

控制与决策

Control and Decision

公平偏好下绿色供应链收益分享与绿色创新投入

姜明君, 陈东彦

引用本文:

姜明君, 陈东彦. 公平偏好下绿色供应链收益分享与绿色创新投入[J]. *控制与决策*, 2020, 35(6): 1463–1468.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2018.1592>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

[公平关切下具有广告效应的闭环供应链定价决策模型](#)

Pricing decision models for closed-loop supply chain with advertising effect considering fairness concerns

控制与决策. 2018, 33(8): 1505–1513 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2017.0405>

[绿色供应链背景下互补品定价策略](#)

Pricing strategies for complementary products in green supply chain

控制与决策. 2018, 33(10): 1861–1870 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2017.0690>

[再制造商公平关切下闭环供应链生产设计决策与协调](#)

Production design decision and coordination of closed-loop supply chain considering remanufacturer's fairness concern

控制与决策. 2016, 31(9): 1615–1622 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2015.1221>

[公平偏好、参照点效应和三级供应链的运作](#)

Fairness preference, reference point effect and operation research in three layer supply chains

控制与决策. 2015, 30(5): 859–864 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2014.0121>

[具有公平关切的零售商对双渠道供应链决策影响分析](#)

Impact of fair-minded retailer on decision of supply chain in dual-channel

控制与决策. 2015, 30(5): 955–961 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2014.0218>

公平偏好下绿色供应链收益分享与绿色创新投入

姜明君^{1,2}, 陈东彦^{3†}

(1. 哈尔滨理工大学 经济与管理学院, 哈尔滨 150080; 2. 黑龙江科技大学 经济学院, 哈尔滨 150022; 3. 哈尔滨理工大学 理学院, 哈尔滨 150080)

摘要: 将公平偏好理论应用到绿色供应链绿色创新投入问题的研究中, 建立以 F-S 模型为基础的绿色制造商与供应商的收益模型, 并分析在信息不对称条件下公平偏好对供应商绿色创新、收益分享比例、固定补贴以及制造商最优效用的影响. 研究表明: 在信息不对称条件下, 公平偏好对供应商的最优绿色创新投入无影响, 公平偏好不会影响绿色制造商提供的最优收益分享比例, 而绿色制造商提供给供应商的补贴会受公平偏好影响, 绿色制造商给供应商的固定补贴额是随着供应商公平偏好心理强度的增大而减小, 而绿色制造商的最优效用会受到供应商公平偏好强度和自身公平偏好强度的共同影响.

关键词: 公平偏好; 绿色供应链; 收益分享; 绿色创新投入

中图分类号: F274

文献标志码: A

Revenue sharing and green innovation investment of green supply chain under fairness preference

JIANG Ming-jun^{1,2}, CHEN Dong-yan^{3†}

(1. School of Economics and Management, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150080, China; 2. School of Economics, Heilongjiang University of Science and Technology, Harbin 150022, China; 3. College of Science, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150080, China)

Abstract: Applying the theory of fairness preference to the research on green innovation investment of green supply chain, the income model of green manufacturers and suppliers is established based on the F-S model, and the fair preference for suppliers' green innovation, revenue sharing ratio, fixed subsidy, as well as the impact of the manufacturer's optimal utility under the condition of asymmetric information are analyzed. The results show that under the condition of information asymmetry, fairness preference has no influence on the optimal green innovation investment of suppliers, and does not affect the optimal income sharing ratio provided by green manufacturers, and the subsidies of green suppliers provided by green manufacturers are affected by fairness preferences, and the fixed subsidies given by green manufacturers to suppliers are reduced as the supplier's fairness preference increases, while the green manufacturer's optimal utility is subjected to the fair preference intensity of green suppliers and the combined influence of the strength of their own fairness preferences.

Keywords: fairness preference; green supply chain; revenue sharing; green innovation investment

0 引言

经济高速发展, 环境污染问题也越来越突出. 各国政府都在寻找绿色的经济发展模式, 我国也越来越重视环境问题, “十九大” 将生态文明、绿色发展、“两山论” 提到一个前所未有的政治高度, 并将三者紧紧地联系在一起. 2015 年 5 月 19 日, 国务院正式印发的《中国制造 2025》中明确提出了绿色制造工程. 2018 年 6 月 27 日《打赢蓝天保卫战三年行动计划》(称为“新大气十条”) 出台. 这表明了国家对绿色发展、生态文明建设的坚定信念. 在这样的背景下, 传统的供

应链不得不向绿色供应链转变.

