中國推動技術自主之現況與影響*

湯士萱**

壹、前言
貳、中國推動技術自主政策
參、中國技術自主現況
肆、中國推動技術自主之影響
伍、結論與建議

摘　　要

2018 年美國啟動與中國的貿易戰，隨後演變成科技戰，並對中國實施涵蓋貿易、投資及技術、供應鏈等方面的制裁與管制措施，嚴重拖累中國科技發展，俄烏戰爭後西方國家對俄羅斯的全方位制裁，更強化中國積極推動其市場、產業、技術自主發展的決心。目前中國在半導體、航空及生技產業尚不具備優勢，AI 產業與美國落差較小，雖然中國在 5G 產業具有優勢，然其在標準制定方面的國際影響力仍較小，且以美國為首的西方國家勢必持續防堵中國，預期中國尚需一段時間的技術積累方得突破困境。然而，中國已著手為下個世代的技術做準備，並在新能源、材料等領域持續投入研發資源並取得部分成果。臺灣掌握全球大部分高階晶片製造產能，短期影響有限，然而面對中國發展自主的技術、標準、規格及系統，為降低大陸技術自主對臺灣之影響，長期除須加強留用國內技術人才，並須加強拓展全球市場，降低對中國之依賴，持續推動臺灣成為半導體供應鏈的韌性製造中心，積極提升供應鏈多元化，以確保臺灣產業鏈地位。

---

*　本文參加國發會2023年研究發展作品評選，榮獲經濟成長與韌性發展類佳作獎。

**　作者為經濟發展處專員。本文係筆者個人觀點，不代表國發會意見，若有疏漏之處當屬筆者之責。

***　本文研究資料以2023年8月時可取得的最新資料為準。

The Development and Influence of China's Semiconductor Industry

Shih-Hsuan Tang

Specialist
Economic Development Department, NDC

Abstract

The U.S. – China trade war evolved into a technology war, and U.S. promoted sanctions and control measures against China covering trade, investment, technology, supply chain and etc., which severely hindered China's technological development. In addition, the comprehensive sanctions against Russia made China more determined on developing a self-reliance technology system, market and industry, as well as reducing dependence on foreign technology and resources. Although China does not have advantages in certain key industries such as semiconductor, aviation, biotech, it had shortened the gap between U.S. in AI, and gained position of strength in 5G industry. On the other hand, China has begun to prepare for the next generation technology competition and made great investment in new energy, material, and etc. As a result, Taiwan has to create good environment to retain domestic talents, expand global market, and continue to promote Taiwan to become a resilient manufacturing center for the semiconductor supply chain; at the same time, diversify supply chain and reduce dependence on China, to ensure Taiwan's superior industrial chain status in global supply chain.

壹、前言

中國加入 WTO 之後，由於低廉的人力成本、改革開放政策及配套措施，快速吸引外資及本國企業大量投資，製造業蓬勃發展下中國快速融入全球經濟體系，且扮演的角色越來越重要；隨著中國經濟快速成長，官方持續公佈政策措施推動產業轉型，並針對新興或戰略性產業提出政策指引，力求將中國產業結構由低階向中高階轉型，同時降低對外國技術依賴度，例如 2015 年公佈的「中國製造 2025」，目標是在 2025 基本實現工業化，使中國於 2025 年邁入製造強國行列，並在 2045-2049 年漸進入世界製造強國前列，另 2021 年公佈的「十四五」規劃，明確揭櫫以科技自力更生作為經濟政策的基石，目標設定降低對外國科技及資源依賴，發展成為全球戰略新興產業領導者。

中國在世界貿易體系地位日漸提高，貿易規模出現爆發式成長，在 2001 年進出口貿易總額僅 5,097 億美元，全球占比 4%，至 2022 年已達 6.3 兆美元，占全球貿易總額 12.5%；另 2008 年以來中國研發支出快速增加，至 2020 年已接近美國的 74%[1]，目前經濟規模為世界第二，國家綜合實力逐漸攀升，加以其在全球科技領域影響力日漸提高，在軍工、航太科技等領域陸續有所斬獲，逐漸引起主要國家警覺，導致近年主要國家陸續開始強調降低對單一市場依賴度。

為因應中國全球地位提高，2018 年美國啟動與中國間貿易戰，隨後演變成科技戰，對中國推動涵蓋貿易、投資及技術、供應鏈等多方面的制裁與管制措施，並針對中國重要半導體企業如華為、中芯、長江存儲等企業進行技術封鎖。2022 年 10 月美國對中國祭出史上最嚴格的半導體技術封鎖措施，除了管制高階晶片出口、設備、技術及人才流動，更與荷蘭、日本等國共同針對中國實施出口管制，聯合盟友擴大圍堵範圍；此外，美國近期又再次發布對中國的限制措施[2]，拜登總統 2023 年 8 月 9 日簽署行政命令，禁止美國私募股權、創業投資、合資投資和綠地投資流向中國，或要求通報，涉及範圍包含半導體、量子和 AI 領域，直接衝擊中國本土科技產業發展，有關近年美國對

[1] OECD, “OECD Main Science and Technology Indicators Highlights on R&D expenditure”, March 2021.
[2] The White House, “President Biden Signs Executive Order on Addressing United States Investments In Certain National Security Technologies And Products In Countries Of Concern”, Aug. 9, 2023.

中國之出口、投資等各類技術管制作為，簡列如下：

表 1 近年美國對中國技術管制

2018	
04/16	**美國商務部中興禁令**
08/02	**44 家中國實體列出口管制清單**
10/29	**福建晉華列入實體清單**
2019	
05/15	**華為等 69 家企業列入實體清單**
06/21	**5 家企業列入實體清單**
10/07	**28 個公部門及 7 家中國企業列入實體清單**
2020	
05/22	**24 個機構及個人列入實體清單**
06/03	**33 家企業因國安列入實體清單**
08/17	**華為 38 家子公司列入實體清單**
12/18	**中芯等 59 家企業列入實體清單**
2021	
03/12	**5 家企業列入 FCC 黑名單**
04/08	**7 家超級計算企業列入實體清單**
06/03	**禁止投資 59 家國防或監控技術領域公司**
06/23	**禁止從新疆進口太陽能板材料**
07/09	**23 家企業列入實體清單**
11/24	**12 家量子計算公司列入實體清單**
12/10	**商湯科技列入 OFAC 投資黑名單**
12/16	**8 家生物識別公司列入 OFAC 投資黑名單**
12/16	**34 家支持軍事的企業及研究機構列入實體清單**
2022	
02/07	**33 家企業和研究機構列入未核實名單(UVL)**
08/23	**7 家航太企業列入實體清單**
10/07	**高階製程設備、先進運算晶片與超級電腦限制出口**
10/12	**美國人未經許可，不得協助中國「開發」或「生產」高階晶片**
12/15	**36 家科技企業列入實體清單**
2023	
03/02	**28 家支持俄羅斯國防的企業列入實體清單**
08/09	**2024 年起禁止美國人投資開發先進半導體和量子計算機的中國公司**

資料來源：自行彙整。

雖然美國目標是延緩中國科技產業發展，然其圍堵作為反而推動中國更專注於強化技術自主能力，近年官方持續推出相關產業政策且更積極布局具戰略性科技產業，除了將技術核心掌握在在自己手中，並有朝與美國主導之西方技術體系「脫鉤」之趨勢，有鑑於此，本研究檢視中國科技自主政策內容，以及其在重要產業中科技自主程度，分析美中技術逐漸脫鉤後，中國科技可能的發展及影響。

貳、中國推動技術自主政策

長期以來，中國一直採取由國家層面規劃戰略，引導並推動其自身科技發展之作法，其中最主要的是每五年公布一次「五年規劃」，十二五時期(2011-2015)著政策重科教興國、人才強國戰略，強調「引進來、走出去」，本時期中國發布了「中國製造 2025」，進一步強化其科技強國戰略方向；十三五時期(2016-2020)則轉向創新驅動發展戰略，其中以推進一帶一路建設特別引人注目，然而 2018 年起受中美貿易摩擦如中興事件、華為禁運、實體清單，以及限制台積電為華為、海思代工最先進製程晶片等，官方加快推動半導體自主化發展；因此十四五規劃(2021-2025) 將「突破關鍵核心技術」做為主軸，定調「科技自立自強」為國家發展戰略，為五年規劃史上頭一次。

近年美國的科技圍堵擴及至 AI、量子等領域後，中國體認到自身關鍵技術受制於人，加以近期俄烏戰爭後西方國家對俄羅斯的全方位制裁，更進一步強化中國技術自主的決心，因此積極推動其市場、產業、技術朝更自主的方向發展，以降低對外國科技及資源依賴，以下僅就近年主要科技自主政策，說明如下：

一、中國製造 2025

2015 年 5 月中國公佈「中國製造 2025」，目標是在 2025 年邁入製造強國行列，2035 年進入世界製造強國陣營中等水準，並在 2045-2049 年間進入世界製造強國前列，藉由發展新的工業體系推動產業轉型升級。本計畫推出顯示官方認知到關鍵技術自主以及掌握關鍵材

料為產業升級的核心要件，同時利用網路促進工業發展以邁向「工業4.0」，推動資訊化與工業化「兩化融合」，因此「中國製造 2025」對產業設定九大戰略任務、五大工程以及十大重點領域，內容包括：

—**九大戰略任務**：提高國家製造業創新能力、推進資訊化與工業化深度融合、強化工業基礎能力、加強品質品牌建設、全面推行綠色製造、大力推動重點領域突破發展、深入推進製造業結構調整、積極發展服務型製造和生產性服務業，以及提高製造業國際化發展水準。

—**五大工程**：「製造業創新中心」、「智慧製造」、「工業強基」、「綠色製造」及「高端裝備創新」

—**十大重點領域**：包括新一代資訊技術產業，高檔數控機床和機器人，航空航太裝備，海洋工程裝備及高技術船舶，先進軌道交通裝備，節能與新能源汽車，電力裝備，農業裝備，新材料，生物醫藥及高性能醫療器械。

「中國製造 2025」甫一推出便引起國際關注，以美國為首的主要科技強國擔憂中國為達到「關鍵技術及關鍵材料自主保障」目標，後續可能藉由國家力量向外獲得技術，如要求外國企業以技術換市場，或透過主權基金、有官方背景之企業併購戰略性公司取得技術等，因此美國以技術轉讓、市場准入、投資等方面遭受不平等待遇為由，掀起對中國的科技戰，以確保其在科技領域的領先地位，在此背景下，中國官方逐漸降低「中國製造 2025」的聲量，然而此舉並非對美國打壓的妥協，而是轉趨低調，期望在美國打壓下默默發展高科技產業，並更強調在「卡脖子」技術領域的耕耘，此趨勢可由 2021 年公佈的十四五規劃內容窺見。

二、十四五規劃

2021 年 3 月中國兩會通過「關於國民經濟和社會發展第十四個五年規劃(2021-2025)和 2035 年遠景目標綱要」草案，提出 2035 年遠景以及為其奠基之五年規劃，是時中國已經歷與美國之間的貿易戰、科技戰以及 Covid-19 武漢封城等衝擊，正經歷高關稅、半導體圍堵、

技術封鎖等經濟面不利因素，中國供應鏈承受移出和短鏈化調整壓力，此時公佈的十四五規劃勢必針對面臨的困境做出因應，其經濟戰略主軸分為「提高產業鏈現代化水準」及「國內大循環為主體，國內國際雙循環」兩大面向，而前者更近一步細分為推動創新打造科技強國、加快發展現代化產業體系、建設數位中國及推動產業綠色轉型等 4 個層面，在產業發展戰略上與「中國製造 2025」一致。

—**推動創新打造科技強國**：設定全社會研發經費投入年增加率 7%以上，占 GDP 比重高於十三五時期；每萬人口高價值發明專利擁有量 2025 年達 12 件。具體策略包括強化國家戰略科技力量、提升企業技術創新能力、激發人才創新活力及完善科技創新體制機制，針對新一代 AI、量子通訊、積體電路、腦科學與類腦研究、基因與生技、臨床醫學與健康、深空深地深海和極地探測核心科技項目進行攻關。

—**發展現代化產業體系**：推動製造業在經濟中的份額保持「基本穩定」，推進產業基礎高級化、產業鏈現代化，並推動高品質發展戰略新興產業占 GDP 比重超過 17%，最終成為製造強國。具體策略包括深入實施製造強國戰略、發展戰略性新興產業及未來產業、促進服務業繁榮發展及建設現代化基礎設施體系，藉由提高高端新材料、重大技術裝備、智慧製造與機器人技術、航空發動機及燃氣輪機、衛星產業化應用、新能源和智慧(網聯)汽車、高端醫療裝備和創新藥及農業機械裝備等項目競爭力；另強調搶佔未來產業發展先機，培育先導性和支柱性產業，推動類腦智慧、量子資訊、基因技術、未來網絡、深海空天開發、氫能與儲能等前沿科技和產業變革等戰略性新興產業融合化、集群化、生態化發展。

—**建設數位中國**：到 2025 年數位經濟核心產業占 GDP 比重提升至 10%，以及加快傳統產業轉型升級，催生新產業新業態。推動策略包括打造數位經濟新優勢、加快數位社會建設步伐、提高數位政府建設水準、營造良好數位生態等，重點發展雲端運算、大數據、物聯網、工業物聯網、區塊鏈、AI、虛擬實境與擴增實境等產業。

