创新产品的研发投入、信息设计与价格竞争

杨仁琨　吕 铖　徐 硕　郑 捷

目 录

附录 I 关于市场环境的拓展分析

（一）企业边际生产成本 $c>0$ 的拓展

为了简化分析，本文假设两家企业的生产成本均为 0。本节将这一假设放松到同质线性可变成本的情形，也即两家企业边际生产成本均为$c>0$。为保证在位企业总是愿意生产，我们假设$c<1/2$。注意到，如果$s>1$，两个企业在均衡中均会生产；如果$s<1$，且s相对于c足够小时，消费者对企业E的支付意愿可能低于其成本，从而形成0需求，此时只有企业I生产。

在价格竞争阶段，消费者选择与正文的分析类似，但需保证在价格均衡下$p_i^*\geq c$且$D_i^*\geq 0$。忽略这一约束时，两个企业的最大化问题分别为：

$$\max_{p_h}(p_h-c)\ \left(1-\frac{p_h-p_l}{s_h-s_l}\right),$$

$$\max_{p_l}(p_l-c)\ \left(\frac{p_h-p_l}{s_h-s_l}-\frac{p_l}{s_l}\right).$$

最优反应分别为：

$$p_h(p_l)=\frac{1}{2}(p_l+s_h-s_l+c),$$

$$p_l(p_h)=\tfrac{1}{2}\left(\tfrac{s_l}{s_h}p_h+c\right).$$

由上述表达式可知$p_h(p_l)\geq c$始终成立。代入l的最优反应，$p_l(p_h)=\frac{1}{2}\left(\frac{s_l}{s_h}\frac{1}{2}(p_l+s_h-s_l+c)+c\right)\geq c$当且仅当$s_l\geq 2c$当且仅当$D_l^*\geq 0$。因此，考虑非负利润约束，我们得到如下结论：当$s_l\geq 2c$成立时，定价均衡存在唯一内点解，由上述最优反应的不动点确定；反之，定价均衡为角点解，$p_l^*=c$，企业l获得0利润，面对0需求并理性地选择不生产。分别代入$s>1$与$s\leq 1$两种情形，可知创新的均衡利润如下：

(1) 当$s>1$时，$\pi_E^*(s,1)=\frac{s(2s-c)(2s-2+3c)}{(4s-1)^2}$；

(2) 当$s\leq 1$时，$\pi_E^*(1,s)=\max\left(0,\frac{(1-s)(s-2c)^2}{s(4-s)^2}\right)$。

图 I1 在$q=1.03$，$c=0.05$的参数设定下展示了创新企业的均衡利润函数$\pi_E(s)$的特征。可以看到，生产成本大于 0 时，存在s^c满足如下条件：$\pi_E(s)$在$s=s^c$时的切线经过原点，而$\pi_E(s)$的凹化函数在$0<s<s^c$时严格大于$\pi_E(s)$本身。例如，在$\mathrm{c}=0.05$的参数设定下，$s^c\approx 0.45$，$s^c/q\approx 0.437$。这意味着，如果$s^c<\mu q$，企业E的最优信息结构与正文的结构类似，取决于q的大小可能呈现完全不披露、部分披露和完全披露三种形态。如果$\mu q<s^c<q$，企业E的最优信息结构则会取$\{0,s^c\}$作为τ的支撑集，对应的信号发送形式为高质量必然发送高信号，而低质量则以一定概率随机发送高信号或低信号。如果 $q<s^c$，企业E的最优信息结构会取$\{0,\mathrm{q}\}$作为τ的支撑集，对应的信号发送形式为完全披露。因此，随着可变生产成本的引入，最优信息结构的形式相对于无成本时变得更丰富。

在研发阶段，创新企业的优化目标依然保持“双峰”的特征。图 I2 展示了完全信息下，给定

不同研发难度γ，企业的事前预期利润与目标质量q的关系。与$c=0$时相同，随着γ降低，最优策略会从保守型跳跃到激进型。当考虑最优信息设计时，其事先预期利润在q足够高时与完全信息下重合，也即双峰中的右峰重合；而左峰则由于最优信息依然可能是完全不披露或部分披露，从而严格高于完全信息。因此，存在一个γ的区间使得创新企业在强制披露下已经被倒逼到激进型的研发策略，但自由披露下仍保持在相对保守的区间。这与正文核心命题的性质一致。

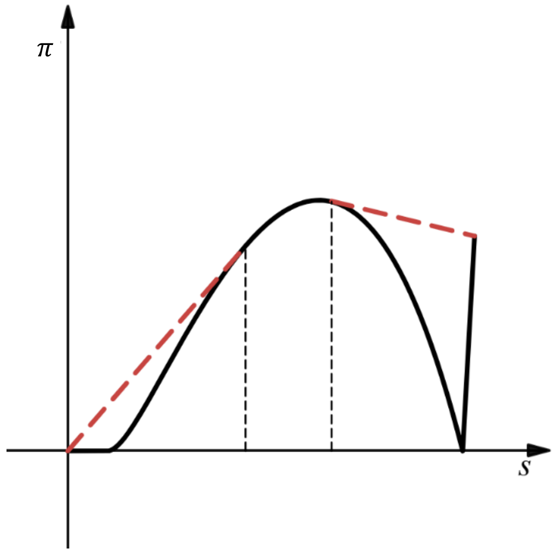


图 I1　存在相同可变生产成本时创新企业的均衡利润及其凹化函数

注：$c=0.05, q=1.03$。

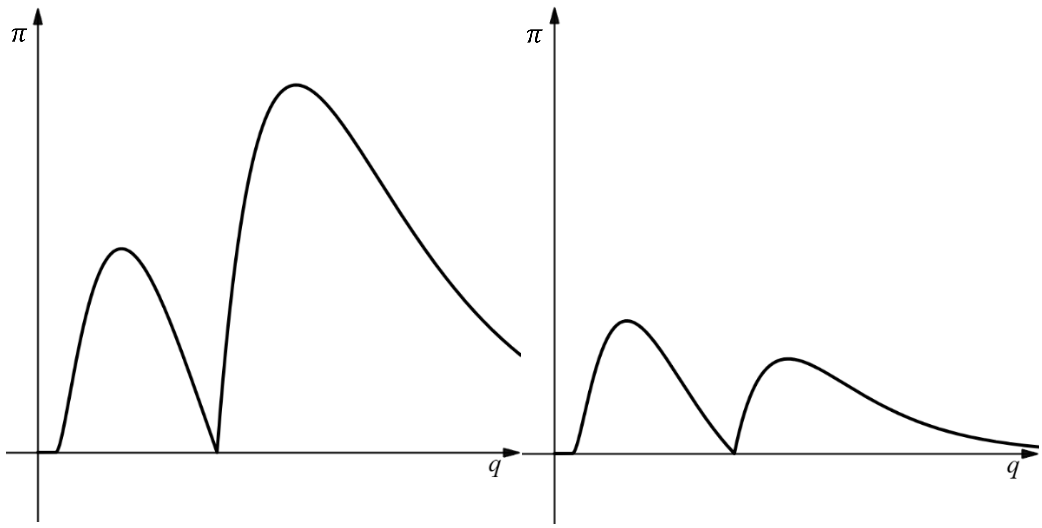


图 I2　存在相同可变生产成本时创新企业在完全信息下的期望利润及最优目标质量

注：左图：$\gamma=2$；右图：$\gamma=3$。

（二）市场结构：消费者异质性与价格竞争

企业间的价格竞争以及消费者类型θ的异质性都是本文主要结论的关键条件。本节对比两种替代性的设定，分别讨论没有价格竞争和消费者同质时的最优信号结构。

同质消费者。假设$\theta = 1$，后续价格博弈简化为存在质量差异的伯特兰竞争，均衡下s_h企业将价格定为$p_h = q_h - q_l$,获得整个市场形成自然垄断[1]。对创新企业而言，其事中利润$\pi_E(s) = \max\{0, s-1\}$为凸函数，因而根据凹化方法，当$q \geq 1$时创新企业无法获得任何收益，而当$q > 1$时最优信息结构为完全信息披露，如图 I3（a）所示。

