

可重复使用包装差别定价策略研究

朱文刚, 陈晓慧

(重庆大学机械工程学院, 重庆 400044)

摘要: 近年来, 政府和企业越来越关注包装的回收再利用, 而如何制定合理的回收价格是包装循环系统中至关重要的问题。本文结合可重复使用包装的特点, 基于折旧理论, 重点考虑旧包装的质量状况、已使用年数等对包装回收定价的影响, 提出旧包装回收的差别定价策略。此外, 对比分析了差别定价模式下, 包装发货方与收货方集中决策与分散决策(斯塔克尔伯格博弈)时的回收价格、回收量和供应链的经济收益等, 得出如下结论: 1) 只有当包装价值达到一定值时, 包装回收才具有可行性, 并且包装价值越高, 系统收益越大; 2) 相比分散决策, 集中决策模式下, 包装的回收价格更高, 回收量更大, 终端客户和供应链的整体收益更大; 3) 无论在哪种模式下, 包装回收价格总与质量系数、包装价值和客户对回收价格的敏感程度正相关, 与包装的已使用年数和客户的环保意识负相关。

关键词: 运筹学; 博弈论; 差别定价; 质量系数; 可重复使用包装

中图分类号: O225; F273 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-2850(2018)19-1893-09

Research on differential pricing strategy for reusable packages

ZHU Wengang, CHEN Xiaohui

(College of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: In recent years, governments and enterprises have paid more and more attention on reusable packages, and how to make reasonable returning prices has become a crucial problem in packaging circulatory system. Based on the theory of the depreciation, combined with the characteristics of reusable packages, this paper mainly analyzes the effects of the quality of the old packaging and the years of utilization on the packaging returning pricing, and proposes a differential pricing strategy for old packaging recycling. In addition, considering differential pricing, the returning prices, the returned quantity and the total economic incomes of the supply chain are compared when centralized decision and decentralized decision (Stackelberg Game) are made respectively. And the conclusions are drawn as follows: 1) Only when the value of packages amounts a certain value, the returning packages is feasible. And the higher the value, the more economic incomes will be created. 2) Comparing with decentralized decision, centralized decision can increase the returning prices, enlarge the returned quantity and create more economic value of terminal customer and supply chain. 3) Under either situation, the returning price is always positively related to the quality coefficient, the value of packages and the sensitivity of customers toward returning prices, while negatively associated to the years of utilization and the environmental awareness of customers.

Key words: operational research; game theory; differential pricing; quality coefficient; reusable packages

0 引言

可重复使用包装多为运输包装或工业包装, 其单位成本往往较高, 使用寿命较长, 标准化程度较高,

作者简介: 朱文刚(1992—), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 现代物流与供应链管理、航空运输管理

通信联系人: 陈晓慧, 教授, 主要研究方向: 现代物流与供应链管理、设备维护、可靠性管理. E-mail: chenxiaohui@cqu.edu.cn

因而具备回收再利用的必要性和可行性。文献[1]~[3]通过案例研究,论证了可重复使用包装的环保性和经济性。ACCORSI等[4]、SARKAR等[5]建立了可回收包装的经济性和环保性评价体系,并得出了这两个效益的影响因素。另有研究表明,使用再利用包装能减少包装材料的消耗,降低废物的排放,提升产品运输过程中的安全性,有利于单元化作业进而提升工作效率,有利于业务外包,有利于包装的标准化和集中管理,降低包装在生命周期内的二氧化碳排放等[6-9]。在企业实践方面,国际商业机器公司(IBM)、福特汽车公司(Ford Motor Company)、丰田(Toyota)、上汽通用等都建立了可回收包装系统[10-11]。

此外,如何确定回收量也是研究的重点[12]。合适的回收量能减少原料消耗,降低企业的生产成本,而回收定价是影响回收量的关键因素,因而合理的回收定价至关重要。在回收定价的研究中,基于市场与博弈的定价方法较为常见。例如,顾巧论等[13]对比分析了非合作博弈定价模型和合作博弈情况下的回收定价模型;李响等[14]则以企业效用最大为目标,研究了再制造环节中的随机产率和旧品销售过程中的随机需求情况下,企业的回收定价策略。

