产品质量信息不对称时基于信号博弈的期权预售策略

孙忠锋[1†]，计国君[2]，Kim Hua Tan[3]，林鸿熙[1]

(1. 莆田学院商学院，福建 莆田 351100；2. 厦门大学管理学院，福建 厦门 361005；3. 诺丁汉大学商学院，NG8 1BB)

摘　要: 预售期到达的策略消费者与制造商之间产品质量信息不对称，制造商可以通过不同的预售策略和预售价格设置，影响消费者对产品质量的判断和购买时机的选择。基于信号传递博弈理论，构建了产品质量信息对称和不对称时的博弈模型，给出了质量信息不对称时制造商实现分离均衡和混同均衡的边界条件。结果表明，制造商产能较大时，期权预售本身可以作为高产品质量制造商的信号传递工具；消费者判断产品质量为高质量的先验概率足够大时，高产品质量制造商倾向于实现混同均衡隐藏质量信息，反之倾向于实现分离均衡，通过较高的行权价格传递质量信息。并进一步探讨了预售期时长导致的消费者等待成本的影响，结果发现等待成本相对较低时，上述结论依然成立。

关键词: 预售；期权定价；信号博弈；产能限制；不对称信息；不确定性

中图分类号: F272.3　　**文献标志码:** A

DOI: 10.13195/j.kzyjc.2021.1914

Option pricing in advance selling to signal quality

SUN Zhong-feng[1†]*, JI Guo-jun*[2]*, Kim Hua TAN*[3]*, LIN Hong-xi*[1]

(1. School of Business, Putian University, Putian 351100, China; 2. School of Management, Xiamen University, Xiamen 361005, China; 3. School of Business, Nottingham University, Nottingham NG8 1BB, UK)

Abstract: We consider a manufacturer who has private information about product quality but the strategic customers who arrive in the advance period are unknown the quality information, the manufacturer could influence consumers' judgment of product quality and chosen of purchasing time through different advance selling strategies and prices. Based on the signaling game theory, we construct the game models when quality information is symmetric and asymmetric, and get the existence conditions of separating equilibrium and pooling equilibrium. We find that the option advance selling strategy is an effective tool to signal product quality when manufacturer's capacity is larger, and high product quality manufacturer tries to hide its quality information by pooling equilibrium when the prior probability about high product quality of customers is high enough, otherwise the manufacturer will reveal its quality information though higher option execution price and separating equilibrium. Furthermore, we discuss the influence of the waiting cost of customers who purchase in the advance selling period, and find that preceding conclusions still hold when the waiting cost is relatively low.

Keywords: advance selling; option pricing; signaling game; limited capacity; asymmetric information; uncertainty

0 引　言

预售在互联网和移动互联网普及的当下被商家广泛使用，涉及电子产品、食品、书籍、服装等实体型产品及旅游、餐饮、休闲、娱乐等服务型产品，更成为新产品发布时流行的销售方式。商家通过预售可以提升销量、增加收益，同时给消费者提供了以折扣价格购买并保障可得性的便利。然而，在消费者决定是否预购时，对产品估值和产品质量存在不确定性，商家可以利用不确定性实施价格歧视[1]，并根据预售期的销量更加准确的预测现货期需求[2]，但消费者却面临相应的风险。例如，新款电子产品上市之前，产品本身的复杂性使得不能实际体验的消费者很难确定产品质量，有限的信息也让消费者难以把握产品是否与自身偏好相匹配。因此，如何缓解消费者在预售期对不确定性风险的担忧，激励其参与预购是值得商家考虑的重要现实问题。最常

收稿日期: 2021-11-05；**录用日期:** 2022-04-08.

基金项目: 国家自然科学基金（71571151，71871197，71872158）；莆田学院引进人才科研启动项目（2021080）.

†通讯作者. Email: laowu-50@163.com.

见的做法是允许预售期购买的消费者在现货期退货，使其在对产品不满意时有反悔的机会。譬如李勇建等[3] 探讨了消费者产品估值不确定时无缺陷退货对预售策略的影响，王叶峰等[4] 考虑产能约束，基于策略消费者研究了预售与退货联合决策问题，王道平等[5] 结合参照价格效应研究了生产商预售及退货策略，Wu 等[6] 探讨了允许预购订单退货的条件，何莹莹和郭春香[7] 结合退货运费险研究了零售商最优预售定价策略。

与允许退货异曲同工，期权式定价同样允许消费者反悔，以降低其在不确定性下预购的风险。所谓期权式定价，即消费者在预售期不需要全额支付预售价款项，只需按期权价格预付部分钱款，待现货期产品上市消费者可以得到的信息增加并可以实际体验产品消除不确定性之后，再按行权价格支付剩余钱款。采用这种定价模式的预售定义为期权预售[8]。期权预售相当于允许消费者先以期权价购买产品的实物期权，再在行使期限之前决定是否执行该期权，如决定执行则支付行权价款获得产品，拒绝执行则损失已支付的期权价款。预售中期权价和行权价的另一种通俗的说法是定金和尾款，统一起见，本文采用前者。预售实践中，期权预售已经和普通预售（本文中指采用按照预售价全额支付的定价方式的预售）一样，成为京东、天猫等平台上主流的销售模式之一。并且，定价规则在消费者浏览预售产品时即被告知，如京东的期权预售规则规定：“定金付款后，若非京东或商家责任导致交易未完成的，定金恕不退还”。这意味着，虽然消费者可以反悔拒绝支付行权价款，但已经支付的期权价款仍然面临损失的风险。因此，商家应该选择合适的期权价和行权价组合，将消费者不确定性风险纳入考量。

本文关注消费者在预售期面临的两个方面的不确定性：对产品估值的不确定和对产品质量的不确定。现有相关文献多假设消费者对产品估值的单一不确定性，表现为产品估值服从某种分布，如 Xie 和 Shugan[9]、Pang 等[10]。在消费升级的趋势下，消费者对产品质量越来越看重，但有些产品的质量难以通过信息分享传达给消费者。譬如红酒，预售与现货上市周期漫长，产品质量的决定因素复杂多变，商家很难直接披露产品质量信息[11]。立足于预售期消费者的多重不确定性风险及产品质量信息分享困难的现实，本文借助信号传递博弈理论，探讨预售时期权式定价对产品质量信息传递的价值，从理论上丰富对期权预售的认识，并为实际预售和定价决策提供参考。

