

不确定需求下供应链定价延迟策略研究

张克勇¹, 侯世旺², 周国华³

(1. 中北大学经济与管理学院, 山西 太原 030051; 2. 中北大学机械工程与自动化学院, 山西 太原 030051;

3. 西南交通大学经济管理学院, 四川 成都 610031)

摘要: 构建了依赖价格的随机需求下的供应链定价延迟策略模型, 运用博弈论对模型进行了分析, 研究表明销售商采取定价延迟策略时, 其制定的销售价格不会导致过量需求, 并论证了此时销售商最优订购量的存在性和唯一性。进一步通过数值仿真分析发现: 销售商采取定价延迟策略能够降低其市场不确定性风险, 同时销售商的订购量增加, 并提高了供应链系统成员的期望利润, 尤其是当供应链系统渠道利润相对较小时, 与无延迟相比定价延迟策略的优势更为明显。

关键词: 供应链; 不确定需求; 定价延迟; 风险规避

中图分类号: F270 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-6062(2014)01-0195-07

0 引言

近些年来,随着经济全球化竞争的加剧,消费者需求的日益个性化和多样化,产品的快速发展以及制造系统的日益柔性化和灵活化,这种趋势在给消费者带来好处的同时也加剧了市场不确定性风险,这给供应链系统中的生产企业和销售企业的生产计划、订购计划以及销售价格的制定带来了很大的困难,在这种不确定性波动很大的环境下,如何处理和规避不确定性风险就显得尤为重要。延迟策略被认为是一种实现敏捷供应链管理应对市场不确定风险的有效战略。

延迟策略方面的研究主要集中为三个方面:生产延迟、需求延迟和定价延迟。延迟的概念最早是由美国营销专家 Alderson^[1]提出的,他提出尽可能地推迟生产线上产品在形式和特征方面的差异可以极大地削减成本提高生产效率。Bucklin^[2]则进一步从生产总成本的角度研究了延迟策略在成本改善方面的重要作用。20 世纪 80 年代末以来,随着许多国际著名企业运用生产延迟策略取得的成功进一步引起了广大学者的关注,许多学者^[3-6]又进一步对延迟概念的界定和分类进行了深入的研究。后来, Waller 等^[7]又提出了供应链中的“上游延迟”和供应链中的“下游延迟”。Graman^[8]等提出了部分延迟的概念,认为当企业生产能力有限时往往会采取一部分产品处于成品状态,另一部分处于半成品状态的这种策略。

有关生产延迟策略的建模研究主要集中在基于库存管理的延迟点接触问题以及延迟的意义分析。Rabinowitz^[9]等人研究了缺货情形下采用部分延迟订货策略的库存模型。Garg 和 Tang^[10]首先研究存在产品族与产品类两个关键区分

节点时的最优决策问题,他们建立了前点延迟(在产品族点延迟)与后点延迟(在产品类点延迟)的库存模型。Joseph^[11]研究了网络和实体两种销售渠道面临缺货时的部分延迟订货策略。Chen 和 Kang^[12]则研究了基于有缺陷商品的延迟支付下供应链协调问题。后来,文献[13~15]则研究了以成本或者利润为目标的供应链总体延迟策略,但文献关注的仅仅是半成品或者一般性产品,而未涉及包括产成品库存的混合延迟问题。我国学者邵晓峰等^[16]则在 Garg 和 Tang 研究的基础上将前点延迟与后点延迟两节点情形扩展到多节点情形。马士华等^[17]研究发现在配送中心拣货作业中采用基于时间延迟的动态时窗分配策略可以大大提高拣货系统的作业效率。陈豪雅等^[18]则将供应链协调的思想应用到延迟研究,探讨了供应链中实现产品数量决策延迟问题。王海军^[19]研究了大量定制条件下实施供应延迟的意义。张敏等^[20]则进一步从制造商总成本最小的角度研究了大规模定制下的供应链延迟生产策略。徐峰等^[21]将延迟决策引入到双寡头有限理性广告博弈模型中,研究发现延迟变量的引入并不一定能够为企业带来竞争优势,这要取决于引入延迟变量的时间点和延迟变量系数的大小。杨志林等^[22]研究发现缺货时部分需求流失情况下零售商采取部分延迟订货策略可以提高自己的利润。张义刚等^[23]则研究了延迟支付下短生命周期产品批发价契约的设计问题,研究发现延迟支付下,当满足一定条件时供应链系统能够实现协调。苑波等^[24]探讨了存在多零售商竞争且供应商提供延迟支付下易损产品供应链订货与价格决策问题。徐鑫^[25]则研究了对时间敏感客户的混合延迟策略问题,并与传统的总体延迟策

收稿日期: 2012-07-05 修回日期: 2013-01-11

基金项目: 中国博士后科学基金资助项目(2011M501272);铁道部科技研究开发计划项目重点课题资助项目(2011D010-D);中北大学科学基金资助项目(2011-56)

作者简介: 张克勇(1972—),男,湖南溆浦人,中北大学经济管理学院副教授,博士,硕士生导师,研究方向:生产运作管理、物流与供应链管理。

略进行了对比分析,发现在特定参数设定环境下混合延迟策略是最优的。继雪洪等^[26]则对2000年以来国内外有关延迟研究的新进展做了简要评论,并指出需求延迟和定价延迟将是未来延迟研究的重要趋势和方向。

