

DOI:10.13196/j.cims.2014.04.xumaozeng.0945.10.20140426

考虑消费者偏好的闭环供应链差别定价模型

许茂增^{1,2}, 唐飞¹

(1. 重庆交通大学 管理学院, 重庆 400074; 2. 北京工业大学 经济与管理学院, 北京 100012)

摘要:考虑到消费者对新产品、再制造产品和二手产品的偏好程度不同,建立了闭环供应链差别定价模型,研究了制造商是否从事再制造和经销商是否经销二手产品的生产决策问题。结果发现,市场中再制品或二手产品的存在会蚕食新产品的市场份额;不论制造商是否从事再制造,只要经销商经销二手产品便会减少制造商利润、增加经销商利润;与制造商不从事再制造且经销商不经销二手产品相比,制造商从事再制造而经销商不经销二手产品对制造商和经销商都有利,但当制造商从事再制造且经销商经销二手产品时供应链的总盈利最优、消费者福利最大;在制造商从事再制造且经销商经销二手产品的情形下,经销商通过将自身的部分利润转移给制造商,可以保证双方均获得更大盈利。

关键词:再制造;闭环供应链;消费者偏好;差别定价

中图分类号:F272;F713 **文献标识码:**A

Differential pricing model of closed-loop supply chain considering consumer preferences

XU Mao-zeng^{1,2}, TANG Fei¹

(1. School of Management, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China;

2. School of Economics and Management, Beijing University of Technology, Beijing 100012, China)

Abstract: Aiming at the different preference of customers for new product, remanufactured product and second-hand product, a differential pricing model of closed-loop supply chain was built. The production decision problems that whether the manufacturer was deal with the remanufacturing and distributors was deal with the second-hand products were researched. The results showed that the existed remanufactured products or second-hand products might cannibalize the marketing share of new products. The profit would be reduced for manufacturer if distributor distributed second-hand products but increased for distributor. If the manufacturer was deal with the remanufacturing but the distributor was not deal with the second-hand products, it was benefit for both sides; while the manufacturer was deal with the remanufacturing and the distributor was deal with the second-hand products, the total profit of supply chain was optimum, and the benefits of customers was most, under which the distributor could transfer part of the profit to the manufacturer on the premise that both the manufacturer and the distributor earn more profits.

Key words: remanufacturing; closed-loop supply chain; customer preference; differential pricing

0 引言

近年来,对废旧产品进行回收再利用的经济价值和社会效益已经得到企业界和学术界的广泛认可,使得人们越来越重视废旧产品的回收再利用。将正向供应链和逆向供应链结合形成的闭环供应链

(closed-loop supply chain)随之成为研究热点之一。在闭环供应链中,废旧产品的利用方式一般分为修理、翻新、再制造、拆解利用和回收处理五类^[1],其中最常见利用方式是将废旧产品经过翻新处理后作为二手产品或经过再制造后作为再制品销售到市场,以获取产品的剩余价值^[2]。废旧产品回收再利

收稿日期:2013-01-15;修订日期:2013-03-29。Received 15 Jan. 2013;accepted 29 Mar. 2013.

基金项目:重庆市教委科技资助项目(KJ070405)。**Foundation item:** Project supported by the Science and Technology Program of Educational Commission of Chongqing Municipality, China(No. KJ070405).

用不仅增加了企业利润,而且减少了环境污染,实现了资源的循环利用。因此,废旧产品回收再利用也是实现低碳经济的重要途径之一。

再制品是利用废旧产品进行再制造而得到的,它与新产品存在一定差异,许多国家法律明确规定再制品必须与新产品区别销售,因此许多学者对闭环供应链的研究主要关注新产品与再制品的差别定价问题。Debo等考虑消费者对新产品和再制品有不同的支付意愿,研究了新产品与再制品的联合定价策略和制造商的生产技术选择问题^[3];Ferrer等建立了新产品和再制品两周期、多周期、无限周期的差别定价模型,分析了这些情形下的制造商再制造与定价决策问题^[4-5];Ferguson等在新产品与再制品存在价格竞争的情况下研究发现,虽然再制品会蚕食新产品的市场份额,但制造商参与废旧产品回收再制造能增加制造商的利润^[6];刘宝全等对比研究了高技术再制造与低技术再制造下新产品与再制品的定价问题,讨论了成本结构对两种再制造方式比重的影响^[7];徐峰等针对异质性消费群体对再制品的不同接受度,分别研究了再制品的差异化定价策略和单一定价策略^[8];孙浩等假设新产品与再制品具有替代关系,分别在分散式决策和集中式决策下研究了新产品与再制品的差异化定价策略,最后设计了一个收益共享契约来协调分散式决策下的闭环供应链^[9];熊中楷等在消费者对新产品与再制品加以区分的情形下,对制造商从事再制造模式与经销商从事再制造模式进行了比较,得出的结论是经销商从事再制造模式更优^[10];Atasu等假设市场中存在偏好再制品的“绿色消费者”,分别研究了制造商垄断、制造商竞争和产品生命周期对制造商再制造决策的影响,结果表明,制造商从事再制造不仅能增加企业利润,还能提升企业市场竞争力^[11];包晓英等从独立再制造商的角度出发,研究了消费者保留价格服从指数分布的再制造最优定价问题^[12];Mitra等指出,当市场中存在第三方再制造商与制造商竞争时,政府对再制品进行补贴能够提高废旧产品的再制造率^[13];丁雪峰等在市场规模变化环境下探讨了不同市场增长率对新产品与再制品差别定价策略的影响^[14]。

以上文献主要研究新产品与再制品的差别定价问题,另有一些文献研究了新产品与二手产品的差别定价问题。Kogan在由一个制造商和一个经

销商构成的市场结构下,假设经销商销售新产品的同时回收废旧产品,并将废旧产品翻新处理后作为二手产品销售给消费者,分析了二手产品价格对闭环供应链各成员利润的影响^[15];Vorasayan等运用排队论研究了新产品和翻新产品的最优定价策略,以及翻新产品的最优回收比例问题,得出的结论是制造商翻新废旧产品可以提高制造商的利润^[16];孔令丞等针对二手交易商翻新废旧产品,假设新产品与再制品采取统一定价,新产品与二手产品采取差别定价,研究了制造商的制造/再制造生产决策问题^[17];周海霞等考虑市场中存在新产品、再制品、二手产品三种形式的同类产品,研究了集成供应链的差别定价策略^[18]。显然,以上研究为闭环供应链产品差别定价决策提供了新的思路,但仍有需要完善的地方,例如:①闭环供应链差别定价研究虽然已有一些成果,但鲜有文献考虑市场中二手产品的存在对新产品和再制品定价的影响;②现有闭环供应链差别定价的研究基本上都是考虑消费者对新产品与再制品或新产品与二手产品具有不同偏好,没有同时考虑消费者对新产品、再制品和二手产品具有不同偏好的情况;③现有闭环供应链差别定价的研究只考虑了制造商从事再制造与否对闭环供应链的影响,没有考虑经销商销售二手产品对闭环供应链的影响。