与本文直接相关的文献主要包括三方面：预售、期权定价和产品质量信号传递。

（1）预售。已有众多学者结合多种因素对预售展开研究，如社会学习[12]、全渠道[13]、广告[14]、价格承诺[15]、限量运作[16] 等等。本文主要关注预售与允许消费者反悔相结合的研究。除上述预售与退货结合的文献之外，Xie 和 Gerstner[17] 及 Guo[18] 针对服务型产品，考虑被取消的订单可以二次售卖的情况，认为允许预购消费者取消订单对服务提供商更有利。Zhang 等[19] 也认为预购服务型产品的消费者取消订单时应部分退款，即收取订单取消费，可能会增加收益。本文涉及的期权预售在允许消费者取消订单和可以二次售卖被取消的产品方面与这些文献相似，但定价方式和订单取消的动机不同：已有文献要求消费者全额支付预购款项，消费者取消订单的原因是有了更好的替代品，本文中消费者预购时只需支付期权价，取消订单的原因是现货期明确产品质量和产品估值后发现与自身偏好不匹配。

（2）期权定价。期权定价广泛应用于供应链中企业间的采购合约，用以增加订货柔性应对市场需求不确定性，如 Burnetas 和 Ritchken[20] 研究了需求曲线向下倾斜时供需双方的期权采购合约。慕银平等[21] 探讨了期权采购与预售联合策略。预售时商家对下游消费者端采用期权定价销售的文献相对较少，但已有部分学者关注。Tang 和 Ang[22] 建立了报童模型框架下的期权预售模型，指出期权预售可以增加收益并降低库存风险。Sun 等[23] 在假设期权定价可以吸引更多消费者预购的条件下，认为如果零售商以较低的期权价预售，应设置较严格的退货策略增加退货的麻烦成本。孙彩虹等[24] 研究了新产品供应不确定条件下，零售商采用期权预售时的鲁棒性定价策略。谷艳红等[8] 探讨了消费者为风险规避型时零售商的期权预售决策。上述文献均假定产品质量为对称信息，本文则考察产品质量信息非对称的情形，即质量信息是制造商的私有信息。

（3）产品质量信号传递。消费者面对产品质量不确定性时，拥有私有质量信息的制造商可以将能够被消费者观察到的行为作为信号传递工具，实现分离均衡传递其产品质量类型。质量信号的传递工具是多种多样的，如企业社会责任行为[25]、产品价格变化路径[26]、退货退款保证[27]、产品保修期[28] 等均可能传递质量信息。在预售情境下采用信号博弈研究方法的文献亦有出现。Yu 和 Ahn[11] 研究了制造

商通过限制预售期的供应量传递产品质量信息的策略，指出高质量产品制造商更倾向于在预售期少投放产品，低质量产品制造商则恰恰相反。Sayedi 和 Baghaie[29] 认为产品众筹时可以通过设置合适的众筹价格（相当于预售价格）和目标金额传递质量信息。本文则探讨制造商在预售期宣布的期权价和行权价组合作为产品质量的传递工具的可行性。

综上所述，当预售期产品质量信息不对称时，低产品质量制造商有可能刻意隐藏自己的产品质量信息，伪装成高产品质量制造商吸引在质量信息对称时原本不会预购的消费者购买，相应地高产品质量制造商考虑是否可以通过更优惠的价格组合传递质量信息，损失一部分收益以吸引消费者预购。现有文献对期权预售策略与产品质量信息传递的相互关系鲜有研究。基于这一现实和文献背景，本文主要研究的问题如下：（1）制造商在什么情况下选择预售，是选择普通预售还是期权预售？（2）通过期权价和行权价组合工具能否有效传递产品质量信息？期权预售本身是否具有传递质量信息的可能性？（3）实现分离均衡和混同均衡的条件是什么？

本文的创新之处主要体现为两点：（1）提供了审视期权预售定价模式蕴含产品质量信息的新视角。现有关于期权预售的文献均基于产品质量信息对称的条件展开研究，本文在考虑消费者产品估值不确定性的同时考虑了产品质量信息不对称的情况，并基于信号传递博弈理论，探讨期权预售和期权式定价传递产品质量信息的可行性。（2）提供了预售情境下传递产品质量信息的新工具。现有研究预售下产品质量信息的传递工具主要涉及预售期供应量等，本文为质量信息不对称下的制造商提供了新的信息传递工具选择，并结合产能因素给出了实现分离均衡、混同均衡的条件和最优定价，为企业预售决策和定价优化提供参考。

1 模型设置

考虑一个风险中性的垄断型制造商，分两期直销某种新产品，第一期是预售期，在产品生产出来之前先行出售，第二期是现货期，产品生产完成后上市销售，并在现货期开始时兑现所有预售订单。制造商有实施期权预售的能力，在预售期开始时宣布期权价格和行权价格，如果不采用期权预售，仅宣布预售价格。制造商可以宣布期权价与预售价，与期权价和行权价是等价的，因为行权价是预售价与期权价之差，以下统一按期权价和行权价论述。本文的假设条件如下。

（1）假设期权价、行权价和现货价分别为 p_0、p_1、p_2，均非负。

当 $p_0=0$、$p_1>0$ 时，消费者所有费用均等到现货期支付，制造商在预售期的收益为零，实质上相当于不预售；当 $p_0>0$、$p_1=0$ 时，意味着消费者需全额支付预购钱款，期权预售退化为普通预售。并且，假设制造商到现货期开始后再宣布现货价格，这是因为本文旨在探讨预售期期权式定价传递质量信息的有效性，因而要避免现货价被作为质量信号的可能性。这一假设与 Yu 和 Ahn[11] 一致。实际上，某些产品很难在预售期确定现货价格，如生产周期超长的红酒、复杂度高创新性强的新款电子产品等。

（2）假设产品质量可能为高质量和低质量两种情况，分别用为 H 和 L 表示。

在预售期，制造商比消费者掌握更多质量信息，前者已明确产品质量类型，后者需等到产品上市方能明确质量高低，产品质量信息是不对称的。与 Kirmani 和 Rao[30] 类似，假设产品质量为外生变量，制造商不进行质量决策。并且满足 $0<L<H<2L$，以避免行权价格大于 L 导致没有消费者愿意在现货期为低质量产品支付行权价款的情形出现，那样对低质量产品制造商来说，期权定价失去了意义。

