

# 专利保护下再制造闭环供应链协调机制研究<sup>①</sup>

熊中楷<sup>1</sup>, 申成然<sup>1</sup>, 彭志强<sup>2</sup>

(1. 重庆大学经济与工商管理学院, 重庆 400030;

2. 重庆理工大学重庆知识产权学院, 重庆 400054)

**摘要:** 受专利保护的原制造商享有产品再制造的专有权利, 只有获得原制造商的专利许可, 第三方再制造商才能进行专利产品的回收再制造. 针对再制造知识产权保护在管理研究中的不足, 本文建立了受专利保护的原制造商许可第三方再制造的闭环供应链模型, 利用博弈理论讨论了分散与集中情况下节点企业的最优决策. 同时, 分析了专利许可对旧产品回收再制造的影响. 在传统收益分享契约的基础上, 将契约形式扩展到三方, 提出了第三方回收再制造的收益分享与费用分担契约的协调机制.

**关键词:** 闭环供应链; 再制造; 专利许可; 收益分享-费用分担契约

**中图分类号:** F273    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1007-9807(2011)06-0076-10

## 0 引言

社会环境保护理念的逐步提升以及原材料的日益匮乏, 促使许多国家和企业越来越重视废旧产品的回收再利用. 同时, 企业也发现对废旧产品进行回收、再造还能为企业赢得良好的声誉和利润, 一些有远见的企业如 Kodak、Xerox、HP 等从上世纪就开始关注废弃物回收再利用的问题<sup>[1]</sup>, 闭环供应链管理正日益引起学术界和企业界的广泛关注. 出于成本或品牌的原因, 原制造商可能并不进行旧产品的回收再制造, 而由第三方再制造商进行再制造, 这不可避免的给原制造商生产的新产品带来一定的竞争威胁<sup>[2]</sup>. 同时由于环保立法或企业声誉的考虑, 原制造商并不能阻止其他厂商进行旧产品的回收再制造. 在这种情况下, 原制造商需要采取适当的措施来缓解这种进入威胁, 这其中, “专利壁垒”就是最为有效地手段之一.

根据各国专利法规定, 专利产品的制造权受到专利保护, 只有获得专利许可后, 被许可的企业才取得了专利产品的制造权, 这其中的制造权就包括产品的再制造, 尤其当再制造的本质是“新产品的生产”时<sup>[3]</sup>. 随着再制造产业的发展, 原制造商与再制造商的利益冲突和知识产权纠纷问题在近年逐渐显现. Canon 公司就以 Recycle Assist 公司进口、销售的再生墨盒侵犯其日本专利为由提起诉讼, 2007 年, 历时 43 个月历经三审, 最终以佳能公司胜诉而告终, 这凸显出知识产权在再制造业中的重要性<sup>[4]</sup>. 在美国制造业也有多个关于再制造专利诉讼的案例, 比如“刨床案”、“帆布车顶案”、“罐头加工机案”等<sup>[5]</sup>. 由此可见, 原制造商在受专利保护的情况下, 第三方再制造商进入受专利保护的再制造市场时就必须得到原制造商的专利许可, 而原制造商则可以通过专利保护来获得竞争优势. 专利产品的再制造涉及到专利技术的授权问题, 因此专利许可是企业再制造决

① 收稿日期: 2010-10-08; 修订日期: 2011-04-20.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70871125); 重庆市自然科学基金资助项目(2006BB0188); 笹川良一优秀青年奖学基金(SYLFF)资助项目(BI0207).

作者简介: 熊中楷(1948—), 男, 江西人, 教授, 博士生导师. Email: xiongzhongkai@cqu.edu.cn

策中必须考虑的因素,这也是再制造研究中应该重视的问题。

目前,再制品及闭环供应链研究文献已经很多,研究的内容主要是从新产品与再制品定价、回收产品定价等方面进行问题的探讨。Ferrer和Swaminathan建立了新产品和再制造产品的两周期和多周期定价模型,研究了单寡头垄断情形下制造商新产品和再制造产品定价策略,及第三方进行再制造情形下的制造商的新产品和再制造产品定价策略<sup>[6]</sup>。在此基础上,Ferguson和Toktay引入了回收函数,分别研究异质性消费群体下、制造商差异化定价和在第三方进入再制造情形下的制造商的新产品和再制造产品定价策略<sup>[7]</sup>。Atasu和Sarver等人则假设市场需求中存在对再制品的估价低于新产品的“绿色消费者”,研究了制造商是否提供再制品的决策问题,得出的结论指出再制造不仅可以提高收益,还可以通过再制品作为提高竞争能力的手段之一<sup>[8]</sup>。在闭环供应链定价策略及协调机制方面,Savaskan等人提出在单一垄断制造商和单一零售商的市场结构下产品回收的三种模式,研究表明零售商回收时回收效率最高<sup>[9]</sup>。之后Savaskan和Wassenhove进一步讨论了单一垄断制造商和两个竞争零售商的市场结构问题,分析了闭环供应链的回收渠道决策的协调<sup>[10]</sup>。国内学者则是从零售商竞争、第三方回收、价格及质量水平等多个角度研究了闭环供应链的理论模型<sup>[11-13]</sup>。从已有文献来看,再制造闭环供应链研究中均忽视了存在第三方再制造时的专利许可问题。

以往专利产品再制造的研究文献中,大多是从法学角度来讨论专利产品再制造的知识产权保护<sup>[4-5]</sup>,从管理学的角度来研究再制造的问题尚鲜见报道。出于激励创新的考虑,同时也为了保障专利持有者的利益,世界各国越来越重视专利持有人的知识产权保护,专利许可已成为创新型企业获取经济利益的重要手段<sup>[14]</sup>。在专利许可方式的研究上,Reiko、Schmitz等学者所讨论的专利许

