存在战略顾客的退货策略研究①

杨光勇，计国君
(厦门大学管理学院，厦门 361005)

摘要: 互联网的普及、网上顾客的评论以及销售商的频繁降价促销训练了顾客的战略等待行为，这加剧了产品供需之间的不匹配性; 顾客退货策略所隐含的“保险”机制(提升顾客对产品的期望支付意愿)鼓励了更多顾客购买产品，这反过来产生大量的退货产品，如何处理这些退货产品就成为销售商必须面对的核心问题. 文中研究了存在战略顾客时，不再销售、正常再销售与降价再销售退货产品策略如何影响销售商的顾客退货策略设计. 结论表明: 相对于不提供退货策略，1) 不再销售以及降价再销售退货产品策略均降低了销售商利润; 2) 当再处理成本与退货补偿均较低时，正常再销售退货产品策略能增加销售商利润，相反，如果再处理成本或退货补偿较高，则正常再销售策略也给销售商带来不利影响.

关键词: 顾客退货; 再销售; 理性预期; 期望支付意愿
中图分类号: F253.4　　**文献标识码:** A　　**文章编号:** 1007-9807(2014)08-0023-11

0 引言

互联网的日益普及以及网上顾客的评论提升了顾客追踪销售商产品可获得性以及价格变化的能力，使其利用战略等待以尽可能低的价格购买所需产品; 另一方面，降价促销策略已充斥着各个行业，例如，服装行业约 50% 的库存最终以折扣价格出清[1]; 连锁零售商 Wal-mart 在 2004 年圣诞节期间通过促销，其销售额约为年度销售额的 20%[2]; 这种降价销售策略也进一步刺激了顾客的等待行为，从而加剧产品供给与需求之间的不匹配性.

为了应对战略顾客行为，销售商采用的主要策略涉及两方面: 1) 故意制造产品短缺，促使顾客提前购买. 例如，西班牙的 ZARA[3]、日本的 Nintendo[4] 都通过创造配给风险获得成功; 2) 直接提升顾客的支付意愿以增加其正常购买的期望剩余. 例如，Benetton 公司通过改进服装设计来提高顾客支付意愿[5]. 退货保证所隐含的“保险”机制(降低顾客接受产品的风险)也提升了顾客支付意愿，刺激更多顾客购买产品，从而减轻了产品供需之间的不匹配性，这越来越受到业界的青睐，但是，退货保证也产生了大量的退货，据《华尔街日报》报道[6]，即使购买的电子产品没有缺陷，约 19% 的顾客仍选择退货; 网络销售所产生的产品退货更是高达 35%[7]，如何处理这些退货产品就成为销售商必须面对的核心问题. 基于战略顾客行为的普遍性与退货策略的实践性，本文研究了存在战略顾客时，不再销售、正常再销售与降价再销售退货产品如何影响销售商的退货策略设计.

与本文相关的研究主要体现在:

1) 战略顾客行为. Kim 和 Swinney[8] 研究了存在战略顾客时，引入新产品的企业需要权衡生产成本与产品质量，认为战略顾客行为促使企业

① 收稿日期: 2011-09-14; 修订日期: 2012-04-19.
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71201138; 71371158; 71371159); 教育部人文社会科学研究青年资助项目(12YJC630264); 福建省自然科学基金资助项目(2012J01304).
作者简介: 杨光勇(1979—)，男，四川达县人，博士，助理教授. Email: gyyang@xmu.edu.cn

更关注于提升产品质量; Swinney[8]研究了战略顾客下的快速响应策略,发现当销售价格随时间递增时,该策略能增加销售商利润; Cachon 和 Swinney[9]研究了快速时尚策略(由快速响应策略与改进设计策略构成),发现,当顾客越表现出战略等待时,这种策略的价值越大; Liu 和 van Ryzin[10]将学习型战略顾客嵌入到销售商产能配给的动态模型中,认为存在收敛于配给均衡(或低价均衡)的产能预期的临界值; Li 和 Zhang[11]研究了预订策略(pre-order strategy)的价值,发现,即使销售商同时提供价格保证与预订策略,这种策略仍对销售商不利; Debo 和 Wu[12]研究了产品的历史价格信息对销售商的影响,认为销售商一旦隐藏历史价格信息,战略顾客就会调低其支付意愿直到能观察到的折扣价格,从而降低销售商利润; 刘晓峰和黄沛[13]运用 Stackelberg 博弈模型与机制设计理论研究了战略顾客行为对销售商库存与定价策略的影响,发现增加配给风险能减轻顾客的等待行为. 上述文献均未涉及顾客退货策略,本文重点研究退货产品再处理方式对销售商退货策略设计以及战略顾客跨期决策的影响.

2) 退货策略. Swinney[8]研究了顾客退货策略,但关注的重点是战略顾客下快速响应的价值; Su[14]研究了销售商的全额与部分退货补偿对供应链绩效的影响,认为存在顾客退货时,差异化回购合同与销售补偿合同能协调供应链,该文未涉及战略顾客; Shulman 等[15-17]分别从 3 个视角研究了销售商的退货策略: 顾客退货时只能换货,不能获得退货补偿; 竞争环境以及逆向渠道结构(制造商还是零售商降价再销售退货产品)。这 3 篇文献也均未涉及战略顾客,而本文以战略顾客的跨期理性决策为出发点. 范体军等[18-19]分别研究了废旧产品回收网络系统以及废旧产品回收的外包决策,这两篇文献主要分析顾客丢弃后的废弃品再利用,本文考虑的退货主要由顾客购买了与支付意愿不相匹配驱动; 姚忠[20]认为风险约束下的回退策略对供应链的协调能力比无风险约束情形要弱,该文研究供应链上下游企业间的退货合同,本文的退货存在于战略顾客与销售商之间.

1 问题描述

考虑单个销售商向市场引入一种创新性产品. 根据产品销售特征,把整个销售环节分为两期: 以价格 p 销售的正常销售期(简记为 t_1 期)和以价格 s 销售的折扣销售期(简记为 t_2 期). 销售商的订货数量为 q,单位订货成本为 c,假设 $p > c > s$.

假设市场由能在 t_1 期购买的战略顾客以及只能在 t_2 期购买的询价顾客(bargain hunters)构成. 1) 战略顾客: 假设其数量很多,这表明单个顾客对市场总体的影响可忽略不计,并且所有顾客最多购买单位产品. 用连续随机变量 X 表示战略顾客总数量,X 的分布函数与密度函数分别为 $F(\cdot)$ 与 $f(\cdot)$,且 $\bar{F}(\cdot) = 1 - F(\cdot)$. 假设战略顾客的支付意愿 v_H 为支持集 $[\underline{v},\bar{v}]$ ($\underline{v} < p < \bar{v}$) 上的连续随机变量,$v_H$ 的分布函数与密度函数分别为 $G(\cdot)$ 与 $g(\cdot)$,且 $\bar{G}(\cdot) = 1 - G(\cdot)$. 这表明创新性产品引入市场时,由于产品内在价值很难判断,战略顾客在获得产品前,其支付意愿具有不确定性,只有获得产品后才明白其实际值. 战略顾客理性预期② t_2 期产品可获得性,通过权衡在 t_1 期与 t_2 期中购买产品获得的期望剩余来决策购买时机; 2) 询价顾客: 由于销售商在 t_2 期中降价销售 t_1 期的剩余产品 L,这吸引了大量的询价顾客到达市场,假设其数量趋于无穷,其支付意愿为 v_L. 假设 $v_L < \underline{v}$.

