

中国芯片进口供应链中断风险、 可替代性及其经济影响评估

崔连标 翁世梅 莫建雷

摘要：本文从芯片供应链中断风险及其可替代性视角出发，探究了美国主导对华芯片禁运的国际经济影响。首先从理论层面对芯片禁运的作用机理进行分析，其次将芯片从电子信息行业中剥离出来，构造包含独立芯片部门的全球投入产出数据库，最后构建全球8地区12部门动态可计算一般均衡模型，模拟芯片禁运对不同地区的经济冲击及其时间演变规律，并进行稳健性检验。结果发现：（1）芯片禁运对我国经济的负面影响不容小觑，尤其是当美国联合韩国、日本和中国台湾同时实施禁运时，我国宏观经济和就业将受到显著冲击；（2）芯片禁运对美国自身的经济影响有限，而跟随美国参与禁运的韩国和日本等地经济损失较高；（3）芯片禁运会削弱我国产品的国内和国际竞争力，且随着竞争力损失的不断叠加，我国产业损失和宏观经济损失均会加大；（4）增强国产芯片对进口芯片的替代能力，并强化不同芯片进口来源之间的可替代性，能够减少我国经济受到的负面冲击。本研究对我国有效应对美国芯片封锁具有参考价值。

关键词：芯片禁运；技术联盟；供应链中断；动态可计算一般均衡模型

[中图分类号] F13 [文献标识码] A [文章编号] 1002-4670 (2023) 3-0124-17

一、引言与文献综述

2022年10月美国政府公布《国家安全战略（2022）》^①，强调“中国是美国最重要的地缘政治挑战”，对中国展开竞争是美国未来十年全球优先考量中的“优先事项”，同时要深化与相关国家和利益共同体的合作，组建全球关系网，在关系网内建立新的贸易规则。作为该战略的主要推动者，拜登政府将目光瞄准中国高科技企业，通过构建联盟不断强化对华的战略打压和技术封锁。在芯片领域，美国近

[收稿日期] 2022-09-03

[基金项目] 国家自然科学基金面上项目“不确定条件下中国温室气体与大气污染物的协同控制研究”（71974001）；中国科学院青年创新促进会项目“复杂系统风险管理”（2021150）；安徽省高校杰出青年科研项目“面向减污降碳协同增效的复杂系统建模及应用研究”（2022AH020048）

[作者信息] 崔连标：安徽财经大学统计与应用数学学院教授；翁世梅：安徽财经大学统计与应用数学学院硕士研究生；莫建雷（通讯作者）：中国科学院科技战略咨询研究院副研究员，电子信箱 mo_jianlei@126.com

①可参见 <https://www.kunlunce.com/ssjj/guojipinglun/2022-10-16/164642.html>。

期频繁对华出手，意图通过芯片封锁打击中国高端制造。2021年5月，来自日本、韩国以及中国台湾等地的64家企业在美组建半导体产业联盟，该联盟将中国大陆企业排除在外，对华遏制色彩明显。2021年6月，美国参议院通过《美国创新和竞争法》，提出要在芯片领域协调多国制定多边出口管制措施，有效阻断关键技术外泄。2022年3月，美国与日本、韩国和中国台湾组建“芯片四方联盟”（CHIP4），意图利用这一组织将中国大陆排除在全球半导体供应链之外。2022年8月，拜登政府签署《2022芯片与科学法案》，不仅利诱全球最先进的半导体企业在美投资建厂，还要求相关企业未来10年内不得在中国大陆扩建半导体生产设施。中国是全球最大的芯片消费国，2021年芯片进口额高达4397亿美元^①，是石油进口额的1.71倍，芯片进口中断对我国经济的负面影响不容小觑。未雨绸缪，只有首先对芯片禁运的经济影响开展及时准确的评估，明确禁运影响的范围和边界，并找到受损严重的利益群体和产业部门，才能制定科学合理的应对方案。

针对相关研究，部分学者讨论了美国对华高科技打压的动因及举措，普遍认为中国在先进科技领域的快速进步使美国忌惮，为维持科技霸权，美国不断强化对华技术封锁，在策略上注重“技术联盟”和“狼群战术”。例如，任星欣和余嘉俊（2021）^[1]认为，美国对华高科技打压采取的是“市场压缩”策略，即通过胁迫强制中国高科技产业直接退出全球市场和部分国内市场，迫使其进入“市场空间缩小—研发投入降低—技术实力下降—市场份额萎缩”的恶性循环；黄琪轩（2020）^[2]发现，美国对华技术政策调整遵循“利用强者打败更强”和“利用将来的竞争者打败当前的竞争者”的逻辑，当美国视中国为“最严峻的竞争对手”时，美国便会联合盟友对华实施技术管制；李庆四和魏琢艺（2021）^[3]认为，与特朗普政府的“单打独斗”不同，拜登政府追求多边主义，力争使盟友遏华效用最大化，拜登政府对轮番攻击中国的“狼群战术”期待很高，并致力于全力谋划和推动该战术。上述研究揭示了美国对华技术封锁的必然性、复杂性和日益严峻性，在策略选择上美国欲构建以美为主的“技术联盟”，追求以最低成本实现对华技术遏制的最大效果。

一些研究测算了美国对华高科技打压的潜在影响，其大都认为技术封锁对中美两国均不利，但中国经济损失更高。例如，刘维林等（2020）^[4]发现贸易冲突会引发中国高技术企业的失业问题，其中计算机电子和光学产品行业受创最为严重，仅就业就减少22万人；朱启荣和王玉平（2020）^[5]借助全球贸易分析模型（Global Trade Analysis Project, GTAP）评估了美国对华技术出口管制的经济影响，发现当中国进口贸易技术溢出效应减少1%~5%时，中国GDP下降0.22%~1.11%，美国GDP下降0.02%~0.09%；李真等（2021）^[6]评估了美国单边技术管制对中国出口贸易的影响，假定中国自美进口的中间投入品受到10%~30%的技术限制，这会导致中国出口大幅下降13%~38%。上述研究揭示了美国对华技术管制具有显著的经济危害性，但这些文献并未考虑美国当前正在推动的对华技术封锁结盟，且相关评

①如无特别说明，文中我国的相关数据及分析均不包含港澳台地区。

估以静态为主，未能考察芯片进口中断的动态经济影响。

综上，拜登时代的美国将目光瞄准中国高科技企业，试图协调相关国家打造以美为主的“技术治理多边体系”，不断强化对华的出口管制和技术封锁。在芯片领域，美国正联合韩国、日本和中国台湾等地打造半导体联盟，通过限制对华芯片出口打击中国高科技产业发展的意图愈发明显。前瞻性研判有必要对美国主导的芯片禁运情景进行推演，并对其宏观经济影响展开事前评估，研判芯片进口中断后我国经济的承压状况，据此制定相应预案。因此，本文首先从理论层面探究芯片禁运对经济系统的影响机理，随后将芯片从传统电子信息行业中分离出来，构造包含独立芯片部门的全球多区域多部门投入产出数据库，进一步构建多区域多部门动态可计算一般均衡模型（Computable General Equilibrium, CGE），模拟不同禁运情景下各主要地区宏观经济指标的变化情况，测算芯片断供在中国行业层面的冲击效应，最后对相关结果展开稳健性检验。

