

DOI: 10.16538/j.cnki.fem.2016.12.005

合作稳定性、参与动机与创新生态系统自组织进化

张 华

(肇庆学院 经济与管理学院,广东 肇庆 526061)

摘要: 创新生态系统遵循于自组织进化,其理论支持者认为实现多方共赢是系统进化的必然结果,但是最新研究已经对此提出质疑,创新生态系统也可能向失败的方向进化。目前,该问题尚缺乏系统的理论支撑与检验。传统的创新生态系统研究以核心企业为主导,忽视了企业合作态度或参与动机对系统进化的影响,而事实上企业间的合作行为也表现出资源依赖型关系,从而实现创新主体地位均等时的合作创新。本文基于演化博弈模型,以资源依赖型关系分析创新生态系统中核心企业与配套企业种群合作创新的自组织进化过程。考虑合作创新的参与动机,将企业行为分为“互惠型合作”与“机会型合作”策略,并结合技术溢出、合作契约等影响合作稳定性的决策要素,分析了创新生态系统的进化机制。通过模型分析与数值仿真发现:合作态度或参与动机影响着系统进化的效率与趋势;技术溢出损失增大时不利于企业间形成稳定的合作关系,企业倾向于选择“机会型合作”策略,使系统向低效率状态进化;提高合作契约的违约惩罚或增加创新资金投入均有利于促进企业间的合作创新,企业倾向于选择“互惠型合作”策略,使系统向充分合作方向进化并实现多方共赢。本文研究引入了资源依赖型关系合作视角,使创新生态系统的自组织进化机制得以初步诠释,进而为企业创新决策及创新生态系统的治理提供理论支持。

关键词: 创新生态系统;合作创新;演化博弈;资源依赖型关系;演化稳定策略

中图分类号: F270 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4950(2016)12-0059-15

一、引言

在全球快速兴起的开放式创新范式,正深刻影响着产业竞争格局与商业模式的持续变革(Chesbrough, 2003; West等, 2014)。随着网络创新和开放式创新理论的进一步发展,创新生态系统理论从企业仿生学角度分析企业创新与供应链竞争,成为近年出现在政府决策与社会生活中的“热词”。特别是高新技术产业,诸如Apple、Google、Microsoft等公司的成功经验均得益于其创新生态系统的建立运行。

收稿日期: 2016-04-26

基金项目: 国家社会科学基金项目(14BGL011);广东省自然科学基金项目(2014A030310247)

作者简介: 张 华(1980—),男,肇庆学院经济与管理学院讲师。

合作创新是创新生态系统建立与发展的前提,企业间合作创新的互动行为及合作稳定性直接影响着系统进化的效率与方向,但该问题尚缺乏系统的理论支撑与检验。Ander(2006)确立的创新生态系统观认为,核心企业通过与上下游企业建立合作伙伴关系,以“平台化”形式参与市场竞争能够贴近用户需求并获取竞争优势。此观念延续了供应链竞争的经典理论,不同的是,它以创新作为重要的内生变量,将研究焦点定位于供应链竞争的多主体性与创新行为的网络性,在内容上了涵盖了技术联盟、创新网络、产业创新集群等概念范畴(张运生和邹思明,2010)。作为一种生态学隐喻的系统架构,创新生态系统遵循于自组织进化,通过内部成员的相互合作、资源共享,其进化结果将实现多方共赢(Adner和Kapoor,2010)。然而,现实中也不乏一些负面案例,如Nokia公司率先提出智能手机的概念并建立了围绕Symbian操作系统的创新平台,因缺少下游软件开发商的支持,降低了其终端产品的用户体验,便逐渐失去了对智能手机行业的领导;以小米、魅族为代表的国内厂商在智能手机专利标准与核心组件上高度依赖于Qualcomm公司,使其负担了高昂的生产运营成本。由此看来,创新生态系统的进化并不一定能够达成多方共赢的预期。在剥离制度、经济、技术等外部环境因素的影响之后,创新生态系统的内在运行机制在很大程度上被其理论支持者所忽略,认为共生共存、共同进化是创新生态系统发展的必然结果,但这一问题并没有获得充分的理论解释,这也是传统供应链研究对创新生态系统提出质疑的一个主要原因(Oh等,2016)。此外,在合作创新的界定上,创新生态系统将核心企业视为其内在创新网络的中心节点,通过技术转移与扩散形成对上下游企业的控制。但是,在一个动态演进的创新网络中,企业的地位与合作关系也在不断变化,从而影响合作创新的网络效应(王伟光等,2015),但这一问题尚未纳入创新生态系统的研究视野。尽管创新网络能够突破企业的资源局限,促进组织学习并培养竞争优势(Billington和Davidson,2013;Ji和Gunasekaran,2013;李晓华和刘峰,2013),但过度集聚的创新网络也会加速创新资源的趋同冗余(曾德明等,2015),上下游企业借助技术积累可能将合作范围向系统外界延伸并摆脱核心企业的控制(王伟光等,2015),此时技术变迁与市场波动都将增加系统的运行风险与不确定性。以上关于合作创新的网络效应分析,有助于拓展创新生态系统的理论视域,但相关研究并未考虑合作态度或参与动机对企业合作创新互动行为的影响,对于分析创新生态系统的自组织进化特征缺乏理论支撑。

在创新生态系统的研究范式上,其理论支持者认为由核心企业主导并建立创新生态系统,在创新决策、资源配置等方面与上下游企业形成权力导向型合作关系,能够实现多方共赢并促进系统进化(Ceccagnoli等,2012;Kapoor和Lee,2013)。但是,这一观点正逐渐受到理论研究的挑战。Gawer和Phillips(2013)认为,核心企业的合作态度以及战略决策在创新生态系统中占主导地位,当核心企业与上下游企业的合作动机改变时,系统将出现不稳定状态。Gawer和Cusumano(2014)指出核心企业对上下游企业合作创新的主导地位并非不可动摇,核心企业既可以被上下游企业的发展壮大所取代,同时也面临着同行业竞争对手的挑战。Mantovani和Ruiz-Aliseda(2016)进一步分析了核心企业与下游企业合作创新的主导地位受到竞争对手挑战时的竞争均衡,发现在市场饱和状态下,核心企业之间的竞争导致其与下游企业合作创新的“囚徒困境”,即核心企业为追求与竞争对手的差异化将增加与下游企业的创新投入,但这一行为不能带来更多的创新收益,该研究对揭示创新生

态系统的进化机制提供了重要启示。上述文献的研究发现是,由核心企业主导的创新生态系统并非一定能够提高创新效率并推动系统进化。因此,片面倚重权力导向型合作关系并不能有效解释系统进化的内在逻辑。但是,已有文献仅发现了权力导向型关系的局限,并未对企业间的合作关系进行重新定义,所以仍然无法进一步分析创新生态系统的进化过程。事实上,对异质性资源的依赖而形成合作创新也是企业间建立合作关系的主要形式,上下游企业在创新资源与数量规模等方面在创新生态系统的进化中同样发挥着重要作用(Oh等,2016;王伟光等,2015),此时企业的合作态度或参与动机将决定系统的进化趋势。另外,供应链创新研究中普遍使用的技术溢出、合作契约等要素在已有文献中并未涉及,无法有效考察合作创新行为的博弈过程以及创新生态系统的网络效应。因此,本文旨在从资源依赖型关系视角入手(Pfeffer和Salancik,1978;Hillman等,2009),重新构建核心企业与上下游企业的合作创新关系,深入分析在参与动机影响下合作创新的行为互动过程,通过理论分析与创新网络的仿真实验,揭示基于合作稳定性的创新生态系统的自组织进化特征。

