

二阶段供应链中提前期压缩的影响与协调^①

宋华明^{1,2}, 马士华¹

(1. 华中科技大学管理学院, 武汉 430074; 2. 南京理工大学经济管理学院, 南京 210094)

摘要: 提前期是衡量业务过程绩效一个重要的因素, 基于时间竞争的供应链管理战略核心就在于提前期的压缩, 提前期压缩是形成供应链战略优势的有力来源. 在市场需求预测精度随提前期变化的假设下, 采用逻辑证明和数值分析的方法, 研究由供应商-零售商构成的两阶段供应链中提前期压缩对供应链及其成员收益的影响以及如何实现供应链的渠道协调. 研究结果表明: 当供应链的服务水平小于 0.5 时, 提前期的压缩可以获得供应链成员收益的 Pareto 改进; 当供应链的服务水平大于等于 0.5, 引入线性转移支付补偿机制, 可以实现供应链的渠道协调, 获得供应链成员收益的 Pareto 改进.

关键词: 提前期压缩; 预测; 渠道协调; Pareto 改进

中图分类号: F273

文献标识码: A

文章编号: 1007-9807(2007)01-0046-08

0 引言

时间管理是形成供应链竞争优势最有力的来源^[1], 基于时间竞争 (time-based competition) 的供应链管理战略的核心就在于提前期的压缩. 提前期是衡量业务过程绩效一个重要的因素, Schmenner 对十种因素进行假设检验, 提前期压缩是唯一对生产率有显著性影响的因素^[2]. 提前期是全能的 (jack-of-all-trades) 市场指示器^[3], 提前期的压缩能够带来协同效应, 实现相互冲突的多目标同时改进^[4], 使企业达到“世界级”水平^[5].

在不同的细分市场上, 提前期存在着不断压缩的趋势^[2], Treville 等^[6]以造纸业供应链为对象进行研究, 结果表明: 为了提高供应链的绩效, 提前期的压缩应该优先于其他策略. 关于提前期的研究文献多数集中在提前期对库存的影响方面, Gross^[7]对提前期压缩和库存水平之间的关系进行了模拟分析, 开创了这方面研究的先河, 随后一系列的文献^[8~16]研究提前期变动对库存的影响, 得出了类似的结论: 缩短提前期, 可以减少安

全库存、降低库存资金风险, 加速顾客响应, 改善顾客服务水平, 提高企业竞争力. 提前期的压缩离不开信息的共享, 文献^[17~19]结合市场需求信息的更新, 分析提前期的变动对库存的影响.

提前期影响预测的精度^[20], 预测的时间跨度越大, 预测的误差越大^[21]. 根据 Wal-Mart 的调查, 在纺织服装行业, 如果在销售季节开始之前的 26 周进货 (即基于预测提前 26 周进货), 则需求预测误差 (缺货或积压) 达 40% 左右. 如果在季节开始之前的 16 周进货, 则需求预测误差为 20% 左右. 如果在很靠近季节开始的时候进货, 需求预测误差只有 10% 左右.

Fisher^[22]等研究带信息更新的二次订购模型, 第一次订购依据对需求的预测, 第二次订购是在对真正需求的有更多了解的基础上进行的, 实现了精确预测, 为了支持二次订购, 必需压缩提前期. Iyer^[23]研究提前期压缩问题, 采用 Bayes 方法进行预测, 利用先验信息修正预测, Iyer 分析了提前期压缩对供应链成员 (制造商-零售商) 的影响, 提出了实现双方收益 Pareto 改进的一些对策.

① 收稿日期: 2004-12-23; 修订日期: 2006-10-30.

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (70332001); 中国博士后科学基金资助项目 (2004035636).

作者简介: 宋华明 (1968—), 男, 江苏新沂人, 博士后, 讲师, Email: huaming@mail.njust.edu.cn.

鲁其辉等^[24]在 Iyer 的研究基础上采用一种补偿策略,即供应商对未销售完的商品给零售商提供补偿,不仅能提高零售商的利润,而且在某种条件下,供应商的利润也将提高。

上述的文献中,只有文献[23,24]是从渠道协调的角度来研究提前期压缩的,其余均是单一节点的优化。但是文献[23,24]没有把提前期作为一个变量来对待,没有能够精确地揭示提前期的压缩对供应链及其成员收益的影响。Chen 等^[25]推广了传统的报童模型,给出了需求预测与提前期之间的一个线性关系,越是接近销售时点,预测的精度越高,但是 Chen 等仅仅考虑优化零售商的订货量和订货时点,最小化零售商的成本,没有涉及到供应链的协调问题,而且 Chen 等强调这种建模思想可以进一步推广到供应链契约中。文献[26]按照 Chen 的思路研究了需求预测函数为均匀分布的情形。本文采用文献[25]的假设,即假设需求预测与提前期之间的存在一个线性关系,把提前期作为一个变量,对提前期压缩进行定量研究,揭示二阶段供应链中提前期压缩对供应链及其成员收益的影响以及如何实现供应链渠道协调。

