
发展中国家的进口与技术学习

——基于中国经济发展的经验证据、理论和定量分析

作者1

姓名：樊仲琛 (Zhongchen Fan)

单位：北京大学国家发展研究院 (National School of Development, Peking University)

作者2 (通讯作者)

姓名：徐铭棣 (Mingzhi Xu)

单位：北京大学新结构经济学研究院 (Institute of New Structural Economics, Peking University)

作者3

姓名：朱礼军 (Lijun Zhu)

单位：北京大学新结构经济学研究院 (Institute of New Structural Economics, Peking University)

发展中国家的进口与技术学习

——基于中国经济发展的经验证据、理论和定量分析

摘要 本文研究发展中国家通过进口并学习内嵌于商品的知识，实现持续技术进步的过程。通过回归，本文发现企业进口对专利申请有积极促进作用；通过构建城市层面衡量知识密集度的进口冲击，本文进一步发现促进作用来自知识密集产品的进口。由此，本文构建并校准一个开放经济下两国动态内生增长一般均衡模型：技术领先的发达国家通过创新拓展前沿，发展中国家技术离前沿较远，从发达国家进口并学习其产品中内嵌的知识实现技术追赶，逐渐接近前沿，最终转到自主创新。最后，本文通过反事实实验模拟中美贸易摩擦，揭示贸易壁垒将严重阻滞两国技术进步。

关键词 南北贸易，进口学习效应，自主创新

Learning, Innovation and Economic Growth:

the Role of Knowledge-embodied Imports for Developing Countries

Abstract We study how developing countries achieve sustained technical progress through international trade. Using micro-level data, we find that import has a significant and positive effect on innovation; we then construct city-level import shocks and find that the effect comes from high-knowledge intensive import. We then build and calibrate a two-country endogenous growth model in open economies. In the model, the technologically advanced developed country pushes forward the technology frontiers through innovation; when being far away from the technical frontier, firms in the developing country can import advanced goods from the developed country and learn from knowledge embodied in these goods. This learning process allows firms in the developing country to catch up, and eventually transit to innovation as they approach the frontier. By simulating the calibrated model, we evaluate the impact of the recent US-China trade tensions and find that rising trade barriers would hinder both countries' technological progress.

Key words South-North trade, learning from import, innovation

JEL Classification F10, F14, O40

一、引言

中国正处于由高速增长阶段向高质量发展阶段转变的关键时期，从技术学习转向自主创新是实现从“中国制造”向“中国创造”转变的必然选择。很多发达经济体经历了从技术学习到自主创新的过程。英国实现工业化后，美国和德国学习英国；上世纪 50 年代，日本学习美国；此后亚洲四小龙学习日本。如今，以上国家和地区均成为发达经济体，依靠自主创新实现技术进步。贸易开放带来的国际知识扩散对于发展中国家是重要的技术学习途径。基于此，本文研究如下机制：发达国家的技术嵌含在其生产的产品中，发展中国家通过与发达国家贸易，从进口的产品中学习技术，积累知识并逐步转型为自主创新。

大量证据体现国际贸易对从技术学习到自主创新这一过程的重要性。改革开放初，高技术含量的机械与运输设备占中国总工业进口的 40% 以上。同年，出口工业品中接近 45% 是轻纺、橡胶和矿业产品。2015 年，中国工业品出口结构中机械设备约占 50%，而轻纺制品比重则降到 20% 以下。整体来看，2000—2006 年中国企业的出口产品质量上升 15%（余淼杰和张睿，2017）。进口方面，中国 2000 年进口总额为 1.86 万亿元，2006 年为 6.34 万亿元，增加 2.4 倍。专利数据同样显示了中国的技术追赶。1990 年中国申请的发明专利占这一年世界总申请数的 1.02%。2017 年，中国的发明专利申请数在世界占比上升到了 43.69%。技术从发达国家向发展中国家扩散不是自动发生的，贸易是其中一个重要载体（Coe et al., 1997）。因此，从国家贸易角度出发，研究发展中国家从学习追赶到自主研发的过程，具有现实意义。

本文首先归纳了一系列进口和创新的相关事实。第一，本文构建了国际专利分类号（IPC）4 位码层面的技术与前沿距离的指标，发现中国 2000—2009 年技术的分布相比 1990—1999 年向接近前沿的方向移动。第二，本文基于中国海关数据库、专利数据库和工业企业数据库，通过回归发现企业的进口与发明专利申请正相关，其中包含知识较多的来自发达国家进口和资本品进口的促进作用更为持续。第三，本文构建城市层面的高低知识密集度产品进口冲击，发现只有高知识密集度进口能促进企业发明专利申请，而低知识密集度进口的影响不显著。

为了定量分析贸易对创新的作用，本文构建一个包含多部门国际贸易、异质性企业分步创新的动态增长模型描述发展中国家从学习到自主创新的转型动态。本文模型在 Akcigit et al. (2018) 的基础上，引入不对称的北方发达国家和南方发展中国家，以及企业的学习行为。南北方企业对同一个中间品进行价格竞争。中间品可以被贸易，如果一国企业在付完贸易成本后仍然比另一国企业具有价格优势，就会占领世界市场。企业可以通过自主创新或向技术前沿学习提高自己的技术，其中领先者只能通过创新提高技术，而追随者提高技术的选择取决于其所在国家是否有从领先企业所在的国家进口该中间品。如果没有进口，则追随者也只能通过创新提高技术，如果有进口，则追随者可以从进口的中间品学习技术。当发展中国家技术落后于发达国家并从后者进口，发展中国家的企业通过学习内嵌于发达国家产品中的更高水平技术，缩小与前沿技术的差距；当这一差距足够小，发展中国家从学习中的获益足够小时，其企业最优地选择创新，实现到自主创新的动态转型。

最后，借助校准后模型，本文结合中美贸易和技术的摩擦，通过反事实实验说明，贸易壁垒的提高限制了发展中国家从发达国家的进口，从而阻断了技术学习的渠道，使得发展中国家部分企业更早开始进行成本更高的自主创新，减缓技术进步速度；而发达国家由于失去部分国际市场，企业利润下降，研发激励减弱，技术进步速度也下降。

本文与三类文献相关。第一，有关创新与技术扩散的经济增长文献。Aghion et al. (2001) 和 Aghion et al. (2005) 将分步创新引入“创造性毁灭”（Aghion & Howitt, 1992; Grossman & Helpman, 1991a）的框架中，在熊彼特效应之外，技术水平相当的公司为了从竞争中胜出会进行更多的研发。Akcigit et al. (2018) 在分步创新的模型框架下研究全球化背景下的创新政策，发现贸易成本下降后，企业为了捍卫国内市场或占领国外市场而进行更多研发，最优政策应该给予国内企业更多的创新补

贴。技术可以在企业和个体之间 (Lucas & Moll, 2014; Perla & Tonetti, 2014) 以及国家间 (Buera & Oberfield, 2020) 扩散, 发展中国家持续的技术进步需要从接受国际技术扩散转为自主创新 (Acemoglu et al., 2006)。这类文献仅关注发达国家, 或存在发展中国家技术模仿的平衡增长路径, 并未讨论发展中国家从技术学习到自主创新的转移动态过程。

第二, 与国际贸易中产品周期相关的研究。Vernon (1966) 最早描述了产品的跨国生产周期, 新产品出现在发达国家, 随后逐渐转移到工资更低的发展中国家。Krugman (1979) 提供了产品周期的国际贸易模型。Grossman & Helpman (1991b) 将 Grossman & Helpman (1991a) 封闭经济中的质量阶梯模型拓展到开放经济, 内生南方国家的技术转移, 产生“北方创新-南方模仿-北方再创新”的产品周期循环过程。Eaton & Kortum (2001) 引入资本嵌含型技术进步, 定量分析了发达国家创新研发出来的新的资本品通过出口到其他国家带来的技术扩散。这类文献虽然刻画了南北国家之间的技术外溢, 但是得到的结果往往是发达国家一直创新, 发展中国家一直模仿, 无法刻画东亚经济体的赶超事实。

第三, 关于中国在开放贸易后技术进步的文献。伴随中国加入 WTO 中间品关税的减少, 中国公司得以更低的价格引进国外先进技术, 显著提升了一般贸易中进口中间品质量 (余淼杰和李乐融, 2016), 但是也导致短期内本土创新减少 (Liu & Qiu, 2016; 林薛栋等, 2017; 张杰, 2015), 尤其体现在发明专利和实用新型专利的申请 (Liu et al., 2016)。伴随发达国家 FDI 大量进入, 中国国内自主研发投入受到了抑制 (范承泽等, 2008)。田巍和余淼杰 (2014) 发现, 在中间品贸易自由化后, 中国企业新增的研发主要集中在生产过程, 而非新产品。贸易政策的不确定性对技术进步有负向影响 (Liu & Ma, 2020)。这类文献从外贸整体出发, 未区分进口产品所包含知识的多少, 因而在考虑进口产品的知识载体作用方面存在一定的局限。

本文对文献的贡献如下: 第一, 本文研究了贸易推动发展中国家技术进步的新机制, 即从贸易中学习, 从而促进创新; 第二, 为了量化此机制, 本文拓展了 Akcigit et al. (2018), 构建了一个开放经济中两国内生技术进步模型, 并定量估计了模型参数, 然后通过反事实实验从知识流动的角度研究了贸易摩擦对技术进步的抑制作用, 对中美贸易和技术摩擦有重要的启示意义; 第三, 相比于文献, 本文的模型并不局限于对平衡增长路径的刻画, 而是得出发展中国家从学习到创新, 从技术追赶到实现超越的转移动态过程, 能够更加全面地研究发展中国家技术进步。