（3）假设制造商的边际生产成本和剩余产品的残值均为 0，产能为 $T(T>0)$，外生确定，表示制造商不能在短期内改变产能。

（4）假设两期到达的消费者数量均为 N[9]，且均为风险中性的策略型消费者。预售期到达的消费者将评价预购与等待到现货期的期望效用大小，做出有利的购买时机选择。

（5）假设消费者的效用为 $U=qv-p$[29]。

其中，消费者对产品的支付意愿 v 服从 $[0,1]$ 上的均匀分布，是消费偏好在产品估值上的异质性的综合表示，概率密度函数为 $f(v)$，$q\in\{H,L\}$ 代表产品质量，p 为产品价格，对现货期的消费者来说 $p=p_2$，对预售期的消费者来说 $p=p_0+p_1$。该效用表达式蕴含了预售期消费者在产品估值和产品质量上的双重不确定性。

（6）假设预售期消费者对产品质量为 H 型的先验概率为 $\alpha(\alpha\in(0,1))$。

如果制造商采用期权预售策略，在观察到期权价和行权价之后，消费者将更新对产品质量类型的预测概率，即后验概率 $\alpha(p_0,p_1)\in[0,1]$，消费者根据后验概率重新评估有利的购买时机。现货期时，所有消费者均已明确产品质量与支付意愿，只要购买

的效用不小于 0 就选择购买，否则离开。

博弈参与方的决策顺序为：制造商首先决定是否预售，如果决定预售，还需确定实施普通预售还是期权预售，并根据产品质量类型及市场公共信息决定是否传递质量信息，进而宣布期权价和行权价，预售期的消费者在观察到制造商定价后，更新对质量类型的预测概率并决定预购或等待。现货期开始后制造商宣布现货价格，预购消费者决定是否执行期权，其余消费者决定购买或离开。下面分别求解和分析产品质量信息对称和不对称的模型。

2 产品质量信息对称时

产品质量信息对称时，预售期消费者的不确定性仅体现在产品估值上。制造商宣布期权价和行权价后，如果消费者决定在预售期购买，将首先支付期权价，若在现货期发现 $qv \geq p_1$，将会支付行权价获得产品，否则拒绝支付，损失 p_0。因此，选择执行期权的消费者数量为 $N\left(1-\frac{p_1}{q}\right)$（$T \geq N$ 时）或 $T\left(1-\frac{p_1}{q}\right)$（$T < N$ 时），相应地拒绝执行的数量为 $N\frac{p_1}{q}$ 或 $T\frac{p_1}{q}$。由于不确定性的存在，消费者在预售期的决策是一致的，要么全部预购，要么全部等待。现货期仅一部分消费者执行期权，被拒绝行权的产品可以在现货期二次售卖，因此制造商在现货期的利润函数为：

$$\Pi_{2q}=\begin{cases} p_2 \min\left\{T-\left(1-\frac{p_1}{q}\right)N, \left(1-\frac{p_2}{q}\right)N\right\}+ \\ \qquad p_1\left(1-\frac{p_1}{q}\right)N, T \geq N \\ p_2\frac{p_1}{q}T+p_1\left(1-\frac{p_1}{q}\right)T, T<N \end{cases} \tag{1}$$

其中第一项表示现货期到达的消费者带来的收益，第二项表示执行期权的预购消费者产生的收益。制造商的目标是设置最优现货价以最大化现货期收益。可得定理 1。

定理 1 制造商预售时的定价为：（1）$T \geq \frac{3N}{2}$ 时，$p_2=\frac{q}{2}$；（2）$N \leq T < \frac{3N}{2}$ 时，若 $p_1 \geq \frac{3N-2T}{2N}q$，$p_2=\frac{q}{2}$，若 $p_1 < \frac{3N-2T}{2N}q$，$p_2=\frac{2N-T}{N}q-p_1$；（3）$T<N$ 时，$p_2=q-\frac{T}{N}p_1$。

制造商不预售时的定价为：（1）$T \geq N$ 时，$p_2=\frac{q}{2}$；（2）$T<N$ 时，$p_2=\frac{2N-T}{2N}q$。

本文的证明均见附录 A。

定理 1 说明，无论预售与否，当产能充足时制造商在现货期采用无产能约束条件下的最优定价，产能不足时提升价格至市场出清价，因此现货期不会发生短缺的现象，预售期的消费者决定购买时机时无需考虑现货期缺货影响产品可得性问题，但产能大小和预售期价格设置将影响现货期供需状态，进而决定现货价格和总体收益。

在预售期，策略消费者理性预测现货期的定价，并比较预购和等待的期望效用，决定购买时机。$T \geq N$ 时，预购的期望效用为：$U_{1q}(p_0,p_1)=\int_0^{p_1/q}(-p_0)f(v)dv+\int_{p_1/q}^1(qv-p_0-p_1)f(v)dv=\frac{1}{4}\left(q-2p_0-2p_1+\frac{p_1^2}{q}\right)$；$T<N$ 时，有一部分消费者即使决定预购，也无法保证一定能得到产品，假设制造商采用随机配给的策略，预购的期望效用为：$U_{1q}(p_0,p_1)=\frac{T}{4N}\left(q-2p_0-2p_1+\frac{p_1^2}{q}\right)$。如果消费者选择等待，现货期时产品估值小于现货价的消费者选择离开，其余则选择购买，故等待的期望效用为：$U_{2q}(p_2)=\int_{p_2/q}^1(qv-p_2)f(v)dv=\frac{1}{4}\left(q-2p_2+\frac{p_2^2}{q}\right)$。显然，消费者参与预购的条件即参与约束为预购的期望效用不小于等待，即：

$$U_{1q}(p_0,p_1) \geq U_{2q}(p_2) \tag{2}$$

结合定理 1 的结论及式（2）可得消费者预售期购买的约束条件，如式（3）所示：

$$\begin{cases} p_0 \leq \frac{3}{8}q-p_1+\frac{p_1^2}{2q} & T \geq \frac{3}{2}N \\ p_0 \leq \frac{3}{8}q-p_1+\frac{p_1^2}{2q} & N \leq T < \frac{3}{2}N, p_1 \geq \frac{3N-2T}{2N}q \\ p_0 \leq \frac{T(2N-T)}{2N^2}q-\frac{T}{N}p_1 & N \leq T < \frac{3}{2}N, p_1 < \frac{3N-2T}{2N}q \\ p_0 \leq \frac{q}{2}-p_1+\frac{N-T}{2qN}p_1^2 & T<N \end{cases} \tag{3}$$

