

# 范式转换、异质性与新兴产业演化<sup>①</sup>

孙晓华, 王 昀, 刘小玲

(大连理工大学管理与经济学部, 大连 116024)

**摘要:** 以新能源车为研究对象, 从产品性能、销售价格和后续消费支出 3 个维度衡量新旧技术经济范式的空间和边界, 在异质性条件下构建了消费者选择和企业投资决策模型, 利用 Matlab7.0 对汽车产业的演化过程进行了模拟, 并考察了政府消费性补贴和生产性补贴对新兴产业的扶持效应. 结果发现: 传统能源车凭借产品性能和销售价格的优势占领市场, 尽管新能源车使用过程中后续消费支出较低, 但无法突破传统能源车企业的主导地位; 消费性补贴能够激发新能源车的购买, 从需求侧倒逼新能源车企业通过技术创新活动改善产品性能、降低生产成本, 有利于提高新兴企业的市场竞争力; 生产性补贴虽然从供给侧帮助更多的新能源车企业进入市场参与竞争, 却没能改变市场份额和盈利水平低下的困境, 而且在一定程度上扰乱了市场秩序, 没有真正起到扶持新兴产业发展的效果.

**关键词:** 技术经济范式; 异质性; 产业演化; 战略性新兴产业

**中图分类号:** F426    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1007-9807(2016)08-0067-17

## 0 引 言

随着资源约束和环境污染的问题日益突出, 旧技术经济范式下传统产业对经济增长的推动力明显减弱, 新一轮技术变革开始孕育, 催生了新的技术经济范式出现和新兴产业萌芽. 面对由此带来的经济结构调整机遇, 世界主要工业化国家不约而同地推出新兴产业发展规划, 我国也在 2010 年发布《关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》, 将节能环保、新一代信息技术、生物、高端装备制造、新能源、新材料和新能源汽车七大领域作为新兴产业战略布局的重点. 比较而言, 新技术代表了未来科技和产业发展的方向, 具有低能耗、低排放和高效率的特征, 但旧技术占领着市场空间, 在生产成本、产品性能等方面更具有优势. 那么, 在新旧技术经济范式转换的过程中, 传统和新

兴产业会呈现出什么样的演化轨迹呢? 在自由竞争的条件下, 新兴产业能否在市场中发展壮大呢? 为了扶持新兴产业成长, 政府补贴能够起到什么样的作用呢? 这是理论界和政策制定者普遍关心的问题, 本文将以新能源汽车为例, 探讨上述问题.

产业演化是单一产业形成、发展、成熟和衰退的动态过程, 学者们从技术创新活动、进入退出行为、市场结构等方面探讨了产业演化的特征和规律. Abernathy 和 Utterback<sup>[1]</sup> 阐述了产品创新和工艺创新促进产业成长的机制, 提出产业创新动态过程的 A-U 模型, 为理解产业演化中创新模式的选择问题提供了重要线索. Gort 和 Klepper<sup>[2]</sup> 构建了产业经济学意义上的第一个产业生命周期模型 (G-K 模型), 分析了产业发展不同时期厂商数目的变化情况, 按照净进入的厂商数将产品生命周

① 收稿日期: 2014-03-03; 修订日期: 2015-07-15.

基金项目: 国家社会科学基金资助项目(14BGL14); 国家软科学研究计划资助项目(2013GXS4D108); 教育部人文社会科学基金资助项目(13YJC790127); 辽宁省教育厅一般研究资助项目(L2013039).

作者简介: 孙晓华(1978—), 男, 辽宁抚顺人, 博士, 教授. Email: sxh\_dut@sina.com

期划分为5个阶段. Klepper<sup>[3]</sup>把企业创新活动与进入退出结合起来刻画产业演化特征,认为随着产业不断成熟,在位企业会付出更多研发努力,但企业数量、产品创新频率和多样性将逐渐减弱. Malerba等<sup>[4]</sup>和 Chang和Wu<sup>[5]</sup>分别考察了反垄断政策和制度性壁垒对新企业进入退出速度以及原有市场结构的影响,解释了新进入企业高生产率和高退出风险的矛盾. Shen<sup>[6]</sup>指出,产业发展初期新厂商进入数量取决于市场开拓成本以及其对其他进入者的溢出效应. Bhaskarabhatla和Klepper<sup>[7]</sup>对美国激光业两个发展阶段进行了研究,认为次级市场的出现、消失、融合可以从根本上改变市场结构和创新特质,是产业演化的直接原因.

技术创新是产业演化的根本动力, Schumpeter<sup>[8]</sup>最早解释了创新和经济发展的内在规律,提出创新在促进产业变迁与结构转变中的核心作用. 之后,学者们拓展了他的观点,特别是随着演化经济学的发展,部分学者开始从动态的视角研究技术创新促进产业演化的机理. Arthur<sup>[9]</sup>认为技术创新导致收益递增的内在机制,使得技术在产业演化过程中起着关键作用. Pavitt<sup>[10]</sup>提出技术创新模式的产业依赖模型,证明了不同产业之间的技术创新实践存在着广泛差异,特定产业环境制约着企业技术创新行为,而创新行为对产业环境也具有一定的反作用. Malerba和Orsenigo<sup>[11]</sup>基于历史友好模型分析了医药和生物技术产业的发展历程,得到行业外部技术变革导致行业内技术的创新和调整从而推动产业演化的结论. Marengo和Valente<sup>[12]</sup>构建了包含复杂技术空间的产品竞争模型,发现当产品生产简单时,模仿行为会降低创新型企业利润,阻碍产品质量改进,如果生产技术相对复杂,模仿可以增加零件种类供给,提高产品多样性和质量水平. Sabatier等<sup>[13]</sup>考察了制药业演化过程中的技术间断,发现技术变革不一定会导致在位企业主导地位的更替,只有当技术变革触发了商业模式创新,才会改变产业竞争格局,重塑产业价值链,从而推动产业演化. Bohnsack等<sup>[14]</sup>来自电动车产业的研究也验证了商业模式创新在产业发展过程中的重要作用.

产业演化过程中伴随着新企业进入和旧企业退出,部分学者把研究聚焦于新旧势力共存条件下的追赶(catch-up)问题,探索新兴企业对在位企业市场主导地位的替代作用. Kim和Lee<sup>[15]</sup>根据动态随机存取存储器产业的发展历史,用技术机制解释了产业演化过程中市场主导地位更替的原因,发现行业原有生产经验与新技术的相关性越弱,创新对生产率的提高作用越显著,则大型多元化公司的研发激励就越强,而小型专业化公司会陷入发展困境. Malerba等<sup>[16]</sup>认为新兴企业在传统企业占据绝对优势的情况下,应该寻找利基市场或者试验型消费者的支持,只有当新技术发展成熟时,才能够与在位企业在传统市场展开竞争. Landini等<sup>[17]</sup>讨论了后来者赶超在位者的技术变革条件,得到颠覆性技术对在位者市场份额的冲击越明显,在位企业被传统技术锁定程度越高,后进入者越有可能取代市场领导地位的结论.

除了技术创新与产业演化的内在关系,学者们还从学习效应、异质性、协同演化和产业政策等角度研究了产业演化的动力机制. 如Yildizoglu<sup>[18]</sup>、Randon和Naimzada<sup>[19]</sup>讨论了非策略性学习行为对行业结构的影响,结果表明学习效应不仅能提高企业效率,还是技术变革的动力,因而应将学习过程引入到产业动态演化模型中. 但也有学者指出,知识刚性会阻碍新知识流入,影响企业间的知识转移<sup>[20]</sup>,控制知识刚性并提高知识交流频率是缓解知识锁定、提高创新效率、促进产业演化的有效途径<sup>[21]</sup>. Adner和Levinthal<sup>[22]</sup>、Malerba等<sup>[13]</sup>和Horii<sup>[23]</sup>考虑了消费者异质性对企业创新决策的影响,发现将消费者需求纳入产品评价体系有利于激励企业进行多样化的创新活动. Pelikan<sup>[24]</sup>、Fatas-Villafranca等<sup>[25]</sup>、Funk<sup>[26]</sup>等学者从技术与制度协同的视角考察了产业演化过程, Dijk和Yarime<sup>[27]</sup>从需求、供给、制度协同的角度解释了电动汽车发动机突破传统内燃机技术轨道的锁定效应,推进新能源车产业演化的过程. 产业政策方面, Kale和Little<sup>[28]</sup>、Breznitz<sup>[29]</sup>分析了印度制药业和以色列软件产业的发展历程,得出公共政策是激励产业研发活动主要原因的结论. Wahab<sup>[30]</sup>认为,对新技术实行更为优惠的税收制

度、补贴和财政支出将有利于实现产业转型升级。

迄今,产业演化的分析方法主要包括两类:计量经济方法和产业动态模型。前者是应用逐步完善的计量经济学工具分析产业演化过程,Au-dretsch<sup>[31]</sup>最早基于企业微观数据和产业数据讨论了技术创新、进入退出、市场结构和产业动态之间的关系,之后该方法被拓展到异质性的存在及作用、技术与制度变迁的实证检验中。如Klepper和Simons<sup>[32]</sup>就利用计量经济模型分析了汽车、轮胎、电视机和青霉素4个产业衰退的原因,发现产业衰退不是源于技术变革,而是在位企业依靠技术创新保持市场主导地位的结果。属于第二类方法的产业动态模型又可细分为两种,一是Klepper<sup>[33]</sup>为代表提出的产业生命周期模型,以产业发展不同阶段的企业进入、退出、研发与市场结构的规律为研究核心,后期得到了不断修正和拓展。如Flocicel和Dougherty<sup>[33]</sup>设定了知识和资本内生机制以解除产业不能维持长时间创新的限制,Li和Chen<sup>[34]</sup>通过设计竞争方式的离散机制弥补了忽略企业竞争行为的不足;二是由N-W模型衍生出的产业动态模型,Nelson和Winter<sup>[35]</sup>在《经济变迁的演化理论》一书中首次提出了描述产品竞争动态过程的产业演化模型(N-W模型),利用生物进化的思想描述了适者生存和优胜劣汰的市场选择过程。以N-W模型为基础,学者们丰富了产业动态模型,形成了第一代和第二代熊彼特式的演化模型<sup>[36]</sup>,以及基于主体(agent)的计算演化模型<sup>[37]</sup>。比较而言,agent模型侧重于描述多种主体相互作用的复杂过程<sup>[38]</sup>,而Malerba等<sup>[39]</sup>提出的历史友好模型注重研究各种产业的特性和历史传统,属于第二代熊彼特式演化模型,以定量的方式进行模拟匹配,找出影响产业演化的关键动力因素和作用机制<sup>[40]</sup>。

