

# 需求信息预测对制造商回收再制造策略的价值<sup>①</sup>

聂佳佳

(西南交通大学经济管理学院, 成都 610031)

**摘要:** 研究了再制造商需求信息预测对回收再制造的影响. 分别研究了垄断的再制造商和存在竞争对手的情形, 分析了需求预测信息对再制造商的价值. 探讨了再制造商与新产品制造商信息分享的可行性. 研究发现: 对于垄断的再制造商而言, 进行需求信息预测总是有利可图的; 当再制造商存在竞争对手时, 预测信息对再制造商价值的高低与再制造商市场潜在市场份额、回收投资成本参数和价格竞争强度相关; 预测精度较低时, 再制造商有动机与新产品制造商信息分享.

**关键词:** 逆向物流; 再制造; 需求信息预测; 预测精度

**中图分类号:** F270    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1007-9807(2014)01-0035-13

## 0 引言

回收再制造不仅能够有效降低资源消耗、减少废弃物排放, 有利于实现“低碳经济”, 而且符合党中央国务院“推进循环经济发展, 加快建设资源节约型、环境友好型社会”的指示精神. 当前, 许多国家已经出台了大量的回收旧产品政策, 如: 2005年欧盟颁布了废弃电子与电器产品处理指令(WEEE), 规定生产商必须负责产品的回收. 从2003年开始, 我国要求电器产品生产商负责回收处理废旧产品. 经过国家的不断努力, 《废弃电器电子产品回收处理管理条例》于2011年1月1日起在我国正式开始实施. 这些法律法规的出台增强了企业物料循环利用的理念——达到资源再生、物料增值和成本节约的目的, 产生了与传统物流方向相反的新型物流——从消费者回到生产商的逆向物流<sup>[1-3]</sup>.

目前, 越来越多的学者将注意力投向了闭环供应链的研究, 在国内外重要管理类期刊涌现

了一批研究成果. 最具有代表性的研究为 Savaskan 等<sup>[4]</sup>发表在 Management Science 的文章. 他们研究了闭环供应链的最优回收模式选择, 发现零售商负责回收的回收模式优于制造商和第三方负责回收的回收模式. Savaskan 和 Wassenhove<sup>[5]</sup>在此基础上考察了当零售商之间存在竞争时回收旧产品的回收模式选择. 他们认为回收模式的选择在一定程度上受零售商之间的竞争程度的影响. Subramanian 等<sup>[6]</sup>研究了生产者延伸责任制度对闭环供应链回收的影响, 分析了各个参数对最优决策的影响, 并运用两部定价和租赁合同对供应链进行了协调. 在制造商领导、零售商领导以及市场无领导者3种力量结构下, 易余胤<sup>[7]</sup>建立了具有竞争零售商的再制造闭环供应链博弈模型, 比较分析了不同力量结构对回收率、零售价、渠道成员利润、渠道总利润的影响. 以上研究均没有考虑对回收旧产品的定价问题, 顾巧论等<sup>[8]</sup>以及王玉燕等<sup>[9]</sup>对这一问题进行了研究. 易余胤和袁江<sup>[10]</sup>在销售渠道和回收渠道均存在冲突的情形下研究

① 收稿日期: 2011-09-19; 修订日期: 2012-04-19.

基金项目: 国家自然科学基金资助重大项目(71090402); 国家自然科学基金资助项目(71101120; 71101055; 71103149); 教育部人文社会科学研究青年基金资助项目(10YJC630183); 中央高校基本科研业务专项资助(SWJTU11BR059).

作者简介: 聂佳佳(1981-), 男, 河南许昌人, 讲师, 博士, 硕士生导师. Email: nie\_jia@126.com

了闭环供应链的协调定价策略.熊中楷等<sup>[11]</sup>采用三阶段动态博弈模型研究了旧产品回收质量的控制问题.李响等<sup>[12]</sup>利用优化理论得到了给定再制造产品数量时最优销售价格的解析解,并证明了在考虑企业风险不同态度下最优回收价格的唯一性.以上研究均在确定需求条件下进行的,李枫等<sup>[13]</sup>探讨了回收量随机情况下的单一制造商和两个零售商组成的再制造逆向供应链系统的定价策略.Galbreth和Blackburn<sup>[14]</sup>研究了当回收品的供给和质量都不确定时,如何确定回收策略,以及如何将回收到的旧产品安排再制造.Ketzenberg和Zuidwijk<sup>[15]</sup>分别研究了需求和回收率确定以及不确定两种条件下的产品定价、返还政策和订购产品策略.以上研究均为单周期决策模型,Debo等<sup>[16]</sup>运用动态最优化理论研究了新产品和旧产品再制造的决策优化,分析了新产品和旧产品的动态演化过程.基于产品的回收再制造次数的限制,Geyer等<sup>[17]</sup>研究了每个周期制造商的生产和再制造计划.基于再制造品的质量越低再制造所要付出的成本越高,Ferguson等<sup>[18]</sup>运用动态规划理论建立了一个多周期回收再制造决策模型,运用仿真技术说明了对再制造品的质量加以区分能够提高企业的利润.最近,Jacobs和Subramanian<sup>[19]</sup>研究了供应链成员均承担回收责任时的回收再制造策略.

现有逆向物流文献在不同情形下探讨了再制造企业的回收再制造决策,而忽略了信息对回收再制造的影响.对于企业而言,信息技术的发展极大地改进了制造商获取产品市场需求、消费者采购行为信息的途径和效率,使得制造商掌握了更多的市场需求信息<sup>[20]</sup>.大量的文献研究了信息对企业的价值和信息分享对供应链的影响.关于信息分享的文献最早可追溯到经济学,Gal-Or<sup>[21]</sup>研究了多个竞争性企业间的信息分享问题,指出信息分享会损害信息提供方的收益.虽然Gal-Or<sup>[21]</sup>认为竞争性企业间不存在信息分享,但是,Li<sup>[22]</sup>与Xu<sup>[23]</sup>的研究表明在一定条件下竞争性企业间是存在信息分享的.特别地,Xu<sup>[23]</sup>研究了存在差异性产品下的双寡头企业信息分享策略,给出了

双寡头企业间信息分享存在的条件.这些文献研究了横向企业间的信息分享问题,Li<sup>[24]</sup>首次将信息分享问题引入供应链,研究了信息分享对横向竞争零售商和制造商的影响,研究表明零售商不愿分享市场预测信息而愿意分享成本信息. Shamir<sup>[25]</sup>和Jain等<sup>[26]</sup>分别对Li<sup>[24]</sup>的研究进行了扩展,Shamir<sup>[25]</sup>考虑了当批发价格为决策变量时的信息分享问题,而Jain等<sup>[26]</sup>研究了当制造商差异化地制定批发价格时的供应链信息分享策略. Wu等<sup>[27]</sup>研究了供应链中产品质量信息的分享策略. Yao等<sup>[28]</sup>研究了当零售商对产品进行附加值投入时的供应链成本信息分享策略.另外,Yao等<sup>[29]</sup>以及Yue和Liu<sup>[30]</sup>研究了双渠道供应链中的信息分享策略.以上信息分享文献主要研究了信息分享对正向物流/供应链绩效的影响,而忽视了信息分享对逆向物流的影响.本文旨在考察制造商需求预测信息对其回收再制造策略的影响,将分别考察垄断的再制造商和再制造商存在竞争对手两种情形,分析需求预测信息对再制造商进行再制造的价值,并探讨再制造商分享预测信息的可行性.由Li<sup>[22]</sup>与Xu<sup>[23]</sup>的研究可知,竞争性企业间的信息分享是可能存在的,因此,本文探究再制造商与新产品制造商之间的信息分享在理论上是可行的.在实践当中,再制造商与新产品零售商之间的合作也悄然兴起.如在工程机械领域,作为卡特彼勒在上海、江苏等地的经销商,利星行机械除了经销卡特彼勒设备外,也从事卡特彼勒品牌旧设备的再制造及销售业务;武汉千里马除了经销斗山挖掘机外,也从事该品牌的挖掘机再制造业务<sup>[31]</sup>.由这些例子可知,在再制造行业中,再制造商和新产品制造商间的竞争与传统的企业间竞争是有区别的.传统企业间的竞争在生产销售等业务中没有直接联系,而再制造行业中再制造商与新产品制造商之间是存在生产、销售、回收、品牌授权等方面的业务往来,二者之间的关系已经突破了竞争的壁垒,正朝向“竞合”的局面发展.这为再制造商与新产品制造商之间信息分享打开了希望之门.而信息技术(如条形码、全球定位系统、无线射频技术等)的不断革新,为再制造商

