第 12 卷 第 2 期 2004 年 4 月 | 中国管理科学 Chinese Journal of Management Science | Vol. 12, No. 2 Apr., 2004

文章编号: 1003- 207(2004)02- 0044- 05

供应链库存合约研究

邵晓峰, 季建华, 黄培清

(上海交通大学管理学院, 上海 200052)

摘 要: 研究了制造商与其供应商的供应链最优库存策略和在非合作情况下的库存策略, 比较分析了两种情况下的库存策略, 并设计了库存合约; 分析表明, 制造商通过设计有效的转移支付合约, 可以实现供应链库存的最优化。

关键词: 供应链管理; 库存优化; 库存合约

中图分类号: F406 文献标识码: A

1 引言

采购供应是供应链管理的一项重要内容, 设计合理的供应合约, 可以降低整个供应链的成本、提高服务水平。采购供应理论的发展, 如 JIT 采购[1,2]、VMI[3,4], 在一定程度上给制造商带来了库存的节省, 但是在很多情况下, 制造商库存的减少以供应商库存的增加为代价, 这种库存转嫁现象, 使供应商缺乏合作的积极性, 导致供应链的抗风险能力降低。目前, 供应链管理理论界对于供应链优化的研究大多是从由单个决策者对整个供应链进行优化决策角度进行的[5-8], 其中涉及供应链中各成员企业之间利益的重新分配问题。现有的研究主要通过价格折扣和转移支付来实现供应链利益的重新分配, 邵晓峰等通过价格折扣模型的研究, 确定供应链中的最佳生产批量和客户订货批量[5], Charles 等人设计了三阶段供应链中的数量折扣模型来降低供应链成本[6], Hau Lee 和 Seungjin Whang 设计了制造商与零售商之间的非线性转移支付的激励合约[7], Gerard 等人研究供应链上游企业通过线性转移支付来促使下游企业采取供应链最优库存策略[8], Fangruo Chen 研究了基于会计库存的考核机制[9]。本文分析制造商与其供应商的库存策略, 并比较博弈情况的库存策略与供应链最优库存策略之间的关系, 通过设计库存合约, 使博弈均衡成为供应链最优库存策略。

收稿日期: 2003- 07- 23; 修订日期: 2004- 03- 10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(79970029)

作者简介: 邵晓峰(1973-), 男(汉族), 江苏无锡人, 上海交通大学管理学院讲师、博士, 研究方向: 供应链管理.

2 问题描述与模型假设

供应链管理追求的目标在于以最低的成本和最快的速度为客户提供满意的产品, 从整个供应链系统角度进行库存优化。制造商希望供应商持有更多库存, 能够实现小批量供货, 而对于供应商来说, 则希望制造商持有库存。尽管制造商在选择供应商时充分考虑了伙伴的合作态度, 但供应商为了降低其成本, 存在偏离合作的倾向。

假设在两阶段的供应链中, 制造商为供应链的第一阶段, 供应商为供应链的第二阶段, 制造商的订货提前期(产品从供应商运往制造商所需的时间)为 L_1, 供应商的生产提前期为 L_2。制造商和供应商都采用订货点法进行库存管理, 双方选择订货点 s, 在每期内, 事件发生的先后顺序为: 1) 产品到达各阶段的仓库; 2) 发出定单; 3) 需求产生; 4) 支付保管和缺货费用。本文研究制造商与其一个供应商之间的库存博弈。

对模型作以下假设:

1) 假设制造商面临的需求是随机的, 但每期的需求是独立的。设需求 D 为均值为 μ 的随机变量, 其密度函数为 $f(x)$, 分布函数为 $F(x)$, 并且 $F(x)$ 是连续、递增、可微分的。令 D^{τ} 表示在 τ 个时期内的总需求变量, μ^{τ} 表示在 τ 个时期内的总需求的均值, $f^{\tau}(x)$ 和 $F^{\tau}(x)$ 分别表示在 τ 个时期内的总需求的密度函数和分布函数。

