

文章编号: 1003-207(2010)04-0073-06

基于报童模型的两级供应链回购契约协调研究

刘家国¹, 吴冲²

(1. 哈尔滨工程大学经济管理学院, 黑龙江 哈尔滨 150001;

2. 哈尔滨工业大学管理学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要: 研究具有单一供应商和单一销售商的供应链系统回购契约协调机制。分析了报童模型下两级供应链双边际化效应, 建立了基于报童模型的分散式系统、集中式系统的供应商、销售商利润模型, 讨论了如何通过回购契约来消除“双边际化效应”。结果表明: 回购契约的采用使批发价格比不采用契约时的批发价格低, 且使订货量增加, 从而使供应链的总利润增加, 并且减少了缺货带来的损失, 同时更好的满足了顾客需要。最终实现了独立个体最优决策与系统最优决策一致化的供应链协调。

关键词: 双边际化效应; 契约; 协调; 回购; 供应链

中图分类号: C931 **文献标识码:** A

1 引言

供应链协调始于对供应链库存协调的研究, 最早可以追溯到 1960 年 Clark 和 Scarf^[1] 对多级库存的优化研究。之后, 库存协调一直是供应链协调研究的主要内容之一。协调机制是供应链协调的重要组成部分。国外学者 Dastugueh 和 Lambert (2003)^[2] 将其分为两大类: 市场机制和协调流 (Coordination Flows)。Scheveiss 和 Zimmer (2002)^[3] 认为面向协调的供应链管理可以分为 3 类: 数量折扣、库存控制、契约制定。随着供应链契约研究的不断深入, 各种供应链契约的广泛应用, 产生了供应链契约的再谈判问题。Plambeck (2002)^[4] 等指出, 条款越是灵活的契约其再谈判的可能性就越小, 从而供应链性能改进的机会就越小, 设计可再谈判的契约要求对契约的条款进行严密的设计。Ajay K. Mishra (2004)^[5] 讨论了固定需求下, 单个供应商和多个零售商的基于共同补给期的库存协调模型; Viswanath (1998)^[6] 等从供应商的利益出发进一步研究了以数量折扣作为库存协调手段; Lee (2001)^[7]

研究了由一个供应商、一个零售商和一个折扣销售店 (DSO) 组成的配送渠道中, 库存、控制、退货和清仓消价销售策略的跨组织协调问题; Giannoccaro 和 Pontrandolfo (2004)^[8] 认为, 供应链协调可以采取集中决策和非集中决策即分布式决策的方法。集中式决策适用于供应链只有唯一的决策者的情况, 这在现实环境中很少出现, 非集中决策适用于在不同供应链阶段有几个不同的决策者的情况, 现实环境中绝大多数属于这种情况。Bhatnagar 和 Chandra (1993)^[9] 建立了多工厂协作模型, 提出了两种供应链协调层次, 一个是普通层次的协调, 用来实现企业内不同功能单元之间的集成, 即供应与生产计划的协调, 生产与销售计划的协调和库存与销售计划的协调; 一个是多工厂协调, 实现纵向多个制造厂商生产计划的协调。Chandra 和 Fisher (1994)^[10] 分析了协调和无协调的生产调度和销售计划管理方法, 得出有效的协调将给各企业带来巨大效益的结论。

国内苏菊宁等 (2004)^[11] 讨论了分析在可调数量策略下, 供应商分担部分库存风险时, 供需双方的利润模型, 在此基础上提出了供应链 Pareto 优化模型。陈金亮等 (2010)^[12] 在报童模型和贝叶斯分析模型的基础上对不对称信息下具有需求预测更新的供应链系统进行了探讨, 通过设计补贴合同来消除双重边际化造成的低效率, 进而实现供应链上下游企业间的协调运作。

现有的研究大都基于固定需求, 共同补给期, 或者数量折扣的协调策略, 然而大多数文献在研究回

收稿日期: 2009-03-05; 修订日期: 2010-07-10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (60979016); 教育部博士点新教师基金资助项目 (200802171023); 教育部新世纪优秀人才支持计划 (NCET-08-0171)

