

供应商管理库存的供应链管理绩效模型

史成东^{1,2}, 陈菊红²

(1. 山东理工大学 电气与电子工程学院, 山东 淄博 255091; 2 西安理工大学 工商管理学院, 陕西 西安 710048)

摘要: 使用多目标规划的方法描述了供应链及其成员的运作性能、供应链的协调运作、供应链成员的利润等, 建立了一个制造商和一个供应商构成的多产品、多阶段供应商管理库存的供应链管理绩效模型; 通过应用算例的研究验证了模型的有效性和可行性; 并与未实行供应商管理库存的供应链管理绩效模型进行比较, 验证了供应商管理库存能够提高供应链的绩效。

关键词: 供应商管理库存; 多目标规划; 绩效模型; 供应链

中图分类号: F273.7; F224 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-7375(2009)03-0106-04

Performance Model of Supply Chain Management under VMI

Shi Cheng-dong^{1,2}, Chen Ju-hong²

(1. School of Electric and Electronic Engineering, Shandong University of Technology, Zibo 255091, China;

2. School of Business Administration, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: With multiple-objective programming, a performance model is proposed to simulate a multi-product, multi-stage supply chain management Under Vendor Managed Inventory, the capability and profit of the supply chain members and their coordination are analyzed. The results of a case study show that VMI will improve the supply chain performance.

Key words: vendor managed inventory; multi-objective programming; performance model; supply chain

自从 Magee^[1] 提出供应商管理库存 (Vendor Managed Inventory, VMI) 的框架概念后, VMI 供应链管理模型引起了学术界和业界的广泛关注。VMI 是一种供应链战略, 指的是上级供应方管理下级订货方的库存。在许多文献^[2-3] 中, VMI 又被称为“寄售库存 (consignment inventory)”, 即由供应商 (寄售方) 将其商品发送给其买家 (受寄方), 这些商品可供受寄方使用或出售, 只有在实际使用或出售后, 受寄方才会向寄售方支付货款^[4]。在此过程中, 供应链流通库存主要由供应商负责维护。大量研究表明: VMI 在促进信息分享、降低牛鞭效应、提高供应链协作水平等方面可以发挥出积极的作用^[5-7]。从研究 VMI 问题所使用的方法来看, 大多数学者主要是采用博弈论模型^[8-10]。不过采用博弈论模型进行 VMI 研究时一般要做各种假设, 例如: 需求与价格的函数关

系, 每个成员的库存状态、订货参数、成本结构等信息在整个供应链范围内共享等, 这未免影响研究结论的适用性和通用性。本文借鉴文献 [11-14] 使用数学规划与最优化方法建立多阶段供应链优化模型的思路, 并在对其模型进行改进的基础上, 建立了供应商管理制造商库存的供应链管理绩效模型。最后通过仿真运算, 并与未实行 VMI 的模型进行了比较, 验证了 VMI 模型的可行性。

1 两层供应链的 VMI 集成

本文研究的对象是由一个供应商和一个制造商构成的两层供应链, 如图 1 所示。这种供应链结构虽然简单, 但却可以作为现实生活中许多供应链的原形, 其主要成员包括两个: 供应商和制造商。供应商负责向制造商提供生产可用于投放市场的最终产

收稿日期: 2008-11-14

基金项目: 国家自然科学基金 (70272034); 陕西省软科学基金项目 (2005KR95); 陕西省教育厅科学研究项目 (07JK081)

作者简介: 史成东 (1965-), 男, 山东省人, 副教授, 博士研究生, 主要研究方向为系统工程、物流与供应链管理。

品的原材料或配件, 并保持一定的产成品库存以满足其下游制造商的订货需求; 制造商从上游供应商订购原材料或配件后组织生产或装配, 并提供最终产品以满足市场需求。为了确保生产的连续性, 制造商要保持一定的原材料或配件库存; 同时, 为了满足市场的需求, 制造商还必须保持一定的产成品库存。本文所考虑的库存涉及两大类: 准备库存和产成品库存。共涉及 3 个库存: 供应商的产成品库存、制造商的准备库存和最终产品库存。两层供应链的 VM I 集成是指本来由制造商自己管理的准备库存改由供应商代为管理。