1 提前期压缩的模型描述

1.1 符号说明

考虑一个由供应商—零售商组成的分散决策型供应链,生产和销售单一产品,只考虑单一周期,在单一周期内零售商只有一次订货机会。

假设零售商从提交订单到收到货物的时间为 T , T 即为供应商的提前期,记零售商提交订单的时间为 0。假设现在零售商不是在 0 时刻提交订单,而是某个时点 t ($0 \leq t \leq T$) 提交订单,在 $[0, t]$ 收集信息,在 t 时点对市场需求进行预测,提高预测精度。在 $[t, T]$ 上供应商按订单生产并交货, t 即为供应链提前期的压缩量,供应链的提前期成为 $T - t$ 。

假设随着供应链提前期的压缩,零售商收集的信息量越来越充分,对市场需求预测的精度越来越高。记 X 为产品的市场需求,且 X 是个服从正态分布的随机变量,当提前期为 $T - t$ ($0 \leq t \leq T$) 时,可预测 X 的密度函数为 $f(x, t)$,分布函数为 $F(x, t)$,记标准正态分布的密度函数、分布函

数分别为 $\varphi(y)$ 、 $\Phi(y)$ 。随机变量 X 的数学期望为 $\mu \equiv$ 常数,均方差为 $\sigma = \sigma(t) = \sigma_0 + \frac{\sigma_T - \sigma_0}{T}t$ ^[26],其中, σ_0 为 $t = 0$ 时的均方差, σ_T 为 $t = T$ 时的均方差且 $\sigma_T < \sigma_0$,即 σ (预测误差)随着提前期的缩短而减少。这里假设 $\mu \geq \sigma_0$ (实践中, $\mu < \sigma_0$ 几乎不会出现,一旦出现,说明预测精度太差,需要重新预测)。

记 p 为零售商的市场售价, h 为存货带来的费用,如削价处理带来的损失、库存费用等, π 为单位产品的缺货损失,如违约惩罚、顾客流失带来的损失等, c 为供应商边际生产成本, w 为供应商给予零售商的批发价,其中 $p \geq w \geq c$ (否则 $w < c$ 则供应商无利可图, $w > p$ 则零售商无利可图)。 q 为零售商的订货量, $R(q)$ 为当零售商对应的期望收入,这里假定信息是完全对称的。

1.2 供应链及其成员的收益模型

当供应链的提前期压缩量为 $t \in [0, T]$ 时,记 $\Pi_r(q, t)$ 、 $\Pi_s(q, t)$ 、 $\Pi(q, t)$ 分别为零售商、供应商以及供应链的收益,则有

$$\Pi_r(q, t) = R(q) - wq \quad (1)$$

$$\Pi_s(q, t) = (w - c)q \quad (2)$$

$$\Pi(q, t) = \Pi_r + \Pi_s = R(q) - cq \quad (3)$$

其中

$$R(q, t) = p \left(\int_{-\infty}^q xf(x, t)dx + \int_q^{\infty} gf(x, t)dx \right) - h \int_{-\infty}^q (q - x)f(x, t)dx - \pi \int_q^{\infty} (x - q)f(x, t)dx$$

式中:第 1 项和第 2 项为期望销售额,第 3 项为库存成本,第 4 项为缺货损失。

分别对(1)关于 q 进行一阶微分和二阶微分

$$\frac{\partial \Pi_r}{\partial q} = (p + \pi - w) - (p + \pi + h)F(q) \quad (4)$$

$$\frac{\partial^2 \Pi_r}{\partial q^2} = -(p + \pi + h)f(q) < 0 \quad (5)$$

假设存在 $Q^*(t)$ 满足 $\frac{\partial \Pi_r}{\partial q} \Big|_{Q^*(t)} = 0$,由式(4)可得

$$F(Q^*(t)) = \frac{p + \pi - w}{p + \pi + h} \quad (6)$$

又因为 $X \sim N(\mu, \sigma)$, 故 $\frac{X - \mu}{\sigma} \sim N(0, 1)$,

即

$$F(Q^*) = \Phi\left(\frac{Q^* - \mu}{\sigma}\right) \quad (7)$$

由式(7)可得

$$Q^*(t) = \mu + \sigma z \quad (8)$$

其中

$$z = \Phi^{-1}\left(\frac{p + \pi - w}{p + \pi + h}\right) \quad (9)$$

记零售商独立最优决策时零售商、供应商和供应链的收益分别为 $\Pi_r^*(t), \Pi_s^*(t), \Pi^*(t)$, 将式(8)代入式(1)、(2)、(3)有

$$\Pi_r^*(t) = (p + \pi + h) \times [\mu\Phi(z) - \sigma\varphi(z)] - \mu\pi \quad (10)$$

$$\Pi_s^*(t) = (w - c)(\mu + \sigma z) \quad (11)$$

$$\Pi^*(t) = \Pi_r + \Pi_s = (p + \pi + h) \times [\mu\Phi(z) - \sigma\varphi(z)] - \mu\pi + (w - c)(\mu + \sigma z) \quad (12)$$

