

文章编号:1000-582X(2005)05-0143-05

耐烦期有限的供应商管理库存模型*

罗兵,卢娜,杨帅

(重庆大学经济与工商管理学院,重庆400030)

摘要:在无短缺量拖后或短缺量完全拖后的VMI模型基础上,进一步考虑在仓库出空期间,顾客存在耐烦期和不耐烦期的情况。耐烦期内顾客愿意等待自己的订货得到满足,而不耐烦期间会丢失部分顾客,对短缺拖后成本的计算进行了修正,并将变质成本加入总成本中,建立了包括一个供应商和多个订货商,从原材料到产成品且考虑最终产品变质的供应商管理库存(VMI, Vendor-Managed Inventory)模型,运用 Mathematic 4.1 版软件进行数值仿真和灵敏度分析,表明最优解存在且对VMI库存系统的各种参数具有不同的敏感性。

关键词:耐烦期有限;部分短缺量拖后;VMI

中图分类号:F253.4

文献标识码:A

VMI最早是由宝洁(Procter & Gamble)和沃尔玛(Wal-Mart)公司在20世纪80年代提出的一种全新库存策略。近年来随着科学技术和经济的飞速发展,VMI策略在许多领域取得了显著竞争优势。GERBER^[1]及CLARK和HAMMOND^[2]分别对医院医疗器械管理和美国的食品工业中的库存控制进行了实证分析,发现采用VMI比JIT(Just In Time)和EDI(Electronic Data Interchange)效果更好;S. M. DISNEY和D. R. TOWILL^[3]的研究表明,VMI能很好地抑制供应链中的牛鞭效应;RAJESH POPLANI等^[4]证明了在VMI情况下供应链总成本比分散决策时的成本低;YORK Y. WOO等^[5]提出了订货商出现缺货且短缺量完全拖后的VMI模型;余玉刚等^[6]在YORK Y. WOO等^[5]研究的基础上,建立了一种考虑最终产品变质但订货商不会出现缺货的供应商管理库存集成模型。

在现实的库存系统中,仓库出空期间,顾客在最初一段不太长的时间内愿意等待自己的订货,此时企业没有任何额外费用(这段时间称为耐烦期,超过耐烦期的出空期称为不耐烦期),但是如果等待时间超过该期限,企业就会丢失一部分顾客,另一部分则需延期交货,企业需承担一定的费用损失。ABBOUND N E, SFAIRY R G^[7],张小洪^[8]等对有限耐烦期情况下的库

存模型进行了研究,但这些研究在计算缺货成本时,均少计算了一部分短缺量拖后费用;此外,虽然考虑了存储物品的变质率,在对库存总成本进行分析时却均未计算变质成本。

笔者假设最终产品出现变质、订货商允许缺货,且订货商在仓库出空期间,顾客存在耐烦期和不耐烦期的情况,修正了ABBOUND N E^[7]和张小洪^[8]等文章中的短缺量拖后成本,并在库存总成本中加入变质成本,建立了相应的VMI模型,拓宽了YORK Y. WOO等^[5]及余玉刚等^[6]研究的应用范围,使之成为本模型的特例。

1 假设和符号

笔者提出以下假设:1)一个生产型的供应商,多个订货商,一种产品;2)订货商允许缺货,缺货期间顾客存在一定的耐烦期;3)订货商的需求率是确定的常数;4)供应商的生产速率为常数,生产商和订货商的订货提前期均为零;5)考虑最终产品变质,变质时间服从参数为常数的指数分布;6)供应商了解订货商的库存决策信息。订货商和供应商的参数定义如下:

m 为耐烦期的最长时间; k 为订货商的个数; D_i 为

* 收稿日期:2004-12-29

基金项目:国家青年社科基金资助项目(02cjj027)