对于需求延迟和价格延迟的研究,实质上是研究问题本身的变化问题,这方面的研究还刚刚起步,现有的文献很少。Van Mieghem等^[27]基于生产能力、产量和价格的不同决策时间将延迟策略分为六种典型策略,并通过建模分析发现两阶段供应链中生产的延迟或者销售价格的延迟给一个集中供应链带来的好处是很少的,文中只考虑了集中供应链的情况,没有研究各成员分散决策时的最优策略问题,也没有考虑销售商的缺货损失,这与现实不相符合,现实中供应链系统成员往往是基于自身收益最大化的考虑而进行分散决策的。Iyer等^[28]在对美国加州电力供应问题的实证研究中,首次提出了需求延迟的概念,并认为需求延迟能够有效地降低供应成本并减少生产能力的投入,但文中没有涉及定价延迟问题。现实中,销售商为了应对市场需求不确定性带来的风险,往往会采取定价延迟的策略,把其价格决策推迟到市场需求不确定性被观察到之后,以获取更多的渠道利润,如Van Mieghem等^[27]认为汽车经销商的讨价还价实践就可以视为价格延迟的一个例子,具体而言,如果汽车经销商允许就其最终价格进行讨价还价,那么价格延迟就被实施。又如美国著名的Saturn汽车公司的一些销售商往往实施价格延迟策略,它们不是坚持张贴(标牌)价是最终价格,而是允许一番讨价还价,以确定其销售价格。还有著名的GreatModels公司往往也使用价格延迟策略进行产品的销售,它是一家在线零售商店,为买家提供各种成比例的塑料模型(例如,成比例的直升机模型、成比例的汽车模型以及火炮、导弹、枪械模型)以及各种配件和贴花等。它在其网站上清楚地列明:“如果该项目是一个未来的版本,那么其价格将不被显示”,这表明,此类产品价格将在市场需求信息评估之后确定其销售价格。另外,像医药行业的情况也是如此,比如对于医药销售商来说,它的供货商在取得国家认可的许可证前后的产品市场需求往往存在很大差别,销售商只有在收集和掌握足够多的市场信息之后做出定价策略才是最明智的,因此,对于一些新上市的产品,销售商往往在销售期来临几个月前将产品的样品摆在货架或者网站上,以获得更多的市场需求信息,然后根据这些市场信息制定新产品价格策略。这种延迟定价策略已经在一些挂件销售商、汽车零售商以及医药代理商中大量使用,并取得了很好的效果。

基于以上分析,本文假设供应链中批发价契约和回购契约模式下,把制造商的产品批发价格和回购价格作为决策变量,并考虑销售商的缺货损失,研究依赖价格的随机需求下销售商采取定价延迟策略时供应链系统各方的最优决策与利润情况,并与无延迟情形进行对比分析。在市场需求随机条件下将价格延迟引入到供应链系统决策中,并同时考虑批发价契约和回购契约模式以及销售商缺货损失进行建模分析是本文与以往文献的显著不同和主要创新。研究结果表明,当销售商采取延迟定价策略时,其制定的销售价格降不会导致过量需求发生,系统成员的期望收益均大于无延迟定

价下的期望收益,定价延迟可以有效地规避市场的不确定性风险,极大地提高整个供应链系统的渠道效率。

1 假设与符号说明

本文以报童模型为研究基础,假设供应链由一个制造商和一个销售商组成,销售商面对不确定需求的销售市场,销售商在销售季节开始之前确定其订购量,并向制造商发出订货,假设供应链中的制造商和销售商均为风险中性,本文只考虑一个单周期的决策问题。

本文中的符号说明如下:

c_m : 制造商的单位产品生产成本,是常量;

p : 销售商的单位产品市场销售价格,为销售商的决策变量;

w : 制造商给销售商的单位产品批发价格,为制造商的决策变量;

b : 制造商给销售商期末未销售出去产品的回购价格,为制造商的决策变量;

s : 销售商订货量小于市场需求量时的缺货损失,为常量;

Q : 销售商在销售季节开始之前向制造商发出的订货量(也是制造商的生产量),为销售商的决策变量;

D : 产品的市场需求量函数,本文假设为依赖价格的随机线性加法需求函数,即 $D = d(p) + \varepsilon$,其中 $d(p) = \alpha - \beta p$ 是市场需求的确定性部分,为市场销售价格的一次线性减函数, ε 为市场需求的随机不确定性部分,其概念分布函数为 $F(x)$,概念密度函数为 $f(x)$,且设 $\varepsilon \in [A, B]$ 。

用 π_i 表示供应链节点企业的利润函数,其中 $i \in \{m, r\}$, m 表示制造商, r 表示销售商,供应链的总利润为 π_{m+r} , $\pi_{m+r} = \pi_m + \pi_r$,又假设供应链系统双方均为风险中性,即都以自身的利润最大化最为自己决策的目标准则。

制造商和销售商的利润分别为:

$$\pi_m = (w - c_m)Q - b \cdot [Q - \min(D, Q)]$$

$$\pi_r = p \cdot \min(D, Q) - wQ + b \cdot [Q - \min(D, Q)] - s \cdot [D - \min(D, Q)]$$

我们采用文献[29,30]中的方法,令 $Q = d(p) + z$,其中 $d(p) = \alpha - \beta p$, z 为库存因子。则制造商和销售商的利润化简为:

$$\pi_m = (w - c_m)(\alpha - \beta p + z) - b \cdot [z - \min(\varepsilon, z)]$$

$$\pi_r = p \cdot [\alpha - \beta p + \min(\varepsilon, z)] - w(\alpha - \beta p + z) + b \cdot [z - \min(\varepsilon, z)] - s \cdot [\varepsilon - \min(\varepsilon, z)]$$

