

文章编号: 1001-0920(2007)05-0535-05

B2B 电子市场下供应链期权合同协调模型与优化

晏妮娜, 黄小原

(东北大学 工商管理学院, 沈阳 110004)

摘要: 研究 B2B 电子市场下双源渠道的供应链期权合同协调模型与优化问题. 在需求不确定条件下, 推导了传统供应链中分销商的最优批量定货量和最优期权购买量, 以及供应商的最优生产量. 建立了 B2B 电子市场下的供应链期权合同模型, 结合长期合约的稳定性和现货采购的灵活性, 讨论了分销商和供应商的最优决策. 最后从渠道协调的角度, 讨论了传统供应链和 B2B 电子市场下的期权合同能有效协调供应链的充分条件.

关键词: 供应链; 电子市场; 期权合同; 协调; 优化

中图分类号: F274

文献标识码: A

Models and optimization of option contract coordination in supply chain with B2B E-market

YAN Ni-na, HUANG Xiaoyuan

(College of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110004, China. Correspondent: YAN Ni-na, E-mail: yannina331@163.com)

Abstract: In traditional supply chain, under the demand uncertainty the optimal batch orders and option purchases of distributor are solved, as well as the optimal output of supplier. Furthermore, combining with the stability of long contract and the flexibility of spot purchasing, the model of option contract in B2B E-market is established, and the optimal solutions are discussed. Finally, from the perspective of channel coordinational, the sufficient condition of option contract coordinating the supply chain effectively in both traditional supply chain and B2B E-market is discussed.

Key words: Supply chain; E-market; Option contract; Coordination; Optimization

1 引言

随着互联网技术的迅猛发展, 电子市场逐渐成为一种新型的为买卖双方、产品和服务提供便利的商务场所. 企业对企业 (B2B) 电子市场是电子商务运作中最为活跃和重要的领域之一^[1,2]. B2B 电子市场通过加强买卖双方的联系, 有利于促进价格交换和形成交易, 降低供应链的运作成本, 有效地实现供应链的渠道协调.

近年来, 国内外学者对 B2B 电子市场中的供应链期权合同进行研究. 供应链期权合同是销售商为应对需求和供给变化而与生产商联合投资, 以抵御风险和共享收益的两阶段柔性订货合同^[3]. Wu 等在随机现货市场价格条件下, 考虑了单一买方单一卖方之间以及单一买方多个卖方之间的期权合同关

系, 研究了资本密集型行业中用 B2B 交易整合长期签约和短期合同的方法, 推导了在 Stackelberg 对策中卖方的最优出价策略和买方最优签约策略^[4-6]. Peleg 等在需求和采购同时发生的滚动现货市场环境, 考虑了综合运用长期采购和现货拍卖的最优策略, 指出最优策略的选择取决于市场特征和卖方的技术条件, 并且基于 Internet 的反向拍卖对买方是有利的^[7]. 常志平等设计了一种基于期权合同的供应链协调机制, 并分完全执行期权和不完全执行期权两种情况, 讨论了供应商和制造商的最优期权合同策略^[8]. 宁钟等在不确定需求下, 建立了一个供应商多个分销商的供应链期权合同协调模型, 讨论了期权如何增强信息流, 促进供应链风险共享, 从而提高供应链的效率^[9].

目前的研究只考虑了纯粹在传统供应链环境下

收稿日期: 2005-09-27; 修回日期: 2006-04-04.

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

作者简介: 晏妮娜 (1980—), 女, 湖北宜昌人, 博士, 从事供应链管理、电子商务的研究; 黄小原 (1947—), 男, 河南罗山人, 教授, 博士生导师, 从事供应链管理、电子商务等研究.

