

“事前补助”还是“成果奖励”： 何种政府研发补贴政策更有助于推动 颠覆性科技创新成果“问世”？

刘婉钰,毛世平

(中国农业科学院农业经济与发展研究所,北京 100081)

摘要:加强颠覆性科技创新是加快实现高水平科技自立自强的重要基础。在考虑不同政府研发补贴政策激励颠覆性科技创新路径差异的基础上,通过构建政府、科研院校与科创企业之间的三方演化博弈模型,探究各方主体对促进颠覆性科技创新成果产出的决策逻辑与路径机理,并利用 Matlab 2021a 进行仿真分析,研究发现政府后补贴、院校重转化、企业强研发的协同治理路径为推动颠覆性科技创新成果“问世”的最优解。

关键词:研发补助模式;科技创新;颠覆性科技创新成果;新质生产力

中图分类号:F062.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-0566(2024)08-0167-11

“Ex-ante subsidy” or “Ex-post reward”: What kind of government R&D subsidy policy is more conducive to promoting the disruptive scientific and technological innovation achievements?

LIU Wanyu, MAO Shiping

(Institute of Agricultural Economics and Development, Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100081, China)

Abstract: Strengthening disruptive scientific and technological innovation is an important foundation for accelerating the high-level scientific and technological self-reliance. Considering the differences in the paths of different government R&D subsidy policies to encourage disruptive scientific and technological innovation, by constructing a game model between the government, scientific research institutions and science and technology enterprises, the decision-making logic and path mechanism of all parties to promote the output of disruptive scientific and technological innovation achievements are discussed, and Matlab 2021a is used for simulation analysis. Finally, a collaborative governance path to promote disruptive scientific and technological innovation achievements is obtained.

Key words: science and technology innovation; disruptive science and technology innovations; new quality productive forces

收稿日期:2024-05-22 修回日期:2024-06-19

基金项目:中国农业科学院科技创新工程“生物育种创新与农业绿色发展相关问题研究”(10-IAED-RC-03-2024-1);中国农业科学院科技创新工程“数字经济与农业产业转型发展研究”(10-IAED-RC-03-2024-2)。

作者简介:刘婉钰(1999—),女,北京人,中国农业科学院农业经济与发展研究所博士生,研究方向为产业经济、技术经济与管理。通信作者:毛世平。

2023 中央经济工作会议中强调,“要以科技创新推动产业创新,特别是以颠覆性技术和前沿技术催生新产业、新模式、新动能,发展新质生产力”。颠覆性科技创新成果是发展新质生产力的重要引擎,是重塑生产力的基本构成,是催生新业态、新产业、新动能的关键。为加快实现科技高水平自立自强,我国财政科技投入逐年提升,2022 年全社会 R&D 经费投入达 30 782.9 亿元,其中,国家财政科技支出达 11 128.4 亿元,科技投入强度总水平位居世界第二位。然而,我国财政科技经费的投入结构、财政工具与财政手段等经费配置及政府研发补贴政策与解决科技创新“卡脖子”技术难题仍存在错配问题,基础、应用研究经费分别占全社会 R&D 经费比仅为 6.57% 与 11.3%,与美国等科技强国相比,我国研发投入结构不完善、原始创新效能不充足、创新协作机制不完善等问题依旧制约颠覆性科技创新成果的“问世”。

面对颠覆性科技创新成果“问世”难的问题,加强科研院所与科创企业的联合攻关能力是关键。2023 年,我国企业产业化发明专利平均收益为 829.6 万元/件^①,尽管专利收益的增长趋势向好,但颠覆性创新成果的产学研联合创新效能尚未充分释放。截至 2022 年年底,我国(不含港澳台)仅有 12.6 万件产学研发明专利^②,产学研专利主要聚焦的关键核心技术攻关与颠覆性创新成果产出存在研发投入大、周期长、风险性较强的特征,导致科研院所与科创企业畏难情绪较强,影响创新热情与创新效能。

研发补贴模式的选择,是保障颠覆性创新成果落地与产业化的重点,亦是加速培育新质劳动者、新质劳动资料、新质劳动对象的新质生产力的重要途径。“事前补助”的前补贴模式主要通过申报科技计划项目支持、实施研发费用税前加计扣除、推动科学仪器设备共享等措施,在实施颠覆性创新研发前给予资金、设备等创新要素支持,减少前期研发投入压力;“成果奖励”的后补贴模式通过采用“先研发,后补贴”的资助机制减轻财政科

技经费与科技成果产出的错配问题,形成以结果为导向、以任务为核心的经费与产出强挂钩的研发补贴模式。从现有研究结果来看,两种补贴模式各有利弊,因此厘清“研发补贴”还是“成果奖励”的研发补贴模式能更好提高科研院所与科创企业的创新效能,促进颠覆性创新成果的“问世”,加速培育新质生产力,以期解决我国原始创新动能不足的堵点问题。

一、文献综述

自 2023 年 9 月习近平总书记在黑龙江考察调研期间首次提到新质生产力后,关于科技创新与新质生产力的关系问题成为学术研究的热点。从新质生产力内涵来看,现有学者^[1-4]通过技术赋能、数智赋能、制度赋能、要素赋能等机制变量研究塑造新质生产力的理论逻辑与实现路径,从学理上论证了颠覆性科技创新成果对塑造新质生产力、引领行业进步与产业升级、加速我国高质量发展的重要意义^[5-7]。

在影响颠覆性创新成果产出的机理研究方面,现有学者一致肯定了生产要素创新性配置在刺激颠覆性创新成果有效供给方面的作用。现有研究表明,新质生产力“高科技、高效能、高质量”的特征能够催生技术革命性突破与促进生产要素创新性配置^[8],进而有效满足国家对生产力发展水平提出的新要求^[9]。张新宁^[10]指出颠覆性科技成果依托产业变革功能、模式塑造功能、动能提升功能、资源整合功能、生态优化功能与风险防护功能六大功能,在发展新质生产力过程中催生新产业、新模式、新动能。梁炜等^[11]基于潜力、能力、实力、动力为 4 个维度构建了新质生产力发展水平的监测指标体系,解构新质生产力在原创性基础研究、颠覆性创新成果突破等方面的理论内涵。

在政府研发补助政策的有效性研究方面,现有学者主要从研发投入与创新绩效的关系视角提出“事前补助”政策的优化路径。事前“研发补助”作为企业研发投入的直接补充,能充分发挥企业

