

# 存在非正规回收企业竞争的厂商自主以旧换新策略分析

石 平<sup>1</sup>, 石 松<sup>2\*</sup>

(1. 广东工业大学管理学院, 广东 广州 510520; 2. 湖南师范大学旅游学院, 湖南 长沙 410081)

**摘要:**为研究存在非正规回收企业竞争的情形下厂商自主以旧换新策略的影响, 构建了博弈模型比较厂商自主以旧换新策略实施前后厂商与非正规回收企业的回收市场份额、回收价格以及利润的变化. 研究表明: 无以旧换新模式下, 由于非正规回收企业在旧产品回收处理成本上占有优势, 使得厂商在与非正规回收企业的竞争中通常处于劣势地位; 厂商自主以旧换新模式下, 厂商提供的旧产品抵消价格及其占有的旧产品回收市场份额不仅随着厂商处理单位旧产品获得的收益增大而提升, 更是随着其整体新产品正向销售和旧产品逆向回收的总边际利润增大而提升; 厂商自主以旧换新策略的实施可以提升厂商在与非正规回收企业竞争中的优势, 使厂商获得更大的旧产品回收市场份额与利润, 推动厂商新产品的销售和旧产品的回收.

**关键词:** 以旧换新; 非正规回收企业; 市场竞争; 定价; 博弈论

**中图分类号:** F272      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-5781(2022)01-0012-11

**doi:** 10.13383/j.cnki.jse.2022.01.002

## Autonomous old-for-new strategy of firms faced with competition with informal recycling enterprises

Shi Ping<sup>1</sup>, Shi Song<sup>2\*</sup>

(1. School of Management, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510520, China;  
2. College of Tourism, Hunan Normal University, Changsha 410081, China)

**Abstract:** By establishing game-theoretic models, this paper investigates the impacts of autonomous old-for-new strategy of firms faced with competition with informal recycling enterprises, through comparing their shares of recycling market, recycling prices and profit changes before and after the implementation of the autonomous old-for-new strategy. The results show that, without the autonomous old-for-new strategy, the firms are always at a disadvantageous position in their competition with informal recycling enterprises because the latter greatly benefits from low recycling cost of old products. With the implementation of autonomous old-for-new strategy, the recycling prices and shares of recycling market of the firms not only increase with the earnings of processing a unit old product, but also increase with the total profit margin of sales of new products and recycling of old products. The implementation of autonomous old-for-new strategy can enhance the competitiveness of the firms in their competition with informal recycling enterprises, increase their market shares and profits in the old product recycling market, and promote their sales of new products and their recycling of old products.

**Key words:** old-for-new; informal recycling enterprises; marketing competition; pricing; game theory

收稿日期: 2019-02-21; 修订日期: 2019-10-04.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71801053; 71803029); 教育部人文社会科学研究青年基金资助项目(18YJC630143); 广东省基础与应用基础研究基金资助项目(2020A1515010407; 2019A1515011473); 湖南省社会科学成果评审委员会资助项目(XSP18YBC215); 湖南省教育厅优秀青年资助项目(18B048).

\*通信作者

## 1 引言

自从人类社会进入工业时代,制造业得到了飞速的发展,为人类社会提供丰富产品的同时也导致了资源的短缺、环境的污染,人类社会的可持续发展要求提高制造业与环境的相容性程度<sup>[1,2]</sup>。为促进循环经济发展,提高资源利用效率,保护和改善环境,实现可持续发展,我国于2009年起正式施行《循环经济促进法》。从国家层面鼓励和激励废旧产品的再利用和资源化。近年来,各省市相继围绕《循环经济促进法》颁布了相应的实施办法。政府推动的以旧换新补贴政策掀起了全国范围内以旧换新的浪潮。以旧换新补贴政策不仅有利于拉动消费需求,也有利于提高能源资源利用效率,促进循环经济发展。然而,不少专家表示,来自市场外部的政府补贴扭曲了市场均衡,建议逐步取消此类政府补贴政策,由企业自主开展以旧换新业务,让市场恢复自由竞争。随着全球金融危机的逐步缓解以及以旧换新补贴政策产生的消极影响,政府部门陆续取消了此类补贴政策。为赢得持续的竞争优势以及延续以旧换新带来的需求拉动作用,近期各厂商开始凭借自身力量自主推行以旧换新业务,例如苹果、三星、集美家居、华为、海尔等。

近年来,以旧换新问题在运营管理、供应链管理等领域得到广泛关注。Ray等<sup>[3]</sup>在客户细分的基础上建立厂商以旧换新模型,对耐用品以旧换新定价策略进行了研究。吴鹏<sup>[4]</sup>则从消费者效用出发,对以旧换新机制下新产品定价和以旧换新折扣策略进行了分析。随后,邹宗保等<sup>[5]</sup>采用三阶段序贯博弈分析厂商将再制造业务外包给第三方对供应链成员决策的影响。Huang等<sup>[6]</sup>则进一步以存在销售价格限制时的政府补贴申请为前提,对该情境下厂商是否应该申请政府补贴以实施以旧换新业务进行了探讨。Yin等<sup>[7]</sup>考虑厂商在第一阶段销售第一代产品,在第二阶段销售第二代产品,通过构建两阶段模型分析发现厂商自主以旧换新总是占优策略。随后,Yin等<sup>[8]</sup>又在该研究的基础上进行了扩展,通过构建两阶段动态博弈模型以确定最优的定价策略,并详细分析了以旧换新实施的条件。缪朝炜等<sup>[9]</sup>则构建了三种基于以旧换新的闭环供应链决策模型,并分别讨论了模型的最优定价与回收策略,但该研究采用的是静态博弈模型。因此,Miao等<sup>[10]</sup>又在此基础上进一步深入,构建三种以旧换新策略的两阶段动态博弈模型。Zhu等<sup>[11]</sup>在双寡头竞争的环境下考虑一家企业无以旧换新,另一家企业推行以旧换新业务,研究发现推行以旧换新业务的企业总是更有竞争优势。Genç等<sup>[12]</sup>则考虑到回收价格和旧产品质量对回收率的影响,建立博弈模型对厂商以旧换新策略进行了分析。随后,夏西强等<sup>[13]</sup>探讨了制造商的主动再制造设计对旧产品回收率、销售量及利润的影响。姚锋敏等<sup>[14]</sup>和王文宾等<sup>[15]</sup>进一步将第三方回收商引入闭环供应链模型中,以开展相应的运营决策研究。Cao等<sup>[16]</sup>研究了零售商线上以旧换新、线下以旧换新、线上线下同时以旧换新三种情形下的新产品定价和以旧换新折扣策略。随后,Cao等<sup>[17]</sup>建立博弈模型对拥有自营店和他营店的B2C平台的最优以旧换新策略进行了分析。在此基础上,Feng等<sup>[18]</sup>进一步从双渠道供应链的视角,针对制造商在传统零售渠道和网络直销渠道同时开展以旧换新业务时的新产品定价和以旧换新折扣策略进行了分析。此外,Zhang等<sup>[19]</sup>和刘靛晨等<sup>[20]</sup>均将消费者策略购买行为引入以旧换新问题中,前者分析了消费者策略购买行为和再制造效率对利润和环境的影响,后者分析了厂商以旧换新最优产品换代与定价策略之间的相互影响。颜波等<sup>[21]</sup>从供应链的视角分析了市场细分和旧产品折旧程度对零售商以旧换新决策及供应链效率的影响。在此基础上,李鸿媛等<sup>[22]</sup>针对无以旧换新、零售商以旧换新、制造商以旧换新三种模式,依次构建相应的决策模型,对比分析了不同决策主体市场策略选择的差异。

