

文章编号: 1003-207(2010)05-0076-06

受资源限制且带有缺货惩罚的 季节性产品供应链协调

陈菊红¹, 郭福利¹, 史成东²

(1. 西安理工大学经济与管理学院, 陕西 西安 710054;

2. 山东理工大学电气与电子工程学院, 山东 淄博 255049)

摘要:季节性产品供应链中, 制造商受到资源限制时边际成本随产量递增, 市场缺货时销售商面临缺货惩罚。以单个制造商和单个销售商组成的供应链为研究对象, 首先分析了非合作状态下制造商和销售商最优决策行为, 制造商根据销售商的订购量确定批发价格, 并给出了集中控制下整个供应链系统的最优产量。接着建立了基于退货策略的协调模型, 对合作状态下参与双方的决策行为进行了分析。结果表明, 在退货策略激励下, 销售商接受使供应链整体利润最优的产量决策, 但在一定取值范围内制造商提供的批发价格和折价系数之间需满足正向变化的约束。此时, 合作双方达到了“双赢”, 从而有效地协调了供应链。最后, 进行了数值分析, 验证了结果的有效性。

关键词:供应链; 协调; 季节性产品; 资源限制; 缺货; 退货策略

中图分类号: F274

文献标识码: A

1 引言

季节性产品需求的波动周期是不同的, 既可以是一年中的不同季节, 也可以是一天中的不同时段。产品的剧烈需求波动决定了季节性产品的供给能力只能在高峰需求和低谷需求之间寻求一个最优的生产能力。一般而言, 这种最优生产能力既不能满足高峰时期的需求量, 但是又大于低谷时期的需求量。季节性产品的需求波动直接影响了生产产品的固定成本, 进而影响到产品的平均生产成本。因为虽然在低谷时期, 企业大部分生产能力闲置, 但是企业却要依据最大负荷进行生产能力投资; 增加生产能力能够满足市场的高峰时期的需求, 但是同时也增加了固定投资。制造商常常会受到现实资源的限制, 比如: 仓库容量有限、投资资金约束等, 因此本文将考虑资源限制, 希望能让决策者容易地依自己所面临的限制做出适当的决策。除此之外, 在现实中, 市场需求并不一定都能够被满足, 一旦需求不能被满足就会产生缺货, 缺货的情况发生就会衍生出缺货

成本, 为使所提出模型的实用性更高, 本文也将考虑缺货成本。

本文所欲研究季节性产品供应链协调问题, 同时考虑制造商受现实资源限制而引起的单位产品的生产成本递增, 以及市场缺货时销售商面临缺货惩罚。与本文所欲研究问题较为相关的文献有: Kamath 等(2007)^[1]从系统动力学模型和反馈环出发对短生命周期产品供应链的能力提升进行了研究; Peng(2004)^[2]建立了季节性需求产品的库存模型, 给出了最优价格及订购批量的方法; Hillm(1996)^[3]研究了需求符合产品的生命周期的库存问题, 并用逆向递归法给出求解最优解的算法; Chen 等(2007)^[4]在有限时域上建立了需求符合生命周期的变质性产品库存模型。而 Chen 等(2007)^[5]考虑允许缺货情形下, 研究了类似的库存模型。Panda 等(2008)^[6]从零售商的角度出发, 研究了需求随时间变化、易变质的季节性产品库存模型, 并提出了一种近似求解算法。余玉刚等(2005)^[7]研究了允许缺货情况下易变质品的供应商管理库存问题, 讨论了单位缺货成本对库存决策的影响。莫降涛等(2009)^[8]研究了季节性需求产品的预定销售问题, 其中需求受价格影响并随时间季节性变化, 允许取消预订且取消预订费随时间变化。张锦特等(2005)^[9]对季节性需求产品同时考虑缺货和受资源

收稿日期: 2009-10-09; 修订日期: 2010-09-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70602017); 西安理工大学青年科学研究计划项目(107-210810)

作者简介: 陈菊红(1964-), 女(汉族), 陕西富平人, 西安理工大学经济与管理学院, 博士生导师, 教授, 研究方向: 虚拟企业、知识管理、物流与供应链管理。

