

后发大国的技术进步路径与技术赶超战略^{*}

袁 礼¹ 王林辉² 欧阳峤³

(1. 湖南师范大学商学院 湖南长沙 410081)

(2. 华东师范大学经济与管理学部 上海 200241)

(3. 湖南师范大学大国经济研究中心 湖南长沙 410081)

摘 要: 本文基于后发大国的内生技术进步框架, 演绎不同创新战略下市场规模对技术进步路径和技术赶超的作用, 发现在自主创新与模仿创新相耦合的战略下, 市场规模扩张将抑制经济体向技术前沿收敛, 加深对模仿创新的依赖。在以自主创新替代模仿创新的战略下, 市场规模对技术进步路径和技术赶超的影响存在非一致 U 形门槛效应, 且技术进步路径转换的规模门槛滞后于技术赶超。为此, 本文建议以技术赶超为基准, 适时调整创新战略, 释放创新的规模经济优势。创新驱动发展战略是适应中国市场规模变化的选择, 但因经济尚处于由超大转向超强的阶段, 自主创新的贡献率会先降后升。

关键词: 技术追赶 市场规模 自主创新 创新战略

中图分类号: F403.6 **JEL 分类号:** O11 O32 O33

一、引 言

中国具有人口众多和国土面积广阔的特点, 加之近年来劳动力收入上升和市场统一程度提高, 已形成庞大且不断扩张的国内市场, 并形成超大规模市场优势(国务院发展研究中心课题组, 2020)。充分挖掘和发挥中国超大规模市场优势, 正如党的十九届五中全会指出, 需“坚持扩大内需这个战略基点, 加快培育完整内需体系, 把实施扩大内需战略同深化供给侧结构性改革有机结合起来, 以创新驱动、高质量供给引领和创造新需求”。事实上, 实现供给与需求的高水平动态均衡, 一方面应从需求侧发力, 以巨大的国内市场需求牵引供给; 另一方面需要以更高质量的供给适应和创造国内市场需求, 而供给端的核心在于技术创新能力的提升。

世界技术变迁史表明, 先发国家往往凭借自主创新提高技术水平, 后发国家则主要依靠技术引进及模仿实现技术升级(林毅夫和张鹏飞, 2005)。中国作为一个后发大国, 既是“后发国家”, 又是“大规模国家”, 兼具“后发”和“规模”双重内涵(欧阳峤等, 2016): 一方面, 在过去四十多年中, 中国通过技术贸易和外商直接投资等方式获取发达国家的先进技术, 创造了增长奇迹。但伴随着技术水平的不断提升, 技术可供模仿的空间逐渐收窄, 对技术引进及模仿创新的依赖显然难以维系增长对技术的需求。更为重要的是, 控制在发达国家手中的关键核心技术是要不来、买不来和讨不来的。另一方

^{*} 本文为国家社会科学基金青年项目“适宜性技术选择视角下我国区域全要素生产率的评估、比较与提升路径研究”(项目编号: 17CJY002)的阶段性成果。作者感谢匿名审稿专家在本文写作过程中提出的宝贵意见, 文责自负。

面，在全球化红利锐减和大国冲突背景下，中国迫切需要以国内大循环为基础，驱动技术创新模式由模仿创新转向自主创新，有效突破“卡脖子”技术难题（刘元春，2020）。而在由模仿创新向自主创新转换的过程中，中国超大规模的国内市场需求固然可以有效诱致企业内生技术创新，但也需要政府发挥顶层设计和统一布局的作用（刘伟，2020）。

基于此，中国这样的后发大国如何实现技术进步路径转变和技术赶超，不仅具有重要的研究价值，也是决策层面关注的焦点问题。为此，国家层面的创新战略不断调整和推进，逐步从重视技术引进转变为强调自主创新。得益于国家战略和政策的激励，我国创新投入规模迅猛增长。比如，R&D 人员持续增长，1996 年每百万人中 R&D 人员数仅为 442.57 人，到 2015 年已达 1 176.58 人，超过世界平均水平的 1 150.76 人。研发资金占 GDP 的比重逐年扩张，1996 年研发经费占比为 0.56%，到 2015 年达到 2.07%，研发投入占 GDP 的比重已初步达到创新型国家标准。^①然而，研发投入的大幅增长并未带来创新产出效率的提升，不仅没有促进中国由要素驱动向创新驱动转型，反而抑制中国全要素生产率及其对经济增长贡献率的提升，国家综合创新能力仅列世界第 17 位（叶祥松和刘敬，2018）。与此同时，中国企业的自主创新能力依然相对薄弱，创新产出效率不高，诸多领域还缺乏关键核心技术，距离世界科技前沿仍有很长一段路要走。无论是企业层面的技术创新模式转变，还是宏观层面的技术进步路径转换和技术赶超，国家创新发展战略的调整和研发资源的倾斜，似乎都并未取得预期的效果。

立足上述经验事实，本文尝试回答如下三个问题：第一，在中国技术赶超进程中，庞大的国内市场需求如何在技术创新层面发挥规模经济优势，以及其究竟是推进还是阻碍了技术进步路径转换？第二，在不同类型的创新发展战略下，不断扩张的国内市场规模是否对中国技术进步路径和技术赶超发挥异质性作用？如果答案是肯定的，那么分别以技术进步路径转换和技术赶超为目标来调整创新发展战略的市场规模门槛和时点并不一致。因此，中国看似效果不佳的创新战略调整或许是源于不同的战略目标选择，以及市场规模对技术进步路径转换的影响本就具有滞后性。第三，中国实现技术进步路径转换应当以国内经济大循环为基础，而关键核心技术的突破是畅通国内大循环和构建新发展格局的动力源泉，这一互动过程中需要国家创新战略的支持。中国应如何甄别国内市场规模的变化、适时调整创新发展战略，继而推动中国技术进步路径转换和技术赶超，以实现三位一体的动态均衡？

为此，本文建立一个后发大国的内生技术进步模型，从技术创新的视角诠释市场规模经济优势，数理演绎不同创新发展战略下市场规模对技术进步路径转换和技术赶超的异质性影响。结合中国经验数据，本文模拟在不同类型创新战略下，国内市场规模对后发大国技术赶超和技术进步路径转换的动态作用。本文剩余部分结构安排如下：第二部分是文献述评；第三部分是理论模型演绎；第四部分是数值模拟；最后是结论与政策建议。

二、文献述评

技术强国更替与后发国家技术赶超历史表明，技术变迁路径并非一成不变，往往表

① 因篇幅所限，本文省略了每百万人口中 R&D 人员的跨国比较图和研发投入占 GDP 比重的跨国比较图，感兴趣的读者可在《经济科学》官网论文页面“附录与扩展”栏目下载。

现出连续性,但时而也会呈现跳跃性,其中自主创新和引进扮演着重要角色。针对后发国家技术进步路径的选择,存在“以技术引进为主的模式”和“以自主创新为主的模式”的争论(方福前和邢炜,2017):其一,“以技术引进为主的模式”在比较优势理论的基础上,认为后发国家应依据自身要素禀赋条件选择技术进步路径。一般而言,后发国家与发达国家存在较大的技术差距,技术模仿的人力、物力与时间成本往往会低于自主创新,可成功规避自主研发的不确定性与失败风险。因此,通过技术引进与模仿,可更快地进行技术升级,利用后发优势以实现技术追赶(Keller和Yeaple,2009)。Acermoglu等(2006)等将技术扩散引入新增长模型中,考察发达国家和发展中国家的技术互动机制,将发展中国家的技术进步归结为技术引进的结果。

其二,“以自主创新为主的模式”则认为后发国家若过于依赖技术引进,将会陷入比较优势陷阱,形成低水平技术均衡锁定,无法提高自主创新能力,最终与发达国家形成无法跨越的“均衡技术差距”,成为永久的跟随者(Krugman,2003)。世界各国劳动生产率的明显差异亦表明,模仿与吸收发达国家前沿技术是一个缓慢且具有较高成本的过程,通过溢出效应实现经济增长趋同的可能性较小(Los和Timmer,2005)。在中国转型升级的过程中,虽不乏通过模仿创新而在国际市场中占据一席之地的企业,但也有诸多企业陷入“引进—落后—再引进—再落后”的怪圈(吕一博等,2017)。企业只有发挥自主创新能力,通过核心关键技术创新突破才可能成为技术领导者。事实上,国际竞争的关键是核心技术,发达国家并不会出售核心关键技术,后发国家只有通过自主创新,才可能实现技术的根本性突破,进而成功赶超发达国家。