作者简介:罗兵(1964-),男,重庆人,重庆大学副教授,博士,硕士生导师,主要从事运营管理与决策优化的研究。

第*i*个订货商的需求率; P 为供应商的生产率, $P \geq \sum_{i=1}^k D_i$; T_i 为第*i*个订货商的一次订购成本; C 为订货商共同订货周期,为决策变量;供应商原材料的订购周期为 nC , n 是决策变量; λ 为订货商一个周期内有现货的时间占共同订货周期的比率,即服务水平, $0 < \lambda \leq 1$; μ 为订货商在缺货期间丢失的需求率占总需求率(有现货阶段的需求率)的比率,即丢单系数, $0 < \mu < 1$; H_{bi} 为第*i*个订货商单位时间单位产品的保管成本; f_{bi} 为第*i*个订货商的产品销售价格; S_{bi} 为第*i*个订货商单位时间单位产品的缺货成本; L_{bi} 为第*i*个订货商单位产品的丢单成本; A 为供应商原材料一次订购成本; H_{vm} 为供应商单位原材料单位时间的保管成本; S 为供应商一次生产准备成本; M 为供应商生产单位产品所需要的原材料数量; H_{vp} 为供应商单位产品单位时间的保管成本; f_v 为供应商生产单位产品的成本; θ 为最终产品的变质率, $0 \leq \theta < 1$ 。

2 建立模型

图1给出了订货商和供应商的产品和原材料的库存水平变化情况。设 t_1 为订货商在每个周期内有现货的时间长度, $t_1 = \lambda C$, $I_i(t)$ 表示 t 时刻第*i*个订货商的库存水平, $I_i(t)$ 满足下列微分方程:

$$\frac{dI_i(t)}{dt} = -D_i - \theta I_i(t), \quad 0 \leq t \leq t_1; \quad (1)$$

$$\frac{dI_i(t)}{dt} = -D_i, \quad t_1 \leq t \leq t_1 + m; \quad (2)$$

$$\frac{dI_i(t)}{dt} = -(1-\mu)D_i, \quad t_1 + m \leq t \leq C \quad (3)$$

考虑边界条件 $I_i(t_1) = 0, I_i(t_1 + m) = -mD_i$,式(1),(2)和(3)的解分别为:

$$I_i(t) = \frac{D_i}{\theta} [e^{\theta(t-t_1)} - 1], \quad 0 \leq t \leq t_1; \quad (4)$$

$$I_i(t) = D_i(t_1 - t), \quad t_1 \leq t \leq t_1 + m; \quad (5)$$

$$I_i(t) = D_i(1-\mu)(t_1 - t) - \mu m D_i, \quad t_1 + m \leq t \leq C. \quad (6)$$

由此,可以计算第*i*个订货商的各项相关成本。

产品保管成本:

$$HC_{bi} = H_{bi} \int_0^{t_1} I_i(t) dt = \frac{H_{bi} D_i}{\theta} (e^{\theta t_1} - \theta t_1 - 1). \quad (7)$$

产品变质成本:

$$DC_{bi} = f_{bi} \theta \int_0^{t_1} \frac{D_i}{\theta} [e^{\theta(t_1-t)} - 1] dt = \frac{f_{bi} D_i (e^{\theta t_1} - \theta t_1 - 1)}{\theta}. \quad (8)$$

缺货成本:

$$SC_{bi} = S_{bi} \left[(C - t_1 - m) D_i + \frac{(C - t_1 - m)^2}{2} (1 - \mu) D_i \right]. \quad (9)$$

丢单成本:

$$LC_{bi} = L_{bi} \mu (C - t_1 - m) D_i. \quad (10)$$

因此,第*i*个订货商单位时间的平均库存成本为:

$$TC_{bi} = \frac{1}{C} [T_i + HC_{bi} + DC_{bi} + SC_{bi} + LC_{bi}]. \quad (11)$$

假设供应商在 t 时刻为第*i*个订货商提供产品前的库存水平 $I_{vi}(t)$,根据文献[6],有 $I_{vi}(t) = \frac{P(1 - e^{-\theta t})}{\theta}$ 。