与新产品制造商间的信息分享创造了良好的平台,使得二者间的信息分享在实践中存在了可能性。

## 1 问题描述

制造商生产一种产品,既可以完全使用原材料进行生产,也可以使用回收产品进行生产。设制造商采用原材料生产产品的单位成本为  $c_m$ ,若完全采用回收到的旧产品进行生产其单位成本为  $c_r$ 。假设制造商使用原材料生产一件产品的单位成本大于使用回收产品进行生产的单位成本,即  $c_m > c_r$ 。这表示制造商进行再制造可以节约成本,是有利可图的。令  $\Delta = c_m - c_r$  表示制造商从事回收再制造所节约的单位成本。设制造商回收单位产品支付给消费者的费用为  $\zeta$ ,为不失一般性,取  $\zeta = 0$ 。需要指出的是即使  $\zeta$  不为 0,也不会改变本文的结论,仅会增加数学处理的复杂性。制造商的需求函数为  $D(p) = a - bp$ ,其中  $a$  为市场潜在需求,  $b$  为价格敏感系数。设回收到的旧产品占需求的比例为  $\tau$ ,与制造商的投资量相关。根据 Savaskan 等<sup>[4]</sup> 以及 Savaskan 和 Wassenhove<sup>[5]</sup> 的研究,设  $\tau = \sqrt{I/k}$ ,其中  $k$  为投资成本系数,  $I$  为投资成本。回收成本为回收比例的凸函数,这表明随着回收比例的增加,回收投资成本将急剧增加,即过分的追求高回收比例是不经济的。

为了刻画需求的不确定性,根据现有信息共享文献的研究,假设市场潜在需求为随机变量,且  $a = a_0 + e$ ,其中  $a_0$  为市场潜在需求的确定性部分,  $e$  为市场潜在需求的不确定性因素。随机变量  $e$  的期望为 0,方差为  $v$ 。假设制造商可以对市场潜在需求进行预测,面对不确定的需求,制造商对市场信息的预测有助于制造商进行决策,大量的研究进行了类似的假设,如:文献 [20 - 26, 29 - 30]。设其预测值为  $f$ ,且  $f = a + \varepsilon$ ,  $\varepsilon$  为误差项,且其期望为 0,方差为  $s$ 。随机变量  $e$  和  $\varepsilon$  为相互独立。同时假设  $E(f|a) = a_0$ 。这说明预测信息是对市场需求信息的无偏估计。根据文献 [20 - 26, 29 - 30] 的研究得

$$E(a|f) = \frac{s}{v+s}a_0 + \frac{v}{v+s}f \triangleq A, \quad (1)$$

$$E((f - a_0)^2) = v + s$$

为了后文便于分析,与文献 [20, 24 - 26, 29 - 30] 类似,将  $t = v/(v+s)$  作为市场信息预测精度的一个度量指标。

## 2 垄断的制造商

在这一部分首先考虑垄断制造商回收再制造情形。为了说明需求信息预测对制造商的价值,首先考虑制造商无需求预测信息情形,然后研究存在需求预测信息情形,最后对需求信息预测前后制造商的利润进行比较。

### 2.1 制造商无需求预测信息

若制造商无需求预测信息,那么仅能根据市场需求信息进行决策,其期望利润函数为

$$\max_{p, \tau} E(\Pi^N) = (p - c_m + \tau\Delta)(a_0 - bp) - k\tau^2 \quad (2)$$

得到最优的价格和回收比例分别为(以上标“N”和“I”分别表示无预测信息和有预测信息下的最优值)

$$p^N = \frac{a_0(2k - b\Delta^2) + 2bkc_m}{b(4k - b\Delta^2)},$$

$$\tau^N = \frac{\Delta(a_0 - bc)}{4k - b\Delta^2} \quad (3)$$

当  $4k - b\Delta^2 > 0$  时,式(2)的二阶条件成立,这意味着制造商回收旧产品的投入不是很低。将最优的零售价格和回收比例代入式(2)得制造商最优期望利润为

$$E(\Pi^N) = \frac{k(a_0 - bc_m)^2}{b(4k - b\Delta^2)} \quad (4)$$

### 2.2 制造商拥有需求预测信息

当制造商拥有需求预测信息时,制造商可以根据市场需求信息和需求预测信息进行决策,其期望利润函数为

$$\max_{p, \tau} E(\Pi^I | f) = E((p - c_m + \tau\Delta) \cdot (a_0 - bp) - k\tau^2 | f) \quad (5)$$

其最优的零售价格和回收比例分别为

$$p^I = \frac{A(2k - b\Delta^2) + 2bkc_m}{b(4k - b\Delta^2)},$$

$$\tau^I = \frac{\Delta(A - bc)}{4k - b\Delta^2} \quad (6)$$

将式(6)代入式(5)求得最优的期望利润为

$$E(\Pi^I) = \frac{k(tv + (a_0 - bc_m)^2)}{b(4k - b\Delta^2)} \quad (7)$$

### 2.3 需求预测信息对制造商的价值

比较制造商拥有和没有需求预测信息时的利润,得需求预测信息对制造商的价值为

$$V = E(\Pi^I) - E(\Pi^N) = \frac{ktv}{b(4k - b\Delta^2)} \quad (8)$$

命题1 当 $4k - b\Delta^2 > 0$ 时,制造商进行需求信息预测所得到的利润总是大于不进行需求预测时所得到的利润,即需求信息预测对制造商的价值为正,且预测精度( $t$ )越高,需求信息预测的价值越高。

设制造商进行需求信息预测的成本为 $c_f$ ,则当 $V > c_f$ 时,制造商进行需求信息预测对其是有利可图的。这是因为额外的需求信息可以帮助制造商更好地进行决策。同时,制造商信息预测精度越高,预测信息对制造商的价值越高,这使得制造商有足够的动力提高需求信息预测的精度。需要指出的是,由于制造商的需求预测成本为常数,因而并不会改变本文的结论,为便于表述将其预测成本设为0,即 $c_f = 0$ 。

## 3 新产品制造商与再制造商竞争

这一部分考虑当存在一个新产品制造商时需求预测信息对回收再制造制造商的价值。类似地,首先考虑制造商无需求预测信息的情形,接下来研究拥有需求预测信息情形,最后考察需求预测信息对再制造制造商的价值。为了区分起见,以“ $nm$ ”表示新产品制造商,以“ $rm$ ”表示再制造制造商。设两个制造商的零售价格分别为 $p_{nm}$ 和 $p_{rm}$ ,根据艾兴政等<sup>[20]</sup>以及Yue和Liu<sup>[29]</sup>的研究,假设两个制造商的需求函数分别为

$$q_{nm}(p_{rm}, p_{nm}) = \beta a - p_{nm} + \gamma(p_{rm} - p_{nm}),$$

$$q_{rm}(p_{rm}, p_{nm}) = (1 - \beta)a - p_{rm} + \gamma(p_{nm} - p_{rm}) \quad (9)$$

其中 $q_{nm}$ 和 $q_{rm}$ 分别为新产品制造商和再制造制造商的需求函数, $\beta$ 为新产品制造商的市场份额,如前所述,市场潜在需求 $a$ 为随机变量,且 $a = a_0 + e$ ,其中 $a_0$ 为市场潜在需求的确定性部分, $e$ 为市场潜在需求的不确定性因素。随机变量 $e$ 的期望为0,方差为 $v$ , $\gamma$ 为制造商之间价格竞争强度系数,且 $\gamma \in (0, 1)$ 。