作者简介: 刘家国 (1979-), 男 (汉族), 湖北枣阳人, 哈尔滨工程大学讲师, 研究方向: 供应链管理。

购契约机制时, 没有考虑需求变动对于企业采购行为和供应链协调策略的影响。借助前人的研究成果进一步考虑在需求变动的情况下零售商和供应商的协调问题, 研究基于报童模型的供应链回购契约模型, 使得供应商成本下降, 供应链的总成本也有显著降低。最后通过数值实验, 分析在缔结契约情形下比不缔结契约时双方都能达到各自的最优化决策, 验证了模型的结论。

2 基于报童模型的两级供应链契约分析

2.1 模型假设及参数定义

为了便于模型构建和理论分析, 假设产品是时令性的, 并且定货周期较长。销售商面临一个随机的市场需求, 并且在销售季节前根据契约规定提供一个订购量, 如果实际需求大于订购量, 则销售商将存在丧失商机的成本, 即缺货成本。如果实际需求低于订购量, 则销售商将存在过量持有成本。本文将根据 LF 博弈(Leader-Follower Game) 理论考察供应商和销售商之间的相互作用, 供应商是领导者, 销售商是追随者, 供应商给定一套契约参数, 销售商据此确定它的最优产品订购量。同时认为产品市场是开放的, 有关产品市场销售价格、需求分布和库存成本参数等信息是对称的。所以, 作为领导者, 供应商能获得所有必需的信息来推论销售商的产品订购量, 并据此制定最佳决策。同时假设供应商和销售商是风险中性和完全理性的, 即两者将根据期望利润最大化的原则来进行决策。

模型中涉及符号定义如下: q : 经销商订购量; c : 单位产品的生产成本; w : 供应商给予销售商的单位产品批发价; p : 商品的中位零售价格; g : 缺货造成的单位信誉损失; g_1 : 销售商的信誉损失; g_2 : 供应商的信誉损失; h : 未售出商品在各阶段发生的单位库存费用; s : 在销售季节末单位产品的净残值; Q : 销售季节前, 销售商向供应商订购的商品数量; π_s : 表示供应商利润; π_r : 表示销售商利润; π_t : 表示供应链总利润; x : 顾客需求随机变量; $f(x)$, $F(x)$ 分别是顾客需求的概率密度函数和分布函数, 其他符号在具体的模型中会具体给到。

2.2 报童模型下两级供应链整合模型

协作就是要以供应链整合为最优目标, 实现供应链整体利润最大化。为此, 我们首先讨论整合供应链模型。

所谓整合供应链也就是供销一体化模式, 供应商和销售商属于同一个经济实体或者组成战略联

盟, 因此, 这种模式追求的是供应链整体利润最大化。这也是供应商和销售商相互独立时供应链采取协作策略追求的最优目标。在整合供应链模式下, 整合供应链生产 Q 个产品, 并且直接以零售价格 p 卖给消费者, 其目的是确定一个最优的订购量(或生产量)来使供应链整体利润最大化。

$$\pi = p[Q + \int_0^Q (x - Q)f(x)dx] - g \int_Q^\infty (x - Q)f(x)dx + h \int_0^Q (x - Q)f(x)dx - s \int_0^Q (x - Q)f(x)dx - cQ$$

式中:

$p[Q + \int_0^Q (x - Q)f(x)dx]$ 表示销售收入;

$g \int_Q^\infty (x - Q)f(x)dx$ 表示缺货带来的信誉损失;

$h \int_0^Q (x - Q)f(x)dx$ 表示过剩产品的持有成本;