一般而言,后发国家往往需要经历从技术引进、吸收、模仿创新再到自主创新的过程,任何单一强调某一类创新模式的观点都存在偏误。技术引进和自主创新并非完全独立,关于二者的关系,学者们存在“替代关系假说”和“互补关系假说”两种观点(张杰等,2020)。一方面,有的文献发现韩国制造业的技术引进对自主创新存在替代作用(Lee,1996),部分中国的经验研究也得到类似结论(肖利平和谢丹阳,2016);另一方面,不乏针对中国和印度等后发国家的经验研究发现技术引进与自主创新之间存在互补关系(张杰等,2020)。傅晓霞和吴利学(2013)构建基于后发国家的内生增长模型,引入包含自主创新和技术引进的CES创新可能性边界,以两类创新成果之间的替代弹性同时刻画二者之间的互补和替代关系,演绎技术差距在知识生产和技术赶超过程中的关键作用。事实上,在不同的经济发展阶段,在不同条件下两种创新模式可能会交替主导技术进步(Basu和Weil,1998)。技术创新模式和技术进步路径应随技术差距变化而发生转换,当技术创新能力与发达国家存在明显差距时,后发国家适宜选择模仿创新,而当技术创新能力与发达国家相近时,宜由“模仿主导”向“创新主导”逐步转换(欧阳峤和汤凌霄,2017)。不仅如此,经验研究显示技术差距与对外开放程度、要素禀赋结构、制度环境、知识产权保护、市场竞争程度、收入差距、金融发展与经济波动等因素共同作用于技术创新决策,并对技术进步路径转换形成影响(余泳泽和张先轺,2015;黄先海和宋学印,2017;方福前和邢炜,2017;王林辉和袁礼,2018)。然而,少有研究将市场规模纳入技术差距收敛框架,考察其对技术进步路径转换的影响。

另一支文献在继承“需求引致创新”理论的基础上,已充分认识市场规模对技术创新的正向促进作用。理论研究在内生经济增长框架下讨论技术创新过程中规模经济效应强弱(Romer,1990;Lucas和Moll,2014),继而采用跨国经验数据实证检验规模经济

效应是否存在，或采用特定产业的数据验证市场规模对技术创新的作用（Barro 和 Sala-i-Martin, 2003；Hermosilla 和 Wu, 2018）。随着中国本地市场规模的不断扩大，学者们开始关注其对创新、生产率和全球价值链的作用机制和条件（陈丰龙和徐康宁, 2012；郑江淮和郑玉, 2020）。

综上所述，现有文献对后发国家选择技术进步路径和实现技术赶超提供了理论启示，但多从研发投入视角分析技术进步路径的转换，基于研发产出视角的研究有限，同时忽视了创新战略约束下，不断扩张的国内市场规模对技术创新模式和技术赶超的动态作用。而本文可能的贡献则体现在如下两个方面：其一，本文在技术差距收敛框架下，以自主创新和模仿创新产出的相对贡献率代表技术进步路径，演绎市场规模对后发大国技术进步路径和技术赶超的非一致门槛作用，从创新视角诠释市场规模经济优势，为进一步释放中国超大规模市场优势提供新的理论依据。其二，本文通过刻画模仿创新和自主创新在技术提升时发挥的替代或互补作用，引入不同类型的创新发展战略，数值模拟在不同创新战略引领下，伴随着本地市场规模的不断增长，后发大国技术进步路径转换和技术赶超的动态演化轨迹，并分析三者的动态联动性，为探索中国特色的自主创新道路提供新的理论解释。

三、模型演绎

（一）基本模型框架

基于技术差距收敛框架，本文建立一个后发大国的内生技术进步模型。假设该后发经济体在连续时间内，代表性家庭偏好满足 CRRA 效用函数：

$$U = \int_0^{\infty} \exp(-\rho t) \frac{C(t)^{1-\theta} - 1}{1-\theta} dt$$

其中， ρ 表示折现率， θ 为相对风险厌恶系数，而 $C(t)$ 则代表 t 时刻的消费总量。代表性家庭为实现效用最大化，消费决策满足欧拉方程： $\dot{C}/C = (r - \rho)/\theta$ 。后发大国为封闭经济体，且生产过程中投入劳动要素，设定总量劳动要素投入 L 恒定，劳动力供给无弹性。因而，该经济体在 t 时刻所面对的资源约束为： $C(t) + Z(t) \leq Y(t)$ 。其中， $Z(t)$ 代表经济体在 t 时刻的研发总支出，而 $Y(t)$ 代表总产出。后发大国的最终产品 $Y(t)$ 由连续性的中间产品 $y_i(t)$ 生产，将中间产品种类标准化为 1，生产函数形式设定为 CD 型：

$$\ln Y(t) = \int_0^1 \ln y_i(t) di \quad (1)$$

将最终产品 $Y(t)$ 设定为价值标准，以 $p_i(t)$ 代表中间产品 $y_i(t)$ 的价格。在完全竞争的最终产品市场下，根据式（1）可得中间产品的需求函数为： $y_i(t) = Y(t)/p_i(t)$ 。

将中间产品 $y_i(t)$ 生产企业 i 的技术设定为：

$$y_i(t) = q_i(t) l_i(t) \quad (2)$$

其中， $q_i(t)$ 代表该产品生产线上的最先进技术，而 $l_i(t)$ 则代表企业 i 雇用的劳动力，支付的工资报酬为 $w(t)$ ，经济体的总量劳动力投入满足 $\ln L = \int \ln l_i(t) di$ 。

根据式（2）可得，生产中间产品的边际成本为：

$$MC_i(t) = w(t)/q_i(t) \quad (3)$$

技术进步表现为中间品最先进技术 $q_i(t)$ 的提升，而中间品生产企业从事新技术的研发。一旦研发成功，则该产品的最先进技术 $q_i(t)$ 提升至 $(1 + \lambda) q_i(t)$ 。在该生产线上，

掌握当前最先进生产技术 $q_i(t)$ 的企业与掌握原最先进技术 $q_i(t)/(1+\lambda)$ 的企业进行竞争。在伯川德 (Bertrand) 竞争格局下, 掌握当前最先进技术的企业依据原最先进技术企业的边际成本确定中间品价格:

$$p_i(t) = (1+\lambda)w(t)/q_i(t) \quad (4)$$

若定价高于该价格, 则原最先进技术企业仍有利可图, 市场将被原企业侵占; 若定价低于该价格, 原企业虽难以获利, 但因掌握当前最先进技术, 企业利润仍有提升空间。

结合式(2)—(4), 可得中间产品生产企业的利润函数为:

$$\pi_i(t) = \lambda Y(t)/(1+\lambda) \quad (5)$$

市场规模由居民收入水平和人口规模等因素决定, 而总产出 (收入) $Y(t)$ 代表了一国居民的总购买力, 因此可代表国家的市场规模 (Alesina 等, 2000; Acemoglu 和 Linn, 2004)。根据式 (5) 可知, 市场规模对中间产品生产企业的利润具有正向影响, 即市场规模越大, 通过创新获得的利润越高, 企业研发动机越强, 也体现了创新的规模经济优势。

当然, 研发创新具有高风险特征, 若企业研发成功将改善产品生产技术, 掌握新技术一期专利权, 可采用新技术生产中间品并获利; 而一旦研发失败则难以提升其技术水平, 中间产品的生产将随机分配给掌握原技术的任一企业 (Aghion 和 Howitt, 2008)。假定中间品生产企业可通过自主创新和模仿创新两种模式, 提升 i 类中间产品的技术水平。设生产企业在 t 期自主创新和模仿创新成功后, 可使 $t+1$ 期技术分别提升至:

$$q_{Di}(t+1) = (1+\lambda_D) \times q_i(t), \quad q_{Fi}(t+1) = \left(1 + \frac{\lambda_F}{a(t)}\right) \times q_i(t) \quad (6)$$

其中, λ_D 和 λ_F 分别为自主创新和模仿创新实现的技术改善程度, 而 $a(t) = A(t)/\bar{A}(t)$ 代表后发大国的相对技术水平或技术差距, 即后发大国技术水平 $A(t)$ 与世界前沿技术水平 $\bar{A}(t)$ 的比值, $a(t)$ 越大表明该国与发达国家的技术差距越小 (Acemoglu 等, 2006)。可见, 后发大国的模仿创新实际所实现的技术改善程度 $\lambda_F/a(t)$ 受制于技术差距, 这是因为技术差距越大, 后发大国技术模仿的空间越大, 技术外溢效应越显著 (Keller 和 Yeaple, 2009)。而伴随着后发大国技术水平逐渐接近世界技术前沿, 技术外溢效应逐渐减弱, 此时技术的引进对提升技术水平作用有限。同时, 世界前沿技术进步率为 \bar{g} , 即 $\bar{A}(t) = \bar{A}(0) \times e^{\bar{g}t}$ 。

由于企业的创新行为具有高风险特征, 本文引入创新成功率衡量研发风险, 即成功率越高则研发风险越小, 反之则反是。设定自主创新和模仿创新成功率是各自研发投入的增函数:

$$p_{Di}(t) = z_{Di}(t) / \frac{\zeta_D}{\varphi(\lambda_D, z_{Di}(t))}, \quad p_{Fi}(t) = z_{Fi}(t) / \frac{\zeta_F}{\varphi(\lambda_F/a(t), z_{Fi}(t))} \quad (7)$$

其中, ζ_D 和 ζ_F 分别代表自主创新和模仿创新的成本参数, 由于自主创新的成本高于模仿创新, 本文直接设定 $\zeta_F \leq \zeta_D \leq Y$ 。一个合理的假设是研发投入对创新成功率的边际影响随着研发投入增加呈递减趋势。当研发投入 $z_{Di}(t)$ 和 $z_{Fi}(t)$ 保持不变时, 创新成功率还取决于创新成功后新技术的改善程度 λ_D 和 $\lambda_F/a(t)$, 改善程度越高, 通过研发创新实现这一突破的可能性越小。而函数 φ 则体现了研发成本随技术改善程度 λ_D 和 $\lambda_F/a(t)$ 的提高而上升, 以及随着研发投入 $z_{Di}(t)$ 和 $z_{Fi}(t)$ 的增加而上升。为了使模型能够得到显性解, 且不失一般性, 假定 φ 的函数形式为:

$$\begin{aligned} \varphi(\lambda_D, z_{Di}(t)) &= (1+\lambda_D^{-1})(1+z_{Di}(t)^{-1}), \\ \varphi(\lambda_F/a(t), z_{Fi}(t)) &= (1+(\lambda_F/a(t))^{-1})(1+z_{Fi}(t)^{-1}) \end{aligned} \quad (8)$$

t 时刻用于自主创新和模仿创新的研发投入 $Z_D(t)$ 、 $Z_F(t)$ 及总量研发投入 $Z(t)$ 为：

$$Z_D(t) = \int_0^1 z_{Di}(t) di, \quad Z_F(t) = \int_0^1 z_{Fi}(t) di, \quad Z(t) = \int_0^1 (z_{Di}(t) + z_{Fi}(t)) di \quad (9)$$

