第 23 卷 第 10 期 控 制 与 决 策 2008 年 10 月
Vol. 23 No. 10 Control and Decision Oct. 2008

文章编号: 100120920(2008)1021163205

非对称信息下供应链库存系统 Pareto 优化模型

周永务[1], 王圣东[1,2]
(1. 合肥工业大学 管理学院, 合肥 230009; 2. 解放军电子工程学院 数学教研室, 合肥 230037)

摘 要: 运用委托代理理论,研究了非对称信息条件下,由单供应商单分销商组成的供应链 Pareto 优化问题. 在假定分销商所面临的需求是与销售价格有关的随机变量,以及供、销双方关于分销商销售价格信息不对称这两个前提下,将供应商作为委托人,分销商作为代理人,给出了供应商为吸引销售商选择对自己最有利的销售价格而设计的最优激励合同,比较了在不同信息条件下供销双方的最优决策. 最后,给出了应用实例和灵敏度分析.

关键词: 库存; 非对称信息; 委托代理理论; Pareto 最优
中图分类号: F273.7 文献标识码: A

Pareto optimization model for supply chain inventory system with asymmetric information

ZHOU Yong2wu[1], WANG Sheng2dong[1,2]
(1. School of Management, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China; 2. Department of Mathmatics, Electronic Engineering Institute of PLA, Hefei 230037, China. Correspondent: WANG Sheng2dong, E2mail: mswangsd@sina.com.cn)

Abstract: This paper considers the Pareto optimization problem in one2supplier2one2buyer supply chain by using principal2agent theory under asymmetric information. The supplier. s optimal incentive contract is present with supplier as principal and buyer as agent under the assumption that the stochastic demand faced by the buyer is correlated to his selling price and both sides with asymmetric information about buyer. s selling price. The comparison of the optimal decisions of the supplier and the buyer between different information cases is provided. A practical example and sensitivity analysis of parameters are presented in the end.

Key words: Inventory; Asymmetric information; Principal2agent theory; Pareto optimality

1 引 言

委托代理理论是信息经济学的研究领域, 主要研究在信息不对称情形下委托人如何设计一个激励合同以吸引代理人选择对委托人最有利的行动, 最大化委托人的利益[1,3]. 近年来, 随着对供应链系统中信息不对称问题研究的不断深入, 越来越多的学者开始利用委托代理理论来研究和分析供应链中库存或订购费用等相关信息不对称对供应链成员决策的影响, 其代表性的研究有文献[4211], 但这些文献所获得的成果均基于如下两个假定: 1) 分销商所面临的需求是固定的常数或是与分销商的销售价格无关的随机变量; 2) 作为委托人的供应商不能观测到分销商的相关费用(库存费用、订购费用等)信息. 然而, 在激烈的市场竞争中, 分销商的销售价格往往是决定其需求的主要因素, 且此需求还受市场环境变化莫测的随机扰动, 即需求应是与销售价格有关的随机变量. 另外, 在市场调研中发现这样一种情形: 供应商能够了解到分销商的库存费用、订购费用等信息, 但却不能观测到分销商的销售价格. 此情形的出现原因在于: 虽然供应商知道分销商一般会采取成本加成定价法确定其销售价格, 但分销商出售给各零售商或顾客的价格并不相同, 这取决于各零售商或顾客的讨价还价能力. 而零售商特别是大型零售商(如沃尔玛、家乐福等)出于竞争的需要, 对于分销商给予他的价格严格保密. 因此, 供应商并不知道分销商与零售商或顾客之间的实际交易价格.

收稿日期: 2007208206; 修回日期: 2007210229.
基金项目: 国家自然科学基金项目(70471045); 新世纪优秀人才支持计划项目(NCET20520557); 高等学校全国优秀博士论文作者专项基金项目(200565); 高等学校博士学科点专项科研基金项目(20060359007).
作者简介: 周永务(1964)), 男, 安徽庐江人, 教授, 博士生导师, 从事物流与供应链管理等研究; 王圣东(1974)), 男, 安徽肥东人, 讲师, 博士生, 从事物流与供应链管理的研究.

本文将考虑由单个供应商和单个分销商组成的两层非一体化供应链系统. 在该系统中, 分销商从供应商处补充某产品的库存并将该产品销售给下一级零售商或顾客, 而供应商则根据分销商的订货量来确定自己的补充量. 在假定分销商所面临的需求是与销售价格有关的随机变量, 且供、销双方关于分销商销售价格信息不对称这两个前提下, 给出了供应商为吸引分销商选择对自己最有利的销售价格而设计的最优激励合同, 比较了在不同信息条件下供销双方的最优决策. 最后, 给出了应用实例和灵敏度分析.