但不同的使用环境和操作习惯对包装的质量影响很大,而上述文献并未考虑回收品质量对系统的影响。袁开福等[15]给出了旧件质量系数的确定方法,并分析了其对旧件收购价格的影响。GUIDE等[16]针对旧手机的质量差异,以系统收益最大为目标,给出了不同质量等级的手机的定价方案,但这些研究均没有考虑供应链上其他成员对定价决策的影响。

尽管包装回收效益显著,但如何依据旧包装的质量及市场环境确定合理的回收量,既是一个困难的现实问题,又具有学术研究价值。因而,本文将对该问题进行研究。

1 考虑包装质量与已使用年数的差别定价模型描述

1.1 问题描述

本文选取可重复使用包装为研究对象,对比分析了一个包装发货方委托一个包装接收方回收包装时,集中决策与分散决策的经济效益,模型也已将包装的质量和已使用年数考虑在内了。与传统的回收品相比,包装的重复使用方式简单,主要是直接重复使用和维修后再使用[17]。另外,包装的组成相对简单,而且无线射频识别(radio frequency identification, RFID)技术等也使企业能更好地搜集包装的已使用年数和维修情况等信息,这为包装的质量系数和已使用年数的确定提供了依据。但对于传统的回收品,如废旧电视机等,在实践中很难对其质量进行准确评估,而只能依据同类产品的市场售价、产品的已使用年数及产品外观等大致确定产品的回收价格,因而较少考虑到回收品质量。鉴于此,本文提出的依据包装的质量和已使用年数进行回收定价的方式具有很强的可行性和必要性。在本文的定价决策中,一方面考虑了包装的质量系数和已使用年数;另一方面,也考虑了逆向供应链中成员之间的博弈关系。

本文中的包装回收基本流程为:包装发货方(往往也是包装制造商)首先给出包装的回收定价策略,收货方根据发货方的策略,面向终端客户进行回收定价;之后,依据定价策略,发货方从收货方处回收包装,并对包装进行检修翻新,收货方则从客户处回收包装。

1.2 符号说明

生产单位新包装的边际成本和单位旧包装的检修成本分别为 C_m 和 $C(q)$ 。 N 、 n 、 q 分别为旧包装的可使用年限、已使用年数和包装的质量系数。而包装发货方与收货方的回收基价分别为 P_{si} 、 P_{ri} , 其中,回收基价是指包装回收的基准价格,实际回收价格还要将包装的已使用年数和质量系数考虑在内。另外,当 $i=1$ 时,表示集中决策下的参数;当 $i=2$ 时,表示分散决策下的参数,下同。 Q_i 为包装的回收量。 π_{si} 、 π_{ri} 、 π_i 分别为包装发货方、收货方及供应链的整体收益。以上参数或变量,均为非负数。

1.3 模型假设

分散决策时, 包装回收系统中的包装发货方和收货方满足斯塔克尔伯格博弈的条件, 且信息对称。其中, 发货方是博弈的领头者, 且同时具备检修旧包装的设备和能力, 收货方处于跟随地位。在发货方支付给收货方的回收价格中, 包含了旧包装从收货方到发货方的物流相关费用; 在收货方支付给客户的回收价格中, 也包含了旧包装从客户到收货方的物流相关费用。单位旧包装的检修成本 $C(q)$ 与旧包装的质量系数 q 满足函数关系 $C(q)=C_m(1-q)$, 其中, 质量系数 q 表示回收包装质量的好坏。为方便计算, 本文假设 $q \sim U(0,1)$, 当 $q=0$ 时, 包装完全丧失使用功能; 当 $q=1$ 时, 包装不需要检修即可直接投入使用。本文假设质量系数 q 服从连续分布的原因是, 当包装的回收量足够大时, q 可被看作 $[0,1]$ 上的连续变量^[18]。则 q 的密度函数为

$$f(q) = \begin{cases} 1, & 0 \leq q \leq 1, \\ 0, & \text{其他。} \end{cases} \quad (1)$$

