

文章编号: 1001-0920(2006)01-0060-04

随机价格下制造商的多边国际订购决策

杨庆定, 黄培清

(上海交通大学 管理学院, 上海 200052)

摘要: 分析了单制造商和多供应商的国际供应链中, 制造商的原材料的多边多阶段最优订购决策。首先通过构造无风险投资组合的方法, 建立了制造商制造项目的价值的一般模型; 然后对模型求解; 最后通过算例仿真实验验证了模型及解法的有效性。

关键词: 国际供应链; 制造商; 订购决策; 项目的价值

中图分类号: F273

文献标识码: A

Multilateral International Ordering Decision-making of Manufacturer Under Price Uncertainty

YANG Qing-ding, HUANG Pei-qing

(School of Management, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200052, China Correspondent: YANG Qing-ding, Email: yangqd@163.com)

Abstract: In the international supply chain that consists of single manufacturer and multi-supplier, the optimal international ordering strategy of the manufacturer is analyzed. Firstly, the model of the value of manufacturing project is proposed by construction of riskless portfolio. Then the analysis of the model is developed. A simulation example is given to illustrate the application of the model and its algorithm at last.

Key words: International supply chain; Manufacturer; Ordering decision making; The value of project

1 引言

由于当今大多数国家皆采用浮动汇率制度, 与各组成部分均分布在同一国家的国内供应链相比, 国际供应链的交易受汇率波动的影响, 具有较大的不确定性^[1]。

文献[2, 3]研究了波动汇率情况下的最优生产策略。基于汇率波动服从几何布朗运动的假设, [4, 5]研究了国际供应链网络中, 制造商的最优生产策略。在波动汇率体系下, 制造商国际订购决策方面的研究文献较为少见, [6]研究了价格波动服从几何布朗运动的情况下, 买方为满足将来时刻 T 的市场需求, 在 $[0, T]$ 区间上的最优订购时刻、向各供应商的最优订购数量。[7]分析了在波动汇率环境中, 制造商的多阶段最优国际订购策略。

文献[6]比较了在 $[0, T]$ 区间上各时刻订购对利润的影响, 但仅讨论了买方的单次订购策略; [7]基于一类订购量波动赔偿机制, 得到了特定阶段利润最大化的订购策略, 此外, 该文提出的算法仅适用于两供应商模型。本文在汇率波动服从几何布朗运动情况下, 分析了实现整个经营周期利润最大化的多阶段最优国际订购策略, 同时提出了适用于多供应商模型的算法。

2 系统概述及模型的基本假设

本文研究的国际供应链由单制造商和 M ($M > 1$) 个分布于不同国家的原材料供应商组成, 通过数量柔性契约来协调制造商和供应商的利益。该类数量柔性契约只确定制造商与各供应商在经营周期 $[0, T]$ 内各时刻原材料的单位价格, 并不确定购买

收稿日期: 2005-01-04; 修回日期: 2005-03-17

基金项目: 国家自然科学基金项目(70372056)。

作者简介: 杨庆定(1972—), 男, 安徽长丰人, 博士生, 从事国际供应链研究; 黄培清(1946—), 男, 浙江绍兴人, 教授, 博士生导师, 从事现代企业生产管理的智能化和信息化以及供应链等研究。

数量;但这种数量柔性不是无限度的,如制造商向某供应商某时刻的订购量和其前一时刻订购量波动超过一定幅度,制造商须向该供应商支付一定的赔偿费用(单位价格和订货量波动赔偿均以供应商所在国的货币计)。制造商可根据最新信息集(汇率、产品库存量等),动态地确定订购量及向供应商的订购比例,以实现其经营周期总收益的最大化

2.1 模型的基本假设

模型的基本假设如下:

- 1) 制造商的产品的市场需求、价格是确定的,且对客户不允许缺货;
- 2) 制造商的生产需要单一类型的原材料,最大生产能力有限;
- 3) 制造商产品库存容量有限,采用原材料零库存、购买-生产的运作方式^[7];
- 4) 制造商的生产费用为生产成本,订货费用由每次订货的过程成本、原材料成本组成;
- 5) 制造商所在国和供应商所在国之间的汇率变化服从几何布朗运动^[4],供应商所在国的货币可期货交易

