

文章编号:1673-9469(2008)02-0082-05

零售商缺货时点优化协调机制研究

曹庆奎, 于兵, 严军花
(河北工程大学 经管学院, 河北 邯郸 056038)

摘要:在时变需求、等周期补货模式下构建了零售商与供应商的库存成本模型,通过研究构建的成本模型,发现零售商的缺货时点不仅影响自身的库存成本绩效,还影响到供应商和整个供应链的库存成本绩效;在零售商缺货时点、供应商订货满足需求批数局部优化的基础上,整体优化了零售商缺货时点,并在供需之间建立了一种成本共担协调机制以保证最优情形的实现。

关键词:等周期补货;缺货时点;订货满足需求批数;成本共担

中图分类号:F253.4

文献标识码:A

The study on optimized & coordinated mechanism on retail dealer lacking goods time - point

CAO Qing-kui, YU Bing, YAN Jun-hua

(School of Economics and Management, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China)

Abstract: This article has structured the stock cost models of retail dealer and supplier under the time - variable demand. It pointed that the lacking goods time - points of retail dealer not only affected itself also did affect the cost achievements of supplier and the supply chain. It has optimized the lacking goods time - points of retail dealer from the overall angle based on the partial optimization of the retail dealer lacking goods time - points and the supplier satisfied batch of ordering goods. At last, it structured a coordinated mechanism, called cost sharing, to guarantee the optimized situation.

Key words: cycles filling the goods pattern; lacking goods time - points; satisfied batch of ordering goods; cost sharing

库存管理是供应链管理的一个热点问题,此问题的妥善解决关系到供应链上节点企业及整个供应链的成本绩效、物资流动、牛鞭效应等问题的解决。该问题的研究是国内外学者研究的焦点之一。

国外学者 Monahan 基于计划需求量确定且均匀的假设,构建了一种利润最大化的数学模型^[1]; Z. Kevin Weng 基于博弈理论提出了协调情形下的最优订货与定价策略,分析了信息共享和风险态度对供需双方的库存管理成本绩效产生的影响^[2]; David 和 Chime 在需求确定的情形下,基于优化模型得出供应商的最优交货次数 n ,并在不同需求条件下分析了批对批生产模式的利弊^[3]; Viswannathan 和 Rajesh 通过优化公共补货期解决了一个供应商与多个零售商的供货问题^[4]。国内

学者邵晓峰等利用博弈理论研究了供需双方补货批量的优化问题^[5];刘永胜等通过优化公共补货期解决了多个零售商的随机需求问题,并提供一种价格折扣协调机制保证最优情形的实现^[6];柳键等分析了传统库存管理的局限性,提出供需双方从整体上优化库存管理的观念^[7];周小庄等研究了供应链中配送量不确定时,制造商和分销商的供货问题,通过构建双方的利润分配机制得出分销商最优订货决策^[8];李治文等针对一个制造商和一个销售商组成的二级供应链,构造了联合收益分配的讨价还价模型,并证明了供需双方实现“双赢”的条件^[9]。

本文在文献[3]和文献[7]的基础上,基于线性时变需求条件,整体优化了零售商的缺货时点

收稿日期:2008-01-14

基金项目:国家自然科学基金资助(60075013);河北省百名创新人才支持计划资助 特约专稿
作者简介:曹庆奎(1963-),男,河北乐亭人,博士研究生,教授,从事管理决策的理论与方法研究。

和供应商的订货满足需求批数,从而得到了等周期补货模式下的最优缺货时点,并建立一种成本共担协调机制以保证最优情形的实现。

1 模型假设

本文的研究是在一个零售商与一个供应商构成的二级供应链的背景下进行的,供应链上成员的需求为线性时变需求,供应商的补货模式为等周期补货模式,为便于模型构建与分析,本文做如下假设:

1)零售商在单位时间内的需求函数是线性的即 $d(t) = a + bt, a \geq 0$; 供应商的需求函数为 $q(i) = \int_{t_{i-1}}^{t_i} d(t)dt (i = 1, 2 \dots n)$ 其中 t_{i-1}, t_i 为零售商相邻的两个缺货时点;