或在电子商务环境下的期权合同,没有综合考虑传统渠道和电子渠道所组成的双源渠道下的期权合同,很少考虑在供应链期权合同下,买卖双方的分散决策能否有效实现供应链的渠道协调等问题.针对上述问题,本文建立了传统供应链环境下和 B2B 电子市场双源渠道环境下的供应链期权合同协调模型,推导了分销商的最优订货决策和供应商的最优生产量,并讨论了期权合同能有效协调供应链渠道的充分条件.

2 传统供应链的期权合同

本文考虑由一个供应商和一个分销商组成的供应链,供销的产品具有较短的生命周期,分销商面临的市场需求是不确定的.在销售季节,当分销商观察到市场需求时,由于订货提前期远远大于销售季节,无法及时通过新的订单来补充库存.为了较好地实现需求,分销商在销售季节前通过两种方式向供应商订货:一是下达批量定货的订单;二是与供应商签订期权合同购买期权,并在交割日执行部分或全部期权.

为了描述方便,首先对各个数学符号及其涵义作如下说明.

w : 分销商批量定货的采购价格,即支付给供应商的批发价格;

B : 分销商的批量定货量;

s : 单位期权预订费用;

g : 单位期权执行费用;

Q : 分销商的期权购买量;

r : 分销商向低端零售商销售的零售价格;

b : 供应商的单位生产成本;

p_b, p_m : 分销商和供应商的单位缺货惩罚成本;

v_b, v_m : 分销商和供应商的单位残值,为保证供应链的内部一致性,假设 $v_b - w < s + g - r + p_b$, $v_m - b - w, v_m - g$;

K : 供应商的生产量;

D : 分销商所面临的随机市场需求量,其密度函数和分布函数 $f(D)$ 和 $F(D)$ 是已知的,且均值为 μ_d ;

$y^+ = \max(y, 0)$;

$I(y)$: 指示函数,当 $y \geq 0$ 时 $I(y)$ 取 1,当 $y < 0$ 时 $I(y)$ 取 0.

如果用 Z_b 和 Z_m 表示传统供应链中分销商和供应商的利润,则分销商的决策是寻找最优批量定货量和最优期权购买量,使其预期利润达到最大.即

$$\max_{B, Q} E[Z_b(B, Q; D)] = r E[\min(D, B + Q)] - wB - sQ -$$

$$gE[\min(Q, (D - B)^+)] + v_b E[(B - D)^+] - p_b E[(D - B - Q)^+]. \quad (1)$$

供应商的决策是制订最优生产量,使其预期利润达到最大.即

$$\max_K E[Z_m(K; D)] = wB + sQ + gE[\min(Q, (D - B)^+)] + v_m E[(K - L)^+] - p_m E[(L - K)^+] - bK, \quad (2)$$

其中 $L = B + \min(Q, (D - B)^+)$.

在式(1)中,分销商的成本-收入结构主要包括零售收入、批量订货成本、期权预订成本、期权执行成本、缺货惩罚费用及未售产品的残值.在式(2)中,供应商的收入主要来自分销商的批量订货和期权采购,而成本主要是指生产成本和缺货成本.

命题 1 在传统供应链期权合同中,分销商的最优批量定货量 B^* 和最优期权购买量 Q^* 分别满足如下条件:

$$B^* = F^{-1}[(g + s - w)/(g - v_b)], \quad (3)$$

$$Q^* = F^{-1}[(r + p_b - g - s)/(r + p_b - g)] - g^*. \quad (4)$$

由式(3)和(4)可得分销商的总订货量

$$T^* = B^* + Q^* = F^{-1}[(r + p_b - g - s)/(r + p_b - g)]. \quad (5)$$

命题 2 在传统供应链期权合同中,供应商的最优生产量 K^* 满足如下条件:

$$K^* = F^{-1}[(p_m - b)/(p_m - v_m)]. \quad (6)$$

3 B2B 电子市场下供应链的期权合同

在电子商务环境下,由于 B2B 电子市场的存在,供应商和分销商可以利用电子市场现货交易的灵活性,并结合传统供应链中长期合约的稳定性,充分满足分销商的需求,有效地避免缺货和囤积现象,从而实现规避风险、稳定市场的效果.