2 记号与假定

A_s 和 A_b 分别表示供应商和分销商固定的订购费; c 表示供应商购买单位物品的成本, w 表示供应商出售单位物品的批发价格, p 表示分销商出售单位物品的价格; h_b 表示分销商单位时间单位物品的存贮费用; $D(p, E) = a - bp + E(a > 0,\ b > 0)$ 表示分销商所面临的随机线性价格需求曲线, E 是外生随机变量, 可表示市场环境的变化莫测对需求产生的随机扰动. 假定 E 服从均值为零, 方差为 R^2 的正态分布; T 表示分销商两次订购物品时间间隔; Q 表示分销商每次订购物品的订购量; $S(Q) = A + BQ$ 表示供应商设计的单位时间线性激励合同, A 表示分销商的固定收入, B 表示分销商承担的风险系数; u_b 表示分销商的保留效用水平; 供应商与分销商采取/ 批量对批量0(lot2for2lot) 的供货模式[12214].

假定 1 $a - b(w + h_bT/2) > 0$. 若供应商不给分销商补偿, 即 $S(Q) = 0$, 则分销商单位物品的销售价格一定不小于其成本 w 与在一个周期内单位物品平均存贮费用 $h_bT/2$ 之和, 否则分销商将不会赢利. 当 $p = w + h_bT/2$ 时, 由 $a - bp > 0$ 得上述假定.

假定 2 供、销双方关于分销商销售价格信息不对称, 即分销商的销售价格是分销商的私有信息, 供应商不能观测到分销商的销售价格 p.

假定 3 供应商是风险中性的, 分销商是风险规避的, 且具有不变绝对规避特征, 即分销商的效用函数为 $-e^{-Qx}$. 其中: x 表示实际收入水平, Q 表示绝对风险规避度量[1,2].

假定 4 如果代理人在激励合同下的效用水平不低于其保留效用水平, 那么他就会接受委托人提供的合同.

假定 5 供应商和分销商之间属主从关系, 供应商占主导地位, 拥有合同设计的决策权.

3 模型的建立

假定分销商每次向供应商订购批量为 Q. 显然, 分销商的销售价格越低, 需求就越大, 分销商向供应商的订购量也越大, 但由低价格造成的分销商利润损失也越大. 因此, 分销商会选择合适的销售价格以最大化自己的利润. 但作为供应商, 希望分销商选择较小的销售价格以使其订购批量 Q 增大, 从而增加供应商自身的收益. 如果供应商不能观测到分销商所选择的销售价格及外生随机变量, 只能观测到分销商的订购批量 Q 时, 那么此问题可以转化为以供应商为委托人, 以分销商为代理人的委托代理问题. 供应商的问题是设计满足分销商个人理性约束和激励相容约束的激励合同, 以最大化自己的期望效用函数.

由记号与假定可知, 供应商的平均利润水平为

$$STP = D(p, E)(w - c) - A_s/T - S(Q) = (a - bp + E)(w - c - BT) - A - A_s/T. \tag{1}$$

分销商的平均利润水平为

$$BTP = D(p, E)(p - w) + S(Q) - A_b/T - Qh_b/2 = (p + BT - W)(a - bp + E) + A - A_b/T,$$

其中 $W = w + h_bT/2$.

若假定供应商是风险中性的, 分销商是风险规避的, 且具有不变绝对规避特征, 则根据文献[2] 有

$$U_s = STP,\quad U_b = -e^{-Q[(p+BT-W)(a-bp+E)+A-A_b/T]}.$$

其中: U_s 表示供应商的效用, U_b 表示分销商的效用.

供应商的期望效用为

$$EU_s = (w - c - BT)(a - bp) - A - A_s/T, \tag{2}$$

分销商的期望效用为

$$EU_b = -E\{e^{-Q[(p+BT-W)(a-bp+E)+A-A_b/T]}\} = -e^{-Q[(p+BT-W)(a-bp)+A-A_b/T-Q(p+BT-W)^2R^2/2]}. \tag{3}$$

因此, 最大化分销商的期望效用 EU_b 等价于最大化如下的确定性等价收入:

$$CEU_b = (p + BT - W)(a - bp) + A - A_b/T - Q(p + BT - W)^2R^2/2, \tag{4}$$

其中 $Q(p + BT - W)^2R^2/2$ 是分销商的风险成本.