本文的边际贡献体现在三个方面：一是数据层面，首次将芯片从电子信息行业中剥离出来，构建了反映芯片投入产出关系的全球经济贸易数据库，为芯片外贸政策的量化评估提供了重要的数据基础；二是视角层面，首次聚焦芯片可替代性的影响，探究了国产芯片与进口芯片、不同进口来源芯片之间的可替代性与芯片禁运经济影响的数量依存关系，揭示了芯片封锁对我国宏观经济的影响边界及芯片替代所发挥的缓解作用；三是方法层面，鉴于芯片禁运更多由国家行政力量主导，将“虚拟关税成本”的概念引入到动态CGE模型中，较好刻画了芯片断供中的非市场行为，实现了对芯片禁运国际经济影响的定量评估。

二、芯片禁运理论机制

对于开放经济体A而言，假设其生产函数遵循多层巢式生产结构，这也是众多CGE模型使用的生产框架（崔连标等，2022^[7]）。假定企业使用劳动、资本和中间投入品进行生产，中间投入品分为芯片和非芯片产品。由于芯片与初级投入要素和其他中间投入品的不可替代性，假设生产函数满足Leontief形式：

$$Y = F(K, L, C, OI) = \min\left\{\frac{K}{\alpha_k}, \frac{L}{\alpha_l}, \frac{C}{\alpha_c}, \frac{OI}{\alpha_{oi}}\right\} \quad (1)$$

其中， Y 代表经济产出， K 和 L 表示资本和劳动投入， C 为芯片中间投入， OI 为其他中间投入。 α_c 为投入产出系数，代表单位产出所需的中间投入量。由式（1）可得 $C = \alpha_c Y$ ， $K = \alpha_k Y$ ， $L = \alpha_l Y$ ，即芯片投入减少将直接影响产出 Y ，同时会反过来抑制对劳动和资本投入的需求，进而导致劳动报酬和资本所得的减少。

芯片中间投入由国产芯片和进口芯片组成，假定二者非同质，满足Armington假设。A国企业在给定技术条件的约束下，选择合适的投入品组合实现成本最小化：

$$\begin{aligned} \min: & M_c PM_c + D_c PD_c \\ \text{s. t. } & C = A_c (\beta_c M_c^\rho + (1 - \beta_c) D_c^\rho)^{1/\rho} \end{aligned} \quad (2)$$

其中, A_c 为技术参数, M_c 和 D_c 表示进口芯片和国产芯片的中间投入, PM_c 和 PD_c 是进口芯片和国产芯片使用价格。 β_c 是份额参数, ρ 为替代参数, 满足 $\rho < 1$ 。对式 (2) 构建拉格朗日函数, 求解一阶条件:

$$L = M_c PM_c + D_c PD_c + \lambda [C - A_c (\beta_c M_c^\rho + (1 - \beta_c) D_c^\rho)^{1/\rho}] \quad (3)$$

$$\frac{\partial L}{\partial M_c} = PM_c - \lambda A_c \beta_c M_c^{\rho-1} (\beta_c M_c^\rho + (1 - \beta_c) D_c^\rho)^{(1/\rho)-1} = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial L}{\partial D_c} = PD_c - \lambda A_c (1 - \beta_c) D_c^{\rho-1} (\beta_c M_c^\rho + (1 - \beta_c) D_c^\rho)^{(1/\rho)-1} = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = C - A_c (\beta_c M_c^\rho + (1 - \beta_c) D_c^\rho)^{1/\rho} = 0 \quad (6)$$

令 $\sigma = 1/(1-\rho)$, 由式 (4) 和 (5) 可得:

$$M_c = \lambda^\sigma A_c^{\sigma-1} \beta_c^\sigma \left(\frac{1}{PM_c}\right)^\sigma C \quad (7)$$

$$D_c = \lambda^\sigma A_c^{\sigma-1} (1 - \beta_c)^\sigma \left(\frac{1}{PD_c}\right)^\sigma C \quad (8)$$

将式 (7) 和 (8) 带入式 (6) 得:

$$C = [\beta_c^\sigma PM_c^{1-\sigma} + (1 - \beta_c)^\sigma PD_c^{1-\sigma}]^{1/\rho} \lambda^\sigma A_c^\sigma C \quad (9)$$

化简得:

$$\lambda^\sigma = A_c^{-\sigma} [\beta_c^\sigma PM_c^{1-\sigma} + (1 - \beta_c)^\sigma PD_c^{1-\sigma}]^{-1/\rho} \quad (10)$$

将式 (10) 带入式 (7) 和 (8) 得:

$$M_c = A_c^{-1} [\beta_c^\sigma PM_c^{1-\sigma} + (1 - \beta_c)^\sigma PD_c^{1-\sigma}]^{-1/\rho} C \beta_c^\sigma (1/PM_c)^\sigma \quad (11)$$

$$D_c = A_c^{-1} [\beta_c^\sigma PM_c^{1-\sigma} + (1 - \beta_c)^\sigma PD_c^{1-\sigma}]^{-1/\rho} C (1 - \beta_c)^\sigma (1/PD_c)^\sigma \quad (12)$$

假设 P_c 表示芯片使用成本, 根据生产部门的零利润约束 $P_c C = PM_c M_c + PD_c D_c$ 可得:

$$P_c = A_c^{-1} [\beta_c^\sigma PM_c^{1-\sigma} + (1 - \beta_c)^\sigma PD_c^{1-\sigma}]^{1/(1-\sigma)} \quad (13)$$

将式 (13) 带入式 (7) 和 (8) 可得:

$$M_c = A_c^{\sigma-1} \beta_c^\sigma (P_c/PM_c)^\sigma C \quad (14)$$

$$D_c = A_c^{\sigma-1} (1 - \beta_c)^\sigma (P_c/PD_c)^\sigma C \quad (15)$$

$$\frac{M_c}{D_c} = \left(\frac{\beta_c}{1 - \beta_c} \frac{PD_c}{PM_c}\right)^\sigma \quad (16)$$

式 (14) 表明进口芯片使用量 M_c 与其价格 PM_c 负相关, 式 (15) 表明国产芯片使用量 D_c 与其价格 PD_c 负相关。式 (16) 表明, 在国产芯片价格 PD_c 变化不大的情况下, 进口芯片价格 PM_c 的快速上涨将导致 M_c/D_c 减小, 即芯片投入中进口占比下降, 国产占比增加。特别地, 这种投入结构的改变与弹性参数 σ 密切相关。当 σ 较大时, 国产品替代进口品相对容易, 厂商会用更多国产芯片去替代进口芯片, 从而平衡成本上涨; 而当 σ 较小时, 国产品对进口品的替代性较差, 此时厂商不得不忍受进口成本的大幅上涨, 当这种成本无法完全转移至下游时, 企业可能减产甚至停工倒闭。

现实情况中 A 国的芯片进口来源不唯一，而不同进口来源的替代行为也会影响芯片禁运的经济效应。为从理论上厘清其作用机理，假设有 n 个进口来源国，不同进口来源国的芯片非同质，满足 Armington 假定。A 国进口商在给定技术条件的约束下，选择合适的进口来源产品组合，最小化其经济成本：

$$\min: \sum_{i=1}^n M_{c,i} PM_{c,i}$$

$$\text{s. t. } M_c = A_m (\beta_{c,1} M_{c,1}^\gamma + \beta_{c,2} M_{c,2}^\gamma + \dots + \beta_{c,n} M_{c,n}^\gamma)^{1/\gamma} \quad (17)$$