综观国内外文献,N-W模型突破了新古典经济学的均衡分析框架,奠定了产业演化分析的基石,历史友好模型则通过技术范式构建区分了新技术和旧技术的差别,为新兴产业演化研究提供了有益的思路。然而,现有研究没能深入挖掘新旧技术经济范式的属性特征,也没有将消费者异质性和生产者异质性充分融入到理论模型中。本文

将以新能源汽车为例,创新性地提出技术经济范式的空间与边界,在异质性条件下构建消费者和生产者的决策模型,对汽车产业的演化过程进行模拟,进而比较政府的消费性补贴和生产性补贴对新兴产业演化的影响,以期对战略性新兴产业发展的理论研究提供新思路,也为公共政策的制定提供可资借鉴的依据。

## 1 新旧技术经济范式的衡量

### 1.1 技术经济范式的内涵及演进

1962年,Kuhn<sup>[41]</sup>在《科学革命的结构》一书中最早提出了范式(paradigm)的概念,认为“范式”即普遍认可的一套模型或模式,科技革命的实质是用新科学范式取代旧科学范式的过程。“范式”的提出为学者们提供了解释技术变革的便利工具,后被Dosi<sup>[42]</sup>、Freeman和Perez<sup>[43]</sup>等引入经济学领域,成为了创新经济学理论分析的重要基础。1982年,经济学家Dosi对技术范式(technology paradigm)加以界定,指出每一种技术范式决定了技术进步的特定轨迹,渐进式创新沿着技术轨迹前进,激进式创新会改变原有的技术轨迹,促进新技术范式的诞生。Freeman和Perez深化了Dosi的思想,把技术范式与经济增长联系起来,首次使用技术经济范式(techno-economic paradigm)来刻画技术创新影响经济系统中企业行为和产业发展的现实。Freeman<sup>[44]</sup>认为技术经济范式的转换属于技术经济模式的变革,能够导致一系列的产品创新、工艺创新、组织创新和管理创新,给大部分经济个体带来生产率的显著跃迁,创造了非同寻常的投资和盈利机会。

在演化经济的理论框架下,新技术经济范式的形成需满足两个条件:第1,要根植于几项激进式创新构成的新主导技术群;第2,要能够有效渗透到其他部门,对经济发展和产业结构形成实质性影响。基于上述两点,技术经济范式往往与产业结构转变或者经济长周期联系在一起。在世界经济发展的历程中,每一次经济的飞跃发展也都是以科学技术的重大突破和确立新的技术经济范式为契机的。从以蒸汽机的发明及广泛应用为标志

的工业革命,到电气技术的应用为主导,化工、钢铁和内燃机技术全面突破的钢铁电气时代,再到原子能、电子计算机、空间技术和生物工程等新技术的发明和应用,都开启了巨大的创新和经济发展空间,而且极大地促进了新兴工业部门的出现与经济结构调整<sup>[45]</sup>.

20世纪末期,全球范围内出现了石油、天然气、煤炭等传统能源供给紧张的局面,加上日益增强的环境约束,世界各国经济发展普遍遭遇到能源动力的限制.进入21世纪,新兴产业迅猛发展,以新能源、新材料、新一代信息技术和新能源车为代表的关联领域出现了重大的技术突破,新的技术体系正在形成.在新的技术体系中,核心技术具有很高的通用性和渗透性,不仅能够实现体系内的良性互动,而且将带动国民经济其他部门的技术进步,为技术和产品升级提供强大的物质基础.从这一点上看,此轮技术变革与以往历次科技革命有很多相似之处,有望形成新的主导技术体系,从而实现新旧技术经济范式的转换.

### 1.2 技术经济范式的空间

无论何种技术经济范式,其最终目的是为了满足不同消费者的需求.一般来说,消费者在选择产品时通常会考虑两个属性:一是产品性能,二是产品价格(Malerba等<sup>[16]</sup>).相应地,学者们从性能和价格两个维度衡量新旧技术体系下某项技术的优劣.下面以此轮技术变革中的新能源汽车<sup>②</sup>为例,具体说明技术经济范式的空间问题.

首先,由于汽车属于耐用品,消费者在做出选择时不仅会考虑产品外观、动力等性能属性和购买时需要支付的价格,还会比较不同汽车在后续使用中发生的油耗、保养等费用,即消费性支出.突破现有研究从性能和价格两个维度衡量技术经济范式的做法,从产品性能、销售价格和消费支出3个维度比较新能源汽车和传统能源汽车的优劣,构成了新旧技术经济范式的空间.对于消费者来说,只有当某款汽车的产品性能达到其最低要求、产品售价低于其所能承受的最高价格、后续消

费支出低于其预期的最高支出额时,消费者才会决定购买.消费者对于某一属性的最低要求可称之为“门槛”,如对产品性能的最低要求称为“性能门槛”,记为 $X_{1min}$ ;对所愿意支付的最高价格称为“销售价格门槛”,记为 $X_{2min}$ ;对后续产品使用的预期最高消费支出额称为“消费支出门槛”,记为 $X_{3min}$ .由此,可以在一个3维空间里描绘新旧技术经济范式的特征.

图1中, $X$ 轴衡量了产品的性能属性,沿着 $X$ 轴向右代表性能增加; $Z$ 轴为产品的销售价格属性,沿着 $Z$ 轴箭头指向销售价格逐渐降低; $Y$ 轴为产品的消费支出属性,沿着 $Y$ 轴箭头指向表示后续消费支出逐渐减少. $O'Z'Y'$ 构成的与 $X$ 轴垂直的平面为性能门槛,映射在 $X$ 轴上的值为 $X_{1min}$ ,即 $X_{1min}$ 为性能门槛值.同理, $O'X'Y'$ 对应的 $X_{2min}$ 为销售价格门槛值, $O'X'Z'$ 对应的 $X_{3min}$ 为消费支出门槛值.如果消费者购买了某款汽车,将能够从使用中获得效用,其效用值大小来源于产品性能、销售价格与消费支出的高低.一般地,产品性能越高、销售价格越低、消费支出越少,汽车带给消费者的效用就越大,反之则相反.据此,可描绘出消费者的无差异曲面.

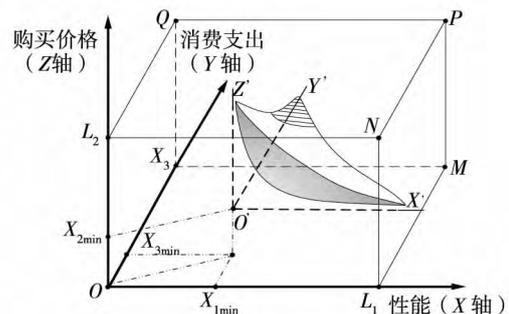


图1 技术经济范式的空间

Fig. 1 Space of the techno-economic paradigms

### 1.3 技术经济范式的边界

新能源汽车是采用非常规车用燃料作为动力来源,综合了车辆动力控制和驱动方面的先进技术的汽车,是技术原理先进、结构新颖的汽车.在产品性能方面,新能源汽车的电力发动机系统产

② 一般地,新能源汽车包括混合动力汽车(HEV)、纯电动汽车(PEV)、燃料电池电动汽车(FCEV)、氢发动机汽车、其他新能源(如高效储能器、二甲醚)汽车等.为了更加明显地对比与传统汽车在性能、价格和使用等方面的差别,本文后面提到的新能源汽车主要指纯电动汽车.

生的动力逊于传统的汽柴油发动机,加之电池技术的瓶颈尚未突破,续航能力受到极大的限制,使得新技术在性能上劣于旧技术;在销售价格方面,处于萌芽期的新能源汽车,前期需投入大量研发经费,同时尚未获得规模经济带来的好处,生产成本较高,销售价格一般高于传统汽车<sup>③</sup>;在消费支出方面,新能源车的使用过程中不消耗汽柴油,后期消费的使用成本大幅降低,如纯电动汽车的后续耗费主要为电能,远低于使用传统汽车的日常支出,因此消费支出属性要优于传统能源汽车。

新旧技术在产品性能、销售价格和消费支出 3 个维度上的优劣,在技术经济范式的空间中体现为技术边界,即新旧技术在某一属性上所能达

到的极限。新能源汽车在性能维度和价格维度上劣于传统能源汽车,消费支出维度上优于传统能源汽车,其技术边界可以表示为图 2 的情形。新能源汽车企业采用新技术能够生产出长方体  $OL_1'SL_2'FX_3'DE$  以内任何一点属性值组合的产品,其中  $E$  点表示新技术发挥了最大潜能,即产品性能属性、销售价格属性和消费支出属性的潜在最大值。相应地,传统企业采用旧技术能够生产出长方体  $OL_1NL_2QX_3MP$  以内区域的产品。 $P$  点表示旧技术所能够发挥出的最大潜力。由于新旧技术的差异,新能源汽车性能和销售价格属性的边界均小于传统能源汽车,表现为  $L_1' < L_1$ 、 $L_2' < L_2$ ,而消费支出边界则大于传统能源汽车,表现为  $X_3' > X_3$ 。

