

循环经济产业集群中核心生态企业链合创新博弈分析及策略选择研究

王腊银, 罗福周

(西安建筑科技大学 管理学院, 陕西 西安 710055)

摘要:链合创新是循环经济产业集群在生态链上提高创新响应程度,降低创新风险,实现创新效率的主要形式。文章在提出循环经济产业集群链合创新八个假设的基础上,针对核心生态企业为上游企业和为下游企业两种情形,构建了两层生态结构的创新博弈模型,通过对博弈过程的细致分析,提出链合创新的策略集;并运用 MATLAB 工具就创新难度系数和生态影响力对策略集的影响进行仿真分析。研究表明:在循环经济产业集群中,核心生态企业链合创新的程度不是越大越好,其策略选择和最优利润与核心生态企业在生态链上的位置无关;链合创新的合作伙伴也并非相对实力越强越好,而是存在极值,且生态影响力越大,其可选范围也越大。

关键词:链合创新;核心生态企业;生态影响力;策略选择

中图分类号:F204 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-1505(2018)03-0093-12

DOI:10.14134/j.cnki.cn33-1337/c.2018.03.009

Research on Vertical Cooperative Innovation Game Model and Strategy Selection of Core Ecological Enterprises in the Circular Economy Industrial Cluster

WANG La-yin, LUO Fu-zhou

(School of Management, Xi'an University of Architecture & Technology, Xi'an 710055, China)

Abstract: Vertical Cooperative Innovation is the main form of the Circular Economy Industrial Cluster to improve the innovation responding, reduce innovation risks and achieve innovation efficiency in the ecological chain. This paper puts forward the eight hypotheses of Vertical Cooperative Innovation of the Circular Economy Industrial Cluster, and constructs the innovative game models of two-tier ecological structure for two cases: the core ecological enterprise as an upstream one and as a downstream one. Through careful analysis of the game process, a new strategy set of Vertical Cooperative Innovation is proposed. Then the effect of innovation difficulty coefficient and ecological influence power on strategy selection is simulated by MATLAB.

收稿日期:2017-05-22

基金项目:国家社会科学基金项目“文化产业集群研究”(13XJL012);陕西省教育厅重点基地项目“建筑企业集群的形成与持续成长路径研究”(15JZ035)

作者简介:王腊银,女,西安建筑科技大学管理学院讲师,管理学博士,主要从事工程经济管理、产业经济管理研究;罗福周,男,西安建筑科技大学管理学院教授,博士生导师,主要从事工程经济管理、产业经济管理研究。

The research shows that in the circular economy industrial cluster, the degree of innovation of the core ecological enterprise is not the greater the better, and its strategic selection and optimal profit have nothing to do with the position of the core ecological enterprise in the ecological chain. The relative strength of the innovation partner is not the stronger the better and there is an extreme point. The greater the ecological influence power of the core enterprise, the greater the range of options available to its partners.

Key words: Vertical Cooperative Innovation; core ecological enterprise; ecological influence power; strategy selection

一、引言

循环经济产业集群是产业集群良性发展的高级阶段,是实现区域产业经济性、社会性、生态性的必由之路。它以产业集群为载体,以循环经济为手段,以资源的有效利用和环境友好和谐为原则,以物质能量的多层次循环和梯级利用为特征,通过政府扶持、市场培育和企业创新,形成高效有序的自组织结构和合作创新的生态化网络^[1]。

现阶段,国内外的循环经济产业集群在实际运行中都表现出了良好的生态效益,特别是其中的核心生态企业在这一过程中发挥了重要的领航作用。它们借助自身的资金、人才和技术优势,通过不断创新为集群提供绿色原材料、绿色能源、绿色工艺、绿色产品或绿色服务等,从而带动与之相关的群内其他企业生态化发展。在政府和市场的共同作用下,通过为这些核心生态企业“补位”和“归位”完善循环经济体系^[2],从而实现整个集群与区域环境的和谐共生。但是,与传统集群企业相比,核心生态企业在创新过程中要兼顾经济、技术和生态的多重压力,其创新难度更高、创新风险更大、创新周期更长,如果仅仅由核心企业独自承担,往往使其陷入“循环不经济,经济不循环”的桎梏中。所以,作为一个产业集群与循环经济的有机统一体,在供应链、价值链和生态链上实现群内生态企业的合作创新是必然趋势。一方面,可以共担风险,避免独立创新运行成本过高导致的个体经济效益不显著的局面;另一方面,可以协调互动,根据核心生态企业的产出效率和质量,灵活调整其他关联企业的生产和行为,避免动态循环结构带来的系统不稳定现象。

二、文献综述

当前,合作创新模式主要有“竞合创新”和“链合创新”两种。前者指处于竞争关系的同质企业间的横向合作创新,后者指处于同一产业链上的上下游企业间的纵向合作创新。在集群情境下,二者在动因、机理、路径方面各有不同。在动因方面,竞合创新是为了规避过度竞争带来的两败俱伤,实现资源的节约、优势的互补以及创新效益的最大化。其机理主要源于地理集中带来的非正式网络关系的建立、知识的有效溢出等。其路径更强调实力相当、地位平等以及第三方的主导或推动。链合创新的动因更多的是为了提高集群内产业链的上下游企业之间对创新的响应程度,拉近技术开发、产品生产与市场需求之间的距离,降低创新风险,实现创新效率的最大化。其实质是集群内企业的纵向一体化合作,促进供给信息与需求信息的交互,在自上而下并自下而上的反馈机制中动态整合创新目标。一般需要集群内核心企业的领导,以需求为导向,站在集群角度有效协同产业链上其他成员,按照构思一代、规划一代、研制一代、生产一代、销售一代的路径来实现^[3],这与循环经济产业集群的目标和运行模式不谋而合。所以对循环经济产业集群来说,其循环体系和生态性更强调链合创新的重要意义。

关于集群链合创新的研究,国内外学者从经济学的角度对其进行了深入探讨。Lundvall 认为创新来源于集群产业链上客户和供给方的沟通与交互^[4]。Gales 和 Mansour-Cole 也认为创新需要客户的参