本文在已有研究的基础上,首先对Debo^[3]的消费者效用函数进行了扩展,假设某种耐用品在市场中可能存在新产品、再制品和二手产品三种形式,推导出它们各自的需求函数;然后根据制造商是否从事再制造和经销商是否经销二手产品建立闭环供应链差别定价模型,并分析不同模型对产品价格的影响;最后通过数值仿真,研究了制造商从事再制造与否和经销商经销二手产品与否对制造商、经销商和整个供应链利润的影响。

1 问题描述及模型假设

考虑由一个制造商和一个经销商构成的二级供应链,其中制造商和经销商都是风险中性和完全理性的;制造商生产一种电子产品(如手机、电脑、复印机等),制造商根据自身利润最大化原则决定是否回收废旧产品并从事再制造;假设经销商具有对废旧产品进行翻新处理的能力,经销商在销售制造商的产品时,根据自身利润最大化原则决定是否将废旧产品翻新处理后作为二手产品销售给消费者^[15];制造商

与经销商的博弈属于 Stackelberg 博弈,且制造商是博弈的领导者,经销商是跟随者。

假设制造商生产新产品的单位成本为 c_n ,生产再制造品的单位成本为 c_r ,经销商对废旧产品翻新处理的单位成本为 c_s , c_r 和 c_s 均包括废旧产品的单位回收成本且满足 $c_n > c_r > c_s > 0$ 。制造商批发新产品和再制造品的价格分别为 w_n 和 w_r ,经销商销售新产品、再制造品和二手产品的价格分别为 p_n , p_r 和 p_s 。用 Π_i^k 表示在模型 k 下供应链节点企业 i 的利润函数,其中 $i \in \{M, D\}$, M 表示制造商, D 表示经销商。 $k \in \{N, R, S, RS\}$,其中: N 表示制造商不从事再制造,经销商也不经销二手产品; R 表示制造商从事再制造,而经销商不经销二手产品; S 表示制造商不从事再制造,但经销商经销二手产品; RS 表示制造商从事再制造且经销商经销二手产品。 q_j^k 表示在模型 k 下产品形式为 j 的产品需求量,其中 $j \in \{n, r, s\}$, n 表示新产品, r 表示再制造品, s 表示二手产品。

假设市场规模标准化为 1,消费者对产品的支付意愿(Willingness To Pay, WTP)为 α 且服从 $[0, 1]$ 上的均匀分布,假定其分布函数为 $F(\alpha) = \alpha^{[3]}$ 。新产品、再制造品和二手产品属于相同的产品系列,功能上没有明显的差异,但质量上存在差异,消费者能够辨别其差别且对新产品、再制造品和二手产品有不同的支付意愿。假设消费者对新产品的支付意愿为 α_n ,相对于新产品,消费者对再制造品的支付意愿为 $\alpha_r = \theta_1 \alpha_n^{[3-6]}$ 。参考上述假设,相对于再制造品,消费者对二手产品的支付意愿为 $\alpha_s = \theta_2 \alpha_r$,与实际情况相符。例如,经过再制造的手机通常认为比新手机的质量要低,而翻新的二手手机通常又比再制造的手机质量要低。为方便研究二手产品和再制造品对新产品的影响,同时为简化讨论,假设 $\theta_1 = \theta_2 = \theta$,其中 $\theta \in (0, 1)$ 表示消费者偏好系数。由此可得消费者购买新产品的效用函数为 $\mu_n = \alpha_n - p_n$,购买再制造品的效用函数为 $\mu_r = \theta \alpha_n - p_r$,购买二手产品的效用函数为 $\mu_s = \theta^2 \alpha_n - p_s$,消费者通过比较新产品、再制造品和二手产品带来的效用大小决定购买何种产品。

下面根据消费者效用函数分析新产品、再制造品和二手产品的需求情况。

2 产品需求的确定

2.1 模型 N 下产品的需求

在模型 N 下,制造商不从事再制造,经销商也

不经销二手产品,此时市场中只有新产品,因此只要消费者效用函数满足 $\mu_n = \alpha_n - p_n > 0$,消费者就会购买该产品,则新产品的需求量

$$q_n^N = \int_{p_n}^1 F'(\alpha_n) d\alpha_n = \int_{p_n}^1 1 dF(\alpha_n) = 1 - p_n. \quad (1)$$

2.2 模型 R 下产品的需求

在模型 R 下,制造商从事再制造,经销商不经销二手产品,此时市场中同时存在新产品和再制造品,消费者通过自我选择(self-selection)模型^[19],比较效用的大小决定购买何种产品。

(1) 当 $\mu_n \geq 0$ 且 $\mu_n \geq \mu_r$, 即 $\alpha_n \geq \max \left\{ p_n, \frac{p_n - p_r}{1 - \theta} \right\}$ 时,消费者购买新产品。

(2) 当 $\mu_r \geq 0$ 且 $\mu_r \leq \mu_n$, 即 $\frac{p_r}{\theta} \leq \alpha_n \leq \frac{p_n - p_r}{1 - \theta}$ 时,消费者购买再制造品。

当 $p_n \geq \frac{p_n - p_r}{1 - \theta}$, 即 $p_r \geq \theta p_n$ 时,只有情形(1)成立,即市场中只有新产品;当 $p_r < p_n - (1 - \theta)$ 时,只有情形(2)成立,即市场中只有再制造品。此处只考虑 $p_n - (1 - \theta) < p_r < \theta p_n$ 时的情形,即市场中既有新产品也有再制造品,则消费者对新产品的需求量

$$\begin{aligned} q_n^R &= \int_{\frac{p_n - p_r}{1 - \theta}}^1 F'(\alpha_n) d\alpha_n = \int_{\frac{p_n - p_r}{1 - \theta}}^1 1 dF(\alpha_n) \\ &= 1 - \frac{p_n - p_r}{1 - \theta}; \end{aligned} \quad (2)$$

消费者对再制造品的需求量

$$\begin{aligned} q_r^R &= \int_{\frac{p_r}{\theta}}^{\frac{p_n - p_r}{1 - \theta}} F'(\alpha_n) d\alpha_n = \int_{\frac{p_r}{\theta}}^{\frac{p_n - p_r}{1 - \theta}} 1 dF(\alpha_n) = \\ &\frac{p_n - p_r}{1 - \theta} - \frac{p_r}{\theta} = \frac{\theta p_n - p_r}{\theta(1 - \theta)}. \end{aligned} \quad (3)$$

