

文章编号:1005-0523(2014)01-0056-07

废旧家电回收再利用的政府激励机制研究

郭军华¹, 张 威¹, 朱佳翔²

(1. 华东交通大学经济管理学院, 江西 南昌 330013; 2. 常州大学经济管理学院, 江苏 常州 213164)

摘要:以激励提高废旧家电回收量为目的,基于第三方处理商和第三方回收商的废旧家电回收模式,设计政府和处理商以及回收商之间的激励函数,讨论了废旧家电回收主体的政府激励机制设计问题。建立了三种情形下的激励模型并比较分析了激励效果,结果表明废旧家电回收需要政府的积极参与和激励机制。在政府无任何激励机制的情形下,回收价最低,回收量最少。而政府给予处理商或回收商的激励机制的情形下,随着奖励力度的加大,回收量不断增加,回收商和处理商的利润也逐渐增长。政府给予回收商激励机制效果最好,回收量最高,并能够刺激提高处理率。

关键词:废旧家电;回收再利用;政府激励

中图分类号:F224

文献标识码:A

我国是世界第一的家电制造大国与消费大国,据中国资源综合利用协会废弃电子电器工作委员会统计,2012年我国废旧家电达到8 000万台,到2015年将超过1.6亿台。大量的废旧家电不仅污染环境,也造成资源的闲置浪费。对废旧家电的正确回收处理再利用已经引起了企业 and 政府的高度重视,2011年1月1日起正式颁布施行的《废弃电器电子产品回收处理管理条例》规定:废旧家电回收处理实行地方政府负责制,国家建立废弃电器电子产品处理基金,用于废弃电器电子产品回收处理费用的补贴。激励企业进行废旧家电的回收再利用不仅可以减少环境污染,提高资源利用率,还可以给企业带来良好的经济效益。

废旧家电回收再利用的研究对象通常为闭环供应链或逆向供应链。Guide(2003)分析了闭环供应链研究的挑战^[1]。Savaskan(2004)分析了逆向供应链的结构选择问题^[2]。Nunen(2004)从流程、产品和消费者三个视角对闭环供应链所涉及的逆向物流活动、关键决策因素、绩效评估及监控技术进行了研究^[3]。Heese等(2005)讨论了制造商通过回收废旧产品获得的竞争优势问题^[4]。Ferrer等(2006)探讨了制造商的两周期再制造决策问题^[5]。葛静燕等(2008)基于博弈论方法分析了闭环供应链定价策略^[6]。孙浩等(2010)研究了基于产品差异的再制造闭环供应链定价与协调机制^[7]。在逆向供应链的激励机制研究方面,张翠华等(2006)引进了基于惩罚和奖励的激励函数,提出了非对称信息下生产商与供应商之间的协同机制^[8]。葛静燕(2007)将闭环供应链协调问题分为信息对称和信息不对称两种情形进行了讨论,并运用二部定价契约和收入费用共享契约协调闭环供应链^[9]。王文宾等(2009)应用委托代理理论研究了基于回收努力程度的逆向供应链的激励机制^[10]。王静(2012)分别在对称信息及不对称信息下研究了逆向供应链中制造商对零售商的激励机制问题^[11]。上述文献都是从回收再利用参与者之间的内部激励机制开展研究的。在政府引导企业回收再利用方面,Aksen(2009)运用二层规划建立政府补贴制造商的两个模型,提出相同的回收率和收益率目标下,支持性比立法性政策需要政府提供更多的补贴^[12]。张保银等(2006)针对政府引

收稿日期:2013-10-09

基金项目:国家自然科学基金资助项目(71261005, 71262011);国家社会科学基金资助项目(12BGL104, 10BGL010);江西省自然科学基金项目(20122BAB211011);江西省青年科学家(井冈之星)培养对象计划项目(20122BCB23009);江西省教育厅科技项目(GJJ13329)

作者简介:郭军华(1976—),男,副教授,博士,研究方向为物流与供应链管理。

导企业进行污染物回收的道德风险问题,提出含有补贴和奖惩因子的激励和监督机制^[13]。代逸生等(2008)建立了存在最低收购价情况下政府的财政补贴模型,对补贴标准进行了讨论^[14]。黄颖颖等(2008)研究了政府与回收企业的Stackelberg激励模型^[15]。付玮琼(2011)以一个多任务的委托—代理模型分析政府如何从经济激励的角度推动家电逆向物流^[16]。郑云虹,田海峰(2012)证实只有在政府激励时,生产企业才会承担回收责任^[17]。曹束等(2013)研究表明政府激励契约能有效地促进制造商的回收努力水平^[18]。