可合同中只包含一个固定费用<sup>[15-16]</sup>。Wang的研究发现,若专利人是市场上的Stackelberg领导者,在作出产能和产出承诺的前提下,那么受专利保护的厂商利润最大化的许可合同是费率合同,且最优费率高于新技术使得成本降低的比例<sup>[17]</sup>。Sen和Tauman通过比较固定费和可变费两种方式的可行性和优劣,发现如果专利权方想要得到专利带来的全部剩余,就需要采用两部制合同<sup>[18]</sup>。但这些研究都是集中在新产品与新技术的许可上,还没有出现再制造专利许可的文献。当原制造商面对其他再制造企业的竞争导致潜在利润流失时,主要采取两种策略:进行再制造和先行回收<sup>[7]</sup>。很少有文献考虑利用知识产权保护来缓解再制造带来的市场竞争,也忽略了第三方再制造时对原制造商的知识产权保护。

基于此,本文针对闭环供应链研究所忽视的再制造知识产权保护问题,考虑了受专利保护的原制造商许可第三方再制造的闭环供应链决策问题。首先构建集中决策下闭环供应链的利润模型,得出了供应链系统的最优零售价格、回收价格和最优利润。然后利用博弈理论,分析了分散决策情况下节点企业如何确定产品的批发价格、零售价格及再制造的专利许可费、旧产品的回收价格。探讨了专利许可对旧产品回收的影响,并对两种决策模型的结果进行比较分析。在传统的双方收益分享契约的基础上,将契约形式扩展到三方,提出了第三方回收再制造的收益分享与费用分担的协调机制。

## 1 模型描述与符号说明

本文讨论由一个原制造商、一个第三方再制造商<sup>②</sup>和单一零售商构成的闭环供应链系统。出于成本或品牌的考虑,原制造商并不进行旧产品的回收再制造,而是通过专利授权第三方再制造商进行再制造,并提供技术支持。第三方再制造商

② 原制造商是指拥有专利权的初始产品制造商,初始产品的再制造受专利保护。第三方再制造商是指原制造商之外参与初始产品再制造的制造商,在Majumder和Groenevelt的文献<sup>[2]</sup>中称为本地再制造商(Local Remanufacturer),而在Ferrer和Swaminathan的文献<sup>[6]</sup>中称为独立运营商(Independent Operator),在本文中统称为第三方再制造商。

通过回收原制造商生产的旧产品,其中一部分经再制造后销售,而另一部分不能进行再制造的进行残值处理.零售商同时销售原制造商生产的新产品和第三方再制造商生产的再制品,假设再制品与新产品无质量差别,消费者不能辨别其差别,并以相同的价格销售<sup>[9-10]</sup>,且所有的再制品均能销售出去.只有经原制造商许可并交纳专利许可费,第三方再制造商才能进行旧产品的再制造.

其中,闭环供应链结构图如图 1 所示:

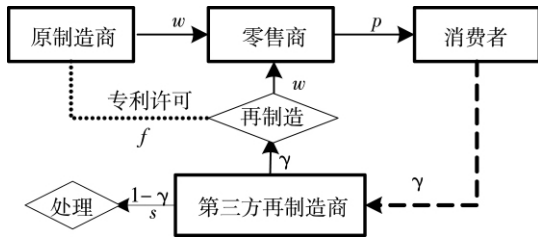


图 1 受专利保护的再制造闭环供应链结构

Fig. 1 Structure of the CLSC with remanufacturing on patent protection

本文中的符号说明如下:

$p$ : 单位产品的零售价格,是零售商的决策变量;

$w$ : 原制造商给予零售商的单位批发价格,是原制造商的决策变量;

$r$ : 第三方再制造商回收旧产品的回收价格,是第三方的决策变量;

$f$ : 允许第三方再制造情况下的单位专利许可费用,是原制造商的决策变量.在本文中,专利许可费用使用单位费率合同,即原制造商对第三方再制造商生产并销售的再制品收取单位许可费;

$c_n$ : 原制造商以原材料生产单位产品的成本,是常量;

$c_r$ : 第三方以回收来的废旧品进行再造的单位成本(包括旧产品的运输、检测、拆卸及原制造商再制造等方面的成本),是常量.假设  $c_n > c_r$ ,令  $\Delta = c_n - c_r > 0$  表示利用旧产品再制造所节省的成本;

$\gamma$ : 旧产品的再制造率  $\gamma \in (0, 1]$  是常量.

当  $\gamma = 1$  时,表示回收的旧产品可以全部用于再制造,再制造的部分需要交纳专利许可费.

$s$ : 不能用于再制造的旧产品残值,是常量.回收的旧产品以比例  $\gamma$  再制造,其余  $1 - \gamma$  只能经过

检测、拆解等过程后以零部件形式处理.处理后获得的残余收益为  $s$ ,  $0 < s < \Delta$ .显然,处理的部分不需要缴纳专利许可费.

$D$ : 产品的市场需求量,为销售价格  $p$  的线性减函数.根据假设,消费者对再制造产品的认可度与新产品相同,新产品和再制品的价格相同,市场需求量  $D$  是零售价格  $p$  的函数  $D(p) = a - bp$ ,  $a, b$  为常数且  $a, b > 0$ ,  $a$  表示市场容量,  $b$  表示消费者对价格的敏感系数.

