DOI:10.16749/j.cnki.jecjtu.2015.02.020

文章编号:1005-0523(2015)02-0078-09

政府约束下的双渠道再制造闭环供应链定价决策

张维霞[1],郭军华[2],朱佳翔[3]

(华东交通大学 1.现代教育技术中心;2.经济管理学院,江西 南昌 330013;
3.常州大学经济管理学院,江苏 常州 213164)

摘要:基于双渠道销售—单渠道回收的再制造闭环供应链模式,根据政府和制造商之间的约束函数,讨论了政府约束下的双渠道再制造闭环供应链的定价决策问题。建立了三种情形下的决策模型并比较分析了决策效果,结果表明:再制造闭环供应链需要政府的积极参与和约束。政府无约束时,废旧产品的回收量最少,制造商和零售商利润最低。政府实施约束时,随着单位奖惩因子的增加,回收量不断增加,回收商和处理商的利润也逐渐增长。制造商和零售商合作决策是最优定价模型,此时的回收量最高,双方盈利也最大,比二者独立决策的效果更好,政府应积极引导制造商和零售商实现合作。

关键词:双渠道;再制造;闭环供应链;政府约束

中图分类号:F250 **文献标志码**:A

随着资源危机和环境污染的加剧,可持续发展和循环经济的观念日益受到社会各界重视。越来越多的企业开始将闭环供应链纳入其战略体系,政府也开始注重引导闭环供应链的构建实施工作。闭环供应链就是在传统的正向供应链上加入逆向反馈(即逆向供应链)而形成的一个完整的环状供应链体系[1-2](CLSC,closed loop supply chain),通过产品的正向销售和逆向回收再制造再销售,使"生产—消费—废弃"的开环过程变成"生产—消费—再制造"的闭环反馈式循环过程。我国从2003年开始要求电器制造企业必须负责废弃的电器产品的回收处理。有效实施闭环供应链,不仅可以给社会带来生态效益,还可以给企业自身带来经济效益。

由于闭环供应链的定价策略直接影响到供应链系统运作效率,因而受到学者们的广泛关注。孙浩等(2011)建立了基于市场细分的两周期再制造闭环供应链的决策模型,得出了制造商的最优批发价格和回购价格,零售商对新产品和再制造产品的差异化定价以及双方的利润[3]。郭军华(2012)在消费者支付意愿差异条件下,给出了再制造闭环供应链的协调定价策略[4]。张曙红(2013)根据EPR原则,在优先考虑再制造产品利润条件下给出闭环供应链的定价策略[5]。曹晓刚(2014)在混合需求条件下,考虑专利保护因素,设计了再制造闭环供应链的定价策略[6]。上述文献讨论的都是单渠道情况下的闭环供应链的协调定价策略,没有拓展到混合渠道复杂情况下的闭环供应链。王文宾等(2010)建立了零售商回收与第三方回收废旧产品情形的闭环供应链决策模型,讨论了回收努力程度和产品定价的区别,分析了制造商与零售商的利润随消费者偏好系数的变化规律[7]。易余胤等(2012)构建了销售渠道和回收渠道均存在冲突的双渠道闭环供应链协调定价模型,提出了一个改进的两部定价契约来实现闭环供应链的协调[8]。李伟等(2013)在分别给出了三种混合渠道销售和回收模式下的闭环供应链最优定价策略[9]。于春海(2014)在第三方回收模

收稿日期:2014-12-19

基金项目:国家自然科学基金资助项目(71261005,71262011);江西省自然科学基金资助项目(20122BAB211011);江西省教育厅科学技术研究项目(GJJ13329);国家社会科学基金重点资助项目(13AZD062);国家社会科学基金项目(12BGL104,13BGL157)

作者简介:张维霞(1975—),女,工程师,研究方向为信息管理。

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

式下，研究了双渠道回收闭环供应链的定价策略[10]。但上述文献都没有考虑政府参与闭环供应链的情形，王玉燕(2012)探讨了政府干涉措施下，单制造商和单零售商构成的双渠道回收的闭环供应链定价决策问题，并指出合作决策是最佳模式[11]。易余胤(2014)构建了三个奖惩机制，分析了政府奖惩对闭环供应链节点企业最优定价和渠道选择的影响[12]。郭军华等(2014)针对废旧家电回收闭环供应链，设计了回收主体的激励机制[13]。

