

誰遙遙領先：論美中科技權力評估*

周冠竹

國立政治大學外交學系博士候選人

摘要

隨著拜登政府（Biden Administration）對中國半導體、人工智慧以及資通訊產業進行制裁，美中兩大強權於科技領域內競爭態勢已經形成。學者與政府官員對於中國挑戰美國科技霸權感到憂慮。然而當前國際關係領域缺乏對總體科技實力建構有效測量指標，導致在衡量中國科技權力上產生偏誤。因此，本文從金融權力、人力資本和智慧財產三個面向出發，建構了一套測量國家總體科技權力的指標。從指標中可發現，儘管中國已成為科技強國之一，但其與美國之間仍存在顯著差距。透過比較個案研究發現相比於美國開放社會帶來金融與人員流動上的優勢，中國在政治經濟體制上的缺陷使其難以迎頭趕上。

關鍵詞：美中科技競爭、科技權力、金融權力、人力資本、智慧財產

* * *

* 本文所使用數據來自於作者本人之博士論文，相關研究數據以及資料處理方法預計發表於2024年美國政治學年會（Chou and Fu forthcoming 2024）。另外，感謝中央研究院政治學研究所林宣佑老師、傅澤民老師以及淡江大學國際事務與戰略研究所馬準威老師以及兩位匿名審查人給予的建議與指教。最後，作者特別感謝教育部標竿計畫「策論印太安全治理：建制轉移、變遷動力與影響」以及中央研究院「人文社會科學博士候選人培育計畫」給予支持與補助。

壹、前言

隨著2021年起拜登政府對中國實施半導體禁令，美中間科技競爭角力成爲國際關係學者關心問題，隨著中國經濟與科技崛起，部分學者認爲中國足以對美國科技霸權進行挑戰。2021年哈佛大學貝爾福國際事務研究中心（Belfer Center for Science and International Affairs at Harvard）出版一份名爲《科技大競爭：中國對決美國》（*The Great Tech Rivalry: China vs the U.S.*）的報告指出，中國政府舉國體制領導下，中國在新興科技領域發展已對美國科技霸權造成挑戰，甚至在量子電腦專利總量上已超越美國成爲領先者（Allison et al. 2021）。

若Allison et al.（2021）於報告中所推論正確，應從半導體貿易數據觀察到進口替代現象的產生。然而貿易數據顯示2021年中國自美國積體電路進口額達125億美元，相較2017年56.3億美元增長122%，而相同年度美國從中國電機與機械製品進口數據則持平爲20億美元（The Observatory of Economic Complexity 2023），進出口數據顯示中國加大對美國半導體產品採購量，表示出拜登政府對中國半導體技術禁令產生預期心理效果促使中國增加對美積體電路採購。此外，該份報告以專利數量作爲評估中國科技實力依據雖然可以直觀展現中國科技產出能力，但也低估科技創新背後由人力資本與金融體系所建構出的生產網絡（Pierrakis and Owen 2022）。

當前對美中科技競爭研究著重於現狀描述，缺乏對總體科技權力認識，以致對於中國總體科技權力測量產生偏誤。因此，作者採用金融權力、人力資本以及智慧財產作爲科技權力的三個主要面向，來探究美國與中國在科技權力方面的發展。最後，實證研究發現中國已進入科技強權之林，但美國在金融權力、人力資本以及智慧財產三面向仍維持顯著領先地位，美國與中國科技權力差距仍遠難以挑戰美國主宰地位。

貳、科技作為國家權力稟賦

一、為何需關注科技權力

自國際關係學科發展伊始，科技就是國家權力稟賦的重要內涵。科技作為人類知識在物質世界的體現，對於國家經濟生產活動有顯著影響。在生產活動中，科技為使用特定知識對器物進行設計與實踐（Nelson 1992）。因此科技的發展須同時滿足兩項條件：擴展知識邊界以及對器物設計與製造的改進，兩者處於相輔相成關係。科學發展拓展了應用科技可能性，而應用科技發展則拓展了科學可觀測邊界（Brooks 1994）。因此在本文中，作者對於國家科技權力探討涵蓋基礎科學研究以及科技應用領域。然而隨著國際關係研究受新現實主義體系決定論影響，對於科技與國際關係討論發展停留於對現象描述，缺乏對國家科技權力發展認識。而今日科技已成為美中兩大強權競爭的核心議題，但國際關係學者缺乏一套可觀測科技發展的理論框架，故作者從爬梳國際關係理論發展中對於科技能力論述以建構科技權力。

Hans Morgenthau在其著作《國家間政治》（*Politics among Nations*）中就提及科技對於國家權力的重要性，首先是資源轉化能力。人口、糧食與天然資源固然是國家權力不可或缺的條件，但是在缺乏基礎工業能力的情況下，國家難以將人口與天然資源等權力稟賦轉換成權力輸出（Morgenthau 1947）。除了資源轉換上，通訊與運輸能力對於國家軍事能力投射性與資源轉換同等重要，國家仰賴於船舶、航空器與鐵公路運輸武器、物資與人力作為戰爭投入。在通訊上，狀況感知與資訊處理能力則是影響決策制定的重要能力。最後則是人力資源。國家工業生產、運輸以及通訊等活動皆需要熟練工人，工程師等專業人才方可運作。除此之外，戰爭中醫藥、傳染病防治等皆需要專業人士與科學家支持。從Morgenthau的觀點來看，科技在塑造國家權力中扮演關鍵角色。它不僅是將自然和人力資源轉化為實際權力的媒介，更是軍事能力、通訊和運輸效率的關鍵因素。此外，專業人才如工程師和醫學專家，對於維持國家的工業、醫療和科技實力同樣不可或缺。

相比於Morgenthau從國家內部論述科技對於國家權力組成的重要性，

Kenneth Waltz (1979) 則從結構角度探討科技對大國競爭本質的影響。在經濟上，生產技術落後將使得國家失去原有的市場競爭能力。在軍事上，大國需持續在科技領域進步以維持競爭優勢，高強度的研發投入成爲國家進入超級強權的障礙。Organski (1968) 在討論國家權力時則強調國家的經濟能力建構在科技所帶來的工業化與標準化生產上。在科技發展下，單位勞工的生產力提高使得經濟生產更有效率，因此國家有更多經濟產出用於提昇綜合國力。除了經濟生產外，科技也同樣使得國家有更精良的軍事武器用以戰爭投入。Gilpin (1981; 1988) 指出18世紀後的科技發展，轉變原有的權力構成要素，大國競爭不僅侷限於人口數量與領土規模，而加入了生產工具與武器裝備的革新。近代對於科技與國家安全研究更指出，人工智慧、高速運算以及無人載具等新興科技發展改變原有大國間攻守平衡均勢，使得國際關係學者對於大國競爭不確定性表達憂慮 (Horowitz 2019; 2020; Johnson 2019)。

二、科技權力測量問題

如何測量國家科技權力稟賦？Organski在其著作《世界政治》 (*The World Politics*) 以及與其學生Kugler合著的《戰爭總帳》 (*The War Ledger*) 中採用人均國民生產毛額 (Gross National Product, 以下簡稱：GNP)，作爲國家生產力依據。¹人均GNP以及後續人均國民生產毛額 (Gross Domestic Product, 以下簡稱：GDP) 雖可直觀測量國家生產力指標，且資料具有高可靠度與完整性優勢，但GNP與GDP指標僅代表國家該年度內產值總量，並不能代表經濟生產效率 (Organski 1958; Organski and Kugler 1980)。以GDP爲例，由於GDP計算公式中包含政府支出與投資，因此擴大支出聘僱冗員以及花費巨大但缺乏科技含量的基礎建設也能計算在GDP之內 (Beckley 2018)。Beckley (2018) 採用GDP與人均GDP乘積方式解決降低GDP內政府擴大支出與低效投資所產生的問題。人均GDP雖可測量國家經濟生產效率，但仍可能受到金融業與天然資源開採等非科技因素影響。

¹ 1993年聯合國System of National Account以國民收入 (Gross National Income, GNI) 取代GNP，但爲求與Organski原文保持一致性，故仍維持GNP。

另一個測量國家科技能力的指標是「綜合國力指數」（Composite Index of National Capability，以下簡稱：CINC），該指數包含都市人口數、鋼鐵產量與資源消耗量（Rauch 2017; Organski and Kugler 1980）。然而，作為一個測量國家科技能力的指標，CINC雖能測量國家重工業產能，卻缺乏對其他科技種類和人力資本的評估（Chan 2005），使得CINC有僅效能測量19世紀至20世紀初工業發展狀況。然而Chan（2005）採用行動電話、網路使用以及固定電話等資通訊科技指標作為標準過於單一，難以涵蓋所有的科技面向。James and Romijn（1997）驗證市場規模、人力投資以及經濟開放程度可作為測量國家科技能力的指標，但受限於缺乏數據分析技術，James and Romijn（1997）三個模型分別僅有49、28與27個國家作為觀察樣本，且缺乏對數據處理方式詳述。Furman, Porter, and Stern（2002）以技術積累、科研投資以及政策投入三項指標作為國家科技能力計算。Furman的文獻提供建構出國家科技發展模型並以統計進行驗證，然而僅以17個已開發國家作為統計樣本，使得在實證資料上有所侷限。

相比於過去學者多採用科研投入以及專利數等直接產出作為測量科技能力指標，1980年代興起國家創新體系（national innovation system）研究則是探討國家政策面是否有利於研究機構、企業與個人從事創新活動。創新體系研究指出推動科技發展動能不僅來自於人力與財力投入，更包含勞動市場、金融市場以及法律制度保障等政治經濟問題（Edler et al. 2016; Godin 2009; Lundvall 2007）。例如Ding（2023）採用「擴散能力」（diffusion capability）測量國家科技能力。擴散能力概念源自於Geisler（2000）提出國家的總體科研能力不僅限於科研投入與產出成果，更包含了科研機構與工業部門關係的穩健性，也就是科研成果擴散至經濟活動能力。Ding（2023）以及Huang（2023）指出在缺乏市場競爭與開放性下，企業缺乏動機引入新興科技以提高生產效率，進而使科技擴散能力低落，無法反饋至下一時期的研發投入。Kennedy（2024）則認為有別於西方國家創新體系典範所採取自由放任（laissez-faire）策略，中國生物科技、人工智慧以及先進製造等國家戰略科技領域在政府所建構下的創新體系顯著成長。

國家創新體系研究為衡量科技發展提供新的研究路徑，但仍缺乏一套可量

化指標比較國家科技能力。創新體系研究雖強調環境對於科技發展重要性，但如何測量與比較環境仍是研究上的限制與挑戰。例如Ding（2023）雖然使用全球創新指數（Global Innovation Index, GII）證實中國科研體系在擴散能力上弱於美國，但未對於現象背後的因果機制進行解釋。而Kennedy（2024）的研究雖討論中國創新體系，但在測量上仍以投入—產出作為衡量中國科技發展基礎。

在國內學者中對於國家科技權力討論多將科技視為國家總體權力之一，並針對特定領域進行個案討論。例如楊一遠與陳秉達（2020）以華為專利數量以及研發投入作為測量中國在資通訊科技領域內權力，而鄭子真（2023）則針對日本於太空領域內科技能力探討其在國際合作中所扮演角色。個案研究的優勢在於給予後續研究科技與國際關係學者提供深入的過程追蹤（process tracing）以解釋單一國家科技能力發展狀況，以及國家如何動員國內行為者與他國競爭與合作。然而缺乏橫向比較的情況下，個案研究較難解釋國家間科技能力起落。洪世章、許瓊文與何泰宇（2013）使用資料包絡分析法（Data Envelopment Analysis, DEA）建構出國家創新系統的效率指標，計算出國家在創新領域中投入產出效率，然而洪世章、許瓊文與何泰宇（2013）的論文雖然提供精準數據測量國家科技能力，但也犧牲可使用樣本數量，僅以20國家作為測量樣本。且文章所使用的效率指標雖可得知國家在創新活動投入與產出效率，但缺乏規模比較下，仍難單獨作為比較國家總體科技權力指標。烏凌翔（2022）推動的科技力研究中試圖以國家資源投入、企業能力以及人力資源作為具可比較性的科技權力指標。科技力研究所採用的指標相比於Furman, Porter, and Stern（2002）、James and Romijn（1997）以及洪世章、許瓊文與何泰宇（2013）等研究具有更佳的資料普遍性，因此比起先前研究更適合用於大樣本數分析。然而，烏凌翔（2022）研究要聚焦於探討美中半導體競爭，並未深入探討科技力指標的建構。