$G$ : 旧产品的市场供给量,为回收价格  $r$  的增函数.类似于 Bakal 和 Akcali、梁喜和熊中楷在闭环供应链研究的假设<sup>[19-20]</sup>,旧产品的供给量  $G$  是回收价格  $r$  的函数  $G(r) = \alpha + \beta r$ ,其中  $\alpha, \beta$  为常数且  $\alpha, \beta > 0$ .  $\alpha$  表示当第三方支付给消费者的单位回收价格为 0 时,市场中消费者自愿返还废旧产品的数量,  $\alpha$  越大,表明消费者的社会环保意识越高;  $\beta$  表示消费者对回收价格的敏感程度,  $\beta$  越大,表明消费者对回收价格越敏感.

用  $\Pi_i$  表示供应链节点企业  $i$  的利润函数,其中  $i \in \{M, R, T\}$ ,  $M$  表示原制造商,  $R$  表示零售商,  $T$  表示第三方再制造商,供应链总利润为  $\Pi$ ,  $\Pi = \Pi_M + \Pi_R + \Pi_T$ .又设各方均为风险中性,即以利润的期望值最大化为决策目标函数.

根据以上问题描述和假设可得原制造商、零售商和第三方再制造商的利润分别为

$$\begin{aligned} \Pi_M &= (w - c_n) [D(p) - \gamma G(r)] + \gamma f G(r) \\ &= (w - c_n) [a - bp - \gamma(\alpha + \beta r)] + \gamma f(\alpha + \beta r) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\Pi_R = (p - w) D(p) = (p - w)(a - bp) \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \Pi_T &= (w - c_n + \Delta) \gamma G(r) - (\gamma f + r) G(r) + (1 - \gamma) s G(r) \\ &= (w - c_n + \Delta) \gamma(\alpha + \beta r) + [(1 - \gamma)s - \gamma f - r](\alpha + \beta r) \end{aligned} \quad (3)$$

供应链的总利润为

$$\begin{aligned} \Pi &= (p - c_n)(a - bp) + [\Delta \gamma + s(1 - \gamma) - r](\alpha + \beta r) \end{aligned} \quad (4)$$

## 2 基本模型

### 2.1 集中决策模型

在集中决策模型中,原制造商、零售商和第三

方再制造商联合决定产品的最优零售价格和旧产品的回收价格, 以使整个闭环供应链系统利润最大化. 而批发价格和专利许可费则决定系统利润在各成员之间的分配, 并不会影响系统的总收益. 这与分散式决策模型系统利润比较提供了一个基准模型.

集中闭环供应链系统问题建模如下:

$$\max_{p,r} \Pi = (p - c_n)(a - bp) + [\Delta\gamma + s(1 - \gamma) - r](\alpha + \beta r)$$

由式(4) 求关于  $p, r$  的一阶条件为零, 联合解方程组可得

$$p^* = \frac{a + bc_n}{2b}, r^* = \frac{\gamma\beta\Delta + (1 - \gamma)\beta s - \alpha}{2\beta}$$

命题 1 在集中决策下, 供应链系统的最优策略集为  $(p^*, r^*)$ .

证明见附录

此时, 最优的回收量为

$$G(r^*) = \frac{\alpha + \beta\gamma\Delta + \beta s - \beta\gamma s}{2}$$

供应链系统的利润为

$$\Pi^* = \frac{1}{4} \left[ \frac{(a - bc_n)^2}{b} + \frac{(\alpha + \beta\gamma\Delta + \beta s - \beta\gamma s)^2}{\beta} \right]$$

由于  $\Delta > s > 0, 0 < \gamma \leq 1$ , 易得结论 1.

结论 1 集中决策模型中, 供应链系统的利润、旧产品的最优回收价格及回收量与利用旧产品再制造所节省的成本  $\Delta$  及再制造率  $\gamma$  有关, 是关于它们的递增函数.

结论 1 表明, 在集中决策下, 第三方再制造商进行再制造的成本越低即节省成本越高时, 供应链系统的利润就越高, 供应链系统有动力以更高的回收价格去回收更多数量的旧产品. 当旧产品再制造率高时, 同样也可以提高旧产品的回收价格和回收量, 增加供应链系统的利润.

## 2.2 分散决策模型

在分散决策情况下, 原制造商是市场的领导者, 而零售商和第三方再制造商是追随者, 制造商、零售商和第三方再制造商有关市场及三方的

信息都是对称的. 决策过程是: 首先, 制造商确定产品的批发价格  $w$  和许可第三方再制造的专利许可费  $f$ , 以使自己的收益最大化, 然后零售商根据产品的市场需求和批发价格来确定产品的零售价格  $p$ , 第三方根据制造商给定的专利许可费来确定旧产品的回收价格  $r$ .

由逆向推导法, 首先由式(2) 和(3) 的一阶条件为零, 分别求得

$$p^{**} = \frac{a + bw}{2b}$$

$$r^{**} = \frac{\gamma\beta(w - c_n + \Delta - f) + (1 - \gamma)\beta s - \alpha}{2\beta}$$

将  $p^{**}, r^{**}$  代入式(1) 求关于  $w, f$  的一阶导, 联立方程组可得

$$w^{**} = \frac{a + bc_n}{2b}$$

$$f^{**} = \frac{a - bc_n}{2b} + \frac{\alpha + \gamma\beta\Delta + (1 - \gamma)\beta s}{2\gamma\beta}$$

分别代入  $p^{**}, r^{**}$  得

$$p^{**} = \frac{3a + bc_n}{4b},$$

$$r^{**} = \frac{\gamma\beta\Delta + (1 - \gamma)\beta s - 3\alpha}{4\beta}$$

命题 2 在分散决策下, 原制造商、零售商和第三方再制造商的最优策略集为  $((w^{**}, f^{**}), (p^{**}, r^{**}))$ .