但是,现有研究成果所探讨的激励机制都是从对制造商给予激励的角度展开的,没有考虑到对回收商给予激励的情形,而且模型中的激励变量比如回收率和回收努力度都缺乏实际观测有效性。因此,本文结合实际,在以上学者的研究基础之上,建立了以提高废旧家电回收量为目的的废旧家电回收再利用政府激励模型,探讨了政府激励机制设计问题。通过三种激励模型的对比分析,得出了政府对不同回收主体的最优激励模型,为政府的政策制定提供理论支持。

1 模型假设与定义

1.1 模型描述

以2003年国家发改委确定的国家废旧家电回收处理试点省市的示范项目为例,现考虑如图1所示的废旧家电回收再利用模式,该体系由第三方废旧家电处理商和第三方废旧家电回收商作为回收主体。制造商委托第三方废旧家电处理商进行废旧家电的处理工作,第三方废旧家电回收商以回收价格 r_c 从消费者手中回收废旧家电,废旧家电处理商以收购价格 r_d 从回收商处收购废旧家电,经过检测后,将可用的废旧家电进行分拣、拆卸与再利用,最后以单位价格 p 在下游原材料需求市场销售。同时,按照EPR(生产责任制延伸)原则,家电制造商向政府上缴家电处理基金,政府利用处理基金对回收商和处理商进行奖励。假设该体系中,政府、回收商、处理商拥有的信息都是对称的;回收量足够多且回收再利用的固定成本为零。为引导提高回收量,现考虑3种情形:①政府不参与,无任何激励机制;②政府给予处理商奖励力度为 k 的激励机制;③政府给予回收商奖励力度为 k 的激励机制。

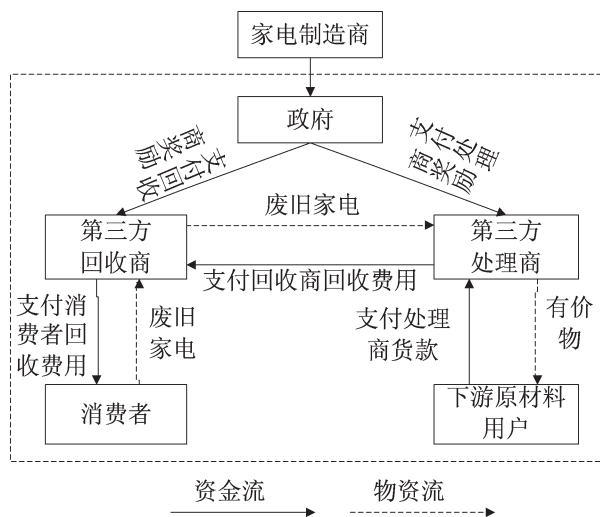


图1 废旧家电回收再利用模式

Fig.1 Recycling pattern of used household appliances

1.2 变量定义

r_c 为废旧家电回收商从消费者手中购废旧家电的回收价格; r_d 为废旧家电处理商从回收商手中收购废旧家电的收购价格, $r_d > r_c$; p 为废旧家电经过处理商处理后的单位出售价格; k 为政府的奖励力度; c_c 为废旧家电回收商的单位回收成本; c_d 为废旧家电处理商的单位处理成本; τ 为废旧家电的处理率,即 $(1-\tau)$ 为废弃率, $0 < \tau < 1$;随着回收价格 r_c 的增加,消费者对废旧家电的交易欲望增加,废旧家电的回收量 $S(r_c)$ 也随之增加。假设回收量 $S(r_c)$ 具有如下函数形式^[19]:

$$S(r_c) = l + gr_c \quad l \geq 0, g \geq 0 \quad (1)$$

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

2 政府激励模型设计

2.1 政府无激励机制

先考虑政府不介入废旧家电回收再利用体系情形下的回收情况,即政府无任何奖励。此时,处理商居

于逆向供应链主导地位,是市场领导者,回收商为追随者,处理商先决策,回收商再根据处理商的选择进行决策。废旧家电回收再利用体系中,处理商根据废旧家电处理后的单位市场价格 p 确定收购价格 r_d ,回收商则根据 r_d 确定回收价格 r_c 。

