

非对称依赖下领军企业与追随者新兴技术创新协作

李 林, 罗文竹, 何建洪, 徐耀德
(重庆邮电大学经济管理学院, 重庆 400065)

摘 要: 新兴技术创新生态内领军企业与追随企业面向共同愿景展开创新协作, 是促进新兴技术产业化应用、激发其潜在价值的重要途径。基于新兴技术创新协作过程中存在的技术非对称依赖情境, 构建领军企业和追随企业创新协作的演化模型, 分析双方在市场原有机制和奖惩保护机制下的策略选择及其动态演化机制, 并通过实例分析与数值仿真对关键影响因素进行验证。研究表明: 领军企业和追随者新兴技术创新协作决策主要受到契约补偿、核心技术泄露风险亏损、“搭便车”收益、技术收益系数等普适性因素的影响; 由技术非对称依赖致使的追随者机会成本损失、技术吸收潜力以及领军企业的技术领先优势均驱使双方朝着高度互信的创新协作方向演化; 在市场机制约束力不足的情况下, 政府通过技术创新赏金的激励和征信惩罚机制的介入能有效促进系统趋向完全创新协作方向收敛, 而成果维护力度过重反倒会有逆向效果。

关键词: 技术创新协作; 领军企业; 追随者; 非对称依赖

中图分类号: F273.1 文献标识码: A 文章编号: 1005-0566(2024)12-0114-18

Research on decision of collaborative innovation between leading and follower firms in emerging technology innovation under asymmetric dependence scenarios

LI Lin, LUO Wenzhu, HE Jianhong, XU Yaode
(Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China)

Abstract: The innovation collaboration between leading and following enterprises in the emerging technology innovation ecosystem around emerging technology breakthroughs is an important way to promote the rapid cross-fertilisation of emerging technologies, promote the extension of the industrial chain to the high-end, and accelerate the development of new productivity. Based on the technological asymmetric dependency situation in the process of emerging technology innovation collaboration, we construct an evolutionary game model of innovation collaboration strategies between leading and following enterprises, analyse the strategy choices of both parties under the original market mechanism and the reward and punishment protection mechanism, as well as their dynamic evolution mechanism, and verify the key influencing factors through numerical simulation. The results of the study show that the collaborative decision making of emerging technology innovation between the leader and the follower is mainly influenced by universal factors such as contractual compensation, risk loss of core technology leakage, "free rider" gain and technology gain coefficient; the opportunity cost loss of the follower due to asymmetric dependence on technology, the potential of technology absorption and the technological advantage of the leader drive the two parties to move to a higher level of technological innovation,

收稿日期: 2024-08-20 修回日期: 2024-11-16

基金项目: 国家社会科学基金项目(22BGL046; 23BGL064)。

作者简介: 李林(1969—), 男, 博士, 四川安岳人, 重庆邮电大学经济管理学院教授, 研究方向为新兴技术创新管理。通信作者: 何建洪, 罗文竹。

which is the most important factor for the collaborative decision making of emerging technology innovation.

Key words: technology innovation collaboration; leading firms; followers; asymmetric dependence

党的二十届三中全会强调,“强化企业科技创新主体地位,建立培育壮大科技领军企业机制以及构建促进专精特新中小企业发展壮大机制”。通过推动新兴产业内科技领军企业与追随中小企业间技术创新协作,有助于强化关键核心技术攻关、推动科技创新力量壮大、促进要素配置体系化、协同化。新兴技术从萌生到产业化应用需要经历创新的“死亡之谷”考验,完成惊险跨越。在这一进程中,企业间创新协作是聚合技术产业化应用的异质性资源、加速主导设计成熟及技术的产品化蝶变的重要举措。尤其在我国正努力实现科技自立自强愿景目标的时代背景下,促成关键领域新兴技术创新生态中企业间创新协作是创造产业价值链攀升的机会空间,在新的技术轨道中锻造新质生产力,摆脱关键核心技术“依附生存”和被“俘获”窘境的重要举措。

然而,在新兴技术创新生态中,由于对结果不确实性的担忧、协作方角色地位动态演变等,企业间创新协作难以自发形成并有效维持,尤其是领军企业和追随企业会由于技术差距和能力不对等、利益分配偏差和权力不平衡、风险管理和合规要求不相符等一系列非对称情境导致双方无法有效的沟通、协商和合作^[1],严重影响着新兴技术领域创新链产业链融合,影响新兴产业整体竞争力形成。鉴于全球战略科技格局的重组和创新生态的变革,习近平总书记强调,“要充分发挥科技领军企业龙头作用,鼓励中小企业和民营企业科技创新。”鼓励推动科技领军企业与中小企业间技术创新协作,进而有效促进新兴产业趋向高端化、智能化、绿色化。新兴技术创新生态系统中领军企业和追随者合理地进行新兴技术创新协作对领军企业提升生态主导力以及助力追随企业成长为“技术先锋”均有积极作用。诸如以华为、百度、科大讯飞等为代表的科技领军企业通过开放技术资源的方式纷纷成立数字化平台赋能中小企业,不断与上下游合作伙伴、科研机构以及第三方服务平台等多元主体进行技术创新协作,借助自身数

字信息技术的优势推动着主导的新兴技术创新生态系统边界趋向模糊化和软化,以此来巩固自身生态主导地位。新兴技术创新协作是一项多主体参与、多要素协同的复杂系统工程^[2],领军企业和追随企业在此过程中相互依赖且资源互补,但占据着技术、市场、数据等资源优势的领军企业会对追随者存在着非对称压力,进而引发了权力非对称关系。涵盖领军企业群体和追随企业群体的新兴技术创新生态系统作为有效培育企业技术创新的沃土^[3],对于促进多主体协同发展和提高科技成果转化率有着重要作用,是解决不同地位主体如何选择新兴技术创新协作决策的有效凭借^[4-5]。因此,从新兴技术创新生态系统内部探析不同权力主体间新兴技术创新协作策略的演变趋势及影响要因,能够以合作链推动产业链,以产业链带动技术链^[6],营造大中小企业融通创新、产业链补链固链强链的良好生态。

基于此,本文面向新兴技术创新协作这一现实情境,立足于新兴技术创新生态系统内领军—追随企业非对称依赖视角,解析市场原有机制和奖惩保护机制下不同权力主体间新兴技术创新协作博弈的稳定演化策略,探讨技术距离、技术泄露风险亏损、技术吸收能力、机会成本损失、成果保护力度等因素对演化趋势的影响,进而剖析什么样因素或因素集合更能激发领军企业和追随者的协作意愿,从而更利于构建新兴技术向产业化演进的创新生态。

一、文献回顾

(一)企业间创新协作的动因及情境

无论是更通常情景下企业合作与协作创新,还是基于生态系统的企业间横向创新合作、纵向创新协同,均是技术创新理论中探讨的经典主题。针对不同权力主体间新兴技术创新协作过程的情境要素差异及逻辑机理,现有研究更多地从企业间协同创新或合作创新的内生和外在影响因素、关系作用机制等层面展开了讨论。如战略性新兴产业间供应链企业协同创新受到技术合作研发过

程中产生的信息流和技术量、技术收益系数和社会效益系数的显著影响^[7],基于差异性环境的创新生态系统内专利运营及维权成本、技术替代、模仿相对难度等因素显著影响着领先企业专利保护策略和跟随企业跟随策略的选择^[8]。此外,也有研究指出,根据协同理论和风险管理生命周期理论,企业双方采取一致合作行动能有效实现系统性的风险控制^[9],并且影响企业间技术创新协作不仅有契约信任、成本风险等内部因素的推动,更有外部要素如区块链、量子计算等新兴技术应用所带来的扰动^[10-11]。与此同时,企业间新兴技术创新协作面临着资源不对称、技术共享不匀、技术外溢等众多急需攻克的难关,尤其在领军企业和追随者这种技术非对称的合作情境中,彼此间的技术创新协作更是需要突破重重外界阻力来达成较为合理的契约^[12]。正如小米集团提出“投资+技术赋能+全面孵化”的战略投资思路,带动上百家科技中小型企业进入不同领域,通过“鲶鱼效应”打破领域技术惯性,培育高品质、高技术、高性价比的智能终端产品,其与石头科技就“做出全世界最好的扫地机器人”达成一致目标,在关键技术研发、工业设计、供应链方面进行创新协作,间接带动整个行业技术水平提升。综合来看,这些研究依托于一个相对确定的情境前提,即更多的新兴技术创新协作来自于供应链上下游企业或者技术实力相当的企业间,探讨了合作与非合作^[13]、协同与非协同^[14]的动因形成与情境依赖。基于不同权力主体间技术非对称依赖视角来解构双方在创新协作中的需求响应不对称、合作预期偏差等问题,仍需要进一步探索。

(二) 新兴技术创新协作中的非对称性

运用创新协作理论能够有效地揭示新兴技术创新生态系统内不同权力主体之间的价值共创机制,创新协作的主要特征表现为突破创新主体间的壁垒,充分释放彼此间“人才、资本、信息、技术”等创新要素活力而实现深度合作^[15]。在新兴技术创新生态情境下,企业间创新协作本质上是协同创新中价值循环创造网络。在此循环中,前端注重多元化技术、信息、数据等资源汇聚,通常面临

资源分散和冗余^[9];中段强调强化协同关系并力求创新资源的有序融合,以提高新价值创造的效率和质量^[16];末端则涉及价值分配体系的建立和优化。值得注意的是,在新兴技术创新生态中,率先实现技术突破或率先获取资本支持的企业自然形成领军企业,其余企业则具有显著的追随者特征,企业间的协作具有很强的非对称依赖性^[17]。这种非对称依赖性带来的不平等性可能导致依赖程度较高的一方在关系中拥有较少的议价能力和较大的脆弱性。现有研究从较为中观的视角探讨了非对称依赖对新兴产业间供应链^[18]、创新生态系统^[19]、众创空间^[20]等产业层面的影响。例如,后发企业通过“模仿创新—类别沿用”的相似协同机制获得合法性以及“自主创新—类别跨越”取得竞争优势^[21],而国内追赶企业采用回应和同步机制连接国际领先客户与国内产学研以实现工艺能力积累^[22],借此克服非对称依赖的消极作用;也有研究分析了战略性新兴产业间供应链企业协同创新演化规律^[7]以及非对称情境下领先企业和跟随企业的技术策略对产业演化过程的影响^[8,23-24]。

总体而言,这些研究关注到了非对称依赖情境下实现企业间创新协作的关键在于构建意愿基础,但新兴技术创新生态中产业前景的不确定性、企业间竞争地位的动态演变为这一探索带来了复杂的前提约束,需要进一步解析不同权力主体间新兴技术创新协作动机、意愿的形成过程,并探索催生这一动机的前因性要素集。

