

DOI:10.3969/j.issn.1003-5060.2024.07.016

定价权利的转移对回收再制造决策的影响分析

黄梦雨¹, 李凯^{1,2}, 付红^{1,2}

(1. 合肥工业大学管理学院, 安徽合肥 230009; 2. 过程优化与智能决策教育部重点实验室, 安徽合肥 230009)

摘要:为探讨转移价格的定价权从制造商一方回收商一方转移时企业决策的变化,文章从回收商是否具有转移价格定价权的 2 种情形出发,考虑回收竞争以及新产品与再制造产品的竞争,通过对称博弈得到均衡状态下回收价格、新产品产量以及再制造产品产量的变化规律。研究表明:制造商拥有转移价格定价权时,均衡状态下的转移价格、回收价格以及产量决策与新零部件价格(回收零部件的处理收益)均呈单调线性关系;回收商拥有转移价格定价权时,均衡的转移价格和制造商回收价格决策与新零部件价格无关、与回收零部件的处理收益呈负相关;消费者显著偏好制造商回收渠道时,与制造商具有定价权相比,第三方回收商具有转移价格的决策权能够有效降低均衡的转移价格,对制造商更有利。

关键词:再制造产量竞争;回收定价;转移价格;第三方回收商;对称博弈

中图分类号:F270

文献标志码:A

文章编号:1003-5060(2024)07-0962-06

Analysis of the influence of the transfer of pricing right on decisions of recycling and remanufacturing

HUANG Mengyu¹, LI Kai^{1,2}, FU Hong^{1,2}

(1. School of Management, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China; 2. Key Laboratory of Process Optimization and Intelligent Decision Making of Ministry of Education, Hefei 230009, China)

Abstract:In order to explore the changes in corporate decisions when the pricing right for transfer price is transferred from the manufacturer to the recycler, in view of the two situations of whether the recycler has the pricing right for transfer price, and considering recycling competition and competition between new and remanufactured products, the variation laws of recycling price, new product output, and remanufactured product output in equilibrium are analyzed using symmetric game theory. The study found that when the manufacturer has the pricing right for transfer price, the transfer price, recycling price, and outputs in equilibrium all have a monotone linear relationship with the price of new parts(returns from the processing of recycled parts). When the recycler has the pricing right for transfer price, the transfer price and the manufacturer's recycling price in equilibrium have nothing to do with the price of new parts, but are negatively related to the returns from the processing of recycled parts. When consumers clearly prefer the manufacturer's recycling channel, compared to the manufacturer with pricing right, the third-party recycler with the pricing right for transfer price can effectively cut down the equilibrium transfer price, which is more beneficial to the manufacturer.

Key words:remanufacturing output competition; recycling price; transfer price; third-party recycler; symmetric game

收稿日期:2021-03-16;修回日期:2021-04-07

基金项目:国家自然科学基金资助项目(71871076;72271070);安徽省自然科学基金杰青资助项目(2208085J07)

作者简介:黄梦雨(1995—),女,安徽阜阳人,合肥工业大学硕士生;

李凯(1977—),男,安徽蒙城人,博士,合肥工业大学教授,博士生导师。

0 引言

近年来,我国工业化取得了巨大进步,工业增加值规模已超过20万亿元,占全球比重超过20%。截至2017年,中国步入了机电产品报废高峰期。目前国内废旧汽车约500万辆,报废电脑、电视机、电冰箱1600万台,报废手机200万部,经济发展与资源环境的矛盾已经成为制约我国可持续发展的突出问题。发展再制造产业,一方面可缓解大量报废产品带来的环境负荷加重的诸多难题,促进废旧机电产品的反复循环利用,减少制造业的重复制造;另一方面,与制造新品相比,再制造产业具有节约成本50%、节能60%、节材70%的优点。发展再制造成为实现循环经济、节能减排和可持续发展的重要选择。

