

分类回收下政府补贴对废旧产品回收影响研究

赵强¹ 夏西强² 李炜洁³

¹ (华中科技大学经济学院, 武汉 430074) ² (郑州大学商学院, 郑州 450001)

³ (中国人民大学财政金融学院, 北京 100872)

〔摘要〕 为分析分类回收下政府选择不同补贴对象对废旧产品回收的影响, 本文基于分类回收构建政府补贴下回收商与处理商博弈模型。基于博弈模型最优解, 对比分析分类回收与不分类回收优劣; 分析政府选取不同补贴对象对回收商与处理商竞争的影响; 基于成本分摊-收益共享契约给出回收商与处理商合作回收机制。研究主要结论: 分类回收不仅对处理商有利, 还对回收商有利; 政府选取不同补贴对象只对单位废旧产品间接回收价格有影响, 对单位废旧产品回收价格、分类回收程度、废旧产品回收数量和收益影响效果一样; 成本分摊-收益共享契约可以使分散决策时收益达到集中决策时收益。

〔关键词〕 分类回收 政府补贴 回收商 处理商 博弈模型 合作机制

DOI: 10.3969/j.issn.1004-910X.2021.07.007

〔中图分类号〕 F224.32; F812.4 〔文献标识码〕 A

引言

随着经济的快速发展, 人类对资源消耗越来越大, 同时, 也对环境造成极大的不良影响, 以废旧电子产品为例, 2019年3月, 国际环保组织绿色和平发布的最新报告称, 中国电子产品废弃量在2020年将达到1540万吨。这些废弃电子产品如果处理不当, 不仅会对环境造成极大的污染, 还会对资源造成极大的浪费^[1]。而实现这些“城市矿产”资源有效利用最行之有效的途径就是循环再利用^[2], 因此, 国务院在颁布的《中国制造2025》中, 明确提出中国制造业要提高资源回收再利用效率, 构建绿色制造体系, 走生态文明的可持续发展之路。要促进资源回收再利用, 首先就是要解决废旧产品回收, 而影响废旧产品回收因素有很多, 如目前回收网络不健全、废旧产品处理成本较高^[3], 其中, 废旧产品分类回收是影响后续再利用的一个关键因素。因此, 研究废旧产品分类回收对废旧产品回收具有重要现实意义。

分类回收在欧美和日本、我国台湾地区发展比较好, 并且取得较好的环境和经济效益。如美国早在1995年以华盛顿、里奇蒙和巴尔的摩3个城市为试点进行分类回收, 经过分类回收不仅节约了处理成本, 创造了5亿美元的财务, 还增加了5100多个就业岗位^[4]。但是, 我国分类回收起步比较晚, 自2019年6月25日, 我国修订了《固体废物污染环境防治法》, 我国各个城市出台相配套的法律法规, 如2019年7月1日起, 《上海市生活垃圾管理条例》开始执行, 上海开始严格普遍推行垃圾分类; 2019年11月起, 《深圳市生活垃圾分类激励办法》正式实施, 每年全市安排总激励补助资金共6250万元; 2019年10月, 河南全面启动城市生活垃圾分类工作, 以郑州为试点, 要求生活垃圾分类回收后再利用率达到30%。虽然我国分类回收起步较晚, 但对其特别重视且在大力推进, 不仅制定和完善了一系列的法律法规, 还采取了一些鼓励措施, 如政府补贴, 因此

收稿日期: 2021-01-29

基金项目: 2017年国家自然科学基金项目“基于再制造设计的第三方再制造闭环供应链协调机制研究”(项目编号: 71702174); 2017年国家自然科学基金项目“融合碳交易和消费者偏好的双渠道制造商运营决策与供应链协调”(项目编号: 7170172); 2021年河南省高校科技创新人才支持计划“政府政策对制造/再制造影响研究”(项目编号: 2021-CX-007)。

作者简介: 赵强, 华中科技大学经济学院博士研究生。研究方向: 绿色供应链, 博弈论。夏西强, 通讯作者, 郑州大学商学院副教授, 硕士生导师。研究方向: 绿色供应链, 博弈论。李炜洁, 中国人民大学财政金融学院硕士研究生。研究方向: 绿色供应链, 博弈论。

