需求信息更新条件下易逝品的批量订货策略①

陈 旭
(电子科技大学管理学院，成都 610054)

摘要：为了获得价格折扣或运输方便，制造商常常要求零售商采取批量订货的策略．文章研究考虑顾客需求信息更新的易逝品的批量订货策略．制造商通过为零售商提供两次订货机会，来实现制造商和零售商的共赢．通过对开始时刻和顾客需求信息更新后的系统进行建模和讨论，得到了在两次订货条件下零售商应该采取的优化的订货与调整策略．

关键词：易逝品；需求信息更新；批量订货策略；供应链管理

中图分类号：F275 **文献标识码**：A **文章编号**：1007－9807(2005)05－0038－05

0 引 言

易逝品(perishable products)，又称季节性产品或短生命周期产品，如：报纸杂志、影碟、食品、药品和时装等．随着科技的进步、市场竞争的激烈，产品的生命周期缩短，更新换代加快，越来越多的产品(如：电子产品、个人计算机和信息产品等)具有易逝品的特征．易逝品时效性强、需求波动大的特征，使得制造商的制造能力往往成为一个瓶颈约束．而超过销售期(生命周期)的易逝品的剩余价值将会丧失或变得很低，这又对易逝品供应链管理的供、需双方提出了更高的要求和严峻的挑战．从零售商的角度，为获得更为准确的市场信息等，将选择尽可能晚地订货，但过晚又可能订不到货；从制造商的角度，由于制造能力有限，则希望零售商尽可能早地订货，以合理安排生产．临到销售期的订货一方面由于生产能力的限制可能导致缺货，另一方面由于大量集中订货将导致生产成本的上升[1]．制造商为控制零售商订货，可以采取两次订货的方式，即：首先在销售期之前比较长的时间给零售商提供一次订货机会，然后在临近销售期的时候再给零售商一次调整订货的机会．为提高对零售商的吸引力，在临近销售期的批发机会，零售商可以以制造商指定的批发价格进行二次订货和退货．为了获得价格折扣或运输方便，制造商常常要求零售商采取批量订货的策略．在这种情况下，零售商应该如何采取有效的订货策略，以获得最大的期望利润？本文重点对此进行研究．

1 国内外研究现状

关于易逝品的零售商的订货策略的研究，最典型的当属报童模型(Newsboy model)，它解决了随机需求环境下，面向随机顾客需求的单品种产品的单周期订货问题[2,3]．有关报童模型的研究大都局限在单件商品订货的情况．近年来，将易逝品的库存模型和需求信息更新集成研究日益受到重视[4,5]，如易逝品的生产模型，通过采用早期的销售信息来提高需求预测的精度[6]；快速反应(quick response)系统，零售商由于提前期的缩短而对于即将到来的顾客需求获得更多的信息[7]；假定需求服从一系列离散的、事先确定的分布，然后遵循贝叶斯规则来对分布进行更新[8]；易逝品的零售商降价模型[9]等．对于批量订货问题的研究可以追溯到20世纪的60年代[10,11]，在最初单

① 收稿日期：2003－07－24；修订日期：2005－06－25．
基金项目：国家自然科学基金资助项目(70302014；70472044)．
作者简介：陈 旭(1973—)，男，山东平度人，博士，教授．

阶段、确定需求研究的基础上，两阶段、随机需求[12]批量订货和多阶段、随机需求的批量订货问题得到了进一步的研究[13~15]，但这些研究没有考虑信息更新的情况．本文研究考虑顾客需求信息更新的易逝品的批量订货策略，制造商通过为零售商提供距离销售期远近不同的两次订货机会，来实现制造商和零售商的共赢，充分考虑了易逝品的特点，具有重要的理论意义和较强的可操作性．