由图1可知,在每个周期初,第*i*个订货商的订货数量 Ord_{bi} 首先要补足上一个周期的最大拖后短缺量 $Shor_{bi}$,然后再补充到每个周期的最大存储量 Q_{bi} ,即 $I_{vi}(t_{vi}) = Q_{bi} + Shor_{bi}$,其中, $Q_{bi} = I_i(0) = \frac{D_i}{\theta} (e^{\theta t_1} - 1)$, $Shor_{bi} = -I_i(C) = D_i m + (1 - \mu) D_i (C - t_1 - m)$,则有:

$$t_{vi} = -\frac{1}{\theta} \ln \left[1 - (Q_{bi} + Shor_{bi}) \frac{\theta}{P} \right], \quad (12)$$

由此,可以计算供应商的各项相关成本。供应商的产品保管成本:

$$HC_{vp} = H_{vp} \int_0^{t_{vi}} I_{vi}(t) dt = H_{vp} \frac{P}{\theta^2} (e^{-\theta t_{vi}} - \theta t_{vi} - 1). \quad (13)$$

产品变质成本:

$$DC_{vp} = f_v \left[P \sum_{i=1}^k t_{vi} - \sum_{i=1}^k (Q_{bi} + Shor_{bi}) \right]. \quad (14)$$

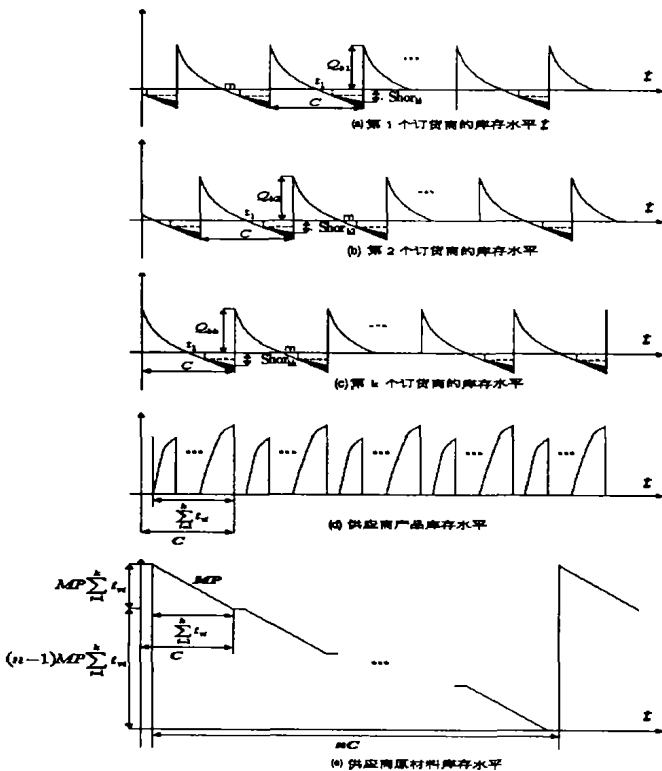


图1 订货商和供应商库存水平变化

供应商单位时间的产品平均库存成本:

$$TC_{vp} = \frac{1}{C} \left\{ S + \sum_{i=1}^k H_{vp} \frac{P}{\theta^2} (e^{-\theta t_{vi}} - \theta t_{vi} - 1) + \int_v [P \sum_{i=1}^k t_{vi} - \sum_{i=1}^k (Q_{bi} + Shor_{bi})] \right\} \quad (15)$$

供应商在订购周期 nC 内原材料的保管总成本:

$$HC_{vm} = \frac{nMPH_{vm}}{2} \left(\sum_{i=1}^k t_{vi} \right)^2 + \frac{n(n-1)CMPH_{vm}}{2} \sum_{i=1}^k t_{vi} \quad (16)$$

供应商单位时间原材料的平均库存成本:

$$TC_{vm} = \frac{1}{nC} \left[A + \frac{nMPH_{vm}}{2} \left(\sum_{i=1}^k t_{vi} \right)^2 + \frac{n(n-1)CMPH_{vm}}{2} \sum_{i=1}^k t_{vi} \right] \quad (17)$$