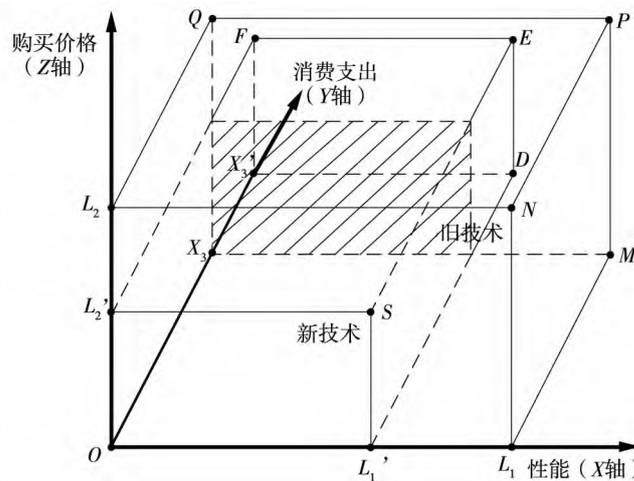


图 2 新旧技术范式的边界

Fig. 2 Frontiers of the traditional and new techno-economic paradigms

## 2 消费者的异质性偏好与有限理性

### 2.1 消费者的异质性偏好

以往研究中,消费者的异质性偏好多被处理为群体间的差异,如 Garavaglia<sup>[40]</sup>在对计算机产业演化的分析中,区分了公司和个人两类购买者, Malerba 等<sup>[16]</sup>在研究新技术对传统产业的冲击时,将消费者划分为传统用户与实验性用户, Bleda 和 Valente<sup>[46]</sup>将消费者按环保意识的强弱分为两类群体,讨论了节能产品环保质量评级的政策评价。对于本文所考察的汽车产业,消费者在选择

不同品牌汽车时存在较为明显的差异,为了使异质性偏好的刻画更加符合实际,同时考虑到消费者的购买能力与其对汽车最低要求的关联关系,假定每位消费者对于汽车的价格和性能门槛取决于其收入水平,以此表征消费者个体间的异质性偏好。

设市场内每一期均存在  $N$  名消费者,收入水平随机地分布在  $[m, n]$  区间内。每位消费者都存在汽车购买意愿,潜在市场容量是  $N$ 。同时,每一期消费者的收入水平会较上一期有一定幅度的增长,设收入增长幅度为  $\lambda$ ,即  $R_{t+1} = R_t(1 + \lambda)$ 。低

<sup>③</sup> 汽车的型号多种多样,价格差别也非常明显,但对于同一档次的车型而言,新能源汽车价格要高于传统汽车。

收入消费者更关注产品的价格维度,产品性能只需达到基本使用要求;高收入消费者则由于消费能力强,可以接受较高的价格,但会对操控感、舒适度、安全性和加速度等性能指标提出更高的期望,表现为性能门槛上升而价格门槛下降。当消费者收入水平升高时,此种变化在一定的收入水平区间内是边际递减的,属性门槛和消费者收入的关系可以表示为

$$X_{j\min}(R) = X_j^* + a \log_{\mu}(1 + R), j = 1, 2 \quad (1)$$

其中  $R$  表示消费者收入;  $X_{j\min}(R)$  代表消费者的最低门槛;  $X_j^*$  为常数;  $a$ 、 $\mu$  均是调整系数。当  $j = 1, 2$  时,  $X_{j\min}(R)$  分别代表消费者的性能门槛和价格门槛。

只有当产品性能、销售价格和消费支出属性的表现同时达到消费者心理门槛时,消费者才会把产品列入考虑范围内,随后比较不同产品给自身带来的效用大小。借鉴 Malerba 等<sup>[16]</sup>的做法,将消费者的效用函数设定为

$$M = b_0 (X_1 - X_{1\min})^{b_1} (X_2 - X_{2\min})^{b_2} \times (X_3 - X_{3\min})^{b_3} \quad (2)$$

其中  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$  分别是某款汽车在产品性能、销售价格和消费支出 3 个维度上的具体属性值;  $(X_1 - X_{1\min})$ 、 $(X_2 - X_{2\min})$  和  $(X_3 - X_{3\min})$  代表某一属性超出门槛的部分;  $b_1$ 、 $b_2$ 、 $b_3$  为性能弹性、销售价格弹性和消费支出弹性,意味着性能、销售价格和消费支出每变动 1%, 消费者效用变动  $b_1\%$ 、 $b_2\%$  和  $b_3\%$ ;  $b_0$  为常数。

## 2.2 消费者决策的有限理性

新古典经济学认为消费者是理性的,会严格按照效用最大化的标准进行决策,比如购买汽车时对满足要求的品牌逐一挑选,最后选择使自身满足感最大的车型。但在现实中,消费者的选择并不总是理性的。Arrow<sup>[47]</sup>提出经济主体是有限理性的假说,他认为人的行为“既是有意识地理性的,同时此种理性又是有限的”。之后,Simon<sup>[48]</sup>指出了新古典经济学无法充分解释经济事实的一个明显不足,即假定全部可供选择的“备选方案”和

“策略”的可能结果都是已知的。而现实情况是,个体决策者无法寻找到全部备选方案,也无法完全预测全部备选方案的后果,还不具有一套明确的、完全一致的偏好体系,以使其能在多种多样的决策环境中选择最优的决策方案,从而表现为有限理性。因此,人们在决策过程中寻找的并非是“最优”标准,而只是“满意”标准。

按照有限理性的假设,消费者无法准确清晰地量化效用,且由于搜寻成本的存在不能逐一比较所有产品。同时,考虑到除了产品性能、销售价格和后续消费支出以外其他因素对消费者选择的影响,假定消费者无法准确识别效用最大化的产品,但会按照“满意”的标准加以选择,即在 3 个属性方面都达到最低要求的,且给其带来较高效用水平的产品中随机选择一款<sup>④</sup>;如果没有一款产品能够满足消费者的最低门槛,该消费者将放弃购买,因此每一期市场的实际需求不超过潜在需求 ( $Q_i \leq N$ )。在上述假设下,不同品牌汽车都能够有一定的保有量,而很难出现“一家独大”的情形,较好地反映了汽车市场中的真实情况。与传统的历史友好模型相比,这种既考虑消费者个体间异质性偏好,又涵盖有限理性的假设更加符合实际。

## 3 生产者的异质性决策

在汽车行业的市场竞争中,同时存在传统能源汽车企业和新能源汽车企业,两类汽车生产属于不同的技术经济范式,传统能源汽车为旧范式,新能源汽车则属于新范式(分别用  $i$ 、 $j$  表示两种类别)。在同一种技术经济范式下,尽管产品性能、销售价格和消费支出 3 个属性的边界相同,但各企业之间的经营状况和产品属性存在一定差异。具体说来,两类企业性能属性  $X_1$  和销售价格属性  $X_2$  的初始值均为零,当期值由企业累积的研发支出决定<sup>⑤</sup>。消费支出属性  $X_3$  则是外生变量,新能源汽车初始值要高于传统能源汽车,且二者均满足  $X_3 > X_{3\min}$ 。其当期值不仅取决于汽车产品

④ 在后面数值模拟中,设定为消费者会在给其带来最大效用排名前 10 的产品中选择 1 种。

⑤ 产品性能和价格属性与研发支出的具体关系见后文的详细阐述。

的自身设计情况,还要受到能源价格等外生因素的影响<sup>⑥</sup>。在产业演化过程中,企业需要选择进入退出、研发投资决策和生产性投资决策,说明如下。

### 3.1 生产者的进入退出决策

假定企业是异质的,每家企业的资本随机分布在一定区间内。资本是企业惟一的生产要素,初期企业利用资本进行研发以提高产品性能和价格属性,直到二者同时满足消费者门槛后( $X_{1i} > X_{1\min}$ 、 $X_{2i} > X_{2\min}$ 且 $X_3 > X_{3\min}$ ),企业才能进入市场。进入市场后,企业在现有技术条件下,采用成本加成定价的方式决定汽车的实际售价,生产成本与产品价格 $p$ 满足

$$p = (1 + \mu_1)c \quad (3)$$

其中 $c$ 是生产成本,是期初给定的,新能源汽车企业的生产成本要高于传统能源汽车,即 $c_j > c_i$ ; $\mu_1$ 是成本加成系数,由性能属性和价格属性共同决定,与性能属性正相关,与价格属性负相关,数学表达如下

$$\mu_1 = (1 - X_2/L_2 + X_1/L_1)\mu_0 \quad (4)$$

考虑不存在存货的情况,企业根据接到的订单安排生产。当企业 $i$ 的产品被消费者选择时,销量增加1个单位,待所有消费者都做选择后,企业 $i$ 的总销量为 $Q_i$ 。假设企业债务为 $D_i$ ,利率为 $\rho_1$ ,每期利息费用 $R_i = \rho_1 D_i$ 。至此可以得到企业 $i$ 的当期利润 $\pi_i$ 为

$$\pi_i = (p - c)Q_i - R_i \quad (5)$$

汽车的性能、价格、后续消费支出是决定企业竞争力的关键因素,性能越高、价格和消费支出越低,企业将占据更多的市场份额,获得更高的利润;反之,消费者购买减少,市场份额将逐步下降,利润率降低。在优胜劣汰的市场选择过程中,适应度高的企业持续发展,适应度低的企业被淘汰。如果出现以下任何一种情况,企业会退出市场,且一旦退出不会再进入市场:第1,企业资本低于最低水平 $K_{\min}$ ,即 $K_i < K_{\min}$ 时,企业选择退出;第2,当利润率 $\tilde{\pi}$ 小于0,且利润率的增长率小于 $VRP$ (利

润率增长率的最低要求)时,企业也会退出(这样保证了企业利润小于0的时候仍然可以继续经营一段时间);第3,如果企业的资产负债率超过一定比例 $d_{\max}$ 且利润率小于0,企业将因资不抵债而破产,从而退出市场。

### 3.2 研发投资决策

为了达到消费者对产品性能和价格的要求以进入市场,新企业一般会投入大量资金从事研发活动,进入市场之后将根据盈利状况确定研发投入强度。据此,本文假设企业在进入市场前,将资本存量的固定比例 $\varphi$ 投入到研发中,研发支出额 $RD_t = \varphi K_t$ 。进入市场后,每期研发强度降低到留存利润的固定比例 $\varphi$ ,研发支出额 $RD_t = \varphi \pi_{t-1}$ 。同时,遵循 Utterback 和 Abernathy<sup>[49]</sup>经典模型的假设,企业不仅从事能够降低产品价格的工艺创新,而且开展有利于提高性能的产品创新活动,由此将研发支出通过比例系数 $q_t$ 分割为产品创新支出 $R_{1,t}$ 和工艺创新支出 $R_{2,t}$ 。其中

$$R_{1,t} = q_t RD_t \quad (6)$$

$$R_{2,t} = (1 - q_t) RD_t \quad (7)$$

比例系数 $q_t$ 取决于当前产品性能和价格属性的实际值相对于门槛值的位置, $q_t$ 值由产品当期的两个属性与对应门槛值的距离决定。具体分为3种情况:

第1,产品的性能属性 $X_1$ 达到了消费者的最低要求( $X_1 > X_{1\min}$ ),而价格属性 $X_2$ 未达到门槛( $X_2 < X_{2\min}$ )。为使产品能尽快在市场上销售,企业会更加注重工艺创新活动以降低价格,创新支出的系数为(数值上,一般 $q_t < 0.5$ )

$$q_t = \frac{\min\{(X_1 - X_{1\min}), (X_{2\min} - X_2)\}}{(X_1 - X_{1\min}) + (X_{2\min} - X_2)} \quad (8)$$

第2,当产品的价格属性超过了门槛值( $X_2 > X_{2\min}$ ),而性能尚未达到消费者的最低要求( $X_1 > X_{1\min}$ ),企业会加大产品创新力度以提高产品性能,此时创新支出系数为( $q_t > 0.5$ )

<sup>⑥</sup> 具体来说,厂商累计销售的汽车数量越多,汽车设计的理念就越为先进,在降低能源消耗方面就越有经验。借鉴 Fisher 的复制方程式表示消费支出属性 $X_3$ 的变化 $X_{3,t+1} - X_{3,t} = \alpha_1(Q_t/Q_{t-1})X_{3,t}$ ,其中 $\alpha_1$ 为表征汽车消费所耗费资源价格变化的因子,能源价格要受到国际上能源供求关系、宏观经济政策和消费者环境保护意识的影响, $Q_t$ 为某款汽车的当期累计销量, $Q_{t-1}$ 为汽车上一期累计销量。需要说明,尽管现实中消费支出不像销售价格那样一次性支付,而是分期支付,但本文是以消费者购买时刻的决策为出发点进行研究,所以把 $X_3$ 看作未来多次消费支出之和的现值。

$$q_t = \frac{\max\{(X_{1\min} - X_1), (X_2 - X_{2\min})\}}{(X_{1\min} - X_1) + (X_2 - X_{2\min})} \quad (9)$$

第3,产品的性能与价格属性都小于门槛值,或者都已经达到了消费者的最低要求,此时认为企业会随机地安排研发支出,此时  $q_t$  在  $[0, 1]$  区间取随机数. 当且仅当产品的性能属性达到边界值取0,价格属性达到边界值取1.

通过研发投资,每一期期末产品在性能和价格属性方面的改进可表示为

$$\Delta X_j = a_0 R_j^{\alpha_1} (L_j - X_j)^{\alpha_2}, j = 1, 2 \quad (10)$$

其中  $\Delta X_j$  指研发后在  $j$  维度上的改进量,  $j = 1, 2$ , 分别表示性能与价格. 根据边际报酬递减规律,加入  $(L_j - X_j)^{\alpha_2}$  项,意味着产品属性越接近技术边界时,其改进的空间越小,而难度加大,研发活动的成效会减弱. 由此,研发后产品的两种属性值等于研发前的数值加上改进量,即

$$X_{j,t} = X_{j,t-1} + \Delta X_j \quad (11)$$

### 3.3 生产投资决策

企业进入市场后,若  $t$  期盈利为  $\pi_t$ , 期末企业会留存  $\pi_t$  的固定比例  $\varphi$  作为下一期的研发资金. 但企业除了进行必要的研发投资活动外,在盈利情况下还会考虑扩建厂房等生产性投资活动. 本文假设若企业  $t$  期盈利,下一期期初会进行生产性投资,投资额为当期资本存量的  $\mu_2$  倍,即  $I_{t+1} = \mu_2 K_t$ . 生产性投资的资金全部来源于银行借贷,即

$$D_{t+1}^B = I_{t+1} = \mu_2 K_t \quad (12)$$

企业负债后,每期需要拿出利润的一定比例 ( $\sigma$ ) 用来偿付债务本金  $D_t$  ( $\sigma + \varphi, \leq 1$ ), 盈余则计入当前资本  $K_t$ . 如果  $\sigma\pi_t$  大于当期债务余额  $D_t$ , 那么所有债务可以还清,反之将会留有债务余额. 因此,每期偿还的债务额  $D_t^R$  与期初的债务余额  $D_t$  和利润水平  $\sigma\pi_t$  有关

$$D_t^R = \begin{cases} \sigma\pi_t, & (D_t > \sigma\pi_t) \\ D_t, & (D_t < \sigma\pi_t) \end{cases} \quad (13)$$

假设折旧率是  $\rho_2$ , 利润盈余计入当前资本后,  $t$  期期末企业资本存量等于  $(t - 1)$  期末资本额折旧后加上当期利润扣除研发支出和债务偿付,即

$$K_t = (1 - \rho_2) K_{t-1} + \pi_t - RD_t - D_t^R \quad (14)$$

企业  $(t + 1)$  期期初负债总额等于第  $t$  期期初债务总额减去  $t$  期期末偿还的债务,加上  $(t + 1)$  期期初的举债投资额,即

$$D_{t+1} = D_t - D_t^R + D_{t+1}^B \quad (15)$$

## 4 汽车产业演化的基本过程

在确定了消费者选择和生产者决策模型之后,本部分将对汽车产业的演化过程进行模拟,以考察各主要参量的变化情况.

### 4.1 参数设定

汽车行业的实际发展过程中,传统能源汽车出现时间较早,具有稳定的需求规模,居于市场主导地位. 新能源汽车企业作为潜在进入者,尽管在技术和生产成本上存在一定劣势,但凭借新技术所代表的未来技术发展方向和节能环保优势,给在位的传统汽车带来冲击. 为了更加贴近产业发展实际,假定期初有 100 家潜在进入的传统企业,在第 5 期出现 20 家潜在进入的新能源车企业<sup>⑦</sup>,传统汽车企业与新能源汽车企业的初始资本  $K$  随机分布在  $[30, 100]$  的区间范围内.

假设传统汽车生产技术的边界为  $L_1 = 10\ 000$ ,  $L_2 = 1\ 000$ ,  $L_3 = 1\ 500$ . 新能源汽车技术的边界为  $L'_1 = 8\ 000$ ,  $L'_2 = 1\ 800$ ,  $L'_3 = 2\ 000$ . 消费者效用函数中常数  $b_0 = 0.02$ , 性能弹性  $b_1 = 1.1$ , 销售价格弹性  $b_2 = 0.3$ , 消费支出弹性  $b_3 = 1.1$ . 市场中每一期都存在 100 万名潜在消费者,每一名消费者的收入水平随机地分布在  $[1\ 000, 10\ 000]$  区间内,每一期收入增长幅度为 2%.

### 4.2 产业演化过程的模拟

本文使用 Matlab7.0 进行 50 个时期的数值仿真计算,为了使仿真结果更为可靠,运算了 100 次,并对 100 次仿真结果取均值,得到图 3 所示的产业演化过程. 其中,横坐标为考察时期,纵坐标分别表示整个汽车行业的企业数、平均利润率、市场份额、赫芬达尔指数.

从企业数量上看,第 1 期有 1 家传统能源汽车企业进入市场,但随后迅速增长,第 7 期传统企业数已经达到 100 家. 虽然新能源汽车企业第 5

<sup>⑦</sup> 本文以传统能源车企业提前 5 期进入市场代表先发优势,实际上,只要市场进入了稳定状态,提前的具体期数对于模拟结果没有影响.

期出现,但从第 7 期才开始进入市场,第 12 期 20 家新兴企业全部进入. 随着传统企业数量的增多和新兴企业的加入,市场竞争日趋激烈,部分经营状况不佳的企业逐渐退出,传统能源汽车企业的数目稳定在 19 家,仅剩 2 家新能源汽车企业. 盈利能力方面,无论是传统企业还是新兴企业都呈现出类似的趋势,在市场进入频繁的前几期,企业利润率增长迅速,随着在位企业数量的增多,利润率缓慢增长,而后在大量企业退出市场的情况下,利润率再次快速上升,第 26 期传统能源汽车企业的利润率稳定在 23%,第 29 期新能源汽车企业的利润率在 20% 左右小幅波动. 对于市场份额,前 6 期传统能源汽车一直占据着市场,第 7 期新能源汽车企业的进入,传统汽车的市场份额开始下滑,最后稳定在 89%,约为新能源汽车企业 8 倍. 表征整个汽车行业竞争程度的赫芬达尔指数在第 3 期达到极值 0.19,之后锐减至 0.06,意味着市场集中度

不高,企业规模分布较为均匀.

企业从事产品创新和工艺创新两种研发活动以提高性能、降低生产成本,因此需要着重考察汽车行业技术创新投入情况及其效果(图 4). 根据图 4,新能源汽车的价格最高达 10.96 万元,伴随着工艺创新支出的增长,第 26 期后价格有所下调,第 29 期后稳定在 9.35 万元,传统汽车的价格略低且趋势更为稳定,第 22 期小幅降价后保持在 9.09 万元. 性能属性方面,传统能源汽车始终要高于新能源汽车,伴随着产品创新支出的增加,传统能源汽车的性能在第 1 期和第 23 期经历了两轮快速增长,属性值达到 9 704.5,而新能源汽车的性能在第 6 期和第 25 期同样经历两轮增长,属性值为 6 825.5. 与之对应的技术创新投资情况,两类企业的初期产品创新投入均明显高于工艺创新投入,新能源汽车企业峰值略低,后期随着企业利润率的提高两类研发投入都有了小幅回升,但数额上差异不大.