### 3.1 再制造商无需求预测信息

这种情形作为制造商拥有需求预测信息情形比较的基准。制造商生产一件新产品的成本 $c_m$ 为常数,为不失一般性,设 $c_m = 0$ ,需要指出的是即使制造商生产一件新产品的成本 $c_m$ 不为0,也不会改变本文的结论,仅会增加数学处理上的复杂性。当再制造商无需求预测信息时,新产品制造商和再制造商的预期利润决策模型分别为

$$\max_{p_{nm}} E(\Pi_{nm}^N) = E(p_{nm}(\beta a - p_{nm} + \gamma(p_{rm} - p_{nm}))) \quad (10)$$

$$\max_{p_{rm}, \tau_{rm}} E(\Pi_{rm}^N) = E((p + \tau\Delta)((1 - \beta)a - p_{rm} + \gamma(p_{nm} - p_{rm})) - k\tau^2) \quad (11)$$

对式(10)和式(11)分别求一阶导数,联立方程求解得新产品制造商的最优价格以及再制造商的最优的价格和回收比例分别为

$$p_{nm}^N = \frac{a_0(2k(2 + 2\gamma - \beta\gamma - 2\beta) - \Delta^2(1 + \gamma)(1 + \gamma - \beta))}{2k(2 + \gamma)(2 + 3\gamma) - \Delta^2(1 + \gamma)(\gamma^2 + 4\gamma + 2)} \quad (12)$$

$$p_{rm}^N = \frac{a_0(\gamma + \beta\gamma + 2\beta)(2k - \Delta^2(1 + \gamma))}{2k(2 + \gamma)(2 + 3\gamma) - \Delta^2(1 + \gamma)(\gamma^2 + 4\gamma + 2)} \quad (13)$$

$$\tau_{nm}^N = \frac{a_0\Delta(\gamma^2(\beta + 1) + \gamma(3\beta + 1) + 2\beta)}{2k(2 + \gamma)(2 + 3\gamma) - \Delta^2(1 + \gamma)(\gamma^2 + 4\gamma + 2)} \quad (14)$$

式(10)的二阶条件为负,存在极大值点。为使式(11)存在极大值点,需式(11)二阶条件的海塞矩阵正定,即 $4k - (1 + \gamma)\Delta^2 > 0$ 。与垄断制造商中的解释类似,即再制造商进行回收再制造的投入不是很低。后文假设这一条件成立,这一条件也

能保证后文所涉及利润函数的二阶条件成立. 将式 (12) - 式 (14) 分别代入式 (10) 和式 (11), 化简整理, 得新产品制造商和再制造商的期望最优利润分别为

$$E(\Pi_{nm}^N) = \frac{a_0^2 k (1 + \gamma)^2 (\gamma + 2\beta + \beta\gamma)^2 (4k - \Delta^2 (1 + \gamma))}{[2k(2 + \gamma)(2 + 3\gamma) - \Delta^2(1 + \gamma)(\gamma^2 + 4\gamma + 2)]^2} \quad (15)$$

$$E(\Pi_{rm}^N) = \frac{a_0^2 (1 + \gamma) [2k(2 + 2\gamma - \beta\gamma - 2\beta) - \Delta^2(1 + \gamma)(1 + \gamma - \beta)]^2}{[2k(2 + \gamma)(2 + 3\gamma) - \Delta^2(1 + \gamma)(\gamma^2 + 4\gamma + 2)]^2} \quad (16)$$

可以发现, 新产品制造商和再制造商的最优利润函数较为复杂, 下面通过一个例子说明价格竞争强度 ( $\gamma$ ) 和潜在需求市场份额 ( $\beta$ ) 对最优利润的影响.

**例 1** 首先说明  $\gamma$  对最优利润的影响, 设  $a_0 = 10, k = 1.5, \Delta = 0.5, \beta = 0.6, \gamma \in (0, 1)$ . 将参数代入最优的利润函数, 得图 1.

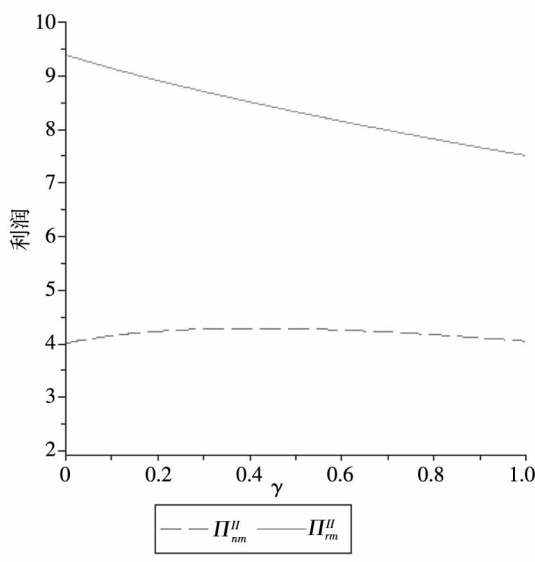


图 1  $\gamma$  对新产品制造商和再制造商最优利润的影响

Fig.1 Effect of  $\gamma$  on optimal profits of manufacturer and re-manufacturer

由图 1 可以看出: 对于任意的  $\gamma$  值, 再制造商的利润高于新产品制造商的利润, 这表明再制造商进行回收再制造是有利可图的; 同时, 随着竞争强度的增加, 再制造商其利润均是减少的, 而新产品制造商利润变化不大. 下面考察  $\beta$  对新产品制造商和再制造商最优利润的影响, 设  $a_0 = 10, k =$

$1.5, \Delta = 0.5, \gamma = 0.6, \beta \in (0, 1)$ . 将参数代入最优的利润函数, 作图得图 2. 图 2 说明, 随着新产品制造商潜在需求市场份额的增加, 其利润是增加的, 与此同时, 再制造商利润是减少的, 而当  $\beta$  大约等于 0.48 时, 两个企业的利润相等.

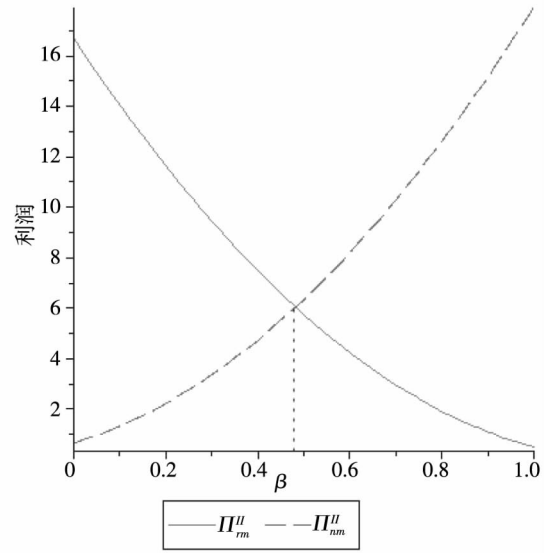


图 2  $\beta$  对新产品制造商和再制造商最优利润的影响

Fig. 2 Effect of  $\beta$  on optimal profits of manufacturer and re-manufacturer

### 3.2 再制造商拥有需求预测信息

当再制造商拥有需求预测信息, 那么意味着再制造商可以同时利用市场信息和预测信息进行决策, 而新产品制造商仅能根据市场信息进行决策, 其预期利润决策模型同式 (10). 再制造商的预期利润决策模型为

$$\max_{p_{nm}, p_{rm}} E(\Pi_{rm}^I | f) = E((p + \tau\Delta)((1 - \beta)a - p_{rm} + \gamma(p_{nm} - p_{rm})) - k\tau^2 | f) \quad (17)$$

求解得新产品制造商的最优价格以及再制造的最优价格和回收比例分别为

$$p_{nm}^I = \frac{a_0(2k(2 - 2\beta + 2\gamma - \beta\gamma) - \Delta^2(1 + \gamma)(1 - \beta + \gamma))}{2k(2 + \gamma)(2 + 3\gamma) - \Delta^2(1 + \gamma)(\gamma^2 + 4\gamma + 2)} \quad (18)$$

$$p_{rm}^I = \frac{(2k - \Delta^2(1 + \gamma))(a_0\gamma(1 - \beta) + 2\beta a(1 + \gamma))}{2k(2 + \gamma)(2 + 3\gamma) - \Delta^2(1 + \gamma)(\gamma^2 + 4\gamma + 2)} \quad (19)$$

$$\tau_{nm}^I = \frac{\Delta A(1+\gamma)(2\beta+\beta\gamma+\gamma)}{2k(2+\gamma)(2+3\gamma)-\Delta^2(1+\gamma)(\gamma^2+4\gamma+2)} \quad (20)$$

