doi. 10. 3724/1005-0566. 20261002

一体推进教育科技人才发展视阈下创新体系协同演进的行为逻辑

侯万军[1,2],郎元柯[3],顾宇航[4],马继伟[2]

(1. 浙江大学中国科教战略研究院,浙江 杭州 310058;2. 浙江大学北京研究院,北京 100080;
3. 香港中文大学中国研究中心,香港 999077;4. 北京交通大学系统科学学院,北京 100080)

摘 要:创新体系是教育、科技与人才三大核心要素协同作用的有机整体,其协同演进对实现高水平科技自立自强至关重要。然而,现实中政策碎片化、教育供给与科技需求错位以及创新路径依赖等问题制约了创新体系整体效能。因此,本文构建决策部门、教育机构与创新主体的三方演化博弈模型,将人才纳入博弈分析框架,探究各方在政策取向、人才培养和创新路径中的策略选择及其稳定性特征,再通过数值仿真探讨不同参数条件下系统均衡的演化逻辑。研究发现:(1)政策动态取向一致性是系统实现高水平稳定的重要基础;(2)创新主体在不同发展情景中对研究型与应用型人才的需求存在动态变化;(3)教育机构的人才培养取向存在显著滞后性,但会受贡献收益与社会环境影响逐步调整;(4)理想均衡状态表现为政策动态取向一致、创新主体选择颠覆式创新、教育机构倾向于培养研究型人才。本文揭示了教育、科技、人才在政策影响下的动态博弈机制,为破解创新生态协同障碍、优化政策导向与人才培养模式、推动创新体系高水平发展提供理论支撑与政策启示。

关键词:一体推进教育科技人才发展;创新体系;协同演进;行为逻辑;三方演化博弈

中图分类号:G306 **文献标识码**:A **文章编号**:1005 - 0566(2026)10 - 0016 - 15

Behavioral logic of innovation system co-evolution from the perspective of advancing the integrated development of education, science & technology, and talent

HOU Wanjun[1,2], LANG Yuanke[3], GU Yuhang[4], MA Jiwei[2]

(1. *Institute of China's Science, Technology and Education Policy, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang* 310058, *China*; 2. *Beijing Research Institute, Zhejiang University, Beijing* 100080, *China*;
3. *Centre for China Studies, The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong* 999077, *China*;
4. *School of Systems Science, Beijing Jiaotong University, Beijing* 100080, *China*)

Abstract: Education, science & technology, and talent are the three core elements of the national innovation system. Their coordinated evolution is essential to achieving high-level self-reliance and strength in science and technology. However, policy fragmentation, misalignment between educational provision and technological demand, and path dependence in innovation constrain the system's overall effectiveness. Accordingly, this study develops a tripartite evolutionary game model involving policymaking authorities, educational institutions, and innovation actors, incorporating

基金项目:研究阐释党的二十届四中全会精神国家社会科学基金重大专项"一体推进教育科技人才发展的制度建设与国际比较研究"(26ZDA023)

作者简介:侯万军(1964—),男,甘肃武威人,研究员、博士生导师,浙江大学国家战略与区域发展研究院执行院长、浙江大学中国科教战略研究院副院长、浙江大学北京研究院副院长。通信作者:郎元柯。

talent into the game-theoretic framework. It examines these actors' strategic choices regarding policy orientation, talent development, and innovation pathways, as well as the stability of these choices. Numerical simulations examine the evolution of system equilibria under different parameter settings. The findings reveal that: (1) dynamic consistency in policy orientation is a key prerequisite for system stability; (2) innovation actors' demand for research-oriented and application-oriented talent varies across development scenarios; (3) educational institutions exhibit pronounced lags in adjusting their talent development orientation, but gradually adapt in response to returns on their contributions and the social environment; and (4) the ideal equilibrium is characterized by dynamic consistency in policy orientation, innovation actors pursuing disruptive innovation, and educational institutions favoring the development of research-oriented talent. This study elucidates the dynamic strategic interactions among education, science and technology, and talent under the influence of policy. It provides a theoretical foundation and policy insights for overcoming coordination barriers within the innovation ecosystem, improving policy orientation and talent development models, and strengthening the national innovation system.

Key words: Integrated development of educational, science & technology, and talents; Innovation system; Collaborative evolution; Behavioral logic; Thripartite evolutionary game

在新一轮产业革命与科技变革背景下,优化国家创新体系已成为提升国家竞争力的关键路径。自党的二十大报告将教育、科技、人才并列为现代化建设的基础性、战略性支撑以来,我国持续推进教育科技人才一体化改革,以提升整体创新能力[1]。教育、科技与人才作为创新体系的核心要素,在政策引导下相互作用:政策通过制度激励影响资源配置,教育提供知识与人才供给,科技进步反过来推动教育体系调整,而人才则在两者之间发挥关键纽带作用(见图1)。然而,现实中政策动态取向不一致、教育供给与科技需求错位以及创新路径选择偏向保守等问题仍然存在,制约了创新体系整体效能的释放[2]。尤其是在政策碎片化背景下,教育与科技之间的协同机制难以有效形成,这在一定程度上制约高水平创新能力的培育。

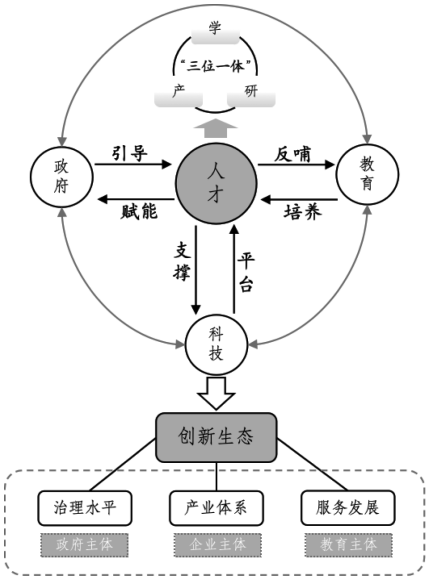


图1　创新体系内要素与主体互动逻辑示意图

从结构上看,教育、科技与人才通过政策实现耦合,但当前诸多政策仍存在不连续与不协调的问题。《中国教育现代化2035》《国家创新驱动发展战略纲要》等虽确立系统性改革目标,但在实施过程中,政策动态取向一致性不足导致教育供给结构与科技创新需求之间存在偏离[3]。与此同时,教育体系内部研究型与应用型人才培养的结构差异,以及企业在高风险与低风险创新路径之间的理性选择,使得创新体系在"人才结构—创新路径"匹配上呈现显著的不均衡特征[4]。上述现象表明,政策取向、人才结构与创新路径之间存在内在关联,其相互作用构成创新体系运行的关键机制。因此,深入分析上述主体之间的协同演化机制,厘清政策取向、教育策略和科技创新路径的动态博弈关系,成为破解当前创新体系痛点和推进高水平科技自立自强的重要抓手。

一、研究动态梳理

目前博弈论在创新领域的研究较为丰富,涉及资源分配、成本分摊、收益共享、技术转移、合作竞争等领域,主要集中在以下四个方面。一是基于博弈的政产学研协同机制与创新体系研究。理论上看,政产学研协同机制是国家创新体系中重要的组成部分。吴洁等[5]聚焦政产学研协同机制中的博弈,揭示创新中各主体的决策逻辑;其他学者大多聚焦"三螺旋"创新体系的协同作用并进行

国际比较[6]。方法上看,博弈论是理解创新中合作与竞争复杂性的重要工具之一。例如,曹霞等[7-8]、马永红等[9]围绕产学研联盟及产业共性技术的知识转移、协同研发与合作创新等展开研究;曹霞等[10]还进一步针对新能源汽车产业、光伏产业等绿色产业,运用博弈方法展开相关研究。二是基于博弈的创新协同合作与创新网络决策研究。在开放创新与协同创新中,成本和收益分配始终是关键问题,而其本质上就是一个博弈问题。鲍新中等[11]通过构建创新中的成本分摊与收益分配模型以揭示各方在协同研发中的博弈策略逻辑,谢科范等[12]聚焦研发实体共建场景下的政府补贴投入与研发费用议题,厘清政府补贴与企业研发投入之间的博弈关系;Câmara 等[13]试图揭示创新网络的治理和管理、协作和博弈关系。此外,有学者通过揭示合作双方利益与激励差异,提出产学研合作通过知识获取、人才招聘、技术转移等机制促进技术成功商业化的相关路径[14]。三是创新生态系统中不同主体的博弈行为与逻辑研究。创新生态系统中的博弈行为涉及不同层次的合作与竞争关系,面向宏观创新相关的博弈研究多聚焦在组织内部、组织间和元组织等不同层面[15];而创业生态相关博弈研究则更加关注创业政策落地、公司间实践和创业理论应用等[16]。亦有学者针对创新生态系统中子系统的互补和替代、竞争与合作关系开展系统分析与博弈分析[17-18]。还有学者指出有关政府在不同国家和地区发挥的作用,特别是在知识转移和创新合作中博弈作用的研究仍较为薄弱[19]。四是技术公司间的创新博弈与共享行为研究。技术公司间的博弈是微观企业间创新博弈的最典型场景,内容则主要集中在合作与竞争的平衡上。其中,Salamzadeh 等[20]通过博弈模型探讨了技术公司在合作与竞争中的驱动因素,而 Chen 等[21]则从数据共享的视角分析技术公司的共享行为与创新不确定性之间的博弈关系。此外,Dubina 等[22]深入探讨了企业在复杂性、风险和不确定性下如何决策,特别是在开发新产品和技术时的博弈行为。