—**推動產業綠色轉型**：設定 2030 年前碳排放達峰值，2060 年前實現

碳中和目標，並且實施可持續發展戰略，因應全球碳稅趨勢經濟突圍，發展自身低碳技術以爭取優勢。具體措施包括加大應對氣候變化力度、深入推進清潔能源轉型及構築尊重自然的生態系統。

整體而言，十四五規劃中「提高產業鏈現代化水準」內容約略為2015 年「供給側改革」和「中國製造 2025」戰略的延續，官方將科技自立自強定調為國家發展主要戰略，藉由自主創新帶動民間投資及提升生產力，同時降低對外國技術、產品依賴，同時強調新型基礎建設投資，將內需及創新做為推動經濟發展主要因素，形塑「國內大循環」之產業生態做為經濟新推力，保持國外市場做為經濟成長第二引擎，以達「國內大循環為主體，國內國際雙循環」目標。

參、中國技術自主現況

為瞭解中國推動技術自主本發展，本章節將檢視中國目前研發經費、科學論文發表及引用、當前美中主要競爭產業、以及在未來性科技領域中國發展現況。

一、R&D 經費投入

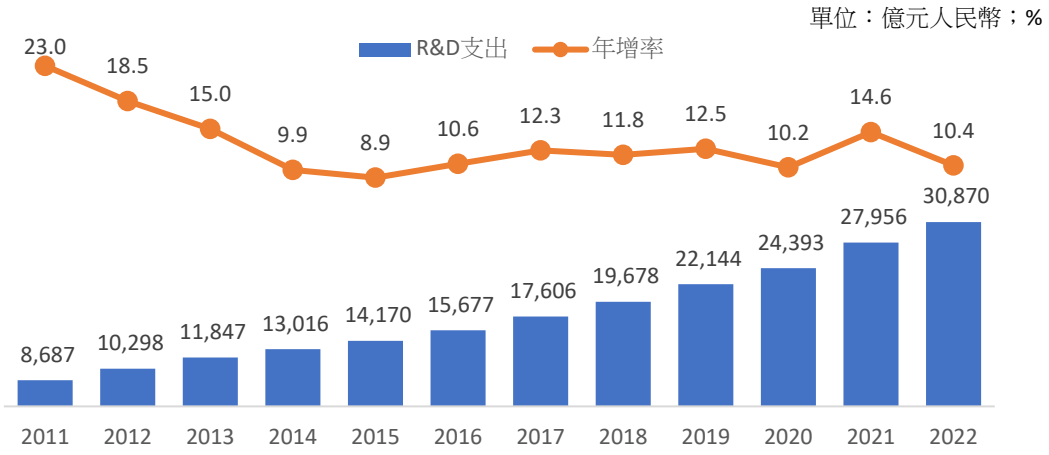
全球產業進入已技術競爭時代，科技創新成為提高生產力、效率以及潛在商機之重要基礎，目前中國正積極推動產業轉型，由於 R&D 為衡量一個國家自主創新投入規模及科技投入強度的重要指標，且具有累積技術及知識資產之特性，可推動科技進步並轉化為創新成果，因此觀察一國的 R&D 支出尤為重要。

官方數據顯示近年中國 R&D 支出快速成長，2023 年已突破 3 兆人民幣(約 4,410 億美元[3])，年增率 10.4%且連續 7 年呈兩位數成長，目前為世界第二大研發投入國，雖然與美國的 7,097 億美元[4]仍有相當大差距，然而相較日本 1,721 億美元、德國 1,290 億美元及南韓 1,101

[3] 以人民幣匯率 7.0 換算。

[4] 本項為 2021 年美國 R&D 經費，截至 2023 年 8 月 15 日，OECD 尚未公佈 2022 年美國 R&D 經費。

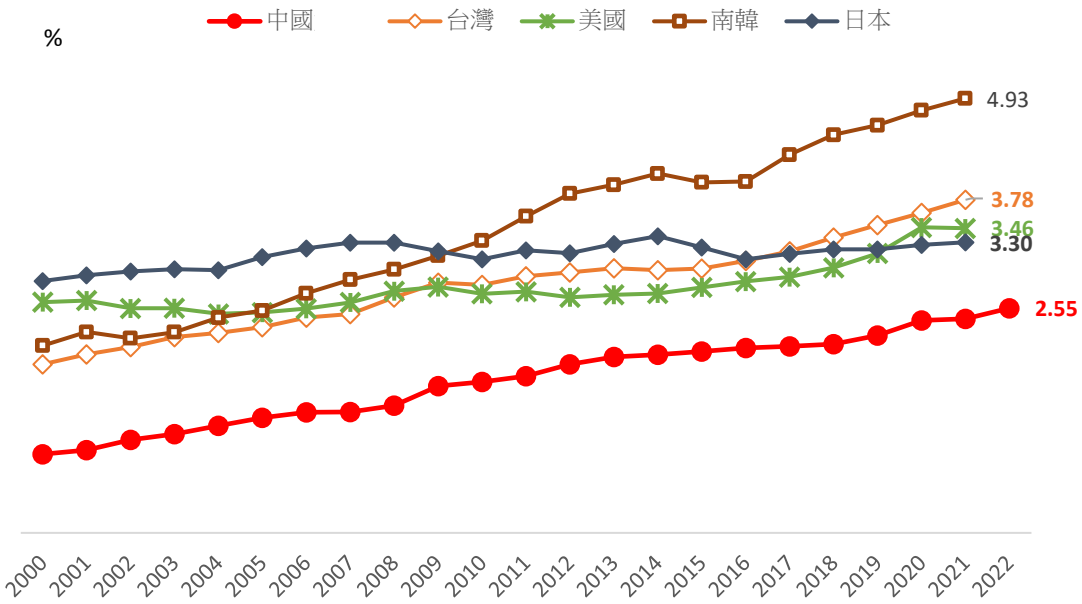
億美元，中國可謂遙遙領先。



註：OECD 資料庫中國 R&D 經費(美元)僅更新至 2018 年，考量資料完整性，圖 1 使用中國國家統計局數據(人民幣)。
資料來源：中國國家統計局。

圖 1 近年中國研發支出費用及年增率

雖然中國 R&D 投入經費總量較大，惟數字無法客觀反映其在國際競爭中與其他科技強國的差距，因此需進一步就 R&D 投入占 GDP 比重進行國際比較，該指標常用於衡量一國創新能力，如圖二所示，中國 R&D 投入占 GDP 比重明顯低於主要對手，南韓自 2009 年超過 3.0%並持續居於榜首，至 2021 年 R&D 投入占 GDP 比重已高達 4.93%，其餘日本、臺灣、美國 R&D 投入占 GDP 比重亦皆達 3.0%以上，因此即便中國 R&D 投入強度快速提升，目前仍未達到 OECD 國家平均水準(2.67%)。值得注意的是，雖然中國目前整體 R&D 投入強度不如其他已開發國家，然而考量官方在十四五規劃中設定全社會研發經費投入年增率 7%以上之目標，以及中國偕舉國之力「辦大事」之特性，未來研發強度仍可能加速提升。



資料來源：OECD，中國國家統計局。

圖 2 主要國家研發支出占 GDP 比重

二、科學研究成果

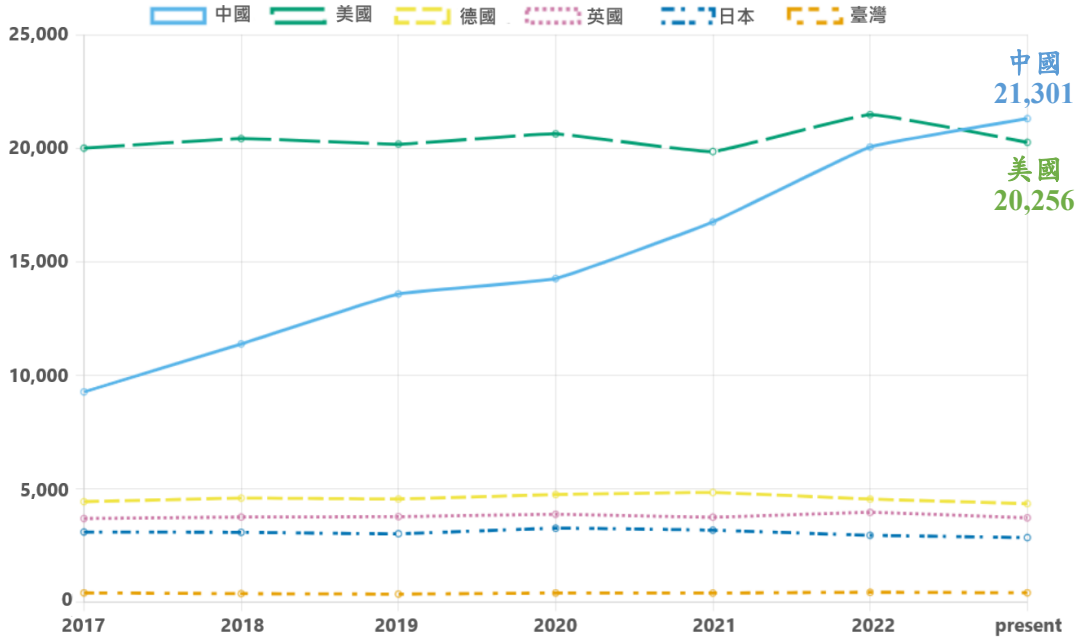
(一)科學研究論文數量快速增加

中國積極擴大研發經費的同時，在科研領域成果亦逐步顯現，近年中國在 Nature Index[5]的排名急遽上升，數據顯示 2015 年中國獲得的分數僅為美國的三分之一，然其近年發表論文數量快速成長，年增率達 8%-21%，2021 年中國首先成為物理和化學領域研究論文貢獻最高的國家，2022 年中美兩國在 Nature Index 上落差已縮小，而依據最新 Nature Index[6]，中國在 2022 年 5 月 1 日至 2023 年 4 月 30 日期間，在整體自然科學領域超越美國，成為科學研究論文貢獻最高國家。值得注意的是，2020 年起中國官方開始鼓勵其國內研究者在本國期刊發表文章，加以 Nature Index 調整計算方法，未來中國可能重新落後

[5] 該指數由國際知名科技出版機構 Springer Nature 於 2014 年推出，藉由追蹤 82 本高質量科絕學期刊中的科學研究論文，檢視主要國家/地區及機構在科學論文數量的貢獻，以反映反映全球高質量科研產出及合作情況。一國家的份額(share)考慮了在自然指數期刊上發表的每篇論文中來自該國家的作者的百分比；一篇完全由該國研究人員發表的文章將為該國帶來 1 的份額，通過每每篇文章作者及其他研究人員國別/地區別/機構別占比，衡量國家/地區或機構對指數的貢獻，另調整份額考慮了每年自然指數中文章總數的微小變化，以便進行年度比較。

[6] 本項資料最後檢索日期為 2023 年 8 月 15 日，後續 Nature Index 仍可能調整。

於美國，然而在官方持續支持科學研究的背景下，中國科學研究仍將蓬勃發展，研究論文產出亦將持續增加。



註：最後查詢日期為 2023 年 8 月 21 日。
資料來源：Nature Index。

圖 3 近年主要國家/地區 Nature Index 表現

(二)科學論文被引用頻率提高

雖然中國論文數成長快，惟過去常予人量多不精之印象，然而近期此一情況似開始改變，日本文部科學省下屬科學技術與學術政策研究所出版的「2023 年科學技術指標」顯示，在評估科學研究品質的被引用次數排名前 10%的「受關注論文」，以及被引用次數排名前 1%的「頂尖論文」中，中國已連續 2 年排名第 1[7]，「受關注論文」由過去的 1,493 篇成長至 54,405 篇，全球占比由 2%成長至 28.9%，「頂尖論文」由過去的 98 篇成長至 5,516 篇，全球占比則由 1.3%成長至 29.3%，顯示其論文品質出現非常明顯提升。

儘管中國在論文品質上連續二年領先，研究亦發現部分原因是其國內研究人員互相引用致大幅成長，中國引用其本國機構研究員論文的比例達 61%，而美國為 29%，日本為 19%，其餘英國、德國、法國

[7] 日本文部科學省的科學技術與學術政策研究所根據英國調查公司科睿唯安(Clarivate)的數據分析主要國家的論文數據，每年公佈 1 次，由於按年計算波動較大，因此按 3 年平均計算出數據，因此本次《科學技術指標 2023》以 2020 年(2019～2021 年平均)論文為對象。

及韓國則約 10%左右；然而，即便中國排名躍升係因為計算方式而有較佳表現，其整體研究能量提升的速度仍不容小覷，並且顯示其正逐步確立不依賴歐美的獨立研究體制[8]。

表 2 被引用次數排名前 10%「受關注論文」變化

1999－2001 平均				2009－2011 平均				2019－2021 平均			
排名	國家	論文數	占比	排名	國家	論文數	占比	排名	國家	論文數	占比
1	**美國**	30,599	41.4	**1**	**美國**	37,528	33.1	**1**	**中國**	54,405	28.9
2	**英國**	6,048	8.2	**2**	**中國**	10,583	9.3	**2**	**美國**	36,208	19.2
3	**德國**	5,032	6.8	**3**	**英國**	7,552	6.7	**3**	**英國**	8,878	4.7
4	**日本**	4,443	6.0	**4**	**德國**	6,699	5.9	**4**	**德國**	7,234	3.8
5	**法國**	3,589	4.9	**5**	**法國**	4,674	4.1	**5**	**義大利**	6,723	3.6
10	**中國**	1,493	2.0	**6**	**日本**	4,355	3.8	**13**	**日本**	3,767	2.0

