

考虑消费者环境偏好和制造商 风险规避的定价策略分析

陈 琦¹, 钱 钢¹, 沈玲玲^{1,2}

(1.南京师范大学计算机科学与技术学院,江苏 南京 210023)

(2.南京师范大学商学院,江苏 南京 210023)

[摘要] 近年来环境问题已成为人们需要迫切解决的问题,如何鼓励制造商生产高绿色度产品也成为各国面临的一大难题.本文以生产不同绿色度产品的制造商之间的博弈为背景,考虑消费者的环境偏好、制造商的风险规避、产品绿色度以及政府补贴等因素,建立双寡头垄断的 Cournot 静态博弈模型,并利用均值-方差理论,确定各制造商的最优价格.最后进行数值仿真,探讨消费者环境偏好和制造商的风险规避对产品价格的影响.结果表明:在其他条件不变的情况下,消费者的环境偏好增加、政府补贴增长以及生产商的风险规避度升高都能导致产品价格降低,产品价格的降低可以促使企业提升产品的绿色度.这些结论可以为制造商生产决策提供参考价值和指导意义.

[关键词] 环境偏好,风险规避,政府补贴,绿色供应链,博弈

[中图分类号] C939 [文献标志码] A [文章编号] 1672-1292(2017)02-0087-06

Pricing Strategy Analysis Considering Consumer Environmental Preference and Risk Aversion

Chen Yu¹, Qian Gang¹, Shen Lingling^{1,2}

(1.School of Computer Science and Technology, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

(2.Business School, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

Abstract: Recently, the environment has become an urgent problem. How to encourage manufacturers to produce high green products is a major problem faced by all countries. We propose the Cournot game model in duopoly, and find every manufacturer's optimal pricing decision by using the mean variance theory against the background of game analysis between manufacturers with different product greenness, considering consumer environmental preference, the degree of manufacturer risk aversion, product greenness and government's subsidies. Finally, the numerical simulation is conducted to discuss the effect of consumer environmental preference and manufacturer risk aversion. Results show that, when the other factors are constants, the price will decrease as the consumer environmental preference, manufacturer risk aversion and government subsidies increased. The lowering of the price can improve greenness of the products. All of these conclusions provide a reference and guiding for the manufacturers to make the final decision.

Key words: environmental preference, risk aversion, government subsidies, green supply chain, game analysis

近年来,环境问题已成为人们需要迫切解决的问题,考虑能源消耗和环境影响的绿色供应链管理开始受到政府和企业的青睐.为促进绿色供应链的实施,各国纷纷出台了相关的法律法规,如欧盟实施《电气设备中限制使用某些有害物质指令》;我国于 2009 年开始实施节能产品惠民工程,对能效等级 1 级以上的十大类高效节能产品进行财政补贴,2016 年 1 月 1 日实施的《第四阶段车企燃油消耗新标准》,严格限制乘用车燃油消耗量,以及《电动汽车充电接口及通信协议 5 项国家标准》,促使节能产品的推广和使用.消费者环保意识也逐渐增强,很多家庭纷纷淘汰了家里的老旧电器,换上了节能环保产品.

收稿日期:2016-11-21.

通讯联系人:沈玲玲,博士研究生,讲师,研究方向:管理科学与工程. E-mail:llshen5099@163.com

国家的法律法规以及消费者环保意识的增强,促使企业更加关注和重视绿色供应链的实施,如西门子、海尔集团等投入了大量的人力、物力、财力研发和生产节能环保的冰箱、空调、洗衣机等.但是在研发和销售绿色产品的过程中存在着很大的风险,如绿色产品研发的失败;即使产品研发成功,也有可能存在生产出来的产品得不到消费者的认可.所以很多企业,尤其是中小型企业,极力规避这种风险.

