垄断竞争经济中效率与安全的权衡*

——以中国集成电路产业为例

林　晨　陈荣杰　李　晶

摘　要：人工智能经济正在重塑全球生产网络结构，既深化了生产网络分工，又强化了部分环节的垄断竞争市场结构，为权衡经济效率与安全提供了现实基础。不同于传统国际分工和自主生产理论所强调的效率与安全此消彼长的权衡，生产网络中心性和替代弹性在生产环节间的差异，为在更高水平上统筹效率与安全提供了新的分析视角。高生产网络中心性、低替代弹性的生产环节构成经济体系的关键环节，在优先提升其自主可控能力的同时，推动其他环节参与国际分工，可外推效率—安全可能性边界，即在同等安全水平下实现更高水平的效率，或者在同等效率水平下实现更高水平的安全。进一步，研发创新可以推动效率—安全可能性边界持续外移，扩展二者同时改善的空间，实现效率与安全在更高水平上的协同。

关键词：垄断竞争经济　投入产出　生产网络　可能性边界

作者林晨，中国人民大学应用经济学院教授（北京　100872）；陈荣杰，中央财经大学经济学院讲师（北京　100081）；李晶，南昌大学中国中部经济社会发展研究中心副研究员（南昌　330031）。

引　　言

全球生产分工在提高生产效率的同时，也推动部分技术壁垒较高的关键生产环节向少数企业或国家集中，形成关键环节垄断供给、环节间紧密关联的生产网络。当关键生产环节的投入高度依赖少数国外企业时，外国断供冲击将通过生产网络对一国经济安全产生系统性影响。进入人工智能时代，这一问题更加突出。一方面，数据由生产过程中的副产品转化为关键生产要素，与资本形成

*　本文为国家社会科学基金重大项目“超大规模市场优势与我国产业的全球竞争力研究”（22&ZD092）阶段性成果。

中国知网　https://www.cnki.net

强互补，削弱资本边际收益递减的约束，强化规模经济与先发优势。同时，技术迭代带来的创造性破坏不断涌现，企业进出加速，垄断竞争市场结构进一步深化。① 另一方面，人工智能又高度依赖先进芯片等稀缺且市场进入门槛高的关键投入品，使集成电路等关键产业成为大国博弈的焦点。二者相互叠加，不仅推动技术、资本和生产能力向少数企业或国家集中，强化生产网络关键环节的垄断竞争特征，而且加深了各国对关键技术和中间投入的依赖，使断供冲击更易发生并沿生产网络传导。

集成电路产业兼具生产网络关联度高、技术门槛高和市场集中度高的“三高”特征，是研究经济效率与安全关系的代表性产业。从生产网络关联看，集成电路产业是支撑人工智能经济发展的关键基础产业，与国民经济众多行业形成紧密的投入产出关联，一旦集成电路产业的关键环节受到断供冲击，冲击便可能沿着生产网络迅速传导，对整体经济产生放大效应。从全球供给格局看，各国（地区）在集成电路产业不同环节的技术能力和比较优势存在显著差异，部分关键环节呈现较高的市场集中度。其中，美国在芯片设计和电子设计自动化（Electronic Design Automation，EDA）领域保持领先，2024年新思科技（Synopsys）和铿腾电子（Cadence）占据全球62%的EDA市场份额；荷兰阿斯麦公司（ASML）垄断约92%的光刻机市场，并在高端EUV光刻机领域占据近100%的市场份额；② 日本在光刻胶等集成电路材料领域具备较强竞争优势；中国台湾地区在晶圆代工环节处于全球领先地位，中国大陆则为全球最大的集成电路消费市场。近年来，我国在芯片设计、芯片制造以及部分设备和材料环节的自主供给能力不断提升，但在EDA软件、先进光刻机和高端材料等关键环节的技术水平和供给能力与主要境外优势企业相比仍存在差距。

全球专业化分工使各国依托比较优势提升资源配置效率，但关键环节的供给集中，也提高了经济安全风险。在垄断竞争经济中，片面追求分工效率，易陷入结构性依赖；过度强调安全则会割裂全球生产网络。如何在发挥全球分工效率的同时提升经济安全水平，成为人工智能时代需要重新审视的重要问题。这一问题延续了亚当·斯密和弗里德里希·李斯特关于分工效率和国家生产能力的经典理论分歧。斯密从分工和市场扩张出发，倡导“深度参与全球分工”，强调通过专业化和自由贸易提高资源配置效率，但同时将安全视为追求财富积累的有限例外；李斯特则从国家生产力出发，提出“财富的生产力比财富本身重要得多”的生产力理论，认为自由贸易需要建立在国家间生产力水平较为接近的基础之上，否则可能会固化后发国家的

① 数据要素具有非竞争性和可重复使用性，能够被多种生产活动同时使用，由此形成规模收益递增。参见C. I. Jones and C. Tonetti，“Nonrivalry and the Economics of Data，”*American Economic Review*，vol. 110，no. 9，2020，pp.2819-2858。

② 数据来源于欧盟法律数据库（EUR-Lex）发布的欧盟半导体产业链分析报告。

中国知网 https://www.cnki.net

产业劣势，并削弱其自主生产能力。① 分工的深化是效率提升的源泉，却也会推升对外依存度。在资源稀缺的刚性约束下，过度偏好安全会抑制效率，而片面追求效率则易诱发系统性风险。人工智能时代生产网络的深化和生产环节间的异质性增强，为重新理解经济效率与安全的关系提供了现实基础，也为实施差异化产业政策，在更高水平上统筹效率与安全提供了空间。

投入产出分析刻画了国民经济部门间的投入与产出关系，为在相互关联的产业结构中权衡效率与安全提供了一个基础的分析框架。② 然而，传统投入产出分析多基于线性框架展开，难以刻画中间投入品之间的替代关系。这一设定在分析安全问题时存在较大局限，因为断供冲击造成的经济影响，很大程度上取决于企业能否使用其他投入品进行替代。③ 而在投入产出分析的基础上，生产网络一般均衡模型进一步引入替代弹性和需求结构，将产业关联、替代弹性与冲击传导纳入统一的一般均衡框架，从而能较好地刻画断供冲击对安全的影响。此外，全球垄断市场结构也日益成为影响安全的重要因素。如果关键中间投入由少数国家垄断供给，一旦发生断供冲击，企业将难以通过更换供应商分散风险。因此，本文从斯密—李斯特的理论分歧出发，将经济效率与安全的权衡这一经典问题放进人工智能时代垄断竞争的场景中重新探讨。本文在投入产出分析中逐步引入替代弹性和垄断竞争市场结构，构建能够同时研究经济效率与安全问题的生产网络一般均衡分析框架，并比较垄断竞争经济中效率与安全之间的关系。④ 本文以中国集成电路产业为研究对象，构建细分到生产环节的集成电路产业投入产出表和市场结构数据库，模拟集成电路产业的效率—安全可能性边界，识别兼具高生产网络中心性与低替代弹性的关键环节，揭示垄断竞争经济中统筹效率与安全的政策路径。