由最优策略集, 最优的回收量为

$$G(r^{**}) = \frac{\gamma\beta\Delta + (1 - \gamma)\beta s + \alpha}{4}$$

原制造商、零售商和第三方再制造商的最优利润分别为

$$\Pi_M^{**} = \frac{1}{8} \left[ \frac{(a - bc_n)^2}{b} + \frac{(\alpha + \beta\gamma\Delta + \beta s - \beta\gamma s)^2}{\beta} \right]$$

$$\Pi_R^{**} = \frac{(a - bc_n)^2}{16b}$$

$$\Pi_T^{**} = \frac{(\alpha + \beta\gamma\Delta + \beta s - \beta\gamma s)^2}{16\beta}$$

因此, 供应链系统的总利润为

$$\Pi^{**} = \frac{3}{16} \left[ \frac{(a - bc_n)^2}{b} + \frac{(\alpha + \beta\gamma\Delta + \beta s - \beta\gamma s)^2}{\beta} \right]$$

结论 2 在分散决策模型中

1) 原制造商、第三方再制造商及供应链系统的利润、旧产品的最优回收价格及回收数量与利用旧产品再制造所节省的成本  $\Delta$  以及废旧品再制造率  $\gamma$  有关,且是关于它们的递增函数;

2) 旧产品的最优回收价格  $r^{**}$  与专利许可费  $f$  负相关;

3) 最优专利许可费  $f^{**}$  随再制造节省成本  $\Delta$  的增加而增加,随再制造率  $\gamma$  的增加而减少.

结论 2 表明,分散决策下,原制造商、第三方再制造商及供应链系统的利润同样随着节省成本及再制造率的提高而增加.原制造商和第三方再制造商有相同的动力去提高再制造的水平,因此原制造商可以通过专利许可向第三方再制造商提供技术支持.同时,随着再制造成本的降低及再制造率的提高,第三方再制造商会提高旧产品的回收价格,进而回收更多数量的旧产品进行再制造.

就专利许可费而言,如果原制造商降低专利许可费,第三方再制造商的成本就会降低,利润空间增大,从而愿意以更高的回收价格回收更多的旧产品.当旧产品的再制造成本降低即节省成本提高时,原制造商会提高专利许可费用,以此来分享更多再制造所带来的利润.但再制造率提高时,原制造商会降低专利许可费,这是由于再制造品增加时,专利许可带来的利润增长超过新产品销售减少所带来的损失,这就使原制造商愿意降低专利许可费,进而促使第三方再制造商回收更多旧产品进行再制造.

通过比较,可以得到

$$p^* - p^{**} = -\frac{a - bc_n}{4b} < 0$$

$$r^* - r^{**} = \frac{\gamma\beta\Delta + (1 - \gamma)\beta s + \alpha}{4\beta} > 0$$

$$\text{而 } G(r^*) - G(r^{**}) = \frac{\alpha + \beta\gamma\Delta + \beta s - \beta\gamma s}{4} > 0$$

$$\begin{aligned} \Pi^* - \Pi^{**} &= \frac{(a - bc_n)^2}{16b} + \\ &\frac{(\alpha + \beta\gamma\Delta + \beta s - \beta\gamma s)^2}{16\beta} > 0 \end{aligned}$$

由此得结论 3.

结论 3 (1)  $p^{**} > p^*$ ; (2)  $r^{**} < r^*$ ,  $G(r^{**}) < G(r^*)$ ; (3)  $\Pi^{**} < \Pi^*$

结论 3 表明,相比分散决策,当原制造商、零售商和第三方再制造商集中决策时,一方面产品的零售价格降低,产品销售量增加,供应链整体利润增加,另一方面旧产品的回收价格提高,回收量增加,也使供应链整体利润增加.这是由于在集中决策下,原制造商和第三方再制造商统一决策,避免了“双重边际效应”所导致的效率损失.第三方再制造商有动力去通过提高回收价格来增加旧产品的回收量,零售商也会降低零售价格,提高产品的销售量.不仅原制造商、零售商及第三方再制造商在集中决策时收益会提高,由于降低了产品零售价格并提高了旧产品的回收价格,消费者也会从中获益,因此达到了企业和消费者双赢局面.由此可知,闭环供应链系统成员均有积极性去协调各自的决策,通过信息共享等手段进行集中决策,从而使整个供应链系统的利润增加.

### 3 闭环供应链的协调

从上面的分析可知,非合作分散决策不可避免的存在着“双重边际效应”,这会造成整个闭环供应链系统利润的损失.因此,原制造商、零售商和第三方再制造商可以以合作的形式对闭环供应链系统进行集中决策,以谋求供应链系统的最大整体收益.然后根据原制造商、零售商和第三方再制造商之间事先商定的合作契约进行收益分配.

传统的收益分享契约只是强调制造商和零售商分别以一定比例来共同分享销售收益,这种契约机制在协调单向供应链时具有很好的效果,在处理闭环供应链时遇到了一定的困难.闭环供应链在第三方参与的情况下还要产生一个回收费用问题,如果只分享销售收益而不分享回收费用的话,将无法达到很好的协调效果.特别是,传统的收益分享契约只针对两个节点企业进行研究的,并没有涉及三个节点企业的协调问题.

本文在传统收益分享契约的基础上,通过设置

一个收益分享 - 费用分担 (revenue and expense sharing contract, RAESC) 机制, 使得各方都能够最终分享系统增加的利润. 具体的实施办法如下: 零售商分享  $\phi_1 p D(p)$  的销售利润, 而第三方再制造商分担  $\phi_2 r G(r)$  的回收费用的契约, 原制造商则同时分享  $(1 - \phi_1) p D(p)$  的销售利润和分担  $(1 - \phi_2) r G(r)$  的回收费用. 其中, 参数  $\phi_1$  是零售商和原制造商的收益分享比例, 参数  $\phi_2$  是第三方再制造商和原制造商的回收费用分担比例, 满足条件  $\phi_1, \phi_2 \in (0, 1)$ .