其中， A_m 为技术参数， $M_{c,i}$ 为从第 i 国进口芯片量， $PM_{c,i}$ 是芯片进口价格， γ 为替代参数 ($\gamma < 1$)。 $\beta_{c,i}$ 是份额参数，满足 $\sum_i \beta_{c,i} = 1$ 。令 $\delta = 1/(1-\gamma)$ ，构建拉格朗日函数求解可得：

$$M_{c,i} = A_m^{\delta-1} \beta_{c,i}^\delta (PM_c / PM_{c,i})^\delta M_c \quad (18)$$

$$\frac{M_{c,i}}{M_{c,j}} = \left(\frac{\beta_{c,i} PM_{c,j}}{\beta_{c,j} PM_{c,i}} \right)^\delta \quad (19)$$

$$PM_c = A_m^{-1} \left(\sum_{i=1}^n \beta_{c,i}^\delta PM_{c,i}^{1-\delta} \right)^{1/(1-\delta)} \quad (20)$$

由式 (19) 可知，当国家 i 对 A 国实施出口禁运时，A 国从 i 国获取芯片的价格 $PM_{c,i}$ 将大幅攀升，在国家 j 芯片出口价格波动不大的情况下， i 国相比于 j 国的竞争优势将被削弱，表现为市场相对份额 $M_{c,i}/M_{c,j}$ 的减小。同时，这种市场结构的改变与弹性参数 δ 密切相关。当 δ 较大时，不同进口来源替代性强，A 国厂商会更多采用他国芯片以替代 i 国芯片；而当 δ 较小时， i 国芯片难以被他国芯片替代，A 国厂商将被迫接受芯片短缺带来的成本上涨。

三、实证模型、数据处理与情景设计

(一) 实证模型

为量化芯片禁运的国际经济影响，本文采用动态版全球贸易分析模型 (Dynamic Version of the Global Trade Project, GDYN) 进行实证分析。GDYN 模型是全球多区域多部门动态 CGE 模型，它延用了标准 GTAP 模型的诸多假定，包括完全竞争假设、规模报酬不变、产品来源非同质、虚拟性全球运输部门、生产者成本最小化、消费者效用最大化等。但与 GTAP 模型不同，GDYN 模型对资本所有权和投资机制进行了修改：一是引入全球信托机构以管理各国的海外投资，明晰了资本所有权及其所产生收益的归属权；二是引入资本的动态累计机制，对各国投资水平与其资本存量建立关联，同时允许全球信托机构根据各国资本回报率差异在全球范围内重新进行资产配置，从而对各国资本存量产生影响 (Costantini and Sforza, 2020)^[8]。芯片是一种高度国际化产品，其供应链中断将对全球生产网络和国际贸易格局产生复杂而深远的影响，芯片封锁必然伴随大量跨国资本的流入流出，因此忽视资本所有权可能导致评估结果的偏误。

对于进口贸易，GDYN 模型假设进口品与国产品非同质，并且不同进口来源的

产品也非同质，它们均满足 Armington 假定。在进口关税的刻画方面，模型假设存在两类关税变量：一是对所有贸易对象加征的统一进口关税（ TM ）；二是对来自某一国商品加征的特别进口关税（ TMS ）。具体方程如下：

$$PMS_{i,r,s} = PCIF_{i,r,s} \times (1 + TM_{i,s}) \times (1 + TMS_{i,r,s}) \quad (21)$$

其中， i 代表商品， r 代表出口国， s 代表进口国。 $PMS_{i,r,s}$ 是商品 i 在 s 国的市场价格， $PCIF_{i,r,s}$ 为到岸价格， $TM_{i,s}$ 是 s 国加征的统一进口关税， $TMS_{i,r,s}$ 是 s 国对 r 国加征的特别进口关税。式（21）不能直接用于模拟当前的芯片禁运行为，这主要是因为芯片封锁更多由国家的行政力量主导，并不是市场基于供求关系所引发的自主行为。实际上，芯片禁运会增加我国芯片获取的难度和成本，且当这种成本高到一定程度时，我国从相关国家的芯片进口量会降为 0，该影响机制与进口关税较为类似。但与进口关税产生税收收益不同，我国芯片进口受阻是被动行为，其进口成本上涨并不会带来实质的关税收益。为模拟芯片禁运背景下国家行政力量主导的非市场化行为，将“虚拟关税”概念引入到 GDYN 模型中。特别地，在式（21）右端添加虚拟关税变量 $TMS1_{i,r,s}$ ，主要用于模拟 r 国利用行政力量对 s 国实施的芯片禁运：

$$PMS_{i,r,s} = PCIF_{i,r,s} \times (1 + TM_{i,s}) \times (1 + TMS_{i,r,s}) \times (1 + TMS1_{i,r,s}) \quad (22)$$

由式（22）可知，随着虚拟关税 $TMS1_{i,r,s}$ 的升高， s 国从 r 国进口商品 i 的市场价格 $PMS_{i,r,s}$ 会提高，与之相关的进口需求 $QXS_{i,r,s}$ 会减少。在具体模拟时，本文将实际进口量 $QXS_{i,r,s}$ 设为外生变量，将虚拟关税 $TMS1_{i,r,s}$ 设为内生变量。每次给予 $QXS_{i,r,s}$ 一个外生政策冲击（如 $QXS_{i,r,s} = 0$ ），GDYN 模型都会求解相应的 $TMS1_{i,r,s}$ 。

（二）数据处理与模型校准

在现有全球多区域投入产出数据库中，芯片行业并不是一个独立部门，而是包含在电子信息行业中。因此，需要将芯片从电子信息中分离出来，构建包含独立芯片部门的多区域投入产出数据库，据此设计合理的芯片冲击情景。然而，芯片部门拆分需要采用多国芯片产出和使用去向数据，这些数据目前无法公开获取。本文采用一种折中处理办法，借助联合国商品贸易统计数据库中的芯片（代码 8486 和 8542）和电子信息行业出口数据，估算各国电子信息行业中芯片出口占比，并将其作为权重拆分参数将芯片从电子信息行业中分离出来。这种拆分假设芯片在电子信息行业中的出口占比与其产出占比大体相同，即产品出口额越大，其国内产出也会越高，同时这些产品所需的中间品投入和要素投入也会越多，这具有一定合理性。

具体数据库拆分主要分三步：首先，采用 GTAPAGG 软件对 GTAP 10 版数据库进行行业和区域合并，考虑到芯片封锁的当前局势和未来演变，本文将原有的 141 个地区合并为 8 个区域：中国大陆^①、美国、日本、中国台湾、韩国、东盟、欧盟

^①为表述方便，后文简称“中国”或“我国”。

和世界其他地区（ROW），将原有65个行业合并为11类：农业、采掘业、食品烟草、纺织皮革、轻工业、重工业、电子信息行业、机械设备、其他制造业、邮电行业和服务业。其次，将芯片相关的权重拆分参数代入Splicom软件，并对第一步合成的数据库重新进行行业层面拆分，将电子信息行业细分为芯片行业和电子设备两大类，拆分后的数据库包含8区域12部门。最后，对比前两步中的数据库，将相关缺项补充完整，重点补充只含区域维度的数据。需要注意的是，由于缺少芯片进出口量和价格数据，国产芯片和进口芯片、不同进口来源芯片的替代弹性均无法进一步校准。考虑到芯片替代的难度，本文将电子信息行业弹性参数减少50%，并将其作为芯片替代弹性，后文会改变该参数进行稳健性检验。