基于期望值规则,得新产品制造商和再制造商的

$$E(\Pi_{nm}^I) = \frac{(1+\gamma)[a_0^2(\gamma+\beta\gamma+2\beta)(2\beta k(1+\gamma)+\gamma(1-\beta))(4k-\Delta^2(1+\gamma))+4k\beta^2 tvH_1]}{[2k(2+\gamma)(2+3\gamma)-\Delta^2(1+\gamma)(\gamma^2+4\gamma+2)]^2} \quad (22)$$

其中  $H_1 = 2k(\gamma^2+4\gamma+2) - \Delta^2(1+\gamma)(2\gamma+1)$ . 这里需要区分预期(期望)利润和利润的差别,利润中含有市场潜在需求( $a$ )和再制造商的潜在需求预测值( $f$ ),且  $a$  和  $f$  的期望值均为市场潜在需求的期望值  $a_0$ ,预期利润是决策者对  $a$  和  $f$  求期望后的期望利润,因此预期利润与  $a$  和  $f$  无关. 进一步而言,再制造的潜在需求预测值会影响再制造商和新产品制造的利润,但不会影响他们的期望利润. 由于本文的重点在于研究预测信息对再制造商的价值,限于篇幅,再制造商的需求预测值对新产品制造商利润的影响没有进行分析.

**命题2** 当  $4k - (1+\gamma)\Delta^2 > 0$  时,预测精度( $t$ )越高,再制造商进行需求信息预测所得到的期望利润越多,而预测精度的高低不影响新产品制造商的期望利润.

**证明** 由于  $E(\Pi_{nm}^I)$  中不含参数  $t$ ,因此新产品制造商的期望利润不受  $t$  的影响. 要证明  $E(\Pi_{nm}^I)$  随  $t$  增加而变大,仅需证明  $H_1 > 0$ . 令  $H_1 = 0$ ,得临界条件

$$k = \frac{\Delta^2(1+\gamma)(2\gamma+1)}{2(\gamma^2+4\gamma+2)} \quad (23)$$

$$V_{nm} = E(\Pi_{nm}^I) - E(\Pi_{nm}^N) = \frac{(1+\gamma)[4k\beta^2 tvH_1 - \gamma a_0^2(1-\beta)(k-1)(\gamma+\beta\gamma+2\beta)(4k-\Delta^2(1+\gamma))]}{[2k(2+\gamma)(2+3\gamma)-\Delta^2(1+\gamma)(\gamma^2+4\gamma+2)]^2} \quad (25)$$

**命题3** 当  $t \geq t_1$  时,再制造商进行需求信息预测是有利可图的,其中

$$t_1 = \frac{\gamma a_0^2(1-\beta)(k-1)(\gamma+\beta\gamma+2\beta)(4k-\Delta^2(1+\gamma))}{4k\beta^2 v(2k(\gamma^2+4\gamma+2)-\Delta^2(1+\gamma)(2\gamma+1))} \quad (26)$$

当  $t < t_1$  时,再制造进行需求信息预测不会增加其利润.

**命题3** 指出只有再制造商预测精度大于一临界值,如  $t \geq t_1$ ,进行需求预测才能获得更多利润.

无条件预期利润分别为

$$E(\Pi_{nm}^I) = \frac{a_0^2 k(1+\gamma)^2(\gamma+2\beta+\beta\gamma)^2(4k-\Delta^2(1+\gamma))}{[2k(2+\gamma)(2+3\gamma)-\Delta^2(1+\gamma)(\gamma^2+4\gamma+2)]^2} \quad (21)$$

由于  $k > (1+\gamma)\Delta^2/4$ ,且

$$\frac{(1+\gamma)\Delta^2}{4} - \frac{\Delta^2(1+\gamma)(2\gamma+1)}{2(\gamma^2+4\gamma+2)} = \frac{\Delta^2\gamma^2(1+\gamma)}{4(\gamma^2+4\gamma+2)} > 0 \quad (24)$$

因此  $H_1 > 0$ .

**命题2** 表明再制造商预测精度越高其期望利润越高,这也使得再制造商有动机进行更高精度的预测. 同时,再制造预测精度的高低对新产品制造商的预期利润没有影响,这是因为新产品制造商没有预测信息,而且新产品制造商和再制造之间进行 Bertrand 价格竞争(两个企业同时进行决策),再制造商进行需求预测对新产品制造商的决策没有影响.

### 3.3 需求预测信息对再制造的价值

在以上分析的基础上,这一小部分分析再制造商预测信息对再制造的价值. 很明显,需求预测信息对新产品制造商的价值为0,下面分析需求预测信息对再制造商的价值. 再制造商拥有预测信息与无预测信息两种情形下的预期利润相比,得

而低于该预测精度临界值不利于再制造商进行决策. 这表明再制造商进行需求信息预测与否的关键在于其预测精度的高低,而并非所有的需求预测对再制造都是有利的. 下面分析再制造商市场潜在需求市场份额( $\beta$ )、投资成本系数( $k$ )和价格竞争强度( $\gamma$ )对再制造商预测信息价值和预测精度临界值的影响.

**命题4** 1) 随着  $\beta$  的增大,再制造商进行需求信息预测的价值增大;

2) 当  $(1+\gamma)\Delta^2/4 = k^* < k \leq k_1$  时,随着  $k$

的增加,再制造商进行需求信息预测的价值增大;当  $k > k_1$  时,再制造商进行需求信息预测的价值随  $k$  的增加而减小,其中  $k_1$  为式(29)所示;

3) 若  $k > 1$ ,那么预测精度临界值随  $\beta$  的增大

$$\frac{\partial V_{rm}}{\partial \beta} = \frac{8k\beta tv(1+\gamma)^3(4k - \Delta^2(1+\gamma))}{[2k(2+\gamma)(2+3\gamma) - \Delta^2(1+\gamma)(\gamma^2+4\gamma+2)]^2} > 0 \tag{27}$$

$$\frac{\partial V_{rm}}{\partial k} = \frac{4tv\beta^2\Delta^2(1+\gamma)^4(\Delta^2(\gamma^3+5\gamma^2+6\gamma+2) - 2k(\gamma^2+8\gamma+4))}{[2k(2+\gamma)(2+3\gamma) - \Delta^2(1+\gamma)(\gamma^2+4\gamma+2)]^3} \tag{28}$$

式(27)大于0,下面讨论式(28)的正负.由于式(27)的分母大于0,仅需讨论分子的正负,令  $\partial V_{rm}/\partial k = 0$  得

$$k_1 = k = \frac{\Delta^2(\gamma^3+5\gamma^2+6\gamma+2)}{2(\gamma^2+8\gamma+4)} \tag{29}$$

由于  $k > (1+\gamma)\Delta^2/4 = k^*$ ,且  $k^* < k_1$ ,因此结论成立.  $t_1$  对求一阶导数得

$$\frac{\partial t_1}{\partial \beta} = \frac{\gamma a_0^2(1-k)(\gamma+\beta)(4k - \Delta^2(1+\gamma))}{2k\beta^3 v(2k(\gamma^2+4\gamma+2) - \Delta^2(1+\gamma)(2\gamma+1))} \tag{30}$$

由此可知  $t_1$  对  $\beta$  求一阶导数的正负取决于  $k$  是否大于1,因此结论成立.

该命题揭示了当再制造商潜在需求的市场份额增加,再制造商进行需求预测越有利可图,这是因为市场份额的增大意味着市场上对再制造商产品的需求增多,预测信息更有利于再制造商的决策.再制造商的投资成本参数  $k$  的增大表示再制造商选择更为有力的回收方式,如加强回收广告宣传等.当再制造商回收再制造的投资参数比较小时,如  $k^* < k \leq k_1$ ,随着投资参数的增加,信息预测对再制造的价值增大;若投资参数比较大,如  $k > k_1$ ,那么再制造商选择投资成本较大的回收方式将无利可图.

