

文章编号:1000-6788(2008)02-0019-07

到岸价格商务模式下涉及远距离运输的时鲜产品供应链协调

肖勇波¹, 陈剑¹, 徐小林²

(1. 清华大学 现代管理研究中心 经济管理学院, 北京 100084; 2. 南京大学 管理学院工商管理系, 南京 210093)

摘要: 研究一类涉及远距离运输的时鲜产品供应链的优化和协调问题. 其中生产商从生产基地将时鲜产品运输到远方批发市场进行销售; 因为远距离运输的不确定性, 他需要承担时鲜产品中途变质的风险. 销售商在批发市场订购产品在零售市场进行销售, 从而承担消费市场的风险. 最后在分别研究分权和集权供应链中最优发货量、最优批发价、最优零售价等决策的基础上, 设计了一种简单的成本分担机制, 来实现时鲜产品供应链的协调.

关键词: 供应链协调; 远距离运输; 时鲜产品; 到岸价格

中图分类号: F406.7

文献标志码: A

Fresh product supply chain coordination under CIF business model with long distance transportation

XIAO Yong-bo¹, CHEN Jian¹, XU Xiao-lin²

(1. Research Center for Contemporary Management, School of Economics & Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2. School of Business, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: This paper focuses on the optimization and coordination of fresh product supply chains under the CIF (Cost Insurance and Freight) business model with uncertain long distance transportation delays. We consider the following system: A manufacturer transports the fresh products to a distant wholesale market. Because of the uncertain transportation delays, he faces the risk that the product may decay or deteriorate before it arrives at the distant market. The consumer-market risk is borne by the downstream wholesaler, who decides on the retailing price. Based on the study of the optimal decisions (the manufacturer's initial quantity and wholesale price, and the wholesaler's retailing price) under the decentralized and centralized supply chain, we devise a simple cost-sharing mechanism to coordinate the supply chain under consideration.

Key words: supply chain coordination; long distance transportation; fresh product; cost insurance and freight

1 问题的提出

时鲜产品(比如鲜花、蔬菜、海鲜等)的生产具有较强的地域特征, 因此往往需要通过长途运输销售到远方市场. 例如, 中国从美国加州进口新鲜水果, 而本国的蔬菜则出口到欧洲和日本; 我国的“南菜北运”工程也是时鲜产品远距离运输的一个很好例证. 时鲜产品容易变质的特性使得它们在远程运输途中的保鲜成为一个很大的难题; 因为即便在最优的处理和运输条件下, 时鲜产品也会持续变质, 从而带来较大损失^[1]. 恶劣天气、意外故障等导致的运输时间延迟则会进一步加大产品的损失幅度. 国际知名咨询公司 Accenture 的调查表明, 中国冷链物流中产品损失相当严重, 光蔬菜和水果每年的损失就达 89 亿美元, 占中国年产出的 30%^[2]. 另有统计表明, 中国新鲜水果在运输过程中的损失率高达 15%~30%^[3].

相对于一般耐用品而言, 时鲜产品运输途中高比例损失的特性使得其供应链管理面临着更大的挑战和风险. 这是因为产品变质风险使得产品的有效供给具有了较大的不确定性; 因此, 生产商和销售商将面

收稿日期: 2006-10-26

资助项目: 国家自然科学基金(70601017, 70621061, 70518002); 中国博士后科学基金(20060390052)

作者简介: 肖勇波(1978-), 男(汉), 湖北天门人, 博士后, 研究方向: 供应链管理、收益管理及最优定价等; 陈剑(1962-), 男(汉), 福建人, 教授, 博士生导师, 研究方向: 系统工程、供应链管理及电子商务等; 徐小林(1977-), 男(汉), 江苏人, 讲师, 研究方向: 供应链管理、最优定价等.

面临着如何使得不确定的产品供给和不确定的市场需求相匹配、从而提高利润的难题。以生产商自行将产品运输到远方批发市场进行销售的商务模式(其中生产商承担产品的运输成本和变质风险)为例:考虑到产品可能发生的变质,生产商必须慎重决策运送到远方市场的发货量;产品到达目的市场后,根据产品的新鲜、损毁状态,考虑到下游销售商的订货偏好,生产商需要确定合适的批发价格。另一方面,根据生产商的批发价格和产品新鲜状态,销售商需要确定自己的最优采购量以及零售价格,从而最大化自身的利益。那么,针对这类特殊的产品和特殊的商务模式,生产商和销售商如何制定上述决策?能否找到一种适当的机制来同时改进两者的利益?本文将遵循供应链优化和协调的框架来研究上述问题。