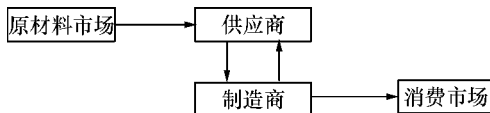


图 1 供应链成员之间的关系

2 VM I 的供应链管理绩效模型

在图 1 所示的供应链中, 定义变量下标 j 为制造商最终产品 ($j = 1, 2, \dots, J$); i 为制造商的生产原料 ($i = 1, 2, \dots, I$); t 为阶段 ($t = 1, \dots, T$); h 为供应商的原材料 ($h = 1, \dots, H$)。考虑以下 3 个决策目标。

1) 供应链的运作追求生产的协调性、连续性, 即供应商的交付量不低于制造商的订购量。用模型表示为

$$\begin{aligned} \min P_T \times & \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I d_{it}^+ \\ \text{s t} & -b_{it} + l_{it} - d_{it}^+ = 0, \forall i, t \end{aligned} \quad (1)$$

其中, P_T 为优先因子, 是一个足够大的常数; b_{it} 为制造商在阶段 t 对生产原料 i 的订购量; l_{it} 为供应商在阶段 t 对制造商生产原料 i 的交付量; d_{it}^+ 为供应商在 t 阶段对制造商所需的第 i 种生产原料的过剩交付量。

2) 制造商追求目标利润最大化, 即

$$\begin{aligned} \min P_P \times & d_p^- \\ \text{s t} & c^p + d_p^- - d_p^+ = M_P, \\ & c^p + \sum_{t=1}^T \left[\sum_{j=1}^J \left(c_j^z z_{jt} + h_j^z z_{jt}^l - p_{jt} v_{jt}^s + w_{1j} e_{jt}^s \right) + \right. \\ & \left. \sum_{i=1}^I (q_{it} b_{it}) \right] \geq 0. \end{aligned} \quad (2)$$

其中, P_P 为优先因子, 是一个足够大的常数; M_P 是一个给定的常数, 为制造商所追求的期望利润; d_p^- 和 d_p^+ 分别为制造商期望利润的不足量和超过量; c^p 为制造商的实际利润; v_{jt}^s 为最终产品 j 在阶段 t 的销

售量; z_{jt} 为最终产品 j 在阶段 t 的生产量; z_{jt}^l 为最终产品 j 在阶段 t 的库存; p_{jt} 为 t 阶段最终产品 j 的价格; q_{it} 为 t 阶段生产原料 i 的价格; c_j^z 为最终产品 j 的可变单位制造成本; h_j^z 为最终产品 j 的单位库存成本; w_{1j} 表示产品 j 的需求量每减少 1 个单位给制造商带来的利润损失; e_{jt}^s 是未满足的市场需求量。

3) 供应商追求目标利润最大化, 即

$$\begin{aligned} \min P_S \times & d_s^- \\ \text{s t} & c^s + d_s^- - d_s^+ = M_S, \\ & c^s + \sum_{t=1}^T \left[\sum_{i=1}^I \left[-q_{it} l_{it} + h_i^s (y_{it}^l + x_{it}^l) + \left[c_i^s + \right. \right. \right. \\ & \left. \left. \left. \sum_{h=1}^H r_{ih} s_{hi}^r \right] x_{it}^s \right] + \sum_{t=1}^T \sum_{h=1}^H w_{2h} s_{ht}^s \geq 0. \end{aligned} \quad (3)$$

其中, P_S 为优先因子, 是一个足够大的常数; M_S 为供应商所追求的最大期望利润, 为一个给定的常数; d_s^- 和 d_s^+ 分别为供应商期望利润的不足量和超过量; c^s 为供应商的实际利润; r_{ih} 为 t 阶段供应商原材料 h 的价格; c_i^s 为 t 阶段供应商的生产产品 (制造商生产原料) i 的单位可变成本; s_{hi}^r 为供应商生产产品 i 对原材料 h 的 BOM 系数; h_i^s 为供应商生产产品 i 的单位库存成本; x_{it}^s 为供应商在阶段 t 对其产品 (制造商生产原料) i 的生产量; y_{it}^l 为供应商在阶段 t 对其产品 (制造商的生产原料) i 的库存 (准备库存); w_{2h} 表示原材料 h 的供应每减少 1 个单位给供应商带来的利润损失; s_{ht}^s 是原材料供应的不足量。

