

doi: 10.19920/j.cnki.jmsc.2022.03.005

# 双渠道条件下基于 CSR 的产品质量信号传递博弈模型<sup>①</sup>

李余辉<sup>1,2</sup>, 倪得兵<sup>1\*</sup>, 唐小我<sup>1</sup>

(1. 电子科技大学经济与管理学院, 成都 611731; 2. 桂林电子科技大学商学院, 桂林 541004)

**摘要:** 从信息拥有主体和信息共享方式的视角, 考虑一条由 1 家制造商、1 家传统零售商、1 家电子零售商和消费者构成的供应链, 上游制造商拥有产品质量这一私人信息, 并利用企业社会责任(CSR)向供应链下游纵向传递该私人信息. 建立了在双渠道背景下, 基于 CSR 这一间接信息传递方式的上游质量信号传递博弈模型, 完整地刻画了该模型的混同均衡和分离均衡, 并利用“直观标准”选出了唯一的分离, 以考察 CSR 在传统渠道与电子渠道共存的竞争性市场环境下传递制造商质量信息中的角色. 均衡结果表明, 在一定的技术条件下, 适中的 CSR 水平能够(在分离均衡意义下)准确传递制造商质量信息; 最低的临界 CSR 水平所对应的均衡是唯一满足“直观标准”的分离均衡; 在满足“直观标准”的分离均衡下, 一些外生因素对高质量制造商的均衡利润的影响依赖于下游渠道之间的市场竞争效应和上游通过 CSR 实现质量信息揭示的信息成本效应. 这些结果揭示了上游企业在下游双渠道竞争性环境下利用 CSR 行为传递其质量信息的动机.

**关键词:** 企业社会责任; 产品质量; 双渠道; 供应链

**中图分类号:** F062.5; F270.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2022)03-0088-19

## 0 引言

“信息”已成为供应链中最重要的资源之一, 供应链伙伴企业之间进行信息共享, 一方面可以减少企业信息失真及信息风险问题, 缓解“牛鞭效应”的不良影响, 提升供应链运营绩效, 另一方面可以有效协调供应链企业伙伴关系, 整合各自优势资源, 从而提升所处供应链的竞争优势. 随着众多信息技术, 如电子数据交换(EDI)、应用销售终端(POS)的发展与成熟, 供应链企业从技术条件上具备了直接实现信息共享的可能, 信息共享问题随之成为供应链管理中的研究焦点. 在这方面, 文献主要关心如下问题: 1) 刻画信息共享的价值<sup>[1,2]</sup>; 2) 事前垂直信息共享的激励<sup>[3,4]</sup>;

3) 横向竞争条件下的事前信息共享激励<sup>[5,6]</sup>; 4) 事后信息共享激励<sup>[7]</sup>. 这些研究表明, 针对下游需求信息的共享通过提高供应链运作效率而具有价值, 也揭示了下游企业共享相应信息的策略性动机. 值得注意的是, 这些研究均对信息共享行为作了隐含的假设, 即将观察到的信息直接并真实地告诉缺乏信息的企业. 这种共享方式的好处是简单而直接, 但从动机上看, 这种直接的信息共享方式缺乏对信息拥有者的行为动机的显性展现. 考虑到各节点企业具有经营决策的独立性和面临短期利益的矛盾性, 因此拥有信息的下游企业具有扭曲信息的动机<sup>[8]</sup>, 这进而使得这种直接共享方式将一方面依赖于昂贵的信息系统, 另一方面也依赖于稳定可靠的伙伴关系. 然而现实

① 收稿日期: 2016-06-12; 修订日期: 2021-02-28.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71972026); 国家自然科学基金应急管理资助项目(71840007); 国家自然科学基金地区科学基金资助项目(72061007; 72161006); 教育部人文社会科学研究资助项目(20YJC630020; 21XJA630009); 广西科技基地和人才专项资助项目(AD19245100);

通讯作者: 倪得兵(1973—), 男, 重庆永川人, 博士, 教授, 博士生导师. Email: nidb@uestc.edu.cn

中,企业在这两方面投入的建设资金与公关成本通常不菲,这将可能导致信息共享的价值低于上述投入成本从而无利可图<sup>[9]</sup>。鉴于此,有必要考察间接的信息共享机制。

在间接的信息共享机制的实现机制方面,信息经济学中的信号传递模型为此提供了可行的理论分析框架。在这方面,经济学文献中利用信号传递模型这一框架来研究信息共享的成果已比较丰富,但是在供应链背景下,特别是存在下游竞争性市场环境的供应链中,考察企业私人信息在链上的纵向共享这一问题的文献却相对少见。在这方面,供应链文献开始试图研究下游需求信息如何通过上游企业的行为在下游企业之间间接传递。例如,文献[10]研究了下游企业的私人需求信息如何通过上游企业的批发价从一个零售商向另一个竞争性零售商泄露,在该过程中,上游企业的批发价充当间接传递信号的角色。另一方面,从信息拥有主体的视角来看,上游企业通常也拥有如产品质量、成本等私人信息,但考察上游企业如何间接地向存在竞争性的下游企业传递私人信息这一问题的供应链文献还比较鲜见。鉴于此,本文将尝试探讨在存在下游横向竞争的供应链中,考察拥有私人质量信息的上游企业如何同下游竞争性零售商以及市场消费者实现质量信息间接共享这一问题。

有关产品质量的私人信息传递,经济学文献的研究成果已比较丰富,研究揭示了广告、产品价格(或者拍卖中的初始叫价)等作为间接共享质量信息的工具,皆具有实现质量信息传递的功能<sup>[11-13]</sup>。这些研究成果和标准的信号传递理论<sup>[14]</sup>揭示的关键要点之一,是企业可以通过特定“浪费性”支出来传递自己的真实类型。企业社会责任(corporate social responsibility, CSR)行为(指企业在创造利润、对股东利益负责的同时,还应承担对员工、对社会和环境的社会责任,包括遵守商业道德、生产安全、职业健康、保护劳动者的合法权益、节约资源等)也是一项需要投入大量资源的企业行为。但从边际产出的意义上看,CSR行为由于通常与特定产品或服务的生产及销售没有

直接关系,从而类似于一项固定成本,可视为是种“浪费性”支出。例如,根据时代周刊(*Time*, 2015)报道<sup>②</sup>,美国星巴克公司投入2.5亿美元试图改善员工教育福利,以减免学费形式来支持员工接受高等教育,并且不限制员工毕业后回企业工作。在中国,越来越多的企业开始重视加强CSR运作并主动加入到CSR报告的队伍中<sup>③</sup>:据2013年~2019年中国企业社会责任报告白皮书显示,近年来发布CSR报告的中国企业数量一直保持年均20%以上的高速增长。因此,结合信号传递理论与CSR行为的性质可得到的直观推论是,在供应链背景下,拥有私人产品质量信息的上游企业可以通过CSR行为向下游企业和消费者实现质量信息的间接共享,进而使得各环节的供给和需求获得有效匹配。由于直接的信息共享方式缺乏对拥有信息行为人的动机的显性展现,而在信号传递博弈模型的框架下,利用CSR行为揭示产品质量类型信息是激励相容的选择,因此明确表达了信息行为人利用CSR传递质量信息的动机。本文将集中刻画并解释实现这一信号传递功能的条件。

关于供应链中节点企业实施CSR的动机,文献主要集中在讨论了如下3个方面:1)规避社会不负责任行为的风险,即CSR风险<sup>[15,16]</sup>;2)满足消费者的CSR偏好<sup>[17]</sup>;3)利用CSR行为建立和维持企业声誉<sup>[18,19]</sup>。本文将揭示与上述供应链企业的CSR行为动机不同的另一种CSR行为动机,即上游企业利用CSR行为来传递自己的私有质量信息。

此外,考虑到电子信息技术的快速发展,现实市场环境中企业的产品销售渠道往往并不是单一的,而呈现出传统零售渠道与电子零售渠道的竞争性局面。通常传统渠道与电子渠道在渠道营销方式、内容与效果等方面均存在差异,从而导致消费者面对传统渠道与电子渠道的同一产品存在质量感知方面的差异,这将进一步导致电子零售商通过价格竞争对传统零售渠道造成冲击。显然,这种冲击一方面会造成下游企业之间的横向竞争程度加剧,另一方面,这种冲击将会通过上游企业

② <https://hope.huanqiu.com/article/9CaKmJF5o9>

③ <http://finance.sina.com.cn/esp/investment/2020-11-12/doc-iiznctke1113520.shtml>

与下游企业的交易合同对上游企业实现质量信号传递的 CSR 策略性行为造成影响,所以从直觉上看,上游企业传递质量私有信息的信号行为水平将与下游企业的竞争性程度相关.考虑到传统渠道与电子渠道共存的竞争性市场环境更加复杂,也更加贴合市场实际,因此,值得关注的问题是,在这种竞争性环境中,下游企业的横向竞争行为对上游企业以传递质量信息为动机的 CSR 信号行为水平将造成怎样的影响?鉴于此,本文在双渠道的背景下,一方面考察上游企业利用 CSR 向下游企业及消费者实现信号传递功能的条件,另一方面刻画下游企业之间的横向竞争性程度对上游企业的 CSR 信号行为及盈利性的影响.

考虑一条由 1 家制造商、1 家传统零售商、1 家电子零售商和消费者构成的供应链.在该供应链中,上游制造商的产品质量信息是其私人信息,制造商可用企业社会责任(CSR)来传递该私人信息,消费者和下游两个零售商根据 CSR 信号推断产品质量.针对这种质量信息不对称,建立了基于 CSR 的信号传递博弈模型.在该模型中,第一阶段,制造商选择 1 个 CSR 水平和批发价;第二阶段,传统零售商与电子零售商根据观察到的 CSR 水平推断出产品的(相同)贝叶斯后验质量水平(从而预期市场需求),并结合批发价,同时决定订货量(从而决定零售价格);第三阶段,消费者根据观察到的 CSR 水平推断出产品的贝叶斯后验质量水平(与两家零售商相同)和两种渠道的零售价格决定购买渠道.再应用精炼贝叶斯均衡概念完整地刻画模型的混同均衡和分离均衡,并利用“直观标准”选出唯一的分离.在存在下游渠道竞争条件下,这均衡结果将可以回答如下 3 个问题:1)从分离均衡的角度,在什么条件下,CSR 行为能够真实地传递制造商产品的质量信息?2)在分离均衡的条件下(从而真实传递质量信息),下游渠道的竞争性程度(和其他外生因素)对上游制造商的信号传递行为及相应的盈利性是否产生影响?如何影响?3)如果考虑信息传递的效率,实现质量信息传递的最低 CSR 水平(满足文献[20]中的“直观标准”)是多少?是否受到渠道竞争性(和其他外生因素)的影响?如何影响?

对上述问题的回答将具有如下创新性贡献.

首先,从模型的角度,将文献[21](考察具有私人产品质量信息上游供应商利用企业社会责任行为向下游零售商及消费者共享质量信息的可行性问题)和文献[22](将文献[21]中模型扩展到消费者具有社会责任偏好的情形)的研究扩展到具有下游渠道竞争的情形.但是上述文献均没有考虑下游渠道竞争.本文在双渠道背景下,考虑下游横向竞争性程度对上游企业的产品质量信息间接共享问题的影响.其次,从结果的角度,由于 CSR 行为具有成本(从而可以方便地刻画以 CSR 作为信号传递工具的信息成本),本文的结果能够揭示外生因素的变化(如渠道替代性程度、高质量产品市场规模、低质量产品的市场规模、低质量制造商的 CSR 边际成本和高质量制造商的 CSR 边际成本等)影响不同类型(生产高质量产品和生产低质量产品)制造商盈利性的市场竞争效应和信息成本效应(命题 7 和命题 8).第三,从信息传递的方向上,本文的结果可以补充文献[10]关于上游企业通过需求信息泄露实现下游竞争企业之间的需求信息传递:刻画的分离均衡表明,上游企业可以通过 CSR 行为将上游的质量信息同时传递给下游的竞争性零售商.最后,从信息共享方式选择这一管理含义的角度,基于“直观标准”均衡选择下的信息成本可以为实践者提供决策参考:供应链管理可以通过权衡直接信息共享下的诸如信息系统构建等成本和间接信息共享下的信息成本来选择其信息共享方式.

