

# 基于需求预测的短生命周期产品订货策略研究<sup>①</sup>

徐贤浩, 陈 雯, 廖丽平, 李路军  
(华中科技大学管理学院, 武汉 430074)

**摘要:** 本文针对短生命周期产品的特点, 考虑与需求因子相关的库存短缺拖后和无形变质, 根据缺货时间点、订货时间点与产品到达成熟期的时间点之间的关系, 建立基于短生命周期产品需求预测的3种订货策略模型: 乐观订货策略, 悲观订货策略和中庸订货策略模型, 对模型进行了分析求解, 对最优解的存在性进行了证明. 然后根据实际销售数据进行需求预测和算例分析, 分析各因子对于总库存成本、订货量、短缺拖后量、销售损失量以及最优订货策略的影响. 最后通过订货策略分析, 分析各因子对于最优订货策略的影响, 并将它们划分为3种订货策略影响因子, 分析结果可以指导企业在不同因子水平情况下如何调整订货策略, 以降低总库存成本.

**关键词:** BASS 需求函数; 部分短缺量拖后; 短生命周期产品; 无形变质

**中图分类号:** F275    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1007-9807(2013)04-0022-11

## 0 引 言

当今社会 随着科技进步速度的加快和顾客偏好的改变, 产品更新换代的速度越来越快. 产品具有较短生命周期已成为当今社会产品的显著特征. 这里的产品生命周期是指产品从投入市场到被市场淘汰为止的产品市场寿命期. 典型的短生命周期产品, 如手机、个人电脑等. 对于手机, 其产品更新换代的速度为3-6个月, 对于个人电脑, 其产品更新换代的速度为9-12个月. 对于短生命周期产品, 由于存在着价值的贬值(即无形变质)现象, 经营者对其库存的控制将更具风险性. 因此, 如何正确把握市场需求, 如何科学确定产品订货次数和订货时间, 合理控制库存, 对于降低企业经营成本, 提高企业经营效益有着重要的现实意义.

对于短生命周期产品, 由于其销售周期短的

特性, 导致在其销售周期的初期无法掌握其准确的销售数据. 到掌握其销售数据时, 产品已进入衰退期, 而传统的预测方法, 例如时间序列预测法、回归分析方法等, 需要有大量的历史数据, 由于没有历史数据或者缺乏数据这个原因, 因而不能较好地预测短生命周期产品的需求情况. 本文将对 BASS 扩散模型进行改进, 用于反映短生命周期产品的需求扩散情况, 建立基于预测的短生命周期产品的库存模型, 并提出短生命周期产品库存控制的优化策略.

与本研究关系密切的主要是变质产品的库存模型和 BASS 扩散模型, 以下分别介绍研究现状. 对于变质物品的库存问题研究, 一直得到广大研究者的关注. Ghare 和 Schrader<sup>[1]</sup> 首先提出一个基于常数需求的指数变质库存模型. Covert 和 Philip<sup>[2]</sup> 以及 Tadikamalla<sup>[3]</sup> 分别建立了一个基于常数需求, 具有韦伯和伽马分布变质率的经济订

① 收稿日期: 2010-01-25; 修订日期: 2012-09-06.

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(71131004); 国家教育部基金资助项目(09YJA630043); 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2011TS118).

作者简介: 徐贤浩(1964—), 男, 湖北武汉人, 博士, 教授, 博士生导师. Email: xxhao@mail.hust.edu.cn

货批量模型。上述研究假设常数需求率在产品的成熟阶段是合理和有效的,但是在产品的成长和退出阶段假设需求率为常数就不合理了,因此,研究者开始研究更符合实际的线性需求率情况。Resh 和 Friedman<sup>[4]</sup>以及 Donaldson<sup>[5]</sup>是第一个研究线性需求率的,此后,许多研究者开始研究基于不同假设的变质商品库存模型,如 Raafat<sup>[6]</sup>、Goyal 和 Giri<sup>[7]</sup>等。针对短生命周期产品需求呈 S 形曲线特征,徐贤浩等<sup>[8]</sup>建立了考虑无形变质因素,并假定无形变质率与需求率成反比关系的短生命周期产品分别在理想状态、允许缺货以及价格折扣导致需求率变化等 3 种状态下的库存模型。陈军等<sup>[9]</sup>研究了需求受货架展示量影响时的二次订货策略,但是这些研究都是基于假设的需求函数,未针对具体的预测模型。而对于基于需求预测的库存控制研究,特别是针对基于预测的短生命周期产品库存问题的研究则很少。Kurawarwala<sup>[10]</sup>提出了对短生命周期产品整个生命周期内进行月度预测的 BASS 增长模型,但建立的库存模型是基于报童模型的。Beril<sup>[11]</sup>建立了一个预测、生产、库存三者的合成模型。预测者在获得新的信息后更新预测数据,生产经理根据预测数据在 MRP 系统的帮助下安排生产,同时求得最小的库存成本。陈旭<sup>[12]</sup>建立了基于需求信息更新的库存控制模型,但其预测方法不是针对短生命周期产品的。

在扩散模型研究方面,BASS 模型<sup>[13]</sup>被认为是适合新产品预测方法之一,模型被研究人员广泛应用和改进,来预测新产品的需求。Jain 和 Mahajan 等<sup>[14]</sup>构建了一个基于 BASS 模型且考虑供给约束的三阶段模型,即在传统 BASS 模型的基础上加入了等待采用这个阶段。Steffens<sup>[15]</sup>认为 BASS 模型中对市场潜量为定值的这一假设不符合实际,因此建立了一个基于动态市场潜量的 BASS 扩展模型来分析耐用品成倍购买问题。Kurawarwala 和 Matsuo<sup>[16]</sup>证实了用 BASS 模型可以对短生命周期产品进行预测,并取得了很好的效果。因此,对短生命周期产品的 BASS 预测模型与库存控制进行联合研究具有理论价值和实际意义。

本文将根据短生命周期产品的特点对 BASS

模型进行相应的改进,采用类似产品数据进行参数估计,并把此预测模型应用到库存模型中,建立了基于需求预测的订货策略模型。模型考虑无形变质、部分短缺量拖后等因素,且假设无形变质率、短缺量拖后率与 BASS 预测模型中的因子  $p$  (消费者创新系数) 和  $q$  (消费者模仿系数) 相关。本文根据企业对于订货时间点的选择,建立三种订货策略模型,即:乐观订货策略、悲观订货策略和中庸订货策略模型,并且通过找出各自总成本最小的情况,对这三种模型进行比较,从而得到最优订货策略。文中对三种订货策略影响因子的分析结论可为企业在各种不同情况下的订货决策提供有益的指导。

## 1 模型假设与符号说明

### 1.1 模型的假设条件

根据研究的实际问题,作如下基本假设:

1) 需求是通过 BASS 模型和销售数据拟合,并根据短生命周期产品的特点进行相应调整获得的。原始的 BASS 模型需求率为  $f(t) = m \times \frac{p(p+q)^2 e^{-(p+q)t}}{(p+q e^{-(p+q)t})^2}$ ,但是徐贤浩等<sup>[17]</sup>认为短生命周期产品进入市场后,通常有一个短暂的引入期,很快就进入成长期,需求量增长迅速,随后逐渐进入成熟期,由于层出不穷的新产品的冲击,顾客不断转移和减少,从而导致短生命周期产品在极短的时间内被市场淘汰,即在生命周期中就显示为很短的衰退期或无衰退期。因此本文将产品的生命周期  $H$  简化为成长期和成熟期,又  $T^* = \ln(q/p)/(p+q)$  是产品销售峰值时间,则产品的成熟期在  $T^*$  附近。现假设  $T^*$  是成熟期的中点,  $H = T^* + l$   $l$  是企业根据类似产品或以往产品的库存信息来决定的,成熟期的起点时间是  $T^* - l$ 。

其需求函数如下所示

$$f(t) = m \frac{p(p+q)^2 e^{-(p+q)t}}{(p+q e^{-(p+q)t})^2}$$

$$0 \leq t \leq T^* - l$$

$$f(t) = m \frac{p(p+q)^2 e^{-(p+q)(T^*-l)}}{(p+q e^{-(p+q)(T^*-l)})^2}$$

$T^* - l \leq t \leq H$  在下文中方便起见,都使用  $f(T^*)$

标记.