文献[4-6]描述了 B2B 电子市场期权合同的基本模型.本文对其作了三点改进:一是将不确定现货价格环境改成不确定需求环境;二是将供应商的决策变量改为生产量,而不是期权合同参数;三是考虑了供应商不能保证分销商期权执行量时的惩罚成本,假设与其缺货成本 p_m 相同.

在 B2B 电子市场下,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,则理性的作法是先执行期权合约,未满足的需求可在线市场购买;如果在线市场的现货价格低于期权合约规定的执行价格,则理性的作法是放弃期权,在线市场购买.供应商在满足采购商的期权合约后,可以考虑通过在线市场出售剩余产能.系统框架如图 1 所示.

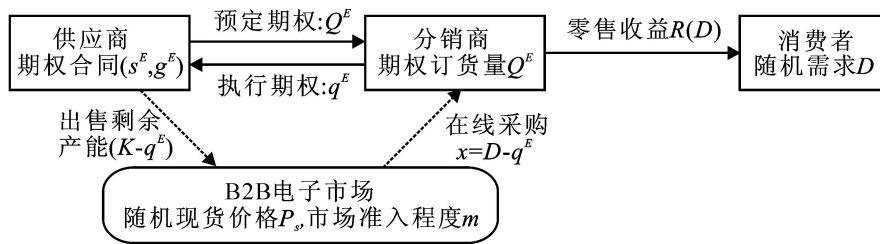


图 1 B2B 电子市场下供应链期权合同协调的系统框架

这里再引入几个与电子市场相关的变量:

Q^E, q^E : 电子市场中分销商的期权订货量和期权执行量;

K^E : 电子市场下供应商的生产量;

P_s : 电子市场的现货价格(外生变量);

x : 电子市场现货采购量;

$m(P_s)$: 供应商进入电子市场的市场准入程度 ($0 < m < 1$), 它与现货价格成反比。

分销商的采购成本由期权采购和电子市场现货采购两部分组成. 如果用 Z_b^E 表示 B2B 电子市场下分销商的利润, 则有

$$Z_b^E(Q^E, q^E; D, P_s) = rD - sQ^E - gq^E - P_s x = rD - P_s D + (P_s - g)^+ \min[D, Q^E] - sQ^E. \quad (7)$$

电子市场具有全球开放性, 分销商通过现货采购足以补充期权采购未满足的需求. 在 B2B 电子市场下, 分销商能完全实现需求, 即 $q^E + x = D$, 既不存在缺货现象, 也不会囤积商品. 在这种市场条件下, 分销商的决策就是选择最优期权订货量 Q^E 和最优执行量 q^E , 使其预期利润达到最大. 即

$$\max_{Q^E, q^E} E[Z_b^E(Q^E, q^E; D, P_s)] = \int_0^{Z_b^E(Q^E, q^E; D, P_s)} f(D) dD, \quad (8)$$

$$\text{s. t. } q^E = \min[D, Q^E] (P_s - g). \quad (9)$$

命题 3 在 B2B 电子市场下, 分销商的最优期权订货量 Q^{E*} 和最优期权执行量 q^{E*} 满足如下条件:

$$Q^{E*} = F^{-1}[(P_s - g)^+ - s] / (P_s - g)^+, \quad (10)$$

$$q^{E*} = \min[D, Q^{E*}] (P_s - g). \quad (11)$$

当 $P_s < g$ 时, 分销商的理性选择是放弃全部期权, 全部从电子市场现货采购, 以满足期权. 此时, 分销商的最优期权订货量 Q^{E*} 和最优期权执行量 q^{E*} 均为零.

