

中美信息技术与稀土反制的动态博弈分析

马熙伦

上海财经大学金融学院, 上海

DOI:10.62836/ssr.v3n2.1094

摘要: 本文探究中美信息技术与关键原材料领域的非对称依赖博弈。研究发现,当前的“管制—反制”格局呈非稳定的僵持状态。引入时间变量后,博弈演化呈现三条路径:回归贸易均衡、系统性脱钩、以及基于替代速度差的非对称脱钩。研究论证了单边制裁效力随跨期替代弹性增加而递减的规律,提出战略窗口期内的速度竞速是决定权力转移的关键。结论认为,政策核心应从静态资源对抗转向“增强结构性反制能力”与“缩短内生替代周期”的双轨并行:前者旨在通过强化短期施压手段,为迫使博弈重回贸易均衡路径保有战略筹码;后者则旨在对冲长期结构性依附风险,从而在规则重构期内确立持久的制度性议价优势。

关键词: 中美科技竞争; 博弈论; 出口管制; 稀土反制; 非对称脱钩

Dynamic Game Analysis of US-China Tech Export Controls and Rare Earth Countermeasures

Hei-Lun Ma

School of Finance, Shanghai University of Finance and Economics, Shanghai

Abstract: This paper explores the asymmetric interdependence game between China and the United States in the sectors of information technology and critical raw materials. The study reveals that the current “export control-countermeasure” landscape is characterized by a non-steady state stalemate. By introducing a temporal variable, this paper identifies three evolutionary paths for the game: a return to trade equilibrium, systemic decoupling, and asymmetric decoupling based on the differential in substitution speeds. The research demonstrates that the effectiveness of unilateral sanctions diminishes as intertemporal elasticity of substitution increases, suggesting that the “speed race” within strategic windows is the key determinant of power shifts. The paper concludes that the core of policy formulation should shift from static resource confrontation toward a dual-track approach of “strengthening structural countermeasure capabilities” and “shortening endogenous substitution cycles”. The former aims to maintain strategic leverage by reinforcing short-term pressure to induce a return to the trade equilibrium path, while the latter seeks to hedge against long-term structural dependency risks, thereby establishing a lasting institutional bargaining advantage during the period of global rule reconfiguration.

Keywords: US-China tech competition; game theory; export controls; rare earth countermeasures; asymmetric decoupling

1 引言

美国对华技术限制政策自2020年以后快速扩张，工具从针对性管控手段到对先进计算能力、半导体设备及云端算力的分层限制，逐步形成系统性的技术壁垒。与之相应，中国在上游资源与材料端展现反制能力，尤其在稀土分离与加工、以及镓、锗等特种金属的精炼环节具有较高的全球市场份额。通过许可审批与用途管理，中国可以有效影响下游多个技术子产业，从而降低高技术工业的产能。这种相互制衡使竞争从单向施压转向双边对峙。

在此背景下，本文提出核心问题：在双方均拥有有效制衡手段、且对对方存在关键性依赖的情况下，中美技术博弈将形成何种结果。本文将技术竞争视为一种互动过程，揭示不对称优势与相互依赖的逻辑。不同于传统观点认为结果仅有合作或脱钩两种，本文引入了时间维度，重点探讨了第三种可能——即调整速度的差异。如果一方在供应链重构或技术替代上的速度显著快于另一方，将创造出极具战略价值的窗口期。在此期间，原本对称的相互依赖将转化为单向的压制工具。本文旨在分析不同条件下可能出现的结果，并对政策选择提出启示。

2 文献综述与理论基础

既有的战略贸易理论为国家在寡头市场中利用政策工具实现租金转移提供了基础框架。Brander & Spencer (1985) 阐明了政府如何通过出口限制或补贴等手段打破市场均衡，强行将全球产业的高额利润从对手国转移至本国[1]。随后，Costinot (2015) 进一步从全球贸易体系的最优税收结构视角，论证了大型经济体利用关税或贸易限制来修正市场扭曲、并强行实现租金再分配的经济理性。这为观察美国通过出口管制获取“战略溢价”提供了理论动因，即通过单边政策工具改变贸易条件，以获取系统性的经济收益[2]。在此基础上，Farrell & Newman (2019) 的研究进一步将网络中心度与供应链瓶颈内生化为核心战略变量[3]。他们指出，全球化并非扁平分布，而是受特定枢纽驱动：美国利用其在技