## 1 模型描述

考虑由 1 家制造商  $M$ 、1 家传统零售商  $R_1$ 、1 家电子零售商  $R_2$  和消费者构成的两阶段供应链.制造商考虑将新开发的一款产品(耐用品)投入市场,面对同样的生产要素,由于生产环节中各种因素影响导致该产品存在质量差异,将产品质量分为高质量( $H$ )和低质量( $L$ )两种类型,相应地,制造商具有  $H$  型和  $L$  型两种类型.考虑到该产品是耐用品,从而消费者只有在消费后才能知晓其质量类型.假设产品质量信息是制造商的私人信息,其先验分布(作为共同知识)为  $\Pr(M=H) = \mu_0$ ,  $\Pr(M=L) = 1 - \mu_0$ , 其中  $0 < \mu_0 < 1$ . 传统

零售商、电子零售商与消费者均不知道制造商的真实类型,但制造商可通过可被两个零售商和消费者共同观测到的 CSR 行为  $t$  来向两个零售商和消费者传递质量信号,进而改善两家零售商和消费者的质量信念,即两家零售商和消费者根据观测到的  $t$  将先验概率  $\mu_0$  修正为(相同的)后验信念  $\mu(t) = \Pr(M = H | t)$ 。进一步,假设 H 型和 L 型制造商的边际 CSR 成本分别为  $k_H$  和  $k_L$  (常数),并且  $k_L > k_H$ ,即 L 型制造商具有较高的边际 CSR 成本,从而实施 CSR 或披露 CSR 信息的意愿较弱。这与 Knox 等<sup>[23]</sup>的实证结果一致:相对于大规模和高质量企业,小规模且低质量企业实施 CSR 或披露 CSR 信息的积极性明显较低。为单独讨论 CSR 传递质量信息的角色,假设 CSR 本身不会为消费者带来额外的效用。

制造商将单位生产成本为  $c_m$  (两类产品单位生产成本相同,即  $c_{mH} = c_{mL} = c_m$ ) 的产品以批发价格  $w$  分销给两家零售商。考虑传统渠道和电子渠道在营销方式、营销内容和营销效果等方面的差异,消费者对不同渠道的产品质量的感知可能存在差异<sup>[24]</sup>,例如,对于有保质期或触感要求的消费品(如生鲜品、家具等),消费者则可能偏向于传统渠道购买,而对于计算机、通信与消费类电子(3C)产品,消费者则可能偏向于向电子渠道购买。消费者对不同渠道的质量感知差异将导致两种渠道产品之间的产品差异化。因此,借鉴文献<sup>[25]</sup>,假设传统渠道与电子渠道的需求函数分别为

$$D_1 = D_1(\mu) = \alpha_\mu - p_1 + \beta p_2$$

$$D_2 = D_2(\mu) = \alpha_\mu - p_2 + \beta p_1$$

式中  $\alpha_\mu$  表征在消费者后验信念  $\mu$  下的市场容量,  $\alpha_\mu = \mu\alpha_H + (1 - \mu)\alpha_L$ ,  $0 \leq \mu \leq 1$ ;  $\alpha_H$ 、 $\alpha_L$  则分别表征高质量产品 ( $\mu = 1$ )、低质量产品 ( $\mu = 0$ ) 的市场容量  $\alpha_H > \alpha_L > 0$ ;  $\beta$  是两种渠道之间的替代性程度  $0 < \beta < 1$ ;  $p_1$  和  $p_2$  分别表示相应渠道的零售价格。最后不失一般性,假设两家零售商在销售过程中销售成本均为零。

供应链中各事件的发生顺序如下。首先,制造商(信号发送者)选择 CSR 水平  $t$  和(向两家零售商出售产品的相同)批发价格  $w$ ;其次,两家零售商和消费者(信号接受者)同时根据制造商的

CSR 水平  $t$  来推断其产品质量水平,三者的推断过程一致并且形成相同的后验贝叶斯质量信念  $\mu = \Pr(M = H | t)$ ;接着,对于任意给定的  $w$ ,两家零售商同时决策自己的零售价格  $p_1$  和  $p_2$ ;最后,对于任意给定的零售价格  $p_1$  和  $p_2$ ,消费者决定选择零售商并决定是否购买其产品。

供应链中各成员的决策行为如下。

**两零售商决策** 在给定的批发价格  $w$ ,以及由 CSR 水平  $t$  而修正的、与消费者相同的后验信念  $\mu$  下,传统零售商与电子零售商以最大化其利润,同时确定各自的零售价格  $p_1$ 、 $p_2$ ,其决策目标可描述为

$$p_1(w, \mu) = \arg \max_{p_1} (p_1 - w) (\alpha_\mu - p_1 + \beta p_2)$$

$$p_2(w, \mu) = \arg \max_{p_2} (p_2 - w) (\alpha_\mu - p_2 + \beta p_1)$$

**制造商决策** 根据两家零售商的上述策略  $p_1(w, \mu)$ 、 $p_2(w, \mu)$  及后验信念对 CSR 水平  $t$  的反应函数  $\mu(t)$  制造商以最大化其利润,选择 CSR 水平  $t$  与批发价格  $w(\mu)$  即

$$\max_{t, \mu} (w - c_m) [D_1(w, \mu) + D_2(w, \mu)] - k_i t, \\ i = H, L$$

应当指出,上述决策顺序的假设似乎蕴含着如下可能性:两家零售商和消费者可以形成不同的质量信念。但是,在“CSR 水平  $t$  作为质量信号”的假设下,三者均观察到同一信号,并通过相同的信息更新规则(贝叶斯法则)形成后验的质量信念,从而相同的质量信念是个自然的结果。另一种可能性是从消费者的角度,两家零售商的零售价格( $p_1$ 和 $p_2$ )也作为传递零售商“后验质量信念”的信号(因为零售商的价格决策先于消费者的购买决策)。此时,假设消费者的后验质量信念不同于零售商的后验质量信念,那么,零售商根据其质量信念“预期到”的需求函数将会不同于消费者根据自己后验质量信念而“形成的”需求函数。这将导致一个两难问题:零售商究竟根据哪个需求函数来进行自己的价格决策?因此,这种异质后验质量信念将会使得模型几乎缺乏分析的可能性。最后,在这种异质后验的条件下,简单做法是选择其中一个后验质量信念来进行分析。比如,选择零售商的后验质量信念以及相应需求函数进行分析。但是,这种方法导致的问题是,消费者为什么要放弃自己的后验质量

信念而根据零售商的后验质量信念来进行购买决策? 同样地, 如果选择消费者的后验质量信念以及相应需求函数进行分析, 则零售商(在拥有自己后验质量信念的条件下)为什么要根据消费者的后验质量信念来进行订货决策? 因此, 假设两家零售商和消费者具有共同的后验质量信念既保证了可分析性, 也能够回避上述后验质量信息两难选择问题。

下面将采用精炼贝叶斯均衡(PBE)求解上述信号传递模型。为便于描述与比较, 将不同情形下的模型符号说明如下。上标“\*”代表信息对称情形, 上标“p\*”(s\*)表征信息不对称情形下的混同均衡(分离均衡), 下标“1(2)”表征传统零售商(电子零售商), 下标“i(i=H,L)”表征面临的产品质量类型或制造商类型。

## 2 信息对称情形模型求解

作为比较基准, 首先讨论信息对称情形模型的子博弈精炼均衡。在信息对称情形下, 传统零售商、电子零售商与消费者均事先知道制造商的产品质量信息, 即已知制造商的质量类型, 此时传统零售商与电子零售商分别决策各自零售价格, 消费者决策购买行为。为保证制造商总有正的供货量, 假设其产品的单位生产成本  $c_m$  充分小。命题1给出了此基准情形下的均衡结果。

**命题1** 信息对称情形下, H型、L型制造商及两家零售商在相应质量类型  $i(i=H,L)$  下, 均衡策略与利润如下:

1) 制造商的CSR水平为  $t_H^* = t_L^* = 0$ , 批发价格为

$$w_i^* = \frac{\alpha_i}{2-2\beta} + \frac{c_m}{2}$$

2) 两家零售商的零售价格为

$$p_{1i}^* = p_{2i}^* = \frac{c_m(1-\beta) + \alpha_i(3-2\beta)}{2(1-\beta)(2-\beta)}$$

3) 制造商利润为

$$\pi_{M_i}^* = \frac{(\alpha_i - c_m(1-\beta))^2}{2(1-\beta)(2-\beta)}$$

传统零售商与电子零售商的利润为

$$\pi_{R_{1i}}^* = \pi_{R_{2i}}^* = \frac{4\alpha_i^2 - (\alpha_i + c_m(1-\beta))^2}{4(2-\beta)^2}$$

证明见附录。

命题1指出, 在信息对称情形下制造商最优CSR水平为0, 这意味着, 制造商没有必要利用CSR发送质量信号。通过对比两种质量类型下市场需求与制造商利润可知  $\pi_{M,H}^* \geq \pi_{M,L}^*$ 。这表明, 产品的高质量意味着市场的高需求, 进而为制造商带来高收益。

为叙述与比较的方便, 引入函数  $\pi(\alpha) = \frac{(\alpha - c_m(1-\beta))^2}{2(1-\beta)(2-\beta)}$ , 则在该记号下有  $\pi_{M_i}^* = \pi(\alpha_i)$ , 且易知  $\pi(\alpha)$  是关于  $\alpha \in (c_m(1-\beta), +\infty)$  的严格递增函数。

## 3 信息不对称情形模型求解

在此情形下, 由于制造商(产品质量)类型信息是不对称的, 消费者只能根据制造商CSR水平来修正其质量信念, 进而影响产品市场需求。基于消费者这一反应, 不同类型制造商均有传递或隐藏自身类型的动机。因此, 这一不完全信息下的动态博弈可能存在不同类型的精炼贝叶斯均衡: 混同均衡与分离均衡。

### 3.1 混同均衡求解

在混同均衡下, 不同类型的制造商选择实施相同的CSR策略, 从而隐藏私有质量信息。直觉上, 由于制造商的混同CSR行为未传递任何制造商类型信息, 从而消费者不能通过CSR行为修正其关于质量水平的先验信念, 进而使得市场需求只取决于该先验信念, 而与制造商的具体类型无关。这反过来使得零售商和制造商的决策与制造商的具体类型无关。其次, 在混同均衡中, 对非均衡路径上后验信念的定义是需要关注的问题: 这关系到混同均衡是否存在。简单的方式是定义所有非均衡路径上消费者的后验信念均为零, 但这种方式显然不太合理——从消费者的视角来看, 由于H型制造商较L型制造商更愿意实施CSR<sup>[23]</sup>, 故其信念结构应具有如下特点: 若制造商选择的CSR水平较低, 则会被推断为L型; 若制造商选择的CSR水平较高, 则会被推断为H型。因此在非均衡路径上, 消费者的合理后验信念应当具有关于CSR水平单调不减的性质。鉴于此, 对其后

验信念做如下合理的限制性假设: 消费者后验信念  $\mu = \mu(t)$  是关于  $t$  的单调不减函数. 文献 [8] 在分析供应链中的需求信息泄露问题时也做了类似的假设.

为刻画混同均衡, 首先讨论存在混同均衡的必要条件. 即混同均衡中后验信念需满足的必要性质, 该条件将为求解混同均衡提供基础.

引理 1 存在混同均衡  $t^{p*}$  的必要条件是后验信念满足下述性质: 在  $0 \leq t < t^{p*}$  上,  $\mu < \mu_0$ ; 在  $t \geq t^{p*}$  上,  $\mu = \mu_0$ .

