

美国《芯片与科学法》及其影响分析*

薛澜 魏少军 李燕 贺俊 罗长远 余振 杨荣珍

美国于2022年8月推出的《芯片与科学法》，试图重构全球集成电路产业链和创新系统，并推动全球半导体产业链和创新网络实现“美国中心化”和“去中国化”。该法对全球芯片企业形成了选边站队的压力，以芯片为代表的高科技产业链正由全球化、一体化的分工协作网络，走向本土化、区域化、并行化。该法还改变了美国科技政策的传统社会契约，对美国以及全世界的科技创新产生重大影响。面对美国的极限打压，中国应始终坚持高水平科技自立和开放发展的方向不动摇，超越传统的产业政策思维，建立并实施新型举国体制，完善自主开放的信息技术产业生态，在社会主义市场经济条件下加大创新投入。

关键词：芯片技术 科技政策 半导体产业链 创新网络 中美博弈

美国《芯片与科学法》与中美科技竞争

薛澜（清华大学公共管理学院教授/苏世民书院院长，清华大学中国科技政策研究中心主任）

2022年8月，经过18个月的努力后美国《芯片与科学法》获得通过，并由美国总统拜登（Joseph Robinette Biden）正式签署生效。该法部分内容源于2021年美国《国防授权法》授权支持的半导体研发和生产项目，但该项目实际上并未得

* 本文系国家社会科学基金重大项目“贸易壁垒下突破性创新政策体系建构研究”（项目编号：20&ZD108）、国家社会科学基金重大项目“全球产业链重构对全球经济治理体系的影响及中国应对研究”（项目编号：21ZD&075）、国家自然科学基金面上项目“中国外资撤资的动因、效应及政策研究”（项目编号：71873037）、教育部哲学社会科学研究重大课题攻关项目“中美经贸合作重大问题研究”（项目编号：18JZD034）、国家社会科学基金重大项目“‘一带一路’相关国家贸易竞争与互补关系研究”（项目编号：16ZDA039）的阶段性研究成果。

到拨款。随后，美国参议院和众议院分别推进立法进程。2021年6月美国参议院通过了《美国创新与竞争法》，2022年2月美国众议院通过了《美国竞争法》。在此基础上，美国参众两院积极推进《芯片与科学法》的制定，终于在参议院以64：33票、在众议院以243：187票获得通过。值得注意的是，该法尽管包含了不少产业政策的内容，与共和党的传统理念相悖，但仍然获得了17名共和党参议员和24名共和党众议员的支持。

该法包括三部分内容。第一部分是对芯片产业提供约800亿美元的资助，其中包括资助美国本土芯片制造和研发的527亿美元以及为芯片制造投资提供的价值约为240亿美元的税收减免。527亿美元的紧急补充拨款主要被用于支持四大基金，以促进芯片产业全链条发展：1) 以500亿美元设立“美国芯片基金”，用于芯片制造；2) 以20亿美元设立“美国芯片国防基金”，促进实验室成果及时转化为军事和其他应用成果；3) 以5亿美元设立“美国芯片国际科技安全和创新基金”，用于促进与国际企业的合作，建立安全可靠的半导体供应链；4) 以2亿美元设立“美国芯片劳动力和教育基金”，用于培育半导体行业人才。该法的第二部分提供约1740亿美元用于支持科学研究，第三部分则提供资金用于美国联邦最高法院及其成员的安保。

《芯片与科学法》涉及较大数额的科技资助，将对美国以及全世界的科技创新产生重大的影响，引起了全世界的高度关注。有趣的是，虽然该法的名称由两部分组成——“芯片”与“科学”，但各方的关注重点都是该法对芯片产业的影响，很少有人关注该法的科学部分。鉴于此，本文将重点聚焦该法的科学部分，重点分析相关背景、内容及其对美国科技创新和中美科技竞争的长远影响。

(一) 中美科技竞争的背景

第二次世界大战之后，《科学：无尽的前沿》^[1]这个报告的发布，加之冷战期间苏联发射“斯普特尼克号”人造卫星对美国形成的威慑，使得美国多年来对科学研究领域持续高额投资，研发投入占美国国内生产总值（GDP）的比重从20世纪50年代中期起始终维持在2%~3%。^[2]在20世纪的很长一段时期内，美国的研发投入总额超过经济合作与发展组织（OECD）中其他国家的研发投入总额，美国成为全球科技领域当之无愧的超级大国。但是，最近十多年来，随着欧洲和

[1][美]范内瓦·布什、[美]拉什·D.霍尔等著，崔传刚译：《科学：无尽的前沿》，北京：中信出版集团，2021年。

[2]根据相关数据整合分析得出。参见 American Academy of Arts and Sciences, *Restoring the Foundation, the Vital Role of Research in Preserving the American Dream*, Cambridge, Massachusetts, 2014。

东亚地区在科技创新领域迅速发展，美国的科技领先地位开始受到威胁，并引起了美国科技界的担忧。与此同时，美国联邦政府对研发的投入占美国全社会研发投入的比重也接近六十年来最低水平。

2007年，美国科学院、工程院和医学科学院联合发布的报告《超越聚焦的风暴：动员美国为更光明的经济未来努力》指出，美国作为全球科技领袖的地位面临挑战，其中既有来自国际上的竞争（包括欧洲和中国），也有来自美国国内的问题，报告还提出了一系列需要采取的措施。^[1]2014年，美国科学与艺术学院提交报告《修复基础——学术研究在维持美国梦中的关键作用》，再次提出警告：美国全社会的研发投入强度始终低于3%，在OECD国家中位居第十位；美国的创新体系处于一个关键时期，未来几年美国在科技领域的决策将对美国创新系统的未来产生深远影响。^[2]2020年，美国科学与艺术学院提交新的报告《自满的危险：美国科技处于转折点》，将其作为对2014年报告的更新版。^[3]这份报告直接把中国作为主要竞争国，比较了中美科技发展的一些主要指标，认为中国正在逐渐赶超美国（见图1），并警告如果不尽快采取行动，美国可能会丧失在科技领域的领先地位。

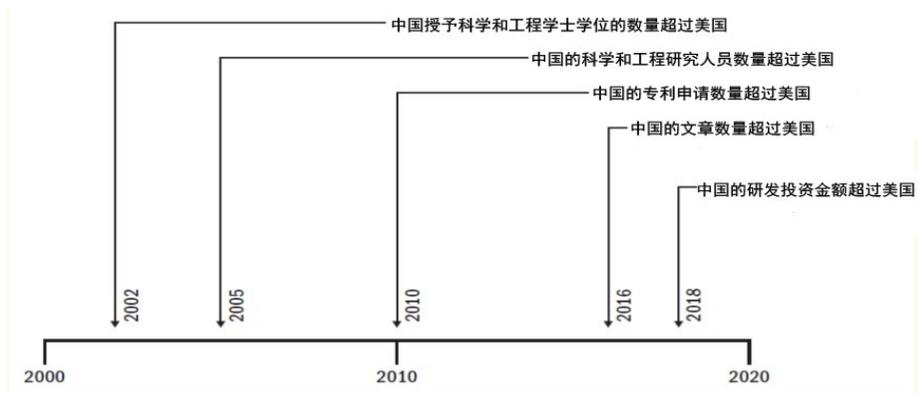


图1 中国在研发领域超过美国的时间线

注：图中数字均表明年份，如2000就是指2000年。

[1] National Academy of Sciences, National Academy of Engineering and Institute of Medicine, *Rising above the Gathering Storm: Energizing and Employing America for a Brighter Economic Future*, Washington, DC: The National Academies Press, 2007.

[2] American Academy of Arts and Sciences, *Restoring the Foundation, the Vital Role of Research in Preserving the American Dream*, Cambridge, Massachusetts, 2014.

[3] American Academy of Arts and Sciences, *The Peril of Complacency: America at a Tipping Point in Science and Engineering*, Cambridge, Massachusetts, 2020.

资料来源：American Academy of Arts and Sciences, *The Peril of Complacency: America at a Tipping Point in Science and Engineering*, Cambridge, Massachusetts, 2020。

除了美国科技领域权威机构的分析之外，一些具有影响力的学术研究机构 and 各类团体也纷纷出台相关研究报告。比较有影响的是哈佛大学肯尼迪政府学院艾利森（Allison Graham）教授团队撰写的报告《伟大的科技竞争：21世纪的中国与美国》^[1]和2022年9月由谷歌前总裁施密特（Eric Emerson Schmidt）牵头的特别竞争研究项目出台的《年代中期对国家竞争力的挑战》。^[2]艾利森团队选择了人工智能、5G、量子信息科学、半导体、生物技术和新能源领域，对中美两国在这些领域的发展态势进行了分析和预测。报告认为，中国在这些领域快速发展对美国在科技领域的优势地位形成了挑战，“在一些领域，中国已经超过美国，而在其他领域，根据目前的态势，中国将在未来十年超越美国”。特别竞争研究项目的前身是美国国会授权的人工智能国家安全委员会。特别竞争研究项目是在这个委员会的基础上，通过筹募私人资金来组织国防与科技专家开展研究，并把研究对象从人工智能拓展到其他前沿科技领域。《年代中期对国家竞争力的挑战》就是这个项目的第一份报告。这份报告的核心观点是，2025—2030年这个阶段将是中美科技竞争的关键时期，决定美国是否能够跟上科技竞争的步伐，如果美国未能赢得竞争，那么将对美国甚至西方整体社会的民主和生活方式带来巨大的威胁。报告分析了中美在三个具体领域（微电子、5G和人工智能）的竞争和对抗，认为美国的反应比较被动，美国私营部门和公共部门缺乏有效联系，而且技术发展与战略竞争脱节。

这些研究报告的研究方法和分析角度各不相同，有些根据现有数据进行大胆推测，有些在若干局部分析的基础上推及整体，还有些分析的臆想成分较重。这些研究报告背后的动机也各有差异：有的出于意识形态的原因，无法容忍中国科技可能与美国并驾齐驱的潜在前景而“必欲除之而后快”；也有的对美国科技政策多年徘徊不前感到失望，期待通过强调中国这个竞争对手的强大来激励美国当政者采取更加积极的科技政策。总而言之，这些研究报告反映了美国对于中国科

[1] Allison G. et al., “The Great Tech Rivalry: China vs the U.S.”, Harvard Kennedy School, Belfer Center for Science and International Affairs, 2021, <https://www.belfercenter.org/publication/great-tech-rivalry-china-vs-us>[2022-10-04].

[2] Special Competitive Studies Project, “Mid-Decade Challenges to National Competitiveness”, September 2022, <https://www.scspp.ai/reports/mid-decade-challenges-for-national-competitiveness/>[2022-10-05].

