

考虑风险的创新型企业创新驱动激励机制研究

谭斌强^{1*} 黄定轩² 王梦圆³

(重庆理工大学 管理学院, 重庆 400054)

摘要: 创新驱动是经济高质量发展的内在动力, 也是建设创新型国家的战略需要。本文构建地方政府和创新型企业之间的演化博弈模型, 利用常微分方程稳定性理论分析了系统的稳定性特征, 并用 Matlab 仿真分析了不同情形下的演化均衡策略及参数变量调整对主体行为和 ESS 的影响。结果表明, 系统有三种演变稳定策略, 路径演变依赖于博弈支付矩阵和参数的变化; 创新增量收益是企业选择创新与否的决定因素, 低补助额度可以削减企业的“惰性”; 降低创新成本, 提高消费者偏好和专利交易收益都能引导企业趋向于创新策略; 同时, 提高惩罚, 降低补助额度, 可使地方政府收敛于激励策略。在对模型结果分析讨论的基础上, 本文提出了调整补贴力度、增大违约惩罚、加大创新宣传和提高知识产权保护力度四点管理启示。

关键词: 创新驱动, 创新型企业, 演化博弈, 数值仿真

Research On Innovationdriven Incentive Mechanisms For Innovative Enterprises Considering Risks

Tan Binqiang^{1*} Huang Dingxuan² Wang Mengyuan³

基金项目: 国家社会科学基金资助项目“基于量子博弈的传感器公共服务平台价值共创协同机制研究”(21XGL002)

作者简介:

谭斌强(1998-), 通讯作者。男(汉族), 江西赣州人, 重庆理工大学硕士研究生, 研究方向为演化博弈理论应用, 联系电话: 18323247443, E-mail: 1533432234@qq.com。

黄定轩(1971-), 男, 四川岳池人, 博士, 研究员, 主要从事项目管理和演化博弈理论应用等研究。

王梦圆(1996-), 女, 江苏徐州人, 重庆理工大学硕士研究生, 研究方向为产业经济。

2789-8962© Shuangqing Academic Publishing House Limited All rights reserved.

Article history: Received March 7, 2023 Accepted April 14, 2023 Available online April 14, 2023

To cite this paper: 谭斌强, 黄定轩, 王梦圆(2023). 考虑风险的创新型企业创新驱动激励机制研究. 管理研究动态, 第3卷, 第1期, 6-20.

Doi: <https://doi.org/10.55375/jmrd.2023.3.2>

Abstract: Innovation-driven is the internal driving force for high-quality economic development. Based on evolutionary game theory, this paper constructs an evolutionary game model between local governments and enterprises and uses Matlab simulation to analyze the influence of evolutionary equilibrium strategies and parameter variable adjustments on evolutionary strategies and ESS under different scenarios. The results show that the system has three evolutionary stabilization strategies, and the path evolution depends on the changes in the game payment matrix and parameters. The incremental income is the determining factor for enterprises to choose innovation or not. Reducing innovation costs, improving consumer preferences, and patent transaction benefits can guide enterprises in choosing innovation strategies. At the same time, punishment and government subsidies determine the strategic adjustment of local governments, and increasing punishments and reducing the amount of subsidies can make local governments converge on incentive strategies. Based on the analysis and discussion of the model results, this paper proposes four management implications for adjusting the intensity of subsidies, increasing the penalty for breach of contract, increasing innovation publicity, and improving intellectual property protection.

Keywords: Innovation driven, Innovative enterprises, Evolutionary game, Numerical simulation

1 引言

当前我国经济发展存在动力不足、区域经济发展不平衡、不协调的问题,亟需寻找新的经济发展突破口^[1]。为了满足国内经济转型升级的迫切需求和解决我国在某些关键领域面临的“卡脖子”痛点,二零一六年五月,党中央、国务院颁布了《国家创新驱动发展战略纲要》^[2],至此,创新驱动成为国家发展战略。创新驱动是指要素和投资由创新来带动,即创新成为推动经济增长的主动力^[3]。企业是创新活动的主体,也是创新驱动战略的实施者,同时,创新型企业又作为一个国家最有活力的企业,是创新型国家建设的主力军^[4]。因此,我国在实施创新驱动发展战略,加快建设创新型国家的过程中,迫切需要一批创新型企业作为支撑。

创新型企业是指拥有自主知识产权和知名品牌,具有较强国际竞争力,依靠技术创新获取市场竞争优势和持续发展并创造新价值的企业^[5],其主要表现为以下三个特征:(1)拥有自主知识产权的核心技术。科技部从发展规划的角度界定创新型企业为依靠技术创新获取市场竞争优势的企业^[6]。(2)有持续的创新能力。马永红^[7]等定义创新型企业为以技术为核心、以市场为导向、以创新为动力,不断实现新的经济增长和有着较强的持续创新能力的企业。曹金飞^[8]则从特征角度指出创新型企业应具备持续创新性、高风险性和高收益性等特征。(3)能够创造新价值。刘暄^[9]提出创新型企业是积聚、运用、重组企业可用于项目的一切资源不断进行创新,以项目形式创造出新价值的企业,相同观点的代表学者还有张良^[10]、夏冬、程家明^[11]、万希^[12]和黄品奇^[13]等。创新型企业代表的是一种崭新的企业运行和发展模式,它能促进企业成为创新的主体,有利于提高产业竞争力,增强国家自主创新能力,加快建设创新型国家。因此,研究创新型企业在各因素作用下的发展路径进行正确选择,对创新型企业实现可持续发展具有重要的理论和实际意义。尽管创新型企业在建设创新型国家实现高质量发展中扮演着举足轻重的角色,但鉴于创新的潜在风险,包括高成本和技术不确定性以及激励机制的不成熟,创新型企业不太可能失去自身利益积极创新^[14]。同时,政府作为最有效的监管机构,其干预在企业决策中起着至关重要的作用,因此,政府探索如何进行有效干预创新型企业进行技术创新对我国建设创新型国家具有十分重要的意义。

围绕在创新过程中如何进行有效干预企业创新这一问题,研究者主要从补贴政策和税收优惠两方面

展开了研究。在补贴政策方面,胡本田^[15]等采用创业板 2014–2018 年 113 家上市企业作为样本,探究政府补助对企业创新行为的影响,指出政府补助显著提升企业创新绩效和经营绩效,且创新绩效在政府补助和经营绩效间有正向中介效应。同样地, Alecke^[16]发现获得研发补贴企业的专利申请率从 20% 上升到 40%,专利申请数量明显增加。与此不同的是,有研究学者认为政府补贴会挤出研发投入。如, Hall & Maffioli 等^[17]通过对阿根廷、巴西和智利政府的技术发展基金调查发现,政府研发补贴对专利数量或新产品销售存在一定的挤出效应。此外,秦宇兴^[18]也提出在创新驱动模式下,企业最优创新投入比例对政府补贴水平不敏感,且过高的补贴可能挤出企业创新投入。另一方面是考虑税收优惠政策的影响。如,李文健等人^[19]提出在信息不对称情况下,对研发成功率低的“坏企业”采用的低税收优惠。进一步地,彭亮等人^[20]应用多时点双重差分模型探究减税降费与企业创新之间的关系,验证了减税降费的创新激励效应。