資料來源：日本文部省科學技術與學術政策研究所(2023 年)。科学技術指標 2023（HTML 版）統計集，自行彙整。

表 3 被引用次數排名前 1%「頂尖論文」變化

1999－2001 平均				2009－2011 平均				2019－2021 平均			
排名	國家	論文數	占比	排名	國家	論文數	占比	排名	國家	論文數	占比
1	**美國**	**3,660**	**49.5**	**1**	**美國**	**4,544**	**40.1**	**1**	**中國**	**5,516**	**29.3**
2	**英國**	**635**	**8.6**	**2**	**中國**	**836**	**7.4**	**2**	**美國**	**4,265**	**22.6**
3	**德國**	**470**	**6.3**	**3**	**英國**	**833**	**7.4**	**3**	**英國**	**1,033**	**5.5**
4	**日本**	**331**	**4.5**	**4**	**德國**	**662**	**5.8**	**4**	**德國**	**715**	**3.8**
5	**法國**	**317**	**4.3**	**5**	**加拿大**	**430**	**3.8**	**5**	**澳洲**	**564**	**3.0**
10	**中國**	**98**	**1.3**	**7**	**日本**	**357**	**3.1**	**12**	**日本**	**319**	**1.7**

資料來源：日本文部省科學技術與學術政策研究所(2023 年)。科学技術指標 2023（HTML 版）統計集，自行彙整。

三、檢視中國在重要產業中技術自主程度

(一)半導體產業

2014 年起中國開始積極推動半導體產業發展，中國國務院頒布「國家集成電路產業發展推進綱要」，同年成立「中國國家集成電路產業投資基金(大基金一期)」並募集人民幣 1,387 億元，投資於 IC 製造業(占 67%)、IC 設計(17%)、封裝測試(10%)、

[8] 日經中文網(2023 年)。「中國科研論文繼續三冠王，本國引用多」，2023 年 8 月 9 日。

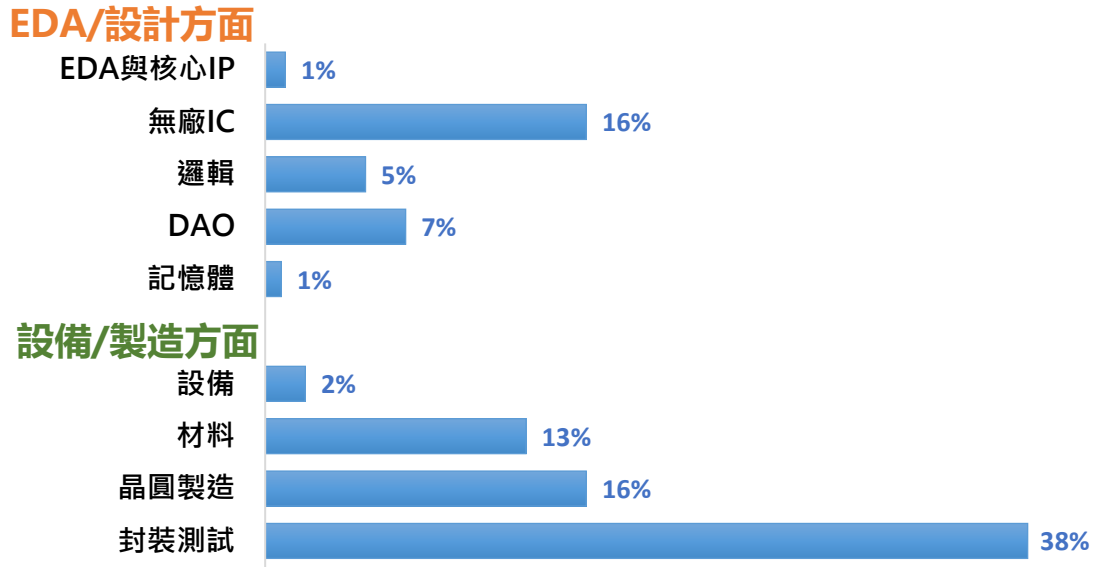
設備(3%)和材料(3%)產業[9]，同時，半導體產業亦獲得十三五國家戰略新興產業規劃、積體電路和軟體所得稅優惠等政策面支持。

2018 年美中貿易戰延燒至科技領域後，華為成為美國首要制裁目標，並暴露出中國半導體產業的弱點，官方意識到半導體產業為中國科技最薄弱的一環，急需建構技術自主的產業鏈，因此 2019 年推出大基金二期並募資人民幣 2,041.5 億元，重點投資半導體產業上下游，針對設備、材料等弱點領域補強，目標填補中國產業鏈缺乏的環節；同時，2021 年 3 月半導體產業被列入十四五規劃的「重大科技發展項目」，後國務院、工信部、商務部、地方政府等部門開始推出各類基金、獎勵政策、稅賦優惠等措施。

目前中國在全球半導體產業鏈占比仍相當低，在 IC 設計方面雖然占比 16%，然而設計的核心工具 EDA 占比僅占約 1%市場份額， IC 製造方面占比僅 16%，且生產 IC 最核心的設備中國式占率僅 2%，晶圓材料亦僅占 13%，因此雖然中國積極開發非美係技術生產線，目前美國及其盟友的管制禁令仍完全扼殺中國開發和擴充 16nm 及以下先進工藝產能，擴充 28nm 及以上產能也需要經過漫長的審查過程[10]，整體而言，在 IC 製造環節中，中國僅在封裝測試領域占比 38%較具影響力。

[9] 芯思想研究院(2021 年)，大基金一期的投資成果回顧。檢自 http://news.eeworld.com.cn/mp/Icbank/a105330.jspx (2021 年 3 月 11 日)。

[10] TrendForce. (2022). “U.S. Department of Commerce Again Imposes Restrictions on China, Expanding Scope of Sanctions from Logic ICs to Memory Sector”, Oct. 8, 2022.



資料來源：Sarah Ravi. (2021). “TAKING STOCK OF CHINA’S SEMICONDUCTOR INDUSTRY”, Semiconductor Industry Association (SIA), July 2021.

圖 4 中國在全球半導體供應鏈各環節占比

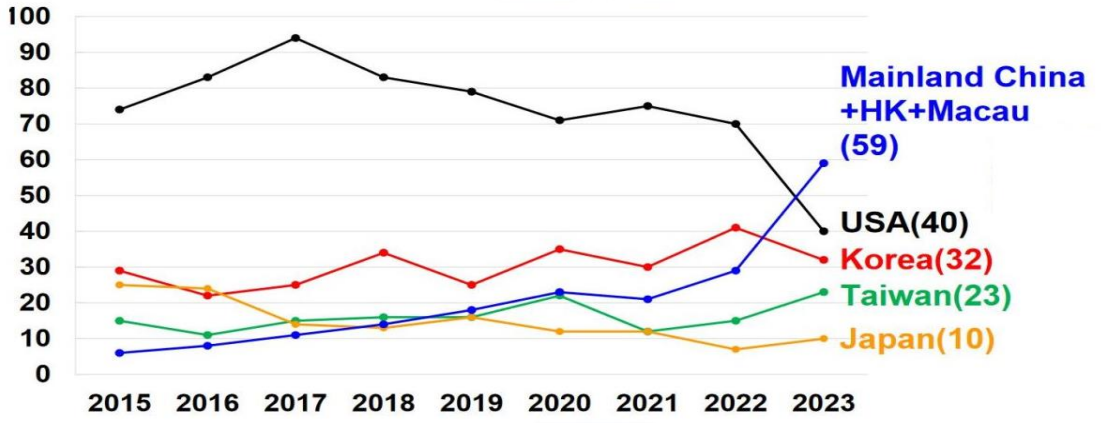
雖然中國在半導體整產業鏈上碰到相當多瓶頸，然其近年持續加大在尖端 IC 研究領域的研究經費投入，過去十年官方提供高等教育的經費增加一倍多，經購買力平價調整後中國在高等教育方面的支出超過 1,790 億美元，且部分重點大學的預算已逾 50 億美元[11]，在此背景下，中國的大學等學術機構及部分企業在半導體領域研究正急起直追，並已初具成效。

觀察 2023 年的「ISSCC[12]」大會收錄論文情況發現，中國首次超越美國成為入選論文篇數最多國家，2022 年美國 69 篇論文入選為第一，中國則有 45 篇論文入選為第二；2023 年 ISSCC 大會共收到 629 篇論文，通過的 198 篇論文中中國及港澳地區總計入選 59 篇論文排第一，占 2023 年所有入選論文 29.8%，相較 2022 年的 14.5%明顯上升，顯示中國在半導體基礎研究領域多年耕耘已初步有成果，有助其提升中長期技術開

[11] Ryan Fedasiuk, Alan Omar Loera Martinez, and Anna Puglisi. (2022). "Sustaining U.S. Competitiveness in Semiconductor Manufacturing", Center for Security and Emerging Technology, Georgetown University, March 2022). https://doi.org/10.51593/20210007

[12] ISSCC 國際固態電路研討會係“IEEE International Solid-State Circuits Conference”縮寫，該會議為國際上領先的尖端固態電路技術最先發表之地，也是世界學術界和企業界公認的積體電路設計領域最高級別會議，被稱為有晶片（IC）設計領域奧林匹克大會，屬於半導體相關領域最具權威的國際學會之一。

發能力，因此雖然短期尚難轉化為實質成果，中國仍持續在為中長期產業發展做技術積累。



資料來源：日経クロステック，「半導体オリンピックで驚きの異変、採択論文数で中国が王者米国を圧倒」，2022 年 11 月 22 日。

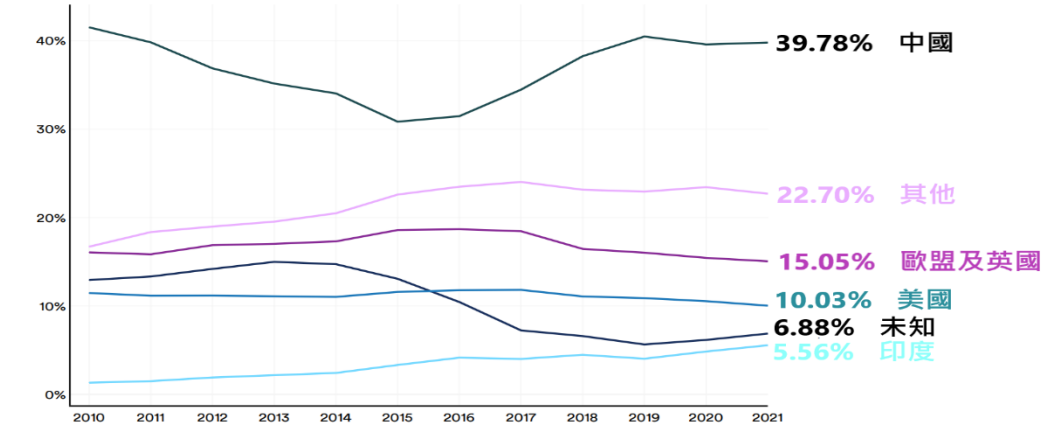
圖 5　ISSCC 研討會近年論文來源

(二)AI 產業

近年全球 AI 產業快速發展，由於 AI 能廣泛運用在教育、醫療、國防安全、軍事、環保、城市及公共設施管理、司法服務等領域，且有助提高運作效率、節省成本和提升民眾生活品質，主要國家陸續將 AI 產業視為提升競爭力及維護國家安全之重要戰略。中國 2017 年發布《新一代人工智慧發展規劃》及《促進新一代人工智慧產業發展三年行動計畫》，將發展 AI 產業提升至國家戰略層面，並針對核心技術、頂尖人才、標準規範等強化部署，務求在新一輪國際競爭中掌握主導權。

近期美國對中國實施的一系列針對 AI 晶片之出口限制，顯示美國對中國的科技圍堵已延燒到 AI 領域，並成為雙方角力的新戰場，然而經歷多年發展，中國在 AI 領域已取得相當成就，如 2021 年中國在人工智慧領域的期刊論文出版占比達 39.8%為第一，其次是英國和歐洲的 15.1%及美國的 10%，同年中國的 AI 論文引用量占整體引用 29.07%，其次為歐盟及英國 21.51%，美國占比 15.08%為第三；另研討會論文引用數美國占比 23.86%保持第一，中國則為 22.02%且逐步縮小差距，若單

