

零售商竞争环境下闭环供应链的协调问题研究

张克勇^{1,2}, 周国华¹

(1. 西南交通大学 经济管理学院, 成都 610031; 2. 中北大学 经济管理学院, 太原 030051)

摘 要: 本文研究了由一家制造商和两家零售商所组成的闭环供应链系统的协调问题, 利用博弈理论对两零售商竞争环境下非合作分散决策模型和合作集中决策模型进行了分析, 得到了闭环供应链系统成员的最优定价策略和最终利润。据此, 本文提出了一种收益分享协调定价策略, 以使分散决策下供应链系统的利润达到集中决策下的利润水平。最后, 通过数值仿真分析了两零售商新产品需求价格弹性系数和竞争替代系数、废旧品回收价格敏感系数和竞争替代系数对供应链系统定价决策和利润的影响。

关键词: 闭环供应链; 零售商竞争; 定价决策; 收益共享

中图分类号: F274 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-980X(2008)10-0114-05

1 文献综述

随着人们生态环境保护意识的加强, 世界各国都加大了环境保护方面的立法力度, 纷纷制定了一些法律、法规, 要求企业对废旧产品进行回收再造; 同时, 企业也发现, 对废旧产品进行回收、再造能为企业赢得良好的声誉和企业利润, 且有助于提高企业的竞争力。闭环供应链问题已成为业界和学术界关注的重要议题, 许多企业开始将其纳入自身的发展战略体系。闭环供应链是指在传统正向供应链上加入逆向供应链而形成的一个闭环系统 (closed-loop supply chain, 简称 CLSC)^[1,2], 其实质是通过产品的正向交付与逆向回收再造, 实现“资源—生产—消费—再生资源”循环的一种反馈闭环系统。

在目前有关闭环供应链的研究文献中, 定性分析研究较多, 定量分析研究主要集中在闭环供应链物流网络的设计、库存控制、回收和再制造等方面。对闭环供应链定价协调问题的研究文献较少。如, Guide 和 Van Wassenhove^[3] 研究了闭环供应链中废旧产品回收的决策模型, 虽然该模型考虑了回收产品质量不确定性问题, 但没有考虑零售商之间的竞争问题。Savaskan 和 Bhattacharya^[4]、黄祖庆、达利庆^[5] 等研究了闭环供应链中不同回收结构的定价

策略和渠道效率问题, 但是其研究假定废旧品的回收量是成品市场需求量的一个比例, 没有考虑回收价格对废旧品回收量的影响, 且把废旧产品的回收价格看成是外生变量。顾巧论、高铁杠^[6] 则应用博弈理论研究了逆向供应链系统中废旧产品回收的最优定价策略及其效率问题, 虽然该研究把废旧产品回收价格作为零售商决策变量, 但没有考虑零售商的竞争问题, 也没有涉及闭环供应链的协调问题。Vorasayan 和 Ryan^[7] 利用数学规划模型研究了回收再加工产品的最优价格和回收数量之间的关系, 分析了回收质量和成本的变化对最优决策的影响。Ferguson、Guide 和 Souza^[8] 研究了闭环供应链中错误回收报废产品的协调问题, 提出了一种目标折扣合约以激励零售商的回收努力, 降低报废无用产品的回收、加工费用和提高净销售水平。邱若臻和黄小原^[9]、王玉燕和李帮义等^[10] 以及葛静燕等^[11,12] 应用博弈理论分别对不同形式下的闭环供应链定价与协调问题进行了建模分析, 但这些文献对闭环供应链系统的定价和协调问题的研究都只是基于一个零售商和一个制造商的假设, 没有考虑多零售商之间竞争的情况。本文不同于以上研究, 主要研究在由一个制造商和两个零售商构成的闭环供应链中零售商之间存在竞争的情况下供应链系统的定价和协调问题。

收稿日期: 2008-06-04

基金项目: 铁道部科技研究开发计划资助项目 (2005F026)