进一步结合定理 1，可得预售和不预售时制造商总利润分别为：

$$\begin{aligned} &\Pi_q^f(p_0,p_1)=p_0\min\{N,T\}+\Pi_{2q} \\ &\text{s.t. } U_{1q}(p_0,p_1) \geq U_{2q}(p_2) \end{aligned} \tag{4}$$

$$\Pi_q'(p_2)=\begin{cases} \frac{N}{2}q & T \geq N \\ \frac{T(2N-T)}{2N}q & T<N \end{cases} \tag{5}$$

其中符号 f 表示质量信息对称时的情况。定义 p_{0q}^f、p_{1q}^f 为质量信息对称时的最优期权价和行权价，从而得到定理 2。

定理 2 产品质量信息对称时，制造商的最优销售策略及其对应的产能条件和定价如下：

（1）普通预售：$T \geq \frac{3}{2}N$ 时，$p_{0q}^f=\frac{3}{8}q$，$p_{1q}^f=0$，$p_2=\frac{q}{2}$；$\frac{4}{3}N \leq T < \frac{3}{2}N$ 时，$p_{0q}^f=\frac{T(2N-T)}{2N^2}q$，$p_{1q}^f=0$，$p_2=\frac{2N-T}{N}q$；

（2）期权预售：$N \leq T < \frac{4}{3}N$ 时，$p_{0q}^f=\frac{T^2}{4N^2}q$，$p_{1q}^f=\frac{4N-3T}{4N}q$，$p_2=\frac{4N-T}{4N}q$；$\frac{2}{3}N \leq T < N$ 时，$p_{0q}^f=\frac{T(9T-N)}{2(3T+N)^2}q$，$p_{1q}^f=\frac{N}{3T+N}q$，$p_2=\frac{2T+N}{3T+N}q$；

（3）不预售：$0<T<\frac{2}{3}N$ 时，$p_2=\frac{2N-T}{2N}q$。

定理 2 表明，当产能较大时，制造商倾向于普通预售，因为期权预售意味着有些消费者在现货期拒绝执行期权，这部分产品由于产能本身已非常充足而无法出售造成浪费，或者补充本已较为充足的

产能使得制造商现货期无法以较高的售价出清，而普通预售不允许消费者反悔，利用预售期的不确定性可以最大化销量和现货期出清价。当产能中等时，制造商倾向于期权预售，产能的先天不足已无法满足现货期消费者需求，需要被放弃执行期权的那部分产品来补充，并且期权预售可以带来部分预购消费者支付的期权价款的额外收入。当产能较小时，仅现货期销售已能以较高的市场出清价售空所有产品，如果以折扣价格期权预售，固然可以得到二次售卖的便利，但较小的产能使得这部分收入增量不足以弥补预售期价格折扣带来的损失，故此时期权预售劣于直接以高价单期现货销售。

3 产品质量信息不对称时

质量信息不对称时，预售期消费者面临双重不确定性，将根据制造商定价获得后验概率后决定购买时机。制造商定价需考虑是否通过价格传递质量信息，分离均衡与混同均衡在什么条件下更有利。无论最终实现哪种均衡，均需满足消费者的参与约束。

3.1 分离均衡

实现分离均衡时，高产品质量制造商要么与低产品质量制造商预售策略不同，要么以相同的策略预售但设置不同的价格，因此消费者在预售期可以明确制造商的质量类型。设 H 型和 L 型制造商分离均衡时的定价分别为 p_{0H}^s、p_{1H}^s 和 p_{0L}^s、p_{1L}^s，消费者的后验概率分别为 $\alpha(p_{0H}^s, p_{1H}^s)=1$，$\alpha(p_{0L}^s, p_{1L}^s)=0$。令 $\Pi_q^{\alpha}\left(p_0, p_1, \alpha\left(p_0, p_1\right)\right)$ 表示质量类型为 q 的制造商在信息不对称时对应相应价格和后验概率的利润。

由于分离均衡时低产品质量制造商无法隐藏质量较低的事实，因此将选择信息对称时的预售和定价策略以最大化收益，即 $p_{0L}^s=p_{0L}^f$，$p_{1L}^s=p_{1L}^f$。高产品质量制造商需要设置最优价格组合，在成功传递产品质量类型的前提下，最大化利润：

$$\begin{aligned}\left(p_{0H}^s, p_{1H}^S\right)=\underset{p_0, p_1}{\operatorname{argmax}}\{&\Pi_H^{\alpha}\left(p_0, p_1, 1\right)= \\ &p_0 \min\{N, T\}+\Pi_{2H}\}\end{aligned} \tag{6}$$

$$\text{s.t. } U_{1q}\left(p_0, p_1\right) \geq U_{2q}\left(p_2\right)$$

$$\Pi_L^{\alpha}\left(p_0, p_1, 1\right) \leq \Pi_L^{\alpha}\left(p_{0L^f}^f, p_{1L'}^f 0\right) \tag{7}$$

$$\Pi_H^{\alpha}\left(p_0, p_1, 1\right) \geq \Pi_H^{\alpha}\left(p_{0L}^f, p_{1L^f}^f, 0\right) \tag{8}$$

$$\left(p_0, p_1\right) \neq\left(p_{0L}^f, p_{1L}^f\right) \tag{9}$$

除参与约束外，约束条件（7）表示在分离均衡时，低产品质量制造商伪装成高产品质量制造商无利可图。约束条件（8）表示高产品质量制造商没有伪装成低产品质量制造商的激励。约束条件（9）表示高产品质量制造商的均衡点不会与低产品质量制造商的最优取值重合。

式（3）定义了质量信息对称时的参与约束条件。令 $p_{0H}^*(p_1)$、$p_{0L}^*(p_1)$ 分别为 H 型和 L 型制造商对应消费者参与约束的临界条件。由式（3）可得临界条件为：

$$\begin{cases} p_{0q}^*\left(p_1\right)=\frac{3}{8}q-p_1+\frac{p_1^2}{2q} & T \geq \frac{3}{2}N \\ p_{0q}^*\left(p_1\right)=\frac{3}{8}q-p_1+\frac{p_1^2}{2q} & N \leq T<\frac{3}{2}N, p_1 \geq \frac{3N-2T}{2N}q \\ p_{0q}^*(p_1)=\frac{T(2N-T)}{2N^2}q-\frac{T}{N}p_1 & N \leq T<\frac{3}{2}N, p_1<\frac{3N-2T}{2N}q \\ p_{0q}^*(p_1)=\frac{q}{2}-p_1+\frac{N-T}{2qN}p_1^2 & \frac{2}{3}N \leq T<N \end{cases} \tag{10}$$

