

绿色供应链演化博弈的政府激励机制研究

申 亮

(山东经济学院 财政金融学院, 济南 250014)

摘 要:绿色供应链管理是一种旨在促进社会和企业可持续发展的管理方式,它通过企业之间的紧密合作而达到系统环境的最优化。在市场机制下,较高的生产成本会延缓甚至阻碍企业发展绿色供应链的进程,此时政府的有效介入则可使这一过程顺利进行。本文以线性需求函数的产品差异化模型作为研究基础,运用演化博弈论针对政府激励机制对制造商生产策略演化行为的积极作用进行了深入研究。

关键词:绿色供应链;演化博弈;政府激励机制

中图分类号:F224 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-980X(2008)03-0110-04

1996 年,由美国国家科学基金(NRC)资助进行的“环境负责制造”研究项目正式提出了“绿色供应链”的概念^[1],绿色供应链是一种旨在促进社会和企业可持续发展的管理方式,它强调对产品从原材料购买、生产、消费,直到废物回收再利用的整个供应链进行生态设计,通过链中各个企业内部部门和各个企业之间的紧密合作,使整条供应链在环境管理方面协调统一,达到系统环境最优化。但绿色供应链的发展并不是一个轻松的课题,因为其主要的推动力量来自企业,利益享受却并不仅限于企业,政府、消费者均是绿色供应链的极大受益者。从这一点来看,绿色供应链具有准公共产品的性质。因此,考虑到社会利益的最优实现,需要政府和企业共同来提供,其中企业提升自我发展能力是发展绿色供应链的原动力,因为随着生活质量的提高,最终产品的消费者对绿色产品的提供表现出了极大的偏好^[2];政府基于环境管制的压力则是企业发展绿色供应链的推动力^[3]。这两种力量的整合决定了企业运营绿色供应链的演化路径。

本文借助线形需求函数的产品差异化模型,运用演化博弈论^[4]来研究制造商选择生产绿色产品的市场演化稳定策略(Evolutionary Stable Strategy,简称 ESS),其中着重分析政府激励机制在制造商决策演化过程中所起的作用。

1 产品差异化模型

在一个产品差异化市场中,消费者对绿色产品

有比对非绿色产品更多的消费偏好,这一消费倾向适用于所有的消费者。假设绿色产品与非绿色产品是同质的并且具有不完全可代替性,对于具有 N 个不同偏好的消费者的产品差异化市场,每个消费者最多购买一个单位的产品,制造商只有两种生产策略:生产绿色产品和生产非绿色产品,一个生产周期只采用一种生产策略。根据文献[5],消费者的效用函数可如下定义:

$$U = \begin{cases} \theta s - p, & \text{若购买具有绿色度为 } s, \text{ 价格为 } p \text{ 的产品} \\ 0, & \text{若不购买任何产品} \end{cases}.$$

其中, s 表示绿色度^[6,7]。绿色度是指产品符合“绿色标准”的程度,绿色度越高,产品的环保性能越好。设绿色产品的绿色度为 s_1 ,非绿色产品的绿色度为 s_2 , $0 < s_2 < s_1$,且 s_2, s_1 为固定常数。 θ 表示消费者的偏好参数, θ 在区间 $[0, 1]$ 上服从均匀分布,即对于 $s \geq 0$, 偏好参数为 $\theta(\theta \leq x)$ 的消费者人数为 xN 。 θ_0 表示消费者对消费非绿色产品和不消费任何产品无差异时的偏好参数,则 $\theta_0 s_2 - p_2 = 0$, 故 $\theta_0 = p_2 / s_2$ 。 θ_1 表示消费者对消费绿色产品和非绿色产品无差异时的偏好参数,则由方程 $\theta_1 s_1 - p_1 = \theta_1 s_2 - p_2$, 得 $\theta_1 = (p_1 - p_2) / (s_1 - s_2)$, 设 $0 < \theta_0 < \theta_1 < 1$ 。 p 表示产品价格,设绿色产品的价格为 p_1 , 非绿色产品的价格为 p_2 (p_1, p_2 为决策变量)。