2) 提前期为 0 ,即瞬时订货 ,订货后立即补充短缺拖后量.

3) 订货周期不固定 ,在计划期内发生两次订货 ,初始时刻发生一次订货.

4) 产品在存储期间发生贬值 ,在这里只考虑无形变质 ,即随着时间的转移 ,库存产品的数量并没有发生变化 ,而只有库存价值发生变化. 无形价值损失是基于如下假设:  $(p + q)$  越大 ,即创新系数和模仿系数越大 ,说明产品的广告效用与口头传播作用越明显 ,则产品需求率越大 ,产品对于消费者的吸引力越大 ,当其它同类产品上市时 ,产品在消费者心目中的吸引力下降的速度会慢些 ,从而产品的价值损失相对较少. 假设价值损失与  $(p + q)$  成反比关系 ,产品的无形价值损失直接体现在库存持有成本上 ,用  $C_2$  表示单位产品单位时间库存维持成本. 则有: 单位产品第  $t_1$  时刻入库 ,则第  $t_1 + 1$  时刻库存持有成本为  $C_2 / (g(p + q)) \times 1$  ,其中  $g$  为待定系数 ,在  $t_2$  时刻库存持有成本为  $C_2 / [g(p + q)] \times (t_2 - t_1)$  ,从  $t_1$  到  $t_2$  时段的库存持有成本为  $C_2 \int_{t_1}^{t_2} (t - t_1) / [g(p + q)] dt$ .

5) 允许缺货 ,但是最后一个周期不允许缺货. 缺货量是部分拖后的 ,即由于缺货致使一部分需求得不到满足 ,一部分顾客由于品牌忠诚度等原因愿意等待 ,但是另一部分顾客由于缺乏耐心和品牌忠诚度而放弃购买 ,本文假设愿意等待的顾客占该时刻需求的比例为  $\alpha$  (即短缺拖后率) ,假设  $\alpha$  与产品的吸引力有关 ,即  $(p + q)$  越大 ,愿意等待的顾客越多  $\alpha = k(p + q)$  , $k$  为常数 ,且  $0 < \alpha < 1$ .

### 1.2 符号说明

本文模型对产品成本的假设与文献 [19] 类似 ,具体表示如下:

- $C_1$ —— 每个订单的订货成本;
- $H$ —— 总周期时间;
- $f(t)$ ——  $t$  时刻的需求率;
- $F(t)$ ——  $[0, t]$  的需求量;
- $I(t)$ ——  $t$  时刻的库存水平;
- $S(t)$ ——  $t$  时刻的短缺水平;
- $C_2$ —— 单位时间单位产品的库存持有成本;
- $C_3$ —— 由于缺货引起的单位时间单位产品

的短缺成本;

$C_4$ —— 单位产品的销售损失成本 ,又称机会成本;

$T_i$ —— 在第  $i$  周期内 ,产品的库存水平达到 0 的时间点 ,为决策变量  $i = 1, 2, T_2 = H$ ;

$t_i$ —— 第  $i$  个订货时间点 ,为决策变量  $i = 1, 2$  根据前面的假设  $t_1 = 0$ ;

$T^*$ —— 产品销售峰值时间点 ,即成熟期的中点;

$TC_1$ —— 乐观订货策略的总库存成本;

$TC_2$ —— 悲观订货策略的总库存成本;

$TC_3$ —— 中庸订货策略的总库存成本;

$Q_1$ —— 第一个订货周期的订货量 ,即初始库存量;

$Q_2$ —— 第二个订货周期的订货量.

## 2 数学模型

假设初始时刻发生一次订货 ,在  $(0, H)$  内再发生一次订货 ,即两次订货系统. 两次订货系统的最优订货策略中 ,需要确定  $T_i$  和  $t_i$  ,即库存水平到达 0 的时间点和订货时间点. 由前面的假设可知  $t_1 = 0, T_2 = H$  ,因此决策变量为  $T_1$  和  $t_2$ . 根据  $T_1$  和  $t_2$  以及需求率达到稳定的时间点  $(T^* - l)$  三者之间的大小关系 ,可分为三种不同策略: 1)  $T^* - l \leq T_1 \leq t_2$  ,即需求率达到稳定的时间点  $(T^* - l)$  在库存水平达到 0 的点  $(T_1)$  和订货时间点  $(t_2)$  之前 ,如图 2 所示 ,企业对新产品的市场前景持乐观态度 ,相信新产品能够迅速赢得消费者的喜爱并达到成熟期 ,因此第一次订货量很大 ,以防错失销售良机 ,本文称此订货策略为乐观订货策略. 2)  $T_1 \leq t_2 \leq T^* - l$  ,即需求率达到稳定的时间点  $(T^* - l)$  在库存水平达到 0 的点  $(T_1)$  和订货时间点  $(t_2)$  之后 ,如图 3 所示 ,企业对新产品的市场前景持悲观态度 ,认为新产品进入市场竞争会比较激烈 ,需要一段时间才能进入成熟期 ,因此第一次订货量较小 ,防止新产品销售不佳导致库存积压 ,本文称此订货策略为悲观订货策略. 3)  $T_1 \leq T^* - l \leq t_2$  ,即需求率达到稳定的时间点  $(T^* - l)$  在库存水平达到 0 的点  $(T_1)$  和订货时间点  $(t_2)$  之间 ,此种策略介于上述两种策略之间 ,本

文称之为中庸订货策略. 最优订货策略存在于这三种订货策略之中.