(二) 创新战略约束下的技术进步路径

本文进一步分析不同创新发展战略约束下后发大国的技术进步路径。至于如何表征不同类型的创新战略，Acemoglu 等（2006）认为异质性创新战略表现为不同雇佣决策下生产率水平的差异，黄先海和宋学印（2017）则将基于技术差距和技术外溢效应实现的技术进步定义为追赶导向型，将以竞争创新为动力的技术进步定义为竞争导向型。据此，本文以两种创新模式所实现的目标即技术改善程度 λ_D 和 $\lambda_F/a(t)$ 的相对大小代表不同的创新战略：当 $\lambda_D > \lambda_F/a(t)$ 时，自主创新成果能够覆盖和替代模仿创新，后发大国实施以自主创新替代模仿创新的战略。当 $\lambda_D \leq \lambda_F/a(t)$ 时，自主创新与模仿创新呈互补关系，后发大国实施自主创新和模仿创新相耦合的战略。创新战略的分类，一方面回应了理论层面关于自主创新与模仿创新互补和替代关系的争议（张杰等，2020），另一方面也体现了中国不同阶段创新发展战略的演进轨迹。

在不同创新战略下，两类创新对技术的改善程度保持不变，经济体的技术进步率与创新成功率相关，因而需要确定自主创新和模仿创新的研发投入 $Z_D(t)$ 和 $Z_F(t)$ 。中间产品生产企业 i 将根据下式预期利润 $E\pi_i(t+1)$ ，确定自主创新和模仿创新的研发投入 $z_{Di}(t)$ 和 $z_{Fi}(t)$ ：

$$E\pi_i(t+1) = \begin{cases} p_{Di}(t) \times E\pi_{Di}(t+1) + (1 - p_{Di}(t)) \times p_{Fi}(t) \times E\pi_{Fi}(t+1) - z_{Di}(t) - z_{Fi}(t), & \text{if } \lambda_D > \lambda_F/a(t) \\ p_{Fi}(t) \times E\pi_{Fi}(t+1) + (1 - p_{Fi}(t)) \times p_{Di}(t) \times E\pi_{Di}(t+1) - z_{Di}(t) - z_{Fi}(t), & \text{if } \lambda_D \leq \lambda_F/a(t) \end{cases} \quad (10)$$

其中， $E\pi_{Di}(t+1)$ 和 $E\pi_{Fi}(t+1)$ 分别代表自主创新和模仿创新成功后所实现的预期利润，企业根据当期市场预测下期利润，由式（5）可得： $E\pi_{Fi}(t+1) = (\lambda_F/a(t)) Y(t)/(1 + \lambda_F/a(t))$ 和 $E\pi_{Di}(t+1) = \lambda_D Y(t)/(1 + \lambda_D)$ 。由上式可知，中间品生产企业创新的预期利润受市场规模、创新的技术改善程度及各自创新成功率等因素的共同影响。

结合式（7）和式（10）可知：受限于新技术研发的高风险和高成本特征，企业研发投入规模有限。但在经济体具有大规模市场的条件下，创新成功率中蕴含的研发风险与利润函数中隐藏的市场规模相耦合，即创新的高研发投入被大规模市场所分摊，市场规模也吸收和分散了企业的创新风险，恰好体现了研发的市场规模经济优势。

当后发大国实施以自主创新替代模仿创新的战略即 $\lambda_D > \lambda_F/a(t)$ 时，若企业自主创新成功而模仿创新失败，则该企业以 $p_{Di}(t) \times (1 - p_{Fi}(t))$ 的概率获得预期利润 $E\pi_{Di}(t+1)$ ；若企业自主创新失败，则该企业以 $p_{Fi}(t) \times (1 - p_{Di}(t))$ 的概率获取预期利润 $E\pi_{Fi}(t+1)$ ；若企业自主创新和模仿创新同时成功实现技术突破，由于此时自主创新对技术的改善程度大于模仿创新，则自主创新成果将覆盖模仿创新成果，该企业以 $p_{Di}(t) \times p_{Fi}(t)$ 的概率获得预期利润 $E\pi_{Di}(t+1)$ ；但若研发企业的自主创新和模仿创新均未实现技术突破，企业获得零利润的概率为 $(1 - p_{Fi}(t)) \times (1 - p_{Di}(t))$ 。

根据式（10）的一阶条件，结合式（5）—（7）可确定企业两类创新的研发投入：

$$\begin{aligned} z_{Di}(t) &= \left((\zeta_D \lambda_D - 1 - \lambda_D) - \frac{\zeta_D \zeta_F \lambda_D}{Y(t)} \right) / (1 + \lambda_D) \\ z_{Fi}(t) &= \left((\zeta_F \lambda_D - 1 - \lambda_D) - \frac{\zeta_D \zeta_F \lambda_D}{Y(t)} \right) / (1 + \lambda_D) \end{aligned} \quad (11)$$

可见, 市场规模 $Y(t)$ 的扩张有利于中间品生产企业利润的增加, 利润激励下两类创新的研发投入都出现增加。同时, 研发投入受技术改善程度 λ_D 影响, 当技术改善程度增加时, 该企业的研发投入水平相应提高。而企业内部自主创新和模仿创新之间的研发资源分配, 则受创新成本参数 ζ_D 和 ζ_F 影响, 两类研发投入随各自成本提高而增加。

由式 (9) 和式 (11) 可得, 全社会的总量研发投入为:

$$Z(t) = \left((\zeta_F + \zeta_D) \lambda_D - 2(1 + \lambda_D) - \frac{2\zeta_D \zeta_F \lambda_D}{Y(t)} \right) / (1 + \lambda_D) \quad (12)$$

由式 (12) 可知: 一方面, 企业研发投入能够被大规模市场 $Y(t)$ 所分摊, 市场规模的扩张有利于总量研发投入的提高, 这体现了创新的规模经济优势; 另一方面, 研发投入偏好于蕴藏着巨大增长潜力的新技术领域, 企业将关注自主创新可实现的重大技术突破, 即技术改善程度 λ_D , 以此确定研发投入的规模, 技术改善程度越高则研发投入越多。

结合式 (7)、式 (8) 和式 (11), 可得自主创新和模仿创新的成功率分别为:

$$p_{Di}(t) = 1 - \frac{\zeta_F}{Y(t)}, \quad p_{Fi}(t) = \left(1 - \frac{\zeta_D}{Y(t)} \right) \times \left(\frac{1 + (\lambda_F/a(t))^{-1}}{1 + \lambda_D^{-1}} \right) \quad (13)$$

两类创新成功率受创新成本参数、技术改善程度和市场规模等因素影响。创新成本参数提高, 将增加创新风险, 创新的高风险特征使得企业必须考虑能否成功收回研发成本, 继而减少研发投入, 降低创新成功率。但强大的国内市场可以强化企业创新的动机, 提高研发投入规模, 分摊高额的创新成本, 从而降低创新风险, 有效发挥规模经济优势。不仅如此, 模仿创新成功率也与其所实现的技术改善程度和相对技术水平有关, 通过模仿创新实现的技术改善程度越低, 相对技术水平越高, 模仿创新的成功率越高。

由式 (13) 可得, 企业通过自主创新和模仿创新使中间品的生产技术提升至:

$$\begin{aligned} q_i(t+1) &= G(Y(t), a(t)) \times q_i(t) \\ G(Y(t), a(t)) &= \left(\frac{\zeta_F}{Y(t)} \right) \times \left(1 - \frac{\zeta_D}{Y(t)} \right) \times \left(\frac{1 + (\lambda_F/a(t))^{-1}}{1 + \lambda_D^{-1}} \right) \left(1 + \frac{\lambda_F}{a(t)} \right) + \left(1 - \frac{\zeta_F}{Y(t)} \right) \times (1 + \lambda_D) \\ &\quad + \left(\frac{\zeta_F}{Y(t)} \right) \times \left(\frac{\lambda_D^{-1} - (\lambda_F/a(t))^{-1} + \zeta_D(1 + (\lambda_F/a(t))^{-1})/Y(t)}{1 + \lambda_D^{-1}} \right) \end{aligned} \quad (14)$$

根据式 (1), 本文定义总量技术水平为各企业最先进技术加总, 即 $\ln A(t) = \int_0^1 \ln q_i(t) di$, 再对式 (14) 取对数按照企业进行加总, 可得后发大国的技术进步率:

$$\begin{aligned} g(t) &= \ln \left[1 + \underbrace{\left(1 - \frac{\zeta_F}{Y(t-1)} \right) \times \lambda_D}_{\text{自主创新 } g_D} \right. \\ &\quad \left. + \underbrace{\left(\frac{\zeta_F}{Y(t-1)} \right) \times \left(1 - \frac{\zeta_D}{Y(t-1)} \right) \times \left(\frac{1 + (\lambda_F/a(t-1))^{-1}}{1 + \lambda_D^{-1}} \right) \frac{\lambda_F}{a(t-1)}}_{\text{模仿创新 } g_F} \right] \end{aligned} \quad (15)$$

