

考虑再制造的技术许可交易组合选择

程晋石^{1,2}, 李帮义¹, 龚本刚², 刘志^{1,2}

(1. 南京航空航天大学经济与管理学院, 江苏 南京 210093;

2. 安徽工程大学管理工程学院, 安徽 芜湖 241000)

摘要: 技术许可交易会使得各交易方都陷入进退两难的境地. 考虑一个同时生产新产品和再制造品的再制造商与一个OEM实施技术许可交易组合的选择问题, 建立了三产品竞争下的四种交易组合博弈模型, 探求各模型代表的交易组合下的产量影响因素、各方利润高低以及环保绩效. 研究表明: 再制造商的再制造品的生产成本的变化对OEM的新产品的产量无影响; 双方只针对再制造商的新产品实施技术许可交易的可能性最小, 同时环保绩效也较差; 再制造商只为其再制造品购买技术许可是最终的交易组合, 此时环保绩效最优; 提高再制造商的新产品技术许可费用, 却可使再制造商(OEM)的利润增加(减少).

关键词: 技术许可; 再制造; 交易组合; 环境绩效

中图分类号: F224

文献标识码: A

文章编号: 1000-5781(2018)04-0551-14

doi: 10.13383/j.cnki.jse.2018.04.011

Trading portfolios selection of technology licensing with remanufacturing

Cheng Jinshi^{1,2}, Li Bangyi¹, Gong Bengang², Liu Zhi^{1,2}

(1. School of Economics and Management, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 211100, China;

2. School of Management Engineering, Anhui Polytechnic University, Wuhu 241000, China)

Abstract: Technology licensing deals can make the parties run into a dilemma. In this paper, trading portfolios selection of technology licensing between an OEM that produces a new product and a remanufacturer that produces both the same new product and remanufactured products is studied. For the four game models of trading portfolios, the factors affecting production in the trading portfolio represented by each model are studied, and each party's profit and environmental performance are compared. Results show that the production cost of the remanufactured products cannot influence the yield of the new products of the OEM. It is less likely that the parties only implement the technology licensing for the remanufacturer's new products, which experiences low environmental performance. The final trading portfolio choice by the two parties is that the remanufacturer only purchases technology licensing for its remanufactured products, while the environmental protection performance is the best. Improving technology license fees of the remanufacturer's new product can increase (reduced) the profit of the remanufacturer (OEM) unexpectedly.

Key words: technology licensing; remanufacturing; trading portfolios; environmental performance

收稿日期: 2015-07-21; 修订日期: 2016-02-18.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71771002; 71671001); 安徽省自然科学基金资助项目(1808085MG214).

1 引言

环境保护问题已成为当今社会共同关注的议题. 环境保护不只是针对环境被污染后的实施治理, 还应考虑产品生产初期的一些问题, 例如生产原料的节约使用、回收处理方式等问题^[1]. 再制造活动作为环保的最佳表现形式, 已被很多原始设备制造商(OEM)(例如Kodak、IBM和Xerox等)纳入到自身的生产经营活动中, 在满足部分用户对低价产品的需求^[2]的同时也取得较好的经济效果和环保效果^[3]. 另外, OEM可通过对其再制造品实施主动宣传的市场策略^[4], 在提高其品牌知名度的同时, 还可促使其他企业和社会公众自发履行相关环保义务, 并促进社会节约更多资源和财富, 从而达到真正可持续的环保效果.

然而, 因旧产品回收成本过高以及再制造品较之于其同类新产品市场认同感的劣势, 某些OEM并不愿意亲自对其产品实施再制造^[5]. 另外, 渠道冲突^[6]、信息分享因素^[7]以及供应链成员的公平关切倾向等问题^[8]也会对产品回收的效果产生影响. 所以, OEM这种放弃再制造的行为会诱使一些第三方企业(再制造商)参与到对某品牌产品实施的回收再制造活动. 但是, 再制造商对某OEM的回收品实施再制造时, 会涉及一些技术及法律层面的问题. 技术层面问题包括再制造前的回收拆解技术、再制造过程中的关键技术及成本节约能力; 法律层面的问题通常是指再制造技术的专利技术许可问题^[9], 即某些产品的再制造活动不仅仅是简单的回收翻新、维修或更换零部件的过程, 可能还包含技术创新以及技术知识产权转让等活动. 例如, IT服务商Sun公司就曾通过许可机制阻止其产品进入二手(再制造)市场; Cisco也要求市场购买其专有软件来运行其翻新产品^[10]. 针对再制造品的技术许可交易活动, 表面上OEM和再制造商都是有利可图的. 但是, OEM因出售专利技术获利的同时, 可能要面对其新产品被第三方厂商的再制造品挖走一部分市场份额的风险; 同样, 再制造商虽然可通过购买技术许可节约其再制造生产成本, 但可能因为高昂的技术许可费用产生较高的成本风险. 此时, 技术许可交易发生的条件是OEM必须认为再制造商的再制造产品不会对其新产品构成太大的威胁, 并且再制造商也能承担因实施技术许可购买带来的风险. 所以, 对双方来说在决策过程中都会出现类似的进退两难问题.

基于以上背景阐述, 本文将研究再制造技术许可交易下的交易组合选择问题. 再制造闭环供应链是供应链管理领域重要的研究方向, 近期此领域的文献较多. 文献[11]研究了考虑租赁返回产品的库存、再制造及租赁商之间的转运问题; 文献[12]针对零售商和第三方回收情形下的闭环供应链回收定价问题进行了研究; 文献[13]讨论了具有回收竞争特性的多再制造商博弈问题; 文献[14]建立了再制造环境下的随机动态模型, 对分散决策下的闭环供应链运作问题进行了研究; 文献[15]回收商对旧产品分类错误行为对再制造商决策的影响; 文献[16]考虑了制造商和再制造商在回收产品过程中存在竞争行为的问题; 文献[17]讨论了电子商务背景下制造商实施双渠道和产品再制造策略时的定价策略问题; 文献[18]对供应链的主导方不同和回收方式之间产生的组合优化问题以及与供应链稳定性进行了研究; 文献[19]讨论了强制减排以及碳排放权交易背景下制造商的再制造决策问题. 此外, 也有学者从再制造品的动态定价问题^[20]以及从市场的角度分析再制造品的定价问题^[21]. 另外, 涉及到技术许可的文献出现的较早. 文献[22]和文献[23]分别对化学品市场专利许可问题以及二次许可市场行为进行了讨论; 文献[24]讨论了许可和捆绑在企业市场战略中的地位及相互关系. 近期, 文献[25]对跨行业环境下的选择技术许可合作伙伴的问题进行了实证分析; 文献[26]研究了一些企业如何通过技术许可来达到保证其未来新产品的性能的目的; 文献[27]研究了拥有专利的原始制造商许可第三方再制造的闭环供应链模型; 文献[28]研究了不同专利许可模式下再制造商负责回收废旧品再制造的闭环供应链模型. 可见, 这些文献都表现出技术许可对市场上各方合作的推动作用.

由所列文献得知, 当前关于再制造闭环供应链和技术许可的研究点较多, 内容也非常广泛. 显然, 再制造和技术许可这两个活动都需要通过环保绩效的度量才可以更好地体现其延伸价值. 但是, 可发现所列文献大部分是以博弈各主体的经济效益最大化为目标来研究问题, 并未从整条供应链的范围考虑环保绩效的问

题. 另外, 只有文献[27,28]涉及到再制造产品的专利许可问题, 并且只有文献[18]考虑供应链的决策组合选择问题, 但鲜见有文献考虑供应链成员交易组合问题.

基于此, 本文将建立原始设备制造商与再制造商在不同交易组合下的博弈模型, 得出三产品的最优产量和各方利润; 然后, 分析各类成本对各产品产量的影响以及各交易组合下的相关参数变化对两方的利润变化及排序的影响; 最后从环境影响及环保效果两个角度分析了各交易组合的环保绩效.

2 技术许可交易模型

2.1 问题描述与符号说明

本文讨论一个原始设备制造商(OEM)和一个再制造商(remanufacturer, REM)之间的技术许可交易组合问题. OEM生产拥有某种技术优势的新产品(A品), 但考虑其品牌价值, 故不对其回收产品实施再制造. REM因市场需要也生产同类新产品(B品), 但因其新产品的消费者购买意愿(willingness to pay, WTP)较低, 所以其同时也对市场上的回收品(包括市场上的A品和B品)实施再制造生产(C品). 假设市场上的可供回收的旧产品量足以满足REM的再制造需要, 即REM的回收量不受前一期新产品产量的约束.

REM可针对B品或C品中的关键技术向OEM购买技术许可, 即双方进行技术许可交易(technology license deal, TLD), 这种关键技术的使用可使其产品单位生产成本降低^[29]. 此时, REM在和OEM实施TLD时会产生四种交易组合(如图1所示): 1)双方对B品和C品都实施TLD; 2)双方只对B品实施TLD; 3)双方只对C品实施TLD; 4)B品和C品都不实施TLD. 消费者可以辨识新产品的厂商和旧产品, 所以这三类产品的WTP不会改变, 且这三类产品都可市场出清.