2.3 模型 S 下产品的需求

在模型 S 下,制造商不从事再制造,经销商经销二手产品,此时市场中同时存在新产品和二手产品,其需求函数的推导与模型 R 类似。通过推导可得,当 $p_n - (1 - \theta^2) < p_s < \theta^2 p_n$ 时,新产品的需求量

$$q_n^S = 1 - \frac{p_n - p_s}{1 - \theta^2}; \quad (4)$$

二手产品的需求量

$$q_s^S = \frac{\theta^2 p_n - p_s}{\theta^2(1 - \theta^2)}. \quad (5)$$

2.4 模型 RS 下产品的需求

在模型 RS 下,制造商从事再制造且经销商经销二手产品,此时市场中存在的产品有新产品、再制造品和二手产品三种形式,其需求函数的推导与模

型R类似。

(1) 当 $\mu_n \geq 0, \mu_n \geq \mu_r$ 且 $\mu_n \geq \mu_s$, 即 $\alpha_n \geq \max \left\{ p_n, \frac{p_n - p_r}{1 - \theta}, \frac{p_n - p_s}{1 - \theta^2} \right\}$ 时, 消费者购买新产品。

(2) 当 $\mu_r \geq 0, \mu_r \geq \mu_n$ 且 $\mu_r \geq \mu_s$, 即 $\alpha_n \leq \frac{p_n - p_r}{1 - \theta}$ 且 $\alpha_n \geq \max \left\{ \frac{p_r}{\theta}, \frac{p_r - p_s}{\theta(1 - \theta)} \right\}$ 时, 消费者购买再制造品。

(3) 当 $\mu_s \geq 0, \mu_s \geq \mu_n$ 且 $\mu_s \geq \mu_r$, 即 $\alpha_n \leq \min \left\{ \frac{p_n - p_s}{1 - \theta^2}, \frac{p_r - p_s}{\theta(1 - \theta)} \right\}$ 且 $\alpha_n \geq \frac{p_s}{\theta^2}$ 时, 消费者购买二手产品。

当 $p_n \geq \frac{p_n - p_r}{1 - \theta}$ 且 $p_n \geq \frac{p_n - p_s}{1 - \theta^2}$, 即 $p_r \geq \theta p_n, p_s \geq \theta^2 p_n$ 时, 只有情形(1)成立, 即市场中只有新产品, 此时同模型N; 当 $p_s \geq \theta^2 p_n$ 且 $p_n - (1 - \theta) < p_r < \theta p_n$ 时, 只有情形(1)和情形(2)成立, 即市场中只有新产品和再制造品, 此时同模型R; 当 $p_r \geq \theta p_n$ 且 $p_n - (1 - \theta^2) < p_s < \theta^2 p_n$ 时, 只有情形(1)和情形(3)成立, 即市场中只有新产品和二手产品, 此时同模型S; 当 $p_n - (1 - \theta) < p_r < \theta p_n$ 且 $p_n - (1 - \theta^2) < p_s < \theta^2 p_n$ 时, 市场中同时有新产品、再制造品和二手产品, 此时新产品的需求量

$$q_n^{\text{RS}} = \int_{\frac{p_n - p_r}{1 - \theta}}^1 F'(\alpha_n) d\alpha_n = \int_{\frac{p_n - p_r}{1 - \theta}}^1 1 dF(\alpha_n) = 1 - \frac{p_n - p_r}{1 - \theta}; \quad (6)$$

再制造品的需求量

$$q_r^{\text{RS}} = \int_{\frac{p_r - p_s}{\theta(1 - \theta)}}^{\frac{p_n - p_r}{1 - \theta}} F'(\alpha_n) d\alpha_n = \int_{\frac{p_r - p_s}{\theta(1 - \theta)}}^{\frac{p_n - p_r}{1 - \theta}} 1 dF(\alpha_n) = \frac{p_n - p_r}{1 - \theta} - \frac{p_r - p_s}{\theta(1 - \theta)}; \quad (7)$$

二手产品的需求量

$$q_s^{\text{RS}} = \int_{\frac{p_s}{\theta^2}}^{\frac{p_r - p_s}{\theta(1 - \theta)}} F'(\alpha_n) d\alpha_n = \int_{\frac{p_s}{\theta^2}}^{\frac{p_r - p_s}{\theta(1 - \theta)}} 1 dF(\alpha_n) = \frac{p_r - p_s}{\theta(1 - \theta)} - \frac{p_s}{\theta^2} = \frac{\theta p_r - p_s}{\theta^2(1 - \theta)}. \quad (8)$$

3 闭环供应链差别定价模型

3.1 模型N——制造商不从事再制造, 经销商不经销二手产品

在该模型中, 制造商和经销商都不考虑废旧产品的回收再利用问题, 只向市场提供新产品, 此时制造商的利润函数

$\Pi_M^N = (w_n - c_n)q_n^N = (w_n - c_n)(1 - p_n)$; (9)
经销商的利润函数

$$\Pi_D^N = (p_n - w_n)q_n^N = (p_n - w_n)(1 - p_n). \quad (10)$$

根据 Stackelberg 博弈逆向推导法求解可得如下结论:

结论1 在模型N中, 制造商的最优批发价格为 $w_n^{*N} = \frac{1 + c_n}{2}$, 经销商的最优销售价格为 $p_n^{*N} = \frac{3 + c_n}{4}$, 最优销量为 $q_n^{*N} = \frac{1 - c_n}{4}$, 制造商的最优利润为 $\Pi_M^{*N} = \frac{(1 - c_n)^2}{8}$, 经销商的最优利润为 $\Pi_D^{*N} = \frac{(1 - c_n)^2}{16}$ 。

3.2 模型RS——制造商从事再制造, 经销商经销二手产品

在该模型中, 制造商一方面利用原材料生产新产品, 另一方面通过回收废旧产品生产再制造品, 制造商将新产品和再制造品分别以批发价格 w_n 和 w_r 批发给经销商, 经销商以价格 p_n 和 p_r 销售给消费者, 同时经销商将废旧产品经过翻新处理后作为二手产品, 以价格 p_s 销售给消费者, 此时市场中存在新产品、再制造品和二手产品三种形式, 消费者通过比较效用大小决定最终购买何种产品。

制造商的利润函数

$$\Pi_M^{\text{RS}} = (w_n - c_n)q_n^{\text{RS}} + (w_r - c_r)q_r^{\text{RS}}; \quad (11)$$

经销商的利润函数为:

$$\Pi_D^{\text{RS}} = (p_n - w_n)q_n^{\text{RS}} + (p_r - w_r)q_r^{\text{RS}} + (p_s - c_s)q_s^{\text{RS}}. \quad (12)$$