由式 (15) 可知, 后发大国通过自主创新和模仿创新两种模式实现技术进步。首先, 技术进步率 $g(t)$ 受技术改善程度和相对技术水平的影响。自主创新和模仿创新实现的技

术改善程度 λ_D 和 λ_F 越大, 技术进步速度越快。而后发大国与先发国家上一期的相对技术水平对当期技术进步率的跨期影响存在正反两种效应: 一方面, 上期相对技术水平 $a(t-1)$ 对当期技术进步速率 $g(t)$ 产生反向影响, 这是因为技术外溢效应随着技术差距缩小而减少, 从而技术进步率减慢。另一方面, 相对技术水平对技术进步速率具有正向作用, 随着技术差距的缩小, 技术吸收障碍逐渐减弱, 模仿创新成功的概率提升。因此, 相对技术水平对技术进步率的影响取决于这两种作用的相对强弱:

$$\frac{\partial g(t)}{\partial a(t-1)} = -\frac{1}{G} \left(\frac{\zeta_F}{Y(t)} \right) \times \left(1 - \frac{\zeta_D}{Y(t)} \right) \times \left(\frac{\lambda_F}{(1 + \lambda_D^{-1}) a(t-1)^2} \right) < 0$$

由上式可知, 随着后发大国技术逐渐接近技术前沿, 模仿创新成功率提高的正向作用不足以抵消技术改善程度减少的反向影响, 技术进步率随相对技术水平的提高而下降。

在此基础上, 结合式 (15) 分析自主创新和模仿创新对技术进步率 $g(t)$ 的相对贡献强弱, 据此从创新产出视角考察技术进步路径的演进轨迹:

$$\frac{g_D(t)}{g_F(t)} = \frac{Y(t-1) - \zeta_F}{Y(t-1) - \zeta_D} \frac{1 + \lambda_D}{1 + \frac{\lambda_F}{a(t-1)}} \frac{Y(t-1)}{\zeta_F} \quad (16)$$

若 $\partial(g_D(t)/g_F(t)) > 0$, 表明相对于模仿创新, 自主创新增速更快, 技术进步路径偏向自主创新, 符合预期战略目标; 若 $\partial(g_D(t)/g_F(t)) < 0$, 表明技术进步路径朝模仿创新发展, 则以自主创新替代模仿创新的战略并未取得预期效果。由式 (16) 可知, $\partial(g_D(t)/g_F(t))/\partial a(t-1) > 0$, 说明伴随着技术差距的缩小, 模仿创新增速 $g_F(t)$ 下降, 自主创新作用更为突出, 此时技术进步天然朝自主创新发展。

若后发大国选择自主创新与模仿创新相耦合的战略, 即 $\lambda_D \leq \lambda_F/a(t)$, 根据式 (10) 的一阶条件可以推导出自主创新和模仿创新的成功率, 并由此得到后发大国的技术进步率和技术进步路径:

$$g(t) = \ln \left[1 + \underbrace{\left(1 - \frac{\zeta_D}{Y(t-1)} \right) \times \frac{\lambda_F}{a(t-1)}}_{\text{模仿创新 } g_F} + \underbrace{\left(\frac{\zeta_D}{Y(t-1)} \right) \times \left(1 - \frac{\zeta_F}{Y(t-1)} \right) \times \left(\frac{1 + \lambda_D^{-1}}{1 + (\lambda_F/a(t-1))^{-1}} \right) \lambda_D}_{\text{自主创新 } g_D} \right] \quad (17)$$

$$\frac{g_D(t)}{g_F(t)} = \frac{Y(t-1) - \zeta_F}{Y(t-1) - \zeta_D} \frac{1 + \lambda_D}{1 + \frac{\lambda_F}{a(t-1)}} \frac{\zeta_D}{Y(t-1)} \quad (18)$$

结合式 (17) — (18) 可知: 当后发大国逐渐接近世界技术前沿即技术差距缩小时, 技术进步率 $g(t)$ 、自主创新和模仿创新的速率 $g_D(t)$ 和 $g_F(t)$ 均随之下降, 且模仿创新降幅大于自主创新, 技术进步朝自主创新方向发展。

(三) 市场规模、创新战略与技术进步路径

国内市场规模是后发大国的突出优势, 因此本文进一步剖析不同创新战略下, 市场规模对自主创新和模仿创新的异质性影响, 以及对技术进步路径转换和技术赶超的作用。

当后发大国实施以自主创新替代模仿创新的战略, 即 $\lambda_D > \lambda_F/a(t)$ 时, 根据式 (15), 市场规模对自主创新和模仿创新增速的影响如下式所示:

$$\frac{\partial g_D(t)}{\partial Y(t-1)} = \frac{\lambda_D \zeta_F}{Y(t-1)^2} > 0$$

$$\frac{\partial g_F(t)}{\partial Y(t-1)} = \frac{1 + \lambda_F/a(t-1)}{1 + \lambda_D^{-1}} \frac{\zeta_F}{Y(t-1)^2} \left(\frac{2\zeta_D}{Y(t-1)} - 1 \right)$$

一方面, $\partial g_D(t)/\partial Y(t-1) > 0$, 表明市场规模的扩大有利于提高自主创新增速, 在两类创新战略下, 大规模市场能够分摊研发成本和分散自主创新风险。另一方面, 市场规模对模仿创新的影响则存在门槛效应。虽然市场规模能同时提高两类创新的成功率, 但在该类创新战略下, 模仿创新能否实现技术改善受限于自主创新成果。因此, 市场规模对模仿创新增速的影响取决于其对自主创新风险和模仿创新成功率作用的强弱。

令 $Y_1 = 2\zeta_D$ 为门槛值, 当大国市场规模小于门槛值即 $Y(t-1) \leq Y_1$ 时, $\partial g_F(t)/\partial Y(t-1) > 0$, 市场规模扩大提升模仿创新增速, 其对模仿创新成功率的促进作用超过其对自主创新风险的化解作用; 当市场规模跨越门槛后即 $Y(t-1) > Y_1$ 时, $\partial g_F(t)/\partial Y(t-1) < 0$, 市场规模扩张将抑制模仿创新增速提升, 其对自主创新风险的化解作用更强。

市场规模对技术进步路径的影响亦存在门槛效应, 令 $Y_2 = (\sqrt{\zeta_D(\zeta_D - \zeta_F)} + \zeta_D)$ 为门槛值, 当 $Y(t-1) \leq Y_2$ 时, 则 $\partial(g_D(t)/g_F(t))/\partial Y(t-1) < 0$, 表明市场规模使模仿创新增长更快, 技术进步偏向模仿创新, 有限的市场规模难以分散自主创新风险和分摊研发成本。当 $Y(t-1) > Y_2$ 时, 市场规模足够大, 能分摊自主创新成本和化解研发风险, $\partial(g_D(t)/g_F(t))/\partial Y(t-1) > 0$, 规模扩张引致自主创新增长更快, 技术进步偏向自主创新。

整体而言, 当市场规模 $Y(t-1) \leq Y_2$ 时, 市场规模扩张同时有利于自主创新和模仿创新增速提高, 且模仿创新增速更快, 使技术进步更加依赖模仿创新, 偏离以自主创新替代模仿创新战略的目标; 而当市场规模 $Y_2 < Y(t-1) \leq Y_1$ 时, 市场规模扩大对两类创新增速均产生正向影响, 但自主创新增速更快, 技术进步路径偏向自主创新; 当市场规模 $Y(t-1) > Y_1$ 时, 市场规模的进一步扩张将抑制模仿创新增速的提升, 促进自主创新增速的提高, 实现自主创新对模仿创新的替代, 使技术进步路径向自主创新转换的速率加快。

本文进一步分析在以自主创新替代模仿创新的战略下, 市场规模对后发大国技术赶超的影响。经济体的技术差距 $a(t)$ 变化路径满足: $\dot{a}(t)/a(t) = g(t) - \bar{g}$ 。结合式 (15) 可知, 若 $g(t) > \bar{g}$, 后发大国技术进步快于世界前沿技术, 相对技术水平提高, 但技术进步率下降即 $\dot{g}(t) < 0$; 若 $g(t) < \bar{g}$, 后发大国技术进步低于世界技术前沿, 该国相对技术水平下降, 技术进步率上升即 $\dot{g}(t) > 0$, 其技术进步率逐渐收敛于世界前沿技术进步率 \bar{g} 。当 $g(t) = \bar{g}$ 时, 后发大国与世界前沿技术保持相同增长率, 其相对技术水平收敛于 a^* :

$$a^* = \frac{\zeta_F \lambda_F (Y - \zeta_D)}{\Gamma(\bar{g}) Y^2 + \zeta_F \lambda_D Y + \zeta_D \zeta_F} \quad (19)$$

其中, $\Gamma(\bar{g}) = (\exp(\bar{g}) - 1)(1 + \lambda_D^{-1}) - (1 + \lambda_D)$ 。由式 (19) 可知, 后发大国在均衡增长路径上技术差距 a^* 受制于市场规模、两类创新的技术改善程度和创新成本。