2 提前期压缩的影响分析

2.1 提前期压缩对供应链收益的影响

推论 1 供应链中提前期压缩导致供应链收益的增加, 即 $\Pi^*(t)$ 是提前期压缩量 t 的增函数, t 越大, 供应链的收益越大。

证明 式(12)中只有变量 σ 是关于 t 的函数, 其余参数均为常数。整理式(12), 有

$$\Pi^*(t) = (p + \pi + h)\mu\Phi(z) - \mu\pi + (w - c)\mu + [(w - c)z - (p + \pi + h)\varphi(z)]\sigma$$

上式是 σ 的一次式, 考察 σ 的一次项系数 $(w - c)z - (p + \pi + h)\varphi(z) = y$, 由式(9)解出 $w = (p + \pi) - (p + \pi + h)\Phi(z)$, 代入 $(w - c)z - (p + \pi + h)\varphi(z)$ 中, 可得

$$y(z) = (p + \pi - c)z - (p + \pi + h) \times [\varphi(z) + z\Phi(z)] \quad (13)$$

视 p, h, π, c 为常数, z 为变量, z 随 $w \in [c, p]$ 变化而变化, 把 y 看作是 z 的函数, 则 $z \in$

$$\left[\Phi^{-1}\left(\frac{\pi}{p + \pi + h}\right), \Phi^{-1}\left(\frac{p + \pi - c}{p + \pi + h}\right)\right]$$

在式(13)的两边关于 z 求一阶微分, 有

$$\frac{\partial y}{\partial z} = (p + \pi - c) - (p + \pi + h)\Phi(z) >$$

$$(p + \pi - c) - (p + \pi + h) \frac{p + \pi - c}{p + \pi + h} = 0$$

知 $y(z)$ 为 z 的增函数, 又

$$\begin{aligned} \max(y) &= y\left(\Phi^{-1}\left(\frac{p + \pi - c}{p + \pi + h}\right)\right) \\ &= -(p + \pi + h)\varphi\left(\Phi\left(\frac{p + \pi - c}{p + \pi + h}\right)\right) \\ &< 0 \end{aligned}$$

因此, $y(z)$ 在 $z \in \left[\Phi^{-1}\left(\frac{\pi}{p + \pi + h}\right), \Phi^{-1}\left(\frac{p + \pi - c}{p + \pi + h}\right)\right]$ 恒小于 0, 故 Π 关于 σ 递减, 又

$\sigma = \sigma(t) = \sigma_0 + \frac{\sigma_T - \sigma_0}{T}t$, 知 σ 是 t 的减函数, 所以 Π 关于 t 递增。

通过压缩提前期实现快速反应, 文献[27]给出了澳大利亚纺织、服装和制鞋业部分企业组成供应链联盟, 实施快速反应的例子, 订单准时完成率从 53% 提高到 92.6%, 收益从 110 万 \$A 增长到 210 万 \$A, 业务交易成功率从 8% 提高到 16%, 库存周转率从 8 次/年增加至 16 次/年, 产品退货率从 2.5% 降至 2.1%, 顾客的满意度显著提高。

2.2 提前期压缩对供应链成员收益的影响

2.2 提前期压缩对供应链成员收益的影响

推论 2 当供应链的服务水平小于 0.5 时, 提前期压缩可以提升供应商和零售商双方的收益, 实现双方收益 Pareto 改进; 当供应链的服务水平大于等于 0.5 时, 提前期压缩使零售商的收益增加而使供应商的收益减少, 因而, 不能实现双方收益的 Pareto 改进。

证明 供应链的服务水平的定义为 $s = F(Q^*)^{[23]}$, 在本文背景下即

$$s = \frac{p + \pi - w}{p + \pi + h}$$

又由式(9)可得

$$z = \Phi^{-1}(s)$$

$s < 0.5$ 意味着 $z < 0$; 当 $s \geq 0.5$ 意味着 $z \geq 0$ 。

由式(10)可知, $\Pi_r^*(t)$ 是关于 σ 的递减函数, 是关于 t 的增函数, 即提前期压缩量越大, 零售商的收益越大。

由式(11)知 $s < 0.5$ 即 $z < 0$, $\Pi_s^*(t)$ 关于 σ 递减, 即关于 t 递增, 提前期压缩带来供应商收益的增加, 即提前期压缩量越大, 供应商的收益越大。

