

## 不同渠道权力结构下制造商回收闭环供应链绩效分析

李明芳, 薛景梅

(河北科技大学 经济管理学院, 石家庄 050018)

**摘要:** 研究制造商回收闭环供应链中, 渠道权力结构对供应链决策及绩效的影响作用. 首先运用动态博弈模型刻画集中决策(C)、制造商主导(MS)、零售商主导(RS)和势力相当(B)4种渠道权力结构; 然后借助数学优化和逆向归纳思想推导供应链决策和绩效水平, 并将不同系统中供应链决策和绩效进行比较分析. 研究表明, 渠道权力会对产品定价、回收比例、供应链和企业利润产生重要影响. 最后, 结合数值算例验证了理论结果的合理性.

**关键词:** 闭环供应链; 渠道权力结构; 制造商回收; 博弈论

中图分类号: F224

文献标志码: A

## Performance analysis of manufacturer collecting closed-loop supply chain under different channel power structures

LI Ming-fang, XUE Jing-mei

(School of Economics Management, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang 050018, China.  
Correspondent: LI Ming-fang, E-mail: lmf229@sina.com)

**Abstract:** The effect of the channel power structure on the decisions and performance of the manufacturer collecting closed-loop supply chain is studied. Firstly, the dynamic game model is used to describe the four channel power structures which are centralized supply chain(C), manufacturers-leader(MS), retailers-leader(RS) and Bertrand supply chain(B). Then, by using the mathematical optimization and backward induction method, supply chain decisions and performance are derived and compared. The results show that the channel power plays an important role for the decisions and performance in the manufacturer collecting closed-loop supply chain. Finally, a numerical example is presented to illustrate the rationality of the theoretical results.

**Keywords:** closed-loop supply chain; channel power structure; manufacturer collecting; game theory

### 0 引言

伴随着国际上生产者责任延伸制的推行, 废弃产品的回收再制造已成为全球制造企业(特别是电子产品制造企业)整体生产活动的重要部分. 很多国际知名电子产品制造商, 如 Apple、Dell、施乐等都将废旧产品回收纳入其供应链范畴, 从而形成了涵盖“生产-销售-回收-再制造”的闭环供应链系统.

近几年闭环供应链研究主要集中在以下几方面:

1) 回收模式的研究. 文献[1]最早开始对闭环供应链回收模式加以探索, 指出由零售商负责回收废旧产品的闭环供应链效率最高. 文献[2]研究了供应链信息共享对回收模式选择的影响. 文献[3]研究了政府回收补贴和消费者环保意识对回收模式的影响. 文献[4]探讨了消费者对再制品和新产品的支付意愿差

异对回收模式选择的影响. 文献[5]探讨了政府基金政策中的环境税和经济补贴对闭环供应链最优决策的影响. 文献[6]分析了双渠道环境下的市场需求增加对闭环供应链定价的影响. 文献[7]探讨了制造商和零售商风险规避水平对供应链决策的影响.

2) 供应链协调及契约设计研究. 文献[8]研究了社会责任承担对闭环供应链决策和盈利性的影响, 并通过设计契约实现供应链协调. 文献[9]分析了竞争环境下零售商负责回收闭环供应链的协调问题. 文献[10]基于顾客对传统渠道和网络渠道需求偏好的差异, 研究了闭环供应链协调问题.

闭环供应链研究主旨在于分析市场、竞争、偏好等诸多因素对回收模式、定价等供应链决策和供应链绩效的影响, 但现有研究大多将制造商主导闭环供

收稿日期: 2015-09-08; 修回日期: 2016-01-18.

基金项目: 河北省自然科学基金项目(G2015208011).

作者简介: 李明芳(1982—), 女, 副教授, 博士, 从事供应链管理的研究; 薛景梅(1968—), 女, 教授, 从事物流管理研究.

供应链作为研究对象,忽略了渠道权力结构对供应链决策和绩效的影响.伴随着大型零售企业的发展与壮大,供应链渠道权力结构呈现多元化趋势,既存在联想、海尔等制造商主导的权力结构,也存在苏宁、国美等零售商主导的权力结构,还存在双方势力相当的权力结构.

