文章编号: 1001-0920(2006)04-0391-05

生产商竞争的供应链系统退货决策分析

徐经意, 杨德礼
(大连理工大学 系统工程研究所, 辽宁 大连 116024)

摘　要: 分析了生产商竞争的供应链系统决策主体的主从性, 并基于报童模型和信息揭示原理, 建立生产商竞争的供应链系统退货决策模型. 通过对模型及其数值仿真分析, 指出最优订购量只受信息隐蔽因素的影响, 而与竞争因素无关, 但生产商的竞争影响退货补偿率并明显提高销售商的价格决策地位.

关键词: 供应链契约设计; 退货决策; 信息不对称; 生产商竞争
中图分类号: C934; TP29　　**文献标识码**: A

Decision Analysis on Return-policy of Supply Chain System under Manufacturer Competition

XU Jing-yi, YANG De-li
(Institute of Systems Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China. Correspondent: XU Jing-yi, E-mail: xukingyee@hotmail.com)

Abstract: The decision-maker leader-follower relationship of supply chain system with return policy under manufacturer competition is analyzed. The decision model of the system with return policy is established on basis of newsvendor model and information revelation principle. The analysis of the model and its numerical simulation indicate that the optimal quantity of the system is only impacted by information concealment, not related to manufacturer's competition. However, the competition of manufacturers has impact on return credit and remarkably improves the dominant status of retailer's price decision.

Key words: Supply chain contract design; Return policy; Information asymmetry; Competition of manufacturers

1 引　　言

在分权式供应链中, 决策主体的分离和利润的双向边际化导致系统效率的降低, 退货政策是改善此类供应链系统效率常用的策略. 供应链系统的退货决策分析就是研究不同供应链结构中, 市场需求背景和信息状态下决策主体的主从性、最优的订购量、批发价格和退货补偿率等问题.

Pasternack[1]研究了独立的随机市场需求下供应链系统退货决策问题; Cachon[2]分析了受促销影响的随机市场需求下, 结合目标回扣的退货决策和系统的优化问题; Emmons等[3]建立了垄断市场下的退货决策模型, 但指出退货策略改善系统的效率不能实现系统的协调[3]; He等[4]提出了基于回馈和惩罚的退货策略, 解决了系统的协调性; Choi等[5]探讨了电子市场下的退货决策和系统优化问题. 文献[1～5]分析的是完全信息的单一(即单生产商单销售商)供应链结构下的退货决策, Padmanabhan等[6]研究了完全信息的一对多(即销售商竞争)供应链结构下系统全额退货决策; Suo等[7]分析了销售商信息隐蔽的单一供应链系统退货决策.

多对一(即生产商竞争)的供应链系统是电子商务环境下供应链结构中常见的一种类型, 例如在线反向拍卖下多供应商竞争单采购商的契约. 该类系统中生产商的竞争和生产成本信息的隐蔽使得退货

收稿日期: 2005-03-28; **修回日期**: 2005-06-27.
基金项目: 国家自然科学基金重点项目(70031020).
作者简介: 徐经意(1972—), 男, 安徽庐江人, 博士生, 从事管理决策分析、系统工程等研究; 杨德礼(1939—), 男, 河北北戴河人, 教授, 博士生导师, 从事管理决策分析、系统工程等研究.

决策更加复杂[8], 目前没有针对此类供应链结构和信息隐蔽状态下的退货决策研究报道 本文将分析生产商竞争的供应链系统决策主体的主从性, 并以完全信息下单一供应链系统的退货决策模型为基础, 建立信息不对称下生产商竞争的供应链系统退货决策模型, 给出决策变量与系统参数的关系表达式 通过数值的仿真, 分析信息状态和竞争程度对系统决策变量的影响

2 问题描述

在生产商竞争的供应链结构中, 多个不同成本的生产商竞争单个销售商的采购契约 销售商设计退货决策变量集系列并以契约的形式提供给供应商, 供应商从竞争和收益最优的角度从中选择相应的变量集反馈给销售商, 销售商根据反馈信息基于利润最优的原则确定唯一的合作生产商构建供应链系统, 其他的生产商则离开系统

