

文章编号: 2095-2163(2021)01-0137-06

中图分类号: TPF274

文献标志码: A

大件垃圾资源化与减量化管理的定价决策研究

赵曼曼

(上海理工大学 管理学院, 上海 200093)

摘要: 针对大件垃圾的资源化与减量化处理问题, 以制造商和回收商组成的绿色闭环供应链为研究对象, 构建了集中和分散决策定价模型并对2种模型进行对比分析, 通过理论证明和数值仿真验证模型的有效性。结果表明: 随着消费者绿色偏好系数的增加, 2种决策模式下的绿色闭环供应链各个最优决策变量均增加。在集中决策模式下, 大件产品的绿色度、需求量、供应链总利润要优于分散决策模式下, 且回收率明显高于后者, 而销售价格低于分散决策模型。

关键词: 大件垃圾; 绿色闭环供应链; 绿色度; 回收率; 定价决策

Research on the pricing decision of resource recovery and reduction management of bulky waste

ZHAO Manman

(Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

【Abstract】 Aiming at the problem of resource recovery and reduction processing of bulky waste, a centralized and decentralized decision pricing model is constructed by taking the green closed-loop supply chain composed of manufacturer and recycler as the research object, and the two models are compared and analyzed. The validity of the model is verified by theoretical proof and numerical simulation. The results show that: all the optimal decision-making variables of the supply chain increase as consumers' green preference coefficient increases. Under the centralized decision-making model, the greenness, demand and total profit of the supply chain of large products are better than those under the decentralized decision-making model, and the recycling rate is significantly higher than the latter, while the price is lower than the latter.

【Key words】 bulky waste; green closed-loop supply chain; greenness; recycling rate; pricing decision

0 引言

随着城市建设的快速发展, 居民生活水平的不断提高, 城市生活垃圾产生量呈不断上升趋势。据统计, 2019年中国的生活垃圾产生量高达1.79亿吨, 而在年末仍然有1700万吨尚待处理, 近十年垃圾累积的堆放量已超过5亿多吨。垃圾围城和垃圾的非法倾倒现象频繁发生, 都说明了中国、特别是一些发达城市对垃圾的处理能力跟不上垃圾产生增长的速度问题^[1]。目前对一般的生活垃圾从垃圾分类到收集处理已经有相对系统的流程和规定, 而大件垃圾(主要是指大件的家具、家电、电子产品等)与一般的生活垃圾相比较, 则主要由板材、金属、塑料各种五金件等组成, 其材料坚固, 体积规格重量大, 部分家电还有一定的污染性, 因此在投放、收集、运输、处理等方面均会带来一定的困扰。大件垃圾资源化潜力大, 遵循循环经济理念对其进行绿色回收和绿色再制造, 实现经济和环境的协调发展至关重要^[2]。

近年来, 国内外许多学者对供应链的定价决策

问题进行了研究。Ghosh等人^[3]建立了一个由制造商和零售商组成的二级供应链博弈模型, 研究了渠道结构对产品的绿色度、销售价格以及供应链成员利润的影响。Song等人^[4]构建了2种收益共享契约下的绿色供应链博弈模型。Zhang等人^[5]针对市场需求和产品绿色度相关的三级绿色供应链系统, 运用博弈论方法研究了集中决策模型、分散决策模型以及2种合作决策模型, 结果显示在合作决策下, 供应链系统和参与成员的利润均达到最优水平。Shi等人^[6]研究了需求不确定的情况下的闭环供应链中销售价、回购价以及需求量的最优决策问题。聂佳佳^[7]探讨了信息分享对制造商回收模式选择的影响。陈章跃等人^[8]利用动态博弈分析了闭环供应链中由单一的再制造商回收再制造商产品时消费者的策略行为与再制品的质量对闭环供应链相关决策的影响。Savaskan等人^[9]主要研究了在零售商竞争条件下, 制造商回收的逆向渠道选择与前向渠道产品定价决策的互动关系。在考虑消费者的绿色偏好方面, Liu等人^[10]研究了供应链成员竞争以及消费者绿色偏好因素对关键的供应链企业生产决策