技术创新领域的迅速发展感到不安与焦虑，以及对可能丧失科技领先地位的担忧与恐惧。

（二）《芯片与科学法》中关于科技发展的内容

《芯片与科学法》的第二部分涉及科学政策，也就是研究与创新部分（Division B—Research and Innovation）。这部分主要包括七方面的内容，涉及能源部（Department of Energy）、国家标准和技术研究院（National Institute of Standards and Technology）、国家科学基金会（National Science Foundation）、生物经济研发（Bioeconomy Research and Development）、拓展科学的社会参与（Broadening Participation in Science）、科技条款的杂项（Miscellaneous Science and Technology Provisions）以及美国航天宇航局（National Aeronautics and Space Administration）。

该法涵盖的内容非常全面，主要针对美国联邦政府中涉及科技的相关部门提出明确的要求，包括支持的科技领域、批准的经费额度、执行方式和政策咨询机制等。同时，该法针对当今美国政府资助体系的机构缺失进行调整，如在国家科学基金会中增加新的部门——技术创新与伙伴局（Directorate for Technology, Innovation and Partnerships）来促进科学研究与经济结合。该法还针对重要的新兴研究领域进行部署，如对生物经济领域的研发做出具体安排。此外，该法还涉及促进科学教育、科学的社会参与、科技伦理、科技政策、技术转移等问题。当然，最受关注的还是美国国会在2023—2027财年对不同机构和不同领域批准的经费预算。虽然这些预算已经得到美国国会的批准，但具体操作还需要每年经过国会的拨款流程。下文对各个部门的预算进行具体分析（见表1）。

美国国家科学基金会的预算在未来五年将大幅增长，在450亿美元的基础上额外增加360亿美元。除了给美国国家科学基金会的日常资助增加160亿美元之外，还将200亿美元拨给新设立的技术创新与伙伴局，从而推动与美国经济安全密切相关的关键技术领域的研究和商业化，包括人工智能、量子计算、先进制造、6G通信和能源及材料科学等。同时，在给国家科学基金会的拨款中，还包括130亿美元用于支持科学、技术、工程和数学（STEM）领域的人才培养，其中包括建立全国的微电子人才培养网络和网络安全人才培养项目。

美国商务部的预算未来五年也会在原有基础上增加110亿美元，用于创建两个新的项目：投资100亿美元，在不同地区创建20个区域技术中心，以促进技术开发、创造就业、拓展美国的创新能力；投资10亿美元创建“再竞争实验项目”来支持贫困社区的经济增长。美国商务部下的国家标准和技术研究院也在50亿

美元的基准线之上额外得到了50亿美元的资助，用于支持其关于技术标准的研究，尤其是在量子信息科学、人工智能、网络安全、先进通信技术以及半导体行业等未来产业的前沿技术和标准开发，还会增加对制造业服务伙伴计划的支持，新设立制造业研究机构，建立国家供应链数据库，为美国制造业和中小企业提供各种技术和人才支持。

美国能源部的研究经费在原有374亿美元基准线上增加了305亿美元，达到679亿美元，主要用于能源领域的基础研究，包括材料科学与工程、化学、实验类生命科学、地球科学等。法律要求美国能源部在其核心研究项目中支持新一代能源储存、太阳能、氢能、关键材料、聚变、先进制造、碳去除以及生物能源技术等，同时还要求美国能源部在应对新冠肺炎疫情期间按时、按质、按预算升级科学设施。除此以外，该法还对美国航天宇航局提出了一系列要求，但未提供任何新的经费支持。

表1 美国主要政府部门科学预算汇编

关键项目	五年授权 (亿美元)	超基准线 (亿美元)
国家科学基金会 National Science Foundation (NSF)	810	360
国家科学基金会技术创新与伙伴局 NSF Directorate for Technology, Innovation and Partnerships (TIP)	200	200
国家科学基金会核心研究 NSF Core Activities	610	160
美国商务部 Department of Commerce (DOC)	110	110
区域技术中心 Regional Technology Hubs	100	100
振兴试点计划 RECOMPETE Pilot Program	10	10
国家标准和技术研究院 National Institute of Standards and Technology (NIST)	100	50
国家标准与技术研究 NIST Research	69	28
美国制造 Manufacturing USA	8	7

续表1 美国主要政府部门科学预算汇编

关键项目	五年授权 (亿美元)	超基准线 (亿美元)
制造业拓展伙伴计划 Manufacturing Extension Partnership	23	15
美国能源部 Department of Energy (DOE) *	679	305
能源部科学办公室 DOE Office of Science	503	129
能源部其他科学创新 Additional DOE Science and Innovation	176	176
总计	1699	825

注：*在能源部所有部门中，将17个国家实验室共147亿美元用于基础设施、设备和仪器；共计高于基准线授权165亿美元，用于科学办公室和应用研发办公室在先进能源和工业效率技术、人工智能和机器学习、先进制造业、网络安全、生物技术、高性能计算、先进材料和量子信息科学中确定的10个技术领域的研究。

资料来源：《芯片与科学法》中科学部分。

《芯片与科学法》的综合性部分涉及部门预算和项目之外的科技发展相关问题，包括对处于研究事业早期的研究人员提供支持、加强国家科技战略研究与分析、注重研究安全、加强技术转移、注重部门协调合作以及支持其他科技前沿领域。其中值得关注的是，美国国会对科技政策更加重视，要求美国总统科技政策办公室（Office of Science and Technology Policy， OSTP）每四年一次对国家创新现状进行回顾，向政策制定者、工业界、研究界和其他方面的利益相关者提供客观的数据和分析，识别未来发展趋势，并提出国家科技发展战略。

（三）《芯片与科学法》对中美科技创新的影响

《芯片与科学法》在美国国会历经多次拆分和融合，最终得以通过，短期内对全球芯片产业的影响巨大，而从长期来看，对全球科技创新的影响可能更加深远。

首先，该法得以通过表明美国已经形成一定的共识，即中国在科技创新领域的进步对美国在科技创新领域的全球领先地位构成威胁，美国必须全面提高科技创新能力来应对中国发展带来的挑战。这种共识从积极的一面来说，是美国政界对科技创新战略在国家发展中地位的新认识。这种新认识将有助于美国国会和美国政府在2027年之后延续对科技研发的积极支持，解决近年来困扰美国学术界

经费短缺的问题。这对于包括中国在内的全世界科技界而言，都是一件好事情。

但从消极的一面来说，这种共识可能延续近年来美国政界对与中国开展科研合作的敌视态度，在今后相当长的一段时间内给中美科研领域的合作带来巨大的阻力。从20世纪70年代末开始的中美科研领域合作对全球科研事业做出了巨大贡献。根据《自然》杂志2022年增刊“2022年自然指数五强”，中美双方互为彼此最重要的科研合作伙伴。2015—2020年，中美两国在自然指数追踪的合作论文数量由3412篇跃升至5213篇。然而2018年以来，两国学者合作文章的数量增速有所放缓。^[1]美国司法部于2018年启动“中国行动计划”来应对所谓的“中国威胁”，以及对在美华裔学者进行诬告和指控，这已经形成了“寒蝉效应”，极大地影响了在美华裔科学家的科研生态环境。“亚裔美国学者论坛”于2022年9月23日在其官网上发布一份报告——《卷入交锋：美籍华裔科学家们的恐惧》。^[2]报告中基于一项针对1300多名已经或有望在美国高校获得终身教职的华裔教师或研究人员的调查发现，大约61%的调查对象感受到较大压力，认为需要离开美国；45%的调查对象倾向于避免申请美国联邦政府的拨款；还有42%的调查对象对继续在美国开展研究感到恐惧。由此可见，阻碍中美科技合作不但会影响中国科技创新的发展，也会给美国甚至全球科技创新带来重大的损失。

其次，该法在国家政府如何支持科技研发活动方面呈现出里程碑式的跨越，改变了美国科技政策的传统社会契约——美国政府和社会给学术界提供经费、学术界通过学术自治的制度安排确定经费的使用方向和方式，同时也改变了美国政府对市场运行极小干预的准则。在该法中，美国国会抛弃了传统框架的束缚，改变了政府与科技事务的关系，非常明确地参与科研经费使用方向和方式的具体决策。例如，该法明确要求美国国家科学基金会设立偏向应用研究的技术创新与伙伴局，明确要求支持前沿技术研发、支持关键技术标准开发、设立区域技术创新中心、加强技术转移等，并提出落实政策的相关措施。这些措施如果单一地看，似乎没有很多新的内容，过去不同历史时期美国国会或行政当局都曾经采用类似的具体措施。但是，在一个法律中如此全面系统地同时采用很多积极干预的措施，在美国科技政策的历史上可谓前所未有。这种积极干预政策的具体执行对美国相关政府部门而言是很大的挑战，而对于美国整个国家创新体系是福还是祸，

[1] “自然指数：中国科研产出激增 中美科研合作保持韧性”，2022年3月，http://www.news.cn/2022-03/12/c_1128465199.htm[2022-10-01]。

[2] Xie Y., Lin X. H., Li J., He Q. and Huang J. M., “Caught in the Crossfire: Fears of Chinese-American Scientists”, <https://export.arxiv.org/vc/arxiv/papers/2209/2209.10642v1.pdf>[2022-10-02]。

则存在较大的不确定性。

最后，该法有比较强烈的保守意识，认为美国的研究活动面临较大的安全挑战和泄密风险，需要把美国的研究安全提到更高的位置。例如，在涉及美国能源部的部分中，单独设立了研究安全一节，要求能源部明确哪些国家属于安全高风险国家，据此开展科学技术风险评估，并对获得能源部支持的研究人员及时告知其可能触及的风险。在涉及美国国家科学基金会部分，明确要求基金会在主任办公室内设立一个不少于4位全职人员的研究安全与政策办公室，并任命1位首席研究安全官来统管协调相关事务，基金会必须在法律生效180日之内向美国国会汇报办公室的设立和运行。法律的第六部分再次专门列出研究安全部分，禁止美国联邦政府聘用的研究人员、合同制工作人员和访问学者等参与国外人才计划，禁止美国高校中申请联邦政府项目的研究人员参与国外“恶意人才计划”。这些措施正在给美国的科技创新系统架设一道道藩篱，对美国科研生态将产生严重的负面影响，对中美科技界的正常合作与交往也必将带来更大的阻碍。

（四）结语

《芯片与科学法》的实施对于美国国家创新体系将产生重大的影响。一方面，该法有很强的政策创新意识，将大大增强美国联邦政府对美国研发体系的投入，并通过各种政策措施提高美国科技创新领域的竞争力，促进技术转移和技术服务。这些措施如果实施得当，对全球科技创新领域会产生积极的正外部效应。但是我们也必须看到，美国联邦预算赤字已经多年不断升高，2027年之后美国联邦政府对科技研发的支持是否能够延续也不明晰。

另一方面，该法把中国作为美国科技领域的主要竞争对手，有针对性地采取各种措施在前沿科技领域与中国展开竞争，有意识地在美国科技界与中国科技界之间设置层层藩篱，将使已经障碍重重的中美科技合作雪上加霜，令人非常遗憾。直到今天，美国仍然不能看清全球科技发展的大势，不能正确对待中国和其他国家在科技领域高速发展的现实，坚持把科技创新领域作为国家间竞争的战场，使得本可促进全球科技创新更快发展的中美良性科技竞争可能转变为中美之间的战略消耗，对中美两国的发展不利，对解决人类社会共同面对的挑战也十分不利。我们期待美国各界的有识之士能够看到中美科技创新合作的潜力，看到中美科技恶性竞争的危险，推进中美之间加强沟通和协调，促使中美科技竞争与合作早日回到健康发展的轨道上。

美国《芯片与科学法》与中国半导体创新

魏少军（清华大学集成电路学院教授）

2022年8月，美国总统拜登正式签署《芯片与科学法》。《芯片与科学法》的出台，被认为是“数十年来美国政府对产业政策最重大的干预”，可能对美国产生有史以来最重大、最深远的影响。同时，由于该法有针对性地提出“禁止接受资金补助的企业在‘对美国构成国家安全威胁的国家’建造或扩大先进制程晶圆产能或升级设备”，中国成为该法重点提及的限制对象。此次立法被认为是美国首次通过制定法律有针对性地遏制中国半导体产业崛起，为美国与中国的地缘政治竞争提供长期战略支持。

（一）《芯片与科学法》的主要意图

《芯片与科学法》明确的总资金额度为2800亿美元，分五年执行。其中，美国为其本土半导体产业研发与制造提供527亿美元的资金支持，为在美国进行半导体项目投资的企业提供25%的税收抵免，即240亿美元左右的间接税收优惠。因此，未来五年内美国在半导体领域投入的政府资金接近800亿美元，势必对全球半导体产业格局和美国本土经济产生诸多影响，主要有以下体现。