根据上述条件,可得出消费者对绿色产品和非绿色产品的需求函数分别为:

$$D_1(p_1, p_2) = (1 - \frac{p_1 - p_2}{s_1 - s_2}) N;$$

收稿日期:2007-11-08

作者简介:申亮(1974—),男,河北涉县人,山东经济学院财政金融学院副教授,经济学博士,研究方向:企业管理与公共政策研究。

$$D_2(p_1, p_2) = \left(\frac{p_1 - p_2}{s_1 - s_2} - \frac{p_2}{s_2} \right) N. \quad (1)$$

假设制造商生产绿色产品的单位边际成本为 c_1 , 生产非绿色产品的单位边际成本为 c_2 , $0 < c_2 < c_1$, 且 c_2, c_1 为固定常数, 则制造商生产绿色产品、非绿色产品的利润函数分别为:

$$\begin{aligned} \pi_1 &= (p_1 - c_1) \left(1 - \frac{p_1 - p_2}{s_1 - s_2} \right) N; \\ \pi_2 &= (p_2 - c_2) \left(\frac{p_1 - p_2}{s_1 - s_2} - \frac{p_2}{s_2} \right) N. \end{aligned} \quad (2)$$

其中, $c_i < p_i < s_i, i = 1, 2$ 。

据式(2)可求得制造商生产绿色与非绿色产品时的最优价格 p_1, p_2 和产量 q_1, q_2 :

$$\begin{aligned} p_1 &= \frac{s_1(2s_1 - 2s_2 + 2c_1 + c_2)}{4s_1 - s_2}, \\ p_2 &= \frac{s_1s_2 + c_1s_2 + 2c_2s_1 - s_2^2}{4s_1 - s_2}; \\ q_1 &= \frac{N(2s_1^2 + c_1s_2 + c_2s_1 - 2s_1s_2 - 2c_1s_1)}{(4s_1 - s_2)(s_1 - s_2)}, \\ q_2 &= \frac{Ns_1(s_1s_2 + c_1s_2 + c_2s_2 - 2c_2s_1 - s_2^2)}{s_2(4s_1 - s_2)(s_1 - s_2)}. \end{aligned} \quad (3)$$

相应的最大利益分别为:

$$\begin{aligned} \pi_1^* &= \frac{N(2s_1^2 + c_1s_2 + c_2s_1 - 2s_1s_2 - 2c_1s_1)^2}{(4s_1 - s_2)^2(s_1 - s_2)}, \\ \pi_2^* &= \frac{Ns_1(s_1s_2 + c_1s_2 + c_2s_2 - 2c_2s_1 - s_2^2)^2}{s_2(4s_1 - s_2)^2(s_1 - s_2)}. \end{aligned} \quad (4)$$

由(5)式易得: π_1^* 与 c_1 负相关, π_2^* 与 c_1 正相关; π_1^* 与 c_2 负相关, π_2^* 与 c_2 正相关。这说明:从整个生产周期来看,生产绿色产品(非绿色产品)的成本越高,制造商的利润越低,制造商为追逐利益最大化将增加生产非绿色产品(绿色产品)的概率。这一简单观点构成了绿色产品演化的基础。

2 绿色供应链的演化博弈分析

生物学家梅纳德·史密斯在其1982年的著作《演化与博弈论》中,率先运用演化博弈论解释了进化过程中的竞争行为和选择问题,而以 Andrew Schotter、Vanberg 和 H. Peyton Young 等为代表的一些经济学家将这一工具应用于经济过程的分析。演化博弈论把博弈理论分析和动态演化过程分析结合起来研究复杂系统,为解释微观经济和宏观经济层次的有机联系提供了合适的分析工具。

从微观层次来看,企业之间的竞争是在一个具有不确定性和有限理性的空间中进行的,而且彼此

的生产策略相互影响。基于某种策略的企业增长率依赖于该策略的市场适应度,此外,企业也会通过模仿和试验一些成功企业的策略来追求利益最大化。于是,由这些参与者在每一阶段重复进行的博弈便构成了企业生产的演化博弈模型。遵循上述的演化路径,企业绿色产品的发展也将将在外部环境变化和内部结构调整的交互作用中随着时间的推移而不断演变进化。