作者简介: 赵曼曼(1990-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向: 供应链管理、资源环境经济与政策。

收稿日期: 2020-11-04

哈尔滨工业大学主办 ◆ 专题设计与应用

的影响。刘会燕等人^[11]探讨了制造商和零售商构成的二级绿色供应链的竞合关系和研发模式选择问题,构建了4种博弈模型,并给出了各种模型下的最优解。Zhu等人^[12]采用博弈论方法研究了竞争环境下供应链中的绿色产品设计问题,即产品绿色度决策如何受到供应链结构、绿色产品类型以及竞争类型等因素的影响。

上述文献大多是从正向和逆向供应链进行研究,本文基于大件垃圾的特性,以大件垃圾作为闭环供应链中流通的产品,考虑到大件垃圾的回收率,再利用生产的绿色度以及消费者对再生产产品的绿色偏好等情况,建立绿色闭环供应链,对整个过程进行渠道的选择与定价决策的分析,可以更好地完善供应链的回收和再生产的整个过程。

1 模型假设

1.1 模型描述

本文以大件家具家电制造商、消费者和回收商组成的绿色闭环供应链为研究对象,如图1所示,在此模型中,制造商负责大件家具家电的生产作业,以价格 P 销售给消费者,当产品被消费后,第三方回收商以价格 c 从消费者手中回购大件产品,大件家具家电制造商再以回购价 b 从第三方回收商处经由回购进行绿色再生产,循环往复形成绿色闭环供应链,相关参数符号变量见表1,为简化说明,把大件家具家电简称为大件产品。

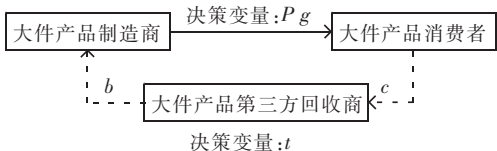


图1 大件产品绿色闭环供应链决策流程

Fig. 1 Decision-making process of green closed-loop supply chain for bulky products

1.2 模型假设

(1) 大件产品的市场需求函数为:

$$D = q - p + fg, \tag{1}$$

其中, $q-p > 0$, f 为消费者的绿色偏好系数,需求与大件产品价格负相关,与大件产品绿色度正相关。

(2) 大件产品制造商会先利用回收的废旧材料进行生产,不足的部分再使用新材料,使用新材料的单位成本为 c_m ,使用回收材料的单位成本为 c_r , b 为制造商支付给第三方回收商的单位回收成本, c 为第三方回收商支付给消费者的单位回收成本,为保证所构建的绿色闭环供应链模型具有现实的意义,

需满足 $c_m > c_r > b > c > 0$ 。

(3) 大件产品制造商生产绿色大件产品要额外加大研发投入和技术支持,以望研发出环保程度更高,价格更低的大件产品的原材料,参考刘会燕等人^[11]的研究,生产绿色产品需要额外的支出为:

$$I = zg^2. \tag{2}$$

其中, z 为研发投入的成本系数。

(4) 参考 Savaskan 等人^[13]的假设大件产品回收商回收的大件产品数量为 tD ,其中 t 为大件产品的回收率,第三方回收商对大件产品在回收的过程中,需要承担回收作业的成本,其回收投资成本为 $\frac{mt^2}{2}$,其中 m 为回收投资规模参数。

(5) 制造商完全使用新材料生产的产品和使用回收材料生产的产品同质^[14-15]。

表1 相关符号及变量名称

Tab. 1 Associated symbols and variable names

符号	变量名称	符号	变量名称
p	制造商的销售价格	c	第三方回收商付给消费者的单位回收价
q	市场总需求	D	产品需求量
b	制造商付给回收商的单位回收价	m	第三方回收商的回收投资规模参数
f	消费者绿色偏好系数	z	研发投入的成本系数
g	绿色度	Π	绿色闭环供应链总利润
t	回收率	Π_m	制造商的利润
c_m	制造商利用全新材料生产的单位成本	Π_r	第三方回收商的利润
c_r	制造商利用回收材料生产的单位成本		