① 数据来源:《2023 年中国专利调查报告》

② 产学研发明专利:指专利权授权人中包含企业,同时包含高校或科研单位的专利。

在研发投入、成果转化等环节中的主观能动性。有学者^[12-14]认为“事前补助”政策在吸引外部融资、提高IPO资源争夺能力、提高资源配置效率等方面能显著影响企业创新绩效。但也有学者认为“事前补助”的方式容易引致政企相护的寻租行为^[15],政府在项目评估过程中倾向于选择研发技术成熟、成功率高或不良贷款率低的项目或企业进行资助^[16],导致对真正需要研发资金付出的颠覆性科技创新存在“挤兑”^[17],不利于塑造新质生产力。

在政府研发补贴的可持续性与伦理效果研究方面,现有研究认为以“成果奖励”为代表的后补贴政策能够避免企业骗补与寻租行为,有效促进颠覆性科技成果转化。相较于“事前补助”模式,后补贴模式对补助资金流向不设限,进一步扩大了科创企业研发自主权与可持续性^[18],有效激励企业促进创新资源的合理配置。Yabin等^[24]基于中国高新技术企业研发投入数据得出,后补助政策对激发企业持续性科研投入,对企业提高长期创新动能具有显著影响。巫景飞等^[16]首次区分前后补助模式对创新环境较好地区与其他一般地区企业创新能力的影响,认为“成果奖励”模式能有效保护企业创新行为与成果的知识产权,对创新渠道多、制度环境完善的优势创新地区的中小企业研发投入具有显著挤入效应。

然而,有关后补贴模式对科技创新效能影响的实证研究尚处于起步阶段,对于“事前补助”抑或是“成果奖励”补贴政策的影响机制研究相对匮乏,且后补贴模式对颠覆性科技创新与塑造新质生产力方面的研究更是处于相对空白阶段。颠覆性科技创新的公共性、基础性、区域性与易变性不仅要求高质高效^[18],要求创新要素投入可持续、研发技术可操作、科技成果可推广,因而需要政府、企业、科研院校多主体共同构建政产学研用联合创新体系^[20],合力塑造新质生产力,提升科技创新整体效能。

因此,本文针对当前颠覆性科技创新成果“问世”难的现实困境,运用演化博弈理论,探究政府在“事前补助”与“成果奖励”两种研发补贴政策下

的激励机制,以促进科研院校与科创企业提高原始创新效能。本文研究的创新之处在于:第一,构建三方演化博弈模型,探明政府不同研发补贴政策对科创企业与科研院校的激励路径;第二,明晰了政府、科研院校与科创企业的协同创新机制及其对推动颠覆性科技创新成果产出的作用机理,以及多元主体在战略性、前沿性与颠覆性重大创新任务研究中的利益联结机制;第三,探寻出政府后补贴、院校重转化、企业强研发的新质生产力协同治理路径。

二、新质生产力视角下促进颠覆性科技创新成果“问世”的演化博弈策略

(一)理论分析框架

已有研究为探究不同研发补贴政策下促进颠覆性科技创新成果立项、研发与转化奠定了理论基础,然而当前以熊彼特学派、新古典主义学派、系统论与国家创新系统等学派为首的技术创新理论研究成果,多聚焦于创新,对于颠覆性创新的差异性以及颠覆性创新成果产出的作用机理研究依旧不足。新质生产力是新一轮技术革命与产业革命下对劳动者、劳动对象与劳动资料提出的新要求,亦是技术创新理论在中国理论发展与实践探索中新的阐释。因此,本文通过对比梳理技术创新理论脉络,探索新质生产力视角下促进颠覆性科技创新成果“问世”的理论机理。

以熊彼特学派为代表的技术创新理论提倡通过新的要素排列组合实现自主创新。熊彼特学派认为技术创新的“新”体现在生产方法新、生产工具新或生产工艺新,产业创新的“新”体现在产业内部结构的调整,如企业间的并购、业务扩展及资产控制方式调整等。以罗默(ROMER P. M)与索罗(SOLO W. R)为代表的新古典主义学派将社会福利水平引入到科技创新中,认为内生的技术进步是经济增长的主要源泉,且知识和技术是经济系统决定的内生变量。由于知识和技术具有溢出效应,且知识和技术溢出的存在造成私人收益率低于社会收益率,进而需要利用行政权力干预技术创新,通过社会性科技创新机构进行技术研发活动,使社会效益实现最大化。以系统论与创新

生态系统论为代表的技术创新理论聚焦主体间创新要素的流动与共享,通过强调生态系统协同与互补的基础上,实现信息、资源以及要素的共享,尤其对于市场失效、平衡模仿导致的恶性竞争与创新后的短期垄断等问题,这个学派学者认为合理的激励机制是提高创新效能的核心,依托不同的激励机制使各要素之间的利润实现平衡。

而新质生产力视角下的技术进步理论强调科技创新的主导作用,突出由颠覆性科技创新带动的高效能、高质量的先进生产力发展。新质生产

力视角聚焦劳动者、劳动资料、劳动对象及其优化组合,通过科技成果串联创新链、产业链、资金链与人才链,动态调整劳动、知识、技术、管理、资本和数据等要素间的耦合协调关系,利用高科技赋能的生产要素创新性配置推动技术革命性突破与颠覆性科技创新成果产出,促进产业深度转型升级,进而催生新产业、新模式与新动能。因此,由图 1 所示,推动颠覆性科技创新成果“问世”,将成为政府、科研院校、科创企业协同催生新质生产力的必备要件。

