

# 欺压与风险分担： B2B 电子交易市场环境下均衡策略分析<sup>①</sup>

邢伟<sup>1</sup>，汪寿阳<sup>2</sup>，冯耕中<sup>3</sup>

(1. 曲阜师范大学运筹与管理学院, 日照 276826 2 中国科学院数学与系统科学研究院, 北京 100080  
3 西安交通大学管理学院, 西安 710049)

**摘要:** B2B 电子交易市场为生产商和零售商提供了新的销售和采购渠道, 从而改变了传统供应链结构. 在考虑了随机需求和随机电子市场交易价格的基础上, 文章研究了在 B2B 电子交易市场环境下单一生产商和单一零售商组成供应链的最优策略. 在销售期之前, 生产商首先决定批发价格和生产数量; 作为跟随者, 零售商决定零售价格和订购数量. 在销售期, 生产商和零售商可以在 B2B 电子交易市场中交易. 研究结果表明, 对于零售商, B2B 电子交易市场可以作为投机市场或者第二采购渠道, 而生产商在定价策略中通过欺压目的或者风险分担目的来进行风险管理.

**关键词:** B2B 电子交易市场; 供应链管理; Stackelberg 博弈; 定价策略; 风险管理

**中图分类号:** F253.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2010)01-0001-09

## 0 引言

近几年来, 我国电子商务取得了长足的进步, 基于垂直行业的 B2B 电子交易市场成为其中的亮点. B2B 电子交易市场是一种利用网络平台把众多的买方和卖方集中到一起进行交易的电子商务的模式, 它主要采取多对多的动态定价模式, 而市场价格波动是由供需情况及市场的交易规则决定的<sup>[1-2]</sup>. 目前, 国内这类 B2B 电子交易市场已有 200 多家, 主要集中在金属、化工、塑料、食糖、农产品等大宗商品领域<sup>[3-4]</sup>. 例如, 上海大宗钢铁电子交易中心, 2004 年创办, 其主要交易品种为螺纹钢、线材和热卷板等标准化程度高的钢铁产品, 最大日交易量超过 100 多万吨, 对我国钢铁产品的流通产生了重要的影响.

B2B 电子交易市场的兴起改变了传统供应链的结构, 也为管理学界提出了新的研究问题<sup>[5-7]</sup>.

文献 [8] 比较了电子交易市场环境下的三种采购策略: 基于长期合约、现货市场和这两者的组合, 研究发现最优的策略依赖于市场结构. 文献 [9] 研究了 B2B 电子交易市场对生产商和采购商的关系的影响. 文献 [10] 考察了在线现货市场对零售商的影响. 我国学者也从供应链或者物流的角度对 B2B 电子交易市场展开研究<sup>[11-13]</sup>. 然而, 目前大多数的研究仅仅限于单纯地从交易费用或组织结构等角度进行研究, 却很少考虑电子交易市场对供应链结构的影响. 文献 [13] 研究了 B2B 电子交易市场环境下供需双方定价和订购问题, 在该论文的模型中生产量是给定的外生变量. 然而在现实经济社会中, 有些生产商在决策定价的同时也往往需要决策生产量. 本文重点研究了在这种新的供应链结构下生产商的生产策略和定价策略以及零售商的定价策略与订购策略, 并从风险管理的角度揭示了 B2B 电子交易市场的主要功能.

① 收稿日期: 2008-07-31; 修订日期: 2009-09-22

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (70971076); 国家自然科学基金资助重点项目 (70731003).

作者简介: 邢伟 (1972-), 男, 山东人, 博士, 副教授. Email: xingweinaid@anail.com

# 1 问题描述

本文以 B2B 电子交易市场环境下单一生产商和单一零售商构成的供应链模型为背景,如图 1 所示. 在销售期到来之前, 生产商首先决定批发价格  $w$  和生产数量  $Q$ ; 作为跟随者, 零售商决定订购数量  $q$  和零售价格  $p$  来最大化自己的预期效用. 在销售期, 生产商在 B2B 电子交易市场销售剩余产量; 而零售商可以根据自己的实际需求在 B2B 电子交易市场进行交易, 并把产品销售给终端用户. 假定 B2B 电子交易市场价格  $P_e$  是随机变量, 且 B2B 电子交易市场参与者都是价格接受者.

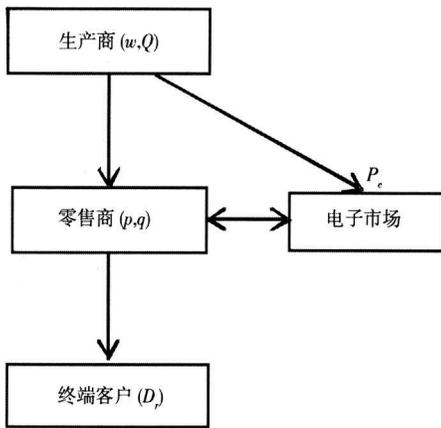


图 1 B2B 电子交易市场下的供应链模型结构  
Fig 1 Supply chain with B2B online exchange

假定零售渠道的需求函数是线性函数:

$$D_r = a - bp \tag{1}$$

其中,  $b > 0$  为反映零售价格对零售需求影响的系数.