当投资成本参数  $k$  大于1时,再制造商潜在需求市场份额越大,那么预测精度临界值越小,考虑一个特殊情形,当  $\beta \rightarrow 1$ ,即再制造商拥有整个市场,垄断制造商情形,那么再制造商进行预测的条件为  $t > 0$ ,即预测总是好于不预测,这说明再制造商拥有份额越大,预测越有利.而当  $k$  小于1时,再制造商潜在需求市场份额越大,那么预测精度临界值越大.以上分析表明,当预测精度不变时,再制造商拥有市场份额的大小影响了再制造商是

而减小;若  $0 < k \leq 1$ ,那么预测精度临界值随  $\beta$  的增大而增大.

证明  $V_{rm}$  分别对  $\beta$  和  $k$  求一阶导数得

否进行需求预测的决策.由于再制造商预测信息价值和预测精度临界值为关于  $\gamma$  的表达式较复杂,难以分析  $\gamma$  对他们的影响,下面通过一个例子加以说明.

例 2 首先说明新产品制造商和再制造商之间价格竞争强度对再制造商预测信息价值的影响,设  $a_0 = 10$ ,  $k = 1.5$ ,  $\Delta = 0.5$ ,  $\beta = 0.6$ ,  $t = 0.7$ ,  $v = 1$ ,  $\gamma \in (0, 1)$ ,作图得图 3.

图 3 说明,新产品制造商与再制造商之间价格竞争强度越高,那么再制造商需求信息预测所带来的价值越小.为了说明新产品制造商和再制造商之间价格竞争强度对预测精度临界值的影响,设  $a_0 = 7$ ,  $k = 1.5$ ,  $\Delta = 0.5$ ,  $\beta = 0.6$ ,  $\gamma \in (0, 1)$ ,作图得图 4,图 4 表明价格竞争越激烈,再制造商的预测精度越高才能在预测信息中获得更多收益.

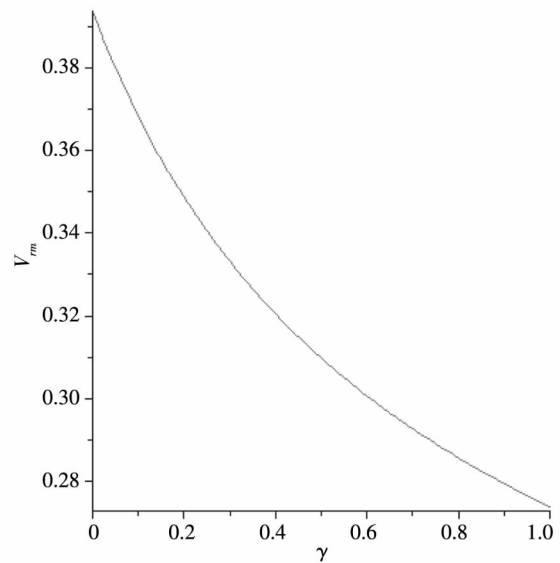


图 3  $\gamma$  对再制造商预测信息价值的影响

Fig. 3 Effect of  $\gamma$  on the value of forecast information with remanufacturing

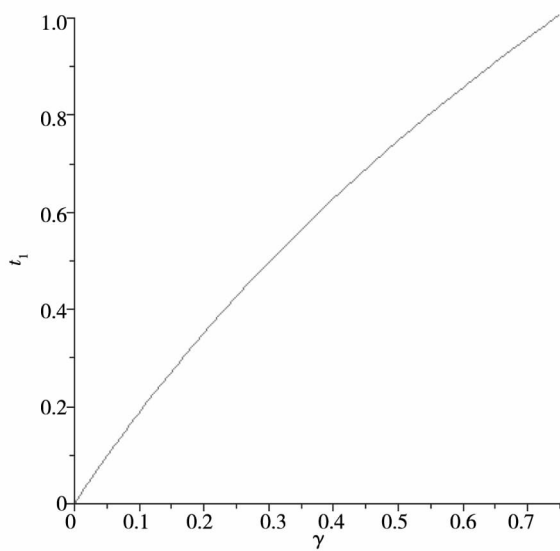


图4  $\gamma$  对预测精度临界值的影响

Fig. 4 Effect of  $\gamma$  on the threshold of forecast accuracy

## 4 需求预测信息分享

### 4.1 预测信息分享下的最优利润

在这一部分,将考察再制造商将需求预测信息与新产品制造商信息分享的情形,研究两者信息分享的可能性.若再制造商与新产品制造商信息分享,那么两者都可以根据预测信息进行决策,

$$E(\Pi_{nm}^{IS}) = \frac{(1 + \gamma)(a_0^2 + tv)[2k(\beta\gamma - 2 + 2\beta - 2\gamma) + \Delta^2(\gamma + 1 - \beta)]^2}{[2k(2 + \gamma)(2 + 3\gamma) - \Delta^2(1 + \gamma)(\gamma^2 + 4\gamma + 2)]^2} \quad (36)$$

$$E(\Pi_{rm}^{IS}) = \frac{k(1 + \gamma)(a_0^2 + tv)(4k - \Delta^2(1 + \gamma))(\gamma + \beta\gamma + 2\beta)^2}{[2k(2 + \gamma)(2 + 3\gamma) - \Delta^2(1 + \gamma)(\gamma^2 + 4\gamma + 2)]^2} \quad (37)$$

以上给出了需求预测信息分享下新产品制造商和再制造商的最优预期利润,下面将考察新产品制造商是否有动机分享其需求预测信息,将分别与再制造商无需求预测信息和拥有需求预测信息两种情形相比.

### 4.2 预测信息分享与再制造商无预测信息的比较

首先比较分析两种情形下的再制造商回收决策  $\pi_{nm}^{IS}$  减  $\pi_{nm}^N$ , 容易发现二者的大小关系取决于  $A$  与  $a_0$  的大小, 而  $A - a_0 = (1 - t)(f - a_0)$ , 这意味

$$V_{nm}^{ISN} = E(\Pi_{nm}^{IS}) - E(\Pi_{nm}^N) = \frac{tv(1 + \gamma)[2k(\beta\gamma - 2 + 2\beta - 2\gamma) + \Delta^2(1 + \gamma)(1 + \gamma - \beta)]^2}{[2k(2 + \gamma)(2 + 3\gamma) - \Delta^2(1 + \gamma)(\gamma^2 + 4\gamma + 2)]^2} > 0 \quad (38)$$

$$V_{rm}^{ISN} = E(\Pi_{rm}^{IS}) - E(\Pi_{rm}^N) = \frac{ktv(1 + \gamma)(4k - \Delta^2(1 + \gamma))(\gamma + \beta\gamma + 2\beta)^2}{[2k(2 + \gamma)(2 + 3\gamma) - \Delta^2(1 + \gamma)(\gamma^2 + 4\gamma + 2)]^2} > 0 \quad (39)$$

决策模型分别为

$$\max_{p_{nm}} E(\Pi_{nm}^{IS} | f) = E(p_{nm}(\beta a - p_{nm} + \gamma(p_{rm} - p_{nm})) | f) \quad (31)$$

$$\max_{p_{rm}, \tau_{rm}} E(\Pi_{rm}^{IS} | f) = E((p + \tau\Delta)((1 - \beta)a - p_{rm} + \gamma(p_{nm} - p_{rm})) - k\tau^2 | f) \quad (32)$$

求解得新产品制造商的最优价格以及再制造的最优价格和回收比例分别为(以上标“IS”表示信息分享下的最优值.)

$$p_{nm}^{IS} = \frac{A(2k(2 + 2\gamma - \beta\gamma - 2\beta) - \Delta^2(1 + \gamma)(1 + \gamma - \beta))}{2k(2 + \gamma)(2 + 3\gamma) - \Delta^2(1 + \gamma)(\gamma^2 + 4\gamma + 2)} \quad (33)$$

$$p_{rm}^{IS} = \frac{A(2\beta + \gamma + \beta\gamma)(2k - \Delta^2(1 + \gamma))}{2k(2 + \gamma)(2 + 3\gamma) - \Delta^2(1 + \gamma)(\gamma^2 + 4\gamma + 2)} \quad (34)$$

$$\tau_{nm}^{IS} = \frac{\Delta A(1 + \gamma)(2\beta + \beta\gamma + \gamma)}{2k(2 + \gamma)(2 + 3\gamma) - \Delta^2(1 + \gamma)(\gamma^2 + 4\gamma + 2)} \quad (35)$$

基于期望值规则,得新产品制造商和再制造商的无条件预期利润分别为

着再制造商对产品市场需求的估计会对其回收决策产生影响,若再制造商“认为”市场潜在需求较高,则再制造商会回收较多的旧产品,从而生产较多的再制造产品以满足市场需求.反之,再制造商对市场预测较差,则会回收较少旧产品,则其产品需求也会减少.

