

专利保护与政府奖惩对闭环供应链利润的影响

梁 喜(教授), 魏承莉

【摘要】 在一个制造商、一个零售商、一个再制造商组成的闭环供应链中,以制造商为供应链主导者,构建无专利授权和有专利授权两种模式下的分析模型,探讨了专利保护和政府奖惩对闭环供应链决策的影响。结果表明:无专利授权时,随着惩罚成本上升,批发价和零售价会增加,回收价、市场和回收需求会减少,原制造商有利润最大值,而零售商和再制造商有利润最小值;有专利授权时,政府补贴不影响批发价、零售价和市场需求,但随着政府补贴上升,回收价、回收需求和授权费会增加,供应链所有成员利润都会增加;当无专利授权下的惩罚成本较大时,可以使专利授权下的批发价和零售价低于无专利授权下;当惩罚成本与政府补贴满足一定关系时,可以使原制造商和再制造商利润在有专利授权时更大。

【关键词】 闭环供应链; 专利保护; 政府奖惩; 再制造

【中图分类号】 F274

【文献标识码】 A

【文章编号】 1004-0994(2019)07-0109-10

一、引言

根据我国专利法规定,具有专利的产品只有在专利授权下才能进行生产制造,这其中包括新产品和再制造产品。然而,近年来,专利侵权的事件屡见不鲜。高通和魅族、苹果和三星之间进行了长达数年的专利之战,华为也曾控诉三星侵犯知识产权。2018年1月,酷派集团在深圳中院起诉小米等四家公司的专利侵权。同样在再制造企业中,专利侵权事件也经常发生,如佳能公司起诉Recycle Assist公司的再生墨盒侵犯了其在日本的专利,经过43个月该案以佳能公司胜诉告终,美国的再制造专利诉讼案例“创床案”“帆布车顶案”“罐头加工案”也引起了较大的社会反响。针对专利保护问题,我国政府在博鳌亚洲论坛2018年年会上明确提出要加强知识产权保护,此后中美就经贸磋商发表的联合声明中也明确表示,双方高度重视知识产权保护,同意加强合作,我国将推进包括《专利法》在内的相关法律法规修订工作。上述事件意味着我国专利保护政策及政府奖惩机制会日趋完善,对于闭环供应链企业而言,需要积极关注政策变化并充分考虑政策变化对闭环供应链系统造成的影响,这样企业才能在竞争日趋激烈的市场中发展壮大。

在闭环供应链的相关研究中,国内外学者主要关注闭环供应链的定价与协调问题,以及政府环保政策对闭环供应链决策的影响。在闭环供应链的定价与协调文献中,Savaskan等^[1]比较了制造商、零售商和第三方回收,发现零售商回收是最优选择,并探讨了零售商回收时闭环供应链的协调问题。其他国外学者还研究了新产品和再制造产品的差异^[2-4],市场需求的不稳定性^[5,6],供应链内部竞争^[7-9]以及渠道力量的影响^[10,11]。刘光富等^[12]研究了原制造商和第三方再制造商同时进行再制造的情况,并分析了双渠道模式下三种产品竞争的定价策略。洪宪培等^[13]研究了双渠道下三种回收渠道的决策。倪明等^[14]则在不确定需求条件下分析了双渠道下三种回收渠道的决策。此外,在政府环保政策对闭环供应链决策影响文献中,Mitra等^[15]对比了单独补贴制造商、单独补贴再制造商和同时补贴二者对闭环供应链决策的影响。Wang等^[16]比较了一次性补贴、回收补贴、研发补贴以及生产补贴对回收和再制造的影响,发现组合补贴的方式比单独补贴的方式更优。上述文献探讨了闭环供应链的定价与协调问题或者政府环保政策对闭环供应链决策的影响,但是并未考虑专利保护背景。

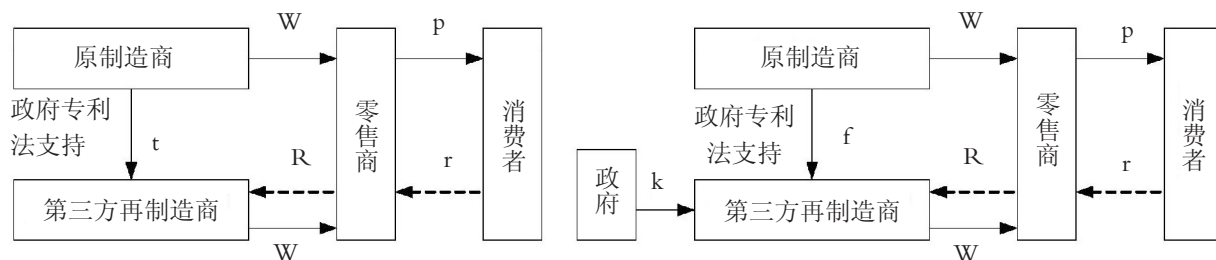
近年来,闭环供应链中的专利保护问题逐渐受到学术界的广泛关注。熊中楷等^[18]探讨了专利保护对旧产品回收的影响,并构建了收益分享和费用分担契约协调模型。申成然等^[19]研究了专利保护下闭环供应链的定价决策和协调问题。王建明^[20]在专利保护下的闭环供应链中探讨了新产品和再制造产品的差别定价问题。曹晓刚等^[21]在专利保护条件下,分析了随机市场需求时的闭环供应链定价决策问题。郑本荣等^[22]在专利保护条件下,分析了双渠道闭环供应链的定价决策与协调问题。闻卉等^[23]在原制造商有专利权且允许第三方进行再制造条件下,分析了零售商占主导时的闭环供应链最优定价策略。上述文献讨论了专利保护对闭环供应链决策的影响,但是并未考虑政府奖惩机制的影响。

国内学者申成然等^[24]在专利保护条件下,分析了政府激励回收活动的补贴机制和闭环供应链收益分享协调机制。该研究虽然探讨了政府补贴的影响,但是并不能深刻揭示为什么实践中仍然有很多再制造企业在未经专利授权下进行再制造,即专利保护政策的完善一定是在政府奖惩机制双向调节下才能实现的。鉴于此,本文在单个制造商、单个零售商、单

个第三方再制造商组成的闭环供应链中,以制造商作为闭环供应链的领导者,构建了无专利授权和有专利授权两种模式下的闭环供应链分析模型,探讨了专利保护和政府奖惩机制对闭环供应链及其成员的影响,尝试深入揭示政府奖惩机制双向调节如何有效抑制不经专利授权再制造行为和有效激励专利保护下的再制造行为。

二、问题描述与模型假设

本文考虑在一个原制造商、一个第三方再制造商和一个零售商组成的闭环供应链系统中,原制造商生产唯一产品,以价格 w 批发给零售商,然后零售商以零售价格 p 出售给消费者。假定新产品和再制造产品在功能和质量上无差别,消费者认可度也一样。Savaskan等^[1]将旧产品的回收渠道分为三种方式,即零售商回收、制造商回收和第三方回收,本文中仅考虑第一种回收方式。零售商以一定的价格 r 从消费者手中回收达到使用寿命或消费者不愿继续使用的废旧产品,第三方再制造商从零售商手中以价格 R 从零售商手中回收废旧产品,并进行再制造,再以价格 w 批发给零售商。本文将建立两种闭环供应链模式,如图所示。



