

# 地缘政治博弈、技术遏制与大国增长

**摘要：**近年来，美国对中国采取日趋严苛的技术遏制政策。历史上，类似的领先国家对后发追赶大国的技术遏制屡见不鲜。这一现象如何产生？两国的动态技术遏制与反遏制政策如何内生形成？在这一博弈过程中，两国的技术进步、经济增长与福利水平会受到怎样的影响？为研究这些问题，本文构建了一个包含地缘政治博弈、内生技术遏制与经济增长的动态博弈一般均衡模型。研究发现，只有当后发追赶国家的经济体量足够大时，才会内生触发领先国家的技术遏制。后发追赶大国的最优反制策略是对本国生产与研发进行补贴，且补贴强度随所受技术遏制程度递增。后发追赶大国最优产业政策，在短期会引发更严厉的技术遏制，但在长期会缩短遭受技术遏制的时间长度，并实现更高的福利水平。本文进一步讨论国防战略型产业对民用技术外溢效应的影响，并解释历史上为什么有些后发追赶大国应对技术遏制获得成功，而有些却遭受失败。

**关键词：**大国博弈；技术遏制；有为政府；战略型产业；经济增长

作者信息：

王勇（通讯作者），北京大学新结构经济学研究院，邮政地址：北京市海淀区颐和园路5号北京大学新结构经济学研究院朗润园503办公室，邮政编码：100871，邮箱：yongwang@nsd.pku.edu.cn。

赵昌文，国务院发展研究中心，邮政地址：北京市东城区朝阳门内大街225号，邮政编码：100010，电子邮件：cwzhao@scu.edu.cn

江深哲，北京大学新结构经济学研究院，邮政地址：北京市海淀区颐和园路5号北京大学新结构经济学研究院朗润园504办公室，邮政编码：100871，邮箱：shenzhejiang@nsd.pku.edu.cn

张梓桐，北京大学新结构经济学研究院，邮箱：zitongzhang@nsd.pku.edu.cn

## Geopolitical game, technological containment and endogenous growth

**Abstract:** This paper develops a dynamic general equilibrium model that incorporates including geopolitical game, endogenous technology containment, and economic growth to analyze the reason behind the leading country's technological containment policies against the major catching-up country and the effect of these policies on technological progress, economic growth, and welfare level of the two countries. We find that the leading country will adopt technological containment policies only when the economic size of the catching-up country is large enough. Moreover, the containment intensity will first increase and then decrease as the technological gap between the two countries shrinks, and eventually the leading country will give up containment policies completely. The best strategy for the catching-up country is to subsidize its production and R&D, and the optimal subsidy

intensity should increase with the degree of technological containment. In equilibrium, compared with the Laissez-faire scenario, the catching-up country will suffer more severe technological containment in the short run, but in the long term, the duration of technological containment will be shorter and the catching-up country will achieve a higher level of welfare. We further introduce the technological spillover effect of the national defense strategic industry into the model and show how it will affect the dynamic game between the countries. Our model also explains why some catching-up countries succeeded in counteracting the technological containment but others failed in history.

**Key Words:** Geopolitical game; Technology containment; Facilitating government; Strategic industry; endogenous economic growth

## 一、引言

技术上的先进性直接影响一个国家的国际竞争力（Waltz, 1979）<sup>①</sup>。近年来，作为后发追赶国家的中国与作为领先国家的美国在贸易、科技与安全等领域的摩擦不断加剧，使得我们所面对的地缘政治形势日趋严峻，所承受的外部风险与不确定性与日俱增。特别地，美国出于对其霸权地位的维护，对中国采取了一系列称之为“小院高墙”的“技术遏制”措施<sup>②</sup>，试图迟滞中国的技术进步和产业升级。为打破美方的技术封锁，中国提出统筹发展与安全，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（马建堂和赵昌文，2020）<sup>③</sup>，包括短期尽可能实现国内“供给替代”或外部市场多元化，以及中长期推行“科技自立自强”战略，并相继出台了一系列促进科技创新和高新技术产业发展的财税政策，鼓励企业自主创新，以尽早实现技术突破。这些政策在促进中国技术进步的同时，也引起了美国的高度关注，已经并将可能继续招致其进一步的技术遏制。由此可见，中美之间的地缘政治博弈、技术遏制与反遏制的相互交替，既是目前的客观现实，也是未来相当长一个时期影响国际政治经济格局的关键。

从历史上看，大国之间的技术遏制与反遏制并不少见。十六世纪的葡萄牙与西班牙、十七世纪的荷兰与英国、十八世纪的英国与美国、二战以后的美国与前苏联以及上世纪八、九十年代的美国与日本，都曾发生过世界领先国家对后发追赶大国实施严苛的技术遏制的现象。一直以来，对此问题的研究主要集

---

<sup>①</sup> Waltz, K. N., *Theory of international politics*, Long Grove: Waveland Press, 1979.

<sup>②</sup> 例如，2019年5月，美中经济和安全审查委员会发布题为《中国企业如何促进从美国转移技术》的报告，此后美国政府开始对半导体等高新技术行业实施一系列广泛的出口管制。2021年4月8日，美国商务部将7家中国超级计算机公司列入实体清单；2021年6月3日拜登签署行政命令，将包括华为公司、中芯国际、中国航天科技集团有限公司在内的59家中国企业列入投资“黑名单”，禁止美国人与名单所列公司进行投资交易，并且这一名单还在不断扩大。

<sup>③</sup> 马建堂、赵昌文：《更加自觉地运用新发展格局理论指导新发展阶段经济工作》，《管理世界》2020年第11期。

中在国际政治领域，且基本都未能充分考虑技术进步的内在经济学机制。另一方面，内生经济增长理论虽然对于技术创新如何内生于企业利润最大化行为、跨国的技术扩散机制以及创新如何受到各种政府政策的影响等积累了大量研究（潘士远和史晋川，2002）<sup>①</sup>，但却很少探讨地缘政治博弈、技术遏制与大国经济增长之间的内生互动关系，而且对于国防战略型产业的分析也非常不足。因此，本文希望超越经济学与政治学各自传统的分析范畴与范式，建立一个更有包容性、更为严谨且具有说服力的理论框架，对大国之间的技术遏制与反遏制进行深入分析。

具体而言，本文主要研究以下五个密切相关的问题。首先，从现实和历史经验来看，领先国家的技术遏制主要针对体量更大的后发追赶国家。因此，需要回答的第一个问题是：一个后发追赶国家经济体量的大小对于领先国家的技术遏制政策有怎样的影响？换言之，与后发追赶小国相比，后发追赶大会面对怎样不同的机遇与挑战？其次，安全是发展的前提，发展是安全的保障，在地缘政治博弈背景下，后发追赶国家要更加处理好发展与安全之间的辩证关系（张宇燕和冯维江，2021）<sup>②</sup>。因此，需要回答的第二个问题是：在战略层面上，如何统筹发展与安全之间的关系？再次，实现长期发展与安全保障、高水平自立自强的核心是关键技术的突破和持续进步，作为后发追赶国家，一方面要坚持科技创新的自力更生，另一方面又要积极开展国际技术合作。因此，需要回答的第三个问题是：在面对技术遏制时，如何动态平衡科技自立自强与国际技术合作之间的关系？另外，科技创新当然离不开市场和企业的力量，但创新存在的外部性又要求政府作用与市场机制更好地配合。因此，需要回答的第四个问题是：如何在促进科技自立自强中实现有为政府和有效市场的有机结合？最后，国防战略型产业不仅是国家之间进行地缘政治博弈的重要抓手，而且该产业的技术对于民用部门技术也有转化或外溢作用。因此，需要回答的第五个问题是：国防战略型产业技术的民用化效率如何影响大国之间的地缘政治博弈、技术遏制与经济增长？

本文通过构建一个动态博弈一般均衡模型，把地缘政治博弈、技术遏制与经济增长这三个核心方面，放在一个统一的分析框架中进行研究，以回答前文所提出的问题。模型中包含**两类国家**，分别代表初始技术水平较高的领先国家和初始技术水平较低的后发追赶国家。领先国家可以通过对国防战略型产业的投入及其在经济和技术上的优势，向后发追赶国家索取地缘政治经济利益；后发追赶国家也可以通过对国防战略型产业的投入及其他相关经济、技术政策，**抵御和对冲**领先国家对地缘政治经济利益的索取。在这一动态博弈过程中，后发追赶国家的技术进步由自身的研发投入和来自领先国家的技术扩散所决定，而领先国家为最大化自身的地缘政治经济利益，会对后发追赶国家采取内生的技术遏制政策，以影响后发追赶国家通过技术扩散所获得的技术进步，进而影响其经济增长。同时，后发追赶国家也可以通过设定最优的财税政策以应对领先国家的技术遏制。

本文模型分析的主要发现有四个方面。第一，由于小型后发国家体量较小，其技术进步无法撼动领先国家的政治经济地位，反而可以增加领先国家的地缘**政治经济**收益，因此领先国家不会对其进行技术遏制。而大型后发国家由

<sup>①</sup> 潘士远、史晋川：《内生经济增长理论：一个文献综述》，《经济学(季刊)》2002年第03期。

<sup>②</sup> 张宇燕、冯维江：《新时代国家安全学论纲》，《中国社会科学》2021年第07期。

于经济体量较大，其技术进步将会影响领先国家的地缘政治经济利益，容易引发领先国家的技术遏制。第二，相较于“自由放任”政策，后发追赶国家如果执行最优政策干预（包括对企业的生产成本补贴与研发补贴），虽然在短期会遭到领先国家更为严厉的技术遏制，但在中长期却会压缩领先国家实施技术遏制的时间长度，从而实现更快的技术进步和更高的福利水平。第三，考虑到国防战略型产业投入对于民用部门技术进步存在溢出效应，后发追赶国家对于国防战略型产业的投入不仅可以抵御和对冲领先国家对地缘政治经济利益的索取，而且可以直接提升本国的技术水平。因此，提高国防战略型产业“军转民”的转化效率，不仅会加快后发追赶国家自身的技术进步速度，而且会进一步缩短领先国家技术遏制的时间长度。第四，本国的自主国防战略型产业发展受到限制（比如二战后的日本），或国防战略型产业投入虽很高但对民用部门的技术溢出效应太低（比如前苏联），都可能会导致后发追赶大国对领先国家的赶超失败。

与本文相关的经济学文献主要有三支。第一支是内生经济增长理论。本文在 Romer (1990)<sup>①</sup>水平创新模型基础上首次引入地缘政治博弈以及内生技术遏制政策，以解释不同体量的后发追赶国家所面对的技术遏制程度为何不同，刻画对应的最优技术补贴政策以及宏观经济表现，并且对比分析这种有为政府政策与不作为政府的“自由放任”政策对本国技术进步、经济增长与福利水平的影响的差异。此外，内生经济增长文献大多只讨论“平衡增长路径”（balanced growth path），而本文的地缘政治博弈呈现出显著的阶段性特征，研究重点放在对于“转移路径”（transitional path）上的内生政策的刻画。从分析技术上讲，本文克服了“转移路径”中动态博弈的求解困难，研究了两国在不同发展阶段的最优政策。我们的模型中还涉及到领先国家对后发追赶国家的技术扩散问题，因此与内生经济增长模型中关于国家间技术扩散的文献也密切相关。这方面的重要文献中一个分支是在 Krugman (1979)<sup>②</sup>构建的国际贸易框架下进一步引入创新与模仿的内生机制，研究内生的跨国技术扩散对两国技术进步与经济增长的影响，例如 Grossman & Helpman (1991)、Helpman (1993)、Eaton & Kortum (2001)、Grossman & Lai (2004)、林毅夫和张鹏飞 (2005)、Cai et al. (2022)等<sup>③</sup>；另一分支文献则更强调国际之间通过学习的外部性 (learning externality) 或者思想的扩散 (diffusion of ideas) 对于相关国家技术进步与经济

---

<sup>①</sup> Romer, P. M., “Endogenous Technological Change”, *Journal of Political Economy*, 98(5), 1990, S71 - S102.

<sup>②</sup> Krugman, P., 1979, “A model of innovation, technology transfer, and the World Distribution of income”, *Journal of Political Economy*, 87(2), 253 - 266.

<sup>③</sup> Grossman, Gene M., and Elhanan Helpman, *Innovation and Growth in the Global Economy*, Cambridge: MIT Press, 1991. Helpman, Elhanan, “Innovation, Imitation, and Intellectual Property Rights”, *Econometrica*, 61(6), 1993, 1247-1280. Eaton, J. and Samuel S. Kortum, “Technology, Trade, and Growth: A Unified Framework”, *European Economic Review*, 45, 2001, 742-755. Grossman, Gene, M., and Edwin L.-C. Lai, “International Protection of Intellectual Property”, *American Economic Review*, 94 (5), 2004, 1635-1653. 林毅夫、张鹏飞：《后发优势、技术引进和落后国家的经济增长》，《经济学(季刊)》2005年第04期。Cai, J., Li, N. and A. M., Santacreu, “Knowledge Diffusion, Trade, and Innovation across Countries and Sectors”, *American Economic Journal: Macroeconomics*, 14(1), 2022, 104-145.

增长的影响，而不再将国际贸易显性地引入模型分析，如 Klenow & Rodríguez-Clare (2005)、Alvarez et al. (2008, 2013)、Lucas (2009)、徐朝阳

(2010)、Buera & Oberfield (2020) 等<sup>①</sup>。本文在模型设定上更接近于第二分支文献，但是与现有内生增长文献最主要的区别在于加入了地缘政治博弈与国防战略型产业，因此两国之间的技术扩散不仅仅影响两国的技术水平，还会间接影响两国之间的地缘政治力量与博弈关系。同样，技术扩散也会受到国家间地缘政治博弈的影响。

第二支是国防经济学文献。Schelling (1963)<sup>②</sup>最早引入博弈论分析国家之间的冲突。后期文献在此基础上加入一般均衡框架，研究国家内部阶层之间冲突的经济学动因和影响 (Grossman (1991), Grossman & Kim (1995))<sup>③</sup>，以及生产性投资和产权保护投资之间的权衡分析 (Hirshleifer (1988, 1991, 1995), Skaperdas (1992))<sup>④</sup>。还有一些研究运用更加细致的数据区分了国防开支的不同类型，进而研究其对经济增长的不同影响 (Karadam 等

(2017), Becker & Dunne (2021))<sup>⑤</sup>。其中与本文最相关的文献是 Grossman & Kim (1996)<sup>⑥</sup>，该研究首先将国家间冲突与经济增长结合起来，认为“被捕猎的国家”（后发追赶国家）不应完全抵御“捕猎国家”（领先国家）对其的侵略行为，而应该更多投资于自身的经济增长。但该文假设技术增长率是外生给定的，而本文的核心问题在于内生的技术遏制与反制措施，以及内生创新与

---

<sup>①</sup> Klenow, P. J. and A. Rodríguez-Clare, “Externalities and Growth”, In Handbook of Economic Growth, Elsevier, North-Holland, 2005, 817-861. Alvarez, F., F. Buera, and R. Jr. Lucas, “Models of Idea Flows”, *Working Papers* 14135, National Bureau of Economic Research, 2008. Alvarez, F. E., F. J. Buera, and J. R. E. Lucas, “Idea Flows, Economic Growth, and Trade”, *Working Papers* 19667, National Bureau of Economic Research, 2013. Lucas, R.E., Jr., “Trade and the diffusion of the industrial revolution”, *American Economic Journal: Macroeconomics*, 1(1), 2009, 1 - 25. 徐朝阳：《技术扩散模型中的发展中国家最优专利保护》，《经济学（季刊）》2010年第2期。Buera, F.J. and Oberfield, E., “The Global Diffusion of Ideas”, *Econometrica*, 88, 2020, 83-114.

<sup>②</sup> Schelling, T. C., *The strategy of Conflict*, Oxford: Oxford University Press, 1963.

<sup>③</sup> Grossman, H. I., “A General Equilibrium Model of Insurrections”, *American Economic Review*, 81, 1991, 912 - 921. Grossman, H. I., and Kim, M., “Swords or plowshares? A theory of the security of claims to property”, *Journal of Political Economy*, 103(6), 1995, 1275 - 1288.