2) 假设固定订货成本忽略不计, 只考虑库存保管成本和缺货成本。无法及时满足的需求可以延期交付, 但每单位产品将产生缺货费 p, 其中制造商的损失费用 αp, 供应商的损失为 $(1-\alpha)p$ $(0<\alpha<1)$, α 规定了缺货费用在制造商与供应商之间的分

配关系。

3) 供应商的每期每单位库存的保管费为 h_2，制造商每期每单位库存的保管费为 $h_2 + h_1$，($h_2 > 0$，$h_1 \geqslant 0$)，从供应商发出的尚未到达制造商的在途库存的保管费由供应商承担。

4) 设 IL_{2t} 为 t 期末供应商的供应链库存(echelon inventory level)，等于供应商的现有库存与制造商的现有库存及从供应商转移到制造商的在途库存之和与缺货量之差；IP_{2t} 为 t 期需求发生之前供应商的供应链库存状况(echelon inventory position)，等于需求发生之前的供应链库存与在制品库存之和；$\overline{IL}_{2t}$ 为 t 期末供应商的局部库存(local inventory level)；$\overline{IP}_{2t}$ 为 t 时期需求发生之前供应商的局部库存状况(local inventory position)，等于需求发生之前的局部库存与在制品库存之和。设 IL_{1t} 为 t 期末制造商的供应链库存，等于制造商的实际现有库存与缺货量之差，等于局部库存 $\overline{IL}_{1t}$；IP_{1t} 为 t 期需求发生之前制造商的供应链库存状况，等于需求发生之前的供应链库存与供应商已发出但尚未入库的在途库存之和；$\overline{IP}_{1t}$ 为 t 时期需求发生之前制造商的局部库存状况值，等于需求发生之前的局部库存与供应商已发出但尚未入库的在途库存之和。图 1 表示了各库存之间的关系和界定。

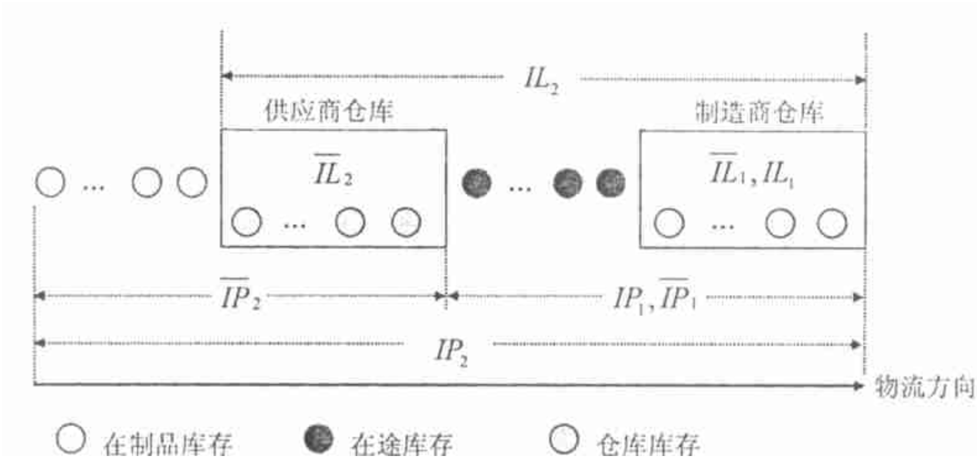

图 1　供应链库存关系

3　供应链库存最优方案

供应链库存最优方案是使供应链每期发生的总成本达到最低的库存策略。供应链每期的保管成本与缺货成本之和为 $C_{Tt} = h_2 IL_{2t} + h_1 IL_{1t} + (p + h_1 + h_2) B_t$，其中 B_t 为 t 时期的缺货量。令 $\hat{C}_1^0(IL_{1t})$ 为第 t 期制造商的库存总成本，定义 $\hat{C}_1^0(IL_{1t}) = h_1[IL_{1t}]^+ + (h_2 + p)[IL_{1t}]^-$，其中，$[IL_{1t}]^+ = \max\{0, IL_{1t}\}$，$[IL_{1t}]^- = \max\{0, -IL_{1t}\}$。令 $C_1^0(y)$ 为制造商每期的总成本的期望值，则

$$C_1^0(y) = E[\hat{C}_1^0(y - D^{L_1})]$$

$$= h_1(y - \mu^{L_1}) + (h_1 + h_2 + p)\int_y^{\infty}(x - y) f^{L_1}(x)\,dx \tag{1}$$