2.2 模型的基本符号

模型中所用的符合含义如下: r_p 为制造商所在国的年利率; r_i 为供应商 i 所在国的年利率; $X_i(t)$ 为 t 时刻供应商 i 所在国的单位货币等价于制造商所在国的货币数量; $I(t)$ 为 t 时刻制造商原材料的订购量; $q(t)$ 为 t 时刻制造商的产量, $q(t) = \sum_{i=1}^M q_i(t)$; $c_i(t)$ 为 t 时刻供应商 i 的原材料的单位价格(以供应商所在国的货币计); $P(t)$ 为 t 时刻制造商产品的单位价格(以制造型企业所在国的货币计); $D(t)$ 为 t 时刻制造商的市场需求; $R(t)$ 为 t 时刻制造商产品库存量, $R(t) = \bar{R} - \omega$; ω 为供应商 i 不收取赔偿费用的两相邻时刻订货量的最大波动幅度; $u_i(t)$ 为制造商 t 时刻向供应商 i 的购买量占其该时刻购买总量的比例

2.3 模型基本概述

根据以上描述可得

$$\sum_{i=1}^M u_i(t) = 1, 0 \leq u_i(t) \leq 1 \quad (1)$$

根据基本假设 2), 3) 和 5) 分别可得

$$q(t) = [I(t)]^\beta = \left[\sum_{i=1}^M u_i I(t) \right]^\beta, \quad (2)$$

$$dX_i(t) = X_i(t) [a_i dt + \sigma_i dW_i(t)], \quad 1 \leq i \leq M, \quad (3)$$

$$E[dW_k(t) \cdot dW_l(t)] = \rho_{kl} dt, \quad k, l = 1, 2, \dots, M, \quad (4)$$

$$F_i(X_i, T - t) = X_i(t) e^{(r_i - r_p)(T-t)}. \quad (5)$$

其中: $0 < \beta \leq 1$; a_i 和 σ_i 为常数, dW_i 为标准维纳过程; ρ_{kl} 为相应标准维纳过程的相关系数; $F_i(X_i, T - t)$ 表示 t 时刻供应商 i 所在国单位货币在 T 时刻等价于制造商所在国的货币量^[7]。

根据相关基本符号含义有

$$dR(t) = [q(t) - D(t)] dt \quad (6)$$

根据以上描述,制造商 t 时刻的净现金流率 $f(t)$, 为 t 时刻的销售收入减去该时刻的原材料订货费用、订货量波动赔偿、生产成本、产品存贮费用, 即

$$f(t) = P(t)D(t) - \left[\sum_{i=1}^M C_i(t) + \sum_{i=1}^M \pi_i(t) + A(q(t)) + H(R(t)) \right] \quad (7)$$

其中: $C_i(t)$ ($C_i(t) = C_i(c_i(t), X_i(t), u_i(t)I(t))$) 和 $\pi_i(t)$ 分别表示制造商向供应商 i 支付的原材料订货费用函数和订货量波动赔偿函数; $A(q(t))$ 和 $H(R(t))$ 分别表示制造商的生产成本函数和产品存贮费用函数

3 模型的建立

设 $V(t, X_1(t), \dots, X_M(t), R(t))$ ($t \in [0, T]$) 表示 t 时刻制造商所从事的制造项目的价值, 由于各时刻的净现金流率受汇率波动的影响, 且订购决策是动态决策的过程, 本文的问题即为动态地确定各时刻的订购数量和订购比例, 使整个经营周期的随机净现金流最大

本文应用构造投资组合方法计算制造商制造项目的价值^[7], 首先在 t 时刻构造一投资组合 ψ 持有制造商的制造项目, 并且卖空 δ_i ($1 \leq i \leq M$) 单位的供应商 i 所在国货币期货, 在 $[t, t + dt]$ 的区间上持有该组合, t 时刻投资组合 ψ 的瞬间变化为

$$d\psi(t) = dV(t, X_1(t), \dots, X_M(t), R(t)) - \sum_{i=1}^M \delta_i dF_i(t, X_i(t)) + f(t) dt \quad (8)$$