3.1 对称信息条件下的最优激励合同及定价策略

在对称信息下, 供应商可以观测到分销商的销售价格 p. 此时, 激励相容约束 IC 不起作用, 任何销售价格 p 都可以通过满足个人理性约束 IR 的强制合同来实现. 因此, 供应商的问题是选择 (A, B) 和 p 解如下的最优化问题:

$$\max_{A,B,p} EU_s = (w - c - BT)(a - bp) - A - A_s/T,$$
$$\text{s.t. } (p + BT - W)(a - bp) + A - A_b/T - Q(p + BT - W)^2R^2/2 \geq u_b. \tag{5}$$

问题(5) 是带有约束条件的非线性规划问题, 如果存在最优点, 那么它必定满足库恩2塔克条件.

求解问题(5) 可得唯一的 K2T 点为

$$A^* = A_b/T + u_b,\ B^* = [b(W + w - c) - a]/2bT,$$
$$p^* = [a + b(c + h_bT/2)]/2b.$$

一般而言, K2T 条件只是必要非充分条件, 但由下面的定理可知, 上述 K2T 条件所得的问题(5)的唯一解(A^*, B^*, p^*) 确实为全局最优解.

定理 1　供应商的期望效用 EU_s 在上述(A^*, B^*, p^*) 处取得最大值.

如果将 p^* 代入需求函数, 可得分销商的订购批量为

$$Q^* = D(p^*, E)T = (a - bp^* + E)T.$$

注意到此 p^* 是供应商希望分销商制定的销售价格, 即供应商的 Pareto 最优销售价格(称为 Pareto 最优, 是因为在合同(A^*, B^*, p^*) 下, 系统的期望效用亦得到最大化), 但分销商的期望效用在此 p^* 处未必恰好取得最大值, 即分销商未必愿意接受销售价格 p^*. 然而, 在对称信息下, 供应商可以观测到分销商的销售价格 p, 因此, 他可以通过强制合同来达到自己的目的.

定理 2　在对称信息下, 供应商可设计如下的强制合同以实现 Pareto 最优:

$$S = \begin{cases} S^*(Q^*) = A^* + B^*Q^*, & p = p^*; \\ \underline{S}, & p \ X\ p^*. \end{cases}$$

供应商要求分销商选择 $p = p^*$. 如果供应商观测到分销商真的选择了 $p = p^*$, 则根据 $S^* = A^* + B^*Q^*$ 支付给分销商; 否则, 分销商得到 $\underline{S}$. 因此, 只要 $\underline{S}$ 足够小(比如取 $\underline{S} < u_b$), 那么分销商肯定没有积极性选择 $p\ X\ p^*$.

性质 1　在对称信息条件下, 供应商提供的最优激励合同使得分销商的风险成本为零.

性质 2　在对称信息下, 最优激励合同参数 A^*, B^* 及最优销售价格 p^* 均与分销商的绝对风险规避度 Q 和标准差 R 无关.

性质 2 是个比较有趣的结论, 它揭示了在双方信息共享情形下, 无论分销商规避风险的倾向是强还是弱, 也无论需求曲线的随机波动是大还是小, 均不影响供应商最优激励合同的制定及分销商最优销售价格的选择, 即供应商的 Pareto 最优总能实现.

3.2　非对称信息条件下最优激励合同及定价策略

在非对称信息下, 供应商不能观测到分销商的销售价格 p, 只能观测到分销商的订购量 Q, 因此不能再利用强制合同来迫使分销商选择销售价格, 而只能通过激励合同来诱使分销商选择供应商希望的价格. 所以, 供应商的问题是确定(A, B) 求解如下的最优化问题:

$$\max_{A,B} EU_s = (w - c - BT)(a - bp) - A - A_s/T, \tag{6}$$

$$(p + BT - W)(a - bp) + A - A_b/T - Q(p + BT - W)^2R^2/2 \setminus u_b, \tag{7}$$

$$\max_p CEU_b = (p + BT - W)(a - bp) + A - A_b/T - Q(p + BT - W)^2R^2/2. \tag{8}$$

根据 Holmstrom[3] 的一阶方法, 激励条件(8) 可以用一阶条件代替, 即

$$a - bp = (p + BT - W)(b + QR^2). \tag{9}$$

令

$$G = [a + W(b + QR^2)]/(2b + QR^2),$$
$$H = (b + QR^2)/(2b + QR^2),$$

则由式(9) 可得分销商的最优销售价格反应函数为

$$p = G - HTB. \tag{10}$$

将式(10) 代入(7) 中, 变动 A 以使式(7) 成立, 从而可得如下条件:

$$A = A_b/T + Q[G + (1 - H)BT - W]^2R^2/2 + u_b - [G + (1 - H)BT - W](a - bG + bHBT). \tag{11}$$