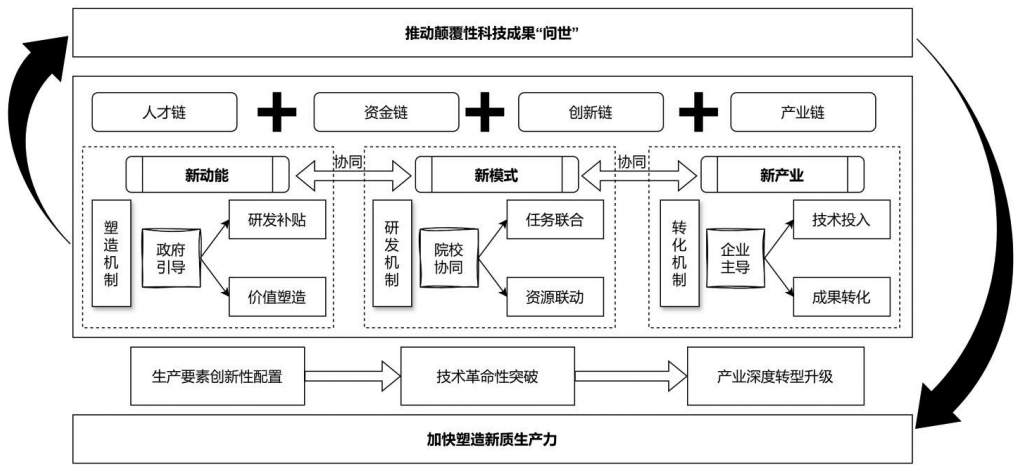


图 1 新质生产力视角下的政府、科研院校、科创企业协同创新的分析框架

(二) 研究假设

根据上述理论分析框架,本文设计研究假设如下。

假设 1:促进颠覆性科技创新成果“问世”的过程中,除了科创企业作为创新主体外,还涉及政府与科研院校两方,3 个决策主体均为有限理性且具备行为选择能力,策略选择随时间逐渐演化稳定于最优策略。

假设 2:各主体的策略选择空间均包含两种策略。其中,政府位于核心决策地位,为鼓励科创企业与科研院校进行颠覆性科技创新成果研发,存在事前“研发补助”与事后“成果奖励”两种研发补贴政策,其政策实施的策略选择空间为 $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2) = (\text{事前补助}, \text{成果奖励})$,并以 x 的概率选择 α_1 ,以 $(1 - x)$ 的概率选择 $\alpha_2, x \in [0, 1]$ 。

假设 3:科研院所与高校作为人才培养、科学研究与社会服务的主力军与生力军,尽管在塑造

新质生产力的使命定位与作用机制上略有差异,但致力于服务国家战略需求、服务国家发展全局、服务关键核心技术服务的任务一致,在塑造新质生产力过程中,科研院所若重视对颠覆性科技创新成果的研发,则会加大在该领域课题立项、经费拨款与人才培养等的实施力度,其策略选择空间为 $\beta = (\beta_1, \beta_2) = (\text{重视}, \text{不重视})$,其选择 β_1 的概率为 y ,选择 β_2 的概率为 $(1 - y), y \in [0, 1]$ 。

假设 4:科创企业作为市场化、产业化过程中技术创新的主体,尚存在研发投入不足、强度不够的情况。若政府采用事前“研发补助”模式,其经费流向与立项项目严格挂钩,企业在一定概率上存在通过“寻租”的方式维持现有研发投入强度,而导致颠覆性科技创新成果产出“难”、科技成果“滥竽充数”的情况。同时,存在一定概率通过事前“研发补助”模式的政策信号,帮助企业拓宽外部融资渠道,助力颠覆性研究成果产出。若政府

采用事后成果奖励模式,其经费流向由企业自身裁定,企业有一定概率存在不愿意承担科技创新的风险而选择模仿创新或改良创新,导致在颠覆性科技创新成果研发中难以有突破性进展。同时,存在一定概率通过事后“成果奖励”的研发补贴政策激励企业持续性创新动力,帮助企业进行长期攻关与技术迭代升级,进而获得颠覆性科技创新成果。因此,不论政府选择事前研发补贴还是事后成果奖励的研发补贴模式,科创企业的策略选择空间都为 $\gamma = (\gamma_1, \gamma_2) = (\text{积极研发}, \text{消极研发})$,并以 z 的概率选择 γ_1 ,以 $(1 - z)$ 的概率选择 $\gamma_2, z \in [0, 1]$ 。

假设5:政府会对选择重视颠覆性科技创新成果研发与转化的科创院校予以政策激励,如将颠覆性科技创新成果等指标作为学科评估、双一流建设的加分项,或作为第二年提高财政预算经费的依据等;对不重视颠覆性科技创新成果研发与转化的科创院校予以行政处罚,例如降低预算经费、减少计划招生名额等;政府需支付政策实施成本。科创企业若选择积极研发,则需要与科研院校展开联合任务攻关,企业需要通过咨询、转让、许可、委托开发和合作开发等合作方式对科研院校进行激励;科创企业需支付激励成本。科研院校重视颠覆性科技创新成果研发与转化时,会获得与企业合作的成果收益,但需要额外支付成果研发成本和转化成本。同时,政府、科创企业与科研院校会以一定的比例分享颠覆性科技创新成果带来的社会效益,如科创企业会获得良好的品牌形象。此时,三方共同赋能颠覆性科技创新成果“问世”的三方协同框架如图2所示。

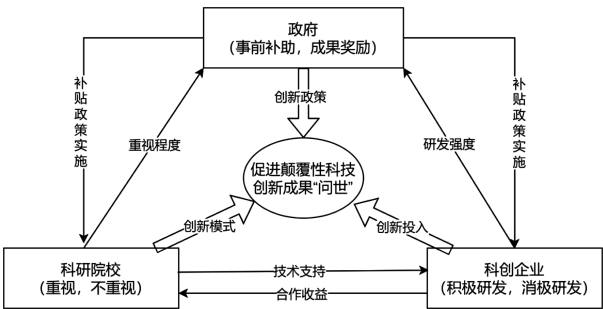


图2 政府、科研院校、科创企业赋能颠覆性科技创新成果的三方协同框架

基于以上假设,本文将用到如表1所示的参数。

表1 参数说明

决策主体	参数	参数含义
政府	F_b	当政府选择事前“研发补助”模式时的政策的治理成本
	F_a	当政府选择事后“成果奖励”模式时的治理成本
	M_t	政府对科研院校选择重视颠覆性科技创新成果研发与转化的奖励;院校不重视时 $M_t = 0$
	P_t	政府对科研院校选择不重视颠覆性科技创新成果研发与转化的处罚;院校重视时 $P_t = 0$
	C_g	政府对颠覆性科技创新成果进行奖励的额外成本
	x	政府选择事前“研发补助”模式的概率
科研院校	JC_t	科研院校选择重视颠覆性科技创新成果研发与转化的治理成本,若不重视则 $M_t = 0$
	α	通过颠覆性科技创新成果研发协力塑造新质生产力对实现社会效益治理目标贡献的比例 $(0 < \alpha < 1)$
	V_t	当科研院校选择与科创企业联合攻关颠覆性科技创新成果时带来的项目收益
	y	科研院校选择重视颠覆性科技创新成果研发与转化的概率
科创企业	SI	企业进行非颠覆性创新成果研发带来的一般性销售收入
	SIh	企业进行颠覆性创新成果研发带来的额外销售收入
	C_{gr}	积极进行颠覆性创新成果研发而选择加大研发强度产生的 R&D 成本
	C_{sr}	消极进行非颠覆性创新成果研发而维持现有研发投入强度产生的 R&D 成本
	CM	企业积极寻找科研院校联合研发时所付出的额外委托成本
	A_g	颠覆性科技创新成果转化所带来的社会效益
	D_g	企业选择消极研发时,为获得政府研发补贴而选择“寻租”的成本
	T_g	企业选择“寻租”被发现后得到的行政处罚
	z	科创企业选择积极研发的概率