投资组合在 $[t, t + dt]$ 区间的收益应为无风险回报, 即

$$d\psi(t) = r_p V dt \quad (9)$$

为使得该组合无风险, 必须使 dW_i 的系数为零, 结合式 (9), 应用 Ito 引理对式 (8) 进行变换, 根据式 (8) 的变换结果, 计算得

$$\delta_i = \frac{\partial V / \partial X_i}{\partial F_i / \partial X_i} \quad (10)$$

综合整理可得, $t \in [0, T]$ 时刻的最优订购量 $I(t)$, 最优订购量比例及相应的最大化的制造项目价值应满足

$$\max_{(t(t), u_i(i=1, \dots, M))} \left\{ \sum_{i=1}^M \frac{\partial V}{\partial X_i} X_i (r_i - r_p) + \right.$$

$$\frac{\partial V}{\partial R} ((I(t))^\beta - D(t)) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^M \frac{\partial V}{\partial X_i^2} X_i^2 + \sum_{j=1}^M \frac{\partial V}{\partial X_j} X_j \sigma_j \rho_{ij} + \frac{\partial V}{\partial t} + f(t) - r_p V = 0, \quad (11)$$

$$\text{s.t. } 0 \leq q(t) \leq \bar{q}, \\ 0 \leq R(t) \leq \bar{R}.$$

4 模型的求解

一般情况下式(11)不易求出解析解,本文应用离散化的方法,以多项式网阵表示汇率变化的随机过程式(3)^[8],根据制造项目的价值在离散化的多项式网阵中的变化过程,应用随机动态规划的方法求解制造项目价值的最大期望及各节点的最优策略

为使离散化的变化过程满足无套利要求,应使随机过程的漂移项为风险中性,随机过程的漂移项 a_i 应为 $(r_i - r_p)$,即汇率波动源于利差,则式(3)应调整为^[9]

$$dX_i(t) = X_i(t) [(r_i - r_p)dt + \sigma_i dW_i] \quad (12)$$

应用多项式网阵的求解过程可分为以下3步:

第1步:将时间段 $[0, T]$ 等分,则单位长度为 $\Delta t = T/N$, $t_0 = 0, t_1, t_2, \dots, t_{N-1}$ 为阶段 $0, 1, 2, \dots, (N-1)$ 的起始时刻

第2步:确立多项过程 如某阶段的初始汇率为 $(X_1(t), \dots, X_M(t))$,则该阶段汇率变化为^[8] $X_k(t)$ ($k = 1, \dots, M$) 或上升为 $\omega X_k(t)$,或降低为 $d_k X_k(t)$,其中: $\omega = \exp(\sigma_k \sqrt{\Delta t})$, $d_k = (\omega)^{-1}$.

汇率组 $(X_1(t), \dots, X_M(t))$ 变化的概率为

$$p_m = \frac{1}{2^M} \left[1 + \sum_{k=1}^M \sqrt{\Delta t} x_k \left(\frac{\mu_k}{\sigma_k} \right) + \sum_{k=1}^{M-1} \sum_{l=k+1}^M y_{kl} \rho_{kl} \right], \quad m = 1, \dots, 2^M, \quad (13)$$

$$p_m = 1 \quad (14)$$

其中

$$\mu_k = r_p - r_k - \frac{\sigma_k^2}{2}; \\ x_k = \begin{cases} 1, & X_k(t) \text{ 上升;} \\ -1, & X_k(t) \text{ 下降;} \end{cases} \\ y_{kl} = \begin{cases} 1, & X_k(t) \text{ 和 } X_l(t) \text{ 变化方向相同;} \\ -1, & X_k(t) \text{ 和 } X_l(t) \text{ 变化方向不同} \end{cases}$$

