

文章编号:1000-6788(2006)01-0102-05

## B2B 在线市场期权合同协调的鲁棒策略

晏妮娜,黄小原

(东北大学工商管理学院,辽宁 沈阳 110004)

**摘要:** 在 B2B 在线市场的不确定环境下,考虑长期合同的稳定性和在线现货采购的灵活性,设计了基于期权合同协调在线市场与传统市场的鲁棒策略.在 B2B 在线市场最坏需求情景下,研究了卖方作为主方、买方作为从方的主从对策模型.应用鲁棒优化理论,提出 B2B 在线市场环境下的鲁棒 Stackelberg 解的算法.最后,结合上海宝钢益昌公司电子商务问题,仿真计算求解了鲁棒定货量、期权合同预定费用和执行费用,并进行了实证分析.

**关键词:** B2B; 在线市场; 期权合同; 鲁棒优化; 主从对策

**中图分类号:** F713.5

**文献标识码:** A

## Robust Strategies for Option Contract Coordination in B2B E-markets

YAN Ni-na, HUANG Xiao-yuan

(School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110004, China)

**Abstract:** Under the uncertain environment of B2B e-markets, the stability of long-term contract and the flexibility of online spot purchasing are considered together, and the robust strategies for coordination between e-markets and traditional markets based on option contract are designed. Under the worst demand scenarios of B2B e-markets, the strategies of stackelberg game in which seller is the leader and buyer is follower are studied. Applying the theories of robust optimization, the algorithms of solving the robust solutions of buyer's order quantity and seller's contract reservation costs and execution costs in B2B E-markets are brought forward. Finally, combining with the e-commerce practice of Shanghai Baosteel Yichang Corporation, the demonstration analysis is carried out, and the robust order quantity, contract reservation costs and execution costs are worked out through simulating calculation.

**Key words:** B2B; E-markets; option contract; robust optimization; stackelberg game

### 1 引言

2000年以来,电子商务的发展势头有所回落,但是新一代网络经济环境的发展趋势和历史地位已经不能动摇.电子商务仍然是未来经济活动中的一种重要方式,B2B在线市场已逐渐成为传统市场的有力补充.实践表明,在线市场与传统市场的并存与协调比单纯传统市场获得的总效益要高5%~8%左右<sup>[1]</sup>.供应链合同是在线市场运作协调最为重要的策略,其中期权合同是一种常用的协调机制.运用期权合同对于在线市场的协调具有双重性,即长期合同的稳定性和现货采购的灵活性,可以调整在线市场和离线市场之间的关系.因此,通过期权合同可以实现传统市场与B2B在线市场的有效整合,并且这已在美国、欧洲、南美、中国的电力、石油、钢铁等资本密集型行业中得以广泛应用<sup>[2~6]</sup>.

国外学者对供应链期权合同协调机制进行过广泛研究,但是关于在线市场中的期权合同的研究却不多见.Kleindorfer和Wu针对随机性市场环境,对此进行了深入的研究,做出了较大的贡献.他们考虑了单一买方和多个卖方之间的期权合同关系,推导了在Stackelberg对策中卖方作为主方的最优出价策略和买方最优签约策略<sup>[2,3]</sup>;进一步地,他们研究了资本密集行业中用B2B交易整合长期签约与短期签约的方法,推导了最优期权合同,并考虑了现货市场的流动性对期权合同协调效果的影响<sup>[4]</sup>.其他学者也做了相

收稿日期:2005-01-13

资助项目:国家自然科学基金(70572088);教育部博士点基金(20050145022);辽宁省科学技术计划(2004401015)

作者简介:晏妮娜(1980-),女,东北大学博士研究生,研究方向:电子商务和供应链运作;黄小原(1947-),男,东北大学教授,博士生导师,研究方向:供应链运作和电子商务.

关研究,诸如 Kamat 等在供不应求且现货市场价格已知的环境下,讨论了市场效率对纯远期合同整合效果的影响<sup>[7]</sup>;Peleg 等在需求与采购同时发生的“滚动”现货市场环境下,考虑了综合运用长期采购和现货拍卖的最优策略,结论指出最优策略的选择取决于市场特征与卖方的技术条件,并且基于 Internet 的反向拍卖对买方是有利的<sup>[8]</sup>;Mendelson 等考察了在现货价格内在确定的封闭市场中,需求不确定性对买卖双方合同关系的影响,推导了 B2B 交易存在的充分条件和必要条件<sup>[9]</sup>.