然而,现有文献大多从宏观角度研究政府的干预政策,鲜有从微观层面深入了解企业技术创新过程中利益相关者的行为策略,尤其针对创新型企业,即以研究创新型企业创新驱动激励机制为主要特征的研究不足。针对这一问题,如何从微观层面分析策略互动情形下创新型企业创新驱动的激励机制就是一个亟需解决的重要问题。首先,目前我国经济处于构建新发展格局的特定阶段,政府与企业之间关系很大程度上决定经济体制改革的结果。那么考虑政府和企业追求自身利益的情况下,从策略互动的微观视角探索政府干预作用的发挥机制具有很强的理论意义与现实价值。其次,政府引导,企业主导是解决这一问题的基本原则之一。考虑到政府和企业之间的策略互动,博弈论是研究它们相互战略决策的有力手段。王亚玲等^[21]基于“智猪博弈”模型构建中小企业创新的政策支持系统,指出破解中小企业创新的困境的方法是要健全政府支持系统。此外,朱金生等^[22]基于我国 143 家上市企业数据建立 hoteling 模型,实证检验了补贴强度会对不同企业创新行为产生影响的研究结论。与以上建立静态博弈模型不同的是,蒋长流等人^[23]运用动态博弈理论分析了政府对有创新能力的企业的最佳资金支持,然而,以上学者都假设利益相关者是完全理性的,政策执行力是固定的。行为心理学表明,决策者有短视行为,个体是异质的,双方往往具有有限理性。上述模型为后续研究提供了有益借鉴,但是也存在三个不足:

① 对于创新驱动激励机制的研究只针对政府和企业两个主体,没有考虑公众创新偏好对主体行为的影响;

② 多数对于主体行为的假设建立在经典博弈的理论基础之上,忽略了不同主体在相互博弈过程中的学习和借鉴能力;

③ 忽略了企业参与创新过程中的风险因素。

针对以上问题,本文以演化博弈理论为研究工具,建立考虑风险因素和公众偏好的政府与创新型企业为参与者的博弈模型,分析二者的行为演化特征。通过模型推演,我们发现化系统有三种稳定策略,创新增量收益是企业选择创新与否的决定因素,高政府补助会滋生企业“惰性”,创新成本、消费者偏好和专利交易收益是企业策略的影响因素,而政府策略取决于地方政府对企业的惩罚和补贴力度。

本文的创新点在于:①聚焦于微观层面,探讨创新驱动模式下政企双方的策略互动,分析创新型企业能否在政府适当干预下参与创新;②在现有相关研究模型基础上,加入公众创新偏好与创新风险两个重要因素,分析其对主体行为的影响,使博弈更加符合现实;③通过仿真分析验证了研究结果,揭示了参与者策略的动态演化过程,并根据结论为政府激励创新型企业的创新行为提出政策建议,丰富和拓展了有关政企双方协同创新的研究。

论文结构如下,第二部分为政企双方演化模型构建,第三部分为局部均衡稳定点分析,第四部分为

数值仿真，第五部分为结果讨论，最后为结束语。

2 基本假设和博弈模型构建

2.1 基本假设

在创新型企业参与科技创新的过程中，由于信息的不对称性，政府和企业都无法对彼此的行为策略进行准确判断，因此创新型企业(以下简称企业)进行创新的过程实际上是二者进行动态演化博弈的过程^[24-25]。根据演化博弈的相关理论，做出假设。

假设 1：地方政府和企业均是有限理性的个体，且都在追求各自利益的最大化^[26-27]。

假设 2：企业不创新选择原有技术进行生产时的收益为 P ，此时政府收益为 G 。政府应该对采取创新的企业提供税收优惠和补贴，当政府激励企业创新时，政府投入补贴为 M ，企业参与创新时，研发的增量投资成本为 VC ，增量收益为 VR 。在创新活动中，往往存在正的外部效应，因此企业在参与创新时增加的社会效益为 S 。

假设 3：创新行为为企业带来市场收益，包括消费者购买意愿提高、企业市场地位提升等。若购买者具有创新消费偏好，设 η 作为购买者的创新偏好程度。当一方企业选择参与创新而另一方选择不参与时，销量变化导致的收益变化为 Re ^[28]。

假设 4：创新失败的概率为 f ，如果失败，创新失败的损失为 H ，两者乘积 fH 为增量风险损失。如果政府与企业签订了创新项目激励合同，而企业由于各种原因未进行创新时，政府将对违约企业的违约行为处罚款 A 。

假设 5：企业参与技术创新时，能够取得一定的发明专利，企业可以将创新成果所有权授予公共研究机构，通过技术许可等方式将知识产权商业化，收取许可费和专利收入。假设企业专利权交易可得收益为 U ，政府激励创新条件下专利权交易税率为 α ，则企业可得专利费为 $U(1-\alpha)$ ，政府收入为 αU ；当政府不激励创新条件下专利权交易税率为 β ，则企业可得专利费为 $U(1-\beta)$ ，政府收入为 βU ，其中， $\alpha < \beta$ 。

表 1 相关参数及符号说明

参数/变量	含义
P	企业选择原有技术进行生产时企业的收益
G	企业选择原有技术进行生产时政府的收益
M	政府激励企业创新时给予的补贴
$VC(VR)$	企业参与创新时，企业的增量成本(增量收益)
S	企业参与创新时，增加的社会效益
η	购买者的创新偏好程度
Re	消费者具有创新偏好时，给创新企业带来的销售增量收益
f	企业参与创新时，面临失败的概率
H	企业创新失败时，面临的损失
A	政府将对违约企业的违约行为罚款
U	企业专利权交易所得收益
α	政府激励创新时，征收的专利权交易税率
β	政府不激励创新时，征收的专利权交易税率

基于上述假设，构建政府激励与不激励创新条件下，企业参与技术创新与不参与技术创新策略下的博弈支付矩阵，如表 2 所示。

表 2 政企双方的博弈支付矩阵

创新型企业			
地方 政府	参与		不参与
	激励	$G+S+\alpha U-M,$ $P+VR+M+\eta Re+U(1-\alpha)-fH-VC$	$G+A-M,$ $P+M-A-\eta Re$
	不激励	$G+S+\beta U,$ $P+VR+\eta Re+U(1-\beta)-fH-VC$	$G,$ $P-\eta Re$

矩阵说明：策略组合为(激励，参与)时，政府的支付为基本收益、社会效益和企业专利交易税收之和减去补贴成本，企业的支付为基本收益、增量收益、所获补贴、消费者偏好收益和专利交易收益之和减去风险成本和增量成本。

策略组合为(不激励，参与)时，政府的支付为基本收益、社会效益和企业专利交易税收之和，企业的支付为企业的支付为基本收益、增量收益、消费者偏好收益和专利交易收益之和减去风险成本和增量成本；