具体而言,现有研究仍存在以下不足:第一,多数研究侧重主体是否参与合作,而对政策动态取向一致性、创新路径及人才结构等方向性变量的联动机制缺乏系统分析;第二,政府作用多被简化为外生支持变量,对政策动态取向一致性如何影响系统演化稳定性缺乏刻画;第三,人才因素虽被广泛提及,但其通过影响创新成功率进而作用于创新路径选择的机制尚未被充分纳入分析框架。因此,有必要构建一个能够同时刻画政策动态取向一致性、创新路径与人才结构互动关系的分析模型。

基于此,本文从一体推进教育科技人才的视角出发,构建决策部门、创新主体与教育机构的三方演化博弈模型,将政策动态取向一致性、创新路径与人才类型纳入统一的分析框架,分析三者之间的动态互动机制。本文重点关注以下三个问题:①政策动态取向一致性如何影响创新主体的创新路径选择;②不同人才培养取向如何改变两种创新路径的预期收益差;③政策动态取向一致性与人才类型的交互如何决定系统的演化稳定均衡。相较于既有研究,本文的主要贡献在于:一是从演化博弈视角整合政策、创新、教育与人才等维度,构建统一分析框架;二是将人才结构显式引入创新成功率函数,揭示其对创新路径选择的作用机制;三是通过数值仿真展示不同参数情景的策略演化路径及其敏感性,从而为理解创新体系运行提供新的理论解释。

二、研究问题描述与模型假设

在新一轮科技革命和产业变革加速突破的背景下,科学研究范式深刻变革、数字技术加速知识经济重构,创新活动日益呈现多主体、跨领域、强互动特征,教育机构、创新主体与决策部门事实上形成相互依赖、相互作用的协同系统。然而,教育供给结构与科技实际需求、政策动态取向尚未完全协同,三者协同不足的问题仍较突出:政策碎片化与部门分割制约整体效能,评价指挥棒偏差造成人才培养与创新需求错位,教育结构调整的时滞悖论与创新路径依赖相互强化,多重难题持续制约我国创新体系的整体效能。可以说,政策取向、人才结构与创新路径三者的内在关联和互动关系,是决定创新体系运行的关键机制。

在此背景下,教育、科技与人才政策更需要在国家战略的牵引下,在目标导向、政策工具与实施时序上形成一体联动、一体衔接的发展格局。教育政策侧重人才培养,科技政策侧重研发与成果转化,人才政策则侧重配置与激励,三类政策的动态取向一致与否对系统运行具有关键影响[3]。当三类政策动态取向一致,有利于推动教育供给与科技需求深度融合,从而提升教育与科技协同水平,优化创新资源配置与人才积累效率。反之,动态取向不一致虽可在短期内缓解某种压力,但会弱化主体间协同,损害系统长期演化绩效。在此过程中,创新主体对政策环境与人才结构的感知直接影响创新路径选择。若创新主体更多选择进行颠覆式创新,则会更依赖高质量人才供给与稳定政策环境,具有高风险高回报特征;而若更多进行渐进式创新,则对外部条件依赖程度较低,但创新收益相对有限。作为人才供给方,教育机构需在研究型主导与应用型主导的培养模式之间进行配置。研究型教育侧重知识创新与原始技术突破,应用型教育侧重技能供给与产业适配。不同的人才结构不仅影响创新成功率,也通过与创新主体的互动反作用于创新路径的演化,进而形成政策取向、创新路径与人才结构相互塑造、协同演进的格局。

教育、科技、人才相互依存、相互促进,政策取向影响创新激励与人才培养,人才结构影响创新成功率,创新收益又反馈至决策部门和教育机构。三方主体的策略收益相互依赖,在协同过程中同时也存在复杂的合作博弈关系,各方诉求差异常引发协同失调。本文从一体推进教育科技人才的主体视角,构建演化博弈模型(见图2,参数设置见表1),试图深入剖析教育、科技、人才在国家创新体系中的博弈机制,借助二元策略对连续协同状态的典型化刻画[23],分析不同策略组合下各方的期望收益与系统稳定状态,探讨创新生态体系中政策协调与结构优化的行动逻辑,为提升创新体系整体效能提供理论支撑。

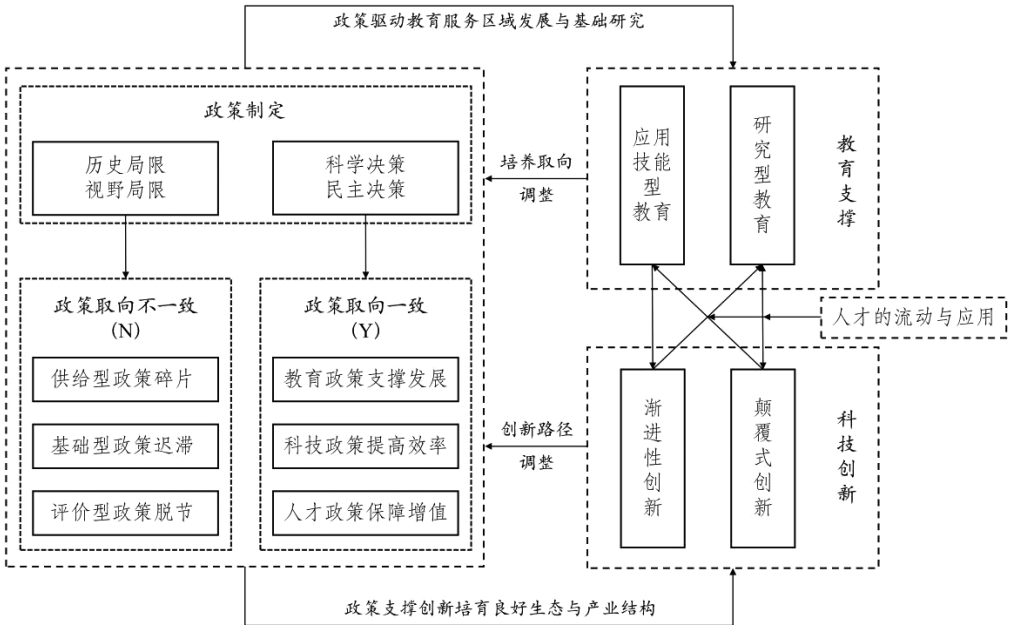


图2　决策部门—创新主体—教育机构三方演化博弈分析框架示意图

假设一　三方均为有限理性群体,并会依据相对收益逐步调整策略。政策动态取向的一致与否分别对应实施一体推进和维持分散配置的两种代表性治理取向。而决策部门选择政策动态取向一致的策略比例为$x(0<x<1)$,选择政策动态取向不一致的比例为$1-x$;创新主体选择颠覆式创新转化策略比例为$y(0<y<1)$,选择渐进式创新转化策略比例为$1-y$;教育机构选择以研究型人才为主的培养组合的策略比例为$z(0<z<1)$,选择培养应用型人才为主的策略比例为$1-z$。

表 1　符号及其含义说明

符号	含义	现实含义
决策侧参数设定		
C_{GY}	决策部门政策动态取向一致时产生的成本	跨部门专项经费
C_{GN}	决策部门政策动态取向不一致时产生的成本	制度摩擦成本
R_{GY}	决策部门政策动态取向一致时的综合治理收益	政府绩效考核得分与公众信任
R_{GN}	决策部门政策动态取向不一致时的短期收益	财政盈余率与短期税收增长
G_Y	政策动态取向一致时对创新主体的支持激励	技术补贴与扶持资金
G_N	政策动态取向不一致时对创新主体的基本支持	
μ_{TD}	决策部门从颠覆式创新科技的收益比率	税收贡献与产业增加值
μ_{TI}	决策部门从渐进式创新科技的收益比率	
ψ_{GD}	决策部门政策对颠覆式创新成功率的边际贡献系数	创新生态与产业生态
ψ_{GI}	决策部门政策对渐进式创新成功率的边际贡献系数	
科技侧参数设定		
C_{TD}	创新主体进行颠覆式创新的成本	企业 R&D 投入
C_{TI}	创新主体进行渐进式创新的成本	技术改造投入
B_D	创新主体进行颠覆式创新的期望收益	企业创新收益
B_I	创新主体进行渐进式创新的期望收益	效率提升收益
L_{ER}	研究型人才数量	人才及劳动力规模
L_{ET}	应用型人才数量	
ψ_{ER}	研究型人才基数对创新成功率的边际贡献系数	发明专利与研究成果占比
ψ_{ET}	应用型人才基数对创新成功率的边际贡献系数	技术转化与技术改造占比
ψ_{SD}	社会系统对颠覆式创新成功率的边际贡献系数	金融支持与产业配套
ψ_{SI}	社会系统对渐进式创新成功率的边际贡献系数	
S	社会系统	创新生态与营商环境
教育侧参数设定		
C_{ER}	教育机构以研究型人才为主的培养组合的投入成本	高等教育科研经费
C_{ET}	教育机构以应用型人才为主的培养组合的投入成本	产教融合学生经费
H_{ER}	研究型人才的边际贡献	高水平论文、原创成果
H_{ET}	应用型人才的边际贡献	技能证书数量、就业率
ρ_{ED}	创新主体进行颠覆式创新时教育贡献的收益系数	科研经费与学科建设
ρ_{EI}	创新主体进行渐进式创新时教育贡献的收益系数	产教融合实训

假设二　决策部门在政策动态取向一致时的综合治理收益为R_{GY},在政策动态取向不一致时政绩及其公信力等基础收益为R_{GN}。在政策动态取向一致的条件下,教育人才培养能更好地适应科技创新发展需求,激发其内在潜力,决策部门的基础收益也随之提高,表现为$R_{GY} > R_{GN}$。由于决策部门采取政策动态取向一致的策略时,需要投入更多成本以实现政策能够得到更好的落实与执行,实现教育与科技的适配。因此,对于政策动态取向一致策略的成本记为C_{GY},政策动态取向不一致时成本为C_{GN},$C_{GY} > C_{GN}$。决策部门会对科技实际收益进行收税,其税率随创新主体策略选择而变化。创新主体选择颠覆式创新时其税率为μ_{TD},创新主体选择渐进式创新时其税率为μ_{TI}。而创新主体的实际收益由科技预期收益与创新成果概率共同决定,表现为$q_D B$,其中q_D为科技创新成果概率,B 为科技端的预期收益。