限制的存货管理问题进行了研究。肖玉明等(2007, 2009)^[10,11]从资源投入的视角出发, 利用回购契约对供应商和销售商的边际成本均随产品递增情形下的供应链协调问题进行了研究。此外, 退货策略是有效的供应链协调手段^[12,13]。

目前较少学者对季节性产品供应链受资源限制且允许缺货情形下的协调问题进行研究, 为此, 本文研究受资源限制且允许缺货, 但面临缺货惩罚的季节性产品供应链协调问题, 给出基于退货策略的协调模型。

2 假设和符号说明

为了便于讨论季节性产品供应链的协调问题, 本文做如下假设:

(1) 由一个制造商和一个销售商组成的两阶供应链围绕单一产品运作一个周期。该产品的市场价格 p 不变, 市场需求 D 是一个随机变量, 其分布函数 $F(x)$ ($0 \leq x < +\infty$) 可微, 严格递增, 密度函数为 $f(x)$, 销售商的订购量为 Q , 且为决策变量。

(2) 制造商和销售商非合作时, 构成一个 Stackelberg 博弈, 制造商为主导者, 销售商为跟随者。并假设制造商和销售商均是风险中性和完全理性的, 都根据期望利润最大化原则进行决策, 且两者之间信息时完全共享。

(3) 制造商的成本函数为 $c_m Q + eQ^2$ ($0 < e < 1$)^[14], Q 指制造商的实际生产的数量, 制造商按照销售商的订单生产, 即制造商的生产数量等于销售商的订购量, 并以单一批发价格 w 给销售商提供产品。对销售季节末未卖出的产品, 制造商允许销售商全部退货, 退货价格为 θw ($0 < \theta \leq 1$), θ 是契约中退货政策的折价系数。批发价格 w 和折价系数 θ 由制造商确定, 两者均为决策变量。

(4) 销售商在公开信息的基础上, 决定自己的订购量 Q 并向市场销售产品, 单位产品的销售成本为 c_r (不包含支付给制造商的)。销售商面临一个具有随机性的市场需求, 如果市场的需求量大于销售商的订购量销售 Q , 则发生缺货时, 由销售商单独承担缺货成本, 单位产品的缺货成本为 c_s ($c_s > 0$)。此外假设未销售出产品对制造商和销售商的价值为 0。

(5) Π_{md} , Π_{rd} 分别表示非合作博弈状态下制造商和销售商的收益; Π_x 表示集中控制状态下整个供应链的收益; Π_m , Π_r 分别表示合作博弈

状态下制造商和销售商的收益。

3 非合作博弈决策和系统最优决策

3.1 销售商的决策行为

非合作时, 制造商和销售商双方均以各自利润最大化为决策目标。依据假设, 制造商为主, 销售商为从。显然, 当销售商确定订购量 Q 时, 制造商确定批发价格 w 以最大化自己的利润。因此在完全信息下, 制造商必须考虑销售商对自己决策的反应。Stackelberg 均衡刻画了此类决策问题^[15], 它通过考虑从的反应来选择主的最优决策。

根据以上假设, 在销售季节前, 销售商订购 Q 单位数量商品, 其成本为 wQ , 如果在销售季节, 需求小于或等于订购量 Q , 那么收入为 pD , 则剩余的商品 $Q - D$ 由销售商来处理, 无法退货, 本文不考虑剩余商品的价值; 如果需求 D 超过了订购量 Q , 则收入为 pQ , 并且发生缺货 $D - Q$ 将以单位惩罚成本 c_s 计算, 缺货成本由销售商承担。销售商的利润为

$$\Pi_{rd} = \begin{cases} pD - c_r Q - wQ, & D \leq Q \\ pQ - c_r Q - wQ - c_s(D - Q), & D > Q \end{cases} \quad (1)$$

销售商的期望利润为

$$\begin{aligned} E \Pi_{rd} &= \int_0^Q (p x - c_r Q - wQ) f(x) dx \\ &+ \int_Q^\infty (p Q - c_r Q - wQ - c_s(x - Q)) f(x) dx \\ &= \int_0^Q p x f(x) dx + \int_Q^\infty p Q f(x) dx \\ &- \int_Q^\infty c_s x f(x) dx + \int_Q^\infty c_s Q f(x) dx - c_r Q - wQ \end{aligned} \quad (2)$$