对于供应商而言, 由于电子市场的存在, 可将剩余的生产量在电子市场上出售. 假设电子市场上采购和销售的现货价格均为 P_s , 如果用 Z_m^E 表示 B2B 电子市场下的利润, 则有

$$Z_m^E(K^E; D, P_s) =$$

$$sQ^E + gq^E - bK^E + (P_s - v_m)^+ m(P_s)(K^E - q^E)^+ - p_m(q^E - K^E)^+. \quad (12)$$

因此, 供应商的决策仍是制订最优生产量 K^E , 使其预期利润达到最大. 即

$$\max_{K^E} E[Z_m^E(K^E; D, P_s)] = \int_0^{Z_m^E(K^E; D, P_s)} f(D) dD, \quad (13)$$

s. t. (9).

命题 4 在 B2B 电子市场下, 供应商的最优生产量 K^{E*} 满足如下条件:

$$K^{E*} = F^{-1}[(b - p_m) / (p_m - m(P_s)(P_s - v_m)^+)]. \quad (14)$$

由此可以看出, B2B 电子市场的引入, 对分销商和供应商都可能带来收益. 对于分销商而言, 当销售季节开始后需求量可被观测时, 可通过电子市场的现货采购来弥补期权采购的不足, 以完好地实现需求, 从而有效地规避了需求波动性所产生的风险, 将缺货损失降为零. 另一方面, 又可充分比较期权执行价格与现货价格, 理性地选择更低的价格, 以降低采购成本. 对于供应商而言, 当分销商完成订货后, 有机会将多余的产量在电子市场上在线出售, 以增加自身的供给弹性.

然而, 分销商和供应商不一定总会积极参与电子市场的交易, 这取决于电子市场上现货价格 P_s 的高低. 当现货价格高于分销商期权执行价格时, 分销商宁愿选择执行期权而不是现货采购; 当现货价格低于供应商的单位剩货残值时, 供应商也不会选择在电子市场上出售剩余产量.

4 供应链期权合同协调分析

一个合同能否有效地协调供应链, 即实现渠道协调, 取决于分散供应链环境下, 合同接受方(本文指分销商)的订货决策是否与集成供应链下的订货决策一致^[10-12]. 下面分别讨论这两种供应链期权合同实现协调的条件.

4.1 传统供应链的期权合同协调

把分销商和供应商视为一个整体, 考虑供应链的总预期利润最大. 由式(1)和(2)可得

$$\max_B E[Z_s] = E[(Z_b + Z_m)] =$$

$$rE[\min(D, B + Q)] - bK + v_b E[(B - D)^+] - p_b E[(D - B - Q)^+] + v_m E[(K - L)^+] - p_m E[(L - K)^+], \quad (15)$$

其中 $L = B + \min(Q, (D - B)^+)$.

命题 5 在传统供应链期权合同中,使整体供应链预期利润达到最大的总订货量 T_s^* 满足如下条件:

$$T_s^* = F^{-1}[(r + p_b - v_m)/(r + p_b - p_m)]. \quad (16)$$

要使该期权合同有效地协调传统供应链,必须满足 $T_s^* = T^*$. 联立式(5)和(16),可得传统供应链中期权合同协调供应链的充分条件

$$\frac{r + p_b - v_m}{r + p_b - p_m} = \frac{r + p_b - g - s}{r + p_b - g}. \quad (17)$$

所以,分销商和供应商通过制订合理的期权预订费用 s 和期权执行费用 g ,使式(17)成立,使分散独立决策也能达到集中决策的渠道效率,即实现渠道协调.

