

# 产业共性技术扩散的演化博弈分析

马永红<sup>1</sup>, 苏鑫<sup>1†</sup>, 赵越<sup>2</sup>

(1. 哈尔滨工程大学 经济管理学院, 黑龙江 哈尔滨 150001; 2. 东北林业大学 经济管理学院, 黑龙江 哈尔滨 150040)

**摘要:** 基于产业共性技术扩散的演化机理分析, 结合累积前景理论, 构建产业共性技术扩散三阶段演化博弈模型, 研究不同演化阶段产业共性技术扩散的主体行为及影响机制. 结果表明: 政府对产业共性技术采纳起到决定性作用, 在产业共性技术二次创新过程中起到中介作用, 但对共性技术产品定价作用不大; 企业对二次创新方式的选择, 更多考虑创新知识溢出而不是额外收益; 在伴随产品扩散阶段, 产业共性技术的技术性能是影响扩散的首要因素.

**关键词:** 产业共性技术; 技术扩散; 累积前景理论; 博弈理论

**引用格式:** 马永红, 苏鑫, 赵越. 产业共性技术扩散的演化博弈分析. 控制理论与应用, 2019, 36(1): 22–31

DOI: 10.7641/CTA.2018.80363

## Evolutionary game analysis on industrial generic technology diffusion

MA Yong-hong<sup>1</sup>, SU Xin<sup>1†</sup>, ZHAO Yue<sup>2</sup>

(1. School of Economics and Management, Harbin Engineering University, Harbin Heilongjiang 150001, China;

2. School of Economics and Management, Northeast Forestry University, Harbin Heilongjiang 150040, China)

**Abstract:** Based on the evolution mechanism analysis of industrial generic technology diffusion, combined with the cumulative prospect theory, the three stage evolutionary game model of industrial generic technology diffusion is constructed, and the subject behavior and influence mechanism of industrial generic technology diffusion in different stages of evolution are analyzed. The conclusion indicated that the government plays a decisive role in the adoption of industrial generic technology, and an important intermediary role in the secondary innovation process, but it has little effect on the pricing of generic technology products; more consideration is given to the enterprise's knowledge spillover of innovation rather than the additional income in the process of choosing innovation method; the technical performance of industrial generic technology is the primary factor affecting diffusion in the accompanying product diffusion stage.

**Key words:** industrial generic technology; technology transfer; cumulative prospect theory; game theory

**Citation:** MA Yonghong, SU Xin, ZHAO Yue. Evolutionary game analysis on industrial generic technology diffusion. *Control Theory & Applications*, 2019, 36(1): 22–31

## 1 引言

随着工业4.0概念的提出, 全球科技发展进入了崭新的时代. 在创新2.0的环境中, 工业4.0是在基础技术调试融合支撑下的颠覆性创新, 能够加快传统行业界限的消失, 并产生新的活动领域与合作形式. 在新的国际国内科技发展境况下, “中国制造2025”提出我国制造强国的战略目标, 部署全面提升中国制造业发展水平的重大计划. 为此明确了在关系国计民生和产业安全的基础性、全局性领域, 着力掌握关键核心技术与共性技术, 完善产业链条, 形成自主发展能力, 尽快实现与工业4.0的全面对接<sup>[1]</sup>. 在此背景下, 为了深

入贯彻“中国制造2025”, 快速迈入制造强国的行列, “产业关键共性技术发展指南(2017年)”共确定优先发展的产业关键共性技术174项, 对相关产业的技术水平与生产效率发挥迅速带动作用. 产业共性技术是指计算机辅助设计(computer aided designed, CAD)、纳米、太阳能等一类的使能技术, 能够广泛应用于不同领域、不同行业或不同区域, 其研发成果可共享并对整个产业或多个产业及企业的技术水平、生产效率产生深度影响以及发挥迅速带动作用, 拥有巨大的经济效益与社会效益, 并且具有基础性、开放性、外部性、关联性、前沿性等特点<sup>[2]</sup>. 产业共性技术本身对我国经

收稿日期: 2018–05–17; 录用日期: 2018–08–18.

†通信作者. E-mail: suxin0530@163.com; Tel: +86 15945689814.

本文责任编辑: 王龙.

国家自然科学基金项目(71373060), 国家社会科学基金重点项目(14GL004), 黑龙江省社会科学基金项目(13D011), 黑龙江省自然科学基金项目(G201404)资助.

Supported by the National Natural Science Foundation of China (71373060), the Key National Social Science Foundation of China (14GL004), the Heilongjiang Social Science Foundation (13D011) and the Heilongjiang Natural Science Foundation (G201404).

济发展水平的提高是有限的,如果不能得到有效的扩散,它对经济的发展不会有任何形式的影响<sup>[3]</sup>。从这个层面上讲,产业共性技术扩散应用要比研发供给更重要。产业共性技术扩散不同于一般的技术扩散,其特有的基础知识属性带来的使能属性、正外部性都使得其扩散过程中面临着市场失灵的困境,单纯依靠市场机制配置资源很可能导致产业共性技术的供给不足。特别是向企业扩散时,在现有的创新能力下企业往往倾向于沿着原有的技术范式选择低价低质技术,使得门槛较高的产业共性技术面临劣币驱逐良币的风险,这些问题需要政府进行有效干预<sup>[4]</sup>。因此,在“关于发挥科技支撑作用促进经济平稳较快发展的意见”中,明确要求加快产业共性技术扩散、完善扩散机制、改进扩散路径,快速解决制约我国产业健康持续发展和提升产业核心竞争力的瓶颈问题。

国内外学者对产业共性技术研究起始于产品的公共品属性,这也是产业共性技术扩散区别于其他技术、产品扩散的首要特征<sup>[5]</sup>。公共品属性是私有品属性的对称,指某项技术或产品具有使用或消费上的非竞争性以及受益上的非排他性,能为绝大多数人共同消费和享用。公共品属性决定了共性技术很难被私有化,企业必须对共性技术进一步开发,形成专有技术,生产创新产品,真正扩散到消费市场,否则只能在企业之间与专业人员之间进行交流扩散<sup>[6]</sup>。在分析产业共性技术扩散重要性之前学者们首先明确了产业共性技术对企业技术创新演化的作用。基于党兴华等<sup>[7]</sup>提出“技术创新的本质是知识创造”的基本观点,王宇露等<sup>[8]</sup>指出产业共性技术在企业的技术创新演化过程中提供了绝大部分的技术知识,是企业技术创新的知识载体,决定了企业技术创新行为方式。Lavie<sup>[9]</sup>、D'Ippolito等<sup>[10]</sup>、Vona等<sup>[11]</sup>认为,产业共性技术对企业技术创新的影响主要体现在知识替代(二次创新)、知识更换(集成创新)以及知识进化(原始创新)。首先,陆立军等<sup>[12]</sup>指出,企业通过外力(政府)形成产业共性技术创新知识的内部结构与知识配置,在此基础上进行二次创新派生出一系列的专有技术,形成企业技术创新的“内生”能力,为企业二次创新提供了导向性技术范式;其次,产业共性技术的外溢效应使企业通过联合制造、合作创新、合资建厂等方式有机整合内部核心技术知识与外部知识源(包括显性知识与隐性知识),更新内生知识产生协同价值,实现企业技术创新量的积累,促进企业知识惯例集成<sup>[13-14]</sup>;最后,企业在产业共性技术知识传递过程中掌握技术核心实现原始积累,通过原创性自主创新重构企业知识实现企业核心技术源的汲取与内化<sup>[15]</sup>。虽然产业共性技术是企业核心技术形成的前提已经得到学者们的认可<sup>[16-17]</sup>,但现实的情况是,很多企业的产业共性技术二次创新期望强烈,但产业共性技术的供给组织—