其中 $q \in \{H, L\}$。对于 L 型制造商，显然价格小于 $p_{0L}^*(p_1)$ 是不合算的，对于 H 型制造商，超过 $p_{0H}^*(p_1)$ 将没有消费者参与预购。因此，期权价格应满足：

$$p_0 \in\left[p_{0L}^*\left(p_1\right), p_{0H}^*\left(p_1\right)\right] \tag{11}$$

由式（6）-（11），求解制造商的最优决策，得定理 3。

定理 3 （1）当 $T \geq \frac{2}{3}N$ 时，存在分离均衡，两种类型的制造商均选择预售；（2）分离均衡时，$p_{0L}^s=p_{0L}^f$，$p_{1L}^s=p_{1L}^f$；（3）分离均衡时，$p_{1H}^s>p_{1L}^s$，$p_{1H}^s>p_{1H}^f$，$p_{0H}^s<p_{0H}^f$；对于固定的产品质量 L，如果质量 H 越大，p_{1H}^s 越大。

定理 3 的结论如图 1-图 4 所示，根据制造商产能大小分别给出了约束条件曲线和分离均衡时的定价组合均衡点。其中 $N=10$，$H=30$，$L=20$，从图 1 到图 4，T 分别为 20、13.5、11.5、7。

推论 1 （1）$T \geq 4N/3$ 时，分离均衡时 H 型制造商采用期权预售，L 型制造商采用普通预售；（2）$2N/3<T<4N/3$ 时，分离均衡时 H 和 L 型制造商均采用期权预售，但 H 型的行权价大于 L 型。

定理 3 和推论 1 表明，只要制造商产能不是非常小，制造商均选择预售，H 型制造商可以通过预售策略与预售期定价与 L 型制造商区别开来，实现分离均衡。当实现分离均衡时，L 型制造商将选择与完全信息时相同的决策，H 型制造商将选择最有利的预售策略与 L 型分开，质量信息的不对称仅对 H 型制造商产生影响。如果 H 型制造商取质量信息对称时的策略，L 型与其保持一致伪装成 H 型，将在预售期获得较大的期权定金收入，尽管有可能增加现货期拒绝执行期权的消费者比例，但预售期的超额收益仍可以保证总体收入最高。因此，H 型制造商必须降低期权定价，提高行权定价，使得 L 型试图伪装成 H 型时，预售期的收入下降同时现货期

拒绝执行期权的消费者数量增加，伪装变得无利可图。于是，当消费者在预售期看到制造商制定了较高的行权价格时，认为该制造商对自己的产品质量比较自信，制造商相信到了现货期产品质量明确之后，将有大比例的消费者愿意为高产品质量执行期权；相反，如果制造商设置了较低的行权价格，消费者将认为该制造商更致力于在预售期利用信息不对称先行获得好的收益，反映了制造商在产品质量上缺乏信心。为了与 L 型制造商区分，H 型制造商设置较低的期权价与较高的行权价将降低自身收益，这是 H 型制造商传递质量信息所要付出的代价。并且，在质量信息对称时，H 型的期权价恒大于 L 型，但信息不对称时，H 型的期权价有可能低于 L 型，因为行权价的增加造成现货期可售产能相对充足且现货价较低，使得消费者等待的效用增加，制造商不得不降低期权价以吸引消费者参与预购。最后，当 $T \geq 4N/3$ 时，分离均衡时 H 型制造商采用期权预售，L 型制造商采用普通预售，相当于消费者通过不同类型制造商选择的不同预售策略即可辨别产品质量，期权预售本身充当了产品质量的信号。

3.2 混同均衡

实现混同均衡时，高产品质量制造商与低产品质量制造商选择相同的预售策略和定价，因此消费者在预售期无法明确产品质量类型，只能以先验概

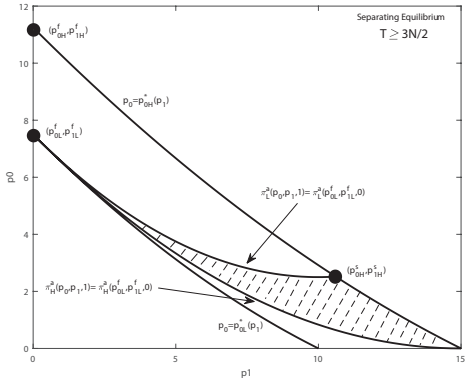


图 1 $T \geq \frac{3}{2}N$ **时的分离均衡**

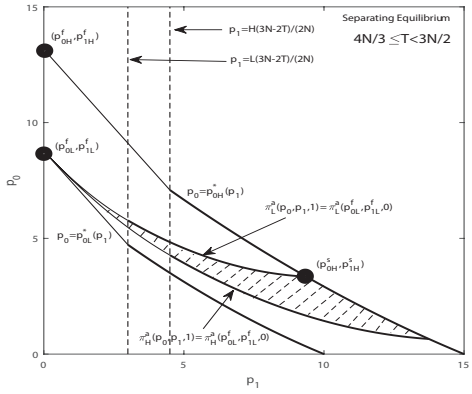


图 2 $\frac{4}{3}N \leq T < \frac{3}{2}N$ **时的分离均衡**

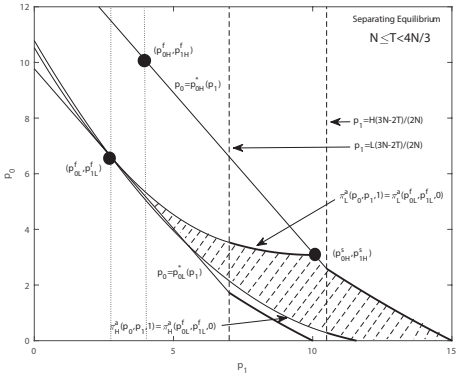


图 3 $N \leq T < \frac{4}{3}N$ **时的分离均衡**

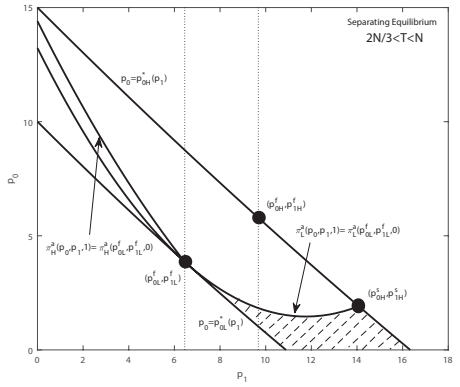


图 4 $\frac{2}{3}N \leq T < N$ **时的分离均衡**

率判断产品质量高低。设 H 型和 L 型制造商混同均衡时的定价为 p_0^p、p_1^p，显然消费者不能更新后验概率，即 $\alpha(p_0^p, p_1^p) = \alpha$。由于混同均衡时低产品质量制造商可以以相同的策略设置隐藏质量较低的事实，伪装成高产品质量制造商，因此 H 型制造商将选择最有利的预售和定价策略以最大化信息不对称时的收益，L 型制造商将追随 H 型制造商选择相同的预售和定价策略，H 型制造商的目标函数为：

