

公平偏好对供应链减排决策的影响研究

姜跃, 郑莉

(福建工程学院 管理学院, 福建 福州 350118)

摘要: 研究制造商具有公平偏好, 零售商无公平偏好; 制造商无公平偏好、零售商具有公平偏好和制造商与零售商都具有公平偏好 3 种情况下的供应链减排决策, 研究表明随着公平偏好的不断上升, 供应链减排量不断下降, 同时还发现公平偏好会影响碳税的减排效果。

关键词: 公平偏好; 碳税; 减排; 供应链

中图分类号: F124.5; F224

文献标志码: A

文章编号: 1672-4348(2018)04-096-06

Research on the impacts of fairness preference on the decision-making of carbon emission reduction of the supply chain

JIANG Yue, ZHENG Li

(School of Management, Fujian University of Technology, Fuzhou 350118, China)

Abstract: Decision-making of reducing carbon emissions was researched in three cases: the manufacturer has fairness preference, while the retailer does not; the manufacturer does not have fairness preference, while the retailer does; the manufacturer and retailer both have fairness preference. Results show that the volume of emission reduction in the supply chain decreases with the increasing of fairness preference, and fairness preference has certain impacts on the effect of carbon tax on emission reduction.

Keywords: fairness preference; carbon tax; carbon emission reduction; supply chain

21 世纪以来, 全球气候变暖问题已经成为全球十大环境问题之首, 逐步受到国际社会越来越多的关注^[1]。政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 经过研究发现人类向大气中所排放的二氧化碳是全球变暖的主要原因, 世界各国已经在降低碳排放方面达成共识^[2]。目前各国都陆续制定了关于降低碳排放的相关政策, 其中政府根据碳排放量收取碳税是使用范围最广, 效果最好。同时, 随着消费者低碳意识的逐步增强, 消费者的价值和效用会受到产品碳排放情况的影响, 进而市场需求也会随着产品的碳排放情况的变化而变化^[3]。产品的碳排放等于原材料使用、产品制造

分销以及回收在处理全过程的碳排放量总和, 因此产品减排不能依靠单个企业的单独减排, 从供应链整体考虑减排效果, 已经形成了共识, 越来越多的学者开始关注供应链的减排问题, Benjaafar 在供应链决策模型中考虑了碳排放约束的影响, 并且分析得出碳排放约束对供应链各环节决策的影响^[4]。姜跃分别研究了供应商参与和零售商减排成本分担对供应链减排决策的影响^[5-6]。赵道致以单个制造商和两个零售商作为研究对象, 使用微分博弈的研究方法, 分析了供应链系统的减排合作问题^[7]。但是以上关于供应链减排问题的研究都是供应商、制造商和零售商是完全理性

收稿日期: 2018-06-04

基金项目: 福建省社会科学规划项目 (FJ2017C014); 福建省自然科学基金资助项目 (2018J05117); 福建省中青年骨干教师教育科研项目 (JAS170302)

第一作者简介: 姜跃 (1985-), 女, 辽宁营口人, 讲师, 博士, 研究方向: 供应链管理、运作管理。

的,并没有考虑到其对利润分配公平性的关注。

根据相关研究显示,实际上人们是具有公平偏好的,Cui分析了公平偏好对供应链上制造商和零售商决策的影响^[9]。在此基础上,Caliskan-Demirag研究了在指数形式的需求函数下,公平偏好对供应链运作的影响^[10]。但是以往关于公平偏好的研究主要集中在公平偏好在正向供应链^[11]、双渠道供应链^[12-13]以及闭环供应链^[14-15]的应用,很少有研究公平偏好对供应链减排决策的影响。

基于此,本文以制造商和零售商是否具有公平偏好作为研究的切入点,可以形成以下3种情形。情形1:制造商有,零售商无;情形2:制造商无,零售商有;情形3:制造商和零售商都有。分别研究以上3种情形下供应链的减排决策,并使用算例分析的方法研究了公平偏好对制造商和零售商利润的影响。