第3步:将满足式(11)的 $V(t, \bullet)$ 表示为逆序动态规划过程,设 $V_j(t_j, X_{1,j}, \dots, X_{M,j}, R_j)$ ($j = 1, 2, \dots, N-1$) 表示在当前汇率为 $(X_{1,j}, \dots, X_{M,j})$,产品库存为 R_j 时,制造商在 $[t_j, T]$ 时间段的总收益 则有

$$V_{N-1}(t_{N-1}, X_{1,N-1}, \dots, X_{2,N-1}, R_{N-1}) = \max_{u_{i,N-1} (i=1, \dots, M)} E \{ P_{N-1} D_{N-1} - \sum_{i=1}^M C_i(t_{N-1}) + \sum_{i=1}^M \pi_i(t_{N-1}) + A(I_{N-1}^\beta) + H(R_{N-1}) \}, \quad (15)$$

$$\text{s.t. } 0 \leq q_{N-1} \leq \bar{q}, \\ 0 \leq R_{N-1} \leq \bar{R};$$

$$V_{j-1}(t_{j-1}, X_{1,j-1}, \dots, X_{M,j-1}, R_{j-1}) = \max_{u_{i,j-1} (i=1, \dots, M)} \left\{ E \left\{ P_{j-1} D_{j-1} - \sum_{i=1}^M C_i(t_{j-1}) + \sum_{i=1}^M \pi_i(t_{j-1}) + A(I_{j-1}^\beta) + H(R_{j-1}) \right\} + e^{-r_p \Delta t} V_j(t_j, X_{1,j}, \dots, X_{M,j}, R_j) \right\}, \quad (16)$$

$$\text{s.t. } 0 \leq q_{j-1} \leq \bar{q}, \\ 0 \leq R_{j-1} \leq \bar{R}.$$

5 算例仿真

为了检验以上模型及其解法的有效性,本部分进行算例仿真 为简单计,不妨令 $M = 2$,相关函数取具体形式如下:

$$A(q(t)) = a_0 + a_1 q(t) + a_2 [q(t)]^2, \quad (17)$$

$$H(R(t)) = hR(t), \quad (18)$$

$$C_i(t) = K + c_i(t) u_i(t) I(t) X_i(t), \quad i = 1, 2, \quad (19)$$

$$\pi_i(t) = \begin{cases} g_i X_i(t) |u_i(t) I(t) - u_i(\tau) I(\tau)|, \\ |u_i(t) I(t) - u_i(\tau) I(\tau)| > \omega, \quad i = 1, 2; \\ 0, \text{ 其他} \end{cases} \quad (20)$$

其中: a_0, a_1 和 a_2 为常数; h 表示单位产品年库存费用,为常数; K 为订货的过程成本,为常数; g_1 和 g_2 为常数

模型求解部分的相关参数取值如下: $X_{1,0} = 1.0, X_{2,0} = 1.0; D_0 = 5, D_1 = 3; c_{1,0} = 10, c_{1,1} = 25, c_{2,0} = 20, c_{2,1} = 18; K = 10, \bar{q} = 7, \bar{R} = 7, r_p = 0.08, r_1 = 0.1, r_2 = 0.15, T = 1, N = 2, \beta = 1, \sigma_1 = 0.8, \sigma_2 = 1.0, a_0 = 1.2, a_1 = 0.5, a_2 = 0.1, P_0 = 130, P_1 = 80, g_1 = 1, g_2 = 1, \omega = 2, h = 5, \rho_{12} = 0.8$

应用模型的求解方法,求得各阶段的最优订购策略如图1所示,可计算得最大总收益为758.58 其中:方框内数字为汇率;各路径的数字分别为向供应商1和供应商2的订购量

从图1可以看出,汇率变化的随机性对最优订购策略的影响:在第1棵4叉树(自左到右)中,由于汇率组合第2阶段均上升,则第1阶段最优订购量

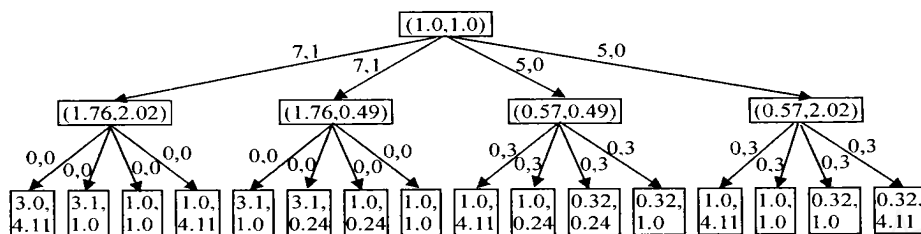


图 1 最优订购策略

为生产能力上限 7; 另外 3 棵 4 叉树中, 由于汇率组合中至少有一国汇率下降, 则第 1 阶段的最优订购量为该阶段的市场需求 5。另外, 由图 1 可知, 每棵 4 叉树的订购总量均为 8, 且第 1 阶段的订购量不小于 5, 订购量满足了市场需求