參、國家科技權力指標

一、科技權力三面向

科技作為國家權力稟賦討論已歷史悠久，Morgenthau（1947）於《國家間政治》論述工業生產能力多寡決定國家是否能將天然資源轉化為國家軍事能力，故科技作為工業生產力基礎將決定國家軍事動員能力。Organski（1958, 23）指出，現代科技所推動的大規模生產對經濟至關重要。美國與蘇聯的工業生產力不僅建立在國內市場的基礎上，也依賴於先進科技的支持。古典現實主義研究雖論述了科技作為國家權力重要性，但由於古典現實主義著重於國家間戰爭與聯盟，故缺少對國家科技能力系統性的測量。在探討國家科技能力上，發展經濟學者對於國家科技發展因素有豐富研究。在爬梳眾多文獻中，作者歸納出國家科技發展取決於總體科研支出、人才培育以及金融體系對創新環境的支持（Dobrzański et al. 2021; Aminullah 2015; Adeyemi et al. 2018; Ferrary and Granovetter 2009）。

著名經濟學家熊彼得（Joseph Schumpeter）將「創新」概念帶入經濟成長模型中，在其著作《經濟發展理論》（*The Theory of Economic Development*）一書中闡述創新對於經濟發展的重要性。²熊彼得認為在市場競爭下，企業利潤隨著數量上升而遞減，故企業尋求新生產模式或產品以尋求更高利潤。資本市場的作用在於資助具冒險精神的企業家將思想、知識與技術進行實踐於經濟生產，以獲取最大市場報酬（Schumpeter 1983）。熊彼得關於經濟發展的研究被新古典學派的經濟學者們所繼承。新古典學派經濟學者Robert M. Solow首次提出外生性成長模型指出，資本與勞動力投入呈現邊際效益遞減的情況下，科技提升有助於國家總體產出（Solow 1956）。外生性成長模型引入科技至經濟成長中，但其勞動與資本均一化假設存在問題。內生性成長模型將人力資源與資本差異納入生產函數中，反映出勞動力與資本差異對經濟生產效率影響（Romer 1994），例如高階技術勞工與先進生產設備相較於無技術勞工與老舊

² 有關熊彼得對於創新的論述可參考1939年著作《景氣循環理論》（*Business Cycle Theory: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*）。

生產設備能有更高的產出。

如同熊彼得創新理論所述，個人與企業研發活動的投資需仰賴資本市場支持，尤其是對於新興科技所面臨的不確定性問題，企業家急需耐心資本以實踐研究成果。從1769年瓦特（James Watt）所改良的蒸汽機到近四十年美國矽谷（Silicon Valley）創業投資資本（Venture Capital，以下簡稱：創投資本）與新創企業聚落，³發明家與資本家合作推動方可將創新構想落實至實際商業化應用（Ferrary and Granovetter 2009; Brunt 2006; Klingler-Vidra 2016）。

金融開放性對於科技發展的正面影響在於提高資本流量，使創業者更容易募集國內外資金，降低募集資金成本（F. Han and Zhu 2013）。除了提供資金支持外，最近的研究指出金融體系開放性有利於國內創新體系發展。相較於傳統的銀行貸款，利用資本市場進行融資的創投資本更加有利於促進創新活動。創投資本作為一種耐心的資本（patient capital），⁴比銀行更願意與企業共擔創新活動時的風險，以追求更高的回報。這種特性使創投資本更能夠有效地促進企業的科技進步（Khan et al. 2018）。除此之外，創投資本與銀行在資本—企業互動關係上有所不同。創業投資不僅提供創新所需資金，更包括分享社會資源，幫助新創企業建立從科研機構到銷售通路的廣泛人際網絡（Alexy et al. 2012; Pierrakis and Saridakis 2019; Pierrakis and Owen 2023）。

不同於已開發國家金融體系對國內新創企業扶持，開放的金融體系對開發中國家益處在於吸引外國直接投資（Foreign Direct Investment, FDI）所產生的外溢效果（spillover effect），外國企業投資不僅是引入生產設備，同時也透過僱用勞工以及與本地企業建立上下游關係培育本地人才（Bwalya 2006; Lejour and Nahuis 2005）。因此在建構金融權力時須考慮兩項因素：投資環境與資本流量。前者是政府對於資本流動限制，後者則是資本流通量。因此可以預期金

³ 相比於共同基金或避險基金採用公開市場交易的策略，創投資本更傾向於早期投資。在商業模式上，創投資本透過協助企業發展成功商業模式，並推動企業上市或併購以獲取利益。關於創投資本商業運作模式可參考Zider（1998）。

⁴ 耐心資本是一種長期的投資模式，這類資本不急於短期回報，而是專注於企業長期成長與價值創造。耐心資本為長期投資者的統稱，創投資本、主權財富基金以及個人皆可成為耐心資本。透過長期投資、深度參與和建立忠誠企業—資本關係以支持新創公司發展直至公開上市或併購（Deeg and Hardie 2016; Klingler-Vidra 2016; Lehrer and Celo 2016）。

融市場開放以及資本流通下，國家科技得以顯著成長。金融市場發展是測量創新體系重要變數之一，且對熊彼得以降的自由主義經濟學者觀點給予實證上支持。不僅如此，由於開放金融體系下個人、企業以及科研機構能有效建立促進經驗與知識的交流的人際網絡，故金融市場發展能作為測量創新體系的代理變數（proxy variable）。

最後則是智慧財產存量，衆多研究採用專利申請數以及論文期刊發表數作為評斷國家科研能力標準，然而Bosetti et al.（2008）提出知識池對於科技外溢效果的重要性，科學與科技創新並獨立事件，而是依循過往科研基礎的連續過程。思想與新興科技的發展需要社群內成員知識的共享與交流，以過往研究基礎改良與革新推動過程（Castaneda and Cuellar 2020; Kogut and Zander 1993）。因此國家內部豐富專利與期刊發表數成為國家科技儲備以及未來科技發展的重要基礎。因此作者預期智慧財產存量越高國家，將會有更大的科技權力。

二、變數選擇

首先是國家創新體系研究雖回答政治經濟因素如何推動科技發展，然而缺乏量化標準進行測量限制使多數研究採用小樣本比較個案研究。部分學者採用創投資本衡量創新體系發展潛力（Furman, Porter, and Stern 2002），但由於OECD資料庫中僅收錄38個已開發國家資料，因此創投資本作為測量國家創新體系指標仍存在諸多限制。而針對創投資本發展研究指出，政府針對金融市場中分配效率、企業治理透明度、改善監管環境以及刺激金融創新能力有利於資本市場發展，進而推動創投資本活動與發展（Pradhan et al. 2017; 2018; Gompers 1994; Inderst and Müller 2004）。故在測量上，作者以股市成交額、資本市場規模以及金融與保險服務總額衡量國內資本市場（表1）。除本國資本外，外國資本也是科技發展的重要因素。Barut et al.（2023）、Hammar and Belarbi（2021）以及Maskus, Neumann, and Seidel（2012）等研究指出開放金融體系下，外國資本流入能有效提升國內勞動素質以及建立企業上下游關係等外溢效果有利於本國企業創新活動。股市交易額、資本市場規模、金融與保險服務總額以及外國直接投資淨流入等金融市場規模變數皆來自於世界

銀行（The World Bank）世界發展指標資料庫（World Development Indicators Database），該資料庫收錄1960年至2022年間共260個國家資料。

表1 變數選擇

科技權力面向	變數名稱	資料庫	資料範圍	資料形式
金融權力	外國直接投資 淨流入	世界銀行	1960-2022 260國家	美元
	股市成交額	世界銀行	1960-2022 260國家	美元
	資本市場規模	世界銀行	1960-2022 260國家	美元
	保險與金融服 務總額	世界銀行	1960-2022 260國家	美元
	投資自由度	美國傳統基金會	1995-2022 184國家	0-100標準化評分
	KAOPEN	Chin-Ito	1970-2020 182國家	-2-2標準化評分
人力資本	教育支出總額	世界銀行	1960-2022 260國家	美元
	研發人員人數	世界銀行	1960-2022 260國家	研發人員數 / 百 萬人*人口數
	科研總支出	世界銀行	1960-2022 260國家	美元
智慧財產	專利申請數	OECD資料庫	1980-2020 101國家	數量
	期刊發表數	世界銀行	1960-2022 260國家	數量
	專利收入	世界銀行	1960-2022 260國家	美元

資料來源：表格為作者自行整理。

然而資本市場規模與資本流量僅能測量實質性（*de facto*）金融開放程度，並無法測量政府對資本市場的限制（Quinn, Schindler, and Toyoda 2011）。故作者引入法律上（*de jure*）金融開放程度，美國傳統基金會（Heritage Foundation）經濟自由指數中的投資自由指標，該資料庫涵蓋1995年至2022年間182個國家經濟自由指標。另一個資本市場開放程度指標是來自於Chinn and Ito（2008）所創建的金融開放程度指標（KAOPEN），該指標涵蓋1970年至2020年間184個國家金融體系開放程度。

人才是科技發展的重要基礎。熊彼得在探討破壞式創新中強調企業家精神重要性。因此在測量人力資本上，作者以經濟發展指標資料庫內的教育支出、研發人員人數以及科研總支出作為測量國家人力資本指標。該資料庫收錄1960年至2022年間260國家教育與科研資料。教育支出為國家在教育事業支出，以比較國家在總體教育上所能投入的資源。作者認為，當國家教育資源越豐富，越有可能培養高等科研人才投入科技創新工作（The World Bank 2023a）。為統計國家總體人才培育能力，作者將總體教育支出比例與GDP相乘以計算總體教育支出。再來是測量國家科研人員人數，世界銀行資料庫中統計國家每百萬人科研人員比例，統計國家從事科學與科技研發工作者佔總體人口比例，因此作者再乘以國家人口以計算總體科研人員數作為科研人員總數統計。最後，在科研支出上，世界銀行資料庫統計該國年度政府、大專院校、企業以及非營利單位投入於基礎科學與科技研發之總和佔GDP比例以測量國家總體科研密度（The World Bank 2023b）。為計算國家總體科研支出，作者將此數據與當年度GDP相乘，以求國家總體科研支出。

最後則是測量國家科技財貨存量，學術上普遍認為專利數量以及期刊發表數量能直觀測量國家科研與科技能量。期刊論文發表不僅展現出該國家在基礎科學領域內的領導地位，同時也展現出該國家對於科學發展方向的領導能力（Marginson and Xu 2023; Weiner 1998）。因此作者以經濟合作暨發展組織（Organization for Economic Cooperation and Development，以下簡稱：OECD）資料庫中的專利註冊數量以及世界銀行經濟發展指標資料庫中的期刊發表數作為測量科技財貨存量指標。最後，為避免氾濫專利申請扭曲專利申請數量對國家總體科技權力評價，作者將專利授權收入納入評價國家智慧財產內

容。專利授權收入數據來源於世界銀行資料庫，該數據統計國家透過在生產、設計以及研發活動中所收取的專利費用，用以統計該國家專利在國際經濟上的重要性（The World Bank 2024）。

三、數據處理與標準化

在數據處理上，作者首先使用R軟體中MICE套件（鏈式方程多重填補法，英文：Multivariate Imputation by Chained Equations）中的XGBoost演算法進行缺失值補差。MICE套件透過多次計算缺失值與周邊變數線性關係以取得數個估計值後，再將估計值取平均數進行缺失值補插。而XGBoost演算法則是在MICE的基礎上，採用決策樹模型取代原有的線性迴歸，使缺失值補差上具有更精確的估計。接下來作者將補差後的數據進行變數整理。作者認為國家的金融權力是實質金融開放性與法律金融開放性交互作用的結果，故在計算上，金融權力為實質金融開放性與法律金融開放性之乘積，其中下標*i*為國家，*j*為年份：

$$\text{金融權力}_{ij} = \text{實質金融開放性}_{ij} \times \text{法律金融開放性}_{ij}$$

由於實質金融開放性為測量資本市場規模，故實質金融開放性公式如下：

$$\begin{aligned} \text{實質金融開放性}_{ij} = & \text{資本市場規模}_{ij} \times \text{股市成交額}_{ij} + \text{保險與金融服務}_{ij} \\ & + \text{外國直接投資淨流入}_{ij} \end{aligned}$$

而測量法律層次金融開放性上，由於KAOPEN為-2至2間的連續變數，故作者將KAOPEN加2已進行變數平移以避免負數問題。因此法律金融開放性為計算如下：

$$\text{法律金融開放性}_{ij} = \text{投資自由度}_{ij} \times (\text{KAOPEN} + 2)_{ij}$$

在測量人力資本上，作者認為以研究容量方式計算國家科研人力資本，因

此人力資本應是總體科研人員數與總科研金費之乘積，另外再加上國家總體教育支出已測量國家人才培育能力，故人力資本公式如下：

$$\text{人力資本}_{ij} = \text{總體研究支出}_{ij} \times \text{總科研人員數}_{ij} + \text{總體教育支出}_{ij}$$