1 问题描述及模型假设

本文的研究对象为制造商和零售商组成的两级供应链,在制造商和零售商的博弈中,制造商是领导者,零售商是跟随者。政府根据制造商在生产产品过程中所产生的碳排放情况向制造商收取碳税,图1表示制造商与零售商的决策过程。

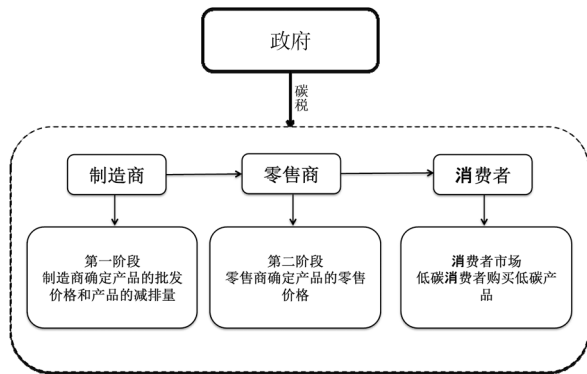


图1 供应链决策图

Fig.1 Decision-making of the supply chain

为研究需要,做如下假设:(1)制造商的生产能力是充足的;(2)制造商的总碳排放量等于单位产品的碳排放量乘以生产总量;(3)用 e 表示制造商的减排量,则制造商减排成本函数 $c(e)$ 满足 $c'(e) > 0$ 和 $c''(e) > 0$,因此可以用 $\frac{1}{2}ke^2$ 表示制造商的减排成本;(4)政府征收碳税的依据是制

造商生产产品过程中所产生的碳排放量,不存在碳税减免和优惠的情况;(5)假设产品的市场需求为 $D = a - bp + e$;(6)用 a 表示市场规模, b 表示消费者对价格的敏感系数, c 表示产品成本,只有满足 $a > bc$,产品才能够市场生存和发展,因此本文假设 $a > bc$ 。

定义相关符号如下,制造商的利润函数 π_M ,零售商的利润函数 π_R ,制造商的效用函数 μ_M ,零售商的效用函数 μ_R ,制造商的公平偏好系数 λ_M ,零售商的公平偏好系数 λ_R ,根据相关文献假设制造商和零售商的公平效用函数分别为 $\mu_M = \pi_M - \lambda_M(\pi_R - \pi_M)$ 和 $\mu_R = \pi_R - \lambda_R(\pi_M - \pi_R)$ ^[11],其中 $\lambda_M \geq 0, \lambda_R \geq 0$ 。如果 $\lambda_M = 0, \lambda_R = 0$,则表示制造商和零售商为公平中立者,此时零售商的效用函数与利润函数相等;如果 $\lambda_M, \lambda_R > 0$,则 λ_M, λ_R 越大,制造商和零售商对利润分配的关注度越高。

σ 为产品的初始碳排放量, t 为碳税, w 为产品的批发价格, c 为产品的生产成本,上标YN、NY、YY分别表示情形1、2、3。则制造商和零售商的利润函数分别为:

$$\pi_M = (w - c)(a - bp + e) - (\sigma - e)t - \frac{1}{2}ke^2$$

$$\pi_R = (p - w)(a - bp + e)。$$

2 模型分析

2.1 情形1:制造商具有公平偏好,零售商无公平偏好

在情形1下,此时在供应链决策中制造商不仅关注自身所获的利润,同时也关注供应链利润分配的公平性,此时制造商以自身所获得的效用最大化作为决策目标;零售商无公平偏好,则零售商以自身所获得利润最大化作为决策目标,则在该种情况下,零售商的目标函数为:

$$\text{MAX}\pi_R = (p - w)(a - bp + e)$$

使用逆向归纳法进行求解,令 $\frac{\partial \pi_R}{\partial p} = 0$,可以

得到零售商分反应函数 $p = \frac{a + e + bw}{2b}$,则可以得

到制造商的目标函数为:

$$\text{MAX}\mu_M = \pi_M - \lambda_M(\pi_R - \pi_M) \quad (1)$$

$$\text{s.t. } p = \frac{a + e + bw}{2b} \quad (2)$$

则可以求得以下命题:

命题 1 在情形 1 下制造商和零售商的最优决策分别为:

$$w^{YN*} = \frac{c(2bk-1) + 2(ak+t)}{4bk-1 + (6bk-1)\lambda_M} + \frac{[c(2bk-1) + 4(ak+t)]\lambda_M}{4bk-1 + (6bk-1)\lambda_M},$$

$$e^{YN*} = \frac{a-bc + 4bt + (a-bc + 6bt)\lambda_M}{4bk-1 + (6bk-1)\lambda_M},$$

$$p^{YN*} = \frac{c(bk-1) + 3(ak+t)}{4bk-1 + (6bk-1)\lambda_M} + \frac{[c(bk-1) + 5(ak+t)]\lambda_M}{4bk-1 + (6bk-1)\lambda_M}$$

分析命题 1, 可以得到以下结论:

结论 1 制造商的公平偏好系数 λ_M 越大, 制造商的减排量越小; 当 $0 < bk < \frac{1}{2}$ 时, 产品的批发价格、零售价格随着 λ_M 增加而减少; 当 $\frac{1}{2} \leq bk < 1$ 时, 产品的批发价格随着 λ_M 的增加而增加, 产品的零售价格随着 λ_M 增加而减少; 当 $bk \geq 1$ 时, 产品的批发价格、零售价格随着 λ_M 增加而增加。

证明 求产品减排量、批发价格和零售价格关于 λ_M 的偏导数可得

$$\frac{\partial e^{YN*}}{\lambda_M} = -\frac{2b(ak-bck+t)}{[4bk-1 + (6bk-1)\lambda_M]^2} < 0,$$

$$\frac{\partial w^{YN*}}{\lambda_M} = \frac{2(2bk-1)(ak-bck+t)}{[4bk-1 + (6bk-1)\lambda_M]^2} \begin{cases} < 0, bk < \frac{1}{2} \\ \geq 0, bk \geq \frac{1}{2} \end{cases},$$

$$\frac{\partial p^{YN*}}{\lambda_M} = \frac{2(bk-1)(ak-bck+t)}{[4bk-1 + (6bk-1)\lambda_M]^2} \begin{cases} < 0, bk < 1 \\ \geq 0, bk \geq 1 \end{cases},$$

即可得出。本文其它证明与结论 1 类似, 不再赘述。

结论 2 当 $\lambda_M > \frac{4bk-1}{6bk-1}$ 时, 产品的减排量、批发价格和零售价格随着碳税的增加而增加; 当 $\lambda_M < \frac{4bk-1}{6bk-1}$ 时, 产品的减排量、批发价格和零售价格随着碳税的增加而减少。

证明 求产品减排量、批发价格和零售价格关于 t 的偏导数可得,

$$\frac{\partial w}{\partial t} = \frac{2 + 4\lambda_M}{-1 + 4bk + (6bk-1)\lambda_M},$$

$$\frac{\partial e}{\partial t} = \frac{2b(2 + 3\lambda_M)}{-1 + 4bk + (6bk-1)\lambda_M},$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \frac{3 + 5\lambda_M}{-1 + 4bk + (6bk-1)\lambda_M},$$

分别令 $\frac{\partial w}{\partial t} > 0, \frac{\partial e}{\partial t} > 0, \frac{\partial p}{\partial t} > 0$, 可以求得 $\lambda_M > \frac{4bk-1}{6bk-1}$, 因此当 $\lambda_M > \frac{4bk-1}{6bk-1}$ 时, 产品的减排量、批发价格和零售价格随着碳税的增加而增加, 同理可证当 $\lambda_M < \frac{4bk-1}{6bk-1}$ 时, 产品的减排量、批

发价格和零售价格随着碳税的增加而减少, 证毕。

结论 2 表明在情形 1 下, 制造商的公平偏好会影响碳税的减排效果, 如果制造商的公平偏好相对较高, 此时制造商的减排量随着碳税的增加而上升; 如果制造商的公平偏好相对较低, 此时制造商的减排量随着碳税的增加而降低, 这就要求政府在制定碳税税率时要充分调研, 精确计算, 确定最佳的碳税税率。

