

控制与决策

Control and Decision

考虑企业社会责任和公平偏好的绿色供应链决策

公彦德, 陈梦泽

引用本文:

公彦德, 陈梦泽. 考虑企业社会责任和公平偏好的绿色供应链决策[J]. *控制与决策*, 2021, 36(7): 1743–1753.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1102>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

[信息非对称下考虑制造商回收行为的闭环供应链协调](#)

Coordination of closed supply chain under asymmetric information considering manufacturer's recycling behavior

控制与决策. 2021, 36(7): 1723–1731 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1657>

[不同担保模式下考虑零售商公平关切的闭环供应链博弈模型](#)

Game models of closed-loop supply chain under different warranty modes considering retailer's fairness concerns

控制与决策. 2021, 36(6): 1489–1498 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1328>

[考虑成员企业风险态度的制造商资金约束闭环供应链定价与回收决策](#)

Pricing and recycling decisions of a closed-loop supply chain considering participators' risk attitudes and manufacturer capital constraint

控制与决策. 2021, 36(5): 1239–1248 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1305>

[模糊环境下考虑零售商风险偏好的绿色供应链博弈模型](#)

Modeling green supply chain games considering retailer's risk preference in fuzzy environment

控制与决策. 2021, 36(3): 711–723 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0646>

[损失厌恶下考虑参照利润效应的供应链决策模型](#)

Decision model of supply chain considering reference profit under loss aversion

控制与决策. 2020, 35(11): 2810–2816 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0094>

考虑企业社会责任和公平偏好的绿色供应链决策

公彦德^{1†}, 陈梦泽²

(1. 南京审计大学 商学院, 南京 211815; 2. 南京理工大学 经济管理学院, 南京 210094)

摘要: 考虑制造商的公平中性和公平偏好, 研究制造商公平偏好程度和企业社会责任(CSR)水平对绿色供应链决策和收益的影响. 研究发现: 1) 制造商的公平偏好行为有利于绿色产品批发价格和零售价格的降低, 提高绿色度水平、市场需求和零售商利润, 但该行为会在一定程度上损害其自身经济效益, 供应链系统利润随制造商公平偏好程度的变化趋势受企业 CSR 水平的影响; 2) 制造商分担的系统 CSR 比例越大, 绿色产品的批发价格和制造商利润越低, 零售商利润越高, 但其 CSR 行为对产品零售价格、绿色度水平、市场需求、系统利润、消费者剩余及社会福利的影响会因制造商公平偏好程度的不同而不同; 3) 制造商的公平偏好程度和 CSR 水平并非越高越好, 制造商需在保障自身一定企业盈利的前提下考虑实施公平偏好行为, 并将自身公平偏好度与 CSR 水平控制在合理范围内, 不仅有利于产品绿色度水平和系统效率的提高, 也有助于实现消费者利益和社会总福利的最优化.

关键词: 公平偏好; 企业社会责任; 绿色供应链; Stanckelberg 博弈

中图分类号: F274

文献标志码: A

DOI: 10.13195/j.kzyjc.2019.1102

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



引用格式: 公彦德, 陈梦泽. 考虑企业社会责任和公平偏好的绿色供应链决策[J]. 控制与决策, 2021, 36(7): 1743-1753.

Green supply chain considering fairness preference and corporate social responsibility

GONG Yan-de^{1†}, CHEN Meng-ze²

(1. School of Business, Nanjing Audit University, Nanjing 211815, China; 2. School of Economics and Management, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: Considering the manufacturer's fairness neutrality and fairness preference, the influence of the manufacturer's fairness preference and corporate social responsibility (CSR) level on the decision and benefits of the green supply chain is studied. The results show that: 1) The manufacturer's fairness preference behavior not only helps lower the wholesale price and retail price, but also helps improve the product green degree, market demand and retailer's profit. However, it does harm to the manufacturer's profit to some extent. The direction that the overall profit of the supply chain changes with the manufacturer's fairness preference is related to the level of his CSR; 2) The higher the manufacturer's share of the supply chain CSR, the lower the wholesale price and manufacturer's profit will be, while the retailer's profit will be higher. Nevertheless, the effects of the manufacturer's CSR allocation on the retail price, product green degree, market demand and system's profit vary with the degree of the manufacturer's fairness preference; 3) A higher degree of the manufacturer's fairness preference and his CSR allocation are not necessarily better for the green supply chain. The reasonable fairness preference and CSR level of the manufacturer not only contribute to the improvement of the product green degree and profit of the green supply chain, but also to realizing the optimization of consumer surplus and social welfare.

Keywords: fairness preference; corporate social responsibility; green supply chain; Stanckelberg game

0 引言

随着环保意识的不断增强和消费观念的转变, 公众对企业社会责任(corporate social responsibility, CSR)的关注度不断提高, 即企业在对股东承担传统经济责任的同时, 应积极承担起对更广泛的利益相关

者(社会、环境和消费者等)的责任^[1]. 这迫使供应链节点企业在追求传统的理性经济目标之外开始关注社会的整体效益. 例如, 苹果公司推出了供应商清洁能源计划, 为其供应商投资风电节能项目, 以帮助苹果中国的办公室和零售店实现清洁能源供电. 在此

收稿日期: 2019-07-30; 修回日期: 2020-01-09.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71971129); 江苏高校“青蓝工程”项目; 江苏高校优势学科建设工程项目(PAPD).

[†]通讯作者. E-mail: gongyande@126.com.

背景下,为赢得持续性竞争优势,企业不得不对传统供应链进行绿色化改造,树立绿色生产经营观念,积极制定并实施供应链系统的CSR行为准则^[2]。

基于利益相关者理论,CSR可以被理解为企业为改善其利益相关者福利而进行的一系列社会管理活动,旨在实现社会效益的提升。在供应链社会责任方面,国内外学者进行了较为深入的研究,并取得了诸多成果。众多学者从回收效率的视角^[3]、废旧产品返利机制的视角^[4],以及再制造品销售激励的视角^[5]对闭环供应链进行了大量研究。文献[6]将零售商之间的竞争和供应链成员的CSR投资效率同时纳入决策模型中,发现只有通过成员企业间的CSR合作才能达到更大的市场份额和更高的系统利润;文献[7]探讨了不同权力结构下供应链的CSR配置问题,发现不论渠道权力结构如何,合理的CSR分配总可以提高系统的整体收益;文献[8]讨论了制造商CSR投入下的供应链协调问题,并运用收益共享契约实现了渠道成员间的双赢;文献[9]研究发现,无论由谁负责销售努力,零售商、第三方与系统整体总是从制造商的CSR行为中获利,此时的社会福利也得到提高。

近年来,随着人们对环境问题的越发重视,绿色供应链背景下的企业CSR行为也得到了国内外学者的广泛关注。文献[10]考察了不同渠道权力结构下,企业CSR行为对绿色产品质量决策及相应盈利性的影响,研究发现制造商CSR程度的增加促进了产品绿色度的提升,而零售商的CSR行为则有助于产品质量水平的提高,当制造商与零售商的企业权力相当时,产品质量水平最高;文献[11]分析了4种渠道成员绿色制造与实施CSR的组合情形,发现零售商单独履行CSR下进行绿色制造最有利于供应链整体性能的优化;文献[12]研究了绿色供应链系统CSR水平与企业CSR配置对绿色制造策略的影响,结果表明合理的CSR水平及配置能够实现各成员经营利润的帕累托改进。

以上研究均假设决策主体完全理性,总以自身利益最大化作为决策标准。但是,大量的行为经济学实验表明,现实生活中的决策者并非是完全理性的。事实上,供应链的参与企业往往对公平表现出极大关注:他们不仅关注自己的利益,同时也关注链内各成员间的利润分配是否公平^[13-14],即公平偏好。许多实证研究也证实了公平偏好行为的存在。公平偏好在发展、维持渠道伙伴关系与供应链系统稳定时发挥着至关重要的作用^[15],因此,有必要将公平偏好行为引入到绿色供应链的管理决策中来。

文献[16]研究了制造商和零售商的公平关切行

为对供应链系统价格稳定性和总效用的影响,发现制造商、零售商的公平关切行为对供应链系统稳定性的负面影响更加显著;文献[15]综合考虑了消费者的环境意识,零售商的公平关切以及政府补贴对供应链最优策略的影响,发现零售商的公平关切行为会对均衡决策造成负面影响,而政府补贴则能在一定程度上减轻这一负面影响;文献[17]以一个由公平中性的制造商和具公平关切的零售商构成的二级绿色供应链为研究对象,讨论了公平关切对于产品定价和碳减排决策的影响,发现当零售商的公平关切度较高时,政府应下调征收的碳排放税以激励制造商减少碳排放;文献[18]在信息不对称背景下,研究了节点企业的公平偏好对绿色供应商的绿色创新投入、收益分享比例、绿色制造商的固定补贴和最优效用的影响;文献[19]在3种博弈模型中探讨了参考价格效应和公平关切对于绿色定价和制造策略的影响,结果表明,在同时考虑参考价格效应和公平关切的环境下,产品的绿色度水平、批发价格与零售价格均有所下降,零售商利润得到提高。