国内外已有一些研究绿色供应链的相关文献.文献[1-4]研究了政府的补贴或惩罚等政策对企业决策制定的影响,通过建立政府与制造商之间的博弈模型,分析了不同情况下各自的成本和收益.文献[5]以欧洲在提高企业的社会责任方面实施的政策为例,分析了政府在合作型的社会责任中扮演的角色.文献[6]分析了政府如何通过补贴促进再制造业发展.文献[7-12]考虑到市场的不确定性,即企业或决策者自身的风险规避,其中文献[7]分析制造商和零售商的风险规避对各自定价决策的影响,文献[8]考虑促销效应和风险规避对最优订购量的影响,文献[9]通过分析制造商和零售商风险规避系数对整个供应链的影响程度,提出了收益共享契约机制来协调供应链.文献[13-14]在计算效益时考虑了消费者的偏好,并分析消费者的环境偏好对企业定价及企业效用的影响.文献[15]和[16]分析了如何提高绿色供应链管理的性能.但这些文献只考虑了某一个或两个方面对制造商决策的影响,如政府和消费者、消费者和制造商本身的特点,或是各级供应链自身风险规避等对价格和收益的影响,缺乏对消费者的环境偏好、制造商风险规避度、政府补贴、产品绿色度等因素的综合考虑.鉴于此,本文在计算生产商的利润函数时,系统考虑了政府对生产商的补贴、生产高绿色度产品所降低的生产成本和所消耗的研发成本、消费者环境偏好导致的市场需求的改变,以及各生产商的风险规避度,建立了双寡头垄断的 Cournot 博弈模型,分析各生产商的最优定价,以及各种参数变化带来的影响.随着供应链复杂性的不断增加,任何因素都可能带来极大的影响,综合考虑多种因素能帮助制造商做出更加准确的决策,这些因素都具有不确定性,当任一因素发生变化时,制造商可以迅速根据变化做出相应的调整.

1 模型建立

1.1 模型假设

市场上低绿色度产品和高绿色度产品同时存在,且具有互补性.消费者可根据自己的喜好,选择购买低绿色度的产品或高绿色度的产品.生产商也可根据收益情况,选择生产不同绿色度的产品.为了更好地描述问题,做如下假设:

(1) 市场为双寡头垄断市场,双寡头(生产商 1 和生产商 2)在完全信息静态情况下,同时作出决策,采取不同的绿色供应链管理战略.生产商 1 生产低绿色度的产品,其产品绿色度表示为 g_1 ;生产商 2 生产高绿色度的产品,其产品绿色度表示为 g_2 ; $g_2 > g_1$.

(2) 市场需求存在不确定性,用 ε 反映市场需求的不确定性, $\varepsilon \in N(0, \sigma^2)$. 为了应对市场需求不确定,制造商和零售商都会采取措施来尽量减少损失,规避因此而带来的风险.用 η_1 表示生产商 1 的风险规避度; η_2 表示生产商 2 的风险规避度; η 越大,表明生产商越害怕风险.

(3) 生产商的生产数量和市场需求的数量一致,即市场需求多少,生产商就生产多少产品.

(4) 政府针对生产绿色产品的生产商给予一定的补贴, Ω 表示产品单位绿色度政府补贴系数.

(5) 生产商 1 和生产商 2 采取绿色供应链管理措施促进产品绿色度水平的提高,需要付出相应的研发成本 μ_1 和 μ_2 ,如开展生态设计、选择环境友好的原材料、与供应商环保合作等.假设研发成本与产品绿色度成二次方关系,即 $\mu_i = \rho_i g_i^2$, $\rho_i (i=1, 2)$ 为研发成本系数.