$s \int_0^Q (x - Q)f(x)dx$ 表示销售期末产品的残值;

cQ 表示生产成本。

上面模型经过简化可得:

$$\pi = (p + g + h - s) \int_0^Q (x - Q)f(x)dx + (p + g - c)Q - gu$$

在供销一体化的整合模型中要达到最优的订购点必须具备:

$$\frac{d\pi}{dQ} = 0$$

整理得:

$$\int_0^Q f(x)dx = \frac{p + g - c}{p + g + h - s}$$

即有:

$$F(Q^*) = \frac{p + g - c}{p + g + h - s} \tag{1}$$

最优订购量:

$$Q^* = F^{-1}\left(\frac{p + g - c}{p + g + h - s}\right)$$

以上订购点为供应链在整合状态下, 即理想状态下的订购点是供应链协调的最优目标。分散式供应链利润为:

$$\pi^N = (p + g_1 + h - s) \int_0^Q (x - Q)f(x)dx$$

$$+ (p + g_1 - w)Q - g_1u$$

$$\pi^N = (p + g + h - s) \int_0^{Q_{DN}} (x - Q)f(x)dx$$

$$+ (p + g - w)Q_{DN} - gu$$

在分散式系统中,销售商根据自身的利益最大化为目标来确定订购量,即:

$$\frac{d\pi_r^{DN}}{dQ} = 0$$

整理得:

$$\int_0^Q f(x) dx = \frac{p + g_1 - w}{p + g_1 + h - s}$$

即有:

$$Q_r^{DN} = F^{-1}\left(\frac{p + g_1 - w}{p + g_1 + h - s}\right) \quad (2)$$

2.3 报童模型下两级供应链双边际效用分析

在两种供应模式中,显然有 $g > g_1, g - c > g_1 - w$, 易知: $\frac{p + g - c}{p + h - s + g} > \frac{p + g_1 - w}{p + h - s + g_1}$ 。由于 $F(x)$ 是递增函数,比较式(1)与式(2)可知 $Q_r^{DN} < Q^*$ 。即供应链分散系统最优订购量小于一体化决策模式的订购量,其总体利润也低于一体化时的总体利润,这就是所谓的双边际化效应所带来的影响。供应链中的双边际化效应是指由于供应渠道中非最优的转移价格的存在,致使各供应链节点企业的定价和成本发生扭曲,并最终影响供应链整体绩效的现象。双边际化效应普遍存在于大多数的供应链模型中,只要有二个或二个以上的成员来分割供应链系统的利润,或者只要一个成员能够影响需求时它就会出现。在分散系统下,独立销售商的最优服务水平无法达到系统最优服务水平。虽然“双边际化效应”在供应链系统中不可避免地存在,但可以借助协调机制来缓解或消除这种独立个体最优决策与系统最优决策不一致的现象。实际上,所有应用契约来实现系统协调的工作原理均是如此消除“双边际化效应”,从而使分散式系统实现到集中式系统的绩效。

从上面分析中可以看出普通的批发价格契约和简单的数量折扣很难达到供应链的完美协调,这主要是由于双边际化效应的影响,也就是说这个普通的契约还不是太理想,只能达到单方激励。

3 两级供应链回购契约模型分析与研究

回购是在实践中用的比较常见的协调机制,即当零售商订购量大于市场需求(即供大于求)时,零售商不需要在市场上以低价处理期末剩余商品,而是由制造商将剩余的商品以一定的价值进行回收,它是针对需求不确定性导致的订货量与实际需求不匹配的问题,允许下游成员以一定的返销价格将剩余的商品退售给上游成员,从而达到风险共担的协

调。通过回购策略的实施,上游供应商可以达到降低下游销售商的风险、满足客户需求、维护品牌、推动新产品的推广、促进销售商之间的竞争等效果。下面在报童模型的基础上,研究回购契约是如何达到供应链完美协调的。模型基于一个供应商和一个销售商的供应链系统。

考虑单一生产商单一产品给单一销售商的情况,假定销售商面对需求是随机的:市场需求量服从 $N(u, \sigma)$ 的正态分布。在供应商与销售商缺乏任何协调的情况,销售商将不会考虑供应商的利益,按照其自身利益安排最佳订货量;而此时生产商也只能按销售商的要求订货来安排组织生产并供货。其结果是上节所讲的双边际化效应的产生导致整个供应链利益的损失。

若利用回购策略,供应商通过承诺以低于销售商进货价格回购销售季节结束时所有剩余的商品,从而使销售商的风险降低,而增加进货数量。因此供应商完全可以有理由相信能够受益。