旧包装的回收量 Q_i 与收货方支付给客户的回收价格 P 满足关系式 $Q_i = h + mP$, 其中, h 为客户主动提供给收货方的旧包装量, 代表客户的环保意识, 且 $h > 0$; m 为回收量对回收价格的敏感系数, 且 $m > 0$ 。颜荣芳等^[19]也进行过类似的假设。在生命周期内, 旧包装的可使用年限 N 始终不变, 且 $N > 0$; 包装的已使用年数为 n , 且 $n \sim U(0, N)$, 则 n 的密度函数为

$$g(n) = \begin{cases} \frac{1}{N}, & 0 \leq n \leq N, \\ 0, & \text{其他。} \end{cases} \quad (2)$$

2 模型的建立

2.1 回收价格与回收量的确定

由于可重复使用包装的质量状况受环境、载重、员工操作方式等的影响很大, 因此在进行包装回收的差别定价时, 本文将包装的质量系数考虑在内。此外, 可回收包装的可使用年限往往较长, 而包装的已使用年数和剩余寿命大多不同。例如, 某种可回收包装的可使用年限为 10 年, 那么, 已使用年数为 1 年和 9 年的两类包装, 其剩余寿命差别较大。因而在进行包装回收定价时, 本模型基于折旧理论及企业实施包装回收的现实情况, 考虑了旧包装的已使用年数。

综上, 本文中包装的回收价格与 3 个因素有关: 回收基价、包装的质量系数和包装的已使用年数。具体而言, 包装的已使用年数越短或质量系数越大, 包装的回收价格越高, 反之越低。为客观地描述出该规律而又简化运算, 本文将旧包装的回收价格定为

$$P_{si} \frac{N-n}{N} q^\tau \text{ 或 } P_{ri} \frac{N-n}{N} q^\tau, \quad (3)$$

其中, $(N-n)/N$ 表明旧包装的回收价格与包装的已使用年数线性负相关, 这是基本的直线折旧方法; τ 为质量系数指数, q^τ 则表明回收价格与包装的质量系数正相关; P_{si} 和 P_{ri} 分别为发货方和收货方的回收基价, 也是决策变量。

基于式 (3), 包装的回收量可表示为

$$Q_i = \int_0^N \int_0^1 (h + mP_{ri} \frac{N-n}{N} q^\tau) f(q) g(n) dq dn. \quad (4)$$

又因为 $q \sim U(0,1)$, $n \sim U(0, N)$, 所以式 (4) 可以简化为

$$Q_i = h + \frac{mP_{ri}}{2(\tau+1)}. \quad (5)$$

2.2 发货方与收货方的经济效益

对于包装发货方而言，生产 Q_i 个新包装的总成本、回收及检修 Q_i 个旧包装的成本分别为

$$Q_i C_m, \quad (6)$$

$$\int_0^N \int_0^1 (h + mP_{ri} \frac{N-n}{N} q^\tau) P_{si} \frac{N-n}{N} q^\tau f(q) g(n) dq dn, \quad (7)$$

$$\int_0^N \int_0^1 (h + mP_{ri} \frac{N-n}{N} q^\tau) C(q) f(q) g(n) dq dn. \quad (8)$$

因此，通过包装回收再利用的方式，包装发货方可节约的成本为

$$\begin{aligned} \pi_{si} = & Q_i C_m - \int_0^N \int_0^1 (h + mP_{ri} \frac{N-n}{N} q^\tau) P_{si} \frac{N-n}{N} q^\tau f(q) g(n) dq dn - \\ & \int_0^N \int_0^1 (h + mP_{ri} \frac{N-n}{N} q^\tau) C(q) f(q) g(n) dq dn. \end{aligned} \quad (9)$$

式(9)可简化为

$$\pi_{si} = \frac{mC_m P_{ri}}{2(\tau+2)} - \frac{hP_{si}}{2(\tau+1)} - \frac{mP_{ri} P_{si}}{3(2\tau+1)} + \frac{hC_m}{2}. \quad (10)$$

对于包装收货方而言，发货方支付给他的金额为 $Q_i P_{si}$ ，他支付给客户的金额为 $Q_i P_{ri}$ ，因此收货方的收益为

$$\pi_{ri} = \int_0^N \int_0^1 (h + mP_{ri} \frac{N-n}{N} q^\tau) (P_{si} \frac{N-n}{N} q^\tau - P_{ri} \frac{N-n}{N} q^\tau) f(q) g(n) dq dn. \quad (11)$$