因此,制造商和销售商的期望利润分别为:

$$E\pi_m = (w - c_m)(\alpha - \beta p + z) - b \cdot \int_A^z (z - x)f(x)dx$$

$$E\pi_r = p \cdot \int_A^z (\alpha - \beta p + x)f(x)dx + p \cdot \int_z^B (\alpha - \beta p + z)$$

$$f(x)dx - w(\alpha - \beta p + z) + b \cdot \int_A^z (z - x)f(x)dx$$

$$- s \cdot \int_z^B (x - z)f(x)dx$$

2 无延迟的情形

本文在传统基本报童模型的基础上,考虑供应链系统批发价契约和回购价契约下的情形,假设制造商为市场领导者,销售商为市场跟随者,无延迟时的 Stackelberg 主从博弈决策如下:首先制造商决定其产品的批发价 w 和回购价格 b , 以使自己的利润最大化,销售商随后根据制造商的定价策略 (w, b) 来确定其产品订购量 Q 和市场销售价格 p , 以期最大化自己的收益。两阶段 Stackelberg 博弈决策模型为:

$$\begin{aligned} \max_{w,b} E\pi_m &= (w - c_m)(\alpha - \beta p + z) - b \cdot \int_A (z - x)f(x) dx \\ \text{s. t. } \begin{cases} \max_{p,z} E\pi_r &= p \cdot \int_A (\alpha - \beta p + x)f(x) dx + p \cdot \int_z^B (\alpha - \beta p + z) \\ &f(x) dx - w(\alpha - \beta p + z) \\ &+ b \cdot \int_A (z - x)f(x) dx - s \cdot \int_z^B (x - z)f(x) dx \\ p &> w > c_m > b > 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

由逆推归纳法,对 $E\pi_r$ 分别求 p 和 z 的偏导数,并令其为零,可得联立方程组:

$$\begin{cases} \alpha - 2\beta p + z[1 - F(z)] + \beta w + \int_A xf(x) dx = 0 \\ z = F^{-1}\left[\frac{p + s - w}{p + s - b}\right] \end{cases} \quad (2)$$

求解(2)式可以得到销售商对制造商批发价 w 和回购价 b 的反应函数 (p^*, z^*) , 则制造商根据销售商的反应函数, 决定令其期望利润 $E\pi_m$ 最大化的批发价 w^* 和回购价格 b^* , 即有:

$$\begin{aligned} \max_{w,b} E\pi_m &= (w - c_m)(\alpha - \beta p + z) - b \cdot \int_A (z - x)f(x) dx \\ \text{s. t. } \begin{cases} \alpha - 2\beta p + z[1 - F(z)] + \beta w + E_D(z) = 0 \\ z = F^{-1}\left[\frac{p + s - w}{p + s - b}\right] \\ p > w > b > c_m > 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (3)$$

求解式(3),并结合式(2),便能得到各决策变量的最优解,对于此动态规划问题,不能求出其解析解,但可很容易求出其数值最优解,其数值解是由 c_m, s, α, β 的不同值和不确定需求部分 ε 的分布形式确定,其数值解将在后面表1中的左边给出。

3 定价延迟策略下的情形

现实中,销售商为了应对市场需求的不确定性风险,往往会通过获取更多可靠的市场需求信息,采取定价延迟的策略,以获取更多的渠道利润。本文中的定价延迟采用大多数运营文献中的解释,即销售商延迟其销售价格 p 的决策,直到市场的需求不确定性被观察到之后。那么,此时供应链中三阶段动态博弈问题的决策程序为:

第一阶段:首先制造商根据自己对市场的判断决定其产品的批发价格 w 和产品的回购价格 b ;

第二阶段:然后销售商根据制造商提供的产品批发价 w 和回购价格 b , 决定其产品的订购量 Q 并向制造商下订单;

第三阶段:等到销售期来临时,销售商再根据自己观察到的市场需求量信息,来最后决定其产品市场销售价格 p 。

下面我们采用逆推归纳法来求解上述的三阶段动态博弈问题。

第三阶段:在给定的 (w, b, Q) 之后,销售商观察到了市场需求的不确定性 $\hat{\varepsilon}$ (其中 $\hat{\varepsilon}$ 为市场需求随机部分的现实值),从而选择其最优的销售价格 p , 以期自身利润最大化,即决策问题如下:

$$\begin{aligned} \max_p \pi_r &= (p - b + s) \cdot [\alpha - \beta p + \min(z, \hat{\varepsilon})] \\ &- (w - b)Q - s(\alpha - \beta p + \hat{\varepsilon}) \end{aligned} \quad (4)$$

结论1 给定 (w, b, Q) 且观察到不确定的需求 $\hat{\varepsilon}$ 后,销售商制定的销售价格不会导致过量的需求,因此有 $\hat{\varepsilon} \leq z (= Q - d(p))$, 销售商的最优销售价格为:

$$p^* = \begin{cases} \frac{1}{2\beta}(\alpha + b\beta + \hat{\varepsilon}), & \text{当 } \hat{\varepsilon} \leq b\beta + 2Q - \alpha \\ \frac{1}{\beta}(\hat{\varepsilon} + \alpha - Q), & \text{当 } \hat{\varepsilon} \geq b\beta + 2Q - \alpha \end{cases} \quad (5)$$