一是促使美国半导体先进制造能力回归。《芯片与科学法》明确的总资金额度中接近3/4的部分直接支持了半导体先进制造业，显示出美国急于改变当前全球半导体先进制造能力集中于亚太地区的局面，目的是要扭转美国在全球芯片制造业中所占份额从1990年的37%下降到2021年的12%的趋势。依据以往积累的行业经验，美国《芯片与科学法》估计可带动高达1400亿美元的本土制造产能投资，增加60万~70万片/月的产能，这大致为全球先进制造产能总量的30%~40%，可望引导半导体制造业强势回归美国，提升其在全球的话语权。

二是对中国半导体产业崛起实施精准阻击。长期以来，美国先后通过巴黎统筹委员会和《瓦森纳协议》等对中国实施技术出口管制，而这次立法体现出美国对中国半导体产业的管制正向精准阻击与压制转变。《芯片与科学法》首次通过立法，有针对性地限制接受美国资金的半导体企业在中国扩建或新建先进半导体产能，以阻碍中国获取全球半导体先进制造资源，从而试图让中国与美国永远保持技术代差。同时，美国还拉拢日本、韩国和中国台湾成立“四方芯片联盟”，全面压制中国大陆的发展。美国希望通过这种“露骨”的精准制裁和围剿，将中

国大陆的半导体产业困在微利化的价值链低端，延缓或阻碍中国大陆半导体产业的技术升级。

三是对美国本土经济和就业的拉动。根据美国半导体行业协会的报告，半导体行业对美国经济具有6.7的乘数效应，即半导体行业在美国每雇用1个工人，可以间接支撑6.7个工作岗位，比所有细分行业乘数效应中间值高出接近一倍。^[1]半导体几乎对每个行业的供应链都必不可少，据统计，美国546个行业中有300多个行业需要采购关键芯片。因此，半导体对经济发展来说不可或缺。《芯片与科学法》明确的高达527亿美元的直接投资，将使半导体行业对美国国内生产总值的贡献大幅提升60%以上，并在2021—2026年帮助美国本土增加52.3万个就业岗位。

（二）对中国半导体创新发展的影响

美国利用其技术优势推动“去中国化”的全球半导体产业链重构，试图遏制和延缓中国半导体产业升级步伐，必然会对中国深度参与全球半导体价值链分工、持续获得全球化红利带来诸多不确定性。

一是技术升级阻碍加大。长期以来，中国一直将半导体产业作为关键基础工业重点扶持。经过多年发展，中国集成电路产业已经在中低端市场站稳脚跟，正在实施技术升级和产业模式转变。大量中低端产品浅层替代初步完成后，迫切需要攻关的是那些“卡脖子”领域的关键技术，以实现高水平的深度替代。显然，这对中国半导体产业的“外源式”创新提出了严峻挑战。美国半导体产业的优势是具备比较多的“原创式”创新。美国《芯片与科学法》出台和随之而来的对中国精准狙击和定点打压以及构建“芯片小圈子”，目的就是要阻断中国与欧洲、日本、韩国等进行尖端技术合作的通路，实现在尖端技术领域与中国“精准脱钩”。这将使得国际企业通过在中国投资带来的技术溢出和人才培养贡献有所减少，中国依靠“外源式”创新获得的技术提升机会将大打折扣，在集成电路关键领域实现追赶的阻力将显著加大。

二是人才引进难度加大。对半导体行业高精尖人才的“抢夺”一直是大国间博弈的重要着力点。《芯片与科学法》出台后，美国总统科技顾问委员会（PCAST）在华盛顿召开专题会议，建议为在微电子领域工作的高级学位拥有者

[1] Semiconductor Industry Association and Oxford Economics, “The Positive Impact of the Semiconductor Industry on the American Workforce and How Federal Industry Incentives Will Increase Domestic Jobs”, May 19, 2021, https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/05/SIA-Impact_May2021-FINAL-May-19-2021_2.pdf[2022-09-15].

申请国家利益豁免（NIW）移民提供加急审理，加上目前美国已出台的专门针对半导体人才的特殊签证绿色通道以及禁止人才外流等各项措施，表明美国在积极利用《芯片与科学法》颁布契机吸引国际顶尖半导体人才。而韩国、日本等国家和地区也发布了针对半导体人才的相关政策。由此可见，全球性的半导体人才资源抢夺大战已经开始，这将加大半导体行业的国际人才供给缺口。而美国对中国的区别对待和连续打压，也会阻碍半导体领域的尖端人才来到中国，对中国引进优秀的半导体人才形成更大的阻力。

三是市场不确定性加大。一直以来，集成电路产业的发展具有明显的周期性特点。新冠肺炎疫情暴发前，美国对中国特定企业实施制裁和“断供”，打乱了全球集成电路供应链体系的正常运转；而之后新冠肺炎疫情全球大流行，出现了全球性的芯片荒；拜登政府的“去中国化”政策进一步破坏了全球集成电路产业的分工合作。2022年，全球经济下行、乌克兰危机和欧美爆发高通胀带来的消费力下降以及国内新冠肺炎疫情反复不断，很大程度上抑制了投资和消费，全球集成电路供应从全面缺芯逐步转变为结构性过剩。这种主要由不确定性引发的集成电路市场供需关系快速转变有可能成为常态。因此，中国集成电路企业的生存和发展面临更多考验。

（三）应对措施与建议

大国竞争背景下的全球集成电路产业链重构正在加速演进，各国纷纷效仿中国，以“国家力量”推进集成电路产业发展，这也从侧面印证了长期以来中国坚定不移以国家意志发展集成电路产业的战略是完全正确的。只要进一步强化战略定力，建立并实施新型举国体制，在社会主义市场经济条件下加大创新投入，就可以有效应对全球集成电路价值链重构带来的挑战和风险，在大国竞争中立于不败之地。建议在以下几方面进一步完善。

一是在国家层面加大组织力度，调整主攻方向，既要补短板，更要锻长板。在继续做好“卡脖子”领域技术攻关的同时，重点支持中国具有优势的关键技术研发。考虑到《国家集成电路产业发展推进纲要》出台近十年，需结合当前形势和供应链的变化，对顶层设计进行调整，出台中国集成电路产业新的“十年计划”和到2035年的中长期发展规划，强化发展集成电路产业的国家意志。及时调整集成电路技术攻关中的组织形式和运行机制，建立强有力的中央指挥体系，变协调为指挥，变兼职为专职，变“讲公平”为“讲效率”，从而最大限度地减少管理开销、提高实施效率。在保证资金投入充足的同时，加大对资金使用情况

的监督，将有限的资金用在刀刃上，防止腐败。

二是强化人才培养和引进力度，全力解决半导体产业人才缺口。集成电路人才培养需要长时间的持续投入和积累，不应把集成电路人才培养的期望寄托在高校领导提高认识上，建议通过制度确保在教学、科研条件、实训基地建设、招生数量等方面，加大对集成电路科学与工程一级学科建设的经费投入和政策支持，从源头上增加行业人才供给。同时对参与重大专项集中攻关的领军人才和工程师，建立丰厚且完善的激励机制，以保障攻关的效率和连续性。

三是充分发挥国内超大规模市场优势，强化前沿新技术领域的“内源式”创新能力。大力开展新技术、新材料和新工艺的研发，在新型计算架构、芯粒（Chiplet）、异质集成等方面积极布局，围绕东数西算、双碳战略和新基建等改善民生和促进可持续发展的国家战略，采取“赛马”和“揭榜挂帅”机制，^[1]给予新技术“上场竞技”的机会，争取在新赛道上构建基础引领优势，降低对现有技术领域供应链的依赖。

始终坚持高水平自立自强和高水平开放发展 ——中国芯片产业发展面临的新形势及相关建议

李燕（国务院发展研究中心产业经济研究部研究员）

集成电路是信息技术产业的核心，具有基础性、战略性和先导性，事关国家安全和实体经济国际竞争力，因而也是各国在高科技领域的战略必争之地。日前，美国历史性地通过了总金额高达约2800亿美元的《芯片与科学法》，反映了政府强力干预来促进研发和制造回流美国以及强化芯片产业领导力的战略意图，同时法案中的补贴排他条款对全球芯片企业形成了“选边站队”的压力，干扰了全球芯片产业链的正常秩序，将对中国企业公平参与全球芯片产业链的竞争与合作产生不利影响。面对新的形势，中国应始终坚持高水平科技自立和开放发展的

[1] “揭榜挂帅”和“赛马”出现在《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》中。“揭榜挂帅”是指建立以需求为牵引、以能够解决问题为评价标准的新机制，让有能力、有担当的团队承担关键核心技术攻关等重点任务。该方式在“悬榜”“评榜”“揭榜”过程中，打破繁文缛节、条条框框，破除科研“小圈子”和论资排辈，在给予揭榜者充分信任和授权的同时，明确目标责任，强化问责考核，体现“奖优罚劣”“问责问效”。“赛马”是在探索“揭榜挂帅”机制、优化核心技术攻关体制中的新型项目组织方式，也就是，在项目立项时择优选择多家主体并行攻关，过程中进行阶段性考核、竞争性淘汰，让真正有能力、干得好的主体脱颖而出，以提高攻关的质量和效率。

方向不动摇，加快推动芯片产业创新发展，完善自主开放的信息技术产业生态。

（一）《芯片与科学法》引发的三点启示

一是美国政府及其产业政策始终是美国创新的积极参与者和推动者，尤其在百年变局之际，以举国之力推动有望重塑未来竞争版图的前沿领域创新，体现出其强化全球领先地位的战略意图。《芯片与科学法》源于《美国创新与竞争法》，并可进一步追溯到《无尽前沿法》《2021年战略竞争法》《2021年应对中国挑战法》等。内容除了投入约800亿美元用于补贴芯片研发制造和投资税收抵免外，重头戏是针对未来研究与创新的系统布局。未来五年，美国将大幅增加研究和创新资金约2000亿美元，用于支持基础研究以及航空航天、先进能源、生物技术、量子计算、网络安全、先进通信、人工智能、机器人等一系列关键和新兴技术研究与人才培养。拨款不仅将支持新技术的研发，也支持这些技术在美国实现商业化转化，从而推动美国在未来技术领域保持全球领导地位，并继续带动高收入就业岗位的增加。

二是随着大国围绕芯片等关键产业链的竞争博弈日益加剧，相关国家不惜动用国家安全条款、产业补贴等强力干预措施，使得以芯片为代表的高科技产业链正由全球化、一体化的分工协作网络走向本土化、区域化、并行化。集成电路技术复杂度高、产业链长，尽管美国是集成电路技术的发源地，但随着全球化不断发展，在经历了成本效率和市场驱动的几次产业转移后，基本上已形成了相关国家和地区各自发挥比较优势，产业链各环节高度专业化分工、全球一体化协作的格局。其中美国企业在芯片设计、核心IP及芯片设计开发工具（EDA）上具有领先优势，美欧日在核心设备和关键材料环节拥有绝对控制力。在先进工艺制造方面，尽管美国也有英特尔、美光、格罗方德等领先的垂直整合制造商或晶圆代工企业，但中国台湾、韩国的先进晶圆制造能力提升很快，尤其是全球10纳米以内先进制程已100%来自东亚地区（其中，台积电占92%、三星占8%）。在封装测试环节，中国大陆和中国台湾也逐渐形成与美国三足鼎立之势。因此，尽管2021年美国半导体公司的销售额占全球市场的46%，仍为全球最高，但制造产能的全球占比已从1990年的37%下降至12%。近年来，受新冠肺炎疫情等复杂因素影响，全球出现了芯片供应短缺，因此美国希望通过以补贴方式重建基于本土的半导体产业链，特别是提高对全球先进产能的掌控能力；同时，通过支持前沿技术研发，重塑其在全球芯片产业的领先地位。无独有偶，相关国家和地区近两年纷纷推出了打造先进芯片产业链的计划。欧盟于2022年2月发布了《欧洲芯片