(6) 市场上消费者的环境偏好存在差异.有的消费者是环保主义者,对高绿色度产品愿意支付很高的价格;有的消费者则对产品绿色度的高低不关心,只关心价格.用 θ 表示消费者对产品的环境满意度, θ 服从均匀分布,即 $\theta \sim U[g_1, g_2]$,这也表达了消费者的不同类型. k 为消费者环境偏好支付系数,消费者每增加一个单位的满意度愿意支付一定的费用 k . p_1, p_2 分别表示生产商 1 和生产商 2 的产品价格,则当 $p_1 + k(\theta - g_1) > p_2$ 时,即消费者期望支付的价格高于高绿色度产品的价格时,对环境满意度为 θ 类型的消费者才愿意购买高绿色度产品.即存在一个 θ^* ,该类型的消费者对于购买高绿色度产品和低绿色度产品没有差异,此时 $\theta^* = g_1 + (p_2 - p_1)/k$.

(7) 生产商 1 和生产商 2 采取绿色供应链管理措施促进产品绿色度水平提高的同时,也随之带来边

际生产成本一定程度的下降. 比如能源和材料的节约提升了产品的绿色度水平,也直接导致生产成本的降低(设 t 为产品单位绿色度成本降低率). 生产商 1 和生产商 2 所降低的成本分别是 tg_1 和 tg_2 .

(8) 假设市场容量为 1, 高绿色度产品市场需求量为 q_2 , 低绿色度产品市场需求量为 $q_1 = 1 - q_2$. 市场需求函数为:

$$q_1 = \int_{g_1}^{\theta^*} \frac{1}{g_2 - g_1} d\theta + \varepsilon = \frac{p_2 - p_1}{k(g_2 - g_1)} + \varepsilon. \quad (1)$$

1.2 模型的建立与求解

由以上假设可知, 生产商 1 的利润为:

$$\pi_1 = (p_1 - c_1 + tg_1 + \Omega g_1) q_1 - \rho_1 g_1^2; \quad (2)$$

生产商 2 的利润为:

$$\pi_2 = (p_2 - c_2 + tg_2 + \Omega g_2) (1 - q_1) - \rho_2 g_2^2; \quad (3)$$

式中, c_1, c_2 分别是生产商 1 和生产商 2 的生产成本.

根据文献[17]的研究可知, 具有风险特性的零售商会综合考虑预期期望收益与预期期望收益方差的大小, 因此采用均值一方差方法来建立生产商的效用函数, 则风险规避生产商的效用函数分别为:

$$U(\pi_1) = (p_1 - c_1 + tg_1 + \Omega g_1) \frac{p_2 - p_1}{k(g_2 - g_1)} - \eta_1 (p_1 - c_1 + tg_1 + \Omega g_1)^2 \sigma^2 - \rho_1 g_1^2, \quad (4)$$

$$U(\pi_2) = (p_2 - c_2 + tg_2 + \Omega g_2) \left(1 - \frac{p_2 - p_1}{k(g_2 - g_1)} \right) - \eta_2 (p_2 - c_2 + tg_2 + \Omega g_2)^2 \sigma^2 - \rho_2 g_2^2. \quad (5)$$

每个生产商都是理性经济人, 都追求自身效用的最大化 $\max U(\pi_i)$, 根据 $\frac{\partial U(\pi_i)}{\partial p_i} = 0$ $\left(\frac{\partial^2 U(\pi_i)}{\partial p_i^2} < 0 \right)$, 可以得到各自的最优定价 p^* [13]:

$$p_1^* = \frac{[2\eta_1 \sigma^2 k(g_2 - g_1) + 1](c_1 - tg_1 - \Omega g_1) + p_2}{2 + 2\eta_1 \sigma^2 k(g_2 - g_1)}, \quad (6)$$

$$p_2^* = \frac{k(g_2 - g_1) + p_1 + [2\eta_2 \sigma^2 k(g_2 - g_1) + 1](c_2 - tg_2 - \Omega g_2)}{2 + 2\eta_2 \sigma^2 k(g_2 - g_1)}. \quad (7)$$

从式(6)、式(7)可以得出以下结论:

结论 1 p_1^*, p_2^* 是随着 k 值的增大而变小的, 即产品的最优价格随着消费者环境偏好系数的增加而变小, 消费者愿意支付更高的价格来购买高绿色度产品, 有利于高绿色度产品价格的降低.