在回购契约中,供应商要详细说明批发价格 w 和回购价格 b , 在销售季节结束时,销售商可以把未售出的商品以回购价格 b , 返销给供应商。在回购契约下;销售商订货的灵活性会降低,而剩余库存量也会增加。为了补偿销售商的部分损失,生产商将会提供回购,一旦规定了回购价格 b , 销售商将确定其订货数量,以使其利润最大化。由于生产商知道销售商的成本、价格参数以及需求分布,因而它能针对特定的订货数量和预期回购数量确定回购价格以使自身的利润最大。因此确定回购价格问题构成一个 Stackelberg 模型。这里供应商为领导者,销售商为追随者。

集中式系统:

$$\pi = (p + g + h - s) \int_0^Q (x - Q) f(x) dx + (p + g - c)Q - gu$$

最优订购量:

$$Q^* = F^{-1}\left(\frac{p + g - c}{p + g + h - s}\right)$$

分散式系统:

$$\pi^N = (p + g_1 + h - s) \int_0^Q (x - Q) f(x) dx + (p + g_1 - w)Q - g_1u$$

$$\pi_r^{DN} = (p + g + h - s) \int_0^{Q_r^{DN}} (x - Q) f(x) dx + (p + g - w)Q_r^{DN} - gu$$

订购量:

$$Q_r^{DN} = F^{-1}\left(\frac{p + g_1 - w}{p + g_1 + h - s}\right)$$

回购策略模型:

在回购策略下销售商付给供应商的转移支付为:

$$T_b(Q, w, b) = wQ - b \int_0^Q (Q - x)f(x)dx$$

此时销售商的利润为:

$$\pi_s^b = p\left[Q - \int_0^Q (Q - x)f(x)dx\right] - g_1 \int_0^Q (x - Q)f(x)dx - h \int_0^Q (Q - x)f(x)dx - wQ + b \int_0^Q (Q - x)f(x)dx$$

简整理后得:

$$\pi_s^b = (p + g_1 + h - b) \int_0^Q (x - Q)f(x)dx + (p + g_1 - w)Q - g_1u \tag{3}$$

令一阶导数为零, 则易得出在回购策略下销售商的最优定货量为:

$$Q_r^b = F^{-1}\left(\frac{p + g_1 - w}{p + h + g_1 - b}\right)$$

根据供应链协调的要求, 令 $Q_r^b = Q^*$ 得到:

$$\frac{p + g_1 - c}{p + g_1 + h - s} = \frac{p + g_1 - w}{p + h + g_1 - b}$$

$$w = p + g_1 - \frac{(p + g_1 - c)(p + h + g_1 - b)}{p + g_1 + h - s} \tag{4}$$

从上面式子可以看出确定了回购价格就能确定批发价格, 所以订货量也可以确定。显然, 在回购策略下, 回购价格可以用来分配供应链可协调利润。

假设 $\Delta\pi = \pi_s - \pi_s^{DN}$, $\Delta\pi$ 为可协调利润, 为供应链整合状态下的供应链总利润与分散无协调下的供应链总利润之差。通过供应商和销售商的博弈, 最终可以达成一致的利益分配方案。通过所建的模型可以在确定了供应商协调后的利润后, 解出两个联立方程组便能够得到 (w, b) 的值。只要通过供应商和销售商之间的利益分配的协议能达到一致, 便可以求出均衡的最优解 (w, b) 。

$$\begin{cases} \pi_s^b = (p + g_1 + h - b) \int_0^Q (x - Q)f(x)dx \\ + (p + g_1 - w)Q - g_1u \\ w = p + g_1 - \frac{(p + g_1 - c)(p + h + g_1 - b)}{p + g_1 + h - s} \end{cases}$$

如果假设供应链缺货的单位损失主要来自于销售商, 即 $g_1 = g$, 则(4)简化为:

$$w = c + \frac{(p + g - c)(b - s)}{p + g + h - s} \tag{5}$$

将(5)代入(3)得:

$$\pi_s^b = \frac{(p + g + h - b)}{p + g + h - s} \pi_s - \frac{b - s}{p + g + h - s} gu$$