2.2 情形 2: 制造商无公平偏好, 零售商具有公平偏好

在情形 2 下, 此时制造商的决策目标为所获得的利润最大化, 而零售商除了关注自身利润还关注利润分配是否公平, 因此效用最大化为零售商的目标函数, 即:

$$\text{MAX} \mu_R = \pi_R - \lambda_R(\pi_M - \pi_R) \quad (3)$$

首先, 制造商在确定产品的及减排量和批发价格, 然后零售商根据制造商的最优决策来确定产品的零售价格, 使用逆向归纳法进行求解, 可以得到如下命题 2。

命题 2 在情形 2 下制造商和零售商的最优决策分别为

$$w^{NY*} = \frac{2(ak+t)(1+\lambda_R)}{4bk+8bk\lambda_R-1-\lambda_R} + \frac{c[2b(k+3k\lambda_R)-1-\lambda_R]}{4bk+8bk\lambda_R-1-\lambda_R},$$

$$e^{NY*} = \frac{a(1+\lambda_R) - b(c-4t+c\lambda_R-8t\lambda_R)}{4bk+8bk\lambda_R-1-\lambda_R},$$

$$p^{NY*} = \frac{3(ak+t)(1+2\lambda_R)}{4bk+8bk\lambda_R-1-\lambda_R} +$$

$$\frac{c[b(k+2k\lambda_R)-1-\lambda_R]}{4bk+8bk\lambda_R-1-\lambda_R},$$

分析命题2,可以得到以下结论:

结论3 在情形2下,制造商的减排量、产品的批发价格和零售价格随着零售商公平偏好系数 λ_R 的增加而降低。

结论3表明,在情形2下,零售商公平偏好越大,那么产品的批发价格就越低,因此零售商可以把公平偏好作为与制造商议价手段,降低产品批发价格,进而获得较高的利润水平。同时还发现,制造商的减排量与零售商的公平偏好负相关,这就说明了零售商的公平偏好会给制造商减排带来负面影响,因此需要政府加大关于低碳产品的宣传力度,使零售商的低碳意识逐步提高,降低其公平偏好强度,逐步推行低碳产品。

2.3 情形3:制造商和零售商都具有公平偏好

在情形3下,此时制造商和零售商都关注利润分配是否公平,此时制造和零售商的决策目标都是效用最大化,因此零售商的目标函数为:

$$\text{MAX}\mu_R = \pi_R - \lambda_R(\pi_M - \pi_R) \quad (4)$$

使用逆向归纳法进行求解,令 $\frac{\partial \mu_R}{\partial p} = 0$,可以

得到零售商分反应函数 $p = \frac{a+e+bw+(a-bc+e+2bw)\lambda_R}{2b(1+\lambda_R)}$,则可以得到

制造商的目标函数为:

$$\text{MAX}\mu_M = \pi_M - \lambda_M(\pi_R - \pi_M) \quad (5)$$

$$\text{s.t. } p = \frac{a+e+bw+(a-bc+e+2bw)\lambda_R}{2b(1+\lambda_R)} \quad (6)$$

则可以求得以下命题:

命题3 在制造商和零售商都具有公平偏好的情况下,制造商和零售商的最优决策分别为:

$$w^{YY*} = \frac{(1+\lambda_R)W_1 + \lambda_M^2 W_2 + 2\lambda_M W_3}{(1+\lambda_R)W_4 + \lambda_M^2 W_5 + 2\lambda_M W_6},$$

$$e^{YY*} = \frac{(1+\lambda_R)E_1 + \lambda_M^2 E_2 + 2\lambda_M E_3}{(1+\lambda_R)E_4 + \lambda_M^2 E_5 + 2\lambda_M E_6},$$