证明 由式(6)、式(7)可以得到

$$\frac{\partial p_1^*}{\partial k} = \frac{\eta_1 \sigma^2 (g_2 - g_1) [(c_1 - tg_1 - \Omega g_1) - p_2]}{2[1 + \eta_1 \sigma^2 (g_2 - g_1)]^2}, \quad (8)$$

因为 $c_1 - tg_1 - \Omega g_1 < p_2, g_2 > g_1$, 所以 $\frac{\partial p_1^*}{\partial k} < 0$, 即 p_1^* 是关于 k 的减函数.

$$\frac{\partial p_2^*}{\partial k} = \frac{[\eta_2 \sigma^2 (c_2 - tg_2 - \Omega g_2 - p_1) + 1](g_2 - g_1)}{2[1 + \eta_2 \sigma^2 k(g_2 - g_1)]^2}, \quad (9)$$

根据实际情况可知, $c_2 - tg_2 - \Omega g_2 < p_1$, 若 $p_1 > c_2 - tg_2 - \Omega g_2$, 则生产商 1 就会选择生产绿色度为 g_2 的产品, 且

$|\eta_2 \sigma^2 (c_2 - tg_2 - \Omega g_2 - p_1)| > 1, g_2 > g_1$, 所以 $\frac{\partial p_2^*}{\partial k} < 0$, 即 p_2^* 是关于 k 的减函数.

因此, 随着 k 值的增大, p_1^*, p_2^* 均减小.

结论 2 p_1^*, p_2^* 是随着 $\eta_i (i=1, 2)$ 值的增大而变小的, 即制造商越规避高绿色度产品, 产品的价格就会越低, 对于已经生产出来的高绿色度产品来说, 这有利于其发展, 但是不利于还未研发的绿色产品的发展.

证明 由式(6)、式(7)可以得到

$$\frac{\partial p_1^*}{\partial \eta_1} = \frac{\sigma^2 k(g_2 - g_1)(c_1 - tg_1 - \Omega g_1 - p_2)}{2[1 + \eta_1 \sigma^2 k(g_2 - g_1)]^2}, \quad (10)$$

因为 $c_1 - tg_1 - \Omega g_1 < p_2, g_2 > g_1$, 所以 $\frac{\partial p_1^*}{\partial k} < 0$, 即 p_1^* 是关于 η_1 的减函数.

$$\frac{\partial p_2^*}{\partial \eta_2} = \frac{\sigma^2 k (g_2 - g_1) [(c_2 - tg_2 - \Omega g_2) - k(g_2 - g_1) - p_1]}{2[1 + \eta_2 \sigma^2 k (g_2 - g_1)]^2}, \quad (11)$$

根据之前的假设, 当消费者购买绿色度为 g_2 的产品时, 存在 $p_1 + k(\theta - g_1) > p_2$, 已知 $p_2 > c_2 - tg_2 - \Omega g_2, g_2 > g_1$, 所以 $\frac{\partial p_2^*}{\partial k} < 0$, 即 p_2^* 是关于 η_2 的减函数.

因此, 随着 $\eta_i (i=1, 2)$ 值的增大, p_1^*, p_2^* 均减小.

结论 3 p_1^*, p_2^* 随着政府单位绿色度补贴系数 Ω 的增大而减小, 即政府补贴越多, 产品价格越低, 有利于更多的消费者购买绿色产品.

这一点可以从式(6)、式(7)直观地看出, p_1^*, p_2^* 是关于 Ω 的减函数.

结论 4 根据结论 1, 当 p_1^* 降低, 在其他条件不变的情况下, g_1 增大, 即产品价格的降低有助于提高产品的绿色度.