证明:由 $\pi_r = p \cdot [\alpha - \beta p + \min(\varepsilon, z)] - w(\alpha - \beta p + z) + b \cdot [z - \min(\varepsilon, z)] - s \cdot [\varepsilon - \min(\varepsilon, z)]$, 考虑销售商销售价格的两种选择,即:

① 当 $z \leq \hat{\varepsilon}$ 时,则有: $p \leq \frac{1}{\beta}(\hat{\varepsilon} + \alpha - Q)$, 则 π_r 的表达式变为:

$\pi_r = (p + s - w)Q + s(\beta p - \alpha - \hat{\varepsilon})$, 其为关于销售价格 p 的单调递增函数,所以有: $p^* = \frac{1}{\beta}(\hat{\varepsilon} + \alpha - Q)$ 。

② 当 $z > \hat{\varepsilon}$ 时,则有: $p > \frac{1}{\beta}(\hat{\varepsilon} + \alpha - Q)$, 则 π_r 的表达式变为:

$\pi_r = (p - b)(\alpha - \beta p + \hat{\varepsilon}) - (w - b)Q$, 其为销售价格 p 的严格凹函数,因此由 $\frac{\partial \pi_r}{\partial p} = 0$, 可求得: $p^* = \frac{1}{2\beta}(\alpha + \hat{\varepsilon} + b\beta)$ 。

因此,我们有 $p^* = \max\{\frac{1}{2\beta}(\alpha + \hat{\varepsilon} + b\beta), \frac{1}{\beta}(\hat{\varepsilon} + \alpha - Q)\}$, 比较上述两种情况我们可以得到结论1。

此时,我们可以计算出销售商销售价格 p 的期望值为:

$$\begin{aligned} E p^* &= \int_A^{b\beta + 2Q - \alpha} \frac{1}{2\beta}(\alpha + \varepsilon + b\beta)f(\varepsilon) d\varepsilon \\ &+ \int_{b\beta + 2Q - \alpha}^b \frac{1}{\beta}(\varepsilon + \alpha - Q)f(\varepsilon) d\varepsilon \end{aligned} \quad (6)$$

第二阶段:给定 (w, b) 和 p^* , 销售商在市场不确定性需求被观察到之前决定其最优的订购量 Q 。此时由前面的结论1可知 $\hat{\varepsilon} \leq z$, 则销售商的期望利润变为:

$$E\pi_r = E[(p - b)(\alpha - \beta p + \varepsilon)] - (w - b)Q$$

结论2 销售商的期望利润函数为其订购量 Q 的严格凹函数,因此存在唯一的 Q^* 为销售商的最优订购量,且最优订购量满足:

$$\int_{2Q-\alpha+b\beta}^B (\varepsilon + \alpha - b\beta - 2Q)f(\varepsilon) d\varepsilon - \beta w + \beta b = 0 \quad (7)$$

证明:把 p^* 代入销售商的期望利润函数 $E\pi_r$, 并化简可得:

$$E\pi_r = \int_A^{b\beta+2Q-\alpha} \frac{(\alpha + \varepsilon - b\beta)^2}{4\beta} f(\varepsilon) d\varepsilon + \int_{b\beta+2Q-\alpha}^B \frac{Q}{\beta} (\varepsilon + \alpha - b\beta) f(\varepsilon) d\varepsilon - (w - b)Q$$

$$\text{由 } \frac{\partial E\pi_r}{\partial Q} = \frac{1}{\beta} \left[\int_{2Q-\alpha+b\beta}^B (\varepsilon + \alpha - b\beta) f(\varepsilon) d\varepsilon - 2Q \int_{2Q-\alpha+b\beta}^B f(\varepsilon) d\varepsilon \right] - (w - b),$$

$$\frac{\partial^2 E\pi_r}{\partial Q^2} = -\frac{2}{\beta} \int_{2Q-\alpha+b\beta}^B f(\varepsilon) d\varepsilon < 0, \text{ 这表明销售商的期望}$$

利润函数为严格的凹函数,因此,则由其一阶条件可以得出销售商期望利润的唯一最大值所对应的最优订购量 Q^* , 且

$$\text{满足: } \int_{2Q-\alpha+b\beta}^B (\varepsilon + \alpha - b\beta - 2Q)f(\varepsilon) d\varepsilon - \beta w + \beta b = 0.$$

第一阶段:制造商根据市场情况决定其产品批发价格 w 和回购价格 b , 以期最大化自身收益。

由 $\hat{\varepsilon} \leq z$ (结论 1), 制造商利润变为:

$$\pi_m = (w - c_m)Q - b \cdot [Q - \min(D, Q)] \\ = (w - c_m)Q - b(Q - \alpha + \beta p - \varepsilon)$$

$$\text{则制造商的期望利润为: } E\pi_m = (w - c_m - b)Q + b[\alpha - \beta \cdot (Ep) + \int_A^{\varepsilon} \varepsilon f(\varepsilon) d\varepsilon]$$

$$\text{把 } p^* \text{ 和 } Q^* \text{ 代入 } E\pi_m \text{ 可得: } E\pi_m = (w - c_m - b)Q^* + b[\alpha - \beta \cdot (Ep^*) + \int_A^{\varepsilon} \varepsilon f(\varepsilon) d\varepsilon]$$

