

文章编号: 1000-6788(2005)11-0035-06

二次订货策略在单周期产品逆向供应链中的应用

侯云章¹, 戴更新², 于庆东²

(1. 南京大学工程管理学院, 江苏 南京 210093; 2. 青岛大学国际商学院, 山东 青岛 266071)

摘要: 在单周期产品逆向供应链中, 为了研究二次订货策略的协调机制, 将零售商面临的需求划分为两个阶段, 在每个阶段中分别进行订货, 以利润最大化为目标建立了目标函数. 采用数值方法分析了供应链的总体收益, 并对二次订货和一次订货进行了比较. 数值算例表明二次订货策略能够显著提高供应链尤其是零售商的收益, 可以有效的协调逆向供应链系统.

关键词: 逆向物流; 二次订货; 报童问题; 供应链协调

中图分类号: F273

文献标识码: A

The Application of Two Ordering Opportunities in Single-period Products of Reverse Supply Chain Management

HOU Yun-zhang¹, DAI Geng-xin², YU Qing-dong²

(1. School of Management Science and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2. International Business College, Qingdao University, Qingdao 266071, China)

Abstract: To study the coordination of two ordering opportunities in single-period product reverse supply chain, the retailer's total demand is divided into two periods, products are ordered in each period respectively, and an optimization function aiming at maximizing total profits has been established. Then the total profit of the reverse supply chain has been analyzed by the use of the numerical method, and the results of one ordering opportunity with those of two ordering opportunities under different parameters have been compared. The results show that two ordering opportunities tactics can remarkably improve the profit of reverse supply chain, especially the retailer, and can effectively coordinate the reverse supply chain system.

Key words: reverse logistics; two ordering opportunities; newsboy problem; supply chain coordination

近些年来,随着社会环保意识和可持续发展意识的加强,逆向物流逐渐引起人们的重视.所谓逆向物流,美国物流管理协会将其定义为“计划、实施和控制原料、半成品库存、制成品和相关信息,高效和成本经济地从消费点到起点的过程,从而达到回收价值和适当处置的目的”.逆向物流的发展促使了逆向供应链的产生,V. Daniel R. Guider Jr^[1]认为逆向供应链是指为了从客户手中回收使用过的产品所必需的一系列活动,其目的是对回收品进行处置,或者再利用夏绪辉等人^[2]结合国际上对逆向物流和逆向供应链的研究,也给出了逆向供应链的概念.

在对逆向供应链中单个节点库存控制的研究中,针对需求计划的长短可以分为单周期和多周期两种类型,Vlachos 等人^[3]借助于经典的报童问题对单周期、单库存点的存储问题进行了较为详细的研究,针对物品回收的处理策略,文中提出了六种解决方案,以最大化利润为目标函数建立了报童问题模型,得出了各自的订货策略.但是,文中的假设和大多数的报童模型一样,均只有一次订货,然而,在实际应用中单周期产品的订货机会常常不止一次^[4,5],零售商常常在销售季季末再进行一次订货.基于此,本文在文献[3]

收稿日期: 2004-10-24

资助项目: 国家自然科学基金(70171045)

作者简介: 侯云章(1979-),男,山东临沂人,南京大学工程管理学院博士生,主要研究领域为物流与供应链管理,演化管理理论;E-mail: qdhyzhang@163.com;戴更新(1970-),男,安徽人,博士,副教授,硕士生导师,主要研究领域为电子商务与物流、运作管理;于庆东(1962-),男,山东龙口人,博士,教授,博士生导师,主要研究领域为可持续发展技术经济学、管理系统工程.

的基础上,考察了二次订货策略下整个逆向供应链的收益,并对二次订货和一次订货条件下的供应链收益进行了分析.

1 系统的描述与假设

本文考察了一个简单的二级供应链系统,即单个零售商、单个供应商在零售商分别采用一次订货和二次订货策略时的期望收益.在二次订货情况下将零售商的整个计划周期为两个阶段(见图 1 所示):第一次订货完全依据对需求的预测,而真正的需求在第二次订货时被了解到.设两次订货量分别为 Q_1, Q_2 ,在每个阶段开始,订货量都已经到达,两个阶段的需求分别用 x, y 表示,两者分别服从均值为 μ_1, μ_2 ,方差为 σ_1, σ_2 的正态分布,第二阶段的订货量与第一阶段的紧密相关,第一阶段的订货如果有剩余,则转入第二阶段继续使用,第二阶段的剩余物品则进行降价销售.