因此,在 $s < 0.5$ 这种情形下,提前期的压缩实现了供应链上成员(供应商——零售商)的 Pareto 改进;

当 $s \geq 0.5$ 即 $z \geq 0$ 时, $\Pi_s^*(t)$ 关于 σ 递增,即关于 t 递减,提前期的压缩带来供应商收益的减少,不能够实现供应链上双方的 Pareto 改进。

显然, σ 越小,也就是提前期压缩得越大,供应商的收益越少。从这个方面来说,供应商不愿意压缩提前期。

Porter^[28] 指出:供应链上提前期压缩并非人人是赢家,从供需双方来说,需方常常将风险转移到供方,供应链提前期压缩意味着供应商更多的仓库,更高的库存。事实上,随着服务水平的提高,提前期压缩对供应商的压力越来越大,供应商蒙受的损失会越来越多。

当服务水平 $s \geq 0.5$ 时如何实现供应链上双方的协调?文献[29]在研究供应链的激励机制中提出了一种线性转移支付的策略,本文采用这种策略来协调供应链上提前期的压缩问题。

3 提前期压缩的协调

先分析一下供应商利益下降的原因,伴随着供应链提前期压缩,零售商的需求预测精度的提高,导致最优订货量 $Q^*(t) = \mu + z\sigma$ 下降,从而减少了供应商的利润。

文献[29]提出一种线性转移支付策略,在本文的背景下,实质上要求零售商提供一种补偿给供应商。这种机制确切地应称为线性转移支付补偿机制,即零售商将收益中的一部分 $|\theta(q)|$ 补偿给供应商,其中 $\theta(q) = k(q - q_0)$ ^[29],其中 q_0 为确保在提前期压缩的情况下,供应商的收益不应小于压缩前的收益,由供应商和零售商协商而定。 k 是转移支付系数,表示当零售商的订货量低于 q_0 的每一单位给供应商的补偿。

推论 3 在供应链提前期压缩的前提下,引入线性转移支付策略,在 $k = w - c$ 的条件下,可以实现供应链的渠道协调,增加供应链的收益。

证明 引入线性转移支付策略后,零售商、供应商和供应商的收益分别记为 $\Pi_r(q, t)$ 、 $\Pi_s(q, t)$ 、 $\Pi_l(q, t)$ 则有

$$\begin{aligned} \Pi_r(q, t) &= \Pi_r(q, t) + k(q - q_0) \\ &= R(q) - wq + k(q - q_0) \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \Pi_s(q, t) &= \Pi_s(q, t) - k(q - q_0) \\ &= (w - c)q - k(q - q_0) \end{aligned} \quad (15)$$

供应链的收益的表达式同式(11)

$$\Pi_l(q, t) = R(q, t) - cq$$

为求出零售商独立决策时最优订货量,固定 t ,在式(14)的两边分别关于 q 进行一阶和二阶微分,有

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Pi_r}{\partial q} &= (p + \pi + k - w) - (p + \pi + h) \times \\ &F(q) \end{aligned} \quad (16)$$

$$\frac{\partial^2 \Pi_r}{\partial q^2} = -(p + \pi + h)f(q) < 0 \quad (17)$$

并令 $\frac{\partial \Pi_r}{\partial q} = 0$,假定存在 $Q_r^*(t)$ 满足 $\frac{\partial \Pi_r}{\partial q} \Big|_{Q_r^*(t)} = 0$,则有

$$F(Q_r^*(t)) = \frac{p + \pi + k - w}{p + \pi + h}$$

为求出供应链集中决策时最优订货量,固定 t ,在式(11)的两边分别关于 q 求一阶微分,并令

$$\frac{\partial \Pi_l}{\partial q} = 0$$

$$\frac{\partial \Pi_l}{\partial q} = (p + \pi - c) - (p + \pi + h)F(q) = 0$$

假定存在 $Q_l^*(t)$ 满足 $\frac{\partial \Pi_l}{\partial q} \Big|_{Q_l^*(t)} = 0$,则有

$$F(Q_l^*(t)) = \frac{p + \pi - c}{p + \pi + h}$$

$$\begin{aligned} \text{令 } Q_r^*(t) &= Q_l^*(t), \text{ 即有 } \frac{p + \pi - c}{p + \pi + h} = \\ &\frac{p + \pi + k - w}{p + \pi + h} \end{aligned}$$