作者简介: 张克勇 (1972—), 男, 中北大学经济管理学院讲师, 西南交通大学经济管理学院博士研究生, 研究方向: 生产运营与供应链管理; 周国华 (1966—), 男, 江苏张家港人, 西南交通大学经济管理学院教授, 博士生导师, 研究方向: 生产运营与供应链管理、项目管理。

2 问题描述与假设

本文假设闭环供应链由一家制造商与两家零售商组成,两家零售商以统一的价格从制造商处买入同质产品,由于市场竞争激烈,两家零售商之间不是独立的,各自产品的市场零售价格都会影响对方的销售需求量。假设两家零售商在双寡头垄断市场上有着相同的竞争能力,且两零售商之间表现为 Cournot 竞争,则其需求函数设为^[13]:

$$D_i = \alpha - \beta P_i + \delta P_j (i = 1, 2; j = 3 - i)。$$

其中, D_i 表示零售商 i 的产品市场需求量, P_i 为零售商 i 的市场销售价格, P_j 为零售商 j 的市场销售价格, α 为产品的市场总容量, δ 为两零售商之间的竞争替代系数, β 为价格敏感系数, 且满足 $\beta > \delta > 0$ 。两零售商负责对废旧产品进行回收, 假设两家零售商在回收市场上也表现为 Cournot 竞争, 自己的回收价格会影响对方的回收量, 则废旧产品的供给函数设为: $G_i = k + hP_{ri} - \lambda P_{rj} (i = 1, 2; j = 3 - i; h > \lambda > 0; k > 0)$ 。

其中, G_i 表示零售商 i 的回收量, P_{ri} 为零售商 i 的废旧产品回收价格, P_{rj} 为零售商 j 的废旧产品回收价格, k 为当回收价格为 0 时市场上消费者自愿返还废旧品的数量, h 为消费者对回收价格的敏感系数, λ 为两零售商之间的回收竞争系数。

制造商生产新产品和再造品的单位成本分别为 C_m 和 C_r , 且满足 $C_m > C_r > 0$; 令 $\Delta = C_m - C_r$, 其表示再造产品时节约的单位成本。假设新产品和再造品的质量相同, 制造商给两家零售商以相同的批发价格 w , 两家零售商分别以价格 P_1 和 P_2 向市场销售产品, 同时分别以价格 P_{r1} 和 P_{r2} 从消费者手中回收废旧产品, 制造商以价格 P_m 向零售商回收废旧产品, 且有 $P_{ri} < P_m < \Delta (i = 1, 2)$ (即保证制造商和零售商都获得收益、有回收的动力)。

由上述问题及假设可得制造商的利润 Π_M 和两家零售商的利润 Π_{R1} 、 Π_{R2} , 分别为:

$$\Pi_M = \sum_{i=1}^2 [(w - C_m) D_i + (\Delta - P_m) G_i]; \quad (1)$$

$$\Pi_{R1} = (P_1 - w) D_1 + (P_m - P_{r1}) G_1; \quad (2)$$

$$\Pi_{R2} = (P_2 - w) D_2 + (P_m - P_{r2}) G_2。 \quad (3)$$

3 非合作分散决策模型

在分散决策情况下, 本文假设制造商和两零售商的关系为 Stackelberg 博弈关系, 且制造商为领导者, 两零售商为跟随者, 即制造商首先确定自己的批

发价格 w 和回收价格 P_m , 以使自己的收益最大化, 两零售商随即根据制造商提供的价格来确定自己的价格策略, 以期最大化自己的收益。于是, 非合作分散决策问题如下:

$$\begin{cases} \max_{w, P_m} \Pi_M = \sum_{i=1}^2 [(w - C_m) D_i + (\Delta - P_m) G_i] \\ \text{s. t. } \max_{P_1, P_{r1}} \Pi_{R1} = (P_1 - w) D_1 + (P_m - P_{r1}) G_1 \\ \max_{P_2, P_{r2}} \Pi_{R2} = (P_2 - w) D_2 + (P_m - P_{r2}) G_2 \end{cases} \quad (4)$$