本文其余部分安排如下: 第二部分是数据描述, 第三部分是定量事实, 第四部分是理论模型, 第五部分是模型求解和反事实模拟, 第六部分是结论。

二、数据描述

这部分主要分析中国企业技术与世界前沿距离的动态变化, 以及进口对发明专利申请的促进作用。第一节对所使用的数据进行描述。第二节基于发明专利数据对中国技术和前沿的距离进行描述, 并根据距离的分布变化描述技术追赶。

(一) 数据描述

企业进出口数据来自中国海关总署, 包括了 2000—2006 年每个企业每种产品进出口的交易单位、数量和贸易额等变量, 以及企业贸易对象所在的国家。“每个产品都是 HS8 位码层面, 约 29 万家企业参与了国际贸易。” (余淼杰和田巍, 2014) 本文按照消费品、资本品、原材料等大类, 以及贸易的对象国家进行加总, 并按照企业名称与中国工业企业数据库进行匹配。

中国企业层面创新数据来自国家知识产权局的专利数据库, 包括了 1985—2010 年在中国国家知识产权局申请并公开的所有发明专利、实用新型和外观设计。该数据涵盖了专利的基本信息、

申请人信息和引证信息。其中，专利申请的基本信息包括：专利名称、申请号、申请时间，以及专利所属的国际专利分类（IPC）等。申请人信息包括：名称、地区和类型（个人、企业、研究机构等）。根据引证专利的申请号前两位字符，可以确定该专利所在的国家。本文将中国工业企业数据库和中国专利数据库按照企业名称进行文本匹配，具体方法参考寇宗来和刘学悦（2020）。

国际创新数据来自欧洲专利局的全球专利数据库。该数据库涵盖了世界所有国家的专利申请信息，记录了专利名称、申请号、申请时间，以及专利所属的 IPC4 位数分类等基本信息，以及申请人的名称和国别等申请人信息。本文对发明专利申请数量在国家-IPC4 位代码层面进行加总。

本文使用的企业信息来自中国工业企业数据库。该数据库包含了规模以上全部国有与非国有的工业企业，2011 年之前规模以上的标准是主营业务收入 500 万元人民币以上，2011 年之后调整为 2000 万元人民币以上，提供了企业的营业收入、工业产值、资本、劳动力、利润、所有制、企业所在地区等 100 多个变量。

（二）事实描述

本节通过发明专利申请、进口和专利类别层面的技术到前沿的距离描述中国企业创新。主要变量的描述性统计如表 1 所示。2000—2006 年，平均每个企业每年发明专利申请数为 0.11 件，平均每个进口企业每年发明专利申请数为 0.19 件，比整体平均值多 73%；被 OECD 国家的专利引用过至少一次的中国发明专利占申请总数的 24%；进口的工业企业数量为 65288 个，平均每年进口额为 13500 美元。

表 1 2000—2006 年主要变量的描述性统计

指标	数值
企业平均每年发明专利申请数	0.11 件
进口企业平均每年发明专利申请数	0.19 件
被 OECD 国家引用至少一次的专利占比	24%
进口的工业企业数量	65228 个
进口的工业企业平均每年进口额	135000 美元

本文将高质量专利定义为被 OECD 国家引用过至少一次的专利（Akçigit & Kerr, 2018）。图 1 的右侧纵轴是进口总额，左侧纵轴是专利数量，实线是发明专利申请总数，短划线高质量发明专利申请数，点线是进口。如图 1 所示，中国在 2000 年到 2006 年间，进口、发明专利申请总数和高质量专利申请同时经历了快速增长的过程。

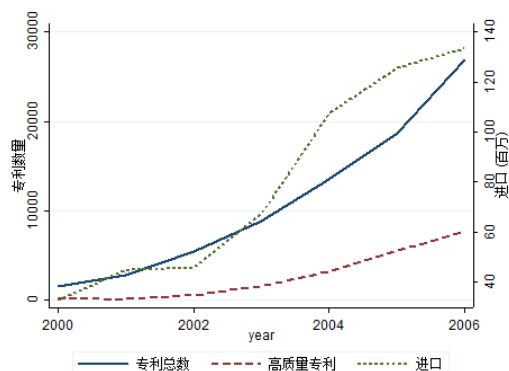


图 1 发明专利和高质量专利申请数量、进口

本文将技术距离定义为专利的 IPC 分类 4 位代码层面上 OECD 国家发明专利申请数占世界的份额减去中国的份额。图 2 的横轴是技术距离，纵轴是概率密度，实线是 1990 年到 1999 年平均技术距离分布，短划线是 2000 年到 2009 年平均技术距离的分布。如图 2 所示，中国的技术距离在向着缩小的方向移动，表明中国企业的技术与世界前沿的距离正在缩小。

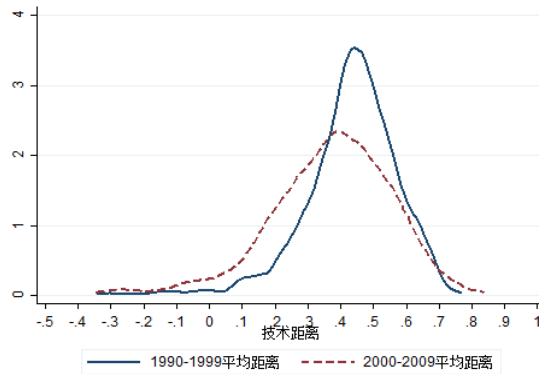


图 2 技术和前沿距离的分布

我们使用企业作为中国产业分类代码 (CIC) 和专利 IPC4 代码的中介，将产业对应到专利类别¹。然后以 2006 年 IPC4 层面的技术距离排序，每 10 个 IPC4 分类作为一组。如图 3 和图 4 所示，相对 2000 年，2006 年从 OECD 国家进口额和资本品进口额增加越多的组，平均技术距离缩短的程度越高。这一结果表明从技术水平更高的国家进口，或者技术含量更高的资本品进口与国内技术追赶正相关。

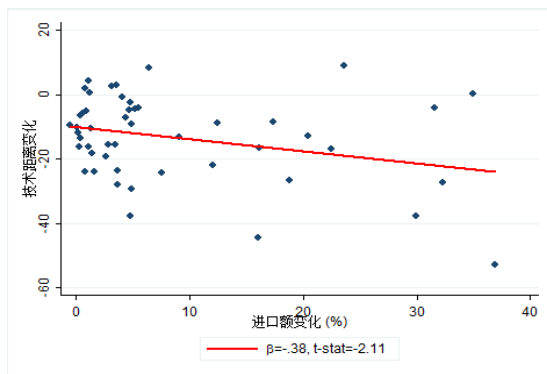


图 3 资本品进口额与技术距离的变化

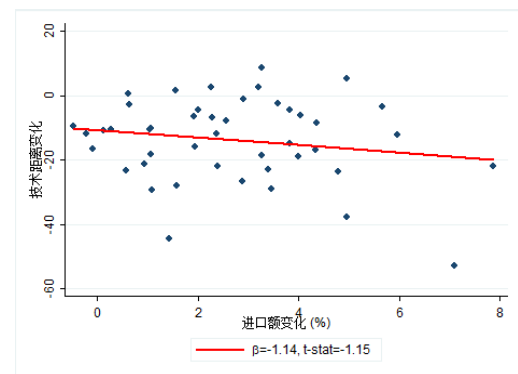


图 4 从 OECD 国家进口额与技术距离的变化

三、定量事实

这部分通过回归分析研究企业进口和发明专利申请的关系。首先，本文按照商品来源地和商品类别，研究进口对当期和滞后期的发明专利的效应。进口学习效应发生于内嵌丰富技术知识的产品贸易，而非含有知识较少的产品。为了直接捕捉进口学习效应，本文根据专利信息将产业分为高低知识密集两组，根据 Bartik IV 的方法，为这两组分别构造城市层面的冲击，分析进口商品中知识密集度异质性的对企业创新的影响。

¹ 具体的对应方式是，对于专利的 IPC 分类，所有申请过该类别专利的企业所在 CIC 分类的产业均被认为与之相关。将所有相关 CIC 产业的进口加总，即是 IPC 分类对应的进口。

（一）进口与创新的回归分析

1. 回归设定

本节通过将企业的当期和滞后 1、2、3 期的发明专利申请数对进口回归，分析进口对创新的当期和长期效应。特别地，我们比较了来源和种类不同的商品对创新影响的异质性。回归方程设定如下：

$$patent_{ft} = \beta import_{ft} + X'_{ft}\gamma + \lambda_t + \lambda_f + \lambda_i \times \lambda_t + \lambda_c \times \lambda_t + \epsilon_{ft}$$

$patent_{ft}$ 代表第 t 年企业 f 的发明专利申请数。 $import_{ft}$ 是第 t 年企业 f 的进口额。 X_{ft} 是第 t 年企业 f 的控制变量。具体地， X_{ft} 包括（1）与进口年份一致的企业出口额：控制与进口同期的市场规模效应；（2）企业当期的出口交货值²：在滞后期的回归中控制市场规模效应；（3）企业当期的 TFP³：控制其他导致技术进步因素的影响；（4）初期的 TFP（2000 年）：控制企业预先决定的创新长期计划的趋势影响。回归还控制详尽的固定效应来解决内生性问题。年份固定效应 λ_t 用于控制所有企业共同面临的年度冲击；企业固定效应 λ_f 用于控制企业不随时间变化的特征；企业所属行业和年份交叉项的固定效应 $\lambda_i \times \lambda_t$ 用于控制结构转型对创新的影响；企业所在城市和年份交叉项的固定效应 $\lambda_c \times \lambda_t$ 用于控制城市层面的政策影响（例如人口迁移、创新激励等）。被解释变量和主要解释变量参考 Liu & Qiu（2016）做 $y = \ln(x + (x^2 + 1)^{0.5})$ 转换，解决 0 过多的问题。最后，我们使用企业层面的聚类标准误解决可能存在的异方差和序列自相关问题。