<sup>④</sup> Hirshleifer, J., “The analytics of continuing conflict”, *Synthese*, 76(2), 1988, 201 - 233. Hirshleifer, J., “The paradox of power”, *Economics and Politics*, 3(3), 1991, 177 - 200. Hirshleifer, J., “Anarchy and its breakdown”, *Journal of Political Economy*, 103(1), 1995, 26 - 52. Skaperdas, S., “Cooperation, Conflict, and Power in the Absence of Property Rights”, *American Economic Review*, 82(4), 1992, 720 - 739.

<sup>⑤</sup> Karadam, D., Yildirim, J. and Nadir Öcal, “Military expenditure and economic growth in Middle Eastern countries and Turkey: a non-linear panel data approach”, *Defence and Peace Economics*, 28(6), 2017, 719-730. Becker, J., & Dunne, J. P., “Military Spending Composition and Economic Growth”, *Defence and Peace Economics*, 2021, 1-13.

<sup>⑥</sup> Grossman, H. I., and Kim, M., “Predation and accumulation”, *Journal of Economic Growth*, 1(3), 1996, 333 - 350.

技术扩散，所以技术增长率是关键的内生变量。此外，本文的另一重要贡献在于首次将国防战略型产业对于民用部门的技术外溢作用引入到地缘政治博弈的一般均衡动态分析中，并且说明国防战略型产业的自主发展与溢出效率对于后发追赶国家成功实现技术反遏制具有重要意义。

第三支是关于近年来中美技术扩散、贸易摩擦、产业政策与经济增长的文献。蔡中华和马欢（2021）<sup>①</sup>通过技术相似度指数测算，指出美国在华技术布局同中国自主技术布局之间逐步从技术互补转向了技术竞争，而2010年以后两国的技术竞争呈现白热化局面。杨飞、孙文远和程瑶（2018）<sup>②</sup>利用2000–2014年WIOD和反倾销数据实证检验了中美技术差距缩小或技术赶超对中美贸易摩擦的影响，认为中美技术差距减小是美国对华实行反倾销政策的主要原因，而提升自主创新能力是中国应对贸易摩擦的有效策略。余振等（2018）<sup>③</sup>同样认为中国制造业在全球价值链上的赶超导致了中美贸易摩擦的加剧，而这一摩擦将呈现常态化、长期化和复杂化的趋势。王勇、江深哲、李欣泽（2022）<sup>④</sup>以中美贸易摩擦为背景，构建了一个动态大国贸易与增长模型分析发达大国对后发追赶大国的出口采取贸易保护政策，将如何影响两国在短期和长期的经济增长与福利水平，并利用中美以及美日之间的贸易历史数据进行实证研究，支持了该模型的主要理论推测。具体到产业政策层面，龚刚等（2013）<sup>⑤</sup>认为在新发展阶段中国要实现从技术引进型向自主研发和创新型的技术进步模式的转变，才能实现经济的可持续增长，而为了实现这一目标，中国必须为自主研发和创新提供足够的激励。王勇（2020, 2022）<sup>⑥</sup>对近年来中美贸易摩擦背后两国的产业政策，包括美国对中国的技术遏制政策与中国的反遏制政策进行了系统性的梳理，并对美国针对国防战略型产业的产业政策以及该部门对民用技术的溢出效应进行了分析。这些文献基本都将美国的技术遏制当作外生的政策冲击，而本文最主要的创新之处在于构建了地缘政治动态博弈与内生经济增长的一般均衡框架，将中美双方相关政策的内生性、互动作用与背后的地缘政治动机结合起来进行更加严谨的理论分析。

本文与国际关系领域的两支文献也密切相关。一支是对霸权以及中美关系的研究。罗伯特·基欧汉（2006）<sup>⑦</sup>对世界政治经济中的霸权进行了系统的定义，并运用博弈论分析了国家之间的合作与纷争。还有学者从大国博弈的现实性（米尔斯海默，2008）、大国国际政治间的权力的来源（冯维江和余洁雅，

---

<sup>①</sup> 蔡中华、马欢：《贸易摩擦背景下美国在华专利布局与中美技术竞争》，《知识产权》2021年第02期。

<sup>②</sup> 杨飞、孙文远、程瑶：《技术赶超是否引发中美贸易摩擦》，《中国工业经济》2018年第10期。

<sup>③</sup> 余振、周冰惠、谢旭斌、王梓楠：《参与全球价值链重构与中美贸易摩擦》，《中国工业经济》2018年第7期。

<sup>④</sup> 王勇、江深哲、李欣泽：《禀赋结构、贸易政策与大国增长》，北京大学新结构经济学研究院工作论文，2022。

<sup>⑤</sup> 龚刚、黄春媛、张前程、陈维涛、赵亮亮：《从技术引进走向自主研发——论新阶段下的中国经济增长方式》，《经济学动态》2013年第05期。

<sup>⑥</sup> 王勇：《政府角色与产业政策》，载于《中国2049：走向世界经济强国》，北京：北京大学出版社，2020。王勇：《中美贸易与产业政策：新结构经济学视角》，载于《中美经贸关系：焦点问题和应对策略》，北京：中国发展出版社，2022。

<sup>⑦</sup> 罗伯特·基欧汉：《霸权之后：世界政治经济中的合作与纷争》，中译本，上海：上海人民出版社，2006。

2012) 以及领先国与追赶国之间的结构性矛盾 (阎学通, 2010) 等方面分析中美关系<sup>①</sup>。张宇燕和冯维江 (2018)<sup>②</sup>把中美关系的质变概括为美国对华政策由“接触” (Engagement) 调整为“规锁” (Confinement)。在中国的应对方面, 门洪华 (2021)<sup>③</sup>认为中国处理中美关系的主要原则是确保持续追赶, 秉承底线思维, 积极寻机推动中美合作的展开, 构建以稳健应对中美战略博弈为重点的国际统一战线。另一支相关文献是对国际政治与技术进步之间相互关系的研究。吉尔平 (2011)<sup>④</sup>认为国际政治中的权力会决定技术的流向, 而科技创新是一国维系主导地位的根本保障。Weiss (2005)<sup>⑤</sup>分析了技术在国际关系中的不同角色以及每个角色如何通过不同的机制影响国家之间的关系。Drezner (2019)<sup>⑥</sup>通过分析 20 世纪技术变化对国际关系的影响, 指出重大的技术变迁会带来国际社会地缘政治格局的改变, 而这种改变是不可逆转的。而黄琪轩 (2009)<sup>⑦</sup>认为国际政治的变迁也会促进重大技术的变迁。雷少华 (2019)<sup>⑧</sup>认为冷战以后, 大国竞争的本质也转向了持续创新与快速应用的产业链之间的竞争, 是产业政策的竞争, 主要目标是争夺尖端技术以及市场规模。以上这两支文献所运用的分析方法主要是案例法、诠释法或者一些静态博弈的模型, 本文的创新之处在于将经济学中的动态博弈与动态一般均衡方法运用到国际政治问题的研究中, 将内生增长理论与地缘政治博弈、技术遏制、国防战略型产业等问题融入一个统一的数理模型框架加以系统性地分析。

本文其余部分作如下安排: 第二部分介绍基本模型, 即存在技术扩散以及地缘政治博弈的内生经济增长模型。第三部分讨论后发追赶国家的最优政策, 重点对比实行“自由放任”政策的不作为政府与实施积极干预的有为政府在地缘政治动态博弈中的行为差异以及其所导致的宏观经济绩效的差异, 并且通过案例梳理, 发现历史上成功实现技术反遏制的后发追赶大国都曾采取过本文所分析的有为政府的干预政策。第四部分将国防战略型产业对民用部门的技术溢出纳入模型, 分析其对两国技术进步、经济增长以及地缘政治博弈的影响。第五部分以前苏联、日本为例, 分析后发追赶国家未能成功实现技术赶超的原因。最后一部分对主要理论发现进行总结, 并给出相应的政策建议。

## 二、存在技术扩散与地缘政治博弈的两国内生经济增长模型

---

<sup>①</sup> 约翰·米尔斯海默:《大国政治的悲剧》, 中译本, 上海: 上海人民出版社, 2008。冯维江、余洁雅:《论霸权的权力根源》, 《世界经济与政治》2012 年第 12 期, 4-25+156。阎学通:《对中美关系不稳定性的分析》, 《世界经济与政治》2010 年第 12 期。

<sup>②</sup> 张宇燕、冯维江:《从“接触”到“规锁”:美国对华战略意图及中美博弈的四种前景》, 《清华金融评论》2018 年第 07 期。

<sup>③</sup> 门洪华:《构建新时代中国国际统一战线——一项战略研究议程》, 《世界经济与政治》2021 年第 06 期。

<sup>④</sup> 罗伯特·吉尔平:《跨国公司与美国霸权》, 中译本, 上海: 东方出版社, 2011。

<sup>⑤</sup> Weiss, C., “Science, Technology and international relations”, *Technology in Society*, 27(3), 2005, 295 - 313.

<sup>⑥</sup> Drezner DW., “Technological change and international relations”, *International Relations*, 2019, 286-303.

<sup>⑦</sup> 黄琪轩:《大国政治与技术进步》, 《国际论坛》2009 年第 11 期。

<sup>⑧</sup> 雷少华:《超越地缘政治——产业政策与大国竞争》, 《世界经济与政治》2019 年第 05 期。

这一节中，我们在标准的罗默水平创新模型（Romer, 1990）<sup>①</sup>基础上，引入地缘政治博弈以及国家间技术扩散的相关设定，构建了一个存在技术扩散、地缘政治博弈以及内生经济增长这三个要素的两国动态博弈一般均衡模型，并求解了两国政府都采取“自由放任”政策时的马尔科夫完美均衡。

### （一）经济环境

考虑在一个无限期离散时间的世界中存在两个国家：后发追赶国家（S国）与领先国家（N国）。S国存在测度为1的连续统同质家户，每个家户拥有 $L^S$ 的劳动力，且无弹性供给。代表性家户最大化如下目标函数

$$\sum_0^{\infty} \beta^t \ln(C_t^S) \quad (1)$$

其中 $\beta$ 为时间贴现因子， $C_t^S$ 为家户在 $t$ 期消费的最终品数量。

S国的生产部门由三个部分组成，分别是最终品部门、中间品部门以及研发部门。

**最终品部门** 市场结构是完全竞争的，以中间品为投入品，生产函数为

$$Y_t^S = \frac{1}{1-\alpha} \left( \int_0^{n_t^S} x_t^S(i)^{1-\alpha} di \right) L_t^{S\alpha} \quad (2)$$

其中， $n_t^S$ 代表在 $t$ 时期S国所拥有的中间品种类，即S国在 $t$ 时期的技术水平； $x_t^S(i)$ 代表在 $t$ 时期生产最终品时投入的中间品 $i$ 的数量； $L_t^S$ 代表在 $t$ 时期最终品部门雇佣的劳动力数量； $\alpha \in (0, 1)$ 是最终品生产中劳动的产出弹性。我们将最终品作为计价物，价格标准化为1。我们假设所有中间品都完全折旧，因此最终品部门的利润最大化问题等价于代表性厂商每一时期当期利润最大化问题。最终品厂商 $t$ 期的利润最大化问题为

$$\max_{\{x_t^S(i)\}_{i \in [0, n_t^S]}} \frac{1}{1-\alpha} \left( \int_0^{n_t^S} x_t^S(i)^{1-\alpha} di \right) L_t^{S\alpha} - \int_0^{n_t^S} p_t^S(i) x_t^S(i) di - w_t^S L_t^S$$

(3)

其中 $p_t^S(i)$ 代表 $t$ 期中间品 $i$ 的价格， $w_t^S$ 代表 $t$ 期的劳动力价格。

**中间品部门** 中间品的生产需要以最终品作为唯一生产投入，生产任何一种中间品的单位成本都为 $\phi$ ，并且每一种中间品 $i$ 都由唯一一家拥有这一中间品生产技术的垄断厂商生产。在每一期 $t$ ，拥有中间品 $i$ 生产技术的垄断厂商决定其价格 $p_t^S(i)$ 与产量 $x_t^S(i)$ 以最大化自己的利润 $\pi_t^S(i)$ ：

$$\pi_t^S(i) = p_t^S(i) x_t^S(i) - \phi x_t^S(i) \quad (4)$$

**研发部门** 以最终品作为投入品，市场结构为完全竞争，生产函数为

$$n_t^{S,i} = \eta^S Z_t^S \quad (5)$$

其中 $n_t^{S,i}$ 代表 $t$ 期研发部门研发出的中间品生产技术的数量； $Z_t^S$ 代表S国在 $t$ 期的研发投入， $\eta^S$ 为大于0的外生参数，代表研发部门的研发效率，即每

<sup>①</sup> Romer, P. M., “Endogenous Technological Change”, *Journal of Political Economy*, 98(5), 1990, S71 - S102.



一单位最终品的研发投入可以得到 $\eta^S$ 单位新的中间品生产技术。假设研发所得到的中间品生产技术可以在下一期被应用，同时对这一中间品生产技术的垄断是永久的，所获得的全部利润归研发部门所有。基于这一假设，在  $t$  期，研发成功获得中间品  $i$  的价值等于它从后一期开始所有利润的贴现总和：

$$V_t^S(i) = \sum_{k=t+1}^{\infty} \left( \prod_{j=t+1}^k \frac{1}{1+r_k^S} \right) \pi_k^S(i) \quad (6)$$

其中， $r_k^S$  代表  $S$  国在  $k$  期的市场投资回报率。

显然，我们可以得到两期之间拥有中间品  $i$  的价值  $V_t^S(i)$  和  $V_{t+1}^S(i)$  之间的关系如下：

$$V_t^S(i) = \frac{1}{1+r_{t+1}^S} \pi_{t+1}^S(i) + \frac{1}{1+r_{t+1}^S} V_{t+1}^S(i) \quad (7)$$

同时，每一单位的研发投入可以得到  $\eta^S$  单位的中间品生产技术，每一种中间品生产技术可以带来  $V_t^S(i)$  的回报，基于研发部门完全竞争的假设，根据自由进入条件可以得到下式

$$\eta^S V_t^S(i) = 1 \quad (8)$$

**技术进步**  $S$  国的技术进步有两个来源，分别是本国的研发投入和来自  $N$  国的技术扩散。其动态方程为：

$$n_{t+1}^S - n_t^S = n_t^{S,i} + n_t^{S,d} \quad (9)$$

$n_t^{S,d}$  代表  $S$  国在  $t$  期通过  $N$  国的技术扩散所得到的中间品生产技术的数量。这些中间品的专利归  $S$  国家户所有，和  $S$  国研发所获得的中间品生产技术一样，可以在下一期被应用于最终品生产。 $n_t^{S,d}$  由两国之间的相对技术差距以及技术扩散率  $\lambda_t$  决定：

$$n_t^{S,d} = \max \{0, \lambda_t (n_t^N - n_t^S)\} \quad (10)$$

$n_t^N$  是  $N$  国在  $t$  期的技术水平（中间品数量）。 $\lambda_t > 0$  代表每一单位技术差距  $S$  国可以从  $N$  国的技术扩散中所获得的中间品数量。当  $n_t^N > n_t^S$  时，给定  $\lambda_t$ ， $S$  国和  $N$  国的技术越接近， $S$  国从国际技术扩散中获得的技术进步越少；而给定两国技术差距时， $\lambda_t$  越大则  $S$  国从国际技术扩散中所获得的技术进步越多。我们假设  $n_0^S < n_0^N$ ，即在初始阶段， $S$  国的技术水平低于  $N$  国。当  $S$  国的技术水平达到或超过  $N$  国时， $n_t^{S,d} = 0$ ，此时  $S$  国只能通过自主的研发投入获得技术进步。

我们用  $X_t^S$  表示  $S$  国在  $t$  期用于生产中间品所消耗的最终品数量：

$$X_t^S = \int_0^{n_t^S} \phi_{X_t^S}(i) di \quad (11)$$

类似地，N 国存在测度为 1 的连续统同质家户，每个家户的劳动禀赋是  $L^N$ ，每个代表性家户的目标函数为

$$\sum_0^{\infty} \beta^t \ln(c_t^N) \quad (12)$$

N 国也分别存在着最终品、中间品以及研发三个生产部门，每个生产部门的设定与 S 国相同。但由于 N 国的技术水平已经处于世界前沿，因此只能依赖本国的研发投入获得技术进步：

$$n_{t+1}^N - n_t^N = \eta^N z_t^N \quad (13)$$

其中  $\eta^N$  为大于 0 的常数，代表了 N 国的研发投入效率， $z_t^N$  代表了 N 国在 t 期的研发总投资。同样， $x_t^N = \int_0^{n_t^N} \phi x_t^N(i) di$  代表 N 国在 t 期用于生产中间品所消耗的最终品。

