文章编号: 1003- 207(2005)06- 0023- 06

时变需求环境下供应链缺货时点与补货次数优化研究

柳 键

(江西财经大学信息管理学院, 南昌 330013)

摘 要: 本文基于博弈模型, 研究在时变需求和无替代供应源的环境下供需双方缺货时点和补货次数的纳什均衡问题, 并通过算例, 具体分析了供需之间的关系, 主要结论有: 配送商的补货次数越大, 零售商库存成本越小; 补货次数优化后零售商与配送商的库存成本明显下降。

关键词: 时变需求; 无替代供应源; 库存决策; 缺货时点; 补货次数

中图分类号: F830; C931 文献标识码: A

1 引言

大量的库存模型都是在静态环境下构建的, 即假设需求在一定的计划期内是均匀的或平稳的。然而, 常数或平稳需求的假设仅仅对产品的成熟期可能才有效。即使是在产品的成熟期, 需求量也可能与时间关联。Donaldson(1977) 是第一位定量研究时变需求情形下库存决策问题的学者[1]。他在线性增加时变需求的假设条件下, 构建了补货量和补货时间最优化的解析模型, 其求解的基本过程是: 首先通过解析式确定最优的补货的次数, 然后依此再确定补货时间。由于文献[1] 的模型求解比较复杂, 许多学者对模型求解算法作了深入研究。Horiga(1993) 直接用迭代方法求解原模型[2]。这种方法的缺陷是: 当需求率函数比较复杂时, 求解十分困难, Lo 和 Tasi(2002) 提出了另一种模型求解方法——两方程法[3]; 给定补货周期的次数, 由一方程确定最优的补货时间, 然后再由另一方程确定最优的补货次数。需求率函数的复杂程度并不影响该方法的有效性, 因而该方法可应用于需求率函数比较复杂的库存系统。郑惠莉, 达庆利(2003) 提出了一种需求和采购价均为时变的 EOQ 模型[4], 证明了该模型的总库存成本目标函数在给定条件下为凸函数, 给出了寻求最佳采购次数及服务水平的算法, 并对该模型进行了数值仿真和灵敏度分析。Angelus 和 Porteus(2002) 在需求分布随时间变化的假设条件下研究了有能力约束的库存与能力决策问题[5]。他们讨论了两种情形: 一种是当期存货不允许积压到下期销售, 即只能在当期进行处理, 或在另一个二级市场上降价销售, 并且过剩需求将被损失; 另一种是允许当期存货在下一期销售, 过剩需求由后期补足。通过模型分析, 他们得到了时间依存的最优库存水平和生产能力。有些学者研究了在时变需求环境下易耗品库存决策问题。Sark, Jamal 和 Wang(2000) 在时变需求和通货膨胀的情形下研究了易耗品的库存决策优化问题[6]。并且, 他们假设允许缺货且可延期支付。罗兵, 杨帅, 熊中楷(2005) 基于需求和采购价均为时变的 EOQ 模型[7], 进一步考虑时变短缺量拖后率以及资金时间价值等因素对变质物品库存管理的影响, 建立了相应的 EOQ 模型。采用 Mathematica4.1 对模型进行仿真寻优和主要参数的灵敏度分析, 结果显示, 最优解存在且库存系统的各参数对最优库存控制策略有不同程度的影响。基于上述假设, 该文构建了系统库存成本的数学表达式, 然后通过搜索法得到最优的订货量和最大允许缺货, 同时分析了其他有关参数对这些决策变量的优化值的影响。Chung 和 Tsai(2001) 在线性趋势需求易耗品库存模型中考虑了货币时间价值, 库存成本包括采购成本、订货成本、仓储成本和缺货成本和损耗成本[8]。由于货币时间价值的影响, 各种类型的成本是各期成本贴现之和。该文由此得到

收稿日期: 2005- 05- 21; 修订日期: 2005- 10- 21

基金项目: 江西省社会科学研究"十五"(2005 年) 规划项目(05yj17); 江西财经大学校级课题

作者简介: 柳键(1964-), 男(汉族), 管理科学与工程博士, 江西财经大学信息管理学院教授, 研究方向: 供应链与物流管理.

