

基于 B₂B 电子交易市场的零售商最优订购策略^①

石晓梅^{1,2}, 冯耕中¹, 邢伟³, 汪寿阳⁴

(1. 西安交通大学, 西安 710049; 2. 解放军第二炮兵工程学院, 西安 710025;

3. 曲阜师范大学, 日照 276826; 4. 中国科学院数学与系统科学研究院, 北京 100190)

摘要: B₂B 电子交易市场能够为企业 提供 现货交易、远期合约交易以及产能期权合约交易等交易服务。B₂B 电子交易市场中交易的期权合约在签订后至到期日之前可再次交易, 以此为背景研究了零售商最优采购策略。研究结果表明, 期权合约可再次交易为供应链中的零售商提供新的投机渠道, 显著地提高了零售商对期权合约的采购数量, 而对与固定供应商签订的长期合约采购数量的影响不明显, 因此零售商在线下与网上市场的总订货量将有所增加。最后, 对供应链中的采购者、供应商以及第三方 B₂B 电子交易市场提出建议。

关键词: 电子交易市场; 订购策略; 期权合约; 现货交易

中图分类号: F253.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2011)04-0012-12

0 引言

自 20 世纪 90 年代以来, 在我国出现了一种新型的 B₂B 电子交易市场, 这类市场利用网络平台对石油、钢材、粮食、煤炭等大宗商品进行批量交易, 所以又被称为大宗商品电子交易市场。目前国内这类电子交易市场已有百余家, 分布范围遍及上海、山东、广东、北京、广西等 23 个省、市、自治区。与普通 B₂B 电子商务相比, 大宗商品电子交易市场常常采用现货即期、现货远期或产能期权等交易模式, 交易的商品标准化程度高、价格波动频繁且波动幅度较大。与商品期货市场相比, 大宗商品电子交易市场中的交易商均为行业内企业, 且实物交收率远高于期货市场。因此, 不少业界专家认为大宗商品电子交易市场是一种介于现货市场与期货市场之间的新型市场形态, 是我国现代商品市场体系的重要组成部分^[1-2]。这类市场的出现对降低商品流通过程费用、规避价格风险以及实现商品价格发现等功能具有重要意义。如 2004 年中期创办的上海大宗钢铁电子交易中心,

到 2007 年时交易量已达到 10 173 万吨, 占全国钢铁生产总量的 25% 左右, 成为我国最大的钢铁电子交易平台。

大宗商品电子交易市场根据商品特性形成了多种交易模式, 对供应链中各企业的购销行为产生了影响。石晓梅与冯耕中^[3]在 2007 年 9 月至 2007 年 12 月间, 对我国沪宁杭地区的典型工业品类大宗电子交易市场进行实地调研时发现, 在这类市场中流通企业占据了很大比例, 电子交易市场提供的远期合约与产能期权合约对流通商具有很大的吸引力, 他们同时在线下与网上市场进行采购与销售, 而他们在线下与网上市场的购销策略全凭经验而定。在我国一些像钢铁等资本密集型行业中, 流通商是连接上下游企业不可或缺的重要渠道, 其交易行为对整个供应链起着举足轻重的影响, 为此, 本文将重点研究大宗商品电子交易市场提供的多种交易模式对供应链中流通商购销行为的影响。

相关的理论研究主要是供应链合约的组合研

① 收稿日期: 2010-05-16; 修订日期: 2011-01-07

基金项目: 国家自然科学基金项目 (70672058, 70971076)。

作者简介: 石晓梅 (1977-), 女, 陕西宝鸡人, 博士生。Email: shixiaomei@126.com

究, 目前该领域的一个主要的方向是设计不同合约来优化供应链效益. 现有的研究大都将传统线下长期合约作为一种远期合约, 研究其与 B2B 电子市场现货交易的组合问题^[4-11]. 除了这种远期合约, 一种产能期权合约也出现在供应链管理的合约组合研究中^[12-22], Wu 与 Kleindorfer^[15] 认为这种产能期权不同于金融管理文献中的期权合约, 因为其考虑了卖方的短期产能约束、技术成本差异等运作管理中极为基本的问题. 文献 [12] 研究了这种期权合约销售期初能够在两个独立的零售商间进行交易来调整库存的情形; 文献 [13-18] 研究了这种期权合约与 B2B 电子市场现货交易的组合问题; 文献 [19-20] 研究了这种期权合约与传统线下长期合约并存时供应链的决策及协调问题; 随后文献 [21-22] 又将这种产能期权扩展到 B2B 电子交易市场的一些情形. 在供应链合约组合研究中, 另一个方向是 B2B 电子市场不但可以进行现货采购, 还可以作为倾销过量库存、满足过量需求的二级市场, 同时作为二级市场, 它也为交易商提供了投机机会^[23-24].

在上述两个研究方向的有关文献中, 关于传统线下长期合约、B2B 电子市场产能期权合约以及电子市场现货交易同时存在的情形下, 产能期权合约到期后能在电子市场中进行投机交易的情况, 尚未发现有学者进行过研究. 目前, 在我国各大宗商品电子交易市场中出现的这种到期后能在电子市场进行投机交易的产能期权合约, 正是供应链合约创新的具体实践. 这种新的交易模式对供应链上各企业的购销行为产生了重要影响, 尤其是对供应链中的流通商. 因此本文将从零售商的角度, 研究在产能期权合约到期后可进行投机交易的 B2B 电子市场环境, 线下市场与网上市场交易的整合问题, 同时通过对这一问题的分析, 揭示新的商务环境下, 供应链中的采购者、供应商以及第三方 B2B 电子交易市场将如何调整各自的应对策略.

1 问题描述与模型建立

假定供应链中有一个风险中性的零售商、一个与该零售商保持长期合同关系的固定供应商, 一个第三方 B2B 电子交易市场. B2B 电子交易市

场的众多参与者均为供应链中的企业 (与该零售商保持长期合约关系的供应商也可能参与电子交易市场, 但此时其与零售商互不相识, 即使是在市场交易, 也是匿名的) 该市场提供两种交易模式: 现货交易与期权合约交易. 现货市场存在市场流动性, Wu 与 Kleindorfer 等人在其研究中将市场流动性定义为: 交易商在打算买或者卖时, 按照当时的市场现价只能以一定的概率找到合适的交易对手^[13-15], 本研究采用这一定义; 期权合约到期可部分执行, 也可投机卖掉; 由于交易费用与商品单价相比非常小, 这里不考虑 B2B 电子市场交易费用的影响.

根据现实情况, 零售商需要对商品提前进行采购, 他既可以从某个特定供应商那里以长期合约的形式购买, 也可以在 B2B 电子交易市场购买, 本文研究了线下长期合约采购、B2B 电子市场期权合约采购与现货交易同时存在的情形下零售商的采购问题. 在研究中采用一个单周期两阶段模型来描述零售商的采购策略, 期末所有剩余产品按处理价格处理, 同时假设尽量不允许缺货, 也即当线下长期合约采购与 B2B 电子市场期权合约采购未能满足零售需求时, 必须通过现货市场采购尽量满足. 表 1 给出了模型所涉及的相关变量和参数的定义.

