

不对称信息下供应链赊销交易中的激励契约

程红¹, 汪贤裕², 颜锦江^{2†}

(1. 成都理工大学管理科学学院, 成都 610059; 2. 四川大学商学院, 成都 610065)

摘要: 赊销交易中,若零售商的销售能力是私人信息,则供应商的赊销风险将增加.为给供应商提供甄别零售商销售能力的方法和依据以控制赊销风险,运用激励理论构建激励模型并求解得到激励契约,将其与对称信息下赊销交易和不对称信息下现金交易中的激励契约进行比较.结果表明,该激励契约能够甄别零售商的能力,不对称信息下的产品交易量均向下扭曲,赊销交易能够减轻产品交易量的扭曲程度和降低甄别成本.最后通过算例分析验证了主要结论.

关键词: 赊销; 供应链; 不对称信息; 激励理论

中图分类号: F274

文献标志码: A

Incentive contract in supply chain trade credit under asymmetric information

CHENG Hong¹, WANG Xian-yu², YAN Jin-jiang^{2†}

(1. College of Management Science, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 2. Business School, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: In trade credit, supplier's credit risk will be increased when retailer's sales ability is his private information. In order to help the supplier screen retailer's sales ability types, an incentive model is built by using the incentive theory, and the incentive contract is obtained by solving it, which is compared with the contracts in trade credit under symmetric information and in cash trade under asymmetric information separately. Results show that, this incentive contract can screen the retailer's type, volumes of transactions are twisted down under the asymmetric information, and the distortion rate and the cost of screening are reduced in trade credit. Finally, a case study verifies the main conclusions.

Keywords: trade credit; supply chain; asymmetric information; incentive theory

0 引言

供应链管理是对物流、信息流和资金流的集成管理,三者的统一协调是供应链管理的目的,也是供应链最高效率的体现.关于供应链物流管理已有非常丰富的研究成果.从契约的角度,Cachon^[1]对各种不同契约下的效率进行了总结,多种契约可以实现供应链的协调.结合信息流与物流的研究表明,可以采用激励契约^[2]对不对称信息进行甄别和激励.目前,结合物流、信息流和资金流三者的契约研究非常少.本文将综合物流、信息流和资金流进行讨论.

在企业资金不足的情况下,赊销作为替代金融机构贷款的供应链内部融资方式^[3-4],具有刺激需求等功能^[5],在全球贸易中被广泛应用^[6-7],对我国中小企

业的发展尤为重要.然而赊销是把双刃剑,在解决零售商资金约束的同时,也给提供赊销的供应商带来风险^[8].若赊销风险得不到恰当的控制,则会给供应商带来损失,甚至导致其破产.例如,每次金融危机期间,因全球需求下降,致使销售商业绩不佳或倒闭,给供应商也带来大量的坏账,甚至使得一些中小企业破产,进而引发严重商业事件——供应链危机^[9].若在赊销交易中零售商恶意隐瞒自身相关信息,则会增加供应商的风险.所以,当赊销交易中存在不对称信息时,会产生一系列问题,如:应采取何种契约进行信息甄别和供应链管理?该契约与对称信息下的赊销契约有何差异?与不对称信息下资金充足时的激励契约有何不同,即赊销对不对称信息的激励有何影响?这

收稿日期: 2015-12-14; 修回日期: 2016-05-06.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71502037, 71501161); 教育部人文社会科学研究青年基金项目(14YJC630020, 15YJC630149); 成都理工大学优秀科研团队资助项目(KYTD201406).

作者简介: 程红(1987—),女,讲师,博士,从事供应链和激励理论的研究;汪贤裕(1947—),男,教授,博士生导师,从事供应链、博弈论等研究.

†通讯作者. E-mail: ww08ww@163.com

这些都是值得研究的内容,对供应商的赊销风险管控有着重要意义。

从供应链管理的角度对赊销进行研究的文献可分为两类。一类是基于确定的市场需求在EOQ模型的基础上研究供应商的赊销策略^[10-11]和零售商的最优库存策略^[12-13]。但是,市场需求往往具有不确定性,正是这样的不确定导致零售商存在销售业绩不佳而产生库存风险,赊销将库存风险转移给了供应商。另外一类研究则基于不确定市场需求的假设,考虑零售商的滞销风险或破产风险,对供应链的效率进行研究^[14-17]。

基于不确定市场需求的假设,针对不对称信息下的赊销交易进行研究的文献中,Zhang等^[18]针对供应商的资金成本和零售商的资金量均为各方私人信息的情况,采用双边拍卖模型揭示双方的私人信息。Cheng等^[19]针对影响产品市场需求的零售商的销售能力为私人信息的情况,建立激励模型揭示零售商的能力信息,使零售商依照真实的销售能力选择契约,提高了供应商和供应链效率。这些研究虽然是在不确定市场需求下讨论的,但其模型却暗含零售商具有足够还款能力的假定。

在不对称信息下,针对考虑赊销给供应商带来风险的文献中,程红等^[20]在离散情况下考虑零售商具有自身努力的私人信息,采用激励契约分析了最佳赊销比例问题,属于道德风险的范畴;鄢仁秀等^[21]针对供应商具有关于产品成本的私人信息,从零售商的角度构建激励模型,分析零售商的最优契约机制。该研究仅考虑供应商具有高或者低的离散的成本值,且该成本并不影响销售情况。而赊销交易中更为普遍的现象是供应商担心零售商销售业绩不佳而导致赊欠货款无法回收,担心零售商的影响销售业绩的私人信息会增加其赊销风。所以,当零售商具有影响其销售业绩的私人信息时,供应商应采取何种激励契约以降低赊销风险?