综合归纳，目前在闭环供应链渠道模式研究方面，主要有：单渠道销售—单渠道回收、单渠道销售—双渠道回收、双渠道销售—双渠道回收三种渠道模式，没有涉及到双渠道销售—单渠道回收模式；并且部分文献在闭环供应链系统中没有考虑到再制造环节，也忽略了政府参与的情况。但现实环境中，通过直销和零售两个渠道进行销售，由零售渠道进行回收再制造的情况是普遍存在的，政府也开始积极参与决策。例如长虹集团就借助传统的销售渠道，广泛建立回收站点，积极进行回收再制造；国务院颁布执行的《废弃电器电子产品处理基金征收使用管理办法》也于2012年7月1日正式生效，政府开始积极参与废旧电子电器产品的回收再制造环节。因此，建立双渠道销售—单渠道回收的再制造闭环供应链定价决策模型，通过无政府约束下的独立决策模型、政府约束下的独立决策模型和政府约束下的合作决策模型之间的比较分析，探讨了政府约束下制造商和零售商如何进行定价决策以实现利益最大化，并发现政府约束下的合作决策是再制造闭环供应链最佳模式。

1　模型假设与定义

1.1　模型描述

双渠道再制造闭环供应链定价模型如图1所示，是一个双渠道销售—单渠道回收的闭环供应链结构，该模型有两个决策主体：制造商、零售商。在该模型中，销售渠道有两个，一个是制造商通过零售渠道将产品批发给零售商，零售商再销售给消费者；另一个是制造商通过直销渠道将产品直接销售给消费者。而废旧产品的回收工作由制造商委托零售商负责，零售商从消费者手中回收废旧产品，再由制造商出价全部回收。制造商将回收的废旧产品进行加工再制造，同时用全新的原材料进行完全新产品的制造，并将再制造产品和完全新产品同时投入销售渠道。

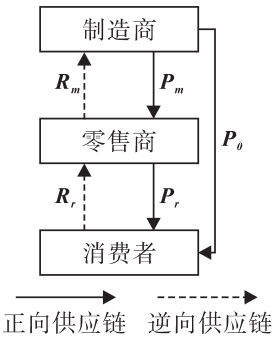

图1　双渠道销售—单渠道回收的闭环供应链结构

Fig.1　Closed-loop supply chain of dual-channel selling and one-channel recycling

1.2　变量定义和假设

P_0 制造商通过直销渠道把产品直接卖给消费者的销售价格；

P_m 制造商通过零售渠道把产品批发给零售商的销售价格；

P_r 零售商销售制造商产品的销售价格，$P_m<P_r$；

R_m 制造商从零售商手中回收废旧产品的回收价格；

R_r 零售商从消费者手中回收废旧产品的回收价格，$R_r<R_m$；

τ 回收的废旧产品的再制造率，即$(1-\tau)$为废弃率，$0<\tau<1$；

c_n 来表示以全新的原材料进行生产的单位成本；

c_r 来表示以回收的废旧产品为原材料进行生产的单位成本，$c_r<c_n$。

假设1　参考文献[6][7]设计的市场需求函数设计方法，假设直接销售渠道和间接零售渠道的市场销售量分别为

$$D_0 = a_0 - \partial_0 P_0 + \gamma P_r \qquad D_r = a_r - \partial_r P_r + \gamma P$$

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

$D_i(i=0,r)$为废旧品在i渠道上的销售量；a_0为直接销售渠道上的基本市场销售量；a_r为间接零售渠道上的基本市场回收量；$\partial_i(i=0,r)$为渠道i的价格敏感度；γ为交叉价格敏感度，表示渠道价格对其它渠道销售量的影响，且有$\partial_i>\gamma$，即本渠道价格对销售量的影响大于其它渠道价格对本渠道销售量的影响。为方便计算，一般取$\partial_i=1$。