通常, 零售渠道的需求情况反映了社会整体需求, 当零售渠道需求大的时候, 社会整体需求也旺盛, 电子交易市场的价格也高. 因此, 假定  $a$  和  $p_e$  正相关, 并服从二维正态分布:  $(a, p_e) \sim BN[\mu_a, \mu_e, \sigma_a^2, \sigma_e^2, \rho]$ , 其中相关系数  $0 \leq \rho < 1$  [10-14].

生产商和零售商同时关注自己的利润和风险, 本文分别用  $k_m$  和  $k_r$  表示生产商和零售商的风险态度, 并假定生产商是风险中性或者风险规避类型, 即  $k_m \geq 0$  零售商为风险规避类型  $k_r > 0$  因此, 其效用函数可以表示为  $U_i = E[\pi_i] - k_i Var[\pi_i]$ ,  $i \in \{m, r\}$  [15-16].

在上述假设下, 零售商的利润函数为

$$\begin{aligned} \pi_r(p, q) &= pD_r + p_e(q - D_r)^+ - wq - p_e(D_r - q)^+ \\ &= pD_r - wq - p_e(D_r - q) \end{aligned} \tag{2}$$

其中, 上面第 1 式的第 1 项为零售商在零售渠道的销售收入, 第 2 项为在电子交易市场上的销售收入, 第 3 项为合同采购成本, 第 4 项是在电子交易市场上的采购成本. 其利润函数的期望值和方差的计算过程参照文献 [13].

零售商通过设置零售价格和订购数量来优化自己的预期收益, 并且需要考虑生产商产量的约束, 因此, 零售商的决策问题 (RDP) 为

$$\text{RDP} \quad \max_{p, q} U_r(p, q) = E[\pi_r] - k_r Var[\pi_r] \tag{3}$$

$$\text{s t} \quad q \leq Q \tag{4}$$

生产商的利润函数可以表示为

$$\pi_m(w, Q) = wq + p_e(Q - q) - C(Q) \tag{5}$$

式中, 第 1 项为生产商销售给零售商的销售收入, 第 2 项为通过电子交易市场的销售收入, 最后一项  $C(Q)$  为生产商的生产成本, 假定  $C(Q)$  是  $Q$  的递增的凸函数 [17-18].

可以计算出生产商利润函数的期望值和方差

$$E[\pi_m] = wq + \mu_e(Q - q) - C(Q) \tag{6}$$

$$Var[\pi_m] = \sigma_e^2(Q - q)^2 \tag{7}$$

生产商通过设置批发价格和产量来优化预期收益, 因此, 生产商的决策问题 (MDP) 为

$$\text{MDP} \quad \max_{w, Q} U_m(w, Q) = wq + \mu_e(Q - q) - k_m \sigma_e^2(Q - q)^2 - C(Q) \tag{8}$$

## 2 均衡求解

### 2.1 零售商的最优反映函数

引理 1 若  $k_r > 0$  和  $\sigma_e > 0$  零售商效用函数  $U_r(p, q)$  是零售价格  $p$  和订购量  $q$  的凹函数 [13].

为了简化求解, 记  $\beta = \rho\sigma_a/\sigma_e$  和  $\theta = b + k_r\sigma_a^2(1 - \rho^2)$ . 另外, 定义  $\gamma = k_r\sigma_e^2$  和  $\chi = k_m\sigma_e^2$  分别表示零售商和生产商在电子交易市场交易单位产品所引起的风险. 同时定义  $\lambda = (b + \beta)/(2\theta)$ ,  $\mu = (\beta + b)\lambda + 1/(2\gamma)$  和  $q_0 = (1 - \lambda)(\mu_e - b\mu_e) + \mu_e$ . 在后面的章节中将给出其详细的经济解释. 在上述定义基础上, 零售商的最优反映函数如定理 1 所示.

定理 1 对于给定的任意批发价格  $w$  和生产

量  $Q$ ，一定会存在唯一的最优零售价格和最优订购量  $(p^*, q^*)$ 。如果  $Q + \nu w \leq q_0$

$$p^* = \left[ 1 - \frac{b + 2b\gamma(b + \beta)}{2\theta + 2\gamma(b + \beta)^2} \right] \mu_c + \frac{\mu_a - 2\gamma(b + \beta)(Q - \mu_a)}{2\theta + 2\gamma(b + \beta)^2} \quad (9)$$

$$q^* = Q \quad (10)$$

如果  $Q + \nu w \geq q_0$

$$p^* = \left[ 1 - \lambda - \frac{b}{2\theta} \right] \mu_c + \lambda w + \frac{\mu_a}{2\theta} \quad (11)$$

$$q^* = \mu_a - bp^* + \beta(\mu_c - p^*) + \frac{\mu_c - w}{2\gamma} \quad (12)$$

定理 1 显示：根据是否满足条件  $Q + \nu w \geq q_0$ ，零售商有两种不同的定价和订购策略。而  $Q + \nu w = q_0$  (线 AB 如图 2 所示) 把生产商的决策空间分成两个区域：其中，区域  $R_1$  定义为  $R_1 = \{(w, Q) \mid Q + \nu w \leq q_0, w > 0, Q > 0\}$ ，而区域  $R_2$  为  $R_2 = \{(w, Q) \mid Q + \nu w \geq q_0, w > 0, Q > 0\}$ 。在 2.2 节中对生产商的最优策略分析表明：生产商的最优策略不会在区域  $R_1$  取得。因此下面只分析零售商在区域  $R_2$  的最优策略。