令 $C_1^{0'}(y) = h_1 + (h_1 + h_2 + p)[-1 + F^{L_1}(y)] = 0$，得极值点 s_1^0，s_1^0 满足式子

$$F^{L_1}(s_1^0) = \frac{h_2 + p}{h_1 + h_2 + p} \tag{2}$$

又因为 $C_1^{0''}(s_1^0) = (h_1 + h_2 + p) f^{L_1}(s_1^0) > 0$，因此 s_1^0 为 $C_1^0(y)$ 极小值点，由于 $C_1^0(y)$ 为凸函数，且存在唯一的极小值点，则 s_1^0 是 $C_1^0(y)$ 的最小值点。

定义 $C_1^{01}(y) = \begin{cases} C_1^0(s_1^0) & y \leqslant s_1^0 \\ C_1^0(y) & 其它 \end{cases}$，$C_1^{02}(y) = C_1^0(y) - C_1^{01}(y)$。令 $\hat{C}_2^0(IL_{2t})$ 为第 t 期供应商所承担的总成本，定义 $\hat{C}_2^0(IL_{2t}) = h_2 IL_{2t} + C_1^{02}(IL_{2t})$，其中，$C_1^{02}(IL_{2t})$ 表示当供应商的现有库存不足以使制造商的库存状态值补充至 s_1^0，即 $IL_{2t} < s_1^0$ 时，制造商的保管与缺货成本的增加值的期望值，这一部分成本的增加值由供应商承担。

令 $C_2^0(y)$ 为供应商每期的总成本的期望值，则

$$C_2^0(y) = E[\hat{C}_2^0(y - D^{L_2})] = h_2\int_0^{\infty}(y - x) f^{L_2}(x)\,dx + h_1\int_{y - s_1^0}^{\infty}[(y - z)F^{L_1}(y - z) -$$

$$\int_0^{y-z} xf^{L_1}(x)dx]f^{L_2}(z)dz + (h_2 + p)\int_{y-s_1^0}^{\infty}[\int_{y-z}^{\infty} xf^{L_1}(x)dx + (y-z)F^{L_1}(y-z) - (y-z)]f^{L_2}(z)dz - C_1^0(s_1^0) \quad (3)$$

由上式可求得 $C_2^0(y)$ 的最小值点 s_2^0, s_2^0 满足以下等式:

$$\int_{s_2^0-s_1^0}^{\infty} f^{L_2}(x)F^{L_1}(s_2^0-x)dx = \frac{p-(p+h_2)F^{L_2}(s_2^0-s_1^0)}{h_1+h_2+p} \quad (4)$$

对供应链总成本求期望值

$$E[h_2IL_2 + h_1IL_1 + (p+h_1+h_2)B] = E[h_2IL_2 + C_1^0(IP_1)] \quad (5)$$

因为 $IP_1 \leqslant IL_2$, 并且 $C_1^{02}(y)$ 为非增函数, 因此

$$C_1^0(IP_1) = C_1^{01}(IP_1) + C_1^{02}(IP_1) \geqslant C_1^{01}(IP_1) + C_1^{02}(IL_2) \quad (6)$$

将以上不等式代入供应链总成本期望函数, 得

$$E[h_2IL_2 + h_1IL_1 + (p+h_1+h_2)B] \geqslant E[C_1^{01}(IP_1) + h_2IL_2 + C_1^{02}(IL_2)] = C_1^{01}(IP_1) + C_2^0(IP_2) \geqslant C_1^0(S_1^0) + C_2^0(s_2^0) \quad (7)$$