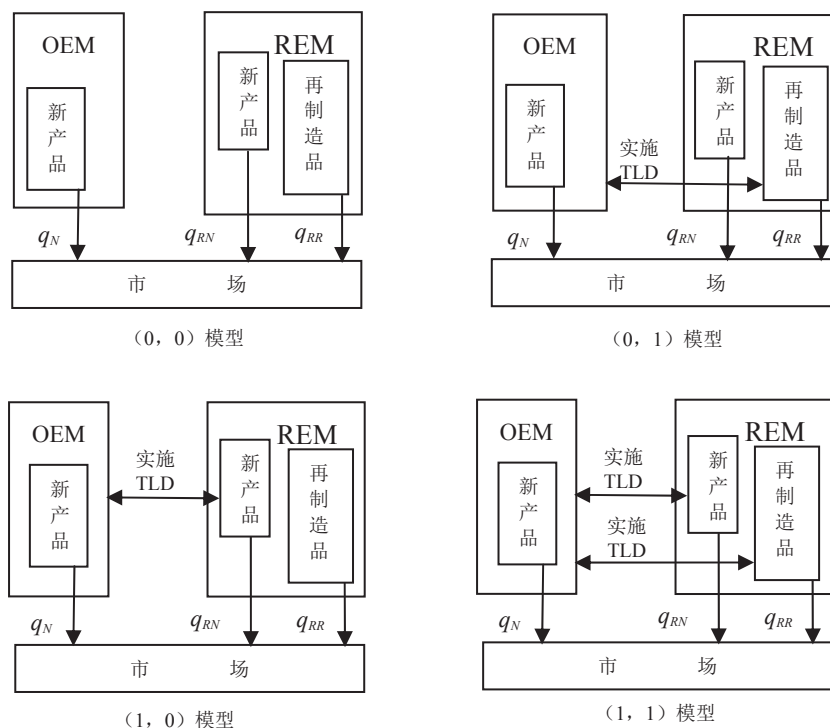


图1 考虑再制造品的四种技术许可交易组合

Fig. 1 Four types of TLD portfolios of considering remanufactured products

符号说明如下:

p_N 、 p_{RN} 、 p_{RR} 分别为A品、B品和C品的市场价格; 由文献[30], 本文选取三类产品的产量为各方的决策变量, 规定 q_N (OEM的决策变量)、 q_{RN} 和 q_{RR} (REM的决策变量)分别为A品、B品和C品的产量; 1 、 α 和 β 分别

为这三类产品的WTP, 显然 $0 < \beta < \alpha < 1$. 沿用文献[31]的推导思想, 本文假定三类产品的需求替代关系为 $p_N = 1 - q_N - \alpha q_{RN} - \beta q_{RR}$, $p_{RN} = \alpha(1 - q_N - q_{RN}) - \beta q_{RR}$ 和 $p_{RR} = \beta(1 - q_N - q_{RN} - q_{RR})$ (推导过程见附录).

c_N 、 c_{RN} 和 c_{RR} 分别为A品、B品和C品的单位生产成本. 由三产品特点得 $0 < c_{RR} < c_N < c_{RN} < 1$, 即由于REM的技术劣势, 其B品的生产成本要高于OEM的新产品, 但其C品的生产成本低于OEM的新产品; 双方若对B品和C品实施TLD后, 单位生产成本分别为 $c_{RNL} = c_{RN} - \varepsilon_N$ 和 $c_{RRL} = c_{RR} - \varepsilon_R$, 并且每单位产品需支付给OEM技术许可费分别为 w_N 和 w_R . 这里, 显然 $w_R < w_N$. 另外, 只有当 $w_N < \varepsilon_N$, $w_R < \varepsilon_R$ 时, REM才会考虑实施TLD. 除了OEM和REM的决策变量, 以上所述参数皆为外生参数. 由于产品标识较明确, 假定即使对B品或C品实施了TLD, 市场对REM的产品认同度不会超过OEM的新产品.

假设此供应链的销售、回收、再制造以及再制造后的销售等活动同时发生. 用 (i, j) 表示前述四种交易组合, 其中 $i = 0, 1$ 分别表示双方对B品不实施TLD和实施TLD, $j = 0, 1$ 分别表示双方对C品不实施TLD 和实施TLD. π 表示OEM或REM的利润, 其下标M和R表示分别表示OEM和REM, 上标 $*(i, j)$ 表示某交易组合下的最优值. 各产品的最优产量的最优值表达形式与 π 相同.

2.2 双方对B品和C品都不实施TLD-(0, 0)模型

双方的利润函数为

$$\pi_M^{(0,0)} = (p_N - c_N)q_N, \quad (1)$$

$$\pi_R^{(0,0)} = (p_{RN} - c_{RN})q_{RN} + (p_{RR} - c_{RR})q_{RR}. \quad (2)$$

双方为Cournot博弈. 首先, 由 $\frac{d^2 \pi_M^{(0,0)}}{dq_N^{(0,0)^2}} = -2$, 所以 $\frac{d\pi_M^{(0,0)}}{dq_N^{(0,0)}} = 0$ 的一阶条件为OEM的最优决策. 另外,

由REM的利润函数可求得其海赛矩阵为 $\mathbf{H} = \begin{bmatrix} -2\alpha - 2\beta \\ -2\beta - 2\beta \end{bmatrix}$, 知海赛矩阵为负定的, 故REM的利润函数为凹函数, 即其存在最优解. 对双方利润函数分别求关于 q_N 、 q_{RN} 和 q_{RR} 的一阶导数并令其为零, 联合解方程组可得(其他三个模型的最优解存在性验证及求解方法相同):

$$q_N^{*(0,0)} = \frac{2 - \alpha - 2c_N + c_{RN}}{4 - \alpha}, \quad (3)$$

$$q_{RN}^{*(0,0)} = \frac{2\beta - 2\alpha - 2\alpha c_N + 2\beta c_N}{2(4 - \alpha)(\beta - \alpha)} + \frac{4c_{RN} - \beta c_{RN} - 4c_{RR} + \alpha c_{RR}}{2(4 - \alpha)(\beta - \alpha)}, \quad (4)$$

$$q_{RR}^{*(0,0)} = \frac{\beta c_{RN} - \alpha c_{RR}}{2\beta(\alpha - \beta)}. \quad (5)$$

$$\pi_M^{*(0,0)} = \frac{(2 - \alpha - 2c_N + c_{RN})^2}{(\alpha - 4)^2}, \quad (6)$$

$$\pi_R^{*(0,0)} = \frac{(\alpha + \alpha c_N - 2c_{RN})}{2(4 - \alpha)(\beta - \alpha)} \cdot \frac{(4c_{RR} - 4c_{RN} + \alpha(2 + 2c_N - c_{RR}) - \beta(2 + 2c_N - c_{RN}))}{2(4 - \alpha)(\beta - \alpha)} + \frac{(\beta(2 + 2c_N - c_{RN}) - c_{RR}(4 - \alpha))(\beta c_{RN} - \alpha c_{RR})}{4\beta(4 - \alpha)(\alpha - \beta)}. \quad (7)$$

命题1 在(0, 0)模型中, $q_N^{*(0,0)}$ 对 c_N 的变化最敏感, 对 c_{RN} 的变化较敏感, c_{RR} 的变化对 $q_N^{*(0,0)}$ 不起作用; $q_N^{*(0,0)}$ 对三类成本的变化都有反应; $q_{RN}^{*(0,0)}$ 对 c_{RR} 的变化最敏感, 对 c_{RN} 的变化较为敏感, 对 c_N 的变化不敏感.

由命题1得知, B品可视为中间型产品, 其生产成本 c_{RN} 对各类产品的产量都有一定的影响. 所以, c_{RN} 的变化对OEM和REM在实施决策时影响较大. 由此结论可知, (0, 0)模型下各类产品的产量除了对本身的生产成本最敏感以外, 对REM的新产品的生产成本的变化较为敏感. A品(C品)的生产成本变化对C品(A品)的产量却没有任何影响, 说明B品的生产成本是OEM在实施产量决策时必须注意的因素.