由上式可以解出 $k = w - c$ 。

因此,在 $k = w - c$ 的条件下,零售商单独决策的最优订货量就是供应链集中决策的最优订货量,因而线性转移支付补偿策略可实现供应链的渠道协调。

从而,

$$Q_r^* = Q_l^*(t) = \mu + z^l \sigma \quad (18)$$

其中

$$\begin{aligned} z^l &= \Phi^{-1}\left(\frac{p + \pi + k - w}{p + \pi + h}\right) \\ &= \Phi^{-1}\left(\frac{p + \pi - c}{p + \pi + h}\right) > \end{aligned}$$

$$z = \Phi^{-1}\left(\frac{p + \pi - w}{p + \pi + h}\right) \quad (19)$$

固定 t , 显然有

$$Q_i^*(t) > Q^*(t)$$

即供应链的最优订货量也相应地增加了。

把式(18)代入式(11)、(14)、(15), 在线性转移支付机制下, 当供应链的压缩量为 t 时, 记零售商、供应商和供应链的最优收益分别为 $\Pi_r^*(t)$, $\Pi_s^*(t)$, $\Pi_i^*(t)$, 则有

$$\Pi_r^*(t) = (p + \pi + h)[\mu\Phi(z^t) - \sigma\varphi(z^t)] - \mu\pi + k(\mu + z^t\sigma - q_0) \quad (20)$$

$$\Pi_s^*(t) = (w - c)(\mu + z^t\sigma) - k(\mu + z^t\sigma - q_0) \quad (21)$$

$$\Pi_i^*(t) = \Pi_r^* + \Pi_s^* = (p + \pi + h) \times [\mu\Phi(z^t) - \sigma\varphi(z^t)] - \mu\pi + (w - c)(\mu + z^t\sigma) \quad (22)$$

比较供应链在协调前后的收益 $\Pi^*(t)$ 与 $\Pi_i^*(t)$ 。

因为 $z^t > z > 0$, 所以 $\Phi(z^t) > \Phi(z)$, $\varphi(z^t) < \varphi(z)$, 易知

$$\Pi_i^*(t) > \Pi^*(t)$$

这说明了在协调后, 供应链的收益相应增加了。

推论 4 在供应链提前期压缩的前提下, 为了实现供应链上零售商与供应商收益的 Pareto 改进, 引入线性转移支付策略, 在 $k = w - c$ 的条件下, 供应商设计的最低订货量 q_0 应该满足如下条件 $q_0^L \leq q_0 \leq q_0^U$, 其中 $q_0^L = \mu + z\sigma$, $q_0^U = \frac{(p + \pi + h)}{k}[\mu(\Phi(z^t) - \Phi(z)) - \sigma\varphi(z^t) + \sigma_0\varphi(z)] + (\mu + z^t\sigma)$ 。

证明 零售商的保留收益就是在没有引入线性转移支付策略下, 在 t 时点的最大收益, 即

$$\Pi_r^*(t) = (p + \pi + h)[\mu\Phi(z) - \sigma\varphi(z)] - \mu\pi$$

供应商的保留收益为在没有提前期压缩 ($t = 0$) 情况下的最大收益, 即

$$\Pi_s^*(0) = (w - c)(\mu + z\sigma)$$

在供应链提前期压缩了 t 时间单位时, 供应商和零售商的个体理性约束为

$$\Pi_r^*(t) \geq \Pi_r^*(0), \Pi_s^*(t) \geq \Pi_s^*(0)$$

$$\Pi_i^*(t) \geq \Pi_i^*(0), \text{ 即}$$

$$(p + \pi + h)[\mu\Phi(z^t) - \sigma\varphi(z^t)] - \mu\pi + k(\mu + z^t\sigma - q_0) > (p + \pi + h)[\mu\Phi(z) - \sigma\varphi(z)] - \mu\pi$$

$$\text{解出 } q_0 \leq \frac{(p + \pi + h)}{k}[\mu(\Phi(z^t) - \Phi(z)) - \sigma\varphi(z^t) + \sigma_0\varphi(z)] + (\mu + z^t\sigma)$$

$$\Pi_s^*(t) \geq \Pi_s^*(0) \text{ 即}$$

$$(w - c)(\mu + z^t\sigma) - k(\mu + z^t\sigma - q_0) > (w - c)(\mu + z\sigma)$$

解出 $q_0 \geq \mu + z\sigma$ 。

由于 $\mu \geq \sigma_0$, $z^t > z > 0$ (可有 $\Phi^{-1}(z^t) > \Phi^{-1}(z)$, $\varphi(z^t) < \varphi(z)$), 易知

$$q_0^U > q_0^L > 0$$

所以, 结论中的 q_0 是存在的且满足 $q_0^L \leq q_0 \leq q_0^U$ 。

在供应链中引入线性转移支付补偿机制后, 提前期压缩使得分散式供应链获得了集成式供应链的收益, 实现了供应链上成员收益的 Pareto 改进。比较渠道协调前后供应链收益的变化, 假设供应链成员及供应链收益增量分别为 $\Delta_r = \Pi_r^*(t) - \Pi_r^*(0)$, $\Delta_s = \Pi_s^*(t) - \Pi_s^*(0)$, $\Delta = \Pi_i^*(t) - \Pi_i^*(0) = \Delta_r + \Delta_s$, 对于提前期压缩和渠道协调带来新增收益 Δ 的划分成为一个重要的问题。