虽然上述研究从不同角度研究了绿色供应链中的CSR或公平偏好行为,但均没有在企业决策过程中同时考虑社会责任和公平偏好因素。虽然文献[20]研究了服务集成商与服务提供商的公平偏好对服务集成商CSR水平、系统定价决策、成员利润以及供应链协调性的影响,但仅讨论了决策者的公平行为对企业CSR水平的影响,且承担社会责任的企业仅仅为主导企业,并没有考虑供应链成员同时承担社会责任的情形,缺乏对“企业同时实施CSR与公平偏好行为将如何影响绿色制造策略与供应链系统利润”的分析研究。现实中,作为同一条供应链上的利益与价值共同体,越来越多的企业为保证自身处于有利的竞争地位,选择与其他参与企业共同承担CSR,同时,考虑到各决策者的公平偏好特性,本文以一个制造商与零售商组成的两级供应链为研究对象,将制造商的公平偏好纳入渠道成员共同履行CSR背景下的企业决策中,对绿色产品制造商无公平偏好(即公平中性)和具公平偏好下的生产与定价策略进行研究,以探讨此时CSR水平和公平偏好度对供应链内各决策主体及系统整体的共同影响,为企业实施CSR与公平偏好行为等提供借鉴和参考。

1 问题描述与模型假设

考虑由单个制造商与单个零售商构成的两级绿色供应链,制造商为主导者,零售商为跟随者,全体成员信息对称且均为风险中性。制造商负责某一绿色产品生产,并以批发价格 w 出售给零售商,随

后零售商再以零售价格 p 将产品销售给消费者. 参考文献[11]的假设, 绿色产品的需求函数是关于产品零售价格 p 与绿色度水平 θ 的线性函数, 即 $Q = \alpha - \gamma p + \delta \theta$. 其中: $\alpha > 0$ 表示市场的潜在需求容量, $\gamma > 0, \delta > 0$ 分别表示产品零售价格与绿色度水平的需求弹性系数, $\theta > 0$ 表示产品绿色度水平. 制造商的单位绿色生产成本为 $c(0 < c < \alpha/\gamma)$, 所支付的绿色产品研发费用为 $k\theta^2/2$, 其中 $k > 0$ 表示绿色产品的研发成本系数.

根据上述假设, 制造商和零售商的利润函数分别为

$$\pi_m = (w - c)(\alpha - \gamma p + \delta \theta) - k\theta^2/2,$$

$$\pi_r = (p - w)(\alpha - \gamma p + \delta \theta).$$

进一步地, 可得绿色供应链的系统利润函数和社会总福利分别为

$$\pi_{sc} = \pi_m + \pi_r = (p - c)(\alpha - \gamma p + \delta \theta) - k\theta^2/2,$$

$$W = \pi_{sc} + CS =$$

$$(p - c)(\alpha - \gamma p + \delta \theta) +$$

$$(\alpha - \gamma p + \delta \theta)^2/2\gamma - k\theta^2/2.$$

由于当前 CSR 的履行与所在供应链社会责任的整体水平息息相关, 参考文献[21]的研究, 本文从利益相关者的角度出发, 将供应链系统的社会责任水平 $t(0 \leq t \leq 1)$ 刻画为系统对于消费者剩余的关注程度, 而制造商和零售商所分担的系统 CSR 比例分别为 $\beta(0 < \beta < 1)$ 和 $1 - \beta$, 此时, 两者的 CSR 水平分别为 βt 和 $(1 - \beta)t$. 消费者剩余则表示为产品售价与消费者支付意愿的差值, 即

$$CS = \int_{p_{\min}}^{p_{\max}} Q(p)dp = \frac{Q^2}{2\gamma}.$$

与文献[12]的研究一致, 本文中各成员企业的效用函数由其经济目标与 CSR 目标构成, 以表示成员企业在生产销售决策过程中充分履行其 CSR. 基于文献[22]提出的公平模型, 本文引入制造商的公平偏好系数 λ_m 刻画各渠道成员的公平偏好效用函数, 其中 $0 < \lambda_m < 1$ 表示制造商在考虑自身利润的同时, 也对零售商的企业收益予以关注, 且公平偏好系数 λ_m 越大, 制造商的公平偏好程度越高, 对于节点企业间的利润分配公平的关切程度就越高. 根据以上假设可知: 当制造商公平中性时, 制造商和零售商的效用函数分别为 $U_m = \pi_m + t\beta CS, U_r = \pi_r + t(1 - \beta)CS$; 当制造商具有公平偏好时, 制造商和零售商的效用函数分别为 $U_m = (1 - \lambda_m)\pi_m + \lambda_m \pi_r + t\beta CS, U_r = \pi_r + t(1 - \beta)CS$.

为保证各成员目标函数的凹性与研究问题的实

际意义, 本文中决策模型的约束条件为

$$k > \delta^2/\gamma, k(1 - \lambda_m) > t\beta\delta^2/\gamma,$$

$$0 < \lambda_m < \frac{2k(2 - t)\gamma - \delta^2}{2k(4 + 3t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2}.$$

2 制造商公平中性下考虑 CSR 模型

当不考虑绿色制造商的公平偏好, 仅考虑其与零售商的 CSR 行为时, 各成员的效用函数分别为

$$U_m =$$

$$(w - c)(\alpha - \gamma p + \delta \theta) - k\theta^2/2 +$$

$$t\beta(\alpha - \gamma p + \delta \theta)^2/(2\gamma),$$

$$U_r =$$

$$(p - w)(\alpha - \gamma p + \delta \theta) +$$

$$t(1 - \beta)(\alpha - \gamma p + \delta \theta)^2/(2\gamma).$$

分散决策下, 供应链内各成员企业分别以各自效用函数最大化为目标进行决策. 作为博弈领导者, 制造商首先确定产品绿色度和批发价格, 随后零售商依据制造商决策确定零售价格, 根据 Stanckelberg 逆向求解法, 易得如下命题.

命题1 制造商公平中性下, 仅考虑 CSR 行为时, 绿色供应链均衡解为

$$w^t = \frac{k((2 - t)\alpha + c(2 - t(1 - \beta))\gamma) - c\delta^2}{k(4 - t(2 - \beta))\gamma - \delta^2},$$

$$p^t = \frac{k(\alpha(3 + t(\beta - 2)) + c\gamma) - c\delta^2}{k(4 + t(-2 + \beta))\gamma - \delta^2},$$

$$Q^t = \frac{k\gamma(\alpha - c\gamma)}{k(4 - t(2 - \beta))\gamma - \delta^2},$$

$$\theta^t = \frac{(\alpha - c\gamma)\delta}{k(4 + t(-2 + \beta))\gamma - \delta^2},$$

$$\pi_m^t = \frac{k(\alpha - c\gamma)^2(2k(2 - t)\gamma - \delta^2)}{2(-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2)^2},$$

$$\pi_r^t = \frac{k^2(1 - t(1 - \beta))\gamma(\alpha - c\gamma)^2}{(k(4 - t(2 - \beta))\gamma - \delta^2)^2},$$

$$\pi_{sc}^t = \frac{k(\alpha - c\gamma)^2(2k(3 + t(-2 + \beta))\gamma - \delta^2)}{2(-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2)^2},$$

$$CS^t = \frac{k^2\gamma(\alpha - c\gamma)^2}{2(k(4 - t(2 - \beta))\gamma - \delta^2)^2},$$

$$W^t = \frac{k(\alpha - c\gamma)^2(k(7 + 2t(-2 + \beta))\gamma - \delta^2)}{2(-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2)^2}.$$

3 制造商具公平偏好下考虑 CSR 模型

当同时考虑绿色制造商的公平偏好与节点企业的 CSR 行为时, 各成员的效用函数分别为

$$U_m = (1 - \lambda_m)\left((w - c)(\alpha - \gamma p + \delta \theta) - \frac{k\theta^2}{2}\right) +$$

$$\lambda_m(p-w)(\alpha-\gamma p+\delta\theta)+\frac{t\beta(\alpha-p\gamma+\delta\theta)^2}{2\gamma},$$

$U_r =$

$$(p-w)(\alpha-p\gamma+\delta\theta)+\frac{t(1-\beta)(\alpha-p\gamma+\delta\theta)^2}{2\gamma}.$$

同样地,分散决策下,各节点企业均以自身效用最大化为决策目标.制造商作为主导企业首先确定产品绿色度和批发价格,随后零售商基于制造商决策确定零售价格,易得如下命题.