学者们对再制造系统的研究不断深入。文献[1]扩展现有关于正向供应链收入分享机制的研究,考虑具有随机再制造率和随机需求2种不确定性类型的再制造供应链;文献[2]建立一个博弈理论模型重新审视第三方再制造对正向供应链的影响;文献[3]研究逆向供应链中回收商和再制造商的回收定价与再制造产品定价问题;文献[4]讨论一个原始制造商和独立再制造商进行回收博弈的多周期竞争模型;文献[5]考查由制造商、销售商和第三方物流服务商组成的再制造闭环供应链中各节点企业取得最优利润时的定价决策问题;文献[6]研究不授权与授权2种再制造策略下闭环供应链参与者的决策问题;文献[7]建立考虑再制造与外包2个因素的单产品再制造批量决策模型,提出解决算法并证明其有效性。

回收的可用零部件作为再制造的基本原料,其质量和数量决定再制造产品的产量计划能否顺利进行。针对再制造供应链回收过程,文献[8]分别研究制造商回收和零售商回收模式下的制造商渠道入侵决策,算例表明无论制造商是否进行渠道入侵,制造商回收模式对制造商、闭环供应链系统和消费者而言均更有利;文献[9]考虑废旧产品的回收再制造以及新产品和再制造产品竞争,分别从分散和集中角度对制造商和零售商组成的两阶段闭环供应链模型中新产品和再制造产品的最优定价进行研究;文献[10]考虑废旧产品回收的3种不同渠道,解决领导者角色的制造商如何选择合适的逆向通道结构回收旧产品的问题;文献[11]将再制造成本纳入回收渠道决策的考量中,将再制品成本作为内生变量分别讨论制造商回

收、零售商回收和回收商回收3种模式下,新产品与再造品的产量以及废旧产品的回收量决策。

关于再制造供应链中的竞争问题,文献[12]证明在原始制造商和任意多个独立再制造商对再制造产品进行价格竞争的两周期模型中回收竞争会导致回收价格增加的效应;文献[13]在单个供应商和单个制造商构成的两级闭环供应链中分别研究供应商强势、制造商强势以及双方势力均衡时的定价策略和供应链系统绩效;文献[14]研究原设备制造商和再制造商竞争、合作2种情况下的最优定价策略;文献[15]通过构建制造商成本分担和任务分担2种合作回收下的供应链博弈模型,发现制造商的合作回收策略总能有利于产品市场价格的降低以及需求和产品回收率的增加。用户行为习惯也会影响再制造企业的决策,文献[16]研究消费者异质需求下再制造专利许可在闭环供应链中的作用;文献[17]研究一个由制造商、销售商以及回收商组成的闭环供应链,分析差异策略下不同合作程度对新产品和再制造产品的价格、销售量等决策量的影响;文献[18]考虑消费者对新产品和再制品的需求差异,分别得到合作博弈与非合作博弈下再制造成本与废旧品回收率随消费者偏好系数的变化规律;文献[19]考虑具有零售商和第三方双重回收渠道的闭环供应链,从客户、环境和成员的角度探讨补贴政策 and 转移定价政策对最优定价和回收策略的影响;文献[20]在回收立法和消费者对绿色产品设计偏好的背景下,研究既定目标(包括收集和回收率)的强制程度对制造商的最佳绿色产品设计、生产以及回收策略的影响。

现有涉及到回收零部件转移行为的研究通常默认制造商掌握转移行为的价格决策权(以下简称转移价格定价权)。实际上,第三方回收商具有转移价格决策权的现象广泛存在于企业实践中,而当前文献中缺少相关研究成果,因此研究第三方回收商具有转移价格定价权的行业背景具有现实意义。本文立足于回收再制造闭环供应链,考虑回收渠道竞争以及新产品与再制造产品的竞争,从第三方回收商是否具有转移价格定价权的2种情形出发,探讨节点企业取得最优利润时的定价决策问题。