证明见附录.

引理 1 给出了混同均衡中后验信念需满足的必要性条件. 基于该条件, 命题 2 给出了关于混同均衡存在的充分性条件, 并具体刻画了模型的混同均衡结果.

命题 2 下列策略组合和后验信念构成混同均衡

1) 制造商的 CSR 水平为

$$t^{p*} \in \left[ 0, \frac{\pi(\alpha_{\mu_0}) - \pi(\alpha_{\mu^r})}{k_L} \right]$$

批发价格为

$$w^{p*} = \frac{\alpha_{\mu_0}}{2 - 2\beta} + \frac{c_m}{2}$$

式中  $\alpha_{\mu^r} = \mu^r \alpha_H + (1 - \mu^r) \alpha_L$ ;

2) 两家零售商的零售价格为

$$p_1^{p*} = p_2^{p*} = \frac{c_s(1 - \beta) + \alpha_{\mu_0}(3 - 2\beta)}{2(1 - \beta)(2 - \beta)}$$

3) 后验信念为

$$\mu = \begin{cases} \mu^r & t < t^{p*} \\ \mu_0 & t \geq t^{p*} \end{cases}$$

式中  $0 \leq \mu^r < \mu_0$ ;

4) 两类制造商的利润分别为

$$\pi_{M_i}^{p*} = \pi(\alpha_{\mu_0}) - k_i t^{p*}, i = H, L$$

两家零售商的利润为

$$\pi_{R_1}^{p*} = \pi_{R_2}^{p*} = \frac{4\alpha_{\mu_0}^2 - (\alpha_{\mu_0} + c_m(1 - \beta))^2}{4(2 - \beta)^2}$$

证明见附录.

命题 2 刻画了信号传递博弈模型的混同均衡. 首先, 值得指出的是, 在命题 2 中, 允许非均衡路径(信号)  $t < t^{p*}$  上的信念  $\mu(H|t) = \mu^r = 0$ . 这似乎意味着制造商的质量信息被完全揭示

(分离)了. 然而这种理解并不符合精炼贝叶斯均衡定义中的策略性含义: 一方面, 非均衡路径上的信念不受贝叶斯法则的约束; 另一方面, 非均衡路径上的信念(及其引致的信号接受者的行为)使得信号传递者选择均衡路径(在本文中,  $\mu(H|t) = \mu^r = 0$  使得两类制造商均选择均衡路径  $t^{p*}$ ). 将命题 2 与信息对称情形的命题 1 进行比较不难发现: 对于 L 型制造商而言, 在不对称情形下的利润大于在对称情形下的利润 ( $\pi_{M,L}^{p*} \geq \pi_{M,L}^*$ ), 而对于 H 型制造商而言, 在不对称情形下的利润小于在对称情形下的利润 ( $\pi_{M,H}^{p*} < \pi_{M,H}^*$ ). 这意味着, 信息的不对称性带给 L 型制造商的影响是正面的, 而带给 H 型制造商的影响是负面的. 其原因是, 在混同均衡下由于两类制造商选择相同的 CSR 策略, 因此下游两家零售商和消费者无法根据贝叶斯法则更新先验概率, 从而只能利用先验信念对质量水平进行推断, 进而导致了产品质量水平的“平均化”. 在该影响下, 与信息对称情形相比较, L 型制造商需求曲线相对上移, 而 H 型制造商需求曲线则相对下移, 进而导致 L 型制造商获利而 H 型制造商受损. 这一结果也同时暗示, H 型制造商具有通过 CSR 揭示自身质量信息的动机, 而 L 型制造商则没有这种动机.

鉴于 H 型制造商具有传递质量信号进行类型分离的动机, 下面讨论分离均衡.

### 3.2 分离均衡求解

在分离均衡下, 不同类型的制造商会选择实施不同的 CSR 水平, 来传递私有质量信息. 直觉上看, 因为制造商的 CSR 行为揭示了制造商类型信息, 导致消费者可以通过 CSR 行为修正其关于质量水平的先验信念(得到后验信念); 进而使得市场需求取决于修正后的后验信念, 即与制造商的具体类型相关. 这反过来使得两家零售商与制造商的决策与制造商类型相关. 为刻画分离均衡, 下面首先讨论存在分离均衡的必要条件, 即分离均衡中后验信念需满足的必要性质, 该条件将为分离均衡的刻画提供理论基础.

引理 2 存在分离均衡 ( $t_L^{s*}, t_H^{s*}$ ) 的必要条件是

1)  $t_L^{s*} = 0, t_H^{s*} > 0$ ;

2) 当  $t = t_L^{s*} = 0$  时,  $\mu(t) = 0$ ; 当  $t \geq t_H^{s*}$  时,  $\mu(t) = 1$ .

证明见附录.

引理 2 给出了分离均衡中后验信念需满足的必要性条件,指出 L 型制造商的 CSR 策略与完全信息情形下相同,而 H 型制造商则需向上偏离完全信息下 CSR 策略.基于此,命题 3 给出了关于分离均衡的存在充分性条件,并给出了分离均衡的具体刻画.

命题 3 下列策略组合和后验信念构成分离均衡:

1) 制造商 CSR 水平为

$$t_H^{**} \in [t_2, t_1] = \left[ \frac{\pi(\alpha_H) - \pi(\alpha_L)}{k_L}, \frac{\pi(\alpha_H) - \pi(\alpha_L)}{k_H} \right],$$

$$t_L^{**} = 0$$

批发价如命题 1 中结论 1) 所示;

2) 传统零售商与电子零售商的零售价如命题 1 中结论 2) 所示;

$$3) \text{ 后验信念为 } \mu = \begin{cases} 1 & t \geq t_H^{**} \\ 0 & t < t_H^{**} \end{cases};$$

4) 制造商利润为

$$\pi_{M_H}^{**} = \pi(\alpha_H) - k_H t_H^{**}, \pi_{M_L}^{**} = \pi(\alpha_L)$$

两家零售商利润如命题 1 中结论所示.

证明见附录.

命题 3 刻画了信号传递博弈模型的分离均衡,同时揭示了制造商利用 CSR 实现私人质量信号传递的机理:由于意识到实施 CSR 行为能够提升消费者质量信念,推动需求曲线向上移动,因此 L 型制造商会具有模仿 H 型制造商 CSR 行为的内在动机.但是二者在实施能力方面存在差异:在实施成本上,L 型制造商的 CSR 边际成本相对于 H 型制造商而言更大( $k_L > k_H$ ),故其利润函数关于 CSR 的下降速率要来得更快.因此,当 H 型制造商 CSR 高到一定水平时( $t_H^{**} \geq t_2$ ),L 型制造商意识到通过模仿后将会得不偿失,进而放弃逆向选择行为,于是两类制造商成功实现类型分离.应当指出,直觉上,可能存在“L 型制造商选择低但大于 0 的 CSR 水平,而 H 型制造商选择高的 CSR 水平”这样的分离均衡.但是,这一直觉并不成立.原因是分离均衡意味着,只要低水平(但大于 0)的 CSR 揭示出制造商的低质量(L 型),则由于 CSR 是

有成本的,L 型制造商选择任何大于 0 的 CSR 水平,与 CSR 水平为 0 的策略相比不占优,从而意味着 L 型制造商不是理性的.因此,不可能存在“L 型制造商选择低但大于 0 的 CSR 水平”的分离均衡.

### 3.3 基于“直观标准”的均衡选择

上述分析显示,质量信号传递博弈的混同均衡和分离均衡均存在.问题是,现实中哪种均衡更可能实现?这是精炼贝叶斯均衡的选择问题.根据 Cho 与 Kreps<sup>[20]</sup>的“直观标准”(intuitive criterion)通过剔除非均衡路径上不可置信的后验信念可以将不合理的均衡策略剔除,从而得到数量更少或范围更小的均衡策略.下面首先叙述“直观标准”定义,然后利用该标准剔除不合理的均衡策略,选择出合理的均衡,最后对满足“直观标准”的精炼贝叶斯均衡进行比较静态分析.

考虑二人信号传递博弈:参与人 1(制造商)为信号发送者,参与人 2(零售商)为信号接受者,参与人 1 的类型  $\theta \in \Theta = \{H, L\}$  为私有信息,参与人 2 的先验信念是  $\mu(H) = \mu_0, \mu(L) = 1 - \mu_0$ .“自然”首先选择参与人 1 的类型  $\theta$ ,参与人 1 在观测到类型  $\theta$  后选择发出信号(CSR 水平)  $t \in T = [0, +\infty)$ ,参与人 2 在观测到信号  $t$  后利用贝叶斯法则从先验信念  $\mu_0$  得到后验信念  $\mu = \mu(H | t)$ ,然后选择策略(价格)  $p \in Q = [0, +\infty)$ ,支付函数分别为  $u_1(t, p, \theta)$  和  $u_2(t, p, \theta)$ .其中参与人 2 观测到信号  $t$  后的(合理)策略为

$$p \in BR(\Theta | t) = \arg \max_{p \in Q} \sum_{\theta \in \Theta} \mu(\theta | t) u_2(t, p, \theta)$$

定义 1 设  $(t^*, p^*, \mu)$  是上述信号传递博弈中的精炼贝叶斯均衡, $u_1^*(\theta)$  是类型为  $\theta$  的参与人 1 的均衡支付.如果  $u_1^*(\theta) > \max_{p \in Q} u_1(t_0, p, \theta)$ ,称非均衡路径  $t_0 (\neq t^*)$  是类型为  $\theta$  的参与人 1 的均衡劣信号.如果  $t_0$  是类型为  $\theta$  的参与人 1 的均衡劣信号,但不是其他类型  $\theta_0 (\neq \theta)$  的参与人 1 的均衡劣信号,且参与人 2 关于参与人 1 类型的后验信念满足  $\mu(\theta | t_0) \neq 0$ ,则称该精炼贝叶斯均衡  $(t^*, p^*, \mu)$  不满足“直观标准”,否则称其满足“直观标准”<sup>[20]</sup>.

根据上述“直观标准”,接下来对命题 2 的混同均衡和命题 3 的分离均衡进行选择.首先考虑混同均衡.

