harnessing the power of AI/ML for federal, state, local, and higher education clients.

Vishal Kapur

vkapur@deloitte.com

Vishal Kapur is a principal in the Strategy and Analytics practice for Deloitte Consulting LLP and serves as the US Google Cloud Lead Alliance partner for Government & Public Services (GPS), where he is responsible for driving market offerings and solutions to drive digital transformation.

Joe Mariani

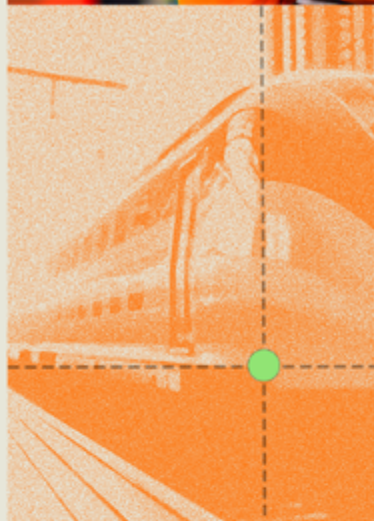
jmariani@deloitte.com

Joe Mariani is a senior research manager with Deloitte's Center for Government Insights. His research focuses on innovation and technology adoption for both national security organizations and commercial businesses. His previous work includes experience as a consultant to the defense and intelligence industries, high school science teacher, and Marine Corps intelligence officer.

Thirumalai Kannan

tkannand@deloitte.com

Thirumalai Kannan D is a researcher with the Deloitte Center for Government Insights. His research focuses on the quantitative analysis of cross-cutting issues in government including emerging technologies like AI and advancing citizen trust.



前瞻基礎建設的準時交付與成本控管



各國政府日益採用新技術與新流程，以優化基礎建設開發的各個階段。

基礎建設是所有事物的根基。數十年來，政府所建置並持續維護與升級的橋樑、道路、軌道運輸、捷運、纜線、變壓器、下水道及水處理廠等，正是支撐現代生活運作的關鍵要素。

大型公共工程對世界產生了深遠影響：從巴拿馬運河重塑全球海運供應鏈¹美國州際公路系統改變整體國民文化²，到英法海底隧道強化區域連結性³。當然，全球各州、縣、市與城鎮也有無數較小型的工程正持續推進，協助企業營運、通勤者往返職場，以及家庭日常運作。

然而，過多專案出現超出預算、落後進度，或兩者兼具的情形。事實上，研究指出，基礎建設專案造成成本與工期超支的因素多元，包括範疇界定與規劃不足、人力短缺、技術變動、資金與預算缺口，以及不同利害關係人之間缺乏協調⁴。

要籌到資金把設施蓋起來是一回事，但讓一切持續運轉則是長期挑戰，而且正變得愈發困難。著眼未來數年的專案規劃，政府正面臨新的環境威脅，使關鍵基礎設施的「前瞻防護」成為當務之急。依據災害韌性基礎設施聯盟（The Coalition for Disaster Resilient Infrastructure）2023 年報告，因天氣型態變化所致的全球基礎設施年均損失介於 7,320 億至 8,450 億美元之間⁵。

極端天氣事件正威脅橋梁、水壩、發電廠及其他歷來被視為安全的結構；同時，嚴峻高溫亦帶來工程人員原先未預期的額外應力負荷⁶。

現有基礎設施的需求亦持續攀升，為因應未來成長，多數設施如今即需升級。例如，分析師預期隨著 AI 與生成式 AI 的普及，未來十年資料中心將呈現指數型成長，進而對電網與電力基礎設施造成壓力⁷。儘管超大規模雲服務商可能會自行擴建相當部分的電力設施，電網現代化仍須與此成長同步⁸。政府需支持這些現代化努力，採取更為敏捷的監管作法，並同時探索更廣泛且多元的能源來源，例如，小型模組化反應爐（Small Modular Reactor）⁹。

此一趨勢聚焦於政府如何因應新興與長期存在的挑戰，推動能滿足未來需求的基礎建設。要做到更好，不僅需將各類風險納入考量，還必須調整流程以加速傳統時程。基礎建設專案時常被技術進步、需求預測變動，甚至新工法所超越¹⁰。具前瞻性的領導者正積極採用新技術、新流程、治理模式與資金機制，確保關鍵基礎設施不僅能如期、在預算內完成，亦足以回應社會與環境日益複雜且不斷演變的需求。

主要挑戰

- **天候與其他人為威脅（如對基礎設施的網路攻擊）：**基礎設施面臨的風險與威脅正日益加劇且難以預測，因而必須強化安全防護、進行實體加固，並擴增冗餘規劃；然而這些措施也使預算壓力進一步升高。
- **成本與工期超支：**基礎建設專案經常因工程複雜度、政治領導更迭、利害關係人利益分歧、預算限制、技術演進、人才缺口及供應鏈問題，而出現成本與時程超支。
- **資金與融資缺口：**全球基礎建設投資遠低於所需水準；儘管年度投資已超過 5 兆美元，至 2030 年代的資金缺口仍預估達 15 兆美元¹¹。
- **協調利害關係人的利益：**利害關係人之間利益不一致可能導致延誤，特別是私部門在缺乏明確營收模式下，往往會迴避具有財務風險的專案。
- **人才短缺：**隨著專案日益仰賴科技與進階技能，並同時涉及大規模建設作業，政府與各經濟體往往面臨普遍的人才短缺。

趨勢實踐

基礎建設專案是規模龐大且高度複雜的工程，旨在長期服務廣大人群：為家庭提供能源、運輸人流與貨物、支撐醫療等關鍵服務、促成數位通訊等。其龐大規模要求政府機關、承包商、投融資機構與專業技術人力通力合作，並串聯全球供應鏈。

在交付速度方面，政府始終面臨挑戰，因其必須遵循廣泛的公共承諾並善盡公帑管理責任，而這些義務難免放慢決策步調並延宕許可審批。此外，多元利害關係人（例如，公民、企業、非營利組織與其

他公部門）之間的利益分歧，雖然重要，亦可能使專案進一步停滯。領導者必須在這些限制條件下運作，儘可能高效率地推動未來的基礎建設上路。

在專案範疇界定與規劃階段納入韌性設計

當然，任何基礎建設專案都應妥善規劃。然而，此類專案因其固有的複雜性，規劃過程往往充滿挑戰，其中包括規劃人員需對未來多年之使用情境與維運需求進行預測。隨著極端天候事件的發生頻率與強度不斷升高，這種複雜性更進一步加劇，並為本已繁重的規劃流程帶來額外壓力。

為加速規劃流程，政府日益運用新技術蒐集並分析大量異質資料，以提升相關規劃作業的效能與效率。此外，他們亦將韌性設計原則納入規劃流程的核心，協助專案更具備承受未來環境不確定性的能力。

運用新興技術，提升規劃效能並建構因應變動天候型態的韌性

北卡羅來納州羅利市（Raleigh, North Carolina）的官員正運用基於 AI 的技術，強化全市的自來水與下水道系統。感測器可偵測堵塞的早期徵兆，並在暴風雨期間預測淹水與溢流。機器學習則有助於預測自來水幹管破裂，指引市政水務單位於何處進行預防性維護¹²。

羅利市的官員也運用數位孿生來指導城市開發。透過微氣候建模，他們得以避免造成熱島效應的開發，隨著該區預期未來極端高溫事件更為頻繁，這項措施愈發關鍵。此作法旨在因應極端高溫及其對居民與未來基礎設施發展的影響。該模擬會納入開發商的新建許可與建築設計，讓官員們得以視覺化這些開發案將如何影響該區域的遮陽狀況與風向流動¹³。

案例研究：運用數位孿生技術為區域規劃工作提供依據

在佛羅里達州人口第二多的布羅瓦德郡，負責協調 31 個市鎮、服務 190 萬名居民的布羅瓦德都會規劃組織（The Broward Metropolitan Planning Organization）¹⁴ 正開發一個數位孿生平台，以在壅塞、經濟與淹水威脅升高之際，強化基礎建設規劃決策。該平台 SMART METRO 將整合多元來源的資料：涵蓋住宅、分區、人口、運輸等，並結合地理空間視覺化工具，讓規劃人員能以自然語言發問，並存取單一事實來源。

數位孿生的資料交換機制，將使該組織在進入專案規劃前掌握當前的經濟、運輸與社會需求。其分析層具備預測能力，可用於預估壅塞情況、土地使用型態與淹水風險。另有模擬層透過模型支援運輸、土地使用與韌性規劃，並可繪製與視覺化未來專案開發，同時分析不同情境下的相對成本效益影響¹⁵。

布羅瓦德都會規劃組織官員計畫在多項即將推動的專案中運用此平台，其中包括分析米拉瑪（Miramar）市的再開發計

畫之影響，重點聚焦於運輸基礎設施，以及道路與大眾運輸所需的追加投資基於淹水預測與模擬資料的分析，亦可協助規劃人員選定大眾運輸站點與路線¹⁶。

除了強化決策能力之外，該平台也有助於促進各個通常獨立運作的城市之間的合作。數位孿生透過提供一個統一的平台，讓資料共享、溝通及情境分析變得更加便利，進而提升了區域規劃工作的成效¹⁷。

採用韌性設計原則

基礎建設旨在歷久耐用，而我們日常所倚賴的許多系統，例如高速公路、鐵路與電網，都已良好運作數十年。然而，日益頻繁且強烈的極端天氣事件，正不斷考驗著這些系統。從摧毀電力與供水設施的野火，到癱瘓交通運輸網絡的洪水，基礎設施的韌性正承受前所未有的壓力¹⁸。

這並非是設計或規劃不良所致。數十年前，沒有人能夠預見當今環境挑戰的規模與嚴重性。既然現在風險已然明朗，我們必須以長遠眼光進行規劃與建置，以確保今日所建造的基礎設施，即使在環境條件持續惡化的情況下，仍能經受住下個世紀的考驗。

全球各地的基礎設施規劃者，正日益採用能提升極端天氣韌性的設計原則。而這些具備極端天氣韌性之基礎設施設計的基石，便是精確的即時與預測天氣資料。透過運用精準的天氣預報，規劃者能夠評估天氣模式變化對基礎設施的長期影響、安排投資的優先順序，並實施應變策略，確保這些關鍵系統在面對未來挑戰時，仍能維持正常運作。

雪梨地鐵（Sydney Metro）作為澳洲史上規模最大的都市鐵路投資，並以 100 年壽命為目標，已將極端天氣韌性納入核心設計，在各個階段皆優先考量調適需求。專案自一開始即從三個時間尺度評估風險：短期（2030 年）、中期（2070 年）與長期（2100 年）。雪梨地鐵並運用長期氣候模型，辨識系統各部分的高、中、低風險，並相應調整基礎設施設計以加以因應¹⁹。

舉例來說，該路網的西北段，亦即自 2019 年起通車的第一階段，被認為極易受到洪水和熱浪的影響。為降低風險，關鍵設備設置於可耐受極端高溫的溫控室內；隧道與車站的通風系統亦特別設計，以確保在最炎熱的日子維持旅客的舒適度。此外，計畫將水文因素納入都市設計特色，例如，使用透水鋪面，以在暴雨期間降低淹水風險²⁰。

極端天候韌性設計原則的關鍵之一，是採用能承受日益頻繁且強烈極端天候事件的材料。各國政府正與大學、研究機構及私部門合作，評估此類事件在基礎設施整體生命週期中的影響。這份洞見有助於設計出納入特殊工程材料的基礎設施，使其能夠承受並減輕極端天氣帶來的衝擊。