(三) 支付矩阵

根据假设描述和各主体在推动颠覆性科技创新成果“问世”过程中的协同治理关系,得到如表2所示的演化博弈支付矩阵。

(四) 均衡策略分析

根据演化博弈收益矩阵,可计算出政府、科研院校与科创企业在不同策略下的期望收益与平均收益,进而可构建三方演化博弈的复制动态方程,以进行均衡策略稳定性分析。

1. 政府的策略稳定性分析

政府选择事前“研发补助”政策的期望收益 E_{1a} 为:

$$E_{1a} = yz(-F_b + \alpha A_g - M_t) + y(1 - z)(-F_b - \alpha A_g + T_g) + z(1 - y)(-F_b + P_t) + (1 - y)(1 - z)(-F_b + P_t - \alpha A_g + T_g) \quad (1)$$

表 2 三方演化博弈支付矩阵

决策主体			科创企业 执行决策	
政府	选择事前 补助模式 (x)	重视 (y)	积极研发(z)	消极研发(1-z)
			$-F_b + \alpha A_g - M_t$	$-F_b - \alpha A_g + T_g$
			$V_t - JC_t + M_t + A_g$	$-JC_t + V_t + M_t$
			$SI + SI_H - Cgr - CM + \alpha A_g$	$SI - Csr - D_g - T_g$
			$-F_b + Pt$	$-F_b + Pt - \alpha A_g + T_g$
			$V_t - P_t$	$V_t - Pt - \alpha A_g$
			$SI - Cgr + CM + \alpha A_g$	$SI - Csr - \alpha A_g - D_g - T_g$
	选择成果 奖励模式 (1-x)	重视(y)	$-F_a - C_g + \alpha A_g - M_t$	$-F_a - \alpha A_g + T_g$
			$V_t - JC_t + M_t + A_g$	V_t
			$SI + SI_H - Cgr - CM + \alpha A_g + C_g$	$SI - Csr$
			$-F_a + P_t - C_g - M_t$	$-F_a - \alpha A_g + P_t + T_g$
	不重视(1-y)	不重视(1-y)	$V_t + CM - P_t$	$V_t - Pt$
			$SI + SI_H - Cgr - CM + \alpha A_g + M_t$	0

政府选择事后“成果奖励”政策的期望收益 E_{1b} 为:

$$E_{1b} = yz(-F_a - C_g + \alpha A_g - M_t) + y(1-z)(-F_a - \alpha A_g + T_g) + z(1-y)(-F_a + P_t - C_g - M_t) + (1-y)(1-z)(-F_a - \alpha A_g + P_t + T_g) \quad (2)$$

政府的平均期望收益 $\bar{E}_1$ 为:

$$\bar{E}_1 = xE_{1a} + (1-x)E_{1b} \quad (3)$$

政府策略选择的复制动态方程为:

$$F(x) = dx/dt = y(E_{1a} - \bar{E}_1) = x(x-1)[-yzM_t - F_a + F_b + z(-C_g - M_t)] \quad (4)$$

2. 科研院校的策略稳定性分析

科研院校选择重视颠覆性科技创新成果研发与转化的期望收益 E_{2a} 为:

$$E_{2a} = x[z(V_t - JC_t + M_t + A_g) + (1-z)(-JC_t + V_t + M_t)] + (1-x)[z(V_t - JC_t + M_t + A_g) + (1-z)V_t] \quad (5)$$

科研院校选择不重视颠覆性科技创新成果研发与转化的期望收益 E_{2b} 为:

$$E_{2b} = x[z(V_t - P_t) + (1-z)(V_t - P_t - \alpha A_g)] + (1-x)[z(V_t + CM - P_t) + (1-z)(V_t - P_t)] \quad (6)$$

科研院校的平均期望收益 $\bar{E}_2$ 为:

$$\bar{E}_2 = yE_{2a} + (1-y)E_{2b} \quad (7)$$

科研院校策略选择的复制动态方程为:

$$F(y) = dy/dt = y(E_{2a} - \bar{E}_2) = y(y-1)[z(CM - JC_t - M_t - A_g) + x(-\alpha A_g + JC_t - M_t) + xz(CM + \alpha A_g - JC_t - M_t) - P_t] \quad (8)$$

3. 科创企业的策略稳定性分析

科创企业选择积极研发的期望收益 E_{3a} 为:

$$E_{3a} = x[y(SI + SI_H - C_{gr} - CM + \alpha A_g) + (1-y)(SI - C_{gr} + CM + \alpha A_g)] + (1-x)[y(SI + SI_H - C_{gr} - CM + \alpha A_g + C_g) + (1-y)(SI + SI_H - C_{gr} - CM + \alpha A_g + M_t)] \quad (9)$$

科创企业选择消极研发的期望收益 E_{3b} 为:

$$E_{3b} = x[y(SI - C_{sr} - D_g - T_g) + (1-y)(SI - C_{sr} - \alpha A_g - D_g - T_g)] + (1-x)[y(SI - C_{sr})] \quad (10)$$

科创企业的平均期望收益 $\bar{E}_3$ 为:

$$\bar{E}_3 = zE_{3a} + (1-z)E_{3b}$$

科创企业策略选择的复制动态方程为:

$$F(z) = dz/dt = z(E_{3a} - \bar{E}_3) = z(z-1)[y(SI - C_{sr} - C_g + M_t) + x(SI + SI_H - C_{sr} - \alpha A_g - 2CM - D_g - T_g + M_t) - xy(C_g - SI - SI_H + C_{sr} + \alpha A_g + 2CM - M_t) - (SI + SI_H - C_{gr} - CM + \alpha A_g + M_t)] \quad (11)$$