二、模型假设与建立

(一) 分析主体

本文的分析主体是从新兴技术创新生态系统中随机抽取的两个存在技术知识双向需求的领军企业和追随企业,博弈双方本着新兴技术蓬勃发展的前提开展创新协作,但彼此之间却存在着两种截然不同的抉择:一是基于高度互惠互信选择完全创新协作,二是基于防范心理而选择部分创新协作^[16]。双方开展新兴技术创新协作以实现技术资源互补并在成本分摊的多次博弈中不断调整自身战略,最终形成稳定的演化博弈策略。基于

有限理性人假设,博弈双方在正常市场机制运行过程中总是在收益和成本的平衡中寻找最优策略,企业间进行新兴技术创新协作除了基本收益和成本之外,还包括技术升级引发的技术增值收益、因策略选择不同而产生的“搭便车”收益以及核心技术泄露风险可能造成的亏损。此外,新兴技术的外部性特点使得技术在企业或产业间存在更强的外溢性,选择完全创新协作的主体存在更大的技术流动性,因此追随者还有来自领军企业技术外溢产生的技术溢出收益,但也有可能因技术非对称依赖而承担机会成本潜在损失。与此同时,由于新兴技术研发的战略属性,政府会在原有市场机制失灵的情况下积极参与宏观调控以提供良好的新兴技术创新协作环境,充分考虑企业间创新协作所产生的社会收益并制定奖励和惩罚等保护措施间接引导参与协作的科技企业双方为突破新兴技术持续共同努力。

新兴技术创新生态系统中处于核心位置的领军企业集群主导生态的延续发展,在协调网络关系、化解“创新迟滞”、攻关新兴技术等诸多方面发挥着关键作用^[25]。处于非核心位置的追随企业集群隶属配套协同地位,通过技术模仿、互补和替代等行为与领军企业形成生态位差异,促进新兴技术创新生态系统内部发展趋向规模效应和协同效应,进而塑造创新生态的新格局^[26-27]。就新兴技术创新生态系统中的领军企业而言,在与追随者进行新兴技术创新协作过程中,存在两种创新协作策略的倾向:一是协调策略,即本着公开透明、公平互信的原则,领军企业通过建立一个开放的数字架构积极调配自身技术、知识、数据等资源与追随者充分共享,促成和激励创新生态系统内主体间的探索性合作以实现新的价值共创并合理分配收益,进而提升自身的“生态主导力”;二是主导策略,即以风险防范为前提开展合作,领军企业通过建立一个相对封闭的架构与追随企业进行有限合作,限制技术等资源的过多共享和外溢并要求对方强制执行自身规定的标准,从而避免在技术创新协作和市场拓展过程中泄露自身核心技术,以此保全自身主导优势。就追随者而言,在与领

军企业进行技术创新协作过程中同样存在两种合作倾向:一是互补策略,即基于高度互惠互信的原则,追随企业愿意接受永久追随的角色,怀着充分信任和完全配合的态度满足领军企业的要求并将自身具备核心竞争力的技术、知识等资源充分共享,以求获得“更大的蛋糕”并迅速成长为“技术先锋”;二是保护策略,即基于短期收益思维开展合作,追随企业为了避免失去竞争优势不愿公开分享最核心的业务知识,并尽一切可能地吸收来自领军企业的先进技术、超前知识、关键数据等核心资源,以此寻求降低依附或依赖性的契机。

(二)基本假设

1. 市场原有机制假设

本文从宏微观交互的动态视角剖析新兴技术创新生态系统内领军企业与追随企业进行新兴技术创新协作策略选择的内在机理,以创新生态系统中的领军企业为主体1,以追随企业为主体2,基于双方主体创新协作策略的动态演化博弈过程提出如下假设:

假设1:基于新兴技术创新生态系统的开放性特征,领军企业和追随者往往为了防止关键核心技术被“卡脖子”以及获取互补性资源开展新兴技术创新协作。由于双方固有的技术水平存在较大差距,于是约定按照一定分配系数来分配合作创造的基本协作收益 R ,即领军企业的分配系数为 α ,追随企业的分配系数为 $\beta(\beta < \alpha)$,同时按照分配系数分摊技术研发成本 C_1 和管理成本 C_2 。

假设2:基于新兴技术创新生态系统内企业技术创新合作的活跃性,当领军企业采取协调策略以及追随者相应采取互补策略进行新兴技术创新协作时,此时双方由于倾尽全部努力往往会产生新颖性的技术或者引发技术升级,则可以获得技术增值收益。技术增值收益记为 $m_i\omega(i=1,2)$,其中 m_i 为技术收益能力系数,即是企业将新增技术转化为收益的能力, ω 为双方在进行技术创新协作过程中新增的技术量。

假设3:伴随着新兴技术创新生态系统边界趋向模糊性以及双方技术的非对称性,当领军企业采取协调者策略时,追随者在创新协作过程中会

获得外部企业的技术溢出收益 $jf(z)$, 其中 $j(0 < j < 1)$ 是追随者的技术吸收能力系数, $f(z)$ 是外部技术溢出量, 与双方的技术距离 z 呈现递增的函数关系。

假设 4: 双方主体在进行新兴技术创新协作过程中存在策略选择的差异, 导致具体的收益迥然不同。当领军企业采取协调策略, 而追随企业采取保护策略时, 此时追随者存在“搭便车”行为, 由此产生了额外的技术收益 N_1 , 其由于保留了核心技术也只用承担相应的管理费用; 当领军企业采取主导策略, 而追随企业采取互补者策略时, 此时领军企业产生的额外技术收益为 N_2 , 同样只用承担管理费用; 当领军企业采取主导策略以及追随企业采取保护策略, 此时双方都只用承担管理费用但只有基本的协作收益。

假设 5: 新兴技术合作研发具备显著的风险性, 将领军企业和追随者面临的核心技术泄露风险造成的亏损值分别定义为 r_1 和 r_2 。双方技术非对称依赖引发的竞争差异导致核心技术泄露风险亏损值 $r_2 > r_1$, 彼此由于策略的选择差异当然也会获得契约补偿 F , 与此同时, 采取机会主义一方的核心技术泄露风险亏损值由于选择保守策略得以规避。

假设 6: 考虑到领军企业与追随企业之间技术非对称依赖引发的权力非对称因素, 领军企业在遭受到合作背叛后会利用自身的优势地位打压追随者, 使其损失机会成本 S 。

2. 奖惩保护机制假设

为了推动技术进步和经济增长并实现我国科技自立自强的战略目标, 我国各级地方政府在新兴技术创新生态系统中企业间的技术创新协作过程中发挥着积极作用, 尤其为促成新兴技术创新生态内领军—追随企业间非对称依赖关系下的联合研发更是采取了一系列奖惩保护机制, 诸如, 通过提供财政激励、建立合作机制约束、保护研发成果等一系列措施在政策上给予充分保障, 旨在为企业间新兴技术创新协作保驾护航, 促成产业内企业间的协同共生、促进产业成长繁荣。

假设 7: 政府为了尽快培育出产业链“链主”企

业, 加速产业技术联盟的壮大, 会激励科技领军企业和追随企业在技术协作创新过程中坦诚布公的合作, 对采取完全创新协作进而产生新兴技术增值收益的企业给予创新赏金 I , 另外通过征信机制对采取机会主义行为的企业曝光, 对其造成名誉和经济损失 V 。

假设 8: 政府通过成果维护机制导致采取机会主义行为策略一方获取的额外收益大打折扣, 即具有保护成果因子 $u(0 < u < 1)$, 进而减少其机会主义收益。

(三) 市场原有机制下的演化博弈分析

根据市场原有机制假设, 在正常市场机制作用下, 博弈双方为了实现各自的目的, 基于对彼此的信任与防范在新兴技术创新协作过程中多次博弈, 收益矩阵如下表 1 所示。设定领军企业集群中选择协调者策略的个体比例为 x , 选择主导策略的比例为 $1 - x$, 追随企业集群中选择互补策略的个体比例为 y , 选择保护策略的比例为 $1 - y$, 且 $x, y \in [0, 1]$, 均为时间 t 的函数。

表 1 市场原有机制下领军企业与追随者的博弈收益矩阵

对策与收益		追随者	
		互补策略(y)	保护策略($1 - y$)
领军企业	协调策略(x)	$\alpha R + m_1 \omega - \alpha C_1 - \alpha C_2 - r_1$; $\beta R + m_2 \omega + jf(z) - \beta C_1 - \beta C_2 - r_2$	$\alpha R + F - \alpha C_1 - \alpha C_2 - r_1$; $\beta R + jf(z) + N_2 - \beta C_2 - F - S$
	主导策略($1 - x$)	$\alpha R + N_1 - \alpha C_2 - F$; $\beta R + F - \beta C_1 - \beta C_2 - r_2$	$\alpha R - \alpha C_2$; $\beta R - \beta C_2$

领军企业选择“协调策略”和“主导策略”时的收益为 π_{11} 、 π_{12} 以及平均收益期望 $\bar{\pi}_1$ 分别为:

$$\pi_{11} = \alpha R + F + y m_1 \omega - \alpha C_1 - \alpha C_2 - r_1 - y F \quad (1)$$

$$\pi_{12} = \alpha R + y N_1 - y F - \alpha C_2 \quad (2)$$

$$\bar{\pi}_1 = x \pi_{11} + (1 - x) \pi_{12} \quad (3)$$

领军企业的复制动态方程为:

$$F(x, y) = dx/dt = x(\pi_{11} - \bar{\pi}_1) = x(1 - x)[F - \alpha C_1 - r_1 + y(m_1 \omega - N_1)] \quad (4)$$

同理可知, 追随者选择“互补策略”和“保护策略”时的收益为 π_{21} 、 π_{22} 以及平均收益期望 $\bar{\pi}_2$ 分

别为:

$$\pi_{21} = x m_2 \omega + x j f(z) + \beta R + F - \beta C_1 - \beta C_2 - r_2 - x F \quad (5)$$

$$\pi_{22} = \beta R + x j f(z) + x N_2 - x F - x S - \beta C_2 \quad (6)$$

$$\pi_2 = y \pi_{21} + (1 - y) \pi_{22} \quad (7)$$

追随者的复制动态方程为:

$$G(x, y) = dy/dt = y(\pi_{21} - \pi_2) = y(1 - y)[F - \beta C_1 - r_2 + x(m_2 \omega + S - N_2)] \quad (8)$$

令 $F(x, y) = 0$, $G(x, y) = 0$ 在 $Z = \{(x, y) | 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1\}$ 上博弈双方存在 $O(0, 0)$ 、 $A(1, 0)$ 、 $B(1, 1)$ 、 $C(0, 1)$ 、 $D(x^*, y^*)$ 5 个局部均衡点。其中:

$x^* = \frac{r_2 + \beta C_1 - F}{m_2 \omega + S - N_2}$, $y^* = \frac{r_1 + \alpha C_1 - F}{m_1 \omega - N_1}$, 再求 $F(x, y)$ 和 $G(x, y)$ 关于 x, y 的偏导数, 构建雅各比矩阵 J 如下:

$$J = \begin{bmatrix} (1 - 2x)[F - \alpha C_1 - r_1 + y(m_1 \omega - N_1)] \\ y(1 - y)(m_2 \omega + S - N_2) \\ x(1 - x)(m_1 \omega - N_1) \\ (1 - 2y)[F - \beta C_1 - r_2 + x(m_2 \omega + S - N_2)] \end{bmatrix} \quad (9)$$

则该矩阵的迹(记为 trJ)为:

$$trJ = \frac{\partial F(x, y)}{\partial x} + \frac{\partial G(x, y)}{\partial y} \quad (10)$$

该矩阵的行列式(记为 $detJ$)为:

$$detJ = \frac{\partial F(x, y)}{\partial x} \frac{\partial G(x, y)}{\partial y} - \frac{\partial F(x, y)}{\partial y} \frac{\partial G(x, y)}{\partial x} \quad (11)$$

根据 Frideman 的判别方法, 若均衡点带入后满足 $trJ < 0$ 和 $detJ > 0$, 则该均衡点为稳定演化策略 ESS。 x^* 和 y^* 均在 $Z = \{(x, y) | 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1\}$ 平面上, 当 $0 \leq (\alpha C_1 + r_1 - F) \leq (m_1 \omega - N_1)$ 且 $0 \leq (r_2 + \beta C_1 - F) \leq (m_2 \omega + S - N_2)$ 时, 系统存在 5 个局部均衡点(见表 2)。

由此可知, 5 个局部均衡点中, $O(0, 0)$ 点和 $B(1, 1)$ 点是新兴技术创新生态系统中科技领军

企业与追随者的稳定策略, $A(1, 0)$ 点和 $C(0, 1)$ 点是不稳定点, 随即绘制博弈双方的演化相位图, 如下图 1 所示。

表 2 市场原有机制下局部均衡点的稳定性分析

均衡点	trJ	$detJ$	局部稳定性
$O(0, 0)$	-	+	ESS
$A(1, 0)$	+	+	不稳定
$B(1, 1)$	-	+	ESS
$C(0, 1)$	+	-	不稳定
$D(x^*, y^*)$	0	+	鞍点

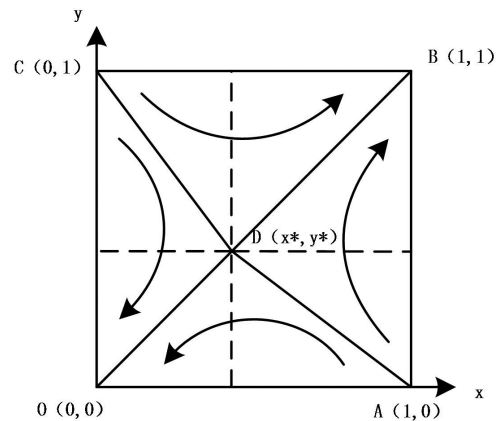


图 1 市场原有机制下博弈双方演化相位

根据图 1 所知, 无论领军企业和追随企业在初始状态如何选择新兴技术创新协作策略, 经过不断地长期博弈, 都会向着 $B(1, 1)$ 点(协调策略, 互补策略)和 $O(0, 0)$ 点(主导策略, 保护策略)的稳定方向演进。博弈双方最终的策略选择与 S_{OADC} 和 S_{ADBC} 的相对大小有关, 当 $S_{OADC} > S_{ADBC}$ 时, 博弈演化均衡点会朝着 $O(0, 0)$ 点演化; 当 $S_{ADBC} > S_{OADC}$ 时, 博弈演化均衡点会朝着 $B(1, 1)$ 点演化。

计算可知 S_{OADC} 面积为:

$$S_{OADC} = \frac{1}{2}(x^* + y^*) = \frac{1}{2} \left(\frac{r_2 + \beta C_1 - F}{m_2 \omega + S - N_2} + \frac{r_1 + \alpha C_1 - F}{m_1 \omega - N_1} \right) \quad (12)$$

分析可得具体的命题如下:

命题 1: 企业面临的核心技术泄露风险造成的亏损值减少会导致领军企业和追随者向(协调, 互补)策略方向演化, 即企业双方会基于高度的互惠互信而采取完全创新协作。

证明: 根据公式(12)对核心技术泄露风险亏

损值分别求偏导,可知 $\frac{\partial S_{OADC}}{\partial r_1} = \frac{1}{2(m_1\omega - N_1)} >$

0,同理 $\frac{\partial S_{OADC}}{\partial r_2} > 0$,故 S_{OADC} 是 r_1, r_2 的单调递增函数,即 S_{OADC} 会随着核心技术泄露风险亏损值的减少而减小,均衡结果向 $B(1,1)$ 点演化的概率增加,博弈双方倾向于基于互信的完全创新协作。企业之间进行新兴技术创新协作存在着较高的核心技术泄露风险性和不确定性,一旦这种风险值处于较低水平,便能显著增强创新协作的动力、建立信任、共享成果,使得双方愿意坦诚布公的合作以获得更多的利益。相反,如果面临风险的亏损值越高越会导致双方逐渐失去完全技术创新协作的信心,可能阻碍协作的深入发展和创新成果的有效转化。

命题 2:企业获得的契约补偿增加会导致领军企业和追随企业向(协调,互补)策略演化。

证明:由 $\frac{\partial S_{OADC}}{\partial F} = -\frac{1}{2}\left(\frac{1}{m_2\omega + S - N_2} + \frac{1}{m_1\omega - N_1}\right) <$
0 可知, S_{OADC} 是 F 的单调递减函数,随着 F 的增加, S_{OADC} 的面积增大,均衡结果向 $B(1,1)$ 点演化的概率增加。契约补偿在新兴技术创新协作中发挥着双重作用。一方面,它构成了违约的赔偿压力,促使合作双方为了避免违约所带来的成本和损失;另一方面,它作为一种变相的激励机制来鼓励双方采取合适的策略以借机获得预定赔偿。较高的契约补偿会迫使双方加强资源共享和技术交流,从而更有可能达成全面的技术创新协作。

命题 3:追随企业机会成本损失的增加会导致双方朝向(协调,互补)策略方向演化。

证明:由 $\frac{\partial S_{OADC}}{\partial S} = -\frac{r_2 + \beta C_1 - F}{2(m_2\omega + S - N_2)^2} < 0$
可知, S_{OADC} 是 S 的单调递减函数,随着 S 的增加, S_{OADC} 的面积将减小,均衡结果向 $B(1,1)$ 点演化的概率增加。在新兴技术创新协作过程中,基于技术不对称性特征的领军企业拥有较高的技术引领力、较强的资源整合力以及较广的市场影响力,当追随企业选择保护策略进行合作时,势必会遭到领军企业的打压进而面临损失机会成本的窘境。

另外,采取消极协作态度的追随者也很难像其他选择积极协创新作策略的主体一样获得未来的技术增值收益。因此,随着追随者考虑到机会成本损失增加,会更愿意选择一种更为积极的态度与领军企业进行技术创新协作。

命题 4:双方的技术收益能力系数和创新协作新增技术量的增加会导致领军企业和追随者向(协调,互补)策略方向演化。

证明:由 $\frac{\partial S_{OADC}}{\partial m_1} = -\frac{\omega(r_1 + \alpha C_1 - F)}{2(m_1\omega - N_1)^2} < 0$,
同理 $\frac{\partial S_{OADC}}{\partial m_2} < 0, \frac{\partial S_{OADC}}{\partial \omega} < 0$ 可知, S_{OADC} 是 m_1, m_2, ω 的单调递减函数,随着 m_1, m_2, ω 增加, S_{OADC} 的面积将减小,均衡结果向 $B(1,1)$ 点演化的概率增加。双方在新兴技术创新协作过程中充分利用自身特有的技术竞争优势提高了双方参与合作研发的技术水平,引发了技术升级,从而增加了各自的技术收益。随着技术收益的持续增加,双方在协作中的互信也得到了增强,于是便有更大的概率持续选择并深化基于互信的完全创新协作。

命题 5:搭便车收益越大,领军企业和追随企业向(主导,保护)策略演化的概率越大。

证明:根据 $\frac{\partial S_{OADC}}{\partial N_1} = \frac{r_1 + \alpha C_1 - F}{2(m_1\omega - N_1)^2} > 0$, 同
理 $\frac{\partial S_{OADC}}{\partial N_2} > 0$ 可知, S_{OADC} 是 N_1, N_2 的单调递增函数,随着 N_1, N_2 增加, S_{OADC} 的面积将增大,均衡结果向 $O(0,0)$ 点演化的概率增加。双方进行新兴技术合作研发要承担创新成本及研发风险,而由此带来的技术升级能有效解决生产过程中的难题,从而为对方创造搭便车收益。博弈双方都期望对方在新兴技术创新协作过程中共享出关键核心技术且自身独自享受搭便车收益,随着这种额外收益的增加,由此造成更强烈的不公平感将使得对方在多次博弈过程中会选择基于一种防范心理的部分创新协作。

(四) 奖惩保护机制下的演化博弈分析

依据市场原有机制和奖惩保护机制假设,同理分析此时领军企业与追随者新兴技术创新协作

演化博弈。

表3 奖惩保护机制下领军企业与追随者的博弈收益矩阵

对策与收益		追随者	
		互补策略(y)	保护策略($1 - y$)
领军企业	协调策略 (x)	$\alpha R + m_1 \omega + I - \alpha C_1 - \alpha C_2 - r_1$; $\beta R + m_2 \omega + jf(z) + I - \beta C_1 - \beta C_2 - r_2$	$\alpha R + F - \alpha C_1 - \alpha C_2 - r_1$; $\beta R + ujf(z) + uN_2 - \beta C_2 - V - F - S$
	主导策略 ($1 - x$)	$\alpha R + uN_1 - V - \alpha C_2 - F$; $\beta R + F - \beta C_1 - \beta C_2 - r_2$	$\alpha R - \alpha C_2$; $\beta R - \beta C_2$