市场份额竞争。假设企业只争夺市场份额而不进行价格竞争，预期质量占优的企业吸引到所有消费者并获得收益为 1，而劣势企业收益为 0。此时创新企业的事中利润为阶跃函数$\pi_E(s) = \begin{cases} 1 \; if \; s \geq 1 \\ 0 \; if \; s < 1 \end{cases}$。根据凹化方法，当$q \geq 1$时创新企业无法获得任何收益，而当$q > 1$时最优信息结构为图 I3（b）所示的"夸大型"信号结构[2]。此时企业在低质量时以一定概率发送优质信号，这意味着优质信号并不一定严格对应优质产品。造成这种区别的原因在于，不存在价格竞争时市场呈现"赢家通吃"的态势[3]，因而创新企业希望最大化其"占优"（也即期望质量超过 1）的概率。相比之下，本文的模型中加入了价格竞争，企业的目标不再是单纯的占优，而是在占优与劣势两种情形下的利润之期望。当消费者存在足够的异质性时，创新企业将有扩大差异化的新动力。

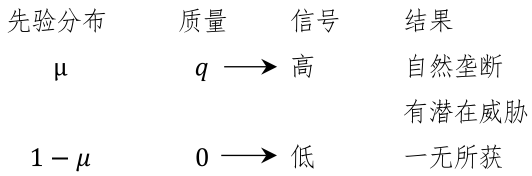


图 I3（a）有价格博弈但消费者同质时的完全披露信号结构

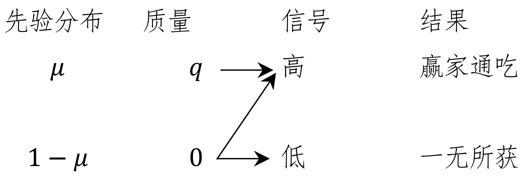


图 I3（b）没有价格博弈时的最优"夸大型"信号结构

（三）消费者类型θ分布的拓展

为了简化分析，本文假设消费者类型θ服从标准均匀分布$U[0,1]$。这一假设使得价格均衡阶段能够求得显示解，从而保证后续的最优信息策略和研发策略能在更清晰的结构下求解。但这一技术性假设并不影响本文的核心经济学直觉。本节对这一假设进行放松，通过理论和数值模拟说明主要结论的稳健性。

Benassi et al. (2019) 在一个与本文类似的基准模型[4]中分析了$\theta \in [0, \hat{\theta}]$但其分布函数只满足一些较为宽松的假设时，价格竞争的均衡性质。特别地，他们证明了如下结论（见其 4.1 节与附录 B）：

---

[1] 如 Wauthy (1996)指出，只要消费者异质性程度足够小（假设$\theta \sim U[\underline{\theta}, \bar{\theta}]$,$2\underline{\theta} > \bar{\theta}$），自然垄断均衡都成立。

[2] 是否存在确切的最优解取决于平局时的决胜规则（tie-breaking rule）：如果消费者在相同预期质量下完全支持新企业，那么可以得到一个精确的最优解，否则任何其他配给或有利于在位企业的规则都会导致最优解不存在，但创新企业依然可以通过选择$1+\varepsilon$比 1 略大而接近 1 的值）作为高值信号，并选取尽量小的ϵ无限逼近其收益上界。同样的论证也适用于外生对称价格或任何具有适当调整的强后验的价格。无论哪种情况，关键的驱动力都是"频率-强度权衡"，这与 Kamenica and Gentzkow (2011)给出的例子类似。

[3] R&D 竞争，特别是专利竞赛的文献中经常使用赢家通吃的设定 (Bhattacharya and Mookherjee, 1986; Klette and De Meza, 1986)。

[4] 具体而言，Benassi et al. (2019)研究了一个两阶段双寡头博弈，第二阶段为给定产品质量的价格竞争，与本文的价格博弈设定一致；第一阶段为双寡头间的质量决策博弈，即两个企业同时在 0 研发成本下选择一个确定的质量水平。

命题 5（Benassi et al.，2019）假设 $\theta \in [0,\hat{\theta}]$，其分布 H 满足（1）对任何 $\theta \in (0,\hat{\theta}), h(\theta) > 0$；（2）$\frac{\theta f(\theta)}{1-F(\theta)}$ 随 θ 单调递增且 $\lim_{\theta\to\hat{\theta}} \frac{\theta f(\theta)}{1-F(\theta)} > 1$；（3）$\frac{1}{1-F(\theta)}$是 θ 的凸函数。在价格均衡下，高质量企业的利润是其自身质量 s_h 的单调递增函数，而低质量企业的利润是其自身质量 s_l 的凹函数，且 $s_l = 0$或 $s_l = s_h$时均有 $\pi_l^*(s_h, s_l) = 0$。

命题 5 表明，在本文的模型中 $\pi_E(s)$ 在 $s < 1$时是 s 的凹函数，并且随 s 先上升后下降，在 $s > 1$时则是 s 的单调递增函数。这一性质与 θ 服从均匀分布时一致，并且保证了命题 1 中最优信息结构的特征在一般分布条件下依然成立，因而后续命题的定性特征同样成立。接下来以一个特定的参数分布（三角分布）为例进行说明：

例1．假设消费者类型 θ 的分布为如下三角分布：$\theta \in [0,2]$,

$$H(x) = \begin{cases} \frac{1}{2}\theta^2, & \theta \in [0,1] \\ 2\theta - \frac{1}{2}\theta^2, & \theta \in (1,2] \end{cases},$$

$$h(x) = \begin{cases} \theta, & \theta \in [0,1] \\ 2-\theta, & \theta \in (1,2] \end{cases}.$$

此时消费者决策依然由第四(一)节给出的 $\underline{\theta}$ 与 $\bar{\theta}$ 确定,而企业面临的需求函数由下式给出:

$$D_l(s_h, s_l, p_h, p_l) = \frac{(p_h - p_l)^2}{2(s_h - s_l)^2} - \frac{p_l^2}{2s_l^2},$$

$$D_h(s_h, s_l, p_h, p_l) = 1 - \frac{(p_h - p_l)^2}{2(s_h - s_l)^2}.$$

给定两个企业的利润最大化问题:

$$\max_{p_h} \; p_h D_h(s_h, s_l, p_h, p_l),$$

$$\max_{p_l} \; p_l D_l(s_h, s_l, p_h, p_l).$$

可以求出唯一的定价均衡如下:

$$p_l^*(s_h, s_l) = \frac{\sqrt{2}(s_h - s_l)}{\sqrt{6 + 8\frac{\sqrt{4s_l^2 - 6s_l s_h + 3s_h^2}}{s_l} + 3\frac{4s_l^2 - 6s_l s_h + 3s_h^2}{s_l^2}}},$$

$$p_h^*(s_h, s_l) = \frac{\sqrt{2}(s_h - s_l)\left(2 + \frac{\sqrt{4s_l^2 - 6s_l s_h + 3s_h^2}}{s_l}\right)}{\sqrt{6 + 8\frac{\sqrt{4s_l^2 - 6s_l s_h + 3s_h^2}}{s_l} + 3\frac{4s_l^2 - 6s_l s_h + 3s_h^2}{s_l^2}}}.$$

将上述均衡价格代入利润函数，并代入$(s, 1)$，可求得创新企业的利润函数 $\pi_E(s)$。图 I4 展示了$q = 1.05$时的利润函数及其凹化函数。可以验证这一利润函数与消费者均匀分布时有相同特征：$s < 1$时 $\pi_E(s)$ 是s的凹函数，并且随 s 先上升后下降；$s > 1$时 $\pi_E(s)$ 是 s 的单调递增凹函数。凹化函数说明，此时对应的最优信息结构与命题 1 中 $q_0 < q < q_1$ 时形式一致。类似地，当 q 足够