因此, (s_1^0, s_2^0) 为供应链库存最优方案, 当制造商的订货点设置为 $\bar{s}_1^0 = s_1^0$、供应商的订货点设置为 $\bar{s}_2^0 = s_2^0 - \bar{s}_1^0$ 时, 供应链的总成本达到最小。

4 非合作情况下的库存博弈

在库存非合作博弈中, 在给定对方库存策略的情况下, 当供应商和制造商没有任何一方有积极性选择其他库存策略, 从而没有一方有积极性打破这种均衡时, 博弈达到均衡。[10]

在库存博弈中, 制造商与供应商同时选择订货点 $\bar{s}_1$ 与 $\bar{s}_2$, $\bar{s}_1$ 与 $\bar{s}_2$ 构成一策略组合 $(\bar{s}_1, \bar{s}_2)$, 其中 $\bar{s}_1$ 为制造商的订货点, $\bar{s}_2$ 为供应商的订货点, 模型的其它参数均为已知。定义 $C_1(\bar{s}_1, \bar{s}_2)$ 为制造商每期的总成本的期望值, $C_2(\bar{s}_1, \bar{s}_2)$ 为供应商每期的总成本的期望值, 制造商的最优反应函数与供应商的策略 $\bar{s}_2$ 相关, 供应商的最优反应函数与制造商的策略 $\bar{s}_1$ 相关, 即

$$\bar{r}_1(\bar{s}_2) = \{\bar{s}_1 \in \sigma \mid C_1(\bar{s}_1, \bar{s}_2) = \min_{x\in\sigma} C_1(x, \bar{s}_2)\}$$

$$\bar{r}_2(\bar{s}_1) = \{\bar{s}_2 \in \sigma \mid C_2(\bar{s}_1, \bar{s}_2) = \min_{x\in\sigma} C_2(\bar{s}_1, x)\}$$

其中, $\bar{r}_1(\bar{s}_2)$ 为在供应商采取策略 $\bar{s}_2$ 的条件下, 制造商的最优反应函数; $\bar{r}_2(\bar{s}_1)$ 为在制造商采取策略 $\bar{s}_1$ 的条件下, 供应商采取的最优反应函数, 设纳什均衡为 $(\bar{s}_1^{\prime}, \bar{s}_2^{\prime})$, $\bar{s}_1^{\prime} \in \bar{r}_2)\bar{s}_1^{\prime})$, $\bar{s}_2^{\prime} \in \bar{r}_1(\bar{s}_2^{\prime})$。

4.1 制造商与供应商的成本函数

在每一期内, 制造商的每单位库存的保管成本为 $h_1 + h_2$, 每单位缺货的费用为 αp, 定义 $\tilde{C}_1(IL_{1t})$ 为 t 期制造商的总成本, 则

$$\tilde{C}_1(IL_{1t}) = (h_1+h_2)[IL_{1t}]^+ + \alpha p[IL_{1t}]^- = (h_1+h_2)IL_{1t} + (h_1+h_2+\alpha p)[IL_{1t}]^- \quad (8)$$

定义 $C_1(y)$ 为制造商每期的总成本的期望值, 则

$$C_1(y) = E[\tilde{C}_1(y-D^{L_1})] = (h_1+h_2)(y-\mu^{L_1}) + (h_1+h_2+\alpha p)\int_y^{\infty}(x-y)f^{L_1}(x)dx \quad (9)$$

制造商的实际期望成本不仅取决于其自身的库存策略, 同时也受供应商的库存策略的影响。在 $t-L_2$ 时期, 在供应商发出生产计划后, 供应商的局部库存状况值等于 $\bar{s}_2$, 当 $\bar{s}_2 > D^{L_2}$ 时, 供应商能够立即满足制造商的定单, 因此, $\overline{IP}_{1t} = \bar{s}_1$; 当 $\bar{s}_2 < D^{L_2}$ 时, 供应商无法及时满足制造商的定单需求, $\overline{IP}_{1t} = \bar{s}_1 + \bar{s}_2 - D^{L_2}$。因此,

$$C_1(\bar{s}_1, \bar{s}_2) = E[C_1(\min\{\bar{s}_1 + \bar{s}_2 - D^{L_2}, s_1\})] = \int_{\bar{s}_2}^{\infty} C_1(\bar{s}_1 + \bar{s}_2 - x)f^{L_2}(x)dx + C_1(\bar{s}_1)F^{L_2}(\bar{s}_2) \quad (10)$$