一个与补货周期数和缺货时间相关的贴现总成本,并提出了最优补货周期数和缺货时间的求解算法。

从上述研究文献来看,有关时变需求环境下库存问题的研究仅限于单个企业的库存决策,并未涉及供需双方决策的相互影响。而供需之间库存决策相互影响是供应链管理的重要内容,其模型方法与单个企业的库存决策的模型方法有很大不同。本文研究与上述研究文献不同之处是将时变需求引入供应链库存决策中,并基于博弈理论和数理模型推导得到供需缺货时点和补货次数的纳什均衡,同时通过算例计算分析了供需双方缺货时点、补货次数的相互影响。

2 模型假设及供需博弈关系

本文考虑由一个配送商和一个零售商所构成的两阶供应链。为了开发库存系统的数学模型,本文引入如下假设:

(1) 零售商在单位时间内所面对的顾客需求函数为[9]: $d(t) = a + bt,\ a \geqslant 0$。

(2) 库存成本绩效的评价在一个计划期内进行考察。计划期长度为 H。

(3) 零售商采取等周期补货,补货周期为 l,补货次数为 n,且提前期很短,以至于可忽略不计。

(4) 当零售商的顾客需求量超过其存货持有量时,缺货发生,需求量由后续补货来满足,但在最后一期不允许缺货。单位时间内单位存货持有成本为 h_r,单位时间内单位缺货惩罚成本为 p_r。

(5) 配送商的补货周期为零售商的整数倍,补货次数为 m。由于配送商采取完全等周期补货会导致其对补货次数和补货周期的选择受到很大的限制,所以笔者假设配送商采取两段等周期补货策略,即前 m_1 期为等周期,均为零售商补货周期的 $k+1$ 倍,后 m_2 期的补货周期为零售商补货周期的 k 倍。由此可知,$k = [n/m]$,$m_1 = n - km$,$m_2 = m - m_1$,其中$[x]$ 为 x 的取整函数,即小于或等于 x 的最大整数。由于前后两段的周期倍数(即各补货期的需求批数)相同,所以笔者称之为两段等批补货模式。

(6) 当配送商缺货时,未满足的需求将在以后配送商到货中补足,且单位时间内单位缺货成本为 p_w,单位时间内单位持有成本为 h_w。

在无替代供应源的情况下,配送商的缺货对零售商的库存产生影响。另一方面,零售商的库存决策影响其订货量,从而影响配送商的库存。由此看来,配送商与零售商的库存决策存在互动关系。正是由于供需双方的这种互动关系,无替代供应源情形下的库存决策优化必须基于博弈理论进行分析,以确定配送商和零售商库存策略达到的均衡状态,也即纳什均衡[10,11]。研究非合作情形下供需双方的最优库存决策,关键在于找到供需之间博弈后所达到库存决策的纳什均衡。

假设供需双方的博弈过程如下:零售商首先声明其补货周期 l 或补货次数 n,配送商在零售商所声明的补货次数 n 给定后,确定其补货次数 m 和订货满足需求批数 r_j,最后零售商确定其缺货时点。由于配送商库存决策影响零售商的缺货时点,而缺货时点又影响零售商的订货量,乃至影响配送商自身的库存,所以配送商作库存决策时必须要考虑其决策所引起的零售商缺货时点的变化。因此,配送商依据零售商的最优缺货时点反应函数,即缺货时点选择战略,选取其周期倍数 k,即补货次数 m。由上述决策过程可以看出,零售商的补货次数对配送商补货次数和订货满足需求批数产生影响,而配送商对这些决策变量的选择反过来又影响零售商的缺货时点,因而配送商和零售商的库存决策是一个动态博弈过程。

3 在补货次数给定情形下缺货时点优化

当零售商与配送商的补货次数给定时,零售商与配送商均存在缺货时点的优化问题。在无替代供应源的情况下,供需双方的缺货时点相互影响,供需双方在优化其缺货时点必须考虑其决策对另一方的影响,同时又要考虑对方决策对其自身决策的影响。