销售商的期望利润函数由式(2)给出, 关于订购量 Q 的偏导数可得

$$\frac{\partial E \Pi_{rd}}{\partial Q} = p + c_s - c_r - w - pF(Q) - c_s F(Q) \quad (3)$$

$$\frac{\partial^2 E \Pi_{rd}}{\partial Q^2} = -pf(Q) - c_s f(Q) < 0 \quad (4)$$

$E \Pi_{rd}$ 关于订购量 Q 为凹函数, 因此对于给定的批发价格 w 由一阶条件可得唯一的最优点, 令式(3)等于 0, 可得销售商的最优订购量 Q_d^* 满足

$$F(Q_d^*) = \frac{p + c_s - c_r - w}{p + c_s} \quad (5)$$

$F(x)$ 严格单调递增, 当商品的市场销售价格 p 、销售成本 c_r 和缺货成本 c_s 已知时, 在该商品的市场需求分布规律内, 制造商降低批发价格, 销售商会提高订购量, 销售商的最优订购量只受制造商提供批发价格的影响。

3.2 制造商的决策行为

非合作博弈时, 根据假设制造商处于主导地位, 其依据销售商订购量 Q 确定批发价格 w 。制造商的期望利润函数为

$$E \prod_{md} = wQ - c_m Q - eQ^2 \quad (6)$$

将 $Q_d^* = F^{-1}(\frac{p + c_s - c_r - w}{p + c_s})$ 代入式(6)可得

$$E \prod_{md} = wF^{-1}(\frac{p + c_s - c_r - w}{p + c_s}) - c_m F^{-1}(\frac{p + c_s - c_r - w}{p + c_s}) - e[F^{-1}(\frac{p + c_s - c_r - w}{p + c_s})]^2 \quad (7)$$

由一阶条件 $dE \prod_{md}/dw = 0$ 得到, 当销售商确定最优订购量 Q_d^* 时制造商提供的批发价格 w_d^* 满足:

$$\begin{aligned} \frac{dE \prod_{md}}{dw} &= F^{-1}(\frac{p + c_s - c_r - w_d^*}{p + c_s}) \\ &- \frac{w_d^*}{p + c_s} \frac{dF^{-1}(\frac{p + c_s - c_r - w_d^*}{p + c_s})}{dw} \\ &+ \frac{c_m}{p + c_s} \frac{dF^{-1}(\frac{p + c_s - c_r - w_d^*}{p + c_s})}{dw} \\ &+ \frac{2e}{p + c_s} F^{-1}(\frac{p + c_s - c_r - w_d^*}{p + c_s}) \\ &\cdot \frac{dF^{-1}(\frac{p + c_s - c_r - w_d^*}{p + c_s})}{dw} = 0 \end{aligned} \quad (8)$$

令 $\frac{dF^{-1}(\frac{p + c_s - c_r - w_d^*}{p + c_s})}{dw} = u$, 式(8)可简化为

$$\begin{aligned} F^{-1}(\frac{p + c_s - c_r - w_d^*}{p + c_s}) - \frac{w_d^*}{p + c_s} u + \frac{c_m}{p + c_s} u \\ + \frac{2e}{p + c_s} F^{-1}(\frac{p + c_s - c_r - w_d^*}{p + c_s}) u = 0 \end{aligned} \quad (9)$$

当随机需求的分布函数 $F(x)$ 所服从的分布已知时, 可求出批发价格 w_d^* 的表达式。将 w_d^* 代入式(5)可得

$$Q_d^* = F^{-1}(\frac{p + c_s - c_r - w_d^*}{p + c_s})$$

(w_d^*, Q_d^*) 即为 Stackelberg 均衡解, 亦为非合作状态下的最优解。

3.3 系统最优决策

在集中控制下, 制造商与销售商被看作是一个实体的两个部分, 在完全信息的状况下, 统一做出决策, 以达到供应链整体利润最大化, 该产品决策是整个供应链系统最优的。集中控制下供应链整体的利润函数为

$$\prod_{sc} = \begin{cases} pD - c_r Q - c_m Q - eQ^2, & D \leq Q \\ pQ - c_r Q - c_s(D - Q) - c_m Q - eQ^2, & D > Q \end{cases} \quad (10)$$