式(11)可简化为

$$\pi_{ri} = \frac{h}{2(\tau+1)} (P_{si} - P_{ri}) + \frac{m}{3(2\tau+1)} (P_{si} P_{ri} - P_{ri}^2). \quad (12)$$

供应链的整体收益为

$$\pi_i = \frac{mC_m P_{ri}}{2(\tau+2)} - \frac{hP_{ri}}{2(\tau+1)} - \frac{mP_{ri}^2}{3(2\tau+1)} + \frac{hC_m}{2}. \quad (13)$$

以供应链整体收益最大为目标，即可求解出发货方与收货方的最优回收价格和系统的最优回收量。

3 模型求解与分析

3.1 集中决策

集中决策下，发货方和收货方追求供应链整体利益最大化，此时，该优化问题为求式(13)的最大值。因为式(13)中的 π_i 是关于 P_{r1} 的二次凸函数，因而式(13)的最优解可由 $\frac{\partial \pi_i}{\partial P_{r1}} = 0$ 得到，即

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial P_{r1}} = \frac{2mP_{r1}}{3(2\tau+1)} + \frac{mC_m}{2(\tau+2)} - \frac{h}{2(\tau+1)} = 0, \quad (14)$$

解得收货方的最优回收基价为

$$P_{r1}^* = \frac{3(2\tau+1)C_m}{4(\tau+2)} - \frac{3(2\tau+1)h}{4m(\tau+1)}. \quad (15)$$

命题 1 当 $C_m \geq \frac{(\tau+2)h}{(\tau+1)m}$ 时, 以上模型存在最优解 P_{r1}^* .

定理 1 在集中决策时, 只有当包装价值足够高, 即 $C_m \geq \frac{(\tau+2)h}{(\tau+1)m}$ 时, 目标函数才存在最优解, 否则, 回收价格为负值, 客户会有亏损, 因而包装回收没有现实可行性。

证明: 要使上述求解有意义, 需 $P_{r1}^* \geq 0$, 解得 $C_m \geq \frac{(\tau+2)h}{(\tau+1)m}$.

该定理表明, 集中决策时, 如果包装价值过低, 为保证包装回收的经济效益, 发货方或收货方会降低回收价格, 直至回收价格为负值。但现实情况下, 客户是不会愿意自己亏损来促进包装回收的。因此, 回收时应选择价值较高的包装, 否则不能盈利或不具有现实可行性。

此时, 将式 (15) 代入式 (5)、式 (13), 可得到集中决策时, 最优回收量和最大供应链收益分别为

$$Q_1^* = \frac{3(2\tau+1)mC_m}{8(\tau+1)(\tau+2)} + \frac{(8\tau^2+10\tau+5)h}{8(\tau+1)^2}, \quad (16)$$

$$\pi_1^* = \frac{3(2\tau+1)mC_m^2}{16(\tau+2)^2} + \frac{3(2\tau+1)h^2}{16(\tau+1)^2m} + \frac{(4\tau^2+6\tau+5)hC_m}{8(\tau+1)(\tau+2)}. \quad (17)$$

3.2 分散决策

根据假设, 分散决策时, 发货方与收货方之间存在斯坦克尔伯格博弈。在进行定价决策时, 发货方首先根据市场信息和自身需求, 制定回收定价策略, 收货方在观察到发货方的定价决策后, 确定自身的回收价格。为得到斯坦克尔伯格博弈的均衡条件, 首先对包装收货方的反应函数寻优, 即先对式 (12) 求导并令其为 0, 得

$$\frac{\partial \pi_{r2}}{\partial P_{r2}} = -\frac{2mP_{r2}}{3(2\tau+1)} + \frac{mP_{s2}}{3(2\tau+1)} - \frac{h}{2(\tau+1)} = 0, \quad (18)$$

解得

$$P_{r2} = \frac{P_{s2}}{2} - \frac{3(2\tau+1)h}{4(\tau+1)m}. \quad (19)$$

将式 (19) 代入式 (10), 得

$$\pi_{s2} = \frac{m}{6(2\tau+1)} P_{s2}^2 + \left[\frac{mC_m}{4(\tau+2)} - \frac{h}{4(\tau+1)} \right] P_{s2} + \frac{hC_m}{2} - \frac{3(2\tau+1)hC_m}{8(\tau+1)(\tau+2)}. \quad (20)$$