2 模型建立与求解

2.1 大件产品绿色闭环供应链分散决策模型

在此情形下,大件产品制造商是领导者,其依据自身的利益最大化原则先对大件产品的绿色度和销售价格做出决策,大件产品回收商为跟随者,其依据大件产品制造商的决策再确定大件垃圾的回收率,且此时生产大件绿色产品的额外成本全部由制造商承担,双方构成 Stackelberg 博弈。

大件产品回收商和制造商的利润函数分别为:

$$\Pi_r = t(b-c)(q-p+fg) - \frac{mt^2}{2}, \tag{3}$$

$$\Pi_m = [p - c_m + t(c_m - c_r - b)](q-p+fg) - zg^2, \tag{4}$$

命题1: 当 $4z - f^2 > 0$ 时,制造商的利润函数是关于 p 和 g 的联合凹函数,且 $\frac{\partial^2 \Pi_r}{\partial t^2} = -m < 0$,因此回收商

利润函数为严格凹函数。

证明: 因为 $\frac{\partial^2 \Pi_m}{\partial p^2} = -2$, $\frac{\partial^2 \Pi_m}{\partial g^2} = -2z$, $\frac{\partial^2 \Pi_r}{\partial g \partial p} = f$, Π_m 关

于 p 和 g 的海塞矩阵为: $\begin{pmatrix} -2 & f \\ f & -2z \end{pmatrix}$, 由海塞矩阵负定和二次函数为严格联合凹函数的等价关系易知当 $4z - f^2 > 0$ 时, Π_m 取得最大值, 证毕。

首先, 对式(1)求关于 t 的一阶导数并令其等于 0, 得到:

$$t = \frac{(b-c)(q-p+fg)}{m}, \quad (5)$$

为方便计算记 $\Delta = b^2 - bc - bc_m + bc_r + cc_m - cc_r$, 将式(5)代入式(4)中, 再分别求得关于 p 和 g 的一阶偏导数并令其等于 0, 联立方程组并求解可以得到如下数学公式:

$$p^D = \frac{mf^2 c_m - 2zm(q+c_m) - 4zq\Delta}{mf^2 - 4zm - 4z\Delta}, \quad (6)$$

$$g^D = \frac{fm(cm-q)}{mf^2 - 4zm - 4z\Delta}, \quad (7)$$

将式(6), 式(7)回代, 可得需求函数式和回收率为:

$$D^D = q - p + fg = \frac{2zc_m m - 2zmq}{mf^2 - 4zm - 4z\Delta}, \quad (8)$$

$$t^D = \frac{(b-c)(2zc_m - 2zq)}{mf^2 - 4zm - 4z\Delta}, \quad (9)$$

进一步将式(6) ~ (9)代入到式(3), (4)中可求出大件产品制造商和回收商的利润, 分别如下:

$$\Pi_r^D = \frac{m(b-c)^2(2zc_m - 2zq)^2}{2(mf^2 - 4zm - 4z\Delta)^2}, \quad (10)$$

$$\Pi_m^D = \frac{(-2zqm + 2zmc_m - 2zq\Delta + 2zcm\Delta)(2zmc_m - 2zmq) - zf^2 m^2 (c_m - q)^2}{(mf^2 - 4zm - 4z\Delta)^2}, \quad (11)$$

$$\Pi_{\text{总}}^D = \Pi_m + \Pi_r = \frac{[4mz^2(b-c)^2 + 8m^2z^2 + 4mz\Delta - 2zf^2m^2](q-c_m)^2}{2(mf^2 - 4zm - 4z\Delta)^2}. \quad (12)$$