在測量智慧財產上則是以專利申請數以及期刊發表數乘積作為衡量國家科技存量標準。由於OECD資料庫專利數統計為美國專利局、歐洲專利局以及專利技術條約簽署國所登錄專利數，故作者採取三項專利登錄總和作為測量專利申請數指標。另外，為評價專利重要性，作者採用專利授權收入做為評價國家專利重要性。⁵至於期刊發表數，則是依據作者所屬學術機構的所在地進行計算，若有共同作者，則取其平均數。因此智慧財產測量如下：

$$\begin{aligned} \text{專利評價}_{ij} &= \log_{10} \text{專利授權收入}_{ij} \\ \text{智慧財產}_{ij} &= \text{專利申請數}_{ij} \times \text{專利評價}_{ij} \times \text{期刊發表數}_{ij} \end{aligned}$$

從計算得出總體科技權力的各項指標後，作者參考CINC指標將數據標準化，故標準化數據如下：

$$\text{標準化金融權力}_{ij} = \frac{\text{金融權力}_{ij}}{\sum_{j=1}^n \text{金融權力}_{ij}}$$

$$\text{標準化人力資本}_{ij} = \frac{\text{人力資本}_{ij}}{\sum_{j=1}^n \text{人力資本}_{ij}}$$

$$\text{標準化智慧財產}_{ij} = \frac{\text{智慧財產}_{ij}}{\sum_{j=1}^n \text{智慧財產}_{ij}}$$

⁵ 根據敘述統計資料，國家專利收入平均33.4億美元，數遠遠大於第三四分位數12億美元，且標準差高達119億美元。敘述統計資料顯示此國家專利收入分佈為左偏分佈，且專利收入分配存在高度不均。故作者採用對數處理以降低分佈對指標扭曲。

最後，作者參考綜合權力指標將標準化數據進行平均，得出總體科技權力：

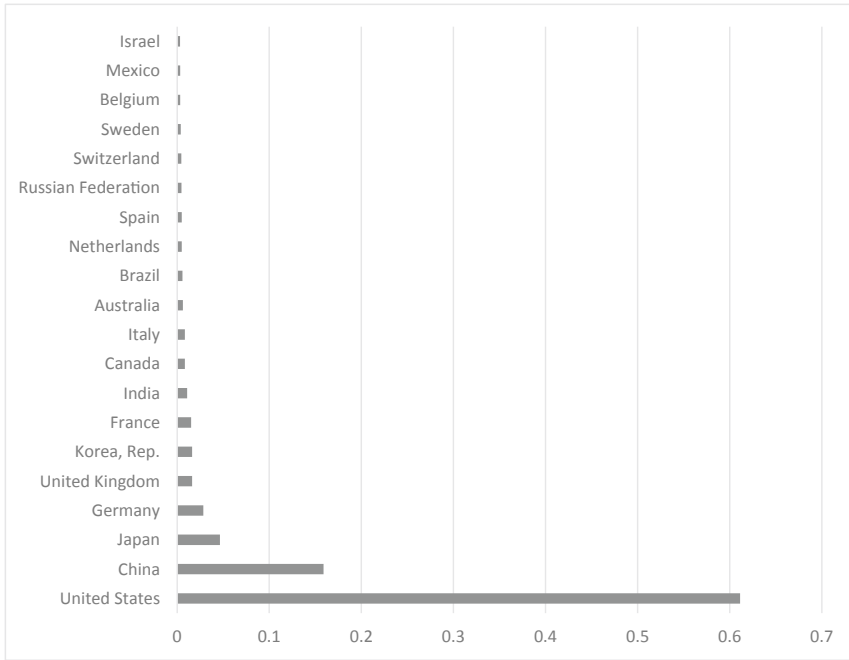
$$\text{總體科技權力}_{ij} = \frac{\text{標準化金融權力}_{ij} + \text{標準化人力資本}_{ij} + \text{標準化智慧財產}_{ij}}{3}$$

肆、美中科技權力比較

一、總體科技權力比較

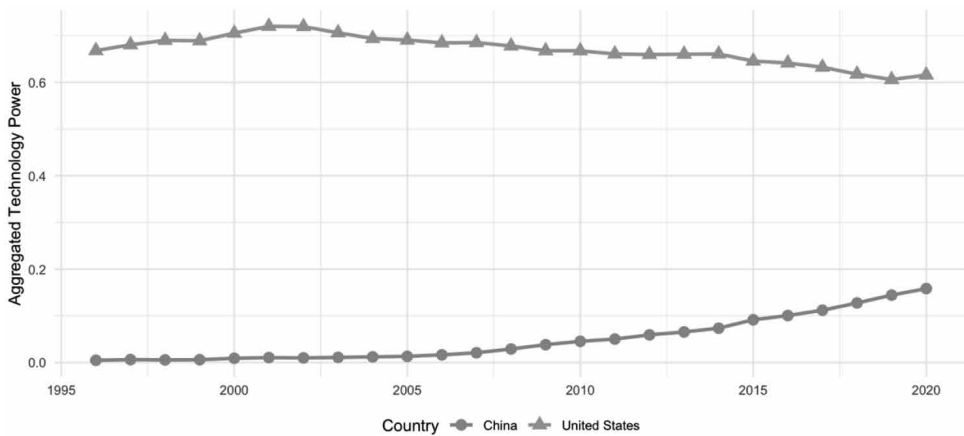
根據作者所建構的資料庫2020年對總體科技權力統計，中國總體科技權力排名第二，領先日本、德國等傳統科技大國，已立足於科技強權之林（圖1）。圖2展示了美中科技權力的比較，從圖中可觀察兩國總體科技權力發展趨勢。美國於1996至2002年間總體科技權力呈現上升趨勢，科技權力指數從0.6683上升至0.7056，這意味著美國於1996年科技權力佔總體份額從66.83%上升至70.56%。即使美國總體科技權力在2002年後呈現下滑趨勢，總體科技權力指數下滑至2020年的0.6159。即使近年來中國總體實力飛速發展，也試圖在國際體系上挑戰美國領導地位，但中國總體科技權力於2020年為0.1583，僅為美國25.70%。實證資料顯示由於科技能力遠落後，即使未來中國在總體經濟規模超越美國，但仍難以與美國於科技領域內競爭。為何科技權力指標對中國總體實力評估遠低於傳統預期？作者接下來將以金融權力、人力資本與智慧財產三個面向進行比較。

圖1 2020年總體科技權力排名



資料來源：圖表為作者自行繪製，資料來源自Chou and Fu（2024）。

圖2 美國—中國總體科技權力比較

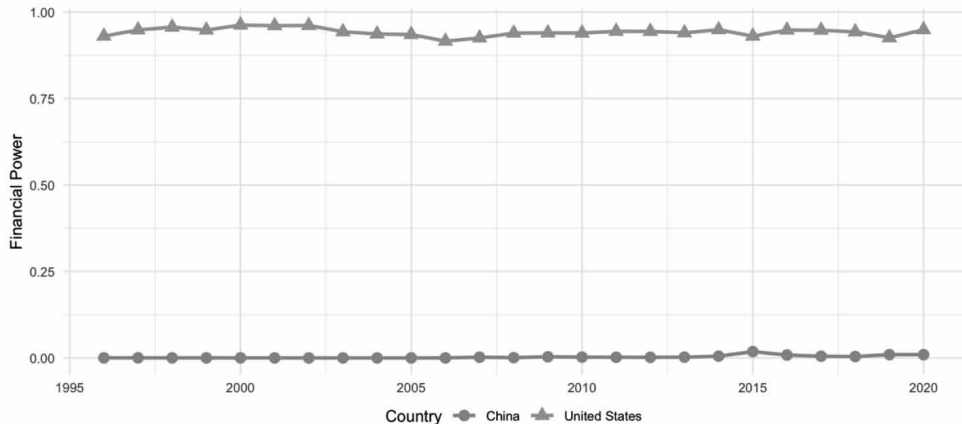


資料來源：圖表為作者自行繪製，資料來源自Chou and Fu（2024）。

二、金融權力比較

圖3為美中金融權力比較，數據顯示出美國金融權力指標為0.9以上，而中國金融權力僅0.0094，代表中國僅佔有0.94%的權力份額。金融權力反映出國家私部門對科技投入能力。由於新興科技從概念發展到可商業化應用需要龐大資金、漫長研發時間以及面臨未知市場風險，完善的金融服務是科技新創能成長茁壯的重要養分。作者將比較美國與中國金融體系對於科技活動支持，解釋為何金融體系的開放性使得美國在科技競爭中取得領先地位。

圖3 美國—中國金融權力比較



資料來源：圖表為作者自行繪製，資料來源自Chou and Fu (2024)。

科技新創在取得外部融資方式主要有二：銀行貸款或創投資本。現代創投資本始於1946年，在此之前創業者需尋求銀行抵押貸款或是個人資本家尋求資金上協助（Gompers 1994）。相比於銀行抵押貸款或是個人資本家，創投資本更願意投入人力研究投資案的技術發展前景與給予支援以協助科技新創商業模式發展。在獲利上創投資本透過輔導企業上市後出售持有股份，或透過企業併購方式出售公司獲利，而非賺取固定利息。因此創投資本需要與投資銀行、信用評分機構、以及審計與法律諮詢機構合作方可從中獲利。由此可見創投資本商業模式需建立在完善法律制度以及開放金融市場之上。

創投模式的興起帶動了二戰後美國資訊科技起飛，1968年創投資本先鋒者之一Arthur Rock投資10,000美元給草創時期的英特爾並協助募集250萬美元的可轉債，使其在1974年8080處理器上取得市場上成功，並從公開市場募得680萬美元資金（Zimmerman 2010）。如今美國矽谷（Silicon Valley）已成爲創投資本與科技新創聚集地，創投資本不僅提供創業家融資服務，同時也向創業家分享人脈資源與管理經驗。Castilla（2003）以及Ferrary and Granovetter（2009）研究中指出矽谷創投資本具有將新創企業、金融機構以及諮詢機構鑲嵌在共同社會網絡中功能，使不同行爲者能夠共同協作。

除了金融體系創新外，制度性改革也降低中小企業募資難度。1958年國會通過《小型事業投資法》（Small Business Investment Act）授權個人、銀行以及非銀行投資機構組成「小型事業投資公司」（Small Business Investment Companies, SBICs）在政府擔保與補貼下投資美國中小企業，在法律保障下，受投資企業每接受1美元投資則可獲得中小企業管理局3美元爲期十年的貸款。爲確保資金流入創新事業，《小型事業投資法》排除房地產、外國企業以及短期投資（Brewer et al. 1996; Brewer and Genay 1995）。在該法案的挹注下誕生出如蘋果（Apple Inc.）、英特爾以及特斯拉（Tesla）等著名企業。儘管《小型事業投資法》缺乏投資效率爲學界與投資專家所詬病，但美國社會中對自由與去中心化的文化認同使得支持中小企業政策受到選民支持（Eyal-Cohen 2011）。除了對於投資保障望，1978年以及2005年兩次破產法的修正中縮短破產重組所需行政程序，提升中小企業抵抗風險能力（Carlson and Hayes 2005）。美國作爲現代創投資本的起源地，誕生了如蘋果（Apple Inc.）、谷歌（Google Inc）、英特爾等著名科技企業。除了著名上市企業外，2020年美國市值達10億美元的獨角獸（Unicorn）企業數量達235間，佔獨角獸總數的48%，⁶而相對地中國則是有119間未上市獨角獸，佔總比例的23.4%（Tipalti 2020），顯示出美國在新創企業數量上具有顯著領先。

相比於美國鼓勵中小企業創新的投資環境，中國金融體系對民營中小企業支持有所不足，民營企業短期與長期貸款佔總融資比分別爲72.8%與17%，顯

⁶ 獨角獸企業（Unicorns）是指市場估值超過10億美元的未上市公司。

示出民營企業難以獲得長期融資，且平均融資規模僅國營企業的27%（任澤平 2020），而研究指出發現相較於國有企業，民營企業須在財務上更具穩健性方可獲得相同銀行融資（丁緯、李政倫與劉洪鈞 2014），由於民營企業須更高的財務穩健性方可獲得與國營企業等值貸款，這使得科技新創難以從銀行體系中獲得足夠融資。