$$\begin{aligned}(p_0^p, p_1^p) = \underset{p_0, p_1}{\operatorname{argmax}} \{&\Pi_H^\alpha(p_0, p_1, \alpha) = \\ &p_0 \min\{N, T\} + \Pi_{2H}\}\end{aligned} \tag{12}$$

$$\text{s.t. } U_1 \geq U_2$$

$$\Pi_L^\alpha(p_0, p_1, \alpha) \geq \Pi_L^\alpha(p_{0L}^s, p_{1L}^s, 0) \tag{13}$$

$$\Pi_H^\alpha(p_0, p_1, \alpha) \geq \Pi_H^\alpha(p_{0H}^s, p_{1H}^s, 1) \tag{14}$$

其中 $U_1 \geq U_2$ 是参与约束。与式（3）定义的质量信息对称时的参与约束不同，质量信息不对称时讨论混同均衡时的参与约束需重新考虑。预售期到达的消费者将对产品质量的先验概率纳入效用考量，预购的期望效用为 $U_1 = \alpha U_{1H}(p_0, p_1) + (1-\alpha)U_{1L}(p_0, p_1)$，等待的期望效用为 $U_2 = \alpha U_{2H}(p_2) + (1-\alpha)U_{2L}(p_2)$，其中 $U_{1q}(p_0, p_1)$ 和 $U_{2q}(p_2)$ 与质量信息对称时的表达式相同。令 $p_0(p_1, \alpha)$ 为信息不对称时消费者参与约束的临界条件，由式（2）可得：

$$\begin{cases} p_0\left(p_1,\alpha\right)=\frac{1}{2}\left(\frac{\alpha}{H}+\frac{1-\alpha}{L}\right)p_1^2-p_1+\frac{3}{8[\alpha H+(1-\alpha)L]} & T\geq\frac{3N}{2} \\ p_0\left(p_1,\alpha\right)=\frac{1}{2}\left(\frac{\alpha}{H}+\frac{1-\alpha}{L}\right)p_1^2-p_1+\frac{3}{8[\alpha H+(1-\alpha)L]} & N\leq T<\frac{3N}{2},\quad p_1\geq\frac{3N-2T}{2N}H \\ p_0\left(p_1,\alpha\right)=\frac{1-\alpha}{2L}p_1^2-\frac{\alpha T+(1-\alpha)N}{N}p_1+\frac{\alpha T(2N-T)}{2N^2}H+\frac{3(1-\alpha)}{8}L & N\leq T<\frac{3N}{2},\frac{3N-2T}{2N}L\leq p_1<\frac{3N-2T}{2N}H \\ p_0\left(p_1,\alpha\right)=\frac{T(2N-T)}{2N^2}[\alpha H+(1-\alpha)L]-\frac{T}{N}p_1 & N\leq T<\frac{3N}{2},\quad p_1<\frac{3N-2T}{2N}L \\ p_0\left(p_1,\alpha\right)=\frac{N-T}{2N}\left(\frac{\alpha}{H}+\frac{1-\alpha}{L}\right)p_1^2-p_1+\frac{1}{2[\alpha H+(1-\alpha)L]} & \frac{2N}{3}\leq T<N \end{cases} \tag{15}$$

对两种类型的制造商，若定价超出 $p_0(p_1,\alpha)$ 的范围将没有消费者参与预购，并且制造商的定价显然不会低于 $p_{0L}^*(p_1)$，因此，期权价格应满足：

$$p_0\in\left[p_{0L}^*\left(p_1\right),p_0\left(p_1,\alpha\right)\right] \tag{16}$$

约束条件式（13）、（14）表示在混同均衡时，L 型制造商伪装成 H 型制造商收益更高，而 H 型制造商选择不通过分离均衡传递质量信息收益更高，两者在混同均衡时均能使收益提升。

由式（12）-（16），求解制造商的最优决策，得定理 4。

定理 4 （1）当 $T\geq\frac{2}{3}N$ 时，只要先验概率 α 足够大，即存在混同均衡，两种类型的制造商均选择相同的价格期权预售或普通预售；（2）混同均衡时，$p_0^p>p_{1H}^s$，$p_1^p<p_{1H}^s$；（3）混同均衡时，$\Pi_L^\alpha\left(p_0,p_1,\alpha\right)>\Pi_L^f\left(p_0,p_1\right)$，$\Pi_H^\alpha\left(p_0,p_1,\alpha\right)<\Pi_H^f\left(p_0,p_1\right)$。

定理 4 的结论如图 5 所示（$T\geq\frac{3}{2}N$ 时的混同均衡，篇幅所限，其余情况的结果图见附录 B），根据制造商产能大小分别给出了约束条件曲线和混同均衡时的定价组合均衡点。其中 $\alpha=0.7$，其余参数取值与分离均衡时相同。定理 4 说明，只要制造商产能满足预售的条件，并且消费者对产品质量较高的先验概率足够大，H 型制造商可以选择不通过定价向消费者传递质量信息，而是实现混同均衡以提升收益。这是因为，先验概率足够大时，混同均衡点足够靠近质量信息对称时的取值上限，使得 H 型制造商在混同均衡时的利润与信息对称时的利润相差较小，而要实现分离均衡，则需要设置更低的期权价和更高的行权价，意味着付出更高的代价才能传递质量信息。相反，先验概率较小时，混同均衡时的定价造成的利润损失大于分离均衡时传递产品质量信息造成的利润损失，选择分离均衡对 H 型制造商更有利。对于 L 型制造商来说，无论是分离均衡还是混同均衡，均可以保证获得不小于质量信息对称时的收益，即消费者对产品质量信息的匮乏有利于 L 型制造商，使得其有机会伪装成 H 型制造商获取在信息对称时无法获得的超额收益，但对 H 型制造商的收益造成损伤。