4. 三方演化博弈均衡策略的稳定性分析

在分别对科创企业、政府与院校进行单个主体均衡策略分析后,进一步对三方演化博弈均衡策略的稳定性作整体性分析。由 $F(x)=0, F(y)=0, F(z)=0$ 可得系统均衡点: $E_1(0,0,0), E_2(1,0,0), E_3(0,1,0), E_4(0,0,1), E_5(1,1,0), E_6(1,0,1), E_7(0,1,1), E_8(1,1,1)$ 。此时,三方演化博弈系统的 Jacobian 矩阵为:

$$Jacobian = \begin{pmatrix} \partial F(x)/\partial x & \partial F(x)/\partial y & \partial F(x)/\partial z \\ \partial F(y)/\partial x & \partial F(y)/\partial y & \partial F(y)/\partial z \\ \partial F(z)/\partial x & \partial F(z)/\partial y & \partial F(z)/\partial z \end{pmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix}
(2x-1)[-yzM_t - F_a + F_b + z(-C_g - M_t)] & x(x-1)(-zM_t) & x(x-1)(-yM_t - C_g - M_t) \\
y(y-1)[- \alpha A_g + JC_t - M_t + z(CM + \alpha A_g - JC_t - M_t)] & (2y-1)[z(CM - JC_t - M_t - A_g) + x(-\alpha A_g + JC_t - M_t) + xz(CM + \alpha A_g - JC_t - M_t) - P_t] & y(y-1)[CM - JC_t - M_t - A_g + x(CM + \alpha A_g - JC_t - M_t)] \\
z(z-1)[SI + SI_h - C_{sr} - \alpha A_g - 2CM - D_g - T_g + M_t - y(C_g - SI - SI_h + C_{sr} + \alpha A_g + 2CM - M_t)] & z(z-1)[SI - C_{sr} - C_g + M_t - x(C_g - SI - SI_h + C_{sr} + \alpha A_g + 2CM - M_t)] & (2z-1)[(SI - C_{sr} - C_g + M_t) + x(SI + SI_h - C_{sr} - \alpha A_g - 2CM - D_g - T_g + M_t) - xy(C_g - SI - SI_h + C_{sr} + \alpha A_g + 2CM - M_t) - (SI + SI_h - C_{gr} - CM + \alpha A_g + M_t)]
\end{bmatrix}
\quad (12)$$

根据 Lyapunov 判稳第一法(First Method)利用齐次方程解的特性以分析各均衡点稳定性,若 Jacobian 矩阵中特征值均为负,则为 ESS 渐近稳定点;若特征值中至少存在一个为正,则为不稳定点。具体如表 3 所示。

推论:当 $F_b < F_a$ 时,同时满足 $JC_t - P_t < M_t + \alpha A_g$ 且 $3C_{sr} - C_{gr} + 3CM + D_g + T_g < 2SI + SI_h - 3\alpha A_g - 2C_g + 2M_t$ 两个条件,则 $E_7(0,1,1)$ 为三方演化博弈理想的稳定均衡策略。

由推论可知,尽管政府选择事前“研发补助”的治理成本小于事后“成果奖励”,但若科研院校重视颠覆性科技创新成果研发与转化获得的社会效益较高且科创企业的消极研发的代价较高时,策略组合仍会演化稳定于(成果奖励,重视,积极研发)稳定点上。

当科研院校对通过颠覆性科技创新成果研发协力塑造新质生产力而实现的社会效益与联合攻关带来的课题收入的重视程度高于科研院校选择重视颠覆性科技创新成果研发与转化的

治理成本时,科研院校会选择重视策略,加强与科创企业联合攻关颠覆性科技创新成果的合作强度;当政府对颠覆性科技创新成果带来的社会效益与奖补差额,能够有效进行两种研发奖补政策的治理成本差额,减少企业进行“寻租”以获得事前补助名额的行为时,政府会选择成果奖励策略。

因此,在推动颠覆性科技创新成果“问世”的协同治理路径中,理想的稳定均衡策略,其一是政府应对“寻租”行为加大处罚力度,对不重视颠覆性科技创新成果研发与转化的科研院校采取学科评估中减分等惩罚;其二是可以适当增加对科研院校与科创企业的直接经费拨款与成果奖励额度,通过提升院校社会声誉的途径弥补其在联合研发攻关、增加研发强度过程中的治理成本损耗,增加颠覆性科技创新成果研发与推广、协力塑造新质生产力的积极性,从而形成政府后补贴、院校重转化、企业强研发的新质生产力协同治理路径,促进颠覆性创新成果“问世”。

表 3 均衡点稳定性分析

均衡点	Jacobian 矩阵特征值		稳定性结论
	$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$	实部符号	
$E_1(0,0,0)$	$F_a - F_b, C_g - CM - C_{gr} + C_{sr} + SI_h + \alpha A_g$	$(+, -, X)$	不稳定点
$E_2(1,0,0)$	$F_b - F_a, M_t - JC_t + P_t + \alpha A_g, CM + C_g - C_{gr} + 2C_{sr} + D_g - M_t - SI + T_g + 2\alpha A_g$	$(-, -, X)$	不稳定点
$E_3(0,1,0)$	$F_a - F_b, -P_t, C_g - CM - C_{gr} + C_{sr} + SI_h + \alpha A_g$	$(+, +, X)$	不稳定点
$E_4(0,0,1)$	$C_g + F_a - F_b + M_t, A_g - CM - JC_t + M_t + P_t, CM - C_g + C_{gr} - C_{sr} - SI_h - \alpha A_g$	$(+, -, -)$	不稳定点
$E_5(1,1,0)$	$C_g + F_a - F_b + 2M_t, CM - A_g + JC_t - M_t - P_t, CM - C_g + C_{gr} - C_{sr} - SI_h - \alpha A_g$	$(+, -, +)$	不稳定点
$E_6(1,0,1)$	$F_b - F_a - C_g - M_t, A_g - 2CM - JC_t + 3M_t + P_t, C_{gr} - C_g - CM - 2C_{sr} - D_g + M_t + SI - T_g - 2\alpha A_g$	$(-, +, X)$	不稳定点
$E_7(0,1,1)$	$F_b - F_a, JC_t - M_t - P_t - \alpha A_g, 3CM + 2C_g - C_{gr} + 3C_{sr} + D_g - 2M_t - 2SI - SI_h + T_g + 3\alpha A_g$	$(-, -, -)$	ESS
$E_8(1,1,1)$	$F_b - F_a - C_g - 2M_t, 2CM - A_g + JC_t - 3M_t - P_t, C_{gr} - 2C_g - 3CM - 3C_{sr} - D_g + 2M_t + 2SI + SI_h - T_g - 3\alpha A_g$	$(+, X, X)$	不稳定点