图 1 零售商的计划周期划分

另外假设:1)阶段一、阶段二的需求相互独立;2)零售商以价格 c 从供应商处订购产品,以固定的零售价 p 销售,而供应商的生产成本为 c_M ;3)零售商所售的货物有一个常数的返回率 $r(0 < r < 1)$;并且无论是零售商还是供应商,他们对顾客的返回货物以及季末剩余货物均做同样的

处理:即以价格 s 进行降价销售,并且总可以销售完毕;以 $f(\cdot), F(\cdot)$ 分别表示两个阶段需求的密度函数和分布函数.为不失一般性,有 $p > c > c_M > s$.

2 二次订货下模型的建立和求解

本节对零售商和供应商在信息不共享而采用二次订货策略时的收益进行分析.

2.1 阶段一模型分析

根据 1 中假设,首先分析第一阶段中零售商的收益函数:

如果需求 $x > Q_1$,则零售商收益为 $p(1 - r)Q_1 + srQ_1$;

如果需求 $x \leq Q_1$,则零售商收益为 $p(1 - r)x + srx$.零售商的总收益为:

$$R_{1,1}(Q_1) = \int_0^{Q_1} [(1 - r)p + sr]xf(x)dx + \int_{Q_1}^{\infty} [(1 - r)pQ_1 + srQ_1]f(x)dx - cQ_1.$$

进一步化简,得:

$$R_{1,1}(Q_1) = [(1 - r)p + sr] \left[\int_0^{Q_1} xf(x)dx + Q_1(1 - F(Q_1)) \right] - cQ_1. \tag{1}$$

对(1)式求极值,由 $\frac{\partial R_{1,1}}{\partial Q_1} = 0$ 得: $F(Q_1) = 1 - \frac{c}{(1 - r)p + sr}$.

$$\text{令 } K_1 = 1 - \frac{c}{(1 - r)p + sr}, \text{ 则 } Q_1^* = F^{-1}(K_1). \tag{2}$$

将(2)代入(1)得

$$R_{1,1}(Q_1^*) = [(1 - r)p + sr] \int_0^{Q_1^*} xf(x)dx.$$

2.2 阶段二模型分析

首先假设零售商仅有一次订货机会,我们对其收益进行分析,以 Q_2^* 表示最优订货量,则: 如果需求 $y > Q_2$,则零售商收益为 $p(1 - r)Q_2 + srQ_2$; 如果需求 $y \leq Q_2$,则零售商收益为 $p(1 - r)y + s[Q_2 - (1 - r)y]$. 于是,总收益函数为:

$$R_{2,1}(Q_2) = \int_0^{Q_2} [(1 - r)py + s(Q_2 - (1 - r)y)]f(y)dy + \int_{Q_2}^{\infty} [(1 - r)pQ_2 + srQ_2]f(y)dy - cQ_2.$$

进一步化简得:

$$(Q_2) = (1 - r)(p - s) \left[\int_0^{Q_2} yf(y) dy - Q_2 F(Q_2) \right] + [(1 - r)p + rs - c]Q_2. \quad (3)$$

对(3)求极值,由 $\frac{\partial}{\partial Q_2} = 0$ 得 $F(Q_2) = \frac{(1-r)p + rs - c}{(1-r)p + rs - s}$.

令 $K_2 = \frac{(1-r)p + rs - c}{(1-r)p + rs - s}$, 则 $Q_{2s}^* = F^{-1}(K_2)$. 将 Q_{2s}^* 代入(3)得收益 $(Q_{2s}^*) = (1-r)(p-s) \int_0^{Q_{2s}^*} yf(y) dy$.

当零售商有两次订货机会时,为表示的方便,此处引入两个变量:

$$v = \max(0, Q_1 - Q_{2s}^*), w = \max(0, Q_1 - x),$$

于是,阶段二的实际订货量 Q_2^* 表示为如下的分段函数:

$$Q_2^* = \begin{cases} 0 & w \geq Q_{2s}^* & (4.1) \\ Q_{2s}^* - w & 0 < w < Q_{2s}^* & (4.2) \\ Q_{2s}^* & w = 0 & (4.3) \end{cases} \quad (4)$$

对各条件下的收益进行分析:

式(4.1)即第一阶段的剩余品完全满足第二阶段的需求,故第二阶段的订货量为 0,此时第二阶段的收益为:

$$(\pi_{R,2.1} | Q_1) = (w) + cw = [(1-r)p + rs]w + (1-r)(p-s) \left[\int_0^w yf(y) dy - wF(w) \right].$$