文献 [24] 认为, 现货市场的价格均值为合约价格提供了上限, 即只有 $C \leq E(P)$ 或者 $w \leq E(P)$ 时, 零售商才愿意通过合约购买商品. 但在现实中, 由于现货市场存在流动性, 这时即使合约价格大于现货价格均值, 零售商仍愿意购买, 因为将来可能由于流动性比较低而在现货市场买不到货, 但执行合约却能保证订购的一定能获得, 因此本研究中 (或者 w 并不一定会小于现货价格的均值. 同时在本研究中, $w < C + \delta$ 否则零售商就不会订购长期合约. 根据上述分析及模型的参数定义, 各参数间具有以下关系: $0 < \delta < w < C + \delta < r$

由于价格的不确定性, 零售商在 1 阶段时将会与某个特定供应商签订长期合约, 以事先协商好的价格 w 购买该商品 Q 单位, 到 2 阶段时执行, 然后以 r 的价格销售给下一级客户. 为规避需求不确定的风险, 零售商在 1 阶段时还将以期权合约的形式在 B2B 电子交易市场采购 Q 单位商品, 每单位采购成本为 δ 到 2 阶段时按价格 C 执行,

如果到 2 阶段时不执行期权合约, 零售商将损失掉采购成本. 在 1 阶段做出决策时, 该商品的未来

零售需求 D 以及现货价格 P 均不确定. 1 阶段时零售商已付出的采购成本为 $wQ + xQ_2$.

表 1 变量和参数定义

Table 1 Definitions of the variables and parameters

w	与特定供应商签订的长期合同中的单位采购价格, 为外生变量
r	零售商的线下单位零售价格, 为外生变量, $r > w$
C	在 B2B 电子交易市场中购买的期权合约的商品到期单位执行价格
P	交易商品的随机现货价格, 概率密度函数为 $f(P)$, 累积密度函数为 $F(P)$
D	未来对该商品的随机需求, 概率密度函数为 $g(D)$, 累积密度函数为 $G(D)$
$x(C, P)$	在 B2B 电子交易市场签订期权合约的成本或价格, 其是期权合约执行价格 C 与现货价格分布 $f(P)$ 的函数, 为表述简单, 本文后面用 x 表示, $r > C + x$
m	在 B2B 电子交易市场进行现货交易时的市场流动性, 实际现货市场的流动性常常介于 0 与 1 之间, 因此 m 的取值为: $0 \leq m \leq 1$
s	未销售商品的单位处理成本, $s \leq w$
Q	采购者从特定供应商那里通过长期合约购买的商品数量
Q_2	采购者在 B2B 电子交易市场通过期权合约购买的商品数量

到 2 阶段时, 该商品的零售需求明确, 零售商也可以观察到商品的现货市场价格 P 这时零售商收到通过长期合约购买的商品 Q 单位, 此时实际需求 D 将出现以下三种情况.

1) 如果 $D = D \leq Q$, 零售商将以零售价格 r 销售掉 D 单位商品, 并将长期合约中的剩余商品 $Q - D$ 在 B2B 电子现货市场以价格 P 卖掉, 但是由于现货市场流动性 m 的存在, 只能卖掉 $m(Q - D)$ 单位, 其余 $(1 - m)(Q - D)$ 单位将以 s 的单价处理掉. 同时如果这时的市场价格 $P > C$ 零售商会将期权合约以价格 C 执行后, 转而以价格 P 在现货市场投机卖掉, 由于 m 的存在, 只能投机卖掉 mQ , 其余 $(1 - m)Q$ 以 s 的单价处理. 如果 $P \leq C$ 那么零售商将不执行期权合约. 在这种情况下, 若不包括 1 阶段时已付出的成本, 零售商的收益为

$$\pi_1 = r \int_{-\infty}^Q Dg(D) dD + \int_{-\infty}^Q m(Q - D) \int_C^P f(P) g(D) dP dD + s \int_{-\infty}^Q (1 - m)(Q - D) g(D) dD + \int_{-\infty}^Q Q \left\{ \int_C^P [m(P - C) + (1 - m)(s - C)] \times f(P) dP \right\} g(D) dD \quad (1)$$

上式第 1 行为零售商在零售渠道卖掉 D 的收益, 第 2 行为将长期合约中未零售完的剩余商品在现

货市场卖掉的收益, 第 3 行为处理余货的收益; 第 4 行是现货市场价格 $P > C$ 时, 期权合约的投机收入和余货处理收益.

2) 如果 $Q \leq D \leq Q + Q_2$, 零售商将先以价格 r 销售掉 Q 单位商品, 这时如果 $P > C$ 那么执行期权合约, 以 C 的价格采购 Q_2 , 其中的 $D - Q$ 用来满足零售需求, 期权合约中的剩余商品 $Q + Q_2 - D$ 在 B2B 电子现货市场上卖出, 但是只能卖掉 $m(Q + Q_2 - D)$, 其余 $(1 - m)(Q + Q_2 - D)$ 以 s 的单价处理; 如果 $P \leq C$ 则先以价格 P 在 B2B 电子现货市场采购 $D - Q$ 部分, 但是只能采购到 $m(D - Q)$, 另外的 $(1 - m)(D - Q)$ 以 C 的价格执行部分期权合约进行采购. 在这种情况下, 若不包括 1 阶段时已付出的成本, 零售商的收益为

$$\pi_2 = Q \int_{-\infty}^{Q+Q_2} g(D) dD + r \int_{-\infty}^{Q+Q_2} (D - Q) g(D) dD - \int_{-\infty}^{Q+Q_2} (D - Q) \left\{ \int_C^P C f(P) dP + \int_{-\infty}^C [mP + (1 - m)C] f(P) dP \right\} g(D) dD + \int_{-\infty}^{Q+Q_2} (Q + Q_2 - D) \left\{ \int_{-\infty}^C [m(P - C) + (1 - m)(s - C)] f(P) dP \right\} g(D) dD \quad (2)$$

上式第 1 行是零售商在零售渠道获得的收益, 第 2、3 行是采购 $D - Q$ 部分支出的成本, 第 4、5 行是现货市场价格 $P > C$ 时, 满足零售需求之外的剩

余期权 $Q + Q - D$ 的投机收入和余货处理收益.

3) 如果 $D \geq Q + Q$, 零售商将先以价格 P 销售掉 Q 单位商品. 这时若 $P > C$ 那么执行期权合约, 以 C 的价格采购 Q , 其余需求 $D - Q - Q$ 将在 B2B 电子现货市场以价格 P 采购, 但是只能采购到 $m(D - Q - Q)$; 如果 $P \leq C$ 在采购 Q 单位商品时, 理性的零售商先以价格 P 在现货市场购买 mQ , 然后以价格 C 执行期权购买 $(1 - m)Q$, 剩余需求 $D - Q - Q$ 在现货市场以价格 P 采购, 但只能采购到 $m(D - Q - Q)$ 单位商品. 在需求 $D > Q + Q$ 时, 零售商将会有缺货. 在这种情况下, 若不包括 1 阶段时已付出的成本, 零售商的收益为

$$\begin{aligned} \pi_3 = & Q \int_{D-Q-Q}^{\infty} g(D) dD + r \int_{D-Q-Q}^{\infty} Q g(D) dD - \\ & \int_{D-Q-Q}^{\infty} Q \left\{ \int_{B-C}^{\infty} C f(P) dP + \right. \\ & \left. \int_{B-C}^{\infty} [mP + (1-m)C] f(P) dP \right\} g(D) dD + \\ & [r - \int_{B-C}^{\infty} P f(P) dP] \int_{D-Q-Q}^{\infty} m(D-Q-Q) g(D) dD \end{aligned} \quad (3)$$

上式第 1 行是零售商卖掉 Q 与 Q 部分获得的零售收益, 第 2、3 行是采购 Q 部分支出的成本, 第 4 行是采购并销售 $m(D - Q - Q)$ 部分的零售收益.