随着人们对环境问题的重视, 人们对绿色供应链也越来越重视, 国内外学者对绿色供应链的研究也越来越深入. Handfield 等^[1] 认为绿色供应链管理的范围包括订货周期内所有的流程. 很多学者在绿色供应链的研究中通常引入绿色度, Liu 等^[2] 认为绿色度可以理解为环境友好的程度, 企业运营活动对环境的负面影响越大, 绿色度越小; 对环境的负面影响越小, 绿色度越大. Ghosh 等^[3] 研究了由供应商和制造商构成的二级供应链, 探讨了绿色创新成本系数和绿

收稿日期: 2018-11-19; 修回日期: 2019-12-28.

基金项目: 黑龙江省自然科学基金项目(G2018007).

责任编辑: 李登峰.

†通讯作者. E-mail: chendongyan@hrbust.edu.cn.

色创新效果系数对供应链均衡结果的影响. 后来,他考虑集中决策和分散决策,并验证了供应链成员之间的利益分配协调^[4]. Zhang等^[5]建立了三级绿色供应链博弈模型,求解4种模式下的均衡结果,结果显示集中决策能够达到供应链整体收益最大化. Xie^[6]引入政府补贴分析绿色供应链的产品绿色水平和价格,并建立批发价格契约和收益共享契约来协调供应链. Sheu等^[7]研究绿色供应链成员在政府金融干预下的企业竞争,认为政府应该采取激励措施以实现供应链的协调. Yu等^[8]建立了绿色供应链博弈模型,包括两个具有不同绿色水平的制造商和零售商,并给出产品绿色度和政府补贴水平的协调方案. Li等^[9]建立双渠道竞争的绿色供应链博弈模型,产品的销售渠道分别是零售商销售和制造商直接销售,研究表明,当绿色制造成本超过一定的阈值时,制造商不会采用直销渠道. 只有当消费者对零售渠道的忠诚度与绿色制造成本满足一定的关系,才存在双渠道绿色供应链. Jamali等^[10]建立了绿色与非绿色供应链的双渠道竞争模型,并对渠道间价格竞争的强度进行了分析和比较. 结果表明绿色度对销售价格、需求和利润有影响.

我国学者张红建立了考虑供应链参与者具有公平偏好、产品绿色度和政府补贴的4种绿色供应链博弈模型,并建立了成本共担的收益共享契约下的博弈模型^[11]. 温兴琦等^[12]构建基于3种政府补贴策略的绿色供应链成员之间Stackelberg模型,通过理论证明和数值仿真,比较分析在相同的政府补贴支出条件下不同补贴策略的补贴效果. 孙迪等^[13]建立政府补贴绿色生产者、消费者两种补贴政策下的两阶段博弈模型,并通过数值仿真分析了两种补贴政策下政府补贴效果的差异. 刘京等^[14]研究了零售商的公平关切行为以及风险规避行为对绿色供应链最优决策的影响. 曹裕等^[15]建立了三级供应链的非合作博弈模型和引入收益共享的合作决策模型. 通过3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. 石平等^[16]研究了公平关切行为和产品绿色化效率对绿色供应链定价策略、产品绿色度、供应链各方利润以及整体利润的影响. 伊晟等^[17]将绿色创新分为绿色产品创新和绿色流程创新,研究了绿色供应链管理绿色创新之间的关系. 田一辉等^[18]建立了基于企业和消费者理性决策基础上的三阶段演化博弈模型,讨论了政府的价格补贴比例给社会福利、绿色产品销量和实施绿色供应链管理的企业带来的影响.

综上所述,现有关于绿色供应链的研究大多是基

于决策者是完全理性的,而现实是绿色供应链成员在利益分配时必将受到公平偏好心理影响以期待更为公平的结果. 在绿色供应链的研究中大多是研究制造商与供应商的决策与协调. 从目前的研究成果看,尚缺乏考虑公平关切行为的绿色供应链中供应商和制造商的决策与协调的研究文献. 由于绿色供应链的核心是绿色创新,供应商的绿色创新是绿色供应链的起点,原材料的绿色度决定着产品最终的绿色度. 供应商对原材料的绿色创新能够使制造商在使用原材料进行生产时减少污染. 供应商的绿色创新能够降低供应商生产能耗,供应商的绿色创新能够推动整个供应链的生态发展^[19]. 现实问题中,以我国新能源汽车为代表的供应商和制造商组成的二级供应链为例,我国的政府补贴主要补贴给制造商和消费者,这会导致整车制造商获得更多的利润. 动力装置是衡量新能源汽车绿色度的最重要指标,使得动力装置的供应商产生不公平心理,这不利于新能源汽车供应链的健康发展. 所以,对于绿色供应链来说,研究绿色供应商的绿色创新是非常必要的. 本文的创新之处主要有以下3个方面:

1) 研究的对象为一个供应商和一个制造商组成的二级供应链,建立绿色供应链中供应商和制造商绿色创新而增加收益的分配模型.