假设三　创新主体的收益项取决于科技创新的成功概率q_D和科技创新的预期收益 B。科技创新的成功概率q_D取决于人才对科技创新转化的贡献、决策部门对科技创新的支持作用以及社会环境对创新活动的支撑,其中的人才基数L_E及其对应的人才边际贡献率ψ_E、G_D决策部门政策支持及其对应的政策激励边际效应率ψ_{GD}和社会支持水平 S 及其对应的边际贡献系数ψ_{SD}。

假设四　教育机构的收益主要体现为人才培养贡献$L_E H_E$,受教育人才基数L_E及人才边际贡献影响H_E。为促进教育与科技持续耦合,教育机构也会因其提供的创新支撑而获得创新收益,体现为$\rho_E q_D B$,其中的ρ_E教育因创新贡献而获得的收益系数。教育机构选择培养研究型人才所需要的成本为C_{ER},选择培养应用型人才的成本为C_{ET}。由于教育机构培养研究型人才需要大量投入科研经费、设施设备,而培养应用型人才则更侧重师资配置、实践平台与实习实训,因此培养研究型人才的成本大于培养应用型人才的成本,即$C_{ER} > C_{ET}$。

假设五　研究型人才贡献原创突破与知识积累,应用型人才贡献工程化落地与技术扩散,两者在创新活动中总体呈互补关系,并通过人才基数与边际贡献系数共同作用于创新成功率。在创新路径跃迁过程中,两类人才的互补结构会发生变化。当研究型人才的边际贡献越过临界水平时,创新主体转向颠覆式创新的期望收益才能覆盖其成本与风险,系统由此呈现明显的阈值特征。反之,若应用型人才的边际贡献占优,创新主体则更可能稳定于渐进式创新。此外,教育机构与创新主体的策略选择也会受到制度惯性、组织文化与政策执行偏差的

影响。在演化博弈框架下，主体策略调整即为主体在惯性约束下长期试错与学习的结果，可以通过复制动态的调整速度加以刻画[24-25]。

三、演化博弈稳定性分析

为分析决策部门、创新主体与教育机构的策略演化特征，分别构建三方复制动态方程，并基于局部稳定性条件对系统演化稳定策略进行判定（如图3）。

（一）决策部门策略的演化稳定性

决策部门采取政策动态取向一致和不一致策略下的期望收益 E_{GY} 和 E_{GN} 以及相应的平均期望收益 $\overline{E}_G$ 分别为：

$$E_{GY}=yz[R_{GY}+\mu_{TD}(L_{ER}\psi_{ER}+G_Y\psi_{GD}+S\psi_{SD})B_D-C_{GY}]+y(1-z)[R_{GY}+\mu_{TD}(L_{ET}\psi_{ET}+G_Y\psi_{GD}+S\psi_{SD})B_D-C_{GY}]+(1-y)z[R_{GY}+\mu_{TI}(L_{ER}\psi_{ER}+G_Y\psi_{GI}+S\psi_{SI})B_I-C_{GY}]+(1-y)(1-z)[R_{GY}+\mu_{TI}(L_{ET}\psi_{ET}+G_Y\psi_{GI}+S\psi_{SI})B_I-C_{GY}] \quad (1)$$

$$E_{GN}=yz[R_{GN}+\mu_{TD}(L_{ER}\psi_{ER}+G_N\psi_{GD}+S\psi_{SD})B_D-C_{GN}]+y(1-z)[R_{GN}+\mu_{TD}(L_{ET}\psi_{ET}+G_N\psi_{GD}+S\psi_{SD})B_D-C_{GN}]+(1-y)z[R_{GN}+\mu_{TI}(L_{ER}\psi_{ER}+G_N\psi_{GI}+S\psi_{SI})B_I-C_{GN}]+(1-y)(1-z)[R_{GN}+\mu_{TI}(L_{ET}\psi_{ET}+G_N\psi_{GI}+S\psi_{SI})B_I-C_{GN}] \quad (2)$$

由两种策略的期望收益之差，可得决策部门的复制动态方程：

$$F(x)=\frac{dx}{dt}=x(1-x)(E_{GY}-E_{GN}) \quad (3)$$

令决策部门的收益差 $H(y)=B_I\mu_{TI}\psi_{GI}(G_Y-G_N)+C_{GN}-C_{GY}+R_{GY}-R_{GN}+y(B_D\mu_{TD}\psi_{GD}-B_I\mu_{TI}\psi_{GI})(G_Y-G_N)$，根据微分方程稳定性定理，决策部门政策动态取向一致的概率处于稳定状态需要满足 $F(x)=0$ 且 $F'(x)<0$。令 $H(y_1^*)=0$，得：

$$y_1^*=\frac{-B_I\mu_{TI}\psi_{GI}(G_Y-G_N)-C_{GN}+C_{GY}-R_{GY}+R_{GN}}{(B_D\mu_{TD}\psi_{GD}-B_I\mu_{TI}\psi_{GI})(G_Y-G_N)} \quad (4)$$

命题1　当 $y=y_1^*$ 时，所有的 x 都处于稳定状态；当 $y<y_1^*$ 时，$x=0$ 为演化稳定策略；当 $y>y_1^*$ 时，$x=1$ 为演化稳定策略。

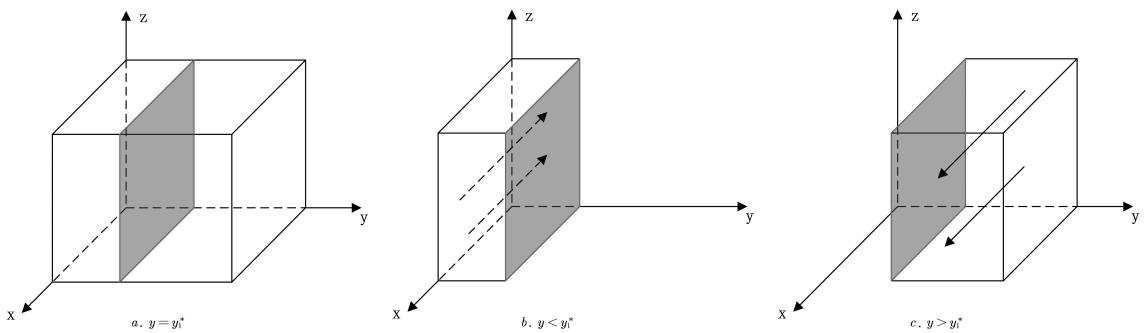


图3　决策部门：政策动态取向演化博弈相位图

命题1表明，决策部门的策略选择取决于政策协调收益与实施成本之间的权衡。当政策动态取向一致性能够显著提升创新效率时，其边际收益超过协调成本，决策部门更可能选择一致性策略；在创新收益较低或不确定性较强的情形下，政策协调成本难以被覆盖，决策部门则可能维持分散或不一致的政策取向。由此可见，决策部门的政策动态取向一致性具有内生性，会随创新收益结构与风险状况变化而调整。从现实含义看，临界线两侧对应两种典型的政策情景：收敛于政策取向一致策略的区域，代表政策协调收益已能覆盖协调成本、部门间形成稳定合作预期的情形；收敛于不一致策略的区域，则代表财政约束紧张或创新收益低迷、各部门倾向于维持分散配置的情形；临界线本身对应政策取向的临界状态，在现实中表现为政策摇摆或部门协同困境的僵持局面。这为判断何种条件下决策部门会坚持一体推进提供了参数依据。

（二）创新主体—教育机构策略的协同演化

为刻画科技创新路径与教育人才培养之间的协同演化关系，分别考虑创新主体与教育机构的策略收益与动态调整机制。创新主体和教育机构的收益差采用同样方法求得，省略重复的期望收益展开。其中，令创新主体的收益差为 $J(x,z)=x\cdot(B_D\psi_{GD}-B_I\psi_{GI})(G_Y-G_N)+z\cdot(B_D-B_I)(L_{ER}\psi_{ER}-$

$L_{ET}\psi_{ET}) + B_D(G_N\psi_{GD} + L_{ET}\psi_{ET} + S\psi_{SD}) - B_I(G_N\psi_{GI} + L_{ET}\psi_{ET} + S\psi_{SI}) - C_{TD} + C_{TI}$，根据微分方程稳定性定理，在其他主体策略给定时，创新主体策略局部渐近稳定需满足 $F(y)=0$ 且 $F'(y)<0$。令 $J(x, z^*)=0$，得：

$$z^* = -x \cdot \frac{(B_D\psi_{GD} - B_I\psi_{GI})(G_Y - G_N)}{(B_D - B_I)(L_{ER}\psi_{ER} - L_{ET}\psi_{ET})} + \frac{-B_D(G_N\psi_{GD} + L_{ET}\psi_{ET} + S\psi_{SD}) + B_I(G_N\psi_{GI} + L_{ET}\psi_{ET} + S\psi_{SI}) + C_{TD} - C_{TI}}{(B_D - B_I)(L_{ER}\psi_{ER} - L_{ET}\psi_{ET})} \quad (5)$$

同理，由两种培养策略的期望收益之差，可得教育机构的复制动态方程：

$$F(z) = \frac{dz}{dt} = z(1-z)(E_{ER} - E_{ET}) \quad (6)$$

由此可得：

$$y_2^* = -\frac{[B_I\rho_{EI}(L_{ER}\psi_{ER} - L_{ET}\psi_{ET}) - C_{ER} + C_{ET} + L_{ER}H_{ER} - L_{ET}H_{ET}]}{(B_D\rho_{ED} - B_I\rho_{EI})(L_{ER}\psi_{ER} - L_{ET}\psi_{ET})} \quad (7)$$