为保证所有结果为正值, 需满足: $4zm - mf^2 + 4z\Delta > 0$ 。

推论 1: 在大件产品供应链分散决策的情形下, 当 $m > 2(b-c)(c_m - c_r - b)$ 时, 最优销售价格与消费者绿色偏好系数 f 成正相关, 当 $m < 2(b-c)(c_m - c_r - b)$ 时, 最优销售价格与消费者绿色偏好系数 f 成负相关。

证明: 对 P 求关于 f 的一阶 $\frac{\partial P}{\partial f} = \frac{4mfz(q-c_m)(m+2\Delta)}{(mf^2 - 4zm - 4z\Delta)^2}$, 因为 $q - c_m > 0$, 因此当 $m + 2\Delta > 0$ 时, 即 $m - 2(b-c)(c_m - c_r - b) > 0$ 时, $\frac{\partial P}{\partial f} > 0$, 即 $m > 2(b-c)(c_m - c_r - b)$ 。

推论 2: 在大件产品供应链分散决策的情形下, 大件产品的最优回收率、最优绿色度、最优制造商利润、大件产品的需求、最优零售商利润以及整个供应链系统的最优总利润均与大件产品消费者绿色偏好呈正向相关关系。

证明: 分别对各个决策变量求一阶导数可得:

$$\frac{\partial g}{\partial f} > 0, \frac{\partial t}{\partial f} > 0, \frac{\partial D}{\partial f} > 0, \frac{\partial \Pi_r}{\partial f} > 0, \frac{\partial \Pi_m}{\partial f} > 0, \frac{\partial \Pi_{\text{总}}}{\partial f} > 0.$$

推论 2 表明在大件产品分散决策情形下, 随着大件产品消费者对绿色偏好系数的增加, 大件产品的绿色度、废旧品的回收率均是增加的, 需求量增加使绿色大件产品回收商、制造商和整个供应链的利润也相应增加, 进而, 能更进一步地提高大件产品制造商和回收商对生产和销售大件绿色产品的积极性, 制造商会加大绿色大件产品技术支持, 回收商会增加已产生的大件产品的回收作业, 进而回收率得以提高。大件产品消费者的绿色环保意识越强, 越有利于整个绿色供应链的生产与销售。

2.2 大件产品绿色闭环供应链集中决策模型

在大件产品绿色闭环供应链集中决策情形下, 大件产品制造商和回收商进行合作决策, 以整体供应链总利润最大化为决策目标, 即闭环供应链各个参与成员利润和最大, 总利润函数如下:

$$\Pi_{\text{总}} = \Pi_m + \Pi_r = [p - c_m + t(c_m - c_r - c)](q - p + fg) - zg^2 - mt^2/2. \quad (13)$$

命题 2: 当 $2m - (c_m - c_r - c) > 0$, $4f^2(c_m - c_r - c)^2 - 4zm + 2z(c_m - c_r - c)^2 + mf^2 < 0$ 时, 供应链总利润函数是关于 p , g 和 t 的严格凹函数。

证明: 关于式(13)的海塞矩阵为:

$$\begin{pmatrix} -2 & c_m - c_r - c & f \\ c_m - c_r - c & -m & (c_m - c_r - c)f \\ f & (c_m - c_r - c)f & -2z \end{pmatrix}, \text{ 只有当}$$

海塞矩阵为负定的时候, 函数为严格凹函数。

因此当 $2m - (c_m - c_r - c) > 0$ 且 $4f^2(c_m - c_r - c)^2 - 4zm + 2z(c_m - c_r - c)^2 + mf^2 < 0$ 时, 函数取得最大值。

式(13)分别对绿色度、销售价格和回收率各个决策变量求一阶导数并联立方程组, 可以求得最优

决策变量如下:

$$P^C = \frac{mf^2 c_m - 2zm(q+c_m) + 2zq(c_m - c_r - c)^2}{mf^2 - 4zm + 2z(c_m - c_r - c)^2}, \quad (14)$$

$$g^C = \frac{fm(c_m - q)}{mf^2 - 4zm + 2z(c_m - c_r - c)^2}, \quad (15)$$

$$D^C = \frac{2zm(c_m - q)}{mf^2 - 4zm + 2z(c_m - c_r - c)^2}, \quad (16)$$

$$t^C = \frac{2z(c_m - q)(c_m - c_r - c)}{mf^2 - 4zm + 2z(c_m - c_r - c)^2}, \quad (17)$$