本文的创新之处:(1)整合合作创新行为与创新网络效应分析,在方法上区别于Mantovani和Ruiz-Aliseda(2016)的研究,通过引入在多主体博弈行为研究上具有理论优势的演化博弈模型,解析核心企业与上下游企业(配套企业)的合作创新的互动行为。(2)认为资源依赖型关系是形成合作创新的基本动因,在企业创新行为的分析上,着重于合作创新的机会主义因素,将企业的参与动机分为“互惠型合作”与“机会型合作”两种策略,分析创新生态系统在网络效应上受企业参与动机影响的多种进化格局。(3)研究发现,企业的合作态度或参与动机是决定性创新生态系统进化的重要因素,当企业间充分合作时,能够促进系统内创新资源的优势互补并达成多方共赢;相反,合作创新受机会主义动机影响时,将使系统向低效率状态进化。这一研究发现使创新生态系统的自组织进化机制得以初步诠释,进而为企业创新决策及创新生态系统的治理提供理论支持。

二、研究假设与模型设计

(一)研究假设

Adner和Kapoor(2010)、Mantovani和Ruiz-Aliseda(2016)认为,创新生态系统内部的合作创新属于权力导向型,核心企业(focal firms)处于主导地位,在创新项目选择、合作伙伴遴选、创新收益分配上对系统进化具有至关重要的引领作用;上游组件供应企业(components)与下游互补品制造企业(complements)在系统中处于从属地位,通过互补技术、产品创新与增值服务等形式面向多个细分市场为核心企业提供产品与服务的价值增值,由此形成了“核心—外围”的企业种群生态圈。然而,合作创新也受到来自伙伴的参与动机的极大威胁,如技术窃取、虚假信息、逃避责任等,导致创新成本上升、周期延长乃至合作终止(Rogan和Greve,2014)。因此,权力导向型的合作关系并不能有效解释企业间合作创新的互动行为,尤其在参与动机影响下创新生态系统的进化过程。与之相应,Pfeffer和Salancik(1978)、Hillman等(2009)强调了资源依赖型关系(resource dependence)是促成企业合作的主要原因,企业为突破自身技术、资源及能力的局限,主动开展与外部合作,使企业创新行为由封闭走向开放。在资源依赖型关系的视野下,优势互补、自由组合是合作创新的前提,企业依赖于合作伙伴的异质性资源,共同完成技术创新与产品开发等活动(Rogan和Greve,2014)。可见,被权力导向型关系所忽视的上下游企业

同样发挥着重要作用。需要指出的是,在合作创新的互动行为分析上,引入资源依赖型关系将有利于分析企业地位均等时参与动机对合作创新效率的影响,这恰恰是权力导向型合作关系所无法解释的。

1. 资源依赖型的合作创新关系

本文将核心企业与上下游企业的合作创新诠释为资源依赖型关系,基于演化博弈模型分析参与动机影响下合作创新的稳定性与创新生态系统的自组织进化。为行文方便且不改变合作创新的资源依赖关系,我们将上下游企业统称为配套企业,并提出以下假设:

假设1:创新生态系统中存在由 m 个核心企业 $L_i, i=1, 2, \dots, m$ (简记 L)与 n 个配套企业 $F_j, j=1, 2, \dots, n$ (简记 F)组成的两类种群开展合作创新,且 $m < n$;核心企业拥有产业平台关键技术,配套企业具有互补性产业链技术模块;核心企业在规模、绩效与创新能力上优于配套企业,种群间凭借互补性资源可自由地开展创新合作。

2. 合作创新契约设计

合作创新已遍及产品设计、技术开发、市场营销等多个环节。当创新活动面临大量资源投入与较长的研发周期时,如何在规模与绩效非对称的企业间实现资源与能力互补将对创新效率产生重要影响(李晓华和刘峰,2013;龚丽敏和江诗松,2016),建立具有激励与约束功能的合作契约成为企业间合作创新的普遍做法。因此,提出以下假设:

假设2:合作创新发生时,核心企业 L 与配套企业 F 建立 (I, θ, φ) 形式契约,其中 $I (I > 0)$ 为总资金投入; $\theta (0 < \theta < 1)$ 为资金投入的分担比例,核心企业与配套企业经过协商确定,并按 θ 与 $1 - \theta$ 比例分担总资金投入; $\varphi (\varphi > 0)$ 为不合作方的违约惩罚,例如因单方违约而支付给合作方的罚金等。

3. 创新主体的参与动机

合作创新能否实现预期目标,在很大程度上取决于各参与方的理性程度、合作态度、期望收益以及所掌握的资源水平,导致合作过程的不稳定性与风险性(Ge等,2014)。例如,企业为获取合作方的核心技术、独占性资源等机会主义行为,将降低合作关系的稳定性或造成合作创新失败。另外,受信息不对称的影响,企业的“道德风险”和“逆向选择”在合作中可能重复出现,参与方的信息局限使其面临复杂问题的决策时并不能迅速地发现最优策略,即企业行为是不断调整和改进的,而非完全理性假设的一次性最优决策。因此,为进一步分析企业种群间的合作创新行为,提出以下假设:

假设3:核心企业 L 与配套企业 F 均为有限理性,受机会主义影响其合作创新的参与动机表现为策略集{互惠型合作,机会型合作},“互惠型合作”策略下企业履行契约进行合作创新并使合作方收获技术溢出;“机会型合作”策略下企业具有机会主义动机,为获取对方的核心技术或资源将保留自身的技术投入并在合作过程中发生违约行为。

4. 演化博弈的复制动态原理

借助演化博弈模型分析企业创新行为的意义是,在相对稳定的环境中判断企业与非固定合作伙伴的合作关系的长期趋势。其逻辑思路是,将种群的策略调整过程看作一个动态系统,其中个体策略变化对种群策略的影响遵循生物进化的复制动态原理(Nowak等,2004),即企业受利益驱动在与非固定合作伙伴的重复博弈过程中将不断选择有利于提高自身收益的策略,使得种群中选择这一策略的个体比例不断变化,最终达到某种策略稳定

状态。因此,种群的策略调整行为可以模拟创新生态系统的进化过程。为便于模型分析与仿真实验,提出以下假设:

假设4:根据复制动态原理,企业具有学习与判断能力,在合作创新的重复博弈中受利益最大化驱动将出现策略改变;若当前策略选择的收益小于其期望收益,企业在下一次博弈过程中将改变策略。

5.创新绩效函数设计

此外,假设核心企业与配套企业创新活动的技术投入分别为 C_L 与 C_F 。根据A-J模型(D'Aspremont和Jacquemin,1988),设两类企业的创新成本函数为 $\frac{1}{2}\rho_L C_L^2$ 与 $\frac{1}{2}\rho_F C_F^2$,其中, $\rho_L, \rho_F > 0$ ($\rho_L < \rho_F$)为创新能力系数,数值越小代表企业创新能力越强,反之则表明其创新能力薄弱。设计核心企业与配套企业的创新绩效函数的一般形式为 $1 - I^{-\gamma_k} C^{-\delta_k}$ (Samaddar和Kadiyala,2006;熊榆等,2013),其中, I, C 为资金与技术投入; $\gamma_k, \delta_k > 0$ ($k = L, F$),表示核心企业和配套企业的资金、技术投入对创新绩效的产出弹性,数值越大对创新绩效的影响越大。其他符号与公式说明如下:

$\alpha_k, k=L, F$:核心(配套)企业的创新边际收入; $\alpha_k(1 - I^{-\gamma_k} C_k^{-\delta_k})$, $k = L, F$:核心(配套)企业的创新收入, I 为合作创新发生时企业按比例投入的创新资金,当收获合作方的技术溢出时企业的创新收入变为 $\alpha_k(1 - I^{-\gamma_k} C_L^{-\delta_L} C_F^{-\delta_F})$ (Samaddar和Kadiyala,2006;熊榆等,2013); $\beta_k > 0, k=L, F$:核心(配套)企业在合作创新中的技术溢出系数,进而技术溢出的损失为 $\beta_k C_k$ 。

(二)演化博弈模型

根据假设3,核心企业与配套企业的合作创新博弈共有四种策略组合:

