

回收率奖惩机制对推动电商平台循环快递包装应用的影响

范湘香

(河南大学 现代物流研究院, 河南 开封 475000)

摘要: **目的** 针对循环快递包装市场占有率低的问题, 建立有效的回收率奖惩机制, 促使电商平台使用循环快递包装。**方法** 考虑一次性快递包装和循环快递包装的替代性, 在快递包装制造商回收模式下, 建立无政府奖惩和有政府奖惩情形下电商平台的快递包装成本模型和快递包装制造商销售与回收循环快递包装的利润模型, 分析政府奖惩机制对电商平台使用循环快递包装的比例、循环快递包装价格、循环快递包装回收率的影响。**结果** 回收率奖惩机制可以提高循环快递包装的回收率和电商平台使用循环快递包装的比例, 降低循环快递包装的价格。**结论** 回收率奖惩机制有利于促进电商平台增加循环快递包装的使用比例, 推动循环快递包装的规模化应用。

关键词: 循环快递包装; 回收率奖惩机制; 电商平台; 产品替代

中图分类号: TB485.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3563(2024)03-0269-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2024.03.031

Effect of Reward-punishment Mechanism of Recycling Rate on Promoting the Application of Reusable Express Packaging on E-commerce Platform

FAN Xiangxiang

(Modern Logistics Research Institute, Henan University, Henan Kaifeng 475000, China)

ABSTRACT: The work aims to establish an effective recycling rate reward-punishment mechanism in view of the low market share of reusable express packaging, to promote the use of reusable express packaging on the e-commerce platform. Considering the substitution of disposable and reusable express packaging, the express packaging cost model of e-commerce platform and the profit model of the express packaging manufacturer for selling and recycling reusable express packaging were established under the conditions with and without rewards and punishments, and the effect of the government reward-punishment mechanism on the proportion of reusable express packaging used by the e-commerce platform, the price and the recycling rate of reusable express packaging was analyzed. The reward-punishment mechanism for recycling rate could increase the recycling rate of reusable express packaging and the proportion of reusable express packaging used by the e-commerce platform, and reduce the price of reusable express packaging. The reward-punishment mechanism for recycling rate is conducive to promoting the e-commerce platform to increase the proportion of use of reusable express packaging and drive the scale application of reusable express packaging.

KEY WORDS: reusable logistics packaging; reward-punishment mechanism for recycling rate; e-commerce platform; product substitution

2022年全国快递业务量完成1391亿件,大部分快递包装采用一次性快递包装,其中瓦楞纸箱的回收率约为80%,塑料袋的回收率只有1.5%,未回收的包装材料作为城市固体废物送往垃圾填埋场、焚化炉和露天垃圾场,对环境造成极大负担^[1-2]。2021年12月,国家发展改革委、商务部、国家邮政局发布关于组织开展可循环快递包装规模化应用试点的通知,提出培育循环快递包装可持续使用机制,推进快递包装绿色转型。目前,已有一些企业采用循环快递包装,比如京东的“青流箱”、苏宁物流的“漂流箱”。京东与灰度环保、小象回家、知路科技等循环快递包装制造商签订租赁合同,由制造商负责循环快递包装的回收、消毒清洗等活动。快递包装制造商回收循环快递包装模式下,政府奖惩机制是否有利于推动循环快递包装的规模化应用是值得研究的问题。

政府的激励政策对快递包装回收的影响得到很多学者的关注。欧阳恋群等^[3]研究了政府环境税收政策对快递包装材料回收决策的影响,结果表明当快递包装材料回收的固定投资成本过高时,政府补贴固定投资,可以促进快递服务商回收利用快递包装材料。Hu等^[4]研究了政府奖惩机制对快递包装回收决策的影响,结果表明政府奖惩机制可以引导快递包装制造商提高快递包装回收率。成灶平等^[5]采用演化博弈的方法研究了政府奖惩机制对政府、回收商和消费者快递包装回收行为的影响。李璐璐等^[6]研究了政府补贴对快递包装回收策略的影响,结果表明互惠偏好可以增加供应链的整体利润。Sun等^[7]建立了演化博弈模型分析政府、物流企业和消费者选用可循环绿色物流包装的策略,研究结果表明,当政府补贴增加时,物流企业会加快可循环绿色物流包装的开发和实施。上述研究中,大多考虑快递包装制造商和物流企业的快递包装回收决策问题,未考虑电商平台在快递包装回收中的影响。何海龙等^[8]考虑了电商平台的影响,研究了政府管制对快递包装回收产业的影响,结果表明在产业发展初期,适度的基础设施投入和财政补贴投入有利于促进电商企业参与快递包装的回收。