2. 回归结果

发达国家技术领先，可能更容易成为进口学习的目标，所以本文按照进口来源进行回归，结果列于表 2。表 2 的第（1）列的主要解释变量是企业的总进口，第（2）列是从 OECD 国家的进口，第（3）列是从非 OECD 国家的进口。表 1 的 Panel A 的被解释变量是当期企业发明专利申请数，Panel B 的被解释变量比进口滞后 1 期，Panel C 滞后 2 期，Panel D 滞后 3 期。每一个回归均控制了与进口同期的出口额。被解释变量当期和滞后 1、2 期，进口的系数均显著为正。滞后 3 期的回归，只有从 OECD 国家的进口系数显著大于 0。表 A.1（见附录）在表 2 的基础上控制了当期的出口交货值、TFP 和初期 TFP，结果与表 1 相同。表 2 和表 A.1 的结果说明进口与企业创新显著正相关，且从 OECD 国家进口的影响更为持久。发达国家的產品更有知识含量，更能让发展中国家从中学习技术。

表 2 按照进口来源分

Panel A: 当期			
	(1)	(2)	(3)
	总进口	OECD 国家	非 OECD 国家
进口	2.323*** (0.901)	2.753** (1.071)	2.616** (1.268)
出口	2.008*** (0.734)	1.998** (0.820)	1.776 (1.096)

² 由于数据限制，本文所使用的海关数据的进出口额为 2000—2006 年，做滞后期回归时使用工企数据中的出口交货值进行控制。

³ 企业 TFP 根据 Olley & Pakes（1996）计算。

续表 2

	(1)	(2)	(3)
N	102,466	87,207	55,857
Adj. R ²	0.474	0.481	0.519
固定效应	是	是	是
Panel B: 滞后 1 期			
	(1)	(2)	(3)
进口	3.921*** (1.112)	4.297*** (1.302)	4.794*** (1.578)
出口	1.303 (0.867)	1.532 (0.984)	1.352 (1.212)
N	96,906	82,670	53,406
Adj. R ²	0.515	0.520	0.561
固定效应	是	是	是
Panel C: 滞后 2 期			
	(1)	(2)	(3)
进口	7.399*** (1.352)	8.060*** (1.562)	5.709*** (1.851)
出口	1.885* (1.034)	2.157* (1.159)	1.286 (1.385)
N	92,110	78,752	51,176
Adj. R ²	0.522	0.528	0.567
固定效应	是	是	是
Panel D: 滞后 3 期			
	(1)	(2)	(3)
进口	2.322 (1.464)	3.885** (1.700)	1.762 (2.062)
出口	1.196 (1.153)	1.197 (1.292)	0.482 (1.601)
N	87,052	74,558	48,557
Adj. R ²	0.513	0.516	0.556
固定效应	是	是	是

注：括号内为稳健标准误，*** $p < 0.01$ ，** $p < 0.05$ ，* $p < 0.1$ 。回归均控制企业、年份、行业×年份和城市×年份固定效应。

进口学习更可能发生在高知识含量的产品中，表3讨论了不同类型产品对创新的异质性。第(1)列是食品和饮料进口，第(2)列是工业制品进口，第(3)列是燃料进口，第(4)列资本品整机进口，第(5)列是资本品配件进口，第(6)列是运输装备进口，第(7)列是消费品进口，其中资本品可能包含了更多的技术。表3的回归均控制了与进口同期的出口。表3的Panel A的被解释变量是当期发明专利申请数，Panel B的被解释变量滞后于进口1期，Panel C滞后2期，Panel D滞后3期。只有第(4)列资本品整机和第(5)列资本品配件进口的系数在从当期到滞后3期的回归中显著为正。食品和饮料、工业制品的系数在当期不显著。燃料、运输装备与消费品进口的系数在当期显著为正，但在滞后期内并不显著。表A.2(见附录)在表3的基础上控制了当期的出口交货值、TFP和初期TFP，仅有资本品整机进口的系数在滞后1、2、3期显著为正，其余类别的系数在当期均不显著。表3和表

A.2的结果说明,在各个商品类别中,资本品整机进口对企业创新的正向影响最为明显,且持续到未来3期。资本品由于内嵌了更多生产技术,所以进口更能促进企业的技术学习。

表 3 按照进口商品种类分

Panel A: 当期							
	(1) 食品和饮 料	(2) 工业制 品	(3) 燃料	(4) 资本品 整机	(5) 资本品 配件	(6) 运输装 备	(7) 消费品
进口	2.501 (1.637)	0.443 (0.470)	1.751* (0.898)	1.029** (0.406)	0.843* (0.510)	1.432* (0.812)	1.156** (0.483)
出口	2.082*** (0.736)	2.062*** (0.735)	2.040*** (0.739)	2.054*** (0.735)	2.049*** (0.735)	2.059*** (0.734)	2.024*** (0.736)
N	102,466	102,466	102,466	102,466	102,466	102,466	102,466
Adj. R ²	0.474	0.474	0.474	0.474	0.474	0.474	0.474
固定效应	是	是	是	是	是	是	是
Panel B: 滞后 1 期							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
进口	-1.291 (1.979)	0.617 (0.524)	0.366 (0.944)	1.615*** (0.497)	1.040* (0.589)	1.601* (0.931)	0.341 (0.573)
出口	1.455* (0.870)	1.401 (0.869)	1.437* (0.870)	1.386 (0.868)	1.390 (0.868)	1.410 (0.868)	1.428 (0.869)
N	96,906	96,906	96,906	96,906	96,906	96,906	96,906
Adj. R ²	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515
固定效应	是	是	是	是	是	是	是
Panel C: 滞后 2 期							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
进口	0.211 (1.965)	1.773*** (0.656)	2.127* (1.119)	3.435*** (0.588)	1.855** (0.730)	1.623 (1.101)	1.288* (0.691)
出口	2.153** (1.035)	2.017* (1.032)	2.094** (1.037)	2.020* (1.034)	2.051** (1.035)	2.115** (1.034)	2.076** (1.033)
N	92,110	92,110	92,110	92,110	92,110	92,110	92,110
Adj. R ²	0.521	0.521	0.521	0.522	0.521	0.521	0.521
固定效应	是	是	是	是	是	是	是
Panel D: 滞后 3 期							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
进口	-0.010 (1.955)	0.757 (0.711)	2.003 (1.385)	1.239* (0.660)	1.581** (0.786)	0.216 (1.156)	0.491 (0.735)
出口	1.284 (1.156)	1.227 (1.155)	1.222 (1.159)	1.233 (1.156)	1.194 (1.155)	1.279 (1.154)	1.254 (1.155)
N	87,052	87,052	87,052	87,052	87,052	87,052	87,052
Adj. R ²	0.513	0.513	0.513	0.513	0.513	0.513	0.513
固定效应	是	是	是	是	是	是	是

注:括号内为稳健标准误,*** $p<0.01$,** $p<0.05$,* $p<0.1$ 。回归均控制企业、年份、行业×年份和城市×年份固定效应。

(二) 内嵌知识的进口冲击分析

由于地区的产业和创新政策等因素会同时影响企业的进口和创新，所以上一节的回归可能存在内生性问题。并且，在企业层面进行的回归会忽略地区同产业内其他企业学习带来的技术外溢。因此，本节通过构建地区-产业层面的进口冲击解决这两个问题。

1. 指标构造

为了衡量产业层面的创新强度，我们将产业对应到国际标准行业分类 4 位数代码 (ISIC)，然后计算 1998 年到 2000 年每个 ISIC4 位数代码行业所申请的发明专利数量。我们将专利申请数量高于中位数的行业视为高知识密集型行业 (Ω_H)，将中位数以下的行业视为低知识密集型行业 (Ω_L)。进一步，我们按照 Bartik IV 的方式分别构造城市层面高/低知识密集的进口冲击，这一方法被广泛使用，例如 Autor et al. (2013)。具体地，城市 c 在 t 年的类型 $g \in \{H, L\}$ 进口冲击以如下方式构造：

$$ImportShock_{c,t}^g = \sum_{k \in \Omega_g} \lambda_{ck} \Delta \ln M_{k,t}, \quad \lambda_{ck} = \frac{M_{ck}^{1998-2000}}{\sum_j M_{cj}^{1998-2000}} \quad (1)$$

其中 $M_{k,t}$ 是国家层面产业 k 在 t 年的进口额， $\Delta \ln M_{k,t} = \ln M_{k,t} - \ln M_{k,2000}$ 是产业 k 在 t 年进口相对 2000 年的自然对数的变化。Bartik 权重 λ_{ck} 取决于中国城市层面在加入 WTO 之前的进口，即 $M_{ck}^{1998-2000}$ 代表城市 c 的产业 k 在 1998 年到 2000 年间的总进口额。对高低知识密集的产业各自进行加权平均，得到城市 c 在 t 年的高知识密集进口冲击 $ImportShock_{c,t}^H$ 和低知识密集进口冲击 $ImportShock_{c,t}^L$ 。如图 5 所示，城市层面整体的进口冲击与发明专利申请正相关。

