

# 零售商公平关切行为的双渠道销售闭环供应链决策

曾佑新, 杨雨舟, 张 红

(江南大学 商学院, 江苏 无锡 214122)

**[摘 要]** 文章在双渠道闭环供应链中分析了零售商具有公平关切的行为倾向时对供应链均衡策略的影响, 分别在集中式、公平中性分散式、制造商考虑零售商公平关切分散式和制造商忽视零售商公平关切分散式四种情形下构建了双渠道闭环供应链定价模型。对比研究了不同情形下对直销价格、零售价格、回收价格以及供应链系统各成员利润的影响。结果表明, 当制造商预测到零售商具有公平关切行为时, 随着零售商公平关切程度的增加, 零售商的利润增加, 而制造商的利润减少, 两者存在此消彼长的关系, 供应链系统利润不变; 当制造商忽视零售商的公平关切行为时, 制造商和零售商的利润均减少, 虽然直销渠道销量增加, 但产品总销量仍降低, 供应链系统利润减少。

**[关键词]** 公平关切; 双渠道供应链; 闭环供应链

**[中图分类号]** F274

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-6973(2017)05-0107-07

## 一、引言

随着互联网科技的高速发展和电子商务的持续繁荣, 越来越多的消费者习惯于通过互联网来购买商品, 大量的厂商都在保持原有的零售渠道的基础上通过新建互联网直销平台将产品直接卖给消费者, 如 IBM、思科和戴尔等<sup>[1]</sup>。在另一方面, 根据“摩尔定律”, 每 18 个月电子芯片的集成密度会增加一倍, 再加上激烈的市场竞争, 产品频繁的更新换代加剧了环境的污染。双渠道闭环供应链能够在满足消费者网上便捷购物的同时降低产品的成本, 并且有效减少污染物的排放, 实现消费者、制造商和环境的三方共赢<sup>[2]</sup>。但是传统的双渠道闭环供应链模型均基于利己主义偏好, 将供应链成员假设为只追求自身利润最大化的理性经济人, 一系列的行为学实验表明, 在现实生活中, 决策主体在决策过程中往往对公平表现出极大的关注<sup>[3]</sup>。Katok 等通过对比不平等厌恶、有限理性和信息不对称三种影响决策的行为发现, 不平等厌恶对零售商行为的解释最具有说服力。<sup>[4]</sup>

国内外学者首先尝试将决策者的公平关切倾向引入到单渠道供应链的决策研究中。Cui 等首先

将公平关切行为引入传统的两阶段供应链, 发现当制造商和零售商其中的一个或两者都有公平关切行为时, 一个高于边际成本的简单批发价格契约可以实现供应链的协调。<sup>[5]</sup> Demirag 等扩展了 Cui 的模型, 指出与线性的需求函数相比, 指数型需求函数在零售商公平关切的情形下更容易实现供应链的协调。<sup>[6]</sup> 杜少甫等在 Cui 的基础上进一步假设市场需求不确定, 发现零售商的公平关切行为不会改变供应链的协调状态。<sup>[7]</sup>

网络渠道和传统零售渠道并存的局面使得一部分学者逐步将公平偏好对单渠道供应链运作的影响拓展到双渠道供应链。Katok 等研究了当供应链参与者的公平关切为私人信息时, 相对于信息完全对称下供应链协调状态的改变。结果表明, 当公平关切程度足够大时, 无论信息对称与否, 批发价格可以协调供应链。<sup>[8]</sup> 浦徐进等以供应链成员公平中性的均衡策略为参考, 对比研究实体店的横向公平偏好和纵向公平关切对均衡策略的影响。研究发现, 实体店较低程度的横向公平关切和较高度度的纵向公平关切能够提高供应链的整体效用。<sup>[9]</sup> 李波针对市场需求信息不对称的双渠道供应链, 研究零售商的公平关切行为对供应链各成员决策及效

**[收稿日期]** 2017-04-16

**[作者简介]** 曾佑新(1962—), 男, 江西赣州人, 教授, 硕导, 主要研究方向: 供应链管理、企业信息化管理与应用; 杨雨舟(1993—), 男, 河南三门峡人, 管理科学与工程专业研究生; 张红(1991—), 女, 山西太原人, 管理科学与工程专业研究生。

用的影响。结果表明,零售商的公平关切行为有利于增加自身的效用,但会损害制造商的利润。<sup>[10]</sup>

近年来,环境问题日益凸显,许多学者开始研究公平关切偏好对闭环供应链系统决策和效率的影响。张克勇等将公平关切引入闭环供应链,基于再制造产品和新产品同质的假定,分别讨论了在制造商考虑和不考虑零售商公平关切行为的情形下闭环供应链定价决策问题,结果表明当制造商考虑到零售商的公平关切行为时,可以提高自身利润和回收量。<sup>[11]</sup>丁雪峰等在张克勇等的基础上进一步假设再制造产品和新产品之间存在价格差异,发现当制造商忽视零售商的公平关行为时会导致再制造产品价格上涨,销量下降,采用数量折扣契约可以实现闭环供应链的协调。<sup>[12]</sup>