关于快递包装回收模式对快递包装回收的影响也得到了很多学者的关注。何波等^[9]研究了物流公司回收和电商平台回收模式下循环快递包装的回收决策。郑克俊等^[10]研究了互联网回收平台和快递企业混合回收模式下快递包装供应链的协调问题。Yang等^[11]构建了市场、政府和合作驱动回收模式下的一次性快递包装回收模型,研究了政府和企业的快递包装回收的最优策略。Xu等^[12]研究了快递点取货、送货上门、快递柜取货3种配送模式对零售平台定价和补贴策略的影响,探讨了顾客异质性对平台的运营以及顾客的购买和回收行为的影响。Lyu等^[13]研究了电商平台的绿色快递包装回收与销售模式优化策略,结果表明

当平台选择转售模式时,回收策略受到回收效率和绿色投资效率影响;在采用代理模式时,平台总是倾向于回收。周晓晔等^[14]研究了快递包装回收网络的回收点选址问题。Guo等^[15]研究了押金返还和回收奖励策略对电商平台快递包装回收的影响。

关于政府奖惩对闭环供应链的影响已有很多研究。张晓青^[16]研究了碳排放奖惩和回收率奖惩对闭环供应链的影响,结果表明,回收率奖惩能有效引导回收。石纯来等^[17]研究了政府奖惩机制对制造商合作策略的影响,结果表明,制造商有正向合作和逆向合作的动机。王文宾等^[18]研究了零售商主导的闭环供应链中政府奖惩机制的影响,结果表明,回收责任分担比例会影响供应链的回收率。肖敏等^[19]研究了回收率奖惩机制对有产能约束的闭环供应链中制造商合作策略的影响,结果表明制造商的合作策略受到奖惩力度的影响。关于政府奖惩机制对快递包装回收的影响,Hu等^[4]未考虑循环快递包装和一次性快递包装的可替代性。成灶平等^[5]的研究侧重于政府奖惩对快递包装回收主体的回收行为演化,未考虑政府奖惩机制对推动循环快递包装应用的影响。

综上所述,关于快递包装的研究,大多考虑快递包装制造商和物流企业的快递包装回收决策问题,少量文献考虑了电商平台在快递包装回收中的影响,但未考虑如何促进电商平台使用循环快递包装。未有文献综合考虑循环快递包装回收模式和政府奖惩机制对循环快递包装应用的影响。基于此,本文在快递包装制造商回收循环快递包装模式下,构建无政府奖惩和有政府奖惩机制的循环快递包装回收模型,研究政府奖惩机制对推动电商平台循环快递包装应用的影响,为电商平台应用循环快递包装提供参考,为政府制定循环快递包装的奖惩机制提供决策支持。

1 问题描述和条件假设

1.1 问题描述

考虑由电商平台和快递包装制造商组成的一级供应链,以一个循环周期作为研究对象,电商平台为Stackelberg领导者,快递包装制造商为追随者。电商平台使用循环快递包装和一次性快递包装对产品进行包装,循环快递包装可以回收再次使用,一次性快递包装只能使用一次,电商平台从快递包装制造商处购买循环快递包装,从其他供应商处购买一次性快递包装,电商平台的目标是快递包装总成本最小。快递包装制造商通过销售和回收循环快递包装获取利润,快递包装制造商的目标是总利润最大。首先建立无政府奖惩情形的快递包装制造商回收模式下的回收模型,然后建立有政府回收率奖惩情形下的循环快递包装回收模型,最后对2种情形进行比较,分析政府回收率奖惩对电商平台使用循环快递包装的影响。

1.2 条件假设

1) 快递包装的市场需求受到循环快递包装和一次性快递包装价格, 以及二者可替代性的影响, 参照蒋曼曼等^[20]对需求函数的假定, 循环快递包装和一次性快递包装的需求函数分别为 $D_1 = \gamma a - p_1 + \theta(p_2 - p_1)$ 、 $D_2 = (1 - \gamma)a - p_2 + \theta(p_1 - p_2)$ 。其中, a 表示一个循环周期内, 市场对快递包装的潜在需求; γ 表示电商平台使用循环快递包装的比例; $1 - \gamma$ 表示电商平台使用一次性快递包装的比例; p_1 和 p_2 分别为循环快递包装和一次性快递包装的价格; θ 为 2 种快递包装的替代价格敏感度系数。