把式(14)~(17)代入式(13)可得整个供应链系统的最优总利润为:

$$\Pi_{\text{总}}^C = \frac{(c_m - q)^2 [4z^2 m^2 - zf^2 m^2 - 2z^2 (c_m - c_r - c)^2]}{(mf^2 - 4zm + 2z(c_m - c_r - c)^2)^2}. \quad (18)$$

为保证所有结果为正值,需满足: $4zm - mf^2 - 2z(c_m - c_r - c)^2 > 0$ 。

推论3:在大件产品供应链集中决策情形下,当 $m - (c_m - c_r - c)^2 > 0$ 时,大件产品最优销售价格随大件产品消费者的绿色偏好系数的增大而增加,当 $m - (c_m - c_r - c)^2 < 0$ 时,大件产品最优销售价格随大件产品消费者的绿色偏好系数的增大而减小。

证明:对销售价格 p 求其关于 f 的一阶导数可得: $\frac{\partial p}{\partial f} = \frac{4zmf(q - c_m)[m - (c_m - c_r - c)^2]}{(mf^2 - 4zm + 2z(c_m - c_r - c)^2)^2}$ 。

因为 $q - c_m > 0$,因此只需要满足 $m - (c_m - c_r - c)^2 > 0$ 即可。

推论4:在大件产品供应链集中决策情形下,大件产品的最优回收率、最优绿色度、大件产品的需求、最优供应链系统的最优总利润均随着大件产品消费者绿色偏好系数的增加而增加。

证明:分别对各个决策变量求一阶导数可得:

$$\frac{\partial g}{\partial f} > 0, \quad \frac{\partial t}{\partial f} > 0, \quad \frac{\partial D}{\partial f} > 0, \quad \frac{\partial \Pi_{\text{总}}^C}{\partial f} > 0。$$

推论4表明在大件产品集中决策情形下,随着大件产品消费者对绿色偏好系数的增加,大件产品的绿色度、废旧品的回收率均是增加的,大件产品消费者对绿色的大件产品需求的增加更可以推进大件产品制造商加大研发的投入和技术的支持力度,由此绿色度更会得到提升,废旧大件产品的回收率也会增加。虽然大件产品制造商在加大研发投入时会增大研发投入成本,但是在集中决策的情形下各个供应链成员之间信息共享,相互协作,进而整个供应链的最优总利润也会随之增加。因此,大件产品消费者的绿色环保意识越强,对整个绿色闭环供应链

越有利。

3 模型结果比较

命题3:大件产品最优销售定价满足: $P^C < P^D$ 。

证明:由于

$$\frac{P^D}{P^C} = \frac{mf^2 c_m - 2zm(q+c_m) - 4zq\Delta}{mf^2 - 4zm - 4z\Delta} \cdot \frac{mf^2 - 4zm + 2z(c_m - c_r - c)^2}{mf^2 c_m - 2zm(q+c_m) + 2zq(c_m - c_r - c)^2}。$$

这里分别对相关分子,分母作差式可得:

$$\begin{aligned} & mf^2 - 4zm - 4z\Delta - (mf^2 - 4zm + 2z(c_m - c_r - c)^2) = \\ & 4z(b-c)(c_m - c_r - b) - 2z(c_m - c_r - c)^2 mf^2 c_m - \\ & 2zm(q+c_m) - 4zq\Delta - [mf^2 c_m - 2zm(q+c_m) + \\ & 2zq(c_m - c_r - c)^2] = \\ & q[4z(b-c)(c_m - c_r - b) - 2z(c_m - c_r - c)^2] \end{aligned}$$