与市场机制下求解过程类似,由表3可知领军企业和追随者的复制动态方程分别为:

$$f(x, y) = d_x / d_t = x(1 - x)[F - \alpha C_1 - r_1 + y(m_1 \omega + I - uN_1 + V)] \quad (13)$$

$$g(x, y) = d_y / d_t = y(1 - y)[F - \beta C_1 - r_2 + x(m_2 \omega + jf(z) + I - ujf(z) - uN_2 + V + S)] \quad (14)$$

令 $f(x, y) = 0, g(x, y) = 0$ 在 $Z = \{(x, y) | 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1\}$ 上博弈双方存在 $O'(0, 0)$ 、 $A'(1, 0)$ 、 $B'(1, 1)$ 、 $C'(0, 1)$ 、 $D'(x^*, y^*)$ 5 个局部均衡点,其中

$$x^* = \frac{\beta C_1 + r_2 - F}{m_2 \omega + jf(z) + I - ujf(z) - uN_2 + V + S}, y^* = \frac{\alpha C_1 + r_1 - F}{m_1 \omega + I - uN_1 + V}。 同理,求得 $f(x, y)$ 和 $g(x, y)$ 关于 x, y 的偏导数,构建雅各比矩阵 J' 如下:$$

$$J' = \begin{bmatrix} (1 - 2x)[F - \alpha C_1 - r_1 + y(m_1 \omega + I - uN_1 + V)] & y(1 - y)(m_2 \omega + jf(z) + I - ujf(z) - uN_2 + V + S) & x(1 - x)(m_1 \omega + I - uN_1 + V) & (1 - 2y)[F - \beta C_1 - r_2 + x(m_2 \omega + jf(z) + I - ujf(z) - uN_2 + V + S)] \end{bmatrix} \quad (15)$$

同理,依据 Friedman 的判别方法,从局部均衡点中找出演化系统的稳定策略。同样 x^* 和 y^* 满足

$$0 < x^* = \frac{\beta C_1 + r_2 - F}{m_2 \omega + jf(z) + I - ujf(z) - uN_2 + V + S} < 1, 0 < y^* = \frac{\alpha C_1 + r_1 - F}{m_1 \omega + I - uN_1 + V} < 1 \text{ 的条件,此时 5 个局部均衡点的 Jacobian 矩阵的行列式和迹的符号及稳定性如表 4 所示。}$$

在政府调控机制下,系统的稳定点和不稳定点与市场机制下完全相同,其中不稳定点终将会向 $O'(0, 0)$ 和 $B'(1, 1)$ 点演化趋于稳定,同时双方演化博弈的结果也受到 S_{OADC} 的影响。但根据计算,引入奖惩保护机制之后均衡点 D' 相较于 D 实现了 $OADC$ 面积的扩大,即更容易达到收敛于 $B'(1, 1)$ 的理想状态,路径对比如图 2 所示。

表4 奖惩保护机制下局部均衡点的稳定性分析

均衡点	trJ	$detJ$	局部稳定性
$O'(0, 0)$	-	+	ESS
$A'(1, 0)$	+	+	不稳定
$B'(1, 1)$	-	+	ESS
$C'(0, 1)$	+	-	不稳定
$D'(x^*, y^*)$	0	+	鞍点

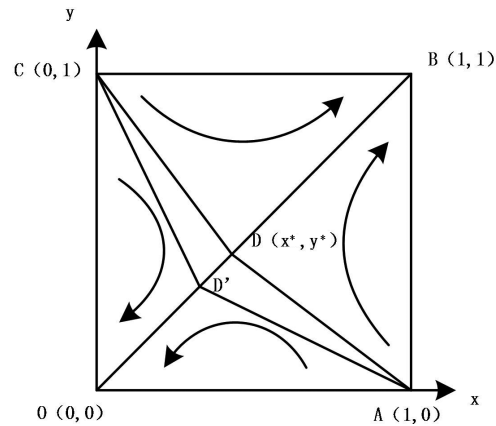


图2 博弈双方演化相位对比

此时 S_{OADC} 的面积为:

$$S_{OADC} = S_{OADC} = \frac{1}{2} \left(\frac{\beta C_1 + r_2 - F}{m_2 \omega + jf(z) + I - ujf(z) - uN_2 + V + S} + \frac{\alpha C_1 + r_1 - F}{m_1 \omega + I - uN_1 + V} \right) \quad (16)$$

分析可得具体的命题如下:

命题6:当政府给予的创新赏金和通过征信机制造成的名誉和经济损失增多会导致领军企业和追随企业向(协调、互补)策略方向演化。

证明:由 $\frac{\partial S_{OADC}}{\partial C_3} =$

$$- \frac{1}{2} \left[\frac{\beta C_1 + r_2 - F}{m_2 \omega + jf(z) + I - ujf(z) - uN_2 + V + S} + \frac{\alpha C_1 + r_1 - F}{m_1 \omega + I - uN_1 + V} \right]^2 < 0, \text{ 同理 } \frac{\partial S_{OADC}}{\partial V} < 0 \text{ 可知,}$$

S_{OADC} 是 I, V 的单调递减函数, 随着 I, V 的增加, S_{OADC} 的面积将会减小, 均衡结果向 $B'(1, 1)$ 点方向演化的概率增加。当政府对积极投身于新兴技术创新协作的企业实施创新奖励, 同时对那些不愿意或消极参与此协作过程的企业施以严厉惩罚措施时, 将能有效地增强企业间合作研发的意愿和信心, 从而推动双方采取基于互信的完全创新协作。

命题 7: 当政府对成果维护的力度越大, 领军企业和追随企业向 (主导、保护) 策略方向演化的概率增加。

证明: 由 $\frac{\partial S_{OADC}}{\partial u} = \frac{jf(z)(\beta C_1 + r_2 - F)}{2[m_2\omega + jf(z) + I - ujf(z) - uN_2 + V + S]^2} + \frac{N_1(\alpha C_1 + r_1 - F)}{2[m_1\omega + I - uN_1 + V]^2} > 0$, S_{OADC} 是 μ 的单调递增函数, 随着 u 的增加, S_{OADC} 的面积将会变大, 均衡结果向 $O'(0, 0)$ 点演化的概率增加。当政府对企业原有的核心技术以及研发的新兴技术等成果维护的力度持续加大, 将会限制企业间的知识共享和技术交流而阻碍创新协作的开展, 企业也会担心合规成本的增加以及潜在的法律风险, 给博弈双方一种此次新兴技术创新协作无利可图的错觉, 进而导致双方均会采取一种基于防范心理的创新协作模式。

命题 8: 随着追随企业的技术吸收能力的增加会导致双方向 (协调、互补) 策略方向演化。

证明: 由 $\frac{\partial S_{OADC}}{\partial j} = -\frac{[f(z) - ujf(z)](\beta C_1 + r_2 - F)}{2[m_2\omega + jf(z) + I - ujf(z) - uN_2 + V + S]^2} < 0$, S_{OADC} 是 γ 的单调递减函数, 随着 j 的增加, S_{OADC} 的面积将会减小, 均衡结果向 $B'(1, 1)$ 点方向演化的概率增加。在新兴技术创新协作过程中, 追随企业往往通过吸收合作伙伴的溢出技术来弥补自身的技术短板, 并在此基础上进行技术拓展和创新。随着追随者技术吸收能力的增强, 它们不仅能获得更多外部技术知识, 还能强化与合作伙伴的长期关系, 同时反馈给领军企业的新型技

术和知识或许能助力其突破技术研发瓶颈及结构性障碍, 进一步拓展其技术创新思维。因此, 随着追随者技术吸收能力增加致使双方互信基础逐步拔高, 双方便会更倾向于采取基于互信的完全创新协作模式。

命题 9: 随着领军企业技术领先优势的持续扩大会导致领军企业和追随者朝向 (协调、互补) 策略方向演化的概率, 反之则会降低彼此之间完全创新协作的机会。

证明: 用式 (16) 对 $f(z)$ 求偏导, 即 $\frac{\partial S_{OADC}}{\partial f(z)} = -\frac{(j - uj)(\beta C_1 + r_2 - F)}{2[m_2\omega + jf(z) + I - ujf(z) - uN_2 + V + S]^2} < 0$, S_{OADC} 是 $f(z)$ 的单调递减函数, $f(z)$ 是 z 的单调递增函数, 随着 $f(z)$ 的增加, S_{OADC} 的面积将会减小, 均衡结果向 $B'(1, 1)$ 点方向演化的概率增加。随着双方技术差距的持续扩大, 追随者能够获得更多的技术溢出, 有望迅速成长为“技术先锋”, 同样, 领军企业为了拓展生态边界并持续提升自身的生态主导力希望更多技术实力较弱的追随者自愿追随其后, 双方本着各自的目的达成共识, 随即采取积极态度进行完全创新协作。

三、实例分析与数值仿真

(一) 实例分析

在各因素变化对博弈主体策略选择影响的基础上, 为了更直观地探讨市场原有机制和奖惩保护机制介入后领军企业和追随者在技术非对称依赖情境下新兴技术创新协作过程中相关参数变化所带来的策略选择影响, 本文运用 MATLAB 软件进行仿真。与此同时, 为了进一步凸显假设提出的现实合理性和理论充要性, 本文选择来自不同新兴技术创新生态内的“华为数字能源—塞力斯”“中兴通讯—迦智科技”“小米—石头科技”组成“领军—追随”企业的多组案例代表, 并根据他们在新兴技术创新协作过程中反映的现实情境作为仿真参照数据的来源和设定。本文课题组对智能网联新能源汽车产业中典型企业赛力斯集团公司和通讯行业中代表企业中兴通讯科技有限公司分别进行了调研, 并邀请案例企业负责人如塞力

斯总裁来校交流经验,另外采用多种来源搜集数据,包括公司官网、公司年报、内部刊物、“人民网”等权威媒体新闻、知网文献、产业政策等,利用多渠道数据完成“三角验证”,以此保障论点论据的效度与信度,最终凭借调研获取的一手事实材料

以及二手整理资料形成仿真分析中部分参数的初始值,以使其更接近实践现实。随即遵循数据资料的客观引导,经过抽象提炼、逐级收敛,归纳于17个初始范畴,并聚合成8个维度,最后将其划分为3个类别(见表5)。