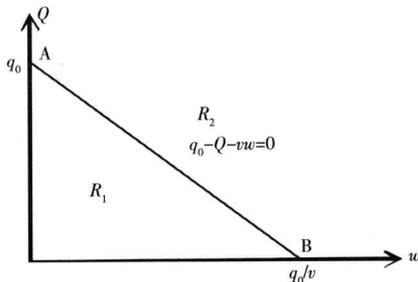


图 2 生产商的决策空间

Fig. 2 Two decision regions for the manufacturer

评论 1 由定理 1 可以看出，参数  $\lambda$  是零售价格对批发价格的灵敏度，也就是说：批发价格提高一单位，零售价格将提高  $\lambda$  单位。可以观察到参数  $\lambda$  可能大于 1，然而在现实商务社会中由于需求对价格的弹性，如果生产商提高一单位批发价格，零售商不能通过提高同样的价格或者更高的价格来补偿采购成本。另一方面，当电子交易市场的价格波动较小时，在零售渠道的需求也不可能波动太大，由此可见，参数  $\beta$  值不可能太大，这样就保证了参数  $\lambda$  有较小的值。因此假定  $\lambda \leq 1$  同理，从

定理 1 表明  $1 - \lambda - b/(2\theta)$  为对电子交易市场均价的灵敏度。由此可见，零售商的最优定价策略为批发价格和电子交易市场均价的线性组合为起价，然后加上由需求基数所决定的一个价格调整量  $\mu_a/(2\theta)$ 。从公式 (11) 可以看出：如果  $w < \mu_c$ ，零售商受益于较低的批发价格，将降低零售价格让利于终端客户；如果  $w > \mu_c$ ，较高的批发价格损害零售商的利益，因此，零售商将提高其零售价格来补偿自己的损失。

评论 2 对于零售商的最优订购数量，公式 (12) 提供以下解释：最优订购数量有 3 部分组成：第 1 部分  $\mu_a - bp^*$  为零售渠道的需求期望值。第 2 部分  $\beta(\mu_c - p^*)$  与零售渠道的需求波动息息相关，反映了电子交易市场的调节功能。当  $p^* < \mu_c$  时，这部分是正值，表示零售商可以提高合约订购数量来保护零售渠道的需求波动，这是因为如果在满足了零售渠道后，剩余的部分仍能以较高的价格销售掉；如果  $p^* > \mu_c$ ，这部分是负值，此时，零售商将特意减少其订购数量，因为零售商可以从电子交易市场中采购来保护零售渠道的需求波动。第 3 部分  $(\mu_c - w)/(2\gamma)$  含义如下：如果  $w < \mu_c$ ，这部分为正值，代表着零售商为了在电子交易市场上进行投机而特意额外订购的数量，由此可见，电子交易市场为零售商提供了投机平台。如果  $w > \mu_c$ ，这部分是负值，表示零售商将减少合同订购数量，并准备从电子交易市场中采购来满足零售渠道的需求，此时的电子交易市场成为零售商的第二采购渠道。

为了研究批发价格和电子交易市场均价对零售商最优订购数量的影响，可以把公式 (12) 写成

$$q^* = (1 - \lambda)\mu_c + [\nu - (1 - \lambda)b]\mu_c - \nu w = q_0 - \nu w \quad (13)$$

显而易见，参数  $\nu$  是正值，这就意味着当生产商提高单位批发价格时，零售商将会减少  $\nu$  单位订购数量。同理可以看出，当电子交易市场均价升高每单位时，最优订购数量将提高  $\nu - (1 - \lambda)b$  单位。当  $w = 0$  时，零售商的最优订购数量取得最大值  $q_0$ 。

性质 1 最优边际零售价格系数  $\lambda$  和最优边际订购数量系数  $\nu$  是  $k_r$  和  $\sigma_e$  的递减函数。

本节最后需要指出的是，如果零售商风险态度更保守，他将会对批发价格不敏感。这是因为该类型的零售商没有勇气涉及更多电子交易市场交

易,而主要依靠合同订购.因此,当生产商提高批发价格时,零售商只能承担较高的批发价格.同理,在一个价格相对平稳的电子交易市场,零售商将对批发价格很敏感.这是因为此时的电子交易市场为零售商提供了一个很好的买卖平台.

### 2.2 生产商的最优策略

预测到零售商的反映,生产商将设置批发价格和生产数量来优化自己的预期效用.由定理 1 知,当生产商的决策在区域  $R_1$  时,零售商将采购生产商的全部产量.因此,该情况下生产商的决策问题化简为 (MDP1)

$$\text{MDP1: } \max_{w, Q} U_m(w, Q) = wQ - C(Q) \quad (14)$$

$$\text{s t } Q + \alpha w \leq q_0 \quad (15)$$

如果生产商的决策在决策区域  $R_2$ , 生产商的最优订购数量  $q^*$  有公式 (13) 给出. 因此, 生产商的决策问题可以化简为 (MDP2)

$$\text{MDP2 } \max_{w, Q} U_m(w, q^*) = wq^* + \mu_e(Q - q^*) - \alpha(Q - q^*)^2 - C(Q) \quad (16)$$

$$\text{s t } Q + \alpha w \geq q_0 \quad (17)$$

引理 2 在决策区域  $R_b$ , 生产商只可能在边界线 AB 上做决策.

引理 3 在决策区域  $R_2$ , 生产商的效用函数  $U_m(w, Q)$  是批发价格  $w$  和生产量  $Q$  的凹函数.