法案》，提出将动员超过430亿欧元的公共和私人投资，在欧洲生产最先进、最节能的半导体，推动欧盟芯片产能由目前占全球的10%发展到2030年的20%。日本于2021年6月发布了《半导体数字产业战略》，2022年3月又实施了《半导体支援法》，计划在未来数年内向参与赴日建厂的海外芯片厂商提供数千亿日元的资金。韩国于2021年5月发布了《打造综合半导体强国——K-半导体战略》，计划未来十年内斥资约4500亿美元，2030年之前建成全球最大的半导体产业供应链。预计未来全球一体化分工协作的半导体产业链可能走向各自为战。

三是中国芯片产业面临的竞争合作形势正经历深刻的变化，保持供应链安全稳定、在开放发展中加快实现高水平自立自强是当前和未来一个时期的迫切任务。近年来，中国芯片产业面临的先进技术封锁和供应链管控不断升级，除了针对部分龙头企业的实体清单出口管制外，《瓦森纳协议》管控的项目清单相继增加了计算光刻软件、12英寸大硅片制造技术、第四代半导体材料、设计GAAFET^[1]结构集成电路所需的EDA软件等内容。近期关于向美国企业购买14纳米以下芯片制造设备以及先进制程计算芯片等新的出口管制措施全面升级。目前中国在芯片产业链各环节都已具有一定的基础，短期内这些措施的影响仍然可控，但保障供应链安全稳定的长期挑战仍较为突出。唯有坚持高水平自立自强，加快推进芯片产业链创新，健全和完善自主开放、安全可控的技术体系和产业体系，才能把发展的主动权真正掌握在自己手中。

（二）以高水平自立自强和高水平开放发展加快推动中国芯片产业高质量发展

建议瞄准当前芯片供应链安全稳定需求和面向更为长远的现代化战略目标，发挥市场经济条件下新型举国体制和超大规模市场优势，统筹利用好技术、市场、投资和政策资源，抓住当前阶段摩尔定律放缓而集成电路新架构、新材料、新封装等技术换道的机遇，协调推进前沿领域技术创新布局、供应链关键环节补短板和有条件领域锻长板，进一步深化开放合作，加快构筑符合中国各领域多场景数字化、智能化应用需求的系统性优势。

一是要更加重视加大对前沿领域和关键核心技术创新的支持，努力形成财政资金、社会资本、企业三方对芯片产业持续稳定、规模化的研发投入机制。半导体研究机构（IC Insights）的数据显示，2021年美国芯片行业研发投入达到805亿美元，约占全球的55.8%；中国研发支出仅占全球的3.1%，这表明中国实现先

[1] GAAFET是一种新的晶体管结构，目前主要用于3纳米及以下先进工艺制程的芯片研发设计。

进技术追赶的研发投入与美国相比还有较大差距。建议尽快启动新一轮科技重大专项，加快7纳米以内先进制造工艺以及第三代半导体、RISC-V架构、^[1]量子计算、先进封装等潜在颠覆性技术的联合攻关。可考虑实施更大力度的研发费用加计扣除或税前抵免政策，激励企业加大研发投入。强化产业发展基金的战略性功能，严格基金管理。拓宽社会资本共同投资渠道，鼓励中长期资本支持相关企业投入具有一定周期的补短板或前沿技术创新活动；支持更多符合条件的企业在科创板上市融资，完善投资和退出的良性机制。

二是在有条件的领域加快锻长板，积极培育能够满足多场景智能化应用需求的系统性优势。就芯片应用而言，中国具有市场规模大、应用场景多的优势。在14纳米、28纳米通用处理器芯片以及存储芯片领域，中国具备加大投资而形成产能、规模、质量和性价比优势的有利条件。在高铁、智能电网、光伏新能源等领域，中国具备整机和龙头优势，可系统推进专用芯片和系统应用。在人工智能、自动驾驶、物联网等新赛道，可考虑结合酝酿中的新的技术体系、新的技术平台，统筹谋划芯片设计、制造和系统应用，培育“以我为主、开放创新、标准兼容”的技术体系和产业新生态。

三是要加快突破供应链“卡脖子”关键环节，守住极端情况下的安全底线。EDA方面，支持龙头企业牵头推动创新和整合重组，通过“串珠成链”实现全流程突破。中高端光刻机、高端光刻胶等关键设备和材料方面，应当加快实现自主可控。对其他相关国家已明确禁售的先进制程设备、组件、材料等要统筹好产学研用资源，加快推进关键技术突破和应用验证。

四是始终坚持高水平开放发展的理念，深化与全球企业的供应链和市场合作。要创造良好环境，有效利用超大规模市场以及有关国家和地区对中国市场依赖度大的优势，吸引国外的供应链企业来华投资建厂。始终坚持加强知识产权保护，支持企业和民间层面进行互惠共赢的技术、人才交流合作，共同分享中国数字化转型的红利。要致力于将中国市场打造为数字经济的全球领先市场，通过深化改革和制度创新，实现以市场带技术、以应用促创新的高质量发展。

[1] RISC-V是一个基于精简指令集（RISC）原则的开源指令集架构。

以“找回产业竞争战略”应对美国“找回产业政策”^[1]

贺俊（中国社会科学院工业经济研究所研究员）

美国认为中国集成电路等战略性新兴产业快速发展是由于中国大规模采用了产业政策，因此，美国试图通过“找回产业政策”来遏制中国集成电路等战略性新兴产业的赶超。^[2]带有鲜明的“选择赢家”和直接补贴生产两个特征的《芯片与科学法》显然是美国“找回产业政策”一系列动作中力度最大的一次。中国在20世纪90年代曾一度放弃了对培育自主可控集成电路产业链的支持，导致今天中国集成电路产业发展滞后。2008年以来，中国集成电路在国家自主创新战略的指导下重拾发展势头，如今面对美国的极限打压，中国唯有制定更具洞见性的产业竞争战略，并以更有效的组织模式和政策体系将其付诸实施，才可能确保中国集成电路产业持续追赶，甚至实现超越。

（一）《芯片与科学法》推动全球集成电路产业竞争逻辑由企业间竞争向国家间对抗演变

《芯片与科学法》出台的基本背景是1991年《日美半导体协议》以后，美国集成电路产业全球领导力再次受到东亚国家集成电路产业崛起的挑战，本质是试图通过再次强化国家意志和国家力量对集成电路产业进行强力干预，促使集成电路产业的全球竞争规则朝着有利于美国的方向发展，推动全球集成电路产业发展的主导逻辑由企业间竞争向国家间对抗演变。

20世纪90年代以前，全球集成电路产业链的基本结构是美国基于垂直整合制造（IDM）模式的单极主导和美国全产业链内循环。20世纪90年代以后，随着以台积电为代表的晶圆代工模式的兴起以及以韩国三星等为代表的IDM路线的赶超，全球产业链向美国、东亚、欧洲多中心化和全球产业链大循环的方向发展，美国在底层软件（如芯片设计自动化软件）、芯片设计和大部分装备领域（全球超过50%的集成电路装备由美国企业研制）继续保持领先，但日本在基础

[1] 本文系国家社会科学基金重大项目“贸易壁垒下突破性创新政策体系建构研究”（项目编号：20&ZD108）的阶段性研究成果。

[2] 著名经济学家安妮·克鲁格认为，2021年美国颁布的《美国创新与竞争法》标志着美国开始动用广泛覆盖各个领域的产业政策来解决美国面临的经济和战略问题。Krueger A. O., “America’s Muddled Industrial Policy”, 2021, <https://www.project-syndicate.org/commentary/us-innovation-competition-act-misguided-industrial-policy-by-anne-o-krueger-2021-06>[2021-06-25].

材料和装备、中国台湾在晶圆制造、韩国在晶圆制造和动态存储、欧洲在极紫外光刻（EUV）等领域分别形成了各自的核心能力。更重要的是，中国大陆集成电路产业在自主创新战略的顶层统领和科技重大专项等产业政策的具体牵引下，实现了产业链总体“从无到有”、局部环节（如封测）“由弱到强”的快速赶超和突破，强有力地支持了中国大陆在数字经济领域与美国抗衡的状态。在这样的背景下，《芯片与科学法》的出台试图重构全球集成电路产业链和创新系统以及推动全球半导体产业链和创新网络实现“美国中心化”和“去中国化”。

（二）《芯片与科学法》对中国集成电路产业的主要影响是扼前路，而非断后路

《芯片与科学法》一方面通过向在美国投资半导体工厂和购买设备、半导体工人培训提供资金扶持或税收抵免，配合设立微电子共同基金，加强对集成电路研发和制造的支持，推动集成电路高端要素，特别是高阶制程（主要是5纳米及以下）制造能力向美国集聚，^[1]同时更有效地抑制台积电和三星对英特尔开展侵略性定价，全方位破解美国高阶制程晶圆制造能力和总体晶圆制造份额衰落的瓶颈。另一方面，《芯片与科学法》通过禁止获得美国联邦资金的集成电路企业十年内与中国进行任何“重大交易”或投资高阶制程芯片，迫使三星等企业“选边”，深化所谓“芯片四方联盟”（Chip-4）的利益联结和合作强度，抑制先进芯片工艺和技术落地中国，阻碍中国深度融入全球集成电路产业链和创新网络，达到高阶制程产业链“去中国化”的目标。

总体上看，《芯片与科学法》对中国集成电路产业的主要影响是扼前路，而非断后路。由于中国庞大的集成电路市场需求，完全贸易脱钩会造成美国、韩国和日本等国家和地区的企业产生巨额营收损失。因此，至少截至目前，《芯片与科学法》推动的中美集成电路产业链脱钩并不是全产业链脱钩，而是针对5纳米及以下高阶制程产业链的脱钩。这种高阶脱钩可能对中国晶圆制造龙头企业在高阶制程的赶超方面形成抑制作用，使得中国在既有技术路线上的7纳米技术提升、5纳米和3纳米技术突破面临更加严峻的挑战。然而，虽然在集成电路部分领域中国面临“卡脖子”困境，但一个重要的事实是，中国已经成为全球集成电路产业链体系最完整的国家，特别是已经形成了28纳米及以上较为完备的研发体系和生产制造体系，而目前全球约4/5以上的芯片是基于28纳米及以上的成熟

[1] 美国、日本、韩国和中国台湾占全球集成电路晶圆制造产能的份额分别为11%、15%、23%和21%。

制程来生产的，28纳米至7纳米工艺将在相当长时期内保持电子器件和数字应用主流工艺的地位。^[1]因此，《芯片与科学法》对中国集成电路高阶制程的打压，从供应链看主要影响部分消费电子高端机型开发和部分数字应用的发展，对中国电子信息和数字经济的打击并不是全局性的。考虑到高阶制程晶圆制造在美国落地投产至少需要五年以上的时间，而三星等领先企业随着半导体摩尔定律接近极限，其高阶制程开发的产业化速度也会放缓，因此，只要战略和政策得当，中国集成电路仍然拥有赶超机会。

