预售众筹产品质量夸大行为及其预防措施分析①

曾　燕，邱国盛，黄守军*
（中山大学岭南（大学）学院，广州 510275）

摘要：运用理论模型分析了预售众筹中创业者夸大产品质量的行为及其预防措施. 首先，构建了预售众筹发起阶段与销售阶段的理论决策模型；其次，求解模型得到了创业者的最优众筹价格及向投资者承诺的产品质量，分析了创业者夸大产品质量的动机；再次，在此基础上设计了由保证金与信用约束组成的预防措施，分析了预防措施对创业者夸大产品质量行为的预防效果. 研究结果表明：在无预防措施情形下，创业者会向投资者夸大产品质量以获得众筹成功与追求收益最大化；众筹平台收取保证金虽能对创业者夸大产品质量行为起到预防作用，但预防效果有限；增加信用约束能弥补保证金措施的缺点，提高预防措施的预防效果. 最后，通过数值算例进一步阐述了理论模型所得到的相关结论.

关键词：预售众筹；创业者；产品质量夸大；预防措施；预防效果

中图分类号：F830.9；C934；O221　**文献标识码**：A　**文章编号**：1007－9807（2019）07－0089－18

0　引　言

在创业初期，创业者想通过股权融资或银行贷款进行外部融资往往是十分困难的[1]，而众筹在一定程度上可帮助创业者解决外部融资难问题. 预售众筹又叫产品众筹，是创业者依靠投资者的预付金展开生产，投资者期望获得创新产品的融资方式. 在预售众筹的交易模式下，投资者与创业者之间信息不对称问题突出. 例如，投资者对预售众筹产品难辨别真伪，会使得创业者在预售众筹中夸大产品质量的概率上升. 由于预售众筹的产品表现为预购性质，预售众筹合同的履行效果严重依赖产品研发与生产的进度，于是创业者可能将产品质量夸大行为导致的生产风险转嫁给投资者. 2014 年，华盛顿州总检察官发起了首次有关众筹的投资者保护诉讼，其起诉套牌游戏众筹的创业者未能如期履行承诺从而欺骗投资者；2015 年，众筹平台“人人投”因众筹发起者租用的经营房屋性质、店铺租金与实质情况不符，起诉众筹发起者合同欺骗，要求其返还众筹融资额. 虽然法律是保护投资者利益的坚实保障，但平台也应做好相关的预防工作以增强投资者信心，推进行业的健康与可持续发展. 基于此，本研究从保护投资者利益角度，为众筹平台研究设计预防创业者夸大产品质量行为的有效措施.

部分学者认为预售众筹中创业者夸大产品质量的行为主要受我国信用体系不完善与委托代理关系的影响. 在委托代理关系中，创业者（代理人）与投资者（委托人）信息不对称，道德风险问题容易发生[2]. 委托代理关系造成创业者与投资者间信息不对称，增加了创业者夸大产品质量的概率. 创业者掌握众筹产品的性能、创新性、市场风险、财务状况、市场竞争等相关信息，具有信息优势. 为了吸引投资，创业

① 收稿日期：2018－06－30；修订日期：2019－02－17.
基金项目：国家社科基金重大资助项目（18ZDA092）；国家自然科学基金资助项目（71661137001）；广东省自然科学基金杰出青年基金资助项目（2015A030306040）；广东省高等学校珠江学者岗位计划资助项目（2018）.
通讯作者：黄守军（1985—），男，安徽马鞍山人，博士，副研究员. Email：huangshj29@mail.sysu.edu.cn

者会选择性地传递这些信息,对负面的信息加以掩盖或隐瞒,但对众筹有利的信息积极传递甚至夸大宣传. 预售众筹的个人投资者,既缺乏判断风险的能力和经验,又缺少进行尽职调查的能力,难以辨别创业者的产品质量夸大行为[3]. Belleflamme 等[4]研究发现,当创业者与投资者存在信息不对称时,创业者会生产低质量的产品,损害投资者利益. 因此,信用体系不完善与委托代理关系造成的创业者与投资者之间的信息不对称会使得预售众筹存在创业者夸大产品质量的风险,具体表现为夸大宣传、产品货不对板、回报延迟等.

为降低创业者夸大产品质量的风险,已有文献主要从法律监管及众筹平台角度研究减轻信息不对称的方法,寻求预防创业者夸大产品质量行为的措施. Heminway[5]提出要将众筹纳入国家法律的监管体系. 也有部分学者考虑引用经济手段预防创业者夸大产品质量行为,认为金融中介不仅要起到加强投资者与创业者联系的桥梁作用[6],还应进一步协助创业者与投资者建立相互信任[7-8],从而减少两者的信息不对称. 上述文献主要研究平台的中介作用,但没有就仍然频发的欺骗风险提出更有效的预防措施. 为此,Maeschle[9]认为需要基于影响创业者众筹成功率的重要因素,加强创业者的信息披露要求: 创业者的企业规模、企业的法律形式、股权架构、创业者的厂房及地点、创业者的资产负债情况、创业者的团队成员、创业者团队年龄与受教育水平等. 虽然强制信息披露要求降低创业者与投资者之间的信息不对称,但产品质量夸大行为仍常有发生. 例如,被称为游戏众筹最大奇迹的《星际公民》因出版时间与承诺时间不一致等问题,被游戏投资者集体要求退款;众筹平台“点名时间”曾因欺骗问题接连不断地出现,被监管机构要求暂停运营一段时间.

虽然部分文献从平台的中介角色出发,研究平台的强制信息披露要求对降低夸大产品质量风险的作用,但缺少针对平台预防措施的相关研究[10]. 比如,赵颖等[11]总结发现多数文献研究众筹投资动机、融资动机及影响融资成功的因素等,鲜有文献关注针对平台实施保证金的预防措施进行研究. 针对仍旧频发的众筹欺骗问题,平台应采用保证金等预防措施保护投资者利益. 此外,随着我国信用体系日臻完善,众筹平台应考虑引入信用评级方法设计更有效的预防措施. 因此,针对上述预售众筹的问题,本研究将在以往研究基础上根据我国众筹平台保证金预防措施与互联网点对点交易的信用评级方式[12],设计预售众筹中预防创业者夸大产品质量的有效措施,并分析该预防措施的效果. 研究结果表明保证金的预防效果有限,而信用约束措施可增强保证金的预防效果,加强投资者利益保护,并增强平台信誉.

本研究与以往研究的主要区别在于假设产品质量存在两种形态: 一是创业者描述的质量,称之为创业者承诺的产品质量;二是创业者实际能力对应的产品质量. Thomas 等[13]指出创业者专注于向投资者描述众筹可带来的内心成就感,比单纯向投资者介绍投资价值,更能获得众筹成功. 因此,创业者在众筹发起时可能偏向于运用花言巧语向投资者夸大产品质量. 设定两种产品质量形态让创业者具有更高的决策自由度,并反映创业者是否会夸大产品质量. 本研究的主要贡献为在以往研究的基础上,从保护预售众筹投资者利益的角度,为众筹平台设计由保证金与信用约束组成的预防创业者夸大产品质量行为的有效措施. 本研究可丰富预售众筹中关于创业者夸大产品质量行为及其预防措施的研究,并可向预售众筹平台设计预防措施提供理论依据.

1 理论模型构建

基于前人的研究与预售众筹行业实际运行情况,本节分别对众筹发起阶段和众筹完成后销售阶段的决策进行理论建模. 假设创业者的众筹动机是因资金短缺需筹集社会资金,这也是大部分小微企业的创业者实际面临的主要困境[14];假设投资者的投资动机兼具财务动机与非财务动机[15].

1.1 众筹发起阶段理论决策模型.

假设创业者发起一个预售众筹,其必须向潜在投资者明确该众筹的目标金额 K, 其中 $K > 0$

且为常数. 若众筹融资额小于 K, 众筹失败,资金返回投资者. 创业者还需向潜在投资者承诺众筹的产品质量 $s > 0$ ②. 潜在投资者通过外部学习可知社会生产此种产品的质量上限为 $\bar{s}$,其中 $\bar{s}$ 是共同知识. 假如创业者承诺的质量超过质量上限,即 $s > \bar{s}$, 潜在投资者就很容易判断创业者在虚假宣传其产品质量. 创业者依据实际拥有的技术可生产的最终产品质量记为常数 s_0,是创业者的私有信息且设定 $s_0 \leqslant \bar{s}$.

由于预售众筹的回报为创新产品,投资者不能通过外部学习来确定该创新产品的实际质量 s_0. 因此,在信息不对称情况下,投资者选择相信创业者承诺的产品质量 s 为最终产品质量. 不失一般性,假设众筹启动前已约定好产品完成的时间,而此时间对应的贴现因子为常数 ρ, 且 $0 < \rho < 1$.

假设此众筹产品存在标准化为 1 的连续潜在投资者,且投资者是异质的,此众筹产品对不同投资者的边际价值是不同的. 对于该异质性投资者群体,单位产品质量带来的边际价值 θ 服从 $[0,1]$ 上的均匀分布,用 θ 代表投资者的类型. 假设任何一个潜在投资者对众筹产品需求数量为 1. 对于类型 θ 的潜在投资者,其消费质量为 s 的产品获得的产品质量价值为 θs. 当潜在投资者参与众筹,他们会获得额外社区收益③. 这是预售众筹与一般商品预售模式关于对投资者心理活动影响的主要区别. 由于社区收益会随着产品宣传的质量上升而提高,本研究假设社区收益与产品质量成正比,比例系数为 σ ,其中 $\sigma \in (0,1)$. 因此,可得类型 θ 的潜在投资者参与众筹获得的价值为 $\theta(1+\sigma)s$. 若该投资者不参与众筹,而选择在产品正式面世后购买产品,其仅可获得产品质量价值为 θs.

在众筹发起阶段,假设创业者向投资者收取产品的众筹价格为 p_c. 因为参与众筹的潜在投资者支付现金与获得产品存在时间差,故获得产品时的贴现价值为 $\rho\theta(1+\sigma)s$,且满足

$$\rho\theta(1+\sigma)s > p_c \tag{1}$$

假设参与众筹发起阶段的潜在投资者规模为 $n_c(s,p_c) \in (0,1)$④,且存在边际价值下限 $\theta_c(s,p_c)$[4]. $\theta \in [\theta_c(s,p_c),1]$ 的潜在投资者才会参与预售众筹. 参与众筹的潜在投资者规模可表示为

$$n_c(s,p_c) = 1 - \theta_c(s,p_c) \tag{2}$$

因此,创业者获得众筹金额为

$$\pi_1(s,p_c) := p_c n_c(s,p_c) \tag{3}$$

为了确保创业者众筹成功,众筹金额 $\pi_1(s,p_c)$ 的约束条件为[4,19]

$$\pi_1(s,p_c) \geqslant K \tag{4}$$

1.2　销售阶段理论决策模型

在销售阶段,产品的潜在投资者规模为

$$1 - n_c(s,p_c) = \theta_c(s,p_c) \tag{5}$$

考虑到创业者基于众筹发起阶段的众筹价格 p_c 及承诺的产品质量 s 决定销售价格 $p_r(s,p_c) > 0$,则购买产品的消费者需满足

$$\theta s_0 > p_r(s,p_c) \tag{6}$$

即剩余的潜在投资者参与消费的前提是他们从产品质量中获得的价值高于售价. 因此,参与销售阶段的潜在投资者规模为

$$n_r(s,p_c) := \theta_c(s,p_c) - \frac{p_r(s,p_c)}{s_0} \tag{7}$$

假设产品的边际生产成本为 0[4]⑤. 在给定 p_c 与 s 的情况下,创业者在销售阶段的最大销售收益为

② 文中产品质量的内涵应包括产品的新颖程度、创新水平、产品的功能效用、生产产品所需的技术水平、使用专利情况及回报期限等[16]. 质量为一个不可观测的变量,可参考 Khandelwal 等[17] 与 Fan 等[18],利用产品单价及销量信息估计产品质量的方法. 本研究只需合理假设产品质量为一变量,不需对产品质量进行估计.

③ 根据 Belleflamme 等[4],社区收益指的是众筹产生的社区体验为潜在投资者带来的额外收益,社区体验为众筹帮助众多潜在投资者获得打破地域隔离,聚在一起探讨共同话题的经历. 此种现象在游戏众筹与文化众筹等方面表现尤为突出. 其中,众筹产品质量越高,潜在投资者讨论的话题越多、兴趣更浓厚,越能从网络社区中获得更高的认同感与满足感. 例如,众筹一部不仅剧情扣人心弦,还画质高清的电影,能带给投资者更大的社区收益.