2)零售商与供应商的补货是在一个计划期 H 内进行的,零售商采取等周期补货,补货周期为 l , 订货次数为 n , 每次订货成本为 c_r ; 供应商的补货周期为零售商补货周期的整数倍, 在一个计划期 H 内前 m_1 期的周期长度为 $(k + 1)l$, 后 m_2 期的周期长度为 kl , 供应商每次订货成本为 c_w ;

3)零售商在补货过程中允许缺货发生,其缺货量由后续补货来补足,在计划期的最后一期不允许缺货,零售商在单位时间内的存活持有成本为 h_r , 缺货惩罚成本为 p_r ; 供应商在补货过程中不允许缺货发生,若有供不应求的情况,供应商须花费更高的成本从替代供应源中获得补货,供应商在单位时间内的存活持有成本为 h_w , 从替代供应源中获取缺货的单位成本为 p_w 。

2 零售商缺货时点局部优化

2.1 零售商库存成本模型构建

假设在计划期 H 内零售商的补货次数为 n , 则零售商的补货周期长度为 $l = H/n$, 第 i 期初的补货时点为 T_i , 易知 $T_i = (i - 1)l = (i - 1)H/n$ 。除最后一期外,其他各补货周期含有起初补货时点和期末补货时点,分别用 T_i 和 T_{i+1} 表示。在 $[T_i, T_{i+1}]$ 时段中均包括两个时段:存活持有阶段 $[T_i, t_i]$ 和缺货时段 $[t_i, T_{i+1}]$ t_i 为缺货时点。在计划期的最后一期不允许缺货即, $t_n = T_{n+1} = H$ 。

零售商在第 i 期内的订货量应该是在 $[T_i, t_i]$ 时段的存货持有量与 $[t_i, T_{i+1}]$ 时段的缺货量之和,即

$$q(i) = \int_{t_{i-1}}^{t_i} d(t)dt \tag{1}$$

零售商在计划期 H 内的库存成本为

$$IC_r = nc_r + \sum_{i=1}^n [h_r \int_{T_i}^{t_i} (t - T_i)d(t)dt] + \sum_{i=1}^n [p_r \int_{t_i}^{T_{i+1}} (T_{i+1} - t)d(t)dt] \tag{2}$$

式中三项依次表示零售商的订货成本,库存持有成本和缺货成本。

2.2 缺货时点局部优化

在计划期 H 内 t_0 与 T_n 不存在优化问题,只需对中间的 $(n - 1)$ 个缺货时点进行优化。由于零售商在计划期内允许缺货存在,所以供应商不能 100% 保证满足顾客需求,其服务水平自然不会达到 100%。在第 i 期零售商的服务水平可表示为^[10]

$$SL_{r,i} = (t_i - T_i)/(T_{i+1} - T_i) = (t_i - (i - 1)l)l \tag{3}$$

由公式(1)和(2)可知,零售商的缺货时点 t_i 不仅影响着零售商的订货量,还影响着零售商在计划期内的库存成本。因此,对零售商缺货时点 t_i 的优化非常重要,基于成本最小化的思想,将(2)式关于 t_i 求导并令其等于零,得

$$t_i = T_i + \frac{p_r}{h_r + p_r}(T_{i+1} - T_i), i = 1, 2 \dots n - 1 \tag{4}$$

零售商在前 $(n - 1)$ 个周期的最佳服务水平为

$$SL_{r,j} = \frac{p_r}{h_r + p_r}(1 \leq i \leq n - 1) \tag{5}$$

当 $t_n = T_{n+1}$ 时服务水平为 100%。

3 供应商订货需求批数局部优化

3.1 供应商库存成本模型构建

假设供应商在第 j 周期补货时零售商的补货批数为 k_j , 补货时点为 T_k , 则供应商的补货需求批数 k_j 满足下列函数式

$$k_j = \begin{cases} (j - 1)(k + 1) + 1 & j \leq m_1 \\ (n + 1) - (m - j + 1)k & j > m_1 \end{cases} \tag{6}$$