2.1 绿色供应链的市场演化模型

在市场机制下,制造商随机选择生产绿色产品与非绿色产品,并在市场中重复地进行决策。假设制造商在时期 t 以概率 r_t 选择生产绿色产品,选择非绿色产品的概率为 $(1 - r_t)$,相应地,在时期 t 的期望收益为:

$$E(\pi) = r_t \pi_1^* + (1 - r_t) \pi_2^*. \quad (6)$$

制造商每一期选择生产绿色产品策略的概率变化可用如下离散动力系统^[8,9]描述:

$$r_{t+1} = \frac{r_t \pi_1^*}{r_t \pi_1^* + (1 - r_t) \pi_2^*}. \quad (7)$$

将式(7)两边同减去 r_t ,整理可得如下离散动力系统:

$$r_{t+1} - r_t = \frac{r_t(1 - r_t)(\pi_1^* - \pi_2^*)}{r_t \pi_1^* + (1 - r_t) \pi_2^*}. \quad (8)$$

令 $r_{t+1} = r_t$,可得式(8)有两个平衡点0和1:

当 $(s_1 - c_1)^2/s_1 > (s_2 - c_2)^2/s_2$, 即 $\pi_1^* > \pi_2^*$ 时,离散动力系统演化稳定于平衡点1,制造商倾向于选择生产绿色产品,市场将向绿色市场演化;当 $(s_1 - c_1)^2/s_1 < (s_2 - c_2)^2/s_2$ 时,离散动力系统演化稳定于平衡点0,制造商倾向于选择非绿色产品,市场将向非绿色市场演化。设

$$y = (s_1 - c_1)^2/s_1 - (s_2 - c_2)^2/s_2, \quad (9)$$

则当条件 成立时,有 $y > 0$,当条件 成立时,有 $y < 0$;设概率 r_t 的初始取值为 r_0 ,则市场演化路径如图1所示。

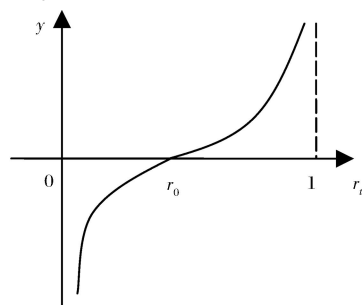


图1 市场机制下的绿色产品演化路径

可见,在市场机制下,制造商生产策略的演化趋

势主要依赖于其基于所选策略而获得的利润:若生产绿色产品的利润大于生产非绿色产品的利润,则制造商会逐步趋于生产绿色产品,市场也会向更加合理规范、环境友好^[10]的方向转化。反之,若生产绿色产品的利润小于生产非绿色产品的利润,则制造商将逐渐趋于生产非绿色产品,从而导致非绿色产品泛滥市场。显然,完全依靠市场机制来引导制造商生产绿色产品从而促进绿色市场的形成具有不确定性。尽管也有市场压力来推动各方向绿色市场演化,但当采取更有效的环境措施会使企业成本上升甚至影响到企业生存时,企业对绿色市场的演化作用就有限了。此时,如果有外部激励机制能够降低绿色产品的生产成本,则会促使制造商采取有利于社会发展的策略选择。

2.2 绿色供应链的政府激励机制演化模型

根据公共产品理论,绿色产品作为一种准公共产品,只靠市场来提供是不能满足社会利益最大化的需要的,它需要政府和企业共同来提供。政府介入可以形成一种增值的博弈,具有强制性权力的政府能够迫使各方实现合作,从而使企业倾向采用有利于社会公益的策略;而且当过高的成本成为制造商选择生产绿色产品的障碍时,政府可以通过减免税收或财政补贴策略来引导制造商选择生产绿色产品。我们可将以上做法统称为政府激励机制。这些做法都是国际上的通行做法。接下来的问题是,如果制造商每生产一单位的绿色产品,政府补贴 B ,即边际补贴值为 $B(B > 0)$,那么政府至少要补贴多少,才能使这种方法有效呢?

