

无政府激励的绿色供应链管理的可行性分析

曹 裕, 刘子豪

(中南大学 商学院, 湖南 长沙 410083)

摘要: 为研究在信息不对称下, 无政府激励的供应链主动实施绿色供应链管理的可行性, 建立了三级供应链的非合作博弈模型(各自决策的 Leader-follower 模型和局部联盟决策的 Stackelberg 模型)和引入收益共享合约的合作决策模型。通过三个模型之间的对比, 证明了信息不对称下合作决策的优越性。此外, 通过分析供应链实施绿色供应链的各种驱动因素(初始市场份额, 普通产品价格, 绿色成本等), 以及各种驱动因素下不同博弈模型之间的对比。进一步验证了合作决策的优越性, 并发现局部联盟决策时渠道的收益并不总是优于各自决策时的收益。最后, 发现在具有竞争特性的市场上, 供应链实施绿色供应链管理具有可行性, 且合作博弈时供应链在起积极作用的驱动因素影响下会率先实施绿色供应链管理, 在起消极作用的驱动因素影响下会延后放弃绿色供应链管理。

关键词: 信息不对称; 博弈模型; 收益共享合约; 绿色供应链管理

中图分类号: F253

文献标识码: A

文章编号: 1004-6062(2017)02-0119-09

0 引言

随着全球环境的持续恶化和资源的日益紧张, 供应链的“绿色化”越来越受到人们的关注, 国际上环保与质量标准越来越严格, 消费者环保和健康意识不断加强。在此形势下, 供应链关注自身的绿色度水平, 实施绿色供应链管理成为一种必然趋势^[1-3]。许多国际领先企业如苹果, 索尼等, 都已经进行了绿色供应链管理实践并因此提升了自身的环保形象, 也带来了竞争优势^[4-5]。随着经济的全球化, 中国已经成为新的世界工厂, 经济腾飞的同时也带来了沉重的资源和环境负担, 加之面临国际企业的竞争, 这使得在中国研究绿色供应链管理具有重要意义。

针对中国企业的现状, 很多学者认为中国的企业不具有进行绿化升级的主动性, 原因大致有两个方面: 一方面缺少资金和技术能力; 另一方面消费者对环境偏好不足^[6]。针对如何解决资金、技术以及消费者偏好的问题, 学者进行了积极的探索。朱庆华和奚一杰^[6]分析政府补贴在推行供应链绿化中的作用, 并建立企业间的博弈模型, 为政府如何制定财政补贴政策提供了理论支持。Sheu 和 Chen^[7]建立了存在政府干预下的绿色供应链的三阶段博弈模型, 研究发现政府采用诸如绿色税收和补贴等激励措施有利于绿色供应链的建立与实施。徐伟和郑燕飞^[8]则通过建立政企博弈, 研究举报行为在建立绿色供应链中的影响, 为政府制定监管措施提供了决策参考。Sheu^[9]建立了信息不对称的讨价还价模型, 研究生产商与逆向供应商的合作机制, 指出政府适当的干预会对供应链内各成员促成合作实施绿色供应链管理产生积极影响, 并指出在寡占市场和双寡头市场效果明显。Hong^[10]建立

了政府、供应链、和回收商的三方的 Stackelberg 博弈模型, 研究发现政府通过规定供应链需要支付的回收费用以及对回收商的补贴, 使达到均衡时供应链和回收商获利最大的同时社会总福利也达到最大。

但也有学者得出不同的结论, 认为政府在供应链的绿化中的作用有限。Sheu^[9]研究指出政府过度的干预会对供应链成员的收益和社会总福利产生负面影响。朱庆华和奚一杰^[11]研究绿色供应链中政府与核心企业进化博弈时指出政府如何制定激励制度和开展绿色供应链管理努力的结果没有直接联系, 政府需要承担企业产出不确定性的风险。Sarkis、Zhu^[12-13]和 Geng^[14]进一步研究指出强制性的政府措施不会真正促使供应链朝着绿色化的目标运行, 而随着消费者环保意识的逐渐提高以及企业竞争的日益严峻, 市场将会自发的提高产品的绿色化等级, 企业将会主动的建立绿色供应链。Zheng^[15], 焦旭萍^[16]分析了消费者的绿色偏好, 建立了绿色度与需求之间的关系。

而在现有的文献中, 完全利用市场机制让供应链推行绿色供应链管理的研究相对较少, Zhang^[17]系统的讨论了在完全信息下三级供应链合作决策和非合作决策之间的收益对比, 得出合作决策时整个渠道的收益总大于非合作决策时的收益, 且局部联盟时整个渠道的收益总大于供应链各成员独立决策时的收益的结论。然而, 现实中往往存在着信息不对称的情况, 尤其是对在某行业首个尝试绿色供应链管理的供应链而言, 各成员对绿色产品的需求的预测往往存在偏差, 所以 Zhang 在完全信息下得出的结论未必符合实际情况。本文在其基础上引入了信息不对称的机制, 证明在信息不对称

收稿日期: 2013-12-27 **修回日期:** 2014-05-24

基金项目: 湖南省自然科学基金重点资助项目(12JJ2042); 国家创新群体科学基金资助项目(70921001); 国家自然科学基金资助项目(71272067); 国家自然科学基金资助项目(71171202)

作者简介: 曹裕(1985—), 女, 湖南桃江人; 副教授, 博士生导师; 研究方向: 供应链可持续运作管理、企业生命周期。

下,合作决策时整个渠道的收益和供应链各个成员收益都比非合作决策时要高。还验证了局部联盟时整个渠道的收益并不总是大于供应链各成员独立决策时的收益,此外,本文还将每种博弈模型与供应链未实施绿色供应链的初始状态进行对比,系统的分析了供应链实施绿色供应链管理的驱动因素(消费者的绿色偏好 k ,普通产品的价格 p_0 ,绿色产品的绿色度 $(\theta_h - \theta_l)$,绿色成本 $(c_s + c_m)$,初始市场份额 q_0),以及各种驱动因素下不同博弈模型的收益变化趋势,发现在具有竞争特性的市场上,供应链实施绿色供应链管理具有可行性,且合作决策时供应链在起积极作用的驱动因素(k , p_0 , $(\theta_h - \theta_l)$)影响下会率先实施绿色供应链管理,在起消极作用的驱动因素($(c_s + c_m)$, q_0)影响下会延后放弃绿色供应链管理。

1 模型建立

1.1 问题描述

在一个没有代替品的市场中,存在一种单一的成熟产品,但是该产品的绿色度较低。而该市场上的消费者随着环保意识和健康意识的提高,已经产生了绿色偏好,但不同的消费者的绿色偏好存在差异,有的消费者是激进环保主义者,对高绿色度产品宁愿支付很高的价格;有的消费者虽然有绿色偏好,但是支付意愿较低。一条由一个供应商和一个生产商以及一个销售商构成的三级供应链,是市场内首个想尝试实施绿色供应链管理的供应链。提升绿色度后的产品拥有较高的价格,但是同时也增加了额外的成本,而且,一旦开始决定生产和销售绿色产品,就停止生产和销售普通产品。