命题 2　当 $z=z^*$ 时，所有的 y 都处于稳定状态；当 $L_{ER}\psi_{ER} > L_{ET}\psi_{ET}$ 时，若 $z>z^*$，$y=1$ 为演化稳定策略；若 $z<z^*$，$y=0$ 为演化稳定策略；当 $L_{ER}\psi_{ER} < L_{ET}\psi_{ET}$ 时，若 $z>z^*$，$y=0$ 为演化稳定策略；若 $z<z^*$，$y=1$ 为演化稳定策略。

命题 2 表明，创新主体的策略选择取决于颠覆式创新与渐进式创新的预期净收益差，图 4 展示了创新爆发型情景下的策略演化方向。在其他主体策略给定时，若颠覆式创新的预期净收益高于渐进式创新，选择颠覆式创新的主体比例将增加。反之，主体策略将向渐进式创新方向演化。人才供给、政策支持和社会环境会通过影响两类创新的相对收益，共同作用于这一选择。与此相对，在创新萌芽型情景中，若人才供给与外部支持尚不足以补偿颠覆式创新的成本差异，渐进式创新仍可能具有相对收益优势。创新主体的路径选择具备显著的阈值特征，只有政策、人才和环境条件同步改善，系统才有基础突破渐进式创新的路径锁定。

（三）人才培养策略演化的稳定性分析

命题 3　当 $y=y_2^*$ 时，所有的 z 都处于稳定状态。当 $L_{ER}\psi_{ER} > L_{ET}\psi_{ET}$ 时，若 $y<y_2^*$，$z=0$ 为演化稳定策略，若 $y>y_2^*$，$z=1$ 为演化稳定策略。当 $L_{ER}\psi_{ER} < L_{ET}\psi_{ET}$ 时，若 $y<y_2^*$，$z=1$ 为演化稳定策略，若 $y>y_2^*$，则 $z=0$ 为演化稳定策略。

命题 3 表明，教育机构的人才培养取向取决于研究型与应用型人才培养的预期净收益差教育贡献的收益强度、研究型人才边际收益与政策激励共同提高教育机构选择研究型人才培养的收益水平。若研究型人才培养的贡献收益优势足以补偿其较高的培养成本，教育机构选择研究型培养的比例将增加，反之则会更倾向于应用型培养。由此可见，教育机构的人才培养选择会在科技需求牵引、政策激励和成本约束的共同作用下不断调整。而在创新萌芽型情景中，若研究型培养的收益贡献不足以覆盖其相对成本，应用型培养仍可能保持收益优势。

综上，科技与教育之间的协同关系主要通过人才结构对创新成功率、收益预期和教育贡献的收益强度的影响体现出来。人才供给通过影响创新成功率，改变创新主体对不同创新路径的收益比较。创新路径及相应的教育贡献收益，又反向影响教育机构的人才培养选择。因而，创新主体—教育机构协同的关键在于依据创新情景、收益条件和成本约束调整人才结构，在不同条件下，

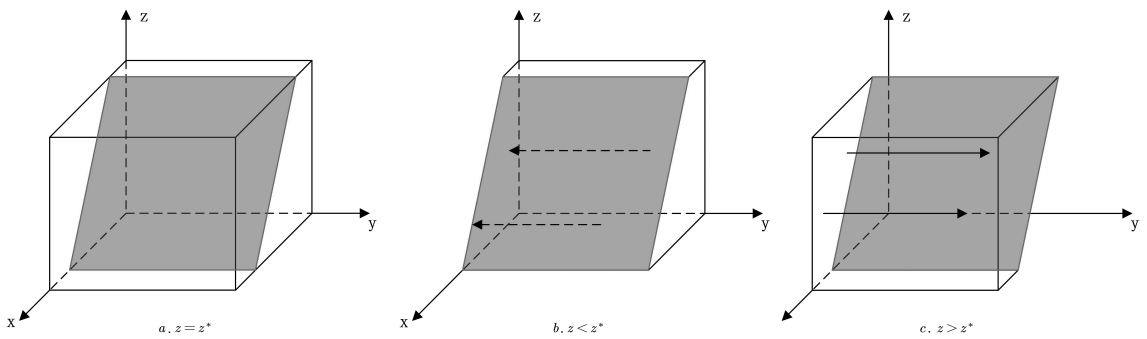


图 4　创新爆发型情景下创新主体的演化博弈相位图

双方可能会形成不同的策略组合。教育体系调整存在培养周期和制度惯性,创新主体又受到短期收益和风险预期约束;在特定参数区间内,教育结构调整先于或滞后于科技创新路径迭代。这种时序错位揭示了协同演化的非线性特征,也表明决策部门需要通过持续激励、成本共担和收益贡献机制,缩小教育供给与科技创新需求之间的时间代差。

四、三方演化系统均衡分析

由于非对称动态博弈中的混合策略均衡通常不满足演化稳定条件,本文仅对演化博弈系统的纯策略均衡点进行分析(如表 2)。令 $F(x)=0$,$F(y)=0$,$F(z)=0$可得系统存在 8 个纯策略均衡点,分别为$E_1(0,0,0)$,$E_2(1,0,0)$,$E_3(0,1,0)$,$E_4(0,0,1)$,$E_5(1,1,0)$,$E_6(1,0,1)$,$E_7(0,1,1)$,$E_8(1,1,1)$。为判定均衡点的稳定性,本文采用李雅普诺夫第一法构建 Jacobian 矩阵:

$$J=\begin{bmatrix}\frac{\partial F(x)}{\partial x} & \frac{\partial F(x)}{\partial y} & \frac{\partial F(x)}{\partial z}\\ \frac{\partial F(y)}{\partial x} & \frac{\partial F(y)}{\partial y} & \frac{\partial F(y)}{\partial z}\\ \frac{\partial F(z)}{\partial x} & \frac{\partial F(z)}{\partial y} & \frac{\partial F(z)}{\partial z}\end{bmatrix} \tag{8}$$