2) 引入政府补贴来分析供应商和制造商的绿色创新投入水平,为供应商和制造商绿色创新投入的博弈过程中提供决策参考,目的是实现绿色供应链中各方获利并促进绿色供应链的良性发展.

3) 采用双边公平感来刻画供应链中各决策主体的公平关切行为,目前看来,双边公平感用于表示供应链系统决策主体的公平关切是比较科学的.

1 模型构建

由于绿色供应商的绿色创新行为导致供应链整体收益的增加,在这种情况下需要引入收益分配机制来鼓励绿色供应商的绿色创新. 具有公平偏好的绿色供应商在其获得收益低于制造商的收益时,它会产生嫉妒负效用,这种负效用会使绿色供应商降低绿色投入;当绿色供应商获得的收益比制造商的收益高时,绿色供应商会产生自豪正效用,这种正效用会使绿色供应商积极地增加绿色创新投入. 本文对原有的公平偏好模型^[20]进行修正,修正如下:

$$u_i = x_i - \frac{\alpha_i}{n-1} \sum_{j \neq i} (x_j - x_i, 0) + \frac{\beta_i}{n-1} \sum_{j \neq i} (x_i - x_j, 0).$$

其中: i, j, n, u_i 涵义与原模型一致, α_i 表示当 i 的收益小于 j 时的嫉妒心理强度, β_i 表示当 i 的收益大于 j 时的自豪心理强度.

本文作出如下假设.

假设1 由一个供应商和一个制造商组成的二级供应链中, 供应链绿色创新水平受供应商和制造商共同影响.

假设2 绿色供应链中供应商绿色创新投入会直接影响到供应链整体的收益.

假设3 绿色供应链中制造商与供应商判断收益分配是否公平的指标是各自获得的净收益.

假设4 制造商生产的产品为绿色产品, 达到国家对绿色产品最低绿色度 g_1 的要求, 并将政府补贴按照绿色度 g_1 补贴给制造商.

在以上4个假设下, 借鉴许民利等^[21]的研究, 设 g_0 为供应商绿色创新投入, π 为由于供应商的绿色创新投入所增加的供应链整体收益, $\pi = ag_0$, 其中 a 为绿色创新投入对产出的影响系数; 制造商提出一个增加收益的共享机制, $S_\pi = F_0 + \lambda\pi$, 其中 S_π 为绿色制造商分配给供应商的收益, F_0 为固定补贴, λ 为增加收益的共享比例. 供应商绿色创新投入需付出额外的成本, 该成本和绿色创新投入努力程度成二次方关系

$$C_s = \frac{1}{2}bg_0^2, \tag{1}$$

b 为较大的正常量. 设政府为了激励绿色供应链的发展, 激励制造商增加绿色产品的研发, 政府按照最终产品的绿色度 g_1 补贴给制造商, 补贴按增加收益分配比例 λ 进行分配, 补贴系数 $\mu > 0$. 制造商将获得的政府补贴按共享机制分配给供应商, 则制造商获得增加收益的预期为

$$\pi_m = \pi - S_\pi - C_m + \frac{1}{2}(1 - \lambda)\eta g_1^2, \tag{2}$$

供应商获得的预期收益为

$$\pi_s = S_\pi - C_s + \frac{1}{2}\lambda\eta g_1^2. \tag{3}$$

由于绿色供应商具有公平偏好, 当制造商获得的净收益高于供应商获得的净收益时, 绿色供应商会产生嫉妒心理, 设绿色供应商的嫉妒心理强度为 α_s ; 当绿色供应商获得的净收益高于制造商获得的净收益时, 绿色供应商会产生自豪心理, 设绿色供应商的自豪心理强度为 β_s . 具有公平偏好的绿色供应商的实际效用为

$$U_{\pi_s} = \pi_s - \alpha_s \max[(\pi_m - \pi_s), 0] + \beta_s \max[(\pi_s - \pi_m), 0]. \tag{4}$$

1) 当 $\pi_m > \pi_s$, 绿色制造商的收益大于绿色供应

商的收益时, 绿色供应商产生嫉妒心理, 绿色供应的实际效用为

$$U_{\pi_s} = \pi_s - \alpha_s(\pi_m - \pi_s) = (1 + 2\alpha_s)F_0 + (\lambda + 2\lambda\alpha_s - \alpha_s)ag_0 - \frac{1}{2}(1 + \alpha_s)bg_0^2 + \alpha_s C_m + \frac{1}{2}(\lambda + 2\lambda\alpha_s - \alpha_s)\eta g_1^2. \tag{5}$$