舉例來說，維吉尼亞州的交通與基礎設施規劃者，正利用威廉與瑪麗學院（The College of William & Mary）所屬的維吉尼亞海洋科學研究所（The Virginia Institute of Marine Science）建立的模型，來設計更具韌性的基礎設施。這些模型能夠預測至 2050 年的海平面上升情況，使規劃者得以評估極端天氣將如何影響基礎設施。例如，他們分析鹽度上升對橋樑和涵洞的影響，判斷結構所需的冶金標準變更，並確認適合日益易受洪水侵襲之沿海道路的材料²¹。

精簡許可審核並提升透明度

決策者往往出於良善初衷制定法規：確保基礎建設專案符合高標準、將生態衝擊降至最低、保護弱勢社群，並爭取多元利害關係人的支持。然而，這些善意的保障措施有時會成為發展障礙，使專案糾結於橫跨地方、州與中央層級的政策網絡之中。此類門檻一旦設立，降低難度甚高，但部分領導者已主動精簡流程，以推動專案落實。

簡化企業與政府互動

對企業而言，應對政府法規和許可審核程序可能充滿挑戰。由於規定、程序不一，且涉入的政府機關多元，專案執行容易受到影響，導致額外成本、時程延遲，甚至讓私部門對合作卻步。簡化許可審核流程的相關工作，旨在盡可能降低申請者在取得所有必要許可時所面臨的挑戰²²。

在我們先前的趨勢報告中，我們指出各國政府愈來愈採行「單一窗口」的執照與許可制度。以丹麥為例，丹麥能源署現已成為單一聯絡窗口，與相關公部門協調，提供風場所需的各項關鍵許可²³。該國如今能在 10 餘天內完成風場許可審查，讓企業僅需 34 個月即可完成離岸風電專案的建置；相較之下，其他歐盟國家的時程最長可達 8 年²⁴。

在許可流程中建立透明度

全球各國政府正致力於提升許可與執照流程的透明度。密西根州基礎建設辦公室（The Michigan Infrastructure Office）已建立一個對外公開的儀表板，呈現納入協調式許可流程的州級重大基礎建設專案。類似於丹麥能源署的作法，該辦公室與州內各部門協作，盤點所需各項許可，並確定申請案件的最有效率處理順序。

申請人可透過該儀表板追蹤專案所需各項許可、其目前狀態，以及預估完成時程²⁵。同時，為提升透明度與問責性，該儀表板亦開放大眾監督州政府在審查與加速核發許可方面的進度²⁶。

與多元利害關係人建立共識

利害關係人參與與共識建立是基礎建設專案成功的關鍵要素。透過與利害關係人互動，規劃者得以辨識受專案影響者的具體需求、目標與痛點；而這樣的理解，對於使專案目標與社群及其他利害關係人的期待與要求相契合至關重要。

與社群及其他利害關係人進行參與式規劃與協作

《經濟學人影響力》（Economist Impact）發布的「優質基礎設施晴雨表」（Infrastructure for Good barometer）強調，在專案的初期評估階段，進行參與式規劃和利害關係人協作至關重要。

該晴雨表檢視了 30 個國家的基礎設施生態系統，並評估其提供高效優質基礎設施以滿足經濟、社會及環境需求的能力。報告指出，僅有半數的受訪國家在專案初期階段會進行參與式規劃與需求評估²⁷。

澳洲的維多利亞基礎設施局（Infrastructure Victoria）是透過參與式規劃與深度社區互動來評估未來基礎建設需求的典型案例。其《維多利亞基礎建設策略》（Victoria Infrastructure Strategy）為期 30 年（2021 年–2051 年）的區域計畫，將基礎建設發展視為一個「系統」，而非個別專案的集合。它預測了該地區長期的需求，為系統層級的翻新與新建工作繪製了藍圖。這項計畫的制定，是藉由讓居民與社群共同參與規劃及需求評估，並建立一套徹底的諮詢與協作流程來完成的²⁸。

水利基礎設施是另一個關鍵領域，卻常不如其他基礎建設專案受到關注。流域管理和具備韌性的水務基礎設施發展，影響著從企業到社群等廣泛的利害關係人。「切薩皮克灣計畫」（The Chesapeake Bay Program）提供一個範例，說明如何在不同利害關係人之間尋求共同立場，並為解決流域治理這一關鍵議題鋪路。該計畫屬於公私協力夥伴關係，致力於保護與復育切薩皮克灣流域：美國最大的河口、亦為全球第三大——跨越六個州，孕育超過 1,800 萬人口與 3,600 種動植物²⁹。

該計畫創立於 1983 年，在透過協作式的水資源管理策略，整合聯邦、州及地方的目標。透過載明並定期更新「共同價值原則」的書面協議，動員聯邦與州政府機關、地方政府、非政府組織、企業、學術機構與社群等利害關係人，採整體性作法，聚焦處理切薩皮克灣周邊的水質、棲地復育、社區參與與產業精進等議題³⁰。

運用科技驅動的新工具以促進利害關係人參與

理解不同利害關係人的動機與願景至關重要，與其進行有意義的互動同樣不可或缺。芬蘭赫爾辛基（Helsinki, Finland）在運用數位孿生技術強化城市治理方面走在前沿，並擁有全球運行最悠久的數位孿生計畫之一。該市目前正善用此技術以提升公民互動與參與³¹。

透過讓赫爾辛基卡拉薩塔馬（Kalasatama）區開放市府的數位孿生工具，政府提供了一個高度視覺化的平台，讓利害關係人，包括現有與潛在的居民，都能檢視專案資訊並提供意見，甚至能透過行動裝置參與。這項舉措不僅為全市未來的專案樹立了典範，也展示了數位孿生如何能協助滿足城市環境與日俱增的需求³²。

鼓勵私部門參與基礎設施建設

政府機構由於經常面臨人力與財力資源短缺，常規性地與企業合作，以推動大型基礎設施專案。然而，企業目標可能與國家基礎設施目標不一致，而延遲或日益增加的收益風險則可能阻礙大型專案的進行。為了應對此一挑戰，部分政府正在採取策略，部分政府正採取策略以降低私人投資者的財務風險，讓原本風險較高或經濟性不足的基礎建設專案更具吸引力。



導入去風險化策略

受資金成本驅動的融資成本，在基礎建設專案的興建與營運支出中占有相當比重。由於此類專案風險多元，投資人與放貸機構為彌補不確定性而要求更高報酬，進而推升資金成本，並提高整體專案成本。

與基礎建設專案相關的風險大致可分為四類：宏觀風險、市場、技術風險³³。各國政府已開始導入組合式的去風險化策略，以管理上述各類風險，進而降低資金成本，並相應減少整體專案支出。風險下降與融資成本降低，也有助於提升專案在初期的商業可行性與永續性。

與多邊機構合作可協助開發中國家政府為基礎建設投資進行去風險化。例如，世界銀行（The World Bank）旗下的多邊投資擔保機構（Multilateral Investment Guarantee Agency, MIGA）提供政治風險保險，保護在開發中國家基礎設施專案中的投資人，免於因政治風險所致的損失；此類風險包括貨幣不可兌換、資金匯出限制、徵收、戰爭、恐怖主義、民眾騷亂、違反合約，以及不履行財務承諾等³⁴。同樣地，二十國集

團（G20）倡議的全球基礎設施機制（The Global Infrastructure Facility, GIF）提供資金與顧問服務，協助各國政府選擇、設計、架構、去風險，並將高品質的基礎建設專案推向市場³⁵。

依 Deloitte 的估算（如圖 1 所示），採用量身打造的去風險化策略組合：包括優惠政策、擔保機制、採購可靠性、國內資本市場發展以及善用混合式融資，到 2050 年可望使能源轉型成本降低 40 兆美元³⁶。

重新平衡公部門與私部門的財務風險

基礎建設專案存在工期延宕與成本超支的高風險，常使私人開發商與融資機構卻步，尤其中當收益模型尚未被驗證時更是如此。為鼓勵私部門參與，許多政府正在調整財務風險的分擔機制，承擔更大比例的融資與收益負擔。印度高速公路的建設即為一個有力案例（詳見「加速印度道路發展的新收益模式」）。

案例研究：加速印度道路發展的新收益模式

印度國家公路管理局（The National Highway Authority of India）長期以來在吸引企業參與國家高速公路的建設與營運方面面臨艱鉅挑戰。企業之所以卻步並非無因：這類專案不僅造價高昂，從繁瑣的行政程序到與各方的法律糾葛都可能造成延誤；新路線的收益模式充滿不確定性，且歷來投資人對現金流的掌握度有限。

為促進私部門參與，印度國家高速公路管理局於 2016 年導入「混合年金模式」

（Hybrid Annuity Model, HAM），以委託私人開發商興建高速公路。混合年金模式屬於公私協力架構，透過在政府與私人之間重新分配財務風險來運作。依此模式，政府在建設期間注入專案成本的 40%，以分擔財務風險；同時由政府負責收益收取，主要來自收費，並承擔收益短缺的風險。此外，政府就建設、營運與維護向私營部門提供根據通膨調整的給付。此作法亦因政府按固定比例分擔專案成本，降低了承包商為了得標而刻意壓低報價的誘因。

該模式成功催化道路建設：自推出以來，已促成印度高速公路超過 8,000 公里之里程，並使承攬商結構多元化，納入更廣泛的開發商參與。混合年金模式的成功亦促使政府嘗試將此模式擴展至其他領域（例如，水與衛生）以吸引私人企業投入更多基礎設施專案³⁷。

圖 1

綠色轉型專案的去風險化策略及其成效

● 衡量指標 ● 部分緩解 ● 沒有影響

		宏觀風險		市場風險			技術風險			金融風險
		政治 能見度	監管	市場 缺失	收入	成本 競爭力	表現 不佳	施工延誤 及成本超支	基礎設施 缺失	獲得 資本
資訊工具	制定氣候和 能源策略	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	分類法	●	●	●	●	●	●	●	●	●
法規與 管制工具	簡化許可 流程	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	網路規劃	●	●	●	●	●	●	●	●	●
經濟與 市場投資	需求整合	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	需求整合	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	稅務獎勵	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	穩定的 補助政策	●	●	●	●	●	●	●	●	●
金融投資	擔保與保險	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	次順位債務 與劣後股權	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	證券化	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	優惠貸款	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	補助金	●	●	●	●	●	●	●	●	●

資料來源：Bernhard Lorentz et al., "Financing the green energy transition: Innovative financing for a just transition," Deloitte Center for Sustainable Progress, May 2024.