自2000年起中國大型民營企業隨著中國經濟發展迅速成長，同時美國創投資本也因中國龐大的市場潛力進入中國市場。2000年至2018年間，美國創投資本在中國取得重大成功，例如紅杉資本中國所投資的阿里巴巴、騰訊、美團以及字節跳動等民營企業成爲中國資訊科技巨頭。美國創投資本進入中國市場固然是期望於中國市場複製矽谷經驗。然而相比於矽谷創業環境，中國政府揀選對於科技新創發展具有顯著影響，進入新創園區企業不僅享有政策優惠，同時有較大機率獲得政府與外國創投資本投資機會（Liu, Woywode, and Xing 2012）。儘管政府揀選有利於具戰略價值科技新創快速成長，卻也將缺乏政府關注產業排除於金融市場之外。因此中國市場內創投資本與新創企業相比於美國市場需投入更多人力資源於建立與政府部門關係（Bruton and Ahlstrom 2003）。

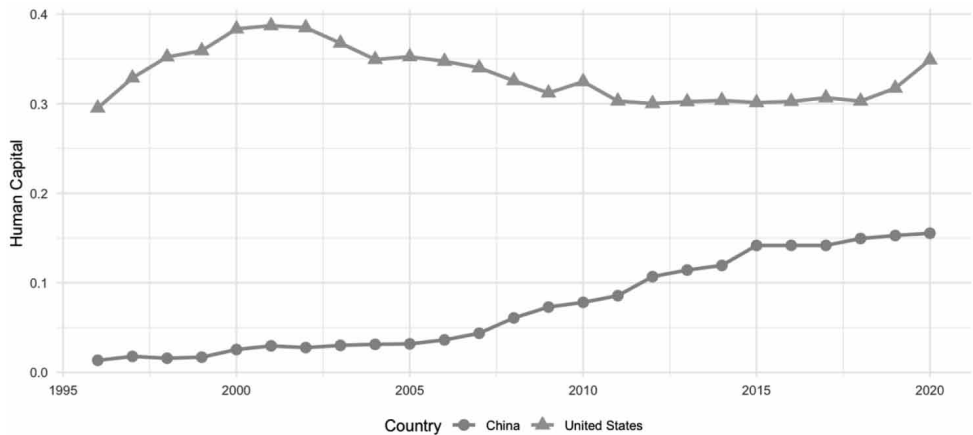
最後，中國股市對於企業盈利限制使得創投資本需選擇美國或香港上市以獲利了結。儘管中國效法美股納斯達克（Nasdaq）於2009年成立創業板，但不同於納斯達克未對企業盈利進行限制，深圳股市創業板求上市企業需近兩年累積盈利超過500萬人民幣（深圳證券交易所 2020），使得科技新創難以從本地資本市場募資。中國政府對科技政策限制使得企業赴美上市難度有所提升，以滴滴打車爲例，由於中國網信辦以揭露國家重要安全訊息，嚴重違反《網路安全法》、《信息安全法》等法規，處以80億人民幣罰款，並申請美股下市（人民網 2022）。滴滴打車案例顯示出中國金融法治不透明以及政策充滿不確定性，即使市場潛在報酬豐厚，政治不確定性增加投資風險。

三、人力資本比較

圖4爲美國—中國人力資本比較，從數據中顯示即使中國人力資本在2005年後顯著成長，但美國在人力資本上仍具有顯著優勢。美國人力資本於1996

年至2002年間呈現成長趨勢。但從2002年至2015年間美國人力資本呈下降趨勢，下降至0.3012。顯示出美國在2015至2019年間人力資本相對低點時仍維持30%以上全球人力資本份額。而2000後中國人力資本呈現成長趨勢，且2000至2015年間美中人力資本差距顯著縮小，但仍有0.15以上的差距。顯示出即使美中人力資本差異縮小，但美國仍維持15%以上總體人力資本份額以上領先。而2019年後，美國與中國人力差距呈現逐漸擴大趨勢，顯示出中國即使在人力資本領域有顯著成長，但仍難以與美國競爭。

圖4 美國—中國人力資本比較



資料來源：圖表為作者自行繪製，資料來源自Chou and Fu (2024)。

美國在人力資本上的領先，源自於二戰後對全球人才的吸納和促進科技創新的租稅政策。美國對於人才吸納能力不僅來自於繁榮經濟帶來工作機會，民主政治下的開放性更是重要的人才吸引力。自二次世界大戰起，美國成為歐洲納粹與蘇聯異議者庇護地，其中包含波耳 (Neils Bohr)、愛因斯坦 (Albert Einstein) 以及費米 (Enrico Fermi) 等理論物理學家。其中費米因義大利法西斯政權反猶太政策逃至美國並參與曼哈頓計劃研究，二戰後則任職於芝加哥大學 (University of Chicago) 並致力於原子能於和平領域的應用 (The US Department of Energy 2022)。冷戰時期為平衡蘇聯於前殖民國家外交影響

力，美國政府試圖透過大學與科研機構吸納海外留學生赴美接受高等教育，協助開發中國家培訓專業技術人才，以及輸出美國民主與自由主義意識形態（Bu 1999; Gardner 1951）。1970年代的經濟不景氣使得美國政府對於高等教育作為外交工具興趣缺缺，得益於美國高等教育體系高度自主性，部分大學意識到外籍學生數量有利於提高大學學術聲望，使得招收外籍學生政策得以延續。1980年代起冷戰態勢趨緩、經濟全球化以及美國新自由主義浪潮下的私有化政策，促使美國政府將高等教育政策由宣揚政治意識型態轉向厚實本土科研發展（O'Mara 2012）。

表2 OPT申請

年份	OPT	STEM OPT	STEM OPT比例	成長率
2007	24,838	2	0.01%	—
2008	45,357	2,128	4.69%	106300%
2009	46,198	5,869	12.70%	176%
2010	51,080	9,356	18.32%	59%
2011	56,421	13,504	23.93%	44%
2012	62,628	15,937	25.45%	18%
2013	67,740	18,782	27.73%	18%
2014	77,619	21,456	27.64%	14%
2015	99,323	27,493	27.68%	28%
2016	137,570	41,782	30.37%	52%
2017	152,681	64,481	42.23%	54%
2018	145,564	69,650	47.85%	8%
2019	138,898	72,116	51.92%	4%
2020	122,699	63,906	52.08%	-11%

資料來源：表格為作者自行整理，資料搜集自U.S. Immigration and Customs Enforcement（2022）。

在學術聲望以及對「美國夢」(American Dream)嚮往，美國高等教育成爲外國學子嚮往目標(Altbach 2004)。爲吸引更多海外人才投入科學與科技領域，美國政府於2007年提出《選擇性實習計畫》(Optional Practical Training, 以下簡稱：OPT計畫)，開放持有F-1簽證海外留學生可在美合法工作12個月，若持科學、科技、工程與數學(Science, Technology, Engineering and Mathematic, 以下簡稱：STEM)則可展延17個月。2016年將STEM畢業生放寬至展延期限至24個月，此開放政策促使STEM領域申請顯著成長，STEM申請佔總申請比例從不足30%增長至50%以上(表2)，而實證研究顯示國際學生相比於美國本土學生更願意投入STEM領域研究(Amuedo-Dorantes, Furtado, and Xu 2019)。

相比於美國二戰前後庇護逃離納粹(Nazi)與蘇聯(Soviet Union)政治異議者到戰後美國夢興起，吸納衆多具專業技術人才與科學家，中國長期面臨人才外流困境。1951年爲中國政府派首批留學生赴蘇聯留學，包含136位大學生以及239位研究生，學習經濟、工程與農業等技術。然而受限於基礎教育缺乏與極低的識字率，僅少數中國學生赴海外留學。直至1964年中蘇交惡的14年間，僅有8,357位留學生赴蘇聯留學(張建華 2018)。相比於改革開放前受限於政治動盪導致人力資本低落，改革開放後中國則面臨嚴重人才流失問題。自1978年改革開放至2019年間，中國共累積656萬海外留學生，但由於缺乏就業機會1996至2007年間人才回流率僅29.5%(烏云其其格 et al. 2009)。2010年起中國留學生人數以及歸國人數皆有所增長，2013年至2019年間學成歸國人才比率平均80%，但也顯示出仍有20%留學生選擇遠赴海外尋求就業機會(表3)。

表3 中國留學生統計

年份	出國留學人數(萬人)	學成歸國人數(萬人)	回國率
2013	41.39	35.35	85%
2014	45.98	36.48	79%
2015	52.37	40.91	78%

年份	出國留學人數（萬人）	學成歸國人數（萬人）	回國率
2016	54.45	43.25	79%
2017	60.84	48.09	79%
2018	66.21	51.94	78%
2019	70.35	58.03	82%

資料來源：表格為作者自行整理，資料整理自：中國國家統計局（2020）。

表4 中國地方政府海外人才回流獎勵

城市	補貼金額	條件
北京	10至100萬	給予申請於北京創業，並通過評議之海外歸國人才10萬創業補貼。若評議為高層次人才，在給予100萬一次性創業獎勵。
上海	15至50萬	給予海外歸國人才創業15至50萬元創業補助，浦東新區評每年從海外歸國人員創辦企業中評選3至5間優良企業，並給予30萬獎勵。
廣州	10萬	持有廣州市「留學人員優惠資格證」者且在廣州政府機關與國有企業，或企事業單位或創業者，可申請10萬安家費。
深圳	30至100萬	歸國留學人員可申請30至100萬不等創業補助。
成都	10至30萬	歸國留學人員可申請10至30萬不等創業補助。
廈門	10萬	歸國留學人員可申請10萬創業補助，若屬高層次人才，則可再獲得不低於30萬創業啟動資金。
杭州	3萬至500萬	高層次歸國人員可申請3萬至500萬創業啟動資金。

資料來源：表格為作者自行整理，資料整理自：領英人才洞察（2023）。

有關中國人才外流研究，學者歸納出經濟與社會環境兩項因素（Cao 2008; Tharenou and Seet 2014）。經濟因素上，中國科研機構薪資仍低於已開發國家，但中國政府試圖透過購房與購車補貼、租稅優惠以及協助配偶就業與子女教育問題吸引海外人才回流。2007年中國國務院頒布《關於建立海外高階留學人才回國工作綠色通道的意見》，放寬政府與研究機關人員額度、薪資

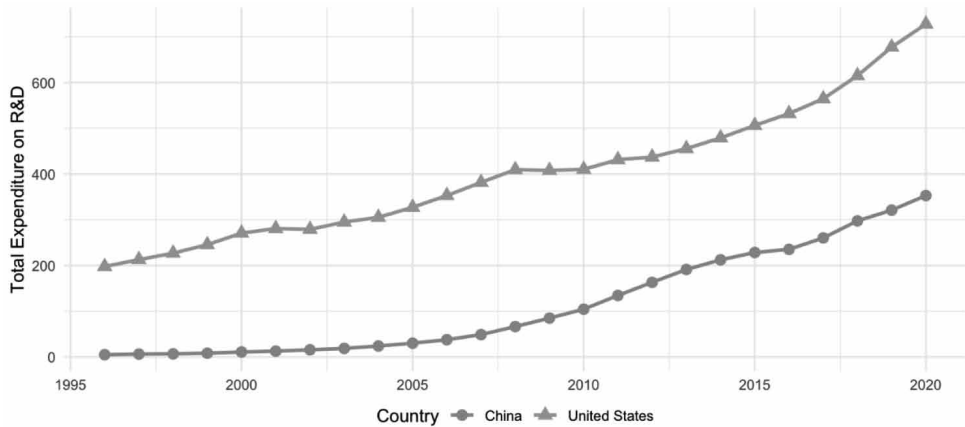
以及戶口限制，並授權地方政府針制定海外歸國人才招募政策（中華人民共和國中央人民政府 2008）。因此在計劃下，地方政府給予海外國創業者10萬至500萬人民幣一次性補貼以協助海外人才定居與創業（表4）。除此之外，部分城市給予歸國留學人才在金融業務上優惠。以重慶為例，重慶市政府給予持有市政府發行「英才卡」之高層次人才最高500萬人民幣無抵押之信用貸款（重慶日報 2019）。不同於美國資本市場對創業者支持，中國政府欲透過政策補貼以及優惠貸款以形成人才流動拉力。然而政策補貼與貸款並不能完全取代開放金融體系功能，例如由創投資本所建構出的人際網絡對於創業家的影響力，以及產權保護對創業風險保障。

在社會文化上，學者們指出人際網絡、就業前景、家庭期望以及個人情感等因素成爲留學生是否歸國因素，即使在海外有良好就業前景，但家庭期望以及孤身海外的寂寞促使學成歸國後選擇回國發展（Cao 2008; Zhai, Gao, and Wang 2019; X. Han and Appelbaum 2018）。再者，即使經濟上走向資本主義，政治上中國政府仍強調人才「紅」與「專」重要性，科研人員不僅要在科研能力精進，更要求在政治思想上與共產黨主旋律保持一致（清華大學 2001）。政治環境限制成爲留學生返國發展的疑慮，西方社會中個人主義價值以及自由主義意識形態對留學生社群產生顯著影響，使得部分留學生對於中國社會主義政治意識型態產生懷疑（Chang and Deng 1992）。試圖面對此問題，中國政府一方面採用統戰組織強化留學生與本土社群連結以吸引學生回國效力，另一方面則是透過外館與學生社群相互監視，對海外學生社群進行思想控制（Wen, Qiao, and Xi 2018; Human Right Watch 2019）。