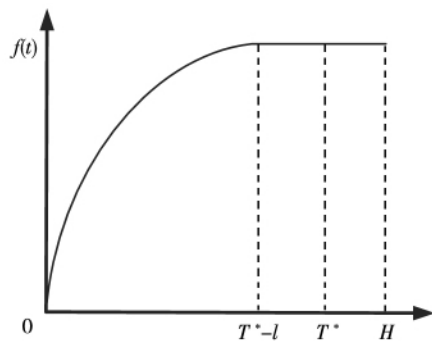


图 1 需求率示意图

Fig. 1 The change of demand rate with time

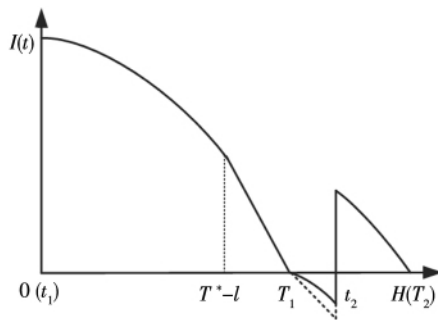


图 2 乐观订货策略库存状态示意图

Fig. 2 Inventory of optimistic ordering strategy

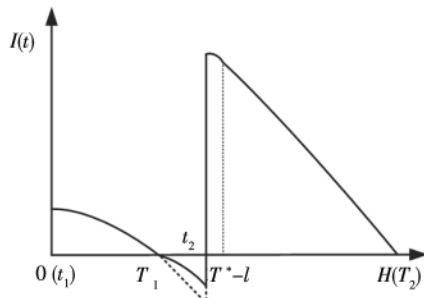


图 3 悲观策略库存状态示意图

Fig. 3 Inventory of pessimistic ordering strategy

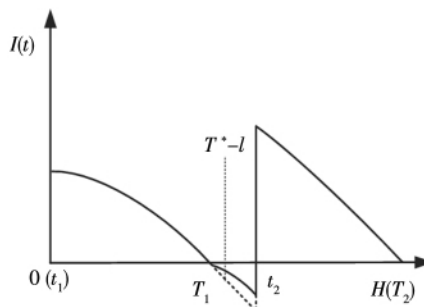


图 4 中庸订货策略库存状态示意图

Fig. 4 Inventory of moderate ordering strategy

### 2.1 乐观订货策略( $T^* - l \leq T_1 \leq t_2$ )

本文考虑的是短生命周期产品的无形变质, 产品的实际库存量只因需求而发生变化, 不存在因腐烂、损耗等有形变质而减少的情况, 如方程 (1) 所示, 产品的无形变质体现在库存成本随时间呈现非线性变化. 根据库存的各个状态得到以下方程

$$\frac{dI(t)}{dt} = -f(t), 0 \leq t \leq T^* - l \quad (1)$$

$$\frac{dI(t)}{dt} = -f(T^*), T^* - l \leq t \leq T_1; t_2 \leq t \leq T_2 \quad (2)$$

$$\frac{dS(t)}{dt} = k(p + q)f(T^*), T_1 \leq t \leq t_2 \quad (3)$$

根据初始条件和边界条件:  $I((T^* - l)_-) = I((T^* - l)_+)$ ,  $I(T_1) = 0$ ,  $I(T_2) = 0$ ,  $S(T_1) = 0$  对方程 (1) (2) 和 (3) 积分可以得到

$$I(t) = \int_0^{T^*-l} f(t) dt + \int_{T^*-l}^{T_1} f(T^*) dt, 0 \leq t \leq T^* - l;$$

$$I(t) = \int_0^{T_1} f(T^*) dt, T^* - l \leq t \leq T_1 \quad (4)$$

$$I(t) = \int_0^{T_2} f(T^*) dt, t_2 \leq t \leq T_2 \quad (5)$$

$$S(t) = f(T^*) \int_{T_1}^t k(p + q) dt, T_1 \leq t \leq t_2 \quad (6)$$

$[0, T_1]$  内的累积库存持有成本为

$$\frac{C_2}{g(p+q)} \int_0^{T_1} I(t) dt = \frac{C_2}{g(p+q)} \left\{ \int_0^{T^*-l} \left[ \int_0^{T^*-l} f(u) du + \int_{T^*-l}^{T_1} f(T^*) du \right] dt + \int_{T^*-l}^{T_1} \int_0^{T_1} f(T^*) du dt \right\} \quad (7)$$

$[T_1, t_2]$  缺货期间 累积短缺成本为

$$C_3 \int_{T_1}^{t_2} S(t) dt = C_3 \int_{T_1}^{t_2} f(T^*) \int_{T_1}^t k(p+q) du dt \quad (8)$$

第一个周期内  $[T_1, t_2]$  的累积销售成本为

$$C_4 f(T^*) \int_{T_1}^{t_2} (1 - k(p+q)) dt \quad (9)$$

$[t_2, T_2]$  内的累积库存持有成本为

$$\frac{C_2}{g(p+q)} \int_{t_2}^{T_2} I(t) dt = \frac{C_2}{g(p+q)} \int_{t_2}^{T_2} \int_{t_2}^t f(T^*) du dt$$

订货量

$$Q_1 = I(0) = \left\{ \int_0^{T^*-l} f(t) dt + \int_{T^*-l}^{T_1} f(T^*) dt \right\} \Big|_{t=0} \\ = \int_0^{T^*-l} f(t) dt + f(T^*) [T_1 - (T^* - l)] \quad (10)$$

$$Q_2 = S(t_2) + I(t_2) = f(T^*)k(p+q) \times \int_{T_1}^{t_2} (t - T_1) dt + f(T^*)(T_2 - t_2) \quad (11)$$

[0, T<sub>2</sub>] 内的总库存成本为订货成本、库存持有成本(包含变质成本)、短缺成本、机会成本(销售损失成本)

$$TC_1 = 2C_1 + C_2 \left\{ \int_0^{T^*-l} \frac{t - t_1}{g(p+q)} \left[ \int_t^{T^*-l} f(u) du + \int_{T^*-l}^{T_1} f(T^*) du \right] dt + \int_{T^*-l}^{T_1} \frac{t - t_1}{g(p+q)} \times \int_t^{T_1} f(T^*) du dt \right\} + C_3 \int_{T_1}^{t_2} f(T^*) \times \int_{T_1}^t k(p+q) du dt + C_4 f(T^*) \int_{T_1}^{t_2} (1 - k(p+q)) \times dt + C_2 \int_{t_2}^{T_2} \frac{t - t_2}{g(p+q)} \int_t^{T_2} f(T^*) du dt \quad (12)$$

**2.2 悲观订货策略** ( $T_1 \leq t_2 \leq T^* - l$ )  
根据库存的各个状态得到以下方程

$$\frac{dI(t)}{dt} = -f(t), 0 \leq t \leq T_1; \quad (13)$$

$$t_2 \leq t \leq T^* - l$$

$$\frac{dI(t)}{dt} = -f(T^*), T^* - l \leq t \leq T_2 \quad (14)$$

$$\frac{dS(t)}{dt} = k(p+q)f(t), T_1 \leq t \leq t_2 \quad (15)$$

根据初始条件和边界条件:  $I((T^* - l)_-) = I((T^* - l)_+)$ ,  $I(T_1) = 0$ ,  $I(T_2) = 0$ ,  $S(T_1) = 0$   
对方程(13)、(14)和(15)积分可以得到

$$I(t) = \int_t^{T_1} f(t) dt, 0 \leq t \leq T_1 \quad (16)$$

$$I(t) = \int_t^{T^*-l} f(t) dt + \int_{T^*-l}^{T_2} f(T^*) dt, \quad (17)$$

$$t_2 \leq t \leq T^* - l$$

$$I(t) = \int_t^{T_2} f(T^*) dt, T^* - l \leq t \leq T_2 \quad (18)$$

$$S(t) = \int_{T_1}^t k(p+q)f(t) dt, T_1 \leq t \leq t_2 \quad (19)$$

[0, T<sub>1</sub>] 内的累积库存持有成本为

$$\frac{C_2}{g(p+q)} \int_0^{T_1} I(t) dt = \frac{C_2}{g(p+q)} \int_0^{T_1} \int_t^{T_1} f(u) du dt$$