建置配套基礎設施

基礎設施的有效運作仰賴彼此互聯的系統。例如，運輸電氣化需要廣佈的充電站網絡、發電量的擴充、具備更高容量的先進電池儲能系統，以及連接發電站至國家電網的輸電線路。當確保專案成功所必需的配套基礎設施尚未到位時，私人企業往往對投入資源抱持觀望。

各國政府在為再生能源基礎設施專案尋找有意願的私部門夥伴時，特別面臨重重困難。在大多數情況下，太陽能或風力等能源蘊藏量豐富的地區通常地處偏遠，缺乏與現有電網的現成連結，因此商業吸引力可能不高。其挑戰在於，個別開發商若要興建電廠，還要投資數十甚至數百英里長的電網連接，成本將高得令人望而卻步。

澳洲各州政府擬以劃設「再生能源區」來解決投資課題。這些區域多為指定的半偏遠地帶，蘊含豐富的再生能源資源。每一個再生能源區會群聚大型再生能源專案，例如，風力與太陽能發電場，並配置專用的儲能與輸電基礎設施³⁸。各州政府亦承諾興建長距離輸電線路，將這些區域接入既有電網³⁹。

將多座大型電廠集中於單一區位，可發揮規模經濟；同時，配套的儲能與輸電基礎設施可降低輸電損失，並確保順利併入全國電網，此一作法可使私人企業在偏遠地區開發電廠具備商業可行性。澳洲已在全國範圍內盤點將近三十六處作為再生能源區的潛在選址⁴⁰。

彌補人才缺口

基礎建設領域的人才與技能缺口，正成為影響各機關有效執行專案的一大挑戰。從市場面看，建築、工程、再生能源及其他新興領域的人力日益稀缺⁴¹。

此外，政府部門內部在推動以科技輔助的基礎建設發展方面亦出現日益擴大的人才落差，同時也欠缺跨部門協作等軟性能力⁴²。

為勞動力技能提升與再培訓提供經費

日益擴大的技能缺口正影響各地區的基礎建設發展。基礎建設屬於勞動密集產業：若無穩定供給的技術工程師、建築師、起重機操作員、電工、營建工人、太陽能技術人員、資安專業人員等相關人力，工程項目根本無法順利施工完成。

西澳大利亞的建築訓練基金（The Construction Training Fund, CTF）展示了產業與政府共同出資的法定機構如何推動建築業的技能提升與再培訓。三十多年來，西澳大利亞的建築訓練基金一直對建築工程徵收訓練費用，州政府再透過各類訓練補助與津貼，將這些收入回饋至產業⁴³。

西澳大利亞的建築訓練基金與雇主、政府及培訓機構協調合作，使培訓計劃與產業需求保持一致。此外，西澳大利亞的建築訓練基金也進行深入的研究與勞動市場需求分析，以掌握現有及新興的勞動市場狀況⁴⁴。

建築訓練基金透過「學徒制與見習制補助」推動技能培訓⁴⁵，雇主可用於抵充成本，每位學徒或受訓者最高可達 34,500 澳元⁴⁶。該計畫並提供結訓獎金，且每增加一年訓練另給付追加款項⁴⁷。對於既有營建從業人員，建築訓練基金以最高達訓練總費用 80% 的補助，鼓勵進行技能升級。於 2023-2024 會計年度，建築訓練基金編列 2,410 萬澳元投入學徒計畫，另撥 290 萬澳元用於既有人員之技能提升。結果在建築訓練基金支持下完成訓練的逾 16,000 名人員加入基礎建設勞動力。雇主調查顯示，對建築訓練基金訓練品質的滿意度接近 90%，顯示整體勞動力技能水準獲得提升⁴⁸。

彌補美國資安人才缺口

隨著數位科技在實體基礎設施中扮演著日益重要的角色，各機構預計對網路人才的需求將呈指數級增長。2024 年，全球網路安全人力缺口高達 480 萬人，較 2023 年增加 19%；其中，關鍵基礎設施與政府部門比其他產業更可能回報存在網路安全技能缺口⁴⁹。事實上，美國網路安全與基礎設施安全局（The US Cybersecurity and Infrastructure Security Agency, CISA）估計，僅美國一地就有超過 57 萬個資安職缺⁵⁰。

透過《國家網路人才與教育策略》（The National Cyber Workforce and Education Strategy），聯邦政府致力於強化勞動力及公共部門的網路技能⁵¹。

為特別填補聯邦政府內的資安人才缺口，網路安全與基礎設施安全局設立了聯邦網路防禦技能學院，透過為期三個月的全日制課程，協助培訓聯邦公務人員具備網路防禦技能⁵²。

美國國家科學基金會（The National Science Foundation）資助了價值 2,400 萬美元的 CyberCorps 服務獎學金計劃，總額 2,400 萬美元，旨在為聯邦、州、地方與原住民族部落政府培育下一代資安人才。該計畫提供最長三年的獎學金，資助資安相關之大學部與研究所教育；受獎者須於畢業後為政府服務，服務年限與受獎期間等長⁵³。

規模大小各異的大學正共同投入，彌補資安人才在技能與需求上的缺口。美國國家安全局（The National Security Agency）將達科他州立大學認定為「資安教育卓越中心」，並定期派遣員工前往，與就讀資安相關課程的數千名學生一同參與專業進修⁵⁴。2023 年，達科他州立大學與該機構簽署合作協議，允許學生透過參與機密專案取得學分。此外，美國國家安全局員工可與校內師生協作，提供寶貴洞見，並使學生持續掌握國家安全防務的最新趨勢⁵⁵。

強化公部門的基礎建設交付能力

私部門在推動大型公共基礎建設專案中始終扮演重要角色，通常透過夥伴合作的方式進行。然而，鑑於基礎建設開發的日益複雜，公私部門協力越來越需要創新的架構設計⁵⁶。

為協助公務人員規劃並實施創新架構，世界銀行成立了基礎建設融資學院（The Infrastructure Finance Academy），提供各項資源與工具以支持基礎建設的融資工作。該學院開設多門線上課程，涵蓋關鍵領域的訓練內容，如打造吸引私部門資本的友善環境、運用不同的金融工具，以及規劃交易以符合市場需求⁵⁷。該計劃亦維護一個涵蓋 137 個低收入與中等收入國家、涵蓋 6,400 個公私合營基礎建設專案的資料庫，為公務人員及政策制定者提供豐富的案例參考⁵⁸。

協助較小規模政府提升自主能力

若缺乏區域政府或適當合作夥伴的支持，較小規模的地方政府往往難以推動並交付大型基礎建設專案。事實上，挑戰常從申請由州政府與中央政府提供的競爭型補助計畫就已開始。慈善機構夥伴，甚至中央政府，都能介入協助，協助釐清繁複的補助申請程序。

舉例來說，地方政府具備撰寫及申請補助金的能力至關重要，因為申請品質提高將增加獲得資金的機會。彭博慈善基金會（Bloomberg Philanthropies）旗下的 Bloomberg City Network 透過「地方基礎建設樞紐計畫」（Local Infrastructure Hub），針對補助申請的特定技能缺口提供協助，並以「補助申請密集訓練營」支援逾 700 個中小型城市。這些課程訓練市府人員撰寫具競爭力的補助提案、強化技術性寫作，從而更有效連結各項資金來源⁵⁹。

基礎建設推動的工具與策略

全球各國政府正在積極探索、試行並重新構想多種工具與策略，以應對基礎建設交付的挑戰。鑒於大型基礎建設專案的規模與複雜性，時間延誤和成本超支往往難以避免。以下這組工具與策略組合，能作為政府領導人在推動符合未來需求的韌性基礎建設時的重要參考。

- **數位孿生與 AI 驅動的範疇界定與規劃：**蒐集並分析大量數據，為規劃者提供洞見、模擬及虛擬呈現，協助其做出更佳決策。
- **許可流程改進：**採用創新方法，例如，「單一窗口」系統，以簡化複雜的許可程序。
- **系統性透明度：**透過建置對外公開的儀表板，揭示受審查中的基礎建設專案細節，將透明度納入專案管理。
- **利害關係人分析：**解析各類利害關係人的動機、優先事項與願景，以協助強化大型且複雜基礎建設專案的共識建立。
- **去風險化策略：**針對影響基礎建設專案的各類風險採取因應措施，目標在於降低融資成本。
- **財務風險再平衡：**在高風險專案中，將風險於公私部門之間分攤，由政府承擔較大比例的融資與收益負擔。
- **網絡化基礎設施發展：**優先推動互聯互通、相互依存的基礎設施網絡，以達到最佳運作效能，而非僅聚焦於缺乏必要配套設施的孤立專案。
- **關鍵技能人才招聘計劃：**透過與私部門及學術界合作，資助並發展符合產業標準與需求的技能培訓計劃。
- **公部門勞動力技能升級：**規劃並實施訓練方案，強化政府人力有效執行基礎建設專案的能力。

專家洞察

美國猶他州交通部 (UDOT) 的數位轉型舉措有助於提升基礎建設專案的交付成效

猶他州交通部
專案發展主任
Carmen
Swanwick⁶⁰

猶他州交通部 (The Utah Department of Transportation, UDOT) 正進行一項重大業務系統現代化改造，目標是以更高效且整合的科技解決方案取代現有的傳統自製系統。首階段重點涵蓋資本規劃、專案管理資訊系統、權利徵用及合約管理等系統。目前，猶他州交通部主要依賴功能有限且效率較低的舊系統，員工常需在系統外另行操作以完成工作。猶他州交通部的目標是轉型為使用全面整合的頂尖軟體即服務 (SaaS) 解決方案，並透過由 AI 驅動的企業資料核心架構進行整合，提供完成猶他州未來基礎建設專案所需的關鍵業務洞見。

舉例來說，猶他州交通部需處理龐大的資訊，其中多為非結構化且不一致的資料。為確保準確性與可靠性，猶他州交通部正在針對專案交付、資本規劃、現金流流程與專案管理等面向進行資料清理、整理與標準化。透過建立明確的資料格式與標籤準則，猶他州交通部將使資訊更便於內部利害關係人及外部承包商與供應商存取與運用。

業務系統現代化努力與猶他州交通部的數位交付模式相輔相成，後者正持續改變該部門的基礎建設專案交付方式。該模式透過以更易於使用的數位格式提供測量、現場應用及下游決策所需的數據，提升設計、施工及資產管理的效率。這場轉型同時重塑了設計、檢查與施工的作業流程。現場檢查員不再依賴紙本圖面，而是能利用先進工具直接與數位模型互動，從而簡化流程並提升準確性。

以往，即使是在同一發展廊帶上的專案，也常需重複進行測量與公共設施評估。透過資料集中化並確保連續性，我們旨在消除這些低效率，使未來專案能夠基於既有模型進行建設，而非從零開始。

此外，來自設計、施工及資產管理的數據捕捉與整合，能協助猶他州交通部建立如數位孿生模型等先進功能，以支持決策並改善跨多領域的工作流程。雖然猶他州交通部的資訊技術現代化仍處於初期階段，但仍需進行員工技能提升與培訓，以確保數位工具在部門內廣泛應用。