（三）中国唯有塑造更加有效的产业竞争战略方可反制美国

宝贵的机会能否最终兑现为中国集成电路赶超的事实，取决于中国自身反制行动的有效性。面对美国的强势打压，中国唯有形成有效的集成电路顶层竞争战略，最充分地发挥自身的制度优势和政策优势，最大化地激发创新主体的创新抱负，最有效地整合利用国内外资源，才能在技术和产品处于绝对劣势的情况下实现追赶、甚至超越。在中国对美国反制和竞争的整个框架中，有效的产业竞争战略是中国集成电路产业能否变被动为主动的关键。遗憾的是，既有的经济学研究^[2]常常将国家间竞争简化为效率竞争，产业竞争战略在经济学研究框架中缺位，而这样的学术研究和政策建议也常常误导政府将注意力过度放在产业政策、贸易政策等“运营”层面的因素。在全球竞争秩序重构和中美博弈的背景下，中国的政策研究和学术研究亟需超越传统的产业政策思维，重新找回产业竞争战略，推动中国集成电路产业实现“战略制胜”。

中国集成电路产业战略制胜的前提是坚持战略定力，避免犯战略性错误。美国政府极限打压中国集成电路产业的目标是破坏中国在高阶制程领域的供应体系和知识网络，从根本上抑制中国集成电路产业发展的能力。当前虽然数字经济需求快速发展和短期进口替代为中国集成电路企业规模、收入扩张提供了增长动力，但企业漂亮的财务报表背后隐藏着技术能力持续提升路径被封堵的长期风险。集成电路属于技术高度复杂、研发强度和创新风险极高的产业，即便是美国

[1] 张心怡：“积极性应对全球半导体产业变局——访中国半导体行业协会副理事长、中国半导体行业协会集成电路分会理事长叶甜春”，《中国电子报》，2021年5月21日。

[2] 如萨缪尔森在研究中美贸易的福利影响时提出，如果中国通过学习技术以更快的速度提高生产效率，那么中美贸易会损害美国福利。而新贸易理论提出的所谓“战略性贸易政策”，实际上也仅关注关税、补贴等贸易政策和产业政策对一国效率和福利的影响，技术路线选择等真正决定一国产业发展方向和长期发展绩效的战略性因素在这些研究中是缺失的。参见 Samuelson P. A., “Where Ricardo and Mill Rebut and Confirm Arguments of Mainstream Economists Supporting Globalization”, *Journal of Economic Perspectives*, 18(6): 135-146, 2004.

也需要动用《芯片与科学法》来强化其企业的研发投入，作为后发国家的中国更需要政府持续大规模投入来弥补市场失败，并与快速增长的国内市场需求一起构成中国集成电路赶超的强大动能。要避免高速增长形成的光环效应，消除观望思想和各自为阵的状态，加快推动政府管理部门和产业界精英之间的对话，形成中国集成电路产业发展需要长期应对美国的战略共识，锚定中国集成电路赶超、甚至领先的战略方向和关键领域，加快推进科技重大专项、集成电路大基金等政策的紧密衔接和配套跟进，以产业持续高强度投入支撑产业持续跟进和赶超。

中国集成电路产业战略制胜的关键是形成战略方向明确、实施策略灵活的对美竞争战略。在既有鳍式场效应晶体管（FinFET）主流技术路线方面，加强技术赶超强度，逐步培育应用牵引的竞争优势。一方面，通过加强对本土企业的资金、人才、共性技术支持，加快实现“卡脖子”环节突破，特别是在14纳米、7纳米制程的设备、工艺和材料上实现关键技术攻关和商业化替代，努力缩短“卡脖子”领域的替代进程。另一方面，通过发掘中国在数字经济领域的独特应用场景优势，协调底层硬件、基础软件、材料、设备以及系统集成商和用户的研发、生产和应用，带动行业层面的整体能力提升，将中国在既定技术路线的局部优势逐步提升为系统级别的优势，推动中国集成电路产业在既有技术路线上由技术性替代向商业化替代迈进。

通过开辟新技术路线实现从“路径追赶型”向“路径创造型赶超”的跨越，力争形成对美国的非对称竞争优势。随着基于尺寸缩微的既有技术路线逐渐逼近摩尔定律极限，台积电、三星、英特尔等企业在既定技术路径持续保持绝对领先优势的难度不断加大。通过在全耗尽型绝缘体上硅（FDSOI）、三维晶体管及集成技术、芯片架构等新路径方面加大研发强度、强化需求牵引、完善创新系统，从根本上走出一条不依赖美国主导的既有供应链体系的创新路径。

中国集成电路产业战略制胜的保障是形成国内战略合力和全球战略牵引力。一方面，要通过全局协调，实现内部战略合力。中国移动通信产业赶超的经验表明，美国的制度体系虽然有利于突破性技术大量涌现，但如果中国在政府牵引和市场竞争过程中协同创新、统一推进，则完全有可能在“产业”层面实现对美国的竞争优势。^[1]可以预期，中国集成电路产业如果最终以弱胜强，一定是由于政府管理部门、企业、用户、科研院所、大学和金融机构在不抑制市场竞争的前提

[1] 贺俊：《政府在新兴技术产业赶超中的作用：产业政策研究的一个新视角》，中国社会科学院工业经济研究所内部报告，2022年8月。

下形成了强大的创新系统合力。在这个合作竞争框架下，政府通过构建统一组织体系实现了由“导航机构”承担的跨部门统一指挥和资源调动，^[1]统一指挥部门通过科技重大专项等有力的政策手段实现了对全创新系统研发、制造、应用、投融资活动的“全局协调”。另一方面，要通过调整全球合作战略，构建新的、不以美国为中心的全球创新网络。针对美国通过禁售、选边等策略“去中国化”的企图，在FDSOI等各国利益冲突最小的新赛道更早、更快、更有力地构建与国际社会更加“激励相容”的合作网络，充分发挥中国的需求牵引优势和技术优势，推动国际标准组织和合作机构发展，在新技术领域形成中国与全球，特别是与欧洲和韩国相互深度嵌入、多赢的研发和供应体系。同时，在技术和市场相对成熟时，鼓励中国企业以独资、合资、合作等多种形式在政治友好或中立的国家投资设立研发中心和工厂，进一步降低利用全球创新要素和市场的成本，构建多来源、多节点的“以我为主”的全球创新网络。

从国际投资和供应链的视角看美国《芯片与科学法》^[2]

罗长远（复旦大学世界经济研究所教授，中国世界经济学会副会长）

美国总统拜登在这个时点力推《芯片与科学法》，背后有兑现竞选承诺、中期选举考量、“中国威胁论”作祟、重塑供应链生态等多种因素的作用。该法对于来源于不同地方的芯片企业在中国的投资有不同的影响，美国诉诸“减中国”的供应链安排难以成功，而更容易获得共鸣的是“中国加一”的供应链模式。面对《芯片与科学法》带来的压力，中国要强化自主创新，抵制贸易保护主义，进一步夯实开放、包容、稳定和安全的亚洲供应链。

（一）《芯片与科学法》涉及中国的条款

《芯片与科学法》中直接涉及中国的条款为：“禁止获得联邦资金的公司在中国大幅增产先进制程芯片，期限为10年。违反禁令或未能修正违规状况的公司需要全额退还联邦补助款。”根据美国的表述口径，14纳米及以下制程属于先进制程，这意味着在中国进行涉及先进制程的投资将受到影响。在该法生效后不

[1] Öniş Z., “The Logic of the Developmental State”, *Comparative Politics*, 24(1): 109–126, 1991.

[2] 本文系国家社会科学基金重大项目“全球产业链重构对全球经济治理体系的影响及中国应对研究”（项目编号：21ZD&075）和国家自然科学基金面上项目“中国外资撤资的动因、效应及政策研究”（项目编号：71873037）的阶段性研究成果。编辑部给予了宝贵的评论和建议，智艳、初子怡、环宇翔在写作中提供了有力的帮助，一并表示感谢。当然，文责自负。

久，美国商务部工业和安全局（BIS）出台了配套性措施，将涉及第四代半导体材料、专门用于3纳米及以下芯片设计的电子计算机辅助设计（ECAD）软件等纳入出口管制中。

（二）《芯片与科学法》出台的动因

美国推出《芯片与科学法》具有多重考虑。厘清这些考虑因素，对于理解立法的来龙去脉及其影响具有必要性。依笔者看来，以下是美国出台《芯片与科学法》的主要考虑因素。

1. 兑现竞选承诺

拜登任职美国总统前公开发表的文章，列示了就任总统后的任务清单。^[1]拜登上台后采取的一系列措施，如召开“民主国家峰会”、重返《巴黎气候协定》、推出《基础设施投资法》、出台《芯片与科学法》等，都呼应了这一清单的内容。欧盟委员会在2022年2月公布了《欧洲芯片法案》，目标是到2030年，将欧盟所产芯片占全球不到10%的份额提高到20%。日本和韩国先后推出了《经济安全保障推进法》《国家尖端战略产业法》，也都瞄准了芯片产业。拜登力推《芯片与科学法》，既是其兑现竞选承诺的体现，也反映了其捍卫美国在技术领域霸主地位的决心。

2. 中期选举考量

美国将于2022年11月举行国会中期选举。由于新冠肺炎疫情冲击、乌克兰危机、通货膨胀，拜登政府面临很大的压力，很可能同时失去目前在美国参议院和众议院的多数席位，从而提前成为“跛脚政府”。在此背景下，拜登政府趁美国民主党在美国国会仍然拥有多数席位的情况下，加紧通过一系列法律，包括《基础设施投资法》（2021年11月）、《降低通货膨胀法》（2022年8月）、《芯片与科学法》（2022年8月）。尽管这些法律是美国两党妥协的产物，但是法律的通过对美国民主党和拜登政府而言都是利好因素。

3. “中国威胁论”作祟

随着世界经济格局变化，美国的不少政策调整都包含所谓的“中国因素”。在传统制造业领域，拜登政府延续了特朗普（Donald Trump）政府时期的政策，继续对来自中国的产品加征关税，巩固了在“铁锈地带”的票源，捍卫了美国民主党的基本盘；在先进制造业领域，拜登政府借助《芯片与科学法》，对中国形

[1] Biden J. R., “Why America Must Lead Again? Rescuing U.S. Foreign Policy after Trump”, *Foreign Affairs*, March/April, pp. 64–76, 2020.