小（大）时，最优信息结构为完全隐匿（完全披露）。在此基础上，创新企业在研发阶段面对的利润函数同样会呈现“双峰”特征，并且自由信息设计下左峰高于完全信息下的左峰，而二者的右峰重合，因此命题 3 中关于最优研发策略以及强制披露政策影响的结论依然成立。

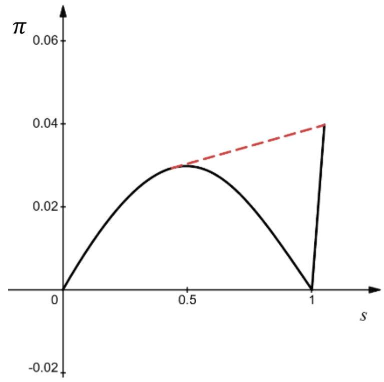


图 I4　θ 为三角分布时创新企业的均衡利润及其凹化函数

注：$\theta \sim H[0,2]$，$h(x) = \begin{cases} \theta, & \theta \in [0,1] \\ 2-\theta, & \theta \in (1,2] \end{cases}$，$q = 1.05$。

附录 II 关于信息环境的拓展分析

（一）信息传递形式：自愿披露博弈（Voluntary Disclosure Game）

本文假设创新企业的信息披露策略为事先的披露机制设计，也即在创新企业观测到自身的研发结果之前就已确定完整的披露方案，因而类似于贝叶斯劝说的文献，这一假设依赖于企业具备可信的承诺效力（commitment power）。在现实经济问题中，我们往往会有如下担忧：如果创新企业观测到了自己的研发结果，也即最终生产的产品质量，它是否有动机在事后阶段违背自身事前制定的披露方案，转而更多或更少披露产品信息？

在主模型中，我们假设企业有完全承诺能力。例如在新药上市中的临床方案、数码产品的第三方测评选择等案例中，企业在产品测试前并不具备完全的质量信息，又不能在测试后扭曲测试结果，因而承诺可信。

我们在本节讨论另一种情况，即当创新企业在事先阶段不具备对信息结构的承诺效力时，事后的质量信息披露博弈是否会产生部分信息披露的均衡，以及这些均衡是否对创新企业的研发投入激励产生类似于最优信息设计的影响。

考虑一个自愿披露博弈模型。不同于主模型，创新企业可以直接观测到其产品质量，并选择其披露策略。其行动集为 $A=\{\mathrm{c},\mathrm{d}\}$，其中 c 代表不披露，而 d 代表如实披露，而其策略集为如下映射的集合：$s{:}\{0,\mathrm{q}\}\mapsto\Delta(A)$，即创新企业可以在观测到产品质量后选择任意的混合策略。这里我们假设创新企业只能选择是否披露，但无法扭曲其披露的信息。

命题 5 刻画了两种事后自愿披露均衡。首先，正如自愿披露博弈文献中的经典结论，完全披露总是一个均衡。这是因为创新企业无法通过改变单个质量状态下的披露决策来改变完全信息的均衡结果，因而两种质量状态下均不存在偏离均衡行动的获利机会。但本文的设定下还存在另一种披露均衡，即在特定参数范围内可能存在部分披露或完全隐匿。这一结论类似于 Board (2009)[1]，并且可以证明在我们的模型中第二种均衡是发送者（也即创新企业）最优均衡。

命题 5（自愿披露均衡）给定任意 q,μ，均存在一个完全披露的自愿披露均衡（unraveling equilibrium）。发送者最优均衡（sender-optimal equilibrium）取决于参数范围：存在产品质量分界点 q_2 由 $\pi_h(q_2)=\pi_l(4/7)$ 确定，使得：

(1) 当 $q\le 4/7$ 或 $q\ge q_2$时，发送者最优均衡结果为完全披露；

(2) 当 $4/7<q\le 1$时，存在分界点 $q_a(q)<q$ 由 $\pi_l(q_a)=\pi_l(q)$ 确定，使得：

  a) 如果 $\mu q\le q_a$，发送者最优均衡结果为完全披露；

  b) 如果 $q_a<\mu q<q$，发送者最优均衡结果为完全不披露信息；

(3) 当 $1<q<q_2$时，存在分界点$q_b<q_c<q$由$\pi_l(q_b)=\pi_l(q_c)=\pi_h(q)$确定，使得

  a) 如果 $\mu q\le q_b$，发送者最优均衡结果为完全披露；

  b) 如果 $q_b<\mu q\le q_c$，发送者最优均衡结果为完全不披露信息；

  c) 如果 $\mu q>q_c$，发送者最优均衡结果为部分信息披露，其中低质量时不披露，高质量时以概率 $\frac{1-\mu}{\mu}\frac{q_c}{q-q_c}$ 或 $\frac{1-\mu}{\mu}\frac{q_b}{q-q_b}$ 不披露。

由命题 5 可知，发送者最优均衡有两个重要特征：第一，当q足够高时，完全披露既是信息设

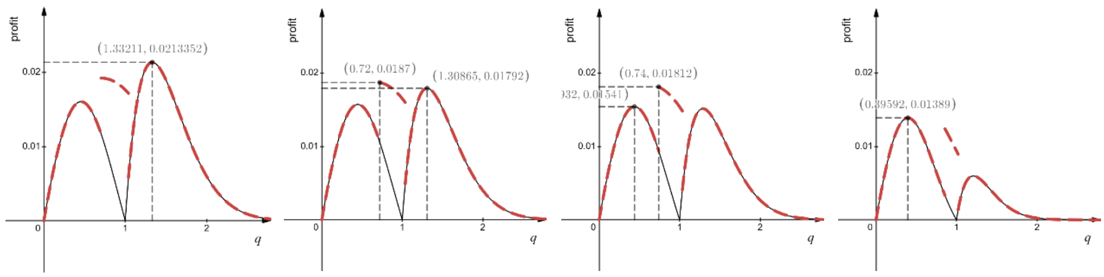
[1] 不同之处在于，Board (2009)假设产品质量服从连续分布，但不考虑通过研发提升产品质量的可能性。

计的最优解，也是自愿披露博弈的唯一均衡；第二，当 q 较低时，存在部分披露或完全隐匿的自愿披露均衡。换言之，即便在事先对其披露机制不具备完全的承诺效力，依然存在部分或完全隐匿的事后披露均衡，使得创新企业在均衡中可以获得低于最优信息设计，但高过完全披露时的期望收益。

回顾命题 3，其核心逻辑在于事前期望利润与目标质量的关系呈现“双峰”形态，并且在不同信息环境下均成立。在自由信息设计下，因其“右峰”与完全信息下重合，而“左峰”则严格高于完全信息，导致随着 γ 增加，自由信息设计下的研发策略相对于强制披露政策下更早从激进型跳跃到保守型。而命题 5 意味着与最优信息设计类似，当 $q < q_2$时，自愿披露的均衡利润在一定区间内同样严格高于强制披露结果。因此，命题 3 的定性结论在创新企业不具有完全承诺效力的情况下依然可以对一些 $\mu(q|\gamma)$ 成立[1]，这意味着本文的理论结果对信息披露方式的建模选择具有一定的稳健性。

接下来结合命题 5 与两个参数案例下的数值分析，对自愿披露博弈下的研发策略与政策效果进行进一步说明。图 II1 报告了研发技术为 $\mu(q|\gamma) = e^{-\gamma q^2}$时创新企业的期望利润作为其目标质量的函数，其中红色虚线代表自愿披露下发送者最优均衡的结果，黑色实线代表强制披露下的结果。可以看到，图 II1（a）-（c）的结果与图 4 类似：当研发难度低时，无论有无监管企业 E 都选择激进型研发策略；当 γ 提高到一定程度，企业 E 会在自由披露下率先跳转至保守型研发策略，通过配合信息隐匿的策略获取更高的利润。值得注意的是，自愿披露博弈下只有 q 足够接近 1 才能支持非完全披露的均衡，因而研发难度足够高时也会出现图 II1（d）中的情形：企业 E 无论有无监管均选择相同的保守型研发策略，并且此时唯一的自愿披露均衡为完全披露，因此强制披露政策没有实质性影响。