除了高階人才外，另一項影響人力資本的指標是總體科研支出。2020年美國總體研究支出達7,169.55億美元，相比於中國則爲3,738.40億美元（圖5），美國總體科研支出爲中國的192.3%。⁷而統計數據顯示，美國私部門科研投入達5,430億美元，佔總體科研支出75.76%，高等教育機構研發支出達808.42億美元，佔總體支出11.28%（National Science Foundation 2023）。中國在科研支

⁷ 中國2020年總體科研支出爲2.4393兆人民幣，按照2020年人民幣匯率中間價6.5249計算出中國2020年度總體科研支出。

圖5 總體科研支出



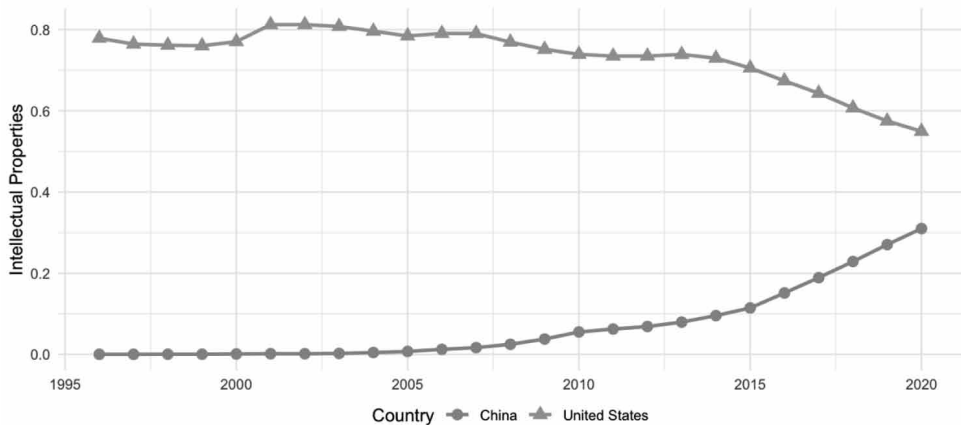
資料來源：圖表為作者自行繪製，資料來自（The World Bank 2023b）。

出結構上與美國相似，企業研究支出為2,861.93億美元，顯示出中國營利事業部門佔中國科研支出76%。但中國統計並未對國有企業與私有企業進行分類統計，難以從統計數據中得知私部門於科研活動投入（國家統計局 2021）。總體而言，美國不論是公部門與私部門皆在科研支出上具有顯著領先地位，即使中國總體科研支出自2000年後有所成長，但仍未見差距所小趨勢。

四、智慧財產比較

最後則是美中智慧財產比較。從統計圖表可發現，美國與中國在智慧財產指標上差距成縮小趨勢。美國自2005年起智慧財產指標呈現下降趨勢，從0.7846下降至2020年的0.5496，這意味著美國在全球智慧財產份額從78.46%下降至54.96%。相較於美國相對下降趨勢，中國則是於2005年逐漸拉近與美國差距，從2005年的0.0074成長至2020年的0.330，顯示出中國智慧財產份額於2020年達31%（圖6）。

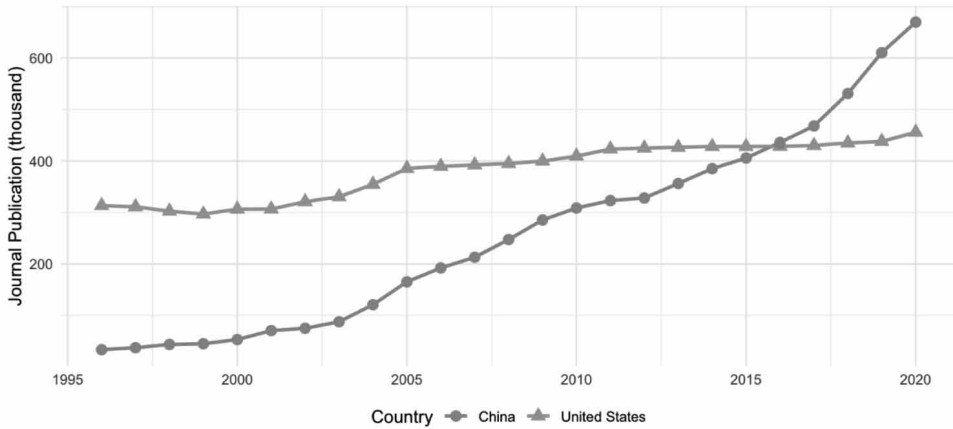
圖6 美國—中國智慧財產權比較



資料來源：圖表為作者自行繪製，資料來源自Chou and Fu（2024）。

美國作為金融強權以及吸納各方人才的科技大國，不論是專利持有數以及期刊發表數長期已領先全球。而中國隨著2000年起經濟崛起，投入大量人力與財力在科技發展與基礎科學研究。為獎勵科研發表，中國政府給予刊登於《自然》（Nature）與《科學》（Science）期刊學者平均44,000美元獎勵金，而刊登於美國國家科學院院刊（Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America）則可獲得超過3,000美元獎勵（Academy 2017）。在豐厚獎勵的刺激下，中國的學術期刊發表和引用數顯著增長。2015年，中國在SCI和SSCI期刊的發表總數超過美國，成為全球科學研究的領先者（圖7）。根據世界銀行世界發展資料庫以及撤稿觀察資料庫統計，中國1995年至2020年所發表刊登於科學引文索引（Science Citation Index, SCI）與社會科學引文索引（Social Science Citation Index, SSCI）期刊共6,494,762篇，共有18,527篇期刊論文因抄襲以及成果難以複製等原因撤稿，撤稿率為0.285%。而美國則是9,534,440篇發表期刊中有5,494篇期刊文章撤稿，撤稿率為0.057%。即使中國有較高的論文撤稿率，但總體而言中國在基礎科學領域發展具有顯著成長。

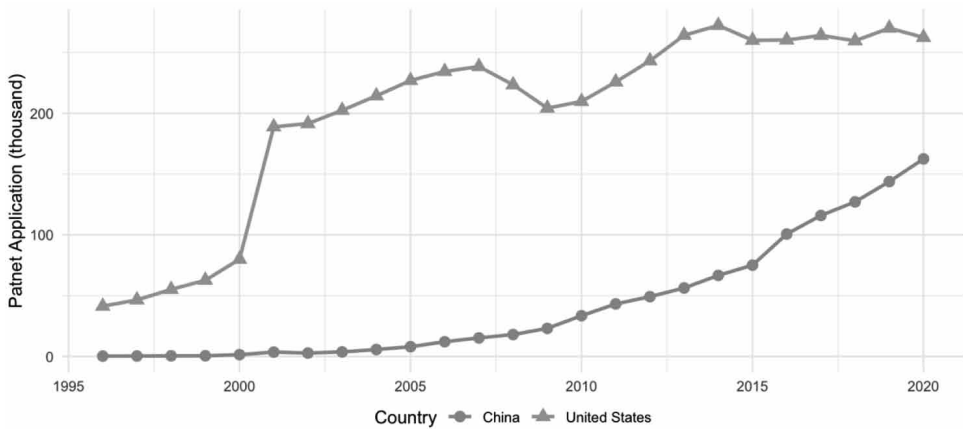
圖7 美國—中國科學期刊發表數



資料來源：圖表為作者自行繪製，資料來源自The World Bank（2021）。

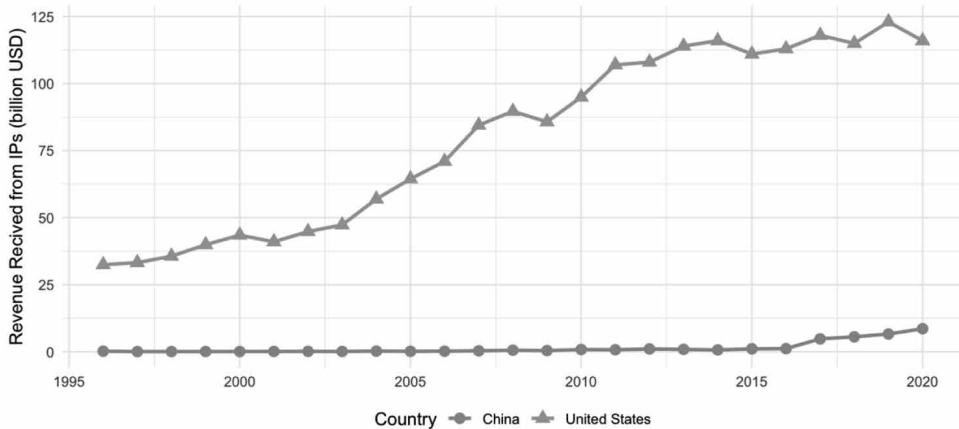
由於美國自2000年後專利申請以及學術期刊發表皆呈現穩定狀態，因此在中國經濟高速成長的情況下成功縮小與美國於智慧財產領域差距。在專利上，2010年隨著中國經濟崛起以及2015年中國政府提出《中國製造2025》的背景，中國企業大量收購歐美企業已獲得技術專利。2016上半年中國海外併購案達493件，總額為1,343億美元，相較2015年同期增長446%（劉孟俊2017）。在這波海外併購潮下，中國申請專利顯著增長，並於2010年起逐漸縮小與美國差距，顯示出中國成功透過海外併購方式厚實科技實力。儘管如此，中國在科研技術上仍存在隱憂。即便中國在專利數上拉近與美國差距，但專利數量並不意味著專利重要性。從專利授權收入比較中可發現，即使中國於2015年後有所成長，但美中專利收入差距仍持續加大，顯示出美國仍維持科技專利輸出國地位，而中國則難以從收購專利獲取經濟利益。

圖8 專利申請數



資料來源：專利申請數為該國登錄於美國專利及商標局（United States Patent and Trademark Office）、歐洲專利局（European Patent Office）以及專利合作條約（Patent Cooperation Office）之專利之總和（Organization for Economic Cooperation and Development 2024）。

圖9 美國—中國專利收入比較



資料來源：圖表為作者自行繪製，資料來源自（The World Bank 2024）。

伍、結論

從實證資料中發現，中國在黨國體制動員下已成為比肩德國、日本的科技強權之一，但美國與中國科技權力仍有顯著差異。中國舉國體制取代美國金融體系所扮演角色，透過財政力量資助基礎科學研究以及補貼創業者已達成國家戰略需求。然而舉國體制仍有所限制。首先，缺乏自由金融市場使得新創企業難以獲得發展所需資金，且需面臨不必要的政治風險。金融權力解釋了Ding（2023）論文中對於產業與科研機構關係測量不足的問題，透過測量國家金融開放性，作者可觀測到科研成果應用於新創企業的潛力。

再者，美國高等教育聲望以及「美國夢」給予想像，吸納來自眾多開發中國家留學生尋求教育機會與敬業發展。中國經濟崛起仍未完全解決人才外流問題。由於缺乏與本地科研體系連結使得留學海外人才難以在關係社會中生存，且政治意識型態緊縮「紅」與「專」問題成為海外留學人才歸國效力阻礙。最後，即便中國在論文發表與專利申請數上顯著縮小與美國差距，但從專利比較中發現，即使數量上縮小差距，美中專利授權收入差距卻逐漸擴大，顯示出美國專利在國際科技體系重要性。總而言之，透過科技權力指標可發現即使中國科技權力於2000年後迅速崛起，已成為比肩日本、德國等傳統工業強權，但總體科技權力由於金融權力、人力資本以及智慧財產權的落後，導致仍僅有美國的25.70%，短期之內難與美國在科技領域競爭。

最後回顧美中科技競爭議題。自新冠疫情起，美國與中國科技領域內競爭成為國際關係學界討論熱點之一。美中競爭白熱化使得權力轉移理論（power transition theory）蔚為風潮，眾多文獻如Kennedy and Lim（2018）、Karim and Susanto（2021）以及Yilmaz and Xiangyu（2019）等使用權力轉移論作為框架分析美中兩大強權於科技領域內互動，然而對於權力轉移論中「權力」本質的測量仍有所不足，使得在理論框架上選擇有所偏誤。本文實證結果顯示出美中兩大強權在總體科技權力差異上遠勝過於權力轉移論所預期，因此權力轉移論框架並不適合解釋美國對中國所發起的科技競爭。相反地，美中科技競爭更傾向於美國為遏制中國科技發展所發起的預防性措施（殷志偉 2024）。如同殷志偉（2024）文中所述，美對中所發起的貿易戰與科技戰出自於避免中