则供应商的利润为:

$$\pi_s^b = \pi_s - \pi_s^b = \frac{b - s}{p + g + h - s} (\pi_s + gu) = \lambda (\pi_s + gu)$$

其中 $\lambda = \frac{b - s}{p + g + h - s}$, 易知 $0 < \lambda < 1$, 因此

回购策略可以实现供应链协调, 通过上式分析供应商可以根据选择回购价格来确定自己占有整个供应链利润份额, 并且可以确定批发价格, 此时供应商提供的 (w, b) 可以确保供应链协调实现整个供应链利润最大化。

如果不考虑超量订货成本和缺货损失费的影响, 即假设 $g = h = 0$, 则 $\lambda = \frac{b - s}{p + g}$, $\pi_s^b = \lambda \pi_s$, 由此可见: 此时 λ 就是供应商占整个供应链利润的份额, 而 b 的变动范围在 (s, p) 之间, 显然 b 越靠近 p , 则供应商获利越多。

4 算例分析

假设有单个供应商和单个销售商组成的供应链系统, 经营某短生命周期产品。该供应链系统的相关参数说明如下: $c = 8, p = 18, h = 1, w = 10, s = 2, g_1 = 6, g_2 = 4, g = 10$, 顾客需求服从 $N(1000, 250)$ 。根据以上分析用 MATLAB 计算各个指标如表 1 及图 1 所示。结果分析:

(1) 分散系模式下总利润小于整合模式下总利润, 说明双边化效应的存在导致最优整体利润无法实现, 系统中只有销售商的利润达到了较好的状态。要想实现总体利润最大化, 必须进行协调。由于库存成本和信誉损失的原因, 在分散决策下, 供应商处于亏损状态。这说明在分散决策下由于销售商只考虑自己的利益, 在供应商只能被动生产的情况下使供应商毫无利润可言, 在实际生产中若两者不进行协调, 生产同样正常无法进行。

(2) 在整合模式下供应商的产量大于分散决策系统模式, 说明此模式下供应链产量增加。整合模式下系统的总利润远远大于分散决策下所得系统总利润。因为整合模式以供应链整体利润最大化为目标。

(3) 在缔结了回购契约后, 供应链整体利润达到了整合模式的状态。随着利益分配比例的增加, 销售商的利润不断下滑, 而供应商的利润不断增加。

但两者总的利润始终高于分散模式下的利润之和。

总体来讲,批发回购契约的采用使批发价格比不采用契约时的批发价格低,且使订货量增加,从而使供应链的总利润增加,并且减少了缺货带来的损失,同时更好的满足了顾客需要。在零售价格的确

定方面是供应商首先给定的,并且在模型里始终是个定值,所以回购模型必须保证供应商对零售商的零售价格的控制,这在企业的生产运营里对于品牌的建立等方面有着比较好的优势。

表1 模型指标分析表

系统状态	λ	Q	π_r	π_s	π_T	b	w
整合模式		1161			9663.3		
分散模式		1069	5792.6	-275.9	5516.7		
回购协议下	0.1	1161	7696.9	1966.3	9663.2	4.7	10
	0.2	1161	5730.6	3932.7	9663.3	7.4	12
	0.3	1161	3764.3	5899	9663.3	10.1	14
	0.4	1161	1798	7865.3	9663.3	12.8	16
	0.5	1161	-168.4	9831.6	9663.3	15.5	18