此时,废旧家电回收商的利润:

$$P_c = (r_d - r_c - c_c)(l + gr_c) \quad (2)$$

废旧家电处理商的利润:

$$P_d = \tau(l + gr_c)(p - c_d) - r_d(l + gr_c) = (l + gr_c)[\tau(p - c_d) - r_d] \quad (3)$$

处理商的利润函数(3)是单调函数,故 P_d 存在唯一最大值。

由 $\frac{\partial P_c}{\partial r_c} = 0$,得

$$r_c = \frac{g(r_d - c_c) - l}{2g} \quad (4)$$

代入(3),并令 $\frac{\partial P_d}{\partial r_d} = 0$,得政府无奖励的情形下处理商和回收商的最优决策价格

$$r_d = \frac{g[\tau(p - c_d) + c_c] - l}{2g} \quad (5)$$

$$r_c = \frac{g[\tau(p - c_d) - c_c] - 3l}{4g} \quad (6)$$

可见,在政府不给予废旧家电再回收利用任何激励机制的情形下,处理商的收购价格是关于处理成本的减函数和回收成本的增函数;回收商的回收价格是关于回收成本和处理成本的减函数。此时的废旧家电回收量为

$$S = l + gr_c = \frac{g\tau p - g\tau c_d - gc_c + l}{4} \quad (7)$$

处理商和回收商的利润为

$$P_d = \frac{[g(\tau(p - c_d) - c_c) + l]^2}{8g} \quad (8)$$

$$P_c = \frac{[g(\tau(p - c_d) - c_c) + l]^2}{16g} \quad (9)$$

2.2 政府给予处理商激励机制

为了引导回收商提高回收量,处理商提高处理率,政府应该利用家电制造商上缴的处理基金对处理商和回收商进行激励。现考虑政府对处理商的奖励,该奖励机制为

$$f(k) = k\tau S(r_c) \quad k > 0 \quad (10)$$

其中, k 为政府的奖励力度; τ 为处理商废旧家电的处理率; $\tau S(r_c)$ 为处理商的废旧家电处理量,政府对处理商处理的每一台废旧家电给予补贴。此时,处理商的利润为

$$P_d = (l + gr_c)[\tau(p - c_d + k) - r_d] \quad (11)$$

同理,可求得

$$r_c^p = \frac{g(r_d - c_c) - l}{2g} \quad (12)$$

将(11)代入(10),令 $\frac{\partial P_d}{\partial r_d} = 0$,得政府给予处理商奖励情形下处理商和回收商的最优决策价格:

$$r_d^p = \frac{g[\tau(p - c_d + k) + c_c] - l}{2g} \quad (13)$$

$$r_c^p = \frac{g[\tau(p - c_d + k) - c_c] - 3l}{4g} \quad (14)$$

此时的废旧家电回收量为

$$S^p = l + gr_c = \frac{g\tau p - g\tau c_d + g\tau k - gc_c + l}{4} \quad (15)$$

对 r_d^p , r_c^p , S^p 与 r_d , r_c , S 进行比较分析,发现: $r_d^p = r_d + \frac{\tau k}{2}$; $r_c^p = r_c + \frac{\tau k}{4}$, $S^p = S + \frac{\tau k}{4}$ 。因此, $r_d^p > r_d$; $r_c^p > r_c$, $S^p > S$ 。可见,相对于政府无任何激励的情形,在政府给予处理商激励机制的情形下,处理商的收购价格增加了 $\tau k/2$,回收商的回收价格也增加了 $\tau k/4$;而且随着回收价格的增加,回收量也增加了 $\tau k/4$,废旧家电回收量的增加幅度与奖励力度和处理率成正比。此时处理商和回收商的利润为

$$P_d^p = \frac{[g(\tau(p - c_d + k) - c_c) + l]^2}{8g} \quad (16)$$

$$P_c^p = \frac{[g(\tau(p - c_d + k) - c_c) + l]^2}{16g} \quad (17)$$

将 P_d^p , P_c^p 与 P_d , P_c 进行比较计算,发现:

$$P_d^p - P_d = \frac{g\tau^2 k^2 + 2(g\tau^2 kp - g\tau^2 kc_d - g\tau kc_c + \tau kl)}{8} \quad (18)$$

$$P_c^p - P_c = \frac{g\tau^2 k^2 + 2(g\tau^2 kp - g\tau^2 kc_d - g\tau kc_c + \tau kl)}{16} \quad (19)$$