综上所述,本文基于市场需求不确定的假设,考虑零售商的销售能力是其私人信息且该销售能力影响销售业绩的情况,针对供应商存在赊销风险且该风险受到零售商私人信息影响的问题,从供应商的角度建立激励模型和求解最优激励契约。并将该契约与对称信息下的赊销契约和不对称信息下的现金交易激励契约进行对比分析,判断赊销与不对称信息下的激励有无相互影响,分析供应商的风险管控策略。

1 问题描述

考虑一个供应商和一个自有资金不足的零售商进行赊销交易。交付商品时,零售商将其自有资金支

付给供应商,约定剩余部分在销售期期末结清。到了期末,若零售商的销售收入能结清赊欠货款,供应商收回全部欠款;若零售商的销售收入不足以偿付赊欠货,供应商仅能收回部分欠款,未收回的部分则为坏账损失。零售商的销售业绩受到其自身能力的影响,高能力者销售业绩好的概率高,因此可以订购更多产品,所以低能力者有动机伪装为高能力者,这就增大了供应商的赊销风险。供应商应如何识别高低能力的零售商,如何对其进行约束与管理才能控制自身的风险,其成本代价如何,这是本文要讨论并回答的问题。首先约定如下符号和假设。

相关符号约定如下: y 为市场需求; p 为单位产品的市场价格; η 为零售商的自有资金; θ 为零售商的销售能力; c 为供应商的单位产品生产升本; q 为产品交易量,也是供应商的生产量; t 为零售商支付给供应商的转移支付。

作如下假设。1) 零售商的销售能力 θ 是其私人信息,供应商仅知道 θ 是区间 $[\underline{\theta}, \bar{\theta}]$ 内的随机数,分布函数为 $G(\theta)$,密度函数为 $g(\theta)$ 。2) 市场需求 y 受到零售商销售能力的影响, y 服从 $[0, \theta]$ 的均匀分布^[14],其分布函数为 $F(y)$,密度函数为 $f(y)$,该信息是零售商和供应商的共同知识。3) 零售商自有资金 η 不足以支付货款,双方进行赊销交易。交付商品时,零售商用其自有资金支付部分货款,剩余货款 $(t - \eta)$ 在销售期期末给付。若零售商期末的所有销售收入 $p \min(y, q)$ 仍不足以支付赊欠货款 $(t - \eta)$ 时,则其将全部销售收入 $p \min(y, q)$ 支付给供应商,且宣告破产。零售商承担有限责任,供应商无法追讨剩余欠款。4) 因为资金优势,供应商处于强势和激励主体的地位,而零售商处于弱势和被激励的地位。供应商向零售商提出“要么接受,要么走人”的激励契约菜单 $(t(\theta), q(\theta))$,零售商根据自身真实销售能力选择使得自身利润最大化的契约。5) 产品为季节性商品,零售商在销售期内不再订货。

2 模型建立和求解

根据以上假设,供应商和零售商的期望利润函数分别是

$$\pi_s = E \min[p \min(y, q), t - \eta] + \eta - cq, \quad (1)$$

$$\pi_r = E \max[0, p \min(y, q) - (t - \eta)] - \eta. \quad (2)$$

化简式(1)和(2),得到供应商和零售商的期望利润函数分别为

$$\pi_s = \int_{\underline{\theta}}^{\bar{\theta}} \left[t(\theta) - cq(\theta) - \frac{(t(\theta) - \eta)^2}{2p\theta} \right] g(\theta) d\theta, \quad (3)$$

$$\pi_r = pq(\theta) - t(\theta) - \frac{pq^2(\theta)}{2\theta} + \frac{(t(\theta) - \eta)^2}{2p\theta}. \quad (4)$$

根据本文假设,可将供应链双方的博弈时序描述为图1所示.