1 问题描述

本文建立一个制造商和第三方回收商组成的再制造闭环供应链。第三方回收商仅开展回收活

动,制造商同时进行回收活动以及新产品和再制造产品的生产活动;回收商将提取的核心零部件首先考虑向制造商转移,剩余部分自行处理,自行处理的收益小于向制造商转移的收益。制造商回收的核心零部件和回收商转移的回收核心零部件共同作为再制造产品的原料。供应链结构模型如图 1 所示。

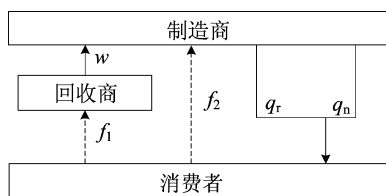


图 1 供应链结构模型

图 1 中: w 为回收零部件的转移价格; f_i 为废旧产品的回收价格, $i \in \{1, 2\}$, 1、2 分别表示回收商和制造商; q_j 为产品产量, $j \in \{n, r\}$, n、r 分别表示新产品和再制造产品。

图 1 中,虚线表示逆向供应链制造商和第三方回收商进行回收价格的竞争。第三方回收商的回收数量和制造商的回收数量分别表示为 $Q_1 = a + f_1 - bf_2$, $Q_2 = a + f_2 - f_1$ 。参数 b 是一个相对数值,代表回收竞争的强度,也可视为消费者对回收商回收渠道的偏好水平。将消费者对制造商回收渠道的偏好视为 1,其对回收商回收渠道的偏好是对制造商回收渠道的 b 倍。 $b > 1$,则消费者更偏好制造商回收渠道; $b < 1$ 则相反。

图 1 中,实线表示正向供应链再制造产品与新产品进行产量竞争。用市场价格对新产品产量和再制品产量的不同敏感性刻画两者的竞争强度,参考文献[21],新产品与再制造产品以相同的销售价格销售,如富士施乐公司的再制造复印机与新复印机售价相同,价格为 $p = m - \alpha q_r - q_n$ 。与回收竞争的刻画类似, α 也是一个相对值,描述了市场对新产品和再制造产品的不同偏好。 $\alpha > 1$,市场更偏好新产品; $\alpha < 1$,市场更偏好再制造产品。 α 偏离 1 越远,市场对再制造产品和新产品的认知差异越大。市场潜在需求远大于制造商满足的需求总量,即 $m \gg q_r + q_n$ 。制造商与第三方回收商追求各自利益最大化,利润函数分别用 π_M, π_{3p} 表示,即

$$\pi_M = p(q_r + q_n) - Q_2 f_2 - (q_r - Q_2)w - q_n f_n,$$

$$\pi_{3p} = (q_r - Q_2)w - Q_1 f_1 + [Q_1 - (q_r - Q_2)]p_0.$$

其中, p_0 为回收零部件处理价格。

2 制造商具有定价权的分析

多数再制造供应链中,转移价格的定价权通常归属于制造商。此时制造商和第三方回收商的博弈过程如下:首先制造商与第三方回收商同时制定各自的回收价格,同时制造商还需确定向第三方回收商转移回收核心零部件的价格(转移价格);然后制造商分别确定新产品产量和再制造产品产量。

2.1 博弈均衡的求解

定理 1 制造商具有定价权时均衡解为:

$$w^* = \frac{(b-4)(A+B)}{(1-\alpha)^2[(1-\alpha^2)(b-7)-2]},$$

$$f_1^* = \frac{[(10-b)(1-\alpha)^2+4](A+B)-2E}{2(1-\alpha)C},$$

$$f_2^* = \frac{[3(1-\alpha)^2+2](A+B)-E}{4(1-\alpha)C},$$

$$q_r^* = \frac{(b-4)F}{C} - \frac{A}{(1-\alpha)^4},$$

$$q_n^* = -\frac{(\alpha+1)(b-4)F}{2C} + \frac{(\alpha+1)A}{2(1-\alpha)^4} + \frac{m}{2}.$$