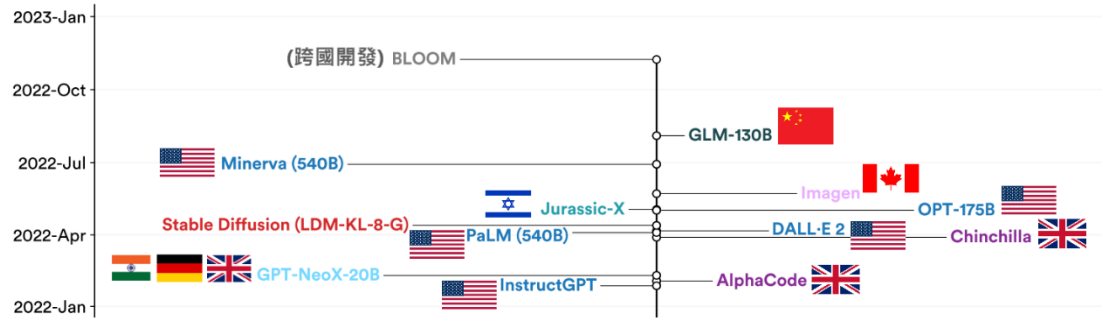
純由論文數量及引用數觀察，美國的領先地位似乎正漸漸減弱。



資料來源：The AI Index 2023 Annual Report。

圖 6 主要國家 2010-2021 年間 AI 期刊論文占比

然而，即便中國在 AI 的學術論文數量領先美國，全球主要大型語言和多模態模型 54%由美國機構開發，且 2022 年美國共計發布五個模型，而中國僅有清華大學的 GLM-130B，在 AI 模型開發應用上中國仍有相當落差[13]。目前美國已禁止 NVIDIA 及 AMD 銷售尖端 AI 晶片銷售至中國，未來中國 AI 產業發展恐遭拖累；此外，即便中國本土的廠商如寒武紀、海光信息及百度等積極自研 AI 晶片，中國 IC 製造業在美國封殺下僅能生產 14 奈米的晶片，短期內若中國仍無法突破美國在設備、軟體及原料的封鎖，其 AI 產業要超越美國仍有相當難度。



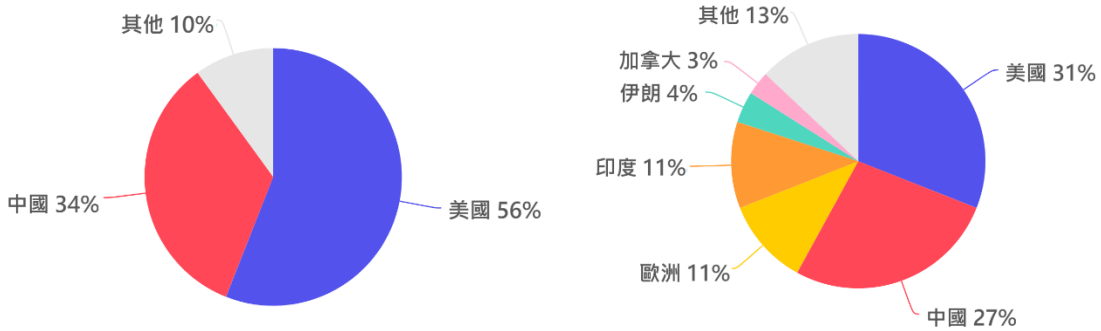
資料來源：The AI Index 2023 Annual Report。

圖 7 2022 年全球新發布之大型語言和多模態模型

[13] Nestor Maslej, Loredana Fattorini, Erik Brynjolfsson, John Etchemendy, Katrina Ligett, Terah Lyons, James Manyika, Helen Ngo, Juan Carlos Niebles, Vanessa Parli, Yoav Shoham, Russell Wald, Jack Clark, and Raymond Perrault. (2023). "The AI Index 2023 Annual Report," AI Index Steering Committee, Institute for Human-Centered AI, Stanford University, Stanford, CA, April 2023.

另一個中國 AI 產業發展難題為人才，中國是全球尖端 AI 人才庫的最大來源，全球近三分之一的研究人員在中國完成大學教育，特別是清華大學培育的頂尖 AI 人才數量在全球遙遙領先，惟其人才庫亦有嚴重流失問題，中國大學生畢業後僅有 34%留在國內，而大約 56%流向美國；另中國大學生赴美完成研究生學業後，其中 88%選擇留在美國工作，僅 10%的人選擇回國[14]。

美國的尖端 AI 研究人力遙遙領先於所有其他國家，全球近 60%的頂級研究人員在美國工作，主因其環境對國際學生和研究人員有吸引力，其次是中國的 10.6%，及歐洲的 10.2%。但在中美科技戰日益加劇及美國對華裔研究人員不友善氛圍下，人才流動情況勢必有所改變，中國或有機會吸納更多回流人才，惟短期內美國在整體人才方面的領先優勢仍相當明顯。



資料來源：MacroPolo, “America’s Got AI Talent: US’ Big Lead in AI Research Is Built on Importing Researchers”, June 9, 2020.

圖 8 中國 AI 人才畢業後工作地點及美國 AI 人才獲得學士學位的國家

(三)第五代行動通訊技術(5G)

隨著 AI 廣泛應用的時代來臨，全球產業發展進入新局面，無論是自動駕駛、城市管理、交通系統、醫療、金融、IOT 等，幾乎所有產業皆可與 AI 結合提高效率，而要達到前述目標，需有良好、快速、高效的通訊傳輸為基礎，因此通信基礎設施便

[14] MacroPolo, “America’s Got AI Talent: US’ Big Lead in AI Research Is Built on Importing Researchers” , June 9, 2020.

成為實現數位化轉型的核心條件，當前第五代行動通訊技術（5G）將帶領社會進入萬物互聯時代，不僅網速提升，更有低功耗、低延遲、海量連結、安全等特點，除了在手機、平板電腦等設備上應用，更重要的是與雲端計算、大數據、AI、VR/AR等技術結合後進一步導入產業並推動產業數位轉型，讓傳統的商品如家電、安全系統、生產線、機械設備等皆成為智慧終端，，並帶動多種高附加價值新興產業，更重要的是，5G 攸關一國在軍事、國防及安全等方面的競爭力，因此中國十四五規劃設定成為全球最大 5G 獨立組網[15]網絡之目標，規劃到 2025 年達 5G 專網數 5,000 個、終端連接裝置數 45 億個等。

中國 2013 年起投入 5G 研究迄今已逾 10 年，除了培養出華為、中興等國際級廠商，官方政策也大力推動 5G 發展，因此其建設速度領先全球，截至 2023 年 6 月底中國 5G 手機用戶已達 6.76 億戶，5G 基地台累計達 293.7 萬個，並且完全覆蓋所有地級市城區、縣城城區[16]，僅在 2023 年 4-6 月，中國即新增建設 60 萬個基地台，而美國在 2019-2021 年間僅新增 10 萬個基地台[17]，顯見其推動 5G 建設的決心與執行力。

由於官方及產業偕同合作，中國在全球 5G 發展取得領先地位，主要反映在專利數和設備供應市占率，中國工信部下屬中國信通院 2023 年 4 月發布的《全球 5G 標準必要專利及標準提案研究報告（2023 年）》指出，華為的有效全球專利家族[18]數量占比為 14.59%，排名全球第一，且前 10 名企業中共有 5 家中國企業，分別是中興、大唐、OPPO 和小米(詳下表)。

[15] 5G 網路分獨立組網（SA）和非獨立組網（NSA）兩種模式，非獨立組網係在 5G 建設初期通過改造 4G 網路，將 5G 基站接入 4G 核心網的混合組網方式；獨立組網是完全獨立建設的 5G 網絡，能更好發揮 5G 技術特性。

[16] 國務院新聞辦公室，「國新辦舉行 2023 年上半年工業和資訊化發展情況新聞發佈會」，2023 年 7 月 19 日。

[17] Stephen Chen. (2023). “China built more 5G base stations in 3 months than US did in 2 years”, South China Morning Post, July 20, 2023.

[18]專利家族係指在不同國家獲得的一系列專利，用於保護一項發明，其中在一個國家的首次申請（優先權）隨後擴展到其他專利局。

表 4 有效全球 5G 專利家族排名前 10 企業占比

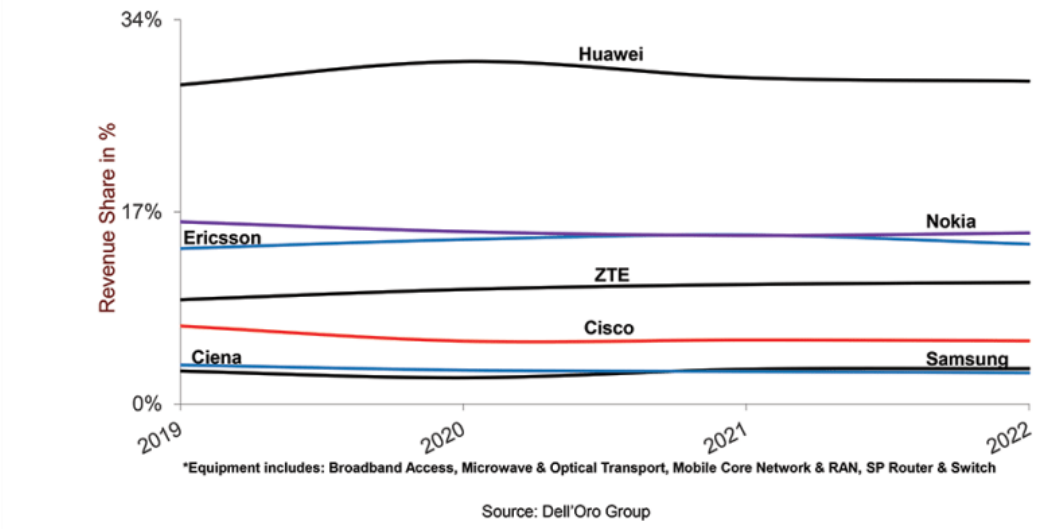
排名	前 10 大專利權人	全球專利族占比
1	華為	14.59%
2	高通	10.04%
3	三星	8.80%
4	中興	8.14%
5	LG	8.10%
6	Nokia	6.82%
7	Ericsson	6.28%
8	大唐	4.34%
9	OPPO	4.19%
10	小米	4.10%

資料來源：中國資訊通信研究院智慧財產權與創新發展中心(2023 年)。全球 5G 標準必要專利及標準提案研究報告（2023 年），北京市：中國資訊通信研究院。2023 年 4 月。

而在中國以外的全球通訊設備市場方面，儘管美國及其盟友對華為產品安全性提出質疑，且部分國家禁止在建置通訊網路時使用華為的設備，調查顯示華為仍是全球電信設備市場中主要供應商，且在六大類[19]電信設備中拿下五項第一，與 Ericsson、Nokia 分別在中國以外的全球市場占據前三名，市占率分別為 20%、18%和 18%[20]，前七大供應商約占整體市場 80%。

[19] 包括寬頻接入、微波和光傳輸、移動核心網絡 (MCN)、無線電接入網絡 (RAN) 以及 SP 路由器和交換機等。

[20] Stefan Pongratz. (2023). “Worldwide Telecom Equipment up 3 Percent in 2022”, Dell’Oro Group, Mar. 16, 2023.



資料來源：Stefan Pongratz. (2023). “Worldwide Telecom Equipment up 3 Percent in 2022”, Dell’Oro Group, Mar. 16, 2023.

圖 9 全球(中國以外)市場電信設備市占率

值得注意的是，中國已體認到通訊標準的價值，因此正尋求在技術規範機構 3GPP[21]中增加影響力，隨著 3GPP 即將開始 6G 標準前期準備工作，並預計 2029 年釋出 6G 標準[22]，中國更積極參與該組織的標準制定活動，目前中國在 3GPP 的 58 個正副主席職位中已有 5 位主席及 15 位副主席[23]，而在 2020 年中國正副主席僅有 11 位[24]，顯見其在 3GPP 中的影響力逐步擴大，而一般認為對制定 5G 標準最重要的 RAN1 小組，雖然中國尚未取得主席席位，但已有 2 席副主席位，其角色已由過去的追隨者轉變為規則制定者。

[21] 3GPP(3rd Generation Partnership Project)為國際性標準組織，目標是在國際電信聯盟製訂和實現全球性的移動電話系統規範，後續再由合作的七個區域標準組織轉化為技術標準，由於制定標準往往將牽動龐大利益，因此 3GPP 會議受到全球廣泛重視。

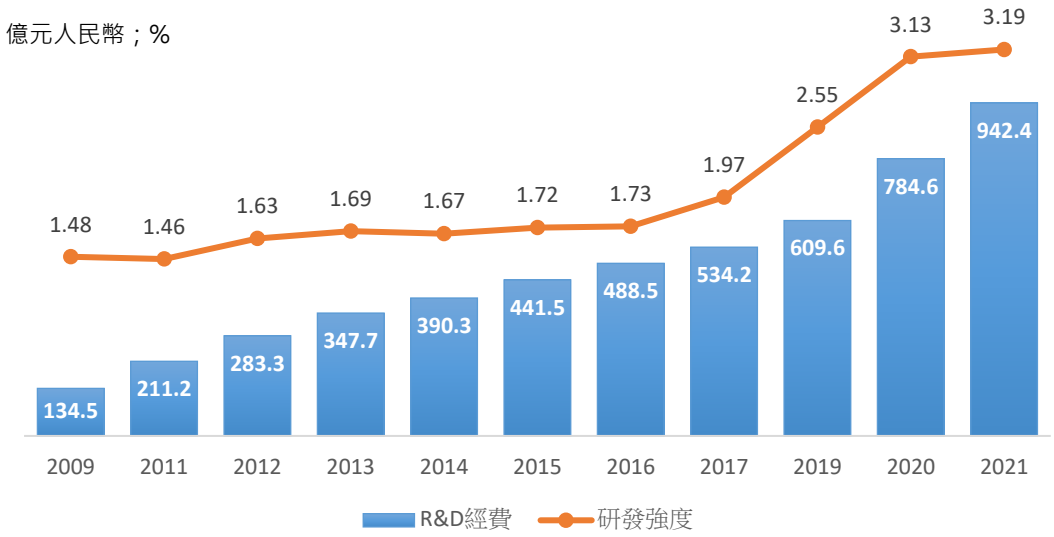
[22] DIGITIMES Research,「中美競逐產業主導力　3GPP 6G 標準牽動大國博弈」，2023 年 7 月 7 日。

[23] 自行計算 https://www.3gpp.org/

[24] Allison, Graham, Kevin Klyman, Karina Barbesino and Hugo Yen. (2021) “The Great Tech Rivalry: China vs the U.S..” Paper, Belfer Center for Science and International Affairs, Harvard Kennedy School, December 7, 2021.