定理 2 生产商和零售商 Stackelberg 博弈存在唯一的均衡解  $(w^*, Q^*, p^*, q^*)$ .

给定具体的生产成本函数形式, 可以得到解析形式的均衡解. 二次成本函数  $C(Q) = cQ^2 + c_0$  和线性成本函数  $C(Q) = c_1Q + c_0$  是经济学中常用的成本函数<sup>[19-20]</sup>. 可以得到以下结论.

推论 1 对于二次成本函数  $C(Q) = cQ^2 + c_0$ , 定义一个价格阈值

$$\mu_e^T = \frac{(1 - \lambda)c\mu_a}{1 + (1 - \lambda)bc} \quad (18)$$

如果  $\mu_e \leq \mu_e^T$ , 其中生产商不会参与电子交易市场交易, 其生产量为

$$Q^* = \frac{q_0}{2(1 + c\alpha)} \quad (19)$$

如果  $\mu_e > \mu_e^T$ , 生产商将参与电子市场交易, 其生产量为

$$Q^* = \frac{\mu_e + \alpha q_0}{2(\alpha + \alpha\lambda c + c)} \quad (20)$$

把公式 (19) 和 (20) 代入下式, 可以分别求出这

两种情况下的均衡批发价格

$$w^* = cQ^* + \frac{q_0}{2\alpha} \quad (21)$$

把均衡批发价格分别代入式 (11) 和 (12) 可以得到零售商的均衡零售价格和均衡订购数量.

从推论 1 中可知, 不管条件  $\mu_e > \mu_e^T$  是否成立, 其均衡批发价格小于  $q_0/\alpha$  而大于  $q_0/(2\alpha)$ . 因此, 订购数量的可行范围为  $q^* \in (0, q_0/2)$ . 由此可见, 尽管电子交易市场为零售商提供了一个采购渠道, 对于零售商来说, 合同采购仍然是必须的, 这是因为通过合同采购可以有效的规避风险, 锁定零售商的部分利润.

评论 3 给定外生的销售价格, 生产商生产量是由其边际生产成本等于其销售价格的准则来决定的. 可以观察到条件  $\mu_e \leq \mu_e^T$  成立时, 生产商的边际成本大于电子交易市场的均价. 这是因为在这种情况下, 零售商将订购生产商所有的生产量, 也就是说, 生产商并不在电子交易市场中销售, 因而不会关注电子交易市场的均价, 其决策也不会受到电子交易市场价格波动风险的影响. 如果该条件不成立时, 生产商将在电子交易市场销售部分产品, 因而不得不关注电子交易市场的均价. 在该情况下, 当生产商为风险中性时, 均衡生产量取得最大值  $\mu_e/(2c)$ .

评论 4 从公式 (21) 可以看出, 不管条件  $\mu_e \leq \mu_e^T$  是否成立, 生产商采取同样的定价策略: 其批发价格的起点为其单位可变生产成本  $cQ^*$ , 然后加上一个边际利润  $q_0/(2\alpha)$ . 从性质 1 可知, 边际利润  $q_0/(2\alpha)$  是零售商风险态度  $k_r$  和电子交易市场上价格波动率  $\sigma_e$  的递增函数. 这就意味着如果生产商知道其零售商风险态度更保守, 她会提高其边际利润  $q_0/(2\alpha)$ . 这是因为生产商能够推测到这类零售商将更多地依靠合约采购, 因此她将设置较高的边际利润从零售商处获取更多的收益. 当电子交易市场价格波动较大时, 对于零售商来说, 电子交易市场也不是一个好的交易平台, 因此生产商也将会提高其边际利润  $q_0/(2\alpha)$ . 如果条件  $\mu_e > \mu_e^T$  成立时, 均衡批发价格也可以化简为

$$w^* = \mu_e + \frac{(1 - \lambda)(\mu_a - b\mu_e)}{2\alpha} - \frac{\mu_e - c(1 - \lambda)(\mu_a - b\mu_e)}{2(c + \alpha + c\alpha\lambda)} \quad (22)$$

可以观察到: 上式中第 2 项和第 3 项都是正值, 并且第 2 项是  $k_r$  和  $\sigma_e$  的递增函数, 而第 3 项是  $k_m$  的递增函数. 对于一个风险态度更保守的零售商或者电子交易市场价格波动更激烈时, 零售商将对合约的依靠程度更大, 而对电子交易市场的依靠程度较小. 因此, 第 2 项反映了生产商定价时的欺压目的. 因为参与电子交易市场, 生产商将面临的交易带来的风险, 因此第 3 项反映了生产商在定价时的风险分担目的. 对风险态度越保守的生产商, 她会在降低其批发价格, 希望更多的产品从零售渠道销售, 从而减少自己的电子交易市场销售的数量. 批发价格是否小于电子交易市场价格均值, 取决于生产商在定价时这两种意图的权衡.

**推论 2** 对于线性成本函数  $C(Q) = c_1Q + c_0$ , 如果  $\mu_e \leq c_1$ , 其中生产商不会参与电子交易市场交易, 其生产量为

$$Q^* = \frac{q_0 - c_1 U}{2} \quad (23)$$

如果  $\mu_e > c_1$  生产商将参与电子市场交易, 其生产量为

$$Q^* = \frac{q_0 - c_1 U}{2} + \frac{\mu_e - c_1}{2X} \quad (24)$$

把公式 (23) 和 (24) 代入下式, 可以分别求出这两种情况下的均衡批发价格

$$w^* = \frac{c_1}{2} + \frac{q_0}{2U} \quad (25)$$

把均衡批发价格分别代入式 (11) 和 (12) 可以得到零售商的均衡零售价格和均衡订购量.