综上所述,关于以旧换新问题国内外学者已经开展了一些研究工作,并取得了一些富有价值的研究成果。但是,这些已有的研究都是在不考虑非正规回收企业竞争的背景展开的。而笔者关注到现实生活中通常存在着非正规回收企业与厂商以旧换新业务构成竞争的现象。因此,忽略非正规回收企业的竞争而单独对厂商以旧换新策略进行分析具有一定的局限性,不能很好地刻画真实的决策环境。一些旧家电、旧手机长期存在着二手市场的交易。例如iPhone手机,就有很多非正规回收企业或者小商贩将收购上来的旧iPhone手机进行简单翻新之后直接在二手市场上进行销售。最近,苹果公司开始自主推行以旧换新业务,拥有

旧iPhone手机的顾客可以将旧手机交回给苹果直营店以获得一定的抵消价格购买新iPhone手机<sup>1</sup>.然而,非正规回收企业回收与厂商以旧换新共存的客观环境究竟对以旧换新策略产生何种影响,媒体、业内人士对此褒贬不一<sup>2</sup>.现有的以旧换新研究文献尚未考虑现实生活中存在非正规回收企业竞争的客观环境对厂商自主以旧换新策略进行分析.本文正是关注到这一点,将非正规回收企业竞争的因素引入到以旧换新问题的研究中,分析存在非正规回收企业竞争的情形下厂商自主以旧换新策略的选择及其对市场竞争状况的影响.

## 2 存在非正规回收企业竞争的厂商自主以旧换新模型

### 2.1 问题描述

以旧产品回收市场上同时存在着非正规回收企业与厂商展开竞争共同争夺旧产品回收市场份额为前提,本文构建的模型如图1所示,其中,厂商特指那些取得政府环保部门认证且具有旧产品拆解资质的厂商,它们在销售新产品的同时还直接参与旧产品的回收处理.厂商对回收上来的旧产品进行规范化处理,并确保旧产品回收处理过程的环保性.在厂商自主以旧换新模式下,拥有旧产品的顾客可以将旧产品交回给厂商以获得一定的抵消价格购买新产品.而非正规回收企业泛指那些不具备旧产品拆解资质的回收商,它们将收购上来的旧产品进行粗陋拆解或者简单翻新,即要么直接丢弃无法拆解的部分,只获取其中有价值的原材料,要么简单翻新后直接在二手市场上进行销售.由于非正规回收企业不用对旧产品回收处理过程的环保性承担强制性责任,在对旧产品进行粗陋拆解或者简单翻新的过程中有可能使用环保不达标、缺乏污染控制措施的工艺和技术.正是由于非正规回收企业无需承担污染控制的外部成本,通常情况下,其单位旧产品回收处理成本要低于厂商.

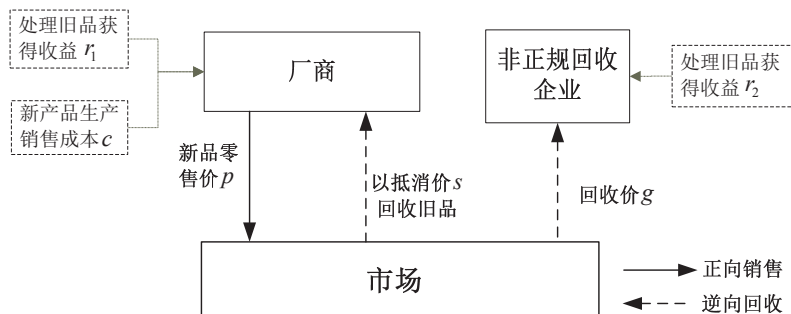


图1 存在非正规回收企业竞争的厂商自主以旧换新模型示意图

Fig. 1 Autonomous old-for-new model under the competition with informal recycling enterprises

为研究厂商自主以旧换新策略的选择及其对市场竞争状况的影响,本文探讨两种场景:一是厂商正向销售和逆向回收相互分离的无以旧换新模式,此种情形下,厂商与非正规回收企业在旧产品回收市场上通过回收价格竞争以获得各自的回收市场份额;二是厂商自主推行将正向销售和逆向回收有机整合的以旧换新模式,此种情形下,厂商在销售新产品的同时还为交回旧产品的顾客提供部分抵消价格(借鉴三星Galaxy、苹果iPhone等产品直接抵价的方式).在不影响研究科学性的基础上,为突出本文研究重点并简化分析过程,这里假设抵消价格与顾客交回旧产品的物理状态无关(假设旧产品为异质时并不影响本文的基本结论).