结论2 在模型RS中, 新产品的最优批发价格为 $w_n^{*RS} = [(1 - \theta^2) + c_n + c_s]/2$, 再制造品的最优批发价格为 $w_r^{*RS} = [\theta(1 - \theta) + c_r + c_s]/2$, 新产品的最优销售价格为 $p_n^{*RS} = [(3 - \theta^2) + c_n + c_s]/4$, 再制造品的最优销售价格为 $p_r^{*RS} = [\theta(3 - \theta) + c_r + c_s]/4$, 二手产品的最优销售价格为 $p_s^{*RS} = (\theta^2 + c_s)/2$ 。

证明 根据 Stackelberg 博弈模型, 制造商作为领导者, 首先确定新产品的批发价格 w_n 和再制造品的批发价格 w_r ; 经销商作为跟随者, 根据制造商提供的价格确定新产品、再制造品和二手产品的销售价格 p_n, p_r 和 p_s 。由逆向推导法, 将式(6)~式(8)代入式(12), 得:

$$\Pi_D^{\text{RS}} = (p_n - w_n) \left(1 - \frac{p_n - p_r}{1 - \theta} \right) + (p_r - w_r)$$

$$\left[\frac{p_n - p_r}{1 - \theta} - \frac{p_r - p_s}{\theta(1 - \theta)} \right] + (p_s - c_s) \left[\frac{\theta p_r - p_s}{\theta^2(1 - \theta)} \right]. \quad (13)$$

由式(13)可得经销商利润函数关于 p_n, p_r 和 p_s 的海塞矩阵

$$H = \begin{bmatrix} -\frac{2}{1-\theta} & \frac{2}{1-\theta} & 0 \\ \frac{2}{1-\theta} & -\frac{2(1+\theta)}{\theta(1-\theta)} & \frac{2}{\theta(1-\theta)} \\ 0 & \frac{2}{\theta(1-\theta)} & \frac{-2}{\theta^2(1-\theta)} \end{bmatrix}. \quad (14)$$

由 $D_1 = -\frac{2}{1-\theta} < 0, D_2 = \frac{4}{\theta(1-\theta)^2} > 0, D_3 = -\frac{8}{\theta^2(1-\theta)^2} < 0$ 可知,海塞矩阵为负定,即经销商的利润函数是关于 p_n, p_r 和 p_s 的严格凹函数,故存在最优解。

对式(13)分别求关于 p_n, p_r 和 p_s 的一阶偏导数,并令其为0得:

$$\frac{\partial \Pi_D^{RS}}{\partial p_n} = \frac{(1-\theta) - 2p_n + 2p_r + w_n - w_r}{1-\theta} = 0; \quad (15)$$

$$\frac{\partial \Pi_D^{RS}}{\partial p_r} = [2\theta(1-\theta)p_n - 2(1-\theta^2)p_r + 2(1-\theta)p_s - \theta(1-\theta)w_n + (1-\theta^2)w_r - (1-\theta)c_s] / [\theta(1-\theta)^2] = 0; \quad (16)$$

$$\frac{\partial \Pi_D^{RS}}{\partial p_s} = \frac{2\theta^2 p_r - 2\theta p_s - \theta^2 w_r + \theta c_s}{\theta^2(1-\theta)} = 0. \quad (17)$$

联立式(15)~式(17),得:

$$p_n = \frac{1 + w_n}{2}; \quad (18)$$

$$p_r = \frac{\theta + w_r}{2}; \quad (19)$$

$$p_s = \frac{\theta^2 + c_s}{2}. \quad (20)$$

因此,

$$q_n = \frac{(1-\theta) - w_n + w_r}{2(1-\theta)}; \quad (21)$$

$$q_r = \frac{\theta w_n - (1+\theta)w_r + c_s}{2\theta(1-\theta)}; \quad (22)$$

$$q_s = \frac{\theta w_r - c_s}{2\theta^2(1-\theta)}. \quad (23)$$

将式(21)和式(22)代入式(11),可求得新产品的最优批发价格 w_n^{*RS} 和再制造品的最优批发价格 w_r^{*RS} 分别为:

$$w_n^{*RS} = \frac{(1-\theta^2) + c_n + c_s}{2}; \quad (24)$$

$$w_r^{*RS} = \frac{\theta(1-\theta) + c_r + c_s}{2}. \quad (25)$$

将式(24)和式(25)代入式(18)~式(23),得:

$$p_n^{*RS} = \frac{(3-\theta^2) + c_n + c_s}{4}; \quad (26)$$

$$p_r^{*RS} = \frac{\theta(3-\theta) + c_r + c_s}{4}; \quad (27)$$

$$p_s^{*RS} = \frac{\theta^2 + c_s}{2}; \quad (28)$$

$$q_n^{*RS} = \frac{(1-\theta) - c_n + c_r}{4(1-\theta)}; \quad (29)$$

$$q_r^{*RS} = \frac{\theta c_n - (1+\theta)c_r + c_s}{4\theta(1-\theta)}; \quad (30)$$

$$q_s^{*RS} = \frac{\theta^2(1-\theta) + \theta c_r - (2-\theta)c_s}{4\theta^2(1-\theta)}. \quad (31)$$

结论2得证。

推论1 当制造商从事再制造且经销商经销二手产品时,新产品的最优销售价格随新产品批发价格的增加而增加,再制造品的最优销售价格随再制造品批发价格的增加而增加,二手产品的最优销售价格随其翻新处理成本的增加而增加。

证明 由式(18)~式(20)可知,新产品的最优销售价格是其批发价格的递增函数,再制造品的最优销售价格是再制造品批发价格的递增函数,而二手产品的最优销售价格是其翻新处理成本的递增函数。由此即得推论1。

推论2 当制造商从事再制造且经销商经销二手产品时,新产品的最优销量随新产品批发价格的增加而减少,随再制造品批发价格的增加而增加;再制造品的最优销量随新产品批发价格和二手产品翻新处理成本的增加而增加,随再制造品批发价格的增加而减少;二手产品的最优销量随再制造品批发价格的增加而增加,随翻新处理成本的增加而减少。

证明 证明思路同推论1,故略。

由推论1和推论2可知,在模型RS下,新产品批发价格上升将产生新产品与再制造品的市场竞争效应(cannibalization effect)^[3],也就是说即使再制造品价格不变,新产品价格上升将使再制造品价格在无形中下降,从而吸引部分消费者转向购买再制造品;同理,再制造品批发价格上升将会吸引部分消费者转向购买新产品和二手产品,二手产品翻新处理成本上升将会吸引部分消费者转向购买再制造品。

3.3 模型S——制造商不从事再制造,经销商经销二手产品

在模型S中,根据模型假设,制造商只生产新产

品,不从事再制造活动,经销商为追求其利润最大化,从消费者手中回收废旧产品,并将其翻新处理后作为二手产品销售给消费者。此时新产品的批发价格为 w_n ,经销商对新产品和二手产品的销售价格分别为 p_n 和 p_s 。

