

文章编号:1003-207(2013)01-0063-08

# 基于风险厌恶的供应链订货时机分析

熊恒庆<sup>1,2</sup>, 黄勇<sup>1</sup>, 杨建仁<sup>1</sup>

(1. 景德镇陶瓷学院工商学院, 江西 景德镇 333403; 2. 华中科技大学管理学院, 湖北 武汉 430074)

**摘要:**基于报童模型,在一个由风险厌恶型制造商和零售商组成的供应链中,分析了三种供应链订货时机:预先订货、延迟订货、柔性订货,并调查了风险厌恶对供应链的影响。不同于已有文献关于风险中性的假设,发现由于风险厌恶,在预先订货方式下零售商有最小化订货量的倾向,在延迟订货方式下制造商有最小化生产量的倾向;进一步的分析结果显示在一定条件下零售商将削减订货量至少一半,制造商利润减少至少一半。为此设计了特许费契约进行协调。认为提升企业信心、消除风险厌恶引起的不利影响,在经济萧条时有着非常重要的作用。

**关键词:**订货时机;订货延迟;风险厌恶;供应链协调

**中图分类号:**F224;F253 **文献标识码:**A

## 1 引言

随着科技的发展与消费需求的变化,生活中越来越多的产品(如电脑、时装、手机等)生命周期缩短,更新换代加快。在这些行业,零售商订货时机问题是供应商(制造商)和零售商协调的焦点之一,决定着供应链成员分担库存风险的程度。但供应链成员对订货时机的偏好各不相同,存在着潜在的冲突。根据 Cachon<sup>[1]</sup>,由制造商和零售商组成的供应链系统中,企业为了更大利润应该承担更多库存风险;因此与直觉相反,预先订货(简称预订)与延迟订货(简称晚订)两种订货方式中,制造商偏爱零售商晚订,而零售商偏好预订。但文章是在假设企业风险中性的前提下得出的结论,风险厌恶型企业是不愿意承担很大库存风险的。由此引出了如下问题:企业的风险厌恶会对订货时机产生什么影响?进而对供应链绩效产生什么影响?怎样进行协调?

现有关于订货时机的文献一般遵循风险中性(risk-neutral)假设,即假定企业以期望利润最大化为目标,少有文献分析企业风险厌恶(risk-averse)的情形。

Granot 和 Yin<sup>[2]</sup>对由单制造商和单零售商组成的两级供应链进行了建模分析,制造商制定批发价,

提供回购,零售商决定订货量和零售价,并决定是否延迟订货。研究发现多数情况下延迟订货对渠道成员有利。Tong<sup>[3]</sup>分析了类似的供应链系统,零售商只有一次订货机会,产品需求服从指数分布。研究表明,当零售商延迟订货时订货量增加,制造商和零售商均从中受益。

Ferguson<sup>[4]</sup>探讨了一个零售商向部件供应商选择订货时机的问题。Ferguson 等<sup>[5]</sup>对此进行了延伸,把终端产品需求描述为两个随机变量之和。Taylor<sup>[6]</sup>考虑了相似的情形,但存在差异:需求是价格敏感型,且零售商在终端市场实行促销。

Cachon<sup>[1]</sup>探讨了需求更新情形下的剩余库存二次订货问题。零售商可在销售季节前以预订价预订商品,供应商据此组织生产并在销售季节前向零售商交付预订量;在销售季节,当发现预订量不能满足市场需求时,零售商可向供应商以晚订价再次订货,但订货量只限于供应商的剩余库存。由此可看出,存在报童环境中的三种不同合同:通过推式合同,零售商预订库存并承担所有需求风险;通过拉式合同,零售商在观察到需求后订货,库存风险全部由供应商承担;第三种合同是预订折扣合同,是推式与拉式的综合,提供零售商预订与晚订两次订货机会。研究结果显示,预订折扣合同的供应链效率远高于另外两种合同。Dong 和 Zhu<sup>[7]</sup>进一步分析了推式、拉式合同,并探讨了当两种合同批发价变化时,供应链成员的订货时机偏好变化及协调问题。

以上文献都遵循风险中性假设,假定供应链成员最大化自己的期望利润。然而,关注企业生存、采

收稿日期:2011-03-08;修订日期:2012-06-27

基金项目:国家自然科学基金重点项目(70332001)

作者简介:熊恒庆(1974-),男(汉族),江西丰城人,景德镇陶瓷学院工商学院讲师,博士,研究方向:运营管理、供应链管理。

用风险厌恶的决策方式,在不利的经济条件、面临恶劣竞争或者流动性不充分的情况下也许更为普遍<sup>[8]</sup>。在恶劣的经济条件下,零售商往往关注的不是利润最大化,而是生存问题。Li 等<sup>[9]</sup>认为,风险厌恶型企业经常以最大化目标利润的概率为目标。实际上,这反映了许多大公司经理的现实目标<sup>[10]</sup>。

## 2 研究假设及建模符号

本文研究假设与 Cachon<sup>[1]</sup>基本相同,其中的差别是:Cachon 假设零售商与制造商都为风险中性,而本文假设零售商和制造商都为风险厌恶型。