### 2.2 符号说明

在上述背景下,本文将探讨旧产品回收市场上客观存在非正规回收企业竞争的情形下厂商自主以旧换新策略的选择及其对市场竞争状况的影响.本文用到的符号及其含义见表1.

<sup>1</sup>新浪财经:以旧换新购买iPhone XS和XR,你会心动吗? <https://t.cj.sina.com.cn/articles/view/1356620117/50dc615500100bu3g>

<sup>2</sup>中国经济网:苹果以旧换新遭诟,实为与黄牛抢夺二手机翻新市场[http://finance.ce.cn/rolling/201504/04/t20150404\\_5023991.shtml](http://finance.ce.cn/rolling/201504/04/t20150404_5023991.shtml);人民网:上线以旧换新,苹果的买卖划不划算? <http://tc.people.com.cn/n1/2018/1220/c183008-30477439.html>

表 1 符号及其含义  
Table 1 Notations and their meanings

| 符号        | 含义                                                 |
|-----------|----------------------------------------------------|
| $r_1$     | 厂商回收处理单位旧产品获得的收益                                   |
| $r_2$     | 非正规回收企业回收处理单位旧产品获得的收益                              |
| $i$       | $i \in \{N, Y\}$ , $N$ 表示无以旧换新模式, $Y$ 表示厂商自主以旧换新模式 |
| $s^i$     | 在 $i$ 情形下厂商提供的旧产品回收价格(或抵消价格)                       |
| $g^i$     | 在 $i$ 情形下非正规回收企业提供的旧产品回收价格                         |
| $X_1^i$   | 在 $i$ 情形下厂商占有的旧产品回收市场份额                            |
| $X_2^i$   | 在 $i$ 情形下非正规回收企业占有的旧产品回收市场份额                       |
| $v$       | 顾客对旧产品的保留价值                                        |
| $c$       | 单位新产品的生产销售成本                                       |
| $p$       | 新产品零售价格                                            |
| $\pi_f^i$ | 在 $i$ 情形下厂商的利润                                     |
| $\pi_u^i$ | 在 $i$ 情形下非正规回收企业的利润                                |

### 2.3 回收市场份额

针对旧产品回收市场上同时存在非正规回收企业与厂商竞争的情形, 本文采用经典的Hotelling 线性城市模型来刻画厂商与非正规回收企业各自占有的回收市场份额. 非正规回收企业和厂商分别位于Hotelling 线性城市的两端, 不妨设非正规回收企业位于0处, 厂商位于1处, 顾客均匀地分布于区间 $[0, 1]$ 上. 位于 $x$ 处( $x \in [0, 1]$ )的顾客送交旧产品的单位“旅行成本”为 $t$  ( $t > 0$ ),  $t$ 值越小表明非正规回收企业与厂商之间的差异程度越小, 值越大则表明两者之间的差异程度越大.

顾客对旧产品的保留价值为 $v$ , 非正规回收企业提供的旧产品回收价格为 $g$ , 厂商提供的旧产品回收价格(或抵消价格)为 $s$ . 因此, 位于 $x$ 处( $x \in [0, 1]$ )的顾客将旧产品交给非正规回收企业时其获得的效用为 $g - tx - v$ , 交回给厂商时其获得的效用为 $s - t(1 - x) - v$ . 位于 $x$ 处的顾客将通过式(1)进行决策, 以选择将旧产品交给非正规回收企业或厂商, 即

$$\text{Max} [g - tx - v, s - t(1 - x) - v]. \quad (1)$$

通过式(2)可以求得顾客对非正规回收企业和厂商的无差异点 $X = \frac{g - s + t}{2t}$ , 即

$$g - tX - v = s - t(1 - X) - v. \quad (2)$$

位于 $[0, X]$ 区间的顾客选择将旧产品交给非正规回收企业, 而位于 $[X, 1]$ 区间的顾客则选择将旧产品交回给厂商. 图2描述了非正规回收企业与厂商各自占有的回收市场份额.

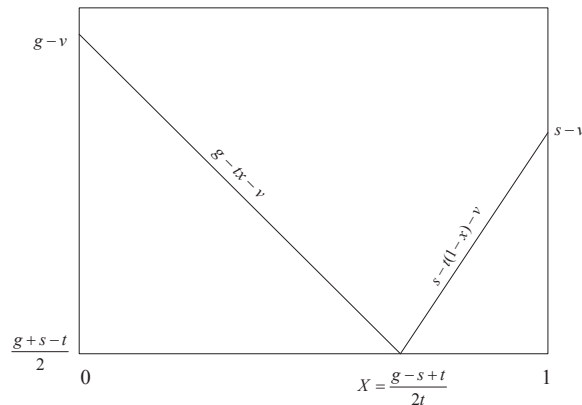


图 2 非正规回收企业与厂商各自占有的回收市场份额

Fig. 2 Shares of informal recycling enterprises and manufacturers in the recycling market

设旧产品回收市场总规模为1, 则厂商在旧产品回收市场上获得的回收量为

$$X_1 = 1 - X = \frac{s - g + t}{2t}. \quad (3)$$

非正规回收企业在旧产品回收市场上获得的回收量为

$$X_2 = X = \frac{g - s + t}{2t}. \quad (4)$$

首先分析无以旧换新模式下的旧产品回收市场竞争状况, 比较厂商与非正规回收企业的回收竞争能力, 再分析厂商自主以旧换新模式下的旧产品回收市场竞争状况. 通过比较厂商自主以旧换新策略实施前后, 厂商与非正规回收企业各自占有的回收市场份额、回收价格以及利润的变化, 来探讨厂商自主以旧换新策略的选择及其对市场竞争状况的影响.

## 2.4 无以旧换新模式

无以旧换新模式下, 新产品的正向销售和旧产品的逆向回收相互分离. 厂商与非正规回收企业以各自的回收价格在旧产品回收市场上展开竞争以争夺回收市场份额, 并以自身在旧产品回收市场上获得的利润最大化作为决策准则以确定最优的旧产品回收价格. 此时, 厂商与非正规回收企业之间的博弈过程是一个典型的Bertrand博弈. 下面对该Bertrand博弈模型进行求解.