[T<sub>1</sub>, t<sub>2</sub>] 内的累积库存持有成本为

$$\frac{C_2}{g(p+q)} \int_{t_2}^{T_2} I(t) dt = \frac{C_2}{g(p+q)} \int_{t_2}^{T^*-l} \left\{ \int_t^{T^*-l} f(u) du + \int_{T^*-l}^{T_2} f(T^*) du \right\} dt + \int_{T^*-l}^{T_2} \int_t^{T_2} f(T^*) du dt$$

[T<sub>1</sub>, t<sub>2</sub>] 缺货期间 累积短缺成本为

$$C_3 \int_{T_1}^{t_2} S(t) dt = C_3 \int_{T_1}^{t_2} \int_{T_1}^t k(p+q)f(u) du dt \quad (20)$$

[T<sub>1</sub>, t<sub>2</sub>] 缺货期间 累积销售损失成本为

$$C_4 \int_{T_1}^{t_2} (1 - k(p+q))f(t) dt \quad (21)$$

订货量为

$$Q_1 = I(0) = \int_0^{T_1} f(t) dt \quad (22)$$

$$Q_2 = \int_{T_1}^{t_2} \int_{T_1}^t k(p+q)f(u) du dt + \int_{t_2}^{T^*-l} f(t) dt + \int_{T^*-l}^{T_2} f(T^*) dt \quad (23)$$

[0, T<sub>2</sub>] 内的总库存成本为

$$TC_2 = 2C_1 + C_2 \int_0^{T_1} \frac{t - t_1}{g(p+q)} \int_t^{T_1} f(u) du dt + C_3 \int_{T_1}^{t_2} \int_{T_1}^t k(p+q)f(u) du dt + C_4 \int_{T_1}^{t_2} (1 - k(p+q))f(t) dt + \frac{C_2}{g(p+q)} \times \left\{ \int_{t_2}^{T^*-l} (t - t_2) \int_t^{T^*-l} f(u) du dt + f(T^*) \times \int_{t_2}^{T^*-l} (t - t_2) (T_2 - (T^* - l)) dt + f(T^*) \times \int_{T^*-l}^{T_2} (t - t_2) (T_2 - t) dt \right\} \quad (24)$$

**2.3 中庸订货策略** ( $T_1 \leq T^* - l \leq t_2$ )

根据库存的各个状态得到以下方程

$$\frac{dI(t)}{dt} = -f(t), 0 \leq t \leq T_1; \quad (25)$$

$$\frac{dI(t)}{dt} = -f(T^*), t_2 \leq t \leq T_2$$

$$\frac{dS(t)}{dt} = k(p+q)f(t), T_1 \leq t \leq T^* - l \quad (26)$$

$$\frac{dS(t)}{dt} = k(p+q)f(T^*), T^* - l \leq t \leq t_2 \quad (27)$$

根据初始条件和边界条件:  $I(T_1) = 0$ ,  $I(T_2) = 0$ ,  $S(T_1) = 0$ ,  $I((T^* - l)_-) = I((T^* - l)_+)$   
对方程(25)、(26)和(27)积分可以得到

$$I(t) = \int_t^{T_1} f(t) dt, 0 \leq t \leq T_1; I(t) = \int_t^{T_2} f(T^*) dt, \quad (28)$$

$$t_2 \leq t \leq T_2$$

$$S(t) = \int_{T_1}^t k(p+q)f(t) dt \quad T_1 \leq t \leq T^* - l \quad (29)$$

$$S(t) = \int_{T_1}^{T^*-l} k(p+q)f(t) dt + f(T^*) \times \int_{T^*-l}^t k(p+q) dt, \quad T^* - l \leq t \leq t_2 \quad (30)$$

[0, T<sub>1</sub>] 内的累积库存持有成本为

$$\frac{C_2}{g(p+q)} \int_0^{T_1} I(t) dt = \frac{C_2}{g(p+q)} \int_0^{T_1} \int_t^{T_1} f(u) du dt$$

[t<sub>2</sub>, T<sub>2</sub>] 内的累积库存持有成本为

$$\frac{C_2}{g(p+q)} \int_{t_2}^{T_2} I(t) dt = \frac{C_2}{g(p+q)} \int_{t_2}^{T_2} \int_t^{T_2} f(T^*) du dt$$

[T<sub>1</sub>, t<sub>2</sub>] 缺货期间 累积短缺成本为

$$C_3 \int_{T_1}^{t_2} S(t) dt = C_3 \int_{T_1}^{T^*-l} S(t) dt + C_3 \int_{T^*-l}^{t_2} S(t) dt = C_3 \int_{T_1}^{T^*-l} \int_{T_1}^t k(p+q)f(u) du dt + C_3 \int_{T^*-l}^{t_2} \int_{T_1}^{T^*-l} k(p+q)f(u) du dt + C_3 f(T^*) \times \int_{T^*-l}^{t_2} \int_{T^*-l}^t k(p+q) du dt \quad (31)$$

[T<sub>1</sub>, t<sub>2</sub>] 内的累积销售损失成本为

$$\int_{T_1}^{T^*-l} (1 - k(p+q))f(t) dt + f(T^*) \times \int_{T^*-l}^{t_2} (1 - k(p+q)) dt \quad (32)$$

订货量为

$$Q_1 = I(0) = \int_0^{T_1} f(t) dt \quad (0 \text{ 到 } T_1 \text{ 时刻的库存量}) \quad (33)$$

$$Q_2 = \int_{T_1}^{T^*-l} \int_{T_1}^t k(p+q)f(u) du dt + \int_{T^*-l}^{t_2} \left\{ \int_{T_1}^{T^*-l} k(p+q)f(u) du + f(T^*) \times \int_{T^*-l}^t k(p+q) du \right\} dt + \int_{t_2}^{T_2} f(T^*) dt \quad (34)$$

[0, T<sub>2</sub>] 内的总库存成本为

$$TC_3 = 2C_1 + C_2 \int_0^{T_1} \frac{t-t_1}{g(p+q)} \int_t^{T_1} f(u) du dt + C_4 \left\{ \int_{T_1}^{T^*-l} (1-k(p+q))f(t) dt + f(T^*) \times \int_{T^*-l}^{t_2} (1-k(p+q)) dt \right\} + C_3 \left\{ \int_{T_1}^{T^*-l} \int_{T_1}^t k(p+q)f(u) du dt + \int_{T^*-l}^{t_2} \int_{T^*-l}^t k(p+q)f(u) du dt + f(T^*) \times \int_{T^*-l}^{t_2} k(p+q) dt \right\} \quad (35)$$

### 3 最优订货策略

在区间 [0, T<sub>2</sub>] 的总成本函数为

$$TC(T_1, t_2) = \begin{cases} TC_1(T_1, t_2) & \text{if } T^* - l \leq T_1 \leq t_2 \\ TC_2(T_1, t_2) & \text{if } T_1 \leq t_2 \leq T^* - l \\ TC_3(T_1, t_2) & \text{if } T_1 \leq T^* - l \leq t_2 \end{cases} \quad (36)$$

虽然  $TC_1(T_1, t_2)$ ,  $TC_2(T_1, t_2)$ ,  $TC_3(T_1, t_2)$  是受区间约束的, 但是本文将分别寻找这三个函数不受约束的最小值. 如果每个函数都是凸函数, 存在全局最小值, 那么该函数在特定的区间内一定存在极小值点, 通过对比三个函数的区间内最小值点, 即可获得最小库存成本.