假设 n 个生产商的边际生产成本为 $c_i(1 \le i \le n)$ 且 $c_{i-1} < c_i$. c_i 为 i 生产商的私人信息, 对销售商(或其他生产商) 而言, c_i 为$[\underline{c}, \bar{c}]$ 区间上分布函数和密度函数分别为 $G(c)$ 和 $g(c)$ 的独立同分布随机变量 C. 销售商的单位持有成本为 k, 产品的单位批发价格为 w, 单位零售价格为 p. 商品的市场需求为分布函数 $F(x)$ 和密度函数 $f(x)$ 的独立随机变量 D. 在销售季节前, 销售商一次性向合作生产商订购批量为 Q 的产品, 在销售季节后, 合作生产商为销售剩余产品提供退货补偿 产品的单位退货补偿率为 b, 单位残余价值为 v.

3 完全信息的单一供应链系统退货决策分析

在完全信息下, 由于信息的对称性, 生产商提供批发价格和退货补偿率, 销售商决定订购量 生产商是决策的领导者, 销售商是决策的跟随者 在已知成本、收益和需求特征分布等参数情况下, 求解经典报童模型得到最优订购量和退货补偿率

命题 1 完全信息下的单一供应链系统(即单生产商单销售商组成的系统) 中, 最优订购量为

$$Q^*_{J,s} = F^{-1}((p - c - k)/p - v). \tag{1}$$

最优的退货补偿率是批发价格的线性函数

$$b = \frac{p - v}{p - c - k}(w - c) + v. \tag{2}$$

证明 在完全信息下, 由退货决策的报童模型可知系统最优生产量为

$$Q^*_{J,s} = F^{-1}\Big(\frac{p - c - k}{p - v}\Big).$$

生产商最优供应量为

$$Q^*_{s,s} = F^{-1}\Big(\frac{w - c}{b - v}\Big).$$

销售商最优库存量为[2]

$$Q^*_{b,s} = F^{-1}\Big(\frac{p - w - k}{p - b}\Big).$$

由于信息的对称性, 生产商能够设计合理的退货补偿率 b 激励销售商订购系统最优生产量和生产商最优供应量, 即 $Q^*_{b,s} = Q^*_{J,s} = Q^*_{s,s}$, 式(1) 成立

由 $F(x)$ 的单调性可知变量参数 b 应该满足

$$\frac{p - c - k}{p - v} = \frac{p - w - k}{p - b} = \frac{w - c}{b - v},$$

解得 $b = \dfrac{p - v}{p - c - k}(w - c) + v$. 式(2) 成立, 故命题 1 成立 □

4 生产商竞争的供应链系统退货决策分析

在生产商竞争的供应链系统中, 由于生产成本信息的不对称性, 根据信息揭示原理, 销售商决策问题是设计合理的退货变量参数, 激励生产商真实揭示其生产成本并获得与最低成本的生产商合作[9]. 销售商是决策的领导者, 提供退货决策变量集系列 $\Gamma(Q, w, b)$; 生产商是决策的跟随者, 从集系列中选择适合自己的决策变量集 $\gamma(Q, w, b)$ [$\gamma(Q, w, b) \in \Gamma(Q, w, b)$], 销售商根据回馈信息确定最优的合作生产商

为分析揭示生产商真实成本的决策变量特征, 首先建立竞争背景下的生产商退货决策利润模型 在竞争背景下, 生产商的利润模型是生产商获得契约的概率与随机需求下单生产商利润值的乘积 而生产商赢得契约的概率等于其选择决策变量集 $\gamma[\alpha(\beta)]$ 时揭示的生产成本 β 低于其他供应商成本随机变量 C 的概率[10], $P_r(\beta < C_{(n-1)}) = [1 - G(\beta)]^{n-1}$. 因此, 成本为 c 的生产商选择 $\gamma[\alpha(\beta)]$ 变量集时, 生产商退货决策利润模型表达式为

$$\Pi_{s,m}(\beta, c) = \Big\{[w(\beta) - c]Q(\beta) - [b(\beta) - v]\int_0^{Q(\beta)} F(x)\,\mathrm{d}x\Big\}[1 - G(\beta)]^{n-1}. \tag{3}$$