2　问题描述

本文研究的问题如图1所示．在距离销售期比较长的时间，即开始时刻(0时刻)，制造商给零售商一次订货机会，零售商根据历史数据和当前获得的信息对随机的顾客需求进行预测，然后根据制造商指定的批发价格做出订货决策．在临近销售期的时间，即 t 时刻，制造商给零售商第2次机会订货或退货，零售商根据第1次订货后获得的信息，对顾客的需求进行更新，然后根据制造商指定的批发价格做出二次订货或退货的调整．假定零售商的订货能够在销售期前按时到达．如果零售商的订货多于顾客的实际需求，剩余产品在销售期末将会有少量的残值；如果零售商的订货少于顾客的实际需求，将会产生机会收益的损失．为了获得价格折扣或运输方便，规定零售商进行批量订货，每次订货的最小批量为 Q．

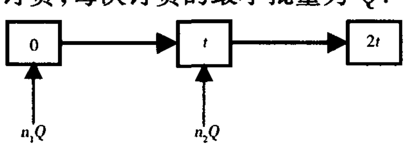

图1　考虑需求信息更新的易逝品的批量订货示意图

Fig.1 Batch-ordering policy for perishable products with demand information updating

符号定义：

p—— 单位产品的零售价；

w—— 单位产品的批发价；

s—— 期末剩余产品的单位残值；

g—— 产品短缺的单位产品的机会损失；

n_1Q—— 开始时刻零售商的订货数量，n_1 为正整数；

n_2Q—— 需求信息更新后零售商的订货数量，n_2 为整数，$n_2>0$ 表示二次订货，$n_2<0$ 表示退货，$n_2=0$ 既不二次订货也不退货；

D_0—— 开始时刻预测的顾客需求，是一个随机变量，期望值为 μ_0，方差为 σ_0；

$f(x)$—— 开始时刻预测的顾客需求的概率密度函数；

$F(x)$—— 开始时刻预测的顾客需求的累积分布函数；

D_t——t 时刻在信息更新后预测的顾客需求，是一个随机变量，期望值为 μ_1，方差为 σ_1；

$g(x)$——t 时刻在信息更新后预测的顾客需求的概率密度函数；

$G(x)$——t 时刻在信息更新后预测的顾客需求的累积分布函数；

π_1—— 开始时刻订货后的零售商利润；

π_2—— 需求信息更新后的零售商利润；

$X^+=\max\{0,X\}$

$[x]$—— 大于等于 x 的最小整数；

由上面的定义，不难得到 $p>w>s$．

3　开始时刻的系统模型建立与讨论

在开始时刻制造商给定批发价格 w 后，零售商面临的决策是：根据当前预测的顾客需求，最优的订货批量是多少？下面进行讨论．

对于制造商给定的批发价格 w，零售商根据当前预测的顾客需求订货，获得的利润为

$$\pi_1=p\min(n_1Q,D_0)-wn_1Q+s(n_1Q-D_0)^+-g(D_0-n_1Q)^+$$

对上式求其期望并化简，得到开始时刻的零售商的期望利润为

$$E(\pi_1)=-(p+g-s)\int_0^{n_1Q}F(x)\mathrm{d}x+(p+g-w)n_1Q-g\mu_0$$

由于 n_1Q 为离散的正整数，为获得最大的零售商期望利润，用 $y\in R$ 代替 n_1Q，然后对上式求一阶导数，得

$$\frac{\mathrm{d}E(\pi_1)}{\mathrm{d}y}=-(p+g-s)F(y)+(p+g-w)$$

因为 $\dfrac{\mathrm{d}^2E(\pi_1)}{\mathrm{d}y^2}=-(p+g-s)f(y)<0$，所以零售商的期望利润 $E(\pi_1)$ 是 y 的上凸函数．

令 $\dfrac{\mathrm{d}E(\pi_1)}{\mathrm{d}y}=0$，得到

$$F(y^*) = \frac{p+g-w}{p+g-s}$$

即

$$y^* = F^{-1}\left(\frac{p+g-w}{p+g-s}\right)$$

假定

$$R \leqslant y^* \leqslant R+Q$$

令

$$E(\pi_1)\Big|_{y=R} = E(\pi_1)\Big|_{y=R+Q}$$

可以确定参数 R，如图 2 所示. 零售商开始的最优订货量 $n_1^* Q$ 是使库存水平大于等于订货点 R 的批量 Q 的最小倍数的订货量.