两种闭环供应链模式

第一种模式是第三方再制造商未经过原制造商专利授权就进行回收再制造的模式,在该模式中考虑原制造商以专利政策为依据对第三方再制造商进行惩罚,且第三方再制造商因为没有得到专利授权不能享受再制造政府补贴;第二种模式是第三方再制造商在原制造商专利授权前提下进行回收再制造的模式,在该模式中第三方再制造商具有专利授权,因而可以享受再制造政府补贴。假设在未经专利授权模式下,第三方再制造商侵犯专利权的惩罚成本为 t ;在专利授权模式下,第三方再制造商需要支付专利授权费 f ,同时因获得专利授权而可以获得再制造政府补贴 k 。市场需求函数 $D=a-\alpha p$,其中: a 表示市场容量, α 表示消费者的价格敏感系数。原制造商生产成本为 c ,第三方再制造商生产成本为 c_0 ,且有

$c > c_0$,本文令 $h=c-c_0>0$ 。

借鉴熊中楷等^[18]、Bakal等^[25]的研究本文建立第三方再制造商回收函数 $q=m+nr$,其中: r 是回收价格; m 是在回收价格为0时消费者自愿返还的数量,该参数可表示消费者环保意识; n 是消费者的回收价格敏感系数,该值越大则表示消费者对回收价格越敏感。 m 和 n 都是非负常数, r 的取值为非负。假定第三方再制造商的再制造产品能全部售完,即 q 也是第三方再制造商的销售量。用 π_m 、 π_r 、 π_{3p} 和 π 分别表示原制造商利润、零售商利润、第三方再制造商利润和供应链整体利润。本文采用右下标 $i(i=1,2)$ 区分两种模式。当 $i=1$ 时,表示未经专利授权,政府专利法支持原制造商对第三方再制造商惩罚的模式;当 $i=2$ 时,表示在专利授权下,政府对第三方再

制造商进行补贴的模式。

三、模型分析

1. 未经专利授权的闭环供应链模式。在本模型中,原制造商和第三方再制造商构成三阶段博弈关系。原制造商先确定产品批发价格 w ,第三方再制造商根据原制造商的决策,确定自己从零售商手中的回收价格 R ,零售商根据原制造商和第三方再制造商的决定确定零售价格 p 和从消费者手中回收废旧产品的回收价格 r 。原制造商对第三方再制造商的惩罚 t 作为外生变量来考虑。

原制造商、第三方再制造商和零售商三方的利润函数分别是:

$$\pi_{m1}=tq+(w-c)(D-q) \quad (1)$$

$$\pi_{r1}=(p-w)D+(R-r)q \quad (2)$$

$$\pi_{3p1}=(w-R-r-c_0)q \quad (3)$$

采用逆向求解,即先求 π_{r1} ,再求 π_{3p1} ,最后求 π_{m1} 。先求零售商决策变量可得:

$$p_1^*=\frac{\alpha w+a}{2\alpha}, r_1^*=\frac{Rn-m}{2n} \quad (4)$$

将 p_1^* 、 r_1^* 代入 π_{3p1} ,第三方再制造商决策变量为 R_1^* :

$$R_1^*=\frac{n(w-c_0-t)-m}{2n} \quad (5)$$

原制造商决策变量为 w ,将 p_1^* 、 r_1^* 、 R_1^* 代入 π_{m1} :

$$w_1^*=[2c_0(\alpha+n)+h(n+2\alpha)+2nt+2a-m]\div(4\alpha+2n) \quad (6)$$

再将 w_1^* 代入 p_1^* 、 r_1^* 、 R_1^* ,可得:

$$r_1^*=[hn^2-m(12\alpha+7n)+2\alpha n(h-c_0+1-2t)]\div[8n(2\alpha+n)] \quad (7)$$

$$R_1^*=[hn^2-2m(n+2\alpha)+2\alpha n(h+1-c_0-2t)]\div[4n(2\alpha+n)] \quad (8)$$

$$p_1^*=[an+4\alpha^2(c_0+h)+\alpha(3c_0n+hn+3nt+12a-2m)]\div[4\alpha(4\alpha+n)] \quad (9)$$

将最终求得的最优解带入到各方的利润函数中:

$$\pi_{m1}^*=[(hn^2+(m+2a+2\alpha(h-c_0-2t))n+4\alpha m)t]\div[8(2\alpha+n)]+[(h-2t)n+2\alpha c+m-2a]\div[16(2\alpha+n)^2(4\alpha+n)]\times[hn^3+(m-4a+2\alpha(t+8h+4c_0))n^2+4\alpha n(m-3a+\alpha(5h+3c_0-t))+8\alpha^2(2\alpha c-2a+m)] \quad (10)$$

$$\pi_{r1}^*=[-2\alpha^2c_0-2\alpha^2h+\alpha(-n(\frac{3}{2}c_0+\frac{1}{2}h+\frac{3}{2}t)+m+2a)+\frac{3}{2}an]\div[2\alpha(4\alpha+n)^2(2\alpha+n)]\times[-2\alpha^3c_0-2\alpha^3h+$$

$$\alpha^2(2a+m-n(2c_0+\frac{3}{2}h+\frac{5}{2}t)-\frac{1}{4}n((t+c_0+h)n-10a)$$

$$\alpha+\frac{1}{4}an^2)]+[hn^2+(4\alpha m+n(2a+m+2\alpha(h-c_0-2t)))^2]\div[64n(2\alpha+n)^2] \quad (11)$$

$$\pi_{3p1}^*=[((\frac{1}{2}hn^2+(h-c_0-2t)\alpha+a+\frac{1}{2}m)n+2\alpha m)^2]\div[8n(2\alpha+n)^2] \quad (12)$$

命题1: w_1^* 、 p_1^* 随着 t 增大而增大。

$$\text{证明: } \frac{\partial}{\partial t}w_1^*=\frac{n}{n+2\alpha}>0, \frac{\partial}{\partial t}p_1^*=\frac{3n}{4(4\alpha+n)}>0。$$

证毕。

命题1表明,随着 t 增大, w_1^* 和 p_1^* 也增大,意味着惩罚成本被转嫁给消费者,即第三方再制造商在专利侵权下进行再制造,本来是为了逃避原制造商收取的专利费,增加自己的利润,却会遭到原制造商的惩罚,且随着原制造商惩罚力度的增大,不仅自己无法获利,还使得消费者为产品支付更高的价格。

命题2: r_1^* 、 R_1^* 、 D_1^* 与 q_1^* 随着 t 增大而减小。

$$\text{证明: } \frac{\partial}{\partial t}r_1^*=-\frac{\alpha}{2(2\alpha+n)}<0, \frac{\partial}{\partial t}R_1^*=-\frac{\alpha}{2\alpha+n}$$

$$<0, \frac{\partial}{\partial t}D_1^*=-\frac{3}{4}\frac{\alpha n}{4\alpha+n}<0, \frac{\partial}{\partial t}q_1^*=-\frac{\alpha n}{2(2\alpha+n)}<0。$$

证毕。

命题2表明,随着 t 增大, r_1^* 、 R_1^* 、 D_1^* 、 q_1^* 会减少,意味着 t 越大,越不利于回收再制造活动, D_1^* 会下降,同时也降低了废旧产品的回收数量 q_1^* 。即第三方再制造商的侵权制造反而减少了废旧产品的回收数量,而引起这一问题的原因是回收的价格降低,对消费者的激励减少了。