政府,仍是其创新的主体<sup>[18]</sup>。造成该现象的主要原因是产业共性技术的准公共品属性与企业核心技术的独占性发生冲突并引起政府充分发挥产业关键共性技术创新社会效应的意图与企业创新意愿之间的矛盾(市场失灵),以短期盈利为目标的企业很难对产业共性技术二次创新进行妥善解决,导致能够独立完成产业关键共性技术创新的企业微乎其微(组织失灵),突出了政府行为在产业关键共性技术创新过程中的重要性(制度失灵)<sup>[19]</sup>。由此,学者们又从共性技术扩散失灵、扩散中政府行为等方面进行了研究,李纪珍等<sup>[20]</sup>指出产业共性技术处于技术树的底层,二次开发成本较高不确定性较大,导致企业高估采纳风险低估市场价值,倾向于选择接近市场的技术,形成了扩散壁垒,造成扩散的制度失灵与市场失灵。邹樵<sup>[21]</sup>根据交易费用理论建立议价模型,认为随着产业共性技术扩散率的增加,交易成本会逐渐降低,政府总收益呈现最大化,由此政府要充分发挥权威作用促进产业共性技术扩散避免扩散失灵。韩元建等<sup>[6]</sup>通过分析美国政府对产业共性技术发展的支持方式,指出尽管中国与美国政策演进轨迹不同但行为逻辑相仿,实现共性技术制度化、明晰市场与政府的界线、建立科技规划评价体制促进产业共性技术扩散。另外,学者们针对扩散模型也进行了深入探讨,主要集中在以下两个方面:以Bass为代表的宏观扩散模型和基于潜在采纳者个体采纳行为的微观扩散模型。宏观扩散模型重点研究“扩散速度”,假设个体间相互作用是独立同分布的,用微分方程描述群体范围的宏观扩散过程。这类模型大多建立在一个经验发现——技术创新采纳者比例呈S型曲线<sup>[22]</sup>,其基础模型包括内部影响模型、外部影响模型以及混合信息源模型(Bass模型),Chu和Pan<sup>[23]</sup>利用Bass模型分析台湾地区移动互联网用户趋势,预测GPRS等技术的最终市场潜力;Laciana和Rovere<sup>[24]</sup>模拟了技术扩散动态过程,发现前期技术采纳者行为会影响技术扩散速度;Turk和Turkman<sup>[25]</sup>利用Bass模型分析宽带技术扩散速度与潜在采纳者的总数量,得出目前宽带技术尚不能实现完全渗透。微观扩散模型更多的是研究“扩散程度”,潜在采纳者的采纳行为更多取决于不同扩散时期对新技术的先验认知和已采纳企业的实际经验。主要模型包括基于博弈论的扩散模型、基于采纳行为特征的扩散模型以及基于采纳者异质性结构的扩散模型。博弈论能够有效解决控制系统的多目标优化问题<sup>[26]</sup>,可通过寻找博弈均衡解构建共性技术扩散模型,Reinganum<sup>[27]</sup>将博弈论应用到技术扩散模型的研究中,分析了双寡头垄断博弈中两个同属性公司之间的扩散问题;Peres等<sup>[28]</sup>与Verdolini等<sup>[29]</sup>分别构建了基于社会网络的技术扩散模型,研究了不同网络结构对创新扩散绩效及采纳程度的影响;Song<sup>[30]</sup>针对采纳者的异质性结构

与预期采纳行为的微观差异构建扩散模型论证二者对技术扩散的作用. 上述研究对本文构建产业共性技术扩散模型提供了思路与启示.

目前, 学术界对产业共性技术的研究集中于甄选识别、研发平台、政府在研发中的作用等供给领域, 而对共性技术扩散的研究成果较少, 已有研究主要限于扩散概念、特征的探讨, 少有关于产业共性技术扩散过程的深入研究. 另外, 多数学者认为产业共性技术扩散是技术扩散的一种, 服从技术扩散的变化规律, 缺乏对产业共性技术二次研发的必要性分析, 忽略了产业共性技术在共享的前提下, 采纳者违背了“理性人”、“追求效用最大化”的基本假定, 而拒绝采用产业共性技术这一“悖论”. 鉴于此, 本文在理论机理分析的基础上, 引入累积前景理论, 解释在实际环境中产业共性技术采纳者的采纳行为变化过程, 构建产业共性技术扩散的演化博弈模型, 对产业共性技术扩散演化过程进行阶段分析, 以期充实产业共性技术扩散的理论研究, 并为政府指导产业共性技术扩散提供参考文献.

## 2 产业共性技术扩散的三阶段博弈分析

### 2.1 理论基础

由上述分析可知, 产业共性技术在整个扩散演化过程中, 企业的二次创新过程较长, 也就是说产业共性技术并不能直接作为产品或技术投入市场中进行扩散. 基于此, 本文将产业共性技术扩散过程分为权威扩散、二次创新与附随扩散3个发展阶段, 并认为在不同的阶段中, 政府发挥着一定的主导或激励作用, 在激励机制下企业会产生合作行为<sup>[31]</sup>, 并通过改变自身行为来促进共性技术扩散. 基于相关文献的理论分

析, 本文总结出产业共性技术扩散的演化机理模型, 如图1所示.

#### 1) 从供给到采纳的权威扩散阶段.

权威扩散是指政府对扩散的共性技术实行指令性计划驱动的运行模式, 并对采纳企业提出明确要求、提供大部分或全部创新经费. 在这一阶段我国产业共性技术扩散表现为政府科技规划主导下的产业共性技术推广, 政府是产业共性技术的主要供给者, 扩散的主要特征是无偿性. 政府对具备技术高相关与创新能力强的企业实施补贴政策, 激励企业做出产业共性技术二次创新决策.

#### 2) 从采纳到适应的二次创新阶段.

二次创新是指企业采纳产业共性技术后, 对其实施专有化成为核心技术的过程. 在这一阶段主要是企业间的相互作用过程, 采用产业共性技术的企业需要结合产品需求对该技术进行针对性改造, 扩散渠道主要为有偿转让、合作创新等方式.

#### 3) 从适应到融合的附随扩散阶段.

附随扩散是指产业共性技术二次创新完成后, 附随在企业产品或专有技术中进入市场的扩散情况, 扩散广度受其所附随产品或专有技术的制约. 该阶段产业共性技术真正进入市场, 实现商业化扩散. 此时的扩散方式主要有两种: 一是附随在企业专有技术中, 在技术市场进行交易, 此时政府通过实行技术补贴等方式调控技术市场; 二是附随在企业产品中, 在产品市场实现最终扩散, 政府通过调节市场价格、制定产品政策等手段掌控产品市场发展方向, 此时政府是市场秩序的维护者. 通过政府的激励实现共性技术与产品的有效融合.

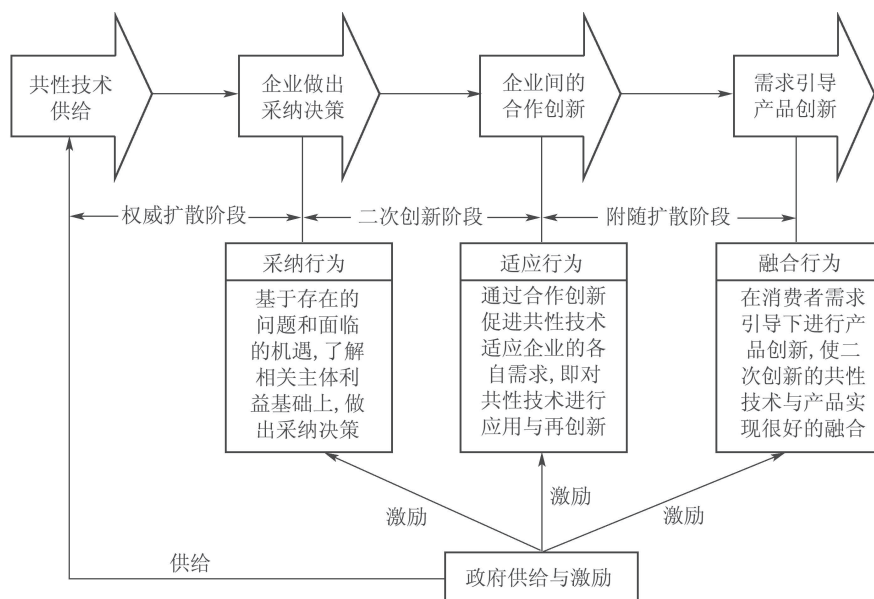


图 1 产业共性技术扩散的演化机理模型

Fig. 1 Evolution mechanism model of industrial generic technology diffusion

基于演化机理模型, 本文对各阶段的中政府与企业、企业与企业以及企业与消费者之间的策略进行了博弈分析, 明确产业共性技术扩散过程中的主体行为关系, 探索产业共性技术扩散的演化机制。