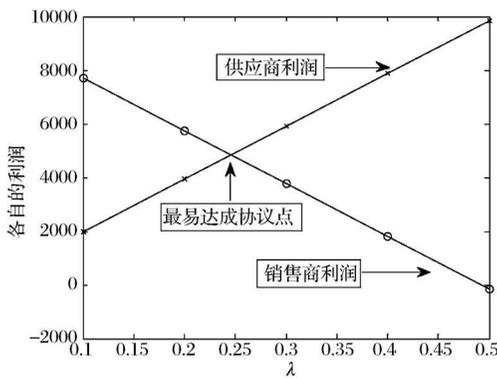


图1 供应商和销售商利润变化图

5 结语

本文首先研究了基于报童模型的供应链整合模型,分析了如何通过批发价格契约来消除“双边际化效应”,从而实现独立个体最优决策与系统最优决策一致化的供应链整合。随后又研究了供应链回购契约模型,通过算例分析得出,在缔结契约情形下比不缔结契约时双方都能达到各自的最优化决策。只要双方能达成一个利益分享的协议,便能确定出批发价和回购价格,并能保证在采用回购契约时供应商和零售商的利润不低于不合作状态。该模型始终是假设价格不敏感的随机需求模型,从定量的角度分析了供应商不同策略的期望收益,并且发现对于给定的批发价格,回购政策都有增加双方总的混合利润的趋势。考虑到退货成本过高,或者产品的残值很低,供应商可能考虑另外的补偿策略,即对于销售商未能销售完的产品,由销售商负责处理,但供应商给与一定的经济补偿。由于回购策略和补偿策略只是处理积压产品的方法不同,补偿策略由销售商来

处理,而回购策略是供应商来处理,因此补偿策略与回购研究方法和实施效果是几乎相同的。大多数把补偿策略也归于回购策略里。

参考文献:

- [1] Tang O., Grubbstr R. W.. The detailed coordination problem in a two level assembly system with stochastic lead times [J]. International Journal Production Economics, 2003, 415-429.
- [2] Dastugue S. J., Lambert D. M.. Internet-enabled Coordination in the Supply Chain [J]. Industrial marketing management, 2003, 32: 251-263.
- [3] Giannoccaro I., Pontrandolfo P. Inventory management in supply chains: a reinforcement learning approach [J]. International Journal Production Economics, 2002, 78: 153-161.
- [4] Plambeck E., Taylor T.. Renegotiation of supply contracts [R]. Working Paper, Stanford University, 2002.
- [5] Mishra A K.. Selective discount for supplier buyer coordination using common replenishment epochs [J]. European Journal of Operational Research, 2004, 751-756.
- [6] Viswanathan S. Optimal strategy for the integrated vendor-buyer inventory model [J]. European Journal of Operational Research, 1998, 105: 38-421.
- [7] Lee C. H. Coordinated stocking, clearance sales and return policies for a supply chain [J]. European Journal of Operational Research, 2001, 131: 491-5131.
- [8] Giannoccaro I., Pontrandolfo P.. Supply chain coordination by revenue sharing contracts [J]. International Journal of Production Economics, 2004, 89: 131-139.
- [9] Bhatnagar R., Chandra P.. Models for multi-plant coordination [J]. European Journal of Operation Re

search, 1993, 67: 141– 160.

[10] Chandra P., Fisher M. L.. Coordinated production and Distribution Planning [J]. European Journal of Operation Research, 1994, 72: 503– 517.

[11] 苏菊宁, 刘书庆, 赵小惠. 随机需求下供应链库存协调策

略研究[J]. 系统工程, 2004(7): 26– 30.

[12] 陈金亮, 宋华, 徐渝. 不对称信息下具有需求预测更新的供应链合同协调研究[J]. 中国管理科学, 2010(2): 84– 89.

Study of A Two Level Supply Chain Returns Policy Model Based on the Newsboy Model

LIU Jia-guo¹, WU Chong²

(1. School of Economics and Management, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China;

2. School of Management, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract: This paper conducts a research on buy-back coordination mechanism in supply chain system of a single supplier and a single retailer. The double marginalization effect under the newsboy model in a two stage supply chain is analyzed. The profit models of the supply chain members are constructed to analyze the way to eliminate the double marginalization effects through wholesale price contracts. The results show that buy-back contract can lower the wholesale price increase the order. Thus the total profits increase and losses reduce while customer's needs meet better. Ultimately, the optimal decision making independently by the supplier and retailer is consistent with the system optimal in the supply chain.

Key words: double marginalization effects; contract; coordination; repurchase lease; supply chain