制造商利润函数

$$\Pi_M^S = (w_n - c_n)q_n^S = (w_n - c_n) \left(1 - \frac{p_n - p_s}{1 - \theta^2}\right); \quad (32)$$

经销商利润函数

$$\Pi_D^S = (p_n - w_n)q_n^S + (p_s - c_s)q_s^S = (p_n - w_n) \left(1 - \frac{p_n - p_s}{1 - \theta^2}\right) + (p_s - c_s) \frac{\theta^2 p_n - p_s}{\theta^2 (1 - \theta^2)}. \quad (33)$$

结论3 在模型S中,新产品的最优批发价格为 $w_n^{*S} = [(1 - \theta^2) + c_n + c_s]/2$,新产品的最优销售价格为 $p_n^{*S} = [(3 - \theta^2) + c_n + c_s]/4$,二手产品的最优销售价格为 $p_s^{*S} = (\theta^2 + c_s)/2$,新产品的最优销量为 $q_n^{*S} = \frac{(1 - \theta^2) - c_n + c_s}{4(1 - \theta^2)}$,二手产品的最优销量为 $q_s^{*S} = \frac{\theta^2 (1 - \theta^2) + \theta^2 c_n - (2 - \theta^2) c_s}{4\theta^2 (1 - \theta^2)}$ 。

证明 模型S下的求解思路同模型RS下的求解思路,故略。

3.4 模型R——制造商从事再制造,经销商不经销二手产品

在该模型中,制造商既生产新产品,也生产再制品,并将两种产品分别以批发价格 w_n 和 w_r 批发给经销商,经销商以价格 p_n 和 p_r 销售给消费者。

制造商利润函数

$$\Pi_M^R = (w_n - c_n)q_n^R + (w_r - c_r)q_r^R = (w_n - c_n) \left(1 - \frac{p_n - p_r}{1 - \theta}\right) + (w_r - c_r) \frac{\theta p_n - p_r}{\theta (1 - \theta)}; \quad (34)$$

经销商利润函数

$$\Pi_D^R = (p_n - w_n)q_n^R + (p_r - w_r)q_r^R = (p_n - w_n) \left(1 - \frac{p_n - p_r}{1 - \theta}\right) + (p_r - w_r) \frac{\theta p_n - p_r}{\theta (1 - \theta)}. \quad (35)$$

结论4 在模型R中,新产品的最优批发价格为 $w_n^{*R} = (1 + c_n)/2$,再制品的最优批发价格为 $w_r^{*R} = (\theta + c_r)/2$,新产品的最优销售价格为 $p_n^{*R} = (3 + c_n)/4$,再制品的最优销售价格为 $p_r^{*R} = (3\theta + c_r)/4$,新产品的最优销量为 $q_n^{*R} = \frac{(1 - \theta) - c_n + c_r}{4(1 - \theta)}$,再制品的最优销量为 $q_r^{*R} = \frac{\theta c_n - c_r}{4\theta (1 - \theta)}$ 。

证明 模型R下的求解思路与模型RS下的求解思路相同,故略。

4 比较分析

前面针对制造商是否从事再制造与经销商是否经销二手产品分别建立了四种模型,下面对这四种模型进行一些对比分析。

引理1 制造商再制造成本 $c_r \in (0, \theta)$,经销商翻新处理成本 $c_s \in (0, \theta^2)$ 。

证明 在模型R下,由 $p_n^{*R}(w_n) = \frac{1 + w_n}{2} > w_n$ 得 $w_n < 1$,因此 $0 < c_n < w_n < 1$,由此可得 $0 < \theta c_n < \theta w_n < \theta$ 。又由 $q_r^{*R} = \frac{\theta c_n - c_r}{4\theta(1 - \theta)} > 0$ 得 $c_r < \theta c_n$,因为 $c_r > 0$,所以 $0 < c_r < \theta$ 。在模型S下,由 $q_s^{*S}(w_n) = \frac{\theta^2 w_n - c_s}{2\theta^2(1 - \theta^2)} > 0$ 得 $c_s < \theta^2 w_n$,因为 $w_n < 1$,所以 $0 < c_s < \theta^2$,即得证。

引理1界定了制造商再制造成本和经销商翻新处理成本的范围,在此基础上可进一步得到如下推论:

推论3 $w_n^{*RS} = w_n^{*S} < w_n^{*R} = w_n^{*N}$ 。

证明 由 $w_n^{*RS} - w_n^{*R} = \frac{c_s - \theta^2}{2} < 0$ 可得 $w_n^{*RS} < w_n^{*R}$,由 $w_n^{*RS} - w_n^{*S} = 0$ 可得 $w_n^{*RS} = w_n^{*S}$,由 $w_n^{*R} - w_n^{*N} = 0$ 可得 $w_n^{*R} = w_n^{*N}$,推论3得证。

推论4 $p_n^{*RS} = p_n^{*S} < p_n^{*R} = p_n^{*N}$ 。

证明 由 $p_n^{*RS} - p_n^{*R} = \frac{c_s - \theta^2}{4} < 0$ 可得 $p_n^{*RS} < p_n^{*R}$,由 $p_n^{*RS} - p_n^{*S} = 0$ 可得 $p_n^{*RS} = p_n^{*S}$,由 $p_n^{*R} - p_n^{*N} = 0$ 可得 $p_n^{*R} = p_n^{*N}$,推论4得证。

由推论3和推论4可知,当经销商经销二手产品时,制造商从事再制造与否不影响新产品的批发价格和零售价格;当经销商不经销二手产品时,制造商从事再制造与否也不影响新产品的批发价格和零售价格,但经销商经销二手产品时,新产品的批发价格和零售价格低于经销商不经销二手产品时新产品的批发价格和零售价格。这说明市场中存在二手产品对消费者更有利,因为二手产品的存在可以满足偏好二手产品的消费者,同时使偏好新产品的消费者能够以更低的价格购买新产品,从而提高了消费者效用。

推论5 $q_n^{*RS} = q_n^{*R} < q_n^{*S}$ 且 $q_n^{*RS} = q_n^{*R} < q_n^{*N}$ 。

证明 由 $q_r^{*RS} = \frac{\theta c_n - (1 + \theta)c_r + c_s}{4\theta(1 - \theta)} > 0$ 得 $\theta c_n - (1 + \theta)c_r + c_s > 0$, $q_n^{*RS} - q_n^{*S} = \frac{(1 + \theta)c_r - \theta c_n - c_s}{4(1 - \theta^2)} < 0$