因此,有 $P_d^p > P_d$, $P_c^p > P_c$ 。这说明因为政府的奖励,处理商和回收商的利润都提高了。

定理1 政府对处理商的激励机制能够有效激励废旧家电的回收工作,与没有激励机制相比,在该激励机制下,处理商的收购价格和回收商的回收价格都有提高,回收量增加,处理商和回收商的利润也有提高。

2.3 政府给予回收商激励机制

现考虑政府给予回收商的激励机制, $f(k) = kS(r_c)$ $k > 0$ 。此时,回收商的利润为

$$P_c = (c_d - r_c - c_c + k)(l + gr_c) \quad (20)$$

同理,可求得

$$r_c^c = \frac{g(r_d - c_c + k) - l}{2g} \quad (21)$$

将(17)式代入(16)式,令 $\frac{\partial P_d}{\partial r_d} = 0$,得政府给予回收商奖励情形下处理商和回收商的最优决策价格:

$$r_d^c = \frac{g[\tau(p - c_d) + c_c + k] - l}{2g} \quad (22)$$

$$r_c^c = \frac{g[\tau(p - c_d) - c_c + k] - 3l}{4g} \quad (23)$$

此时的废旧家电回收量为

$$S^c = l + gr_c = \frac{g\tau p - g\tau c_d + gk - gc_c + l}{4} \quad (24)$$

对 r_d^c , r_c^c , S^c 与 r_d , r_c , S 进行比较分析,发现: $r_d^c - r_d = -\frac{k}{2}$; $r_c^c - r_c = \frac{k}{4}$, $S^c = S + \frac{k}{4}$,因此, $r_d^c < r_d$, $r_c^c > r_c$, $S^c > S$ 。可见,与政府无激励机制相比,政府给予回收商的激励机制提高了回收商的回收价格,降低了处理商的收购价格,回收量也增加了 $k/4$ 。

对 r_d^c , r_c^c , S^c 与 r_d^p , r_c^p , S^p 进行比较分析,发现: $r_d^c - r_d^p = -\frac{k(\tau + 1)}{2}$; $r_c^c - r_c^p = \frac{k(1 - \tau)}{4}$,

$S^c - S = \frac{k(1-\tau)}{4}$, $0 < \tau < 1$, 因此, $r_d^c < r_d^p$, $r_c^c > r_c^p$, $S^c > S^p$ 。可见, 与政府给予处理商的激励机制相比, 政府给予回收商的激励机制提高了回收商的回收价格, 降低了处理商的收购价格, 增加了废旧家电回收量。并且, 废旧家电处理率越高, 不同激励对象下的回收价格和回收量的差额就越小。此时, 处理商和回收商的利润为

$$P_d^c = \frac{[g(\tau(p - c_d) - c_c + k) + l]^2}{8g} \quad (25)$$

$$P_c^c = \frac{[g(\tau(p - c_d) - c_c + k) + l]^2}{16g} \quad (26)$$

对 P_d^c , P_d^p , P_c^c 与 P_c^p , P_c^p , P_d 进行比较分析, 发现: $P_c^c > P_c^p > P_c$, $P_d^c > P_d^p > P_d$, 可见, 政府给予回收商的激励机制能给回收商和处理商带来最高的利润, 并且利润还随着处理率的提高不断增加。

定理2 政府给予回收商的激励机制下, 废旧家电的回收量最高, 回收商和处理商的利润也实现最大化, 能够有效激励废旧家电的回收工作, 相对于政府给予处理商的激励机制有更好的效果, 并且还能激励处理商努力提高废旧家电处理率以提高自身利润。

3 模拟仿真

2012年7月1日起正式执行的《废弃电器电子产品处理基金征收使用管理办法》中规定: 对处理企业按照实际完成拆解处理的废弃电器电子产品数量给予定额补贴: 电视机85元/台、冰箱80元/台、洗衣机35元/台、空调35元/台、计算机85元/台。所以, 以废旧电冰箱为例, 设 $k=80$; 并根据王文宾等(2011)的研究成果^[20], 设 $l=50$, $g=5$; 另设 $\tau=0.8$, $c_c=20$, $c_d=50$, $p=200$, 对激励模型进行模拟仿真。根据所建立的模型得到的均衡解如表1所示。

