

为什么大多数技术创新没有成为适应性技术

陈明明 郑 猛

〔摘要〕 为什么大多数技术创新出现后迅速走向消亡，仅少数成为适应性技术？现有的研究缺少一个较为完整的关于技术创新市场选择动态机制的经济学分析框架。从生产商和消费者的选择行为出发，通过演绎推导市场对技术创新需求的影响，并在借鉴演化经济学个体群变迁理论的基础上构建技术创新的选择复制因子方程，发现市场中存在一个“优胜劣汰”的技术创新选择机制，能够自动地筛选出最符合市场需求的适应性技术。当其他条件不变时，如果一项技术创新的某个经济属性的特征优于技术创新竞争群的平均水平，那么该技术创新的市场占有率将趋于上升，反之将趋于下降，最终具有最优经济属性特征的技术创新会被市场选择并成为适应性技术。市场正是在具有异质性增速的技术创新中将适应性技术选出来的，而技术外溢性特征与产品竞争的完全程度制约着技术创新竞争群的构成及发生变迁的速率。

〔关键词〕 异质性技术创新；市场选择动态机制；适应性技术；技术外溢性；市场需求；生产商；消费者

〔中图分类号〕 F124.3 〔文献标识码〕 A 〔文章编号〕 1000-4769 (2021) 01-0105-09

一、引言及文献回顾

技术创新是一个经济体不断发展的核心因素，技术创新能否引领经济高质量发展取决于技术创新与市场有效需求的匹配结果，也即技术创新的市场选择结果。随着我国经济增长的动力由要素驱动向创新驱动转变，我们正面对一个多样化的技术创新局面。对此，究竟市场是如何进行动态选择的？这一问题已越来越成为政府部门和学界关注的焦点。

当诸多新技术出现后，大多数技术创新被市场淘汰，仅有少数技术创新能够得到市场的认可并成为适应性技术^①，对此以失效专利寿命所衡量的技术生命周期的统计数据即可说明。^②根据国家知识产权局公布的《中国有效专利年度报告（2014年）》，2014年，寿命在10年及以下（申请于2004年或之后）的国内、国外失效发明专利占各自总失效发明专利的比重分别为98.2%、81.9%，寿命在15年及以上（申请于1999年或之前）的占比分别为0.24%、6.5%；寿命在5年及以下（申请于2009年或之后）的国内、国外实用新型专利占比分别为87.3%、84.9%，寿命在5年以上的占比分别为12.7%、

〔基金项目〕 国家社会科学基金青年项目“新一轮科技革命中技术创新的市场选择机制研究”（19CJL036）

〔作者简介〕 陈明明，青岛大学商学院副教授，博士，山东 青岛 266071；

郑 猛，中国社会科学院拉丁美洲研究所助理研究员，博士，北京 100007。

15.1%；寿命在5年及以下（申请于2009年或之后）的国内、国外外观设计专利占比分别为91.5%、49.7%，寿命在5年以上的占比分别为8.5%、50.3%。至于专利寿命结束的原因大致分为未缴年费终止、放弃专利权、届满终止和其他四种，以前两种为主，即专利失效的主要原因是被自动淘汰、放弃。以2014年为例，国内因未缴年费而终止的占51.7%，放弃专利权的占11.2%，届满终止的占1.3%，其他占35.8%；国外因未缴年费而终止的占44.0%，放弃专利权的占3.2%，届满终止的占6.4%，其他占46.4%。我们将要讨论的问题是，为什么大多数技术创新在面市后不久便被市场淘汰，而只有少数能幸存于市场？市场主体对技术创新的选择机制是什么？对这一问题的研究将有助于探索技术创新的内在规律。

检索文献，目前有关技术创新选择的研究主要集中于三个方面：一是从宏观视角研究国家层面的技术创新选择。不同国家的要素禀赋结构具有差异性，同样要素组合比例的技术创新在不同的国家其生产的成本会不相同。^③部分学者按照比较优势理论和新结构主义经济学理论，认为一个国家应选择与自身要素禀赋优势相符的技术创新^④，这些技术通过优化产业结构等途径或促进该国经济发展^⑤，或导致资源错配，阻碍经济的长期增长。^⑥二是从微观视角研究企业的技术创新选择。企业在选择技术创新时不仅需要考察技术创新的类型及其演化规律^⑦，而且需要结合企业自身的发展状况。^⑧基于此，部分学者认为，由于不同的技术创新对消费者欲望的满足程度不同，且技术创新在一定程度上要服从正反馈、网络外部性及规模经济等演化规律^⑨，因此企业应在顺应技术创新自身演化规律的条件下选择能为消费者带来更大效用的创新项目。另有部分学者认为，企业是一个自适应性经济组织，其生产经营活动遵循着适应性主体行为的一般模式，因此在选择技术创新时应考虑企业主体复杂性、发育程度、环境变迁等因素。^⑩三是从实证角度定量研究不同主体的技术创新。林毅夫（2002）利用技术创新选择适宜度指标测算了全球40多个国家制造业的技术选择与适宜性程度，并利用有关国家的数据检验了选择适宜性技术到底是否有利于经济增长。^⑪康志勇（2013）在适宜性技术理论框架下，利用我国制造业大样本企业数据，对企业技术创新选择是否越先进越好这一问题进行检验，结果发现忽视自身比较优势，过度追求先进技术反而会降低企业自身的创新绩效。^⑫陈雯、苗双有（2016）在异质性企业的分析框架下，通过采用2000-2006年中国制造业企业数据，验证了中间品贸易自由化对企业技术创新选择的影响，发现中间品贸易自由化促使企业选择了高水平的技术。^⑬