命题3: 当 $t\leq[-36\alpha^3c_0n-4\alpha^3hn-22\alpha^2c_0n^2+\alpha c_0n^3+\alpha hn^3-7\alpha c_0n^3+36a\alpha^2n+22a\alpha n^2+6a\alpha n^3+32\alpha^3m+22\alpha^2mn+7\alpha mn^2]\div[4\alpha n(16\alpha^2+10\alpha n+3n^2)]$ 时, Π_m 随着 t 增大而增大;当 $t>[-36\alpha^3c_0n-4\alpha^3hn-22\alpha^2c_0n^2+\alpha c_0n^3+\alpha hn^3-7\alpha c_0n^3+36a\alpha^2n+22a\alpha n^2+6a\alpha n^3+32\alpha^3m+22\alpha^2mn+7\alpha mn^2]\div[4\alpha n(16\alpha^2+10\alpha n+3n^2)]$ 时, Π_m 随着 t 增大而减小。

$$\text{证明: } \frac{\partial}{\partial t}\Pi_{m1}^*=[((-36c_0-4h-64t)n+32m)\alpha^3+$$

$$36n((-\frac{10}{9}t-\frac{11}{18}c_0)n+a+\frac{11}{18}m)\alpha^2+22n^2((\frac{1}{22}h-$$

$$\frac{6}{11}c_0-\frac{6}{11}t)n+a+\frac{7}{22}m)\alpha+6an^3]\div[8(2\alpha+n)^2(4\alpha+n)]$$

$t=0$ 时, $\pi_{m1}>0$, 当 $t=[-4\alpha^3cn-32\alpha^3c_0n-22\alpha^2c_0n^2+\alpha cn^3-7\alpha c_0n^3+36\alpha^2n+22\alpha n^2+6an^3+32\alpha^3m+22\alpha^2mn+7\alpha mn^2]\div[4\alpha n(16\alpha^2+10\alpha n+3n^2)]$ 一阶导为 0。 $\frac{\partial^2}{\partial t^2}\pi_{m1}^*=-\frac{1}{2}\frac{\alpha n(16\alpha^2+10\alpha n+3n^2)}{(2\alpha+n)^2(4\alpha+n)}<0$ 。证毕。

命题 3 表明, 在未经专利授权时, 存在最优的 t 值使得原制造商的利润最大。即原制造商在可能的情况下会将将自己的惩罚力度保持在使自己利润最大的数值, 也就是说并不是原制造商的惩罚力度定的越大, 对原制造商就越有利, 因为若惩罚力度过大, 则第三方再制造商生产数量会减少, 且总需求量也会减少, 甚至于第三方再制造商会停止再制造活动, 而这并不利于原制造商提升利润。

命题 4: 当 $t\leq[-96\alpha^4c_0n-32\alpha^4hn-112\alpha^3c_0n^2-32\alpha^3hn^2-40\alpha^2c_0n^3-10\alpha^2hn^3-3\alpha c_0n^4-\alpha hn^4+96\alpha^3n+112\alpha^2n^2+40\alpha n^3+3an^4+64\alpha^4m+80\alpha^3mn+30\alpha^2mn^2+2\alpha mn^3]\div[\alpha n(64\alpha^3+92\alpha^2n+40\alpha n^2+3n^3)]$ 时, π_{r1} 随着 t 增大而减小; 当 $t>[-96\alpha^4c_0n-32\alpha^4hn-112\alpha^3c_0n^2-32\alpha^3hn^2-40\alpha^2c_0n^3-10\alpha^2hn^3-3\alpha c_0n^4-\alpha hn^4+96\alpha^3n+112\alpha^2n^2+40\alpha n^3+3an^4+64\alpha^4m+80\alpha^3mn+30\alpha^2mn^2+2\alpha mn^3]\div[\alpha n(64\alpha^3+92\alpha^2n+40\alpha n^2+3n^3)]$ 时, π_{r1} 随着 t 增大而增大。

证明: $\frac{\partial}{\partial t}\pi_{r1}=\frac{1}{8(4\alpha+n)^2(2\alpha+n)^2}(-96\alpha^4c_0n-32\alpha^4hn-64\alpha^4nt-112\alpha^3c_0n^2-32\alpha^3hn^2-92\alpha^3n^2t-40\alpha^2c_0n^3-10\alpha^2hn^3-40\alpha^2n^3t-3\alpha c_0n^4-\alpha hn^4-3an^4t+96\alpha^3n+112\alpha^2n^2+40\alpha n^3+3an^4+64\alpha^4m+80\alpha^3mn+30\alpha^2mn^2+2\alpha mn^3)$ 。

令一阶导数等于 0, 求得阈值 t 。当 $t=0$ 时, 上式为负。 $\frac{\partial^2}{\partial t^2}\pi_{r1}=\frac{\alpha n(64\alpha^3+92\alpha^2n+40\alpha n^2+3n^3)}{8(4\alpha+n)^2(2\alpha+n)^2}>0$, 所以一阶导数单调递增。证毕。

命题 4 表明, π_{r1} 不是随着 t 增大而无限减小的, 存在一个会使零售商利润最小的 t 值。零售商的利润由销售数量和零售价格与批发价格差值两方面因素决定。由命题 1 和命题 2 可知, t 增大, 批发价增大, 零售价增大, 销售量减小, 仅从命题 1、2 无法看出零售商利润的变化情况, 而命题 4 则可以证实零售商利润会受到 t 的影响。

命题 5: 当 $t\leq(2\alpha hn-2\alpha c_0n+hn^2+2an+4\alpha m+mn)\div 4\alpha n$ 时, π_{3p1} 随着 t 增大而减小; 当 $t>(2\alpha hn-2\alpha c_0n+hn^2+2an+4\alpha m+mn)\div 4\alpha n$ 时, π_{3p1} 随着 t 增大而增大。

证明: $\frac{\partial}{\partial t}\pi_{3p1}=-\frac{1}{2}[(\frac{1}{2}hn^2+(h-c_0-2t)\alpha+a+\frac{1}{2}m)n+2\alpha m]\alpha\div(2\alpha+n)^2$, 令一阶导数等于 0, 得

到临界的 t 值。当 $t=0$ 时, 上式为负。

$\frac{\partial}{\partial t}\pi_{3p}=\frac{\alpha^2n}{(2\alpha+n)^2}>0$, 可知一阶导数单调递增。证毕。

命题 5 表明, 随着 t 增大, π_{3p1} 会减小, 但是当 t 超过一个阈值时, 若 t 继续增加, π_{3p1} 会适当回升。不过根据现实情况来看, 第三方再制造商的利润似乎只会随着 t 的增大而减小, 此处将在算例分析中论证说明命题的合理性。

2. 专利授权下的闭环供应链模式。在本模型中, 原制造商对第三方再制造商的惩罚变成了专利授权, 另外政府从环保角度考虑, 对第三方再制造商进行奖励, 系数为 k 。同样构成三阶段博弈关系。

原制造商、第三方再制造商和零售商三方的利润函数表示为:

$$\pi_{m2}=fq+(w-c)(D-q) \quad (13)$$

$$\pi_{r2}=(p-w)D+(R-r)q \quad (14)$$

$$\pi_{3p2}=(w-R-f-c_0+k)q \quad (15)$$

零售商决策变量为 p 和 r :

$$p_2^*=\frac{\alpha w+a}{2\alpha} \quad (16)$$

$$r_2^*=\frac{Rn-m}{2n} \quad (17)$$

将 p_2^* 、 r_2^* 代入 π_{3p2} , 第三方再制造商决策变量为 R_2^* :

$$R_2^*=\frac{-2\alpha c_0n-2\alpha fn+2\alpha kn+\alpha nw+an-2\alpha m}{4\alpha n} \quad (18)$$