策略组合为(激励，不参与)时，政府的支付为基本收益加上罚款收益减去补贴成本，企业支付为基本收益加补贴收益减去罚金和消费者偏好损失。

策略组合为(不激励，不参与)时，政府支付为基本收益，企业支付为基本收益减去消费者偏好损失。

2.2 模型构建

演化博弈理论的基本思想是：在具有一定规模的博弈群体中，博弈方进行着反复的博弈活动。以有限理性和学习模仿代替传统博弈论基于主体完全理性的假设。演化博弈以一种动态的框架来分析系统达到均衡的过程，从而更准确地描述系统的发展变化。演化博弈的核心概念是复制动态，复制动态方程是在演化博弈论中运用最为广泛的选择机制动态方程^[29]。

复制动态方程实际上是描述一个特定策略在一个种群中被采用的频数或频度的微分方程。其基本思想是：如果策略 x 的结果优于平均水平，那么这种策略就会在种群中发展(即适者生存)。复制动态的微分方程为：

$$\frac{d\omega(t)}{dt} = \omega(t)[E_t(K) - \bar{E}_t] \quad (1)$$

$\frac{d\omega(t)}{dt}$ 为 t 时刻参与者选择某种策略 K 群体比例增长率， $\omega(t)$ 为参与群体选择该策略 K 的群体比例，

$E_t(K)$ 为选择该策略的适应度， $\bar{E}_t$ 为两种策略平均适应度。

假设政府激励比例为 x ，不激励比例为 $1-x(0 \leq x \leq 1)$ ；企业参与创新的比例为 y ，不参与创新的概率为 $1-y(0 \leq y \leq 1)$ 。结合博弈支付矩阵可得政府激励企业参与创新时的适应度为：

$$UG_1 = y(G+S+\alpha U-M) + (1-y)(G+A-M) = G+A-M+y(S+\alpha U-A) \quad (2)$$

政府不激励企业参与创新时的适应度为：

$$UG_0 = y(G+S+\beta U) + (1-y)G = G+y(S+\beta U) \quad (3)$$

政府的平均适应度为：

$$\bar{UG} = xUG_1 + (1-x)UG_0 = [S+\beta U - x(A-\alpha U + \beta U)]y + G + x(A-M) \quad (4)$$

因此，政府选择激励企业时的复制动态方程为：

$$\frac{dx}{dt} = x(UG_1 - \bar{UG}) = x(x-1)[M-A+y(A-U\alpha + U\beta)] \quad (5)$$

同理，企业选择参与创新时的适应度为：

$$\begin{aligned}
 UB_1 &= x[P+VR+M+\eta Re+U(1-\alpha)-fH-VC] + (1-x)[P+VR+\eta Re+U(1-\beta)-fH-VC] \\
 &= P-C+R+U-fH-\beta U + \eta Re + x(M-\alpha U + \beta U) \quad (6)
 \end{aligned}$$

企业选择不参与创新时的适应度为：

$$UB_0 = x(P + M - A - \eta Re) + (1 - x)P = P - Ax + Mx - \eta Re \quad (7)$$

企业的平均适应度为： $\overline{UB} = yUB_1 + (1 - y)UB_0$

$$= y\{VR - VC - fH + 2\eta Re + x[A - U(\alpha - 1) + U(\beta - 1)] - U(\beta - 1)\} + P - x(A - M) - \eta Re \quad (8)$$

因此，企业参与创新时的复制动态方程为：

$$\frac{dy}{dt} = y(UB_1 - \overline{UB}) = y(1 - y)[VR - VC + U - fH - U\beta + 2\eta Re + x(A - U\alpha + U\beta)] \quad (9)$$

微分方程式(5)和式(9)描述了这个演化系统的复制动态，两个复制动态方程可以构成一个随时间演化的二维动力系统 L，即：

$$\begin{cases} F(x) = \frac{dx}{dt} = x(x - 1)[M - A + y(A - \alpha U + \beta U)] \\ F(y) = \frac{dy}{dt} = y(1 - y)[VR - VC + U - fH - \beta U + 2\eta Re + x(A - \alpha U + \beta U)] \end{cases} \quad (10)$$

根据 Friedman^[30]提出的方法，常微分方程稳定性分析主要根据平衡点该系统雅可比矩阵的行列式及迹的符号组合。系统 L 雅可比矩阵、行列式和迹如下：

$$J = \begin{pmatrix} (2x - 1)(M - A + Ay - y\alpha U + y\beta U) & x(x - 1)(A - \alpha U + \beta U) \\ y(1 - y)(A - \alpha U + \beta U) & (1 - 2y)(VR - VC + U - fH - \beta U + Ax + 2\eta Re - \alpha Ux + \beta Ux) \end{pmatrix} \quad (11)$$

$$trace(J) = (2x - 1)(M - A + Ay - U\alpha y + U\beta y) - (2y - 1)(VR - VC + U - fH - U\beta + Ax + 2\eta Re - U\alpha x + U\beta x) \quad (12)$$

$$det(J) = (2x - 1)(M - A + Ay - U\alpha y + U\beta y)(1 - 2y)(VR - VC + U - fH - \beta U + Ax + 2\eta Re - \alpha Ux + \beta Ux) - y(1 - y)(A - \alpha U + \beta U)x(x - 1)(A - \alpha U + \beta U) \quad (13)$$

3 地方政府与企业的演化博弈稳定点分析

3.1 演化博弈模型稳定性分析

根据演化博弈和 Lyapunov 稳定性理论^[31]可知，要得到双方的演化博弈稳定策略(ESS)，则有

$$F'(x) < 0 < 0, F'(y) < 0, \text{ 存在 } (0, 0)、(0, 1)、(1, 0)、(1, 1) \text{ 和 } \left(\frac{VC - VR - U + fH + \beta U - 2\eta Re}{A - \alpha U + \beta U}, \frac{A - M}{A - \alpha U + \beta U}\right)$$

5 个均衡点，复制动态方程求解得到的均衡点不一定是系统的演化稳定策略(ESS)，依据演化博弈理论，若在某均衡点处同时满足以下 2 个条件：

$$\textcircled{1} \text{ 雅可比矩阵的行列式 } det(J) = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} = a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21} > 0;$$

$$\textcircled{2} \text{ 雅可比矩阵的迹 } trace(J) = a_{11} + a_{22} < 0;$$

那么，该均衡点则为系统的演化稳定点(ESS)。将上述五个均衡点分别带入公式(12)和(13)得行列式 $det(J)$ 和迹 $trace(J)$ 如下表 3 所示

表 3 局部均衡点处(Jacobian)矩阵的行列式和迹

平衡点	$det(J)$	$trace(J)$
-----	----------	------------

(0, 0)	$(M-A)^*$ $(VC-VR-U+fH+\beta U-2\eta Re)$	$A-VC-M+VR+U$ $-fH-\beta U+2\eta Re$
(1, 0)	$(M-A)^*$ $(A-VC+VR+U-fH-\alpha U+2\eta Re)$	$M-VC+VR+U$ $-fH-\alpha U+2\eta Re$
(1, 1)	$-(M-\alpha U+\beta U)$ $(A-VC+VR+U-fH-\alpha U+2\eta Re)$	$VC-A+M-VR-U$ $+fH+\beta U-2\eta Re$
(0, 1)	$-(M-\alpha U+\beta U)$ $(VC-VR-U+fH+\beta U-2\eta Re)$	$VC-M-VR-U$ $+fH+\alpha U-2\eta Re$
(x^*, y^*)	$\frac{(A-M)(M-\alpha U+\beta U)(VC-VR-U+fH+\beta U-2\eta Re)^*}{(A-VC+VR+U-fH-\alpha U+2\eta Re)}$ $(A-\alpha U+\beta U)^2$	0