---

① Adam Smith, *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*, London: Printed for W. Strahan and T. Cadell, 1776, pp.1-26; Friedrich List, *The National System of Political Economy*, trans. Sampson S. Lloyd, London: Longmans, Green, and Co., 1909, pp. 108, 117-118.

② 投入产出分析是列昂惕夫（Wassily Leontief）在20世纪30年代提出的，该方法通过投入产出表计算部门间直接与间接的关联，刻画国民经济部门间的投入与产出关系，是量化部门间关联的基础工具。参见W. Leontief, "Quantitative Input and Output Relations in the Economic Systems of the United States," *The Review of Economics and Statistics*, vol. 18, no. 3, 1936, pp.105-125。

③ 尽管这一局限可通过引入非线性生产函数的方式进行处理，但也会相应增加模型的求解难度。参见林晨、尤晶：《投入产出研究的优点、边界与前景》，《经济学动态》2023年第6期。

④ 在理论抽象部分，本文不试图覆盖所有的可能性和问题，但这一抽象所揭示的结论对产业政策实施具有一定的借鉴意义。

中国知网 https://www.cnki.net

一、经济效率与安全关系的理论分析

既有研究将不完全竞争与生产网络相结合，构建了用于分析不同市场结构下微观冲击的宏观效应一般均衡框架。该框架强调企业生产率冲击的宏观影响取决于市场竞争程度、企业在生产网络中的位置及企业规模。① 在此基础上，本文将其考察的生产率冲击拓展为关键中间投入的断供冲击，并用断供冲击造成的国内GDP损失衡量经济安全水平。② 本文进一步引入投入产出分析中的弗罗贝尼乌斯根来刻画经济效率。弗罗贝尼乌斯根是非负投入产出系数矩阵模最大的特征值，数值越小，单位产出所需的中间投入越少、增加值率越高，经济体系的盈利和净产出增长空间越大、效率越高，反之亦然。③ 本文据此在理论上分析垄断竞争经济中经济效率与安全的关系。

具体而言，假设经济体由若干国家组成，每个国家均包含多个生产部门和一个代表性家庭部门。代表性家庭无弹性地提供劳动并获得工资收入，同时消费不同产业生产的产品以实现效用最大化。在生产部门中，假设市场为垄断竞争市场，每个行业包含多家生产企业。不同行业通过中间品投入构成行业间生产网络。同一行业内部不同企业生产的差异化产品之间具有一定替代性，替代弹性具有产业异质性。在垄断竞争市场中，企业拥有一定的市场定价能力，并在边际成本基础上进行加成定价，行业内产品替代弹性越低，企业的价格加成越高。在一般均衡条件下，产品市场和劳动力市场均实现出清。在产品市场，企业产出与国内外所有生产部门的中间投入需求和家庭最终需求相等。在劳动力市场，企业对劳动的总需求与家庭提供的劳动供给相等。各国和各行业由此通过生产网络相互联系，共同决定均衡状态下的产出和价格。④

① B. Grassi, "IO in I-O: Size, Industrial Organization, and the Input-Output Network Make a Firm Structurally Important," Bocconi University Working Paper, December 2017.

② F. O. Bilbiie and M. J. Melitz, "Aggregate-Demand Amplification of Supply Disruptions: The Entry-Exit Multiplier," NBER Working Paper, no. 28258, December 2020; V. M. Carvalho et al., "Supply Chain Disruptions: Evidence from the Great East Japan Earthquake," *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 136, no. 2, 2021, pp.1255-1321.

③ J. von Neumann, "A Model of General Economic Equilibrium," *The Review of Economic Studies*, vol. 13, no. 1, 1945, pp.1-9; W. Leontief, "Dynamic Analysis," in W. Leontief et al., eds., *Studies in the Structure of the American Economy: Theoretical and Empirical Explorations in Input-Output Analysis*, New York: Oxford University Press, 1953, pp.53-90; P. Sraffa, *Production of Commodities by Means of Commodities: Prelude to a Critique of Economic Theory*, Cambridge: Cambridge University Press, 1960, pp.21-23.

④ 本文在模型中还考虑了寡头垄断中古诺竞争和伯川德竞争两种情形。限于篇幅，文中未列出相应的理论模型设定与完整推导过程；如有需要，可联系编辑部索取。

中国知网 https://www.cnki.net

（一）开放条件下存在外国垄断力量时效率与安全的权衡

本文以行业k中企业i遭受的单位负向生产率冲击刻画断供冲击，并分析其对GDP的影响，据此衡量经济安全。具体而言，断供冲击对GDP的影响可表示为：

$$\frac{\partial \log Y^c}{\partial \log Z(k,i)}=\beta'(I-\Omega)^{-1}\frac{Z(k,i)^{(\varepsilon_k-1)}}{\sum_{i=1}^{N_k}Z(k,i)^{(\varepsilon_k-1)}} \tag{1}$$

其中，Y^c表示c国GDP，$\beta=[\beta_k]_N$表示各行业最终需求占总需求比重的列向量，$(I-\Omega)^{-1}$是列昂惕夫逆矩阵的转置，$\beta'(I-\Omega)^{-1}$为生产网络中心性，其第k个元素衡量行业k在整个生产网络中的重要程度。$\frac{Z(k,\ i)^{(\varepsilon_k-1)}}{\sum_{i=1}^{N_k}Z(k,\ i)^{(\varepsilon_k-1)}}$表示企业i在行业k中的市场份额，由产品替代弹性（$\varepsilon_k$）和生产率水平（$Z(k,\ i)$）共同决定，产品替代弹性越低且生产率越高的企业具有的市场份额越大。