原制造商决策变量为 w, f , 将 p_2^* 、 r_2^* 、 R_2^* 代入 π_{m2} :

$$w_2^*=\frac{\alpha c_0+\alpha h+a}{2\alpha} \quad (19)$$

$$f_2^*=\frac{-\alpha c_0n+\alpha kn+an+\alpha m}{2n\alpha} \quad (20)$$

再将 w_2^* 带入 p_2^* 、 r_2^* 、 R_2^* , 可得

$$R_2^*=\frac{hn+kn-3m}{4n} \quad (21)$$

$$r_2^*=\frac{hn+kn-7m}{8n} \quad (22)$$

$$p_2^*=\frac{\alpha c_0+\alpha h+3a}{4\alpha} \quad (23)$$

将求得的最优解代入利润函数, 可得:

$$\pi_{m2}^* = \frac{1}{16n\alpha} (2\alpha^2 c^2 n + \alpha c^2 n^2 - 2\alpha c c_0 n^2 + 2\alpha c k n^2 + \alpha c_0^2 n^2 - 2\alpha c_0 k n^2 + \alpha k^2 n^2 - 4\alpha \alpha c n + 2\alpha c m n - 2\alpha c_0 m n + 2\alpha k m n + 2a^2 n + \alpha m^2) \quad (24)$$

$$\pi_{r2}^* = \frac{1}{64\alpha n} (4\alpha^2 c^2 n + \alpha c^2 n^2 - 2\alpha c c_0 n^2 + 2\alpha c k n^2 + \alpha c_0^2 n^2 - 2\alpha c_0 k n^2 + \alpha k^2 n^2 - 8\alpha \alpha c n + 2\alpha c m n - 2\alpha c_0 m n + 2\alpha k m n + 4a^2 n + \alpha m^2) \quad (25)$$

$$\pi_{3p2}^* = \frac{1}{32} [(h+k)n+m]^2 \div n \quad (26)$$

命题6: k 不影响 w_2^* 、 p_2^* 和 D_2^* 。

证明: $w_2^* = (\alpha c_0 + \alpha h + a) \div 2\alpha$, $D_2^* = a - (\alpha c_0 + \alpha h + 3a) \div 4$, $p_2^* = (\alpha c_0 + \alpha h + 3a) \div 4\alpha$, 可以看到 w_2^* 、 D_2^* 、 p_2^* 中不含有政府补贴金额 k 。证毕。

命题6表明,在专利授权模式下, w_2^* 、 D_2^* 和 p_2^* 只与 a 、 c_0 、 α 和 h 有关,即随着 a 增大, w_2^* 、 D_2^* 和 p_2^* 都增大;随着 c_0 增大, w_2^* 和 p_2^* 增大,而 D_2^* 减小;随着 α 增大, w_2^* 、 D_2^* 和 p_2^* 都减小;随着 h 增大, w_2^* 和 p_2^* 增大,而 D_2^* 减小。但是可以看到,政府补贴金额 k 并不影响零售商利润。

命题7: R_2^* 、 r_2^* 、 q_2^* 以及 f_2^* 随着 k 的增长而增长。

证明: $\frac{\partial}{\partial k} R_2^* = \frac{1}{4} > 0$, $\frac{\partial}{\partial k} r_2^* = \frac{1}{8} > 0$, $\frac{\partial}{\partial k} q_2^* = \frac{n}{8} > 0$, $\frac{\partial}{\partial k} f_2^* = \frac{1}{2} > 0$ 。证毕。

命题7表明, k 每提高1个单位, R_2^* 会提高 $\frac{1}{4}$ 个单位, r_2^* 会提高 $\frac{1}{8}$ 个单位, q_2^* 会提高 $\frac{n}{8}$ 个单位, f_2^* 会提高 $\frac{1}{2}$ 个单位。即在专利保护下,政府补贴金额 k 的增长有利于闭环供应链回收环节,提高了消费者的积极性并增加了回收数量。

命题8: π_{m2} 、 π_{3p2} 及 π_{r2} 随着 k 的增长而增长。

证明: π_{m2} 一阶导为 $\frac{\partial}{\partial k} \pi_m^* = \frac{(h+k)n+m}{8}$, 二阶导为 $\frac{\partial^2}{\partial k^2} \pi_m^* = \frac{n}{8}$, 一阶导单调递增,且当 $k=0$ 时,一阶导大于0;二阶导大于0。 π_{r2} 一阶导为 $\frac{\partial}{\partial k} \pi_r^* = \frac{1}{32} hn + \frac{1}{32} kn + \frac{1}{32} m$, 当 $k=0$ 时,一阶导大于0,且单调递增。二阶导为 $\frac{\partial}{\partial k} \pi_{3p}^* = \frac{n}{32} > 0$ 。 π_{3p2}

一阶导为 $\frac{\partial}{\partial k} \pi_{3p}^* = \frac{1}{16} (h+k)n + \frac{1}{16} m$, 当 $k=0$ 时,一阶导大于0,且单调递增。二阶导为 $\frac{n}{16}$, 大于0。证毕。

命题8表明,随着 k 增长,闭环供应链三方都会积极支持政府补贴行为,虽然补贴直接对象是第三方再制造商,但原制造商和零售商也会间接获益,原因如下:①第三方再制造商得到政府补贴,直接增加了利润;②原制造商会间接获益,即 w_2^* 不变, D_2^* 不变, f_2^* 增加,虽然回收废旧产品会挤占一部分市场,但原制造商总利润会增加;③零售商会间接获益,利润增长源于回收再制造,即 k 增加1, R_2^* 会提高 $\frac{1}{4}$, 零售商对废旧产品的最优回收价会提高 $\frac{1}{8}$, 则零售商会多获利 $\frac{1}{4}$;此外若 k 增加1, r^* 也会提高 $\frac{n}{8}$ 。

3. 两种闭环供应链模式的比较分析。

命题9: 当 $k \geq \frac{2(-\alpha c_0 n - 2\alpha n t + a n + \alpha m)}{(2\alpha + n)n}$

时,第三方再制造商在专利授权下所获利润大于未经授权下的利润。

证明:在未经授权下, $\pi_{3p1} = [\frac{1}{2} hn^2 + n((h-c_0-2t)\alpha + a + \frac{1}{2} m)n + 2\alpha m]^2 \div [8n(2\alpha + n)^2]$, 授权下 $\pi_{3p2} = [(h+k)n+m]^2 \div 32n$ 。令两个利润相等,得 $k_1 = [2(-\alpha c_0 n - 2\alpha n t + a n + \alpha m)] \div [(2\alpha + n)n]$, $k_2 = -[2(2\alpha hn - \alpha c_0 n - 2\alpha n t + hn^2 + a n + 3\alpha m + mn)] \div [(2\alpha + n)n]$, 该函数开口向上, $k_1 > 0$, $k_2 < 0$ 。证毕。

命题9表明,当 k 和 t 符合一定条件时,第三方再制造商为追求利润最大化,会主动选择在专利授权下进行生产。即政府如果想要创造环境以促进第三方再制造商主动选择专利授权下的生产环境,不仅需要通过惩罚机制以避免第三方再制造商的侥幸心理,而且也需要适当提高对第三方再制造的补贴,以保证第三方再制造商能够获利。

命题10: 当 $t > \frac{an + \alpha m - \alpha c_0 n}{2\alpha n}$ 时, $w_2^* < w_1^*$ 。