④ 参与众筹人数必受创业者承诺的产品质量 S 和众筹价格 p_c 的影响,因为在其它不变的情况下,当创业者向潜在投资者描绘出更吸引人的产品前景或众筹价格更低时,更多潜在投资者会被打动. 因此,假设参与预售众筹的潜在投资者规模与变量 s 和 p_c 有关,并根据 Belleflamme 等[4] 假设参与预售众筹的潜在投资者规模为 $n_c(s,p_c) \in (0,1)$.

⑤ 在众多预售众筹案例中,众筹的回报为创新产品,该类产品的边际生产成本几乎为 0,如众筹电影《大护法》.

$$\begin{aligned}\pi_2(s,p_c) &:= \max_{p_r(s,p_c)}[p_r(s,p_c)n_r(s,p_c)] \\ &= \frac{s_0}{4}\theta_c^2(s,p_c)\end{aligned} \tag{8}$$

其中最优销售价格为

$$p_r^*(s,p_c) = \frac{\theta_c(s,p_c)s_0}{2} \tag{9}$$

潜在投资者对预售众筹有三种选择：参与众筹发起阶段、参与销售阶段、都不参与. 由于信息不对称，潜在投资者将依据 s 来判断收益情况. 若类型 θ 的潜在投资者参与众筹发起阶段，其认为可获得净收益为 $\rho\theta(1+\sigma)s-p_c$；若参与销售阶段，其认为可获得净收益为 $\rho(\theta s - \hat{p}_r^*(s,p_c))$，其中 $\hat{p}_r^*(s,p_c) := \dfrac{\theta_c(s,p_c)s}{2}$ 为潜在投资者预测创业者在销售阶段的最优销售定价⑥. 因此，当类型 θ 的潜在投资者参与众筹时，其净收益必高于或等于参与销售阶段时的净收益

$$\rho\theta(1+\sigma)s - p_c \geqslant \rho(\theta s - \hat{p}_r^*(s,p_c)) \tag{10}$$

由上式可知参与众筹的潜在投资者需满足 $\dfrac{p_c - \rho\hat{p}_r^*(s,p_c)}{\rho\sigma s} \leqslant \theta$，且因为参与众筹发起阶段的潜在投资者的 θ 满足 $\theta_c(s,p_c) \leqslant \theta$，故结合 $\hat{p}_r^*(s,p_c)$ 的表达式可得

$$\theta_c(s,p_c) = \frac{2p_c}{\tilde{\rho}s} \tag{11}$$

其中 $\tilde{\rho} := \rho(1+2\sigma)$.

由式(9)与式(11)可得创业者在销售阶段的最优销售价格为

$$p_r^*(s,p_c) = \frac{p_c s_0}{\tilde{\rho}s} \tag{12}$$

由上式可得，若 $\tilde{\rho}s > s_0$，销售价格低于众筹价格 $p_r^*(s,p_c) < p_c$；若 $\tilde{\rho}s \leqslant s_0$，销售价格高于或等于众筹价格 $p_r^*(s,p_c) \geqslant p_c$. 不同于 Belleflamme 等[4]的研究结果，本研究结果表明众筹价格与销售价格的大小关系不确定，取决于社区收益比例与贴现因子的大小. 因此，众筹价格与销售价格依众筹特征改变而呈现不同大小关系，与预售众筹的实际运行情况较相符.

创业者的收益为众筹收益与销售收益之和减去众筹目标金额，故其追求最大收益的优化问题为⑦

$$\begin{cases}\Pi_0(s^*,p_c^*) := \max\limits_{s,p_c}[\rho\pi_2(s,p_c)+\pi_1(s,p_c)-K] \\ \text{s. t. } \pi_1(s,p_c) \geqslant K\end{cases} \tag{13}$$

2 创业者夸大产品质量行为分析

本节将基于上述理论模型，分析创业者在预售众筹中夸大产品质量的动机. 为方便讨论，将式(13)的约束条件转换成创业者的可行策略集. 可得如下命题 1.

命题 1 当 $s < \dfrac{8K}{\tilde{\rho}}$ 时，创业者因众筹金额低于目标金额 K 而众筹失败；当 $s \geqslant \dfrac{8K}{\tilde{\rho}}$ 时，创业者众筹成功，且众筹价格满足 $x_2(s) \leqslant p_c \leqslant x_1(s)$. 因此，创业者的可行策略集为⑧

$$\Omega = \left\{(s,p_c) \,\middle|\, \frac{8K}{\tilde{\rho}} \leqslant s \leqslant \bar{s}, x_2(s) \leqslant p_c \leqslant x_1(s)\right\} \tag{14}$$

其中 $x_1(s) = (\tilde{\rho}s + \sqrt{\tilde{\rho}s(\tilde{\rho}s - 8K)})/4$ 与 $x_2(s) = (\tilde{\rho}s - \sqrt{\tilde{\rho}s(\tilde{\rho}s - 8K)})/4$.

证明见附录 I.

由命题 1 可知，众筹是否成功与其特征密切相关. 设定的融资目标越低，承诺的产品质量越高，社区收益越高，众筹越容易获得成功. 这与 Frydrych 等[20]，Lin 和 Viswanathan[21]的研究结论相一致. 当 $\bar{s} \geqslant 8K/\tilde{\rho} > s_0$ 时，若创业者诚实守信，选择 $s \leqslant s_0$ 时，众筹失败；若其夸大产品质量，选

⑥ 在众筹发起阶段，潜在投资者不知道产品的最终质量 s_0，而相信最终质量为创业者承诺的质量 s . 因此，投资者认为创业者的销售阶段最优化问题为 $\max\limits_{p_r(s,p_c)}[p_r(s,p_c)(\theta_c(s,p_c) - p_r(s,p_c)/s)]$，从而认为创业者的最优销售价格为 $\bar{p}_r^*(s,p_c) = \theta_c(s,p_c)s/2$.

⑦ 众筹目标金额是由创业者基于创业项目生产成本向众筹平台申报，代表了该众筹项目的生产投入资金，故在计算创业者的收益时需减去众筹目标金额. 如 Belleflamme 等[4]的研究与此相一致，即创业者的收益等于众筹阶段收益加上销售阶段收益再减去众筹目标金额.

⑧ 若 $\bar{s} < 8K/\tilde{\rho}$，因为 $s \leqslant \bar{s}$，故 $s < 8K/\tilde{\rho}$ 必使众筹失败，创业者承诺任何水平的产品质量均没意义. 因此，下文将围绕 $\bar{s} \geqslant 8K/\tilde{\rho}$ 的情况展开研究.

择 $8K/\tilde{\rho} \leqslant s \leqslant \bar{s}$ 时，其能众筹成功. 因此，创业者具有夸大产品质量的动机. 另外，由命题 1 可知，当 $8K/\tilde{\rho} \leqslant s \leqslant \bar{s}$ 时，因 $\frac{\mathrm{d}x_1(s)}{\mathrm{d}s}>0$ 与 $\frac{\mathrm{d}x_2(s)}{\mathrm{d}s}<0$，故创业者越夸大产品质量，即 s 越大，其可决定的众筹价格范围更大且可选择更高的众筹价格.

推论 1　当 $s = 8K/\tilde{\rho}$ 时，创业者恰好众筹成功 $\pi_1(s,p_c) = K$，众筹价格为⑨

$$p_c = \frac{\tilde{\rho}s}{4} = 2K \tag{15}$$

由推论 1 可知，当 $s = 8K/\tilde{\rho}$ 时，众筹价格与目标金额 K 成正比，且不受贴现因子 ρ 与社区收益比例 σ 影响. 此时参与众筹发起阶段的潜在投资者规模为 $n_c(s,p_c) = \frac{1}{2}$.

由式(14)可将优化问题(13)重新表示为

$$\begin{cases}\Pi_0(s^*,p_c^*) = \max\limits_{s,p_c}[\rho\pi_2(s,p_c)+\pi_1(s,p_c)-K] \\ \text{s.t.}\ (s,p_c) \in \Omega\end{cases} \tag{16}$$

记辅助函数

$$\psi_0(s) := \begin{cases}\dfrac{\tilde{\rho}^2 s^2}{4\tilde{\rho}s - 2\rho s_0}, s \geqslant \tau_0 \\ x_1(s), \dfrac{8K}{\tilde{\rho}} \leqslant s < \tau_0\end{cases} \tag{17}$$

其中 τ_0 满足 $x_1(\tau_0) = \frac{\tilde{\rho}^2\tau_0^2}{4\tilde{\rho}\tau_0 - 2\rho s_0}$，$\tau_0$ 存在并唯一.

命题 2　创业者的最优决策为

$$\begin{cases}s^* = \bar{s} \\ p_c^* = \psi_0(\bar{s})\end{cases} \tag{18}$$

其最大收益为

$$\Pi_0(s^*,p_c^*) = \Pi_0(\bar{s},\psi_0(\bar{s})) \tag{19}$$

且由 $s_0 \leqslant \bar{s}$ 可得 $\Pi_0(\bar{s},\psi_0(\bar{s})) \geqslant \Pi_0(s_0,\psi_0(s_0))$.

证明见附录 II.

由命题 2 可知，在没有预防措施情形下，创业者可通过夸大产品质量获得更高收益. 此外，可进一步分析最优众筹价格如何受时间价值、社区收益与描述的质量价值影响，三者可分别用贴现因子 ρ，社区收益 σ 与社会可生产质量上限 $\bar{s}$ 表示.

推论 2

$$\begin{cases}\dfrac{\mathrm{d}p_c^*}{\mathrm{d}\sigma} = \dfrac{\mathrm{d}\psi_0(\bar{s})}{\mathrm{d}\sigma} > 0 \\ \dfrac{\mathrm{d}p_c^*}{\mathrm{d}\rho} = \dfrac{\mathrm{d}\psi_0(\bar{s})}{\mathrm{d}\rho} > 0 \\ \dfrac{\mathrm{d}p_c^*}{\mathrm{d}\bar{s}} = \dfrac{\mathrm{d}\psi_0(\bar{s})}{\mathrm{d}\bar{s}} > 0\end{cases} \tag{20}$$

由推论 2 可知，σ、ρ 与 $\bar{s}$ 均对 p_c^* 有正向影响. 社区收益比例越高，时间贴现因子越大，可制造的质量上限越高，创业者的众筹价格也越大，反映了创业者基于产品的社区收益价值、研发生产的时间价值及质量价值制定价格策略. 另外，基于命题 2，可知创业者夸大产品质量行为的动机随社会可制造质量上限 $\bar{s}$ 越大变得越强. 令 $\bar{s} = \Delta\bar{s} + s_0$. 根据命题 2 与推论 2，可得如下推论.

推论 3

$$\frac{\mathrm{d}p_c^*}{\mathrm{d}\Delta\bar{s}} = \frac{\mathrm{d}\psi_0(\bar{s})}{\mathrm{d}\bar{s}}\frac{\mathrm{d}\bar{s}}{\mathrm{d}\Delta\bar{s}} > 0 \tag{21}$$

由 $\frac{\partial\Pi_0(\bar{s},\psi_0(\bar{s}))}{\partial\bar{s}} > 0$ 和 $\frac{\partial\Pi_0(\bar{s},\psi_0(\bar{s}))}{\partial\psi_0(\bar{s})} \geqslant 0$ 可得

$$\begin{aligned}\frac{\mathrm{d}\Pi_0(\bar{s},\psi_0(\bar{s}))}{\mathrm{d}\Delta\bar{s}} &= \frac{\partial\Pi_0(\bar{s},\psi_0(\bar{s}))}{\partial\bar{s}}\frac{\mathrm{d}\bar{s}}{\mathrm{d}\Delta\bar{s}} + \\ &\quad \frac{\partial\Pi_0(\bar{s},\psi_0(\bar{s}))}{\partial\psi_0(\bar{s})}\frac{\mathrm{d}\psi_0(\bar{s})}{\mathrm{d}\Delta\bar{s}} > 0\end{aligned} \tag{22}$$

可以看出，p_c^* 与 $\Delta\bar{s}$ 呈正向关系. 创业者向投资者承诺的产品质量越偏离实际产品质量时，众筹价格越高. 另外，$\bar{s}$ 与 s_0 差距越大，创业者夸大产品质量可获得更高的收益，即其夸大产品质量行为的动机更强. 因为潜在投资者不拥有创业者的私有信息 s_0，造成信息不对称，故创业者可通过夸大产品质量向潜在投资者虚报产品的价值，从而可抬高众筹价格并获得更高的众筹收益.

由以上命题与推论可知，在没有任何预防措施情形下，创业者具有动机夸大产品质量以获得众筹成功或追求更高收益，从而损害投资者利益.