作为一类高度易变质的产品,时鲜产品具有自身的特殊性:即其变质不仅会导致产品有效供给的降低(数量损毁),而且会导致产品新鲜程度的降低,从而直接影响到市场的需求(市场需求与产品新鲜度息息相关)。在传统的易变质产品库存管理和定价策略研究中(如文献[4,5]),往往只考虑产品的数量损毁,因此它们属于“随机产能”(Random Yield)的研究范畴;相关文献可以参阅综述性文章^[6-8]。在我们研究的时鲜产品供应链中,产品的变质会同时影响到产品的有效供给和市场需求,这给决策者通过调整价格等手段来匹配供给与需求、从而最大化自身利益带来了更大的挑战。据我们所知,Rajan et al.(1992)虽然同时考虑了产品的质量下降和数量损毁^[9];然而,他们研究的是一个确定型需求模型,试图优化产品的销售价格 $p(t)$ 和库存周期长度,从而最大化单位周期的平均利润。在我们的模型中,将考虑市场需求以及产品变质情况都为随机的情形;研究的重点在于同时探讨“量变”和“质变”对生产商和销售商最优决策的影响。

同时,我们将探讨这类特殊供应链的可能的协调机制,期望能为供应链上下游企业改进利益提供有益的管理启示。在以往有关供应链协调机制的研究(参见综述性文章[10,11])中,设计协调机制的基本出发点是将市场风险在上下游成员之间进行分担,从而使得分权供应链能够达到和集权供应链相同的效果。在我们考虑的时鲜产品供应链中,产品变质风险的引入进一步增加了系统的风险。因此,要实现生产商和销售商的协调运作,其可行的协调机制势必会存在一定的特殊性,也面临着更大的挑战。本文研究表明,通过一种简单的成本分担机制,即可解决时鲜产品生产商和销售商的协调问题。

在另一项工作 Cai et al(2005)中^[12],我们已经对另一种商务模式(即离岸价格模式)下时鲜产品生产商和销售商的协调策略进行过深入研究。其中,销售商从远方的生产基地批发产品,并自行运输到当地市场进行销售。因此,产品的运输变质风险和零售市场风险都由销售商承担。本文则研究的是到岸价格商务模式,其中运输风险和零售风险分别由生产商和销售商承担。研究结果表明,商务模式的不同将对生产商和销售商的最优决策以及协调机制带来较大的影响。对两种商务模式的对比无疑能对时鲜产品供应链管理带来较深的管理启示。

2 模型符号与假设

我们研究一个生产商和一个销售商组成的供应链系统,考虑一个单周期模型。周期初,生产商生产一种高度易变质的时鲜产品,产品的单位生产成本记为 c_m , 数量记为 q 。产品因为其自身的特性,具有一定的保鲜期(记为 τ);时间超过保鲜期后产品将开始变质。生产完毕后,生产商借助某种运输工具将产品运送到远方批发市场。运输的费用和风险都由生产商自行承担。记单位产品运输费用为 c_t ;不失一般性,不考虑运输过程中可能存在的固定费用。因为天气、路况、设备故障、调度调整等方面的原因,产品运送到目的市场的时间 T 是不确定的,但是根据以往经验,其分布是已知的。为便于处理,假设 T 在区间 $[a, b]$ 上连续分布($a < \tau < b$),其 CDF 和 PDF 分别为 $G(t)$ 和 $g(t)$ 。运输过程会给产品带来两方面的影响:

1) “量”的影响:运输过程中,难免有部分产品会发生损坏,而且运输经历的时间越长,损坏的产品将越多。我们定义一个与运输时间相关的损坏因子 $\sigma(t) \in [0, 1]$:即运输时间为 t 时,将有 $q\sigma(t)$ 数量的产品损坏;因此产品的有效供给将为 $q(1 - \sigma(t)) = qm(t)$ 。

2) “质”的影响:运输经历的时间越长,产品也变得越不新鲜;定义 $\theta(t)$ 为新鲜度因子($0 \leq \theta(t) \leq 1$),它是运输时间的分段连续减函数。产品新鲜度将体现在最终零售市场的需求上:在同样的零售价格下,产品新鲜度越高,则市场需求越大。

到达批发市场以后,生产商根据产品的状态(剩余的有效供给量以及产品新鲜度),来确定一个合适的

批发价格 w . 销售商则进一步制定自己的采购量 q' 决策, 并选择一个合适的零售价格 p 在零售市场进行销售. 模型的示意图如图 1 所示.

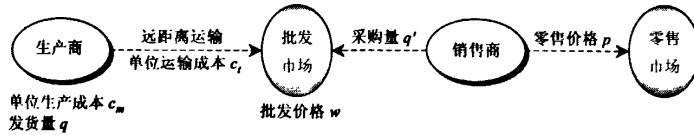


图 1 模型示意图

仿照 Patuzzi 和 Dada(1999)以及 Wang(2005)等文献^[13,14]的普遍做法, 我们采用乘积形式的市场需求函数(即市场需求对价格的弹性是常数):

$$D(p, t) = \gamma_0 p^{-k} \theta(t) \cdot \epsilon, \quad k > 1$$

其中 ϵ 是一个均值为 1 的连续分布的随机因子, 其 PDF 和 CDF 分别为 $f(x)$ 和 $F(x)$. γ_0 是对市场规模的一个度量; k 表示需求对零售价格的弹性指数, 我们重点考察需求对价格敏感的情形, 因此假定 $k > 1$. 通过考虑产品新鲜度 $\theta(t)$ 对需求的影响, 上述需求函数实际上是对传统乘积形式需求的一个扩展.