假设2 随着回收价格R_r的增加，消费者对废旧产品的交易欲望增加，废旧产品的回收量Q也随之增加。假设回收量Q具有如下函数形式[14]：

$$Q=l+gR_r \quad l\geqslant 0, g\geqslant 0$$

g表示对应于回收价格R_r的回收率，l为不依赖于回收价格R_r的基本回收量。

假设3 假设再制造品与完全新产品在质量、功能和效用上完全相同，二者无差异化，并将参与新产品的竞争，与新产品以相同的价格销售，并且消费者对两者的接受度完全相同。

2 双渠道再制造闭环供应链定价模型分析

2.1 政府无约束下的独立决策模型(D模型)

先考虑政府不干预废旧产品回收的情况，即政府无约束。则在模型中，制造商的利润函数为

$$\Pi_M^D=D_0(P_0-c_n)+D_r(P_m-c_n)+\tau Q(c_n-c_r)-QR_m \tag{1}$$

零售商的利润函数为

$$\Pi_R^D=D_r(P_r-P_m)+Q(R_m-R_r) \tag{2}$$

若制造商和零售商独立进行定价决策，由于该博弈为完全信息动态博弈，其均衡是子博弈精炼纳什均衡，因此可以采用逆向归纳法来求解博弈。根据逆向归纳法，先求零售商的反应函数：

$$R_1(P_r)=\frac{\partial\Pi_R^D}{\partial P_r}=a_r+P_m-2P_r+\gamma P_0 \tag{3}$$

$$R_2(R_r)=\frac{\partial\Pi_R^D}{\partial R_r}=g(R_m-R_r)-gR_r-l \tag{4}$$

联立$R_1(P_r)=0, R_2(R_r)=0$，得

$$P_r=\frac{P_m+a_r+\gamma P_0}{2} \tag{5}$$

$$R_r=\frac{gR_m-l}{2g} \tag{6}$$

将(5)(6)带入(1)中，并联立如下一阶条件：

$$\frac{\partial\Pi_M^D}{\partial P_0}=a_0-P_0+\frac{\gamma(c_n-P_m)}{2}+\left(\frac{\gamma^2}{2}-1\right)(P_0-c_n)+\gamma\left(\frac{P_m}{2}+\frac{a_r}{2}+\frac{\gamma P_0}{2}\right)=0 \tag{7}$$

$$\frac{\partial\Pi_M^D}{\partial P_m}=\frac{a_r}{2}+\frac{c_n}{2}-P_m+\frac{\gamma P_0}{2}+\frac{\gamma(P_0-c_n)}{2}=0 \tag{8}$$

$$\frac{\partial\Pi_M^D}{\partial R_m}=-\frac{l}{2}-gR_m+\frac{g\tau(c_n-c_r)}{2}=0 \tag{9}$$

解得制造商独立决策下的最优决策价格：

$$P_0^D=\frac{c_n(1-\gamma^2)+a_r\gamma+a_0}{2(1-\gamma^2)} \tag{10}$$

$$P_m^D=\frac{c_n(1-\gamma^2)+a_0\gamma+a_r}{2(1-\gamma^2)} \tag{11}$$

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

$$R_m^D=\frac{(c_n-c_r)\tau g-l}{2g} \tag{12}$$

将(10)~(12)带入(5)(6)中，求得独立决策下零售商的最优决策价格：

$$R_r^D=\frac{(c_n-c_r)\tau g-3l}{4g} \tag{13}$$

$$P_r^D=\frac{c_n(1+\gamma)+a_r}{4}+\frac{a_r+a_0\gamma}{2(1-\gamma^2)} \tag{14}$$

将(10)~(14)代入利润函数(1)(2)，得到制造商与零售商在政府无约束下的独立决策集合下的利润：

$$\begin{aligned}\Pi_M^D=&\frac{[\tau g(c_n-c_r)+l]^2}{8g}-\frac{[c_n(1-\gamma)-a_r][c_n(1-\gamma)-a_0\gamma-a_r]}{8(1-\gamma^2)}\\&+\frac{[c_n(1-\gamma^2)-a_r\gamma-a_0][c_n\gamma(1-\gamma^2)+a_r\gamma+2a_0-2c_n]}{8(1-\gamma^2)}\end{aligned} \tag{15}$$

$$\Pi_R^D=\frac{[(c_n-c_r)\tau g+l]^2+{c_n}^2g\gamma(2-\gamma)^2-2a_rc_ng\gamma-g(c_n-a_r)}{16g} \tag{16}$$