4.2 B2B 电子市场下的供应链期权合同协调

类似地,考虑 B2B 电子市场下供应链的整体预期利润达到最大.由式(8)和(13)可得

$$\max_{Q_s^E} E[Z_s^E] = E[Z_b^E] + E[Z_m^E] = \int_0^{\infty} (Z_b^E + Z_m^E) f(D) dD. \quad (18)$$

命题 6 在 B2B 电子市场下,使整体供应链总利润达到最大的最优期权订货量 Q_s^{E*} 满足如下条件:

$$Q_s^{E*} = F^{-1}\left[\frac{P_s - p_m}{P_s - p_m + (P_s - v_m)m(P_s)}\right], P_s > g. \quad (19)$$

同理,要使期权合同能在 B2B 电子市场下实现供应链的渠道协调,必须满足 $Q_s^{E*} = Q^*$. 联立式(5)和(19),可得 B2B 电子市场下期权合同实现渠道协调的充分条件

$$\frac{P_s - p_m}{P_s - p_m + (P_s - v_m)m(P_s)} =$$

$$\frac{P_s - g - s}{P_s - g}. \quad (20)$$

由式(20)可以看出,在 B2B 电子市场环境下,分销商和供应商要想通过期权合同有效地实现渠道协调,就要根据电子市场现货市场价格的高低,合理地设置期权合同参数,使式(20)成立.

5 算例分析

假设需求 $D \sim U[2, 10]$, $v_b = 2$, $v_m = 6$, $p_b = 6$, $p_m = 4$, $r = 12$, $w = 6$, $b = 5$.

当期权预订费用 s 和执行费用 g 取不同参数时,分别计算传统供应链分销商的最优批量订货量 B^* , 最优期权购买量 Q^* , 最大预期利润 Z_b^* ; 供应商的最优生产量 K^* , 最大预期利润 Z_s^* ; 整体供应链的最优订货量 Q_s^* , 最大整体预期利润 Z_s^* . 计算结果如表 1 所示.

从表 1 可以看出,当期权预订费用 $s = 2$, 执行费用 $g = 4$ 时,分散决策时的最优总订货量 T^* 等于集中决策时的最优订货量 T_s^* , 此时分销商与供应商的最大预期利润之和等于供应链整体最优利润 Z_s^* , 即有效地实现了渠道协调. 由表 1 看出, 供应商的最优生产量 K^* 和供应链整体最优订货量 Q_s^* , 不随期权合约参数 (s 和 g) 的变化而变化, 这与命题 2 和命题 5 是一致的.

进一步假设现货市场的准入程度为 $m(P_s) = 1 - P_s/16$. 在不同的现货价格下,分别计算 B2B 电子市场下分销商的最优期权购买量 Q^E , 最大预期利润 Z_b^E ; 供应商的最优生产量 K^E , 最大预期利润 Z_s^E ; 整体供应链的最优订货量 Q_s^E , 最大整体预期利润 Z_s^E . 计算结果如表 2 所示.

表 2 表明,在 B2B 电子市场下,当现货价格 $P_s = 8$ 时,如果将期权预订费用和执行费用分别制订为 $s = 1$, $g = 3$, 则分散决策时的最优期权量 Q^E 等于集中决策时的最优期权量 Q^* , 此时分销商与供应商的最大预期利润之和等于供应链整体最优利润 Z_s^* , 即有效地实现了渠道协调.

表 1 传统供应链环境下的最优期权合同

s	g	B^*	Q^*	K^*	T^*	Z_b^*	Z_m^*	T_s^*	Z_s^*	$Z_b^* + Z_m^*$
1	4	0.000 0	9.428 6	6	9.428 6	75.129 2	18.986 9	8.857 1	109.132 7	93.116 2
1	5	2.000 0	7.384 6	6	9.384 6	74.207 1	25.443 8	8.857 1	109.132 7	99.650 9
2	4	2.000 0	6.857 1	6	8.857 1	65.408 2	43.724 5	8.857 1	109.132 7	109.132 7
2	5	4.666 7	4.102 6	6	8.769 2	61.931 0	38.971 7	8.857 1	109.132 7	100.902 7
3	3	2.000 0	6.400 0	6	8.400 0	58.120 0	27.720 0	8.857 1	109.132 7	85.840 0
3	4	6.000 0	2.285 7	6	8.285 7	55.204 1	29.112 2	8.857 1	109.132 7	84.316 3