(1)博弈方均选择“互惠型合作”策略。根据假设2和假设3,由于充分信任,博弈方能够获得合作方的知识溢出并转化为自身的创新收益,且双方按比例分担合作创新的资金投入,此时核心企业与配套企业的创新收益分别为 $\alpha_L(1 - I^{-\gamma_L} C_L^{-\delta_L} C_F^{-\delta_F})$ 、 $\alpha_F(1 - I^{-\gamma_F} C_F^{-\delta_F} C_L^{-\delta_L})$ 。进一步,由于博弈方充分合作使合作创新中无违约行为,因此核心企业的创新收益为 $\pi_{L1} : \alpha_L(1 - I^{-\gamma_L} C_L^{-\delta_L} C_F^{-\delta_F}) - \theta I - \frac{1}{2}\rho_L C_L^2$;同理,配套企业的创新收益为 $\pi_{F1} : \alpha_F(1 - I^{-\gamma_F} C_F^{-\delta_F} C_L^{-\delta_L}) - (1 - \theta)I - \frac{1}{2}\rho_F C_F^2$ 。

(2)博弈方均选择“机会型合作”策略。此种情况意味着企业双方都存在为获取对方的核心技术的机会主义动机,其结果是双方都无法获得对方的技术投入。此时,核心企业的创新收益为 $\pi_{L0} : \alpha_L(1 - I^{-\gamma_L} C_L^{-\delta_L}) - \theta I - \frac{1}{2}\rho_L C_L^2$,配套企业的创新收益为 $\pi_{F0} : \alpha_F(1 - I^{-\gamma_F} C_F^{-\delta_F}) - (1 - \theta)I - \frac{1}{2}\rho_F C_F^2$ 。

(3)核心企业选择“互惠型合作”策略,配套企业选择“机会型合作”策略。根据假设2与假设3,“机会型合作”的配套企业具有机会主义动机,将限制自身的创新投入并窃取核心企业的专有技术,使核心企业产生技术溢出损失 $\beta_L C_L$;核心企业由于“互惠型合作”将使对方获得技术溢出的创新收益,同时“机会型合作”方将面临违约惩罚。因此,核心企业的创新收益为 $\pi_{L2} : \alpha_L(1 - I^{-\gamma_L} C_L^{-\delta_L}) - \theta I - \beta_L C_L - \frac{1}{2}\rho_L C_L^2 + \varphi$,配套企业的创新收益为 $\pi_{F2} : \alpha_F(1 - I^{-\gamma_F} C_F^{-\delta_F} C_L^{-\delta_L}) - (1 - \theta)I - \frac{1}{2}\rho_F C_F^2 - \varphi$ 。

(4)同上,核心企业选择“机会型合作”策略,配套企业选择“互惠型合作”策略时的创新收益分别为 $\pi_{L3} : \alpha_L(1 - I^{-\gamma_L} C_L^{-\delta_L} C_F^{-\delta_F}) - \theta I - \frac{1}{2} \rho_L C_L^2 - \varphi$, $\pi_{F3} : \alpha_F(1 - I^{-\gamma_F} C_F^{-\delta_F}) - (1 - \theta)I - \beta_F C_F - \frac{1}{2} \rho_F C_F^2 + \varphi$ 。

假设在 t 时刻,核心企业种群选择“互惠型合作”策略的个体比例为 $p(t)$,配套企业种群选择“互惠型合作”策略的个体比例为 $q(t)$,且 $p(t), q(t) \in [0, 1]$,此时构成合作创新的演化博弈支付矩阵如表1。

表1 合作创新的博弈支付矩阵

核心企业(L)	配套企业(F)	
	互惠型合作(q)	机会型合作($1-q$)
互惠型合作(p)	π_{L1}, π_{F1}	π_{L2}, π_{F2}
机会型合作($1-p$)	π_{L3}, π_{F3}	π_{L0}, π_{F0}

根据表1, t 时刻核心企业选择“互惠型合作”的期望收益为:

$$u_{L1} = q\pi_{L1} + (1 - q)\pi_{L2} \quad (1)$$

选择“机会型合作”的期望收益为:

$$u_{L2} = q\pi_{L3} + (1 - q)\pi_{L0} \quad (2)$$

平均收益是 $\bar{u}_L = pu_{L1} + (1 - p)u_{L2}$,则核心企业种群的复制动态方程为(Friedman, 1998):

$$\frac{dp}{dt} = p(u_{L1} - \bar{u}_L) = p(1 - p)(\varphi - \lambda_1 + \lambda_1 q) \quad (3)$$

$$\text{其中 } \lambda_1 = \beta_L C_L - (1 - \theta)I \quad (4)$$

t 时刻配套企业选择“互惠型合作”的期望收益为:

$$u_{F1} = p\pi_{F1} + (1 - p)\pi_{F2} \quad (5)$$

选择“机会型合作”的期望收益为:

$$u_{F2} = p\pi_{F2} + (1 - p)\pi_{F0} \quad (6)$$

平均收益是 $\bar{u}_F = qu_{F1} + (1 - q)u_{F2}$,则配套企业种群的复制动态方程为:

$$\frac{dq}{dt} = q(u_{F1} - \bar{u}_F) = q(1 - q)(\varphi - \lambda_2 + \lambda_2 p) \quad (7)$$

$$\text{其中 } \lambda_2 = \beta_F C_F - \theta I \quad (8)$$

令 $\frac{dp}{dt} = 0$, $\frac{dq}{dt} = 0$,在平面 $M = \{(p, q) | 0 \leq p, q \leq 1\}$ 上可得演化博弈的5个均衡点:
 $O(0, 0)$ 、 $A(0, 1)$ 、 $B(1, 1)$ 、 $C(1, 0)$ 、 $D(\frac{\lambda_2 - \varphi}{\lambda_2}, \frac{\lambda_1 - \varphi}{\lambda_1})$ 。

三、模型求解

(一)系统进化状态与稳定性

根据复制动态方程(3)式和(7)式,系统的Jacobian矩阵可表示为:

$$J = \begin{bmatrix} (1-2p)(\varphi - \lambda_1 + \lambda_1 q) & \lambda_1 p (1-p) \\ \lambda_2 q (1-q) & (1-2q)(\varphi - \lambda_2 + \lambda_2 p) \end{bmatrix}$$

仅当 $\lambda_1, \lambda_2 > \varphi > 0$ 时具有研究意义, 满足 $\frac{\lambda_1 - \varphi}{\lambda_1}, \frac{\lambda_2 - \varphi}{\lambda_2} \in [0, 1]$, 各均衡点 Jacobian 矩阵的行列式与迹的符号分析如表2。

表2 均衡点的局部稳定性分析

均衡点	$DetJ$	TrJ	稳定性
$O(0,0)$	$(\varphi - \lambda_1)(\varphi - \lambda_2)$	+	$2\varphi - \lambda_1 - \lambda_2$ ESS
$A(0,1)$	$\varphi(\lambda_2 - \varphi)$	+	λ_2 + 不稳定
$B(1,1)$	φ_2	+	-2φ - ESS
$C(1,0)$	$\varphi(\lambda_1 - \varphi)$	+	λ_1 + 不稳定
$D\left(\frac{\lambda_2 - \varphi}{\lambda_2}, \frac{\lambda_1 - \varphi}{\lambda_1}\right) - \frac{\varphi^2 \lambda_1 \lambda_2 (\lambda_1 - \varphi)(\lambda_2 - \varphi)}{\lambda_1^2 \lambda_2^2}$	-	0	鞍点