供应链总利润为

$$\begin{aligned}\Pi^D=&\frac{3l^2}{16g}+\frac{(c_n\gamma-a_r)^2+3(c_n-c_r)^2\tau^2g-7{c_n}^2}{16}\\&+\frac{3({c_n}^2\gamma+a_rc_n+(c_n-c_r)\tau l)+4a_0c_n}{8}-\frac{(a_0+a_r)^2-2a_0a_r(1-\gamma)}{4(1-\gamma^2)}\end{aligned} \tag{17}$$

此时的废旧产品回收量为

$$Q^D=\frac{(c_n-c_r)\tau g+l}{4} \tag{18}$$

可以发现，制造商和零售商的最优决策价格、双方利润以及废旧产品回收量都与(c_n-c_r)和τ成正比关系。即因采用回收的废旧产品为原材料进行生产而节省的单位成本越高，废旧产品的再制造率越高，制造商和零售商利益越大，废旧产品的回收量越大。

2.2　政府约束下的独立决策模型(GD模型)

为了引导促进废旧产品回收再制造工作的发展，政府应该对其进行经济激励。参考王玉燕[15]的研究成果，现考虑如下约束函数：

$$f(k)=k(Q-w)\quad k>0 \tag{19}$$

政府对制造商规定废旧产品的最低回收量为w，若回收量$Q>w$，则政府对超过w的超额回收量$Q-w$给予$k(Q-w)$的经济奖励，若制造商的回收总量$Q<w$，则政府对不足w的差额回收量$w-Q$给予$k(w-Q)$的惩罚，其中k为单位奖惩因子。此时，制造商和零售商的利润函数分别为

$$\Pi_M^{GD}=D_0(P_0-c_n)+D_r(P_m-c_n)+\tau Q(c_n-c_r)-QR_m+k(Q-w) \tag{20}$$

$$\Pi_R^{GD}=D_r(P_r-P_m)+Q(R_m-R_r) \tag{21}$$

同理，可求得政府约束下的制造商和零售商的最优独立决策价格：

$$P_0^{GD}=\frac{c_n(1-\gamma^2)+a_r\gamma+a_0}{2(1-\gamma^2)} \tag{22}$$

$$P_m^{GD}=\frac{c_n(1-\gamma^2)+a_0\gamma+a_r}{2(1-\gamma^2)} \tag{23}$$

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

$$R_m^{GD}=\frac{(c_n-c_r)\tau g+gk-l}{2g} \tag{24}$$

$$R_r^{GD}=\frac{(c_n-c_r)\tau g+gk-3l}{4g} \tag{25}$$

$$P_r^{GD}=\frac{c_n(1+\gamma)+a_r}{4}+\frac{a_r+a_0\gamma}{2(1-\gamma^2)} \tag{26}$$

将(22)~(26)带入(20)(21),得到制造商与零售商在政府约束下的独立决策集合下的利润

$$\begin{aligned}\Pi_M^{GD}=&\frac{gk^2-3c_n^{\ 2}+(a_r+c_n\gamma)^2+(c_n-c_r)^2\tau^2 g}{8}-\frac{(a_0+a_r)^2-2a_0a_r(1-\gamma)}{4(1-\gamma^2)}\\&+\frac{c_n^{\ 2}\gamma+kl+a_rc_n+2a_0c_n+(c_n-c_r)\tau(gk+l)}{4}+\frac{l^2}{8g}-kw\end{aligned} \tag{27}$$

$$\begin{aligned}\Pi_R^{GD}=&\frac{[(c_n-c_r)\tau g+l]^2+c_n^{\ 2}g\gamma(2-\gamma)-g(a_r-c_n)^2-2a_rc_ng\gamma}{16g}\\&+\frac{2(c_n-c_r)\tau g^2k+g^2k^2+2gkl}{16g}\end{aligned} \tag{28}$$