根据逆推归纳法, 先由 $\frac{\partial \Pi_{R1}}{\partial P_1} = 0, \frac{\partial \Pi_{R1}}{\partial P_{r1}} = 0,$

$\frac{\partial \Pi_{R2}}{\partial P_2} = 0, \frac{\partial \Pi_{R2}}{\partial P_{r2}} = 0,$ 联立解得:

$$\begin{cases} P_1 = P_2 = \frac{\alpha + \beta w}{2\beta - \delta} \\ P_{r1} = P_{r2} = \frac{hP_m - k}{2h - \lambda} \end{cases} \quad (5)$$

把式(5)代入式(1)可得:

$$\Pi_M = 2\beta[\alpha - w(\beta - \delta)](w - C_m)/(2\beta - \delta) + 2h(C_m - C_r - P_m)[k + (h - \lambda)P_m]/(2h - \lambda)。$$

又由 $\frac{\partial \Pi_M}{\partial w} = 0, \frac{\partial \Pi_M}{\partial P_m} = 0,$ 联立解得:

$$w^* = [\alpha + C_m(\beta - \delta)]/[2(\beta - \delta)],$$

$$P_m^* = [(h - \lambda)\Delta - k]/[2(h - \lambda)]。$$

把 w^* 和 P_m^* 代入(5)式可得:

$$P_1^* = P_2^* = \frac{3\alpha\beta - 2\alpha\delta + C_m\beta^2 - C_m\beta\delta}{4\beta^2 - 6\beta\delta + 2\delta^2},$$

$$P_{r1}^* = P_{r2}^* = \frac{3hk - 2k\lambda + (h\lambda - h^2)\Delta}{(2h - \lambda)(2h - 2\lambda)}。$$

再把 w^* 、 P_m^* 、 P_1^* 、 P_2^* 、 P_{r1}^* 、 P_{r2}^* 分别代入式(1)、式(2)和式(3), 可得:

$$\Pi_M^* = \frac{1}{2} \left\{ \frac{\beta[\alpha + C_m(\delta - \beta)]^2}{2\beta^2 - 3\beta\delta + \delta^2} + \frac{h[k + (h - \lambda)\Delta]^2}{\lambda^2 + 2h^2 - 3h\lambda} \right\}; \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \Pi_{R1}^* &= \Pi_{R2}^* = \frac{1}{4} \left\{ \frac{\beta[\alpha + C_m(\delta - \beta)]^2}{(2\beta - \delta)^2} + \right. \\ &\quad \left. \frac{h[k + (h - \lambda)\Delta]^2}{(2h - \lambda)^2} \right\}。 \end{aligned} \quad (7)$$

定理 1: (w^* , P_m^* ; $P_1^* = P_2^*$, $P_{r1}^* = P_{r2}^*$) 即为分散决策下制造商与两零售商非合作 Stackelberg 博弈问题的均衡解, (Π_M^* ; $\Pi_{R1}^* = \Pi_{R2}^*$) 分别为对应的制造商和两家零售商的最优利润。

4 合作集中决策模型

集中决策系统定价时, 系统所要确定的决策变量就是两零售商的产品零售价格和从消费者处回收

的废旧产品价格,而批发价格和回收转移价格则仅决定系统最优收益在成员之间的分配,而不会影响系统的总收益。于是,合作集中决策问题建模如下:

$$\max_{P_1, P_2, P_{r1}, P_{r2}} \Pi = \sum_i [(P_i - C_m) D_i + (\Delta - P_{ri}) G_i] \quad (8)$$