证明:在未经专利授权模式下, $w_1^* = (2c_0 n + hn + 2\alpha c_0 + 2\alpha h + 2nt + 2a - m) \div [2(2\alpha + n)]$, 专利授权模式下则有 $w_2^* = (\alpha c_0 + \alpha h + a) \div 2\alpha$ 。令两种模式下最优的

批发价格相等,求得临界值 t_0 。证毕。

命题10表明,当供应链惩罚成本 t 高于一定阈值时,专利授权模式下产品的批发价格更低,即供应链惩罚成本 t 足够大时,专利授权情形有利于降低零售商成本。此时,零售商也会有动力打击违法再制造生产,帮助政府举报违法再制造活动。

命题11: 当 $t > \frac{2(an + \alpha m - \alpha c_0 n)}{3\alpha n}$ 时, $p_2^* < p_1^*$ 。

证明: 在未经专利授权模式下,最优零售价格 $p_1^* = [4\alpha^2 c_0 + 4\alpha^2 h + 3\alpha c_0 n + \alpha h n + 3\alpha n t + 12\alpha a + a n - 2\alpha m] \div [4\alpha(4\alpha + n)]$, 专利授权模式下的最优批发价格 $p_2^* = (\alpha c_0 + \alpha h + 3a) \div 4\alpha$ 。令两种模式下求得的最优零售价格相等,求得临界值 t_0 。证毕。

命题11表明,当供应链惩罚成本 t 高于一定阈值时,会导致专利授权下产品的零售价格更低,即供应链惩罚成本 t 足够大时,专利授权情形有利于消费者。可以看出,如果第三方再制造商侵权生产,只要原制造商惩罚力度足够大,则消费者有动力推动第三方再制造商进行专利授权生产,此时原制造商也可以鼓动消费者来保护自己专利的合法利益。

命题12: 当 $k < \frac{2(-\alpha c_0 n - 2\alpha n t + a n + \alpha m)}{(2\alpha + n)n}$ 时,

零售商从消费者回收废旧产品的最优回收价格 r^* 在专利授权模式下更低;反之,则更高。

证明: 在未经专利授权模式下, $r_1^* = [h n^2 - m(12\alpha + 7n) + 2\alpha n(h - c_0 + 1 - 2t)] \div [8n(2\alpha + n)]$, 专利授权模式下, $r_2^* = (h n + k n - 7m) \div 8n$ 。令两种模式下最优的回收价格相等,求得阈值 t 和阈值 k 。证毕。

命题12表明,当 k 和 t 符合一定条件时,零售商在专利授权模式下的回收成本更低,即满足一定条件时,零售商在专利授权模式下可以降低自己的回收成本。此时,零售商也会有动力打击违法再制造生产,帮助政府举报违法再制造活动。

命题13: 当 $k < \frac{2(-\alpha c_0 n - 2\alpha n t + a n + \alpha m)}{(2\alpha + n)n}$ 时,

$R_2^* < R_1^*$, 反之则同理。

证明: $R_1^* = (h n^2 + 2\alpha h n - 2\alpha c_0 n - 4\alpha n t + 2a n - 4\alpha m - 3m n) \div [4(2\alpha + n)n]$, $R_2^* = (h n + k n - 3m n) \div 4n$ 。令两种模式下最优的回收价格相等,求得阈值 t 和阈值 k 。证毕。

命题13表明,当 k 和 t 符合一定条件时,第三方再制造商在专利授权下的回收成本更低。此命题与命题12对应,同时也降低了零售商和第三方再制造

商的回收成本。不过此处会降低消费者的回收动力,不利于环保。

命题14: 当 $k > \frac{2(-\alpha c_0 n - 2\alpha n t + a n + \alpha m)}{(2\alpha + n)n}$ 时, q

*在专利授权模式下更高;反之,则更低。

证明: 在未经专利授权模式下,零售商从消费者手中回收的最优回收量 $q_1^* = m + (2\alpha h n - 2\alpha c_0 n - 4\alpha n t + h n^2 + 2a n - 12\alpha m - 7m n) \div [8(2\alpha + n)]$, 专利授权模式下,零售商从消费者手中回收的最优回收量 $q_2^* = m + \frac{1}{8} h n + k n - 7m$ 。令两种模式下求得的最优回

收量相等,求得阈值 g 和阈值 k 。证毕。

命题14表明,当 k 和 t 符合一定条件时,在专利授权模式下零售商回收的最优回收量更高。即专利授权可以促进回收数量的增长,提高对环境的保护力度,这是政府可以调控的依据,毕竟政府补贴第三方再制造商不是为了盈利,而是为了促进环保和废旧品的回收再制造。

命题15: 当 $t > \frac{2}{3} \times \frac{-\alpha c_0 n + a n + \alpha m}{\alpha n}$ 时, $D_2^* > D_1^*$;

反之则同理。

证明: 在未经专利授权模式下,市场需求 $D_1^* = a - (4\alpha^2 c_0 + 4\alpha^2 h + 3\alpha c_0 n + \alpha h n + 3\alpha n t + 12\alpha a + a n - 2\alpha m) \div [4(4\alpha + n)]$, $D_2^* = a - (\alpha c_0 + \alpha h + 3a) \div 4$ 。令两式相等,求得阈值。证毕。

命题15表明,当供应链惩罚成本 t 大于一定阈值时,在专利授权模式下市场需求量会更大。对该产品的市场拓展来说,有更多的人使用该产品,必然可以带动宣传,逐步增大市场的潜在需求。

命题16: 当 $t < \frac{1}{64\alpha^3 n + 40\alpha^2 n^2 + 12\alpha n^3} (-\sqrt{12}$

$(n(-(n^2 + \frac{10}{3} n\alpha + \frac{16}{3} \alpha^2) n\alpha(4\alpha + n)k^2 - 2(n^2 + \frac{10}{3}$

$n\alpha + \frac{16}{3} \alpha^2)(\Delta n + m)\alpha(4\alpha + n)k + \frac{1}{3} c(cn + 16c_0 n -$

$16n)\alpha^4 + ((\frac{16}{3} m - 6nc - \frac{16}{3} nc_0)a - \frac{1}{3} cn(cn - 11c_0 n +$

$11m)\alpha^3 + \frac{17}{3} n(a^2 + (-\frac{9}{17} nc - \frac{11}{17} nc_0 + \frac{11}{17} m)a + \frac{1}{68}$

$n^2 c_0^2 + \frac{5}{34} n(nc - \frac{1}{5} m)c_0 + \frac{1}{68} n^2 c^2 - \frac{5}{34} cmn + \frac{1}{68}$