与,并在前人基础上构建了创新信息处理模型^[5]。Kim 则系统分析了影响供应链上下游企业链合创新的因素,并证明了下游企业对上游企业的创新支持可以降低上游企业的创新成本^[6]。Sobrero 和 Roberts 从整条产业链的角度探讨纵向技术创新的模式^[7]。而 Slikker 等运用博弈论研究技术合作创新,从成本与收益出发,构建上下游企业的寡头博弈模型^[8]。Gassmann 等以德国宝马汽车制造商群为例,研究了如何减弱链合创新中供应商的作用,并提出以制造商跨产业联盟实现突破式创新的战略^[9]。Tomlinson 等通过研究发现,对系统内部的中小企业来说,竞合创新的意义不大,链合创新拥有更好的创新活力和高效的创新网络,效果更佳^[10]。

国内学者对集群链合创新也进行了一些研究。魏江验证了集群供应链存在的客观事实,并提出了“5公里经济圈”之说^[11]。黎继子等对产业集群、供应链与集群供应链三者间的耦合关系做了界定和说明^[12]。余向平阐明了集群背景下供应链技术创新的内涵,分析了其运行模式和网络优势^[13]。周永红、张千帆探讨了集群上下游企业实施开放性技术创新的具体条件^[14]。近年来,一些学者开始关注链式集群创新的博弈行为。蔡猷花等研究了集群中多条供应链系统研发的合作创新问题,构建了链间创新博弈模型,讨论了不同策略下各供应链企业的行为^[15]。刘志迎和李芹芹考虑了一个上游企业和一个下游企业的链合创新博弈,分析了静态、动态、合作三个层次的创新情景下各企业的策略及利润的变化,并给出了利润分配和费用分担的解决办法^[16]。左志平等以演化博弈理论为基础,对比分析了集群背景下竞合和链合两个维度技术创新的博弈行为^[17]。王丽丽和陈国宏将集群创新分为研发阶段和产出阶段,用动态博弈方法分别探讨了链上企业以及链间企业的技术创新问题,并综合考虑技术溢出、创新成功率、研发投入,最终得出各创新的博弈均衡条件^[18]。

综合以上研究可以发现,当前对链合创新,只是以上下游企业简单地论述其博弈行为,并未就不同种类的产业集群做深入的探讨,也未就同一种类但处于不同地位的集群企业在链合创新的不同表现做具体细致地分析。所以,本文聚焦循环经济产业集群,并以其核心生态企业作为研究对象,分别探讨了核心生态企业为上游企业(绿色原材料或能源的生产者)以及核心生态企业为下游企业(绿色产品或服务的提供者)时,与一般跟随企业进行链合创新的博弈分析及策略选择问题。过程中,引入生态影响力来描述核心生态企业在循环经济集群中的地位,并细致分析了生态影响力对链合创新各方的作用。这将进一步丰富集群创新的理论体系。

三、循环经济产业集群链合创新博弈的基本假设

(1) 循环经济产业集群内有核心生态企业 A,具有代表性的一般性跟随企业 B。A、B 为同一生态链的上下游企业(A 为上游或 B 为上游)。且集群以核心生态企业为主导,其他企业围绕核心生态企业组织生产。

(2) 核心生态企业 A 有一绿色创新项目。假设其创新投入为 $\frac{1}{2}dX^2$ ($d \geq 1, X \geq 0$)^[19],

其中, d 为创新的难度系数,为较大的正数; X 为创新程度,以生态成本的降低额表达(生态成本即为清洁生态成本,包括一般生态成本和环保成本)。

(3) 跟随企业 B 愿意分担的创新费用的比例与核心生态企业 A 能够让渡的生态成本降低水平密切相关。核心企业 A 创新成功后能够让渡给跟随企业 B 的创新得利系数(即生态成本降低水平)为 β ($\beta \geq 0$),企业 B 愿意分担的创新费用比例为 f ($0 \leq f \leq 1$)。

(4) 生态链上游产品只在循环经济集群内部消化,假设每一单位的下游产品需要消耗一单位的上游产品。若核心生态企业 A 的产品产量为 Q_A ,跟随企业 B 占企业 A 的市场份额(购买或出售)为 m ($0 \leq m \leq 1$),则企业 B 的产品产量为 mQ_A 。其中, m 反映了 B 企业在众多跟随企业中的相对实力。

(5)核心生态企业 A 在循环经济集群内具有定价权,可通过控制生态链上游产品的产量或价格影响集群内一般跟随企业的利润。而生态链下游产品的市场价格由集群外的完全竞争市场决定,在一定时期内保持不变,并令下游产品的价格为 w 。

(6)核心生态企业 A 的产品初始市场价格和单位生态成本分别为 P_A 和 C_A 。一般企业 B 的产品初始市场价格和单位生态成本分别为 P_B 和 C_B 。

(7)核心生态企业 A 在循环经济产业集群中具有很强的生态影响力,定义其生态影响力为 $L(0 \leq L \leq 1)$ 。生态影响力反映了核心生态企业 A 在循环经济产业集群中所处的地位及其稳固程度,可以用核心生态企业的单位利润与整个生态链的单位利润之比来间接表达。

(8)根据付出与回报成正比原则,核心生态企业 A 和一般跟随企业 B 在链合创新的投入与收益比相当,即: $f/(1-f) = mQ_A X_i \beta / (Q_A X_i - mQ_A X_i \beta)$, 则 $f = m\beta$ 。故确定 m^* 与 β^* , 即可得到 f 值。

四、核心生态企业为生态链上游企业的创新博弈模型

基于以上假设,企业 A、B 的利润为:

$$\pi_A = Q_A(P_A - C_A + X_i) - \beta X_i m Q_A - \frac{1}{2} d X_i^2 (1 - m\beta) \quad (1)$$

$$\pi_B = m Q_A [P_B - (P_A - \beta X_i) - C_B] - \frac{1}{2} d X_i^2 m\beta \quad (2)$$

又核心生态企业 A 为上游企业时,一般跟随企业 B 为下游企业,则其产品的市场价格 $P_B = w$ 。

核心生态企业 A 的生态影响力 $L = (P_A - C_A) / (w - C_A - C_B)$ 。在集群中长期以价格 P_A 向下游企业出售绿色原材料,该原材料的市场需求曲线为 $P_A = a - Q_A$, 其中 a 为常数。市场需求曲线表明 P_A 与 Q_A 成正比,即核心生态企业减少供应量,则集群内绿色原材料将供不应求,价格上升,反之亦然。