分析政府补贴对分类回收,尤其是我国分类回收影响具有重要的意义。

基于上述分析,本文基于分类回收分析政府的补贴对象不同时(一是补贴给回收商,二是补贴给处理商)对回收商与处理商的影响,并进一步利用成本分摊-收益共享契约给出回收商与处理商合作契约,实现回收商和处理商合作。本文不仅为政府制定和完善相应补贴政策来促进废旧产品分类回收提供了科学依据,还为回收商和处理商合作开展废旧产品分类回收提供了决策依据。

1 文献综述

与本文相关的研究主要有两个方面:(1)政府激励政策对废旧产品回收影响研究;(2)废旧产品分类回收研究。针对政府激励政策对废旧产品回收影响研究主要有:Lau和Wang等选择中国的电子产业,研究中国政府补贴策略对废旧电子产品回收的影响^[5];Ma等基于废旧产品双渠道回收模式,研究政府选择不同补贴对象对废旧产品回收的影响^[6];进一步,国内学者夏西强和朱庆华基于单/双回收渠道,研究政府选取不同补贴对单/双回收渠道竞争的影响^[7];同时,夏西强等基于中国废旧汽车回收,运用博弈论研究政府补贴对正/非正规回收竞争的影响^[8];王文宾和达庆利分析了政府奖惩机制对废旧产品回收决策的影响^[9];进一步,王文宾等分析了政府补贴政策对双回收渠道价格竞争的影响^[10]。

针对废旧产品分类回收研究目前较少,主要研究有:王伟等研究城市垃圾分类回收多元主体的博弈和责任差别分析^[11];王丹丹等构建政府监管-企业处理-居民参与的演化博弈模型,分析政府政策激励监督对城市生活垃圾分类回收治理的影响^[4];卞珊珊在回收质量不确定下研究再制造产品分类回收策略^[12]。

综上所述可知,国内外学者在政府补贴对废旧产品回收影响方面已经取得很多成果,但针对分类回收研究不是很多。因此,本文在已有研究基础上,基于分类回收构建政府补贴下回收商与处理商博弈模型,研究政府选取不同补贴对象对分类回收的影响,并进一步基于成本分摊-收益共享契约给出回收商与处理商合作机制。

2 模型建立

2.1 问题描述

废旧产品在回收过程中,回收商负责废旧产品回收,且在回收初期要对废旧产品进行分类,以便处理商进行处理,其决策变量是单位废旧产品的回收价格和废旧产品分类程度,处理商负责废旧产品处理,其每处理1单位的废旧产品,都获得一定收益,决策变量是单位废旧委托回收价格。政府在分类回收初期,为促进废旧产品分类,采取了补贴策略,但政府可以补贴给处理商,也可以补贴给回收商。本文旨在分析政府采取不同补贴对象对废旧产品分类回收效果的影响。

2.2 模型符号

C : 集中决策模式;

N : 表示政府不采取补贴;

vd : 分散决策时,表示政府采取补贴给处理商;

vr : 分散决策时,表示政府采取补贴给回收商;

v : 表示政府处理商或回收商处理单位废旧产品处理后获得补贴额度;

w_i : 分散决策时,模式为 i 时,单位废旧产品委托回收价格,其中 $i \in \{N, vr, vd\}$;

p_i : 分散决策时,模式为 i 时,单位废旧产品回收价格, $i \in \{N, vr, vd\}$;

q_i : 分散决策时,模式为 i 时,废旧产品回收数量, $i \in \{N, vr, vd\}$;

Q : 单位废旧产品回收价格为零时,消费者由于环保意识较高,自愿回收废旧产品数量;

α : 消费者对单位废旧产品回收价格敏感度;

A : 回收单位废旧产品处理商获得收益;

τ_i : 分散决策时,模式为 i 时,回收商单位废旧产品分类程度,其中 $i \in \{N, vr, vd\}$;

δ : 回收商进行分类回收时,单位回收分类努力程度收益系数;

k : 单位分类努力程度成本系数;

π_{id} : 在模式为 i 时,处理商获得的收益,其中 $i \in \{N, vr, vd\}$;