尽管现有研究从不同视角对技术创新的市场选择进行了分析，但仍存在明显的不足之处。一是大部分研究仅强调政府和企业技术创新市场选择中的作用，忽视了来自最终选择主体的消费者的影响。二是由于在与市场需求相匹配中，最优的技术创新是通过逐渐被消费者认可和生产者采用进而成为适应性技术的，因此技术创新市场选择本质上是一种动态过程，但是现有文献主要基于新古典经济学理论，在静态分析视角下对技术创新的市场选择进行分析，难以揭示技术创新的市场动态选择过程。鉴于此，本文基于演化经济学的相关概念，借鉴生物学中的进化算法原理构建技术创新的选择复制因子方程，揭示市场选择技术创新的动态过程及其机理。显然，该研究应该具有一定的理论和实践意义。

二、理论分析与研究假说

从选择行为主体的维度看，一项技术创新的市场需求来自两个方面：一是生产商对技术创新的直接选择，二是消费者通过选择产品对相应技术创新做出的间接选择。因此从微观视角，可以分别从生产商和消费者的选择行为出发，推导技术创新的市场需求动态，进而得出由供需双侧共同决定的技术创新需求；再借鉴演化经济学个体群变迁理论，通过构建技术创新选择复制因子方程揭示市场到底是如何在具有异质性增速的技术创新中将适应性技术选出来的。

1. 生产商对技术创新的选择及其对技术创新市场需求增长的影响

不同的技术创新具有不同的自然物理属性特征，首先需要利用经济学概念将技术创新的物理属性差别抽象地概括为经济属性差异，在此基础上运用经济学分析范式对技术创新的市场选择机理进行阐释。对于生产商而言，相互竞争中的不同技术创新在三个经济属性方面存在异质性。第一，不同技术创新具有不同的要素偏向性。假设生产一种产品需要投入生产要素A和B，当一项技术创新在生产过程中使生产要素A的边际生产力提高的水平大于生产要素B时，该技术创新是要素B节约型技术，同时是偏向于要素A的；反之，该技术创新是要素A节约型技术，同时是偏向于要素B的。技术创新的有偏性导

致不同技术创新在生产同类产品时需要投入的生产要素（劳动、资本和土地等）的组合比例不同。与此同时，生产要素的价格是由当地的要素禀赋结构决定的，即使相同的生产要素也会因其所在地区的丰裕程度不同而价格各异。因此具有不同要素偏向性的不同技术创新，其边际成本因地区要素禀赋结构不同而具有差异性。第二，不同技术创新具有不同的营利性。一项技术创新的市场竞争力取决于盈利能力，盈利与否将决定生产商是淘汰当前所采用的技术创新还是继续使用并扩大其规模；而产品的售价与生产成本是影响技术创新营利性的重要因素。由于生产商对其生产的产品拥有定价权，不同企业将根据各自的生产成本以及竞争对手的行为策略（定价策略、进入或退出市场策略）制定产品价格，因此不同技术创新下生产的产品价格会随生产商的不同而不同；加之不同技术创新因要素有偏性导致生产成本不同，因此不同的技术创新是具有不同盈利能力的。第三，不同技术创新具有不同的外溢性。潜在生产者获取一项新技术的难易程度与该技术创新的外溢性特征有密切关联性，而技术创新保护、生产分工程度及技术专用性等是影响技术创新外溢性的关键因素。首先，生产商是否采取行动保护所拥有的技术创新取决于该技术创新带来的预期收益与保护成本之间的关系：当预期收益高于保护成本时，该技术创新被潜在生产者获取的壁垒会高；反之，该技术创新的溢出壁垒便低。其次，当一项技术创新的生产环节向外延伸越广、越深，或者由于其生产规律决定需要与其他生产主体合作，该技术创新的溢出效应便越大，也越容易被潜在生产者获取；反之，该技术创新的外溢效应越弱。最后，不同技术创新载有不同层次的知识体系，当技术创新所属的知识体系层次越高，其技术的专用性越强，技术创新向外扩散的能力越差；反之，技术创新的通用性越高，外溢能力越强。

基于以上分析，假设市场存在 l 种因生产同一类产品而相互竞争的异质性技术创新，并由此构成一个技术创新的竞争群，那么借鉴梅特卡夫的研究方法^⑩可将生产商对技术创新的市场需求模型设定为：

$$g_{sit} = - \frac{(\bar{c}_t - c_i) + (p_{it} - c_i)}{\ln \lambda} \quad (1)$$

其中， g_{sit} 为 t 期生产商对 i 技术创新的市场需求增速， p_{it} 为 t 期 i 技术创新生产的产品售价， c_i 为 i 技术创新的边际成本， \bar{c}_t 为 t 期技术创新竞争群的加权平均边际成本， λ 取值 $0 - 1$ 。 $\bar{c}_t - c_i$ 表示不同技术创新的要素有偏性特征。相对于竞争群中的其他技术创新，当 i 技术创新具有更低边际生产成本（ $\bar{c}_t - c_i > 0$ ）时，越来越多的潜在生产商将倾向于采用该技术创新，因此有利于提高其市场需求的增速；反之，则不利。 $p_{it} - c_i$ 表示不同技术创新的营利性特征。当 i 技术创新能够带来正的边际利润（ $p_{it} - c_i > 0$ ）时，生产商越倾向于继续使用该技术创新，并且会利用该技术创新所带来的利润扩大生产规模，提高市场需求增速；反之，生产商将淘汰该技术创新，降低其市场需求增速。参数 λ 表示技术创新的外溢性特征。当技术创新具有较强的外溢性（ λ 越大）时，潜在生产商获取该技术创新的难度越小，技术创新在市场上的扩散和普及能力越强，市场需求增速越大；反之，技术创新的市场扩散普及能力越弱，市场需求增速越小。