命题2 制造商具公平偏好下,考虑节点企业CSR行为时,绿色供应链模型的均衡策略为

$$\begin{aligned} w^{t\lambda} &= (k((t-2)\alpha+c(t-2-t\beta)\gamma)+ \\ &\quad c\delta^2+(k(\alpha(4+3t(\beta-1))+ \\ &\quad c(2+t(\beta-1))\gamma)-c\delta^2)\lambda_m)/ \\ &\quad (-k(4+t(\beta-2))\gamma+\delta^2+ \\ &\quad (2k(3+2t(\beta-1))\gamma-\delta^2)\lambda_m), \\ p^{t\lambda} &= (-k(\alpha(3+t(\beta-2))+c\gamma)+c\delta^2+ \\ &\quad (k(\alpha(5+4t(\beta-1))+c\gamma)-c\delta^2)\lambda_m)/ \\ &\quad (-k(4+t(\beta-2))\gamma+\delta^2+(2k(3+ \\ &\quad 2t(\beta-1))\gamma-\delta^2)\lambda_m), \\ Q^{t\lambda} &= k\gamma(\alpha-c\gamma)(-1+\lambda_m)/ \\ &\quad (-k(4+t(-2+\beta))\gamma+\delta^2+ \\ &\quad (2k(3+2t(-1+\beta))\gamma-\delta^2)\lambda_m), \\ \theta^{t\lambda} &= (\alpha-c\gamma)\delta(-1+\lambda_m)/ \\ &\quad (-k(4+t(-2+\beta))\gamma+\delta^2+ \\ &\quad (2k(3+2t(-1+\beta))\gamma-\delta^2)\lambda_m), \\ \pi_m^{t\lambda} &= (k(\alpha-c\gamma)^2(\lambda_m-1)(2k(t-2)\gamma+ \\ &\quad \delta^2+(2k(4+3t(\beta-1))\gamma-\delta^2)\lambda_m))/ \\ &\quad (2(-k(4+t(\beta-2))\gamma+\delta^2+ \\ &\quad (2k(3+2t(\beta-1))\gamma-\delta^2)\lambda_m)^2), \\ \pi_r^{t\lambda} &= k^2(1+t(-1+\beta))\gamma(\alpha- \\ &\quad c\gamma)^2(-1+\lambda_m)^2/ \\ &\quad (-k(4+t(-2+\beta))\gamma+\delta^2+ \\ &\quad (2k(3+2t(-1+\beta))\gamma-\delta^2)\lambda_m)^2, \\ \pi_{sc}^{t\lambda} &= k(\alpha-c\gamma)^2(\lambda_m-1)(2k(t(2-\beta)-3)\gamma+ \\ &\quad \delta^2+(2k(5+4t(\beta-1))\gamma-\delta^2)\lambda_m)/ \\ &\quad (2(-k(4+t(\beta-2))\gamma+\delta^2+ \\ &\quad (2k(3+2t(\beta-1))\gamma-\delta^2)\lambda_m)^2), \\ CS^{t\lambda} &= k^2\gamma(\alpha-c\gamma)^2(-1+\lambda_m)^2/ \\ &\quad (2(-k(4+t(-2+\beta))\gamma+\delta^2+ \\ &\quad (2k(3+2t(-1+\beta))\gamma-\delta^2)\lambda_m)^2), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W^{t\lambda} &= k(\alpha-c\gamma)^2(\lambda_m-1)(k(4t-7- \\ &\quad 2t\beta)\gamma+\delta^2+(k(11+8t(\beta-1))\gamma-\delta^2)\lambda_m)/ \\ &\quad (2(-k(4+t(\beta-2))\gamma+\delta^2+ \\ &\quad (2k(3+2t(\beta-1))\gamma-\delta^2)\lambda_m)^2). \end{aligned}$$

4 分析与讨论

4.1 均衡结果的比较

对比分析两种决策模型的均衡解,可得如下结论.

结论1 $w^t > w^{t\lambda}, p^t > p^{t\lambda}, \theta^t < \theta^{t\lambda}, Q^t < Q^{t\lambda}$.

证明 由命题1和命题2可得

$$\begin{aligned} w^t - w^{t\lambda} &= \\ &\quad k(2+t(3\beta-2))(\alpha-c\gamma)(k(2+t(\beta-1))\gamma-\delta^2)\lambda_m/ \\ &\quad ((k(4+t\beta-2t)\gamma-\delta^2)(k(4+t\beta-2t)\gamma-\delta^2- \\ &\quad (k(6+4t(\beta-1))\gamma-\delta^2)\lambda_m)), \\ p^t - p^{t\lambda} &= \\ &\quad k(2+t(3\beta-2))(\alpha-c\gamma)(k\gamma-\delta^2)\lambda_m/ \\ &\quad ((k(4+t(\beta-2))\gamma-\delta^2)(k(4+t(\beta-2))\gamma-\delta^2- \\ &\quad (2k(3+2t(\beta-1))\gamma-\delta^2)\lambda_m)), \\ \theta^t - \theta^{t\lambda} &= \\ &\quad -\delta k(\alpha-c\gamma)(2+t(-2+3\beta))\gamma\lambda_m/ \\ &\quad ((k(4+t\beta-2t)\gamma-\delta^2)(k(4+t\beta-2t)\gamma-\delta^2- \\ &\quad (2k(3+2t\beta-2t)\gamma-\delta^2)\lambda_m)). \end{aligned}$$

由 $\theta^t, \theta^{t\lambda} > 0$ 可知 $(k(4+\beta t-2t)\gamma-\delta^2)(k(4+\beta t-2t)\gamma-\delta^2-(2k(3+2t\beta-2t)\gamma-\delta^2)\lambda_m) > 0$,由 $\pi_r^{t\lambda} > 0$ 可知 $1+\beta t-t > 0$,因而 $2+t(3\beta-2) = 2(1+\beta t-t)+t\beta > 0, k\gamma(2+t(\beta-1))-\delta^2 > k\gamma-\delta^2 > 0$,进一步可得 $w^t - w^{t\lambda} > 0, p^t - p^{t\lambda} > 0, \theta^t - \theta^{t\lambda} < 0$,而 $Q^t - Q^{t\lambda} = k\gamma(\theta^t - \theta^{t\lambda})$,故 $Q^t - Q^{t\lambda} < 0$. \square

结论2 1) $\pi_m^t > \pi_m^{t\lambda}, \pi_r^t < \pi_r^{t\lambda}$; 2) 当 $(\lambda_m, \beta) \in \{(\lambda_m, \beta) | 0 < \lambda_m < A, 0 < \beta < 1\}$ 时, $\pi_{sc}^t < \pi_{sc}^{t\lambda}$; 当 $(\lambda_m, \beta) \in \{(\lambda_m, \beta) | A < \lambda_m < B, 0 < \beta < 1\}$ 时, $\pi_{sc}^t > \pi_{sc}^{t\lambda}$. 其中

$$\begin{aligned} A &= 2(2+t(-2+\beta))(k(4+t(-2+\beta))\gamma-\delta^2)/ \\ &\quad (2k(14+t(-22+17\beta)+4t^2(2-3\beta+\beta^2))\gamma+ \\ &\quad (-6+t(6-5\beta))\delta^2), \end{aligned}$$

$B =$

$$-(2k(-2+t)\gamma+\delta^2)/(2k(4+3t(-1+\beta))\gamma-\delta^2).$$

证明 因为 $2+t(-2+3\beta) > 0$,由企业利润差可知,只需分析 $2t\beta(-k(4+t(-2+\beta))\gamma+\delta^2)+(2k(-4+t(6-2\beta+t(-2+\beta+\beta^2)))\gamma+(2+t(-2+\beta))\delta^2)\lambda_m$ 和

$-2k(4+t(-2+\beta))\gamma+2\delta^2+(k(10-6t+5t\beta)\gamma-2\delta^2)\lambda_m$ 与0的大小关系即可。

$$\begin{aligned} \pi_m^t - \pi_m^{t\lambda} &= -k^3(\alpha - c\gamma)^2(2 + t(-2 + 3\beta))\gamma^2\lambda_m(2t\beta(-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2) + (2k(-4 + t(6 - 2\beta + t(-2 + \beta + \beta^2)))\gamma + (2 + t(-2 + \beta))\delta^2)\lambda_m) / \\ & (2(-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2)^2(-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 + (2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m)^2), \\ \pi_r^t - \pi_r^{t\lambda} &= k^3(1 + t(-1 + \beta))\gamma(\alpha - c\gamma)^2(2 + t(-2 + 3\beta))\gamma\lambda_m(-2k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + 2\delta^2 + (k(10 - 6t + 5t\beta)\gamma - 2\delta^2)\lambda_m) / \\ & ((-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2)^2(-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 + (2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m)^2), \\ \pi_{sc}^t - \pi_{sc}^{t\lambda} &= k^3\gamma^2(\alpha - c\gamma)^2(2 + t(-2 + 3\beta))\lambda_m(-2(2 + t(-2 + \beta))(k(4 + t(-2 + \beta))\gamma - \delta^2) + (2k(14 + t(-22 + 4t(-2 + \beta)(-1 + \beta) + 17\beta))\gamma + (-6 + 6t - 5t\beta)\delta^2)\lambda_m) / \\ & (2(-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2)^2(-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 + (2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m)^2). \end{aligned}$$

由 $\theta^{t\lambda} > 0$ 可知, $-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 + (2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m < 0$, 因而 $-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 < -(2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m$, 进而 $2t\beta(-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2) + (2k(-4 + t(6 - 2\beta + t(-2 + \beta + \beta^2)))\gamma + (2 + t(-2 + \beta))\delta^2)\lambda_m < -(2 + t(-2 + 3\beta))(2k(2 + t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m < 0$, 从而 $\pi_m^t - \pi_m^{t\lambda} > 0$.