表5 企业间新兴技术创新协作扰动因素实例证据引证

类别	扰动因素维度	初始范畴	部分引用举证
市场原有机制	泄露风险	技术改造风险	在于华为的合作过程中,我们需要不断进行技术更新换代以维持产品的竞争力,始终伴随着潜在的技术改造风险…合作过程中需要保持技术领先优势,应对市场竞争,同时合作模式的不确定性和长期可持续性也是在潜在的风险(塞力斯)
		技术泄露亏损	华为在于其他企业合作时,需要确保合作方采取了足够的保密措施,以防止技术泄露…可能会对华为的长期发展造成影响,包括市场份额的丧失和研发投入的减少(华为)
	契约补偿	违约责任承担	华为要求合作伙伴签署廉洁诚信承诺书,确保业务往来中的合法权益,若合作伙伴违反承诺,华为可能需要评估和管理由此产生的违约风险…导致法律诉讼,需应对可能的法律后果和财务影响(华为)
		补偿机制合理	签署了一系列的协议,双方都有彼此的责任和义务来共同研发问界汽车…同时需要完成相应的任务并达到一定的战略目标(塞力斯)
奖惩保护机制	创新赏金	赏金规模	政府实施研发费用加计扣除政策,允许企业在计算应纳税所得额时,按照规定比例加计扣除研发费用,降低企业税负,激励企业增加研发投入(产业政策)
		赏金类型	政府出台相关创新激励政策,如减税降费、研发费用减免等,有效激发企业的创新活力…实施研发费用加计扣除、高新技术企业税收优惠等普惠性政策(产业政策)
	名誉损失	征信机制	在专利法等法律中引入惩罚性赔偿机制,对故意侵权者给予更严厉的经济惩罚…对于不开展调查或无故拖延调查的机构,政府会采取措施(产业政策)
		惩罚公正	积极参与全球知识产权治理,推动国际知识产权规则的制定,保护国内创新成果在全球范围内的权益(产业政策)
	成果维护	知识产权保护	政府致力于提升知识产权审查的质量与效率,缩短审查周期,提高审查的准确性…通过强化行政执法和司法保护,严厉打击知识产权侵权行为,提高侵权成本(产业政策)
		创新环境建设	倡导创新文化,建立鼓励创新、宽容失败的容错纠错机制,营造崇尚创新的文化环境,增强企业的创新自信…完善企业创新服务体系(产业政策)
非对称依赖情境	技术距离	技术水平差异	小米建立了一个开放的IoT平台,使不同的智能设备能够互联互通,实现数据共享和智能控制…小米通过投资和孵化新的创业公司来扩展其生态链,这些公司专注于特定领域,通过小米的品牌、资金和资源支持,快速成长并推出创新产品(小米)
		技术发展趋势	中兴通讯作为一家深耕网络通信设备研发与制造37年的企业,洞悉传统工厂智能化改造的痛点和难点…长期的通信技术研发投入使其在以5G为代表的新一代信息技术上积累了明显优势(中兴)
		技术应用范围	从2013年开始,小米计划五年内投资一百家企业来布局AIOT生态,提供多样化的产品…小米具有资本、品牌、渠道、供应链等资源能力,能够助力石头科技迅速打开市场(小米)
	技术吸收	技术溢出效应	中兴通讯基于滨江基地“用5G制造5G”成功经验,借助自身数字化顶层咨询、数字基础设施、企业数字平台底座、数字化创新应用等能力,发挥“端、网、云、平台”综合优势对外输出数字化转型系统解决方案(中兴)
		技术整合能力	通过合作,迦智科技利用中兴通讯的5G通讯技术,将其智能物流机器人解决方案推广到更广泛的市场…迦智科技在智能工厂物流解决方案方面拥有丰富的经验,结合中兴的技术平台可以加速行业的数字化转型(迦智科技)
	机会成本	决策选择	石头科技CEO公开表示,小米给予了石头科技包括供应链、ID设计、产品定义等方面的支持,他坦言“没有小米生态链的支持,我们也走不到今天”…为了公司的长远发展选择研发自有品牌(石头科技)
		风险评估	2022年上半年,石头科技出现自2017年以来的首次净利润负增长,增收不增利…市值暴跌、资本撤离、合伙人减持等一幕幕上演,石头科技陷入一场出走小米的割裂中难以自拔…列举了代工、销售渠道等多条与小米关联的风险(石头科技)

1. 华为数字能源—塞力斯:问界汽车

华为数字能源技术有限公司(简称华为数字能源)是华为旗下的一家专业从事智能电动解决方案的子公司,拥有领先的数字技术、电力电子技术、智能驾驶技术等核心能力,为汽车企业提供全面的技术支持和服务。赛力斯集团股份有限公司(简称塞力斯)是一家专注于新能源汽车的创新型企业,旗下拥有赛力斯汽车、AITO问界等多个品

牌,专注于提供智能、环保、高效的出行解决方案。华为与塞力斯围绕问界汽车的创新协作从2019年的“代工厂”到2021年的“战略伙伴”转变,是一种从被动到主动、从依赖到互补、从单一到多元的进化,进一步从“战略伙伴”到如今的“生态联盟”,更是体现了从双边合作向多边开放、从封闭系统到开放平台、从竞争对抗到合作共赢的战略拓展,彼此共同致力于构建基于鸿蒙智行的新兴技术创

新生态系统。双方在此过程中共享智能驾驶、车联网、云服务、增程及电动技术等众多核心技术,而华为作为鸿蒙智能驾驶这一关键核心技术的供应方,一旦遭遇技术泄露将会面临比塞力斯更大的经济亏损,于是双方通过签订严格的保密协议来保障技术文档、研发数据等核心资料的安全,并申请专利保护、著作权保护等法律手段以减少技术泄露的风险。与此同时,双方约定通过建全信息共享机制,超越各自原有领域的界限进行深入的技术和知识交流,在问界系列产品营销、技术提升等方面深度协作,约定如有一方违约,将根据协议中的条款进行契约补偿,例如违约金支付、合同终止、补救措施等,以此确保联合协议契约中彼此的合法权益。

华为与塞力斯的创新协作不仅仅是简单的供应链上下游关系,而是一种深度的技术融合与战略协同,这种协作模式不仅是短期的市场突破,更重要的是长远的技术积累和品牌提升。塞力斯在华为的技术和品牌加持下,通过 M7、M9 等高端车型的成功有望加速向高端市场转型,树立高端品牌形象,持续扩大市场份额,另外吸收华为的技术研发力量,能在新兴自动驾驶、高效能源管理等下一代智能电动汽车的关键技术上取得更大突破,迅速成长为新能源汽车领域内的“技术先锋”。然而,华为凭借成功赋能塞力斯所产生的反馈效应也将极大地提升自身技术和品牌的影响力,正如华为已经与奇瑞、北汽、江淮等车企达成新能源汽车领域的全新战略合作,便有机会在相关零部件和应用的开发落地制定标准化技术并推动鸿蒙智行补能网络的标准化建设规模,进而提升自身的“生态主导力”。

2. 中兴通讯—迦智科技:5G 云化 AGV

中兴通讯股份有限公司(简称“中兴”)是一家综合通信解决方案提供商,基于网、云、业务中台与应用四个层面的“5G+全连接”技术架构,为全球电信运营商、政企客及个人消费者提供创新的技术与产品解决方案。杭州迦智科技有限公司(简称迦智科技)是一家致力于用人工智能和机器人技术为智能制造和智慧生活提供室内外移动作用机器人产品与解决方案的高科技企业。中兴与

迦智科技在 2020 年就推动 5G 云化自动引导车(AGV)应用场景落地签署了战略合作框架协议,双方致力于将 5G 移动网络通讯技术、智能视觉与自动引导车(AGV)进行深度融合而逐渐开始技术创新协作,进而推广 5G 云化创新应用场景并拓宽市场广泛合作。

中兴拥有通信业完整的端到端产品线和融合解决方案,并引领着 5G 云化行业的风向,为能够实现智能物流移动机器人技术、产品和各类应用设备间互联互通等功能的迦智科技提供强有力的技术平台和设备平台保障。迦智科技则利用自身在智能物流机器人领域的产品研发能力和项目落地实施经验,整合中兴通讯相关领先技术资源,在优势互补的基础上进一步深化合作,合力助推 5G 通信技术在物流行业数字化转型升级中的应用,进而为用户带来更为优质的体验和服务。此外,中兴通讯的 5G 技术优势对迦智科技存在着非对称技术溢出,且 5G 技术领先优势越明显所溢出的技术量便越多,所产生的溢出效应不仅加速了迦智科技在智能物流领域的技术升级和产品迭代速度,还通过技术创新协作推动中兴通讯 5G 云化自动引导车(AGV)产业化应用迅速落地,进而促成中兴 5G 云化产业生态深度融合并有望构建健康、完整的 5G 云化产业创新生态。

3. 小米—石头科技:智能机器人

小米科技有限责任公司(简称“小米”)是专注于智能硬件、智能手机、智能电动汽车及智能家居生态链建设的全球化移动互联网企业,致力于让全球用户享受高性能、高性价比的创新科技产品。北京石头世纪科技股份有限公司(简称“石头科技”)则是一家专注于研发和生产智能清洁机器人的高科技企业,以其创新技术和卓越品质为用户提供智能家居清洁解决方案。石头科技在发展初期依托小米的固有资源和能力快速成长,而随着公司规模逐步扩大,为了减少对小米生态链的过度依赖,在 2016 年起推出自有品牌并逐步退出了小米生态。在创新协作的早期阶段,小米与石头科技的协作理念达成高度一致,彼此间进行完全技术创新协作并实现优势互补和互相赋能。作

为初创企业石头科技的创始团队大多数来自微软、华为、百度等高科技企业,在研发方面具有极强的潜力,能够填补小米生态在智能硬件产品“扫地机器人”的空白,而作为产业链“链主”企业的小米则凭借领先的技术、资本、品牌、渠道等资源助力石头科技迅速拓展市场,双方在投资不控股、合作分工模式以及利益分成等方面达成了合理的协议。然而,随着自有技术和品牌优势的逐步成熟,考虑到非对称压力的石头科技决定选择机会主义行为来进行部分创新协作,并逐步摆脱对小米的非对称依赖,随即不久自主推出第一款自有品牌智能扫地机器人,踏上了“去小米化”之路,与此同时,小米则在同年将新锐家电清洁品牌追觅科技收入生态链,双方博弈就此展开。

石头科技从前期融入小米生态时选择错位战略,随着业务规模的持续增长,其不仅对扫地机器人进行升级迭代,还选择了多元化战略,最终选择退出小米生态并寻求独立发展的道路。这一转变标志着石头科技从依赖小米生态链资源的初创企

业,成长为拥有自主技术和品牌的技术先锋企业,展示出其在市场竞争中的独立性和创新能力。

结合上述实例分析可知,围绕问界汽车研发的华为和塞力斯、推动 5G 云化 AGV 应用落地的中兴和迦智科技以及打造智能机器人的小米和石头科技三组案例企业在技术创新协作过程中展现出了技术泄露风险亏损、技术距离、技术吸收能力、机会成本损失等一系列扰动因素,这些因素会影响领军企业和追随企业技术创新协作的策略选择,即完全创新协作或部分创新协作,双方的“动因—行动”如图 3 所示。