通过对以上文献的梳理归纳可知,虽然学者们对供应链中的公平关切问题有了很多的研究,但是鲜有文献将公平关切问题引入双渠道闭环供应链。本文在双渠道闭环供应链中考虑了零售商具有公平关切的行为倾向时对供应链均衡策略的影响,分别在集中式、公平中性分散式、制造商考虑零售商公平关切分散式和制造商忽视零售商公平关切分散式四种情形下构建了双渠道闭环供应链定价模型,对不同情形下的最优定价结果进行对比分析。

## 二、模型假设

本研究考虑的双渠道闭环供应链由一个制造商、一个零售商和一个第三方回收商组成,制造商通过传统的零售渠道和网上直销渠道两种方式销售产品。由第三方回收商负责收购废旧品,然后将废旧品卖给制造商进行再生产。假设回收的废旧产品均可以用于再制造,即再制造率为1。新产品和再制造产品的质量是完全一致的,消费者对再制造产品的接受程度与新产品完全相同。根据以上的闭环供应链模型,基本假设如下:

(1)制造商将产品销售给零售商的批发价格为 $\omega$ ,网络直销渠道的售价为 $P_d$ ,零售商将产品以价格 $P_r$ 销售给消费者。制造商的制造成本为 $c_m$ ,再制造成本为 $c_n$ ,为使得回收有利可图,假设 $c_n \leq c_m$ 。

(2)假设零售商传统渠道的需求函数为 $D_r = \theta\alpha - p_r + \beta p_d$ ,网络直销的渠道的需求函数为 $D_d = (1 - \theta)\alpha - p_d + \beta p_r$ 。其中 $\theta(0 \leq \theta \leq 1)$ ,表示零售商传统渠道所占的市场份额, $\beta(0 \leq \beta \leq 1)$ 表示两种渠道之间的价格弹性系数, $\alpha$ 表示潜在的市场容量。

(3)假设第三方回收商的回收价格为 $p_t$ ,制造商的回收价格为 $p_m$ ,为保证制造商和回收商都有利可图,假设 $p_t \leq p_m \leq c_m - c_n$ 。

(4)假设废旧产品的供给量为 $G = \Phi + r p_t$ ,其中 $\Phi$ 表示价格为0的情况下,消费者由于环保意识自愿提供的废旧品数量, $r$ 表示消费者对回收价格的敏感程度。

(5)相比于博弈主导者,跟从者往往更加关心自身与他人间的收益差距,即具有公平关切心理特征,因此,本文只考虑零售商具有公平关切行为。用 $U_R$ 表示零售商的公平效用函数,引入公平关切系数 $\lambda$ 。在零售商处于弱势地位时更愿意通过直接与制造商的利润比较来刻画公平关切的程度,因此,本文采取参考点依赖的方式刻画零售商的公平关切效用函数。设 $U_R = \pi_R - \lambda(\pi_M - \pi_R)$ , $\lambda \geq 0$ 。其中 $\lambda = 0$ 表示零售商不具有公平关切行为, $\lambda$ 越大表示零售商越关注自身与制造商之间收益的差距。分别用 $\pi_M$ 、 $\pi_R$ 和 $\pi_T$ 表示双渠道闭环供应链系统中制造商、零售商和第三方回收商的利润函数,用 $\pi$ 表示供应链系统的利润函数。

综上所述,制造商利润函数、零售商利润函数、第三方回收商利润函数以及零售商效用函数分别为:

$$\pi_M = (\omega - c_n)D_r + (p_d - c_n)D_d + (\Delta - p_m)G \quad (1)$$

$$\pi_R = (p_r - \omega)D_r \quad (2)$$

$$\pi_T = (p_m - p_t)G \quad (3)$$

$$U_r = \pi_r - \lambda(\pi_M - \pi_R) \quad (4)$$

为了方便阐述,用上标C表示集中决策的情形。上标D表示分散决策的情形,其中D1表示公平中性时的情形;D2表示零售商具有公平关切,制造商观测到零售商具有公平关切的情形;D3表示零售商具有公平关切,制造商没有观测到的情形。

## 三、集中决策(C)

在集中决策的情形下,制造商、零售商和第三方回收商作为一个“超组织”,统一以供应链系统利润最大化为目标,统一决定零售价格 $p_r$ 、直销价格 $p_d$ 和回收价格 $p_t$ 。此时供应链系统利润函数为:

$$\pi^c = (\theta\alpha + c_n - \beta c_n)p_r - p_r^2 + 2\beta p_r p_d + [(1 - \theta)\alpha + c_n - \beta c_n]p_d - p_d^2 \quad (5)$$

求(5)式关于 $p_r$ 、 $p_d$ 和 $p_t$ 的海塞矩阵可得:

$$H = \begin{bmatrix} -2 & 2\beta & 0 \\ 2\beta & -2 & 0 \\ 0 & 0 & -2\beta \end{bmatrix} \quad (6)$$