为简化起见, 我们假定生产商和销售商剩余产品的残值均为零, 我们也不考虑因为缺货导致的商誉损失. 假设所有信息(成本、市场需求等)都是公有的. 生产商首先确定最优的发货量 q , 然后到达批发市场后基于运输实际发生的时间 t 确定最优的批发价格 w 以实现自身利润的最大化; 销售商则确定最优的采购量 q' 和零售价格 p , 以实现自身利润的最大化. 假设所有决策者都是风险中性的, 因此他们追求的都是期望利润最大化.

3 分权情形下双方的最优决策

3.1 销售商的最优决策

当生产商的运输时间为 t (从而产品的新鲜度为 $\theta(t)$), 批发价格为 w 时, 销售商同时确定自己的采购量 q' 和零售价格 p , 以实现自身利润的最大化. 销售商的期望利润函数为:

$$\pi_w(p, q' | t) = p \cdot E_t \{ \min(D(p, t), q') \} - wq' \quad (1)$$

仿照 Patuzzi 和 Dada(1999)的做法, 定义“库存因子(Stocking Factor)”

$$z = q' / [\gamma_0 p^{-k} \theta(t)],$$

从而可以将决策变量 (q', p) 的确定转化为确定最优的 (q', z) . 将 $p = (\gamma_0 \theta(t) / q')^{1/k}$ 代入(1), 销售商的利润函数转化为:

$$\begin{aligned} \pi_w(z, q' | t) &= \left(\frac{z \gamma_0 \theta(t)}{q'} \right)^{1/k} \cdot q' E_t \left\{ \min\left(\frac{\epsilon}{z}, 1 \right) \right\} - wq' \\ &= (z \gamma_0 \theta(t))^{1/k} (q')^{1-1/k} \left(1 - \int_0^z (1-x/z) f(x) dx \right) - wq'. \end{aligned} \quad (2)$$

定理 1 销售商的最优决策如下: ① 最优库存因子(记为 z_0)由如下方程确定:

$$\int_0^z (k-1) x f(x) dx = z [1 - F(z)], \quad (3)$$

如果 $h(x) = x f(x) / \bar{F}(x)$ 关于 x 递增, 并且 $\lim_{x \rightarrow \infty} x \bar{F}(x) = 0$, 那么最优库存因子 z_0 是唯一确定的.

② 如果不考虑生产商的供应量限制, 销售商的最优批发量为:

$$\hat{q} = z_0 \gamma_0 \theta(t) [(1 - F(z_0)) / w]^k \quad (4)$$

证明 ① 最优的库存因子 z 必定满足一阶条件:

$$\frac{\partial \pi_w(z, q' | t)}{\partial z} = \frac{[\gamma_0 \theta(t)]^{1/k} (q')^{1-1/k}}{z^{1-1/k} k} \left(1 - \int_0^z \left[\frac{x}{z} (k-1) + 1 \right] f(x) dx \right) = 0$$

即最优库存因子由方程(3)确定. 当 $h(x)$ 关于 x 递增, 即随机因子 ϵ 具有 GIFR (Generalized Increasing Failure Rate) 的性质(它是一个比常见的“失效率递增(IFR)”更弱的一个性质, 一般的分布函数, 比如正态

分布、均匀分布、Gamma 和 Weibull 分布等,在相关参数条件下都满足)时,定义

$$\phi(z) := \int_0^z [x(k-1) + z]f(x)dx - z = -z\bar{F}(z) + (k-1)\int_0^z xf(x)dx$$

则

$$\phi'(z) = \int_0^z f(x)dx + zkf(z) - 1 = zkf(z) - \bar{F}(z) = k\bar{F}(z)\left[h(z) - \frac{1}{k}\right]$$

不难可知, $z \in [0, h^{-1}(1/k)]$ 时, $\phi(z)$ 单调递减; $z \in (h^{-1}(1/k), \infty)$ 时, $\phi(z)$ 单调递增. 因此 $\phi(z)$ 是一个单峰函数. 当 ϵ 满足 $\lim_{x \rightarrow \infty} xf(x) = 0$ (这也是一个非常弱的条件, 对一般分别都满足) 时, 显然有 $\lim_{z \rightarrow \infty} \phi(z) > 0$; 结合 $\phi(0) = 0$ 知, 方程 $\phi(z) = 0$ 在区间 $(0, \infty)$ 上有且仅有一个解, 即 z_0 是唯一确定的.