此时, 零售商、第三方再制造商和原制造商的利润函数分别为

$$\Pi_R = \phi_1 p (a - bp) - w (a - bp) \quad (5)$$

$$\Pi_T = \Delta \gamma (\alpha + \beta r) + (1 - \gamma) s (\alpha + \beta r) - \phi_2 r (\alpha + \beta r) - \gamma f (\alpha + \beta r) \quad (6)$$

$$\Pi_M = (1 - \phi_1) p (a - bp) - (1 - \phi_2) r (\alpha + \beta r) + (w - c_n) (a - bp) + \gamma f (\alpha + \beta r) \quad (7)$$

供应链的总利润为

$$\Pi(p, r) = (p - c_n) (a - bp) + (\Delta \gamma - r) (\alpha + \beta r) + s (1 - \gamma) (\alpha + \beta r)$$

命题 3 当原制造商提供契约为  $(w^S, f^S) = (\phi_1 c_n, \frac{(1 - \phi_2) (\gamma \Delta + s - \gamma s)}{\gamma})$ , 且参数  $\phi_1, \phi_2 \in [\frac{1}{4}, \frac{1}{2}]$  时, 专利相关的闭环供应链系统实现整体协调.

证明见附录.

命题 3 说明收益分享 - 费用分担契约可以使原制造商、零售商和第三方再制造商的分散决策达到协调, 同时闭环供应链系统获得最大利润. 只要原制造商所制定的批发价格和专利许可费及分摊比例满足命题 3, 第三方再制造商和零售商就愿意去接受 RAESC 契约.

此时, 零售商、第三方再制造商和原制造商的最优利润分别为

$$\Pi_R^S = \phi_1 \frac{(a - bc_n)^2}{4b}$$

$$\Pi_T^S = \phi_2 \frac{(\alpha + \beta \gamma \Delta + \beta s - \beta \gamma s)^2}{4\beta}$$

$$\Pi_M^S = \frac{1}{4} [(1 - \phi_1) \frac{(a - bc_n)^2}{b} +$$

$$(1 - \phi_2) \frac{(\alpha + \beta \gamma \Delta + \beta s - \beta \gamma s)^2}{\beta}]$$

结论 4 在协调机制下, 零售商和第三方再制造商所分享的收益与其承担的费用成正比关系.

由命题 3 可知, 原制造商给予零售商的批发价格为  $w^S = \phi_1 c_n$ , 当  $\phi_1$  提高时,  $w^S$  亦增加, 即零售商需承担的产品成本费用增加, 同时所分享的收益也增加; 原制造商收取第三方再制造商的许可费  $f^S$  与  $\phi_2$  成反比关系, 当  $\phi_2$  提高时, 第三方再制造商承担较高的回收费用, 此时原制造商会相应的降低专利许可费用, 以此来降低再制造商的运作成本, 从而使第三方再制造商获得的收益增加.

结论 5 在收益分享 - 费用分担契约下, 有

$$(1) w^S < w^*, p^S = p^{**} < p^* ;$$

$$(2) f^S < f^*, r^S = r^{**} > r^* ;$$

$$(3) \Pi_R^S \geq \Pi_R^*, \Pi_M^S \geq \Pi_M^*, \Pi_T^S \geq \Pi_T^*, \Pi^S = \Pi^{**} \geq \Pi^* .$$

结论 5 表明, 在采用收益分享 - 费用分担契约下, (1) 原制造商制定的批发价和销售商的销售价格都要低于未采用时的情况, 因此产品的销售量也较高; (2) 原制造商向第三方再制造商收取的专利许可费要低于未采用契约时费用, 因此第三方再制造商的回收成本就较低, 有动力去提高旧产品的回收价格, 进而回收量也会提高; (3) 原制造商、零售商和第三方再制造商都要比未采用契约时的利润要高, 供应链系统的收益与集中决策时相同, 即专利相关的闭环供应链达到整体最优.

## 4 数值算例

为了更清楚地阐述上面的结论, 在这里对上述结论做进一步数值运算. 参数设定参考了 Bakal 和 Akcali 等文献的假设<sup>[19]</sup>, 零售商面对的市场需求函数为:  $D(p) = 140\,000 - 160p$ , 第三方再制造商回收旧产品的供给函数为  $G(r) = 2\,000 + 200r$ , 原制造商利用原材料生产产品的成本  $c_n = 550$ , 回收后不能再制造的旧产品残值为  $s = 40$ .

表 1 参数  $\Delta$  和  $\gamma$  的变化对不同决策结构闭环供应链系统的影响

Table 1 The closed-loop supply chain system of different decision structures based on different parameters  $\Delta$  and  $\gamma$

变化参数		分散决策					集中决策	
$\Delta$	$\gamma$	$r^{**}$	$f^{**}$	$\Pi_M^{**}$	$\Pi_T^{**}$	$\Pi^{**}$	$r^*$	$\Pi^*$
$\Delta = 300$	0.7	48	328.21	3 458 100	672 800	5 187 150	106	6 916 200
	0.8	54.5	323.75	3 776 600	832 050	5 664 900	119	7 553 200
	0.9	61	320.28	4 128 900	1 008 200	6 193 350	132	8 257 800
$\Delta = 350$	0.7	56.75	353.21	3 894 725	891 112.5	5 842 088	123.5	7 789 450
	0.8	64.5	348.75	4 332 600	1 110 050	6 498 900	139	8 665 200
	0.9	72.25	345.28	4 818 525	1 353 012	7 227 788	154.5	9 637 050
$\Delta = 400$	0.7	65.5	378.21	4 392 600	1 140 050	6 588 900	141	8 785 200
	0.8	74.5	373.75	4 968 600	1 428 050	7 452 900	159	9 937 200
	0.9	83.5	370.28	5 609 400	1 748 450	8 414 100	177	11 218 800

