

公平关切下具有广告效应的闭环供应链定价决策模型

姚锋敏[†], 刘 珊, 孙嘉轶, 滕春贤

(哈尔滨理工大学 经济与管理学院, 哈尔滨 150080)

摘要: 研究制造商公平关切下具有广告效应的闭环供应链定价决策问题. 分别在制造商与零售商广告下, 分析广告效应及制造商的公平关切行为对闭环供应链定价策略的影响. 研究表明, 广告效应对闭环供应链成员及系统整体都是有利的, 制造商的公平关切行为有利于自身利润及效用最大化, 不利于零售商及系统整体利润最大化. 在制造商广告下, 当制造商的公平关切程度相对较弱时, 零售商的利润不小于制造商的利润; 反之, 制造商的利润更大.

关键词: 闭环供应链; 公平关切; 广告效应; 定价决策

中图分类号: F224; C931.1

文献标志码: A

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

YAO Feng-min[†], LIU Shan, SUN Jia-yi, TENG Chun-xian

(School of Economics and Management, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150080, China)

Abstract: To study the pricing decision problems for the closed-loop supply chain with advertising effect considering manufacturer's fairness concerns, the influence of advertising effect and manufacturer's fairness concerns to the pricing strategies are analyzed under the manufacturer and retailer advertising, respectively. The results show that, whether retailer or manufacturer is responsible for advertising, the advertising effect is always beneficial to the members and the whole systems. The behavior of a manufacturer's fairness concerns is favorable to the maximization of his own profit and utility, but unfavorable to the retailer and the whole systems. Under the manufacturer advertising, the profit of retailer is not less than the manufacturer when the fairness concerns degree of the manufacturer is relatively weak, however, the profit of the manufacturer will be greater on the contrary.

Keywords: closed-loop supply chain; fairness concerns; advertising effect; pricing decision

0 引言

随着经济的快速发展和人们对资源的不断消耗, 产生了大量的废旧产品, 如何对废旧产品进行回收利用、发展循环经济具有重要的现实意义. 闭环供应链管理能有效实现资源的低消耗, 废旧产品的回收、再利用目前已引起了工业界和学术界的广泛关注^[1].

针对不同渠道领导力量及回收模式下的闭环供应链决策问题, Savaskan等^[2]研究了制造商主导闭环供应链中的3种不同回收模式, 并指出由零售商负责回收的渠道结构在一定条件下是最佳的. Hong等^[3]进一步在零售商和第三方分别回收的渠道结构下, 分析了制造商主导闭环供应链的定价决策问题, 并指

出零售商负责回收的渠道不一定优于第三方负责回收的渠道结构. Choi等^[4]构建了3种不同渠道力量下的闭环供应链决策模型, 并比较了不同情形下的闭环供应链整体绩效. Wei等^[5]在信息对称和非对称两种情形下, 构建了两种领导渠道力量下的4种闭环供应链决策模型. 王文宾等^[6]在3种不同渠道领导力量下, 构建了闭环供应链的定价及协调模型. 林杰等^[7]分别在两种不同渠道权力结构下研究了闭环供应链的定价问题, 并比较了相应的均衡结果. 姚锋敏等^[8]研究了双回收渠道下零售商主导闭环供应链的最优决策问题, 并指出在一定条件下, 由零售商负责回收对制造商和整个闭环供应链系统是最佳的. 文献[2-

收稿日期: 2017-04-07; 修回日期: 2017-10-24.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71301036, 71701056); 黑龙江省自然科学基金项目(G2018007).

责任编委: 关新平.

作者简介: 姚锋敏(1981—), 男, 副教授, 博士, 从事闭环供应链优化、建模等研究; 滕春贤(1947—), 男, 教授, 博士生导师, 从事决策理论与方法等研究.

[†]通讯作者. E-mail: fengmin_yao@hrbust.edu.cn

8]基于不同的渠道领导力量和回收模式,研究了闭环供应链的决策及协调等问题.然而,以上研究仅考虑了价格因素对闭环供应链最优决策的影响,并未探讨广告效应的影响.

在闭环供应链中,广告不仅可以影响新产品的销量和废旧产品的回收效率,也会对闭环供应链成员的利润分配产生影响.易余胤等^[9-10]研究了广告效应对零售商主导闭环供应链定价策略的影响,并探讨了具有广告效应闭环供应链的协调问题.谭建等^[11]在制造商负责回收的渠道结构下,建立了零售商和制造商分别广告的闭环供应链决策模型.王玉燕^[12]进一步基于产品生命周期理论,研究了直销型闭环供应链的广告与定价策略.Hong等^[13]在3种不同回收模式下,构建了具有广告效应的闭环供应链决策模型.Xie等^[14]进一步研究了双销售渠道下具有广告效应的闭环供应链协调契约.文献[9-14]分析了广告效应对闭环供应链最优决策及协调策略的影响,完善了闭环供应链的相关理论.

以上研究均基于理性“经济人”假设,并未探讨成员的行为偏好对闭环供应链最优决策的影响.相对于传统的理性“经济人”假设,Katok等^[15]通过大量实验证实了公平关切行为在供应链环境中的存在性.Cui等^[16]研究了公平关切下制造商主导两阶段供应链的决策及协调问题.由于闭环供应链系统同时包含新产品的正向物流及废旧产品的逆向物流,成员的决策环境更为复杂.闭环供应链渠道利润的分配与市场规模、渠道领导力量、回收模式和广告效应等多种因素相关,渠道利润分配的不合理很容易导致决策成员公平关切行为的产生.

目前,许多学者将公平关切行为引入到闭环供应链的优化及建模中.张克勇等^[17-18]针对制造商主导的闭环供应链,研究了零售商具有公平关切行为时的闭环供应链差别定价策略.丁雪峰等^[19]进一步研究了零售商公平关切下闭环供应链的定价及协调策略.韩小花等^[20-21]针对零售商主导的闭环供应链,研究表明决策者的实际决策结果与完全理性定价模型的最优结果存在着较大差异.刘志等^[22]研究了制造商关注和关注再制造商的公平关切性时,闭环供应链的最优决策及协调问题.陈章跃等^[23]构建了闭环供应链的竞争模型,研究指出新产品的批发价格受到制造商的公平关切行为影响最为明显.姚锋敏等^[24]进一步针对零售商主导、第三方回收的闭环供应链系统,分析了制造商与零售商同时公平关切下的闭环供应链最优决策问题.文献[17-24]讨论了公平关

切下闭环供应链的最优决策和协调问题,然而其研究仍然只考虑了价格因素对产品的需求和回收的影响,鲜有研究分析公平关切下具有广告效应的闭环供应链定价决策问题.