这里假设: $P^C = \frac{A}{B}$, $R = 4z(b-c)(c_m - c_r - b) - 2z(c_m - c_r - c)^2$ 对其展开化简易得 $R < 0$,其中 $A, B > 0$,则有 $P^D = \frac{A+QR}{B+R}$, $\frac{P^D}{P^C} = \frac{AB+QBR}{AB+AR}$,又因为 $QB-A = m(q - c_m)(f^2 - 2z) < 0$,因此 $QBR > AR$,可得 $\frac{P^D}{P^C} > 1$,即大件产品的销售价格集中在决策情形下小于在分散决策情形下。

命题3表明大件产品的最优销售价格分散决策情形下大于集中决策下的情形,因为在分散决策的模型下,大件产品制造商作为供应链的领导者,其以自身利润最大化为原则进行决策,而为了适应市场绿色产品的需求会加大对研发技术成本的投入,而这会相应地反馈到销售价格的提高。从而有,集中决策情形下相对于分散决策情形下的最优销售定价更为经济。

命题4:大件产品最优绿色度满足: $g^C > g^D$ 。

对集中决策下的最优绿色度和分散决策下的最优绿色度作差可得:

$$\frac{fm(c_m - q)}{mf^2 - 4zm + 2z(c_m - c_r - c)^2} - \frac{fm(cm - q)}{mf^2 - 4zm - 4z\Delta} > 0$$

命题4表明大件产品的最优绿色度在集中决策的情形下高于分散决策的情形,在以整个绿色闭环供应链整体收益最高的集中决策下,各个供应链成员彼此之间相互协作,信息协调进而促进其大件产品绿色度的提升。

命题5:大件产品最优需求量满足: $D^C > D^D$ 。

$$D^C - D^D = \frac{2zm(c_m - q)}{mf^2 - 4zm + 2z(c_m - c_r - c)^2} - \frac{2zc_m m - 2zmq}{mf^2 - 4zm - 4z\Delta} > 0$$

命题 5 表明大件产品的需求量在集中决策的情形下高于分散决策的情形,这是因为在分散决策下的销售价格高而大件产品的最优绿色度低,进而导致集中决策下的产品需求量更高一些。

命题 6: 大件产品最优回收率和供应链总利润满足: $t^c > t^d$, $\pi_{总}^c > \pi_{总}^d$ 证明同上,这里不再做赘述。

命题 3, 4, 5, 6 可得出,在分散决策情形下的大件产品制造商和回收均以各自自身利润最大化为决策目标进行决策会导致大件产品回收率减小,而其销售价格增大,进而会影响消费者购买绿色大件产品的积极性,同时会影响已使用的大件产品的回收再利用,进一步造成系统供应链利润的降低。而在集中合作决策的情形下,不但可以促进大件垃圾的回收,更能促进绿色大件产品的生产,从而提高整个供应链的利润。

4 数值分析

为了验证模型的有效性,本节运用 Matlab 对大件产品消费者的绿色偏好系数对最优决策变量的影响进行数值仿真,对相关参数赋值见表 2。这里 f 取 $[0, 6]$ 。

表 2 相关参数赋值

Tab. 2 Assignment of relevant parameters

参数	q	c_m	c_r	b	c	z	m
赋值	60	20	10	8	5	50	500

在上述参数取值的情况下,大件产品消费者绿色偏好系数对销售价格、绿色度、回收率、需求量及供应链总利润的影响仿真结果曲线参见图 2 ~ 图 6。

中决策情形下均比分散决策下要大,而最优销售价格在集中决策模式下时最小。由图 3 可知在集中式决策下的回收率近乎为分散式下的 2 倍,这表明集中式能远远提高大件垃圾的回收率。在供应链中各个参与成员以整体利润最大化为目标的集中决策模式不但可以使得销售价格下降,而且绿色度得以提高,使得消费者可以购买到物美价廉的产品。