后发大国的市场规模对均衡技术差距的影响亦存在门槛效应^①: 本文定义门槛值 $Y_4 = (\zeta_D + \sqrt{\zeta_D(\zeta_D + \zeta_F(1 + \lambda_D)\Gamma(\bar{g})^{-1})})$, 当市场规模未达到门槛值即 $Y(t-1) \leq Y_4$ 时, $\partial a^*/\partial Y(t-1) < 0$, 国内市场规模将抑制均衡技术水平的提高。一方面, 若市场规模有

① 为探析市场规模对均衡技术差距 a^* 的影响, 令 $\partial a^*/\partial Y = 0$ 可得: $-\Gamma(\bar{g})Y^2 + 2\Gamma(\bar{g})\zeta_D Y + \zeta_D \zeta_F(1 + \lambda_D) = 0$, 方程解即为门槛值。

限,则难以分摊自主创新成本并分散研发风险,企业担心无法收回研发成本;另一方面,模仿创新对技术的改善有限,且能否实现仍受制于自主创新成功与否,市场规模的扩张不能有效激励研发规模优势的发挥。当后发大国的市场规模跨越门槛即 $Y(t-1) > Y_4$ 时, $\partial a^*/\partial Y(t-1) > 0$,后发大国将形成独特的市场规模优势,有利于缩小均衡技术差距。

在自主创新和模仿创新相耦合的战略下,即 $\lambda_D \leq \lambda_F/a(t)$ 时,后发大国的市场规模亦对自主创新和模仿创新形成非对称性影响,继而作用于技术进步路径。结合式(17)和式(18)可得,市场规模对自主创新和模仿创新增速的影响如下式所示:

$$\frac{\partial g_D(t)}{\partial Y(t-1)} = \frac{1 + \lambda_D}{1 + (\lambda_F/a(t-1))^{-1}} Y(t-1)^{-3} (2\zeta_D \zeta_F - \zeta_D Y(t-1))$$

$$\frac{\partial g_F(t)}{\partial Y(t-1)} = \frac{\lambda_F}{a(t-1)} \zeta_D Y(t-1)^{-2} > 0$$

首先, $\partial g_F(t)/\partial Y(t-1) > 0$,表明在自主创新和模仿创新相耦合的战略下,市场规模的扩大始终有利于促进模仿创新增速 $g_F(t)$ 的提高。其次,市场规模对自主创新增速 $g_D(t)$ 的影响存在门槛效应。在该类创新战略下,经济体的市场规模虽然能够提升两类创新的成功率,但自主创新对模仿创新成果形成有益补充,只有在模仿创新失败且自主创新成功的条件下,自主创新才能改善技术水平。市场规模扩张一方面能够提升自主创新成功率,另一方面也能化解模仿创新风险,其对自主创新的影响取决于二者作用的强弱。

令 $Y_3 = 2\zeta_F$ 表示门槛值,当后发大国的市场规模 $Y(t-1) \leq Y_3$ 时, $\partial g_D(t)/\partial Y(t-1) > 0$,国内市场规模扩张对自主创新成功率的促进作用超过其对模仿创新风险的化解作用,将有利于提高自主创新增速;当后发大国的市场规模 $Y(t-1) > Y_3$ 时, $\partial g_D(t)/\partial Y(t-1) < 0$,市场规模在化解模仿创新风险上的作用更强,继而抑制自主创新增速提升。在此基础上,本文进一步分析市场规模对技术进步路径的影响, $\partial(g_D(t)/g_F(t))/\partial Y(t-1) < 0$,表明扩大的市场规模将使技术进步加深对模仿创新的路径依赖。^①

整体而言,当市场规模 $Y(t-1) \leq Y_3$ 时,市场规模扩大对两类创新增速均产生正向影响,但模仿创新增速更快,技术进步路径偏向模仿创新;而当市场规模 $Y(t-1) > Y_3$ 时,市场规模扩张将抑制自主创新增速的提升,促进模仿创新增速的提高,使技术进步加深对模仿创新的依赖,从而偏离制定该战略促进自主创新和模仿创新耦合式发展的初衷。

进一步分析在自主创新和模仿创新相耦合的战略下,后发大国市场规模对技术追赶的影响,若 \tilde{a}^* 表示在该创新发展战略下后发大国均衡的技术差距, $\partial \tilde{a}^*/\partial Y(t-1) < 0$ 表明当后发大国实施该类创新战略时,市场规模的扩张将使该国陷入低水平均衡陷阱。^②

命题1:在不同创新战略下,市场规模对后发大国技术进步路径转换存在异质性作用。当市场规模未达到门槛值 $Y(t-1) \leq Y_2$ 时,无论实施何种创新战略,市场规模扩张都将加深技术进步对模仿创新的依赖;当市场规模跨越门槛后($Y(t-1) > Y_2$),若选择自主创新与模仿创新相耦合的战略,将使技术进步加深对模仿创新的依赖,偏离战略目标;若实施以自主创新替代模仿创新的战略,市场规模可使技术进步转向自主创新。若以技术

① 令 $\partial(g_D(t)/g_F(t))/\partial Y(t-1) = 0$,可得一个关于 $Y(t)$ 的一元二次方程,方程的根为 $Y = (\zeta_F \pm \sqrt{\zeta_F(\zeta_F - \zeta_D)})$ 。由于 $\zeta_F < \zeta_D$ 时,方程无实根, $\partial(g_D(t)/g_F(t))/\partial Y(t-1) < 0$ 。

② 令 $\partial \tilde{a}^*/\partial Y = 0$,可解得方程根为 $Y = 2\zeta_F \tilde{a}^* (1 + \lambda_D) / (\tilde{a}^* \lambda_D - \lambda_F)$ 。在自主创新和模仿创新相耦合的战略下 $\lambda_D \leq \lambda_F/a(t)$,方程根为负值,即 $\partial \tilde{a}^*/\partial Y(t-1) < 0$ 。

进步路径转换为标准，当大国市场规模跨越门槛（ Y_2 ）后，应及时推进创新战略的调整。

命题 2：在不同创新战略下，市场规模对后发大国技术赶超具有异质性影响。若市场规模未跨越门槛（ $Y(t-1) \leq Y_4$ ），无论采取何种创新战略，市场规模的扩张都将抑制均衡技术差距的缩小；当市场规模跨越门槛时（ $Y(t-1) > Y_4$ ），若选择自主创新与模仿创新相耦合的战略，将抑制其均衡技术水平的提升；若实施自主创新替代模仿创新的战略，有利于其向技术前沿收敛。若以技术赶超为标准，则调整创新战略的市场规模门槛为 Y_4 。

命题 1 和命题 2 分别揭示了如何根据市场规模的变化适时调整创新战略以实现技术进步路径转换和推进技术赶超。但问题在于，分别以二者作为目标来调整创新战略的市场规模门槛并不一致。表 1 归纳总结了在不同的市场规模下，当后发大国实施不同的创新战略时，市场规模扩张对技术进步路径转换和技术赶超的异质性作用，据此可制定符合市场规模的创新战略：第一，当后发大国的市场规模由大规模向超大规模发展时，由于尚未达到超大规模市场，无论实施何种战略，市场规模对技术进步路径转换和技术赶超的影响均为负向，实施自主创新和模仿创新相耦合的战略能达到更高的技术进步率，技术进步主要依靠后发优势和比较优势。第二，当后发大国经济阶段处于由超大转向超强时，由于并未达到超强阶段，此时无论采取何种战略，市场规模对技术进步路径转换的影响均为负向，但在以自主创新替代模仿创新战略下能够推进经济体向世界技术前沿收敛；而在自主创新和模仿创新相耦合的战略下，市场规模的扩张反而将抑制均衡技术水平的提升。此时，大国技术进步虽然仍依赖后发优势，但为了避免陷入低水平均衡陷阱，应当向以自主创新替代模仿创新的战略转换。第三，当后发大国经济规模完成从超大向超强的转变后，在以自主创新替代模仿创新战略下，市场规模不仅能够提高均衡技术水平，还能够使技术进步路径朝向自主创新发展。整体来看，依靠市场规模扩张促进技术进步路径变迁和技术赶超，存在关键的双重门槛，分别对应的市场规模为 Y_2 和 Y_4 。而技术进步路径变迁的市场规模门槛滞后于技术差距收敛门槛即 $Y_2 > Y_4$ ，原因在于大规模市场能够同时化解两类技术创新风险，当市场规模足够大时，其对自主创新风险的化解作用超过模仿创新，才能够促进技术进步路径向自主创新转换。

表 1 不同创新战略下市场规模对技术进步路径转换和技术赶超的影响

发展阶段	市场规模区间	以自主创新替代 模仿创新战略		自主创新与模仿 创新相耦合战略	
		g_D/g_F	a^*	g_D/g_F	a^*
从大到超大规模市场	$Y(t-1) \leq Y_4$	-	-	-	-
从超大到超强经济规模	$Y_4 < Y(t-1) \leq Y_2$	-	+	-	-
经济超强	$Y(t-1) > Y_2$	+	+	-	-