2. 消费者对技术创新的选择及其对技术创新市场需求增长的影响

在消费者看来，不同技术创新的异质性主要体现在所生产的产品的功能和价格两个方面。由于假设不同技术创新生产的是同一类产品，且产品质量无差异，都具有类似的功能，并能够满足消费者相同的需求，因此不同技术创新在其产品功能方面对消费者而言是相同的。但是现实中不同的技术创新存在不同的边际成本且生产商对各自产品的定价策略也不同，因此不同的技术创新在产品价格方面对消费者而言是有差异性的。为了最大化效用，当面对能够满足同样需求且价格各异的不同产品时，消费者会选择价格最低的产品，进而间接选出边际成本低而产品价格便宜的技术创新。

同时，不同产品之间的竞争完全程度也是制约消费者自由选择不同技术创新产品的重要因素之一。消费者在决定是否选择某一种产品时通常需要获取和比较其他同类产品的相关信息，比如价格、质量及功能等，在完全竞争状态下消费者可以毫无障碍地获得这些信息，而当存在市场分割程度、行政垄断保护等非竞争中性问题时，被歧视的产品会因市场进入壁垒无法同被保护产品进行完全竞争，使得相关产品的信息传播途径不通畅，导致消费者不能充分地比较市场上所有的异质性技术创新产品，难以做出最佳选择，最终制约了消费者对不同技术创新的间接选择。

根据上述分析，借鉴现有研究方法^⑪，可构建消费者对 i 技术创新的市场需求模型：

$$g_{di} = -\ln\eta (\bar{p}_t - p_{it}) + \bar{g}_{dt} \quad (2)$$

其中, g_{di} 为 t 期消费者对 i 技术创新的市场需求增速; \bar{p}_t 为 t 期技术创新竞争群的加权平均产品价格; \bar{g}_{dt} 为 t 期消费者对技术创新竞争群的平均市场需求增速, $\bar{g}_{dt} = \sum_{j=1}^l v_{jt} g_{dj}$, η 取值 $0-1$ 。 $\bar{p}_t - p_{it}$ 表示不同技术创新产品的价格差异性, 而产品价格水平代表着该技术创新在市场中的一种竞争力: 相对于竞争群中的其他技术创新, 当 i 技术创新所生产的产品价格比较低 ($\bar{p}_t - p_{it} > 0$) 时, 越来越多的消费者将倾向选择该产品, 市场对该技术创新的间接需求越来越旺盛, 进而有利于提高其市场需求增速; 反之, 如果越来越少的消费者选择该产品, 其市场需求增速将随之降低。参数 η 表示不同技术创新的产品竞争完全程度。当市场越接近于完全竞争状态 (η 越小) 时, 消费者获得的不同产品的相关信息越完全, 越能快速地选出价格最优的产品, 从而有利于提高市场对技术创新需求的增速; 反之, 将抑制。

3. 供需双侧市场对技术创新需求增长的影响

虽然技术创新存在生产商和消费者双侧的市场需求增长问题, 但在市场中却通通呈现为一种均衡增长速度。根据局部均衡理论, 市场竞争机制会使得供给与需求趋于平衡, 而在均衡状态下并不存在任何动力或激励改变这一现状, 即使该状态出现某种偏离也终将通过价格机制自动恢复初始位置。在“看不见的手”的作用下, 一项技术创新所生产的产品的供给与需求也会趋于均衡, 而在市场出清下, 产品价格能够使得该技术创新的供需双侧实现均衡式增长。

所以在市场均衡状态下, 生产商和消费者对技术创新需求的增长率相等, 即 $g_{sit} = g_{dit}$ 。将等式 (1) 和等式 (2) 进行联立, 得到 i 技术创新在 t 期所生产的产品的市场出清价格 p_{it} :

$$p_{it} = \frac{(-\ln\lambda) \bar{g}_{sit} + (-\ln\eta) (-\ln\lambda) \bar{p}_t + 2c_i - \bar{c}_t}{1 + (-\ln\eta) (-\ln\lambda)} \quad (3)$$

对上式两边进行加权平均, 得到技术创新群的平均产品价格 $\bar{p}_t = (-\ln\lambda) \bar{g}_{dit} + \bar{c}_t$, 将其代入等式 (3), 得到:

$$p_{it} = (-\ln\lambda) \bar{g}_{sit} + \frac{2}{1 + (-\ln\eta) (-\ln\lambda)} c_i + \frac{(-\ln\eta) (-\ln\lambda) - 1}{1 + (-\ln\eta) (-\ln\lambda)} \bar{c}_t \quad (4)$$

再将等式 (4) 代入等式 (1), 得到 i 技术创新在 t 期的市场需求增长率:

$$g_{it} = \bar{g}_{sit} + \frac{2(-\ln\eta)}{1 + (-\ln\eta) (-\ln\lambda)} (\bar{c}_t - c_i) \quad (5)$$