供应链整体期望利润为

$$E \prod_{sc} = \int_0^Q (px - c_r Q - c_m Q - eQ^2) f(x) dx + \int_Q^\infty (pQ - c_r Q - c_s(x - Q) - c_m Q - eQ^2) f(x) dx \quad (11)$$

同理可得, 集中控制下整个供应链系统最优生产量 Q_{sc}^* 满足

$$pF(Q_{sc}^*) + c_s F(Q_{sc}^*) = p + c_s - c_r - c_m - 2eQ_{sc}^* \quad (12)$$

集中控制下整个供应链系统的决策产品增加, 即 $Q_{sc}^* > Q_d^*$ 。非合作状态下 $wQ > c_m Q + eQ^2$, 即制造商的销售收入要大于其制造成本, 可得 $w_d^* > c_m + 2eQ_{sc}^*$, 依据 $F(x)$ 为严格单调递增函数, 由式(5)和(12)可知, $Q_{sc}^* > Q_d^*$ 。

集中控制下整个供应链系统的利润大于非合作状态下制造商和销售商利润之和, 即 $E \prod_{sc} > E \prod_{md} + E \prod_{rd}$ 。因为集中控制下以供应链整体利润最大化为决策目标, 由 $Q_{sc}^* > Q_d^*$, 代入式(11)可得 $E \prod_{sc} > E \prod_{md} + E \prod_{rd}$ 。整个供应链系统在集中控制下达到帕累托最优, 因此非合作状态下的制造商和销售的利润均有提升空间。

4 退货策略激励下的决策分析

在信息充分共享的前提下, 制造商和销售商充分合作, 以系统利润最大化为目标。为实现这一目标, 必须设计合理的利润分配方案, 以满足供应链不同利益主体自身利润最大化的要求。此时, 制造商通过向销售商提供退货策略, 允许销售商可在销售季节末退货, 促使制造商多订货, 销售商在激励下的

期望利润不小于其在非合作状态下的利润; 同时, 制造商实施激励后, 其自身的期望利润也不应小于在非合作状态下的利润。此时, 达到了“双赢”的目的。

在销售季节末, 制造商允许销售商以 θw 执行退货, 则销售商的利润函数为

$$\Pi_{rc} = \begin{cases} pD - c_r Q - wQ + (Q - D)\theta w, & D \leq Q \\ pQ - c_r Q - wQ - c_s(D - Q), & D > Q \end{cases} \quad (13)$$

销售商的期望利润函数为

$$E \Pi_{rc} = \int_0^Q (px + (Q - x)\theta w) f(x) dx + \int_Q^\infty (pQ - c_s(x - Q)) f(x) dx - c_r Q - wQ \quad (14)$$

同理可得出, 在退货策略激励下, 销售商的最优订购量 Q_c^* 满足

$$F(Q_c^*) = \frac{p + c_s - c_r - w}{p + c_s - \theta w} \quad (15)$$

由式(15)可知, 在退货策略下, 销售商的最优订购量受制造商提供的批发价格 w 和退货价格 θw 的影响。在退货策略激励下, 销售商的订购量增加, 即 $Q_c^* > Q_d^*$ 。证明, 允许退货时 ($0 < \theta \leq 1$), $F(x)$ 是严格单调递增函数, 比较式(15)和式(5)易知 $Q_c^* > Q_d^*$ 。供应链协调时销售商的最优订购等于集中控制下整个供应链系统的最优生产量, 即

$$Q_c^* = Q_{sc}^* \quad (16)$$

由式(16)、(15)、(12)可得

$$w - \theta w F(Q_{sc}^*) = c_m + 2eQ_{sc}^* \quad (17)$$

由式(17)可知, 在供应链协调时的订购量 Q_{sc}^* 确定后, 制造商为了协调供应链, 其确定的契约参数 α, w 应满足式(17)。同时, 由式(17)可知, 批发价格 w 与折价系数 θ 是正向变化的关系。