0, 因此有 $q_n^{*RS} < q_n^{*S}$ 。又 $c_r < \theta c_n$, 由 $q_n^{*RS} - q_n^{*N} = \frac{c_r - \theta c_n}{4(1-\theta)} < 0$ 可得 $q_n^{*RS} < q_n^{*N}$, 由 $q_n^{*RS} - q_n^{*R} = 0$ 可得 $q_n^{*RS} = q_n^{*R}$, 推论 5 得证。

由推论 5 可知, 在制造商从事再制造的情形下, 经销商是否经销二手产品不影响新产品的最优销量, 但制造商从事再制造时, 新产品的最优销量要低于制造商不从事再制造时新产品的最优销量。在制造商不从事再制造情形下, 经销商经销二手产品与否对新产品最优销量的影响不能直接判断, 具体可由推论 6 得出。

推论 6 在制造商不从事再制造的情形下, 当 $c_s < \theta^2 c_n$ 时, $q_n^{*S} < q_n^{*N}$; 当 $c_s \geq \theta^2 c_n$ 时, $q_n^{*S} \geq q_n^{*N}$ 。

证明 由于 $q_n^{*S} - q_n^{*N} = \frac{c_s - \theta^2 c_n}{4(1-\theta^2)}$, 分析该式即得推论 6。

由推论 6 可知, 当二手产品翻新处理成本较低时, 二手产品会蚕食部分新产品的市场份额, 降低新产品销量; 当二手产品翻新处理成本较高时, 二手产品不但不会降低新产品销量, 反而有助于增加新产品的销量。

推论 7 在制造商从事再制造情形下, 有 $w_r^{*RS} < w_r^{*R}$, $p_r^{*RS} < p_r^{*R}$ 。

证明 由 $w_r^{*RS} - w_r^{*R} = \frac{c_s - \theta^2}{2} < 0$ 可得 $w_r^{*RS} < w_r^{*R}$, 由 $p_r^{*RS} - p_r^{*R} = \frac{c_s - \theta^2}{4} < 0$ 可得 $p_r^{*RS} < p_r^{*R}$, 即推论 7 得证。

由推论 7 可知, 在制造商从事再制造的情形下, 经销商经销二手产品会降低再制造品的批发价格和零售价格。显然, 再制造品零售价格下降有利于增加消费者的福利。

推论 8 在制造商从事再制造的情形下, 当 $c_s < \theta c_r$ 时, $q_r^{*RS} < q_r^{*R}$; 当 $c_s \geq \theta c_r$ 时, $q_r^{*RS} \geq q_r^{*R}$ 。

证明 由于 $q_r^{*RS} - q_r^{*R} = \frac{c_s - \theta c_r}{4\theta(1-\theta)}$, 分析该式即得推论 8。

由推论 8 可知, 当二手产品的翻新处理成本较低时, 二手产品会蚕食部分再制造品的市场份额, 降低再制造品销量; 当二手产品的翻新处理成本较高时, 二手产品不但不会降低再制造品销量, 反而有助于增加再制造品的销量。

推论 6 和推论 8 均表明, 经销商经销二手产品会对制造商的产品产生竞争作用, 但经销商实施翻新二

手产品时必须考虑翻新处理成本与制造商的成本关系。当翻新处理成本过高时, 经销商经销二手产品对其不利, 因此经销商只销售制造商生产的产品; 当翻新处理成本过低时, 经销商经销二手产品可以争夺制造商产品的市场, 使经销商获得更大盈利。

推论 9 在经销商经销二手产品的情形下, $p_s^{*RS} = p_s^{*S}$, $q_s^{*RS} < q_s^{*S}$ 。

证明 由 $q_r^{*RS} = \frac{\theta c_n - (1+\theta)c_r + c_s}{4\theta(1-\theta)} > 0$ 得 $\theta c_n - (1+\theta)c_r + c_s > 0$, $q_s^{*RS} - q_s^{*S} = \frac{(1+\theta)c_r - \theta c_n - c_s}{4\theta(1-\theta^2)} < 0$, 因此 $q_s^{*RS} < q_s^{*S}$, 由 $p_s^{*RS} - p_s^{*S} = 0$ 可得 $p_s^{*RS} = p_s^{*S}$, 推论 9 得证。

由推论 9 可知, 在经销商经销二手产品的情形下, 制造商从事再制造与否不会影响二手产品的销售价格, 但会影响二手产品的销量。具体来说, 制造商从事再制造会降低二手产品的销量。

推论 10 四种模型下的总销量有 $q^{*RS} = q^{*S} > q^{*R} > q^{*N}$ 。

证明 将不同模型下的新产品、再制造品和二手产品的销量相加比较, 即得推论 10。

由推论 5~推论 9 可知, 市场中不同形式的产品具有相互替代性, 再制造品或二手产品的存在都会蚕食部分新产品市场份额, 降低新产品销量。而由推论 10 可知, 虽然市场中存在多种形式的产品对新产品市场份额不利, 但对扩大市场总份额有利。制造商从事再制造或经销商经销二手产品都有利于企业扩大市场份额, 当制造商从事再制造且经销商经销二手产品时, 对企业扩大市场份额最有利。

5 数值仿真与分析

近年来, 随着信息技术的不断提升和手机行业的不断发展, 手机更新换代的速度不断加快, 从而产生了大量废旧手机, 在制造商延伸责任制 (Extended Producer Responsibility, EPR) 下, 一般要求手机制造商必须负责废旧手机的回收再利用^[20]。另据估计, 90% 的废旧手机并没有完全报废, 经过翻新处理或再制造后仍能在市场上销售, 使得许多手机经销商也提出了废旧手机回收再利用计划^[15]。因此下面以某品牌手机为例, 通过数值仿真分析该手机制造商和经销商的最优生产策略。该品牌手机的市场规模大致为 1 000, 单位新手机的制造成本为 600 元, 单位再制造手机成本为 300 元, 单位

翻新二手手机成本为180元。将以上参数标准化,则市场规模为1, $c_n=0.6$, $c_r=0.3$, $c_s=0.18$ 。为了保证各变量有意义,令 θ 在 $[0.5, 0.7]$ 内变化。运用MATLAB 7.12编程求解,得到不同模型下的消费者偏好系数对制造商、经销商和整个供应链利润的影响情况,结果如图1~图3所示。