參考資料

1. Rodolfo Sabonge, "The Panama Canal expansion: A driver of change for global trade flows," United Nations' Economic Commission for Latin America and the Caribbean, August 2014.
2. Clifford M. Comeau, "Conditions and performance of the interstate system—after 40 years," *Public Roads* 60, no. 1 (1996).
3. Public-Private Infrastructure Advisory Facility Global Infrastructure Hub, "The channel tunnel," Nov. 30, 2020.
4. While there are regional differences in the reasons for delays and cost overruns, common factors include inadequate project planning, changes in project scope, lack of skilled labor, insufficient budget, and poor communication and coordination. Global research on construction projects suggests an average cost overrun of 28%; see Chinthaka Atapattu, Niluka Domingo, and Monty Sutrisna, "Causes and effects of cost overruns in construction projects," Massey University, Jan. 5, 2023.
5. *Coalition for Disaster Resilient Infrastructure*, "Global infrastructure resilience: Capturing the resilience dividend," October 2023.
6. Fatima Yousofi, "Climate change poses risks to neglected public transportation and water systems," The Pew Charitable Trusts, Sept. 24, 2024; Meghan Bartels, "The hidden ways extreme heat disrupts infrastructure," *Scientific American*, Aug. 2, 2024.
7. Sean Bennis, Brian Goodwin, Saurin Mehta, Andrew Moen, and Jacob Kinstler, "Exponential data center growth fuels unprecedented buyer interest and investment opportunities," Lincoln International, August 2024.
8. Henry Chapman, "How utilities, hyperscalers are working to tackle 'extreme' data center power demands," *Data Center Knowledge*, Sept. 26, 2024.
9. Ivan Penn and Karen Weise, "Hungry for energy, Amazon, Google and Microsoft turn to nuclear power," *The New York Times*, Oct. 16, 2024.
10. Lena Rivera, "Over budget and past due—the problem plaguing large infrastructure projects," GovDesignHub, March 29, 2023.
11. Julia Prescott, "How can we ensure that 'money in the bank' leads to 'shovels in the ground?'" World Bank Blogs, May 25, 2023; Deloitte, "Delivering infrastructure for good," accessed April 1, 2025.
12. Deloitte, "AI-powered cities of the future," Feb. 25, 2025, p. 36.
13. SmartCitiesWorld, "Building a future-ready city: Raleigh," Nov. 5, 2024.
14. Broward Metropolitan Planning Organization, "About MPO," accessed April 1, 2025.
15. Broward Metropolitan Planning Organization, "Annual report 2023–2024," July 2024.
16. Broward Metropolitan Planning Organization, "Smart metro: Transforming our region with AI and advanced analytics," accessed April 2, 2025.
17. Broward Metropolitan Planning Organization, "Annual report 2023–2024," July 2024.
18. Julie Strupp, "LA fires damage power, sewer and water infrastructure," *Construction Dive*, Jan. 14, 2025; *The Indian Express*, "Western Railway cancels 48 trains due to flooding of tracks," Aug. 29, 2024.
19. Government of New South Wales, Australia, "Sydney Metro rail system: Climate resilient transport," accessed Jan. 28, 2025.
20. Ibid.
21. David Malmquist, "Annual sea-level report cards add nuance to latest IPCC assessment," William & Mary, Feb. 16, 2022; Tiffany Fishman, Mahesh Kelkar, Christopher Tomlinson, and Rob Cary, "Transportation trends 2022–23," *Deloitte Insights*, Nov. 8, 2022.
22. William D. Eggers, Felix Dinnessen, Tsuyoshi Kono, Mark Price, and Glynis Rodrigues, "Government at warp speed," *Deloitte Insights*, March 25, 2024.
23. Danish Energy Agency, "Offshore wind development," June 2022.
24. Eunbyeol Jo and Yebin Yang, "Up in the air: Limitations of Korea's offshore permitting process and policy recommendations," Solutions for Our Climate, January 2023; Alice Hancock, "EU must speed up approval of renewable projects, Denmark says," *Financial Times*, Aug. 29, 2022; ENGIE, "Offshore wind power is on the rise in France," Sept. 7, 2022.
25. Michigan Infrastructure Office, "Project Dashboard," accessed Dec. 4, 2024.
26. State of Michigan Office of the Governor, "Michigan infrastructure projects," accessed Dec. 4, 2024.
27. Economist Impact, "Infrastructure for good: Building for a better world," accessed Jan. 29, 2025.
28. Economist Impact, "Infrastructure for good video series - How can infrastructure create positive social outcomes?" video, accessed Jan. 29, 2025.
29. Rana Sen, Samantha Riemer, Taylor Cobb, and Carley Weted, "Tackling America's water crisis: A cross-sector approach," *Deloitte Insights*, Sept. 19, 2023.
30. Ibid.
31. SmartCitiesWorld, "Building a future-ready city: Helsinki," Nov. 5, 2024.

32. Ibid.
33. Johannes Truby, Pradeep Philip, and Bernhard Lorentz, "Financing the green energy revolution," Deloitte, Nov. 16, 2023.
34. Multilateral Investment Guarantee Agency, "About us," accessed Dec. 4, 2024; International Institute for Sustainable Development, "Multilateral Investment Guarantee Agency," accessed Dec. 4, 2024.
35. Astrid Manroth, "The global infrastructure facility: Scaling infrastructure investment since 2014," The World Bank Group, April 15, 2024; Global Infrastructure Facility, "2021 annual highlights report," November 2021.
36. Johannes Truby, Pradeep Philip, and Bernhard Lorentz, "Financing the green energy revolution," Deloitte, Nov. 16, 2023.
37. Dinesh Shiwakoti and Devayan Dey, "The hybrid annuity model for public-private partnerships in India's road sector," ADP South Asia Working Paper Series No. 94, August 2022.
38. Climate Council, "What are renewable energy zones?" Nov. 23, 2020.
39. New South Wales Department of Planning, Industry and Environment, "NSW electricity infrastructure roadmap," November 2020; Queensland Government, renewable energy zone roadmap," March 2024.
40. Climate Council, "What are renewable energy zones?"
41. Elizabeth Findell and Gina Heeb, "Construction industry braces for one-two punch: Tariffs and deportations," *The Wall Street Journal*, Dec. 3, 2024.
42. Deloitte Center for Government Insights, "The role of cross-sector collaboration in federal agencies," April 2023; Nate Paynter, Manoj Mishra, Brad Kreit, Monika Mahto, and Sue Cantrell, "Navigating the tech talent shortage," *Deloitte Insights*, June 11, 2024.
43. Government of Western Australia and Construction Training Fund, "Construction training fund annual report for the year ended 30 June 2024," September 2024.
44. Ibid.
45. Ibid.
46. Government of Western Australia and Construction Training Fund, "Employer funding," accessed April 1, 2025.
47. Government of Western Australia and Construction Training Fund, "Apprentice funding," accessed December 4, 2024.
48. Government of Western Australia and Construction Training Fund, "Construction training fund annual report: For the year ended 30 June 2024."
49. Jule Pattison-Gordon, "Global study finds organizations facing cybersecurity gaps," *Government Technology*, Sept. 11, 2024.
50. Preston Fore, "The cybersecurity talent gap is a 'major issue,' says a leader at the U.S. cyber defense agency. Here's what CISA wants you to know about cyber skills and staying safe online," *Fortune*, Sept. 17, 2024.
51. Office of the National Cyber Director, "National cyber workforce and education strategy," July 31, 2023.
52. Cybersecurity & Infrastructure Security Agency, "Federal Cyber Defense Skilling Academy," accessed Dec. 4, 2024.
53. White House, "Fact sheet: Biden-Harris administration announces National Cyber Workforce and Education Strategy, unleashing America's cyber talent," July 31, 2023; CyberCorps, "Start your cybersecurity career with the U.S. government," accessed Dec. 4, 2024.
54. Dakota State University, "Cyber operations (BS)," accessed Dec. 4, 2024; Bart Pfankuch, "How a small SD college became a national cyber powerhouse," *Dakota News Now*, Aug. 3, 2024; Alcino Donadel, "This South Dakota university is cybersecurity's next powerhouse," *University Business*, Feb. 16, 2023.
55. Dakota State University, "DSU and NSA education partnership offers opportunities," Jan. 10, 2023.
56. Tiffany Dovey, William D. Eggers, Michael Flynn, Irene Walsh, and Jim Ziglar, "Partnering for value: Structuring effective public-private partnerships for infrastructure," Deloitte, 2010.
57. World Bank Group Infrastructure Finance Academy, "Mobilizing private sector capital for resilient, inclusive, and quality infrastructure," accessed Dec. 4, 2024.
58. World Bank Group Infrastructure Finance Academy, "Private participation in infrastructure (PPI) database," June 10, 2021.
59. Miguel Eiras Antunes, "Empowering urban ecosystems: City leaders are nurturing diverse partnerships to solve pressing issues," *Deloitte Insights*, Nov. 4, 2024.
60. The executive's participation in this article is solely for educational purposes based on their knowledge of the subject and the views expressed by them are solely their own. This article should not be deemed or construed to be for the purpose of soliciting business for any of the companies mentioned, nor does Deloitte advocate or endorse the services or products provided by these companies.

致謝

The authors would like to thank **Jacqueline London, Kushal Singh, Michael Isman, Stijn Vandeweyer, Sudeep Sinha**, and **Vishal Rander** for providing feedback and suggestions at critical junctures. They would also like to thank **Carmen Swanwick** from the Utah Department of Transportation for her valuable input in the “My take” section.

關於作者

Michael Flynn

micflynn@deloitte.ie

Michael Flynn is the Global Infrastructure, Transport & Regional Government leader for Deloitte. In this role, he leads the global teams focused on public sector investment in infrastructure, transport and mobility, regional and local government (including cities), and climate and environment. He is also the Global Public Sector leader for both infrastructure and sustainability at Deloitte. He also leads our infrastructure and real estate practice for EMEA.

Kelly Marchese

kmarchese@deloitte.com

Kelly Marchese leads Deloitte's US Infrastructure practice across the commercial and government and public services markets. She has more than 30 years of experience leading transformations across a wide variety of commercial and government organizations. She is a strategist, a leader in driving digital technology implementations, and skilled at facilitating leadership alignment and organization adoption or buy-in across organizations—with an unrelenting focus on speed to value.

Gianni Ciufu

gciufu@deloitte.ca

Gianni Ciufu is a partner at Deloitte and the Financial Advisory Civil Government leader, as well as the national leader for the firm's Social Finance practice. He has extensive experience in project and real estate finance, public-private partnerships, alternative service delivery, and capital markets advisory. He is a leading financial and transaction advisor to government and broader public sector clients, providing innovative and market-accepted solutions to some of Canada's largest and most complex government transactions.

Mahesh Kelkar

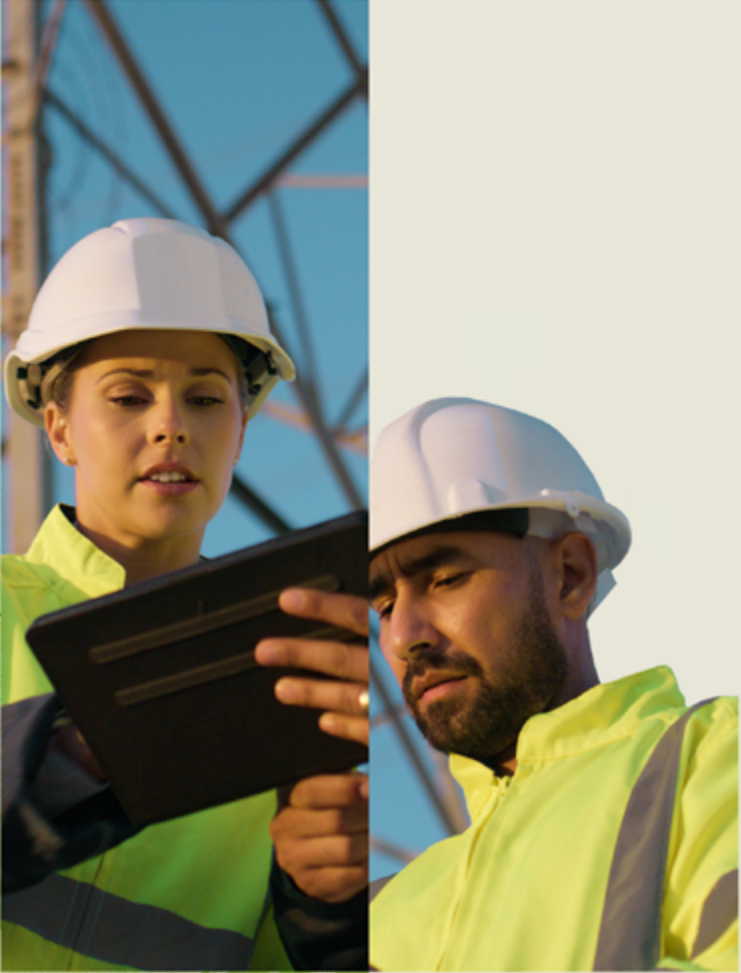
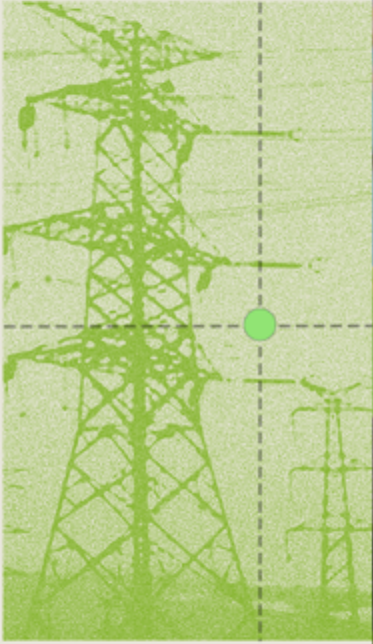
mkelkar@deloitte.com

Mahesh Kelkar is the Future of Cities research leader for the Deloitte Center for Government Insights. His research focuses on understanding the impact of technology, innovation, and policy on the future of cities. He closely tracks the federal and state government sectors and conducts in-depth research on the intersection of technology with government operations, policies, and decision-making. His other research focus areas include trust in government, digital equity, digital connectivity, transportation, and government trends.