(1)  $T^* - l \leq T_1 \leq t_2$  情况下, 决策变量为  $T_1$  和  $t_2$ , 目标函数为  $\min TC_1$ , 即为二元极小值问题, 设  $P_0(T_1^*, t_2^*)$  为方程组 ( $dTC_1/dT_1 = 0$ ,  $dTC_1/dt_2 = 0$ ) 的解, 则点  $P_0$  的海塞矩阵正定时,  $P_0(T_1^*, t_2^*)$  为  $TC_1$  的极小值点. 证明如下:

$P_0$  的海塞矩阵为

$$f''(P_0) = \begin{bmatrix} d^2TC_1/dT_1^2 & d^2TC_1/dT_1^* dt_2^* \\ d^2TC_1/dt_2^* dT_1^* & d^2TC_1/dt_2^{*2} \end{bmatrix}$$

对  $T_1$  求导得

$$\frac{dTC_1}{dT_1} = \frac{C_2 f(T^*) T_1^2}{2g(p+q)} - C_3 k(p+q) f(T^*) (t_2 - T_1) - C_4 f(T^*) (1 - k(p+q)) \quad (37)$$

$$\frac{d^2TC_1}{dT_1^2} = \frac{C_2 T_1 f(T^*)}{g(p+q)} + C_3 f(T^*) k(p+q) > 0 \quad (38)$$

先对  $T_1$  求偏导, 再对  $t_2$  求偏导得到

$$dTC_1^2/dT_1 dt_2 = -C_3 k(p+q) f(T^*) \quad (39)$$

对  $t_2$  求导得

$$\frac{dTC_1}{dt_2} = -C_2 \int_{t_2}^{T_2} \frac{f(T^*)}{g(p+q)} dt + C_3 k(p+q) f(T^*) (t_2 - T_1) + C_4 (1 - k(p+q)) f(T^*) \quad (40)$$

$$\frac{d^2TC_1}{dt_2^2} = \frac{C_2 f(T^*)}{g(p+q)}(T_2 - t_2) + C_3 k(p+q) \times f(T^*) > 0 \quad (41)$$

$$\text{又} \frac{\partial^2 TC_1}{\partial T_1^2} \cdot \frac{\partial^2 TC_1}{\partial t_2^2} - \left(\frac{\partial^2 TC_1}{\partial T_1 \partial t_2}\right)^2 = \left\{ \frac{C_2 T_1^* f(T^*)}{g(p+q)} + C_3 f(T^*) k(p+q) \right\} \cdot \left\{ \frac{C_2 f(T^*)}{g(p+q)}(T_2 - t_2^*) + C_3 k(p+q) f(T^*) \right\} - \{C_3 k(p+q) f(T^*)\}^2 \quad (42)$$

设  $\frac{\partial^2 TC_1}{\partial T_1^2} \cdot \frac{\partial^2 TC_1}{\partial t_2^2} - \left(\frac{\partial^2 TC_1}{\partial T_1 \partial t_2}\right)^2 = |A| \cdot \frac{C_2}{g(p+q)} = \omega > 0$   $C_3 k(p+q) = \psi > 0$  且  $(T_2 - t_2^*) > 0$  则

$$|A| = f(T^*)^2 \{(\omega T_1^* + \psi)(\omega(T_2 - t_2^*) + \psi)\} - f(T^*)^2 \psi^2 > f(T^*)^2 \psi^2 - f(T^*)^2 \psi^2 = 0 \quad (43)$$

海塞矩阵各阶顺序主子式均大于零, 则海塞矩阵正定. 故令  $dTC_1/dT_1 = 0$  和  $dTC_1/dt_2 = 0$  得企业最优订货时间  $T_1^*$  和  $t_2^*$ , 使不受约束的总库存成本  $TC_1$  最小.

(2)  $T_1 \leq t_2 \leq T^* - l$  时, 对  $T_1$  求导得

$$\frac{dTC_2}{dT_1} = f(T_1) \left( \frac{C_2 T_1^2}{2g(p+q)} - C_3 k(p+q)(t_2 - T_1) - C_4(1 - k(p+q)) \right) = f(T_1) g(T_1) \quad (44)$$

其中  $g(T_1) = \frac{C_2 T_1^2}{2g(p+q)} - C_3 k(p+q)(t_2 - T_1) - C_4(1 - k(p+q))$ , 又  $\frac{d^2 TC_2}{dT_1^2} = \frac{df(T_1)}{dT_1} g(T_1) + f(T_1) \frac{dg(T_1)}{dT_1}$ ;  $\frac{dg(T_1)}{dT_1} = \frac{C_2 T_1}{g(p+q)} + k(p+q)$   $C_3 > 0$ , 因此, 可以看出  $g(T_1)$  是一个严格增的单调函数, 而  $0 < t < T^* - l$  时  $(1 - \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}) < 0$ ,  $f'(t) > 0$ ; 当  $t \geq T^* - l$  时  $f'(t) = 0$ . 即  $f'(T_1) > 0$ , 因此  $dTC_3/dT_1$  必定存在唯一的一个根  $T_1^*$ , 使得  $g(T_1^*) = 0$  并且在这个  $T_1^*$  点

$$\frac{d^2 TC_2}{dT_1^2} = \frac{df(T_1^*)}{dT_1^*} g(T_1^*) + f(T_1^*) \frac{dg(T_1^*)}{dT_1^*} = f(T_1^*) \frac{dg(T_1^*)}{dT_1^*} = f(T_1^*) \left\{ \frac{C_2 T_1^*}{g(p+q)} + k(p+q) C_3 \right\} > 0 \quad (45)$$

对  $T_1$  求导, 再对  $t_2$  求导得  $d^2 TC_2/dT_1 dt_2 = -$

$$C_3 k(p+q) f(T_1)$$

对  $t_2$  求导得

$$\frac{dTC_2}{dt_2} = C_3 k(p+q) \int_{T_1}^{t_2} f(u) du + C_4 f(t_2) (1 - k(p+q)) + \frac{C_2}{g(p+q)} \left\{ - \int_{t_2}^{T^* - l} \int_{t_1}^{T^* - l} f(u) dudt + f(T^*) [(T^* - l) - T_2] \times ((T^* - l) - t_2) + \frac{T_2^2 - (T^* - l)^2}{2} - T_2(T_2 - (T^* - l)) \right\} \quad (46)$$

$$\frac{d^2 TC_2}{dt_2^2} = \frac{C_2}{g(p+q)} \left( \int_{t_2}^{T^* - l} f(u) du + f(T^*) \times (T_2 - (T^* - l)) \right) + C_3 k(p+q) f(t_2) + C_4(1 - k(p+q)) f'(t_2) > 0$$

$$|A| = f(T_1^*) (\omega T_1^* + \psi) \left\{ \omega \left[ \int_{t_2}^{T^* - l} f(u) du + f(T^*) (T_2 - (T^* - l)) \right] + C_3 k(p+q) f(t_2^*) + C_4(1 - k(p+q)) f'(t_2^*) \right\} - \psi^2 f(T_1^*)^2 > f(T_1^*) (\omega T_1^* + \psi) \cdot \psi f(t_2^*) - \psi^2 f(T_1^*)^2 > \psi^2 f(T_1^*)^2 - \psi^2 f(T_1^*)^2 = 0 \quad (47)$$

海塞矩阵各阶顺序主子式均大于零, 则海塞矩阵正定. 故令  $dTC_2/dT_1 = 0$  和  $dTC_2/dt_2 = 0$ , 得企业最优订货时间  $T_1^*$  和  $t_2^*$ , 使不受约束的总库存成本  $TC_2$  最小.