供应商和订货商单位时间的平均集成库存成本:

$$JTC = \sum_{i=1}^k TC_{bi} + TC_{vp} + TC_{vm} \quad (18)$$

供应商管理库存的任务就是在顾客的耐烦期为 m 的情况下,确定采取多长的共同订货周期 C 、原材料订购周期 nC 及服务水平 λ 等,以使供应商和订货商单位时间的平均集成库存成本达到最低。

3 算例

假设模型的参数如下: $k = 5$, $T_i = 100$ 元/次, $H_{bi} = 8$ 元/件·年, $P = 10\,000$ 件/年, $M = 0.9$, $D_i = 1\,500$ 件/年, $S_{bi} = 15$ 元/件, $L_{bi} = 20$ 元/件, $f_{bi} = 40$ 元/件, $S = 150$ 元/次, $\mu = 0.05$, $H_{vm} = 2$ 元/件·年, $H_{vp} = 5$ 元/件·年, $f_v = 25$ 元/件, $\theta = 0.05$, $A = 600$ 元/次。

由于市场上顾客可以选择的产品和服务种类越来越多,顾客没有必要为了某种特定产品或服务等待很长的时间,企业越来越注重提高顾客服务水平。设服务水平 $\lambda = 0.7$, 顾客最长耐烦期 $m = 0.01$ 。用仿真软件 mathematic 4.1 分别对订货商、供应商和 VMI 的集成库存模型进行逐步迭代搜索,可得:

$$\begin{aligned} \min \left(\sum_{i=1}^k TC_{bi} \right) &= 8\,504.99, C^* = 0.134\,283; \\ \min TC_v &= 3\,667.10, C^* = 0.396\,941, n^* = 1; \\ \min(JTC) &= 12\,866.60, C^* = 0.163\,437, n^* = 2. \end{aligned}$$

显然,订货商、供应商及 VMI 集成库存成本的最优解不能同时获得,这与现实的经济管理活动相一致,只有通过协商才会使订货商和供应商均较满意。

假设 $n^* = 2$, $C^* = 0.16$, 表 1 给出了 $\mu = 0.05$,

$m = 0.01$ 时订货商服务水平 λ 的灵敏度分析。可以发现,随着订货商服务水平 λ 的提高,订货商会持有更多的库存,导致保管成本和变质成本均有所增加,同时缺货成本和丢单成本有较大幅度的下降。总体看来,订货商的总成本在服务水平很低的时候会非常高,并随着服务水平的提高而下降;但是在服务水平很高的时候,因保管成本和变质成本的增加超过了缺货成本和丢单成本的节约,总成本又呈逐步上升的趋势,在 $\lambda = 0.85$ 附近时达到最低。为了满足订货商不断提高的服务水平,供应商的各项成本及总成本都呈现不同幅度的上升趋势。VMI 的平均集成库存成本的变化趋势与订货商的平均总成本相似,在服务水平 $\lambda = 0.75$ 附近时达到最优。

表 2 给出了当 $m = 0.01$, $m = 0.70$ 时丢单系数 μ 的灵敏度分析。 λ 一定时, μ 的取值变化不会影响订货商的保管成本和变质成本,而订货商的缺货成本则不断降低,丢单成本及总成本呈上升趋势;另一方面,订货商失去销售机会的增加使得供应商没有必要保持较高的产品和原材料库存,因此,供应商的各项成本会有较小幅度的降低。VMI 的平均集成库存成本随着丢单率 μ 的增加而不断上升。