制造商在设法协调供应链的同时也需要考虑其自身的收益, 如何设置契约参数以使其自身的利润最大化。退货策略下, 制造商的最优期望收益函数为

$$\begin{aligned} \text{Max } E \Pi_{mc} &= wQ_{sc}^* - c_m Q_{sc}^* - eQ_{sc}^{*2} \\ &- \int_0^{Q_{sc}^*} \theta w F(x) dx \\ \text{s. t. } &w - \theta w F(Q_{sc}^*) = c_m + 2eQ_{sc}^* \\ &0 < \theta \leq 1 \end{aligned} \quad (18)$$

上式可转化为

$$\begin{aligned} \text{Max } E \Pi_{mc} &= wQ_{sc}^* - c_m Q_{sc}^* - eQ_{sc}^{*2} \\ &- \frac{w - c_m - 2eQ_{sc}^*}{F(Q_{sc}^*)} \int_0^{Q_{sc}^*} F(x) dx \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= w \left[Q_{sc}^* - \frac{\int_0^{Q_{sc}^*} F(x) dx}{F(Q_{sc}^*)} \right] - c_m Q_{sc}^* - eQ_{sc}^{*2} \\ &+ \frac{c_m + 2eQ_{sc}^*}{F(Q_{sc}^*)} \int_0^{Q_{sc}^*} F(x) dx \end{aligned} \quad (19)$$

$$\text{s. t. } 0 < \theta \leq 1$$

显然 $Q_{sc}^* > \frac{\int_0^{Q_{sc}^*} F(x) dx}{F(Q_{sc}^*)}$ 。因此当批发价格 w 增大时, 制造商的期望利润越大, 但 w 和 θ 的关系还应满足式 $w = \frac{c_m + 2eQ_{sc}^*}{1 - \theta F(Q_{sc}^*)}$ 。

在个性理性的约束下, 供应链参与方首先考虑自己的收益, 只有在满足自身利益的前提下才会考虑整个供应链系统的利润最大化, 制造商实施退货策略激励应满足 $E \Pi_{rc}(Q_{sc}^*, w, \theta) \geq E \Pi_{rd}(w_d^*, Q_d^*)$, $E \Pi_{mc}(Q_{sc}^*, w, \theta) \geq E \Pi_{md}(w_d^*, Q_d^*)$ 同时成立, 合作双方在此激励下达到了“双赢”。销售商受到激励接受合作契约后, 其自身获得的利润不小于非合作状态下的利润; 制造商在实施激励以后, 自身利润不小于非合作状态下的利润。从系统全局最优来看, 实施激励后系统的总利润等于集中控制下系统的总利润, 此时, 整个供应链系统达到了帕累托最优。

5 数值分析

通过数值分析说明本文方法的应用。某季节性产品的单位市场价格 $p = 30$, 市场需求 D 服从 $[200, 600]$ 上的均匀分布, 制造商的成本函数为 $8Q + 0.002Q^2$, 销售商的单位产品销售成本 $c_r = 2$, 单位缺货成本 $c_s = 1$ 。由式(8)和式(5)可知非合作状态下, 制造商的最优批发价格 $w_d^* = 23$, 销售商的最优订购量 $Q_d^* = 275$ 。此时, 销售商的期望利润 $E \Pi_{rd}(w_d^*, Q_d^*) = 2532$, 制造商的期望利润 $E \Pi_{md}(w_d^*, Q_d^*) = 3974$ 。集中控制下, 由式(12)可知整个供应链系统的最优生产量 $Q_{sc}^* = 448$, 整个供应链系统的最优期望利润 $E \Pi_{sc}(Q_{sc}^*) = 7723$ 。易知 $E \Pi_{rc}(Q_{sc}^*) > E \Pi_{rd}(w_d^*, Q_d^*) + E \Pi_{md}(w_d^*, Q_d^*)$ 。制造商和销售商合作状态下, 销售商的最优订购量 $Q_c^* = Q_{sc}^* = 448$, 制造商提供的批发价格 w 与折价系数 θ 满足 $w = \frac{9.792}{1 - 0.62\theta}$, 同时