证明

$$\frac{\partial p_1^*}{\partial g_1} = \frac{-2\eta_1 \sigma^2 k (c_1 - tg_1 - \Omega g_1) - [2\eta_1 \sigma^2 k (g_2 - g_1) + 1] (t + \Omega) \{2 + 2\eta_1 \sigma^2 k (g_2 - g_1)\}}{[2 + 2\eta_1 \sigma^2 k (g_2 - g_1)]^2} - \frac{2\eta_1 \sigma^2 k \{ [2\eta_1 \sigma^2 k (g_2 - g_1) + 1] (c_1 - tg_1 - \Omega g_1) + p_2 \}}{[2 + 2\eta_1 \sigma^2 k (g_2 - g_1)]^2} < 0, \quad (12)$$

所以 g_1 随着 p_1^* 的减小而增大, 也即, 产品价格的降低, 可以促使生产低绿色度产品的生产商提高其产品的绿色度.

2 数值仿真

考虑到模型中表达式比较复杂, 参数比较多, 采用 R 语言检验模型的有效性, 探讨消费者环境偏好及制造商风险规避度所带来的影响, 以期得到有效的结论为制造商的决策提供参考. 参数赋值情况为 $c_1 = 2, c_2 = 3, \sigma = 2, t = 0.5, \Omega = 0.5, g_1 = 1, g_2 = 2$. 结果如图 1-图 4 所示.

从图 1 可以看出, 高绿色度产品的价格明显高于低绿色度产品的价格. 这是因为研发高绿色度产品开始时需要付出更多的成本, 如研究人员和研究设备的投资等. 且研发新产品不是一蹴而就的, 需要经历漫长的过程, 还要承担中途研发失败的风险. 从图 1 可以看出, 产品的价格是随着消费者环境偏好系数 k 值的增大而变小的, 说明消费者越倾向于购买高绿色度的产品, 则产品的价格就会越低. 但 k 值达到一定水平之后, 产品的价格不会继续随之降低. 这表明, 消费者的环境意识增强, 生产商不需要通过降低产品价格来吸引用户, 占领更多的市场份额.

如图 2 所示, 产品的价格随着生产商风险规避的增加而降低. 这是因为 η 增大, 生产商更害怕风险, 因而会选择较低的价格出售商品, 以减小收益风险. 另外, 价格的降低, 使得销售数量增加, 可增加其效用值. 但产品的价格不会一直降低下去, 当值到达一定程度时, p_1^*, p_2^* 趋于稳定, 这也说明生产商将不会降

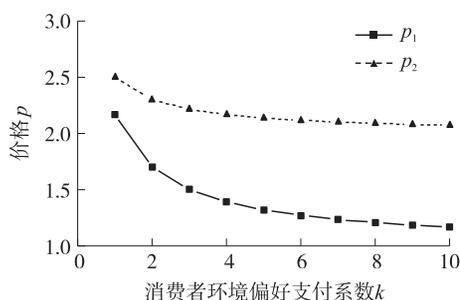


图 1 消费者环境偏好支付系数对价格的影响

Fig. 1 The effect of consumer preference payment coefficient on price

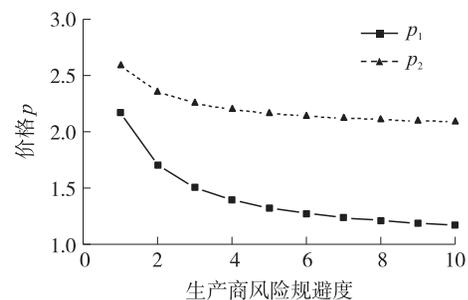


图 2 生产商风险规避度对价格的影响

Fig. 2 The effect of the degree of manufacture risk aversion on price

低自己的产品价格,否则将无利可图。

从图3可以看出,产品的最优价格随着政府补贴系数的增长而降低,且高绿色度产品的最优价格降低的速度比低绿色度产品的最优价格降低的速度要快,这对生产商或者消费者来说,都是有利的。

从图4可以看出,对于生产低绿色度产品的生产商,产品价格的降低,有利于生产商提高其产品的绿色度。但当产品绿色度到达一定值,价格将不再继续下降,而且有上升趋势,这对于生产商来说,将会有很大的利润。