(四)生技醫藥產業

《中國製造 2025》提出 2025 年製藥和其他高科技領域應提高核心材料國產化率達到 70%之目標，其後十四五規劃亦將生物經濟產業列為戰略新興及未來產業項目，並全力推動其朝自主化方向發展，近年投入醫藥製造業的 R&D 經費快速成長，值得一提的是，在 Covid-19 疫情全球肆虐後，該產業進一步得到重視，研發強度於 2020 年突破 3%，另依據產業資料庫預估，2022 年中國製藥業 R&D 經費已破千億達 1,189 億元人民幣，同年中國 1 類創新藥臨床申報達 944 種，上市申報達 40 種，獲批准達 21 種[25]，顯示生技產業蓬勃發展。



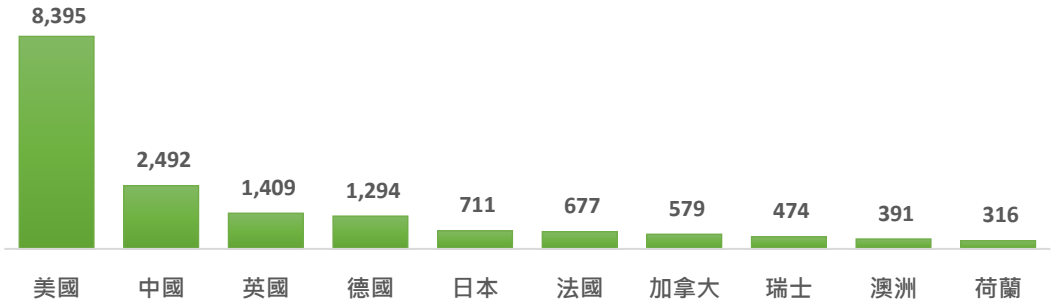
註：中國國家統計局未提供 2010 及 2018 年製藥業 R&D 經費，2022 年資料尚未公布。
資料來源：全國科技經費投入統計公報，自行彙整。

圖 10 中國製藥業 R&D 經費及研發強度

高強度研發投入下科學論文亦快速增加，2015-2021 年間 Nature Index 中生物醫學科學份額排名前五的國家分別為美國、中國、英國、德國和日本[26]，且 2022 年中國生命科學高品質論

[25] 藥智網，「近 3 年藥企研發投入 TOP 榜：百濟神州猛砸百億，恒瑞、複星緊追不捨」，2023 年 6 月 12 日。
[26] Nature Index. (2022). “The ebb and flow of the biomedical sciences in the pandemic era.”, Nature 612, S28-S29 (2022), Dec. 14, 2022.

文份額排名已衝至全球第 2，然其與美國的份額落差仍相當大；另統計 2021 年生物醫學科學文章份額前 100 名的學術機構，美國即占 51 家逾半數，中國 12 家排第二，其後瑞士、德國及英國分別有 6 家排名第三[27]，美國在論文量以及機構數皆有壓倒性優勢。



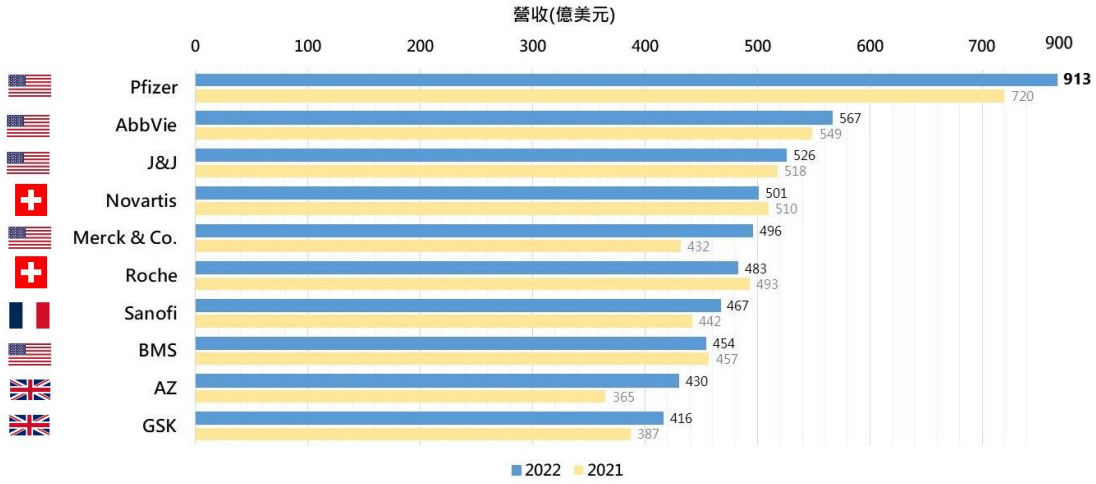
資料來源：Nature Index。

圖 11　2022 年生命科學高品質論文前 10 大國家份額

整體而言，美國在生物科技各領域皆占領導地位[28]，在利潤最高的生物製藥行業，全球營收排名前十大藥廠中有 5 家總部位於美國，中國則無廠商進入排名。疫情期間中國生技產業發展迅速，且成為全球少數在疫情發生後有能力自主研發疫苗的國家之一，然其自主研發的 mRNA 疫苗晚西方國家一年半推出，且至 2023 年 3 月才獲得官方批准緊急使用，其開發期程、速度相較西方同業仍落後許多，雖然此過程已推動中國生技產業快速累積經驗，惟其整體發展仍與西方有相當距離。

[27] Nature Index, “Leading 100 academic institutions” https://www.nature.com/nature-index/supplements/nature-index-2022-biomedical-sciences/tables/academic

[28] CSIS, “Degrees of Separation: A Targeted Approach to U.S.-China Decoupling”, Oct, 21, 2021



資料來源：Nature Review Drug Discovery, “Top companies and drugs by sales in 2022”, Mar. 7, 2023.

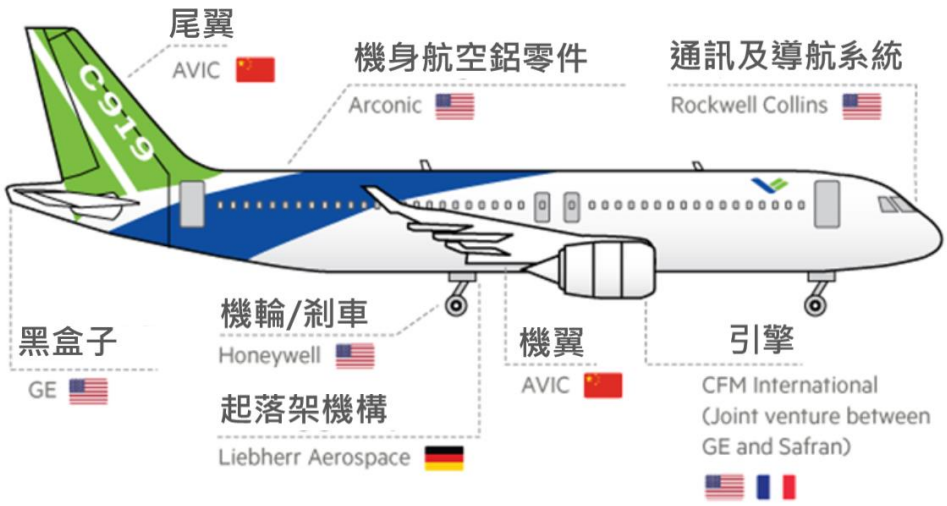
圖 12 全球銷售前十大製藥企業

(五)民用航空產業

2006 年中國將 C919 民用大客機項目列為國家 16 個重大專項之一，2007 年正式立項，2008 年中國商飛在上海成立，期間歷經各類審查、試飛等流程，參與機構橫跨 20 個省市，包括 200 多家企業、70 多所大專院校及 20 多萬人等，至 2022 年 11 月 29 日獲得生產許可證，並於 2023 年 5 月 28 日首飛，官方期許民用飛機可帶動產業集群，提升本土航空工業技術水準，並帶動經濟成長，依據公開資料顯示，中國商飛已接到逾 1,000 駕飛機訂單，預期中國民用航空產業將快速發展。

然而，製造 C919 過程中，中國仍高度仰賴外國企業產品及技術，檢視 C919 自製率後發現，其最重要的發動機及數百個關鍵零件仍由國外生產，美國公司占 C919 供應商近 6 成，另將近 1/3 公司來自歐洲。中國主要供應商僅有 14 家，且其中 7 家為中外合資企業，目前中國企業僅能生產周邊零件；此外，對外國供應商的依賴也表現在生產過程中的 Know-how 上，由於外國廠商具有數十年經驗累積，對於將各類零組件集成的過程擁有豐富經驗及知識，因此國際供應商不僅僅是提供零件，其在開發流程的參與和協助至關重要，無形中加深中國民用航

空產業對外依賴。



資料來源：Primrose Riordan, Sylvia Pfeifer. (2021). “China’s rival to Boeing and Airbus set to join battle for the skies”, Financial Times, July 8, 2021.

圖 13　C919 核心零件來源

表 5　C919 主要供應商國別統計

	美國	歐洲	亞太	中國	總計
機體	9(1)	6(3)	3(1)	8(3)	**22(4)**
航空電子設備	12(2)	1	1	2(2)	**14(2)**
電力系統	10(3)	11(4)	2(2)	2(1)	**20(5)**
零組件	14	4(1)	0	2(1)	**19(1)**
材料	3	4	0	0	**7**
Total	48(6)	26(8)	6(3)	14(7)	**82(12)**

註：括號內數字為跨國合資企業，總計數已扣除跨國公司重複計算部分。
資料來源：CSIS, “Degrees of Separation: A Targeted Approach to U.S.-China Decoupling”, Oct, 21, 2021。

由於目前 C919 製造過程中對外國高度依賴，因此較容易受美國的出口限制清單等外國關鍵技術轉讓規定打擊，另關鍵系統及零部件短期內無法達成進口替代，中國發展航空相關下游產業面臨風險[29]；然而中國仍具有獨特優勢，C919 定位瞄準

[29] Alexander Brown, Jacob Gunter, Max J. Zenglein. (2021). “Course correction: China’s shifting approach to economic globalization”, Berlin, Mercator Institute for China Studies(MERICS), Oct. 19, 2021.

空中巴士 A320 和波音 737 等最暢銷機型，預期未來 20 年中國國內民眾搭機需求將成長 3 倍[30]，加以中國航空公司多為國營事業，因此在政策指導之下，C919 在全球最大航空市場爭取訂單實非難事。因此，在一段時間內中國仍需依賴外國製造商產品和技術，然而龐大的市場規模足以支撐 C919 飛機的產業鏈，在持續製造飛機的過程中，中國將不斷累積控制系統、航空電子、新材料開發、甚或發動機等核心領域的經驗，隨著技術及經驗持續積累，高度依賴外國的情況可能會發生變化。

四、中國在具未來性關鍵技術領域發展概況

中國近年持續強化對具戰略性的未來科技投資，瞄準關鍵和新興科技領域持續進行研究，為了解目前主要國家在尖端科學領域的發展狀況，以及各國家在領域內的相對競爭力，澳大利亞戰略政策研究所(Australian Strategic Policy Institute, ASPI)近期分析七大領域中 44 項具未來性的關鍵技術，發現中國在多數關鍵和新興技術領域的影響力高於預期，44 項關鍵技術中有 37 項處於領先地位(詳下表)，並在 8 個科技領域有高度優勢，在 15 個科技領域有中度優勢，在 14 個科技領域優勢較低，美國則在 7 個科技領域勝出，未來國際技術領域中美兩強競爭的態勢已漸漸浮現。該研究使用三個主要指標，分別為：

1. 該領域前 10%被引用次數最多的論文：據以了解哪些國家發表的高品質、創新性和高影響力的研究成果最多。
2. H 指數[31]：用以分析學術成果的影響力，該研究收集 2018-2022 年間論文計算機構和國家層面的 H 指數，以反映近幾年內的影響力。
3. 該領域中一國擁有全球排名前 10-20 名的研究機構數量：

[30] Primrose Riordan, Sylvia Pfeifer. (2021). “China’s rival to Boeing and Airbus set to join battle for the skies”, Financial Times, July 8, 2021.