命题 4 命题 2 中所有的混同均衡都不满足“直观标准”。

证明见附录。

命题 4 成立的原因如下。对于命题 2 中任意给定的混同均衡 CSR 水平  $t^{p*}$ ，由于总可以找到某一个处于非均衡路径上的

$$t_0 \in \left[ t^{p*} + \frac{\pi(\alpha_H) - \pi(\alpha_{\mu_0})}{k_L}, t^{p*} + \frac{\pi(\alpha_H) - \pi(\alpha_{\mu_0})}{k_H} \right]$$

(相应的批发价格为  $w_0 = w^{p*}$ ) 使得该非均衡路径是 L 型制造商的均衡劣战略但不是 H 型制造商的均衡劣战略，从而“直观上”意味着 L 型制造商没有从均衡路径(信号)  $t^{p*}$  偏离到非均衡路径  $t_0$  的动机，而 H 型制造商具有该偏离的动机。因此，“直观标准”要求  $t^{p*}$  所对应的混同均衡的后验信念在  $t_0$  处应为  $\mu(L | t_0) = 0$ 。然而，命题 2 在  $t^{p*}$  所对应的混同均衡在  $t_0$  处的后验信念却是  $\mu(L | t_0) = 1 - \mu_0 \neq 0$  (当  $t_0 > t^{p*}$  时)。因此，在命题 2 中，任意 CSR 水平  $t^{p*}$  所对应的混同均衡中非均衡路径的后验信念在“直观标准”下均是不合理的，从而应当剔除。特别地，对于  $t^{p*} = 0$  所对应的混同均衡，任意的

$$t_0 \in \left[ \frac{\pi(\alpha_H) - \pi(\alpha_{\mu_0})}{k_L}, \frac{\pi(\alpha_H) - \pi(\alpha_{\mu_0})}{k_H} \right]$$

在非均衡路径上。由于  $t_0 > t^{p*}$ ，命题 2 意味着  $\mu(t_0) = \mu(H | t_0) = \mu_0$ 。但是，由附录的证明可知，L 型制造商没有偏离均衡路径  $t^{p*} = 0$  而去选择上述  $t_0$  的动机(即上述  $t_0$  是 L 型制造商的均衡劣战略)，而同时 H 型制造商却具有该偏离的动机(即上述  $t_0$  不是 H 型制造商的均衡劣战略)。那么，“直观标准”要求在上述非均衡路径  $t_0$  上所赋予的合理信念应为  $\mu(L | t_0) = 0$ 。显然，此信念不等于命题 2 赋予  $t_0$  上的后验信念  $\mu(L | t_0) = 1 - \mu_0 \neq 0$ 。因此，命题 2 中混同均衡  $t^{p*} = 0$  所对应的非均衡路径

$$t_0 \in \left[ \frac{\pi(\alpha_H) - \pi(\alpha_{\mu_0})}{k_L}, \frac{\pi(\alpha_H) - \pi(\alpha_{\mu_0})}{k_H} \right]$$

上的信念不满足“直观标准”，因此应当剔除。

基于直观标准考察分离均衡的选择。

命题 5 在命题 3 的所有分离均衡中，当且

仅当  $t_H^{s*} = t_2 = \frac{\pi(\alpha_H) - \pi(\alpha_L)}{k_L}$  所对应的均衡满足“直观标准”。

证明见附录。

命题 5 成立的原因如下。考虑命题 3 中任意的 CSR 水平  $t^{s*} \in (t_2, t_1]$  所对应的分离均衡。由根据命题 3 的证明可知，L 型制造商能够实施的最大的 CSR 水平为  $t_2$ ，而 H 型制造商能够实施的最大的 CSR 水平为  $t_1$ ，因此对任意给定的均衡路径  $t^{s*} \in (t_2, t_1]$  (相应的批发价为  $w_H^{s*}$ )，总存在非均衡路径  $t_0 = t_2$  (和相应的批发价格  $w_H^{s*}$ )，使得该非均衡路径是 L 型制造商的劣均衡战略，但不是 H 型制造商的劣均衡战略。所以，根据“直观标准”，当观测到水平为  $t_0 = t_2$  的 CSR 行为时，两家零售商与消费者应当合理地推断：此时制造商不可能是 L 型，从而相应的在  $t_0 = t_2$  处的后验信念应为  $\mu(L | t_0 = t_2) = 0$ 。但是，在命题 3 中，该处后验信念为  $\mu(L | t_0 = t_2) = 1$ 。因此，命题 3 中任意 CSR 水平  $t^{s*} \in (t_2, t_1]$  所对应的分离均衡都不满足“直观标准”。最后说明，命题 3 中 CSR 水平  $t^{s*} = t_2$  所对应的分离均衡满足“直观标准”。这是因为，对于任意非均衡路径  $t_0$  ( $t_0 < t_2$  或  $t_0 > t_2$ )，要么两类制造商都有可能偏离均衡路径  $t^{s*} = t_2$  而选择  $t_0$  (当  $t_0 < t_2$  时)，要么两类制造商都不会偏离均衡路径而选择  $t_0$  (当  $t_0 > t_2$  时)，从而使得缺乏应用“直观标准”的非均衡路径，进而“直观标准”自然满足。

命题 4 与命题 5 指出，经过“直观标准”对均衡进行选择后，剩下的(满足“直观标准”的)精炼贝叶斯均衡存在且唯一，即最低的临界 CSR 水平所对应的分离均衡。该均衡对应着(在 CSR 成本的意义)上最有效率的分离均衡。这一结论指出，如果制造商选择 CSR 水平作为其质量水平的信号传递工具，生产高质量商品的制造商(H 型)可以通过实施最小的临界 CSR 水平将其与生产低质量商品的制造商(L 型)相分离。这意味着，在供应链的背景下，制造商可以利用 CSR 来间接地向零售商和消费者传递质量私有信息，即 CSR 水平作为供应链中节点企业之间实现间接(质量)信息共享的工具是可行的。

如果将企业的 CSR 行为视作类似于广告的“浪费性”支出行为(产品生产与销售没有直接联系的成本) 则命题 5 的结论与文献 [11, 12] 在原理上是一致的: 高水平的广告支出( CSR 支出) 可以传递出企业产品为高质量水平的信息. 进一步, 关于 CSR 的实证研究也显示, 企业的 CSR 行为表现与消费者对企业产品的质量信念具有正相关关系. 例如, 文献 [26] 指出, 在 CSR 方面的负面形象支持着消费者对相应企业产品整体评价中的不利影响, 而在 CSR 方面的正面形象则会提升消费者对该企业产品的整体评价; 文献 [27, 28] 发现, 企业的 CSR 行为增强了消费者对企业以及该企业产品的信任度, 进而转化为消费者对产品的购买欲望或行为; 文献 [29] 揭示, 相对于生产搜寻品(消费者在购买前就知道产品质量) 的企业, 生产经验品或信任品(消费者在购买前不知道产品质量) 的企业在 CSR 方面的绩效或表现更好. 因此, 企业的 CSR 自愿披露行为可以理解为: 企业产品质量信号, 因为这种披露行为反映了该企业对其产品质量富有足够的信心<sup>[30]</sup>. 此外, 从经营实践来看, 供应链企业在 CSR 方面的优异表现也通常会引致消费者对其产品质量产生更高的评价. 例如, 在 2008 年中国爆发“毒奶粉”事件后, 蒙牛集团为了树立消费者与商家对自身产品高质量的信心, 除了加强自身产品质量管理之外, 更是通过成立全国首个草原建设和保护基金(蒙牛生态草原基金) 与开展“每天 1 斤奶, 强壮中国人”的大型送奶公益活动(在 2 年时间里投入 2 亿多元人民币, 为全国 1 000 所贫困小学学生免费送奶) 等 CSR 活动向消费者和商家传递其正在打造高质量的奶产品<sup>④</sup>. 最终, 这些 CSR 行为为蒙牛公司的产品赢得了良好的市场口碑, 并荣膺中国商务部颁发的“最具市场竞争力品牌”.

最后, 基于上述唯一满足“直观标准”的精炼贝叶斯均衡, 通过与信息对称情形相比较, 揭示利用 CSR 实现供应链中节点企业(以及消费者)之间的间接质量信息共享的成本.

**命题 6** 当满足“直观标准”的分离均衡实现

时, 与信息对称情形相比, 各成员决策与利润有如下关系:

$$1) w_H^{s*} = w_H^*, w_L^{s*} = w_L^*, p_{iH}^{s*} = p_{iH}^*, p_{iL}^{s*} = p_{iL}^*, i = 1, 2;$$

$$2) \pi_{M_L}^{s*} = \pi_{M_L}^*, \pi_{M_H}^{s*} < \pi_{M_H}^*, \pi_{R_i H}^{s*} = \pi_{R_i H}^*, \pi_{R_i L}^{s*} = \pi_{R_i L}^*, i = 1, 2.$$

证明见附录.

命题 6 指出, 在满足“直观标准”的分离均衡中, L 型制造商在信息对称与不对称两种情况下, 所有决策及利润是无差异的. 这一结果说明信息不对称性未给 L 型制造商带来任何影响, 进而也不会对传统零售商及电子零售商造成任何影响. 但是, 对于 H 型制造商, 由于 L 型制造商具有逆向选择动机, 其 CSR 策略会偏离完全信息下最优策略, 从而导致其利润较完全信息情形更小. 这表明, 信息的不对称性“扭曲”了 H 型制造商 CSR 行为, 进而导致其利润降低, 其差  $\Delta\pi = \pi_{M_H}^* - \pi_{M_H}^{s*}$ . 这一盈利性差异可以理解为是 H 型制造商通过实施 CSR 策略, 向下游零售商与消费者传递私人质量信息的“信号”成本, 也可以理解为 H 型制造商为向外界证明自己是高质量类型而支付的“认证”费用. 考虑到上述结果刻画了通过 CSR 机制间接传递质量信息的信息成本, 因此作为可选信息共享方式, 在给定直接交换该信息的系统构建成本的前提下, 该结果可以为供应链管理者在进行信息直接或间接共享方式的抉择方面提供有益的决策参考: 对生产高质量产品的制造商而言, 它可以通过权衡间接的信息成本和直接的信息系统构建成本来选择其质量信息共享的方式.

### 3.4 比较静态分析

基于满足“直观标准”的分离均衡, 分析外生因素  $\beta, \alpha_H, k_L, \alpha_L, k_H$  和  $\mu_0$  对最有效率的 CSR 水平和各供应链节点企业的盈利性的影响.

**命题 7** 其他条件不变,  $t_H^{s*} (= t_2)$  随着渠道替代性程度  $\beta$  的增加而增加, 随着高质量产品市场规模  $\alpha_H$  的增加而增加, 随着低质量产品的市场

<sup>④</sup> <http://finance.sina.com.cn/roll/20090929/15056806657.shtml>; <https://www.mengniu.com.cn/news/xwzx/detail/22762.html> 和 <https://www.mengniu.com.cn/about/gsy/>

规模  $\alpha_L$  的增加而降低, 随着低质量制造商的 CSR 边际成本  $k_L$  的增加而降低, 但与高质量制造商的 CSR 边际成本  $k_H$  以及先验质量信念  $\mu_0$  无关。

证明见附录。

命题 7 表明: 1) 渠道替代性程度  $\beta$  的增加使得高质量产品的制造商将其与低质量产品制造商分离出来所要求的 CSR 水平增加。该替代程度的增加加大了下游传统零售商与电子零售商之间的横向竞争激烈程度, 从而在价格竞争的情形下, 二者将通过较高的价格来避免过度竞争, 进而提高各自向制造商所订购的产品数量(和向消费者销售的数量)。当这种行为互动应用于高质量商品时, 提高生产高质量商品制造商的盈利性, 因此, 在质量信息不对称的条件下, 这将提高 L 型制造商模仿 H 型制造商的动机。这意味着, H 型制造商的分离难度加大, 从而需要用较高的 CSR 水平(更高的信息成本)才能将自己与 L 型制造商分离出来。因此,  $t_H^{**} = t_2$  随着渠道替代性程度  $\beta$  的增加而增加; 2) 当高质量产品市场规模  $\alpha_H$  增大、低质量产品市场规模  $\alpha_L$  减小或者低质量产品制造商的 CSR 边际成本  $k_L$  降低时, 都意味着 L 型制造商的模仿动机增强, 从而使得 H 型制造商选择较高的 CSR 水平来传递“其生产的是高质量产品”这一信息(从而与 L 型制造商相分离); 3) 由于 H 型制造商实现分离的 CSR 水平只取决于 L 型制造商的最大模仿利润, 从而与 H 型制造商自身的 CSR 边际成本  $k_H$  无关; 4) 由于在分离均衡中制造商的质量类型信息通过 CSR 水平被完全揭示, 从而排除了先验质量信念  $\mu_0$  对分离均衡中的所有决策变量的任何影响。

鉴于在满足“直观标准”的分离均衡中, L 型制造商的盈利性与完全信息情形下相同, 并且在分离的条件下, 其缺乏选择任何正的 CSR 水平的动机, 从而其均衡利润水平不受外生因素  $\beta$ 、 $\alpha_H$ 、 $k_L$ 、 $\alpha_L$ 、 $k_H$  和  $\mu_0$  的影响, 因此, 接下来仅考察这些外生因素对 H 型制造商发送信号的均衡信息成本 ( $IC = \pi_{M_H}^* - \pi_{M_H}^{**} = k_H t_2$ , 即相对于完全信息情形的利润损失) 和均衡利润的影响。

命题 8 在满足“直观标准”的分离均衡下:

1) H 型制造商的基于 CSR 的信息成本随着

渠道替代性程度  $\beta$  的增加而增加, 随着高质量产品市场规模  $\alpha_H$  的增加而增加, 随着低质量产品的市场规模  $\alpha_L$  的增加而降低, 随着低质量制造商的 CSR 边际成本  $k_L$  的增加而降低, 随着高质量制造商的 CSR 边际成本  $k_H$  的增加而增加, 但与先验质量信念  $\mu_0$  无关;

2) H 型制造商利润随着渠道替代性程度  $\beta$  的增加而增加, 随着高质量产品市场规模  $\alpha_H$  的增加而增加, 随着低质量产品的市场规模  $\alpha_L$  的增加而增加, 随着低质量制造商的 CSR 边际成本  $k_L$  的增加而增加, 随着高质量制造商的 CSR 边际成本  $k_H$  的增加而降低, 但与先验质量信念  $\mu_0$  无关。

证明见附录。

基于命题 7 的结果, 命题 8 的结论 1) 很容易理解: a. 渠道替代性程度  $\beta$ 、高质量产品市场规模  $\alpha_H$ 、低质量产品的市场规模  $\alpha_L$  和低质量制造商的 CSR 边际成本  $k_L$  通过对最有效率的 CSR 水平  $t_2$  而影响 H 型制造商的信息成本; b. 高质量产品制造商的 CSR 边际成本不影响最有效率的 CSR 水平  $t_2$ , 但其自身决定着 H 型制造商的信息成本; c. 先验质量信念  $\mu_0$  与最有效率的 CSR 水平  $t_2$  和高质量产品制造商的 CSR 边际成本均无关。对于命题 8 的结论 2), 注意到在满足“直观标准”的分离均衡下, 由于 H 型制造商必须防止 L 型制造商的模仿行为, 从而其利润表现为在完全信息下两类制造商所获取利润的加权平均(见附录式 (A10)), 相应的权重依赖于两类制造商的 CSR 边际成本相对大小。相应地, H 型制造商的均衡利润的变化依赖于如下两种效应: 质量信息完全揭示后下游渠道的市场竞争效应和质量信息揭示所需要的信息成本效应。对于渠道替代性程度  $\beta$ , 其增加通过市场竞争效应提高 H 型制造商的均衡利润, 也通过信息成本效应降低 H 型制造商的均衡利润, 但前者强于后者, 从而使得 H 型制造商的均衡利润增加。类似地, 对于高质量产品市场规模  $\alpha_H$  的加大也使得市场竞争效应强于信息成本效应而提高 H 型制造商的盈利水平。低质量产品的市场规模  $\alpha_L$  的增加, 不仅通过市场竞争效应增加 H 型制造商的均衡利润, 而且其信息成本效应(通过降低  $t_2$ ) 也降低了相应的信息成本。

低质量制造商的 CSR 边际成本  $k_L$  的增加不会引致市场竞争效应,但通过其信息成本效应(通过降低  $t_2$ ) 也降低了相应的信息成本,从而增加了 H 型制造商的均衡利润. 高质量制造商的 CSR 边际成本  $k_H$  的增加也不会引致市场竞争效应,但通过其信息成本效应(较高的 CSR 边际成本本身) 也增加了相应的信息成本,从降低了 H 型制造商的均衡利润. 综合起来,命题 8 指出,对于下游存在传统零售渠道与电子零售渠道之间竞争的供应链,在上游制造商的质量信息通过 CSR 决策自愿揭示的条件下,高质量产品制造商的盈利性不仅仅依赖于由信号传递工具 CSR 引致的信息成本效应,还取决于下游渠道之间的市场竞争效应.

### 3.5 数值分析

为了直观的展示命题 7 与命题 8 中的结果,下面通过数值分析来体现渠道替代性程度、市场规模和制造商 CSR 边际成本对最有效率的分离 CSR 行为及高质量供应商盈利性的影响.

首先,考察渠道替代性程度  $\beta$  对最有效率的分离 CSR 行为  $t_H^{s*} = t_2$  及高质量制造商盈利性的影响. 令  $c_m = 1, \alpha_L = 1.2, \alpha_H = 3.2, k_L = 0.8$  和  $k_H = 0.5$ , 其影响见图 1. 由图 1 可知,随着渠道替代性程度  $\beta$  增大,分离均衡  $t_H^{s*} = t_2$  水平增大,高质量供应商利润增大.

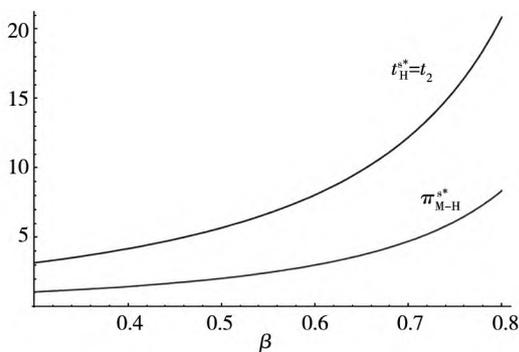


图 1 渠道替代性程度  $\beta$  对均衡结果的影响

Fig. 1 Effect of the channel substitutability  $\beta$  on the equilibrium

然后,考察市场规模  $\alpha_H$  对最有效率的分离 CSR 行为  $t_H^{s*} = t_2$  及高质量供应商盈利性的影响. 令  $c_m = 1, \alpha_L = 1.2, \beta = 0.5, k_L = 0.8$  和  $k_H = 0.5$ , 其影响见图 2.

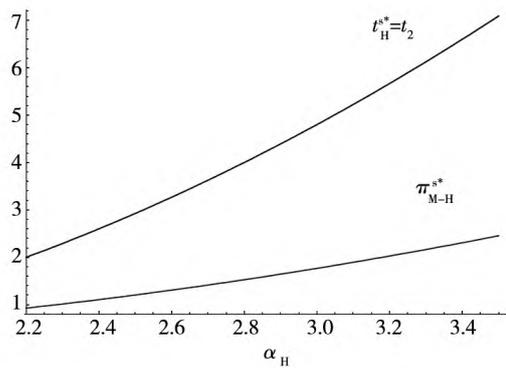


图 2 高质量产品市场规模  $\alpha_H$  对均衡结果的影响

Fig. 2 Effect of the market scale of high-quality product  $\alpha_H$  on the equilibrium

由图 2 可知,随着市场规模  $\alpha_H$  增大,分离均衡  $t_H^{s*} = t_2$  减小,高质量供应商利润增大.

最后,考察低质量制造商边际 CSR 成本  $k_L$  对最有效率的分离 CSR 行为  $t_H^{s*} = t_2$  及高质量制造商盈利性的影响. 令  $c_m = 1, \alpha_L = 1.2, \alpha_H = 3.2, \beta = 0.5$  和  $k_H = 0.5$ , 其影响见图 3. 由图 3 可知,随着边际 CSR 成本  $k_L$  增大,分离均衡  $t_H^{s*} = t_2$  减小,高质量制造商利润增大.

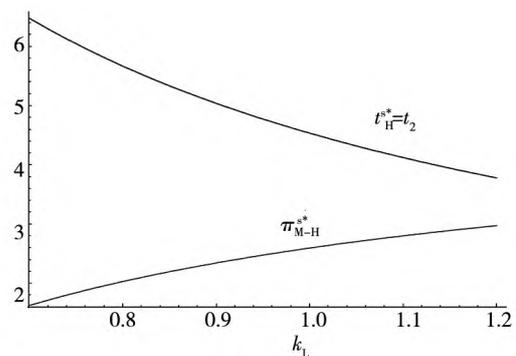


图 3 低质量制造商的 CSR 边际成本  $k_L$  对均衡结果的影响

Fig. 3 Effect of the low-quality marginal CSR cost  $k_L$  on the equilibrium

## 4 扩展性讨论

### 4.1 生产成本差异的影响

在前述模型中,假设两类制造商的产品具有相同的单位生产成本( $c_{mH} = c_{mL} = c_m$ ). 而实践中,两类制造商的产品通常具有不同的单位生产成本:高质量制造商的单位生产成本通常高于低质量制造商的单位生产成本,即  $c_{mH} > c_{mL}$ . 下面的分析表明,上文的主要结论依然成立.

首先, 当  $c_{mH} > c_{mL}$  时, 模型不存在混同均衡. 由命题 2 的证明过程可知, 给定 H 型制造商与 L 型制造商实施相同的 CSR 水平, 消费者和两类零售商无法从 CSR 行为中获取到额外信息, 从而均利用相同的先验信念进行推断, 进而使得两类制造商的基于先验信念的需求预期相同. 然而, 由于 H 型制造商的单位生产成本高于 L 型制造商的单位生产成本, 给定相同的需求预期, 两类制造商将会选择不同的批发价格, 进而引致两个零售商 (不论传统零售商还是电子零售商) 选择不同的零售价格, 最后导致消费者改变产品质量预期. 这与消费者采用先验信念相矛盾, 因此, 混同均衡不存在.

然后, 当  $c_{mH} > c_{mL}$  时, 模型仍然存在分离均衡, 且存在满足“直观标准”的唯一的分离均衡. 由命题 3 的证明可知, 此时的分离均衡下的 CSR 水平下界变为

$$t_2 = \frac{1}{k_L} \left( \frac{(\alpha_H - c_H(1 - \beta))^2}{2(1 - \beta)(2 - \beta)} - \frac{(\alpha_L - c_L(1 - \beta))^2}{2(1 - \beta)(2 - \beta)} \right)$$

相应的 CSR 水平上界则变为

$$t_1 = \frac{1}{k_H} \left( \frac{(\alpha_H - c_H(1 - \beta))^2}{2(1 - \beta)(2 - \beta)} - \frac{(\alpha_L - c_L(1 - \beta))^2}{2(1 - \beta)(2 - \beta)} \right)$$

通过直接比较可知, 尽管分离均衡的下界与上界在数值上发生变化, 但分离均衡的存在性结论保持不变 (此时为保证  $t_2 \geq 0, t_1 \geq 0$ , 只需要假设两种类型产品的单位生产成本差异不会过大, 满足  $c_{mH} - c_{mL} \leq (\alpha_H - \alpha_L) / (1 - \beta)$  即可). 类似地, 通过“直观标准”进行选择后可以发现, 唯一满足“直观标准”的分离均衡仍然是最低的临界 CSR 水平  $t_2$  所对应的分离均衡.

最后, 当  $c_{mH} > c_{mL}$  时, 模型的比较静态结论仍然保持不变. 尽管分离均衡的下界在数值上发生了变化, 从而导致信号传递博弈中制造商与两家零售商的利润在数值上也发生了变化, 但是上述利润的数学结构形式并没有发生本质变化, 所以命题 6 中两种信息状态下的比较结论, 以及命题 7 和命题 8 中比较静态分析结论均不会发生变化.

#### 4.2 非单调不减后验信念的影响

如果放松前述的单调不减后验信念假设 (即

$\mu = \mu(t)$  是关于 CSR 水平  $t$  的单调不减函数), 则会对非均衡路径上的信念构造带来如下影响 (均衡路径上的信念由于贝叶斯法则而不受影响). 第一, 可以通过直接重复命题 2 的证明过程来验证, 对于命题 2 所对应的混同均衡路径可由如下非单调递增的非均衡路径上的后验信念支持

$$\mu(t) = \begin{cases} \mu'' & t < t^{D*} \\ \mu_0 & t = t^{D*} \\ \mu_1 & t > t^{D*} \end{cases}$$

其中  $0 \leq \mu'' < \mu_0, 0 \leq \mu_1 \leq \mu_0$ .