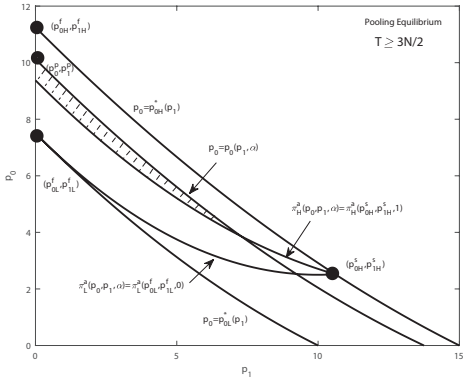


图 5 $T\geq\frac{3}{2}N$ **时的混同均衡**

3.3 均衡结构

综合定理 2、定理 3 和定理 4，得到制造商的均衡结构：

推论 2 产品质量信息不对称时，制造商的均衡策略为：（1）$T\geq\frac{4}{3}N$ 时，若先验概率较大，实现混同均衡，两种类型制造商均以相同的定价普通预售，若先验概率较小，实现分离均衡，H 型制造商采用期权预售，L 型制造商采用普通预售；（2）$\frac{2}{3}N\leq T<\frac{4}{3}N$ 时，先验概率较大时实现混同均衡，较小时实现分离均衡，两种均衡状态下两制造商均期权预售，但 H 型制造商的行权价大于 L 型；（3）$T<\frac{2}{3}N$ 时，两制造商均不预售。

推论 2 给出了完整的均衡策略路径。对于 H 型制造商，可以根据自身产能、质量差异、先验概率等情况，合理地选择预售策略和预售期定价组合，决定是否传递质量信息以最大化利润。并且，尽管不对称的产品质量信息有损于 H 型制造商，但并未改变预售策略的可行区域，只要产能不是过于小，H 型制造商依然选择通过预售或期权预售增加收益，质量信息不对称不足以使其放弃预售带来的好处。

4 扩展讨论

4.1 预售期时长的影响

预售期购买的消费者必须到现货期才能拿到产品，需要付出一定的等待成本，因而预售期时长可能对期权预售决策产生影响。通过模型推导和数值实验发现，预售期时长的影响可以概括为平移效应和截断效应两个方面。前者使得分离均衡和混同均衡点下移，后者使最优期权定价退化为零，期权预

售难以实施。总之，预售期时长导致的消费者等待成本对预售策略不利，亦不利于制造商通过分离均衡传递质量信息，但若等待成本较小，期权预售仍有可行空间并可能传递质量信息，前述结论依然成立。详细阐述见附录 C.

4.2 参数分析

通过数值方法探讨参数变化对均衡结果的影响。结果发现：随着制造商产品质量差异（固定 L 变动 H 来表征）的增大，分离均衡点和混同均衡点均上移，混同均衡的可行区域不断收缩，直至混同均衡不存在；消费者判断产品质量为高质量的先验概率的增加，有利于实现混同均衡，当先验概率较小时，分离均衡不存在。详细阐述见附录 D。

5 结论

本文基于预售与期权预售日益普及和消费者对产品质量日益重视的现实背景，以一个风险中性的垄断性制造商为研究对象，在消费者预售期面临产品估值和产品质量双重不确定性的情况下，针对产品质量在预售期难以准确传递给消费者的新产品，探讨制造商通过不同预售策略与期权式定价传递产品质量的可能性以及实现分离均衡和混同均衡的条件。结果表明，当产能较大时，高产品质量制造商可以采用期权预售与仅采用普通预售的低产品质量制造商区分开，向消费者传递产品质量信息。当产能中等时，制造商均采用期权预售，高产品质量制造商可以设置更高的行权价格，将低产品质量制造商的伪装成本提升到其无法承受的程度以实现分离均衡。当产能较小，制造商将放弃预售，仅现货销售。并且，预售时高产品质量制造商也可以选择隐藏自己产品质量较高的事实，任低产品质量制造商模仿自己的预售定价，在消费者认为产品质量为高质量的先验概率较大的情况下，隐藏比披露更有利。

本文的结论从理论上丰富了预售和期权预售的现有研究成果。现有文献多认为期权预售的作用在于降低消费者在预售期购买的风险激励其参与预购，研究基于产品质量信息对称的条件展开，本文则基于不对称的产品质量和信号博弈理论，探讨了制造商如何通过期权预售传递质量信息，从理论上提供了挖掘期权预售模式蕴含产品质量信息的新研究视角。并且，将期权预售作为信息传递工具也是对现有文献关于预售模式下信息传递工具的研究局限于限制预售期供应量等因素的丰富。

本文的结论对制造商预售决策和消费者购买决策均具有启示意义。如红酒制造商，面对漫长的生产周期和复杂的质量影响因素，产品质量信息往往难以准确传递给消费者，常常采用期权式定价的方式定价传递质量信息。制造商应该在掌握自身生产能力和产品质量相关信息的基础上，通过市场调研了解消费者对产品质量的期望与判断，制定预售策略时酌情选择隐藏信息还是披露信息。消费者可通过观察制造商的预售方式和价格设置推断产品质量信息，减小预购后质量和估值与预期不符的风险。

本文的研究存在一定的局限性及未来可以延伸的方向。本文假设消费者风险中性，如果消费者是风险规避型，可能会对期权预售传递质量信息的可行域产生复杂的影响。本文假设产品成本为零，如果高、低产品质量制造商因生产能力和产品质量的差异具有不同的生产成本，可能会影响制造商均衡策略的选择。本文假设产品质量外生确定，将产品质量作为决策变量也是值得尝试的方向。

参考文献 (References)

[1] Nocke V, Peitz M, Rosar F. Advance-purchase discounts as a price discrimination device[J]. Journal of Economic Theory, 2011,146: 141-162.

[2] Tang C S, Rajaram K. The benefits of advance booking discount programs: model and analysis[J]. Management Science, 2004, 50(4): 465-478.

[3] 李勇建，许磊，杨晓丽. 产品预售、退货策略和消费者无缺陷退货行为 [J]. 南开管理评论，2012,15(5): 105-113.
(Li Y J, Xu L, Yang X L. Advance selling, return policy and failure false return for a newsvendor retailer[J]. Nankai Business Review, 2012,15(5):105-113)

[4] 王叶峰，田中俊，谢家平. 基于策略消费者的预售退货策略研究 [J]. 管理工程学报，2020,34(1):79-85.
(Wang Y F, Tian Z J, Xie J P. Research on the advance selling and return policy based on strategic consumer[J]. Journal of Industrial Engineering and Engineering management,2020,34(1):79-85.)

