

逆向供应链企业间知识共享行为的演化博弈分析

匡霞¹, 杨扬²

(1. 上海理工大学 出版印刷与艺术设计学院 上海 200093; 2. 上海出版印刷高等专科学校 艺术设计系 上海 200093)

摘要: 针对制造商和第三方回收商组成的两级逆向供应链, 运用演化博弈方法, 建立了逆向供应链企业间知识共享行为的演化博弈模型, 对逆向供应链企业间知识共享的均衡情况、策略选择和影响因素进行了分析。研究表明, 逆向供应链企业间知识共享行为选择演化系统既可以收敛于知识共享这一理性状态, 也可以收敛于知识不共享的不良“锁定”状态, 这主要与逆向供应链各成员企业知识量差距、激励收益、知识吸收转化能力、共享风险以及共享成本等因素相关。根据分析结论, 从逆向供应链中的企业规模、企业学习能力、内外部激励机制以及信任机制等方面提出了相关建议。

关键词: 逆向供应链; 制造商; 第三方回收商; 知识共享; 演化博弈

中图分类号: F 270 **文献标志码:** A

Knowledge-Sharing Behavior Among Enterprises in Reverse Supply Chain Based on Evolutionary Game Theory

KUANG Xia¹, YANG Yang²

(1. College of Communication and Art Design, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China;
2. Department of Art Design, Shanghai Publishing and Printing College, Shanghai 200093, China)

Abstract: Aiming at two-stage reverse supply chain which consists of manufacturers and third-party recyclers, an evolutionary game model of knowledge-sharing behavior among enterprises in supply chain was established by using evolutionary game method. The equilibriums, optimal strategy choice and influencing factors of knowledge-sharing among enterprises in reverse supply chain were analyzed. The results show that the evolution system of knowledge-sharing behavior selection among enterprises in reverse supply chain can converge not only to the rational state of knowledge sharing, but also to the bad “lock in” state of knowledge non-sharing. This is mainly related to the amount of knowledge gaps, incentives, knowledge absorption and transformation capabilities, sharing risk and sharing costs among enterprises in reverse supply chain. According to the analysis conclusions, several suggestions are proposed from the aspects of enterprise scale, enterprise learning ability, internal and external incentive mechanism and trust mechanism in reverse supply chain.

Keywords: reverse supply chain; manufacturer; third-party recycler; knowledge-sharing;

知识共享是实现逆向供应链管理的基础。知识共享可以弱化逆向供应链上的“牛鞭效应”，改善逆向供应链上由于信息不对称而导致的逆向供应链失调^[1]。目前，我国企业在构建和实施逆向供应链中举步维艰，这其中的原因之一就是逆向供应链中的各成员企业不能实现知识共享。

国内外的一些文献主要集中研究了正向供应链知识共享的问题^[2-8]。文献[2-3]研究认为，企业间的相互信任是供应链知识共享的重要因素。文献[4]认为知识的吸收能力是影响供应链企业间知识转移效果的重要因素。文献[5]建立了理论关系模型，实证分析了供应链企业间知识共享影响因素。文献[6]以 Stackelberg 博弈模型研究了知识价值、共享收益以及企业在供应链中的地位对供应链知识共享行为的影响。文献[7]以两阶段供应链为研究对象，建立了多目标、多因素管理的激励机制模型。文献[8]基于委托代理理论，构建了供应链知识共享的基本激励模型和考虑监控信号的激励模型。

逆向供应链是近年来供应链研究的热点之一^[9-10]。文献[9]提出了政府与企业的基于责任损失的博弈模型，研究认为责任损失机制的引入对逆向物流的实施有重要作用。文献[10]研究了5种情形下激励机制对于引导回收商提高回收量的有效性。然而，关于逆向供应链知识共享的问题国内外学者的研究较少^[11]。文献[11]针对两级逆向供应链，建立了逆向供应链知识共享的博弈模型，得出了知识共享的均衡策略。但是，上述研究是以完全理性为前提，在现实中逆向供应链成员企业会受到信息的不对称、决策者认识能力有限等客观条件的限制，他们的决策不可能是完全理性的，而应是有限理性的。并且，逆向供应链成员企业之间的博弈是持续反复的，不可能通过一次博弈就达到均衡状态。