$m^2)\alpha^2 + \frac{10}{3} n^2(-\frac{3}{10} nc - \frac{3}{10} nc_0 + a + \frac{3}{10} m)a\alpha + a^2 n^3)$

$$(2\alpha+n)^2)^{1/2}+((-4c-32c_0)n+32m)\alpha^3+(-22n^2c_0+(36a+22m)n)\alpha^2+((c-7c_0)n^3+(22a+7m)n^2)\alpha+6an^3))或者t>\frac{1}{64\alpha^3n+40\alpha^2n^2+12\alpha n^3}(\sqrt{12}((2\alpha+n)^2(-(n^2+\frac{10}{3}n\alpha+\frac{16}{3}\alpha^2)n\alpha(4\alpha+n)k^2-2(n^2+\frac{10}{3}n\alpha+\frac{16}{3}\alpha^2)(\Delta n+m)\alpha(4\alpha+n)k+\frac{1}{3}c(cn+16c_0n-16m)\alpha^4+((\frac{16}{3}m-6nc-\frac{16}{3}nc_0)a-\frac{1}{3}cn(cn-11c_0n+11m)\alpha^3+\frac{17}{3}(a^2+(-\frac{9}{17}nc-\frac{11}{17}nc_0+\frac{11}{17}m)a+\frac{1}{68}n^2c_0^2+\frac{5}{34}n(nc-\frac{1}{5}m)c_0+\frac{1}{68}n^2c^2-\frac{5}{34}cmn+\frac{1}{68}m^2)\alpha^2+\frac{10}{3}n^2(-\frac{3}{10}nc-\frac{3}{10}nc_0+a+\frac{3}{10}m)a\alpha+a^2n^3)n)^{1/2}+((-4c-32c_0)n+32m)\alpha^3+(-22n^2c_0+(36a+22m)n)\alpha^2+((c-7c_0)n^3+(22a+7m)n^2)\alpha+6an^3))时,\pi_{m2}^*>\pi_{m1}^*。$$

证明:令 $\pi_{m2}>\pi_{m1}$,求解可得。证毕。

命题 16 表明,如果原制造商的惩罚 t 和政府补贴 k 能够相互配合,可以迫使第三方再制造商选择专利授权下进行再制造,从而使原制造商实现其利润最大化。即政府和原制造商可以通过共同努力,让第三方再制造商在专利授权模式下生产,这有利于增加原制造商的利润。

命题 17: 当 $\frac{1}{128\alpha^4n+184\alpha^3n^2+80\alpha^2n^3+6\alpha n^4}$

$$(-\sqrt{12}((\frac{1}{4}n^2(n^3+\frac{40}{3}\alpha n^3+\frac{92}{3}\alpha^2n+\frac{64}{3}\alpha^3)\alpha k^2+\frac{1}{2}(m+n\Delta))n(n^3+\frac{40}{3}\alpha n^2+\frac{92}{3}\alpha^2n+\frac{64}{3}\alpha^3)\alpha k+\frac{1}{3}\alpha^2(16\alpha^2+11\alpha n+n^2)m^2+((- \frac{1}{3}\alpha c-\frac{2}{3}\alpha c_0+\frac{40}{3}a\alpha)n+\frac{64}{3}(-\frac{1}{2}\alpha\Delta+a)\alpha^2)n\alpha m+((\frac{1}{3}\alpha^2c^2+(\frac{1}{3}\alpha^2c_0-a\alpha)c+a^2+\frac{1}{3}\alpha^2c_0^2-a\alpha c_0)n^2+(\frac{8}{3}\alpha^3c^2+(6\alpha^3c_0-\frac{34}{3}a\alpha^2)c+\frac{11}{3}\alpha^2c_0^2+\frac{37}{3}a^2\alpha-\frac{40}{3}a\alpha^2c_0)n+\frac{64}{3}(-\frac{1}{2}\alpha c-\frac{1}{2}\alpha c_0+a)^2\alpha^2)n^2)(4\alpha+n)^2(2\alpha+n)^2)^{1/2}+((-64c-128c_0)n+128m)\alpha^4+((-64c-160c_0)n^2+(192a+160m)n)\alpha^3+((-20c-60c_0)n^3+(224a+60m)n^2)\alpha^2+((-2c-4c_0)n^4+(80a+4m)n^3\alpha+6an^4))时,\pi_{r1}^*<\pi_{r2}^*。$$

$$((-2c-4c_0)n^4+(80a+4m)n^3\alpha+6an^4)<t<\frac{1}{128\alpha^4n+184\alpha^3n^2+80\alpha^2n^3+6\alpha n^4}(\sqrt{12}((\frac{1}{4}n^2(n^3+\frac{40}{3}\alpha n^2+\frac{92}{3}\alpha^2n+\frac{64}{3}\alpha^3)\alpha k^2+\frac{1}{2}(m+n\Delta))n(n^3+\frac{40}{3}\alpha n^2+\frac{92}{3}\alpha^2n+\frac{64}{3}\alpha^3)\alpha k+\frac{1}{3}\alpha^2(16\alpha^2+11\alpha n+n^2)m^2+((- \frac{1}{3}\alpha c-\frac{2}{3}\alpha c_0+\frac{40}{3}a\alpha)n+\frac{64}{3}(-\frac{1}{2}\alpha\Delta+a)\alpha^2)n\alpha m+((\frac{1}{3}\alpha^2c^2+(\frac{1}{3}\alpha^2c_0-a\alpha)c+a^2+\frac{1}{3}\alpha^2c_0^2-a\alpha c_0)n^2+(\frac{8}{3}\alpha^3c^2+(6\alpha^3c_0-\frac{34}{3}a\alpha^2)c+\frac{11}{3}\alpha^2c_0^2+\frac{37}{3}a^2\alpha-\frac{40}{3}a\alpha^2c_0)n+\frac{64}{3}(-\frac{1}{2}\alpha c-\frac{1}{2}\alpha c_0+a)^2\alpha^2)n^2)(4\alpha+n)^2(2\alpha+n)^2)^{1/2}+((-64c-128c_0)n+128m)\alpha^4+((-64c-160c_0)n^2+(192a+160m)n)\alpha^3+((-20c-60c_0)n^3+(224a+60m)n^2)\alpha^2+((-2c-4c_0)n^4+(80a+4m)n^3\alpha+6an^4))时,\pi_{r1}^*<\pi_{r2}^*。$$

证明:令 $\pi_{r1}<\pi_{r2}$,求解可得。证毕。

命题 17 表明,对于零售商而言,如果原制造商的惩罚 t 和政府补贴 k 能够相互配合,则在专利授权模式下零售商可以实现其利润最大化。可见,原制造商和政府的政策在一定条件下也会影响零售商的利润,零售商应该密切关注政策以及原制造商的对策,适时采取一些措施以实现自身利润最大化。

命题 18: 当 $t>\frac{1}{128\alpha^4n+136\alpha^3n^2+80\alpha^2n^3+18\alpha n^4}$

$$((6(2\alpha+n)^2(4\alpha+n)^2(-\frac{7}{4}(n^3+\frac{40}{9}\alpha n^2+\frac{68}{9}\alpha^2n+\frac{64}{9}\alpha^3)\alpha n^2k^2-\frac{7}{2}(\Delta n+m)(n^3+\frac{40}{9}\alpha n^2+\frac{68}{9}\alpha^2n+\frac{64}{9}\alpha^3)\alpha nk+(-\alpha c_0+a)(-\alpha c+a)n^4+\frac{13}{3}(a^2+(\frac{14}{39}\alpha c-\frac{92}{39}c_0\alpha+\frac{3}{13}m)a-\frac{3}{13}((\frac{14}{9}c_0\alpha+m)c-\frac{53}{9}c_0^2\alpha)\alpha)\alpha n^3+\frac{52}{9}(a^2+(\frac{14}{13}\alpha\Delta+\frac{23}{13}m)a+\frac{9}{13}(c^2\alpha+(-\frac{32}{9}c_0\alpha+\frac{7}{18}m)c+4c_0^2\alpha-\frac{53}{18}mc_0)\alpha)\alpha^2n^2+\frac{160}{9}(\frac{4}{5}\alpha c-\frac{9}{5}c_0\alpha+a+\frac{53}{160}m)m\alpha^3n+16\alpha^4m^2))^{1/2}+((-96c+128c_0)n-128m)\alpha^4+((-72c+112c_0)n^2+(-32a-112m)n)\alpha^3+$$