在现实问题中,以苏宁为代表的强零售商和海尔为代表的制造商组成的两阶段家电产品闭环供应链为例,无论作为渠道领导者的苏宁还是作为跟随者的海尔等企业,均会通过投放广告的方式增加新产品的销量及废旧产品的回收效率.零售商作为闭环供应链系统的领导者通常会获得较制造商更多的渠道利润,进而使得制造商产生不公平心理.当零售商与制造商分别采用广告策略时,是否会对制造商的公平关切心理产生影响,从而影响闭环供应链成员及系统整体的最优策略?这也是本文的重点研究问题之一.因此,本文认为在闭环供应链的优化和建模中,同时考虑决策成员的广告效应以及公平关切行为是非常必要的.

综上所述,现有研究大多从公平关切行为或广告效应的角度单独分析闭环供应链的决策和协调等问题.本文在公平关切行为和广告效应两种因素的共同作用下,研究零售商主导闭环供应链的定价决策等问题.分析公平关切行为和广告效应对闭环供应链成员及系统整体最优策略的影响具有重要的理论和现实意义.

1 公平关切下不同广告模式闭环供应链的最优决策

1.1 问题描述与假设

本文假设闭环供应链系统由一个制造商和一个零售商组成,两者属于完全信息下的Stackelberg博弈,且零售商属于领导者.在正向供应链中,制造商负责新产品的生产和废旧产品的再制造,零售商负责新产品的销售.在逆向供应链中,制造商直接负责废旧产品的回收.参照文献[9],假设闭环供应链的需求函数为

$$q(p, g) = a - \beta p + \theta \sqrt{g}. \quad (1)$$

其中: a 为市场容量, p 为零售商的新产品单位零售价格, β 为价格敏感系数, θ 为广告效应因子, g 为广告费用.

文中其他变量及符号假设如下: w 为制造商新产品的批发价格; m 为零售商的单位利润, $m = p - w$; c_m 为制造商生产新产品的单位固定成本; c_r 为制造商的单位再制造成本,为了保证再制造对制造商是有意义的,假设 $c_m > c_r$; τ 为制造商回收废旧产品的回

收率, $0 \leq \tau < 1$; $c(\tau) = k\tau^2$ 为制造商回收废旧产品的回收成本, k 为规模参数; λ_m 为制造商的公平关切系数, 且 $\lambda_m > 0$.

为了保证废旧产品的最优回收率在给定范围内是有界的以及文中各种函数和表达式具有一定的经济意义, 与文献[5,9]的处理相似, 要求规模参数满足

$$k > \frac{3\beta(1 + \lambda_m)(1 + 2\lambda_m)(c_m - c_r)^2}{4(1 + 3\lambda_m^2)}$$

广告效应因子满足

$$0 < \theta < \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \lambda_m}}$$

1.2 零售商广告模型

在零售商广告模型中, 零售商除了销售新产品还负责投放广告进行宣传, 制造商主要负责新产品的生产和废旧产品的回收与再制造. 此时, 零售商和制造商的利润函数可以分别表示为(为了便于区分, 将零售商广告时的各种表达式及均衡结果用加上角标“R”的形式表示)

$$\pi_r^R(m, g) = (a - \beta(w + m) + \theta\sqrt{g})m - g, \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \pi_m^R(w, \tau) = & (a - \beta(w + m) + \theta\sqrt{g})(w - c_m) + \\ & (a - \beta(w + m) + \theta\sqrt{g})\tau(c_m - c_r) - k\tau^2. \end{aligned} \quad (3)$$

在零售商主导的两阶段闭环供应链中, 由于零售商作为渠道领导者, 通常会获得更大的利润, 而处于跟随者的制造商往往会因为渠道利润分配的不合理而产生公平关切倾向. 在零售商广告模型中, 当制造商公平关切时, 参照文献[17]的处理, 假设制造商的公平关切效用函数为

$$u_m^R(w, \tau) = \pi_m^R - \lambda_m(\pi_r^R - \pi_m^R), \quad (4)$$

其中 λ_m 越大表示制造商的公平关切程度越强 ($\lambda_m = 0$ 表示公平中性). 假设 λ_m 对主导零售商是已知的, 且主导零售商在做决策时会考虑制造商的公平关切行为.

由于本文假设零售商是公平中性的, 在零售商宣布新产品单位利润 m 和广告费用 g 后, 根据制造商的效用函数(4), 在规模参数 k 的假设下, 容易验证 $u_m^R(w, \tau)$ 关于 w 和 τ 为联合严格凹函数. 根据一阶条件, 可求得零售商广告时, 制造商公平关切下的均衡批发价格和回收率分别为

$$w^{R*} = \frac{2k\beta c_m + (a + \theta\sqrt{g})\Delta_1}{\beta\Delta_3} - \frac{\Delta_2 m}{(1 + \lambda_m)\Delta_3}, \quad (5)$$

$$\tau^{R*} = \frac{(a - \beta c_m + \theta\sqrt{g})(c_m - c_r)}{\Delta_3} - \frac{(1 + 2\lambda_m)\beta(c_m - c_r)m}{(1 + \lambda_m)\Delta_3}. \quad (6)$$

其中: $\Delta_1 = 2k - \beta(c_m - c_r)^2$, $\Delta_2 = 2k - \beta(1 + \lambda_m)(c_m - c_r)^2$, $\Delta_3 = 4k - \beta(c_m - c_r)^2$.

将式(5)和(6)代入零售商的目标函数(2)中, 同样容易验证 $\pi_r^R(m, g)$ 关于 m 和 g 为联合严格凹函数. 根据一阶条件, 可求得制造商公平关切下且零售商广告时, 零售商的最优单位利润和广告费用分别为

$$m^{R*} = \frac{2k(1 + \lambda_m)(a - \beta c_m)}{\beta(\Delta_4 + \Delta_5)}, \quad (7)$$

$$g^{R*} = \left(\frac{k\theta(1 + \lambda_m)(a - \beta c_m)}{\beta(\Delta_4 + \Delta_5)} \right)^2. \quad (8)$$

其中: $\Delta_4 = 2k(2 + 3\lambda_m) - \beta(1 + \lambda_m)(c_m - c_r)^2$, $\Delta_5 = k(1 + \lambda_m)(2\beta - \theta^2)$.

根据式(1), 可求得闭环供应链系统的最优需求量为

$$q^{R*} = \frac{2k(1 + \lambda_m)(a - \beta c_m)}{\Delta_4 + \Delta_5} + \frac{a(1 + \lambda_m)(c_m - c_r)^2}{\Delta_4 + \Delta_5}. \quad (9)$$

将式(7)和(8)代入(5)和(6)中, 可求得制造商的最优批发价格和废旧产品回收率分别为

$$w^{R*} = \frac{a\Delta_6 + c_m\Delta_7}{\beta(\Delta_4 + \Delta_5)}, \quad (10)$$

$$\tau^{R*} = \frac{(1 + \lambda_m)(a - \beta c_m)(c_m - c_r)}{\Delta_4 + \Delta_5}. \quad (11)$$

其中: $\Delta_6 = 2k(1 + 2\lambda_m) - \beta(1 + \lambda_m)(c_m - c_r)^2$, $\Delta_7 = k(1 + \lambda_m)(4\beta - \theta^2)$.