当 $0 < w < Q_{2s}^*$,则第二阶段还要进行补充订货 $Q_{2s}^* - w$,使其总量达到 Q_{2s}^* ,此时收益为:

$$(\pi_{R,2.2} | Q_1) = (Q_{2s}^*) + cw = cw + (1-r)(p-s) \int_0^{Q_{2s}^*} yf(y) dy.$$

当 $w = 0$,则第二阶段订货量为 Q_{2s}^* ,故零售商收益

$$(\pi_{R,2.3} | Q_1) = (Q_{2s}^*) = (1-r)(p-s) \int_0^{Q_{2s}^*} yf(y) dy.$$

2.3 供应链总收益分析及求解

2.3.1 Q_1 的求解

通过以上分析,由 w 的定义,给定 Q_1^* 即可得出 x 的表达式,于是,条件(4.1)可以变为 $0 \leq x \leq v$,条件(4.2)即 $v < x \leq Q_1$,条件(4.3)即 $Q_1 \leq x$,因此,零售商的总收益函数可表示为:

$$\begin{aligned} (\pi_R | Q_1) &= (\pi_{R,1} | Q_1) + (\pi_{R,2} | Q_1) \\ &= [(1-r)p + rs] \left[\int_0^{Q_1} xf(x) dx + Q_1(1 - F(Q_1)) \right] - cQ_1 + \\ &\quad \int_0^v (\pi_{R,2.1} | Q_1) f(x) dx + \int_v^{Q_1} (\pi_{R,2.2} | Q_1) f(x) dx + \int_{Q_1}^+ (\pi_{R,2.3} | Q_1) f(x) dx. \end{aligned} \quad (5)$$

式(5)的求极值问题,容易想到通过对 Q_1 求偏导来解决,但实际上这种方法解决起来相对麻烦,同时,求解 Q_1 的解析解几乎难以完成.可以看出,式(5)是关于 Q_1 的一元函数,而 $(\pi_{R,2.1} | Q_1)$, $(\pi_{R,2.2} | Q_1)$, $(\pi_{R,2.3} | Q_1)$ 均是 Q_1 的积分函数,给定 Q_1 ,式(5)相对容易求得,故考虑采用数值方法来得到数值解,从而可分析问题的实质含义,实际上数值方法是经常被用来做辅助决策分析的^[6].

2.3.2 Q_2 的求解

给定 Q_1^* ,由式(4)可得:

$$E(Q_2) = \int_v^{Q_1^*} (Q_{2s}^* - w) f(x) dx + \int_{Q_1^*}^+ Q_{2s}^* f(x) dx. \quad (6)$$

同时,将 Q_1^* 代入(5)得到零售商的期望总收益.

当 Q_1 、 Q_2 求出后,即可得出供应商的期望收益:

$$({}^2_M | Q_1, Q_2) = (c - c_M)(Q_1 + Q_2).$$

此时,供应链总体收益为:

$$({}^2_T | Q_1, Q_2) = ({}^2_M | Q_1, Q_2) + ({}^2_R | Q_1). \quad (7)$$

3 一次订货下模型的建立和求解

本节分别讨论在一次订货情况下,供应商和零售商不合作和进行完全合作时,供应链的总体收益.

3.1 不合作情况下供应链收益分析

由1中假设,销售季季末没有售完的以及顾客的返回品均进行降价销售,以变量 u 表示整个销售季的需求,可得零售商的期望收益为:

$${}^1_R(Q) = \int_0^Q [(1-r)pu + s(Q - (1-r)u)]f(u)du + \int_Q^{\infty} [(1-r)pQ + srQ]f(u)du - cQ, \quad (8)$$

此时,供应商的收益为:

$$({}^1_M | Q) = (c - c_M)Q.$$

故在一次订货情况下,当两者不合作时,整个供应链的总收益为:

$${}^1_T(Q) = {}^1_R(Q) + ({}^1_M | Q). \quad (9)$$

3.2 合作情况下供应链收益分析

现假设供应商和零售商的信息完全共享,令 Q 表示此时的订货量,则两者的总收益为:

$${}^1_T(Q) = \int_0^Q [(1-r)pu + s(Q - (1-r)u)]f(u)du + \int_Q^{\infty} [(1-r)pQ + srQ]f(u)du - c_MQ. \quad (10)$$

定理 一次订货情况下,完全合作时总收益大于不合作时供应链总收益.