表 2 均衡点稳定性分析

纯策略点	特征值	稳定性
$E_1(0,0,0)$	$\lambda_1=C_{TI}-C_{TD}+B_D(G_N\psi_{GD}+L_{ET}\psi_{ET}+S\psi_{SD})-B_I(G_N\psi_{GI}+L_{ET}\psi_{ET}+S\psi_{SI})$ $\lambda_2=C_{ET}-C_{ER}+H_{ER}L_{ER}-H_{ET}L_{ET}+B_I\rho_{EI}(G_N\psi_{GI}+L_{ER}\psi_{ER}+S\psi_{SI})-B_I\rho_{EI}(G_N\psi_{GI}+L_{ET}\psi_{ET}+S\psi_{SI})$ $\lambda_3=C_{GN}-C_{GY}-R_{GN}+R_{GY}-B_I\mu_{TI}(G_N\psi_{GI}+L_{ET}\psi_{ET}+S\psi_{SI})+B_I\mu_{TI}(G_Y\psi_{GI}+L_{ET}\psi_{ET}+S\psi_{SI})>0$	不稳定或鞍点
$E_2(1,0,0)$	$\lambda_1=C_{TI}-C_{TD}+B_D(G_Y\psi_{GD}+L_{ET}\psi_{ET}+S\psi_{SD})-B_I(G_Y\psi_{GI}+L_{ET}\psi_{ET}+S\psi_{SI})$ $\lambda_2=C_{ET}-C_{ER}+H_{ER}L_{ER}-H_{ET}L_{ET}+B_I\rho_{EI}(G_Y\psi_{GI}+L_{ER}\psi_{ER}+S\psi_{SI})-B_I\rho_{EI}(G_Y\psi_{GI}+L_{ET}\psi_{ET}+S\psi_{SI})$ $\lambda_3=C_{GY}-C_{GN}+R_{GN}-R_{GY}+B_I\mu_{TI}(G_N\psi_{GI}+L_{ET}\psi_{ET}+S\psi_{SI})-B_I\mu_{TI}(G_Y\psi_{GI}+L_{ET}\psi_{ET}+S\psi_{SI})$	条件 1:ESS
$E_3(0,1,0)$	$\lambda_1=C_{TD}-C_{TI}-B_D(G_N\psi_{GD}+L_{ET}\psi_{ET}+S\psi_{SD})+B_I(G_N\psi_{GI}+L_{ET}\psi_{ET}+S\psi_{SI})$ $\lambda_2=C_{ET}-C_{ER}+H_{ER}L_{ER}-H_{ET}L_{ET}+B_D\rho_{ED}(G_Y\psi_{GD}+L_{ER}\psi_{ER}+S\psi_{SD})-B_D\rho_{ED}(G_N\psi_{GD}+L_{ET}\psi_{ET}+S\psi_{SD})$ $\lambda_3=C_{GN}-C_{GY}-R_{GN}+R_{GY}-B_D\mu_{TD}(G_N\psi_{GD}+L_{ET}\psi_{ET}+S\psi_{SD})+B_D\mu_{TD}(G_Y\psi_{GD}+L_{ET}\psi_{ET}+S\psi_{SD})>0$	不稳定或鞍点
$E_4(0,0,1)$	$\lambda_1=C_{TI}-C_{TD}+B_D(G_N\psi_{GD}+L_{ER}\psi_{ER}+S\psi_{SD})-B_I(G_N\psi_{GI}+L_{ER}\psi_{ER}+S\psi_{SI})$ $\lambda_2=C_{ER}-C_{ET}-H_{ER}L_{ER}+H_{ET}L_{ET}-B_I\rho_{EI}(G_N\psi_{GI}+L_{ER}\psi_{ER}+S\psi_{SI})+B_I\rho_{EI}(G_N\psi_{GI}+L_{ET}\psi_{ET}+S\psi_{SI})$ $\lambda_3=C_{GN}-C_{GY}-R_{GN}+R_{GY}-B_I\mu_{TI}(G_N\psi_{GI}+L_{ER}\psi_{ER}+S\psi_{SI})+B_I\mu_{TI}(G_Y\psi_{GI}+L_{ER}\psi_{ER}+S\psi_{SI})>0$	不稳定或鞍点
$E_5(1,1,0)$	$\lambda_1=C_{TD}-C_{TI}-B_D(G_Y\psi_{GD}+L_{ET}\psi_{ET}+S\psi_{SD})+B_I(G_Y\psi_{GI}+L_{ET}\psi_{ET}+S\psi_{SI})<0$ $\lambda_2=C_{ET}-C_{ER}+H_{ER}L_{ER}-H_{ET}L_{ET}+B_D\rho_{ED}(G_Y\psi_{GD}+L_{ER}\psi_{ER}+S\psi_{SD})-B_D\rho_{ED}(G_Y\psi_{GD}+L_{ET}\psi_{ET}+S\psi_{SD})$ $\lambda_3=C_{GY}-C_{GN}+R_{GN}-R_{GY}+B_D\mu_{TD}(G_N\psi_{GD}+L_{ET}\psi_{ET}+S\psi_{SD})-B_D\mu_{TD}(G_Y\psi_{GD}+L_{ET}\psi_{ET}+S\psi_{SD})<0$	条件 2:ESS
$E_6(1,0,1)$	$\lambda_1=C_{TI}-C_{TD}+B_D(G_Y\psi_{GD}+L_{ER}\psi_{ER}+S\psi_{SD})-B_I(G_Y\psi_{GI}+L_{ER}\psi_{ER}+S\psi_{SI})<0$ $\lambda_2=C_{ER}-C_{ET}-H_{ER}L_{ER}+H_{ET}L_{ET}-B_I\rho_{EI}(G_Y\psi_{GI}+L_{ER}\psi_{ER}+S\psi_{SI})+B_I\rho_{EI}(G_Y\psi_{GI}+L_{ET}\psi_{ET}+S\psi_{SI})$ $\lambda_3=C_{GY}-C_{GN}+R_{GN}-R_{GY}+B_I\mu_{TI}(G_N\psi_{GI}+L_{ER}\psi_{ER}+S\psi_{SI})-B_I\mu_{TI}(G_Y\psi_{GI}+L_{ER}\psi_{ER}+S\psi_{SI})<0$	条件 3:ESS
$E_7(0,1,1)$	$\lambda_1=C_{TD}-C_{TI}-B_D(G_N\psi_{GD}+L_{ER}\psi_{ER}+S\psi_{SD})+B_I(G_N\psi_{GI}+L_{ER}\psi_{ER}+S\psi_{SI})$ $\lambda_2=C_{ER}-C_{ET}-H_{ER}L_{ER}+H_{ET}L_{ET}-B_D\rho_{ED}(G_N\psi_{GD}+L_{ER}\psi_{ER}+S\psi_{SD})+B_D\rho_{ED}(G_N\psi_{GD}+L_{ET}\psi_{ET}+S\psi_{SD})$ $\lambda_3=C_{GN}-C_{GY}-R_{GN}+R_{GY}-B_D\mu_{TD}(G_N\psi_{GD}+L_{ER}\psi_{ER}+S\psi_{SD})+B_D\mu_{TD}(G_Y\psi_{GD}+L_{ER}\psi_{ER}+S\psi_{SD})>0$	不稳定或鞍点
$E_8(1,1,1)$	$\lambda_1=C_{TD}-C_{TI}-B_D(G_Y\psi_{GD}+L_{ER}\psi_{ER}+S\psi_{SD})+B_I(G_Y\psi_{GI}+L_{ER}\psi_{ER}+S\psi_{SI})<0$ $\lambda_2=C_{ER}-C_{ET}-H_{ER}L_{ER}+H_{ET}L_{ET}-B_D\rho_{ED}(G_Y\psi_{GD}+L_{ER}\psi_{ER}+S\psi_{SD})+B_D\rho_{ED}(G_Y\psi_{GD}+L_{ET}\psi_{ET}+S\psi_{SD})$ $\lambda_3=C_{GY}-C_{GN}+R_{GN}-R_{GY}+B_D\mu_{TD}(G_N\psi_{GD}+L_{ER}\psi_{ER}+S\psi_{SD})-B_D\mu_{TD}(G_Y\psi_{GD}+L_{ER}\psi_{ER}+S\psi_{SD})<0$	条件 4:ESS

系统均衡稳定性条件显示,政策动态取向一致是教育、科技与人才协同演化进入理想稳定状态的重要前提。在此基础上,科技创新路径与教育人才培养策略并不存在固定匹配关系,而会随创新情景、人才存量、人才边际贡献、人才培养成本以及教育贡献的收益强度的变化呈现差异化组合,如图 5 所示。

在创新萌芽型创新驱动尚不足的情景中,颠覆式创新面临较高研发风险和不确定性,且研究型人才存量不足、社会支撑体系尚不完善,创新主体往往更倾向于选择风险较低、收益较稳定的渐进式创新。此时,教育机构出于成本约束和现实需求考虑,更可能优先培养应用型人才,以满足产业体系对技术改进、工艺优化和生产适配的即时需求。因此,该情景主要表现为渐进式创新和应用型人才为主的组合,其优势在于维持系统稳定运行,但也可能带来基础研究投入不足和技术路径锁定的风险[26]。在创新积累型情景中,创新主体虽然仍可能因颠覆式创新条件尚未成熟而继续选择渐进式创新,但其对研究型人才的潜在需求开始上升。此时,教育机构在创新收益反馈、政策激励和未来创新预期的共同作用下,逐步向研究型人才培养倾斜。由此,系统出现创新主体仍偏向

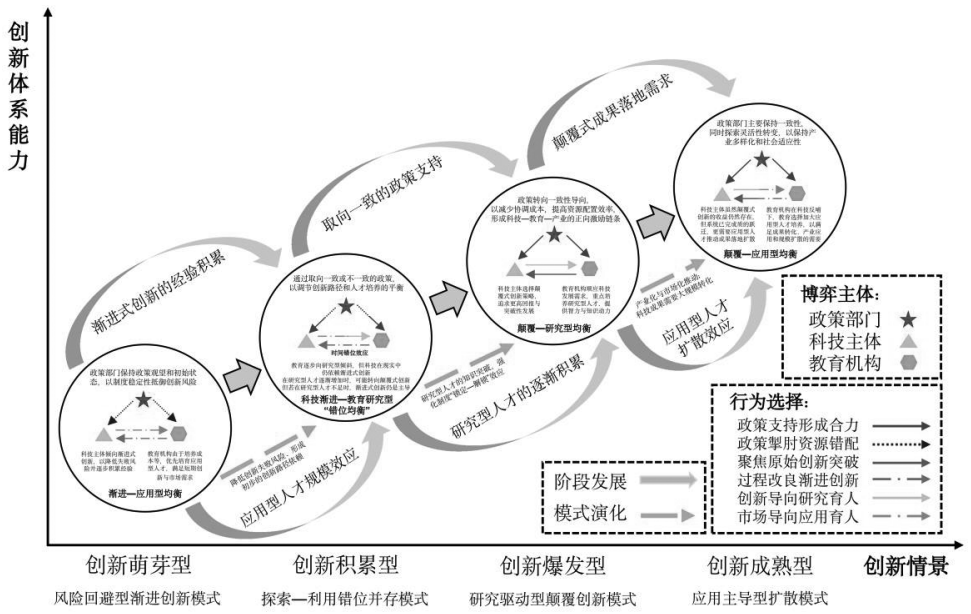


图 5　不同创新情景下创新路径与人才培养取向的组合示意图

渐进式创新、教育开始转向研究型人才培养的结构性错位[27]。这种错位反映了教育体系前瞻性调整与创新主体短期收益导向之间的差异,也说明创新体系从应用积累向原始创新跃迁需要一定过渡过程。在创新爆发型创新驱动趋于强劲的情景中,当研究型人才积累达到一定水平,且政策支持、社会环境和创新收益反馈机制形成合力时,颠覆式创新的成功概率和预期收益显著提高,创新主体转向颠覆式创新,教育机构则进一步强化研究型人才供给,决策部门政策也更倾向于保持动态取向一致[28]。该情景形成政策动态取向一致、颠覆式创新活跃、研究型人才涌现的协同状态,体现出政策激励、科技突破与人才供给之间的正向循环,是创新体系实现高水平跃迁的关键条件组合。在创新成熟型以成果转化为导向的情景中,系统的核心任务已经由知识创造和技术突破转向技术转化和产业化落地。此时,创新主体虽然仍保持颠覆式创新路径,但其对工程化、产业化和市场化能力的需求明显增强,应用型人才的边际贡献随之上升。教育机构在创新需求和收益反馈机制引导下,逐步提高应用型人才培养比重,以支撑新技术的吸收、转化和规模化应用[29]。该情景形成颠覆式创新下应用型人才回归的组合,说明应用型人才不仅服务于低水平创新,也在高水平创新成果转化阶段发挥关键作用。