数理模型为制定符合和适应市场规模变化的创新战略、推进后发大国实现技术进步路径变迁和技术赶超提供了理论依据。然而，中国技术进步路径变迁的典型事实和政策实践的复杂程度远超数理演绎，它们是否符合市场规模的演变规律，并在理论层面上具有逻辑自洽性？回顾中国创新战略的调整，2006 年提出要提升自主创新能力、建设创新型国家战略，同时也鼓励企业引进先进技术。党的十八大明确强调要坚持走中国特色自主创新道路、实施创新驱动发展战略。十九大进一步提出创新是引领经济发展的第一动力，是建设现代化经济体系的战略支撑。而创新战略调整也体现在研发投入结构变化上，中国向以自主创新替代模仿创新的战略调整甚至早于“创新驱动发展战略”的提出。

2010 年中国引进国外技术经费支出和引进技术消化吸收经费支出都出现下滑趋势，中国创新战略自此已开始调整和转变（方福前和邢炜，2017）。^①

但创新战略的调整和研发资源的倾斜似乎并未取得预期效果，模仿创新和技术外溢效应能提升全要素生产率对经济增长的贡献率，但科学研究和自主创新短期内未能提高全要素生产率（叶祥松和刘敬，2018）。背后的原因是否在于未能根据当时的市场规模及时调整恰当的创新战略？中国国土面积接近 1000 万平方千米，2018 年 GDP 达 13.6 万亿美元，社会消费品零售总额约为 5.8 万亿美元，具有 4 亿左右的中等收入人群。依托人口众多、国土面积广阔、市场体量大和市场统一程度高等特征，中国经济具有超大规模性，但还未实现从超大到超强的转变（国务院发展研究中心课题组，2020）。而根据表 1 的分析，中国应当实施以自主创新替代模仿创新的战略，以充分挖掘和释放超大规模优势。一方面，以自主创新替代模仿创新的战略吻合中国市场规模的演变规律，是基于技术赶超目标的现实选择，而非过早地调整创新战略引致技术进步路径偏离战略目标。在该创新战略引导下，市场规模扩张对技术进步路径转换的影响确实存在滞后性，自主创新的贡献率出现先降后升趋势亦符合理论预期。当中国经济规模完成从超大向超强的转变时，市场规模的扩张将进一步推进技术进步路径转向自主创新。

四、数值模拟

本节将结合理论模型数值模拟在不同创新战略下，随着市场规模的不断扩张后发大国技术进步路径的动态转换及技术赶超的演进态势，并分析参数变化的影响。

（一）参数校准

本文借鉴已有文献，结合中国经验数据对模型参数进行校准，以使模型设定更加吻合中国实际情况。本文模拟部分采用的经验数据来源于《中国统计年鉴》、《中国科技统计年鉴》和宾夕法尼亚大学世界表（Penn World Table 10），所有指标均为剔除价格波动后的实际值。首先，市场规模 Y 的测算借鉴 Alesina 等（2000）的研究思路，采用中国实际 GDP 衡量市场规模。其次，相对技术水平 a 的测度借鉴黄先海和宋学印（2017）的做法，选择中美全要素生产率之比衡量相对技术水平。再次，依据文献的通用做法，本文将世界技术前沿的技术进步率 \bar{g} 设定为 0.02（Barro 和 Sala-i-Martin，2003；Acemoglu 和 Cao，2015）。

最后，不同创新战略下自主创新和模仿创新实现的技术改善程度 λ_D 和 λ_F ，以及两类创新的成本参数 ζ_D 和 ζ_F 是本文参数校准的关键。关于两类创新模式所实现的技术改善的相对大小即比值，本文参考 Acemoglu 和 Cao（2015）的做法，若自主创新实现的技术改善程度要大到能够替代模仿创新成果，设定自主创新的技术改善约为模仿创新的 10 倍，即在以自主创新替代模仿创新的战略下 $\lambda_D/\lambda_F = 10$ ，而在自主创新与模仿创新相耦合的战略下 $\lambda_F/\lambda_D = 10$ 。在此基础上，借鉴傅晓霞和吴利学（2013）的研究思路，本文结合不同创新战略下研发投入和配置方程^②，结合中国技术进步率、相对技术水平、市

① 方福前和邢炜（2017）在原文中提到的“拐点”是从研发投入角度视角估计中国技术进步模式转折点，与本文从创新产出贡献率视角分析技术进步路径转变并不相同。原文中的模式转变更接近于本文的创新战略调整，因为战略调整带动研发投入结构变化。此外，余泳泽和张先轶（2015）认为这一转折点可能出现在 2002 年，该年中国研发投入开始超过技术引进支出，其后二者差距逐年扩大。

② 以自主创新替代模仿创新战略下研发投入和配置方程请见式（11）—（12），自主创新与模仿创新相耦合战略下研发投入和配置方程请见《经济科学》官网“附录与扩展”。

场规模、研发投入的实际数据，以及设定的两类创新模式所实现的技术改善的相对大小，校准自主创新和模仿创新的技术改善程度和成本参数。其中，自主创新和模仿创新的研发投入数据，借鉴刘小鲁（2011）的方法，本文采用研究与试验发展经费支出代表自主创新投入 $z_D(t)$ ，引进国外技术经费支出与购买国内技术支出之和衡量模仿创新投入 $z_F(t)$ 。同时，本文需要界定两类创新战略的实施阶段，以利用各阶段的实际数据校准两类创新战略下的参数水平。根据方福前和邢炜（2017）的思路，本文以 2010 年作为创新发展战略转变的分界点，以 1991—2010 年数据校准自主创新与模仿创新相耦合战略的参数，由此确定 $\lambda_D = 0.00175$ ， $\lambda_F = 0.0175$ ， $\zeta_D = 5\,455.69$ ， $\zeta_F = 2\,693.78$ ；而 2011—2019 年数据则用于校准以自主创新替代模仿创新战略下的参数水平，确定 $\lambda_D = 0.0322$ ， $\lambda_F = 0.0032$ ， $\zeta_D = 105\,879.93$ ， $\zeta_F = 58\,599.28$ 。

为检验理论模型的有效性，本文结合经验数据与校准参数对上述理论模型进行数值模拟，对模拟的技术进步率与实际技术进步率进行对比分析，技术进步率的模拟值和测算值的均值水平和变化规律基本趋同，验证数理模型的有效性。^①

（二）不同类型的创新战略

本文设定 2019 年为基期，结合市场规模和技术差距的实际数据，通过多次迭代模拟两类创新战略下，随着市场规模扩张，技术进步路径 $g_D(t)/g_F(t)$ 和相对技术水平 $a(t)$ 的动态演变趋势，如图 1 和图 2 所示。图 1 为不同创新战略下技术进步路径的动态转换，表明在自主创新和模仿创新相耦合的战略下，伴随着大国市场规模的持续扩张，自主创新相对于模仿创新的贡献率下降，后发大国技术进步路径对模仿创新的依赖不断加深，偏离该战略促进自主创新与模仿创新耦合发展的目标。而在以自主创新替代模仿创新的战略下，市场规模扩大使自主创新相对于模仿创新增速出现先下降后上升的 U 形趋势。第 1—11 期自主创新相对于模仿创新的增速持续下降，以第 12 期为拐点技术进步路径开始朝自主创新发展。这是因为后发大国市场规模的扩张对自主创新增速始终存在正向影响，虽然自主创新增速的提升速度不断放缓，但对模仿创新增速的影响则呈现先正后负的倒 U 形门槛特征。这一结果也暗示当宏观层面采取以自主创新替代模仿创新的战略时，

图 1 不同创新战略下后发大国的技术进步路径

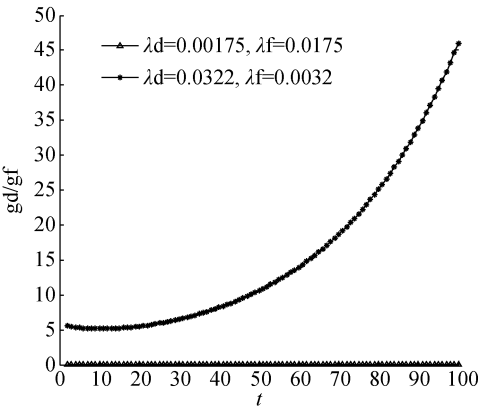
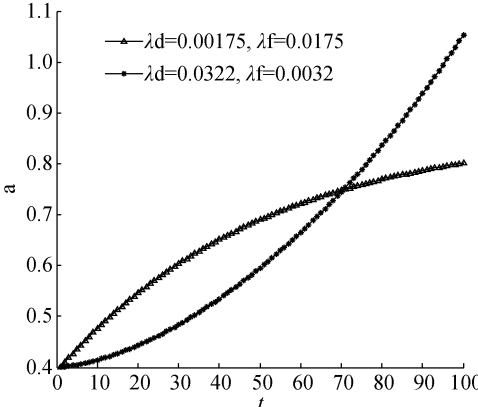


图 2 不同创新战略下后发大国的技术赶超态势



① 模型有效性检验的结果请见《经济科学》官网“附录与扩展”。

研发投入资源向自主创新的不断倾斜,并未伴随研发产出层面两类创新模式相对贡献率的同等变化,市场规模扩张对技术进步路径转换的影响确实存在一定的时滞性。而促进技术进步路径变迁的市场规模门槛值为 187 957.90 亿元,即当中国实际 GDP 超过该水平时,市场规模的扩大能够促进技术进步路径向自主创新转换。