三、数值仿真

为验证演化稳定性分析的有效性,本部分结合现实情况将模型赋以数值,利用 MATLAB 2021a 对 $E_7(0,1,1)$ 的策略演化轨迹进行模拟。将初始数组数据在满足条件①的基础上分别设置为: $F_b = 100, F_a = 130, M_t = 40, C_g = 40, a = 0.3, A_g = 50, JC_t = 30, CM = 30, P_t = 50, T_g = 60, SI = 150, SI_h = 120, C_{sr} = 100, C_{gr} = 120, D_g = 40, C_g = 20$, 初始点设置为 $[0.2, 0.2, 0.2]$, 以分析 $SI_h, F_a, A_g, T_g, C_{gr}$ 对系统演化博弈均衡结果产生的影响机理。

(一) 政府补贴政策选择的影响机理

政府面对统筹与激励颠覆性科技创新任务时,不同补贴政策的奖惩成本会对系统趋于稳定性的路径机理产生影响,其中在满足条件①中 $F_b < F_a$ 的基础上,保持 F_b 不变,通过提高成果奖励的治理成本 F_a 以探究政府选择不同治理模式下的治理成本差额对各方决策的影响机理。除此之外,制定合理的惩罚机制也是预防各方创新主体消极研发的必要举措,通过提高政府处罚力度以讨论惩罚机制对企业选择是否寻租的影响。因此,在保持其他参数不变情形下,将 F_a 分别赋值为 100、130 与 160, 得到系统演化路径如图 3 所示;将 T_g 分别赋值为 60、80 与 100, 得到系统演化路径如图 4 所示。

由图 3 可知,随着选择成果奖励模式的治理成本增加,政策实施成本上升带来的政策激励效益呈现边际递减,且政策实施力度越大,演化系统越敏感。科研院校选择重视颠覆性科技创新的概率先减小后增加,科创企业选择积极研发的概率先增加后减小,政府更倾向于选择事前研发补贴模式。尽管从实践中较少有情况孤立地考量奖励措施的治理成本对提高各类主体创新意愿与创新效能的演化机制,但通过该系统演化结果可以看出,制定适当的成果奖励额度比盲目增加奖励更有利于科创企业与科研院校对颠覆性科技创新的研发热情。更有趣的是,演化结果显示科研院校与科创企业对于成果奖励的研发补贴政策影响的机制作用路径截然相反,虽然两类主体对于治理成本的敏感度都不高,但通过其作用机制可以看出,由

于科研院校大部分的科研经费来自政府的直接经费拨款,对于初期经费补贴的需求相比于企业而言较少,若成果奖励模式的数额不足以实现激发院校可持续增加颠覆性科技创新的科研成果产出,不如选择事前研发补贴的模式,以满足科创企业对于原始启动资金的需求;若想要持续性地进行原始创新、突破式创新、颠覆性科技创新成果的研发,则需要政府制定合理的成果奖补数额,以激励创新主体可以长期投入颠覆性科技创新科研任务中。

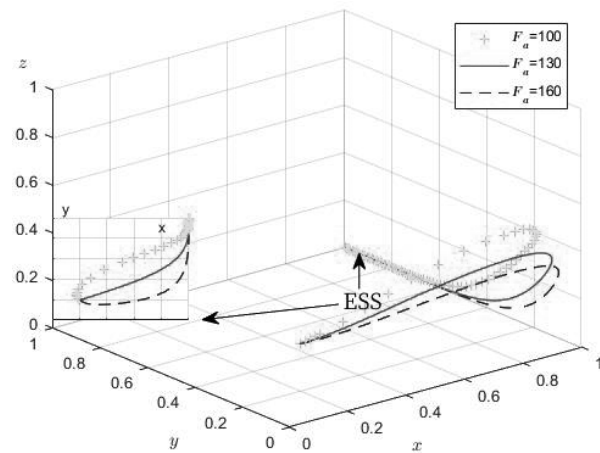


图 3 治理成本差额的影响

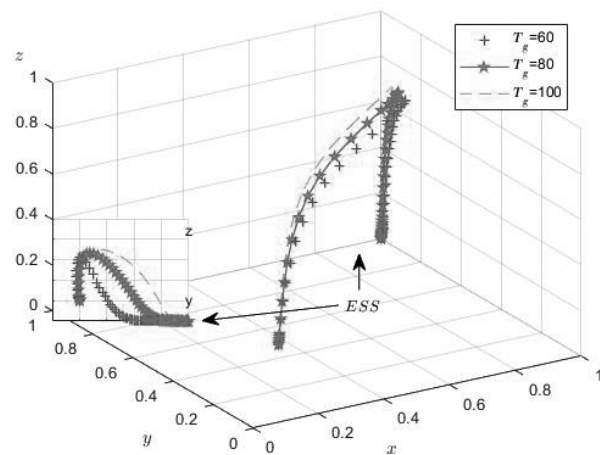


图 4 政府处罚力度的影响

由图 4 可知,政府对于科创企业寻租的处罚对科研院校与科创企业的影响都是单调的,处罚越重,企业选择积极研发而获得科研补贴的概率越大,企业选择积极研发的途径为通过联合攻关、任务协同等方式与科研院校进行合作研发,进而科

研院校选择重视合力塑造新质生产力的概率明显增加,在此情况下,不论政府选择成果奖励模式还是研发补贴模式,都能提高企业拒绝寻租的概率。对于科创企业而言,提高处罚力度意味着寻租成本增加,促使企业选择通过公平竞争的方式提高颠覆性科技创新实际产出,以获得研发补贴。对于政府而言,提高处罚力度不仅能够有效减少寻租行为,还能进一步提高科研项目的立项选拔与补贴机制的公平性与合理性,提高政府及各类创新主体的社会声望,长期提高政府的公信力,保障以颠覆性科技创新成果发展新质生产力的稳定性。

(二) 科研院校选择重视合力塑造新质生产力的影响机理

科研院校对颠覆性科技创新的基础研究、技术创新与人才培养任务的可持续性预期影响其行为决策。根据科研院校在创新链中的重点任务与使命定位,本部分选用 A_g 作为影响科研院校的机制变量,讨论社会效益的增益程度对科研院校重视或不重视颠覆性科技创新研发与推广的影响机理。因此,在保持其他参数不变情形下,将 A_g 分别赋值 50、70 与 90,得到系统演化路径如图 5 所示。