现有研究表明,渠道权力结构会对供应链决策产生重要影响.文献[11]研究发现,渠道权力结构会影响供应链的定价和销售努力.文献[12]探讨了3种渠道权力结构下闭环供应链的定价问题,并设计二部定价契约实现供应链系统的协调.文献[13]以供应商-制造商供应链系统为对象,分析渠道权力结构对闭环供应链定价和绩效的影响.文献[14]探讨了消费者需求偏好和渠道权力对闭环供应链定价和绩效的混合作用.可以看出,不少学者已经尝试将渠道权力结构应用于闭环供应链决策和绩效分析,但现有研究大多是分析渠道权力结构对供应链定价的影响,忽略了其对逆向供应链回收比例的影响作用,从而使得对渠道权力结构的分析不够全面.另外,有学者通过对新产品和再制品进行分别定价来分析顾客需求偏好,这种差异定价措施一方面在实践中较少实施,另一方面也弱化了回收对正向供应链的影响作用.因此,将再制品和新品在销售渠道中同质化,分析渠道权力结构对正向供应链定价和逆向供应链回收决策的影响,能够更好地诠释渠道权力对闭环供应链的作用.

受生产者延伸责任制的影响以及网络直销渠道的冲击,传统零售市场的功能在不断调整和退化,电子产品的正向和逆向物趋向于由制造商直接承担,因此制造商负责回收闭环供应链系统具有重要研究意义.本文通过比较集中决策系统和3种渠道权力结构的分散决策系统,探讨渠道权力结构对正向渠道定价、逆向渠道回收比例以及供应链绩效的影响,并运用数值算例对研究结论加以验证.

## 1 问题描述及基本假设

本文将电子产品废弃物作为回收对象.对于电子产品而言,随着顾客环保意识的不断增强、生产者延伸责任制的实施、传统零售渠道的调整和萎缩,制造商已经成为电子产品回收的主要责任方.因此,本文以制造商负责回收的闭环供应链为研究对象,供应链系统由单一制造商和单一零售商组成,如图1所示.

本文的相关变量及假设如下:

1) 制造商使用新材料或废旧产品进行生产制造,新材料的单位制造成本为 $c_m$ ,废旧产品的单位再制造成本为 $c_r$ ,假定两种方式制造出来的产品是同质的,即不考虑顾客对再制品和新产品的偏好差异;

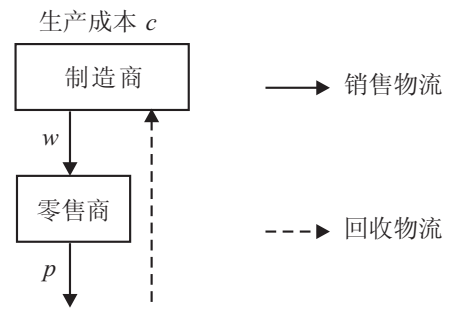


图1 制造商回收闭环供应链

制造商将产品以批发价 $w$ 将产品销售给零售商,零售商再以零售价 $p$ 将产品销售给消费者.

2) 制造商可以使用新材料,也可以使用回收产品进行生产,假定废旧产品再制造转化率为1.  $\Delta$ 表示使用回收产品作为原料进行再制造的单位成本节约,即 $\Delta = c_m - c_r$ . 假定废旧产品的再制造成本低于新材料制造成本,则有 $\Delta > 0$ .

3) 由于单位再制造成本低于单位新产品成本,制造商会将回收的所有废旧产品优先用于产品生产.  $\tau$ 表示制造商利用回收的废弃产品生产再制品所占比例,下文中称之为回收比例,其值取决于制造商的回收努力行为.

4) 制造商的生产成本包括废旧产品再制造成本(比例为 $\tau$ )和新材料制造成本(比例为 $1 - \tau$ ),故制造商单位综合生产成本可表示为 $c = (1 - \tau)c_m + \tau c_r = c_m - \tau \Delta$ .

5) 制造商的回收努力行为会产生一系列成本,包括回收投资成本、回收物流成本等,在此统称为回收成本( $I$ ). 废旧产品的回收成本是关于回收比例的单调增函数,且增速随着回收比例的增大而加快,即单调递增凸函数. 假定回收成本函数为 $I = k\tau^2$ , $k$ 表示回收成本系数,其值越大表示制造商的单位回收成本增速越快.