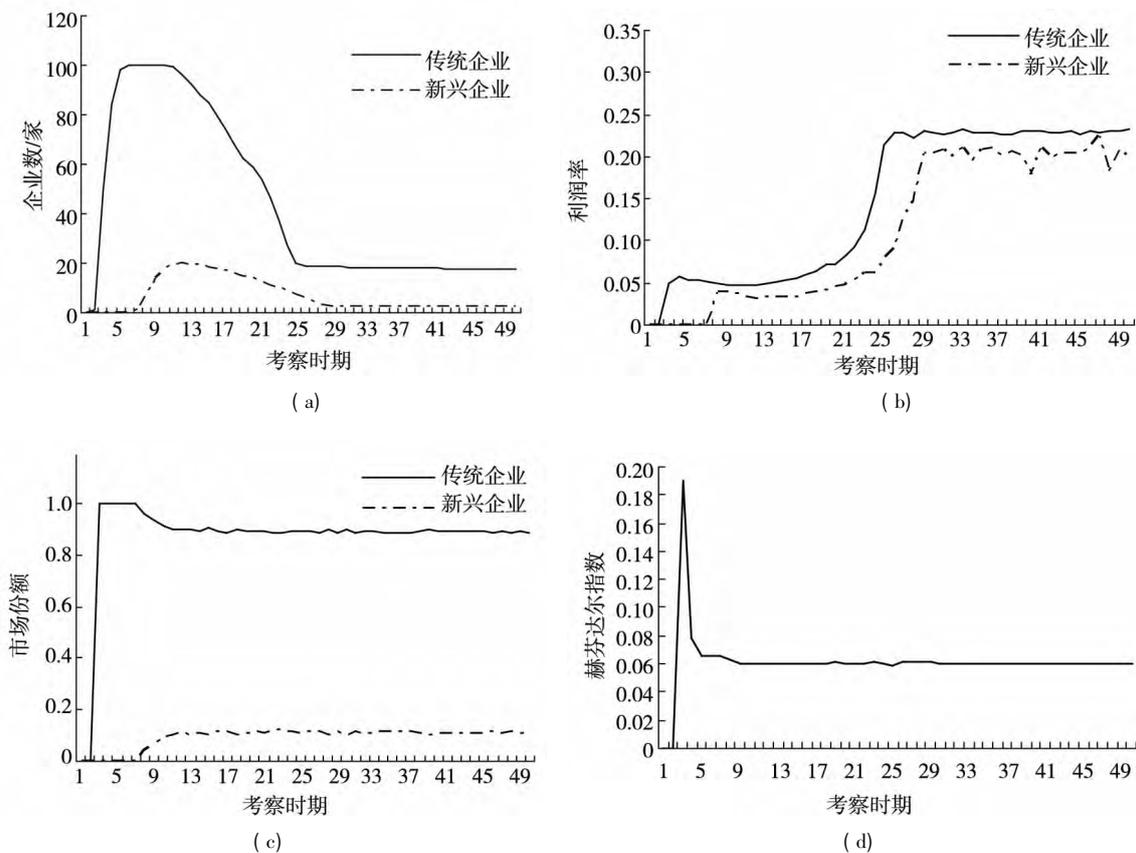


图 3 汽车产业演化的基本过程

Fig. 3 Evolutionary process of the automobile industry

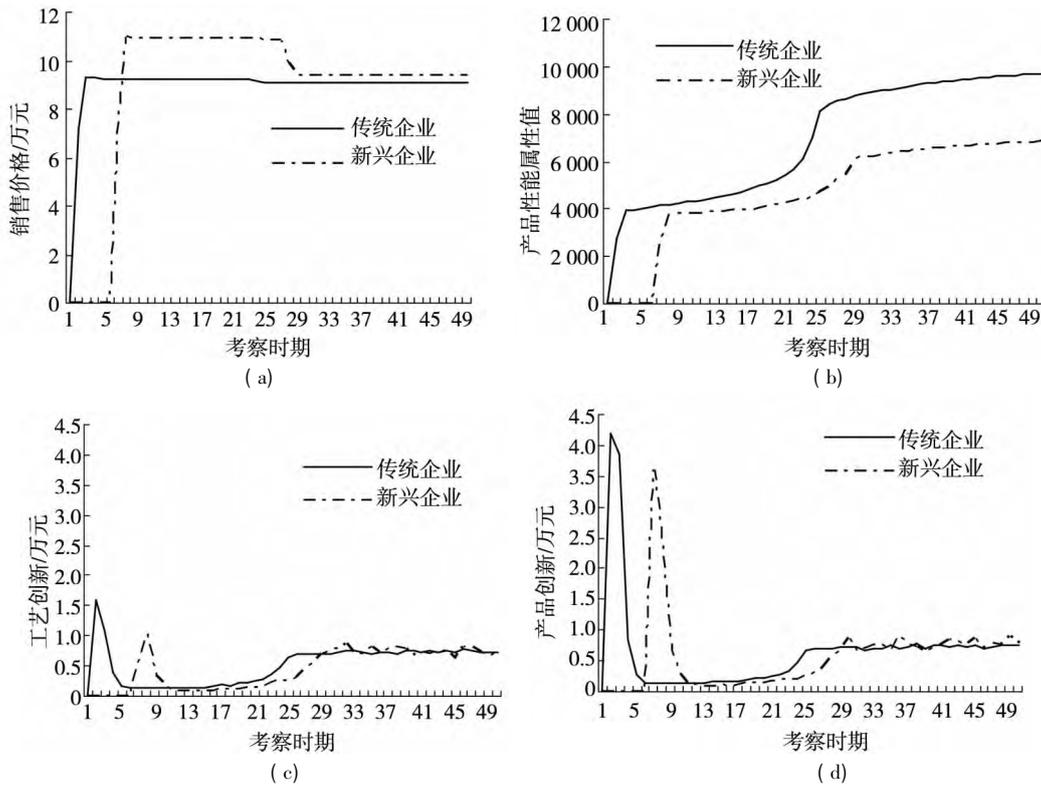


图4 汽车产业的研发投资及其效果  
Fig. 4 R&D investment and its effect

由模拟结果可知,在汽车产业演化过程中,传统能源汽车企业始终占据着市场的主导地位,新能源汽车企业虽然也能够进入市场,在后续消费支出确立比较优势,但由于产品性能和销售价格的表现不如传统汽车,只有几家企业勉强在市场中生存.与传统汽车相比,消费者对新能源汽车的认知较差,销量十分有限,无法与传统汽车抗衡,在市场竞争中处于劣势,利润率也相对较低,资本积累缓慢,技术创新得不到足够的资金支持,产品性能与传统汽车始终存在一定差距.

## 5 政府补贴的扶持效应

### 5.1 公共政策的选择: 消费性补贴与生产性补贴

新能源汽车是战略性新兴产业的重点,针对发展初期面临的困境,政府部门会实施一定的财政政策对新能源汽车企业加以扶持,政府补贴是最常用到的一种手段.一般地,政府补贴包括消费性补贴和生产性补贴.消费性补贴是对消费者购买特定商品的价格补贴,其作用在于定向增加消费者的购买能力,刺激市场需求.2014年7月,国务院颁布了《关于加快新能源汽车推广应用的指

导意见》,明确提出“完善新能源汽车推广补贴政策,对消费者购买符合要求的纯电动汽车、插电式混合动力汽车、燃料电池汽车给予补贴”.生产性补贴主要是对厂商的特定生产投资活动予以资助,目的在于提高生产者的投资能力,实现方式通常是给予企业无息或者低息的贷款额度.

两类补贴政策的实施途径和作用机制存在一定差别.消费性补贴直接施加在新能源汽车的购买行为上,即政府给予购买新能源汽车的消费者一定金额的价格减免优惠,直接降低了新能源汽车的购买价格,在前述模型中相当于提高了消费者对新能源车的价格属性评价.如果用  $G_1$  表示政府部门给予新能源汽车价格补贴的力度,那么消费性补贴后销售价格属性从原来的  $X_2$  提高到  $X_2 + G_1$ .对于未进入市场的新能源汽车企业来说,销售价格补贴相当于把价格门槛降低了  $G_1$  个单位,更容易进入市场.生产性补贴则直接作用于新能源汽车生产厂商的投资项目,如果用  $G_2$  表示政府部门对新能源汽车企业的贷款补贴,相当于减少了企业向商业银行的借贷,每期银行债务由  $D_t^B$  减少到  $D_t^B - G_2$ .下面将分别就消费性补贴和生产性补贴对新兴产业演化的影响进行模拟仿真.

### 5.2 消费性补贴的扶持效应模拟

先考察消费性补贴政策对新兴产业演化的影响。由于新能源汽车第 5 期才进入市场,因此假定从第 5 期开始,政府每一期都给予新能源汽车固定的价格补贴,考虑到新能源汽车的价格属性边界为 1 800,将补贴额度  $G_1$  分别设定为 100 和 200,重新进行 100 次模拟计算,得到消费性补贴下的产业演化过程(见图 5)。可以看出,在消费性补贴政策的导向下,新能源汽车企业进入数量有所增长,但仍然一直低于传统能源汽车企业,并且补贴力度越大,新能源汽车企业进入的数量越多。补贴额度为 100 和 200 时,新能源汽车企业数分别由 2 家增长到 5 家和 10 家。传统能源汽车企业的利润水平受补贴政策影响有所下降,而新能源汽车企业利润率前期增幅显著,在  $G_1$  为 100、200 时分别稳定在 23% 和 24% 的水平,随补贴力度加大获得持续增长;未进行补贴时,新能源汽车的市场份额仅为 11%,消费性补贴政策下,新能源汽车的市场份额明显改善,在  $G_1$  为 100、200 时分别达到 24% 和 49%,与传统能源汽车十分接近;赫芬达尔指数的变化不明显,由于消费性补贴

促进更多的新能源汽车企业进入市场,导致市场集中度略有下降,  $G_1$  为 100、200 时分别由 0.06 下降到 0.058、0.057。

在消费性补贴政策导向下,传统汽车的价格、性能属性和技术创新投入都变化不大,而新能源车价格和性能均有显著提高(见图 6)。价格由 9.35 万元增加到 10.685 0 万元和 10.782 0 万元,性能由 6 825.5 增长到 7 743.1 和 7 760.6。同时,新能源车企业研发活动更为活跃,工艺创新和产品创新支出都有一定上升,在  $G_1$  为 100 和 200 的条件下,工艺创新由 0.496 1 增加到 0.629 9 和 0.750 3,产品创新支出由 0.615 2 增加到 0.749 7 和 0.851 5。新能源车价格提高来源于两方面原因:第一,虽然消费性价格补贴直接作用于销售价格属性的提升,但并不等同于销售价格的下降,真正下降的是消费者的实际支付价格;第二,销售价格由价格属性和性能属性共同决定,消费性补贴政策带来了新能源车企业盈利能力的改善,因此增加了工艺创新和产品创新投入,使得新能源车的性能有明显提升,当性能属性改变超过价格属性改变的影响时,新能源车的销售价格也会出现上升的情形。