(3)  $T_1 \leq T^* - l < t_2$  时, 对  $T_1$  求导得

$$\frac{dTC_3}{dT_1} = f(T_1) \left\{ \frac{C_2 T_1^2}{2g(p+q)} - k(p+q) C_3 (t_2 - T_1) - C_4(1 - k(p+q)) \right\} = f(T_1) g(T_1) \quad (49)$$

其中

$$g(T_1) = \frac{C_2 T_1^2}{2g(p+q)} - k(p+q) C_3 (t_2 - T_1) - C_4(1 - k(p+q))$$

$$\frac{d^2 TC_3}{dT_1^2} = \frac{df(T_1^*)}{dT_1^*} g(T_1^*) + f(T_1^*) \frac{dg(T_1^*)}{dT_1^*} = f(T_1^*) \frac{dg(T_1^*)}{dT_1^*} = f(T_1^*) \left\{ \frac{C_2 T_1^*}{g(p+q)} + k(p+q) C_3 \right\} > 0 \quad (50)$$

先对  $T_1$  求偏导, 再对  $t_2$  求偏导得到

$$dTC_3/dT_1 dt_2 = -C_3k(p+q)f(T_1) \quad (51)$$

对  $t_2$  求导得

$$\begin{aligned} \frac{dTC_3}{dt_2} = & -\frac{C_2f(T_1^*)}{g(p+q)} \int_{t_2}^{T_2} (T_2-t) dt + C_3k(p+q) \\ & \left\{ \int_{T_1}^{T_1^*-l} f(u) du + f(T_1^*) [t_2 - T_1^* + l] \right\} + \\ & C_4f(T_1^*) (1 - k(p+q)) \end{aligned} \quad (52)$$

$$\begin{aligned} \frac{d^2TC_3}{dt_2^2} = & f(T_1^*) \left\{ \frac{C_2}{g(p+q)} (T_2 - t_2^*) + \right. \\ & \left. C_3k(p+q) \right\} > 0 \end{aligned} \quad (53)$$

$|A| = f(T_1^*) \left\{ \frac{C_2T_1^*}{g(p+q)} + C_3k(p+q) \right\} \times$   
 $f(T_1^*) \left\{ \frac{C_2}{g(p+q)} (T_2 - t_2^*) + C_3k(p+q) \right\} -$   
 $\{C_3k(p+q)f(T_1^*)\}^2 = f(T_1^*)f(T_1^*) \{ \omega T_1^* + \psi \} \{ \omega (T_2 - t_2^*) + \psi \} - \{ \psi f(T_1^*) \}^2$  (54)  
 $T_1^* \leq T_1^* - l < t_2^*$   $f(x)$  为增函数, 则  $f(T_1^*) \leq f(T_1^* - l) = f(T_1^*) < f(t_2^*)$ ,  $|A| > f(T_1^*)^2 \psi^2 - f(T_1^*)^2 \psi^2 = 0$ , 海塞矩阵各阶顺序主子式均大于零, 则海塞矩阵正定. 故令  $dTC_3/dT_1 = 0$  和  $dTC_3/dt_2 = 0$  得企业最优订货时间  $T_1^*$  和  $t_2^*$ , 使不受约束的总库存成本  $TC_3$  最小.

因此, 可以看出函数  $TC_1(T_1, t_2)$ ,  $TC_2(T_1, t_2)$ ,  $TC_3(T_1, t_2)$  都有不受约束的最小值点即驻点. 这可以分别由方程组 (37) 和 (40), (44) 和 (46), (49) 和 (52) 获得. 然后判断  $TC_1(T_1, t_2)$  的驻点  $(T_1, t_2)$  是否满足  $T_1^* - l \leq T_1 \leq t_2$ , 若满足则该驻点即为  $TC_1(T_1, t_2)$  的极小值点  $TC_1^*(T_1, t_2)$ . 若不满足条件, 则极值点存在于该函数的区间的端点  $(T_1^* = T_1^* - l, t_2^* = H; T_1^* = t_2^* = T_1^* - l; T_1^* = t_2^* = H)$ . 由此依次求  $TC_2(T_1, t_2)$ ,  $TC_3(T_1, t_2)$  的极值点, 总最优解为  $\min\{TC_1^*(T_1, t_2), TC_2^*(T_1, t_2), TC_3^*(T_1, t_2)\}$ , 由此获得最优订货策略.

## 4 数值算例

### 4.1 BASS 需求函数参数的确定

假设生产商推出新一代短生命周期产品 (512M 的 MP3), 分销商手中有该产品前代产品 (256M 的 MP3) 的销售数据, 其需要在此基础上进行初步的预测并确定其订货策略. 本文使用文献 [18] 中的 256M 的 MP3 销售数据 (单位为百台), 见表 1 所示. 通过准牛顿优化算法, 使用 1stOpt 软件, 进行参数估计, 获得相关因子以及拟合优度值如表 2.

表 1 256M 的 MP3 每季度的销售量 (单位: 百台)

Table 1 Sales of each quarter of MP3 with 256M

| 2004 年   |          |          | 2005 年   |          |          |          | 2006 年   |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 第二<br>季度 | 第三<br>季度 | 第四<br>季度 | 第一<br>季度 | 第二<br>季度 | 第三<br>季度 | 第四<br>季度 | 第一<br>季度 | 第二<br>季度 | 第三<br>季度 | 第四<br>季度 |
| 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       |
| 14.88    | 57.02    | 92.22    | 123.72   | 148.78   | 208.2    | 286.86   | 342.65   | 380.75   | 411.27   | 428.74   |

表 2 BASS 需求函数参数确定

Table 2 Parameters of BASS demand function

| 因子 | $m$      | $p$     | $q$   | 均方差<br>(RMSE) | 残差平方和<br>(SSE) | 相关系数之<br>平方 ( $R^2$ ) | 决定系数<br>(DC) | 卡方系数<br>(Chi-Square) | F 统计<br>(F-Statistic) |
|----|----------|---------|-------|---------------|----------------|-----------------------|--------------|----------------------|-----------------------|
| 值  | 4 043.45 | 0.007 3 | 0.402 | 10.296        | 1 166.026      | 0.999 87              | 0.999 8      | 11.257               | 69 074.002            |

由式 (8)  $T^* = \ln(q/p)/(p+q)$ , 计算得  $T^* = 10$ . 假设  $l = 2$ , 则产品进入成熟期的时间为 8,  $H = 12$ . 另外, 假设  $C_1 = 250$ ,  $C_2 = 4$ ,  $C_3 = 8$ ,  $C_4 = 62$ ,  $k = 1.8$ ,  $g = 4$ .