由生产商的利润模型和信息揭示的原理可以推出以下引理:

引理 1 在生产商竞争的供应链系统中, c 成本生产商选择 $\gamma[a(c)]$ 变量集的充要条件是:

1) 生产商期望利润

$$\Pi_{s,m}(c, c) = \Pi_r + \int_c^{\bar{c}} Q(\rho)[1 - G(\rho)]^{n-1}\mathrm{d}\rho, \tag{4}$$

其中 Π_r 表示 $\bar{c}$ 成本生产商的利润;

2) $Q(\beta)$ 为单调递减正函数

证明 由于生产商期望利润函数的连续性, c

成本生产商选择 $\Upsilon[a(c)]$ 变量集的充要条件是

$$\left.\frac{\partial\Pi_{s,m}(\beta,c)}{\partial\beta}\right|_{\beta=c}=0,$$

$$\left.\frac{\partial\Pi_{s,m}(\beta,c)}{\partial\beta}\right|_{\beta>c}<0,\ \left.\frac{\partial\Pi_{s,m}(\beta,c)}{\partial\beta}\right|_{\beta<c}>0.$$

由生产商退货决策利润模型可知 c 成本生产商选择 $\Upsilon[a(\beta)]$ 时, 利润函数对 β 的一阶偏导为

$$\frac{\partial\Pi_{s,m}(\beta,c)}{\partial\beta}=\Big\{[w(\beta)-c]\frac{\partial Q(\beta)}{\partial\beta}+\left[\frac{\partial w(\beta)}{\partial\beta}-1\right]Q(\beta)+[v-b(\beta)]F[Q(\beta)]-\int_0^{Q(\beta)}F(x)\,\mathrm{d}x\,\frac{\partial b(\beta)}{\partial\beta}\Big\}[1-G(\beta)]^{n-1}-(n-1)[1-G(\beta)]^{n-2}\Big\{[w(\beta)-c]Q(\beta)-[b(\beta)-v]\int_0^{Q(\beta)}F(x)\,\mathrm{d}x\Big\}g(\beta). \tag{5}$$

记 c 成本生产商选择 $\Upsilon[a(c)]$ 变量集时的期望利润为 $\Pi_{s,m}(c,c)$, 则 $\Pi_{s,m}(c,c)$ 对 c 的一阶偏导为

$$\frac{\partial\Pi_{s,m}(c,c)}{\partial c}=\Big\{[w(c)-c]\frac{\partial Q(c)}{\partial c}+\left[\frac{\partial w(c)}{\partial c}-1\right]Q(c)-Q(c)+[v-b(c)]F[Q(c)]-\int_0^{Q(c)}F(x)\,\mathrm{d}x\,\frac{\partial b(c)}{\partial c}\Big\}[1-G(c)]^{n-1}-(n-1)[1-G(c)]^{n-2}\Big\{[w(c)-c]Q(c)-[b(c)-v]\int_0^{Q(c)}F(x)\,\mathrm{d}x\Big\}g(c). \tag{6}$$

式(5) 令 $\beta=c$, 并将结果 0 代入式(6), 解得

$$\frac{\partial\Pi_{s,m}(c,c)}{\partial c}=-Q(c)[1-G(c)]^{n-1}. \tag{7}$$

两边积分得

$$\Pi_{s,m}(c,c)=\Pi_r+\int_c^{\bar c}Q(\rho)[1-G(\rho)]^{n-1}\mathrm{d}\rho.$$

其中 Π_r 表示 $\bar c$ 成本生产商的利润, 即式(4) 成立.