② 由方程(3)显然可得, 最优“库存因子”的确定与另一个决策变量 q' 是无关系的. 将 $\pi_w(z_0, q' | t)$ 对 q' 求一阶和二阶偏导数, 不难发现二阶偏导为负 (因为 $k > 1$), 即 $\pi_w(z_0, q' | t)$ 是 q' 的严格凹函数. 因此, $\pi_w(z_0, q' | t)$ 最大化所对应的 q' 由其一阶条件唯一确定, 由

$$\frac{\partial \pi_w(z_0, q' | t)}{\partial q'} = (1 - F(z_0)) [z_0 \gamma_0 \theta(t)]^{1/k} (q')^{-1/k} - w = 0$$

即可得(4)式.

从定理 1 可以看出, 最优库存因子是由零售市场的价格弹性 k 和随机因子 ϵ 的分布来确定的, 与其他参数无关. 这一性质极大地简化了模型的求解过程. 确定 (\hat{q}, z_0) 以后, 不难得销售商的最优零售价格为:

$$p^* = \left(\frac{z_0 \gamma_0 \theta(t)}{\hat{q}} \right)^{1/k} = \frac{w}{1 - F(z_0)} \quad (5)$$

即销售商的最优零售定价与生产商的批发价格成正比. 将(4)和(5)代入(1)式, 可得销售商的最大期望利润(关于随机因子 ϵ)为:

$$\pi_w(z_0, \hat{q} | t) = \frac{1}{k-1} w \hat{q} = \frac{1}{k-1} z_0 \gamma_0 \theta(t) [1 - F(z_0)]^k w^{1-k} \quad (6)$$

3.2 生产商的最优决策

首先考察生产商的最优批发价. 为区别于集权情形, 记生产商的初始发货量为 q_d . 当经历的运输时间为 t 时, 生产商能够提供的有效供给量为 $q_d m(t)$; 他选择一个合适的批发价, 实现销售收益的最大化. 考虑到初始的生产和运输成本, 生产商的销售利润函数为:

$$\pi_m(w | q_d, t) = w \min(q_d m(t), \hat{q}) - (c_m + c_i) q_d \quad (7)$$

定理 2 当生产商的初始发货量为 q_d , 运输经历的时间为 t 时, 其最优批发价格为

$$w^* = [1 - F(z_0)] \left(\frac{z_0 \gamma_0 \theta(t)}{q_d m(t)} \right)^{1/k} \quad (8)$$

证明 分两种情形讨论. 1) 若 $q_d m(t) \leq \hat{q}$, 即 $w \leq w^*$, 那么生产商和销售商的成交量为 $q_d m(t)$, 从而生产商销售利润为 $\pi_m(w | q_d, t) = w q_d m(t) - (c_m + c_i) q_d$, 是关于批发价格 w 的增函数, 因此应该选择尽可能高的批发价格; 2) 若 $q_d m(t) \geq \hat{q}$, 即 $w \geq w^*$, 那么成交量为 \hat{q} , 生产商销售利润 $\pi_m(w | q_d, t) = z_0 \gamma_0 \theta(t) [1 - F(z_0)]^k w^{1-k} - (c_m + c_i) q_d$ 是 w 的减函数 (因为 $k > 1$), 从而应该选择尽可能低的批发价格. 综合上述两点讨论知, 生产商的销售收益是关于批发价格的单峰函数, 最优批发价格在峰值点 w^* 处获得.

很显然, 在运输时间一定的情况下, 初始发货量 q_d 越大, 则批发价格越低. 然而, 在初始发货量一定的情况下, 运输时间对最优批发价格的影响则是由产品“量变”和“质变”两方面的综合效应来确定的: 若产品越容易变质 (即通过零售市场需求来衡量的新鲜度 $\theta(t)$ 越小), 那么批发价格应该越低; 若产品越容易发生损坏 (即 $m(t)$ 越小), 那么产品的有效供给越少, 从而批发价格应该越高. 值得注意的是, 在最优批发价格 w^* 下, 销售商期望的最优批发量 \hat{q} 与生产商的有效供给量 $q_d m(t)$ 正好相等. 也就是说, 在信息完全透明假设下, 生产商选择的批发价应该刚好实现批发市场供求关系的平衡.

定理 3 考虑到运输环节中存在的不确定性, 分权供应链中生产商的最优初始发货量决策为

$$q_d^* = z_0 \gamma_0 \left(K_0 \frac{k-1}{k} \times \frac{1-F(z_0)}{c_m+c_i} \right)^k \quad (9)$$

其中 $K_0 = E_t \{ \theta(t)^{1/k} m(t)^{1-1/k} \}$.

证明 对运输时间求期望, 可得生产商的期望利润函数为

$$\pi_m(q_d) = E_t \{ \pi_m(w^* | q_d, t) \} = K_0 (1-F(z_0)) (z_0 \gamma_0)^{1/k} (q_d)^{1-1/k} - (c_m + c_i) q_d \quad (10)$$

由 $k > 1$ 不难得, $\pi_m(q_d)$ 关于决策变量 q_d 的二阶导数为负, 即 $\pi_m(q_d)$ 是关于 q_d 的严格凹函数. 于是最优发货量决策 q_d^* 由一阶条件获得. 令

$$\frac{d\pi_m(q_d)}{dq_d} = \frac{k-1}{k} K_0 (1-F(z_0)) (z_0 \gamma_0)^{1/k} q_d^{-1/k} - (c_m + c_i) = 0$$

即得(9)式.