其中

$$A = -2(1-\alpha)^2 f_n + m(1-\alpha)^3;$$

$$B = -1 + \alpha^2 - (1-\alpha)^2 / (b-4) \times [(1-\alpha^2)a + 2p_0];$$

$$C = [b-3 - (b-7)(1-\alpha)^2 / 2](1-\alpha)^3;$$

$$E = [(1-\alpha)^2 a + 2p_0] / [(b-4)(1-\alpha)^2];$$

$$F = 2(\alpha-1)f_n + (1-\alpha^2)m - (1+\alpha) - (1-\alpha) / (b-4) [(1-\alpha)^2 a + 2p_0].$$

性质 1

1) 回收商回收价格与制造商回收价格的最优反应函数为 $f_1 = 2f_2 - w$ 。

2) 新产品产量与再制品产量的最优反应函数 $q_n = -\frac{\alpha+1}{2}q_r + \frac{m}{2}$ 。

回收商回收价格与制造商回收价格呈正向关系,进行价格竞争既提高回收数量也增加回收成本,一旦回收成本的增加超过回收数量增加带来的收益,回收价格即达到稳定。再制造产品产量与新产品产量呈反向关系,该反向关系受市场对再制造产品敏感性的影响。当 $\alpha > 1$,即市场对再制造产品的敏感性大于对新产品的敏感性时,新产品数量随再制造产品数量增加而加倍减少;当 $\alpha < 1$,下降速度将放缓。

性质 2

1) 总回收数量表示为:

$$Q = 2a + (2 - b)f_2 = 2a + \frac{2-b}{2}(f_1 + w)。$$

2) 总生产数量表示为:

$$q_r + q_n = \frac{1-\alpha}{2}q_r + \frac{m}{2} = \frac{\alpha-1}{\alpha+1}q_n + \frac{m}{\alpha+1}。$$

总回收量是制造商回收价格(回收商回收价格)的函数,受回收竞争强度影响。当 $b < 2$, 总回收数量与制造商回收价格(回收商回收价格)呈正向关系;当 $b > 2$, 总回收数量与制造商回收价格(回收商回收价格)呈反向关系。总生产数量与再制造产量(新产品产量)呈单调线性关系,受新产品和再制造产品的竞争水平影响。新产品与再制造产品的竞争效应通过作用于产量取值和市场对再制品的敏感程度共同决定总产量。当 $\alpha > 1$, 即市场对再制造产品的敏感性大于对新产品的敏感性时,总产量随再制品产量(新产品产量)增加而减小(增大)。

2.2 灵敏度分析

推论 1

1) 当 $b > 7 \cup b < 4$ 且 $(\alpha - 1)^2 < 2 + 4/(b - 7)$ 或当 $4 < b < 7$ 且 $(\alpha - 1)^2 > 2 + 4/(b - 7)$, w^* 随 f_n 增加而减少;否则 w^* 随 f_n 增加而增加。

2) 当 $b < 7$ 且 $(\alpha - 1)^2 < 2 + 4/(b - 7)$ 或当 $b > 7$ 且 $(\alpha - 1)^2 > 2 + 4/(b - 7)$, w^* 随 p_0 增加而增加;否则 w^* 随 p_0 增加而减少。

推论 2

1) 当 $7 < b < 10$ 且 $(\alpha - 1)^2 > 2 + 8/(b - 7)$ 或当 $b < 7 \cup b > 10$ 且 $(\alpha - 1)^2 \in \{-4/(10 - b), 2 + 8/(b - 7)\}$, f_1^* 随 f_n 增加而增加;否则 f_1^* 随 f_n 增加而降低。