由风险厌恶型单制造商和单零售商组成的供应链中,制造商单位生产成本为  $c$ ,商品预订和晚订批发价分别为  $w_1$  和  $w_2$ ;零售商面对随机的市场需求  $x$ ,其概率密度函数和累积分布函数分别是  $f(\cdot)$ 、 $F(\cdot)$ ,单位价格为  $p$ 。未卖完的商品每单位残值为  $v$ ,无论它们保留在哪个公司。本文考察单周期问题(报童问题)。在销售季节前,零售商向制造商预订  $y$  单位商品,制造商据此生产  $q$  单位商品;制造商承诺满足零售商的预订量,即  $q \geq y$ ,且在销售期之前送达。由于生产周期长而销售周期短,因此假定制造商只有一次生产机会,而零售商有两次订货机会,即销售季节前的预订与销售期间的晚订。当销售期开始,零售商获得需求信息后可按晚订批发价再次订货,但订货量仅限于制造商的剩余库存量( $q - y$ ),订货瞬时送达。由此可见,零售商的订货时机有三种方式:预先订货、延迟订货、柔性订货(包含预订和晚订两次订货)。假设延迟订货不会引起额外的运输和处理成本。当制造商商品位于零售商处这一假设是可行的,这时只需商品所有权的转移而不需物理移动,供应商管理库存(VMI)就符合这种情况。零售商与制造商的目标利润水平都是外生变量;批发价  $\{w_1, w_2\}$  在订货前就协商好了,因此也是外生变量。

为不失一般性,假设  $p > w_2 > w_1 > c > v$ ,并假设顾客需求未满足的惩罚成本为零。建模符号如下所示。

- $c$ : 制造商的单位生产成本
- $x$ : 市场需求,随机变量
- $v$ : 季末剩下的商品单位残值
- $p$ : 零售商销售单价
- $y$ : 零售商预订的订货量
- $\bar{y}$ : 风险厌恶型零售商最优预订量

- $\bar{y}_n$ : 风险中性的零售商最优预订量
- $q$ : 制造商生产量
- $\bar{q}$ : 风险厌恶型制造商最优生产量
- $\bar{q}_n$ : 风险中性的制造商最优生产量
- $T_r, T_m$ : 零售商、制造商的目标利润水平
- $P_r, P_m$ : 零售商、制造商取得目标利润的概率
- $\pi_r, \pi_m$ : 零售商、制造商利润
- 分布函数  $F$  的反函数用  $F^{-1}$  表示。当需要时,我们用下标  $n$  表示风险中性。

## 3 供应链订货时机分析

在 Cachon 文章的假设条件下,由风险中性的单制造商和单零售商组成的供应链系统中,预订与晚订(相当于推式与拉式两种合同)两种订货时机,制造商会希望零售商晚订,而零售商偏爱预订。由于制造商必须满足零售商的预订量,如果零售商偏爱预先订货,则供应链将处于预先订货或柔性订货方式;如果零售商偏爱柔性订货,则供应链将处于预先订货方式(若制造商只生产预订量)或柔性订货方式(若制造商生产量多于预订量)。在预先订货方式中,零售商最优预订量为:

$$\bar{y}_n = F^{-1}\left(\frac{p - w_1}{p - v}\right) \tag{1}$$

在延迟订货方式中,制造商最优生产量为:

$$\bar{q}_n = F^{-1}\left(\frac{w_2 - c}{w_2 - v}\right) \tag{2}$$

在柔性订货方式中,制造商最优生产量  $\bar{q}_n$  也由(2)式给出;但若此时有  $y > \bar{q}_n$ ,则制造商的生产量为  $y$ ,此时供应链将处于预先订货方式(预先订货是柔性订货的特例)。

下面分析风险厌恶型供应链的订货时机。

### 3.1 预先订货方式

在预订方式下,零售商决定预订量并承担全部库存风险;制造商只生产预订量,即  $q = y$ 。零售商的利润为:

$$\begin{aligned} \pi_r(y) &= \begin{cases} (p - w_1)y, & x \geq y \\ (p - v)x + (v - w_1)y, & x < y \end{cases} \end{aligned} \tag{3}$$

令  $P[\pi_r(y) \geq T_r]$  表示风险厌恶型零售商预订量为  $y$  时取得目标利润  $T_r$  的概率,则有:

$$P[\pi_r(y) \geq T_r]$$

$$= \begin{cases} 0, & y < \frac{T_r}{p - \omega_1} \\ 1 - F\left[\frac{T_r + (\omega_1 - v)y}{p - v}\right], & y \geq \frac{T_r}{p - \omega_1} \end{cases}$$

当  $y \geq \frac{T_r}{p - \omega_1}$  时,  $P[\pi_r(y) \geq T_r]$  随着  $y$  而递

减,因此零售商的最优预订量为  $\bar{y} = \frac{T_r}{p - \omega_1}$ ,即零

售商将预订最小量,刚刚达到它的目标利润,这一结

论与 Shi 和 Chen<sup>[11]</sup> 是相同的。这时取得目标利润

的概率是最大的,即  $P[\pi_r \geq T_r] = 1 - F\left(\frac{T_r}{p - \omega_1}\right)$ 。

如果  $\bar{y}(\omega_1 - c) \geq T_m$  即  $\frac{T_r}{p - \omega_1} \geq \frac{T_m}{\omega_1 - c}$ ,制