表1 不同政府激励机制下的均衡解

均衡解	无激励	激励处理商	激励回收商
回收商回收价/元/台	17.5	33.5	37.5
处理商收购价/元/台	32.5	97	25
回收量/台	137.5	217.5	237.5
回收商利润/元	2 781.25	9 461.25	11 281.25
处理商利润/元	7 562.5	18 922.5	22 562.5

由表1可知, 在政府不主动参与废旧家电回收, 对处理商和回收商无任何激励机制的情形下, 由于成本过高, 所以处理商的收购价格较低, 回收商的回收价也最低, 导致回收量最低, 并且双方的利润也最低, 明显不利于引导废旧家电回收产业的发展; 在政府给予处理商激励机制的情形下, 由于政府分担了部分成本, 所以处理商的收购价格达到最高, 回收商的回收价格显著提高, 大大提高了回收量, 双方的利润也有很大增长; 在政府给予回收商激励机制的情形下, 由于减轻了回收商的成本负担, 所以, 在处理商的收购价最低的情况下, 回收商依然能保持最高的回收价, 保证了极高的回收量, 双方利润也最大。总之, 政府无任何激励机制不能有效引导废旧家电回收再利用产业的持续发展, 政府对处理商的激励机制能够极大提高处理商的收购价, 政府对回收商的激励机制效果最好, 回收量最高, 利润最大, 是最理想的激励机制。

图2为政府不同激励对象下的废旧家电回收量随政府奖励力度的变化情况, 可以看出, 无政府激励时, 废旧家电回收量一直处于极低的水平, 随着政府奖励力度的加大, 废旧家电的回收量稳步增加, 政府奖励回收商时的增加量更大, 这表明对回收商给予激励机制的废旧家电回收效果最好。

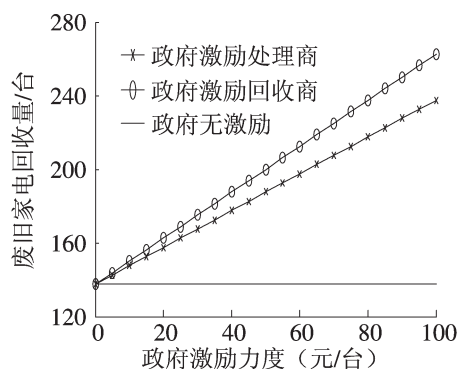


图2 废旧家电回收量的变化趋势

Fig.2 The recycling quantity trend of used household appliances

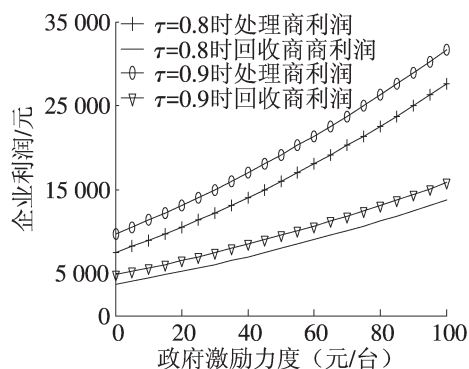


图3 处理商和回收商利润的变化趋势

Fig.3 The profit trend of recyclers and processors

图3为面对不同处理率,回收商和处理商的利润随政府给予回收商奖励力度的变化情况,可以看出,相同的奖励力度下,处理率越高,处理商和回收商利润越大,并且处理商的利润总是大于回收商的利润。可以预见,为了追求更大的利润,处理商和回收商会提高工作积极性或者合作程度以提高废旧家电处理率。这表明,政府给予回收商的激励机制不仅能有效激励回收商提高回收量,而且还能刺激处理商提高处理率,提升双方的工作积极性,促进废旧家电回收产业的发展。

4 结语

以提高废旧家电回收量为目标的针对不同回收主体的政府激励机制设计问题,建立了3种情形下的激励模型。通过比较分析,得到以下主要结论:

- 1) 政府的不参与不引导不仅导致回收量最低,而且显然会打击处理商和回收商的工作积极性,废旧家电回收再利用需要政府的积极参与激励。
- 2) 政府积极参与激励,分别给予处理商或者回收商以经济奖励,有效提高了回收量,提高处理商和回收商的生产利润,有利于废旧家电回收产业的发展。
- 3) 政府给予回收商的奖励效果最好,不仅达到了最高的回收量,而且能够刺激处理商提高处理率提高利润。

