文章编号:1000-582X(2006)12-0125-05

一种丢单程度与库存水平线性相关的 EPQ 模型*

罗 兵,李宇雨,黄 波
(重庆大学 经济与工商管理学院,重庆 400030)

摘 要:确定最优生产周期和缺货时间,降低库存系统总成本,提高服务水平,是企业库存管理的核心内容之一.在经典 EPQ 模型基础上,考虑变质物品在仓库出空期间丢单与库存水平线性相关的情况,建立了相应的生产库存模型.数学分析和仿真计算表明该模型存在唯一最优解.主要参数的灵敏度分析显示,丢单系数和变质系数对库存系统各项成本有不同程度的影响,在实际生产库存决策时必须考虑这些因素.

关键词:丢单系数;库存水平;变质;EPQ 模型
中图分类号:F253.4 **文献标识码**:A

传统经济制造批量模型(EPQ,Economic Production Quantity)假定短缺量完全滞后供给或完全丢失[1].但实际生产中一般会出现缺货,缺货期间会出现短缺量部分拖后现象从而引起丢单.丢单程度通常可表达为现货阶段需求率的一个固定分数[2-3],或与缺货期间库存水平负线性相关[4],或者是顾客等待时间的函数[5-6].

变质是库存系统中常见的现象,如挥发性物品的挥发、放射性物质的衰变以及食品的变质腐烂等.许多学者对变质物品的库存问题进行了深入研究,如 Ghare 等[7]、Dave 等[8]、Balkhi 等[9]、Goyal 等[10].

在实际工作中,生产能力通常有限,因此随着缺货量增大,顾客等待时间会变长,同时顾客对制造商按时供货的能力会产生质疑,丢单程度会发生变化,且与缺货期间库存水平密切相关.考虑这些情况,笔者建立了丢单程度与缺货期间库存水平负线性相关的变质物品库存模型,为生产型企业的库存控制决策提供了辅助依据.

1 假设与符号

文章提出以下假设与符号.

取$[0,T]$为一个生产周期;$[0,t_2]$时间内储备量为0,这一阶段需求率为$R+\delta I(t)$,其中R为理论需求率,δ为丢单系数,t_1时刻开始以速度P生产,$[t_1,t_2]$时间内除满足需求外,还需补足$[0,t_1]$时间内的缺货;$[t_2,t_3]$时间内满足需求和变质后的产品进入储备,产品会出现变质,变质系数为θ,储备量以$P-R-\theta I(t)$的速度增加,t_3时刻储备量达到最大,停止生产;$[t_3,T]$时间内储备量以速度$R+\theta I(t)$减少.一个周期内的库存水平变化如图 1 所示.

C_1和C_2分别为单位产品单位时间保管成本和缺货成本;C_3为一次生产调整成本;C_4和M分别为单位产品丢单成本和生产成本;模型中,T和t_2为决策变量.

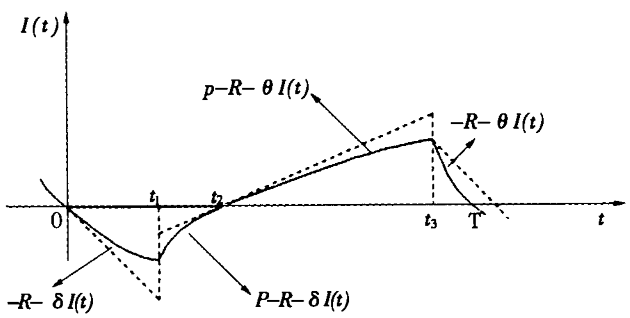

图 1 一个周期内库存水平变化情况

2 建立模型

一个周期内t时刻的库存水平需满足下列微分方

* 收稿日期:2006-06-06
基金项目:国家自然科学基金资助项目(70571088)
作者简介:罗 兵(1964-),男,重庆市人,重庆大学副教授,博士,硕士生导师,博士生副导师,主要从事物流与供应链管理的研究.