第二, 通过重复命题 3 的证明过程, 可以验证, 该命题中的分离均衡路径可由如下非均衡路径上的信念支持

$$\mu(t) = \begin{cases} 0 & t < t_H^{S*} \\ 1 & t = t_H^{S*} \\ 0 & t > t_H^{S*} \end{cases}$$

第三, 任意满足  $t_L > t_H$  的  $t_L$  和  $t_H$  (即 L 型制造商选择高水平 CSR 而 H 型制造商选择低水平 CSR) 不可能构成分离均衡的均衡路径. 其原因如下, 如果分离均衡在均衡路径上满足  $t_L > t_H$  且后验信念非单调增加, 此时消费者后验信念更新为  $\mu(t_L) = 0, \mu(t_H) = 1$ , 则 L 型制造商在均衡路径  $t_L$  处获取的利润  $\pi_{M_L}(t_L)$  将为  $\pi_{M_L}(t_L) = \pi(\alpha_L) - k_L t_L$ , 而在均衡路径  $t_H$  处获取的利润  $\pi_{M_L}(t_H)$  将为  $\pi_{M_L}(t_H) = \pi(\alpha_H) - k_L t_H$ . 由于  $\pi(\alpha_L) < \pi(\alpha_H)$  且  $t_L > t_H$ , 比较可知  $\pi_{M_L}(t_L) < \pi_{M_L}(t_H)$ , 这表明 L 型制造商在均衡路径  $t_L$  上的利润将小于在均衡路径  $t_H$  上的利润, 这显然不满足分离均衡存在的激励相容条件. 因此, 在分离均衡的均衡路径上, 后验信念不可能随着 CSR 水平递减.

综合上述 3 个方面, 放松单调不减后验信念假设只会影响非均衡路径上的信念, 不会对均衡路径产生影响, 从而不会改变命题 2 和命题 3 的管理含义.

最后, 通过重复命题 4 和命题 5 的证明过程, 可以直接验证, 由上述两个非均衡路径信念分别支持的混同均衡和分离均衡均不满足“直观标准”, 因此, 不会影响命题 4 和命题 5 以及其后的

结论.

## 5 结束语

在信息共享实现机制方面,研究者主要关心如何利用直接信息交换方式实现下游需求信息共享.考虑到上游企业具有产品私人质量信息,而商业实践中直接地信息共享通常意味着可靠的伙伴关系以及不菲的信息系统建设成本,并且这种直接方式缺乏对信息行为人的披露信息这一行为动机的显性表达,因此,如何间接地实现质量信息共享成为关注的问题.本文在存在渠道竞争背景下,考虑包含1个制造商、1个传统零售商、1个电子零售商及消费者的二级供应链中,制造商通过CSR从上游纵向传递其私人质量信息,构建了质量信息不对称情形下基于CSR这一间接信息传递方式的上游质量信号传递博弈模型,对模型的混同均衡与分离均衡进行了完整地刻画,并利用“直观标准”进行均衡选择,考察了在双渠道竞争性环境下CSR作为制造商质量信号传递工具的角色.结果表明:1)该信号传递博弈模型存在混同均衡(命题2),亦存在分离均衡(命题3),但是不存在满足“直观标准”的混同均衡(命题4),只存在唯一的满足“直观标准”的分离均衡(命题5);2)在满足“直观标准”的唯一均衡下,传统零售商、电子零售商和L型制造商利润与完全信息情形相比是无差异的,而H型制造商和供应链利润则由于相应的CSR决策而有所损失,从而意味着信息成本(命题6);3)在满足“直观标准”的唯一均衡下,外生因素(渠道替代性程度、高质量产

品市场规模、低质量产品的市场规模、低质量制造商的CSR边际成本和高质量制造商的CSR边际成本)对高质量制造商的均衡利润的影响由下游渠道的市场竞争效应和由CSR决策导致的信息成本效应同时决定(命题7和命题8).

这些结果一方面表明,在一定技术条件下,上游企业的CSR行为可以在分离均衡意义上实现私有质量信息的供应链纵向间接共享,另一方面,揭示了在双渠道背景下渠道竞争性程度对在信息成本意义上的最优效率均衡CSR策略、信息成本和相应的节点企业盈利性的影响.与此同时,在企业众多CSR行为动机中,除了规避CSR风险、满足消费者CSR偏好和建立/维持企业声誉之外,上述结果还识别了企业实施CSR的另一个重要动机,即质量信号传递动机.相对于直接的信息共享方式缺乏对信息行为人行行为动机的显性展示,这种间接信息共享机制明确表达了企业利用CSR揭示私有质量信息的行为动机,通过CSR揭示产品质量是一种激励相容的选择.进一步,鉴于上述结果刻画了使用CSR行为间接传递质量信息的成本,因此若给定直接交换该信息的系统构建成本及维护伙伴企业关系的公关成本等条件下,可以为采取直接或者间接方式实现信息共享方式问题提供有益的决策参考.

本文的CSR信号传递博弈模型可以在以下情形考虑拓展.例如,考虑供应链中游节点企业为CSR实施主体,在具有私有质量信息的中游企业同时向上游与下游双边纵向传递质量信号的背景下,上述结论是否依然有效?将继续研究上述问题.

## 参考文献:

- [1] Cachon G P, Fisher M. Supply chain inventory management and the value of shared information[J]. *Management Science*, 2000, 46(8): 1032-1048.
- [2] Lee H, So K, Tang C. The value of information sharing in a two-level supply chain[J]. *Management Science*, 2000, 46(5): 626-643.
- [3] Li T, Zhang H. Information sharing in a supply chain with a make-to-stock manufacturer[J]. *Omega*, 2015, 50(1): 115-125.
- [4] Mittendorf B, Shin J, Yoon D H. Manufacturer marketing initiatives and retailer information sharing[J]. *Quantitative Marketing and Economics*, 2013, 11(2): 263-287.

- [5] Li L. Information sharing in a supply chain with horizontal competition [J]. *Management Science*, 2002, 48(9): 1196–1212.
- [6] Ha A Y, Tong S. Contracting and information sharing under supply chain competition [J]. *Management Science*, 2008, 54(4): 701–715.
- [7] Guo L. The benefits of downstream information acquisition [J]. *Marketing Science*, 2009, 28(3): 457–471.
- [8] Anand K S, Goyal M. Strategic information management under leakage in a supply chain [J]. *Management Science*, 2009, 55(3): 438–452.
- [9] Wong Y H, Law M, Chow S, et al. Beyond customer relationship management: Understanding the co-sharing dimension of information [J]. *American Marketing Association Conference Proceedings*, 2002, 13: 383–390.
- [10] Li L, Zhang H. Confidentiality and information sharing in supply chain coordination [J]. *Management Science*, 2008, 54(8): 1467–1481.
- [11] Nelson P. Advertising as information [J]. *Journal of Political Economics*, 1974, 82(4): 729–754.
- [12] Milgrom P, Roberts J. Price and advertising signals of product quality [J]. *Journal of Political Economics*, 1986, 94(4): 796–821.
- [13] 陈志洪, 管锡展, 钟根元. 双边不对称信息下叫价显示质量机制研究 [J]. *管理科学学报*, 2014, 17(6): 13–19.  
Chen Zhihong, Guan Xizhan, Zhong Genyuan. Asking prices as signals of quality under bilateral asymmetric information [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2014, 17(6): 13–19. (in Chinese)
- [14] Bolton P, Dewatripont M. *Contract Theory* [M]. Cambridge: The MIT Press, 2005.
- [15] Orlitzky M, Benjamin J D. Corporate social responsibility and firm risk: A meta-analytic review [J]. *Business and Society*, 2001, 40(4): 369–396.
- [16] Cruz J M. Mitigating global supply chain risks through corporate social responsibility [J]. *International Journal of Production Research*, 2013, 51(13): 3995–4010.
- [17] Mohr L A, Webb D J, Harris K E. Do consumers expect companies to be socially responsible? The impact of corporate social responsibility on buying behavior [J]. *The Journal of Consumer Affairs*, 2001, 35(1): 45–72.
- [18] Komodromos M, Melanthiou Y. Corporate reputation through strategic corporate social responsibility: Insights from service industry companies [J]. *Journal of Promotion Management*, 2014, 20(4): 470–480.
- [19] Hsu K T. The advertising effects of corporate social responsibility on corporate reputation and brand equity: Evidence from the life insurance industry in Taiwan [J]. *Journal of Business Ethics*, 2012, 109(2): 189–201.
- [20] Cho I K, Kreps D. Signaling games and stable equilibrium [J]. *Quarterly Journal of Economics*, 1987, 102(2): 179–221.
- [21] 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 Yuhui, Ni Debing, Tang Xiaowo. Signaling quality in supply chains by corporate social responsibility [J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2017, 25(7): 38–47. (in Chinese)
- [22] 李余辉, 倪得兵, 唐小我, 等. 考虑 CSR 偏好的供应链企业质量信息纵向传递模型 [J]. *系统管理学报*, 2018, 27(3): 559–570.  
Li Yuhui, Ni Debing, Tang Xiaowo, et al. Signaling quality in supply chains by corporate social responsibility considering CSR-preference [J]. *Journal of Systems & Management*, 2018, 27(3): 559–570. (in Chinese)
- [23] Knox S, Maklan S, French P. Corporate social responsibility: Exploring stakeholder relationships and programme reporting across leading FTSE companies [J]. *Journal of Business Ethics*, 2005, 61(1): 7–28.
- [24] Yan R. Profit sharing and firm performance in the manufacturer-retailer dual-channel supply chain [J]. *Electronic Commerce Research*, 2008, 8(3): 155–172.
- [25] Soleimani F, Khamseh A A, Naderi B. Optimal decisions in a dual-channel supply chain under simultaneous demand and production cost disruptions [J]. *Annals of Operations Research*, 2016, 243(1): 301–321.
- [26] Brown T J, Dacin P A. The company and the product: Corporate associations and consumer product responses [J]. *Journal of Marketing*, 1997, 61(1): 68–84.
- [27] Pivato S, Misani N, Tencati A. The impact of corporate social responsibility on consumer trust: The case of organic food

- [J]. *Business Ethics: A European Review*, 2008, 17(1): 3–12.
- [28] Siegel D S, Vitaliano D F. An empirical analysis of the strategic use of corporate social responsibility [J]. *Journal of Economics and Management Strategy*, 2007, 16(3): 773–792.
- [29] Tomer B, Yoram M, Adi S. *The Signaling Role of Corporate Social Responsibility* [R]. Uppsala: Uppsala University, 2014.
- [30] Zerbini F. CSR initiatives as market signals: A review and research agenda [J]. *Journal of Business Ethics*, 2017, 146(1): 1–23.
- [31] Cao H, Guan X, Fan T, et al. The acquisition of quality information in a supply chain with voluntary vs. mandatory disclosure [J]. *Production and Operations Management*, 2020, 29(3): 595–616.
- [32] Zhang J, Li S, Zhang S, et al. Manufacturer encroachment with quality decision under asymmetric demand information [J]. *European Journal of Operational Research*, 2019, 273(1): 217–236.
- [33] Sittisom W, Mekhum W. External supply chain management factors and social performance in Thai manufacturing industry: Moderating role of green human resource practices [J]. *International Journal of Supply Chain Management*, 2020, 9(1): 190–198.
- [34] 曾 燕, 邱国盛, 黄守军. 预售众筹产品质量夸大行为及其预防措施分析 [J]. *管理科学学报*, 2019, 22(7): 89–106.  
Zeng Yan, Qiu Guosheng, Huang Shoujun. The exaggeration of product quality and its precautions in the pre-order crowdfunding [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2019, 22(7): 89–106. (in Chinese)
- [35] 曹 裕, 李青松, 胡韩莉. 基于报童模型的供应链产品质量控制机制研究 [J]. *管理科学学报*, 2020, 23(4): 110–126.  
Cao Yu, Li Qingsong, Hu Hanli. Product quality control mechanism in supply chains based on news vendor model [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2020, 23(4): 110–126. (in Chinese)
- [36] 蒋忠中, 赵金龙, 弋泽龙, 等. 灰色市场下考虑非对称信息的制造商质量披露及定价策略 [J]. *系统工程理论与实践*, 2020, 40(7): 1735–1751.  
Jiang Zhongzhong, Zhao Jinlong, Yi Zelong, et al. Quality disclosure and pricing strategies of the manufacturer with asymmetric information under gray market [J]. *System Engineering: Theory and Practice*, 2020, 40(7): 1735–1751. (in Chinese)

## Signaling product quality via corporate social responsibility in dual-channel supply chains

LI Yu-hui<sup>1,2</sup>, NI De-bing<sup>1\*</sup>, TANG Xiao-wo<sup>1</sup>

1. School of Management and Economics, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731, China;
2. School of Business, Guilin University of Electric and Technology, Guilin 541004, China

**Abstract:** The paper considers a supply chain consisting of an upstream manufacturer, a traditional retailer, an e-retailer and final consumers from the perspective of an information owner and the way of information sharing. In this supply chain, the manufacturer owns private information on the product quality and tries to signal it via its CSR strategy. In order to examine the role of CSR in signaling the quality level in dual channels, a signaling model is built to capture how the manufacturer indirectly shares the quality information by its CSR strategy in the presence of channel competition. The model characterizes completely the pooling and the separating equilibriums, and selects a unique equilibrium with the intuitive criterion. The equilibrium results show that under some technical conditions, a moderate CSR level signals a high quality level in the sense of a sepa-

rating equilibrium, and the equilibrium with the lowest threshold of CSR level is the only equilibrium satisfying the intuitive criterion. In the separating equilibrium that satisfies the intuitive criterion, the impacts of some exogenous factors on the upstream high-quality manufacturer depend on both the market-competition effect of the two downstream retailers and the information-cost effect of the upstream quality information revelation via CSR. These results reveal the upstream firm's quality-information conveying motivation via CSR strategy in a supply chain with downstream dual-channel competition.