4. 技术创新的均衡市场与技术创新的市场选择复制因子

既然不同技术创新的均衡增长因其经济属性的差异而各异, 那么这些异质性的技术创新是如何动态竞争的? 市场又是如何选出适应性技术的? 英国现代进化论生物学家费希尔 (1999) 认为, 在生物种群的竞争演化过程中存在一个“优胜劣汰, 适者生存”的自然法则: 能够适应竞争环境生存下来的物种通常具有较快的繁衍速度, 而被淘汰物种的繁衍速度则较为缓慢。^⑥ 基于费希尔法则, 梅特卡夫 (2007) 提出了一种关于企业之间相互竞争的演化经济学理论, 该理论认为那些较好地满足消费者需求的企业能够凭借更快的扩张速度不断地扩大市场份额, 而那些难以满足市场需求的企业因扩张速度缓慢其市场份额受到不断压缩, 以此完成企业的“优胜劣汰”市场选择过程。^⑦ 鉴于生产同类产品的不同技术创新之间也存在竞争, 可借鉴费希尔法则揭示和阐释技术创新的市场选择动态机制。如果市场上存在一簇相互竞争的技术创新, 那么这些不同类型的技术创新便构成类似于生物种群的竞争种群。根据费希尔法则, 竞争个体的扩张速度决定其在竞争群中的比重变化。当不同类型的技术创新有不同市场需求的增长率时, 各自在市场中的占有率将呈现不同的变迁趋势, 即技术创新的市场需求增速决定其市场占有率的变迁。种群中的竞争个体的增长一般遵循指数式和 Logistic 式两种形式, 指数式增长因资源无约束而不存在增长的上限, Logistic 式增长因资源约束而存在增长的极限。一方面, 相对于供给而言, 人的需求具有无限大特点, 且随着科学技术的不断发展, 有限资源对需求的约束将得到一定缓解; 另一方面, 受正反馈和网络外部性影响, 技术创新的扩散是呈现为几何级渗透式的。基于此, 假设技术创新的市场需求是以指数式增长^⑧, x_{i0} 、 X_0 分别为初始期 i 技术创新的市场需求规模和技术创新竞争总群的市场需求规模 ($X_0 = \sum_{j=1}^l x_{j0}$), t 期的 x_{it} 、 X_t 则可分别表达为:

$$x_{it} = x_{i0} e^{g_{it} t} \quad (6)$$

$$X_t = X_0 e^{\bar{g}_t \times t} \quad (7)$$

其中, g_{it} 为 t 期 i 技术创新的市场需求的增速; \bar{g}_t 为 t 期技术创新竞争群的加权平均市场需求的增速, $\bar{g}_t = \sum_{i=1}^I v_{it} g_{it}$; v_{it} 为 i 技术创新在 t 期市场中的占有率, $v_{it} = x_{it}/X_t$ 。根据公式 (6) 和公式 (7), 可以推出离散时间条件下 i 技术创新的市场占有率从 t 期到 $t + \Delta t$ 期的变化:

$$\Delta v_{it} = v_{i(t+\Delta t)} - v_{it} = (e^{(g_{it} - \bar{g}_t) \times \Delta t} - 1) v_{it} \quad (8)$$

由于技术创新之间的竞争以及市场占有率变动在时间上是连续的, 当假设公式 (8) 中的时间间隔无限趋于零时, 便可推导出连续时间条件下 i 技术创新的市场占有率变动:

$$v_{it}' = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v_{it}}{\Delta t} = v_{it} (g_{it} - \bar{g}_t) \quad (9)$$

等式 (9) 也称为技术创新的市场选择复制因子方程, 是费希尔法则在演化经济学中的一个应用, 揭示了市场在一簇技术创新中选择适应性竞争个体所要遵循的基本原则: 技术创新的市场需求增速与技术创新竞争群平均市场需求增速共同决定该技术创新市场占有率的变化方向。当 t 期 i 技术创新的市场需求增速大于技术创新竞争群的平均水平时, 该技术创新的市场占有率变动为正, 说明其市场份额是不断扩大的; 反之, 该技术创新的市场占有率变动为零或为负, 表明其市场份额没变或逐渐缩小。

5. 技术创新的市场选择复制因子与技术创新的市场选择动态机制

为了从微观视角揭示市场选择技术创新的动态过程, 现将 i 技术创新的均衡增长率表达式 (5) 代入等式 (9), 得到该技术创新的 t 期市场占有率变动的复制因子表达式:

$$\frac{dv_{it}}{dt} = v_{it} \frac{2(-\ln \eta)}{1 + (-\ln \eta)} \frac{(\bar{c}_t - c_i)}{(-\ln \lambda)} \quad (10)$$

根据式 (10), 影响一项技术创新市场占有率变动的最终因素是该技术创新的边际成本、外溢性以及产品竞争完全程度。第一, 边际成本低的技术创新在市场中的占有率趋于上升。当一项技术创新的边际成本具有优势 ($\bar{c}_t - c_i > 0$) 时, 生产商为了获得最大利润, 对其生产的产品的定价相对较低, 不同技术创新下生产的不同产品具有相同效用时, 消费者将选择低价格产品; 随着消费者对低价格产品需求的增加, 该技术创新为生产者带来的利润也不断上升, 引致在位企业不断扩大该创新技术的使用, 并吸引潜在生产者纷纷采用, 而市场需求增加会提高该技术创新的市场占有率水平, 尤其在竞争群中处于边际成本最低的技术创新, 其在市场中的占有率将持续提高, 直至获得全部市场份额, 成长为适应性技术。第二, 边际成本高的技术创新在市场中的占有率趋于下降。当一项技术创新的边际成本具有劣势 ($\bar{c}_t - c_i < 0$) 时, 采用该技术创新的生产商为了弥补生产成本, 对所生产的产品的定价会相对较高。面对市场上价格不一但功能相同的产品, 消费者将不会选择且会淘汰高价格的产品。随着越来越少的消费者选择高价格产品, 生产者将逐渐淘汰生产成本较高的技术创新, 重新寻找边际成本低的技术创新, 使边际成本较高的技术创新在市场中的占有率不断下降, 直至完全退出市场。第三, 技术创新的外溢性及产品市场竞争的完全程度影响其市场占有率的变动速度。首先, 当技术创新的外溢性越高 (λ 越大), 被潜在生产商选择获取的障碍越小, 越容易在市场中扩散和渗透, 市场占有率变动越迅速; 反之, 技术创新的市场占有率变动速度越缓慢。其次, 当技术创新产品的市场竞争越完全 (η 越小), 产品的相关信息在市场中的传播速度越快、越完整, 消费者越能迅速根据差异性价格信号选出收益更高的产品, 淘汰收益低的产品, 进而加速技术创新在市场中的占有率变动速度; 反之, 则抑制技术创新在市场中的占有率变动速度。