由 $\pi_{sc}^{t\lambda} > 0$ 可知, $-2k(3 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 + (2k(5 + 4t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m < 0$, 且 $-2k(3 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 + (2k(5 + 4t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m - (-2k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + 2\delta^2 + (k(10 - 6t + 5t\beta)\gamma - 2\delta^2)\lambda_m) > 0$, 因此 $-2k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + 2\delta^2 + (k(10 - 6t + 5t\beta)\gamma - 2\delta^2)\lambda_m < 0$, 故 $\pi_r^t - \pi_r^{t\lambda} < 0$.

由系统利润差可知, 只需分析 $-2(2 + t(-2 + \beta))(k(4 + t(-2 + \beta))\gamma - \delta^2) + (2k(14 + t(-22 + 4t(-2 + \beta)(-1 + \beta) + 17\beta))\gamma + (-6 + 6t - 5t\beta)\delta^2)\lambda_m$

的正负即可, 当上式大于0时可得 $A < \lambda_m < B$, 此时 $\pi_{sc}^t > \pi_{sc}^{t\lambda}$, 反之 $0 < \lambda_m < A$ 时, $\pi_{sc}^t < \pi_{sc}^{t\lambda}$. \square

结论1说明, 当制造商具有公平偏好时, 绿色产品的批发价格和零售价格均降低, 而产品的绿色度水平和市场需求都得到提高. 令 $d = p - w$ 表示零售商销售绿色产品的单位利润, 由命题1和命题2可知

$$\begin{aligned} d^t &= \frac{k(1 + t(\beta - 1))(\alpha - c\gamma)}{k(4 + t(\beta - 2))\gamma - \delta^2}, \\ d^{t\lambda} &= k(1 + t(\beta - 1))(\alpha - c\gamma)(\lambda_m - 1) / \\ & (-k(4 + t(\beta - 2))\gamma + \delta^2 + (2k(3 + 2t(\beta - 1))\gamma - \delta^2)\lambda_m), \end{aligned}$$

易证 $d^t < d^{t\lambda}$, 这验证了结论2, 虽然制造商具公平偏好下的产品批发价格和零售价格较低, 但由于 $d^t < d^{t\lambda}$, 此时的单位产品利润较高, 且市场需求量更大, 因而零售商的利润得以提高. 而对于制造商而言, 其考虑公平偏好的行为虽然扩大了绿色产品的市场需求, 但批发价格的降低转移了自身部分利润给零售商, 且绿色产品研发成本的增大也使得制造商利润进一步减少. 对于系统整体而言, 当制造商的公平偏好程度较低时, 虽然制造商具公平偏好时的单位产品利润较低, 但其市场需求量的提高带来的利润增幅远高于自身的研发成本增幅, 此时的系统利润更优; 而当制造商的公平偏好系数过大时, 绿色产品研发投入过高, 且产品生产销售带来的利润增长难以支撑研发成本的大幅上升, 因而此时公平中性的制造商对系统利润更有利.

结论3 $CS^t < CS^{t\lambda}, W^t < W^{t\lambda}$.

证明 对两种情形下的消费者剩余和社会总福利作差可知

$$\begin{aligned} CS^t - CS^{t\lambda} &= k^3\gamma^2(\alpha - c\gamma)^2(2 + t(-2 + 3\beta))\lambda_m(-2k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + 2\delta^2 + (k(10 - 6t + 5t\beta)\gamma - 2\delta^2)\lambda_m) / \\ & (2(-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2)^2(-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 + (2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m)^2), \\ W^t - W^{t\lambda} &= k^3\gamma^2(\alpha - c\gamma)^2(2 + t(-2 + 3\beta))\lambda_m(-2(3 + t(-2 + \beta))(k(4 + t(-2 + \beta))\gamma - \delta^2) + (k(38 + t(-50 + 8t(-2 + \beta)(-1 + \beta) + 39\beta))\gamma + (-8 + 6t - 5t\beta)\delta^2)\lambda_m) / \\ & (2(-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2)^2(-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 + (2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m)^2). \end{aligned}$$

由结论2可知 $2 + t(-2 + 3\beta) > 0, -k(4 +$

$t(-2 + \beta)\gamma + \delta^2 < -(2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m$, 进而可得 $(-2k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + 2\delta^2 + (k(10 - 6t + 5t\beta)\gamma - 2\delta^2)\lambda_m) < k(-2 + t(2 - 3\beta))\gamma\lambda_m < 0$, 因此 $CS^t - CS^{t\lambda} < 0$. 由 $\pi_{sc}^{t\lambda} > 0$ 可知 $-2k(3 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 + (2k(5 + 4t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m < 0$, 即 $-2(3 + t(-2 + \beta)) < ((-2k(5 + 4t(-1 + \beta))\gamma + \delta^2)\lambda_m - \delta^2)/k\gamma$, 从而 $-2 \times (3 + t(-2 + \beta))(k(4 + t(-2 + \beta))\gamma - \delta^2) + (k(38 + t(-50 + 8t(-2 + \beta)(-1 + \beta) + 39\beta))\gamma + (-8 + 6t - 5t\beta)\delta^2)\lambda_m < \delta^2(-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2)/(k\gamma) - (k^2(2 + t(-2 + 3\beta))\gamma^2 - 2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma\delta^2 + \delta^4) \times \lambda_m/(k\gamma)$, 又 $-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 < -(2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m$, 进而可得 $\delta^2(-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2)/(k\gamma) - (k^2(2 + t(-2 + 3\beta))\gamma^2 - 2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma\delta^2 + \delta^4)\lambda_m/(k\gamma) < -k(2 + t(-2 + 3\beta))\gamma\lambda_m < 0$, 因此 $-2(3 + t(-2 + \beta))(k(4 + t(-2 + \beta))\gamma - \delta^2) + (k(38 + t(-50 + 8t(-2 + \beta)(-1 + \beta) + 39\beta))\gamma + (-8 + 6t - 5t\beta)\delta^2)\lambda_m < 0$, 即 $W^t - W^{t\lambda} < 0$. \square

结论3说明, 由于制造商具有公平偏好行为, 绿色产品的市场零售价格降低, 此时消费者的支付意愿与实际支付价格间的差额增大, 因而消费者剩余增加, 而增加的消费者剩余也在一定程度上弥补了制造商具公平偏好下上涨的绿色研发成本投入, 最终, 消费者的经济福利得到增进, 社会总福利水平也得以提高.

4.2 均衡结果分析

上节比较了制造商不同公平特性下的模型均衡解, 可以看出, 制造商的公平偏好行为有利于系统整体利润、消费者剩余与社会总福利水平的提高. 但在制造商具公平偏好的同时履行CSR的情况下, 这两种行为又将如何影响此时各成员企业的均衡决策? 他们对于各决策变量的影响是相同还是各异? 制造商的公平偏好程度和承担的系统CSR水平是否越高越好? 本节将针对以上问题进行分析探讨.

4.2.1 制造商公平偏好对供应链策略影响

基于命题2中的模型均衡解, 可得如下结论.

结论4 $\frac{\partial w^{t\lambda}}{\partial \lambda_m} < 0, \frac{\partial p^{t\lambda}}{\partial \lambda_m} < 0, \frac{\partial \theta^{t\lambda}}{\partial \lambda_m} > 0,$

$$\frac{\partial Q^{t\lambda}}{\partial \lambda_m} > 0.$$

证明 由命题2可得

$$\frac{\partial w^{t\lambda}}{\partial \lambda_m} = -k(2 + t(-2 + 3\beta))(\alpha - c\gamma)(k(2 - t(1 - \beta))\gamma - \delta^2) / (-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 +$$

$$(2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m)^2,$$

$$\frac{\partial p^{t\lambda}}{\partial \lambda_m} = -k(2 + t(-2 + 3\beta))(\alpha - c\gamma)(k\gamma - \delta^2) /$$

$$(-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 + (2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m)^2,$$

$$\frac{\partial \theta^{t\lambda}}{\partial \lambda_m} = k(2 + t(-2 + 3\beta))\gamma(\alpha - c\gamma)\delta /$$

$$(-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 + (2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m)^2,$$

$$\frac{\partial Q^{t\lambda}}{\partial \lambda_m} = k^2(2 + t(-2 + 3\beta))\gamma^2(\alpha - c\gamma) /$$

$$(-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 + (2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m)^2.$$