## 2.2 权威扩散博弈

企业尽管可以免费获得产业共性技术, 但需要对其进行二次创新后形成专有技术, 因此共性技术的采纳过程实际上是企业专有技术的创新过程, 研发投入成本高、技术风险与市场风险大、研发成果未知, 这些都会形成产业共性技术的采用壁垒。前景理论<sup>[32-33]</sup>认为, 大多数决策者在面对收益不确定时会低估大概率事件而高估小概率事件, 是风险规避的, 因此, 企业在面临免费获得的产业共性技术时往往是不愿冒险的; 政府补贴企业产业共性技术的未知研发成果是小心翼翼的, 这使得决策者对看似共享的产业共性技术敏感程度并不高。但是要想实现产业共性技术全面扩散, 企业采纳是前提, 政府补贴是必要手段。因此, 政府与企业在“有限理性人”假设基础上, 对不确定的收益与损失存在前景值预估, 为了更好的处理产业共性技术扩散三阶段中不同决策主体的策略选择, 本文采用前景理论建立目标函数:

$$Q(f) = \sum_{i=0}^n \pi_i^+ V(x_i) + \sum_{i=-m}^0 \pi_i^- V(x_i), \quad (1)$$

其中:

$$\begin{aligned} \pi_n^+ &= w^+(P_n), \quad \pi_{-m}^- = w^-(P_{-m}), \\ \pi_i^+ &= w^+(P_i + \dots + P_n) - w^+(P_{i+1} + \dots + P_n), \\ &0 \leq i \leq n-1, \\ \pi_i^- &= w^-(P_{-m} + \dots + P_i) - w^-(P_{-m} + \dots + P_{i-1}), \\ &1-m \leq i \leq 0, \\ x_{-m} &< x_{-m+1} < \dots < x_{-1} < 0 < x_1 < \dots < \\ x_{n-1} &< x_n (\text{参考点或现状为} 0), \\ V(x) &= \begin{cases} x^\alpha, & x \geq 0, \\ -\lambda(-x)^\beta, & x < 0, \end{cases} \\ w^+(P) &= \frac{P^r}{[P^r + (1-P)^r]^{1/r}}, \\ w^-(P) &= \frac{P^\delta}{[P^\delta + (1-P)^\delta]^{1/\delta}}, \end{aligned}$$

式中:  $Q(f)$  是前景值;  $\pi_i^+$ ,  $\pi_i^-$  分别为收益与损失时的概率权重函数;  $x_i$  表示决策者的决策感知;  $V(x)$  为价值函数,  $x \geq 0$  表示决策感知为收益,  $x < 0$  表示决策感知为亏损;  $\alpha, \beta$  分别代表收益与损失区间价值函数的凹凸程度,  $\lambda$  控制决策者的损失厌恶程度;  $P$  为备选方案的概率;  $w^+(P)$ ,  $w^-(P)$  分别表示收益与损失时各方案的概率权重函数。

当备选方案为两种可能时,

$$V(f) = \pi_1 V(x_1) + \pi_2 V(x_2), \quad (2)$$

其中:  $\pi_1 = 1 - \omega(P_2)$ ,  $\pi_2 = \omega(P_2)$ , 且  $x_2 < x_1 \leq 0$  或  $0 \leq x_1 < x_2$ 。

演化博弈论源于生物进化论思想, 由于生物种群属于大种群, 其理性程度相对较低、学习与动态调整能力较慢, 在博弈过程中, “复制动态机制”是模拟博弈主体学习、模仿以及策略调整等活动的有效机制; 但如果是具有快速学习能力的小种群博弈成员的反复博弈, 那就需要用能够反映快速学习能力的“最优反应动态机制”进行模拟更为合适。产业共性技术的扩散需要众多群体的参与, 属于大群体环境, 而在产业共性技术扩散的权威扩散阶段, 主要由政府出资研发并向企业免费提供共性技术, 但由于政府群体与企业群体的信息不对称及有限理性, 在主体进行策略选择的过程中很难快速确认出自身利益最大化的策略, 而需要一个缓慢地试错、调整的动态过程。因此, 在权威扩散阶段, 本文认为选择用复制者动态方程构建政府与企业的演化博弈模型更为合适, 复制者动态方程具体含义是: 策略的增长率等于所对应的适应度, 即只要选择这个策略的个体适应度比群体的平均适应度高, 这个策略就会增长。

企业在决定是否采纳产业共性技术时主要考虑的是经济效益最大化, 政府在决策是否对企业补贴时主要考虑的是社会总体效益最大化, 双方每个决策的价值函数与决策权重在博弈过程中是复制动态的, 二者的决策调整最终实现演化策略均衡。由此, 提出如下假设:

1) 政府对企业实行附条件无偿补助, 目前我国对产业共性技术再创新的补助形式主要有: 创新投入补贴、创新产品补贴<sup>[24]</sup>。补助时政府要对补助程序进行管理, 补助管理成本为  $K$ , 对企业采纳共性技术进行二次创新的投入补助系数为  $\sigma$ , 政府促进产业共性技术扩散的努力程度为  $h$ , 若政府不补助且企业不采用, 产业共性技术无法得到有效扩散, 共性技术发展的长期缺失会导致社会边际效益递减, 科技发展滞后, 造成社会损失  $L$ 。

2) 企业采纳产业共性技术需要对其二次创新, 投入成本为  $C$ , 由于外部效应, 会带来社会效益  $R$ , 企业采纳产业共性技术前的收益为  $E$ , 采纳后的收益为  $E'$ , 采纳前的税基为  $D$ , 采纳后的税基为  $D'$ , 利率为  $I$ , 得到的政府财政补助为  $\sigma C$ , 由于社会对产业共性技术的推广与运用, 企业若不采纳产业共性技术, 会使原有资产与社会普遍运用的资产相比较, 技术明显落后, 造成功能性贬值, 产生超额运营成本  $G$ 。

基于以上分析建立政府与企业的博弈收支矩阵:

表1 政府与企业双方的博弈收益矩阵

Table 1 Game income matrix of government and enterprise

企业		政府补助		政府不补助	
		采纳	不采纳	采纳	不采纳
	采纳	$V(E') + V(\sigma C) - ID' - C; V(R) - K - V(\sigma C) + ID'$	$V(E') - C; V(R)$		
	不采纳	$-V(G) + E - ID; -K + hL + ID$	$-V(G) + E; -V(L)$		

政府与企业分别根据各自的前景值制定博弈策略,按照政府与企业双方的博弈收支矩阵求得产业共性技术扩散一阶段的演化复制动态方程<sup>[34]</sup>,设企业采纳产业共性技术的概率为 $x$ ,不采纳的概率为 $1-x$ 且 $0 \leq x \leq 1$ ,政府对企业的补助的概率为 $y$ ,不补助的概率为 $1-y$ 且 $0 \leq y \leq 1$ .