根据上述演绎推理, 提出以下命题假说:

命题 1: 市场中存在一个自发的、内生的“优胜劣汰”技术创新选择机制, 能筛选出最符合市场需求的适应性技术

命题 2: 当一项技术创新的某种经济属性的特征水平优于技术创新竞争群的平均水平时, 该技术创新的市场占有率将趋于上升, 且经济属性特征最优的技术创新将占领全部市场, 成为适应性技术; 反之, 该技术创新的市场占有率趋于下降, 直至完全退出市场

命题 3: 技术创新市场占有率的变动速度受技术外溢性特征的制约

命题 4: 技术创新市场占有率变动速度受产品市场完全竞争程度的制约

三、研究设计与仿真结果分析

1. 模型构建与参数设定

借鉴相关文献研究方法^⑨，接下来对技术创新的市场选择动态进行演化模拟，进而考察技术创新在不同状态下的变迁过程。

(1) 模型构建

根据技术创新市场选择复制因子方程，构建技术创新竞争群结构变迁的演化模型。由于竞争群中的平均边际成本是不同技术创新的边际成本的加权平均，因此不同的技术创新市场占有率变动是相互影响的，并且在任何时点上，技术创新市场的占有率之和为 1。按照等式 (10)，可构建技术创新竞争群结构变迁的微分方程组如下：

$$\begin{cases} \frac{dv_{1t}}{dt} = \frac{2(-\ln\eta)}{1 + (-\ln\eta)(-\ln\lambda)} v_{1t} (\bar{c}_t - c_1) \\ \frac{dv_{2t}}{dt} = \frac{2(-\ln\eta)}{1 + (-\ln\eta)(-\ln\lambda)} v_{2t} (\bar{c}_t - c_2) \\ \dots \\ \frac{dv_{(l-1)t}}{dt} = \frac{2(-\ln\eta)}{1 + (-\ln\eta)(-\ln\lambda)} v_{(l-1)t} (\bar{c}_t - c_{l-1}) \\ 1 = v_{1t} + v_{2t} + \dots + v_{(l-1)t} + v_{lt} \end{cases}$$

在生产成本异质性条件下，由于技术创新动态变迁方程组中存在 2 个参数（技术外溢性参数 λ 、产品市场竞争完全程度参数 η ）和 3 个变量（技术创新种类 l 、边际成本 c 以及技术创新的市场占有率 v ），故首先需要确定技术创新竞争群中的技术创新数量、技术创新边际成本及其初始权重（ v_{i0} ）。

(2) 模型参数设定

假设所模拟的技术创新竞争群包含 3 种类型的技术创新：边际成本最低的新兴技术、边际成本最高的传统技术以及边际成本介于两者之间的中间技术。虽然每一种类型的技术创新的边际成本相互独立，但不同技术创新在市場中的份额变动是相互依赖的。关于技术创新的生产成本，我们假设不同技术创新的边际成本具有差异性且取值范围在 0 - 1，新兴技术、中间技术、传统技术的生产成本分别为 $c_1 = 0.3$ 、 $c_2 = 0.5$ 、 $c_3 = 0.7$ ，且每项技术创新的边际成本不随时间的变化而变化。关于三种技术创新在市場中的初始占有率，我们假设传统技术在市場上已获得充分发展，其市场占有率最高；新兴技术开始出现于市場接受消费者的选择，市场占有率最小；中间技术的市场占有率介于两者之间。基于此，我们假设新兴技术、中间技术和传统技术在初始状态下的市场占有率分别为 $v_{10} = 0.05$ 、 $v_{20} = 0.35$ 、 $v_{30} = 0.6$ 。

2. 仿真模拟结果分析

(1) 技术创新引致的产品市场占有率的动态变迁

鉴于现实中大部分市場结构既不是完全竞争，也不是垄断，而是垄断竞争，根据 λ 和 η 的经济学含义，将技术创新外溢参数 λ 和产品市场竞争完全度参数 η 设定为 0.5，然后模拟垄断竞争状态下市場选择技术创新的动态过程，结果如图 1 所示。其中，纵轴为技术创新市场占有率 v ，横轴为时间 t ，假设时间单位为季度。根据图 1，技术创新竞争群的构成会随着时间的变化由多样性走向单一性。

边际成本最低的新兴技术的市场占有率持续上升，逐渐成为适应性技术。由于在技术创新竞争群发生结构变迁的 40 个季度中，新兴技术的边际成本始终低于竞争群的平均水平，其产品价格在所有类型的技术创新产品中也是最低的，这吸引越来越多的消费者选择其产品；随之采用新兴技术的在位生产商获得的利润水平持续增加，不仅使得在位企业有条件利用所积累的丰厚利润扩大新兴技术的生产规模，而且吸引其他企业也采用新兴技术，最终新兴技术的市场占有率的变动方向在任何时点均为正，市场份额持续上升，直至第 40 个季度新兴技术占领全部市場。根据这一分析，当一项技术创新的边际成本在竞争群中最低，该技术创新的市场占有率将不断趋于提高，逐渐成为适应性技术创新。