國對美國全球科技領導地位挑戰，本文所建構出的科技權力指標為預防性措施論提供了實證上的基礎。除此之外，本文所提出科技權力三面向為美中科技競爭中政治、經濟與技術的複雜性提出有效且簡潔的分析架構。總而言之，本文透過科技權力指數建構，證實美國在總體科技實力上的領先地位，同時也對於未來美中科技競爭研究給予實證上的支持。

（收件：112年12月21日，接受：113年6月19日）

附錄

相關性分析

	投資 自由度	金融開放 指數	直接投資 總額	資本市場 規模	股市交易 總額	金融服務 總額	研究 人員數	專利收入	教育支出	研究費用	專利 申請數
投資自由度	1	0.6405	0.0757	0.0346	0.0107	0.2666	-0.1617	0.1778	0.0339	0.0396	0.0808
金融開放指數	0.6405	1	0.1263	0.1213	0.0863	0.2488	-0.0427	0.2267	0.1303	0.145	0.1782
直接投資總額	0.0757	0.1263	1	0.6024	0.6323	0.5207	0.577	0.5933	0.6468	0.6095	0.5507
資本市場規模	0.0346	0.1213	0.6024	1	0.9019	0.709	0.7265	0.889	0.949	0.9516	0.8978
股市交易總額	0.0107	0.0863	0.6323	0.9019	1	0.6248	0.7398	0.829	0.932	0.9117	0.8749
金融服務總額	0.2666	0.2488	0.5207	0.709	0.6248	1	0.4442	0.7579	0.7022	0.6608	0.6432
研究人員數	-0.1617	-0.0427	0.577	0.7265	0.7398	0.4442	1	0.5982	0.792	0.8098	0.7342
專利收入	0.1778	0.2267	0.5933	0.889	0.829	0.7579	0.5982	1	0.8816	0.8806	0.8961
教育支出	0.0339	0.1303	0.6468	0.949	0.932	0.7022	0.792	0.8816	1	0.9706	0.9201
研究費用	0.0396	0.145	0.6095	0.9516	0.9117	0.6608	0.8098	0.8806	0.9706	1	0.9521
專利申請數	0.0808	0.1782	0.5507	0.8978	0.8749	0.6432	0.7342	0.8961	0.9201	0.9521	1

效度檢測

	被解釋變數：全球創新指數			
	(1)	(2)	(3)	(4)
金融權力	0.032*** (0.002)			
人力資本		4.402*** (0.462)		
智慧財產			5.345*** (0.335)	
總體科技權力				0.048*** (0.003)
GDP	-2.040*** (0.522)	-13.959*** (1.032)	-14.234*** (0.711)	-2.064*** (0.521)
專利收入	5.625*** (0.348)	7.530*** (0.314)	-5.230*** (0.908)	5.614*** (0.348)
資通訊出口	-0.002 (0.222)	-0.756*** (0.235)	-0.245 (0.210)	-0.001 (0.222)
常數項	11.457*** (4.409)	44.434*** (4.606)	125.395*** (7.017)	11.450*** (4.405)
Observations	530	530	530	530
R ²	0.735	0.693	0.757	0.735
Adjusted R ²	0.733	0.690	0.755	0.733
Residual Std. Error (df = 525)	5.595	6.024	5.354	5.590
F Statistic (df = 4; 525)	364.093***	295.947***	409.634***	364.872***

Note: *p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

VIF檢測

科技權力	金融權力	人力資本	智慧財產	GDP	專利收入	資通訊產品出口
1.668910				2.383165	3.328500	1.137185
	1.666258			2.392582	3.324507	1.137251
		9.525606		8.053492	8.053492	1.097891
			37.454630	4.845045	24.648364	1.105734

全球科技權力排名

排名	1996	2000	2005	2010	2015	2020
1	美國	美國	美國	美國	美國	美國
2	日本	日本	日本	日本	中國	中國
3	德國	德國	德國	中國	日本	日本
4	英國	英國	英國	德國	德國	德國
5	法國	法國	法國	英國	英國	韓國
6	義大利	義大利	中國	法國	法國	英國
7	加拿大	加拿大	義大利	加拿大	韓國	法國
8	澳洲	中國	加拿大	巴西	巴西	印度
9	巴西	韓國	韓國	義大利	加拿大	加拿大
10	韓國	西班牙	西班牙	韓國	義大利	義大利
11	荷蘭	荷蘭	荷蘭	西班牙	印度	澳洲
12	西班牙	巴西	澳洲	澳洲	澳洲	巴西
13	瑞士	澳洲	巴西	印度	西班牙	西班牙
14	瑞典	墨西哥	墨西哥	俄羅斯	俄羅斯	荷蘭
15	印度	瑞典	瑞典	荷蘭	荷蘭	俄羅斯
16	中國	印度	俄羅斯	墨西哥	瑞士	瑞士
17	俄羅斯	瑞士	印度	瑞士	墨西哥	瑞典
18	丹麥	比利時	瑞士	瑞典	瑞典	比利時
19	奧地利	丹麥	比利時	比利時	土耳其	以色列
20	墨西哥	俄羅斯	丹麥	丹麥	比利時	墨西哥

資料來源：表格為作者自行繪製，資料來源自Chou and Fu (2024)。

金融權力排名

排行	1996	2000	2005	2010	2015	2020
1	美國 0.9307	美國 0.9627	美國 0.9355	美國 0.9396	美國 0.9307	美國 0.9493
2	日本 0.0380	日本 0.0120	日本 0.0302	日本 0.0197	中國 0.0183	日本 0.0206
3	英國 0.0159	英國 0.0101	英國 0.0145	英國 0.0156	日本 0.0244	中國 0.0094
4	瑞典 0.0034	德國 0.0050	法國 0.0048	加拿大 0.0046	德國 0.0029	英國 0.0055
5	加拿大 0.0026	法國 0.0024	德國 0.0042	德國 0.0036	英國 0.0103	德國 0.0034
6	法國 0.0018	西班牙 0.0017	加拿大 0.0021	法國 0.0026	法國 0.0025	法國 0.0023
7	德國 0.0016	義大利 0.0016	西班牙 0.0020	西班牙 0.0026	韓國 0.0015	加拿大 0.0017
8	荷蘭 0.0013	瑞典 0.0011	義大利 0.0018	中國 0.0024	巴西 0.0000	瑞典 0.0015
9	印度 0.0008	烏拉圭 0.0010	烏拉圭 0.0010	澳洲 0.0019	加拿大 0.0018	韓國 0.0015
10	烏茲別克 0.0008	荷蘭 0.0009	荷蘭 0.0010	瑞典 0.0017	義大利 0.0010	荷蘭 0.0012

資料來源：表格為作者自行繪製，資料來源自Chou and Fu (2024)。

人力資本排名

排名	1996	2020	2005	2010	2015	2020
1	美國 0.2952	美國 0.3835	美國 0.3524	美國 0.3246	美國 0.3012	美國 0.3012
2	日本 0.1678	日本 0.1491	日本 0.1058	日本 0.0891	中國 0.1417	中國 0.1417
3	德國 0.0866	德國 0.0647	德國 0.0678	中國 0.0782	日本 0.0626	日本 0.0626
4	法國 0.0669	法國 0.0471	英國 0.0556	德國 0.0600	德國 0.0563	德國 0.0563
5	英國 0.0442	英國 0.0446	法國 0.0510	法國 0.0477	英國 0.0450	英國 0.0450
6	義大利 0.0367	義大利 0.0286	義大利 0.0330	英國 0.0418	法國 0.0404	法國 0.0404
7	加拿大 0.0229	加拿大 0.0257	中國 0.0318	巴西 0.0345	巴西 0.0298	巴西 0.0298
8	巴西 0.0211	中國 0.0255	加拿大 0.0267	義大利 0.0272	韓國 0.0270	韓國 0.0270
9	韓國 0.0200	韓國 0.0174	西班牙 0.0204	加拿大 0.0268	加拿大 0.0216	加拿大 0.0216
10	西班牙 0.0176	巴西 0.0155	韓國 0.0200	西班牙 0.0203	印度 0.0215	印度 0.0215

資料來源：表格為作者自行繪製，資料來源自Chou and Fu (2024)。

智慧財產排名

排名	1996	2000	2005	2010	2015	2020
1	美國 0.7789	美國 0.77053	美國 0.7846	美國 0.7392	美國 0.7056	美國 0.5496
2	日本 0.0821	日本 0.09345	日本 0.1117	日本 0.0977	中國 0.1145	中國 0.3100
3	德國 0.0671	德國 0.06808	德國 0.0442	中國 0.0553	日本 0.0769	日本 0.0544
4	英國 0.0291	法國 0.01674	英國 0.0155	德國 0.0457	德國 0.0383	德國 0.0295
5	法國 0.0181	英國 0.02659	法國 0.0115	英國 0.0143	韓國 0.0167	韓國 0.0164
6	義大利 0.0057	義大利 0.00552	中國 0.0073	法國 0.0126	英國 0.0127	英國 0.0098
7	澳洲 0.0042	加拿大 0.00392	韓國 0.0063	韓國 0.0120	法國 0.0112	法國 0.0071
8	加拿大 0.0032	中國 0.00112	加拿大 0.0046	加拿大 0.0055	加拿大 0.0045	印度 0.0056
9	荷蘭 0.0030	韓國 0.00136	義大利 0.0043	義大利 0.0046	義大利 0.0044	義大利 0.0043
10	瑞典 0.0022	巴西 0.00010	荷蘭 0.0025	荷蘭 0.0023	印度 0.0039	加拿大 0.0037

資料來源：表格為作者自行繪製，資料來源自Chou and Fu (2024)。

Leadership in Technology: Analyzing the US-China Dynamic in Technological Power

Kuan-chu Chou

PhD Candidate, Department of Diplomacy, National Chengchi University

Abstract

As the Biden administration imposes sanctions on China's semiconductor, artificial intelligence, and information and communication industries, a competitive stance in the technological arena has been established between the two powers, the United States and China. Scholars and government officials are concerned about China's challenge to the US's technological hegemony. However, there is a lack of effective measurement indicators for overall technological capability in the current field of international relations, leading to biases in assessing China's technological power. Therefore, this paper constructs an index for measuring a nation's overall technological power through three dimensions: financial power, human capital, and intellectual property rights. The index reveals that although China has established itself among the technological powerhouses, there remains a significant gap with the United States. Comparative case studies show that, compared to the advantages of financial and personnel mobility in the US's open society, China's deficiencies in its political and economic system make it difficult to catch up.

Keywords: US-China Technology Competition, Technology Power, Financial Power, Human Capital, Intellectual Property

參考文獻

- 人民網，2022，〈國家網信辦：滴滴存在嚴重影響國家安全的數據處理活動〉，<http://finance.people.com.cn/BIG5/n1/2022/0721/c1004-32482059.html>，查閱時間：2023/11/04。People's Daily. 2022. "Guojia wangxinban: didi cunzai yanzhong yingxiang guojia anquan de shuju chuli huodong" [The Cyberspace Administration of China: Didi's Data Processing Activities Seriously Affect National Security]. (Accessed on December 7, 2022).
- 丁緯、李政倫、劉洪鈞，2014，〈違約風險與盈餘穩健性之關聯性：中國國營V.S.民營企業〉，《會計與財金研究》，7（2）：71-83。Ding Wei, Li Zheng-lun, Liu, Hong-jun. 2014. "Weiyue fengxian yu yingyun wenjianxing zhi guanlianxing: zhongguo guoying V.S. minying qiye" [The Relationship between Default Risk and Earnings Conservatism: Chinese State-Owned V.S. Private Enterprises]. *Accounting and Finance Research*, 7 (2): 71-83. [https://doi.org/10.6735/JAFD.201409_7\(2\).0004](https://doi.org/10.6735/JAFD.201409_7(2).0004)
- 中國國家統計局，2020，〈國家數據—研究生和留學生人數〉，<https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>，查閱時間：2023/11/02。Zhongguo Guojia Tongjiju. 2020. "Guojia shuju-yanjiusheng he liuxuesheng renshu" [National Data-Graduate and International Students Statistics]. (Accessed on November 2, 2023).
- ，2021，〈2020年全國科技經費投入統計公報〉，http://www.stats.gov.cn/sj/tjgb/rdpcgb/qgkjjftrtjgb/202302/t20230206_1902130.html，查閱時間：2023/11/02。Zhongguo Guojia Tongjiju. 2021. "2020 nian quanguo keji jingfei touru tongji gongbao" [2020 National Science and Technology Expenditure Statistics Bulletin]. (Accessed on November 2, 2023).
- 中華人民共和國中央人民政府，2008，〈關於建立海外高階留學人才回國工作綠色通道的意見〉，https://www.gov.cn/ztl/kjfzgh/content_883681.htm，查閱時間：2023/11/02。Zhonghua Renmin Gongheguo Zhongyang Renmin Zhengfu. 2008. "Guanyu jianli haiwai gaojie liuxue rencai huiguo gongzuo