程:

$$\frac{\mathrm{d}I(t)}{\mathrm{d}t}=\begin{cases}-R-\delta I(t)\ , & 0\leqslant t\leqslant t_1;\\ P-R-\delta I(t)\ , & t_1\leqslant t\leqslant t_2;\\ P-R-\theta I(t)\ , & t_2\leqslant t\leqslant t_3;\\ -R-\theta I(t)\ , & t_3\leqslant t\leqslant T.\end{cases}\qquad(1)$$

由边界条件 $I(0)=I(t_2)=I(T)=0$,可得(1)式的解为:

$$I(t)=\begin{cases}\frac{R}{\delta}(e^{-\delta t}-1)\ , & 0\leqslant t\leqslant t_1;\\ \frac{P-R}{\delta}(1-e^{-\delta(t-t_2)})\ , & t_1\leqslant t\leqslant t_2;\\ \frac{P-R}{\theta}(1-e^{\theta(t_2-t)})\ , & t_2\leqslant t\leqslant t_3;\\ \frac{R}{\theta}(e^{\theta(T-t)}-1)\ , & t_3\leqslant t\leqslant T.\end{cases}\qquad(2)$$

由 $I(t_1^-)=I(t_1^+)$,可得:

$$t_1=\frac{1}{\delta}\ln\frac{(P-R)e^{\delta t_2}+R}{P}\ ,\qquad(3)$$

由 $I(t_3^-)=I(t_3^+)$,可得:

$$t_3=\frac{1}{\theta}\ln\frac{Re^{\theta T}+(P-R)e^{\theta t_2}}{P}\ ,\qquad(4)$$

最大库存量:

$$\frac{P-R}{\theta}(1-e^{\theta(t_2-t_3)})=\frac{P-R}{\theta}\left[1-\frac{Pe^{\theta t_2}}{Re^{\theta T}+(P-R)e^{\theta t_2}}\right]\ ,$$

最大缺货量:

$$\frac{R}{\delta}(e^{-\delta t_1}-1)=\frac{R}{\delta}\left[\frac{P}{(P-R)e^{\delta t_2}+R}-1\right]\ ,$$

生产批量:

$$P(t_3-t_1)=$$

$$P\left[\frac{1}{\theta}\ln\frac{Re^{\theta T}+(P-R)e^{\theta t_2}}{P}-\frac{1}{\delta}\ln\frac{(P-R)e^{\delta t_2}+R}{P}\right].$$

由此可以计算一个周期内库存系统的各项成本如下.

保管成本:

$$C_h=C_1\left[\int_{t_2}^{t_3}I(t)\mathrm{d}t+\int_{t_3}^{T}I(t)\mathrm{d}t\right]=$$

$$\frac{C_1}{\theta}\left[\frac{P}{\theta}\ln\frac{Re^{\theta T}+(P-R)e^{\theta t_2}}{P}-(P-R)t_2-RT\right]\ ,\qquad(5)$$

缺货成本:

$$C_s=C_2\left[\int_0^{t_1}-I(t)\mathrm{d}t+\int_{t_1}^{t_2}-I(t)\mathrm{d}t\right]=$$

$$\frac{C_2}{\delta}\left[(R-P)t_2+\frac{P}{\delta}\ln\frac{(P-R)e^{\delta t_2}+R}{P}\right]\ ,\qquad(6)$$

生产调整成本:C_3 (7)

丢单成本:

$$C_1=C_4[Rt_1-|I(t_1^-)|+|I(t_1^+)|-|(P-R)(t_2-t_1)|]=$$

$$C_4\left[\frac{P}{\delta}\ln\frac{R+(P-R)e^{\delta t_2}}{P}-(P-R)t_2\right]\ ,\qquad(8)$$

变质成本:

$$C_d=M\theta\left[\int_{t_2}^{t_3}I(t)\mathrm{d}t+\int_{t_3}^{T}I(t)\mathrm{d}t\right]=$$

$$M\left[\frac{P}{\theta}\ln\frac{Re^{\theta T}+(P-R)e^{\theta t_2}}{P}-(P-R)t_2-RT\right].\qquad(9)$$

因此,一个周期内单位时间库存总成本为:

$$C(T,t_2)=\frac{C_h+C_s+C_3+C_1+C_d}{T}=$$

$$\left(\frac{C_1}{\theta T}+\frac{M}{T}\right)\left[\frac{P}{\theta}\ln\frac{Re^{\theta T}+(P-R)e^{\theta t_2}}{P}-(P-R)t_2-RT\right]+$$

$$\frac{C_3}{T}+\left(\frac{C_2}{\delta T}+\frac{C_4}{T}\right)\left[\frac{P}{\delta}\ln\frac{R+(P-R)e^{\delta t_2}}{P}-(P-R)t_2\right].\qquad(10)$$

定理 1 当 $T,\ t_2\in[0,\infty)$时,$C(T,t_2)$存在唯一最小值.