为了得到最大效用, 式(5)对 g_0 求导, 解得

$$g_0 = \frac{(\lambda + 2\lambda\alpha_s - \alpha_s)a}{(1 + \alpha_s)b}. \tag{6}$$

对于具有公平偏好的绿色制造商来说, 此时产生内疚心理, 绿色制造商的实际效用为

$$U_{\pi_m} = \pi_m - \beta_m(\pi_m - \pi_s) = (2\beta_m - 1)F_0 + (1 - \beta_m - \lambda + 2\lambda\beta_m)ag_0 - \frac{1}{2}\beta_m bg_0^2 + (\beta_m - 1)C_m + \frac{1}{2}(1 - \beta_m - \lambda + 2\lambda\beta_m)\eta g_1^2. \tag{7}$$

在现实情况中, 绿色制造商会与供应商签订激励合同, 目的是为了激励绿色供应商增强绿色创新投入, 从而使绿色制造商效用最大化. 在这种收益共享机制下, 绿色制造商要激励绿色供应商绿色创新, 同时, 要保证绿色供应商自身的效用至少等于 E_{U_s} 的最低保留效用 \bar{U}_s , 这是绿色供应链契约中供应商的参与约束条件.

当 $\pi_m > \pi_s$ 时, 绿色供应商产生嫉妒负效用, 绿色制造商产生内疚负效用, 则最优化问题为

$$\max_{\lambda, F_0} (2\beta_m - 1)F_0 + (1 - \beta_m - \lambda + 2\lambda\beta_m)ag_0 - \frac{1}{2}\beta_m bg_0^2 + (\beta_m - 1)C_m + \frac{1}{2}(1 - \beta_m - \lambda + 2\lambda\beta_m)\eta g_1^2; \tag{8}$$

$$\text{s.t. } (\lambda + 2\lambda\alpha_s - \alpha_s)ag_0 - \frac{1}{2}(1 + \alpha_s)bg_0^2 + \alpha_s C_m + (1 + 2\alpha_s)F_0 + \frac{1}{2}(\lambda + 2\lambda\alpha_s - \alpha_s)\eta g_1^2 \geq \bar{U}_s. \tag{9}$$

2) 当 $\pi_s > \pi_m$, 绿色供应商的收益大于绿色产品制造商的收益时, 绿色供应商产生自豪心理, 绿色供应商的实际效用为

$$U_{\pi_s} = \pi_s + \beta_s(\pi_s - \pi_m) = (1 + 2\beta_s)F_0 + (\lambda + 2\lambda\beta_s - \beta_s)ag_0 - \frac{1}{2}(1 + \beta_s)bg_0^2 + \beta_s C_m + \frac{1}{2}(\lambda + 2\lambda\beta_s - \beta_s)\eta g_1^2. \tag{10}$$

为了得到最大效用, 式(10)对 g_0 求导, 解得

$$g_0 = \frac{(\lambda + 2\lambda\beta_s - \beta_s)a}{(1 + \beta_s)b}. \tag{11}$$

对于具有公平偏好的绿色制造商来说,此时产生嫉妒心理,绿色制造商的实际效用为

$$\begin{aligned}
 U_{\pi_m} &= \pi_m - \alpha_m(\pi_s - \pi_m) = \\
 &(1 + \alpha_m - \lambda - 2\lambda\alpha_m)ag_0 - (2\alpha_m + 1)F_0 + \\
 &\frac{1}{2}\alpha_m bg_0^2 - (1 + \alpha_m)C_m - \\
 &\frac{1}{2}(1 + \alpha_m - \lambda - 2\lambda\alpha_m)\eta g_1^2. \tag{12}
 \end{aligned}$$

当 $\pi_s > \pi_m$, 绿色供应商产生自豪正效用, 绿色制造商产生嫉妒负效用, 则最优化问题为

$$\begin{aligned}
 \max_{\lambda, F_0} & (1 + \alpha_m - \lambda - 2\lambda\alpha_m)ag_0 - (2\alpha_m + 1)F_0 + \\
 & \frac{1}{2}\alpha_m bg_0^2 - (1 + \alpha_m)C_m - \\
 & \frac{1}{2}(1 + \alpha_m - \lambda - 2\lambda\alpha_m)\eta g_1^2; \tag{13}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{s.t.} & (1 + 2\beta_s)F_0 + (\lambda + 2\lambda\beta_s - \beta_s)ag_0 - \\
 & \frac{1}{2}(1 + \beta_s)bg_0^2 + \beta_s C_m + \\
 & \frac{1}{2}(\lambda + 2\lambda\beta_s - \beta_s)\eta g_1^2 \geq \bar{U}_s. \tag{14}
 \end{aligned}$$