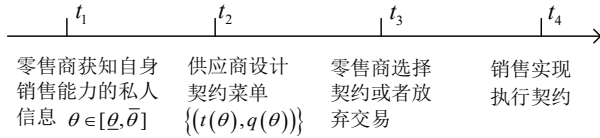


图1 博弈时序图

综上,建立供应商的激励模型如下:

$$P1 \max_{\{t, q\}} \pi_s = \int_{\underline{\theta}}^{\bar{\theta}} \left[t(\theta) - cq(\theta) - \frac{(t(\theta) - \eta)^2}{2p\theta} \right] g(\theta) d\theta. \quad (5)$$

s.t.

$$\pi_r(\theta, \theta) \geq 0; \quad (6)$$

$$\pi_r(\theta, \theta) \geq \pi_r(\theta, \tilde{\theta}), \quad \forall (\theta, \tilde{\theta}) \in [\underline{\theta}, \bar{\theta}]; \quad (7)$$

$$\pi_r(\theta, \theta) = pq(\theta) - t(\theta) - \frac{pq^2(\theta)}{2\theta} + \frac{(t(\theta) - \eta)^2}{2p\theta}; \quad (8)$$

$$\pi_r(\theta, \tilde{\theta}) = pq(\tilde{\theta}) - t(\tilde{\theta}) - \frac{pq^2(\tilde{\theta})}{2\theta} + \frac{(t(\tilde{\theta}) - \eta)^2}{2p\theta}. \quad (9)$$

其中:式(6)是零售商的参与约束,保证零售商的经济利润非负;式(7)是零售商的激励约束,使销售能力为 θ 的零售商根据真实能力选择契约比伪装为 $\tilde{\theta}$ 类型零售商选择契约能获得更多利润;式(8)表示能力为 θ 的零售商根据自身真实能力选择契约 $(t(\theta), q(\theta))$ 时的利润;式(9)表示能力为 θ 的零售商伪装为 $\tilde{\theta}$ 类型零售商,并以 $\tilde{\theta}$ 选择契约 $(t(\tilde{\theta}), q(\tilde{\theta}))$ 时的利润;参考拉丰^[2]归纳的求解方法,求解该模型如下.

根据式(9)可以得到关于 $\tilde{\theta}$ 的一阶条件

$$p\dot{q}(\tilde{\theta}) - \dot{t}(\tilde{\theta}) - \frac{pq(\tilde{\theta})\dot{q}(\tilde{\theta})}{\tilde{\theta}} + \frac{(t(\tilde{\theta}) - \eta)\dot{t}(\tilde{\theta})}{p\tilde{\theta}} = 0. \quad (10)$$

为了使零售商依据真实能力选择契约和参与交易,要求式(10)当 $\tilde{\theta} = \theta$ 时成立,即有

$$p\dot{q}(\theta) - \dot{t}(\theta) - \frac{pq(\theta)\dot{q}(\theta)}{\theta} + \frac{(t(\theta) - \eta)\dot{t}(\theta)}{p\theta} = 0. \quad (11)$$

同时,最优性要求 $\pi_r(\theta, \tilde{\theta})$ 关于 $\tilde{\theta}$ 的二阶条件在 $\tilde{\theta} = \theta$ 时必须满足,即

$$\frac{p\ddot{q}(\theta) - \ddot{t}(\theta) - \frac{p\dot{q}(\theta)^2 + p\dot{q}(\theta)\dot{q}(\theta)}{\theta} + \frac{(t(\theta) - \eta)\ddot{t}(\theta) + \dot{t}(\theta)^2}{p\theta}}{p\theta} \leq 0. \quad (12)$$

式(11)两边同时对 θ 微分,且结合(12)可以得到

$$\frac{pq(\theta)\dot{q}(\theta)}{\theta^2} - \frac{(t(\theta) - \eta)\dot{t}(\theta)}{p\theta^2} \geq 0. \quad (13)$$

此时激励约束(7)由(11)和(13)代替.结合零售商利润函数 $\pi_r(\theta, \theta)$ 对 θ 的导数,可将约束(11)用以下等式替代:

$$\frac{\partial \pi_r(\theta, \theta)}{\partial \theta} = \frac{pq(\theta)^2}{2\theta^2} - \frac{(t(\theta, \theta) - \eta)^2}{2p\theta^2}. \quad (14)$$

于是,供应商的激励模型转化为如下模型:

$$\max_{\{t, q\}} \pi_s = \int_{\underline{\theta}}^{\bar{\theta}} \left(t(\theta) - cq(\theta) - \frac{(t(\theta) - \eta)^2}{2p\theta} \right) g(\theta) d\theta;$$

s.t. 式(6), (13)和(14).

因为 $pq > t - \eta$,所以 $\partial \pi_r(\theta, \theta) / \partial \theta > 0$,即 $\pi_r(\theta, \theta)$ 是 θ 的增函数.因此只需 $\pi_r(\underline{\theta}) \geq 0$ 即可使 $\pi_r(\theta) \geq 0$.供应商没有必要让零售商获得更多的利润,因此令 $\pi_r(\underline{\theta}) = 0$ 即可,此时约束(6)满足.