推论 5 通过调整 $q_0 \in [q_0^L, q_0^U]$, 线性转移支付补偿机制可以实现对供应链新增收益 Δ 的任意划分。即当 $q_0 = q_0^L + l(q_0^U - q_0^L)$ 时 ($l \in [0, 1]$), 供应商收益增量 $\Delta_s = l\Delta$, 零售商收益增量为 $\Delta_r = (1 - l)\Delta$ 。

结合式(20)~(22), 参照文献[28], 命题 3 的结论易证。这里, 参数 l 成为新增收益的分配系数, 在双方实现收益 Pareto 改进的前提下, 通过调整 l 值可以重新划分新增利益在供应链成员之间的分配比例。

4 数值分析

通过一个数值例子来验证上述结论, 在 1.1 的背景下, 假定 $\mu = 1000$, $\sigma_0 = 200$, $\sigma_T = 20$, $p = 60$, $h = 10$, $\pi = 60$, $w = 40$, $p = 20$, $T = 60$ 。

4.1 协调前后提前期压缩对供应链及其成员收益的影响

固定 $l \in [0, 1]$, 例如 $l = 0.6$, $t \in [0, T]$, 采用式(10)~(12) 和式(20)~(22), 分别计算协调

前后供应链及其成员的收益,协调前后供应链及其成员的收益随提前期压缩量变化而变化的情况见图 1 和图 2,部分数值见表 1.

由图 1、图 2 和表 1 数据可知,提前期的压缩对整个供应链而言总是有益的.但是,在服务水平

$s < 0.5$ 的前提下,提前期压缩量越大,零售商收益增加越大,供应商的收益越小.在引入线性转移支付补偿机制后,提前期的压缩量越大,零售商与供应商双方收益增加越多,实现了收益的 Pareto 改进.

表 1 协调前提前期压缩对供应链及其成员收益的影响 ($l = 0.6$)

Table 1 Effect of lead time compression profit of supply chain channel and supply actors (given $l = 0.6$)

提前期压缩量 t	协调前收益			协调后收益		
	$\Pi_s^*(t)$	$\Pi_r^*(t)$	$\Pi^*(t)$	$\Pi_b^*(t)$	$\Pi_r^*(t)$	$\Pi_l^*(t)$
0	21 174	10 064	31 238	40 212	14 824	55 036
20	20 821	13 045	33 866	41 403	15 122	56 525
40	20 469	16 026	36 495	42 595	15 420	58 015
60	20 117	19 006	39 123	43 786	15 718	59 504

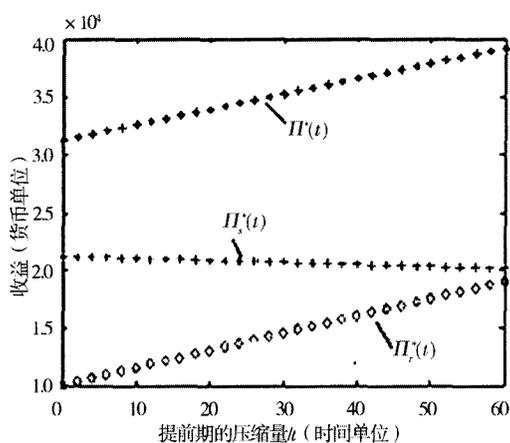


图 1 协调前提前期的压缩量 t 变化对供应链收益的影响

Fig.1 Effect of t on profit of supply chain before coordination

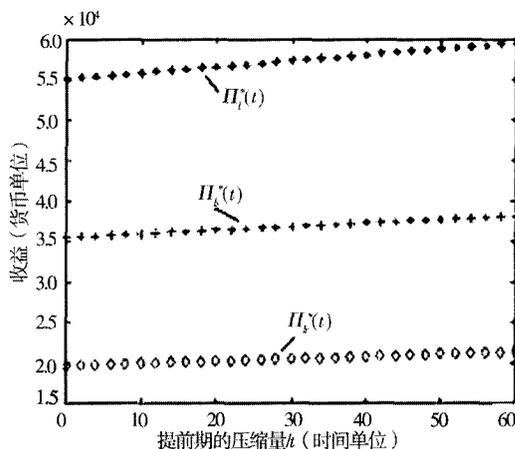


图 2 协调后提前期的压缩量 t 变化对供应链收益的影响

Fig.2 Effect of t on profit of supply chain after coordination

4.2 参数 l 对供应链及其成员收益分配的影响

固定 t , 如取 $t = 20$, 即将提前期压缩 20 个时间单位, 让 $l \in [0, 1]$ 变化计算供应链及其成员对

应的收益 ($\Pi_b^*(t)$ 、 $\Pi_s^*(t)$ 和 $\Pi_l^*(t)$)、收益增量 (Δ_r 、 Δ_s 和 Δ), 计算 Δ_r 和 Δ_s 在 Δ 中所占的比例, 结果见表 2.