将式(7)和(10)代入 $p = w + m$ 中, 可求得零售商的最优零售价格为

$$p^{R*} = \frac{a\Delta_4 + c_m\Delta_5}{\beta(\Delta_4 + \Delta_5)}. \quad (12)$$

将上述均衡结果分别代入式(2)~(4)中, 可求得零售商、制造商的最大利润以及制造商的最大效用分别为

$$\pi_r^{R*} = \frac{k(1 + \lambda_m)\Delta_7(a - \beta c_m)^2}{\beta^2(\Delta_4 + \Delta_5)^2}, \quad (13)$$

$$\pi_m^{R*} = \frac{k(1 + \lambda_m)\Delta_8(a - \beta c_m)^2}{\beta(\Delta_4 + \Delta_5)^2}, \quad (14)$$

$$u_m^{R*} = \frac{(k^2\theta^2\lambda_m + (1 + \lambda_m)^2\Delta_7)(a - \beta c_m)^2}{\beta^2(\Delta_4 + \Delta_5)^2}, \quad (15)$$

其中 $\Delta_8 = 4k(1 + 2\lambda_m) - \beta(1 + \lambda_m)(c_m - c_r)^2$.

最后, 制造商公平关切下且零售商广告时, 闭环供应链系统的整体最大利润为

$$\pi_s^{R*} = \frac{k(\beta(1 + \lambda_m)\Delta_4 + \Delta_9)(a - \beta c_m)^2}{\beta^2(\Delta_4 + \Delta_5)^2}, \quad (16)$$

其中 $\Delta_9 = k(1 + \lambda_m)(2\beta(2 + 3\lambda_m) - \theta^2)$. 在规模参数

k 和广告效应因子 θ 的假设下, $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_9 > 0$.

1.3 制造商广告模型

在制造商广告的模型中, 制造商除了负责新产品的生产和废旧产品的回收与再制造, 还负责投放广告进行宣传, 而零售商只负责新产品的销售. 此时, 零售商和制造商的利润函数可以分别表示为(将制造商广告时的各种表达式及均衡结果用加上角标“ M ”的形式区分)

$$\pi_r^M(p) = (a - \beta(w + m) + \theta\sqrt{g})m, \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \pi_m^M(w, \tau, g) = & \\ & (a - \beta(w + m) + \theta\sqrt{g})(w - c_m) + \\ & (a - \beta(w + m) + \theta\sqrt{g})\tau(c_m - c_r) - k\tau^2 - g. \end{aligned} \quad (18)$$

与第1.2节的求解过程相似, 可求得制造商公平关切下且制造商广告时的相关最优结果分别为

$$m^{M*} = \frac{2k(1 + \lambda_m)(a - \beta c_m)}{\beta(\Delta_4 + \Delta_5)}, \quad (19)$$

$$g^{M*} = \left(\frac{k\theta(1 + \lambda_m)(a - \beta c_m)}{\beta(\Delta_4 + \Delta_5)} \right)^2, \quad (20)$$

$$\begin{aligned} q^{M*} = & \frac{2k(1 + \lambda_m)(a - \beta c_m)}{\Delta_4 + \Delta_5} + \\ & \frac{a(1 + \lambda_m)(c_m - c_r)^2}{\Delta_4 + \Delta_5}, \end{aligned} \quad (21)$$

$$w^{M*} = \frac{a\Delta_6 + c_m\Delta_7}{\beta(\Delta_4 + \Delta_5)}, \quad (22)$$

$$\tau^{M*} = \frac{(1 + \lambda_m)(a - \beta c_m)(c_m - c_r)}{\Delta_4 + \Delta_5}, \quad (23)$$

$$p^{M*} = \frac{a\Delta_4 + c_m\Delta_5}{\beta(\Delta_4 + \Delta_5)}. \quad (24)$$

将式(19)~(23)分别代入(17)和(18), 可求得零售商、制造商的最大利润为

$$\pi_r^{M*} = \frac{4k^2(1 + \lambda_m)^2(a - \beta c_m)^2}{\beta(\Delta_4 + \Delta_5)^2}, \quad (25)$$

$$\pi_m^{M*} = \frac{k(\beta(1 + \lambda_m)\Delta_6 + \Delta_{10})(a - \beta c_m)^2}{\beta^2(\Delta_4 + \Delta_5)^2}, \quad (26)$$

其中 $\Delta_{10} = k(1 + \lambda_m)(2\beta(1 + 2\lambda_m) - (1 + \lambda_m)\theta^2)$. 在规模参数 k 和广告效应因子 θ 的假设下, $\Delta_{10} > 0$.

同样根据制造商的效用函数表达式, 可求得制造商的最大效用为

$$\begin{aligned} u_m^{M*} = & \frac{k(1 + \lambda_m)^2\Delta_5(a - \beta c_m)^2}{\beta^2(\Delta_4 + \Delta_5)^2} + \\ & \frac{k(1 + \lambda_m)^3\Delta_1(a - \beta c_m)^2}{\beta(\Delta_4 + \Delta_5)^2}. \end{aligned} \quad (27)$$

最后, 制造商公平关切下且制造商广告时, 闭环供应链系统的整体最大利润为

$$\pi_s^{M*} = \frac{k(\beta(1 + \lambda_m)\Delta_4 + \Delta_9)(a - \beta c_m)^2}{\beta^2(\Delta_4 + \Delta_5)^2}. \quad (28)$$

2 均衡结果分析

性质1

$$\begin{aligned} \frac{\partial m^{T*}}{\partial \theta} > 0, \quad \frac{\partial g^{T*}}{\partial \theta} > 0, \quad \frac{\partial q^{T*}}{\partial \theta} > 0, \\ \frac{\partial w^{T*}}{\partial \theta} > 0, \quad \frac{\partial \tau^{T*}}{\partial \theta} > 0, \quad \frac{\partial p^{T*}}{\partial \theta} > 0, \end{aligned}$$

其中 $T = \{R, M\}$.