供应链总利润为

$$\begin{aligned}\Pi^{GD}=&\frac{(c_n\gamma-a_r)^2+3(c_n-c_r)^2\tau^2g-7c_n^{\ 2}}{16}+\frac{3[c_n^{\ 2}\gamma+a_rc_n+(c_n-c_r)\tau l]+4a_0c_n}{8}\\&-\frac{(a_0+a_r)^2-2a_0a_r(1-\gamma)}{4(1-\gamma^2)}+\frac{3k[l+gk+(c_n-c_r)\tau g]}{8}-kw\end{aligned} \tag{29}$$

此时的废旧产品回收量为

$$Q^{GD}=\frac{(c_n-c_r)\tau g+gk+l}{4} \tag{30}$$

定理1 政府约束下,相对于政府无约束的情况,双渠道再制造闭环供应链的正向供应链部分决策价格保持不变,而逆向供应链部分的决策价格随着政府约束力度的提高而递增。即政府约束并不会对产品的销售定价决策产生影响,仅影响到回收价格。

证明

$$P_0^{GD}=P_0^{D}=\frac{c_n(1-\gamma^2)+a_r\gamma+a_0}{2(1-\gamma^2)} \tag{31}$$

$$P_m^{GD}=P_m^{D}=\frac{c_n(1-\gamma^2)+a_0\gamma+a_r}{2(1-\gamma^2)} \tag{32}$$

$$P_r^{GD}=P_r^{D}=\frac{c_n(1+\gamma)+a_r}{4}+\frac{a_r+a_0\gamma}{2(1-\gamma^2)} \tag{33}$$

$$R_m^{GD}-R_m^{D}=\frac{k}{2} \tag{34}$$

$$R_r^{GD}-R_r^{D}=\frac{k}{4} \tag{35}$$

定理1说明政府约束是以废旧产品的回收量为决策单位的,不是回收率(回收量/销售量),与销售量无关,对制造商和零售商的销售价格不会产生影响。但零售商和制造商的回收价格会因激励因子k而相应提高$k/4$,$k/2$的幅度,并且制造商的提高幅度是零售商的2倍,因为政府约束的直接对象是制造商。

定理2 政府约束下,零售商的利润肯定会有稳步增长,制造商的利润会因为"奖"或"惩"的情况而增长或者减少,相应的供应链总利润也或增或减,取决于制造商的回收量是否超过政府约束的最低回收量。

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

证明

$$\Pi_M^{GD}-\Pi_M^{D}=\frac{k[2l+gk+2(c_n-c_r)\tau g]}{8}-kw \tag{36}$$

$$\Pi_R^{GD}-\Pi_R^{D}=\frac{k(2l+gk+2(c_n-c_r)\tau g)}{16}>0 \tag{37}$$

$$\Pi^{GD}-\Pi^{D}=\frac{3k[l+gk+(c_n-c_r)\tau g]}{8}-kw \tag{38}$$

定理2说明因采用回收的废旧产品进行再制造而节省的费用(c_n-c_r)越大，废弃率越低，制造商和零售商的利润越高。并且政府约束的最低回收量w越高，激励因子k越大，制造商在高回报的同时承受的风险也越大。

2.3　政府约束下的合作决策模型（GC模型）

在政府约束下，若制造商和零售商能相互合作、联合进行定价决策，则制造商、零售商会以系统利润最大化为原则进行决策。此时，系统供应链的利润函数为

$$\Pi^{GC}=D_rP_r-QR_r+D_0(P_0-c_n)-D_rc_n+\tau Q(c_n-c_r)+k(Q-w) \tag{39}$$

联立 $\frac{\partial\Pi^{GC}}{\partial R_r}=0,\frac{\partial\Pi^{GC}}{\partial P_r}=0,\frac{\partial\Pi^{GC}}{\partial P_0}=0$，得政府约束下制造商和回收商的最优决策价格：