随即仿真模拟上述因素如何扰动领军企业和追随者新兴技术创新协作进程,设定以华为数字能源、中兴和小米为主体 1(领军企业),塞力斯、迦智科技和石头科技为主体 2(追随者),结合实际分析情况,同时借鉴已有研究的仿真数值^[13,28],并与专家学者反复讨论,力求结果具有普适性,最后对仿真数据进行适当调整,以反映参数间的相对重要性,而非实际的货币价值(见表 6)。

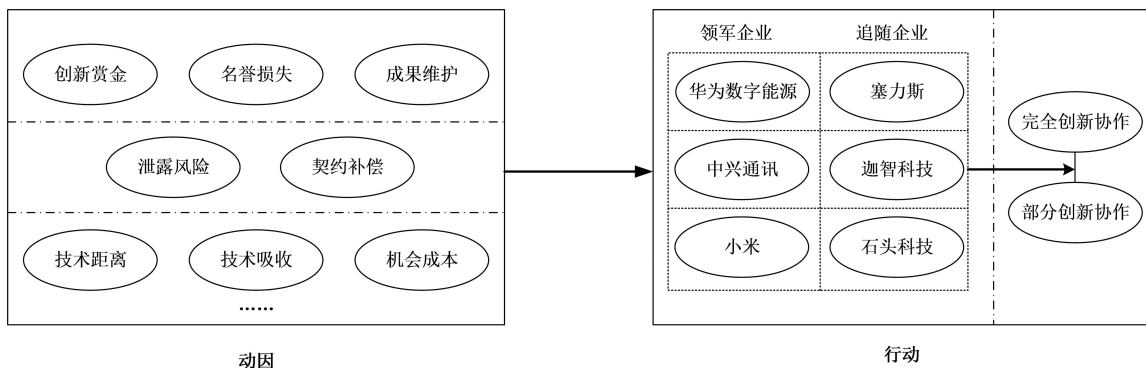


图3 领军—追随企业技术创新协作“动因—行动”

表6 仿真参数赋值

参数	α	β	m_1	m_2	ω	C_1	I	r_1	r_2	N_1	N_2	F	S	j	z	u	V
概念	分配系数		技术收益能力系数		新增技术量	技术研发成本	创新奖金	核心技术泄露风险亏损值		“搭便车”收益		契约补偿	机会成本损失	技术吸收能力	技术距离	保护因子	名誉经济损失
数值	0.75	0.25	1	0.4	7	4	1	2	3	2	3	2	1	0.3	2	0.9	1

(二) 市场原有机制下的博弈主体策略选择动态演化

在市场原有机制下,博弈双方新兴技术创新协作本着契约精神展开技术联合研发以实现各自利益的最大化,即领军企业希望通过创新协作进

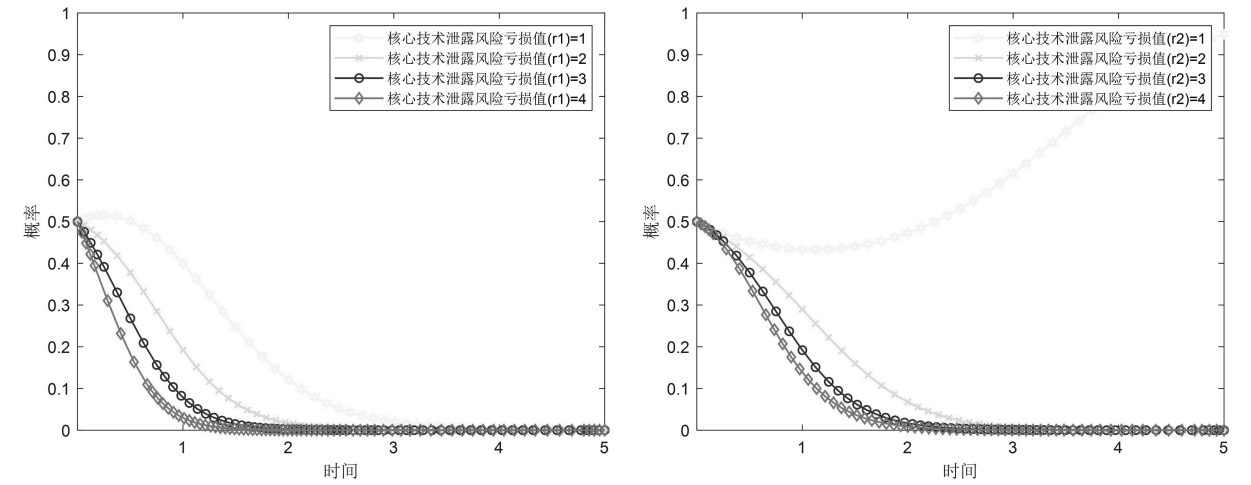
一步加强对追随者的横向影响力和纵向约束力,以此稳固其“生态主导力”;而追随企业渴望在此过程中打破资源性和结构性障碍,进而加速实现高质量发展并力图成长为“技术先锋”。根据前文的推导可知,核心技术泄露的风险亏损值和契约

补偿值是影响双方新兴技术创新协作策略选择的关键因素,随即通过仿真进一步验证说明此情况。

1. 核心技术泄露风险亏损值对双方策略选择动态演化结果的影响

保持其他参数不变的前提下,领军企业和追随者面临核心技术泄露风险的亏损值 r_1 和 r_2 分别取值 1、2、3、4,从下图 4a 和图 4b 可以看出,随着 r 值的增加,企业间新兴技术创新协作关系不太稳固,系统向 (0,0) 方向演化的概率增加,即领军企业和追随者分别选择主导策略和保护策略,验证

了命题 1。特别地,根据图 5 可知,当追随企业面临核心技术泄露风险的亏损值为 1 时,系统是朝向(协调、补充)方向演化,说明当追随者面临足够小的风险亏损值时,双方是可以基于高度互信进行完全技术创新协作的,而对比看领军企业即便是面临较低的风险,它们也表现出对协作的警惕态度,这可能与领军企业对技术保护的更高敏感度有关。这一发现揭示了在不同风险水平下,领军企业和追随者在新兴技术创新协作策略选择上的差异。



a. 领军企业核心技术泄露风险亏损值对创新主体策略选择的影响 b. 追随企业核心技术泄露风险亏损值对创新策略选择的影响

图 4 核心技术泄露风险亏损对创新主体策略选择的影响

2. 契约补偿对双方策略选择动态演化结果的影响

保持其他参数不变的前提下,对双方违背创新协作契约所获得的补偿值分别赋值为 2、4、6、8,得到动态变化结果如图 5 所示。随着契约补偿逐渐增加,领军企业和追随者进行完全技术创新协作的可能性稳步上升,当 F 大于 2 时,系统演化方向发生变化,开始向 (1,1) 方向演化,即双方开始分别采取协调和互补策略,直接验证了命题 2,即较高的契约补偿这一潜在的约束机制,会迫使企业双方竭尽全力地开展新兴技术创新协作。这表明,通过适当的契约设计和补偿机制可以显著增强企业间的合作意愿和协作效率。

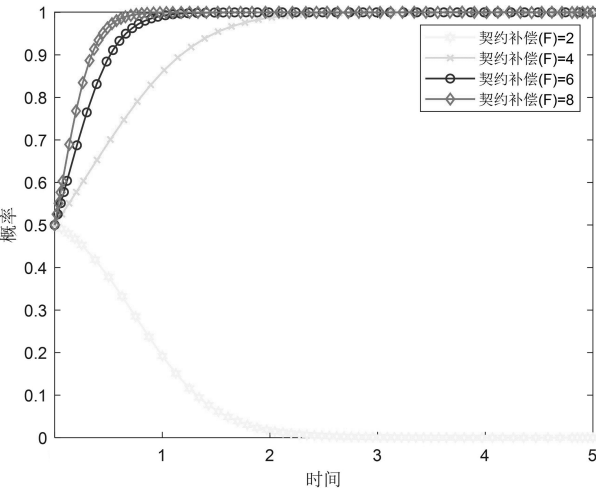


图 5 契约补偿对创新主体策略选择的影响

风险等普适性因素会扰动新兴技术创新协作策略的选择,但引入奖惩保护机制之后,进行技术联合研发的企业双方不得不慎重看待政府宏观调控在此过程中的调节作用。通过创新赏金、名誉经济

(三) 奖惩保护机制下的博弈主体策略选择动态演化

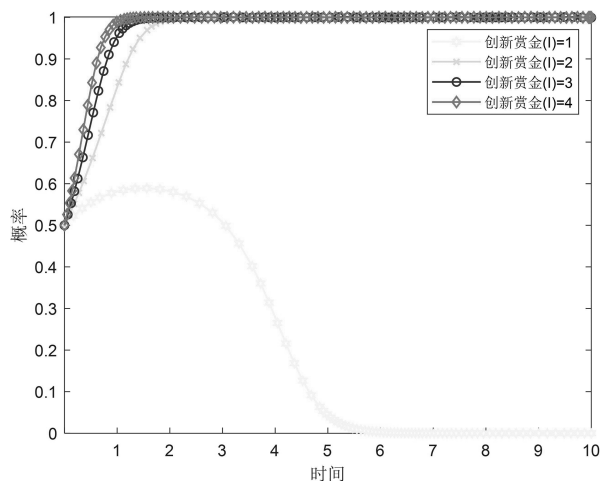
领军企业和追随者最初均只考虑成本、收益、

损失、成果维护等奖惩保护机制引导创新协作过程中不同权力的企业优化资源配置、避免技术泄露或被侵权以及保障合法权益,从而促进彼此建立长期稳定的协作关系,进而持续推动技术创新和市场进步。随即通过数值仿真进一步验证说明奖惩保护机制下的博弈主体策略选择动态演化。

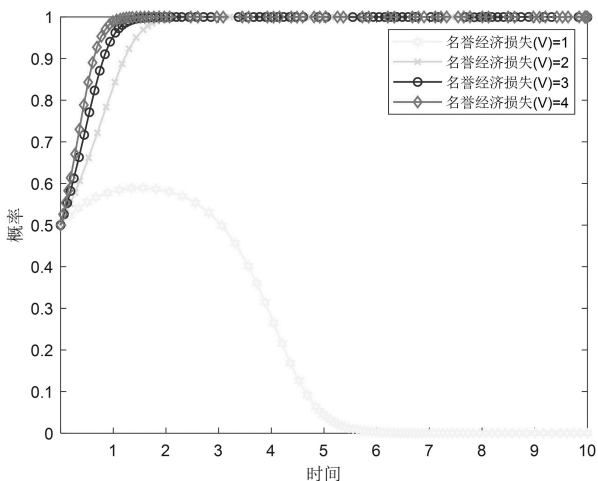
1. 创新奖金和名誉经济损失对双方策略选择动态演化结果的影响

考虑政府对采取完全创新协作而产生新增技术的双方实施创新奖励和对采取部分创新协作的一方实施名誉经济打压,保持其他参数不变,分别将两种奖惩机制赋值为1、2、3、4,得到如图6a和图6b的动