这里的 K_0 反映了产品易变质的特性对生产商最优发货量决策的影响. 因为 $\theta(t)$ 和 $m(t)$ 的取值范围都位于区间 $[0, 1]$ 内, 而且 $k > 1$, 那么显然有 $0 < K_0 \leq 1$. 也就是说, 相对于产品不发生变质的情形而言, 产品的“量变”和“质变”都会导致生产商降低发货量. 将(9)代入(7)和(10)不难得到如下结论:

推论 1 在分权供应链系统中, 最优决策下生产商和销售商的期望利润分别为

$$\pi_m^* = \pi_m(q_d^*) = \frac{c_m + c_i}{k-1} z_0 \gamma_0 \left(K_0 \frac{k-1}{k} \times \frac{[1-F(z_0)]}{c_m + c_i} \right)^k \quad (11)$$

$$\pi_w^* = \pi_w(q_d^*) = \frac{(c_m + c_i)k}{(k-1)^2} z_0 \gamma_0 \left(K_0 \frac{k-1}{k} \times \frac{[1-F(z_0)]}{c_m + c_i} \right)^k \quad (12)$$

于是, 两者的利润率为 $\beta = \pi_m^* : \pi_w^* = (k-1)/k$, 它完全取决于最终市场需求的价格弹性. 也就是说, 分权供应链中, 生产商所获得的期望利润总是低于销售商. 而且最终市场需求对价格的弹性越小, 生产商分配到的利润率也越小. 以上获得了生产商期望利润的明晰表达式, 很显然, 当生产商面临多种运输工具(飞机、轮船、汽车等)的选择时, 可以基于各种工具的运输成本和潜在风险分别获得其期望利润, 并从中选择一个最佳的运输方案.

4 集权情形下双方的最优决策

从整个供应链的绩效来看, 分权情形下的最优发货量 q_d^* 及后续决策未必是最优的. 下面研究集权情形下生产商和销售商的最优决策. 所谓“集权”, 即生产商和销售商可以看作是一个利益完全一致的主体, 他们通过合理安排生产和制定最优的零售价格, 以实现整体期望利润的最大化. 此时中央决策者仍然面临着一个两阶段决策: 首先确定发货量(记为 q_c), 然后等产品运送到目的地时, 根据产品的新鲜状况来确定零售价格 p_c .

仿照定理 1 的推导过程, 不难得到如下结果:

定理 4 集权情形下, 当初始发货量为 q_c 、运输时间为 t 时, 最优零售定价为 $p_c^* = \left(\frac{z_0 \gamma_0 \theta(t)}{q_c m(t)} \right)^{1/k}$.

于是, 总期望利润关于初始发货量 q_c 的函数为:

$$\begin{aligned} \Pi_c(q_c) &= E_t \{ p_c^* E_t \{ \min(q_c m(t), D(p_c^*, t)) \} \} - q_c (c_i + c_m) \\ &= \frac{k}{k-1} K_0 (z_0 \gamma_0)^{1/k} (1-F(z_0)) q_c^{1-1/k} - q_c (c_i + c_m) \end{aligned} \quad (13)$$

定理 5 集权情形下的最优发货量决策为

$$q_c^* = z_0 \gamma_0 \left(K_0 \times \frac{1-F(z_0)}{c_m + c_i} \right)^k \quad (14)$$

证明 由(13)式不难得, $\Pi_c(q_c)$ 对 q_c 的二阶导数为负, 因此 $\Pi_c(q_c)$ 是关于 q_c 的严格凹函数. 于是, 规划问题 $\max \{ \Pi_c(q_c) \}$ 有且仅有一个最大值点. 其极值点 q_c^* 由一阶条件获得. 令

$$\frac{d\Pi_c(q_c)}{dq_c} = K_0 (z_0 \gamma_0)^{1/k} (1-F(z_0)) q_c^{-1/k} - (c_i + c_m) = 0$$

即得(14)式.

将(14)代入(13),即得供应链的最大整体期望利润为

$$\Pi_c^* := \Pi_c(q_c^*) = \frac{c_m + c_i}{k-1} z_0 y_0 \left(K_0 \times \frac{1 - F(z_0)}{c_m + c_i} \right)^k \quad (15)$$

下面将分权供应链和集权供应链进行简要的对比.首先比较两种情形下的最优发货量决策,从(9)和(14)可得,

$$\eta := q_d^* : q_c^* = (1 - 1/k)^k < 1$$

即相对于集权供应链而言,分权系统中追求局部利益最大化的动因将导致生产商降低发货量;这和一般的分权供应链中销售商降低订货量(相对集权情形而言)的现象是一致的.发货量上的差异也导致两种情形下的整体利润水平存在一定的差距.定义 ζ 为生产商和销售商之间的竞争所带来的整体利润损失幅度:

$$\zeta = 1 - \frac{\pi_m^* + \pi_w^*}{\Pi_c^*} = 1 - \frac{2k-1}{k-1} \left(\frac{k-1}{k} \right)^k$$

也就是说,竞争带来的利润损失幅度也只会和最终市场需求的价格弹性相关;而且 k 越大,利润的损失幅度越大(如图2所示).因此,当最终市场需求对价格较为敏感时,生产商和销售商之间的合作将能够有效地改进整体利益.