## （二）地缘政治博弈

在这一小节中，我们把 N 国与 S 国之间的地缘政治博弈加入模型之中。首先，我们引入“霸权税”的概念。在国际政治中，作为领先国家，N 国可以利用其先进技术、经济规模、军事实力以及文化软实力等方面的优势在全球获得**地缘政治经济利益**，我们将之称为“霸权税”。这种地缘政治经济利益在现实中广泛存在，我们把其具体表现形式总结在表 1<sup>①</sup>。

**表 1：霸权税的具体表现形式**

军事霸权	通过军事威胁或采取军事行动控制他国资源
	全球多处驻军并要求驻地国分摊军费
	直接出售武器并赚取高额利润
	利用全球情报网络窃取安全、经济信息
技术霸权	制定有利于领先国家的技术和产业标准、规则
	对垄断技术收取高额专利费用
经济霸权	利用“世界货币”地位收取铸币税
	操纵汇率或大宗商品价格实现超额收益
	发动经济制裁迫使他国制定有利于领先国家的经济政策
	利用经济规模的优势吸引全球资本
文化霸权	通过文化产品输出霸权国家的价值观
	制造有利于领先国的国际舆论环境
	利用其语言被用作国际通用语言的绝对优势 <b>获取收益</b>

具体到文章模型中，我们假设 N 国可以攫取一部分 S 国的产出作为自身的“霸权税”收入。“霸权税”相对于 S 国净产出的比例，我们称之为“霸权税”的税率。考虑到在现实世界中，领先国家可以利用军事、技术、经济以及文化软实力等各方面的领先优势，获取地缘政治经济利益，我们不失一般性地

<sup>①</sup> 每一项霸权税对应的解释以及现实世界中的具体案例参见附录 A1。

假设“霸权税”的税率 $f(\psi_t^S, \psi_t^N, n_t^S, n_t^N, \bar{Y}_t^S, \bar{Y}_t^N)$ 与两国的国防投入、技术水平、经济总量这三方面的相对值以及文化软实力的差距有关，其代数表达式为：

$$f(\psi_t^S, \psi_t^N, n_t^S, n_t^N, \bar{Y}_t^S, \bar{Y}_t^N) = 1 - \frac{(\psi_t^S \bar{Y}_t^S)^\tau n_t^{S\gamma} \bar{Y}_t^{S^{1-\gamma}}}{v(\psi_t^N \bar{Y}_t^N)^\tau n_t^{N\gamma} \bar{Y}_t^{N^{1-\gamma}}}$$

其中 $\bar{Y}_t^S = Y_t^S - X_t^S$ ， $\bar{Y}_t^N = Y_t^N - X_t^N$ 分别代表S国、N国扣除中间品生产成本以后的净产出，即两国的GDP。 $\psi_t^S$ ， $\psi_t^N$ 分别代表S国、N国在t期的国防战略型产业投入占GDP的比重， $\tau$ 用来衡量两国国防战略型产业投入对“霸权税”的影响程度，我们假设 $\tau < 1$ 即国防战略型产业投入<sup>①</sup>边际收益递减。需要指出的是，本文中的国防战略型产业不只是指与国家军事直接相关的产业，还包括了航空航天、信息安全等对国家安全产生直接影响的产业。霸权税的税率还受到两国技术水平差异以及相对GDP大小的影响。为了简化模型的代数求解，我们进一步假设这一影响的表现形式是两者比值的柯布道格拉斯加总的形式，其中 $\gamma \in [0,1]$ 用于衡量技术差距与总产出差距的重要程度。

同时，霸权国家的权力不仅来源于经济、科技、军事等方面的硬实力，还来源于文化、制度等方面的软实力（冯维江和余洁雅，2012）<sup>②</sup>。这些软实力上的领先也能给霸权国家带来收益，例如利用其语言在全球新闻、出版和传媒等领域已形成的绝对优势地位输出本国的价值观、营造有利于本国的国际舆论环境、获取文化产品与服务上的额外经济利益（如文化品牌优势）等等。而相对于军事、经济、技术等变量，影响两国之间软实力差距的因素如两国的历史背景、民族构成等在一定时期几乎不会发生变化，因此本文假设领先国家相对于后发追赶国家软实力差距的大小是外生给定。具体到模型中，用外生参数 $v$ 衡量N国相对于S国在不同于军事、经济、技术等方面的软实力差距， $v$ 越大代表N国的软实力越强，给定两国的相对军事支出、相对经济规模大小以及相对技术差距时，N国从S国征收到的“霸权税”也越多。

霸权税税率存在外生给定的区间限制 $[0, \omega]$ 。其中上界 $\omega \in (0,1)$ ，表示N国无法无限制地获得S国的产出。下界为0，即不会出现S国寻求反向霸权的情形，从而刻画国际社会由单一国家获取地缘政治经济利益的现实情况。

同时，由于我们观察到对于经济国防大致相同的不同国家S，N国可能也会根据两国国际关系中的亲疏远近，征收不同的霸权税。为了刻画这一事实，我们假设S国每缴纳一单位的“霸权税”，N国对应获得的“霸权税”收益为 $1 + \mu$ ， $\mu$ 衡量N国从不同国家的“霸权税”中获得的额外收益或损失。 $\mu > 0$ ，意味着S国在国际关系中，可能处于N国的对立阵营，或者意识形态与N国是相互冲突的。此时，N国在收缴“霸权税”的过程中可以获得额外的国际政治收益，也因此给定其他条件，在面对这一类国家时，N国更愿意增加在国防战略型产业上的投入。如果 $\mu < 0$ ，意味着在国际关系中，S国可能与N国是“盟友”关系，或意识形态上更为接近，此时N国收缴“霸权税”的行为可能会影

<sup>①</sup> 国防产业以一国可消费的最终品作为生产要素，每一单位国防产业的投入都会减少一单位当期可消费的最终品，因此也可以把这种国防产业的投入理解为两国进行地缘政治博弈所付出的成本。

<sup>②</sup> 冯维江、余洁雅：《论霸权的权力根源》，《世界经济与政治》2012年第12期。

响其与盟国的关系，给 N 国带来额外损失，N 国相对而言不愿意进行国防战略型产业的投入。

S 国和 N 国分别都存在一个由政府控制的国防部门。政府对家户征收总量税（Lump sum tax）之后投入到国防战略型产业，影响当期“霸权税”的税率。需要强调的是，本文模型中的国防战略型产业投入包括为提高军备实力的自主生产与研发投入等等。真实世界中，一些（特别是体量较小的）国家基本没有成规模的自主国防战略型产业，而主要是通过进口军事设备或者让渡某些政治经济利益来换取盟国的军事保护等方式进行国防投入，但这种类似“交保护费”的投入并不会改变其与领先国家之间的军事实力差距，因此在本文的模型中，不属于自主国防战略型产业的投入范畴，而是计入该国向领先国家所缴纳的“霸权税”。

我们假设 N 国需要基础国防投入（比如供养军队人员等）以保持威慑力，即其国防战略型产业投入占 GDP 的比重存在下界  $\underline{\psi}$ 。同时， $\underline{\psi}$  满足条件  $\underline{\psi} <$

$\frac{\tau v(1-\omega)(1+\mu)}{1-\tau} \frac{L^S}{L^N}$ 。这一假设保证了当 S 国选择进行自主国防战略型产业投入时，N 国一定会针对其决策做出反应，而不会始终选择最小国防战略型产业投入。

本文假设国防战略型产业投入完全折旧，因此两国政府最大化家户持久福利的政策目标等价于每一期选择  $\psi_t^S$  和  $\psi_t^N$  最大化当期可用于消费和投资的总产出。S 国和 N 国政府在 t 期的目标函数分别由（14）、（15）给出。

$$\max_{\psi_t^S} (1 - f(\psi_t^S, \psi_t^N, n_t^S, n_t^N, \bar{Y}_t^S, \bar{Y}_t^N)) \bar{Y}_t^S - \psi_t^S \bar{Y}_t^S \quad (14)$$

$$\max_{\psi_t^N} (1 + \mu) f(\psi_t^S, \psi_t^N, n_t^S, n_t^N, \bar{Y}_t^S, \bar{Y}_t^N) \bar{Y}_t^S + \bar{Y}_t^N - \psi_t^N \bar{Y}_t^N \quad (15)$$

给定技术水平，仅考虑两国政府在 t 期进行国防战略型产业投入的子博弈，我们可以得到以下定理<sup>①</sup>：

**定理 1：**

1. 当  $L^S \leq mL^N$ ，即 S 国人口相对于 N 国较小时，在任意技术水平下，S 国防战略型产业的投入始终为零，而 N 国会选择最小的国防战略型产业投入，

即  $\psi_t^S = 0$ ， $\psi_t^N = \underline{\psi}$ 。

2. 当  $L^S > mL^N$  时，S 国可能会进行国防战略型产业投入。特别地，当

$\frac{n_t^{S\gamma} Y_t^{S1-\gamma}}{n_t^{N\gamma} Y_t^{N1-\gamma}} > \frac{v(1-\omega)(1+\mu)^\tau}{1-\tau}$  时，两国的国防战略型产业投入存在唯一的古诺均衡。均

衡状态下，两国国防战略型产业投入占 GDP 的比重满足以下公式，其大小同两

<sup>①</sup> 定理 1 中的均衡结果同后文引入技术遏制以后，两国政府之间动态博弈的马尔可夫完美均衡结果一致。

国之间 GDP 的相对大小、技术的相对差距有关： $\psi_t^S = \frac{(1+\mu)^{-\tau} \tau n_t^S Y_t^{S^{1-\gamma}}}{v n_t^N Y_t^{N^{1-\gamma}}}$ ， $\psi_t^N =$

$$\frac{(1+\mu)^{1-\tau} \tau n_t^S Y_t^{S^{2-\gamma}}}{v n_t^N Y_t^{N^{2-\gamma}}}。$$

其中， $m = \left(\frac{1-\omega}{\tau}\right)^{\frac{1-\tau}{1+\tau-\gamma}} (\underline{v}\psi^{\tau})^{\frac{1}{1+\tau-\gamma}}$ 是由外生参数决定的常数。

证明：见附录 B1。

定理 1 描述了国家地缘政治博弈的均衡结果。定理的第一部分表明，当 S 国人口规模较小时，S 国在国防战略型产业的自主生产与研发投入为零，而选择直接将产出的一部分转移给 N 国作为“霸权税”（比如订购 N 国生产的武器装备、允许 N 国在本国建立军事基地、租用港口，并为此承担一系列成本与费用，包括让渡部分国家政治经济利益）。定理的第二部分表明，当 S 国是一个人口大国时，尤其是当 S 国具有一定的经济规模时，S 国会选择投入国防战略型产业并与 N 国开展国家安全上的博弈，而均衡时 S 国的国防战略型产业投入随着 S 国技术以及总产出的上升而上升。这两个结论也与我们实际观察到的国际政治中，不同国家的不同安全策略大致吻合，例如大国的国防战略型产业投入比例会随 GDP 增加而增加，而小国的投入比例往往会比较低或者为零<sup>①</sup>。

正是由于小国和大国在国防战略型产业投入的博弈中的不同表现，N 国在技术领域对不同体量后发追赶国家的态度也不同。小型后发追赶国家受制于人口规模，即使技术水平<sup>②</sup>较高，始终都会在博弈中采取“依附”策略，其技术水平越高，N 国收取的“霸权税”就越多，N 国就会乐见其经济与技术的发展。如图 1 左图所示，当 S 国人口规模较小时，N 国的地缘政治经济收益随 S 国技术水平的提高而单调增加。对于大型后发追赶国家，情况则更为复杂，在其发展的初期，因为技术水平较低，无法对领先国家的领先地位产生冲击，此时 N 国也乐见其技术进步。但当大型后发追赶国家进入发展的较高阶段，其技术水平也逐步赶上 N 国时，N 国可以征收的“霸权税”开始降低，此时 S 国的技术进步是 N 国不乐意看见的，这也是 N 国有动力对其进行技术遏制的原因。如图 1 右图所示，当 S 国人口规模较大时，N 国的地缘政治经济收益随 S 国技术水平的提高先增加后减少，直至为 0。

<sup>①</sup> 现实世界中，从数据来看部分小国的国防投入占 GDP 的比重也相对较高，如以色列、朝鲜等。以色列的国防开支主要用于从美国进口军事设备，而这些设备依然受到美国控制，因此这一行为并不改变美国和以色列之间军事实力的差距。对应到本文模型中，这些国防开支被认为是缴纳的“霸权税”的一部分，而非国防战略型产业投入。朝鲜的情况更为复杂，在苏联解体以后，因为意识形态上的对立，其不仅无法寻求美国的保护，反而受到美国的敌视。面对来自超级大国的军事威胁，朝鲜迫切需要建立起独立自主的国防产业，因此其国防产业投入占比也较高。

<sup>②</sup> 本文研究两国之间的技术遏制与反遏制，因此重点关注技术水平变化对两国政策的内生影响。模型中，给定一国的人口数量及其他外生参数，其技术水平等比于该国的 GDP，因此技术的进步等价于经济增长。

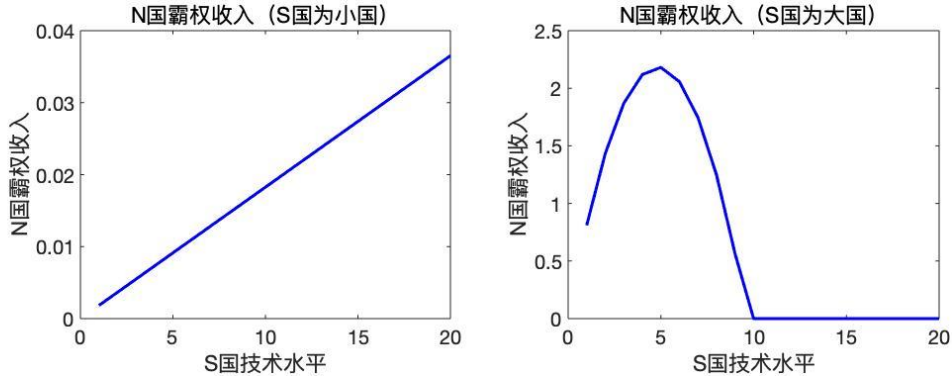


图 1 面对不同人口规模的国家时，N 国的地缘政治经济收益<sup>①</sup>

### (三) 技术遏制

对于大型后发国家 S，在考虑到地缘政治博弈因素以后，其技术进步对 N 国有两方面的效应：一方面，S 国的技术进步促进了自身的经济增长，从而在“霸权税税率”不变的情况下，N 国“霸权税”的基数得以增大，增加了“霸权税”的收入；另一方面，S 国的技术进步缩小了 S 国与 N 国之间在经济规模和技术水平两个方面的差距，使得 N 国更难获得地缘政治经济优势，并以此从 S 国掠夺资源，这就减小了“霸权税”的“税率”，从而减少了“霸权税”的收入。因此，N 国为了最大化其地缘政治经济收益，有动力对 S 国进行技术遏制。在模型中，这一技术遏制表现为 N 国政府可以采取手段，降低 N 国对 S 国的技术扩散率 $\lambda_t$ 。

在 N 国政府不干预国际技术扩散时，N 国对 S 国的技术扩散率为 $\bar{\lambda}$ 。如果 N 国决定对 S 国采取技术遏制，其可以采取一系列手段使得技术扩散率从 $\bar{\lambda}$ 降为 $\lambda_t$ 。现实中 N 国的技术遏制手段包括禁止高新技术产品的出口、增加专利交易的审查限制、对 S 国高科技企业进行司法干预，以及限制两国技术人员交流等。这些行为扭曲了原本的市场规则，降低了市场效率，因此技术遏制对 N 国自身也不是零成本的。为了刻画这一事实，我们假设 N 国把技术扩散率控制为 $\lambda_t$ 需要支付 $h(\lambda_t)$ 的成本，其成本函数进一步被假设为二次函数形式：

$$h(\lambda_t) = -\kappa_1(\lambda_t - \bar{\lambda}) + \kappa_2(\lambda_t - \bar{\lambda})^2 \quad (16)$$