2.3 双方只对C品实施TLD-(0,1)模型

双方的利润函数为

$$\pi_M^{(0,1)} = (p_N - c_N)q_N + q_{RR}w_R, \quad (8)$$

$$\pi_R^{(0,1)} = (p_{RN} - c_{RN})q_{RN} + (p_{RR} - c_{RR} - w_R)q_{RR}. \quad (9)$$

双方Cournot博弈的结果为

$$q_N^{*(0,1)} = \frac{2 - \alpha - 2c_N + c_{RN}}{4 - \alpha}, \quad (10)$$

$$q_{RN}^{*(0,1)} = \frac{2\beta - 2\alpha - 2\alpha c_N + 2\beta c_N + 4c_{RN} - \beta c_{RN} - 4c_{RR} + \alpha c_{RR} + 4\varepsilon_R - \alpha\varepsilon_R - 4w_R + \alpha w_R}{2(\alpha - 4)(\alpha - \beta)}, \quad (11)$$

$$q_{RR}^{*(0,1)} = \frac{\beta c_{RN} - \alpha c_{RR} + \alpha\varepsilon_R - \alpha w_R}{2\beta(\alpha - \beta)}, \quad (12)$$

$$\pi_M^{*(0,1)} = \frac{(2 - \alpha - 2c_N + c_{RN})^2}{(\alpha - 4)^2} - \frac{w_R(\alpha(c_{RR} - \varepsilon_R + w_R) - \beta c_{RN})}{2\beta(\alpha - \beta)}, \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \pi_R^{*(0,1)} = & \frac{(\alpha + \alpha c_N - 2c_{RN})(\alpha(2 + 2c_N - c_{RR} + \varepsilon_R - w_R) - \beta(2 + 2c_N - c_{RN}))}{2(\alpha - 4)^2(\alpha - \beta)} - \\ & \frac{2(c_{RN} - c_{RR} + \varepsilon_R - w_R)}{(\alpha - 4)^2(\alpha - \beta)} + \frac{(\beta(2 + 2c_N - c_{RN}))}{4\beta(\alpha - 4)(\alpha - \beta)} + \\ & \frac{(\alpha - 4)(c_{RR} - \varepsilon_R + w_R)(\alpha(c_{RR} - \varepsilon_R + w_R) - \beta c_{RN})}{4\beta(\alpha - 4)(\alpha - \beta)}. \end{aligned} \quad (14)$$

命题2 在(0,1)模型中, c_{RN} 的变化会对三产品的产量都造成影响; ε_R 和 w_R 的变化不会对 $q_N^{*(0,1)}$ 造成影响; ε_R 的增加会使 $q_{RR}^{*(0,1)}$ 挤占一部分 $q_{RN}^{*(0,1)}$, w_R 的变化对 $q_{RR}^{*(0,1)}$ 影响比其对 $q_{RN}^{*(0,1)}$ 的影响要大. 证明见附录.

与命题1相同, 命题2也表明B品生产成本的变化直接影响三类产品的产量; ε_R 的增加代表OEM的研发努力增加, 此时OEM可借助于增加其值来达到增加A品市场份额的目的; 此时, OEM若要确保一定的产量, 可考虑与REM只针对C品实施TLD; 而REM若与OEM只针对C品实施TLD, 必然会降低自己B品的市场份额.

2.4 双方只对B产品实施TLD-(1,0)模型

两方的利润函数为

$$\pi_M^{(1,0)} = (p_N - c_N)q_N + q_{RN}w_N, \quad (15)$$

$$\pi_R^{(1,0)} = (p_{RN} - c_{RN} - w_N)q_{RN} + (p_{RR} - c_{RR})q_{RR}. \quad (16)$$

双方Cournot博弈的结果为

$$q_N^{*(1,0)} = \frac{2 - \alpha - 2c_N + c_{RN} - \varepsilon_N + w_N}{4 - \alpha}, \quad (17)$$

$$q_{RN}^{*(1,0)} = \frac{2\alpha - 2\beta + 2\alpha c_N - 2\beta c_N - 4c_{RN} + \beta c_{RN} + 4c_{RR} - \alpha c_{RR} + 4\varepsilon_N - \beta\varepsilon_N - 4w_N + \beta w_N}{2(4 - \alpha)(\alpha - \beta)}, \quad (18)$$

$$q_{RR}^{*(1,0)} = \frac{\beta c_{RN} - \alpha c_{RR} - \beta\varepsilon_N + \beta w_N}{2\beta(\alpha - \beta)}, \quad (19)$$

$$\begin{aligned} \pi_M^{*(1,0)} = & \frac{(2 - \alpha - 2c_N + c_{RN} - \varepsilon_N + w_N)^2}{(\alpha - 4)^2} + \\ & \frac{w_N(\alpha(2 + 2c_N - c_{RR}) - \beta(2 + 2c_N - c_{RN} + \varepsilon_N - w_N) - 4(c_{RN} - c_{RR} - \varepsilon_N + w_N))}{2(\alpha - 4)(\beta - \alpha)}, \end{aligned} \quad (20)$$

$$\begin{aligned} \pi_R^{*(1,0)} = & \frac{(\alpha(1+c_N) - 2(c_{RN} - \varepsilon_N + w_N))}{2(\alpha-4)^2} \times \\ & \frac{(\alpha(2+2c_N - c_{RR}) - \beta(2+2c_N - c_{RN} + \varepsilon_N - w_N) - 4(c_{RN} - c_{RR} - \varepsilon_N + w_N))}{(\alpha-\beta)} + \\ & \frac{(c_{RR}(\alpha-4) + \beta(2+2c_N - c_{RN} + \varepsilon_N - w_N))(\alpha c_{RR} - \beta(c_{RN} - \varepsilon_N + w_N))}{4\beta(\alpha-4)(\alpha-\beta)}. \end{aligned} \quad (21)$$

命题3 在(1,0)模型中, ε_N 和 w_N 的变化对三类产品的产量都有影响; ε_N 、 w_N 的变化对 $q_{RN}^{*(1,0)}$ 的影响最大, 对 $q_{RR}^{*(1,0)}$ 也较大, 对 $q_N^{*(1,0)}$ 的影响较小. 证明见附录.

由命题2中 ε_R 和 w_R 的变化只对B品和C品的产量有影响, 以及命题3中 ε_N 和 w_N 的变化对三类产品的产量都有影响得知, 双方只实施B品的TLD时, 对双方决策判断准确度的影响较大. 另外得到, 双方若只实施B品的TLD, OEM需要考虑此交易会对A品的市场份额造成影响与利润之间的权衡. 结合命题2, 说明 ε_N 和 w_N 的变化对三类产品产量的影响程度较之于 ε_R 和 w_R 要大.

2.5 双方对B品和C品都实施TLD-(1,1)模型

双方的利润函数为

$$\pi_M^{(1,1)} = (p_N - c_N)q_N + q_{RN}w_N + q_{RR}w_R, \quad (22)$$

$$\pi_R^{(1,1)} = (p_{RN} - c_{RN} - w_N)q_{RN} + (p_{RR} - c_{RR} - w_R)q_{RR}. \quad (23)$$

双方Cournot博弈的结果为

$$q_N^{*(1,1)} = \frac{2 - \alpha - 2c_N + c_{RN} - \varepsilon_N + w_N}{4 - \alpha}, \quad (24)$$

$$\begin{aligned} q_{RN}^{*(1,1)} = & \frac{2\alpha - 2\beta + 2\alpha c_N - 2\beta c_N - 4c_{RN} + \beta c_{RN} + 4c_{RR} - \alpha c_{RR} + 4\varepsilon_N - \beta\varepsilon_N}{2(4-\alpha)(\alpha-\beta)} + \\ & \frac{\alpha\varepsilon_R - 4\varepsilon_R - 4w_N + \beta w_N + 4w_R - \alpha w_R}{2(4-\alpha)(\alpha-\beta)}, \end{aligned} \quad (25)$$

$$q_{RR}^{*(1,1)} = \frac{\beta c_{RN} - \alpha c_{RR} - \beta\varepsilon_N + \alpha\varepsilon_R + \beta w_N - \alpha w_R}{2\beta(\alpha-\beta)}, \quad (26)$$

$$\begin{aligned} \pi_M^{*(1,1)} = & \frac{(2 - \alpha - 2c_N + c_{RN} - \varepsilon_N + w_N)^2}{(\alpha-4)^2} + \frac{w_R(\beta(c_{RN} - \varepsilon_N + w_N) - \alpha(c_{RR} - \varepsilon_R + w_R))}{2\beta(\alpha-\beta)} + \\ & \frac{w_N(\alpha(2+2c_N - c_{RR} + \varepsilon_R - w_R) - \beta(2+2c_N - c_{RN} + \varepsilon_N - w_N))}{2(\alpha-4)(\beta-\alpha)} - \\ & \frac{2w_N(c_{RN} - c_{RR} - \varepsilon_N + w_N + \varepsilon_R - w_R)}{(\alpha-4)(\beta-\alpha)}, \end{aligned} \quad (27)$$

$$\begin{aligned} \pi_R^{*(1,1)} = & \frac{(\alpha(1+c_N) - 2(c_{RN} - \varepsilon_N + w_N))}{(\alpha-\beta)} \times \\ & \left(\frac{\beta(-2 - 2c_N + c_{RN} - \varepsilon_N + w_N) + \alpha(2+2c_N - c_{RR} + \varepsilon_R - w_R)}{2(\alpha-4)^2} - \right. \\ & \left. \frac{2(c_{RN} - c_{RR} - \varepsilon_N + \varepsilon_R + w_N - w_R)}{(\alpha-4)^2} \right). \end{aligned} \quad (28)$$

命题4 在(1,1)模型中, (1) c_{RN} 、 ε_N 和 w_N 变化对 $q_N^{*(1,1)}$ 的影响相同, c_N 的变化对 $q_N^{*(1,1)}$ 影响较大; (2) c_{RN} 、 ε_N 和 w_N 变化对 $q_{RN}^{*(1,1)}$ 影响相同; (3) REM的B品(C品)所属参数的变化对 $q_{RR}^{*(1,1)}$ ($q_{RN}^{*(1,1)}$)的影响相同; (4) c_{RR} 、 ε_R 和 w_R 的变化对 $q_{RR}^{*(1,1)}$ 的影响相同. 证明见附录.