进一步考察经济效率可以发现，在不存在政府干预的情况下，企业能够在全球范围内选择生产率更高的中间投入，充分利用国际分工和比较优势，因而经济效率能达到完全开放时的水平。但当这种效率优势建立在对少数外国垄断供应商的依赖上时，由式（1）可知，由于生产网络中心性和市场份额指标均非负，当外国供应商断供时，即$\triangle \log Z(k,\ i)<0$，将引起本国GDP下降，经济安全水平降低。相反，当国内产品生产率与国际先进水平存在差距时，通过国产替代降低对外国垄断供应商的依赖，可以减少断供冲击对国内经济的影响，但将进口投入替换为国产投入，也会带来一定的效率损失。因此，本文提出推论1。

推论1：开放条件下存在外国垄断力量时，降低外部依赖能够提高经济安全水平但会损失一定效率，而追求更高效率则可能增加断供风险。

进一步地，由式（1）可知，断供冲击对经济安全的影响主要取决于生产网络中心性和替代弹性。由此，本文得到推论2。

推论2：在产品由外国垄断供应的情况下，经济安全由生产网络中心性和替代弹性决定，断供冲击发生的生产环节的生产网络中心性越高、替代弹性越低，对经济安全的影响越大。

（二）不同政策效果的差异：从边界上取舍到推动边界外移

在市场机制下，企业难以充分考虑其供应链选择对经济安全产生的外部性，需要“有为政府”在关键生产环节实施适度的产业政策。本文分别考察降成本政策和研发创新政策对经济安全和效率的不同影响。

中国知网 https://www.cnki.net

当存在降成本政策时，假设企业 i 在使用单位中间品投入时成本降低比例为 $\tau(k, i, l)$。研发创新政策则以国内企业生产率水平进行刻画。此时，断供冲击对经济安全的影响为：

$$\frac{\partial \log Y^{c}}{\partial \log Z(k,i)}=\beta'(I-\Omega)^{-1}\frac{\prod_{l=1}^{N}(1-\tau(k,i,l))^{\omega_{k,l}(1-\varepsilon_{k})}Z(k,i)^{(\varepsilon_{k}-1)}}{\sum_{i=1}^{N_{k}}Z(k,i)^{(\varepsilon_{k}-1)}\prod_{l=1}^{N}(1-\tau(k,i,l))^{\omega_{k,l}(1-\varepsilon_{k})}} \tag{2}$$

根据式（2），首先，随着降成本政策支持力度 $\tau(k, i, l)$ 提高，断供冲击对 GDP 的影响减弱，这意味着，在出现断供时，降低国内企业生产成本，能在一定程度上减缓断供冲击影响，增强经济安全；其次，研发创新政策能提高国内企业生产率，随着国内企业相对于外国企业的竞争力上升，外国优势企业市场份额下降，经济安全性提升；最后，两类政策虽然都能够提高经济安全，但效果存在差异，降成本政策同时作用于式（2）分式中的分子和分母，而研发创新政策只改变分式的分母，在政策幅度相同的情况下，研发创新政策对经济安全的提升效果更明显。更直观地说，降成本政策是在既有技术下使国内企业以较低成本生产，而研发创新则通过提升国内企业生产效率，有助于打破外国垄断格局，削弱断供冲击的影响。

从效率与安全的关系看，在垄断竞争市场结构下，效率和安全需要在可能性边界上做权衡。降成本政策并未从根本上改变国内外企业之间的生产率差距，而研发创新通过提高国内企业生产率，既能够增强对外国垄断供应的替代能力，又能够降低自主生产伴随的效率损失，推动效率—安全可能性边界向外移动。由此，本文得到推论 3。

推论 3：降成本政策和研发创新政策均能够改善经济安全，相较于降成本政策，研发创新能够推动效率—安全可能性边界外移，扩大效率与安全同时改善的空间。

二、集成电路产业生产网络特征及断供冲击测度

理论分析表明，垄断竞争经济中生产网络中心性和替代弹性是决定效率与安全权衡的关键因素。为进一步检验上述理论推论在现实产业中的适用性，本文以中国集成电路产业作为典型产业开展定量分析。集成电路产业是人工智能时代最重要的基础性产业之一，具有典型的不完全竞争和复杂生产网络特征。基于此，本文构建了包含集成电路产业细分生产环节的投入产出表，测度集成电路产业各生产环节的生产网络中心性，并测算不同生产环节断供冲击对国内经济的影响，在此基础上进一步考察经济效率与安全之间的关系。

中国知网　https://www.cnki.net

（一）编制包含集成电路产业生产环节的投入产出表

集成电路产业包含诸多细分生产环节，中美贸易摩擦以来的断供冲击往往并非针对整个行业，而是集中于其中少数关键环节，如EDA软件、光刻机等。相比之下，国家统计局发布的投入产出表行业分类较粗，未能对集成电路产业中的不同生产环节进行刻画。若直接采用现有投入产出表进行分析，可能会掩盖产业内部不同环节在冲击中的差异。基于此，本文依据集成电路产业生产流程，结合集成电路产业实际投入产出关系，将2020年42部门投入产出表拓展为包含集成电路产业生产环节的投入产出表。

集成电路产业由芯片设计、硅晶圆生产、芯片制造以及相关设备和材料等多个生产环节共同构成。芯片设计环节主要包括芯片架构设计、逻辑设计和版图设计等，其中EDA软件是支撑芯片设计的关键基础性工具。硅晶圆生产环节为芯片制造提供核心材料；芯片制造环节则涵盖晶圆加工及后续封装测试等相关制造活动，高度依赖光刻机、刻蚀机等关键设备以及光刻胶、硅晶圆等核心材料。不同设备和材料之间具有较强的工艺配套和投入产出依赖关系。①