证明 当 $T = R$ 时, 根据式(7)~(12), 容易发现

$$\frac{\partial m^{R*}}{\partial \theta} = \frac{4k^2\theta(1 + \lambda_m)^2(a - \beta c_m)}{\beta^2(\Delta_4 + \Delta_5)^2} > 0,$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial g^{R*}}{\partial \theta} = & \frac{2k^2\theta(1 + \lambda_m)^2\Delta_2(a - \beta c_m)^2}{\beta^3(\Delta_4 + \Delta_5)^3} + \\ & \frac{2k^3\theta^3(1 + \lambda_m)^3(a - \beta c_m)^2}{\beta^3(\Delta_4 + \Delta_5)^3} > 0, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial q^{R*}}{\partial \theta} = & \frac{4k^2\theta(1 + \lambda_m)^2(a - \beta c_m)}{\beta(\Delta_4 + \Delta_5)^2} + \\ & \frac{2k\theta a(1 + \lambda_m)^2(c_m - c_r)^2}{(\Delta_4 + \Delta_5)^2} > 0, \end{aligned}$$

$$\frac{\partial w^{R*}}{\partial \theta} = \frac{2k\theta(1 + \lambda_m)\Delta_6(a - \beta c_m)}{\beta^2(\Delta_4 + \Delta_5)^2} > 0,$$

$$\frac{\partial \tau^{R*}}{\partial \theta} = \frac{4k\theta(1 + \lambda_m)^2(c_m - c_r)(a - \beta c_m)}{\Delta_4 + \Delta_5} > 0,$$

$$\frac{\partial p^{R*}}{\partial \theta} = \frac{2k\theta(1 + \lambda_m)\Delta_4(a - \beta c_m)}{\beta^2(\Delta_4 + \Delta_5)^2} > 0. \quad \square$$

由于 $T = M$ 与 $T = R$ 的证明相类似, 本文此处和以下的其他性质中, 只证明 $T = R$ 时的情形.

性质1表明, 当制造商的公平关切程度一定时(给定 λ_m), 无论零售商还是制造商广告, 广告效应因子 θ 的增大, 都会导致新产品的批发价格和零售价格的提高、新产品需求量和广告费用投放量的增加以及废旧产品回收率的提高.

事实上, 由于广告效应因子越大表明广告的市场反应效果越好, 这会促使广告主体(无论是制造商还是零售商)增大广告费用的投入, 广告费用投入的增加会导致新产品需求量的增加. 新产品需求量的增加会促使制造商进一步提高批发价格, 零售商也相应提高零售价格. 同时, 制造商也会通过提高废旧产品回收率的方式加强废旧产品的再制造过程, 从而形成正向的反馈回路.

性质2

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_r^{T*}}{\partial \theta} > 0, \quad \frac{\partial \pi_m^{T*}}{\partial \theta} > 0, \\ \frac{\partial u_m^{T*}}{\partial \theta} > 0, \quad \frac{\partial \pi_s^{T*}}{\partial \theta} > 0. \end{aligned}$$

其中 $T = \{R, M\}$.

证明 当 $T = R$ 时, 根据式(13)~(16), 容易发现

$$\frac{\partial \pi_r^{R*}}{\partial \theta} = \frac{2k^3\theta\Delta_{11}(1 + \lambda_m)^2(a - \beta c_m)^2}{\beta^3(\Delta_4 + \Delta_5)^3} +$$

$$\frac{2k^2\theta(1+\lambda_m)^3(c_m-c_r)^2(a-\beta c_m)^2}{\beta(\Delta_4+\Delta_5)^3} > 0,$$

$$\frac{\partial\pi_m^{R*}}{\partial\theta} = \frac{4k^2\theta\Delta_8(1+\lambda_m)^2(a-\beta c_m)^2}{\beta^2(\Delta_4+\Delta_5)^3} > 0,$$

$$\frac{\partial u_m^{R*}}{\partial\theta} = \frac{2k^3\theta^3\lambda_m(1+\lambda_m)^3(a-\beta c_m)^2}{\beta^3(\Delta_4+\Delta_5)^3} + \frac{2k^2\theta\Delta_{12}(1+\lambda_m)^2(a-\beta c_m)^2}{\beta^2(\Delta_4+\Delta_5)^3} > 0,$$

$$\frac{\partial\pi_s^{R*}}{\partial\theta} = \frac{2k^2\theta(k\Delta_{11}+2\beta\Delta_8)(1+\lambda_m)^2(a-\beta c_m)^2}{\beta^3(\Delta_4+\Delta_5)^3} + \frac{2k^2\theta(1+\lambda_m)^3(c_m-c_r)^2(a-\beta c_m)^2}{\beta(\Delta_4+\Delta_5)^3} > 0.$$

其中: $\Delta_{11} = 2\beta - (1+\lambda_m)\theta^2$, $\Delta_{12} = 2k(5\lambda_m^2 + 5\lambda_m + 1) - \beta(2\lambda_m^2 + 3\lambda_m + 1)(c_m - c_r)^2$. 在规模参数 k 和广告效应因子 θ 的假设下, $\Delta_{11}, \Delta_{12} > 0$. \square

性质2表明,当制造商的公平关切程度一定时,无论零售商还是制造商广告,随着广告效应因子的增大,零售商、制造商和系统整体的利润均会增大,制造商的效用也会增大.显然,广告效应因子越大表明广告的市场反应效果越好,因此广告因子的增大对闭环供应链系统中的所有成员均是有利的.

进一步,容易发现

$$\frac{\partial\pi_m^{R*}}{\partial\theta} > \frac{\partial\pi_r^{R*}}{\partial\theta}.$$

即当零售商广告时,公平关切制造商的利润增幅要大于主导零售商,这也表明当制造商公平关切时,虽然零售商广告的策略对闭环供应链系统中的所有成员及整体均是有利的,但对公平关切制造商更有利.

当 $T = M$ 时,容易验证

$$\frac{\partial\pi_m^{M*}}{\partial\theta} < \frac{\partial\pi_r^{M*}}{\partial\theta}.$$

即当制造商广告时,公平关切制造商的利润增幅要小于主导零售商.虽然此时制造商的效用随着广告效应因子的增大依然在增加,但是由于制造商总是要发生一部分广告费用,显然制造商广告的策略对主导零售商更为有利.

性质3

$$\frac{\partial\pi_r^{T*}}{\partial\lambda_m} < 0, \frac{\partial\pi_m^{T*}}{\partial\lambda_m} > 0,$$

$$\frac{\partial u_m^{T*}}{\partial\lambda_m} > 0, \frac{\partial\pi_s^{T*}}{\partial\lambda_m} < 0.$$

其中 $T = \{R, M\}$.