$((-12c+8c_0)n^3+(-40a-8m)n^2)\alpha^2+(-6n^4c_0+(4a+6m)n^3)\alpha+6an^4)$ 时, $\pi_2^* > \pi_1^*$ 。

证明: 令 $\pi_2 > \pi_1$, 求解可得。证毕。

命题 18 表明, 如果原制造商的惩罚 t 和政府补贴 k 能够相互配合, 供应链总利润在专利授权模式下更大。可见, 专利授权有利于实现供应链总利润最大化, 即有利于实现消费者和社会福利最大化。

四、算例分析

为了更好地验证上述命题结论, 并通过算例得出一些新的启示, 本部分将对前面的模型参数进行赋值。在参数的设定中, 本文参考 Bakal 等^[25] 的假设, 并结合实际做了微小调整。设市场需求 $D=1000000-120p$, 废旧产品的供给函数(也是再制造产品的销售量)为 $q=1400+140r$, $c=400$, $c_0=150$ 。

从表 1 中可以看出: ①在给定的数值下, 对于命题 3, 临界的 t 值为 375.8; 命题 4 临界的 t 值为 764.4; 命题 5 临界的 t 值为 552.5。通过表 1 可以看出, 当 $t \geq 346.7$ 时, $\pi_{3p1} < \pi_{3p2}$, 所以在本数值假设下, 命题 3~5 只需要考虑当 $0 \leq t \leq 346.7$ 的部分。此处分析表明, 为满足数值条件, t 实际上具有一定的取值范围, 此处的算例就是在该取值范围内开展的讨论分析。当然, 针对不同的赋值, 结果会稍有变动。此处赋值是根据前人文献并结合实际稍做了修改, 所以是具有代表性的。②在未经专利授权模式下, 随着供应链惩罚成本 t 的增大, 原制造商的利润会急剧增长, 同时, 零售商和第三方再制造商的利润会急剧下降。随着 t 的增大, 供应链总利润也会下降。如果原制造商、第三方再制造商和零售商集中决策, 将不存在原制造商对第三方再制造商的惩罚。专利授权模式下, k 增大, 零售商、第三方再制造商、制造商和供应链

一定 t 值下使专利授权下的价格、需求、利润
表 2 大于或等于未授权模式下的 k 取值范围

类别	t=50		t=75		t=100	
	未授权 下数值	k 的取 值范围	未授权 下数值	k 的取 值范围	未授权 下数值	k 的取 值范围
r^*	69.3	≥ 374.7	65.4	≥ 343.2	61.4	≥ 311.6
R^*	148.7	≥ 374.7	138.3	≥ 343.2	132.9	≥ 311.6
p^*	655.2	/	659.4	/	663.7	/
w^*	507.4	/	516.6	/	525.8	/
q^*	11108	≥ 374.7	10555	≥ 343.2	10002	≥ 311.6
D^*	21377	/	20869	/	20361	/
Πm^*	1658017.4	任意值	1994050.7	任意值	2303273.4	任意值
Πr^*	4041328.6	≥ 837.1	3776854.5	≥ 780.5	3521800.3	≥ 722.9
$\Pi 3p^*$	1762647.5	≥ 374.7	1591622.6	≥ 343.2	1429323.4	≥ 311.6

注: 专利授权下政府采取表格中取值范围, 将大于未授权下求得的结果。

总利润都会上升。这里可以看出分散决策对利润的影响, 即个体利润的最大化通常会损害整体利润的最大化。

从表 2 中可以看出: ①未经专利授权模式下, 供应链惩罚成本 t 确定时, 在专利授权模式下回收再制造相关变量(r 、 R 、 q 、 π_{3p})对政府补贴 k 的取值要求是一致的, 而第三方再制造商的利润与环保行为紧密相关。②未经专利授权模式下供应链惩罚成本比较小时, 专利授权模式下制造商利润大于未经专利授权模式。③未经专利授权模式下供应链惩罚成本较小时, 专利授权模式下只有当政府补贴 k 非常大时, 零售商利润才有可能大于未经专利授权模式。不过在现实生活中很难实现, 因为原制造商更倾向于收取更高的侵权生产费, 且政府倾向于选择更小的财政支出。④要使专利授权模式下第三方再制造

表 1 不同 t 值、 k 值下的结果

策略		r^*	R^*	p^*	f^*	w^*	q^*	D^*	Πm^*	Πr^*	$\Pi 3p^*$	Π^*	备注
未经授权制造商惩罚	$t=0$	77.2	164.5	646.7	/	489	12213	22394	905518.9	4598536	2130874.6	7634929.5	
	$t=50$	69.3	148.7	655.2	/	507.4	11108	21377	1658017.4	4041328.6	1762647.5	7461993.5	
	$t=75$	65.4	138.3	659.4	/	516.6	10555	20869	1994050.7	3776854.5	1591622.6	7362527.8	
	$t=100$	61.4	132.9	663.7	/	525.8	10002	20361	2303273.4	3521800.3	1429323.4	7254397.1	
	$t=300$	29.9	69.7	697.5	/	599.5	5582	16297	3811873.2	1820479.6	445057.5	6077410.3	
	$t=346.7$	22.5	55	705.4	/	616.7	4550	15348	3917025.6	1510040.9	295654.2	5722720.7	临界值
授权下政府补贴	$k=0$	22.5	55	725	346.7	616.7	4550	13000	3408166.7	1556208.3	295750	5260125	
	$k=50$	28.75	67.5	725	371.7	616.7	5425	13000	3657541.7	1618552.1	420437.5	5696531.3	
	$k=75$	31.9	73.8	725	384.2	616.7	5863	13000	3798635.4	1653825.5	490984.4	5943445.3	
	$k=100$	35	80	725	396.7	616.7	6300	13000	3950666.7	1691833.3	567000	6209500	
	$k=150$	41.3	92.5	725	421.7	616.7	7175	13000	4287541.7	1776052.1	735437.5	6799031.3	

商利润大于未经专利授权模式,供应链惩罚成本越大时,对政府补贴金额的要求会越低。

一定k值下使专利授权下的价格、需求、利润
表 3 大于或等于未授权模式下的t取值范围

类别	k=50		k=75		k=100	
	授权下数值	t的取值范围	授权下数值	t的取值范围	授权下数值	t的取值范围
r^*	28.75	≥ 307.1	31.9	≥ 287.3	35	≥ 267.5
R^*	67.5	≥ 307.1	73.8	≥ 287.3	80	≥ 267.5
p^*	725	≤ 519.7	725	≤ 519.7	725	≤ 519.7
w^*	616.7	≤ 346.8	616.7	≤ 346.8	616.7	≤ 346.8
q^*	5425	≥ 307.1	5863	≥ 287.3	6300	≥ 267.5
D^*	13000	≥ 462.2	13000	≥ 462.2	13000	≥ 462.2
Πm^*	3657541.7	≤ 262.1	3798635.4	≤ 296.0	3950666.7	任意值
Πr^*	1618552.1	≥ 837.1	1653825.5	≥ 780.5	1691833.3	≥ 722.9
$\Pi 3p^*$	420437.5	≥ 307.1	490984.4	≥ 287.3	567000	≥ 267.5