$$R_r^{GC}=\frac{(c_n-c_r)\tau g-l+gk}{2g} \tag{40}$$

$$P_0^{GC}=\frac{c_n(1-\gamma^2)+a_r\gamma+a_0}{2(1-\gamma^2)} \tag{41}$$

$$P_r^{GC}=\frac{2c_n(1-\gamma^2)+a_0\gamma+a_r}{2(1-\gamma^2)} \tag{42}$$

供应链的总利润为

$$\begin{aligned}\Pi^{GC}=&\frac{(c_n-c_r)^2\tau^2g}{4}-\frac{(a_0+a_r)^2-2a_0a_r(1-\gamma)}{4(1-\gamma^2)}+\frac{gk^2-5c_n^{\,2}-2kl+2a_0c_n}{4}\\&+\frac{l^2}{4g}+\frac{(c_n-c_r)\tau(l+gk)}{2}+a_rc_n-kw+c_n^{\,2}\gamma\end{aligned} \tag{43}$$

此时的废旧产品回收量为

$$Q^{GC}=\frac{(c_n-c_r)\tau g+gk+l}{2} \tag{44}$$

定理3　政府有无约束，制造商和零售商是否合作进行定价决策，对产品的直销价格毫无影响。相对于政府约束下的情况，制造商和零售商独立进行定价决策时零售渠道的价格保持不变，二者合作决策时零售价格有所提高。

证明

$$P_0^{GC}=P_0^{GD}=P_0^{C}=\frac{c_n}{2}+\frac{a_r\gamma+a_0}{2(1-\gamma^2)} \tag{45}$$

$$\begin{aligned}P_r^{GC}&=P_m^{GD}+\frac{c_n}{2}=P_r^{GD}+\frac{c_n(3-\gamma)+a_r}{4}\\&=P_m^{D}+\frac{c_n}{2}=P_r^{D}+\frac{c_n(3-\gamma)+a_r}{4}\end{aligned} \tag{46}$$

由于$\gamma<1$，且$c_n,a_r>0$，因此$c_n(3-\gamma)+a_r>0$。

定理3说明政府约束下合作决策时的零售价格比独立决策时制造商的批发价格和零售商的销售价格都有所提高，主要是双方合作减少了双边差额损失。

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

定理4 政府约束能有效促进废旧产品回收量的提高。相对于政府无约束时独立决策的回收量，政府约束下制造商和零售商合作决策时回收量是独立决策时的2倍。

证明

$$Q^{GC}=2Q^{GD}=2\left(Q^{D}+\frac{gk}{4}\right) \tag{47}$$

定理4说明政府需要实施约束，并且要积极引导制造商和零售商采取合作共赢，此时，废旧产品的回收量最高，政府约束的效果最佳。

3 数值分析

为了进一步验证上述结论的正确性，以及进行更深入的探讨，本小节对上述模型进行算例分析。参考王文宾[15]，姚卫新等的研究成果，设k=80，l=50，g=4，τ=0.8，c_r=20，c_n=100，a_0=1，a_r=1，γ=0.6，w=10，进行数值分析。根据所建立的模型得到的均衡解如表1所示。

表1 不同政府约束下的决策值

Tab.1 Decision values under government's constraints

变量	无约束	约束下独立决策	约束下合作决策
P_0	51.25	51.25	51.25
P_m	51.25	51.25	—
R_m	25.75	65.75	—
P_r	36.25	36.25	101.25
R_r	6.625	26.625	65.75
Q	76.5	156.5	313
Π_M	4 534.9	13 055	—
Π_R	1 530.6	6 190.6	—
Π	6 065.4	19 245	23 094

由表1可知，双渠道再制造闭环供应链中，在政府无约束的情况下，由于制造商、零售商独立决策，二者的废旧产品回收价格都最低，导致回收量最低，并且双方的利润也最低。在政府实施约束的情况下，由于政府分担了部分成本，制造商、零售商的回收价格大幅增加，大大提高了回收量，双方的利润也大幅度增长；并且，当双方实现合作时，不仅回收价格达到最高，销售价格也最高，带来了最大回收量和最高利润的共赢。总之，政府无约束不能有效促进再制造产业的持续发展，政府不仅需要实施约束，还要积极引导制造商、零售商互利合作，共同决策，使政府约束达到最佳效果。