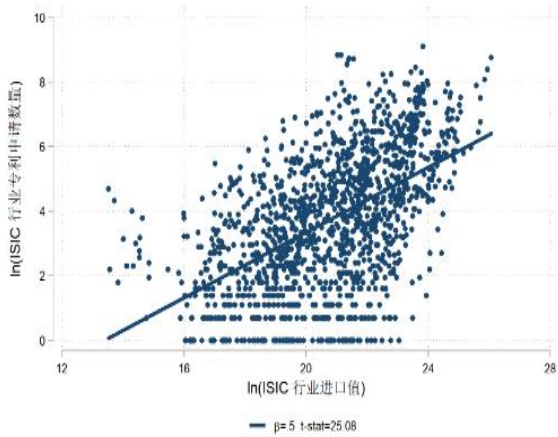


图5 产业层面的进口与创新

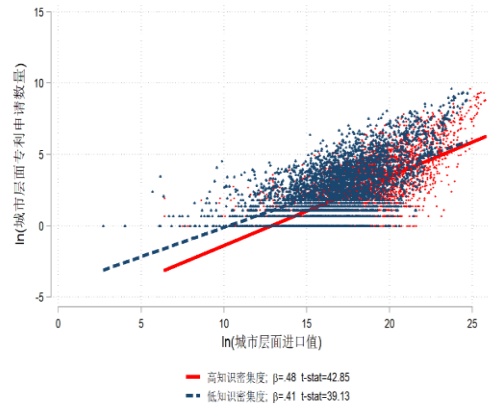


图6 城市层面的进口与创新

为了检验稳健性，本文根据 IPC4 位数代码和进口的 HS6 位数代码的对应关系，参考 Lybbert & Zolas (2014) 的 Algorithmic Links with Probabilities (ALP) 方法，从进口商品的角度衡量知识密集度。具体地，记 γ_k^m 为 ALP 权重，表示专利类型 m (IPC4 位数) 被用于产品 k (HS6 位数) 的概率。产业 p 所申请不同专利类型的总数为 $\sum_m \gamma_k^m$ 。使用专利类型越多的产业越知识密集。以求和的方式计算实际上给每个专利类型相等的权重，表示产业申请专利的多样性。我们根据 $\sum_m \gamma_k^m$ 对产业进行分组，知识密集度位于最高 25% 的产业作为高知识密集产业，位于最低 75% 的产业作为低知识密集产业。在 HS6 位数层面产业之间的区别已经足够大，所以我们使用 25% - 75% 的划分标准，而不是 50% - 50%。如图 6 所示，城市层面两类知识密集度的进口冲击和发明专利申请均正相关（变量均取对数），其中高知识密集进口冲击（实线）比低知识密集度（虚线）的斜率更大，表明高知识密集度产品进口对创新的影响更大。

2. 回归分析

本小节通过回归分析识别不同知识密集的进口对企业发明专利申请的影响。计量模型如下：

$$y_{f,t} = \beta_0 + \beta_1 \text{ImportShock}_{c,t}^H + \beta_2 \text{ImportShock}_{c,t}^L + X'_{f,t} \gamma + \lambda_f + \lambda_t + \lambda_c + \epsilon_{f,t}$$

其中， $y_{f,t}$ 是企业 f 在 t 年的发明专利申请量； $\text{importShock}_{c,t}^H$ 是企业 f 所在的城市 c 在 t 年的高知识密集进口冲击； $\text{importShock}_{c,t}^L$ 是企业 f 所在的城市 c 在 t 年的低知识密集进口冲击； λ_f 是企业固定效应， λ_t 是年份固定效应， λ_c 是城市固定效应，控制城市不随时间变化的特征，例如地理位置等。我们将标准误聚类到企业层面，解决潜在的异方差和序列相关性。 X_{ft} 是企业随时间变化的控制变量，控制可能影响创新的其他因素。 X_{ft} 主要包括：（1）企业当年的进口，控制进口廉价中间品降低生产成本对创新的促进作用；（2）企业当年的出口和 TFP ，控制市场规模效应对创新的影响。

表4的被解释变量是企业发明专利申请量，解释变量使用（1）式以初始年份专利申请数量高低构造的Bartik IV。第（1）列的解释变量只有 ImportShock^H 和 ImportShock^L 。第（2）列的控制变量是企业的进口额。第（3）列的控制变量是企业的出口额。第（4）列的控制变量是企业的进口额和出口额。第（5）列同时控制企业的进口额、出口额和 TFP 。在所有的回归中， ImportShock^H 的系数均显著为正， ImportShock^L 的系数均不显著。这一结果说明只有高知识密集的进口冲击能够促进企业的发明专利申请，低知识密集的进口冲击对企业创新无明显作用。表A.3（见附录）是表4的稳健性检验，解释变量使用ALP方法，即以产业涉及的专利种类数的高低构造的Bartik IV。表A.3每列的解释变量与表4类似，各个系数的显著性与表4相同，说明表4的结果稳健。

表4 进口冲击基本结果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
ImportShock^H	2.427*** (0.880)	2.411*** (0.880)	2.402*** (0.879)	2.387*** (0.879)	2.453*** (0.887)
ImportShock^L	0.438 (0.278)	0.433 (0.278)	0.446 (0.278)	0.441 (0.278)	0.416 (0.277)
进口		0.002*** (0.000)		0.002*** (0.000)	0.002*** (0.000)
出口			0.003*** (0.001)	0.003*** (0.001)	0.002*** (0.001)
TFP					0.008*** (0.003)
N	102,430	102,430	102,430	102,430	101,793
Adj. R ²	0.465	0.465	0.465	0.465	0.466
固定效应	是	是	是	是	是

注：括号内为稳健标准误，*** $p < 0.01$ ，** $p < 0.05$ ，* $p < 0.1$ 。回归均控制企业、年份和城市固定效应。

为了更加直观地说明进口带来的学习效应，本文使用引用了OECD国家专利的企业发明专利申请数量做被解释变量，直接刻画知识外溢。表5每一列的解释变量与表4相同。在所有的回归中， ImportShock^H 的系数均显著为正， ImportShock^L 的系数均不显著。表6的结果说明只有高知识密集的进口能够促进中国企业向OECD国家学习，并增加自身创新。

表5 引用OECD国家专利

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>ImportShock</i> ^H	0.858** (0.342)	0.853** (0.342)	0.850** (0.342)	0.845** (0.342)	0.824** (0.341)
<i>ImportShock</i> ^L	-0.100 (0.086)	-0.101 (0.086)	-0.097 (0.086)	-0.098 (0.086)	-0.115 (0.086)
进口		0.001*** (0.000)		0.001*** (0.000)	0.000** (0.000)
出口			0.001** (0.000)	0.001** (0.000)	0.001* (0.000)
TFP					0.002 (0.001)
N	102,430	102,430	102,430	102,430	101,793
Adj. R ²	0.613	0.613	0.613	0.613	0.615
固定效应	是	是	是	是	是

注：括号内为稳健标准误，*** $p < 0.01$ ，** $p < 0.05$ ，* $p < 0.1$ 。回归均控制企业、年份和城市固定效应。

(三) 小结

通过回归分析，本文发现了如下事实：

(1) 企业的进口能够促进发明专利申请。特别地，从发达国家的进口能够对创新产生持续的正效应。

(2) 仅有内嵌知识程度较高的资本品相关的进口与发明专利申请在当期到滞后3期显著正相关，其余产品类别对发明专利申请的作用不显著，或在滞后期内不稳健。

(3) 根据Bartik IV方法分别构造内嵌高低知识密集的进口冲击，高知识密集的进口冲击与发明专利申请显著正相关，低知识密集度的进口冲击的作用不显著，表明进口对创新的影响主要来自对内嵌于产品的知识的学习效应。

以上结果定性地说明了企业可以在国际贸易中通过进口学习实现技术进步，但是定量研究国际贸易环境地变化如何在一般均衡框架下影响企业技术进步，需要使用理论模型进行反事实分析。

四、理论模型

为了阐述第三部分定量事实的内在机制，本文构建了一个包含了两国贸易、异质性多部门、内生创新和学习的动态增长模型，来刻画发展中国家通过进口从学习到创新的转型过程。本文模型拓展了Akcigit et al. (2018)，设定内嵌于资本的技术进步，引入企业内生选择学习或创新的机制，研究南北国家间的贸易与技术进步，强调国际贸易给发展中国家带来的学习机会和渐进转型到创新的过程。

(一) 模型设定

在本研究的模型经济中，有一个北方的发达国家(N)和一个南方的发展中国家(S)。有两类产品，单一的最终品和一个连续统种类的中间品。最终品由中间品和劳动共同生产，用于最终消费、

研发活动和生产中间品的投入，且可以无摩擦地跨国交易。假设不存在国际借贷。

中间品归家户所有。每个中间品有一个质量阶梯，阶梯上位置越高的企业生产的产品质量越高。对于每一个中间品，两个国家分别有一个企业经营。企业之间进行价格竞争，取得垄断势力。当一个中间品可以由多个企业同时生产时，为了简化求解，本文参考Acemoglu et al. (2018)，假设企业进入一个两阶段博弈：第一阶段，每个企业支付一个任意小但严格为正的进入成本；第二阶段，所有支付了进入成本的企业同时设定价格，进行伯川德竞争。因为预期到第二阶段的利润非正，生产效率较低的企业选择不进入，最终市场只会由技术最先进的企业垄断。中间品可以被贸易，企业的产品进入外国市场需要支付冰山成本和关税。如果在付完贸易成本后仍然比另一国企业具有价格优势，该企业就会占领这个中间品的世界市场。

每个中间品的领先者只能通过自主创新提高技术，而追赶者提高技术的选择取决于其所在国家是否从领先企业所在的国家进口该中间品。如果没有进口，追赶者也只能通过创新提高技术；如果有进口，追赶者可以选择对进口的中间品进行学习，并提升自己的技术。