[5] 王道平, 周玉, 葛根哈斯. 考虑参照价格效应和消费者行为的预售及退货策略 [J]. 控制与决策, 2021,36(11): 2783-2793.
(Wang D P, Zhou Y, Ge G. Advance selling strategy and return strategy considering reference price effect and consumers behaviors[J]. Control and Decision, 2021, 36(11):2783-2793.)

[6] Wu M, Teunter R H, Zhu S X. Online marketing: when to offer a refund for advanced sales[J]. International Journal of Research in Marketing, 2019,36:471-491.

[7] 何莹莹，郭春香. 预售模式下基于策略型消费者退货行为的运费险决策研究 [J]. 管理学报，2018,15(8): 1249-1255.
(He Y Y, Guo C X. Study on freight insurance decision making with consideration of strategic consumer returns in the pre-sale[J]. Chinese Journal of Management,

2018,15(8):1249-1255.)

[8] 谷艳红, 罗新星, 朱名勋. 消费者风险厌恶下的期权预售模型研究 [J]. 系统工程理论与实践, 2018, 38(10): 2556-2563.
(Gu Y H, Luo X X, Zhu M X. Research on option advance sales model under consumers' risk aversion[J]. Systems Engineering —Theory & Practice,2018,38(10):2556-2563.)

[9] Xie J H, Shugan S M. Electronic tickets, smart cards, and online prepayments: when and how to advance sell[J]. Management Science, 2001, 20(3): 219-243.

[10] Pang Z, Xiao W Q, Zhao X Y. Preorder price guarantee in e-commerce[J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2021, 23(1):123-138.

[11] Yu M, Ahn H S, Kapuscinski R. Rationing capacity in advance selling to signal quality[J]. Management Science, 2015, 61(3): 560-577.

[12] 孙燕红, 赵骞, 王子涵. 基于消费者评论的网络预售定价策略研究 [J]. 中国管理科学, 2020,28(11):184-191.
(Sun Y H, Zhao Q, Wang Z H. Advance selling strategies for e-retailers in the presence of online consumer reviews[J]. Chinese Journal of Management Science, 2020,28(11):184-191.

[13] Zhang W, He Y, Gou Q L, Yang W Z. Optimal advance selling strategy with information provision for omni-channel retailers[J]. Annals of Operations Research, 2021(3):1-30.

[14] Wu M, Zhu S X, Teunter R H. Advance selling and advertising: a newsvendor framework[J]. Decision Sciences, 2020.

[15] Peng W C, Tian Z J, Wang Y F. Price guarantee for advance selling in the presence of preorder-dependent social learning[J]. International Journal of Production Economics, 2020,219:115-122.

[16] 计国君, 孙忠锋, 杨光勇, 曾茜芸. 基于消费者参照价格效应的限量预售策略研究 [J]. 管理工程学报, 2021, 35(4):178-189.
(Ji G J, Sun Z F, Yang G Y, Zeng Q Y. Advance selling with consumer reference price effect and limited advance sales[J]. Journal of Industrial Engineering and Engineering management,2021,35(4):178-189.)

[17] Xie J H, Gerstner Eitan. Service escape: profiting from customer cancellations[J]. Marketing Science, 2007, 26(1): 18-30.

[18] Guo L. Service cancellation and competitive refund policy[J]. Marketing Science, 2009, 28(5): 901-917.

[19] Zhang Z L, Lim W S, Cui H T, Wang Z. Partial refunds as a strategic price commitment device in advance selling in a service industry[J]. European Journal of Operational Research, 2021,291:1062-1074.

[20] Burnetas A, Ritchken P. Option pricing with downward-sloping demand curves: the case of supply chain options[J]. Management Science, 2005, 51(4): 566-580.

[21] 慕银平，冯毅，唐小我. 随机需求下期权采购与预售联合决策研究 [J]. 管理科学学报，2011, 14(6): 47-56.
(Mu Y P, Feng Y, Tang X W. Integrating option procurement with advance selling under demand uncertainty[J]. Journal of Management Sciences in China,2011,14(6)：47-56.

[22] Tang W M, Ang Sheng. Advance selling with part payment for new to-be-released products[J]. Journal of Modelling in Management, 2017, 12(3): 455-474.

[23] Sun Y H, Siqin T, Mu L F. Advance selling with part prepayment and consumer returns[J]. Mathematical Problems in Engineering, 2018,11:1-15.

[24] 孙彩虹, 王蕾, 于辉. 买断契约下新产品网络预售的鲁棒定价策略 [J]. 计算机集成制造系统, 2018, 24(9): 2357-2366.
(Sun C H, Wang L, Yu H. Robust pricing policy of new production line pre-sale under buy out contract[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2018, 24(9): 2357-2366.)

[25] 李余辉，倪得兵，唐小我. 基于企业社会责任的供应链企业质量信号传递博弈 [J]. 中国管理科学，2017, 25（7)：38-47.
(Li Y H, Ni D B, Tang X W. Signaling quality in supply chains by corporate social responsibility[J]. Chinese Journal of Management Science,2017,25(7):38-47.)

[26] Bagwell K, Riordan M H. High and declining prices signal product quality[J]. The American Economic Review, 1991, 81(1): 224-239.

[27] Moorthy S, Srinivasan K. Signaling quality with a money-back guarantee: the role of transaction costs[J]. Marketing Science, 1995, 14(4): 442-466.

[28] 张琪, 高杰. 竞争市场上保修期与价格的联合质量信号传递作用 [J]. 中国管理科学, 2018, 26(7): 71-83.
(Zhang Q, Gao J. Signaling quality by warranty and price in a duopoly market[J]. Chinese Journal of Management Science,2018,26(7):71-83.)

[29] Sayedi A, Baghaie M. Crowdfunding as a Marketing tool[J]. SSRN Electronic Journal, 2017.

[30] Kirmani A, Rao AR. No pain, no gain: a critical review of the literature on signaling unobservable product quality[J]. Journal of Marketing, 2000, 64(2): 66-79.

作者简介

孙忠锋（1982−），男，讲师，博士，从事电子商务、供应链管理等研究，E-mail：laowu-50@163.com.

计国君（1963−），男，教授，博士生导师，从事供应链管理、顾客行为等研究，E-mail：jiking@xmu.edu.cn.

Kim Hua Tan (1971−)，男，教授，博士生导师，从事供应链管理、创新管理等研究，E-mail: kim.tan@nottingham.ac.uk.

林鸿熙（1968−），男，教授，从事电子商务、金融工程等研究，E-mail：linhongxi@163.com.