若与再制造商无预测信息相比,那么预测信息分享对新产品制造商和再制造商的价值分别为(以上标“ISN”表示预测信息分享与再制造商无预测信息相比时,预测信息分享对两者的价值)



**命题 5** 预测信息分享情形与再制造商无预测信息相比, 预测信息分享对新产品制造商和再制造商的价值均为正, 再制造商有动机分享其需求预测信息给新产品制造商, 且价值的大小与再制造商预测信息精度的高低相关, 精度越高, 双方的价值越大。

此命题说明若与再制造商无预测信息相比, 再制造商分享其预测信息对双方都是有利可图的, 而且再制造商有动机提高其预测精度。

$$V_{nm}^{ISI} = E(\Pi_{nm}^{IS}) - E(\Pi_{nm}^I) = \frac{tv(1+\gamma)[2k(\beta\gamma - 2 + 2\beta - 2\gamma) + \Delta^2(1+\gamma)(1+\gamma - \beta)]^2}{[2k(2+\gamma)(2+3\gamma) - \Delta^2(1+\gamma)(\gamma^2 + 4\gamma + 2)]^2} > 0 \quad (40)$$

$$V_{rm}^{ISI} = E(\Pi_{rm}^{IS}) - E(\Pi_{rm}^I) = \frac{\gamma(1+\gamma)(H_2 - ktvH_3)}{[2k(2+\gamma)(2+3\gamma) - \Delta^2(1+\gamma)(\gamma^2 + 4\gamma + 2)]^2} \quad (41)$$

其中

$$\begin{cases} H_2 = a_0^2(1-\beta)(k-1)(\beta\gamma + \gamma + 2\beta)(4k - \Delta^2(1+\gamma)) \\ H_3 = 4k(\beta^2\gamma - 2\beta\gamma - \gamma - 4\beta + 4\beta^2) + \Delta^2(1+\gamma)(\beta^2\gamma + 2\beta\gamma + \gamma + 4\beta - 4\beta^2) \end{cases} \quad (42)$$

**命题 6** 预测信息分享情形与再制造商有预测信息相比, 预测信息分享对新产品制造商的价值为正, 当  $\max\{t_1, t_2\} \leq t \leq t_2$  时, 预测信息

$$t_2 = \frac{a_0^2(1-\beta)(k-1)(\beta\gamma + \gamma + 2\beta)(4k - \Delta^2(1+\gamma))}{kv[4k(\beta^2\gamma - 2\beta\gamma - \gamma - 4\beta + 4\beta^2) + \Delta^2(1+\gamma)(\beta^2\gamma + 2\beta\gamma + \gamma + 4\beta - 4\beta^2)]} \quad (43)$$

命题 6 说明预测信息分享对新产品制造商而言总是有利可图的, 这是因为获得额外的信息有助于新产品制造商进行决策。然而, 对于再制造商而言, 信息分享并非总能获益。进一步而言, 当再制造商预测精度较低时, 如  $\max\{t_1, t_2\} < t \leq t_2$ , 预测信息分享对再制造商的价值非负。这表明, 再制造商面对竞争对手(新产品制造商), 如果其预测精度较低, 再制造商有动机将预测信息与新产品制造商分享。预测精度较低的预测信息意味着预测值对决策的帮助不大, 即使是竞争对手, 再制造商将预测不准的信息与新产品制造商分享不会降低其利润, 反而会增加利润。而当再制造商预测精度较高时, 如  $\max\{t_1, t_2\} < t \leq 1$ , 预测信息分享对再制造商的价值为负, 再制造商没有动机将其预测信息与新产品制造商分享。这是因为较高精度的预测能够有效地辅助决策, 一旦预测信息与新产品制造商分享, 那么新产品制造商将会利用预测信息对再制造商的收益造成损失。需要注意的是, 当  $t_1 > t_2$  时, 无论预测精度高低, 再制造商都不会进行信息分享, 因为信息分享会损害其收益。

### 4.3 预测信息分享与再制造商有预测信息的比较

比较  $\tau_{nm}^{IS}$  与  $\tau_{nm}^I$ , 可知二者是相等的, 这意味着信息分享并不会对再制造商的回收决策产生影响。综合 4.2 部分的分析可知, 再制造商的回收决策是依据其对市场潜在需求的估计。

若以再制造商有预测信息相比, 那么预测信息分享对新产品制造商和再制造商的价值分别为(以上标“ISI”表示预测信息分享与再制造商有预测信息相比时, 预测信息分享对两者的价值)

分享对再制造商的价值非负, 当  $\max\{t_1, t_2\} < t \leq 1$  时, 预测信息分享对再制造商的价值为负, 其中

## 5 需求预测信息分享补偿机制

由预测信息分享与再制造商有预测信息的比较, 可知, 当再制造商预测精度较低时, 如  $\max\{t_1, t_2\} \leq t \leq t_2$ , 再制造商有动机分享其预测信息, 此时是一种双赢局面。而当再制造商预测精度较高时, 如  $\max\{t_1, t_2\} < t \leq 1$ , 新产品制造商在预测信息分享中获益, 而预测信息的一方(再制造商)的预期利润反而减少。当  $\max\{t_1, t_2\} < t \leq 1$  时, 为使双方出现双赢局面, 这一部分提出一个需求预测信息分享补偿机制。这一机制的建立目的在于让再制造商有动机分享信息。在信息分享补偿机制下, 对信息分享对双方的增值  $V^{ISI} = V_{nm}^{ISI} + V_{rm}^{ISI}$  进行重新划分, 继而使新产品制造商和再制造商均增值。下面将借助于讨价还价模型来建立这一机制, 设新产品制造商和再制造商所分得的利润分别为  $\Delta V_{nm}$  和  $\Delta V_{rm}$ , 效用函数分别为  $u_{nm} = (\Delta V_{nm})^{\lambda_{nm}}$  和  $u_{rm} = (\Delta V_{rm})^{\lambda_{rm}}$ , 其中  $\lambda_{nm}$  和  $\lambda_{rm}$  分别为新产品制造商和再制造商的风险规避

程度,其值越大风险偏好程度越大.于是纳什讨价还价模型为

$$\begin{cases} \max_{\Delta V_{nm}, \Delta V_{rm}} u = u_{nm}u_{rm} = (\Delta V_{nm})^{\lambda_{nm}}(\Delta V_{rm})^{\lambda_{rm}} \\ \text{s. t. } \Delta V_{nm} + \Delta V_{rm} = V^{ISL}, \Delta V_{nm} > 0, \Delta V_{rm} > 0 \end{cases} \quad (44)$$

该问题的解为  $\Delta V_{nm} = \frac{\lambda_{nm}}{\lambda_{nm} + \lambda_{rm}}V^{ISL}$  和

$$\Delta V_{rm} = \frac{\lambda_{rm}}{\lambda_{nm} + \lambda_{rm}}V^{ISL}.$$

这意味着新产品制造商和再制造商将共同分享信息分享所创造的价值,其分享比例与其分享规避程度相关.于是在信息分享补偿机制下,新产品制造商和再制造商的预期利润分别为  $E(\Pi_{nm}^{IS}) - \Delta V_{rm}$  和  $E(\Pi_{rm}^{IS}) + \Delta V_{rm}$ . 下面的命题将说明在什么条件下双方利润均增值.