π_{ir} : 在模式为 i 时,回收商获得的收益,其中 $i \in \{N, vr, vd\}$ 。

另外为便于分析废旧产品分类回收对处理商与回收商的影响,用 w 、 p 、 q 、 π_d 、 π_r 分别表示不进行分类时,单位废旧产品委托回收价格、单位废旧产品回收价格、处理商收益和回收商收益。

2.3 模型回收函数

本文采用的是一个比较成熟的回收函数^[1,7,8],即废旧产品回收量与单位废旧产品的回收价格正相关,且考虑到环保爱好者存在,当单位废旧产品回收价格为零时,也有一部分先消费者愿意把废旧产品交给回收商,具体用公式表述如下:

$$q_i = Q + \alpha p_i, \quad i \in \{N, vr, vd\}$$

2.4 模型假设

为使研究有意义,本文给出以下两个假设:

(1) 分散决策时, $8k - \alpha\delta^2 > 0$; (2) 集中决策时, $2k - \alpha\delta^2 > 0$ 。如若不然,回收商不进行分类回收。

3 模型构建与求解

政府补贴给处理商:

$$\pi_{vdd} = (A - w_{vd} + \delta\tau_{vd} + v)(Q + \alpha p_{vd}) \quad (1)$$

$$\pi_{vdr} = (w_{vd} - p_{vd})(Q + \alpha p_{vd}) - \frac{k\tau_{vd}^2}{2} \quad (2)$$

政府补贴给回收商:

$$\pi_{vrd} = (A - w_{vr} + \delta\tau_{vr})(Q + \alpha p_{vr}) \quad (3)$$

$$\pi_{vrr} = (w_{vr} - p_{vr} + v)(Q + \alpha p_{vr}) - \frac{k\tau_{vr}^2}{2} \quad (4)$$

集中决策时:

$$\pi_c = (A - p_c + \delta\tau_c + v)(Q + \alpha p_c) - \frac{k\tau_c^2}{2} \quad (5)$$

为获得政府两种补贴方式下最优解,给出引理 1。

引理 1: (i) 式 (2) 关于 p_{vd} 是凹函数,通过式 (2) 获得的最优解 p_{vd}^* 带入式 (1), 式 (1) 关于 w_{vd} 是凹函数,再通过式 (1) 获得最优解 w_{vd}^* 带入式 (2), 式 (2) 关于 τ_{vd} 是凹函数。

(ii) 式 (4) 关于 p_{vr} 是凹函数,通过式 (4) 获得的最优解 p_{vr}^* 带入式 (3), 式 (3) 关于 w_{vr} 是凹函数,再通过式 (3) 获得最优解 w_{vr}^* 带入式 (4), 式 (4) 关于 τ_{vr} 是凹函数。

(iii) 式 (5) 关于 p_c 、 τ_c 是凹函数。

由引理 1, 可得结论 1。

结论 1: 分散决策时, 政府不同补贴下最优

解为:

$$w_{vd}^* = \frac{4\alpha k(A+v) + \alpha\delta^2 Q - 4kQ}{\alpha(8k - \alpha\delta^2)}$$

$$w_{vr}^* = \frac{4\alpha kA + \alpha\delta^2 Q - 4kQ - \alpha(4k - \alpha\delta^2)v}{\alpha(8k - \alpha\delta^2)}$$

$$p_{vd}^* = p_{vr}^* = \frac{4\alpha k(A+v) + \alpha\delta^2 Q - 6kQ}{\alpha(8k - \alpha\delta^2)}$$

$$q_{vd}^* = q_{vr}^* = \frac{2k[\alpha(A+v) + Q]}{8k - \alpha\delta^2}$$

$$\tau_{vd}^* = \tau_{vr}^* = \delta \frac{\alpha(A+v) + Q}{8k - \alpha\delta^2}$$

$$\pi_{vdd}^* = \pi_{vrr}^* = \frac{8k^2[\alpha(A+v) + Q]^2}{\alpha(8k - \alpha\delta^2)^2}$$

$$\tau_{vd}^* = \tau_{vr}^* = \delta \frac{\alpha(A+v) + Q}{8k - \alpha\delta^2}$$

$$\pi_{vdd}^* = \pi_{vrd}^* = \frac{8k^2[\alpha(A+v) + Q]^2}{\alpha(8k - \alpha\delta^2)^2}$$

$$\pi_{vdr}^* = \pi_{vrr}^* = \frac{k[\alpha(A+v) + Q]^2}{2\alpha(8k - \alpha\delta^2)}$$