⑨　例如在具体的数值算例中，若潜在投资者规模为 1(万人)，众筹目标金额 K 为 2(百万元)，则创业者恰好众筹成功时，众筹价格 p_c 为 4(百元)，参与众筹发起阶段的潜在投资者规模 n_c 为 0.5(万人).

为此,下文将分析由保证金与信用约束组成的预防措施,探讨预防措施对创业者夸大产品质量行为的预防效果.

3 预防措施分析

为预防创业者夸大产品质量,从而保护潜在投资者的利益,本节将分析众筹平台相应的预防措施. 本研究分析两种预防措施: 1)扣留保证金. 众筹平台扣留创业者部分的筹资额作为保证金,待最终产品质量与承诺的质量一致,平台才把此部分筹资额给创业者;否则,此部分筹资额将作为补偿金返还给投资者;2)信用约束. 若最终产品质量低于承诺的产品质量时,创业者被判定为失信. 平台会依据众筹金额大小评定此次失信的严重性并对创业者予以信用评级. 各众筹平台根据信用评级对创业者进行信用惩罚,创业者可能失去与平台的长期合作收益以及向社会其它金融机构融资的机会.

以上两种预防措施迫使创业者在发起众筹时需考虑夸大产品质量行为所导致的惩罚成本. 若创业者选择诚实地向潜在投资者承诺产品质量,其会获得平台扣留的保证金,并避免未来的失信惩罚. 下文将首先求解创业者在预防措施约束下的最优决策,然后分析预防措施对创业者夸大产品质量行为的预防效果.

3.1 创业者最优决策

目前,按照京东众筹与淘宝众筹等做法,平台从创业者的众筹融资额中扣留固定比例的筹资额作为保证金. 假设保证金比例为 $\alpha(0 < \alpha < 1)$, 平台将会按照贴现因子 ρ 对扣留的保证金补偿相等的利息. 若创业者夸大产品质量,其将失去保证金 $\alpha\pi_1(s,p_c)$. 结合式(3),创业者在向潜在投资者承诺产品质量时,其面临的保证金成本为

$$W_1(s,p_c) := \alpha\pi_1(s,p_c) \tag{23}$$

同样地,创业者失信行为会被记录,严重者将交由法律程序处理. 一般失信者将在一段时间内被禁止发布众筹项目. 在此基础上,添加对失信创业者的信用约束因子,且各个众筹平台之间可共享约束因子信息. 信用约束可再分为两方面: 1)众筹平台对失信创业者的长期合作收益的惩罚 w_0; 2)金融机构对失信创业者的融资惩罚 w_1 .

假设创业者的信用值缺失集合空间为 $Z = \{z|0,1\}$,元素 $z = 0$ 代表创业者信用可靠, $z = 1$ 代表创业者有失信记录[12]. 当创业者被多数投资者投诉有夸大产品质量行为 ($s > s_0$) 时,平台判定创业者失信且 $z = 1$. 另外,假设平台根据众筹金额 $\pi_1(s,p_c)$ 对 $z = 1$ 的创业者赋予不同大小的信用约束因子 ε_j . 各众筹平台共享创业者的信用缺失值及信用约束因子. 约束因子与众筹金额关系如表 1[12].

表 1 约束因子与众筹金额关系

Table 1 The relationship of constraint factors and crowdfunding amount

众筹金额	约束因子	众筹金额	约束因子
$(0,M_1]$	ε_1	$(M_1,M_2]$	ε_2
……	……	……	……
$(M_{j-1},M_j]$	ε_j	$(M_j,M_{j+1}]$	ε_{j+1}
……	……	……	……
$(M_{n-1},M_n]$	ε_n	$(M_n,+\infty)$	1

如上表,平台根据众筹金额大小把约束因子分为 $n+1$ 等级. 当 $1 \leqslant j \leqslant n$ 时,有 $M_j < M_{j+1}$ 与 $0 < \varepsilon_j < \varepsilon_{j+1} < 1$, M_j 与 ε_j 均为平台制定的已知常数,且假设 $\varepsilon_{n+1} = 1$, $M_0 = 0$ 及 $M_{n+1} = +\infty$.

信用约束的惩罚成本取决于创业者的众筹金额与约束因子. 当失信创业者在本次众筹结束一段时间后,计划再次发起众筹项目时,众筹平台将会根据其上次的失信行为,判断是否让其发起新的众筹. 平台可根据约束因子让该创业者信用缺失值服从如下概率分布[22]

$$\begin{cases} P(z = 1 \mid s > s_0) = \varepsilon_j \\ P(z = 0 \mid s > s_0) = 1 - \varepsilon_j \end{cases} \tag{24}$$

其中 j 满足 $\pi_1(s,p_c) \in (M_{j-1},M_j]$. 当 $z = 0$ 时,平台将允许创业者再次发起众筹;当 $z = 1$ 时,平台将永远禁止创业者发起众筹,创业者从而失去与平台的长期合作收益 w_0. 若众筹金额满足 $\pi_1(s,p_c) \in (M_{j-1},M_j]$,则约束因子为 ε_j. 受信用缺失值影响,长期合作收益的惩罚成本为 zw_0,根据式(24),可得 $\mathrm{E}(zw_0) = \varepsilon_j w_0$. 同时,对欺骗金额较低

的，平台虽要惩罚创业者，但同时希望给予其改过的机会，故赋予较小的约束因子；对欺骗金额巨大的，平台应当严惩并赋予创业者较大的约束因子. 因此，假设当失信创业者的约束因子超过 0.5 时，平台将创业者的失信行为向社会信用机构公布，使其失去向其它金融机构融资的机会，损失 w_1.

因为众筹金额可能介于不同的 $(M_j, M_{j+1}]$ 内，故可能会对应不同的约束因子. 因此，众筹平台根据众筹金额对创业者赋予的信用约束因子可表示为

$$\varepsilon(s,p_c) := \sum_{j=1}^{n+1} \frac{\Delta M_{j-1}\,\nabla M_j}{\pi_1(s,p_c) - M_{j-1}}\varepsilon_j \tag{25}$$

其中 $\Delta M_{j-1} := \max(\pi_1(s,p_c) - M_{j-1}, 0)$，$\nabla M_j := \min\left[g\left(\frac{M_j}{\pi_1(s,p_c)}\right), 1\right]$，$g(y) = [y]$ 表示不超过 y 的最大整数. 创业者面临的信用约束为

$$W_2(s,p_c) := \varepsilon(s,p_c)w_0 + \frac{\max\left(\varepsilon(s,p_c) - 0.5, 0\right)}{\varepsilon(s,p_c) - 0.5}w_1 \tag{26}$$

首先，记辅助函数

$$v(s) := \begin{cases} 1, & s > s_0 \\ 0, & s \leqslant s_0 \end{cases} \tag{27}$$

即 $v(s) = 1$ 表示创业者夸大产品质量. 创业者最大收益为

$$\begin{cases} \Pi_1(s^*, p_c^*) := \max\limits_{s,p_c}\left[\rho\pi_2(s,p_c) + \pi_1(s,p_c) - \sum\limits_{i=1}^{2} v(s)W_i(s,p_c) - K\right] \\ \text{s.t. } (s,p_c) \in \Omega \end{cases} \tag{28}$$

再记辅助函数

$$\eta_0(s) := \begin{cases} \dfrac{(1-\alpha)\tilde{\rho}^2 s^2}{4(1-\alpha)\tilde{\rho}s - 2\rho s_0}, & s > s_0 \text{ 且 } s \geqslant \tau_1 \\ x_1(s), & s_0 < s < \tau_1 \\ \psi_0(s), & \dfrac{8K}{\tilde{\rho}N} \leqslant s \leqslant s_0 \end{cases} \tag{29}$$

其中 τ_1 满足 $x_1(\tau_1) = \dfrac{(1-\alpha)\tilde{\rho}^2\tau_1^2}{4(1-\alpha)\tilde{\rho}\tau_1 - 2\rho s_0}$，且 τ_1 存在并唯一. 根据表 1，存在唯一的正整数 $t_1 \in [1, n+1]$ 与 $t_2 \in [1, n+1]$ 分别满足 $M_{t_1-1} < K \leqslant M_{t_1}$ 与 $M_{t_2-1} < \dfrac{\tilde{\rho}\bar{s}}{8} \leqslant M_{t_2}$，且 $t_1 \leqslant t_2$. 对任意的整数 $j \in [t_1, t_2]$，记

$$c_{1,j}(s) := \frac{\tilde{\rho}s + \sqrt{\tilde{\rho}s(\tilde{\rho}s - 8M_j)}}{4} \tag{30}$$

$$\eta_{t_1}(s) := \begin{cases} c_{1,t_1}(s), & s \geqslant \xi_{t_1} \\ \eta_0(s), & s_0 \leqslant s < \xi_{t_1} \end{cases} \tag{31}$$

当 $t_1 + 1 \leqslant t_2$ 时，对任意的整数 $j \in (t_1, t_2)$，有

$$\eta_j(s) := \begin{cases} c_{1,j}(s), & s \geqslant \xi_j \\ \dfrac{(1-\alpha)\tilde{\rho}^2 s^2}{4(1-\alpha)\tilde{\rho}s - 2\rho s_0}, & \xi_{j-1} < s < \xi_j \\ \eta_{j-1}(s), & s_0 \leqslant s \leqslant \xi_{j-1} \end{cases} \tag{32}$$

$$\eta_{t_2}(s) := \begin{cases} \dfrac{(1-\alpha)\tilde{\rho}^2 s^2}{4(1-\alpha)\tilde{\rho}s - 2\rho s_0}, & s > \xi_{t_2-1} \\ \eta_{t_2-1}(s), & s_0 \leqslant s \leqslant \xi_{t_2-1} \end{cases} \tag{33}$$

类似 τ_0 或 τ_1，ξ_j 存在并唯一，满足 $c_{1,j}(\xi_j) = \dfrac{(1-\alpha)\tilde{\rho}^2\xi_j^2}{4(1-\alpha)\tilde{\rho}\xi_j - 2\rho s_0}$. 另外，由 $c_{1,j+1}(s) < c_{1,j}(s) \leqslant x_1(s)$ 可得 $\xi_{j+1} > \xi_j \geqslant \tau_1 > \tau_0$.

命题 3　在面临保证金与信用约束构成的预防措施时，创业者的最优决策为

$$\begin{cases} s^* = \bar{s} - (\bar{s} - s_0)\min\left[g\left(\dfrac{\Pi_0(s_0, \psi_0(s_0))}{\Pi_1(\bar{s}, \psi_1(\bar{s}))}\right), 1\right] \\ p_c^* = \psi_0(s_0) + [\psi_1(\bar{s}) - \psi_0(s_0)] \times \\ \min\left[g\left(\dfrac{s^*}{\bar{s}}\right), 1\right] \end{cases} \tag{34}$$

其中

$$\Pi_1(\bar{s}, \psi_1(\bar{s})) = \max_{j\in[t_1,t_2]} \Pi_1(\bar{s}, \Gamma_j(\bar{s})) \tag{35}$$

$$\psi_1(\bar{s}) := \sum_{j=t_1}^{t_2} \Gamma_j(\bar{s}) \times \min\left[g\left(\frac{\Pi_1(\bar{s}, \Gamma_j(\bar{s}))}{\max\limits_{j\in[t_1,t_2]} \Pi_1(\bar{s}, \Gamma_j(\bar{s}))}\right), 1\right] \tag{36}$$

$$\Gamma_j(\bar{s}) := \left(\frac{\eta_j(\bar{s})}{\eta_0(\bar{s})}\right)^{\Delta t}\eta_0(\bar{s}) \tag{37}$$

且 $\Delta t = \min(t_2 - t_1, 1)$.

证明见附录 III.

由命题 3 可知，在保证金与信用约束构成预防措施下，创业者根据 $\Pi_0(s_0, \psi_0(s_0))$ 与 $\Pi_1(\bar{s}, \psi_1(\bar{s}))$ 的大小关系判断是否夸大产品质量. 因

此，为使创业者不具有夸大产品质量的动机，预防措施需满足

$$\Pi_1(\bar{s},\psi_1(\bar{s})) \leqslant \Pi_0(s_0,\psi_0(s_0)) \tag{38}$$

这样，创业者才会诚实守信，即选择 $s^* = s_0$，预防措施从而起到保护潜在投资者利益的作用.

3.2 预防效果分析

考虑到国内重要的众筹平台实施保证金预防措施，以下先讨论仅有保证金措施情形下，平台需设定的有效保证金比例范围，然后分析保证金预防措施的不足. 根据命题 3，当不存在信用约束时，即 $\forall j \in [1,n+1]$，$\varepsilon_j = 0$ 时，为使式(38)成立，即创业者选择不夸大产品质量的行为时，保证金比例的有效范围如命题 4.