为构建与GDYN模型相匹配的动态数据库，需要使用历史数据对模型的关键参数进行校准，同时辅之以对未来经济增长的合理假定，从而构造芯片冲击所需的参照情景（Business as Usual, BAU）。在历史校准阶段，主要使用2014—2019年宏观经济数据对模型的主要变量进行校准，包括分地区实际GDP、人口、就业、投资、居民消费、政府消费、进口和出口等，数据来自世界银行。在未来预期方面，由于俄乌战争和新冠疫情已对世界经济产生重要冲击，忽略这些因素去预测各国未来经济增长缺乏合理性。本文借鉴国际货币基金组织于2022年10月发布的预测报告“Countering the Cost-of-Living Crisis”进行相关参数标定，重点校准2020—2027年各地区GDP、投资、进口和出口等指标。2028—2030年各地区相关指标的变化借助GDYN模型通过趋势外推得到。

（三）情景设计

考虑到美国近期在芯片领域的战略布局以及未来的潜在演变方向，本文重点考察4种政策场景，对应我国芯片进口受限逐渐升级的情况，如表1所示。具体而言，情景一（S1）假设我国从美进口芯片受限，情景二（S2）假设我国从CHIP4进口芯片受限，情景三（S3）假设我国从CHIP4、东盟和欧盟等地进口芯片受限，情景四（S4）假设我国从所有地区进口芯片均受限。为简化分析，假设芯片禁运从2023年开始，且在2030年前不会停止。此外，由于缺乏芯片具体尺寸的贸易数据，当某些地区对我国实施芯片出口禁运时，假设我国从这些地区进口的所有芯片量降为0，故评估结果是相关影响的上界。后文会改变该冲击程度进行稳健性检验。

表1 我国芯片进口受限情景

情景代码	情景描述
S1	美国单独对中国大陆实施芯片出口禁运
S2	CHIP4 联合对中国大陆实施芯片出口禁运
S3	CHIP4 联合东盟、欧盟对中国大陆实施芯片出口禁运
S4	所有国家和地区对中国大陆实施芯片出口禁运

四、结果分析

(一) 宏观经济影响

1. 实际 GDP 变化

表 2 列举了芯片禁运对各地区实际 GDP 的影响。可知，美国主导的芯片禁运对全球经济复苏不利，且随着禁运力度的增强，全球 GDP 受损越来越明显。以政策实施初期（2023 年）为例，全球 GDP 较 BAU 情景的降幅由 S1 的 0.003% 增至 S4 的 0.190%。分地区来看，中国经济遭受的负面冲击最为明显。在单独的美国出口禁运后（S1），2023 年我国 GDP 下降约 0.012%，而在 CHIP4 联合对华实施禁运后（S2），该降幅增至 0.600%；进一步若所有地区均限制对华芯片出口，我国 GDP 降幅将高达 1.079%。从时间上看，芯片禁运对中国经济的负面影响有扩大之势。以 S3 情景为例，我国 GDP 降幅由 2023 年的 0.954% 增至 2030 年的 0.969%。产生该结果的主要原因为，芯片禁运将会增加国内企业的生产成本，削弱相关产品的竞争力。芯片供给不平等给国内和国外企业带来了不平衡的竞争环境，由于国产芯片较进口芯片具有技术劣势，这种芯片投入不平等对国内经济造成的损害不断累加，长期表现为经济损失的进一步放大，该发现与任星欣和余嘉俊（2021）的观点一致。

美国主导芯片禁运虽会付出一定的经济成本，但其 GDP 降幅相对有限，这与美国对华直接芯片出口额较小有关。根据联合国商品贸易统计数据库，2020 年中国从美进口芯片 195 亿美元，占当年芯片进口总额的 5%。随着禁运联盟的扩大，美国经济损失会越来越小，在 S4 的情景下甚至扭负为正。实际上，芯片禁运打击了中国的高端制造，间接提升了美国制造业的相对竞争力，对美国制造业回流和经济增长有利。由表 2 可知，跟随美国参与芯片禁运的地区均会遭受经济损失，特别是韩国和中国台湾等地 GDP 降幅较大，这与它们的芯片出口严重依赖中国大陆市场有关。以 S2 情景为例，2023 年中国台湾和韩国 GDP 分别下降 0.341% 和 0.179%，降幅均远高于美国的 0.004%。总之，美国主导的芯片禁运联盟将对我国

表 2 芯片禁运对各地区实际 GDP 的影响（相对于 BAU,%）

地区	S1		S2		S3		S4	
	2023	2030	2023	2030	2023	2030	2023	2030
中国大陆	-0.012	-0.013	-0.600	-0.609	-0.954	-0.969	-1.079	-1.095
美国	-0.008	-0.008	-0.004	-0.005	-0.002	-0.003	0.002	0.001
日本	0.003	0.003	-0.112	-0.115	-0.105	-0.108	-0.096	-0.099
中国台湾	0.010	0.009	-0.341	-0.328	-0.331	-0.319	-0.314	-0.304
韩国	0.005	0.005	-0.179	-0.181	-0.175	-0.181	-0.164	-0.171
东盟	0.001	0.000	0.075	0.075	-0.019	-0.021	-0.015	-0.018
欧盟	0.000	0.000	0.033	0.034	-0.011	-0.014	-0.008	-0.012
ROW	0.000	0.000	0.010	0.012	0.026	0.030	0.007	0.009
世界	-0.003	-0.003	-0.101	-0.102	-0.166	-0.176	-0.190	-0.202

经济产生重要的负面影响，但美国经济损失相对有限，禁运相关的经济成本多由美国以外地区如韩国和中国台湾等承担。

2. 居民福利变化

表3展示了芯片禁运对各地区居民福利的影响。可以发现，与断链导致的经济增长放缓有关，芯片禁运对全球福利改善不利，且随着禁运力度的增强，全球福利恶化越来越明显。以2023年为例，全球福利较BAU的损失金额由S1情景的26.08亿美元增至S4情景的2018.65亿美元。时间上看，与GDP变化类似，芯片禁运对全球福利的负面影响有扩大之势，如S2情景下2023—2030年全球福利损失由1192.96亿美元增至1661.90亿美元。分地区来看，中国大陆居民福利恶化最为明显，2023年其福利损失由S1情景的19.62亿美元增至S2情景的972.25亿美元，在S4情景甚至攀升至1759.32亿美元。反观美国，其福利恶化相对有限，S2情景下2023年美国居民福利损失仅为16.30亿美元。对于CHIP4成员而言，跟随美国联合对华实施出口禁运会遭受一定的福利损失，且其受损程度高于美国，如S2情景下2023年日本、韩国和中国台湾的福利损失依次为53.54、29.91和25.56亿美元。总体上，美国主导的芯片禁运联盟的确会恶化我国的居民福利，特别是韩国和中国台湾等地加入联盟后，我国福利损失显著增加，而美国自身福利损失相对有限。