表 3 所示为 $\lambda = 0.70$, $\mu = 0.05$ 时顾客耐烦期 m 的灵敏度分析。当服务水平一定时,顾客耐烦期 m 的变化不会影响订货商的保管成本和变质成本;随着顾客耐烦期的延长,短缺拖后量的增加会使订货商的缺货成本上升,而丢单成本下降;但订货商的平均总成本呈下降趋势。从另一个方面来看,供应商为了满足增加的短缺拖后量,会在一定程度上增加原材料和产成品库存,从而使各项成本及总成本都呈现缓慢的上升趋势。VMI 的平均集成库存成本会随着顾客耐烦期的延长而不断下降。

表 1 订货商服务水平的灵敏度分析

λ	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90
订货商保管成本	276.930	325.043	377.023	432.865	492.570	556.140	623.576
订货商缺货成本	216.574	164.824	119.914	81.844	50.614	26.224	8.674
订货商丢单成本	405.000	345.000	285.000	225.000	165.000	105.000	45.000
订货商变质成本	69.231	81.261	94.256	108.216	123.143	139.035	155.894
订货商总成本	9173.300	8830.800	8601.210	8424.530	8320.790	8289.990	8332.150
供应商产品保管成本	27.111	31.461	36.175	41.263	46.732	52.590	58.847
供应商产品变质成本	6.778	7.865	9.044	10.316	11.683	13.148	14.712
供应商产品总成本	1149.300	1183.290	1220.120	1259.870	1302.590	1348.360	1397.240
供应商材料保管成本	309.717	341.769	375.273	410.261	446.761	484.805	524.424
供应商材料总成本	2842.860	2943.030	3047.730	3157.060	3271.13	3390.020	3513.820
供应商总成本	3992.170	4126.310	4267.850	4416.930	4573.720	4738.380	4911.070
JTC	13165.5	12977.1	12869.1	12841.5**	12894.5	13028.4	13243.2

表2 丢单系数 μ 的灵敏度分析

μ	0.01	0.05	0.10	0.15	0.20
订货商保管成本	377.023	377.023	377.023	377.023	377.023
订货商缺货成本	123.163	119.914	115.853	111.791	107.730
订货商丢单成本	57.000	285.000	570.000	855.000	1140.00
订货商变质成本	94.256	94.256	94.256	94.256	94.256
订货商总成本	7196.510	8601.210	10357.100	12112.900	13868.800
供应商产品保管成本	36.194	36.175	36.152	36.129	36.106
供应商产品变质成本	9.048	9.044	9.038	9.032	9.023
供应商产品总成本	1220.260	1220.120	1219.940	1219.760	1219.580
供应商材料保管成本	375.402	375.273	375.112	374.951	374.790
供应商材料总成本	3048.130	3047.730	3047.230	3046.720	3046.220
供应商总成本	4268.400	4267.850	4267.170	4266.480	4265.800
JTC	11464.9	12869.1	14624.2	16379.4	18134.6

表3 顾客耐烦期的灵敏度分析

m	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.048
订货商保管成本	377.023	377.023	377.023	377.023	377.023	377.023
订货商缺货成本	123.120	119.914	104.395	78.0638	39.420	0.000
订货商丢单成本	360.000	285.000	210.000	135.000	60.000	0.000
订货商变质成本	94.256	94.256	94.256	94.256	94.256	94.256
订货商总成本	9090.000	8601.210	8038.590	7402.140	6691.870	6070.500
供应商产品保管成本	36.195	36.175	36.090	35.938	35.720	35.498
供应商产品变质成本	9.048	9.044	9.023	8.985	8.930	8.875
供应商产品总成本	1220.260	1220.120	1219.450	1218.270	1216.560	1214.830
供应商材料保管成本	375.400	375.273	374.678	373.615	372.087	370.530
供应商材料总成本	3048.130	3047.730	3045.870	3042.550	3037.770	3032.910
供应商总成本	4268.390	4267.850	4265.320	4260.820	4254.330	4247.740
JTC	13358.4	12869.1	12303.9	11663.0	10946.2	10318.2