暂时忽略约束(13)求解规划模型.对式(14)求解,有

$$\pi_r(\theta) = \int_{\underline{\theta}}^{\theta} \left[\frac{pq(\tau)^2}{2\tau^2} - \frac{(t(\tau) - \eta)^2}{2p\tau^2} \right] d\tau.$$

结合式(8)得到

$$t(\theta) = pq(\theta) - \frac{pq(\theta)^2}{2\theta} + \frac{(t(\theta) - \eta)^2}{2p\theta} - \int_{\underline{\theta}}^{\theta} \left[\frac{pq(\tau)^2}{2\tau^2} - \frac{(t(\tau) - \eta)^2}{2p\tau^2} \right] d\tau. \quad (15)$$

将式(15)所表示的 $t(\theta)$ 代入供应商的目标函数并分部积分,得到

$$\max_q \pi_s = \int_{\underline{\theta}}^{\bar{\theta}} \left[pq - \frac{pq^2}{2\theta} - cq - \frac{1 - G(\theta)}{g(\theta)} \times \left(\frac{pq^2}{2\theta^2} - \frac{(t - \eta)^2}{2p\theta^2} \right) \right] (\theta) d\theta. \quad (16)$$

求解式(16),然后验证被忽略的约束(13),若解满足约束,则该解是原规划的解.

由式(11)得 $\partial t / \partial q = p(p\theta - pq(\theta)) / (p\theta - (t(\theta) - \eta))$.除销情况下容易得到 $(t(\theta) - \eta) \leq pq(\theta) \leq p\theta$,据此可以判断 $0 \leq \partial t / \partial q \leq p$.将其代入由式(11)计算得到的 $(1 - (t - \eta) / (p\theta)) \partial^2 t / \partial q^2 = -p / \theta + (\partial t / \partial q)^2 / (p\theta)$,可以得到 $\partial^2 t / \partial q^2 \leq 0$.因此,对供应商利润函数(16)逐点微分容易得到其二阶条件非正,即 $-\frac{p}{\theta} - \frac{1 - G(\theta)}{g(\theta)} \left(\frac{p}{\theta^2} - \frac{1}{p\theta^2} \left(\frac{\partial t}{\partial q} \right)^2 - \frac{1}{p\theta^2} \frac{\partial^2 t}{\partial q^2} \right) \leq 0$.所以该函数的二阶条件满足,是凹函数.在该情况下最优交易量满足以下一阶条件:

$$p - \frac{pq(\theta)}{\theta} - c - \frac{1 - G(\theta)}{g(\theta)} \left(\frac{pq(\theta)}{\theta^2} - \frac{(t - \eta)}{p\theta^2} \frac{\partial t}{\partial q} \right) = 0. \quad (17)$$

下面检验由式(15)和(17)表示的解 $(t^*(\theta), q^*(\theta))$ 是否满足被忽略的约束(13). 由 $0 \leq \partial t / \partial q \leq p$ 可知, 当 $\dot{q}(\theta) > 0$ 时, $\dot{t}(\theta) \leq p\dot{q}(\theta)$; 当 $\dot{q}(\theta) < 0$ 时, $\dot{t}(\theta) \geq p\dot{q}(\theta)$. 根据式(17)用反证法检验这两种情况的合理性, 检验结果表明, 当 $\dot{q}(\theta) > 0$ 和 $\dot{t}(\theta) \leq p\dot{q}(\theta)$ 时, 式(17)满足, 所以有 $\dot{q}(\theta) > 0$. 将 $\partial t / \partial q \leq p$ 代入式(17), 得到 $p - pq/\theta - c \geq 0$. 又因为 $\dot{q}(\theta) > 0$, 所以由式(17)可以证明约束(13)满足. 因此 $(t^*(\theta), q^*(\theta))$ 是激励模型 P1 的解. 将其代入供销双方的利润函数, 得到双方的期望收益为

$$\pi_r(\theta) = \int_{\underline{\theta}}^{\bar{\theta}} \left[\frac{p(q^*(\tau))^2}{2\tau^2} - \frac{(t^*(\tau) - \eta)^2}{2p\tau^2} \right] d\tau, \quad (18)$$

$$\pi_s = \int_{\underline{\theta}}^{\bar{\theta}} \left[pq^*(\theta) - \frac{p(q^*(\theta))^2}{2\theta} - cq^*(\theta) - \frac{1 - G(\theta)}{g(\theta)} \left(\frac{p(q^*(\theta))^2}{2\theta^2} - \frac{(t^*(\theta) - \eta)^2}{2p\theta^2} \right) \right] g(\theta) d\theta. \quad (19)$$

命题1 满足式(15)和(17)的契约 $(t^*(\theta), q^*(\theta))$ 能够实现对零售商的甄别. 该契约下零售商和供应商的利润分别是式(18)和(19).

3 激励契约分析

3.1 不对称信息下赊销交易中的激励契约分析

由命题1可以看到, 供应商提供的激励契约菜单中的交易量、转移支付和双方的期望利润不仅受到供应商的成本、市场需求和零售商销售能力的影响, 而且还随零售商自有资金的变化而变化.