(I) 核心生态企业 A 不创新时, $\beta = 0, X_i = 0$ 。

此时的利润为:

$$\pi_A^1 = Q_A(a - Q_A - C_A) \quad (3)$$

$$\pi_B^1 = m Q_A(w - a + Q_A - C_B) \quad (4)$$

对核心企业 A, π_A^1 为 Q_A 的二次函数且开口向下,有最大值。对(3)求一阶导数得到:

$$\frac{\partial \pi_A^1}{\partial Q_A} = 0 \Rightarrow Q_A^{1*} = \frac{a - C_A}{2}$$

此时核心生态企业 A 会选择此最优产量,则 $P_A^{1*} = \frac{a + C_A}{2}, \pi_A^{1*} = \frac{(a - C_A)^2}{4}$ 。

对跟随企业 B,其利润受到核心生态企业 A 的影响,当 A 取得最优产量时,其利润为:

$$\pi_B^{1*} = \frac{m}{4} \times (a - C_A) \times (2w - a - C_A - 2C_B)$$

以不创新时的平衡态影响力作为核心生态企业在集群中的生态影响力,则

$$L = (P_A - C_A) / (w - C_A - C_B) = \left(\frac{a + C_A}{2} - C_A \right) / (w - C_A - C_B) = \frac{1}{2} (a - C_A) / (w - C_A - C_B)$$

为了简化公式的书写和迭代,令 $(a - C_A) = H, (w - C_A - C_B) = G$, 则 $H = 2GL$ 。在特定循环经济产业集群中,一定时期内核心生态企业的生态影响力 L 为定值。

企业 A 和 B 的利润分别为: $\pi_A^{1*} = G^2 L^2, \pi_B^{1*} = m \times G^2 L(1 - L)$ 。

生态链利润为: $\pi^{1*} = \pi_A^{1*} + \pi_B^{1*} = G^2 L^2 + m \times G^2 L(1 - L)$ 。

结论 1:

(1) 核心生态企业 A 和一般跟随企业 B 的利润都与整个生态链的单位利润以及核心生态企业的生态影响力相关。在既有循环经济集群中,整个生态链的单位利润增加,集群中的企业都获利。

(2) 在不改变集群现状的前提下,对于核心生态企业,其生态影响力越大,生态利润越高;对于一般跟随企业,核心生态企业的生态影响力在 50% 左右最佳,过大或过小都不利于一般企业利润的提高。

(II) 核心生态企业 A 自主创新,一般跟随企业 B 不愿参与时, $\beta = 0$ 。

此时的利润为:

$$\pi_A^2 = Q_A(a - Q_A - C_A + X_i) - \frac{1}{2}dX_i^2 \tag{5}$$

$$\pi_B^2 = mQ_A(w - a + Q_A - C_B) \tag{6}$$

对核心企业 A, π_A^2 为 Q_A 的二次函数且开口向下,有最大值。对(5) 求一阶导数得到:

$$\frac{\partial \pi_A^2}{\partial Q_A} = 0 \Rightarrow Q_A^{2*} = \frac{a - C_A + X_i}{2}$$

此时核心生态企业 A 会选择此最优产量,则 $P_A^{2*} = \frac{a + C_A - X_i}{2}$,

$$\pi_A^{2*} = \frac{(a - C_A + X_i)^2}{4} - \frac{1}{2}dX_i^2 = \frac{(2GL + X_i)^2}{4} - \frac{1}{2}dX_i^2。$$

对跟随企业 B,当 A 取得最优产量时,其利润为:

$$\pi_B^{2*} = \frac{m}{4} \times (2GL + X_i) \times [2G(1 - L) + X_i]$$

生态链利润为:

$$\pi^{2*} = \pi_A^{2*} + \pi_B^{2*} = \frac{(2GL + X_i)^2}{4} + \frac{m}{4} \times (2GL + X_i) \times [2G(1 - L) + X_i] - \frac{1}{2}dX_i^2。$$

通过比较可以得出, $\pi_B^{2*} > 0$ 且 $\pi_B^{2*} > \pi_B^{1*} \cdot \pi_A^{2*}$ 与 π_A^{1*} 的关系与 X_i 相关。

结论 2:

因创新要投入大量的成本,循环经济集群中核心生态企业自主创新并不一定为本企业带来更高的利润,具体要看创新难度和能够达到的创新程度。但会提高一般跟随企业的利润,可称为“搭便车”利润。这种情况下,核心生态企业将选择放弃进行更高层次的绿色创新活动。

可以看出, π_A^{2*} 为 X_i 的二次函数,整理得到:

$$\pi_A^{2*} = \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{2}d \right) X_i^2 + GLX_i + G^2L^2 \tag{7}$$

因为 $d \geq 1$, π_A^{2*} 开口向下,对称轴在 X 轴右边,有最大值。对(7) 求一阶导数得到:

$$\frac{\partial \pi_A^{2*}}{\partial X_i} = 0 \Rightarrow X_i^* = \frac{2GL}{2d - 1}$$

则 $\max \pi_A^{2*} = G^2L^2 \times \frac{2d}{2d - 1}$

相应地, $\max \pi_B^{2*} = mG^2L \times \frac{2d}{2d - 1} \times \left(1 - L + \frac{L}{2d - 1} \right)。$

通过比较可以得出,当核心生态企业选择最优的创新程度时,不仅 $\pi_B^{2*} > 0$, $\pi_B^{2*} > \pi_B^{1*}$;而且 $\pi_A^{2*} > 0$ 且 $\pi_A^{2*} > \pi_A^{1*} \cdot \pi^{2*} > \pi^{1*}$ 。

结论 3:

(1) 集群中核心生态企业的创新程度不是越大越好,它的最优值与核心企业的生态影响力、生态

链的单位利润成正比,与创新难度成反比。

(2) 核心生态企业在选择创新程度时,应综合考虑以上因素,尽量向最优值靠近,这样才能保证自主创新的收益大于不创新时的收益,对整个生态链的可持续发展也会有正向影响。