式中 $m_1 = n - km$, n 为零售商补货次数, k 为供应商补货周期与零售商补货周期之比, m 为供应商补货次数。

假设供应商在第 j 周期的订货只满足前 r_j 批货的要求,在第 $(r_j + 1)$ 个的缺货批数开始缺货,则

供应商在第 j 批需求时的库存记为

$$I_j(i) = \sum_{u=i+1}^{r_j} q(u) \quad (7)$$

供应商在计划期 H 内的库存成本为

$$IC_w = mc_w + l \sum_{j=1}^m [h_w \sum_{i=k_j}^{r_j} (i - k_j) q(i) + p_w \sum_{i=r_{j+1}}^{k_{j+1}-1} (k_{j+1} - i) q(i)] \quad (8)$$

式中三项依次表示供应商的订货成本, 库存持有成本和缺货成本。

3.2 订货满足需求批数局部优化

由公式(7)和(8)可知, 供应商订货满足需求批数 r_j 对各个补货周期供应商的需求量和计划期 H 内供应商总成本的控制都产生重要的影响。由于订货需求批数为正整数且是离散变量, 因此对供应商订货满足需求批数的优化区别于对零售商缺货时点的优化。将(8)式关于 r_j 差分得

$$\Delta(IC_w)_{r_j} = h_w[r_{j+1} - k_j]q(r_j + 1) - p_w[k_{j+1} - r_j - 1]q(r_j + 1) \quad (9)$$

将(9)式中的 r_j 换成 $(r_j - 1)$ 得(8)式关于 $(r_j - 1)$ 的差分

$$\Delta(IC_w)_{r_{j-1}} = h_w[r_j - k_j]q(r_j) - p_w[k_{j+1} - r_j]q(r_j) \quad (10)$$

要使供应商成本最小化, r_j 须满足下列条件

$$\begin{cases} \Delta(IC_w)_{r_j} \geq 0 \\ \Delta(IC_w)_{r_j} \leq 0 \end{cases} \quad (11)$$

将公式(9)和(10)代入(11)中, 得 r_j 的取值范围

$$k_j + \frac{p_w}{h_w + p_w} k_j - 1 \leq r_j \leq \frac{p_w}{h_w + p_w} K_j \quad (12)$$

$$t_i = \begin{cases} (i-1)l + \frac{p_r + h_w l}{h_r + p_r} & k_j \leq i < r_j & i \neq n \\ (i-1)l + \frac{p_r - (K_j - 1)h_w l}{h_r + p_r} & i = r_j = k_{j+1} - 1 & i \neq n \\ (i-1)l + \frac{p_r + h_w l}{h_r + p_r} & r_j < i \leq k_{j+1} - 1 & i \neq n \\ H & t_i = T_{n+1} & i = n \end{cases} \quad (15)$$

将公式(15)代入(3), 得整体优化后的零售商服务水平。

$$SL_{r,j} = \begin{cases} (p_r + h_w)/(h_r + p_r) & k_j \leq i < r_j & i \neq n \\ (p_r - (K_j - 1)h_w)/(h_r + p_r) & i = r_j = k_{j+1} - 1 & i \neq n \\ (p_r - h_w)/(h_r + p_r) & r_j < i \leq k_{j+1} - 1 & i \neq n \\ 100\% & t_i = T_{n+1} & i = n \end{cases} \quad (16)$$

式中 K_j 为供应商在第 j 期的补货周期倍数。

供应商的最佳服务水平为

$$SL_{w,j} = \lceil p_w K_j / (h_w + p_w) \rceil / K_j \quad (13)$$

式中 $\lceil x \rceil$ 表示大于或等于 x 的整数, 期末的服务水平为 100%。

4 零售商缺货时点整体优化

由于供应商有替代供应源, 不存在缺货, 供应商的缺货时点不影响零售商的库存成本。局部优化的订货满足需求批数与整体优化的结果是一致的。因此, 整个供应链库存管理的优化问题转化为零售商缺货时点的整体优化问题。零售商缺货时点局部优化能实现零售商自身库存成本的最优, 但其最优的结果是建立在供应商付出代价的基础上的, 加重了供应商的负担, 增加了整个供应链成本。因此, 零售商缺货时点的整体优化不仅要考虑自身的库存成本还要考虑供应商的库存成本。

依据公式(2)和(8), 供应链的库存成本为

$$TIC = nc_r + \sum_{i=1}^n [h_r \int_{T_i}^{t_i} (t - T_i) d(t) dt + P_r \int_{t_i}^{t_{i+1}} (T_{i+1} - t) d(t) dt] + mc_w + l \sum_{j=1}^m [h_w \sum_{i=k_j}^{r_j} (i - k) \int_{t_{i-1}}^{t_i} d(t) d_i + p_w \sum_{i=r_j}^{k_{j+1}-1} (k_{j+1} - i) \int_{t_{i-1}}^{t_i} d(t) d_i] \quad (14)$$