表 2 $t = 20, l \in [0, 1]$ 变化时, 供应链成员新增收益分配情况

Table 2 Profit increment among supply chain and supply chain actors, given $t = 20, l \in [0, 1]$

l	零售商			供应商			供应链	
	$\Pi_b^*(t)$	Δ_r	Δ_r/Δ	$\Pi_s^*(t)$	Δ_s	Δ_s/Δ	$\Pi_l^*(t)$	Δ
0	36 840	26 776	100%	21 174	0	0%	58 014	26 776
0.2	31 485	21 421	80%	26 529	5 355	20%	58 014	26 776
0.4	26 130	16 066	40%	31 884	10 710	60%	58 014	26 776
0.6	20 775	10 711	60%	37 239	16 065	40%	58 014	26 776
0.8	15 420	5 355	20%	42 594	21 421	80%	58 014	26 776
1.0	10 064	0	0%	47 950	26 776	100%	58 014	26 776

由表 2 数据可知, 系数 l 的变化影响提前期

压缩带来的收益在成员之间的分配, 当 l 在 $[0, 1]$

内变化时,供应链新增收益 Δ 的 $1-l$ 部分被零售商占有,比例为 l 的新增收益被供应商占有。

5 结论与进一步研究的方向

本文研究了供应链提前期的压缩对供应链及其收益的影响,在 1.1 假设的条件下,有下面的结论:

(1) 提前期的压缩,可以使供应链及其零售商的收益增加,提前期的压缩量越大,收益的增加越大;

(2) 在服务水平小于 0.5 的条件下,提前期的压缩可以使供应商的收益增加,提前期的压缩量越大,收益的增加越大;在服务水平大于 0.5 的情况下,提前期压缩使供应商的收益减少,提前期的压缩量越大,收益的减少越多;

(3) 在服务水平大于 0.5 的情况下,引入线性激励机制,可以实现供应链收益的 Pareto 改进,实现增加收益的任意划分,提前期的压缩量越大,收益的增加越大。

需要指出的是,文章从提前期与预测精度关系的角度建立模型,其中没有涉及到供应链提前期压缩的具体方法和措施,没有考虑到提前期压缩成本问题。Ton 等^[30]指出,基于时间的竞争(压缩提前期)有两条途径:传统途径和创新途径。传统途径是指增加资源投入的外延扩大方式;创新途径是指不增加资源投入而通过集约经营的方式,如应用准时制(Just-in-time)和并行工程(Concurrent Engineering)。因此,在不同的提前期压缩背景下,考虑提前期压缩的成本问题,可以作为进一步研究的方向。

参 考 文 献:

- [1] Tersine R J, Hummingbird E A. Lead-time reduction: The search for competitive advantage[J]. International Journal of Operations & Production Management, 1995, 15(2): 8—18.
- [2] Mason-Jones R, Towill D R. Total cycle time compression and the agile supply chain[J]. International Journal Production Economics, 1999, 62(1—2): 61—73.
- [3] Porter A M. Unlocking leadtimes[J]. Purchasing, 2003, 132(4): 34—37.
- [4] Poole L W. Profiting from cycle time reductions[J]. Hospital Materiel Management Quarterly, 1997, 18(4): 67—71.
- [5] Lemon J M. Lead time reduction: The catalyst for world-class results[J]. Hospital Materiel Management Quarterly, 2000, 21(4): 64—68.
- [6] De-Treville S, Shapiro R D, Hameri A P. From supply chain to demand chain: The role of lead time reduction in improving demand chain performance[J]. Journal of Operations Management, 2004, 21(6): 613—627.
- [7] Gross D, Sorliano A. The effect of Reducing leadtime on inventory levels—simulation analysis[J]. Management Science, 1969, 16(2): 61—76.
- [8] Tyworth J E, Guo Y M, Ganeshan R. Inventory control under Gamma demand and random lead time[J]. Journal of Business Logistics, 1996, 17(1): 291—304.
- [9] Glasserman P, Wang Y S. Leadtime-inventory trade-offs in assemble-to-order systems[J]. Operations Research, 1998, 46(6): 858—871.
- [10] Namit K, Chen J. Solutions to the $\langle Q, r \rangle$ inventory model for Gamma lead-time demand[J]. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 1999, 29(1—2): 138—152.
- [11] Ouyang L Y, Chen C K, Chang H C. Lead time and ordering cost reductions in continuous review inventory systems with partial backorders[J]. Journal of the Operational Research Society, 1999, 50(12): 1272—1279.
- [12] Chang C T, Chang S C. On the inventory model with variable lead time and price quantity discount[J]. Journal of the Operational Research Society, 2001, 52(10): 1151—1158.
- [13] Pan J H, Hsiao Y C, Lee C J. Inventory models with fixed and variable lead time crash costs considerations[J]. Journal of the Operational Research Society, 2002, 53(9): 1048—1053.
- [14] Ryu S W, Lee K K. A stochastic inventory model of dual sourced supply chain with lead-time reduction[J]. International Journal Production Economics, 2003, 81—82(0): 513—524.
- [15] Chopra S, Reinhardt G, Dada M. The effect of lead time uncertainty on safety stocks[J]. Decision Sciences, 2004, 35(1): 1—24.
- [16] Song J S, Yao D D. Performance analysis and optimization of assemble-to-order systems with random leadtimes[J]. Operations Re-