- lvse tongdao de yijian” [Opinions on Establishing a Green Channel for High-Level Overseas Talents to Return to China]. (Accessed on November 2, 2023).
- 任澤平，2020，〈中國中小微企業經營狀況〉，香港：盈立證券，<https://www.usmart.hk/en/news-detail/6877635556050845714>，查閱時間：2023/10/30。Ren, Ze-ping. 2020. “Zhongguo zhong xiao wei qiye jingying zhuangkuang” [The Operating Status of Small and Micro Enterprises in China]. Hong Kong: Yunfeng Securities. (Accessed on October 30, 2023).
- 茅海建，1996，〈鴉片戰爭清朝軍費考〉，《山西財經學院學報》，2：4。
- Mao, Hai-jian. 1996. “Yapien zhanzheng qingchao junfei kao” [Study on the Military Expenditure of the Qing Dynasty during the Opium War]. *Journal of Shanxi Finance and Economics University*, 2: 4.
- 重慶日報，2019，〈重慶為高層次人才提供最高2000萬元「人才貸」〉，《中華人民共和國中央人民政府》，https://www.gov.cn/xinwen/2019-07/02/content_5405239.htm，查閱時間：2023/11/02。Chongqing Ribao. 2019. “Chongqing wei gaocengci rencai tigong zuigao 2000 wan yuan ‘rencai dai’” [Chongqing Provides up to 20 Million Yuan ‘Talent Loan’ for High-level Talents]. The Central People's Government of the People's Republic of China. (Accessed on November 2, 2023).
- 烏云其其格等，2009，〈我國高層次科技人才回歸不足現象及原因分析〉，<http://qwgzzyj.gqb.gov.cn/yjytt/147/1399.shtml>，查閱時間：2023/10/12。
- Wuyun Qiqige et al. 2009. “Woguo gaocengci keji rencai huigui buzuxianxiang ji yuanyin fenxi” [Analysis of the Phenomenon and Reasons for the Insufficient Return of High-level Scientific and Technological Talents in China]. (Accessed on October 12, 2023).
- 清華大學，2001，〈「培養又紅又專的優秀人才」—清華大學教育思想集萃〉，<https://www.tsinghua.edu.cn/info/2030/78977.htm>，查閱時間：2023/11/04。Tsinghua University. 2001. “Peiyang you hong you zhuan de youxiu rencai” -tsinghua university jiaoyu sixiang jicui” [Cultivating ‘Red and Expert’ Outstanding Talents- A Collection of Tsinghua University’s

- Educational Thoughts]. (Accessed on November 4, 2023).
- 張建華，2018，〈20世紀五六十年代的留蘇學人及其視野中的「蘇聯形象」〉，《華僑華人歷史研究》，（1）：52-60。Zhang, Jian-hua. 2018. “20 shiji wu liushi niandai de liu Su xueren ji qi shiye zhong de ‘Su Lian xiangxiang’” [Chinese Students Studying in the Soviet Union in the 1950s and 1960s and the Image of the Soviet Union in Their Eyes]. *Overseas Chinese History Studies*, 1: 52-60.
- 深圳證券交易所，2020，〈發行上市條件〉，<https://www.szse.cn/ipo/guide/requirements/index.html>，查閱時間：2023/10/31。Shenzhen Stock Exchange. 2020. “Faxing shangshi tiaojian” [Issuance and Listing Conditions]. (Accessed on October 31, 2023).
- 領英人才洞察，2023，〈2022年中國留學生歸國求職洞察報告〉，《領英》，<https://business.linkedin.com/content/dam/me/business/zh-cn/talent-solutions/Event/2022/Aug/2022-chinese-overseas-student-report.pdf>，查閱時間：2023/11/02。LinkedIn Talent Insights. 2023. “2022 nian zhongguo liuxuesheng guiguo qiuzhi dongcha baogao” [2022 China Overseas Students Returning Home Job Search Insights Report]. LinkedIn. (Accessed on November 2, 2023).
- 劉孟俊，2017，〈近年中國大陸全球大型併購之趨勢及意涵〉，《經濟前瞻》，169：56-61。Liu, Meng-jun. 2017. “Jinnian zhongguo dalu quanqiu daxing binggou zhi quxiang ji yihan” [Recent Trends and Implications of China’s Global Major Mergers and Acquisitions]. *Economic Outlook Bimonthly*, 169: 56-61.
- 殷志偉，2024，〈非戰爭的攻防：論美國對中國採行的預防性舉措〉，《問題與研究》，63（2）：1-25。Yin, Zhi-wei. 2021. “Fei zhan zheng de gong fang: lun meiguo dui zhongguo cai xing de yufang xing cuozhi” [Non-War Offense and Defense: On Preventive Measures Taken by the United States Towards China]. *Wenti Yu Yanjiu*, 60 (4): 1-25.
- Academy, Enago. 2017. “Paid to Publish: The Chinese Cash Cow.” *Enago Academy*

- (blog), August 2, 2017. <https://www.enago.com/academy/paid-to-publish-the-chinese-cash-cow/>
- Adeyemi, Raji Abdulwasii, Akowe Joel, Joel Tope Ebenezer, and Emmanuel Yusuf Attah. 2018. "The Effect of Brain Drain on the Economic Development of Developing Countries: Evidence from Selected African Countries." *Journal of Health and Social Issues (JOHESI)*, 7 (2): 66-76.
- Alexy, Oliver T., Joern H. Block, Philipp Sandner, and Anne L. J. Ter Wal. 2012. "Social Capital of Venture Capitalists and Start-up Funding." *Small Business Economics*, 39 (4): 835-851.
- Allison, Graham T., Kevin Klyman, Karina Barbesino, and Hugo Yen. 2021. *The Great Tech Rivalry: China vs the U.S.*. Cambridge, Mass: Belfer Center for Science and International Affairs.
- Altbach, Philip G. 2004. "Higher Education Crosses Borders: Can the United States Remain the Top Destination for Foreign Students?" *Change: The Magazine of Higher Learning*, 36 (2): 18-25.
- Aminullah, Erman. 2015. "Learning, R&D Intensity and Economic Prosperity in Low R&D Countries (LRDCs): Envisioning the Indonesian Future." In Amuedo-Dorantes, Catalina, Delia Furtado, and Huanan Xu eds., *OPT Policy Changes and Foreign Born STEM Talent in the U.S.*, pp.15-17. *Labour Economics*, 61 (December):101752. <https://doi.org/10.1016/j.labeco.2019.101752>
- Barut, Abdulkadir, Mucahit Citil, Zahoor Ahmed, Avik Sinha, and Shujaat Abbas. 2023. "How Do Economic and Financial Factors Influence Green Logistics? A Comparative Analysis of E7 and G7 Nations." *Environmental Science and Pollution Research*, 30 (1): 1011-1022. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22252-0>
- Beckley, Michael. 2018. "The Power of Nations: Measuring What Matters." *International Security*, 43 (2): 7-44. https://doi.org/10.1162/isec_a_00328
- Bosetti, Valentina, Carlo Carraro, Emanuele Massetti, and Massimo Tavoni. 2008.

- “International Energy R&D Spillovers and the Economics of Greenhouse Gas Atmospheric Stabilization.” *Technological Change and the Environment*, 30 (6): 2912-2929. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2008.04.008>
- Brewer, Elijah, and Hesna Genay. 1995. “Small Business Investment Companies: Financial Characteristics and Investments.” *Journal of Small Business Management*, 33 (3): 38. <https://proxyone.lib.nccu.edu.tw/login?url=https://www.proquest.com/scholarly-journals/small-business-investment-companies-financial/docview/220955663/se-2?accountid=10067>
- Brewer, Elijah, Hesna Genay, William E Jackson, and Paula R Worthington. 1996. “Performance and Access to Government Guarantees: The Case of Small Business Investment Companies.” *Economic Perspectives*, 20: 16-30.
- Brooks, Harvey. 1994. “The Relationship between Science and Technology.” *Research Policy*, 23 (5): 477-486.
- Brunt, Liam. 2006. “Rediscovering Risk: Country Banks as Venture Capital Firms in the First Industrial Revolution.” *The Journal of Economic History*, 66 (1): 74-102. <http://www.jstor.org/stable/3875106>
- Bruton, Garry D, and David Ahlstrom. 2003. “An Institutional View of China’s Venture Capital Industry: Explaining the Differences between China and the West.” *Journal of Business Venturing*, 18 (2): 233-259.
- Bu, Liping. 1999. “Educational Exchange and Cultural Diplomacy in the Cold War.” *Journal of American Studies*, 33 (3): 393-415.
- Bwalya, Samuel Mulenga. 2006. “Foreign Direct Investment and Technology Spillovers: Evidence from Panel Data Analysis of Manufacturing Firms in Zambia.” *Journal of Development Economics*, 81 (2): 514-526. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2005.06.011>
- Cao, Cong. 2008. “China’s Brain Drain at the High End.” *Asian Population Studies*, 4 (3): 331-345. <https://doi.org/10.1080/17441730802496532>
- Carlson, Thomas E, and Jennifer Frasier Hayes. 2005. “The Small Business Provisions of the 2005 Bankruptcy Amendments.” *American Bankruptcy Law*

Journal, 79: 645.

- Castaneda, Delio Ignacio, and Sergio Cuellar. 2020. "Knowledge Sharing and Innovation: A Systematic Review." *Knowledge and Process Management*, 27 (3): 159-173.
- Castilla, Emilio J. 2003. "Networks of Venture Capital Firms in Silicon Valley." *International Journal of Technology Management*, 25 (1-2): 113-135.
- Chan, Steve. 2005. "Is There a Power Transition between the U.S. and China? The Different Faces of National Power." *Asian Survey*, 45 (5): 687-701. <https://doi.org/10.1525/as.2005.45.5.687>
- Chang, Parris, and Zhi-Duan Deng. 1992. "The Chinese Brain Drain and Policy Options." *Studies in Comparative International Development*, 27: 44-60.
- Chinn, Menzie D., and Hiro Ito. 2008. "A New Measure of Financial Openness." *Journal of Comparative Policy Analysis: Research and Practice*, 10 (3): 309-322. <https://doi.org/10.1080/13876980802231123>
- Chou, Kuan-chu, and Tse-Min Fu. 2024. "The Great Tech Race: Quantifying the Unseen Power among Great Powers." Paper presented at the *APSA 2024 Annual Meeting*. Philadelphia.
- Deeg, Richard, and Iain Hardie. 2016. "What Is Patient Capital and Who Supplies It?" *Socio-Economic Review*, 14 (4): 627-645. <https://doi.org/10.1093/ser/mww025>
- Ding, Jeffrey. 2023. "The Diffusion Deficit in Scientific and Technological Power: Re-Assessing China's Rise." *Review of International Political Economy*, 1-26. <https://doi.org/10.1080/09692290.2023.2173633>
- Dobrzański, Paweł, Sebastian Bobowski, Elie Chrysostome, Emil Velinov, and Jiri Strouhal. 2021. "Toward Innovation-Driven Competitiveness across African Countries: An Analysis of the Efficiency of R&D Expenditures." *Journal of Competitiveness*, 13 (1): 5-22.
- Edler, Jakob, Paul Cunningham, Abdullah Gök, and Philip Shapira. 2016. *Handbook of Innovation Policy Impact*. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing.