造商将以概率 100% 取得目标利润  $T_m$ ; 否则制造商将以概率 0 取得目标利润,因为零售商的预订量太低了。

### 3.2 延迟订货方式

当供应链处于延迟订货方式时,零售商预订量  $y = 0$ ,观察到真实需求后才向制造商订货,订货量即为需求量  $x$ ; 而制造商在销售季节前必须决定生产量  $q$ , 库存风险全部由制造商承担。制造商的利润为:

$$\pi_m(q) = \begin{cases} (\omega_2 - c)q, & x \geq q \\ (\omega_2 - v)x + (v - c)q, & x < q \end{cases}$$

令  $P[\pi_m(q) \geq T_m]$  表示风险厌恶型制造商取得目标利润的概率,则有:

$$P[\pi_m(q) \geq T_m]$$

$$= \begin{cases} 0, & q < \frac{T_m}{\omega_2 - c} \\ 1 - F\left[\frac{T_m + (c - v)q}{\omega_2 - v}\right], & q \geq \frac{T_m}{\omega_2 - c} \end{cases}$$

当  $q \geq \frac{T_m}{\omega_2 - c}$  时,  $P[\pi_m(q) \geq T_m]$  随  $q$  递减,

因此制造商的最优生产量为  $\bar{q} = \frac{T_m}{\omega_2 - c}$ ,即制造商

将生产最小量,刚刚达到它的目标利润。

当需求  $x$  小于  $\frac{T_m}{\omega_2 - c}$  时,零售商从制造商处购

货  $x$ ; 当需求  $x$  大于  $\frac{T_m}{\omega_2 - c}$  时,零售商从制造商处

购买所有  $\frac{T_m}{\omega_2 - c}$  商品。如果  $\frac{T_r}{p - \omega_2} < \frac{T_m}{\omega_2 - c}$ ,零

售商取得目标利润的概率为  $1 - F\left(\frac{T_r}{p - \omega_2}\right)$ ; 否则

零售商取得目标利润的概率为 0,因为制造商的生产量太低了。

### 3.3 柔性订货方式

在柔性订货方式下,零售商有预订和晚订两次

订货机会。零售商预订量为  $y$ , 制造商的生产量至少为  $y$ , 即  $q \geq y$ , 但不保证零售商的晚订订货量。

假设零售商的主要目标是最大化取得目标利润的概率,但销售期若发现需求  $x > \bar{y}$  后(此时主要目标已经达到),会再次订货以赚取利润,但订货量仅限于

制造商的剩余库存量  $(q - y)$ 。

制造商的利润为:

$$\pi_m(q) = \begin{cases} \omega_1 y - cq + v(q - y), & x < y \\ \omega_1 y + \omega_2(x - y) - cq + v(q - x), & y \leq x < q \\ \omega_1 y + \omega_2(q - y) - cq, & x \geq q \end{cases}$$

如果零售商的预订量很大,即  $y(\omega_1 - c) \geq T_m$ , 则制造商最优策略是生产  $q = y$  而以 100% 的概率

取得目标利润。由前面分析知零售商的预订量  $\bar{y} =$

$\frac{T_r}{p - \omega_1}$ , 因此,如果  $\frac{T_r}{p - \omega_1}(\omega_1 - c) \geq T_m$  则制造商

最优策略是生产  $\bar{q} = \bar{y} = \frac{T_r}{p - \omega_1}$ 。

如果  $y(\omega_1 - c) < T_m$  即  $\frac{T_r}{p - \omega_1} < \frac{T_m}{\omega_1 - c}$ , 则

制造商为取得目标利润必须生产  $q > y$ , 制造商的

最小生产量满足  $\bar{y}(\omega_1 - c) + (q - \bar{y})(\omega_2 - c) \geq T_m$ ,

即:

$$q \geq \frac{T_m + (\omega_2 - \omega_1)\bar{y}}{\omega_2 - c} \tag{4}$$

因此,如果  $\frac{T_r}{p - \omega_1} < \frac{T_m}{\omega_1 - c}$ , 则制造商取得目

标利润的概率为:

$$P_m =$$

$$\begin{cases} 0, & x \leq \bar{y} \leq q \\ F(q) - F\left[\frac{T_m + (\omega_2 - \omega_1)\bar{y} + (c - v)q}{\omega_2 - v}\right], & \bar{y} < x \leq q \\ 1 - F\left[\frac{T_m + (\omega_2 - \omega_1)\bar{y}}{\omega_2 - c}\right], & \bar{y} < q < x \end{cases}$$

因为(4)式则下式成立:

$$\frac{T_m + (\omega_2 - \omega_1)\bar{y} + (c - v)q}{\omega_2 - v}$$

$$\frac{T_m + (\omega_2 - \omega_1)y}{\omega_2 - c} = \frac{(c - v)[(\omega_2 - c)q - T_m - (\omega_2 - \omega_1)y]}{(\omega_2 - v)(\omega_2 - c)} > 0$$