具体而言，包含集成电路产业生产环节的投入产出表构建分为部门拆分和数据填充两个步骤。第一步是部门拆分，即在原有投入产出部门体系基础上，将集成电路产业各生产环节从综合部门中细化独立出来。考虑到集成电路产业包含在42部门投入产出表中的通信设备、计算机和其他电子设备部门，本文先根据2020年153部门投入产出表部门分类，将通信设备、计算机和其他电子设备部门拆分为计算机制造业、通信设备、视听设备、电子元器件、通信配套设备与其他电子设备6个部门。再结合集成电路产业生产流程，从投入产出表部门分类中拆分出集成电路产业细分部门。具体地，从电子元器件部门拆分出硅晶圆生产和芯片制造2个部门，从信息传输、软件和信息技术服务中拆分出芯片设计（含EDA）1个部门，从化学产品部门中分离出有机硅和光刻胶2个部门，从专用设备制造部门中分离出光刻机和刻蚀机2个部门。因此，投入产出表中的集成电路产业包括芯片设计（含EDA）、硅晶圆生产、光刻胶、有机硅、光刻机、刻蚀机、芯片制造7个核心部门。由此拆分得到包含7个集成电路产业生产环节的集成电路投入产出表框架。

第二步是数据填充，即将数据填入投入产出表中的空缺条目。一方面，本文通过中国半导体行业协会发布的数据以及各类行业报告，收集各细分行业的营业收入，估算集成电路产业总产出。另一方面，根据集邦咨询（TrendForce）公布的全球集成电路生产流程数据，测算各环节被下游用作中间产品的投入占比，初步估算集成电路产业各环节直接消耗系数。其中光刻机与刻蚀机等设备按10年进行折旧，分别

① 参见蔡跃洲、韦结余、钟洲：《全球集成电路产业链：分布、技术经济特征及挑战》，《国际经济评论》2024年第3期。

中国知网 https://www.cnki.net

占芯片生产投入的8.35%与6.49%。① 同时，根据各环节国外垄断水平，将投入分为国内投入与进口投入，据此构建包含集成电路产业生产环节的投入产出表。

基于投入产出表数据，本文通过$\beta'(I-\Omega)^{-1}$测算集成电路产业各生产环节的生产网络中心性。其中，以集成电路产业各生产环节最终需求占总需求的比重校准参数β，以投入产出系数校准矩阵Ω中元素$\left[\omega_{ij}\right]$，$(I-\Omega)^{-1}$是列昂惕夫逆矩阵的转置。测度结果如表1所示，芯片制造具有最高的生产网络中心性，明显高于其他集成电路产业生产环节，表明芯片制造的供给变化能够通过生产网络产生较大的影响效应。芯片设计（含EDA）的生产网络中心性为0.0091，硅晶圆生产为0.0048。相比之下，光刻机、刻蚀机和光刻胶的中心性分别仅为0.0029、0.0010和0.0005。这并不意味着这些环节在产业体系上不重要，而是表明其直接和间接关联的总体经济规模相对较小。

表1　集成电路产业生产环节生产网络中心性测度

集成电路产业关键环节（代表性产品、设备或材料）	生产网络中心性
芯片设计（含EDA）	0.0091
硅晶圆生产	0.0048
光刻胶	0.0005
光刻机	0.0029
刻蚀机	0.0010
有机硅	0.0015
芯片制造	0.0239

资料来源：基于本文构建的包含集成电路产业生产环节投入产出表数据计算得到。

（二）集成电路产业市场结构分析

集成电路产业具备高度专业化和全球分工特征，不同生产环节的全球市场结构存在显著差异。为刻画不同生产环节的市场结构，本文基于集邦咨询、芯思想研究院（ChipInsights）等研究报告，手动收集整理2023年集成电路产业核心生产环节的主要企业市场份额，并计算前十大非中国大陆企业市场份额。其中，对于设备和材料等包含多类产品、难以直接获得整体市场份额的生产环节，采用代表性核心设备或材料的市场份额进行衡量；对于芯片设计（含EDA）和芯片制造环节，则采用代表性企业的市场份额进行衡量。

表2结果表明，集成电路产业不同生产环节的市场集中度存在显著差异，整体

① 光刻机和刻蚀机属于长寿命资本设备，其实际使用年限通常超过10年，部分设备可服役15—20年；同时，现有企业会计处理中半导体制造设备折旧年限多在5—10年。本文综合设备经济使用寿命及年度化处理需要，基准假定光刻机和刻蚀机折旧年限为10年。

中国知网　https://www.cnki.net

呈现出关键设备和高端材料高度集中于少数国外企业、设计和制造环节国内企业已有一定市场基础、部分基础材料供给能力相对较强的结构特征。其中，光刻机和刻蚀机市场高度集中于少数非中国大陆企业，中国大陆企业全球市场份额仍然较低；硅晶圆、光刻胶等关键材料同样具有较高的外部依赖。相比之下，中国大陆企业已在芯片设计（含EDA）和芯片制造环节占据一定全球市场份额，中芯国际等企业具备一定全球竞争力；刻蚀机国产化进程持续加快，北方华创、中微公司和屹唐半导体在刻蚀设备环节加快追赶，2023年在干法刻蚀设备领域已占全球市场份额约9.96%；有机硅等基础材料的全球供给能力则相对较强，我国已成为最大的有机硅生产国。

表2　集成电路产业生产环节市场集中度

集成电路产业生产环节（代表性产品、设备或材料）	前十大非中国大陆企业市场份额（%）
芯片设计（含EDA）	75.2
硅晶圆生产	83.9
光刻胶	94.5
光刻机	100.0
刻蚀机	90.0
有机硅	42.0
芯片制造	56.3

注：本文统一采用2023年数据。芯片设计（含EDA）、芯片制造、硅晶圆生产、光刻胶、光刻机和刻蚀机均按企业销售收入占比测度，有机硅则采用单体产能占比测度。具体数据来源可联系编辑部索取。

（三）集成电路产业断供冲击测度

本文采用全球供应链数据和中国上市公司数据，以中国集成电路产业受到国外断供冲击，识别断供冲击对企业生产率的影响，并据此校准断供冲击$\Delta \log Z(k, i)$。全球供应链数据来自FactSet Revere全球供应链数据库，这一数据库通过公司年报和季报、投资者报告、公司网站和新闻报道等多方渠道，记录了全球超过180个国家2003年以来上市公司之间日度频次的供应链关系，累计超过500万个观测值。① 中国上市公司数据来自国泰安数据库（CSMAR），数据区间为2010—2023年。参考现有文献通常的做法，剔除含ST、*ST的样本，剔除保险业、其他金融业、货币金融服务和资本市场服务等金融行业样本，剔除营业收入或总资产为负的样本，剔除流动资产大于总资产的样本，并对连续变量进行上下1%缩尾。本文进一步根据半导体供应链数据研究综合平台发布