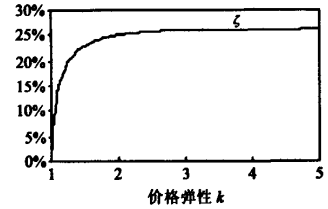


图2 竞争利润损失幅度随k的走势曲线

5 供应链协调

首先探讨一下上述分权系统绩效降低(相对于集权系统)的根本原因.将(8)式代入(6)式并对运输时间求期望可得:在信息完全透明的分权系统中,销售商的期望利润直接取决于生产商的初始发货量.销售商关于生产商发货量 q 的利润函数为:

$$\pi_w(q) = \frac{K_0}{k-1} (z_0 y_0)^{1/k} [1 - F(z_0)] q^{1-1/k} \quad (16)$$

比较(10)、(13)和(16)式不难发现,集权系统的总利润函数正好满足 $\Pi_c(q) = \pi_w(q) + \pi_m(q)$.虽然销售商的期望利润关于生产商的发货量单调递增,然而分权系统中,生产商追求的是 $\pi_m(q)$ 最大化,而不是优化总体利润,这是导致 q_d^* 低于集权情形的最优决策 q_c^* 的直接原因(参见图3).

要使得上述生鲜产品供应链达到协调,必须设计出一种合理的机制,使得分权决策下生产商的最优发货量提高到 q_c^* .在文献[12]的离岸价格模型中,因为运输成本和风险由销售商承担,销售商在运输发生之前就必须提前订货,因此为实现供应链协调,生产商通过承担销售商的部分风险、给予销售商一定的补偿等方式来鼓励销售商多订货.然而,在本文的到岸价格商务模式中,发货量决策是由生产商确定的,因此设计协调机制的一个初衷是必须为生产商提供一定的补偿,从而鼓励生产商多发货.

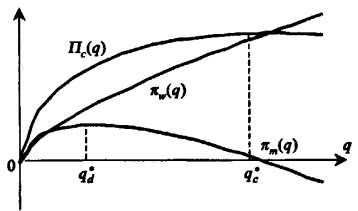


图3 分权和集权情形下的期望利润曲线

下游销售商为生产商提供补偿的可能方式有很多,比如提高采购价格、在运输延迟发生时提供补偿(从而降低生产商的运输风险)、将自身的利润与生产商的利益相挂钩等.然而,任何一种有效的协调机制都必须保证双方都能够获得利润的改进,从而达到一种“双赢”的局面.正如下面的定理6所示的,一种简单的“成本分担”机制即能实现上述供应链的协调.

定理6 在分权供应链中,如果销售商承担生产商生产和运输成本的 $1/k$,将能够促使生产商将初始发货量提高到 q_c^* ;同时也能改善自身的利润.

证明 在“成本分担”机制下,一旦生产商确定初始的发货量,那么销售商向生产商提供的成本补偿即是固定的了.因此,当产品运输到远方批发市场以后,生产商最优批发价格以及销售商最优零售价格和最优采购量的确定将与 § 3 节完全相同.不难发现,生产商关于发货量 q 的期望利润函数为

$$\pi'_m(q) = \pi_m(q) + \frac{c_m + c_i}{k}q = K_0[1 - F(z_0)](z_0 y_0)^{1/k} q^{1-1/k} - \frac{k-1}{k}(c_m + c_i)q$$

我们可以非常容易地得到, $\pi'_m(q)$ 是关于 q 的严格凹函数. 通过一阶条件即得, 生产商追求 $\pi'_m(q)$ 最大化的最优发货量决策正好等于 q_c^* . 也就是说, 这种“成本分担”机制能够使得分权供应链达到和集权供应链完全相同的效果. 该机制下, 生产商的最优期望利润将为:

$$\pi'_m(q_c^*) = \frac{1}{k}q_c^*(c_m + c_i) = \frac{c_m + c_i}{k}z_0 y_0 \left(K_0 \frac{1 - F(z_0)}{c_m + c_i} \right)^k \quad (17)$$

于是, $\pi'_m(q_c^*): \pi_m(q_c^*) = (k/(k-1))^{k-1} > 0$ (因为 $k > 1$). 即通过上述成本分担机制, 生产商的最优期望利润得到了提高. 不难也可以得到销售商的期望利润为:

$$\pi'_w(q_c^*) = \pi_w(q_c^*) - \frac{c_m + c_i}{k}q_c^* = \frac{c_m + c_i}{k(k-1)}z_0 y_0 \left(K_0 \frac{1 - F(z_0)}{c_m + c_i} \right)^k \quad (18)$$

同样有 $\pi'_w(q_c^*): \pi_w(q_c^*) = (k/(k-1))^{k-1} > 1$; 即相对于完全竞争下的分权系统而言, 通过分担生产商的部分成本, 促使生产商将发货量提高到 q_c^* , 销售商的利润也得到了改进. 而且我们可以发现, 相对于 § 3 的分权系统而言, 生产商和销售商利润改进的幅度是相同的.