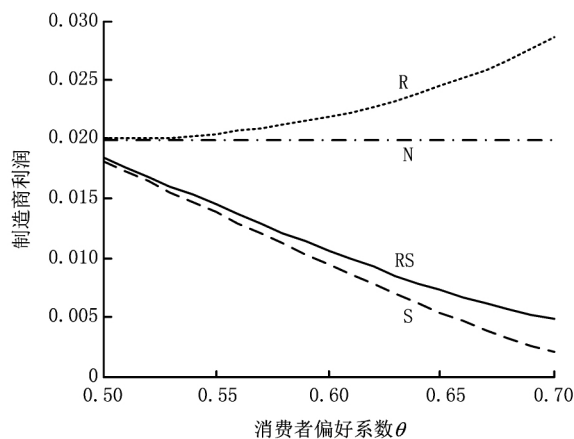


图1 四种模型下制造商利润的比较

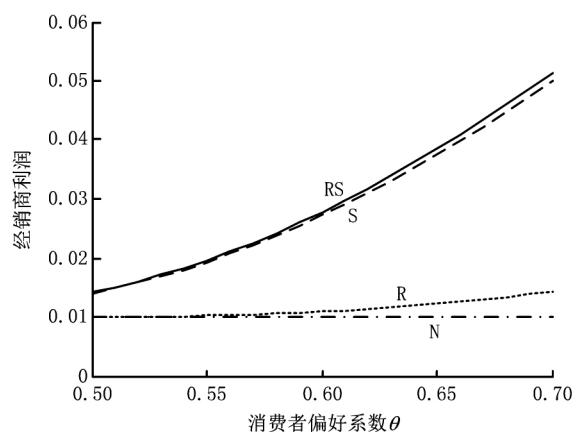


图2 四种模型下经销商利润的比较

由图1可以看出,当手机制造商从事再制造、经销商不经销二手手机时,制造商利润随着消费者偏好系数的增加而增加,且其利润高于其他几种情形下的利润,即对制造商来说,模型R最优;当经销商经销二手手机时,制造商利润随着消费者偏好系数的增加而减少,且制造商利润低于制造商和经销商均不参与废旧手机回收再利用时的利润,即模型N优于模型S和模型RS;当制造商不能阻止经销商经销二手手机时,制造商的最优生产决策是从事再制造,即模型RS优于模型S。总之,四种模型下制造商的最优利润关系为 $\Pi_M^{*R} > \Pi_M^{*N} > \Pi_M^{*RS} > \Pi_M^{*S}$ 。

由图2可以看出,对经销商来说,市场中存在多

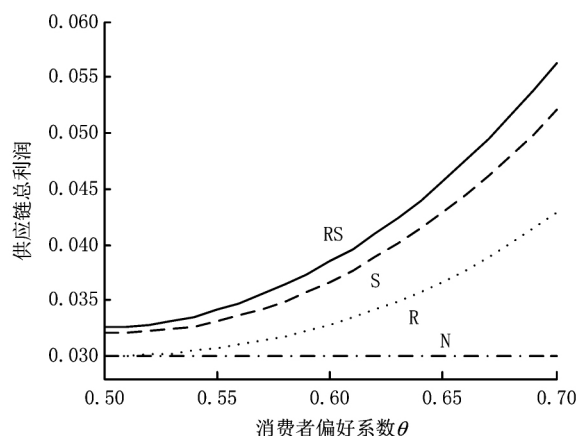


图3 四种模型下供应链总利润的比较

种形式的手机产品对经销商总是有利的,即模型R、模型S和模型RS都优于模型N;不管制造商是否从事再制造,经销商经销二手手机对经销商都有利,在制造商从事再制造的情形下,经销商经销二手手机对经销商最有利。总之,四种模型下经销商的最优利润关系为 $\Pi_D^{*RS} > \Pi_D^{*S} > \Pi_D^{*R} > \Pi_D^{*N}$ 。

图1和图2可进一步说明,不论制造商是否从事再制造,只要经销商经销二手手机就会损害制造商的利益。因此,制造商作为经销商的手机供应商,为了不让其自身利益受到损害,制造商可能会通过一些措施(如技术阻止、专利保护、品牌限制等)来阻止经销商翻新二手手机,这显然不利于经销商的发展。由下面分析可知,经销商通过给予制造商一定的利润补贴,寻求与其合作,可以使制造商不但不会阻止,反而会支持经销商翻新二手手机。

由图3可以看出,在制造商从事再制造的情形下,经销商经销二手手机对整个供应链最有利,即在模型RS下,供应链的总利润最高,由此可得如下结论:

结论5 在制造商从事再制造的情形下,供应链系统的总利润有 $\Pi_M^{*RS} + \Pi_D^{*RS} > \Pi_M^{*R} + \Pi_D^{*R}$ 。

证明 比较模型RS和模型R下整个供应链的利润,即得结论5。

结论5表明,从整个供应链盈利的角度来看,在制造商从事再制造的情形下,经销商经销二手产品优于不经销二手产品。由图4进一步分析可知,在制造商从事再制造的情形下,与经销商不经销二手产品相比,经销商经销二手产品使得经销商增加的利润大于制造商减少的利润,因此制造商可以通过向经销商收取经销许可费(franchisee fee)等方式,

将部分经销商的利润转移过来以增加自身利润,并保证双方都能受益,由此可得推论11。

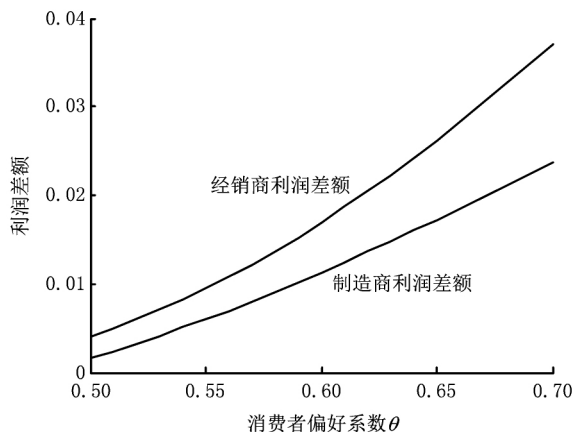


图4 模型RS和模型R下制造商利润差额与经销商利润差额的比较

推论 11 当经销商补贴给制造商的利润比例 δ 满足 $\frac{\Pi_M^{*R} - \Pi_M^{*RS}}{\Pi_D^{*RS} - \Pi_D^{*R}} < \delta < 1$ 时,模型 RS 对制造商和经销商都有利。

推论 11 表明,当 $\Pi_M^{*R} < \Pi_M^{*RS} + \delta(\Pi_D^{*RS} - \Pi_D^{*R})$ 时,即 $\delta \in \left(\frac{\Pi_M^{*R} - \Pi_M^{*RS}}{\Pi_D^{*RS} - \Pi_D^{*R}}, 1 \right)$ 时,一方面,制造商在模型 RS 下获得的利润不低于在模型 R 下获得的利润,此时制造商不会阻止经销商经销二手产品,而是与其继续合作;另一方面,在模型 RS 下经销商获得的利润大于在模型 R 下获得的利润,即制造商从事再制造且经销商经销二手产品对制造商和经销商都有利。