令 $\tilde{C}_2(IL_{1t})$ 为供应商在 t 期的实际缺货成本, 则 $\tilde{C}_2(IL_{1t}) = (1-\alpha)p[IL_{1t}]^-$; 令 $C_2(y)$ 表示供应商每期的缺货成本的期望值, 则 $C_2(y) = E[\tilde{C}_2(y-D^{L_1})] = (1-\alpha)p\int_y^{\infty}(x-y)f^{L_1}(x)dx$; 令 $\tilde{C}_2(\bar{s}_1, x)$ 表示供应商在第 t 期的实际总成本, 则 $\tilde{C}_2(\bar{s}_1, x) = h_2\mu^{L_1} + h_2[x]^+ + C_2(\bar{s}_1 + \min\{x, 0\})$。对 $\tilde{C}_2(\bar{s}_1, x)$ 求期望值, 得

$$C_2(\bar{s}_1, \bar{s}_2) = E[\tilde{C}_2(\bar{s}_1, \bar{s}_2 - D^{L_2})] = h_2\mu^{L_1} + h_2\int_0^{\bar{s}_2}(\bar{s}_2 - x)f^{L_2}(x)dx + F^{L_2}(\bar{s}_2)C_2(\bar{s}_1) + \int_{\bar{s}_2}^{\infty} C_2(\bar{s}_1 + \bar{s}_2 - x)f^{L_2}(x)dx \quad (11)$$

在上式中, 等式右边第 1 项表示从供应商运往制造商的在途库存的保管成本的期望值; 第 2 项表示供应商处的实际库存的保管成本的期望值; 第 3、4 项表示供应商的缺货成本的期望值。

4.2 库存博弈纳什均衡

制造商与供应商均采用订货点库存检查法, 即每期检查自己的现有库存及已定购(生产)但尚未入库的在途库存(在制品库存), 并将其补充至某一水平。

分别对 $C_2(\bar{s}_1, \bar{s}_2)$ 和 $C_1(\bar{s}_1, \bar{s}_2)$ 求关于 $\bar{s}_2$ 和 $\bar{s}_1$ 的二次导数, 得 $\frac{\partial^2 C_2(\bar{s}_1, \bar{s}_2)}{\partial \bar{s}_2^2} > 0$, $\frac{\partial^2 C_1(\bar{s}_1, \bar{s}_2)}{\partial \bar{s}_1^2} > 0$, 因此, $C_2(\bar{s}_1, \bar{s}_2)$ 和 $C_1(\bar{s}_1, \bar{s}_2)$ 分别是 $\bar{s}_2$ 和 $\bar{s}_1$ 的严格凸函数。由 $\frac{\partial C_1(\bar{s}_1, \bar{s}_2)}{\partial \bar{s}_1} = 0$ 和 $\frac{\partial C_2(\bar{s}_1, \bar{s}_2)}{\partial \bar{s}_2} = 0$, 得库存博弈的纳什均衡 $(\bar{s}_1^l, \bar{s}_2^l)$ 满足条件:

$$\begin{cases} F^{L_1}(\bar{s}_1^l) = \dfrac{-(h_1 + h_2)}{(h_1 + h_2 + \alpha p) F^{L_2}(\bar{s}_2^l)} + \dfrac{h_2 + (1+\alpha) p}{(1+\alpha) p} \\ \displaystyle\int_{\bar{s}_2^l}^{\infty} F^{L_1}(\bar{s}_1^l + \bar{s}_2^l - x) f^{L_2}(x)\,dx = \dfrac{(1-\alpha) p - [(h_2 + (1-\alpha) p] F^{L_2}(\bar{s}_2^l)}{(1-\alpha) p} \end{cases} \tag{12}$$