由(6)式的海塞矩阵负定可得,供应链利润函数(5)是关于 $p_r$ 、 $p_d$ 和 $p_t$ 的严格凹函数,联立方程组:

$$\frac{d\pi^c}{dp_r} = (\theta\alpha + c_n - \beta c_n) - 2p_r + 2\beta p_d = 0 \quad (7)$$

$$\frac{d\pi^c}{dp_d} = [(1 - \theta)\alpha + c_n - \beta c_n] - 2p_d + 2\beta p_r = 0 \quad (8)$$

$$\frac{d\pi^c}{dp_t} = (\Delta r - \Phi) - 2rp_t = 0 \quad (9)$$

可得,  $p_r$ 、 $p_d$  和  $p_t$  的最优定价分别为:

$$p_d^c = \frac{(1-\theta+\beta\theta)\alpha + (1-\beta^2)c_n}{2(1-\beta^2)} \quad (10)$$

$$p_r^c = \frac{(\beta+\theta-\beta\theta)\alpha + (1-\beta^2)c_n}{2(1-\beta^2)} \quad (11)$$

$$p_t^c = \frac{\Delta r - \Phi}{2r} \quad (12)$$

将(10)(11)(12)式带入(5)式可得集中决策情形下供应链的最优利润为:

$$\begin{aligned} \pi^c = & \frac{\alpha[1-2\theta(1-\theta)] - 2\alpha(1-\beta^2)c_n + 2(1-\beta^2)(1-\beta)c_n^2}{4(1-\beta^2)} \\ & + \frac{(\alpha+\beta\Delta)}{4\beta} \end{aligned} \quad (13)$$

#### 四、公平中性的分散决策(D1)

制造商、零售商和第三方回收商均作为独立决策者进行非合作的 Stackelberg 博弈, 制造商处于市场的主导地位, 是 Stackelberg 博弈的领导者, 零售商和第三方回收商处于从属地位。制造商、零售商和第三方回收商均为公平中性。制造商、零售商和第三方回收商均以自身利润最大化为目标。

根据逆向推倒法, 联立  $\frac{\partial \pi_r}{\partial p_r} = 0$ ,  $\frac{\partial \pi_r}{\partial p_t} = 0$ , 可得:

$$p_r^{D1} = \frac{\omega + \alpha\theta + \beta p_d}{2} \quad (14)$$

$$p_t^{D1} = \frac{rp_m - \Phi}{2r} \quad (15)$$

将(14)(15)式带入  $\pi_M$ , 并令  $\frac{\partial \pi_M}{\partial \omega} = 0$ ,  $\frac{\partial \pi_M}{\partial p_d} = 0$ ,

$\frac{\partial \pi_M}{\partial p_m} = 0$ , 可得  $\omega$ ,  $p_d$  和  $p_m$  的最优定价:

$$\omega_r^{D1*} = \frac{\alpha[\theta(1-\beta) + \beta] + (1-\beta^2)c_n}{2(1-\beta^2)} \quad (16)$$

$$p_d^{D1*} = \frac{\alpha[1-\theta(1-\beta)] + (1-\beta^2)c_n}{2(1-\beta^2)} \quad (17)$$

$$p_m^{D1*} = \frac{\Delta r - \Phi}{2r} \quad (18)$$

将(17)(18)式带入(14)式可得  $p_r$  的最优定价:

$$p_r^{D1*} = \frac{\alpha[2\beta(1-\theta) + 3\theta - \beta^2\theta] - (1+\beta)(1-\beta^2)c_n}{4(1-\beta^2)} \quad (19)$$

将(19)式带入(15)式可得  $p_t$  的最优定价:

$$p_t^{D1*} = \frac{\Delta r - 3\Phi}{4r} \quad (20)$$

将(14)(17)式带入需求函数, 可得:

$$D_r^{D1*} = \frac{\alpha\theta - (1-\beta)c_n}{4} \quad (21)$$

$$D_d^{D1*} = \frac{[2(1-\theta) + \beta\theta]\alpha + (\beta^2 + \beta - 2)c_n}{4} \quad (22)$$

将(15)式带入回收函数可得:

$$G^{D1*} = \frac{\Delta r + \Phi}{4} \quad (23)$$

将以上各式带入制造商利润、零售商利润、第三方回收商利润以及供应链系统总利润, 可得:

$$\begin{aligned} \pi_M^{D1*} = & \frac{\alpha^2 A_1 + 2\alpha(1-\beta^2)A_2 + (1-\beta)^2 A_3}{8(1-\beta^2)} \\ & + \frac{(\Delta r + \Phi)^2}{8r} \end{aligned} \quad (24)$$

$$\pi_R^{D1*} = \frac{[\alpha\theta - (1-\theta)c_n]^2}{16} \quad (25)$$

$$\pi_T^{D1*} = \frac{[\Phi + \Delta r]^2}{16r} \quad (26)$$

$$\begin{aligned} \pi^{D1*} = & \frac{(1-\beta)^2(\beta^2 + 8\beta + 7)c_n^2 - 2\alpha(1-\beta^2)[4 - (1-\beta)\theta]c_n}{16(1-\beta^2)} \\ & + \frac{\alpha^2[(\beta^2 - 8\beta + 7)\theta^2 - 8(1-\beta)\theta + 4]}{16(1-\beta^2)} \end{aligned} \quad (27)$$