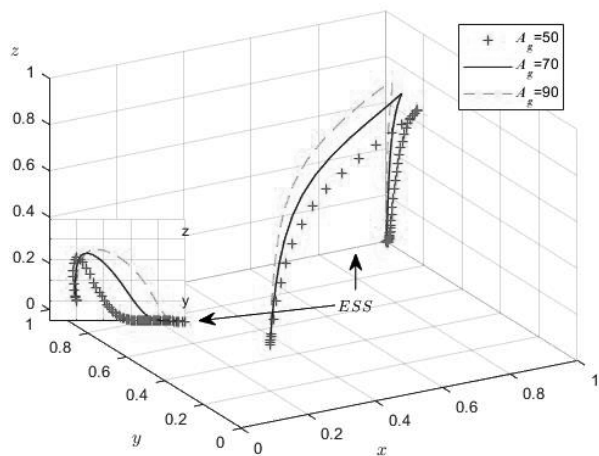


图5 社会效益增益的影响

由图 5 可知,随着 A_g 的增加,科研院校选择重视的概率增加,社会效益对科研院所重视程度的激励效果增益由快转慢,科创企业选择积极研发的概率略有增加,政府倾向于选择事前研发补贴模式。对于科创企业而言,尽管增加社会效益是

企业增加品牌曝光度、公众信用度与消费者好感度的重要途径,但面对颠覆性科技创新成果的风险性与长期性,影响企业是否加大研发投入的关键因素并非源于社会效益。对于科研院校而言,人才培养、科学研究与社会服务作为主责主业,获得良好的社会效益与社会效益是关键,但受到科技投入强度与结构的限制,现有院校的科技资源配置与颠覆性科技创新研发任务存在一定程度的错配问题,导致社会效益无法实现持续激励。对于政府而言,对于事关服务国家战略需求、服务国家发展全局、服务关键核心技术突破三大任务的科研项目多倾向于采用事前研发补贴的模式,以保障颠覆性科技创新成果转化为社会效益的时效性。

(三) 科创企业选择积极研发的影响机理

科创企业研发投入强度 C_{gr} 与颠覆性创新成果的额外销售收入 SI_h 会对系统趋于稳定性的路径机理产生影响,其中衡量研发投入强度时,保持 C_{sr} 不变,通过增加 C_{gr} 的数值以探究企业研发投入成本差额的影响机理;同理,在保持 SI 不变的前提下,通过增加 SI_h 以探究颠覆性创新成果的额外销售收入对科创企业决策的影响机理。因此,在保持其他参数不变情形下,将 C_{gr} 分别赋值 120、140 与 160,得到系统演化路径如图 6 所示;将 SI_h 分别赋值 120、180 与 240,得到系统演化路径如图 7 所示。

由图 6 可知,随着 C_{gr} 的增加,科创企业积极研发的概率先增加后减少,科研院校选择重视与企业合力进行颠覆性科技创新成果的研发与转化的概率增加,政府倾向于选择事前补助的科研补贴政策。对于科创企业而言,研发投入强度与经营的稳定性息息相关,企业应在投入研发的成本核定上量力而行,通过寻找如科技金融、创投基金等多元化社会融资渠道筹资,以保障企业研发的长期性与可持续。对于科研院校而言,企业的持续性投入能够显著增强院校联合研发的信心,增强院校的重视程度。对于政府而言,科创企业愿意积极主动增加研发强度意味着企业原始资本积累、科研基础与研发意愿强烈,事前研发补贴更能

有效减轻企业研发投入压力,激励企业通过任务联合、资源联动、协同创新等机制积极寻求与院校的合作,实现创新突破。

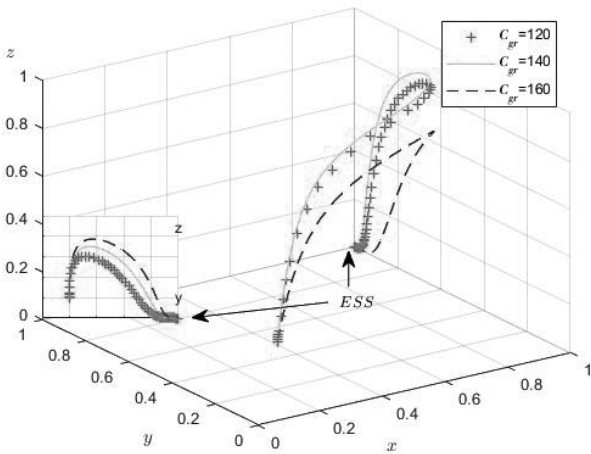


图6 企业研发投入强度的影响

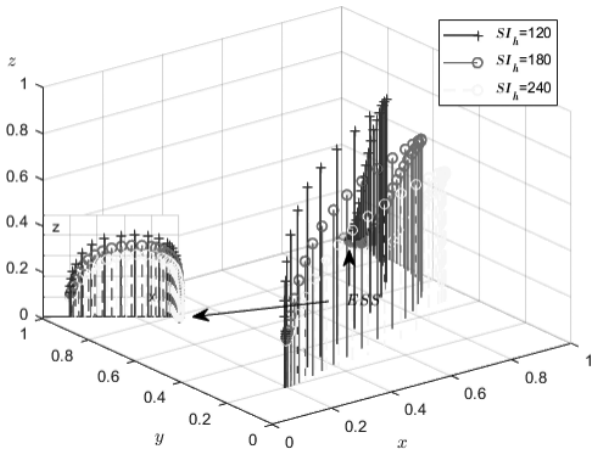


图7 企业颠覆性创新成果额外销售收入的影响

由图7可知,随着 SI_h 的提升,科创企业更愿意选择消极研发策略,科研院所选择重视与企业合力塑造新质生产力的概率增加,政府更倾向于选择事后成果奖励的补贴政策。此类情况仿真演化结果相比于其他机制而言限制性较强,在科创企业投入强度不变的前提下,企业默认在维持消极研发的投入水平基础上便可以获得更多的额外收益,便选择消极研发,属于理性经济人的选择,而科研院所受到社会效益的吸引继续重视与企业的合作。在此类情况下,政府会更倾向于选择事后成果奖励的补贴政策,以使研发补贴可以流入到更需要财政资金补贴的科创企业中,增加企业进行颠覆性科技创新研发与推广的积极性。