因此若  $\frac{T_r}{p - \omega_1} < \frac{T_m}{\omega_1 - c}$  则制造商的最优生产量为:

$$\begin{aligned} \bar{q} &= \frac{T_m + (\omega_2 - \omega_1)y}{\omega_2 - c} \\ &= \frac{(p - \omega_1)T_m + (\omega_2 - \omega_1)T_r}{(\omega_2 - c)(p - \omega_1)} \end{aligned}$$

综合以上分析,制造商的最优生产量为:

$$\bar{q} = \begin{cases} \frac{(p - \omega_1)T_m + (\omega_2 - \omega_1)T_r}{(\omega_2 - c)(p - \omega_1)}, & \frac{T_r}{p - \omega_1} < \frac{T_m}{\omega_1 - c} \\ \frac{T_r}{p - \omega_1}, & \frac{T_r}{p - \omega_1} \geq \frac{T_m}{\omega_1 - c} \end{cases}$$

三种订货方式的结果总结于表 1。由表 1 我们可得命题 1。

**命题 1:**在风险厌恶型单制造商和单零售商组成的供应链中,零售商对预先订货和柔性订货方式的偏好是相同的,且:

- (1) 如果  $\frac{T_r}{p - \omega_1} \geq \frac{T_m}{\omega_1 - c}$ , 则供应链将处于预先订货方式,制造商将肯定取得目标利润;
- (2) 如果  $\frac{T_r}{p - \omega_1} < \frac{T_m}{\omega_1 - c}$ , 则供应链将处于柔性订货方式。

证明:因为制造商必须满足零售商的预订量,再根据表 1 可知命题成立。

风险厌恶型零售商是偏好预先订货的,这是因为风险厌恶型零售商在预先订货时的单位利润  $(p - \omega_1)$  大于延迟订货时的单位利润  $(p - \omega_2)$ , 预订取得目标利润  $T_r$  的概率大于晚订,且零售商为了取得最大概率必然预订量最小,为  $\frac{T_r}{p - \omega_1}$ , 这样市场需求大于预订量的概率最大。之所以供应链会处于柔性订货方式,这是因为在预订量太小的情况下,零售商在销售期发现需求大于预订量,为牟利而再次订货。尽管在条件(2)中,制造商在延迟订货方式下的单位利润  $(\omega_2 - c)$  是最大的,有最大概率取得目标利润,然而,因为制造商必须满足零售商的预订量,故供应链会处于柔性订货方式。总之,供应链会处于制造商不偏好的订货方式下。

表 1 三种订货方式的比较

区域 变量		$\frac{T_r}{p - \omega_1} < \frac{T_m}{\omega_1 - c}$	$\frac{T_r}{p - \omega_1} \geq \frac{T_m}{\omega_1 - c}$
		延迟订货时 $\left( \frac{T_r}{p - \omega_2} < \frac{T_m}{\omega_2 - c} \right)$	延迟订货时 $\left( \frac{T_r}{p - \omega_2} \geq \frac{T_m}{\omega_2 - c} \right)$
延迟 订 货	$q, y$	$\bar{q} = \frac{T_m}{\omega_2 - c}$	$\bar{q} = \frac{T_m}{\omega_2 - c}$
	$P_m$	$1 - F\left(\frac{T_m}{\omega_2 - c}\right)$	$1 - F\left(\frac{T_m}{\omega_2 - c}\right)$
	$P_r$	$1 - F\left(\frac{T_r}{p - \omega_2}\right)$	0
预 先 订 货	$q, y$	$\bar{y} = \frac{T_r}{p - \omega_1}$	$\bar{y} = \frac{T_r}{p - \omega_1}$
	$P_m$	0	1
	$P_r$	$1 - F\left(\frac{T_r}{p - \omega_1}\right)$	$1 - F\left(\frac{T_r}{p - \omega_1}\right)$
柔 性 订 货	$q, y$	$\bar{y} = \frac{T_r}{p - \omega_1}$ $\bar{q} = \frac{(p - \omega_1)T_m + (\omega_2 - \omega_1)T_r}{(\omega_2 - c)(p - \omega_1)}$	$\bar{y} = \bar{q} = \frac{T_r}{p - \omega_1}$
	$P_m$	$1 - F\left[\frac{(p - \omega_1)T_m + (\omega_2 - \omega_1)T_r}{(\omega_2 - c)(p - \omega_1)}\right]$	1
	$P_r$	$1 - F\left(\frac{T_r}{p - \omega_1}\right)$	$1 - F\left(\frac{T_r}{p - \omega_1}\right)$

#### 4 风险厌恶对供应链的影响

令  $E[\bar{\pi}_{r, n}]$ 、 $E[\bar{\pi}_{m, n}]$  分别表示风险厌恶型零售商、制造商的最优期望利润,由此引入下列定义。

**定义 1:**风险厌恶型零售商是指最大化取得最优期望利润概率的零售商,即最大化  $P[\pi_r \geq E[\bar{\pi}_{r, n}]]$  的零售商。风险厌恶型制造商是指最大化取得最优期望利润概率的制造商,即最大化  $P[\pi_m \geq E[\bar{\pi}_{m, n}]]$  的制造商。