将式(10) 和(11) 代入(6), 关于 B 求最优化, 得

$$\max_B EU_s = (w - c - W + G - HTB)(a - bG + bHBT) - QR^2[G + (1 - H)BT - W]^2/2 - u_b - (A_b + A_s)/T.$$

由 $dEU_s/dB = 0$, 可得唯一的驻点为

$$B^c = [b(w + W - c) - a + b(a - bW)/(b + QR^2)]/[2bTf(Q)], \tag{12}$$

其中

$$f(Q) = (2Q^2R^4 + 5QR^2b + 2b^2)/(2Q^2R^4 + 6QR^2b + 4b^2).$$

定理 3　供应商的期望效用函数 EU_s 在上述 B^c 处取得最大值.

将式(12) 代入(10) 和(11), 并通过计算得

$$p^c = [a + b(c + W - w) + aU]/[(2 + U)b],$$
$$A^c = A_b/T + u_b - (a - bp^c)^2(2b + QR^2)/[2(b + QR^2)^2],$$

其中 $U = QR^2b/(b + QR^2)^2$.

将上述 A^c, B^c 及 p^c 分别代入需求函数和激励合同, 可得

$$Q^c = D(p^c, E)T = (a - bp^c + E)T,$$
$$S^c(Q^c) = A^c + B^cQ^c.$$

由上述讨论易得非对称信息条件下库存系统所具有的一些性质.

性质 3　在非对称信息条件下, 分销商的销售价格 p 越大, 分销商承担的风险成本越小.

性质 4　在非对称信息条件下, 分销商的销售价格 p 越大, 分销商应承担的风险 B 越小.

性质 5　在非对称信息条件下, 分销商越是风

险规避, 他应承担风险就越小(即 Q越大, B越小).

接下来, 比较一下对称与非对称信息两种情形下最优解之间的关系.

定理4 在对称与非对称信息两种情形下, 供应商提供的最优激励合同 S(Q), 供应商的最大期望效用 EU_s 以及分销商选择的销售价格 p 和订购量 Q 之间有如下关系:

1) 若分销商是风险中性的, 即绝对风险规避度 $Q = 0$, 则有 $A^c < A^*$, $B^c > B^*$, $p^c = p^*$, $Q^c = Q^*$, $S^c = S^*$, $EU_s^c = EU_s^*$.

2) 若分销商的绝对风险规避度 $Q > 0$, 则有 $A^c < A^*$, $B^c > B^*$, $p^c > p^*$, $Q^c < Q^*$, $S^c < S^*$, $EU_s^c < EU_s^*$, 其中 S 表示对 S(Q) 求期望.

从定理 4 可得如下两点重要结论:

1) 若分销商是严格风险规避的, 即 $Q > 0$, 那么当作为委托人的供应商不能直接观测到作为代理人的分销商的销售价格 p(和外生变量 E) 时, 供应商的 Pareto 最优是无法实现的($EU_s^c < EU_s^*$). 因为给定激励合同 $S^*(Q^*)$, 对供应商最优的 p^* 对分销商并不是最优的. 因此, 如果供应商不能观测到 p, 分销商将选择 $p^c > p^*$ 以改进自己的利润水平, 但这样做会使得订购量比对称信息下的订购量小, 而供应商能观测到分销商订购量的变化. 所以, 分销商的这种选择可能导致供应商的指责, 甚至面临供应商中断合作重新寻求分销商的危险. 但是分销商的订购量不仅与销售价格有关, 而且受外生随机变量 E 的影响, 分销商可以将低订购量 $Q^c(< Q^*)$ 的出现归咎于不利的外生影响, 从而逃避供应商的指责. 供应商不能观测到销售价格, 自然也不能证明低订购量是分销商调高售价的结果. 但是供应商可以通过激励合同对此作出反应: 减少分销商的固定收入(即 $A^c < A^*$), 并使其承担比对称信息下更大的风险(即 $B^c > B^*$), 从而实现激励与保险之间的平衡.