6) 假定市场对于再制品和新品不存在需求偏好差异,该产品的市场需求是关于零售价的单调增函数,不考虑市场需求的不确定性,需求函数设为 $Q = \alpha - \beta P$ . 其中: $\alpha$ 表示市场需求规模, $\beta$ 表示市场边际需求.

7) 假定制造商和零售商都是风险中性的,其期望效用等于期望收入,追求期望收入最大化. 由于不考虑市场需求的不确定性,制造商和零售商都以收入最大化作为决策目标.

本文使用 $\pi_i^j$ 表示渠道结构 $j$ 下决策主体 $i$ 的利润,上标和下标统一界定如下:下标使用小写字母表示决策主体, $i = s$ 表示供应链, $i = r$ 表示零售商, $i = m$ 表示制造商;上标使用大写字母表示渠道权力结构, $j = C$ 表示集中决策系统, $j = M$ 表示制造商

领导的 Stackelberg 系统 (MS),  $j = R$  表示零售商领导的 Stackelberg 系统 (RS),  $j = B$  表示双方势力相当的 Bertrand 系统。

供应链系统的整体利润为

$$\begin{aligned} \pi_s &= (p - c)Q - I = \\ &(\alpha - \beta p)(p - c_m + \tau\Delta) - k\tau^2; \end{aligned} \quad (1)$$

制造商的利润函数为

$$\begin{aligned} \pi_m &= (w - c)Q - I = \\ &(\alpha - \beta p)(w - c_m + \tau\Delta) - k\tau^2; \end{aligned} \quad (2)$$

零售商的利润函数为

$$\pi_r = (p - w)Q = (\alpha - \beta p)(p - w). \quad (3)$$

## 2 模型构建与求解

### 2.1 集中决策供应链系统 (C)

在集中决策供应链系统中, 制造商和零售商相互合作, 以实现闭环供应链系统总利润最大化的目标。联合决策产品的零售价格和废旧比例, 此时的优化问题可表示为

$$\max \pi_s = (\alpha - \beta p)(p - c_m + \tau\Delta) - k\tau^2. \quad (4)$$

对式 (4) 分别求解关于变量  $p$  和  $\tau$  的一阶导数, 联立可求得

$$\begin{cases} p^C = \frac{\alpha}{\beta} - \frac{2k(\alpha - \beta c_m)}{\beta(4k - \beta\Delta^2)}, \\ \tau^C = \frac{(\alpha - \beta c_m)\Delta}{4k - \beta\Delta^2}. \end{cases} \quad (5)$$

### 2.2 制造商领导的 Stackelberg 供应链系统 (MS)

在制造商领导的闭环供应链中, 制造商与零售商进行两阶段动态博弈, 博弈顺序为: 1) 制造商确定批发价格  $w$  和回收比例  $\tau$ ; 2) 零售商确定零售价  $p$ 。该问题可以抽象表示为一个双层优化模型

$$\begin{aligned} \max \pi_m^M &= (\alpha - \beta p)(w - c_m + \tau\Delta) - k\tau^2; \\ \text{s.t. } \max \pi_r^M &= (\alpha - \beta p)(p - w), \\ p \geq w \geq 0, \tau &\geq 0. \end{aligned} \quad (6)$$

运用逆向归纳方法求解式 (6) 的均衡解。首先, 求下层函数  $\pi_r^M$  关于  $p$  的优化解; 其次, 将  $p$  代入上层函数, 得

$$\max \pi_m^M = \frac{1}{2}(\alpha - \beta w)(w - c_m + \tau\Delta) - k\tau^2;$$

再次, 求制造商利润函数关于变量  $w$  和  $\tau$  的一阶导数, 联立求得  $w^M$  和  $\tau^M$ ; 最后, 将  $w^M$  和  $\tau^M$  代入  $p$  的表达式, 求得  $p^M$ , 即

$$\begin{cases} p^M = \frac{\alpha}{\beta} - \frac{2k(\alpha - \beta c_m)}{\beta(8k - \beta\Delta^2)}; \\ \tau^M = \frac{(\alpha - \beta c_m)\Delta}{8k - \beta\Delta^2}; \\ w^M = \frac{\alpha}{\beta} - \frac{4k(\alpha - \beta c_m)}{\beta(8k - \beta\Delta^2)}. \end{cases} \quad (7)$$