用 WTP_i 表示战略顾客在 t_i 期对新产品的期望支付意愿,$i = 1,2$.

为了便于分析,把未销售的产品称为新产品,顾客退货称为退货产品(returned product).

假设 1 顾客对新产品与退货产品的期望支

② 假设战略顾客在做出购买决策之前,不能观察到销售商的存货数量,只能对该数量形成信念. 而理性预期则表明顾客对在 t_2 期中获得产品的信念与实际均衡可获得性相同,该假设由 Muth[21]提出,文献[8-13]也采用.

付意愿相同.

假设 1 表明: 1) 顾客对未销售的新产品与退货产品所愿意支付的最高价格相同,这基于如下原因: 文中不考虑产品损坏、生命周期结束、投机行为所致的退货,主要关注由顾客购买产品的不匹配风险导致的正常退货,这样,销售商通过简单再处理程序就能使得退货产品的性能和内在价值与新产品相同,此时,顾客对新产品与退货产品的期望支付意愿相同. 文献 [9] 与 [14] 也采用这种假设; 2) 这等价于如下情形: 假设销售商再处理成本可忽略不计,顾客对新产品与退货产品的期望支付意愿分别为 WTP_i 与 $\beta \times WTP_i$ ($\beta \in [0,1]$) ,即对这两类产品的偏好存在差异性,β 反映了差异性的敏感程度,也即对退货产品的贴现因子. 特别地,若 $\beta = 1$,则顾客对新产品与退货产品无差异.

考虑两类策略: 1) S 不允许顾客退货策略(简记为 NR 策略) ,此时,战略顾客购买产品后,只能保留产品,例如,音像制品由于版权问题就不允许退货; 2) 销售商允许顾客退货策略,此时,战略顾客购买产品并明白其实际支付意愿后,根据退货补偿 η 选择保留产品或退货以获得该补偿,其中,$\eta \leq p$. ①若 $v_L \leq \eta \leq \underline{v}$,顾客退货比例为 0,这退化为 NR 策略; ②若 $\underline{v} < \eta < p$,销售商提供部分退货补偿; ③若 $\eta = p$,销售商提供完全退货补偿. 接下来主要研究 $\eta \in (\underline{v},p]$ 情形,即顾客退货比例为正.

销售商对退货产品存在 3 种再处理方式: 1) RN 策略(即销售商允许顾客退货,但不再销售这些退货产品) : 此时,延迟到 t_2 期的战略顾客只能购买新产品; 2) RR 策略(即销售商允许顾客退货并在 t_1 期正常再销售退货产品) : 此时,销售商通过快速再处理流程,在 t_1 期立即销售退货产品,此时,战略顾客在 t_1 期既可购买新产品,也可购买退货产品; 3) RD 策略(即销售商允许顾客退货并在 t_2 期降价再销售退货产品) : 这种情形下,t_2 期中总供给为 t_1 期未销售的新产品以及退货产品之和,延迟购买的战略顾客在 t_2 期可以购买新产品或退货产品.

用带“~”的变量表示信念,带“* ”的变量表示均衡值,Π_i 表示策略 i 下销售商的期望利润,$i \in \{NR,RN,RR,RD\}$.

定义 1　销售商与战略顾客间的理性预期均衡需满足如下条件:

1) 给定所有战略顾客提前购买的信念,销售商设定最优销售价格 p^* 与最优存货数量 q^* ,使其利润 Π_i 达到最大化,即 $(p^*,q^*) \in \arg\max_{p,q>0}\Pi_i(p,q)$;

2) 给定销售商的销售价格与存货数量的信念($\tilde{p}$, $\tilde{q}$) ,所有战略顾客提前到 t_1 期购买产品;

3) 信念与均衡策略一致,即 $\tilde{p} = p^*$,$\tilde{q} = q^*$.

1.1　战略顾客跨期决策

所有战略顾客均提前在 t_1 期购买产品需满足条件

$$WTP_1 - p \geq \tilde{\xi}(WTP_2 - s) \tag{1}$$

式中 $\tilde{\xi}$ 表示战略顾客对 t_2 期产品可获得性的信念. 为了加大 t_2 期中产品配给风险以诱导战略顾客提前购买,销售商的折扣价格 s 等于询价顾客的支付意愿 v_L ,即 $s = v_L$.

1.1.1　期望支付意愿

战略顾客在 t_1 期的期望支付意愿为

$$WTP_1 = \begin{cases} E\, v_H & \text{对于 NR 策略} \\ E\, \max(v_H,\eta) & \text{对于 RN,RR,RD 策略} \end{cases} \tag{2}$$

式(2) 表明: 1) 当销售商不提供退货策略时,战略顾客的期望支付意愿为 $E\, v_H$,这也是其愿意支付的最高价格; 2) 当销售商提供退货策略时,战略顾客的期望支付意愿为 $E\, \max(v_H,\eta)$,该值包括两部分: 顾客购买产品后,明白其实际值高于退货补偿并保留产品的期望支付意愿部分 $\left(\int_{\eta}^{\bar{v}} v_H \mathrm{d}G(v_H)\right)$; 购买后实际值低于退货补偿进行退货的期望支付意愿部分 $\left(\int_{\underline{v}}^{\eta} \eta \mathrm{d}G(v_H)\right)$.

由于销售商在 t_2 期不提供退货策略,所以,战略顾客在 t_2 期的期望支付意愿为

$$WTP_2 = E\, v_H \tag{3}$$

结合式(2) 与式(3) ,1) 当销售商不提供退

货策略时，战略顾客的期望支付意愿路径为 $\mathrm{E}\,v_H \to \mathrm{E}\,v_H$，即其期望支付意愿不随时间发生变化，这相当于战略顾客同等看待 t_1 期与 t_2 期的购买行为；2）当销售商提供退货策略时，战略顾客的期望支付意愿路径为 $\mathrm{E}\max(v_H,\eta) \to \mathrm{E}\,v_H$，即其期望支付意愿随时间呈递减趋势，这表明战略顾客更看重在 t_1 期的购买行为，其原因在于销售商提供的退货补偿越高，进一步增加了其期望支付意愿.

1.1.2　t_2 期的产品可获得性

参考文献[22]用 $\theta \in [0,1]$ 表示战略顾客对在 t_2 期中获得产品的乐观程度，即相信由延迟购买的战略顾客与询价顾客构成的排队系统中仍有 θ 比例比其后获得产品.

文中关注 $\theta = 1$ 的情形，这基于如下考虑：1）战略顾客由于更关注在 t_2 期中以更低折扣价格获得产品，总是位于排队系统最前面部分，从而在获得产品方面更有优先权，也称这种产品分配策略为有效配给策略，为文献[9]和文献[23－24]采用；2）简化产品分配机制以便更好地比较不再销售、正常再销售与降价再销售退货产品策略对销售商退货策略设计的影响.

1.2　基准模型（NR 策略）

把销售商不提供退货策略情形称为基准情形，这作为与后面销售商提供退货策略情形相比较的基准.

这种情形下，战略顾客对延迟到 t_2 期中购买产品的可获得性信念为 $\tilde{\xi} = F(q)$，这样，战略顾客提前在 t_1 期购买产品需要满足条件 $\mathrm{E}\,v_H - p \geq F(q)(\mathrm{E}\,v_H - v_L)$，得到销售商能制定的最高销售价格为

$$p = \mathrm{E}\,v_H - F(q)(\mathrm{E}\,v_H - v_L) \tag{4}$$

用 Π_{NR} 表示 NR 策略下销售商的期望利润，则

$$\Pi_{NR} = p\mathrm{E}\min(q,X) + v_L[q - \mathrm{E}\min(q,X)] - cq \tag{5}$$

式中：第 1 项表示销售商从 t_1 期中获得的期望收益；第 2 项表示销售商从 t_2 期中得到的期望收益；最后项表示销售商的总采购成本.