无以旧换新模式下, 厂商与非正规回收企业的利润函数分别为

$$\pi_f^N = (r_1 - s) X_1, \quad (5)$$

$$\pi_u^N = (r_2 - g) X_2. \quad (6)$$

将式(3)和式(4)分别代入式(5)和式(6), 然后分别对上述两个利润函数关于回收价格求二阶导数可以得到  $\frac{d^2\pi_f^N}{ds^2} < 0$ ,  $\frac{d^2\pi_u^N}{dg^2} < 0$ . 因此, 厂商与非正规回收企业的利润都是关于回收价格的严格凹函数, 故存在唯一的最优回收价格使得利润最大. 上述两个利润函数的最优性一阶条件分别为

$$\frac{d\pi_f^N}{ds} = \frac{r_1 - 2s + g - t}{2t} = 0, \quad (7)$$

$$\frac{d\pi_u^N}{dg} = \frac{r_2 - 2g + s - t}{2t} = 0. \quad (8)$$

上述两个一阶条件定义了两个Bertrand反应函数, 两个反应函数的交点就是Bertrand均衡点. 因此, 联立式(7)和式(8)得到无以旧换新模式下厂商与非正规回收企业的最优旧产品回收价格分别为

$$s^{N*} = \frac{2r_1 + r_2 - 3t}{3}, \quad (9)$$

$$g^{N*} = \frac{r_1 + 2r_2 - 3t}{3}. \quad (10)$$

**命题1** 无以旧换新模式下, 厂商与非正规回收企业提供的旧产品回收价格均随着自身以及回收竞争对手处理单位旧产品获得的收益增大而提高. 但是, 回收竞争对手处理单位旧产品获得的收益对自身所提供回收价格的影响小于自身处理单位旧产品获得的收益对自身所提供的回收价格的影响, 并且影响程度刚好只有一半. 厂商与非正规回收企业提供的旧产品回收价格均随着两者之间的差异程度增大而降低.

命题1表明, 无论是非正规回收企业还是厂商回收处理单位旧产品获得的收益越高(越低), 旧产品回收市场上非正规回收企业与厂商提供的回收价格都将会变得越高(越低). 并且, 自身处理单位旧产品获得的收益对自身所提供回收价格的影响程度要大于回收竞争对手处理单位旧产品获得的收益对自身所提供回收价格的影响.

此外, 根据命题1可以看出, 如果非正规回收企业与厂商之间的差异程度越大, 那么旧产品回收市场上非正规回收企业与厂商提供的回收价格都将会变得越低, 两者之间的回收价格竞争越是温和. 反之, 两者之

间的差异程度越小, 旧产品回收市场上非正规回收企业与厂商提供的回收价格都将会变得越高, 两者之间的回收价格竞争越是激烈. 因此, 通过增大厂商与非正规回收企业之间的差异程度(回收价格之外的渠道偏好、服务差异等)可以使得旧产品回收市场上激烈的回收价格竞争得到一定程度的缓解.

将式(9)和式(10)代入式(3)和式(4), 可以得到无以旧换新模式下厂商与非正规回收企业在旧产品回收市场上各自占有的回收市场份额分别为

$$X_1^{N*} = \frac{r_1 - r_2 + 3t}{6t}, \quad (11)$$

$$X_2^{N*} = \frac{r_2 - r_1 + 3t}{6t}. \quad (12)$$

**命题2** 无以旧换新模式下, 厂商与非正规回收企业各自占有的旧产品回收市场份额均随着自身回收处理单位旧产品获得的收益增大而增大, 随着回收竞争对手回收处理单位旧产品获得的收益增大而降低.

需要注意的是  $\frac{\partial X_1^{N*}}{\partial r_1 \partial t} = \frac{\partial X_2^{N*}}{\partial r_2 \partial t} = -\frac{1}{6t^2} < 0$ . 即, 厂商与非正规回收企业回收处理单位旧产品获得的收益对两者各自占有的旧产品回收市场份额的影响程度随着两者之间差异程度的增大而降低. 因此, 通过增大厂商与非正规回收企业之间的差异程度可以有效地削弱旧产品回收处理收益对回收市场竞争状况的影响.

由式(9)和式(10)、式(11)和式(12)可以进一步得到如下结论.

**命题3** 无以旧换新模式下: 1) 当厂商回收处理单位旧产品获得的收益低于非正规回收企业回收处理单位旧产品获得的收益时, 厂商提供的旧产品回收价格低于非正规回收企业提供的旧产品回收价格, 此时厂商占有的旧产品回收市场份额小于非正规回收企业占有的旧产品回收市场份额. 2) 当厂商回收处理单位旧产品获得的收益与非正规回收企业回收处理单位旧产品获得的收益相同时, 厂商提供的旧产品回收价格与非正规回收企业提供的旧产品回收价格一致, 此时厂商与非正规回收企业平分旧产品回收市场. 3) 当厂商回收处理单位旧产品获得的收益高于非正规回收企业回收处理单位旧产品获得的收益时, 厂商提供的旧产品回收价格高于非正规回收企业提供的旧产品回收价格, 此时厂商占有的旧产品回收市场份额大于非正规回收企业占有的旧产品回收市场份额.

根据命题3可以很好地解释现实生活中厂商之所以不愿意从事旧产品回收的原因. 这是因为, 厂商与非正规回收企业各自对收集上来的旧产品进行回收处理, 在旧产品原材料市场或者二手市场上获得的销售收入相近, 但是考虑到厂商需要进行必要的环保处理, 厂商所花费的旧产品处理成本相对较高. 正是由于非正规回收企业无需承担污染控制的外部成本, 因此通常情况下非正规回收企业的单位旧产品回收处理成本要低于厂商, 从而导致厂商回收处理单位旧产品获得的收益通常会低于非正规回收企业回收处理单位旧产品获得的收益(即  $r_1 < r_2$ ). 这就造成厂商提供的旧产品回收价格始终低于非正规回收企业提供的旧产品回收价格. 由于厂商提供的回收价格相比于非正规回收企业提供的回收价格一直没有优势, 这就进一步导致厂商在旧产品回收市场上占有的回收市场份额一直低于非正规回收企业.