在信息不对称的环境下,供应链原来所生产和销售的普通产品由于长期的相互作用达到了一个均衡量,但供应链在开始实施绿色供应链管理时,各成员对绿色产品需求的预测不可避免的会产生偏差,此时,供应链各成员之间是否合作,分享彼此的需求预测,将影响供应链最终的销量,从而影响供应链各成员收益及整个渠道的收益。而供应链实施绿色供应链管理后的收益是否比原来的收益更高,将决定在无政府激励的情况下,供应链实施绿色供应链管理的主动性。

本文所研究的问题有:

(1) 在信息不对称,无政府激励的环境下,考虑到了合作与非合作的两种博弈情形,并考虑到非合作时局部结盟的现象,建立了三种博弈模型:

信息不对称下非合作决策时三级 Leader—Follower 决策模型(TLG 模型),

信息不对称下非合作决策时供应商与制造商结盟的 Stackelberg 模型(SG 模型),

信息不对称下引入收益共享合约的合作决策模型(CDG 模型)。

通过对三种博弈模型的求解,比较供应链在不同情形下,各成员以及整个渠道的收益,以期得到无政府激励下,最佳的绿色供应链管理模式,揭示相关的管理现象。

(2) 在不同驱动因素的影响下,将无政府激励的供应

链实施绿色供应链管理的三种模型的收益与原来的收益进行比较,分析供应链实施绿色供应链的主动性,以期得到在不同情形下,实施绿色供应链管理所反映出的共同规律和各自的特点。从而验证供应链主动实施绿色供应链管理的可行性,进一步验证最佳绿色供应链管理模式的优点,为政府指导绿色供应链管理的实践提供建议。

1.2 模型假设

为使模型具有一定的实际性且方便计算,对模型做出如下假设:

1) 某市场存在市场容量为 1 的消费群体,当前市场内各供应链的绿色化水平相同,市场的均衡价格为 p_0 ,供应链的初始市场份额为 q_0 ($q_0 < 1$)。消费者愿意购买产品的绿色度 e 是一个随机变量,服从均匀分布 $e \sim U(\theta_l, \theta_h)$ [6]。

2) 制造商和供应商生产普通产品的成本是固定的,为方便讨论绿色成本,记供应商和制造商生产绿色产品相对于普通产品的成本分别为 C_s, C_m 。而且供应商的绿色成本比制造商的要大,即 $C_s > C_m$ 。

3) 由于绿色产品的研发是成本增加,销售商在市场上销售绿色产品时,采取加价策略:

$$p = (1 + \alpha)p_0 \quad (\alpha \text{ 为产品的加价率}) \quad [17]$$

4) 供应商原料充足,总能满足制造商的对原料的需求;制造商采购的 1 单位的原料能够生产 1 单位的产品,消费者对于绿色产品的需求的自然状态为 Q ,但是 Q 在对于供应链各成员来说是未知的,只能对它进行大概的估计,制造商对绿色需求的预测为 $\beta_1 Q$,销售商对绿色需求的预测为 $\beta_2 Q$,而且,两者对需求的预测都是严格谨慎的,即 $\max(\beta_1, \beta_2) \leq 1$ 。

5) 为了讨论供应链实施绿色供应链管理的主动性,考虑提升绿色度前后的收益差额 $\Delta \Pi$,若 $\Delta \Pi > 0$ 说明该供应链有主动性进行绿色供应链管理,反之,则没有主动性。

1.3 模型参数

对本模型设计的参数作如下汇总:

p_0 : 普通产品的价格; p : 提升绿色度后产品的价格。

w_s : 原材料的价格。 w_m : 产品的批发价。

q_0 : 供应链的初始市场份额; Q : 完全信息下绿色产品的需求量。 q : 绿色产品预期的需求量。

β_1 : 供应商和制造商对绿色产品需求量的估计比例;

β_2 : 销售商对绿色产品需求量的估计比例。 $\max(\beta_1, \beta_2) \leq 1$ 。

c_s : 制造商生产和销售一单位产品的固定成本; c_m : 供应商销售一单位原材料的固定成本。

θ_h : 绿色产品的绿色度; θ_l : 普通产品的绿色度; e : 产品的绿色度。

k : 表示消费者对 e 每提高一个单位时消费者所愿意支付的费用。

$\prod_s^i$: 供应商的收益; $\prod_m^i$: 制造商的收益; $\prod_r^i$: 销售商

的收益; $\prod_{sc}^i$: 供应链整个渠道的收益 ($i = 0, 1, 2, 3$)。

1.4 基础模型

生产普通产品时,供应链各成员以及整个渠道的利润分别为:

所谓绿色度,是描述产品的有毒有害物质含量、产品零部件的可回收性、使用能耗水平和使用材料量等水平,是从整个生命周期角度衡量产品绿色环保的程度[18]。

$$\prod_s^0 = w_s \cdot q_0, \quad \prod_m^0 = (w_m - w_s) \cdot q_0, \quad \prod_r^0 = (p_0 - w_m) \cdot q_0, \quad \prod_{sc}^0 = p_0 \cdot q_0.$$

考虑消费者的绿色偏好, 每单位产品可接受的绿色消费水平为:

$$A = [p_0 + k(e - \theta_l)] - p.$$

显然, 只有当 $A \geq 0$ 时消费者才愿意购买绿色产品, 否则消费者会选择原来的普通产品。也就是说, 在自然状态下,

当 $e \geq \frac{p - p_0}{k} + \theta_l$ 时, 绿色产品的需求为:

$$Q = 1 \cdot \int_{\frac{p-p_0}{k} + \theta_l}^{\theta_h} \frac{1}{\theta_h - \theta_l} de = \frac{k(\theta_h - \theta_l) - \alpha p_0}{k(\theta_h - \theta_l)} [17].$$

1.4.1 信息不对称下非合作决策的三级 Leader-follower 模型

在此情形下, 供应商和制造商分别承担各自的绿色成本, 供应链各成员之间不存在信息共享, 不会分享彼此的需求预测, 制造商和销售商按照自己对绿色产品的需求预测进行决策, 制造商生产的产品受到销售商需求预测的制约, 如果生产绿色产品的量大于销售商预测的需求量, 那么生产商将无法实现超出销售商需求预测部分的绿色产品的价值; 反之, 销售商绿色产品的销量也受到制造商需求预测的制约, 如果制造商生产的产品较少, 那么销售商也只能销售较少的商品。也就是说, 供应链最终的销量, 为制造商和销售商中最小的需求预测, 即:

$$q^N = \min(\beta_1, \beta_2)Q.$$

由于制造商对绿色产品的需求预测为 $\beta_1 Q$, 那么对供应商来说, 盈利包括两部分, 一部分为供应链最终实现销售的绿色产品所需要的原材料, 另一部分为制造商多制造的绿色产品所需要的原材料。即:

$$\prod_s^1 = (w_s - c_s) \cdot \beta_1 Q = (w_s - c_s) \cdot q^N + (w_s - c_s) \cdot (\beta_1 - \min(\beta_1, \beta_2))Q,$$