零售商和配送商的库存状况见图1。我们假设配送商在其第 j 个周期内满足零售商第 r_j 周期的订货,从 r_j+1 周期开始缺货。因此零售商在时点 T_{r_j+1} 后需求将全部缺货,即从 r_j+1 周期到 $k_{j+1}-1$ 周期的订货全部短缺。如果零售商在 r_j+1 周期到 $k_{j+1}-1$ 周期订货,零售商实际上不能得到这几批的供货,还要承担很大的订货成本。为了减少订货成本,零售商会将 r_j+1 周期到 $k_{j+1}-1$ 周期订货与第 r_j 周期的订货合并,即在第 r_j 周期初同时订购第 r_j 到 $k_{j+1}-1$ 周期所需货物。也就是说零售商将在配送商的第 j 个周期内第 k_j 到 r_j 周期补货,该周期的补货次数为 r_j+1-k_j。所以零售商在计划期内实际补货次数为 $n_0 = \sum_{j=1}^{m}(r_j+1-k_j)$。注意到,零售商所声明的补货次数为 n,笔者称之为名义补货次数,此时补

货周期长度为 $l = H/n$。实际补货次数是供需双方博弈结果, 与名义补货次数会存在差异(因缺货期间补货合并)。

在无替代供应源情形下, 零售商的订货不一定得到满足, 即订货时所依据的缺货时点与实际缺货时点可能会不同, 所以笔者将缺货时点分为两种: 一种是订货所使用的缺货时点, 称为订货缺货时点(记为 t_i'), 它是订货决策的依据; 另一种是实际缺货时点(记为 t_i), 它依赖于实际到货的数量。只有当供方不缺货, 即实际到货量与需方的订货量相同, 此时订货缺货时点与实际缺货时点相同。

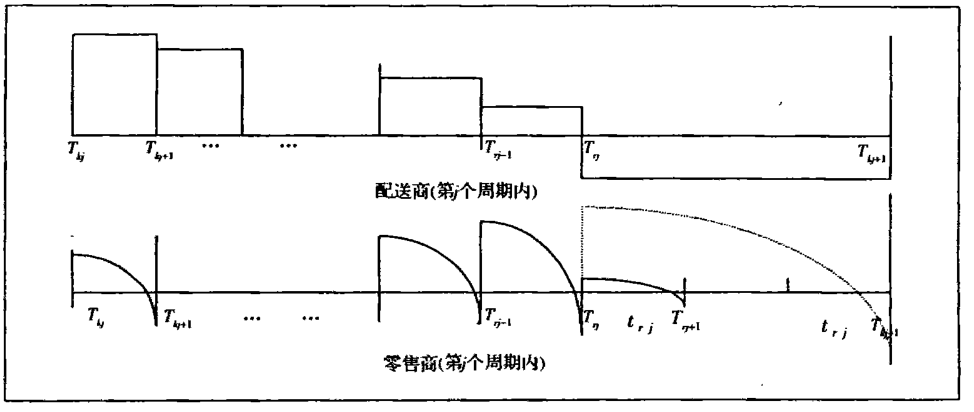

图 1　零售商与配送商库存示意图

根据库存示意图 1, 零售商的库存成本为

$$IC_r = n_0 c_r + \sum_{j=1}^{m}\{\sum_{i=k_j}^{r_j-1}[h_r\int_{T_i}^{t_i}(t-T_i)d(t)dt + p_r\int_{t_i}^{T_{i+1}}(T_{i+1}-t)d(t)dt] + h_r\int_{T_{r_j}}^{t_{r_j}}(t-T_{r_j})d(t)dt + p_r\int_{t_{r_j}}^{T_{k_{j+1}}}(T_{k_{j+1}}-t)d(t)dt\} \qquad (1)$$

其中 $T_i = (i-1)H/n$, $i = 1, 2, \cdots, n$

将(1) 式关于 t_i 求导, 并令其等于零可得零售商的最优订货缺货时点:

$$t_i' = \begin{cases} T_i + p_r/(h_r + p_r)H/n & k_j \leqslant i < r_j \\ T_{r_j} + p_r/(h_r + p_r)(k_{j+1} - r_j)H/n & i = r_j \end{cases} \qquad (2)$$

根据假设(5), k_j 由下式确定:

$$k_j = \begin{cases} (j-1)(k+1) + 1 & j \leqslant m_1 \\ n + 1 - (m - j + 1)k & j > m_1 \end{cases}$$