其中 $W_1 = -c + 2ak + 2bck + 2t + (-c + 2ak + 6bck + 2t)\lambda_R$,

$W_2 = -c + 4ak + 2bck + 4t +$

$8(ak + bck + t)\lambda_R + 4(ak + bck + t)\lambda_R^2$

$W_3 = -c + 3ak + 2bck + 3t +$

$(-c + 6ak + 8bck + 6t)\lambda_R + (3ak + 5bck + 3t)\lambda_R^2$,

$W_4 = -1 + 4bk + (-1 + 8bk)\lambda_R$,

$W_5 = -1 + 6bk + 16bk\lambda_R + 8bk\lambda_R^2$,

$W_6 = -1 + 5bk + (14bk - 1)\lambda_R + 8bk\lambda_R^2$,

$E_1 = a - bc + 4bt + (a - bc + 8bt)\lambda_R$,

$E_2 = a - bc + 6bt + 16bt\lambda_R + 8bt\lambda_R^2$,

$E_3 = a - bc + 5bt + (a - bc + 14bt)\lambda_R + 8bt\lambda_R^2$

$E_4 = -1 + 4bk + (-1 + 8bk)\lambda_R$,

$E_5 = -1 + 6bk + 16bk\lambda_R + 8bk\lambda_R^2$,

$E_6 = -1 + 5bk + (-1 + 14bk)\lambda_R + 8bk\lambda_R^2$

分别对 e^{YY*} 和 w^{YY*} 求关于 λ_R 和 λ_M 偏导数,

可得 $\frac{\partial e^{YY*}}{\partial \lambda_R} < 0$, $\frac{\partial e^{YY*}}{\partial \lambda_M} < 0$, $\frac{\partial e^{YY*}}{\partial w_R} < 0$, $\frac{\partial e^{YY*}}{\partial w_M} > 0$,

由此可得结论4和结论5。

结论4 在情形3下,制造商的减排量随着制造商和零售商公平偏好的增加而降低。

结论4结合上文结论可以发现,不论在哪种情况下,制造商和零售商具有公平偏好都不利于制造商减排,因此政府需要不断加强关于低碳产品的宣传,提高制造商和零售商的低碳意识,降低其对利润分配公平的偏好程度,逐步推行低碳产品。

结论5 当制造商和零售商都具有公平偏好时,产品的批发价格随着制造商公平偏好的增加而上升;随着零售商公平偏好的增加而下降。

3 数值分析

采用数值计算的方法分析制造商和零售商的公平偏好是如何影响利润的,令 $a = 100$, $b = 20$, $c = 2$, $k = 100$, $t = 0.2$, $\sigma = 5$ 。图2表示在情形1下,制造商的公平偏好是如何影响制造商和零售商利润的。从图2可以看出,制造商和零售商的利润随着制造商公平偏好的增加而下降,这主要是因为,如果制造商具有公平偏好,制造商更加关注供应链利润分配的公平性,不断提高产品的批发价格,但是产品批发价格上涨必然导致产品销量的下降,批发价格上涨给制造商所带来的利润的增加量小于产品销量下降给制造商带来的利润的减少量,所以制造商公平偏好越大,制造商利润就越小。同时,产品批发价格越高,零售商成本就随之越高,零售商所获的利润就越低,所以随着制造商公平偏好的增加,零售商利润不断下降。图

2 说明了制造商的公平偏好既损害了制造商自身的利益,同时也降低了零售商的利润,对双方都不利,这就要求作为领导者的制造商要把精力放在提升产品性能,改进产品质量等方面,而不应关注供应链利润分配的公平性。