进一步, 将式(9)和式(11)代入式(5), 将式(10)和式(12)代入式(6), 得到无以旧换新模式下厂商与非正规回收企业的利润分别为

$$\pi_f^{N*} = \frac{(r_2 - r_1 - 3t)^2}{18t}, \quad (13)$$

$$\pi_u^{N*} = \frac{(r_2 - r_1 + 3t)^2}{18t}. \quad (14)$$

**命题4** 无以旧换新模式下, 厂商回收旧产品获得的利润通常会低于非正规回收企业获得的利润.

结合前面的命题1~命题4可以看出, 现实生活中, 由于旧产品回收市场上那些不具备旧产品拆解资质的非正规回收企业无需对旧产品回收处理过程的环保性承担强制性责任, 它们在对旧产品进行粗陋拆解或简单翻新的过程中有可能使用环保不达标、缺乏污染控制措施的工艺和技术. 因此, 通常情况下其单位旧产品

回收处理成本要低于厂商. 而正是由于非正规回收企业在旧产品回收处理成本上占有优势, 导致厂商在旧产品回收市场上与非正规回收企业的竞争中一直处于劣势地位. 这与商业实践中很少看到厂商参与到旧产品回收处理过程中的现象是一致的.

## 2.5 厂商自主以旧换新模式

在厂商自主推行将正向销售和逆向回收有机整合的以旧换新模式下, 厂商在销售新产品的同时还为交回旧产品的顾客提供购买新产品的部分抵消价格 $s$ . 非正规回收企业以回收价格 $g$ 在旧产品回收市场上与厂商自主以旧换新展开竞争以争夺旧产品回收市场份额. 对于厂商, 回收价格是提供给顾客的旧产品抵消价格 $s$ . 厂商与非正规回收企业分别以自身利润最大化作为决策准则, 以确定最优的旧产品抵消价格 $s$ 和回收价格 $g$ .

厂商自主以旧换新模式下, 厂商与非正规回收企业的利润函数分别为

$$\pi_f^Y = (p - s - c + r_1) X_1, \quad (15)$$

$$\pi_u^Y = (r_2 - g) X_2. \quad (16)$$

将式(3)和式(4)分别代入式(15)和式(16), 分别对上述两个利润函数关于回收价格求二阶导数可以得到  $\frac{d^2\pi_f^Y}{ds^2} < 0$ ,  $\frac{d^2\pi_u^Y}{dg^2} < 0$ . 因此, 厂商与非正规回收企业的利润都是关于回收价格的严格凹函数, 存在唯一的最优回收价格使得利润最大化. 上述两个利润函数的最优性一阶条件分别为

$$\frac{d\pi_f^Y}{ds} = \frac{p - c + r_1 - 2s + g - t}{2t} = 0, \quad (17)$$

$$\frac{d\pi_u^Y}{dg} = \frac{r_2 - 2g + s - t}{2t} = 0. \quad (18)$$

上述两个一阶条件定义了两个Bertrand反应函数, 两个反应函数的交点就是Bertrand均衡点. 联立式(17)和式(18), 得到厂商最优的旧产品抵消价格和非正规回收企业最优的旧产品回收价格分别为

$$s^{Y*} = \frac{2r_1 + r_2 + 2(p - c) - 3t}{3}, \quad (19)$$

$$g^{Y*} = \frac{r_1 + 2r_2 + p - c - 3t}{3}. \quad (20)$$

**命题5** 厂商自主以旧换新模式下, 厂商提供的旧产品抵消价格和非正规回收企业提供的旧产品回收价格不仅随着自身以及回收竞争对手处理单位旧产品获得的收益增大而提高, 而且也随着厂商销售新产品的边际利润增大而提高. 新产品边际利润对厂商提供的旧产品抵消价格的影响大于对非正规回收企业提供的旧产品回收价格的影响, 并且影响程度刚好是两倍.

从命题5可以看出, 厂商自主以旧换新模式下, 厂商销售新产品的边际利润对厂商提供的旧产品抵消价格与非正规回收企业提供的旧产品回收价格均会产生正向影响. 此外, 命题5还表明, 新产品边际利润的提升将会推动整个旧产品回收市场回收价格的上升, 并且厂商提供的旧产品抵消价格上升的幅度是非正规回收企业提供的旧产品回收价格上升幅度的两倍.

将式(19)和式(20)代入式(3)和式(4), 得到厂商自主以旧换新模式下厂商与非正规回收企业在旧产品回收市场上占有的回收市场份额分别为

$$X_1^{Y*} = \frac{r_1 - r_2 + p - c + 3t}{6t}, \quad (21)$$

$$X_2^{Y*} = \frac{r_2 - r_1 - (p - c) + 3t}{6t}. \quad (22)$$

**命题6** 厂商自主以旧换新模式下: 1) 厂商占有的旧产品回收市场份额不仅随着厂商回收处理单位旧产

品获得的收益增大而增大, 而且随着厂商销售新产品的边际利润增大而增大, 然而随着非正规回收企业回收处理单位旧产品获得的收益增大而降低. 2) 非正规回收企业占有的旧产品回收市场份额随着其回收处理单位旧产品获得的收益增大而增大, 然而随着厂商回收处理单位旧产品获得的收益以及厂商销售新产品的边际利润增大而降低.

由命题6可以看出厂商占有的旧产品回收市场份额随着其新产品正向销售和旧产品逆向回收的总边际利润增大而增大. 厂商自主以旧换新模式下, 厂商新产品销售获得的收益使厂商占有的旧产品回收市场份额得到提升, 而使非正规回收企业占有的旧产品回收市场份额被压缩.