$(m_1 = n - km)$。　　(3)

因最后一期零售商与配送商都不允许缺货, 所以最后一期的零售商缺货时点为 $t_n = H$, 配送商最后满足的需求批数为 $r_m = n$。由(2) 式可看出, 配送商所选取的补货次数和订货满足需求批数 r_j 影响零售商的最优订货缺货时点。这表明, (2) 式是零售商对配送商的库存策略的反应函数, 也是零售商在缺货时点决策时所采取的最优战略。

由(2) 式确定的 k_j 期到 $r_j - 1$ 期的缺货时点是由零售商优化选择的, 是其订货缺货时点。由于这些补货期的需求量得到满足, 即订货量与到货量相同, 所以实际缺货时点即为订货缺货时点: $t_i = t_i'$。但在第 r_j 批需求时, 零售商的订货量包括两部分, 一部分是第 r_j 周期内的订货, 该批货得到满足; 另外一部分是零售商在 $r_j + 1$ 周期到 $k_{j+1} - 1$ 周期的需求量的提前订货, 由于配送商只满足第 r_j 批需求, 所以第二部分的订货短缺。因此, 在 r_j 批需求时, 即时点 T_{r_j} 处, 零售商的订货量有一部分缺货, 因而零售商的实际缺货时点比其选择的周期合并后订货缺货时点提前。由于配送商只满足第 r_j 批需求, 所以实际缺货时点 t_{r_j} 必在第 r_j 周期内, 即 t_{r_j} 必然小于或等于该周期末的时点 $T_{r_j+1} = r_j H/n$, 所以 t_{r_j} 应该为零售商的周期合并前订货缺货时点 t_{r_j}' 与周期末时点的较小者。综上所述, 零售商在配送商第 j 个补货周期内各期实际缺货时点为:

$$t_i = \begin{cases} (i-1)H/n + p_r/(h_r + p_r)H/n \\ k_j \leqslant i < r_j \\ \min\{(r_j - 1)H/n + p_r/(h_r + p_r)(k_{j+1} - r_j)H/n,\ r_j H/n\} \\ i = r_j \end{cases} \qquad (4)$$

下面分析配送商订货缺货时点的优化问题。据假设, 配送商的订货缺货时点为 T_{r_j+1}, 它取决于配送商订货满足需求批数 r_j。所以配送商缺货时点的优化关键在于订货满足需求批数 r_j 的优化。

在 k_j 到 $r_j - 1$ 期配送商不存在缺货, 所以只有持有成本。由于各期(第 i 期) 的需求量即零售商订

货量为$\int_{t_{i-1}}^{t_i} d(t)dt$, 因而第 i 批需求在配送商储存的持有成本为$h_w(T_i - T_{k_j})\int_{t_{i-1}}^{t_i} d(t)dt$。由于零售商在第 r_j 期初的订货包括两部分, 一部分是第 r_j 周期的订货, 订货量为$\int_{t_{r_j-1}}^{t_{r_j}} d(t)dt$, 这部分订货由配送商完全满足; 另一部分是从 r_j+1 周期到 $k_{j+1}-1$ 周期的订货, 其订货量为$\int_{t_{r_j}}^{t'_{r_j}} d(t)dt$, 该部分与第 r_j 周期的订货均在第 r_j 期初同时进行。由于配送商只满足零售商第 r_j 个周期的订货量, 所以第二部分的订货将全部短缺。所以配送商第 r_j 期包括两部分库存成本, 一部分是第 r_j 周期的订货在配送商的持有成本, 即 $h_w(T_{r_j} - T_{k_j})\int_{t_{r_j-1}}^{t_{r_j}} d(t)dt$; 另一部分是从 r_j+1 周期到 $k_{j+1}-1$ 周期的订货的缺货成本, 即 $p_w(T_{k_{j+1}} - T_{r_j})\int_{t_{r_j}}^{t'_{r_j}} d(t)dt$。