演化博弈论从系统论出发，将群体行为的调整过程看作是一个动态系统，以有限理性为基础，突破了经典博弈论理性假设的局限，强调动态的均衡^[12]。演化博弈论认为，有限理性的经济主体由于信息不对称以及认知局限性等因素，无法准确认知所处的利害状态，而是通过最有利的策略逐渐学习和模仿下去，最终达到一种均衡状

态^[13]。鉴于此，本文以一个制造商和一个第三方回收商组成的逆向供应链为研究对象，运用演化博弈的方法，研究有限理性下逆向供应链企业间的知识共享行为的动态演化过程，并对演化结果进行分析。

1 逆向供应链企业间知识共享行为的演化博弈模型构建

1.1 模型假设

在由一个制造商和一个第三方回收商组成的逆向供应链中，制造商委托第三方回收商回收废旧产品，回收商将回收的废旧产品进行分类和再处理，并将具有再利用价值的回收产品卖给制造商，制造商进行再制造加工处理后通过正向供应链投放市场。毫无疑问，制造商和第三方回收商之间的知识共享对逆向供应链的回收效率、回收处理成本以及回收处理技术有重要影响。逆向供应链知识共享效果越好，回收处理成本越低，回收效率越高；反之则相反。逆向供应链中的制造商和第三方回收商知识共享活动面临的决策环境是复杂的，为便于分析，作出以下4项假设。

a. 逆向供应链中存在两个有限理性的博弈参与方：制造商群体 A 和第三方回收商群体 B。

b. 博弈的参与方制造商群体 A 和第三方回收商群体 B 共同构成4种策略组合：（知识共享，知识共享），（知识共享，知识不共享），（知识不共享，知识共享）和（知识不共享，知识不共享）。

c. 行为策略采用的比例：制造商群体 A 中采取知识共享和采取知识不共享策略的比例分别为 p 和 $1-p$ ($p \in [0, 1]$)；第三方回收商群体 B 中采取知识共享和采取知识不共享策略的比例分为 q 和 $1-q$ ($q \in [0, 1]$)。

d. 参数假设和基本解释：逆向供应链中制造商 A 和第三方回收商 B 的知识量分别为 k_1 , k_2 ，知识共享活动中，一方的知识量越大，另一方从中获得的知识越多，产生的收益越大；知识吸收转化能力系数分别为 α_1 , α_2 ，知识吸收转化能力越强，从对方的知识中获得的收益越大，越能提高企业自身的收益；知识共享的风险系数为 θ ，逆向供应链的知识共享行为存在信任风险，比如，逆向供应链的成员企业可能会将获得的知识泄露给

其他竞争对手供应链; 逆向供应链知识共享的激励系数为 φ , 表示逆向供应链系统对知识共享的激励程度; 供应链知识共享的成本为 c , 逆向供应链的知识共享行为是需要一定成本的, 比如, 逆向供应链信息技术开发和知识共享平台的成本等; 逆向供应链的知识共享成本由制造商和第三方回收商按比例共同分担, 制造商的分担比例为 λ , 第三方回收商的分担比例为 $1-\lambda$ 。

1.2 模型建立

根据上述假设, 构造博弈双方的支付矩阵, 如图 1 所示。

		第三方回收商B	
		知识共享	知识不共享
制造商A	知识共享	$u_1+\alpha_1k_2+\varphi k_1-\theta k_1-\lambda c,$ $u_2+\alpha_2k_1+\varphi k_2-\theta k_2-(1-\lambda)c$	$u_1+\varphi k_1-\theta k_1-\lambda c, u_2$
	知识不共享	$u_1, u_2+\varphi k_2-\theta k_2-(1-\lambda)c$	u_1, u_2

图 1 逆向供应链企业间知识共享支付矩阵
Fig.1 Payment matrix of knowledge-sharing behavior among enterprises in reverse supply chain

其中, 制造商 A 和第三方回收商 B 知识不共享时的收益分别为 u_1, u_2 。

根据图 1 支付矩阵, 制造商采取知识共享策略的期望收益为

$$E_{1y}=q(u_1+\alpha_1k_2+\varphi k_1-\theta k_1-\lambda c)+(1-q)(u_1+\varphi k_1-\theta k_1-\lambda c)$$