命题4表明, A品的产量对其自身生产成本的变化最敏感, 所以OEM若想提高A品的市场份额, 就必须首先考虑如何降低其产品的生产成本. 另外, 由命题4的(3)得知, 若考虑同时对两类产品都实施TLD, REM就必

须在其两类产品的产量比例分配时要考虑到各参数的变化对其产量影响相同的情形, 一个参数的变化同时影响到两类产品的产量变化.

2.6 产量综合分析

为得到四种交易组合下双方的产量, 本节对四种每种模型下产量进行比较分析, 有下列结论:

命题5 各交易组合下三类产品的产量大小顺序表述如下:

$$\begin{aligned}
 & q_N^{*(1,1)} = q_N^{*(1,0)} < q_N^{*(0,1)} = q_N^{*(0,0)}; \\
 & \text{当 } \frac{4-\beta}{4-\alpha} > \frac{\varepsilon_R - w_R}{\varepsilon_N - w_N} \text{ 时, } & q_{RN}^{*(0,1)} < q_{RN}^{*(0,0)} < q_{RN}^{*(1,1)} < q_{RN}^{*(1,0)}; \\
 & \text{当 } \frac{4-\beta}{4-\alpha} < \frac{\varepsilon_R - w_R}{\varepsilon_N - w_N} \text{ 时, } & q_{RN}^{*(0,1)} < q_{RN}^{*(1,1)} < q_{RN}^{*(0,0)} < q_{RN}^{*(1,0)}; \\
 & \text{当 } \frac{\beta}{\alpha} < \frac{\varepsilon_R - w_R}{\varepsilon_N - w_N} \text{ 时, } & q_{RR}^{*(1,0)} < q_{RR}^{*(0,0)} < q_{RR}^{*(1,1)} < q_{RR}^{*(0,1)}; \\
 & \text{当 } \frac{\beta}{\alpha} > \frac{\varepsilon_R - w_R}{\varepsilon_N - w_N} \text{ 时, } & q_{RR}^{*(1,0)} < q_{RR}^{*(1,1)} < q_{RR}^{*(0,0)} < q_{RR}^{*(0,1)}.
 \end{aligned}$$

证明 将各产量两两相减, 易得到各条件下的排序. 证明过程略.

命题5表明, 只要针对B品实施TLD的结果相同, 是否为C品实施TLD都不会对 q_N 造成影响, 但对B品实施TLD将影响 q_N . 因此, 若OEM较为重视A品的市场份额, 其与REM对B品实施TLD时必须非常谨慎. 另外, REM可通过对其B品实施TLD从而提高 q_{RN} . 若着眼于蚕食A品的市场份额, REM可考虑对B品实施TLD. 从产量的角度看, OEM可能只接受(0,1)交易组合或不与REM实施技术许可交易; REM却面临着较难的产量决策选择, 因为B品也是其与OEM进行产量竞争的重要手段, 是其无法放弃的. 通常情况下, REM可能只会为其某一类产品实施TLD, 但最终取决于其未来的竞争策略, 是着眼于新产品还是针对再制造品的市场份额问题.

3 各交易组合的利润比较

本节将通过数值分析探求各参数的变化对各交易组合下双方利润的影响. 同样, 各参数的基础恒定赋值和变化区间与3.2节相同. 针对不同交易组合首先赋与某些非考虑参数相应的固定值, 并给出所需考虑参数的变化区间. 各参数的基础恒定赋值为 $c_N = 0.3$, $c_{RN} = 0.4$, $c_{RR} = 0.1$, $w_N = 0.07$, $\varepsilon_N = 0.08$, $w_R = 0.05$, $\varepsilon_R = 0.06$, $\alpha = 0.6$ 和 $\beta = 0.3$. 由图2~图9可得到如下结论.

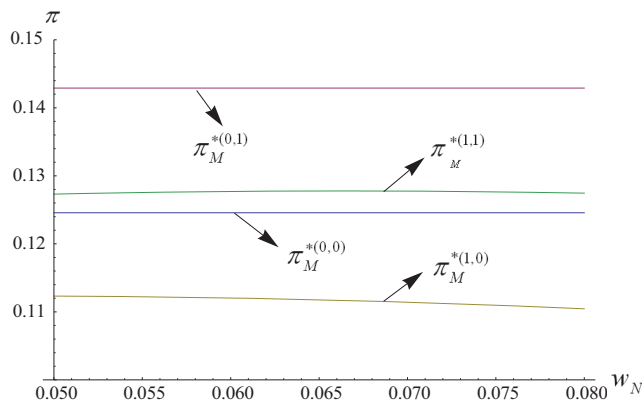


图2 w_N 的变化对四种交易组合下OEM利润的影响

Fig. 2 w_N 's change influencing on the OEM's profits

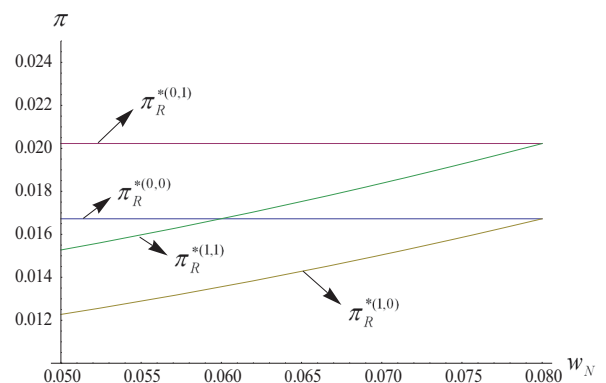


图3 w_N 的变化对四种交易组合下REM利润的影响

Fig. 3 w_N 's change influencing on the REM's profits

结论1 无论 w_N 和 ε_N 在其区间内如何变化,OEM的利润遵循 $\pi_M^{*(1,0)} < \pi_M^{*(0,0)} < \pi_M^{*(1,1)} < \pi_M^{*(0,1)}$; w_N 和 ε_N 的变化对四种交易组合下的REM利润大小排序的影响不确定。

由结论1得知,无论 w_N 和 ε_N 在其区间如何变化,对于OEM来说(0,1)交易组合是最优的,同时(1,0)交易组合为最劣,并且 w_N 和 ε_N 的变化不会影响各交易组合下的OEM的利润排序,但影响REM的利润排序.另外由图2~图5得知, $\pi_R^{*(0,1)} > \pi_R^{*(0,0)}$ 和 $\pi_R^{*(1,1)} > \pi_R^{*(1,0)}$ 总是成立,说明对C产品实施TLD会增加REM的利润,同时会对OEM的利润造成负影响。

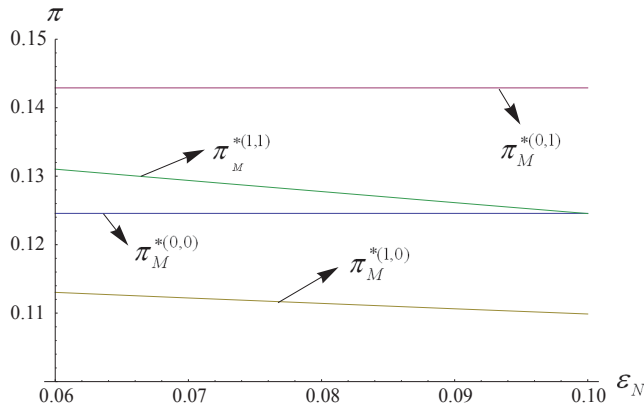


图4 ε_N 的变化对四种交易组合下OEM利润的影响

Fig. 4 ε_N 's change influencing on the OEM's profits

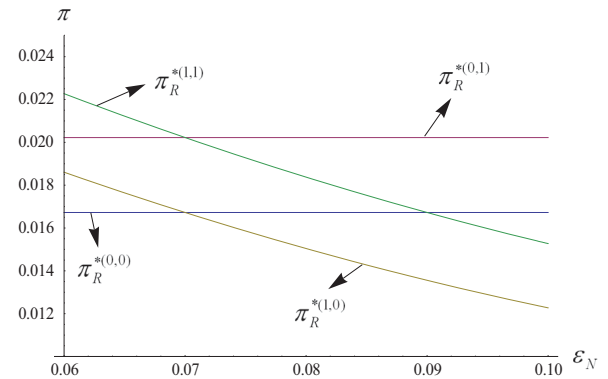


图5 ε_N 的变化对四种交易组合下REM利润的影响

Fig. 5 ε_N 's change influencing on the REM's profits

结论2 w_N 的增加使 $\pi_R^{*(1,1)}$ 和 $\pi_R^{*(1,0)}$ ($\pi_M^{*(1,1)}$ 和 $\pi_M^{*(1,0)}$)增加(减少), ε_N 的增加使 $\pi_R^{*(1,1)}$ 、 $\pi_R^{*(1,0)}$ 、 $\pi_M^{*(1,1)}$ 和 $\pi_M^{*(1,0)}$ 减少; $\pi_M^{*(1,1)}$ 总是大于 $\pi_M^{*(0,0)}$; 当 w_N 较小时, $\pi_R^{*(1,1)}$ 小于 $\pi_R^{*(0,0)}$; 当 ε_N 较小时, $\pi_R^{*(1,1)}$ 可能大于 $\pi_R^{*(0,1)}$ 。