具体的模型设定如下。

1. 偏好

时间是无限且连续的。国家 c 的家户选择每期的消费以最大化其效用：

$$\int_0^{+\infty} \exp(-\rho t) \ln C_c(t) dt$$

其中 ρ 代表贴现率， $C_c(t)$ 指家户在时间 t 上的最终品消费。家户的预算约束是：

$$P_c(t)C_i(t) + \dot{A}_c(t) = L_c(t)w_c(t) + r_c(t)A_c(t)$$

$P_c(t)$ 表示消费品的价格， $L_c(t)$ 、 $w_c(t)$ 和 $r_c(t)$ 分别表示劳动供给、工资和利率水平， $A_c(t)$ 是国家 c 在时间 t 的资产，即所有企业的价值。

2. 最终品

最终品由完全竞争的企业生产，其投入为所有中间品和劳动。最终品的生产函数为：

$$Y_c(t) = \frac{L_c^\beta}{1-\beta} \int_0^1 \left[q_{Nj}(t)^{\frac{\beta}{1-\beta}} k_{Nj}(t) + q_{Sj}(t)^{\frac{\beta}{1-\beta}} k_{Sj}(t) \right]^{1-\beta} dj \quad (2)$$

其中， $k_{cj}(t)$ 和 $q_{cj}(t)$ 分别代表时刻 t 来自 c 国的中间品 j 的数量和质量， β 是劳动力收入占产出的份额。每一种中间品可以来自两个国家。不同国家生产的同一种类中间品经过质量调整后完全替代。每个国家的最终品生产商最优地决定从最低成本的厂商购买中间品。假设最终品无摩擦跨国交易，每期最终品的价格跨国间相同，将这一价格标准化为1。

3. 中间品

对于每一种中间品，每个国家都只有1个企业。每个中间品厂商都只使用最终品作为投入，边际成本均为 η ，但是所生产的产品质量不同。如果国家 c 生产线 j 上的企业处于质量阶梯的第 n_{cj} 级，其生产的中间品质量为 $q_{cj} = \lambda^{n_{cj}}$ 。其中 λ 表示在质量阶梯上前进一级带来的质量提高。定义生产线 j 上两个国家的技术差距如下：

$$\frac{q_{Nj}(t)}{q_{Sj}(t)} = \frac{\lambda^{n_{Nj}(t)}}{\lambda^{n_{Sj}(t)}} \equiv \lambda^{d_j(t)}$$

其中 $d_j(t)$ 表示北方国家领先于南方国家的技术步数，南方国家的相对位置为 $-d_j(t)$ 。假设 $d_j(t)$ 的上界为 \bar{m} 。

技术领先者进一步提高产品质量只能通过自主研发。研发活动投入最终品。令 R_{cj} 和 x_{cj} 分别表示国家 c 在中间品 j 上的自主研发的支出和研发成功的泊松到达率。

$$R_{cj}(t) = \frac{\alpha}{\gamma} x_{cj}(t)^\gamma q_{cj}(t)$$

参数 α 表示研发活动的（逆向）效率， α 越高，效率越低。设 $\gamma > 1$ ，即研发成本函数为凸函数。研发成本与企业本身的技术水平 $q_{cj}(t)$ 成正比。每一次成功的研发可以让企业的技术在质量阶梯上前

进1步, 即从 $q_{ij}(t)$ 提升到 $\lambda q_{ij}(t)$ 。由于连续时间点上泊松过程的二次项为无穷小量, 所以只需要考虑开放经济内同时只有一家企业研发成功的情况。

对于每条生产线上的追赶者, 如果其所在国家没有从领先企业进口该中间品, 只能通过创新提高技术; 如果有进口, 则可以选择通过技术学习或自主创新提升技术。与自主创新类似, 技术学习也以最终品作为投入。令 \tilde{R}_{cj} 和 \tilde{x}_{cj} 分别表示国家 c 在中间品 j 上的学习的支出和成功的泊松到达率。

$$\tilde{R}_{cj}(t) = \frac{\tilde{\alpha}}{\tilde{\gamma}} \tilde{x}_{cj}(t) \tilde{y} q_{cj}(t)$$

一次成功的学习可以让企业的技术在质量阶梯上前进 $a(t)$ 步, 即从 $q_{ij}(t)$ 提升到 $\lambda^{a(t)} q_{ij}(t)$ 。 $a(t)$ 是从分布 $G_{-d_j(t)}(a)$ 中抽出的随机变量。由于学习并不能实现超越, 所以最大前进步数不能超越领先者, 即 $a(t) < d_j(t)$, $\sum_{a=1}^{d_j(t)} G_{-d_j(t)}(a) = 1$ 。假设 $G_{-d_j(t)}(a)$ 的函数形式如下:

$$G_{-\bar{m}}(n) = c'_0 (n + \bar{m})^{-\phi}, \quad \forall n \in \{-\bar{m} + 1, \dots, -1\}$$

$$G_{-d_j(t)}(a) \begin{cases} G_{-\bar{m}}(n), & a > -d_j(t) + 1 \\ \sum_{n=-\bar{m}+1}^{-d_j(t)} G_{-\bar{m}}(n), & a = -d_j(t) + 1 \end{cases}$$

(二) 均衡求解

1. 家户

根据家户效用最大化的欧拉方程, 得到国家 c 的利率为增长率和时间贴现率之和:

$$r_c(t) = g_c(t) + \rho$$

2. 中间品

从(2)式可以推导出在国家 c 对劳动力和中间品 j 的静态需求函数:

$$w_c(t) = \frac{\beta}{1-\beta} L_i^{\beta-1} \int_0^1 q_j(t)^\beta k_j(t)^{1-\beta} dj$$

$$p_{cj}(t) = L_i^\beta q_{cj}(t)^\beta k_{cj}(t)^{-\beta}$$

如果国家 c 生产线 j 上的技术水平为 $q_{cj}(t)$ 的生产者是该中间品的唯一生产企业, 其利润最大化问题可以表述为:

$$\pi(q_{cj}(t)) = \max_{k_{cj}(t)} \{L_c^\beta q_{cj}(t)^\beta k_{cj}(t)^{1-\beta} - \eta k_{cj}(t)\}$$

根据一阶条件求出最优的价格和数量:

$$k_{cj}(t) = \left(\frac{1-\beta}{\eta} \right)^{\frac{1}{\beta}} q_{cj}(t) L_c$$

$$p_{cj} = \frac{\eta}{1-\beta}$$

厂商的成本加成率是 $\frac{\beta}{1-\beta}$ 。定义常数 $\pi \equiv \left(\frac{1-\beta}{\eta} \right)^{\frac{1}{\beta}-1}$, 则该企业的利润可以表示为 $\pi(q_{cj}(t)) = \pi q_{cj}(t) L_c$ 。

国家 c 的企业出口到国家 c' , 需要为每一单位的出口产品需要支付两项成本: κ 单位的冰山成本和 $\tau_{c'}$ 单位的关税, 相当于边际成本上升为 $(1 + \kappa + \tau_{c'})$ 。如果该企业是国家 c' 这条生产线上的唯一生产者, 则其利润为 $\pi^*(q_{cj}(t)) = \pi^* q_{cj}(t) L_{c'}$, 其中定义常数 $\pi^* \equiv \left(\frac{1-\beta}{(1+\kappa+\tau_{c'})\eta} \right)^{\frac{1}{\beta}-1}$ 。所以, 企业在两个

市场上的总利润为：

$$\Pi_c(q_{cj}(t), \tau_c, \tau_{c'}) \begin{cases} (\pi L_c + \pi^* L_{c'}) q_{cj}(t), & \frac{q_{cj}(t)}{(1 + \kappa + \tau_{c'})^{\frac{1-\beta}{\beta}}} \geq q_{c'j}(t) \\ \pi L_c q_{cj}(t), & q_{c'j}(t)(1 + \kappa + \tau_{c'})^{\frac{1-\beta}{\beta}} \geq q_{cj}(t) \geq \frac{q_{c'j}(t)}{(1 + \kappa + \tau_c)^{\frac{1-\beta}{\beta}}} \\ 0, & q_{cj}(t) \leq \frac{q_{c'j}(t)}{(1 + \kappa + \tau_c)^{\frac{1-\beta}{\beta}}} \end{cases}$$

企业的静态利润取决于这条生产线上不同国家间企业的技术差距，如果本国企业在某条生产线上的技术足够领先于外国，则本国企业会占领世界市场；如果本国企业技术远低于外国企业，则外国企业占领本国市场；当本国与外国企业的技术差距居中时，各国企业各自获得本国生产的利润。

3.企业的值函数、创新、学习

接下来分析企业的值函数和创新行为。一个落后北方国家 m 步⁴、技术水平为 $q(t)$ 的南方企业的值函数为：

$$r_S(t)V_{-m}(q(t)) - \dot{V}_{-m}(q(t)) = \max\{V_{im,-m}, V_{R\&D,-m}\}$$

其中，

$$\begin{aligned} V_{im,-m} &= \max_{\tilde{x}} \left\{ -\frac{\tilde{\alpha}}{\tilde{\gamma}} \tilde{x}^{\tilde{\gamma}} + \tilde{x} \sum_{a=-m+1}^0 G_{-m}(a) [V_a(\lambda^{a+m} q(t)) - V_{-m}(q(t))] \right. \\ &\quad \left. + x_N [V_{-m-1}(q(t)) - V_{-m}(q(t))] \right\} \\ V_{R\&D,-m} &= \max_x \left\{ -\frac{\alpha}{\gamma} x^\gamma q(t) + \tilde{x} \sum_{n=-m+1}^{+m} F_{-m}(a) [V_a(\lambda^{a+m} q(t)) - V_{-m}(q(t))] \right. \\ &\quad \left. + x_N [V_{-m-1}(q(t)) - V_{-m}(q(t))] \right\} \end{aligned}$$