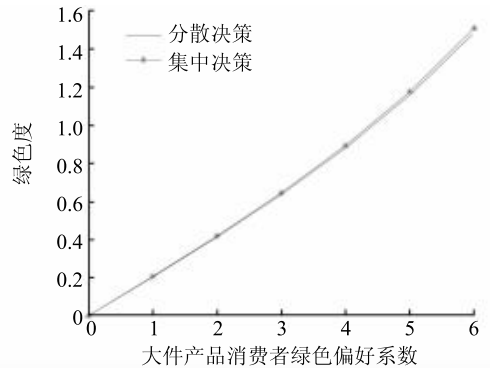


图 3 大件产品消费者绿色偏好系数对绿色度的影响

Fig. 3 Influence of green preference coefficient of bulky products consumer on greenness

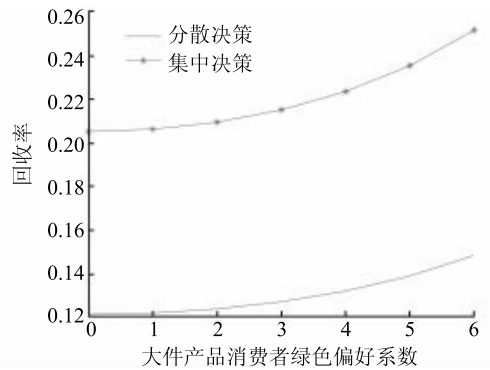


图 4 大件产品消费者绿色偏好系数对回收率的影响

Fig. 4 Influence of green preference coefficient of bulky products consumer on recycling rate

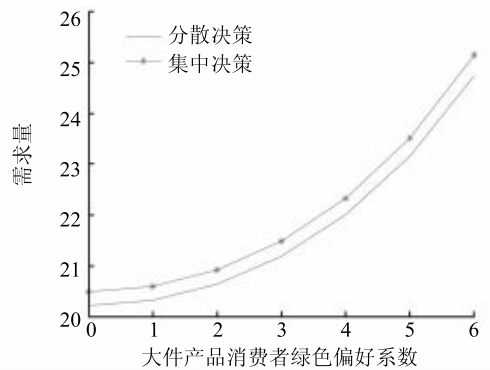


图 5 大件产品消费者绿色偏好系数对需求量的影响

Fig. 5 Influence of green preference coefficient of bulky products consumer on demand

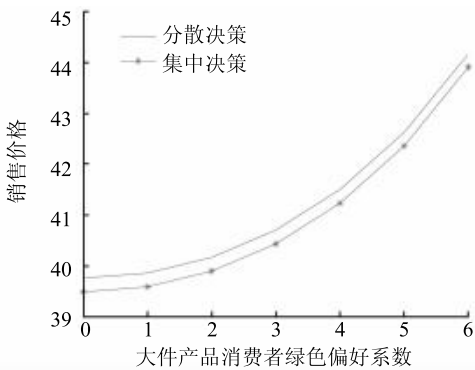


图 2 大件产品消费者绿色偏好系数对销售价格的影响

Fig. 2 Influence of green preference coefficient of bulky products consumer on sales price

由图 2 ~ 图 6 整体可以看出,随着大件产品消费者绿色偏好系数的增加,2 种决策模式下的绿色闭环供应链各个最优决策变量均增加,且大件产品的绿色度、回收率、需求量以及供应链的总利润在集

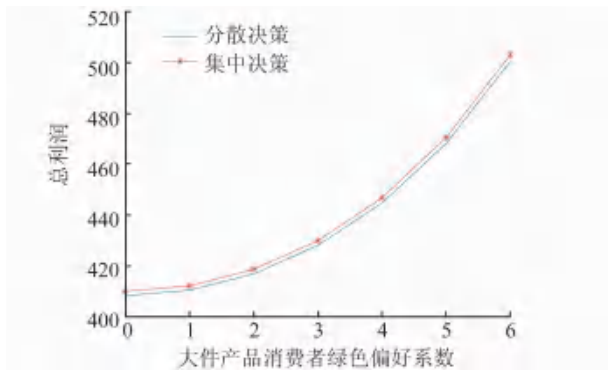


图6 大件产品消费者绿色偏好系数对供应链总利润的影响

Fig. 6 Influence of green preference coefficient of bulky products consumer on total supply chain profit