(1)

制造商采取知识不共享策略的期望收益为

$$E_{1n}=u_1$$

(2)

式中, n 表示博弈次数。

制造商知识共享的平均期望收益为

$$\overline{E}_1=pE_{1y}+(1-p)E_{1n}$$

(3)

制造商策略选择的复制动态方程为

$$\frac{dp}{dt}=p(E_{1y}-\overline{E}_1)=p(1-p)(q\alpha_1k_2+\varphi k_1-\theta k_1-\lambda c)$$

(4)

同理, 第三方回收商采取知识共享策略的期望收益为

$$E_{2y}=p[u_2+\alpha_2k_1+\varphi k_2-\theta k_2-(1-\lambda)c]+(1-p)[u_2+\varphi k_2-\theta k_2-(1-\lambda)c]$$

(5)

第三方回收商采取知识不共享策略的期望收益为

$$E_{2n}=u_2$$

(6)

第三方回收商知识共享的平均期望收益为

$$\overline{E}_2=qE_{2y}+(1-q)E_{2n}$$

(7)

第三方回收商策略选择的复制动态方程为

$$\frac{dq}{dt}=q(E_{2y}-\overline{E}_2)=q(1-q)[p\alpha_2k_1+\varphi k_2-\theta k_2-(1-\lambda)c]$$

(8)

2 逆向供应链企业间知识共享行为的演化博弈模型分析

2.1 制造商策略的演化稳定分析

令 $F(p)=\frac{dp}{dt}$, 对制造商策略选择的复制动态方程(4)求得:

$$\frac{dF(p)}{dp}=(1-2p)(q\alpha_1k_2+\varphi k_1-\theta k_1-\lambda c)$$

对不同参数取值范围的选择进行演化稳定性分析:

a. 当 $q=\frac{\theta k_1+\lambda c-\varphi k_1}{\alpha_1k_2}$ 时, $F(p)=0$, 表明对所有的 p 都是稳定状态。

b. 当 $q\neq\frac{\theta k_1+\lambda c-\varphi k_1}{\alpha_1k_2}$ 时, 令 $F(p)=0$, 得 $p=0, p=1$ 是 p 的两个稳定状态。根据微分方程的稳定性定理和演化稳定策略的性质, 当 $\left.\frac{dF(p^*)}{dp}\right|_{p=p^*}<0$ 时, p^* 为演化稳定策略。

若 $\theta k_1+\lambda c-\varphi k_1<0$, 即逆向供应链中制造商知识共享的激励收益大于知识共享的风险损失与知识共享的成本之和, 恒有 $q>\frac{\theta k_1+\lambda c-\varphi k_1}{\alpha_1k_2}$,

$$\left.\frac{dF(p)}{dp}\right|_{p=0}>0, \left.\frac{dF(p)}{dp}\right|_{p=1}<0$$

故 $p=1$ 是演化稳定策略。即 $\varphi k_1>\theta k_1+\lambda c$ 时, $p=1$ 是演化稳定策略, 有限理性的制造商会主动采取知识共享策略, 制造商的策略选择不依赖于第三方回收商的策略选择。

若 $\theta k_1+\lambda c-\varphi k_1>0$, 即逆向供应链中制造商知识共享的激励收益小于知识共享的风险损失与知识共享的成本之和, 可分为两种情形:

a. 当 $q>\frac{\theta k_1+\lambda c-\varphi k_1}{\alpha_1k_2}$ 时, $\left.\frac{dF(p)}{dp}\right|_{p=0}>0, \left.\frac{dF(p)}{dp}\right|_{p=1}<0$,

故 $p=1$ 是演化稳定策略, 即经过长期演化, 有限理性的制造商选择知识共享策略。

b. 当 $q<\frac{\theta k_1+\lambda c-\varphi k_1}{\alpha_1k_2}$ 时, $\left.\frac{dF(p)}{dp}\right|_{p=1}>0, \left.\frac{dF(p)}{dp}\right|_{p=0}<0$,