**评论 5** 与二次生产函数不同, 在线性生产成本函数情况下生产商的定价策略不受生产商风险态度的影响, 这是因为生产商设置批发价格的目的是为了优化其零售渠道的利润. 随着零售商变的更加保守或者电子交易市场的价格波动率增大, 生产商将设置更高的批发价格来欺压零售商, 而不再体现其风险共享的目的. 当条件  $\mu_e > c_1$  成立时, 生产商的最优生产量可以分成两部分: 一部分用来满足零售商的订购  $(q_0 - c_1 U) / 2$  另一部分用于在电子交易市场中销售  $(\mu_e - c_1) / (2X)$ . 显而易见, 第 2 部分是给定单位利润  $\mu_e - c_1$  下, 生产商在承担风险的基础上的最优生产量. 当条件  $\mu_e > c_1$  不成立时, 生产商将不会生产该部分, 此时生产商仅仅生产零售商的订购数量.

由于二次生产成本函数更符合资产密集型企业<sup>[17-18]</sup>, 在以下的章节中只考虑二次生产成本函数. 另外通过广泛的数值试验验证, 条件  $\mu_e > \mu_e^T$  只有在很特殊的情况下才不成了. 因此在以下的分析中, 只考虑该条件成立时的情况.

### 3 风险态度影响分析

从上面的均衡策略可知, 对于不同风险态度生产商和零售商, 其均衡策略也有着较大的差别. 本节分析风险态度对均衡策略的影响.

**性质 2** (a) 均衡生产量  $Q^*$  和均衡批发价格  $w^*$  是  $k_m$  递减函数; (b) 均衡零售价格  $p^*$  是  $k_m$  的递减函数, 而均衡订购数量  $q^*$  是  $k_m$  的递增函数.

对于一个风险态度更保守的生产商, 她将更关注在电子交易市场交易带来的风险并且采取相应的策略来控制风险: 一方面, 生产商将设置较低的批发价格, 希望更多的产品从零售渠道销售; 另一方面, 她将降低自己的生产量. 相应的, 由于较低的批发价格, 零售商将提高订购数量, 并且设置较低的零售价格.

**性质 3** 如果生产商为风险中性类型, 则其均衡策略为 (a)  $w^* \geq \mu_e$ , 且  $w^*$  是  $k_r$  和  $\sigma_e$  的递增函数. (b)  $q^*$  是  $k_r$  和  $\sigma_e$  的递增函数.

**性质 3** 表明: 对于风险中性类型的生产商, 电子交易市场是一个无风险销售渠道, 因此其批发价格不会比电子交易市场均价低. 在生产商订购中, 只有欺压目的而风险分担目的不再起作用, 因此批发价格将随着  $k_r$  和  $\sigma_e$  的增大而增大.

**性质 4** 如果生产商为风险规避类型, 下列性质成立: (a)  $\lim_{k_r \rightarrow 0} Q^* = \mu_e / (2c)$ ,  $\lim_{k_r \rightarrow 0} w^* = \mu_e$ ; (b)

$$\lim_{k_r \rightarrow 0} p^* = \mu_e + (\mu_e - b\mu_e) / (2b), \lim_{k_r \rightarrow 0} q^* = \mu_e / (2c).$$

只要存在批发价格差, 也就是  $w < \mu_e$ , 风险中性类型的零售商将会订购生产商的全部产量, 以期待在电子交易市场上进行投机获利. 正是预测到零售商的反映, 生产商把批发价格提高到  $\mu_e$  来控制零售商的投机行为, 进而提高自己的收益. 在这种情景下, 生产商的产量将达到其最大值  $\mu_e / (2c)$ , 也就是风险中性类型生产商的产量. 这是因为生产商知道, 如果其批发价格略低于  $\mu_e$ , 零

售商将会采购其所有的产量, 因而生产商不担心产品剩余.

性质 5 对于生产商为风险规避类型, 如果满足条件

$$\mu_e \leq \frac{2(1-\lambda)c\mu_a}{1+2(1-\lambda)bc} \quad (26)$$

则均衡批发价格不会低于  $\mu_e$ . 否则, 一定存在有限正数  $K_r$ . 如果  $k_r \in (0, K_r)$ , 则  $w^* < \mu_e$ .

为了更好地理解风险态度对均衡策略的影响, 图 3—图 6 给出数值演示, 其中参数值为  $\mu_a = 100$ ,  $\sigma_a = 10$ ,  $\mu_e = 11$ ,  $\sigma_e = 2$ ,  $\rho = 0.1$ ,  $b = 1$ ,  $c = 0.03$ . 从该图可以得到以下结论:

如果生产商是风险规避类型, 例如  $k_m = 0.02$ . 如果  $k_r < K_r$ , 均衡批发价格比电子交易市场价格均值低. 同时可以观察到, 对于更保守的生产商, 批发价格低价范围  $(0, K_r)$  扩大, 如图 3 所示. 这是因为更保守的生产商不得不做出更多的让步. 通过该图还可以观察到, 如果  $k_r < M$  均衡批发价格随着零售商风险态度的增加而递减. 这是因为生产商能够预测到更保守的零售商将会减少自己的订购数量, 因而生产商降低批发价格来诱惑零售商提高订购量, 通过这个策略, 生产商能够减少在电子交易市场的销售量, 而零售商增大在电子交易市场的交易量, 从而实现生产商的风险分担目的. 从相反角度来看, 随着零售商的风险态度趋向风险中性, 零售商的投机行为将剧增, 而生产商提高批发价格可以控制零售商的过多投机行为, 并能提高自己的收益. 当  $k_r > M$ , 生产商的策略恰恰相反, 因为更保守的零售商对合约订购的依靠程度更高, 因此, 生产商定价策略中的欺压目的占主导. 随着零售商风险态度的增大, 生产商将设置较高的批发价格.