**命题7** 厂商自主以旧换新模式下: 1) 当厂商新产品销售和旧产品回收的总边际利润低于非正规回收企业回收处理单位旧产品获得的收益时, 厂商提供的旧产品抵消价格低于非正规回收企业提供的旧产品回收价格, 此时厂商所占有的旧产品回收市场份额小于非正规回收企业占有的旧产品回收市场份额. 2) 当厂商新产品销售和旧产品回收的总边际利润与非正规回收企业回收处理单位旧产品获得的收益相同时, 厂商提供的旧产品抵消价格与非正规回收企业提供的旧产品回收价格相一致, 此时厂商与非正规回收企业平分旧产品回收市场. 3) 当厂商新产品销售和旧产品回收的总边际利润高于非正规回收企业回收处理单位旧产品获得的收益时, 厂商提供的旧产品抵消价格高于非正规回收企业提供的旧产品回收价格, 此时厂商占有的旧产品回收市场份额大于非正规回收企业占有的旧产品回收市场份额.

**证明** 由式(19)和式(20)得到  $s^{Y*} - g^{Y*} = \frac{(p-c+r_1)-r_2}{3}$ , 由式(21)和式(22)得到  $X_1^{Y*} - X_2^{Y*} = \frac{(p-c+r_1)-r_2}{3t}$ . 因此: 1) 当  $p-c+r_1 < r_2$  时, 可以得到  $s^{Y*} < g^{Y*}$ ,  $X_1^{Y*} < X_2^{Y*}$ . 2) 当  $p-c+r_1 = r_2$  时, 可以得到  $s^{Y*} = g^{Y*}$ ,  $X_1^{Y*} = X_2^{Y*}$ . 3) 当  $p-c+r_1 > r_2$  时, 可以得到  $s^{Y*} > g^{Y*}$ ,  $X_1^{Y*} > X_2^{Y*}$ . 证毕.

进一步, 将式(19)和式(21)代入式(15), 将式(20)和式(22)代入式(16), 得到厂商自主以旧换新模式下厂商与非正规回收企业的利润分别为

$$\pi_f^{Y*} = \frac{(r_2 - r_1 - p + c - 3t)^2}{18t}, \quad (23)$$

$$\pi_u^{Y*} = \frac{(r_2 - r_1 - p + c + 3t)^2}{18t}. \quad (24)$$

**命题8** 厂商自主以旧换新模式下: 1) 当厂商新产品销售和旧产品回收的总边际利润低于非正规回收企业回收处理单位旧产品获得的收益时, 厂商自主以旧换新回收旧产品获得的利润低于非正规回收企业获得的利润. 2) 当厂商新产品销售和旧产品回收的总边际利润与非正规回收企业回收处理单位旧产品获得的收益相同时, 厂商自主以旧换新回收旧产品获得的利润与非正规回收企业获得的利润一致. 3) 当厂商新产品销售和旧产品回收的总边际利润高于非正规回收企业回收处理单位旧产品获得的收益时, 厂商自主以旧换新回收旧产品获得的利润高于非正规回收企业获得的利润.

**证明** 由式(23)和式(24)得到  $\pi_f^{Y*} - \pi_u^{Y*} = \frac{2}{3}[(p-c+r_1)-r_2]$ . 因此: 1) 当  $p-c+r_1 < r_2$  时, 可以得到  $\pi_f^{Y*} < \pi_u^{Y*}$ . 2) 当  $p-c+r_1 = r_2$  时, 可以得到  $\pi_f^{Y*} = \pi_u^{Y*}$ . 3) 当  $p-c+r_1 > r_2$  时, 可以得到  $\pi_f^{Y*} > \pi_u^{Y*}$ .

通过本小节的不难看出, 厂商自主以旧换新模式下, 厂商占有的旧产品回收市场份额不仅随着其回收处理单位旧产品获得的收益增大而增大, 更是随着其整体新产品正向销售和旧产品逆向回收的总边际利润增大而增大. 厂商新产品正向销售和旧产品逆向回收的总体盈利能力越强, 厂商占有的旧产品回收市场份额也就越大. 然而, 厂商占有的旧产品回收市场份额随着非正规回收企业的盈利能力增强而降低. 非正规回收企业的盈利能力越强, 越会压缩厂商占有的旧产品回收市场份额. 这就说明, 厂商自主以旧换新模式下, 厂商与非正规回收企业在旧产品回收市场上的竞争转化成了厂商新产品正向销售和旧产品逆向回收(闭环供应链)的总体盈利能力同非正规回收企业盈利能力的竞争. 厂商自主以旧换新模式下, 厂商提供的旧产品以旧换新抵消价格中有一部分是来自于新产品销售所获得的利润, 这就使得厂商较高的旧产品回收费用

可以通过新产品的销售得到一定程度的补贴,使厂商提供的旧产品回收价格得以提高,从而赢取更大的旧产品回收市场份额.反过来,厂商占有更大的旧产品回收市场份额又可以刺激新产品的销售,形成正向反馈.厂商自主以旧换新策略的实施同时又削弱了非正规回收企业的竞争地位,使旧产品得到环保化处理的比例提升,共同推动厂商在新产品销售和旧产品回收上的健康可持续发展.

### 3 厂商自主以旧换新策略对回收市场竞争状况的影响

无以旧换新和厂商自主以旧换新两种模式下,厂商与非正规回收企业之间博弈的均衡结果如表2所示.通过比较厂商自主以旧换新策略实施前后,厂商与非正规回收企业各自占有的回收市场份额、回收价格以及利润的变化,来探讨厂商自主以旧换新策略对旧产品回收市场竞争状况的影响,对商业实践中厂商自主推行以旧换新业务背后的原因及内在机理进行分析和解释,以期为现实生活中厂商自主以旧换新决策提供理论支持与实践指导.