证明:$C(T,t_2)$存在极小值的必要条件是 $C(T,t_2)$关于 T、t_2 的一阶偏导数等于 0,即:

$$\frac{\partial C(T,t_2)}{\partial T}=\left(\frac{C_1}{\theta}+M\right)\left\{\frac{(P-R)t_2}{T^2}-\frac{P}{T^2\theta}\ln\frac{Re^{\theta T}+(P-R)e^{\theta t_2}}{P}+\frac{PRe^{\theta T}}{T[Re^{\theta T}+(P-R)e^{\theta t_2}]}\right\}+$$

$$\left(\frac{C_2}{\delta}+C_4\right)\left[\frac{(P-R)t_2}{T^2}-\frac{P}{T^2\delta}\ln\frac{R+(P-R)e^{\delta t_2}}{P}\right]-\frac{C_3}{T^2}=0,\qquad(11)$$

$$\frac{\partial C(T,t_2)}{\partial t_2}=\left(\frac{C_1}{\theta T}+\frac{M}{T}\right)\cdot\left[\frac{P(P-R)e^{\theta t_2}}{Re^{\theta T}+(P-R)e^{\theta t_2}}-(P-R)\right]+$$

$$\left[\frac{C_2}{\delta T}+\frac{C_4}{T}\right]\left[\frac{P(P-R)e^{\delta t_2}}{R+(P-R)e^{\delta t_2}}-(P-R)\right]=0\ ,\qquad(12)$$

由式(11)可得:

$$\left(\frac{C_1}{\theta}+M\right)\left[\frac{P(P-R)e^{\theta t_2}}{Re^{\theta T}+(P-R)e^{\theta t_2}}-(P-R)\right]+$$

$$\left(\frac{C_2}{\delta}+C_4\right)\left[\frac{P(P-R)e^{\delta t_2}}{R+(P-R)e^{\delta t_2}}-(P-R)\right]=0\ ,\qquad(13)$$

T 关于 t_2 的一阶导数为:

$$\frac{\partial T}{\partial t_2}=1+\frac{(C_2+\delta C_4)[Re^{\theta T}+(P-R)e^{\theta t_2}]^2e^{\delta t_2}}{[R+(P-R)e^{\delta t_2}]^2(C_1+\theta M)e^{\theta(t_2+T)}}>1>0.\qquad(14)$$

因此,T 关于 t_2 单调递增,即在$[0,+\infty)$内任意给定

一个 t_2,存在唯一的 T 使得式(11)成立.

令
$$g(t_2) = \left(\frac{C_1}{\theta}+M\right)\left[(P-R)t_2 - \frac{P}{\theta}\ln\frac{Re^{\theta T}+(P-R)e^{\theta t_2}}{P} + \frac{TRPe^{\theta T}}{Re^{\theta T}+(P-R)e^{\theta t_2}}\right] + \left(\frac{C_2}{\delta}+C_4\right)\left[(P-R)t_2 - \frac{P}{\delta}\ln\frac{R+(P-R)e^{\delta t_2}}{P}\right] - C_3, \tag{15}$$

联立式(13)、(14)可得:
$$\frac{\mathrm{d}g(t_2)}{\mathrm{d}t_2} = \left(\frac{C_1}{\theta}+M\right)\left\{\frac{TPR\theta(P-R)e^{\theta(t_2+T)}}{[Re^{\theta T}+(P-R)e^{\theta t_2}]^2}\left(\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}t_2}-1\right)\right\} > 0. \tag{16}$$

故 $g(t_2)$ 关于 t_2 单调递增.

$$\because \lim_{t_2\to+\infty}\frac{\left(\frac{C_1}{\theta}+M\right)\left[(P-R)t_2+\frac{TRP^{\theta T}}{Re^{\theta T}+(P-R)e^{\theta t_2}}\right]+\left(\frac{C_2}{\delta}+C_4\right)(P-R)t_2}{\left(\frac{C_1}{\theta}+M\right)\frac{P}{\theta}\ln\frac{Re^{\theta T}+(P-R)e^{\theta t_2}}{P}+\left(\frac{C_2}{\delta}+C_4\right)\frac{P}{\delta}\ln\frac{R+(P-R)e^{\delta t_2}}{P}+C_3} =$$