态演化过程。随着创新奖励和名誉经济损失值从1增加到4,领军企业和追随者在新兴技术创新协作过程中逐渐向完全创新协作方向演化,即分别采取协调和互补策略,验证了命题6。另外从两幅图中可以看出,奖惩机制的临界值在1和2之间,当大于1时,企业双方受到了奖惩机制的强调迫使其需选择满足政府期望的创新协作模式。尤其值得注意的是,当创新奖金和名誉经济损失值为1时,企业双方的选择明显表现出了向“完全创新协作”摇摆的趋势,但在权衡利弊之后,最终还是选择了“部分创新协作”的行为,说明政府奖惩力度过小仍无法引导双方采取高度互信的完全创新协作模式。



a 创新奖金对创新主体策略选择的影响



b 名誉经济损失对创新主体策略选择的影响

图6 奖惩对创新主体策略选择的影响

2. 成果维护力度对双方策略选择动态演化结果的影响

同样维持其它参数不变,对成果维护力度分别赋值为0.3、0.5、0.7、0.9,得到如图7所示的动态演化过程。按照以往思维来看,随着保护机制对新兴技术、知识等成果维护力度持续加大,有助于保护企业的知识产权和合法权益以及促进科技成果转移和转化,进而降低协作风险并增强彼此协作信心。然而,随着市场需求的持续波动和技术趋势的逐渐演变,政府加强成果维护可能伴随着更严格的监管和合规要求,迫使企业需投入更多资源以满足要求,甚至过于严格的成果维护可能会限制企业在新兴技术创新协作过程中的自主性和灵活性,影响其适应市场变化和技术革新的

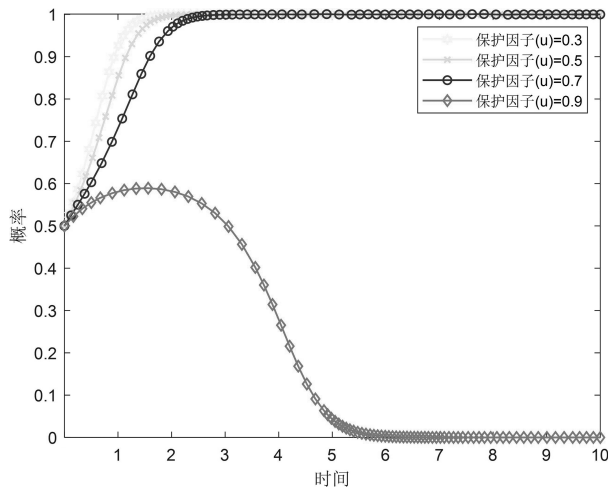


图7 成果维护力度对创新主体策略选择的影响

能力。从图7中能明显的看出,超过0.7的成果维护力度难以驱动企业向完全创新协作方向演化,

领军企业和追随者最终更倾向于分别采取主导和保护策略,支持了命题 7,即过度的成果维护力度可能不利于推动企业间的完全创新协作。

(四)非对称依赖情境的博弈主体策略选择动态演化

由非对称依赖情境引发的领军企业的技术领先优势、追随企业的机会成本损失等情境式要素对博弈主体策略选择有着至关重要的影响。领军企业的技术领先地位主要是体现在与追随者之间的技术差距上,正由于这种技术优势使得领军企业对追随者普遍存在着技术溢出,追随者凭借吸收进来的技术和知识资源迅速拓展自身业务结构。然而,追随者在新兴技术创新协作过程中缺乏与领军企业相匹敌的技术能力便不得不接受不利的协作条件,或在技术升级和市场竞争中落后,降低了机会选择成本。随即通过数值仿真进一步验证非对称依赖情境的博弈主体策略选择动态演化。

1. 领军企业的技术领先优势对双方策略选择动态演化结果的影响

通过领军企业与追随者之间的技术距离来衡量领军企业的技术领先优势,保持其他参数不变,将技术距离分别赋值为 2、4、6、8,得到如图 8 所示的动态演化,可知,随着技术距离的持续增大,领军企业和追随者会逐渐向 (1,1) 方向演化,即彼此分别采取协调和互补策略的概率大大增加,验证了命题 9。其实现有研究认为适度的技术距离可以增加协作双方的互操作性和沟通效率并减少合作中的摩擦和误解,从而更有助于企业双方创新协作。然而,本文考虑的主体来自新兴技术创新生态系统内创新活跃的领军企业和追随企业,双方本着各自的目的进行新兴技术创新协作。领军企业旨在此过程中进一步提升自身的生态主导力,因此更倾向与技术实力有较大差距的追随企业进行创新协作来迫使其更加自愿地跟随发展步伐,而追随企业怀着成长为“技术先锋”的使命则更愿意与生态内的“领头羊”进行新兴技术创新协作以获得更多的技术溢出收益,以便提升自身的竞争力和 market 价值。因此,领军企业的显著技术

优势实际会更促进双方之间的新兴技术创新协作进程。

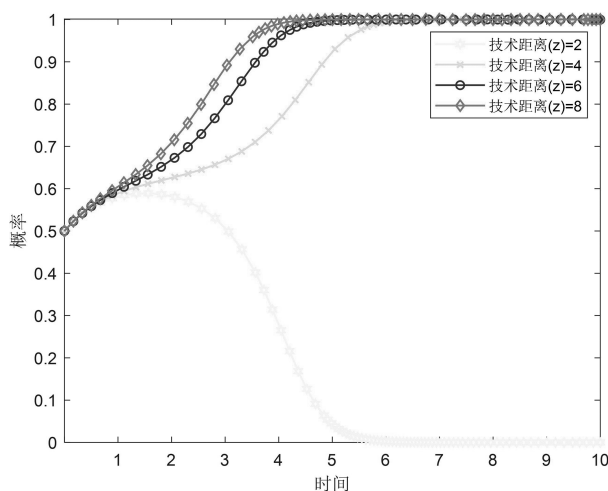


图 8 技术距离对创新主体策略选择的影响

2. 追随企业的技术吸收能力和机会成本损失对双方策略选择动态演化结果的影响

保持其他参数不变,对追随企业的技术吸收能力分别赋值为 0.1、0.3、0.5、0.7,得到如下图 9a 所示的动态演化,可知,随着追随者技术吸收能力的持续增强,双方基于消极态度进行创新协作的概率逐渐降低,且存在阈值 0.5~0.7,当技术吸收能力为 0.7 时,此时双方已经彻底向 (1,1) 方向演化,即分别采取协调和互补策略,验证了命题 8。

同样,对追随企业的机会成本损失值分别赋值为 2、4、6、8,得到如下图 9b 所示的动态演化,可知,随着追随者由于技术非对称依赖被领军企业打压造成的机会成本损失值逐渐增加,双方基于积极态度进行创新协作的概率逐渐增加,且存在阈值 4~6,当机会成本损失值大于等于 6 时,此时双方已经彻底向 (1,1) 方向演化,即分别采取协调和互补策略,验证了命题 3。

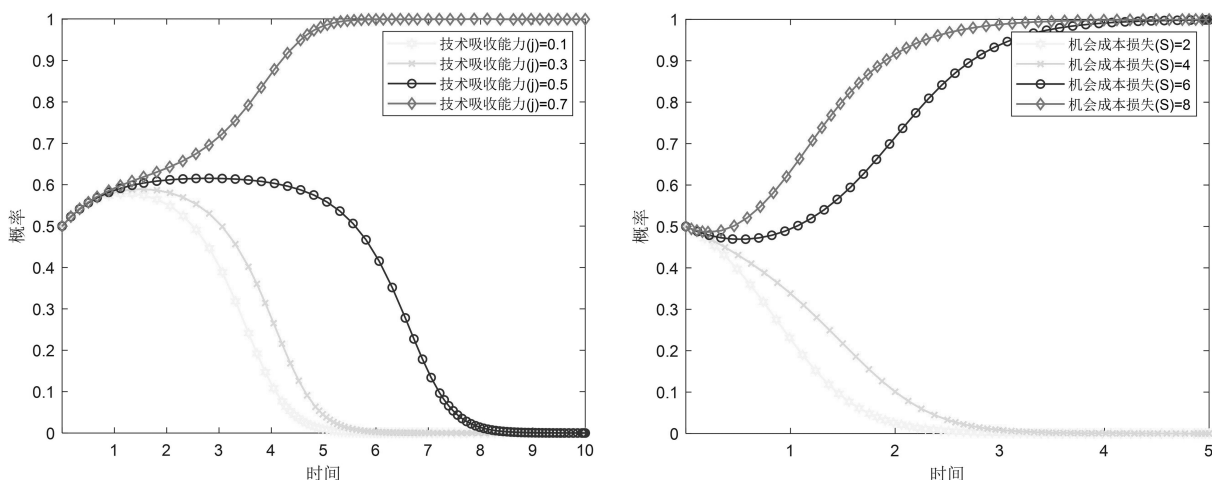
(五)拓展分析

新兴技术创新生态内产业发展的不稳定性,招致非对称依赖下科技领军企业与追随者技术创新协作情境约束条件的复杂性,且针对不同权力主体有着差异化突出的影响要因。

根据前文的实例分析和仿真模拟结果,基于

领军企业视角,在新兴技术创新生态系统内,核心技术泄露风险和技术领先优势对以华为为数字能源、中兴通讯、小米等为代表的科技领军企业与追随者技术创新协作有着更为突出的作用。伴随着技术泄露风险的持续扩大,拥有更多优质技术资源的领军企业无疑会耗费巨大的人力、物力等管理成本来维护固有的技术秘密,规避向消极创新