本文在文献[4]的基础上设计了一种应用期权合同协调 B2B 在线市场与传统市场的机制,主要作了三项工作.一是改进了 B2B 运作环境,文献[4]假设需求量为确定的且已知市场价格的分布函数,而本文构建了更现实的市场环境,即假设需求量是不确定的.二是提出了一种求解买卖双方 Stackelberg 主从对策鲁棒解的算法.三是结合上海宝钢益昌公司电子商务营销问题进行了实验仿真与分析.

## 2 B2B 在线市场期权合同协调的模型

### 2.1 基本描述

文献[4]给出了 B2B 在线市场期权合同协调的基本描述,即认为期权合同的运作分为三个阶段.第 1 阶段,供应商根据自身生产能力与单位生产边际成本,与采购商签订期权合约并按订单开始生产;第 2 阶段,供应商和采购商根据现货价格和需求信息,对执行期权合约和现货采购做出选择;第 3 阶段,采购商同低端消费者进行交易,以实现其需求.

由于 B2B 在线市场的存在,供应商在满足采购商的期权合约之后,可以考虑通过在线市场出售剩余产能;对于采购商而言,如果在线市场的现货价格高于期权合约规定的执行价格,则理性的做法是先执行期权合约,未满足的需求可从在线市场购买;如果在线市场的现货价格低于期权合约规定的执行价格,则理性的做法是放弃期权,并从在线市场购买.如果分别用  $Z_m$  和  $Z_b$  表示供应商和采购商的利润,卖方的利润为

$$Z_m(s, g, Q, D) = sQ(s, g) + gq - bq + (P_s - b)^+ m(P_s)(K - q), \quad (1)$$

买方的利润为

$$Z_b(Q, s, g, D) = U(D) - sQ - gq - P_s x = U(D) - P_s D + (P_s - g)^+ \cdot \min[D, Q] - sQ, \quad (2)$$

$$q = \min[D, Q] (P_s - g) \quad Q \quad K. \quad (3)$$

其中,  $U$  是买方的支付意愿(WTP)函数,假设它是严格的凹函数和递增函数;  $D$  是低端消费者的需求量,是不确定性的;  $P_s$  是在线市场的单位现货价格;  $f(P_s)$  是现货价格的分布函数;  $Q$  是期权订货量;  $q$  是采购商的期权执行量;  $x$  是采购商从在线市场购买的现货量,  $x = D - q$ ;  $b$  是供应商的单位生产成本;  $K$  是供应商的最大产能;  $m$  是现货市场准入程度,  $0 \leq m \leq 1$ ,  $m = 1$  表示全部为现货;  $s$  是单位期权的预订费用,  $g$  是单位期权的执行费用.另外,  $y^+ = \max(y, 0)$ ;  $I(y)$  为指示函数,当  $y \geq 0$  时  $I(y)$  取 1,当  $y < 0$  时  $I(y)$  取 0.式(1)中,前三项是卖方通过长期期权供应获得的利润,第四项是卖方通过 B2B 在线市场出售剩余产能所获得的利润.式(2)中,等号后第一个公式的前三项是买方通过长期期权采购获得的利润,第四项表示的是买方通过 B2B 在线市场现货采购所获得的利润,式(2)中第二个公式是对第一个公式的整理.式(3)表示的是当期权执行价格低于现货价格时,采购商执行的期权数量.

### 2.2 B2B 在线市场期权合同协调模型

文献[4]中的模型假设需求是确定的,市场价格是随机变量,且已知这种随机分布的一阶矩和二阶矩.但是在大多数现实环境中,由于市场的波动性及消费者购买意愿的不稳定性,需求量是不确定的,并且会影响到市场价格的变化.本文考虑到 B2B 在线市场运作的实际情况,对文献[4]的模型进行了改进,即在模型中引入了不确定性需求量.假设只知道某一周期内低端消费者的最高需求量为  $\bar{D}$ ,最低需求量为  $\underline{D}$ .另外假设在线市场的需求量  $D$  是单位现货价格  $P_s$  的线性函数,即  $D(P_s) = \alpha - \beta P_s$ .