$$\lim_{t_2\to+\infty}\frac{\left(\frac{C_1}{\theta}+M\right)\left[(P-R)+\frac{RPe^{\theta T}}{Re^{\theta T}+(P-R)e^{\theta t_2}}\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}t_2}+\frac{\theta TRP(P-R)e^{\theta(t_2+T)}}{[Re^{\theta T}+(P-R)e^{\theta t_2}]^2}\left(\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}t_2}-1\right)\right]+\left(\frac{C_2}{\delta}+C_4\right)(P-R)}{\left(\frac{C_1}{\theta}+M\right)\left[(P-R)+\frac{RPe^{\theta T}}{Re^{\theta T}+(P-R)e^{\theta t_2}}\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}t_2}\right]+\left(\frac{C_2}{\delta}+C_4\right)(P-R)} =$$

$$\lim_{t_2\to+\infty}\frac{\left(\frac{C_1}{\theta}+M\right)\left[(P-R)+\frac{RPe^{\theta T}}{Re^{\theta T}+(P-R)e^{\theta t_2}}\right]+\left(\frac{C_2}{\delta}+C_4\right)(P-R)}{\left(\frac{C_1}{\theta}+M\right)\left[(P-R)+\frac{RPe^{\theta T}}{Re^{\theta T}+(P-R)e^{\theta t_2}}\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}t_2}\right]+\left(\frac{C_2}{\delta}+C_4\right)(P-R)} = 1.$$

$$\therefore \lim_{t_2\to+\infty} g(t_2) > 0. \tag{17}$$

由式(11)可知,当 $t_2=0$ 时,$T=0$.

故 $g(0) = -C_3 < 0$. (18)

由于 $g(t_2)$ 关于 t_2 单调递增,且有式(17)和式(18)恒成立,因此始终存在一个 t_2 使 $g(t_2)=0$;又因 T 和 t_2 呈一一对应关系,故总能找到一个 T 使 $\frac{\partial C(T,t_2)}{\partial T}=\frac{g(t_2)}{T^2}=0$ 恒成立.

综上所述,$C(T,t_2)$ 在 T, $t_2\in[0,+\infty)$ 内存在唯一驻点(T^*, $t_2{}^*$).

联立式(11)和式(12),$C(T,t_2)$ 在唯一驻点上的二阶偏导数和海赛(Hessian)矩阵的行列式为:

$$\left.\frac{\partial^2 C(T,t_2)}{\partial T^2}\right|_{(T,t_2)=(T^*,t_2^*)} = \left(\frac{C_1}{\theta T}+\frac{M}{T}\right)\frac{\theta RP(P-R)e^{\theta(t_2+T)}}{[Re^{\theta T}+(P-R)e^{\theta t_2}]^2} > 0,$$

$$\left.\frac{\partial^2 C(T,t_2)}{\partial T\partial t_2}\right|_{(T,t_2)=(T^*,t_2^*)} = \left.\frac{\partial^2 C(T,t_2)}{\partial t_2\partial T}\right|_{(T,t_2)=(T^*,t_2^*)} = -\left(\frac{C_1}{\theta T}+\frac{M}{T}\right)\frac{\theta RP(P-R)e^{\theta(t_2+T)}}{[Re^{\theta T}+(P-R)e^{\theta t_2}]^2},$$

$$\left.\frac{\partial^2 C(T,t_2)}{\partial t_2^2}\right|_{(T,t_2)=(T^*,t_2^*)} = \left(\frac{C_1}{\theta T}+\frac{M}{T}\right)\frac{\theta RP(P-R)e^{\theta(t_2+T)}}{[Re^{\theta T}+(P-R)e^{\theta t_2}]^2} + \left(\frac{C_2}{\delta T}+\frac{C_4}{T}\right)\frac{\delta PR(P-R)e^{\delta t_2}}{[R+(P-R)e^{\delta t_2}]^2},$$

$$\left.\begin{vmatrix}\frac{\partial^2 C(T,t_2)}{\partial T^2} & \frac{\partial C^2(T,t_2)}{\partial t_2\partial T}\\ \frac{\partial^2 C(T,t_2)}{\partial T\partial t_2} & \frac{\partial^2 C(T,t_2)}{\partial t_2^2}\end{vmatrix}\right|_{(T,t_2)=(T^*,t_2^*)} = \left(\frac{C_1}{\theta T}+\frac{M}{T}\right)\left(\frac{C_2}{\delta T}+\frac{C_4}{T}\right)\frac{\theta RP(P-R)e^{\theta(t_2+T)}}{[Re^{\theta T}+(P-R)e^{\theta t_2}]^2}\cdot\frac{\delta RP(P-R)e^{\delta t_2}}{[R+(P-R)e^{\delta t_2}]^2} > 0.$$

因此,$C(T,t_2)$ 在唯一驻点(T^*, $t_2{}^*$)处关于 T、t_2 严格向下凸,即(T^*, $t_2{}^*$)为 $C(T,t_2)$ 的最小值点,于是定理 1 得证.