协作态度的转变,与此同时,领军企业显著领先的技术优势会吸引更多的中小企业自愿追随其后,以延展创新生态边界,进而增强彼此间完全创新协作的概率。此过程中领军企业展现出了具备引领性、支配性等特征的生态主导力,有助于推动产业链和创新链深度协作^[29],引领新兴产业发展方向,进而促进自主攻关产品推广应用和迭代升级^[30]。



a. 技术吸收能力对创新主体策略选择的影响
b. 机会成本损失对创新主体策略选择的影响
图9 追随企业的非对称依赖程度对创新主体策略选择的影响

基于追随企业视角,企业技术吸收能力和机会成本损失则显著影响以塞力斯、迦智科技、石头科技等为代表的追随企业与科技领军企业间的技术创新协作态度。由于追随企业逐渐增强自身技术吸收能力,其愈发会吸收更多领军企业外溢的技术、资源和知识,随后反馈传导给领军企业的新兴技术、知识等要素便会愈多,双方均会实现更大的价值共创,此外,面临权力非对称主体打压引起的机会成本损失势必也会警醒追随企业采取更为积极的完全创新协作态度,以减少新兴技术合作研发过程中的潜在损失,进一步深化彼此间的完全创新协作。追随企业在此过程中涌现出强劲的技术先锋潜力,有利于增加产业链高质量科技供给,协同领军企业突破现代化产业化体系建设的关键领域和薄弱环节,从而确保基础硬件、先进网络、核心种源等瓶颈资源的新兴产业链自主安全可控。

四、结论与讨论

(一)研究结论

第一,市场原有机制下,领军企业和追随者新兴

技术创新协作主要受到核心技术泄露风险亏损值的正向影响、契约补偿值的正向影响以及成本、收益等普适性因素的扰动;第二,引入奖惩保护机制后,政府采取的协作创新赏金的激励以及通过征信造成的名誉经济损失值均积极显著影响领军企业和追随者新兴技术创新协作决策,而过度的成果维护对彼此的技术创新协作态度反倒会有逆向影响;第三,非对称依赖情境下,领军企业的技术领先优势和追随企业的机会成本损失和技术吸收能力均对双方采取高度互信的新兴技术创新协作有正向促进作用。

(二)管理启示

第一,建立培育壮大科技领军企业机制,推动科技领军企业主导的产学研深度融合,加强以科技领军企业为代表的国家战略科技力量建设。科技领军企业应积极发挥其在创新生态中的引领带头作用,通过采取协调策略来增强其“生态主导力”,培育发展新质生产力的新动能。其核心在于构建一个开放的数字架构,通过共享技术、知识和

数据等资源来增强与追随企业之间的互信和合作,从而激励主体间联合进行探索性创新协作以实现价值共创。同时,领军企业在与追随者进行技术创新协作过程中应建立知识产权保护机制、技术保密等措施来避免核心技术泄露,并通过设计合理的契约补偿机制来激励追随者遵循合作协议以减少因合作面临的风险,以此稳固自身的技术主导优势,进而培育壮大新兴产业以构建现代化产业体系。

第二,构建促进专精特新中小企业发展壮大机制,为追随中小企业开辟新领域新赛道、推动高质量发展提供科学指引。追随企业为了实现向“技术先锋”的快速转变,战略性地选择与技术领先优势显著的领军企业建立新兴技术创新协作关系,加快形成同新质生产力更相适应的生产关系。这种协作模式有助于减少研发的时间、成本以及潜在风险,同时此过程中带来的大量技术溢出效应可以加速自身的技术进步和产品创新以提升产业竞争力。但是,追随者在进行技术创新协作过程中应综合评估合作的成本、潜在技术依赖风险以及战略契合度,确保长期的技术协作不会使追随企业丧失自主创新能力,从而能有效推动其向技术先锋的目标迈进,进而有助于自身参与科技领军企业主导的产学研深度融合机制。

第三,健全科技型企业奖惩机制,保证各类企业依法平等使用生产要素,加强对科技型中小企业的资金支持。政府应该积极采取监管奖励机制和经济性惩罚机制在企业间新兴技术创新协作过程中发挥协调作用,促进各类先进生产要素向发展新质生产力集聚,大幅提升全要素生产率。政府提供的创新赏金可以增加企业进行技术创新的额外收益以促进创新活动的开展,与此同时,通过公开谴责、市场准入限制等征信机制可以减少企业潜在的背叛行为以提高创新协作的诚信度。但政府应避开过度干预,如过度的成果维护可能会限制知识共享、抑制创新动力、增加交易成本并阻碍技术转移,不利于双方的技术创新协作。因此,政府应在激励创新和保护成果之间寻求平衡点,以更好发挥政府作用,同时充

分发挥市场在资源配置中的决定作用,推进高水平科技自立自强,加快构建新发展格局,推动高质量发展。

(三)研究展望

新兴技术创新协作是一个多主体参与且多要素融合的复杂系统工程,影响企业间技术创新协作的潜在因素仍需深挖,未来的研究不应仅仅局限于企业的战略行为和意识或者一些基本的收益、成本、激励等一般性因素,转而可以考虑技术发展的非线性特征,探索在复杂技术生态中领军企业和追随者如何通过创新协作来应对技术变迁的不确定性和复杂性。此外,在探讨领军企业和追随企业的非对称依赖情境层面,可以进一步探讨非对称依赖的不同维度,如市场依赖、结构依赖等,以及这些依赖关系如何影响彼此技术创新协作的策略选择和演化路径。

参考文献:

- [1] LIU Z, DING R, WANG L, et al. Cooperation in an uncertain environment: the impact of stakeholders' concerted action on collaborative innovation projects risk management [J]. *Technological forecasting and social change*, 2023 (196):122804.
- [2] CORVELLO V, FELICENTI M, STEIBER A, et al. Start-up collaboration units as knowledge brokers in corporate innovation ecosystems: a study in the automotive industry [J]. *Journal of innovation & knowledge*, 2023, 8(1):100303.
- [3] 何建洪, 李林, 朱浩, 等. 新兴技术创新生态系统中主体共生演化分析 [J]. *中国软科学*, 2024(1):186-200.
- [4] 孙元, 吴梅丽, 苏芳. 基于技术资源的创新生态系统演化及价值共创过程研究:以科大讯飞为例 [J/OL]. *南开管理评论*: 1-18 [2024-04-10]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/12.1288.F.20230423.0955.004.html>.
- [5] 宋娟, 谭劲松, 王可欣, 等. 创新生态系统视角下核心企业突破关键核心技术“卡脖子”:以中国高速列车牵引系统为例 [J]. *南开管理评论*, 2023, 26(5):4-17.
- [6] 赵晶, 孙泽君, 程栖云, 等. 中小企业如何依托“专精特新”发展实现产业链补链强链:基于数码大方的纵向案例研究 [J]. *中国工业经济*, 2023(7):180-200.
- [7] 张钦红. 以技术与供应链管理获取行业竞争优势:基于格林美案例的研究 [J]. *系统管理学报*, 2024, 33(3):840-848.

- [8] 谭劲松, 赵晓阳. 创新生态系统主体技术策略研究: 基于领先企业与跟随企业的演化博弈与仿真[J]. 管理科学学报, 2022, 25(5):13-28.
- [9] XIE X, LIU X, CHEN J. A meta-analysis of the relationship between collaborative innovation and innovation performance; the role of formal and informal institutions [J]. Technovation, 2023, 124:102740.
- [10] WAN Y, GAO Y, HU Y. Blockchain application and collaborative innovation in the manufacturing industry: based on the perspective of social trust [J]. Technological forecasting and social change, 2022, 177:121540.
- [11] CHOI M, KUMAR S, YUE X, et al. Disruptive technologies and operations management in the Industry 4.0 era and beyond [J]. Production and operations management, 2022, 31(1):9-31.
- [12] PETAOLD N, SCHMIDT L, SCARINGELLA L. How to overcome the disruptor's dilemma: exploring strategic alliance reconfiguration of new market entrants [J]. Technovation, 2023, 126:102812.
- [13] 晏文隽, 王小雪, 李德鸿, 等. 技术垄断条件下关键核心技术合作创新的演化稳定策略研究[J]. 中国管理科学, 2023, 31(7):227-236.
- [14] 李军强, 汪明月. 考虑研发补贴的政企协同创新双向政策调控路径[J]. 科学学与科学技术管理, 2024, 45(7):16-28.
- [15] 郭韬, 罗成飞, 张洪宇. 基于多主体博弈的区域军民科技协同创新生态系统演化研究[J]. 科研管理, 2024, 45(4):83-92.
- [16] KAMALALDIN A, SJODIN D, HULLOVA D, et al. Configuring ecosystem strategies for digitally enabled process innovation: a framework for equipment suppliers in the process industries [J]. Technovation, 2021, 105:102250.
- [17] 徐示波, 仲伟俊. 危机情境下二元创新模式如何赋能组织韧性重塑: 基于美国实体清单情境的探索性研究[J]. 中国软科学, 2024(3):26-36.
- [18] 余良如, 于渤. 探索式创新与合作网络的协同演化: 基于网络资本视角的动因分析[J]. 系统管理学报, 2024, 45(7):16-28.
- [19] GRANSTRAND O, HOLGERSSON M. Innovation ecosystems: a conceptual review and a new definition [J]. Technovation, 2020, 90:102098.
- [20] 倪慧, 卫武. 众创空间的战略行动与竞争优势: 注意力基础观的视角[J]. 管理评论, 2023, 35(10):328-339.
- [21] 刘电光, 彭新敏, 张祺瑞. 后发企业如何超越追赶?: 基于海天集团的技术创新与产品类别协同研究[J]. 经济管理, 2023, 45(5):116-131.
- [22] 彭新敏, 马帅. 国际领先客户、国内产学研与后发企业追赶[J]. 科学学研究, 2023, 41(4):659-668.
- [23] 王昶, 孙运梅, 何琪, 等. 主配协同何以促进配套企业技术创新? [J]. 科学学研究, 2024, 42(1):183-193, 215.
- [24] LI H, CHAI J, QIAN F, et al. Cooperation strategies when leading firms compete with small and medium-sized enterprises in a potentially competitive market [J]. Journal of Management Science and Engineering, 2022, 7(3):489-509.
- [25] 霍影, 武建龙. “卡脖子”情境下科技领军企业突破性技术创新路径研究: 基于创新生态系统视角[J]. 科学学与科学技术管理, 2024, 45(5):163-183.
- [26] 袁业虎, 孙晏平. 供应链核心企业数字化转型对中小企业创新的影响和机制[J]. 科研管理, 2024, 45(6):12-21.
- [27] 刘爽, 单宇. 数字商业生态系统的互补性优势如何构建?: 基于科大讯飞的探索性案例研究[J]. 管理评论, 2023, 35(12):319-332.
- [28] 赵丹, 严啸宸, 汪和平, 等. 双积分政策下汽车企业合作创新演化博弈分析[J]. 中国管理科学, 2024, 32(4):279-292.
- [29] REITER A, STONIG J, FRANKENBERGER K. Managing multi-tiered innovation ecosystems [J]. Research policy, 2024, 53(1):104905.
- [30] SHEN L, SHI Q, PARIDA V, et al. Ecosystem orchestration practices for industrial firms: a qualitative meta-analysis, framework development and research agenda [J]. Journal of business research, 2024(173):114463.

(本文责编: 希 文)