同样的, 制造商的收益也分为两部分, 一部分为卖给销售商的绿色产品带来的收益, 一部分为生产的多余的产品所带来的亏损, 即:

$$\prod_m^1 = (w_m - w_s - c_m) \cdot q^N - (w_s + c_m)(\beta_1 - \min(\beta_1, \beta_2))Q,$$

销售商的收益为:

$$\prod_r^1 = (p - w_m) \cdot q^N,$$

本文不考虑制造商由于生产过量而产生的存储费用和销商由于缺货而产生的销售损失, 这是因为: (1) 若考虑存储费用和销商损失将使模型的复杂度大大增加, 且不利于文章要探讨的问题和三种模型的比较。(2) 即使考虑存储费用和销商损失, 也不会改变模型比较的结论。不妨设单位存储费用和单位销售损失分别为 M, N ,

$$\text{则 } \prod_m^{(1)} = \prod_m^1 - M * \text{yes}(\beta_1 - \beta_2) * Q,$$

$$\prod_r^{(1)} = \prod_r^1 - N * \text{no}(\beta_1 - \beta_2) * Q,$$

$$\text{其中 } \text{yes}(\beta_1 - \beta_2) = \begin{cases} \beta_1 - \beta_2, & \beta_1 \geq \beta_2 \\ 0, & \beta_1 < \beta_2 \end{cases},$$

$$\text{no}(\beta_1 - \beta_2) = \begin{cases} 0, & \beta_1 \geq \beta_2 \\ |\beta_1 - \beta_2|, & \beta_1 < \beta_2 \end{cases}.$$

$$\text{故 } \prod_m^{(1)} \leq \prod_m^1, \quad \prod_r^{(1)} \leq \prod_r^1.$$

$$\text{所以, 若 } \prod_{sc}^{***} \cdot r_1^* \geq \prod_s^*, \quad \prod_{sc}^{***} \cdot r_2^* \geq \prod_m^*, \quad \prod_{sc}^{***} \cdot r_3^* \geq \prod_r^*,$$

$$\text{则 } \prod_{sc}^{***} \cdot r_1^* \geq \prod_s^{(*)}, \quad \prod_{sc}^{***} \cdot r_2^* \geq \prod_m^{(*)}, \quad \prod_{sc}^{***} \cdot r_3^* \geq \prod_r^{(*)} \text{ 也成立。} \quad 1.4.2$$

的模型同理, 不再赘述。

供应链渠道的收益为:

$$\prod_{sc}^1 = (p - c_s - c_m) \cdot q^N - (c_m + c_s)(\beta_1 - \min(\beta_1, \beta_2))Q.$$

1.4.2 信息不对称下非合作决策时局部联盟的 Stackelberg 模型

在此情形下, 供应商和制造商结成局部联盟, 共同承担产品绿色化带来的成本 ($c_s + c_m$), 供应商不再向制造商索要原材料的价格, 而是作为一个整体和销售商博弈, 局部联盟与销售商按照各自对绿色产品的需求预测进行决策, 局部联盟生产的产品受到销售商需求预测的制约, 如果生产绿色产品的量大于销售商预测的需求量, 那么局部联盟将无法实现超出销售商需求预测部分的绿色产品的价值; 反之, 销售商绿色产品的销量也受到局部联盟需求预测的制约, 如果局部联盟生产的产品较少, 那么销售商也只能销售较少的商品。也就是说, 供应链最终的销量, 为局部联盟和销售商中最小的需求预测。注意局部联盟的预测即是制造商的预测, 故此时, 局部联盟, 销售商以及整个渠道的利润分别为:

$$\prod_{sm}^2 = (w_m - c_s - c_m) \cdot q^N - (c_s + c_m) \cdot (\beta_1 - \min(\beta_1, \beta_2))Q,$$

$$\prod_r^2 = (p - w_m) \cdot q^N.$$

$$\prod_{sc}^2 = (p - c_s - c_m) \cdot q^N - (c_m + c_s)(\beta_1 - \min(\beta_1, \beta_2))Q$$

1.4.3 信息不对称下引入收益共享合约的合作决策模型。

在此情形下, 供应商, 制造商, 销售商共同承担产品绿色化的成本 ($c_s + c_m$)。制造商和销售商共享各自对需求的预测, 由于信息共享, 减少了对需求预测的不确定性, 所以对绿色产品的需求预测可以尽量接近 Q , 最终, 供应链整体对绿色产品的预期销量为制造商的需求预测与销售商的需求预测中的最大值, 即:

$$q^C = \max(\beta_1, \beta_2)Q.$$

合作决策时供应链首先关注的整个渠道的利润, 然后通过收益共享合约^[17-19], $r_1 : r_2 : r_3 (r_1 + r_2 + r_3 = 1)$ 的比例分配收益。此时整个渠道以及供应链各成员的利润为分别为:

$$\prod_{sc}^3 = (p - c_s - c_m) \cdot q^C,$$

$$\prod_s^3 = \prod_{sc}^3 \cdot r_1, \quad \prod_m^3 = \prod_{sc}^3 \cdot r_2, \quad \prod_r^3 = \prod_{sc}^3 \cdot r_3.$$

2 博弈均衡分析

2.1 信息不对称下非合作决策的 Leader-follower 模型

在此情形下，供应链成员以实现自己利益最大化为目

标，博弈的顺序如下：首先，由供应商确定绿色产品原材料的价格 w_s ，然后制造商确定绿色产品的批发价格 w_m ，最后，由销售商决定绿色产品的加价率 α 。要求博弈均衡解即求：

$$\begin{cases} \max_{w_s} \prod_s = (w_s - c_s) \cdot (\beta_1 \frac{k(\theta_h - \theta_l) - \alpha p_0}{k(\theta_h - \theta_l)}) \\ \text{s.t.} \max_{w_m} \prod_m = (w_m - w_s - c_m) \cdot (\min(\beta_1, \beta_2) \frac{k(\theta_h - \theta_l) - \alpha p_0}{k(\theta_h - \theta_l)}) - (w_s + c_m)(\min(\beta_1, \beta_2)) \cdot \frac{k(\theta_h - \theta_l) - \alpha p_0}{k(\theta_h - \theta_l)} \\ \text{s.t.} \max_{\alpha} \prod_r = ((1 + \alpha)p_0 - w_m) \cdot (\min(\beta_1, \beta_2) \frac{k(\theta_h - \theta_l) - \alpha p_0}{k(\theta_h - \theta_l)}) \end{cases}$$