由表2可知: $D\left(\frac{\lambda_2 - \varphi}{\lambda_2}, \frac{\lambda_1 - \varphi}{\lambda_1}\right)$ 为鞍点; $A(0,1)、C(1,0)$ 为不稳定点; $O(0,0)、B(1,1)$ 为博弈的演化稳定策略 (Evolutionary Stable Strategy, ESS)。由图1所示, 系统进化状态表现出“互惠型合作”与“机会型合作”对立共存的现象。其中, 不稳定点 $A、C$ 与鞍点 D 连接的折线可视为系统收敛于不同进化状态的临界线。区域 S_{OADC} 收敛于 O 点, 即企业种群趋向于选择“机会型合作”策略; 区域 S_{DABC} 收敛于 B 点, 即企业种群趋向于选择“互惠型合作”策略。鞍点 D 的位置影响着合作稳定性与系统进化状态, 随着区域 S_{OADC} 的面积减小, 系统将逐渐收敛于 B 点, “互惠型合作”策略将成为核心企业与配套企业的进化结果, 反之“机会型合作”将成为种群的共同策略。为进一步分析合作创新的互动行为与网络效应, 区域 S_{OADC} 的面积可表示为:

$$S_{OADC} = \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda_1 - \varphi}{\lambda_1} + \frac{\lambda_2 - \varphi}{\lambda_2} \right) \quad (9)$$

(二) 合作创新与系统进化分析

由图1可知核心企业种群与配套企业种群合作创新的稳定性决定创新生态系统的进化状态, 表现出“互惠型合作”与“机会型合作”对立共存的系统进化特征。为进一步解析创新生态系统的进化机制及其网络创新的协调问题, 对上文假设与模型中各影响因素的分析可得出以下命题:

命题1: 技术溢出损失增加将降低企业种群间的合作稳定性, 使系统向“机会型合作”方向进化, 合作创新的整体效率在不断下降。

证明: 考虑技术溢出 $\beta_k (k=L, F)$ 对创新生态系统进化的影响。将(4)、(8)式代入(9)式, 可得 $\frac{\partial S_{OADC}}{\partial \beta_L} = \frac{\varphi C_L}{2[\beta_L C_L - (1-\theta)I]^2} > 0, \frac{\partial S_{OADC}}{\partial \beta_F} = \frac{\varphi C_F}{2(\beta_F C_F - \theta I)^2} > 0$, 则 S_{OADC} 是 β_k 的单调递增函数。当 β_k 增大时, 图1中鞍点 D 向 B 点方向移动, S_{OADC} 面积增大, 系统向 $O(0,0)$ 方向的进化概率增大, “机会型合作”将逐渐成为企业种群的共同选择, 系统进化过程如图2(a)。

命题1表明,合作创新中的技术溢出损失风险将影响合作关系的稳定性。然而,核心技术的保护与共享也容易成为企业创新决策的一种“囚徒困境”(Nasr等,2015)。其现实表现是:(1)过度的知识产权保护。技术输出方出于技术安全性与垄断性利润的考虑向技术需求方收取高昂的技术授权费,例如Qualcomm公司凭借其在无线通信标准必要专利技术和基带芯片市场的垄断性地位,一度向下游的智能手机制造商收取高价专利许可费,不但增加了制造商的运营成本,而且抑制了产业生态的整体创新。(2)合

作歧视所产生的技术锁定风险。处于技术劣势的企业在产业分工及利润获取上受制于技术优势企业,特别是在自主创新能力薄弱的条件下技术劣势企业将长期锁定在产业链低端,这也是近年中国OEM产业衰退与转型困境的一个主要原因。因此,对于知识产权保护、反垄断政策以及核心技术转让等关联性问题,在创新生态系统的治理机制设计上应充分考虑技术溢出层面的合作复杂性。

命题2:增加违约惩罚有利于促进企业种群间的合作创新,使系统向“互惠型合作”方向进化,合作创新的整体效率获得不断提高。

证明:将(4)、(8)式代入(9)式,可得 $\frac{\partial S_{OADC}}{\partial \varphi} = -\frac{\beta_L C_L + \beta_F C_F - I}{2[\beta_L C_L - (1-\theta)I](\beta_F C_F - \theta I)}$ 。根据约束条件 $\lambda_1 = \beta_L C_L - (1-\theta)I > 0$ 及 $\lambda_2 = \beta_F C_F - \theta I > 0$,因此 $\frac{\partial S_{OADC}}{\partial \varphi} < 0$ 。 S_{OADC} 是 φ 的单调递减函数,随着 φ 增大,图1中鞍点D点向O点方向移动, S_{OADC} 面积减小,系统向B(1,1)方向的进化概率增大,此时核心企业与配套企业将选择“互惠型合作”策略,系统进化过程如图2(b)。

命题2表明,违约惩罚可以作为博弈方策略选择的制约机制,当惩罚较大时博弈方将倾向于充分合作。但现实中的问题是契约的不完备性与违约惩罚的执行力不足又将增加合作创新的交易成本,此时通过政府及产业中介组织建立征信系统及声誉监督机制将成为解决这一问题的主要对策。Wang和Shin(2015)比较了供应链创新的多种契约形式,认为收益分享契约有益于协调供应链的投资与创新决策,这一内容在创新生态系统的契约设计上具有借鉴意义。

命题3:资金投入增加时有利于促进企业种群间的合作创新,使系统向“互惠型合作”方向进化,合作创新的整体效率获得不断提高。

证明:将(4)、(8)式代入(9)式,可得 $\frac{\partial S_{OADC}}{\partial I} = -\frac{(\beta_F C_F - \theta I)^2(1-\theta)\varphi + [\beta_L C_L - (1-\theta)I]^2\theta\varphi}{2[\beta_L C_L - (1-\theta)I]^2(\beta_F C_F - \theta I)^2}$,由于 $\varphi > 0, 0 < \theta < 1$,因此 $\frac{\partial S_{OADC}}{\partial I} < 0$ 。随着I增大,图1中鞍点D点向O点方向移动, S_{OADC} 面积减小,系统向B(1,1)方向的进化概率增大,核心企业与配套企业向“互惠型合作”策略方向发展,系统进化过程如图2(b)。

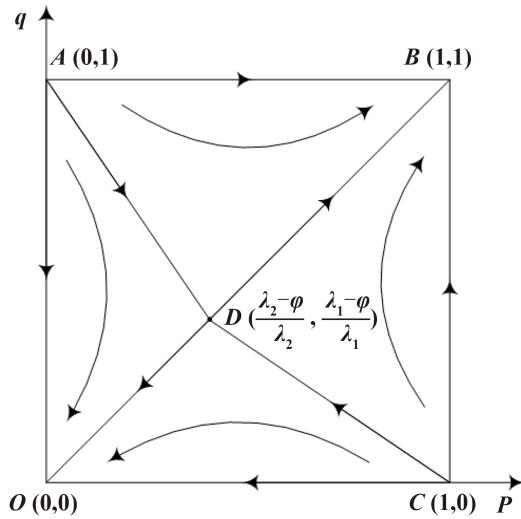


图1 系统进化状态与稳定性

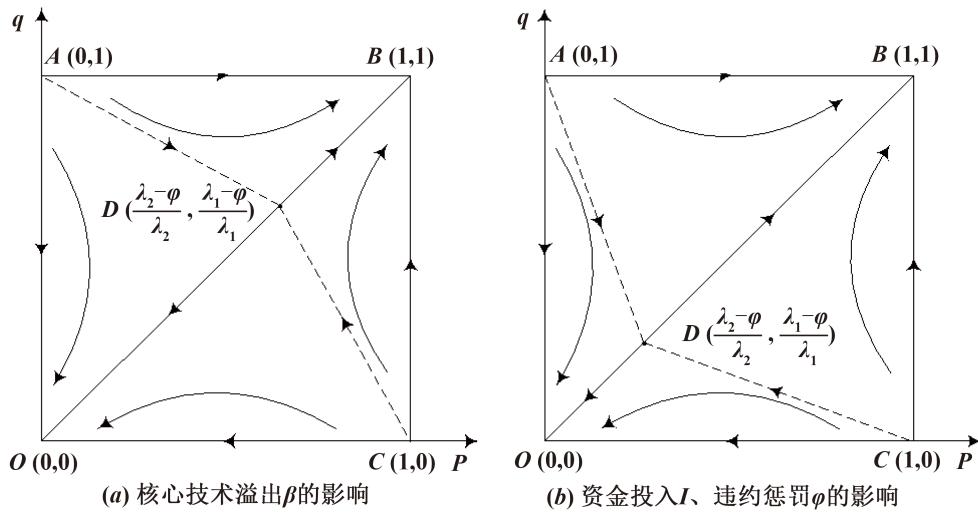


图2 参数变化与系统进化状态分析

命题3表明,随着创新资金需求的增长,特别是企业个体无法满足高昂的资金投入时,解决资金瓶颈的限制将促进企业间形成稳定的合作关系。此外,企业在选择创新伙伴时,应该跳出“强强联合”的惯性思维,依据自身的创新能力与技术优势,选择具有资源互补性的企业进行合作,可以解决资金与技术的个体局限并增加合作创新的稳定性。