命题 1 刻画了 NR 策略下销售商与战略顾客之间的理性预期均衡.

命题 1　对于不允许顾客退货策略，销售商与战略顾客间存在唯一理性预期均衡，所有战略顾客提前购买，销售商的最优销售价格与销售数量为

$$p_{NR} = v_L + \sqrt{(c - v_L)(\mathrm{E}\,v_H - v_L)},$$

$$q_{NR} = \bar{F}^{-1}\left(\frac{c - v_L}{p_{NR} - v_L}\right)$$

2　销售商不再销售退货产品策略（RN）

由于退货产品不能再销售，战略顾客对延迟到 t_2 期购买产品的可获得性信念仍为 $\tilde{\xi} = F(q)$，这样，战略顾客提前在 t_1 期购买产品的条件为

$$\mathrm{E}\max(v_H,\eta) - p \geq F(q)(\mathrm{E}\,v_H - v_L)$$

基于该不等式，得到销售商为了鼓励所有战略顾客提前购买，能制定的最高销售价格为

$$p = \mathrm{E}\max(v_H,\eta) - F(q)(\mathrm{E}\,v_H - v_L) \tag{6}$$

用 Π_{RN} 表示 RN 策略下销售商的期望利润，则

$$\Pi_{RN} = p\bar{G}(\eta)\mathrm{E}\min(q,X) + (p - \eta)G(\eta) \times \mathrm{E}\min(q,X) + v_L[q - \mathrm{E}\min(q,X)] - cq \tag{7}$$

式中：第 1 项表示销售商从战略顾客购买并保留产品中获得的期望收益；第 2 项表示销售商从战略顾客退货中得到的期望收益；第 3 项表示销售商降价销售剩余库存 L 获得的期望收益；最后项表示销售商的总采购成本.

命题 2 刻画了 RN 策略下销售商与战略顾客间的理性预期均衡.

命题 2　对于允许顾客退货但不再销售退货产品策略，销售商与战略顾客间存在唯一理性预期均衡. 所有战略顾客提前购买，销售商最优销售价格与销售数量分别为

$$p_{RN} = v_L + \frac{\omega + \eta G(\eta)}{2} + \sqrt{\lambda_1 + \left(\frac{\omega - \eta G(\eta)}{2}\right)^2},$$

$$q_{RN} = \bar{F}^{-1}\left(\frac{c - v_L}{p_{RN} - \eta G(\eta) - v_L}\right)$$

其中,$\omega = \mathrm{E}\max(v_H,\eta) - \mathrm{E}\,v_H$,

$\lambda_1 = (c - v_L)(\mathrm{E}\,v_H - v_L)$

命题 2 证明过程见附录.

下面命题 3 比较了 NR 策略与 RN 策略.

命题 3　1) 销售商提供 RN 策略的销售价格高于 NR 策略,即 $p_{RN} > p_{NR}$;2) 销售商提供 RN 策略的销售数量与期望利润均低于 NR 策略,即 $q_{RN} < q_{NR}$,$\Pi^*_{RN} < \Pi^*_{NR}$.

命题 3 证明过程见附录.

命题 3 表明: 1) 销售商提供退货保证时,较高的退货补偿增加了顾客的期望支付意愿,同时也产生了更高比例的退货,由于销售商不再销售这些退货产品,更高的退货补偿只会进一步增加期望支付意愿,从而增加其销售价格以至于高于不提供退货保证情形;2) 不再销售退货产品不仅降低了新产品的销售数量,还失去了从退货产品中获得利润的“二次机会”,这使得其期望利润低于 NR 策略. 可见,允许退货但不再销售退货产品策略对销售商是不利的.

3　销售商正常再销售退货产品策略(RR)

用 r_1 表示销售商在 t_1 期再销售退货产品所引发的正常再处理成本(包括检测、再包装以及再发货成本等). 该成本可以从两个视角来理解: 1) 渠道视角. 总的来说,c 反映了前向渠道的运营效率,而 r_1 反映了逆向渠道的运营效率,逆向渠道效率越高,r_1 越低;2) 顾客效用视角. 根据假设 1,正常再销售策略引发的再处理成本 r_1 需要提升的期望支付意愿为 $(1-\beta)WTP_1$,即 $r_1 = (1-\beta)\mathrm{E}\max(v_H,\eta)$,从支付意愿视角讲,如果顾客对退货产品的贴现因子越高(即 β 增加),则销售商引发的正常再处理成本就越低.

对于允许退货并立即再销售退货产品策略,战略顾客对延迟到 t_2 期购买产品的可获得性信念为 $\tilde{\xi} = F(q/\bar{G}(\eta))$,这样,其在 t_1 期购买产品的条件为

$$\mathrm{E}\max(v_H,\eta) - p \geq F\left(\frac{q}{\bar{G}(\eta)}\right)(\mathrm{E}v_H - v_L)$$

基于该不等式,得到销售商能制定的最高销售价格为

$$p = \mathrm{E}\max(v_H,\eta) - F\left(\frac{q}{\bar{G}(\eta)}\right)(\mathrm{E}\,v_H - v_L) \tag{8}$$

用 Π_{RR} 表示 RR 策略下销售商的期望利润,则

$$\begin{aligned}\Pi_{RR} = {} & p\mathrm{E}\min(q,\bar{G}(\eta)X) + [p-(r_1+\eta)] \times \\ & G(\eta)\mathrm{E}\min(q,X) - cq + \\ & v_L[q - \mathrm{E}\min(q,\bar{G}(\eta)X)]\end{aligned} \tag{9}$$

式中: 第 1 项表示销售商从战略顾客购买并保留产品中获得的期望收益; 第 2 项表示销售商从正常再销售退货产品中得到的期望收益; 第 3 项表示销售商的总采购成本; 最后项表示销售商降价销售剩余库存获得的期望收益.

命题 4 刻画了 RR 策略下销售商与战略顾客间的理性预期均衡.

命题 4　对于允许顾客退货并正常再销售退货产品策略,销售商与战略顾客间存在唯一理性预期均衡. 所有战略顾客提前购买,销售商最优销售价格 p_{RR} 与销售数量 q_{RR} 由方程组(10)确定

$$\begin{cases} p = \mathrm{E}\max(v_H,\eta) - F\left(\dfrac{q}{\bar{G}(\eta)}\right)(\mathrm{E}\,v_H - v_L) \\ (p-v_L)\bar{F}\left(\dfrac{q}{\bar{G}(\eta)}\right) + [p-(r_1+\eta)]G(\eta)\bar{F}(q) = c - v_L \end{cases} \tag{10}$$

命题 4 证明过程见附录.

下面从理论分析(见命题 5)与数值分析(见图 2)两个视角,研究正常再销售退货产品策略的价值.

命题 5　存在正常再处理成本阈值 r_1^Δ 与退货补偿阈值 η^Δ ($\eta^\Delta \in (\eta^*, p_{RR}]$),满足

1) 若 $r_1 \geq r_1^\Delta$ 或 $\eta \geq \eta^\Delta$,则 $\Pi^*_{RR} \leq \Pi^*_{NR}$.