(Ⅲ) 核心生态企业 A 主导创新,一般跟随企业 B 愿意参与。

此时的利润为:

$$\pi_A^3 = Q_A(a - Q_A - C_A + X_i) - \beta X_i m Q_A - \frac{1}{2} d X_i^2 (1 - m\beta) \quad (8)$$

$$\pi_B^3 = m Q_A (w - a + Q_A + \beta X_i - C_B) - \frac{1}{2} d X_i^2 m\beta \quad (9)$$

对核心企业 A, π_A^3 为 Q_A 的二次函数且开口向下,有最大值。对(8)求一阶导数得到:

$$\frac{\partial \pi_A^3}{\partial Q_A} = 0 \Rightarrow Q_A^{3*} = \frac{a - C_A + (1 - \beta m) X_i}{2}$$

$$\text{此时, } P_A^{3*} = \frac{a + C_A - (1 - \beta m) X_i}{2},$$

$$\pi_A^{3*} = \frac{[a - C_A + (1 - \beta m) X_i]^2}{4} - \frac{1}{2} d X_i^2 (1 - \beta m) = \frac{[2GL + (1 - \beta m) X_i]^2}{4} - \frac{1}{2} d X_i^2 (1 - \beta m)$$

对跟随企业 B,当 A 取得最优产量时,其利润为:

$$\pi_B^{3*} = \frac{m}{4} \times [2GL + (1 - \beta m) X_i] \times [2G(1 - L) + (1 - \beta m + 2\beta) X_i] - \frac{1}{2} d X_i^2 \beta m$$

生态链利润为:

$$\begin{aligned} \pi^{3*} &= \pi_A^{3*} + \pi_B^{3*} = \frac{[2GL + (1 - \beta m) X_i]^2}{4} + \\ &\frac{m}{4} \times [2GL + (1 - \beta m) X_i] \times [2G(1 - L) + (1 - \beta m + 2\beta) X_i] - \frac{1}{2} d X_i^2 \end{aligned}$$

通过比较可以得出, $\pi_A^{3*} > 0$, $\pi_B^{3*} > 0$, π_A^{3*} 与 π_A^{1*} 、 π_A^{2*} 的关系以及 π_B^{3*} 与 π_B^{1*} 、 π_B^{2*} 的关系不明。

结论 4:

循环经济产业集群中进行链合创新并不一定会获得更大的收益,它与创新程度、一般跟随企业在集群中的地位以及核心生态企业愿意让渡给一般跟随企业的创新得利系数有关。

五、核心生态企业为生态链下游企业的创新博弈模型

基于以上假设,企业 A、B 的利润为:

$$\pi_A = Q_A(P_A - P_B - C_A + X_i) - \beta X_i m Q_A - \frac{1}{2} d X_i^2 (1 - m\beta) \quad (10)$$

$$\pi_B = m Q_A (P_B + \beta X_i - C_B) - \frac{1}{2} d X_i^2 m\beta \quad (11)$$

又一般跟随企业 B 为上游企业时,核心生态企业 A 为下游企业,则其产品的市场价格 $P_A = w$ 。

核心生态企业 A 的生态影响力 $L = (P_A - P_B - C_A) / (w - C_A - C_B)$,在循环经济集群中长期以价格 P_B 购买上游企业的原材料或中间产品,该原材料或中间产品的市场需求曲线为 $P_B + a = Q_A$,其中 a 为常数。市场需求曲线表明 P_B 与 Q_A 成正比,即核心生态企业只需提高这些原材料或中间产品的购买价格,上游企业将增加供给,核心生态企业的产量也增加,反之亦然。

按前文的思路,得到核心生态企业在三种情形下的最优利润,如表 1。

表1 核心生态企业为下游企业时的创新博弈均衡结果

情形	企业类别	均衡产量	均衡价格	最优利润
I	核心	$\frac{w+a-C_A}{2}$	w	$\frac{(w+a-C_A)^2}{4}$
	一般	$\frac{w+a-C_A}{2} \cdot m$	$\frac{w-a-C_A}{2}$	$\frac{m}{4} \times (w+a-C_A) \times (w-a-C_A-2C_B)$
II	核心	$\frac{w+a-C_A+X_i}{2}$	w	$\frac{(w+a-C_A+X_i)^2}{4} - \frac{1}{2}dX_i^2$
	一般	$\frac{w+a-C_A+X_i}{2} \cdot m$	$\frac{w-a-C_A+X_i}{2}$	$\frac{m}{4} \times (w+a-C_A+X_i) \times (w-a-C_A+X_i-2C_B)$
III	核心	$\frac{w+a-C_A+(1-\beta m)X_i}{2}$	w	$\frac{[w+a-C_A+(1-\beta m)X_i]^2}{4} - \frac{1}{2}dX_i^2(1-\beta m)$
	一般	$\frac{w+a-C_A+(1-\beta m)X_i}{2} \cdot m$	$\frac{w-a-C_A+(1-\beta m)X_i}{2}$	$\frac{m}{4} \times [w+a-C_A+(1-\beta m)X_i] \times [w-a-C_A-2C_B+(1-\beta m+2\beta)X_i]$

仍然以不创新时的平衡态影响力作为核心生态企业在循环经济集群中的生态影响力,则

$$\begin{aligned} L &= (P_A - P_B - C_A)/(w - C_A - C_B) \\ &= \left(w - \frac{w-a-C_A}{2} - C_A \right) / (w - C_A - C_B) \\ &= \frac{1}{2}(w+a-C_A)/(w-C_A-C_B) \end{aligned}$$

同上,令 $(w+a-C_A) = N$, $(w-C_A-C_B) = G$,则 $N = 2GL$ 。将其代入表1,可以得到:

(I") 核心生态企业A不创新时, $\beta = 0, X_i = 0$ 。此时的最优利润为:

$$\begin{cases} \pi_A^{1*} = G^2L^2 \\ \pi_B^{1*} = m \times G^2L(1-L) \end{cases}$$