结论2给出了有趣的启示,作为REM的成本支出(OEM的收入)的 w_N ,其增加却使 $\pi_R^{*(1,1)}$ 和 $\pi_R^{*(1,0)}$ ($\pi_M^{*(1,1)}$ 和 $\pi_M^{*(1,0)}$)增加(减少);作为REM收益增加因素的 ε_N ,其增加却使 $\pi_R^{*(1,1)}$ 和 $\pi_R^{*(1,0)}$ 都有所降低.这说明当双方只实施B品的TLD时,REM主动增加 w_N 却可以增加自身利润,并同时使OEM的利润降低,此策略具有一定隐蔽性.结论2中也给出较为反常识的启示,即作为REM的收益增加因素 ε_N 较小时,当双方已经对C品实施TLD后,再对B品实施TLD却对REM有利。

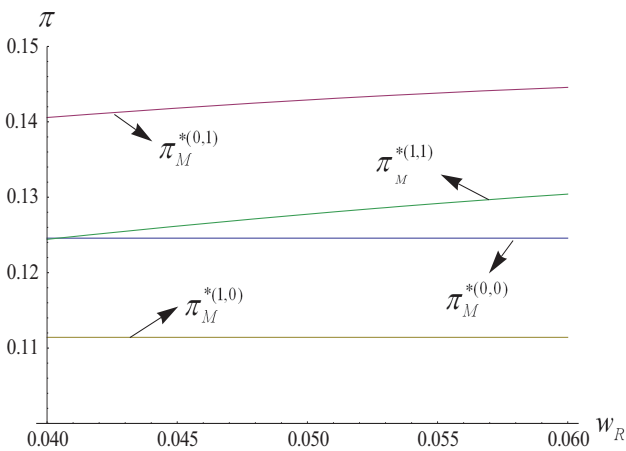


图6 w_R 的变化对四种交易组合下OEM利润的影响

Fig. 6 w_R 's change influencing on the OEM's profits

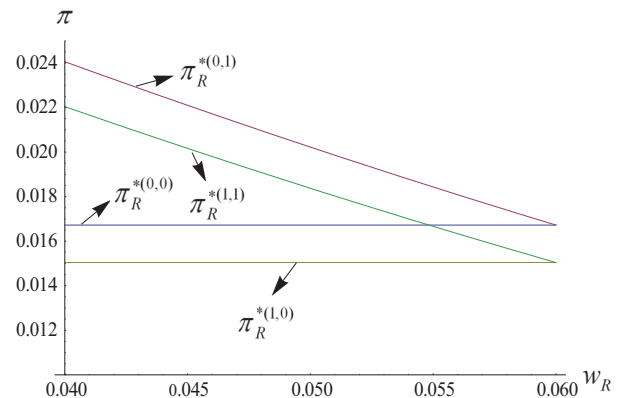


图7 w_R 的变化对四种交易组合下REM利润的影响

Fig. 7 w_R 's change influencing on the REM's profits

结论3 无论 w_R 和 ε_R 在其区间如何变化, $\pi_M^{*(0,1)}$ 和 $\pi_R^{*(0,1)}$ 都最大且 $\pi_M^{*(1,0)}$ 和 $\pi_R^{*(1,0)}$ 都最小; w_R 的增加使 $\pi_M^{*(0,1)}$ 和 $\pi_M^{*(1,1)}$ ($\pi_R^{*(0,1)}$ 和 $\pi_R^{*(1,1)}$)增加(减少); ε_R 增加使 $\pi_M^{*(0,1)}$ 、 $\pi_M^{*(1,1)}$ 、 $\pi_R^{*(0,1)}$ 和 $\pi_R^{*(1,1)}$ 都增加。

由结论3得到, 在 w_R 和 ε_R 的变化区间内, 双方可能只针对C品实施TLD且避免只对B品实施TLD; OEM若能投入更多的研发资源在C品上从而增加 ε_R , 这样会增加两方的利润从而促进双方的合作.

相比于其他交易组合, (0,1)交易组合可使双方都较为满意, 而(1,0)交易组合则相反, 这说明REM只为其B品实施TLD会让OEM的A品受到威胁, 并会受到OEM的反抗, 同时也解释了为何 w_N 增加反而会降低OEM的利润并且会增加REM的利润. 虽然 w_R 的增加会使REM的利润降低, 但 ε_R 增加会使REM利润增加且增幅更大, 总体上REM利润得到增加. 综上, 从利润的角度看, OEM和REM都会倾向于(0,1)交易组合, 且都不愿选择(1,0)交易组合. 这说明, REM对B品的技术许可的决策过程中需要非常慎重. 通常, 处于技术劣势的REM可能会将其技术许可资源用于B品, 以求在未来新产品的市场竞争中尽量不落后于OEM, 但从短期看, 有限的资源用于再制造品是较为经济的.

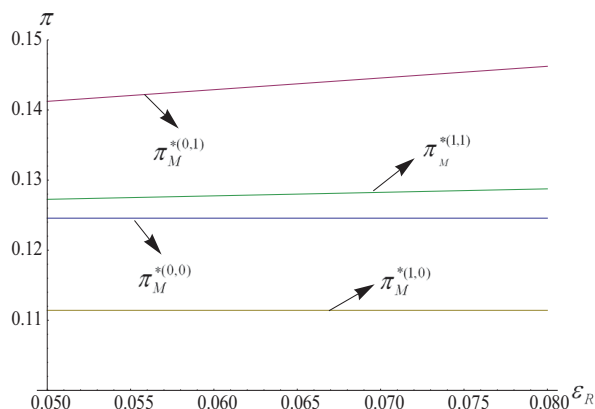


图8 ε_R 的变化对四种交易组合下OEM利润的影响

Fig. 8 ε_R 's change influencing on the OEM's profits

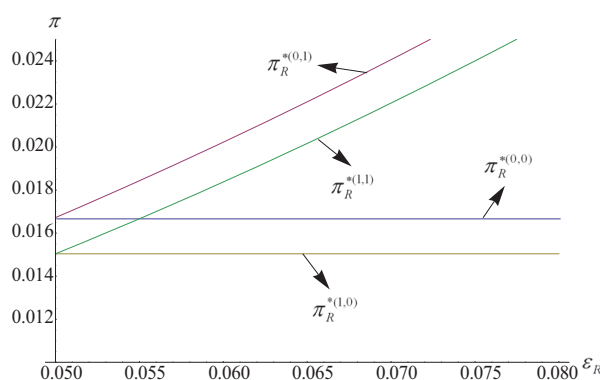


图9 ε_R 的变化对四种交易组合下REM利润的影响

Fig. 9 ε_R 's change influencing on the REM's profits

4 各交易组合的环境绩效

由于三产品中包含了环保意义较明显的再制造品, 所以实施TLD后对各交易组合的环境绩效有何影响是这个大系统必须考虑的问题. 本节分别从环境影响和环保效果两个角度对各交易组合的环境绩效排序进行分析.

4.1 环境影响

本节研究四种交易组合下三产品对环境造成影响的排序问题. 参考文献[32,33]的定义, 采用 E 和 e 来分别表示单位新产品(A品和B品)和单位再制造品(C品)对环境的影响(包括生产和使用时对环境的影响), S 代表各交易组合下各产品对环境的总影响. 所以, 各交易组合下三类产品对环境造成的总影响为 $S^{(i,j)} = (q_N^{(i,j)} + q_{RN}^{(i,j)})E + q_{RR}^{(i,j)}e$, 其中 $i = 0$ 或 1 和 $j = 0$ 或 1 的组合, 代表各策略组合. 令

$$H = \frac{(2\alpha\beta - 4\beta - \beta^2)\varepsilon_N + (\alpha\beta - 4\beta)\varepsilon_R + (4\beta - 2\alpha\beta + \beta^2)w_N + (4\beta - \alpha\beta)w_R}{(\alpha - 4)\beta\varepsilon_N + (\alpha^2 - 4\alpha)\varepsilon_R + (4 - \alpha)\beta w_N + (4\alpha - \alpha^2)w_R},$$

得到命题6.

命题6 当 $\frac{4 - 2\alpha + \beta}{4 - \alpha} < \frac{e}{E}$ 时, $S^{(1,0)} < S^{(0,0)}$ 且 $S^{(1,1)} < S^{(0,1)}$; 当 $H < \frac{e}{E} < \frac{4 - 2\alpha + \beta}{4 - \alpha}$ 时, $S^{(0,0)} < S^{(1,0)}$ 且 $S^{(0,1)} < S^{(1,1)}$; 当 $\frac{e}{E} < H$ 时, $S^{(0,1)} < S^{(1,1)} < S^{(0,0)} < S^{(1,0)}$; 当 $\frac{e}{E} = \frac{\beta}{\alpha}$ 时, $S^{(0,1)} = S^{(0,0)} < S^{(1,0)} < S^{(1,1)}$; 当 $\frac{e}{E} = H$ 时, $S^{(0,0)} < S^{(0,1)} = S^{(1,0)} < S^{(1,1)}$; 当 $\frac{e}{E} = \frac{4 - 2\alpha + \beta}{4 - \alpha}$ 时, $S^{(0,0)} = S^{(1,0)} < S^{(0,1)} = S^{(1,1)}$.