术标准与金融网络中的核心地位，而中国则凭借在资源加工链条上的结构性瓶颈，分别将这种相互依赖转化为战略制衡的强制力。这些理论共同为理解中美在半导体与稀土领域的非对称控制权提供了结构性解释。然而，现有主流分析在处理当前中美科技战时存在局限性。它们多将这些互动视为静态的重复博弈，过度关注固定制度框架下惩罚策略的可信度[4]。这种静态视角忽视了两个关键的经济特征：第一，脱钩伴随着显著的无谓损失与资源错配，这对冲突的可持续性构成了硬性约束；第二，博弈结构的内生演化，即由于跨期替代效应的存在，博弈结构本身会发生结构性改变。

本文的理论框架建立在非对称依赖与跨期替代之上。本文构建一个动态博弈模型。该模型假设短期内供应链受限于专用性资产和技术专利壁垒，供应链具有极高的物理刚性，替代弹性趋近于零。然而在长期内，制裁引发的价格信号与政策补贴将驱动资本积累与技术内生，从而显著提高替代弹性。这种从短期刚性到长期弹性的转变，是分析博弈路径演化的核心方法论基础。即当前的贸易摩擦本质上是一个次优的纳什均衡，且由于缺乏有约束力的承诺机制，双方陷入了典型的囚徒困境。博弈的本质并非简单的资源多寡之争，而是双方在替代弹性提高速率上的时间竞速，本文将利用这一维度推导博弈从僵持走向解构的动态路径。

3 博弈模型的构建与动态演化分析

本文构建一个双边、同时行动的策略互动场景，参与者为美国与中国。美国在策略上可选择实施信息技术相关的出口管制，或维持相对自由的贸易安排；中国在策略上可选择限制稀土及关键矿物出口，或维持供应的稳定与可预期。双方均追求自身利益最大化，其收益函数包含技术租金、市场支配力及税收盈余等正向收益；而负向代价则聚焦于全球化分工的效率损耗、产业生态的系统性降级风险、以及因政策不确定性诱发的宏观经济波动性。

在此基础上，本文构造了一个动态演化的博弈结构。基于Costinot et al. (2013) 关于一体化收益的研究，本文首先确认自给自足的高昂机会成本构

成了一种内在的经济力量，阻止了冲突的线性升级[5]。这种成本体现为生产效率的系统性倒退，迫使政策制定者在追求安全时必须兼顾经济可行性。Cerdeiro et al. (2021) 的研究进一步指出，这种伴随高通胀与供应链断裂的状态具有极高的成本，在长期内会严重侵蚀双方的国民福利与增长潜力，因而无法维持稳定状态[6]。由于双方均面临效率损耗的边际成本，系统必然在压力下发生变迁。据此，本文推导出三种可能的演化路径：

第一种路径是回归贸易均衡。当成本大于调整收益。当稀土反制对美国军工与高科技产业造成的边际损害，以及芯片禁令对中美国内产业造成的成本，超过了双方维持对抗的收益时，基于理性决策假设，双方将重回谈判桌以及恢复既有的贸易均衡。这一路径将使全球恢复一体化的分工，是一种基于相互个体利益最大化后的妥协。

第二种路径是系统性脱钩。当替代速度同步且均快于国内经济的忍受期。如果僵持时间过长，市场力量将强制介入，关于全球价值链韧性的文献指出，虽然短期供给弹性极低，但在长期，创新与资本积累将提高替代弹性[7]。若美国成功建立非中国稀土供应链，且中国实现成熟制程芯片自主化，由于内生技术变迁导致了中美博弈的解构。此时，博弈将不复存在，取而代之的是两个平行、互不依赖、但效率低下的独立工业体系。