成技术封堵，维护了“大厂”和“超级明星企业”的利益，有“挖共和党墙角”的味道；在基础设施领域，拜登政府则通过《基础设施投资法》，试图削弱中国在这一领域的优势地位。由此可见，美国针对中国采取的政策几乎全方位覆盖，从传统领域到现代领域，从基础设施到价值观贸易。《芯片与科学法》在这一大背景下出台，成为美国对华政策的一部分。

4. 重塑供应链生态

全球业已形成三大供应链网络，即东亚以中国为中心、北美以美国为中心、西欧以德国为中心的供应链网络体系。在半导体和芯片领域，以中国为中心（主要是应用）的供应链网络的互补性最强，轮廓也最清晰。因此，美国以建立价值观同盟、维护国家安全、降低对中国的依赖等为名，不断打压中国芯片产业发展，实质上是进行地缘政治博弈，重塑全球芯片产业的供应链生态，侵蚀中国（企业）和相关国家或地区（企业）的供应链关系。

（三）全球芯片产业的供应链版图

1. 美国的优势是设备提供、软件开发和芯片设计

芯片产业具有两个特点：一是投入大、回报周期长；二是薄利多销、需要大市场。芯片产业的发展肇始于美国。美国拥有一批实力雄厚的芯片企业，包括英特尔、高通、英伟达、博通、超微半导体、德州仪器、美光、西部数据等，不少企业兼具芯片设计和制造的能力。然而，随着禀赋结构、技术扩散、国际生产网络的变化，美国企业的优势更突出地体现在先进芯片的设计能力上。另外，在芯片设备的提供和相关软件（如EDA）的开发上，美国企业的实力也是遥遥领先。格芯是美国为数不多的总部位于硅谷的半导体代工厂。总体而言，美国的整体优势在于芯片产业上游，占据了增加值最高的环节，包括前端设备提供、相关软件开发以及先进芯片设计等。

2. 欧洲的优势是汽车芯片产业

欧洲一度位于芯片产业的领先地位，目前在汽车芯片产业仍然处于全球领先的地位，但先进制造则是其最大的短板。欧洲具有代表性的企业包括意法半导体、英飞凌、恩智浦等，这三大企业基本上控制了全球车用芯片市场。然而，尽管这些代表性企业在芯片行业具有重要地位，但是，它们都不制作先进制程芯片，错过了晶圆代工、智能手机芯片等的发展机遇期，在5G和人工智能等前沿科技领域也较为落后。

3. 韩国和中国台湾的优势是芯片制造

在东亚地区，日本一度位居芯片产业发展的前列，拥有东芝、瑞萨、东京电子等企业。但整体上看，日本在这一领域严重衰落，尤其是在芯片设计和制造上处于劣势，但在生产设备和化学材料的提供方面仍然具有一定的优势。韩国和中国台湾是芯片产业领域的后起之秀，韩国拥有三星、SK海力士、WONIK IPS、SK Siltron等代表性企业，这些企业兼具设计和制造芯片的能力，相较而言，制造能力更强。中国台湾则拥有联发科、台积电、日月光等代表性企业。与韩国企业类似，这些企业的制造能力更强，台积电在芯片代工领域更是独步全球。

4. 中国大陆的优势是应用

与美国、韩国和中国台湾相比，中国大陆最大的优势是应用。一方面，中国大陆有最大的市场，芯片作为“回报周期长”和“薄利多销”的产业，拥有规模庞大的应用市场非常重要。另一方面，中国大陆拥有差异化、多元化和动态化的市场：有手机、电脑、汽车、电子电器等应用芯片的庞大产业，涉及高端、中端、低端等不同等级的芯片，不同类型的芯片在中国大陆都有广阔的应用前景；拥有大规模的消费群体，因此很容易得到关于技术和产品应用的反馈，芯片迭代和升级速度也很快。与此同时，中国大陆在成熟芯片的设计上已经没有太多的障碍，但在先进芯片设计、设备和高精尖原材料提供、软件开发等方面，与美国等国家相比还有相当的距离。

总体而言，全球芯片产业已经具有一个相对成型的分工网络：美国擅长芯片设计、设备提供、软件开发和高精尖应用；欧盟在汽车芯片领域具有突出的优势；日本在生产设备和化学材料方面仍有一定的实力；韩国兼具芯片设计和制造能力；中国台湾擅长芯片制造，在代工领域独树一帜，而中国大陆的优势在于应用，得益于市场规模大和层次多元，在中国大陆的芯片应用可以得到及时的反馈，芯片更新迭代的速度很快。

(四) 对芯片产业国际投资和供应链关系的前景研判

《芯片与科学法》可能对芯片产业领域的国际投资以及由此形成的供应链关系带来深刻的影响。以下主要从三个角度进行分析：一是来源于不同地方的芯片投资企业；二是专注不同制程的芯片投资企业；三是芯片产业的供应链关系。

1. 来源于不同地方的芯片投资企业

1) 在中国大陆投资的美国和日本企业

作为推出《芯片与科学法》的国家，美国在芯片领域的跨国投资将受到直接

影响。首先，受到资金支持和税收优惠的影响，部分对外投资的美国企业可能回流到美国本土。其次，先进制程的芯片企业可能率先回流到美国。最后，涉及芯片产业链的企业，包括设计、设备、材料、软件、制造、封测等企业，也可能部分回流到美国。作为该法主要锁定的市场对象，美国企业对中国大陆的投资，尤其是涉及先进制程的投资受到的影响应该是最大的，或回流到美国本土，或转移至美国盟友境内。与此同时，作为美国的盟友、“印太经济框架”（IPEF）和“四眼联盟”（QUAD）的成员，同时也是“芯片四方联盟”的成员，日本在中国大陆芯片领域的投资也可能受到较大的影响，或部分回流到日本本土，或部分转移到美国和其他盟友境内。

然而，在中国大陆的外资大盘中，来自美国和日本的资本所占比例已经很低，美国和日本进一步调整资本去向，并不会产生“伤筋动骨”般的影响。2020年，按实际利用外资口径，美国占中国大陆外资利用的1.6%，日本占2.3%。与此同时，历经奥巴马（Barack Hussein Obama）、特朗普和拜登三任总统，美国已经在制造业尤其是在高端制造业回流方面做出努力，特朗普推动的“贸易战”更是加速了这一进程。基于这些政策，不少来自美国的高科技投资已经有所调整，并表现为“在岸（on-shoring）”“近岸（near-shoring）”和“友岸（friend-shoring）”。可见，美国早已针对中国大陆先进制造业供应链进行调整。《芯片与科学法》不是起点，也并非终点。

2) 在中国大陆投资的韩国企业

《芯片与科学法》中的“护栏条款”可能对韩国投资企业带来不确定性。首先，中国大陆是韩国企业投资的重要目的地，而韩国则是中国大陆外资的重要来源地之一，这一基本面不会因为《芯片与科学法》的出台而发生根本变化。2020年，在中国大陆实际利用的外资中，韩国的占比仅次于中国香港、新加坡和维尔京群岛。其次，在中国大陆芯片产业的外资中，以三星和SK海力士为代表的韩国企业占据重要的地位。《芯片与科学法》的出台只会强化中国大陆对包括三星和SK海力士在内的外资企业的重视程度，投资环境会越来越好。再次，在韩国芯片企业的全球布局中，中国大陆具有重要的地位，不会轻易受到《芯片与科学法》的影响。这种地位由两个因素决定：一是中国大陆拥有不可替代的市场规模优势，尽管中国大陆在芯片设计和制造环节不具有优势，但是中国大陆在芯片应用领域具有难以替代的优势，这是中国大陆吸引包括三星在内的韩国芯片企业的重要原因；二是中国大陆和韩国业已形成厚实的产业链、供应链和价值链关系。

中国大陆和韩国在包括芯片在内的一系列产业领域存在密切的供应链关系，韩国因《芯片与科学法》而舍弃中国大陆市场是不明智的行为，并可能引起两国在其他供应链关系上的不确定性。最后，美国针对韩国企业采取了“胡萝卜+大棒”的政策。据悉，美国可能对韩国在中国大陆投资的芯片企业给予有条件的豁免，允许三星和SK海力士为其在中国大陆的工厂进口美国设备。美国商务部给出的解释是，其针对可以制造比14纳米更先进芯片的设备出口管制措施，不会影响在中国大陆投资的韩国芯片制造商。^[1]

3) 在中国大陆投资的中国台湾企业

中国台湾企业投资中国大陆芯片产业可谓一波三折。之前中国台湾提倡的“戒急用忍”，就让中国台湾晶圆企业投资中国大陆困难重重。在《芯片与科学法》出台的背景下，中国台湾企业的动向可能介于美国企业、日本企业与韩国企业之间。与韩国企业相似的是，中国大陆的市场规模、中国大陆与中国台湾的供应链关系，是台资企业无法轻易放弃中国大陆市场的重要原因。台资企业一旦离开中国大陆市场，就会进一步催生中国大陆的本土企业，台资企业回到中国大陆的门槛也就会越来越高。这也是2021年4月台积电等台资企业在中国大陆增加芯片投资（尤其是在成熟制程上增加投资）的一个重要原因。^[2]由于美国的要素成本较高，台积电投资美国芯片产业获得回报的预期并不乐观。然而，由于美国把中国台湾视作牵制中国大陆的“棋子”，所以台资企业的布局将更多地受到地缘政治博弈的影响，而不单纯基于经济利益的考量。

2. 专注不同制程的芯片投资企业

从《芯片与科学法》的内容来看，不同制程的芯片受到的影响可能不同。第一，在成熟制程领域，中国面临跨越式发展的机会。一方面，本土芯片企业已具有相当的技术积累，势必会有更大的发展空间；另一方面，外资企业也不会轻易放弃中国市场，否则很难再回到中国市场。第二，在先进制程领域，中国面临的挑战和机遇并存。一方面，外资企业在中国先进制程领域的发展受到进一步的限制，外资规模和质量都会受到影响，这也限制和阻碍了“溢出效应”和“学习效应”；另一方面，《芯片与科学法》给中国本土企业进入这一领域创造了“弯道超车”的机会。

[1] “美国将豁免韩国企业，允许韩国在华芯片厂进口先进制造设备”，观察者网，2022年8月29日，https://www.guancha.cn/international/2022_08_29_655714.shtml[2022-10-01]。

[2] “台积电将在中国大陆投资28亿美元，以扩大汽车芯片的生产”，财经网，2021年4月27日，<https://new.qq.com/rain/a/20210427A0110A00>[2022-10-01]。

3. 芯片产业的供应链关系

美国借助《芯片与科学法》试图打造一个“排除中国”的芯片供应链关系，可被称作“减中国”。依据《芯片与科学法》的设计，美国会相对专注于高端芯片的设计和制造。但问题在于，高端芯片的应用较窄，尤其是如果相关应用仅仅局限于美国及其盟友所在市场，那么应用将受到更大的限制。如果希望高端芯片的应用尽快获得投资回报，那么中国是最具潜力的市场。总体而言，美国“一厢情愿”式“减中国”的供应链安排很难成功。

从中国在亚洲地区的供应链伙伴来看，更能获得呼应的是“中国加一”的供应链模式，也就是说，在供应链安排上并不单一地依赖中国。新冠肺炎疫情和乌克兰危机对全球供应链的冲击表明，在任何一个领域完全依赖一个国家的供应链并不可靠。对作为供给方的中国而言，伙伴国过于依赖中国同样是中国难以承担的责任。因此，无论是从中国的角度，还是从中国在亚洲地区的供应链伙伴的角度，一个可行也具有共识的供应链安排应该是“中国加一”：在成熟制程领域，是“中国加其他伙伴国”；在先进制程领域，是“中国加美国”。

（五）中国的政策选择

1. 强化自主创新

面对美国推动的QUAD、IPEF、Chip-4、《芯片与科学法》等一系列措施形成的压力，中国需要保持定力，继续做好自主创新的工作。从相关研究来看，遭受美国打压的领域很可能成为中国技术进步的活跃地。^[1]中国向芯片产业投入更多的资源，既是为了应对所谓的“卡脖子”问题，也是顺应发展阶段和禀赋条件的变化，从供应链下游向上游、从低附加值向高附加值环节攀升。在芯片产业内部，中国逐渐从成熟制程走向先进制程，从单纯注重芯片设计走向芯片设计、设备提供、软件开发、材料制备、晶圆代工等综合性的发展之路。然而，资源存在稀缺性，任何一个选择都有机会成本，中国在包括芯片产业在内的现代制造业发力，就不得不从传统领域适度抽离，包括将部分产业向亚洲其他国家和地区转移。同样的道理也适用于美国，投入更多的资源到芯片产业意味着它不得不从服务业和其他制造业抽出部分资源。因此，美国在强化芯片产业优势的同时，可能削弱在其他领域的优势。