逆向求解有：

$$\begin{aligned} \alpha^* &= \frac{1}{8} \frac{(7\beta_1 \min(\beta_1, \beta_2)k(\theta_h - \theta_l) - \min(\beta_1, \beta_2)p_0 + 2\min(\beta_1, \beta_2)c_m - c_m\beta_1 + c_s\beta_1)}{\min(\beta_1, \beta_2)p_0}, \\ w_w^* &= \frac{1}{4} \frac{3\min(\beta_1, \beta_2)k(\theta_h - \theta_l) + 3\min(\beta_1, \beta_2)p_0 + 2\beta_1 \min(\beta_1, \beta_2)c_m - c_m\beta_1 + c_s\beta_1}{\min(\beta_1, \beta_2)}, \\ w_s^* &= \frac{1}{2} \frac{\min(\beta_1, \beta_2)k(\theta_h - \theta_l) + \min(\beta_1, \beta_2)p_0 - 2\beta_1 \min(\beta_1, \beta_2)c_m + c_m\beta_1 + c_s\beta_1}{\beta_1}. \end{aligned}$$

供应链各成员以及整个渠道的最佳收益为：

$$\begin{aligned} \prod_r^* &= \frac{1}{64} \frac{(\min(\beta_1, \beta_2)p_0 + \min(\beta_1, \beta_2)k(\theta_h - \theta_l) - 2\min(\beta_1, \beta_2)c_m + c_m\beta_1 - c_s\beta_1)^2}{\min(\beta_1, \beta_2)k(\theta_h - \theta_l)}, \\ \prod_m^* &= \frac{1}{32} \frac{(\min(\beta_1, \beta_2)p_0 + \min(\beta_1, \beta_2)k(\theta_h - \theta_l) - 2\min(\beta_1, \beta_2)c_m + c_m\beta_1 - c_s\beta_1)^2}{\min(\beta_1, \beta_2)k(\theta_h - \theta_l)}, \\ \prod_s^* &= \frac{1}{16} \frac{(\min(\beta_1, \beta_2)p_0 + \min(\beta_1, \beta_2)k(\theta_h - \theta_l) - 2\min(\beta_1, \beta_2)c_m + c_m\beta_1 - c_s\beta_1)^2}{\min(\beta_1, \beta_2)k(\theta_h - \theta_l)}, \\ \prod_{sc}^* &= \frac{7}{64} \frac{(\min(\beta_1, \beta_2)p_0 + \min(\beta_1, \beta_2)k(\theta_h - \theta_l) - 2\min(\beta_1, \beta_2)c_m + c_m\beta_1 - c_s\beta_1)^2}{\min(\beta_1, \beta_2)k(\theta_h - \theta_l)}. \end{aligned}$$

2.2 信息不对称下非合作决策时局部联盟的 Stackelberg 模型

在此情形下，供应商和制造商组成的联盟占主导地位，

由其决定批发价格，然后销售商决定绿色产品的加价率 α 。

要求博弈均衡解即求：

$$\begin{cases} \max_{w_m} \prod_{sm}^2 = (w_m - c_s - c_m) \cdot (\min(\beta_1, \beta_2) \cdot \frac{k(\theta_h - \theta_l) - \alpha p_0}{k(\theta_h - \theta_l)}) - (c_s + c_m)(\beta_1 - \min(\beta_1, \beta_2)) \cdot \frac{k(\theta_h - \theta_l) - \alpha p_0}{k(\theta_h - \theta_l)} \\ \text{s.t.} \max_{\alpha} \prod_r^2 = ((1 + \alpha)p_0 - w_m) \cdot \min(\beta_1, \beta_2) \cdot \frac{k(\theta_h - \theta_l) - \alpha p_0}{k(\theta_h - \theta_l)} \end{cases}$$

逆向求解有：

$$w_w^{**} = \frac{1}{2} \frac{\min(\beta_1, \beta_2)k(\theta_h - \theta_l) + \min(\beta_1, \beta_2)p_0 + 2\beta_1 \min(\beta_1, \beta_2)c_m + c_m\beta_1 + c_s\beta_1}{\min(\beta_1, \beta_2)},$$

$$\alpha^{**} = \frac{1}{4} \frac{(3\beta_1 \min(\beta_1, \beta_2)k(\theta_h - \theta_l) - \min(\beta_1, \beta_2)p_0 + c_m\beta_1 + c_s\beta_1)}{\min(\beta_1, \beta_2)p_0}.$$

供应链各成员以及整个渠道的最佳收益为：

$$\begin{aligned} \prod_r^{**} &= \frac{1}{16} \frac{(\min(\beta_1, \beta_2)p_0 + \min(\beta_1, \beta_2)k(\theta_h - \theta_l) - c_m\beta_1 - c_s\beta_1)^2}{\min(\beta_1, \beta_2)k(\theta_h - \theta_l)}, \\ \prod_{sm}^{**} &= \frac{1}{8} \frac{(\min(\beta_1, \beta_2)p_0 + \min(\beta_1, \beta_2)k(\theta_h - \theta_l) - c_m\beta_1 - c_s\beta_1)^2}{\min(\beta_1, \beta_2)k(\theta_h - \theta_l)}, \\ \prod_{sc}^{**} &= \frac{3}{16} \frac{(\min(\beta_1, \beta_2)p_0 + \min(\beta_1, \beta_2)k(\theta_h - \theta_l) - c_m\beta_1 - c_s\beta_1)^2}{\min(\beta_1, \beta_2)k(\theta_h - \theta_l)} \end{aligned}$$

2.3 信息不对称下引入收益共享合约的合作决策模型

$$\begin{cases} \max_{\alpha} \prod_{sc}^3 = ((1 + \alpha)p_0 - c_s - c_m) \cdot (\max(\beta_1, \beta_2) \cdot \frac{k(\theta_h - \theta_l) - \alpha p_0}{k(\theta_h - \theta_l)}) \\ \prod_{sc}^{***} \cdot r_1 \geq \prod_s^*, \prod_{sc}^{***} \cdot r_2 \geq \prod_m^*, \prod_{sc}^{***} \cdot r_3 \geq \prod_r^* \\ \prod_{sc}^{***} \cdot (r_1 + r_2) \geq \prod_{sm}^*, \prod_{sc}^{***} \cdot r_3 > \prod_r^*; r_1 + r_2 + r_3 = 1 \end{cases}$$

$$\text{逆向求解有：} \alpha^{***} = \frac{1}{2} \frac{k(\theta_h - \theta_l) - p_0 + c_m + c_s}{p_0}$$

整个渠道的最佳收益为：

$$\prod_{sc}^{***} = \frac{1}{4} \frac{(p_0 + k(\theta_h - \theta_l) - c_m - c_s)^2 \max(\beta_1, \beta_2)}{k(\theta_h - \theta_l)}.$$