[31] H-index 係混合量化指標，可用於評估研究人員的學術產出數量與學術產出水平，計算方法是將學者或期刊發表論文依引用次數排序後，將序號與引用次數相互比對，會得出一個 H 值，代表有 H 篇論文被引用了 H 次以上。

用以說明其研究集中度和主導地位，依據各機構在前10%高被引論文數量進行排名。

表 6 具未來性關鍵技術領域主導國家和技術壟斷風險

科技	領先國家	技術壟斷風險	科技	領先國家	技術壟斷風險
尖端材料與製造			**能源與環境**		
奈米材料與製造	中國	高	發電用氫和氨	中國	高
塗料	中國	高	超級電容器	中國	高
智慧材料	中國	中	電動電池	中國	高
尖端複合材料	中國	中	太陽光電系統	中國	中
新型超材料	中國	中	核廢料管理和回收	中國	中
高規格加工工藝	中國	中	直接能源技術	中國	中
先進炸藥和含能材料	中國	中	生物燃料	中國	低
關鍵礦物提取和加工	中國	低	核能	中國	低
先進磁體和超導體	中國	低	**量子**		
尖端防護	中國	低	量子計算	美國	中
連續式流動化學合成	中國	低	後量子密碼學	中國	低
積層製造	中國	低	量子通信	中國	低
AI、運算與通訊			量子傳感器	中國	低
尖端無限射頻通訊	中國	高	**生物技術、基因技術和疫苗**		
尖端光學通訊	中國	中	合成生物學	中國	高
AI算法和硬體加速器	中國	中	生物製造	中國	中
分散式賬本	中國	中	疫苗和醫療對策	美國	中
高級數據分析	中國	中	**傳感、計時和導航**		
機器學習	中國	低	光子傳感器	中國	高
保護性網絡安全技術	中國	低	**國防、太空、機器人和運輸**		
高性能計算	美國	低	先進的飛機發動機	中國	中
尖端積體電路設計和製	美國	低	無人機、集群和協	中國	中
自然語言處理	美國	低	小型衛星	美國	低
			自治系統運行技術	中國	低
			先進的機器人技術	中國	低
			太空發射系統	美國	低

資料來源：Gaida, J., Wong-Leung, J., Robin, S., and Cave, D., 2023, ASPI's Critical Technology Tracker (The global race for future power): Australian Strategic Policy Institute, International Cyber Policy Centre, Policy Brief, Report No. 69/2023, 84 p. https://www.aspi.org.au/report/critical-technology-tracker

本研究使用之指標雖仍無法百分之百客觀評價一國在特定領域的技術競爭力，例如研究人員可能傾向引用自己國家的論文，使該國引用率大幅提高並影響最終評估結果，惟其仍相當程度反應主要國家在關鍵領域的實力，中國在部分技術呈壓倒性優勢，特別是奈米材料、超級電容器、電動電池等領域，全球排名前 10 的頂尖研究機構皆位於中國[32]，因此雖然多數領域

[32] Gaida, J., Wong-Leung, J., Robin, S., and Cave, D., 2023, ASPI's Critical Technology Tracker (The global race for future power): Australian Strategic Policy Institute, International Cyber Policy Centre,

優勢較小，整體而言中國展現的科技實力仍相當驚人。

美國及其盟友為因應中國技術實力崛起，未來可能會在研發、人才和商業化等領域聯合加大投資，由於這些國家在特定領域皆具有領先地位，聯合之後整體實力仍可能強於中國；然而，中國正積極利用舉國體制將資源投入主要戰略領域中，預先替未來技術競爭做準備，因此雖然技術尚未大規模商業化，一旦有重大研究突破，中國背後龐大的製造業能量可能迅速將研究成果轉化為商業產品，並取得優勢市場地位。

肆、中國推動技術自主之影響

一、美中技術脫鉤將加劇

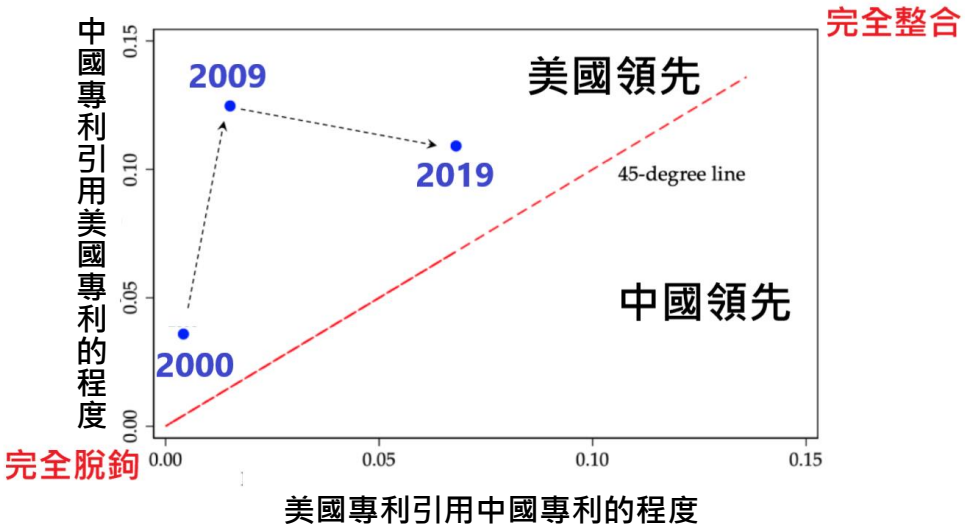
2018 年以來美國加大對中國技術管制力道，一連串的出口限制、制裁名單、人才流動管制，同時與荷蘭、日本協議擴大對中國出口管制項目，以及近期的投資限制等，全面圍堵中國科技發展的意圖明確，中國的因應方式便是更努力發展自身的技術體系降低對外國依賴；研究發現[33]，自 2000 年起中國專利引用美國專利的程度持續提高，對美國的技術依賴在 2009 年達高點後逐年下滑，2010-2018 年間持續減少，且近十年來中國在機器學習、神經網路、無人機、雲端運算和自駕車等新興技術領域，對美脫鉤程度開始提高；美國對中國的制裁及圍堵反而刺激了中國更往加獨立自主的方向發展，特別是在受制裁的上游領域，因此政策制定者最初決定施加制裁時設定的目標，很可能引發反效果。

中國國家主席習近平多次在重要演講時提及科技自立自強以及解決「卡脖子」問題，觀察中國這期間發布的政策及作為，

Policy Brief, Report No. 69/2023, 84 p. https://www.aspi.org.au/report/critical-technology-tracker

[33] Han, Pengfei and Jiang, Wei and Mei, Danqing, Mapping U.S.-China Technology Decoupling, Innovation, and Firm Performance (December 2, 2020). Columbia Business School Research Paper Forthcoming, Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=3779452

可以確認其將更積極推進技術自主的路線，顯示長期政策目標方向已確認；後續中國勢將推出更多政策措施加速技術自主，而美國及其歐洲和亞洲盟友則進一步擴大對中國的技術限制作為反制，循環往復下，美中技術脫鉤情況恐加劇。



資料來源：Han, Pengfei and Jiang, Wei and Mei, Danqing, Mapping U.S.-China Technology Decoupling, Innovation, and Firm Performance (December 2, 2020). Columbia Business School Research Paper Forthcoming, Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=3779452

圖 14　2000-2019 年美中技術脫鉤和依賴程度

二、對中國的影響 - 短期內中國半導體產業發展恐受阻

儘管中國投入大量資金推動本土半導體產業發展，其未來五到十年內實現自主半導體製造能力的可能性仍非常小，主因是獲得半導體製造設備和軟體的渠道有限，無法與頂級公司競爭，且缺乏完整產業知識，阻礙了自給自足供應鏈發展[34]。目前中國發展自主半導體產業供應鏈仍存在大量研發壁壘，最大瓶頸來自 IC 製造的設備及設計軟體，當前中國半導體產業僅能實現 90 奈米(為 2000 年代初期技術）完全自給自足，預期至 2023-27 年後方能慢慢提升技術，約落後於全球領先者 20 年；即便中國繼續創新，領先者亦將持續進步，因此技術差距恐將

[34] Foreign Policy, “Semiconductors and the U.S.-China Innovation Race”, Feb. 16, 2021.

持續存在，由於中國晶片行業處在被迫脫離全球市場的狀態，雖然近期業界隱約傳出正面消息，如華為 CEO 余承東 2023 年 8 月 4 日開發者大會上表示「回首望去輕舟已過萬重山，華為手機走在回歸道路上」[35]，引發各界揣測中國是否已有能力解決 5G 手機高階晶片的瓶頸，惟目前皆無法獲得證實，因此在目前情況下，中國短期內實現高階半導體產業自給自足有相當難度。

價值鏈環節		全球產業領導者	中國替代企業	中國業者落後年限
設計	EDA	Cadence, Synopsis and Siemens (all US)	華大九天	不確定
製造	晶片製造	TSMC (Taiwan) and Samsung (South Korea)	中芯國際	~10年(14-28nm)
	光刻機	ASML (Netherlands) and Nikon (Japan)	上海微電子	~20年(90-130nm)
	蝕刻設備	Lam Research, Applied Materials (US) and Tokyo Electron (Japan)	中微半導體	~15年(28-40nm)
	光刻膠	JSR, TOK, Shin-Etsu and Sumitomo (all Japan)	彤程新材、晶瑞電子、上海新陽	~20年(65-150nm)

資料來源：EIU, “Tech in China: chips will lag behind the world by 10-20 years”, Mar. 24, 2023.

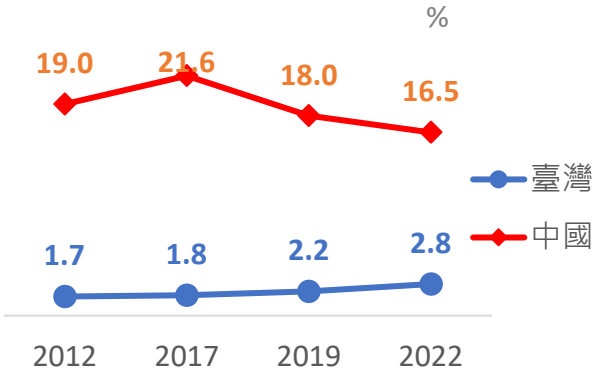
圖 15 中國本土半導體設備及軟體落後狀況

三、對台灣的影響

(一)短期有利臺灣出口

美中貿易戰及科技戰後，臺灣在美國進口市場及中國進口市場市占率均上升，特別是電子業及半導體成長幅度相當明顯，顯示在目前階段臺灣在貿易轉移效應中明顯受益，美中兩國自台灣進口占比皆上升，然而隨著地緣政治緊張升溫，美國對中國加大管控及限制力道，全球貿易結構勢必出現變化，由於臺系業者跟美系業者具有供應鏈合作關係，中國又是臺灣最重要的市場之一，美中兩國激烈競爭下臺灣廠商勢必受到牽連。

[35] 鉅亨網，「華為正式發布鴻蒙 4 余承東：華為手機走在回歸道路上」，2023 年 8 月 4 日。



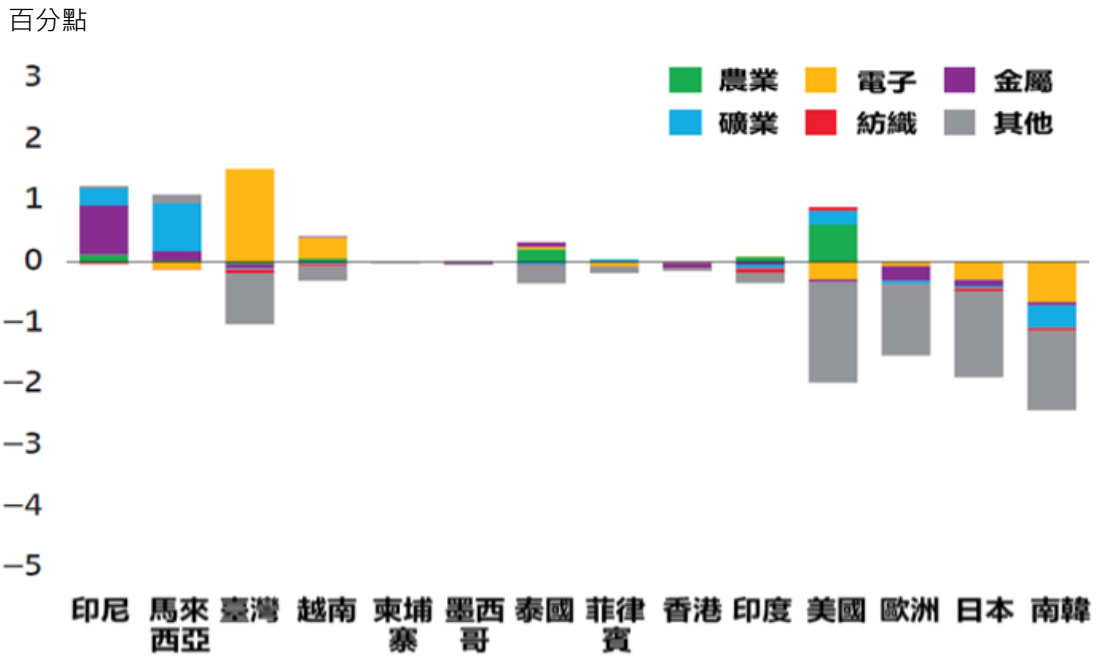
資料來源：財政部，自行計算。

圖 16 美國進口占比

資料來源：ITC Trade Map，自行計算。

圖 17 中國進口占比

目前中國產業尚處於全球價值鏈較低階位置，其出口仍依賴先進經濟體的中間財投入，包括自美國、日本、韓國和臺灣進口零部件和技術來生產出口商品，美中技術脫鉤下中國持續降低對美國依賴度，若短期內期本土產業鏈無法提供替代品，中國將尋找其他來源作為替代，因此 2018-2022 年間中國自美國進口份額減少 2 個百分點，其中電子與其他製造業進口，由臺灣、越南等地替代。