只需判断 $2 + t(-2 + 3\beta)$ 和 $k(2 - t(1 - \beta))\gamma - \delta^2$ 的正负即可. 由 $2 - t(1 - \beta) > 1$ 且 $k > \frac{\delta^2}{\gamma}$ 可得 $(k(2 - t(1 - \beta))\gamma - \delta^2) > 0$. 由 $0 < t, \beta < 1$ 可得 $2 + t(-2 + 3\beta) > 0$. \square

结论5 1) $\frac{\partial \pi_m^{t\lambda}}{\partial \lambda_m} < 0, \frac{\partial \pi_r^{t\lambda}}{\partial \lambda_m} > 0;$ 2) 当 $(\lambda_m, \beta) \in$

$\left\{(\lambda_m, \beta) \mid 0 < \lambda_m < \frac{2 + t(-2 + \beta)}{4 + 4t(-1 + \beta)}, 0 < \beta < 1\right\}$ 时,

$\frac{\partial \pi_{sc}^{t\lambda}}{\partial \lambda_m} > 0;$ 当 $(\lambda_m, \beta) \in \left\{(\lambda_m, \beta) \mid \frac{2 + t(-2 + \beta)}{4 + 4t(-1 + \beta)} < \lambda_m < -\frac{2k(-2 + t)\gamma + \delta^2}{2k(4 + 3t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2}, 0 < \beta < 1\right\}$ 时,

$\frac{\partial \pi_{sc}^{t\lambda}}{\partial \lambda_m} < 0.$

证明 由命题2可得

$$\frac{\partial \pi_m^{t\lambda}}{\partial \lambda_m} = k^3(2 + t(-2 + 3\beta))\gamma^2(\alpha - c\gamma)^2(t\beta +$$

$$2(1 + t(-1 + \beta))\lambda_m) / (-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 + (2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m)^3,$$

$$\frac{\partial \pi_r^{t\lambda}}{\partial \lambda_m} = 2k^3(1 + t(-1 + \beta))(2 + t(-2 +$$

$$3\beta))\gamma^2(\alpha - c\gamma)^2(-1 + \lambda_m) / (-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 + (2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m)^3,$$

$$\frac{\partial \pi_{sc}^{t\lambda}}{\partial \lambda_m} = k^3(2 + t(-2 + 3\beta))\gamma^2(\alpha - c\gamma)^2(-2 -$$

$$t(-2 + \beta) + 4(1 + t(-1 + \beta))\lambda_m) / (-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 + (2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m)^3.$$

由于 $\theta^{t\lambda} > 0$, 因而 $-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 + (2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m < 0$, 只需关注各分子的正负即可, 由于 $t\beta + 2(1 + t(-1 + \beta))\lambda_m = t\beta + 2(1 - t + \beta t)\lambda_m > 0, 2 + t(-2 + 3\beta) > 0, -1 + \lambda_m <$

$0, 1 + t(-1 + \beta) = 1 - t + \beta t > 0$, 可得 $\frac{\partial \pi_m^{t\lambda}}{\partial \lambda_m} < 0$, $\frac{\partial \pi_r^{t\lambda}}{\partial \lambda_m} > 0$. 当 $-2 - t(-2 + \beta) + 4(1 + t(-1 + \beta))\lambda_m < 0$ 时, 即 $0 < \lambda_m < \frac{2 + t(-2 + \beta)}{4 + 4t(-1 + \beta)}$ 时, $\frac{\partial \pi_{sc}^{t\lambda}}{\partial \lambda_m} > 0$; 同理 $-2 - t(-2 + \beta) + 4(1 + t(-1 + \beta))\lambda_m > 0$ 时, 即 $\frac{2 + t(-2 + \beta)}{4 + 4t(-1 + \beta)} < \lambda_m < -\frac{2k(-2 + t)\gamma + \delta^2}{2k(4 + 3t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2}$ 时, $\frac{\partial \pi_{sc}^{t\lambda}}{\partial \lambda_m} < 0$. \square

结论4和结论5分析了制造商的公平偏好对绿色供应链内企业各决策变量及经营利润的影响. 可以发现, 随着制造商公平偏好系数的增大, 绿色产品的批发价格和零售价格逐渐降低, 产品的绿色度水平与市场需求量则逐渐增大. 由结论2的证明易得 $\frac{\partial d^{t\lambda}}{\partial \lambda_m} = k^2(1 + t(-1 + \beta))(2 + t(-2 + 3\beta))\gamma(\alpha - c\gamma)/(-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 + (2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m)^2 > 0$, 可知零售商的单位销售利润随制造商公平偏好程度的增大而提高, 因而零售商的利润也随之逐渐增大. 而对于制造商而言, 虽然绿色产品的市场需求量与自身的公平偏好系数成正相关关系, 但该行为的本质即是对自身利润空间进行压缩, 转移部分经营收益给零售商, 因此逐渐降低的批发价格和急剧上涨的研发成本将导致制造商的利润最终随自身公平偏好水平的增大而减小.

就供应链系统整体而言, 随着制造商公平偏好程度的增加, 系统的单位产品利润不断减小, 其市场需求量和研发投入则逐渐增大. 当制造商的公平偏好系数较小时, 随着公平偏好程度的增加, 市场需求的快速扩大弥补了相关成本的增长, 因而此时的系统利润与制造商公平偏好成正相关关系. 而当制造商的公平偏好系数增大至一定程度时, 过高的公平偏好系数会带来系统难以负担的绿色研发成本, 且市场需求的增加所带来的利润远低于研发成本所减少的利润, 从而供应链系统的整体利润随制造商公平偏好程度的增大而减小.

结论6 $\frac{\partial CS^{t\lambda}}{\partial \lambda_m} > 0, \frac{\partial W^{t\lambda}}{\partial \lambda_m} > 0$.

证明 由命题2可得

$$\begin{aligned} \frac{\partial CS^{t\lambda}}{\partial \lambda_m} &= k^3(2 + t(-2 + 3\beta))\gamma^2(\alpha - c\gamma)^2(-1 + \lambda_m)/ \\ &\quad (-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 + \\ &\quad (2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m)^3, \\ \frac{\partial W^{t\lambda}}{\partial \lambda_m} &= k^3(2 + t(-2 + 3\beta))\gamma^2(\alpha - c\gamma)^2(-3 - \\ &\quad t(-2 + \beta) + (5 + 4t(-1 + \beta))\lambda_m)/ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &(-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 + \\ &(2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m)^3. \end{aligned}$$

由于 $-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 + (2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m < 0, 2 + t(-2 + 3\beta) > 0, \lambda_m < 1$, 可知 $\frac{\partial CS^{t\lambda}}{\partial \lambda_m} > 0$; 关于 $\frac{\partial W^{t\lambda}}{\partial \lambda_m}$ 的正负只需分析 $-3 - t(-2 + \beta) + (5 + 4t(-1 + \beta))\lambda_m$ 的正负即可, 由 $\pi_{sc}^{t\lambda} > 0$ 且 $\lambda_m < 1, 2k\gamma > 0$ 可得 $-(3 + t(-2 + \beta)) + (5 + 4t(-1 + \beta))\lambda_m + \frac{\delta^2(1 - \lambda_m)}{2k\gamma} < 0$, 又 $\frac{\delta^2(1 - \lambda_m)}{2k\gamma} > 0$, 所以 $-(3 + t(-2 + \beta)) + (5 + 4t(-1 + \beta))\lambda_m = -3 - t(-2 + \beta) + (5 + 4t(-1 + \beta))\lambda_m < 0$, 即 $\frac{\partial W^{t\lambda}}{\partial \lambda_m} > 0$. \square

结论6说明, 消费者剩余和社会总福利与制造商的公平偏好成正相关关系. 这是因为随着制造商公平偏好程度的增加, 消费者的支付意愿与实际支付价格间的差额随之增大, 同时产品市场需求的扩大, 进一步提高了消费者剩余, 且消费者剩余的增幅大于此时绿色研发成本的增幅, 最终社会总福利水平也随着制造商公平偏好度的增大而得到提升.

4.2.2 制造商CSR行为对供应链策略的影响

同理, 由命题2可得如下结论.

结论7 1) $\frac{\partial w^{t\lambda}}{\partial \beta} < 0$; 2) $(\lambda_m, \beta) \in \left\{ (\lambda_m, \beta) \mid 0 < \lambda_m < \frac{1}{4}, 0 < \beta < 1 \right\}$ 时, $\frac{\partial p^{t\lambda}}{\partial \beta} > 0, \frac{\partial \theta^{t\lambda}}{\partial \beta} < 0, \frac{\partial Q^{t\lambda}}{\partial \beta} < 0$; $(\lambda_m, \beta) \in \left\{ (\lambda_m, \beta) \mid \frac{1}{4} < \lambda_m < -\frac{2k(-2 + t)\gamma + \delta^2}{2k(4 + 3t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2}, 0 < \beta < 1 \right\}$ 时, $\frac{\partial p^{t\lambda}}{\partial \beta} < 0, \frac{\partial \theta^{t\lambda}}{\partial \beta} > 0, \frac{\partial Q^{t\lambda}}{\partial \beta} > 0$.