考虑以卖方为主方的主从对策,卖方的鲁棒优化问题为

$$\max_{s, g} \min_{D \in [\underline{D}, \bar{D}]} Z_m(Q, s, g, D) \quad (3)$$

$$\text{s. t. } q = \min[D, Q] (P_s - g) \quad Q \quad K \quad (4)$$

$$D \in [D, \bar{D}] \tag{5}$$

买方作为从方的目标是要响应卖方的最优策略 $[s, g]$ , 确定最优定货量使其利润达到最大, 即买方的鲁棒优化问题是

$$\begin{aligned} \max_{Q \in [D, \bar{D}]} \min_{D \in [D, \bar{D}]} Z_b(Q, s, g, D) \\ \text{s. t. } D \in [D, \bar{D}] \end{aligned} \tag{6}$$

上述(4)~(6)式描述了 B2B 在线市场期权合同协调的模型, 该模型有两个特点. 第一个特点是(4)式与(6)式组成了 Stackelberg 主从对策问题, 其中(4)式表示的是主方的对策, (6)式表示的是从方的对策. 另一个特点是该模型引入了鲁棒策略, 即考虑最坏情景下的对策问题, 对策双方都是在使其利润达到最小的需求情景下选择最优策略, 主方选择鲁棒最优期权预定费用和执行费用, 从方选择鲁棒最优定货量.

### 3 鲁棒策略

#### 3.1 鲁棒优化

近年来, 鲁棒优化方法在自然科学、工程技术、经济管理各个领域得到广泛应用, 引起人们的极大关注. 传统的优化方法在内部参数变化或受到外部扰动时显得无能为力, 优化结果往往偏离实际情况, 而鲁棒优化方法可以很好地解决这种不确定性环境下的优化问题.

文献[10]通过最小-最大偏离最优值的形式描述鲁棒优化, 利用两种需求情景来描述不确定性, 即区间情景和离散情景. 对于区间情景, 只需要知道每种商品不确定需求的上限和下限, 线性时间最优算法来求解得出鲁棒最优解; 而离散需求情景下的鲁棒模型是严格非线性的, 可以用动态规划方法予以求解<sup>[10]</sup>. 文献[11]提出了一个需求不确定条件下的多物品报童模型的绝对鲁棒公式、偏差鲁棒公式和相对鲁棒公式<sup>[11]</sup>. 本文主要采取区间需求情景下的绝对鲁棒公式, 考虑了 B2B 在线市场期权合同协调的鲁棒策略, 如(3)~(4)式所示.

#### 3.2 鲁棒 Stackelberg 解的算法

文献[12]提出了应用遗传算法(GA)求解 Stackelberg 主从对策均衡解的方法, 本文结合鲁棒优化方法, 提出 B2B 在线市场环境下求解买方定货量及卖方期权合同预定费用和执行费用的鲁棒 Stackelberg 解的算法. 具体算法框图如图 1 所示.

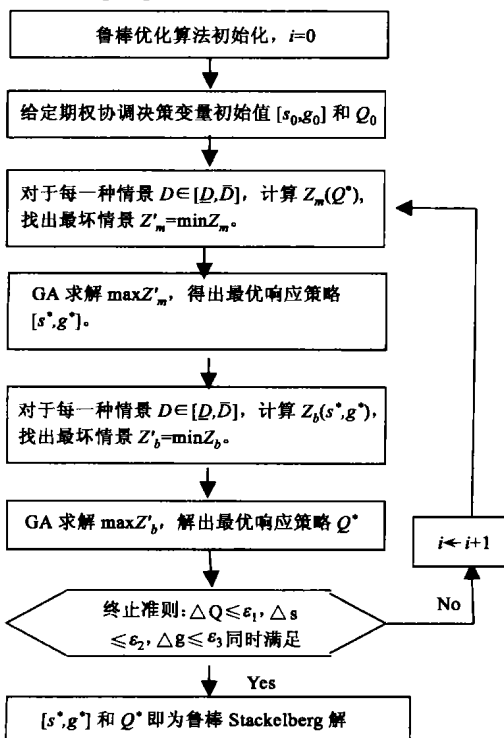


图 1 鲁棒 Stackelberg 解的算法

首先计算每一种需求情景下的主方利润((1)式), 找出使其利润达到最小时的需求情景, 即最坏需求情景, 并用遗传算法求解该最坏情景下的卖方鲁棒最优策略, 即鲁棒最优期权预定费用和执行费用; 然后将主方的最优策略代入从方利润函数((2)式), 计算每一种需求情景下的利润并找出最小利润对应的最坏需求情景, 并用遗传算法求解该最坏情景下的从方鲁棒最优策略. 其中, 在最坏情景下求解最优期权预定费用、执行费用及最优定货量采取了遗传算法, 具体步骤为:

步骤 1: 遗传算法初始化. 设置进化代数计数器  $n = 0$ , 设置最大迭代代数  $T$ ; 设计决策变量编码, 随机生成  $K$  个个体作为初始种群.

步骤 2: 决策变量解码, 取主方(从方)最坏需求情景下的利润函数作为适应度函数, 计算初始个体适应度.