2) 若 $r_1 < r_1^\Delta$ 且 $\eta < \eta^\Delta$,则 $\Pi^*_{RR} > \Pi^*_{NR}$,

其中

$$r_1^\Delta = p_{RR}|_{\eta=\underline{v}} - \underline{v} - \frac{(p_{RR}|_{\eta=\underline{v}} - v_L)\int_0^{p_{RR}|_{\eta=\underline{v}}} Xf(X)\,\mathrm{d}X}{\mathrm{E}\min(p_{RR}|_{\eta=\underline{v}},X)}$$

η^* 与 η^Δ 分别由 $\frac{\mathrm{d}\Pi_{RR}^*}{\mathrm{d}\eta}=0$ 与 $\Pi_{RR}^*|_{\eta\in(\eta^*,p_{RR}]}=\Pi_{RR}^*|_{\eta=\underline{v}}$ 确定.

命题 5 证明过程见附录.

命题 5 表明: 1) 如果正常再处理成本较高($r_1\geqslant r_1^\Delta$),销售商采用 RR 策略得到的利润低于 NR 策略。这可以通过比较新产品与退货产品的边际利润来解释③: 较高的再处理成本增加了新产品的边际利润,但大幅降低了退货产品的边际利润以及销售数量,从而降低了从退货产品中获得的利润,这使得销售商的期望利润低于不提供退货补偿策略; 2) 如果退货补偿较高($\eta\geqslant\eta^\Delta$),则 RR 策略下销售商的利润也低于 NR 策略,其原因在于较高退货补偿导致了更高比例的退货(退货比例由 $G(\eta)$ 衡量),这些退货产品立即再引入 t_1 期,势必会间接降低 t_2 期产品可获得性风险,从而增加战略顾客延迟购买的期望剩余。这样,销售商为了诱导所有战略顾客提前购买,不得不以降低销售价格的方式将部分期望剩余转移给顾客,也就是说,较高退货补偿降低了 RR 策略下新产品与退货产品的边际利润,同时还降低了销售数量,这使得其期望利润低于 NR 策略; 3) 如果正常再处理成本与退货补偿均较低,则 RR 策略下销售商的利润高于 NR 策略,这源于较低退货补偿与较低正常再处理成本增加退货产品的边际利润,此时,退货产品成为销售商的另一利润来源. 所以,针对跨期理性决策的战略顾客,销售商不能盲目地提供退货保证,只有当逆向渠道效率较高并且退货补偿较低时,RR 策略所隐含的“二次销售机会”才能给销售商带来更高的期望利润.

4 销售商降价再销售退货产品策略(RD)

用 r_2 表示销售商在 t_2 期再销售退货产品所引发的降价再处理成本. 同样地,逆向渠道效率越高或顾客对退货产品的贴现因子越高,r_2 就越低.

假设 2 降价再处理成本低于正常再处理成本,即 $r_2<r_1$.

假设 2 表明: 销售商在 t_2 期中降价再销售退货产品的再处理成本低于在 t_1 期中的正常再处理成本,这基于如下原因: 相对于正常再销售情形,t_2 期降价再销售策略对退货产品重新进入市场的时限更长,这可以构建更慢的低成本再处理渠道,从而产生更低的再处理成本.

对于允许顾客退货并在 t_2 期降价再销售退货产品策略,战略顾客对延迟到 t_2 期购买产品的可获得性信念可表示为 $\tilde{\xi}=F\left(\frac{q}{\bar{G}(\eta)}\right)$,提前购买产品的条件为

$$\mathrm{E}\max(v_H,\eta)-p\geqslant F\left(\frac{q}{\bar{G}(\eta)}\right)(\mathrm{E}\,v_H-v_L)$$

基于该不等式,得到销售商能制定的最高销售价格为

$$p=\mathrm{E}\max(v_H,\eta)-F\left(\frac{q}{\bar{G}(\eta)}\right)(\mathrm{E}\,v_H-v_L)\tag{11}$$

用 Π_{RD} 表示 RD 策略下销售商的期望利润,则

$$\Pi_{RD}=p\bar{G}(\eta)\mathrm{E}\min(q,X)+v_L[q-\mathrm{E}\min(q,X)]+(p-\eta+v_L-r_2)G(\eta)\mathrm{E}\min(q,X)-cq\tag{12}$$

式中: 第 1 项表示销售商从战略顾客购买并保留产品中获得的期望收益; 第 2 项表示销售商降价销售在 t_1 期中未销售的新产品获得的期望收益; 第 3 项表示销售商从降价再销售退货产品中获得的期望收益; 最后一项表示总采购成本.

命题 6 对于允许顾客退货并降价再销售退货产品策略,若降价再处理成本 $r_2<r_2^\Delta$,则销售商与战略顾客间存在唯一理性预期均衡. 所有战略顾客提前购买产品,销售商最优销售价格与销售数量由方程组(13)确定

$$\begin{cases}p=\mathrm{E}\max(v_H,\eta)-F\left(\frac{q}{\bar{G}(\eta)}\right)(\mathrm{E}\,v_H-v_L)\\ [p-v_L\bar{G}(\eta)-(r_2+\eta)G(\eta)]\bar{F}(q)-(c-v_L)=0\end{cases}\tag{13}$$

其中

③ NR 策略下新产品的边际利润为 $p_{NR}-c$, RR 策略下新产品与退货产品边际利润分别为 $p_{RR}-c$ 与 $p_{RR}-(r_1+\eta)$.

$$r_2^{\Delta} = \frac{\mathrm{E}\max(v_{\mathrm{H}},\eta) - c}{G(\eta)} + v_{\mathrm{L}} - \eta$$

命题 6 证明过程见附录.

命题 6 表明: 对于降价再销售退货产品策略，只有降价再处理成本较低时，销售商与战略顾客间才存在理性预期均衡.

命题 7 以及后面图 2 分别从理论分析与数值分析的视角，比较了 RD 策略与 NR 策略.

命题 7　销售商提供 RD 策略获得的期望利润低于 NR 策略，即 $\Pi_{\mathrm{RD}}^{*} < \Pi_{\mathrm{NR}}^{*}$.

命题 7 证明过程见附录.

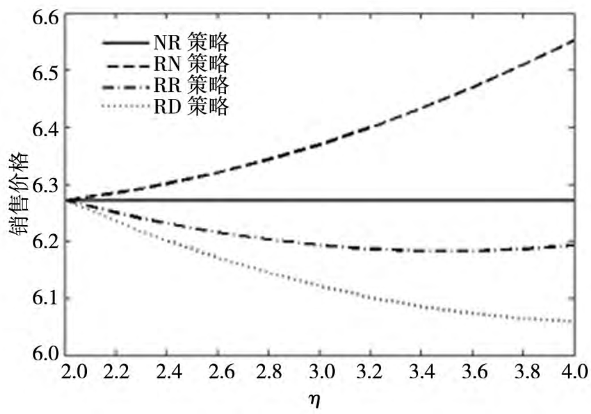
命题 7 表明: 当销售商只能以折扣价格再处理退货产品时，RD 策略对销售商也是不利的. 这同样可以通过比较新产品与退货产品的边际利润来解释: 退货产品重新引入 t_2 期不仅降低了销售商的订购数量，还同时降低了销售价格 p_{RD}，这使得 RD 策略下新产品的边际利润(由 $p_{\mathrm{RD}} - c$ 表示) 低于 NR 策略下新产品(由 $p_{\mathrm{NR}} - c$ 表示) . 这样，RD 策略下，销售商从新产品销售中获得的期望利润低于 NR 策略; 此外，随着降价再处理成本(或退货补偿) 增加，销售商从再销售退货产品中获得的期望利润逐渐减少. 总的来说，相比于 NR 策略，销售商采用 RD 策略时，从再销售退货产品中获得的期望收益低于新产品销售中损失的期望收益，从而导致其期望利润更低.