证明 由命题2可得

$$\begin{aligned} \frac{\partial w^{t\lambda}}{\partial \beta} &= kt(\alpha - c\gamma)(1 - \lambda_m)(k(-2 + t)\gamma - \\ &\quad (2k\gamma - 3\delta^2)\lambda_m)/(-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \\ &\quad \delta^2 + (2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m)^2, \\ \frac{\partial p^{t\lambda}}{\partial \beta} &= kt(\alpha - c\gamma)(k\gamma - \delta^2)(1 - 5\lambda_m + 4\lambda_m^2)/ \\ &\quad (-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 + \\ &\quad (2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m)^2, \\ \frac{\partial \theta^{t\lambda}}{\partial \beta} &= kt\gamma(\alpha - c\gamma)\delta(1 - \lambda_m)(4\lambda_m - 1)/ \\ &\quad (-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 + \\ &\quad (2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m)^2, \\ \frac{\partial Q^{t\lambda}}{\partial \beta} &= k^2t\gamma^2(\alpha - c\gamma)(1 - \lambda_m)(4\lambda_m - 1)/ \\ &\quad (-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 + \end{aligned}$$

$$(2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m)^2.$$

只需分析 $1 - 5\lambda_m + 4\lambda_m^2, 4\lambda_m - 1$ 和 $k(-2 + t)\gamma - (2k\gamma - 3\delta^2)\lambda_m$ 的正负即可. $1 - 5\lambda_m + 4\lambda_m^2 > 0$ 时, 即 $0 < \lambda_m < \frac{1}{4}$, 此时 $\frac{\partial p^{t\lambda}}{\partial \beta} > 0$; 反之 $1 - 5\lambda_m + 4\lambda_m^2 < 0$ 时, 即 $\frac{1}{4} < \lambda_m < -\frac{2k(-2 + t)\gamma + \delta^2}{2k(4 + 3t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2}$, 此时 $\frac{\partial p^{t\lambda}}{\partial \beta} < 0$. 同理 $4\lambda_m - 1 < 0$ 时, 即 $0 < \lambda_m < \frac{1}{4}$, 此时 $\frac{\partial \theta^{t\lambda}}{\partial \beta} < 0, \frac{\partial Q^{t\lambda}}{\partial \beta} < 0$; $4\lambda_m - 1 > 0$ 时, 即 $\frac{1}{4} < \lambda_m < -\frac{2k(-2 + t)\gamma + \delta^2}{2k(4 + 3t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2}$, 此时 $\frac{\partial \theta^{t\lambda}}{\partial \beta} > 0, \frac{\partial Q^{t\lambda}}{\partial \beta} > 0$. 又 $k(2 - t)\gamma + (2k\gamma - 3\delta^2)\lambda_m = k(1 - t)\gamma + 2(k\gamma - \delta^2)\lambda_m + k\gamma - \delta^2\lambda_m > 0$, 所以 $\frac{\partial w^{t\lambda}}{\partial \beta} < 0$. \square

结论 8 1) $\frac{\partial \pi_m^{t\lambda}}{\partial \beta} < 0, \frac{\partial \pi_r^{t\lambda}}{\partial \beta} > 0$; 2) $(\lambda_m, \beta) \in \left\{ (\lambda_m, \beta) \mid 0 < \lambda_m < \frac{1}{4}, 0 < \beta < 1 \right\}$ 时, $\frac{\partial \pi_{sc}^{t\lambda}}{\partial \beta} < 0$; $(\lambda_m, \beta) \in \left\{ (\lambda_m, \beta) \mid \frac{1}{4} < \lambda_m < \frac{2 + t(-2 + \beta)}{4 + 4t(-1 + \beta)}, 0 < \beta < 1 \right\}$ 时, $\frac{\partial \pi_{sc}^{t\lambda}}{\partial \beta} > 0$; $(\lambda_m, \beta) \in \left\{ (\lambda_m, \beta) \mid \frac{2 + t(-2 + \beta)}{4 + 4t(-1 + \beta)} < \lambda_m < -\frac{2k(-2 + t)\gamma + \delta^2}{2k(4 + 3t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2}, 0 < \beta < 1 \right\}$ 时, $\frac{\partial \pi_{sc}^{t\lambda}}{\partial \beta} < 0$.

证明 由一阶偏导数可知, 只需分析各分子的正负即可. 由 $0 < \lambda_m < -\frac{2k(-2 + t)\gamma + \delta^2}{2k(4 + 3t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2}$ 可知 $\frac{\partial \pi_m^{t\lambda}}{\partial \beta} < 0, \frac{\partial \pi_r^{t\lambda}}{\partial \beta} > 0, \frac{\partial \pi_m^{t\lambda}}{\partial \beta} = k^2 t \gamma (\alpha - c \gamma)^2 (1 - \lambda_m) (2k(2 - t)\gamma - \delta^2 + (k(-12 + 8t - 3t\beta)\gamma + 2\delta^2)\lambda_m + (2k(7 + 6t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m^2) / (-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 + (2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m)^3, \frac{\partial \pi_r^{t\lambda}}{\partial \beta} = k^2 t \gamma (\alpha - c \gamma)^2 (1 - \lambda_m)^2 (k(t\beta - 2)\gamma + \delta^2 - (2k(1 + 2t(\beta - 1))\gamma + \delta^2)\lambda_m) / (-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 + (2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m)^3, \frac{\partial \pi_{sc}^{t\lambda}}{\partial \beta} = k^3 t \gamma^2 (\alpha - c \gamma)^2 (1 - \lambda_m) (4\lambda_m - 1) (t(2 - \beta) - 2 + 4(1 + t(\beta - 1))\lambda_m) / (-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 + (2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m)^3.$

若 $(4\lambda_m - 1)(t(2 - \beta) - 2 + 4(1 + t(\beta - 1))\lambda_m) > 0$, 即

$$\lambda_m \in \left(0, \frac{1}{4} \right) \cup \left(\frac{2 + t(-2 + \beta)}{4 + 4t(-1 + \beta)}, -\frac{2k(-2 + t)\gamma + \delta^2}{2k(4 + 3t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2} \right),$$

则 $\frac{\partial \pi_{sc}^{t\lambda}}{\partial \beta} < 0$; 若 $(4\lambda_m - 1)(t(2 - \beta) - 2 + 4(1 + t(\beta - 1))\lambda_m) < 0$, 即 $\frac{1}{4} < \lambda_m < \frac{2 + t(-2 + \beta)}{4 + 4t(-1 + \beta)}$, 则

$$\frac{\partial \pi_{sc}^{t\lambda}}{\partial \beta} > 0. \square$$

结论7和结论8分析了制造商承担的系统CSR水平对绿色供应链节点企业各决策变量及经营利润的影响. 由结论7可知: 绿色产品的批发价格与制造商分担的系统CSR比例成负相关关系; 当制造商让利零售商的意愿相对较弱时, 制造商CSR配置的上升将导致产品零售价格的上涨, 且其绿色度水平的下降进一步缩减了市场需求, 此时, 对于制造商而言, 虽然研发成本有所下降, 但产品单位利润和市场需求量随之减小, 最终造成制造商经营利润的减少; 反之, 当制造商的公平偏好程度较高时, 随着制造商CSR配置的增加, 产品的零售价格降低, 制造商的绿色制造力度大幅加大, 进而带来市场总需求的扩张, 此时, 制造商分担的系统CSR比例的上升将直接导致绿色产品研发投入的过度增长, 因而制造商自身利益受损.

由 $\frac{\partial d^{t\lambda}}{\partial \beta} = kt(\alpha - c\gamma)(\lambda_m - 1)(k(t - 3)\gamma + \delta^2 + (2k\gamma - \delta^2)\lambda_m) / (k(2t - 4 - t\beta)\gamma + \delta^2 + (2k(3 + 2t(\beta - 1))\gamma - \delta^2)\lambda_m)^2 > 0$ 易知: 零售商的单位销售利润随制造商CSR配置的增加(即零售商CSR配置的下降)一直保持增长趋势, 虽然当制造商的公平偏好程度较低时, 产品的市场需求与制造商承担的系统CSR比例成负相关关系, 但由于单位销售利润的增幅较大, 零售商利润得到增加; 而当制造商对于零售商的公平偏好程度较高时, 产品市场需求的扩大也进一步提高了零售商的经营利润.

可以看出, 制造商与零售商的CSR行为均将导致自身经济利润的下降, 且各成员企业分担的系统CSR水平越高, 其获得的经济利润越少, 这与文献[12]的研究结论一致, 说明CSR配置在绿色供应链中起到了“利润分配机制”的作用.