图 2 为两类创新战略下后发大国技术赶超的动态演进趋势,数据显示后发大国无论采取何种创新战略,伴随着国内市场规模的扩张,后发大国与先发国家的技术差距均不断缩小。若选择自主创新与模仿创新相耦合的战略,则后发大国相对技术水平呈对数型增长,经济体初期的相对技术水平提升较快,但国内市场规模的扩张使其增速下降;但若选择以自主创新替代模仿创新的战略,则该国相对技术水平的提升呈指数型增长,初期相对技术水平的增速较慢,后期增长的本地市场需求能发挥指数型规模经济效应,使相对技术水平加速提升。第 1—70 期在以自主创新替代模仿创新的战略下技术赶超态势均滞后于两类创新相耦合的战略,但从第 71 期态势出现逆转,实施以自主创新替代模仿创新的战略相对技术水平出现反超。从长期来看,若选择以自主创新替代模仿创新的战略,市场规模的扩张将提升均衡的相对技术水平;但若实施自主创新与模仿创新相耦合的战略,则不断扩大的市场规模将抑制均衡的相对技术水平提升。

结合图 1 和图 2 的数值模拟结果可以发现:中国当前的经济规模正处于由超大转向超强的阶段。为避免陷入低水平均衡陷阱,以技术赶超为战略目标、实施以自主创新替代模仿创新的战略能够提高均衡的相对技术水平,因而中国实施的创新驱动发展战略是适应当下国内市场规模的。但若从技术进步路径转换的视角看,在该类创新战略引导下,扩大的市场规模短期内将使自主创新对技术进步的贡献率下降。而从长期来看,随着中国经济规模由超大转向超强,市场规模的扩张不仅能提升均衡的技术水平,更能分散自主创新风险和研发成本,支撑创新模式的转变,使技术进步路径向自主创新切换。

(三) 创新战略的强度调整

在此基础上,本文进一步分析创新战略强度的调整对后发大国技术进步路径转换和技术赶超的影响,即使 λ_D 和 λ_F 上下浮动 20%,以此表示两类创新战略向自主创新和模仿创新倾斜的强度。^①

一方面,在自主创新与模仿创新相耦合的战略下,调整模仿创新技术改善程度的作用更为明显,而自主创新的影响并不显著。在该类创新战略下,通过提高模仿创新的技术改善程度能提升后发大国的相对技术水平。但与此同时,创新战略向模仿创新的倾斜将使技术进步路径加深对模仿创新的依赖,偏离该战略以模仿创新促进自主创新、推动两类创新耦合发展的目标。另一方面,在以自主创新替代模仿创新的战略下,提高自主创新技术改善程度的作用更加显著,表明在该类战略下加大向自主创新的倾斜程度可以使扩张的市场规模更好地推进后发大国的技术进步路径转换和技术赶超。以自主创新替代模仿创新战略强度的增加,能够强化大规模市场对技术进步路径转换的促进作用,使后发大国技术进步路径由模仿创新转向自主创新的拐点提前,最终使该国均衡的相对技术水平提高,发挥研发创新层面的超大市场规模经济优势。^②

① 创新战略强度调整的图形结果请见《经济科学》官网“附录与扩展”。

② 由于创新成本参数的调整亦将影响研发资源配置,本文进一步考虑在创新成本参数调整时,后发大国技术进步路径与相对技术水平的动态演变轨迹,对比分析结果请见《经济科学》官网“附录与扩展”。

（四）创新战略的动态调整

后发大国所实施的创新战略并非一成不变，而是一个持续推进不断深化的过程，本文进一步考虑采取时变创新战略时，随着市场规模的逐步扩张，后发大国技术进步路径和技术赶超的动态演进趋势。^① 结果假设两类创新模式实现的技术改善随时间变化即 $\lambda_D(t+1) = \lambda_D(t) \times (1 + g_{\lambda D})$, $\lambda_F(t+1) = \lambda_F(t) \times (1 + g_{\lambda F})$ ，分别设置 $g_{\lambda D}$ 和 $g_{\lambda F}$ 为 2%、-2% 和 0。

在自主创新与模仿创新相耦合的战略下，基准情形设定为 $g_{\lambda D} = g_{\lambda F} = 0$ 。首先，将基准情形 $g_{\lambda D} = 0$ 替换为 $g_{\lambda D} = 2\%$ 或 $g_{\lambda D} = -2\%$ ，后发大国技术进步路径和技术赶超态势几乎与基准情形重合，表明通过调整 λ_D 使创新战略不断弱化（深化），对该战略的政策效应影响甚微。但若将 $g_{\lambda F} = 0$ 替换为 $g_{\lambda F} = 2\%$ ，随着市场规模的持续扩张，技术进步路径偏向模仿创新的速率加快，且技术差距收敛速度也同步增加，其演进趋势领先于基准状态，且领先程度逐渐放大；而若设置 $g_{\lambda F} = -2\%$ ，使模仿创新战略强度持续减弱，后发大国的技术进步路径和技术赶超的演进趋势则相对滞后。

在以自主创新替代模仿的战略下，基准状态设定 $g_{\lambda D} = g_{\lambda F} = 0$ ，将 $g_{\lambda D} = 0$ 替换为 $g_{\lambda D} = 2\%$ 时，与基准状态相比后发大国技术进步路径和相对技术水平的演变轨迹出现超前变化。但若将 $g_{\lambda D} = 0$ 替换为 $g_{\lambda D} = -2\%$ ，后发大国技术进步路径和技术赶超的变化趋势滞后于基准状态，且二者差距不断扩大。在市场规模逐步增加条件下，技术进步路径朝向自主创新的强度弱化，技术差距的收敛速度减缓。若将基准情况 $g_{\lambda F} = 0$ 替换为 $g_{\lambda F} = 2\%$ 或 $g_{\lambda F} = -2\%$ ，后发大国技术进步路径和技术赶超态势几乎与基准情形重合，表明通过动态改变 λ_F 持续推进创新战略的不断弱化或深化，战略调整收效甚微。整体而言，与直接调整创新战略强度相比，持续调整创新战略强度虽然具有一定的时滞性，但能够进一步释放超大规模市场优势的指数效应。

（五）稳健性检验

本文在校准参数时，参考 Acemoglu 和 Cao（2015）的做法直接设定自主创新与模仿创新技术改善程度的相对大小。然而，以发达国家经验事实为基础的文献与中国技术赶超的实际情况并不相同。为此，本文考察技术改善程度相对大小的变化是否对技术进步路径和技术赶超产生影响，以检验模拟结果的稳健性。^②

在自主创新与模仿创新相耦合的战略下，基准情形为 $\lambda_D = 0.00175$ ， $\lambda_F = 0.0175$ ， $\lambda_F/\lambda_D = 10$ 。情形一保持自主创新的技术改善程度 $\lambda_D = 0.00175$ 不变，设定 $\lambda_F = 0.00875$ ， λ_F/λ_D 由 10 调整为 5，伴随着市场规模的不断增加，后发大国技术进步路径对模仿创新的依赖程度减弱，但相对技术水平也出现下降。情形二考虑 $\lambda_F = 0.0175$ 不变，将自主创新的技术改善程度 λ_D 调整为 0.0035，使 $\lambda_F/\lambda_D = 5$ ，后发大国技术进步路径和技术赶超态势几乎未发生改变。与情形二相比，情形一的参数调整对模拟结果的影响较大，但这一影响究竟是源于自主创新的技术改善还是两类创新技术改善比值的调整，仍有待进一步探究。因此，情形三和情形四均设定 $\lambda_F/\lambda_D = 10$ ，但前者设定 $\lambda_F = 0.00875$ ，与情形一相同，而后者设定 $\lambda_D = 0.0035$ ，与情形二一致。结果发现，将情形一与情形三对比，两种情形下模仿创新的技术改善程度相同，自主创新的技术改善程度与两类创新模式技术改善的比值不同，但技术进步路径和技术赶超态势几乎一致。同时，将情形二

① 创新战略动态调整的图形结果请见《经济科学》官网“附录与扩展”。

② 稳健性检验图形结果请见《经济科学》官网“附录与扩展”。

与情形四对比,两种情形下自主创新的技术改善程度相同,模仿创新的技术改善程度与两类创新模式技术改善的比值不同,但技术进步路径和技术赶超态势发生改变。

将上述四种情形与基准情形进行对比分析可知,在该类创新战略下,影响后发大国技术进步路径和技术赶超态势的关键在于模仿创新所实现的技术改善程度;在自主创新替代模仿创新的战略下,影响后发大国技术进步路径和技术赶超态势的关键在于自主创新所实现的技术改善程度,两类创新的技术改善程度均采用中国实际数据进行了参数校准。引用文献直接设定两类创新的技术改善程度之比并不影响技术进步路径和技术赶超态势,验证了模拟结果的稳健性。

五、结论和政策建议

本文建立了一个后发大国的内生技术进步模型,演绎不同创新战略下市场规模对以技术进步路径转换和技术赶超的作用机理。结合中国的经验数据,本文数值模拟了不同创新战略类型和强度下,随着国内市场规模的不断扩张,技术进步路径转换和技术赶超的动态演进轨迹,研究发现:第一,研发创新的规模经济优势表现在庞大的市场规模能够强化企业创新动机,分摊高额的创新成本,降低研发风险,提高创新成功率。第二,在自主创新与模仿创新相耦合的战略下,不断扩张的市场规模将抑制经济体向技术前沿收敛,并加深技术进步对模仿创新的依赖度。在以自主创新替代模仿创新的战略下,市场规模对技术进步路径和技术赶超的影响存在非一致的U形门槛效应,且促进技术进步路径转换的市场规模门槛滞后于技术赶超的门槛。第三,为避免陷入低水平收敛陷阱,应选择技术赶超为基准目标,及时推进和不断强化以自主创新替代模仿创新的战略,以进一步释放市场规模优势的指数效应。第四,中国实施的创新驱动发展战略是适应当下市场规模的现实选择,但因经济尚处于由超大转向超强的阶段,扩张的市场规模将使自主创新对技术进步的贡献率先降后升。看似效果不佳的创新战略调整实际上源于不同的战略目标选择及政策效果的滞后性。