同样由于只有 q 足够接近 1 才能支持非完全披露的均衡，在自愿披露的问题中并非所有满足假设 1 的研发技术都会导致企业 E 在不同信息环境下选择不同的研发策略（正文中的贝叶斯劝说模型则不同，命题 3 对所有满足假设 1 的研发技术都成立）。图 II2 假设研发技术为 $\mu(q|\gamma) = e^{-\gamma q}$。可以看到，当目标质量 q 在接近 1 的一个区间内时，存在非完全披露的自愿披露均衡，使得企业 E 的期望利润超过完全披露的结果。但无论在任何研发难度下，研发阶段的最优目标质量都不会出现在这一区间：当 γ 较高时，自愿披露和强制披露下的最优质量均出现在左峰且完全重合；当 γ 较低时，自愿披露和强制披露下的最优质量均出现在右峰且完全重合。在这种情形中，强制披露政策在任何研发难度下都不改变企业最优研发及其后续披露决策。

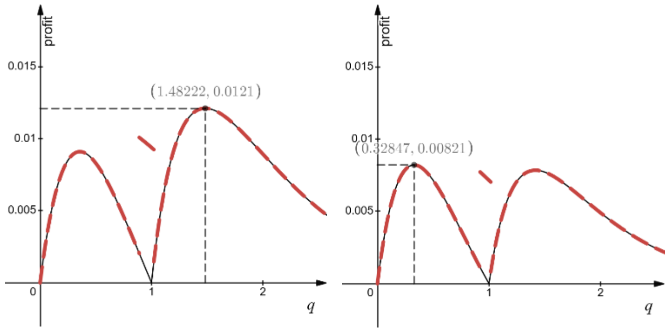


(a) (b) (c) (d)

图 II1 研发技术为 $\mu(q|\gamma) = e^{-\gamma q^2}$时创新企业在自愿披露均衡（红色虚线）和强制披露（黑色实线）下的利润及最优目标质量

[1] 值得指出的是，不同于最优信息设计，自愿披露的均衡中 $q < q_2$时同样存在期望收益等于完全信息的区间，例如 q 足够小时，因此并非所有满足假设 1-3 的研发技术 $\mu(q|\gamma)$ 都能保证命题 3 的定性结论在自愿披露下成立。附录中展示了命题 3 成立与不成立的不同参数案例。

注：图（a）：$\gamma=1$；图（b）：$\gamma=1.1$；图（c）：$\gamma=1.2$；图（d）：$\gamma=1.8$。



(a) (b)

图 I12 研发技术为 $\mu(q|\gamma)=e^{-\gamma q^2}$ 时创新企业在自愿披露均衡（红色虚线）和强制披露（黑色实线）下的利润及最优目标质量

注：图（a）：$\gamma=1.8$; 图（b）：$\gamma=2.1$。

（二）创新企业关于真实质量的私人信息

在现实中，企业通常对自身产品质量有更多私人信息。这一可能性会在信息设计和定价两个环节对本文的模型设定和求解带来影响：拥有私人信息的创新企业可能通过信息设计和/或定价策略进行信号博弈，从而导致潜在的分离均衡。接下来我们针对定价前拥有私人信息和信息设计前拥有私人信息两种拓展情形进行讨论。

首先，考虑创新企业在信息设计后、定价前拥有私人信息（例如观察到产品的真实质量），而在位企业和消费者只能观察到根据信息设计生成的信号来预期其质量。此时创新企业是否会根据真实质量，而非预期质量定价？由于消费者的决策仅取决于预期质量，创新企业面临的需求和利润函数同样只取决于预期质量而不取决于真实质量。因此，创新企业如果根据掌握的真实质量信息定价，只可能出于信号发送的目的。但是在本文的设定中，给定任意一个预期质量，真实质量只可能是 0 和 q，而 q 质量类型的企业无法通过任何价格阻止0质量类型模仿其定价策略（因为在任何分离均衡里0质量企业都只能获得0利润），因此企业无法实现分离均衡，那么假设新进企业同样只根据预期质量定价也就不失一般性。

其次，如果创新企业在信息设计前有私人信息，那么问题实质上变成了一个知情信息发送者（informed sender）的贝叶斯劝说，此时企业选择的披露方式本身可能作为信号反映其私人信息。具体而言，我们参照 Perez-Richet (2014)与 Hedlund (2017)，假设创新企业在设计质量披露机制前私下观测到一个关于q_E的信号，令该信号所产生的后验信念分布的支持集为 $\{\mu_1,\ldots,\mu_n\}$。该集合满足$0\le\mu_1<\mu_2<\cdots<\mu_n\le 1$，且$\sum_{t=1}^{n}Pr[\mu_t]\mu_t=\mu$。每个 μ_t 可视为创新企业的一个类型。此时我们关注的问题是：是否存在不同类型选择不同信息结构的分离均衡？这对于正文的结论又有何影响？

类似于上一节对自愿披露博弈的讨论，这里创新企业在披露决策中的信号博弈同样可能存在多重均衡。如命题 6 所示，只要企业 E 以一定概率准确无误地观测到研发失败的结果，无论其概率多小，所有类型都使用正文中的最优信号结构是发送者事前最优的混同完美贝叶斯均衡（pooling PBE）结果。其原因在于，当消费者与在位企业对任何非均衡的信息结构持有怀疑性信念（skeptical belief），任何类型都没有偏离动机。因此，若使用发送者最优作为均衡筛选标准，正文的一系列结论对企业E的私人信息是稳健的。但是正如 Perez-Richet (2014)与 Hedlund (2017)指

出的，此时还可能存在其他非帕累托最优的均衡，例如对任意q所有类型μ_t都完全披露信息。其原因在于，当类型μ_1被在位企业及及消费者准确识别时，其收益为零，因此μ_1总是有动机模仿其他类型，除非其他类型都选择披露真实质量。在一定条件下，这一均衡是唯一的 D1 精炼均衡。

命题 6（知情发送者信号博弈均衡）假设 $\mu_1 = 0$。[1]

(1) 存在一个发送者事前最优 d 混同均衡，所有 μ_t 都选择命题 1 中的最优信号结构。

(2) 存在一个完全信息均衡，所有$t \geq 2$的类型 μ_t 都完全披露信息。当 $q \leq 4/7$ 时，完全披露是唯一满足 D1 精炼条件的均衡结果。

值得注意的是，当$q > q_1$时完全披露对任何类型都是最优信息结构，因而是同时满足事前最优和 D1 精炼条件的均衡。而$q < q_1$时，命题 6 意味着存在多重均衡，且不同的均衡精炼或筛选条件会偏向不同的均衡。这一结果对研发激励和政策效果有何影响？当我们关注完全信息均衡时，允许企业自由信息设计会得到与强制披露相同的结果，此时强制披露政策不再对市场结果造成任何影响。当我们关注发送者最优均衡时，命题 1-3 的结果不受创新企业私有信息的影响。当我们关注潜在的其他均衡（例如非事前最优的混同均衡）时，可以得到类似于自愿披露一节的结论：自由信息设计下，企业 E 的事前期望利润在右峰与完全信息下重合，但左峰可能（局部）严格高于完全信息而低于最优信息。此时命题 3 的定性特征同样成立。

接下来对企业E只有模糊质量信号$0 < \mu_1 < \cdots < \mu_n < 1$的情形进行讨论。Hedlund (2017)使用 D1 精炼作为均衡筛选标准，对这类发送者具有模糊私人信息的问题进行了完整的刻画，但其分析高度依赖于发送者期望效用随接收者后验信念严格递增这一假设。本文创新企业的事中期望利润 $\pi_E(s)$ 的单调性取决于 q 的取值范围。我们首先在命题 7 中给出当 q 足够小和足够大时与 Hedlund (2017) 相似的结果。