2) 参考 Lyu 等^[13]对快递包装回收成本的假定, 假设快递包装制造商回收快递包装的成本为 $k\rho^2$, 其中 ρ 为循环快递包装的回收率, k 为回收努力成本系数。

3) 假设 $c > p^2$, 其中 c 代表循环快递包装的成本, p_2 代表一次性快递包装的价格。

4) 假设快递包装制造商回收的循环快递包装的处理费用可以忽略不计, 回收的循环快递包装全部可以用于下一周期的使用。参考 Lyu 等^[13]对快递包装回收成本节约的假设, 包装制造商生产和回收快递包装的成本为 $cD_2(1 - \rho) + \rho^2 k$, 不回收快递包装时包装制造商生产快递包装的成本为 cD_2 , 回收快递包装给包装制造商带来的成本节约为 $cD_2\rho - \rho^2 k$ 。

5) 为保证快递包装制造商的利润函数为凹函数, 假设 $c^2(1 + \theta) < 2k$ 。

6) 其他符号描述。 C_E 和 π_L 分别代表无政府奖惩时电商平台的成本和快递包装制造商的利润; C_E^G 和 π_L^G 分别代表有政府奖惩时电商平台的成本和快递包装制造商的利润; ρ^G 、 p_1^G 和 γ^G 分别代表有政府奖惩时快递包装的回收率、价格和电商平台使用循环快递包装的比例; λ 代表政府奖惩力度。

2 模型构建及决策

2.1 快递包装制造商回收模式下的回收模型

快递包装制造商将循环快递包装销售给电商平台, 并负责回收循环快递包装。决策顺序为电商平台先决策循环快递包装的使用比例 γ , 快递包装制造商再决策循环快递包装的回收率 ρ 和价格 p_1 。一个循环周期内, 电商平台的快递包装的成本为:

$$C_E = p_1 D_1 + p_2 D_2 \quad (1)$$

式中: $p_1 D$ 为电商平台购买循环快递包装的成本; $p_2 D_2$ 为电商平台购买一次性快递包装的成本。一个循环周期内, 快递包装制造商销售和回收循环快递包装获得的利润为:

$$\pi_L = p_1 D_2 - cD_2 + cD_2\rho - \rho^2 k \quad (2)$$

式中: $p_1 D_2$ 为快递包装制造商销售循环快递包装的收益; cD_2 为循环快递包装的成本; $cD_2\rho - \rho^2 k$ 为回收的快递包装给快递包装制造商带来的成本节约。

利用逆向归纳法求解, 得到:

$$\gamma^* = \frac{p_2[8k - c^2(4 + 3\theta - \theta^2)]}{2a[2k - c^2(1 + \theta)]} + \frac{c^3(1 + \theta)^2(p_2 c - 2k)}{4ak[2k - c^2(1 + \theta)]} \quad (3)$$

$$\rho^* = \frac{c[2kp_2(2 + \theta) - 2kc(1 + \theta) - c^2 p_2(1 + \theta)]}{4k[2k - c^2(1 + \theta)]} \quad (4)$$

$$p_1^* = \frac{1}{4} \left[2c - \frac{c^2 p_2}{k} + \frac{2p_2(2 + \theta)}{1 + \theta} \right] \quad (5)$$

命题 1: 无政府奖惩时, $\frac{\partial \rho^*}{\partial \theta} < 0$; $\frac{\partial p_1^*}{\partial \theta} < 0$; $\frac{\partial \gamma^*}{\partial \theta} < 0$ 。

证明: $\frac{\partial \rho^*}{\partial \theta} = \frac{ck(p_2 - c)}{[c^2(1 + \theta) - 2k]^2}$, $\frac{\partial p_1^*}{\partial \theta} = -\frac{p_2}{2(1 + \theta)^2} < 0$,

$$\frac{\partial \gamma^*}{\partial \theta} = -\{c^2[8ck^2(1 + \theta) - 2c^3k(1 + \theta)^2 + c^4 p^2(1 + \theta)^2 - 4k^2 p_2(1 + 2\theta) + 2c^2 k p_2(\theta^2 - 1)]\} / \{4ak[c^2(1 + \theta)^2 - 2k]^2\}。$$

由 $c^2(1 + \theta) < 2k$, $c - p_2 > 0$, 可得 $\frac{\partial \gamma^*}{\partial \theta} < 0$, $\frac{\partial \rho^*}{\partial \theta} < 0$ 。