由式(9)分别对 P_1 、 P_2 、 P_{r1} 和 P_{r2} 求一阶偏导数,并令其等于 0,联立解得:

$$(P_1^{**} = P_2^{**}; P_{r1}^{**} = P_{r2}^{**}) = \left(\frac{\alpha + C_m\beta - C_m\delta}{2(\beta - \delta)}, \frac{(h - \lambda)\Delta - k}{2(h - \lambda)} \right) \quad (9)$$

把式(10)代入 $\Pi = \sum_i [(P_i - C_m) D_i + (\Delta - P_{ri}) G_i]$, 可得:

$$\Pi^{**} = \frac{(\alpha - C_m\beta + C_m\delta)^2}{2(\beta - \delta)} + \frac{[(h - \lambda)\Delta + k]^2}{2(h - \lambda)}$$

定理 2: $(P_1^{**} = P_2^{**}; P_{r1}^{**} = P_{r2}^{**})$ 为系统合作集中定价的最优策略集, Π^{**} 为系统的最优收益。

定理 3: $P_1^{**} = P_2^{**} < P_1^* = P_2^*$; $P_{r1}^{**} = P_{r2}^{**} > P_{r1}^* = P_{r2}^*$; $\Pi^{**} > \Pi^* = \Pi_M^* + \Pi_{R1}^* + \Pi_{R2}^*$ 。

证明:结合式(6)和式(10),很容易得出定理 3 中的 和 成立。又由 $\Pi^{**} - \Pi^* = \frac{1}{2} \left\{ \frac{(\beta - \delta)}{(2\beta - \delta)^2} (\alpha + C_m\delta - C_m\beta)^2 + \frac{(h - \lambda)}{(2h - \lambda)^2} [(h - \lambda)\Delta + k]^2 \right\}$, 由假设条件 $\beta > \delta > 0, h > \lambda > 0$, 很显然, $\Pi^{**} > \Pi^*$ 成立。

定理 3 表明,分散决策情况下的市场零售价格要高于集中决策情况下的市场零售价格,前者的销售量较低;分散决策情况下的废旧产品回收价格要低于集中决策情况下的废旧产品回收价格,前者的回收量较低;集中决策情况下的系统利润要高于分散决策情况下的系统利润,这也说明了集中决策对消费者是有利的。定理 3 中的结论与一个零售商时的情况相似^[11],但在两家零售商竞争模型中,各决策变量与利润还均受两者竞争替代系数的影响,对此后文将通过数值仿真加以详细分析。

5 收益分享协调定价策略

从上面的分析可知,分散决策定价会造成整个闭环供应链系统利润的损失,所以制造商和销售商可以通力合作、完全共享信息,以集中式闭环供应链系统结构组织生产运作、进行合作联合定价,以谋求供应链系统的最大整体效益,然后根据制造商和零售商之间事先商定的合作契约进行收益分配。接下来,本文将探讨收益分享协调定价策略问题。

设契约中制造商分享合作整体收益的比例为 $\mu (0 \leq \mu \leq 1)$, 则制造商的收益为 $\Pi_M^* = \mu \Pi^{**}$, 两家零售商的收益和为 $\Pi_{eR}^* = (1 - \mu) \Pi^{**}$, 整个闭环供应链系统收益 $\Pi_e^* = \Pi^{**}$ 。闭环供应链系统整体收益分为两部分,即新产品收益部分和再造品收益部分,制造商分享两者的比例都为 μ 。此时,两零售商以合作集中型闭环供应链结构的最优价格 P_1^{**} 和 $P_2^{**} (P_1^{**} = P_2^{**})$ 进行新产品的市场销售,以最优价格 P_{r1}^{**} 和 $P_{r2}^{**} (P_{r1}^{**} = P_{r2}^{**})$ 进行废旧产品的回收,每销售单位新产品和再造品的整个闭环供应链系统所得收益分别为 $P_1^{**} - C_m$ 和 $C_m - C_r - P_{r1}^{**}$ 。根据契约,制造商的新产品收益和再造品收益分别为 $\mu(P_1^{**} - C_m)$ 和 $\mu(C_m - C_r - P_{r1}^{**})$ 。设此时制造商对零售商的协调批发价格为 w_e^* , 协调回收价格为 P_{em}^* , 则由 $\mu(P_1^{**} - C_m) = w_e^* - C_m$ 和 $\mu(C_m - C_r - P_{r1}^{**}) = w_e^* - P_{em}^* - C_r$, 可求得收益共享下制造商的协调批发价格和回收价格分别为:

$$w_e^* = \mu P_1^{**} + (1 - \mu) C_m;$$

$$P_{em}^* = \mu(P_1^{**} + P_{r1}^{**} - 2C_m + C_r) + C_m - C_r。$$

定理 4:当制造商的协调价格为 $(w_e^*, P_{em}^*) = (\mu P_1^{**} + (1 - \mu) C_m, \mu(P_1^{**} + P_{r1}^{**} - 2C_m + C_r) + C_m - C_r)$ 时,闭环供应链系统得到协调,并使分散决策的系统利润与集中决策的系统利润相同。

6 数值算例与灵敏性分析

下面,本文进一步对上述各模型进行敏感性分析。根据上述各模型的特点,本文将分别探讨参数 β 、 δ 变化而参数 h 、 λ 一定时以及参数 h 、 λ 变化而参数 β 、 δ 一定时,变化的参数对闭环供应链系统各决策变量、系统利润以及渠道效率的影响。假设制造商生产新产品和再造品的成本分别为 $C_m = 10$ 和 $C_r = 4$, 采用 Mathematic 4.0 软件进行仿真运算,结果见表 1 和表 2。

根据仿真结果,我们可以分析两零售商之间的市场销售竞争替代系数 δ 与市场需求敏感系数 β 以及零售商之间废旧品回收竞争系数 λ 和回收价格敏感系数 h 对闭环供应链系统各决策变量、系统利润以及渠道效率的影响。

1) 从表 1 和表 2 可以看出,两零售商之间的市场销售竞争替代系数 δ 和废旧品回收竞争系数 λ 对闭环供应链系统渠道效率的影响是:随着 δ 和 λ 的增大,闭环供应链系统的渠道效率 E_f 增大。这说明两零售商之间的竞争(正向竞争和逆向竞争)加剧

表 1 参数 β 和 δ 的变化对闭环供应链系统的影响 ($h = 20, \lambda = 10$)

β	分散决策情况						集中决策情况		Ef
	δ	w^*	$P_1^* = P_2^*$	$\Pi_{R1}^* = \Pi_{R2}^*$	Π_M^*	$2\Pi_R^*/\Pi_M^*$	$P_1^{**} = P_2^{**}$	Π^{**}	
$\beta = 15$	8	19.3	22.24	158.16	986.39	0.321	19.29	1452.14	0.897
	10	25.0	28.75	238.16	1850.83	0.257	25.00	2495.00	0.933
	12	38.3	43.06	361.71	4177.22	0.173	38.33	5061.67	0.968
$\beta = 20$	8	13.3	14.58	58.47	330.00	0.354	13.33	511.67	0.873
	10	15.0	16.67	82.78	496.67	0.333	15.00	745.00	0.889
	12	17.5	19.64	119.06	806.19	0.295	17.50	1145.00	0.912
$\beta = 25$	8	10.9	11.24	30.40	179.00	0.339	10.88	271.47	0.883
	10	11.7	12.29	36.99	215.42	0.343	11.67	328.33	0.881
	12	12.7	13.61	48.43	287.32	0.337	12.69	433.46	0.886