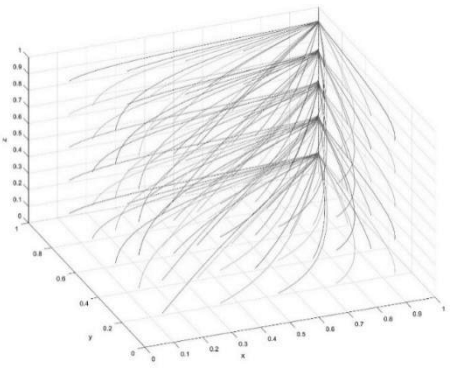
五、仿真分析

稳定性分析表明,系统可能达到的理想演化稳定状态为实现政策动态取向一致、科技端颠覆式创新转化活跃、教育端积极培养研究型人才的循环。为进一步考察关键参数变化对主体、策略选择和系统收敛方向的影响,本文运用 Matlab R2022b 开展数值仿真分析。基于图 5 揭示的不同演化情景,依据理论分析设定各类情景的参数组合,重点考察人才存量、人才边际贡献、政策支持强度、教育收益贡献和人才培养成本等系数变化对系统演化路径的影响。本文通过主客观相结合的方式对各参数进行初始赋值:①通过前期对全国的部分高校及科研院所、部分新兴产业所在企业的调研发现,目前教育科技人才一体化改革仍处于攻坚阶段,三方主体对彼此合作意愿与改革收益多持审慎观望态度,任何一方初始都不具备压倒性的策略优势[30-31],因此设置初始策略选择概率为 $x = y = z = 0.4$;②遴选并邀请 11 位高等教育学、教育经济学或管理学领域的学术型专家,以及 5 位科技、经信或发改领域的实务型专家,通过德尔菲专家法讨论赋值,共回收有效问卷 15 份。策略统计显示,评分均值分别为 0.42、0.38 和 0.44,进一步印证了三者取 0.4 的合理性,其变异系数分别为 0.214、0.261 和 0.223,均处于可接受

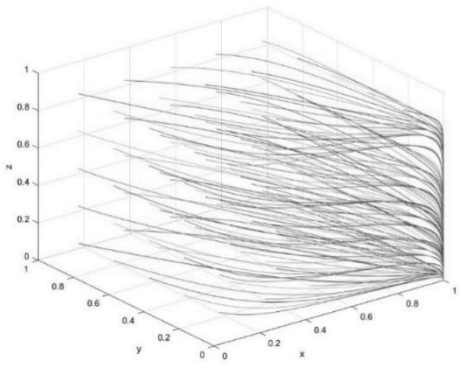
的范围。同时，Kendall 协调系数 $W = 0.686$（$p < 0.001$），表明专家意见具有较高的一致性，为仿真参数赋值提供可靠依据。

（一）不同创新情景下的系统演化路径

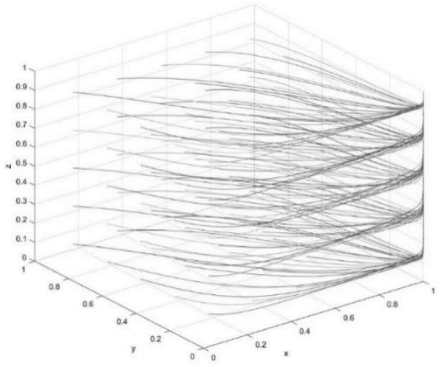
系统演化呈现明显的情景差异（见图 6）。其中，在创新爆发型情景中，研究型人才供给充足、政策支持较强，系统最终则会趋向于政策动态取向一致、颠覆式创新转化和研究型人才培养的理想均衡状态。而在创新萌芽型情景中，因受研究型人才不足、政策支持有限和创新风险较高等因素影响，创新主体更倾向于相对稳妥保守的渐进式创新，而教育机构也更加会选择成本更低、更具实用性的人才培养组合。总的而言，创新体系不会始终收敛于单一均衡，而是随人才结构、政策支持和创新收益条件变化呈现不同情景下的差异化的演化特征。只有政策取向、科技路径与教育供给实现动态匹配，系统才能逐步由低水平渐进积累转向高水平协同演化。



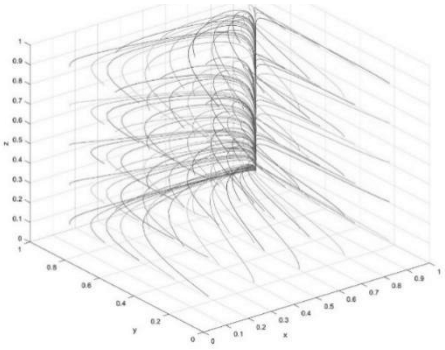
a. 创新爆发型情景中演化路径



b. 创新萌芽型情景中的演化路径



c. 创新积累型情景中演化路径



d. 创新成熟型情景中演化路径

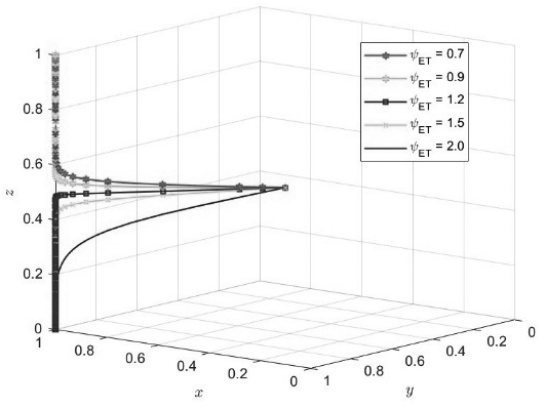
图 6　四类创新情景下系统演化路径

（二）不同情景下的参数敏感性分析

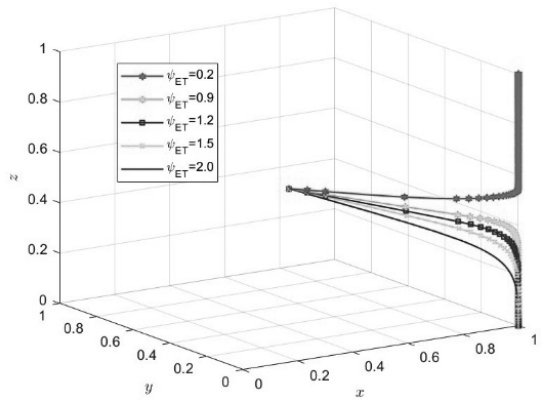
为进一步识别系统演化的关键转换机制，本文将同一关键参数在不同创新情景下的扰动结果进行对比分析。

应用型人才边际贡献上升均会推动教育向应用型人才培养转移，但这一影响在不同情景存在差异（见图 7）。在创新爆发型情景中，系统原本更倾向于研究型人才，应用型人才边际贡献上升主要削弱教育对研究型人才的偏好。而在创新萌芽型情景中，创新主体本就偏向渐进式创新，应用型人才边际贡献的提升会更快推动教育稳定于应用型人才培养。

金融支撑、产业配套、营商条件等社会支持环境对科技创新路径选择具有显著影响（见图 8），且其作用强度在不同创新情景下存在显著差异。在创新爆发型情景中，较高的社会支持水平能够降低颠覆式创新的风险成本、提高预期收益，进而强化颠覆式创新路径的稳定性。而在创新萌芽型情景中，由于研究型人才存量不足、颠覆式创新风险较高，社会支持不足更容易使创新主体维持渐进式创新策略，陷入低水平路径锁定。这一结果揭示

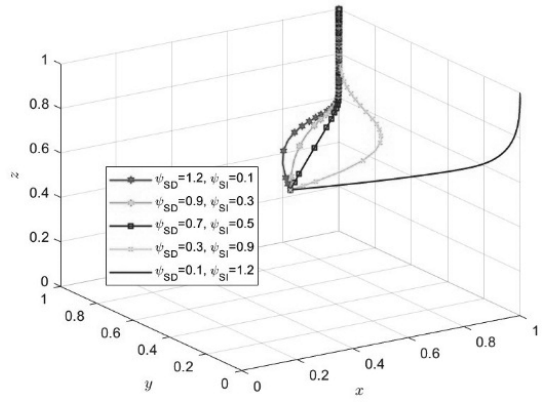


a. 创新爆发型情景中应用型人才边际贡献的影响

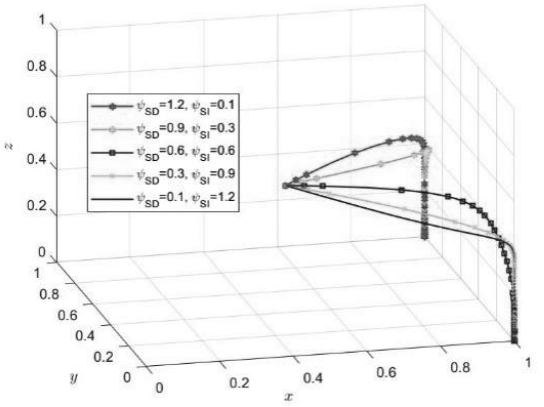


b. 创新萌芽型情景中应用型人才边际贡献的影响

图 7　不同创新情景下应用型人才边际贡献对系统演化的影响



a. 创新爆发型情景中社会支持水平对创新路径的影响



b. 创新萌芽型情景中社会支持水平对创新路径的影响

图 8　不同创新情景下社会支持环境对科技创新路径的影响

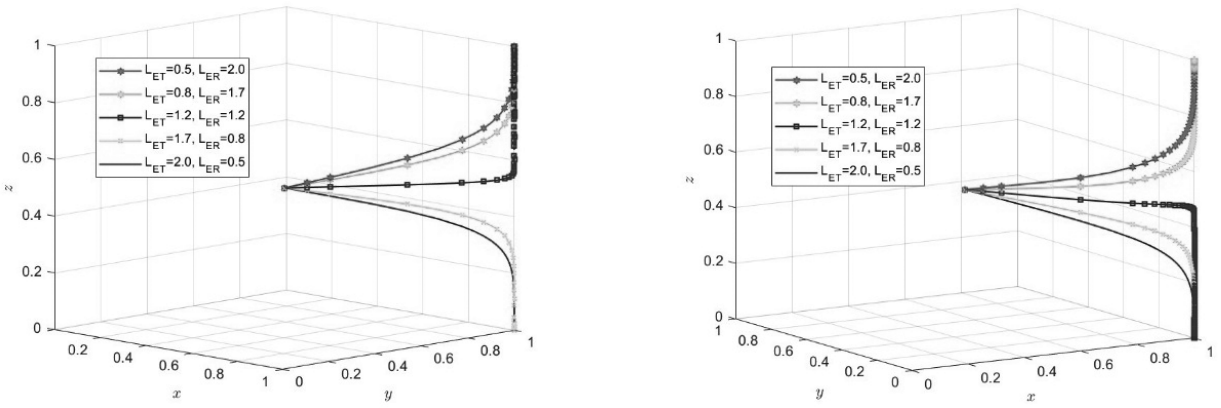
了社会创新生态对创新路径跃迁的阈值效应，只有当社会支持与人才供给、政策激励形成合力时，系统才可能突破渐进式创新均衡。