证明 当 $T = R$ 时,根据式(13)~(16),容易发现

$$\frac{\partial\pi_r^{R*}}{\partial\lambda_m} = -\frac{4k^2\Delta_5(a-\beta c_m)^2}{\beta^2(\Delta_4+\Delta_5)^3} < 0,$$

$$\frac{\partial\pi_m^{R*}}{\partial\lambda_m} = \frac{4k^3\Delta_{11}(a-\beta c_m)^2}{\beta^2(\Delta_4+\Delta_5)^3} > 0,$$

$$\frac{\partial u_m^{R*}}{\partial\lambda_m} = \frac{2k^2(1+\lambda_m)\lambda_m\Delta_5(a-\beta c_m)^2}{\beta^2(\Delta_4+\Delta_5)^3} + \frac{k^2(1+\lambda_m)(2\beta\Delta_{13}+\theta^2\Delta_{14})(a-\beta c_m)^2}{\beta^2(\Delta_4+\Delta_5)^3} + \frac{\beta(1+\lambda_m)^3(c_m-c_r)^4(a-\beta c_m)^2}{(\Delta_4+\Delta_5)^3} > 0,$$

$$\frac{\partial\pi_s^{R*}}{\partial\lambda_m} = -\frac{8k^3(1+2\lambda_m)(a-\beta c_m)^2}{\beta(\Delta_4+\Delta_5)^3} < 0.$$

其中: $\Delta_{13} = 4k(3\lambda_m^2 + 1) - 3\beta(1+\lambda_m)(1+2\lambda_m)(c_m - c_r)^2$, $\Delta_{14} = k(1+\lambda_m)(2\beta(3+4\lambda_m) - (1+\lambda_m)\theta^2)$. 在规模参数 k 和广告效应因子 θ 的假设下, $\Delta_{13}, \Delta_{14} > 0$. \square

性质3表明,当给定广告效应因子 θ 时,无论零售商还是制造商负责广告,制造商的公平关切行为有利于自身利润及效用的增加,不利于零售商及系统整体利润的增加.事实上,当处于跟随者的制造商具有公平关切偏好时,其公平关切行为会导致闭环供应链系统利润的重新分配.此时,随着制造商公平关切程度的增强(λ_m 的增大),主导零售商的利润会有所减少,而制造商的利润有所增加,从而实现了制造商追求效用最大化的目的.

进一步,容易发现

$$\left| \frac{\partial\pi_r^{T*}}{\partial\lambda_m} \right| > \left| \frac{\partial\pi_m^{T*}}{\partial\lambda_m} \right|.$$

即无论零售商还是制造商负责广告,主导零售商利润下降幅度要大于制造商利润上升幅度.这也表明,随着制造商公平关切程度的增强,闭环供应链系统整体的利润会有所降低.可见,制造商的公平关切行为虽然对自身有利,但对闭环供应链系统整体而言却是不利的.现实问题中,制造商不可能只追求自身效用的最大化,而忽略系统中其他成员的利益,否则不利于维持闭环供应链系统整体的正常运作.

性质4

$$\frac{\partial m^{T*}}{\partial\lambda_m} < 0, \frac{\partial g^{T*}}{\partial\lambda_m} < 0, \frac{\partial q^{T*}}{\partial\lambda_m} < 0,$$

$$\frac{\partial w^{T*}}{\partial\lambda_m} > 0, \frac{\partial\tau^{T*}}{\partial\lambda_m} < 0, \frac{\partial p^{T*}}{\partial\lambda_m} > 0.$$

其中 $T = \{R, M\}$.

证明 当 $T = R$ 时,根据式(7)~(12),容易发现

$$\frac{\partial m^{R*}}{\partial\lambda_m} = -\frac{4k^2(a-\beta c_m)}{\beta(\Delta_4+\Delta_5)^2} < 0,$$

$$\frac{\partial g^{R*}}{\partial\lambda_m} = -\frac{4k^3\theta^2(1+\lambda_m)(a-\beta c_m)^2}{\beta^2(\Delta_4+\Delta_5)^3} < 0,$$

$$\frac{\partial q^{R*}}{\partial\lambda_m} = -\frac{2k(2k(a-\beta c_m) + a\beta(c_m - c_r)^2)}{(\Delta_4+\Delta_5)^2} < 0,$$

$$\frac{\partial w^{R*}}{\partial\lambda_m} = \frac{2k^2(4\beta - \theta^2)(a-\beta c_m)}{\beta^2(\Delta_4+\Delta_5)^2} > 0,$$

$$\frac{\partial \tau^{R*}}{\partial \lambda_m} = -\frac{2k(c_m - c_r)(a - \beta c_m)}{\beta^2(\Delta_4 + \Delta_5)^2} < 0,$$

$$\frac{\partial p^{R*}}{\partial \lambda_m} = \frac{2k^2(2\beta - \theta^2)(a - \beta c_m)}{\beta^2(\Delta_4 + \Delta_5)^2} > 0.$$

在广告效应因子 θ 的假设下, $2\beta - \theta^2 > 0, 4\beta - \theta^2 > 0$. □

性质4表明, 当给定广告效应因子 θ 时, 无论零售商还是制造商广告, 制造商的公平关切行为都会导致新产品的批发价格和零售价格的提高、需求量的减少、废旧产品的回收率和广告费用的降低.

事实上, 随着制造商公平关切程度的增强, 结合性质3, 显然制造商会通过提高批发价格的方式获得更大的利润和效用. 制造商批发价格的提高会直接导致主导零售商新产品零售价格的提高, 从而导致新产品市场需求量的减少. 然而, 从减少广告费用的角度, 制造商的公平关切行为总是有利于降低广告费用. 因为此时无论零售商还是制造商广告, 新产品需求量的减少总是会影响到广告主体投放广告的积极性. 这也再次表明了制造商不能一味追求自身利润和效用的最大化, 还需要顾及闭环供应链系统中其他成员及整体的利益. 否则, 对扩大新产品的销量及提高废旧产品的回收效率都是不利的.

定理1 $m^{R*} = m^{M*}, g^{R*} = g^{M*}, q^{R*} = q^{M*}, w^{R*} = w^{M*}, \tau^{R*} = \tau^{M*}, p^{R*} = p^{M*}$.

证明 根据式(7)~(12)和(19)~(24), 显然 $m^{R*} = m^{M*}, g^{R*} = g^{M*}, q^{R*} = q^{M*}, w^{R*} = w^{M*}, \tau^{R*} = \tau^{M*}, p^{R*} = p^{M*}$. □

定理1表明, 无论零售商还是制造商广告, 闭环供应链的最优定价策略、新产品的需求量、废旧产品的回收率和广告费用都是一致的.

该结论表明, 在制造商公平关切下具有广告效应的闭环供应链系统中, 无论零售商还是制造商广告, 并不会影响系统中各成员的最优策略. 进一步, 结合性质2可以看出, 广告效应因子的增大总会导致制造商效用的增大, 因此无论由谁负责广告, 都不会使制造商产生不公平心理, 也不会对各成员最终决策产生影响.

定理2 $\pi_r^{R*} < \pi_r^{M*}, \pi_m^{R*} > \pi_m^{M*}, u_m^{R*} > u_m^{M*}, \pi_s^{R*} = \pi_s^{M*}$.