由公式(8)可知, 零售商的缺货时点优化不仅与自身有关, 还与供应商订货满足需求批数 r_j 有关, 利用一阶最优化的必要条件, 得到不同情形下整体优化的缺货时点。

表 1 零售商缺货时点优化及绩效比较
Tab.1 The comparisons of optimization and achievement in different time points

优化方式	缺货时点	零售商服务水平	库存成本	需求批数	供应商服务水平	库存成本	供应链库存成本
局部优化	8, 18, 28, 38, 48, 58, 69, 78, 88, 100	80($i \neq n$)	5742.93	2, 5, 8, 10	66.7%($j \neq m$)	6355.6	12098.5
整体优化	9.6, 19.6, 24.8, 39.6, 49.6, 54.8, 69.6, 79.6, 84.8, 100	96%($i \neq n$)	6522.78	2, 5, 8, 10	66.7%($j \neq m$)	4790.95	11313.7

5 算例分析

本文构建的供需双方的成本模型和优化模型中,参数取值如下: $a = 10, b = 0.8, H = 100, c_r = 500, h_r = 0.2, p_r = 0.8, h_w = 0.15, p_w = 0.3, c_w = 100, n = 100, m = 4$ 。零售商缺货时点与服务水平由公式(4)和(5)而得;供应商的订货满足需求批数与服务水平由公式(12)和(13)而得,在本文假设的需求条件下,其局部补货优化结果与整体优化结果是一致的;零售商与供应商在计划期 H 内的库存成本由公式(2)和(8)而得;供应链库存成本由公式(14)而得。计算结果见表 1。

通过分析表 1 得出如下几个结论:

1) 零售商缺货时点整体优化的供应链库存成本比局部优化的结果下降了 784.8, 下降比率为 6.47%;

2) 从整体上看,零售商整体优化的缺货时点延迟了局部优化的缺货时点(只在第 3, 6, 9 期除外),加大了前期的订货量,减小了后期的订货量,从而在后期时变需求高且订货次数频繁的条件下,有效地抑制了需求时变性对供应商的负面影响,从而节约了供应商的库存成本。从表 1 看,整体优化的供应商库存成本比局部优化的结果降低了 1564.65, 下降率为 24.62%;

3) 通过整体优化前后比较发现供应商的订货满足需求批数和服务水平没有发生变化,这说明在供应商在有替代供应源的情形下,时变需求对供应商的补货周期和服务水平不产生影响;

4) 整体优化的零售商库存成本反而比局部优化的库存成本增加了 779.85, 增长率为 13.58%,

说明整个供应链和供应商库存成本绩效的提高是建立在零售商付出代价的基础上的,如果供需之间不建立相应的激励协调机制,零售商是不会进行整体优化的。

6 成本共担协调机制

为保证零售商缺货时点整体优化情形的实现,须在零售商和供应商之间建立协调机制。本文在两者之间建立一种成本共担协调机制,假设供应商和零售商分别承担的库存成本比例为 λ 和 $(1 - \lambda)$,则整体优化后,供应商与零售商分担的库存成本分别为

$$RIC_w^{**} = \lambda TIC^{**} \tag{17}$$

$$RIC_r^{**} = (1 - \lambda) TIC^{**} \tag{18}$$

式中“**”指零售商缺货时点的整体优化, RIC_w^{**}, RIC_r^{**} 分别指供应商和零售商经过协调后实际分摊的库存成本。

为保证供需双方都愿意参加整体优化,须使双方在整体优化中受益,即

$$\begin{cases} RIC_w^{**} < IC_w^* \\ RIC_r^{**} < IC_r^* \end{cases} \tag{19}$$