集中决策时, 最优解为:

$$p_c^* = \frac{\alpha k(A+v) + \alpha\delta^2 Q - kQ}{\alpha(2k - \alpha\delta^2)}$$

$$q_c^* = \frac{k[\alpha(A+v) + Q]}{2k - \alpha\delta^2}$$

$$\tau_c^* = \delta \frac{\alpha(A+v) + Q}{2k - \alpha\delta^2}$$

$$\pi_c^* = \frac{k[\alpha(A+v) + Q]^2}{\alpha(2k - \alpha\delta^2)}$$

另外, 令 $v=0$ 可得政府不采取补贴时的最优解。为便于分析分类回收对回收商和处理商的影响, 本文根据结论 1, 很容易求出, 回收商与处理商不进行分类回收时的最优解:

$$w^* = \frac{\alpha A - Q}{2\alpha}, \quad p^* = \frac{\alpha A - 3Q}{4\alpha}, \quad q^* = \frac{\alpha A + Q}{4}, \quad \pi_d^* = \frac{(\alpha A + Q)^2}{8\alpha}, \quad \pi_r^* = \frac{(\alpha A + Q)^2}{16\alpha}$$

4 结果分析

由结论 1 可得如下结论。

结论 2: 分类回收对最优解影响: $w_N^* > w^*$; $p_N^* > p^*$; $q_N^* > q^*$; $\pi_{Nd}^* > \pi_d^*$; $\pi_{Nr}^* > \pi_r^*$ 。

结论 2 说明, 进行分类回收时, 单位废旧产品间接回收价格大于不进行分类回收时单位回收

价格,造成这一现象主要原因是进行分类后,处理商会降低单位废旧产品处理成本。

针对处理商,虽然其单位间接回收价格提高,表面来看会使其收益减少,但分类回收会减少其处理成本,且减少的处理成本大于其单位间接回收价格提高的额度,使其单位收益增加;另外,废旧产品回收数量进一步增加,使其整体收益增加。针对回收商,虽然分类回收增加其成本,但是单位废旧产品回收价格增加不仅可以弥补其分类回收增加成本,还使其单位废旧产品回收收益增加,又加上废旧产品回收数量增加,使其整体收益增加。

管理启示:进行分类回收不仅不会减低回收商收益,还会增加其收益,同时增加废旧产品回收数量。关键问题是如何有效促进回收商和处理商进行废旧产品分类回收合作机制。

结论3:政府采取不同补贴对象对单位废旧产品委托回收价格影响: $\frac{\partial w_{vd}^*}{\partial v} > 0, \frac{\partial w_{vr}^*}{\partial v} < 0$ 。

由结论3可得推论1。

推论1:政府采取不同补贴策略对单位废旧产品委托回收价格影响大小排序为: $w_{vd}^* > w_N^* > w_{vr}^*$ 。

结论3和推论1说明,政府采取补贴给处理商时,由于政府采取补贴是依据废旧产品回收数量进行的,处理商为获得更多政府补贴,必须提高废旧产品回收数量,而行之有效的途径就是提高单位废旧产品回收价格,因此,处理商采取通过提高单位废旧产品委托回收价格来间接提高单位废旧产品回收价格;当政府补贴给回收商时,处理商为转移部分政府补贴,会通过降低单位废旧产品委托回收价格来获取部分政府补贴。

管理启示:政府补贴给处理商时,处理商可以通过提高单位废旧产品委托回收价格来促进废旧产品回收,获取更多政府补贴;当政府补贴给回收商,处理商可以通过降低单位废旧产品委托回收价格来转移部分政府补贴,享受政府补贴。

结论4:政府补贴对单位废旧产品回收价格和回收量影响为:

$$\frac{\partial p_{vd}^*}{\partial v} = \frac{\partial p_{vr}^*}{\partial v} > 0, \frac{\partial p_c^*}{\partial v} > 0;$$

$$\frac{\partial q_{vd}^*}{\partial v} = \frac{\partial q_{vr}^*}{\partial v} > 0, \frac{\partial q_c^*}{\partial v} > 0。$$