### 2.3 零售商领导的 Stackelberg 供应链系统 (RS)

在零售商领导的供应链系统中, 制造商与零售商同样进行两阶段动态博弈, 博弈顺序为: 1) 零售商先确定传统渠道产品零售价  $p$ ; 2) 制造商确定批发价  $w$  和回收比例  $\tau$ 。该问题可抽象为双层优化模型

$$\begin{aligned} \max \pi_r^R &= (\alpha - \beta p)(p - w); \\ \text{s.t. } \max \pi_m^R &= (\alpha - \beta p)(w - c_m + \tau\Delta) - k\tau^2, \\ p \geq w \geq 0, \tau &\geq 0. \end{aligned} \quad (8)$$

运用逆向归纳法求解式 (8) 的均衡解。

首先, 参照文献 [12] 的做法, 假设零售商单位产品利润为  $m = p - w$ , 将  $p = m + w$  代入下层制造商利润函数, 求  $\pi_r^R$  关于  $w, \tau$  一阶导数, 联立求得  $w$  和  $\tau$  值; 其次, 将  $w$  和  $\tau$  代入上层零售商利润函数, 得

$$\max \pi_r^R = (\alpha - \beta p) \left( 2p - \frac{\alpha}{\beta} - c_m + \frac{(\alpha - \beta p)\Delta^2}{2k} \right).$$

再次, 求零售商利润函数关于零售价的优化解  $p^R$ ; 最后, 将  $p^R$  代入式  $w$  和  $\tau$ , 求得  $w^R$  和  $\tau^R$ , 即

$$\begin{cases} p^R = \frac{\alpha}{\beta} - \frac{k(\alpha - \beta c_m)}{\beta(4k - \beta\Delta^2)}, \\ \tau^R = \frac{(\alpha - \beta c_m)\Delta}{2(4k - \beta\Delta^2)}, \\ w^R = \frac{\alpha}{\beta} - \frac{(6k - \beta\Delta^2)(\alpha - \beta c_m)}{2\beta(4k - \beta\Delta^2)}. \end{cases} \quad (9)$$

### 2.4 势均力敌的 Bertrand 供应链系统 (B)

在制造商和零售商均非领导者的供应链系统中, 制造商与零售商同时决策, 制造商确定产品批发价  $w$  和废旧产品回收比例  $\tau$ , 零售商确定产品零售价  $p$ 。联立制造商和零售商利润函数的一阶条件, 可求得供应链系统的最优决策为

$$\begin{cases} p^B = \frac{\alpha}{\beta} - \frac{2k(\alpha - \beta c_m)}{\beta(6k - \beta\Delta^2)}, \\ \tau^B = \frac{(\alpha - \beta c_m)\Delta}{6k - \beta\Delta^2}, \\ w^B = \frac{\alpha}{\beta} - \frac{4k(\alpha - \beta c_m)}{\beta(6k - \beta\Delta^2)}. \end{cases} \quad (10)$$

## 3 模型比较分析

为了分析渠道权力结构对正向供应链定价决策的影响, 将 4 种决策系统 (C、MS、RS、B) 的定价决策进行比较, 可以得到如下推论。

**推论 1** 批发价满足  $w^M > w^B > w^R$ 、零售价满足  $p^M > p^R > p^B > p^C$ 。

**证明**

$$\begin{aligned} p^M - p^R &= \frac{k(\alpha - \beta c_m)}{\beta(4k - \beta\Delta^2)} - \frac{k(\alpha - \beta c_m)}{\beta(4k - 0.5\beta\Delta^2)} > 0, \\ p^R - p^B &= \frac{k(\alpha - \beta c_m)}{\beta(3k - 0.5\beta\Delta^2)} - \frac{k(\alpha - \beta c_m)}{\beta(4k - \beta\Delta^2)} > 0, \\ p^B - p^C &= \frac{2k(\alpha - \beta c_m)}{\beta(4k - \beta\Delta^2)} - \frac{2k(\alpha - \beta c_m)}{\beta(6k - \beta\Delta^2)} > 0, \end{aligned}$$

故而可得  $p^M > p^R > p^B > p^C$ ;

$$w^M - w^R = \frac{4k(\alpha - \beta c_m)}{\beta(6k - \beta\Delta^2)} - \frac{4k(\alpha - \beta c_m)}{\beta(8k - \beta\Delta^2)} > 0,$$

$$w^B - w^R = \frac{(2k - \beta\Delta^2)^2(\alpha - \beta c_m)^2}{2\beta(4k - \beta\Delta^2)(6k - \beta\Delta^2)} > 0,$$