Case1: 政府激励大于违约罚款，企业参与创新的增量收益较低情形下的行为演化博弈

当 $A < M, VR < VC-U+fH-2\eta Re-A+\alpha U$ 时，有 $(M-A)(VC-VR-U+fH+\beta U-2\eta Re) > 0$,

$A-VC-M+VR+U-fH-\beta U+2\eta Re < 0$ ，系统的演化稳定策略为(0, 0)。当企业创新的增量收益较小时，企业缺乏创新动力，最终选择维持现状；当政府补贴大于企业违约罚款时，政府也缺乏激励的动力。政府和企业出于自身利益最大化出发，都选择维持现状，于是系统陷入“囚徒困境”。

Case2: 政府激励小于违约罚款，企业参与创新的增量收益较低情形下的行为演化博弈

当 $A < M, VR < VC-U+fH-2\eta Re-A+\alpha U$ 时，有 $(M-A)(A-VC+VR+U-fH-\alpha U+2\eta Re) > 0$,

$M-VC+VR+U-fH-\alpha U+2\eta Re < 0$ ，系统的演化稳定策略为(1, 0)。当企业的创新增量收益较少时，企业选择维持现状；当政府处理企业违约罚款大于政府激励补贴时，政府选择激励，系统最终稳定与政府激励而企业不创新。Case1 和 Case2 的均衡点分析如表 4 所示，演化相图如图 1 和图 2 所示，case3 和 case4 的判断方法相同，不再列表画图。

表 4 Case1 和 Case2 条件下的稳定性分析

均衡点	Case1			Case2		
	$det(J)$	$trace(J)$	均衡结果	$det(J)$	$trace(J)$	均衡结果
(0, 0)	+	-	ESS	-	-	鞍点
(1, 0)	-	+/-	鞍点	+	-	ESS
(1, 1)	+	+	不稳定	+	+	不稳定
(0, 1)	-	+/-	鞍点	-	+	鞍点

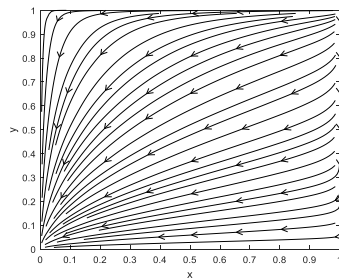
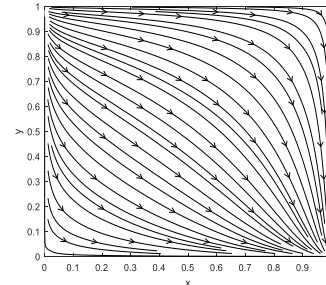


图 1 Case1 演化相图



Case2 演化相图

Case3: 政府激励大于违约罚款，企业参与创新的增量收益较高情形下的行为演化博弈

当 $A < M, VR > VC-U+fH-2\eta Re+\beta U$ 时， $-(M-\alpha U+\beta U)(VC-VR-U+fH+\beta U-2\eta Re) > 0$,

$VC-M-VR-U+fH+\alpha U-2\eta Re<0$ 系统的演化稳定策略为(0, 1)。当政府激励补贴大于处理企业违约罚款时, 政府缺乏激励动力; 当企业的创新增量收益较大时, 企业选择创新, 系统最终稳于政府不激励而企业选择创新。

Case4: 政府激励小于违约罚款, 企业参与创新的增量收益较高情形下的行为演化博弈

当 $\alpha U-\beta U<M<A, VR>VC-U+fH-2\eta Re+\beta U$ 时, $VC-M-VR-U+fH+\alpha U-2\eta Re<0$
 $-(M-\alpha U+\beta U)(VC-VR-U+fH+\beta U-2\eta Re)>0$, 系统的演化稳定策略为(0, 1)。当企业创新的增量收益较大时, 企业选择创新, 而此时即使政府处理违约罚款大于激励补贴时, 政府仍然缺乏激励动力, 系统最终稳定于政府不激励而企业选择创新。

Case5: 政府激励大于违约罚款, 企业创新的增量收益处于中间情形下的行为演化博弈

当 $A<M, VC-U+fH-2\eta Re-A+\alpha U<VR<VC-U+fH-2\eta Re+\beta U$ 时, 有
 $(M-A)(VC-VR-U+fH+\beta U-2\eta Re)>0$, $A-VC-M+VR+U-fH-\beta U+2\eta Re<0$, 系统的演化稳定策略为(0, 0)。均衡点分析如表 5 所示, 相位图如图 3 所示。当政府补贴大于处理违约的罚款时, 政府缺乏激励的动力。当企业创新的增量收益处于中间情形时, 企业缺乏创新的动力, 系统最终稳定于政府不激励, 企业不创新。

Case6: 政府激励小于违约罚款, 企业创新的增量收益处于中间情形下的行为演化博弈

当 $\alpha U-\beta U<M<A, VC-U+fH-2\eta Re-A+\alpha U<VR<VC-U+fH-2\eta Re+\beta U$ 时, 有 $det(J)>0$, $trace(J)=0$, 系统有 5 个均衡点(0, 0), (1, 1), (1, 0), (0, 1), (x^*, y^*) 。其中 $x^* = \frac{\Delta C-\Delta R-U+fH+\beta U-2\eta Re}{A-\alpha U+\beta U}$,
 $y^* = \frac{A-M}{A-\alpha U+\beta U}$ 对应点的行列式与迹的符号见表 5, 对应的演化相图如图 4 所示。该演化相图描述了地方政府与企业之间的动态博弈过程。当政府激励小于违约罚款, 同时企业参与创新的增量收益处于中间情况时, 地方政府和企业均采用混合策略, 系统没有稳定点。

表 5 Case5 和 Case6 条件下的稳定性分析

均衡点	Case5			Case6		
	$det(J)$	$trace(J)$	均衡结果	$det(J)$	$trace(J)$	均衡结果
(0, 0)	+	-	ESS	-	-	鞍点
(1, 0)	-	+/-	鞍点	-	+/-	鞍点
(1, 1)	+	+	不稳定	-	+	不稳定
(0, 1)	-	+/-	鞍点	-	+/-	鞍点
(x^*, y^*)				+	0	中心点