命题 1 表明, 无政府奖惩时, 循环快递包装的回收率、价格和电商平台采用循环快递包装的比例随替代产品价格敏感度系数的增加而降低。替代产品价格敏感度系数代表循环快递包装与普通一次性包装的差异性, 替代产品价格敏感度系数低, 说明循环快递包装在绿色环保方面具有更好的性能。替代产品价格敏感度系数增加, 代表循环快递包装与普通一次性快递包装相比, 差异性减小, 快递包装制造商只能制定较低的价格, 同时在快递包装回收方面也投入较少的努力造成较低的回收率, 而电商平台使用循环快递包装的比例也会降低。命题 1 表明, 当循环快递包装相较于一次性快递包装的优势不明显时, 电商平台使用循环快递包装的比例较低。

2.2 政府回收率奖惩机制下的循环快递包装回收模型

在快递包装制造商回收模式下, 考虑政府回收率奖惩机制对循环快递包装回收的影响。假设政府对超出规定回收率的部分实施奖励和惩罚, 奖惩的额度为 $\lambda(\rho^G - \rho_0^G)$ 。其中, ρ_0^G 为政府规定的循环快递包装回收率; ρ^G 为政府奖惩激励下循环快递包装的回收率; λ 为奖惩力度。决策顺序为电商平台先决策循环快递包装的使用比例 γ^G , 快递包装制造商再决策快递包装的回收率 ρ^G 和循环快递包装的价格 p_1^G 。电商平台的快递包装的成本为:

$$C_E^G = p_1^G D_1^G + p_2 D_2^G \quad (6)$$

$$\pi_L^G = p_1^G D_1^G - cD_1^G - (\rho^G)^2 k + cD_1^G \rho^G + \lambda(\rho^G - \rho_0^G) \quad (7)$$

采用逆向归纳法求解, 得到:

$$\gamma^{G^*} = \frac{p_2 [8k - c^2(4 + 3\theta - \theta^2)]}{2a[2k - c^2(1 + \theta)]} + \frac{c^3(1 + \theta)^2 [(\lambda - 2k) + p_2 c]}{4ak[2k - c^2(1 + \theta)]} \quad (8)$$

$$\rho^{G^*} = \frac{4\lambda k + 2kp_2 c(2 + \theta) - c^2(\lambda + 2k + p_2 c)(1 + \theta)}{4k[2k - c^2(1 + \theta)]} \quad (9)$$

$$p_1^{G^*} = \frac{1}{4} \left[2c - \frac{c^2 p_2}{k} + \frac{2p_2(2 + \theta)}{1 + \theta} - \frac{c\lambda}{k} \right] \quad (10)$$

命题 2: 在政府回收率奖惩机制下, $\partial p_1^{G^*} / \partial \theta < 0$; 如果 $\lambda > 2k(c - p_2) / c$, $\partial \rho^{G^*} / \partial \theta > 0$, 如果 $\lambda < 2k(c - p_2) / c$, $\partial \rho^{G^*} / \partial \theta < 0$ 。

证明: $\frac{\partial p_1^{G^*}}{\partial \theta} = -\frac{p_2}{2(1 + \theta)^2} < 0$, $\frac{\partial \rho^{G^*}}{\partial \theta} = \frac{c[c(\lambda - 2k) + 2kp_2]}{2[c^2(1 + \theta) - 2k]^2}$ 。

如果 $\lambda > 2k(c - p_2) / c$, 可得 $\partial \rho / \partial \theta > 0$; 如果 $\lambda < 2k(c - p_2) / c$, 可得 $\partial \rho / \partial \theta < 0$ 。

$$\frac{\partial \gamma^{G^*}}{\partial \theta} = \{c^2[c(\lambda - 2k)(1 + \theta) + (c^2(1 + \theta) - 4k) + c^4 p_2(1 + \theta)^2 - 4k^2 p_2(1 + 2\theta) + 2c^2 k p_2(\theta^2 - 1)]\} / \{4ak[c^2(1 + \theta) - 2k]^2\}$$