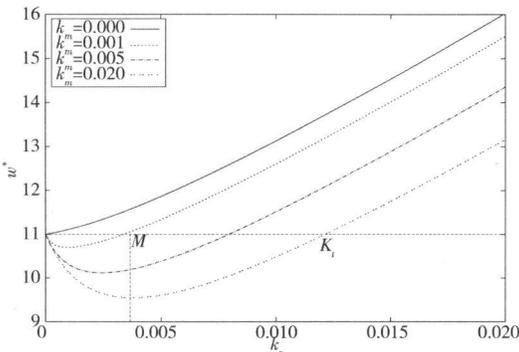


图 3 风险态度对批发价格的影响

Fig. 3 Effects of risk attitudes on the wholesale price

虽然零售价格随生产商的风险态度增大而降低(性质 2), 图 4 表明: 与零售商风险态度的影响相比, 生产商的风险态度对零售价格的影响比较小. 从公式 (11) 的零售商的定价策略中可以看出, 因子  $\mu_a / (2\theta)$  在零售商定价的比重较大, 随着零售商风险态度的增大, 这个因子急剧下降. 预测到随着零售商风险态度的增大其订购数量将降低, 风险规避类型的生产商将减少其生产量, 如图 5 所示. 可以观察到, 随着零售商风险态度的增大, 均衡产量将趋向一个有限值.

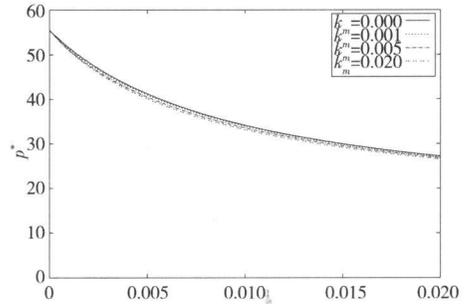


图 4 风险态度对零售价格的影响

Fig. 4 Effects of risk attitudes on the retail price

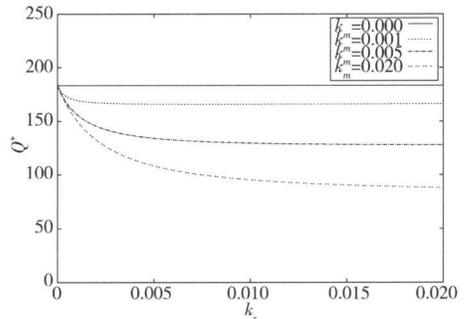


图 5 风险态度对生产数量的影响

Fig. 5 Effects of risk attitudes on the output quantity

随着零售商风险态度的增大, 对于零售商电子交易市场由投机市场变为第二采购市场. 如图 6 所示, 例如  $k_m = 0.001$  时, 当  $k_r$  值较小时, 均衡订购数量将随着  $k_r$  的增大而锐减. 这是因为此时电子交易市场的作用是一个投机市场, 因而随着  $k_r$  增大, 零售商投机行为锐减. 如果  $k_r$  值较大时, 这时均衡批发价格随着  $k_r$  得增大而增大, 在这种情况下, 电子交易市场变为第二采购市场. 随着  $k_r$  得增大, 零售商在电子交易市场上采购不再有优势, 因而不得不更多依靠合同订购. 可以观察到随着  $k_r$  得增大, 均衡订购数量将趋向一个有限值.

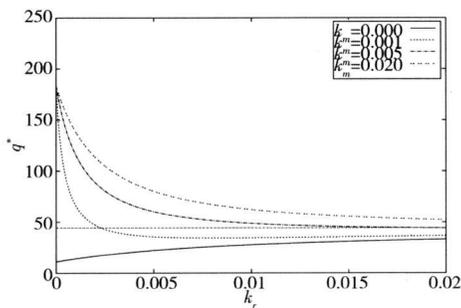


图 6 风险态度对订购数量的影响

Fig. 6 Effects of risk attitudes on the order quantity

## 4 结束语

近几年 B2B 电子交易市场越来越成为业界和学术界的关注的焦点. 本文用博弈理论研究了在 B2B 电子交易市场环境下的分散决策供应链的均衡策略. 该模型是以生产商作为领导者的 Stackelberg 博弈, 并且分别得出了生产策略、定价

策略以及订购策略, 然后分析了风险态度对均衡策略的影响.