Su [14] 认为销售商提供的退货补偿应等于折扣价格，该文假设顾客具有短视行为. 而本文主要针对战略顾客，为了诱使其提前购买，销售商需要以更高退货补偿的方式将部分期望剩余转移给顾客，从而降低了销售商的利润.

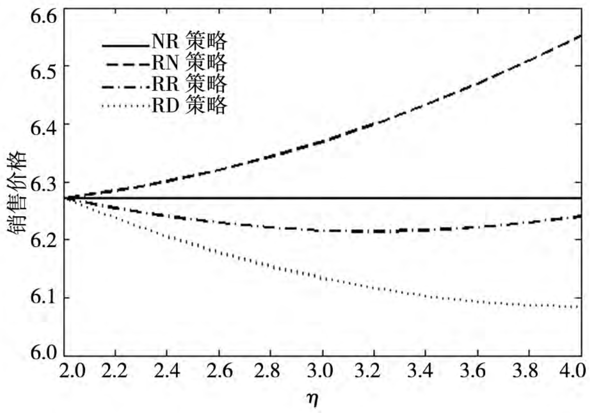
5　算例分析

下面探讨再处理成本以及退货补偿的各种组合对销售商销售价格以及期望利润的影响. 基本参数设置如下: $c = 4$，$v_{\mathrm{L}} = 1.9$，v_{H}服从 [2，20] 上的均匀分布，X 服从均值为 100，标准差为 50 的 Gamma 分布.

图 1 从销售价格方面比较了再处理成本与退货补偿相组合对销售商的影响.



(a) $r_1 = 0.1$，$r_2 = 0.05$



(b) $r_1 = 0.9$，$r_2 = 0.45$

图 1　退货补偿与销售价格

Fig. 1 Return refund and sell price

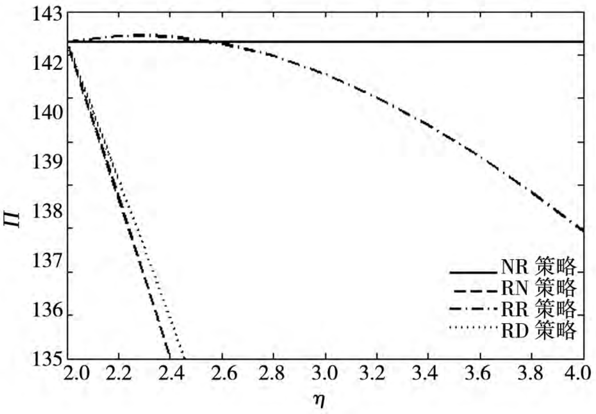
图 1 显示: 1) NR 策略下销售商的销售价格与再处理成本 r_1(r_2) 以及退货补偿 η 均无关; RN 策略下销售商的销售价格随退货补偿增加而递增，但与再处理成本无关; RR(RD 策略) 下，销售商的销售价格均随着 r_1(r_2) 增加呈现递增趋势; 2) RN 策略下的销售价格最高，究其原因在于较高的退货补偿增加了顾客的期望支付意愿，同时也产生了更高比例的退货，由于销售商不再销售这些退货产品，此时，更高的退货补偿只会进一步增加期望支付意愿，从而使得销售商能制定的销售价格高于 NR 策略的销售价格; RR(RD) 策略下的销售价格低于 NR 策略，这主要是因为退货产品引入 t_1(t_2期) ，降低了顾客的支付意愿，从而降低了销售价格，使其低于 NR 策略.

图 2 则从期望利润方面比较了再处理成本与退货补偿对销售商的组合影响.

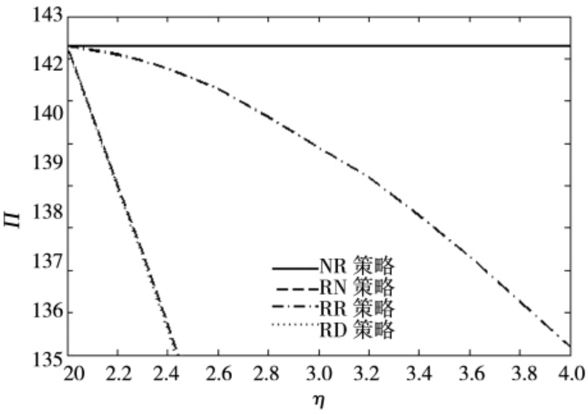
表 1 则进一步显示了图 2 中当退货补偿 $\eta =$

2.4 时,4 种退货策略对销售商利润构成的影响.

图 2 与表 1 显示: 1) NR 策略下销售商的期望利润与再处理成本 $r_1(r_2)$ 和退货补偿 η 均无关;



(a) $r_1 = 0.1, r_2 = 0.05$



(b) $r_1 = 0.9, r_2 = 0.45$

图 2 退货补偿与期望利润

Fig. 2 Return refund and expected profits

表 1 退货产品的价值

Table 1 The value of returned products

策略	再处理成本	均衡数量	期望利润		
			新产品	退货产品	两种产品之和
NR	—	94.160	142.295	—	142.295
RN	—	93.834	135.008	0	135.008
RR	$r_1 = 0.1$	92.655	136.034	6.389	142.423
	$r_1 = 0.9$	92.537	136.727	5.030	141.757
RD	$r_2 = 0.05$	93.045	126.205	9.701	135.906
	$r_2 = 0.45$	92.985	126.553	9.018	135.571

注: "—"表示不存在

2) RN 策略下销售商的期望利润只随着 η 增加而递减,这主要是因为不再销售退货产品不仅降低了新产品的销售数量,还失去了从退货产品中获得利润的"二次机会",这使得其利润低于 NR 策略; 3) RR 策略下分两种情况: ①当 $r_1 = 0.1$ 且 $\eta < 2.556$ 时(见图(a)与表 1),销售商的期望利润高于 NR 策略,此时,提供退货策略对销售商更有利,因为销售商立即引入退货产品,提高了退货产品再利用价值,这虽然使其新产品的收益低于 NR 策略,但由于退货产品也成为增加销售商利润的新来源,最终使得 RR 策略对销售商有利; ②当 $r_1 = 0.9$(见图(b)与表 1)或退货补偿较高时,销售商采用 RR 策略所得到的利润又低于 NR 策略。结合①与②,RR 策略的有效性不仅依赖于再处理成本,还取决于退货补偿; 4) 销售商采用 RD 策略得到的期望利润也低于 NR 策略,因为相比于 NR 策略,当退货产品引入 r_2 期时,销售商从退货产品中获得的期望利润低于新产品中损失的期望利润(见表 1),从而导致 RD 策略下的总期望利润低于 NR 策略. 从某种意义上说,虽然降价再销售策略提供了"二次销售机会",但由于战略顾客行为的干扰性,这种再销售机会仍给销售商带来不利影响; 5) 验证了命题 3、命题 5 与命题 7 的理论结论.

总的来说,只有具有快速逆向渠道并能通过调整销售价格减少退货数量时,销售商向战略顾客提供退货保证策略才有价值. 这也警示销售商不能盲目地通过退货保证提高顾客的期望支付意愿,还应当构建快速的逆向渠道,将这些退货产品尽快再引入市场,以降低这些退货产品的价值损失.