证明 由式(13)~(15)和(25)~(27)可见

$$\pi_r^{R*} - \pi_r^{M*} = -\left(\frac{k\theta(1 + \lambda_m)(a - \beta c_m)}{\beta(\Delta_4 + \Delta_5)}\right)^2 < 0,$$

$$\pi_m^{R*} - \pi_m^{M*} = \left(\frac{k\theta(1 + \lambda_m)(a - \beta c_m)}{\beta(\Delta_4 + \Delta_5)}\right)^2 > 0,$$

$$u_m^{R*} - u_m^{M*} =$$

$$\frac{k^2\theta^2(1 + 2\lambda_m)(1 + \lambda_m)^2(a - \beta c_m)^2}{\beta^2(\Delta_4 + \Delta_5)^2} > 0.$$

进一步, 根据式(16)和(28), 有 $\pi_s^{R*} = \pi_s^{M*}$. □

定理2表明, 零售商在制造商广告时获得了更大的利润, 而制造商则在零售商广告时获得了更大的利润和效用. 无论零售商还是制造商广告, 闭环供应链系统整体的最大利润均是不变的.

事实上, 对整体而言, 无论哪一方负责广告, 闭环供应链系统整体的利润都是不受影响的. 然而从局部来看, 负责广告的一方总是需要发生额外的广告成本, 从而使得自身的利润有所减少, 另一方从中相对获利. 对闭环供应链系统的所有成员而言, 广告的目的并不仅仅为了自身的利益, 更是为了系统整体利益的最大化, 即广告策略总是有利于整个闭环供应链系统的运作. 另外, 制造商的公平关切行为势必对不同广告策略下的成员利润和自身效用产生深远的影响. 显然零售商负责广告时, 制造商获得了更大的利润, 从而也获得了更大的效用.

定理3 $\pi_r^{R*} < \pi_m^{R*}$.

证明 由式(13)和(14)可见

$$\pi_r^{R*} - \pi_m^{R*} = -\frac{k(1 + \lambda_m)\Delta_{15}(a - \beta c_m)^2}{\beta(\Delta_4 + \Delta_5)^2} - \frac{k^2\theta^2(1 + \lambda_m)^2(a - \beta c_m)^2}{\beta^2(\Delta_4 + \Delta_5)^2} < 0,$$

其中 $\Delta_{15} = 4k\lambda_m - \beta(1 + \lambda_m)(c_m - c_r)^2$. 在规模参数 k 的假设下, $\Delta_{15} > 0$. □

定理3表明, 当零售商广告时, 主导零售商的利润要小于制造商的利润.

以往研究表明, 在传统正向或者逆向供应链系统中, 渠道的领导者往往获得了较其他成员更多的渠道利润. 然而, 本文的研究进一步揭示出, 当零售商广告时, 主导零售商的利润有可能会低于制造商. 事实上, 在制造商公平关切下, 主导零售商通过承担广告费用、牺牲部分自身的利润来实现整个闭环供应链系统整体利润的最大化. 这也表明, 现实中的渠道领导者为了顾及其他跟随者的公平关切行为偏好, 进而使得整个闭环供应链系统稳定运行, 有时也需要牺牲部分自身的利益.

定理4 当 $0 < \lambda_m \leq \lambda_m^*$ 时, $\pi_r^{M*} \geq \pi_m^{M*}$; 当 $\lambda_m^* < \lambda_m$ 时, $\pi_r^{M*} < \pi_m^{M*}$. 其中

$$\lambda_m^* = \frac{\beta^2(c_m - c_r)^2 + k\theta^2}{k(2\beta - \theta^2) + \beta(2k - \beta(c_m - c_r)^2)}.$$

证明 由式(25)和(26)可见

$$\pi_r^{M^*} - \pi_m^{M^*} = \frac{k(-4\lambda_m\beta + \theta^2(1 + \lambda_m))(a - \beta c_m)^2}{\beta^2(\Delta_4 + \Delta_5)^2} + \frac{(1 + \lambda_m)(c_m - c_r)^2(a - \beta c_m)^2}{(\Delta_4 + \Delta_5)^2}$$

令 $f(\lambda_m) = \pi_r^{M^*} - \pi_m^{M^*}$, 易得 $f(\lambda_m) = 0$ 的唯一非负根为

$$\lambda_m^* = \frac{\beta^2(c_m - c_r)^2 + k\theta^2}{k(2\beta - \theta^2) + \beta(2k - \beta(c_m - c_r)^2)}$$

根据性质3, 当 $T = M$ 时, 显然 $\partial f(\lambda_m)/\partial \lambda_m < 0$, 所以, 当 $0 < \lambda_m \leq \lambda_m^*$ 时, $\pi_r^{M^*} \geq \pi_m^{M^*}$; 当 $\lambda_m^* < \lambda_m$ 时, $\pi_r^{M^*} < \pi_m^{M^*}$. □

定理4表明, 在制造商广告下, 当制造商的公平关切程度相对较弱时 ($0 < \lambda_m \leq \lambda_m^*$), 主导零售商的利润不小于制造商的利润; 当制造商的公平关切程度相对较强时 ($\lambda_m^* < \lambda_m$), 制造商的利润反而更大.

事实上, 在制造商广告下, 如果制造商追求公平性的行为倾向不太强烈, 则其公平关切行为不会对渠道利润的分配产生根本影响. 此时, 零售商作为渠道领导者依然获得较制造商更大的利润. 然而, 当制造商追求公平性的行为倾向比较强烈时, 其公平关切行为会对渠道的利润的分配产生显著影响, 此时会出现制造商的利润反而更大的情况, 这一现象也与本文性质3的研究结果相对应.

3 数值分析及管理启发

本节通过数值算例对以上研究结果进行分析和说明. 假设文中的需求函数为 $q(p, g) = 260 - p + \theta\sqrt{g}$, 其他参数分别为 $c_m = 9, c_r = 6, k = 200$. 具体数值仿真结果如表1 ($\lambda_m = 0.08, T = \{R, M\}$)、表2 ($\theta = 0.5, T = \{R, M\}$)和图1~图3所示.