研究发现, 对于零售商, 电子交易市场可以作为投机市场也可以作为第二采购市场. 如果批发价格比电子交易市场价格均值低时, 零售商将增加合约订购数量, 用来在电子交易市场投机; 反之, 零售商故意减少订购量, 期望从电子交易市场中采购来满足零售渠道需求. 电子交易市场的这两个功能反过来影响到零售商和生产商的策略. 在生产商定价策略中, 电子交易市场均价是一个重要的基准. 在定价中, 生产商需要考虑欺压和风险分担这两个目的. 因为欺压目的, 对于保守型零售商, 生产商将设置更高的价格. 因为风险分担目的, 生产商将降低批发价格. 通过这两个目的, 生产商可以实现控制零售商投机和采购行为. 对于零售商的定价策略, 电子交易市场价格均值也起了重要的作用, 一方面它是计算零售价格起点, 另一方面, 它也是一个对批发价格调整的基准.

## 参考文献:

- [1] Grieger M. Electronic marketplaces: A literature review and a call for supply chain management research [J]. *European Journal of Operational Research*, 2003, 144: 280–294.
- [2] Turban E, et al. *Electronic Commerce: A Managerial Perspective* [M]. 2nd Edition. New Jersey: Pearson Education, 2002.
- [3] 洪涛. 我国商品交易市场的政策取向及发展趋势——商品交易市场 2006 年回顾及 2007 年展望 [J]. *中国市场*, 2007, 2–3: 16–21.
- Hong Tao. China's commodity trading market policy and development trends. *Commodity trading market in 2006 review and 2007 outlook* [J]. *China Market*, 2007, 2–3: 16–21. (in Chinese)
- [4] Hempel P S, Kwong Y K. B2B e-commerce in emerging economies: Fm etal com's non-ferrous metals exchange in China [J]. *Strategic Information System*, 2001, 10: 335–355.
- [5] Swan Nathan JM, Tayur S R. Models for supply chains in E-business [J]. *Management Science*, 2003, 49(10): 1387–1406.
- [6] Grey W, Olavson T, Shi D. The role of e-marketplaces in relationship based supply chain: A survey [J]. *IBM System Journal*, 2005, 44(1): 109–123.
- [7] Grieger M. Electronic marketplaces: A literature review and a call for supply chain management research [J]. *European Journal of Operational Research*, 2003, 144(2): 280–294.
- [8] Pelg B, Lee H, Hausman W H. Short term procurement strategies versus long-term contracts [J]. *Production and Operations Management*, 2002, 11(4): 458–479.
- [9] Mihner JM, Kouvelis P. Inventory speculation and sourcing strategies in the presence of online exchanges [J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2007, 9(3): 312–331.
- [10] Seifert R W, Thonemann U W, Hausman W H. Optimal procurement strategies for online spot markets [J]. *European Journal of Operational Research*, 2004, 152: 781–799.
- [11] 陈翔, 仲伟俊, 梅姝娥. 买方市场下 B2B 电子商务平台的发展策略研究 [J]. *管理科学学报*, 2003, 6(2): 41–46.

- Journal of Management Sciences in China, 2003, 6(2): 41–46 (in Chinese)
- [12] 邢伟, 汪寿阳, 冯耕中. B2B电子市场对零售商影响研究[J]. 管理科学学报, 2008, 11(5): 1–6  
Xing Wei, Wang Shouyang, Feng Gengzhong. Effect of B2B electronic marketplace on reseller's strategies[J]. Journal of Management Sciences in China, 2008, 11(5): 1–6
- [13] 邢伟, 汪寿阳, 冯耕中. B2B电子市场环境下供需双方博弈分析[J]. 系统工程理论与实践, 2008, 28(7): 56–60  
Xing Wei, Wang Shouyang, Feng Gengzhong. Game analysis on supply chain with B2B electronic marketplace[J]. System Engineering Theory and Practice, 2008, 28(7): 56–60 (in Chinese)
- [14] Lizenberger R H, Rabinowitz N. Backwardation in oil futures markets: Theory and empirical evidence[J]. Journal of Finance, 1995, 50(5): 1517–1545
- [15] Markowitz H. Portfolio Selection[M]. New York: Wiley, 1959
- [16] Wang S Y, Xia Y S. Portfolio Selection and Asset Pricing[M]. Berlin: Springer-Verlag, 2002: 54–200
- [17] Kane S, S Braun. Production smoothing evidence from physical product data[J]. Journal of Political Economy, 1991, 99(3): 558–581
- [18] West K. A variance bounds test of the linear quadratic inventory model[J]. Journal of Political Economy, 1986, 94(2): 347–401
- [19] Ammons J C, McGinnis L F. An optimization model for production costing in electronic utilities[J]. Management Science, 1983, 29(30): 307–316
- [20] Anton R, Ungar L, Valluri A. A model of market power and efficiency in private electronic exchanges[J]. European Journal of Operational Research, 2008, 187(3): 922–942

## Bully and risk sharing Analysis on equilibrium strategies with B2B online exchange

XING Wei<sup>1</sup>, WANG Shou-yang<sup>2</sup>, FENG Geng-zhong<sup>3</sup>

1 School of Operations Research and Management Science, Qufu Normal University, Rizhao 276826, China

2 Academy of Mathematics and Systems Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China

3 School of Management, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China

**Abstract** The emergence of B2B online exchanges has provided manufacturers and retailers a new avenue to do their business, and thus has changed supply chain structures. This paper investigates the strategies of a manufacturer and a retailer in a decentralized supply chain with a fully liquid B2B online exchange. The manufacturer, as a Stackelberg leader, determines the wholesale price and the production output, while the retailer, as a follower, determines the retail price and the quantity to be ordered from the supplier prior to the selling season. During the selling season, both the manufacturer and the retailer can trade in the B2B online exchange. Our study shows that for the retailer, the B2B electronic market can serve as a speculation market or a second procurement source. Correspondingly, by using the pricing strategy, the manufacturer can achieve bully or risk-sharing intentions.