故 $p=0$ 是演化稳定策略, 即经过长期演化, 有限理性的制造商选择知识不共享策略。从上述分析可知: 当逆向供应链中制造商知识共享的激励

收益大于知识共享的风险损失与知识共享的成本之和时,无论第三方回收商是否采取知识共享策略,有限理性的制造商都会选择知识共享;当逆向供应链中制造商知识共享的激励收益小于知识共享的风险损失与知识共享的成本之和时,有限理性的制造商知识共享策略依赖于第三方回收商选择策略的概率,第三方回收商选择知识共享策略的概率越大,制造商越有可能选择知识共享策略。

2.2 第三方回收商策略的演化稳定分析

令 $F(q) = \frac{dq}{dt}$,对第三方回收商策略选择的复制动态方程(8)求得:

$$\frac{dF(q)}{dq} = (1-2q)[p\alpha_2k_1 + \varphi k_2 - \theta k_2 - (1-\lambda)c]$$

对不同参数取值范围的选择进行演化稳定性分析:

a. 当 $p = \frac{\theta k_2 + (1-\lambda)c - \varphi k_2}{\alpha_2 k_1}$ 时, $F(q) = 0$, 表明对所有的 q 都是稳定状态。

b. 当 $p \neq \frac{\theta k_2 + (1-\lambda)c - \varphi k_2}{\alpha_2 k_1}$ 时, 令 $F(q) = 0$, 得 $q=0, q=1$ 是 q 的两个稳定状态。若 $\theta k_2 + (1-\lambda)c - \varphi k_2 < 0$, 即逆向供应链中第三方回收商知识共享的激励收益大于知识共享的风险损失与知识共享的成本之和, 恒有 $p > \frac{\theta k_2 + (1-\lambda)c - \varphi k_2}{\alpha_2 k_1}$, $\frac{dF(q)}{dq}\bigg|_{q=0} > 0, \frac{dF(q)}{dq}\bigg|_{q=1} < 0$, 故 $q=1$ 是演化稳定策略。即 $\varphi k_2 > \theta k_2 + (1-\lambda)c$ 时, $q=1$ 是演化稳定策略, 有限理性的第三方回收商会主动采取知识共享策略, 第三方回收商的策略选择不依赖于制造商的策略选择。

若 $\theta k_2 + (1-\lambda)c - \varphi k_2 > 0$, 即逆向供应链中第三方回收商知识共享的激励收益小于知识共享的风险损失与知识共享的成本之和, 可分为两种情形:

a. 当 $p > \frac{\theta k_2 + (1-\lambda)c - \varphi k_2}{\alpha_2 k_1}$ 时, $\frac{dF(q)}{dq}\bigg|_{q=0} > 0, \frac{dF(q)}{dq}\bigg|_{q=1} < 0$, 故 $q=1$ 是演化稳定策略, 即经过长期演化, 有限理性的第三方回收商选择知识共享策略;

b. 当 $p < \frac{\theta k_2 + (1-\lambda)c - \varphi k_2}{\alpha_2 k_1}$ 时, $\frac{dF(q)}{dq}\bigg|_{q=1} > 0, \frac{dF(q)}{dq}\bigg|_{q=0} < 0$, 故 $q=0$ 是演化稳定策略, 即经过长期演化, 有限理性的第三方回收商选择知识不共享策略。从上述分析中可知: 当逆向供应链中第三方回收商知识共享的激励收益大于知识共享的风险损失与知识共享的成本之和时, 无论制造商

是否采取知识共享策略, 有限理性的第三方回收商都会选择知识共享; 当逆向供应链中第三方回收商知识共享的激励收益小于知识共享的风险损失与知识共享的成本之和时, 有限理性的第三方回收商知识共享策略依赖于制造商选择策略的概率, 制造商选择知识共享策略的概率越大, 第三方回收商越有可能选择知识共享策略。

2.3 制造商与第三方回收商策略的演化稳定分析

令 $\frac{dp}{dt} = 0$ 且 $\frac{dq}{dt} = 0$, 可得 5 个均衡点 $(0,0), (0,1), (1,0), (1,1), (p^*,q^*)$ 。其中

$$p^* = \frac{\theta k_2 - \varphi k_2 + (1-\lambda)c}{\alpha_2 k_1} \in [0,1]$$
$$q^* = \frac{\theta k_1 - \varphi k_1 + \lambda c}{\alpha_1 k_2} \in [0,1]$$