证明见附录.

命题6表明, 当 e/E 较大(C品对环境的影响接近于新产品)时, 对B品实施TLD可以减少市场的产品对环境造成的影响; 当 e/E 适中时, 可发现对B品实施TLD反而会增加两类产品对环境造成的不利影响; 当 e/E 较小(再制造品对环境的影响较之于新产品很小)时, 只对C品实施TLD对环境造成的影响是最小的, 而此时只对B品实施TLD对环境造成的影响最大. 这些结论都表明 e/E 是个重要的参考指标, 其大小直接影响到双方实施TLD选择时对环境影响的考量.

4.2 环保效果

本小节将考察各交易组合下的环保效果优劣. 回收率是较为直观的环保效果数据, 故选取各交易组合下的回收率来度量环保效果. 令 $t^{*(i,j)} = \frac{q_{RR}^{*(i,j)}}{q_N^{*(i,j)} + q_{RN}^{*(i,j)} + q_{RR}^{*(i,j)}}$, 其中 $i = 0$ 或 $1, j = 0$ 或 1 . 由于各交易组合回收率之差的解析式过于复杂且涉及的参数较多, 故通过数值分析来探求各交易组合的环保效果高低. 各基础参数赋值和变化参数的区间与第3节相同, 可得到图10~图13, 并得到如下结论.

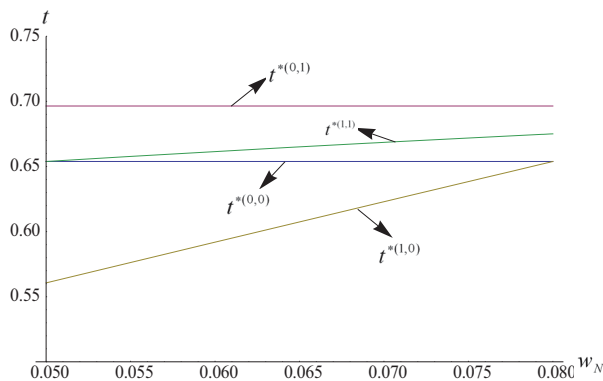


图 10 w_N 的变化对四种交易组合下回收率的影响

Fig. 10 w_N 's change influencing on the recovery rate

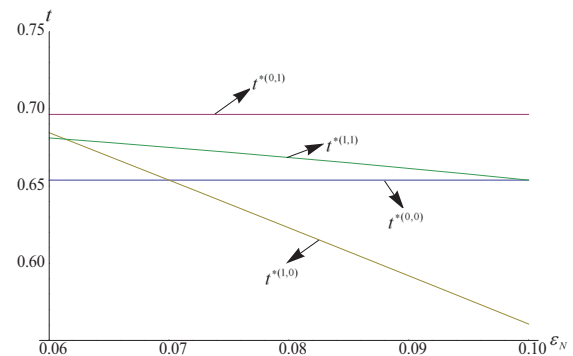


图 11 ε_N 的变化对四种交易组合下回收率的影响

Fig. 11 ε_N 's change influencing on the recovery rate

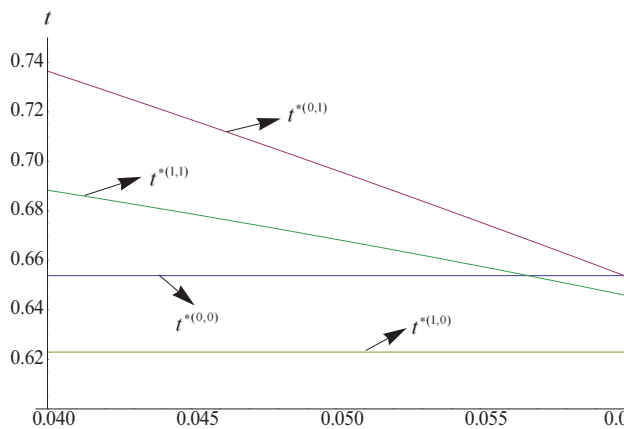


图 12 w_R 的变化对四种交易组合下回收率的影响

Fig. 12 w_R 's change influencing on the recovery rate

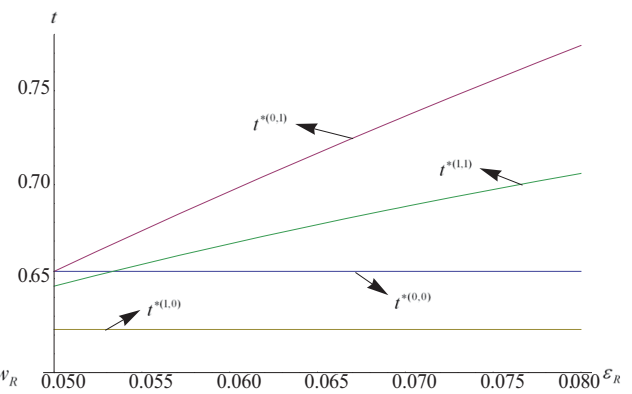


图 13 ε_R 的变化对四种交易组合下回收率的影响

Fig. 13 ε_R 's change influencing on the recovery rate

结论 4 无论 w_N 、 ε_N 、 w_R 和 ε_R 在其区间如何变化, $t^{*(0,1)}$ 最大且 $t^{*(1,0)}$ 最小; w_N (ε_N)增加使 $t^{*(1,1)}$ 和 $t^{*(1,0)}$ 增加(减少); w_R (ε_R)增加使 $t^{*(0,1)}$ 和 $t^{*(1,1)}$ 减少(增加).

由结论4得知, (0,1)交易组合的回收率最高, (1,0)交易组合的回收率最低, 说明技术许可资源全部流向C品时可最大化地促进回收率的提高. 另外, (1,1)交易组合的回收率比(0,0)交易组合的略高, 说明当有部分技术许可资源流向C品就会增加回收率. 结论4同时也表明对B品实施TLD费用的提高会使REM将有限的资金转向C品. 较大的 ε_N 将提高REM对其B品实施TLD后效果的期望值, 这将导致回收率的降低.

综上,从环境的角度看,回收率代表供应链中核心企业的环保绩效,环境影响代表政府的环保绩效。OEM作为供应链上的核心企业,应当考虑积极地与REM实施C品的TLD,这可以最大限度地促进REM回收再制造活动。若回收过程较为困难,OEM还可以给予REM一定的补贴。从环境影响的角度看,各交易组合的优劣取决于 e/E 的大小,这取决于产品特性、回收难易度和可利用次数等多方面因素。

5 结束语

包含再制造的技术许可交易活动会使交易各方在决策过程中处于进退两难的境地。基于三类产品共存于市场的情形,本文考虑原始设备制造商与再制造商的决策选择的组合问题,建立了三产品竞争下的四个技术许可交易博弈模型,得到各交易组合下各类成本对产量的影响,并得到各方利润和环境绩效的排序。结果表明:再制造品的生产成本变化对原始设备制造商新产品的产量没有影响,但再制造的新产品相关参数的变化对另两类产品的产量都有影响;从利润的角度看,双方只针对再制造商的再制造品(新产品)实施技术许可交易是最优的(最劣的),但再制造商的新产品技术许可费增加却可使再制造商利润增加;从环保的角度看,新产品的研究投入高会影响回收率,并且双方只针对再制造品实施技术许可交易是最优的交易组合。

当然,本文研究的是OEM和再制造商实施一对一的再制造技术许可交易问题,并未考虑多个厂商之间的交易情形。另外,本文假设市场上回收量不受前期新产品产量的约束,若加入此约束,则更符合大型设备再制造的现实情形。这些问题都会在今后的研究中不断完善。

参考文献:

- [1] 计国君,黄位旺. WEEE回收条例有效实施问题研究. 管理科学学报, 2012, 15(5): 1-9.
Ji G J, Huang W W. Effective implementation of WEEE take-back directive. Journal of Management Sciences in China, 2012, 15(5): 1-9. (in Chinese)
- [2] Subramanian R, Subramanyam R. Key factors in the market for remanufactured products. Manufacturing & Service Operations Management, 2012, 14(2): 315-326.
- [3] Geyer R, Van Wassenhove L N, Atasu A. The impact of limited component durability and finite life cycles on remanufacturing profit. Management Science, 2007, 53(1): 88-100.
- [4] Atasu A, Sarvary M, Van Wassenhove L N. Remanufacturing as a marketing strategy. Management Science, 2008, 54(10): 1731-1746.
- [5] Ferguson M. Strategic issues in closed-loop supply chains with remanufacturing. Auerbach Publications, 2010.
- [6] 易余胤,袁江. 渠道冲突环境下的闭环供应链协调定价模型. 管理科学学报, 2012, 15(1): 54-65.
Yi Y Y, Yuan J. Pricing coordination of closed-loop supply chain in channel conflicts environment. Journal of Management Sciences in China, 2012, 15(1): 54-65. (in Chinese)
- [7] 聂佳佳. 零售商信息分享对闭环供应链回收模式的影响. 管理科学学报, 2013, 16(5): 69-82.
Nie J J. Effects of retailer information sharing on collecting modes of closed-loop supply chain. Journal of Management Sciences in China, 2013, 16(5): 69-82. (in Chinese)
- [8] 杜少甫,杜婵,梁樑,等. 考虑公平关切的供应链契约与协调. 管理科学学报, 2010, 13(11): 41-48.
Du S F, Du C, Liang L, et al. Supply chain coordination considering fairness concerns. Journal of Management Sciences in China, 2010, 13(11): 41-48. (in Chinese)
- [9] Oraopoulos N, Ferguson M E, Toktay L B. Relicensing as a secondary market strategy. Management Science, 2012, 58(5): 1022-1037.
- [10] Marion J. Sun under fire-For Fixing Solaris OS costs to reduce competition in used Sun market. Association of Service and Computer Dealers International(ASCDI), 2004,(6).
- [11] 李勇建,许垒. 租赁返回产品的回收再制造活动协调机制研究. 系统工程学报, 2012, 27(3): 370-382.
Li Y J, Xu L. Coordination on remanufacturing activity in rental industry. Journal of Systems Engineering, 2012, 27(3): 370-382. (in Chinese)
- [12] 王文宾,达庆利. 零售商与第三方回收下闭环供应链回收与定价研究. 管理工程学报, 2010, 24(2): 130-134.
Wang W B, Da Q L. The study on collection and pricing for closed-loop supply chain with retailer and the third party collecting. Journal of Industrial Engineering and Engineering Management, 2010, 24(2): 130-134. (in Chinese)

- [13] 李响, 李勇建. 多再制造商回收定价竞争博弈. 管理工程学报, 2012, 26(2): 72–76.
Li X, Li Y J. A Non-cooperative game on the acquisition pricing of multiple remanufacturers. Journal of Industrial Engineering and Engineering Management, 2012, 26(2): 72–76. (in Chinese)
- [14] 赵晓敏. 再制造不确定的MR闭环供应链系统建模与仿真研究. 管理科学, 2013, 25(6): 23–34.
Zhao X M. Modeling and simulation on the MR closed-loop supply chain system of uncertain remanufacturing. Journal of Management Science, 2013, 25(6): 23–34. (in Chinese)
- [15] Gu Q, Tagaras G. Optimal collection and remanufacturing decisions in reverse supply chains with collector's imperfect sorting. International Journal of Production Research, 2014, 52(17): 5155–5170.
- [16] Bulmus S C, Zhu S X, Teunter R. Competition for cores in remanufacturing. European Journal of Operational Research, 2014, 233(1): 105–113.
- [17] 徐峰, 侯云章, 高俊. 电子商务背景下制造商渠道定价与再制造策略研究. 管理科学, 2014, 27(2): 74–81.
Xu F, Hou Y Z, Gao J. A Study on Manufacturer's channel pricing and remanufacturing strategies based on E-commerce background. Journal of Management Science, 2014, 27(2): 74–81. (in Chinese)
- [18] 公彦德. 主导模式和回收方式最优组合与供应链稳定性. 系统工程学报, 2014, 29(1): 85–95.
Gong Y D. Optimal combination of dominant mode and recovery mode for supply chain stability. Journal of Systems Engineering, 2014, 29(1): 85–95. (in Chinese)
- [19] 申成然, 熊中楷. 碳排放约束下制造商再制造决策研究. 系统工程学报, 2014, 29(4): 537–549.
Sheng C R, Xiong Z K. Production decisions of the manufacturer remanufacturing under carbon emission constraint. Journal of Systems Engineering, 2014, 29(4): 537–549. (in Chinese)
- [20] Xiong Y, Li G, Zhou Y, et al. Dynamic pricing models for used products in remanufacturing with lost-sales and uncertain quality. International Journal of Production Economics, 2014, 147: 678–688.
- [21] Yalabik B, Chhajed D, Petruzzi N C. Product and sales contract design in remanufacturing. International Journal of Production Economics, 2014, 154: 299–312.
- [22] Arora A. Patents, licensing, and market structure in the chemical industry. Research Policy, 1997, 26(4): 391–403.
- [23] Muto S. Possibility of relicensing and patent protection. European Economic Review, 1987, 31(4): 927–945.
- [24] Costa L A, Dierickx I. Licensing and bundling. International Journal of Industrial Organization, 2002, 20(2): 251–267.
- [25] Kim Y J, Vonortas N S. Technology licensing partners. Journal of Economics and Business, 2006, 58(4): 273–289.
- [26] Lichtenthaler U. Licensing technology to shape standards: Examining the influence of the industry context. Technological Forecasting and Social Change, 2012, 79(5): 851–861.
- [27] 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. 管理科学学报, 2011, 14(6): 76–85.
Xiong Z K, Shen C R, Peng Z Q. Closed-loop supply chain coordination research with remanufacturing under patent protection. Journal of Management Sciences in China, 2011, 14(6): 76–85. (in Chinese)
- [28] 易余胤, 阳小栋. 不同专利许可模式下的再制造闭环供应链模型. 计算机集成制造系统, 2014, 20(9): 2305–2312.
Yi Y Y, Yang X D. Remanufacturing closed-loop supply chain model under different patent licensing mode. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2014, 20(9): 2305–2312. (in Chinese)
- [29] 钟德强, 罗定提, 仲伟俊, 等. 异质产品Cournot寡头竞争企业替代技术许可竞争策略分析. 系统工程理论与实践, 2007, 27(9): 24–37.
Zhong D Q, Luo D T, Zhong W J, et al. Licensing strategies in a differentiated cournot oligopoly. Systems Engineering: Theory & Practice, 2007, 27(9): 24–37. (in Chinese)
- [30] Orsdemir A, Kemahlioglu Ziya E, Parlakturk A K. Competitive quality choice and remanufacturing. Production and Operations Management, 2014, 23(1): 48–64.
- [31] Yin S, Ray S, Gurnani H, et al. Durable products with multiple used goods markets: Product upgrade and retail pricing implications. Marketing Science, 2010, 29(3): 540–560.
- [32] Agrawal V V, Ferguson M, Toktay L B, et al. Is leasing greener than selling? Management Science, 2012, 58(3): 523–533.
- [33] Atasu A, Souza G C. How does product recovery affect quality choice? Production and Operations Management, 2013, 22(4): 991–1010.

作者简介:

程晋石(1978—), 男, 安徽淮南人, 博士, 副教授, 研究方向: 供应链管理、绿色供应链管理, Email: cjs@ahpu.edu.cn;

李帮义(1963—), 男, 山东邹平人, 博士, 博士生导师, 教授, 研究方向: 供应链管理、委托—代理理论, Email: libangyi@263.net;

龚本刚(1973—), 男, 安徽金寨人, 博士, 教授, 研究方向: 物流与供应链管理、决策理论, Email: bggong@ahpu.edu.cn;

刘 志(1985—), 男, 安徽合肥人, 博士生, 讲师, 研究方向: 供应链管理与优化, Email: liuzhi0551@126.com.

附录

需求函数推导

假定三产品的效用分别为 U_N , U_{RN} 和 U_{RR} , $\theta \in (0, 1)$ 指市场上的用户偏好. 因此, 得到三产品消费者费用分别为 $U_N = \theta - p_N$, $U_{RN} = \alpha\theta - p_{RN}$ 和 $U_{RR} = \beta\theta - p_{RR}$. 由 $U_N > U_{RN}$, $U_{RN} > U_{RR}$ 和 $U_{RR} > 0$, 可得 $\theta_1^* = \frac{p_N - p_{RN}}{1 - \alpha}$, $\theta_2^* = \frac{p_{RN} - p_{RR}}{\alpha - \beta}$ 和 $\theta_3^* = \frac{p_{RN}}{\beta}$. 基于这三个等式, 可得

$$\begin{aligned} q_N &= 1 - \theta_1^* = 1 - \frac{p_N - p_{RN}}{1 - \alpha}, \\ q_{RN} &= \theta_1^* - \theta_2^* = \frac{p_N - p_{RN}}{1 - \alpha} - \frac{p_{RN} - p_{RR}}{\alpha - \beta}, \\ q_{RR} &= \theta_2^* - \theta_3^* = \frac{p_{RN} - p_{RR}}{\alpha - \beta} - \frac{p_{RN}}{\beta}. \end{aligned}$$

然后对三等式联立, 可解得

$$\begin{aligned} p_N &= 1 - q_N - \alpha q_{RN} - \beta q_{RR}, \\ p_{RN} &= \alpha(1 - q_N - q_{RN}) - \beta q_{RR}, \\ p_{RR} &= \beta(1 - q_N - q_{RN} - q_{RR}). \end{aligned}$$

证毕.