2 模型求解

根据绿色供应商和绿色制造商之间信息共享的程度, 可分为两种情况: 信息对称和信息不对称. 在实际情况中, 一般绿色供应商跟绿色制造商共享的信息有限, 即为信息不对称. 因此, 本文重点研究信息不对称条件下的均衡. 在信息不对称情况下, 绿色供应商的绿色创新投入不能被绿色制造商直接察觉到, 绿色制造商只能靠收益共享机制来激励绿色供应商提高绿色度. 同时, 要保证绿色供应商自身的效用 E_{U_s} 至少等于最低保留效用 \bar{U}_s .

1) 当 $\pi_m > \pi_s$ 时, 另 $U_{\pi_s} = \bar{U}_s$, 解得

$$\begin{aligned}
 F_0 &= \frac{\bar{U}_s - (\lambda + 2\lambda\alpha_s - \alpha_s)ag_0 + \frac{1}{2}(1 + \alpha_s)bg_0^2}{1 + 2\alpha_s} - \\
 & \frac{\alpha_s C_m + \frac{1}{2}(\lambda + 2\lambda\alpha_s - \alpha_s)\eta g_1^2}{1 + 2\alpha_s}. \tag{15}
 \end{aligned}$$

将式(15)代入(8), 求得 g_0 和 λ 的最优解

$$g_0^* = \frac{a}{b}, \lambda^* = 1. \tag{16}$$

将式(15)和(16)代入目标函数(8), 从而得到绿色制造商的最优效用为

$$\begin{aligned}
 E_{\pi_m} &= \frac{1}{2}\beta_m \frac{a^2}{b} + (2\beta_m - 1) \frac{U_s - \frac{a^2}{2b}(1 + \alpha_s)}{1 + 2\alpha_s} - \\
 & (2\beta_m - 1) \frac{\alpha_s C_m + \frac{1}{2}(1 + \alpha_s)\eta g_1^2}{1 + \alpha_s} + \\
 & (\beta_m - 1)C_m + \frac{1}{2}\beta_m \eta g_1^2. \tag{17}
 \end{aligned}$$

当 $\alpha_s = 0, \beta_m = 0$ 时, 即绿色供应商和制造商均为自利偏好, 得

$$\tilde{g}_0^* = \frac{a}{b}, \tilde{\lambda}^* = 1. \tag{18}$$

此时绿色制造商的效用为

$$\tilde{E}_{\pi_m} = \frac{a^2}{2b} - \bar{U}_s + \frac{1}{2}\eta g_1^2 - C_m. \tag{19}$$

2) 当 $\pi_s > \pi_m$ 时, 令 $U_{\pi_s} = \bar{U}_s$, 解得

$$\begin{aligned}
 F_0 &= \frac{\bar{U}_s - (\lambda + 2\lambda\beta_s - \beta_s)ag_0 + \frac{1}{2}(1 + \beta_s)bg_0^2}{1 + 2\beta_s} - \\
 & \frac{\beta_s C_m + \frac{1}{2}(\lambda + 2\lambda\beta_s - \beta_s)\eta g_1^2}{1 + 2\beta_s}. \tag{20}
 \end{aligned}$$

将式(20)代入(13), 求得 g_0 和 λ 的最优解

$$g_0^* = \frac{a}{b}, \lambda^* = 1. \tag{21}$$

将式(21)和(20)代入目标函数(13), 得到绿色制造商的最优效用为

$$\begin{aligned}
 E_{\pi_m} &= -\frac{1}{2}\alpha_m \frac{a^2}{b} - (2\alpha_m + 1) \frac{U_s - \frac{a^2}{2b}(1 + \beta_s)}{1 + 2\beta_s} + \\
 & (2\alpha_m + 1) \frac{\beta_s C_m + \frac{1}{2}(1 + \beta_s)\eta g_1^2}{1 + 2\beta_s} - \\
 & (1 + \alpha_m)C_m + \frac{1}{2}\alpha_m \eta g_1^2. \tag{22}
 \end{aligned}$$

当 $\alpha_m = 0, \beta_s = 0$ 时, 即绿色制造商和供应商均为自利偏好, 得

$$\tilde{g}_0^* = \frac{a}{b}, \tilde{\lambda}^* = 1; \tag{23}$$

$$\tilde{F}_0 = \bar{U}_s - \frac{a^2}{2b}. \tag{24}$$

此时绿色制造商的效用为

$$\tilde{E}_{\pi_m} = \frac{a^2}{2b} - \bar{U}_s + \frac{1}{2}\eta g_1^2 - C_m. \tag{25}$$

3 模型分析

在信息不对称情况下, 不论绿色供应商和绿色制造商之间的既得利益的大小, 绿色供应商的绿色创新投入和利益分配比例的最优解分别为

$$g_0^* = \frac{a}{b}, \lambda^* = 1.$$

从而得出以下5个推论.