故而可得  $w^M > w^B > w^R$ . □

推论 1 表明, 渠道权力结构会对正向供应链的定价决策产生重要影响. 不同渠道权力结构下产品批发价的关系是: 制造商主导供应链 (MS) 高于势力相当供应链 (B)、高于零售商主导供应链 (RS). 这表明, 随着制造商相对势力的增大, 产品批发价格会随之增加.

不同渠道权力结构下零售价的关系是: 制造商主导供应链 (MS) 高于零售商主导供应链 (RS)、高于势力相当供应链 (B), 最终都高于集中决策供应链 (C). 这表明, 分散决策系统零售价高于集中决策系统, 存在领导权系统零售价高于无领导权系统, 制造商主导系统高于零售商主导系统.

渠道权力结构对零售价的影响主要由两方面原因共同导致: 1) 批发价所导致的成本转移. 由批发价分析结果可知, 随着制造商在供应链中相对势力的增大, 产品批发价不断上涨. 作为下游企业, 零售商会将其批发成本以零售价形式转移给终端消费者, 在不考虑零售商势力情况下, 转移后零售价的关系应该满足  $p^M > p^B > p^R$ . 2) 零售商的市场势力. 在零售商主导系统 (RS) 中, 由于零售商势力强大, 使得批发成本会更多地被转移出去, 进而导致零售价上涨速度高于实力相当系统 (B), 从而导致  $p^R > p^B$ . 另外, 由于零售市场竞争的原因, 使得成本转移作用有限, 故仍然有

$p^M > p^R$ .

为了分析渠道权力结构对逆向供应链回收效果的影响, 对回收比例进行比较分析, 可得如下推论.

**推论 2** 回收比例满足  $\tau^M < \tau^R < \tau^B < \tau^C$ .

**证明**

$$\tau^M - \tau^R = \frac{\Delta(\alpha - \beta c_m)}{8k - \beta\Delta^2} - \frac{\Delta(\alpha - \beta c_m)}{8k - 2\beta\Delta^2} < 0,$$

$$\tau^R - \tau^B = \frac{\Delta(\alpha - \beta c_m)}{2(4k - 0.5\beta\Delta^2)} - \frac{\Delta(\alpha - \beta c_m)}{6k - \beta\Delta^2} < 0,$$

$$\tau^B - \tau^C = \frac{\Delta(\alpha - \beta c_m)}{6k - \beta\Delta^2} - \frac{\Delta(\alpha - \beta c_m)}{4k - \beta\Delta^2} < 0,$$

故而可得  $\tau^M < \tau^R < \tau^B < \tau^C$ . □

推论 2 表明, 渠道权力结构会对闭环供应链中废旧产品的回收效果产生重要影响. 制造商主导系统回收效果次于零售商主导系统 ( $\tau^M < \tau^R$ ), 存在领导权系统回收效果次于无领导权系统 ( $\tau^M, \tau^R < \tau^B$ ), 分散决策系统回收效果次于集中决策系统 ( $\tau^M, \tau^R, \tau^B < \tau^C$ ).

因此, 供应链系统中领导权的存在 (特别是制造商领导权) 不利于废旧产品的回收利用. 在制造商领导的闭环供应链系统中, 由于制造商能够从正向供应链的产品销售中获得高额利润, 从而减弱了其通过回收废旧产品降低生产成本的积极性; 反之, 在零售商领导供应链中, 由于制造商销售收入较低, 为了获得更高利润, 制造商通过加大废弃产品回收来降低产品的综合生产成本.

将 4 种决策系统的零售价和回收比例带入利润函数, 求得供应链企业及系统利润如表 1 所示.