由上述分析, 并将 $T_i = (i-1)l$ 代入得到配送商的库存成本:

$$IC_w = mc_w + l\sum_{j=1}^{m-1}[h_w\sum_{i=k_j}^{r_j}(i-k_j)\int_{t_{i-1}}^{t_i} d(t)dt + p_w(k_{j+1}-r_j)\int_{t_{r_j}}^{t'_{r_j}} d(t)dt] + h_w l\sum_{i=k_m}^{n}(i-k_m)\int_{t_{i-1}}^{t_i} d(t)dt \qquad (5)$$

将(5)式关于 r_j 差分, 并令差分等于零得:

$$h_w(r_j+1-k_j)\int_{t_{r_j}}^{(r_j+1)H/n} d(t)dt + p_w(k_{j+1}-r_j-1)\int_{(r_j+1)H/n}^{t'_{r_j+1}} d(t)dt - p_w(k_{j+1}-r_j)\int_{r_jH/n}^{t'_{r_j}} d(t)dt = 0 \qquad (6)$$

其中

$t_{r_j} = (r_j-1)H/n + p_r/(h_r+p_r)H/n$, $t'_{r_j} = (r_j-1)H/n + p_r/(h_r+p_r)(k_{j+1}-r_j)H/n$, $t'_{r_j+1} = r_jH/n + p_r/(h_r+p_r)(k_{j+1}-r_j-1)H/n$.

利用Mathmatca3.0程序可求得方程(5)的数值解, 记为 r_j^*。由于方程解 r_j^* 不一定为整数, 所以 r_j 的最优值(记为 r_j^e)应取 r_j^* 的上整, 即 $r_j^e = \lceil r_j^* \rceil$。$r_j^e$ 为配送商在选择补货时点时的纳什均衡战略。将该结果代入(2)式得零售商缺货时点的纳什均衡结果。

4 配送商与零售商补货次数优化

根据前面所述的供需双方的决策过程, 零售商首先声明其补货次数即补货周期, 然后配送商确定其补货次数。因此, 配送商与零售商的补货次数优化的基本思路是: 首先在零售商的补货次数 n 给定的情况下优化配送商的补货次数 m, 由于配送商的补货次数只能取1到 n 的正整数, 可用穷举法找到 m 的最优值, 即在可能的取值范围搜索配送商补货次数的最优值, 使配送商库存成本最小; 由于零售商的名义补货次数将影响配送商补货次数和订货满足需求批数以及自身的缺货时点, 所以零售商根据配送商的最优库存策略和自身最优的缺货时点选取策略确定其最优的名义补货次数 n, 即在1到 H 的范围内搜索最优的零售商补货次数, 使零售商的库存成本最小。由于供需双方的补货次数对供需双方的缺货时点产生影响, 所以零售商与配送商的补货次数优化必需利用前文所得到的缺货时点优化结果, 即供需双方补货次数优化是包含缺货时点优化的决策过程。其基本的算法步骤如下:

步骤1 设定最小零售商库存成本变量 $MICR$, 并给其赋一个较大数;

步骤2 首先给零售商的补货次数 n 赋初值1;

步骤3 设定最小配送商库存成本变量 $MICW$, 并给其赋一个较大数;

步骤4 给配送商的补货次数 m 赋初值1;

步骤5 基于(2)和(3)式计算零售商订货缺货时点和实际缺货时点, 并由(6)式确定配送商订货满足需求批数;

步骤6 计算配送商库存成本 ICW, 并将其与 $MICW$ 比较, 如果 ICW 小于 $MICW$, 则将 ICW 的取值赋给 $MICW$, 并将配送商补货次数 m 的取值赋给最优配送商补货次数变量 ZM, 否则, 直接转下一步;

步骤7 当配送商补货次数 m 小于或等于 n, 给 m 加1, 然后重复步骤5, 否则输出 $MICW$ 和 ZM;

步骤8 基于补货次数 ZM 及相应的缺货时点计算零售商的库存成本 ICR, 并将其与最小零售商库存成本变量 $MICR$ 的取值比较, 如果 ICR 小于 $MICR$, 则将 ICR 的取值赋给 $MICR$, 并将 n 的取值赋给变量 ZN, 否则转下一步;