人才存量结构直接影响教育机构的人才培养取向，并呈现明显的路径依赖特征（见图 9）。研究型人才的价值发挥很依赖生态，而一旦产生重大成果就会取得巨大回报，其边际贡献和收益反馈也会逐步增强，系统也就更容易向培养研究型人才为主和更多进行颠覆式创新的方向演化。而与此同时，应用型人才的价值更多体现在现有产业和技术轨道中，应用型人才直接与产业适配，经验积累越快，改进越频繁，边际贡献越直接可测。同时如果学校已经形成应用型师资、实训基地、企业订单班和就业网络，转向研究型培养需要大量新投入。因此，其更倾向继续培养应用型人才，并形成应用型人才供给增加、渐进式创新活跃的匹配关系。由此，人才存量的规模效应可能会强化既有培养路径，进而影响教育供给与科技需求的匹配水平。此外，人才培养成本和教育贡献收益是收益端激励的两个方面，二者共同构成教育机构在成本—收益权衡下调整培养策略的两个侧面。由成本压力引致的培养策略调整，虽然在短期内有助于教育机构缓解资源约束、提高办学与产业需求的匹配度，但从长期看可能产生结构性后果。

初始策略意愿虽不必然改变最终演化方向，但会影响系统收敛速度（见图 10）。若初始意愿与演化稳定策略越接近，收敛越快，反之则越慢。

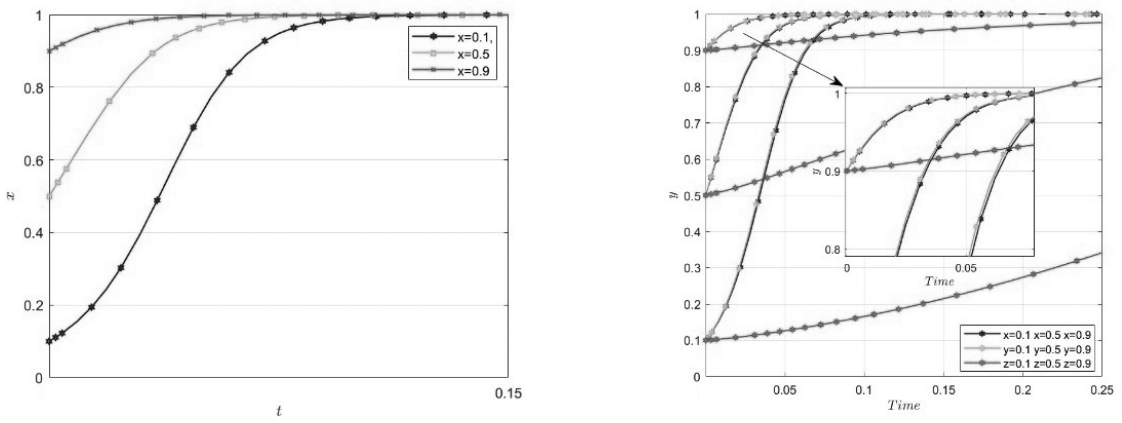
（三）参数阈值分析

上述敏感性分析考察了单一参数变化对演化路径的影响，但未能回答参数变化到何种程度才会引发系统均衡的结构性转换这一问题。为识别这一临界条件，本文以创新积累型情景的参数组合为参照，逐一调整关键参数并观察均衡的翻转，开展单参数阈值分析。



a. 创新爆发型情景中教育人才存量的影响　　b. 创新萌芽型情景中教育人才存量的影响

图 9　不同创新情景下人才存量结构对系统演化的影响



a. 政府初始意愿对策略演化的影响　　b. 初始意愿对各主体策略演化的影响

图 10　初始意愿对系统收敛速度的影响

图 11 表明,关键参数对主体策略选择的影响呈现阈值特征。主体策略转换取决于特定的收益与成本条件,而系统能否进入相应均衡状态,需要结合政策激励、人才贡献、社会支持与培养成本综

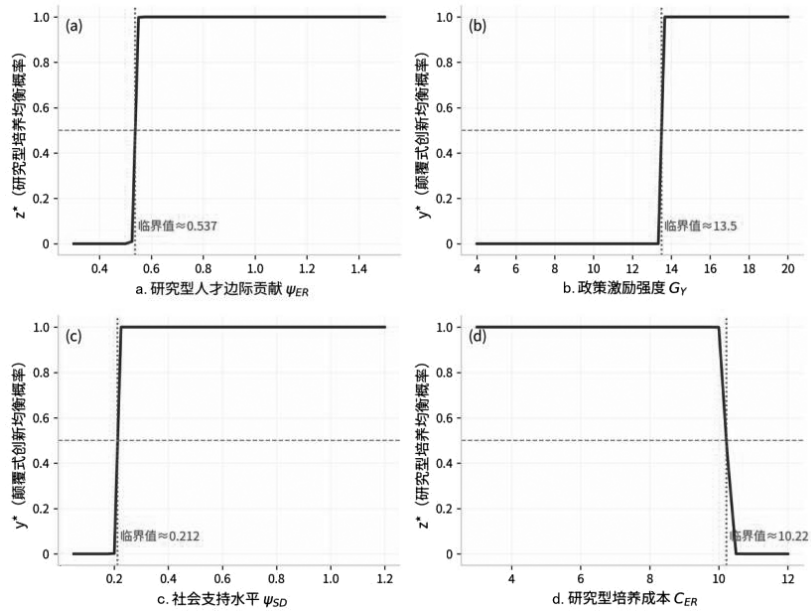
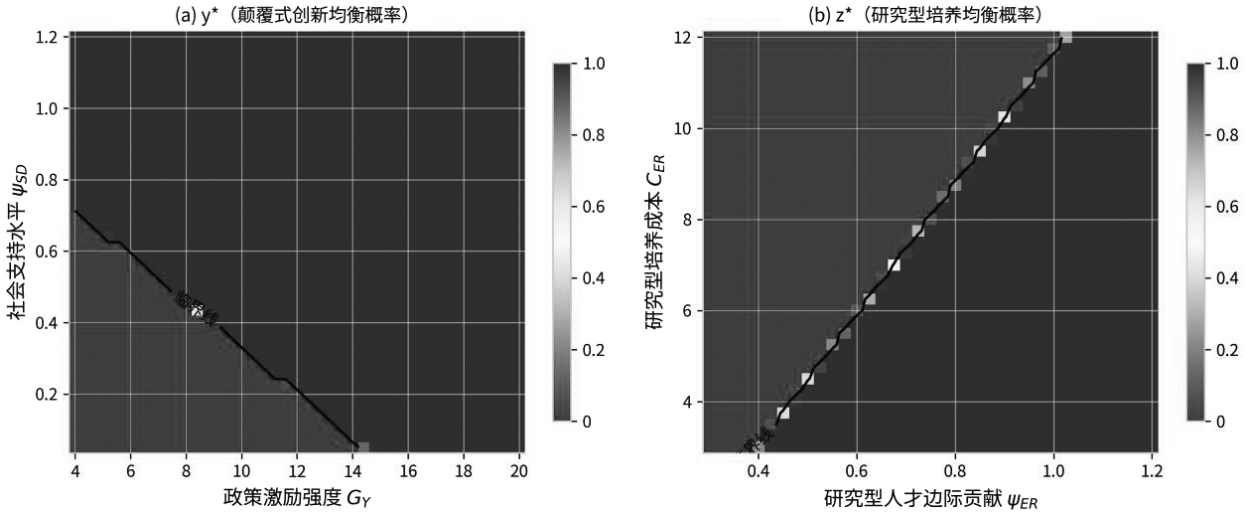


图 11　单参数阈值分析

合判断。同时,为进一步考虑到现实中政策、人才与成本条件往往同时变化,单一参数分析可能高估某项政策的实际效果。为此,本文开展联合参数阈值分析,选取两组对创新路径与培养取向影响最为关键的参数进行二维网格仿真,结果如图 12 所示。

图 12a 显示,在所考察的参数范围内,政策激励强度与社会支持水平在推动创新路径转换方面存在一定的补偿关系。这表明,在其他条件给定时,提高其中一项支持条件,或同时改善两项条件,均可能使参数组合跨越临界边界,具体取决于其初始位置与调整幅度。



a. 政策激励强度 × 社会支持水平　　b. 研究型人才边际贡献 × 研究型培养成本

图 12　联合参数阈值分析

六、主要研究结论及政策建议

(一)主要研究结论

本文从一体推进教育科技人才发展的视角出发,将“人”这一决定性、根本性因素纳入传统创新体系分析框架。通过构建三方演化博弈互动模型,揭示了教育、科技、人才协同演进的行为逻辑以及不同主体在不同参数条件下的演化机制,丰富了创新体系的相关研究。

第一,政策动态取向一致性是系统持续优化的重要基础。决策部门在推动教育科技人才一体化改革进程中,充当设计、引导、激励与规制的角色,其策略选择受制于财政条件、政策实施成本和投入收益等客观约束。演化博弈的结果表明,只有当政策工具保持衔接匹配、政策激励一致连续,并与教育供给和科技需求形成共同的正向循环时,政策部门才有能力、亦有动力长期维持积极推动的优化状态。