命题 4 不存在信用约束时，为使创业者在众筹发起阶段真实地向投资者承诺与其实际能力相符的产品质量，保证金的有效比例 α^* 需满足

$$\begin{cases} \dfrac{\rho s_0}{\tilde{\rho}^2 K}\left(\dfrac{x_1^2(\bar{s})}{\bar{s}^2} - \dfrac{x_1^2(s_0)}{s_0^2}\right) \leqslant \alpha^* \leqslant 1, s_0 < \tau_0 \text{ 且 } \bar{s} < \tau_1 \\ 1 - \dfrac{4H_1(s_0)}{\tilde{\rho}\bar{s}} \leqslant \alpha^* \leqslant 1 - \dfrac{4H_2(s_0)}{\tilde{\rho}\bar{s}},\ s_0 < \tau_0 < \tau_1 \leqslant \bar{s} \\ 1 - \dfrac{s_0}{\bar{s}} \leqslant \alpha^* \leqslant 1 - \dfrac{s_0}{(1+4\sigma)\bar{s}},\ \tau_0 \leqslant s_0 \text{ 且 } \tau_1 \leqslant \bar{s} \\ 1 + \dfrac{\rho s_0 x_1^2(\bar{s})}{\tilde{\rho}^2\ \bar{s}^2 K} - \dfrac{\tilde{\rho}^2 s_0}{(8\tilde{\rho} - 4\rho)K} \leqslant \alpha^* \leqslant 1, \\ \tau_0 \leqslant s_0 \leqslant \bar{s} < \tau_1 \end{cases} \tag{39}$$

其中

$$H_1(s_0) := \Phi_1(s_0) + \sqrt{\Phi_1^2(s_0) - \frac{\rho s_0}{4}\Phi_1(s_0)} \tag{40}$$

$$H_2(s_0) := 2\Phi_1(s_0) - H_1(s_0) \tag{41}$$

$$\Phi_1(s_0) := \frac{\rho x_1^2(s_0)}{\tilde{\rho}^2 s_0} + K \tag{42}$$

证明见附录 IV.

由命题 4 可知，在众筹成功的前提下，当平台设定的保证金比例在式(39)表示的范围内时，创业者会由于忌惮保证金的潜在惩罚成本而不夸大产品质量. 此时保证金起到保护投资者的效果. 保证金措施的预防效果体现在有效保证金比例的范围大小. 在式(39)中，α^*的上限越大或下限越低，平台设定的保证金比例起到更广的预防范围，即预防效果更佳. 因此，记 ϕ_0 为 α^* 的上限与下限之差，用以表示保证金的预防效果，即平台制定的保证金措施可约束更多创业者.

推论 4 当不存在信用约束时，保证金措施的预防效果大小为

$$\phi_0 = \begin{cases} 1 - \dfrac{\rho s_0}{\tilde{\rho}^2 K}\left(\dfrac{x_1^2(\bar{s})}{\bar{s}^2} - \dfrac{x_1^2(s_0)}{s_0^2}\right),\ s_0 < \tau_0 \text{ 且 } \bar{s} < \tau_1 \\ \dfrac{4[H_1(s_0) - H_2(s_0)]}{\tilde{\rho}\bar{s}},\ s_0 < \tau_0 < \tau_1 \leqslant \bar{s} \\ \dfrac{4\sigma s_0}{(1+4\sigma)\bar{s}},\ \tau_0 \leqslant s_0 \text{ 且 } \tau_1 \leqslant \bar{s} \\ \dfrac{\tilde{\rho}^2 s_0}{(8\tilde{\rho} - 4\rho)K} - \dfrac{\rho s_0 x_1^2(\bar{s})}{\tilde{\rho}^2 \bar{s}^2 K},\ \tau_0 \leqslant s_0 \leqslant \bar{s} < \tau_1 \end{cases} \tag{43}$$

且 $\phi_0 \in (0,1)$，$\dfrac{\partial \phi_0}{\partial \bar{s}} < 0$.

保证金措施确实可起到预防创业者夸大产品质量的作用，但有效扣留比例依众筹项目特性改变而改变，例如 $\bar{s}$ 与 s_0. 对平台来说，面对各种各样的众筹项目，可行办法为制定统一的保证金比例. 但是此种做法并不能确保所有创业者都会如实向投资者承诺与其实际相符的产品质量. 此外，平台为了确保创业者不夸大产品质量，会趋向于增强创业者显性的保证金成本，制定偏高的 α. 这将导致创业者在筹资阶段所获得资金可能不足以用于产品研发与生产阶段，导致众筹失败.

信用约束可提高保证金措施的预防效果并避免上述问题发生. 与 ϕ_0 类似，记 ϕ_1 为存在信用约束时保证金比例的预防效果. 记辅助函数

$$H_{1,j}(s_0) := \Phi_{1,j}(s_0) + \sqrt{\Phi_{1,j}^2(s_0) - \frac{\rho s_0}{4}\Phi_{1,j}(s_0)} \tag{44}$$

$$H_{2,j}(s_0) := 2\Phi_{1,j}(s_0) - H_{1,j}(s_0) \tag{45}$$

$$H_{1,j}'(s_0) := \Phi_{1,j}'(s_0) + \sqrt{(\Phi_{1,j}'(s_0))^2 - \frac{\rho s_0}{4}\Phi_{1,j}'(s_0)} \tag{46}$$

$$H_{2,j}'(s_0) := 2\Phi_{1,j}'(s_0) - H_{1,j}'(s_0) \tag{47}$$

$$\Phi_{1,j}(s_0) := \frac{\rho x_1^2(s_0)}{\tilde{\rho}^2 s_0} + K + W_{2,j} \tag{48}$$

$$\Phi'_{1,j}(s_0) := \frac{\tilde{\rho}^2 s_0}{8\tilde{\rho} - 4\rho} + W_{2,j} \tag{49}$$

其中 $j \in [t_1, t_2]$，$W_{2,j} := W_2(s, p_c)\,|_{\varepsilon(s,p_c)=\varepsilon_j}$.

推论 5　存在信用约束时，保证金的预防效果为

$$\phi_1 = \Delta t \sum_{j=t_1}^{t_2} \phi_{1,j} \times \min\left[g\left(\frac{\Pi_1(\bar{s}, \Gamma_j(\bar{s}))}{\max\limits_{j\in[t_1,t_2]} \Pi_1(\bar{s}, \Gamma_j(\bar{s}))} \right), 1 \right] + (1 - \Delta t)\phi_1^1 \tag{50}$$

其中

$$\phi_{1,j} = \begin{cases} g\left(\frac{s_0}{\tau_0}\right)\left[\frac{W_{2,j}}{M_j} + \frac{\tilde{\rho}^2 s_0}{(8\tilde{\rho}-4\rho)M_j} - \frac{\rho s_0 c_j^2(\bar{s})}{\tilde{\rho}^2 \bar{s}^2 M_j}\right] + \\ \left(1-g\left(\frac{s_0}{\tau_0}\right)\right)\left[\frac{K+W_{2,j}}{M_j} - \frac{\rho s_0}{\tilde{\rho}^2 M_j}\left[\frac{c_{1,j}^2(\bar{s})}{\bar{s}^2} - \frac{x_1^2(s_0)}{s_0^2}\right]\right], & j\in[t_1,t_2) \text{且} \bar{s} \geqslant \xi_j \\ g\left(\frac{s_0}{\tau_0}\right)\left[\frac{4H'_{1,j}(s_0)}{\tilde{\rho}\bar{s}} - \frac{4H'_{2,j}(s_0)}{\tilde{\rho}\bar{s}}\right] + \\ \left(1-g\left(\frac{s_0}{\tau_0}\right)\right)\left[\frac{4H_{1,j}(s_0)}{\tilde{\rho}\bar{s}} - \frac{4H_{2,j}(s_0)}{\tilde{\rho}\bar{s}}\right], & j\in(t_1,t_2] \text{且} \xi_{j-1} < \bar{s} < \xi_j \\ g\left(\frac{s_0}{\tau_0}\right)\left[\frac{4H'_{1,t_2}(s_0)}{\tilde{\rho}\bar{s}} - \frac{4H'_{2,t_2}(s_0)}{\tilde{\rho}\bar{s}}\right] + \\ \left(1-g\left(\frac{s_0}{\tau_0}\right)\right)\left[\frac{4H_{1,t_2}(s_0)}{\tilde{\rho}\bar{s}} - \frac{4H_{2,t_2}(s_0)}{\tilde{\rho}\bar{s}}\right], & j = t_2 \text{且} \bar{s} \geqslant \xi_{t_2} \\ \phi_{1,j-1}, & j\in(t_1,t_2] \text{且} \xi_{t_1} \leqslant \bar{s} \leqslant \xi_{j-1} \\ \phi_1^1, & \forall j\in[t_1,t_2] \text{且} \bar{s} < \xi_{t_1} \end{cases} \tag{51}$$

$$\phi_1^1 := \begin{cases} 1 + \frac{W_{2,t_1}}{K} - \frac{\rho s_0}{\tilde{\rho}^2 K}\left(\frac{x_1^2(\bar{s})}{\bar{s}^2} - \frac{x_1^2(s_0)}{s_0^2}\right), \\ s_0 < \tau_0 \text{ 且 } \bar{s} < \tau_1 \\ 4\frac{H_{1,t_1}(s_0) - H_{2,t_1}(s_0)}{\tilde{\rho}\bar{s}}, \quad s_0 < \tau_0 < \tau_1 \leqslant \bar{s} \\ 4\frac{H'_{1,t_1}(s_0) - H'_{2,t_1}(s_0)}{\tilde{\rho}\bar{s}}, \quad \tau_0 \leqslant s_0 \text{ 且 } \tau_1 \leqslant \bar{s} \\ \frac{\tilde{\rho}^2 s_0}{(8\tilde{\rho} - 4\rho)K} + \frac{W_{2,t_1}}{K} - \frac{\rho s_0 x_1^2(\bar{s})}{\tilde{\rho}^2 \bar{s}^2 K}, \\ \tau_0 \leqslant s_0 \leqslant \bar{s} < \tau_1 \end{cases} \tag{52}$$

根据 $W_{2,j} > 0$，可证 $\phi_{1,j} \geqslant \phi_0$ 与 $\phi_1^1 \geqslant \phi_0$，即 $\phi_1 \geqslant \phi_0$.

由推论 5 可知，信用约束提高了保证金的预防效果，即扩大了保证金比例的有效范围. 因为信用约束提高了预防措施的惩罚成本，加强了对创业者的警示作用，故平台制定统一的保证金比例可约束更多创业者. 另外，添加信用约束与仅提高保证金比例不同，其隐含的惩罚成本为创业者损失未来收益，非当前的众筹收益，避免创业者因资金不足而导致众筹失败. 因此，众筹平台可构建更完善的信用体系，进一步重视和加强信用约束机制的运用，以此来降低保证金的负面影响，从而有效预防创业者夸大产品质量的行为.

4　数值分析

为了更好地阐述本研究模型的理论结果，本节将通过数值算例先分析创业者的时间贴现因子与可夸大产品质量上限 $\bar{s}$ 对其最优决策路径及最大收益的影响，然后分析预防措施对创业者夸大产品质量行为的预防效果. 假定 $s_0 = 20$，$\bar{s} = 25$. 其它变量取值如表 2 所示 .

表 2　部分变量取值

Table 2 The value of part variables

变量	数值
潜在投资者规模（万人）	1
众筹目标金额 K（百万元）	2
金融机构对失信创业者的惩罚成本 w_0（百万元）	10
平台对失信创业者的惩罚成本 w_1（百万元）	4

4.1　最优决策及收益的影响分析

首先，将相关参数取值代入创业者的最优众筹价格决策中，可得 σ 与 ρ 对创业者最优决策的影响如下图所示.

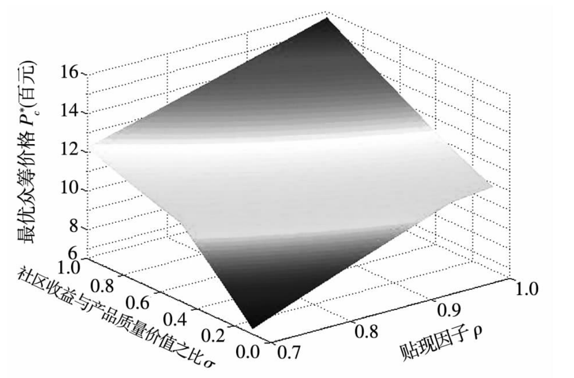


图 1　σ 与 ρ 对最优众筹价格的影响⑩

Fig. 1 Effects of σ and ρ on the optimal crowdfunding price

由图 1 可知，σ 与 ρ 均对创业者的最优决策 p_c^* 呈正相关作用. σ 越高，表示该产品对潜在投资者产

⑩　根据命题 1，当 ρ 较小时，创业者将众筹失败，也就不存在最优决策，故把 ρ 的取值范围定为[0.7,1).