于是决策问题建模如下:

$$\begin{aligned} \max_{w,b} E\pi_m &= (w - c_m - b)Q + b[\alpha - \beta \cdot (Ep) + \int_A^{\varepsilon} \varepsilon f(\varepsilon) d\varepsilon] \\ \text{s. t. } \begin{cases} Ep = \int_A^{b\beta+2Q-\alpha} \frac{1}{2\beta} (\alpha + \varepsilon + b\beta) f(\varepsilon) d\varepsilon \\ \quad + \int_{b\beta+2Q-\alpha}^B \frac{1}{\beta} (\varepsilon + \alpha - Q) f(\varepsilon) d\varepsilon \\ \int_{2Q-\alpha+b\beta}^B (\varepsilon + \alpha - b\beta - 2Q) f(\varepsilon) d\varepsilon - \beta w + \beta b = 0 \\ p > w > b > c_m > 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (8)$$

求解式(8), 并结合式(6)和式(7), 即可得到各决策变

量的最优解,对于上述动态规划问题,不能求出其解析解,但可求出其数值最优解,其数值解将在后面表 1 中的右边给出。

4 数值算例和管理启示

前面分析了无延迟和定价延迟两种定价模式下供应链系统各方的定价策略模型,但由于模型结构比较复杂,不能求出其解析解,下面通过具体的数值仿真来得到各种具体结果并验证前面得出的结论。

参数设定参考了文献[30]中的假设,设制造商的生产成本 $c_m = 9$, 销售商的缺货损失 $s = 1$, 市场需求的确定部分 $d(p) = 60 - 2p$, 市场需求的随机部分 ε 服从 $U(0, 2)$ 上的均匀分布。利用 Lingo 8.0 数学软件进行数值仿真,把各参数代入前面的各模型中,可求得两种不同定价模式下的最优定价策略和最优期望利润:(1)无延迟模式下,制造商的最优批发价格为 $w^* = 18.27$, 回购价格为 $b^* = 16.03$, 销售商的最优定价决策为 $(p^* = 24.125, Q^* = 9.013)$, 此时制造商的期望利润为 $E\pi_m^* = 117.842$, 销售商的期望利润为 $E\pi_r^* = 49.931$ 。(2)销售商采取定价延迟策略下,制造商的最优定价策略为 $(w^* = 13.68, b^* = 11.41)$, 销售商的最优定价策略为 $(Ep^* = 20.055, Q^* = 19.623)$, 此时制造商的期望利润为 $E\pi_m^* = 147.01$, 销售商的期望利润为 $E\pi_r^* = 65.01$ 。

接下来探讨一些参数的变化对两种不同定价模式下的定价策略和利润的影响,我们分别取 c_m 为 5、6、7、8、9、10、11、12, 其它参数取值不变,代入各方程组,具体的数值计算结果见表 1。

然后根据这些具体的数据利用 Matlab7.0 软件绘出两种不同定价模型下的定价策略和利润仿真图来进行详细的比较分析(见图 1~4)。

由下面的图 1~4 可以得到如下的观察结果及管理启示:

(1)从图 1~4 我们可以看出,随着制造商生产成本 c_m 的增大,两种定价模式下的销售价格(期望价格)均增大,销售商的订购量则减小,制造商和销售商的期望利润均减小。这表明制造商的生产成本增大,处于自身利润最大化的考虑

表 1 参数 c_m 变化时两种定价模式下模型的仿真结果

| c_m | 无延迟情形 | | | | | | | 销售商定价延迟情形 | | | | | | |
|-------|-------|-------|--------|--------|------------|------------|--------------|-----------|-------|--------|--------|------------|------------|--------------|
| | w^* | b^* | p^* | Q^* | $E\pi_m^*$ | $E\pi_r^*$ | $E\pi_{m+r}$ | w^* | b^* | Ep^* | Q^* | $E\pi_m^*$ | $E\pi_r^*$ | $E\pi_{m+r}$ |
| 5 | 17.27 | 15.01 | 23.231 | 13.806 | 163.966 | 78.631 | 242.597 | 12.58 | 10.21 | 18.961 | 23.651 | 180.115 | 86.13 | 266.245 |
| 6 | 17.54 | 15.26 | 23.412 | 12.499 | 151.243 | 70.158 | 221.401 | 12.79 | 10.49 | 19.172 | 22.537 | 167.879 | 79.379 | 247.258 |
| 7 | 17.79 | 15.43 | 23.679 | 11.143 | 139.244 | 62.121 | 201.365 | 13.13 | 10.77 | 19.509 | 21.493 | 159.823 | 74.123 | 233.946 |
| 8 | 18.06 | 15.81 | 23.904 | 9.984 | 128.081 | 55.951 | 184.032 | 13.45 | 11.14 | 19.834 | 20.573 | 152.978 | 69.17 | 222.148 |
| 9 | 18.27 | 16.03 | 24.125 | 9.013 | 117.842 | 49.931 | 167.773 | 13.68 | 11.41 | 20.055 | 19.623 | 147.01 | 65.01 | 212.02 |
| 10 | 18.51 | 16.25 | 24.378 | 7.898 | 108.537 | 46.117 | 154.654 | 13.92 | 11.72 | 20.308 | 18.771 | 142.462 | 61.774 | 204.236 |
| 11 | 18.87 | 16.57 | 24.71 | 6.92 | 100.564 | 42.382 | 142.946 | 14.26 | 12.3 | 20.64 | 17.851 | 138.381 | 59.381 | 197.762 |
| 12 | 19.09 | 16.73 | 24.947 | 6.037 | 93.664 | 40.385 | 134.049 | 14.5 | 12.58 | 20.877 | 17.026 | 135.877 | 57.876 | 193.753 |