生态链利润为: $\pi^{1*} = \pi_A^{1*} + \pi_B^{1*} = G^2L^2 + m \times G^2L(1-L)$ 。

(II") 核心生态企业A自主创新,一般企业B不愿参与时, $\beta = 0$ 。此时的最优利润为:

$$\begin{cases} \pi_A^{2*} = \frac{(2GL+X_i)^2}{4} - \frac{1}{2}dX_i^2 \\ \pi_B^{2*} = \frac{m}{4} \times (2GL+X_i) \times [2G(1-L)+X_i] \end{cases}$$

生态链利润为:

$$\pi^{2*} = \pi_A^{2*} + \pi_B^{2*} = \frac{(2GL+X_i)^2}{4} + \frac{m}{4} \times (2GL+X_i) \times [2G(1-L)+X_i] - \frac{1}{2}dX_i^2$$

(III") 核心生态企业A主导创新,一般跟随企业B愿意参与。此时的利润为:

$$\begin{cases} \pi_A^{3*} = \frac{[2GL+(1-\beta m)X_i]^2}{4} - \frac{1}{2}dX_i^2(1-\beta m) \\ \pi_B^{3*} = \frac{m}{4} \times [2GL+(1-\beta m)X_i] \times [2G(1-L)+(1-\beta m+2\beta)X_i] - \frac{1}{2}dX_i^2\beta m \end{cases}$$

生态链利润为:

$$\begin{aligned} \pi^{3*} = \pi_A^{3*} + \pi_B^{3*} &= \frac{[2GL+(1-\beta m)X_i]^2}{4} + \frac{m}{4} \times [2GL+(1-\beta m)X_i] \times \\ &\quad [2G(1-L)+(1-\beta m+2\beta)X_i] - \frac{1}{2}dX_i^2 \end{aligned}$$

通过对比发现,核心生态企业 A 为上游企业和 A 为下游企业的创新博弈结果完全相同。

结论 5:

在集群中,核心生态企业链合创新的策略选择和最优利润与核心生态企业在生态链上的位置无关。下面重点讨论核心生态企业链合创新的策略选择。

六、循环经济集群中核心生态企业链合创新的策略选择

核心生态企业 A 进行链合创新时需要如下内容做出策略选择:首先,确定链合创新的合作伙伴——一般跟随企业,以及能够让渡给一般跟随企业的创新得利系数,分别用 m^* 和 β^* 表达;其次,确定创新程度,由 X_i^* 表达;最后,确定最优产量,由 Q_A^* 表达。可以用逆向归纳法求解策略集,即先确定 Q_A^* 和 X_i^* ,再确定 β^* 和 m^* 。其策略选择过程如下:

核心生态企业要在集群中实现链合创新,必须兼顾自身利益和一般跟随企业的利益,要同时满足如下条件:

1. 核心生态企业链合创新的利润大于等于不创新时的利润。这是核心生态企业愿意主导链合创新的首要条件。这就要求

$$\pi_A^{3*} = \frac{[2GL + (1 - \beta m)X_i]^2}{4} - \frac{1}{2}dX_i^2(1 - \beta_m) \geq \pi_A^{1*} = G^2L^2 \quad (12)$$

2. 核心生态企业在链合创新的平均收益大于等于其自主创新的平均收益。这是核心生态企业选择链合创新而不是自主创新的基本条件。为了简化计算并便于比较,令链合创新达到和自主创新相同的创新程度 $X_i^* = \frac{2GL}{2d-1}$ 。此时,要求

$$\frac{\pi_A^{3*}}{(1 - \beta m) \times \frac{1}{2}dX_i^2} \geq \frac{\pi_A^{2*}}{\frac{1}{2}dX_i^2}, \text{ 即}$$

$$\pi_A^{3*} = \frac{[2GL + (1 - \beta m)X_i]^2}{4} - \frac{1}{2}dX_i^2(1 - \beta m) \geq$$

$$(1 - \beta m)\pi_A^{2*} = \frac{(2GL + X_i)^2}{4}(1 - \beta m) - \frac{1}{2}dX_i^2(1 - \beta m) \quad (13)$$

3. 一般跟随企业链合创新的利润大于等于其“搭便车”的利润。这是一般跟随企业愿意参与到链合创新的基础条件。这就要求:

$$\pi_B^{3*} = \frac{m}{4} \times [2GL + (1 - \beta m)X_i] \times [2G(1 - L) + (1 - \beta m + 2\beta)X_i] -$$

$$\frac{1}{2}dX_i^2\beta m \geq \pi_B^{2*} = \frac{m}{4} \times (2GL + X_i) \times [2G(1 - L) + X_i] \quad (14)$$

根据逆向归纳法,从后向前逆向求解。博弈分析已经确定了均衡产量 Q_A^* 和创新程度 X_i^* ,将 $X_i^* = \frac{2GL}{2d-1}$ 代入(12)(13)(14)得到不等式组:

$$\begin{cases} (a) (\beta m - 2d + 1)(\beta m - 1) \geq 0 \\ (b) \beta m[\beta m + 4d(d - 1)] \geq 0 \\ (c) L\beta m^2 - (2L\beta + 2L + 2d - 1)m + 2dL\beta \geq 0 \end{cases} \quad (15)$$

对任何一个特定的绿色创新活动,难度系数 d 是客观存在,认为其为定值。根据逆向归纳法,从后向前依次确定 β^*, m^* 。求解不等式组(15)得到链合创新策略集为:

$$\textcircled{1} \text{ 当 } 0 < \beta^* \leq 1 \text{ 时, } 0 \leq m^* \leq \left(1 + \frac{2L + 2d - 1}{2L} \times \frac{1}{\beta^*}\right) - \sqrt{\left(1 + \frac{2L + 2d - 1}{2L} \times \frac{1}{\beta^*}\right)^2 - 2d};$$

② 当 $1 < \beta^* \leq \frac{1 + \frac{2d-1}{L}}{-1 + \sqrt{1 + \left(1 + \frac{2d-1}{L}\right) \times 2d}}$ 时,

$$0 \leq m^* \leq \left(1 + \frac{2L + 2d - 1}{2L} \times \frac{1}{\beta^*}\right) - \sqrt{\left(1 + \frac{2L + 2d - 1}{2L} \times \frac{1}{\beta^*}\right)^2 - 2d};$$