由式(17)可以得到 $\partial q / \partial \eta < 0$, 即零售商自有资金越多, 产品最优交易量反而越小, 因为赊销将零售商所面临的滞销风险转移给了供应商. 零售商自有资金越多, 赊欠额度越小, 所转移的滞销风险越小, 零售商自身所承担的滞销风险就越大. 为了将风险控制在合理范围内, 其订货量应降低. 零售商的自有资金越少, 供应商所提供的赊销额度也越大, 供应商所分担的滞销风险刺激了需求, 所以订货量应有所增加.

推论1 不对称信息下的赊销交易中, 随着零售商自有资金的增加, 产品交易量将降低.

该推论意味着, 本文契约帮助供应商甄别高低能力的零售商, 控制不对称信息所增大的赊销风险. 但并不能够完全控制赊销风险, 供应商应对自有资金不足的零售商的赊销给与恰当的控制, 避免承担过大的赊销风险.

根据 $\dot{q}(\theta) > 0$ 和由式(11)计算而得到的 $\dot{t}(\theta) = p^2(\theta - q(\theta))q(\theta)\dot{q}(\theta)/(p\theta - t(\theta) + \eta)$ 可以判断 $\dot{t}(\theta) > 0$. 零售商的销售能力越大, 产生高市场需求的可能性越大, 所以其订货量越多, 进而转移支付也越多.

推论2 不对称信息下的赊销交易中, 产品交易量和转移支付总额均随零售商销售能力的增加而增加.

在零售商自有资金相同的情况下, 供应商可根据本文契约甄别高低能力零售商, 给与高能力零售商更多的订货量并收取更多转移支付以获得更多利润.

3.2 与对称信息下赊销交易中的契约对比分析

将本文关于不对称信息的假设修改为对称信息, 其余假设不变, 此时模型为

$$P2 \max_{\{t, q\}} \pi_{s1} = t(\theta) - cq(\theta) - \frac{(t(\theta) - \eta)^2}{2p\theta}; \quad (20)$$

$$s.t. \pi_{r1}(\theta, \theta) = pq(\theta) - t(\theta) - \frac{pq^2(\theta)}{2\theta} + \frac{(t(\theta) - \eta)^2}{2p\theta} \geq 0. \quad (21)$$

求解该规划, 得到

$$q_1^* = \frac{p - c}{p}\theta, \quad (22)$$

$$t_1^*(\theta) = pq_1^*(\theta) - \frac{pq_1^{*2}(\theta)}{2\theta} + \frac{(t_1^*(\theta) - \eta)^2}{2p\theta}, \quad (23)$$

$$\pi_{s1} = pq_1^* - \frac{pq_1^{*2}}{2\theta} - cq_1^*, \quad (24)$$

$$\pi_{r1}(\theta) = 0. \quad (25)$$

命题2 对称信息下的赊销交易契约 $(t_1^*(\theta), q_1^*(\theta))$ 中的参数分别是式(23)和(22), 该契约下供应商和零售商的利润分别为(24)和(25).

显然, 此时零售商仅获得保留利润0, 而供应商获得供应链所有利润. 对比命题1和命题2可以发现, 不对称信息下零售商的利润比对称信息下的利润高, 其差距大小与零售商的销售能力相关. 因为零售商的销售能力为私人信息, 所以其有动机为获得更多的收入而隐瞒其真实信息. 为了甄别零售商的能力类型, 供应商给予其一定利润以激励其依据真实能力交易. 因此, 不对称信息下零售商获得的利润不再是0, 而是与零售商自身能力相关的信息租金. 零售商的销售能力越大, 其获得的租金越多. 销售能力为 $\bar{\theta}$ 的零售商获得租金为 $\pi_r(\bar{\theta})$, 销售能力为 $\underline{\theta}$ 的零售商不能够获得租金.

进一步地, 对比命题1和命题2还可以发现, 对于高能力零售商有 $q^*(\bar{\theta}) = q_1^*(\bar{\theta})$, 对于其他能力类型的零售商有 $q^*(\theta) < q_1^*(\theta)$. 除高能力零售商之外, 其他能力类型零售商参与交易时, 产品交易量向下扭曲.

推论3 与对称信息下的情形相比较, 不对称信息下的激励契约中的产品交易量向下扭曲, 零售商获得与自身能力正相关的信息租金.

推论3表明, 为了将风险控制一定范围内, 供

应商甄别高低能力类型的零售商时,仅给予最高能力的零售商对称信息下的交易量,给予非最高能力的零售商的交易量低于对称信息下的交易量;供应商区别高低能力类型的零售商的代价是给予高能力零售商一定的信息租金,即让高能力零售商有一定的收益.