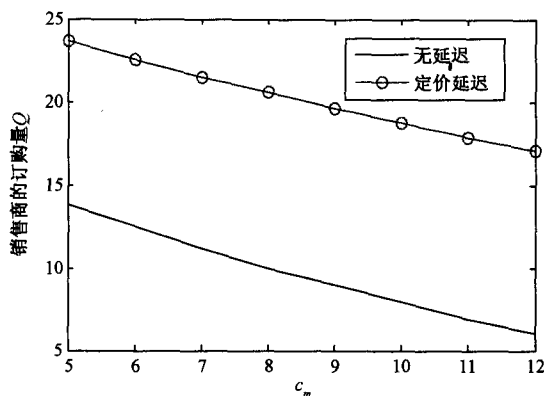


图1 两种定价模式下销售商订购量的比较

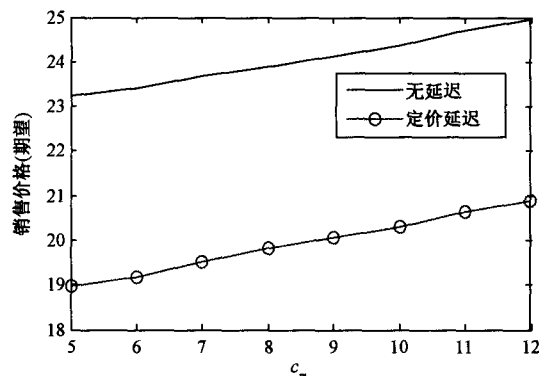


图2 两种定价模式下销售价格(期望)的比较

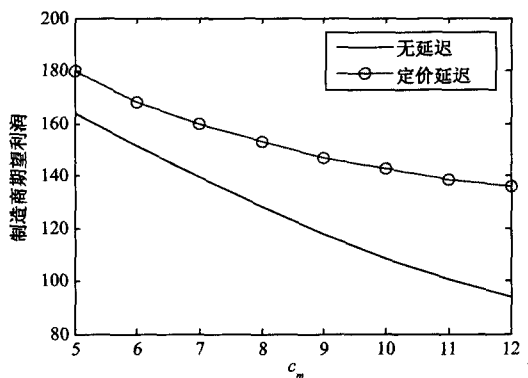


图3 两种定价模式下制造商期望利润的比

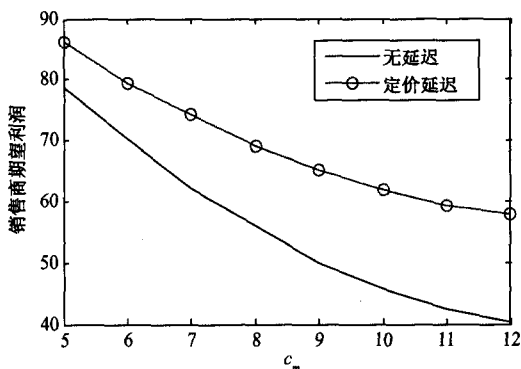


图4 两种定价模式下销售商期望利润的比较

制造商往往会提高其产品的批发价格,从而使得销售商的销售价格提高,销售价格的提高使得市场的需求量减少,销售商的订购量也将减少,从而供应链系统双方的期望利润减少。这一结果告诉我们,在企业供应链管理实践中,不管采取何种定价方式,制造商生产成本的改善对供应链系统成员都是有利的。特别是在企业实际生产经营中,销售商也应该采取合作的态度,帮助制造商不断地去改善生产技术,降低制造商的生产成本,这样销售商也可以从生产成本降低中获取更多的利润。

(2)由图1和图2可见,销售商定价延迟策略下的订购量大于无延迟策略下的订购量,定价延迟策略下市场销售价格期望值则要小于无延迟策略的市场销售价格。这是因为在传统定价模式下(无延迟),由于市场需求信息不确定而容易使得销售商采取保守的经营策略,从而宁愿提高其产品销售价格,订购和销售较少的产品,也不愿意降低价格、订购和销售更多的产品,因为后者产生的产品滞销的风险要大于供不应求的风险。而销售商采取定价延迟策略下,它在销售期来临时制定价格,通过灵活策略规避了这种风险,采用这种策略增加订购量并不会给零售端产生太大的滞销影响,这样销售商自然会倾向于订购更多的产品,同时制造商的利润也随着订货量的增加而增加,它有鼓励增加订购量的动机,也愿意以较低的批发价格批发给销售商,以生产和销售更多的产品,获取更多的收益实现双赢。现实中一些汽车销售商在销售某些刚上市的新产品时,销售商往往在销售期来临一两个月前将产品摆放在4S店里或者进行前期的广告宣传,以获取更多的市场需求信息,然后在销售期到来时根据这些信息制定其价格策略,这种定价延迟策略在许多汽车销售商的成功运用也说明了这一点。