生的社区收益更高. 因此,创业者可针对此特点,提高对众筹价格的最优定价. 另外,ρ 越大表示创业者的时间价值越高,故创业者会提高众筹价格来弥补时间价值. 此结论与前文推论 2 保持一致.

其次,对任意给定的σ与ρ,如$\sigma = 0.2$与$\rho = 0.8$,讨论$\bar{s}$对创业者最优决策的影响. 从图 2 中可看出,最优众筹价格是关于社会可生产质量上限的单调递增函数. 这与推论 2 与推论 3 的结论一致. 社会可生产质量上限越高,表示创业者可向潜在投资者描绘出更理想的投资前景,从而可提高众筹价格.

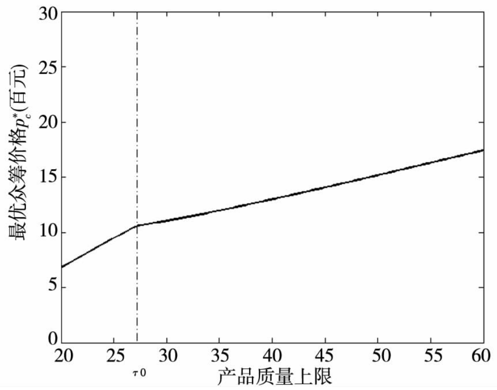


图 2 $\bar{s}$ 对最优众筹价格的影响

Fig. 2 Effect of $\bar{s}$ on the optimal crowdfunding price

在无预防措施的情况下,图 3 给出了创业者的最大收益与众筹目标金额 K 及社会可生产质量上限 $\bar{s}$ 的关系. 这揭示了在无预防措施情形下,创业者的最大收益与社会可生产质量上限成正相关关系,这也是创业者选择夸大产品质量行为的动机,与推论 3 的结论相一致. 另外,在其它参数保持不变的情况下,图 3 还表明了创业者的最大收益与众筹目标金额 K 成负向关系,这与 Belleflamme 等[4] 研究结论相一致. 究其原因在于,夸大产品质量的创业者的最大收益主要来源为众筹资金,而众筹目标金额表示为创业者需将融资额用于投入的固定资产成本. 因此,在同等产品质量情况下,众筹目标金额越大,创业者的最大收益反而越小.

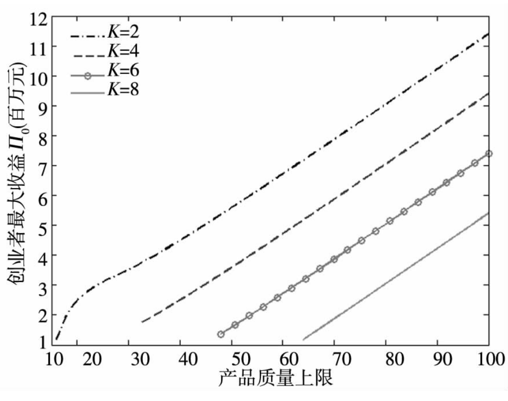


图 3 $\bar{s}$ 对最大收益的影响

Fig. 3 Effect of $\bar{s}$ on the maximum return

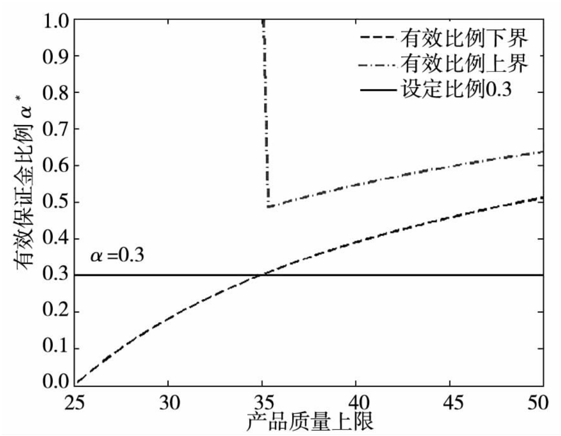
4.2 预防措施的效果分析

根据京东众筹平台的特征,分析在扣留保证金比例为 $\alpha = 0.3$ 时创业者是否会夸大产品质量. 在 s_0 固定,$\bar{s}$ 可变动的情形下,验证保证金比例 $\alpha = 0.3$ 的有效性. 根据命题 4,为使式(39)中的四种条件均可发生,故假设 $s_0 = 20$ 与 $\bar{s} \in (25, 50)$,以及 $s_0 = 40$ 与 $\bar{s} \in (40, 60)$ 两种情况⑪.

当 α 小于有效比例 α^* 的上界且大于有效比例 α^* 的下界时,α 才能起到预防创业者夸大产品质量承诺的作用. 由图 4 可知,当众筹平台仅设置一个固定的扣留保证金比例 $\alpha = 0.3$ 时,并不能对拥有不同产品质量承诺上限的众筹项目都具有预防作用. 当 $\bar{s}$ 越低,即与 s_0 越接近时,扣留保证金的预防措施可起到对创业者夸大行为的预防效果;相反,当 $\bar{s}$ 越高,即与 s_0 差异越大时,创业者为了眼前利益会选择无视扣留保证金的惩罚后果. 虽然提高比例 α 可让保证金措施的预防更有效,但会造成创业者的实际融资额大打折扣,由于前期获得的众筹融资额过低可能导致众筹夭折.

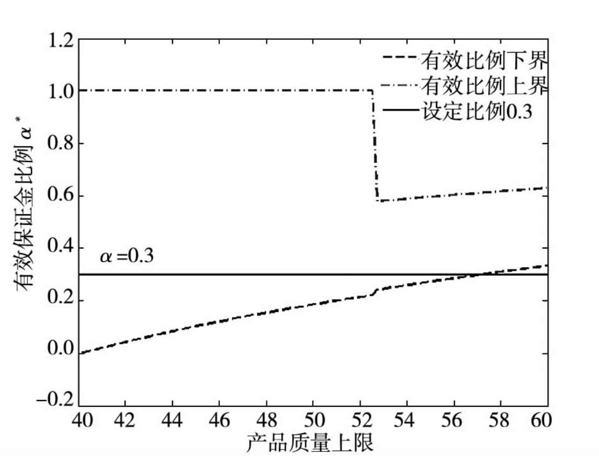
无信用约束时,保证金的预防效果 ϕ_0 与 $\bar{s}$ 的关系如图 5 所示. 由图 5 可以看出,$\bar{s}$ 越大,保证金对质量夸大行为的预防效果 ϕ_0 越低. 预防效果越低表明众筹平台可采取的保证金比例有效范围更低. 该结果与推论 4 结论相一致. 另外,随着 $\bar{s}$ 的增加,创业者夸大产品质量的收益跳跃性提高,故创业者夸大行为的动机更强烈,从而严重降低了预防措施的有效性. 因此,创业者收益的跳跃性增长导致了预防效果快速下降.

⑪ 因为在 $\alpha = 0.3$ 情形下,当 $s_0 = 20$ 时,$\tau_0 = 27.17$ 与 $\tau_1 = 35.35$;当 $s_0 = 40$ 时,$\tau_0 = 38.75$ 与 $\tau_1 = 52.61$. 根据式(39)的条件,使得四种情况都有可能出现,故取 s_0 为小于或大于 τ_0 的两种情况,$\bar{s}$ 的取值范围包含 τ_1.



(a) $s_0 < \tau_0$ 时的有效范围

(a) Effective range of margin ratio when $s_0 < \tau_0$



(b) $s_0 \geqslant \tau_0$ 时的有效范围

(b) Effective range of margin ratio when $s_0 \geqslant \tau_0$

图 4　保证金比例的有效范围

Fig. 4 Effective range of margin ratio

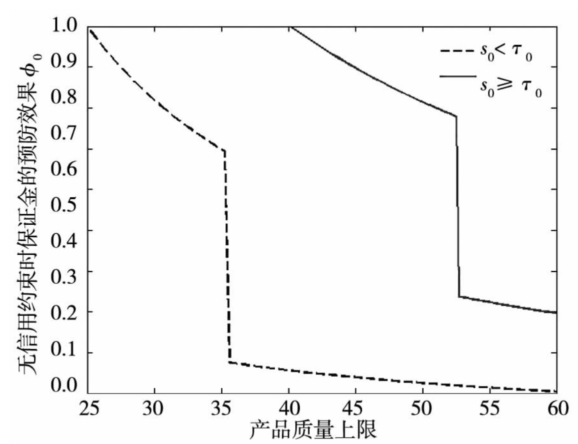


图 5　保证金对夸大质量的预防效果

Fig. 5 Precaution effect of margin on exaggerating quality

因此，有必要考虑引入信用约束解决上述问题. 首先，参考徐茜等[12]，假设平台设定的信用约束因子及失信金额的关系如表 3.

表 3　约束因子与众筹金额关系

Table 3 The relationship of constraint factor and crowdfunding amount

众筹金额	约束因子	众筹金额	约束因子
(0,0.02]	0.01	(0.02,0.2]	0.1
(0.2,2]	0.3	(2,10]	0.4
(10,20]	0.5	(20,100]	0.6
(100,200]	0.8	(200, +∞)	1.0

假设失信创业者未来的社会信用成本为 $w_0 = 10$，与平台合作的信用成本为 $w_1 = 4$. 因此，预防措施的惩罚成本与众筹金额的变化关系如图 6 所示.

由图 6 可知，当众筹金额非常小时 (例如 $0 < \pi_1(s,p_c) < 5$) 或众筹金额较大时 (例如 $20 < \pi_1(s,p_c) < 40$)，信用惩罚成本高于扣留保证金的惩罚成本；当众筹金额较小时 (例如 $5 < \pi_1(s,p_c) < 20$) 或众筹金额非常大时 (例如 $\pi_1(s,p_c) > 45$)，扣留保证金的惩罚成本高于信用约束成本. 两种预防措施可对不同筹资规模的创业者发挥显著的预防作用. 例如，众筹金额较大的创业者会较顾忌信用约束，而众筹金额非常大的创业者则会顾忌扣留保证金的惩罚成本.

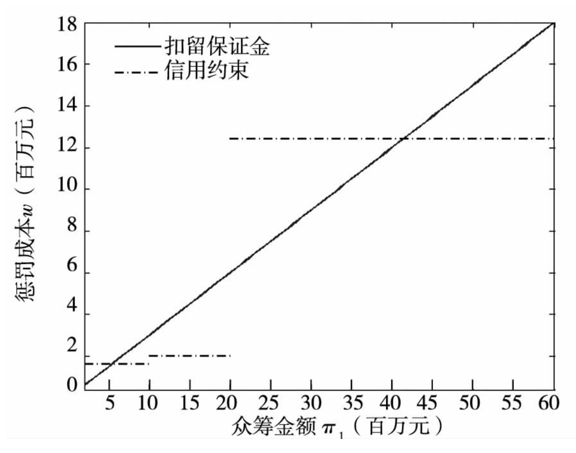


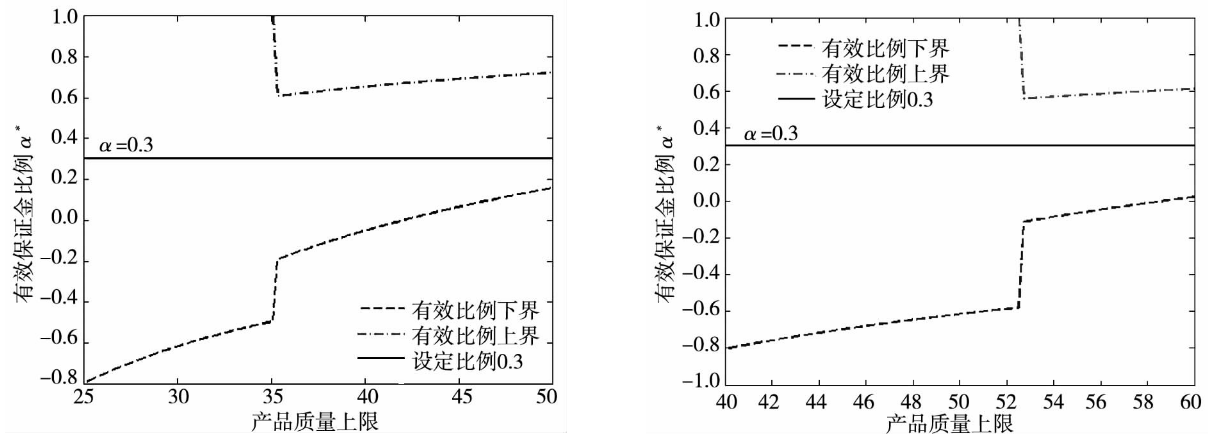
图 6　惩罚成本与众筹金额关系

Fig. 6 Relationship of penalty cost and crowdfunding amount

为检验信用约束是否增强众筹平台对夸大行为的预防效果，在图 4 的基础上添加信用约束因子及其潜在惩罚成本，以此验证保证金与信用约束共同组成的预防措施能有更强的预防

效果.