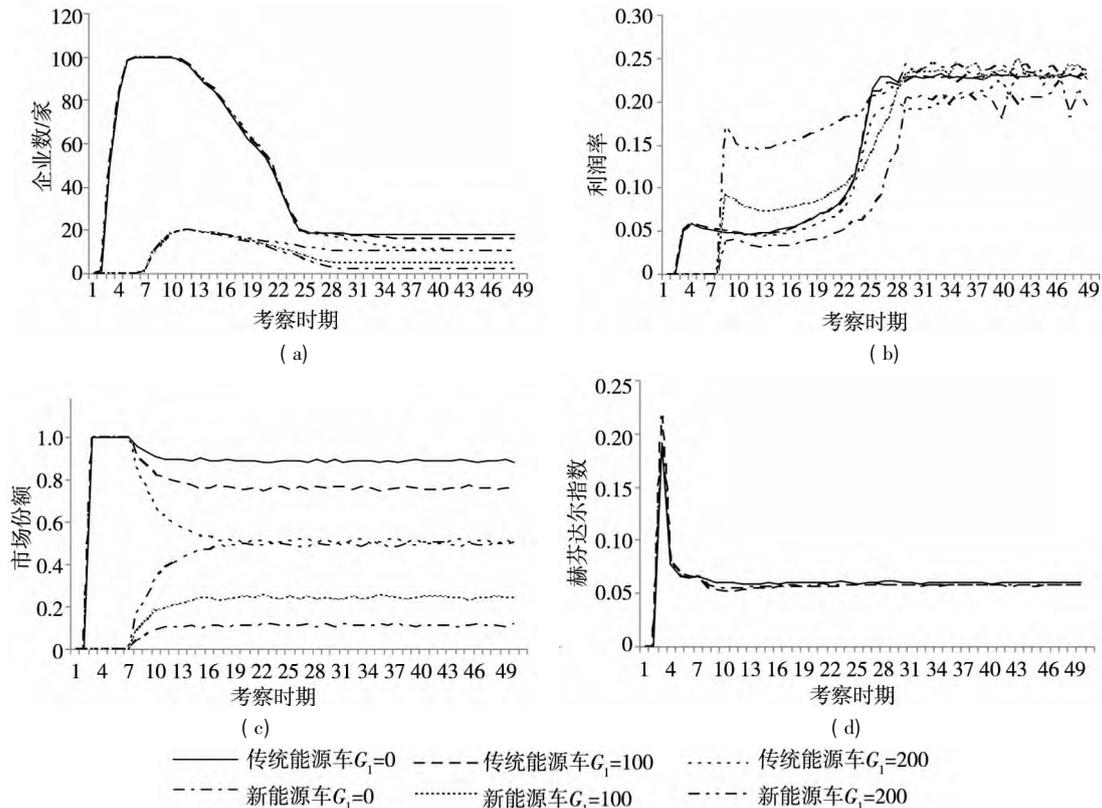


图 5 消费性补贴下的产业演化过程

Fig. 5 Evolutionary dynamics under a consumption subsidy policy

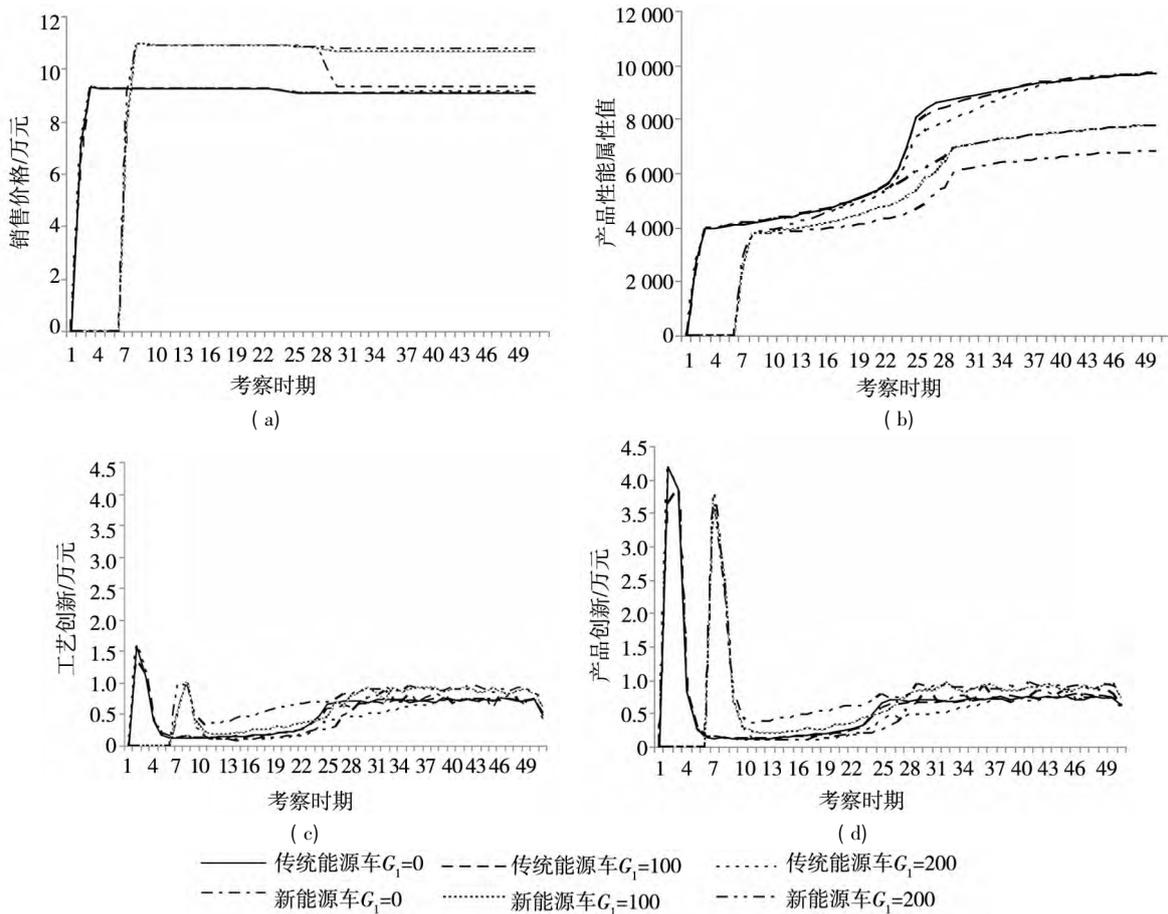


图6 消费性补贴下的企业研发投入及其效果

Fig. 6 R&D investment and its effect on consumption subsidy

可以看出,消费性补贴改善了新能源车的销售价格属性,参与市场竞争的新能源车企业数量与未进行补贴的情况相比有大幅增长,持续增长的产品销量显著提高了新能源车企业的盈利情况,从而促进了企业研发投入,新能源车的性能得到有效改进,消费者对新能源车的满意度有所上升,最终增强了新能源车企业的市场竞争力。

### 5.3 生产性补贴的扶持效应模拟

无论是消费性补贴还是生产性补贴,都来源于政府的财政收入,为了更加准确地比较不同补贴方式对于新兴产业演化的作用效果,需要将消费性补贴带来的价格属性提升转化为政府补贴支出,按照  $p = (1 + \mu_1)c$  和  $\mu_1 = (1 - X_2/L_2 + X_1/L_1)\mu_0$  得到消费性补贴政策下每个时期政府对新能源汽车购买的补贴额度  $GOV_t = \mu_0 c T Q_{2,t} X_2/L_2$ . 进一步,将新能源汽车在位企业每期享受的平均消费性补贴额度换算为同等强度

的生产性补贴额,当  $G_1$  为 100 和 200 时,等价于生产性补贴额 0.84 和 1.95,因而设定  $G_2$  等于 0.84 和 1.95,同样进行 100 次模拟计算,得到政府生产性补贴下的汽车产业演化过程(见图7)。

在指向新能源汽车的生产性补贴下,传统和新能源汽车企业,在第 11 期实现全部进入,到第 22 期企业数量呈现下降趋势,最终稳定在 20 家和 2 家. 在位企业数量的增加导致竞争加剧,当生产性补贴额度  $G_2$  为 0.84 和 1.95 时,与无补贴时相比,新兴企业利润率由 19.6% 分别下降到 12.91% 和 14.84%,明显低于传统企业的 18.27% 和 18.14%. 在两种补贴强度下,新能源车企业的市场份额维持在 9% 和 12%,赫芬达尔指数则变化幅度较小,依旧在 0.06 左右。

可以看出,生产性补贴未能帮助新能源汽车企业改变原有的市场竞争格局,反而因为向大量低效率企业给予了政府优惠贷款,使原本无法在激烈竞争中生存的企业维持了更长时间,进一步

加剧了市场竞争,导致新能源汽车企业整体盈利状况恶化. 接下来,需深入考察政府生产性补贴政

策对企业技术创新决策,以及新能源汽车销售价格与性能属性的影响.