Akash Keyal

akkeyal@deloitte.com

Akash Keyal is a research specialist at the Deloitte Center for Government Insights. He specializes in issues related to defense, security, and justice and climate and sustainability.



邁向能源韌性的未來

在全球能源需求快速增長及多元能源選項並存的情況下，聚焦於基礎建設的投資、制定明確的政策，對於確保能源韌性與安全至關重要。

全球能源格局，從生產到消費，正經歷深刻的轉型。全球能源需求持續飆升，主要受到運輸與製造業轉變，以及 AI 等技術進步所驅動。與此同時，多元能源被納入原本非為此設計的既有基礎設施，包含潔淨能源與低碳能源選項，例如，太陽能、風能、氫能、水力、地熱以及核能，使關鍵系統的負荷更加沉重¹。能源需求上升與能源系統演變的雙重挑戰，提供從國家層級到地方社區建立能源韌性與安全的契機。

整體而言，過去十年間，對非傳統能源的需求大幅增加，但這些來源在全球一次能源總消費中仍僅佔不到五分之一（如圖 1 所示）²。一些分析人士預期，未來數年與數十年內，這項轉型將在全球持續加速³。

對於產生能源的迫切需求，可以透過能源多元化來實現，為各國政府提供了一個契機支持投資與投入建立更具多樣性的能源組合。多元化的能源結構不僅能提升發電能力，也能加強面對供應中斷時的韌性。

此外，有些新興能源系統伴隨獨特需求，例如，必須開發與擴展儲能解決方案，而這些方案本身有助於提升韌性。舉例而言，儲能系統能提供更大的彈性，以平衡能源需求與供給。

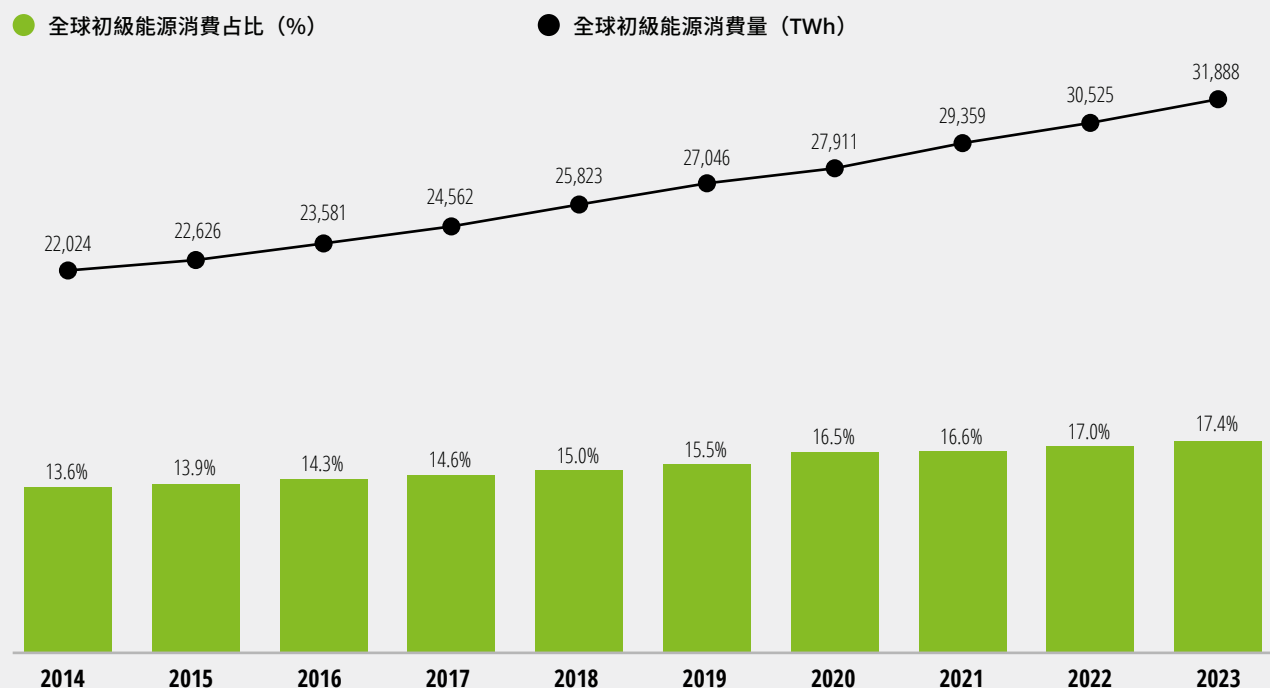
我們面臨的任務，是要轉型一套在數十年間逐步建構而成的能源基礎設施。這套系統結構高度複雜，且彼此緊密相連，以支持成熟產業的運作。要完成這項轉型，本身就是一個極其龐大的挑戰。電網負責將電力自生產者傳輸至終端使用者，將需要大規模升級，以支援更加多元能源組合，以因應快速增長的能源需求，並在常見或無法預期的干擾下保持運作。

部分地區可能需要採用全新的基礎設施與先進技術納入新興能源；而在其他地區，翻新與現代化既有系統或許足以達到目標。無論採取何種方式，要實現此目標都需要龐大的資本投資、時間，以及創新技術、流程與管理系統的發展。

部分政府試圖善用多元能源，藉此提升能源安全，方法包括投資符合未來需求的能源基礎設施、加強社區層級的能源韌性，並調整其能源戰略、政策與法規。

圖 1

全球初級能源消費的非傳統能源占比



備註：非傳統能源包括生質燃料、太陽能、風能、水力、核能及其他再生能源。傳統能源則涵蓋天然氣、石油、煤炭與傳統生質能。

資料來源：Hannah Ritchie and Pablo Rosado, "Energy mix," Our World in Data, January 2024.

主要挑戰

- **電力需求呈指數級增長：**部分國家正努力追趕快速攀升的用電需求，驅動因素包括資料中心、新工廠、電動車與空調的激增需求。2024 年 10 月國際能源總署（International Energy Agency）將 2035 年的電力需求預測，上調至比前一年估算高出 6%⁴。
- **脆弱的電網基礎設施：**現有電網不足以因應不斷攀升的電力需求，也無法同時容納多元新興能源的大量併網⁵。隨著新興能源對電網的供電比例不斷變動，電力需求呈現高度波動且持續演變。在這種情況下，現有在電網管理上的知識缺口，進一步加劇了現代化改造的複雜性。
- **持續存在的資金缺口：**儘管 2024 年全球能源投資已大幅上升至超過 3 兆美元，但仍無法滿足需求。開發中國家中，僅有少數具備符合未來需求的能源基礎設施；即便已開發國家也必須投入龐大資本，以擴展新技術並翻新基礎設施，才能全面支持增加的能源需求⁶。

- **干擾的頻率與種類持續增加：**能源產業正面臨不斷升高的威脅，包括極端天氣事件⁷、癱瘓營運的網路攻擊⁸，以及因地緣政治衝突造成的供應鏈中斷⁹。

趨勢實踐

部分政府正在重新建構國家與區域的能源戰略、監管與政策手段，同時吸引新的金融投資，以推動各領域的創新。他們正優先強化能源基礎設施，包括建立潔淨能源與低碳能源所需的新系統，並將既有系統翻新與現代化。

隨著龐大的公共與私部門的投入與投資，未來數十年內能源系統將迎來轉型。前瞻的政府正採取措施，以確保這些資源與投入能增強長期的能源韌性與安全。

建立國家與區域層級的未來能源組合戰略

在能源組合方面，不存在一體適用的模式。每個國家或地區都有其獨特的需求與條件，決定了各自的能源組合戰略。不同地區與國家正探索多元化的策略，以提升能源韌性。這些策略通常以數十年為期，並聚焦於多元化與分散化，同時影響區域規劃，以及能源組合如何與經濟發展戰略相互影響。

經濟安全與外部衝擊下的韌性

由於化石燃料區域分布高度集中¹⁰，大多數國家長期依賴進口滿足能源需求。因此，隨著能源需求上升，能源組合的多元化日益迫切。

研究顯示，再生能源的分布更為均衡¹¹，有助於降低部分國家對高額進口成本或關鍵供應中斷的憂慮。因此，許多國家正在加速投資新興能源。

中國大陸作為全球最大的石油進口國¹²在潔淨能源發展方面取得了顯著進展。目前，中國大陸非化石能源已佔其初級能源生產組合的21%以上，占比在十年間接近翻倍¹³。即便是富含化石燃料的國家，例如，美國，也正逐步將低碳來源納入其能源組合。2023年，美國的非化石能源在初級能源生產組合中已超過16%¹⁴。

平衡永續與經濟現實

全球部分政府日益優先考量永續成長與減少碳排放¹⁵。各國政府正試圖在永續目標與實際現實之間取得平衡，邁向低碳未來的轉型將會是漸進的。許多國家即使越來越重視潔淨能源與低碳能源，仍將持續使用化石燃料。以印度為例，其能源供給仍嚴重依賴燃煤（46%）與原油（24%），其中大部分需要進口¹⁶。作為全球人口最多的國家，印度面臨在永續發展與經濟穩定之間取得平衡的挑戰。雖然該國正積極透過擴展再生能源（尤其是太陽能）以多元化能源組合，但在可預見的未來，化石燃料仍可能是其能源戰略的關鍵組成，以避免阻礙經濟增長。

發揮優勢

除了經濟與永續的驅動因素外，各國仍在探索適合自身條件的能源來源。例如，印度與中國大陸因幅員遼闊、日照充足，因此將太陽能作為重點發展方向¹⁷。相較之下，丹麥在1970年代石油危機期間，為了多元化其能源基礎，則因沿海地理與穩定強風而聚焦於風能¹⁸。丹麥制定了完整的能源政策，透過引入特定稅制與獎勵措施、移除法規障礙、建立創新生態系，並推動許可與監管制度改革，聚焦發展風能基礎設施¹⁹。2023年，風能已滿足該國一半的電力需求，其目標是在2030年達到60%²⁰。

催化能源組合的策略選擇

各國政府透過作出戰略選擇，以制定未來能源組合的藍圖。為了在能源組合中提升低碳能源的比例，進一步多元化能源基礎，各國可能需要在供給面與需求面同步採取行動，以強化潔淨能源的發電與終端使用。

在供給面，政府可以考慮簡化法規、升級電網基礎設施、支持潔淨能源設備與零組件的國產化、資助研發。在需求面，政府可以激勵產業去碳化、擴大交通運輸電氣化，並簡化地方併網的許可流程。

政府領導者應結合產業政策、監管方式、獎勵制度，以及其他政策推動手段，促進建立長期的能源韌性與能源安全。

策略性投資催化潔淨能源成長

各國政府直接或間接在塑造能源韌性工作中扮演關鍵角色，並號召私部門投資，並確保不同系統之間能協同運作。

美國數據顯示近期的產業政策已使推動新興能源及相關技術（例如，生質燃料、潔淨氫能與核能）達到倍增效果²¹。

歐洲綠色新政（The European Green Deal）的目標是使歐盟在 2050 年實現氣候中和，並設定 2030 年相較 1990 年達到減排 55% 的目標²²。潔淨能源的部署是核心目標之一，尤其在俄羅斯入侵烏克蘭引發區域天然氣危機後，更顯急迫。2023 年，歐盟國家投資潔淨能源發電達 1100 億美元，較前一年增加 6%²³。歐盟計畫透過明確的產業別與全經濟層面的標準來引導能源轉型²⁴。中國聚焦於投資，並在 2023 年投入 6760 億美元於能源轉型專案²⁵。