表 2 参数 h 和 λ 的变化对闭环供应链系统的影响 ($\beta = 15, \delta = 10$)

h	分散决策情况						集中决策情况		Ef
	λ	P_m^*	$P_{r1}^* = P_{r2}^*$	$\Pi_{R1}^* = \Pi_{R2}^*$	Π_M^*	$2\Pi_R^*/\Pi_M^*$	$P_{r1}^{**} = P_{r2}^{**}$	Π^{**}	
$h = 15$	6	2.44	1.11	237.604	1829.72	0.25972	2.444	2477.55	0.9303
	9	2.17	1.07	228.931	1813.45	0.25248	2.170	2426.33	0.9361
	12	1.33	0.56	220.012	1796.39	0.24495	1.333	2380.67	0.9394
$h = 20$	6	2.64	1.26	249.156	1873.13	0.26603	2.640	2565.57	0.9243
	9	2.55	1.32	240.990	1856.88	0.25956	2.545	2512.55	0.9309
	12	2.38	1.34	232.390	1837.68	0.25292	2.375	2460.25	0.9359
$h = 25$	6	2.74	1.33	260.576	1917.40	0.27180	2.740	2654.63	0.9186
	9	2.69	1.40	252.713	1901.60	0.26579	2.688	2601.12	0.9254
	12	2.62	1.46	244.456	1883.45	0.25958	2.620	2547.85	0.9311

会提高供应链系统的渠道效率。零售商利润、制造商利润和供应链系统利润均随着两零售商之间市场销售竞争替代系数 δ 的增大而增大;这是因为竞争加剧会引起新产品市场销售价格和订购量增加。而随着两零售商之间废旧品回收竞争系数 λ 的增大,零售商和制造商的利润以及系统利润均略有减少;这是因为回收竞争程度提高,则两零售商会降低回收价格,回收量减少,从而造成利润略有减少。从表 1 和表 2 还可以看出,在相同的市场条件下, δ 和 λ 的增大,均使得零售商分享的渠道利润减少(从表 1 和表 2 中 $2\Pi_R^*/\Pi_M^*$ 的值可以看出)。如,表 1 中,当 ($\beta = 15, \delta = 8$) 和 ($\beta = 15, \delta = 12$) 时, $2\Pi_R^*/\Pi_M^*$ 的值分别为 0.321 和 0.173,这说明两零售商之间竞争(不管是正向竞争还是逆向竞争)程度的加剧对零售商是不利的,而对制造商是有利的,这也是实践中一些制造商采取很多措施刺激零售商竞争的缘故和动力所在。

2) 由表 1 可知,新产品市场批发价格、销售价格以及零售商和制造商的利润均随着市场需求价格敏感系数 β 的增大而降低。同时,当 β 和 δ 的值相等时,制造商分享的渠道利润远远大于零售商分享的利润(由表 1 中 $2\Pi_R^*/\Pi_M^*$ 的值可知)。这表明,制造商在实践中往往不能采取只关注自己的最优策略,

而是需要通过某种契约让零售商也分享其部分所得,从而激励零售商参与到供应链中来,以维持供应链的运作。从表 2 可以看出,随着废旧产品回收价格敏感系数 h 的增大,供应链中的各种废旧产品回收价格增大,制造商和零售商的利润均略有增加。这是因为废旧产品回收价格敏感系数越大,提高回收价格引起的回收量增加就越大。

3) 从表 1 和表 2 还可发现,闭环供应链系统中存在正向和逆向的双重边际加价问题。

7 结论

本文研究了由一家制造商与两家零售商所组成的闭环供应链系统的定价与协调问题。研究表明:

1) 当制造商和零售商进行合作集中决策时,新产品的零售价格较低而废旧产品回收价格较高,新产品的销售量和废旧产品的回收量都较高,因此供应链系统的利润也较高。但在现实中,制造商和各零售商都是独立的经济实体,都以自身利润的最大化进行决策,因而会产生正逆双向的双重加价问题,从而导致供应链系统的效率降低。因此,本文提出一种利润分享协调定价策略,通过制定恰当的利润分享比例和协调价格,使得分散决策下的零售商和制造商的利润、消费者效用都得到提高,从而使供应