当 $\beta_1 \geq \beta_2$ 时， $\min(\beta_1, \beta_2) = \beta_2, \max(\beta_1, \beta_2) = \beta_1$ ，此时：

$$\begin{aligned} \prod_{sc}^* &= \frac{7}{64} \frac{(\beta_2 p_0 + \beta_2 k(\theta_h - \theta_l) - 2\beta_2 c_m + c_m \beta_1 - c_s \beta_1)^2}{\beta_2 k(\theta_h - \theta_l)} = \frac{7}{64} \frac{(\beta_2 p_0 + \beta_2 k(\theta_h - \theta_l) + 2(\beta_1 - \beta_2)c_m - \beta_1(c_m + c_s))^2}{\beta_2 k(\theta_h - \theta_l)}, \\ \prod_{sc}^{**} &= \frac{3}{16} \frac{(\beta_2 p_0 + \beta_2 k(\theta_h - \theta_l) - \beta_1(c_m + c_s))^2}{\beta_2 k(\theta_h - \theta_l)}, \\ \prod_{sc}^{***} &= \frac{1}{4} \frac{(p_0 + k(\theta_h - \theta_l) - (c_m + c_s))^2 \beta_1 \beta_2}{\beta_2 k(\theta_h - \theta_l)} \geq \frac{1}{4} \frac{(p_0 + k(\theta_h - \theta_l) - (c_m + c_s))^2 \beta_2 \beta_2}{\beta_2 k(\theta_h - \theta_l)} = \frac{1}{4} \frac{(\beta_2 p_0 + \beta_2 k(\theta_h - \theta_l) - \beta_2(c_m + c_s))^2}{\beta_2 k(\theta_h - \theta_l)} \\ &\geq \frac{1}{4} \frac{(\beta_2 p_0 + \beta_2 k(\theta_h - \theta_l) - \beta_1(c_m + c_s))^2}{\beta_2 k(\theta_h - \theta_l)} > \frac{3}{16} \frac{(\beta_2 p_0 + \beta_2 k(\theta_h - \theta_l) - \beta_1(c_m + c_s))^2}{\beta_2 k(\theta_h - \theta_l)} = \prod_{sc}^{**} \\ \text{由于: } \prod_{sc}^{***} &= \frac{16}{7} \frac{(p_0 + k(\theta_h - \theta_l) - (c_m + c_s))^2 \beta_1 \beta_2}{(\beta_2 p_0 + \beta_2 k(\theta_h - \theta_l) + 2(\beta_1 - \beta_2)c_m - \beta_1(c_m + c_s))^2} = \frac{16}{7} \frac{(\sqrt{\beta_1 \beta_2} p_0 + \sqrt{\beta_1 \beta_2} k(\theta_h - \theta_l) - \sqrt{\beta_1 \beta_2} (c_m + c_s))^2}{(\beta_2 p_0 + \beta_2 k(\theta_h - \theta_l) - (\beta_1(c_m + c_s) - 2(\beta_1 - \beta_2)c_m))^2} \\ &\because \sqrt{\beta_1 \beta_2} \geq \beta_2, \\ &\because \sqrt{\beta_1 \beta_2} p_0 + \sqrt{\beta_1 \beta_2} k(\theta_h - \theta_l) \geq \beta_2 p_0 + \beta_2 k(\theta_h - \theta_l), \\ &\because c_m + c_s > c_m + c_m = 2c_m, \\ &\therefore (\beta_1(c_m + c_s) - 2(\beta_1 - \beta_2)c_m) - \sqrt{\beta_1 \beta_2}(c_m + c_s) \\ &= (c_m + c_s)\sqrt{\beta_1(\beta_1 - \beta_2)} - 2c_m\sqrt{(\beta_1 - \beta_2)^2} > 0, \\ &\therefore \prod_{sc}^{***} > 1. \end{aligned}$$

$$\text{此时有: } \prod_{sc}^{***} > \prod_{sc}^{**}, \prod_{sc}^{***} > \prod_{sc}^*.$$

当 $\beta_1 < \beta_2$, $\min(\beta_1, \beta_2) = \beta_1$, $\max(\beta_1, \beta_2) = \beta_2$, 此时:

$$\begin{aligned} \prod_{sc}^* &= \frac{7}{64} \frac{(p_0 + k(\theta_h - \theta_l) - (c_m + c_s))^2 \beta_1}{k(\theta_h - \theta_l)}, \\ \prod_{sc}^{**} &= \frac{3}{16} \frac{(p_0 + k(\theta_h - \theta_l) - (c_m + c_s))^2 \beta_1}{k(\theta_h - \theta_l)}, \\ \prod_{sc}^{***} &= \frac{1}{4} \frac{(p_0 + k(\theta_h - \theta_l) - (c_m + c_s))^2 \beta_2}{k(\theta_h - \theta_l)}. \end{aligned}$$

$$\text{显然有: } \prod_{sc}^{***} > \prod_{sc}^{**} > \prod_{sc}^*.$$

命题1: 在信息不对称下, 供应链各成员在合作决策时的整个渠道的收益总优于非合作决策时整个渠道的收益。供应商和制造商对绿色产品需求预测较低时, 局部联盟整个渠道的收益比不结盟的情况要好。

命题1揭示了供应链在合作决策时, 由于共享彼此的信息, 对绿色需求的预测更接近于理想值, 这样, 整个渠道的收益往往比不合作时更高, 这就显示了信息共享的巨大价值。在当今的供应链管理实践中, 信息是最受关注的资源, 能否及时有效的利用准确的信息来应对迅速变化的市场环境, 消除信息孤岛, 已经成为供应链管理成败的关键。在现实中, 供应链往往处于不完全信息的环境下, 各个成员掌握的信息往往是不对称和不精确的。在这样的情况下, 信息共享至关重要, 通过信息共享, 可以有效的消除信息中的噪音, 消除不确定性, 使供应链各成员对目标的预测达成一致, 从而能够在现有信息下做出最优的决策。

$$\begin{aligned} \text{由于: } \prod_{sc}^* &= \frac{4}{7} \prod_{sc}^{**}, \prod_{sc}^* = \frac{2}{7} \prod_{sc}^{**}, \prod_{sc}^* = \frac{1}{7} \prod_{sc}^{**}. \\ \prod_{sc}^{**} &= \frac{2}{3} \prod_{sc}^*. \end{aligned}$$

$$\text{记 } lower1(x) = x \cdot \frac{\prod_{sc}^*}{\prod_{sc}^{***}} < x, \quad lower2(x) = x \cdot \frac{\prod_{sc}^{**}}{\prod_{sc}^{***}} < x.$$

供应链各成员要达成合作需满足

$$r_1 > lower1(\frac{4}{7}), r_2 > lower1(\frac{2}{7}), r_3 > lower1(\frac{1}{7}).$$

$$r_1 + r_2 > lower2(\frac{2}{3}), \quad r_3 > lower2(\frac{1}{3}).$$

$$\text{而 } r_1 + r_2 + r_3 = 1 > lower1(1)$$

$$r_1 + r_2 + r_3 = 1 > lower2(1)$$

所以必存在 (r_1^*, r_2^*, r_3^*) , 使得

$$\begin{aligned} \prod_{sc}^{***} \cdot r_1^* &\geq \prod_{sc}^*, \prod_{sc}^{***} \cdot r_2^* \geq \prod_{sc}^{**}, \prod_{sc}^{***} \cdot r_3^* \geq \prod_{sc}^* \\ \prod_{sc}^{***} \cdot (r_1^* + r_2^*) &\geq \prod_{sc}^{**}, \prod_{sc}^{***} \cdot r_3^* > \prod_{sc}^* \end{aligned}$$

命题2: 收益共享合约总是存在的, 即在信息不对称下, 总能够通过收益共享合约来促进供应链各成员进行合作决策来提升整个渠道的收益, 同时使自己的收益大于非合作时的收益。