根据以上分析, 零售商的利润函数可表示为

$$\pi(Q_1, Q_2) = \sum_{i=1}^3 \pi_i - wQ_1 - xQ_2$$

其中, Q_1 与 Q_2 是决策变量, 零售商的主要问题是在 1 阶段决定 Q_1 与 Q_2 的值, 以最大化其利润. 关于期权的购买价格 x 本文采用了文献 [21] 与 [22] 中的期权定价公式 $x = E(P) - E(\text{Min}(C, P))$, 这是一个对买卖双方都公平的定价.

2 均匀分布条件下的零售商最优采购策略分析

2.1 零售商最优采购策略求解

为便于模型求解, 假设需求 D 服从 $U(0, D_1)$ 的均匀分布, 商品现货价格 P 服从 $U(a, b)$ 的均匀分布, 其均值 $\bar{P} = (a + b) / 2$ 同时 $a \leq P \leq b$ 则期权定价公式可表示为

$$\begin{aligned} x(C, P) = & E(P) - E[\text{Min}(C, P)] \\ = & (b - C)^2 / [2(b - a)] \end{aligned} \quad (4)$$

由期权定价公式可得到, $C + x > \bar{P}$ 在均匀分布条件下, 零售商的期望利润函数 $E[\pi(Q_1, Q_2)]$ 可简化为

$$\begin{aligned} E[\pi(Q_1, Q_2)] = & \frac{(r - P) m D_1}{2} + [(1 - m) + \\ & mP - w] Q_1 - \frac{(1 - m)(r - P) Q_1}{2 D_1} + \\ & (1 - m)(r - C - x) Q_2 - (1 - m) \times \\ & (r - s \frac{b - C}{b - a} - C \frac{C - a}{b - a}) \frac{Q_2}{2 D_1} - \\ & (1 - m)(r - s \frac{b - C}{b - a} - C \frac{C - a}{b - a}) \frac{Q_1 Q_2}{D_1} \end{aligned} \quad (5)$$

根据式 (5) 易知, 当 $m = 1$ 时, 零售商的总收益与 Q 无关, 他的最优采购策略取决于现货价格均值 \bar{P} 与长期合约采购价格 w ; 如果 $\bar{P} > w$ 则最优采购决策为 Q 越大越好; 如果 $\bar{P} < w$ 则是 $Q = 0$ 时零售商达到最大利润; 如果 $\bar{P} = w$ 那么零售商的总收益与 Q 无关. 究其原因, 当 $m = 1$ 时, 零售商采购 Q 的相关成本与所获得的相关收益恰好相等 (证明见附录), 因此 Q 的订购数量对总收益不会产生影响. 同时当 $m = 1$ 时, 零售商在现货市场想买就能买到, 想卖就能卖出, 长期合约与现货交易在商品采购交货率方面就不存在差别, 区分这两种采购方式优劣的唯一标准就是采购价格的比较, $\bar{P} > w$ 时, 零售商订购的长期合约数量 Q 越多越有利, 因为除满足零售需求之外, 在现货市场卖掉剩余产品也是稳赚不赔; 当 $\bar{P} < w$ 时, 现货采购是零售商的最优选择, 因此 Q 的订购量为零; 当 $\bar{P} = w$ 时, 现货采购与长期合约采购优劣相当, 零售商将以这个价格通过现货方式购买需求均值单位的商品达到最优利润.

下面的分析是 $0 \leq m < 1$ 时的情形.

命题 1 当 $0 \leq m < 1$ 时, 零售商的期望利润函数 $E[\pi(Q_1, Q_2)]$ 是关于长期合约采购量 Q_1 与期权合约采购量 Q_2 的联合凹函数. (所有证明见附录)

命题 2 当 $0 \leq m < 1$ 时, 在下列三种情景
1) 当 $r < \bar{r}$, 且 $\max\{m_1, m_3\} \leq m \leq m_2$ 时;
2) 当 $r = \bar{r}$, 且 $m_1 \leq m \leq m_2$ 时;

3) 当 $r > \bar{r}$, 且 $m_1 \leq m \leq \min\{m_2, m_3\}$ 时.

零售商关于长期合约采购量 Q 与期权合约采购量 Q 存在最优非负解 Q^*, Q^*

$$Q^* = \frac{(1-m)(C+x) + m\bar{p} - w}{(1-m)(C-s)k_2} D_H \quad (6)$$

$$Q^* = \left[\frac{r-C-x}{r-s_k - C_k} - \frac{(1-m)(C+x) + m\bar{p} - w}{(1-m)(C-s)k_2} \right] D_H \quad (7)$$

其中, $\bar{r} = \frac{k(C-s) + C(a-s)}{C+a-2s}$, $k = \frac{b-C}{b-a}$

$$k_2 = \frac{C-a}{b-a}, k_3 = \frac{b+C}{2}, T = r - s_k - C_k, K =$$

$$(r-C-x)(C-s)k_2 m_1 = \frac{C-s}{k_3-s} m_2 =$$

$$\frac{C+x-w}{C+x-p} m_3 = \frac{(C+x-w)T-K}{(C+x-p)T-K}$$

从命题 2 可明显看出, Q^* 和 Q^* 都随最大零售需求 D_H 线性递增, 且 $Q^* + Q^* = (r-C-x)D_H / (r-s_k - C_k)$. 这表明如果零售商预期未来市场需求增加, 其将同时增大线下长期合约和 B2B 电子市场期权合约的订购量. 2008 年受国际金融危机影响, 我国钢铁行业产品在线下市场与网上市场交易量受未来经济预期影响, 涨跌趋势趋于一致的现象也印证了上述结论.

2.2 灵敏度分析与数值仿真

命题 3 在命题 2 的条件下, 零售商关于长期合约与期权合约的最优采购量具有以下性质

1) w 的取值变动范围为 $(1-m)K/T$ $dQ^* / dw < 0$ $dQ^* / dw > 0$ $dQ^* / dw = - dQ^* / dw$

2) 当 $\bar{p} \geq w$ 时, $dQ^* / dm \geq 0$ $dQ^* / dm \leq 0$ 当 $\bar{p} < w$ 时, $dQ^* / dm < 0$ $dQ^* / dm > 0$ 在两种情形下, $dQ^* / dm = - dQ^* / dm$

3) $dQ^* / dr = 0$ $dQ^* / dr > 0$

为方便讨论, 本文为各参数赋值为 $D \sim U(0, 100)$, $p \sim U(60, 140)$, $w = 100$, $s = 55$, $C = 95$, $m = 0.8$, $r = 136$. 计算得出 $x = 12.66$. 同时得出 $C+x > \bar{p}$, $w < C+x < r$, 符合前面的假设. 通过对长期合约、B2B 电子市场期权合约以及现货交易同时存在的条件下, 零售商追求利润最大化时的最优采购策略模型进行计算, 得出给定参数条件下, 最优采购策略为 $Q^* = 40.89$, $Q^* = 3.74$. 在保持其他参数不变的情况下, 模拟计算结果

显示.