其中 $\kappa_1$ 、 $\kappa_2$ 为外生参数，衡量国家 N 控制技术扩散水平的成本<sup>②</sup>。根据假设，

$$\lambda_t \in [0, \bar{\lambda}]。$$

<sup>①</sup> 我们假设 N 国人口为 1，S 国为小国时人口为 0.0173，S 国为大国时人口为 4.28，N 国技术水平为 20，N 国最小国防产业投入比例 $\psi = 0.01$ ，霸权税上限 $\omega = 0.5$ ，其他参数 $\tau = 0.1$ ， $\gamma = 0.5$ 。（人口规模的选取我们匹配了美国、新加坡、以及中国 2020 年的人口规模之比。）

<sup>②</sup> 本文假设世界上只有两个国家，但是现实世界中存在多个技术水平不同的国家，比如 S 国可能会从 N 国以外的其他发达国家学习先进技术，此时 N 国为了阻止这种情况的发生就需要说服或者强制其他发达国家也向 S 国实施技术遏制，从而为技术遏制付出更大的成本。比如，美国对中国的技术遏制会导致中国企业逐步放弃与美国企业的合作，转而寻求与欧洲或日本等其他技术领先地区的合作，从而影响美国企业的市场份额，而美国若想说

N 国政府的政策目标是选择最优的国防政策以及技术遏制政策来最大化 N 国代表性家户的福利。

$$\max_{\lambda_t, \psi_t^N} \sum_0^{\infty} \beta^t \ln(C_t^S) \quad (17)$$

此时 N 国的社会总资源预算约束为：

$$C_t^N + \psi_t^N \overline{Y_t^N} + Z_t^N \leq \overline{Y_t^N} + (1 + \mu) f(\psi_t^S, \psi_t^N, n_t^S, n_t^N, \overline{Y_t^S}, \overline{Y_t^N}) \overline{Y_t^S} - h(\lambda_t) \quad (18)$$

其中收入部分包含 N 国自身的净产出和“霸权税”收益，支出部分包含每期用于控制  $\lambda_t$  的成本、国防战略型产业投入、研发部门投入以及消费。

N 国政府的政策目标可以进一步简化为最大化 N 国各期可用于消费和投资的净收益的折现总和，这一结果我们总结在引理 1 中。

**引理 1：** N 国政府通过选择技术扩散率  $\lambda_t$  以及国防战略型产业投入  $\psi_t^N$  最大化本国代表性家户无穷期总效用等价于最大化以下目标函数

$$\max_{\lambda_t, \psi_t^N} \sum_0^{\infty} (1 + r_t^N)^{-t} \left( (1 + \mu) f(\psi_t^S, \psi_t^N, n_t^S, n_t^N, \overline{Y_t^S}, \overline{Y_t^N}) \overline{Y_t^S} + \overline{Y_t^N} - \psi_t^N \overline{Y_t^N} - h(\lambda_t) \right) \quad (19)$$

其中  $r_t^N = \eta^N \alpha \left( \frac{1-\alpha}{\phi} \right)^{\frac{1-\alpha}{\alpha}} L^N$  是 N 国内生的投资回报率水平。

证明：见附录 B2。

#### (四) S 国政府采取自由放任政策时的博弈均衡

本文构造的是一个无限期动态博弈模型，N 国的最优政策依赖于 S 国的最优反应。这一小节中，我们假设 S 国政府对市场主体（生产部门与研发部门）采取自由放任的经济政策，考察这一情形下两国的地缘政治博弈以及 S 国技术水平的变化。国防战略型产业部门原本就应该也实际上由政府控制，因此这里的自由放任的经济政策，是指政府对市场采取最小程度的干预，具体在模型中等价于 S 国政府只会采取国防政策，而并不会采取产业政策干预生产或研发部门的微观决策。

基于这一设定，当技术扩散率为  $\lambda_t$  时，S 国的技术运动方程为，

$$n_{t+1}^S - n_t^S = \eta^S Z_t^S + \lambda_t (n_t^N - n_t^S) \quad (20)$$

而 S 国的资源约束方程中，总产出部分要扣除缴纳的“霸权税”以及国防战略型产业投入，

$$C_t^S + \psi_t^S \overline{Y_t^S} + Z_t^S \leq \left( 1 - f(\psi_t^S, \psi_t^N, n_t^S, n_t^N, \overline{Y_t^S}, \overline{Y_t^N}) \right) \overline{Y_t^S} \quad (21)$$

对于两国的家户以及生产部门，在给定两国的国防战略型产业投入占比  $\{\psi_t^S, \psi_t^N\}_{t=0}^{\infty}$  以及 N 国对 S 国的技术扩散率  $\{\lambda_t\}_{t=0}^{\infty}$  时，可以求解这些微观主体之间形成的市场性均衡。

---

服这些国家共同对中国进行技术制裁，必然要付出更大的成本。因此，当引入技术扩散的遏制成本函数以后，模型中的两国假设对于本文所要讨论的核心问题而言就不失一般性了。

定义 1: 一个市场均衡由两国的中间品产量

$\{[x_t^S(i)]_{i \in [0, n_t^S]}, [x_t^N(i)]_{i \in [0, n_t^N]}\}_{t=0}^{\infty}$ , 两国的消费、中间品生产成本、研发投入

$\{C_t^S, X_t^S, Z_t^S, C_t^N, X_t^N, Z_t^N\}_{t=0}^{\infty}$ , 两国的中间品价格、工资、投资回报率

$\{[p_t^S(i)]_{i \in [0, n_t^S]}, w_t^S, r_t^S, [p_t^N(i)]_{i \in [0, n_t^N]}, w_t^N, r_t^N\}_{t=0}^{\infty}$ , 以及两国的技术水平路径

$\{n_t^S, n_t^N\}_{t=0}^{\infty}$  构成。这些路径同时满足以下条件: 1. 两国最终品厂商、中间品厂商最大化利润; 2. 两国研发部门自由进入; 3. 两国家户最大化持久效用; 4. 两国最终品以及劳动力市场出清。

同时, N 国政府会根据 S 国的经济表现和 S 国的国防战略型产业投入控制 N 国对 S 国的技术扩散率水平以及 N 国的国防战略型产业投入, 而 S 国政府也会在考虑到 N 国对其技术扩散率以及 N 国国防战略型产业投入的基础上决定 S 国的国防战略型产业投入, 两国政府之间形成动态马尔可夫完美均衡 (Markov perfect equilibrium) (Fudenberg & Tirole, 1991)<sup>①</sup>。这一均衡的主要特征我们总结在定理 2 中。

定理 2: N 国对 S 国的技术遏制满足以下条件:

1. 当 S 国的人口较小时, N 国在任意时间、对于任意技术水平差异都不会对 S 国进行技术控制。

2. 当 S 国人口较大时, N 国会两国技术水平之比处于某一闭区间时对 S 国进行技术遏制, 这一闭区间端点由外生参数以及 S 国的投资率决定, 技术遏制的程度由下式决定

$$\lambda_t^* = \frac{M(1 - E_t) - MN \left( \eta^S \frac{Z_t^S}{n_t^S} + 1 \right) (1 - E_t) E_t + 2\kappa_2 \bar{\lambda} + \kappa_1}{2\kappa_2 + MN(1 - E_t)^2}$$

$$M = \frac{1 + \mu}{1 + \eta^N \alpha \left( \frac{1 - \alpha}{\phi} \right)^{\frac{1 - \alpha}{\alpha}} L^N} \frac{(2 - \alpha) \alpha (1 - \alpha)^{\frac{1 - \alpha}{\alpha}}}{1 - \alpha} L^S n_t^N$$

$$N = \frac{2\nu^{-1} (1 + \mu)^{1 - \tau}}{1 + \eta^N \alpha \left( \frac{1 - \alpha}{\phi} \right)^{\frac{1 - \alpha}{\alpha}} L^N} \frac{L^{S1 - \gamma}}{L^{N1 - \gamma}}$$

其中  $E_t = n_t^S / n_t^N$  代表 S 国和 N 国的相对技术水平。

证明: 见附录 B3。

定理 2 将本文模型的主要结论予以了总结。对于小型后发追赶国家, 它们无法参与地缘政治的竞争, 当不考虑意识形态冲突或小国的依附关系时, N 国会始终乐见其技术进步与经济增长, 而不会进行技术遏制。对于大型后发追赶国家, 我们以数值模拟的形式展示了当其政府采取自由放任的经济政策时, N

<sup>①</sup> 参见 Fudenberg, D., & Tirole, J., Game theory, Cambridge: MIT Press, 1991.



国对其的技术遏制程度随时间的变化趋势。如图 2 所示，我们把最大技术扩散率和 N 国选择的技术扩散率之间的差值  $\bar{\lambda} - \lambda_t$  定义为 N 国对 S 国的技术遏制程度，可以看到它随着时间出现了 4 个阶段性变化。不同阶段的特征如下：

1. 初始合作阶段：从博弈开始至时间点 A，此时 S 国的技术水平相较 N 国差距较大，N 国认为 S 国的技术进步不仅不会挑战自身的“霸权”，反而会增加其“霸权税”收入，因而乐见其技术进步，不会进行遏制。可以称这一阶段为“初始合作阶段”。

2. 战略防御阶段：从时间点 A 到时间点 B，此时 N 国认为 S 国技术进步会影响 N 国的“霸权税”收入，并不断加深对 S 国的技术遏制，至 B 点达到顶峰，以此减缓 S 国的技术进步速度。我们在下一章中会展示，S 国政府在此阶段最优应对政策是逐步加大对国内自主研发的补贴。可以称这一阶段为“战略防御阶段”。

3. 战略相持阶段：从时间点 B 至时间点 C，此时 N 国依然坚持技术遏制政策，但其对 S 国的技术扩散占 S 国技术进步的比例已开始下降，N 国对 S 国的技术遏制边际上也无法再起到与前一阶段相同的效果。此时，两国进入“战略相持阶段”。

4. 重归合作阶段：随着 S 国持续的技术进步，自身研发所占比例越来越大，N 国逐渐退出技术遏制。至时间点 C 之后，S 国自身经济体量已经使得在地缘政治博弈中 N 国无法追求“霸权税”收入，N 国不再有动力和能力对 S 国进行遏制。两国可能进入“重归合作阶段”。

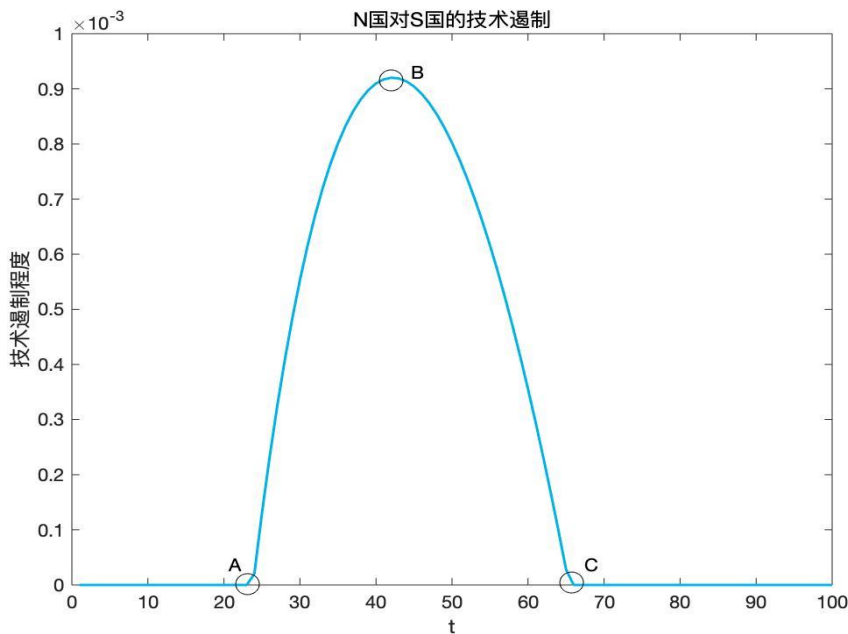


图 2 N 国对 S 国的技术遏制<sup>①</sup>

本文所得到的这一理论发现，与国际政治领域诸多学者的观点相一致。这些学者认为，当追赶国家的综合实力到达领先国家的某一比例的临界值时，两者的关系会发生质变，此时追赶国家进一步的经济增长会引发来自领先国家各

<sup>①</sup> 数值模拟所用参数数值详见附录 A2，这里为了符合大国间竞争的实际情况，假设 S 国人口规模大于 N 国人口规模，而如果 S 国人口规模小于 N 国人口规模，N 国不会对 S 国进行控制，这一情况我们在解析解部分已有说明。

个方面的打压，两国之间的对抗性也会进一步增加。例如，Kugler（1999）<sup>①</sup>认为追赶国家的实力达到或超过领先国家的 80%，是其成为挑战者的标志；张宇燕（2018）<sup>②</sup>认为 2017 年中美关系进入一个质变期，原因是中国的 GDP 达到了美国的三分之二，而这是两国关系的临界点。同样，还有部分学者认为领先国家对追赶国家的打压不会无休止地进行下去，而是随着追赶国家综合实力的赶超而逐步下降（冯维江，2019）<sup>③</sup>。

### 三、后发追赶国家“有为政府”的最优财税政策

本节讨论 S 国政府的最优财税政策。之前的分析表明，当 S 国为人口小国时，N 国不会对其进行技术遏制，因此我们的博弈分析将集中于 S 国人口基数比较大的情形，并且聚焦于由 S 国与 N 国的国防战略型产业投入、N 国的遏制政策与 S 国政府的干预政策所构成的这些政策变量上的动态的马尔可夫完美均衡。我们不仅讨论 S 国政府的政策如何直接影响 S 国的增长，而且还分析 S 国的政策如何影响 N 国的政策，进而间接影响 S 国的增长。

具体的求解分为两部分。在第一部分，我们借鉴公共财政文献中的常见方法，首先假设政府可以直接配置居民的消费与投资，求解“原始问题”

（primal problem，参见 Kocherlakota（2010））<sup>④</sup>。在第二部分，我们研究政府如何利用各种财税工具在微观主体的分散市场均衡中实现第一部分所求解的最优配置。

#### （一）S 国政府的最优资源配置

在这一小节中，我们假设 S 国政府以代表性家户无限期的总福利水平为目标，通过决定每一期的资源分配，最终和 N 国政府之间形成马尔可夫完美均衡。这一小节的重点是研究当 S 国政府积极有为地采取了最优的配置时，S 国的经济增长以及 N 国的技术遏制，相对于 S 国政府采取“自由放任”政策时，会有怎样的不同。

假定 S 国的政府通过决定每一期的消费、研发投入、国防战略型产业投入以及每个中间品厂商的生产数量来最大化代表性家户的持久效用，在给定资源约束的情况下，S 国政府的优化问题为：

$$\max_{\{x_t^S(t)\}_{t \in [0, \infty)}, L_t^S, C_t^S, Z_t^S, \psi_t^S} \sum_0^{\infty} \beta^t \ln(C_t)$$

<sup>①</sup> Kugler J., “Extensions of Power Transitions: Applications to Political Economy”, *Peace Economics, Peace Science and Public Policy*, Vol.5, No.3, 1999.