表 1 供应链企业及系统利润

供应链企业	系统利润 $\pi_s$	制造商利润 $\pi_m$	零售商利润 $\pi_r$
MS	$\frac{k(12k - \beta\Delta^2)(\alpha - \beta c_m)^2}{\beta(8k - \beta\Delta^2)^2}$	$\frac{k(\alpha - \beta c_m)^2}{\beta(8k - \beta\Delta^2)}$	$\frac{4k^2(\alpha - \beta c_m)^2}{\beta(8k - \beta\Delta^2)^2}$
RS	$\frac{3k(\alpha - \beta c_m)^2}{4\beta(4k - \beta\Delta^2)}$	$\frac{k(\alpha - \beta c_m)^2}{4\beta(4k - \beta\Delta^2)}$	$\frac{k(\alpha - \beta c_m)^2}{2\beta(4k - \beta\Delta^2)}$
B	$\frac{k(8k - \beta\Delta^2)(\alpha - \beta c_m)^2}{\beta(6k - \beta\Delta^2)^2}$	$\frac{k(4k - \beta\Delta^2)(\alpha - \beta c_m)^2}{\beta(6k - \beta\Delta^2)^2}$	$\frac{4k^2(\alpha - \beta c_m)^2}{\beta(6k - \beta\Delta^2)^2}$
C	$\frac{k(\alpha - \beta c_m)^2}{\beta(4k - \beta\Delta^2)}$	—	—

比较分析各利润值, 可以得到如下推论.

**推论 3** 供应链企业及系统利润满足

$$\pi_r^R > \pi_r^B > \pi_r^M, \pi_m^M > \pi_m^B > \pi_m^R,$$

$$\pi_s^M < \pi_s^R < \pi_s^B < \pi_s^C.$$

**证明** 因为

$$\frac{\pi_r^B}{\pi_r^M} = \frac{(8k - \beta\Delta^2)^2}{(6k - \beta\Delta^2)^2} > 1,$$

$$\frac{\pi_r^R}{\pi_r^B} = \frac{(6k - \beta\Delta^2)^2}{8K(4k - \beta\Delta^2)} > 1,$$

故而可得  $\pi_r^R > \pi_r^B > \pi_r^M$ . 又因为

$$\frac{\pi_m^M}{\pi_m^B} = \frac{(6k - \beta\Delta^2)^2}{(4k - \beta\Delta^2)(8k - \beta\Delta^2)} > 1,$$

$$\frac{\pi_m^B}{\pi_m^R} = \frac{4(4k - \beta\Delta^2)^2}{(6k - \beta\Delta^2)^2} > 1,$$

故而可得  $\pi_m^M > \pi_m^B > \pi_m^R$ . 再因为

$$\frac{\pi_s^M}{\pi_s^R} = \frac{4(12k - \beta\Delta^2)(4k - \beta\Delta^2)}{3(8k - \beta\Delta^2)^2} < 1,$$

$$\frac{\pi_s^R}{\pi_s^B} = \frac{3(6k - \beta\Delta^2)^2}{4(4k - \beta\Delta^2)(8k - \beta\Delta^2)} < 1,$$

$$\frac{\pi_s^B}{\pi_s^C} = \frac{(4k - \beta\Delta^2)(8k - \beta\Delta^2)}{(6k - \beta\Delta^2)^2} < 1,$$

故可得  $\pi_s^M < \pi_s^R < \pi_s^B < \pi_s^C$ .  $\square$

由推论 3 可知, 不同渠道权力结构下供应链整体利润关系是: 制造商主导系统低于零售商主导系统、低于势力相当系统, 都低于集中决策供应链. 结合推论 1 和推论 2 可知, 与集中决策系统相比, 分散决策系统的决策和整体绩效恶化, 供应链处于不协调状态. 分散系统不协调程度与渠道权力结构相关, 制造商主导供应链最高, 零售商主导供应链次之, 势力相当供应链最低.

由推论 3 还可知, 供应链企业利润与其相对势力正相关, 即在其自身主导系统中最高, 在势力相对系统中次之, 在对方主导系统中最低. 因此, 为了追逐自身收益最大化, 制造商和零售商之间对市场领导权的争夺战会异常激烈.

#### 4 数值算例分析

本文通过数值算例来验证前面的研究结论, 基本参数设置如下:  $\alpha = 400$ 、 $\beta = 1$ 、 $k = 3000$ 、 $c_m = 90$ 、 $\Delta = 30$ . 3 种渠道权力结构下最优定价决策和利润情况如表 2 所示.