随着长期合约采购单价 w 的增加, 零售商通过长期合约采购的商品数量急剧减少, 而通过 B2B 电子市场期权合约采购的商品数量迅速增加, 但 w 的变化对两类合约的总订购量没有影响. 同时 w 以现货市场价格均值 \bar{p} 为参考, w 围绕 \bar{p} 的微小变化, 就能引起长期合约订购量与期权合约订购量的剧烈变化, 这表明电子交易市场的出现, 为行业中供应商与零售商的线下交易提供了价格指导. 这一点也与现实情况相符, 如发展较好的上海大宗钢铁电子交易中心、浙江塑料城网上交易市场、中国液体化工交易网等 B2B 电子交易市场所形成的商品价格, 已经成为业内企业进行线下交易的重要参考依据.

在长期合约、B2B 电子市场期权合约以及现货交易同时存在的情况下, 现货市场流动性 m 不会太高, 也不会太低, 其必须介于一定的范围. 由于本文选取的参数 $\bar{p} < w$, 因此随着 m 的增大, 零售商逐渐增加期权合约的采购量, 逐渐减少长期合约的采购量, 但两类合约的采购量总和保持不变. 这是因为, 在这种情况下随着市场流动性的增大, 期权合约的采购优势逐渐明显, 在未来需求实现时, 零售商能与现货价格的权衡以较低成本采购, 满足需求之后, 还能通过在现货市场投机增加收益, 此时 m 的增大有助于零售商降低成本, 提高收益, 因此零售商将加大期权合约的采购量. 在需求及其他条件不变的情况下, 两类合约的商品订购量之和是一定的, 因此这时零售商将减少对长期合约的订购量.

零售价格与 Q^* 无关, 随着 w 的增加, 期权合约采购量 Q^* 逐渐增大, 两类合约的采购量之和也逐渐增加. 这是因为, 零售商通过长期合约采购的商品主要用来满足零售需求, 在需求及其他参数确定的条件下, 零售价格的提高只能增加单位零售收益, 并不能保证零售商多卖出商品, 而且为了预防未来零售需求大于长期合约订购量的情形, 零售商已经通过期权合约订购进行补充, 需求实现后, 现货市场也是补充采购的辅助渠道, 因此 Q^* 不随零售价格的变化而变动. 然而随着零售价格的增加, 期权合约的订购量在逐渐增大, 这是因为订购期权合约的占用成本较小, 合约在订购时

只需支付订购价格 φ 在需求实现时通过与现货价格的权衡才决定是否执行期权, 并且满足需求之后的剩余期权还能用于投机获利, 因此随着零售价格的增加, 期权合约的订购量在增加, 两类合约的总订购量在增加。

同时模拟计算结果显示, 零售商最优采购策略与期权合约执行价格 C 单位商品处理价格 φ 以及现货商品价格波动率 σ_p 之间的关系分别如图 1、图 2、图 3 所示

$D \sim U(0, 100)$, $P \sim U(60, 140)$, $w = 100$, $\lambda = 55$, $m = 0.8$, $r = 136$

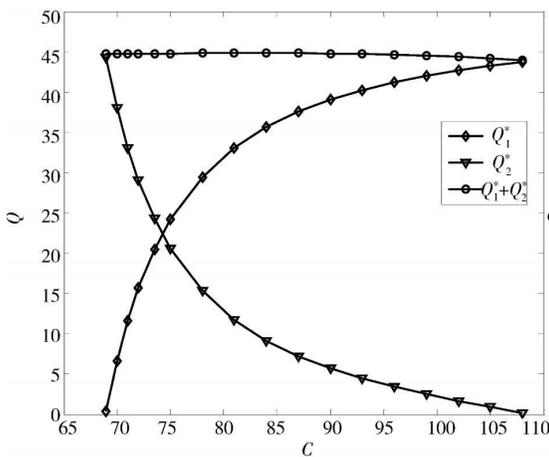


图 1 均匀分布条件下 C 对最优采购策略的影响

Fig. 1 Effects of C on the optimal ordering strategies (uniform distribution)

$D \sim U(0, 100)$, $P \sim U(60, 140)$, $w = 100$, $\lambda = 95$, $m = 0.8$, $r = 136$

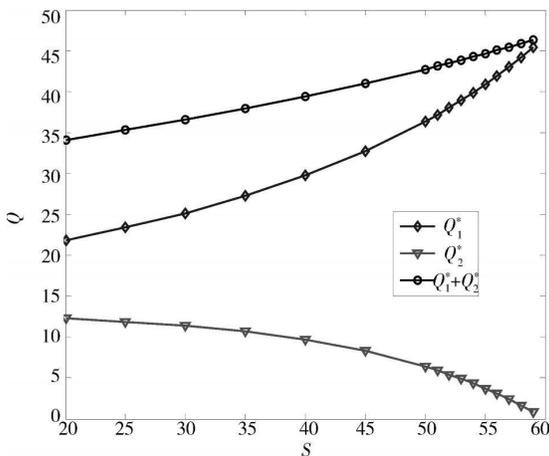


图 2 均匀分布条件下 S 对最优采购策略的影响

Fig. 2 Effects of S on the optimal ordering strategies (uniform distribution)

在本研究中, 期权合约执行价格 C 与期权合约签订价格 φ 之间成反比变化, 当期权合约未来的执行价格较高时, 期权合约的签订价格就会较低, 反之, 亦然, 这一点通过公式 (4) 可以证明. 这是因为对期权的卖方而言, 如果未来商品的出售价格较高, 为了使该期权具有吸引力, 其必然要以

较低的价格签订, 否则就无人可买. 因此分析 C 对零售商最优采购策略的影响, 也能推及出 φ 对零售商最优采购策略的影响. 通过图 1 可以看出, 随着 C 的增加, 零售商与固定供应商签订的长期合约数量在迅速增加, 而在 B2B 电子市场购买的期权合约数量在迅速减少. 这是因为, 当 C 增加时, 零售商减少对该合约的购买, 而与此同时 φ 会减小, 这又增加了该合约对零售商的吸引力, 但通过对公式 (5) 求导 $|\frac{dQ_2^*}{dC}| < 1$ 可以看出, φ 的减小幅度低于 C 的增加幅度, 因此零售商总体权衡的决策结果是: 减少期权合约的采购数量. 同时为了满足需求, 零售商必然需要不断增加长期合约的采购数量, 但两类合约的采购量之和基本保持不变.