**Key words:** corporate social responsibility; product quality; dual channel; supply chain

附录:

命题 1 的证明

当制造商为 H 型时, 消费者与两家零售商信念均为  $\mu = 1$ . 首先, 在给定的批发价下, 两家零售商进行 Bertrand 竞争, 决策各自的最优零售价格. 传统零售商与电子零售商的决策目标为

$$\max_{p_1} \pi_{R_1}(p_1) = (p_1 - w)(\alpha_H - p_1 + \beta p_2) \quad (A1)$$

$$\max_{p_2} \pi_{R_2}(p_2) = (p_2 - w)(\alpha_H - p_2 + \beta p_1) \quad (A2)$$

显然上述两个利润函数均为凹函数, 容易求得两个零售商最优化决策的一阶条件分别为

$$\frac{\partial \pi_{R_1}(p_1)}{\partial p_1} = \alpha_H + w - 2p_1 + \beta p_2 = 0$$

$$\frac{\partial \pi_{R_2}(p_2)}{\partial p_2} = \alpha_H + w - 2p_2 + \beta p_1 = 0,$$

求解上述关于  $p_1, p_2$  的方程组得到

$$p_1 = p_2 = \frac{\alpha_H + w}{2 - \beta} \quad (A3)$$

代入得到两个零售商的进货量分别为

$$q_1 = q_2 = \frac{\alpha_H - (1 - \beta)w}{2 - \beta}$$

进而得到总进货量为

$$q = q_1 + q_2 = \frac{2\alpha_H - 2(1 - \beta)w}{2 - \beta}$$

其次, H 制造商选择最优批发价最大化其利润, 其决策目标为

$$\max_w \pi_{MH}(w) = (w - c_s) \frac{2\alpha_H - 2(1 - \beta)w}{2 - \beta} - k_H t$$

根据最优化决策的一阶条件可以求得批发价格为

$$w_H = \frac{\alpha_H}{2 - 2\beta} + \frac{c_s}{2} \quad (A4)$$

将式(A4)代入式(A3)得到 H 型制造商利润为

$$\pi_{MH}(t) = \frac{(\alpha_H - c_s(1 - \beta))^2}{2(1 - \beta)(2 - \beta)} - k_H t \quad (A5)$$

H 制造商决定 CSR 水平  $t$  最大化其利润  $\pi_{MH}(t)$ , 显然最优决策为  $t_H^* = 0$ , 代入得到制造商利润  $\pi_{MH}^*$ , 将  $w_H$  代入式(A3)得到传统零售商的零售价格  $p_{1H}^*$  与电子零售商的零售价格  $p_{2H}^*$ , 将  $w_H, p_{1H}^*$  与  $p_{2H}^*$  代入式(A1)和式(A2)得到两家零售商的利润.

对于 L 型制造商, 可以类似地获得相应的均衡结果.

证毕.

引理 1 的证明

设模型存在混同均衡  $t^{b*}$ . 考虑到混同均衡下零售商与消费者不修正先验信念, 因此当观测到  $t^{b*}$  时后验信念为  $\mu(t^{b*}) = \mu_0$ , 此时市场规模为  $\alpha_{\mu_0} = \mu_0 \alpha_H + (1 - \mu_0) \alpha_L$ .

在给定的批发价  $w_i$  ( $i = H, L$ ) 下, 两家零售商进行 Bertrand 竞争, 决策各自最优零售价格. 两家零售商决策目标为

$$\max_{p_1} \pi_{R_1}(p_1) = (p_1 - w_i)(\alpha_{\mu_0} - p_1 + \beta p_2)$$

$$\max_{p_2} \pi_{R_2}(p_2) = (p_2 - w_i)(\alpha_{\mu_0} - p_2 + \beta p_1)$$

根据两家零售商最优化决策的一阶条件方程组求解得到零售价分别为

$$p_1 = p_2 = \frac{\alpha_{\mu_0} + w}{2 - \beta}$$

进而得到两家零售商的总进货量为

$$q = q_1 + q_2 = \frac{2\alpha_{\mu_0} - 2(1 - \beta)w_i}{2 - \beta}$$

制造商选择最优批发价格来最大化其利润，其决策目标为

$$\max_{w_i} \pi_{M_i}(w_i) = (w_i - c_s) \frac{2\alpha_{\mu_0} - 2(1 - \beta)w_i}{2 - \beta} - k_i t, i = H, L$$

利用最优化决策的一阶条件可以求得批发价格及利润分别为

$$w_i = \frac{\alpha_{\mu_0}}{2 - 2\beta} + \frac{c_s}{2}, \pi_{M_i}(t) = \frac{(\alpha_{\mu_0} - c_s(1 - \beta))^2}{2(1 - \beta)(2 - \beta)} - k_i t, i = H, L$$

后验信念在均衡路径上的结论是显然的。下面分析后验信念在非均衡路径上的必要性质。根据均衡存在的序贯理性条件，后验信念需同时满足

$$\max_{t \neq t^{p*}} \pi_{M_i}(t) < \pi_{M_i}^{p*} = \pi(\alpha_{\mu_0}) - k_i t^{p*}, i = (H, L) \tag{A6}$$

其中条件式(A6)意味着制造商选择  $t^{p*}$  比不选择  $t^{p*}$  所获取的利润更大。接下来分别在  $0 \leq t < t^{p*}$  与  $t > t^{p*}$  上对后验信念进行讨论。

首先，在非均衡路径  $0 \leq t < t^{p*}$  上，根据后验信念单调不减性质此时应有  $\mu \leq \mu_0$ 。而若  $\mu = \mu_0$ ，则 H 型制造商选择  $t = 0$  利润较  $t^{p*} > 0$  更优，因此  $t^{p*} > 0$  不满足序贯理性条件式(A6)。故在非均衡路径  $0 \leq t < t^{p*}$  上只可能有  $\mu(t) < \mu_0$ 。

其次，在非均衡路径  $t > t^{p*}$  上，根据后验信念的单调不减性质此时应有  $\mu \geq \mu_0$ 。而若  $\mu > \mu_0$ ，此时  $\mu$  所对应的保留市场需求  $\alpha_{\mu} > \alpha_{\mu_0}$ ，进一步导致  $\pi(\alpha_{\mu}) > \pi(\alpha_{\mu_0})$ 。由于 CSR 水平取值于连续空间  $[0, +\infty)$ ，故在  $t^{p*}$  右侧总存在一个充分小的去心邻域  $U_+(t^{p*})$ ，使得当  $t_0 \in U_+(t^{p*})$  时，有  $\pi_{MH}(t_0) > \pi_{MH}^{p*}$ ，因此  $t^{p*} > 0$  不满足序贯理性条件式(A6)。故在非均衡路径  $t > t^{p*}$  上只可能有  $\mu = \mu_0$ 。证毕。

命题 2 的证明

设  $t^{p*}$  是实现混同均衡的一个 CSR 水平。下面分两步证明命题 2 的结论：第一步，当给定命题 2 的后验信念 3) 时，制造商与零售商的最优策略如命题 2 中 1) 和 2) 所示；第二步，当给定命题 2 中的制造商与零售商的最优策略 1) 和 2) 时，后验信念如命题 2 中 3) 所示。

一方面，当给定后验信念 3) 时，在路径  $t < t^{p*}$  上  $\mu = \mu''$ ，进而 H 型制造商在  $t = 0$  处获得该路径范围上最大利润为  $\pi_{MH}(0) = \pi(\alpha_{\mu''})$ ；在路径  $t \geq t^{p*}$  上  $\mu = \mu_0$ ，进而  $\alpha = \alpha_{\mu_0}$ ，从而 H 型制造商在  $t = t^{p*}$  处获得该路径范围上最大利润为  $\pi_{MH}(t^{p*}) = \pi(\alpha_{\mu_0}) - k_H t^{p*}$ 。显然，当  $\pi_{MH}(t^{p*}) \geq \pi_{MH}(0)$  时，或等价地，当  $t^{p*} \in U_H = [0, (\pi(\alpha_{\mu_0}) - \pi(\alpha_{\mu''})) / k_H]$  时，H 型制造商在后验信念 3) 下的最优策略为  $t = t^{p*}$ 。类似地，对于 L 型制造商，同理可证当  $t^{p*} \in U_L = [0, (\pi(\alpha_{\mu_0}) - \pi(\alpha_{\mu''})) / k_L]$  时，L 型制造商在后验信念 3) 下的最优策略为  $t = t^{p*}$ 。由于  $k_L > k_H$ ，从而  $U_L \subset U_H$ ，故当  $t^{p*} \in U_L = [0, (\pi(\alpha_{\mu_0}) - \pi(\alpha_{\mu''})) / k_L]$  时，H 型与 L 型制造商的最优 CSR 水平均为  $t^{p*}$ 。

另一方面，当给定制造商与零售商的最优策略 1) 和 2) 时，根据引理 1 可知后验信念在  $0 \leq t < t^{p*}$  上有  $\mu < \mu_0$ ，在  $t \geq t^{p*}$  上有  $\mu = \mu_0$ 。特别地，在  $0 \leq t < t^{p*}$  上取  $\mu = \mu''$ ，即得到如命题 2 中 3) 所示的后验信念。

综上所述，制造商的策略 1)、两个零售商的策略 2) 与后验信念 3) 构成该博弈的精炼贝叶斯均衡。又由于在均衡路径  $t^{p*}$  上的后验信念为  $\mu(t^{p*}) = \mu_0$ ，即两个零售商与消费者在均衡路径上由于未获得制造商的质量信息，从而保持先验信念不变。最后，制造商与两个零售商的策略与利润可通过简单代入计算得到。证毕。

## 引理 2 的证明

设模型存在分离均衡  $(t_L^{s*}, t_H^{s*})$ , 其中  $t_L^{s*} \neq t_H^{s*}$ . 此时消费者后验信念应该满足  $\mu(t_L^{s*}) = 0, \mu(t_H^{s*}) = 1$ , 再根据后验信念  $\mu = \mu(t)$  的单调不减性质易知  $t_L^{s*} < t_H^{s*}$ . 给定 L 型制造商实施  $t_L^{s*}$  的 CSR, 此时消费者后验信念修正为  $\mu = 0$ , 从而  $\alpha = \alpha_L$ . 分析易知此时 L 型制造商的决策问题与信息对称情形下的决策问题完全相同, 因此根据命题 1 可知  $t_L^{s*} = 0$ . 然后由于  $t_H^{s*} > t_L^{s*}$ , 因此 H 型制造商在分离均衡中的策略行为  $t_H^{s*}$  应满足  $t_H^{s*} > 0$ , 从而结论 1) 得证. 最后根据后验信念  $\mu = \mu(t)$  单调不减性质可知结论 2) 成立. 证毕.