表 2 数值分析结果

	MS	RS	B	C
$p$	170.3	167.6	159.3	125.3
$w$	140.5	112.6	118.5	—
$\tau$	0.297	0.324	0.407	0.647
$\pi_s$	5038.0	5338.2	6141.3	7117.6
$\pi_m$	3270.3	1779.4	2821.7	—
$\pi_r$	1767.7	3558.8	3319.6	—

由表 2 的数值分析结果不难发现:

首先, 渠道权力结构对正向供应链定价具有重要影响作用. 制造商主导系统零售价高于零售商主导系统、高于势力相对系统、高于集中决策系统; 制造商主导系统批发价高于势力相对系统、高于零售商主导系统. 推论 1 得以验证.

其次, 渠道权力结构对逆向供应链回收效果具有重要影响作用. 制造商主导系统回收比例低于零售商主导系统、低于势力相当系统、低于集中决策系统, 模型中的系统为最优回收比例. 分散决策系统回收效果次于集中决策系统, 有领导权系统回收效果次于无领导权系统, 制造商主导系统次于零售商主导系统. 推论 2 得以验证.

最后, 渠道权力结构对系统的不协调程度和企业收益有重要影响作用. 分散决策系统利润低于集中决策系统, 供应链处于不协调状态; 制造商主导系统利润低于零售商主导系统、低于势力相当系统、低于集中决策系统; 对于供应链企业而言, 其利润在自身主导系统最大, 势力相当系统次之, 对方主导系统最低. 推论 3 得以验证.

#### 5 结 论

本文探讨了渠道权力结构对制造商回收闭环供应链决策和绩效的影响作用. 研究表明, 集中决策闭环供应链绩效优于分散决策模式, 故需要借助契约机制来实现实践中供应链系统的协调. 渠道权力会对定价决策产生影响: 产品批发价与制造商的相对势力正相关, 供应链企业的权力对比会影响企业间的交易价格; 产品零售价与供应链渠道权力分配相关, 在制造商与零售商势力相当时最低, 渠道权力的不均衡会抬高市场零售价, 当渠道主导权被制造商操控时市场零售价最高. 因此, 市场零售价不但随着市场中横向竞争的加剧而降低, 而且会随着供应链中纵向竞争的加剧而降低, 当供应链中存在竞争寡头时产品零售价会提高, 且供应链主导权的下移有利于降低产品零售价.

渠道权力结构会对闭环供应链的回收效果产生重要影响. 当供应链中纵向竞争激烈、上下游企业势力相当时, 闭环供应链中废旧产品回收效果最好; 当供应链渠道权力出现倾斜时, 供应链企业对废旧产品的回收努力降低, 回收效果下降, 供应链主导权的下移有利于废旧产品的更好回收.

渠道权力结构会对闭环供应链绩效产生重要影响. 供应链中纵向竞争完全、供应链企业之间没有主导与被主导时, 正向和逆向供应链决策都最接近最优值(集中决策), 整个闭环供应链绩效最佳, 供应链领导权的出现将不利于定价和回收决策、以及供应链绩效评价, 供应链领导权的下移有利于闭环供应链决策和绩效评价.

对于供应链企业而言, 供应链企业利润与其自身权力正相关, 从而导致制造商和零售商为了攫取更多利润而不断竞争, 试图将供应链渠道权力结构转变为自身主导型, 这也成为制造商和零售商争夺市场领导权的根源所在. 因此, 虽然在 3 种渠道权力结构中, 势力相当的闭环供应链绩效最佳, 但这种供应链结构权利并不稳定, 制造商和零售商出于追逐利润的动机, 相互之间会采取一系列策略手段试图打破当前势力均衡状态, 以增强自身在供应链中的主导权, 故此时供应链系统中市场主导权的争夺往往非常激烈.

本文的不足之处在于没有考虑包括市场需求、顾客偏好、再制造损耗等一系列不确定因素. 因此, 未来进一步的研究工作可针对各种不确定因素作更加深入的分析, 探讨不确定因素的引入如何影响渠道权力结构对闭环供应链决策和绩效的作用.

#### 参考文献(References)

- [1] Savaskan R C, Bhattacharya S, Wassenhove L N. Closed-loop supply chain models with product remanufacturing[J].