对于一个由微分方程描述的群体动态系统, 其均衡点的稳定性可以由该系统的雅可比矩阵的局部稳定性得到^[14]。系统的雅可比矩阵为

$$J = \begin{pmatrix} (1-2p)(q\alpha_1k_2 + \varphi k_1 - \theta k_1 - \lambda c) & p(1-p)\alpha_1k_2 \\ q(1-q)\alpha_2k_1 & (1-2q)[p\alpha_2k_1 + \varphi k_2 - \theta k_2 - (1-\lambda)c] \end{pmatrix}$$

该均衡点是否为演化稳定策略(ESS)要由该系统雅可比矩阵的局部稳定性来判断, 若均衡点对应矩阵的 $\det J > 0$, 且 $\text{tr } J < 0$, 则为 ESS; 若 $\text{tr } J = 0$, 则为鞍点。根据雅可比矩阵的局部稳定分析法, 均衡点的局部稳定结果有以下几种情形:

情形 1 当 $\varphi k_1 < \theta k_1 + \lambda c < \alpha_1 k_2 + \varphi k_1$, 且 $\varphi k_2 < \theta k_2 + (1-\lambda)c < \alpha_2 k_1 + \varphi k_2$ 时, 即逆向供应链中的制造商或第三方回收商知识共享的成本与知识共享的风险损失之和大于知识共享的激励收益, 同时小于知识吸收转化收益与知识共享激励收益之和时, 根据 $\det J$ 和 $\text{tr } J$ 的结果和系统演化稳定策略的条件, 得到均衡点的局部稳定分析结果如表 1 所示。

表 1 情形 1 时稳定性分析
Tab.1 Stability analysis under condition 1

均衡点	det J	tr J	结果
(0,0)	+	-	ESS
(0,1)	+	+	不稳定
(1,0)	+	+	不稳定
(1,1)	+	-	ESS
(p*,q*)	-	0	鞍点

由表 1 可知, (不共享, 不共享)和(共享, 共享)是 ESS。即当制造商或第三方回收商知识共享的成本与知识共享的风险损失之和小于知识吸收

转化收益与知识共享的激励收益之和,并且大于知识共享激励收益时,经过长期的反复博弈,逆向供应链中的制造商和第三方回收商均采用知识不共享策略或均采用知识共享策略是演化稳定策略。此系统还存在2个不稳定的平衡点 $(0,1)$, $(1,0)$ 和一个鞍点 (p^*,q^*) ,因此逆向供应链知识共享动态演化过程可以如图2所示。

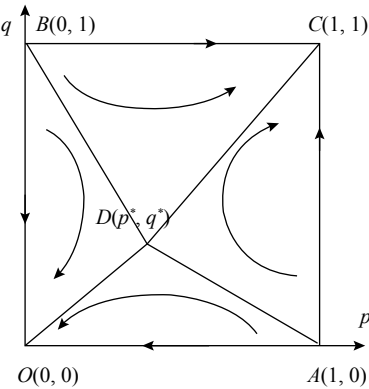


图2 情形1时的系统动态演化相图

Fig.2 Phase diagram of system dynamic evolution under condition 1

从图2可知,由A和B两个不稳定点以及鞍点D构成的折线,是逆向供应链企业间知识共享动态演化博弈形成不同状态的临界线。由ADBO形成的区域演化博弈将收敛于O点,是知识不共享区域;由ADBC形成的区域演化博弈将收敛于C点,是知识共享区域。系统演化的长期均衡策略可能是(不共享,不共享),也可能是(共享,共享),最终将沿哪条路径收敛到哪个均衡策略要看系统的初始状态。当初始状态落于ADBO区域

时,系统将收敛于 $O(0,0)$,即逆向供应链中的制造商和第三方回收商均选择知识不共享策略,这是一种不良“锁定”状态;当初始状态落于ADBC区域时,系统将收敛于 $C(1,1)$,即逆向供应链中的各成员企业均选择知识共享策略,这是一种理想状态。

情形2 当 $\varphi k_1 - \theta k_1 - \lambda c > 0$ 且 $\varphi k_2 - \theta k_2 - (1 - \lambda)c > 0$ 时,即逆向供应链中的制造商或第三方回收商知识共享的成本与知识共享的风险损失之和小于逆向供应链知识共享的激励收益时,得到均衡点的局部稳定分析结果如表2所示,表中,N表示不确定。