由定义知,对风险厌恶型零售商和制造商有  $T_r = E[\bar{\pi}_{r, n}]$ 、 $T_m = E[\bar{\pi}_{m, n}]$ 。下面的分析让我们知道,风险厌恶对零售商订货量和制造商利润产生很大影响。

**命题 2:**在风险厌恶型单制造商和单零售商组成的供应链中,因为零售商的偏好使得供应链处于预先订货方式,如果需求在区间  $[0, b]$  服从均匀分布  $(b \gg y)$ , 那么由于风险厌恶,相对于风险中性的零售商和制造商,零售商的订货量将削减一半,制造商的利润将减少一半。

证明:当供应链处于预先订货方式时,由(3)式可得风险中性零售商的期望利润函数,当  $y = \bar{y}_n$  时

达最优,将(1)式代入利润函数并简化得:

$$E[\pi_{r,n}(y = \bar{y}_n)] = \int_0^{\bar{y}} [(p - v)x + (v - w_1)y]dF(x) + \int_{\bar{y}}^{\infty} (p - w_1)y dF(x) = (p - v) \int_0^{\bar{y}_n} x dF(x)$$

而风险厌恶型零售商的最优订货为:

$$\bar{y} = \frac{T_r}{p - w_1} = \frac{E[\pi_{r,n}]}{p - w_1} = \frac{(p - v) \int_0^{\bar{y}_n} x dF(x)}{p - w_1} = \frac{\int_0^{\bar{y}_n} x dF(x)}{F(\bar{y}_n)}$$

$\bar{y}$  和  $\bar{y}_n$  相比较有:

$$\frac{\bar{y}}{\bar{y}_n} = \frac{\int_0^{\bar{y}_n} x f(x) dx}{\bar{y}_n F(\bar{y}_n)} \quad (5)$$

由  $F(\bar{y}_n) = \frac{p - w_1}{p - v} = \frac{\bar{y}_n}{b}$  可得  $\bar{y}_n = \frac{b(p - w_1)}{p - v}$ , 代入(5)式可得  $\frac{\bar{y}}{\bar{y}_n} = \frac{1}{2}$

再来证明后半部分。在预先订货方式中,风险中性零售商订货  $\bar{y}_n$  使得制造商利润为  $\pi_m(q = \bar{y}_n) = (w_1 - c) \bar{y}_n$ ; 风险厌恶型零售商订货  $\bar{y}$  使得制造商利润为  $\pi_m(q = \bar{y}) = (w_1 - c) \bar{y}$ 。因此,  $\frac{\pi_m(q = \bar{y})}{\pi_m(q = \bar{y}_n)} = \frac{(w_1 - c) \bar{y}}{(w_1 - c) \bar{y}_n} = \frac{\bar{y}}{\bar{y}_n}$ , 制造商利润的减少为  $\Delta_m = 1 - \frac{\pi_m(q = \bar{y})}{\pi_m(q = \bar{y}_n)} = 1 - \frac{\bar{y}}{\bar{y}_n} = \frac{1}{2}$ 。证毕。

风险厌恶使得零售商大量削减订货量,制造商利润因而大量减少。命题 2 可以进一步推广为更一般的情形。

**推论 1:**由风险厌恶型单制造商和单零售商组成的供应链中,在预先订货方式下,如果需求的概率密度函数是递减的,那么由于风险厌恶,相对于风险中性的零售商和制造商,零售商的订货量将削减超过一半,制造商的利润将减少超过一半。

证明:从命题 2 的证明知,制造商利润的减少为

$$\Delta_m = 1 - \frac{\bar{y}}{\bar{y}_n}, \text{ 由(5)式得:}$$

$$\Delta_m = 1 - \frac{\int_0^{\bar{y}_n} x f(x) dx}{\bar{y}_n F(\bar{y}_n)} \quad (6)$$

如果需求概率密度函数  $f_1(x_1)$  在区间  $[0, b]$  上服从均匀分布,则有  $\Delta_m = \frac{1}{2}$ 。如果需求概率密度函数  $f_2(x_2)$  在区间  $[0, b]$  上是递减的,则有  $\int_0^{\bar{y}_n} F_2(x_2) dx_2 > \int_0^{\bar{y}_n} F_1(x_1) dx_1$ 。在这两种情况下  $\bar{y}_n F(\bar{y}_n)$  是不变的,由于  $\int_0^{\bar{y}_n} x f(x) dx = \bar{y}_n F(\bar{y}_n) - \int_0^{\bar{y}_n} F(x) dx$ , 故由(5)式和(6)式知零售商的订货量将削减超过一半,制造商的利润将减少超过一半。证毕

制造商利润的减少源于零售商订货量的减少。从命题 2 和推论 1 可知,由于风险厌恶,在需求的概率密度函数非增时(例如需求服从指数分布),零售商订货量减少至少一半,制造商利润减少也至少一半。在正常的经济条件下这种情况不会发生,然而在经济衰退和资金紧张的情况下这种情况是经常的。比如最近的金融危机期间,部分零售商的这种风险厌恶行为被媒体观察到,一份零售通讯指出:“在关键的第四季度,由于忧虑顾客购买太少,零售商可能担心破产而只持有很少库存;近来的零售系统研究调查显示零售商订货不足,不能满足四季度的正常需求<sup>[12]</sup>。”这意味着,零售商在这次金融危机中关注的不是利润最大化,而是生存问题,因而采取风险厌恶的决策方式,订货减少。因此要提供 Pareto 改善就必须提升零售商的信心,使其增加订货量,由此可提高整个供应链系统的绩效。