表2 厂商自主以旧换新策略实施前后均衡结果

Table 2 Equilibrium results before and after the implementation of autonomous old-for-new strategy

| 对比项     | 无以旧换新模式                                       | 厂商自主以旧换新模式                                            | 变化情况 |
|---------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------|
| $s$     | $s^{N*} = \frac{2r_1 + r_2 - 3t}{3}$          | $s^{Y*} = \frac{2r_1 + r_2 + 2p - 2c - 3t}{3}$        | ↑    |
| $g$     | $g^{N*} = \frac{r_1 + 2r_2 - 3t}{3}$          | $g^{Y*} = \frac{r_1 + 2r_2 + p - c - 3t}{3}$          | ↑    |
| $X_1$   | $X_1^{N*} = \frac{r_1 - r_2 + 3t}{6t}$        | $X_1^{Y*} = \frac{r_1 - r_2 + p - c + 3t}{6t}$        | ↑    |
| $X_2$   | $X_2^{N*} = \frac{r_2 - r_1 + 3t}{6t}$        | $X_2^{Y*} = \frac{r_2 - r_1 - p + c + 3t}{6t}$        | ↓    |
| $\pi_f$ | $\pi_f^{N*} = \frac{(r_2 - r_1 - 3t)^2}{18t}$ | $\pi_f^{Y*} = \frac{(r_2 - r_1 - p + c - 3t)^2}{18t}$ | ↑    |
| $\pi_u$ | $\pi_u^{N*} = \frac{(r_2 - r_1 + 3t)^2}{18t}$ | $\pi_u^{Y*} = \frac{(r_2 - r_1 - p + c + 3t)^2}{18t}$ | ↓    |

**命题9** 厂商自主以旧换新策略的实施将会导致旧产品回收市场整体回收价格的升高,并且厂商提供的旧产品回收价格升高的幅度要大于非正规回收企业提供的旧产品回收价格升高的幅度.

**证明** 根据表2得到  $s^{Y*} - s^{N*} = \frac{2(p-c)}{3} > 0$ ,  $g^{Y*} - g^{N*} = \frac{p-c}{3} > 0$ , 且  $s^{Y*} - s^{N*} = 2(g^{Y*} - g^{N*})$ .

**命题10** 厂商自主以旧换新策略的实施将会提升厂商占有的旧产品回收市场份额,而压缩非正规回收企业占有的旧产品回收市场份额.

**证明** 根据表2可以得到  $X_1^{Y*} - X_1^{N*} = \frac{p-c}{6t} > 0$ ,  $X_2^{Y*} - X_2^{N*} = -\frac{p-c}{6t} < 0$ .

结合命题9和命题10可以看出,厂商自主以旧换新策略的实施将会导致旧产品回收市场上整体回收价格的升高,并且厂商提供的旧产品回收价格升高的幅度要大于非正规回收企业提供的旧产品回收价格升高的幅度.这就使得以旧换新模式下厂商提供的旧产品回收价格更具有竞争优势,从而使厂商占有的旧产品回收市场份额得到提升,而非正规回收企业占有的旧产品回收市场份额被压缩.

**命题11** 厂商自主以旧换新策略的实施将会提升厂商的利润,而压缩非正规回收企业的利润.

**证明** 根据表2可以得到  $\pi_f^{Y*} - \pi_f^{N*} = \frac{(p-c)(p-c+2r_1-2r_2+6t)}{18t}$ . 由  $X_1^{N*} = \frac{r_1-r_2+3t}{6t} \geq 0$  (无以旧换新模式下厂商占有的旧产品回收市场份额必然大于等于0)得到  $r_1-r_2+3t \geq 0$ , 又因为  $p-c > 0$  (厂商销售新产品的边际利润必然大于0), 进一步可以得到  $p-c+2r_1-2r_2+6t > 0$ , 故  $\pi_f^{Y*} - \pi_f^{N*} > 0$ . 同理, 根据表2可以得到  $\pi_u^{Y*} - \pi_u^{N*} = \frac{(p-c)(p-c+2r_1-2r_2-6t)}{18t}$ . 由  $X_2^{Y*} = \frac{r_2-r_1-p+c+3t}{6t} \geq 0$  (厂商自主以旧换新模式下非正规回收企业占有的旧产品回收市场份额必然大于等于0)得到  $p-c+r_1-r_2-3t \leq 0$ , 因此  $2p-2c+2r_1-2r_2-6t \leq 0$ , 进一步可以得到  $p-c+2r_1-2r_2-6t < 0$ , 故  $\pi_u^{Y*} - \pi_u^{N*} < 0$ .

命题11表明,厂商自主以旧换新策略的实施使厂商的利润得到提升,而非正规回收企业的利润被压缩.这是因为,厂商自主以旧换新策略的实施使得厂商提供的回收价格上升的幅度更高,从而提升了厂商在与

非正规回收企业竞争中的优势,使厂商获得更大的旧产品回收市场份额,厂商占有的回收市场份额的增大又进一步使厂商获得的利润得到提升.同时,由于旧产品回收市场上回收价格竞争的存在,厂商回收价格的上升刺激回收市场上非正规回收企业提供的回收价格也小幅上升,但是由于厂商提供的回收价格更有竞争优势,导致非正规回收企业占有的旧产品回收市场份额降低,从而使非正规回收企业获得的利润被压缩.

由此可见,厂商自主以旧换新策略的实施可以提升厂商在旧产品回收市场上与非正规回收企业竞争中的优势,不仅使厂商获得更高的利润,而且使整个旧产品回收市场上旧产品得到环保化处理的比​​例得以提升,从而有利于保护和改善环境,实现新产品销售和旧产品回收的健康可持续发展.

## 4 结束语

本文将非正规回收企业竞争的因素引入到以旧换新问题的研究中,在存在非正规回收企业竞争的情形下对厂商自主以旧换新策略进行分析,探讨厂商自主以旧换新策略的选择及其对市场竞争状况的影响.本文首先分析无以旧换新模式下旧产品回收市场竞争状况,比较厂商与非正规回收企业的回收竞争能力,然后分析厂商自主以旧换新模式下旧产品回收市场竞争状况,通过比较厂商自主以旧换新策略实施前后厂商与非正规回收企业各自占有的回收市场份额、回收价格以及利润的变化来探讨厂商自主以旧换新策略的选择及其对市场竞争状况的影响.

本研究还存在较为广阔的扩展空间.例如,可以对厂商自主以旧换新策略带来的环境效益和社会效益进行定量建模,以探究厂商自主以旧换新策略在提高能源资源利用效率,减少环境污染,促进节能减排和循环经济发展等方面带来的效果.此外,现实商业实践中供应链渠道结构、竞争模式日新月异,可以通过扩展供应链结构的复杂性来展开更为深入的研究.