**Key words** B2B online exchange; supply chain management; Stackelberg game; pricing strategy; risk management

附录：

定理 1 证明 由引理 1 可知，零售商决策问题 (RDP) 存在着唯一的解  $(p^*, q^*)$ 。零售商决策问题的 KKT 条件为

$$\begin{cases} 2bp - b\mu_e - \mu_a + 2k_r [(1 - \rho^2)\sigma_a^2(p - \mu_e) + (b\sigma_e + \rho\sigma_a)g(p, q)] = 0 \\ -\mu_e + w + 2k_r\sigma_e g(p, q) + \kappa = 0 \\ \kappa(Q - q) = 0 \\ q \leq Q \\ \kappa \geq 0 \end{cases}$$

其中  $\kappa$  为拉格朗日乘子， $g(p, q) = (b\sigma_e + \rho\sigma_a)p + q\sigma_e - \mu_a\sigma_e - \rho\sigma_a\mu_e$ 。令  $\kappa = 0$  可以求得最优零售价格和最优订购数量如公式 (11) 和 (12) 所示。在给定条件  $Q + u_w \leq q_0$  前提下，可以验证该解满足条件  $q^* \leq Q$ 。令  $\kappa > 0$  可以求得公式 (9) 和 (10)。在给定条件  $Q + u_w \geq q_0$  前提下，可以验证  $\kappa^* > 0$  同时，如果  $Q + u_w = q_0$ ，可以验证公式 (9) 和 (11)、公式 (10) 和 (12) 取得相同的值。结论得证。

证毕。

性质 1 证明 用  $\beta = \rho\sigma_a/\sigma_e$  和  $\theta = b + k_r\sigma_a^2(1 - \rho^2)$  化简  $\lambda$  和  $u$  然后分别对  $k_r$  和  $\sigma_e$  求偏导数，可以得到性质 1 的结论。

证毕。

引理 2 证明 对于生产商决策区域  $R_1$  中的任意一点  $(w_p, Q_1)$ ，都可以在边界线 AB 上找到唯一的一点  $(w_s, Q_1)$  使得  $w_s > w_p$ 。由公式 (14) 可知，生产商的效用函数  $U_m = wQ - C(Q)$  是批发价格  $w$  的递增函数。由此可见， $U_m(w_s, Q_1) > U_m(w_p, Q_1)$ 。结论得证。

证毕。

引理 3 证明 把公式 (13) 代入公式 (16)，其二阶导数为

$$\frac{\partial^2 U_m}{\partial w^2} = -2\nu - 2\lambda\nu^2, \quad \frac{\partial^2 U_m}{\partial Q^2} = -2\lambda - 2\frac{d^2 C(Q)}{dQ^2} \text{ 和}$$

$$\frac{\partial^2 U_m}{\partial Q \partial w} = -2\lambda\nu.$$

令  $H$  为其海赛矩阵，在假定  $d^2 C(Q)/dQ^2 \geq 0$  下，可以验证  $H_{11} = -2\nu - 2\lambda\nu^2 < 0$  和  $\det(H) \geq 0$  可见海赛矩阵是负定的，结论得证。

证毕。

定理 2 证明 由引理 3 可知，生产商决策问题 MDP2 存在唯一的均衡批发价格和均衡生产数量  $(w^*, Q^*)$ 。相应的，通过定理 1 可知，零售商均衡零售价格和均衡订购数量  $(p^*, q^*)$  也是唯一的。

证毕。

推论 1 证明 由定理 2 可知，均衡解的存在性和均衡解的唯一性。其 KKT 条件可以表述为

$$\begin{cases} -q_0 + 2u_w - \mu_e u + 2\lambda(Q - q_0 + u_w) - \kappa = 0 \\ -\mu_e + 2Q + 2\lambda(Q - q_0 + u_w) - \frac{\kappa}{u} = 0 \\ \kappa(q_0 - Q - u_w) = 0 \\ q_0 - Q - u_w \leq 0 \\ \kappa \geq 0 \end{cases}$$

其中  $\kappa$  为拉格朗日乘子。如果  $\kappa = 0$  可解得公式 (20) 和 (21)，在给定条件  $\mu_e > \mu_e^T$  下，可以验证均衡解满足  $q_0 - Q^* - u_w^* \leq 0$ 。如果  $\kappa > 0$  可解得公式 (19) 和 (21)。可以验证如果  $\mu_e < \mu_e^T$ ， $\kappa^* > 0$  同时可以验证，满足条件  $\mu_e \leq \mu_e^T$  时，生产商的最优策略在线 AB 上。结论得证。

证毕。

推论 2 证明 与推论 1 证明类似，略。

性质 2 ~ 4 证明 通过简单的化简与代数运算即可得到相关结论，略。

性质 5 证明 由性质 4 可知， $\lim_{k_r \rightarrow 0} w^* = \mu_e$  可以验证

$$\lim_{k_r \rightarrow +\infty} w^* = +\infty. \text{ 如果满足条件 } \mu_e > \frac{2(1 - \lambda)d\mu_a}{1 + 2(1 - \lambda)bc}, \text{ 可得}$$

到  $\lim_{k_r \rightarrow 0} dw^*/dk_r < 0$  结论得证。

证毕。