γ^{G^*} 对 θ 的单调性受到 λ 、 κ 、 c 和 θ 的影响, 后面通过算例分析进行分析。

由命题 2 可知, 政府对快递包装制造商循环快递包装回收行为进行奖惩时, 循环快递包装的价格随替代产品价格敏感度系数的增加而降低。如果 $\lambda > 2k(c - p_2) / c$, 循环快递包装回收率随替代产品价格敏感度系数的增加而增加, 如果 $\lambda < 2k(c - p_2) / c$, 循环快递包装回收率随替代产品价格敏感度系数的增加而降低。替代产品价格敏感度系数增加, 代表循环快递包装相比一次性快递包装的差异性低, 因此循环快递包装的价格随之降低。当政府奖惩力度较大时, 即使循环快递包装与普通快递包装的差异性较小, 为了获得回收奖励, 快递包装制造商依然会提高循环快递包装的回收率。命题 2 说明循环快递包装的价格不受回收率奖惩力度的影响, 回收率奖惩力度设置不宜过大, 否则当循环快递包装相对普通快递包装的优势较小时, 快递包装制造商会为了获取更多奖励而提高循环快递包装的回收率。

2.3 无政府奖惩和有政府奖惩情形下的结果比较

本部分比较无政府奖惩和有政府奖惩情形下电商平台使用循环快递包装的比例、循环快递包装的回收率和价格, 分析政府奖惩机制对推动电商平台使用循环快递包装的影响。

命题 3: 政府对循环快递包装的回收率进行奖惩时, 如果 $c^2(1 + \theta) < 2k$, 则 $\rho^{G^*} > \rho^*$, $p_1^{G^*} < p_1^*$, $\gamma^{G^*} > \gamma^*$ 。

证明: $p_1^{G^*} - p_1^* = \frac{c\lambda}{4k} < 0$, $\rho^{G^*} - \rho^* = \frac{\lambda(4k - c^2(1 + \theta))}{4k(2k - c^2(1 + \theta))}$,

$$\gamma^{G^*} - \gamma^* = \frac{[c^3 k(1 + \theta)^2]}{\{4ak[2k - c^2(1 + \theta)]\}}$$

如果 $c^2(1 + \theta) < 2k$, 可得到 $\rho^G - \rho > 0$, $\gamma^G - \gamma > 0$ 。由此可证 $\rho^{G^*} > \rho^*$, $p_1^{G^*} < p_1^*$, $\gamma^{G^*} > \gamma^*$ 。

由命题 3 可知, 政府对循环快递包装的回收率进行奖惩时, 循环快递包装的回收率和电商平台使用循环快递包装的比例提高了, 快递包装制造商销售循环快递包装的价格降低了。当政府对循环快递包装的回收率进行奖惩时, 为了获得奖励, 快递包装制造商会提高循环快递包装的回收率, 并降低循环快递包装的价格以提高循环快递包装的需求。由于循环快递包装的价格降低, 电商平台会增加循环快递包装的使用比例。命题 3 说明为促进电商平台使用循环快递包装, 政府可采用回收率奖惩机制对电商平台进行激励。

3 算例分析

通过数值算例分析政府奖惩机制对循环快递包装的回收率、价格、电商平台快递包装的总成本、快递包装制造商的利润等的影响。参考文献[8]和[12], 并根据本文的假设进行调整, 参数设置如下: $a = 100$, $\theta = 0.2$, $c = 3.3$, $p_2 = 3.2$, $k_L = 10$, $\lambda = 1$ 。

政府奖惩对循环快递包装定价和回收决策的影响如表 1 所示。根据算例的结果, 可以看到有政府奖惩时, 循环快递包装回收率由 0.235 提高到 0.333, 电商平台使用循环快递包装的比例由 0.052 提高到 0.054, 快递包装制造商制定的循环快递包装的价格由 3.712 降低到 3.630, 快递包装制造商销售和回收循环快递包装获得的利润由 1.142 增加到 1.371, 电商平台快递包装的总成本由 298.612 增加到 298.881。造成这种现象的原因是对快递包装总需求的增加。

表 1 政府奖惩对决策变量与利润和成本的影响
Tab.1 Effect of government reward-punishment mechanism on decision variables and profit and cost

决策变量与利润和成本	无政府奖惩	有政府奖惩
循环快递包装的回收率	0.235	0.333
电商平台使用循环快递包装的比例	0.052	0.054
循环快递包装的价格	3.712	3.630
一次性快递包装的需求	91.661	91.458
循环快递包装的需求	1.427	1.712
循环快递包装制造商的利润	1.142	1.371
电商平台快递包装的成本	298.612	298.881

由表 2 可知，随着政府奖惩力度的加大，循环快递包装回收率、电商平台使用循环快递包装的比例都增加了，且都高于无政府奖惩的情形。快递包装制造商销售和回收循环快递包装获得的利润随政府奖惩力度的加大而增加，电商平台快递包装的总成本随政府奖惩力度的加大而增加。