③ 当 $\beta^* > \frac{1 + \frac{2d-1}{L}}{-1 + \sqrt{1 + \left(1 + \frac{2d-1}{L}\right) \times 2d}}$ 时, $0 \leq m \leq \frac{1}{\beta^*}$ 。

结论 6:

在循环经济产业集群中,当核心生态企业寻求链合创新时,应根据创新成功后愿意让渡给一般跟随企业生态成本降低水平的心理预期来妥善选择合作伙伴。

下面对以上策略集进行仿真分析。

七、策略选择的仿真分析

为了更好地了解各参数变化对核心生态企业链合创新策略选择的影响,现运用 MATLAB 对策略选择结果进行仿真分析。

(一) 创新难度系数对策略选择的影响

在一般企业能够获得的创新得利系数 β 不变的情况下,变化创新难度系数 d ,观察 $L - m$ 图像变化。令 $\beta = 1/2$,令 d 分别等于 2、4、10。将数值代入链合创新策略集 ①②③ 中进行系统仿真,仿真结果如图 1。

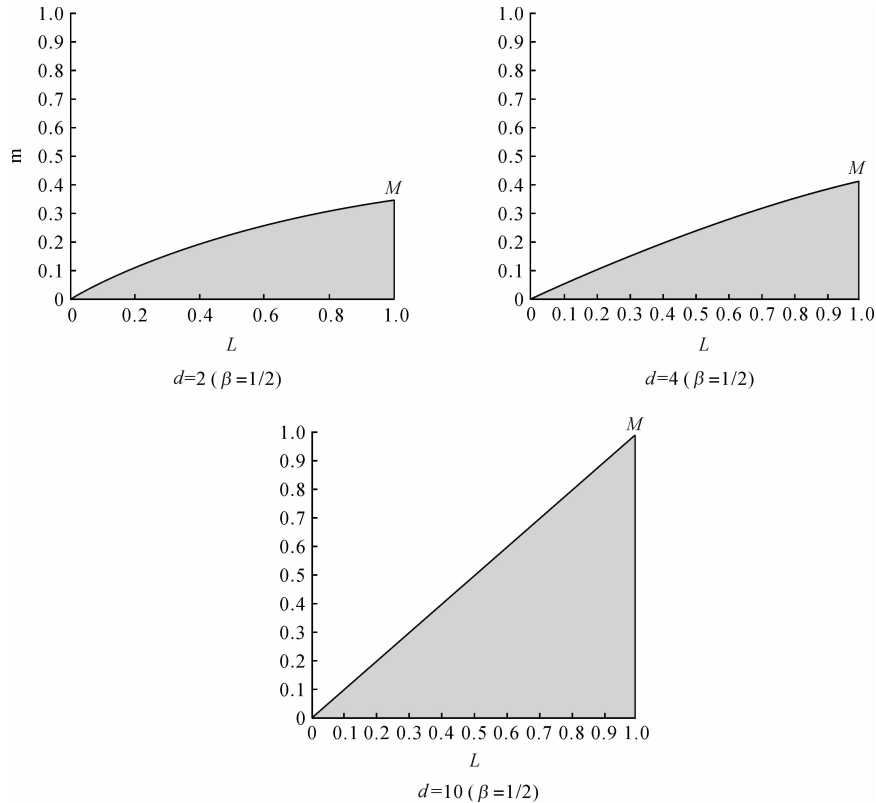


图 1 创新难度系数对策略选择的影响 ($d = 2; d = 4; d = 10$)

图1的结论:

(1) 从单个 $L - m$ 图可以看出:在循环经济集群中,核心生态企业的生态影响力越大,选择链合创新合作伙伴的范围也越大,此时可以考虑资金实力雄厚,市场份额大的一般跟随企业。当核心生态企业生态影响力偏小时,其最好选择相对实力较小的企业链合创新,防止出现喧宾夺主、大部分增量收益被一般跟随企业攫取的情况。

(2) 通过不同创新难度系数的对比分析可以看出:当核心企业的生态影响力一定时,创新难度系数越大,核心生态企业在链合创新时越需要市场份额大、实力强的一般跟随企业作为合作伙伴。

(二) 核心生态企业生态影响力对策略选择的影响

在创新难度系数 d 不变的情况下,变化核心企业生态影响力 L ,观察 $m - \beta$ 图像变化。令 $d = 2$,令 L 分别等于 $1/4$ 、 $1/2$ 、 $3/4$ 。将数值代入链合创新策略集 ①②③ 中进行系统仿真,仿真结果如图2。