$V_{im,-m}$ 代表南方企业选择技术学习的值函数， $V_{R\&D,-m}$ 代表南方企业选择自主创新的价值函数。

$V_{im,-m}$ 包含三项：第一项是静态利润，当南方国家从北方企业进口时，对应生产线上的南方企业利润为0；第二项是企业投入学习学习得到的净收益，即向前 a 步之后的值函数减去停滞不前的值函数。由于学习并不能形成超越，所以最多可以使南方企业前进到和北方并驾齐驱。其中企业的收益项中对应的价值是 V 而不是 V_{im} ，也就是假设企业可以在每个时间上即时选择学习或创新。第三项是北方企业创新成功扩大领先优势后南方企业的损失， x_N 代表对应的生产线上北方国家的企业做创新的强度，如果成功，北方企业的领先优势从 m 扩大为 $m+1$ 。

$V_{R\&D,-m}$ 包含三项：静态利润；企业创新成功在质量阶梯上前进进一步的净收益；以及北方企业创新成功扩大领先优势后南方企业的损失。

由于企业学习的收益取决于其与前沿的技术差距，我们模型能够得到，技术差距足够大的企业选择学习；当差距缩小时，由于学习获得的潜在收益下降，企业转向自主创新。

根据南方国家企业的值函数，可以得到对应北方国家企业的值函数。进一步，根据企业的值函数和技术进步成功概率，可以推出总生产率的运动方程和领先步数 m 的分布变化。详见附录A.2。

⁴ 需要注意的是，在有些生产线上，发达国家的领先优势 m 可能为负，即发达国家可能会在某些中间品上落后发展中国家企业，此处以南方落后北方领先为例。

五、模型的求解和反事实模拟

这部分对模型进行数值求解，并使用数据对模型校准，进而通过反事实实验模拟中美贸易摩擦对两国技术进步产生的影响。

（一）模型求解和参数校准

模型的数值求解和内部参数校准采用值函数迭代和反向倒推的方法，详见附录A.3。

定量估计的参数分为两部分。第一部分是能够直接通过数据和文献确定，进行外部校准的参数，如表6所示，包括自主创新成本函数凹凸程度 γ ，学习成本函数的凹凸程度 $\tilde{\gamma}$ ，劳动收入份额 β ，效用的时间贴现率 ρ ，以及关税税率 τ 。设定家户效用的时间贴现率为5%。根据Acemoglu et al. (2018)，研发和学习的成本函数均为二次函数， $\gamma = \tilde{\gamma} = 2$ 。根据Penn Table 9.1，中国2000年到2009年的劳动收入占增加值的比平均约为0.6，设 $\beta = 0.6$ 。通过计算2000—2009年平均的关税收入占GDP的比重，得到 $\tau = 2.6\%$ 。

表6 外部校准参数

参数	设定取值	含义
γ	2	自主创新成本函数的凹凸程度
$\tilde{\gamma}$	2	学习成本函数的凹凸程度
β	0.6	劳动收入份额
ρ	5%	效用的时间贴现率
τ	2.6%	关税税率

第二部分是需要根据模型推出的变量值进行内部校准的参数，包括自主创新的效率 α ，学习的效率 $\tilde{\alpha}$ ，学习前进步数概率分布函数的凹凸程度 ϕ ，技术向前一步提升的生产率 λ ，以及贸易的冰山成本 κ 。为了校准这些参数，本文选取6了个矩条件。前5个如表8所示，分别是中国TFP平均增长率、OECD国家GDP平均增长率、中国R&D支出占GDP比重、OECD国家R&D支出占GDP比重和中国进口占GDP比重，第6个是2009年中国技术距离的分布（如图7）。由于本文模型中技术进步是GDP增长的唯一因素，而中国2000—2009年要素积累在GDP增长中贡献很多，所以此处使用中国TFP增长率替代模型中的GDP增长率。基准结果的参数估计列于表7。

表7 内部校准参数

参数	描述	估计值
α	自主创新的效率	9.23
$\tilde{\alpha}$	学习的效率	7.87
ϕ	学习前进步数概率分布函数的凹凸程度	8.06
λ	技术向前一步提升的生产率	1.17
κ	贸易的冰山成本	3.18

本文一共模拟了40年，每年分为32期，共1280期。设定第1年为2000年，第10年为2009年，我们关注这10年间的转移动态路径。第40年为2040年，在最后一期到达平衡增长路径。设定 $\bar{m} = 22$ 。如表8所示，模型推出2000年到2009年，中国平均TFP增长率为1.44%，OECD国家GDP平均增长率为1.22%，中国的技术进步支出占GDP的比重（包括了学习和自主研发）为1.29%，OECD国家

的技术进步支出占GDP的比重为1.68%，中国进口占GDP的比重为27%，与实际数值较为接近。相比OECD国家，中国能够通过较低的技术进步支出占GDP的比重获得较高的TFP增长率，是因为大部分企业处于技术落后的状态，能够通过较为廉价的学习实现技术进步，而发达国家大部分企业只能通过自主研发。

表8 模型结果

变量	实际数值	模型数值	数据来源
中国 TFP 平均增长率	3.07%	1.44%	作者自行计算
OECD 国家 GDP 平均增长率	1.03%	1.22%	世界银行 WDI
中国 R&D 支出占 GDP 比重	1.24%	1.29%	世界银行 WDI
OECD 国家 R&D 支出占 GDP 比重	2.27%	1.68%	世界银行 WDI
中国进口占 GDP 比重	26.2%	27%	中国国家统计局

注：所有变量时间范围均为2000-2009年。

图7展示了中国技术与前沿距离分布的变化。实线表示2000年初始时刻的数据分布，双划线“- -”代表2009年数据中的分布，点划线“- ·”代表2009年的模拟分布，虚线“..”代表2040年到达平衡增长路径时刻的模拟分布。在表6和表7的参数设定下，得到 $m < -6$ 的企业选择技术学习。2000年分布的峰值处于 $m=-10$ 。随着通过学习模的快速追赶，2009年分布整体右移。在此过程中分布出现双峰，这是因为落后步数较多的企业通过学习较快地实现了追赶，缩短了和发达国家领先者的差距；同时落后步数不多的企业通过自主研发，能够从零利润变为获得国内市场的全部利润，研发激励较高，从而使得在 $m=-5$ 处出现峰值。进一步，随着多数企业的技术超过 $m=-5$ ，不能继续学习，转向自主创新，技术进步速度减缓。2040年，分布仅存在一个峰值 $m=-4$ ，这是因为大多技术落后的本土企业通过技术学习实现了对领先者的追赶，左侧峰值消失。此时，相比2000年的初始技术分布，绝大多数企业将实现从技术学习到自主研发的转变。

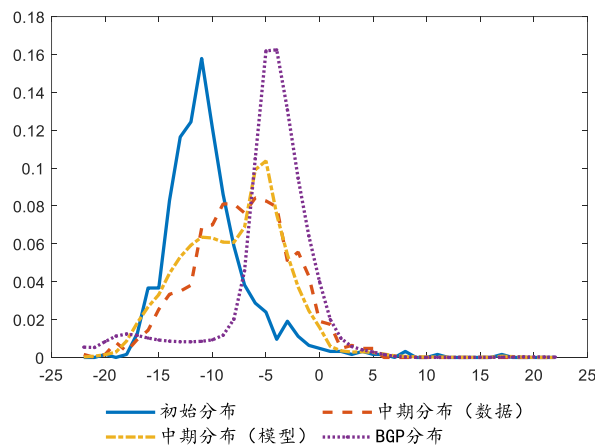


图7 中国企业技术距离的分布模拟

(二) 反事实模拟

本节通过调整模型的参数，模拟中美贸易摩擦产生的影响。

中美贸易摩擦中的过程中，美国出台了一系列政策，限制中国从美国的进口，意图减缓中国科技企业的技术进步速度。例如，2018年4月，美国宣布禁止美国企业向中兴通讯销售零部件、商品、软件和技术；2019年开始，美国将华为及其附属公司列入实体清单，限制华为购买美国公司产品

品。本节通过不改变其他参数，只提高贸易的冰山成本 κ ，模拟美国增加的贸易壁垒如何影响中美两国的技术进步。

具体地，本文将贸易成本 κ 扩大4倍，观察贸易成本增加对增长率、技术进步投入、技术追赶等变量的影响。由于贸易成本增加，导致国外技术领先的企业进行出口时的优势被削弱，一些企业选择不出口，中国的企业失去学习机会，所以只有在技术距离 $m < -10$ 的企业选择学习。模拟结果如表9所示。相比表8，中国的TFP增长率下降为1.38%，技术进步支出占GDP比重提高为1.49%，这主要因为 $m \in [-10, -6]$ 的企业的技术进步方式从原本低成本的学习转为了较为昂贵的自主研发，因此技术进步的效率下降，并且投入提高。OECD国家的TFP增长率下降，主要是因为原本OECD国家 $m \in [6, 10]$ 的企业占据了国内国际两个市场，而贸易成本提高使得这部分企业现在只能在自己的国内市场经营，失去了中国市场的利润，因此研发激励下降，研发投入减少，技术进步速度减缓。

表9 贸易成本扩大4倍的结果

变量	数值	比基准结果变动
中国 TFP 平均增长率	1.38%	-0.06%
OECD 国家 GDP 平均增长率	1.04%	-0.18%
中国 R&D/GDP	1.49%	0.20%
OECD 国家 R&D/GDP	1.22%	-0.46%
中国进口/GDP	18.1%	-8.90%

图8展示了贸易成本增加之后，中国技术与前沿距离中分布的变化。实线表示原贸易成本条件下的2009年技术和前沿距离的分布，虚线表示贸易成本扩大后的分布。相比原参数条件，贸易成本扩大之后使得技术距离右移的程度下降，峰值处于 $m=-9$ ，并且集中程度更高，可以看出技术追赶的速度整体变慢。另一方面，技术到达 $m=-10$ 即可在国内市场取的垄断利润，而进一步占据国际市场需要通过昂贵的自主研发再前进20步到达 $m=10$ ，距离较远且成本较高。这使得国内技术较为落后的企业在独占国内市场后研发激励减弱，技术进步速度减缓。