### 5 供应链协调

在供应链成员均风险厌恶的情况下,本文界定 Pareto 改善为:没有一方状况恶化,即制造商或者零售商取得目标利润的概率都没有变差,而其中一方状况变好。下面用特许费契约(Franchisee fee contract,简称 FF 契约)来分析供应链的 Pareto 改善机会。根据 Shi 和 Chen<sup>[11]</sup>,FF 契约是线性收费契约的特例。在 FF 契约下,零售商提前支付制造商一笔等于目标利润  $T_m$  的特许费,无论其需求是否实现;制造商以成本价  $c$  向零售商销售商品,所有销售收入都归零售商。因此,制造商完全不承担库存风险。在此契约下,供应链运行就如集中式供应链那样,零售商决定订货量  $y$  并面对市场需求,承担所有库存风险。令  $\pi_I(y)$  表示集中式供应链的利润,则

$$\pi_I(y) = \begin{cases} (p - c)y, & x \geq y \\ (p - v)x + (v - c)y, & x < y \end{cases} \quad (7)$$

下面的命题 3 表明在一定条件下,FF 契约能提供 Pareto 改善。

**命题 3:**由风险厌恶型单制造商和单零售商组成的供应链中:

(1)  $\frac{T_r}{p - \omega_1} \geq \frac{T_m}{\omega_1 - c}$  时,如果  $\frac{T_m + T_r}{p - c} < \frac{T_r}{p - \omega_1}$ , 则 FF 契约能提供 Pareto 改善;否则,FF 契约不能提供 Pareto 改善。

(2)  $\frac{T_r}{p - \omega_1} < \frac{T_m}{\omega_1 - c}$  时,FF 契约不能提供 Pareto 改善。

证明:(1)  $\frac{T_r}{p - \omega_1} \geq \frac{T_m}{\omega_1 - c}$  时,由命题 1 可知供应链处于预先订货方式,制造商以概率 100% 取得目标利润  $T_m$ ,零售商在最优预订量处取得目标利润  $T_r$  的概率为  $P_r = 1 - F\left(\frac{T_r}{p - \omega_1}\right)$ 。而在 FF 契约下,制造商以概率 100% 取得目标利润  $T_m$ ,其状况没有恶化;若零售商取得目标利润的概率大于无契约时的概率,则零售商状况严格变好。因  $\pi_r(y) = \pi'(y) - T_m$ ,故  $P[\pi_r(y) \geq T_r] = P[\pi'(y) \geq T_r + T_m]$ ,根据(7)式知,FF 契约下零售商的最优预订量为  $\bar{y} = \frac{T_m + T_r}{p - c}$ ,最优处取得  $T_r$  的概率为  $P_r = 1 - F\left(\frac{T_m + T_r}{p - c}\right)$ 。故  $\frac{T_m + T_r}{p - c} < \frac{T_r}{p - \omega_1}$  时,FF 契约能提供 Pareto 改善;否则,零售商没有动力参与契约,FF 契约不能提供 Pareto 改善。

(2)  $\frac{T_r}{p - \omega_1} < \frac{T_m}{\omega_1 - c}$  时,由命题 1 可知供应链处于柔性订货方式,制造商取得目标利润  $T_m$  的概率为  $P_m = 1 - F\left[\frac{(p - \omega_1)T_m + (\omega_2 - \omega_1)T_r}{(\omega_2 - c)(p - \omega_1)}\right]$ ,零售商在最优预订量处取得目标利润  $T_r$  的概率为  $P_r = 1 - F\left(\frac{T_r}{p - \omega_1}\right)$ 。而在 FF 契约下,制造商以概率 100% 取得目标利润  $T_m$ ,其状况变好;若零售商取得目标利润的概率大于无契约时的概率,则零售商状况严格变好。根据证明(1)中的分析可知,若  $\frac{T_m + T_r}{p - c} < \frac{T_r}{p - \omega_1}$ ,也即  $\frac{T_r}{p - \omega_1} > \frac{T_m}{\omega_1 - c}$  时,则 FF 契约下  $P_r$  大于无契约时的  $P_r$ ,FF 契约能提供 Pareto 改善,但这与前提条件  $\frac{T_r}{p - \omega_1} < \frac{T_m}{\omega_1 - c}$  正好相背,故柔性订货方式下 FF 契约只能使零售商取得  $T_r$  的概率减小,零售商没有动力参与 FF 契

约。证毕。

从命题 3 可知,在供应链处于预先订货方式下,如果  $T_m$  很小,FF 契约更可能提供 Pareto 改善。这是因为  $T_m$  很小时,零售商在最优预订量处取得  $T_r$  的概率更大,状况更易变好。但当  $T_m$  大到一定程度,即  $T_m \geq \frac{T_r(\omega_1 - c)}{p - \omega_1}$  时,FF 契约不再能够提供 Pareto 改善。