命题1

证明 由

$$\begin{aligned} \frac{\partial q_N^{*(0,0)}}{\partial c_N} &= \frac{2}{-4 + \alpha} < 0, & \frac{\partial q_N^{*(0,0)}}{\partial c_{RN}} &= \frac{1}{4 - \alpha} > 0, \\ \frac{\partial q_{RN}^{*(0,0)}}{\partial c_N} &= \frac{2\alpha - 2\beta}{2(4 - \alpha)(\alpha - \beta)} > 0, & \frac{\partial q_{RN}^{*(0,0)}}{\partial c_{RN}} &= \frac{4 - \beta}{2(4 - \alpha)(\beta - \alpha)} < 0, \\ \frac{\partial q_{RN}^{*(0,0)}}{\partial c_{RR}} &= \frac{1}{2(\alpha - \beta)} > 0, & \frac{\partial q_{RR}^{*(0,0)}}{\partial c_{RN}} &= \frac{1}{2(\alpha - \beta)} > 0, \\ \frac{\partial q_{RR}^{*(0,0)}}{\partial c_{RR}} &= \frac{-\alpha}{2\beta(\alpha - \beta)} < 0, \end{aligned}$$

可得命题1.

证毕.

命题2

证明 可发现 $q_N^{*(0,1)}$ 中只包含 c_N 和 c_{RN} 这两个参数, 说明其他参数的变化不会对其造成影响; 由

$$\begin{aligned} \frac{\partial q_{RN}^{*(0,1)}}{\partial \varepsilon_R} &= \frac{4 - \alpha}{2(\alpha - \beta)(-4 + \alpha)} < 0, \\ \frac{\partial q_{RR}^{*(0,1)}}{\partial \varepsilon_R} &= \frac{\alpha}{2\beta(\alpha - \beta)} > 0, \end{aligned}$$

得到 ε_R 和 $q_{RR}^{*(0,1)}$ 正相关, 和 $q_{RN}^{*(0,1)}$ 反相关; 由

$$\begin{aligned} \frac{\partial q_{RN}^{*(0,1)}}{\partial w_R} &= \frac{1}{2(\alpha - \beta)} > 0, \\ \frac{\partial q_{RR}^{*(0,1)}}{\partial w_R} &= \frac{-\alpha}{2\beta(\alpha - \beta)} < 0 \end{aligned}$$

得到 $\frac{\partial q_{RN}^{*(0,1)}}{\partial w_R} - \left| \frac{\partial q_{RR}^{*(0,1)}}{\partial w_R} \right| < 0$, 说明 w_R 的变化对 $q_{RN}^{*(0,1)}$ 影响比对 $q_{RR}^{*(0,1)}$ 的影响大.

证毕.

命题3

证明 由 $q_N^{*(1,0)}$ 、 $q_N^{*(1,0)}$ 和 $q_N^{*(1,0)}$ 可知,三个量中都有 ε_N 和 w_N ,即 ε_N 和 w_N 的变化对三类产品的产量都会造成影响;对 $\frac{\partial q_N^{*(1,0)}}{\partial \varepsilon_N}$ 、 $\frac{\partial q_{RN}^{*(1,0)}}{\partial \varepsilon_N}$ 和 $\frac{\partial q_{RR}^{*(1,0)}}{\partial \varepsilon_N}$ 两两比较,并对 $\frac{\partial q_N^{*(1,0)}}{\partial w_N}$ 、 $\frac{\partial q_{RN}^{*(1,0)}}{\partial w_N}$ 和 $\frac{\partial q_{RR}^{*(1,0)}}{\partial w_N}$ 两两比较,可得 ε_N 、 w_N 的变化对 $q_{RN}^{*(1,0)}$ 的影响最大,对 $q_{RR}^{*(1,0)}$ 也较大,对 $q_N^{*(1,0)}$ 的影响较小. 证毕.

命题4

证明 由

$$\left| \frac{\partial q_N^{*(1,1)}}{\partial c_{RN}} \right| = \left| \frac{\partial q_N^{*(1,1)}}{\partial \varepsilon_N} \right| = \left| \frac{\partial q_N^{*(1,1)}}{\partial w_N} \right| = \frac{1}{4-\alpha}$$

得到, c_{RN} 、 ε_N 和 w_N 变化对 $q_N^{*(1,1)}$ 的影响相同;由

$$\left| \frac{\partial q_N^{*(1,1)}}{\partial c_N} \right| > \left| \frac{\partial q_{RN}^{*(1,1)}}{\partial c_N} \right|$$

得到, c_N 的变化对 $q_N^{*(1,1)}$ 影响较大;由

$$\left| \frac{\partial q_{RN}^{*(1,1)}}{\partial c_{RN}} \right| = \left| \frac{\partial q_{RN}^{*(1,1)}}{\partial \varepsilon_N} \right| = \left| \frac{\partial q_{RN}^{*(1,1)}}{\partial w_N} \right| = \frac{4-\beta}{2(4-\alpha)(\alpha-\beta)}$$

得到, c_{RN} 、 ε_N 和 w_N 的变化对 $q_{RN}^{*(1,1)}$ 的影响相同;由

$$\left| \frac{\partial q_{RN}^{*(1,1)}}{\partial c_{RR}} \right| = \left| \frac{\partial q_{RN}^{*(1,1)}}{\partial \varepsilon_R} \right| = \left| \frac{\partial q_{RN}^{*(1,1)}}{\partial w_R} \right| = \left| \frac{\partial q_{RR}^{*(1,1)}}{\partial c_{RN}} \right| = \left| \frac{\partial q_{RR}^{*(1,1)}}{\partial \varepsilon_N} \right| = \left| \frac{\partial q_{RR}^{*(1,1)}}{\partial w_N} \right| = \frac{1}{2(\alpha-\beta)}$$

得到,REM的B品(C品)所属参数的变化对 $q_{RR}^{*(1,1)}$ ($q_{RN}^{*(1,1)}$)的影响相同;由

$$\left| \frac{\partial q_{RR}^{*(1,1)}}{\partial c_{RR}} \right| = \left| \frac{\partial q_{RR}^{*(1,1)}}{\partial \varepsilon_R} \right| = \left| \frac{\partial q_{RR}^{*(1,1)}}{\partial w_R} \right| = \frac{\alpha}{2\beta(\alpha-\beta)}$$

得到, c_{RR} 、 ε_R 和 w_R 变化对 $q_{RR}^{*(1,1)}$ 的影响相同.

证毕.

命题5

证明 由 $S^{(0,1)} - S^{(0,0)} = S^{(1,1)} - S^{(1,0)} = \frac{(\varepsilon_R - w_R)(\alpha e - \beta E)}{2\beta(\alpha - \beta)}$,可得当 $\frac{e}{E} < \frac{\beta}{\alpha}$ 时, $S^{(0,1)} < S^{(0,0)}$ 且 $S^{(1,1)} < S^{(1,0)}$;由 $S^{(0,1)} - S^{(1,0)} = S^{(1,1)} - S^{(0,0)}$,可得当 $\frac{e}{E} < H$ 时, $S^{(0,1)} < S^{(1,0)}$ 且 $S^{(1,1)} < S^{(0,0)}$;同理由 $S^{(1,0)} - S^{(0,0)} = S^{(1,1)} - S^{(0,1)}$,可得当 $\frac{e}{E} < \frac{4-2\alpha+\beta}{4-\alpha}$ 时, $S^{(0,1)} < S^{(1,1)}$ 且 $S^{(0,0)} < S^{(1,0)}$,即当 $\frac{e}{E} > \frac{4-2\alpha+\beta}{4-\alpha}$ 时, $S^{(1,0)} < S^{(0,0)}$ 且 $S^{(1,1)} < S^{(0,1)}$. 易证 $\frac{\beta}{\alpha} < H < \frac{4-2\alpha+\beta}{4-\alpha}$,通过比较易得当 $H < \frac{e}{E} < \frac{4-2\alpha+\beta}{4-\alpha}$ 时, $S^{(0,0)} < S^{(1,0)}$ 且 $S^{(0,1)} < S^{(1,1)}$;当 $\frac{e}{E} < H$ 时, $S^{(0,1)} < S^{(1,1)} < S^{(0,0)} < S^{(1,0)}$. 令 $e = \frac{E\beta}{\alpha}$,由 $(S^{(0,1)} - S^{(1,0)}) = (S^{(0,1)} - S^{(1,1)}) = (S^{(0,0)} - S^{(1,1)}) = (S^{(0,0)} - S^{(1,0)}) = \frac{E(2-\alpha)(\varepsilon_N - w_N)}{\alpha(-4+\alpha)} < 0$ 和 $(S^{(0,1)} - S^{(0,0)}) = (S^{(1,1)} - S^{(1,0)}) = 0$,得到 $S^{(0,1)} = S^{(0,0)} < S^{(1,0)} < S^{(1,1)}$;同理,当 $\frac{e}{E} = \frac{4-2\alpha+\beta}{4-\alpha}$ 时, $S^{(0,0)} = S^{(1,0)} < S^{(0,1)} = S^{(1,1)}$;当 $\frac{e}{E} = H$ 时, $S^{(0,0)} < S^{(0,1)} = S^{(1,0)} < S^{(1,1)}$. 证毕.