其中:

$$A_1 = (\beta^2 - \beta + 3)\theta^2 - 4\theta(1-\beta) + 2$$

$$A_2 = [\theta(1-\beta) - 2]c_n$$

$$A_3 = [(\beta^2 + 4\beta + 3)]c_n^2$$

#### 五、制造商考虑零售商公平关切行为的分散决策(D2)

制造商、零售商和第三方回收商均作为独立决策者进行非合作的 Stackelberg 博弈, 制造商是 Stackelberg 博弈的领导者, 零售商和第三方回收商处于从属地位。根据 Fehr 等的研究<sup>[3]</sup>, 我们假设零售商具有公平关切的行为, 而制造商和第三方回收商不具有公平关切的行为。在该情形下, 制造商和第三方回收商作为理性决策者以自身利润最大化为目标, 并且制造商已知零售商具有公平关切的行为; 零售商作为公平关切者, 同时考虑自身利润以及自身利润在与自身有合作竞争关系的制造商利润中所占的比例。根据逆向推倒法, 可得  $\omega$ ,  $p_d$ ,  $p_m$ ,  $p_r$ ,  $p_t$  的最优定价:

$$\omega^{D2*} = \frac{(1+3\lambda-\beta\lambda)c_n - \alpha\theta\lambda}{2(1+2\lambda)} + \frac{\alpha[1-\theta(1-\beta)]}{2(1-\beta^2)} \quad (28)$$

$$p_d^{D2*} = \frac{\alpha[1-\theta(1-\beta)] + (1-\beta^2)c_n}{2(1-\beta^2)} \quad (29)$$

$$p_m^{D2*} = \frac{\Delta r - \Phi}{2r} \quad (30)$$

$$p_r^{D2*} = \frac{\alpha[2\beta(1-\theta) + 3\theta - \beta^2\theta] - (1+\beta)(1-\beta^2)c_n}{4(1-\beta^2)} \quad (31)$$

$$p_t^{D2*} = \frac{\Delta r - 3\Phi}{4r} \quad (32)$$

将(29)(31)式带入需求函数可得:

$$D_r^{D2*} = \frac{\alpha\theta - (1-\beta)c_n}{4} \quad (33)$$

$$D_d^{D2*} = \frac{[2(1-\theta) + \beta\theta]\alpha + (\beta^2 + \beta - 2)c_n}{4} \quad (34)$$

将(28)式带入回收函数可得:

$$G^{D2*} = \frac{\Delta r + \Phi}{4} \quad (35)$$

将以上各式带入制造商利润、零售商利润、第三方回收商利润、零售商效用以及供应链系统总利润,可得:

$$\pi_M^{D2*} = \frac{\alpha^2 A_4 + 4\alpha(1-\beta^2)A_5 + (1-\beta)^2 A_6}{16(1-\beta^2)(1+2\lambda)} + \frac{(\Delta r + \Phi)^2}{8r} \quad (36)$$

$$\pi_R^{D2*} = \frac{(1+4\lambda)[\alpha\theta - (1-\theta)c_n]^2}{16(1+2\lambda)} \quad (37)$$

$$\pi_T^{D2*} = \frac{[\Phi + \Delta r]^2}{16r} \quad (38)$$

$$U_R^{D2*} = \frac{\alpha^2 A_7 + 2\alpha(1-\beta^2)A_8 + (1-\beta)^2 A_9}{16(1-\beta^2)} - \frac{\lambda(\Delta r + \Phi)^2}{8r} \quad (39)$$

$$\pi^{D2*} = \frac{(1-\beta)^2(\beta^2 + 8\beta + 7)c_n^2 - 2\alpha(1-\beta^2)[4 - (1-\beta)\theta]c_n}{16(1-\beta^2)} + \frac{\alpha^2[(\beta^2 - 8\beta + 7)\theta^2 - 8(1-\beta)\theta + 4]}{16(1-\beta^2)} + \frac{3[(\Delta r)^2 + \Phi^2]}{8r} \quad (40)$$

其中:

$$A_4 = [2(1-\beta)(3-\beta)\theta^2 + 8(1-\beta)\theta + 4] + [2(1-\beta)(5-3\beta)\theta^2 - 16(1-\beta)\theta - 8]\lambda$$

$$A_5 = [(1+3\lambda)(1-\beta)\theta - 2(1+2\lambda)]c_n$$

$$A_6 = (1+\beta)[2(3+\beta+5\lambda+3\lambda\beta)]c_n^2$$

$$A_7 = (1-\beta)^2\theta^2 + [(-3+8\beta-5\beta^2)\theta^2 + 8(1-\beta)\theta - 4]\lambda$$

$$A_8 = [(1+5\lambda)\beta\theta + 4\lambda - \theta - 5\theta\lambda]c_n$$

$$A_9 = (1+\beta)(1-\beta-3\lambda-5\beta\lambda)c_n^2$$

## 六、制造商忽视零售商公平关切行为的分散决策(D3)

在该情形下,制造商和第三方回收商作为理性决策者以自身利润最大化为目标,但是制造商没有预测到零售商具有公平关切的行为,仍认为零售商以利润的最大化为目标;零售商作为公平关切者,同时考虑自身利润以及自身利润在与自身有合作