監管沙盒加速新興能源解決方案創新

在較少限制下於真實環境中測試創新技術，有助於在開發突破性解決方案的同時，塑造監管框架²⁶。新加坡能源市場管理局（Energy Market Authority）的沙盒機制允許在安全環境中，透過臨時監管豁免來測試新產品與服務²⁷，例如，建立並探索虛擬電廠，虛擬電場是一種將分散式能源系統整合並作為單一發電機組運行的數位平台²⁸。德國北部的 Living Lab 亦測試淨零能源創新，包括在工業與交通領域測試氫能²⁹。

猶他州與南加州部分地區目前仰賴燃煤的電力計畫（Intermountain Power Project）³⁰，計畫逐步淘汰燃煤，轉而採用天然氣，並最終以氫能取代。該計畫將利用潔淨能源電解水分子為氧與氫，並將氫儲存於地下鹽穴，以作為發電渦輪的燃料。該專案初期目標是以 30% 氫能發電，並隨著技術進步，在 2045 年前提升至 100%³¹。

支持產業主導管理新興能源需求

鮮少有技術如 AI 對能源系統產生如此迅速且深遠的影響。初步估計，至 2026 年，由 AI 驅動的資料中心，其能源需求可能高達日本年度能源使用量³²。

雖然產業內持續的創新正在強化 AI 解決方案的能源效率，且此趨勢預期在未來幾年加速³³，但政府的支持仍在關鍵領域進一步催化創新。例如，美國能源部已撥款 68 億美元，用於資助遍布國家實驗室、大學與企業的 43 項專案，以開發更高效能的 AI 硬體與演算法³⁴。

當政府正在解決 AI 能源需求的需求面，他們同步透過支持產業主導的措施，以管理供給面。例如，美國的星際之門計畫（Project Stargate），由多

家領先的美國科技公司與軟銀集團（全球投資控股公司）共同推動³⁵。該合作計畫預計投入 1,000 億美元的純私人資金，並可能擴大至 5,000 億美元，用於打造支持 AI 運算的基礎設施。為確保該基礎設施具備所需能源，該合作將同時支持建設資料中心、開發發電裝置³⁶。2025 年 1 月，美國聯邦政府承諾支持該計畫，並在必要時介入以加速進展³⁷。

部分司法管轄區的監管機構則為 AI 的能耗設立防護措施。歐洲議會已引入新規，要求 AI 系統在其生命週期內記錄能耗；這些規範提升透明度與問責性，並促使科技公司更優先考量能源效率³⁸。

同時，公部門逐漸意識到，儘管 AI 對能源資源造成壓力，但它亦能強化能源韌性。超大規模雲端服務商（Hyperscalers）與資料中心增加與再生能源供應商簽訂長期購電協議³⁹。這些協議不僅能保證科技公司的能源供應穩定，也為新的再生能源與低碳能源專案提供關鍵資金，更為電力供應商與創新者提供可靠的資金來源，以測試並擴展先進能源技術⁴⁰。

更重要的是，AI 本身使能源系統更高效。它可協助公用事業單位提升電網的成本效益、可靠性與效率，例如，改進氣候與負載預測、最佳化電網管理與再生能源設施效能、加速從風暴災害復原、改善野火風險評估等⁴¹。

擴展未來的能源基礎設施

圍繞新興能源建構的基礎設施與生態系

為了多元化能源基礎，各國往往需要同步推進支持新興能源生產與使用的基礎設施及生態系發展。各國政府可考慮多項措施，例如，提供財務誘因、優化監理制度，強化製造產能並培育人才。

根據預測，氫能市場至 2050 年有望展現強勁成長，並可滿足全球高達 24% 的能源需求，因此，多個國家正加速投資氫能生產。在加拿大，亞伯達省政府已啟動亞伯達氫能藍圖（Alberta Hydrogen Roadmap），這是一項價值 300 億加幣的倡議，旨在加速該省氫能的生產⁴²。亞伯達省能源與礦產副部長 Larry Kaumeyer 表示「我們的目標是打造一個蓬勃發展的氫能商業化市場，為家庭供能、為交通運輸提供燃料、並支持工業營運流程。」⁴³，該計畫著重支持製造業、建設相關基礎設施，並透過財務誘因、優化監理制度、建立公私部門協力，驅動創新⁴⁴。



印度建構綠氫生態系

印度政府啟動一項價值 23 億美元的計畫，以提升國內綠氫生產能力。「國家綠色氫能使命計畫」(The National Green Hydrogen Mission) 旨在到 2030 年將該國的年產綠氫提升至 500 萬公噸，並推動生產技術的開發與商業化，包括水電解、蒸汽甲烷重整以及生質物氣化 ⁴⁵ 。	90% 的預算專門補助電解槽製造與綠氫生產。其目標是推動氫能作為燃料在各產業領域的應用，包括運輸、工業營運流程與發電，並為重點領域的試驗專案配置專門預算 ⁴⁶ 。	在該計畫支持下，2025 年印度首座「綠氫中心」(Green Hydrogen Hub) 開始動工。完工後，這座總投資 214 億美元、占地 1,600 英畝的中心，將具備每日生產 1,500 噸綠氫以及 7,500 噸衍生產品（包含綠甲醇、綠色尿素與永續航空燃料）的產能 ⁴⁸ 。
該計畫向從事綠氫研發的印度企業與研究機構提供財務獎勵與技術支持。約	除了財務獎勵之外，此計畫透過營造有利的政策與監理環境、建設全國性生產與分配基礎設施，以及培育專業人才，以支持氫能的生產與使用 ⁴⁷ 。	

推動民間資金以擴充並現代化電網基礎設施

有兩股交織力量正推動電網基礎設施急需擴充與現代化。首先，全球能源需求預計到 2050 年將成長 150%⁴⁹；而在資料中心、AI 與加密貨幣產業帶動下，成長幅度可能更大。其次，新興能源的快速佈建，包括清潔能源與分散式能源，正重塑用電需求樣貌。這些能源來源改變了電力流向，並帶來供應間歇性，使電網營運更加複雜。

然而，龐大的融資缺口阻礙進展。到 2050 年，全球電網投資預計將出現 14.3 兆美元的缺口，每年在基礎設施（輸電與配電線路）擴建方面的不足將超過 200 萬公里（約 124 萬英里）⁵⁰。

儘管部分政府已承諾對電網升級投入大量資金，但要填補全球資金缺口，民間部門的參與則至關重要⁵¹。各國政府正透過多種財務誘因，吸引私部門資本，加速電網現代化投資（詳見〈攜手升級與擴充澳洲電網〉）。

攜手升級與擴充澳洲電網

與許多國家一樣，澳洲的電網最初是依據集中式電廠與城市設計，尚未深入考量太陽能、風能等潔淨能源 ⁵² 。許多傳統能源設施，例如，燃煤電廠，運轉穩定性日益受到考驗，並預計在未來幾年內陸續關閉 ⁵³ 。	為了應對這項挑戰，澳洲氣候變遷、能源、環境暨水資源部 (The Australian Department of Climate Change, Energy, the Environment, and Water) 於 2024 年啟動了「重新點亮澳洲計畫」(The Rewiring the Nation program)。該計畫編列 200 億澳元的預算，透過提供優惠融資，使電網現代化更具吸引力，以吸引民間開發商投入 ⁵⁵ 。此計畫旨在推動私人部門投資關鍵領域，包括輸電線路、長時儲能設施、配電網路與分散式能源，打造能夠安全、可靠且具成本效益傳輸潔淨電力的現代化電網 ⁵⁶ 。	「重新點亮澳洲計畫」(Rewiring the Nation) 展現跨部門整合的協作方式，由潔淨能源金融公司負責管理融資，澳洲能源市場營運商 (The Australian Energy Market Operator) 提供技術指導，而澳洲能源基礎設施委員 (The Australian Energy Infrastructure Commissioner) 則協助為社區在能源基礎設施計畫上提供建議與支持 ⁵⁷ 。
隨著澳洲持續擴展其潔淨能源組合，電網基礎設施的擴充與現代化變得至關重要。目前潔淨能源的規劃裝置容量已超過現有電網的負荷範圍。升級與擴展電網是高成本且耗時的工作，往往難以吸引足夠的私部門投資 ⁵⁴ 。		

政策推動能源儲存系統的建置

國際能源總署 (The International Energy Agency) 預測，再生能源發電占比將從 2023 年的 30% 提升至 2030 年的 46%⁵⁸。要將低碳能源納入電力結構，需要同步擴展儲能系統。與傳統電力來源不同，像風能與太陽能這類再生能源隨天氣和季節而波動，因此具不確定性。儲能系統可以在有利條件下儲存多餘電力，並在需求高峰時釋放⁵⁹。

此外，引進儲能系統能促進微電網的發展，使其在電網故障時能獨立運作，同時透過頻率調節與電壓支持來強化電力品質，靠近終端進行儲能，以降低輸電損耗，並支持去中心化能源系統，進而降低停電風險⁶⁰。

美國約三分之一的州已採取推動儲能的政策，包含五大面向：採購目標、監管調整、示範計畫、財務誘因，以及消費者保護⁶¹。

- **採購目標：**要求公用事業公司在特定期限前採購指定規模的能源儲存系統⁶²。
- **監管調整：**各州修訂法規以創造儲能機會，包括更新資源規劃要求，或透過費率審議促成儲能專案落地。許多州如今要求公用事業公司將儲能納入綜合資源規劃，以因應長期能源需求⁶³。
- **示範計畫：**授權並在部分情況下資助儲能專案，以測試運作並收集數據⁶⁴。
- **財務誘因：**稅收減免與補貼等政策已被證實能促進儲能的佈建⁶⁵。
- **消費者保護：**透過政策確保安裝儲能系統的客戶權益⁶⁶。

建構具能源韌性的社區

在國家層級建設與擴展的能源基礎設施，應向下深入至社區層級，以協助滿足需求並確保獲得不中斷、可靠且可負擔的能源。2022 年，全球已有 91% 的人口能使用電力，相較二十年前的 73% 有顯著提升。然而，2022 年同時也是新冠疫情供應鏈衝擊、地緣政治緊張與極端天氣事件中斷數十年進展的一年，導致比 2021 年多出 1,000 萬人無法取得電力供應⁶⁷。

雖然許多政府正積極制定策略以提升國家層級的能源安全與韌性，但將能源韌性延伸至社區層級同樣關鍵。

強化社區能源緊急應變力

各機構應建立完善的能源緊急應變與韌性計畫，以協助城市、郊區或農村社區為能源中斷做好準備並能有效復原。強化這些計畫的關鍵在提升能源系統的韌性，並確保基礎設施能在遭受衝擊後迅速恢復運作。

美國農村電力合作社幾乎遍布各州，這些由成員所有、非營利的公用事業組織，其最大特色在於地方控制與成員參與⁶⁸。這種模式使其能回應社區的特定需求。透過投資韌性基礎設施並與州能源官員協調，農村電力合作社亦能確保在緊急狀況與自然災害中提供可靠的電力供應⁶⁹。