[1] 罗长远、吴梦如：“美国出口管制、技术距离与企业自主创新：基于2010—2018年中国上市公司数据的研究”，《世界经济研究》，2022年第10期。

2. 夯实区域供应链

在美国力推排他性供应链的同时，中国应当维护亚洲供应链的稳定性，打造包容、开放和安全的区域供应链。中国之所以成为亚洲供应链的中心，得益于以下几方面：一是拥有庞大的市场规模、开放和便利化的市场环境；二是拥有优质的硬环境，包括基础设施；三是与亚洲周边国家和地区形成了互利共赢的贸易关系；四是与亚洲周边国家和地区形成了有层次感的垂直分工网络。如果这些条件没有变化，那么从经济层面看，亚洲供应链（包括芯片领域）依然前途光明。为此，中国需要做好两方面的工作：一是与亚洲国家一道，反对贸易保护主义，维护供应链稳定；二是继续做好改革开放的大文章，坚定地走“世界工厂”走向“世界工厂+世界市场”，让本区域的国家和地区分享供应链的果实以及中国经济发展的红利。

《芯片与科学法》对中国供应链安全及中美贸易的影响^[1]

余振（武汉大学美国加拿大经济研究所所长、教授）

《芯片与科学法》作为拜登政府“供应链战略”的重要组成部分，不但会对中国相关产业供应链安全产生直接冲击，还会深刻影响中美贸易关系的未来走向。

（一）《芯片与科学法》对中国芯片产业供应链安全的影响

在全球芯片产业供应链中，美国虽然在制造芯片领域的市场份额逐年降低，但在芯片设计、制造设备等环节仍占据领先优势。因此，《芯片与科学法》的实施将在短期内直接冲击中国芯片企业及其产业供应链上下游的相关企业，威胁中国芯片产业供应链安全。

第一，中国芯片产业供应链上游企业面临断供和技术提升受阻的风险。芯片产业的上游企业包括原材料及设备供应商，主要为下游生产商提供硅晶圆、光刻胶、单晶炉等材料和设备。《芯片与科学法》对芯片产业供应链上游的影响主要集中在原材料、设备供应以及技术升级等方面。其一，原材料断供风险。《芯片与科学法》中规定“受管辖实体不得参与协议中定义的任何涉及半导体材料扩展

[1] 本文系教育部哲学社会科学研究重大课题攻关项目“中美经贸合作重大问题研究”（项目编号：18JZD034）和国家社会科学基金重大项目“‘一带一路’相关国家贸易竞争与互补关系研究”（项目编号：16ZDA039）的阶段性研究成果。

的重大交易”，这些受管辖实体不限于中国企业，还包括其他受到关注国家的企业。^[1]由于芯片制造对原材料的要求较高，而中国目前使用的高端原材料大多从海外进口，所以，上述规定在一定程度上会阻碍中国芯片原材料的进口，中国甚至还可能遭遇原材料断供的风险。其二，设备供应不足的风险。《芯片与科学法》明确将在芯片制造设备等方面进行封锁，禁止将先进制造相关设备等资源给中国本土企业，同时美国商务部工业和安全局在2022年8月12日提出了对四项技术实施出口管制，其中就包括EDA软件等。由于中国芯片制造企业生产中使用的海外设备占比较高，如果从国外进口先进设备受到封锁，那么中国自身芯片制造势必受到影响。其三，技术提升受阻的风险。《芯片与科学法》规定中国企业在没有获得豁免的情况下不允许参与“美国制造项目”（Manufacturing USA Program）。^[2]芯片行业对制造原材料等技术要求比较高，而中国目前技术尚未达到国际先进水平，例如单晶硅片是制造芯片非常重要的原材料之一，中国制造的单晶硅片只能达到14纳米左右，而国外制造已经达到5纳米。《芯片与科学法》限制中国参与“美国制造项目”，阻碍中国通过合作学习先进生产技术。长此以往，中国的技术水平将与国际先进水平拉开差距，中国无法攻克“卡脖子”技术，芯片产业供应链安全性将大大降低。

第二，中国芯片产业面临生产难以为继、产业外流以及竞争力相对下降的风险。芯片产业主要包括芯片设计、晶圆制造、封装测试等环节，《芯片与科学法》对中国芯片产业的影响在以上各个环节均有体现。其一，先进制程芯片生产难以为继的风险。美国《芯片与科学法》中设置了“护栏条款”。该条款规定，接受美国资助的实体应与美国商务部签订协议，从接受资助之日起十年内，不得在中国等“受关注国家”新增或扩大产能。这就意味着接受美国政府补贴的公司无法在中国增产先进制程芯片。若在中国的外资芯片厂商的制程工艺未能及时升级，而中国目前尚未具备独立生产高端芯片的技术和能力，那么整个中国市场先进制程芯片的生产将受到影响。其二，芯片产业外流的风险。由于中美两国在芯片市场上占据领域不同，中国主要占据存储芯片、晶圆厂、封装、封测、原材料等领域，而美国主要占据芯片研发、设计和设备制造等领域。《芯片与科学法》通过补贴吸引芯片制造商在美国建设工厂，将带动部分生产制造环节向美国回流，中国芯片制造产业存在产业外流的风险。其三，芯片产业竞争力下降的风险。芯片

[1] 《芯片与科学法》第103条规定。

[2] 《芯片与科学法》第10263条规定。

行业较为特殊，不仅是知识密集型行业，也是资本密集型和人才密集型产业。美国《芯片与科学法》依靠政府的力量吸引芯片制造商流向美国，并禁止芯片相关企业在中国投资或者增产，将削弱中国芯片产业聚集高端生产要素的能力，进而导致中国芯片产业面临竞争力相对下降的风险。

第三，中国芯片产业供应链下游企业面临不同程度的断供风险。按照尺寸，可以将芯片分为成熟制程芯片和先进制程芯片。芯片产业供应链下游企业包括芯片零售商和使用者。由于不同类型企业对芯片制程的需求存在差异，中国芯片产业供应链下游企业受到《芯片与科学法》的影响也不尽相同。其一，使用先进制程芯片的中国企业存在较大的断供风险。使用先进制程芯片的企业的经营领域涵盖手机、人工智能、显卡等。《芯片与科学法》中“护栏条款”限制企业在中国建造或者扩大先进制程晶圆厂，导致中国企业获取高精尖芯片变得更加困难，日后将更加依赖进口。若发生突发外部事件，很容易出现芯片断供的现象，中国芯片产业下游的相关企业将受到明显不利的影响。其二，使用成熟制程芯片的中国企业也面临一定的断供风险。使用成熟制程芯片的企业的经营领域包括汽车电子、医疗、交通等。尽管中国在成熟制程芯片领域已经拥有一定生产能力，但是全产业链尚未完全国有化。当芯片行业遇到外部事件冲击时，其面临的断供风险也不容忽视。

（二）《芯片与科学法》对中美贸易关系的影响

中美两国是全球芯片消费的第一大和第二大市场，也是全球领先的芯片生产国，双方在芯片产业链中各有优势。鉴于芯片对于现代经济的巨大影响，美国《芯片与科学法》会对中美贸易关系产生重大的影响。

第一，中国芯片产业对美国的出口可能会下降。其一，对美国出口先进制程芯片可能较大幅度地下降。由于中国本土企业并不具备生产先进制程芯片的能力，目前出口的先进制程芯片主要以外国芯片制造商制造为主。《芯片与科学法》中的“护栏条款”阻碍了在中国的外国芯片制造商升级生产技术，使得中国先进制程芯片的生产能力可能下降，进而导致中国对美国的先进制程芯片出口下降。其二，对美国出口芯片制成品也会下降。当中国获取先进制程芯片变得更加困难时，中国的芯片制成品生产将受到负面影响，进一步冲击中国对美国的芯片制成品出口。其三，中国对美国出口稀土和镓金属等芯片生产原材料也会受到一定程度的影响。目前中国向美国出口的芯片制造原材料以初级原材料为主，主要包括稀土和镓金属等。中国拥有全球70%左右储量的镓、全球95%的稀土生产企业

以及完整的稀土产业链。尽管《芯片与科学法》并未规定接受补贴的企业不能从中国进口原材料，但是全球芯片生产受到的负面影响也会波及中国对美国出口稀土和镓金属。

第二，中国芯片产业从美国的进口也会下滑。《芯片与科学法》直接管控向中国出口相关产品，因此，中国自美国进口产品将受到比较明显的影响。其一，中国自美国进口高端原材料的数量会下降。《芯片与科学法》限制中国参与涉及半导体材料扩展的重大交易，这会阻碍相关企业向中国出口硅晶圆等制造芯片的高端原材料，进而导致中国减少从美国进口制造芯片的高端原材料。其二，中国也会减少自美国进口用于芯片生产的高端设备。《芯片与科学法》意图在芯片制造设备等方面对中国进行封锁，美国企业未经允许不能向中国出口可以制造先进制程芯片的设备。受此限制，中国自美国进口高端设备的数量将大大降低。其三，中国自美国进口的高端芯片也会减少。《芯片与科学法》通过补贴企业，促使企业将芯片生产重心转移至美国，从而提升美国芯片产业的实力，同时打压中国芯片市场的发展。在美国的限制下，中国自美国进口高端芯片会受到影响，从而使得中国企业可能陷入无芯片可用的尴尬境地。

第三，中美技术脱钩的风险进一步上升。《芯片与科学法》不仅对中美进出口贸易产生影响，更会对中美双方经贸关系产生巨大的影响。其一，阻碍中美在芯片领域的经贸合作。随着美国《芯片与科学法》生效以及随后密集推出了一系列限制中国芯片产业发展的政策，美国已经开始对中国芯片行业全面封锁，这不仅限制中国芯片产业的发展，而且在一定程度上阻碍中美两国在芯片领域的合作。其二，扩大中美科技脱钩的领域。《芯片与科学法》除了设置“护栏条款”来遏制中国，还针对中国设置了“研究安全”条款。^[1]这些条款提高了美国芯片产业向中国转移技术和产能的门槛，干扰了中美双方科技人才的交流，意味着美国开始在关键领域与中国逐渐“脱钩”。其三，加剧中美的科技产业竞争。《芯片与科学法》明确了美国几十年来少有的产业扶持政策，通过推行差异化产业扶持政策来吸引芯片制造环节回流美国，利用产业政策扰乱国际市场。《芯片与科学法》限制有关企业在中国正常投资以及中美间正常的科技合作，同时为防止中国获得更多先进的国外技术，将中美在科技领域的竞争焦点从技术层面上升到产业层面。芯片产业便是两国科技产业竞争的最主要战场。

[1] “研究安全”条款限制支持孔子学院等机构获取美国政府机构的研究资金。

（三）中国的对策

《芯片与科学法》对中国芯片产业上中下游均会产生影响，因此，为了应对《芯片与科学法》带来的负面影响，中国宜从芯片产业的上中下游着手，采取有针对性的对策。

第一，着力保障芯片产业原材料和设备供应。中国可以从不同国家进口制造芯片的原材料，例如，从日本和韩国进口硅晶圆，从而拓宽现有原材料进口渠道，避免由于政策原因造成原材料供应短缺。同时，设置相关基金来提高对企业创新的激励力度，促使企业在相关领域加强自主知识产权创新，强化企业科技成果转化，以及提高企业制造设备的能力。

第二，大力扶持芯片产业的龙头企业。中国应为龙头企业提供补贴以及相关细化方案来帮助其发展，支持芯片企业开展并购和产业整合，鼓励企业做大做强。特别是应当集中优势攻克多领域的关键核心技术，围绕芯片制造等重点领域实施战略新兴产业重大工程，提高本土企业芯片制造能力，掌握芯片制造行业的主动权。与此同时，细化产业发展政策，在芯片的设计、制造、封装等环节为企业提供有效的政策扶持，例如提供不同程度的减税或免税政策。