对于绿色供应链系统整体而言, 当制造商对于零售商的公平偏好度过低和过高时, 其承担的系统CSR比例的增长带来的零售商经济利润的增幅均无法弥补此时制造商经济利润的降幅, 供应链系统的整体利润下滑. 只有当制造商的公平偏好度处于适中水平时, 供应链系统内绿色产品生产销售的利润增幅超出绿色研发的成本增幅, 因而此时的供应链系统利润与制造商的CSR配置成正相关关系.

结论 9 $(\lambda_m, \beta) \in \left\{ (\lambda_m, \beta) \mid 0 < \lambda_m < \frac{1}{4}, 0 < \beta < 1 \right\}$ 时, $\frac{\partial CS^{t\lambda}}{\partial \beta} < 0, \frac{\partial W^{t\lambda}}{\partial \beta} < 0$; $(\lambda_m, \beta) \in \left\{ (\lambda_m, \beta) \mid \frac{1}{4} < \lambda_m < -\frac{2k(-2 + t)\gamma + \delta^2}{2k(4 + 3t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2}, 0 < \beta < 1 \right\}$ 时, $\frac{\partial CS^{t\lambda}}{\partial \beta} > 0, \frac{\partial W^{t\lambda}}{\partial \beta} > 0$.

证明 由命题2可得

$$\begin{aligned} \frac{\partial CS^{t\lambda}}{\partial \beta} &= k^3 t \gamma^2 (\alpha - c \gamma)^2 (1 - \lambda_m)^2 (1 - 4\lambda_m) / (-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 + (2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m)^3, \\ \frac{\partial W^{t\lambda}}{\partial \beta} &= k^3 t \gamma^2 (\alpha - c \gamma)^2 (1 - \lambda_m) (4\lambda_m - 1) (t(2 - \beta) - 3 + (5 + 4t(\beta - 1))\lambda_m) / (-k(4 + t(\beta - 2))\gamma + \delta^2 + (2k(3 + 2t(\beta - 1))\gamma - \delta^2)\lambda_m)^3. \end{aligned}$$

因为 $-k(4 + t(-2 + \beta))\gamma + \delta^2 + (2k(3 + 2t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2)\lambda_m < 0, \lambda_m < 1$, 由结论6可知 $-3 + t(2 - \beta) + (5 + 4t(-1 + \beta))\lambda_m < 0$. 因此只需判断 $1 - 4\lambda_m$ 的正负即可. 从而 $0 < \lambda_m < \frac{1}{4}$ 时, $\frac{\partial CS^{t\lambda}}{\partial \beta} < 0, \frac{\partial W^{t\lambda}}{\partial \beta} < 0$; $\frac{1}{4} < \lambda_m < -\frac{2k(-2 + t)\gamma + \delta^2}{2k(4 + 3t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2}$ 时, $\frac{\partial CS^{t\lambda}}{\partial \beta} > 0, \frac{\partial W^{t\lambda}}{\partial \beta} > 0$. \square

结论9说明: 当制造商较少考虑其公平偏好行为时, 制造商承担的系统CSR水平的提高将带来产品零售价格的上升和绿色度水平的下降, 直接导致市场需求量的减小, 进而引起消费者剩余的下降, 此时, 供应链系统的经济利润也随制造商CSR配置的增大而减少, 最终造成社会福利的下降. 当制造商的公平偏好程度提高至一定水平时, 制造商CSR配置的增加反而有助于产品零售价格的降低和绿色度水平的上升, 因而市场需求扩大, 消费者剩余进一步提高, 这时的系统利润也与制造商承担的系统CSR比例成正相关关系, 因而有助于社会总福利水平的提升. 当制造商的公平偏好程度过高时, 制造商倾向于通过“增质降价”的方式吸引消费者购买绿色产品, 此时消费者剩余的增幅超过了系统利润的降幅, 从而社会福利持续提高.

通过上述结论可以发现制造商的公平偏好对供应链内各参与方与系统利润、消费者剩余、社会总福利水平等产生的影响还与其自身的CSR水平有关, 同样地, 制造商承担的系统CSR比例对上述各均衡解造成的影响也会受到其公平偏好程度高低的影响. 更进一步地, 当制造商同时实施CSR和公平偏好行为时, 在其不同公平偏好和CSR水平下, 这两个因素对各均衡解的影响不尽相同. 如当制造商公平偏好系数较小时, 产品零售价格随其CSR配置的增大而提高, 随公平偏好度的增大而降低; 产品绿色度水平、市场需求、绿色供应链系统利润、消费者剩余及社会福利均随制造商CSR配置的增大而减小, 随其

公平偏好度的增大而增加. 这表明, 此时制造商公平偏好和CSR分担比例对以上各决策变量的影响恰恰相反. 而当制造商的公平偏好系数较大, 与自身CSR水平满足条件 $(\lambda_m, \beta) \in \left\{ (\lambda_m, \beta) \mid \frac{1}{4} < \lambda_m < -\frac{2k(-2 + t)\gamma + \delta^2}{2k(4 + 3t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2} \right\}$ 时, 各均衡解随着二者的变化趋势均保持一致.

5 算例分析

本节对本文的结论通过数值算例进行验证, 为保证各成员目标函数的凹性和研究问题的实际意义, 结合本文中决策模型的约束条件, 将参数赋值为 $t = 0.9, k = 50, \delta = 1, \gamma = 10, \alpha = 12, c = 1$, 此时有 $\frac{2 + t(-2 + \beta)}{4 + 4t(-1 + \beta)} = \frac{2 + 9\beta}{4 + 36\beta}$, $-\frac{2k(-2 + t)\gamma + \delta^2}{2k(4 + 3t(-1 + \beta))\gamma - \delta^2} = \frac{1099}{1299 + 2700\beta}$. 根据制造商公平偏好系数和其所分担的系统CSR比例的取值范围, 令 β 在 $(0, 1)$ 区间内变化, λ_m 在 $(0, \frac{1099}{1299 + 2700\beta})$ 区间内变化.

限于篇幅, 仅分析制造商公平偏好和CSR行为对供应链内各参与企业及系统利润的影响. λ_m 和 β 对供应链内各节点企业利润的影响分别见图1和图2.

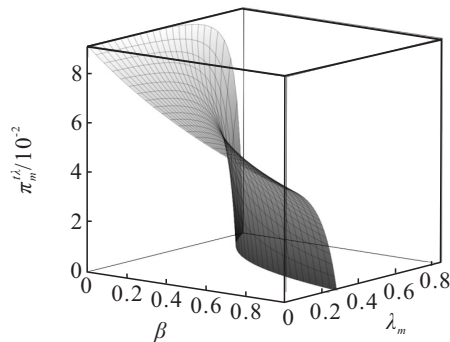


图1 λ_m 和 β 对制造商利润的影响

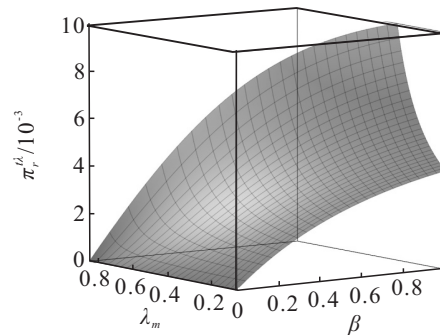


图2 λ_m 和 β 对零售商利润的影响

由此可以发现: 无论是制造商利润还是零售商利润, 均随自身CSR配置的增大而降低, 但随制造商公平偏好的变化趋势则恰恰相反: 制造商利润总是

随自身公平偏好系数的增大而减小,零售商利润却随之增加。

λ_m 和 β 对绿色供应链系统利润的影响见图3。可以看出,在制造商不同 λ_m 和 β 水平下, λ_m 和 β 这两个因素对系统利润的影响并非完全相同。为便于下文解释说明,现将 λ_m 和 β 的定义域划分为如下3部分,其中: $C = \left\{ (\lambda_m, \beta) \mid 0 < \lambda_m < \frac{1}{4}, 0 < \beta < 1 \right\}$, $D = \left\{ (\lambda_m, \beta) \mid \frac{1}{4} < \lambda_m < \frac{2+9\beta}{4+36\beta}, 0 < \beta < 1 \right\}$, $E = \left\{ (\lambda_m, \beta) \mid \frac{2+9\beta}{4+36\beta} < \lambda_m < \frac{1099}{1299+2700\beta}, 0 < \beta < 1 \right\}$ 。

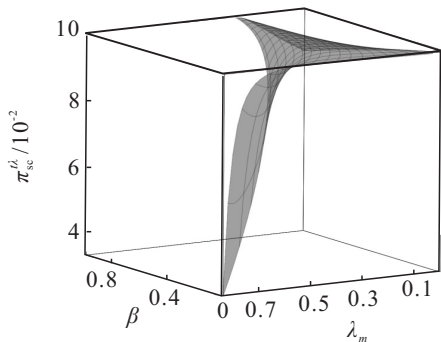


图3 λ_m 和 β 对绿色供应链系统利润的影响

由图4和图5可知:对于供应链系统而言,当 $(\lambda_m, \beta) \in C$ 时,这两个因素对系统整体利润的影响相反:系统利润随 λ_m 的增大而提高,随 β 的增大而降低;当 $(\lambda_m, \beta) \in D$ 时,系统利润与 λ_m 和 β 均成正相关关系;而当 $(\lambda_m, \beta) \in E$ 时,系统利润与 λ_m 和 β 间的关系则转变成了负相关。