注:未经专利授权下原制造商采取表格中t取值范围,将小于授权下求得的结果

从表3中可以看出:①专利授权模式下给定政府补贴k时,回收再制造相关变量(r 、 R 、 q 、 π_{3p})大于未经专利授权模式,对供应链惩罚成本t的取值范围的要求一致。此时可以看出,第三方再制造商的利润是与回收数量、回收价格绑定在一起,即第三方再制造商利润下降了,回收量也就下降了,即环保力度下降了。这里反映了第三方再制造商的利润与环保力度密切相关。②未经专利授权模式下供应链惩罚成本t较小时,会造成授权模式下的批发价、零售价大于未授权模式。此时可以看出,要保证再制造活动在专利授权模式下进行,一定要严厉地打击侵权行为。③当政府补贴大于一定阈值时,原制造商利润在专利授权模式下更大。由于政府补贴对整个供应链都有利,此处结论是显而易见的。④要使专利授权模式下第三方再制造商利润大于未经专利授权模式,政府补贴k越大,对未经专利授权模式下供应链惩罚成本t要求越低。即在政府提供更优的补贴政策下,第三方再制造商更可能选择在专利授权下进行再制造活动。

五、结语

本文构建了一个制造商、一个零售商和一个第三方再制造商的闭环供应链模型,分析了未经专利授权下原制造商对第三方再制造商进行惩罚和专利授权下政府补贴两种模式,并探讨了两种模式下自变量t和k对各个决策变量的影响,最后进行了算例分析。结果表明:①在未经专利授权下,惩罚成本t

越大,对原制造商越有利,但会影响回收再制造,此时对环保不利,增加了废弃品对环境的污染。②在专利授权下,k的大小不影响 w_2^* 、 p_2^* 、 D_2^* ,即不影响零售商的利润,但k越大,越能促进回收再制造,达到政府保护环境的本衷。虽然政府只补贴了第三方再制造商,但是间接影响了零售商和原制造商的最优决策,零售商和原制造商也会呼吁得到政府的补贴,随着k增大,供应链三方的利润都会增大。③当k和t满足一定条件时,可以促进市场专利授权和再制造活动,可同时满足合法条件下生产经营和保护环境,协调两者之间的矛盾。④在政府补贴情形下,提高了第三方再制造商的利润,当t和k满足一定条件时,随着t增大,原制造商利润会增加,零售商利润和闭环供应链的利润则会降低。

通过上述结论,本文得出如下管理启示:一是对于原制造商,若存在第三方再制造商侵犯了自己的专利权进行再制造,为实现利润最大化,应尽可能地提高对第三方再制造商侵权行为的惩罚力度,这印证了实践中原制造商在专利侵权索赔时提出的索赔金额通常会非常高的现象。此外,应尽可能地提高专利技术门槛,使第三方再制造商自己研发单独从事再制造变得困难,从而增加其违法再制造成本,迫使其只能在专利授权下进行生产。二是对于第三方再制造商,从长远角度考虑,应尽可能地在专利授权下从事生产活动,最好能与原制造商集中决策,避免分散决策带来的双重边际效应,使政府有足够的动力补贴再制造活动,从而获得更多利润。三是对于零售商,为了获得更大利润,可以选择出售专利技术含量低或者不含专利技术的新产品和再制造品,也可以选择出售政府补贴力度大的再制造回收产品和新产品。四是对于政府,应权衡知识产权保护力度(即侵权惩罚力度)与政府再制造补贴两种政策的互补效果,而非考虑单一政策,在减少政府投入的基础上,积极引导第三方再制造商选择专利授权生产。

主要参考文献:

[1] Savaskan R. C., Bhattachary, Van Wassenhove. Closed-loop supply chain models with product re-manufacturing[J]. Management Science, 2004(2): 239~252.
[2] 包晓英,唐志英,唐小我. 基于回收再制造的闭环供应链差异定价策略及协调[J]. 系统管理学报, 2010(5):546~552.

- [3] Subramanian R., Gupta S., Talbot B.. Product design and supply chain coordination under extended producer responsibility[J]. Production and Operations Management, 2009(3): 259~277.
- [4] Panda S.. Coordination of a socially responsible supply chain using revenue sharing contract[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2014(6): 92~104.
- [5] 郭亚军, 赵礼强, 李绍江. 随机需求下闭环供应链协调的收入费用共享契约研究[J]. 运筹与管理, 2007(6): 15~20.
- [6] 孙浩, 吴亚婷, 达庆利. 需求价格敏感下具有损失厌恶零售商的闭环供应链定价与协调[J]. 控制与决策, 2014(10): 1885~1892.
- [7] 曹晓刚, 郑本荣, 黄松等. 基于制造商竞争的再制造系统定价与协调决策[J]. 系统工程学报, 2013(4): 497~505.
- [8] 易余胤. 具竞争零售商的再制造闭环供应链模型研究[J]. 管理科学学报, 2009(6): 45~54.
- [9] Jena S. K., Sarmah S.. Price competition and co-operation in a duopoly closed-loop supply chain[J]. International Journal of Production Economics, 2014(10): 346~360.
- [10] 王文宾, 达庆利, 聂锐. 考虑渠道权力结构的闭环供应链定价与协调[J]. 中国管理科学, 2011(5): 29~36.
- [11] Choi T. M., Li Y. J., Xu L.. Channel leadership, performance and coordination in closed loop supply chains[J]. International Journal of Production Economics, 2013(1): 371~380.
- [12] 刘光富, 刘文侠. 双渠道再制造闭环供应链差异定价策略[J]. 管理科学学报, 2017(4): 625~632.
- [13] 洪宪培, 王宗军, 赵丹. 闭环供应链定价模型与回收渠道选择决策[J]. 管理学报, 2012(12): 1848~1855.
- [14] 倪明, 张族华等. 不确定需求条件下双渠道回收闭环供应链回收模式比较[J]. 系统工程, 2017(2): 60~68.
- [15] Mitra S., Webster S.. Competition in remanufacturing and the effects of government subsidies[J]. International Journal of Production Economics, 2008(2): 287~298.
- [16] Wang Y., Chang X., Chen Z., et al.. Impact of subsidy policies on recycling and remanufacturing using system dynamics methodology: A case of auto parts in China[J]. Journal of Cleaner Production, 2014(7): 161~171.
- [17] 熊中楷, 申成然, 彭志强. 专利保护下再制造闭环供应链协调机制研究[J]. 管理科学学报, 2011(6): 76~85.
- [18] 申成然, 熊中楷, 孟卫军. 考虑专利保护的闭环供应链再制造模式[J]. 系统管理学报, 2015(1): 123~129.
- [19] 王建明. 专利保护下再制造闭环供应链差别定价与协调研究[J]. 运筹与管理, 2013(3): 89~96.
- [20] 曹晓刚等. 混合需求下考虑专利保护因素的闭环供应链定价与协调[J]. 中国管理科学, 2014(10): 106~112.
- [21] 郑本荣, 杨超, 杨璐. 专利保护下双渠道闭环供应链的定价与协调决策[J]. 系统工程学报, 2017(1): 103~113.
- [22] 闻卉, 曹晓刚, 陶建平, 黎继子. 零售商价格领导权结构下考虑专利保护的闭环供应链定价策略[J]. 运筹与管理, 2017(8): 109~114.
- [23] 申成然, 熊中楷, 彭志强. 专利保护与政府补贴下再制造闭环供应链的再制造闭环供应链的决策和协调[J]. 管理工程学报, 2013(3): 132~138.
- [24] Bakal I. S., Akcali E.. Effects of random yield in remanufacturing with price-sensitive supply and demand[J]. Production and Operations Management, 2006(3): 407~420.

作者单位: 重庆交通大学经济与管理学院, 重庆 400074