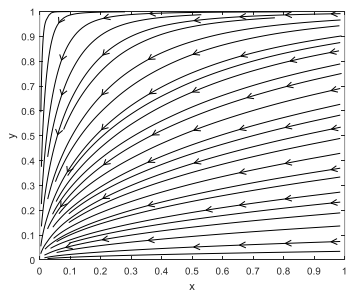


图 3Case5 演化相图

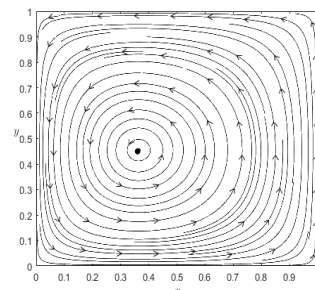


图 4Case6 演化相图

综上所述, (不激励, 不创新)、(激励, 不创新)和(不激励, 创新)都可能是系统的演变稳定策略, 而博弈双方所选策略的稳定性取决于收益支付矩阵以及参数的变化, 对比 case1 和 case2 可知, 当企业的创新增量收益太小时, 无论政府补贴大于还是小于企业违约罚款, 最终企业都缺乏创新动力, 选择不创新;

对比 case3 和 case4 可知，当企业的创新增量收益足够大时，无论政府的补贴大于还是小于企业的违约罚款，企业都有足够动力自主创新，即企业的创新与否取决于企业创新的增量收益的大小。

3.2 模型参数变化对中心点的影响分析

从演化博弈模型相图分析可知，在 case6 条件下，政府和企业的行为演化过程缺乏稳定点。因此，在地方政府与企业之间的博弈过程中，构成博弈支付函数的参数如政府对企业的补贴，政府对企业的违约罚款，企业创新的增量成本及增量收益，专利权交易所得收益等因素的变化将导致演化系统向不同的中心点转移。

将式 $x^* = \frac{VC - VR - U + fH + \beta U - 2\eta Re}{A - \alpha U + \beta U}$ ，对 VC、A 和 VR 求偏导可得：

$$\frac{dx^*}{d\Delta C} = \frac{1}{A - \alpha U + \beta U} > 0 \quad (14)$$

$$\frac{dx^*}{dA} = -\frac{(\Delta C - \Delta R - U + fH + \beta U - 2\eta Re)}{(A - \alpha U - \beta U)^2} < 0 \quad (15)$$

$$\frac{dx^*}{d\Delta R} = -\frac{1}{A - \alpha U + \beta U} < 0 \quad (16)$$

式(14)说明在 case6 条件下企业的创新增量成本增加将导致中心点向右移动，即政府激励企业创新的比例越大，此情形可以理解为企业的创新成本增加，政府为了补贴企业将增加政府的激励比例。式(15)说明政府加大对企业违约的惩罚将导致中心点向左移动，即政府激励比例减少。式(16)说明企业的创新增量收益增加将使政府的激励比例减少，可以理解为企业创新增量收益越大，企业自主创新动力较大，政府为减少成本故减少激励。中心点的左右移动取决于企业创新的增量成本、政府对违约行为的惩罚力度，企业创新的增量收益等因素的综合考虑。

同理，将式 $y^* = \frac{A - M}{A - \alpha U + \beta U}$ 对 A、M 和 U 求导可得：

$$\frac{dy^*}{dA} = \frac{M - \alpha U + \beta U}{(A - \alpha U + \beta U)^2} > 0 \quad (17)$$

$$\frac{dy^*}{dM} = -\frac{1}{A - \alpha U + \beta U} < 0 \quad (18)$$

$$\frac{dy^*}{dU} = \frac{(A - M)(\alpha - \beta)}{(A - \alpha U + \beta U)^2} < 0 \quad (19)$$

式(17)说明政府增加对企业违约的惩罚力度将使中心点向上移动，即企业增加创新比例；式(18)说明政府增加对企业创新的补贴将使中心点向下移动，即企业创新比例减少；式(19)说明专利交易收益增加将使中心点向下移动，即企业的创新比例下降。中心点的上下移动取决于违约罚款，政府补贴以及企业专利交易收益的综合影响。为了进一步探讨模型变量对于双方策略的影响机制，下文将考虑在改变系统初始变量的情况下，对一些重要参数进行敏感性分析，采用 *Matlab* 软件数值模拟地方政府和企业行为的动态演变过程以及关键参数变化对系统 ESS 的影响。

4 数值仿真

为了让仿真结果更具科学性和客观性，下文的参数取值参考相关文献^[32]并在满足前文的假设条件下随机赋值，不代表现实中地方政府政府和企业的支付或收益值，对不同的创新激励模式可以依据实际情况进行设定。政府激励(不激励)情况下专利权转让税率 $\alpha = 20\%$ ($\beta = 30\%$)，创新的增量成本 $VC = 8$ ，增量收益 $VR = 6$ ，政府补贴 $M = 6$ ，创新失败风险 $f = 0.4$ ，风险损失 $H = 6$ ，企业违约罚 $A = 5$ ，消费者创新偏好程度 η

$=0.2$ ，消费者偏好创新时给企业带来的增量收益 $Re=4$ ，两类策略初始比例均为 $x_0=y_0=0.5$ 。重点分析创新增量收益、增量成本、违约惩罚、专利交易收益对企业行为的影响；专利权交易税率对政府和企业行为的影响；政府补贴、消费者创新偏好程度对系统演化稳定策略(ESS)的影响。

1. 创新增量收益、增量成本、惩罚及专利权所得收益对企业策略的影响

(1)创新增量收益和增量成本的影响。由图 5 可知，当创新增量收益较小时，企业进行创新的比例收敛于 0，随着创新增量收益的增加，企业选择创新的比例渐渐趋于 1，结合各参数的初始值，得到收敛于 1 时 VR 的临界值为 3.2。也就是说，若其他条件不变，当 VR 超过 3.2 时，企业选择创新的比例会收敛于 1，且创新增量收益越高，其收敛速度越快。创新增量成本则反之，当增量成本越小，企业越偏向于创新，随着创新增量成本的不断增加且超过一个临界值后($VC>9$)，企业最终选择不创新。

(2)政府惩罚力度的影响。由图 7 可知，惩罚力度越大，企业趋向于创新的速度越快，可以理解为当惩

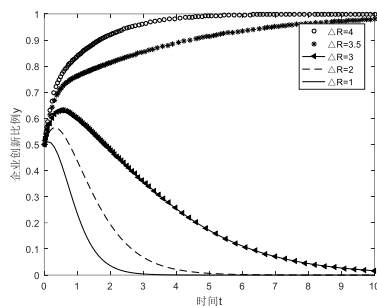


图 5 创新增量收益对企业策略的影响

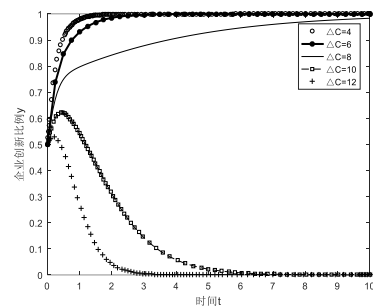


图 6 增量成本对企业策略的影响

罚力度较大时，企业知道违约的成本太高，故有较高的创新积极性。因此，当企业企图靠政府补贴来维持现状而产生“惰性”时，政府也可以适当提高企业的违约成本来消除这种“惰性”，提高企业的创新积极性。

(3)专利权所得收益对企业行为的影响。由图 8 可知，当专利权所得收益较小时，企业选择不创新，当专利所得收益较大时，企业选择创新，企业收敛于 1 的 U 的临界值为 7.5，即当企业的专利权所得收益大于 7.5 时，企业选择创新。因此国家应该进一步完善产权保护法，避免专利盗用、版权纠纷现象的出现，保护创新型企业的专利发明后的合法利益。