3　数值算例与主要参数的灵敏度分析

库存系统有关数据如下:$P=300\,000$ 件/年,$R=100\,000$ 件/年,$C_1=15$ 元/件·年,$C_2=30$ 元/件·年,$C_3=3\,000$ 元/次,$C_4=80$ 元/件,$\delta=0.5$,$M=100$ 元/件,$\theta=0.02$.

计算表明,当 $T=30$ d,$t2=6$ d 时,单位时间总成本 $C(T,t_2)$ 取得最小值 73 976.8 元/年,其中年保管成本 C_h 为 26 305.20 元/年,年缺货成本 C_s 为 3 284.66元/年,年生产调整成本为 36 500.00 元/年,年丢单成本 C_l 为 4 379.55 元/年,年变质成本 C_d 为 3 507.36 元/年,而此时最优最大库存量为 4 385 件,

最优最大缺货量为 1 095 件,一次生产批量为 8 218 件.

表 1 显示了丢单系数 δ 对最优生产周期、最优缺货时间、最优生产批量和库存系统各项成本的影响. 随着 δ 增大,开始阶段最优生产周期和最优缺货时间变短,年保管成本、年生产调整成本、年变质成本增大,然后保持不变,最优最大缺货量、最优生产批量和年缺货成本开始阶段也下降,然后基本保持不变,而最优年库存总成本持续上升;尤其值得一提的是,δ 对年缺货成本和年丢单成本的影响远大于其余各项成本. 为了减少这些损失,企业必须缩短生产周期和缺货时间,延长有现货阶段时间,当丢单态势非常显著时,企业延长有现货阶段时间所引起的年保管成本、年变质成本增加量将大于年丢单成本和年缺货成本的减少量,此时不能再调整生产周期和缺货时间.

表 2 显示了变质系数 θ 对最优生产周期、最优缺货时间、最优生产批量和库存系统各项成本的影响. 随着 θ 增大,开始阶段最优生产周期缩短,年缺货成本、年生产调整成本和年丢单成本上升,然后保持不变,最优最大库存量、最优生产批量和年保管成本开始阶段也下降,然后有所回升,最优缺货时间和最优最大缺货量始终保持不变,年变质成本和最优年库存总成本持续增加. 为了减少物品变质引起的这些损失,企业不得不缩短生产周期和有现货阶段时间,使最大库存量、生产批量和保管成本下降,当变质达到一定程度时,缩短生产周期所引起的年缺货成本、年丢单成本和年生产调整成本增加量大于年变质成本和年保管成本减少量,此时企业不能再缩短生产周期.

表 1 丢单系数对最优生产周期、最优缺货时间和库存系统各项成本等的影响 元/年

δ	最优生产周期 T/d	最优缺货时间 t_2/d	年保管成本	年缺货成本	年生产调整成本	年丢单成本	年变质成本	最优最大库存量/件	最优最大缺货量/件	最优年库存总成本	最优生产批量/件/次
0.10	32	10	20 722.00	8 559.04	34 218.75	2 282.41	2 762.93	4 020	1 826	68 545.10	8 768
0.20	31	8	23 379.30	5 653.45	35 322.58	3 015.17	3 117.24	4 202	1 461	70 487.80	8 493
0.30	30	7	24 158.60	4 472.02	36 500.00	3 577.62	3 221.15	4 202	1 278	71 929.40	8 219
0.40	30	6	26 305.20	3 285.27	36 500.00	3 504.28	3 507.36	4 385	1 095	73 102.10	8 219
0.50	30	6	26 305.20	3 284.66	36 500.00	4 379.55	3 507.36	4 385	1 095	73 976.80	8 218