4.3　非合作博弈纳什均衡与供应链库存最优方案的比较

在供应链合作条件下, 供应商和制造商的订货点组合 $(\bar{s}_1^0, \bar{s}_2^0)$, 供应链总成本达到最低。在非合作条件下, 供应商与制造商进行库存博弈, 达到纳什均衡 $(\bar{s}_1^l, \bar{s}_2^l)$。假设 $\bar{s}_1^l = \bar{s}_1^0, \bar{s}_2^l = \bar{s}_2^0$, 由 $\bar{s}_2^l = \bar{s}_2^0$, 可得 $F^{L_2}(\bar{s}_2^l) = F^{L_2}(\bar{s}_2^0) = \frac{(h_1 + h_2)(1-\alpha) p}{(1-\alpha) p h_1 + (h_1 + h_2 + p) h_2}$, 将其代入(12)式中, 可求得 $F^{L_1}(\bar{s}_1^l) = \frac{\alpha p}{h_1 + h_2 + \alpha p}$, 由于 $F^{L_1}(\bar{s}_1^l) = \frac{\alpha p}{h_1 + h_2 + \alpha p} \neq \frac{h_2 + p}{h_1 + h_2 + p} = F^{L_1}(\bar{s}_1^0)$, 即 $\bar{s}_1^l \neq \bar{s}_1^0$, 因此, $\bar{s}_1^l = \bar{s}_1^0, \bar{s}_2^l = \bar{s}_2^0$ 的假设不成立。在非合作条件下, 供应商与制造商进行库存策略博弈, 博弈的均衡解偏离最优解, 因此, 在库存博弈的情况下, 供应链不可能达到最优, 供应链成本高于合作情况。

5　库存合约设计

制造商与供应商之间的竞争降低了供应链的效率, 增加了供应链的成本。因此, 有必要设计库存合约, 通过双方的合作来降低供应链的成本, 实现供应链的最优化。合理的库存合约必须能够使供应商和制造商同时选择 $(\bar{s}_1^0, \bar{s}_2^0)$ 作为其库存策略, 并且使双方的效用同时达到最优化, 从而使双方不会有偏离均衡的倾向, 一旦有偏离行为, 将造成自身效用的削减。由于 $(\bar{s}_1^0, \bar{s}_2^0)$ 不可能成为库存非合作博弈的均衡结果, 因此只有设计合理的库存合约, 来消除双方偏离供应链最优策略的动机。

假设双方都采用订货点库存策略和转移支付合约, 合约参数为 (h, θ_1, θ_2), 在 t 时期内, 从制造商向供应商的转移支付为

$$h\bar{I}_{2t} + \theta_1 B_{1t} - \theta_2 B_{2t} (h \geqslant 0, \theta_1 \geqslant 0, \theta_2 \geqslant 0)$$

其中 $\bar{I}_{2t}$ 为供应商在 t 时期的现有库存, B_{1t} 为制造商向客户延期交货的产品的数量, B_{2t} 为供应商向制造商延迟交货的产品数量。定义 $C_1^T(y)$ 为由制造商缺货所引起的从制造商向供应商的转移支付的期望值, 则

$$C_1^T(y) = E[\theta_1[y - D^{L_1}]^-] = \theta_1 \int_y^{\infty} (x - y) f^{L_1}(x)\,dx \tag{13}$$

定义 $C^T(\bar{s}_1, \bar{s}_2)$ 为每期制造商向供应商的转移支付的期望值, 则

$$C^T(\bar{s}_1, \bar{s}_2) = E[h[\bar{s}_2 - D^{L_2}]^+ - \theta_2[\bar{s}_2 - D^{L_2}]^- + C_1^T(\bar{s}_1 + \min\{0, \bar{s}_2 - D^{L_2}\})] = h(\bar{s}_2 - \mu^{L_2}) + (h - \theta_2)\int_{\bar{s}_2}^{\infty}(x - \bar{s}_2) f^{L_2}(x)\,dx + F^{L_2}(\bar{s}_2) C_1^T(\bar{s}_1) + \int_{\bar{s}_2}^{\infty} C_1^T(\bar{s}_1 + \bar{s}_2 - x) f^{L_2}(x)\,dx \tag{14}$$