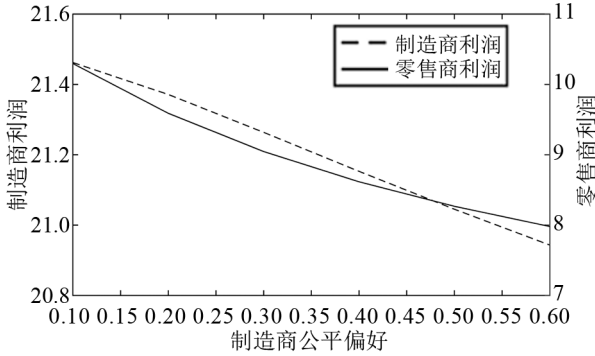


图 2 情形 1 下制造商公平偏好对利润的影响

Fig.2 Impacts of the manufacturer's fairness preference on profit in Case One

进一步分析在情形 2 下,零售商的公平偏好是如何影响利润的,如图 3 所示。零售商公平偏好与零售商利润正相关,与制造商利润负相关。这主要是因为,在情形 2 下,零售商的公平偏好越高,零售商议价能力越强,产品的批发价格越低,所以零售商的利润随着零售商公平偏好的增加而上升,制造商的利润随着零售商公平偏好的增加而下降。

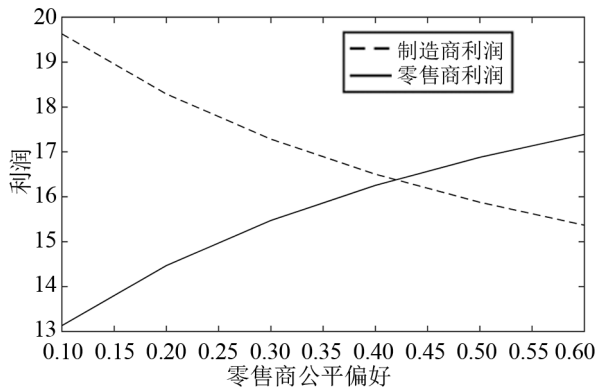


图 3 情形 2 下零售商公平偏好对利润的影响

Fig.3 Impacts of the retailer's fairness preference on profit in Case Two

图 4 和图 5 分别表示在情形 3 下,制造商和零售商公平偏好是如何影响利润的。从图 4 和图 5 可以看出:(1)假设制造商的公平偏好不变,零

售商公平偏好越大,制造商利润越低;(2)假设零售商公平偏好不变,当零售商公平偏好较小时,此时制造商公平偏好越大,制造商利润就越低;当零售商公平偏好较大时,此时制造商公平偏好越大,制造商利润越高;(3)假设制造商公平偏好不变,当制造商公平偏好较小时,那么零售商公平偏好越大,零售商利润就越高;当制造商公平偏好较大时,那么零售商公平偏好越大,零售商利润越低;(4)当零售商的公平偏好不变时,随之制造商公平偏好的不断上升,零售商利润先上升后下降。

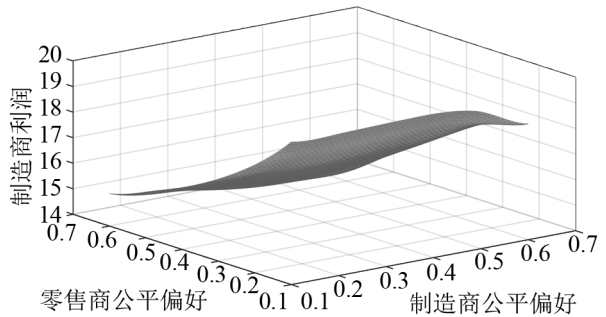


图 4 情形 3 下公平偏好对制造商利润的影响

Fig.4 Impacts of fairness preference on manufacturer's profit in Case Three

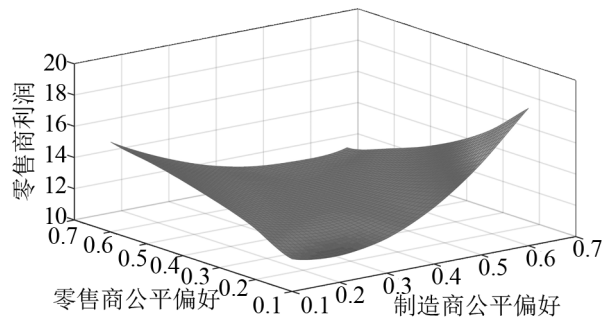


图 5 情形 3 下公平偏好对零售商利润的影响

Fig.5 Impacts of fairness preference on retailer's profit in Case Three

4 结论

把公平偏好引入到了供应链减排决策中来,以制造商和零售商是否具有公平偏好作为研究的切入点,形成以下 3 种情形。情形 1:制造商有,零售商无;情形 2:制造商无,零售商有;情形 3:制造商和零售商都有,分别研究这 3 种情形下供应链的减排决策,并使用算例分析的方法研究了制造公平偏好和零售商公平偏好对制造商和零售商