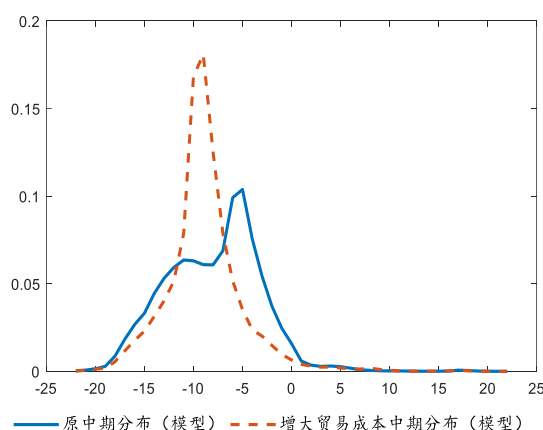


图8 贸易成本扩大4倍的技术距离分布模拟

本节通过反事实模拟说明，美国增加的贸易壁垒会一定程度上通过削弱技术学习使中国技术进步速度放缓，但是同时也使得美国企业失去中国市场的利润，降低研发激励，减缓自身的技术进步。

六、结论

我国当前正处于从“中国制造”到“中国创造”转变的关键期，同时国际贸易形势发生重大变化，对经济发展产生深刻影响，研究国际贸易对我国技术进步的作用至关重要。本文研究了发展中国家通过在国际贸易中进行技术学习，对发达国家实现技术追赶和超越，转向自主创新。

首先，本文通过实证检验归纳了一系列特征事实：（1）中国在2000—2009年的技术和前沿距离相比1990—2000年明显缩短；（2）从发达国家国家的进口和资本品进口更能够持续促进企业发明专利申请；（3）构造城市层面的进口冲击，得到只有高知识密集度的进口可以促进发明专利申请，而低知识密集度的进口对发明专利申请无显著作用。

其次，本文基于Akcigit et al. (2018)，引入技术学习，构造并校准了一个开放经济下两国内生增长模型。技术是内嵌于产品的，只有在进口发生时，发展中国家的企业才有技术学习的机会。初始时刻，发展中国家的企业大多技术落后，发达国家的企业世界市场。发展中国家的企业在进口中进行学习，逐渐缩短和发达国家的技术差距。当技术和前沿的差距足够小时，发展中国家转向通过自主创新的方式进行技术进步。相比于文献，本文模型最大的贡献是能够刻画发展中国家从学习到创新的整个转移动态路径。另外，本文模型能够得出，虽然进口短期内让外国企业占据本土市场，但是长期可以促进本土企业通过技术学习快速追赶，最终实现对发达国家的赶超。

最后，本文通过反事实模拟，对中美贸易摩擦带来的技术商品进口限制进行了讨论。当贸易成本提高，发展中国家可进口的产品减少，使得部分原本进行技术学习的企业转向成本更高的自主研发，降低了发展中国家的技术进步速度。但与此同时，发达国家的部分企业失去了海外市场，创新的激励下降，导致技术进步速度减缓。虽然美国设置了贸易壁垒，使得中国需要更早地通过自主研发实现技术进步，但是美国的高科技企业失去了中国的市场，也会降低技术进步速度，这将是一个两败俱伤的结果。

参考文献

- [1] Acemoglu, D., P. Aghion, and F. Zilibotti, “Distance to Frontiers, Selection, and Economic Growth”, *Journal of the European Economic Association*, 2006, 4(1), 37-74.
- [2] Aghion, P., N. Bloom, R. Blundell, R. Griffith, and P. Howitt, “Competition and Innovation: An Inverted-U Relationship.” *The Quarterly Journal of Economics*, 2005, 120(2), 701-728.
- [3] Aghion, P., C. Harris, P. Howitt, and J. Vickers, “Competition, Imitation and Growth with Step-by-step Innovation”, *Review of Economic Studies*, 2001, 68(3), 467-492.
- [4] Aghion, P., and P. Howitt, “A Model of Growth through Creative Destruction”, *Econometrica*, 1992, 60(2), 323-351.
- [5] Acigit, U., S. Ates, and G. Impullitti, “Innovation and Trade Policy in a Globalized World”, NBER Working Paper, 2018.
- [6] Autor, D., D. Dorn, and G. H. Hanson, “The China Syndrome: Local Labor Market Effects of Import Competition in the United States”, *American Economic Review*, 2013, 103(6), 2121-2168.
- [7] Buera, F., and E. Oberfield, “The Global Diffusion of Ideas”, *Econometrica*, 2020, 88 (1), 83-114.
- [8] Coe, D., E. Helpman, and A. Hoffmaister, “North-South R&D Spillovers”, *The Economic Journal*, 1997, 107(440), 134-149.
- [9] Eaton, J., and S. Kortum, “Trade in Capital Goods”, *European Economic Review*, 2001, 45(7), 1195-1235.

-
- [10] 范承泽、胡一帆、郑红亮,“FDI对国内企业技术创新影响的理论与实证研究”,《经济研究》,2008年第1期,第89-102页。
- [11] Grossman, G., and E. Helpman, “Quality Ladders in the Theory of Growth”, *Review of Economic Studies*, 1991(a), 58 (1), 43-61.
- [12] Grossman, G., and E. Helpman, “Quality Ladders and Product Cycles”, *The Quarterly Journal of Economics*, 1991(b), 106(2), 557-586.
- [13] Klette, T., and S. Kortum, “Innovating Firms and Aggregate Innovation”, *Journal of Political Economy*, 2004, 112 (5), 986-1018.
- [14] 寇宗来、刘学悦,“中国企业的专利行为:特征事实以及来自创新政策的影响”,《经济研究》,2020年第3期,第83-99页。
- [15] Krugman, P., “A Model of Innovation, Technology Transfer, and the World Distribution of Income”, *Journal of Political Economy*, 1979, 87(2), 253-266.
- [16] 林薛栋、魏浩、李飏,“进口贸易自由化与中国的企业创新——来自中国制造业企业的证据”,《国际贸易问题》,2017年第2期,第97-106页。
- [17] Liu, Q., and L. Qiu, “Intermediate Input Imports and Innovations: Evidence from Chinese Firms’ Patent Filings”, *Journal of International Economics*, 2016, 103, 166-183.
- [18] Liu, Q., R. Lu, Y. Lu, and T. Luong, “Is Free Trade Good or Bad for Innovation?”, Working Paper, 2016.
- [19] Liu, Q., and H. Ma, “Trade Policy Uncertainty and Innovation: Firm Level Evidence from China’s WTO Accession”, *Journal of International Economics*, 2020, 127, 1-20.
- [20] Lucas, R. E., and B. Moll, “Knowledge Growth and the Allocation of Time”, *Journal of Political Economy*, 2014, 122 (1), 1-51.
- [21] 田巍、余淼杰,“中间品贸易自由化和企业研发:基于中国数据的经验分析”,《世界经济》,2014年第6期,第90-112页。
- [22] Olley, S., and A. Pakes, “The Dynamics of Productivity in the Telecommunications Equipment Industry”, *Econometrica*, 1996, 64(6), 1263-1298.
- [23] Perla, J., and C. Tonetti. 2014. “Equilibrium Imitation and Growth”, *Journal of Political Economy*, 122 (1), 52-76.
- [24] Vernon, R., “International Investment and International Trade in the Product Cycle”, *The Quarterly Journal of Economics*, 1966, 80(2), 190-207.
- [25] 余淼杰、张睿,“中国制造业出口质量的准确衡量:挑战与解决方法”,《经济学(季刊)》,2017年第16卷第2期,第463-484页。
- [26] 余淼杰、李乐融,“贸易自由化与进口中间品质量升级——来自中国海关产品层面的证据”,《经济学(季刊)》,2016年第15卷第3期,第1011-1028页。
- [27] 张杰,“进口对中国制造业企业专利活动的抑制效应研究”,《中国工业经济》,2015年第7期,第68-83页。

附录

A.1 稳健性检验

表 A.1 按照进口国家分

Panel A: 滞后 1 期			
	(1)	(2)	(3)
	总进口	OECD 国家	非 OECD 国家
进口	3.527*** (1.107)	3.948*** (1.297)	4.076*** (1.569)
出口	0.837 (0.874)	1.106 (0.990)	0.825 (1.212)
控制变量	是	是	是
固定效应	是	是	是
N	95,976	81,853	52,903
Adj. R ²	0.516	0.521	0.561
Panel B: 滞后 2 期			
	(1)	(2)	(3)
进口	6.951*** (1.355)	7.581*** (1.579)	5.302*** (1.839)
出口	1.370 (1.048)	1.598 (1.174)	0.562 (1.403)
控制变量	是	是	是
固定效应	是	是	是
N	90,423	77,327	50,217
Adj. R ²	0.522	0.529	0.566
Panel C: 滞后 3 期			
	(1)	(2)	(3)
进口	2.023 (1.472)	3.559** (1.712)	1.376 (2.068)
出口	0.758 (1.166)	0.715 (1.303)	0.213 (1.612)
控制变量	是	是	是
固定效应	是	是	是
N	85,338	73,102	47,523
Adj. R ²	0.514	0.517	0.556

注：括号内为稳健标准误，*** $p < 0.01$ ，** $p < 0.05$ ，* $p < 0.1$ 。回归均控制企业、年份、行业×年份和城市×年份固定效应。控制变量包括企业与发明专利同期的出口交货值、TFP，以及初期的TFP。