令式 (20) 关于 P_{s2} 的导函数为 0, 得

$$\frac{\partial \pi_{s2}}{\partial P_{s2}} = -\frac{mP_{s2}}{3(2\tau+1)} + \frac{mC_m}{4(\tau+2)} - \frac{h}{4(\tau+1)} = 0, \quad (21)$$

解得发货方的最优回收基价为

$$P_{s2}^* = \frac{3(2\tau+1)C_m}{4(\tau+2)} - \frac{3(2\tau+1)h}{4(\tau+1)m}. \quad (22)$$

将式 (22) 代入式 (19) 可得收货方的最优回收基价为

$$P_{r2}^* = \frac{3(2\tau+1)C_m}{8(\tau+2)} - \frac{9(2\tau+1)h}{8(\tau+1)m}. \quad (23)$$

命题 2 当 $C_m \geq \frac{3(\tau+2)h}{(\tau+1)m}$ 时，以上斯坦克尔伯格博弈模型存在均衡解 P_{s2}^* 、 P_{r2}^* 。

定理 2 在分散决策时，只有当包装价值 $C_m \geq \frac{3(\tau+2)h}{(\tau+1)m}$ 时，目标函数才存在均衡解；否则，回收价格为负值，客户会有亏损，因而包装回收没有现实可行性。

证明：要使上述求解有意义，需 $P_{s2}^* \geq 0$ ， $P_{r2}^* \geq 0$ ，由上述不等式分别解得 $C_m \geq \frac{(\tau+2)h}{(\tau+1)m}$ ， $C_m \geq \frac{3(\tau+2)h}{(\tau+1)m}$ ，综合得 $C_m \geq \frac{3(\tau+2)h}{(\tau+1)m}$ 。

定理 2 与定理 1 都说明了回收高价值包装的重要性。但相比集中决策系统，分散决策系统需要回收价值更高的包装，才能使回收具有现实可行性和经济收益。

命题 3 $\frac{\partial P_{r1}^* \frac{N-n}{N} q^\tau}{\partial C_m} > 0$ ， $\frac{\partial P_{r1}^* \frac{N-n}{N} q^\tau}{\partial m} > 0$ ， $\frac{\partial P_{r1}^* \frac{N-n}{N} q^\tau}{\partial h} < 0$ 。

定理 3 收货方的回收价格除与包装的质量系数正相关外，还与包装价值（生产包装的边际成本）和客户对回收价格的敏感程度正相关，与客户的环保意识和包装的已使用年数负相关。

该定理表明，当包装价值较高、包装质量较好或已使用年数较短时，回收者应提高回收价格以增加回收量，这与现实情况相符。另一方面，如果客户对回收价格比较敏感时，则回收者也可以通过提高回收价格来增加回收量。而当客户自身的环保意识较强时，回收者则可以降低回收价格。

再将式 (22) 和式 (23) 分别代入式 (5) 和式 (13)，可得分散决策时，最优回收量和最大供应链收益分别为

$$Q_2^* = \frac{3(2\tau+1)mC_m}{16(\tau+1)(\tau+2)} + \frac{(16\tau^2+14\tau+7)h}{16(\tau+1)^2}, \quad (24)$$

$$\pi_2^* = \frac{9(2\tau+1)mC_m^2}{64(\tau+2)^2} + \frac{9(2\tau+1)h^2}{64(\tau+1)^2 m} + \frac{(16\tau^2+18\tau+17)hC_m}{32(\tau+1)(\tau+2)}. \quad (25)$$

命题 4 $\frac{\partial \pi_i}{\partial C_m} > 0$ ， $\frac{\partial \pi_i}{\partial h} > 0$ 。

定理 4 不论是集中决策还是分散决策，供应链的整体收益等均与包装价值和客户的环保意识正相关。

证明：分别求式 (17) 和式 (25) 关于 C_m 和 h 的导函数，因为各参数均为非负数，所以 4 个导函数也恒大于 0。

3.3 集中决策与分散决策对比分析

集中决策与分散决策时，收货方的回收基价、回收量和供应链整体收益如表 1 所示。

命题 5 $P_{r1}^* \frac{N-n}{N} q^\tau > P_{r2}^* \frac{N-n}{N} q^\tau$ ， $Q_1^* > Q_2^*$ ， $\pi_1^* > \pi_2^*$ 。