表 2 比例参数  $\phi_1$  和  $\phi_2$  的变化对 RAESC 机制结果的影响\*

Table 2 The results of RAESC mechanism based on different parameters  $\phi_1$  and  $\phi_2$

变化参数		RAESC 机制					
$\phi_1$	$\phi_2$	$w^S$	$f^S$	$\Pi_R^S$	$\Pi_T^S$	$\Pi_M^S$	$\Pi^S = \Pi^*$
0.3	0.3	165	252	1 267 500	1 332 060	6 065 640	8 665 200
	0.4		216		1 776 080	5 621 620	
	0.5		180		2 220 100	5 177 600	
0.4	0.3	220	252	1 690 000	1 332 060	5 643 140	
	0.4		216		1 776 080	5 199 120	
	0.5		180		2 220 100	4 755 100	
0.5	0.3	275	252	2 112 500	1 332 060	5 220 640	
	0.4		216		1 776 080	4 776 620	
	0.5		180		2 220 100	4 332 600	

\* 取参数  $\Delta = 350, \gamma = 0.8$ .

根据上述结论和模型的特点,首先探讨参数  $\Delta, \gamma$  变化时,闭环供应链系统中回收价格、专利许可费、原制造商和第三方利润以及系统利润的变化.然后,在收益分享-费用分担契约中,选取不同的比例参数  $\phi_1, \phi_2$ ,分析参数对 RAESC 机制下各方利润的影响.分别取第三方再制造商生产再制造品的成本  $c_r$  为 250、200、150,即参数  $\Delta$  分别为 300、350、400,再制造率  $\gamma$  分别取 0.7、0.8、0.9.结果见表 1 和表 2.

从表 1 和表 2 可以看出:

(1) 分散决策下供应链系统的最优利润值小于集中决策下的最优利润值,供应链效率损失,即产生了“双重边际化效应”.通过设置适当的收益

分享-费用分担(RAESC)机制,原制造商、零售商和第三方再制造商均获得比分散决策时更多的利润( $\Pi_R^S \geq \Pi_R^{**}, \Pi_M^S \geq \Pi_M^{**}, \Pi_T^S \geq \Pi_T^{**}$ ).因此,各方均有积极性采取集中决策的策略,从而使得闭环供应链系统的总利润也达到了最优( $\Pi^S = \Pi^* \geq \Pi^{**}$ ).

(2) 不管是在集中决策还是分散决策下,旧产品再制造的成本越低即节省成本  $\Delta$  越高和再制造率  $\gamma$  越高,原制造商、第三方再制造商以及供应链系统的利润越高.在这种情况下,原制造商和第三方都有动力去提高的再制造的水平.同时,再制造水平的提高,第三方再制造商也愿意提高废旧产品的回收价格,从而提高旧产品的回收量.

(3) 随着节省成本  $\Delta$  的提高, 原制造商收取的专利许可费  $f$  也相应提高, 但当再制造率  $\gamma$  提高时, 原制造商会降低专利许可费  $f$ . 这是由于节省成本提高时, 原制造商通过提高专利许可费用来分享更多再制造所带来的利润. 而再制造率提高时, 专利许可带来的利润增长超过新产品销售减少所带来的损失, 这就使原制造商愿意降低专利许可费, 进而促使第三方再制造商回收更多旧产品进行再制造.

(4) 当比例参数  $\phi_1$  增加时, 零售商分享的利润增加, 同时原制造商制定的批发价  $w^s$  也增加, 即零售商所承担的新产品成本费用也随之提高; 而比例参数  $\phi_2$  增加时, 第三方再制造商的分享的利润增加, 但所承担的成本费用也提高. 由于专利许可费用的大小和成本分担比例  $\phi_2$  反相关, 因此当第三方分担的费用较高时, 原制造商的专利许可费也会降低, 从而平衡第三方再制造商回收再制造的成本, 以此来激励第三方再制造商增加旧产品的回收量, 从而增加供应链系统的整体收益, 使供应链系统达到最优.

## 5 结束语

本文基于博弈论研究了受专利保护的再制造闭环供应链问题, 分析了专利许可对旧产品回收的影响, 并通过收益分享-费用分担契约对闭环供应链系统进行了协调. 研究表明再制造受专利保护的情况下, 原制造商能通过专利许可费来影响第三方再制造商旧产品的回收价格和回收量, 进而去影响原制造商和第三方再制造商的收益. 通

通过对集中决策模型和分散决策模型比较分析发现: 当原制造商、零售商及第三方再制造商集中决策时, 产品的零售价格较低而回收价较高, 产品的销量和回收量都较高, 原制造商和零售商及消费者效用均会提高. 因此, 本文提出了收益分享-回收费用分担 (RAESC) 契约, 通过收益共享契约, 原制造商以低于生产成本的价格将产品批发给销售商, 并分享销售商的销售收入, 通过双方的谈判控制收益分享比例实现供应链的协调; 通过回收品的费用分担契约, 原制造商以较低的专利许可费来授权第三方再制造. 当第三方再制造商分担的回收费用的比例较高时, 原制造商会相应的降低专利许可费, 从而降低第三方再制造商的总费用, 以此来激励第三方再制造商增加旧产品的回收量, 使供应链达到整体协调. 较之分散决策模型, 集中决策将使得旧产品回收价格提高、产品零售价格降低, 消费者也从中获得更多效用, 从而支持了整个供应链系统的良好运转.