命题4: θ 对系统进化状态的影响不显著。当 $|\beta_F C_F - \beta_L C_L| < I$ 时,资金分担比例存在临界状态 $\theta^* = \frac{\beta_F C_F - \beta_L C_L + I}{2I}$ 改变,合作创新博弈的策略变化趋势。

证明:根据图1,(9)式可变换为 $S_{OADC} = S_{OAD} + S_{ODC}$,其中 $S_{OAD} = \frac{\lambda_2 - \varphi}{2\lambda_2}$,
 $S_{ODC} = \frac{\lambda_1 - \varphi}{2\lambda_1}$ 。计算一阶条件得出 $\frac{\partial S_{OAD}}{\partial \theta} = \frac{\varphi I}{2[\beta_L C_L - (1 - \theta)I]^2} > 0$,
 $\frac{\partial S_{ODC}}{\partial \theta} = \frac{-\varphi I}{2(\beta_F C_F - \theta I)^2} < 0$,即 θ 变化使核心企业与配套企业种群做出相反的策略改变,
 S_{OAD} 与 S_{ODC} 对 S_{OADC} 的影响是此消彼长的。随着 θ 变化,图1中鞍点D点将介于O点与B点之间往复,无法达到ESS。因此, θ 对系统进化状态的影响不显著,系统仍然表现出“互惠型合作”与“机会型合作”对立共存的进化现象。

对于(9)式,求 $\frac{\partial S_{OADC}}{\partial \theta} = \frac{(\beta_F C_F - \theta I)^2 - [\beta_L C_L - (1 - \theta)I]^2}{2[\beta_L C_L - (1 - \theta)I]^2(\beta_F C_F - \theta I)^2} \varphi I$ 。令 $\frac{\partial S_{OADC}}{\partial \theta} = 0$,可得出 $\theta^* = \frac{\beta_F C_F - \beta_L C_L + I}{2I}$ 。 $\theta^* \in (0, 1)$ 的存在的条件是 $|\beta_F C_F - \beta_L C_L| < I$,进一步可得出 $\frac{\partial^2 S_{OADC}}{\partial \theta^2} = \frac{-\varphi I^2}{(\beta_F C_F - \theta I)^3} + \frac{-\varphi I^2}{[\beta_L C_L - (1 - \theta)I]^3} < 0$,因此在 $|\beta_F C_F - \beta_L C_L| < I$ 时, θ 为 S_{OADC} 的极大值点。(1)当 $0 < \theta < \theta^*$ 时,为 S_{OADC} 的递增区间,由于 $\frac{\partial S_{OAD}}{\partial \theta} > 0$, $\frac{\partial S_{ODC}}{\partial \theta} < 0$,随着 θ 增大,图1中鞍点D向B点方向移动的幅度大于向O点移动的幅度,使系统呈现出“机会型合作”策略的进化趋势,系统进化过程类似于图2(a);(2)当 $\theta^* < \theta < 1$ 时,为 S_{OADC} 的递减区间,由于 $\frac{\partial S_{OAD}}{\partial \theta} > 0$, $\frac{\partial S_{ODC}}{\partial \theta} < 0$,随着 θ 增大,图1中鞍点D点向O点方向的变动幅度大于向B点方向的变动幅度,使系统呈现出“互惠型合作”策略的进化趋势,系统进化过程类似于图2(b)。

对于命题4,值得注意的是 $0 < \theta < \theta^*$ 与 $\theta^* < \theta < 1$ 两种情况仅改变了种群策略的变化趋势,最终并不能达到ESS,因为 $\theta=0$ 与 $\theta=1$ 时相当于博弈的某一方负担了全部的研发资金投入,此时不具备合作创新的形成条件,所以无论 θ 是否存在, θ 的变化都不改变系统“互惠型合作”与“机会型合作”对立共存的进化状态。

四、数值模拟与仿真分析

(一)数值模拟

首先,通过数值分析检验参数变化对合作创新与进化机制的影响。设定参数 $I \in [1, 20]$, $\varphi \in [1, 10]$, $\beta_k \in [1, 5]$, $C_L = 25$, $C_F = 20$, $\theta = 50\%$,根据(4)、(8)和(9)式,作图3。图3描述了违约惩罚、技术溢出和资金投入对企业策略选择的影响:增加资金投入与违约惩罚将提高企业种群选择“互惠型合作”策略的概率并促进系统实现进化稳定状态,而技术溢出的损失风险对系统进化的影响则是相反的。

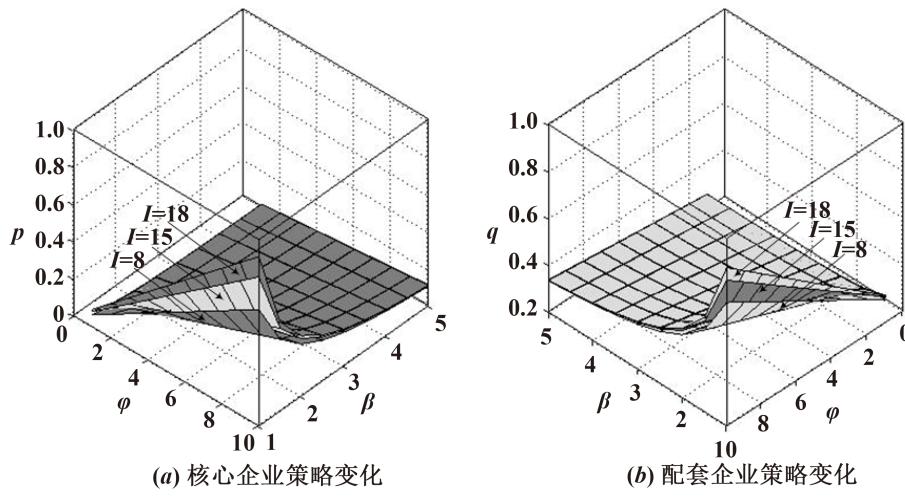


图3 β , φ , I 对合作创新策略的影响

根据命题4,无论极值点 θ^* 是否存在, θ 的变化都不改变生态系统“互惠型合作”与“机会型合作”共存的进化格局。极值点 θ^* 存在时应满足 $|\beta_F C_F - \beta_L C_L| < I$,因此可分为两种情况考虑,即 $0 < \beta_F C_F - \beta_L C_L < I$ 与 $0 < \beta_L C_L - \beta_F C_F < I$ 。设定参数 $\beta_k = 2$, $I = 20$, $\varphi = 10$,由(4)、(8)和(9)式,对 $C_L = 20$, $C_F = 25$ 与 $C_L = 17.5$, $C_F = 15$ 分别作图4(a)与图4(b)。图4中随着 θ 增加,核心企业(p)与配套企业(q)选择“互惠型合作”策略的趋势相反,在 $\theta^* = 75\%$ 与 $\theta^* = 37\%$ 时 S_{OADC} 具有极大值; $\theta < \theta^*$ 时核心企业选择“互惠型合作”(“机会型合作”)策略的递减(递增)趋势占优; $\theta > \theta^*$ 时配套企业选择“互惠型合作”(“机会型合作”)策略的递增(递减)趋势占优;这一现象在核心企业的技术溢出损失风险大于配套企业时更为显著(图4(b))。因此,整体上生态系统表现出“互惠型合作”与“机会型合作”对立共存的进化状态。