企业复制动态方程

$$F_{\text{企}}(x) = \frac{dx}{dt} = x(1-x)\{[V(\sigma C) - ID' + ID]y + V(G) + V(E') - E - C\}. \quad (3)$$

政府复制动态方程

$$F_{\text{政}}(y) = \frac{dy}{dt} = y(1-y)\{-V(\sigma C) + ID' - ID - hL - V(L)\}x + hL - K, \quad (4)$$

则复制动态的稳定状态为

$(0, 0), (0, 1), (1, 0), (1, 1), (x^*, y^*)$ , 其中

$$\begin{cases} x^* = \frac{K - hL}{-V(\sigma C) + ID' - ID - V(L) - hL} \\ y^* = \frac{E + C - V(G) - V(E')}{V(\sigma C) - ID' + ID} \end{cases}$$

“演化稳定策略”是演化博弈论的核心概念,“演化稳定策略”是指这样一种策略,在此策略下大群体能够消除其内部某小群体的任何小的突变,是具有一定的稳健性的均衡策略.与传统博弈论的理性人假设相比较,演化博弈论提出的有限理性更符合人类的实际情况.演化博弈论中的有限理性,意味着博弈双方不能仅仅通过一次或几次的短期博弈找到均衡稳定策略,而是经过学习、模仿、试错、调整策略的周而复始的博弈过程,才能实现最终的演化稳定策略.

企业稳定策略的演化分析:

1) 当 $E + C - V(G) - V(E') > 0$ 且 $E + C - V(G) - V(E') < V(\sigma C) - ID' + ID$ , 即:  $0 < [E + C - V(G) - V(E')]/[V(\sigma C) - ID' + ID] < 1$ . 若 $y > [E + C - V(G) - V(E')]/[V(\sigma C) - ID' + ID]$ , 则 $F'_{\text{企}}(1) < 0$ . 此时,  $x^* = 1$ 为演化稳定策略; 若 $y < [E + C - V(G) - V(E')]/[V(\sigma C) - ID' + ID]$ , 则 $F'_{\text{企}}(0) < 0$ , 此时,  $x^* = 0$ 为演化稳定策略;  $y = [E + C - V(G) - V(E')]/[V(\sigma C) - ID' + ID]$ , 则 $F'_{\text{企}}(x) = 0$ , 此时

$x$ 均为稳定状态. 该策略表明: 如果企业当前收益较高, 预估采纳共性技术后的收益前景值并不高, 并且采纳成本并不低于由功能性贬值产生的超额运营成本, 但是企业对政府补助的前景值预估较高, 以及采纳后的税收优惠较大. 此时, 是否采纳产业共性技术要取决于企业对政府补助的感知, 企业感知政府会以 $y > [E + C - V(G) - V(E')]/[V(\sigma C) - ID' + ID]$ 的概率进行补助时, 最终企业会选择采纳共性技术, 否则不采纳.

2) 当 $[E + C - V(G) - V(E')] > [V(\sigma C) - ID' + ID]$ 时, 即 $[E + C - V(G) - V(E')]/[V(\sigma C) - ID' + ID] > 1$ 时,  $F'_{\text{企}}(0) < 0$ , 此时,  $x^* = 0$ 为演化稳定策略. 该策略表明: 当企业对政府补助的前景值预估较低, 税收优惠较小, 并且不采纳产业共性技术造成的超额运营成本也不高时, 无论政府是否补助, 企业不会采纳产业共性技术.

3) 当 $[E + C - V(G) - V(E')] < 0$ 时,  $F'_{\text{企}}(1) < 0$ . 此时,  $x^* = 1$ 为演化稳定策略. 该策略表明: 只要企业感知采纳产业共性技术后会带来较高利润, 并且不采纳会引发企业的功能性贬值, 造成较大的损失. 无论企业对政府补助的前景值预估结果如何, 企业都会采用产业共性技术.

4) 当 $[E + C - V(G) - V(E')] = 0$ 时,  $y^* = 0$ . 此时, 企业感知采纳产业共性技术后的收益与当前收益相同, 不采纳产业共性技术产生的超额运营成本与创新投入成本相同, 同时无论企业是否采纳产业共性技术, 政府都不会给予补助.

政府稳定策略的演化分析:

1) 当 $K - hL > 0$ 且 $K - hL < -V(\sigma C) + ID' - ID - V(L) - hL$ , 即:  $0 < [K - hL]/[-V(\sigma C) + ID' - ID - V(L) - hL] < 1$ . 若 $x > [K - hL]/[-V(\sigma C) + ID' - ID - V(L) - hL]$ , 则 $F'_{\text{政}}(1) < 0$ , 此时,  $y^* = 1$ 为演化稳定策略; 若 $x < [K - hL]/[-V(\sigma C) + ID' - ID - V(L) - hL]$ , 则 $F'_{\text{政}}(0) < 0$ , 此时,  $y^* = 0$ 为演化稳定策略; 若 $x = [K - hL]/[-V(\sigma C) + ID' - ID - V(L) - hL]$ , 则 $F'_{\text{政}}(y) = 0$ , 此时 $y$ 均为稳定状态. 该策略表明: 若政府对采纳共性技术企业的补助管理成本较高, 且政府努力程度对共性技术扩散的影响并不是很大, 同时预估企业不采纳共性技术而造成的社会损失很小, 此时, 政府是否努力促进共性技术扩散、补

助采纳共性技术的企业取决于政府感知采纳企业的比例, 当政府预估采纳企业的比例为  $x > [K - hL] / [-V(\sigma C) + ID' - ID - V(L) - hL]$  时, 政府会补助采纳企业, 否则不补助。

2) 当  $K - hL > -V(\sigma C) + ID' - ID - V(L) - hL$ , 即  $[K - hL] / [-V(\sigma C) + ID' - ID - V(L) - hL] > 1$  时,  $F'_{\text{政}}(0) < 0$ 。此时,  $y^* = 0$  为演化稳定策略。该策略表明: 当补助管理成本与财政补贴非常高, 甚至超过共性技术因无法扩散而造成的社会损失, 此时, 无论企业是否采纳共性技术, 政府都不会给予补助。

3) 当  $K - hL < 0$  时,  $F'_{\text{政}}(1) < 0$ 。此时,  $y^* = 1$  为演化稳定策略。该策略表明: 当政府的补助管理成本较高, 只要政府努力促进产业共性技术扩散, 就会减小因企业不采纳共性技术而造成的社会损失, 此时, 无论企业是否采纳共性技术, 政府都会实施补助政策, 努力促进共性技术的扩散。

4) 当  $K - hL = 0$  时,  $x^* = 0$ 。此时, 政府补助企业采纳产业共性技术创新的成本与缺乏产业共性技术造成的社会损失相同, 同时无论政府是否补助, 企业均不会采纳产业共性技术。

根据演化稳定策略定理, 在共性技术权威扩散阶段, 结合以上分析, 企业与政府的策略动态进化图如图2所示。

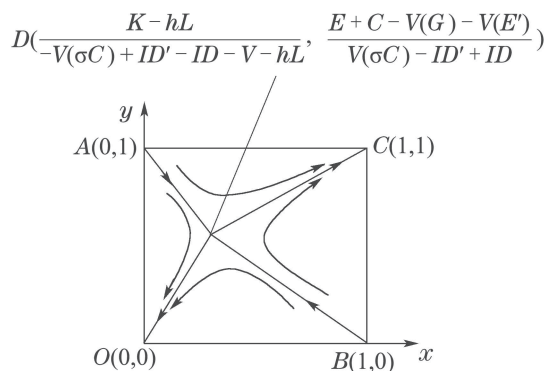


图2 政府与企业的策略动态演化图

Fig. 2 Dynamic evolution trajectory map of government and enterprise strategy

根据图2所表现出的复制动态关系及稳定性来看, O点与C点是权威扩散博弈阶段的稳定策略。而O点策略属于政府与企业均不作用的消极状态, 此时会阻碍产业共性技术发展, 这并不符合博弈双方对经济效益与社会总体效益最大化的前景预估, 因此, 根据对政府与企业稳定策略的分析, 结合博弈双方的前景值预估, C点为权威扩散阶段的最终博弈策略, 即: 政府补贴、企业采纳。该策略符合我国目前的国情, 有利于促进产业共性技术扩散, 使博弈双方实现共赢局面。