$$\begin{cases} E \prod_{rc} (Q_{sc}^*, \frac{9.792}{1-0.62\theta}, \theta) \geq E \prod_{rd} (w_d^*, Q_d^*) = 2523 \\ E \prod_{mc} (Q_{sc}^*, \frac{9.792}{1-0.62\theta}, \theta) \geq E \prod_{md} (w_d^*, Q_d^*) = 3974 \\ E \prod_{rc} (Q_{sc}^*, \frac{9.792}{1-0.62\theta}, \theta) + E \prod_{mc} (Q_{sc}^*, \frac{9.792}{1-0.62\theta}, \theta) = E \prod_{sc} (Q_{sc}^*) \end{cases}$$

可得 $0.77 \leq \theta \leq 0.88$, 则 $18.7 \leq w \leq 21.5$, 在取值范围内取不同值时, 制造商和销售商的期望利润变化如表 1 所示。

表 1 退货策略激励下允许取值范围内制造商和销售商的期望利润值

| θ | 0.77 | 0.78 | 0.79 | 0.80 | 0.81 | 0.82 | 0.83 | 0.84 | 0.85 | 0.86 | 0.87 | 0.88 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 批发价格 $w = \frac{9.792}{1-0.62\theta}$ | 18.7 | 19 | 19.2 | 19.4 | 19.7 | 19.9 | 20.2 | 20.4 | 20.7 | 21 | 21.3 | 21.5 |
| 制造商 $E \prod_{mc} (Q_{sc}^*, w, \theta)$ | 4005 | 4128 | 4208 | 4289 | 4411 | 4491 | 4614 | 4693 | 4815 | 4937 | 5059 | 5138 |
| 销售商 $E \prod_{rc} (Q_{sc}^*, w, \theta)$ | 3718 | 3595 | 3515 | 3434 | 3312 | 3232 | 3109 | 3030 | 2908 | 2786 | 2664 | 2585 |

退货策略下, 契约参数 θ 和 w 在上述取值范围内, 并且契约参数 θ 和 w 是正向变化关系, 制造商和销售商都会接受该契约, 从表 1 可以看出, 制造商通过制定较高的批发价格(需在契约可被双方接受范围之内), 但其同时要向销售商提供相应的折价系数, 以期获取更多的利润。制造商的期望利润 $E \prod_{mc} (Q_{sc}^*, w, \theta)$ 随着契约参数 w 和 θ 的增大而增大, 销售商的期望利润 $E \prod_{rc} (Q_{sc}^*, w, \theta)$ 随着契约参数 w 和 θ 的增大而减少, 但均大于其非合作状态下最优期望利润。契约参数 w 和 θ 的大小反映了供应链成员的谈判能力。由于退货策略中的契约参数 w 和 θ 在保证供应链渠道协调的基础上, 可以实现对系统利润的任意分配, 这就为制造商或销售商处于不同地位时获取相关利润提供了柔性。

在制造商的退货策略激励下, 销售商接受整个系统最优产量决策, 系统总利润达到了最优。此时, 制造商和销售商的利润相对于非合作状态下的利润均得到提高, 实现了“双赢”的结果, 同时, 系统达到了帕累托最优。以上分析证明了合作模型的有效性。

6 结语

本文从季节性产品的特性出发, 综合考虑制造商受到资源限制, 以及市场缺货时销售商面临缺货惩罚, 以由一个制造商和一个销售商组成的两阶供应链为对象, 建立了基于退货策略的协调模型。在

退货策略激励下, 销售商的订购量等于整个供应链系统的最优生产量, 但制造商提供的契约参数 θ 和 w 需满足式(17), 并且得出契约参数 θ 和 w 是正向变化的关系, 在契约参数允许的取值范围之内, 批发价格 w 增大, 制造商的期望利润随之增大, 但制造商和销售商的期望利润均实现了帕累托改进, 并且实施激励后的总利润等于集中控制下系统的总利润, 此时, 整个供应链系统达到了帕累托最优。

另外, 本文的研究假设制造商和销售商均是风险中性的, 以及两者之间信息时完全公开的, 无论考虑供应链成员的决策偏好, 还是成员之间的信息不对称均会使此研究问题更复杂, 可以作为进一步的研究方向。