四、研究结论与政策建议

解决好颠覆性科技创新成果“问世”难的问题需要政府、科研院校和科创企业等多行为主体协同共治。塑造新质生产力是涉及整个生产力动态升级的复杂过程,新的生产资料、生产关系与生产结构间的耦合既关系到单一主体的行为决策路径,更关乎颠覆性科技创新成果产出的全过程。据此,本文通过构建三方演化博弈模型,探究了新质生产力视角下推动颠覆性科技创新成果“问世”的协同治理关系,研究获得以下发现。①两种政策的治理成本差额尚未成为政府决策依据。由于科研院校与科创企业对于治理成本的敏感度较低,相比于盲目增加成果奖励,制定适当的成果奖励额度更有利于颠覆性科技创新的可持续。②政府选择“事前补助”政策时,社会效益增益与企业研发投入强度是联结科研院校、科创企业利益机制的重要枢纽。③政府选择“成果奖励”政策时,颠覆性科技创新成果带来的额外销售收入是形成政府后补贴、院校重转化、企业强研发协同治理路径的重要支撑。基于以上研究结论,提出如下政策建议。

第一,进一步细化分行业、分领域、分产业的突破性科技创新科研补贴模式,强化以“成果奖励”为核心的后补贴政策应用推广。制定多元投入的差异化科研补贴政策,对于基础性与公益性的颠覆性科技创新非竞争立项项目,采用“院所重视、稳定支持”的“事前补助”模式;对于产业化与非公益性的颠覆性科技创新立项项目,采用“企业主导,揭榜挂帅”的“成果奖励”模式,保障各类研发补贴的合理性。

第二,强化“成果奖励”为主的后补贴模式应用,建立“专家评审”与“市场评审”相结合的颠覆性科技成果评估机制。扩大项目评审专家库,建立评审结果溯源制度,综合运用适度竞争、定向委托等多种方式确定项目承担单位,积极将揭榜挂帅、赛马制、青年科学家项目等多元组织模式与颠覆性科技创新成果研发相融合,鼓励建立“定向研发、定向转化、定向服务”的订单式颠覆性科技创新任务机制,推动新质生产力驱动的创新成果能

够更便捷、更精准、更高效地“问世”。

第三,加快推进以重大任务驱动、创新资源共享、成果协同推广的科研院校与科创企业颠覆性科技创新联合攻关机制,打通高层次人才兼职兼薪的人才共享渠道。支持企业与科研院校组建创新联合体、产业研究院等一体化创新组织,形成政府、院校与企业三方技术互通、项目互补、资源共享、攻关互助的颠覆性科技创新成果协同攻关机制。

参考文献:

- [1]周文,许凌云.论新质生产力:内涵特征与重要着力点[J].改革,2023(10):1-13.
- [2]王琴梅,杨军鸽.数字新质生产力与我国农业的高质量发展研究[J].陕西师范大学学报(哲学社会科学版),2023,52(6):61-72.
- [3]徐政,郑霖豪,程梦瑶.新质生产力助力高质量发展:优势条件、关键问题和路径选择[J].西南大学学报(社会科学版),2023,49(6):12-22.
- [4]周延云,李琪.生产力的新质态:信息生产力[J].生产力研究,2006(7):90-92.
- [5]魏崇辉.新质生产力的基本意涵、历史演进与实践路径[J].理论与改革,2023(6):25-38.
- [6]石建勋,徐玲.加快形成新质生产力的重大战略意义及实现路径研究[J].财经问题研究,2024(1):3-12.
- [7]高帆.“新质生产力”的提出逻辑、多维内涵及时代意义[J].政治经济学评论,2023,14(6):127-145.
- [8]周文,何雨晴.新质生产力的理论框架、体制机制与未来图景[J/OL].新疆师范大学学报(哲学社会科学版):1-11[2024-06-17].
- [9]蒲清平,黄媛媛.习近平总书记关于新质生产力重要论述的生成逻辑、理论创新与时代价值[J].西南大学学报(社会科学版),2023,49(6):1-11.
- [10]张新宁.科技创新是发展新质生产力的核心要素论析[J].思想理论教育,2024(4):20-26.
- [11]梁伟,朱承亮.颠覆性创新生态系统视角下新质生产力的逻辑内涵及监测框架[J].西北大学学报(哲学社会科学版),2024,54(3):38-47.
- [12]郭玥.政府创新补助的信号传递机制与企业创新[J].中国工业经济,2018(9):98-116.
- [13]王克敏,杨国超,刘静,等.IPO资源争夺、政府补助与公司业绩研究[J].管理世界,2015(9):147-157.
- [14]夏清华,黄剑.市场竞争、政府资源配置方式与企业创新投入:中国高新技术企业的证据[J].经济管理,2019,41(8):5-20.
- [15]廖信林,顾炜宇,王立勇.政府RD资助效果、影响因素与资助对象选择:基于促进企业RD投入的视角[J].中国工业经济,2013(11):148-160.
- [16]巫景飞,希吉日,倪中新.政府研发补助方式如何影响企业创新:基于中国上市公司2007-2020年面板数据的实证研究[J].上海大学学报(社会科学版),2022,39(4):52-70.
- [17]黄季焜,胡瑞法.农业科技投资体制与模式:现状及国际比较[J].管理世界,2000(3):170-179.
- [18]毛世平,杨艳丽,林青宁.改革开放以来我国农业科技创新政策的演变及效果评价:来自我国农业科研机构的经验证据[J].农业经济问题,2019(1):73-85.
- [19]沈能,张静,曹阳春.政策工具组合如何驱动新质生产力创新联盟运行演化研究[J/OL].软科学:1-16[2024-06-25].
- [20]刘春青,胡瑞法,邓海艳,等.财政研发补贴的创新激励效应:来自中国规模种子企业的证据[J].中国农村经济,2024(4):32-55.
- [21]刘诗源,林志帆.研发补贴激励对企业高水平创新的影响研究:基于异质性效果的实证检验[J].财政研究,2023(12):49-68.
- [22]李军强,任浩,汪明月.外部投资者参与创新合作视角下研发补贴的最优边界问题研究[J].管理评论,2023,35(11):102-112,125.
- [23]冉征,张玉昌,郑江淮.政府创新补贴、知识存量与企业研发投入:基于研发活动不确定性的分析与检验[J].中国经济问题,2023(6):52-66.
- [24]YABIN Y, QIAN X. Influencing factors of enterprise RD investment: post-subsidy, sustainability, and heterogeneity [J]. Sustainability, 2022, 14(10): 5759-5759.
- [25]CARMICHAEL J. The effects of mission-oriented public R&D spending on private industry [J]. Journal of finance, 1981, 36(3): 617-627.

(本文责编:默 黎)