① 参见丁浩员、董文娟、余心玎：《贸易政策冲击下的跨国供应链断裂与重构研究》，《经济研究》2024年第8期；N. M. C. Pankratz and C. M. Schiller, “Climate Change and Adaptation in Global Supply-Chain Networks,” *The Review of Financial Studies*, vol. 37, no. 6, 2024, pp.1729-1777。

中国知网　https://www.cnki.net

的中国集成电路上市公司名单，整理出集成电路产业上市公司数据。

基于全球供应链数据和上市公司数据对关键变量进行构建。一是国外断供指标。本文根据网络公开信息，手动收集集成电路产业各生产环节的前十大非中国大陆企业名单，发现不同生产环节前十大非中国大陆企业的市场份额占比在42%—100%之间，能较好地涵盖该行业主要企业。基于龙头企业名单，从FactSet Revere数据库中识别出与这些外国龙头企业存在客户关系的中国上市公司样本，并将该供应链关系在数据库中记录的终止时间界定为中国企业与外国龙头企业发生供应链断裂的时点。二是企业生产率水平。参考现有文献的做法，采用LPACF与OPACF方法对上市企业生产率进行测算。三是控制变量。本文进一步控制企业层面的流动性、ROA、杠杆率、资本密集度以及研发投入占比等变量。其中，流动性以流动资产占总资产的比重衡量，ROA定义为企业利润与总资产的比值，杠杆率以企业负债与总资产的比值刻画，资本密集度采用总资产与营业收入的比值衡量，研发投入占比以研发投入占营业总收入的比重表示。

在回归方程设定方面，本文采用式（3）对断供冲击效应进行估计：

$$\ln(TFP_{it})=\alpha+\beta_1 Disruption_{it}+X'\beta+\delta_i+\gamma_{jt}+\varepsilon_{it} \quad (3)$$

其中，$\ln(TFP_{it})$表示在年份t时企业i的生产率对数值，$Disruption_{it}$表示企业i在年份t时是否受到外国断供冲击，X代表控制变量，包括流动性、ROA、杠杆率、资本密集度以及研发投入占比，δ_i和γ_{jt}分别表示企业固定效应和行业×年份固定效应，ε_{it}表示扰动项，本文采用稳健标准误差。β_1表示断供冲击对企业生产率水平的影响效应，本文以β_1的估计值校准$\Delta \log Z(k, i)$。

估计结果如图1所示。总体来看，集成电路产业各生产环节在遭受外国断供冲

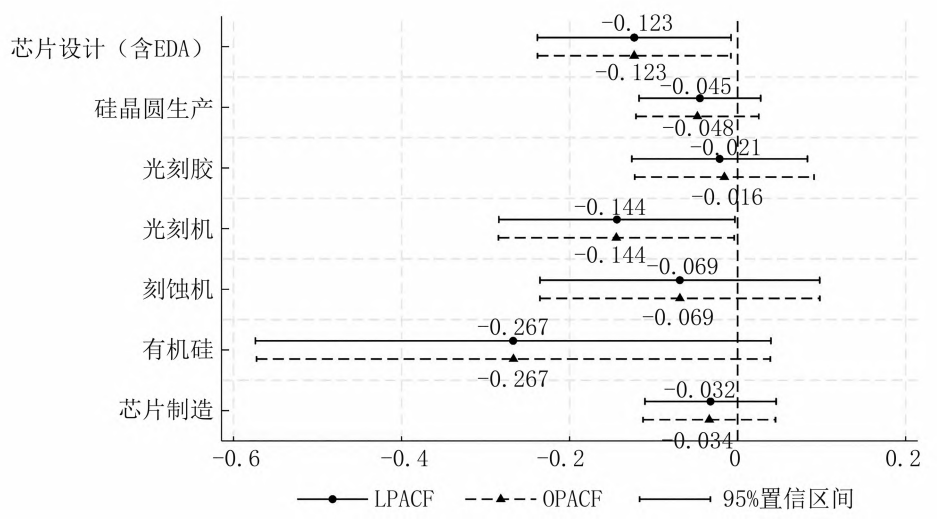


图1　集成电路产业各生产环节断供冲击效应估计

注：所有回归均加入了企业流动性、ROA、杠杆率、资本密集度及研发投入占比等企业控制变量，并控制了企业固定效应和行业×年份固定效应。

中国知网　https://www.cnki.net

击后，生产率均呈现不同程度的下降，表明断供冲击对产业整体运行具有显著的负面影响。具体而言，各环节估计系数约在－0.267——0.016之间。其中，芯片设计（含EDA）与光刻机设备环节的冲击效应在5%的显著性水平上成立，其他环节虽同样表现为负向影响，但统计显著性相对较弱。这一结果也印证了在集成电路产业中，芯片设计（含EDA）以及光刻机设备等技术壁垒较高、外部供给相对集中的关键环节，在受到断供冲击之后呈现出较强的影响效应。

三、集成电路产业效率与安全可能性边界模拟

在垄断竞争经济中，效率和安全之间存在权衡关系，这意味着在既定技术条件约束下，二者存在一组可实现的最优组合，即效率—安全可能性边界。定量模拟这一边界，不仅能够直观反映提升安全水平所对应的效率成本，或者为提升效率而付出的安全代价，还能为产业发展现状下的政策优化空间提供定量依据。

（一）集成电路产业各生产环节断供冲击的安全效应模拟①

基于表1生产网络中心性以及表2前十大非中国大陆企业的市场份额，并结合图1中对集成电路产业各环节负向生产率冲击的估计结果，本文依据式$\Delta \log Y^{c} = \beta'(I-\Omega)^{-1}\frac{Z(k,i)^{(\varepsilon_k-1)}}{\sum_{i=1}^{N_k} Z(k,i)^{(\varepsilon_k-1)}}\Delta \log Z(k,i)$模拟了现实中不同环节遭受断供冲击时对宏观GDP的影响。数值模拟的结果如图2所示。

可以看到，不同生产环节断供冲击的宏观后果存在显著差异，且在采用LPACF与OPACF两种生产率估计方法时，相关结果在冲击方向和相对大小上保持高度一致，表明数值模拟结论具有较强的稳健性。具体而言，芯片设计（含EDA）环节的断供冲击对宏观GDP的影响最为显著，使GDP水平下降约0.0842%。这一结果不仅源于芯片设计（含EDA）环节在生产网络中具有较高的生产网络中心性和较强的市场集中度，而且也反映了该环节在现实中面临较为显著的断供冲击。此外，芯片制造与光刻机环节的断供冲击同样表现出较强的宏观影响，分别是－0.0434%和