區域政府也能協助強化社區能源韌性。密蘇里州自然資源部 (The Missouri Department of Natural Resources) 與 Stockton、Rolla 和 St. James 等城市合作，共同制定《韌性藍圖》(Roadmap to Resilience)，以提供社區必要的資源、最佳實踐與工具來加固關鍵基礎設施。此計畫旨在提升建築物與住宅的能源效率，以減緩自然災害帶來的影響⁷⁰。

多邊機構同樣扮演重要角色。世界銀行與國際金融公司（The International Finance Corporation）透過 2.2 億美元的「迦納能源普及與發展計畫」（Ghana Energy and Development Access Project），正努力改善迦納偏遠社區的能源可及性。該計畫建置了五座微電網，將太陽能轉換為持續電力，為約 1 萬名居民帶來直接影響⁷¹。

減緩極端氣候事件對能源基礎設施的風險

氣候模式的改變與更頻繁的極端氣候事件，可能影響各種類型的發電來源⁷²。2022 年 5 月，加拿大一場雷雨導致 110 萬人停電⁷³；2024 年，墨爾本的強風暴使超過 50 萬名用戶失去電力⁷⁴；2025 年 1 月，洛杉磯的野火更使數十萬名用戶停電⁷⁵。

隨著全球極端氣候事件日益普遍，提升電網韌性將成為關鍵。歐盟在推動能源部門現代化的努力中，透過其 Horizon 2020 研究與創新計畫，以及能源基礎設施資助計畫（The Connecting Europe Facility, CEF），支持多項智慧電網專案⁷⁶。2021 年，美屬維京群島運用聯邦緊急管理資金，將電纜埋設於地下並建造抗風複合材料電桿。同樣地，康乃狄克州的氣候韌性計畫補助資助建造防護牆，使變電站免於淹水⁷⁷。

在社區中建置與部署微電網

當風暴或停電影響某一地區的主要電網時，微電網能夠脫離主電網，繼續為家庭、企業與關鍵服務提供電力⁷⁸。若規劃得當，微電網甚至可以支持全社區或單一場址用電，例如，醫院、巴士站與軍事基地。在印度，恰蒂斯加爾邦再生能源發展署（Chhattisgarh State Renewable Energy Development Agency）已安裝並營運超過 500 座太陽能微電網⁷⁹。

微電網同時也能賦能小型社區實現自給自足。在日本，睦澤町建立一套去中心化的微電網系統，結合當地生產的天然氣與太陽能。透過與私人企業合作，睦澤以自給自足的電力系統來管理能源事業，若出現電力不足，則由外部電力供應加以補充⁸⁰。

將能源韌性納入印度奧里薩邦防災準備核心

奧里薩邦位於印度東部的孟加拉灣沿岸，屬於全球氣旋侵襲最頻繁的地區之一。氣旋會大規模擾亂生活，迫使社區居民流離失所，並損害能源系統等關鍵基礎設施。為了因應這些挑戰，奧里薩邦成立了印度首個專責的防災管理機構（The Odisha State Disaster Management

Authority），推動積極且系統化的防災準備與應對⁸¹。

降低能源基礎設施風險是奧里薩邦防災管理局的優先事項之一。該機構將邦內 480 公里（298 英里）的海岸線劃分為四個不同的風險區，並針對最高風險區

域制定強化能源基礎設施的具體方案，採取多項積極措施，包括為供水、醫院、鐵路、機場、巴士站以及電信等關鍵基礎設施鋪設地下電纜。將變電站設置在歷史最高洪水水位之上；電線桿亦加固以承受強烈風壓⁸²。

建構能源韌性的工具與策略

能源是現代社會的基石，驅動著從基本照明到先進半導體製造。可靠的能源存取不僅是維繫人類文明的要件，也是推動經濟成長的動力。隨著全球能源需求持續上升、供應格局不斷轉變，各國政府也將此演變視為強化廣泛能源韌性的契機。下列多元化工具與策略組合，將有助於最大化相關投入與投資的影響力：

- **國家與區域能源策略：**這些策略可作為指引之「北極星」，協助引導投資、監管與政策決策，朝向長期能源韌性發展。
- **策略聯盟與合作夥伴關係：**與理念相近的夥伴建立以能源為核心的聯盟，有助於在地緣政治緊張時，確保能源供應擁有多元替代選項。
- **中央與區域層級的金融工具：**透過直接資金挹注、稅收抵免、補貼，以及新技術研發資金等金融工具，不僅能促進民間參與，也可開拓新興能源市場，並催化突破性創新。
- **市場創建策略：**除金融工具之外，政府亦可推動多元非金融性計畫，例如，建立支持系統、促進資料共享、辦理技能提升計畫，與制定有利的能源政策，以發展圍繞新興能源的基礎設施、研究體系、供應鏈、製造能量與人才能力。
- **能源創新的監理沙盒：**開放新技術在真實情境中測試，進而鼓勵創新發展。
- **社區驅動的能源韌性：**相關計畫可賦能區域、地方與鄰里社群，打造堅韌的能源韌性方案，包括災害應變、微電網發展，以及強化能源基礎設施。

專家洞察

為亞伯達打造韌性電網，迎向更光明的未來

亞伯達的電力市場是一個以營利為導向的自由系統我。不同於其他省份，亞伯達省政府不擁有公共事業機構，而是由獨立發電業者主導供給，透過競爭性的市場機制來吸引私部門投資，並讓業者自由選擇發電來源。這種方式促進了私部門的創新，使系統能快速因應技術進展、需求變化與政策訊號。過去十年間，亞伯達的電力結構已大幅多元化，不僅終止了燃煤發電，也大幅轉向使用天然氣、風能與太陽能⁸⁴。

然而，隨著清潔能源在組合中的占比逐漸提高，該省電網也面臨新的挑戰。不同於傳統發電廠，風能與太陽能受天氣影響，並隨季節與日照時間波動。這些間歇性能源快速增加，加上亞伯達電網與其他地區的連結較鬆散，導致系統可靠性承受更高風險。

為了在可靠性與永續性之間重建平衡，亞伯達正推動一系列市場與政策改革，不僅著重於強化電網，同時確保能源對產業與一般消費者仍具可負擔性。這些措施旨在確保電網的長期韌性，並釋放出有效的投資訊號，鼓勵可調度能源的發展，同時提供明確政策，使潔淨能源計畫能持續在體系中建設與營運。

此外，該省正在推動法規改革，以支持更大規模的工業需量反應與儲能技術。儲能解決方案能透過在高峰條件下儲存多餘電力，並在需求上升時釋放，來平衡供需。目前亞伯達已有 260 兆瓦（MW）電池儲能上線，另有 378 兆瓦（MW）的計畫已完成必要的法規審查，即將進入施工階段⁸⁵。在亞伯達的自由化市場中，電池開發商可藉此提供可靠且可調度的電力，以滿足持續上升的電力需求。

最後，亞伯達電力系統營運商（The Alberta Electricity System Operator）正在部署「動態線路評等技術」（Dynamic Line Rating）。該系統能讓輸電營運商依即時天氣條件（例如，風速與氣溫）調整輸電線容量。藉由在適合條件下優化輸電能力，這項創新在不影響安全的前提下提升了電網效率⁸⁶。

參考資料

1. International Energy Agency (IEA), "Global energy review 2025," March 2025.
2. Hannah Ritchie and Pablo Rosado, "Energy mix," Our World in Data, January 2024.
3. Yasmina Abdelilah et al., "Renewables 2024: Analysis and forecast to 2030," International Energy Agency, October 2024; Marlene Motyka et al., "2025 Renewable Energy Industry Outlook," *Deloitte Insights*, Dec. 9, 2024.
4. Brad Plumer, "Global electricity demand is rising faster than expected, I.E.A. says," *The New York Times*, Oct. 16, 2024.
5. Deloitte analysis of International Energy Agency, "World energy outlook 2023," October 2023, p. 123; Deloitte analysis of IEA, "Electricity 2024—analysis and forecast to 2026," January 2024, p. 8.
6. IEA, "World energy investment 2024: Overview and key findings," June 2024.
7. National Centers for Environmental Information, "Assessing the U.S. climate in August 2024," Sept. 10, 2024.
8. Seher Dareen and Vallari Srivastava, "Cyberattacks on US utilities surged 70% this year, says Check Point," *Reuters*, Sept. 11, 2024.
9. Thomas L. Keefe, Kate Hardin, and Jaya Nagdeo, "2025 Power and Utilities Industry Outlook," *Deloitte Insights*, Dec. 9, 2024; Marlene Motyka, Thomas L. Keefe, Kate Hardin, and Carolyn Amon, "2025 Renewable Energy Industry Outlook," *Deloitte Insights*, Dec. 9, 2024.
10. Indra Overland, Javlon Juraev, and Roman Vakulchuk, "Are renewable energy sources more evenly distributed than fossil fuels?" *Renewable Energy* 200 (2022).
11. Ibid.
12. US Energy Information Administration, "China imported record amounts of crude oil in 2023," April 16, 2024.
13. National Bureau of Statistics of China, "Annual data," accessed Feb. 7, 2025.
14. Energy Information Administration, "US energy facts explained," July 15, 2024.
15. Abdelilah et al., "Renewables 2024."
16. IEA, "Energy system of India," accessed March 4, 2025.
17. Roger Pielke Jr., "Bullish on solar," American Enterprise Institute, May 11, 2024.
18. Cynthia Elliott, Clea Schumer, Rebecca Gasper, Katie Ross, and Neelam Singh, "A sustained portfolio of policies have transformed Denmark's power sector," World Resources Institute, March 6, 2024.
19. United Nations Climate Change Technology Executive Committee, "Wind energy in Denmark," July 2023.
20. Joel Jaeger, "These 8 countries are scaling up renewable energy the fastest," World Resources Institute, July 12, 2023.
21. Tim Hafke, "IRA: Progress, roadblocks, and outlook for establishing clean energy," AlphaSense, Oct. 29, 2024.
22. Jess Ralston, "Two years of Russia's war on Ukraine: The gas crisis, price rises and energy security," Energy & Climate Intelligence Unit, Feb. 22, 2024.
23. IEA, "World Energy Investment 2024: European Union," June 2024.
24. Elisse Funnell, "Two years of the Inflation Reduction Act: Transforming US clean energy," Global Infrastructure Investment Association, Sept. 25, 2024.
25. Bloomberg, "China clean energy sector eyes \$100 billion in overseas spending," Oct. 1, 2024.
26. Zühre Aydın and Okan Yardımcı, "Regulatory sandboxes and pilot projects: Trials, regulations, and insights in energy transition," *Engineering Science and Technology* 56 (2024): 101792.
27. Energy Market Authority, "Regulatory sandbox," Dec. 4, 2023.
28. Singapore Economic Development Board, "Singapore seeks proposals on regulatory sandbox for virtual power plants," Oct. 21, 2024.
29. Northern German Living Lab, "Official website," accessed Jan. 21, 2025.
30. Intermountain Power Agency, "About IPA," accessed Jan. 21, 2025.
31. Intermountain Power Agency, "IPP renewed," accessed Jan. 21, 2025.
32. International Energy Agency, "Electricity 2024: Executive summary," May 2024.
33. Eleni Kemene, Bart Valkhof, and Thapelo Tladi, "AI and energy: Will AI help reduce emissions or increase demand? Here's what to know," World Economic Forum, July 22, 2024; Malcolm Moore, Ian Johnston, and Laura Pitel, "DeepSeek threat exposes guesswork on AI power demand, says IEA," *Financial Times*, Jan. 29, 2025.
34. US Department of Energy, "Department of Energy announces \$68 million in funding for artificial intelligence for scientific research," Sept. 5, 2024.
35. Lucinda Shen, "How is Stargate's \$500B getting funded?" *Axios*, Jan. 22, 2025.