<sup>②</sup> 张宇燕：《中国 GDP 达到美国 2/3，这是关系质变期临界点》，凤凰网财经，2018。

<sup>③</sup> 冯维江：《百年变局视野下的大国竞争与中美关系》，《当代世界》2019 年第 8 期。

<sup>④</sup> 参见 Kocherlakota, N. R., *The New Dynamic Public Finance*, Princeton: Princeton University Press, 2010.

$$\begin{aligned}
\text{s. t. } C_t^S + Z_t^S &\leq (1 - f(\psi_t^S, \psi_t^N, n_t^S, n_t^N, \bar{Y}_t^S, \bar{Y}_t^N) - \psi_t^S) \left( \frac{1}{1 - \alpha} \left( \int_0^{n_t^S} x_t(i)^{1-\alpha} di \right) L_t^{S\alpha} \right. \\
&\quad \left. - \int_0^{n_t^S} \phi x_t(i) di \right) \\
n_{t+1}^S &= \eta^S Z_t^S + \lambda_t (n_t^N - n_t^S) + n_t^S \tag{22}
\end{aligned}$$

预算约束方程的右边代表国家 S 在给定生产技术  $n_t^S$  时，扣除掉“霸权税”以及国防战略型产业投入的净产出。

在给定 N 国的政策  $\lambda_t$ 、 $\psi_t^N$  时，通过求解问题 (20)，我们可以得到 S 国政府问题中最优的消费路径以及相对应的投资路径。

N 国政府的优化问题与前一小节中相同，两国政府之间存在马尔可夫完美均衡。我们将这一均衡的主要特征总结在定理 3 中。

**定理 3：** 给定两国初始的技术水平，相较于采取“自由放任”政策的 S 国政府，采取最优干预的 S 国政府会使本国遭受到 N 国更大程度的技术遏制，但这一遏制过程也会更早结束，并且两国会在更短的时间内结束地缘政治博弈。同时，采取最优干预政策的 S 国政府会给 S 国带来更大的持久福利。

证明：见附录 B4。

定理 3 是本文的主要理论结果。这一结果表明，在考虑了技术扩散与地缘政治博弈后，S 国政府的最优干预不仅影响本国的创新投入，同时还通过影响地缘政治中对手的遏制政策，来间接影响自身的技术进步。我们通过图 3 来解释定理 3 的经济学含义。第一，相较于“自由放任”的经济，一个考虑最优政策的有为政府会追求更高的技术进步速度（见图 3 的左图）。这一追求不仅来自于传统文献中，克服垄断厂商创新的非有效性（Romer, 1990）<sup>①</sup>，更重要的是，来自于地缘政治博弈。此时 S 国的技术进步，会产生额外的外部性，即使 S 国更快地摆脱受制于 N 国的地缘政治压迫，这会使得 S 国政府相较于市场而言，追求更快的技术进步速度。第二，S 国更快的技术进步会使得 N 国的遏制政策发生变化。这一变化主要体现在两个方面。从静态上讲，N 国政府会采取更严厉的遏制政策。在图 3 的右图中，积极有为的 S 国政府将面对比“自由放任”的情形中更加严苛的技术遏制。其原因是，S 国更快的技术进步速度会导致 N 国“霸权税”收益的更快下降，对 N 国产生了更大的边际损失，因此 N 国从短期考虑会对 S 国进行更严厉的遏制。从动态上讲，S 国更快的技术进步速度会使得 N 国提早开始对其遏制，但其结束遏制的时间也更早，同时技术遏制持续的时间间隔也更短。这是因为由于 S 国更快的技术进步，会使得 N 国与 S 国的技术差距快速变小，同时也会使得技术扩散占 S 国技术进步中的比例不断变小，因此 N 国对 S 国技术遏制的边际收益将会迅速降低，使得 N 国更早地结束其技术遏制政策。

<sup>①</sup> Romer, P. M., “Endogenous Technological Change”, *Journal of Political Economy*, 98(5), 1990, S71 - S102.

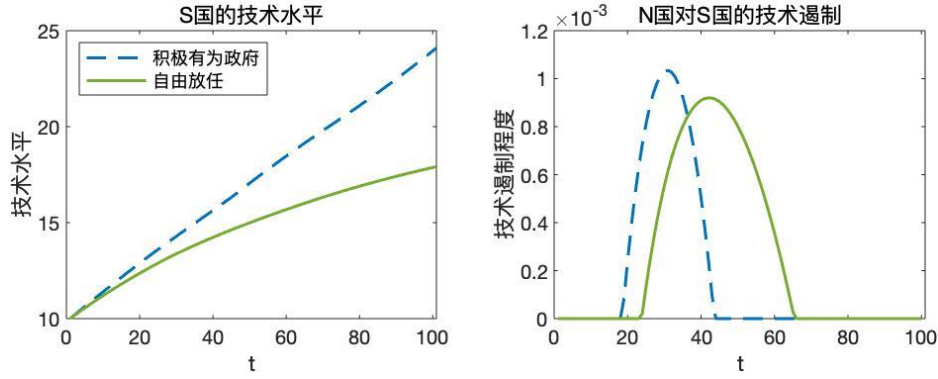


图 3 积极有为的 S 国政府与自由放任情况相对比<sup>①</sup>

### (二) S 国政府的最优财税政策

在上一小节中，我们求解了 S 国的最优资源配置，在这一小节中，我们将研究在一个非中央计划的经济（decentralized economy）中，政府如何通过制定财税政策，使得市场均衡实现最优的资源配置。

首先，S 国政府能够实现其最优资源配置的方法不是唯一的。我们不失一般性地考虑两种政府的财税政策，即对研发投入的补贴政策以及对中间品厂商的补贴政策。对应到经济现实中，这些补贴主要包括税收减免、债务削减、直接补助以及定向发放优惠贷款等。如中国被认证为高新技术企业，则可以享受 15% 的税收减免；又如 2018 年以来各地方政府对光伏发电上网电价是直接补贴等。S 国政府通过这两种政策工具，可以同时实现水平效应（level effect）以及增长效应（growth effect）的最优化。值得强调的是，这里我们求解政府的最优政策不是持久不变的，而是根据两国所处不同的博弈阶段进行动态调整的。

我们假设 S 国政府选择补贴序列  $\{\delta_t\}_0^\infty$  以及  $\{\zeta_t\}_0^\infty$ ，其中  $\delta_t$  代表 t 期对中间品厂商生产成本的补贴， $\zeta_t$  代表 t 期对研发部门研发成本的补贴。

在这一财税政策影响下，中间品厂商的利润函数以及研发部门的自由进入条件分别为

$$\pi_t(i) = p_t(i)x_t(i) - (1 - \delta_t)\phi x_t(i) \quad (23)$$

$$\eta^S V_t(i) = 1 - \zeta_t \quad (24)$$

而 S 国的其他部门以及 N 国各个部门的设定与前文相同。

通过求解此时两国之间的马尔科夫完美均衡并使得这一均衡下的资源配置同“有为政府”的最优资源配置相同，可以得到最优补贴政策。我们将之总结在定理 4 中。

**定理 4：**当 S 国政府的中间品厂商补贴率满足

$$\delta_t = \alpha$$

研发补贴率满足以下条件

1. 当  $n_{t+1}^S \overline{Y}_{t+1}^{S-1-\gamma} < n_{t+1}^N \overline{Y}_{t+1}^{N-1-\gamma}$ ，两国处于地缘政治博弈阶段时，

<sup>①</sup> 数值模拟所用具体参数数值详见附录 A。

$$\zeta_{t+1} = B - \frac{2B[v(1+\mu)^\tau]^{-1} n_{t+1}^S \overline{Y_{t+1}^S}^{1-\gamma}}{1-\alpha} + \lambda_{t+1} + \left( 1 + \frac{2B[v(1+\mu)^\tau]^{-1} n_{t+1}^S \overline{Y_{t+1}^S}^{1-\gamma}}{1-\alpha} - \lambda_{t+1} \right) \zeta_t$$

2. 当  $n_{t+1}^S \overline{Y_{t+1}^S}^{1-\gamma} \geq n_{t+1}^N \overline{Y_{t+1}^N}^{1-\gamma}$  且  $n_{t+1}^S < n_{t+1}^N$ ，两国结束地缘政治博弈但 S 国技术依然落后时，

$$\zeta_{t+1} = -\frac{\alpha B}{1-\alpha} + \lambda_{t+1} + \left( 1 + \frac{B}{1-\alpha} - \lambda_{t+1} \right) \zeta_t$$

3. 当  $n_{t+1}^S \geq n_{t+1}^N$ ，S 国技术追上 N 国时，

$$\zeta_{t+1} = -\frac{\alpha B}{1-\alpha} + \left( 1 + \frac{B}{1-\alpha} \right) \zeta_t$$

存在唯一的初始  $\zeta_0$  满足  $\lim_{t \rightarrow \infty} \zeta_t = \alpha$ ，此时市场性均衡能够实现 S 国最优的资源配置。

其中  $B = \eta^S \alpha \phi^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} L^S$  为外生参数决定的常数。

证明：见附录 B5。

定理 4 给出了最优税率的解析形式。其中对中间品厂商的补贴，能够解决由于垄断竞争带来的非有效性。而对研发的补贴能够解决由地缘政治博弈产生的技术进步的外部性问题。值得注意的是，在标准的内生经济增长模型中，只存在垄断竞争带来的非有效性，但由于在我们的模型中，技术进步可以带给 S 国在地缘政治博弈中的优势，存在一种新的外部性，因此，最优政策的考量中不仅包括消除垄断竞争的因素，还包括克服地缘政治博弈外部性的因素。

具体来说，S 国对中间品的补贴率始终为常数，而对研发部门的补贴率在博弈的不同阶段需要满足不同的一阶差分方程。通过数值模拟求解，我们把对研发部门的补贴率随时间的变化展示在图 4 中。首先需要注意的是，对应图中 D 点及以后，S 国对研发部门的补贴率是一个常数。由于长期而言，两国已经退出了地缘政治博弈，进入“重归合作阶段”，因此最优的长期补贴率为克服垄断的非有效性时的补贴率。一个有趣的发现是，在博弈的初期，即两国的“初始合作阶段”，对应图中 A 点，最优的补贴率是低于长期补贴率的，这是因为在发展的最初阶段，N 国没有对 S 国进行技术遏制，来自 N 国的技术扩散可以给 S 国带来大量的新技术，因此对研发补贴的边际回报比较低，S 国政府不需要大量地进行补贴。而当进入到“战略防御阶段”以后，S 国最优政策选择的补贴率应高于结束地缘政治博弈以后的长期补贴率。因为这一阶段，N 国会采取技术遏制的政策，更高的补贴有助于提高 S 国的研发投入，加快技术进步以更快地结束地缘政治博弈。这一过程对应图 4 中 A 点到 B 点。同时，我们观察到在这一阶段时，S 国政府的最优政策是随着 N 国对其技术遏制的加强而逐步增大对研发部门的补贴。与之相对应的，在“战略相持阶段”，即图中 B 到 C 点，当 N 国逐步放松了对 S 国的技术遏制后，S 国的最优补贴政策也是不断降

低补贴率。图中不连续的点 C 代表两国退出地缘政治博弈，进入“重归合作阶段”，N 国不再向 S 国寻求“霸权税”的时间点。值得注意的是，C 点可能比 D 点低的原因在于，当 N 国退出“战略遏制”时，此时 S 国总产出超越 N 国，但技术水平可能依然低于 N 国，技术扩散依然存在，所以 C 点的补贴率低于 D 点无技术扩散时的补贴率。

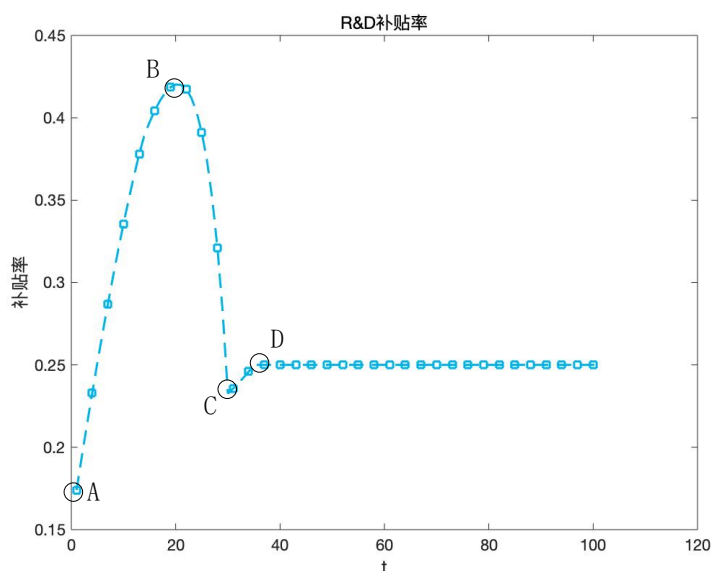


图 4 S 国的研发补贴率<sup>①</sup>

### （三）历史经验与现实证据

从历史经验来看，尤其是第一次工业革命以后，在领先国家与后发追赶大国之间的数次重大地缘政治博弈过程中，最后成功实现赶超的后发大国当时所实施的反技术遏制的干预政策，与本文模型所刻画的最优干预政策基本是一致的。

16 世纪，西班牙作为追赶国家与当时的领先国家葡萄牙争夺海上霸权。葡萄牙凭借着能适应远途航行的多桅帆船和索具，实现了跨大洲之间的商品贸易，开启其海上霸主时代。为了保持海上霸权，葡萄牙皇室明令禁止向包括西班牙在内的其他国家出售这类船只。面对这种技术遏制政策，西班牙政府投入巨资支持了包括哥伦布、麦哲伦在内的一批航海家的远航探索计划，依靠他们学习并积累了大量造船、航海的相关技术，从而最终有能力建造拥有多层甲板和三根以上的主桅杆、体积庞大、可以携带重型武器的大帆船。依靠这一先进技术，西班牙的海上贸易逐渐超过葡萄牙，在经济与综合国力上成功实现了对葡萄牙的赶超。

17 世纪，荷兰成为世界经济的霸主，并对作为后发追赶大国的英国实施技术遏制与经济打压。为应对这一局面，英国政府显著增加了军事投入以及对科技创新的支持。譬如，在 1644 年成立“哲学学院”这一科学社团组织，在英国皇室支持下逐步发展变成英国皇家学会，通过国家的资金支持学会成员进行科学研究，其中就包括牛顿、胡克、哈雷等著名科学家。他们的研究不仅开创了

<sup>①</sup> 数值模拟所用参数数值为  $\alpha = 0.25$ ,  $\phi = 0.75$ ,  $L^S = 10$ ,  $L^N = 1$ ,  $\bar{\lambda} = 0.0057$ , 其余参数与前文相同。

多个全新学科领域，而且为英国新式武器的研发提供了理论基础，改进了英国的军事技术，最后实现经济实力、国防军事力量与技术水平的全面提升，并取代荷兰成为新的世界头号强国。

18 世纪美国独立战争胜利以后，为了遏制美国的崛起，作为世界头号强国的英国通过一系列政策对美国进行技术遏制，其中包括将纺纱机列为“高科技产品”禁止向美国出口，颁布《航海条例》限制技术工人移民到美国等等。面对英国严苛的技术遏制政策，时任美国财政部长亚历山大·汉密尔顿向国会提交了《制造业报告》，提出以追赶英国为目标，建立粮食、矿产、能源、纺织、玻璃、图书和军工七大产业部门，并针对性地制定《鼓励外来移民法》和《专利法》两部法案进行反制，一方面吸引来自欧洲的技术从业者，另一方面鼓励本国的自主创新。在这一系列产业政策的引导下，美国迅速建立起相对完善的国内基础设施及扶持产业发展的金融体系，并借助第二次工业革命，在 19 世纪末就在技术与经济实力上实现了对英国的超越，并在第二次世界大战以后正式确立起国际地缘政治的霸权地位。

本文理论模型分析的主要结论不仅符合上述历史经验，而且也与当下国际政治领域相关研究的结论一致。第二次世界大战以后，核武器的快速发展导致世界主要大国之间发生全面战争的可能性显著降低，此时领先国家与后发追赶国家之间的竞争主要是技术的竞争，因此科技政策的选择与成败都将显著影响一国的国际地位（Gilpin, 1970）<sup>①</sup>。基于这一判断，国际关系领域的相关学者也都达成共识，认为后发国家应充分运用国家动员机制，补贴创新，争取实现对领先国家的追赶甚至超越（雷少华，2019）<sup>②</sup>。

#### 四、国防战略型产业的技术溢出

在前文中，我们假设两国的国防战略型产业投入只会通过改变“霸权税”税率来影响两国的地缘政治关系，不会对国家的技术进步产生直接影响。实际上，本文所定义的国防战略型产业包含航空航天、信息安全等战略型产业，这些产业的发展不仅会改善一国的国防安全环境，还会通过技术溢出对一国的技术进步产生促进作用。以航空工业为例，这类产业不仅是维护国家安全和战略利益的重要工具，同时还具有很强的外部性，对上下游产业具有明显的带动作用。

在这一节，我们进一步把国防战略型产业的技术溢出效应考虑到模型中，分析其对两国的国防战略型产业投入、地缘政治博弈以及技术遏制政策的影响。我们发现国防战略型产业的技术溢出效率会显著地改变 N 国的遏制策略以及均衡结果。

现实中，许多国家长期通过国防政策扶持高技术产业发展。以美国为例，其具体的政策手段<sup>③</sup>有：1. 政府直接投资创建军工科研与生产机构；2. 国防生产

---

<sup>①</sup> Gilpin, R., “Technological Strategies and national purpose”, *Science*, 169(3944), 1970, 441 - 448.