步骤9 当零售商补货次数小于或等于 H 时, 给 n 加1, 然后重复步骤3, 否则, 输出 $MICR$, ZN。

5　算例分析

5.1　缺货时点优化算例分析

参数取值为: $a = 10$, $b = 2$, $H = 100$, $c_r = 250$, $h_r = 0.2$, $p_r = 0.8$, $c_w = 500$, $h_w = 0.15$, $p_w = 0.3$。根据上述参数取值和第 3 部分的模型计算得到补货次数给定情形下缺货时点的优化结果(见表 1)。

表 1　缺货时点优化结果比较

零售商补货次数(n)		20		
配送商补货次数(m)		2	5	10
配送商补货需求批数		1, 11	1, 5, 9, 13, 17	1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19
零售商	缺货时点	4, 9, 14, 19, 24, 29, 34, 40, *, *, 54, 59, 64, 69, 74, 79, 84, 89, 94, 100	4, 9, 15, *, 24, 29, 35, *, 44, 49, 55, *, 64, 69, 75, *, 84, 89, 94, 100	4, 9, 14, 19, 24, 29, 34, 39, 44, 49, 54, 59, 64, 69, 74, 79, 84, 89, 94, 100
	实际补货次数	18	16	20
	库存成本	12552	12028.7	9544.67
配送商	订货满足需求批数	8, 20	3, 7, 11, 15, 20	2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20
	库存成本	42304.8	15724.8	9394.25
供应链库存成本		53146.0	26533.2	18509.95

注: 零售商的缺货时点与配送商订货满足需求批数是按各自补货期顺序排列的, 即数据所处的位置即为补货期数, 其中* 号表示该期未补货, 不存在缺货时点。

由表 1 可看出, 在无替代供应源情形下, 零售商的缺货时点受配送商补货次数的影响, 且由于订货量合并, 出现未补货周期, 因而在这些周期内也就不存在缺货时点; 当配送商的补货次数增大时, 零售商和配送商的库存成本减少, 这说明配送商的补货次数或补货周期对零售商的库存成本产生影响。此外, 零售商向配送商声明的补货次数, 即补货周期并非是实际补货次数。如当配送商补货次数为 5 时, 零售商的实际补货次数为 18, 而声明的补货次数为 20, 即有两期没有补货(第 9, 10 期), 其订货量并入第 7 期。在无替代供应源的情形下, 配送商的缺货时点决策直接影响零售商的库存, 而配送商的补货次数又对其缺货时点产生影响, 所以零售商的库存与配送商的补货次数或补货周期有关。如配送商的补货次数为 2, 5, 10 时, 零售商的库存成本分别为 12552, 12028.7, 9544.67。由此计算结果进一步可看出, 配送商的补货次数越大, 零售商库存成本越小。这表明, 配送商补货次数的决策影响零售商库存, 从而影响零售商对其补货次数的决策。

5.2　补货次数优化算例分析

依据第 4 部分的算法得到配送商与零售商的补货次数。计算结果见表 2。

由表 2, 零售商与配送商的最优补货次数为 19 和 14, 供需双方的补货次数相差不大。由表 2 可知, 经过补货次数优化, 即供需双方补货次数博弈后, 配送商将不会缺货, 这是因为当配送商缺货时, 零售商将其后续补货周期(在配送商的一个补货周期内)的订货合并, 即后续补货提前, 从而延长了配送商对零售商的后续补货的缺化时间, 大大增加了配送商的缺货成本, 所以配送商调整补货次数尽量降低其对零售商的缺货。由表 1 可知, 零售商补货次数为 20, 配送商补货次数为 2, 5, 10 时, 零售商库存成本分别为 12552, 12028.7, 9544.6, 配送商库存成本为 42304.8, 15724.8, 9394.3。而补货次数优化后零售商与配送商的库存成本分别为 9425.9, 8366.8。显然, 补货次数优化后零售商与配送商的库存成本明显下降。

表 2　补货次数与缺货时点优化结果

零售商补货次数 n	配送商补货次数 m	零售商缺货时点	配送商补货需求批数	配送商订货满足需求批数	零售商库存成本	配送商库存成本
19	14	4.2, 9.5, 14.7, 20.0, 25.3, 30.5, 35.8, 41.1, 46.3, 51.5, 56.8, 62.1, 67.4, 72.6, 77.9, 83.2, 88.4, 93.7, 100	1, 3, 5, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19	2, 4, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19	9425.9	8366.8