## 命题 3 的证明

设  $t_H^{s*}$  是 H 型制造商实现分离的一个 CSR 水平. 下面分两步证明命题 3 的结论: 第一步, 当给定命题 3 的后验信念 3) 时, 制造商与零售商的最优策略如命题 3 中 1) 和 2) 所示; 第二步, 当给定命题 3 中的制造商与零售商的最优策略 1) 和 2) 时, 后验信念如命题 3 中 3) 所示.

一方面, 当给定后验信念 3) 时, 在路径  $t < t_H^{s*}$  上  $\mu = 0$ , 进而  $\alpha = \alpha_L$ , 从而两类制造商均在  $t = 0$  处获得该路径范围上最大利润为  $\pi_{MH}(0) = \pi_{ML}(0) = \pi(\alpha_L)$ ; 在路径  $t \geq t_H^{s*}$  上  $\mu = 1$ , 进而  $\alpha = \alpha_H$ , 从而 H 型制造商在  $t = t_H^{s*}$  处获得该路径范围上最大利润为  $\pi_{MH}(t_H^{s*}) = \pi(\alpha_H) - k_H t_H^{s*}$ , 类似可知 L 型制造商亦在  $t = t_H^{s*}$  处获得该路径范围上最大利润为  $\pi_{ML}(t_H^{s*}) = \pi(\alpha_H) - k_L t_H^{s*}$ . 显然对 H 型制造商, 当  $\pi_{MH}(t_H^{s*}) \geq \pi_{MH}(0)$  时, 或等价地, 当  $t_H^{s*} \in D_H = [0, t_1] = [0, (\pi(\alpha_H) - \pi(\alpha_L)) / k_H]$  时, H 型制造商在后验信念 3) 下的最优策略为  $t = t_H^{s*}$ ; 类似地, 对 L 型制造商, 当  $\pi_{ML}(t_H^{s*}) \leq \pi_{ML}(0)$  时, 即  $t_H^{s*} \in D_L = [t_2, +\infty) = [(\pi(\alpha_H) - \pi(\alpha_L)) / k_L, +\infty)$  时, L 型制造商在后验信念 3) 下的最优策略为  $t = 0$ . 因  $k_L > k_H$ , 从而  $t_2 < t_1$ , 故当  $t_H^{s*} \in D = D_H \cap D_L = [t_2, t_1]$  时, H 型制造商最优 CSR 水平为  $t = t_H^{s*}$ , L 型制造商最优 CSR 水平为  $t = 0$ . 此时两类制造商批发价及零售商零售价如命题 1 所示. 因此证明了在后验信念 3) 下制造商、零售商最优策略如 1) 和 2) 所示.

另一方面, 当给定制造商与零售商的最优策略 1) 和 2) 时, 如 3) 所示的后验信念符合单调不减性质, 且满足引理 1 中分离均衡存在的必要条件, 因此给定均衡路径  $t_H^{s*} \in D$  与  $t_L^{s*} = 0$ , 可得到如 3) 所示的后验信念.

综上所述, 制造商策略 1)、零售商策略 2) 与后验信念 3) 构成该博弈的精炼贝叶斯均衡. 又由于在均衡路径  $t_H^{s*} \in [t_2, t_1]$ 、 $t_L^{s*} = 0$  上后验信念分别为  $\mu(t_H^{s*}) = 1$ 、 $\mu(t_L^{s*}) = 0$ , 即零售商与消费者在均衡路径上由于获取了制造商的质量信息, 从而保持后验信念得到正确修正. 证毕.

## 命题 4 的证明

对命题 2 中任意给定的混同均衡  $t^{p*} \in [0, (\pi(\alpha_{\mu_0}) - \pi(\alpha_L)) / k_L]$ , 要证明  $w^{p*}$  不满足“直观标准”, 据定义 1, 只需寻找到某个非均衡路径  $t_0$  以及  $w_0$ , 使得 L 型制造商没有偏离均衡而选择  $t_0$  与  $w_0$  的可能性 (即  $t_0$  与  $w_0$  是 L 型制造商的均衡劣战略), 而 H 型制造商则有偏离均衡而选择  $t_0$  与  $w_0$  的可能性 (即  $t_0$  与  $w_0$  不是 H 型制造商的均衡劣战略). 为此, 首先考虑寻找某个非均衡路径  $t_0 > t^{p*}$  与  $w_0 = w^{p*}$ , 使得 L 型制造商此时没有偏离均衡的可能, 因此假设在  $t_0$  与  $w_0$  处满足如下不等式

$$\pi(\alpha_{\mu_0}) - k_L t^{p*} \geq \pi(\alpha_H) - k_L t_0 \quad (A7)$$

其次, 考虑在上述的非均衡路径  $t_0$  与  $w_0$  上, H 型制造商有偏离均衡的可能性, 因此进一步假设在  $t_0$  与  $w_0$  处满足如下不等式

$$\pi(\alpha_{\mu_0}) - k_H t^{p*} \leq \pi(\alpha_H) - k_H t_0 \quad (A8)$$

通过求解式 (A7) 与式 (A8) 所构成的联立不等式可以得到  $t_0$  满足如下要求:  $t_0 \in [t^{p*} + (\pi(\alpha_H) - \pi(\alpha_{\mu_0})) / k_L, t^{p*} + (\pi(\alpha_H) - \pi(\alpha_{\mu_0})) / k_H]$ . 根据式 (A7)、式 (A8) 并结合定义 1 知, L 型制造商永远不会偏离均衡而选择  $t_0$  与  $w_0$ , 而 H 型制造商则具有偏离均衡而选择  $t_0$  与  $w_0$  的可能性, 因此, 混同均衡  $t^{p*}$  所对应的后验信念在  $t_0$  处的合理定义应满足  $\mu(L | t_0) = 0$ . 而事实上, 混同均衡  $t^{p*}$  所对应的后验信念在  $t_0$  处的定义却为  $\mu(L | t_0) = 1 - \mu_0 \neq 0$ . 这便证明了混同均衡  $t^{p*}$  不满足“直观标准”. 最后, 由于上述证明中对混同均衡  $t^{p*} \in [0, (\pi(\alpha_{\mu_0}) - \pi(\alpha_L)) / k_L]$  的选取是任意的, 所以证明了命题 2 中所有的混同均衡都不满足“直观标准”. 证毕.

命题5的证明

将证明分为两部分：第一部分，证明命题3中的分离均衡  $t_H^{**} \in (t_2, t_1]$  皆不满足“直观标准”；第二部分，证明命题3中分离均衡  $t_H^{**} = t_2$  满足“直观标准”。

首先，对于任意给定的分离均衡  $t_H^{**} \in (t_2, t_1]$ ， $w_H^* = w_H^*$ ，根据定义1，下面只需证明存在某个非均衡路径  $t_0$  ( $\neq t_H^{**}$ ) 与  $w_0$ ，使得L型制造商没有可能偏离均衡而选择  $t_0$  与 ( $t_0$  与  $w_0$  是L型制造商的均衡劣战略)，而H型制造商则有可能偏离均衡而选择  $t_0$  与  $w_0$  (即  $t_0$  与  $w_0$  不是H型制造商的均衡劣战略)。为此，考虑某个非均衡路径  $t_0 = t_2$ ， $w_0 = w_H^*$ 。一方面，根据分离均衡存在的L型制造商序贯理性条件知，L型制造商永远不会偏离均衡路径而选择  $t_0$  与  $w_0$ ，另一方面，H型制造商在  $t_0$  与  $w_0$  处利润更大故有可能会偏离均衡路径，因此  $t_H^{**} \in (t_2, t_1]$  所对应的分离均衡的后验信念在  $t_0$  处的合理定义应为  $\mu(L/t_0) = 0$ 。而事实上，分离均衡  $t_H^{**} \in (t_2, t_1]$  的后验信念在  $t_0$  处的定义为  $\mu(L/t_0) = 1 \neq 0$ ，因此该分离均衡不满足“直观标准”。

然后，对于分离均衡  $t_H^{**} = t_2$ ， $w_H^* = w_H^*$ ，根据定义1，证明其在任何非均衡路径  $t_0 \neq t_2$  上皆满足“直观标准”。一方面，对于任意非均衡路径  $t_0 \in (t_2, +\infty)$ ，由L型制造商序贯理性条件知L型制造商不会选择  $t_0$ ，且H型制造商在均衡  $t_H^{**} = t_2$  处利润较  $t_0$  处来得更大，因此H型制造商也不会选择  $t_0$ ，从而  $t_0$  既是L型制造商的均衡劣战略，又是H型制造商的均衡劣战略，这种情形不在“直观标准”讨论的范畴，此时“直观标准”自然满足。另一方面，对于任意非均衡路径  $t_0 \in (0, t_2)$ ，由于当  $\mu(H/t_0) = 1$  时，H型与L型制造商都有偏离均衡而选择  $t_0$  的可能性，因此  $t_0$  既不是L型制造商的均衡劣战略，又不是H型制造商的均衡劣战略，这种情形亦不在“直观标准”讨论的范畴，此时“直观标准”自然满足。 证毕。

命题6的证明

通过比较命题3与命题1结果可知，与信息对称情形相比，零售商的零售价保持不变，因此其利润也保持不变；L型制造商的批发价与CSR水平均保持不变，因此其利润也保持不变；H型制造商的批发价虽然保持不变，但是CSR水平变大，因此其利润将会变小。 证毕。

命题7的证明

将记号  $\pi(\alpha)$  代入命题5的  $t_2$  表达式中得到

$$t_2 = \frac{(\alpha_H - \alpha_L)(\alpha_H + \alpha_L - 2c_s(1 - \beta))}{2k_L(2 - \beta)(1 - \beta)} \tag{A9}$$

因为  $\beta < 1$ ，上式分母是关于  $\beta$  单调递减的，分子是关于  $\beta$  单调递增的，所以  $t_H^{**} = t_2$  是分别关于  $\beta, \alpha_H$  的单调递增函数，关于  $k_L, \alpha_L$  的单调递减函数，而与  $k_H$  和  $\mu_0$  无关。 证毕。

命题8的证明

1) H型制造商的信息成本可表示为  $IC = \pi_{MH}^* - \pi_{MH}^{**} = k_H t_2$ 。基于此，利用命题7可以直接证明相应的比较静态结果。

2) 将命题5的  $t_2$  表达式代入命题3中的  $\pi_{MH}^{**}$  表达式可得

$$\pi_{MH}^{**} = \left(1 - \frac{k_H}{k_L}\right)\pi(\alpha_H) + \frac{k_H}{k_L}\pi(\alpha_L) \tag{A10}$$

注意到  $\pi(\alpha)$  是关于  $\beta$  的单调递增函数，因此  $\pi_{MH}^{**}$  是关于  $\beta$  的单调递增函数。由于  $\pi(\alpha)$  是关于  $\alpha$  的单调递增函数，因此  $\pi_{MH}^{**}$  是分别关于  $\alpha_H$  与  $\alpha_L$  的单调递增函数。将式(A10)变形可得到

$$\pi_{MH}^{**} = \pi(\alpha_H) - \frac{k_H}{k_L}(\pi(\alpha_H) - \pi(\alpha_L))$$

由于  $\pi(\alpha_H) > \pi(\alpha_L)$ ，因此  $\pi_{MH}^{**}$  是关于  $k_H$  的单调递减函数，是关于  $k_L$  的单调递增函数。最后， $\pi_{MH}^{**}$  与先验信念  $\mu_0$  无关是显然的。 证毕。