(3)从图3和图4可以看出,销售商定价延迟策略下制造商和销售商的期望利润都大于无延迟的情形,且当制造商单位产品制造成本较大,供应链系统渠道利润相对较小时,采取定价延迟策略的优势更为明显。这说明当供应链系统渠道利润较小时,获取更多可靠的市场需求信息,并进行定价延迟策略,对供应链系统及成员利润都是有利的,即销售商采取定价延迟策略实现了市场不确定需求风险的有效规避,提高了整个供应链的渠道效率。如上图3和图4所示,当制造商的生产成本较高时($c_m = 12$),采取定价延迟策略将使得制造商的期望利润提高45%,销售商的期望利润提高43.3%,这是因为销售商在定价延迟策略下,销售商能够获取更多是市场需求信息,这样的话,销售商就可以根据自己前期给出的订货量和市场现实情况及时地调整自己的市场销售价格:①当市场需求较小的时候,销售商通过降低销售价格来扩大市场需求,卖出尽可能多的产品;②当市场需求较大超出自己前期的订货量时,销售商可以通过提高其销售价格来获取更大的市场收益。这告诉我们供应链管理实践中销售商可以采取这种灵活定价的行为,即及时根据市场需求状况来调整其销售价格,这种定价延迟策略可以有效地

规避市场不确定需求性带来的风险,从而提高整个供应链系统和成员的收益。

5 结论与展望

随着市场竞争的日益激烈,市场的不确定性波动也在不断地加大,如何处理和规避不确定性风险就显得尤为重要,延迟策略被认为是一种应对市场不确定风险的有效战略。但有关需求延迟和定价延迟的研究文献却极为匮乏,仅有少数的国外学者对此进行了一些研究,且以往的研究只是针对集中供应链系统的分析,没有考虑供应链系统成员分散决策时各方的最优策略,也未涉及到批发价契约和回购契约以及销售商缺货损失等问题。针对此不足,本文则同时考虑批发价和回购契约以及销售商缺货损失,把制造商的产品批发价格和回购价格作为决策变量,研究了随机需求环境下销售商采取定价延迟策略时供应链系统成员的最优决策和利润,分析了定价延迟对系统各方决策、期望利润及系统效率的影响,这是本文的主要创新点。研究表明当销售商采取定价延迟策略时,由于销售商在销售期来临时观察到了不确定的需求 $\hat{\epsilon}$, 销售商制定的销售价格不会导致过量的需求,给出了此时销售商的最优销售价格和销售价格的期望值,并论证了销售商最优订购量的存在性和唯一性。进一步通过数值算例分析表明:销售商采取定价延迟策略下,由于它在销售期来临时制定价格,这种灵活策略有效地规避了市场需求不确定性风险,因而其订购量要大于无延迟策略下的订购量,同时销售商在定价延迟策略下的市场销售价格期望值则小于无延迟策略的市场销售价格。同时还发现,销售商采取定价延迟策略时制造商和销售商的期望利润均大于无延迟的情形,而且当制造商单位产品制造成本较大,供应链系统渠道利润相对较小时,采取定价延迟策略的优势更为明显。另外,通过变化参数 c_m 取值的数值分析发现:不管是延迟还是无延迟情形,制造商和销售商共同致力于生产成本的改善对双方都是有利的。

本文只研究了单一制造商和单一销售商的情形,今后的研究还可以进一步考虑更为复杂的供应链系统。本文假设供应链系统双方各种信息是完全对称的,在信息不对称情况下的研究将作后续探讨。

参 考 文 献

- [1] Alderson W. Marketing efficiency and the principle of postponement[J]. Cost and Profit Outlook, 1950, September: 15 ~ 18.
- [2] Bucklin LP. Postponement, speculation and the structure of distribution channels[J]. Journal of Marketing Research, 1965, Feb: 26 ~ 31.
- [3] Zinn W, Bowersox D. Planning physical distribution with the principle of postponement[J]. Journal of Business Logistics, 1988, 19(2): 117 ~ 136.
- [4] Lee HL, Tang C. Modeling the costs and benefits of delayed

product differentiation[J]. Management Science, 1997, 43(1): 40 ~ 53.

- [5] Ernst R, Kamrad B. Evaluation of supply chain structures through modularization and postponement[J]. European Journal of Operational Research, 2000(142): 495 ~ 510.
- [6] Yang B, Burns NA. Conceptual framework of postponed manufacturing and its impact on global competitive performance. Working paper, Loughborough University, 2002, 177 ~ 185.
- [7] Waller M, Dabholkar P, Gentry J. Postponement, product customization, and market oriented supply chain management[J]. Journal of Business Logistics, 2000, 21(2): 133 ~ 159.
- [8] Graman GA, Magazine MJ. A numerical analysis of capacitated postponement[J]. Production and Inventory Management, 2002, 11(3): 340 ~ 358.
- [9] Gad Rabinowitz, Abraham Mehrez, Chu Ching Wu, et al. A partial backorder control for continuous review inventory system with poisson demand and constant lead time[J]. Computers and Operations Research, 1995, 22(7): 689 ~ 700.
- [10] Garg A, Tang C. On postponement strategies for product families with multiple points of differentiation[J]. Institute of Industrial Engineers Transaction, 1997(29): 641 ~ 650.
- [11] Joseph Geunes, Panos M Pardalos, Edwin H Romeijn. Supply chain management: Models, applications, and research directions[M]. Kluwer Academic Publishers, 2002.
- [12] Chen LH, Kang FS. Coordination between vendor and buyer considering trade credit and items of imperfect quality[J]. International Journal of Production Economics, 2010(123): 52 ~ 61.
- [13] Danuta KM, Artur S. The selected determinants of manufacturing postponement within supply chain context: an international study[J]. International Journal of Production Economics, 2011, 133(1): 192 ~ 200.
- [14] Hartanto W, Andrew P, Mohamed N. Evaluation of postponement in the soluble coffee supply chain: a case study[J]. International Journal of Production Economics, 2011, 131(1): 355 ~ 364.
- [15] Jing Q, Jia PL, Sheng Y. Inventory and package postponement strategy[J]. Procedia Engineering, 2011, 15(2): 4687 ~ 4692.
- [16] 邵晓峰, 汪蓉, 黄培清, 季建华. 大规模定制中多个产品区分点延迟问题的研究[J]. 系统工程理论方法应用, 2001, 10(4): 332 ~ 341.
- [17] 马士华, 文坚. 基于时间延迟的订单分批策略研究[J]. 工业工程与管理, 2004(6): 1 ~ 6.
- [18] 陈豪雅, 陈剑. 定制延迟模式的供应链协调[J]. 系统工程理论与实践, 2004, 24(8): 1 ~ 12.
- [19] 王海军, 马士华, 赵勇. 大量定制环境下基于延迟制造的多级供应控制模型研究[J]. 管理工程学报, 2005, 19(1): 6 ~ 9.
- [20] 张敏, 程文明, 张则强, 郭鹏. 面向大规模定制的供应链延迟策略模型[J]. 西南交通大学学报, 2011, 46(6): 1055 ~ 1059.
- [21] 徐峰, 盛昭瀚, 姚洪兴, 陈国华. 延迟决策对一类双寡头广告博弈模型的影响分析[J]. 管理科学学报, 2007, 10(5): 1 ~ 10.
- [22] 杨志林, 田玉敏, 杨善林. 随机需求环境下部分延迟订货策略