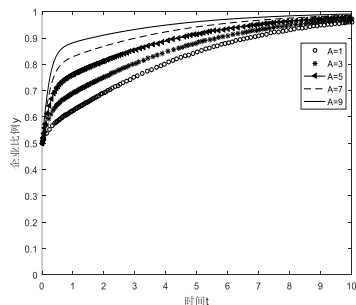


图 7 惩罚 A 对企业策略的影响

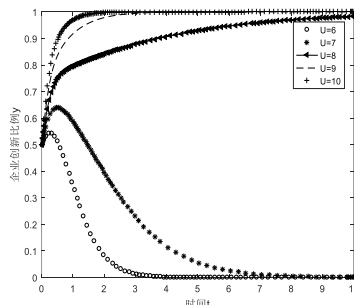


图 8 专利权交易利益 U 对企业策略的影响

2. 专利权交易税率对企业和政府行为的影响。

由图 9 和图 10 可知，专利交易税率越高时，政府能够获得更高的税收从而更加愿意去激励企业创新，且税率越高，政府收敛于激励策略的速度越快。对企业而言，专利权交易税率越低，企业在前期趋向于创新的速度更快，经历一段时间后，专利权税率越低，而企业收敛于创新的速率减慢，甚至慢于专利权

更高时企业收敛于创新的速率，可以理解为在前期税率较低时，企业没有预期，于是抓住机会进行创新，经过一段时间后，发现税率仍然较低，企业安于现状，产生“惰性”，消极创新。而税率较高情形下，企业会产生紧迫感，预期将来税率会上涨，于是产生创新的积极性。因此，地方政府应该适时调整专利权交易税率，保证政府税收的同时刺激相关企业积极创新。

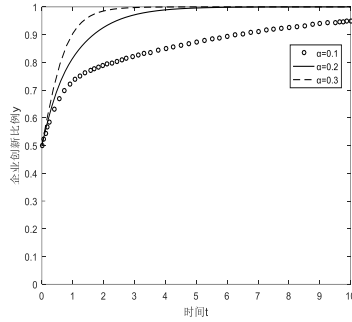


图 9 专利权交易税率对政府策略的影响

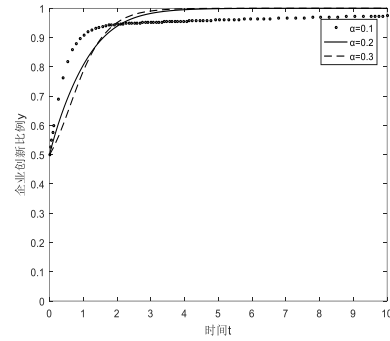


图 10 专利权交易税率对企业策略的影响

3. 政府补助和消费者创新偏好对演化稳定策略(ESS)的影响

(1) 政府补助对 ESS 的影响。

由图 11 和图 12 可知，决定企业创新与否的因素是创新增量收益 VR 的大小。当 VR 较大时，企业最终选择参与创新；当 VR 较小时，企业最终选择不创新。政府补贴力度的大小只会影响企业选择策略的速度，当补贴 M 越大时，企业收敛于创新的速度越慢，可以理解为企业创新初期的收益往往不乐观，而它们维持现状可以从政府和银行供给的补贴获得“滋润效应”^[33]，提高企业不进行创新的“惰性”。这种“滋润效应”越大，企业维持现状的惰性越强，其参与创新的比例反而越小。显然，大力缩减政府和银行的各种补贴，稀释其滋润效应，能提高企业创新的比例。

当 VR 较大时，企业拥有自主创新的动力选择创新，政府都不激励，并且补贴力度越大，政府越缺乏补贴的动力，收敛于不激励的速度就越快；当 VR 较小且当 $M < 5$ 时，系统开始由点 $(0, 0)$ 趋向于点 $(1, 0)$ 演化。即在 VR 较小情形下，随着补贴力度的下降，政府部门由选择“不激励”向“激励”演化。 M 越小，政府趋向于激励的速度越快， M 越大，趋向于不激励的速度越快。因此，政府应当选择适当的补贴力度，既能节约政府补贴成本，又能让政府本身有动力去激励企业创新。

(2) 消费者创新偏好程度对 ESS 的影响。

取 η 分别为 0.1、0.15、0.2、0.25、0.3 时，对 ESS 的影响效果如图 13 所示。当 $\eta > 0.2$ 时，系统开始由点 $(0, 0)$ 趋向于点 $(0, 1)$ 演化。在购买者对创新产品的偏好强度较弱时，群体中的企业最终会重复传统技术而摒弃创新技术，随着消费者创新偏好增强且超过 0.2 时，群体中的企业才会向“创新”演化。近

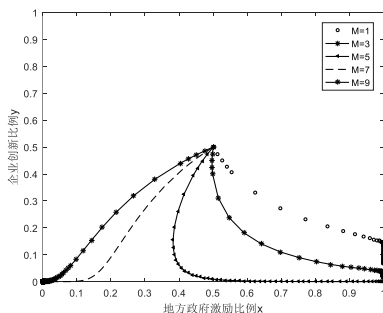


图 11 ΔR 较小时，补助对 ESS 的影响

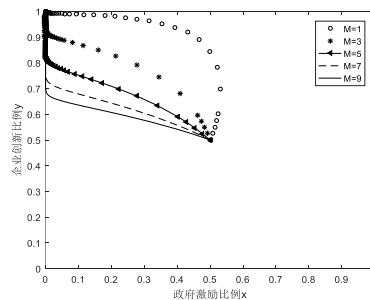


图 12 ΔR 较大时，补助对 ESS 的影响

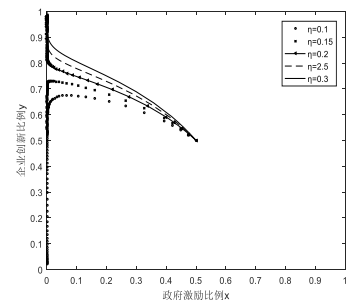


图 13 创新偏好程度 η 对 ESS 的影响

年来，随着创新驱动发展战略的提出，企业纷纷进行技术创新，消费者为了追求使用效率和产品的性价比，也不断追求创新类产品。消费者的购买偏好从一定程度上决定了企业的生产方式，因此，企业的技术创新对具有创新偏好的购买者有较高的敏感性。

为进一步分析政府罚款力度对博弈双方的影响，现假设 time=7 时减少企业违约行为的惩罚力度, 即 A 由初始值 8 减少到 4，此时系统的演化条件由 case6 变成 case5，演化系统激励比例和创新比例结果如图 14 和图 15 所示，图 15 显示了博弈系统中政府激励比例与企业创新比例如何从围绕中心点的动态均衡向原点演化的过程。