## 参考文献:

- [1] O'Rourke D. The science of sustainable supply chains. *Science*, 2014, 344(6188): 1124–1127.
- [2] Jayaram J, Avittathur B. Green supply chains: A perspective from an emerging economy. *International Journal of Production Economics*, 2015, 164(1): 234–244.
- [3] Ray S, Boyaci T, Aras N. Optimal prices and trade-in rebates for durable, remanufacturable products. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2005, 7(3): 208–228.
- [4] 吴 鹏. 考虑以旧换新的定价策略优化模型. *系统工程理论与实践*, 2014, 34(5): 1188–1195.  
Wu P. Optimal pricing strategies for the adoption of a trade-in scheme. *Systems Engineering: Theory & Practice*, 2014, 34(5): 1188–1195. (in Chinese)
- [5] 邹宗保, 王建军, 邓贵仕. 再制造外包对供应链成员决策的影响. *系统工程学报*, 2017, 32(6): 783–793.  
Zou Z B, Wang J J, Deng G S. Influence of outsourcing remanufacturing on supply chain members' decisions. *Journal of Systems Engineering*, 2017, 32(6): 783–793. (in Chinese)
- [6] Huang J, Leng M, Liang L. Qualifying for a government's scrappage program to stimulate consumers' trade-in transactions: Analysis of an automobile supply chain involving a manufacturer and a retailer. *European Journal of Operational Research*, 2014, 239(2): 363–376.
- [7] Yin R, Tang C. Optimal temporal customer purchasing decisions under trade-in programs with up-front fees. *Decision Sciences*, 2014, 45(3): 373–400.
- [8] Yin R, Li H, Tang C. Optimal pricing of two successive-generation products with trade-in options under uncertainty. *Decision Sciences*, 2015, 46(3): 565–595.
- [9] 缪朝炜, 夏志强. 基于以旧换新的闭环供应链决策模型. *管理科学学报*, 2016, 19(9): 49–66.  
Miao Z W, Xia Z Q. Decision models for closed-loop supply chains with trade-ins. *Journal of Management Sciences in China*, 2016, 19(9): 49–66. (in Chinese)
- [10] Miao Z, Fu K, Xia Z. Models for closed-loop supply chain with trade-ins. *Omega: The International Journal of Management Science*, 2017, 66(1): 308–326.

- [11] Zhu X, Wang M, Chen G, et al. The effect of implementing trade-in strategy on duopoly competition. *European Journal of Operational Research*, 2016, 248(3): 856–868.
- [12] Genc T S, De Giovanni P. Trade-in and save: A two-period closed-loop supply chain game with price and technology dependent returns. *International Journal of Production Economics*, 2017, 183(2): 514–527.
- [13] 夏西强, 朱庆华. 主动再制造设计下制造/再制造博弈模型研究. *系统工程学报*, 2018, 33(3): 328–340.  
Xia X Q, Zhu Q H. Study on game model of manufacture/remanufacture based on designing for remanufacturing. *Journal of Systems Engineering*, 2018, 33(3): 328–340. (in Chinese)
- [14] 姚锋敏, 滕春贤. 零售商主导第三方回收竞争闭环供应链的决策及协调. *系统工程学报*, 2019, 34(1): 91–101.  
Yao F M, Teng C X. Decision and coordination for competitive closed-loop supply chains with third-party collector dominated by a retailer. *Journal of Systems Engineering*, 2019, 34(1): 91–101. (in Chinese)
- [15] 王文宾, 张 梦, 赵 蕾, 等. 第三方回收商公平关切下闭环供应链决策模型. *系统工程学报*, 2019, 34(3): 409–421.  
Wang W B, Zhang M, Zhao L, et al. Decision-making model of closed-loop supply chain based on third-party collector's fairness concern. *Journal of Systems Engineering*, 2019, 34(3): 409–421. (in Chinese)
- [16] Cao K, Wang J, Dou G, et al. Optimal trade-in strategy of retailers with online and offline sales channels. *Computers & Industrial Engineering*, 2018, 123(9): 148–156.
- [17] Cao K, Xu X, Bian Y, et al. Optimal trade-in strategy of business-to-consumer platform with dual-format retailing model. *Omega: The International Journal of Management Science*, 2019, 82(1): 181–192.
- [18] Feng L, Li Y, Xu F, et al. Optimal pricing and trade-in policies in a dual-channel supply chain when considering market segmentation. *International Journal of Production Research*, 2019, 57(9): 2828–2846.
- [19] Zhang F, Zhang R. Trade-in remanufacturing, customer purchasing behavior, and government policy. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2018, 20(4): 601–616.
- [20] 刘靛晨, 陈丽华, 翟 昕. 企业考虑以旧换新时的最优产品更新换代策略. *管理学报*, 2018, 15(6): 908–917.  
Liu L C, Chen L H, Zhai X. Optimal product rollover strategy under trade-in program. *Chinese Journal of Management*, 2018, 15(6): 908–917. (in Chinese)
- [21] 颜 波, 李鸿媛, 王 滔, 等. 考虑市场细分的零售商自主以旧换新策略研究. *管理科学学报*, 2017, 20(3): 120–136.  
Yan B, Li H Y, Wang T, et al. Autonomous trade-in strategy for retailer with market segmentation. *Journal of Management Sciences in China*, 2017, 20(3): 120–136. (in Chinese)
- [22] 李鸿媛, 颜 波, 刘艳萍. 考虑消费者效用的供应链自主以旧换新策略优化. *管理工程学报*, 2019, 33(1): 159–169.  
Li H Y, Yan B, Liu Y P. Strategy optimization of autonomous trade-in in the supply chain with considering consumer utility. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 2019, 33(1): 159–169. (in Chinese)

## 作者简介:

石 平 (1989—), 男, 安徽宿松人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 研究方向: 供应链管理, Email: shiping@gdut.edu.cn;

石 松 (1988—), 男, 安徽宿松人, 博士, 讲师, 硕士生导师, 研究方向: 供应链管理, Email: shier78@foxmail.com.