参考文献:

- [1] Kamath, N. B., Roy, R.. Capacity augmentation of a supply chain for a short lifecycle product: A system dynamics framework[J]. European Journal of Operational Research, 2007, 179: 334- 351.
- [2] Peng, S. Y.. Optimal replenishment policy for product with season pattern demand [J]. Operations Research Letters, 2004, 33: 90- 96.
- [3] Hillm, R. . Batching polices for a product life cycle[J]. International Journal of Productions Economics, 1996, 45: 421- 427.
- [4] Chen, C. K., Hung, T. W., Weng, T. C. . Optimal replenishment polices with allowable shortages for a

- product life cycle[J]. Computers and Mathematics with Applications, 2007, 53:1582–1594.
- [5] Chen, C. K., Hung, T. W., Weng, T. C.. A net present value approach in developing optimal replenishment policies for a product life cycle [J]. Applied Mathematics and Computation, 2007, 184:360–373.
- [6] Panda, S., Senapati, S., Basu, M.. Optimal replenishment policy for perishable seasonal products in a season with ramp type time dependent demand [J]. Computers and Industrial Engineering, 2008, 54: 301–314.
- [7] 余玉刚, 熊燕, 董雨, Huang, G. Q.. 在允许缺货情况下的易变质产品供应商管理库存[J]. 运筹与管理, 2005, 14(2): 31–36.
- [8] 莫降涛, 潘红娟, 米方方, 周方明. 季节性需求产品的预订销售模型[J]. 运筹与管理, 2009, 18(3): 64–68.
- [9] 张锦特, 赖玟玲. 季节性需求下受资源限制及缺货之存货模型[J]. 管理科学学报, 2005, 8(3): 72–80.
- [10] 肖玉明, 汪贤裕. 基于资源投入的供应链协调研究[J]. 预测, 2007, 4: 54–58.
- [11] 肖玉明, 汪贤裕. 边际成本递增情况下供应链的协调研究[J]. 系统工程学报, 2009, 24(1): 94–98.
- [12] Lau, H.S., Lau, A. H. L.. Manufacturer's pricing strategy and return policy for a single period commodity [J]. European Journal of Operational Research, 1999, 116(2): 291–304.
- [13] Mukhopadhyay, S. K., Setoputro, R.. Optimal return policy and modular design for build to order products [J]. Journal of Operational Management, 2005, 23(5): 496–506.
- [14] Webster, S., Weng, Z. K.. Ordering and pricing policies in a manufacturing and distribution supply chain for fashion products [J]. International Journal of Production Economics, 2008, 114: 476–486.
- [15] Myerson, R. B.. Game Theory Analysis of Conflict [M]. Cambridge: Harvard University Press, 1991.

Seasonal Product Supply Chain Coordination with Resource Constraints and Lost Sale Penalty Cost

CHEN Ju hong¹, GUO Fu li¹, SHI Cheng dong²

(1. School of Economics and Management, Xi'an University of Technology, Xi'an 710054, China;

2. School of Electric and Electronic Engineering, Shandong University of Technology, Zibo 255049, China)

Abstract: In seasonal product supply chain, the manufacturer's marginal cost increases with outputs with resources constraints, and the retailer would be charge with lost sale cost when shortages happen. In this paper, a two-stage supply chain consisted of single manufacturer and single retailer is chosen as the research object. Firstly both manufacturer's and retailer's optimal decision behaviors are analyzed under non-cooperative state. The manufacturer will determine the wholesale price according to order quantity. Then, the optimal decision behavior of the centralized supply chain is given. Secondly, a coordination model based on the return policy is established and the decision-making behaviors of both parties are analyzed under cooperative state. The results show that in the incentives of returning strategic, the retailer accepts the optimal production decision-making on the whole, but the relationship between the manufacturer's wholesale price and discount factor need to satisfy positive-change constraints within a certain range. At this point, the partners reached "win-win" and thus the effective coordination of the supply chain can be obtained. Finally, we carry out numerical analysis to verify the validity of the results.

Key words: supply chain; coordination; season product; resource constraint; shortages; return policy