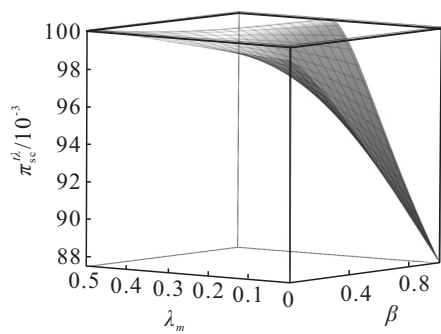


图4 $(\lambda_m, \beta) \in C \cup D$ 时的系统利润

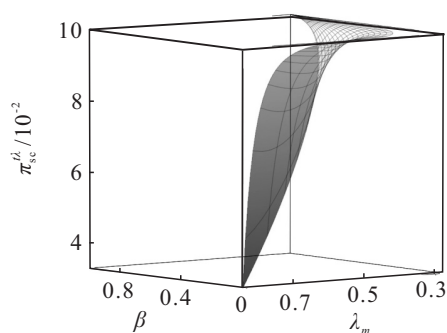


图5 $(\lambda_m, \beta) \in E$ 时的系统利润

图1~图5再次验证了本文的结论,虽然制造商处于绿色供应链的主导地位,但其公平偏好系数和CSR配置并非越大越好,且在不同状态下,这两个因素对模型均衡解的影响也是不同的。这也进一步说明了对于供应链企业、消费者和社会整体而言,制造商应根据企业实际情况适度地实施公平偏好行为,且应将自身的公平偏好与CSR水平控制在合理区间内,才能使供应链系统利润、消费者剩余和社会总福利得到改善。

6 结论

本文研究结论对于现实中企业的策略选择具有一定的管理启示: 1) 对于制造商而言,作为盈利性企业,制造商的公平偏好度和CSR水平绝非越高越好。制造商需在保障自身一定经济利润的前提下考虑实施公平偏好行为,且应将自身的公平偏好与CSR水平控制在合理范围内,此举不仅有利于产品绿色度水平和供应链系统效率的提高,同时也有助于实现消费者利益与社会总福利的最优化。 2) 对于零售商而言,由于零售商利润随着制造商承担CSR水平的增大而增大,零售商的利润与自身承担的社会责任水平负相关。 3) 对政府而言,通过结论8可知,制造商和零售商的利润均与自身承担的社会责任水平负相关,因此政府在关注企业承担社会责任的同时,还应关注供应链企业承担社会责任水平对自身利益的影响,政府可以通过补贴或者减免税收的方式激励供应链企业承担更多的社会责任。 4) 对于消费者而言,制造商的公平偏好度越高,绿色产品的价格越低,而且当制造商的公平偏好度较高时,绿色产品的价格与CSR水平也是负相关关系,因此在制造商的公平偏好度和社会责任水平均较大的条件下,消费者获得的效用会较高。

本文选取了公平中性有CSR和公平偏好有CSR两种情况进行比较分析,并没有将公平中性有CSR、公平中性无CSR,公平偏好有CSR和公平偏好无CSR四种情况进行交叉研究,由于本文只选择了两种情况进行分析,4种情形进行交叉研究不影响本文结论。另外本文仅考虑了制造商的公平偏好行为,未考虑零售商的公平偏好行为,下一步可继续深入研究。

参考文献(References)

[1] Cotte J, Trudel R. Socially conscious consumerism—systematic review of the body of knowledge[R]. Boston: Network for Business Sustainability Knowledge Project Series Economist, 2009.

[2] Golden J S, Subramanian V, Zimmerman J B. Sustainability and commerce trends: Industry consortia as the drivers for green product design[J]. Journal of

- Industrial Ecology, 2011, 15(6): 821-824.
- [3] He Q D, Wang N M, Yang Z, et al. Competitive collection under channel inconvenience in closed-loop supply chain[J]. European Journal of Operational Research, 2019, 275(1): 155-166.
- [4] Genc T S, de Giovanni P. Optimal return and rebate mechanism in a closed-loop supply chain game[J]. European Journal of Operational Research, 2018, 269(2): 661-681.
- [5] Kovach J J, Atasu A, Banerjee S. Salesforce incentives and remanufacturing[J]. Production and Operations Management, 2018, 27(3): 516-530.
- [6] Wang Z Z, Wang M Z, Liu W W. To introduce competition or not to introduce competition: An analysis of corporate social responsibility investment collaboration in a two-echelon supply chain[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2020, 133: 101812.
- [7] Ni D B, Li K W, Tang X W. Social responsibility allocation in two-echelon supply chains: Insights from wholesale price contracts[J]. European Journal of Operational Research, 2010, 207(3): 1269-1279.
- [8] Raza S A. Supply chain coordination under a revenue-sharing contract with corporate social responsibility and partial demand information[J]. International Journal of Production Economics, 2018, 205: 1-14.
- [9] 姚锋敏, 王悦, 滕春贤. 考虑CSR的闭环供应链销售努力与定价决策[J/OL]. 计算机集成制造系统. (2018-09-27)[2019-12-30]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5946.TP.20180921.1101.014.html>.
(Yao F M, Wang Y, Teng C X. Sales effort and pricing decisions for closed-loop supply chain with corporate social responsibility[J/OL]. Computer Integrated Manufacturing Systems. (2018-09-27)[2019-12-30]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5946.TP.20180921.1101.014.html>.)
- [10] 范建昌, 梁旭晔, 倪得兵. 不同渠道权力结构下的供应链企业社会责任与产品质量研究[J]. 管理学报, 2019, 16(5): 754-764.
(Fan J C, Liang X Z, Ni D B. A study on corporate social responsibility and product quality in supply chains under different channel power structures[J]. Chinese Journal of Management, 2019, 16(5): 754-764.)
- [11] Biswas I, Raj A, Srivastava S K. Supply chain channel coordination with triple bottom line approach[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2018, 115: 213-226.
- [12] 林志炳, 陈莫凡. 基于企业社会责任的绿色制造策略及供应链协调[J/OL]. 计算机集成制造系统. (2019-04-29)[2019-12-30]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5946.tp.20190426.1326.022.html>.
(Lin Z B, Chen M F. Research on green manufacturing strategy and supply chain coordination with corporate social responsibility perspective[J/OL]. Computer Integrated Manufacturing Systems. (2019-04-29)[2019-12-30]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5946.426.1326.022.html>.)
- [13] Loch C H, Wu Y Z. Social preferences and supply chain performance: An experimental study[J]. Management Science, 2008, 54(11): 1835-1849.
- [14] Katok E, Pavlov V. Fairness in supply chain contracts: A laboratory study[J]. Journal of Operations Management, 2013, 31(3): 129-137.
- [15] Zhang L H, Xue B W, Liu X Y. Carbon emission reduction with regard to retailer's fairness concern and subsidies[J]. Sustainability, 2018, 10(4): 1209.
- [16] Li Q X, Chen X L, Huang Y M. The stability and complexity analysis of a low-carbon supply chain considering fairness concern behavior and sales service[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2019, 16(15): 2711.
- [17] Li Q Q, Xiao T J, Qiu Y Z. Price and carbon emission reduction decisions and revenue-sharing contract considering fairness concerns[J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 190: 303-314.
- [18] 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研究[J]. 控制与决策, 2020, 35(6): 1463-1468.
(Jiang M J, Chen D Y. Research on revenue sharing and green innovation investment of green supply chain under fairness preference[J]. Control and Decision, 2020, 35(6): 1463-1468.)
- [19] Sang S. Optimal policies in a green supply chain with reference price effect and fairness concern[J]. IAENG International Journal of Applied Mathematics, 2019, 48(4): 466-474.
- [20] 谭春桥, 李波, 崔春生. 公平关切下考虑企业社会责任的物流服务供应链协调研究[J]. 控制与决策, 2020, 35(7): 1717-1729.
(Tan C Q, Li B, Cui C S. Analysis and coordination of logistics service supply chain with fairness concerns considering corporate social responsibility[J]. Control and Decision, 2020, 35(7): 1717-1729.)
- [21] Panda S, Modak N M, Cárdenas Barrón L E. Coordinating a socially responsible closed-loop supply chain with product recycling[J]. International Journal of Production Economics, 2017, 188: 11-21.
- [22] Charness G, Rabin M. Understanding social preferences with simple tests[J]. Quarterly Journal of Economics, 2002, 117: 817-869.

作者简介

公彦德(1979—), 男, 教授, 博士, 从事供应链管理等研究, E-mail: gongyande@126.com;

陈梦泽(1995—), 女, 博士生, 从事绿色供应链的研究, E-mail: 18702100162@163.com.

(责任编辑: 闫妍)