6 结论和未来工作

本文研究了到岸价格机制下, 涉及到远距离运输的时鲜产品供应链协调问题. 文中将这类特殊供应链中生产商和销售商所面临的决策抽象为一个两阶段模型, 分别深入研究了分权和集权情形下的最优发货量、最优批发价、最优零售价等决策. 研究得到的主要结论是: 1) 生产商追求自身利润最大化时, 往往导致整个供应链绩效的降低; 2) 当零售市场需求的价格弹性较大时, 生产商和销售商的协调更能有效地提高整体利润; 3) 通过一种简单的“成本分担”机制, 即可实现时鲜产品供应链的协调, 并保证制造商和销售商能同时带来利益的改进.

在前人开展的大量运作管理的理论研究中, 往往只针对产品供需链中某一个环节所面临的问题. 然而, 随着管理手段的不断发展, 随着信息变得越来越透明, 企业的采购、生产、配送、销售等等环节必须做到协同, 才能快速地响应市场日益变化的需求. 因此, 如何对企业经营活动的各环节加以集成考虑和全局优化, 已经成为了企业所面临的一个重要问题. 本文针对一类特殊供应链, 综合考虑了产品的运输和销售环节, 朝着集成优化方向迈出了一步. 本文研究的只是一种相对简单的情形, 因此还存在广阔的进一步研究的空间. 比如研究不同风险偏好情形下的决策以及可能的协调机制将是一个非常有意义的方向; 同时, 本文的模型可以扩展为为进一步研究多个远方市场、多种具有一定互补性或可替代性产品、以及多种新鲜度等级产品的情形.

参考文献:

- [1] Kasmire R F. Fresh Produce and Perish-ability[M]. RBCS Handbook, 2006.
- [2] Bolton J M, Liu W B. Creating an effective china “Cold Supply Chain”-current status [C]//Challenges and Implementation Considerations. Accenture Report. 2006.
- [3] Newswire Today. Cold Chain Is Hot in China[W]. <http://www.newswiretoday.com/news/7721/>.
- [4] Ghare P, Schrader G. A model for exponentially decaying inventories[J]. Journal of Industrial Engineering, 1963, 14: 238 - 243.
- [5] Covert R, Philip G. An EOQ model for items with weibull distribution deterioration[J]. AIIE Transactions, 1973, 5: 323 - 326.
- [6] Nahmias S. Perishable inventory theory: A review[J]. Operations Research, 1982, 30(4): 680 - 708.
- [7] Raafat F. Survey of literature on continuously deteriorating inventory models[J]. Journal of the Operational Research Society, 1991, 42: 27 - 37.

(下转第 34 页)