3.3 与不对称信息下现金交易中的激励契约对比分析

零售商资金充足时,供应链双方采取现金交易,此时供应商的激励模型为

$$P3 \max_{\{t, q\}} \pi_{s2} = \int_{\underline{\theta}}^{\bar{\theta}} (t - cq)g(\theta)d\theta; \quad (26)$$

$$\text{s.t. } \pi_{r2} = pq - t - \frac{pq^2}{2\theta} \geq 0, \quad (27)$$

$$\pi_{r2}(\theta, \theta) = pq - t - \frac{pq^2}{2\theta} \geq$$

$$pq(\tilde{\theta}) - t(\tilde{\theta}) - \frac{pq(\tilde{\theta})^2}{2\theta} = \pi_{r2}(\theta, \tilde{\theta}). \quad (28)$$

其中:式(27)是零售商的参与约束,式(28)是零售商说真话的激励约束.采用相同的求解方法可以得到资金充足情况下供应商激励契约中的最佳订货量 $q_2^*(\theta)$ 和转移支付 $t_2^*(\theta)$ 是以下两式的解:

$$p - \frac{pq_2^*(\theta)}{\theta} - \frac{1 - G(\theta)}{g(\theta)} \frac{pq_2^*(\theta)}{\theta^2} - c = 0, \quad (29)$$

$$t_2^*(\theta) = pq_2^*(\theta) - \frac{p(q_2^*(\theta))^2}{2\theta} - \int_{\underline{\theta}}^{\theta} \left(\frac{p(q_2^*(\tau))^2}{2\tau^2} \right) d\tau. \quad (30)$$

激励契约下零售商和供应商双方利润分别为

$$\pi_{r2}(\theta) = \int_{\underline{\theta}}^{\theta} \left[\frac{p(q_2^*(\tau))^2}{2\tau^2} \right] d\tau, \quad (31)$$

$$\pi_{s2} = \int_{\underline{\theta}}^{\bar{\theta}} \left[pq_2^* - \frac{p(q_2^*)^2}{2\theta} - cq_2^* - \frac{(1 - G(\theta))p(q_2^*)^2}{2\theta^2 g(\theta)} \right] g(\theta)d\theta. \quad (32)$$

命题3 不对称信息下,在零售商资金充足的现金交易中,满足式(29)和(30)的契约 $(t_2^*(\theta), q_2^*(\theta))$ 能够实现对零售商的甄别.该契约下零售商和供应商的利润分别是式(31)和(32).

对比命题1和命题3可以发现:对于高能力的零售商有 $q^*(\bar{\theta}) = q_2^*(\bar{\theta})$,且 $\pi_r(\bar{\theta}) = \pi_{r2}(\bar{\theta})$;对于其他能力类型的零售商有 $q^*(\theta) > q_2^*(\theta)$ 和 $\pi_r(\theta) < \pi_{r2}(\theta)$.该结果表明,不对称信息下,赊销交易中的产品交易量的扭曲被减轻,同时零售商获得的信息租金也减少.

推论4 不对称信息下,赊销交易减轻了交易量的扭曲程度,供应链效率得到提高.

根据推论4,为了降低信息租金和提高自身收益,

供应商可以适当鼓励赊销交易来减轻不对称信息导致的交易扭曲,但需要注意对零售商进行能力类型的甄别.为了提高社会效益,政府可以出台合理的政策鼓励和规范赊销交易.

4 数值算例

为了验证本文的主要结论,下面给出数值实例.假设零售商的销售能力服从 $[50, 100]$ 区间上的均匀分布,供应商的成本 $c = 0.4$,零售商的价格 $p = 1$.计算得到不对称信息下零售商自有资金充足的现金交易中的产品交易量如图2所示.当零售商自有资金 $\eta = 10$ 时,其自有资金不足以支付货款而进行赊销交易,此时分别计算得到不对称信息和对称信息下的产品交易量,如图2所示.

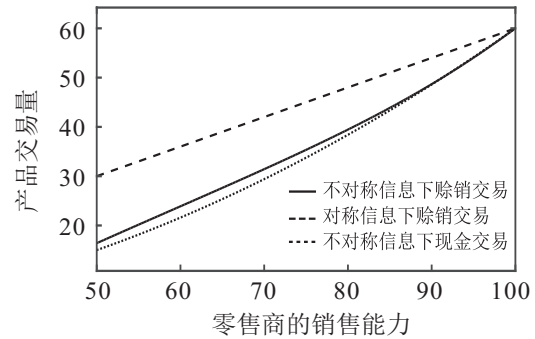


图2 产品交易量与零售商销售能力的关系

显然,3种不同情况下契约中的产品交易量均随零售商销售能力的增加而增加,推论2得到了验证.零售商销售能力相同的情况下,不对称信息下的产品交易量低于对称信息下的产品交易量,且不对称信息下赊销交易量高于现金交易量.这意味着不对称信息下产品交易量向下扭曲,且赊销降低了产品扭曲量,推论3和推论4得到了验证.

计算不对称信息下零售商资金充足进行现金交易时不同能力类型零售商的利润,如表1所示;当零售商自有资金 $\eta = 10$ 时,其自有资金不足以支付货款而进行赊销交易,可分别计算对称信息和不对称信息下赊销交易中不同能力类型零售商的利润,如表1所示.