命题2揭示了通过收益共享合约, 可以有效地促进供应链各成员的合作, 共同分担产品绿色化的成本, 实现信息共享, 使供应链各成员的收入都有所增加, 实现了对非合作决策的帕累托改进, 这显示了收益共享合约这种协调机制的有效性。

3 供应链实施绿色供应链管理的驱动因素研究

在无政府激励的环境下, 供应链实施绿色供应链管理的唯一动机就是获得更多的利润。我们从不同的驱动因素出发, 分析供应链实施绿色供应链管理的三种博弈模型, 在每种驱动因素影响下, 各自的利润差额的变化所反映出的共同

趋势和各自的特点。验证供应链主动实施绿色供应链管理的可行性，并进一步验证合作决策的优越性。

当 $\beta_1 \geq \beta_2$ 时，

$$\Delta \Pi_{LG} = \frac{7}{64} \frac{(\beta_2 p_0 + \beta_2 k(\theta_h - \theta_l) + 2(\beta_1 - \beta_2)c_m - \beta_1(c_m + c_s))^2}{\beta_2 k(\theta_h - \theta_l)} - p_0 q_0,$$

$$\Delta \Pi_{SG} = \frac{3}{16} \frac{(\beta_2 p_0 + \beta_2 k(\theta_h - \theta_l) - \beta_1(c_m + c_s))^2}{\beta_2 k(\theta_h - \theta_l)} - p_0 q_0,$$

$$\Delta \Pi_{CDG} = \frac{1}{4} \frac{(p_0 + k(\theta_h - \theta_l) - (c_m + c_s))^2 \beta_1}{k(\theta_h - \theta_l)} - p_0 q_0.$$

当 $\beta_1 < \beta_2$ 时，

$$\Delta \Pi_{LG} = \frac{7}{64} \frac{(p_0 + k(\theta_h - \theta_l) - (c_m + c_s))^2 \beta_1}{k(\theta_h - \theta_l)} - p_0 q_0,$$

$$\Delta \Pi_{SG} = \frac{3}{16} \frac{(p_0 + k(\theta_h - \theta_l) - (c_m + c_s))^2 \beta_1}{k(\theta_h - \theta_l)} - p_0 q_0,$$

$$\Delta \Pi_{CDG} = \frac{1}{4} \frac{(p_0 + k(\theta_h - \theta_l) - (c_m + c_s))^2 \beta_2}{k(\theta_h - \theta_l)} - p_0 q_0.$$

假定 $p_0 = 400, k = 40, \theta_h - \theta_l = 10, c_s = 20, c_m = 10, \min(\beta_1, \beta_2) = 0.4, \max(\beta_1, \beta_2) = 0.6, q_0 = 0.5$ 。分别以 $k, p_0, (\theta_h - \theta_l), (c_s + c_m), q_0$ 的其中一个为变量，其它保持不变，在不同模型下整个渠道的收益差额的变化趋势如下：

(1) k 与收益差额的关系如下：

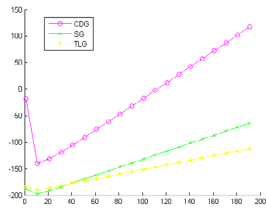


图 1 k 与收益差额的关系 ($\beta_1 \geq \beta_2$)

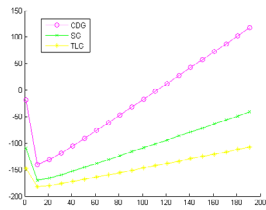


图 2 k 与收益差额的关系 ($\beta_1 < \beta_2$)

由图 1 和图 2 可知： $k=10$ 是一个转折点，当 $k \leq 10$ 时，收益差额随 k 的增大而减小，当 $k > 10$ 时，收益差额随 k 的增大而增大。当 k 接近 120 时，CDG 最先有主动性实施绿色供应链管理。

(2) p_0 与收益差额的关系如下：

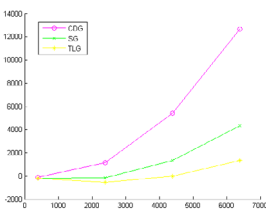


图 3 p_0 与收益差额的关系 ($\beta_1 \geq \beta_2$)

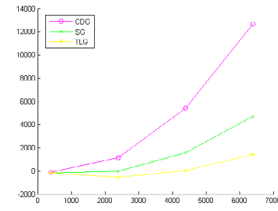


图 4 p_0 与收益差额的关系 ($\beta_1 < \beta_2$)

由图 3 和图 4 可知：普通产品的价格与收益差额是正相关的，普通产品的价格越高，供应链就越有动机实施绿色供应链管理。

(3) $(\theta_h - \theta_l)$ 与收益差额的关系如下：

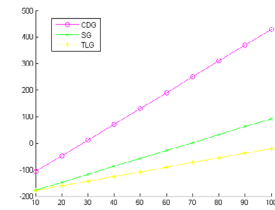


图 5 $(\theta_h - \theta_l)$ 与收益差额的关系 ($\beta_1 \geq \beta_2$)

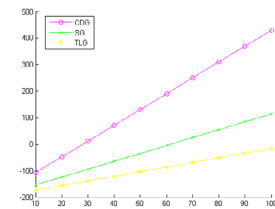


图 6 $(\theta_h - \theta_l)$ 与收益差额的关系 ($\beta_1 < \beta_2$)

由图 5 和图 6 可知：绿色产品相对于普通产品的绿色度与收益差额是正相关的。当 $(\theta_h - \theta_l)$ 接近 30 时，CDG 最先有主动性实施绿色供应链管理。

(4) $(c_s + c_m)$ 与收益差额的关系如下：

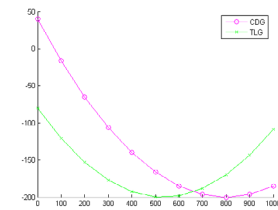


图 7 $(c_s + c_m)$ 与收益差额的关系 ($\beta_1 \geq \beta_2$)

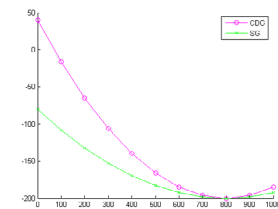


图 8 $(c_s + c_m)$ 与收益差额的关系 ($\beta_1 < \beta_2$)

由图 7 和图 8 可知：当制造商和供应商对绿色产品的需求预测更乐观时 ($\beta_1 \geq \beta_2$)，CDG 以 $(c_s + c_m) = 800$ 为转折点，当 $(c_s + c_m) \leq 800$ 时，收益差额随绿色成本 $(c_s + c_m)$ 的增大而减小，当 $(c_s + c_m) > 800$ 时，收益差额随绿色成本