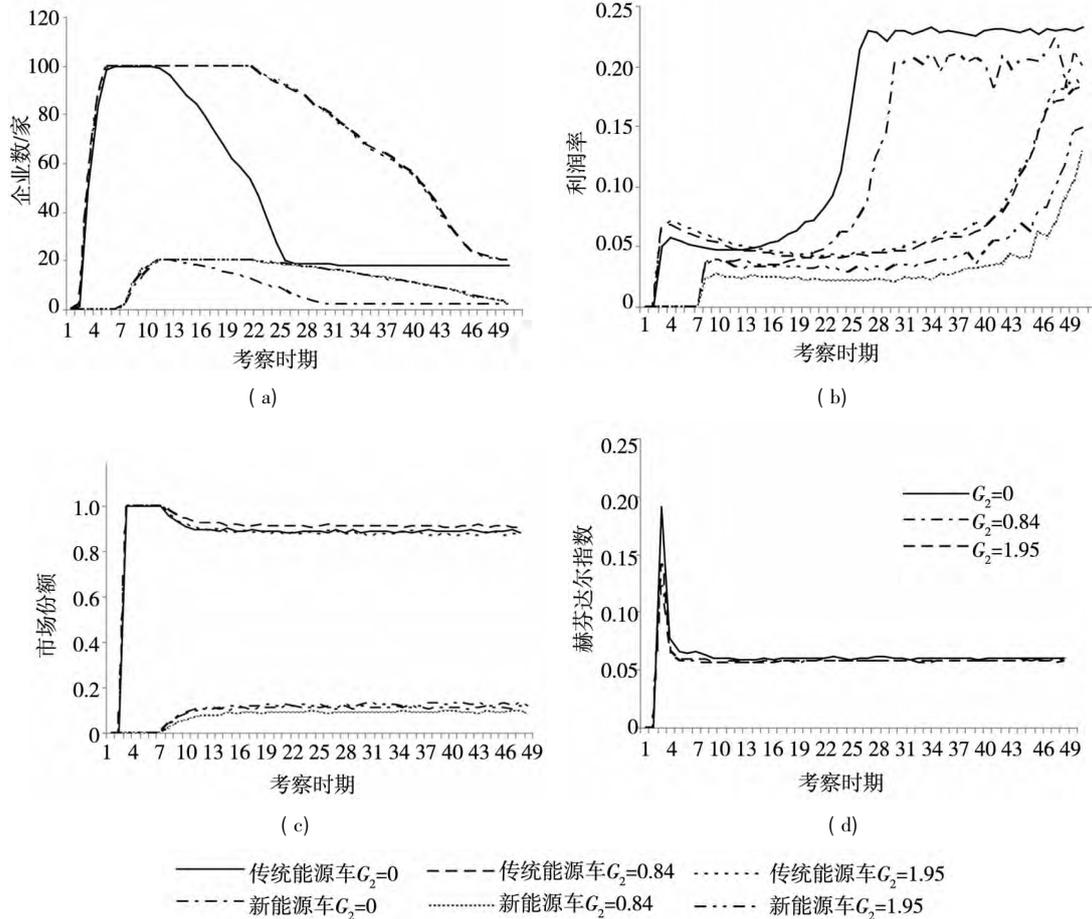


图 7 生产性补贴下的产业演化过程

Fig. 7 Evolutionary dynamics under a production subsidy policy

有了生产性补贴,新能源汽车价格下调的时期延后,直到第 48 期才出现大幅下降,当  $G_2$  为 0.84 和 1.95 时,期末价格分别为 9.213 1 万元和 9.193 7 万元,略低于未补贴时的 9.35 万元. 新能源汽车的性能增速放缓,期末的性能属性 5 768.7 和 6 107.4 低于未补贴时的 6 825.5,传统能源汽车也遭遇类似情况,市场竞争的加剧使得产品性能提升缓慢. 受利润水平下滑的影响,新能源汽车企业的工艺创新和产品创新投入规模有不同程度的缩减,在两种补贴强度下,工艺创新支出由 0.496 1 万元下降到 0.180 8 万元和 0.234 0 万元,产品创新研发支出由 0.615 2 万元下降到 0.332 8 万元和 0.363 4 万元,新兴企业的研发投入的下降随着生产性补贴额度的增加而减少

(图 8).

比较而言,政府的生产性补贴虽然增加了新能源汽车企业的资本供给,帮助更多的新兴企业在市场上多存活一段时间,但并未真正改善其盈利能力,市场竞争的加剧反而降低了平均利润水平,受到流动性资金限制,无法通过增加技术创新投入提高产品价格和性能属性,没能扭转与传统能源汽车企业抗衡中的劣势地位. 与之相对,消费性补贴从需求侧作用于新能源汽车企业的生产经营决策,倒逼新兴企业通过技术创新活动来提高产品性能和降低生产成本,以满足消费者的偏好并获得更高利润,有利于从根本上提高新能源车企业的市场竞争力,从而促进新兴产业发展.

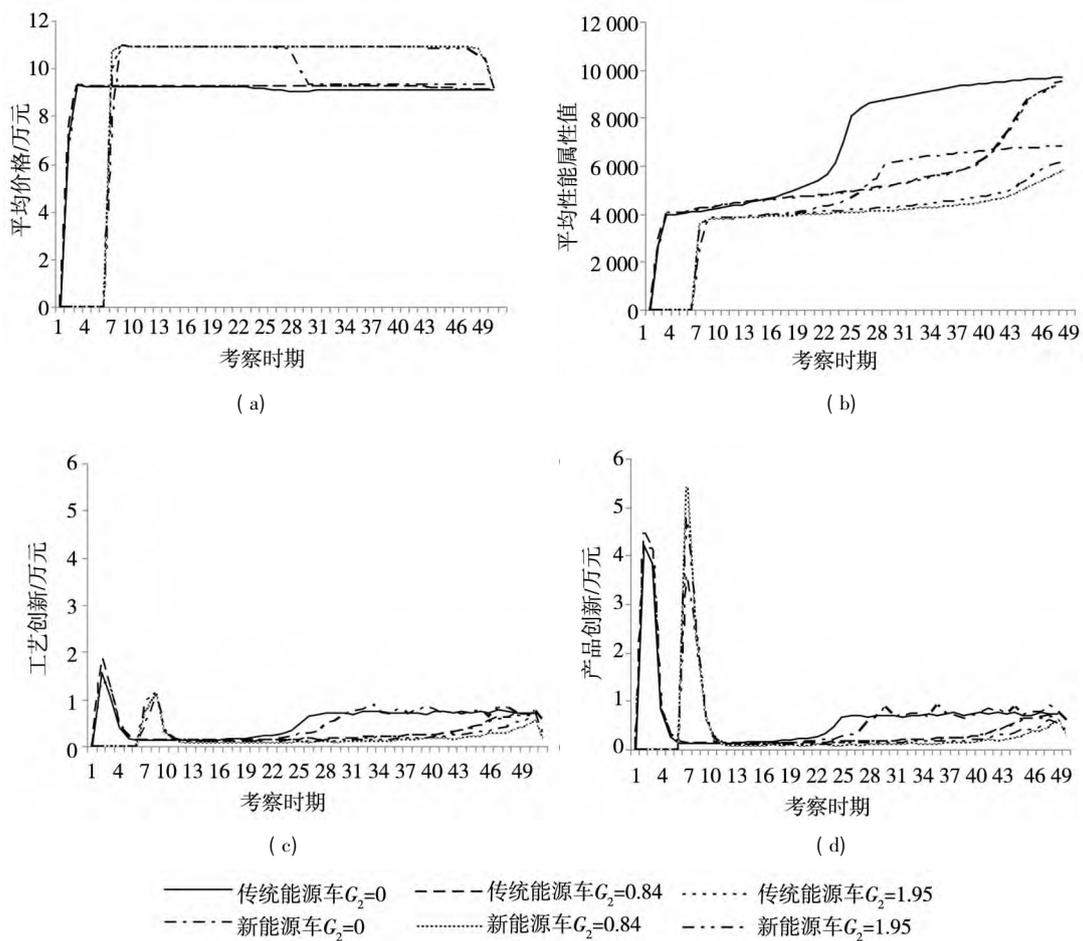


图8 生产性补贴下的企业研发投入及其效果

Fig. 8 R&D investment and its effect on production subsidy

### 6 结束语

本文以新能源汽车为分析对象,对 N-W 模型和历史友好模型加以拓展,从产品性能、销售价格和后续消费支出 3 个维度衡量新旧技术经济范式的空间和边界,在异质性条件下构建了消费者选择和企业投资决策模型,进而利用 Matlab7.0 模拟了汽车产业的演化过程,并考察了政府的消费性补贴和生产性补贴对新兴产业的扶持效果,得到如下结论:

第 1,传统能源汽车率先进入市场时,能够凭借产品性能和销售价格的优势占领市场,尽管新能源汽车使用过程中后续消费支出较低,但由于在产品关键属性上的表现不如传统汽车,加之消费者对新能源汽车的认知较差,市场份额十分有限,无法突破传统能源汽车企业的主导地位,只有

极少部分的新企业能够在市场中生存,且平均利润水平低,不足以支持企业进行高强度的研发活动,产品性能与价格属性与传统汽车始终存在着一定差距。

第 2 政府的消费性补贴显著改善了新能源汽车的销售价格属性,在财政补贴的刺激下,消费者购买新能源汽车的愿望显著增强,新能源汽车的市场份额大幅增长,盈利水平有明显提高。随着产品销量的持续扩张,新能源汽车企业有能力投入更多的研发资金以提高产品性能、降低生产成本,在满足消费者需要的同时增强了新企业的市场竞争力,有利于获得稳定的市场空间,从需求侧促进新技术成熟和新兴产业演化。

第 3 政府的生产性补贴为新能源汽车生产提供资金支持,从供给侧帮助更多的新兴企业参与到市场竞争中来,使得新能源汽车企业获得了更多时间来提高产品竞争力,减缓了退出市场的

速度。但是,生产性补贴带来了过多的低效率企业进入,反而降低了新能源汽车的市场份额和盈利水平,在一定程度上扰乱了市场秩序,没有真正起到扶持新兴产业持续发展的效果。

当然,文章还存在着一些不足之处,比如在汽车产业演化过程的模拟中,初始参数的设置与实际情况难免有所出入,更多地作用在于给出新兴产业发展的趋势判断。同时,公共政策对市场竞争

的影响机制不是单一的,往往会通过不同渠道作用于消费者和生产者决策,文中暂时没有考虑其他间接影响,只考虑了最为直接的作用途径。相信随着建模技术的日臻完善和有关新能源汽车发展数据的不断丰富,有关异质性消费者和生产者决策模型的参量设定及推导将更加符合现实,并可以利用计量经济分析方法来实现检验所得结论。