2) 当 $b < 4$ 且 $(\alpha - 1)^2 > 4$ 或当 $4 < b < 7$ 且 $(\alpha - 1)^2 > 4 \cup (\alpha - 1)^2 < 2 + 8/(b - 7)$ 或 $b > 7$ 且 $(\alpha - 1)^2 \in \{2 + 8/(b - 7), 4\}$, f_1^* 随 p_0 增加而增加;否则 f_1^* 随 p_0 增加而降低。

3) 当 $b < 4$ 且 $(\alpha - 1)^2 \in \{2 + 8/(b - 4), 2 + 4/(b - 5.5)\}$ 或当 $b > 7$ 且 $(\alpha - 1)^2 < 2 + 4/(b - 5.5)$ 或当 $4 < b < 5.5$ 时 $\forall \alpha$, f_2^* 随 p_0 增加而增加;否则 f_2^* 随 p_0 增加而减少。

推论 3

1) 当 $b < 4 \cup b > 7$ 且 $(1 - \alpha)^2 < 4 + 14/(b - 7)$, q_n^* 随 f_n 增加而增加, q_r^* 随 f_n 增加而减少;反之 q_n^* 随 f_n 增加而减少, q_r^* 随 f_n 增加而增加。当 $4 < b < 7$, q_n^* 与 f_n 一定呈单调增加关系, q_r^* 与 f_n 一定呈单调递减关系。

2) 当 $b > 7$ 且 $(1 - \alpha)^2 < 2 + 8/(b - 7)$ 或当

$b < 7$ 且 $(1 - \alpha)^2 > 2 + 8/(b - 7)$, q_n^* 随 p_0 增加而增加, q_r^* 随 p_0 增加而减少, f_2^* 随 f_n 增加而减少;反之 q_n^* 随 p_0 增加而减少, q_r^* 随 p_0 增加而增加, f_2^* 随 f_n 增加而增加。

由推论 1~推论 3 可得,均衡状态下的转移价格、回收价格以及产量与新零部件价格(回收零部件的处理收益)均呈单调线性关系,回收竞争和新产品与再制造产品竞争的排列组合共同决定均衡转移价格、均衡回收价格、均衡产量应对新零部件价格(回收零部件的处理收益)变化的单调性方向和敏感性程度。

3 回收商具有定价权的分析

第三方回收商具有转移价格决策权时,制造商和第三方回收商的博弈过程如下:首先第三方回收商确定转移价格;然后第三方回收商和制造商同时制定各自的回收价格;最后制造商确定新产品产量和再制造产品产量。

3.1 博弈均衡的求解

定理 2 第三方回收商具有定价权时的均衡解为:

$$\begin{aligned} w^{**} &= \frac{(\alpha - 1)^2 K}{2G + IH}, \\ f_1^{**} &= \frac{[4 + (10 - b)(\alpha - 1)^2]K}{2(b - 4)(G + H)} - 2J, \\ f_2^{**} &= \frac{H^{\frac{1}{2}} K}{2(b - 4)(G + H)} - J, \\ q_r^{**} &= \frac{2K}{2G + IH} + L, \\ q_n^{**} &= \frac{(-\alpha - 1)K}{2G + IH} - \frac{\alpha + 1}{2}L. \end{aligned}$$

其中

$$\begin{aligned} G &= 2(b - 4)(2\alpha - \alpha^2)(\alpha - 1)^2 + (5 - b)(\alpha - 1)^2[3(\alpha - 1)^2 + 2]; \\ H &= [3(\alpha - 1)^2 + 2]^2; I = (4b - 8)/(b - 4); \\ J &= a/(b - 4) + 2p_0/[(b - 4)(\alpha - 1)^2]; \\ K &= [2a - (1 - b)p_0]H^{\frac{1}{2}} - (b + 5)(b + 4)(\alpha - 1)^2 J + (4b - 8)H^{\frac{1}{2}} J - (b - 4)[2f_n - 2p_0 - m(1 - \alpha)]; \\ L &= [2f_n - m(1 - \alpha)]/(1 - \alpha)^2. \end{aligned}$$