### 2.3 二次创新博弈

企业采纳产业共性技术后, 要对其进行二次创新,

各采纳企业作为不同的决策主体, 在各自追求自身利润最大化的基础上<sup>[35]</sup>, 通过适当的资源共享与合理的利益分配来寻求竞争优势, 从而使得竞争与合作协同演进并最终形成竞争中合作的二元关系<sup>[36]</sup>。由此可知, 企业之间不仅是竞争的关系, 还存在合作的动机, 即竞合博弈。此时企业面临两种决策: 合作创新、独立创新。面对产业共性技术的二次创新, 企业之间究竟是合作还是竞争? 抑或是通过建立合作战略来实现长期的竞争优势? 在二次创新博弈阶段的研究中, 分析企业合作与非合作的前景大小, 探究企业之间的竞合演化方向。

以权威扩散博弈阶段的条件假设为基础, 对主要的变量及参数补充说明:

1)  $S_A, S_B$  表示A, B两企业共性技术二次创新的投入水平。

2)  $N_{AB}, N_{BA}$  表示企业A(B)从企业B(A)吸收知识溢出的能力,  $0 < N_{AB}, N_{BA} < 1$  的常数, 当  $N_{AB}(N_{BA}) = 0$  时, 表明A(B)企业完全没有吸收B(A)企业的知识溢出, 当  $N_{AB}(N_{BA}) = 1$  时, 表明A(B)企业完全吸收B(A)企业的知识溢出;  $\eta_A, \eta_B$  为企业A(B)从企业B(A)吸收知识溢出后的转化系数,  $0 < \eta_A, \eta_B < 1$  的常数, 当  $\eta_A(\eta_B) = 0$  时, 表明A(B)企业将从B(A)企业吸收的知识完全没有转化成企业知识, 当  $\eta_A(\eta_B) = 1$  时, 表明A(B)企业将从B(A)企业吸收的知识全部转化成企业知识; A, B企业的二次创新投入成本  $C_A, C_B$ , 与创新投入水平成正比、与吸收知识溢出能力成反比, 所以,  $C_A = u_A S_A - \eta_A N_{AB} S_B + \sigma C_A$ ;  $C_B = u_B S_B - \eta_B N_{BA} S_A + \sigma C_B$ ,  $u_A, u_B$  为单位成本, 表明一单位的创新投入中所包含的共性技术创新成本,  $0 < u_A, u_B < 1$  为常数;  $b, 1 - b$  为A, B企业二次研发收益的分配比例。

3)  $\mu, \varphi$  分别为企业A, B的二次创新弹性, 衡量二次创新投入水平对效益R的影响程度, 企业创新投入水平的提高会带来效益的增加, 但增加到极大值m时, 会出现边际效用递减。  $\mu, \varphi > -1$ , 为常数, 且  $\mu + \varphi = 1$ ,  $R = m - S_A^{-\mu} S_B^{-\varphi}$ 。

4) 企业合作创新带来的超额收益, 按投入份额分配 ( $g_A = \frac{S_A}{S_A + S_B}$ ;  $g_B = \frac{S_B}{S_A + S_B}$ ), 包括协同创新收益,

$T_i = \xi g_i U_o (i = 1, 2)$ ,  $\xi$  表示协同效应系数,  $0 < \xi < 1$ , 常数; 合作分摊成本,  $d_i = \varepsilon g_i U_o$ ,  $\varepsilon$  表示分摊系数,  $0 < \varepsilon < 1$ , 为常数。

5) 为了保证决策权重函数对企业二次创新决策概率的单调性, 本文选用Prelec<sup>[37]</sup>提出的权重函数形式:  $\omega(P) = \exp[-(-\ln p)^\tau]$  ( $0 < \tau < 1$ ),  $p$  为产业共性技术二次创新的边际收益。

构建企业对产业共性技术二次创新的竞合模型:

1) 企业非合作效用.

$$\begin{cases} U_A = b(m - S_A^{-\mu} S_B^{-\varphi}) - u_A S_A + \eta_A N_{AB} S_B, \\ U_B = (1-b)(m - S_A^{-\mu} S_B^{-\varphi}) - u_B S_B + \eta_B N_{BA} S_A. \end{cases} \quad (5)$$

2) 企业合作效用.

$$\begin{cases} U'_A = b(m - S_A^{-\mu} S_B^{-\varphi}) - u_A S_A + \eta_A N_{AB} S_B + \xi_G U_o + \varepsilon_G U_o, \\ U'_B = (1-b)(m - S_A^{-\mu} S_B^{-\varphi}) - u_B S_B + \eta_B N_{BA} S_A + \xi_G U_o + \varepsilon_G U_o, \\ U_o = (m - S_A^{-\mu} S_B^{-\varphi} + \eta_A N_{AB} S_B + \eta_B N_{BA} S_A - u_A S_A - u_B S_B) \cdot (1 + \xi_G + \varepsilon_G). \end{cases} \quad (6)$$

3) 企业竞合前景.

$$\begin{cases} \frac{\partial U_A}{\partial S_A} = b\mu S_A^{-(\mu+1)} S_B^{-\varphi} - u_A, \\ \frac{\partial U_B}{\partial S_B} = (1-b)\varphi S_A^{-\mu} S_B^{-(\varphi+1)} - u_B, \\ \frac{\partial U_o}{\partial S_A} = (1 + \xi_G + \varepsilon_G) \cdot (\mu S_A^{-(\mu+1)} S_B^{-\varphi} + \eta_B N_{BA} - u_A), \\ \frac{\partial U_o}{\partial S_B} = (1 + \xi_G + \varepsilon_G) \cdot (\varphi S_A^{-\mu} S_B^{-(\varphi+1)} + \eta_A N_{AB} - u_B), \end{cases} \quad (7)$$

$$\begin{cases} S_A = [b^{(1+\varphi)}(1-b)^{-\varphi} \mu^{(1+\varphi)} \varphi^{-\varphi} \cdot u_A^{(1+\varphi)} u_B^{\frac{1}{\mu+\varphi+1}}], \\ S_B = [b^{-\mu}(1-b)^{(1+\mu)} \mu^{-\mu} \varphi^{(1+\mu)} \cdot u_A^{\mu} u_B^{-\frac{1}{\mu+\varphi+1}}], \\ S'_A = [\varphi^{-\varphi} \mu^{(1+\varphi)} (u_A - \eta_B N_{BA})^{-(1+\varphi)} \cdot (u_B - \eta_A N_{AB})^{\frac{1}{\mu+\varphi+1}}], \\ S'_B = [\varphi^{(1+\mu)} \mu^{-\mu} (u_A - \eta_B N_{BA})^{\mu} \cdot (u_B - \eta_A N_{AB})^{-\frac{1}{\mu+\varphi+1}}], \end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} Q(X_A, P_A; X_B, P_B) &= \sum_{i=1}^n u(x_i) [\omega(\sum_{j=i}^n P_j) - \omega(\sum_{j=i+1}^n P_j)] = \\ &= \frac{\mu - \varphi + 1}{\mu + \varphi + 1} (e^{[-(-\ln p_i)^\tau]} \ln \frac{\varphi}{u_B - \eta_A N_{AB}} - \\ &= e^{[-(-\ln p_j)^\tau]} \ln \frac{(1-b)\mu}{u_B}) + \\ &= \frac{\varphi - \mu + 1}{\mu + \varphi + 1} (e^{[-(-\ln p_i)^\tau]} \ln \frac{\mu}{u_A - \eta_B N_{BA}} - \\ &= e^{[-(-\ln p_j)^\tau]} \ln \frac{b\mu}{u_A}) - \ln u_A. \end{aligned} \quad (9)$$

由产业共性技术二次创新的竞合模型可知, 当

$$\left[ \frac{\varphi\mu}{(u_B - \eta_A N_{AB})(u_A - \eta_B N_{BA})} \right]^{e^{[-(-\ln p_i)^\tau]}} > \left[ \frac{b(1-b)\varphi\mu}{u_B} \right]^{e^{[-(-\ln p_j)^\tau]}}$$

时, 企业合作情况下产生的创新收益要高于非合作时的收益, 此时, 企业选择合作创新, 并且收益要高于各方的前景预估值才会使合作维持下去, 否则企业会选择独立进行产业共性技术的二次创新. 同时, 合作创新的超额收益对企业竞合决策影响并不是最大的, 企业考虑更多的是能否从合作中获得创新知识溢出, 以及合作水平对企业创新收益的影响程度, 由此, 政府应关注对创新软环境的建设以及建立产业共性技术的扩散平台.