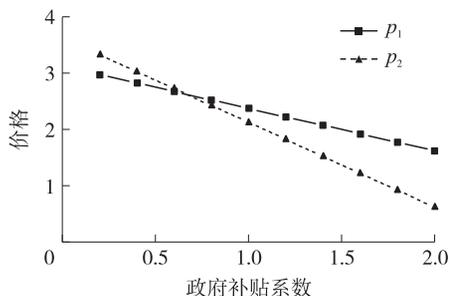


图3 政府补贴对价格的影响

Fig. 3 The effect of government's subsidies on price

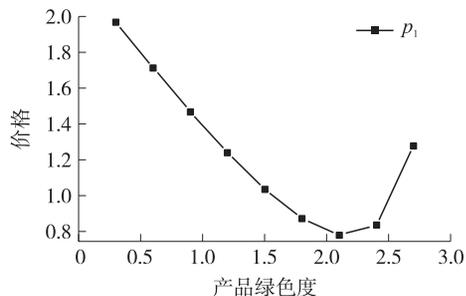


图4 产品绿色度和价格变动关系图

Fig. 4 The effect of product greenness on price

3 结语

本文综合考虑消费者环境偏好、制造商风险规避、政府补贴、产品绿色度等因素,建立了双寡头垄断的 Cournot 静态博弈模型,利用均值方差理论,求解出各生产商的最优价格,并对模型进行了理论分析,通过数值仿真分析消费者环境偏好支付系数和制造商风险规避度对各自价格的影响,同时也验证了以上理论分析得出的结论。

对于政府来说,保护环境,实现有效的管理,一是可以通过政府补贴,鼓励生产商研发和生产高绿色度产品;二是可以从培养消费者的环境偏好入手,这是长久之计,消费者的消费习惯一旦养成,也会进一步促使生产商自觉研发和生产高绿色度产品,此时政府补贴所起的作用就会减小,甚至不再需要政府补贴。

对于生产商来说,较低的风险规避,产品的价格就会偏高,很可能导致购买量不足。而过高的风险规避,产品的价格偏低,利润也会减少。适中的风险规避,将会带来比较大的市场利润。在研发和生产绿色产品的初期,也许会比较艰难,但是这必将成为趋势,越早涉及,越早拥有更多的市场份额。

但在现阶段的中国,对各种产品绿色度的评估体系并不完备,消费者环境偏好支付系数 k 只是一个理论值,还没有相关的工作来确定 k 值,需要政府和生产商积极与相关机构或学者合作,来共同推进。短期来看,这是吃力不讨好的工作,但长远来看,生产商可以最先掌握市场动态,掌握商机,做出最优决策,这对整个社会和人类都是意义重大的。各制造商也应积极与其他各方合作,尽可能降低绿色研发成本和环保零部件的采购成本,从而减少绿色度提升所需的投资。

需要说明的是,本文存在一些需要改进之处。第一,本模型假定博弈是完全信息静态的博弈,不完全信息的情况也是存在的。另外本文假设社会总需求不变,实际的需求可能会随着产品绿色度的改变而改变。第二,消费者环境偏好支付系数 k ,本文假设其服从均匀分布,也可能服从其他分布。这些均是以后可以完善的方向。

[参考文献] (References)

- [1] 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.
ZHU Q H, DOU Y J. Game model of green supply chain management based on analysis of government subsidy[J]. Journal of management science, 2011, 14(6): 86-95. (in Chinese)
- [2] 杨德艳, 柳键. 基于模糊数的政府与绿色制造商博弈分析[J]. 运筹与管理, 2016, 25(1): 85-92.
YANG D Y, LIU J. Game analysis of government and green manufacturers based on fuzzy number theory[J]. Operations research and management science, 2016, 25(1): 85-92. (in Chinese)