运用上面的产品差异化模型,假设政府给生产绿色产品的制造商的补贴为 B ,此时生产绿色产品的成本减少为 $c' = c_1 - B$ 。在这种情况下,制造商生产绿色产品与非绿色产品时的最优价格 p_1^*, p_2^* 和产量 q_1^*, q_2^* 及利润 $(\pi_1^*)^*, (\pi_2^*)^*$ 分别为:

$$p_1^* = \frac{s_1(2s_1 - 2s_2 + 2c' + c_2)}{4s_1 - s_2},$$

$$p_2^* = \frac{s_1s_2 + c's_2 + 2c_2s_1 - s_2^2}{4s_1 - s_2}; \quad (10)$$

$$q_1^* = \frac{N(2s_1^2 + c's_2 + c_2s_1 - 2s_1s_2 - 2c's_1)}{(4s_1 - s_2)(s_1 - s_2)},$$

$$q_2^* = \frac{Ns_1(s_1s_2 + c's_2 + c_2s_2 - 2c_2s_1 - s_2^2)}{s_2(4s_1 - s_2)(s_1 - s_2)};$$

$$(\pi_1^*)^* = \frac{N(2s_1^2 + c's_2 + c_2s_1 - 2s_1s_2 - 2c's_1)^2}{(4s_1 - s_2)^2(s_1 - s_2)},$$

$$(\pi_2^*)^* = \frac{Ns_1(s_1s_2 + c's_2 + c_2s_2 - 2c_2s_1 - s_2^2)^2}{s_2(4s_1 - s_2)^2(s_1 - s_2)}.$$

$$(\pi_2^*)^* = \frac{Ns_1(s_1s_2 + c's_2 + c_2s_2 - 2c_2s_1 - s_2^2)^2}{s_2(4s_1 - s_2)^2(s_1 - s_2)}.$$

$$(12)$$

将式(3)和式(11)、式(4)和式(11)、式(5)和式(12)分别做比较,可得: $p_1 > p_1^*, p_2 > p_2^*$; $q_1 < q_1^*, q_2 > q_2^*$; $\pi_1^* < (\pi_1^*)^*, \pi_2^* > (\pi_2^*)^*$ 。

可以看出,在政府补贴机制下,由于生产绿色产品的成本下降,制造商会增加绿色产品的产量,减少非绿色产品的产量;相应地,生产绿色产品的利润会增加,生产非绿色产品的利润会减少。并且,由于政府激励机制的影响,此时绿色产品、非绿色产品的价格均有所下降,这对消费者是有利的,符合政府补贴的公平与效率原则。

在政府激励机制下,制造商每一期生产绿色产品的策略选择的概率变化转变为

$$r_{t+1} = r_t + r_t(1 - r_t) \frac{(\pi_1^*)^* - (\pi_2^*)^*}{r_t(\pi_1^*)^* + (1 - r_t)(\pi_2^*)^*}.$$

$$(13)$$

此时,在其他条件不变的情况下,政府的补贴力度成为影响绿色产品演化路径的一个主要因素。当 $B > \sqrt{s_1/s_2}(s_2 - c_2) - (s_1 - c_1)$ 时,系统(13)演化将稳定于平衡点 1,即趋向于生产绿色产品,其中 $s_1 - c_1 < \sqrt{s_1/s_2}(s_2 - c_2)$ 。此时,其演化路径如图 2 所示。

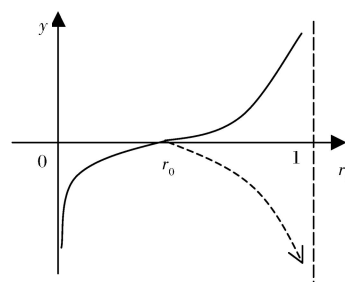


图 2 政府激励机制下的演化路径(一)

图 2 中,实线表示政府不干涉时制造商的演化情况;带箭头的虚线表示政府补贴 $B > \sqrt{s_1/s_2}(s_2 - c_2) - (s_1 - c_1)$ 时制造商的演化情况。从图 2 可看出,制造商的生产策略逐渐向绿色产品倾斜,因此此时政府补贴机制是有效的。

当 $B < \sqrt{s_1/s_2}(s_2 - c_2) - (s_1 - c_1)$ 时,制造商生产策略的演化路径如图 3 所示。从图 3 可看出,当政府的补贴力度不足时,政府激励机制并没有改变非绿色产品最终充斥整个市场的局面,充其量只是减缓了这种市场演化方向的速度。

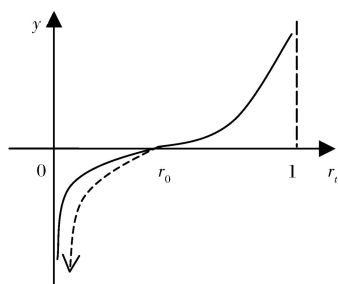


图3 政府激励机制下的演化路径(二)