将图 7 与图 4 对比可知,添加信用约束显著地扩大了保证金比例的有效范围,当信用约束的惩罚成本越高,创业者不敢夸大产品质量. 另外,结合两图中的有效比例线走势,不难发现当 $\bar{s}$ 越大, s_0 与 $\bar{s}$ 的差距越大时,有效保证金比例的范围呈现逐渐收缩的趋势,从而降低平台设定的保证金比例的预防效果. 此现象从侧面反映了当 $\bar{s}-s_0$ 越来越大时,由于部分创业者夸大产品质量承诺的收益逐渐提高,导致违约的成本相对收益下降,即其夸大的动机会越来越强烈. 为避免该问题,强化预防措施的效果,平台需加强创业者的信息披露,让投资者对创业者生产产品质量上限的预测更接近实际能力水平,即缩小 $\bar{s}-s_0$.



(a) $s_0<\tau_0$ 时的预防效果

(a) Effective range of margin ratio when $s_0<\tau_0$

(b) $s_0\geqslant\tau_0$ 时的预防效果

(b) Effective range of margin ratio when $s_0\geqslant\tau_0$

图 7　信用约束下保证金比例的有效范围

Fig. 7 Effective range of margin ratio in the presence of credit constraints

为分析信用约束增强保证金的预防效果,利用增加值比例 $\dfrac{\phi_1-\phi_0}{\phi_0}$ 衡量信用约束对保证金预防效果的提升作用. 由图 8 可看出,信用约束增强了保证金的预防效果. 信用约束与扣留保证金构成的预防措施可以十分有效地预防创业者的质量夸大行为,此结论与推论 5 保持一致. 但在实际中,信用约束的社会环境要求较高,即社会的信用体系与相关法律体系要相当成熟完善. 例如,在美国成熟的信用体系下,著名的众筹平台 Kickstarter 不会对创业者实施保证金措施,而是靠美国的社会信用体系作为预防措施.

为了更直观地反映添加信用约束的预防效果,图 9 描述了创业者在守信或失信时的最大收益. 当失信的创业者未受到信用约束时,相当于 $w_1=0$. 由图 9 可知,当缺乏信用约束时,扣留保证金比例对创业者的预防效果不明显,因为其收益仍有较大可能高于完全守信时的收益. 因此,综上所述,当众筹平台综合使用扣留保证金比例及信用约束两种预防措施时,可预防创业者在发起众筹时夸大产品质量的行为,保护潜在投资者的利益.

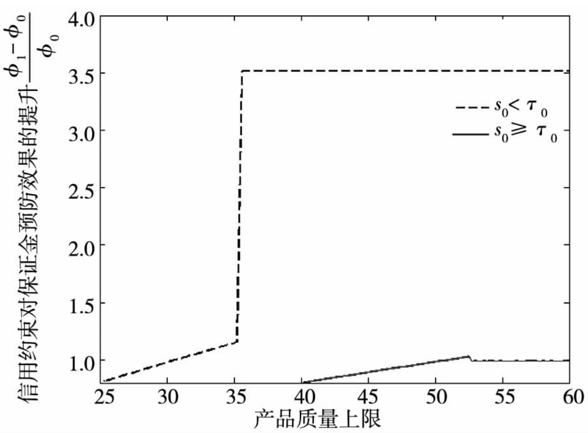
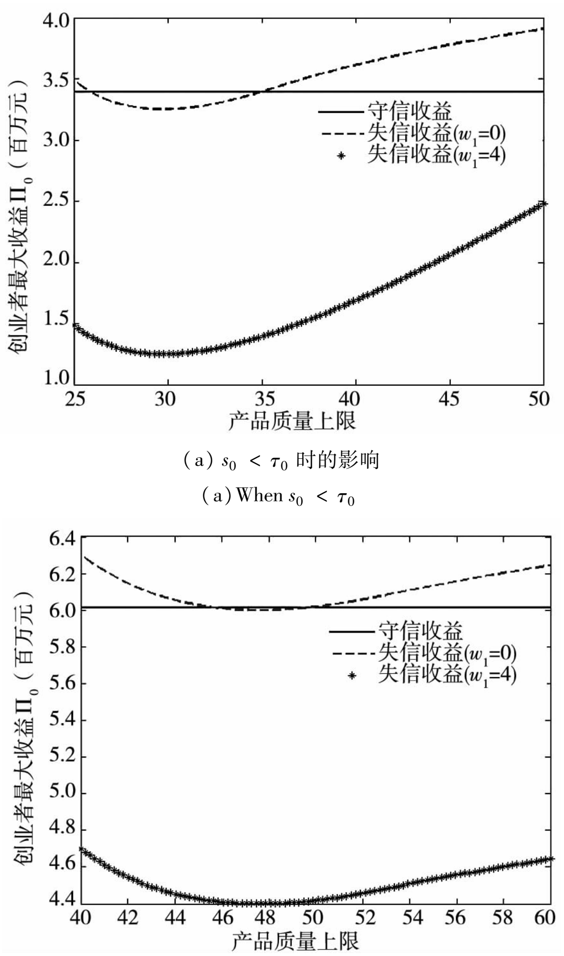


图 8　信用约束下保证金的预防效果

Fig. 8 Precaution effect of margin in the presence of credit constraints



(a) $s_0 < \tau_0$ 时的影响

(a) When $s_0 < \tau_0$

(b) $s_0 \geqslant \tau_0$ 时的影响

(b) When $s_0 \geqslant \tau_0$

图9　预防措施对创业者最大收益的影响

Fig. 9 Effect of precautions on entrepreneurs' maximum return

5　结束语

预售众筹的委托代理关系以及我国信用体系的不完善造成创业者相对投资者拥有信息优势. 信息优势可能导致创业者实施夸大产品质量的行为. 为保护投资者利益,促进预售众筹行业健康发展,本研究构建了预售众筹发起阶段与销售阶段的理论模型,求解并分析了创业者夸大产品质量行为;在已有的保证金措施的基础上,添加了对创业者的信用约束,帮助众筹平台设计研究有效的预防措施并对比分析该措施的预防效果. 所得的主要结论如下

1) 在没有预防措施的情况下,创业者在众筹发起阶段具有夸大产品质量的动机以获得众筹成功或追求更高的众筹收益,从而损害投资者利益.

2) 保证金措施可有效预防创业者夸大产品质量. 然而,对于不同特征的众筹项目,平台设定统一扣留保证金比例的预防效果有限.

3) 在保证金的基础上,平台添加信用约束可增强预防措施对创业者产品质量夸大行为的预防效果,提高平台本身对投资者利益的保护作用.

考虑到目前我国的法律法规完善情况及目前社会信用体系的发展状况尚不如美国,本土众筹平台采取两种措施结合的方式能更好地预防创业者夸大产品质量. 在一定情形下高保证金比例会导致众筹失败,故可进一步设计信用约束的评分机制：对信守承诺的创业者进行信用评分,且创业者面临的保证金比例将与信用评分成反比关系,进而研究信用评分机制对鼓励众筹成功或预防创业者夸大承诺的影响. 本研究主要的不足之处表现为：尚未考虑众筹平台作为投资者与创业者的第三方所起到的信息披露、投资监管作用. 未来研究中可进一步考虑到平台的第三方决策对创业者决策所起到的作用. 此外,本研究只专注于预售众筹,而在诸如股权众筹与债权众筹等其它众筹模式中,如何鼓励创业者向投资者诚实许诺也是值得深入研究的问题.

参 考 文 献：

[1]曹二保，余　曼，毕功兵．社会化运作管理：一个正在兴起的研究领域[J]．管理科学学报，2018，21(11)：112－126．

Cao Erbao, Yu Man, Bi Gongbing. Social operations management: An emerging research field[J]. Journal of Management Sciences in China, 2018, 21(11): 112－126. (in Chinese)

[2]Schieg M. Strategies for avoiding asymmetric information in construction project management[J]. Journal of Business Economics and Management, 2008, 9(1): 47－51.

[3]李克穆．互联网金融的创新与风险[J]．管理世界，2016，2：1－2．

Li Kemu. Innovation and risk of online finance[J]. Management World, 2016, 2: 1－2. (in Chinese)

[4]Belleflamme P, Lambert T, Schwienbacher A. Crowdfunding: Tapping the right crowd[J]. Journal of Business Venturing, 2014, 29(5): 585 – 609.

[5]Heminway J M. What is a security in the crowdfunding era? [J]. Ohio State Entrepreneurial Business Law Journal, 2012, 7(2): 335 – 371.

[6]Havrylchyk O, Verdier M. The financial intermediation role of the P2P lending platforms[J]. Comparative Economic Studies, 2018, 60(1): 115 – 130.

[7]Burtch G, Ghose A, Wattal S. An empirical examination of the antecedents and consequences of contribution patterns in crowd-funded markets[J]. Information Systems Research, 2013, 24(3): 499 – 519.

[8]冯　博, 叶绮文, 陈冬宇. P2P 网络借贷研究进展及中国问题研究展望[J]. 管理科学学报, 2017, 20(4): 113 – 126.

Feng Bo, Ye Yiwen, Chen Dongyu. Review on P2P online lending and new research opportunities for China's case[J]. Journal of Management Sciences in China, 2017, 20(4): 113 – 126. (in Chinese)

[9] Maeschle O. Which Information should Entrepreneurs on German crowdinvesting-platforms disclose? [R]. Working paper, 2012.

[10]Brüntje D, Gajda O. Crowdfunding in Europe – State of the Art in Theory and Practice[M]. Switzerland: Springer International Publishing, 2016.

[11]赵　颖, 蔡俊英, 刘鑫然. 众筹研究综述[J]. 重庆工商大学学报, 2016, 33(4): 45 – 55.

Zhao Ying, Cai Junying, Liu Xinran. Review of crowdfunding research[J]. Journal of Chongqing Technology and Business University, 2016, 33(4): 45 – 55. (in Chinese)

[12]徐　茜, 薛书峰, 黄雪峰. RGTrust 模型在网上交易信用控制中的应用[J]. 中国计量学院学报, 2007, 18(3): 228 – 231.

Xu Qian, Xue Shufeng, Huang Xuefeng. Application of RG Trust model in online trading credit control[J]. Journal of China Jiliang University, 2007, 18(3): 228 – 231. (in Chinese)

[13]Allison T H, Davis B C, Short J C, et al. Crowdfunding in a prosocial microlending environment: Examining the role of intrinsic versus extrinsic cues[J]. Entrepreneurship Theory and Practice, 2015, 39(1): 53 – 73.

[14]Belleflamme P, Lambert T, Schwienbacher A. Individual crowdfunding practices[J]. Venture Capital, 2013, 15(4): 313 – 333.

[15]Burtch G, Ghose A, Wattal S. Cultural differences and geography as determinants of online pro-social lending[J]. MIS Quarterly, 2014, 38(3): 773 – 794.

[16]刘志迎, 程倩倩. 众筹中创新项目质量和报酬率的激励效应研究[J]. 上海管理科学, 2015, 37(3): 13 – 18.

Liu Zhiying, Cheng Qianqian. Research on the incentive effects of innovation project's quality and return in crowdfunding [J]. Shanghai Managent Science, 2015, 37(3): 13 – 18. (in Chinese)

[17]Khandelwal A K, Schott P K, Wei S J. Trade liberalization and embedded institutional reform: Evidence from Chinese exporters[J]. American Economic Review, 2013, 103(6): 2169 – 2195.

[18]Fan H C, Li Y A, Yeaple S R. Trade liberalization, quality and export prices[J]. Review of Economics and Statistics, 2015, 97(5): 1033 – 1051.

[19]曾　燕, 梁思莹, 田凤平, 等. 股权众筹投融资方的最优策略分析[J]. 管理科学学报, 2017, 20(9): 114 – 130.

Zeng Yan, Liang Siying, Tian Fengping, et al. The optimal strategy for entrepreneur and investors in equity crowdfunding [J]. Journal of Management Sciences in China, 2017, 20(9): 114 – 130. (in Chinese)

[20]Frydrych D, Bock A J, Kinder T, et al. Exploring entrepreneurial legitimacy in reward-based crowdfunding[J]. Venture Capital, 2014, 16(3): 247 – 269.