利润的影响。研究表明:(1)在情形1下,制造商的减排量随着制造商公平偏好系数的增加而降低,同时还发现制造商的公平偏好会影响碳税的减排效果,如果制造商的公平偏好相对较高,此时制造商的减排量随着碳税的增加而上升;如果制造商的公平偏好相对较低,此时制造商的减排量随着碳税的增加而降低;(2)在情形2下,零售商的公平偏好系数越大,制造商的减排量、批发价格和零售价格越小;(3)在情形3下,制造商和零售商的公平偏好越大,减排量就越低;制造商公平偏

好越大,产品批发价格越高;零售商公平偏好越高,产品价格越低。

在实践方面,通过研究发现不论在哪种情形下,公平偏好不利于制造商减排,这就需要政府加强在低碳产品方面的宣传力度,降低制造商和零售商对公平的关注程度,促进制造商减排。另外碳税是否能够起到减排的作用还会受到公平偏好的影响,因此政府在制定碳税税率时需要充分调研,详细计算,这样碳税才能够起到减排的作用。

参考文献:

- [1] JI J, ZHANG Z, YANG L. Carbon emission reduction decisions in the retail-dual-channel supply chain with consumers' preference[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2017, 141: 852-867.
- [2] IPCC. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories[S]. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2006.
- [3] DU S, ZHU L, LIANG L. Emission-dependent supply chain and environment-policy-making in the 'cap-and-trade' system [J]. *Energy Policy*, 2013, 57(C): 61-67.
- [4] BENJAAFAR S, LI Y, DASKIN M. Carbon footprint and the management of supply chains: insights from simple models [J]. *IEEE Transactions on Automation Science & Engineering*, 2012, 10(1): 99-116.
- [5] 姜跃, 韩水华. 碳税规制下供应商参与对企业减排决策的影响分析[J]. *软科学*, 2016, 30(6): 43-48.
- [6] 姜跃, 韩水华. 碳税规制下零售商减排成本分担对企业减排决策的影响[J]. *商业研究*, 2017, 59(8): 158-166.
- [7] 赵道致, 徐春秋, 王芹鹏. 考虑零售商竞争的联合减排与低碳宣传微分对策[J]. *控制与决策*, 2014(10): 1809-1815.
- [8] 杜少甫, 朱贾昂, 高冬, 等. Nash 讨价还价公平参考下的供应链优化决策[J]. *管理科学学报*, 2013, 16(3): 68-72.
- [9] CUI T H, RAJU J S, ZHANG Z J, et al. Fairness and channel coordination[J]. *Management Science*, 2007, 53(8): 1304-1314.
- [10] CALISKAN-DEMIRAG O, CHEN Y, LI J. Channel coordination under fairness concerns and nonlinear demand[J]. *European Journal of Operational Research*, 2010, 207(3): 1321-1326.
- [11] 王磊, 戴更新, 孙浩. 零售商提供服务且具有公平偏好的供应链博弈研究[J]. *系统工程*, 2015(6): 1-9.
- [12] 唐飞, 许茂增. 基于公平偏好的双渠道闭环供应链定价决策[J]. *系统工程*, 2017(4): 110-115.
- [13] 邢伟, 汪寿阳, 赵秋红, 等. 考虑渠道公平的双渠道供应链均衡策略[J]. *系统工程理论与实践*, 2011, 31(7): 1249-1256.
- [14] 张克勇, 侯世旺, 周国华. 公平关切下闭环供应链定价策略[J]. *系统管理学报*, 2013, 22(6): 841-849.
- [15] 丁雪峰, 魏芳芳. 公平关切下制造商主导的闭环供应链定价策略[J]. *工业工程*, 2014(4): 78-84.

(特约编辑:黄家瑜)