表2 情形2时稳定性分析
Tab.2 Stability analysis under condition 2

均衡点	det J	tr J	结果
$(0,0)$	+	+	不稳定
$(0,1)$	-	N	鞍点
$(1,0)$	-	N	鞍点
$(1,1)$	+	-	ESS
(p^*,q^*)	-	0	鞍点

由表2可知,(共享,共享)是ESS。即当逆向供应链中的制造商或第三方回收商知识共享的激励收益大于知识共享的成本与知识共享的风险损失之和时,经过长期的反复博弈,逆向供应链中的制造商和第三方回收商均采用知识共享策略为演化稳定策略。此逆向供应链知识共享动态演化过程可以如图3(a)所示。

其他情形的均衡点稳定结果见表3。

表3 其他情形时稳定性分析
Tab.3 Stability analysis under other conditions

均衡点	情形3			情形4			情形5		
	det J	tr J	结果	det J	tr J	结果	det J	tr J	结果
$(0,0)$	+	-	ESS	+	-	ESS	+	-	ESS
$(0,1)$	+	+	不稳定	-	N	鞍点	-	N	鞍点
$(1,0)$	-	N	鞍点	+	+	不稳定	-	N	鞍点
$(1,1)$	-	N	鞍点	-	N	鞍点	+	+	不稳定
(p^*,q^*)	-	0	鞍点	-	0	鞍点	-	0	鞍点

在表3中,情形3为 $\varphi k_1 < \theta k_1 + \lambda c < \alpha_1 k_2 + \varphi k_1$ 且 $\alpha_2 k_1 + \varphi k_2 < \theta k_2 + (1 - \lambda)c$;情形4为 $\alpha_1 k_2 + \varphi k_1 < \theta k_1 + \lambda c$ 且 $\varphi k_2 < \theta k_2 + (1 - \lambda)c < \alpha_2 k_1 + \varphi k_2$;情形5为 $\alpha_1 k_2 +$

$\varphi k_1 < \theta k_1 + \lambda c$ 且 $\alpha_2 k_1 + \varphi k_2 < \theta k_2 + (1 - \lambda)c$ 。

由表3可知,情形3、情形4和情形5时,(不共享,不共享)是ESS。即当逆向供应链中的

制造商或第三方回收商知识共享的成本与风险损失之和大于激励收益，且小于知识吸收转化收益与激励收益之和，同时，逆向供应链中的第三方回收商或制造商知识共享的成本与风险损失之和大于知识吸收转化收益与激励收益之和时，经过长期的反复博弈，逆向供应链中的各企业成员均采取知识共享策略是演化稳定策略。此逆向供应链知识共享动态演化过程如图 3(b)和图 3(c)所示。当逆向供应链制造商和第三方回收商知识吸收转化收益与激励收益之和小于制造商和第三方回收商知识共享的成本与风险损失时，经过长期的反复博弈，制造商和第三方回收商知识共享策略是演化稳定策略。此逆向供应链知识共享动态演化过程如图 3(d)所示。