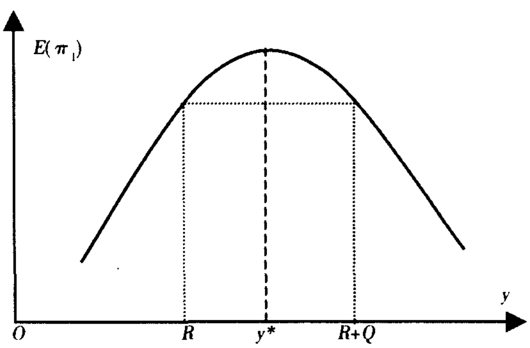

图 2 开始时刻的最优批量订货策略

Fig.2 Optimal batch-ordering policy at the begin time

命题 1

1) 零售商根据开始时刻预测的顾客需求订货，获得的期望利润 $E(\pi_1)$ 是 y 的上凸函数.

2) 零售商根据开始时刻预测的顾客需求订货，其最优批量订货策略是典型的 (R, nQ) 策略. 按照 (R, nQ) 策略，零售商开始的最优订货量 $n_1^* Q = [R/Q]Q$，即使库存水平大于等于订货点 R 的批量 Q 的最小倍数的订货量.

引理 1 订货点 R 是批发价格 w 的减函数.

证明

$$E(\pi_1)\Big|_{y=R} = -(p+g-s)\int_0^R F(x)\mathrm{d}x + (p+g-w)R - g\mu_0$$

$$E(\pi_1)\Big|_{y=R+Q} = -(p+g-s)\int_0^{R+Q} F(x)\mathrm{d}x + (p+g-w)(R+Q) - g\mu_0$$

令 $E(\pi_1)\Big|_{y=R} = E(\pi_1)\Big|_{y=R+Q}$，得到

$$-(p+g-s)\int_0^R F(x)\mathrm{d}x + (p+g-w)R - g\mu_0 = -(p+g-s)\int_0^{R+Q} F(x)\mathrm{d}x + (p+g-w)(R+Q) - g\mu$$

化简得

$$\int_R^{R+Q} F(x)\mathrm{d}x = \frac{(p+g-w)Q}{p+g-s}$$

因为

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}w}\int_R^{R+Q} F(x)\mathrm{d}x = [F(R+Q) - F(R)] \cdot \frac{\mathrm{d}R}{\mathrm{d}w}$$

和

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}w}\frac{(p+g-w)Q}{p+g-s} = -\frac{Q}{p+g-s}$$

所以

$$[F(R+Q) - F(R)] \cdot \frac{\mathrm{d}R}{\mathrm{d}w} = -\frac{Q}{p+g-s}$$

即

$$\frac{\mathrm{d}R}{\mathrm{d}w} = -\frac{Q}{[F(R+Q) - F(R)](p+g-s)} < 0$$

因而，订货点 R 是批发价格 w 的减函数. 证毕.

4 需求信息更新后的系统模型建立与讨论

在 t 时刻，零售商根据第 1 次订货后获得的信息，对顾客的需求进行更新. 在这种情况下，零售商面临的决策是：如何根据更新后的顾客需求信息进行二次订货或退货的调整？下面进行讨论.