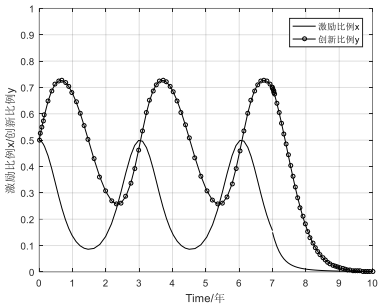


图 14 具有突变的政府激励比例与企业创新比例演变过程

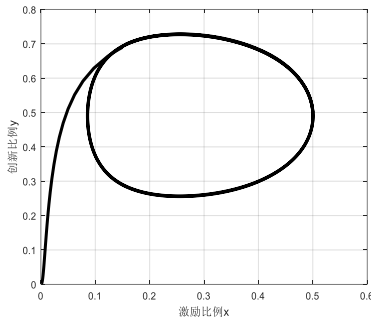


图 15 具有突变的政府激励比例与企业创新比例演变过程

5 讨论

5.1 模型总结与分析

经济发展动力不足、区域发展不平衡、不协调的问题严重制约着我国经济的转型升级，为了寻找新的突破口，《纲要》^[2]指出要坚持科技创新和体制机制创新双轮驱动；辜胜阻等^[34]提出突破核心技术和坚持创新驱动是解决这一问题的关键；进一步地，郭韬^[5]认为需要打造一批创新型企业作为支撑，也有许多学者^[15-18]提出从税收和补贴两种政策来激励企业参与创新。然而，这些研究要么政策是固定的，要么是假设政企双方完全理性，抑或忽略了创新过程中的风险。本文在考虑创新风险条件下，构建了基于有限理性演化博弈模型，从政企双方策略互动的视角设计政府激励机制，并分析了相关变量的动态调整对双方策略以及系统 ESS 的影响，其结论有：

(1)(不激励，不创新)、(激励，不创新)和(不激励，创新)都可能是系统的演变稳定策略，系统最后的演变路径依赖于博弈支付矩阵及参数的值；

(2)企业最终选择创新或者不创新取决于创新增量收益的大小，政府补贴与违约惩罚并不会改变企业的最终策略，反而当政府补贴越大时，企业会产生依赖性，削弱企业创新的积极性；

(3)当企业创新增量收益较小且违约罚款大于激励补贴时，政府选择激励；违约罚款小于补贴时，政府不激励。当企业创新增量收益较大时，无论补贴力度大于还是小于违约罚款，政府都缺乏激励动力；

(4)较大的惩罚力度，能够削减企业的“惰性”，提高企业创新的积极性；

(5)加大企业的创新增量收益、降低企业的创新成本、提高消费者的创新偏好程度及专利权所得收益都能提高企业参与创新的比例。

(6)专利权交易税率越高，政府越具激励动力，对于企业而言，前期税率越低越能激励企业创新，经过一段时间演变后，税率越高越能提高企业创新的积极性。

与童馨乐^[35]研究结果相比较, 论文通过对政企双方收益参数的敏感性分析证实了其实证分析的结论, 政府有必要采取宏观调控手段对企业创新投入决策进行干预和引导, 同时弥补了该文在关键变量的计量上存在的缺陷。比较李文健^[19]与蒋长流^[23]的研究结论可知, 二者都强调政府对于企业创新能力甄别的重要性, 不同的是, 前者认为政府应该对于研发成功率低的“坏企业”采用低税收优惠, 而后者认为政府应该对创新能力高的企业进行补贴, 区别对待创新能力不同的企业可以合理配置资源, 本文在对比 case1 和 case2 以及数值仿真“3”部分也同样证实了这一点——对于创新增量收益高的企业进行补贴反而会滋生其“惰性”, 补贴更应该倾向于创新增量收益低的企业。与同样采用演化博弈方法研究僵尸企业退出机制的黄婷与郭克莎^[33]的研究结论相比, 本文在政府补助的敏感性分析部分也证实了企业在转型初期的收益不乐观, 而它们维持现状可以从政府和银行供给的补贴中获得“滋润效应”, 且“滋润效应”越大, 企业维持现状的惰性越强。值得注意的是, 龚六堂^[18]认为补贴通常是不必要的, 政府应该通过事后优惠激励企业创新, 从而避免事前政府失灵带来的损失。其假设前提是信息是完全且对称的, 政府能够甄别企业的优劣, 而现实情境却更为复杂, 基于不完全信息假设下的不断观察与模仿的演化模型则突破了这一局限。此外, 本文加入的“惩罚”机制进一步地避免了信息不完全造成的机会主义行为。

5.2 管理启示

本文对创新驱动战略背景下的政企协同创新最优路径的探讨, 为政府激励创新型企业参与创新提供了重要的启示。

(1)政府应根据企业的创新增量收益来调整补贴力度。若企业的创新增量收益较大时, 政府补贴反而会增加企业的“惰性”, 这种滋润效应越大, 企业维持现状的“惰性”就越强;若企业的创新增量收益较小时, 政府可以加大补贴力度, 补贴的作用效果可以相当于降低企业的创新增量成本, 成本越低, 企业越发趋向于创新。

(2)政企双方要做到权责明晰, 确保有权必有责。政府要加强政策实施力度以及对创新型企业的监管力度, 当企业依靠补贴产生“惰性”时, 要及时发现并采取相应措施。如, 事先与企业签订协议, 如果在协议规定期限内, 企业的创新成果没有达到预期, 则差距越大, 惩罚力度越大。企业也应该明确自己的责任, 消极创新的机会主义行为必然会受到惩罚。

(3)政府应该加大创新的宣传力度, 提高大众的创新意识。一方面, 多措并举加大创新的政策宣传, 让创新的“红利”惠及更多创新型企业。另一方面, 利用互联网的优势, 增强消费者对创新产品的购买偏好, 提高市场创新产品的需求, 刺激企业实施技术创新策略。同时, 要坚决消除创新过程中的各种束缚和桎梏, 让创新成为时代潮流, 汇聚起经济社会发展的强大新动能。

(4)加强我国知识产权制度建设, 提高知识产权的保护力度和能力。由于我国中小企业知识产权保护能力比较低, 科技成果模仿性强, 因此特别需要政府提高知识产权的保护力度和能力。这包括完善知识产权制度, 健全知识产权保护体系, 保护创新企业的合法权利, 严惩不法分子的侵权行为, 只有保证企业的创新成果不被盗用, 获得较高的创新收益, 企业才更具动力参与创新。

6 结语

创新驱动发展战略是高质量发展的根本驱动力, 而创新型企业又是实施创新驱动发展战略的主力军。本文通过构建地方政府与创新型企业之间的演化博弈模型, 分析了各方策略选择的稳定性、博弈系统均衡策略组合的稳定条件以及各参数对主体策略和 *ESS* 的影响关系, 并通过仿真分析验证了结论的有效性,

主要结论包括：系统有三种演变稳定策略，企业选择创新与否取决于创新增量收益的大小；政府补贴在某种情况下会提高企业消极创新的“惰性”；加大企业的创新增量收益、降低企业的创新成本、提高消费者的创新偏好程度及专利权所得收益都能提高企业参与创新的比例以及适时调整专利交易税率能有效激励企业参与创新。根据研究结论为政府激励创新提出了相关政策启示，对政府干预具有现实指导意义。本论文构建的演化博弈模型成功地解决了引言提出的三个主要问题：首先，加入公众创新偏好和创新风险更贴近现实情境，且知企业对于公众创新偏好的敏感性强，政府则缺乏敏感性。其次，考虑长期的策略互动突破了政策固定和决策者的短视行为的局限。最后，政府干预是促使企业参与创新最为有效的手段，同时企业创新动力并不总是与政府补贴呈正相关，甚至可能呈负相关，这是通过对政府补贴进行敏感性分析验证的，分析过程不仅可行，而且结论客观可靠。