定理 5 在集中决策时，收货方的回收价格更高，回收量更大，供应链整体经济效益更显著。

证明：

$$(P_{r1}^* - P_{r2}^*) \frac{N-n}{N} q^\tau = \left[\frac{3(2\tau+1)C_m}{8(\tau+2)} + \frac{3(2\tau+1)h}{8(\tau+1)m} \right] \frac{N-n}{N} q^\tau > 0,$$

$$Q_1^* - Q_2^* = \frac{3(2\tau + 1)mC_m}{16(\tau + 1)(\tau + 2)} + \frac{3(2\tau + 1)h}{16(\tau + 1)^2} > 0,$$

$$\pi_1^* - \pi_2^* = \frac{3(2\tau + 1)mC_m^2}{64(\tau + 2)^2} + \frac{3(2\tau + 1)h^2}{64(\tau + 1)^2 m} + \frac{(6\tau + 3)hC_m}{32(\tau + 1)(\tau + 2)} > 0.$$

表 1 集中决策与分散决策对比分析

Tab. 1 Comparison on centralized decision and decentralized decision

对比量	集中决策	分散决策
收货方回收基价 P_{ti}^*	$\frac{3(2\tau + 1)C_m}{4(\tau + 2)} - \frac{3(2\tau + 1)h}{4m(\tau + 1)}$	$\frac{3(2\tau + 1)C_m}{8(\tau + 2)} - \frac{9(2\tau + 1)h}{8(\tau + 1)m}$
回收量 Q_i^*	$\frac{3(2\tau + 1)mC_m}{8(\tau + 1)(\tau + 2)} + \frac{(8\tau^2 + 10\tau + 5)h}{8(\tau + 1)^2}$	$\frac{3(2\tau + 1)mC_m}{16(\tau + 1)(\tau + 2)} + \frac{(16\tau^2 + 14\tau + 7)h}{16(\tau + 1)^2}$
供应链收益 π_i^*	$\frac{3(2\tau + 1)mC_m^2}{16(\tau + 2)^2} + \frac{3(2\tau + 1)h^2}{16(\tau + 1)^2 m} + \frac{(4\tau^2 + 6\tau + 5)hC_m}{8(\tau + 1)(\tau + 2)}$	$\frac{9(2\tau + 1)mC_m^2}{64(\tau + 2)^2} + \frac{9(2\tau + 1)h^2}{64(\tau + 1)^2 m} + \frac{(16\tau^2 + 18\tau + 17)hC_m}{32(\tau + 1)(\tau + 2)}$

该定理说明，分散决策时，收货方为获得更高的利润，会把回收价格定得偏低，从而导致回收量不足，进而导致供应链整体利润偏低。但在集中决策时，发货方和收货方的目标是使供应链整体收益最大，因而为获得更大的回收量，回收价格更高，供应链整体利润也更大。与此同时，在集中决策时，客户也能获得更高的经济收益，由于集中决策时，客户得到的回收价格更高，包装返还量也更大，而旧包装的质量系数和已使用年数均服从均匀分布，这就意味着，集中决策时，客户能获得收货方更多的经济补偿。

此外，在该差别定价模型中，不论是集中决策还是分散决策，通过调节质量系数指数 τ 均可以使回收量 Q_i 或供应链整体收益 π_i 达到最大值。如图 1 和图 2 所示，在集中决策时，分别当 $\tau = 0.51$ 和 $\tau = 1.43$ 时，系统的回收量和供应链整体收益达到最大值，为 $Q_1 = 2\ 267$ 和 $\pi_1 = 8.2 \times 10^4$ ；在分散决策时，分别当 $\tau = 1.16$ 和 $\tau = 2.04$ 时，系统的回收量和供应链整体收益达到最大值，为 $Q_2 = 1\ 329$ 和 $\pi_2 = 6.6 \times 10^4$ 。其中，各参数取值如下： $C_m = 100$ ， $m = 80$ ， $h = 1\ 000$ ， $0 \leq \tau \leq 40$ 。