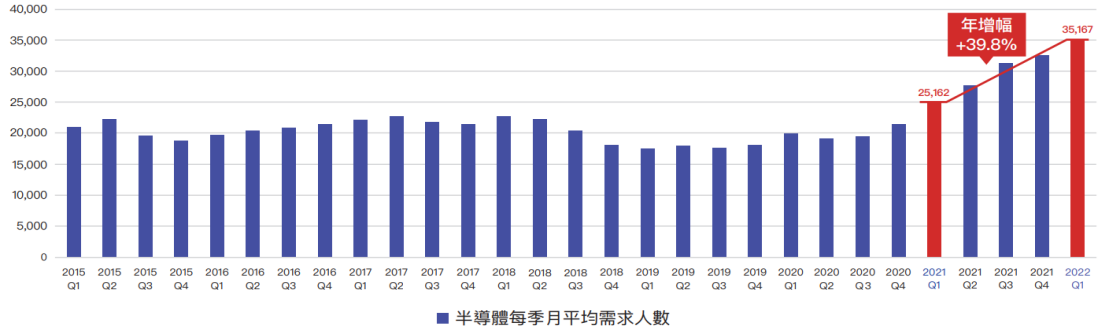
資料來源：WORLD BANK ,"EAST ASIA AND THE PACIFIC ECONOMIC UPDATE", APRIL 2023。

圖 18 2022 年中國進口份額相較 2018 年變化

(二)長期恐磁吸臺灣科技人才

雖然中國積極推動科技自主，然其科技人才長期不足，2022 年人才缺口 74.45 萬人，其中高階人才缺口逾 4 萬人，半導體人才缺口逾 20 萬人[36]，且到 2024 年半導體人才缺口將擴大到 23 萬人，其中 IC 設計和 IC 製造各缺 10 萬人左右[37]。由於美國對中國實施人才封鎖，因此中國勢必轉向其他國家獵才，且官方亦積極協助本土企業全球挖角並給予「補貼無上限」優惠，臺灣因具有同文同種優點，加以多年下來半導體上下游整體供應鏈發展完備，培養出半導體各生產環節的優秀工程師，孔直接受到大陸網羅全球半導體產業人才之影響。

另一方面，臺灣正面臨少子化、理工科畢業生人數逐年減少之困境，2020 年臺灣 STEM[38]領域的大學部畢業生人數相較 2012 年下降 20%至 65,770 人，同期 STEM 碩士畢業生下降 12%至 24,517 人，而 STEM 博士畢業生更是大降 29%至 1,752 人[39]；目前臺灣半導體產業缺工人數持續擴大，2022 年平均每月徵人需求成長 39.8%達 3.5 萬人[40]，在臺灣面對半導體人才供需缺口持續上升問題時，中國廠商的挖角恐使國內人才供應短缺的情況雪上加霜。



資料來源：104 人力銀行(2022)，「2022 年《半導體人才白皮書》」，2022 年 8 月 15 日。

圖 19 近 7 年導體產業徵才趨勢

[36] DIGITIMES，「中國半導體挖角策略再擴大　祭「真正國民待遇」搶人」，2023 年 3 月 30 日。
[37] EE TIMES China，「半導體人才缺口大，留住人才 ASML 有奇招」，2023 年 5 月 26 日。
[38] STEM 是科學(Science)，技術(Technology)，工程(Engineering)和數學(Mathematics)四大科目的英文縮寫，為近年來十分流行的跨學科教育體制，注重學生能夠培養解決問題及運用創新思維面對挑戰的能力，被認為是 21 世紀人才的必備技能。
[39] 關鍵評論，「半導體人才戰：劉德音示警，大學理工科學生三大危機，2030 年臺灣科技霸業能否延續？」，2023 年 5 月 22 日。
[40] 104 人力銀行(2022)，「2022 年《半導體人才白皮書》」，2022 年 8 月 15 日。

(三)臺灣半導體製造市占率恐下降

由於美國對中國半導體產業採取嚴格限制措施，中國半導體製造業轉向全力發展成熟製程(28nm 及以上)市場，國際半導體產業協會(SEMI)指出，2023 年中國市場的半導體設備出貨金額可望超越 300 億美元，中國在設備支出穩居首位並持續拉大與其他市場的差距[41]，特別是今(2023)年第 3 季全球半導體設備出貨金額減少 11%，而中國在美國、日本及荷蘭三方聯手管制先進設備出口下，半導體設備支出仍逆勢成長 42%[42]，顯示其全力發展半導體產業成熟製程的決心。

表 7　2023 年第 3 季主要半導體市場設備出貨金額統計

單位：10 億美元；%

區域	2023 Q3	2022 Q3	年增率
中國	11.06	7.78	42%
南韓	3.85	4.78	-19%
臺灣	3.77	7.28	-48%
北美	2.50	2.61	-5%
日本	1.82	2.55	-29%
歐洲	1.70	1.67	2%
其它	0.89	2.08	-57%
總計	**25.59**	**28.75**	**-11%**

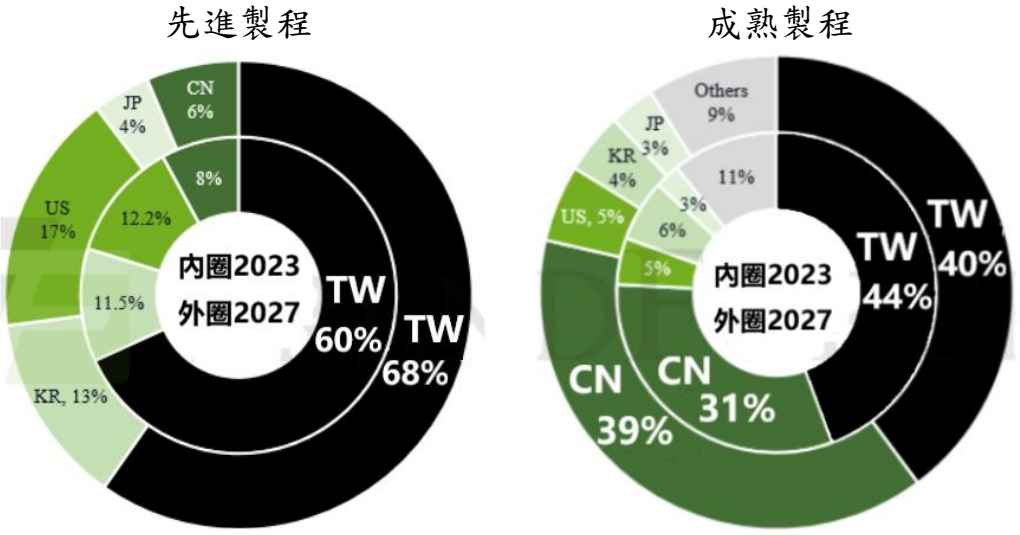
資料來源：SEMI，「全球半導體設備市場統計報告」，2023 年 12 月 4 日。

目前臺灣在全球晶圓代工領域整體產能占比約 46%，其後中國、南韓、美國和日本分別占比 26%、12%、6%及 2%，臺灣在先進製程(16/14nm 及更先進的製程)市場占比達 68%，7nm 以下的製程占比更高達八成左右，顯示臺灣在高階製程地位相當穩固。然而，隨著美國、日本、歐洲及中國積極發展本土半導體產業鏈，TrendForce 預測 2027 年臺灣在全球晶圓代工領域整體產能占比恐降至 41%[43]，而在高階製程更將因美國積極積

[41] SEMI，「2025 年全球半導體設備銷售總額可望創 1,240 億美元高」，2023 年 12 月 15 日。
[42] SEMI，「全球半導體設備市場統計報告」，2023 年 12 月 4 日。
[43] TrendForce，「中、美加強晶片自主，預估 2027 年台灣晶圓代工產能占比將收斂至 41%」，2023 年 12 月 14 日。

極招募台積電（TSMC）、三星（Samsung）、英特爾（Intel）等企業在其本土製造，臺灣市占率預計將由 68%降至 60%。

此外，由於中國較其他國家更為積極發展成熟製程，2027 年中國在成熟製程產能占比可能達到 39%，且當中國積極擴大產能下，若市場供過於求，很可能會出現削價競爭情況，將性質類似的臺灣廠商如聯電、力積電、世界先進等拖入降價競爭，甚或蠶食臺廠原有的市場份額，由於過去中國在面板等產業皆有發生大量生產、削價競爭、逼走競爭者之狀況，臺灣成熟製程領域的廠商所受衝擊或比預期更高。



資料來源：TrendForce，「中、美加強晶片自主，預估 2027 年台灣晶圓代工產能占比將收斂至 41%」，2023 年 12 月 14 日。

圖 20 半導體製造產業市占率變化預測

伍、結論與建議

一、結論

(一)美國對中國科技圍堵只會更強

為確保全球科技霸主地位，美國自 2018 年起對中國的科技限制措施陸續將中國指標性半導體企業列入實體清單，並在貿

易、投資及技術、供應鏈等方面實施制裁與管制，以斬斷陸企獲得美國關鍵技術、設備或智慧財產權之路徑，藉由限制高階晶片、半導體生產設備及軟體等措施，延緩甚或扼殺中國半導體產業，以及依賴高階晶片的 AI、5G 等產業發展。近年美國政府持續推出圍堵政策，並擴大聯合西方盟友共同絞殺中國科技業發展，顯示其對壓制中國科技產業發展之態度一貫且堅定，由於美國掌握諸多重要產業的領域多數 IP 及關鍵技術，或將推出更多限制措施，持續壓縮中國產業發展空間。

(二)中國技術自主困難與機遇並存

受美國科技制裁影響，中國體認到自身關鍵技術受制於人，在十四五規劃設定目標，朝市場、技術更自主的方向發展，以降低對外國科技及資源依賴；而近期俄烏戰爭後西方國家對俄羅斯的全方位制裁，更進一步強化中國技術自主的決心。經檢視中國在主要產業以及具未來性產業的技術自主程度發現，中國在半導體、航空及生技產業尚不具備優勢，AI 產業與美國落差較小，僅 5G 產業具有較明顯優勢，然其在標準制定方面話語權仍較小，未來中國在部分領域的技術能力雖可能所提升，然而離完全自力更生尚有一段路要走，且以美國為首的西方國家聯盟勢將持續圍剿中國，由於發展高科技產業需要大量時間、人力與資本投資，也取決於是否能取得必要的生產設備，面對諸多困難，預期中國尚需一段時間的技術積累以突破困境，且有可能在部分產業長期與領先國家差距明顯；然而，中國已著手為下個世代的技術做準備，並在新能源、材料等領域持續投入資源，因此中長期下中國技術自主程度或能否出現逆轉，後續仍有待觀察。

(三)臺灣科技產業面臨風險

壓制中國科技發展的同時，美國亦積極吸引高階製造業回流本土，為解決其自身半導體產業有關的國安問題，美國推動晶片法案以強化本土生產的供應鏈自主和安全，並持續擴大對

中國技術管制範圍，然其作為將帶動全球半導體板塊重新洗牌，臺灣掌握全球大部分高階晶片製造產能，短期影響有限，且可能因美國推動半導體產業去中化而獲得新訂單。

長期下，美中科技領域脫鉤恐導致全球產業鏈重組，中國將全力發展自主的技術、標準、規格及系統，國產設備替代亦會加速進行，目前中國國內主要設備商如北方華創微電子、盛美半導體設備、中微半導體設備、上海微電子等半導體製程設備相關業者已獲得政府支持，技術瓶頸突破後將逐漸導入生產線，加以中國本土企業未來恐將訂單轉向其本國供應商，以降低美國制裁及禁運之風險，一旦中國成功培育出本土產業鏈，臺灣科技產業除面臨更激烈的競爭，更可能會被逼出市場。

美中科技戰讓臺灣半導體業獲得發展契機，然而長期下面對中美兩大國技術脫鉤風險，臺灣須持續加強整體半導體供應鏈的競爭力，透過打造臺灣成為半導體供應鏈的韌性製造中心，以確保臺灣在半導體不可替代的地位，同時積極提升供應鏈多元化，以效降低技術脫鉤影響。

(四)臺灣需持續強化本土科技產業量能

臺灣具有晶圓製造全球第一、晶片封測全球第一、矽晶圓產能全球第二的優勢，面對全球主要國家皆積極發展本土半導體製造之挑戰，臺灣需更積極建立具競爭力之產業鏈，並由人才、製造、技術及資源層面全力支持廠商，以及協助廠商解決當前產業的主要痛點，針對人才供需缺口的問題，除了在大學教育階段擴大相關研究所、科技及學院，另可以引導產學深入合作，讓學校教育與產業需求成功對接，同時善用目前的就業金卡系統，積極向國際招攬高科技人才，確保半導體人才供應無虞。而針對半導體技術，需著眼 5 年甚或 10 年後產業脈動，產官學共同協力，加速佈局下個世代的半導體技術，以確保臺灣在全球高科技產業中的優勢地位。