### 6 数值分析

假设需求服从指数分布,其概率密度函数为  $f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$ 。我们考察供应链处于预先订货方式时的情形。通过以下分析可知,在一定条件下,FF 契约能使零售商取得  $T_r$  的概率有所提高,供应链得到 Pareto 改善。

令  $\lambda = 0.01, p = 20, \omega_1 = 15, \omega_2 = 16, c = 8, v = 6, T_r = 100$ 。现让  $T_m$  取不同值进行分析,所得结果如表 2。

由于  $\frac{T_r}{p - \omega_1} \geq \frac{T_m}{\omega_1 - c}$ ,故表 2 是供应链处于预先订货时的情形。从表 2 可看出,  $T_m$  越小,零售商取得目标利润的概率越大,参与 FF 契约的动力也越大,FF 契约更可能提供 Pareto 改善;但随着  $T_m$  不断增大,零售商取得目标利润的概率逐渐变小,直至小于无契约时的概率。因此可得出结论:当  $T_m$  大到一定程度,即  $\frac{T_m + T_r}{p - c} \geq \frac{T_r}{p - \omega_1}$ ,也即  $T_m \geq \frac{T_r(\omega_1 - c)}{p - \omega_1}$  时,FF 契约不再能够提供 Pareto 改善。在表 2 中  $T_m$  为 140 以上时,FF 契约不再有效。

表 2 预先订货时 FF 契约下的 Pareto 改善

$T_m$	60	80	120	140
$\frac{T_m}{\omega_1 - c}$	8.57	11.43	17.14	20
$\frac{T_r}{p - \omega_1}$	20	20	20	20
$\frac{T_m + T_r}{p - c}$	13.33	15	18.33	20
无契约时的 $P_r$	0.82	0.82	0.82	0.82
FF 契约下的 $P_r$	0.88	0.86	0.83	0.82

### 7 结语

由一个风险厌恶型零售商和一个风险厌恶型制造商组成的供应链中,本文分析了三种供应链订货时机,发现由于风险厌恶,在预先订货方式下零售商

有最小化订货量的倾向,在延迟订货方式下制造商有最小化生产量的倾向。研究还显示供应链会处于制造商不偏好的订货方式,为此本文设计了特许费契约进行协调,发现在供应链处于预先订货方式时,一定条件下特许费契约能够提供 Pareto 改善;而供应链处于柔性订货方式时,特许费契约不能提供 Pareto 改善。进一步的数值分析显示,在供应链处于预先订货方式下,零售商支付给制造商的特许费  $T_m$  越小,则零售商取得目标利润的概率越大,参与特许费契约的动力也越大,契约更可能提供 Pareto 改善;但随着  $T_m$  不断增大,零售商取得目标利润的概率逐渐变小,直至小于无契约时的概率,特许费契约变得不再有效。

经济不景气时,企业关注的是生存问题,更多地采用风险厌恶的决策方式,表现得过度保守,风险厌恶使得零售商减少订货量,制造商减少生产量,供应链绩效下降。因此,政府采取扩张的财政与货币政策,扩大内需,提升企业的信心,消除风险厌恶引起的不利影响,对于经济复苏有着至关重要的作用。中国政府在此次金融危机中的表现受到广泛称赞,温家宝总理在很多场合给企业鼓气,称“信心比黄金更重要”,配合多种刺激政策,鼓舞了企业的信心,使中国率先走出金融危机的阴影。

#### 参考文献:

- [1] Cachon G P. The allocation of inventory risk in a supply chain: push, pull, and advance-purchase discount contracts [J]. *Management Science*, 2004, 50(2): 222—238.
- [2] Granot D, Yin Shuya. Price and order postponement in a decentralized newsvendor model with multiplicative and price-dependent demand [J]. *Operations Research*, 2008, 56(1): 121—139.
- [3] Tong Chunyang. Order postponement in a supply chain

- in the presence of exponential demand with gamma prior [J]. *Operations Research Letters*, 2010, 38(2): 97—103.
- [4] Ferguson M E. When to commit in a serial supply chain with forecast updating [J]. *Naval Research Logistics*, 2003, 50(8): 917—936.
- [5] Ferguson M E, Decroix G A, Zipkin P H. Commitment decisions with partial information [J]. *Updating Naval Research Logistics*, 2005, 52(8): 780—795.
- [6] Taylor T A. Sale timing in a supply chain: when to sell to the retailer [J]. *Manufacturing and service operations management*, 2006, 8(1): 23—42.
- [7] Dong Lingxiu, Zhu Kaijie. Two-wholesale-price contracts: push, pull, and advance-purchase discount contracts [J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2007, 9(3): 291—311.
- [8] Greenwald B C, Stiglitz J E. Asymmetric information and the new theory of the firm: financial constraints and risk behavior [J]. *The American Economic Review*, 1990, 80(2): 160—165.
- [9] Li Jing, Lau H, Lau A H. A two-product newsboy problem with satisfying objective and independent exponential demands [J]. *IIE Transactions*, 1991, 23(1): 29—39.
- [10] Lanzillotti R F. Pricing objectives in large companies [J]. *American Economic Review*, 1958, 48(5): 921—940.
- [11] Shi C, Chen B. Pareto-optimal contracts for a supply chain with satisficing objectives [J]. *Journal of the Operational Research Society*, 2007, 58(6): 751—759.
- [12] Ferrante A. Conservative ordering makes inventory strategy critical to avoid stock outs this holiday season [EB/OL]. (2009—10—21). [http:// www. Retail touch points. com/retail-store-ops /306 conservative ordering makes inventory strategy critical to avoid stock outs this holiday season. html](http://www.Retailtouchpoints.com/retail-store-ops/306-conservative-ordering-makes-inventory-strategy-critical-to-avoid-stock-outs-this-holiday-season.html).