不存在极值点 θ^* 时, $|\beta_F C_F - \beta_L C_L| > I$,存在 $\beta_F C_F - \beta_L C_L > I$ 与 $\beta_L C_L - \beta_F C_F > I$ 两种情况。设定参数 $\beta_k = 2$, $I = 10$, $\varphi = 10$,由(4)、(8)和(9)式,对 $C_L = 20$, $C_F = 25$ 与 $C_L = 17.5$, $C_F = 10$ 分别作图5(a)与图5(b)。 $\theta \in (0, 1)$ 时不存在极值点 θ^* ,图5(a)中随着 θ 增加,核心企业选择“互惠型合作”(“机会型合作”)策略的递减(递增)趋势占优;图5(b)中随着 θ 增加,配套企

业选择“互惠型合作”(“机会型合作”)策略的递增(递减)趋势占优。因此,结合图4与图5,可以得出 θ 的变化不改变生态系统“互惠型合作”与“机会型合作”共存的进化状态。

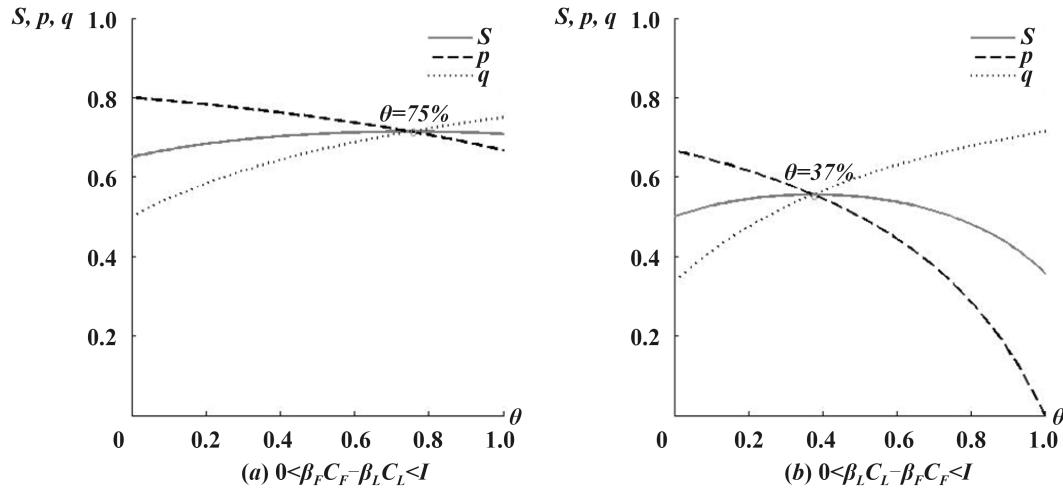


图4 θ 存在时对系统进化的影响

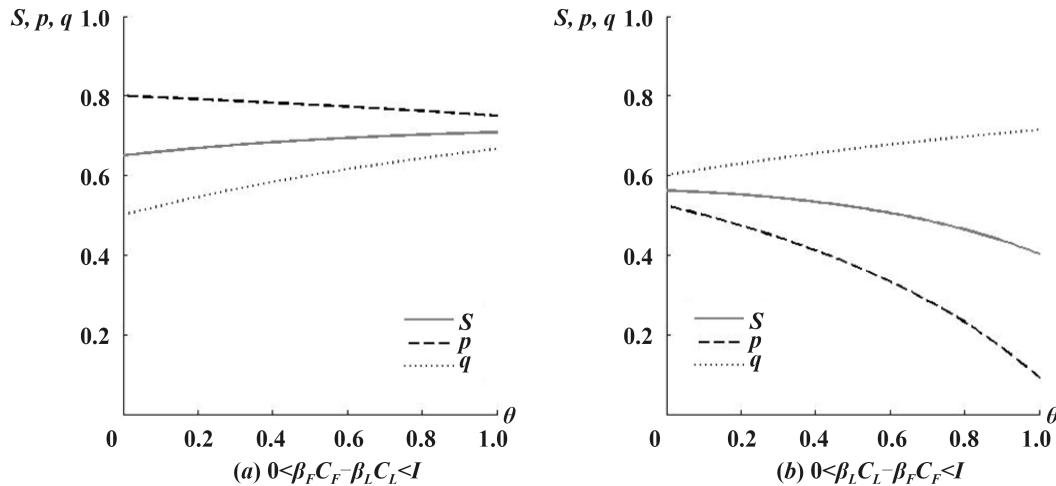


图5 θ^* 不存在时对系统进化的影响

(二) 仿真分析

为进一步分析创新生态系统的合作创新的网络效应,通过仿真实验模拟企业种群的博弈过程。构建创新生态系统的区域边界为一个二维矩阵,核心企业与配套企业在平面内随机分布并做布朗运动,通过仿真时钟 t 模拟合作创新的博弈进程。 $t=0$ 时仿真系统初始化,种群策略在“互惠型合作”与“机会型合作”间随机分配。当种群个体在区域内相遇时,视为一个合作创新的博弈过程,以满足约束条件 $\lambda_1, \lambda_2 > \varphi > 0$ 模拟假设2的契约协商过程,根据表1的支付矩阵与假设4开始演化博弈。为拟合现实情况,设置核心企业种群规模为 $m=10$ 、配套企业种群规模为 $n=100$,考虑核心企业在绩效、创新能力上优于配套企业并体现种群个体的异质性, $t=0$ 时随机生成 $\alpha_k, \gamma_k, \delta_k, \rho_k$ ($k=L, F$) 与 θ , 并令 $\alpha_L > \alpha_F, \gamma_L > \gamma_F, \delta_L > \delta_F, \rho_L < \rho_F; \beta_k (k=L, F), \varphi, I$ 设置为解释变量,以观察其对系统进

化的影响。为保持一贯性,结合上文的参数设定,实验变量的设置条件如表3,使用netlogo 编写仿真程序。

表3 仿真实验的主要变量

类型	变量	取值范围
控制变量	种群规模 m, n	$m=10, n=100$
	研发边际收益 α_k	[50, 100]
	资金投入的产出弹性 γ_k	(0, 1)
	技术投入的产出弹性 δ_k	(0, 1)
	研发能力系数 ρ_k	[1, 3]
	核心技术投入 C_k	[1, 25]
解释变量	资金分担比例 θ	(0, 1)
	技术溢出系数 β_k	[1, 5]
	违约惩罚 φ	[1, 10]
	总资金投入 I	[1, 20]

为方便对比分析,设置初始状态时核心企业与配套企业种群选择“互惠型合作”策略的个体比例均为50%,仿真过程如图6。图6中横坐标为仿真时钟,反映系统进化效率;纵坐标为种群的策略选择比例,表示系统的进化状态。在参数随机生成时,系统长期博弈的进化机制表现出“互惠型合作”与“机会型合作”并存的现象。为方便与下文的效率比较,图6仅截取了仿真开始后的部分演化博弈过程。此外,由于设置核心企业的种群规模小于配套企业,因此其个体的策略改变对种群策略比例的影响较大,在图6中核心企业较配套企业表现出更显著的策略波动。

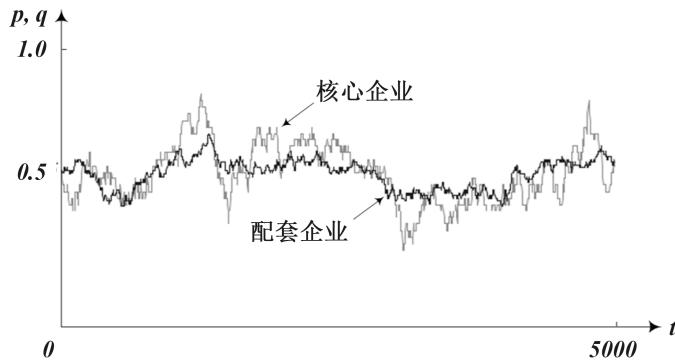


图6 仿真初始状态

(1)当 β 增加30%、40%与50%时,由图7(a)—图7(c)可见,随着 β 增加,与图6相比种群个体选择“机会型合作”的比例在不断增大,使系统向低效率合作状态进化直至合作创新停滞。图7(c)在效率上优于图7(a)与图7(b),即技术溢出损失越大,企业越倾向于选择“机会型合作”。(2)当 φ 增加50%、60%与75%时,在图7(d)—图7(f)中随着 φ 增加,种群个体选择“互惠型合作”的比例在不断上升,使系统逐渐进化到充分合作状态并实现多方共赢。在种群策略变化效率上图7(f)高于图7(e)与图7(d),即违约惩罚越大,企业越倾向于选择“互惠型合作”。(3)资金投入 I 对合作创新网络效应的影响与 φ 相似,本文从略。结合上文分析,资金分担比例 θ 对系统进化的影响不显著,仿真图例与图6相似,即“互惠型合作”与“机会型合作”并存的系统进化状态。