3 政策研究与结论

企业生产策略选择行为系统是一个充分开放的系统,它总是在与外界进行物质、能量和信息的交换。环境的变化会影响博弈各方的策略选择,进而影响最终的均衡结果和均衡路径。如果一部分企业接受政府的激励政策而取得了成功,则另一部分企业就会进行模仿,进而促成绿色市场的形成。企业选择生产绿色产品将会增加整个社会的福利,这也意味着政府收益的增加。如果政府采取了激励机制但其力度却不足以使市场向绿色市场发展,则不仅是对社会资源的浪费,而且也对政府的调控能力提出了疑问。因此,理性的政府肯定不会选择偏离这种稳态均衡。当然,从另一方面来看,政府对企业是否值得激励以及采取何种激励方式应该审慎选择。如果政府对企业的补贴超过了企业生产绿色产品而使社会获得的收益,则政府的激励机制对社会来说就是失效的,因此政府对激励对象的选择首先应有一定的选择标准。此外,政府对企业的补贴方式也是应该着重考虑的因素,从政府行为的目标来看,政府补贴的目的是为了实现社会福利的最大化,因此政府在制定规则时要考虑以下两种选择:是在短时期内给企业以较高的补贴流量,还是在长时期内给予其较低的补贴流量。不管如何选择,“有效补贴”都是政府选择的理性标准,因为当企业策略选择行为系统处于非均衡区时,在相同的外界条件下,系统

可能具有几种不同的稳定状态,而每种可能出现的稳定状态又会延伸为迥然不同的演化分支,这就会使系统处于一种高度不稳定的状态,系统一旦进入到某个分支并形成新的稳定状态,其他分支就失去了机会。

从演化博弈的角度来看,企业对绿色产品的生产选择本质上是一个不断试验的过程,政府所构建的制度环境以及激励机制并不一定从一开始就能够促进企业向绿色市场转化,在企业策略选择行为系统的演化过程中,政府的行为必须根据企业的反应不断加以调整,在不断的调整、试验过程中构建最优的制度环境、激励机制,从而促进企业与政府的良好互动,提高社会福利和政府效益。

参考文献

- [1] HANDFIELD R B. Green Supply Chain:Best Practices From the Furniture Industry[Z]. Proceedings of Annual Meeting of the Decision Science Institute,1996:1295-1297.
- [2] HUME S,STRAND P,FISHER C,et al. Consumer Go Green[J]. Advertising Age,September 25,1989:3-5.
- [3] BAUMANN H,BOONS F,BRAGD A. Mapping the green product development field: engineering, policy and business perspectives[J]. Journal of Cleaner Production, 2002,10(5):409-425.
- [4] WEIBULL J. Evolutionary Game Theory[M]. Princeton University Press,1995.
- [5] 泰勒尔. 产品组织理论[M]. 张维迎,等译. 北京:中国人民大学出版社,1997.
- [6] BEAMAN B M. Designing the green supply chain[J]. Logistics Information Management,1999,12(4):332-342.
- [7] 赵丽娟,罗兵. 绿色供应链环境管理绩效模糊综合评价[J]. 重庆大学学报,2003,26(11):155-158.
- [8] R·罗森伯. 离散系统分析动力学[M]. 北京:人民教育出版社,1983.
- [9] HOFBAUER J, SIGMUND K Evolutionary Games and Population Dynamics[M]. Cambridge:Cambridge university press,1998.
- [10] Environment-friendly agency planned[N]. China Daily, 2004-05-17.

Research on Government Motivation Mechanism with Green Supply Chain Evolutionary Game

Shen Liang

(Shandong Economic University,Jinan 250014,China)

Abstract: The green supply chain management is one of management method aiming to promote the sustainable development of society and enterprises. Effective Government involvement can make the process of enterprises' transforming to the green supply chain smoothly under the market mechanism. Based on the product differentiation model with linear demand function and using the evolutionary game, this paper studies the positive effects of the government motivation mechanism to the product choice of manufacturers.

Key words: green supply chain; evolutionary game; government motivation mechanism