### 2.4 附随扩散博弈

产业共性技术二次创新完成后, 要附随在企业商品或服务中进入市场, 最终扩散到消费者, 实现商品化. 在商品市场中, 将同类产品分为附随产业共性技术产品及普通产品两大类, 消费者会根据对产业共性技术的偏好程度以及自身效用最大化对产品做出选择.

1) 消费者购买策略.

设消费者总数为  $T$ , 附随产品用 1 表示, 0 代表普通产品, 附随产品比普通产品的研发成本高, 政府对每件附随产品的补贴为  $\delta$ , 销售价格分别是为  $P_1$  与  $P_0$ , 技术性能为  $a_1$  与  $a_0$ , 消费者不购买产品与购买普通产品的无差异偏好参数为  $v_0$  ( $0 < v_0 < 1$ ), 购买普通产品与附随产品的无差异偏好参数为  $v_1$  ( $0 < v_1 < 1$ ), 消费者的效用函数为  $U$ , 根据偏好无差异模型可知, 消费者购买普通产品的概率为  $v_1 - v_0$ , 购买附随产品的概率为  $1 - v_1$ , 且  $v_0 = \frac{P_0}{a_0}$ ;  $v_1 = \frac{P_1 - P_0 - \delta}{a_1 - a_0}$ . 市场对附随产品与普通产品的需求量为

$$Q_1 = (1 - v_1)T, \quad (10)$$

$$Q_0 = (v_1 - v_0)T. \quad (11)$$

购买附随产品与普通产品的消费者效用为

$$U_1 = v_1 a_1 - P_1. \quad (12)$$

$$U_0 = v_0 a_0 - P_0. \quad (13)$$

消费者总效用函数为

$$\begin{aligned} U &= U_0 + U_1 = \\ &= T \int_{\gamma_0}^{\gamma_1} (\gamma a_0 - P_0) d\gamma + T \int_{\gamma_1}^1 (\gamma a_1 - P_1) d\gamma. \end{aligned} \quad (14)$$

2) 企业销售策略.

销售附随产品企业的利润函数为  $E'_1 = (P_1 - u_1)Q_1$  ( $u_1$  为附随产品边际成本), 销售普通产品企业的利润函数为  $E'_0 = (P_0 - u_0)Q_0$  ( $u_0$  为普通产品边际成本)

本), 因此, 附随产品与普通产品的最优市场价格为

$$P_1^* = \frac{a_1(2a_1+2\delta+2u_1-u_0) - a_0(2a_1+\delta)}{4a_1-a_0}, \quad (15)$$

$$P_0^* = \frac{a_1(a_0-2u_0) + a_0(u_1-a_0-\delta)}{4a_1-a_0}. \quad (16)$$

可计算出附随产品企业与普通产品企业的最优市

场供给量为

$$D_1^* = \frac{a_1(2a_1+2\delta-2u_1-u_0) + a_0(u_1-\delta)}{(4a_1-a_0)(a_1-a_0)}T, \quad (17)$$

$$D_0^* = \frac{a_1a_0(a_1-\delta+u_1-u_0-a_0) + 2a_1^2u_0}{a_0(4a_1-a_0)(a_1-a_0)}T, \quad (18)$$

则附随产品生产企业的最大利润为

$$E_1^* = \frac{[a_1(2a_1+2\delta-2u_1-u_0) + a_0(u_1-\delta)]^2 - a_1a_0(2a_1+2\delta-2u_1-u_0)(u_1-\delta+2a_1a_0)}{(4a_1-a_0)^2(a_1-a_0)}T. \quad (19)$$

普通产品生产企业的最大利润为

$$E_0^* = \frac{a_1a_0[a_1a_0-6a_1u_1+a_0u_1-a_0^2-a_0\delta+a_0u_0] + 2a_1a_0u_0(a_1u_1-a_1a_0-a_1\delta+a_1u_0) + 2a_1^3u_0(a_0-6u_1)}{a_0(4a_1-a_0)^2(a_1-a_0)}T. \quad (20)$$

由此可知,  $\frac{\partial P_1^*}{\partial \delta} > 0$ ;  $\frac{\partial P_0^*}{\partial \delta} < 0$ ;  $\frac{\partial P_1^*}{\partial a_1} < 0$ ;  $\frac{\partial D_1^*}{\partial \delta} > 0$ ;  $\frac{\partial D_0^*}{\partial \delta} < 0$ ;  $\frac{\partial D_1^*}{\partial a_1} > 0$ . 政府对附随产品的成本补贴扩大了附随产品的市场供给量, 但并没有降低产品价格, 反而促使普通产品的价格降低, 供给量减少; 产业共性技术的技术水平降低了附随产品的价格, 且对供给量产生正向影响。

### 3) 政府补贴策略.

由产业共性技术权威扩散博弈阶段的政府策略可知, 政府补贴策略目的是使社会的总体效益  $R$  最大, 附随产品为社会带来的技术效益为  $\theta$ .

$$R = E' + U + (\theta - K - \delta)D_1 - GD_0. \quad (21)$$

将式(14)(17)(18)(20)代入式(21), 并使  $\frac{\partial R}{\partial \delta} = 0$ , 求出政府的最优补贴:

$$\delta^* = \frac{a_1a_0(6u_1+u_0+G+1) - 2a_1^2(4a_1+a_0-4u_1+u_0+2G) - a_0^2u_1}{2(4a_1-a_0)(2a_1-a_0)} + \frac{\theta+k}{2}. \quad (22)$$

因此,  $\frac{\partial \delta^*}{\partial u_1} > 0$ ;  $\frac{\partial \delta^*}{\partial \theta} > 0$ ;  $\frac{\partial \delta^*}{\partial a_1} > 0$ . 当附随产品的生产成本越高时, 政府给予的补贴应该越多, 并且政府补贴应该随着产业共性技术的技术水平及对社会带来技术效益的增加而提高。

## 3 结论与建议

本文的研究目的是探讨产业共性技术扩散的动态演化过程, 以及产业共性技术扩散在不同演化阶段的影响机制. 一方面, 在理论分析的基础上将产业共性技术扩散分为权威扩散、二次创新以及附随扩散3个阶段, 构建出产业共性技术扩散的演化机理模型, 并对不同阶段演化特征及主体间的作用方式进行详细剖析; 另一方面, 基于机理模型对产业共性技术扩散过程进行三阶段演化博弈分析, 探讨不同演化阶段产

业共性技术扩散的作用机制. 其主要结论如下:

1) 在产业共性技术采纳阶段, 政府作用会直接影响企业的采纳结果. 企业只有对利润前景值预估较高 ( $E + C - V(G) - V(E') < 0$ ) 的情况下会主动采纳产业共性技术, 但是由于产业共性技术的二次创新性以及市场前景模糊性导致企业很难主动采纳. 如果企业感知政府会以  $y > [E + C - V(G) - V(E')]/[V(\sigma C) - ID' + ID]$  的概率对共性技术进行补贴时, 最终会选择采纳产业共性技术. 因此, 为了促进产业共性技术的扩散, 政府需要采取财政拨款、税收优惠、科技规划等措施对产业共性技术的采纳企业进行补贴, 从而扩大产业共性技术的采纳比例, 推动产业共性技术的快速扩散.