由于无法判断图 1 所示的供应链是靠需求拉动还是靠原材料供应推动的, 因此假定制造商和供应商的期望利润优先因子是相等的。所以 3 个优先因子 P_T 、 P_P 和 P_S 的关系如下: $P_P = P_S = P$, 并且 $P \gg P_T$ 。这样, 图 1 所示的 VM I 的供应链管理绩效模型的目标函数可以写成如下的形式:

$$\min P_T \times \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I d_{it}^+ + P \times (d_p^- + d_s^-).$$

供应链上各环节的约束除式 (1) ~ (5) 以外, 还受到下列条件的约束。

制造商各阶段生产能力:

$$\sum_{j=1}^J k_j^z z_{jt} \leq k^{\max}, \forall t \quad (4)$$

其中, k_j^z 为最终产品 j 的生产能力消耗率, k^{\max} 为制造商可利用的最大生产能力。

制造商各阶段的最终产品库存:

$$z_{jt}^l = z_{j,t-1}^l + z_{jt} - v_{jt}^s, \forall j, t, s \quad (5)$$

$$z_0^j = z_0^j, \forall j \quad (8)$$

$$\sum_{j=0}^J o_j^j z_0^j \leq z^{\max}, \forall t \quad (9)$$

其中, z_0^j 为最终产品 j 的初始库存, o_j^j 为单位最终产品 j 在制造商处所占的库存, z^{\max} 为最终产品的总库存能力。

制造商实际销售约束:

$$v_j^t + e_j^t \leq d_j^t, \forall j, t, s \quad (10)$$

其中, d_j^t 为 t 阶段消费市场对最终产品 j 的需求量。

供应商生产能力约束:

$$\sum_{i=1}^I x_i^t \leq G^{\max}, \forall t, s \quad (11)$$

其中, x_i^t 为单位产品 i 的生产能力消耗率, G^{\max} 为供应商可利用的最大生产能力。

制造商生产原料虚拟库存 (准备库存):

$$y_{it}^j = y_{i,t-1}^j + b_{it}^j - \sum_{j=1}^J s_{ij}^j z_{jt}^j, \forall i, t \quad (12)$$

$$y_{i0}^j = y_0^j, \forall i \quad (13)$$

其中, s_{ij}^j 为最终产品 j 对生产原料 i 的 BOM 系数, y_0^j 为生产原料 i 的初始库存。

供应商产品的库存:

$$x_{it}^i = x_{i,t-1}^i + x_{it}^s - l_{it}^i, \forall j, t, s \quad (14)$$

$$x_{i0}^i = x_0^i, \forall i \quad (15)$$

$$\sum_{i=0}^I o_i^i x_{it}^i \leq x^{\max}, \forall t \quad (16)$$

其中, x_0^i 为供应商产品 i 的初始库存, o_i^i 为供应商单

位产品 i 所占用的库存, x^{\max} 为供应商产品总库存能力。

供应商原材料供应约束:

$$\sum_{i=1}^I s_{hi}^s x_{it}^i + s_{ht}^s \leq s_{ht}^s, \forall h, t, s \quad (17)$$

其中, s_{ht}^s 为 t 阶段原材料市场原材料 h 的供应量。

非负条件:

$$b_{it}, z_{it}, z_{it}^j, y_{it}, l_{it}, x_{it}^j, d_{it}^-, d_{it}^+, d_p^-, d_p^+ \geq 0;$$

$$d_s^-, d_s^+, c^p, c^s, e_j^s, s_{ht}^s, v_j^s, x_{it}^s \geq 0. \quad (18)$$

3 应用举例

为了减轻数值运算的工作量,考虑图 1 所示 VM 供应链管理绩效模型比较简单的情形,来验证上述模型的可行性。假设 $J=2$ (2 个最终产品)、 $I=1$ (制造商只需 1 种生产原料)、 $H=2$ (两种原材料)、 $T=2$ (2 个阶段)。参数值如下。