- 问题[J]. 系统管理学报, 2009, 18(6): 686 ~ 691.
- [23] 张义刚, 唐小我. 延迟支付下短生命周期产品批发价契约研究[J]. 中国管理科学, 2011, 19(3): 63 ~ 69.
- [24] 苑波, 汪传旭. 延迟支付下易损产品供应链订货与价格决策模型[J]. 工业工程, 2010, 13(1): 25 ~ 30.
- [25] 徐鑫. 延迟策略在物流供应链中的应用(英文)[J]. 安徽大学学报(自然科学版), 2012, 36(3): 29 ~ 36.
- [26] 纪雪洪, 陈荣秋, 唐中君. 供应链中延迟研究的发展与展望[J]. 管理工程学报, 2007, 21(4): 62 ~ 66.
- [27] Van Mieghem JA, Dada M. Price versus production postponement: capacity and competition [J]. Management Science, 1999, 45(12): 1631 ~ 1649.
- [28] Iyer A, Deshpande V, Wu Z. A postponement model for demand management[J]. Management Science, 2003, 49(8): 923 ~ 942.
- [29] Wang Y, Jiang L, Shen ZJ. Channel performance under consignment contract with revenue sharing [J]. Management Science, 2004, 50(1): 34 ~ 47.
- [30] 张克勇, 周国华. 不确定需求下闭环供应链定价模型研究[J]. 管理学报, 2009, 6(1): 45 ~ 50.

Price Postponement Strategy in the Supply Chain under Uncertain Demand

ZHANG Ke-yong¹, HOU Shi-wang², ZHOU Guo-hua³

(1. School of Economics and Management, North University of China, Taiyuan 030051, China;

2. School of Mechanical Engineering and Automation, North University of China, Taiyuan 030051, China;

3. School of Economics and Management, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: In the uncertain fluctuation remarket environment, dealing with and avoiding the risk of uncertainty is particularly important. The postponement strategy is considered an effective strategy to realize agile supply chain management in order to deal with the risk of market uncertainty. In this paper, we build a price postponement strategy game model in a two-echelon supply chain under the price-dependent stochastic demand. In the non-cooperative game situation, a manufacturer acts as the leader and a retailer acts as the follower. We analyze the effect of price postponement on the decision-making and profit of members in a newsvendor model based on game theory. In this model, the manufacturer sets the wholesale price and offers a buyback contract to the retailer, and the retailer determines the order quantity and retail price. The retailer uses a postponement strategy by delaying its retail price decision until after remarket demand uncertainty is observed. Research shows that the retailer will never set a retail price which will induce excess demand under the price postponement strategy. This study demonstrates the existence and uniqueness of the optimal order quantity of the retailer. Numerical simulation also shows that the retailer's order quantity is more than and price is less than no-postponement when retailer adopts the price postponement strategy. This strategy can reduce market uncertainty risk for retailers under the price dependent stochastic demand. At the same time, with the increase of the manufacturer's production cost, the selling price (or expected price) will increase, order quantity will decrease, and the expected profit of the manufacture and retailer will decrease under the two pricing models.

We also show that price postponement is quite beneficial for channel members and can increase the whole channel profit in the supply chain system. As such, price postponement could be viewed as a viable strategy to increase channel efficiency. In particular, the effect of price postponement is quite substantial when the production cost of a manufacturer is relatively high and the total channel profit of a supply chain is relatively small. This suggests that when the total channel profit is relatively small there is a signification advantage in obtaining more reliable information about market demand. At the same time, our results clearly demonstrate that to obtain more reliable information about market demand price postponement strategy should be adopted to effectively averse uncertain demand risk, and improve the efficiency of the whole supply chain system.

Key words: supply chain; uncertain demand; price postponement; risk averseness

中文编辑: 杜 健; 英文编辑: Charlie C. Chen