对于制造商给定的批发价格 w，零售商根据信息更新后预测的顾客需求 D_t 进行订货，获得的利润为

$$\pi_2 = p\min(n_2 Q, D_t) - w n_2 Q + s(n_2 Q - D_t)^+ - g(D_t - n_2 Q)^+$$

对上式求其期望并化简，得到信息更新后的零售商的期望利润为

$$E(\pi_2) = -(p+g-s)\int_0^{n_2 Q} G(x)\mathrm{d}x + (p+g-w)n_2 Q - g\mu_1$$

由于 $n_2 Q$ 为离散的正整数，为获得最大的零售商期望利润，用 $z \in R$ 代替 $n_2 Q$，然后对上式求一阶导数，得

$$\frac{\mathrm{d}E(\pi_2)}{\mathrm{d}z} = -(p+g-s)G(y) + (p+g-w)$$

因为 $\frac{\mathrm{d}^2 E(\pi_2)}{\mathrm{d}z} = -(p+g-s)g(y) < 0$，所以

零售商的期望利润 $E(\pi_2)$ 是 z 的上凸函数.

考虑到零售商可以进行二次订货或退货，因而令 $\frac{\mathrm{d}E(\pi_2)}{\mathrm{d}z} = w$，得到

$$F(z^*) = \frac{p + g - 2w}{p + g - s}$$

即

$$z^* = G^{-1}\left(\frac{p + g - 2w}{p + g - s}\right)$$

假定

$$R_t \leqslant z^* \leqslant R_t + Q$$

令

$$\frac{E(\pi_2)\Big|_{z = R_t + Q} - E(\pi_2)\Big|_{z = R_t}}{Q} = w$$

可以确定参数 R_t，如图 3 所示.

命题 2

1) 零售商根据信息更新后预测的顾客需求订货，获得的期望利润 $E(\pi_2)$ 是 z 的上凸函数.

2) 零售商根据信息更新后预测的顾客需求订货，其最优批量订货策略是典型的 (R, nQ) 策略. 按照 (R, nQ) 策略，对于开始时刻的最优批量订货 $n_1^* Q$，零售商的调整策略如下：

1) 如果 $n_1^* Q < R_t$，零售商进行二次订货，最优的订货量为 $n_2^* Q = \left[\frac{R_t - n_1^* Q}{Q}\right] Q$，即：使库存水平大于等于订货点 R_t 的批量 Q 的最小倍数的订货量.

2) 如果 $R_t \leqslant n_1^* Q \leqslant R_t + Q$，零售商既不进行二次订货，也不进行退货.

3) 如果 $n_1^* Q > R_t + Q$，零售商进行退货，最优的退货量为 $n_2^* Q = \left[\frac{n_1^* Q - (R_t + Q)}{Q}\right] Q$，即：使库存水平小于等于订货点 $R_t + Q$ 的批量 Q 的最小倍数的退货量.

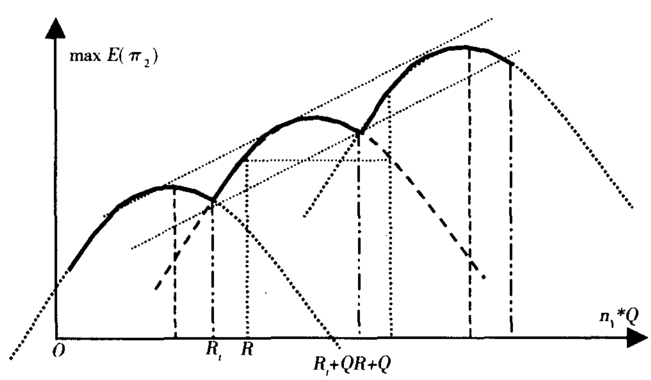

图 3　信息更新后的最优批量订货策略

Fig.3 Optimal batch-ordering policy after information updating

引理 2　订货点 R_t 是批发价格 w 的减函数. 该引理的证明与引理 1 的证明类似.

5　结　论

本文通过对考虑顾客需求信息更新的易逝品的批量订货策略进行研究，主要得到了以下有意义的结论：

(1) 在开始时刻或 t 时刻订货，零售商的最优订货量都是典型的 (R, nQ) 策略.

(2) 订货点 R 和 R_t 都是批发价格 w 的减函数，即当制造商的批发价格降低，零售商的订货点将提高；当制造商的批发价格提高，零售商的订货点将降低.