6 结束语

一方面,顾客利用战略等待以尽可能低的折扣价格购买所需产品的这种理性购买行为已充斥着各个行业,这加剧了销售商提供的产品供给与需求不匹配风险; 另一方面,退货保证由于能增加顾客的购买意愿已受到学术界与业界越来越多的关注,但是,如何处理顾客退货就成为销售商必须解决的重要问题. 对此,本文研究了存在战略顾客时,不再销售、正常再销售与降价再销售退货产品

3 种策略如何影响销售商的顾客退货策略设计. 通过研究结论表明: 相对于不提供退货策略，1) 不再销售退货产品策略由于失去了再销售机会，降低了新产品的订购数量，使销售商利润低于不提供退货保证策略; 2) 降价再销售退货产品策略虽然利用了再销售机会，但由于这种机会对新产品产生了负效应(即大幅降低新产品的期望利润) ，仍使销售商利润低于不提供退货保证策略; 3) 如果再处理成本与退货补偿均较低，则正常再销售退货产品策略能增加销售商利润，否则，这种策略也给销售商带来不利影响. 总的来说，只有当正常再处理成本与退货补偿较低时，销售商向战略顾客提供的退货保证才有价值. 降低再处理成本的途径包括: 1) 前向渠道与逆向渠道相结合以提升逆向渠道的效率，从而降低再处理成本; 2) 增加退货产品的品牌效应以提升顾客对退货产品的支付意愿，从而缩小顾客关于退货产品的支付意愿与新产品的支付意愿之间的差额，间接降低再处理成本.

文章可以从以下方面进行扩展: 1) 探讨战略顾客在产品发布之前的预订期与产品发布之后的正常购买期之间跨期决策时，销售商应当如何设计退货策略; 2) 研究竞争环境下的战略顾客行为对退货机制设计的影响; 3) 随着互联网的日益普及，电子渠道对传统渠道带来越来越多的冲击，研究基于跨营销渠道的战略顾客行为与退货机制间的交互，能进一步揭示战略顾客行为与退货机制设计间的内在关系.

参 考 文 献:

[1] Hardman D, Harper S, Notaney A. Keeping Inventory—and Profits—off the Discount Rack [M]. McLean: Booz Allen Hamilton Inc. , 2007.

[2] Rozhon T. Before christmas, Wal-Mart was stirring [N]. New York Times, 2005 – 01 – 05.

[3] Ghemawat P, Nueno J. Zara: Fast Fashion. HBS Case 9-703-497 [M]. Boston: Harvard Business School, 2006.

[4] Kane Y I, Wingfield N. Nintendo plays it a Wii bit cautious [N]. Wall Street Journal, 2007 – 12 – 07, B1.

[5] Cachon G, Swinney R. The value of fast fashion: Quick response, enhanced design, and strategic consumer behavior [J]. Management Science, 2011, 57(4) : 778 – 795.

[6] Lawton C. The war on returns [N]. Wall Street Journal, 2008 – 05 – 08, D1.

[7] Rogers D, Tibben-Lembke R. Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices [M]. Reno: Reverse Logistics Executive Council, 1998.

[8] Kim S, Swinney R. Product Quality Choice and Inventory Risk with Strategic Consumers [R]. Yale University, 2011.

[9] Swinney R. Selling to strategic consumers when product value is uncertain: The value of matching supply and demand [J]. Management Science, 2011, 57(10) : 1737 – 1751.

[10] Liu Q, van Ryzin J. Strategic capacity rationing when customers learn [J]. Manufacturing and Service Operation Management, 2011, 13(1) : 89 – 107.

[11] Li C, Zhang F. Advance demand information, price discrimination, and pre-order strategies [J]. Manufacturing and Service Operation Management, 2013, 15(1) : 57 – 71.

[12] Debo L G, Wu X. In the Shadow of the Past: The Impact of Historical Price Information on Dynamic Selling Strategies for a Single Asset Whose Value is Not Perfectly Known [R]. University of Chicago, 2010.

[13] 刘晓峰，黄　沛. 基于策略性消费者的最优动态定价与库存决策 [J]. 管理科学学报，2009，12(5) : 18 – 26.
Liu Xiaofeng, Huang Pei. Optimal dynamic pricing and inventory policy under strategic customers [J]. Journal of Management Sciences in China, 2009, 12(5) : 18 – 26. (in Chinese)

[14] Su X. Consumer returns policies and supply chain performance [J]. Manufacturing and Service Operation Management, 2009, 11(4) : 595 – 612.

[15] Shulman J, Coughlan A, Canan Savaskan R. Optimal restocking fees and information provision in an integrated demand-

supply model of product returns [J]. Manufacturing and Service Operation Management, 2009, 11(4): 577 –594.

[16] Shulman J, Coughlan A, Canan Savaskan R. Managing consumer returns in a competitive environment [J]. Management Science, 2011, 57(2): 347 –362.

[17] Shulman J, Coughlan A, Canan Savaskan R. Optimal reverse channel structure for consumer product returns [J]. Marketing Science, 2010, 29(6): 1071 –1085.

[18] 范体军，常香云，陈荣秋，等. 大型废旧产品回收网络的数学模型与算法研究 [J]. 管理科学学报，2009，12(4): 94 –102.

Fan Tijun, Chang Xiangyun, Chen Rongqiu, et al. Research on mathematical model and algorithm for large composite recovery network of used products [J]. Journal of Management Sciences in China, 2009, 12(4): 94 –102. (in Chinese)

[19] 范体军，楼高翔，王晨岚，等. 基于绿色再制造的废旧产品回收外包决策分析 [J]. 管理科学学报，2011，14(8): 8 –16.

Fan Tijun, Lou Gaoxiang, Wang Chenlan, et al. Analysis of outsourcing decision-making on used products collection for green remanufacturing [J]. Journal of Management Sciences in China, 2011, 14(8): 8 –16. (in Chinese)

[20] 姚　忠. 风险约束下退货合同对供应链的协调性分析 [J]. 管理科学学报，2008，11(3): 96 –105.

Yao Zhong. Analysis of return policy for coordinating supply chain under downside risk constraints [J]. Journal of Management Sciences in China, 2008, 11(3): 96 –105. (in Chinese)

[21] Muth J F. Rational expectations and the theory of price movements [J]. Econometrica, 1961, 29(3): 315 –335.

[22] Cachon G, Swinney R. Purchasing, pricing, and quick response in the presence of strategic consumers [J]. Management Science, 2009, 55(3): 497 –511.

[23] Su X, Zhang F. Strategic customer behavior, commitment, and supply chain performance [J]. Management Science, 2008, 54(10): 1759 –1773.

[24] Lai G, Debo L G, Sycara K. Buy now and match later: The impact of posterior price matching on profit with strategic consumers [J]. Manufacturing and Service Operation Management, 2010, 12(1): 33 –55.

Research on return strategy in the presence of strategic consumers

YANG Guang-yong, *JI Guo-jun*

School of Management, Xiamen University, Xiamen 361005, China

Abstract: The prevalence of Internet, online consumer reviews and seller's frequent discount strategies can train consumers' strategic waiting behavior, which deteriorates product mismatch between supply and demand. On the other hand, the "insurance mechanism" behind the return strategy via improving consumers' willingness to pay for product encourages more consumers to buy products at the regular price, which in turn results in plenty of returned products. How to deal with these returned goods has become a core problem the seller must face. This paper analyze how the three reprocess strategies of returned goods, i. e., non-resale, regular resale, and discount resale strategy, influence the seller's return strategy design. Our conclusion shows that: compared with the no return strategy, 1) The non resale and discount resale strategies decrease the seller's expected profits; 2) When both regular reprocess cost and refund are small, the regular resale strategy could increase the seller's expected profits, however, if either regular reprocess cost or refund is large, the regular resale strategy is also detrimental to the seller's profitability.