**命题 7** 设零售商和制造商风险规避程度相同,如  $\lambda_{nm} = \lambda_{rm}$ . 当  $\max\{t_1, t_2\} < t < t_3$  时,其中  $t_3$  为式(47)所示.那么,在信息分享补偿机制下,新产品制造商和再制造商预期利润分别高于无信息分享情形下各自的预期利润.

**证明** 当  $\lambda_{nm} = \lambda_{rm}$  时  $\Delta V_{nm} = \Delta V_{rm} = V^{ISL}/2$ . 因为当  $t_2 < t < 1$  时,  $V^{ISL} < V_{nm}^{ISL}$ , 因此  $\Delta V_{rm} < V_{nm}^{ISL}$ , 则信息分享补偿机制下  $E(\Pi_{nm}^{IS}) - \Delta V_{rm} > E(\Pi_{nm}^I)$ , 即新产品制造商在该机制下增值. 下面寻找再制造商在该机制下增值的条件. 在该机制下再制造商预期利润减  $E(\Pi_{rm}^I)$  得

$$E(\Pi_{rm}^{IS}) + \Delta V_{rm} - E(\Pi_{rm}^I) = V_{rm}^{ISL} + \Delta V_{rm} = V_{rm}^{ISL} + \frac{1}{2}(V_{nm}^{ISL} + V_{rm}^{ISL}) = \frac{1}{2}V_{nm}^{ISL} + \frac{3}{2}V_{rm}^{ISL} \quad (45)$$

当  $\max\{t_1, t_2\} \leq t \leq t_2$  时,上式大于 0, 也就是命题 6 讨论的情形; 而当  $\max\{t_1, t_2\} < t < 1$  时,  $V_{rm}^{ISL}$  为负, 上式不一定大于 0. 下面来确定上式大于 0 的条件. 将  $V_{nm}^{ISL}, V_{rm}^{ISL}$  代入上式经化简整理后得

$$\frac{1}{2}V_{nm}^{ISL} + \frac{3}{2}V_{rm}^{ISL} = \frac{tv(1 + \gamma)H_4 + 3\gamma(1 + \gamma)(H_2 - ktvH_3)}{2[2k(2 + \gamma)(2 + 3\gamma) - \Delta^2(1 + \gamma)(\gamma^2 + 4\gamma + 2)]^2} \quad (46)$$

其中  $H_4 = [2k(\beta\gamma - 2 + 2\beta - 2\gamma) + \Delta^2(1 + \gamma)(1 + \gamma - \beta)]^2$ . 为使上式大于 0, 需下式成立

$$t < t_3 = \frac{3\gamma H_2}{\gamma(3\gamma k H_3 - H_4)} \quad (47)$$

因此有命题 7 的结论.

该命题说明,通过信息分享补偿机制的设立,

当  $\max\{t_1, t_2\} < t < t_3$  时,再制造商有动力分享其需求预测信息. 这表明信息分享补偿机制的建立使得再制造商分享其预测精度更加准确的预测信息. 然而当再制造商预测精度很高时,如  $t_3 < t < 1$ , 再制造商依然不会分享其预测信息,新产品制造商只有通过支付更高的信息分享费用,再制造商才会有动机分享其预测信息.

## 6 管理意义及模型局限性

这一部分将讨论本文在管理实践中的意义及模型的局限性. 管理实践意义: (1) 需求信息预测对再制造的作用. 对于一个垄断的再制造商而言,对市场潜在需求进行预测总是有利可图的,更多的信息有助于再制造商进行更加有利的决策,这使得再制造商在实践中能够有动力采用科学的预测方法进行需求预测. 然而,当再制造商存在竞争对手时,并非所有的预测信息都是有利可图的,是否进行需求预测需要考虑其预测精度. (2) 预测精度对再制造商信息获取的影响. 对于垄断的再制造商,预测精度的高低仅影响预测信息的价值,但不会影响再制造商进行需求信息预测. 因此无论预测精度怎么样,再制造商都会进行预测. 但是,对于存在竞争对手的市场中,只有当再制造商的预测精度较高时,再制造商才会进行需求信息预测. 而较低的预测精度不会为再制造商带来高额利润. (3) 竞争对手对再制造商信息预测的影响. 是否存在竞争对手影响再制造商是否进行需求预测,这就需要再制造商在进行需求预测时考虑竞争对手的影响. 如:再制造商的产品与新产品制造商的产品的替代关系比较小时,再制造商可以不考虑新产品制造商对需求预测的影响;一旦两类产品的替代性较大,就必须考虑新产品制造商的影响. (4) 信息的分享及其价值. 一般认为再制造商的私有预测信息是不愿意透漏给竞争对手,但本文发现在一定条件下再制造商有动力分享其预测信息. 若新产品制造商分享预测信息是无偿的,预测精度较低时再制造商愿意分享其预测信息;若新产品制造商向再制造商支付信息分享费用,那么再制造商愿意分享较高精度的预测信息. 考虑一种极端情形,当再制造商愿意分享精度为 1 的预测信息时,新产品制造商为其支付的信息分享费用为再制造商预测信息对再制造商的

价值. 模型局限性: 1) 存在多个回收再制造商. 在现实当中, 对废旧产品的回收是有多个企业. 当再制造商的数量增加时, 原有再制造商不仅在销售产品市场上存在竞争, 而且在回收旧产品市场上也存在竞争. 2) 再制造产品和新产品的差异性. 再制造商若仅是使用回收到的旧产品部分零件进行再制造, 再制造产品和新产品几乎无差异性, 那么在模型中可以不考虑两类产品的差异; 若再制造商将回收到的旧产品进行维修或翻新, 那么再制造产品与新产品之间有明显差异, 此时需要考虑两类产品的差异. 3) 新产品制造商的信息预测. 由于本文研究的重点在于考察预测信息对再制造的影响, 因此没有考虑新产品制造商也可以对需求信息进行预测. 事实上, 无论是再制造商还是新产品制造商都可以进行需求信息预测. 4) 再制造商和新产品制造商的强弱. 本文考虑的是两个企业的实力是对等的(进行的是 Bertrand 博弈), 而事实上, 可能存在再制造商的实力强于新产品制造商或新产品制造商的实力强于再制造商的情形, 此时, 两个企业就需要进行 Stackelberg 博弈.

## 7 结束语

研究了再制造商需求信息预测对回收再制造

的影响. 首先研究了垄断再制造商的情形, 分析了需求预测信息对再制造商的价值. 然后, 当再制造商存在竞争对手时, 考察了竞争对手对再制造的影响, 同时分析了预测信息对再制造的影响. 最后, 探讨了再制造商与新产品制造商信息分享可行性. 通过研究发现: 1) 对于垄断的再制造商而言, 进行需求信息预测总是有利可图的, 而且预测精度越高预测信息的价值越大; 2) 当再制造商存在竞争对手时, 预测精度的高低影响再制造商的预期利润, 但不影响新产品制造商的预期利润, 而且只有当预测精度较高时再制造商才会进行需求信息预测; 3) 当再制造商存在竞争对手时, 预测信息对再制造商价值的高低与再制造商市场潜在市场份额、回收投资成本参数和价格竞争强度相关; 4) 预测信息分享情形与再制造商无预测信息相比, 预测信息分享对新产品制造商和再制造商的价值均为正, 再制造商有动机分享其需求预测信息给新产品制造商, 且价值的大小与再制造商预测信息精度的高低相关, 精度越高, 双方的价值越大; 5) 预测信息分享情形与再制造商有预测信息相比, 预测信息分享对新产品制造商的价值为正, 当预测精度较低时, 预测信息分享对再制造商的价值为正, 当预测精度较高时, 预测信息分享对再制造商的价值为负; 6) 新产品制造商向再制造商支付信息分享费用有助于获得更高精度的预测.