6 结束语

本文假设某种电子产品在市场中可能存在三种形式——新产品、再制造品和二手产品,并考虑消费者对新产品、再制造品和二手产品具有不同的偏好,研究了制造商是否从事再制造和经销商是否经销二手产品的问题。在分析过程中,采用理论分析与数值仿真相结合的方法,首先根据制造商从事再制造与否和经销商经销二手产品与否建立相应的闭环供应链差别定价模型,求得不同模型下的最优定价策略。从产品批发价格、销售价格、销售量、制造商与经销商利润等角度对不同模型进行了比较分析。研究表明:①不论制造商是否从事再制造,只要经销商经销二手产品就会损害制造商的利益。②制造商从事再制造,若经销商不经销二手产品,则对制造商最有利、对经销商不利;若经销商经销二手产品,则对

经销商最有利、对制造商不利。③制造商从事再制造且经销商经销二手产品,对整个供应链和消费者最有利;④当制造商从事再制造且经销商经销二手产品时,虽然对制造商不利,但经销商可将部分利润转移给制造商,从而保证双方都能获得更大盈利。

本文可进一步拓展的方向为:①为方便讨论二手产品和再制造品对新产品的影 响,本文假设消费者偏好系数 $\theta_1 = \theta_2$,下一步可以放松此假设,研究 $\theta_1 \neq \theta_2$ 的情形;②在制造商从事再制造且经销商经销二手产品的情形下,将分散决策与集中决策相比较,讨论供应链的协调机制;③在两周期或多周期内研究制造商与经销商的最优决策。

参考文献:

- [1] THIERRY M, SALOMON M, NUNEN J V, et al. Strategic issues in product recovery Management[J]. California Management Review, 1995, 37(2): 114-135.
- [2] POCHAMPALLY K K, GUPTA S M. Second-hand market as an alternative in reverse logistics[C]//Proceedings of the SPIE Conference on Environmentally Conscious Manufacturing III. Bellingham, Wash., USA: SPIE, 2003: 30-39.
- [3] DEBO L G, TOKTAY L B, WASSENHOVE L V. Market segmentation and product technology selection for remanufacturable products[J]. Management Science, 2005, 51(8): 1193-1205.
- [4] FERRER G, SWAMINATHAN J M. Managing new and remanufactured products[J]. Management Science, 2006, 52(1): 15-26.
- [5] FERRER G, SWAMINATHAN J M. Managing new and differentiated remanufactured products[J]. European Journal of Operational Research, 2010, 203(2): 370-379.
- [6] FERGUSON M E, TOKTAY L B. The effect of competition on recovery strategies[J]. Production and Operations Management, 2006, 15(3): 351-368.
- [7] LIU Baoquan, JI Jianhua, ZHANG Xian. Research of optimal motivation for used products collection based on the maximization of the product recovery profit[J]. Journal of Industrial Engineering/Engineering Management, 2008, 22(3): 74-78 (in Chinese). [刘宝全, 季建华, 张弦. 废旧产品再制造环境下的产品定价和再制造分配方式[J]. 管理工程学报, 2008, 22(3): 74-78.]
- [8] XU Feng, SHENG Zhaohan, CHEN Guohua. The remanufactured products pricing strategy in a heterogeneous market[J]. Chinese Journal of Management Science, 2008, 16(6): 130-136 (in Chinese). [徐峰, 盛昭瀚, 陈国华. 基于异质性消费群体的再制造产品的定价策略研究[J]. 中国管理科学, 2008, 16(6): 130-136.]
- [9] SUN Hao, DA Qingli. Pricing and coordination of remanufac-

- turing closed-loop supply chain based on product differentiation [J]. Chinese Journal of Management, 2010, 7(5): 733-738 (in Chinese). [孙浩, 达庆利. 基于产品差异的再制造闭环供应链定价与协调研究[J]. 管理学报, 2010, 7(5): 733-738.]
- [10] XIONG Zhongkai, WANG Kai, XIONG Yu. Research on the closed-loop supply chain that the distributor engages in remanufacturing[J]. Journal of Management Sciences in China, 2011, 14(11): 1-9 (in Chinese). [熊中楷, 王凯, 熊榆. 经销商从事再制造的闭环供应链模式研究[J]. 管理科学学报, 2011, 14(11): 1-9.]
- [11] ATASU A, SARVARY M, WASSENHOVE L V. Remanufacturing as a marketing strategy[J]. Management Science, 2008, 54(10): 1731-1746.
- [12] BAO Xiaoying, YANG Chenghu, PU Yun. Optimal Pricing policy of the remanufactured products[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2008, 14(12): 2436-2475 (in Chinese). [包晓英, 阳成虎, 蒲云. 再制造产品最优定价策略研究[J]. 计算机集成制造系统, 2008, 14(12): 2436-2475.]
- [13] MITRA S, WEBSTER S. Competition in remanufacturing and the effects of government subsidies[J]. International Journal of Production Economics, 2008, 111(2): 287-298.
- [14] DING Xuefeng, DAN Bin, ZHANG Xumei. Optimal pricing policies for remanufactured products under changing market scale [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2011, 17(4): 888-895 (in Chinese). [丁雪峰, 但斌, 张旭梅. 市场规模变化条件下再制造产品最优定价策略[J]. 计算机集成制造系统, 2011, 17(4): 888-895.]
- [15] KOGAN K. Second-hand markets and intrasupply chain competition[J]. Journal of Retailing, 2011, 87(4): 489-501.
- [16] VORASAYAN J, RYAN S M. Optimal price and quantity of refurbished products[J]. Production and Operations Management, 2006, 15(3): 369-383.
- [17] KONG Lingcheng, LI Ruifen, CHI Linna. The optimal remanufacturing strategies based on returned product quality degradation[J]. Statistics and Decision, 2012(8): 178-182 (in Chinese). [孔令丞, 李瑞芬, 迟琳娜. 基于返回品质量降级的回收再制造策略优化[J]. 统计与决策, 2012(8): 178-182.]
- [18] ZHOU Haixia, GU Qiaolun, LI Sha. Differential Pricing decisions of integrated remanufacture /manufacture supply chain[J]. Information and Control, 2011, 40(4): 553-562 (in Chinese). [周海霞, 顾巧论, 李莎. 再制造/制造集成供应链差别定价策略[J]. 信息与控制, 2011, 40(4): 553-562.]
- [19] MOORTHY S K. Market segmentation, self-selection, and product line design [J]. Marketing Science, 1984, 3(4): 288-307.
- [20] GEYER R, BLASS V D. The economics of cell phone reuse and recycling[J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2010, 47(5/6/7/8): 515-525.

作者简介:

许茂增(1960—),男,陕西大荔人,重庆交通大学管理学院教授,博士生导师,北京工业大学经济与管理学院博士研究生,研究方向:物流与供应链管理, E-mail: xmzrxhy@cqjtu.edu.cn;

唐飞(1988—),男,重庆梁平人,硕士研究生,研究方向:物流与供应链管理。