性质 3 仅当回收竞争和再制造产品与新产品竞争满足下列条件 1)、条件 2)、条件 3) 其中之一,第三方回收商才可能被赋予决策转移价格的权利。

1) 当 $b \in \{4.0042, 4.6000\}$ 且 $(\alpha - 1)^2 \in \{t_1(b), t_2(b)\}$ 。

2) 当 $b \in \{4.600\ 0, 7.750\ 0\}$ 且 $(\alpha - 1)^2 \in \{0, t_2(b)\}$ 或 $(\alpha - 1)^2 > t_1(b)$ 。

3) 当 $b > 7.750\ 0, \forall \alpha$ 。

其中

$$t_1(b) = \frac{31 - 8b - (240b^2 - 1\ 984b + 4\ 097)^{1/2}}{-128(b - 4)};$$

$$t_2(b) = \frac{31 - 8b + (240b^2 - 1\ 984b + 4\ 097)^{1/2}}{-128(b - 4)}。$$

由性质 3 可得, 第三方回收商具有转移价格定价权的必要条件之一是至少存在一定程度的回收竞争, 同时新产品与再制造产品竞争需要满足特定的阈值范围; 回收竞争足够大时, 任意新产品与再制造产品的竞争水平均不再威胁第三方回收商拥有转移价格决策的权利。与制造商具有定价权相比, 第三方回收商具有定价权客观上要求回收竞争和新产品与再制造产品竞争同时满足特定阈值约束。此时回收商处于竞争劣势, 为了降低回收风险和再制造原料成本, 制造商也会给予回收商转移价格定价权的补贴。

由逆向求解法可知, 第三方回收商具有转移价格定价权时, 均衡回收价格、均衡产量之间的最优反应均与制造商具有转移价格决策权中的性质 1、性质 2 相同, 此处不再赘述。

3.2 灵敏度分析

由性质 3 可得, 回收商具有定价权的必要条件至少有 $b > 4.004\ 2$ 和 $(2G + IH)(\alpha - 1)^{-2} > 0$ 。

令 $X = 2I(\alpha - 1)^{-2} + (b - 1)\sqrt{H} - 18$ 。

推论 4

1) 当 $X > 0, \omega^{**}$ 随 p_0 增加而增加, q_r^{**} 随 p_0 增加而增加, q_n^{**} 随 p_0 增加而减少; 否则 ω^{**} 随 p_0 增加而降低, q_r^{**} 随 p_0 增加而降低, q_n^{**} 随 p_0 增加而增加。

2) 当 $2G + IH > 2(b - 4)(\alpha - 1)^2, q_r^{**}$ 随 f_n 增加而增加, q_n^{**} 随 f_n 增加而降低; 否则 q_r^{**} 随 f_n 增加而降低, q_n^{**} 随 f_n 增加而增加。

推论 5

1) 当 $b > 10$ 且 $(\alpha - 1)^2 > 4/(b - 10), f_1^{**}$ 随 f_n 增加而增加; 否则 f_1^{**} 随 f_r 增加而减小。

2) 当 $[4 + (10 - b)(\alpha - 1)^2]X > 4(2G + IH)/(\alpha - 1)^2, f_1^{**}$ 随 p_0 增加而增加; 否则 f_1^{**} 随 p_0 增加而降低。

3) 当 $[3(\alpha - 1)^2 + 2]X > (4G + 2IH)/(\alpha - 1)^2, f_2^{**}$ 随 p_0 增加而增加; 否则 f_2^{**} 随 p_0 增加而降低。