[21]Lin M F, Viswanathan S. Home bias in online investments: An empirical study of an online crowd funding market[J]. Management Science, 2016, 62(5): 1393 – 1414.

[22]刘　业, 杨　鹏. 基于重复博弈的 P2P 网络信用管理机制的研究[J]. 计算机研究与发展, 2006, 43(4): 586 – 593.

Liu Ye, Yang Peng. Research on credit management mechanism of P2P based on repeated game[J]. Journal of Computer Research and Development, 2006, 43(4): 586 – 593. (in Chinese)

The exaggeration of product quality and its precautions in the pre-order crowdfunding

ZENG Yan, *QIU Guo-sheng*, *HUANG Shou-jun* *

Lingnan (University) College, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China

Abstract: This paper analyzes entrepreneurs' exaggerating of product quality and the related precautions by using theoretical models. Theoretical models for the initiation stage and selling stage of the pre-order crowdfunding are constructed. By solving the optimization problem of entrepreneurs, the optimal crowdfunding price and product quality promised to investors are given, and the incentives for entrep, reneurs to exaggerate the product quality are analyzed. On this basis, this paper designs precautions consisting of margins and credit constraints, and analyzes their preventive effects on entrepreneurs' exaggerating product quality. The results show that: Entrepreneurs exaggerate the product quality in order to make crowdfunding successful and maximize theirreturns without precautions. Crowdfunding platforms' collecting margins can prevent entrepreneurs from exaggerating product quality, but with limited preventive effect; Adopting credit constraints can make up for the shortcomings of margins and improve the preventive effects. Finally, a numerical analysis elaborates the relevant results obtained by the theoretical model.

Keywords: pre-order crowdfunding; entrepreneurs; exaggeration of product quality; precautions; preventive effects

附录：

附录 I 命题 1 的证明

根据 $\pi_1(s,p_c)$ 的表达式，记 $f(x):=-\frac{2}{\tilde{\rho}s}x^2+x-K$．易知 $f(x)=0$ 的实根是 $x_1(s)$ 与 $x_2(s)$．若 $f(x)=0$ 没有实根，即 $s<\frac{8K}{\tilde{\rho}}$ 时，无论 x 取何值，$f(x)<K$ 恒成立，此时无论创业者如何决策众筹价格 p_c 均无法完成众筹融资；若 $f(x)=0$ 存在实根，即 $s\geqslant\frac{8K}{\tilde{\rho}}$ 时，可得 $x_1(s)\geqslant x_2(s)$，当且仅当 $s=\frac{8K}{\tilde{\rho}}$ 时等号成立．因此，当 $\bar{s}<\frac{8K}{\tilde{\rho}}$ 时，产品质量承诺 $s<\frac{8K}{\tilde{\rho}}$ 造成融资额低于 K．若此时创业者违背 $s\leqslant\bar{s}$，使 $s\geqslant\frac{8K}{\tilde{\rho}}$，那么造成的后果为投资者清楚创业者在夸大承诺，从而不会参与众筹，导致众筹失败．综上，当 $\bar{s}\geqslant\frac{8K}{\tilde{\rho}}$ 时，创业者才可众筹成功，且策略的选择范围如集合 Ω．

附录 II 命题 2 的证明

首先，在无预防措施情况下，对 $\Pi_0(s,p_c)$ 求二阶偏导得

$$A_0:=\frac{\partial^2\Pi_0(s,p_c)}{\partial p_c{}^2}=\frac{2\rho s_0}{\tilde{\rho}^2s^2}-\frac{4}{\tilde{\rho}s} \tag{II-1}$$

$$B_0:=\frac{\partial^2\Pi_0(s,p_c)}{\partial p_c\partial s}=\frac{-4\rho s_0p_c}{\tilde{\rho}^2s^3}+\frac{4p_c}{\tilde{\rho}s^2} \tag{II-2}$$

$$C_0:=\frac{\partial^2\Pi_0(s,p_c)}{\partial s^2}=\frac{6\rho s_0p_c^2}{\tilde{\rho}^2s^4}-\frac{4p_c^2}{\tilde{\rho}s^3} \tag{II-3}$$

进而 $\Delta_0:=A_0C_0-B_0^2=\frac{-4\rho^2s_0^2p_c^2}{\tilde{\rho}^4s^6}<0$，即 $\Pi_0(s,p_c)$ 不存在极大值．在考虑有界区域 Ω 的情况下，因为 $\Pi_0(s,p_c)$ 在 Ω 上不存在极大值，故 $\Pi_0(s,p_c)$ 的最大值在 Ω 的边界上．可知 Ω 的边界为 $p_c=x_1(s)\mid_{\frac{8K}{\tilde{\rho}}\leqslant s\leqslant\bar{s}}$，$p_c=x_2(s)\mid_{\frac{8K}{\tilde{\rho}}\leqslant s\leqslant\bar{s}}$ 与 $s=$

$\bar{s}\,|_{x_2(s)\leqslant p_c\leqslant x_1(s)}$.

1）在边界 $p_c = x_1(s)\,|_{\frac{8K}{\tilde{\rho}}\leqslant s\leqslant \bar{s}}$ 上，故 $\Pi_0(s,p_c)$ 取得最大值的点为 $(s^* = \bar{s}, p_c^* = x_1(\bar{s}))$，对应最大值为 $\Pi_0(\bar{s}, x_1(\bar{s})) = \dfrac{\rho s_0 x_1^2(\bar{s})}{\tilde{\rho}^2 \bar{s}^2}$.

2）在边界 $p_c = x_2(s)\,|_{\frac{8K}{\tilde{\rho}}\leqslant s\leqslant \bar{s}}$ 上，$\Pi_0(s,p_c)$ 取得最大值的点为 $(s^* = \underline{s}, p_c^* = x_2(\underline{s}))$，其中 $\underline{s} := \dfrac{8K}{\tilde{\rho}}$，对应最大值为 $\Pi_0(\underline{s}, x_2(\underline{s})) = \dfrac{\rho s_0}{\tilde{\rho}^2}\dfrac{x_2^2(\underline{s})}{\underline{s}^2}$. 易证明 $\Pi_0(\underline{s}, x_2(\underline{s})) \leqslant \Pi_0(\bar{s}, x_1(\bar{s}))$，当且仅当 $\bar{s} = \dfrac{8K}{\tilde{\rho}}$ 时等号才成立.

3）在边界 $s = \bar{s}\,|_{x_2(s)\leqslant p_c\leqslant x_1(s)}$ 上，$\Pi_0(s,p_c)$ 取得最大值的点为 $\left(s^* = \bar{s}, p_c^* = \dfrac{\tilde{\rho}^2\bar{s}^2}{4\tilde{\rho}\bar{s} - 2\rho s_0}\right)$. 另外，可判断 $\Pi_0\left(\bar{s}, \dfrac{\tilde{\rho}^2\bar{s}^2}{4\tilde{\rho}\bar{s} - 2\rho s_0}\right) \geqslant \Pi_0(\bar{s}, x_1(\bar{s}))$. 但创业者的策略选择依赖于判断值 $p_c^* = \dfrac{\tilde{\rho}^2\bar{s}^2}{4\tilde{\rho}\bar{s} - 2\rho s_0}$ 是否在 $[x_2(\bar{s}), x_1(\bar{s})]$ 之间，这取决于参数 $\bar{s}$ 的大小.

4）为方便叙述，记 $R(s) := \dfrac{\tilde{\rho}^2 s^2}{4\tilde{\rho}s - 2\rho s_0}$. 根据二阶导 $\dfrac{\mathrm{d}^2 R(s)}{\mathrm{d}s^2} > 0$，可知 $R(s)$ 在 $s \in \left[\dfrac{s_0}{2(1+2\sigma)}, +\infty\right)$ 为一凸函数，且根据一阶导可知当 $s = \dfrac{s_0}{1+2\sigma}$ 时，$R(s) = \dfrac{\tilde{\rho}s}{2}$. 在 $s \in \left[\dfrac{s_0}{1+2\sigma}, +\infty\right)$ 内，$R(s)$ 单调递增，且 $\lim\limits_{s\to+\infty} R(s)\Big/\dfrac{\tilde{\rho}s}{4} = 1$. 因此，可判断在 $s \in \left[\dfrac{s_0}{1+2\sigma}, +\infty\right)$ 内，$\dfrac{\tilde{\rho}s}{4} < R(s) \leqslant \dfrac{\tilde{\rho}s}{2}$ 恒成立.

$x_1(s)$ 在 $s \in \left[\dfrac{8K}{\tilde{\rho}}, +\infty\right)$ 内为单调递增的凹函数，故 $x_1(s)$ 的最小值为 $\dfrac{\tilde{\rho}s}{4}$，且有 $\lim\limits_{s\to+\infty} x_1(s)\Big/\dfrac{\tilde{\rho}s}{2} = 1$. 因此，可判断在 $s \in \left[\dfrac{8K}{\tilde{\rho}}, +\infty\right)$ 内，$\dfrac{\tilde{\rho}s}{4} \leqslant x_1(s) < \dfrac{\tilde{\rho}s}{2}$ 恒成立. 根据上述对 $R(s)$ 与 $x_1(s)$ 的分析，可知在 $s \in \left(\max\left(\dfrac{8K}{\tilde{\rho}}, \dfrac{s_0}{1+2\sigma}\right), +\infty\right)$ 内，必定存在一数 $s = \tau_0$ 使得 $R(\tau_0) = x_1(\tau_0)$ 成立，且考虑到两者在此范围内的连续单调性，故可判断 $s = \tau_0$ 存在且唯一，有

$$\begin{cases} x_2(s) < R(s) \leqslant x_1(s),\ s \geqslant \tau_0 \\ R(s) > x_1(s),\ \dfrac{8K}{\tilde{\rho}} \leqslant s < \tau_0 \end{cases} \tag{II-4}$$

即当 $s^* = \bar{s} < \tau_0$ 时，由 $R(\bar{s})$ 不在融资约束 $[x_2(\bar{s}), x_1(\bar{s})]$ 范围内，可知创业者的最优众筹价格决策为

$$p_c^* = \psi_0(\bar{s}) = \begin{cases} R(\bar{s}),\ \bar{s} \geqslant \tau_0 \\ x_1(\bar{s}),\ \dfrac{8K}{\tilde{\rho}} \leqslant \bar{s} < \tau_0 \end{cases} \tag{II-5}$$

从而可得创业者的最大收益为

$$\Pi_0(\bar{s}, \psi_0(\bar{s})) = \frac{\rho s_0 \psi_0^2(\bar{s})}{\tilde{\rho}^2\bar{s}^2} - \frac{2\psi_0^2(\bar{s})}{\tilde{\rho}\bar{s}} + \psi_0(\bar{s}) - K \tag{II-6}$$

附录 III 命题 3 的证明

从两方面求解最优化问题(28)：创业者不夸大产品质量，$v(s) = 0$；创业者夸大产品质量，$v(s) = 1$. 另外，同理命题 2 的证明，可知 $\Pi_1(s,p_c)$ 不存在极值，最大值在边界上.

1）当 $v(s) = 0$ 时，根据命题 2 证明可知此时的最优策略为

$$\begin{cases} s^* = s_0 \\ p_c^* = \psi_0(s_0) \end{cases} \tag{III-1}$$

2）当 $v(s) = 1$ 时，先探讨创业者可众筹金额范围. 已知众筹成功的前提是众筹金额不低于资金要求 K，而在众筹金额上限方面，有

$$\begin{cases}\overline{\pi}_1 := \max\limits_{s,p_c} \pi_1(s,p_c) = \max\limits_{s,p_c}\left[p_c\left(1-\dfrac{2p_c}{\tilde{\rho}s}\right)\right] \\ \text{s. t. } x_2(s) \leqslant p_c \leqslant x_1(s) \\ \qquad v(s) = 1\end{cases} \tag{III-2}$$

可得 $\overline{\pi}_1 = \dfrac{\tilde{\rho}\bar{s}}{8}$，即创业者的众筹金额范围为 $\pi_1(s,p_c) \in [K,\overline{\pi}_1]$. 因为 M_j 关于 j 调递增，必存在唯一的正整数 t_1 与 t_2 分别满足 $M_{t_1-1} < K \leqslant M_{t_1}$ 与 $M_{t_2-1} < \overline{\pi}_1 \leqslant M_{t_2}$，其中 $t_1 \in [1,n+1]$, $t_2 \in [1,n+1]$, $t_1 \leqslant t_2$.