表1 零售商的利润与其销售能力的关系

零售商销售能力	零售商的利润		
	对称信息下赊销交易	不对称信息下现金交易	不对称信息下赊销交易
50.00	0.00	0.00	0.00
60.00	0.00	0.78	0.77
75.00	0.00	3.80	3.40
90.00	0.00	10.50	9.04
100.00	0.00	18.00	16.58

供应商提供赊销处于供应链强势和领导地位,因此,在对称信息下各种能力类型的零售商获得保留收益0;不对称信息下非最低能力的零售商均获得正的信息租金,且能力越高的零售商获得的信息租金越多,推论3中关于零售商信息租金的结论也得到了验证.从表1中还可以发现,不对称信息下赊销交易能够降低零售商的信息租金.

不对称信息下,供应商使用激励契约甄别零售商的不同能力类型时需要付出一定的信息租金给零售商,此时的产品交易量向下扭曲.但赊销可以降低信息租金并在一定程度上缓解交易量的扭曲.所以,供应商可以恰当地鼓励赊销交易,并采取信息甄别等手段控制赊销风险.

与之相对应,分别计算供应商在以下3种情况下与不同能力类型的零售商进行交易时期望获得的利润:1) 对称信息下,零售商自有资金不足而进行赊销交易;2) 不对称信息下进行现金交易;3) 不对称信息下零售商自有资金不足而进行赊销交易.仍然假定零售商自有资金不足时其资金为 $\eta = 10$,计算结果如表2所示.

表2 供应商的期望利润与零售商销售能力的关系

零售商销售能力	供应商的利润		
	对称信息下赊销交易	不对称信息下现金交易	不对称信息下赊销交易
50.00	9.00	4.50	4.61
60.00	10.80	6.48	6.86
75.00	13.50	10.13	10.62
90.00	16.20	14.58	14.79
100.00	18.00	18.00	18.00

在对称信息下进行赊销交易时,供应商的期望利润随零售商销售能力的增强而增加,这是因为销售能力高的零售商能够销售更多的产品且其仅获得保留收益0,而供应商会获得因多销售产品而得到的利润.对比于对称信息下和不对称信息下供应商的期望利润可以发现,供应商在对称信息下获得的期望利润比在不对称信息下的两种情况中获得的期望利润均高,这是因为对称信息下供应商无需给零售商支付信息租金.所以,为了获得更多的利润,供应商应选择对称信息下进行交易.为实现信息对称,其付出一定的成本也是值得的,但应控制所付出的成本不高于对称信息和不对称信息下所获取利润的差额.不对称信息下,无论是进行现金交易还是赊销交易,参与交易的零售商的能力越高,供应商的期望利润也越高;而且,与最高能力类型的零售商进行交易时,供应商的期望利润可以达到对称信息下的期望利润,这是

因为与最高能力类型的零售商交易时交易量不存在扭曲;与现金交易相比,供应商在赊销交易中能够获得更多的期望利润.因此,无论在何种情况下进行交易,供应商都应优先选择销售能力高的零售商;而且,如果供应商不能实现对称信息下的交易,则可选择提供一定范围内的赊销交易,合理分担供应链的滞销风险,以刺激零售商订购更多的产品,进而提高自身的利润以实现自身利润最大化.

5 结论

本文在零售商资金缺乏时进行赊销交易的背景下,针对影响销售业绩的零售商销售能力为其私人信息的情况,基于供应链物流、信息流和资金流的集成管理的思想,建立了激励模型、求解激励契约和对该契约进行分析,以帮助供应商对零售商的能力类型进行甄别,对自身所承担的赊销风险进行控制.该激励契约可以实现对零售商能力类型的甄别,且产品交易量随零售商自有资金的增加而降低,随零售商销售能力的增强而增加.然后分别与对称信息下的赊销交易契约和不对称信息下资金充足时的激励契约进行对比分析.结果表明:与信息对称情况相比,信息不对称情况下的非最高能力参与的交易中产品交易量均向下扭曲,且零售商获得信息租金,即供应商为甄别不同能力类型的零售商需付出一定的代价;与现金交易相比,赊销交易减轻了产品交易量的扭曲程度,降低了零售商的信息租金,使供应链效率有所提高.为了降低信息甄别的代价,供应商可以鼓励赊销交易,而且为了提高供应链的效率,政府也可以鼓励和规范赊销交易.本文的研究有助于供应商进行赊销管理和信息不对称情况下的激励,同时也为信息不对称情况下的激励提供了一种新思路.

本文仅考虑了零售商销售能力影响产品销售且该能力为私人信息的情况,若零售商的自有资金为私人信息时,应采取何种契约进行激励,赊销是否仍然能够减轻产品交易量的扭曲,这是进一步研究的方向.未来的研究还可进一步拓展到赊销交易中双向不对称信息的研究.

参考文献(References)

- [1] Cachon G P. Supply chain coordination with contracts[J]. *Handbooks in Operations Research & Management Science*, 2003, 11(3): 227-339.
- [2] 让-雅克拉丰,大卫马赫蒂摩. 激励理论I: 委托-代理模型[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2002, 6: 100-104. (Laffont J J, Martimort D. *The theory of incentives I: The principal-agent model*[M]. Beijing: China Renmin University Press, 2002, 6: 100-104.)