推论1 在信息不对称条件下, 对于绿色供应商来说, 最优的绿色创新投入水平与公平偏好无关, 且与绿色产品的政府补贴无关, 当绿色创新投入对收益的影响一定时, 绿色供应商的绿色创新投入会随着努力成本系数的增大而降低.

推论2 当 $\pi_m > \pi_s$ 时, 在信息不对称条件下, 最优固定补贴为

$$F_0 = \frac{\bar{U}_s - \frac{a^2}{2b}(1 + \alpha_s) - \alpha_s C_m - \frac{1}{2}(1 + \alpha_s)\eta g_1^2}{1 + 2\alpha_s}.$$

当 $\bar{U}_s < \frac{a^2}{4b} - \frac{C_m}{2} + \frac{\eta g_1^2}{4}$ 时, $\frac{\partial F_0}{\partial \alpha_s} > 0$, 绿色制造商给供应商的固定补贴是绿色供应商嫉妒心理强度的增函数;

当 $\bar{U}_s > \frac{a^2}{4b} - \frac{C_m}{2} + \frac{\eta g_1^2}{4}$ 时, $\frac{\partial F_0}{\partial \alpha_s} < 0$, 绿色制造商给供应商的固定补贴是绿色供应商嫉妒心理强度的减函数。

推论3 当 $\pi_s > \pi_m$ 时, 在信息不对称条件下, 最优固定补贴为

$$F_0 = \frac{\bar{U}_s - \frac{a^2}{2b}(1 + \beta_s) - \beta_s C_m - \frac{1}{2}(1 + \beta_s)\eta g_1^2}{1 + 2\beta_s}$$

当 $\bar{U}_s < \frac{a^2}{4b} - \frac{C_m}{2} + \frac{\eta g_1^2}{4}$ 时, $\frac{\partial F_0}{\partial \beta_s} > 0$, 绿色制造商给供应商的固定补贴是绿色供应商自豪心理强度的增函数;

当 $\bar{U}_s > \frac{a^2}{4b} - \frac{C_m}{2} + \frac{\eta g_1^2}{4}$ 时, $\frac{\partial F_0}{\partial \beta_s} < 0$, 绿色制造商给供应商的固定补贴是绿色供应商嫉妒心理强度的减函数。

推论4 当 $\pi_m > \pi_s$ 时, 在信息不对称条件下, 绿色制造商最优效用为

$$E_{\pi_m} = \frac{1}{2}\beta_m \frac{a^2}{b} + (2\beta_m - 1) \frac{U_s - \frac{a^2}{2b}(1 + \alpha_s)}{1 + 2\alpha_s} - (2\beta_m - 1) \frac{\alpha_s C_m + \frac{1}{2}(1 + \alpha_s)\eta g_1^2}{1 + 2\alpha_s} + (\beta_m - 1)C_m + \frac{1}{2}\beta_m \eta g_1^2$$

绿色制造商的效用不仅受到绿色供应商的嫉妒心理强度的影响, 还受到绿色制造商的内疚心理强度的影响, 当绿色制造商内疚心理强度比较强 ($\beta_m > 1/2$) 时, 有:

当 $\bar{U}_s > \frac{a^2}{4b} - \frac{C_m}{2} + \frac{\eta g_1^2}{4}$ 时, $\frac{\partial E_{\pi_m}}{\partial \alpha_s} > 0$, 绿色制造商效用是绿色供应商嫉妒心理强度的增函数;

当 $\bar{U}_s < \frac{a^2}{4b} - \frac{C_m}{2} + \frac{\eta g_1^2}{4}$ 时, $\frac{\partial E_{\pi_m}}{\partial \alpha_s} < 0$, 绿色制造商效用是绿色供应商嫉妒心理强度的减函数。