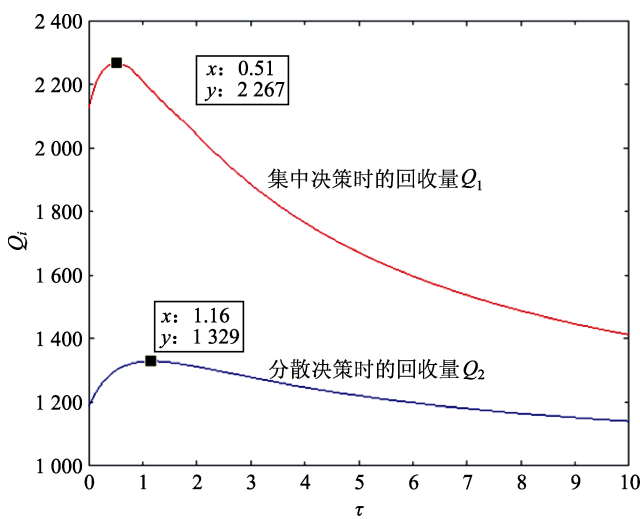


图 1 回收量与质量系数指数的相关性

Fig. 1 Correlation between return quantity and quality coefficient index

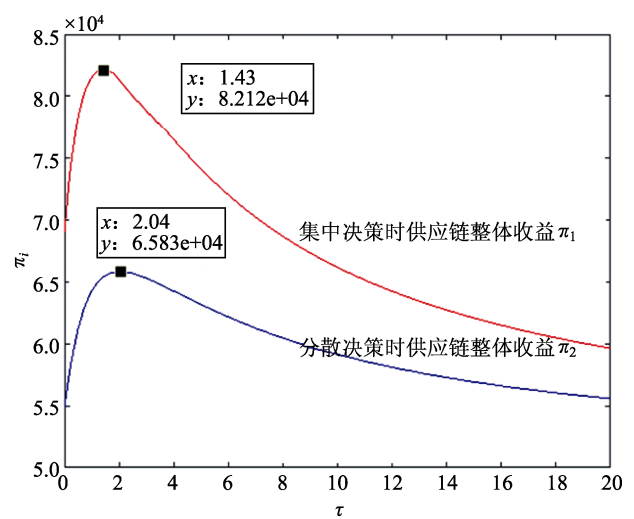


图 2 供应链整体收益与质量系数指数的相关性

Fig. 2 Correlation between total revenue of supply chain and quality coefficient index

4 结论

本文首先根据可重复使用包装的质量系数和已使用年数确定了包装回收的定价策略; 然后, 求解出了集中决策和分散决策下, 包装发货方和收货方的最佳定价策略; 进而, 重点分析了包装价值(包装的边际生产成本)、客户环保意识、客户对回收价格的敏感程度等对回收价格的影响, 以及包装价值和客户环保意识等对供应链收益的影响。研究发现, 只有当包装价值达到一定值时, 回收才具有可行性和经济性, 并且, 包装价值越大, 回收价格越高, 供应链获利也越大。而回收价格除与包装价值正相关外, 还与包装的质量系数和客户对回收价格的敏感程度正相关, 与客户的环保意识和包装的已使用年数负相关。此外, 相比分散决策, 集中决策时, 包装的回收价格更高、回收量更大、供应链收益也更大。而且, 在本定价策略中, 通过调节质量系数指数, 系统可以获得最大的回收量或最大的供应链收益。

但本文的研究并未挖掘包装质量系数和已使用年数等对回收价格、回收量和系统利润的影响, 并未对比分析差别定价模式和单一定价模式的优劣势, 这都有待进一步探究。

[参考文献] (References)

