



● 作者/Christopher Darby and Sarah Sewall ● 譯者/李柏彥 ● 審者/洪琬婷

創新之戰： 美國逐漸喪失的科技優勢

The Innovation Wars: America's Eroding Technological Advantage

取材/2021年3-4月美國外交事務雙月刊(*Foreign Affairs*, March-April/2021)

面對中共極力透過科技創新謀取霸權，美國政府應在國內重拾領導地位，找出必須優先發展的科技項目，挹注資金予新創公司研發作為，達到維護國家安全和商業化的雙重功能。

(Source: USN/ Devin Langer)





自從冷戰初期，美國即不斷引領世界科技潮流。在所謂「美國世紀」(American Century)當中，美國征服太空、首創網際網路、並引領全世界iPhone手機潮流。然而，近幾年來，中共處心積慮掌握科技領導地位，投資於機器人、人工智慧、微電子以及綠能等科技研發的金額數以兆計。華府向來以軍事角度看待北京龐大的科技投資，然而當今國防武力僅是大國競爭的一環(也可以說是冰山一角)。北京正發動一場巧妙戰爭，在兵不血刃情況下，運用科技創新達成目標。中國大陸的公司正向全世界推銷5G無線網路設備、利用合成生物科技擴大糧食供給、並極力打造更微型化和運算速度更快的晶片，這些努力都旨在強化中共權力。

面對中共的科技野心，美國決策者不斷鼓吹政府擴大行動保護美國領導地位。他們利用樸實的傳統智慧，提倡增加研發經費、放寬簽證限制和培養更多國內人才、與國內產業界及外國盟友建立夥伴關係。但美國目前恐面臨層面更深的實質問題：亦即不知道何種科技

至關重要，發展政策亦付之闕如。當國家安全和大國競爭範疇變得更加多元，政府的思維和政策卻沒有跟上腳步。私部門亦無法在國家安全層面上滿足各種科技要求。

在此環境下，華府必須擴大視野並且扶持更多科技領域，不僅須發展明顯用於軍事領域的科技，例如極音速飛機、量子電腦和人工智慧，也須發展傳統認知中的民用科技，例如微電子和生物科技。華府亦須伸出援手協助重要的非軍事科技轉向商業營利，在私部門不願出資的科技項目上給予資金奧援。

美國科技創新挑戰

在冷戰早期數十年，美國投入數以億計的美元資金，急劇擴張科學基礎建設。成立於1946年的美國原子能委員會(The Atomic Energy Commission)在戰爭時期肩負統籌實驗室率先研發核彈的責任，例如統籌橡樹嶺國家實驗室(The Oak Ridge National Laboratory)、曼哈頓計畫總部(The headquarters of the Manhattan Proj-

ect)事務，進一步資助學術研究中心，例如勞倫斯利弗摩國家實驗室(The Lawrence Livermore National Laboratory)。成立於1947年的美國國防部被賦予龐大研究預算，1950年成立的美國國家科學基金會(The National Science Foundation)亦是如此。蘇聯發射史普尼克號衛星(The Sputnik Satellite)後，華府於1957年創立美國國家航空暨太空總署(The National Aeronautics and Space Administration, NASA)力圖贏得太空競賽，以及成立國防先進研究計畫局(The Defense Advanced Research Project Agency, DARPA)的前身，探索不為人知的先進科技。到了1964年，將近有17%的權衡性聯邦支出(Discretionary Federal Spending)用於研發工作。

透過和學術機構及民間公司攜手合作，政府資助各式各樣的基本研究；然而這些研究並未預設特定最終用途。其目標旨在打下紮實的科技基礎，從而發展常規和核武國防武力，俾確保國家安全。這些研究亦獲得驚人成就。政府投資打下



美國一向從軍事角度看待中共的龐大科技投資，但當今國防武力僅是大國競爭的冰山一角。(Source: AP/達志)

了先進技術成為美國維持軍事優勢的根基，超音速飛機、核動力潛艦和導引飛彈相繼誕生。在私部門方面，其亦能利用智慧財產優勢，將技術能力轉化為民間公司得以銷售的產品。包括以全球衛星定位系統(GPS)為基礎的科技、安全氣囊、鋰電池、觸控螢幕及聲音辨識等，都因為政府投資才能獲得成功。