加快形成双循环新发展格局,既需要以超大规模市场引致内生技术创新,也需要国家层面的创新战略支撑,以有效突破“卡脖子”技术难题。本文提出如下政策建议:首先,以国内需求为基础,进一步挖掘和发挥创新的超大规模市场优势。应当通过交通、通信、政策和制度增强地区市场之间的互联互通,打破市场分割,提高市场一体化程度;通过整合商品市场需求,深化要素市场化改革,形成真正统一的国内大市场;通过多措并举改善初次收入分配和再分配的不平等,释放内需潜力和扩大内需容量,加速形成国内经济大循环,将超大的市场规模转化为自主创新的利润,通过利润激励机制强化企业创新动机。

其次,以内需驱动自主创新,以高质量供给创造需求,促进自主创新与市场需求的良性循环。应当完善市场制度环境,增强超大规模市场的集聚效应,促进形成强大的国内市场,实现中国经济由超大转向超强,并以强大的市场需求为基础,分散企业研发创新风险;提高市场竞争程度,强化研发主体和消费者的学习互动效应,优化创新试错机制,提升创新成功率。以内需驱动创新模式由引进模仿转向自主创新,一方面能够以高质量供给创造新需求,继而利用不断扩张的需求引致供给质量提升,形成需求与供给的动态均衡畅通国内经济大循环的堵点;另一方面,也成为深度参与国际技术合作、重构国际创新联盟的新优势,并构成以内为主参与国际大循环的重要基础。

最后,坚持创新驱动发展战略的引领和支撑作用,疏导大规模市场需求诱致创新的制度性梗阻,发挥超大规模国内市场对关键核心技术的诱致作用。不能以先发国家技术

进步和国际市场需求为依托,应当坚持以国内市场需求为出发点,强调超大国内市场需求对企业原创性创新的引导作用。在这一过程中也需要发挥中国社会主义制度优势和政府顶层设计作用,及时甄别市场规模变化,适时推动创新战略方向转变,因产业而制宜,调整创新战略强度。当创新战略调整后,市场规模将引致自主创新贡献率先降后升。为缩小技术进步路径转换和技术赶超双重门槛之间的差距,缩短自主创新贡献率下降的周期,应打破制约创新模式转变的体制障碍,完善有利于保护创新成果的产权制度、研发人员的绩效管理和收益分配制度,以激发研发主体的创新活力和创新潜力。

参考文献:

1. 陈丰龙、徐康宁:《本土市场规模与中国制造业全要素生产率》[J],《中国工业经济》2012年第5期,第44—56页。
2. 方福前、邢炜:《经济波动、金融发展与工业企业技术进步模式的转变》[J],《经济研究》2017年第12期,第76—90页。
3. 傅晓霞、吴利学:《技术差距、创新路径与经济赶超——基于后发国家的内生技术进步模型》[J],《经济研究》2013年第6期,第19—32页。
4. 国务院发展研究中心课题组:《充分发挥“超大规模性”优势 推动我国经济实现从“超大”到“超强”的转变》[J],《管理世界》2020年第1期,第1—7页。
5. 黄先海、宋学印:《准前沿经济体的技术进步路径及动力转换——从“追赶导向”到“竞争导向”》[J],《中国社会科学》2017年第6期,第60—79页。
6. 林毅夫、张鹏飞:《后发优势、技术引进和落后国家的经济增长》[J],《经济学》(季刊)2005年第4期,第53—74页。
7. 刘伟:《以新发展格局重塑我国经济新优势》[N],《经济日报》2020年9月24日1版。
8. 刘元春:《正确认识和把握双循环新发展格局》[N],《学习时报》2020年9月9日3版。
9. 刘小鲁:《知识产权保护、自主研发比重与后发国家的技术进步》[J],《管理世界》2011年第10期,第10—19页。
10. 吕一博、韩少杰、苏敬勤:《翻越由技术引进到自主创新的樊篱——基于中车集团大机车的案例研究》[J],《中国工业经济》2017年第8期,第174—192页。
11. 欧阳峤、汤凌霄:《大国创新道路的经济学解析》[J],《经济研究》2017年第9期,第11—23页。
12. 欧阳峤、罗富政、罗会华:《发展中大国的界定、遴选及其影响力评价》[J],《湖南师范大学社会科学学报》2016年第6期,第5—14页。
13. 王林辉、袁礼:《有偏型技术进步、产业结构变迁和中国要素收入分配格局》[J],《经济研究》2018年第11期,第115—131页。
14. 肖利平、谢丹阳:《国外技术引进与本土创新增长:互补还是替代——基于异质吸收能力的视角》[J],《中国工业经济》2016年第9期,第75—92页。
15. 叶祥松、刘敬:《异质性研发、政府支持与中国科技创新困境》[J],《经济研究》2018年第9期,第116—132页。
16. 余泳泽、张先轸:《要素禀赋、适宜性创新模式选择与全要素生产率提升》[J],《管理世界》2015年第9期,第13—31页。
17. 张杰、陈志远、吴书凤、孙文浩:《对外技术引进与中国本土企业自主创新》[J],《经济研究》2020年第7期,第92—105页。
18. 郑江淮、郑玉:《新兴经济大国中间产品创新驱动全球价值链攀升——基于中国经验的解释》[J],《中国工业经济》2020年第5期,第61—79页。
19. Acemoglu, D., Aghion, P., Zilibotti, F., 2006, “Distance to Frontier, Selection, and Economic Growth” [J], *Journal of the European Economic Association*, Vol. 4, No. 1: 37-74.
20. Acemoglu, D., Cao, D., 2015, “Innovation by Entrants and Incumbents” [J], *Journal of Economic Theory*, Vol. 157: 255-294.
21. Aghion, P., Howitt, P., 2008, *The Economics of Growth* [M], MIT Press.

22. Alesina, A. , Spolaore, E. , Wacziarg, R. , 2000, “Economic Integration and Political Disintegration” [J], *American Economic Review*, Vol. 90, No. 5: 1276-1296.
23. Barro, R. J. , Sala-i-Martin, X. , 2003, *Economic Growth* [M], MIT Press.
24. Basu, S. , Weil, D. N. , 1998, “Appropriate Technology and Growth” [J], *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 113, No. 4: 1025-1054.
25. Hermosilla, M. , Wu Y. , 2018, “Market Size and Innovation: The Intermediary Role of Technology Licensing” [J], *Research Policy*, Vol. 47, No. 5: 980-991.
26. Keller, W. , Yeaple, S. R. , 2009, “Multinational Enterprises, International Trade, and Productivity Growth: Firm-level Evidence from the United States” [J], *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 91, No. 4: 821-831.
27. Krugman, P. R. , 2003, *The Great Unravelling: From Boom to Bust in Three Scandalous Years* [M], Penguin Books Limited.
28. Lee, J. , 1996, “Technology Imports and R&D Efforts of Korean Manufacturing Firms” [J], *Journal of Development Economics*, Vol. 50, No. 1: 197-210.
29. Los, B. , Timmer M. P. , 2005, “The ‘Appropriate Technology’ Explanation of Productivity Growth Differentials: An Empirical Approach” [J], *Journal of Development Economics*, Vol. 77, No. 2: 517-531.
30. Lucas, R. E. , Moll, B. , 2014, “Knowledge Growth and the Allocation of Time” [J], *Journal of Political Economy*, Vol. 122, No. 1: 1-51.
31. Romer, P. M. , 1990, “Endogenous Technological Change” [J], *Journal of Political Economy*, Vol. 98, No. 5: S71-S102.

The Path of Technical Change and Technological Catch-Up Strategy

Yuan Li¹, Wang Linhui², Ouyang Yao³

(1. Business School, Hunan Normal University)

(2. Faculty of Economics and Management, East China Normal University)

(3. Center of Large Country Economy Research, Hunan Normal University)

Abstract: Based on the endogenous technological progress framework of the large backward countries, this paper deducts the effect of market size on technological catch-up and technical change path under different innovation strategies. The results show that under the strategy of innovation and imitation coupling, the expansion of market size will inhibit its convergence to the technological frontier, and deepen the dependence of technological progress on imitation. Under the strategy of substituting innovation for imitation, the impact of market size on technical change path and technological catch-up presents an inconsistent “U-shaped” threshold effect, and the threshold of market size promoting the transformation of technical change path lags behind that for the technological catch-up. This paper suggests timely adjusting the strategy of substituting innovation for imitation with technological catch-up as a benchmark, and gradually releasing the advantages of economies of scale brought by innovation. The innovation-driven development strategy implemented by China is a realistic choice to the super-large scale of the economy. However, as the Chinese economy is still transitioning from super large to a super strong, the contribution of innovation to technical change will first drop and then rise.

Keywords: technological catch-up; market size; innovation; innovation strategy

JEL Classification: O11; O32; O33