- search, 2002, 50(5): 889—903.
- [17]Chen F, Drezner Z, Ryan J K, Simchi-Levi D. Quantifying the bullwhip effect in a simple supply chain: The impact of forecasting, lead times, and information[J]. *Management Science*, 2000, 46(3): 436—443.
- [18]Lu Y D, Song J S, Yao D D. Order fill rate, leadtime variability, and advance demand information in an assembly-to-order system[J]. *Operations Research*, 2003, 51(2): 292—310.
- [19]So K C, Zheng X N. Impact of supplier's lead time and forecast demand updating on retailer's order quantity variability in a two-level supply chain[J]. *International Journal Production Economics*, 2003, 86(2): 169—179.
- [20]Perry, James H. Lead Time Management: Private and Public Sector Practices[J]. *International Journal of Purchasing and Materials Management*, 1990, 26(1): 2—7.
- [21]Rohr S S, Corrêa H L. Time-based competitiveness in Brazil: Whys and hows[J]. *International Journal of Operations & Production Management*, 1998, 18(3): 233—245.
- [22]Fisher M, Raman A. Reducing the cost of demand uncertainty through accurate response to early sales[J]. *Operation Research*, 1996, 44(1): 87—99.
- [23]Iyer A V, Bergen M E. Quick response in manufacturer-retailer channels[J]. *Management Science*, 1997, 43(4): 559—570.
- [24]鲁其辉, 朱道立, 林正华. 带有快速反应策略供应链系统的补偿策略研究[J]. *管理科学学报*, 2004, 7(4): 14—23.
Lu Qihui, Zhu Daoli, Lin Zhenghua. Return policies in supply chain system with quick response strategy[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2004, 7(4): 14—23. (in Chinese)
- [25]Chen M S, Chuang C C. An extended newsboy problem with shortage-level constraints[J]. *International Journal Production Economics*, 2000, 67: 269—277.
- [26]蔡清波, 鲁其辉, 朱道立. 预测精度随时间变化的报童问题模型分析[J]. *预测*, 2003, 22(5): 42—45, 33.
Cai Qingbo, Lu Qihui, Zhu Daoli. The newsboy problem model with changing forecast accurate[J]. *Forecasting*, 2003, 22(5): 42—45, 33. (in Chinese)
- [27]Perry M, Sohal A S, Rumpf P. Quick response supply chain alliances in the Australian textiles, clothing and footwear industry[J]. *International Journal Production Economics*, 1999, 62(1—2): 119—132.
- [28]Porter A M. Leadtimes are shrinking, but not everyone's a winner[J]. *Purchasing*, 1998, 125(7) 22—25.
- [29]唐宏祥, 何建敏, 刘春林. 一类供应链的线性转移支付激励机制研究[J]. *中国管理科学*, 2003, 11(6): 29—34.
Tang Hongxiang, He Jianmin, Liu Chunlin. Research on linear transfer payment incentive mechanism of one kind of supply chain [J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2003, 11(6): 29—34. (in Chinese)
- [30]De-Ton A, Meneghetti A. Traditional and innovative paths towards time-based competition[J]. *International Journal of Production Economics*, 2000, 66: 255—268.

Effect and coordination of lead-time compression in two-echelon supply chain

SONG Hua-ming^{1, 2}, MA Shi-hua¹

1. College of Management, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;

2. Institution of Economy Management, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China

Abstract: Lead time has long been recognised as an important metric for assessing the performance of a business process; the core of time-based competition supply chain management strategy is lead time compression, and lead time compression becomes the source of the strategic advantage of supply chain. This paper applies logic approving and numerical analysis to study the effect of lead time compression on profit of supply actors and how to achieve supply chain channel coordination on the assumption that the market demand forecast accuracy vary with lead time. The result shows that lead-time compression can achieve the Pareto improvement of the supply chain actor's profit when the service level of the supply chain is less than 0.5; when the service level of the supply chain is more than or equal to 0.5, after linear transfer payment compensating mechanism is introduced, Pareto improvement of the supply chain actor's profit is achieved, and supply chain channel coordination is attained.

Key words: lead-time compression; forecasting; channel coordination; Pareto improvement