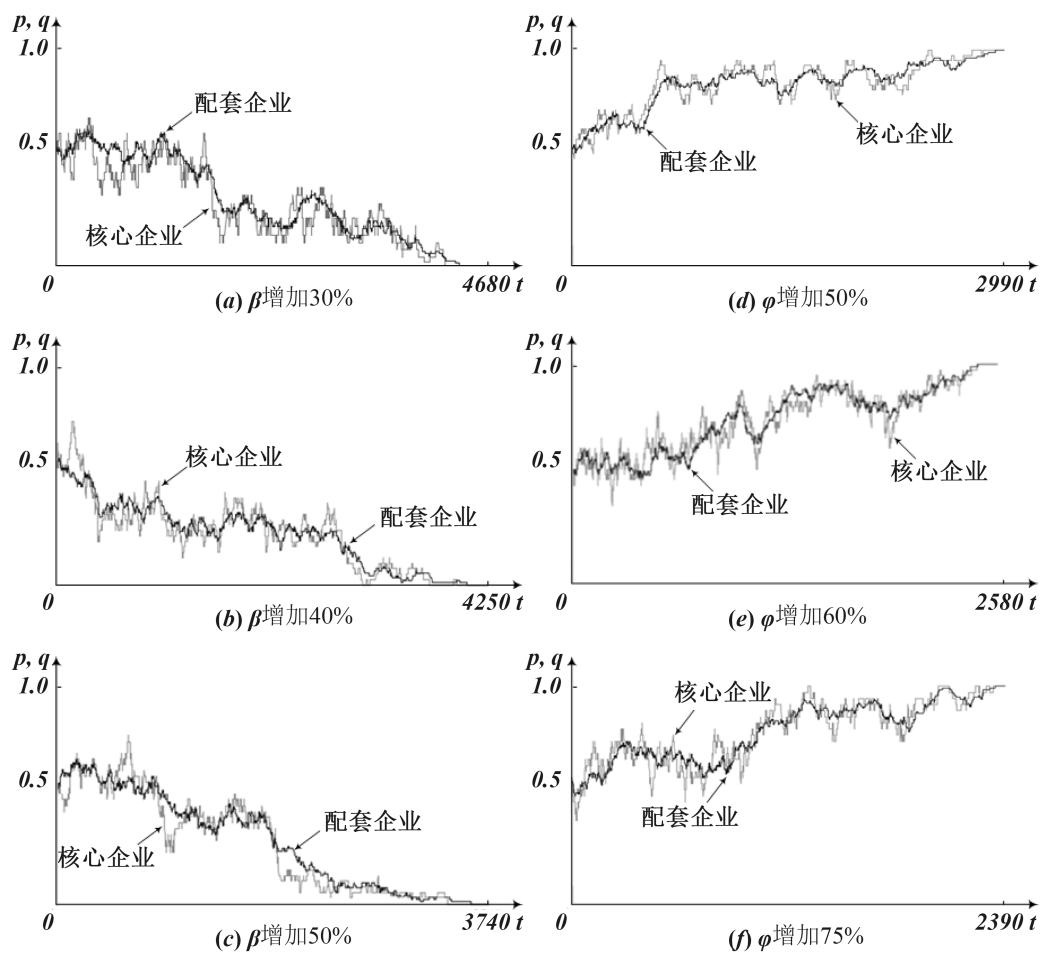


图7 β, φ 的创新网络效应分析

五、结论与展望

我们认为,合作关系是影响创新生态系统进化的关键变量。传统上创新生态系统将企业间的合作创新归结为权力导向型关系,认为核心企业主导创新生态系统的合作创新与进化,缺陷是忽视了对企业创新互动行为的考察,因而无法有效解释创新生态系统的进化特征,事实上企业间合作创新是推动系统进化的基本动因。现实中,形成合作创新存在着多种原因,核心企业既可主导合作创新,同时作为资源需求方,也需要与上下游企业(配套企业)的配合,由此形成一种较为稳定的资源依赖型合作关系,此时合作创新的互动行为将更多地体现在企业参与动机的影响。

本文通过资源依赖型关系视角分析创新生态系统的自组织进化机制,得出以下结论:(1)合作态度或参与动机影响着合作创新稳定性以及创新生态系统的进化趋势。(2)由资源依赖型关系所形成的合作创新,实质是一种企业间共生共存的资源互补机制,在产品研发、技术创新等方面推动创新生态系统中核心企业与上下游企业(配套企业)的同步发展,这一过程中企业的合作态度或参与动机是决定性因素。(3)通过模拟资源依赖型的合作创新关系以及进一步地合作创新的互动行为分析,发现技术溢出损失增大时不利于企业间形成稳定的合作关系,企业倾向于选择“机会型合作”策略,使系统向低效率状态进化;提

高合作契约的违约惩罚或增加创新资金投入时有利于促进企业间的合作创新,企业倾向于选择“互惠型合作”策略,使系统向充分合作方向进化并实现多方共赢。

最后,本文的模型设计是基于企业合作创新的参与动机假设,并未涉及创新生态系统内部的产业竞争问题,这既是本文研究的不足,也是未来进一步分析创新生态系统进化的一个可行方向。后续研究可在以下方面拓展:(1)在参与动机的分析上考虑声誉机制对企业种群间合作创新决策的作用关系。受不完备契约与非对称信息的影响,合作伙伴的机会主义行为是制约资源共享及合作成败的主要障碍,建立声誉机制不失为提高合作稳定性有效手段。Kreps等(1982)的经典研究已发现声誉机制能够在重复博弈时促进参与人的合作行为,这一结论在企业间合作行为的分析上也得到了有效验证。Christopher和Gaudenzi(2009)、Hoejmose等(2014)发现,声誉机制通过降低信息不对称或者提供合作激励,可以促进企业间资源共享并抑制机会主义行为。因此,以声誉机制视角分析合作创新行为可以作为创新生态系统研究的有益补充,特殊之处是创新生态系统的企业创新行为是以网络化形式呈现的,而且外部环境的动态性也时刻影响着系统的整体创新效率。因此,在声誉机制的分析上应考虑市场需求、产业竞争以及技术更迭等因素对合作创新稳定性的影响,从而进一步解释创新生态系统的进化机制。(2)分析创新生态系统的网络结构有利于进一步解释资源依赖型关系的合作效率。Baum等(2010)认为创新网络的形成具有一定的偏好性,企业倾向于选择能力强大、技术互补以及声誉良好的企业优先建立合作连接,这类似于创新生态系统的组建过程。Watts和Strogatz(1998)、Barabási和Albert(1999)对网络结构的开创性研究发现,科学研究、产学研、发明专利等合作网络具有小世界性和无标度性特征。小世界性使网络成员间能够便捷高效地开展沟通合作,促进技术、知识及信息在合作网络中的传播和扩散;无标度性意味着网络的连接分布极不均匀,少数核心节点拥有大量的网络连接,它们在整个合作网络中具有重要作用。那么,考察创新生态系统的网络结构是否具有上述特征,对于解释系统进化机制是十分必要的。后续研究可以通过比较各类创新生态系统的网络结构,进而检验其进化状态与系统合作效率,为企业战略决策以产业政策制定提供理论依据。