Key words: consumer return; resale; rational expectation; expected willingness to pay

附录

命题 2 证明：由式(7)得到最优订购数量为

$$q = \bar{F}^{-1}\left[\frac{c - v_L}{p - \eta G(\eta) - v_L}\right]$$

将 q 代入式(6)，有

$$p_{RN} = v_L + \frac{\omega + \eta G(\eta)}{2} + \sqrt{\lambda_1 + \left(\frac{\omega - \eta G(\eta)}{2}\right)^2}$$

其中

$$\omega = \mathrm{E}\max(v_H, \eta) - \mathrm{E}\, v_H,$$

$$\lambda_1 = (c - v_L)(\mathrm{E}\, v_H - v_L).$$

将 p_{RN} 代入 q，可得 q_{RN}. **证毕.**

命题 3 证明：1) 由于

$$\omega + \eta G(\eta) = \int_{\underline{v}}^{\eta}(2\eta - v_H)\,\mathrm{d}G(v_H) > 0$$

比较 p_{NR} 与 p_{RN} 的表达式，可得 $p_{RN} > p_{NR}$. 比较 q_{NR} 与 q_{RN} 的表达式，发现二者关系取决于 $p_{NR} - v_L$ 与 $p_{RN} - \eta G(\eta) - v_L$，由于

$$p_{NR} - v_L = \sqrt{\lambda_1},$$

$$p_{RN} - \eta G(\eta) - v_L = \sqrt{\lambda_1 + (\lambda_2/2)^2} - \lambda_2/2$$

其中

$$\lambda_1 = (c - v_L)(\mathrm{E}\, v_H - v_L),$$

$$\lambda_2 = \int_{\underline{v}}^{\eta} v_H g(v_H)\,\mathrm{d}v_H$$

由于 $\sqrt{\lambda_1 + (\lambda_2/2)^2} - \lambda_2/2 < \sqrt{\lambda_1}$，所以，有 $q_{RN} < q_{NR}$.

2) 根据包络定理，有

$$\frac{\mathrm{d}\Pi^*_{RN}}{\mathrm{d}\eta} = -[G(\eta) + \eta g(\eta)]\,\mathrm{E}\min(q_{RN}, X) < 0$$

又由于 $\Pi^*_{RN}|_{\eta=\underline{v}} = \Pi^*_{NR}$，而 Π^*_{NR} 与 η 无关，所以，当 $\eta > \underline{v}$ 时，有 $\Pi^*_{RN} < \Pi^*_{NR}$. **证毕.**

命题 4 证明：将 Π_{RR} 对 q 求导，可得

$$\frac{\mathrm{d}\Pi_{RR}}{\mathrm{d}q} = p\bar{F}\left(\frac{q}{\bar{G}(\eta)}\right) - c + [p - (r_1 + \eta)] \times G(\eta)\bar{F}(q) + v_L F\left(\frac{q}{\bar{G}(\eta)}\right)$$

$$\frac{\mathrm{d}^2\Pi_{RR}}{\mathrm{d}q^2} = -\frac{p - v_L}{\bar{G}(\eta)} f\left(\frac{q}{\bar{G}(\eta)}\right) - [p - (r_1 + \eta)]\,G(\eta) f(q) < 0$$

所以，销售商的最优销售价格与销售数量可由式(8)与 $\frac{\mathrm{d}\Pi_{RR}}{\mathrm{d}q} = 0$ 联合求得.

将式(8)中的 p 对 q 求导，可得

$$\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}q} = -\frac{\mathrm{E}\, v_H - v_L}{\bar{G}(\eta)} f\left(\frac{q}{\bar{G}(\eta)}\right) < 0$$

令 $H = \frac{\mathrm{d}\Pi_{RR}}{\mathrm{d}q}$，则 $\frac{\mathrm{d}H}{\mathrm{d}q} = \frac{\partial H}{\partial q} + \frac{\partial H}{\partial p}\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}q}$，又

$$\frac{\partial H}{\partial q} = -\frac{p - v_L}{\bar{G}(\eta)} f\left(\frac{q}{\bar{G}(\eta)}\right) - [p - (r_1 + \eta)]\,G(\eta) f(q) < 0$$

$$\frac{\partial H}{\partial p} = \bar{F}\left(\frac{q}{\bar{G}(\eta)}\right) + G(\eta)\bar{F}(q) > 0$$

所以 $\frac{\mathrm{d}H}{\mathrm{d}q} < 0$.

计算边界条件

$$\lim_{q\to 0} H = \mathrm{E}\max(v_H, \eta) + [\mathrm{E}\max(v_H, \eta) - (r_1 + \eta)] \times G(\eta) - c > 0,$$

$$\lim_{q\to+\infty} H = -(c - v_L) < 0$$

所以，存在唯一的 q_{RR} 使得 $H = 0$. 然后，将 q_{RR} 代入式(8)，可得 p_{RR}. **证毕.**

命题 5 证明：根据包络定理，同样有

$$\frac{\mathrm{d}\Pi^*_{RR}}{\mathrm{d}\eta} = [p_{RR} - (r_1 + \eta)]\,g(\eta)\,\mathrm{E}\min(q_{RR}, X) - (p_{RR} - v_L) \times g(\eta)\int_0^{\frac{q_{RR}}{\bar{G}(\eta)}} Xf(X)\,\mathrm{d}X - G(\eta)\,\mathrm{E}\min(q_{RR}, X)$$

计算边界条件：

$$\left.\frac{\mathrm{d}\Pi^*_{RR}}{\mathrm{d}\eta}\right|_{\eta=p_{RR}} = -[r_1 g(p_{RR}|_{\eta=p_{RR}}) + G(p_{RR}|_{\eta=p_{RR}})] \times \mathrm{E}\min(q_{RR}|_{\eta=p_{RR}}, X) - (p_{RR}|_{\eta=p_{RR}} - v_L) \times g(p_{RR}|_{\eta=p_{RR}})\int_0^{\frac{q_{RR}|_{\eta=p_{RR}}}{\bar{G}(p_{RR}|_{\eta=p_{RR}})}} Xf(X)\,\mathrm{d}X < 0$$

$$\left.\frac{\mathrm{d}\Pi^*_{RR}}{\mathrm{d}\eta}\right|_{\eta=\underline{v}} = g(\underline{v})[p_{RR}|_{\eta=\underline{v}} - (r_1 + \underline{v})] \times \int_{q_{RR}|_{\eta=\underline{v}}}^{+\infty} q_{RR}|_{\eta=\underline{v}}\,\mathrm{d}F(X) + g(\underline{v})[v_L - (r_1 + \underline{v})] \times \int_0^{q_{RR}|_{\eta=\underline{v}}} X\,\mathrm{d}F(X)$$

令

$$r_1^{\Delta} = p_{RR}|_{\eta=\underline{v}} - \underline{v} - \frac{(p_{RR}|_{\eta=\underline{v}} - v_L)\int_0^{p_{RR}|_{\eta=\underline{v}}} Xf(X)\,\mathrm{d}X}{\mathrm{E}\min(p_{RR}|_{\eta=\underline{v}}, X)}$$

1) 当 $r_1 \geq r_1^{\Delta}$ 时，有 $\left.\frac{\mathrm{d}\Pi^*_{RR}}{\mathrm{d}\eta}\right|_{\eta=\underline{v}} \leq 0$，结合 $\left.\frac{\mathrm{d}\Pi^*_{RR}}{\mathrm{d}\eta}\right|_{\eta=p_{RR}} < 0$，当 $\eta \in (\underline{v}, p]$ 时，则 $\frac{\mathrm{d}\Pi^*_{RR}}{\mathrm{d}\eta} < 0$，又因为 $\Pi^*_{RR}|_{\eta=\underline{v}} = \Pi^*_{NR}$，所以，$\Pi^*_{RR} < \Pi^*_{NR}$.