然而隨著時間過去，政府逐漸失去其在創新研發上的領頭地位。1964年，美國政府的研發經費占GDP的1.86%，但到1994年，這個數字已驟降到

0.83%。在此同時，若以GDP百分比計算，美國公司的研發經費幾乎成長兩倍。即便如此，這個數字背後卻潛藏問題。相對於政府研發投資著眼於探索足以扭轉局勢的新興科技，民間公司的研發工作，卻往往僅在既有基礎上創新。私人單位的營收成長模式係強化既有產品，讓產品擁有更多功能或是運作速度更快、體積更小、更節能。民間公司著眼於可立即獲取商業成果的科技，而非須花費數十年才能開花結果的各項關鍵技術。

目前最具潛力的研發創新已非源於國家實驗



室和大型公司，反而更多來自創投基金干冒風險注資扶持的小型新創公司。現代創投公司興起於1970年代，他們與早期發展階段公司合作，曾帶領蘋果和微軟公司站穩成功腳步，但直到1990年代網路泡沫時期之後，這種投資型態才邁向成熟。目前政府實驗室外包研發工作給美國民間企業已成第一階段運作模式，最新模式正步入第二階段：即大型商業公司轉向仰賴小型新創公司。站在所謂公司發展政策立場上，大型公司寧願削減內部研發經費，而花費更多在併購創投公司扶持、具有潛力科技的小型公司。

創投公司的興起曾創造大筆財富，但不見得對美國利益有所幫助。創投公司著重在十年之內獲得巨額報酬。這讓他們對於諸多事務感到興趣缺缺，例如微電子學、以及資本密集且需數十年才能獲致成果的項目，相較之下，他們對於軟體公司這種小資本便能運作的公司反而投注更多關愛眼神。如此問題在於，獲得最多創投資金的公司往往與國家安全優先事務脫鉤。例如美國創投公司Accel投資芬蘭公司Rovio娛樂(Rovio Entertainment)，其以憤怒鳥(Angry Birds)手機第三方應用程式(Application，以下簡稱App)為成功代表作且大賺一筆，但美國利益卻未因此獲得任何增長。

與此同時，不論在GDP規模上或相對於私部門的研發經費，政府的研究經費都日漸萎縮。美國國防部雖仍保有聯邦研究經費的大宗，但整體而言已不比當年，且資金散落在各大局處部門，每個單位都有自己追求的優先事務而缺乏國家戰略統籌。隨著最頂尖的研究人員被挖角到私部門，政府內部的科學專家日漸短缺。過去華府和

民間企業緊密的合作關係亦開始鬆散，因為對最具創新能力的公司而言，聯邦政府已不再是主要客戶。美國各大政府單位已不再率先購買先進科技，而小型新創公司整體上亦缺乏遊說團體和律師群協助其銷售產品給政府部門。

全球化現象亦讓民間公司和政府之間的關係築起一道藩籬。當前國際環境之下，由於中國大陸市場散放出強大吸引力，美國市場漸居次位。現在民間公司採取的各項行動都必須顧及非美國客戶的觀感。舉例來說，蘋果公司拒絕替美國聯邦調查局解鎖iPhone手機，背後原因或許是為了鞏固其國際品牌形象。

雪上加霜的是，創新事物本身已顛覆人們對國家安全科技的認知。當前科技日漸擁有雙重功能(Dual Use)，意即可同時運用於民用和軍事領域。如此新的薄弱環節便於焉產生，例如有人關切這會讓微電子供應鏈和通訊網路陷入安全險境。然而，即便民用科技和國家安全日益息息相關，美國政府卻未掌握主導大旗。相對之下，私人企業卻以政府部門近乎望塵莫及的速度推進研發工作。這些趨勢加總起來形成一個令人憂心的景象：私部門和政府之間的利益開始分道揚鑣。