竞争关系的制造商利润中所占的比例。

根据逆向推倒法,联立  $\frac{\partial \pi_r}{\partial p_r} = 0, \frac{\partial \pi_r}{\partial p_t} = 0$ , 可得制造商预测的零售商定价策略:

$$p_r^{D3M} = \frac{\omega + \alpha\theta + \beta p_d}{2} \quad (41)$$

$$p_t^{D3} = \frac{rp_m - \Phi}{2r} \quad (42)$$

将(41)(42)式带入  $\pi_M$ , 并令  $\frac{\partial \pi_M}{\partial \omega} = 0, \frac{\partial \pi_M}{\partial p_d} = 0$ ,

$\frac{\partial \pi_M}{\partial p_m} = 0$ , 可得  $\omega, p_d$  和  $p_m$  的最优定价:

$$\omega_r^{D3*} = \frac{\alpha[\theta(1-\beta) + \beta] + (1-\beta^2)c_n}{2(1-\beta^2)} \quad (43)$$

$$p_d^{D3*} = \frac{\alpha[1 - \theta(1-\beta)] + (1-\beta^2)c_n}{2(1-\beta^2)} \quad (44)$$

$$p_m^{D3*} = \frac{\Delta r - \Phi}{2r} \quad (45)$$

令  $\frac{\partial U_R}{\partial p_r} = 0$ , 可得零售商实际的定价策略:

$$p_r^{D3R} = \frac{(1+2\lambda)\omega + (1+\lambda)\alpha\theta - (1-\beta)\lambda c_n + \beta p_d}{2(1+\lambda)} \quad (46)$$

将(43)(44)式带入(46)式可得:

$$p_r^{D3R*} = \frac{(1-\beta^2)[(1+\beta+2\beta\lambda)c_n + \alpha[\theta(3+4\lambda) + 2(1-\theta)(1+\lambda)\beta - \theta(1+2\lambda)\beta^2]]}{4(1+2\lambda)(1-\beta^2)} \quad (47)$$

将(45)式带入(42)式可得:

$$p_t^{D3R*} = \frac{\Delta r - 3\Phi}{4r} \quad (48)$$

将(45)(47)式带入需求函数可得:

$$D_r^{D3*} = \frac{\alpha\theta - (1-\beta)c_n}{4(1+\lambda)} \quad (49)$$

$$D_d^{D3*} = \frac{[\theta\beta(1+2\lambda) - 2\theta(1+2\lambda)]\alpha + [\beta(1+\beta+2\beta\lambda) - 2(1+\lambda)]c_n}{4(1+\lambda)} \quad (50)$$

将(46)式带入回收函数可得:

$$G^{D3*} = \frac{\Delta r + \Phi}{4} \quad (51)$$

将以上各式带入制造商利润、零售商利润、第三方回收商利润、零售商效用以及供应链系统总利润,可得:

$$\pi_M^{D3*} = \frac{\alpha^2 A_{10} + 2\alpha(1-\beta^2)A_{11} + (1-\beta)^2 A_{12}}{8(1-\beta^2)(1+2\lambda)} + \frac{(\Delta r + \Phi)^2}{8r} \quad (52)$$

$$\pi_R^{D3*} = \frac{(1+2\lambda)[\alpha\theta - (1-\theta)c_n]^2}{16(1+2\lambda)} \quad (53)$$

$$\pi_T^{D3*} = \frac{[\Phi + \Delta r]^2}{16r} \quad (54)$$

$$U_R^{D3*} = \frac{\alpha^2 A_{13} + 2\alpha A_{14} + A_{15}}{16(1-\beta^2)(1+\lambda)} - \frac{(\Delta r + \Phi)^2}{8r} \quad (55)$$

$$\pi^{D3*} = \frac{(1-\beta)^2 A_{16} c_n^2 + 2\alpha(1-\beta^2) A_{17} c_n + \alpha^2 A_{18}}{16(1-\beta^2)(1+2\lambda)^2} + \frac{3(\Delta r + \Phi)^2}{16r} \quad (56)$$

其中:

$$\begin{aligned} A_{10} &= [(1-\beta)(3-\beta)\theta^2 - 4(1-\beta)\theta + 2] + [2(1-\beta)^2\theta^2 - 4(1-\beta)\theta + 2]\lambda \\ A_{11} &= [(1+2\lambda)(1-\beta)\theta - 2(1+\lambda)]c_n \\ A_{12} &= (1+\beta)(3+\beta+2\lambda+2\lambda\beta)c_n^2 \\ A_{13} &= [1-4\lambda(1+\lambda)(1-\beta)^2]\theta^2 + [8(1-\beta)(\beta+\lambda^2)]\theta - 4\lambda(1+\lambda) \\ A_{14} &= \{4\lambda(1-\lambda-\beta^2) - [4\lambda(1+\lambda)+1](1-\beta)^2(1+\beta)\theta\}c_n \\ A_{15} &= \{-[4\lambda(1+\lambda)+1]\beta^4 + 2\beta^3 + 8\lambda(1+\lambda)\beta^2 - 2\beta - 4\lambda(1+\lambda)+1\}c_n^2 \\ A_{16} &= (1+\beta)[4\lambda(\lambda+\beta+\beta\lambda)+\beta+12\lambda+7] \\ A_{17} &= \theta(1-\beta)(1+2\lambda)^2 - 4(1+\lambda)^2 \\ A_{18} &= [\beta^2(1+2\lambda)^2 - 8\beta(1+\lambda)+4\lambda^2 + 12\lambda+7]\theta^2 - 8(1+\lambda)^2(1-\beta)\theta + 4(1+\lambda)^2 \end{aligned}$$

## 七、均衡分析

命题 1: 在制造商考虑零售商公平关切的情形下, 公平关切不影响零售价格、直销价格和回收价格, 也不影响供应链整体的利润。

证明:

$$p_r^{D1*} = p_r^{D2*}, p_d^{D1*} = p_d^{D2*}, p_t^{D1*} = p_t^{D2*}, \pi^{D1*} = \pi^{D2*}$$

命题 2: 当零售商公平关切并且制造商预测到了这一行为时, 制造商的批发价格低于公平中性时的批发价格。制造商的利润随着公平关切系数  $\lambda$  的增大而减小, 零售商的利润随着公平关切系数  $\lambda$  的增大而增大, 其利润总和不变。

证明:

$$\begin{aligned} \Delta\omega^{12} &= \omega^{D1*} - \omega^{D2*} = \\ &= \frac{\lambda}{2(1+2\lambda)}[\alpha\theta - (1-\beta) * c_n] > 0 \\ \frac{\partial\pi_M^{D2*}}{\partial\lambda} &= \frac{-[\alpha\theta - (1-\beta) * c_n]^2}{8(1+2\lambda)} < 0 \\ \frac{\partial\pi_R^{D2*}}{\partial\lambda} &= \frac{[(\alpha\theta - (1-\beta) * c_n)]^2}{8(1+2\lambda)} > 0 \end{aligned}$$

命题 3: 在零售商具有公平关切行为倾向的情形下, 如果制造商没有预测到零售商具有公平关切的行为, 那么制造商利润将会减少, 零售商利润也会减少, 第三方回收商利润不变, 供应链系统的总利润将会减少。由于制造商处于市场的主导地位, 拥有更大的话语权和竞争的优势地位, 零售商减少的利润多于制造商减少的利润。此时, 直销渠道价格不变, 零售渠道价格增加, 批发价格增加; 提高了直销渠道的销量, 降低了零售渠道的销量, 并且直销渠道销量的增加小于零售渠道销量的减少。这说明, 制造商没有预测到零售商具有公平关切时, 虽然零售价格的增加导致了直销渠道的销量会有所提高, 但由于零售渠道销量降低的更大, 制造商会承担利润损失。对零售商来说, 零售渠道销量的降低和批发价格的升高会造成零售商更多的利润损失。从总体上来看, 在制造商没有预测到零售商具有公平关切的情况下, 制造商利润、零售商利润、供应链整体利润、产品销量总和都有不同程度的减少, 制造商应该竭力避免这种情况的发生。

证明:

$$\begin{aligned} \Delta\pi_R^{D23} &= \pi_R^{D2*} - \pi_R^{D3*} \\ &= \frac{\lambda(4\lambda^2 + 5\lambda + 2)}{16(2\lambda + 1)(1 + \lambda)^2}[\alpha\theta - (1 - \beta) * c_n]^2 > 0 \\ \Delta\pi_M^{D23} &= \pi_M^{D2*} - \pi_M^{D3*} \\ &= \frac{\lambda^2}{8(2\lambda^2 + 3\lambda + 1)}[\alpha\theta - (1 - \beta) * c_n]^2 > 0 \\ \Delta\pi^{D23} &= \pi^{D2*} - \pi^{D3*} \\ &= \frac{\lambda(3\lambda + 2)}{16(1 + \lambda)^2}[\alpha\theta - (1 - \beta) * c_n]^2 > 0 \\ \Delta\omega^{23} &= \omega^{D2*} - \omega^{D3*} \\ &= -\frac{\lambda(3\lambda + 2)}{(1 + 2\lambda)}[\alpha\theta - (1 - \beta) * c_n] < 0 \\ \Delta p_r^{D23} &= p_r^{D2*} - p_r^{D3*} \\ &= -\frac{\lambda}{2(1 + 2\lambda)}[\alpha\theta - (1 - \beta) * c_n] < 0 \\ \Delta D_r^{D23} &= \Delta D_r^{D2*} - \Delta D_r^{D3*} \\ &= \frac{\lambda}{2(1 + 2\lambda)}[\alpha\theta - (1 - \beta) * c_n] > 0 \\ \Delta D_d^{D23} &= \Delta D_d^{D2*} - \Delta D_d^{D3*} \\ &= -\frac{\beta\lambda}{2(1 + 2\lambda)}[\alpha\theta - (1 - \beta) * c_n] < 0 \\ |\Delta\pi_M^{D23}| &< |\Delta\pi_R^{D23}|, p_r^{D2*} = p_r^{D3*}, \\ |\Delta D_d^{D23}| &< |\Delta D_r^{D23}| \end{aligned}$$