$(c_s + c_m)$ 的增大而增大。当 $(c_s + c_m) \leq 100$ 或者在超过 800 后的某一点, 供应链有动机实施绿色供应链管理; SG 以 $(c_s + c_m) = 500$ 为转折点, 当 $(c_s + c_m) \leq 500$ 时, 收益差额随绿色成本 $(c_s + c_m)$ 的增大而减小, 当 $(c_s + c_m) > 500$ 时, 收益差额随绿色成本 $(c_s + c_m)$ 的增大而增大。当 $(c_s + c_m)$ 超过 500 后某一个值时, 供应链有主动性实施绿色供应链管理, 且 SG 比 CDG 更早出现。

当销售商对绿色产品的需求预测更乐观时 ($\beta_1 < \beta_2$), CDG 和 SG 都以 $(c_s + c_m) = 800$ 为转折点, 当 $(c_s + c_m) \leq 800$ 时, 收益差额随绿色成本 $(c_s + c_m)$ 的增大而减小, 当 $(c_s + c_m) > 800$ 时, 收益差额随绿色成本 $(c_s + c_m)$ 的增大而增大。CDG 在 $(c_s + c_m) \leq 100$ 时, 供应链就有动机实施绿色供应链管理; CDG 与 SG 都能在 $(c_s + c_m)$ 超过 800 后的某一点有主动性实施绿色供应链管理, 且 CDG 比 SG 更早出现。

(5) q_0 与收益差额的关系如下:

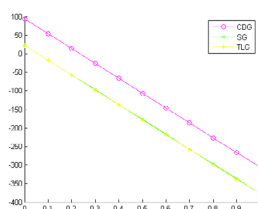


图 9 q_0 与收益差额的关系 ($\beta_1 \geq \beta_2$)

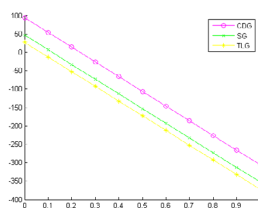


图 10 q_0 与收益差额的关系 ($\beta_1 < \beta_2$)

由图 9 和图 10 可知: 初始市场份额 q_0 与收益差额是负相关的。当制造商和供应商对绿色产品的需求预测更乐观时 ($\beta_1 \geq \beta_2$), TLD 与 SG 的区别很小, 在 $q_0 \leq 0.05$ 时才有主动性实施绿色供应链管理。CDG 在 $q_0 > 0.2$ 才开始失去实施绿色供应链管理的主动性; 当销售商对绿色产品的需求预测更乐观时 ($\beta_1 < \beta_2$), $SG > TLD$, TLD 在 q_0 到达 0.1 前就丧失了实施绿色供应链管理的主动性。SG 在 q_0 刚超过 0.1 时就丧失了实施绿色供应链管理的主动性。CDG 在 q_0 超过 0.2 之后才开始失去实施绿色供应链管理的主动性。

命题 3: 当供应链的初始市场份额较小时, 供应链有主动性实施绿色供应链管理。即在具有竞争特性的市场, 供应链能主动实施绿色供应链管理; 在各种驱动因素影响下, 局部联盟决策 (SG) 的渠道收益并不总是大于各自决策 (TLG) 的渠道收益; 而合作决策时的渠道收益 (CDG) 总大于非合作决策的渠道收益, 合作决策时供应链在起积极作用的驱动因素 (k , p_0 , $(\theta_h - \theta_l)$) 影响下会率先实施绿色供应链管理, 在起消极作用的驱动因素 ($(c_s + c_m)$, q_0) 影响下会延后放弃绿色供应链管理。

命题 3 揭示了 (1) 在无政府激励的环境下, 供应链是否主动实施绿色供应链管理, 与供应链所处的初始市场地位

有很大的关系, 当供应链的初始市场份额较小时, 供应链会主动实施绿色供应链管理来改变自己的市场地位。而当供应链的初始市场份额较大时, 供应链往往没有实施绿色供应链管理的主动性。(2) 消费者绿色偏好的产生, 是供应链实施绿色供应链管理的前提, 但只有当消费者的绿色偏好到达一定程度时, 实施绿色供应链管理才是有利可图的。(3) 普通产品的价格以及供应链提高产品绿色度的多少, 与绿色供应链管理的主动性是正相关的, 因为这两者的提高将使供应链生产的绿色产品获得更高的价格, 是绿色供应链管理拥有价格优势。(4) 实施绿色供应链管理所产生的成本, 在较低的时候会制约绿色供应链管理的实施, 担当成本到达一定量时, 反而会促进绿色供应链管理的实施。

此外, 命题 3 验证了实施绿色供应链管理时, 合作决策相对于非合作决策的优越性。在无政府激励的环境下, 供应链实施绿色供应链管理时, 以平摊绿色化成本为目的局部联盟有时并不会比各自决策时收益更高。只有当供应链各成员间都达成合作, 才能极大的提高绿色供应链管理的效率, 更有效的平摊绿色化的成本, 抵御风险, 和实现收益的快速增长。

4 结束语

本文综合考虑了产品绿色度、消费者对产品的绿色度的消费偏好、供应链的初始市场份额、普通产品的价格、以及绿色产品的成本, 讨论了以供应商、制造商、销售商构成的三级供应链在信息不对称的环境下各种决策情形, 通过分析供应链实施绿色供应链管理的驱动因素, 验证了在具有竞争特质的行业供应链主动实施绿色供应链管理的可行性。通过理论分析, 我们有如下建议:

针对政府: 政府并不需要在每个行业的绿色供应链管理的问题上都“事必躬亲”, 由命题 3 可知, 在一些存在竞争的市场上 ($q_0 \rightarrow 0$), 如服装, 肉制品, 奶制品等, 政府只需要严格规定这些行业的绿色度标准, 并把投入市场的产品全部标上绿色度, 只需做“一头一尾”的工作, 就可利用市场的竞争机制和消费者对产品绿色度的偏好来自动推行绿色供应链管理, 这样更能让绿色供应链的观念深入到每个市场参与者的心中。而在一些垄断的行业 ($q_0 \rightarrow 1$), 如石油等, 这些行业具有“惰性”, 不会主动进行绿色供应链管理, 政府必须加大监管的力度, 制定和实施适当的激励政策。同时, 政府必须大力宣扬“绿色可持续”的观念, 努力提高消费者的“绿色”意识, 使消费者对更多的行业产生绿色环保的观念, 刺激消费者产生对绿色度的偏好 (提高 k)。以此来迫使更多的行业推行绿色供应链管理。

针对供应链: 由命题 1, 2 可知, 供应链在合作决策时整个渠道总收益比非合作决策时要大, 并且通过收益共享合约可以使供应链各成员在合作时的收益总大于不合作时的收益。而且, 根据结论 3, 供应链在合作决策时, 在每一种驱动因素的影响下都更有主动性实施绿色供应链管理。也就是说, 供应链在进行绿色供应链管理时加强沟通合作, 分享自己对需求的预测, 同时重视收益分配的公平性和合理性, 可以获得持久的绿色供应链管理的动力。