表3 芯片禁运对各地区居民福利的影响（相对于BAU，亿美元）

地区	S1		S2		S3		S4	
	2023	2030	2023	2030	2023	2030	2023	2030
中国大陆	-19.62	-25.38	-972.25	-1247.84	-1542.59	-2009.11	-1759.32	-2269.04
美国	-5.45	-11.98	-16.30	-42.19	-30.76	-76.55	-35.03	-90.86
日本	1.13	1.85	-53.54	-89.49	-57.14	-97.35	-56.09	-96.58
中国台湾	0.69	1.19	-25.56	-45.62	-25.26	-45.51	-24.43	-44.18
韩国	0.80	1.48	-29.91	-59.46	-29.66	-61.16	-28.23	-59.26
东盟	-5.45	-11.98	-16.30	-42.19	-30.76	-76.55	-35.03	-90.86
欧盟	1.13	1.85	-53.54	-89.49	-57.14	-97.35	-56.09	-96.58
ROW	0.69	1.19	-25.56	-45.62	-25.26	-45.51	-24.43	-44.18
世界	-26.08	-41.78	-1192.96	-1661.90	-1798.57	-2509.09	-2018.65	-2791.54

3. 区域出口变化

芯片禁运扰乱了全球生产网络，改变了现有的国际分工与协作，给全球贸易带来复杂而深远的影响。表4展示了不同芯片禁运情景下各地区出口贸易的变化情况。可以看出，芯片进口短缺将引发国内生产成本上涨，导致国际竞争力受损和出口贸易下滑，且随着禁运力度的增强，我国出口遭受的负面影响越来越明显。以S1情景为例，2023年我国出口较BAU下降0.02%，低于美国出口降幅0.07%。而

当CHIP4联合对华实施芯片禁运时(S2),中国当年出口下降1.24%,该降幅在最极端的S4情景下进一步增至2.70%。如表4所示,对于加入美国禁运联盟的地区,其出口也会遭受不同程度的打击,其中中国台湾、韩国和日本的降幅较大。以S2情景为例,2023年三个地区出口依次下降3.10%、1.13%和0.81%,均高于美国降幅0.12%。从时间趋势上看,中国芯片进口短缺对出口的负面影响呈递增态势,这主要由国内外企业芯片获取不平等导致的竞争力损失增加造成。以S4情景为例,我国出口较BAU的降幅由2023年的2.70%增至2030年的3.25%。总之,芯片禁运将会导致我国出口受损,虽然美国出口也会下滑,但降幅相对有限,反而是追随美国进行出口管制的韩国、日本和中国台湾等地出口下降较为明显。

表4 芯片禁运对各地区出口贸易的影响(相对于BAU,%)

地区	S1		S2		S3		S4	
	2023	2030	2023	2030	2023	2030	2023	2030
中国大陆	-0.02	-0.03	-1.24	-1.48	-2.21	-2.62	-2.70	-3.25
美国	-0.07	-0.09	-0.12	-0.05	-0.16	-0.03	-0.15	0.02
日本	0.02	0.03	-0.81	-1.02	-0.84	-0.99	-0.83	-0.95
中国台湾	0.08	0.10	-3.10	-4.08	-3.15	-4.13	-3.14	-4.11
韩国	0.03	0.04	-1.13	-1.49	-1.15	-1.49	-1.14	-1.46
东盟	0.01	0.01	0.45	0.49	-0.14	-0.17	-0.11	-0.11
欧盟	0.01	0.01	0.39	0.57	-0.30	-0.24	-0.30	-0.22
ROW	0.00	0.00	0.02	0.04	0.11	0.14	-0.08	-0.04

4. 区域进口变化

芯片禁运对不同地区进口贸易的影响不同,结果如表5所示。首先,与芯片进口受阻和居民收入下降导致的国内需求不足有关,中国进口贸易有所减少。在政策实施当年(2023年),中国进口降幅由S1情景的0.03%增至S4情景的2.79%。但与出口变化趋势不同,中国进口贸易降幅随时间有所收窄。以S2情景为例,中国进口降幅由2023年的1.24%回落至2030年的1.06%。该结果与芯片投入不平等引发的竞争力损失有关。由于国产芯片相比于进口芯片存在技术劣势,国产品相比于进口品的竞争优势随禁运持续不断被削弱,导致我国产品的国际和国内市场份额同步萎缩,表现为出口降幅的增大和进口降幅的减小。其次,参与芯片出口禁运的地区其进口贸易也会下降,其中,中国台湾、韩国和日本的进口降幅较大。在S2情景下,芯片禁运当年三个地区进口分别下降4.06%、1.59%和1.36%,远高于美国降幅0.06%。这些地区进口下降主要受两方面因素的影响:一是芯片出口锐减导致的经济受损和居民收入减少抑制了相关产品的进口需求;二是芯片进口短缺引发的“中国制造”成本上升导致国际市场对中国产品的进口需求减少。

表5 芯片禁运对各地区进口贸易的影响（相对于BAU,%）

地区	S1		S2		S3		S4	
	2023	2030	2023	2030	2023	2030	2023	2030
中国大陆	-0.03	-0.03	-1.24	-1.06	-2.21	-1.92	-2.79	-2.54
美国	-0.04	-0.06	-0.06	-0.14	-0.08	-0.20	-0.07	-0.21
日本	0.03	0.04	-1.36	-1.87	-1.39	-1.93	-1.38	-1.93
中国台湾	0.10	0.13	-4.06	-5.49	-4.07	-5.50	-4.04	-5.46
韩国	0.04	0.05	-1.59	-2.17	-1.57	-2.16	-1.55	-2.12
东盟	0.01	0.01	0.54	0.52	-0.14	-0.21	-0.12	-0.19
欧盟	0.00	0.00	0.27	0.22	-0.18	-0.26	-0.19	-0.27
ROW	0.00	0.00	-0.01	-0.02	0.09	0.05	-0.15	-0.23

5. 区域就业变化

表6列举了芯片封锁对各地区就业的影响，主要展示的是政策实施初期（2023年）的结果。可以发现，美国主导的芯片禁运将对我国就业产生重要负面冲击，且随着禁运范围的扩大，我国相关产业所遭受的负面打击愈发凸显，由此造成的失业问题愈加严重。具体地，S1情景下我国就业机会减少0.012%，失业人数增加9.19万人；S2情景下我国就业机会减少0.563%，失业人数大幅增加435.99万人；在最为极端的S4情景下，我国就业机会下降0.968%，失业人数增加749.65万人。美国芯片禁运举措也会打击其自身就业市场，但随着禁运联盟的不断扩大，美国就业所遭受的负面冲击会逐步减小，在S3和S4情景下甚至扭负为正，就业人数分别增加0.04万人和0.71万人，这与美国GDP的变化规律相同。与之相反的是，中国台湾、韩国和日本等地区若加入芯片禁运联盟，其就业均会遭受较为严重的负面冲击。以S2情景为例，中国台湾就业机会减少0.607%，失业人数增加7万人；韩国就业机会减少0.298%，失业人数增加8.08万人；日本就业机会减少0.218%，失业人数增加14.55万人。这些结果表明，美国主导的芯片禁运联盟会给我国就业带来重要负面冲击，但美国自身所遭受的负面影响有限，芯片禁运带来的失业压力更多由美国以外地区承受。