### Analysis of Order Timing based on Risk Aversion in Supply Chain

XIONG Heng-qing<sup>1,2</sup>, HUANG Yong<sup>1</sup>, YANG Jian-ren<sup>1</sup>

(1. School of Business, Jingdezhen Ceramic Institute, Jingdezhen 333403, China;

2. School of Management, HuaZhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** Based on the newsboy model, three types of order timing are analyzed in a supply chain which consists of a risk-averse manufacturer and a risk-averse retailer. The three types of order timing are advance order, delayed order and flexible order. The influence of risk aversion on the supply chain is also examined. Different from literatures about risk neutral assumption, the results show that due to risk aversion, the retailer tends to minimize his order quantity under the mode of advance order, and the manufac-

turer tends to minimize her production quantity under the mode of delayed order. Further analysis shows that the retailer may cut his order quantity by at least half and the manufacturer's profit may be reduced by at least half under certain conditions. So a Franchisee fee contract is employed to coordinate. It is suggested that enhancing business confidence and eliminating adverse influence play a very important role during economic depression.

**Key words:** order timing; order postponement; risk aversion; supply chain coordination

## 《第十五届中国管理科学学术年会》征文通知

**会议主题** “两型社会”建设与管理创新

**主办单位** 中国优选法统筹法与经济数学研究会 湖南大学  
中国科学院科技政策与管理科学研究所 《中国管理科学》编辑部

**承办单位** 湖南大学工商管理学院

**协办单位** 中南大学商学院 国防科技大学信息系统与管理学院

**会议时间** 2013年10月25-28日

**会议地点** 湖南·长沙

<b>征文范围</b>	优选法与优化管理	统筹法与项目管理	营销工程与管理
	经济数学与数量经济	金融工程与风险管理	会计审计与财务管理
	工业工程与运作管理	信息系统与商务智能	社会安全与应急管理
	物流工程与供应链管理	计算管理方法与实验	公共管理与社会管理
	数据挖掘与知识管理	创业与中小企业管理	两型社会与生态文明建设
	人力资源与绩效管理	技术创新与技术经济	能源与环境管理
	战略管理与认知决策	战略型新兴产业与产业金融	

**主题报告** 邀请管理科学界著名专家和学者围绕我国社会经济发展面临的主要问题、学科发展前沿问题、理论研究与应用实践的最新进展做大会报告。

**综合论坛** 邀请政府官员、企业精英和管理科学界的专家学者，结合当前我国及湖南两型社会建设过程中的管理科学热点问题探讨。

**专项交流** 设专项主题学术交流，为广大大致致力于管理科学的青年学者提供一个更广阔的学术交流平台。

**征稿要求**

- 未在其它学术会议、论文集和刊物上公开发表过。
- 文章具体格式可参照《中国管理科学》近期期刊。
- 来稿篇幅要求5-8页（5页以内版面费600元，超过5页每增加一页加收版面费150元）。
- 请作者于2013年6月30日之前按下列E-mail地址将电子版传给会议秘书处。在稿件首页须注明征文类别（从征文范围中选择一个）。
- 来稿请注明征文类别（从征文范围中选择一个接近的类别填写）、作者的单位、通讯地址、邮编、联系电话及E-mail地址，并在邮件标题上注明“征文”字样。

**论文出版**

- 经过专家评审后录用的论文刊登在《中国管理科学》2013年（专辑）上，并被CNKI数字图书馆全文收录（[www.cnki.net](http://www.cnki.net)）。
- 第十五届中国管理科学学术年会将继续开展“优秀论文报告奖”的评奖活动，并颁发获奖证书。其中获年会分组会议评议推荐的论文（推荐比例为20-30%），将由《中国管理科学》优先录用，此外同时择优推荐给《系统工程》和《经济数学》，列入2014年的刊登计划。
- 论文录用通知将在2013年7月31日前发出。《中国管理科学》2013（专辑）在会议结束后30日内出版（会前印刷所有录用论文的长摘要并提供全文光盘）。

会议具体情况请登陆中国优选法统筹法与经济数学研究会网站（[www.Scope.org.cn](http://www.Scope.org.cn)）、中国管理科学网站（[www.zgg1kx.com](http://www.zgg1kx.com)）及中国学术会议网站。

**会议秘书处**

北京8712信箱中国“双法”研究会傅继良、张玲 邮编：100190 E-mail: [shuangfa@casipm.ac.cn](mailto:shuangfa@casipm.ac.cn) 联系电话：010-62542629

长沙市岳麓山、湖南大学工商管理学院 朱慧明、周忠宝 邮编：410082

E-mail: [hdglxy@126.com](mailto:hdglxy@126.com) 联系电话：13517311705、13487575460