目前政府在既有的 5+2 產業創新基礎上，推動「六大核心

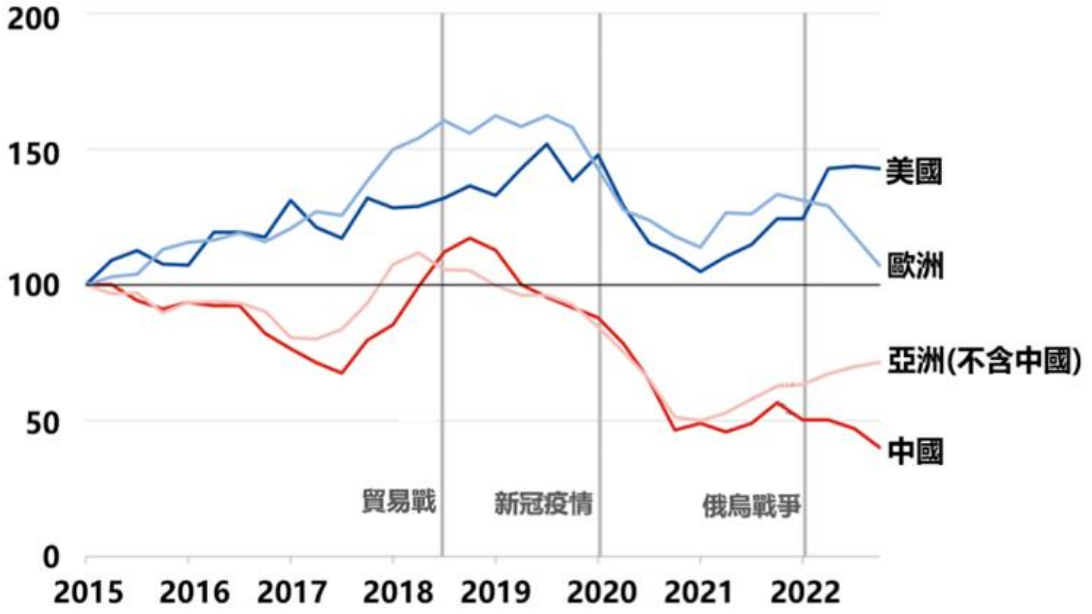
戰略產業」，目標是將臺灣打造成「高階製造、高科技研發、半導體先進製程、綠能發展」等四大中心，同時推出配套措施，如通過產業創新條例第 10 條之 2，針對先進的半導體研發提供賦稅獎勵等，以鞏固臺灣在國際供應鏈中關鍵地位。此外，考量臺灣科技人才已成為多國挖角對象，政府規劃產業政策應將技術安全、企業營業秘密等面向納入考量，以利長期維持臺灣在科技產業關鍵地位和並提高產業鏈韌性。

二、未來研究方向建議

(一)關注全球技術脫鉤對供應鏈影響

中國製造業供應鏈占全球 27%，且中國製造業產出占全球 34%，均居全球首位，尤其在 ICT、紡織、金屬及機械方面，其供應能力、產出能力均占全球 3 成以上[44]，顯示中國是重要的全球製造業中心。IMF 指出[45]，隨著地緣政治風險升高，規模大、利潤高且知識密集度高的企業對回流和友岸外包興趣急劇上升，企業和政策制定者考慮將生產轉移至政治偏好一致國家，避免供應鏈受地緣政治影響。隨著各國越來越關注地緣政治緊張和國家安全議題，近年外國直接投資更加分散，特別是疫後全球 FDI 較金融海嘯後期下跌，流向亞洲的 FDI 在 2019 年開始下降，與流向美歐之趨勢出現明顯差距，其中又以中國降幅最大，美國及歐洲地區則降幅較小，新興歐洲甚至出現正成長。目前全球 FDI 越來越集中於地緣政治觀點相似的國家，如美國 FDI 越來越集中在加拿大、南韓；反之對中國、越南等國投資明顯下降，此一趨勢後續將帶動全球供應鏈變化，值得持續關注。

[44] Ataman Ozyildirim, Erik Lundh, Xiaohui (Janet) Hao. (2021). Winners and Losers if Supply Chains Shift Away From China. The Conference Board, Dec. 9, 2021.
[45] IMF, “WORLD ECONOMIC OUTLOOK-A Rocky Recovery”, Apr. 2023.



資料來源： IMF, “WORLD ECONOMIC OUTLOOK-A Rocky Recovery”, Apr. 2023.

圖 20 近年全球 FDI 流向

(二)持續追蹤中國官方政策及科技自主發展概況

中國推動技術自主政策目標明確，因此即便目前中國在多項領域尚落後西方國家，官方仍將持續推出政策全力協助產業突破技術壁壘，尤其在美國聯合盟友全力技術圍剿的當下，中國以舉國體制朝同一方向推動，或可加快其科技進步腳步；雖然目前中國整體產業實力仍落後於已開發國家，然其在學術研究領域已取得部分成果，在科學論文的數量、品質及引用數皆有明顯提高，由於科學研究為後續技術發展的基礎，後續有助技術升級；此外，中國產業鏈具快速規模化應用之能力，關鍵技術突破後能快速實現大規模應用，臺灣多年累積的高科技產業優勢恐將逐漸被侵蝕，因此仍因密切關注中國科技最新發展。

(三)就全球高階人才議題進一步研析

就國家觀點，人才競爭力為反映國家實力的重要指標，特特別是掌握關鍵技術的高科技人才，除了為企業創造價，更能帶動整體產業生產力提升，預期 2025 年中國大學每年將培養逾 77,000 名 STEM 博士，美國則約 40,000 名，且近年中國培

養的博士生品質持續提高[46]，雖然目前中國 STEM 博士供應可能超過市場需求量，然而博士級研究人員是研究領域最重要組成，有助領導研究和開發工作以突破科技界限，因此一國博士畢業生品質與數量仍為為國家競爭力重要指標。隨著 AI、量子計算、生醫等未來產業發展，一國的 STEM 人才將成為國家戰略資產，下世代的人才競爭勢必更加激烈，目前中國為全球理工科畢業生人數最多國家，每年達 470 萬人，在龐大的人才庫存下或有從「質變到量變」的發展，有助攻克諸多科技難題並提升整體國家競爭力，是時或許全球技術強國的角色將出現翻轉，因此，後續研究可就全球高階人才的培養、畢業生來源、流動方向及庫存著手，觀察各國科技競爭力。

[46] Remco Zwetsloot, Jack Corrigan, Emily Weinstein, Dahlia Peterson, Diana Gehlhaus, and Ryan Fedasiuk. (2021). "China is Fast Outpacing U.S. STEM PhD Growth", Center for Security and Emerging Technology, Georgetown University, August 2021. https://doi.org/10.51593/20210018

參考文獻

1. Alexander Brown, Jacob Gunter, Max J. Zenglein. (2021). “Course correction: China’s shifting approach to economic globalization”, Berlin, Mercator Institute for China Studies(MERICS), Oct. 19, 2021.
2. Allison, Graham, Kevin Klyman, Karina Barbesino and Hugo Yen. (2021) “The Great Tech Rivalry: China vs the U.S..” Paper, Belfer Center for Science and International Affairs, Harvard Kennedy School, December 7, 2021.
3. Ataman Ozyildirim, Erik Lundh, Xiaohui (Janet) Hao. (2021). Winners and Losers if Supply Chains Shift Away From China. The Conference Board, Dec. 9, 2021.
4. Chris Woolston. (2023). "Nature Index Annual Tables 2023: China tops natural-science table" NATURE, June 15, 2023.
5. Chris Woolston. (2023). "What China’s leading position in natural sciences means for global research", NATURE, Aug. 9, 2023.
6. Gaida, J., Wong-Leung, J., Robin, S., and Cave, D.. (2023). "ASPI’s Critical Technology Tracker - The global race for future power", Australian Strategic Policy Institute, International Cyber Policy Centre, Policy Brief, Report No. 69/2023, 84 p. https://www.aspi.org.au/report/critical-technology-tracker
7. ISSCC. (2023). "2023 IEEE INTERNATIONAL SOLID-STATE CIRCUITS CONFERENCE" Retrieved from http://submissions.mirasmart.com/ISSCC2023/PDF/ISSCC2023AdvanceProgram.pdf
8. Nature Index Compare countries/territories. (2023). Retrieved from https://www.nature.com/nature-index/country-territory-research-output?type=share&list=
9. Nature Index. (2022). “The ebb and flow of the biomedical sciences in the pandemic era.”, Nature 612, S28-S29 (2022), Dec. 14, 2022.
10. Nestor Maslej, Loredana Fattorini, Erik Brynjolfsson, John Etchemendy, Katrina Ligett, Terah Lyons, James Manyika, Helen Ngo, Juan Carlos Niebles, Vanessa Parli, Yoav Shoham, Russell Wald, Jack Clark, and Raymond Perrault. (2023). “The AI Index 2023 Annual Report,” AI Index Steering Committee, Institute for Human-Centered AI, Stanford University, Stanford, CA, April 2023.
11. OECD (2021). “OECD Main Science and Technology Indicators. R&D Highlights in the March 2021 Publication”, OECD Directorate for Science, Technology and Innovation. www.oecd.org/sti/msti2021.pdf.
12. OECD (2023), Main Science and Technology Indicators, Volume 2022 Issue 2, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/1cdcb031-en.
13. OECD.Stat. (2023). "R&D personnel by sector and function" Retrieved from https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=PERS_FUNC (Aug. 20, 2023)

14. Primrose Riordan, Sylvia Pfeifer. (2021). “China’s rival to Boeing and Airbus set to join battle for the skies”, Financial Times, July 8, 2021.
15. Remco Zwetsloot, Jack Corrigan, Emily Weinstein, Dahlia Peterson, Diana Gehlhaus, and Ryan Fedasiuk. (2021). "China is Fast Outpacing U.S. STEM PhD Growth", Center for Security and Emerging Technology, Georgetown University, August 2021. https://doi.org/10.51593/20210018
16. Reuters, “U.S. export tightening slows advance of Chinese C919 jet -sources”, Sep. 27, 2021.
17. Ryan Fedasiuk, Alan Omar Loera Martinez, and Anna Puglisi. (2022). "Sustaining U.S. Competitiveness in Semiconductor Manufacturing", Center for Security and Emerging Technology, Georgetown University, March 2022). https://doi.org/10.51593/20210007
18. Sarah Ravi. (2021). “TAKING STOCK OF CHINA’S SEMICONDUCTOR INDUSTRY”, Semiconductor Industry Association (SIA), July 2021.
19. Scott Kennedy. (2020). “China’s COMAC: An Aerospace Minor Leaguer”,Washington, DC: The Center for Strategic and International Studies, Dec. 7, 2020.
20. Stefan Pongratz. (2023). “Worldwide Telecom Equipment up 3 Percent in 2022”, Dell’Oro Group, Mar. 16, 2023.
21. Stephen Chen. (2023). “China built more 5G base stations in 3 months than US did in 2 years”, South China Morning Post, July 20, 2023.
22. TrendForce. (2022). “U.S. Department of Commerce Again Imposes Restrictions on China, Expanding Scope of Sanctions from Logic ICs to Memory Sector”, Oct. 8, 2022.
23. World Bank. (2023). "World Bank East Asia and the Pacific Economic Update, April 2023: Reviving Growth.", Washington, DC: World Bank. http://hdl.handle.net/10986/39598 License: CC BY 3.0 IGO.
24. 吳伯軒 (2023 年)。中美競逐產業主導力 3GPP 6G 標準牽動大國博弈。DIGITIMES Research，2023 年 7 月 7 日。
25. 郭子菱 (2022 年)。中國將重心拉回製造業，以實體經濟推動國家發展， IEK 產業情報網，2022 年 1 月 28 日。
26. 中國資訊通信研究院智慧財產權與創新發展中心(2023 年)。全球 5G 標準必要專利及標準提案研究報告（2023 年），北京市：中國資訊通信研究院。2023 年 4 月。
27. 中國國家統計局(2023 年)。2022 年我國 R&D 經費突破 3 萬億元 與 GDP 之比達 2.55%。檢自 http://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202302/t20230203_1901730.html (2023 年 1 月 20 日)。

28. 中國國家統計局。全國科技經費投入統計公報 2009-2021。檢自 http://www.stats.gov.cn/sj/tjgb/rdpcgb/qgkjjftrtjgb/ (2023 年 8 月 10 日)。
29. 日本文部省科學技術與學術政策研究所(2023 年)。科学技術指標 2023（HTML 版）統計集。檢自 https://www.nistep.go.jp/sti_indicator/2023/RM328_table.html (2023 年 8 月 8 日)
30. 野澤 哲生(2022 年)。半導體オリンピックで驚きの異変、採択論文數で中國が王者米國を圧倒。日経クロステック，2022 年 11 月 22 日。
31. 日經中文網(2023 年)。中國科研論文繼續三冠王，本國引用多 FF，2023 年 8 月 9 日。
32. 芯思想研究院(2021 年)，大基金一期的投資成果回顧。檢自 http://news.eeworld.com.cn/mp/Icbank/a105330.jspx (2021 年 3 月 11 日)。
33. 國務院新聞辦公室，國新辦舉行 2023 年上半年工業和資訊化發展情況新聞發佈會，2023 年 7 月 19 日。
34. 钜亨網(2023 年)。華為正式發布鴻蒙 4 餘承東：華為手機走在回歸道路上，2023 年 8 月 4 日。