① 当前，在集成电路产业的部分生产环节（如光刻机等），少数企业的市场份额占比较高，接近于寡头垄断的市场结构。本文在理论模型部分，也考虑了寡头垄断的市场结构。然而，将集成电路产业作为一个整体，本文依然采用垄断竞争经济的框架进行模拟。原因有三：一是考虑到包括中国在内的新参与者在不断进出集成电路各环节的市场，采用垄断竞争经济去刻画更具有未来前瞻性；二是有机硅等环节在现阶段具备垄断竞争特征；三是垄断竞争模型框架所得生产网络中心性、替代弹性是影响效率和安全权衡的关键因素的结论，在寡头垄断的市场结构中依然适用。

中国知网 https://www.cnki.net

—0.0417%（LPACF计算的估计结果）。相比之下，光刻胶、刻蚀机和有机硅等生产环节的断供冲击对宏观GDP的影响相对有限。

从估计结果规模来看，按中美贸易摩擦发生前2017年中国GDP约82.7万亿元测算，芯片设计（含EDA）环节断供冲击导致GDP损失约696.3亿元，芯片制造和光刻机断供冲击造成GDP损失约359.0亿元和344.9亿元。在2017年，芯片设计（含EDA）、芯片制造和光刻机销售额与GDP比值分别为0.251%、0.175%和0.010%。① 这意味着，本文模拟的是经济体中规模占比较小的生产环节冲击，但仍可引致数百亿元量级的经济损失。②

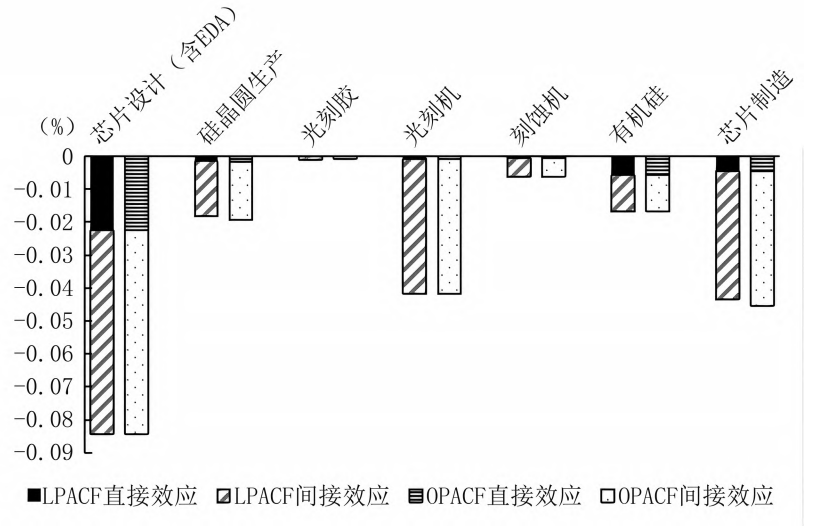


图2　集成电路产业各生产环节断供冲击效应模拟

为进一步识别不同生产环节断供冲击的网络波及程度，本文将GDP损失效应分解为直接效应和间接效应两部分，其中直接效应指的是受冲击行业直接对宏观经济的影响部分，间接效应指的是通过生产网络间接对宏观经济的影响部分。图2估计结果显示，所有环节的间接效应均明显大于直接效应，表明集成电路产业断供冲击的宏观经济影响主要通过生产网络传导。分生产环节看，光刻机的间接效应与直接效应之比约为48，显著高于其他生产环节；有机硅的比值最低，但间接效应仍高于

① 数据来源于中国半导体行业协会及相关研究报告。

② 与既有文献相比，本文的估计结果具有一定的可比性。余壮雄等发现，受技术“卡脖子”冲击的行业生产率每下降1%，将导致GDP下降0.02%—0.09%，平均约0.04%；王彬等针对整个ICT产业进行模拟，发现ICT产业10%的生产率冲击将带来2.08%的宏观经济影响。参见余壮雄、董洁妙、程嘉嘉：《技术“卡脖子”的影响与对策：基于融合技术关联的生产网络分析框架》，《中国工业经济》2025年第6期；王彬、贺金玲、王航：《信息通信技术产业断链脱钩的宏观效应：基于生产网络的视角》，《经济理论与经济管理》2024年第11期。

中国知网　https://www.cnki.net

直接效应。由此可见，不同生产环节断供冲击的网络放大程度存在明显差异，部分环节自身规模和直接损失虽小，却可能通过生产网络产生更大的间接损失。需要说明的是，本文生产率冲击参数是基于上市公司样本识别的。由于上市公司多为规模较大的企业，其受到断供冲击的程度可能高于一般企业，因此将该参数推广至全行业可能高估实际宏观经济损失，本文测算结果为理解断供冲击的宏观经济效应提供参考。

（二）集成电路产业效率—安全可能性边界模拟

本文进一步通过反事实模拟集成电路产业不同生产环节实现国产替代后的效率和安全性指标，以获得效率—安全可能性边界，为实现更优的效率与安全组合提供定量参考。具体而言，根据图2中不同生产环节断供冲击效应大小，本文分别设置两组反事实模拟组合，具体如表3所示。其中，组合1按照断供冲击效应由大到小进行累计，组合2按照断供冲击效应由小到大进行累计。

表3　反事实模拟分组

序号	组合1	组合2
1	芯片设计（含EDA）	光刻胶
2	芯片设计（含EDA）＋芯片制造	光刻胶＋刻蚀机
3	芯片设计（含EDA）＋芯片制造＋光刻机	光刻胶＋刻蚀机＋有机硅
4	芯片设计（含EDA）＋芯片制造＋光刻机＋硅晶圆生产	光刻胶＋刻蚀机＋有机硅＋硅晶圆生产
5	芯片设计（含EDA）＋芯片制造＋光刻机＋硅晶圆生产＋有机硅	光刻胶＋刻蚀机＋有机硅＋硅晶圆生产＋光刻机
6	芯片设计（含EDA）＋芯片制造＋光刻机＋硅晶圆生产＋有机硅＋刻蚀机	光刻胶＋刻蚀机＋有机硅＋硅晶圆生产＋光刻机＋芯片制造
7	芯片设计（含EDA）＋芯片制造＋光刻机＋硅晶圆生产＋有机硅＋刻蚀机＋光刻胶	光刻胶＋刻蚀机＋有机硅＋硅晶圆生产＋光刻机＋芯片制造＋芯片设计（含EDA）