表6 芯片禁运对各地区就业的影响（2023年）

地区	就业变化比例（相对于BAU,%）				就业变化人数（相对于BAU,万人）			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
中国大陆	-0.012	-0.563	-0.865	-0.968	-9.19	-435.99	-670.34	-749.65
美国	-0.009	-0.005	0.000	0.005	-1.49	-0.76	0.04	0.71
日本	0.007	-0.218	-0.200	-0.182	0.44	-14.55	-13.38	-12.17
中国台湾	0.017	-0.607	-0.586	-0.554	0.20	-7.00	-6.75	-6.39
韩国	0.008	-0.298	-0.291	-0.271	0.22	-8.08	-7.90	-7.35
东盟	0.001	0.152	-0.046	-0.039	0.03	4.61	-1.38	-1.18
欧盟	0.000	0.060	-0.019	-0.013	0.05	7.46	-2.32	-1.57
ROW	0.008	-0.298	-0.291	-0.271	0.22	-8.08	-7.90	-7.35

(二) 中国行业层面影响

1. 中国大陆分行业产出变化

芯片禁运对我国不同行业产出的影响存在异质性。如表7所示,除了芯片行业产出有所增加外,其他行业产出均出现下滑。其中,电子设备行业受到的负面冲击较大,2023年其产出降幅由S1的0.04%增至S4的4.35%,这与电子设备行业对芯片中间投入需求较高有关。根据GTAP10数据库,芯片在中国电子设备行业的中间投入中占比5.65%,而在农业、采掘业和食品烟草等行业的中间投入系数均不足1%。由于国产品对进口品具有替代效应,进口短缺会催生国内芯片研发和产能扩张,且随着禁运力度的增强,国内芯片产出反弹会越来越明显,如在禁运当年我国芯片行业产出增幅由S1的0.30%增至S4的31.34%。从时间趋势上看,若不考虑额外的扶持政策,芯片行业产出增幅将有所回落,这主要是因为部分关键行业产出持续萎缩抑制了其国产芯片的投入需求。以电子设备行业为例,S4情景下其产出降幅由2023年的4.35%增至2030年的4.40%。总之,尽管进口短缺能够刺激国内芯片行业发展,但短期内国产芯片并不能有效替代进口芯片,技术差距反而使得部分关联行业产出进一步萎缩。

表7 中国大陆分行业产出变化(相对于BAU,%)

行业	S1		S2		S3		S4	
	2023	2030	2023	2030	2023	2030	2023	2030
农业	-0.01	-0.01	-0.19	-0.22	-0.34	-0.39	-0.41	-0.48
采掘业	-0.00	-0.01	0.17	0.00	0.18	-0.09	0.06	-0.25
食品烟草	-0.01	-0.01	-0.22	-0.23	-0.37	-0.40	-0.43	-0.47
纺织皮革	0.00	-0.01	0.04	-0.13	-0.03	-0.28	-0.13	-0.42
轻工业	-0.01	-0.01	-0.24	-0.33	-0.46	-0.60	-0.56	-0.73
重工业	-0.00	-0.00	-0.16	-0.22	-0.23	-0.35	-0.26	-0.39
芯片行业	0.30	0.28	14.49	14.17	25.32	23.74	31.34	30.23
电子设备	-0.04	-0.04	-2.38	-2.42	-3.82	-3.83	-4.35	-4.40
机械设备	-0.01	-0.01	-0.74	-0.76	-1.19	-1.23	-1.38	-1.44
其他制造业	-0.01	-0.01	-0.57	-0.54	-0.92	-0.87	-1.07	-1.03
邮电行业	-0.01	-0.01	-0.50	-0.43	-0.79	-0.70	-0.89	-0.80
服务业	-0.01	-0.01	-0.44	-0.40	-0.70	-0.65	-0.79	-0.74

2. 中国大陆分行业出口和进口变化

芯片禁运增加了国内企业的生产成本,导致诸多行业国际竞争力受损和出口贸易下滑,结果如表8所示。可以看出,由于对芯片中间投入需求较高,电子设备和机械设备行业的出口降幅较大。以S4情景为例,2023年两个行业的出口较BAU分别下降7.08%和2.71%。与之不同的是,农业、采掘业、食品烟草等行业的出口会有所增加。这是因为,芯片禁运对不同行业的冲击效应不同,其引发的是生产要素在各行业间的新一轮均衡配置,即劳动和资本会从受损较大的行业流出,进而

流向受损相对较小的产业部门，这对后者的国际竞争力改善和出口有利。从时间上看，芯片封锁对中国多数行业出口的负面影响会持续加深，即便是出口增加的行业其出口增幅也会回落（芯片行业除外），这与竞争力损失的叠加效应有关。实际上，芯片禁运加剧了国内外企业芯片投入的不平等，削弱了出口型企业的国际竞争力，并且随着禁运持续，这种竞争力损失不断累加，进而导致出口降幅的不断增大。

如表8所示，与经济增长放缓导致的居民收入下降有关，我国绝大多数行业进口均会下降，但降幅随时间不断减小，这与芯片投入不平等背景下进口品较国产产品的竞争优势不断强化有关。以S2情景为例，2023—2030年我国轻工业进口降幅由0.45%回落至0.18%，重工业进口降幅由0.23%回落至0.06%。与之相比，电子设备和机械设备行业的进口将会增加，前者进口增幅由1.56%增至1.73%，后者进口增幅则由0.56%增至0.93%。这是因为，芯片禁运对电子设备和机械设备产出的负面冲击较大，为了弥补国产品供给不足，我国将加大对同类产品的进口。总体而言，美国主导的芯片禁运联盟大幅提升了我国企业的生产成本，导致相关产品产出在国内和国际两个市场上同步收缩，并且随着禁运时间的延长，我国多数行业均呈现出出口不断恶化、进口持续改善的现象。

表8 中国大陆分行业出口和进口变化（相对于BAU,%）

行业	出口变化								进口变化							
	S1		S2		S3		S4		S1		S2		S3		S4	
	2023	2030	2023	2030	2023	2030	2023	2030	2023	2030	2023	2030	2023	2030	2023	2030
农业	0.00	0.00	0.69	0.37	0.87	0.41	0.80	0.26	-0.01	0.00	-0.63	-0.48	-0.90	-0.69	-0.92	-0.66
采掘业	0.00	-0.01	1.78	1.42	2.20	1.61	1.75	0.95	0.00	0.00	-0.66	-0.61	-0.87	-0.83	-0.78	-0.67
食品烟草	0.01	0.00	0.71	0.32	0.82	0.28	0.78	0.15	-0.01	-0.01	-0.70	-0.50	-0.93	-0.68	-0.95	-0.65
纺织皮革	0.00	-0.01	0.53	0.17	0.60	0.11	0.51	-0.08	-0.02	-0.01	-0.18	-0.02	-0.38	-0.17	-0.40	-0.14
轻工业	-0.01	-0.02	0.23	-0.23	-0.03	-0.69	-0.29	-1.08	-0.01	0.00	-0.45	-0.18	-0.56	-0.20	-0.53	-0.09
重工业	0.00	0.00	0.56	0.20	0.64	0.14	0.50	-0.10	-0.01	-0.01	-0.23	-0.06	-0.32	-0.14	-0.28	-0.06
芯片行业	0.07	0.07	-1.61	-0.51	3.97	3.37	12.83	13.40	-1.52	-1.47	-62.69	-62.00	-86.32	-84.97	100.00	100.00
电子设备	-0.07	-0.07	-3.71	-3.88	-6.09	-6.38	-7.08	-7.54	0.01	0.02	1.56	1.73	2.47	2.65	2.95	3.23
机械设备	-0.03	-0.04	-1.19	-1.59	-2.20	-2.81	-2.71	-3.49	-0.01	-0.01	0.56	0.93	0.76	1.30	0.87	1.51
其他制造业	-0.01	-0.01	-0.08	-0.48	-0.29	-0.87	-0.50	-1.19	-0.01	-0.01	-0.53	-0.21	-0.76	-0.31	-0.82	-0.31
邮电行业	-0.02	-0.02	-0.25	-0.48	-0.76	-1.14	-1.04	-1.53	0.00	0.00	-0.46	-0.23	-0.54	-0.21	-0.51	-0.11
服务业	0.00	-0.01	0.28	-0.01	0.17	-0.25	0.09	-0.39	-0.01	0.00	-0.55	-0.37	-0.73	-0.51	-0.74	-0.47