36. Josh Boak and Zeke Miller, "Trump highlights partnership investing \$500 billion in AI," *Associated Press News*, Jan. 23, 2025.
37. Matt Cudahy, "Everything you need to know about Stargate, the massive AI infrastructure initiative," *KSBW Action News 8*, Jan. 27, 2025.
38. Eleni Kemene, Bart Valkhof, and Thapelo Tladi, "AI and energy: Will AI help reduce emissions or increase demand? Here's what to know," World Economic Forum, July 22, 2024; José Renato Laranjeira de Pereira, "The EU AI Act and environmental protection: The case for a missed opportunity," Heinrich-Böll-Stiftung Brussels, April 8, 2024.
39. Karthik Ramachandran, Duncan Stewart, Kate Hardin, and Gillian Crossan, "As generative AI asks for more power, data centers seek more reliable, cleaner energy solutions," *Deloitte Insights*, Nov. 19, 2024.
40. Ibid.
41. Robert Walton, "AI is enhancing electric grids, but surging energy use and security risks are key concerns," *Utility Dive*, Oct. 23, 2023.
42. Ministry of Energy and Minerals, Alberta, Canada, "Alberta hydrogen roadmap," 2021.
43. Author interview with Larry Kaumeyer, deputy minister of Energy and Minerals, Government of Alberta, Feb. 3, 2025.
44. Ministry of Energy and Minerals, Alberta, Canada, "Alberta hydrogen roadmap."
45. Government of India Ministry of New and Renewable Energy, "National Green Hydrogen Mission," January 2023.
46. Ibid; Invest India, "Budget 2023: Accelerating green transition through the National Green Hydrogen Mission," Feb. 1, 2023.
47. Ibid.
48. V. Kamalakara Rao, "Prime Minister to lay foundation stone for seashore-based Green Hydrogen Hub near Visakhapatnam on January 8," *The Hindu*, Jan. 7, 2025.
49. IEA, "World energy outlook 2023," October 2023, p. 123; IEA, "Electricity 2024—analysis and forecast to 2026," p. 8.
50. Ibid.
51. Candy Chao and Eric Carlson, "Investing in India's green future," Morgan Stanley, April 22, 2024.
52. Seth O'Farrell, "Australia invests billions to upgrade grid infrastructure," FDI Intelligence, Jan. 17, 2023.
53. Australian Government Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water, "Rewiring the nation," Oct. 14, 2024.
54. O'Farrell, "Australia invests billions to upgrade grid infrastructure."
55. Australian Government Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water, "Rewiring the nation."
56. Australian Government Clean Energy Finance Corp., "Rewiring the nation fund," accessed Jan. 21, 2025.
57. Australian Government Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water, "Rewiring the nation."
58. Abdelilah et al., "Renewables 2024."
59. Tom Melville, "Energy storage important to creating affordable, reliable, deeply decarbonized electricity systems," *MIT News*, May 16, 2022.
60. Hamidreza Nazaripouya, "Grid resilience and distributed energy storage systems," *IEEE Smart Grid*, February 2019; Adriana Mar, Pedro Pereira, and João F. Martins, "Energy community resilience improvement through a storage system," *SN Computer Science* 5 (2024); American Clean Power Association, "Why energy storage: Benefits of energy storage," accessed Jan. 21, 2025; US Department of Energy, "Energy storage RD&D," accessed Jan. 21, 2025.
61. Pacific Northwest National Laboratory, "Energy storage policy database," May 2022.
62. Mark A. Lazaroff and Maggie E. Curran, "State by state: A roadmap through the current US energy storage policy landscape," Morgan Lewis, March 4, 2024.
63. Ibid.
64. Washington State Department of Commerce, "Clean Energy Fund (CEF)," 2024; Massachusetts Clean Energy Center, "Advancing Commonwealth Energy Storage (ACES)," 2024.
65. Jeremy Twitchell, "A review of state-level policies on electrical energy storage," *Current Sustainable/Renewable Energy Reports* 6 (2019); Lazaroff and Curran, "State by state."
66. Lazaroff and Curran, "State by state."
67. IEA, "Access and affordability: Accelerating progress towards electricity and clean cooking for all," June 2024.
68. Western Organization of Resource Councils, "'Power to the people' shows the history of rural electric co-ops and their power to shape the clean energy revolution," March 7, 2024.
69. National Association of State Energy Officials and NRECA, "Energy emergency response and preparedness planning with rural electric cooperatives: A coordination brief for state energy officials," August 2022.
70. Krystal Laymon and Virginia Castro, "Planning for an energy resilient future: Energy project models and lessons learned," US Department of Energy, October 2020; Missouri Department of Natural Resources, "Roadmap to resilience," Feb. 5, 2021.
71. World Bank Group, "Lighting up Africa: Bringing renewable, off-grid energy to communities," Aug. 13, 2020.
72. Tekai Eddine Khalil Zidane et al., "Power systems and microgrids resilience enhancement strategies: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 207 (2025).
73. The Weather Network, "Two more tornadoes confirmed in Ontario from destructive derecho," May 28, 2022.

74. Benita Kolovos and Peter Hannam, "Half a million Victorian homes without electricity and trains cancelled as storm causes issues at state's largest coal-fired plant," *The Guardian*, Feb. 13, 2024.
75. Julie Strupp, "LA fires damage power, sewer and water infrastructure," *Construction Dive*, Jan. 14, 2025.
76. Shenzhen Clou, "The economics: How can smart grids be financed?" Smart Energy International, Sept. 27, 2023.
77. National Governors Association, "Ensuring energy security & resilience for all," Oct. 9, 2024.
78. Victoria Masterson, "What are microgrids—and how can they help with power cuts?" World Economic Forum, May 6, 2022.
79. Lili Francklyn, "India's microgrid market: Ready for takeoff," HOMER, March 12, 2019.
80. Kizuna, "Self-reliant energy enhances local resilience," Jan. 27, 2021.
81. Ani, "Odisha: From tragedy to triumph—leading the world in disaster management," *The Print*, Nov. 4, 2023.
82. Government of Odisha, "Departmental disaster management plan of Energy Department, Government of Odisha," 2018.
83. The executive's participation in this article is solely for educational purposes based on their knowledge of the subject and the views expressed by them are solely their own. This article should not be deemed or construed to be for the purpose of soliciting business for any of the companies mentioned, nor does Deloitte advocate or endorse the services or products provided by these companies.
84. Alberta Electric System Operator, "Alberta's power system in transition," accessed March 20, 2025.
85. Alberta Electric System Operator, "Long-term adequacy metrics —February 2025," accessed March 20, 2025.
86. Alberta Electric System Operator, "AESO 2025: Long-term transmission plan," January 2025; Alberta Electric System Operator, "AESO 2021: Technology forward publication," November 2021.

致謝

The authors would like to thank **Jacqueline London, Josh Schoop, Allan Mills**, and **Jamie Sawchuk** for providing feedback and suggestions at critical junctures. They would also like to thank **Apurba Ghosal** from the Deloitte Center for Government Insights for research support. In addition, they would also like to extend their gratitude to **David James** (deputy minister of Affordability and Utilities, Government of Alberta) for his valuable input.

關於作者

Josh Sawislak

jsawislak@deloitte.com

As a managing director at Deloitte Consulting LLP, Josh Sawislak helps lead an effort to provide best-in-class energy and infrastructure support to clients across the firm. He has broad experience in both public- and private-sector infrastructure development, resilience, and risk management. His expertise includes energy security and continuity planning and disaster risk reduction and recovery for communities and the private sector.

Kate Hardin

khardin@deloitte.com

Kate Hardin is the executive director of the Deloitte Research Center for Energy & Industrials and has worked in the energy industry for 25 years. She currently leads Deloitte's research across energy and industrial manufacturing. Before that, she led integrated coverage of transportation decarbonization and the implications for the automotive and energy sectors at IHSMarkit. She has also developed global energy research for institutional investors and led analysis of Russian and Caspian energy developments at CERA. She is a member of the Council on Foreign Relations and has an MA/MBA from Yale University.

Stanley Porter

sporter@deloitte.com

Stanley Porter serves as Deloitte's Global and US Energy, Resources & Industrials industry leader. He oversees and drives the development and execution of the overall ER&I strategy across all geographies and businesses, including more than 44,000 professionals and serving close to 75% of the Fortune Global 500 clients. He has more than 30 years of industry and global client leader experience, and he has worked with some of the largest names in the industry.

Mahesh Kelkar

mkelkar@deloitte.com

Mahesh Kelkar is the Future of Cities research leader for the Deloitte Center for Government Insights. His research focuses on understanding the impact of technology, innovation, and policy on the future of cities. He closely tracks the federal and state government sectors and conducts in-depth research on the intersection of technology with government operations, policies, and decision-making. His other research focus areas include trust in government, digital equity, digital connectivity, transportation, and government trends.

Akash Keyal

akkeyal@deloitte.com

Akash Keyal is a research specialist at the Deloitte Center for Government Insights. He specializes in issues related to defense, security, justice, and climate and sustainability.

聯絡我們

勤業眾信政府與公共事務產業服務團隊

陳威棋 資深執行副總經理 Ike Chen

政府與公共事務負責人

ikewchen@deloitte.com.tw

廖婉怡 資深會計師 Anya Liao

審計與確信服務

anyaliao@deloitte.com.tw

張瑞峰 資深會計師 Raymond Chang

稅務服務

raymondchang@deloitte.com.tw

朱孝甫 資深執行副總經理 Sam Chu

策略、風險與交易服務

samhchu@deloitte.com.tw

林光彥 資深合夥律師 Jones Lin

法律服務

jonlin@deloitte.com.tw

許梅君 資深執行副總經理 Mavis Hsu

科技與轉型服務

mavismhsu@deloitte.com.tw

專案聯絡

黃嘉蓉 專案組長 Frances Huang

政府與公共事務產業團隊

francehuang@deloitte.com.tw

謝依倫 專案組長 Milly Hsieh

政府與公共事務產業團隊

mhsieh@deloitte.com.tw





Published in collaboration with Deloitte Insights.

Deloitte 泛指 Deloitte Touche Tohmatsu Limited (簡稱"DTTL"), 以及其一家或多家會員所網絡及其相關實體 (統稱為"Deloitte 組織")。DTTL (也稱為"Deloitte 全球") 每一個會員所及其相關實體均為具有獨立法律地位之個別法律實體, 彼此之間不能就第三方承擔義務或進行約束。DTTL 每一個會員所及其相關實體僅對其自身的作為和疏失負責, 而不對其他行為承擔責任。DTTL 並不向客戶提供服務。更多相關資訊www.deloitte.com/about了解更多。

Deloitte 亞太 (Deloitte AP) 是一家私人擔保有限公司, 也是 DTTL 的一家會員所。Deloitte 亞太及其相關實體的成員, 皆為具有獨立法律地位之個別法律實體, 提供來自100多個城市的服務, 包括: 奧克蘭、曼谷、北京、邦加羅爾、河內、香港、雅加達、吉隆坡、馬尼拉、墨爾本、孟買、新德里、大阪、首爾、上海、新加坡、雪梨、台北和東京。

本出版物係依一般性資訊編寫而成, 僅供讀者參考之用。Deloitte 及其會員所與關聯機構不因本出版物而被視為對任何人提供專業意見或服務。在做成任何決定或採取任何有可能影響企業財務或企業本身的行動前, 請先諮詢專業顧問。對於本出版物中資料之正確性及完整性, 不作任何 (明示或暗示) 陳述、保證或承諾。DTTL、會員所、關聯機構、雇員或代理人均不對任何直接或間接因任何人依賴本通訊而產生的任何損失或損害承擔責任或保證 (明示或暗示)。DTTL 和每一個會員所及相關實體是法律上獨立的實體。