在反事实模拟中，本文按照序号依次将不同组合下的生产环节全部替换为国内生产，构造集成电路产业不同生产环节实现国产化替代的产业结构，并分别测算各情景下的效率指标与安全指标。在效率指标方面，首先，测算国产替代比重，根据包含集成电路产业生产环节的投入产出表计算各生产环节的中间品进口投入系数，获得各生产环节需要国产化替代的进口投入规模；其次，修正国产化带来的效率成本，由于进口产品和国产产品存在效率差异，本文依据各生产环节全球最优生产国家的增加值率与中国相应部门增加值率之比进行修正，如果一国在该生产环节技术优于中国，则默认该国该部门增加值率也高于中国，通过美国、日本、荷兰等在集成电路产业相应生产环节具有优势的ADB-MRIO投入产出表数据，计算其与中国增

中国知网　https://www.cnki.net

加值率之比，计算将进口品转化为国产品替代需要增加多少效率成本；最后，通过得到新的直接消耗系数矩阵，重新计算相应的弗罗贝尼乌斯根，得到效率指标。在安全指标方面，由于将进口部分替换为国产品后，该环节将不再受到断供冲击，本文直接将该环节的断供冲击效应替换为0，并将不同生产环节的断供冲击效应加总得到安全性指标。

将效率指标和安全指标标准化后，集成电路效率—安全可能性边界模拟结果如图3所示。总体来看，随着关键生产环节的进口投入逐步被国内生产替代，经济安全水平不断提高，但效率相应下降。进一步比较两种国产化组合可以发现，不同生产环节的国产化顺序会显著影响这一权衡关系：在较低和中等安全水平下，组合2能够以较小的效率损失获得更大幅度的安全改善，其对应曲线位于组合1外侧；随着经济安全水平进一步提高，两种组合的相对优势发生变化，组合1逐渐成为更有效的选择。两种组合中具有相对优势的区段，共同构成图中的效率—安全可能性边界。这表明，统筹效率与安全并非简单提高所有生产环节的国产化水平，而应根据不同生产环节生产网络中心性、替代弹性以及断供冲击效应，合理确定国产化的优先顺序和程度，从而以较小的效率损失实现更高水平的经济安全。

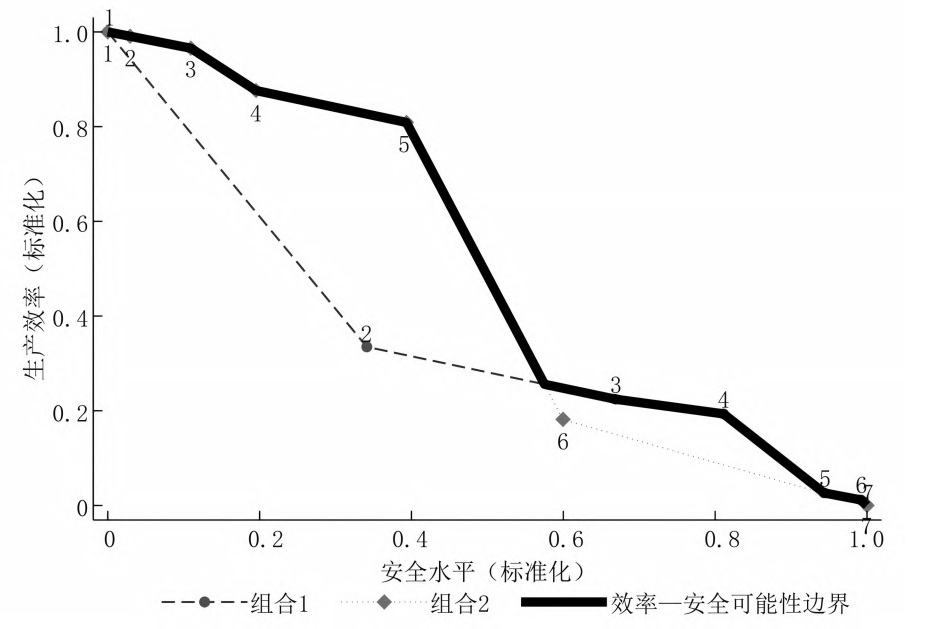


图3　集成电路产业经济效率—安全可能性边界

注：图中数字对应表3中的不同组合，粗实线表示由不同组合中效率—安全表现占优的点连接形成的效率—安全可能性边界。

结论与启示

进入人工智能时代，数据要素的规模经济和关键产品的集中供应，削弱了资本边

中国知网　https://www.cnki.net

际收益递减的约束，垄断竞争市场结构进一步强化，经济效率和安全之间的权衡问题凸显。本文研究发现，生产网络中心性和替代弹性是决定效率与安全权衡的关键，优先提升高生产网络中心性和低替代弹性生产环节的自主生产水平，其他环节根据比较优势参与全球分工，能够有效外推效率—安全可能性边界。通过定义和测度效率—安全可能性边界，为刻画“什么是”以及探讨“如何在”更高水平上统筹效率和安全提供了依据。在集成电路产业，通过新编制细分到生产环节的集成电路产业投入产出表和市场结构数据库，识别关键生产环节，将统筹安全与效率从理论层面转化为可测度与可检验的命题。尤其是，与传统上把创新放入效率考量中不同，本文认为，创新不仅能提高生产效率，还能持续外推效率—安全可能性边界，实现效率和安全在更高水平上的协同。

近年来，我国在核心技术领域持续取得进展，关键生产环节的自主供给逐步提升，为应对外部技术限制与产品断供冲击提供了现实支撑。中国在深度参与全球分工的同时，并未简单通过减少开放来换取经济安全，而是着力提升关键生产环节自主可控能力，由此外推效率—安全可能性边界。这一实践超出了传统经济学中将效率与安全主要理解为此消彼长关系的分析视角，为重新认识开放条件下效率与安全的关系提供了重要的现实基础。