由推论 4、推论 5 可得, 第三方回收商具有制

定转移价格的权利时, 均衡转移价格和均衡制造商回收价格与新零部件价格无关, 与回收核心零部件的处理收益呈负相关, 回收竞争和新产品与再制造产品竞争经过交互影响后仅决定均衡转移价格(均衡制造商回收价格)随回收核心零部件处理收益变化时的敏感性程度。而均衡第三方回收商回收价格、均衡新产品产量、均衡再制品产量与新零部件价格(回收零部件处理收益)均呈单调线性关系, 回收竞争和新产品与再制造产品竞争经过交互影响后, 共同决定均衡第三方回收商回收价格、均衡新产品产量、均衡再制品产量随新零部件价格(回收零部件的处理收益)变化的单调性方向和敏感性程度。

当市场对制造商回收渠道极度偏好时, 第三方回收商在竞争中处于极大劣势, 与制造商具有定价权的情形相比, 此时赋予回收商转移价格的定价权能够使其通过制定合理的转移价格提高自身收益, 同时转移价格定价权向回收商的转移有效阻止回收商制定较高的转移价格, 对制造商更有利。进一步分析定价权利的转移对均衡决策的影响发现, 与制造商具有定价权时的均衡解相比, 回收商具有定价权时的均衡转移价格和均衡制造商回收价格对回收核心零部件的处理收益更敏感, 且均衡转移价格对制造商更有利。

4 结 论

本文考虑回收竞争和新产品与再制造产品竞争共存的现实背景, 建立包含一个具有回收能力且能够进行再制造的制造商和一个专业第三方回收商的闭环供应链模型, 采用对称博弈理论分析面临转移价格决策权从制造商向第三方回收商过渡的问题时, 回收竞争以及新产品与再制造产品的竞争对均衡状态下的回收价格、转移价格、新产品产量和再制品产量决策的影响机制。

首先分别得到第三方回收商无定价权和有定价权 2 种情形下的均衡决策, 比较发现第三方回收商被动接受转移价格时, 均衡转移价格、均衡回收价格、均衡产量与新零部件价格(回收零部件的处理收益)均呈单调线性关系, 而第三方回收商拥有转移价格决策权时, 均衡转移价格和均衡制造商回收价格均与新零部件价格无关、与回收核心零部件的处理收益呈负相关; 然后讨论转移价格决策权归属的不同对制造商决策的影响, 研究证明, 市场显著偏好制造商回收渠道时, 与制造商具

(下转第 994 页)

- tunnels with elastoplastic constitution[J]. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 2022, 124:104451.
- [7] GANGRADE R M, GRASMICK J G, MOONEY M A. Probabilistic assessment of void risk and grouting volume for tunneling applications[J]. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 2022, 55(5):2771-2786.
- [8] 张子龙, 姜谔男, 吴洪涛, 等. 基于收敛约束法和 ZSI 的隧道初期支护时机研究[J]. *公路工程*, 2020, 45(4):41-47.
- [9] 梁鹏, 高永涛, 周喻, 等. 隧道初支合理支护时机确定方法及其工程应用[J]. *工程科学学报*, 2022, 44(2):265-276.
- [10] WU K, SHAO Z, SHARIFZADEH M, et al. Analytical computation of support characteristic curve for circumferential yielding lining in tunnel design[J]. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 2022, 14(1):144-152.
- [11] 马春景, 姜谔男, 江宗斌, 等. 基于单元状态指标的盾构隧道水力耦合模拟分析[J]. *岩土力学*, 2017, 38(6):1762-1770.

(责任编辑 张 镗)

(上接第 966 页)

有定价权相比, 转移价格定价权向回收商的转移能够有效阻止回收商制定较高的转移价格, 保障了制造商的收益; 最后分析竞争水平对均衡决策性质的影响, 结果表明, 通过确定回收竞争和新产品与再制造产品竞争的阈值区间, 即可判断均衡决策随新零部件价格(回收核心零部件的处理收益)的变化规律。

考虑到模型只包含一个制造商和一个第三方回收商, 未来可探究引入新零部件供应商对供应链决策的影响等更加复杂的模型。

[参 考 文 献]