命题 4: 从正向供应链分析, 与三种情景下的分散决策相比, 集中决策降低了零售价格, 提高了零售渠道的销量。无论是集中决策还是分散决策, 直销价格维持不变, 但是由于集中决策下零售价格的

降低使得直销渠道产品的销量降低,这说明集中决策虽然对直销渠道产品的销量不利,但是对提高产品的总销量有利。从逆向供应链分析,集中决策能够提高废旧产品的回收价格,提高了废旧产品的回收量,这有利于减少电子产品等的污染,对整个社会的环境保护方面是有利的。从供应链系统整体来说,分散决策由于“双重边际效应”的存在,系统总利润低于集中决策。

证明:

$$p_r^{C^*} < p_r^{D1^*} = p_r^{D2^*} < p_r^{C3^*}$$

$$D_r^{C^*} > D_r^{D1^*} = D_r^{D2^*} > D_r^{D3^*}$$

$$D_d^{C^*} < D_d^{D1^*} = D_d^{D2^*} < D_d^{D3^*}$$

$$p_t^{C^*} < p_t^{D2^*}, G^{C^*} < G^{D2^*}$$

$$D^{C^*} > D^{D1^*} = D^{D2^*} > D^{D3^*}$$

$$p_t^{C^*} > p_t^{D1^*} = p_t^{D2^*} = p_t^{D3^*}$$

$$G^{C^*} > G^{D1^*} = G^{D2^*} = G^{D3^*}$$

## 八、算例分析

通过数值算例来分析以上结果。假设市场的潜在规模  $\alpha=50$ ,消费者对传统渠道的偏好程度  $\theta=0.4$ ,渠道间交叉价格弹性系数  $\beta=0.5$ ,新产品的生产成本  $c_n=5$ ,再制造产品的单位节约成本  $\Delta=0$ ,废旧产品的供应函数为  $G=5+10P_t$ 。

根据以上的假设,首先考虑公平关切对批发价格的影响。

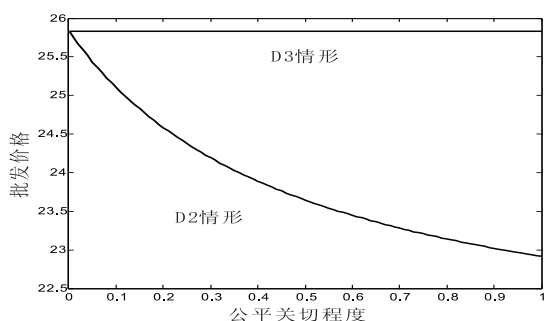


图1 零售商公平关切对批发价格的影响

Fig. 1 Impact of retailers' fair concerns on wholesale prices

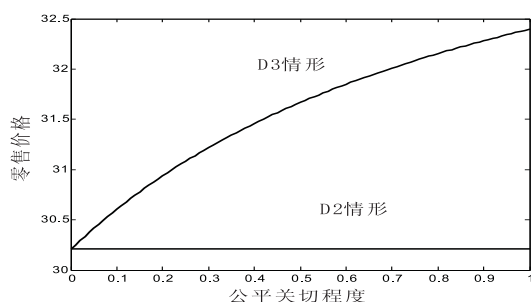


图2 零售商公平关切对零售价格的影响

Fig. 2 Impact of retailers' fair concerns on retail prices

根据命题1和命题2,零售商公平关切对批发价格的影响见图1。由图1可知,当  $\lambda \neq 0$  时,随着零售商公平关切程度的增加,在制造商考虑零售商公平关切行为的情况下,最优批发价格不断降低,但是在制造商没有预测到零售商的公平关切行为时,最优批发价格保持不变。

根据命题3,零售商公平关切对零售价格的影响见图2。由图2可知,当  $\lambda \neq 0$  时,随着零售商公平关切程度的增加,在制造商考虑零售商公平关切行为的情况下,最优零售价格不断增加,但是在制造商没有预测到零售商的公平关切行为时,最优零售价格保持不变。

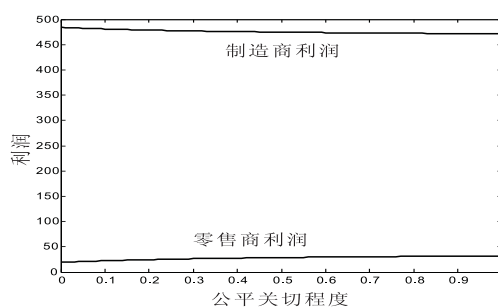


图3 零售商公平关切对零售商和制造商利润的影响

Fig. 3 Impact of retailers' fair concerns on the profits of retailers and manufacturers