5 结束语

本文研究了由一个大件产品制造商、大件产品回收商以及具有大件产品绿色偏好的消费者组成的绿色闭环供应链,分别讨论了在大件产品分散决策,集中决策这2种模式下的相关最优决策并进行了对比分析。研究表明,大件产品的最优绿色度、需求量、回收率以及供应链总利润在集中决策模式下均会高于分散决策模式下,而大件产品在分散决策下的最优销售价格要高于集中决策模式。因此,在大件产品的生产和销售过程中,供应链企业应以整体利润最大化为目标,进行绿色回收和再生产,提高大件产品制造商和回收商生产和回收大件产品的积极性,进而促进整个供应链更好的运行与发展。

参考文献

- [1] 杜欢政,刘飞仁,张挺. 垃圾分类减量应是首选方案[J]. 环境经济,2017(14):21-23.
- [2] 刘青凤. 城市大件垃圾回收法律制度研究[D]. 南宁:广西大学,2016.

- [3] GHOSH D, SHAH J. A comparative analysis of greening policies across supply chain structures [J]. International Journal of Production Economics,2012,135(2):568-583.
- [4] SONG Huihui, GAO Xuexian. Green supply chain game model and analysis under revenue-sharing contract [J]. Journal of Cleaner Production,2018,170:183-192.
- [5] ZHANG Chengtang, LIU Liping. Research on coordination mechanism in three-level green supply chain under non-cooperative game[J]. Applied Mathematical Modelling,2013,37(5):3369-3379.
- [6] SHI Jianmai, ZHANG Guoqing, SHA Jichang. Optimal production and pricing policy for a closed loop system [J]. Resources, Conservation & Recycling,2011,55(6):639-647.
- [7] 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.
- [8] 陈章跃,王勇,刘华明. 考虑顾客策略行为和产品质量的闭环供应链决策模型[J]. 中国管理科学,2016,24(3):109-116.
- [9] SAVASKAN R C, Van WASSENHOVE L N. Reverse channel design: The case of competing retailers [J]. Management Science,2006,52(1):1-14.
- [10] LIU Zugang, ANDERSON T D, CRUZ J M. Consumer environmental awareness and competition in two-stage supply chains[J]. European Journal of Operational Research,2011,218(3):602-613.
- [11] 刘会燕,耿守峰. 考虑产品绿色度的供应链横向竞争博弈及定价策略[J]. 工业工程与管理,2017,22(4):91-99,114.
- [12] ZHU Wenge, HE Yuanjie. Green product design in supply chains under competition[J]. European Journal of Operational Research,2017,258(1):165-180.
- [13] SAVASKAN R C, BHATTACHARYA S, Van WASSENHOVE L. Closed-loop supply chain models with product remanufacturing[J]. Management Science,2004,50(2):239-252.
- [14] 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.
- [15] MAITI T. GIRI B C. Two-way product recovery in a closed-loop supply chain with variable markup under price and quality dependent demand [J]. International Journal of Production Economics,2017,183(6):259-272.

(上接第136页)

参考文献

- [1] 刘波,王艳春. 基于云服务的高校招生管理信息系统设计研究[J]. 现代情报,2017,37(2):108-111.
- [2] 田延杰. 基于云服务的架构设计[J]. 电子技术与软件工程,2019(21):154-155.
- [3] 胡雅倩. 基于云服务的智慧社区集成应用平台的研究与实现

[D]. 武汉:武汉邮电科学研究院,2020.

- [4] 龙军. 面向服务架构(SOA)的软件应用开发研究[J]. 电脑知识与技术,2018,14(25):106-107.
- [5] 郝书池. 云服务模式下的物流配送系统运作框架与运行关键问题研究[J]. 物流科技,2020,43(1):41-44.
- [6] 樊彩棣. 基于SOA架构的多系统集成高校资产管理系统的设计与实现[D]. 杭州:杭州电子科技大学,2018.