步骤 3: 应用遗传算法中的选择运算、交叉运算和变异运算, 产生新一代种群, 计算个体适应度.

步骤 4: 重复步骤 2 至步骤 4, 直至终止代数  $T$ .

### 4 实验仿真与分析

上海宝钢益昌公司于 2002 年 6 月建成电子商务平台(www.bgyc.com),开展 B2B 电子商务<sup>[6]</sup>.考虑宝钢益昌与某核心采购商的期权合约关系,研究双方利用期权合同协调 B2B 在线市场与传统市场的鲁棒策略.具体步骤为:

首先,准备和设计实验仿真的环境和数据.选取上海宝钢益昌公司某冷轧产品 2002 年至今的历史销售数据,确定了需求区间情景为  $D (12.70, 25.50) (\times 10^3)$ ,并用最小二乘法拟合了单位现货价格  $P_s$  与需求量  $D$  的函数,即  $D(P_s) = 0.3970 - 0.4809 P_s$ ,经统计检验,均通过  $t$ -检验,  $F$ -检验和  $R^2$  检验.

其次,运用上述鲁棒 Stackelberg 算法,求解 B2B 在线市场环境求解买方的鲁棒最优定货量及卖方的鲁棒最优期权合同预定费用和执行费用.考虑买方的最优定货量,求使卖方利润达到最小化的最坏需求情景,如图 2 所示,并用 GA 算法求该最坏情景下的鲁棒最优期权预定费用和执行费用,如图 3 所示.接着考虑卖方的最优预定费用和执行费用,求使买方利润最小化的最坏需求情景,如图 2 所示,并求该最坏情景下的鲁棒最优定货量,如图 4 所示.当终止准则  $Q^* < 0.2 \times 10^3$ ,  $s^* < 0.1 \times 10^3$ ,  $g^* < 0.2 \times 10^3$  同时满足时,停止计算.按照上述步骤,在主频 1.4GHz、内存 256MB 的 PC 机上用 MATLAB 软件进行仿真计算.