- [3] Huang H, Shi X, Zhang S. Counter-cyclical substitution between trade credit and bank credit[J]. *J of Banking & Finance*, 2011, 35(8): 1859-1878.
- [4] Lee C H, Rhee B D. Trade credit for supply chain coordination[J]. *European J of Operational Research*, 2011, 214(1): 136-146.
- [5] Mian S L, Smith C W. Accounts receivable management policy: Theory and evidence[J]. *The J of Finance*, 2012, 47(1): 169-200.
- [6] Wilson N, Summers B. Trade credit terms offered by small firms: Survey evidence and empirical analysis[J]. *Social Science Electronic Publishing*, 2002, 29(3/4): 317-351.
- [7] Jean Tirole. *The theory of corporate finance*[M]. Princeton: Princeton University Press, 2010: 791-793.
- [8] 刘国强, 周宗放, 宋新民, 等. 基于非预期损失的赊销风险控制研究[J]. *管理评论*, 2010, 22(2): 65-68.
(Liu G Q, Zhou Z F, Song X M, et al. A research on control of credit sale risk in view of unexpected loss[J]. *Management Review*, 2010, 22(2): 65-68.)
- [9] Solutions A R. *Global risk management survey*[D]. Chicago: Aon Risk Solutions, 2007.
- [10] 王宜举, 孟凡秀. 基于价格折扣的有条件延期支付策略[J]. *控制与决策*, 2014, 29(8): 1413-1418.
(Wang Y J, Meng F X. Determination of conditional delay in payment policy based on price discount[J]. *Control and Decision*, 2014, 29(8): 1413-1418.)
- [11] Shah N H. Retailer's decision for ordering and credit policies for deteriorating items when a supplier offers order-linked credit period or cash discount[J]. *Applied Mathematics & Computation*, 2015, 259(5): 569-578.
- [12] Zia N P, Taleizadeh A A. A lot-sizing model with backordering under hybrid linked-to-order multiple advance payments and delayed payment[J]. *Transportation Research Part E: Logistics & Transportation Review*, 2015, 82(10): 19-37.
- [13] Chang C T, Cheng M C, Ouyang L Y. Optimal pricing and ordering policies for non-instantaneously deteriorating items under order-size-dependent delay in payments[J]. *Applied Mathematical Modelling*, 2015, 39(2): 747-763.
- [14] 程红, 汪贤裕, 苏应生. 市场需求依赖零售商销售能力时的赊销契约激励协调分析[J]. *统计与决策*, 2011(1): 47-49.
(Cheng H, Wang X Y, Su Y S. Analysis of the incentive and coordination about the credit contract with uncertain demand rely on retailer's sale ability[J]. *Statistics and Decision*, 2011(1): 47-49.)
- [15] 鄢仁秀, 汪贤裕, 郭红梅. 赊销背景下的供应链收入共享契约[J]. *控制与决策*, 2014, 29(4): 666-672.
(Yan R X, Wang X Y, Guo H M. Revenue-sharing contract with retailers' trade credit[J]. *Control and Decision*, 2014, 29(4): 666-672.)
- [16] 刚号, 唐小我, 慕银平. 延迟支付下损失厌恶型零售商参与的供应链运作及协调[J]. *控制与决策*, 2013, 28(7): 1023-1027.
(Gang H, Tang X W, Mu Y P. Operation and coordination of supply chain under delay in payment with a loss-averse retailer[J]. *Control and Decision*, 2013, 28(7): 1023-1027.)
- [17] 陈建新, 周永务. 见货回购融资模式的供应链运营决策[J]. *控制与决策*, 2015, 30(7): 1257-1263.
(Chen J X, Zhou Y W. Distributor chain financing decision model based on buy back guarantee[J]. *Control and Decision*, 2015, 30(7): 1257-1263.)
- [18] Zhang Q H, Luo J W. Coordination of supply chain with trade credit under bilateral information asymmetry[J]. *Systems Engineering — Theory & Practice*, 2009, 29(9): 32-40.
- [19] Cheng H, Wang X W, Su Y S. Optimal trade credit policy for supplier under asymmetric information in the supply chain[J]. *J of Donghua University: English Edition*, 2011, 28(4): 439-444.
- [20] 程红, 汪贤裕. 供应链中的赊销比例分析[J]. *商业经济与管理*, 2009, 218(12): 22-27.
(Cheng H, Wang X Y. An analysis on credit sale ratio in a supply chain[J]. *J of Business Economics*, 2009, 218(12): 22-27.)
- [21] 鄢仁秀, 汪贤裕. 非对称信息下供应链赊销交易中的最优契约机制[J]. *软科学*, 2014, 28(12): 46-49.
(Yan R X, Wang X Y. Optimal trade credit contracts in supply chain under asymmetric information[J]. *Soft Science*, 2014, 28(12): 46-49.)

(责任编辑: 李君玲)