式中 IC_w^*, IC_r^* 是供应商和零售商局部优化后的库存成本。

解不等式组(19)得供需双方分摊比例的取值范围为

$$1 - \frac{IC_r^*}{TIC^{**}} < \lambda < \frac{IC_w^*}{TIC^{**}} \tag{20}$$

供应商向零售商支付的补偿费用为

$$TE = RIC_w^{**} - IC_w^* = \lambda TIC^{**} - IC_w^* \tag{21}$$

就本文的算例而言,将表1中 IC_r^* , IC_w^* , TIC^{**} 的数值代入(20)式中得 $0.49 < \theta < 0.56$ 。本文取 $\lambda = 0.52$,则供应商向零售商支付的补偿费用为1092.17。零售商和供应商实际承担的库存成本为5430.58和5883.12,各自比局部优化的结果下降了5.44%和9.81%,从而保证了供需双方在整体优化中的利益和双方库存管理最优情形的实现。

7 结束语

零售商缺货时点的整体优化提高了零售商服务水平,降低了供应商和整个供应链的库存成本,但增加了零售商自身的库存成本。成本共担协调机制的建立使得供需双方均能从整体优化中受益,双方库存管理的最优情形因而能够实现。

参考文献:

- [1] MONAHAN J P A. Quantity discount model to increase vendors profits [J]. *Management Science*, 1984, 30(2):720 - 726.
- [2] KEVIN WENG. The power of coordinated decision for short - life - cycle products in manufacturing and distribution supply chain [J]. *IIE Transactions*, 1999, 31(11):1037 - 1049.
- [3] DAVID I, EBEN - CHAIME M. How far should JIT vendor - buyer relationships go [J]. *Production Economics*, 2003, 81(4):361 - 368.
- [4] VISVANATHAN S, RAJESH PIPANI. Coordinating supply chain inventories through common replenishment [J]. *European Journal of Operation Research*, 2004, 129(3):277 - 286.
- [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*,2001,15(2):54 - 57.
- [6] 刘永胜,李敏强.供应链库存协调策略研究[J].*中国管理科学*,2004,12(2):50 - 55.
- [7] 柳键,马士华.供应链库存协调与优化模型研究[J].*管理科学学报*,2004,6(4):1 - 8.
- [8] 周小庄,赵禹骅.JIT供应链的惩罚机制研究[J].*华东经济管理*,2006,20(2):97 - 99.
- [9] 李治文,罗定提,李静宏.定价决策权威对合作策略选择的影响分析[J].*系统工程理论与实践*,2007,27(3):71 - 77.
- [10] 曹庆奎,于兵,李琴.时变需求下零售商补货时点的优化决策研究[J].*河北工程大学学报(自然科学版)*,2007,24(3):65.

(责任编辑 闫纯有)

零售商缺货时点优化协调机制研究

作者: [曹庆奎](#), [于兵](#), [严军花](#), [CAO Qing-kui](#), [YU Bing](#), [YAN Jun-hua](#)
作者单位: [河北工程大学, 经管学院, 河北, 邯郸, 056038](#)
刊名: [河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING \(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)
年, 卷(期): 2008, 25 (2)

参考文献(10条)

1. [MONAHAN J P A](#) [Quantity discount model to increase vendors profits](#)[外文期刊] 1984(02)
2. [KEVIN WENG](#) [The power of coordinated decision for shortlife-cycle products in manufacturing and distribution supply chain](#)[外文期刊] 1999(11)
3. [DAVID I;EBEN-CHAIME M](#) [How far should JIT vendorbuyer relationships go](#) 2003(04)
4. [VISVANATHAN S;RAJESH PIPANI](#) [Coordinating supply chain inventories through contain replenishment](#) 2004(03)
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](#)[期刊论文]-[管理工程学报](#) 2001(02)
6. [刘永胜;李敏强](#) [供应链库存协调策略研究](#)[期刊论文]-[中国管理科学](#) 2004(02)
7. [柳键;马士华](#) [供应链库存协调与优化模型研究](#)[期刊论文]-[管理科学学报](#) 2004(04)
8. [周小庄;赵禹骥](#) [JIT供应链的惩罚机制研究](#)[期刊论文]-[华东经济管理](#) 2006(02)
9. [李治文;罗定提;李静宏](#) [定价决策权威对合作策略选择的影响分析](#)[期刊论文]-[系统工程理论与实践](#) 2007(03)
10. [曹庆奎;于兵;李琴](#) [时变需求下零售商补货时点的优化决策研究](#)[期刊论文]-[河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 2007(03)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb200802023.aspx