### 4.2 最优订货策略确定

最优订货策略的求解步骤如下:

#### 步骤 1

步骤 1.1 找出  $TC_1(T_1, t_2)$  的全局最小点;

1.1.1 由方程组 (37) 和 (40) 求解  $T_1^*$  和  $t_2^*$ , 如果  $T_1^* - l \leq T_1 \leq t_2$ , 则转步骤 1.1.3;

1.1.2 求解当  $(T_1, t_2)$  取区间端点时 ( $T_1^* = T_1^* - l, t_2^* = H; T_1^* = t_2^* = T_1^* - l; T_1^* = t_2^* = H$ )  $TC_1(T_1,$



$t_2$ ) 的值;

1.1.3  $TC_1(T_1, t_2) = \min\{TC_1(\text{驻点}), TC_1(\text{区间端点})\}$ .

步骤 1.2

1.2.1 由方程组(44)和(46)求解  $T_1^*$  和  $t_2^*$  如果  $T_1 \leq t_2 \leq T^* - l$  则转步骤 1.2.3;

1.2.2 求解当  $(T_1, t_2)$  取区间端点时( $T_1^* = 0, t_2^* = T^* - l; T_1^* = t_2^* = T^* - l; T_1^* = 0, t_2^* = 0$ )  $TC_2(T_1, t_2)$  的值;

1.2.3 计算  $TC_2(T_1, t_2) = \min\{TC_2(\text{驻点}), TC_2(\text{区间端点})\}$ .

步骤 1.3

1.3.1 由方程组(49)和(52)求解  $T_1^*$  和  $t_2^*$  如果  $T_1 \leq T^* - l \leq t_2$  则转步骤 1.3.3;

1.3.2 求解当  $(T_1, t_2)$  取区间端点时( $T_1^* = 0, t_2^* = H; T_1^* = t_2^* = T^* - l; T_1^* = 0, t_2^* = T^* - l; T_1^* = T^* - l, t_2^* = H$ )  $TC_3(T_1, t_2)$  的值;

1.3.3  $TC_3(T_1, t_2) = \min\{TC_3(\text{驻点}), TC_3(\text{区间端点})\}$ .

步骤 2 找出  $\min\{TC_1(T_1, t_2), TC_2(T_1, t_2), TC_3(T_1, t_2)\}$  并根据结果求解相应的最优订货时间点.

利用 forcal 软件和 matlab 软件分别计算三种订货策略的  $T_1^*$  和  $t_2^*$ , 算得的具体结果如表 3 所示.

表 3 计算结果

Table 3 Calculation results

| 区间                          | $T_1^*$     | $t_2^*$     | $T^* - l$ | 极值点  | TC                | $Q_1$    | $Q_2$    | 总订货量     | 短缺拖后量    | 销售损失量  |
|-----------------------------|-------------|-------------|-----------|------|-------------------|----------|----------|----------|----------|--------|
| $T^* - l \leq T_1 \leq t_2$ | 8           | 8           | 8         | 区间端点 | 62 291.69         | 1 261.59 | 1 476.91 | 2 738.50 | 0        | 0      |
| $T_1 \leq t_2 \leq T^* - l$ | <b>5.02</b> | <b>7.47</b> | 8         | 驻点   | <b>35 509.42*</b> | 437.14   | 2 181.06 | 2 618.19 | 514.99   | 167.25 |
| $T_1 \leq T^* - l \leq t_2$ | 0           | 8           | 8         | 区间端点 | 49 172.61         | 0        | 3 815.47 | 3 815.47 | 2 338.55 | 332.13 |

由表3可以看出,情况1和情况3的驻点不在相应的区间内,其区间内极小值存在于区间端点,而情况2的驻点即为其极小值点,比较  $TC_1, TC_2$  和  $TC_3$ , 得到最优订货策略,即采用悲观订货策略:其初始订货量为 437.14, 在 5.02 时刻,企业的库存水平达到 0, 在 7.47 时刻(产品达成熟期前)发生第二次订货, 订货量为 2 181.06, 两次订货总量为 2 618.19, 其中短缺拖后量为 514.99, 在产品生命周期中由于缺货引起的销售损失量为 167.25, 总库存成本为 35 509.42. 由上表还可以看出,算例中的二次订货系统优于一次订货系统.

4.3 订货策略分析

固定其它因子,变动其中某个特定因子的值,可以得到该因子取值范围对最优订货策略的影响,具体见表4. 本文定义:随着一个因子的取值越来越大,企业的最优订货策略趋于订货策略 A, 该因子就为订货策略 A 的影响因子.

从表4中可以看出,单位时间单位产品的库存持有成本  $C_2$ , 产品需求对短缺拖后率影响因子  $k$  为中庸订货策略影响因子; 与需求相关的无形变质因子  $g$ , 单位时间单位产品的短缺成本  $C_3$ , 单

位产品的销售损失成本  $C_4$  为悲观订货策略影响因子; 而产品成熟期时间长度因子  $l$  为乐观订货策略影响因子.

表 4 因子取值对订货策略的影响

Table 4 The effect of factors on ordering strategies

| 因子    | 乐观订货策略    | 悲观订货策略    | 中庸订货策略       |
|-------|-----------|-----------|--------------|
| $C_2$ |           | (0, 6.4)  | [6.4, ∞]     |
| $C_3$ |           | (1.67, ∞] | (0, 1.67]    |
| $C_4$ |           | (19, ∞)   | (0, 19]      |
| $k$   |           | (0, 2.42) | [2.42, 2.44] |
| $g$   |           | (2.5, ∞)  | (0, 2.5]     |
| $l$   | [4.6, 10) | (0, 2.4)  | [2.4, 4.6)   |

当单位时间单位产品的库存持有成本  $C_2$  很大的时候,库存持有成本会变得很大,机会成本和缺货成本就相对较小,此时企业期初订货量较小,同时增加中间的缺货时间段,而第二次订货量较大,第二次订货量很大部分补充了那些愿意等待的需求,这样采取了中庸订货策略降低了库存持有成本,进而降低总成本. 所以说  $C_2$  为中庸订货策略影响因子.