- <https://doi.org/10.4337/9781784711856>
- Eyal-Cohen, Mirit. 2011. "Why Is Small Business the Chief Business of Congress." *Rutgers LJ*, 43: 1.
- Ferrary, Michel, and Mark Granovetter. 2009. "The Role of Venture Capital Firms in Silicon Valley's Complex Innovation Network." *Economy and Society*, 38 (2): 326-359. <https://doi.org/10.1080/03085140902786827>
- Furman, Jeffrey L, Michael E Porter, and Scott Stern. 2002. "The Determinants of National Innovative Capacity." *Research Policy*, 31 (6): 899-933. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00152-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00152-4)
- Gardner, John W. 1951. "The Foreign Student in America." *Foreign Affairs*, 30: 637.
- Geisler, Eliezer. 2000. *The Metrics of Science and Technology*. Bloomsbury Publishing USA.
- Gilpin, Robert. 1981. *War and Change in World Politics*. Cambridge University Press.
- Gilpin, Robert. 1988. "The Theory of Hegemonic War." *The Journal of Interdisciplinary History*, 18 (4): 591-613. <https://doi.org/10.2307/204816>
- Godin, Benoît. 2009. "National Innovation System: The System Approach in Historical Perspective." *Science, Technology, & Human Values*, 34 (4): 476-501.
- Gompers, Paul A. 1994. "The Rise and Fall of Venture Capital." *Business and Economic History*, 1-26.
- Hammar, Nesrine, and Yacine Belarbi. 2021. "R&D, Innovation and Productivity Relationships: Evidence from Threshold Panel Model." *International Journal of Innovation Studies*, 5 (3): 113-126. <https://doi.org/10.1016/j.ijis.2021.06.002>
- Han, Feng-wu, and Ling-Xue Zhu. 2013. "Linkage Effects of Trade Openness and Financial Openness on Technological Progress." In Ershi Qi, Jiang Shen, and Runliang Dou eds., *Proceedings of 20th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, pp. 139-147. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

- Han, Xue-ying, and Richard P. Appelbaum. 2018. "China's Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Research Environment: A Snapshot." *PLOS ONE*, 13 (4): e0195347. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195347>
- Horowitz, Michael C. 2019. "When Speed Kills: Lethal Autonomous Weapon Systems, Deterrence and Stability." *Journal of Strategic Studies*, 42 (6): 764-788.
- Horowitz, Michael C. 2020. "Do Emerging Military Technologies Matter for International Politics?" *Annual Review of Political Science*, 23 (1): 385-400.
- Huang, Ya-sheng. 2023. *The Rise and Fall of the EAST. How Exams, Autocracy, Stability, and Technology Brought China Success, and Why They Might Lead to Its Decline*. New Haven: Yale University Press. <https://doi.org/10.12987/9780300274912>.
- Human Right Watch. 2019. "China: Government Threats to Academic Freedom Abroad." *Human Right Watch*, March 21, 2019. <https://www.hrw.org/news/2019/03/21/china-government-threats-academic-freedom-abroad>
- Inderst, Roman, and Holger M. Müller. 2004. "The Effect of Capital Market Characteristics on the Value of Start-up Firms." *Journal of Financial Economics*, 72 (2): 319-356. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2003.06.001>
- James, Jeffrey, and Henny Romijn. 1997. "The Determinants of Technological Capability: A Cross-country Analysis." *Oxford Development Studies*, 25 (2): 189-207. <https://doi.org/10.1080/13600819708424129>
- Johnson, James. 2019. "Artificial Intelligence & Future Warfare: Implications for International Security." *Defense & Security Analysis*, 35 (2): 147-169. <https://doi.org/10.1080/14751798.2019.1600800>
- Karim, Moch Faisal, and Alfiani Gracia Susanto. 2021. "Power Transition and the United States-China Trade War." *Contemporary Chinese Political Economy and Strategic Relations*, 7 (1): 531-562, X, XV.
- Kennedy, Andrew B. 2024. "The Process of Paradigm Change: The Rise of Guided Innovation in China." *Review of International Political Economy*, 1-25. <https://>

doi.org/10.1080/09692290.2023.2280974

- Kennedy, Andrew B., and Darren J. Lim. 2018. "The Innovation Imperative: Technology and US-China Rivalry in the Twenty-First Century." *International Affairs*, 94 (3): 553-572. <https://doi.org/10.1093/ia/iiy044>
- Khan, Muhammad Kaleem, Ying He, Umair Akram, Salman Zulfiqar, and Muhammad Usman. 2018. "Firms' Technology Innovation Activity: Does Financial Structure Matter?" *Asia-Pacific Journal of Financial Studies*, 47 (2): 329-353.
- Klingler-Vidra, Robyn. 2016. "When Venture Capital Is Patient Capital: Seed Funding as a Source of Patient Capital for High-Growth Companies." *Socio-Economic Review*, 14 (4): 691-708. <https://doi.org/10.1093/ser/mww022>
- Kogut, Bruce, and Udo Zander. 1993. "Knowledge of the Firm and the Evolutionary Theory of the Multinational Corporation." *Journal of International Business Studies*, 24 (4): 625-645. <http://www.jstor.org/stable/155168>
- Lehrer, Mark, and Sokol Celso. 2016. "German Family Capitalism in the 21st Century: Patient Capital between Bifurcation and Symbiosis." *Socio-Economic Review*, 14 (4): 729-750. <https://doi.org/10.1093/ser/mww023>
- Lejour, Arjan, and Richard Nahuis. 2005. "R&D Spillovers and Growth: Specialization Matters." *Review of International Economics*, 13 (5): 927-944. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9396.2005.00545.x>
- Liu, Yi-peng, Michael Woywode, and Yi-Jun Xing. 2012. "High Technology Start-up Innovation and the Role of Guanxi: An Explorative Study in China from an Institutional Perspective." *Prometheus*, 30 (2): 211-229.
- Lundvall, Bengt-Åke. 2007. "National Innovation Systems-Analytical Concept and Development Tool." *Industry and Innovation*, 14 (1): 95-119. <https://doi.org/10.1080/13662710601130863>
- Marginson, Simon, and Xin Xu. 2023. "Hegemony and Inequality in Global Science: Problems of the Center-Periphery Model." *Comparative Education Review*, 67 (1): 31-52.

- Maskus, Keith E., Rebecca Neumann, and Tobias Seidel. 2012. "How National and International Financial Development Affect Industrial R&D." *European Economic Review*, 56 (1): 72-83. <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2011.06.002>
- Morgenthau, Hans. 1947. *Politics Among Nations*. 7th ed. New York: McGraw-Hill Education.
- National Science Foundation. 2023. "U.S. R&D Increased by \$51 Billion in 2020 to \$717 Billion; Estimate for 2021 Indicates Further Increase to \$792 Billion." *National Science Foundation*, January 4, 2023. <https://ncses.nsf.gov/pubs/nsf23320>
- Nelson, Richard R. 1992. "National Innovation Systems: A Retrospective on a Study." *Industrial and Corporate Change*, 1 (2): 347-374. <https://doi.org/10.1093/icc/1.2.347>
- O'Mara, Margaret. 2012. "The Uses of the Foreign Student." *Social Science History*, 36 (4): 583-615. <http://www.jstor.org/stable/23361144>
- Organization for Economic Cooperation and Development. 2024. "OECD Patent Statistics." *OECD*, 2024. https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/data/oecd-patent-statistics/patents-by-regions_data-00509-en?parentId=http%3A%2F%2Finstance.metastore.ingenta.com%2Fcontent%2Fcollection%2Fpatent-data-en
- Organski, A. F. K. 1958. *World Politics*. 2nd ed. Borzoi Books in Political Science. New York: Alfred A. Knopf.
- Organski, A. F. K., and Jacek. Kugler. 1980. *The War Ledger*. Chicago: University of Chicago Press.
- Pierrakis, Yannis, and Robyn Owen. 2022. "Startup Ventures and Equity Finance: How Do Business Accelerators and Business Angels' Assess the Human Capital of Socio-Environmental Mission Led Entrepreneurs?" *Innovation*, 1-25.
- . 2023. "Startup Ventures and Equity Finance: How Do Business Accelerators and Business Angels' Assess the Human Capital of Socio-Environmental

- Mission Led Entrepreneurs?” *Innovation*, 25 (4): 371-395. <https://doi.org/10.1080/14479338.2022.2029706>
- Pierrakis, Yannis, and George Saridakis. 2019. “The Role of Venture Capitalists in the Regional Innovation Ecosystem: A Comparison of Networking Patterns between Private and Publicly Backed Venture Capital Funds.” *The Journal of Technology Transfer*, 44 (3): 850-873. <https://doi.org/10.1007/s10961-017-9622-8>
- Pradhan, Rudra P, Mak B Arvin, Mahendhiran Nair, and Sara E Bennett. 2017. “Venture Capital Investment, Financial Development, and Economic Growth: The Case of European Single Market Countries.” *Venture Capital*, 19 (4): 313-333.
- Pradhan, Rudra P., Mak B. Arvin, Mahendhiran Nair, Sara E. Bennett, Sahar Bahmani, and John H. Hall. 2018. “Endogenous Dynamics Between Innovation, Financial Markets, Venture Capital and Economic Growth: Evidence from Europe.” *Journal of Multinational Financial Management*, 45 (June): 15-34. <https://doi.org/10.1016/j.mulfin.2018.01.002>
- Quinn, Dennis, Martin Schindler, and A Maria Toyoda. 2011. “Assessing Measures of Financial Openness and Integration.” *IMF Economic Review*, 59 (3): 488-522. <https://doi.org/10.1057/imfer.2011.18>
- Rauch, Carsten. 2017. “Challenging the Power Consensus: GDP, CINC, and Power Transition Theory.” *Security Studies*, 26 (4): 642-664.
- Romer, Paul M. 1994. “The Origins of Endogenous Growth.” *The Journal of Economic Perspectives*, 8 (1): 3-22. <http://www.jstor.org/stable/2138148>
- Schumpeter, Joseph Alois. 1983. *The Theory of Economic Development : An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle*. Social Science Classics Series. New Brunswick, N.J: Transaction Books.
- Solow, Robert M. 1956. “A Contribution to the Theory of Economic Growth.” *The Quarterly Journal of Economics*, 70 (1): 65-94. <https://doi.org/10.2307/1884513>
- Tharenou, Phyllis, and Pi-Shen Seet. 2014. “China’s Reverse Brain Drain.”

- International Studies of Management & Organization*, 44 (2): 55-74. <https://doi.org/10.2753/IMO0020-8825440203>
- The Observatory of Economic Complexity. 2023. “China and United States Trade.” *The Observatory of Economic Complexity*, 2023. <https://oec.world/en/profile/bilateral-country/chn/partner/usa?depthBalanceProductSelector=HS4Depth>
- The US Department of Energy. 2022. “The Life of Enrico Fermi.” *The US Department of Energy*, December 22, 2022. <https://science.osti.gov/fermi/The-Life-of-Enrico-Fermi>
- The World Bank. 2021. “Scientific and Technical Journal Articles- United States, China.” *World Bank Open Data*, 2021. <https://data.worldbank.org>
- . 2023a. “Government Expenditure on Education, Total (% of GDP).” *World Bank Open Data*, September 19, 2023. <https://data.worldbank.org/indicator/SE.XPD.TOTL.GD.ZS>
- . 2023b. “Research and Development Expenditure (% of GDP).” *World Bank Open Data*, November 27, 2023. <https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS>
- . 2024. “Charges for the Use of Intellectual Property, Receipts (BoP, Current US\$).” *World Bank Open Data*, 2024. <https://data.worldbank.org/indicator/BX.GSR.ROYL.CD>
- Tipalti. 2020. “Unicorn Hunting.” *Tipalti*, October 2020. <https://tipalti.com/unicorn-hunting/>
- U.S. Immigration and Customs Enforcement. 2022. “2007 to 2021 Annual Growth in OPT, STEM OPT and CPT Authorizations and Employment Authorization Document (EAD) Issuances.” *U.S. Immigration and Customs Enforcement*, 2022. https://www.ice.gov/doclib/sevis/pdf/2007-22_OPTGrowth.pdf
- Waltz, Kenneth. 1979. *Theories of International Politics*. Long Grove, Illinois: Waveland Pr Inc.
- Weiner, Gaby. 1998. “Scholarship, Disciplinary Hegemony and Power in Academic Publishing.” Paper presented at the *European Conference for Educational*

Research. Ljubljana: University of Ljubljana.

- Wen, Yu-qing, Long Qiao, and Wang Xi. 2018. "China Boosts Ideological Monitoring of Overseas Chinese, Returnees." *Radio Free Asia*, March 27, 2018. <https://www.rfa.org/english/news/china/monitoring-03272018113611.html>
- Yilmaz, Serafettin, and Wang, Xiang-yu. 2019. "Power Transition Theory Revisited: When Rising China Meets Dissatisfied United States." *China Quarterly of International Strategic Studies*, 5 (03): 317-341.
- Zhai, Ke-yu, Xing Gao, and Geng Wang. 2019. "Factors for Chinese Students Choosing Australian Higher Education and Motivation for Returning: A Systematic Review." *SAGE Open*, 9 (2): 2158244019850263. <https://doi.org/10.1177/2158244019850263>
- Zider, Bob. 1998. "How Venture Capital Works." *Harvard Business Review*, November 1, 1998. <https://hbr.org/1998/11/how-venture-capital-works>
- Zimmerman, John. 2010. "Corporate Entrepreneurship at GE and Intel." *Journal of Business Case Studies*, (JBSCS): 6 (5).