需要说明的是: (1) 本文只讨论了由一个供应商、制造

商和销售商构成的三级供应链，但是实际情况要复杂的多，在多级供应链下横向的多成员企业如何合作进行绿色供应链管理将是以后的研究方向。（2）本文只讨论了在某行业首个推行绿色供应链管理的情况，且一旦决定生产和销售绿色产品就放弃普通产品的生产，在销售绿色产品的同时销售原来的普通产品更符合实际，也将是以后的研究方向。（3）在实际情况下，市场上的其他供应链不可能“坐视不管”，可以进一步研究市场内各供应链就绿色供应链管理的竞争博弈，跨国公司作为经济全球化的特殊产物，也可在博弈分析中有所体现。（4）在研究不完全信息下需求预测时，仅是通过简单的取最大值和最小值，进一步研究信息的传递机制也是可以继续深入的研究方向。

参 考 文 献

- [1] Brécard D, Hlaimi B, Lucas S, et al. Determinants of demand for green products: an application to eco-label demand for fish in Europe [J]. *Ecological economics*, 2009, 69(1): 115-125.
- [2] Piotrowski R, Kratz S. Eco-labelling in the globalised economy [J]. *Challenges Of Globalization: New Trends In International Politics And Society*, 2005: 217.
- [3] Amacher G S, Koskela E, Ollikainen M. Environmental quality competition and eco-labeling [J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2004, 47(2): 284-306.
- [4] Ramirez D F P. Vertsumption: the “Green Consumption” iPhone application [J]. 2008.
- [5] Wati Y, Koo C. The green IT practices of Nokia, Samsung, Sony, and Sony Ericsson: content analysis approach[C]//*System Sciences (HICSS)*, 2010 43rd Hawaii International Conference on. IEEE, 2010: 1-10.
- [6] 朱庆华, 窦一杰. 基于政府补贴分析的绿色供应链管理博弈模型[J]. *管理科学学报*, 2011, 14(6): 86-95.
- [7] Sheu J B, Chen Y J. Impact of government financial intervention on competition among green supply chains [J]. *International Journal of Production Economics*, 2012, 138(1): 201-213.
- [8] 徐伟, 郑燕飞. 绿色供应链管理中有举报行为的政企博弈分析[J]. *中国管理科学*, 2008, 1(6): 450-454.
- [9] Sheu J B. Bargaining framework for competitive green supply chains under governmental financial intervention [J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2011, 47(5): 573-592.
- [10] Hong I, Ke J S. Determining advanced recycling fees and subsidies in “E-scrap” reverse supply chains [J]. *Journal of environmental management*, 2011, 92(6): 1495-1502.
- [11] 朱庆华, 窦一杰. 绿色供应链中政府与核心企业进化博弈模型[J]. *系统工程理论与实践*, 2007, 12(12): 85-89.
- [12] Zhu Q, Sarkis J. The moderating effects of institutional pressures on emergent green supply chain practices and performance [J]. *International Journal of Production Research*, 2007, 45(18-19): 4333-4355.
- [13] Zhu Q, Sarkis J. Relationships between operational practices and performance among early adopters of green supply chain management practices in Chinese manufacturing enterprises [J]. *Journal of Operations Management*, 2004, 22(3): 265-289.
- [14] Zhu Q, Geng Y. Drivers and barriers of extended supply chain practices for energy saving and emission reduction among Chinese manufacturers [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2010.
- [15] Zheng Y, Hu F, Xu Y. Pricing Strategy Research of Green Supply Chain Based on Products Substitution[C]//*International Asia Conference on Industrial Engineering and Management Innovation (IEMI2012) Proceedings*. Springer Berlin Heidelberg, 2013: 1095-1101.
- [16] 焦旭萍, 徐建培, 胡劲松. 绿色供应链中定价决策与协调机制研究[J]. *青岛大学学报: 工程技术版*, 2006, 21(1): 86-91.
- [17] Zhang C T, Liu L P. Research on coordination mechanism in three-level green supply chain under non-cooperative game [J]. *Applied Mathematical Modelling*, 2012.
- [18] 王桂萍, 贾亚洲, 周广文. 基于模糊可拓层次分析法的数控机床绿色度评价方法及应用[J]. *机械工程学报*, 2010, 46(3): 141-146.

A feasibility analysis for practicing green supply chain management without government policy incentives

CAO Yu, LIU Zi-hao

(School of Business, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: Green supply chain has attracted increasing attention since the 21st century because of continuous global environment deterioration and lack of natural resources. Consumers’ environmental and health awareness are increasing because international environment and quality standards are becoming stricter. Given these trends, it is inevitable that supply chains will be interested in their green levels and learning about how to implement green supply chain management (GSCM). At present in China, game analysis on the implementation of green supply chain management has not addressed the following questions comprehensively: (1) too much emphasis is placed on the role of government will bring additional cost and further influence the whole social welfare, (2) game models are mostly established by assuming complete information, whereas in reality the information each one owns is often asymmetric, and (3) the comparison between cooperative and non-cooperative decision making in multi-stage supply chains is insufficient.

In view of the abovementioned problems, this article attempts to compare cooperative decision making and non-cooperative decision making in a green supply chain, and then further analyzes the drivers influencing the feasibility of implementing green chain management without government policy incentives. Specifically, this paper models a three-level supply chain with a supplier, a manufacturer and a retailer. The first part of this paper establishes three game models considering no government policy incentives and information asymmetry: the non-cooperative Three-level Leader-follower Game (TLG), Stackelberg Model (SG) involving the alliance of the supplier and the manufacturer, and Cooperative Decision Game (CDG) with a revenue sharing contract. By solving and analyzing the three game models, we find that when information asymmetry exists, the revenue of the whole channel under cooperation is always greater than that under noncooperation. Moreover, the revenue of each member in the supply chain under cooperation exceeds that under noncooperation. Namely, non-cooperative decision-making achieves Pareto improvement via converting into cooperative decision-making. Finally, we can always coordinate

non-cooperative supply chains via revenue sharing contract.

Based on the models established above, the second part of this article investigates the driving factors for implementing green chain management by numerical simulation. The analysis results show that (1) consumers' green preferences k , the price of the ordinary product p_0 and the green degree of green products $(\theta_h - \theta_l)$ are positive driving factors; green cost $(c_s + c_m)$ and the initial market share q_0 are negative drivers, and when $(c_s + c_m)$ rises to some certain point, it turns to be a positive role, (2) the initial market share of the supply chain significantly affects the initiative of implementation of supply chain management. The smaller the market share of the supply chain, the more willing the supply chain is to implement green supply chain management. The larger the market share, the more reluctant it is to take the initiative to implement green supply chain management. (3) the whole channel revenue under local alliance is not always greater than that under independent decision-making and (4) the supply chain will take the lead in implementing the green supply chain management under influence of positive drivers and delay abandoning the green supply chain management under the influence of negative drivers.

Overall, we find that in a competitive market, the implementation of supply chain management can be feasible and does not necessarily need government policy incentives. It is worth noting that under information asymmetry, cooperation is more conducive to the implementation of green chain management and brings greater revenue to the whole channel as well as each member. Cooperation can always be achieved through a revenue sharing contract.

Key words: Information asymmetry; Game model; Revenue sharing contract; GSCM

中文编辑：杜 健；英文编辑：Charlie C. Chen