$D \sim U(0, 100)$, $E(P) = 100$, $C = 95$, $w = 100$, $\lambda = 55$, $m = 0.8$, $r = 136$

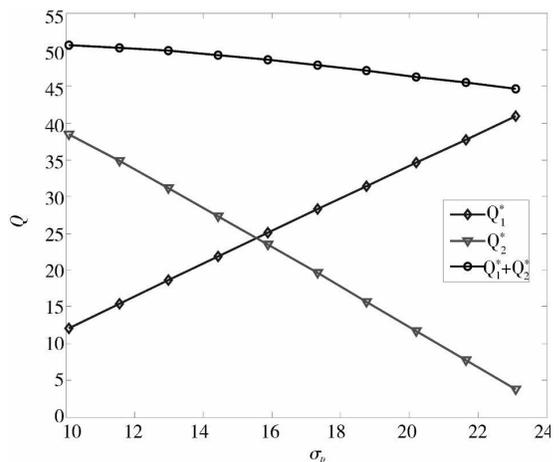


图 3 均匀分布条件下 σ_p 对最优采购策略的影响

Fig. 3 Effects of σ_p on the optimal ordering strategies (uniform distribution)

图 2 中, 随着 φ 的增加, 零售商通过长期合约采购的商品数量逐渐增加, 而通过期权合约采购的商品数量逐渐减少, 两类合约的采购量之和逐渐增加. 究其原因, 单位商品处理价格 φ 的增大, 使得满足需求之后未能在现货市场卖掉的商品能够以较高的价格处理, 从而提高了零售商的收益, 增强了长期合约采购的优势. 与此同时, φ 的增加也有助于提高期权合约的处理收益, 但 φ 的变化只在未来现货价格对零售商有利的情形下, 零售商对满足需求之后的期权合约进行投机时, 才能提高零售商的收益, 因此 φ 对 Q_2^* 的影响不及其对 Q_1^* 的影响明显, 随着 φ 越来越大, 两类合约的总采购量逐渐增大, Q_1^* 增加的幅度大于总采购量的增幅, 因此期权合约的采购量 Q_2^* 会逐渐减小.

图 3 中,随着商品现货价格波动幅度的增大,零售商将减少期权合约的采购数量,增大线下长期合约的采购数量,同时两类合约的采购量之和随着现货价格波动的增大而减少.究其原因,现货价格波动幅度增大将提高期权合约签订价格 w 的价值,在期权合约执行价格 C 不变的情况下,通过期权合约进行采购的成本增大,因而零售商将减少对期权合约的采购;同时现货价格波动幅度的增大使得长期合约的价格稳定优势体现出来,此时零售商将增加对长期合约的采购量;但现货价格波动幅度越大,意味着市场越发不稳定,在这种情形下,零售商在两类市场的总采购量之和将会有所收缩.这一点也与现实情况相一致.石晓梅与冯耕中^[3]在 2007 年下半年对我国沪宁杭地区的典型工业品类 B2B 电子交易市场进行调研时发现,当时这些电子市场的参与者中业内物资流通企业占据了 70% 以上的比例,通过问卷抽样调查了解到市场中的大部分交易商都属于风险规避型与风险中立型.在访谈中零售商提到,当电子市场的现货价格较为平稳时将参与电子市场的远期交易,如果电子市场现货价格波动幅度过大,则较少参与.究其原因,当现货市场价格波动幅度增大时,零售商投机获利的机会增大,但是其所承受的风险也相应增加,对于这些并非一味追求高风险、高收益的零售商,由于此时参与电子市场远期购买的成本与风险相对提高,因此其更倾向通过与固定供应商签订固定价格合约来满足零售需求.

3 正态分布条件下的数值仿真

为检验在正态分布条件下,研究结果是否依然成立,本文选取了与均匀分布数值算例相近的一组参数 $D \sim N(50, 15)$, $P \sim U(100, 12)$, $w = 100.1$, $s = 55$, $C = 95$, $m = 0.8$, $r = 136$ 计算得出 $x = 7.68$ 同时得出 $C + x > P > w < C + x < r$.通过对长期合约、B2B 电子市场期权合约以及现货交易同时存在的条件下,零售商追求利润最大化时的最优采购策略模型进行仿真计算,得出最优采购策略为 $Q_1^* = 31$, $Q_2^* = 19$.其中正态分布条件下,长期合约单位订购价格 w 、现货市场流动性 m 、零售价格 r 、期权合约执行价格 C 、单位商品处理价格 s 以及现货商品价格波动率 σ_P 对最优采购

策略的影响分别如图 4—9 所示

通过对比分析,在正态分布条件下各参数对零售商最优采购策略的影响趋势,与均匀分布条件下基本相同.同时通过图 4 可以看出,在长期合约、B2B 电子市场期权合约以及现货交易同时存在的情况下, w 的取值范围很小,就在 $E(P)$ 附近扰动,这反映了 w 以现货市场价格均值 $E(P)$ 为参考;通过图 5 可以看出,在三类采购同时存在时,现货市场流动性 m 也必须介于一定的范围.数值仿真计算结果显示,本研究在均匀分布条件下所得到的结论,在正态分布条件下依然成立.

$D \sim N(50, 15)$, $P \sim N(100, 12)$, $s = 55$, $C = 95$, $m = 0.8$, $r = 136$

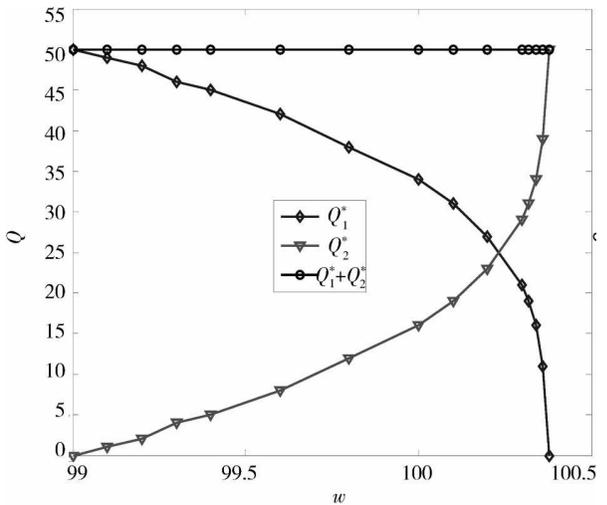


图 4 正态分布条件下 w 对最优采购策略的影响
Fig. 4 Effects of w on the optimal ordering strategies (normal distribution)

$D \sim N(50, 15)$, $P \sim N(100, 12)$, $w = 100.1$, $s = 55$, $C = 95$, $r = 136$

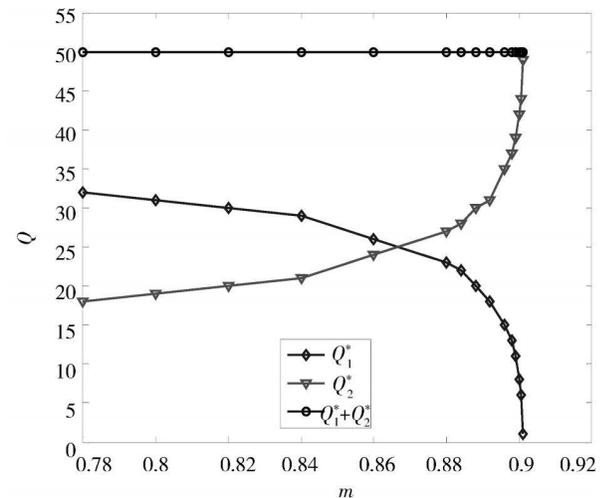


图 5 正态分布条件下 m 对最优采购策略的影响
Fig. 5 Effects of m on the optimal ordering strategies (normal distribution)