中共駭人力量

若世界維持單極結構，美國科技創新的生態轉變還相對無關緊要。但目前該項轉變卻伴隨著地緣政治對手崛起。過去20年來，中國大陸已經從以剽竊和模仿科技為主的國家，搖身一變成為創新甚至引領科技的角色。而這項發展並不讓人意外；因為這是該國汲汲營營達成的長程目標。中

共重金投資研發工作，科技預算占全球百分比已從2000年的不到5%拉升到2020年的23%。若此趨勢持續，預計2025年中共該項花費將超越美國。

中共目前以「軍民融合」(Military-Civil Fusion)戰略為驅動力，確保私部門和國防工業的協調合作關係。不論在國家、省級和地方階層，該國都是軍事組織、國有企業，以及民間公司和企業人士的後盾。給予支援的形式包括各項補助、資料共享、政府貸款或是訓練計畫。其甚至可以單純到提供土地和辦公室；該國政府亦正打造成以創新研發為中心的新興城市。

中共5G科技投資便充份展現此種運作模式。隨著5G設備成為一國連網基礎建設的骨幹，中國大陸的華為公司已成為建設和銷售5G設備的全球龍頭，提供高品質產品，價格卻相較芬蘭及南韓競爭對手便宜。這間公司一直受到中共官方大力支持；據華爾街日報統計，大約有750億美元的稅收減免、補助、貸款和土地折價銷售。華為公司亦受惠於中共一帶一路計畫，該計畫大方提供各國貸款

並資助中國大陸公司建設基礎設施。

中共對人工智慧的大力投資亦獲得成功。在特定領域中，中共研究人員目前出版更多科研報告，超越過去美國人所出版的數量。而政府注資是獲致成功的原因之一，但更可歸因於其他因素：亦即他們可以取得大量資料。對於極力搜括無數使用者資料的主要公司，中共都在背後推上一把。這包括阿里巴巴這家大型電子商務公司；推出多功能微信App的騰訊；以搜尋引擎起家但現已提供各式線上商品的百度；主導商用無人機的大疆創新，以及提供臉部辨識技術形成中共影像監測網路的商湯科技，其據說是全球最具價值的人工智慧公司。在法律規定上，這些公司有義務和中共政府進行情報合作，基於各種原因，這些公司被強迫必須分享各種資料。

這些個人資訊亦日漸擴及中國大陸以外的人民。中國大陸公司正編織一個透過App使用蒐集資訊的全球網路，蒐集外國人的財務情況、搜尋紀錄及所在地等等各項私人資訊。例

如，只要使用中國大陸App進行行動支付，他們的個人資料都會經由上海，回傳並日益充實中共窺探外國人的數據庫。如此一來，這些資訊將使中共更容易鎖定負債的西方官員，說服他們替北京從事間諜活動，或是追蹤在海外受庇護的西藏維權人士。

中共蒐集資料的野心亦延伸至最私人的資訊：我們的DNA。自從新冠肺炎爆發以來，華大基因這間中共資助的基因排序公司，已在海外動土興建約50間全新實驗室，旨在協助政府進行病毒測試。中共興建這些實驗室看似合理，但惡名昭彰的是，其曾強迫蒐集西藏人和維吾爾人的基因資料，用來監控這些少數民族。由於華大基因目前協助中共管理基因數據，可以想見透過華大基因的測試工作，外國人的生物資料都將進入中共的監控數據庫。

毫無疑問，即便其技術尚落後美國一截，中共已對生物科技展現高度興趣。結合強大的運算能力和人工智慧，生物科技创新可以協助解決一些人類最頭痛的問題，從疾病和飢荒



面對中共科技野心，美國必須扶持更多科技領域，以維持競爭優勢。(Source: Reuters/達志)

到生產能源和氣候變遷都可加以運用。目前研究人員善於運用CRISPR這項基因編輯工具，協助他們種植能抵禦疾病的小麥、解讀細菌DNA影像，並且創造出新穎、有效率的資料儲存方法。合成生物專家以基因工程為基礎的微生物取代石化

材料，研發出產製尼龍布的全新方法。眼前的生物科技革命將產生龐大經濟效益：據麥肯錫全球研究所(The McKinsey Global)統計，生物科技諸多潛在運用將在未來10至20年內創造4兆美元的產值。