（三）稳健性分析

本部分在S2情景基础上开展稳健性检验。

1. 改变国产芯片与进口芯片的替代弹性

为探究国产芯片与进口芯片替代弹性对主要结果的影响，本文将基础弹性参数（ $\sigma=2.2$ ）增加和减少50%，构造出高弹性（高 σ ）和低弹性（低 σ ）两种情景，结果见表9。可以发现，在高 σ 情景下，芯片封锁对我国经济的负面影响将会下降，这是因为进口短缺的芯片更易被国产芯片所取代，“缺芯”造成的经济损失会

减少。在政策冲击当年，我国 GDP 降幅将由基础弹性参数情景的 0.60% 降至 0.44%，福利恶化将由 972.25 亿美元收缩至 731.56 亿美元，就业降幅将由 0.56% 回落至 0.35%，芯片产出增幅则由 14.49% 增至 17.25%。而在低 σ 情景下，上述指标则呈现完全相反的变化结果，即我国经济损失加大、福利进一步恶化、失业问题加剧和芯片产出增幅减小等。表 9 显示，各地区关键指标的变化方向和区域排序并未发生根本性改变，即中国经济损失、福利恶化和就业受损均为最高，美国相关损失均较为有限，而加入禁运联盟的韩国、日本和中国台湾等地所遭受的负面冲击相对明显。未加入禁运联盟的东盟、欧盟和 ROW 等受益于贸易转移效应，其相关指标大都呈现出不同程度的改善。

表 9 国产与进口芯片替代弹性对主要结果的影响（相对于 BAU，S2 情景，2023 年）

地区	实际 GDP (%)		居民福利 (亿美元)		就业机会 (%)		芯片产出 (%)	
	低 σ	高 σ	低 σ	高 σ	低 σ	高 σ	低 σ	高 σ
中国大陆	-0.84	-0.44	-1303.96	-731.56	-0.88	-0.35	8.87	17.25
美国	0.00	-0.01	-13.96	-16.96	0.00	-0.01	-1.11	-1.31
日本	-0.11	-0.11	-54.77	-52.10	-0.22	-0.22	-18.33	-17.97
中国台湾	-0.35	-0.33	-26.44	-24.77	-0.63	-0.59	-30.87	-30.07
韩国	-0.18	-0.18	-30.34	-29.36	-0.30	-0.29	-19.49	-18.96
东盟	0.15	0.03	30.26	5.79	0.31	0.06	31.73	5.09
欧盟	0.07	0.01	78.82	-1.36	0.13	0.02	12.43	2.39
ROW	0.02	0.00	-4.31	-10.91	0.03	0.01	4.05	0.74

2. 改变芯片进口来源的替代弹性

芯片不同进口来源的替代弹性关乎到贸易转移效应的大小，即当美国联合盟友对华实施芯片出口禁运时，我国从未加入禁运联盟地区获取替代芯片的能力与该参数密切相关。本文将基础弹性参数 ($\delta=4.4$) 增加和减少 50%，构造高弹性（高 δ ）和低弹性（低 δ ）两种情景，结果见表 10。在高 δ 情景下，当 CHIP4 联合对华实施芯片出口禁运时，我国从东盟和欧盟等地获取进口替代芯片的能力增强，“缺芯”所造成的负面影响将会下降。当然，来自东盟和欧盟的替代芯片可能由这些地区自我生产，也有可能是来自 CHIP4 地区的间接进口。模拟发现，在政策实施当年，我国 GDP 降幅降至 0.41%，居民福利恶化减少至 653.78 亿美元，就业降幅缩至 0.38%，芯片行业产出增幅减少至 9.71%。而在低 δ 情景下，上述指标则呈现相反的变化结果。总体来看，各地区关键指标的变化方向和区域排序也未发生根本性改变，即中国经济损失、福利恶化和就业受损均为最高，美国相关损失相对有限，而加入禁运联盟的韩国、日本和中国台湾等地遭受的负面冲击较为明显。未加入禁运联盟的东盟和欧盟等受益于贸易转移效应，其相关指标大都有所改善。

表 10 芯片进口来源替代弹性对主要结果的影响（相对于 BAU，S2 情景，2023 年）

地区	实际 GDP (%)		居民福利 (亿美元)		就业机会 (%)		芯片产出 (%)	
	低 δ	高 δ	低 δ	高 δ	低 δ	高 δ	低 δ	高 δ
中国大陆	-1.05	-0.41	-1698.76	-653.78	-0.98	-0.38	26.65	9.71
美国	0.00	-0.01	-30.95	-10.43	0.01	-0.01	-1.03	-1.34
日本	-0.09	-0.12	-53.57	-54.79	-0.18	-0.24	-17.49	-18.90
中国台湾	-0.33	-0.34	-25.64	-24.94	-0.59	-0.60	-31.33	-29.75
韩国	-0.17	-0.18	-28.71	-30.22	-0.28	-0.30	-19.38	-19.15
东盟	0.02	0.10	-0.81	20.69	0.03	0.19	0.82	20.22
欧盟	0.01	0.04	-31.80	46.23	0.02	0.07	1.06	7.43
ROW	0.01	0.01	-44.52	7.41	0.02	0.02	0.50	3.04

3. 改变芯片进口的冲击幅度

由于缺少芯片具体尺寸的双边贸易数据，上文研究假定当某些地区对华实施芯片出口禁运时，我国从这些地区的芯片进口完全停止。下面本文放松这一假设，将芯片进口降幅设置为 75% 和 50% 两种情景，结果见表 11。可以看出，随着芯片进口降幅的减小，我国宏观经济所遭受的负面影响不断降低。但从边际效果来看，芯片禁运给我国造成的边际经济损失呈递增特征。具体地，当进口降幅为 50% 时，我国 GDP 降幅为 0.21%，当进口降幅增至 75% 时，GDP 降幅增至 0.36%，而当进口降幅增至 100% 时，我国 GDP 降幅增至 0.60%。与 GDP 类似，我国居民福利和就业也呈现边际损失递增特征，这显示出芯片禁运对我国经济造成的全方位伤害，以及这种伤害的边际递增效应。如表 11 所示，改变芯片进口冲击幅度并未改变各地区关键指标的变化方向和区域排序，说明结果具有一定的稳健性。