命题 7 假设 $0 < \mu_1 < \cdots < \mu_n < 1$。

(1) 当$q < 4/7$时，μ_1选择完全不披露，而μ_t，$t > 1$均选择部分披露，每个类型选择的披露策略不同，创新企业的私人信息 μ_t 成为了公开信息，每种类型 μ_t 下的披露策略都比当 μ_t 为公开信息时的披露策略更有 Blackwell 信息度。

(2) 当$q > q_1$时，完全披露是唯一的 D1 精炼均衡，创新企业的真实质量 q_E 成为了公开信息，披露策略与无私人信息下的策略相同。

首先，命题 7（1）假设$q < 4/7$，此时 $\pi_E(s)$是 s 的单调增函数，满足 Hedlund (2017)的模型假设。同时，$\pi_E(s)$ 在 $[0, 4/7)$是凹函数，完全信息并不是任何类型的最优信号结构，因此可以直接应用 Hedlund (2017)的定理一得出结论。这意味着当 $q < 4/7$时，市场均衡中的信息披露程度高于发送者没有私人信息的情形（最优为完全不披露），而低于强制披露的情形，而利润函数在这一区间的凹性意味着企业 E 在 D1 精炼均衡中的事前期望利润严格高于强制披露的情形。

命题 7（2）的证明根据正文第四（二）节命题 1 即得：对于所有内点 μ_t，完全信息披露为每

[1] 当 $\mu_1 > 0$时，也即创新企业只能获得模糊的质量信息时，可能存在部分披露的分离信号均衡。Hedlund (2017)在发送者效用随接收者信念单调递增的环境中刻画了这一结果。在本文的环境中，$\pi_E(s)$不是s的单调函数，因而 Hedlund (2017) 的分析过程并不直接适用。我们在附录中进一步讨论了q在不同取值范围时现有文献结论的适用性及其边界。但与 $\mu_1 = 0$的情况类似，企业 E 在 $q > q_1$时实现完全披露，而 $q < q_1$时可能实现部分披露或完全不披露的均衡结果，因此其事前期望利润的右峰与完全信息下重合，而左峰可能严格更高，命题 3 的定性特征依然有一定稳健性。

一类型为公开信息时的最优策略，所有类型的偏离动机均为紧。因此，尽管 $q > q_1$ 时 Hedlund (2017) 的单调性假设不再满足，我们依然可以直接刻画 D1 精炼均衡。

当 $4/7 < q < q_1$ 时，对 D1 精炼均衡乃至更宽泛的完美贝叶斯均衡的一般性刻画都存在着极大的挑战性。下面的例 2 在特殊的参数设定下展示了发送者效用的非单调性可能导致不同于 Hedlund (2017) 所刻画的 D1 精炼均衡。

例2．当 $q \in (4/7, q_2)$，且 $\mu q = 4/7$ 时，所有类型都选择完全不披露信息的混同信息策略是一个 D1 精炼均衡。这一结论在 $\mu_1 = 0$ 时依然成立。

Hedlund (2017) 证明，在单调性被满足的条件下，D1 精炼均衡在 $\mu_1 = 0$ 时只可能导致状态变量完全披露的结果，而在 $\mu_1 > 0$ 时只可能导致状态变量完全披露和发送者类型完全分离这两种结果之一。而在例 2 的参数条件下，完全不披露对任何内点类型都是最优信息结构，并且任意类型的任意一种偏离方式都只会导致严格更低的利润，因而任何类型都不存在偏离动机，天然满足 D1 精炼条件。同时，尽管 $\mu q = 4/7$ 是一个零测度的特殊条件，例 2 的结论从直觉上可以拓展到 μq 足够接近 $4/7$，且 $\mu_t q$ 或足够接近 0，或足够接近 1 的情形。这也意味着在 $q \in (4/7, q_1)$ 时，信号博弈的均衡及其精炼可能会对一系列参数，包括 q、μ 的取值以及类型 μ_t 的分布假设，都较为敏感。

综上，尽管 $\pi_E(s)$ 的非单调性导致 D1 精炼均衡的完整刻画非常困难，上述对命题 7 和例 2 的讨论都意味着，企业 E 在 D1 精炼均衡中的事前期望利润在其右峰与强制披露的情形重合，而其左峰则高于强制披露的情形。因此，如正文所述，命题 3 的定性特征依然存在。

附录 III 证明

（一）命题 1 的证明

<u>情形 1.</u> 当 $q \le 1$时，由二阶导数符号可知创新企业的期望利润$\pi_E(s) = \frac{s(1-s)}{(4-s)^2}$是其期望质量的凹函数：

$$\frac{d^2}{ds^2}\pi_E(s) = -\frac{14s+16}{(4-s)^4} < 0.$$

在这一情形下 $\mathbf{cav}\,\pi_E(s) = \pi_E(s)$，根据凹化方法，最优信息结构是完全隐匿。

<u>情形 2.</u> 当 $q > 1$时，$\pi_E(s) = \frac{s(1-s)}{(4-s)^2}\mathbf{1}\{s<1\} + \frac{4s^2(s-1)}{(4s-1)^2}\mathbf{1}\{s>1\}$不再是全域的凹函数，此时期望收益函数的凹化形式为：

$$\mathbf{cav}\pi_E(s) = \begin{cases} \pi_E(s) & if\ s \le s_0 \\ \pi_E(s_0) + \dfrac{\pi_E(q)-\pi_E(s_0)}{q-s_0}(s-s_0) & if\ s > s_0 \end{cases}'$$

其中 $s_0 < 1$由如下相切条件决定：由点$(q, \pi_E(q))$与点 $(s_0, \pi_E(s_0))$确定的直线与收益曲线$\pi_E(s)$在$s \in [0,1]$的区间相切于点 $(s_0, \pi_E(s_0))$；当相切条件无法满足时，令$s_0 = 0$。具体而言，相切条件可表示为隐函数 $\pi'_E(s_0) = \frac{\pi_E(q)-\pi_E(s_0)}{q-s_0}$。易证$s_0$随$q$递减，且当$q = 1$时，$s_0 = 1$，而当$q = \frac{7+2\sqrt{13}}{12}$时，$s_0 = 0$。因此对任意$q > \frac{7+2\sqrt{13}}{12}$ 同样有$s_0 = 0$。

<u>情形 2. 1.</u> 当$\mu q < s_0$时，$\mathbf{cav}\,\pi_E(s) = \pi_E(s)$,完全隐瞒仍然是最优的。其阈值条件 $\mu q = s_0$等价于下式：

$$\pi_h(q_0) = \pi_l(\mu q_0) + \frac{d\pi_l(\mu q_0)}{ds}(q_0 - \mu q_0).$$

代入收益函数，该式可转写为

$$\frac{4q_0(q_0-1)}{(4q_0-1)^2} = \frac{\mu(1-\mu q_0)}{(4-\mu q_0)^2} + \frac{(1-\mu)(4-7\mu q_0)}{(4-\mu q_0)^3}.$$

容易验证等式左侧是q_0的增函数，而右侧是q_0的减函数，且对任意μ都存在唯一的$q_0 \in \left[1, \frac{7+2\sqrt{13}}{12}\right]$使等式成立。特别地，当$\mu = 1$时，$q_0 = 1$；当$\mu = 0$时，$q_0 = \frac{7+2\sqrt{13}}{12}$。因此条件$\mu q < s_0$等价于$q < q_0$。

<u>情形 2. 2.</u> 当$\mu q > s_0 > 0$，或等价地，$q_0 < q < q_1$时，披露部分信息是有价值的。根据凹化方法，企业E 最优地选择二元支撑集$\{s_0, q\}$作为后验期望质量空间。根据贝叶斯法则，这一结果由如下信号结构生成：当真实质量为0时，发送低质量信号s_0；当真实质量为q时，以概率$\phi(s = s_0|q)$发送低质量信号s_0，以概率$1 - \phi(s = s_0|q)$发送高质量信号q，其中，$\phi(s = s_0|q) = \frac{(1-\mu)s_0}{\mu(q-s_0)}$。