主要参考文献

- [1]Watts D J, Strogatz S H. Collective dynamics of 'small-world' networks[J]. *Nature*, 1998, 393(6684): 440–442.
- [2]West J, Salter A, Vanhaverbeke W, et al. Open innovation: The next decade[J]. *Research Policy*, 2014, 43(5): 805–811.
- [3]龚丽敏,江诗松.平台型商业生态系统战略管理研究前沿:视角和对象[J].*外国经济与管理*,2016,(6): 38–50, 62.
- [4]李晓华,刘峰.产业生态系统与战略性新兴产业发展[J].*中国工业经济*,2013,(3): 20–32.
- [5]王伟光,冯荣凯,尹博.产业创新网络中核心企业控制力能够促进知识溢出吗?[J].*管理世界*,2015,(6): 99–109.
- [6]熊榆,张雪斌,熊中楷.合作新产品开发资金及知识投入决策研究[J].*管理科学学报*,2013,(9): 53–63.
- [7]曾德明,韩智奇,邹思明.协作研发网络结构对产业技术生态位影响研究[J].*科学学与科学技术管理*,2015,(3): 87–95.
- [8]张运生,邹思明.高科技企业创新生态系统治理机制研究[J].*科学学研究*,2010,(5): 785–792.
- [9]Adner R, Kapoor R. Value creation in innovation ecosystems: How the structure of technological interdependence affects firm performance in new technology generations[J]. *Strategic Management Journal*, 2010, 31(3): 306–333.
- [10]Barabási A L, Albert R. Emergence of scaling in random networks[J]. *Science*, 1999, 286(5439): 509–512.
- [11]Baum J A C, Cowan R, Jonard N. Network-independent partner selection and the evolution of innovation networks[J]. *Management Science*, 2010, 56(11): 2094–2110.
- [12]Billington C, Davidson R. Leveraging open innovation using intermediary networks[J]. *Production and Operations Management*, 2013, 22(6): 1464–1477.

- [13]Ceccagnoli M, Forman C, Huang P, et al. Cocreation of value in a platform ecosystem: The case of enterprise software[J]. *MIS Quarterly*, 2012, 36(1): 263–290.
- [14]Chesbrough H W. The era of open innovation[J]. *Sloan Management Review*, 2003, 44(3): 35–41.
- [15]Christopher M, Gaudenzi B. Exploiting knowledge across networks through reputation management[J]. *Industrial Marketing Management*, 2009, 38(2): 191–197.
- [16]D'Aspremont C, Jacquemin A. Cooperative and noncooperative R & D in duopoly with spillovers[J]. *The American Economic Review*, 1988, 78(5): 1133–1137.
- [17]Gawer A, Cusumano M A. Industry platforms and ecosystem innovation[J]. *Journal of Product Innovation Management*, 2014, 31(3): 417–433.
- [18]Gawer A, Phillips N. Institutional work as logics shift: The case of Intel's transformation to platform leader[J]. *Organization Studies*, 2013, 34(8): 1035–1071.
- [19]Ge Z H, Hu Q Y, Xia Y S. Firms' R&D cooperation behavior in a supply chain[J]. *Production and Operations Management*, 2014, 23(4): 599–609.
- [20]Nasr E S, Kilgour M D, Noori H. Strategizing niceness in co-opetition: The case of knowledge exchange in supply chain innovation projects[J]. *European Journal of Operational Research*, 2015, 244(3): 845–854.
- [21]Nowak M A, Sasaki A, Taylor C, et al. Emergence of cooperation and evolutionary stability in finite populations[J]. *Nature*, 2004, 428(6983): 646–650.
- [22]Hillman A, Withers M C, Collins B J. Resource dependence theory: A review[J]. *Journal of Management*, 2009, 35(6): 1404–1427.
- [23]Hoejmose S U, Roehrich J K, Grosvold J. Is doing more doing better? The relationship between responsible supply chain management and corporate reputation[J]. *Industrial Marketing Management*, 2014, 43(1): 77–90.
- [24]Ji G J, Gunasekaran A. Evolution of innovation and its strategies: From ecological niche models of supply chain clusters[J]. *Journal of the Operational Research Society*, 2013, 65(6): 888–903.
- [25]Kapoor R, Lee J M. Coordinating and competing in ecosystems: How organizational forms shape new technology investments[J]. *Strategic Management Journal*, 2013, 34(3): 274–296.
- [26]Mantovani A, Ruiz-Aliseda F. Equilibrium innovation ecosystems: The dark side of collaborating with complementors[J]. *Management Science*, 2016, 62(2): 534–549.
- [27]Oh D S, Phillips F, Park S, et al. Innovation ecosystems: A critical examination[J]. *Technovation*, 2016, 54: 1–6.
- [28]Rogan M, Greve H R. Resource dependence dynamics: Partner reactions to mergers[J]. *Organization Science*, 2015, 26(1): 239–255.
- [29]Samaddar S, Kadiyala S S. An analysis of interorganizational resource sharing decisions in collaborative knowledge creation[J]. *European Journal of Operational Research*, 2006, 170(1): 192–210.
- [30]Wang J Q, Shin H. The impact of contracts and competition on upstream innovation in a supply chain[J]. *Production and Operations Management*, 2015, 24(1): 134–146.

Cooperative Stability, Participation Motivation and Self-organized Evolution of Innovation Ecosystem

Zhang Hua

(*School of Economics and Management, Zhaoqing College, Zhaoqing 526061, China*)

Abstract: The innovation ecosystem is based on self-organized evolution, and its theoretical supporters believe that all-win achievement is the inevitable result of system evolution, but recent studies have challenged the conclusion and show that innovation ecosystem may evolve to a failed status. At present, there is a lack of systematic theory support and test of this issue. Previous studies of innovation ecosystem have suggested that focus firms are the determinant factors affecting system evolution,

(下转第128页)

systematic examination method, this paper selects 79 English articles and 24 Chinese articles after collecting domestic and foreign literature of organizational inertia in the last forty years. It takes the two perspectives of environmental selection and organizational adaptation and their integration as the main clue, systematically reviews the conceptual composition, measurement, antecedents and consequences of organizational inertia, and finally points out the shortcomings of the existing research and future research directions. It systematically reviews organizational inertia research for the first time at home and abroad, and provides the basis for further development of theoretical and empirical research.

Key words: organizational inertia; organizational change; environmental selection; organizational adaptation

(责任编辑: 度生)

(上接第73页)

and neglect the effects of firm cooperative attitudes or participation motivation on system evolution. In fact, firms' cooperative behavior also shows the resource dependence relationship to carry out cooperative innovation of bodies with equal status. Based on evolutionary game model, this paper analyzes the self-organized evolutionary process of cooperative innovation between focus firms and supporting enterprise communities in innovation ecosystem through resource dependence relationship. Taking participation motivation for cooperative innovation into account, it divides firm behavior into reciprocal cooperation and opportunistic cooperation strategies, and explores the evolutionary mechanism of innovation ecosystem by combining with technology spillover, cooperative contract etc. Through model analysis and numerical simulation, it comes to the conclusions as follows: firstly, cooperative attitude or participation motivation affect the efficiency and trend of system evolution; secondly, when the increase in losses of technology spillover is harmful to the formation of stable cooperative relationship among firms, and firms tend to select the opportunistic cooperation strategy, leading to the system evolution toward low efficiency; thirdly, the rise in penalties for breaches of cooperative contracts or the increase in innovation capital input are beneficial to the promotion of cooperative innovation among firms, and firms tend to select the reciprocal cooperation strategy, leading to the system evolution toward complete cooperation and all-win achievement. This paper introduces the perspective of resource dependence relationship cooperation, gives a preliminary explanation of self-organized evolution mechanism of innovation ecosystem, and thereby provides theoretical support for firm innovation decisions and the governance of innovation ecosystem.

Key words: innovation ecosystem; cooperative innovation; evolutionary game; resource dependence relationship; evolutionary stable strategy

(责任编辑: 度生)