本文研究的是原制造商许可单一第三方再制造商的问题, 还没有考虑多个厂商再制造的情形. 同时, 本文假设的新产品与再制品销售价格相同的条件较强, 下一步需要放松此假设使之更符合实际. 旧产品的再使用符合当前资源循环利用的趋势, 有利于环境保护和经济的可持续发展, 因此产品再制造的知识产权保护也应该考虑社会效应. 在保障保护专利持有者权益的前提下, 政府可以采用一定的激励措施来促进再制造业的发展, 这也是以后继续探讨的方向之一. 值得指出的是, 本文只是在理论上对再制造的专利许可问题作了探讨, 其实证研究还有待于进一步研究.

## 参考文献:

- [1] Ginsburg J. Manufacturing: Once is not enough [J]. Business Week, 2001(16): 128 - 129.
- [2] Majumder P, Groenevelt H. Competition in remanufacturing [J]. Production and Operations Management, 2001, 10(2): 125 - 141.
- [3] 尹新天. 新专利法详解 [M]. 北京: 知识产权出版社, 2005.  
Yin Xintian. Explication to the Newly-Adapted Patent Law [M]. Beijing: Intellectual Property Press, 2005. (in Chinese)
- [4] 张 蕾. 专利侵权判定中修理与再造的界定—以 Canon Vs. Recycle Assist 再生墨盒案为背景 [J]. 电子知识产权, 2008(9): 52 - 55.  
Zhang Lei. The differentiation of patent infringement between repairs and remanufacturing: Based on Canon Vs. recycle assist recycled cartridges case [J]. Electronics Intellectual Property, 2008(9): 52 - 55. (in Chinese)
- [5] 胡开忠. 专利产品的修理、再造与专利侵权的认定—从再生墨盒案谈起 [J]. 法学, 2006(12): 145 - 161.  
Hu Kaizhong. Patented product repairs, remanufacturing and differentiation of patent infringement: Based on recycled car-



- tridges [J]. *Legal Science*, 2006(12): 145 – 161. ( in Chinese)
- [6] Ferrer G, Swaminathan J M. Managing new and remanufactured products [J]. *Management Science*, 2006, 52(1): 15 – 26.
- [7] Ferguson M, Toktay L B. The effect of competition on recovery strategies [J]. *Production and Operations Management*, 2006, 15(3): 351 – 368.
- [8] Atalay Atasu, Miklos Sarver, Luk N. Van Wassenhove. Remanufacturing as a marketing strategy [J]. *Management Science*, 2008(10): 1 – 16.
- [9] Savaskan R C, Bhattacharya S, Luk N. Van Wassenhove. Closed-loop supply chain models with product remanufacturing [J]. *Management Science*, 2004, 50(2): 239 – 252.
- [10] Savaskan R C, Luk N. Van Wassenhove. Reverse channel design: The case of competing retailers [J]. *Management Science*, 2006, 52(1): 1 – 14.
- [11] 晏妮娜, 黄小原. 基于第 3 方逆向物流的闭环供应链模型及应用 [J]. *管理科学学报*, 2008, 11(4): 83 – 93.  
Yan Nina, Huang Xiaoyuan. Models of closed-loop supply chain with third-party reverse logistics and their applications [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2008, 11(4): 83 – 93. ( in Chinese)
- [12] 易余胤, 熊中楷. 再制造闭环供应链模型研究 [J]. *管理科学学报*, 2009, 12(6): 45 – 54.  
Yi Yuyin. Closed-loop supply chain game models with product remanufacturing in a duopoly retailer channel [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2009, 12(6): 45 – 54. ( in Chinese)
- [13] 曹俊, 熊中楷, 刘莉莎. 闭环供应链中新件制造商和再制造商的价格及质量水平竞争 [J]. *中国管理科学*, 2010, 18(5): 82 – 90.  
Cao Jun, Xiong Zhongkai, Liu Lisha. Price and quality competition between the new and remanufactured producer in the closed-loop supply chain [J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2010, 18(5): 82 – 90. ( in Chinese)
- [14] 包海波. 专利许可交易的微观机制分析 [J]. *科学学与科学技术管理*, 2004(10): 76 – 80.  
Bao Haibo. The microscopic mechanism analysis of patent licensing transactions [J]. *Science of Science and Management of S. & T*, 2004(10): 76 – 80. ( in Chinese)
- [15] Reiko A, Tauman Y. Patent licensing with spillovers [J]. *Economics Letters*, 2001(73): 125 – 130.
- [16] Schmitz P W. On monopolistic licensing strategies under asymmetric information [J]. *Journal of Economic Theory*, 2002 (106): 177 – 189.
- [17] Wang X H. Fee versus royalty licensing in differentiated Cournot duopoly [J]. *Journal of Economics and Business*, 2002 (54): 253 – 266.
- [18] Sen D, Tauman Y. General licensing schemes for a cost reducing innovation [J]. *Games and Economic Behavior*, 2007 (59): 163 – 186.
- [19] Bakal I S, Akcali E. Effects of random yield in remanufacturing with price-sensitive supply and demand [J]. *Production and Operations Management*, 2006, 15(3): 407 – 420.
- [20] 梁喜, 熊中楷. 产品回收再利用对闭环供应链利润的影响 [J]. *工业工程与管理*, 2009, 14(5): 36 – 40.  
Liang Xi, Xiong Zhongkai. Study on the impact of recoverability rate on the profits of closed-loop supply chain [J]. *Industrial Engineering and Management*, 2009, 14(5): 36 – 40. ( in Chinese)