图2分析了废旧产品回收量随政府单位奖惩因子的变化趋势。由图2可以看出，在政府无约束时，废旧产品的回收量一直为基本回收量50，当政府实施约束时，即便制造商、零售商独立决策，废旧产品回收量也随着单位奖惩因子的提高而有稳步增长；并且合作决策的效果最好，制造商、零售商合作决策时，即便单位奖惩因子为0，基本回收量也相当高，随着奖惩因子的提高，回收量的增加幅度更大，回收效果最好。只要政府能引导制造商和零售商采取合作，即便较低的单位奖惩因子也能达到较好的效果。

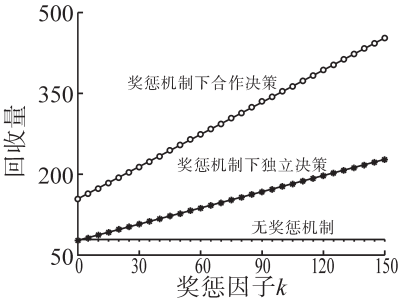

图2 废旧产品回收量随k的变化趋势

Fig.2 The variation tendency for recovery quantity of the waste products along with k

图3分析了“最低回收量”和“单位奖惩因子”这两个政府约束决策值的关系对制造商利润的影响。

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

由图3可以看出，当政府约束的最低回收量很低时，单位奖惩因子越大，制造商利润越高。随着最低回收量的不断提高，制造商利润逐渐减少，单位奖惩因子越大，减少幅度越大。说明政府必须合理的约束最低回收量，既不能太高打击制造商的积极性，也不能太低使得奖惩效率低下。

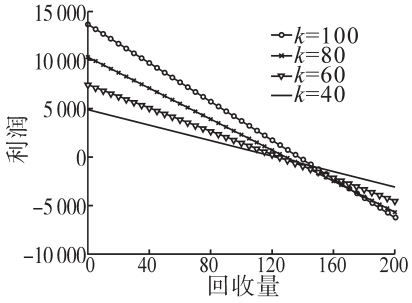

图3　制造商利润随k的变化趋势

Fig.3　The variation tendency for manufacturer's profit along with k

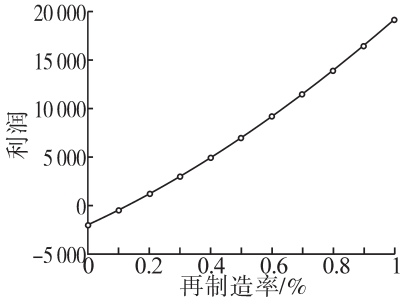

图4　供应链总利润随τ的变化趋势

Fig.4　The variation tendency for the gross profit of the supply chain along with τ

图4分析了政府约束下制造商零售商合作决策时，废旧产品再制造率对供应链总利润的影响。由图4可以看出，供应链总利润随着废旧产品再制造率的提高而显著增加，再制造率的提高无论是制造商还是零售商都会带来利润增长。当再制造率很低的时候，供应链盈利为负，由于政府约束，制造商不得不高价回收可再制造率很低的产品，却不能创造价值，损失最大。所以，不管有无政府约束，提高再制造率都是促进再制造闭环供应链发展的最佳手段。

4　小结

文章考虑了政府约束下，双渠道销售单渠道回收的再制造闭环供应链中制造商和零售商如何进行定价决策以实现利益最大化的问题，建立了三种情形下的决策模型。通过比较分析，得到以下主要结论和需探讨的问题：

1）政府无约束不利于再制造产业的发展，废旧产品基本无法回收，再制造产业需要政府的积极参与和政策约束。

2）政府约束下，制造商和零售商的合作决策模式是最优定价模式。对于政府来说，回收量最高，促进了资源的再生利用；对于企业来说，制造商和零售商都能够获得最大盈利。

3）政府不仅要实施约束，还要有效协调制造商和零售商实现合作，独立决策虽然也能达到较好的盈利和回收量，但都不及合作模式最优。

问题探讨：首先，模型只考虑了单一制造商和单一零售商构成的闭环供应链，多制造商和多零售商的决策模型有待深入研究。其次，模型前提是确定需求下的决策，但现实生活中的市场需求往往是不确定的。最后，本文只设计了单一周期下的再制造闭环供应链，多周期的决策模型以及不对称信息条件下的决策都是进一步研究的方向。