表 11 芯片进口冲击幅度对主要结果的影响（相对于 BAU，S2 情景，2023 年）

地区	实际 GDP (%)		居民福利 (亿美元)		就业机会 (%)		芯片产出 (%)	
	75%情景	50%情景	75%情景	50%情景	75%情景	50%情景	75%情景	50%情景
中国大陆	-0.36	-0.21	-555.47	-315.05	-0.39	-0.26	10.20	6.65
美国	0.00	0.00	-11.00	-7.03	0.00	0.00	-0.98	-0.68
日本	-0.09	-0.06	-40.95	-27.92	-0.17	-0.11	-14.02	-9.58
中国台湾	-0.26	-0.18	-19.80	-13.60	-0.47	-0.32	-23.42	-15.95
韩国	-0.14	-0.09	-23.07	-15.78	-0.23	-0.16	-14.82	-10.11
东盟	0.04	0.02	7.70	3.96	0.08	0.04	7.51	3.71
欧盟	0.02	0.01	14.16	7.16	0.04	0.02	3.20	1.65
ROW	0.01	0.01	-7.29	-5.16	0.01	0.01	1.04	0.54

五、结论与讨论

当今世界正经历百年未有之大变局，贸易冲突、新冠疫情、俄乌战争等黑天鹅事件频发，给世界政治经济格局带来前所未有的冲击。在全球经济下行压力不断增大的背景下，美国还在谋划对华的高科技封锁，试图打造所谓的“民主科技联

盟”，构建以美为主的“技术治理多边体系”。在芯片领域，美国近期出台了一系列对华的打压举措，通过不断强化与相关国家的多边技术出口管制，试图将我国排除在全球芯片供应链之外。中国是全球最大的芯片消费国，其芯片进口受阻不仅影响国内产业升级和经济社会发展，还会通过产业链对他国产生复杂的区域溢出效应。为探究芯片禁运的国际经济影响，本文首先将芯片从电子信息行业中拆分出来，构建包含独立芯片部门的全球多区域多部门投入产出数据库，随后借助动态CGE模型模拟不同芯片禁运情景下我国宏观经济受损状况及其区域溢出效应，并进行稳健性检验。

经过实证分析，本文得到如下主要发现：（1）芯片封锁对我国经济的负面影响不容小觑，在CHIP4联合对华实施芯片禁运时，我国当年GDP下降0.60%，居民福利损失972亿美元，就业下降0.56%。（2）由于对华直接芯片出口不高，芯片禁运对美国自身经济影响有限，而跟随美国参与制裁的韩国、日本和中国台湾等地经济损失较高。（3）由于国内外企业芯片投入的不平等，芯片封锁会削弱我国产品的国内和国际竞争力，且随着竞争力损失的不断叠加，我国产业损失和宏观经济损失均会逐渐增大。（4）芯片封锁会抬升我国企业生产成本，导致多数行业产出下滑，其中电子设备行业产出降幅最大。（5）增强国产芯片对进口芯片的替代能力，强化不同进口来源芯片的替代行为，能够降低美国芯片禁运联盟对我国经济的负面冲击。

本文发现，当提升国产芯片与进口芯片的替代弹性时，芯片封锁对我国经济的负面影响会大幅降低，这表明增强国产芯片替代能力是我国应对美国芯片封锁的重要途径。实际上，我国已围绕芯片产业进行了一些超前部署和系统谋划，明确要大力发展芯片的国产化替代，着力提升产业链供应链韧性和安全水平。例如，《“十四五”数字经济发展规划》中提出要发挥举国体制优势，集中力量突破高端芯片、操作系统等领域关键技术，强化关键产品自给保障能力。在具体措施方面，2020年国务院发布《国务院关于印发新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展若干政策的通知》，提出从财税、投融资、进出口等八个方面支持国内芯片产业发展，包括对集成电路线宽在28纳米及以下企业免征十年企业所得税，鼓励地方政府建立贷款风险补偿机制，积极为芯片企业提供融资担保等。本文的模拟结果也证明了这些政策的必要性和紧迫性。

芯片不同进口来源的替代弹性也是一个较为重要的输入参数，其影响芯片封锁背景下的国际贸易转移效应，即在芯片封锁背景下，我国从世界其他国家获取替代芯片的可行性。研究发现，提升该参数也能显著降低芯片禁运对我国经济的冲击。该结果表明，我国应继续扩大对外开放，努力增强与东盟、“一带一路”国家的政治互信和经贸联系，借助贸易转移机制打破美国对华的芯片封锁和技术遏制。党的二十大报告提出，我国“来自外部的打压遏制随时可能升级”，为此要“坚持高水平对外开放，加快构建以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局”。未来要通过积极融入全球市场来增强我国芯片获取的多元性，进一步提升我国芯片产业链韧性和安全水平，降低芯片封锁对国内经济的负面冲击。

[参考文献]

- [1] 任星欣, 余嘉俊. 持久博弈背景下美国对外科技打击的策略辨析——日本半导体产业与华为的案例比较 [J]. 当代亚太, 2021 (3): 110-136+168.
- [2] 黄琪轩. 大国战略竞争与美国对华技术政策变迁 [J]. 外交评论 (外交学院学报), 2020 (3): 94-120+7.
- [3] 李庆四, 魏琢艺. 拜登政府对华的“弹性遏制战略” [J]. 现代国际关系, 2021 (5): 9-15+59.
- [4] 刘维林, 程倩, 王敏. 全球价值链视角下中美贸易摩擦的就业影响测算 [J]. 中国人口科学, 2020 (2): 15-29+126.
- [5] 朱启荣, 王玉平. 特朗普政府强化对中国技术出口管制的经济影响——基于“全球贸易分析模型”的评估 [J]. 东北亚论坛, 2020 (1): 54-68+127-128.
- [6] 李真, 李茂林, 陈天明. 中国制造业的中间品依赖与出口贸易——基于中美贸易摩擦历史背景的分析 [J]. 财经科学, 2021 (6): 67-80.
- [7] 崔连标, 翁世梅, 莫建雷, 等. 国际禁运联盟、供应链中断风险与我国宏观经济易损性——以芯片为例 [J]. 财经研究, 2022 (12): 92-105+165.
- [8] COSTANTINI V, SFORNA G. A Dynamic CGE Model for Jointly Accounting Ageing Population, Automation and Environmental Tax Reform. European Union as a Case Study [J]. Economic Modelling, 2020, 87: 280-306.

Evaluation of Supply Chain Disruption Risk, Replaceability and the Economic Impact of China's Chip Imports

CUI Lianbiao WENG Shimei MO Jianlei

Abstract: This paper explores the global economic impact of the US-led chip embargo alliance against China from the perspective of disruption risk and replaceability of the chip supply chain. We first investigate the mechanism of the US chip embargo from a theoretical perspective. Then, we separate the chip industry from the electronic information industry and construct a global input-output database containing data of the independent chip sector. Finally, we construct a dynamic computable general equilibrium model of 12 sectors in 8 regions globally to simulate the economic impacts of the chip embargo on different regions and their time evolution pattern, and conduct robustness tests. The results find: (1) there is a significantly negative impact on China's macroeconomic output and employment especially when the chip embargo is simultaneously implemented by the US in cooperation with South Korea, Japan and Chinese Taiwan. (2) The chip embargo has limited influence on the US economy, while economic losses are higher in regions such as South Korea and Japan which have followed the US in the embargo. (3) The chip embargo weakens the domestic and international competitiveness of Chinese products, and the cumulative losses of competitiveness result in increasing industry and macroeconomic losses. (4) China is able to reduce the adverse effects on the economy by enhancing the substitution capacity of domestic chips and strengthening the replaceability of different chip import sources. This study has policy implications for China to effectively deal with the US chip embargo.

Keywords: Chip Embargo; Technology Alliance; Supply Chain Disruption; Dynamic Computable General Equilibrium Model

(责任编辑 张晨烨)