表 2 政府奖惩力度对决策变量与成本和利润的影响
Tab.2 Effect of government reward-punishment mechanism on decision variables and profit and cost

λ	ρ^{G^*}	$p_1^{G^*}$	γ^{G^*}	$C_E^{G^*}$	$\pi_L^{G^*}$
0	0.235	3.712	0.052 4	298.612	1.142
0.25	0.260	3.691	0.052 8	298.684	1.186
0.50	0.284	3.671	0.053 3	298.752	1.239
0.75	0.308	3.650	0.053 8	298.818	1.300
1.00	0.332	3.630	0.054 3	298.881	1.371
1.25	0.357	3.610	0.054 7	298.941	1.450
1.50	0.381	3.588	0.055 2	298.998	1.538
1.75	0.405	3.368	0.055 7	299.052	1.635
2.00	0.430	3.547	0.056 1	299.103	1.740

由图 1 可知，在无政府奖惩措施的情况下，随着替代产品价格敏感度系数的增加，循环快递包装的回收率比例呈下降趋势。在有政府奖惩措施的情况下，随着替代产品价格敏感度系数的增加，循环快递包装的回收率呈现出上升的趋势，且回收率高于无政府奖惩时的回收率。此时参数满足 $\lambda > 2k(c - p_2)/c$ ，即政府奖惩力度较大。随着替代产品价格敏感度系数的增加，循环快递包装相对一次性快递包装的优越性降低，但是受到政府回收率奖惩机制的激励，快递包装制造商会提高循环快递包装的回收率。

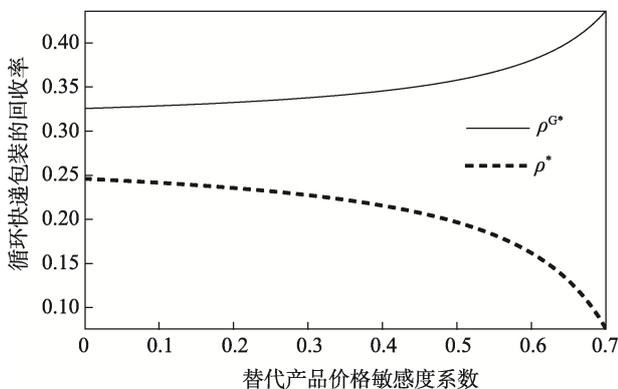


图 1 替代产品价格敏感度系数对循环快递包装回收率的影响
Fig.1 Effect of substitute product price sensitivity coefficient on the recycling rate of reusable express packaging

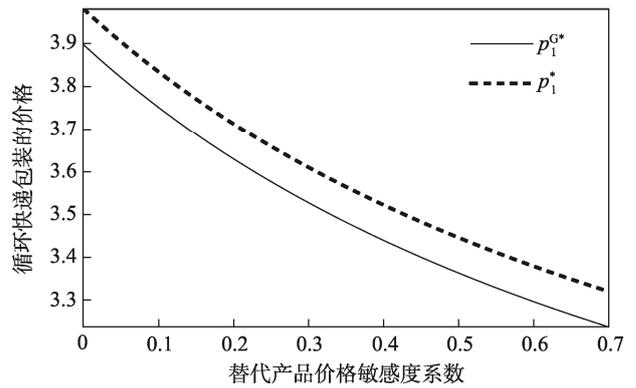


图 2 替代产品价格敏感度系数对循环快递包装价格的影响
Fig.2 Effect of substitute product price sensitivity coefficient on the price of reusable express packaging

由图 2 可知，循环快递包装的价格随着替代产品价格敏感度系数的增加而降低，有政府奖惩时循环快递包装的价格低于无奖惩时循环快递包装的价格。替代产品价格敏感度系数代表循环快递包装与一次性包装的差异性，替代产品价格敏感度系数越低，说明循环快递包装在绿色环保方面具有更好的性能，因此价格更高。