表1 不同广告效应因子下闭环供应链的均衡结果

θ 值	0.15	0.5	0.8	1	1.5
m^{T^*}	82.56	84.51	91.89	98.37	130.28
w^{T^*}	95.81	99.17	105.63	112.44	146.01
p^{T^*}	178.37	183.68	197.52	210.81	276.29
q^{T^*}	84.48	87.77	94.03	100.66	133.32
τ^{T^*}	0.619	0.643	0.689	0.738	0.977
g^{T^*}	38.34	459.84	1350.96	2419.19	9547.69
$\pi_r^{R^*}$	6777.32	6897.56	7092.53	7257.59	7425.98
$\pi_m^{R^*}$	7243.84	7817.24	8973.93	10284.72	18040.04
$u_m^{R^*}$	7281.17	7890.47	9124.45	10526.89	18889.16
$\pi_r^{M^*}$	6815.65	7357.40	8443.48	9676.78	46973.68
$\pi_m^{M^*}$	7205.51	7357.40	7622.98	7865.53	8492.34
$u_m^{M^*}$	7236.69	7357.40	7557.34	7720.62	7813.83
$\pi_s^{T^*}$	14021.16	14714.80	16066.46	17542.31	25466.02

表2 不同公平关切系数下闭环供应链的均衡结果

λ_m 值	0.001	0.05	0.08	0.1	2
m^{T^*}	86.78	85.31	84.51	83.99	69.51
w^{T^*}	95.07	97.72	99.17	100.11	126.27
p^{T^*}	181.85	183.03	183.68	184.10	195.78
q^{T^*}	90.01	88.57	87.77	87.26	72.99
τ^{T^*}	0.660	0.649	0.643	0.640	0.535
g^{T^*}	483.58	468.16	459.84	454.49	317.94
$\pi_r^{R^*}$	7253.76	7022.42	6897.56	6817.38	4769.13
$\pi_m^{R^*}$	7658.03	7763.02	7817.24	7851.14	8421.22
$u_m^{R^*}$	7737.35	7490.59	7890.47	7954.52	15725.41
$\pi_r^{M^*}$	7737.35	7490.59	7357.40	7271.87	5087.07
$\pi_m^{M^*}$	7174.44	7294.85	7357.40	7396.65	8103.28
$u_m^{M^*}$	7173.88	7285.06	7357.40	7409.13	14135.70
$\pi_s^{T^*}$	14911.79	14785.44	14714.80	14668.52	13190.35

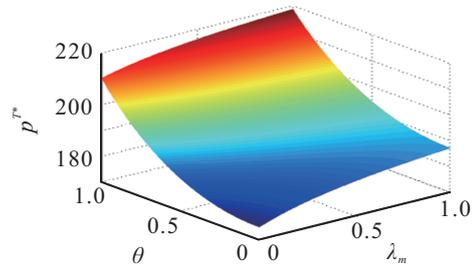


图1 新产品零售价格

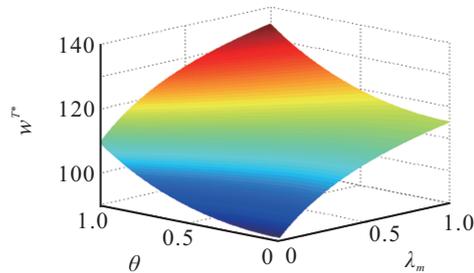


图2 新产品批发价格

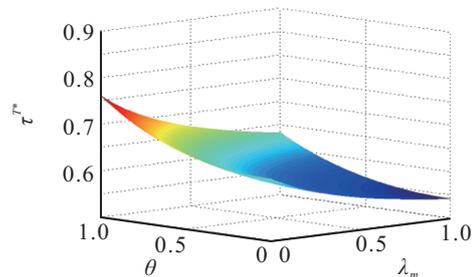


图3 废旧产品回收率

由表1可见, 首先, 在给定的公平关切系数 λ_m 和广告效应因子 θ 下, 两种不同广告模式下的各种均衡变量值和系统整体利润是相同的. 即无论零售商还是制造商广告, 并不影响系统中各成员的最优策略及系统整体的绩效. 其次, 当给定公平关切系数 $\lambda_m = \lambda_m^* = 0.08$ 时, 结合图1~图3, 无论零售商还是制造

商负责广告,随着广告效应因子 θ 的增大,新产品的单位利润、批发价格、零售价格和需求量、废旧产品回收率、广告费用均在增大,零售商、制造商和闭环供应链系统整体的利润以及制造商的效用也在增加,这也验证了本文性质1、性质2的研究结论。

由表2可见,首先,在给定的公平关切系数 λ_m 和广告效应因子 θ 下,两种不同广告模式下的各种均衡变量值和系统整体利润同样是相同的。其次,当给定广告效应因子 $\theta = 0.5$ 时,结合图1~图3,无论零售商还是制造商负责广告,随着制造商公平关切程度的增强,新产品的批发价格和零售价格在增大、新产品的单位利润和市场需求量在减少,废旧产品的回收率和广告费用在降低。同时,制造商的利润和效用在逐渐增大,而主导零售商和系统整体的利润却在减小。这也表明,制造商的公平关切行为对自身总是有利的,但对闭环供应链系统其他成员及整体却是不利的。另外,制造商广告下的零售商利润更高,而零售商广告下的制造商利润更高、效用值更大。这也表明,对整体而言,无论哪一方负责广告,闭环供应链系统整体的利润是不受影响的。这也验证了本文性质3、性质4、定理1、定理2的相关研究结论。

最后,由表2进一步可见,在零售商广告下,无论制造商的公平关切程度如何,制造商的利润总是大于零售商的利润。然而,在制造商广告下,当制造商的公平关切程度相对较弱($0 < \lambda_m \leq \lambda_m^* = 0.08$)时,零售商的利润不小于制造商的利润;当制造商的公平关切程度相对较强($0.08 = \lambda_m^* < \lambda_m$)时,制造商的利润较主导零售商更大。特别地,当 $\lambda_m = \lambda_m^* = 0.08$ 时,主导零售商和制造商的利润是相同的,此时制造商的效用值等于其利润。这一现象也进一步验证了本文定理3、定理4的相关研究结论。

4 结论

本文在考虑到广告效应和公平关切行为两种因素下,构建了闭环供应链的定价决策模型,分析了广告效应和公平关切行为对闭环供应链最优策略的影响,并得到以下主要结论:

1) 无论零售商还是制造商广告,广告效应总是有利于提高新产品的需求量和废旧产品的回收率,并对系统成员及整体都是有利的;

2) 无论是零售商还是制造商广告,制造商的公平关切行为不利于提高新产品的需求量和废旧产品的回收率,但有利于自身利润和效用最大化,不利于零售商和系统整体利润最大化;

3) 无论零售商还是制造商广告,并不影响系统中

各成员的最优定价策略,且系统整体的最大利润是不变的;

4) 零售商在制造商广告时获得了更大的利润,而制造商在零售商广告时获得了更大的利润和效用;

5) 在零售商广告下,制造商的利润总是大于零售商的利润。在制造商广告下,当制造商的公平关切程度相对较弱时,零售商的利润不小于制造商的利润;反之,制造商的利润会大于零售商的利润。

由于本文的研究仍然假设闭环供应链属于“一对一”的简单结构(只包含一个制造商和一个零售商),进一步的研究可以考虑公平关切下,具有多个制造商或零售商广告的闭环供应链定价决策问题。

参考文献(References)