然而，如同所有強大科技，生

物科技也有邪惡面。例如，不難想像有些人士居心叵測，可能針對特定種族團體研發生物武器。對於一些爭議問題，例如在操控人類基因的許可範圍上，各國可能在操作上容忍不同程度的風險，道德立場亦不盡相同。在生物科技發展上占有先

進領導地位的國家，最有可能深遠形塑該項科技運用的制度規範。而人們有充分理由擔心這個國家就是中共。2018年，中共科學家賀建奎編輯一對雙胞胎嬰兒的基因引發國際騷動。中共形容他為基因編輯流氓並對之祭出懲罰。但中共政府在謀求科技優勢之際，人權紀錄卻充滿汙點，這意味其可能在生物科技上採取較寬鬆甚至危險的立場。

擴大思考

華府一直以來都以軍事角度監控中共的科技進展，擔心科技將強化中共國防武力。但其實背後面臨的挑戰還不僅於此。中共謀求科技優勢，不僅著眼獲取戰場優勢；北京的目標是改變戰場本身。儘管諸如5G、人工智慧、量子電腦和生物科技等商用科技都有其軍事用途，中共追尋的是一個能展開大國競爭卻無須發起戰爭的世界。當前掌握科技優勢便可主導民間基礎建設，進而擴及各項領域以創造龐大影響力。這亦是北京大力推動高科技民用基礎建設出口的背後主因。採購中共各項系統的國家或許認為他們只是獲得電廠、健康照護科技，或是線上支付系統，但事實上，他們亦同時把國家的關鍵基礎設施和國人資料拱手奉上給中共。此種出口根本是中共的特洛伊木馬。

雖然地緣政治競爭的本質正在改變，美國仍傾向透過傳統國防武力衡量安全問題。以微電子學來看，這不僅是各種商業產品的關鍵要素，實際上在各項軍事系統方面亦不可或缺，從戰機到戰艦皆是如此。由於微電子學係推展人工智慧的關

鍵科技，其亦將左右美國未來經濟競爭力。然而，美國對微電子學的投資卻瞠乎其後，無論是私人或政府單位都未給予足夠研發資金；前者顧忌資本花費過鉅且曠日廢時，後者則忙於鞏固眼前供應鏈而無暇思考創新研發。儘管目前中共在此領域難以迎頭趕上美國，但中共遲早會提升自身在微電子供應鏈的價值地位。

美國在安全和創新研發上的眼界過於狹隘亦造成其5G科技落後。而中共正主導這個市場，建立全球通訊網路遂行地緣政治目的。有人擔心中共可能利用5G網路取得各種資料，亦有人認為中共可能在危機事件中破壞或阻斷對手的通訊網路。多數美國決策者都未能及早看出中共5G基礎建設可能造成的威脅，直到2019年華府才針對華為提出示警卻顯得有些束手無策。美國公司過去從未提供端對端無線網路，反而僅聚焦生產獨立設備，例如手機和路由器。美國亦從未發展無線電接入網(Radio Access Network, RAN)，該系統負責在網路裝置間傳送訊號，為建設端對端5G系統所需，一如華為和某些其他公司所提供。後續結果是美國發現自己處在尷尬情況：威脅盟友禁止採用華為5G科技否則中斷情報合作，但又未能提供其他替代方案。

若數位基礎建設係目前主要戰場，生物科技將可能成為下一個角力熱點。然而不幸的是，美國政府亦未將其視為優先發展項目。美國國防部始終對此興趣缺缺有其背後原因。其中部分原因係美國和諸多其他國家一樣，已簽署條約聲明放棄使用生物武器。但其實生物科技對五角大廈來說尚有其他運用層面，從改變生產方式到改善部內



美國科技創新存在之諸多落後現象，都可歸咎於政府的國家利益視角過於狹隘。(Source: USN/Davin Langer)