- [3] 张磊. 双监管模式下的绿色供应链管理博弈分析[J]. 河北企业, 2016(3): 20-21.
ZHANG L. Game analysis of green supply chain management under dual supervision mode[J]. Hebei enterprises, 2016(3): 20-21. (in Chinese)
- [4] 申亮. 绿色供应链演化博弈的政府激励机制研究[J]. 技术经济, 2008, 27(3): 110-113.
SHEN L. Research on the government incentive mechanism of evolutionary game of green supply chain[J]. Technical economy, 2008, 27(3): 110-113. (in Chinese)
- [5] STEURER R. The role of governments in corporate social responsibility: characterising public policies on CSR in Europe[J]. Policy sciences, 2010, 43(1): 49-72.
- [6] MITRA S, WEBSTER S. Competition in remanufacturing and the effects of government subsidies[J]. International journal of production economics, 2008, 111(2): 287-298.
- [7] 江世英, 李随成, 王欢. 考虑风险规避的绿色供应链定价决策[J]. 系统工程, 2016(3): 94-100.
JIANG S Y, LI S C, WANG H. Pricing decision of green supply chain considering risk aversion[J]. Systems engineering, 2016(3): 94-100. (in Chinese)
- [8] 代建生, 孟卫东, 范波. 风险规避供应链的回购契约安排[J]. 管理科学学报, 2015, 18(5): 57-67.
DAI J H, MENG W D, FAN B. Buy back contract arrangement in risk averse supply chain[J]. Journal of management science, 2015, 18(5): 57-67. (in Chinese)
- [9] 叶飞, 林强. 风险规避型供应链的收益共享机制研究[J]. 管理工程学报, 2012, 26(1): 113-118.
YE F, LIN Q. Revenue sharing mechanism of risk averse supply chain[J]. Journal of management engineering, 2012, 26(1): 113-118. (in Chinese)
- [10] 查勇, 宋阿丽, 杨宏林, 等. 考虑决策者风险偏好的机会约束 DEA 模型[J]. 管理科学学报, 2014, 17(1): 11-20.
ZHA Y, SONG A L, YANG H L, et al. Chance constrained DEA model with consideration of risk preference of decision maker[J]. Journal of management science, 2014, 17(1): 11-20. (in Chinese)
- [11] XIAO T, YANG D. Price and service competition of supply chains with risk-averse retailers under demand uncertainty[J]. International journal of production economics, 2008, 114(1): 187-200.
- [12] WANG X, CHAN H K, YEE R W Y, et al. A two-stage fuzzy-AHP model for risk assessment of implementing green initiatives in the fashion supply chain[J]. International journal of production economics, 2012, 135(2): 595-606.
- [13] 朱玉炜. 基于消费者偏好的双渠道供应链定价策略研究[D]. 上海: 东华大学, 2013.
ZHU Y W. Pricing strategy of dual channel supply chain based on consumer preference[D]. Shanghai: Donghua University, 2013. (in Chinese)
- [14] 赵爱武, 杜建国, 关洪军. 需求偏好演化下企业环境创新行为路径与绩效[J]. 系统工程理论与实践, 2016(4): 958-965.
ZHAO A W, DU J G, GUAN H J. Path and performance of enterprise environment innovation behavior under demand preference evolution[J]. System engineering theory and practice, 2016(4): 958-965. (in Chinese)
- [15] ZHANG Q, TANG W, ZHANG J. Green supply chain performance with cost learning and operational inefficiency effects[J]. Journal of cleaner production, 2016(112): 3 267-3 284.
- [16] ZHU Q, SARKIS J, LAI K H. Institutional-based antecedents and performance outcomes of internal and external green supply chain management practices[J]. Journal of purchasing and supply management, 2013, 19(2): 106-117.
- [17] WEI Y, CHOI T M. Mean-variance analysis of supply chains under wholesale pricing and profit sharing schemes[J]. European journal of operational research, 2010, 204(2): 255-262.

[责任编辑: 严海琳]