产品需求对短缺拖后率影响因子  $k$  相对很大

的时候,意味着产品很有竞争力,很受消费者欢迎,缺货的时候愿意等待的客户增多了,销售损失量很小,此时企业主要考虑库存持有成本,因此企业应采取中庸订货策略:降低期初的库存量从而降低期初库存持有成本,增加缺货时间段和第二次订货量,第二次订货量很大部分会被立即消耗,这样期末的库存持有成本也比较小,从而使得总成本最低。所以说 $k$ 为中庸订货策略影响因子。

与需求相关的无形变质因子 $g$ 相对很大的时候,表示持有短生命周期产品的风险越大,持有时间越长,产品的无形变质越大,即产品随时间推移库存的持有成本越大,而短缺拖后成本和销售损失成本相对较小。因此,企业应采取悲观订货策略,减少期初订货量而增大第二次订货量,使缺货在成熟期之前发生。所以说 $g$ 为悲观订货策略影响因子。

单位时间单位产品的短缺成本 $C_3$ 或者单位产品的销售损失成本 $C_4$ 相对很大的时候,如果发生缺货,短缺成本和销售损失成本就会很大。相对于成熟期发生缺货的成本,产品在成长期发生缺货的成本较小,在两次订货系统里,企业此时应该采取悲观订货策略,减少期初订货量而增大第二次订货量,使缺货在成熟期之前发生,尽量防止在成熟期发生缺货。所以说 $C_3, C_4$ 为悲观订货策略影响因子。

产品成熟期时间长度因子 $l$ 较大的时候,说明产品能够迅速达到成熟期,而且能够维持较长时间。因此,企业应该采取乐观订货策略,增加期初的订货量来满足快速增长的销售需求,在产品

达到成熟期以后再进行第二次订货。所以说 $l$ 为乐观订货策略影响因子。

企业可以根据自身实际情况,根据上述分析结果来采取相应的订货策略,另一方面,上述分析结果也为企业改变订货策略指明了努力方向。

## 5 结束语

本文根据短生命周期产品需求特点,建立了基于需求预测的、与需求相关无形变质率和短缺拖后率的3个订货策略模型。通过比较3种不同订货策略下库存模型的总库存成本,制定最优的库存策略;然后通过对总库存成本、订货量、短缺拖后量和销售损失量分别进行因子敏感性分析,得到以下结论:当单位时间单位产品的库存持有成本和需求对短缺拖后率影响因子减小时,企业应该增加期初订货量,减少第二订货量;而当与需求相关的无形变质因子减小时,企业应该减少期初订货量,增加第二次订货量,以降低总库存成本。最后通过订货策略分析,分析各因子对于最优订货策略的影响,并将它们划分为3种订货策略影响因子,为企业决策提供指导。当然,有的时候企业不能满足模型建立的假设条件或者企业选择策略时还要考虑其它因素,如竞争产品的引入和退出市场状况。另外,随着多元化经济的需求,销售商的库存应该是多元品种的优化库存策略,本文可以对销售商的多品种订货库存策略作进一步的分析研究。

## 参考文献:

- [1] Ghare P M, Schrader G F. A model for exponentially decaying inventories [J]. Journal of Industrial Engineering, 1963, (14): 238 - 243.
- [2] Covert R P, Philip G C. An EOQ model for items with Weibull distribution deterioration [J]. AIIE Transaction, 1973, 5 (4): 323 - 326.
- [3] Tadikamalla P R. An EOQ inventory model for items with Gamma distribution deterioration [J]. AIIE Transaction, 1978, 10 (1): 100 - 103.
- [4] Resh M, Friedman M, Barbosa L C. On a general solution of the deterministic lot size problem with time-proportional demand [J]. Operations Research, 1976, 24(4): 718 - 725.
- [5] Donaldson W A. Inventory replenishment policy for a linear trend in demand: An analytic solution [J]. Operational Research Quarterly, 1977, 28 (3): 663 - 670.
- [6] Raafat F. Survey of literature on continuously deteriorating inventory model [J]. Journal of the Operational Research Society, 1991, (42): 27 - 37.
- [7] Goyal S K, Giri B C. Recent trends in modeling of deteriorating inventory [J]. European Journal of Operational Research, 1999, 114(1): 4 - 14.

2001, (134): 1-16.

- [8]徐贤浩,余双琪. 短生命周期产品的三种库存模型比较[J]. 管理科学学报, 2007, 10(4): 9-15.  
Xu Xianhao, Yu Shuangqi. Comparison of three inventory models of short life cycle products[J]. Journal of Management Sciences in China, 2007, 10(4): 9-15. (in Chinese)
- [9]陈军,但斌,曹群辉,等. 短保质期变质产品的两次订货策略研究[J]. 管理科学学报, 2009, 12(3): 83-91.  
Chen Jun, Dan Bin, Cao Qunhui, et al. Ordering policy with two ordering opportunities for deteriorating items with short shelf life[J]. Journal of Management Sciences in China, 2009, 12(3): 83-91. (in Chinese)
- [10]Kurawarwala A A, Matsuo H. Forecasting and inventory management of short life-cycle products[J]. Operations Research, 1996, 44(1): 131-150.
- [11]Beril L toktay, Lawrence M Wein. Analysis of a Forecasting-Production-Inventory system with stationary demand[J]. Management Science, 2001, 47(9): 1268-1281.
- [12]陈旭. 需求信息更新条件下易逝品的批量定货策略[J]. 管理科学学报, 2005, 8(5): 38-42.  
Chen Xu. Optimal batch-ordering policy for perishable products with demand information updating[J]. Journal of Management Sciences in China, 2005, 8(5): 38-42. (in Chinese)
- [13]Bass F M. A new product growth model for consumer durables[J]. Management Science, 1969, 15(12): 215-227.
- [14]Jain D, Mahajan V, Muller E. Innovation diffusion in the presence of supply restrictions[J]. Marketing Science, 1991, 10(1): 83-90.
- [15]Steffens P R. A model of multiple ownership as a diffusion process[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2002, 70(9): 901-917.
- [16]Kurawarwala A A, Matsuo H. Product growth models for medium-term forecasting of short life cycle products—some empirical results[J]. Technological Forecasting and Social Change, 1998, 57(3): 169-196.
- [17]徐贤浩,李锐娟. 高科技产品的库存控制策略[J]. 工业工程与管理, 2006, 11(5): 61-63.  
Xu Xianhao, Li Ruijuan. A deterministic inventory model for high-tech products[J]. Industrial Engineering and Management, 2006, 11(5): 61-63. (in Chinese)
- [18]徐贤浩,郭晓云. 采用Norton模型预测短生命周期产品市场需求[J]. 工业工程与管理, 2008, 2(10): 19-23.  
Xu Xianhao, Guo Xiaoyun. Forecasting the demand of products with short lifecycle based on Norton model[J]. Industrial Engineering and Management, 2008, 2(10): 19-23. (in Chinese)
- [19]Skouri K, et al. Inventory models with ramp type demand rate, partial backlogging and Weibull deterioration rate[J]. European Journal of Operational Research, 2009, (192): 79-92.

## Ordering strategy of short life-cycle products based on the demand forecasting

XU Xian-hao, CHEN Wen, LIAO Li-ping, LI Lu-jun

School of Management, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China

**Abstract:** Based on the characteristics of short life-cycle products, the twice procurement model of short life-cycle products based on the demand forecasting is discussed. In the model, shortage is allowed to be partly backlogging, and the backlogging rate is related to the demand: the greater the demand, the more customers are willing to wait, and the bigger the backlogging rate. Value deterioration is occurred during the storage period, that means the value of products will reduce with time but the quantity and quality of products will remain the same, and the value deterioration is also demand-related. Then, we discuss three procurement strategies based on the relationship between demand and inventory states: Optimistic Ordering Strategy, Pessimistic Ordering Strategy, and Moderate Ordering Strategy. Finally, a numerical example is provided to illustrate the solution procedure. We research the impacts of the parameters on the order policies of an enterprise, and analyze the ranges of parameters of each ordering strategy.

**Key words:** BASS forecasting model; partly backlogging; short life-cycle products; value deterioration