- [1] ZHAO S L, ZHU Q H. Remanufacturing supply chain coordination under the stochastic remanufacturability rate and the random demand[J]. *Annals of Operations Research*, 2017, 257:661-695.
- [2] JIN M Y, NIE J J, YANG F, et al. The impact of third-party remanufacturing on the forward supply chain: a blessing or a curse? [J]. *International Journal of Production Research*, 2017, 55(22): 6871-6882.
- [3] KARAKAYALI I, EMIR-FARINAS H, AKCALI E. An analysis of decentralized collection and processing of end-of-life products[J]. *Journal of Operations Management*, 2007, 25(6):1161-1183.
- [4] FERRER G, SWAMINATHAN J M. Managing new and differentiated remanufactured products[J]. *European Journal of Operational Research*, 2010, 203(2):370-379.
- [5] 陈菊红, 史成东, 郭福利. 第三方负责回收再制造闭环供应链契约设计[J]. *工业工程与管理*, 2010, 15(2):21-25.
- [6] 李凌雁, 高阳. 基于回收竞争的闭环供应链再制造授权策略研究[J]. *科技管理研究*, 2017, 37(8):223-229.
- [7] 王能民, 孙青林, 孙林岩. 考虑外包的单产品再制造批量决策[J]. *运筹与管理*, 2011, 20(5):162-168.
- [8] 郑本荣, 杨超, 杨珺. 回收模式对制造商渠道入侵策略的影响[J]. *管理科学*, 2019, 32(3):92-105.
- [9] 杨爱峰, 陈鹭, 胡小建, 等. 两阶段闭环供应链的新产品和再制造产品最优定价模型[J]. *数学的实践与认识*, 2018, 48(12):1-10.
- [10] SAVASKAN R C, BHATTACHARYA S, VAN WASENHOVE L N. Closed-loop supply chain models with product remanufacturing[J]. *Management Science*, 2004, 50(2):239-252.
- [11] 曹東, 杨晓丽, 吴思思, 等. 考虑再制造成本的闭环供应链回收渠道决策[J]. *工业工程与管理*, 2020, 25(1):152-160, 179.
- [12] 李响, 李勇建. 多再制造商回收定价竞争博弈[J]. *管理工程学报*, 2012, 26(2):72-76.
- [13] 赵晓敏, 林英晖, 苏承明. 不同渠道权力结构下的 S-M 两级闭环供应链绩效分析[J]. *中国管理科学*, 2012, 20(2):78-86.
- [14] JUNG K S, HWANG H. Competition and cooperation in a remanufacturing system with take-back requirement[J]. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2011, 22(3):427-433.
- [15] 黄宗盛, 聂佳佳, 赵映雪. 再制造闭环供应链产品回收合作模式研究[J]. *管理工程学报*, 2019, 33(3):147-152.
- [16] 刘志, 李帮义, 汪磊, 等. 差异化竞争下考虑再制造专利许可的闭环供应链生产决策[J]. *运筹与管理*, 2018, 27(5):66-74.
- [17] 司文静, 马军海. 再制造闭环供应链系统的合作分析[J]. *工业工程*, 2013, 16(1):86-90, 109.
- [18] 程永伟. 考虑消费者偏好的再制造决策[J]. *中国管理科学*, 2012, 20(增刊1):214-219.
- [19] WANN N, HONG D J. The impacts of subsidy policies and transfer pricing policies on the closed-loop supply chain with dual collection channels[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 224:881-891.
- [20] LI B Y, WANG Y, WANG Z. Managing a closed-loop supply chain with take-back legislation and consumer preference for green design-science direct[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 282:124481. 1-124481. 11.
- [21] Qi A Y, AHN H S, SINHA A. Investing in a shared supplier in a competitive market: stochastic capacity case[J]. *Production & Operations Management*, 2015, 24(10):1537-1551.

(责任编辑 张 镗)