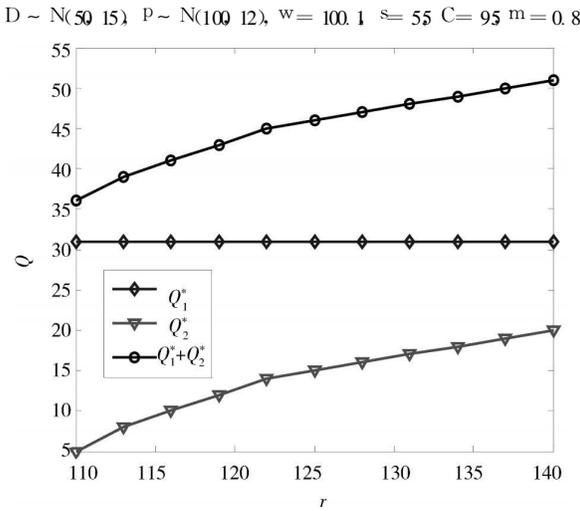


图 6 正态分布条件下 r 对最优采购策略的影响

Fig. 6 Effects of r on the optimal ordering strategies (normal distribution)

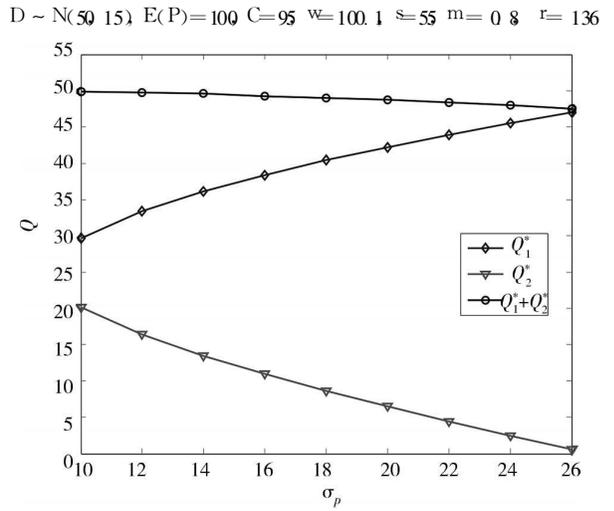


图 9 正态分布条件下 σ_p 对最优采购策略的影响

Fig. 9 Effects of σ_p on the optimal ordering strategies (normal distribution)

$D \sim N(50, 15)$, $P \sim N(100, 12)$, $w = 100.1$, $s = 55$, $m = 0.8$, $r = 136$

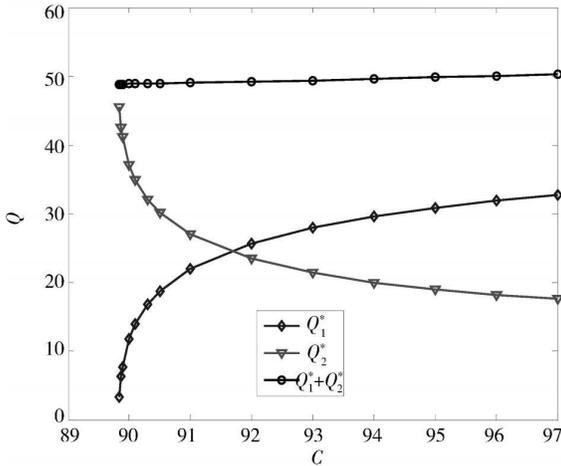


图 7 正态分布条件下 C 对最优采购策略的影响

Fig. 7 Effects of C on the optimal ordering strategies (normal distribution)

$D \sim N(50, 15)$, $P \sim N(100, 12)$, $w = 100.1$, $c = 95$, $m = 0.8$, $r = 136$

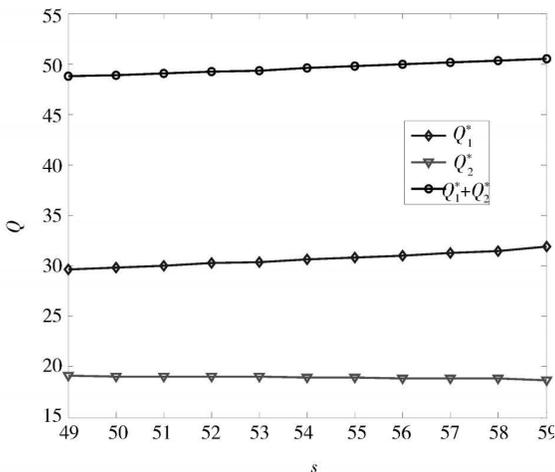


图 8 正态分布条件下 s 对最优采购策略的影响

Fig. 8 Effects of s on the optimal ordering strategies (normal distribution)

4 结束语

描述了市场需求及商品价格不确定时, 线下长期合约、B2B 电子市场期权合约以及现货交易同时存在的条件下, 零售商追求利润最大化时的最优采购策略. 研究表明, 当现货市场的流动性适中, 三类交易同时存在, 零售商将以线下长期合约与 B2B 电子市场期权合约为主要采购渠道, 而以 B2B 电子市场现货交易为辅助采购渠道, 在以满足零售需求为主要目的的采购中能够达到最大利润, 同时 B2B 电子市场形成的现货价格将成为供应商与零售商签订线下长期合约的价格参照依据. 本研究结论对供应链中的采购者、供应商以及第三方 B2B 电子交易市场均具有重要的启示.

首先, 在我国一些像钢铁、石油、煤炭等资本密集型行业中, 定价主导权通常掌握在上游大企业手中, 这些行业中数量众多、规模较小的中间流通商与下游用户企业以往只能被动地承受需求与价格风险. B2B 电子交易市场推出的现货交易、期权合约交易等不但为众多中下游企业提供了新的购销渠道与避险工具, 同时也形成了具有指导意义的商品价格, 这一价格增加了中下游企业与掌握定价主导权的大企业签订长期合约时的谈判砝码. 如 2008 年后半年, 我国钢材价格持续暴跌随后趋于稳定的剧烈行情变动在上海大宗钢铁电子

交易中心的钢材交易价格中均有反映,处于中国钢材定价主导地位的宝钢在 2008 年 10 月份以后,依据市场钢材品种价格走势,屡次下调钢价,以取得中下游客户企业的认同.同时本研究结论显示,商品价格的剧烈波动将造成线下交易与网上交易总订购量的减少,对供应链中各类企业的正常运作产生影响,这一点也与现实情况相一致,因此行业中的供应商、零售商以及第三方电子交易市场均要尽力避免商品价格非理性波动的出现,维护市场平稳发展.

其次,B2B电子交易市场的出现,分流了上游供应商与生产企业的客户,削弱了其的定价权地位,在一定程度上危及了上游企业的利益.但通过本文分析得知,B2B电子交易市场推出的期权合约是零售商的重要采购渠道,而现货交易是其辅助采购渠道,这些订货量的最终来源还是上游生

产企业.因此上游生产企业应根据线下市场与网上市场的互动关系,积极参与 B2B电子交易市场,同时考虑在两类市场的营销策略,以达到获利的目的.