边际成本最高的传统技术其市场占有率则持续下降，最终被市場淘汰。从开始到第 22 个季度，传统技术的边际生产成本始终高于竞争群的平均水平，其产品价格也高于其他技术创新产品的价格。在产

品质量相同但边际成本不同的条件下，消费者通过识别不同的价格信息选择那些能够带来最大效用的产品，淘汰价格高的产品，进而使得高价格产品的市场需求不断下降，导致采用高边际成本的传统技术生产商无法获得正常利润甚至产生亏损，同时影响其他生产者对该传统技术的选择，致使在位企业逐渐淘汰该技术创新，使得传统技术的市场占有率不断缩小至零。相对于竞争群的平均水平，当一项技术创新的边际成本相对较高时，其市场占有率将持续趋于下滑直至完全退出市场。

中间技术的市场占有率为先上升，在第6个季度到来之前，中间技术的市场份额不断趋于上升，当升至最高点后趋于下降，最终被市场完全淘汰。因为在该时点以前，中间技术的边际成本低于技术创新群的平均水平，生产的产品的价格也低于平均市场价格，故消费者对该产品的需求呈上升，导致中间技术的市场占有率趋于上升直到第6个季度。随着时间的推移，传统技术的市场占有率不断下降，新兴技术的市场占有率不断上升，技术创新竞争群的平均边际成本不断下降；在第6个季度之后，竞争群的平均边际成本下降到中间技术的边际成本水平之下，中间技术所生产的产品的价格也开始高于竞争群的平均价格水平，此时其市场占有率逐渐由上升转为下降，直至第40个季度时中间技术完全地退出市场。

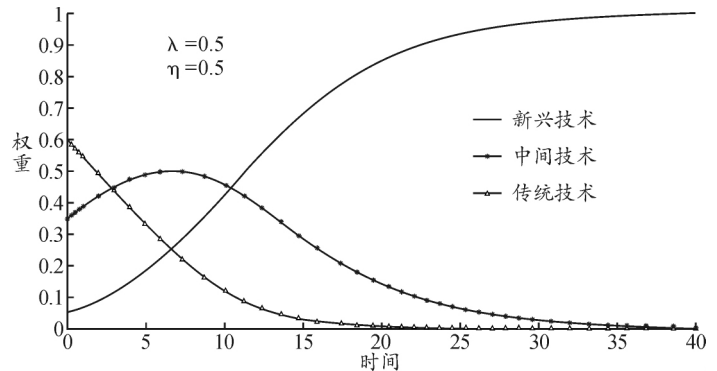


图1 技术创新竞争群的构成、变迁 ($\lambda=0.5$ 、 $\eta=0.5$)

由此命题1和命题2得以验证。

(2) 技术外溢性特征对市场选择的影响

探究技术外溢性对技术创新的影响，是在控制其他条件不变且仅改变技术外溢性后，分析新条件下技术创新的市场占有率变动过程相对于技术外溢性未变之前有何差异性。根据技术创新外溢性参数 λ 的含义，通过赋予 λ 三个不同的数值以区分三种不同的技术创新的外溢性：技术创新外溢性特征1 ($\lambda=0.99$)、技术创新外溢性特征2 ($\lambda=0.5$)、技术创新外溢性特征3 ($\lambda=0.2$)；随着参数值依次降低，三种技术创新的外溢性能力依次降低。不同技术外溢性特征下技术创新竞争群的构成会发生不同的变迁，如图2所示。

根据图2，无论是溢出效应最高的技术外溢性状态1，还是溢出效应较低的技术外溢性状态2和3，技术创新竞争群的构成所发生的变迁趋势与结果均相同：随着时间的不断推移，边际成本最低的新兴技术的市场占有率不断上升直至最后获得全部市场份额，成为唯一的适应性技术；边际成本最高的传统技术的市场占有率不断趋于下滑直至失去全部的市场份额；中间技术的市场占有率先上升后下降直至最终也被市场淘汰。

在不同的技术创新溢出性特征下，虽然技术创新竞争群的构成所发生的变迁趋势相同，但是技术创新在市场上的占有率变迁速度相差甚远。相对于技术创新溢出效应较低的状态2和3，技术创新竞争群的构成所发生的变迁速率在溢出效应最高的状态1中表现得更迅速。在状态1-3中，新兴技术完全占领全部市场的时间分别在第25个、第40个、第50个季度；中间技术的市场占有率达到最高的时间分别为第4个、第6个、第10个季度，而完全退出市场的时间分别是第25个、第40个、第50个季度；传统技术完全退出市场的时间分别为第15个、第22个、第28个季度。这说明技术创新外溢性降低将延缓技术创新竞争群构成者的变迁速率。原因在于虽然消费者对生产低价格产品的技术创新具有更强烈的间接需求，但是生产者会因溢出效应降低而受到制约，使该技术创新的难度大增，从而使得技术创新的市场占有率变迁速率被降低。由此命题3得以验证。

(3) 产品竞争完全程度对市场选择的影响

我们在对参数 η 赋予不同的数值后构建了三种差异性的产品竞争状态：产品竞争完全程度1 ($\eta=0.2$)、产品竞争完全程度2 ($\eta=0.5$)、产品竞争完全程度3 ($\eta=0.6$)，三种状态依次表示产品市场竞争越来越不完全。不同产品竞争完全程度下技术创新竞争群的构成所发生的变迁结果如图3。