<sup>②</sup> 雷少华：《超越地缘政治——产业政策与大国竞争》，《世界经济与政治》2019 年第 05 期。

<sup>③</sup> 参考王勇：《中美贸易与产业政策：新结构经济学视角》，载于《中美经贸关系：焦点问题和应对策略》，北京：中国发展出版社，2022。具体政策手段及对应案例详见附录 A3。

基金与产业孵化基金；3. 扶持中小企业参与竞争和鼓励创业；4. 产业规划与政策指导等等。这些政策支出在国民经济账户上都归属于国防战略型产业开支，却直接或间接转化为民营部门可用于生产消费品的新技术，推动了行业的技术进步。基于此，本文假设每一期的国防战略型产业投入会以一定比例转化为下一期可用的新中间品生产技术，而这一比例衡量一国国防战略型产业的技术溢出效率。

与前文类似，S 国存在以家户持久效用最大化为政策目标的有为政府，它可以直接决定 S 国资源的分配。政府的优化问题由（23）给出。

$$\max_{\{x_t^S(i)\}_{i \in [0, n_t^S]}, L_t^S, C_t^S, Z_t^S, \psi_t^S} \sum_0^\infty \beta^t \ln(C_t) \quad (25)$$

$$\text{s. t. } C_t^S + Z_t^S \leq (1 - f(\psi_t^S, \psi_t^N, n_t^S, n_t^N, \bar{Y}_t^S, \bar{Y}_t^N) - \psi_t^S) \left( \frac{1}{1-\alpha} \left( \int_0^{n_t^S} x_t(i)^{1-\alpha} di \right) L_t^{S\alpha} - \int_0^{n_t^S} \phi x_t(i) di \right) \quad (26)$$

$$n_{t+1}^S - n_t^S = \eta^S Z_t^S + \lambda_t (n_t^N - n_t^S) + \theta^S \psi_t^S \bar{Y}_t^S \quad (27)$$

其中，S 国的资源约束方程（24）与前文一致，而 S 国的技术进步方程（25）主要由三部分构成。第一部分是 S 国自主投资带来的新技术  $\eta^S Z_t^S$ ，第二部分是来自 N 国的技术扩散  $\lambda_t (n_t^N - n_t^S)$ ，第三部分是来自 S 国国防战略型产业投入的技术外溢  $\theta^S \psi_t^S \bar{Y}_t^S$ 。其中  $\psi_t^S \bar{Y}_t^S$  代表 S 国在 t 期的国防战略型产业投入， $\theta^S > 0$  代表 S 国国防战略型产业的技术溢出效率。即 S 国国防战略型产业投入会以  $\theta^S$  的比例增加民用部门的中间品生产技术。

N 国的市场结构与前文相同，N 国国防战略型产业技术溢出的相关设定与 S 国相似，此时 N 国的技术运动方程为：

$$n_{t+1}^N - n_t^N = \eta^N Z_t^N + \theta^N \psi_t^N \bar{Y}_t^N \quad (28)$$

其中  $\theta^N \psi_t^N \bar{Y}_t^N$  代表 N 国国防战略型产业投入的技术溢出， $\theta^N$  衡量了 N 国国防战略型产业的技术溢出效率。

我们假设  $\theta^S < \eta^S$ 、 $\theta^N < \eta^N$ ，即国防战略型产业投入所带来的技术外溢小于直接创新所产生的新技术。这一假设保证了在长期不存在地缘政治博弈时，选择直接投资研发部门的收益大于投资国防战略型产业的收益，因此两国会选择只进行创新投资，而不会选择投入国防战略型产业。

同样，我们假设 N 国政府通过选择技术扩散率  $\lambda_t$  以及国防战略型产业投入  $\psi_t^N$  最大化本国代表性家户无穷期总效用。两国之间形成无限期动态博弈，存在唯一马尔科夫完美均衡。

由于这一系统过于复杂，我们通过数值模拟求解在不同国防战略型产业技术溢出效率时，两国的技术进步路径以及 N 国对 S 国的技术遏制路径。



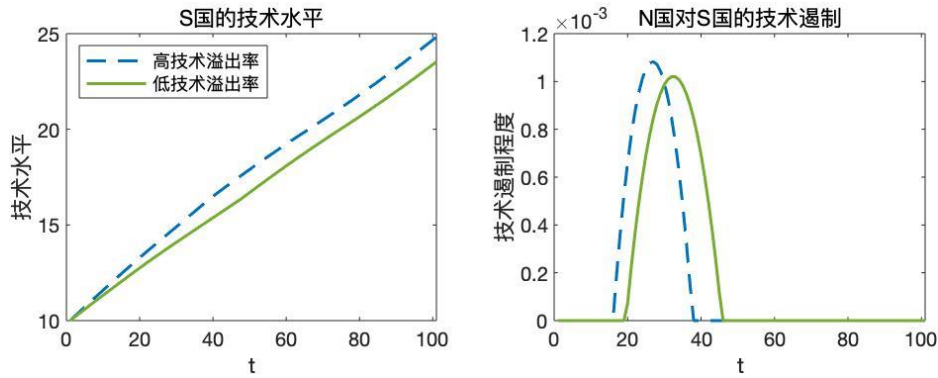


图 5 国防战略型产业存在技术溢出时，S 国的技术路径及 N 国的技术遏制<sup>①</sup>

从图 5 中我们可以看出，当 S 国的国防战略型产业技术溢出效率更高时，其技术水平也增长更快。S 国更快的技术增长，会导致 N 国更早地实施技术遏制，且其强度也会更高。但同样也会使得 N 国技术遏制的窗口期变短，且更快地使两国退出地缘政治的博弈。因此，S 国提高国防战略型产业技术溢出效率，虽然在短期内会招致 N 国更强烈的遏制政策，但对于 S 国从动态意义上摆脱 N 国的技术遏制，具有重要意义。

## 五、大国反技术遏制失败的案例与原因分析

从历史经验来看，并非所有的追赶大国都可以成功实现对领先国家的赶超。例如，二十世纪的前苏联与日本，作为当时的追赶大国都没有成功实现对美国这一领先大国的赶超。在这一部分，我们将前苏联和日本作为具体案例，从本文的模型分析框架出发，分析导致这两个国家赶超失败的原因，并将之对应到模型中的数值计算，直观展示两国不同于基准模型的技术进步路径。

### （一）前苏联——低研发效率与低国防战略型产业技术溢出率

前苏联在第一个五年计划期间从西方大量引进工业化所需的现代技术，并于 1931 年 GDP 总量超过德国与英国，成为了世界第二大经济体。二战结束以后的最初几年，其高增长势头也得到了保持，从 1946 年到 1960 年的平均 GDP 增长率为 6.87%，远高于美国同期的平均 GDP 增长率 3.25%。<sup>②</sup>

随着经济快速发展与整体国力的提升，前苏联成为当时世界上唯一能与美国分庭抗礼的超级大国，两国进入“冷战”状态。面对以美国为首的西方国家的全面技术封锁与遏制，前苏联原有的技术引进政策难以为继，只能依靠本国的自主研发实现技术进步。但是，前苏联实行的是计划经济体制，无法让“有效市场”发挥作用，民用经济部门的研发相对低效。同时，为了与美国进行全面的地缘政治对抗，政府不断加大在国防战略型产业上的投入。由于这些产业高度资本密集而且经济利润的回报较少，原本可以用于民用部门生产与研发的资源被大量挤占。雪上加霜的是，由于缺乏将国防战略型产业的技术转化到民

<sup>①</sup> S 国高技术溢出率为 0.009，低技术溢出率为 0.001，N 国的技术溢出率为 0.005，其他参数与前文相同。

<sup>②</sup> 数据来源：Angus Maddison, *Historical Statistics of the World Economy: 1-2008 AD*, the Maddison-Project.

用部门的市场激励机制，导致其国防战略型产业对于民用经济部门的技术溢出效率非常低，远不及美国。这些因素叠加起来使得前苏联民用部门的技术进步严重滞后，从而经济增长速度也逐渐与美国拉开了差距。从 1975 年到前苏联解体前，其年平均 GDP 增长率只有 1.14%，不到美国同期的一半。

为了更清楚地将以上分析对应到本文的模型之中，我们在不改变其他参数的情况下，进行数值模拟，降低 S 国的自主研发效率 $\eta^S$ 和国防战略型产业的技术溢出率 $\theta^S$ ，同时假设由于两国之间的军备竞赛，S 国过度重视本国的国防战略型产业，总会选择以最优反应的 $\xi$ 倍进行国防战略型产业投入，其中 $\xi > 1$ 衡量 S 国政府对国防战略型产业过度重视的程度。具体均衡结果如图 6 所示。

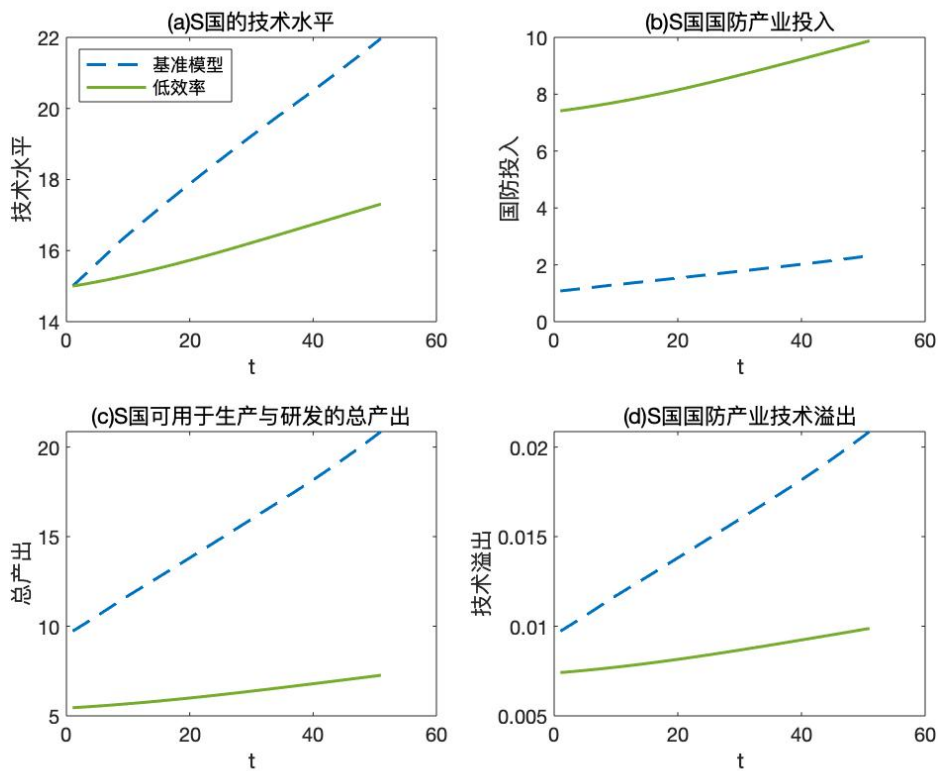


图 6 低研发效率与低国防战略型产业技术溢出率时的均衡结果<sup>①</sup>

从图 6(a)可以看出，这一设定下 S 国的整体技术进步速度比原来的基准模型要更慢。这主要由三方面原因导致。第一是民用部门的研发效率较低导致其研发动机不足，从而研发的投入减少，通过研发获得的新技术也减少。第二是军备竞赛导致 S 国加大国防战略型产业的投入，压缩了可以用于生产与研发的总产出，如图 6(b) (c) 所示。第三是国防战略型产业的技术溢出率较低，相较于基准模型，虽然此时 S 国在国防战略型产业上的投入更多，但其对民用部门的技术溢出所带来的技术进步却更少，如图 6(d) 所示。

## (二) 日本——被迫放弃自主国防战略型产业投入

<sup>①</sup> S 国低研发效率为 0.005，低国防产业技术溢出率为 0.001，其他参数与前文相同。

二战结束以后，日本在美国的安全保护和经济帮扶下快速复苏，其 GDP 总量在 1968 年超越当时的西德，1987 年超越前苏联，成为世界第二大经济体。<sup>①</sup>然而，日本的国家安全主要依赖于美国的保护，本国的国防战略型产业发展受到严重限制。这一方面使得战后的日本可以集中精力与资源进行经济重建，有助于实现高速经济增长，另一方面，随着其经济总量对美国的不断逼近，特别是 70 年代末期以后，美国逐渐开始对日本的经济发展采取一系列遏制政策，缺少自主国防战略型产业的局限性也愈加凸显。美国的遏制政策首先体现在技术方面，从上世纪 80 年代开始，美国对于日本的半导体芯片、信息通讯等技术进行严酷的打压。这些高新技术的前端科技往往来自于国防安全等战略型产业的研发，例如计算机与互联网。但是，日本国防战略型产业的发展受到其《和平宪法》的严格限制，无法独立自主地通过增加对国防战略型产业的政府投入等方式支持这些核心技术的研发。同时，随着日本经济融入全球化程度的加深，日本在国防安全与地缘政治上更加依赖美国的支持。为了换取这些支持，日本被迫放弃对国内产业发展和技术研发的多重产业政策，这些因素最终导致日本在这些核心技术领域与相关产业上的国际竞争力下降，以及整体经济增长的放缓。

对应到本文的理论模型，我们假设 S 国由于上文所述的原因无法进行自主国防战略型产业的投入（即 $\psi_t^S = 0$ ），从而一方面战略型产业无法对民用经济部门的技术产生外溢作用，另一方面所缴纳的“霸权税”的税率内生地始终为最大税率 $\omega$ 。对此进行数值模拟后得到的均衡结果如图 7 所示。

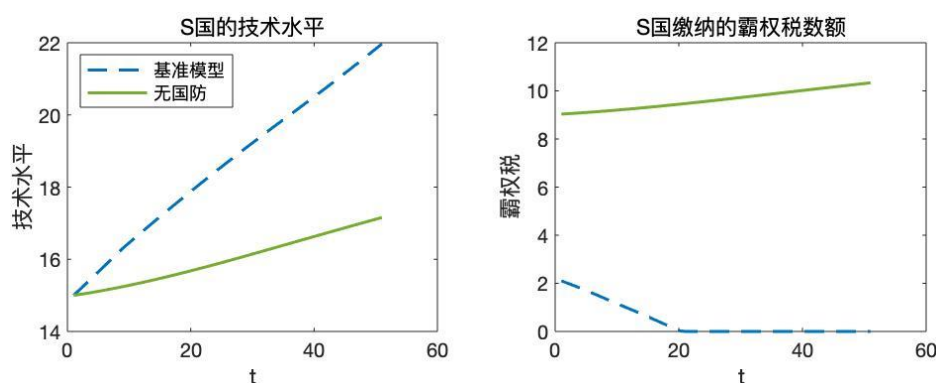


图 7 无自主国防战略型产业投入时的均衡结果

图 7 右图中对比了基准模型以及无法进行自主国防战略型产业投入时，S 国每期缴纳的“霸权税”数额。随着 S 国技术的进步以及经济体量的增长，两者之间的差距越来越大，这意味着 S 国无法进行自主国防战略型产业投入导致的损失越来越大。高额的“霸权税”缴纳导致 S 国每期可以用于研发的资源较少，同时又缺乏自主国防战略型产业对于民用部门技术的外溢支撑，最终导致该国技术进步速度落后于基准模型，如图 7 左图所示。

## 六、结论

<sup>①</sup> 数据来源：Angus Maddison, Historical Statistics of the World Economy: 1-2008 AD, the Maddison-Project.