参考文献：

[1] KRIKKLEH, PAPPISCP, TSOULFASGT, et al. Design principles for closed loop supply chains: optimizing economic logistic and environmental performance [R]. The Netherlands, ERIM Report Series Research in Management, ERS−2001−62−LIS, 2001.

[2] KRIKKLEH, BLOEMHOF−RUWAARD, VAN WASSENHOVE LN. Design of closed loop supply chains: a production and return network for refrigerations [R]. The Netherlands, ERIM Report Series Research in Management, 2001.

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

[3] 孙浩,达庆利.基于市场细分的两周期闭环供应链定价策略[J].统计与决策,2010(4):173-176.
[4] 郭军华. WTP差异化条件下再制造闭环供应链的协调定价策略[J]. 华东交通大学学报, 2012,29(1):121-126.
[5] 张曙红,张金隆,初叶萍. 基于再制造优先的闭环供应链定价与协调[J].系统工程学报, 2013,28(4):506-513.
[6] 曹晓刚,闻卉,郑本荣,等. 混合需求下考虑专利保护因素的闭环供应链定价与协调[J].中国管理科学,2014,22(10):106-112.
[7] 王文宾,达庆利.零售商与第三方回收下闭环供应链回收与定价研究[J].管理工程学报, 2010,24(2):130-134.
[8] 易余胤,袁江.渠道冲突环境下的闭环供应链协调定价模型[J].管理科学学报, 2012,15(1):54-65.
[9] 李伟,孔造杰,肖美丹. 混合渠道下闭环供应链回收与协调定价研究[J].工业工程, 2013,16(5):45-52.
[10] 于春海,李想. 闭环供应链双渠道回收系统定价机制与协调策略[J]. 东北大学学报:自然科学版, 2014,35(9):1360-1364.
[11] 王玉燕.政府干涉下双渠道回收的闭环供应链模型分析[J].运筹与管理, 2012,21(3):250-255.
[12] 易余胤,梁家密. 奖惩机制下的闭环供应链混合回收模式[J]. 计算机集成制造系统, 2014,20(1):215-223.
[13] 郭军华,张威,倪明. 废旧家电回收再利用的政府激励机制研究[J].华东交通大学学报,2014,31(1):56-62.
[14] MUKHOPADHYAY SK, SETOPUTRO R. Optimal return policy and modular design for build-to-order products [J]. Journal of Operations Management 2005,23(5): 496-506.
[15] 王文宾,达庆利.再制造逆向供应链协调的奖励、惩罚及奖惩机制比较[J].管理工程学报,2010,24(4):48-52.

Pricing Models of Dual-Channel Remanufacturing Closed-Loop Supply Chain under Government's Constraints

Zhang Weixia[1], Guo Junhua[2], Zhu Jiaxiang[3]

(1.Modern Educational Technology Center, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China; 2. School of Economics and Management,East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China; 3. School of Economics and Management,Changzhou University, Changzhou 213164, China)

Abstract: Based on remanufacturing closed-loop supply chain of dual-channel selling and one-channel recycling, in view of the constraint function between the government and manufacturer, this paper studies the remanufacturing closed-loop supply chain pricing decision under government's constraints. Three decision models are established and the decision results of these models are compared. Results show that remanufacturing closed-loop supply chain needs government's active participation and constraints. There would be the lowest recovery price and the least profits for both manufacturer and recycler without government's constraints. The recovery quantity and profits would increase with the growth of government's rewards and penalties when the government implements constraints. And it would be the optimal pricing model when the manufacturer and recycler choose to cooperate with each other, which leads to the highest recovery quantity and profits.

Key words: dual channel; remanufacturing; closed-loop supply chain; government's constraints

(责任编辑 王建华 李 萍)

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net