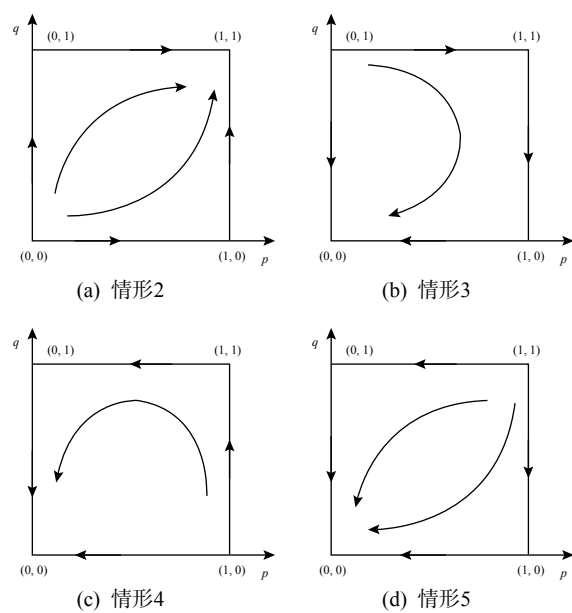


图 3 情形 2~5 时的系统动态演化相图

Fig.3 Phase diagrams of system dynamic evolution under condition 2~5

从图 3(a)可以看出，情形 2 时，系统收敛于 (1,1)。即逆向供应链对制造商和第三方回收商的激励收益足够大时，制造商和第三方回收商将始终选择知识共享策略。从图 3(b)、图 3(c)和图 3(d)可以看出，情形 3、情形 4 和情形 5 时，系统始终收敛于 (0,0)。也即当逆向供应链中任一成员企业的知识吸收转化收益与激励收益之和小于其知识共享的成本与风险损失时，无论系统的初始状态如何，经过长期的反复博弈，制造商和第三方回收商最终将始终选择知识不共享策略。

2.4 参数变化对系统的影响分析

由鞍点 D 的表达式 $p^* = [\theta k_2 - \varphi k_2 + (1 - \lambda)c] / \alpha_2 k_1$,

$q^* = (\theta k_1 - \varphi k_1 + \lambda c) / \alpha_1 k_2$ 以及图 2 可知，系统的初始状态与博弈双方收益函数的参数初始值及其变化密切相关，因此有必要分析参数的变化对系统演化过程的影响。

a. 供应链各成员企业的知识量 k 。逆向供应链各成员企业间的知识量差距越大时，ADBC 区域的面积就越小，系统收敛于 C(1,1)的概率就越小，即逆向供应链中各企业最终选择知识不共享策略的概率就越大；当逆向供应链各成员企业间的知识量差距越小时，ADBC 区域的面积就越大，系统收敛于 C(1,1)的概率就越大，即逆向供应链各成员企业最终选择知识共享策略的概率就越大。一般来说，知识量由企业大小决定，企业越大知识量越大，企业行业地位差距越大，知识量差距越大，知识共享的概率就越小。因此，逆向供应链中各成员企业应选择企业规模或行业地位相当的企业合作，这可以加大知识共享的概率。

b. 知识吸收转化能力系数 α 。知识的吸收转化能力系数反映了逆向供应链各成员企业学习新知识的速度和转化效果。当逆向供应链中各成员企业的知识吸收转化能力系数都很小时，ADBC 区域的面积就越小，系统收敛于 C(1,1)的概率就越小，即各成员企业最终选择知识不共享策略的概率就越大；当逆向供应链中各成员企业的知识吸收转化能力系数都很大时，ADBC 区域的面积就越大，系统收敛于 C(1,1)的概率就越大，即各成员企业最终选择知识共享策略的概率就越大。

c. 激励系数 φ 。随着激励系数逐渐增大，ADBC 区域的面积也逐渐变大，系统收敛于 C(1,1)的概率也增大，即逆向供应链各成员企业最终选择知识共享策略的概率增大。随着知识共享的激励系数变小，ADBC 区域的面积也变小，系统收敛于 C(1,1)的概率也变小，即逆向供应链各成员企业最终选择知识不共享策略的概率变大。

d. 风险系数 θ 。逆向供应链中对选择知识共享策略的企业存在一定风险。随着风险系数变大，ADBC 区域的面积变小，系统收敛于 C(1,1)的概率也变小，即逆向供应链各成员企业最终选择知识不共享策略的概率变大；随着风险系数变小，ADBC 区域的面积变大，系统收敛于 C(1,1)的概率也变大，即逆向供应链各成员企业最终选择知识共享策略的概率变大。

e. 知识共享成本。逆向供应链的知识共享成本影响各成员企业知识共享策略。知识共享成本越

大, $ADBC$ 区域的面积变小, 系统收敛于 $C(1,1)$ 的概率也变小, 即逆向供应链各成员企业最终选择知识不共享策略的概率变大。随着风险系数变小, $ADBC$ 区域的面积变大, 系统收敛于 $C(1,1)$ 的概率也变大, 即逆向供应链各成员企业最终选择知识共享策略的概率变大。