本文构建了一个融合国际间技术扩散、地缘政治博弈和内生经济增长的动态博弈一般均衡理论模型，分析了领先国家对后发追赶国家进行技术遏制的经济学逻辑，同时求解了当存在地缘政治博弈时，面对领先国家的技术遏制，后发追赶国家最优的财税政策。在此基础上，通过进一步引入国防战略型产业部门对民用部门的技术溢出效应，分析了这种技术溢出效应对两国国防战略型产业投入、经济增长以及地缘政治博弈的影响。

结果表明，领先国家不会对人口和经济体量较小的国家进行技术遏制，而会对后发追赶大国进行技术遏制，核心原因是后者的技术进步阻碍了领先国家地缘政治经济利益的索取。在两国博弈的早期，随着后发追赶大国技术的不断进步，领先国家的技术遏制会越来越强。但由于领先国家进行技术遏制也需要付出经济成本，当后发追赶大国与领先国家的技术差距不断缩小时，技术遏制的边际收益会越来越低，领先国家反而会逐步放弃技术遏制。因此，随着后发追赶大国由弱变强，两者之间的博弈均衡会呈现“不遏制—遏制加剧—遏制减退—退出遏制”这四个阶段的变化。为了应对领先国家的技术遏制，后发追赶大国的最优策略不是“缴械投降”而是自立自强，政府应当运用更大力度的财税政策补贴本国的研发部门，虽然这一举措会在短期内导致领先国家更强的技术遏制，但也可以更快速地缩小与领先国家的技术差距，从而使得技术遏制更早结束，实现整体社会福利的改善。同时，当后发追赶国家国防战略型产业存在技术溢出时，其技术进步速度更快，而这也加剧了领先国家的技术遏制，但却可以在更短的时间内追赶上领先国家，从而更早结束技术遏制以及地缘政治冲突。我们对历史上后发追赶大国与领先国家的技术遏制与反遏制的案例进行了梳理与分析，发现本文所提出的理论模型不仅可以解释为什么有些后发追赶大国成功地实现了对领先国家的技术赶超，成就了大国的崛起，而另一些后发追赶国家却失败了。

本文所提出的理论框架与相关分析有助于我们更加深入地理解当前美国对中国采取技术遏制政策的本质原因与根本目的，有助于启发我国更好地分析和应对美国的技术遏制政策。自特朗普政府以来，美国以中国实行不公平的产业政策等为理由，对我国发动了贸易战、技术封锁等一系列遏制打压行为。依据本文的分析框架，美国这么做的根本原因是它认为，作为世界第二大经济体的中国威胁到了其作为世界领先国家的地缘政治经济利益，而且中国目前的科技、产业水平与综合实力还不够强大，其技术遏制政策依然可以达到迟滞中国经济增长与综合国力提升的目的。面对这一严峻形势，任何幻想都是不切实际的，采取自由放任的“不作为”政策，盲目顺从对方的压力并主动放弃过去一些好的产业政策相当于“自废武功”。正确的做法是，保持长期博弈的战略定力，既自立自强，又开放合作，特别是按照《十四五规划与2035年远景目标纲要》的总体部署，出台一系列可以更有效地促进高新技术产业发展的财税、金融政策，以应对美国的技术遏制。这些政策虽然在短期可能会招致美国更加严苛的技术遏制，但在中长期却更有利于实现持续的技术进步和经济增长，最终迫使美国更快地放弃遏制政策，重新回到互利共赢的正常合作轨道上来。本文的分析还启示我们，要始终统筹发展与安全，坚持把科技自立自强作为构建新发展格局的核心，充分重视国防战略型产业的发展，提高国防战略型产业技术的民用化水平，增强科技创新的整体效率，把技术进步与经济发展的主动权、国家的安全与战略利益牢牢掌握在自己手中，以历史主动推动中国式现代化和中华民族伟大复兴的进程行稳致远。

## 附录 A

### 1、“霸权税”的来源与对应案例

军事霸权	通过军事威胁或采取军事行动控制他国资源
	全球多处驻军并要求驻地国分摊军费
	直接出售武器并赚取高额利润
	利用全球情报网络窃取安全、经济信息
技术霸权	制定有利于领先国家的高新技术和产业标准
	对垄断技术收取高额专利费用
经济霸权	利用“世界货币”地位收取铸币税
	操纵汇率或大宗商品价格实现超额收益
	发动经济制裁迫使他国制定有利于领先国家的经济政策
	利用经济规模的优势吸引全球资本
文化霸权	通过文化产品输出霸权国家的价值观
	制造有利于领先国的国际舆论环境
	利用其语言被用作国际通用语言的绝对优势获取收益

#### 1. 军事霸权

(1) 通过军事威胁或采取军事行动控制他国资源；

解释：领先国家通过强大的军事实力威胁其他国家或直接发动战争，获得他国资源的掌控权，从而从中获利。

案例：根据斯德哥尔摩国际和平研究所数据，美国 2020 年军费开支总额为 7780 亿美元，世界排名第一，占美国 GDP 的 3.7%，占全球军费开支的 39%。高额的军费开支确保了美国军事的绝对优势地位，支持了美国军方在世界各个地区建立军事基地。《2018 年度美军基地结构报告》显示，美国的海外军事基地共有 514 个，其中陆军基地 202 个，海军基地 123 个，空军基地 166 个，海军陆战队 23 个，这些基地遍及六大洲（南极洲除外）以及四大洋的各个角落，保障了美国在任何时间对任意地点都能进行有效的军事打击。同时，美国构建了覆盖全球的多边和双边军事安全联盟，通过和同盟国家的频繁军演制造地区紧张形式。这一军事地位使得美国可以通过威胁他国或直接发动战争获取利益。以 2003 年的伊拉克战争为例，在战争以前，伊拉克的石油开采由伊拉克国有企业垄断，而在战争以

后，美国公司不仅垄断了伊拉克的战后重建工作，还获得了伊拉克的石油开发权，并被承诺可以分得 60%-70% 的石油收入。

(2) 全球多处驻军并要求驻地国分摊军费；

解释：在全球各个地区设立军事基地，向驻地国提供安全保护并要求驻地国分担军费开支。

案例：根据 2014 年美国 and 韩国达成的第 9 次《防卫费分担特别协定》，韩国分担的总额为 9200 亿韩元。这笔钱折合为美元约 7.54 亿，折合为人民币约 53.35 亿。2021 年 3 月 7 日第 9 轮驻韩美军费用分摊谈判达成原则性协议。事后韩联社报道称：在新一份协定中韩方负担金额将上调 13%，有效期有望持续到 2026 年。

(3) 直接出售武器并赚取高额利润；

解释：领先国家基于其军事霸权地位，向其他国家销售武器或者安全服务，从而赚取利润。

案例：根据斯德哥尔摩国际和平研究所官方网站 15 日的报道，美国仍然是最大的武器出口国，武器出口总额为 1750 亿美元。2016-2020 年间，美国在全球武器出口中所占份额增至 37%，而 2011-2015 年间所占比例为 32%。2016-2020 年，美国向 96 个国家和地区提供了主要武器，远超任何其他供应国。同时，军火销售额世界排名前五名的军火销售商都是美国公司，前十的军火销售商中，有六家是美国公司，其中排名第一的洛克希德-马丁公司，2020 年销售额高达 582.1 亿美元。

(4) 利用全球情报网络窃取安全、经济信息；

解释：领先国家基于其军事霸权，在全球建立自己的情报网络，从而第一时间获取相关信息，利用这些信息提高自身的福利水平。

案例：网络安全公司 360 于 3 月 3 日宣布，研究发现美国中情局的网络攻击组织 APT-C-39 对中国进行了长达 11 年的网络攻击渗透。在此期间，中国航空航天、科研机构、石油行业、大型互联网公司及政府机构等多个单位均遭到不同程度的攻击。

## 2. 技术霸权

(1) 制定有利于领先国家的高新技术产业技术标准；

解释：领先国家可以基于其科技霸权，率先制定高新技术行业的技术标准，提高后发国家的进入门槛，从而实现获利。

案例：如果说专利影响了一个或若干个企业，那么标准就决定了一个行业甚至一个国家的兴衰。美国一直把标准作为一种谋取垄断利润的手段，还一直把制定标准作为保护国内经济发展的工具。

(2) 对垄断技术收取高额专利费用；

解释：基于领先国家的科技霸权以及国际市场上对其专利的保护，领先国家每年都可以通过收取专利费用从世界其他国家赚取高额利润。同时由于其专利的不可替代性，领先国家可以自由决定产业价值链，通过不平等交易压缩世界其他国家的利润份额，从而获利。

案例：2021 年，境外提交的美国专利达 495883 件占美国总专利数的 45.6%。这一数据意味着美国的专利在世界各个国家得到了认可。以生产苹果公司的一台 ipad 为例，其销售价格为 499 美元，其中高附加值的零配件占总售价的 54.4%，而组装费用只占售价的 3.4%，分到中国富士康的工人身上，每组装一台 ipad 仅能获得 9 美元的报酬，占总售价的 1.8%。

## 3. 经济霸权

(1) 利用“世界货币”地位收取铸币税

解释：基于其经济霸权，领先国家的货币可以在全世界范围内流通，并被各国央行作为首选的储备货币，因此可以在世界范围内收取铸币税，从中获利。

案例：美元作为国际公认的储备、支付和结算货币，赋予了美国政府在全球范围内收取铸币税的权利。虽然在过去 20 年中美元作为国际储备货币占总储备货币的比例一直在下降，但是根据 IMF 最新数据，2021 三季度全球央行所持有的美元储备共有 7.081 万亿美元，占全球总储备的 59.15%，依然超过其他所有货币的总和。关于如何估算铸币税总额，经济学界并没有统一的理论，以往学者有一些关于美国铸币税的估算，但是其计算方法并没有严谨的经济学理论支持，因此我们无法准确计算美国从世界征收的铸币税总额，但从美元在全球外汇储备中的占比来看，美国从全世界征收的铸币税总额是巨大的。

#### (2) 操纵汇率或大宗商品价格实现超额收益

解释：领先国家可以通过其经济霸权迫使世界其他国家进行汇率调整或者操纵大宗商品价格，从而打压别国经济，或实现低价买入、高价卖出的套利行为，从中获取利润。

案例：1985 年 9 月美国联合英国、法国和联邦德国，强迫日本签订了日元升值的《广场协议》，导致了日本经济的泡沫化。从 1971 年 2 月 1 日 1 美元兑 360 日元到 2000 年 1 美元兑 90-140 日元，日元升值了 3-4 倍，从而极大影响了日本的出口产业，使得美国相关产业在竞争中获利。美国还通过操纵石油价格，极大减少了苏联的石油出口收入，切断了苏联的军备资金来源，赢得了冷战的胜利。同样的案例还包括美国对大豆等粮食价格的操纵，使得中国的国产粮食完全丧失竞争力等等。

#### (3) 发动经济制裁迫使他国制定有利于领先国家的经济政策

解释：领先国家通过其市场规模，发动贸易战争或经济制裁，迫使其他国家颁布有利于领先国家的关税或其他改革措施，从而获利。

案例：美日贸易战从 1960 年开始持续了 30 多年，其中最主要的贸易纠纷集中在汽车产业以及半导体产业。以汽车产业为例，1980 年代，日本汽车接棒家电行业，成为日本赚钱高额贸易顺差的核心产业，对美出口飙升，对美国就业造成大规模影响，进而导致全美范围内的抗议潮。最终以日本汽车厂家赴美投资、自愿限制出口、取消国内关税等妥协手段告终。

#### (4) 利用经济规模的优势吸引全球资本

解释：领先国家经济体量大，投资回报率高，可以吸引全球资本的涌入

案例：美国是一个超级债务大国，2021 年最新数据显示，美国的债务总额已经高达 28 万亿美元。

### 4. 文化霸权

#### (1) 通过文化产品输出霸权国家的价值观

解释：领先国家通过其先进的文化产业，向世界各地销售具有其本国价值观的文化产品，从而实现本国价值观的输出。

案例：全球票房排名前十的电影都是由美国好莱坞出品的，而这些票房中 25%以上来自于中国大陆。这些电影大量输出美国个人英雄主义与自由主义的价值观。而中国本土电影票房排名最高的是《长津湖》，只排在第 66 名。

#### (2) 制造有利于领先国的国际舆论环境

解释：领先国家基于其经济地位，在全球的主要国际组织中都可以占据主导权，从而左右了国际规则的制定，使得国际规则有利于领先国家自身的发展，从而获利。

案例：美国在世界各大国际组织中都拥有一票否决权。举例来看，美国作为联合国常任理事国，在联合国事务投票中享有一票否决权；美国在 IMF 中的特别提款权为 829.9 亿，占总特别提款权的 17.39%，即美国的投票票数占总票数的 17.39%。而 IMF 重大事项通过所要求的赞同票数为总票数的 85%以上，美国所持有的 17.39%的票数等价于一票否决权。这些一票否决权意味着美国可以否决一切不利于其自身发展的国际秩序改革，使得国际秩序向着最有利于美国的方向发展。

(3) 利用其语言被用作国际通用语言的绝对优势**获取收益**

解释：领先国利用其霸权地位，以本国语言作为国际通用语言，为本国的商业交流、科学研究提供便利。

案例：英语是目前唯一国际语言，无论是科学研究还是跨国的商贸合作，都需要对英语的熟练掌握，而以英语作为母语的霸权国家却能通过语言的精通从中获得便利。

2、数值模拟所用参数的具体数值

参数名称	参数含义	具体数值
$\alpha$	劳动的产出弹性	0.1
$\eta^S$	S 国创新效率	0.01
$\eta^N$	N 国创新效率	0.02
$n_0^S$	S 国初始技术水平	10
$n_0^N$	N 国初始技术水平	20
$\beta$	时间贴现因子	0.998
$\phi$	中间品生产成本	0.9
$L^S$	S 国人口	3
$L^N$	N 国人口	1
$\gamma$	相对经济规模对霸权税的影响程度	0.9
$\tau$	相对国防投入对霸权税的影响程度	0.1
$\omega$	霸权税上界	0.7
$\underline{\psi}$	N 国国防投入下界	0.1
$\kappa_1$	N 国控制技术溢出成本	2
$\kappa_2$	N 国控制技术溢出成本	100
$\bar{\lambda}$	自然状态技术溢出率	0.02
$\mu$	N 国霸权税的额外收益	0
$\nu$	N 国相对于 S 国的软实力领先	1
$\xi$	S 国对国防战略型产业的过度重视程度	7

3. 美国通过国防支出扶持高新技术发展的政策手段及案例

美国国防工业政策主要由负责采办、技术和后勤的国防部副部长（USD（AT&L））负责，其发布的采办项目和出台的很多政策都会对国防工业及至整个国家科技工业基础产生重大影响。在其办公室下面设有产业政策局（Director, Industrial Policy）和小企业项目局（Director, Small Business Programs），分别负责对国防工业运行状况进行评估和国防工业政策的起草及照顾中小企业。

具体的政策手段有：

1. 政府直接投资创建军工科研与生产机构

美国《国防生产法》就规定，政府（主要指国防部、能源部、国家航空航天局等）可以为某些私人企业购买特定资产和设备。当一个企业开发出一种新产品而又无力投资于生产设备，或投资于生产设备的风险较高时，政府为之提供生产设备可能就很好地解决从原型机到规模生产之间的过渡问题。

2. 国防生产基金与产业孵化基金



从二十世纪八十年代起，美国国防部就向产业界提供种子基金用于开发新技术和新产业。根据美国《国防生产法》，为了保证某些关键产品的可获得性，国防部可以向相关产品的供应商提供贷款保证，采购承诺等支持手段。

### 3. 扶持中小企业参与竞争，鼓励创业

美国国防部设立有小企业奖励基金（DoD Small Business awards）和小企业创新研发项目（the Small Business Innovative Research program），专门鼓励国防科研单位科研人员创新创业活动，以促进国防科技成果的转化与运用。为了扶持中小企业发展，国防部还规定国防承包项目必须拿出一定比例的国防合同任务分包给中小企业。2013年出台的《国防授权法案》要求将中小企业承担主承包合同的金额从23%提高到25%，小企业承担分包合同的金额比例达到40%以上（吕斌等，2015）。美国海军还曾发起过“小企业创新研究计划（SBIR）”和“小企业技术转移研究计划”，以提升参与军工生产的小企业的技术创新能力；再如在克林顿政府期间，美国国防部曾发起“快轨（Fast Track）计划”，以加速小企业技术创新的商业化步伐。在这一计划下，国防部给予小企业获得的风险投资给予配套支持，小企业每获得1美元的风险投资资金，国防部就给予最高可达4美元的配套支持，以支持小企业快速实现技术创新的商业化。对小企业的支持，就是为了保持创新的活力和竞争的氛围。