链系统的利润达到集中决策下的水平。

2) 通过上述数值算例与灵敏性分析发现,两零售商之间的竞争(正向竞争和逆向竞争)对供应链系统决策和利润均有着显著的影响。两零售商之间市场销售竞争程度和回收竞争程度的加大,都会导致供应链系统渠道效率的提高。不过,这样会使两零售商的利润减少,而制造商的利润会增加,即对两零售商不利,而对制造商有利。零售商和制造商的利润均随着市场需求价格弹性系数的增大而降低,而随着回收价格弹性系数的增大而增大;零售商和制造商的利润以及供应链系统的利润均随着销售竞争程度的提高而略有增加,而随着回收竞争程度的提高而略有下降。

参考文献

- [1] TIHBEN-LEMBKE R, ROGERS D. Differences between forward and reverse logistics in a retail environment[J]. Supply Chain Management: An International Journal, 2002, 7(5): 271-282.
- [2] GUIDE V D R, HARRISON T P, VAN WASSENHOVE L N. The Challenge of Closed-loop Supply Chain[J]. Interface, 2003, 33(6): 3-6.
- [3] GUIDE V D R, VAN WASSENHOVE L N. Managing product returns for remanufacturing[J]. Production Operations Management, 2001, 10(2): 142-155.
- [4] SAVASKAN R C, BHATTACHARYA S, VAN WASSENHOVE L N. Closed-loop supply chain models with product remanufacturing[J]. Management Science, 2004, 50(2): 239-252.
- [5] 黄祖庆, 达利庆. 线性性再制造供应链决策结构的效率分析[J]. 管理科学学报, 2006, 9(4): 51-56.
- [6] 顾巧论, 高铁杠, 石连柱. 基于博弈论的逆向供应链定价策略分析[J]. 系统工程理论与实践, 2005(3): 20-25.
- [7] VORASAYAN J, RYAN S M. Optimal price and quantity of refurbished products[J]. Production and Operations Management, 2006, 15(3): 369-383.
- [8] FERGUSON M, GUIDE V D R, SOUZA G C. Supply chain coordination for false failure returns[J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2006, 8(4): 376-393.
- [9] 邱若臻, 黄小原. 具有产品回收的闭环供应链协调模型[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2007, 28(6): 883-886.
- [10] 王玉燕, 李帮义, 乐菲菲. 两个闭环供应链的定价模型研究[J]. 预测, 2006(6): 70-73.
- [11] 葛静燕, 黄培清, 王子萍. 基于博弈论的闭环供应链协调问题[J]. 系统管理学报, 2007, 16(5): 549-552.
- [12] 葛静燕, 黄培清. 价格相依的闭环供应链渠道选择和协调策略[J]. 工业工程与管理, 2007(1): 29-33.
- [13] YAO Z, LEUNG S C H, LAI K K. Manufacturer's revenue-sharing contract and retail competition[J]. European Journal of Operational Research, 2008, 186: 637-651.

Research on Coordination of Closed-loop Supply Chain with Retailer Competition

Zhang Keyong^{1,2}, Zhou Guohua¹

(1. School of Economics and Management, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;

2. School of Economics and Management, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: This paper studies the pricing and coordination strategy of the closed-loop supply chain composed of one manufacturer and two competing retailers. Based on the game theory, it analyzes the decentralized and centralized pricing models under the condition with retailer competition, and obtains the optimal pricing strategy and the optimal profit of the members of closed-loop supply chain. Furthermore, it puts forward a profit-sharing coordination policy which makes the profit of the decentralized closed-loop supply chain equal to that of the integrated closed-loop supply chain. Finally, by the numerical simulation, it analyzes the influence of price-sensitivity factors and the competitive factors on the pricing decision and the profit of closed-loop supply chain.

Key words: closed-loop supply chain; retailer competition; pricing decision; profit shared