<u>情形 2.3.</u> 当 $q > q_1$时，企业 E 最优地选择二元支撑集 $\{0, q\}$ 作为后验期望质量空间，换言之，完全信息披露是最优的。为了保证部分信息一定不会作为解决方案出现，我们只需要验证对于任意大的q都有$\mathbf{cav}\,\pi_E(s) = \frac{\pi_E(q)}{q}s$。因为这个候选凹化是线性的，并且在两个端点与 $\pi_E(s)$ 重合，因此只需证明对所有 $s \in (0, q)$ 和 $q > q_1$ 都满足$\frac{\pi_E(q)}{q}s > \pi_E(s)$。

$0 < s < 1$: $\frac{\pi_E(q)}{q}s - \pi_E(s) = \frac{4q(q-1)}{(4q-1)^2}s - \frac{s(1-s)}{(4-s)^2}$ 关于 s 是递增的，这是因为其一阶导数

$$\frac{d}{ds}\left[\frac{\pi_E(q)}{q}s - \pi_E(s)\right] = \frac{4q(q-1)}{(4q-1)^2} - \frac{4-7s}{(4-s)^3}.$$

在 $s < 1$ 时是 s 的递增函数，在 $s = 0$ 时取到最低值。因此对任意 $q > q_1$都有

$$\frac{d}{ds}\left[\frac{\pi_E(q)}{q}s - \pi_E(s)\right] \geq \frac{4q(q-1)}{(4q-1)^2} - \frac{1}{16} > 0.$$

故，$\frac{\pi_E(q)}{q}s - \pi_E(s) > \frac{\pi_E(q)}{q}0 - \pi_E(0) = 0.$

$s > 1$: $\frac{\pi_E(q)}{q}s - \pi_E(s) = \frac{4q(q-1)}{(4q-1)^2}s - \frac{4s^2(s-1)}{(4s-1)^2}$ 关于 s 是递减的，因为其一阶导数

$$\frac{d}{ds}\left[\frac{\pi_E(q)}{q}s - \pi_E(s)\right] = \frac{4q(q-1)}{(4q-1)^2} - \frac{4s(4s^2-3s+2)}{(4s-1)^3},$$

关于 s 递增，且在$s = q$ 达到峰值。因此

$$\frac{d}{ds}\left[\frac{\pi_E(q)}{q}s - \pi_E(s)\right] \leq \frac{4q(q-1)}{(4q-1)^2} - \frac{4q(4q^2-3q+2)}{(4q-1)^3} = \frac{-4q(2q+1)}{(4q-1)^3} < 0.$$

因此，$\frac{\pi_E(q)}{q}s - \pi_E(s) > \frac{\pi_E(q)}{q}q - \pi_E(q) = 0$。

（二）命题 2 的证明

定义 $\Pi_{full}^l(\gamma) = \max_q \mu(q|\gamma)\pi_l(q)$，$\Pi_{full}^h(\gamma) = \max_q \mu(q|\gamma)\pi_h(q)$分别为两个区间的局部最大值，而$q_{full}^l(\gamma) \in (0,1)$ 和 $q_{full}^h(\gamma) > 1$分别为对应的局部最优解。

首先证明 $q_{full}^l(\gamma) \in (0,1)$ 和 $q_{full}^h(\gamma) \in (1, +\infty)$ 均存在且唯一。由前文可知，$\pi_E(q)$ 在$0 \leq q \leq 1$和$q > 1$两个区间均为凹函数，故均为对数凹函数；又知$\mu(q|\gamma)$为对数凹函数，因此期望利润在两个区间均为对数凹函数，进而均为拟凹函数。又已知 $\pi_E(0) = \pi_E(1) = 0$，且对 $q \in (0,1)$ 均有$\mu(q)\pi_E(q) > 0$，由拟凹性可知期望利润在 $[0,1]$上先增后减，存在唯一的局部最大值。对 $q \in (1, \infty)$，假设(3)排除了期望利润单调递增的可能性，而$\pi_E(1) = 0$排除了期望利润单调递减的可能性，由拟凹性可知期望利润在$(1, +\infty)$上同样先增后减，存在唯一的局部最大值。

接下来证明 $q_{full}^h(\gamma)$ 和 $\Pi_{full}^h(\gamma)$ 分别为 γ 的单调递减函数。对 $q_{full}^h(\gamma)$ 而言，其单调性源自目标函数 $\mu(q|\gamma)\pi_h(q)$ 是 (q, γ) 的次模函数（submodular function）。这是因为

$$\frac{d}{d\gamma}\mu(q|\gamma)\pi_h(q) = \frac{d^2}{d\gamma dq}\mu(q|\gamma)\pi_h(q) + \frac{d}{d\gamma}\mu(q|\gamma)\frac{d}{dq}\pi_h(q) < 0 + 0 = 0\,.$$

对 $\Pi_{full}^h(\gamma)$ 而言，其单调性可由包络定理证明：

$$\frac{d}{d\gamma}\Pi_{full}^{h}(\gamma)=\frac{\partial}{\partial\gamma}\Pi_{full}^{h}(\gamma)=\frac{\partial}{\partial\gamma}\mu(q_{full}^{h}(\gamma)|\gamma)\pi_h(q_{full}^{h}(\gamma))<0.$$

最后证明命题的核心结论。为方便讨论，定义两个阈值 q_2 与 γ_{q_2} 如下：$q_2>1$满足$\pi_h(q_2)=\pi_l\left(\frac{4}{7}\right)$，$\gamma_{q_2}$满足$q_h(\gamma_{q_2})=q_2$。

<u>**情形 1**</u>. 当 $\gamma>\gamma_{q_2}$时，$q_{full}^{h}(\gamma)<q_2$，因此

$$\begin{aligned}\Pi_{full}^{h}(\gamma)&=\mu(q_{full}^{h}(\gamma)|\gamma)\pi_h(q_{full}^{h}(\gamma))\\&<\mu(q_{full}^{h}(\gamma)|\gamma)\pi_h(q_2)\\&<\mu(\frac{4}{7}|\gamma)\pi_l\left(\frac{4}{7}\right)\\&\le\Pi_{full}^{l}(\gamma),\end{aligned}$$

其中第一个不等式由 π_h 的单调性得出，第二个不等式由μ的单调性以及q_2的定义得出，第三个不等式由显示偏好得出。

<u>**情形 2**</u>. 当 $\gamma<\gamma_{q_2}$时，$q_{full}^{h}(\gamma)>q_2$。我们在这一情形下证明 $\Pi_{full}^{h}(\gamma)-\Pi_{full}^{l}(\gamma)$ 的单调性。由包络定理与定义可知，

$$\begin{aligned}\frac{d}{d\gamma}\left[\Pi_{full}^{h}(\gamma)-\Pi_{full}^{l}(\gamma)\right]&=\frac{d}{d\gamma}\Pi_{full}^{h}(\gamma)-\frac{d}{d\gamma}\Pi_{full}^{l}(\gamma)\\&=\frac{\partial}{\partial\gamma}\Pi_{full}^{h}(\gamma)-\frac{\partial}{\partial\gamma}\Pi_{full}^{l}(\gamma)\\&=\frac{\partial\mu(q|\gamma)}{\partial\gamma}\left[\pi_h(q_{full}^{h}(\gamma))-\pi_l(q_{full}^{l}(\gamma))\right].\end{aligned}$$

由于π_l 在 $\frac{4}{7}$处取最大值，且π_h 单调递增，$\pi_h(q_{full}^{h}(\gamma))-\pi_l(q_{full}^{l}(\gamma))>\pi_h(q_2)-\pi_l\left(\frac{4}{7}\right)>0$，因此$\frac{d}{d\gamma}\left[\Pi_{full}^{h}(\gamma)-\Pi_{full}^{l}(\gamma)\right]<0$。