## 参考文献:

- [1] 黄祖庆, 达庆利. 直线型再制造供应链决策结构的效率分析[J]. 管理科学学报, 2006, 9(4): 51-57.  
Huang Zuqing, Da Qingli. Study on efficiency of serial supply chains with remanufacture [J]. Journal of Management Sciences in China, 2006, 9(4): 51-57. (in Chinese)
- [2] 黄祖庆, 易荣华, 达庆利. 第三方负责回收的再制造闭环供应链决策结构的效率分析[J]. 中国管理科学, 2008, 16(3): 73-77.  
Huang Zuqing, Yi Ronghua, Da Qingli. Study on efficiency of the closed-loop supply chains with remanufacture based on third-party collecting [J]. Chinese Journal of Management Science, 2008, 16(3): 73-77. (in Chinese)
- [3] Fleischmann M, Bloemhof-Ruwaard J M, Dekker R, et al. Quantitative models for reverse logistics: A review [J]. European Journal of Operational Research, 1997, 103(1): 1-17.
- [4] Savaskan R C, Bhattacharya S, Wassenhove L N V. Closed-loop supply chain models with product remanufacturing [J]. Management Science, 2004, 50(2): 239-252.
- [5] Savaskan R C, Wassenhove L N. Reverse channel design: The case of competing retailers [J]. Management Science, 2006, 52(1): 1-14.
- [6] Subramanian R, Gupta S, Talbot B. Product design and supply chain coordination under extended producer responsibility [J]. Production and Operations Management, 2009, 18(3): 259-277.
- [7] 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, 12(6): 45-55.  
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): 45–55. (in Chinese)
- [8] 顾巧论, 高铁杠, 石连柱. 基于博弈论的逆向供应链定价策略分析[J]. 系统工程理论与实践, 2005, 25(3): 20–25.  
Gu Qiaolun, Gao Tiegang, Shi Lianshuan. Price decision analysis for reverse supply chain based on game theory[J]. Systems Engineering: Theory & Practice, 2005, 25(3): 20–25. (in Chinese)
- [9] 王玉燕, 李帮义, 申亮. 供应链、逆向供应链系统的定价策略模型[J]. 中国管理科学, 2006, 14(4): 40–45.  
Wang Yuyan, Li Bangyi, Shen Liang. The price decision model for the system of supply chain and reverse supply chain[J]. Chinese Journal of Management Science, 2006, 14(4): 40–45. (in Chinese)
- [10] 易余胤, 袁江. 渠道冲突环境下的闭环供应链协调定价模型[J]. 管理科学学报, 2012, 15(1): 54–65.  
Yi Yuyin, Yuan Jiang. Pricing coordination of closed-loop supply chain in channel conflicts environment[J]. Journal of Management Sciences in China, 2012, 15(1): 54–65. (in Chinese)
- [11] 熊中楷, 曹俊, 刘克俊. 基于动态博弈的闭环供应链回收质量控制研究[J]. 中国管理科学, 2007, 15(4): 42–50.  
Xiong Zhongkai, Cao Jun, Liu Kejun. Study on the quality control policy in the closed-loop supply chain based on the dynamic game theory[J]. Chinese Journal of Management Science, 2007, 15(4): 42–50. (in Chinese)
- [12] 李响, 李勇建, 蔡小强. 随机产率和随机需求下的再制造系统的回收定价决策[J]. 系统工程理论与实践, 2009, 29(8): 19–27.  
Li Xiang, Li Yongjian, Cai Xiaoqiang. Collection pricing decision in a remanufacturing system considering random yield and random demand[J]. Systems Engineering: Theory & Practice, 2009, 29(8): 19–27. (in Chinese)
- [13] 李枫, 孙浩, 达庆利. 不完全信息下再制造逆向供应链的定价与协调研究[J]. 中国管理科学, 2009, 17(3): 72–80.  
Li Feng, Sun Hao, Da Qingli. Study on the pricing and coordinating mechanism with incomplete information in remanufacturing reverse supply chain[J]. Chinese Journal of Management Science, 2009, 17(3): 72–80. (in Chinese)
- [14] Galbreth M R, Blackburn J D. Optimal acquisition and sorting policies for remanufacturing[J]. Production and Operations Management, 2006, 15(3): 384–392.
- [15] Ketzenberg M E, Zuidwijk R A. Optimal pricing, ordering, and return policies for consumer goods[J]. Production and Operations Management, 2009, 18(3): 344–360.
- [16] Debo LG, Toktay B L, Wassenhove L V. Joint life-cycle dynamics of new and remanufactured products[J]. Production and Operations Management, 2006, 15(4): 498–513.
- [17] Geyer R, Wassenhove L V, Atasu A. The economics of remanufacturing under limited component durability and finite product life cycles[J]. Management Science, 2007, 53(1): 88–100.
- [18] Ferguson M, Daniel G J, Koca E, et al. The value of quality grading in remanufacturing[J]. Production and Operations Management, 2009, 18(3): 300–314.
- [19] Jacobs B W, Subramanian R. Sharing responsibility for product recovery across the supply chain[J]. Production and Operations Management, 2012, 21(1): 85–100.
- [20] 艾兴政, 唐小我, 马永开. 传统渠道与电子渠道预测信息分享的绩效研究[J]. 管理科学学报, 2008, 11(1): 12–21.  
Ai Xingzheng, Tang Xiaowo, Ma Yongkai. Performance of forecasting information sharing between traditional channel and E-channel[J]. Journal of Management Sciences in China, 2008, 11(1): 12–21. (in Chinese)
- [21] Gal-Or E. Information sharing in oligopoly[J]. Econometrica, 1985, 53(2): 329–343.
- [22] Li L. Cournot oligopoly with information sharing[J]. Rand Journal of Economics, 1985, 16(4): 521–536.
- [23] Xu J. Duopoly information sharing with differentiated products[J]. Operations Research Letters, 2010, 38(4): 287–291.
- [24] Li L. Information sharing in a supply chain with horizontal competition[J]. Management Science, 2002, 48(9): 1196–1212.
- [25] Shamir N. Strategic information sharing between competing retailers in a supply chain with endogenous wholesale price[J]. International Journal of Production Economics, 2012, 136(2): 352–365.
- [26] Jain A, Seshadri S, Sohoni M. Differential pricing for information sharing under competition[J]. Production and Opera-

- tions Management ,2011 ,20( 2) : 235 – 252.
- [27]Wu J ,Zhai X ,Zhang C , et al. Sharing quality information in a dual-supplier network: A game theoretic perspective[J]. International Journal of Production Research ,2011 ,49( 1) : 199 – 214.
- [28]Yao D ,Yue X ,Liu J. Vertical cost information sharing in a supply chain with value adding retailers [J]. 2008 ,36( 5) : 838 – 851.
- [29]Yao D ,Yue X ,Wang X , et al. The impact of information sharing on a return policy with the addition of a direct channel [J]. International Journal of Production Economics ,2005 ,97( 2) : 196 – 209.
- [30]Yue X ,Liu J. Demand forecast sharing in a dual-channel supply chain [J]. European Journal of Operational Research , 2006 ,174( 1) : 646 – 667.
- [31]熊中楷,王 凯,熊 榆. 经销商从事再制造的闭环供应链模式研究[J]. 管理科学学报,2011 ,14( 11) : 1 – 9.  
Xiong Zhongkai ,Wang Kai ,Xiong Yu. Research on the closed-loop supply chain that the distributor engages in remanufacturing[J]. Journal of Management Sciences in China ,2011 ,14( 11) : 1 – 9. ( in Chinese)

## Value of demand information forecast on remanufacturing strategy of manufacturer

*NIE Jia-jia*

School of Economics and Management , Southwest Jiaotong University , Chengdu 610031 , China

**Abstract:** This paper studies the impact of demand information forecast on remanufacturing of the manufacturer. Two cases where there is a monopoly manufacturer and there are two competing manufacturers are researched respectively. Information sharing between the remanufacturer and the new product manufacturer is analyzed. The results show that demand information forecast is profitable for a monopoly manufacturer ,the value of forecast information to the remanufacturer is related to his market sharing , investment coefficient and intensity of price competition and the remanufacturer has incentives to share his information with the new product manufacturer when the accuracy of demand information forecast is low.

**Key words:** reverse logistics; remanufacturing; demand information forecast; forecast accuracy