2) 促使企业对产业共性技术合作创新最主要的原因是企业在合作创新中获得的知识溢出以及合作水平对创新收益的影响程度, 并非是合作的超额收益. 由此可知, 企业在发展过程中更加关注长远发展而非短期赢利, 政府应该加强产业共性技术创新的软环境建设, 为企业提供产业共性技术创新的互动平台, 在制定国家的科技发展规划时把产业共性技术创新纳入企业的发展战略.

3) 政府对产业共性技术产品的成本补贴并没降低商品价格, 而技术水平却与附随产品的价格成反比. 政府作用对企业采纳产业共性技术起到了决定性的作用, 但在附随产品定价决策中作用却不大, 真正能够降低产品价格的是产业共性技术的技术水平, 因此, 政府应该把主要力量集中在产业共性技术的权威扩散阶段, 使更多的企业采纳产业共性技术.

4) 消费者购买商品的主要影响因素是产品的技术水平, 产业共性技术反应在附随产品中的技术水平不仅可以降低产品价格, 同时还扩大了市场需求量. 尽管政府的补贴会在一定程度上扩大市场需求量, 但真正能够使附随产品需求量持续增长的是产品的技术水平. 为了保证企业能够持续长久的发展, 企业在



采纳产业共性技术后,集中力量对产业共性技术进行二次创新,形成企业的关键核心技术,提高自主创新能力。

5) 政府补贴决策受到了产业共性技术的技术水平及对社会带来技术效益的影响。政府在决定促进产业共性技术扩散时,并非对所有产业共性技术都给予补贴,要有选择性,选择标准主要以产业共性技术的技术发展水平以及对社会带来的技术效益为参考依据,优先扩散一部分技术水平高、社会效益大的产业共性技术,然后带动其他技术扩散。

本文在一定意义上揭示了产业共性技术扩散的演化机理,并通过三阶段的演化博弈分析研究了不同演化阶段产业共性技术扩散的作用机制,为产业共性技术扩散路径的选择与政府决策提供更好的依据,本文基于上述结论提出如下建议。

#### 1) 实行差异化的补贴政策并引入动态调整机制。

政府在制定产业共性技术补贴政策时,应充分考虑共性技术的特征、采纳企业实力以及应用范围等进行差异化补贴,若共性技术的知识外溢性明显,且对多个产业有促进作用,政府就应该加大补贴力度。因此,政府制定补贴政策时,应全面且系统地预测或评估共性技术的研发成本,减少由于逆向选择与道德风险而发生的损失,保证政府补贴能够产生实际效果。同时,政府的补贴政策也不能一成不变,而需要引入动态调整机制,即对补贴效果进行后评估并对补贴政策进行调整与优化。

#### 2) 建立政产学研合作创新网络。

政产学研合作是一种开放式创新模式,这种模式充分发挥了高校、企业、科研机构与政府等各自的资源优势。鉴于产业共性技术的准公共物品性、外部性与风险性等特性,尤其是二次创新阶段,其外溢性可能触及多个产业,这时则需要政府、企业、科研机构、高校等各方的支持以实现合作创新,不仅降低了创新风险,且有利于创新效率的提升。因此,在符合国家战略规划的基础上制定区域产业发展目标,积极利用高校及科研院所的技术资源,合理规划网络布局,构建开放式的政产学研协同创新网络,充分利用并有效整合高校、企业、科研机构以及政府的各方资源,协同并进推动产业共性技术的二次创新与应用效率,促进我国产业共性技术快速扩散与顺利发展。

#### 3) 加强产业共性技术的创新平台建设。

目前,产业共性技术扩散所得到的关注与其重要性相比还不匹配,产业共性技术的扩散并不像其他技术扩散一样,媒介、广告等外部影响因素起着关键作用,而是在二次创新过程的研发交流平台更关键,产业共性技术的二次创新失败后,其采纳比例几乎停止,企业遇到风险会自动规避,很难再进一步的扩散,二次创新的成功与否决定了产业共性技术扩散的深度。

因此,政府应加强产业共性技术的创新平台建设,共性技术的创新平台建设有利于增强创新主体间的相互信任度,加强信息交流,有效避免由于信息不对称造成的风险,减少交易成本,并能够通过持续长效的共赢合作提高共性技术在二次创新过程中的成功率,从而促进产业共性技术突破二次研发的瓶颈而实现快速扩散。

#### 4) 利用价格机制与市场规制优化市场环境。

产业共性技术的附随产品进入市场以后,为促进新产品的推广与应用,应积极发挥市场资源配置的基础性作用,并通过政府与企业的相互配合共同推动共性技术产品的扩散。因此,政府可通过价格机制与市场规制优化市场环境来促进共性技术产品实现商业化过程的有序进行,此时政府的作用是相对独立的,扩散过程发挥了市场机制的作用,使得相关主体在享受利益的同时也承担了相应的责任,实现了各自利益的均衡。

### 参考文献:

- [1] MA Xiaonan, GENG Dianhe. R&D game and government subsidy of strategic emerging industry commonality technology. *Research on Economics and Management*, 2014(1): 73 – 78.  
(马晓楠, 耿殿贺. 战略性新兴产业共性技术研发博弈与政府补贴. *经济与管理研究*, 2014(1): 73 – 78.)
- [2] CHEN Jing, TANG Wuxiang. Analysis of generic technology's characteristic and phenomenon of failure. *Science of Science and Management of S.&T.*, 2007, 28(12): 5 – 8.  
(陈静, 唐五湘. 共性技术的特性和失灵现象分析. *科学学与科学技术管理*, 2007, 28(12): 5 – 8.)
- [3] ZOU Qiao. Elements of common technology diffusion. *Science & Technology Progress and Policy*, 2011, 28(15): 15 – 17.  
(邹樵. 共性技术扩散的构成要素. *科技进步与对策*, 2011, 28(15): 15 – 17.)
- [4] ZHOU Yuan. Empirical study on influencing factors of generic enabling technologies' diffusion during the period of manufacturing paradigm shift. *China Soft Science*, 2018(1): 19 – 32.  
(周源. 制造范式升级期共性使能技术扩散的影响因素分析与实证研究. *中国软科学*, 2018(1): 19 – 32.)
- [5] SCHAEFER A, SCHIESS D, WEHRLI R. Long-term growth driven by a sequence of general purpose technologies. *Economic Modelling*, 2014, 37(574): 23 – 31.
- [6] HAN Yuanjian, CHEN Qiang. Policy evolution of government support for generic technology R&D in the United States and its implications: Perspectives of theory, institution and practice. *China Soft Science*, 2015, (5): 160 – 172.  
(韩元建, 陈强. 美国政府支持共性技术研发的政策演进及启示——理论、制度和实践的不同视角. *中国软科学*, 2015, (5): 160 – 172.)
- [7] DANG Xinghua, LI Li. Research on knowledge creation model in the technology innovation cooperation based on the perspective of knowledge potential. *China Soft Science*, 2005, (11): 143 – 148.  
(党兴华, 李莉. 技术创新合作中基于知识位势的知识创造模型研究. *中国软科学*, 2005, (11): 143 – 148.)
- [8] WANG Yulu, HUANG Ping, SHAN Mengmeng. Influencing mechanism of two-layer operation system of generic technology innovation platform on distributed innovation: From the perspective of innovation network. *R&D Management*, 2016, 28(3): 97 – 106.  
(王宇露, 黄平, 单蒙蒙. 共性技术创新平台的双层运作体系对分布式创新的影响机理——基于创新网络的视角. *研究与发展管理*, 2016, 28(3): 97 – 106.)