2) 若分销商是风险中性的, 即使供应商不能直接观测到分销商的销售价格 p(和外生变量 E), 其 Pareto 最优仍然能够实现(即 $EU_s^* = EU_s^c$). 此时分销商的最优销售价格 p^c 及订购量 Q^c 均与对称信息下最优销售价格和订购量相同. 虽然在对称信息与非对称信息下, 供应商制定的激励合同参数不同($A^c < A^*$, $B^c > B^*$), 但是对分销商的激励效果却完全一样($S^c = S^*$).

由定理 4 及上述讨论可知, 对于作为委托人的供应商而言, 在信息不对称下要想得到在对称信息下的 Pareto 最优往往难以实现. 因此, 许多研究者提出从技术运用的角度[15](如 POS 技术) 或从运作模式的角度[16](如 VMI, CRP 等) 实现信息共享, 从而达到 Pareto 最优. 但是通过定理 4 发现, 选择合适的分销商(本文风险中性的分销商) 也是实现供应商 Pareto 最优的一条重要途径, 这一点或许可以给供应链管理决策者提供重要的启示.

4 应用实例

某供货商向某超市供应一种产品. 该产品供货商向生产商购买的成本为 $c = 8$ 元/单位, 销售给超市的价格为 $w = 14$ 元/单位. 超市通过预测知其需求满足 $D = 230 - 10p + E$, 其中 $E \sim N(0, 16)$. 其他相关参数值分别为: $A_s = 100$ 元, $A_b = 200$ 元, $Q = 0.4$, $h_b = 0.8$ 元/单位, $T = 10$ 天, $u_b = 1000$ 元. 问题是在对称与不对称信息下供应商应如何设计最优激励合同及超市如何制定自己的销售价格.

利用本文提供的模型计算可知, 在对称信息下, $A^* = 1020$, $B^* = 0.05$, $p^* = 17.5$ 元, $Q^* = 550 + 10E$, $Q^* = 550$, 最优激励合同为

$$S = \begin{cases} S^*(Q^*) = 1020 + 0.05(550 + 10E), \\ \qquad p = 17.5; \\ \underline{S} = 200, \quad p \ X \ 17.5. \end{cases}$$

在非对称信息下, $A^c = 901.4$, $B^c = 0.2912$, $p^c = 18.2$ 元, $Q^c = 481 + 10E$, 最优激励合同规定的给超市的补偿为

$$S^c(Q^c) = 901.4 + 0.2912(481 + 10E).$$

比较对称与非对称信息两种情形下的最优结果, 显然可得: $A^c < A^*$, $B^c > B^*$, $p^c > p^*$, $Q^c < Q^*$.

另外, 做灵敏度分析以观察参数 Q和R的变化对最优解的影响. 由于篇幅有限, 这些灵敏度分析就不再列出, 只给出规律性的结论和相关的管理启示:

1) 当 Q增大时, A^c 和 p^c 均增大, 但 B^c 和 Q_c 却减小. 这表明分销商风险规避倾向越强, 分销商的固定收入 A^c 就越大, 但承担的风险却越小, 促使分销商提高销售价格的幅度越大, 从而导致订购量越小. 同时也暗示供应商应尽可能选择风险规避倾向较弱的分销商作为交易伙伴. 特别地, 如果 $Q = 0$ 时, 分销商的最优销售价格 p^c 及订购量 Q^c 均与对称信息下的相同, 即分销商选择了供应商的 Pareto 最优销售价格和订购量.

2) 当 R变小时, A^c 和 p^c 均变小, 但 B^c 和 Q^c 却变大, 且当 $R \ y \ 0$ 时, 有 $A^c \ y \ A^*$, $B^c \ y \ B^*$, $p^c \ y \ p^*$, $Q^c \ y \ Q^*$, $EU_s^c \ y \ EU_s^*$. 这说明外生随机变量 E的波动对分销商最优销售价格的确定有重要影响. 当 E的波动越大, 即标准差 R越大, 分销商制定的销售价格就越高, 相应的订购量就越小, 分销商可以把自己的这种决策归结于受市场需求环境不确定性过大的影响. 当 E的波动较小时, 由于供应商也知道 E的波动情况, 因此, 分销商销售价格提高的幅度也较小. 特

别地, 当 Ry 0 时, 表示 E= 0 的概率趋于 1, 即 P{E= 0} y 1, 这意味着外生随机变量对需求的随机影响几乎为零, 这时分销商无法再将销售价格的提高归咎于外生随机因素的影响. 因此, 此时分销商选择的销售价格和订购量将趋向于对称信息下最优销售价格和订购量. 这也说明了外生随机变量的不确定性越小, 在激励合同诱使下, 分销商选择的销售价格越靠近供应商的 Pareto 最优销售价格, 从而使得供应商的期望效用越接近 Pareto 最优期望效用.