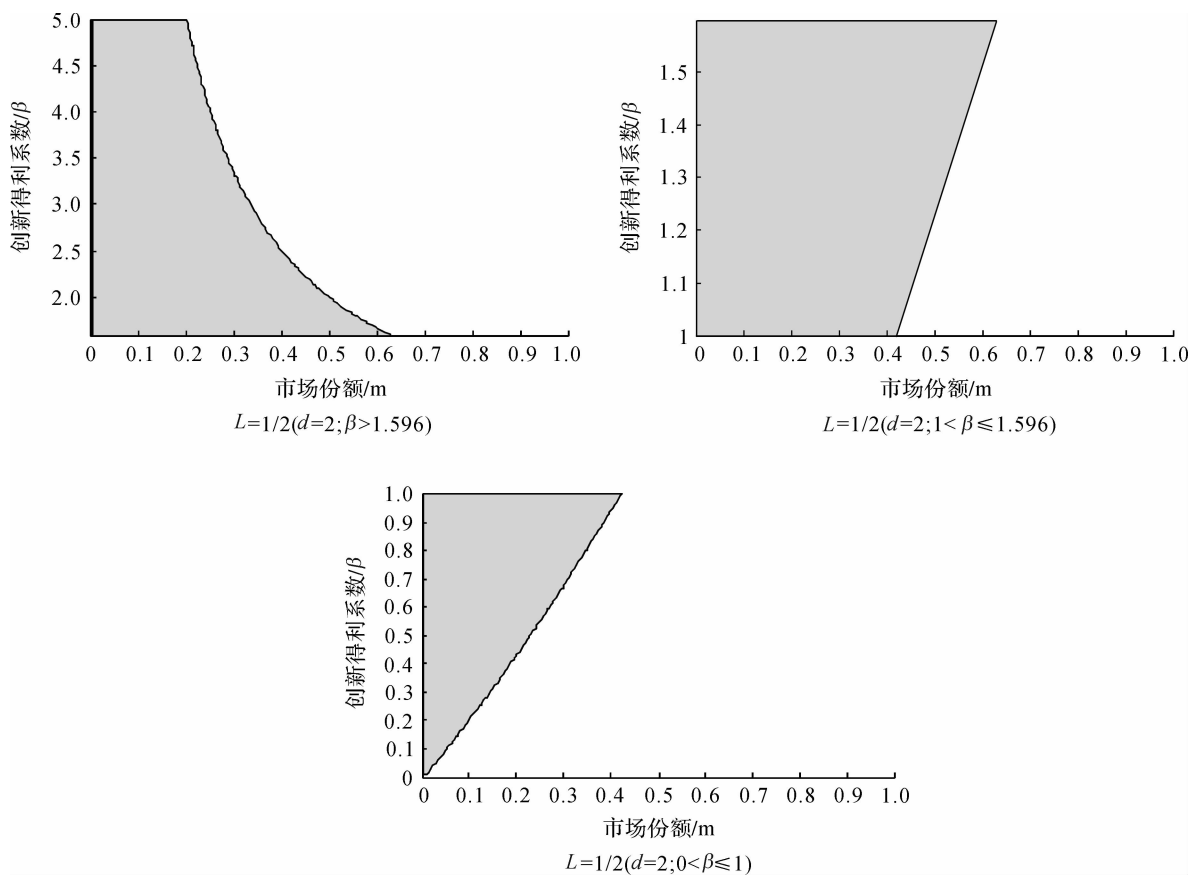


图2(1) 核心企业的生态影响力对策略选择的影响($L = 1/2$)

从图2(1)可以看出:

(1) 参加链合创新的一般跟随企业的市场份额较小、相对实力较弱时,核心生态企业能够让渡给一般企业的创新得利系数的大小基本上由核心生态企业决定。当核心生态企业想减少自身创新投入时,可适当增加创新得利系数,从而让一般跟随企业承担更多的创新费用。

(2) 参加链合创新的一般跟随企业的市场份额较大、相对实力较强时,核心生态企业能够让渡给一般企业的创新得利系数的大小基本上由核心生态企业和一般企业协商决定。且一般跟随企业的相对实力越强,创新得利系数的可选范围越窄并存在最优区间,不会随着市场份额的增大而无限增大。

(3) 核心生态企业在选择链合创新合作伙伴时,合作企业的市场份额存在可选极大值,即在循环经济产业集群中,核心生态企业为了维护自身的创新收益,不会选择相对实力过强的一般跟随企业进行

行链合创新。

通过图 2(2) 和图 2(1) 对比分析可以看出:在创新难度系数一定时,核心生态企业的生态影响力越大,越能够在链合创新中获得一般跟随企业更多的创新投入($S = f = m\beta$),在循环经济产业集群中进行链合创新的合作企业的可选范围也越大。

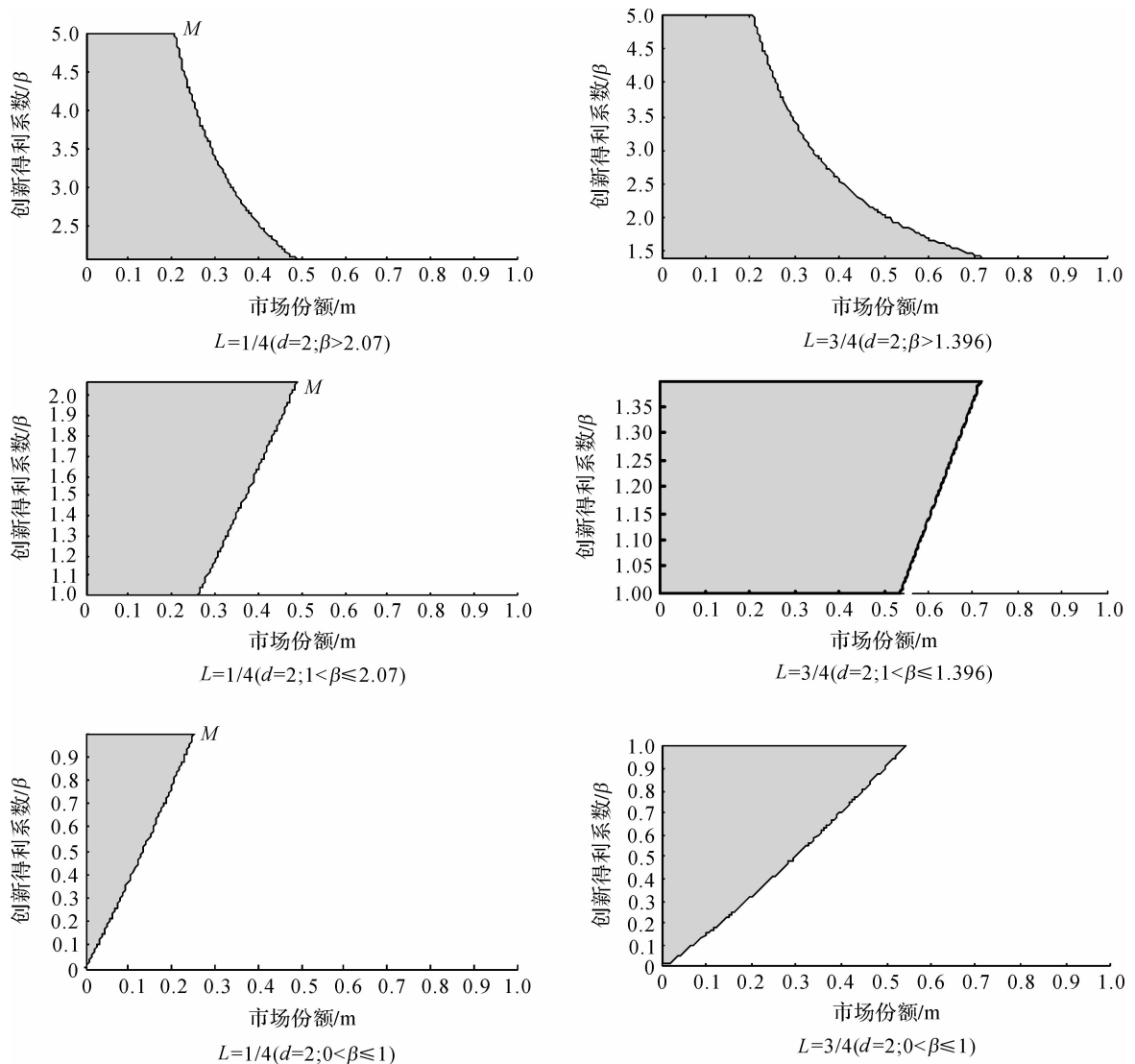


图 2(2) 核心企业的生态影响力对策略选择的影响 ($L = 1/4; L = 3/4$)