推论5 当 $\pi_s > \pi_m$ 时, 在信息不对称条件下, 绿色制造商最优效用为

$$E_{\pi_m} = -\frac{1}{2}\alpha_m \frac{a^2}{b} - (2\alpha_m + 1) \frac{U_s - \frac{a^2}{2b}(1 + \beta_s)}{1 + 2\beta_s} + (2\alpha_m + 1) \frac{\beta_s C_m + \frac{1}{2}(1 + \beta_s)\eta g_1^2}{1 + 2\beta_s} - (1 + \alpha_m)C_m + \frac{1}{2}\alpha_m \eta g_1^2$$

绿色制造商的效用不仅受到绿色供应商的自豪心理强度的影响, 还受到绿色制造商的嫉妒心理强度的影响。

当 $\bar{U}_s < \frac{a^2}{4b} - \frac{C_m}{2} + \frac{\eta g_1^2}{4}$ 时, $\frac{\partial E_{\pi_m}}{\partial \beta_s} > 0$, 绿色制造商效用是绿色供应商自豪心理强度的增函数;

当 $\bar{U}_s > \frac{a^2}{4b} - \frac{C_m}{2} + \frac{\eta g_1^2}{4}$ 时, $\frac{\partial E_{\pi_m}}{\partial \beta_s} < 0$, 绿色制造商效用是绿色供应商自豪心理强度的减函数。

4 结论

本文研究的绿色供应链是包括绿色供应商和绿色制造商的二级供应链, 对于绿色制造商来说收益共享的契约激励是常用的激励机制. 本文考虑基于收益共享机制和双边具有公平偏好的情况下, 含有供应商和制造商的二级绿色供应链的绿色创新问题.

研究表明, 在信息不对称条件下, 绿色供应链中的供应商的最优绿色创新投入与公平偏好无关. 绿色制造商提供的最优收益分享比例与公平偏好无关, 绿色制造商提供给绿色供应商的绿色补贴与公平偏好有关. 当绿色供应商的保留收益较低时, 在收益共享激励机制下, 绿色供应商获得的固定补贴随着绿色供应商公平偏好心理强度的增大而增大, 即固定补贴额是关于绿色供应商公平偏好系数的增函数; 当绿色供应商的保留收益较高时, 固定补贴额是关于绿色供应商公平偏好系数的减函数, 即绿色制造商给供应商的固定补贴额是随着供应商公平偏好心理强度的增大而减小. 绿色制造商的最优效用会受到绿色供应商公平偏好强度和自身公平偏好强度的共同影响. 如果绿色制造商进行绿色创新投入的预期增加收益比绿色供应商预期增加收益多时, 则具有公平偏好的绿色供应商的效用随着嫉妒心理的增强而减小, 这时绿色制造商需要增加固定补贴来抵消供应商减少的效用; 如果绿色制造商的预期增加收益比绿色供应商预期增加收益少时, 则具有公平偏好的绿色供应商的效用随着自豪心理的增强而增大, 这时绿色制造商可以减少固定补贴来增加自身的效用.

综上所述, 在含有供应商和制造商的二级绿色供应链中, 绿色制造商与具有不同公平偏好强度的绿色供应商合作时, 绿色制造商应选择与公平偏好度高的绿色供应商合作. 为了能够调动供应商绿色创新的积极性, 绿色制造商可以适当增加收益的分配比例, 双方共赢, 促进绿色供应链的健康发展.

参考文献(References)

[1] Handfield R B, Walton S, Seegers L K, et al. A green value chain practices in the furniture industry[J]. Journal of Operations Management, 1997, 15(4): 293-315.
 [2] Liu Z L, Anderson T D, Cruz J M. Consumer environmental awareness and competition in two-stage supply chains[J]. European Journal of Operational