本文正是从这一现实出发，对中国经济实践中已经形成但尚未被充分理论化的经验进行提炼，将生产网络、替代弹性和断供冲击纳入统一分析框架，对“关键生产环节自主可控、其他生产环节参与国际分工”这一实践模式进行理论抽象，揭示其背后的经济学机制。在此基础上，本文进一步运用理论模型、参数识别和反事实模拟，对这一来源于中国经济实践的理论命题进行规范化表达和经验检验。由此，本文不仅解释了中国集成电路产业发展的具体实践，更尝试从中国发展实践中提炼具有一般解释力的理论认识。本文拓展了将效率与安全主要理解为权衡关系的既有分析框架，归纳提炼出了效率—安全可能性边界外推的事实和机制，也进一步表明中国经济实践不仅能够成为经济学理论的解释对象，还能够成为中国经济学理论创新的重要来源，从而为构建经济学自主知识体系提供有益借鉴。

基于上述理论分析和实践启示，本文进一步提出相应的政策建议。

第一，建立生产网络视角下的产业发展统计监测体系。在现有行业、企业总量统计指标基础上，进一步推动统计数据向生产环节、关键产品延伸。加强增值税发票、海关商品进出口、市场集中度等数据的衔接与整合，为从生产网络视角分析经济效率与安全提供产品层面的基础数据库。在此基础上，构建能够综合刻画生产网络位置、市场结构、替代弹性和供应来源的统计指标体系，从全产业体系层面量化不同生产环节的效率和安全特征，并形成对细分生产环节的动态监测和风险预警机制，及时反映投入产出关系和市场份额的变化，为研判产业体系运行效率和安全提供数据和指标支撑。

中国知网 https://www.cnki.net

第二，找准经济体系的“承重墙”，推动产业政策从按产业施策转向按环节施策。同一产业内部生产环节差异较大，应将支持单元下沉至关键生产环节和核心产品，综合生产网络中心性和替代弹性等指标，识别并确定支撑经济安全运行的“承重墙”。产业政策资源优先支持高生产网络中心性、低替代弹性的关键生产环节，如EDA软件、光刻机等，着力提升自主生产和国产替代能力；对生产网络中心性较低或替代弹性较高的生产环节，则发挥市场机制和国际分工作用，以更小的效率成本提升经济安全。但需要指出的是，识别关键生产环节不仅是在“找弱点”，也是在“抓强点”。这些环节既可能是经济安全的薄弱环节，也可能——在实现自主可控的前提下——转化为参与国际产业竞争博弈的重要战略资源。应在识别和补齐外部依赖较高关键生产环节短板的同时，进一步梳理我国在全球生产网络中具有较高生产网络中心性、较低替代弹性的关键技术和产品，巩固并扩大关键环节优势。

第三，强化关键技术长期创新和前瞻布局，以差异化政策推动效率—安全边界外移。应根据关键生产环节的形成机制实施差异化安全策略。对于高生产网络中心性、低替代弹性的关键生产环节，应减少对短期成本补贴的依赖，更加注重长期研发投入和技术能力积累，从根本上降低关键生产环节外部依赖及其带来的安全风险。对于人工智能等新兴产业和未来产业，其技术路线、产业形态和生产网络处于形成过程中，基于现有的生产网络中心性和替代弹性的识别框架未必能够有效识别未来的关键生产环节。有鉴于此，政策重点应由“事后识别关键环节”前移至“事前培育潜在关键能力”。应加强对新兴生产网络演化的前瞻性研判，综合生产网络中心性和替代弹性等指标，提前识别关键生产环节。对于技术壁垒较高的关键生产环节，通过基础研究进行前瞻性布局，力争在未来产业竞争中形成先发优势。对于受资源禀赋约束较强的关键生产环节，则应更加重视供应来源多元化，通过拓展稳定供给渠道、加强长期资源合作，降低对单一来源的依赖，增强关键资源供给的稳定性和安全保障能力。

〔责任编辑：梁 华〕

中国知网 https://www.cnki.net

traditional governance wisdom, efforts to adapt socialist rule-of-law oversight to the Chinese context, and the demands of modernizing national governance. Driven by practice, it has grown from an initial institutional experiment into an innovative institution that permeates the entire framework of the rule of law. With its composite functional positioning, nested operational structure, and a flexible-and-rigid effectiveness model, it achieves an organic unity of intra-system normative integration and the procedural rationality of communication and consultation within the framework of democratic centralism. This fundamentally distinguishes it from the Western model of constitutional review based on the separation of powers and checks and balances, defining a unique path for the autonomous development of China's rule-of-law oversight. In the future, further improvements to recording and review should focus on aspects such as preventing risks and conflicts among its multiple functions, overcoming the risks associated with dispersed oversight responsibilities, and optimizing its legal effect. These efforts will enable recording and review to continue contributing Chinese wisdom and Chinese solutions to the development of diverse models of the rule of law worldwide.

The Trade-off between Efficiency and Security in a Monopolistically Competitive Economy—Evidence from China's Integrated Circuit Industry

Lin Chen, Chen Rongjie, and Li Jing • 101 •

The AI economy is reshaping the structure of global production networks, deepening the division of labor within production networks, while reinforcing monopolistically competitive market structure in certain segments. These changes provide a practical basis for the trade-off between economic efficiency and security. Traditional theories of the international division of labor and autonomous production emphasize a trade-off in which efficiency and security improve at each other's expense. Differences in production network centrality and elasticity of substitution across production segments, however, offer a new analytical perspective on reconciling efficiency and security at higher levels. Production segments characterized by high centrality within production networks and low elasticity of substitution constitute critical links in the economic system. Prioritizing greater autonomy and control over these segments, while encouraging other segments to participate in the international division of labor, can push the efficiency-security possibility frontier outward—allowing greater efficiency at a given level of security, or greater security at a given level of efficiency. Moreover, R&D and innovation can continually shift this frontier outward, expanding the scope for simultaneous improvements in both efficiency and security, and enabling them to reinforce each other at higher levels.

Projectification and Financialization: The Logic of County-Level Fiscal Practice

Chen Jiajian and Wang Lungang • 117 •

County-level finance plays an important role in developing China's system for governance, and the issues it raises have attracted substantial attention. A longitudinal study of a typical county reveals two long-term trends in county-level fiscal practice: projectification and financialization. Projectification refers to the allocation of fiscal resources on the basis of specific tasks and items, accompanied by increasingly refined

中国知网 https://www.cnki.net