证明 由(9)式,对其求极值,由 $\partial {}^1_R / \partial Q = 0$ 得:

$$F(Q) = \frac{(1-r)p + rs - c}{(1-r)p + rs - s};$$

同理,由式(10)可得:

$$F(Q) = \frac{(1-r)p + rs - c_M}{(1-r)p + rs - s},$$

由假设 $c > c_M$, 故可得 $F(Q) > F(Q)$, 因此 $Q > Q$.

令函数 $g(Q) = {}^1_T(Q)$, 对 Q 求偏导,得:

$$\partial g / \partial Q = (1-r)p + rs - c - (1-r)(p-s)F(Q),$$

由假设 $p > c > c_M > s$, 故函数 $g(Q)$ 是关于 Q 的单调增函数,因此 ${}^1_T(Q) > {}^1_T(Q)$, 即证.

4 数值算例

通过以上分析,本节给出数值算例,采用数值分析的方法,分析不同参数情况下一次订货和二次订货的期望订货以及期望收益.

1) 首先分析不同参数下,零售商采用一次和二次订货策略时的期望收益和期望订货.设零售商面对的市场需求为服从 $\mu = 100$, $\sigma = 9$ 的正态分布,其订购价格 $c = 5$, 卖价 $p = 10$, 阶段一和阶段二的需求分别为 $\mu_1 = \mu_2 = \frac{\mu}{2}$, $\sigma_1 = \sigma_2 = \frac{\sigma}{\sqrt{2}}$, 另外,供应商的生产成本为 $c_M = 4$. 表1给出了商品的返回率 $r = 0.1, 0.2, s = 2, 3, 4$ 情况下的零售商的各个阶段的订货量,以及供应链中期望收益.

在以上的数值算例中,我们规定了 $\mu_1, \mu_2, \sigma_1, \sigma_2$ 的值,实际上,如果零售商的二次订货时间不受制约的话,换句话说,如果零售商可以任意划分需求的两个阶段,其收益也会带来不同的变化,表2给出了在 $r = 0.2, s = 2$ 的情况下,当 μ_1 取不同的值时,零售商的订货量以及期望总收益:由表1和表2可以得出如下结论:

1) 二次订货情况下,零售商的期望收益明显大于仅有一次订货机会时的期望收益,而订货量小于仅有一次订货机会时的平均订货量;相反,由于在二次订货情况下零售商的订货量偏少,供应商的期望收益相比一次订货时有所下降,但是供应链总收益明显增加。

2) 随着 r 的增加,当 s 保持不变时,无论是二次订货还是一次订货,零售商的期望收益明显减少,订货量也有下降趋势;供应商的期望收益与整个供应链的总收益均随之减少。

3) 随着 s 的增加,当 r 保持不变时,无论是二次订货还是一次订货,零售商的期望收益明显增加,订货量也有上升趋势;供应商的期望收益与整个供应链的总收益均随之增加。

4) 当总需求不变,第一阶段的需求增加时,零售商的总收益增加,第一阶段的订货量增加,第二阶段的订货量呈下降趋势,但总的订货量成不规则变化。当 $\mu_1 = 0.8\mu$ 时,零售商可以获得最大收益 327.95,且订货量为 101.1;此时供应商的收益并未达到最大,而供应链的总收益达到最大。

表 1 不同参数下零售商的订货量以及供应链期望收益

		一次订货(不合作时)				二次订货					
r	s	Q_1	$\frac{1}{R}$	$\frac{1}{M}$	$\frac{1}{R} + \frac{1}{M}$	Q_1	Q_2	$Q_1 + Q_2$	$\frac{2}{R}$	$\frac{2}{M}$	$\frac{2}{R} + \frac{2}{M}$
0.1	2	101.9	394.71	101.89	496.60	77.6	23.7	101.3	402.12	101.32	503.44
0.1	3	104.2	409.79	104.24	514.03	78.0	25.0	103.0	415.71	103.01	518.72
0.1	4	108.0	427.02	108.00	535.02	81.6	25.1	106.7	429.82	106.72	536.54
0.2	2	100.7	317.09	100.70	417.79	78.5	21.9	100.4	323.80	100.44	424.24
0.2	3	103.3	341.19	103.29	444.48	78.6	23.7	102.3	346.70	102.33	449.03
0.2	4	107.3	367.61	107.30	474.91	79.3	25.8	105.1	371.23	105.11	476.34