$K^{\max}=400, G^{\max}=600, z^{\max}=200, y^{\max}=200, x^{\max}=200, z_0^j=0, y_0^j=0, x_0^j=0, c^s=10, c_1^s=15, c_2^s=15, q_1=95, q_2=100, o^s=1, o^v=1, o_1^s=1, o_2^s=1, h^s=1, h^v=2, h_1^s=3, h_2^s=3, s^s=1, s_1^k=1, s_2^k=1, s_1^r=0.6, s_2^r=0.4, s_1^v=1, s_2^v=1。$

其它的参数分别给定如下:优先因子 P_T, P 分别取 $10^4, 10^6$, 制造商和供应商的期望利润均取 100 000, 并且 $w_{11}=100, w_{12}=100, w_{21}=50, w_{22}=50$ 。消费市场的需求量、产品销售价格及原材料市场的供应量、原材料价格见表 1 所示。

表 1 市场供求状况

| 供求数量价格 | 消费市场需求情况 | | | | 原材料市场供应情况 | | | |
|--------|----------|------|------|------|-----------|-------|-------|-------|
| | 产品 1 | | 产品 2 | | 原材料 1 | | 原材料 2 | |
| | 阶段 1 | 阶段 2 | 阶段 1 | 阶段 2 | 阶段 1 | 阶段 2 | 阶段 1 | 阶段 2 |
| 供求数量 | 91.5 | 95 | 97 | 94.5 | 236 | 233.5 | 235 | 224.5 |
| 市场价格 | 150 | 155 | 155 | 150 | 30 | 35 | 35 | 30 |

利用以上数据,经过使用 MATLAB 运算,获得 VM 的供应链管理绩效最优运作策略如表 2 所示

(制造商实际利润为 15 321, 供应商实际利润为 43 660)。

表 2 VM 的供应链管理绩效最优运作策略

| 阶段 | 制造商 | | | | | | 供应商 | | | | |
|----|--------|------|--------|------|--------|------|-----|-----|-----|------|-----|
| | 最终产品产量 | | 最终产品销量 | | 最终产品库存 | | 生产原 | 生产原 | 生产原 | 产量(生 | 产品 |
| | 产品 1 | 产品 2 | 产品 1 | 产品 2 | 产品 1 | 产品 2 | 料交付 | 料订购 | 料交付 | 产原料) | 库存 |
| 1 | 91 | 97 | 91 | 97 | 0 | 0 | 38 | 226 | 226 | 393 | 167 |
| 2 | 95 | 94 | 95 | 94 | 0 | 0 | 0 | 152 | 556 | 389 | 0 |

如果供应链未实行 VMI 仍由制造商自己管理准备库存,则供应链管理绩效最优运作策略如表 3

所示 (制造商实际利润为 15 147, 供应商实际利润为 43 829)。

表 3 供应链管理绩效最优运作策略

| 阶段 | 制造商 | | | | | | 供应商 | | | | |
|----|--------|------|--------|------|--------|------|-----|-----|-----|-------|-----|
| | 最终产品产量 | | 最终产品销量 | | 最终产品库存 | | 生产原 | 生产原 | 生产原 | 产量 (生 | 产品 |
| | 产品 1 | 产品 2 | 产品 1 | 产品 2 | 产品 1 | 产品 2 | 料交付 | 料订购 | 料交付 | 产原料) | 库存 |
| 1 | 92 | 97 | 91 | 97 | 0 | 0 | 5 | 193 | 193 | 393 | 200 |
| 2 | 95 | 94 | 95 | 94 | 0 | 0 | 0 | 185 | 589 | 389 | 0 |