根据命题2,零售商公平关切对零售商和制造商利润的影响见图3,当  $\lambda \neq 0$  时,随着零售商公平关切程度的增加,在制造商考虑零售商公平关切行为倾向的情形下,制造商利润不断减少,零售商利润不断增加,制造商利润和零售商利润存在此消彼长的关系。

## 九、结论

本文将公平关切引入到供应链中,针对由一个主导制造商、一个零售商、一个第三方回收商构成的双渠道闭环供应链,分析了集中式、公平中性分散式、制造商考虑零售商公平关切分散式和制造商忽视零售商公平关切分散式等四种情况对闭环供应链成员和供应链系统最优决策的影响。得到如下的主要结论:1. 在制造商考虑零售商公平关切行为的情形下,公平关切不影响零售价格、直销价格和回收价格,也不影响供应链整体的利润,但是批发价格会低于公平中性时的情况。制造商的利润随着公平关切系数  $\lambda$  的增大而减小,零售商的利润随着公平关切系数  $\lambda$  的增大而增大。第三方回收商利润和供应链系统利润不变,制造商利润和零售商利润存在着此消彼长的关系。2. 当制造商忽视零售商公平关切行为时,会造成制造商和零售商利润

同时降低,第三方回收商利润不变。此时,零售价格增加和批发价格同时增加,虽然直销渠道的销量增加,但是由于零售渠道的销量减少的更多,因此,产品的总销量依然降低。

本文还有一些不足和值得扩展的地方:1. 本文只考虑了零售公平关切的2种情形而未考虑制造商或第三方回收商具有公平关切的情形。2. 本文假设新产品与再制造产品完全一致,这与实际情况不完全相符。3. 市场上存在像苏宁、国美电器这样实力雄厚的零售商,可以进一步考虑零售商为市场主导者或者制造商与零售商为NASH均衡博弈的情形。

## 参考文献

- [1] Fang Zhang, Junhai Ma. Research on the Complex Features about a Dual-channel Supply Chain with a Fair Caring Retailer[J]. Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, 2016(30):151—167.
- [2] Tony Haitao Cui, Jagmohan S, Raju Z, et al. Fairness and Channel Coordination[J]. Management Science, 2007, 53(8):1303—1314.
- [3] Fehr E, Schmidt K M. A Theory of Fairness, Competition and Cooperation[J]. Quarterly Journal of Economics, 1999, 114(3):817—868.
- [4] Katok E, Pavlov V. Fairness in Supply Chain Contracts: A Laboratory Study[J]. Journal of Operations Management, 2013, 31(3): 129—137.
- [5] Haitao Cui T, Raju J S, Zhang Z J. Fairness and Channel Coordination[J]. Management Science, 2007, 53(8): 1303—1314.
- [6] Caliskan-Demirag O, Chen Y F, Li J. Channel Coordination under Fairness Concerns and Nonlinear Demand [J]. European Journal of Operational Research, 2010, 207(3): 1321—1326.
- [7] 杜少甫, 杜婵, 梁樑, 等. 考虑公平关切的供应链契约与协调[J]. 管理科学学报, 2010, 13(11): 41—48.
- [8] Katok E, Olsen T, Pavlov V. Wholesale Pricing under Mild and Privately Known Concerns for Fairness[J]. Production and Operations Management, 2014, 23(2): 285—302.
- [9] 浦徐进, 诸葛瑞杰, 范旺达. 考虑横向和纵向公平的双渠道供应链均衡策略[J]. 系统工程学报, 2014(4): 10—20.
- [10] 李波, 李宜楠, 侯丽婷, 等. 具有公平关切的零售商对双渠道供应链决策影响分析[J]. 控制与决策, 2015, 30(5): 955—960.
- [11] 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.
- [12] 张克勇, 吴燕, 侯世旺. 零售商公平关切下闭环供应链定价策略研究[J]. 山东大学学报: 理学版, 2013, 48(5): 83—91.

(责任编辑:蒋 萍)

## Decision over Closed-loop Supply Chains in Dual-channel marketing of Retailers' Fair Concern Behavior

CENG You-xin, YANG Yu-zhou, ZHANG Hong

(School of Business, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

**Abstract:** This paper analyzes the impact of retailers' fair concern behaviors on the equilibrium strategy of supply chain in the dual-channel marketing closed-loop supply chains. This paper constructs pricing model of dual-channel closed-loop supply chains in the centralized forms, fair, neutral, decentralized forms, the decentralized forms of manufacturers considering retailers' fairness and the decentralized forms of manufacturers neglecting retailers' fairness. This paper makes a comparative study of what kind of impact different circumstances will have on the selling price, retail price, influence recovery price and supply chain system of each member of the profit. The results show that when manufacturers predict that retailers have fair concerns, retailers' profits increase with the increasing degree of fairness concerns retailers while the manufacturers' profits decrease. There is a trade-off between the two, and the profit of the supply chain system remains unchanged. When manufacturers ignore retailers' fair concerns, the profits of manufacturers and retailers decrease. Although the direct sales channels increased, but total sales of products is reduced, reducing the profits of supply chain system.

**Key words:** Fair Concern; Dual-channel Supply Chains; Closed-loop Supply Chain