最后,对第三方 B2B电子交易市场而言,保持适度的市场流动性是吸引行业内企业参与市场交易的必要条件.市场主办方应积极采取措施,既不能使市场流动性过低,无人参与,也要防止市场流动性过高,投机氛围严重,将一些优质客户挤出市场,影响市场发展.与此同时,B2B电子交易市场推出的期权合约、远期合约等到期能够顺利进行实物交收也是促进采购者进行购买的重要条件,因此在与实物交收相关的物流服务上不断创新,将是这类市场保持竞争优势的关键所在,也是这类市场区别于商品期货市场的重要特征.

参 考 文 献:

- [1] 石晓梅,冯耕中,何朝阳,等. 2008年大宗商品电子交易市场发展回顾与 2009年展望,中国物流发展报告(2008—2009)[R]. 北京:中国物资出版社, 2009: 246—257.
Shi Xiaomei, Feng Genzhong, He Chaoyang, et al. Review and Outlook on China's Bulk Stock Electronic Marketplace 2008. China Logistics Development Report (2007—2008)[R]. Beijing: China Logistics Publishing House, 2009: 246—257. (in Chinese)
- [2] 胡俞越. 大宗商品电子交易市场何去何从[J]. 投资北京, 2008(21): 7: 50—52
Hu Yuyue. Where to go? Electronic trading market of staple commodities[J]. Invest Beijing, 2008(21): 7: 50—52. (in Chinese)
- [3] 石晓梅,冯耕中. 大宗商品电子交易市场关键风险识别研究:基于实证的探讨[J]. 管理评论, 2010: 22(12): 53—61
Shi Xiaomei, Feng Genzhong. A study on the key risk identification of bulk stock electronic marketplace in China: An empirical analysis[J]. Management Review, 2010: 22(12): 53—61. (in Chinese)
- [4] Mendelson H, Tunca T. Strategic spot trading in supply chains[J]. Management Science, 2007: 53(5): 742—759
- [5] Peleg B, Lee H, Hausman W H. Short term procurement strategies versus long term contracts[J]. Production and Operations Management, 2002: 11(4): 458—479
- [6] Seifert R W, Thonemann UW, Hausman W H. Optimal procurement strategies for online spot markets[J]. European Journal of Operational Research, 2004: 152(3): 781—799
- [7] Swaminathan J M, Tayur S R. Models for supply chains in e-business[J]. Management Science, 2003: 49(10): 1387—1406
- [8] 晏妮娜,黄小原,刘兵. 电子市场环境中供应链双源渠道主从对策模型[J]. 中国管理科学, 2007: 15(3): 98—102
Yan Nina, Huang Xiaoyuan, Liu Bing. Stackelberg game models of supply chain dual-channel coordination in e-markets[J]. Chinese Journal of Management Science, 2007: 15(3): 98—102. (in Chinese)
- [9] 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: 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)
- [10] 邢伟, 汪寿阳, 冯耕中. B2B 电子市场对零售商最优策略影响研究 [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 (in Chinese)
- [11] 邢伟, 汪寿阳, 冯耕中. 欺压与风险分担: B2B 电子交易市场环境下均衡策略分析 [J]. *管理科学学报*, 2010, 13(1): 1—9
Xing Wei, Wang Shouyang, Feng Gengzhong. Bully and risk sharing: Analysis on equilibrium strategies with B2B on line exchange [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2010, 13(1): 1—9 (in Chinese)
- [12] 陈旭. 考虑期权合同供应链的零售商订货研究 [J]. *管理科学学报*, 2006, 9(3): 17—23
Chen Xu. Retailer's procurement decisions for supply chain with options contracts [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2006, 9(3): 17—23 (in Chinese)
- [13] Kleindorfer P R, Wu D J. Integrating long and short term contracting via business to business exchanges for capital intensive industries [J]. *Management Science*, 2003, 49(11): 1597—1615
- [14] Wu D J, Kleindorfer P R, Zhang J E. Optimal bidding and contracting strategies for capital intensive goods [J]. *European Journal of Operational Research*, 2002, 137(3): 657—676
- [15] Wu D J, Kleindorfer P R. Competitive options, supply contracting, and electronic markets [J]. *Management Science*, 2005, 51(3): 452—466
- [16] 常志平, 蒋馥. 供应链中电子市场与合约市场的协调研究 [J]. *华中科技大学学报(自然科学版)*, 2004, 32(1): 111—113 (in Chinese)
Chang Zhiping, Jiang Fu. Coordination mechanism between electronic markets and contract market in supply chain [J]. *Journal of Huazhong University of Science and Technology (Nature Science Edition)*, 2004, 32(1): 111—113 (in Chinese)
- [17] 郭琼, 杨德礼, 樊博. 基于电子与契约市场的供应链协作的研究 [J]. *中国管理科学*, 2006, 14(6): 50—55
Guo Qiong, Yang Deli, Fan Bo. A research on supply chain coordination under e-marketplace and contract market [J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2006, 14(6): 50—55 (in Chinese)
- [18] 晏妮娜, 黄小原. B2B 电子市场下供应链期权合同协调模型与优化 [J]. *控制与决策*, 2007, 22(5): 535—539
Yan Nina, Huang Xiaoyuan. Models and optimization of option contract coordination in supply chain with B2B e-market [J]. *Control and Decision*, 2007, 22(5): 535—539 (in Chinese)
- [19] 马士华, 胡剑阳, 林勇. 一种基于期权的供应商能力预订模型 [J]. *管理工程学报*, 2004, 18(1): 8—11
Ma Shihua, Hu Jianyang, Lin Yong. A model for supplier's capacity ordering with options [J]. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 2004, 18(1): 8—11 (in Chinese)
- [20] 宁钟, 戴俊俊. 期权在供应链风险管理中的应用 [J]. *系统工程理论与实践*, 2005, (25): 49—54
Ning Zhong, Dai Junjun. The application of options in supply chain risk management [J]. *System Engineering Theory and Practice*, 2005, (25): 49—54 (in Chinese)
- [21] Aggarwal P, Ganesan R. Using risk management tools on B2Bs: An exploratory investigation [J]. *International Journal of Production Economics*, 2007, 108(1—2): 2—7
- [22] Ganesan R, Boone T, Aggarwal P. Optimal procurement portfolios when using B2Bs: A model & analysis [J]. *International Journal of Production Economics*, 2009, 118(1): 146—151
- [23] Lee H, Whang S. The impact of the secondary market on the supply chain [J]. *Management Science*, 2002, 48(6): 719—731
- [24] Miner J M, Kouvelis P. Inventory speculation and sourcing strategies in the presence of on line exchanges [J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2007, 9(3): 312—331

Optimal ordering strategies with B2B e marketplaces

SHIXiaomei², FENG Gengzhong³, XINGWei¹, WANG Shouyang⁴

- 1. Xi'an Jiaotong University Xi'an 710049 China
- 2. Second Artillery Engineering College Xi'an 710025 China
- 3. QuFu Normal University Rizhao 276826 China
- 4. Academy of Mathematics and Systems Science Chinese Academy of Sciences Beijing 100190 China

Abstract: B2B electronic marketplaces have provided the participants a variety of services such as spot trade, forward contracts and capacity options. This paper investigates the retailer's optimal ordering strategies in a B2B electronic marketplace where options and forwards contract can be speculated after expiration. Our study shows that when the market liquidity in spot market is mediate, the retailer will use forwards contracts and options as main procurement channels, and spot market as supplementary procurement channel to meet the demand. The expected spot price will be a benchmark for the supplier to set an appropriate forward price. These findings have significant meaning for buyers, suppliers and the third-party B2B e marketplaces in a supply chain.