(3) 零售商根据信息更新后预测的顾客需求和开始时刻的最优批量订货 $n_1^* Q$ 进行如下调整：如果 $n_1^* Q < R_t$，零售商进行二次订货，最优的订货量为 $n_2^* Q = \left[\frac{R_t - n_1^* Q}{Q}\right] Q$；如果 $R_t \leqslant n_1^* Q \leqslant R_t + Q$，零售商既不进行二次订货，也不进行退货；如果 $n_1^* Q > R_t + Q$，零售商进行退货，最优的退货量为 $n_2^* Q = \left[\frac{n_1^* Q - (R_t + Q)}{Q}\right] Q$.

参考文献:

[1]Chen J, Xu L. Coordination of the supply chain of seasonal products[J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics-Part A: Systems and Humans, 2001, 31(6): 524—532.

[2]Khouja M. The single period (news-vendor) inventory problem: A literature review and suggestions for future research[J]. Omega, 1999, 27: 537—553.

[3]Silver E A, Pyke D F, Peterson R. Inventory Management and Production Planning and Scheduling[M]. New York: John Wiley & Sons, 1998. 280—295.

[4]陈 旭. 酒店收益管理的研究进展与前景[J]. 管理科学学报, 2003, 6 (6): 72—78.
Chen Xu. Hotel revenue management: Research overview and prospects[J]. Journal of Management Science in China, 2003, 6(6): 72—78. (in Chinese)

[5]刘德文, 萧柏春, 鲁若愚. 易逝性高新技术产品在衰退期的收入管理问题[J]. 管理科学学报, 2003, 6 (6): 66—71, 84.
Liu De-wen, Xiao Bai-chun, Lu Ruo-yu. Revenue management of perishable hi-tech product in decling period[J]. Journal of Management Science in China, 2003, 6(6): 66—71, 84. (in Chinese)

[6]Fisher M, Raman A. Reducing the cost of demand uncertainty through accurate response to early sales[J]. Operations Research, 1996, 44(1): 87—99.

[7]Iyer A, Bergen M. Quick response in manufacturer retailer channels[J]. Management Science, 1997, 43: 559—570.

[8]Eppen G D, Iyer A V. Improved fashion buying with Bayesian updates[J]. Operations Research, 1997, 45: 805—819.

[9]Smith S A, Agrewal N, McIntyre S H. A discrete optimization model for seasonal merchandise planning[J]. Journal of Retailing, 1998, 74: 193—221.

[10]Hadley G, Whitin T M. A family of inventory models[J]. Management Science, 1961, 7: 351—371.

[11]Veinott A. The optimal inventory policy for batch ordering[J]. Operations Research, 1965, 13: 424—432.

[12]Cachon G P. Exact evalution of batch-ordering inventory policies in two-echelon supply chains with periodic review[J]. 2001, 49: 79—98.

[13]Chen F, Zheng Y S. Near-optimal echelon-stock (R, nQ) policies in multi-stage serial systems[J]. Operations Research, 1998, 46: 592—602.

[14]Chen F. Optimal policies for multi-echelon inventory problems with batch ordering[J]. Operations Research, 2000, 48: 376—389.

[15]Chen F, Zheng Y S. Evaluating echelon stock (R, nQ) policies in serial product/inventory systems with stochastic demand[J]. Management Science, 1994, 40: 1262—1275.

Optimal batch-ordering policy for perishable products with demand information updating

CHEN Xu

School of Management, University of Electronic Science & Technology of China, Chengdu 610054, China

Abstract: In order to gain either price discount or the transportation convenience, bath-ordering is also are required by manufacturer. In this paper, the optimal retailer batch-ordering policy for perishable with demand information updating is studied. The supply chain gains co-win for both manufacturer and retailer via the manufacturer providing two ordering chances for the retailer. Based on the models for the system at the beginning time and after the demand information updating, some analysis and discuss are processed, and the optimal ordering policy that the retailer should be take are proposed.

Key words: perishable products; demand information updating; batch-ordering policy; supply chain management