5 结 论

本文运用委托代理理论建立了非对称信息条件下由单供应商单分销商组成的供应链 Pareto 优化模型. 比较了对称信息与不对称信息两种情形下供应商提供的最优激励合同及分销商的定价和订购策略, 得出如下重要结论: 1) 若分销商是严格风险规避的, 那么在非对称信息下供应商的 Pareto 最优是无法实现的. 此时, 分销商采取的销售价格高于对称信息下的销售价格, 但订购量恰好相反. 供应商通过合同对此作出反应: 减少分销商的固定收入并使其承担比对称信息下更大的风险; 2) 若分销商是风险中性的, 即使供应商关于分销商的销售价格信息不对称, 仍然可以通过设计适当的激励合同以实现其 Pareto 最优; 3) 外生随机变量 E 的不确定性越小, 在激励合同的诱使下, 分销商选择的销售价格越靠近供应商的 Pareto 最优销售价格, 供应商的期望效用越接近于其 Pareto 最优期望效用.

参考文献(References)

[1] Fudenberg D, Tirole J. Game theory[M]. Cambridge: The MIT Press, 1991.

[2] 张维迎. 博弈论与信息经济学[M]. 上海: 上海人民出版社, 1996.
(Zhang W Y. Game theory and information economics [M]. Shanghai: Shanghai Publishing House, 1996.)

[3] Holmstrom B. Moral hazard and observability[J]. Bell J of Economics, 1979, 10(1): 74291.

[4] Cachon G P, Zipkin P H. Competitive and cooperative inventory policies in a two2stage supply chain [J]. Management Science, 1999, 45(7): 9362953.

[5] Lee H, Whang S. Decentralized mult2echelon supply chains: Incentives and information [J]. Management Science, 1999, 45(5): 6332639.

[6] Corbett C J, Groote X D. A supplier. s optimal quantity discount policy under asymmetric information [J]. Management Science, 2000, 46(3): 4442450.

[7] 黄小原, 卢震. 非对称信息条件下供应链的生产策略[J]. 中国管理科学, 2002, 10(2): 35240.
(Huang X Y, Lu Z. Production strategy in supply chain under asymmetric information [J]. Chinese J of Management Science, 2002, 10(2): 35240.)

[8] 郭敏, 王红卫. / 批对批0 供应链在信息不对称下的协调机制[J]. 计算机集成制造系统, 2004, 10(2): 1522156.
(Guo M, Wang H W. Coordination mechanism in a lot2for2lot supply chain under asymmetric information[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2004, 10(2): 1522156.)

[9] Sucky E. A bargaining model with asymmetric information for a single supplier2single buyer problem [J]. European J of Operational Research, 2006, 171(2): 5162535.

[10] 索寒生, 金以慧. 非对称信息下供需链中的回购决策分析[J]. 控制与决策, 2004, 19(3): 3352338.
(Suo H S, Jin Y H. Supplier. s optimal buy back decision under asymmetric information in a two2stage supply chain [J]. Control and Decision, 2004, 19(3): 3352338.)

[11] 唐宏祥, 何建敏, 刘春林. 非对称需求信息条件下的供应链信息共享机制[J]. 系统工程学报, 2004, 19(6): 5892595.
(Tang H X, He J M, Liu C L. Supply chain information sharing mechanism under the condition of asymmetric demand information [J]. J of Systems Engineer, 2004, 19(6): 5892595.

[12] Monahan J P. A quantity discount pricing model to increase vendor profits [J]. Management Science, 1984, 30(6): 7202726.

[13] Viswangathan S, Piplani R. Coordinating supply chain inventories through common replenishment epoch[J]. European J of Operational Research, 2001, 129(2): 2772286.

[14] Karabati S, Sayin S. Single2supplier/ multiple2buyer supply chain coordination: Incorporating buyers. expectations under vertical information sharing [J]. European J of Operational Research, 2008, 187(3): 7462764.

[15] 王迎军, 郭亚军. 供应链中的信息流[J]. 工业工程与管理, 2000, 5(3): 37240.
(Wang Y J, Guo Y J. Information flow in a supply chain[J]. Industrial Engineering and Management, 2000, 5(3): 37240.)

[16] Xu K, Dong Y, Evers P T. Towards better coordination of the supply chain [J]. Transportation Research, 2001, 37(1): 35254.