已知$\Pi_{full}^{l}(\gamma)<\pi_l\left(\frac{4}{7}\right)$，由$\lim_{\gamma\to0^+}\mu(q|\gamma)=1$可知$\lim_{\gamma\to0^+}\Pi_{full}^{h}(\gamma)=+\infty$。因此，由利润函数的连续性可知存在一个内点阈值$\gamma_{full}$ 满足$\Pi_{full}^{l}(\gamma_{full})=\Pi_{full}^{h}(\gamma_{full})$。结合前述情形一的不等式与情形二的单调性可知$\Pi_{full}^{l}(\gamma)\gtreqless\Pi_{full}^{h}(\gamma)$ 当且仅当$\gamma\gtreqless\gamma_{full}$。

（三）命题 3 的证明

由命题 1 可知，对任意$0<q<q_1$，企业的最优信息设计为完全或部分隐匿，其利润均严格大于完全信息下的利润；对任意$q>q_1$，企业的最优信息设计为完全披露。

<u>情形 1</u>: 强制披露降低企业研发投入激励。当$\gamma>\gamma_{full}$时，完全信息下企业的全局最优研发策略为“保守型”，$q_{full}^{*}(\gamma)=q_{full}^{l}(\gamma)<1$。可以证明最优信息设计下的全局最优研发策略$q_{opt}^{*}<q_1$，这是因为

$$\max_{q\in[0,q_1]}\Pi_{opt}(\gamma)>\Pi_{full}^{l}(\gamma)=\Pi_{full}^{*}(\gamma)>\Pi_{full}^{h}(\gamma)\ge\max_{q\in[q_1,+\infty]}\Pi_{full}(\gamma)=\max_{q\in[q_1,+\infty]}\Pi_{opt}(\gamma)。$$

接下来证明最优信息设计下在$q\in[0,1]$时的局部最优研发投入$q_{opt}^{l}>q_{full}^{*}$，因而其全局最

优研发投入 $q^*_{opt} > q^*_{full}$。

最优信息设计下企业在 $q \in [0,1]$ 时选择完全隐匿的披露策略，其期望利润函数为

$$\operatorname{cav}\pi_E(\mu(q|\gamma)q) = \pi_l(\mu(q|\gamma)q) = \frac{\mu(q|\gamma)q(1-\mu(q|\gamma)q)}{(4-\mu(q|\gamma)q)^2},$$

其边际利润为

$$\frac{d}{dq}\operatorname{cav}\pi_E(\mu(q|\gamma)q) = \frac{4-7\mu(q|\gamma)q}{(4-\mu(q|\gamma)q)^3}\left(\mu(q|\gamma) + q\frac{d\mu(q|\gamma)}{dq}\right)。$$

根据假设(2)，如果 $4-7\mu q > 0$对所有 q 都成立，也即 $\max_q E(q) < \frac{4}{7}$时，创新企业利润的一阶导数与其期望质量的一阶导数同号。在此范围内创新企业应当选择 $q^l_{full} \in [0,1]$以最大化其期望质量，即 $q^l_{full} = \min\{q^e(\gamma),1\}$，其中 $q^e(\gamma) = arg\max_q \mu(q|\gamma)q$。如果 $\max_q E(q) \geq \frac{4}{7}$，创新企业的最优目标质量应当使得 $E(q) = \frac{4}{7}$。

完全信息下企业的边际利润为：

$$\begin{aligned}\frac{d}{dq}\mu(q|\gamma)\pi_l(q) &= \frac{d\mu(q|\gamma)}{dq}\pi_l(q) + \mu(q|\gamma)\frac{1}{(4-q)^2}\frac{4-7q}{4-q}\\ &= \frac{1}{(4-q)^2}\left(\frac{d\mu(q|\gamma)}{dq}q(1-q) + \mu(q|\gamma)\frac{4-7q}{4-q}\right).\end{aligned}$$

可以看出 $\max_q E(q) \geq \frac{4}{7}$ 时，强制披露下的最优目标质量 $q < \frac{4}{7}$，小于最优信息（完全隐匿）策略下的最优目标质量。$\max_q E(q) < \frac{4}{7}$时，强制披露下的边际收益在 $q = q^e$处为负，因此强制披露下的最优目标质量同样低于完全隐匿下的最优目标质量。

<u>情形 2</u>：强制披露提高企业研发投入激励。由前文可知 $\gamma > \gamma_{full}$ 时

$$\max_{q\in[0,q_1]}\Pi_{opt}(\gamma) > \Pi^l_{full}(\gamma) > \max_{q\in[q_1,+\infty]}\Pi_{opt}(\gamma),$$

且第一个不等号对任意 γ 都成立。因此存在 $\gamma < \gamma_{full}$ 使得

$$\max_{q\in[0,q_1]}\Pi_{opt}(\gamma) > \Pi^h_{full}(\gamma) > \Pi^l_{full}(\gamma).$$

如果 $q_1 < q^h_{full}(\gamma_{full})$，$q_1 < q^h_{full}(\gamma)\forall\gamma < \gamma_{full}$，也即完全信息下的右侧局部极大值总是出现在企业自愿选择完全信息披露的区域，此时 $q^*_{full}(\gamma) = q^h_{full}(\gamma) > q^*_{opt}(\gamma)$，强制披露相对于企业最优信息设计提高了研发投入激励。如果 $q_1 > q^h_{full}(\gamma_{full})$，可知最优信息下的企业利润在 $q \geq q_1$时随 q 递减，此时若进一步降低 γ，$q^*_{full}(\gamma)$递增，存在 γ 使得 $q^*_{full}(\gamma) = q^h_{full}(\gamma) > q^*_{opt}(\gamma)$ 和 $\max_{q\in[0,q_1]}\Pi_{opt}(\gamma) > \max_{q\in[q_1,+\infty]}\Pi_{opt}(\gamma)$ 同时成立，也即这一情形中同样存在 γ 使得强制披露相对于企业最优信息设计提高了研发投入激励。

<u>情形 3</u>：强制披露不影响企业研发投入激励。由于企业在 $\mathrm{q} \geq \mathrm{q}_1$时自愿选择完全披露，因而企业在 $[\mathrm{q}_1, +\infty)$上的局部最优研发投入水平在允许最优信息设计和强制披露两种情形下必然相

等。命题 2 证明了完全信息下研发风险足够低（$\gamma < \gamma_{\mathrm{full}}$）时企业在 $[q_1, +\infty)$上的局部最优即全局最优。与之类似，在最优信息设计下企业的总利润在 $[0, q_1)$上均匀有界（$\pi_h(q_1)$对任意 γ 都是 $\Pi_{\mathrm{opt}}(\gamma)$ 在 $[0, q_1)$ 上的上界），但在 $[q_1, +\infty)$区域内随着 γ 递减而递增并且无上界，因而对足够低的 γ 而言最优信息下 $[q_1, +\infty)$上的局部最优研发投入同样是全局最优。因此必然存在 γ 使得强制披露不影响企业研发投入激励。

附录 IV 消费者个体福利的补充分析

由正文分析可知，强制披露的信息效应虽然体现出“消费者信息越多，决策越精确”的特征，但由于后续阶段存在企业间的价格竞争，还包含了复杂的均衡调整过程。为了进一步理解这一内生的均衡效应，我们参照 Board (2009)的分析框架，对不同类型的个体消费者福利进行分析。

以$\gamma = 2.5$和$\gamma = 2$ 两个代表性的参数为例，图 IV1 展示了不同类型消费者在政策前后的福利变化，其中左图对应高研发难度的情形，而右图则对应中等研发难度的情形。与总福利分析类似，强制披露的信息效应（灰色虚线与红色实线的差值）在两种情境下性质相似：市场信息透明度提升后，一部分在自由信息设计下始终购买产品的消费者能够规避研发失败时以正的价格购入 0 质量产品的决策，从而实现福利提升，因此受到信息效应影响最显著的是中低类型的消费者。