接下来，将要讨论失信创业者可能面对的信用约束因子及对应的最优策略与最大收益. 首先记

$$g_j(c) := \left(1-\frac{2c}{\tilde{\rho}s}\right)c - M_j \tag{III-3}$$

其中正整数 $j \in [1,n+1]$, $c \in [x_2(s),x_1(s)]$. 当 $M_j \geqslant K$ 时，若要使 $g_j(c) \leqslant 0$ 成立，可得 $c_{1,j}(s) \leqslant c \leqslant x_1(s)$ 或 $x_2(s) \leqslant c \leqslant c_{2,j}(s)$, $c_{1,j}(s)$ 与 $c_{2,j}(s)$ 为 $g_j(c) = 0$ 的实根.

1）当 $t_1 = t_2$ 时，可知 $M_{t_1-1} = M_{t_2-1}$ 与 $M_{t_1} = M_{t_2}$，故有 $[K,\overline{\pi}_1] \subset (M_{t_1-1},M_{t_1}]$，则失信创业者对应的约束因子为 $\varepsilon(s,p_c) = \varepsilon_{t_1} = \varepsilon_{t_2}$. 因此，最优化问题(28)变为

$$\begin{cases}\Pi_1(s^*,p_c^*) = \max\limits_{s,p_c}\left[\dfrac{\rho s_0 p_c^2}{\tilde{\rho}^2 s^2} + (1-\alpha)\left(1-\dfrac{2p_c}{\tilde{\rho}s}\right)p_c - \left(\varepsilon_{t_1}w_0 + \dfrac{\max(\varepsilon_{t_1}-0.5,0)}{\varepsilon_{t_1}-0.5}w_1\right) - K\right] \\ \text{s. t. } x_2(s) \leqslant p_c \leqslant x_1(s) \\ \quad s_0 \leqslant s \leqslant \bar{s}\end{cases} \tag{III-4}$$

可得失信创业者的最优策略为 $(s^*,p_c^*) = (\bar{s},\eta_0(\bar{s}))$.

2）当 $t_1+1 = t_2$ 时，失信创业者面对的约束因子有两种可能：ε_{t_1} 与 ε_{t_2}，且 $\varepsilon_{t_1} < \varepsilon_{t_2}$. 当创业者选择 $\pi_1(s,p_c) \in [K,M_{t_1}]$ 时，约束因子 $\varepsilon(s,p_c) = \varepsilon_{t_1}$；当创业者选择 $\pi_1(s,p_c) \in (M_{t_1},\overline{\pi}_1]$ 时，约束因子 $\varepsilon(s,p_c) = \varepsilon_{t_2}$. 若创业者选择约束因子 $\varepsilon(s,p_c) = \varepsilon_{t_1}$，最优化问题(28)变为

$$\begin{cases}\Pi_1(s^*,p_c^*) = \max\limits_{s,p_c}\left[\dfrac{\rho s_0 p_c^2}{\tilde{\rho}^2 s^2} + (1-\alpha)(1-\dfrac{2p_c}{\tilde{\rho}s})p_c - \left(\varepsilon_{t_1}w_0 + \dfrac{\max(\varepsilon_{t_1}-0.5,0)}{\varepsilon_{t_1}-0.5}w_1\right) - K\right] \\ \text{s. t. } c_{1,t_1}(s) \leqslant p_c \leqslant x_1(s) \text{ or } x_2(s) \leqslant p_c \leqslant c_{2,t_1}(s) \\ \quad s_0 \leqslant s \leqslant \bar{s}\end{cases} \tag{III-5}$$

其最优决策为 $(s^*,p_c^*) = (\bar{s},\eta_{t_1}(\bar{s}))$.

若创业者选择约束因子 $\varepsilon(s,p_c) = \varepsilon_{t_2}$，最优化问题(28)变为

$$\begin{cases}\Pi_1(s^*,p_c^*) = \max\limits_{s,p_c}\left[\dfrac{\rho s_0 p_c^2}{\tilde{\rho}^2 s^2} + (1-\alpha)(1-\dfrac{2p_c}{\tilde{\rho}s})p_c - \left(\varepsilon_{t_2}w_0 + \dfrac{\max(\varepsilon_{t_2}-0.5,0)}{\varepsilon_{t_2}-0.5}w_1\right) - K\right] \\ \text{s. t. } c_{2,t_1}(s) < p_c < c_{1,t_1}(s) \\ \quad s_0 \leqslant s \leqslant \bar{s}\end{cases} \tag{III-6}$$

其最优决策为 $(s^*,p_c^*) = (\bar{s},\eta_{t_2}(\bar{s}))$.

当 $s_0 \leqslant \bar{s} < \xi_{t_1}$ 时，创业者选择约束因子 ε_{t_1} 时的最大收益明显高于选择约束因子 ε_{t_2} 时的最大收益；当 $\bar{s} \geqslant \xi_{t_1}$ 时，结果相反. 综上，当 $t_1+1 = t_2$ 时，创业者的最优策略为

$$\begin{cases}s^* = \bar{s} \\ p_c^* = \begin{cases}\eta_{t_2}(\bar{s}), & \bar{s} \geqslant \xi_{t_1} \\ \eta_{t_1}(\bar{s}), & s_0 \leqslant \bar{s} < \xi_{t_1}\end{cases}\end{cases} \tag{III-7}$$

3）当 $t_1+2 \leqslant t_2$ 时，对于任意的正整数 $j \in [t_1+1,t_2-1]$，对应约束金额范围为 $(M_{j-1},M_j]$，对应约束因子为 ε_j. 当创业者的众筹金额满足 $\pi_1(s,p_c) \in (M_{j-1},M_j]$ 时，其最优化问题(28)变为

$$\begin{cases}\Pi_1(s^*,p_c^*) = \max\limits_{s,p_c}\left[\dfrac{\rho s_0 p_c^2}{\tilde{\rho}^2 s^2} + (1-\alpha)\left(1-\dfrac{2p_c}{\tilde{\rho}s}\right)p_c - \left(\varepsilon_j w_0 + \dfrac{\max(\varepsilon_j-0.5,0)}{\varepsilon_j-0.5}w_1\right) - K\right] \\ \text{s. t. } c_{1,j}(s) \leqslant p_c < c_{1,j-1}(s) \text{ or } c_{2,j-1}(s) < p_c \leqslant c_{2,j}(s) \\ \quad s_0 \leqslant s \leqslant \bar{s}\end{cases} \tag{III-8}$$

其最优决策为 $(s^*, p_c^*) = (\bar{s}, \eta_j(\bar{s}))$. 当创业者的众筹金额满足 $\pi_1(s, p_c) \in [K, M_{t_1}]$ 或 $\pi_1(s, p_c) \in (M_{t_2-1}, \overline{\pi}_1]$ 时，类似于第 2) 点. 因此，当 $t_1 + 2 \leqslant t_2$ 时，创业者的最优决策为

$$\begin{cases} s^* = \bar{s} \\ p_c^* = \sum_{j=t_1}^{t_2} \min\left[g\left(\dfrac{\Pi_1(\bar{s}, \eta_j(\bar{s}))}{\max\limits_{j \in [t_1, t_2]} \Pi_1(\bar{s}, \eta_j(\bar{s}))}\right), 1\right] \eta_j(\bar{s}) \end{cases} \tag{III-9}$$

综上 1)、2) 与 3)，创业者最优决策为

$$\begin{cases} s^* = \bar{s} - (\bar{s} - s_0) \min\left[g\left(\dfrac{\Pi_0(s_0, \psi_0(s_0))}{\Pi_1(\bar{s}, \psi_1(\bar{s}))}\right), 1\right] \\ p_c^* = \psi_0(s_0) + [\psi_1(\bar{s}) - \psi_0(s_0)] \min\left[g\left(\dfrac{s^*}{\bar{s}}\right), 1\right] \end{cases} \tag{III-10}$$

附录 IV 命题 4 的证明

在 $\forall j \in [1, n+1], \varepsilon_j = 0$ 的条件下，分四种情况依次求出使得 $\Pi_1(\bar{s}, \psi_1(\bar{s})) - \Pi_0(s_0, \psi_0(s_0)) \leqslant 0$ 成立的 α^* 的有效范围.

1) 当 $s_0 < \tau_0$ 且 $\bar{s} < \tau_1$ 时，由以下不等式

$$\Pi_1(\bar{s}, \psi_1(\bar{s})) - \Pi_0(s_0, \psi_0(s_0)) = \left(\frac{\rho s_0 x_1^2(\bar{s})}{\tilde{\rho}^2 \bar{s}^2} - \alpha K\right) - \frac{\rho x_1^2(s_0)}{\tilde{\rho}^2 s_0} \leqslant 0 \tag{IV-1}$$

可得

$$\frac{\rho s_0}{\tilde{\rho}^2 K}\left(\frac{x_1^2(\bar{s})}{\bar{s}^2} - \frac{x_1^2(s_0)}{s_0^2}\right) \leqslant \alpha^* \leqslant 1 \tag{IV-2}$$

2) 当 $s_0 < \tau_0 < \tau_1 \leqslant \bar{s}$ 时，求解以下不等式

$$\Pi_1(\bar{s}, \psi_1(\bar{s})) - \Pi_0(s_0, \psi_0(s_0)) = \left(\frac{(1-\alpha)^2 \tilde{\rho}^2 \bar{s}^2}{8(1-\alpha)\tilde{\rho}\bar{s} - 4\rho s_0} - K\right) - \frac{\rho x_1^2(s_0)}{\tilde{\rho}^2 s_0} \leqslant 0 \tag{IV-3}$$

得到

$$1 - \frac{4H_1(s_0)}{\tilde{\rho}\bar{s}} \leqslant \alpha^* \leqslant 1 - \frac{4H_2(s_0)}{\tilde{\rho}\bar{s}} \tag{IV-4}$$

3) 当 $\tau_0 \leqslant s_0$ 且 $\tau_1 \leqslant \bar{s}$ 时，由以下不等式

$$\Pi_1(\bar{s}, \psi_1(\bar{s})) - \Pi_0(s_0, \psi_0(s_0)) = \frac{(1-\alpha)^2 \tilde{\rho}^2 \bar{s}^2}{8(1-\alpha)\tilde{\rho}\bar{s} - 4\rho s_0} - \frac{\tilde{\rho}^2 s_0}{8\tilde{\rho} - 4\rho} \leqslant 0 \tag{IV-5}$$

可得

$$1 - \frac{s_0}{\bar{s}} \leqslant \alpha^* \leqslant 1 - \frac{s_0}{(1+4\sigma)\bar{s}} \tag{IV-6}$$

4) 当 $\tau_0 \leqslant s_0 \leqslant \bar{s} < \tau_1$ 时，求解以下不等式

$$\Pi_1(\bar{s}, \psi_1(\bar{s})) - \Pi_0(s_0, \psi_0(s_0)) = \left(\frac{\rho x_1^2(\bar{s}) s_0}{\tilde{\rho}^2 \bar{s}^2} - \alpha K\right) - \left(\frac{\tilde{\rho}^2 s_0}{8\tilde{\rho} - 4\rho} - K\right) \leqslant 0 \tag{IV-7}$$

得到

$$1 + \frac{\rho s_0 x_1^2(\bar{s})}{\tilde{\rho}^2 \bar{s}^2 K} - \frac{\tilde{\rho}^2 s_0}{(8\tilde{\rho} - 4\rho)K} \leqslant \alpha^* \leqslant 1 \tag{IV-8}$$

综上所述，保证金的有效比例 α^* 需满足

$$\begin{cases} \dfrac{\rho s_0}{\tilde{\rho}^2 K}\left(\dfrac{x_1^2(\bar{s})}{\bar{s}^2} - \dfrac{x_1^2(s_0)}{s_0^2}\right) \leqslant \alpha^* \leqslant 1, & s_0 < \tau_0 \text{ 且 } \bar{s} < \tau_1 \\ 1 - \dfrac{4H_1(s_0)}{\tilde{\rho}\bar{s}} \leqslant \alpha^* \leqslant 1 - \dfrac{4H_2(s_0)}{\tilde{\rho}\bar{s}}, & s_0 < \tau_0 < \tau_1 \leqslant \bar{s} \\ 1 - \dfrac{s_0}{\bar{s}} \leqslant \alpha^* \leqslant 1 - \dfrac{s_0}{(1+4\sigma)\bar{s}}, & \tau_0 \leqslant s_0 \text{ 且 } \tau_1 \leqslant \bar{s} \\ 1 + \dfrac{\rho s_0 x_1^2(\bar{s})}{\tilde{\rho}^2 \bar{s}^2 K} - \dfrac{s_0 \tilde{\rho}^2}{(8\tilde{\rho} - 4\rho)K} \leqslant \alpha^* \leqslant 1, & \tau_0 \leqslant s_0 \leqslant \bar{s} < \tau_1 \end{cases} \tag{IV-9}$$