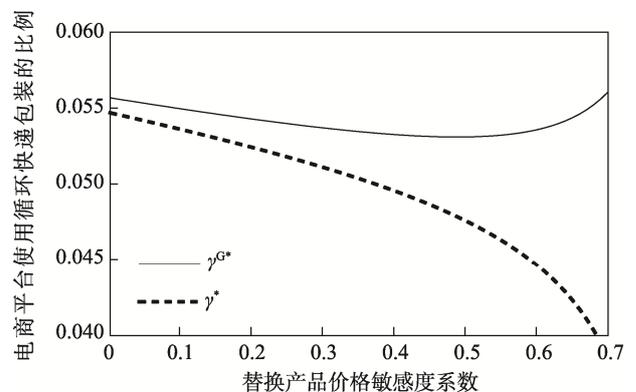


图 3 替代产品价格敏感度系数对电商平台使用循环快递包装比例的影响
Fig.3 Effect of substitute product price sensitivity coefficient on the proportion of reusable express packaging on e-commerce platform

由图 3 可知，无政府奖惩时，电商平台使用循环快递包装比例随替代产品价格敏感度系数的增加而降低；有政府奖惩时，电商平台使用循环快递包装比例随替代产品价格敏感度系数的增加呈先降低后增加的趋势，且电商平台使用循环快递包装比例高于无政府奖惩时的比例。当 $\theta = 0.488$ 时，电商平台使用循环快递包装的比例最低，此时代表循环快递包装相对于一次性快递包装的优越性很小。如果替代产品价格敏感度系数进一步增加，由于政府奖惩机制的影响，电商平台会增加循环快递包装的使用比例。

4 结语

考虑一次性快递包装和循环快递包装的替代性,分析了政府回收率奖惩机制对电商平台使用循环快递包装的比例、快递企业制定的循环快递包装价格、循环快递包装回收率的影响。结合数值算例分析,得到以下结论:

1) 政府回收率奖惩机制可以提高电商平台使用循环快递包装的比例,降低循环快递包装的价格,提高循环快递包装回收率。

2) 循环快递包装的价格随政府奖惩力度的增大而降低,循环快递包装回收率、电商平台使用循环快递包装的比例随政府奖惩力度的增大而增加。

3) 政府对快递包装制造商循环快递包装回收行为进行奖惩时,循环快递包装的价格随替代产品价格敏感度系数的增加而降低;政府奖惩力度较大时,循环快递包装回收率随替代产品价格敏感度系数的增加而增加。

由此可见,在快递包装制造商回收模式下,政府制定回收率奖惩机制有利于促进电商平台增加循环快递包装的使用比例,促进循环快递包装的推广使用。本文只考虑了快递包装制造商回收的快递包装全部可用于再利用,未来可研究当回收的快递包装部分可用时,奖惩机制对循环快递包装定价和回收决策的影响。

参考文献:

- [1] KANG P, SONG G H, XU M, et al. Low-Carbon Pathways for the Booming Express Delivery Sector in China[J]. *Nature Communications*, 2021, 12(1): 450.
- [2] PINOS J, HAHLADAKIS J N, CHEN H. Why is the Generation of Packaging Waste from Express Deliveries a Major Problem?[J]. *The Science of the Total Environment*, 2022, 830: 154759.
- [3] 欧阳恋群, 黄帝, 丁建勋. 环境税费政策下快递包装材料回收利用的最优决策及社会福利分析[J]. *运筹与管理*, 2021, 30(4): 54-60.
OUYANG L Q, HUANG D, DING J X. Optimal Decisions on the Cycle Utilization of Express Packaging Materials and Social Welfare Analysis under Environmental Tax Policy[J]. *Operations Research and Management Science*, 2021, 30(4): 54-60.
- [4] 胡觉亮, 钱聪丽, 韩曙光. 政府奖惩机制下的快递包装回收问题研究[J]. *绿色包装*, 2019(3): 73.
HU J L, QIAN C L, HAN S G. Research on Express Packaging Recovery under the Government Reward-Punishment Mechanism[J]. *Green Packaging*, 2019(3): 73.
- [5] 成灶平, 马良. 政府奖惩激励下快递包装回收行为演化博弈与仿真分析[J]. *包装工程*, 2022, 43(11): 272-282.
CHENG Z P, MA L. Evolutionary Game and Simulation Analysis of Express Packaging Recycling Behavior under Government Rewards and Punishments[J]. *Packaging Engineering*, 2022, 43(11): 272-282.
- [6] 李璐璐, 田立平, 李东宁. 考虑差别定价和政府补贴的快递包装回收策略研究[J]. *生态经济*, 2020, 36(9): 204-209.
LI L L, TIAN L P, LI D N. Research on the Recycling Strategy of Express Packaging under the Government Subsidies Based on Patent Protection and Differential Pricing[J]. *Ecological Economy*, 2020, 36(9): 204-209.
- [7] SUN H X, LI J L. Behavioural Choice of Governments, Enterprises and Consumers on Recyclable Green Logistics Packaging[J]. *Sustainable Production and Consumption*, 2021, 28(3): 459-471.
- [8] 何海龙, 李明琨. 有限管制下快递包装逆向物流三方博弈行为分析[J]. *工业工程与管理*, 2021, 26(1): 157-164.
HE H L, LI M K. A Tripartite Game Analysis on Reverse Logistics of Express Packaging under Restricted Control Policies[J]. *Industrial Engineering and Management*, 2021, 26(1): 157-164.
- [9] 何波, 段雪苇. 可重复利用的快递包装回收模式研究[J]. *包装学报*, 2021, 13(5): 27-34.
HE B, DUAN X W. Research on Recycling Mode of Reusable Express Packaging[J]. *Packaging Journal*, 2021, 13(5): 27-34.
- [10] 郑克俊, 翟小可, 李锦莹. 快递包装混合回收闭环供应链决策与协调[J]. *包装工程*, 2022, 43(21): 224-231.
ZHENG K J, ZHAI X K, LI J Y. Decision-Making and Coordination of Closed-Loop Supply Chain for Mixed Recycling of Express Packages[J]. *Packaging Engineering*, 2022, 43(21): 224-231.
- [11] YANG J, LONG R, CHEN H, et al. A Comparative Analysis of Express Packaging Waste Recycling Models Based on the Differential Game Theory[J]. *Resources, Conservation and Recycling*, 2021, 168(4): 105449.
- [12] XU Q, SHAO Z, HE Y. Optimal Delivery Strategies for Packing Box Recycling in Online Platforms[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2020, 276: 124273.
- [13] LYU R, ZHANG C, LI Z. Optimal Strategies of Green Express Packaging Recycling and Sales Mode in an Online Platform[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2023: 136090.