根据图3，无论产品竞争程度最高的状态1，还是产品竞争程度较低的状态2和3，技术创新竞争群

构成所发生的变迁趋势与结果均相同：由多样性不断向单一性收敛。尽管如此，在不同产品竞争完全程度状态下，技术创新在市场上的占有率的变迁速率具有明显差异性：相对于竞争程度较为不完全的状态 2 和 3，技术创新竞争群构成所发生的变迁速率在竞争程度较高的状态 1 中表现得更迅速，新兴技术完全占领全部市场的时间在状态 1 比在状态 2 和 3 分别节约大约 17 个季度和 22 个季度；中间技术市场占有率达到最高的时间分别节约大约 2 个季度和 5 个季度，而完全退出市场的时间分别节约大约 17 个季度和 22 个季度；传统技术完全退出市场的时间分别节约大约 8 个季度和 12 个季度。由此说明，产品竞争不完全延缓了技术创新竞争群构成所发生的变迁速度。这是因为当产品竞争越不完全，消费者越难以快速地根据价格信息对不同技术创新下生产的产品做出选择，进而导致技术创新的市场选择过程延缓。由此命题 4 得以验证。

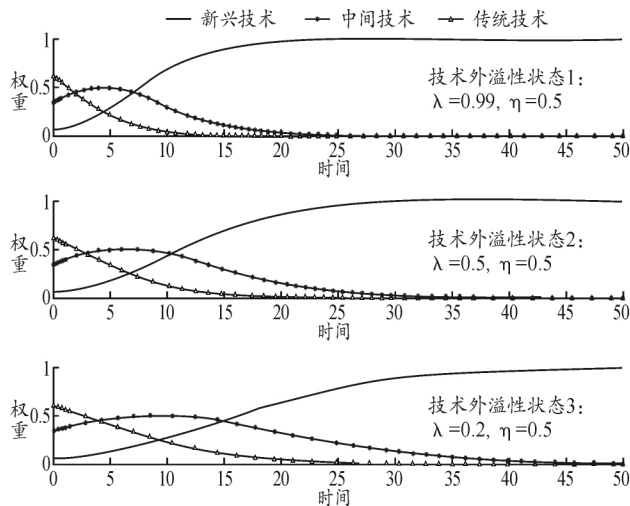


图 2 不同技术创新溢出性特征 (λ) 下技术创新的市场选择动态

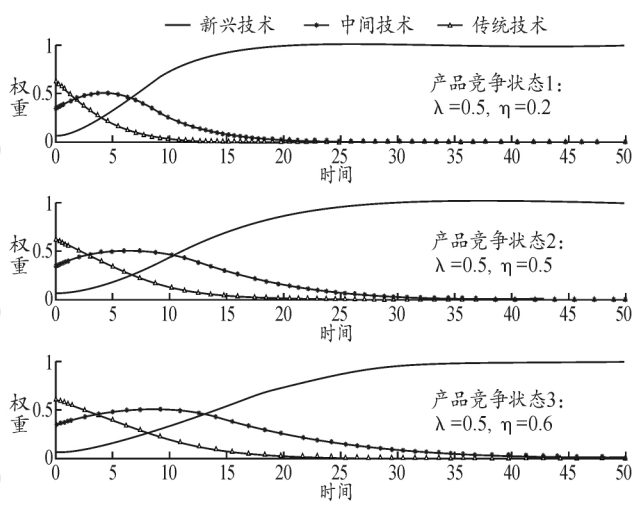


图 3 不同产品竞争完全程度 (η) 下技术创新的市场选择动态

四、研究结论与政策建议

大多数技术创新在出现后迅速走向消亡，只有少数技术创新能够幸存于市场并成为适应性技术，原因是什么？通过构建技术创新市场选择复制因子方程，从生产商和消费者的微观视角出发，揭示市场对技术创新的动态选择机制，我们发现：第一，市场中存在一个“优胜劣汰”的技术创新选择机制。第二，相对于竞争群的平均水平，当一项技术创新的某种经济属性特征更优时，该技术创新的市场占有率将不断趋于上升；反之，市场占有率将不断下降，最终拥有最优经济属性特征的技术创新将被市场选择，成为适应性技术创新，而其他技术创新则全部被市场淘汰。第三，技术创新外溢性特征和产品竞争完全程度将影响技术创新在市场中占有率的变迁速度，即当技术的外溢性越大、产品竞争越完全，技术创新的市场占有率变迁越快；反之，其市场占有率变迁越慢。

基于本文的研究结论，有以下几点政策启示：

1. 鼓励不同类型的技术创新通过市场竞争机制实现“优胜劣汰”。政府应着眼于新一轮科技革命和产业革命，围绕影响未来高质量发展的重要前沿战略性新兴产业，以产业升级需要为导向，建立和完善关于技术创新的竞争机制和体制，鼓励不同类型的前沿新兴技术创新参与市场的竞争，通过市场机制选出适应性技术，努力做好技术创新市场中的“守夜人”角色，避免过度地直接地参与对未来应用前景不明确的技术创新的选择。