表 2 变质系数 θ 对最优生产周期、最优缺货时间和库存系统各项成本等的影响 元/年

δ	最优生产周期 T/d	最优缺货时间 t_2/d	年保管成本	年缺货成本	年生产调整成本	年丢单成本	年变质成本	最优最大库存量/件	最优最大缺货量/件	最优年库存总成本	最优生产批量/件/次
0.01	31	6	27 620.30	3 178.71	35 322.58	4 238.27	1 841.35	4 567	1 095	72 201.20	8 491
0.02	30	6	26 305.20	3 284.66	36 500.00	4 379.55	3 507.36	4 385	1 095	73 976.80	8 218
0.03	29	6	24 993.40	3 397.93	37 758.62	4 530.57	4 998.69	4 203	1 095	75 679.20	7 945
0.04	28	6	23 685.40	3 519.28	39 107.14	4 692.38	6 316.11	4 020	1 095	77 320.30	7 672
0.05	28	6	23 687.00	3 519.28	39 107.14	4 692.38	7 895.66	4 021	1 095	78 901.40	7 673

4 结 论

变质物品生产库存系统经常会出现短缺而引起的丢单现象,确定最优生产周期和缺货时间,降低库存系统总成本,提高服务水平,是企业库存管理的重要工作之一. 本文考虑丢单程度与库存水平负线性相关的情况,建立了相应的的 EPQ 模型,进行了数学分析和数值寻优计算. 主要参数的灵敏度分析表明,当丢单系数较小时,企业应缩短生产周期和缺货时间,以提高服务水平和减少丢单损失,降低库存总成本;而当丢单系数较大时,持续压缩生产周期和缺货时间所引起的保管成本、变质成本和生产调整成本增加量大于节约的缺货和丢单成本,此时企业应维持现有生产周期和缺货时间;当变质系数较小时,企业应缩短生产周期,减少有现货阶段时间,减少变质损失;而当变质系数较大时,进一步压缩生产周期所引起的缺货成本、丢单成本和生产调整成本增加量大于变质成本的节约,这时企业应尽量保持生产周期不变.

参考文献:

[1] 《运筹学》教材编写组. 运筹学(修订版)[M]. 北京:清华大学出版社,1990.

[2] 罗兵,杨秀苔,熊中楷. 部分短缺量拖后时的边生产边需求EOQ模型及应用[J]. 系统工程,2002,20(2):46-50.

[3] 罗兵,卢娜,杨帅,等. 短缺量拖后率不相同时的边生产边需求EOQ模型[J]. 系统工程,2005,23(3):120-123.

[4] PADMANABHAN G, PREM VRAT. EOQ Models for Perishable Items under Stock Dependent Selling Rate[J]. European Journal of Operational Research, 1995, 86(2): 281-292.

[5] DYE CHUNG-YUAN, OUYANG LIANG-YUH. An EOQ Model for Perishable Items Under Stock-dependent Selling Rate and Time-dependent Partial Backlogging[J]. European Journal of Operational Research, 2005, 163(3): 776-783.

[6] 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.

[7] GHARE P N, SCHRADER G F. A Model for Exponentially Decaying Inventories[J]. Journal of Industrial Engineering, 1963, 15: 238-243.

[8] DAVE U, PATEL L K. (T, Si) Policy Inventory Model for Deteriorating Items with Time Proportional Demand[J]. Journal of Operational Research Society, 1981, 32: 137-142.

[9] BALKHI Z T, BENKHEROUF L. A Production Lot Size Inventory Model for Deteriorating Items and Arbitrary Production and Demand Rates[J]. European Journal of Operational Research, 1996, 92(2): 302-309.

[10] GOYAL S K, GIRI B C. The Production Inventory Problem of a Product with Time-varying Demand, Production and Deteriorating Rates[J]. European Journal of Operational Research, 2003, 147(3): 549-557.

EPQ Model with Different Lost Sale Factor Relative to Inventory Level

LUO Bing, LI Yu-yu, HUANG Bo

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

Abstract: It is important for enterprises' inventory management to find out the optimal production cycle and the length of shortage time, so that the total cost of inventory system can be reduced and the service level can be raised. Based on the classical EPQ model, this paper develops an EPQ model for deterioration items with different lost sale factor relative to the inventory level during shortage period. The existence of unique optimal solution is discussed by mathematic analysis and a numeric example. The sensitivity analysis shows that the parameter of losing sale has different impact on the costs of inventory system. The factors must be considered for the production inventory system to make management decision.

Key words: parameter of losing sale; inventory level; deterioration; EPQ model

(编辑　姚　飞)