### 4. 产业规划与政策指导

美国国防部会定期或不定期地发布一些关于国防工业、乃至整个国家科技工业基础发展的规划文件及政策指导，告知产业界未来军队的装备发展方向和需求，警示未来可能存在的风险，为国防科技工业、乃至整个产业界的发展和调整指明发展方向。如近期发布的政策指南包括：关于合作反对竞争的政策（1999年）、分包商的竞争政策（1999年）、未来竞争政策说明（2000年）等（Jacques S. Gansler, 2013）。

## 附录 B

### 1. 证明定理 1:

证明:

当 N 国选择最小的国防战略型产业投入比例  $\underline{\psi}$  时，假如 S 国选择进行国防战略型产业投入，通过求解一阶条件，其最优选择为

$$\psi_t^S = \left( \frac{\tau n_t^{S\gamma} \bar{Y}_t^{S^{1+\tau-\gamma}}}{\underline{\psi}^\tau n_t^{N\gamma} \bar{Y}_t^{N^{1+\tau-\gamma}}} \right)^{\frac{1}{1-\tau}}$$

将这一结果带入霸权税方程，可得 S 国应缴纳的霸权税的总额为

$$\left( \frac{n_t^{S\gamma} \bar{Y}_t^{S^{2-\gamma}}}{\underline{\psi}^\tau n_t^{N\gamma} \bar{Y}_t^{N^{1+\tau-\gamma}}} \right)^{\frac{1}{1-\tau}} \tau^{\frac{\tau}{1-\tau}}$$

此时 S 国扣除掉霸权税以及国防战略型产业投入的总收益为

$$\left(\frac{n_t^{S\gamma} \bar{Y}_t^{S^{2-\gamma}}}{v \underline{\psi}^\tau n_t^{N\gamma} \bar{Y}_t^{N^{1+\tau-\gamma}}}\right)^{\frac{1}{1-\tau}} (\tau^{\frac{\tau}{1-\tau}} - \tau^{\frac{1}{1-\tau}})$$

而 S 国如果选择不进行国防战略型产业投入，此时霸权税税率为上界  $\omega$ ，S 国此时国防战略型产业投入为 0，扣除掉霸权税的总收益为

$$(1 - \omega) \bar{Y}_t^S$$

当对任意的技术水平比，S 国不进行国防战略型产业投入所得到的净收益大于进行国防战略型产业投入时，S 国会选择不与 N 国进行地缘政治博弈，求解这一条件，我们可以得到

$$L^S \leq \left(\frac{1 - \omega}{\tau^{\frac{\tau}{1-\tau}} - \tau^{\frac{1}{1-\tau}}}\right)^{\frac{1-\tau}{1+\tau-\gamma}} (v \underline{\psi}^\tau)^{\frac{1}{1+\tau-\gamma}} L^N$$

从而证明了定理 1 的第一部分；

当两国同时选择进行国防战略型产业投入时，通过求解两国国防战略型产业的一阶条件，我们得到以下一阶条件

$$\frac{\tau(\psi_t^S \bar{Y}_t^S)^{\tau-1} n_t^{S\gamma} \bar{Y}_t^{S^{1-\gamma}}}{v(\psi_t^N \bar{Y}_t^N)^\tau n_t^{N\gamma} \bar{Y}_t^{N^{1-\gamma}}} \bar{Y}_t^S - 1 = 0$$

$$\frac{(1 + \mu)\tau(\psi_t^S \bar{Y}_t^S)^\tau n_t^{S\gamma} \bar{Y}_t^{S^{1-\gamma}}}{v(\psi_t^N \bar{Y}_t^N)^{\tau+1} n_t^{N\gamma} \bar{Y}_t^{N^{1-\gamma}}} \bar{Y}_t^S - 1 = 0$$

假设两国之间的国防部门形成古诺均衡，可以求解出两国的最优国防投入

$$\psi_t^S = \frac{(1 + \mu)^{-\tau} \tau n_t^{S\gamma} \bar{Y}_t^{S^{1-\gamma}}}{v n_t^{N\gamma} \bar{Y}_t^{N^{1-\gamma}}}$$

$$\psi_t^N = \frac{(1 + \mu)^{1-\tau} \tau n_t^{S\gamma} \bar{Y}_t^{S^{2-\gamma}}}{v n_t^{N\gamma} \bar{Y}_t^{N^{2-\gamma}}}$$

当  $\frac{n_t^{S\gamma} \bar{Y}_t^{S^{1-\gamma}}}{n_t^{N\gamma} \bar{Y}_t^{N^{1-\gamma}}} > \frac{v(1-\omega)(1+\mu)^\tau}{1-\tau}$  时，两国选择上述满足古诺均衡时的国防战略型产业投入对两国都是最优的，因此这一结果是模型的纳什均衡。

## 2. 证明引理 1:

证明:

在求解 N 国问题时我们发现，N 国家户面临着不随时间变化的投资回报率水平，因此消费以固定比例增长，即消费的增长率固定不变，从而最大化家户的持久效用等价于最大化家户在 0 期的消费。而当效用函数是对数函数时，家户在 0 期时的消费水平取决于家户额外收入的折现，根据政府预算约束平衡，家户的额外收入等于政府的额外收入，因此 N 国政府最大化家户效用等价于最大化其额外收入的现值，其中贴现率为 N 国的内生投资回报率。

## 3. 证明定理 2:

证明:

通过求解 N 国政府最大化问题，得到关于  $\lambda_t$  的一阶条件为

$$\kappa_1 - 2\kappa_2(\lambda_t - \bar{\lambda}) + M(1 - E_t)[1 - N\left(\eta^S \frac{Z_t^S}{n_t^S} E_t + \lambda_t(1 - E_t) + E_t\right)] = 0$$

其中 M、N 与定理中的定义相同。整理上式可得

$$\lambda_t = \frac{M(1 - E_t) - MN\left(\eta^S \frac{Z_t^S}{n_t^S} + 1\right)(1 - E_t)E_t + 2\kappa_2\bar{\lambda} + \kappa_1}{2\kappa_2 + MN(1 - E_t)^2}$$

而  $\lambda_t$  存在小于  $\bar{\lambda}$  的区间限制，因此 N 国会 对 S 国进行控制的条件为

$$\lambda_t = \frac{M(1 - E_t) - MN\left(\eta^S \frac{Z_t^S}{n_t^S} + 1\right)(1 - E_t)E_t + 2\kappa_2\bar{\lambda} + \kappa_1}{2\kappa_2 + MN(1 - E_t)^2} \leq \bar{\lambda}$$

化简上式为  $E_t$  的二次方程，我们可以得到

$$MN\left(\eta^S \frac{Z_t^S}{n_t^S} + 1 - \bar{\lambda}\right)E_t^2 - \left[MN\left(\eta^S \frac{Z_t^S}{n_t^S} + 1 - 2\bar{\lambda}\right) + M\right]E_t + M - MN\bar{\lambda} + \kappa_1 \leq 0$$

当  $E_t = 1$  时，上式的值为  $\kappa_1 > 0$ ，因此容易得到上式在  $[0, 1]$  上恒大于 0 的充分条件为

$$MN\left(\eta^S \frac{Z_t^S}{n_t^S} + 1 - 2\bar{\lambda}\right) + M \geq 2\left[MN\left(\eta^S \frac{Z_t^S}{n_t^S} + 1 - \bar{\lambda}\right)\right]$$

进一步化简，可以得到这一条件等价于  $\left(\frac{L^S}{L^N}\right)^{1-\gamma} \leq \frac{1+\eta^N\alpha\left(\frac{1-\alpha}{\Phi}\right)^\alpha L^N}{2(1+\eta^S\frac{(2-\alpha)\alpha}{1-\alpha}AL^S)}$ ，定理第一部分得

证：

当这一条件不满足时，关于  $E_t$  的二次方程在  $[0, 1]$  区间上可能存在两个解，而 N 国会在这两个解所确定的区间内对 S 国的技术溢出进行控制，因此控制区间的解析式为

$$\left[\frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}, \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}\right]$$

其中  $a = MN\left(\eta^S \frac{Z_t^S}{n_t^S} + 1 - \bar{\lambda}\right)$ ， $b = -\left[MN\left(\eta^S \frac{Z_t^S}{n_t^S} + 1 - 2\bar{\lambda}\right) + M\right]$ ， $c = M - MN\bar{\lambda} + \kappa_1$

分别对应关于  $E_t$  的二次方程的三个系数。

#### 4. 证明定理 3:

证明：

首先，在给定时间  $t$  时，通过最大化社会总净产出，我们可以得到每种中间品的产量满足以下一阶条件

$$x_t(i) = \left(\frac{1}{\Phi}\right)^{1/\alpha} L^S$$

把这一产量带入总生产函数，我们可以得到总净产出

$$\bar{Y}_t^S = \frac{1}{1-\alpha} \left(\int_0^{n_t^S} x_t(i)^{1-\alpha} di\right) L^{S\alpha} - \int_0^{n_t^S} \Phi x_t(i) di = \frac{\alpha}{1-\alpha} \Phi^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} n_t^S L^S$$

此时 S 国在分配国防战略型产业资源时，同样会以当期可支配的总产出最大化为目标，因此国防战略型产业的一阶条件与前文类似。

联立加总后的总生产函数、预算约束方程以及技术运动方程，通过求解投资的一阶条件，并把相关结果带入，我们可以得到在地缘政治博弈阶段，S 国政府问题的欧拉方程

$$\frac{1}{C_t} = \frac{\beta \left( 2[v(1+\mu)^\tau]^{-1} \eta^S \frac{\alpha}{1-\alpha} \Phi^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} L^S \frac{n_{t+1}^S \gamma \bar{Y}_{t+1}^{S-1-\gamma}}{n_{t+1}^N \gamma \bar{Y}_{t+1}^{N-1-\gamma}} + 1 - \lambda_{t+1} \right)}{C_{t+1}}$$

通过 N 国最优控制水平  $\lambda_t^*$  的解析式，我们可以得到

$$\frac{\partial \lambda_t^*}{\partial Z_t^S} = -MN(1 - E_t)E_t \frac{\eta^S}{n_t^S} < 0$$

即在给定两国的技术水平时，S 国选择当期投资得越多，N 国对 S 国的控制就会越强烈。通过分别求解 S 国自由放任和存在积极有为政府时的最优投资路径，我们可以得到当存在积极有为政府时，S 国的投资存在克服中间品厂商垄断以及摆脱 N 国地缘政治控制的外部性，因此增长率大于自由放任情形，即给定技术水平，S 国积极有为政府会选择更大的  $Z_t^S$ ，从而招致 N 国更大程度的技术遏制；

N 国政府在两国技术之比到达固定值  $\frac{-b+\sqrt{b^2-4ac}}{2a}$  时结束对 S 国的控制，而存在积极有为政府时，S 国技术进步率快于自由放任情形，N 国技术进步率保持不变，因此给定初始的技术水平，S 国存在积极有为政府时两国之间的技术之比更快到的固定值  $\frac{-b+\sqrt{b^2-4ac}}{2a}$ ，即 N 国会更早结束控制；

S 国自由放任情形的技术进步路径也在 S 国积极有为政府的可行域内，因此 S 国积极有为政府所选择的最优干预政策所带来的持久效用水平优于自由放任情形。

#### 5. 证明定理 4:

证明:

把零利润条件带入垄断厂商的价值方程，我们可以求解得到 t 期的市场投资回报率在

$$r_{t+1} = \frac{\eta^S \alpha \left( \frac{1-\alpha}{(1-\delta_{t+1})\phi} \right)^{1/\alpha-1} L^S + \zeta_t - \zeta_{t+1}}{1-\zeta_t}$$

S 国的消费者同样是在给定投资回报率为  $r_{t+1}$  的情况下决定每期的消费，因此可以得到如下欧拉方程

$$\frac{1}{C_t} = \frac{\beta(r_{t+1}+1)}{C_{t+1}}$$

如果 S 国政府希望通过对中间品厂商以及研发部门的补贴实现社会最优的经济增长路径，需要同时考虑水平效应（level effect）以及增长效应（growth effect）。

考虑到水平效应同政府问题相同，S 国政府会选择  $\delta_t$  使得 t 时期中间品厂商选择生产的中间品数量恰好等于政府会选择的生产数量，即

$$\left( \frac{1-\alpha}{(1-\delta_t)\phi} \right)^{1/\alpha} L^S = \left( \frac{1}{\phi} \right)^{1/\alpha} L^S$$

从上式中我们得到，对于任意的 t， $\delta_t = \alpha$ 。

考虑增长效应同政府问题相同，S 国政府会选择  $\zeta_t$  使得消费者面对的投资回报率水平  $1 + r_{t+1}$  恰好等于社会最优时消费的增长率。

当  $n_{t+1}^S \gamma \overline{Y_{t+1}^S}^{1-\gamma} < n_{t+1}^N \gamma \overline{Y_{t+1}^N}^{1-\gamma}$ ，两国处于地缘政治博弈阶段时，根据 S 国政府问题的欧拉方程，我们得到  $\zeta_{t+1}$  应满足条件

$$\frac{\eta \alpha \phi^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} L^S + 1 - \zeta_{t+1}}{1 - \zeta_t} = 2[v(1 + \mu)^\tau]^{-1} \eta^S \frac{\alpha}{1-\alpha} \phi^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} L^S \frac{n_{t+1}^S \gamma \overline{Y_{t+1}^S}^{1-\gamma}}{n_{t+1}^N \gamma \overline{Y_{t+1}^N}^{1-\gamma}} + 1 - \lambda_{t+1}$$

化简得

$$\zeta_{t+1} = B - \frac{2B[v(1+\mu)^\tau]^{-1} n_{t+1}^S \overline{Y_{t+1}^S}^{1-\gamma}}{1-\alpha} + \lambda_{t+1} + \left(1 + \frac{2B[v(1+\mu)^\tau]^{-1} n_{t+1}^S \overline{Y_{t+1}^S}^{1-\gamma}}{1-\alpha} - \lambda_{t+1}\right) \zeta_t$$

其中  $B = \eta^S \alpha \phi^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} L^S$ 。

当  $n_{t+1}^S \overline{Y_{t+1}^S}^{1-\gamma} \geq n_{t+1}^N \overline{Y_{t+1}^N}^{1-\gamma}$  且  $n_{t+1}^S < n_{t+1}^N$ ，两国结束地缘政治博弈但 S 国技术依然落后时，此时根据 S 国政府问题的欧拉方程， $\zeta_t$  应满足条件

$$\frac{\eta \alpha \phi^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} L^S + 1 - \zeta_{t+1}}{1 - \zeta_t} = \frac{\eta^S \alpha \phi^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} L^S}{1 - \alpha} + 1 - \lambda_{t+1}$$

化简得

$$\zeta_{t+1} = -\frac{\alpha B}{1-\alpha} + \lambda_{t+1} + \left(1 + \frac{B}{1-\alpha} - \lambda_{t+1}\right) \zeta_t$$

当  $n_{t+1}^S \geq n_{t+1}^N$ ，S 国技术追上 N 国时，此时 S 国处于平衡增长路径，通过求解可得此时 S 国的研发补贴应满足条件

$$\zeta_{t+1} = -\frac{\eta \alpha^2 \phi^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} L^S}{1-\alpha} + \left(1 + \frac{\eta^S \alpha \phi^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} L^S}{1-\alpha}\right) \zeta_t$$

在长期，S 国始终处于平衡增长路径，因此 R&D 补贴应不随时间变化的常数，通过计算可得  $\lim_{t \rightarrow \infty} \zeta_t = \alpha$ ，再根据以上差分方程，存在唯一  $\zeta_0$  使得长期补贴率趋于常数  $\alpha$ ，此时市场性均衡能够实现 S 国的最优的资源配置。