- [1] 金大鑫, 陈晓慧. 面向使用寿命的工业包装回收组合成本模型研究[J]. 包装工程, 2015, 36(1): 129-133.
JIN D X, CHEN X H. Combined cost model of industrial package recycling in service life[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(1): 129-133. (in Chinese)
- [2] MENESATTI P, CANALI E, SPERANDIO G, et al. Cost and waste comparison of reusable and disposable shipping containers for cut flowers[J]. Packaging Technology and Science, 2012, 25(4): 203-215.
- [3] SILVA D A L, RENÓ G W S, SEVEGNANI G, et al. Comparison of disposable and returnable packaging: a case study of reverse logistics in Brazil[J]. Journal of Cleaner Production, 2013, 47: 377-387.
- [4] ACCORSI R, CASCINI A, CHOLETTE S, et al. Economic and environmental assessment of reusable plastic containers: a food catering supply chain case study[J]. International Journal of Production Economics, 2014, 152: 88-101.
- [5] SARKAR B, ULLAH M, KIM N. Environmental and economic assessment of closed-loop supply chain with remanufacturing and returnable transport items[J]. Computers & Industrial Engineering, 2017, 111: 148-163.
- [6] HELLSTRÖM D, JOHANSSON O. The impact of control strategies on the management of returnable transport items[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2010, 46(6): 1128-1139.
- [7] HELLSTRÖM D. The cost and process of implementing RFID technology to manage and control returnable transport items[J]. International Journal of Logistics Research and Applications, 2009, 12(1): 1-21.
- [8] MALEKI R A, REIMCHE J. Managing returnable containers logistics-a case study part I-physical and information flow analysis[J]. International Journal of Engineering Business Management, 2011, 3(2): 1-8.
- [9] HEKKERT M P, JOOSTEN L A J, WORRELL E, et al. Reduction of CO₂ emissions by improved management of material and product use: the case of primary packaging[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2000, 29(1-2): 33-64.
- [10] AUGUSTON K A. Reduce packaging costs with reusable containers[J]. Modern Materials Handling, 1992, 47(8): 42-45.
- [11] ZHANG Q, SEGERSTEDT A, TSAO Y C, et al. Returnable packaging management in automotive parts logistics: dedicated mode and shared mode[J]. International Journal of Production Economics, 2015, 168: 234-244.
- [12] GLOCK C H. Decision support models for managing returnable transport items in supply chains: a systematic literature review[J]. International Journal of Production Economics, 2017, 183: 561-569.
- [13] 顾巧论, 高铁杠, 石连栓. 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, 25(3): 20-25.
GU Q L, GAO T G, SHI L S. Price decision analysis for reverse supply chain based on game theory[J]. Systems Engineering—Theory & Practice, 2005, 25(3): 20-25. (in Chinese)
- [14] 李响, 李勇建, 蔡小强. 随机产率和随机需求下的再制造系统的回收定价决策[J]. 系统工程理论与实践, 2009, 29(8): 19-27.

- LI X, LI Y J, CAI X Q. Collection pricing decision in a remanufacturing system considering random yield and random demand[J]. *Systems Engineering—Theory & Practice*, 2009, 29(8): 19-27. (in Chinese)
- [15] 袁开福, 马士华, 何波, 等. 考虑回收质量的再制造旧件定价机理研究[J]. *组合机床与自动化加工技术*, 2015 (12): 151-155.
- YUAN K F, MA S H, HE B, et al. Study on pricing mechanism of cores for remanufacture consider returned quality[J]. *Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique*, 2015(12): 151-155. (in Chinese)
- [16] GUIDE Jr V D R, TEUNTER R H, van WASSENHOVE L N. Matching demand and supply to maximize profits from remanufacturing[J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2003, 5(4): 303-316.
- [17] THIERRY M, SALOMON M, van NUNEN J, et al. Strategic issues in product recovery management[J]. *California Management Review*, 1995, 37(2): 114-135.
- [18] 孙晓东, 田澎, 曹云, 等. 质量差别产品的收益管理描述及定价策略分析[J]. *工业工程与管理*, 2008, 13 (1): 83-88.
- SUN X D, TIAN P, CAO Y, et al. Revenue management definition and pricing strategy analysis for quality differentiation products[J]. *Industrial Engineering and Management*, 2008, 13(1): 83-88. (in Chinese)
- [19] 颜荣芳, 程永宏, 王彩霞. 再制造闭环供应链最优差别定价模型[J]. *中国管理科学*, 2013 (1): 90-97.
- YAN R F, CHENG Y H, WANG C X. Strategy analysis on differential pricing in closed-loop supply chain with remanufacturing[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2013(1): 90-97. (in Chinese)