第二,创新主体的创新行为随条件情景呈现差异化特征。创新主体对人才类型的需求随创新条件组合的变化而动态转变:在创新驱动不足的情景中,更依赖应用型人才支撑渐进式改进,在创新积累型与创新爆发型的情景中,更需要研究型人才支撑颠覆式创新,在创新成熟型情景中则重新提高对应用型人才的需求。教育体系与这种条件性需求转换的匹配程度,将影响创新主体能否实现高水平创新跃迁,并关系到系统是否会陷入低水平模仿与路径锁定。

第三,教育机构的人才培养取向具有滞后性,但会受到外部条件显著影响。教育机构在策略调整中存在一定迟缓,其调整过程仍会受到科技进步和政策导向的持续驱动。当决策部门支持与科技需求高度匹配时,教育机构倾向于强化人才培养与课程创新;在激励不足或创新需求弱化时,则可能转向保守策略、降低变革投入。

第四,理想均衡表现为三方协同共振。在当前原始创新与技术突破的导向下,系统稳定的最优均衡状态应当是政策动态取向一致、创新主体选择颠覆式创新、教育机构注重研究型人才培养。

此时,政策激励、科技创新与教育供给之间能够形成良性循环,创新生态呈现相互依赖、持续强化的协同演进逻辑。

(二)政策建议

上述结论不仅丰富了创新生态协同演进的理论研究,也为现实中破解教育、科技与人才之间的结构性矛盾提供了重要的政策启示。

一要增强政策动态取向一致性与长期性。政策动态取向的一致与否,关键在于治理收益与改革成本。应推动教育、科技与人才政策围绕重大战略目标更好实现工具配置和实施节奏上的一体联动,健全项目一体论证、信息一体共享、资源一体配置及流程一体衔接的机制,减少重复申报、重复评价及相互冲突的资源配置。同时,以一体评价引领政策动态取向的一体改革,兼顾协调投入、创新产出与治理收益分配,根据实施效果持续优化支持方式,增强一致性策略的长期实施动力。

二要推动教育人才供给与科技需求相契合。坚持教育、科技、人才一体统筹、一体改革,把三者作为“最大创新资源”,推动教育供给与科技需求一体融合。教育机构人才培养模式选择应统筹办学基础、培养收益和投入成本,紧密对接创新主体实际需求,促进要素畅通、主体协同。持续健全成本分担和持续支持机制,依据不同培养组合的收益成本差异,实行分类引导、差异化支持,并将培养质量、贡献收益与创新需求适配度作为资源配置的重要依据。

三要推动创新路径选择与禀赋条件相匹配。坚持因地制宜、分类施策,推动创新路径选择与区域禀赋条件适配。应立足区域产业基础、教育资源与创新条件,引导创新主体选择相匹配的创新路径,使颠覆式创新与渐进式创新在适宜地区与产业中各得其所。创新支持政策应更加关注研发成本、人才供给贡献和外部支持效果,通过开放共享科研设施、组织联合研发、完善人才与技术服务等方式持续降低创新成本,并依据产业和技术发展实际动态调整支持重点。要推动政策激励与社会支持形成合力,降低颠覆式创新对单一政策工具的依赖,促进系统向高水平均衡跃迁,实现要素畅通、主体协同、制度适配。

四要强化创新收益对人才培养的激励反馈。应强化一体统筹,以贡献一体评价为牵引,健全创新收益对人才培养的激励反馈机制。教育贡献收益是影响教育机构培养取向的关键变量,科技需求通过贡献收益机制传导至教育体系。应健全贡献评价与收益分配挂钩机制,将人才培养实际贡献纳入创新收益的衡量与分配。推动校企合作和联合研发中教育投入、人才培养贡献与教育贡献收益安排相衔接,将教育机构在人才供给、联合培养和技术服务等方面的贡献度作为收益分享与经费支持的重要依据。持续健全收益共享、培养经费保障和资源共享机制,促进教育机构和创新主体动态优化合作方式,形成需求牵引、收益反馈、供给调整的良性循环。

五要提升创新生态协同治理的实际贡献。提升创新生态协同治理效能,构建要素畅通、主体协同、制度适配的创新生态系统。应坚持政府引导、多元协同,加快形成决策部门、教育机构、创新主体与社会资本的协同治理机制,培育具有韧性与包容性的创新生态系统。政策实施应分别评估创新主体的路径选择激励和教育机构的培养选择激励,尤其要针对区域与产业差异化制定策略。应结合区域产业基础、教育资源和合作条件制定支持方案,并通过定期评估调整政策组合,增强协同发展的持续性。应长期强化政策实施效果评估,及时识别系统演化中的错位均衡和路径锁定风险,增强协同发展的系统性。

参考文献:

[1]郎元柯,侯万军,马继伟,等. 教育科技人才一体推进的多维测度与时空演进[J]. 浙江大学学报(人文社会科学版),2026,56(4):118-141.

[2]侯万军,辛越优,马继伟. 统筹推进教育科技人才体制机制一体改革的关键维度与路径[J]. 中国高等教育,2025(1):22-27.

[3]李美仪,郎元柯,辛越优. 以政策动态取向一致性推动教育科技人才的一体发展[J]. 社会科学家,2025(4):61-68.

[4]肖维. 推进教育科技人才一体化发展的实践逻辑、困境及其突破[J]. 中国人民大学教育学刊,2025(3):5-16,181.

[5]吴洁,车晓静,盛永祥,等. 基于三方演化博弈的政产

学研协同创新机制研究[J]. 中国管理科学,2019,27(1):162-173.
[6]MÊGNIGBÊTO E. Measuring synergy within a Triple Helix innovation system using game theory: cases of some developed and emerging countries[J]. Triple helix, 2018, 5(1): 1-22.
[7]曹霞,刘国巍. 基于博弈论和多主体仿真的产学研合作创新网络演化[J]. 系统管理学报,2014,23(1):21-29.
[8]曹霞,于娟,张路蓬. 不同联盟规模下产学研联盟稳定性影响因素及演化研究[J]. 管理评论,2016,28(2):3-14.
[9]马永红,刘海礁,柳清. 产业共性技术产学研协同研发策略的微分博弈研究[J]. 中国管理科学,2019,27(12):197-207.
[10]曹霞,李传云,于娟,等. 市场机制和政府调控下的产学研合作创新网络演化博弈仿真:以新能源汽车产业为例[J]. 系统管理学报,2020,29(3):464-474.
[11]鲍新中,王道平. 产学研合作创新成本分摊和收益分配的博弈分析[J]. 研究与发展管理,2010,22(5):75-81.
[12]谢科范,刘海林. 产学研合作共建研发(R&D)实体的博弈分析[J]. 科学学与科学技术管理,2006(10):27-30,109.
[13]CÂMARA S F, DE LIMA B B, MOTA T, et al. The management of innovation networks: possibilities of collaboration in light of game theory[J]. Business and management studies, 2018, 4(2): 24-34.
[14]HSU D H, HSU P H, ZHOU K, et al. Industry-university collaboration and commercializing Chinese corporate innovation[J]. Management science, 2025, 71(6): 5351-5375.
[15]BANIAK A, DUBINA I. Innovation analysis and game theory: a review[J]. Innovation, 2012, 14(2): 178-191.
[16]ALOMARI A M H. Game theory in entrepreneurship: a review of the literature[J]. Journal of business and socio-economic development, 2024, 4(1): 81-94.
[17]LI M, NGUYEN B, YU X, et al. Competition vs. collaboration: a four set game theory-innovation, collaboration, imitation, and "do nothing"[J]. International journal of technology management, 2018, 76(3/4): 285-315.
[18]GRANSTRAND O. A cooperative game theory systems approach to the value analysis of (innovation) ecosystems[J]. Technovation, 2024, 130: 102926.
[19]SHAKIBA H, BELITSKI M. A game theory analysis of regional innovation ecosystems[J]. The journal of technology transfer, 2025, 50(3): 797-820.
[20]SALAMZADEH A, DANA L P, RASTGOO N, et al. The role of coopetition in fostering innovation and growth in new technology-based firms: a game theory approach[J]. BAR-Brazilian administration review, 2024, 21: e230097.
[21]CHEN Z, KEPPO J. R&D Data sharing in new product development[J]. Manufacturing & service operations management, 2025, 27(4): 1275-1294.
[22]DUBINA I, CARAYANNIS E G. Potentials of game theory for analysis and improvement of innovation policy and practice in a dynamic socio-economic environment[J]. Journal of innovation economics & management, 2015, 18(3): 165-183.
[23]HOVI J. Binary games as models of public goods provision[J]. Scandinavian political studies, 1986, 9(4): 337-360.
[24]EVANS G W, GIBBS C G, MCGOUGH B. A unified model of learning to forecast[J]. American economic journal: macroeconomics, 2025, 17(2): 101-133.
[25]DAWID, H. On the stability of monotone discrete selection dynamics with inertia[J]. Mathematical social sciences, 1999, 37(3): 265-280.
[26]孙雅慧,时省,彭飞,等. 研发补贴与渐进式创新锁定:基于机器学习的专利文本分析[J]. 经济研究,2024,59(11):89-105.
[27]田浩然,李立国. 从"世界工厂"到"全球研发实验室":高等教育规模结构质量在创新发展中的重要性与次序变化[J]. 华东师范大学学报(教育科学版),2025,43(12):1-15.
[28]白俊红,蔡其硕. 产业政策与企业技术突破:基于企业微观行为视角[J]. 经济研究,2026,61(7):47-72.
[29]邵云飞,陈燕萍,吴晓波,等. 从"研发"到"市场":链主企业如何实现关键核心技术的商业化?[J]. 管理世界,2024,40(12):19-43.
[30]侯万军. 教育科技人才一体发展格局基本形成的主要依据与构建路径[J]. 人民论坛·学术前沿, 2026(3):77-85.
[31]侯万军, 辛越优, 马继伟. 坚持教育、科技、人才"三位一体"统筹推进[N]. 光明日报, 2023-12-06(2).