本文存在以下不足，可以为未来研究指明方向。首先，本文演化博弈模型中暗含了种群无限大且混合良好、博弈收益决定个体繁殖率，以及死亡率变量控制种群的总规模恒定和决策相互独立等基本假设，但是，学习和模仿的社会机制通常比纯粹的遗传机制更复杂，因为各种各样的学习和模仿过程充满想象，且其动态过程高度依赖于决策特定环境。其次，本文的补助是事前补助，而更符合现实情况的应该是事前补助一部份，再将余下的作为一种事后奖励，分阶段补发给企业。再次，本文假设的是如果企业不创新，考虑“优胜劣汰”竞争模式，且顾客存在创新偏好，原有客户群体会被创新企业抢占，不参与创新的企业的收益相应会减少。实际上，创新可能会带来增量市场，增量和存量竞争不同的假设可能会对本文的结论存在不同的影响。最后，仿真数值是在假设条件下随机赋值，没有收集政府和企业两方的行业数据作为支撑。在未来的研究中上述领域是值得考虑和分析的重要内容。

参考文献：

- [1] 习近平在中国共产党第十九次全国代表大会上的报
[EB/OL]. https://cbgc.scol.com.cn/news/2017/10/27/content_63232.htm.
- [2] 国家创新驱动发展战略纲要
[EB/OL]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-04/01/content_5060345.htm.
- [3] 刘和东 & 刘童(2020). 区域创新驱动与经济高质量发展耦合协调度研究. 科技进步与对策(16), 64-71.
- [4] 洪银兴(2013). 关于创新驱动和协同创新的若干重要概念. 经济理论与经济管理(05), 5-12.
- [5] 郭韬 & 史竹青(2011). 创新型企业研究综述. 科技进步与对策(19), 155-160.
- [6] 国家“十二五”科学和技术发展规划[EB/OL]. www.gov.cn/jrzq/2011-07/13/content_1905911.htm
- [7] 马永红, 赵凌晨 & 刘拓(2007). 创新型企业评价体系的构建研究. 技术经济(10), 1-3+11.
- [8] 曹金飞(2014). 创新型企业融资新路径问题研究. 经济研究导刊(31), 107-109+123.
- [9] 刘暄. (2021). 创新型企业组织管理能力评价模型与方法研究. 陕西煤炭(03), 199-202.
- [10] 张良(2000). 创新型企业发展的成功经验及其启示. 华东理工大学学报(社会科学版)(03), 33-40.
- [11] 夏冬, 程家明(2005). 创新型企业的产权激励: 基于创新资源均衡的分析. 技术经济与管理研究(05), 45-46.

- [12]万希(2006). 创新型企业的人力资源构成. 科学管理研究(06), 95-99. doi:10. 19445/j. cnki. 15-1103/g3. 2006. 06. 024.
- [13]黄品奇(2003). 创新性企业发展战略研究(博士学位论文, 天津大学).
- [14]Ji, Shou-feng, Dan Zhao, and Rong-juan Luo. "Evolutionary game analysis on local governments and manufacturers' behavioral strategies: Impact of phasing out subsidies for new energy vehicles." *Energy* 189 (2019): 116064.
- [15]胡本田 & 高琨(2020). 政府补助行为对创新型企业高质量发展的影响. 区域金融研究(09), 70-78.
- [16]ALECKE B, MITZE T, & REINKOWSKI J, et al. (2012). Does firm size make a difference? Analysing the effectiveness of R & D subsidies in East Germany [J]. *German economic review*, (2) : 174-178.
- [17]HALL B H, MAFFIOLIA(2008). Evaluating the impact of technology development funds in emerging economies: evidence from Latin America [J]. *The European journal of development research*, (2) : 172-198
- [18]秦宇兴(2017). 创新驱动模式下战略性新兴产业政府补贴策略分析. 运筹与管理(10), 173-180.
- [19]李文健, 翁翕 & 龚六堂(2022). 政府如何激励创新?——基于委托—代理理论的研究. 经济学(季刊)(02), 365-384.
- [20]彭亮 & 刘国城(2022). 减税降费的创新激励效应研究——基于“营改增”的准自然实验. 投资研究(02), 37-63.
- [21]王亚玲(2008). 构建中小企业创新的政府支持系统——基于“智猪博弈”模型的分析. 生产力研究(11), 135-137.
- [22]朱金生 & 朱华(2021). 政府补贴能激励企业创新吗?——基于演化博弈的新创与在位企业创新行为分析. 中国管理科学(12), 53-67.
- [23]蒋长流 & 纵玲玲(2007). 基于动态博弈的政府与中小企业技术创新行为分析. 技术经济(03), 14-16.
- [24]焦建玲, 陈洁, 李兰兰 & 李方一. (2017). 碳减排奖惩机制下地方政府和企业行为演化博弈分析. 中国管理科学(10), 140-150.
- [25]郑敏娜 & 任广乾(2021). 企业绿色创新行为的演化博弈分析——基于环保社会组织参与的视角. 运筹与管理(03), 15-21.
- [26]李莉, 武乾 & 张馨月(2022). 旧工业建筑再生利用的政企演化博弈研究. 运筹与管理(04), 69-74.
- [27]Zhao T, Liu Z. (2019). A novel analysis of carbon capture and storage (CCS) technology adoption: An evolutionary game model between stakeholders[J]. *Energy*, 189: 116352.
- [28]孟凡生 & 韩冰(2018). 基于演化博弈理论的装备制造企业低碳技术创新动力机制研究. 预测(03), 69-74.
- [29]Taylor P D. Jonker L B. Evolutionarily stable strategy and game dynamics [J]. *MathBioscience*, 1978, (40):145-156
- [30]Friedman D(1991). Evolutionary Game in Economics[J]. *Econometrica*, 59(3):637-666.
- [31]MEI S W, WEI W, LIU F. (2018). Game theoretical perspective of power system control and decision making: A brief review of engineering game theory[J]. *Control Theory & Applications*, 35(5): 578-587
- [32]黄定轩, 陈梦娇 & 黎昌贵(2019). 绿色建筑项目供给侧主体行为演化博弈分析. 桂林理工大学学报(02), 482-491.
- [33]黄婷 & 郭克莎(2019). 国有僵尸企业退出机制的演化博弈分析. 经济管理(05), 5-20.
- [34]辜胜阻, 吴华君, 吴沁沁 & 余贤文(2018). 创新驱动与核心技术突破是高质量发展的基石. 中国软科学(10), 9-18.
- [35]童馨乐, 杨璨 & WangJinmin(2022). 政府研发补贴与企业创新投入: 数量激励抑或质量导向?. 宏观质量研究(01), 27-45.