6 结 语

在汇率波动的情况下确定各阶段订购数量, 是外贸经营中的经常性问题。本文通过构造无风险投资组合的方法, 建立了制造商制造项目的价值的一般模型, 然后应用本文提出的适用于多供应商模型的算法, 得出实现整个经营周期利润最大化的多阶段国际订购策略。本文的研究为制造商在价格不确定环境中的订购决策提供了理论指导。

参考文献(References)

[1] Vidal C, Goetschalckx M. A Global Supply Chain Model with Transfer Pricing and Transportation Cost Allocation [J]. *European J of Operational Research*, 2001, 129(3): 134-158

[2] 马林, 钟昌标. 在供应链管理环境下“走出去”企业的汇率风险决策分析[J]. *中国软科学*, 2004, 7: 93-96
(Ma L, Zhong C B. A Decision-making Analysis on Exchange Rate Risk for “Going-out” Companies in Supply Chain Management [J]. *China Soft Science*, 2004, 7: 93-96)

[3] 李燕凤, 蒋云赞. 跨国供应链战术生产计划研究[J]. *计算机工程与应用*, 2004, 30: 225-229
(Li Y F, Jiang Y Y. Research of International Supply Chain Tactical Production Planning [J]. *Computer Engineering and Application*, 2004, 30: 225-229)

[4] Huchzemeier A, Cohen M A. Valuing Operational Flexibility Under Exchange Rate Risk [J]. *Operations Research*, 1996, 44 (1): 100-113

[5] Li Lode, Porteus Evan L. Optimal Operating Policies for Multiplant Stochastic Manufacturing Systems in a Changing Environment[J]. *Management Science*, 2001, 47(11): 1539-1551

[6] Li C, Kouvelis P. Flexible and Risk Sharing Supply Contracts Under Price Uncertainty [J]. *Management Science*, 1999, 45(10): 1378-1398

[7] Kamrad B, Siddique A. Supply Contracts, Profit Sharing, Switching and Reaction Options [J]. *Management Science*, 2004, 50 (1): 64-82

[8] Boyle P P, Evnine J, Gibbs S. Numerical Evaluation of Multivariate Contingent Claims [J]. *The Review of Financial Studies*, 1989, 2(2): 241-250

[9] Kamrad B, Ernst R. An Economic Model for Evaluating Mining and Manufacturing Ventures with Output Yield Uncertainty [J]. *Operations Research*, 2001, 49(5): 690-699

(上接第 59 页)

[8] 涂序彦, 尹怡欣. 广义人工生命及应用[A]. *中国人工智能学会第一届“人工生命及应用”专题学术会议论文集* [C]. 北京: 北京科技大学, 2002: 8-14
(Tu X Y, Yin Y X. Generalized Artificial Life and Application [A]. *Proc of the First CAAI Workshop on Artificial Life and Application* [C]. Beijing: University of Science and Technology Beijing, 2002: 8-14)

[9] 涂序彦. *大系统控制论*[M]. 北京: 国防工业出版社, 1994
(Tu X Y. *Large Systems Cybernetics* [M]. Beijing: National Defense Industry Publishing House, 1994

[10] Kinji Mori. Autonomous Decentralized Systems: Concept, Data Field Architecture and Future Trends [A]. *Proc ISADS 93*[C]. Kawasaki, 1993: 28-34

[11] 陈刚, 陆汝钤. 关系网模型基于社会合作机制的多 Agent 协作组织方法[J]. *计算机研究与发展*, 2003, 40 (1): 107-113
(Chen G, Lu R Q. The Relation Web Model—An Organizational Approach to Agent Cooperation Based on Social Mechanism [J]. *J of Computer Research and Development*, 2003, 40(1): 107-113)