表 2 不同的阶段划分下零售商订货量和供应链中期望收益

	$\mu_1 = 0.3\mu$	$\mu_1 = 0.4\mu$	$\mu_1 = 0.5\mu$	$\mu_1 = 0.6\mu$	$\mu_1 = 0.7\mu$	$\mu_1 = 0.8\mu$	$\mu_1 = 0.9\mu$
Q_1	64.3	72.5	78.5	82.4	87.8	92.4	97.2
Q_2	36.6	28.5	21.9	18.4	13.5	8.7	6.2
$Q_1 + Q_2$	100.9	101.0	100.4	100.8	101.3	101.1	103.4
$\frac{2}{R}$	315.83	322.25	323.80	325.50	327.21	327.95	325.16
$\frac{2}{M}$	80.72	80.8	80.32	80.64	81.04	80.88	82.72
$\frac{2}{R} + \frac{2}{M}$	396.55	403.05	404.12	406.14	408.25	408.83	407.88

2) 分析当供应商的生产成本 c_M 分别为 2.5, 3, 3.5, 4 时整个供应链的收益,取 $r = 0.2, s = 2$,其他参数同 1),表 3 给出了在不同的生产成本下供应链的总收益,可见:

在一次订货情况下,供应链完全合作时的收益总大于不合作时的收益;

在二次订货情况下,无论生产成本多大,供应链收益总大于一次订货情况下不合作时的收益;

当生产成本较高时,采用二次订货策略时,供应链的期望收益可以超过一次订货策略下的完全合作时的总收益。

表 3 一次订货和二次订货策略下供应链总收益

c_M	2.5	3	3.5	4
一次订货且不合作	568.84	518.49	468.14	417.79
一次订货完全合作	581.59	526.2	472.33	419.61
二次订货	580.7	530.15	479.6	424.24

5 结论

在单周期产品供应链管理(包括正向和逆向)的研究中,常常借助于经典的报童模型,限制了订货机会只有一次,然而在实际生活中,多次订货情况并不少见.本文研究了在逆向供应链中,当零售商对剩余品和回收品采用降价处理策略时,分别采用一次和二次订货策略时供应链的总收益,以及不同参数下零售商采用二次订货策略时的期望收益和期望订货,并分析了供应商和整个供应链的收益.数值算例表明二次订货明显提高了零售商和整个供应链的收益,同时零售商的订货数量同一次订货机会时相比趋于减少,并且,当供应商的生产成本较大时,采用二次订货可以使供应链总收益大于一次订货完全合作时的总收益.因此,在完全竞争市场,零售商通过二次订货可以不采用合作策略而获得较大收益;相反,在垄断市场下供应商可以将提供二次订货机会作为供应链协调的方法,以此提高供应链的总收益,这样的协作可能比完全信息共享在实际运用中更容易操作.

本文的进一步研究可以从以下几个方面进行:(1)对回收品进行多手段处理时,特别是当回收品进行再加工时,联合二次生产进行研究;(2)价格对市场的需求弹性,对零售商的零售价格的灵敏度分析显得更具实际意义,这些将在后续文章中进行研究.本文的研究不仅丰富了库存论的内容,同时,对逆向供应链协作提供了有益的指导.

参考文献:

- [1] V. Daniel R. Guider Jr, Luk N Van Wassenhove. The reverse supply chain [J]. Harvard Business Review, 2002, 80(2): 25 - 26.
- [2] 夏绪辉, 刘飞, 曹华军, 高全杰. 逆向供应链及其管理系统研究[J]. 现代集成技术. 2003(4): 87 - 90.
Xia Xuhui, Liu Fei, Cao Huajun, Gao Quanjie. Research on the reverse supply chain and management system [J]. Manufacture Information Engineering of China. 2003(4): 87 - 90.
- [3] Dimitrios Vlachos, Rommert Dekker. Return handling options and order quantities for single period products [J]. European Journal of Operational Research, 2003, 151: 38 - 52.
- [4] Amy Hing-Ling Lau, Hor-Shiang Lau. Decision models for single-period products with two ordering opportunities [J]. International Journal of Production Economics, 1998, 55: 57 - 70.
- [5] Hor-shiang Lau, Amy Hing-Ling Lau. Reordering strategies for a newsboy-type product [J]. European Journal of Operational Research 1997, 103: 557 - 572.
- [6] 姚忠. 退货策略在单周期产品供应链中的作用[J]. 系统工程理论与实践, 2003, 23(6): 69 - 73.
Yao Zhong. The role of the returns policies in the supply chain of the single-period products [J]. System Engineering Theory and Practice. 2003, 23(6): 69 - 73.