令 $C_1^T(\bar{s}_1, \bar{s}_2)$ 为转移支付后制造商的成本函数, $C_2^T(\bar{s}_1, \bar{s}_2)$ 为转移支付后供应商的成本函数, 则 $C_1^T(\bar{s}_1, \bar{s}_2) = C_1(\bar{s}_1, \bar{s}_2) + C^T(\bar{s}_1, \bar{s}_2)$, $C_2^T(\bar{s}_1, \bar{s}_2) = C_2(\bar{s}_1, \bar{s}_2) - C^T(\bar{s}_1, \bar{s}_2)$。假设该博弈的纳什均衡为 $(\bar{s}_1^T, \bar{s}_2^T)$, 激励合约设计的目的在于设计一组合约 (h, θ_1, θ_2), 使其满足 $\bar{s}_1^T = \bar{s}_1^0, \bar{s}_2^T = \bar{s}_2^0$, 从而使双方博弈达到纳什均衡时, 供应链总成本达到最小。

考虑转移支付的制造商和供应商的成本函数分别对其自身战略求一次导数, 并令其等于零, 得

$$F^{L_2}(\bar{s}_2)(C_1'(\bar{s}_1) + C_1^{T'}(\bar{s}_1)) + \int_{\bar{s}_2}^{\infty} f^{L_2}(x)[C_1'(\bar{s}_1 + \bar{s}_2 - x) + C_1^{T'}(\bar{s}_1 + \bar{s}_2 - x)]\,dx = 0 \tag{15}$$

$$-\theta_2 + (h_2 - h + \theta_2) F^{L_2}(\bar{s}_2) + \int_{-\infty}^{\bar{s}_2} f^{L_2}(x)[C_2'(\bar{s}_1 + \bar{s}_2 - x) - C_1^{T'}(\bar{s}_1 + \bar{s}_2 - x)]\,dx = 0 \tag{16}$$

已知在供应链库存最优方案中, 供应商成本函数的一阶导数满足公式(4), 根据公式(15)、(16)、(4), 得

$$\begin{cases} \theta_1 = (1-\alpha) p \\ \theta_2 = \dfrac{(h_2 - h) F^{L_2}(s_2^0 - s_1^0)}{1 - F^{L_2}(s_2^0 - s_1^0)} \end{cases} \tag{17}$$

同时 $C_1^T(\bar{s}_1, \bar{s}_2)$ 和 $C_1^T(\bar{s}_1, \bar{s}_2)$ 应满足凸函数条

件, 由$\frac{\partial^2 C_1^T(\bar{s}_1, \bar{s}_2)}{\partial \bar{s}_1^2} > 0$, 得

$$[h_1 + h_2 + \alpha p + \theta_1][F^{L_2}(\bar{s}_2) f^{L_1}(\bar{s}_1) + \int_{\bar{s}_2}^{\infty} f^{L_2}(x) f^{L_1}(\bar{s}_1 + \bar{s}_2 - x)dx] > 0 \quad (18)$$

在上式中, $F^{L_2}(\bar{s}_2) f^{L_1}(\bar{s}_1) > 0$, $\int_{\bar{s}_2}^{\infty} f^{L_2}(x) f^{L_1}(\bar{s}_1 + \bar{s}_2 - x)dx > 0$, $h_1 + h_2 + \alpha p + \theta_1 > 0$, 因此, $C_1^T(\bar{s}_1, \bar{s}_2)$ 为 $\bar{s}_1$ 的凸函数。由 $\frac{\partial^2 C_2^T(\bar{s}_1, \bar{s}_2)}{\partial \bar{s}_2^2} > 0$, 得

$$\{h_2 - h + \theta_2 + [(1 - \alpha)p - \theta_1][1 - F^{L_1}(\bar{s}_1)]\} f^{L_2}(\bar{s}_2) + [(1 - \alpha)p - \theta_1]\int_{\bar{s}_2}^{\infty} f^{L_1}(\bar{s}_1 + \bar{s}_2 - x) f^{L_2}(x)dx > 0 \quad (19)$$