4 结论

供应商管理库存是指由供应商决定每一种产品的库存水平,并制定维持这些库存水平的恰当策略,其主

要目标是供应商和订货商通过有效地沟通与合作,共享库存决策信息,优化改善库存系统,以降低两者的总库存成本。

笔者在 YORK Y. WOO 等、余玉刚等研究的基础上,修正了 ABBOUND N E 和张小洪等文章中的短缺量拖后成本,并在库存总成本中加入变质成本,建立了在订货商仓库出空期间,顾客存在一定耐烦期情况下的 VMI 模型,通过算例分析了订货商服务水平、丢单系数及顾客最长耐烦期对 VMI 系统各项成本的影响,为 VMI 系统的原材料及产成品库存控制决策提供了理论依据。

参考文献:

- [1] GERBER N. Objective Comparisons of Consignment, Just-in-time and Stockless [J]. Hospital Material Management Journal, 1991, 36(4): 1-5.
- [2] CLARK T, HAMMOND J. Reengineering Channel Reordering Processes to Improve Total Supply Chain Performance [J]. Production and Operation Management, 1997, (6): 248-265.
- [3] M DISNEY S, TOWILL D R. The Effect of Vendor Managed Inventory (VMI) Dynamics on the Bullwhip Effect in Supply Chains [J]. International Journal of Production Economics, 2003, 85: 199-215.
- [4] RAJESH POPLANI, VISWANATHAN S. A Model for Evaluating Supplier-owned Inventory Strategy [J]. International Journal of Production Economics, 2003, (81-82): 565-571.
- [5] YORK Y WOO, SHU-LU HSU, SOUSHAN WU. An Integrated Inventory Model for a Single Vendor and Multiple Buyers with Ordering Cost Reduction [J]. International Journal of Production Economics, 2001, 73: 203-215.
- [6] 余玉刚. 一种考虑最终产品变质的供应商管理库存集成模型 [J]. 中国管理科学, 2004, 12(2): 32-37.
- [7] ABBOUND N E, SFAIRY R G. Time-limited Free Back-orders EOQ Model [J]. Applied Mathematical Modeling, 1997, 21: 21-25.
- [8] 张小洪, 陈剑, 潘德惠. 有限耐烦期随机库存系统的最优控制 [J]. 中国管理科学, 2004, 12(2): 38-43.

Vendor-managed Inventory Model with Time – limited Free Back – orders

LUO Bing, LU Na, YANG Shuai

(College of Economics and Business Administration, Chongqing University, Chongqing, 400030, China)

Abstract: Based on the VMI model with completely backlogging and without backlogging, the authors develop a new VMI model with partial backlogging and time – limited free back – orders, including a single vendor and multiple buyers. This model modifies the backlogging cost proposed by some documents, and takes account of the deterioration cost in the analysis of the total inventory cost. A numerical example and sensitivity analysis are presented to illustrate the model. The theoretical evidence is provided for VMI system to make management decision.

Key words: time – limited free back – orders; partial backlogging; VMI

(编辑 刘道芬)

(上接第138页)

Simulation of One Dimension Dam – break Flow ——Space – time Conservation Scheme

ZHANG Yong-xiang, CHEN Jing-qiu, WEI Chun-xia

(Department of Engineering Mechanics, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: The new method of space – time conservation element and solution (CE/SE), developed by S. C. Chang, differs traditional numerical methods (finite – difference, finite – element, finite – volume, etc.). The CE/SE method treats space and time on the same footing, so that space and time are unified——a key characteristic that distinguishes the new method from other schemes. By the introduction of conservation element and solution element, both local and global flux conservation in space and time instead of in space only are enforced. Zhang Z C improved the method of space-time conservation element and solution element, which not only has all the features but also are simpler and easier to apply and have high accuracy and high resolution of discontinuities. The method of the improved scheme of space-time conservation element and solution element is used to simulate the 1-D unsteady open channel flow of sudden dam break. The calculation results are compared with analytic solutions. It is demonstrated that higher accuracy, good stability are obtained and good shock-capturing ability is shown.

Key words: dam-break; saint-venant equations; space-time conservation; surge

(编辑 张小强)