Key words: electronic marketplace, ordering strategies, capacity options, spot trade

附录:

$m = 1$ 时, Q_2 的相关采购成本与相关收益

当 $m = 1$ 时, Q_2 的相关采购成本为

$$-xQ_2 - \frac{Q_2^2}{2D_H} \cdot \frac{2bC - C^2 - a^2}{2(b-a)} - \left[Q_2 - \frac{Q_1Q_2 + Q_2^2}{D_H} \right] \cdot \frac{2bC - C^2 - a^2}{2(b-a)} - \bar{p} \cdot \left(\frac{Q_2^2}{2D_H} + \frac{Q_1Q_2}{D_H} - Q_2 \right) = -\frac{Q_1Q_2}{D_H}x - \frac{Q_2^2}{D_H}x$$

$m = 1$ 时, Q_2 的相关收益为

$$\frac{Q_1Q_2}{D_H}x + \frac{Q_2^2}{2D_H}r + \frac{Q_2^2}{2D_H}x + \left[Q_2 - \frac{Q_1Q_2 + Q_2^2}{D_H} \right] r + r \cdot \left(\frac{Q_2^2}{2D_H} + \frac{Q_1Q_2}{D_H} - Q_2 \right) = \frac{Q_1Q_2}{D_H}x - \frac{Q_2^2}{2D_H}x$$

所以, $m = 1$ 时, Q_2 的相关采购成本与相关收益相等.

命题 1 证明

$$E[\pi(Q_1, Q_2)] = (r - \bar{p}) \times m \times \frac{D_H}{2} + [(1-m)r + m\bar{p} - w]Q_1 - (1-m)(r - s) \frac{Q_1^2}{2D_H} + (1-m)(r - C - s)Q_2 - (1-m)(r - s \frac{b-C}{b-a} - C \frac{C-a}{b-a}) \frac{Q_1^2}{2D_H} - (1-m)(r - s \frac{b-C}{b-a} - C \frac{C-a}{b-a}) \frac{Q_1Q_2}{D_H}$$

令 H 为零售商期望利润函数 $E[\pi(Q_1, Q_2)]$ 的海塞矩阵,

$$H = \begin{bmatrix} \partial^2 [E(\pi)] / \partial Q_1^2 & \partial^2 [E(\pi)] / \partial Q_1 \partial Q_2 \\ \partial^2 [E(\pi)] / \partial Q_1 \partial Q_2 & \partial^2 [E(\pi)] / \partial Q_2^2 \end{bmatrix}$$

因为 $s < r, 0 \leq m < 1, D_H > 0$ 所以 $H_{11} = \partial^2 [E(\pi)] / \partial Q_1^2 = -(1-m)(r - s) / D_H < 0$

因为 $r > C > s, a < C < b, 0 \leq m < 1, D_H > 0$

$$\text{所以 } \det(H) = (1-m)^2 \frac{1}{D_H} [r - C + (C - s) \frac{b-C}{b-a}] (C - s) \frac{C-a}{b-a} > 0$$

由此可见, 海塞矩阵 H 是负定的, 因此, 零售商的期望利润函数 $E[\pi(Q_1, Q_2)]$ 是长期合约采购量 Q_1 与期权合约采

购量 Q_2 的联合凹函数.

证毕.

命题 2 证明

当 $\partial [E(\pi)] / \partial Q_1 = 0$ $\partial [E(\pi)] / \partial Q_2 = 0$ 时, 可得到

$$Q_1^* + Q_2^* = \frac{r - C - x}{r - s} \frac{b - C}{b - a} - \frac{C - a}{C - a} D_H, \quad Q_1^* = \frac{(1 - m)(C + x) + m\bar{p} - w}{(1 - m)(C - s) \frac{C - a}{b - a}} \times D_H \text{ 和}$$

$$Q_2^* = \left[\frac{r - C - x}{r - s} \frac{b - C}{b - a} - \frac{C - a}{C - a} \right] \frac{(1 - m)(C + x) + m\bar{p} - w}{(1 - m)(C - s) \frac{C - a}{b - a}} \times D_H$$

本研究中, 在长期合约交易、B2B 电子市场期权交易以及现货交易同时存在的条件下, 要保证 Q_1^* , Q_2^* 为模型的最优非负解, 必须满足以下三个条件

(1) 零售商购买 1 单位期权的投机收益必须大于等于 0 以保证当现货市场价格有利时, 满足零售需求之外的期权合约投机合理. 即

$$\int_C^{\infty} [m(p - C) + (1 - m)(s - C)] f(p) dp \geq 0 \Rightarrow m \geq m_1 = (C - s) / (b + C) / 2 - s$$

$$(2) Q_1^* \geq 0 \Rightarrow m \leq m_2 = \frac{C + x - w}{X + x - p}$$

$$(3) Q_2^* \geq 0 \Leftrightarrow \frac{r - C - x}{r - s} \frac{b - C}{b - a} - \frac{C - a}{C - a} - \frac{(1 - m)(C + x) + m\bar{p} - w}{(1 - m)(C - s) \frac{C - a}{b - a}} \geq 0$$

$$\Rightarrow [(C + x - \bar{p})T - K]m \geq (C + x - w)T - K$$

其中 $T = r - s \frac{b - C}{b - a} - \frac{C - a}{C - a}$ $K = (r - C - x)(C - s) \frac{C - a}{b - a}$

当 $r < r^* = \frac{b(C - s) + C(a - s)}{C + a - 2s}$ 时, $(C + x - \bar{p})T - K > 0 \Rightarrow m \geq m_3 = \frac{(C + x - w)T - K}{(C + x - \bar{p})T - K}$ 当 $r < r^* =$

$\frac{b(C - s) + C(a - s)}{C + a - 2s}$ 时, $(C + x - \bar{p})T - K > 0 \Rightarrow$ 若 $w > p$ m 可取任何值

$$\text{当 } r > r^* = \frac{b(C - s) + C(a - s)}{C + a - 2s} \text{ 时, } (C + x - \bar{p})T - K < 0 \Rightarrow m \leq m_3 = \frac{(C + x - w)T - K}{(C + x - \bar{p})T - K}$$

综合以上条件, 可以得出

$$\begin{cases} \text{当 } r < r^* = \frac{b(C - s) + C(a - s)}{C + a - 2s} \text{ 时, } \max\{m_1, m_3\} \leq m \leq m_2 \\ \text{当 } r = r^* = \frac{b(C - s) + C(a - s)}{C + a - 2s} \text{ 时, } m_1 \leq m \leq m_2 \\ \text{当 } r > r^* = \frac{b(C - s) + C(a - s)}{C + a - 2s} \text{ 时, } m_1 \leq m \leq \min\{m_2, m_3\} \end{cases}$$

此时 Q_1^* , Q_2^* 为零售商期望利润函数的最优非负解.

证毕.

命题 3 证明 对 Q_1^* 和 Q_2^* 分别对 w, m 求一阶导数, 经过简单化简即可得到结论.