推论2:政府采取不同补贴策略对单位废旧产品回收价格、回收量影响大小排序为: $p_c^* > p_{vd}^* = p_{vr}^* > p_N^*, q_c^* > q_{vd}^* = q_{vr}^* > q_N^*$ 。

结合结论2和推论1,结论3和推论2说明,政府补贴给回收商,虽然单位废旧产品间接回收价格降低,但单位废旧产品回收价格却没有降低,主要是因为处理商只转移部分政府补贴,剩余政府补贴不仅可以弥补单位废旧产品间接回收价格,还会增加单位废旧产品回收价格,最终使单位废旧产品回收价格提高。单位废旧产品回收价格提高,直接提高废旧产品回收数量。集中决策时,单位废旧产品回收价格和废旧产品回收数量都大于分散决策时单位废旧产品回收价格和废旧产品回收数量。

管理启示:由于处理商可以通过单位废旧产品间接回收价格来转移政府补贴,因此,政府在采取补贴时,补贴给处理商和回收商效果是一样的,即政府采取补贴时,可以补贴给任何一方。

结论5:政府补贴对单位废旧产品分类程度影响: $\frac{\partial \tau_{vd}^*}{\partial v} = \frac{\partial \tau_{vr}^*}{\partial v} > 0, \frac{\partial \tau_c^*}{\partial v} > 0$ 。

推论3:政府采取不同补贴策略对单位分类回收努力程度影响大小排序为: $\tau_c^* > \tau_{vd}^* = \tau_{vr}^* > \tau_N^*$ 。

结论4和推论3说明,政府采取补贴可以有效促进回收商进行回收分类,且政府补贴给不同对象产生效果一样。虽然,根据决策顺序可知,回收商首先决策回收分类努力程度,一般情况下,当政府补贴给回收商时,单位分类回收处理程度大于政府补贴给处理商时单位废旧产品分类程度。回收商考虑到单位废旧产品间接回收价格由处理商决定。集中决策时,单位分类回收努力程度大于分散决策时单位废旧产品分类程度。

结论6:政府补贴对回收商和处理商收益影响为:

$$\frac{\partial \pi_{vdd}^*}{\partial v} = \frac{\partial \pi_{vrd}^*}{\partial v} > 0; \frac{\partial \pi_{vdr}^*}{\partial v} = \frac{\partial \pi_{vrr}^*}{\partial v} > 0。$$

推论4:政府采取不同补贴策略对处理商和回收商收益影响大小排序为: $\pi_{vdd}^* = \pi_{vrd}^* > \pi_{Ndd}^*, \pi_{vdr}^* = \pi_{vrr}^* > \pi_{Nrr}^*$ 。

由结论4和结论5,结论6和推论4说明,政府采取不同补贴对象对处理商和回收商收益影响效果一样。主要原因是:政府采取不同补贴对象对单位废旧产品回收价格、废旧产品回收数量和单位分类回收努力程度是一样的,虽然,当政府补贴给处理商时,废旧产品委托回收价格提高了,但政府补贴额度要大于单位废旧产品委托回收价格增加部分,最终使处理商收益增加;当政府补贴给回收商时,单位废旧产品委托回收价格降低了,使处理商获得的收益增加。

为分析分散决策与集中决策对供应链收益影响,记:

$$\pi_{vd}^* = \pi_{vr}^* = k \frac{(24k - \alpha\delta^2)[\alpha(A+v) + Q]^2}{2\alpha(8k - \alpha\delta^2)^2}$$

结论7: 分散决策与集中决策对供应链收益影响为: $\pi_c^* > \pi_{vd}^* = \pi_{vr}^*$ 。

结合结论4和结论5,结论7说明,集中决策时,供应链收益大于分散决策时供应链整体收益。主要是因为集中决策时,单位废旧产品回收价格大于分散决策时单位废旧产品回收价格,使废旧产品回收数量在集中决策时大于分散决策时废旧产品回收数量。虽然,单位废旧产品回收价格提高了,但集中决策时废旧产品回收数量增加对收益影响大于单位废旧产品回收价格增加对收益影响,最终使集中决策时收益大于分散决策时供应链收益。因此,需要进一步研究供应链协调机制,给出分散决策时供应链协调契约,使分散决策时供应链收益达到集中决策时收益。