- [14] 周晓晔, 任贵彬, 马小云, 等. 快递包装回收网络中回收点选址研究[J]. 包装工程, 2020, 41(11): 201-208.
ZHOU X Y, REN G B, MA X Y, et al. Location Selection of Recycling Points in Express Packaging Recycling Network[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(11): 201-208.
- [15] GUO X, LI X, BIAN J, et al. Deposit or Reward: Express Packaging Recycling for Online Retailing Platforms[J]. OMEGA-International Journal of Management Science, 2023, 117: 102828.
- [16] 张晓青. 基于政府奖惩的闭环供应链决策研究[J]. 技术经济与管理研究, 2020, 293(12): 10-16.
ZHANG X Q. Research on Closed-Loop Supply Chain under Reward-Penalty Mechanism[J]. Journal of Technical Economics & Management, 2020, 293(12): 10-16.
- [17] 石纯来, 崔春晖, 胡培, 等. 政府奖惩机制对闭环供应链制造商合作策略影响[J]. 管理评论, 2021, 33(7): 282-289.
SHI C L, CUI C H, HU P, et al. The Effects of Premium and Penalty Mechanism on Manufacturer's Cooperative Strategies in the Closed-Loop Supply Chain[J]. Management Review, 2021, 33(7): 282-289.
- [18] 王文宾, 丁军飞, 王智慧, 等. 回收责任分担视角下零售商主导闭环供应链的政府奖惩机制研究[J]. 中国管理科学, 2019, 27(7): 127-136.
WANG W B, DING J F, WANG Z H, et al. Reward-Penalty Mechanism of Government for Retailer-Led Closed-Loop Supply Chain under Collection Responsibility Sharing[J]. Chinese Journal of Management Science, 2019, 27(7): 127-136.
- [19] 肖敏, 张耀. 回收率奖惩下考虑产能约束的闭环供应链制造商合作策略[J]. 计算机集成制造系统, 2021, 27(10): 3026-3035.
XIAO M, ZHANG Y. Manufacture's Cooperation Strategy in Closed-Loop Supply Chain Considering Capacity Constraints with Recycling Rate Reward and Punishment Mechanism[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2021, 27(10): 3026-3035.
- [20] 蒋曼曼, 陈达强. 基于产品替代的利他型低碳供应链协调研究[J]. 科技管理研究, 2021, 41(13): 195-202.
JIANG M M, CHEN D Q. The Coordination Research of Altruism Low-Carbon Supply Chain Based on Product Substitution[J]. Science and Technology Management Research, 2021, 41(13): 195-202.