2. 深化市场分工合作，提高新兴技术创新的溢出效应。技术创新的外溢性是影响技术创新竞争群的构成、变迁及其速度的重要因素。一方面，应以具有关键性作用的高新技术为重点，以产学研为着力点，以协同创新为把手，充分利用国内本土市场规模优势，扩大战略性新兴产业的分工范围，延长迂回生产过程，通过产业链上下游的分工深化，加强关键性高新技术创新的溢出效应，扩大其市场应用及影响；另一方面，应通过引进外资、中外合资以及并购海外先进企业等国际合作方式，不断加强与发展国

家在新兴产业创新方面的国际分工与协作，持续拓宽西方国家先进技术对我国技术发展的外溢效应，对适合我国国情需求的海外高新技术继续进行消化吸收再创新，使之服务于国内发展需要。

3. 打破市场分割与行政垄断，以竞争中原则允许不同技术创新下的产品进行公平竞争。产品竞争完全程度同样是影响技术创新市场选择的重要因素之一，而市场分割与行政垄断是影响产品进行完全竞争的重要障碍。一方面，应打破市场分割，形成统一完整的市场，让不同地区、不同技术创新下的产品充分流动，以便消费者能够全面比较异质性技术创新所生产的产品，加速符合市场需求的适应性技术的出现；另一方面，应破除行业行政垄断，降低市场进入壁垒，以竞争中原则为原则，实现公平竞争，允许不同所有制的经济主体以不同的技术创新所生产的产品同台竞争，让消费者用脚投票，决定哪一种技术创新应该成为适应性技术。

-
- ① 借鉴演化经济学关于市场经济中竞争个体“优胜劣汰，适者生存”的适应性概念，适应性技术是指那些能够凭借良好的设计或机会满足特定市场需求，并经过经济主体采用不同技术选择后所形成并留存于市场之中的技术。
 - ② 《中华人民共和国专利法》（2008年修正版）第五章关于“专利权的期限、终止和无效”规定，发明专利权的期限为20年，实用新型专利权和外观设计专利权的期限为10年，均自申请日起计算；专利权人应当自被授予专利权的当年开始缴纳年费以维持专利权，否则专利权会在期限届满前失效。
 - ③ Ziman J. M. , *Technological Innovation as an Evolutionary Process* , Cambridge University Press , 2000 , pp. 75 - 87.
 - ④ Atkinson A. B. , Stiglitz J. E. , “A New View of Technological Change ,” *Economic Journal* , vol. 79 , no. 315 (September 1969) , pp. 573 - 578; Lin , J. Y. , “Prohibition of Factor Market Exchanges and Technological Choice in Chinese Agriculture ,” *Journal of Development Studies* , vol. 27 , no. 4 (November 1991) , pp. 1 - 15; Acemoglu D. , Zilibotti F. , “Productivity Differences ,” *Quarterly Journal of Economics* , vol. 116 , no. 2 (May 2001) , pp. 563 - 606; 张平、李秀芬 《产业技术选择与要素禀赋耦合效应研究》, 《工业技术经济》2017年第2期。
 - ⑤ 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》, 《管理世界》2015年第9期; 邢楠、袁礼、国胜铁 《后发国家的适宜性技术进步路径——基于近代中国丝织业发展史的分析》, 《管理世界》2017年第6期; 李飞跃 《技术选择与经济发展》, 《世界经济》2012年第2期。
 - ⑥ Basu S. , Weil D. N. , “Appropriate Technology and Growth ,” *Quarterly Journal of Economics* , vol. 113 , no. 4 (November 2000) , pp. 1025 - 1054.
 - ⑦ 许岩、尹希果 《技术选择 “因势利导” 还是 “适度赶超”?》, 《数量经济技术经济研究》2017年第8期。
 - ⑧ 安同良 《中国企业的技术选择》, 《经济研究》2003年第7期。
 - ⑨ Arthur W. B. , “The Nature of Technology ,” *Ltaxis Preceedings of Aitia Convention Washington Dc American Industrial Arts Association* , vol. 1 , no. 1 (2010) , pp. 329 - 344; Shapiro C. , Carl S. , Varian H. R. , *Information Rules: A Strategic Guide to the Network Economy* , Harvard Business Press , 1998 , pp. 176 - 196; 陈明明、张国胜、张文钺 《新一轮科技革命中技术创新的市场选择机制研究》, 《当代经济科学》2019年第6期。
 - ⑩ 李思慧、周天宇 《企业技术选择：模仿创新还是自主创新》, 《世界经济与政治论坛》2018年第1期; 王庆金、王强、周键 《社会资本、创业拼凑与新创企业绩效——双重关系嵌入的调节作用》, 《科技进步与对策》2020年第20期。
 - ⑪ 林毅夫 《发展战略、自生能力和经济收敛》, 《经济学 (季刊)》2002年第1期。
 - ⑫ 康志勇 《技术选择、投入强度与企业创新绩效研究》, 《科研管理》2013年第6期。
 - ⑬ 陈雯、苗双有 《中间品贸易自由化与中国制造业企业生产技术选择》, 《经济研究》2016年第8期。
 - ⑭ ⑮ ⑯ (英) 斯坦利·J·梅特卡夫 《演化经济学与创造性毁灭》, 冯健译, 北京: 中国人民大学出版社, 2007年, 第56 - 59页。
 - ⑰ Fisher R. A. , *The Genetical Theory of Natural Selection: A Complete Variorum Edition* , Oxford University Press , 1999 , pp. 23 - 31.
 - ⑱ Hofbauer J. , Sigmund K. , *Evolutionary Games and Population Dynamics* , Cambridge University Press , 1998 , pp. 3 - 10.
 - ⑲ 董志强、魏下海、李伟成 《再论公平偏好的演化起源：改进的仿真模型》, 《经济评论》2015年第1期。

(责任编辑: 张琦)