- Research, 2012, 218(3): 602-613.
- [3] Ghosh D, Shah J. A comparative analysis of greening policies across supply chain structures[J]. *International Journal of Production Economics*, 2012, 135(2): 568-583.
- [4] Ghosh D, Shah J. Supply chain analysis under green sensitive consumer demand and cost sharing contract[J]. *International Journal of Production Economics*, 2014, 164: 319-329.
- [5] Zhang C T, Wang H X, Ren M L. Research on pricing and coordination strategy of green supply chain under hybrid production mode[J]. *Computers and Industrial Engineering*, 2014, 72(71): 24-31.
- [6] Xie G. Modeling decision processes of a green supply chain with regulation on energy saving level[J]. *Computers and Operations Research*, 2015, 54: 266-273.
- [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] Yu Y, Han X, Hu G. Optimal production for manufacturers considering consumer environmental awareness and green subsidies[J]. *International Journal of Production Economics*, 2016, 182: 397-408.
- [9] Li B, Zhu M, Jiang Y, et al. Pricing policies of a competitive dual-channel green supply chain[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2016, 112(20): 2029-2042.
- [10] Jamali M B, Rasti M. A game theoretic approach for green and non-green product pricing in chain-to-chain competitive sustainable and regular dual-channel supply chains[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2017, 170(1): 1029-1043.
- [11] 张红, 黄嘉敏, 崔琰琰. 基于考虑政府补贴下具有公平偏好的绿色供应链博弈模型及契约协调研究[J]. *工业技术经济*, 2018(1): 111-121.
(Zhang H, Huang J M, Cui Y Y. Game models and contract of green supply chain considering fairness preference and government subsidies[J]. *Journal of Industrial Technological and Economics*, 2018(1): 111-121.)
- [12] 温兴琦, 程海芳, 蔡建湖, 等. 绿色供应链中政府补贴策略及效果分析[J]. *管理学报*, 2018, 15(4): 625-632.
(Wen X Q, Cheng H F, Cai J H, et al. Government subsidy policies and effect analysis in green supply chain[J]. *Chinese Journal of Management*, 2018, 15(4): 625-632.)
- [13] 孙迪, 余玉苗. 绿色产品市场中政府最优补贴政策的确定[J]. *管理学报*, 2018, 15(1): 118-126.
(Sun D, Yu Y M. Determination of optimal government subsidy policy in green product market[J]. *Chinese Journal of Management*, 2018, 15(1): 118-126.)
- [14] 刘京, 周岩, 郑英杰, 等. 考虑零售商公平关切和风险规避的绿色供应链最优决策[J]. *山东大学学报: 理学版*, 2018, 53(5): 12-29.
(Liu J, Zhou Y, Zheng Y J, et al. Optimal decision-making for green supply chain considering retailer's fairness concern and risk aversion[J]. *Journal of Shandong University: Natural Science*, 2018, 53(5): 12-29.)
- [15] 曹裕, 刘子豪. 无政府激励的绿色供应链管理的可行性分析[J]. *管理工程学报*, 2017, 31(2): 119-127.
(Cao Y, Liu Z H. A feasibility analysis for practicing green supply chain management without government policy incentives[J]. *Journal of Industrial Engineering*, 2017, 31(2): 119-127.)
- [16] 石平, 颜波, 石松. 考虑公平的绿色供应链定价与产品绿色度决策[J]. *系统工程理论与实践*, 2016, 36(8): 1937-1950.
(Shi P, Yan B, Shi S. Pricing and product green degree decisions in green supply chains with fairness concerns[J]. *Systems Engineering—Theory & Practice*, 2016, 36(8): 1937-1950.)
- [17] 伊晟, 薛求知. 绿色供应链管理与绿色创新——基于中国制造业企业的实证研究[J]. *科研管理*, 2016, 37(6): 107-110.
(Yi S, Xue Q Z. Green supply chain management and green innovation: An empirical analysis based on chinese manufacturing firms[J]. *Science Research Management*, 2016, 37(6): 107-110.)
- [18] 田一辉, 朱庆华. 政府价格补贴下绿色供应链管理扩散博弈模型[J]. *系统工程学报*, 2016, 31(8): 526-535.
(Tian Y H, Zhu Q H. Game model for diffusion of green supply chain management based on price subsidies of the government[J]. *Journal of System Engineering*, 2016, 31(8): 526-535.)
- [19] 王丽杰, 郑艳丽. 绿色供应链中对供应商激励机制的构建研究[J]. *管理世界*, 2014, 34(8): 184-185.
(Wang L J, Zheng Y L. Research on the construction of supplier incentive mechanism in green supply chain management[J]. *Management World*, 2014, 34(8): 184-185.)
- [20] Fehr E, Schmidt K. A theory of fairness, competition and cooperation[J]. *Quarterly Journal of Economics*, 1999, 114(3): 817-868.
- [21] 许民利, 沈家静. 公平偏好下制造商收益分享与供应商质量投入研究[J]. *系统管理学报*, 2014, 23(1): 30-35.
(Xu M L, Shen J J. A Study on relationship of manufacturers' benefit sharing and supplier's quality investment under fairness preference[J]. *Journal of Systems and Management*, 2014, 23(1): 30-35.)

作者简介

姜明君(1981—), 男, 工程师, 博士生, 从事绿色供应链建模、优化的研究, E-mail: 31347747@qq.com;

陈东彦(1964—), 女, 教授, 博士生导师, 从事系统优化与供应链管理等研究, E-mail: chendongyan@hrbust.edu.cn.

(责任编辑: 孙艺红)