将公式(17) 式代入(19) 式, 得

$$(h_2 - h + \theta_2) f^{L_2}(\bar{s}_2) > 0 \quad (20)$$

因此, $C_2^T(\bar{s}_1, \bar{s}_2)$ 为 $\bar{s}_2$ 的凸函数的充要条件为

$$h_2 - h + \theta_2 > 0 \quad (21)$$

由公式(17) 可知 $h_2 \geqslant h$, 因此(21) 成立, $C_2^T(\bar{s}_1, \bar{s}_2)$ 为 $\bar{s}_2$ 的凸函数。

因此, 当库存合约(h, θ_1, θ_2) 满足以下条件

$$\begin{cases} \theta_1 = (1 - \alpha)p \\ \theta_2 = \dfrac{(h_2 - h) F^{L_2}(\bar{s}_2^0)}{1 - F^{L_2}(\bar{s}_2^0)} \end{cases}$$

其中 $0 < \alpha < 1$, $\theta_1 \geqslant 0$, $\theta_2 \geqslant 0$, $0 \leqslant h \leqslant h_2$ 时, 库存博弈的纳什均衡为供应链库存的最优方案, 供应链可以实现库存的最优化。

6 结论

供应链优化从供应链整体角度进行决策, 由于供应链是由不同企业组成的, 因此, 供应链优化问题面临着成员之间的利益分配问题。本文分析了制造商与其供应商之间的供应链最优库存策略和在非合作情况下的库存策略, 通过设计有效的转移支付合约, 证明供应链可以实现库存的最优化。

参考文献:

[1] Dong Yan, Carter, Craig R. , Dresner, Martin E. . JIT purchasing and performance: an exploratory analysis of buyer and supplier perspectives[J]. Journal of Operations Management, 2001, 19(4): 471- 483.

[2] González - Benito, Javier, Suárez - González, Isabel, Spring, Martin. Complementarities between JIT purchasing practices: An economic analysis based on transaction costs [J]. International Journal of Production Economics, 2000, 67(3): 279- 293.

[3] Sila Cetinkaya, Chung- Yee Lee. Stock replenishment and shipment scheduling for vendor- managed inventory systems[J]. Management Science, 2000, 46(2): 217- 232.

[4] Dong Yan, Xu Kefeng. A supply chain model of vendor managed inventory[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2002, 38(2): 75- 95.

[5] 邵晓峰, 黄培清, 季建华. 供应链中供需双方合作批量模型的研究[J]. 管理工程学报, 2001(4): 54- 57.

[6] Charles L Munson, Meir J. Rosenblatt. Coordinating a three- level supply chain with quantity discounts[J]. IIE Transactions, 2001, (33): 371- 384.

[7] Hau Lee, Seungjin Whang. Decentralized multi- echelon supply chains: Incentives and information[J]. Management Science, 1999, 45(5): 633- 639.

[8] Gerard P. Cachon, Paul H. Zipkin. Competitive and Cooperative inventory policies in a two- stage supply chain[J]. Management Science, 1997, 45(7): 936- 953.

[9] Fangruo Chen. Decentralized supply chains subject to information delays[J]. Management science, 1999, 45(8): 1076- 1090.

[10] 张维迎. 博弈论与信息经济学[M]. 上海: 上海三联书店, 1996.

Research on Supply Chain Inventory Contract

SHAO Xiao- feng, JI Jian- hua, HUANG Pei- qing

(School of Management, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200052, China)

Abstract: The papev analyzes and compares supply chain optimal inventory strategies and inventory strategies under noncooperative situations between manufacturer and its supplier. Inventory contracts are designed. It demonstrates that supply chain inventory optimization can be realized through effective transfer payment contract by the manufacturer.

Key words: supply chain management; inventory optimization; inventory contract