2) 当 $r_1 < r_1^{\Delta}$ 时，有 $\left.\frac{\mathrm{d}\Pi^*_{RR}}{\mathrm{d}\eta}\right|_{\eta=\underline{v}} > 0$，结合 $\left.\frac{\mathrm{d}\Pi^*_{RR}}{\mathrm{d}\eta}\right|_{\eta=p_{RR}} < 0$，所以存在 $\eta^* \in (\underline{v}, p_{RR}]$ 使得 $\left.\frac{\mathrm{d}\Pi^*_{RR}}{\mathrm{d}\eta}\right|_{\eta=\eta^*} = 0$. 满足，当 $\eta < \eta^*$ 时，则 $\frac{\mathrm{d}\Pi^*_{RR}}{\mathrm{d}\eta} > 0$；当 $\eta > \eta^*$ 时，则 $\frac{\mathrm{d}\Pi^*_{RR}}{\mathrm{d}\eta} < 0$.

（下转第 94 页）

Option pricing based on conditional infinite pure jump Levy processes with leverage effect

WU Heng-yu[1,2,3], *ZHU Fu-min*[3], *WEN Jin-ming*[4]

1. Collaborative-Innovation Center of Financial Security, Chengdu 611130, China;
2. The Center of Chinese Financial Studies, Southwestern University of Finance and Economics, Chengdu 611130, China;
3. School of Economic Information Engineering, Southwestern University of Finance and Economics, Chengdu 611130, China;
4. The Department of Mathematics and Statistics, McGill University, Montreal, H3A 2K6, Canada

Abstract: Considering the negative correlation of stock returns and its volatility, this paper established a time-varying infinite pure jump Levy processes with time-changed conditional expectations and volatility in discrete-time. According to local martingale measure transformation, we derived its equivalent risk neutral pricing model for the conditional Levy processes and used in the Hang Seng Index options for empirical research. Studies show: the conditional Levy processes with leverage effect jointly portray the asset prices' time-varying drift, variance, non-Gauss random innovations and asymmetric volatility four states, and this model has wide applicability; compared to Brownian Motion, Jump-Diffusion, and Variance Gamma process, Tempered Stable models have better performance in capturing leptokurtosis and fat-tailed features; with leverage effect, option pricing capacity of conditional Levy process has been greatly improved, we also found that Rapidly Decreasing Tempered Stable process performs more robust.

Key words: leverage effect; conditional Levy processes; infinite pure jump tempered stable; ARMA-NGARCH model; option pricing

(上接第 33 页)

计算边界条件

$$\Pi^*_{RR}|_{\eta=\underline{v}} = (p_{RR}|_{\eta=\underline{v}} - v_L)\mathrm{E}\min(q_{RR}|_{\eta=\underline{v}}, X) - (c - v_L)\, q_{RR}|_{\eta=\underline{v}}$$

$$\Pi^*_{RR}|_{\eta=p_{RR}-r_1} = \mathrm{E}\min[q_{RR}|_{\eta=p_{RR}-r_1}, \bar{G}(p_{RR}|_{\eta=p_{RR}-r_1})X] \times (p_{RR}|_{\eta=p_{RR}-r_1} - v_L) - (c - v_L)\, q_{RR}|_{\eta=p_{RR}-r_1}$$

结合 $q_{RR}|_{\eta=p_{RR}-r_1} < q_{RR}|_{\eta=\underline{v}}$ 与 $p_{RR}|_{\eta=p_{RR}-r_1} < p_{RR}|_{\eta=\underline{v}}$，可得 $\Pi^*_{RR}|_{\eta=p-r_1} < \Pi^*_{RR}|_{\eta=\underline{v}} = \Pi^*_{NR}$，所以，存在阈值 $\eta^* < \eta^\Delta \leqslant p_{RR}$，满足：当 $\eta \leqslant \eta^\Delta$ 时，有 $\Pi^*_{RR} \geqslant \Pi^*_{NR}$；当 $\eta > \eta^\Delta$ 时，有 $\Pi^*_{RR} < \Pi^*_{NR}$. 证毕.

命题 6 证明： 将 Π_{RD} 对 q 求导，可得

$$\frac{\mathrm{d}\Pi_{RD}}{\mathrm{d}q} = p\bar{F}(q) - c + [v_L - (r_2 + \eta)] \times G(\eta)\bar{F}(q) + v_L[1 - \bar{F}(q)]$$

由于 $\frac{\mathrm{d}^2\Pi_{RD}}{\mathrm{d}q^2} < 0$，则销售商的最优销售价格与销售数量由式(11)与 $\frac{\mathrm{d}\Pi_{RD}}{\mathrm{d}q} = 0$ 联合求得. 令 $H_D = \frac{\mathrm{d}\Pi_{RD}}{\mathrm{d}q}$，则

$$\frac{\mathrm{d}\Pi_{RD}}{\mathrm{d}q} = \frac{\partial H_D}{\partial q} + \frac{\partial H_D}{\partial p}\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}q}$$

又

$$\frac{\partial H_D}{\partial q} = -[p - v_L\bar{G}(\eta) - (r_2 + \eta)G(\eta)]f(q) < 0,$$

$$\frac{\partial H_D}{\partial p} = \bar{F}(q) > 0$$

所以，有 $\frac{\mathrm{d}H_D}{\mathrm{d}q} < 0$.

计算边界条件

$$\lim_{q\to 0} H_D = \mathrm{E}\max(v_H, \eta) - c + [v_L - (r_2 + \eta)]G(\eta)$$

令

$$r_2^\Delta = \frac{\mathrm{E}\max(v_H, \eta) - c}{G(\eta)} + v_L - \eta$$

若 $r_2 < r_2^\Delta$，则 $\lim_{q\to 0} H_D > 0$，若 $r_2 \geqslant r_2^\Delta$，则 $\lim_{q\to 0} H_D \leqslant 0$，又 $\lim_{q\to+\infty} H_D = -(c - v_L) < 0$，所以，当 $r_2 < r_2^\Delta$ 时，存在唯一的 q_{RD} 使得 $H_D = 0$，将 q_{RD} 代入式(11)，可得 p_{RD}；当 $r_2 \geqslant r_2^\Delta$ 时，则，不存在 q_{RD} 满足 $H_D = 0$，即，此时不存在理性预期均衡. 证毕.

命题 7 证明： 由于

$$\frac{\mathrm{d}\Pi^*_{RD}}{\mathrm{d}\eta} = [(v_L - (r_2 + \eta))g(\eta) - G(\eta)]\mathrm{E}\min(q_{RD}, X) < 0$$

结合 $\Pi^*_{RD}|_{\eta=\underline{v}} = \Pi^*_{NR}$，以及 Π^*_{NR} 与 η 无关，可得，当 $\eta > \underline{v}$ 时，则 $\Pi^*_{RD} < \Pi^*_{NR}$. 证毕.