八、结论与展望

发展循环经济产业集群是当前“生态文明建设”战略目标得以实现的客观要求和有效途径。链合创新无疑更符合循环经济生态链的创新特征。同时,核心生态企业在集群中的生态影响力会影响各方在进行链合创新时的策略选择。本文在提出循环经济产业集群链合创新的八个假设的基础上,分别构建了核心生态企业为上游企业(绿色原材料或能源的供给者)以及核心生态企业为下游企业(绿色产品或服务的提供者)两种情况下的创新博弈模型。

通过对博弈过程的细致分析,提出了链合创新的策略集,并运用逆向归纳法探讨了核心生态企业链合创新的策略选择问题。最后就创新难度系数和生态影响力对策略选择的影响进行了仿真分析。结

果表明:(1)循环经济产业集群中核心生态企业的创新程度不是越大越好,它的最优值与其生态影响力、生态链的单位利润成正比,与创新难度成反比;(2)循环经济产业集群中进行链合创新并不一定获得更大的收益,它受到创新程度、一般跟随企业在集群中的地位以及核心生态企业愿意让渡给一般企业的创新得利系数的影响;(3)在循环经济产业集群中,核心生态企业链合创新的策略选择和最优利润与核心生态企业在生态链上的位置无关;(4)核心生态企业在选择链合创新合作伙伴时,合作企业并不是相对实力越强、市场份额越大越好,而是存在极值。同时,生态影响力越大,选择链合创新合作伙伴的范围也越大。生态影响力偏小时,核心生态企业将不会选择相对实力很强的一般企业进行链合创新。所以,“强强链合”往往只是集群所在地政府的“一厢情愿”。为了提高整个循环经济产业集群链合创新的可行性和可持续性,地方政府不能对其上下游企业过多干预并盲目地配对,应给予核心生态企业自主选择权。这些结论将有利于完善绿色创新理念,并指导循环经济产业集群的协同创新实践。

当然,本文也存在一些不足。在定位上游企业时仅考虑其作为绿色原材料或能源供给者的身份,并未对提供尾料、废弃物等副产品的综合性上游企业进行分析,这将缩小本研究的适用范围;同时,循环经济产业集群往往涉及政府的财税支持,可能影响到链合创新各方的主动性和收益能力,从而影响本文的策略集。在今后的研究中,可以从这些方面进行拓展。

参考文献:

- [1]蔡绍洪,和思鹏.循环产业集群是后危机时期产业组织模式演进的必然方向[J].经济纵横,2011(6):68-71.
- [2]王兆君,李宁,李俊杰.基于循环经济的产业集群生态化模式研究[J].青岛科技大学学报(社会科学版),2016(4):21-24.
- [3]刘春玲,袁琳,郭君,等.集群式供应链技术创新模式研究[J].科技进步与对策,2011(16):10-12.
- [4]LUNDVALL B A. National System of Innovation, towards a Theory of Innovation and Interactive Learning [M]. London: Anthem Press, 1992:219-230.
- [5]GALES L, MANSOUR-COLE D. User Involvement in Innovation Projects: toward an Information Processing Model[J]. Journal of Engineering and Technology Management, 1995, 12(1-2):77-109.
- [6]KIM B. Coordinating an Innovation in Supply Chain Management[J]. European Journal of Operational Research, 2000, 123(3):568-584.
- [7]SOBRERO M, ROBERTS E B. Strategic Management of Supplier and Manufacturer Relations in New Product Development [J]. Research Policy, 2002, 31(1):159-182.
- [8]SLIKKER M, FRANSOO J, WOUTERS M. Cooperation between Multiple News-vendors with Transshipments [J]. European Journal of Operational Research, 2005, 167(2):212-215.
- [9]GASSMANN O, ZESCHKY M, WOLFF T, et al. Crossing the Industry-Line; Breakthrough Innovation through Cross-Industry Alliances with 'Non-Suppliers' [J]. Long Range Planning, 2010, 43(5):639-654.
- [10]TOMLINSON P R, FAI F M. The Nature of SME Co-operation and Innovation: A Multi-scalar and Multi-dimensional Analysis [J]. International Journal of Production Economics, 2013, 141(1):316-326.
- [11]魏江.创新系统演进和集群创新系统建构[J].自然辩证法通讯,2004(1):48-54.
- [12]黎继子,蔡根女,鲁德银.基于集群网络式供应链变迁演化规律研究[J].情报杂志,2004(2):4-6.
- [13]余向平.集群式供应链视角下的技术创新网络构建[J].经济问题研究,2007(4):162-166.
- [14]周永红,张千帆.集群供应链企业的开放性技术创新模式[J].经济师,2009(7):230-231.
- [15]蔡猷花,陈国宏,向小东.集群供应链链间技术创新博弈分析[J].中国管理科学,2010(1):72-77.
- [16]刘志迎,李芹芹.产业链上下游链合创新联盟的博弈分析[J].科学学与科学技术管理,2012(6):36-40.
- [17]左志平,黄纯辉,夏军.基于两维的集群供应链技术创新行为演化分析[J].工业技术经济, 2013, (1):83-89.
- [18]王丽丽,陈国宏.供应链式产业集群技术创新博弈分析[J].中国管理科学,2016(1):151-157.
- [19]党兴华,郑登攀.技术溢出情况下企业创新模式选择的非对称博弈模型研究[J].科技进步与对策,2007(10):100-102.