- [1] Govindan K, Soleimani H, Kannan D. Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future[J]. *European J of Operational Research*, 2015, 240(3): 245-264.
- [2] Savaskan R C, Bhattacharya S, Wassenhove L N V. Closed-loop supply chain models with product remanufacturing[J]. *Management Science*, 2004, 50(2): 239-252.
- [3] Hong I H, Yeh J S. Modeling closed-loop supply chains in the electronics industry: A retailer collection application[J]. *Transportation Research Part E*, 2012, 48(4): 817-829.
- [4] Choi T M, Li Y J, Xu L. Channel leadership, performance and coordination in closed loop supply chains[J]. *Int J of Production Economics*, 2013, 146(1): 371-380.
- [5] Wei J, Govindan K, Li Y J, et al. Pricing and collecting decisions in a closed-loop supply chain with symmetric and asymmetric information[J]. *Computers and Operations Research*, 2015, 54(1): 257-265.
- [6] 王文宾, 达庆利, 聂锐. 考虑渠道权力结构的闭环供应链定价与协调[J]. *中国管理科学*, 2011, 19(5): 29-36. (Wang W B, Da Q L, Nie R. The study on pricing and coordination of closed-loop supply chain considering channel power structure[J]. *Chinese J of Management Science*, 2011, 19(5): 29-36.)
- [7] 林杰, 曹凯. 双渠道竞争环境下的闭环供应链定价模型[J]. *系统工程理论与实践*, 2014, 34(6): 1416-1424. (Lin J, Cao K. Pricing models of closed loop supply chain in double channels competitions environment[J]. *Systems Engineering — Theory & Practice*, 2014, 34(6): 1416-1424.)
- [8] 姚锋敏, 徐素波, 滕春贤. 双回收渠道下零售商主导闭环供应链决策模型[J]. *计算机集成制造系统*, 2016, 22(9): 2195-2203. (Yao F M, Xu S B, Teng C X. Decision models

- for closed-loop supply chain with dominant retailer under dual recycle channels[J]. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2016, 22(9): 2195-2203.)
- [9] 易余胤, 肖莉珺. 具强零售商和广告影响的闭环供应链模型[J]. *系统科学与数学*, 2011, 31(11): 1467-1477. (Yi Y Y, Xiao L J. Closed loop supply chain model with dominant retailer and advertising effect[J]. *J of Systems Science and Mathematical Sciences*, 2011, 31(11): 1467-1477.)
- [10] 易余胤. 具广告效应的闭环供应链协调性能研究[J]. *中国管理科学*, 2013, 21(2): 76-83. (Yi Y Y. Coordination performance of closed loop supply chain with advertising effect[J]. *Chinese J of Management Science*, 2013, 21(2): 76-83.)
- [11] 谭建, 王先甲. 基于闭环供应链的制造商回收广告决策模型[J]. *管理工程学报*, 2013, 27(4): 97-102. (Tan J, Wang X J. Manufacturers' recycling advertising decisions based on the closed-loop supply chain[J]. *J of Industrial Engineering/Engineering Management*, 2013, 27(4): 97-102.)
- [12] 王玉燕. 基于产品生命周期理论的直销型闭环供应链的广告策略与定价策略[J]. *系统管理学报*, 2014, 23(3): 388-396. (Wang Y Y. Advertising and pricing strategy in the closed-loop supply chain with direct sales based on product life cycle theory[J]. *J of Systems and Management*, 2014, 23(3): 388-396.)
- [13] Hong X P, Xu L, Du P, et al. Joint advertising, pricing and collection decisions in a closed-loop supply chain [J]. *Int J of Production Economics*, 2015, 167(1): 12-22.
- [14] Xie J P, Liang L, Liu L H, et al. Coordination contracts of dual-channel with cooperation advertising in closed-loop supply chains[J]. *Int J of Production Economics*, 2017, 183(2): 528-538.
- [15] Katok E, Pavlov V. Fairness in supply chain contracts: A laboratory study[J]. *J of Operations Management*, 2013, 31(3): 129-137.
- [16] Cui T H, Raju J S, Zhang Z J. Fairness and channel coordination[J]. *Management Science*, 2007, 53(8): 1303-1314.
- [17] 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. (Zhang K Y, Hou S W, Zhou G H. Pricing strategy in the closed-loop supply chain with fairness concerns[J]. *J of Systems and Management*, 2013, 22(6): 841-849.)
- [18] 张克勇, 吴燕, 侯世旺. 具有公平关切零售商的闭环供应链差别定价策略研究[J]. *中国管理科学*, 2014, 22(3): 51-58. (Zhang K Y, Wu Y, Hou S W. Differential pricing strategy of considering retailer's fairness concerns in the closed-loop supply chain[J]. *Chinese J of Management Science*, 2014, 22(3): 51-58.)
- [19] 丁雪峰, 魏芳芳, 但斌. 零售商公平关切下闭环供应链定价与协调机制[J]. *计算机集成制造系统*, 2014, 20(6): 1471-1480. (Ding X F, Wei F F, Dan B. Pricing and coordination mechanism of closed-loop supply chain considering retailer's fairness concerns[J]. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2014, 20(6): 1471-1480.)
- [20] 韩小花, 吴海燕, 张毕西, 等. 基于多种实际决策行为的闭环供应链定价模型[J]. *管理评论*, 2015, 27(2): 187-196. (Han X H, Wu H Y, Zhang B X, et al. Pricing models of closed-loop supply chain based on multiple decision behaviours[J]. *Management Review*, 2015, 27(2): 187-196.)
- [21] Han X H, Feng B, Pu X J. Modelling decision behaviors in pricing game of closed-loop supply chains[J]. *J of the Operational Research Society*, 2015, 66(6): 1052-1060.
- [22] 刘志, 李帮义, 龚本刚, 等. 再制造商公平关切下闭环供应链生产设计决策与协调[J]. *控制与决策*, 2016, 31(9): 1615-1622. (Liu Z, Li B Y, Gong B G, et al. Production design decision and coordination of closed-loop supply chain considering remanufacturer's fairness concern[J]. *Control and Decision*, 2016, 31(9): 1615-1622.)
- [23] 陈章跃, 王勇, 陈晓旭. 制造商双向公平关切下闭环供应链的竞争分析[J]. *管理学报*, 2016, 13(5): 771-780. (Chen Z Y, Wang Y, Chen X X. The competition analysis of closed-loop supply chain under bidirectional fairness concerns of manufacturer[J]. *Chinese J of Management*, 2016, 13(5): 771-780.)
- [24] 姚锋敏, 滕春贤. 公平关切下零售商主导的闭环供应链决策模型[J]. *控制与决策*, 2017, 32(1): 117-123. (Yao F M, Teng C X. Decision models of closed-loop supply chain with dominant retailer considering fairness concern[J]. *Control and Decision*, 2017, 32(1): 117-123.)

(责任编辑: 郑晓蕾)