由生产商退货决策利润模型可知

$$\Pi_{s,m}(\beta,c)-\Pi_{s,m}(\beta,\beta)=\Big\{[(w(\beta)-c)Q(\beta)-[b(\beta)-v]\int_0^{Q(\beta)}F(x)\,\mathrm{d}x\Big\}[1-G(\beta)]^{n-1}-\Big\{[w(\beta)-\beta]Q(\beta)-[b(\beta)-v]\int_0^{Q(\beta)}F(x)\,\mathrm{d}x\Big\}[1-G(\beta)]^{n-1}=(\beta-c)Q(\beta)[1-G(\beta)]^{n-1}.$$

由引理条件 1) 推出

$$\Pi_{s,m}(\beta,c)=\Pi_r+\int_\beta^{\bar c}Q(\rho)[1-G(\rho)]^{n-1}\mathrm{d}\rho+(\beta-c)Q(\beta)[1-G(\beta)]^{n-1}\rightarrow$$

$$\frac{\partial\Pi_{s,m}(\beta,c)}{\partial\beta}=-Q(\beta)[1-G(\beta)]^{n-1}+(\beta-c)\frac{\partial\{Q(\beta)[1-G(\beta)]^{n-1}\}}{\partial\beta}+Q(\beta)[1-G(\beta)]^{n-1}=(\beta-c)\frac{\partial\{Q(\beta)[1-G(\beta)]^{n-1}\}}{\partial\beta}. \tag{8}$$

由于 $[1-G(\beta)]^{n-1}$ 为递减正函数, 因此

$$\frac{\partial\{Q(\beta)[1-G(\beta)]^{n-1}\}}{\partial\beta}<0.$$

即

$$\left.\frac{\partial\Pi_{s,m}(\beta,c)}{\partial\beta}\right|_{\beta>c}<0,\ \left.\frac{\partial\Pi_{s,m}(\beta,c)}{\partial\beta}\right|_{\beta<c}>0$$

成立的条件是 $Q(\beta)$ 为递减正函数. 引理条件 2) 成立. 于是, 引理 1 成立. □

系统的期望利润是竞争环境下销售商与最小成本生产商合作的概率与该生产商单一系统利润值的乘积. 由于生产成本为独立同分布随机变量, 由顺序统计学的密度分布函数性质可知最小顺序统计量的密度函数为[11] $g_{(1)}(c)=n[1-G(c)]^{n-1}g(c)$. 因此, 系统利润模型为

$$\Pi_{J,m}=\int_{\underline{c}}^{\bar c}\Big[(p-\rho-k)Q(\rho)-(p-v)\int_0^{Q(\rho)}F(x)\,\mathrm{d}x\Big]n[1-G(\rho)]^{n-1}g(\rho)\,\mathrm{d}\rho. \tag{9}$$

由生产商成本随机变量的对称性和引理条件 1) 可知供应商的期望利润之和为

$$\sum_1^n\Pi_{s(n),m}=n\Pi_{s,m}=n\int_{\underline{c}}^{\bar c}\Big\{\Pi_r+\int_c^{\bar c}Q(\rho)[1-G(\rho)]^{n-1}\mathrm{d}\rho\Big\}g(c)\,\mathrm{d}c=n\int_{\underline{c}}^{\bar c}\Pi_r g(c)\,\mathrm{d}c+n\int_{\underline{c}}^{\bar c}\int_{\underline{c}}^{\rho}\mathrm{d}G(c)Q(\rho)[1-G(\rho)]^{n-1}\mathrm{d}\rho=n\Pi_r+\int_{\underline{c}}^{\bar c}Q(\rho)n[1-G(\rho)]^{n-1}G(\rho)\,\mathrm{d}\rho. \tag{10}$$

销售商的期望利润为系统期望利润与 n 个供应商期望利润的差值

$$\Pi_{b,m}=\Pi_{J,m}-\sum_1^n\Pi_{s(n),m}=\int_{\underline{c}}^{\bar c}\Big[(p-\rho-k)Q(\rho)-Q(\rho)\frac{G(\rho)}{g(\rho)}-(p-v)\int_0^{Q(\rho)}F(x)\,\mathrm{d}x\Big]n[1-G(\rho)]^{n-1}g(\rho)\,\mathrm{d}\rho-n\Pi_r.$$