第三种路径是非对称脱钩。这是博弈中最具对抗性且风险最高的演化方向，也是本文对现有理论的重要补充，即脱钩速度的非对称性创造了战略窗口。如果一方能够比对手更快地通过技术创新或供应链重组来提高替代弹性，那么在对手完成调整之前的这一战略窗口期内，原本对称的相互依赖将演变为非对称的强制性权力，使领先方获得单向的战略溢价与制裁效能。在这种情境下，原本双向的博弈将暂时转化为单向的强制力。例如，若美国在稀土提炼上的替代速度显著快于中国在半导体技术上的突破速度，那么在这一特定的时间差内，中国手中的稀土筹码将因美国完成替代而失效，而美国手中的芯片禁令对中国依然具有致命的制裁力。反之亦然。因此，这一路径下的博弈本质不再是静态的

制裁与反制，而是一场与时间竞赛的动博弈。胜负的关键在于谁能以更短的周期跨越制裁的忍受期，从而在过渡期内掌握主导权。

4 现实验证与结论

现实情况正处于典型的战略僵持期，高度吻合本文描述的非稳定的僵持状态特征。美国对华为及中国实体的供应限制，虽然短期内造成了遏制效果，但其边际效用正在递减，且反噬效应已导致美国企业损失巨大市场份额；与此同时，中国对镓、锗的出口管制引发了国际市场波动与供应链风险。这种双方均承受高代价的局面验证了当前对抗状态的不可持续性。市场信号表明，博弈正将逼近临界点：高成本将会令政策转向回归贸易均衡或令产业链彻底重组而走向不可逆转的脱钩。

本文得出的核心结论是：中美科技博弈的演化逻辑，不是取决于静态的资源储备而是取决于动态的替代速度差。传统观点往往静态地看待脱钩或回归，却忽略了过渡期的结构性风险。若一方在关键领域的替代速度显著快于对手，则能在战略窗口期内获得非对称优势，导致落后方在完成自给自足前因战略议价能力的丧失而不得不接受对其不利的贸易规则或制度框架。因此，当前的战略僵持期是一场关于供应链重构速率的竞速博弈。

对于政策制定者而言，中间状态正在迅速消失。若追求回归路径，反制措施必须在对手形成替代产能前产生足够的压力，以诱导博弈重回合作均衡；若选择脱钩路径，则必须在接受长期效率损失的同时加速内生替代。最严峻的挑战在于陷入战略被动陷阱，即反制措施的压力边际效应不足以驱动谈判，而替代速率又滞后于对手。因此，政策制定的核心任务在于通过增强结构性反制能力与缩短替代周期，在国际规则重构的窗口期内，既保有推动回归自由贸易的筹码，同时有效避免陷入结构性依附，进而获取长期的制度性议价优势。

参考文献

- [1] Brander J A, Spencer B J. Export subsidies and international market share rivalry[J]. *Journal of International Economics*,

- 1985, 18(1): 83-100.
- [2] Costinot A, et al. Comparative advantage and optimal trade policy[J]. The Quarterly Journal of Economics, 2015, 130(2): 659-702.
- [3] Farrell H, Newman A L. Weaponized interdependence: How global economic networks shape state coercion[J]. International Security, 2019, 44(1): 42-79.
- [4] Bagwell K, Staiger R W. The economics of the world trading system[M]. The MIT Press, 2002.
- [5] Costinot A, Rodríguez-Clare A. Trade theory with numbers: Quantifying the consequences of globalization[R]. National Bureau of Economic Research Working Paper Series, 2013, No. 18896.
- [6] Cerdeiro D, et al. Sizing up the effects of technological decoupling[R]. IMF Working Papers, 2021, 2021(069): 1.
- [7] Boehm C E, et al. The long and short (Run) of trade elasticities[J]. American Economic Review, 2023, 113(4): 861-905.

Copyright © 2026 by author(s) and Global Science Publishing Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access