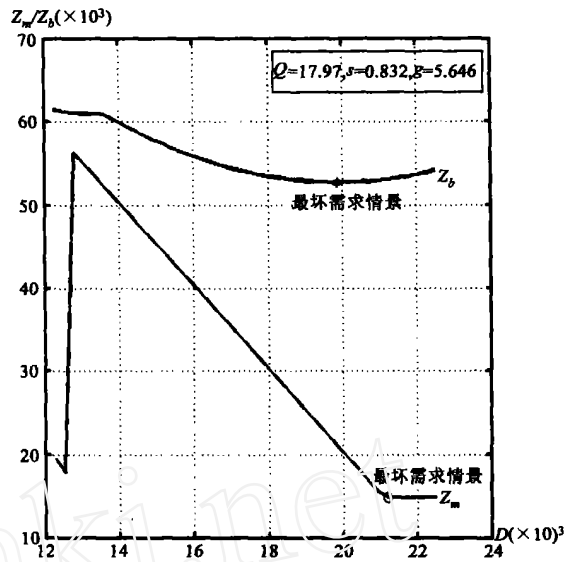


图 2 B2B 在线市场不同需求情景下的买方和卖方利润

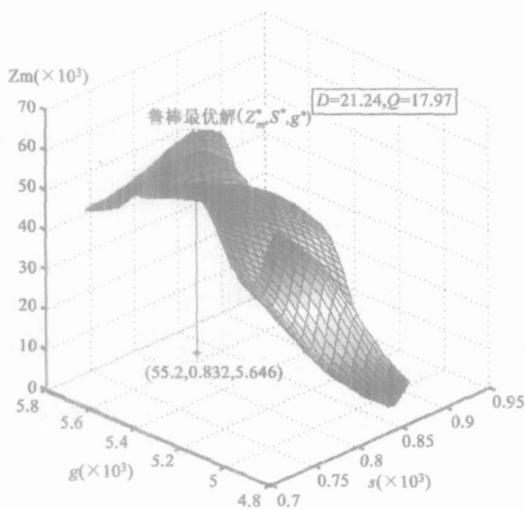


图 3 B2B 在线市场卖方的鲁棒最优预定费用和执行费用

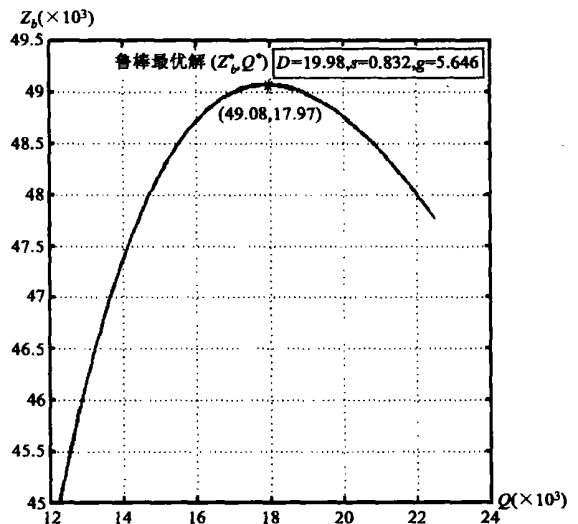


图 4 B2B 在线市场买方的鲁棒最优定货量

最后,得出宝钢益昌与其核心采购商的鲁棒 Stackelberg 解,鲁棒最优定货量  $Q^* = 17.97 \times 10^3$ ,鲁棒最优期权预定费用  $s^* = 0.832 \times 10^3$ ,鲁棒最优期权执行费用  $g^* = 5.646 \times 10^3$ .

### 5 结论

本文设计了以期权合同协调 B2B 在线市场与传统市场的鲁棒策略,提出 B2B 在线市场环境下求解买

方定货量及卖方期权合同预定费用和执行费用的鲁棒 Stackelberg 解的算法,并结合上海宝钢益昌的 B2B 电子商务问题进行了实验仿真与分析.更广泛、深入地考虑 B2B 在线市场的运作与协调的模型和优化方法是未来的研究方向.

#### 参考文献:

- [ 1 ] Lee H, Whang S. The impact of the secondary market on the supply chain [J]. *Management Science*, 2002, 48(6) :719 - 731.
- [ 2 ] 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.
- [ 3 ] Wu D J, Kleindorfer P R. Competitive options, supply contracting and B2B exchanges. Working paper, 2003, Department of Operations and Information Management, The Wharton School, University of Pennsylvania, Philadelphia, PA.
- [ 4 ] Kleindorfer P R, Wu D J. Integrating long-and short-term contracting via business-to-business exchange for capital-intensive industries[J]. *Management Science*, 2003, 49(11) : 1597 - 1615.
- [ 5 ] 栗东生. 供应链管理及其在辽化公司的应用研究[D]. 博士学位论文,2001,东北大学.  
Li D S. Research on Supply Chain Management and its application in Liaoyang Petrochemical Company [D]. Doctoral Dissertation, 2001, Northeastern University.
- [ 6 ] 李庆予. 企业系统创新及其在宝钢股份公司的应用研究[D]. 博士学位论文,2003,东北大学.  
Li Q Y. Research on Enterprise System Innovation and its application in Baoshan Iron & Steel Co.Ltd [D]. Doctoral Dissertation, 2001, Northeastern University.
- [ 7 ] Kamat R, Oren S. Exotic options for interruptible electricity supply contracts[J]. *Operation Research*, 2002, 50(5) :835 - 850.
- [ 8 ] Peleg B, Lee H, Hausman W. Short-term e-procurement strategies versus long-term contracts [J]. *Production Operation Management*, 2002, 11(4) :458 - 479.
- [ 9 ] Mendelson H, Tunca T. Business to business exchanges and supply chain contracting. Working paper, 2002, Graduate School of Business, Stanford University, Stanford, CA.
- [ 10 ] Vairaktarakis GL. Robust multi-item newsboy models with a budget constraint [J]. *International Journal of Production Economics*, 2000, 66(3) :213 - 226.
- [ 11 ] Yu G. Robust economic order quantity models[J]. *European Journal of Operational Research*, 1997, 100 (3) : 482 - 493.
- [ 12 ] Vallee T, Basar T. Off-line computation of stackelberg solutions with the genetic algorithm [J]. *Computational Economics*, 1999, 13 (3) : 201 - 209.

---

## 本刊加入“万方数据——数字化期刊群”的声明

为了实现期刊编辑、出版工作的网络化,我刊现已入网“万方数据——数字化期刊群”,所以,向本刊投稿并录用的稿件文章,将一律由编辑部统一纳入“万方数据——数字化期刊群”,进入因特网提供信息服务.凡有不同意见者,请另投它刊.本刊所付稿酬包含刊物内容上网服务报酬,不再另付.

“万方数据——数字化期刊群”是国家“九五”重点科技攻关项目.本刊全文内容按照统一格式制作,读者可上网查询浏览本刊内容,并征订本刊.

《系统工程理论与实践》编辑部

2005年12月