第三，吸引外国芯片制造商来中国设厂以及鼓励中国制造商到海外投资。中国应利用多边平台加强与其他国家或地区在芯片领域的合作，加深与其他国家或地区在芯片方面的经贸往来，鼓励企业通过合作学习芯片制造强国的技术与管理经验，给予芯片制造商一定的补贴。鼓励外国芯片制造商到中国设厂，引导外商投资流向高新产业，细化外商投资企业境内利润再投资政策。同时，鼓励中国芯片制造商到海外投资建厂，享受其他国家提供的相关补贴，扩展海外市场，最大限度地对冲美国《芯片与科学法》带来的负面影响。

第四，推进“卡脖子”技术的国产替代工程。中国应着眼全面布局基础研究，组织国家力量攻克技术难关，鼓励企业尝试改变技术路线，研发适合在5G、人工智能等新兴领域的专用芯片，在关键技术领域中“主动变道、弯道超车”，摆脱“模仿式”科技创新。同时，鼓励企业开拓科技合作与交流新渠道，打破对美国技术依赖的困局，加强与欧洲以及其他国家的科技往来，鼓励企业间科技合作，冲破政府间科技交流壁垒，做好应对中美进一步技术脱钩的准备。

美国《芯片与科学法》的合规性及其影响分析

杨荣珍（对外经济贸易大学中国WTO研究院教授）

（一）《芯片与科学法》的合规性

20世纪中叶半导体产业兴起之时，美国就实施了一系列产业支持政策，补贴形式主要以研发补贴、政府采购、税收优惠等为主。这些产业支持政策促使美国在半导体产业发展初期处于全球领先地位。之后政府采购形式逐渐退出，但由美国国防部、能源部、商务部等提供的研发补贴则持续为美国半导体产业提供支持，重点支持前期的基础科学研究和技术开发。美国地方政府除了对研发环节进行补贴外，还包括部分生产补贴，主要通过税收减免的方式进行。

《芯片与科学法》对美国半导体产业提供527亿美元的资金补贴，这是美国近年来在国家层面上直接对半导体产业进行的最大规模资助。与以往情况不同，《芯片与科学法》明确的资金补贴中，虽然有部分资金会被用于支持研发，但绝大多数资金会被直接投向产品的生产制造；补贴形式则以设立若干“基金”为主，其中规模最大的“美国芯片基金”（500亿美元）主要以财政拨款的形式被投向半导体制造、组装、测试、先进封装或研发。根据现行国际经贸规则，《芯片与科学法》存在若干合规性问题，该法的实施将产生扭曲市场竞争的后果。

1. 构成可诉补贴与禁止性补贴

世界贸易组织（WTO）管辖的《补贴与反补贴措施协议》（SCM）主要约束成员对国内产业进行的补贴行为。SCM将补贴分为禁止性补贴和可诉补贴：禁止性补贴包括出口补贴和进口替代补贴；可诉补贴的构成要素则是，成员方政府或公共机构提供财政资助或其他任何形式的收入或价格支持，并且提供的补贴专门针对特定的企业、产业或地区，即具有“专向性”。WTO严格禁止各成员实施禁止性补贴，而允许实施可诉补贴，但如果其实施对其他成员利益造成不利影响，那么可能构成违规补贴。与之对照，《芯片与科学法》中的多数措施构成可诉补贴，甚至涉嫌构成禁止性补贴。

芯片基金的主要来源是美国的财政拨款，较少部分来源于贷款或贷款担保，此外还有对芯片产业的税收优惠，其资金来源、资助形式均符合SCM界定的政府补贴。而且，对芯片产业的资助明确排除其他产业领域，符合SCM对补贴专向性的要求，构成了可诉补贴。顾名思义，可诉补贴只是具有了可能被质疑的条

件，并非所有的可诉补贴都是被禁止的。根据 SCM 规定，其他成员方一旦能够证明可诉补贴对其造成了不利影响，就可对其合规性提出挑战。根据 SCM 的规定，不利影响主要包括进口国产业因与受到补贴的进口产品不公平竞争而受到损害、出口国产业因得到补贴削弱了其他成员方的产品进入提供补贴成员市场的竞争力、受补贴产品在第三国市场中取代或阻碍另一名成员同类产品的出口等。事实上，根据美国政府发布的说明文件，^[1]该法已经初步显现了一些影响，如美光已宣布对内存芯片制造进行 400 亿美元的投资，这将使美国在内存芯片市场的份额从原来的不足 2% 提升到未来十年内的 10%；高通也宣布在美国纽约扩建芯片工厂，在未来五年内将其在美国的半导体产量提高 50%。从其他成员方的角度来讲，这些处于全球领先地位的半导体企业在美国补贴政策的刺激和支持下扩大生产，无论是其他成员方产品进入美国市场，还是这些企业产品进入其他成员方市场，都势必构成不公平竞争，从而对其他成员方造成不利影响。

《芯片与科学法》虽然没有直接提到进口替代（即要求购买美国国内产品），但其明确支持企业在美国国内生产产品，这在事实上激励企业将芯片生产转移到美国国内，从而减少和替代芯片进口。因此，这一措施还涉嫌构成 SCM 所禁止的进口替代补贴。

2. 违反非歧视原则

非歧视原则是 WTO 的基本原则之一，其要求成员方在实施某种优惠或者限制措施时，不应对其他成员方实施歧视待遇，包括要求对所有成员方提供同等待遇的最惠国待遇原则和对国内外产品、服务提供同等待遇的国民待遇原则。美国《芯片与科学法》明确规定，除了个别例外，受资助实体在未来十年内不得在中国等“受关注的国家”进行生产和研发的扩张活动。这一具有歧视性的针对中国等国家的“护栏条款”，严重违反了 WTO 的非歧视原则。此外，这一规定还涉嫌触发 SCM 第 6 条严重损害条款，即“补贴的结果是排斥或阻碍另一成员某一同类进口商品进入实施补贴的成员市场”。

鉴于《芯片与科学法》存在上述合规性问题，中国可以采取以下反制措施：1) 对于获得补贴后生产的芯片产品进口，可以通过调查后采取反补贴措施来维护公平市场竞争秩序；2) 对于明显违反 WTO 规则的进口替代补贴、违反非歧视

[1] The White House, “Fact Sheet: CHIPS and Science Act Will Lower Costs, Create Jobs, Strengthen Supply Chains, and Counter”, August 2022, <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/08/09/fact-sheet-chips-and-science-act-will-lower-costs-create-jobs-strengthen-supply-chains-and-counter-china/> [2022-09-22].

原则的歧视性补贴措施等，可以直接向WTO争端解决机构提起诉讼；3）对于可诉补贴措施，可以在收集受到不利影响的充分证据后向WTO争端解决机构提起诉讼。

（二）《芯片与科学法》带来的影响

半导体产业具有高复杂度、高研发投入和高资本投入并存的特性，任何国家或地区都无法独立支撑整个半导体产业链。具体来讲，半导体产品的生产流程和工艺极其复杂，以晶圆的生产制造为例，它是半导体制造中重要的中间品，生产过程最多可以包含超过1400个环节，生产周期长达3个月。此外，半导体产业的研发和资本投入要求都较高，目前尚没有其他任何一个产业能够在研发和资本支出方面分别达到总销售额的22%和26%的比例。^[1]因此，半导体产业的发展需要建立在巨大的投资、复杂的价值链以及分布在全球各地的高度专业化的跨国企业合作的基础上。事实上，半导体产业作为全球竞争的重点领域，各国普遍对这一产业采取了多种补贴政策以支持产业发展。例如，欧盟在半导体产业发展初期采取直接投资、政府采购等补贴形式，中后期则推出多种战略和研究计划，重点支持研究和开发；日本则通过“产官学”联合开发体制实施产业补贴；韩国政府出台产业综合指导政策，对半导体产业提供贷款、税收、土地、人才等一系列优惠政策。

《芯片与科学法》的出台表明，美国在国家层面直接为半导体产业提供巨额补贴，并同时限制跨国企业的国际分工布局。虽然包括美国在内的各国以往也都对半导体产业提供各种补贴，但补贴的重点一般是前期研发，较少直接补贴产品生产阶段。与此不同，《芯片与科学法》直接对产品的生产阶段提供补贴，此类补贴更加具有扭曲市场竞争的效力。基于半导体产业的特性，《芯片与科学法》的实施将严重影响全球半导体产业链的发展，还会扰乱全球经济秩序。

首先，《芯片与科学法》的实施将扭曲半导体供应链环节的空间配置，降低经济效率。半导体产业高度复杂的生产过程需要更精细、更专业化的分工，通过实现不同环节的规模经济优势来提高整体的生产效率。美国即便在部分研发、设计等环节具有绝对优势，但其仍依赖其他国家完成大量的晶圆制造、封装测试等环节。这样的生产分工是跨国企业基于比较优势，在全球范围安排各个生产环节

[1] Semiconductor Industry Association, “Strengthening the Global Semiconductor Supply Chain in an Uncertain Era”, April 2021, https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/05/BCG-x-SIA-Strengthening-the-Global-Semiconductor-Value-Chain-April-2021_1.pdf[2022-09-22].

的最优布局。美国通过提供大量补贴以及对受资助实体进行生产布局的限制，使部分企业违背经济规律在美国境内扩大生产，这无疑会使整个半导体行业偏离市场充分竞争条件下形成的最优均衡。基于此，不仅美国将付出一定的经济代价，还会从整体层面上不利于全球半导体产业的发展。

其次，美国激励企业将研发、生产等环节转移至美国国内，将使半导体产业各环节过度集中于美国，这会增加半导体产业链风险，也不利于产业的创新发展。一方面，如果美国出现突发意外，如疫情冲击、地缘冲突等，将直接导致半导体产业链的断供和停产；另一方面，正如美国多次强调的，美国希望通过《芯片与科学法》的实施确保其技术领导地位，一旦美国完全垄断半导体领域的技术霸权，将可以肆意以半导体供应为工具打压其他任何国家，从而可能造成地区性甚至全球性的半导体及相关产业动荡。此外，市场化竞争是产业创新和技术进步的重要条件，美国将半导体产业链逐步转移至国内，严重影响了全球的公平竞争环境，将损害半导体产业的技术进步和发展。

再次，美国无视国际贸易规则而推出《芯片与科学法》，扰乱了全球国际经济秩序。美国为半导体生产提供巨额补贴并对其他国家造成不利影响，还针对性、歧视性地限制半导体产业的全球布局，这都是不符合WTO规则的措施，将对现有的国际经济秩序带来破坏性影响。美国自特朗普执政后，逐渐表现出各种逆全球化倾向，包括通过“301调查”实施明显违反WTO规则的大规模加征关税措施，以及通过阻碍WTO上诉机构法官遴选而导致上诉机构停摆，甚至还曾制造“退出WTO”的舆论。《芯片与科学法》的出台再次表明美国无视现行多边贸易规则的倾向。从国际贸易持续健康发展的角度出发，各国应坚决抵制此类带有贸易保护主义色彩的歧视性政策，共同维护公平有序和开放透明的国际经济秩序。

最后，《芯片与科学法》会对中国半导体产业带来负面影响。美国半导体产业的回流，特别是关于对中国投资的歧视性规定，将严重影响中国半导体产业的全球布局和市场竞争能力，进一步恶化半导体产业链的“脱钩”倾向。但客观地看，美国对芯片产业的直接补贴政策有利于缓解国际舆论对中国产业政策的指责和质疑，同时有利于坚定中国支持半导体产业发展的决心和信心。面对这一国际环境变化，中国应在国内建立自立自强的半导体芯片产业链和供应链体系，补齐产业链关键短板，增强产业链韧性以应对全球供应链风险。■

（责任编辑：邱静）