因为 $g_{(1)}(c) = n[1 - G(c)]^{n-1} g(c)$, 得到销售商退货决策利润模型为

$$\Pi_{b,m} = \int_{\underline{c}}^{\bar{c}} \Big[(p - \rho - k)Q(\rho) - Q(\rho)\frac{G(\rho)}{g(\rho)} - (p - v)\int_0^{Q(\rho)} F(x)\,\mathrm{d}x \Big] g_{(1)}(\rho)\,\mathrm{d}\rho - n\Pi_r. \quad (11)$$

优化求解生产商和销售商退货决策利润模型, 可以得到生产商竞争背景下系统最优订购量, 批发价格和退货补偿率与系统决策信息参数的关系表达式.

生产商竞争的供应链系统退货决策问题表述为以下命题:

命题 2 在生产商竞争的供应链系统中, 销售商是决策的领导者, 生产商是决策的跟随者. 销售商设计 $[\underline{c}, \bar{c}]$ 区间上的退货变量集系列 $\Gamma[Q(c), w(c), b(c)]$, c 成本生产商选择 $\Upsilon[a(c)]$ 变量集, 销售商根据生产商的选择决策基于利润最优决定合作生产商. 保证供应链系统成员最优的变量集 $\Upsilon[Q_m^*(c), w(c), b(c)]$ 的元素应满足以下的关系:

$$Q_m^* = F^{-1}\Big[\frac{p - c - z(c) - k}{p - v}\Big], \quad (12)$$

$$b = \eta(Q_m^*)(w - c) - \xi(c, n, Q_m^*) + v. \quad (13)$$

其中

$$z(c) = \frac{G(c)}{g(c)}, \ \eta(Q_m^*) = \frac{Q_m^*}{\int_0^{Q_m^*} F(x)\,\mathrm{d}x},$$

$$\xi(c, n, Q_m^*) = \frac{\int_c^{\bar{c}} Q_m^*[1 - G(\rho)]^{n-1}\mathrm{d}\rho}{\Big(\int_0^{Q_m^*} F(x)\,\mathrm{d}x\Big)[1 - G(c)]^{n-1}},$$

$$c \in [\underline{c}, \bar{c}], \ \Pi_r = 0.$$

证明 由销售商利润模型可知

$$\frac{\partial \Pi_{b,m}}{\partial Q(\rho)} = \int_{\underline{c}}^{\bar{c}} \Big\{ \Big[p - \rho - \frac{G(\rho)}{g(\rho)} - k\Big] - (p - v)F[Q(\rho)] \Big\} g_{(1)}(\rho)\,\mathrm{d}\rho. \quad (14)$$

由一阶最优条件 $\dfrac{\partial \Pi_{b,m}}{\partial Q_m^*} = 0$ 和积分性质可知最优订购量应满足

$$\Big[p - c - \frac{G(c)}{g(c)} - k\Big] - (p - v)F(Q_m^*) = 0.$$

解得

$$Q_m^* = F^{-1}[(p - c - z(c) - k)/p - v],$$

式(12) 成立.

在最优订购量下, 为保证 c 成本生产商选择 $\Upsilon[a(c)]$ 变量集, 根据生产商利润模型可知批发价和退货补偿率必须满足

$$\Pi_{s,m}^* = \Big\{(w - c)Q_m^* - [b - v]\int_0^{Q_m^*} F(x)\,\mathrm{d}x\Big\}[1 - G(c)]^{n-1} = \Pi_r + \int_c^{\bar{c}} Q_m^*(\rho)[1 - G(\rho)]^{n-1}\mathrm{d}\rho \rightarrow$$

$$[b - v]\int_0^{Q_m^*} F(x)\,\mathrm{d}x = (w - c)Q_m^* - \frac{\Pi_r + \int_c^{\bar{c}} Q_m^*(\rho)[1 - G(\rho)]^{n-1}\mathrm{d}\rho}{[1 - G(c)]^{n-1}}. \quad (15)$$