表 2 B2B 电子市场下的最优供应链期权合同

s	g	P_s	$m(P_s)$	Q^{E*}	K^{E*}	Z_B^{E*}	Z_m^{E*}	Z_s^{E*}	Q^{E*}	$Z_B^{E*} + Z_m^{E*}$
1	3	6	0.625 0	7.333 3	4.000 0	46.083 3	26.701 8	80.947 6	10.000 0	72.785 1
1	3	7	0.562 5	8.000 0	4.327 3	46.000 0	27.395 4	76.771 2	8.736 8	73.395 4
1	3	8	0.500 0	8.400 0	4.666 7	46.050 0	31.148 3	77.198 3	8.400 0	77.198 3
2	4	6	0.625 0	2.000 0	4.000 0	36.500 0	22.185 7	83.918 0	10.000 0	58.785 7
2	4	7	0.562 5	4.666 7	4.327 3	34.083 3	28.110 9	70.165 4	8.736 8	62.194 2
2	4	8	0.500 0	6.000 0	4.666 7	33.122 1	29.870 1	73.328 7	8.400 0	62.992 2

6 结 语

本文在需求不确定的条件下,构建了传统供应链和 B2B 电子市场双源渠道下的供应链期权合同协调的模型,分别推导了分销商的最优订货决策和供应商的最优生产量,讨论了期权合同能有效协调供应链渠道的充分条件,并通过算例分析验证了本文的主要结果.进一步的研究方向是考虑 B2B 电子市场下,其他类型的供应链合同设计以及供应链协调机制问题.

参考文献(References)

[1] Lee H, Whang S. The impact of the secondary market on the supply chain[J]. Management Science, 2002, 48 (6): 719-731.

[2] 黄小原,管曙荣,晏妮娜. B2B 在线市场运作、协调与优化问题研究进展[J]. 信息与控制, 2005, 34 (2): 188-194.
(Huang X Y, Guan S R, Yan N N. Research progress on operation, coordination and optimization of B2B E-markets[J]. Information and Control, 2005, 34(2): 188-194.)

[3] Barnes D, Bassok D Y, Rnupindi R. Coordination and flexibility in supply contracts with options [J]. Manufacturing and Service Operations Management, 2002, 4(3): 171-207.

[4] Wu D J, Kleindorfer P R, Zhang J E. Optimal bidding and contracting strategies for capital-intensive goods [J]. European J of Operational Research, 2002, 137 (6): 657-676.

[5] 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.

[6] Wu D J, Kleindorfer P R. Competitive options, supply contracting and electronic markets [J]. Management Science, 2005, 51(3): 452-466.

[7] Peleg B, Lee H, Hausman W. Short-term E-procurement strategies versus long-term contracts [J]. Production Operation Management, 2002, 11(4): 458-479.

[8] 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, 2004, 32(1): 111-113.
(Chang Z P, Jiang F. Coordination mechanism between electronic markets and contract market in supply chain [J]. J of Huazhong University of Science and Technology, 2004, 32(1): 111-113.)

[9] 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(7): 49-54.
(Ning Z, Dai J J. The application of options in supply chain risk management [J]. System Engineering — Theory and Practice, 2005, 25(7): 49-54.)

[10] Qi X T, Bard J T, Yu G. Supply chain coordination with demand disruption[J]. Omega, 2004, 32(3): 301-302.

[11] 张龙,宋士吉,刘连臣,等. 供需链管理中合同定量研究及其发展[J]. 控制与决策, 2004, 19(10): 1081-1085.
(Zhang L, Song S J, Liu L C, et al. The prospects of quantitative study on contract of supply chain [J]. Control and Decision, 2004, 19(10): 1081-1085.)

[12] Chen F, Federgruen A, Zheng Y S. Coordination mechanisms for a distribution system with one supplier and multiple retailers[J]. Management Science, 2001, 47(5): 693-708.