- Management Science, 2004, 50(2): 239-252.
- [2] 聂佳佳. 零售商信息分享对闭环供应链回收模式的影响[J]. 管理科学学报, 2013, 16(5): 69-82.  
(Nie J J. Effects of retailer information sharing on collecting modes of closed-loop supply chain[J]. J of Management Sciences in China, 2013, 16(5): 69-82.)
- [3] 熊中楷, 梁晓萍. 考虑消费者环保意识的闭环供应链回收模式研究[J]. 软科学, 2014, 28(11): 61-66.  
(Xiong Z K, Liang X P. Study on recycling of closed-loop supply chain considering consumer environment awareness[J]. Soft Science, 2014, 28(11): 61-66.)
- [4] 郭军华, 李帮义, 倪明. WTP 差异下再制造闭环供应链的回收模式选择[J]. 管理学报, 2015, 12(1):142-147.  
(Guo J H, Li B Y, Ni M. The selection of take-back model of remanufacturing supply chain based on WTP differentiation[J]. Chinese J of Management, 2015, 12(1):142-147.)
- [5] 李新然, 陈蓉. 基于政府基金政策的再制造闭环供应链最优决策研究[J]. 管理评论, 2015, 27(10): 183-191.  
(Li X R, Chen R. Optimal decisions of remanufacturing closed-loop supply chain based on the government fund[J]. Management Review, 2015, 27(10): 183-191.)
- [6] 李向荣, 张克勇. 基于市场需求增加的双渠道闭环供应链定价机制研究[J]. 运筹与管理, 2015, 24(4): 58-67.  
(Li X R, Zhang K Y. Pricing mechanism based on market demand increases in the dual-channel closed-loop supply chain[J]. Operations Research And Management Science, 2015, 24(4): 58-67.)
- [7] 高文军, 陈菊红. 基于 CVaR 的闭环供应链优化与协调决策研究[J]. 控制与决策, 2011, 26(4): 489-494.  
(Gao W J, Chen J H. Research on decisions of closed-loop supply chain optimization and coordination based on CVaR[J]. Control and Decision, 2011, 26(4): 489-494.)
- [8] 高举红, 韩红帅, 侯丽婷, 等. 考虑社会责任的闭环供应链决策与协调[J]. 计算机集成制造系统, 2014, 29(6): 1453-1461.  
(Gao J H, Han H S, Hou L T, et al. Decision-making and coordination in closed-loop supply chain with social responsibility[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2014, 29(6): 1453-1461.)
- [9] 李明芳, 薛景梅. 竞争环境下零售商负责回收的闭环供应链协调问题[J]. 工业工程, 2013, 16(6): 101-105.  
(Li M F, Xue J M. Retailer take-back closed-loop supply chain coordination under competitive environment[J]. Industrial Engineering J, 2013, 16(6): 101-105.)
- [10] 曹晓刚, 郑本荣, 闻卉. 考虑顾客偏好的双渠道闭环供应链定价与协调决策[J]. 中国管理科学, 2015, 23(6): 107-117.  
(Cao X G, Zheng B R, Wen H. Pricing and coordination decision of the dual channel closed-loop supply chain considering the customer preference[J]. Chinese J of Management Science, 2015, 23(6): 107-117.)
- [11] 张廷龙, 梁樑. 不同渠道权力结构和信息结构下供应链定价和销售努力决策[J]. 中国管理科学, 2012, 20(2): 68-77.  
(Zhang T L, Liang L. Pricing and sales efforts decisions for a supply chain under different channel power structures and information structures[J]. Chinese J of Management Science, 2012, 20(2): 68-77.)
- [12] 赵晓敏, 林英晖, 苏承明. 不同渠道权力结构下的 S-M 两级闭环供应链绩效分析[J]. 中国管理科学, 2012, 20(2): 78-86.  
(Zhao X M, Lin Y H, Su C M. Performance analysis of S-M supply chain under different channel power structures[J]. Chinese J of Management Science, 2012, 20(2): 78-86.)
- [13] 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.)
- [14] 王玉燕, 申亮. 基于消费者需求差异和渠道权力结构差异的 MT-CLSC 定价、效率与协调研究[J]. 中国管理科学, 2014, 22(6): 34-42.  
(Wang Y Y, Shen L. Pricing, efficiency, and coordination in MT-CLSC considering differences in customer demand and differences chnnel power structures[J]. Chinese J of Management Science, 2014, 22(6): 34-42.)

(责任编辑: 孙艺红)