- [9] LAVIE D. Capability reconfiguration: an analysis of incumbent responses to technological change. *Academy of Management Review*, 2006, 31(1): 153 – 174.
- [10] D'IPPOLITO B, MIOZZO M, CONSOLI D. Knowledge systematisation, reconfiguration and the organisation of firms and industry: The case of design. *Research Policy*, 2014, 43(8): 1334 – 1352.
- [11] VONA F, CONSOLI D. Innovation and skill dynamics: A life-cycle approach. *Documents De Travail De Lofce*, 2015, 234(6): 120 – 141.
- [12] LU Lijun, ZHAO Yonggang. Mechanism and empirical research on technological innovation of enterprises based on industrial generic technology. *Inquiry Into Economic Issues*, 2010(11): 75 – 79.  
(陆立军, 赵永刚. 基于产业共性技术的企业技术创新机理与实证研究. *经济问题探索*, 2010, (11): 75 – 79.)
- [13] ZOU Qiao, WUDING Jiabao, JIANG Jie. The network and spillover effect of common technology diffusion. *Management World*, 2011, (1): 182 – 183.  
(邹樵, 吴丁佳宝, 姜杰. 共性技术扩散的网络与外溢效应. *管理世界*, 2011, (1): 182 – 183.)
- [14] SU Su, XIAO Ani. Study on industrial generic technology R&D organization model based on mixed spillovers. *Science & Technology Progress and Policy*, 2012, 29(5): 23 – 28.  
(苏素, 肖阿妮. 基于混合溢出效应的产业共性技术研发组织模式研究. *科技进步与对策*. 2012, 29(5): 23 – 28.)
- [15] LIU Hongmin, YANG Yandong. Research on collaborative knowledge chain and knowledge flow model of generic technology R&D of manufacturing industry: Based on the perspective of modular coordination. *Science & Technology Progress and Policy*, 2016, 33(9): 41 – 46.  
(刘洪民, 杨艳东. 制造业共性技术研发协同知识链及知识流动模型—模块化协同视角的研究. *科技进步与对策*, 2016, 33(9): 41 – 46.)
- [16] LIU Hongmin. Innovation practice and analysis on industrial generic technology R&D organization model based on background of collaborative innovation in China. *Science & Technology Progress and Policy*, 2013, 30(13): 59 – 66.  
(刘洪民. 协同创新背景下中国产业共性技术研发组织模式创新. *科技进步与对策*, 2013, 30(13): 59 – 66.)
- [17] TONG Yu. Innovation and integration of common technology and core technology. *Scientific Management Research*, 2015, 33(1): 17 – 19.  
(童雨. 共性技术和核心高新技术的创新与集成研究. *科学管理研究*, 2015, 33(1): 17 – 19.)
- [18] ZHOU Xiao, SHENG Yongxiang, WU Jie, et al. Industrial generic technology R&D investment strategy of different types of governments and enterprises. *Academy of Management Review*, 2017, 29(3): 98 – 109.  
(周潇, 盛永祥, 吴洁, 等. 不同类型政府和企业对产业共性技术研发的投资策略研究. *研究与发展管理*, 2017, 29(3): 98 – 109.)
- [19] FAN Xia, WU Jin. Research on policy areas of China's generic technology innovation policy based on policy content analysis. *Science of Management and Management of S.&T.*, 2014, 38(8): 69 – 76.  
(樊霞, 吴进. 基于文本分析的我国共性技术创新政策研究. *科学学与科学技术管理*, 2014, 38(8): 69 – 76.)
- [20] LI Jizhen, DENG Quwen. Multi-failure on the supply and diffusion system of industrial generic technology. *Science of Science and Management of S.&T.*, 2011, 32(7): 5 – 10.  
(李纪珍, 邓衢文. 产业共性技术供给和扩散的多重失灵. *科学学与科学技术管理*, 2011, 32(7): 5 – 10.)
- [21] ZOU Qiao. *Generic technology diffusion mechanism and government behavior*. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2015.  
(邹樵. 共性技术扩散机理与政府行为. 武汉: 华中科技大学出版社, 2015.)
- [22] SHENG Ya. *Technological Innovation Diffusion and New Product Marketing*. Beijing: China Development Press, 2002.  
(盛亚. 技术创新扩散与新产品营销. 北京: 中国发展出版社, 2002.)
- [23] CHU C P, PAN J G. The forecasting of the mobile Internet in Taiwan by diffusion model. *Technological Forecasting & Social Change*, 2008, 75(7): 1054 – 1067.
- [24] LACIANA C E, ROVERE S L. Ising-like agent-based technology diffusion model: Adoption patterns vs. seeding strategies. *Physica A Statistical Mechanics & Its Applications*, 2011, 390(6): 1139 – 1149.
- [25] TURK T, TRKMAN P. Bass model estimates for broadband diffusion in European countries. *Technological Forecasting & Social Change*, 2012, 79(1): 85 – 96.
- [26] CHENG Daizhan, FU Shihua. A survey on game theoretical control. *Control Theory & Applications*, 2018, 35(5): 588 – 592.  
(程代展, 付世华. 博弈控制论简述. *控制理论与应用*, 2018, 35(5): 588 – 592.)
- [27] REINGANUM J F. On the diffusion of new technology: a game theoretic approach. *Review of Economic Studies*, 1981, 48(3): 395 – 405.
- [28] PERES R, MULLER E, VIJAY M. Innovation diffusion and new product growth models: a critical review and research directions. *International Journal of Research in Marketing*, 2010, 27(2): 91 – 106.
- [29] VERDOLINI E, GALEOTTI M. At home and abroad: an empirical analysis of innovation and diffusion in energy technologies. *Journal of Environmental Economics & Management*, 2011, 61(2): 119 – 134.
- [30] SONG I. *Empirical analysis of dynamic consumer choice behavior: micromodeling the new product adoption process with heterogeneous and forward-looking consumers*. Chicago: The University of Chicago, 2002.
- [31] GAO Shiping, WU Bin, DU Jinming, et al. Evolutionary dynamics of cooperation driven by incentives. *Control Theory & Applications*, 2018, 35(5): 627 – 636.  
(高世萍, 武斌, 杜金铭, 等. 激励机制下合作行为的演化动力学. *控制理论与应用*, 2018, 35(5): 627 – 636.)
- [32] LANGER T, WEBER M. Prospect theory, mental accounting, and differences in aggregated and segregated evaluation of lottery portfolios. *Management Science*, 2001, 47(5): 716 – 733.
- [33] HAN B, SCHMIDT U, ZANK H. Additive utility in prospect theory. *Management Science*, 2009, 55(5): 863 – 873.
- [34] BOCCABELLA A, NATALINI R, PARESCHI L. On a continuous mixed strategies model for evolutionary game theory. *Kinetic & Related Models*, 2017, 4(1): 187 – 213.
- [35] LUO Ruiling, FAN Tijun, XIA Haiyang. The game analysis of carbon reduction technology investment on supply chain under carbon cap-and trade rules. *Chinese Journal of Management Science*, 2014, 22(11): 44 – 53.  
(骆瑞玲, 范体军, 夏海洋. 碳排放交易政策下供应链碳减排技术投资的博弈分析. *中国管理科学*, 2014, 22(11): 44 – 53.)
- [36] WANG Guohong, LIU Junwen, XING Rui. Research on the evolution game model of synergetic innovation behavior of SMEs on perspective of co-opetition theory. *Chinese Journal of Management Science*, 2015, (s1): 662 – 666.  
(王国红, 刘隽文, 邢蕊. 竞合视角下中小企业协同创新行为的演化博弈模型研究. *中国管理科学*, 2015, (s1): 662 – 666.)
- [37] PRELEC D. The probability weighting function. *Econometrica*, 1998, 66(3): 497 – 527.

#### 作者简介:

马永红 教授, 企业创新研究所副所长, 博士生导师, 主要研究方向为科技创新与管理创新、产业创新系统, E-mail: mayonghong0324@163.com;

苏鑫 博士研究生, 主要研究领域为技术创新与创新扩散、博弈理论, E-mail: suxin0530@163.com;

赵越 博士研究生, 研究领域为产业经济学、演化博弈, E-mail: zhaoyue7319@126.com.