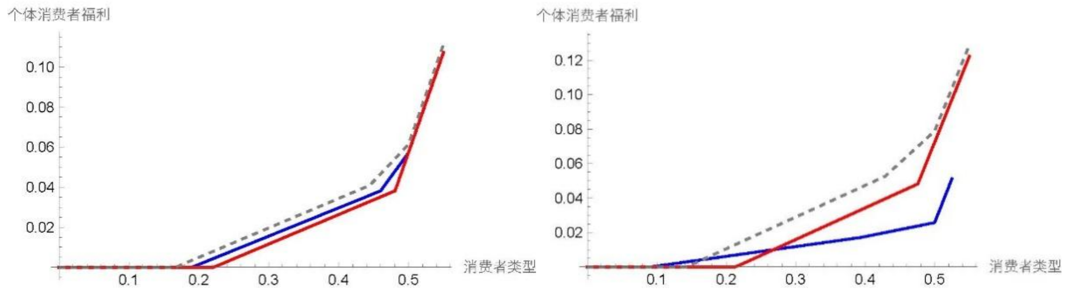


图 IV1 自由信息设计（红色实线）、强制披露（蓝色实线）和反事实场景（灰色虚线）下的消费者福利

注：图（a）：$\gamma = 2.5$；图（b）：$\gamma = 2$。

相较而言，强制披露的激励效应在不同研发难度下有显著差异。当研发难度较高时，强制披露导致研发策略更保守，目标质量显著下降而成功率提升有限，此时各类型消费者福利均下降（灰色虚线到蓝色实线），且总效应较小，故所有消费者类型的净福利效应均保持为正。当研发难度适中时，强制披露倒逼创新企业选择激进的研发策略。若研发成功，则消费者面对质量更高的产品质量分布，同时寡头竞争保证消费者面临的价格没有发生大幅上涨，因而大部分消费者福利显著提升；然而激进的研发策略伴随着研发成功率的急剧降低（从 0.368 下降到 0.0566），若研发失败，消费者只能面对在位企业的垄断，这一可能性的提升对消费者产生负面影响，并且对类型越高的消费者而言机会成本越高。从结果上看，激励效应对不同消费者的影响不同，其中少量低类型消费者从中获益，而更高类型的消费者则受损；结合信息效应，我们看到强制披露导致$\theta \in [0.0919, 0.263)$的消费者净福利提升，而更高类型的消费者则福利受损。

具体而言，当 $\gamma = 2.5$ 时，企业 E 在两种信息环境下均选择保守型的研发策略，且在强制披露下更加保守。在允许自由信息设计时，企业 E 选择完全隐匿，因此市场对其产品质量的预期始终为 0.147，只存在一个市场均衡；而在强制披露政策下则存在研发成功和研发失败两个状态下的市场均衡，两个状态中在位企业均为质量领导者，但创新企业的产品质量不同导致均衡不同。

表 IV1 $\gamma = 2.5$时的均衡结果对比

	q	$\mu(q\|\gamma)$	$E(q)$	$\underline{\theta}$	$\bar{\theta}$	p_E	p_I
自由信息设计	0.4	0.368	0.147	0.221	0.481	0.0326	0.443
强制披露（研发失败）	0.296	0.477	0.141	--	0.5	0	0.5
强制披露（研发成功）				0.190	0.460	0.0562	0.380

图 IV1（a）展示了不同类型消费者在政策前后的福利变化。具体而言，可以分为六个消费者类型的区域：$\theta \in (0,0.190]$ 的消费者在任何情况下都不会购买，因而强制披露政策对其没有影响。$\theta \in [0.190,0.221)$ 的消费者在自由信息设计下不购买任何产品，其效用始终为0，而在强制披露政策下由于可以识别企业 E 研发失败的情况从而避免误购，因而在研发成功的情况下可以放心购买并获取正效用。$\theta \in [0.221,0.481)$的消费者在自由信息设计下购买 E，并有一定概率以 0.0326 的价格购入质量为 0 的产品，而强制披露政策则使得这一部分消费者能够在研发成功和失败时在是否购入产品 E（当 $\theta \in [0.221,0.460)$时）或是否购入产品 I（当 $\theta \in [0.460,0.481)$时）之间做出更准确的判断，避免负效用从而获益。$\theta \in [0.481,0.5)$的消费者在自由信息设计下以 0.443 的价格购买 I，而强制披露政策下创新企业研发成功时以较低价格购买 I，研发失败时由于价格过高选择不购买任何产品。这一部分消费者由于其类型相对较低，因而强制披露带来的净效应为正。$\theta \in [0.5,1]$的消费者在两种信息环境下均购买 I，其中自由信息设计下价格始终为 0.443，而强制披露下则在两个研发状态面对两种不同的价格。由于其期望价格与自由信息设计下的价格几乎一致，且消费者风险中性，其净效应可以忽略。

当 $\gamma = 2$ 时，企业 E 在自由信息设计时选择保守型的研发策略和完全隐匿的披露策略，因此市场对其产品质量的预期始终为 0.147，只存在一个市场均衡；但在强制披露下转向激进型研发策略，且存在研发成功和研发失败两个状态下的市场均衡：研发失败时在位企业垄断市场，研发成功时创新企业成为质量领导者。

表 IV2 $\gamma = 2$时的均衡结果对比

	q	$\mu(q\|\gamma)$	$E(q)$	$\underline{\theta}$	$\bar{\theta}$	p_E	p_I
自由信息设计	0.5	0.368	0.184	0.214	0.476	0.0393	0.428
强制披露（研发失败）	1.436	0.0566	0.0813	--	0.5	0	0.5
强制披露（研发成功）				0.0919	0.395	0.264	0.0919

图 IV1（b）展示了不同类型消费者在政策前后的福利变化。具体而言，$\theta \in (0,0.0919]$的消费者始终不购买，不受政策影响。$\theta \in \left(0.0919, 0.214\right]$的消费者在政策实施前不购买产品，而政策实施后能够在研发成功的情况下购买质量为 1 的在位产品，福利提升。$\theta \in (0.214,0.395]$的消费者在政策实施前始终购买新产品，其中产品质量为 0.5 的概率为 0.368，产品质量为 0 的概率为 0.632；而政策实施后则以极小的概率（0.0566）购买质量为 1 的在位产品（企业 E 研发成功），以极大的概率一无所获。由于一无所获对高（低）类型的消费者而言机会成本更高（低），可以看到有一部分较低类型的消费者能够从强制披露中获益，但超过阈值 0.263 的消费者则因失败概率的提升受损。当 $\theta \in (0.395,0.5]$时，消费者在强制披露下可能购买质量更高（1.436）的产品，但也可能一无所获，同样由于成功概率太低，这些消费者在政策实施后期望福利受损。当 $\theta > 0.5$时，消费者始终购买质量至少为 1 的产品，但强制披露下大概率面临更高的垄断价格，福利相对自由信息时降低。

参 考 文 献

[1] Benassi, C., A. Chirco, and C. Colombo, “Vertical Differentiation beyond the Uniform Distribution”, *Journal of Economics*, 2019, 126, 221–248.

[2] Bhattacharya, S., and D. Mookherjee, “Portfolio Choice in Research and Development”, *The RAND Journal of Economics*, 1986, 594–605.

[3] Board, O., “Competition and Disclosure”. *The Journal of Industrial Economics*, 2009, 57, 197–213.

[4] Hedlund, J., “Bayesian Persuasion by a Privately Informed Sender”, *Journal of Economic Theory*, 2017, 167, 229–268.

[5] Kamenica, E., and M. Gentzkow, “Bayesian Persuasion”, *American Economic Review*, 2011, 101, 2590–2615.

[6] Klette, T., and D. De Meza, “Is the Market Biased against Risky R&D?”, *The RAND Journal of Economics*, 1986, 133–139.

[7] Perez-Richet, E., “Interim Bayesian Persuasion: First Steps”, *American Economic Review*, 2014, 104, 469–474.

[8] Wauthy, X., “Quality Choice in Models of Vertical Differentiation”, *The Journal of Industrial Economics*, 1996, 345–353.