人員健康等，都是可能應用方式。更重要的，美國在整體評估國家利益時，亦必須認知到生物科技將對倫理道德、經濟發展、國人健康和生態環境所產生之實質影響。

由於美國科技創新存在之諸多落後現象，都可歸咎於政府的國家利益視角過於狹隘，亦不知必須優先發展何項科技，

故拜登政府首先必須擴大其理解範圍。政府官員必須充分理解最新科技可能帶來的挑戰與機會：就像癱瘓5G網路或從事有違道德的基因工程可能造成的災難，但永續能源和更優質有效率的健康照護體系亦可能應運而生。

拜登政府的第二步是建立一套程序使政府投資符合國家利

益。目前聯邦經費過度傾向投資軍事能力。這反映出政治現實：亦即五角大廈係少數能同時獲得兩黨穩定預算支持的政府單位。舉例來說，目前研發戰機和飛彈防禦系統的資金充裕，相對之下防範疫情爆發和潔淨能源的經費則捉襟見肘。即便如此，在訂定正確的國家優先科技發展項目時，必須先

預想可能產生之問題，而這些問題必須以全方位的國家利益來思考才能獲得解答。何種問題最迫切需要新科技加以解決？何種科技有能力來解決單一問題，以及何種科技可以解決多重問題？只有真正從國家角度進行思考，這些問題才能得到答案。而目前採行的方法並不管用。

就適當的評估程序而言，必須先由國家安全專家進行「淨評估」(Net Assessment)。在此案例中，他們必須分析全球科技進展狀況及市場趨勢，並將此資訊交予決策者，讓他們在已有共識的情況下展開工作。為能更易落實，必須在過程中找出可行的短、長期優先發展項目。舉例來說，迫切須加以發展的長期投資項目可能是微電子學，因為該項目是軍事和民用科技創新的基礎卻難以吸引民間注入資金。另一個長期優先項目可能是生物科技，因為這項目對經濟發展和人類未來相當重要。短期優先項目上，美國政府可以考慮發起國際聯合行動以打擊假消息或促進5G創新研發。無論最後挑選出何種

優先項目，重要的是其必須清楚明確，指導美國下決定並展現抱負決心。

市場心態

如何扶持這些優先發展項目亦是另一門學問。目前政府僅注資少數研究並由私人單位負責後續商業成果，此方法已不堪使用。現在有太多政府出資的研究尚塵封在實驗室內，無法進入商業可行階段。更糟的是，當研究成果離開美國政府實驗室，往往落入外國人手中，剝奪了美國納稅人出資而獲得的智慧財產。

美國政府應扮演更積極角色，協助研究成果打入市場。許多大學已創建專案辦公室以協助學術研究成果商業化，但多數聯邦研究單位卻仍原地踏步。此情況必須改變。在如此精神下，美國政府必須發展所謂的「沙盒」(Sandboxes)，即產業、學術機構和政府單位得以攜手合作的研究場所。2014年，美國國會便成立美國製造研究中心(Manufacturing USA)，成為研究先進製造科技的網路中心。目前微電子已有類似計畫正在

成形，而其他領域亦理當跟進創立「沙盒」。

美國政府亦可建立國家數據協助研究項目以達成商業化，同時建立保護機制，確保相關私人資訊安全無虞。這些資料特別能夠加速人工智慧的研發進度，因為該領域需要大量資料，而這些資料目前僅見於政府單位和部分大型科技公司。合成生物科技和其他醫學研究欲獲得成果，亦須仰賴相關資料。因此，美國政府應增加國家衛生研究院(The National Institutes of Health)基因資料庫的數量和多元性，分門別類管理這些資訊，使用時更簡單上手。

然而，若在國家安全方面擁有最具潛力科技的新創公司未能吸引足夠資本，所有的政府商業化協助都將徒勞無功。在發展早期或晚期階段，部分新創公司往往遭遇困難：在創立之初，他們無法吸引投資人冒高風險投資，後期在準備擴張時，亦發現無法贏得投資人重金採購。為了填補兩大階段的落差，美國政府必須有自己的投資工具。

例如，IQT電信(In-Q-Tel)便



美國政府與機構官員應充分研討最新科技可能帶來的挑戰與機會。(Source: U.S. White House/ Adam Schultz)