## Closed-loop supply chain coordination research with remanufacturing under patent protection

XIONG Zhong-kai<sup>1</sup>, SHEN Cheng-ran<sup>1</sup>, PENG Zhi-qiang<sup>2</sup>

1. School of Economics and Business Administration, Chongqing University, Chongqing 400030, China;

2. School of Intellectual Property Rights, Chongqing University of Technology, Chongqing 400054, China

**Abstract:** The original manufacturers have the exclusive right to remanufacture the patented products. The third party can only recycle and remanufacture the patented products with the patent licensing from the original manufacturer. There are the limited research studies about the remanufacturing intellectual property protection. Thus, a closed-loop supply chain model was constructed which indicated the protected original manufac-

turer permit the third party to remanufacture. Game theory was used to discuss the optimal decision in the decentralized and centralized model. In addition, how patent licensing impact on the used products recycling and remanufacturing was analyzed. Finally, a revenue and expense sharing contract (RAESC) including three parties is proposed to coordinate the closed-loop supply chain different from the traditional revenue sharing contract.

**Key words:** closed-loop supply chain; remanufacturing; patent licensing; revenue and expense sharing contract

附录

命题1 证明

由式(4)得  $\frac{\partial^2 \Pi}{\partial p^2} = -2b < 0$ ,  $\frac{\partial^2 \Pi}{\partial r^2} = -2\beta < 0$

故式(4)的海塞阵为  $H = \begin{bmatrix} -2b & 0 \\ 0 & -2\beta \end{bmatrix}$ , 有  $|H| = 4b\beta > 0$

所以海塞矩阵为负定的, 收益函数为凹函数, 式(4)存在最优解. 得证.

命题2 证明

分别求式(2)和(3)的二阶导数

有  $\frac{\partial \Pi_R^2(p)}{\partial p^2} = -2b < 0$ ,  $\frac{\partial \Pi_T^2(r)}{\partial r^2} = -2\beta < 0$

因此式(2)和(3)均存在最优解

联合  $\frac{\partial \Pi_R(p)}{\partial p} = 0$ ,  $\frac{\partial \Pi_T(r)}{\partial r} = 0$  求得  $p^{**}$ ,  $r^{**}$  代入式(1)求得关于  $w, f$  的二阶偏导满足  $\frac{\partial \Pi_M^2(w, f)}{\partial w^2} = -b - \gamma^2\beta < 0$ ,

$\frac{\partial \Pi_M^2(w, f)}{\partial f^2} = -\gamma^2\beta < 0$ ,  $\frac{\partial \Pi_M^2(w, f)}{\partial w \partial f} = \frac{\partial \Pi_M^2(w, f)}{\partial f \partial w} = 0$

有式(1)的海塞阵为  $H = \begin{bmatrix} -b - \gamma^2\beta & 0 \\ 0 & -\gamma^2\beta \end{bmatrix}$ , 有  $|H| = b\gamma^2\beta + \gamma^4\beta^2 > 0$

所以海塞矩阵负定, 收益函数为凹函数, 式(1)有最优解. 得证.

命题3 证明

由式(5)、(6)的一阶条件得

最优零售价格为  $p^s = \frac{\phi_1 a + bw}{2\phi_1 b}$ , 最优回收价格为  $r^s = \frac{\gamma\beta\Delta - \gamma\beta f + (1 - \gamma)\beta s - \phi_2\alpha}{2\phi_2\beta}$

要想使收益分享-费用分担契约下的供应链利润水平与集中决策的供应链利润一致, 必须满足  $p^s = p^*$  和  $r^s = r^*$ ,

即

$$\begin{cases} \frac{\phi_2 a + bw}{2b\phi_2} = \frac{a + bc_n}{2b} \\ \frac{\gamma\beta\Delta - \gamma\beta f + (1 - \gamma)\beta s - \phi_2\alpha}{2\phi_2\beta} = \frac{\gamma\beta\Delta + (1 - \gamma)\beta s - \alpha}{2\beta} \end{cases}$$

可得  $w^s = \phi_1 c_n$ ,  $f^s = \frac{(1 - \phi_2)(\gamma\Delta + s - \gamma s)}{\gamma}$

此时, 零售商、第三方再制造商和原制造商的最终利润分别为

$$\Pi_R^s = \phi_1 \frac{(a - bc_n)^2}{4b}, \quad \Pi_T^s = \phi_2 \frac{(\alpha + \beta\gamma\Delta + \beta s - \beta\gamma s)^2}{4\beta}$$

$$\Pi_M^s = \frac{1}{4} \left[ (1 - \phi_1) \frac{(a - bc_n)^2}{b} + (1 - \phi_2) \frac{(\alpha + \beta\gamma\Delta + \beta s - \beta\gamma s)^2}{\beta} \right]$$

供应链系统的总利润  $\Pi^s = \Pi_M^s + \Pi_R^s + \Pi_T^s = \Pi_M^s = \frac{1}{4} \left[ \frac{(a - bc_n)^2}{b} + \frac{(\alpha + \beta\gamma\Delta + \beta s - \beta\gamma s)^2}{\beta} \right] = \Pi^*$

若要各方均接受此合同, 需满足  $\Pi_R^s \geq \Pi_R^{**}$ ,  $\Pi_T^s \geq \Pi_T^{**}$ ,  $\Pi_M^s \geq \Pi_M^{**}$ , 易得  $\phi_1, \phi_2 \in [\frac{1}{4}, \frac{1}{2}]$ . 得证.