表 A.2 按照进口商品种类分

Panel A: 滞后 1 期							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	食品和饮 料	工业制 品	燃料	资本品 整机	资本品 配件	运输装 备	消费品
进口	-1.469 (1.997)	0.374 (0.527)	0.188 (0.956)	1.514*** (0.499)	0.867 (0.591)	1.405 (0.937)	0.240 (0.577)
出口	0.945 (0.875)	0.916 (0.874)	0.935 (0.876)	0.893 (0.874)	0.899 (0.874)	0.914 (0.874)	0.928 (0.874)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是
固定效应	是	是	是	是	是	是	是
N	95,976	95,976	95,976	95,976	95,976	95,976	95,976
Adj. R ²	0.515	0.515	0.515	0.516	0.516	0.516	0.515
Panel B: 滞后 2 期							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
进口	0.195 (1.985)	1.520** (0.663)	2.038* (1.137)	3.378*** (0.588)	1.665** (0.734)	1.611 (1.112)	1.273* (0.702)
出口	1.579 (1.049)	1.478 (1.046)	1.531 (1.050)	1.464 (1.048)	1.498 (1.049)	1.546 (1.048)	1.514 (1.047)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是
固定效应	是	是	是	是	是	是	是
N	90,423	90,423	90,423	90,423	90,423	90,423	90,423
Adj. R ²	0.522	0.522	0.522	0.522	0.522	0.522	0.522
Panel C: 滞后 3 期							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
进口	-0.315 (1.958)	0.659 (0.720)	2.024 (1.408)	1.257* (0.670)	1.279 (0.797)	0.087 (1.165)	0.409 (0.747)
出口	0.821 (1.168)	0.778 (1.167)	0.769 (1.171)	0.775 (1.168)	0.759 (1.167)	0.819 (1.167)	0.800 (1.166)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是
固定效应	是	是	是	是	是	是	是
N	85,338	85,338	85,338	85,338	85,338	85,338	85,338
Adj. R ²	0.514	0.514	0.514	0.514	0.514	0.514	0.514

注：括号内为稳健标准误，*** $p < 0.01$ ，** $p < 0.05$ ，* $p < 0.1$ 。回归均控制企业、年份、行业×年份和城市×年份固定效应。控制变量包括企业与发明专利同期的出口交货值、TFP，以及初期的TFP。

表A.3 城市层面进口冲击稳健性检验

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>ImportShock^H</i>	1.235*	1.231*	1.244*	1.240*	1.215*
	(0.745)	(0.742)	(0.747)	(0.744)	(0.738)
<i>ImportShock^L</i>	-0.287	-0.290	-0.289	-0.292	-0.295
	(0.355)	(0.354)	(0.355)	(0.354)	(0.354)
进口		0.002***		0.002***	0.002***
		(0.000)		(0.000)	(0.000)
出口			0.003***	0.003***	0.002***
			(0.001)	(0.001)	(0.001)
TFP					0.008***
					(0.003)
N	102,433	102,433	102,433	102,433	101,796
Adj. R ²	0.465	0.465	0.465	0.465	0.465
固定效应	是	是	是	是	是

注：括号内为稳健标准误，*** p<0.01，** p<0.05，* p<0.1，被解释变量参考Liu & Qiu (2016) 做 $y = \ln(x + (x^2 + 1)^{0.5})$ 处理。回归均控制企业、年份和城市固定效应。

A.2 领先企业的值函数、总生产率运动方程

与南方企业行为对应的北方企业的值函数如下：

(1) 如果南方企业选择学习，

$$\begin{aligned}
 r_N(t)V_m(q(t)) - \dot{V}_m(q(t)) & \\
 &= \max_x \left\{ \Pi q(t) - \frac{\alpha}{\gamma} x^\gamma q(t) + x[V_{m+1}(\lambda q(t)) - V_m(q(t))] \right. \\
 &\quad \left. + \tilde{x}_S \sum_{a=-m+1}^0 G_{-m}(a)[V_{-a}(q(t)) - V_m(q(t))] \right\}
 \end{aligned}$$

(2) 如果南方企业选择自主创新，

$$\begin{aligned}
 r_N(t)V_m(q(t)) - \dot{V}_m(q(t)) &= \max_x \left\{ \Pi q(t) - \frac{\alpha}{\gamma} x^\gamma q(t) + x[V_{m+1}(\lambda q(t)) - V_m(q(t))] \right. \\
 &\quad \left. + x_S[V_{m-1}(q(t)) - V_m(q(t))] \right\}
 \end{aligned}$$

北方企业的即时价值同样分为三个部分，即时的销售利润，研发成功带来价值提升，第三部分是南方企业技术追赶带来的损失，这一部分取决于南方企业是选择学习还是创新。

经过猜想与验证，值函数是技术的线性函数，即 $V_m(q) = v_m q$ 。因此求解时将等式两边的 q 约去即可。

根据值函数和技术进步成功的概率，可以得到生产率的运动方程。经济体的增长率由中间品总体的技术 $Q_{cm}(t)$ 决定。其中， $I_{j=m}$ 是产业 j 领先 m 步的指示函数。

$$Q_{cm}(t) \equiv \int_0^1 q_{cj}(t) I_{j=m} dj$$

$Q_{cm}(t)$ 的变化推导过程如下。记 $P_m(n)$ 为领先 m 的中间品跳到领先 n 的概率，在国家 c 对应的技术进步概率为 X_{cm} 。定义：

$$F_m(n) \begin{cases} 1, & n = m + 1 \\ 0, & n > m + 1 \end{cases}, P_m(n) \begin{cases} F_m(n), & \text{创新} \\ G_m(n), & \text{学习} \end{cases}, X_{cm} \begin{cases} x_{cm}, & \text{创新} \\ \tilde{x}_{cm}, & \text{学习} \end{cases}$$

得到 $Q_{cm}(t)$ 的变化为:

$$\dot{Q}_{cm}(t) = \sum_{s=-m}^{m-1} P_{cs}(m) X_{cm}(t) \lambda^{m-s} Q_{cst} + \sum_{s=m+1}^{\bar{m}} P_{c',-s}(-m) X_{c'm}(t) Q_{cs}(t) - (X_{cm}(t) + X_{c'm}(t)) Q_{cm}(t)$$

其中, 第一项表示领先步数低于 m 的企业通过成功的研发或学习到达了 m ; 第二项表示领先步数高于 m 的企业被对手追赶, 导致领先步数降回 m ; 第三项表示原本领先 m 步的企业经过成功的研发或者被对手追赶从而离开了 m 。国家 c 的产业领先 m 步, 等同于国家 c' 的产业领先 $-m$ 步, 所以

$$\dot{Q}_{cm}(t) = \dot{Q}_{c',-m}(t)$$

本小节最后给出状态变量领先步数 m 的变化方程。记国家 c 在时刻 t 领先 m 步的企业数量为 $\mu_{cm}(t)$, $\mu_{cm}(t)$ 的动态变化如下:

$$\dot{\mu}_{cm}(t) = \sum_{s=-m}^{m-1} P_{cs}(m) X_{cm}(t) \mu_{cst} + \sum_{s=m+1}^{\bar{m}} P_{c',-s}(-m) X_{c',m}(t) \mu_{cs}(t) - (X_{cm}(t) + X_{c',m}(t)) \mu_{cm}(t)$$

A.3 模型求解过程

将连续的模型离散化, 将每一年分为 2^5 个小间隔, 即 $\Delta t = 2^{-5}$ 。首先对平衡增长路径进行求解, 然后使用从后向前的方法求解转移动态路径。具体细节如下:

1. 猜测参数取值和到达平衡增长路径时两国的利率 r_c , 以及每个领先步数的值函数 $\{V_{cm}\}_{m=-\bar{m}}^{\bar{m}}$ 。设 $\{Q_{cm}\}_{m=-\bar{m}}^{\bar{m}}$ 的初始值均为1。
2. 根据所猜测的利率和值函数, 通过一阶条件计算两个各自的研发和学习的成功概率 x_c 和 \tilde{x}_c 。
3. (1) 当企业的领先距离满足不能出口, 且没有进口时, 只能自主创新, 所以两国的值函数都使用自主研发的形式进行更新。(2) 当领先距离满足外国企业可以出口时, 该企业一定进行自主研发。对本国企业的自主研发和学习分别计算值函数, 取较大的作为更新后的值函数。外国的出口企业根据对应的本国企业技术进步行为写出更新的值函数。另一侧的更新值函数同理可得。对值函数不断进行迭代, 直到收敛。

4. 计算 \dot{Q}_{cm} 和 $\dot{Q}_{c',m}$, 加总得到两国总增长率 g_c , 根据BGP的公式计算

$$r'_c = g_c + \rho$$

如果 $|r_c - r'_c| < \text{tol}$ (tol是对误差的可接受范围, 设为很小的数), BGP的利率即为 r_c 。否则, 将 r'_c 带入, 重复第1到第4步。

5. 猜测转移动态路径上的利率 $\{r_c(t)\}_{t=0}^T$ 。设第 T 期到达BGP, 然后根据值函数的变化计算上一期。依次倒推, 得到值函数和创新、学习的成功率。然后根据 \dot{Q}_{cm} 和 $\dot{Q}_{c',m}$ 计算每一期的增长率, 并以2000年中国技术距离分布为起点计算分布的动态变化。进一步计算每一期的 $r'_c(t)$ 。如果 $\|r_c(t) - r'_c(t)\| < \text{tol}$, 则 $\{r_c(t)\}_{t=0}^T$ 即转移动态路径上的利率, 否则将 $r'_c(t)$ 带入, 重复第5步。

6. 计算模型推出的变量值, 通过优化参数取值最小化与实际变量值的距离。