可提供早期投資模式的專業諮詢；IQT電信係為1999年由美國中央情報局創立的獨立非營利創投公司，旨在投資有助國家利益的科技新創公司（Keyhole便是早期接受IQT電信投資的公司，後來成為Google Earth）。IQT電信目前接受美國國土安全部以及美國國防部等其他部門單位資助，替政府及客戶搜尋可採用的新創科技。相較於聯邦單位，民營、非營利的公司更容易吸引投資所需

資金和科技人才。基於各項理由，此種模式必須持續下去並將之運用在更多優先科技項目上。在早期發展階段，即便只是每年1億到5億美元的資金都有助私部門產出符合國家所需的產品，且這些資金對聯邦預算來說根本九牛一毛。

在後期階段，政策制定人員可以引入美國國際開發金融公司(The U.S. International Development Finance Corporation)的力量，此聯邦機構負

責投資國外發展計畫，於2018年首次獲得授權後投入股權投資。政府可透過成立附屬機構或成立完全獨立、非營利單位，在後期階段投入創投資金。無論何種方式，對準備擴大營運卻資金窘迫的公司而言，該項資金都是必要援助。相較於早期階段的政府資助，政府在後期的扶持規模則須更大，每年投入約10到50億美元。為了擴大政府的投資影響力，不論在早期或晚期階段，都必須鼓勵「側翼」(sidecar)投資，亦即鼓勵追求利潤的民間公司或個別投資者加入政府行列，共同挖掘科技可能帶來的潛在報酬。

諸如此般由政府贊助的創投資金，不僅可彌補私部門投資產生的落差；真正掏腰包的納稅人亦可分享研究項目產出的成果。目前，政府多數科技投資都以補助方式進行，例如小型企業管理局(The Small Business Administration)出資補助小型企業創新研發計畫；甚至許多投資經費支持的研發計畫亦是以此方式進行。這意味納稅人出資承受失敗風險，但當公司營運蒸蒸日上時他們卻未能獲得回報。就如同經濟學家馬祖卡托(Mariana Mazzucato)在報告中指出：「政府代表全社會承擔風險，但好處卻被特定人士拿走。」

非營利投資機構代表政府進行投資亦有另一個好處：亦即他們讓美國可以在科技競爭上採取攻勢。長期以來，美國總是被動防守。例如禁止機敏科技出口和禁止可能危及國家安全的外國投資，即便這些動作會傷害美國企業，且無助於科技創新。政府出資購買股權以協助商業化，此舉措所費不貲，但部分先期支出卻可以回收再投資利用。此舉亦有無法用金錢衡量的好處：投資國

家優先發展項目將強化美國軟實力，其中包括可以向美國盟友出口的基礎建設。

創新永續

拜登總統不斷宣示要「重建美好未來」(Build Back Better)和恢復美國的全球領導地位。在競選期間，他擘劃藍圖、推動美國科技創新。他矢志大幅增加聯邦研發經費，包括3,000億美元資金以聚焦突破性科技、強化美國競爭力。這是個好的開始，但他若能創造一套充滿活力的程序機制、找出最高優先科技項目，則此雄心將更具效率。拜登說他支持一個「升級版」的中小企業創新研發計畫補助方案，且擁護「學術機構夥伴擴大基礎建設研究計畫。」但若能填補私部門投資所造成的落差，且擴大長年不足的政府商業補助方案，後續機會將更具想像空間。

在創新事務上，若美國選擇原地踏步，其經濟、安全和人民福祉將深受其害。美國將失去全球領導地位，留中共在國際舞台上為所欲為。拜登目前走在正確的道路。但為了維持科技優勢，美國必須全盤重新審視其願景，並且引領科技創新的腳步。拜登無疑將忙於處理國內各項挑戰，但他過去有多年提升美國全球領域力的職涯洗鍊，透過重塑美國科技創新，相信他可以兩者兼顧。

作者簡介

Christopher Darby 目前擔任 IQT 電信執行長。

Copyright © 2021, Council on Foreign Relations, publisher of *Foreign Affairs*, distributed by Tribune Content Agency, LLC.