回收成本分摊-收益共享契约具体如下:处理商以较低单位废旧产品委托回收价格 $\overline{w_c} = (1 - \beta)\overline{p_c} + \beta(A + \delta\overline{\tau_c})$ 进行回收,其中 $0 \leq \beta \leq 1$,同时,需要承担一定废旧产品分类费用,该费用为 $(1 - \gamma)\frac{k\overline{\tau_c}^2}{2}$,其中 $0 \leq \gamma \leq 1$ 。根据上述描述,可知处理商与回收商决策函数为:

$$\overline{\pi_{cd}} = (1 - \beta)(A - \overline{p_c} + \delta\overline{\tau_c} + v)(Q + \alpha\overline{p_c}) - (1 - \gamma)\frac{k\overline{\tau_c}^2}{2} \quad (13)$$

$$\overline{\pi_{cr}} = \beta(A - \overline{p_c} + \delta\overline{\tau_c})(Q + \alpha\overline{p_c}) - \frac{\gamma k \overline{\tau_c}^2}{2} \quad (14)$$

通过对式(13)和式(14)求解可得:

$$\overline{\tau_f^*} = \frac{\delta\beta[\alpha(A+v) + Q]}{2\gamma k - \alpha\beta\delta^2}$$

$$\overline{p_f^*} = \frac{\alpha\beta\delta^2 Q - \gamma k Q + \alpha\gamma k(A+v)}{\alpha(2\gamma k - \alpha\beta\delta^2)}$$

把上述最优解通过与集中决策时最优解进行对比分析可知,当 $\beta = \gamma$ 时, $\overline{\tau_c^*} = \tau_c^*$, $\overline{p_c^*} = p_c^*$ 。当 $\beta = \gamma$ 时,处理商和回收商收益分别为:

$$\overline{\pi_{cd}^*} = (1 - \beta) \frac{k[\alpha(A+v) + Q]^2}{\alpha(2k - \alpha\delta^2)}$$

$$\overline{\pi_{cr}^*} = \beta \frac{k[\alpha(A+v) + Q]^2}{\alpha(2k - \alpha\delta^2)}$$

为使回收商和处理商接受该契约,还需要使上述收益满足以下条件:

$$\overline{\pi_{cd}^*} = (1 - \beta) \frac{k[\alpha(A+v) + Q]^2}{\alpha(2k - \alpha\delta^2)} \geq \pi_{vdd}^* = \frac{8k^2[\alpha(A+v) + Q]^2}{\alpha(8k - \alpha\delta^2)^2} \Leftrightarrow \beta \leq \frac{32k^2 + (4k - \alpha\delta^2)^2}{(8k - \alpha\delta^2)^2}$$

$$\overline{\pi_{cr}^*} = \beta \frac{k[\alpha(A+v) + Q]^2}{\alpha(2k - \alpha\delta^2)} \geq \pi_{vdr}^* = \frac{k[\alpha(A+v) + Q]^2}{2\alpha(8k - \alpha\delta^2)} \Leftrightarrow \beta \geq \frac{2k - \alpha\delta^2}{2(8k - \alpha\delta^2)}$$

$$\text{故 } \beta \leq \left[\frac{2k - \alpha\delta^2}{2(8k - \alpha\delta^2)}, \frac{32k^2 + (4k - \alpha\delta^2)^2}{(8k - \alpha\delta^2)^2} \right]$$

通过上述分析,进行废旧产品分类时,可得回收渠道的协调机制,具体见结论8。

结论8: 当 $w_f = \overline{w_c}$, 且 $\beta = \gamma$ 满足要求 $\beta = \gamma \leq \left[\frac{2k - \alpha\delta^2}{2(8k - \alpha\delta^2)}, \frac{32k^2 + (4k - \alpha\delta^2)^2}{(8k - \alpha\delta^2)^2} \right]$ 时,分散决策时回收渠道达到协调。

5 研究结论

为分析分类回收下,政府选取不同补贴对象对废旧产品回收影响,本文基于分类回收分别构建政府补贴下回收商与处理商两个博弈模型。研究主要得到如下结果:

(1) 分类回收节省废旧产品处理成本,增加处理商收益,处理商为提高废旧产品回收数量,会提高单位废旧产品间接回收价格,单位废旧产品间接回收价格提高,不仅可以弥补废旧产品分类成本,还可以增加回收商收益。

(2) 政府采取不同补贴对象,只影响单位废

旧产品间接回收价格;当政府补贴给回收商时,处理商会通过降低单位废旧产品间接回收价格来转移政府补贴。但是,政府选择不同补贴对象对废旧产品回收数量、分类回收程度和收益影响效果是一样的。

(3) 分类回收时,回收商和处理商总收益小于集中决策时收益,为使回收商和处理商在分散决策时总收益等于集中决策时收益,可以通过成本分摊-收益共享契约实现。

参 考 文 献

[1] 王文宾. 政府补贴对废旧电子产品双回收渠道价格竞争的引导作用研究 [J]. 科研管理, 2020, 41 (3): 227~237.
[2] 问锦尚, 张越, 方向明. 城市居民生活垃圾分类行为研究——基于全国五省的调查分析 [J]. 干旱区资源与环境, 2019, 32 (7): 24~30.
[3] 任越, 杨俊杰. 生活垃圾分类处理方式的生态效率 [J]. 中国环境科学, 2020, 40 (3): 1166~1175.
[4] 王丹丹, 管利荣, 付帅帅. 城市生活垃圾分类回收治理激励监督机制研究 [J]. 中国环境科学, 2020, 40 (7): 3188~3195.

[5] Lau K H, Wang Y. Reverse Logistics in the Electronic Industry of China: A Case Study [J]. Supply Chain Management, 2009, 14 (6): 447~465.
[6] Ma W, Zhao Z, Ke H. Dual-channel Closed-loop Supply Chain with Government Consumption Subsidy [J]. European Journal of Operational Research, 2013, 226 (2): 221~227.
[7] 夏西强, 朱庆华. 政府不同补贴策略对单/双渠道回收影响研究 [J/OL]. 中国管理科学: 1~12 [2021-04-22]. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003~207x.2019.1240>.
[8] 夏西强, 朱庆华, 王慧军. 政府补贴策略下报废汽车正规与非正规回收渠道博弈模型 [J]. 系统管理学报, 2017, 26 (3): 583~591.
[9] 王文宾, 达庆利. 奖惩机制下闭环供应链的决策与协调 [J]. 中国管理科学, 2011, 19 (1): 36~41.
[10] 王文宾, 丁军飞, 林欣怡. 政府补贴对双回收渠道价格竞争的引导作用研究 [J]. 科研管理, 2020, 41 (3): 227~237.
[11] 王伟, 葛新权, 徐颖. 城市垃圾分类回收多元主体利益博弈与差别责任分析 [J]. 中国人口资源与环境, 2017, 27 (2): 41~44.
[12] 卞珊珊. 回收质量不确定下再制造产品回收分类策略研究 [D]. 福州: 福州大学, 2010.

Study on the Impact of Government Subsidies on Waste Product Recycling Based on Classified Recycling

Zhao Qiang¹ Xia Xiqiang² Li Weijie³

- (1. Hust School of Economics, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;
2. Business School, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China;
3. The School of Finance, Renmin University of China, Beijing 100872, China)

[Abstract] The game model between a recycler and a processor based on the classified recycling is established in order to analyze the impact of government different subsidy objects on waste product recycling. Based on the optimal solution of the game model, firstly, the advantages and disadvantages between classified recovery and unclassified recovery are compared and analyzed. Secondly, the influence of different subsidy objects selected by the government on the competition between recyclers and processors is analyzed. Finally, the cooperative recovery mechanism between a recycler and a processor is proposed based on the cost-sharing and revenue-sharing contract. The main results are as follows: classified recycling is not only beneficial to the processors, but also to the recyclers; the selection of different subsidy objects by the government only has an impact on the unit indirect recycling price of waste products, and has the same effect on the unit recycling price of waste products, the degree of recycling classification, the quantity of recycling waste products and the profits. The cost-sharing and benefit-sharing contract can make the profit of decentralized decision reach that of centralized decision.

[Key words] classified recycling; government subsidies; recycler; processors; game model; cooperative mechanism

[Jel classification] H23; Q53

(责任编辑: 杨 婧)