从表 2 和表 3 可以看出, 实行 VM I 时制造商的利润提高了, 由 15 147 增加到 15 321; 而供应商的利润降低了, 由 43 829 降低到 43 660; 但供应链总利润提高了, 由 58 976 提高到 58 981。说明供应商管理库存可以提高供应链的绩效。但由于供应商的利润降低了, 可能会影响供应商实施 VM I 的积极性, 因此可采用利润返还、价格优惠等政策促进 VM I 的实施。此外, 通过改变参数, 例如最终产品价格、市场容量、原材料供应量等, 还可以对该模型进行灵敏度分析, 从而为科学决策提供依据。鉴于篇幅所限, 本文不再列出。

4 结语

针对一个制造商和一个供应商组成的多产品、多阶段两层供应链, 本文使用多目标规划的方法描述了供应链及其成员的运作性能, 建立了供应商管理库存的供应链管理绩效模型。并通过应用举例验证了该模型的可行性和有效性。从对该模型的分析来看, 它比博弈模型需要的假设更少, 涉及的变量和参量更多, 更能反映供应链的真实情况。应用举例的结果还表明, 使用该模型可以准确地核算出制造商和供应商的利润、制造商生产材料订购量和供应商产品的交付量、制造商和供应商的库存等。此外, 通过灵敏度分析, 该模型还可以为供应链的科学决策提供以下支持。

1) 根据对市场需求和原材料供求的预测, 可以优化生产结构、库存能力, 避免出现生产结构与制造商、供应商利润不匹配。

2) 为增加供应链成员的利润, 充分挖掘生产能力、库存能力的潜力, 一方面继续加大市场开拓的力度, 增加市场需求和原材料供给; 另一方面可采用外包的方式, 增加业务量, 提高生产能力、库存能力的利用率。

参考文献:

- [1] Magee J F. Production, planning and inventory control[M]. New York: McGraw-Hill Book Company, 1958.
- [2] Valentign, Zavanelal The consignment stock of inventories: industrial case and performance analysis[J]. International Journal of Production Economics, 2003 (81/82): 215-224.
- [3] Hung J, FFU Y, L C. Inventory management in the consignment system[J]. Production and Inventory Management Journal, 1995, 36 (4): 1-5.
- [4] Fage1 A J. Selling on consignment: another tool in the credit arsenal[J]. Business Credit, 1996, 98 (9): 6-8.
- [5] Disney SM, Towill D R. Vendor managed inventory and bullwhip reduction in a two-level supply chain[J]. International Journal of Operations & Production Management, 2003, 23 (6): 625-651.
- [6] Yigal Gerchak, Eugene Khmelitsky A consignment system where suppliers cannot verify retailer sales reports[J]. International Journal of Production Economics, 2003 (83): 37-43.
- [7] Xu Ke-feng, Dong Yan, Evers Philip T. Towards better coordination of the supply chain [J]. Transportation Research Part E, 2001 (37): 35-54.
- [8] Birendra KMishra, Srinivasan Raghunathan Retailer-vs vendor-managed inventory and brand competition [J]. Management Science, 2004, 50 (4): 445-457.
- [9] Wang Yan-zeng, Li Jiang, Shen Zuo-jun Channel performance under consignment contract with revenue sharing [J]. Management Science, 2004, 50 (1): 34-47.
- [10] Dong Yan, Xu Ke-feng A supply chain model of vendor managed inventory [J]. Transportation Research Part E, 2002 (38): 75-95.
- [11] Chen Cheng-liang, Lee Wen-cheng Multi-objective optimization of multi-echelon supply chain networks with uncertain product demands and prices [J]. Computers and Chemical Engineering, 2004, 28 (10): 1131-1144.
- [12] Wu S David, Hakan Golbasi Multi-item, multi-facility supply chain planning: models, complexities, and algorithms [J]. Computational Optimization and Applications, 2004 (28): 325-356.
- [13] Weng Z Kevin, Tim McClurg Coordinated ordering decisions for short life cycle products with uncertainty in delivery time and demand [J]. European Journal of Operational Research, 2003, 151 (1): 12-24.
- [14] Seferlis P, Giannelis N F A two-layered optimization-based control strategy for multi-echelon supply chain networks [J]. Computers and Chemical Engineering, 2004, 28 (5): 799-809.