参考文献

- [1] 付玮琼. 家电逆向物流的委托-代理政府激励机制研究[J]. 物流技术, 2011, 25(6): 54-56.
- [2] 郑云虹, 田海峰. 基于EPR的政府与生产企业博弈及制度设计[J]. 运筹与管理, 2012, 21(6): 217-224.
- [3] 曹东, 胡强, 吴晓波, 等. 基于EPR制度的政府与制造商激励契约设计[J]. 系统工程理论与实践, 2013, 33(3): 610-621.
- [4] MUKHOPADHYAY S K, SETOPUTRO R. Optimal return policy and modular design for build-to-order products[J]. Journal of Operations Management 2005, 23(5): 496-506.
- [5] 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.
- [6] 黄颖颖, 周根贵, 曹东. 逆向供应链产品回收激励模型研究[J]. 经济论坛, 2008(22): 72-74.
- [7] 代逸生, 张清优, 张俊毅. 废旧电子产品逆向物流的政府规制分析[J]. 江苏科技大学学报: 自然科学版, 2008, 22(6): 62-66.
- [8] 张保银, 汪波, 吴煜. 基于循环经济模式的政府激励与监督问题[J]. 中国管理科学, 2006, 14(1): 136-141.
- [9] AKSEN D, ARAS N, KARAARSLAN A. G.1 Design and analysis of government subsidized collection systems for incentive-

- dependent returns[J]. *International Journal of Production Economics*, 2009, 119(2): 308-327.
- [10] 王静. 信息对称及不对称下逆向供应链的激励机制研究[J]. *华东交通大学学报*, 2012, 29(3): 98-102.
- [11] 王文宾, 达庆利. 基于回收努力程度的逆向供应链激励机制设计[J]. *软科学*, 2009, 23(2): 125-129.
- [12] 葛静燕. 闭环供应链契约协调问题研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2007: 48-117.
- [13] 张翠华, 任金玉, 于海滨. 非对称信息下基于惩罚和奖励的供应链协同机制[J]. *中国管理科学*, 2006, 14(3): 32-37.
- [14] 孙浩, 达庆利. 基于产品差异的再制造闭环供应链定价与协调研究[J]. *管理学报*, 2010, 7(5): 733-738.
- [15] 葛静燕, 黄培清. 基于博弈论的闭环供应链定价策略分析[J]. *系统工程学报*, 2008, 23(1): 111-115.
- [16] FERRER G, SWAMINATHAN J M. Managing new and remanufactured products[J]. *Management Science*, 2006, 52(1): 15-26.
- [17] HEESE H S, CATTANI S K, FERRER G. Competitive advantage through take-back of used products [J]. *European Journal of Operational Research*, 2005, 164(1): 143-157.
- [18] NUNEN J A E E, ZUIDWIJK R O E. Enabled closed-loop supply chains[J]. *California Management Review*, 2004, 46(2): 40-54.
- [19] SAVASKAN R C, BHATTACHARYA S, WASSENHOVE L N V. Closed-Loop supply chain models with product remanufacturing[J]. *Management Science*, 2004, 50(2): 239-252.
- [20] GUIDE JR V D R, TEUNTER R H, VAN WASSENHOVE L N. Matching demand and supply to maximize profits from remanufacturing[J]. *Manufacturing and Service Operations Management*, 2003, 5(24): 303-316.

Government's Incentive Mechanism for Recycling the Used Household Appliances

Guo Junhua¹, Zhang Wei¹, Zhu Jiaxiang²

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

Abstract: This paper studies government's incentive mechanism of the main body for recycling used household appliances in order to improve the recovery quantity. An incentive function between the government and recyclers or processors is designed based on a recycling model which is comprised of third-party processors and third-party recyclers. Three incentive models are established and the incentive results of these models are compared. The results show that used household appliances reverse logistics need government's active participation and economic incentives. There would be the lowest recovery price and least recovery quantity without government's incentive mechanism. When government gives recyclers or processors incentive mechanism, the recovery price, recovery quantity and profits of recyclers or processors would increase with the growth of incentive intensity. And there would be the best incentive effort when the incentive mechanism is given to recyclers, which leads to the highest recovery quantity for improving their processing rate.

Key words: used household appliances; recycling; incentive mechanism