6 结语

本文在时变需求环境下研究了供需双方缺货时点和补货次数的博弈均衡问题, 分析了供应需之间的深层次关系, 主要结论如下: (1) 在无替代供应源的情形下, 配送商的补货次数对其缺货时点产生影响, 而配送商的缺货时点决策直接影响零售商的库存, 所以零售商的库存与配送商的补货次数或补货周期有关; 配送商的补货次数越大, 零售商库存成本越小。即配送商补货越频繁, 对零售商越有利。这表明, 配送商补货次数的决策影响零售商库存, 从而影响零售商对其补货次数的决策。(2) 补货次数优化后零售商与配送商的库存成本明显下降。由此看来, 补货次数对库存成本影响很大, 所以补货次数(即补货周期) 的优化显得格外重要。

在实际应用中, 由于环境不同, 模型参数的取值存在差异, 所以配送商补货次数对零售商补货次数的影响程度不同。此外, 补货次数优化后零售商与配送商的库存成本下降幅度也与模型参数的取值有很大关系, 企业要结合实际的参数取值进行补货次数决策。不过, 无论参数的取值如何, 本文概述的主要结论是成立的, 这对于任何企业的库存决策都具有一定的参考价值。

参考文献:

[1] Donaldson W. A. Inventory Replenishment Policy for a Linear Demand: an Analytical Solution[J]. Journal of the Operational Research Society, 1977, 32(1): 37- 42.

[2] Horiga M. The inventory Replenishment problem with a Linear Trend in Demand[J]. Computer Engineering, 1993, 24(1): 143- 150.

[3] Wen Yang Lo, Chih Hung Dsai, Rong Kwei Li. Exact Solution of Inventory Replenishment Policy for a Linear Trend in Demand: Two- equation Model[J]. Int. J. Production Economics, 2002, 76(1): 111- 120.

[4] 郑惠莉, 达庆利. 一种需求和采购价均为时变的EOQ模型[J]. 中国管理科学, 2003, 11(5): 26- 30.

[5] Alexandar Angelus, Evan Porteus. Simultaneous Capacity and Production Management of Short- life- cycle, Produce - to- stock Goods under Stochastic Demand[J]. Management Science, 2002, 48(3): 399- 413.

[6] Sarker B. L., Jamal A. M. M., Shaojun Wang. Supply Chain Models for Perishable Products under Inflation and Permissible Delay in Payment[J]. Computers & Operations Research, 2000, 27(2): 59- 75.

[7] 罗兵, 杨帅, 熊中楷. 短缺量拖后率、需求和采购价均为时变的变质物品EOQ模型[J]. 中国管理科学, 2005, 13(3): 44- 49.

[8] Chung K. J., Tsai S. F. Inventory Systems for Deteriorating Items with Shortages and Linear Trend in Demand- taking Account of Time Value[J]. Journal of Operation Research Society, 2001, 28(1): 915- 934.

[9] Mitra A., Cox J. F., Jesse R. R. A Note on Determining Order Quantities with a Linear Trend in Demand[J]. Journal of Operation Research Society, 1984, 35: 439- 442.

[10] 张维迎. 博弈论与信息经济学[M]. 上海三联书店, 上海人民出版社, 2001.

[11] Wolters H., Schuller F. Explaining Supplier- buyer Partnerships: a Dynamic Game Theory Approach[J]. Europe journal of Supply Management, 1997, 3(3): 155- 164.

Research on Optimization of Supply Chain Stock- Out Times and Reorder Frequency under Time- Varying Demand

LIU Jian

(School of Information Management, Jiangxi University of Finance & Economics, Nanchang 330013, China)

Abstract: Based on games model, this paper studies Nash equilibrium problem of supplier and buyer's stock- out times and reorder frequency under time- varying demand and no alternative source. Relation between supplier and buyer is analyzed based on numerical examples. Main conclusions are: the larger distributor's reorder frequency is, the smaller retailer's inventory cost is; retailer and distributor's inventory cost distinctly decreases by reorder frequency optimization.

Key words: time- varying demand; no alternative source; inventory decision- making; stock- out times; reorder frequency