- [5] Nation J B. Notes on lattice theory[W]. www.math.hawaii.edu/jb/lat1-6.pdf.
- [6] Aggarwal C C, Yu P S. Online Generation of Association Rules[R]. IBM Research Report, RC-20899, 1997.
- [7] Zaki M J. Scalable data mining for rules[D]. Ph.D thesis, University of Rochester, New York, 1998.
- [8] Lin T Y, Hu Xiaohua, Eric Louie. A fast association rule algorithm based on bitmap and granular computing[C]//The Proceedings of the IEEE International Conference Fuzzy Systems, 2003, 678-683.
- [9] Hu Xiaohua, Lin T Y, Eric Louie, Bitmap techniques for optimizing decision support queries and association rule algorithms[C]//7th International Database Engineering and Applications Symposium (IDEAS 2003), 16-18 July 2003, Hong Kong, China, 34-43.
- [10] Mikolaj Morzy. Hierarchical bitmap index: An efficient and scalable indexing technique for set-valued attributes[C]//ADBIS 2003, LNCS 2798, 2003, 236-252.
- [11] Ayres J, Flannick J, Gehrke J, et al. Sequential pattern mining using a bitmap representation[C]//Proc. of the 8th Int. Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining, 2002, 429-435.
- [12] Gardarin G, Pucheral P, Wu F. Bitmap based algorithms for mining association rules[C]//Proc. of the 14th Bases de Donnes Avancees, 1998, 157-176.
- [13] Zaki M J. Mining non-redundant association rules[J]. Data Mining and Knowledge Discovery, 2004, 9(3): 223-248.
- [14] Wang Haixun. Demand-driven frequent itemset mining using pattern structures[J]. Knowledge and Information Systems, 2004, 8(1): 82-102.
- [15] Shinichi Morishita. Traversing itemset lattices with statistical metric pruning[C]//Proceedings of the 19th ACM SIGMOD-SIGACT-SIGART Symposium on Principles of Database Systems, Dallas, Texas, United States, 2000, 226-236.

~~~~~

(上接第 25 页)

- [ 8 ] Goyal S K, Giri B C. Recent trends in modeling of deteriorating inventory[J]. European Journal of Operational Research, 2001, 134: 1-16.
- [ 9 ] Rajan A, Steinberg R, Steinberg R. Dynamic pricing and ordering decisions by a monopolist[J]. Management Science, 1992, 38(2): 240-262.
- [10] Cachon G P. Supply chain coordination with contracts[C]//S. Graves and T. Kok (Eds), Handbooks in Operations Research and Management Science: Supply Chain Management, North-Holland, 2003.
- [11] Song X P, Cai X, Chen J, Studies on interaction and coordination in supply chains with perishable products: A review[C]//Chi Kin Chan and H. W. J. Lee (Eds), Successful Strategies in Supply Chain Management, Idea Group Inc., 2004, 222-248.
- [12] Cai X Q, Chen J, Xiao Y B, et al. Coordination of manufacturer and distributor in a fresh product supply chain with uncertain transportation delays[R]. Working paper, The Chinese University of Hong Kong, Shatin, N. T., Hong Kong, 2005.
- [13] Petruzzi N C, Dada M. Pricing and the newsvendor problem: A review with extensions[J]. Operations Research, 1999, 47(2): 183-194.
- [14] Wang Yunzeng. Joint pricing-production decisions in supply chains of complementary products with uncertain demand[R]. Working Paper, Weatherhead School of Management, Case Western Reserve University, 2005.



作者: [肖勇波](#), [陈剑](#), [徐小林](#), [XIAO Yong-bo](#), [CHEN Jian](#), [XU Xiao-lin](#)  
作者单位: [肖勇波, 陈剑, XIAO Yong-bo, CHEN Jian \(清华大学, 现代管理研究中心, 经济管理学院, 北京, 100084\)](#), [徐小林, XU Xiao-lin \(南京大学, 管理学院工商管理系, 南京, 210093\)](#)  
刊名: [系统工程理论与实践](#) **ISTIC EI PKU**  
英文刊名: [SYSTEMS ENGINEERING-THEORY & PRACTICE](#)  
年, 卷(期): 2008, 28 (2)  
被引用次数: 2次

## 参考文献(14条)

1. [Wang Yunzeng](#) [Joint pricing-production decisions in supply chains of complementary products with uncertain demand](#) 2005
2. [Petruzzi N C](#); [Dada M](#) [Pricing and the newsvendor problem:A review with extensions](#)[外文期刊] 1999(02)
3. [Cai X Q](#); [Chen J](#); [Xiao Y B](#) [Coordination of manufacturer and distributor in a fresh product supply chain with uncertain transportation delays](#) 2005
4. [Song X P](#); [Cai X](#); [Chen J](#) [Studies on interaction and coordination in supply chains with perishable products:A review](#) 2004
5. [Cachon G P](#) [Supply chain coordination with contracts](#) 2003
6. [Rajan A](#); [Steinberg R](#); [Steinberg R](#) [Dynamic pricing and ordering decisions by a monopolist](#) 1992(02)
7. [Goyal S K](#); [Giri B C](#) [Recent trends in modeling of deteriorating inventory](#)[外文期刊] 2001(1)
8. [Raafat F](#) [Survey of literature on continuously deteriorating inventory models](#) 1991
9. [Nahmias S](#) [Perishable inventory theory:A review](#)[外文期刊] 1982(04)
10. [Covert R](#); [Philip G](#) [An EOQ model for items with weibull distribution deterioration](#) 1973
11. [Ghare P](#); [Schrader G](#) [A model for exponentially decaying inventories](#) 1963
12. [Newswire Today](#) [Cold Chain Is Hot in China](#)
13. [Bolton J M](#); [Liu W B](#) [Creating an effective china "Cold Supply Chain"-current status](#) 2006
14. [Kasmire R F](#) [Fresh Produce and Perish-ability](#) 2006

## 引证文献(4条)

1. [林略](#). [雷晓燕](#). [但斌](#) [基于线性时变需求的鲜活农产品三级供应链协调](#)[期刊论文]-[工业工程](#) 2011(4)
2. [王婧](#). [陈旭](#) [考虑流通损耗和期权合同的生鲜农产品供应链管理策略研究](#)[期刊论文]-[预测](#) 2011(5)
3. [林略](#). [杨书萍](#). [但斌](#) [收益共享契约下鲜活农产品三级供应链协调](#)[期刊论文]-[系统工程学报](#) 2010(4)
4. [但斌](#). [陈军](#) [基于价值损耗的生鲜农产品供应链协调](#)[期刊论文]-[中国管理科学](#) 2008(5)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_xtgcllys200802003.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_xtgcllys200802003.aspx)