3 结论与建议

通过对逆向供应链企业间的知识共享行为进行演化博弈分析, 研究结果表明: 逆向供应链企业间知识共享行为选择演化系统既可以收敛于知识共享这一理性状态, 也可以收敛于知识不共享的不良“锁定”状态, 这主要与逆向供应链各成员的企业知识量差距、激励收益、知识吸收转化率、共享风险以及共享成本等因素相关。为使系统向理想状态演化, 提出以下建议。

a. 逆向供应链中的制造商或第三方回收商应选择企业规模或行业地位相当的企业合作, 这可以加大知识共享的概率和知识共享的深入。

b. 加强企业的学习能力。知识的学习吸收转化能力与演化稳定策略结果直接相关, 可以通过建立学习型组织等方式提高企业的学习能力。

c. 建立逆向供应链的内外激励机制。通过知识奖惩机制和知识补偿机制激励各成员企业进行知识共享的意愿, 促进逆向供应链企业间知识共享的实现。此外, 由于某些产品的回收主要是出于政府规定和环境保护的要求, 这种情况下, 政府可以对制造商和回收商给予补贴或适当减免税收, 激励逆向供应链企业间的知识共享行为, 从而促进逆向供应链各成员企业的良性发展。

d. 建立逆向供应链成员企业的信任机制, 提倡信用的制度和文化, 让成员企业在知识共享时没有后顾之忧。可以把企业的知识贡献和信用等级联系起来, 建立信用等级制度。

e. 搭建知识共享平台。逆向供应链企业间的知识共享需要知识共享平台, 这主要是要建立完备的信息技术系统。在搭建知识共享平台的同时, 应努力降低各自承担的共享成本, 提高知识的共享意愿。

参考文献:

- [1] LEE H L, PADMANABHAN V, WHANG S. Information distortion in a supply chain: the bullwhip effect[J]. *Management Science*, 1997, 43(4): 546–558.
- [2] BATENBURG R, RUTTEN R. Managing innovation in regional supply networks: a Dutch case of "knowledge industry clustering"[J]. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2003, 8(3): 263–270.
- [3] KE W L, WEI K K. Factors affecting trading partners' knowledge sharing: using the lens of transaction cost economics and socio-political theories[J]. *Electronic Commerce Research and Applications*, 2007, 6(3): 297–308.
- [4] CHANVARASUTH P, RAVICHANDRAN T. Absorptive capacity and strategic alliance in the supply chain context[C]//Proceedings of IEMC '03 Proceedings. Managing Technologically Driven Organizations: the Human Side of Innovation and Change. Albany: IEEE, 2003: 340–344.
- [5] 张旭梅, 陈伟, 张映秀. 供应链企业间知识共享影响因素的实证研究[J]. *管理学报*, 2009, 6(10): 1296–1301.
- [6] 翁莉, 仲伟俊, 鲁芳. 供应链知识共享的决策行为及影响因素研究[J]. *管理学报*, 2009, 6(12): 1648–1652.
- [7] 张新锋, 赵彦, 徐国华. 供应链中信息共享的管理激励研究[J]. *管理工程学报*, 2006, 20(2): 123–125.
- [8] 马铁德, 张旭梅, 陈伟. 考虑监控信号的供应链知识共享激励机制研究[J]. *管理学报*, 2012, 9(12): 1838–1841.
- [9] HAAS D A, MURPHY F H, LANCIONI R A. Managing reverse logistics channels with data envelopment analysis[J]. *Transportation Journal*, 2003, 42(3): 59–69.
- [10] 王文宾, 达庆利, 孙浩. 再制造逆向供应链协调的奖励与奖惩机制设计[J]. *中国管理科学*, 2009, 17(5): 46–52.
- [11] 张旭梅, 黄陈宣. 逆向供应链企业间知识共享的决策机制研究[J]. *管理学报*, 2013, 10(2): 233–237.
- [12] NOWAK M A, SIGMUND K. Evolutionary dynamics of biological games[J]. *Science*, 2004, 303(5659): 793–799.
- [13] SCHMIDT C. Are evolutionary games another way of thinking about game theory? Some historical considerations[J]. *Journal of Evolutionary Economics*, 2004, 14(2): 249–262.
- [14] FRIEDMAN D. Evolutionary games in economics[J]. *Econometric*, 1991, 59(3): 637–666.

(编辑: 丁红艺)