#### 参考文献:

- [1]Abernathy W J ,Utterback J M. Patterns of industrial innovation [J]. *Technology Review Ariel* ,1978 ,64( 6/7) : 228 – 254.
- [2]Gort M , Klepper S. Time paths in the diffusion of product innovation [J]. *The Economic Journal* ,1982 ,92( 367) : 630 – 653.
- [3]Klepper S. Entry , exit , growth , and innovation over the product life cycles [J]. *The American Economic Review* ,1996 ,86 ( 3) : 562 – 583.
- [4]Malerba F , Nelson R , Orsenigo L. ‘History-Friendly’ models of industry evolution: The computer industry [J]. *Industrial and Corporate Change* ,1999 ,8( 1) : 3 – 40.
- [5]Chang S J , Wu B. Institutional barriers and industry dynamics [J]. *Strategic Management Journal* ,2014 ,35( 8) : 1103 – 1123.
- [6]Shen Q. A dynamic model of entry and exit in a growing industry [J]. *Marketing Science* ,2014 ,33( 5) : 712 – 724.
- [7]Bhaskarabhatla A , Klepper S. Latent submarket dynamics and industry evolution: lessons from the US laser industry [J]. *Industrial and Corporate Change* ,2014 ,23( 6) : 1381 – 1415.
- [8]Schumpeter J A. *Capitalism , Socialism , and Democracy* [M]. Fifth edition. London: George Allen and Unwin ,1976.
- [9]Arthur W B. Competing technologies , increasing returns , and lock-in by historical events [J]. *The Economic Journal* ,1989 ,99( 394) : 116 – 131.
- [10]Pavitt K. Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory [J]. *Research Policy* ,1984 ,13( 6) : 343 – 373.
- [11]Malerba F , Orsenigo L. Innovation and market structure in the dynamics of the pharmaceutical industry and biotechnology: Towards a History-friendly model [J]. *Industrial and Corporate Change* ,2002 ,11( 4) : 667 – 703.
- [12]Marengo L , Valente M. Industry dynamics in complex product spaces: An evolutionary model [J]. *Structural Change and Economic Dynamics* ,2010 ,21( 1) : 5 – 16.
- [13]Sabatier V , Craig-Kennard A , Mangematin V. When technological discontinuities and disruptive business models challenge dominant industry logics: Insights from the drugs industry [J]. *Technological Forecasting and Social Change* ,2012 ,79 ( 5) : 949 – 962.
- [14]Bohnsack R , Pinkse J , Kolk A. Business models for sustainable technologies: Exploring business model evolution in the case of electric vehicles [J]. *Research Policy* ,2014 ,43( 2) : 284 – 300.
- [15]Kim C W , Lee K. Innovation , technological regimes and organizational selection in industry evolution: A ‘history friendly model’ of the DRAM industry [J]. *Industrial and Corporate Change* ,2003 ,12( 6) : 1195 – 1221.
- [16]Malerba F , Nelson R , Orsenigo L , et al. Demand , innovation , and the dynamics of market structure: The role of experimental users and diverse preferences [J]. *Journal of Evolutionary Economics* ,2007 ,17( 4) : 371 – 399.
- [17]Figueiredo P N. Beyond technological catch-up: An empirical investigation of further innovative capability accumulation outcomes in latecomer firms with evidence from Brazil [J]. *Journal of Engineering and Technology Management* ,2014 ,31: 73 – 102.
- [18]Yildizoglu M. Competing R&D strategies in an evolutionary industry model [J]. *Computational Economics* ,2002 ,19( 1) :

- 51 – 65.
- [19] Randon E, Naimzada A. Dynamics of the non linear learning curve with spillovers in a differentiated oligopoly: effects on industry structure [J]. *Journal of Evolutionary Economics*, 2007, 17(1): 95 – 106.
- [20] 周钟, 陈智高. 产业集群网络中知识转移行为仿真分析——企业知识刚性视角 [J]. *管理科学学报*, 2015, 18(1): 41 – 49.
- Zhou Zhong, Chen Zhigao. Simulation of knowledge transfers in industrial cluster networks: A firm's knowledge rigidity perspective [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2015, 18(1): 41 – 49. ( in Chinese)
- [21] 孙耀吾, 卫英平. 高技术企业联盟知识扩散研究 [J]. *管理科学学报*, 2011, 14(12): 17 – 26.
- Sun Yaowu, Wei Yingping. Study on knowledge diffusion of high-tech enterprise from the small world network perspective [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2011, 14(12): 17 – 26. ( in Chinese)
- [22] Adner R, Levinthal D. Demand heterogeneity and technology evolution: Implications for product and process innovation [J]. *Management Science*, 2001, 47(5): 611 – 628.
- [23] Horii R. Wants and past knowledge: Growth cycles with emerging industries [J]. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2012, 36(2): 220 – 238.
- [24] Pelikan P. Bringing institutions into evolutionary economics: Another view with links to changes in physical and social technologies [J]. *Journal of Evolutionary Economics*, 2003, 13(3): 237 – 258.
- [25] Fatas-Villafranca F, Sanchez-Choliz J, Jarne G. Modeling the co-evolution of national industries and institutions [J]. *Industrial and Corporate Change*, 2008, 17(1): 65 – 108.
- [26] Funk J L. The co-evolution of technology and methods of standard setting: The case of the mobile phone industry [J]. *Journal of Evolutionary Economics*, 2009, 19(1): 73 – 93.
- [27] Dijk M, Yarime M. The emergence of hybrid-electric cars: Innovation path creation through co-evolution of supply and demand [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2010, 77(8): 1371 – 1390.
- [28] Kale D, Little S. From imitation to innovation: The evolution of R&D capabilities and learning processes in the Indian pharmaceutical industry [J]. *Technology Analysis & Strategic Management*, 2007, 19(5): 589 – 609.
- [29] Breznitz D. Industrial R&D as a national policy: Horizontal technology policies and industry-state co-evolution in the growth of the Israeli software industry [J]. *Research Policy*, 2007, 36(9): 65 – 82.
- [30] Wahab M. Asymmetric output growth effects of government spending: Cross-sectional and panel data evidence [J]. *International Review of Economics and Finance*, 2011, 20(4): 574 – 590.
- [31] Audretsch D B. *Innovation and Industry Evolution* [M]. Boston: MIT Press, 1995.
- [32] Klepper S, Simons K L. Industry shakeouts and technological change [J]. *International Journal of Industrial Organization*, 2005, 23(1): 23 – 43.
- [33] Flocicel S, Dougherty D. Where do games of innovation come from? Explaining the persistence of dynamic innovation patterns [J]. *International Journal of Innovation Management*, 2007, 11(1): 65 – 91.
- [34] Guoqing L, Zhongliang C. Dynamic industry evolution model on product life cycle [J]. *Energy Procedia*, 2011, 5: 1611 – 1615.
- [35] Nelson R, Winter S G. *An Evolutionary Theory of Economic Change* [M]. Massachusetts: Belknap Press of Harvard University, 1982.
- [36] Windrum P, García-Goñi M. A neo-Schumpeterian model of health services innovation [J]. *Research Policy*, 2008, 37(4): 649 – 672.
- [37] Silverberg G, Dosi G, Orsenigo L. Innovation, diversity and diffusion: A self-organization model [J]. *Economic Journal*, 1988, 98(393): 1032 – 1054.
- [38] 向诗剑, 马铁驹. ABM 与 GIS 集成及在分析新能源汽车扩散中的应用 [J]. *管理科学学报*, 2014, 17(1): 1 – 10.
- Xiang Shijian, Ma Tiejue. Integration of ABM and GIS and its application in analysis of diffusion of alternative energy vehicles [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2014, 17(1): 1 – 10. ( in Chinese)
- [39] Malerba F, Nelson R, Orsenigo L, et al. Competition and industrial policies in a 'history friendly' model of the evolution of the computer industry [J]. *International Journal of Industrial Organization*, 2001, 19(5): 635 – 664.

- [40] Garavaglia C. Modelling industrial dynamics with “History-friendly” simulations [J]. *Structural Change and Economic Dynamics*, 2010, 21(4): 258–275.
- [41] Kuhn T S. *The Structure of Science Revolutions* [M]. Chicago: University Of Chicago Press 1996.
- [42] Dosi G. Technological paradigms and technological trajectories [J]. *Research Policy*, 1982, 11(3): 147–162.
- [43] Freeman C, Perez C. *Structural Crisis of Adjustment, Business Cycles and Investment Behavior* [M] // Dosi G, et al. (eds.), *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter, 1988.
- [44] Freeman C. Innovation, Changes of Techno-Economic Paradigm and Biological Analogies in Economics [J]. *Revue Économique*, 1991, 42(2): 211–232.
- [45] Perez C. Technological revolutions and techno-economic paradigms [J]. *Cambridge Journal of Economics*, 2010, 34, 185–202.
- [46] Bleda M, Valente M. Graded eco-labels: A demand-oriented approach to reduce pollution [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2009, 76(4): 512–524.
- [47] Arrow K J. *Social Choice and Individual Values* [M]. New Haven: Yale University Press, 2012.
- [48] Simon H A. *Administrative Behavior* [M]. New York: Free Press, 1965.
- [49] Utterback J M, Abernathy W J. A dynamic model of process and product innovation [J]. *Omega*, 1975, 3(6): 639–656.

## Paradigm shift, heterogeneity and evolution of emerging industry

SUN Xiao-hua, WANG Yun, LIU Xiao-ling

Faculty of Management and Economics, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China

**Abstract:** Focused on alternative energy vehicles, this paper measures the space and frontier of the new and old tech-economic paradigm in the three dimensions of product performance, selling price and subsequent spending. Under the assumption of heterogeneity, a model of consumer choice and firm investment decision is constructed to simulate the evolution of automobile industry by Matlab 7.0. The effects of government consumer subsidies and productive subsidies are investigated respectively. The results show that the conventional vehicles will dominate the market with the advantages of product performance and selling price, although the subsequent spending of alternative energy vehicles is comparatively less. The consumer subsidies can stimulate the purchase of alternative energy vehicles, and from the demand side force the firms producing alternative energy vehicles to improve the product performance and increase the production cost through R&D activities, so as to increase the firms' competitiveness. The productive subsidies from the supply side help the firms producing alternative energy vehicles enter into the market, but do not change the conditions of low market share and profitability. Further, the subsidies do not take effects in the support of emerging industries, but disturb market order to some extent.

**Key words:** tech-economic paradigm; heterogeneity; industrial evolution; strategic emerging industry