令

$$\xi(c, n, Q_m^*) = \frac{\int_c^{\bar{c}} Q_m^*[1 - G(\rho)]^{n-1}\mathrm{d}\rho}{\Big(\int_0^{Q_m^*} F(x)\,\mathrm{d}x\Big)[1 - G(c)]^{n-1}},$$

$$\eta(Q_m^*) = Q_m^* \Big/ \int_0^{Q_m^*} F(x)\,\mathrm{d}x,$$

若 $\Pi_r = 0$, 则 $b = \eta(Q_m^*)(w - c) - \xi(c, n, Q_m^*) + v$. 式(14) 成立. 于是命题 2 成立. □

比较生产商竞争的供应链系统和完全信息的单一供应链系统, 退货决策变量与决策信息参数的关系表达形式相似, 不同的是生产商竞争的系统最优订购量还与生产成本先验概率随机变量相关, 竞争下的退货补偿率与批发价格的相关函数还受到生产成本先验概率随机变量和竞争供应商数量的影响. 下文结合模型的数值仿真分别讨论不同系统结构下退货决策变量与生产成本、信息状态和生产商竞争的关系.

5 数值仿真分析

假设生产商成本 c_i 为 $[10, 20]$ (元) 区间内符合均匀分布的独立同分布随机变量 c, 因此, $G(c) = 0.1c - 1$, $g(c) = 0.1$, $Z(c) = c - 10$, $10 \leqslant c \leqslant 20$. 市场需求 D 为 $[0, 100]$ (千件) 区间内的均匀分布, $F(x) = x/100$, $10 \leqslant x \leqslant 20$. 产品的销售成本 $k = 5$ 元, 零售价格 $p = 50$ 元, 产品的残值 $v = 1$ 元.

若设定批发价格 $w = 20.5$ 元, 则根据命题 1 的结论计算出生产成本在 $[10, 20]$ 区间上完全信息的单一供应链系统最优订购量和退货补偿率. 根据命题 2 计算出不完全信息的单一供应链系统最优订购量和退货补偿率 $(n = 1)$ 及两个生产商竞争的供应链系统最优订购量和退货补偿率 $(n = 2)$. 结果如图 1 和图 2 所示.

由于均匀分布函数是对数凹性函数, 因此, 在 $[10, 20]$ 区间上, $z(c)$ 是 c 的递增非负函数. 决策模型显示在信息隐蔽和竞争情况下, 系统最优订购量

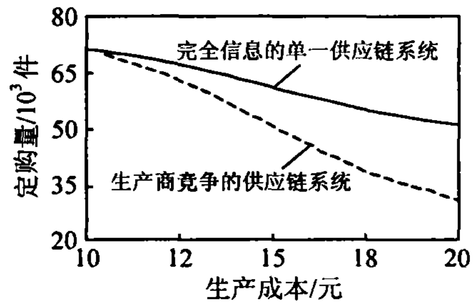

图 1　不同供应链结构下的最优订购量

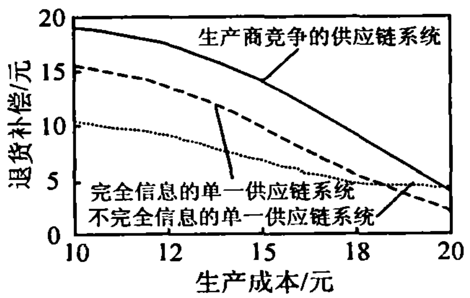

图 2　不同供应链结构下的退货补偿率

小于完全信息单一系统下的最优订购量, 但最优订购量与竞争生产商数量无关, 只与先验概率分布函数相关, 因此信息的隐蔽导致竞争下最优订购量是系统的一种次优解. 另外, 无论信息状态和竞争是否存在, 系统最优订购量均是生产成本的递减函数. 数值分析的结果也显示了这种变化特征, 如图 1 所示.

生产商竞争系统的退货补偿率决策模型显示在竞争背景下, 信息的状态、生产商的竞争和期望销售量都影响退货补偿率的决策. 数值分析的结果表明在信息隐蔽的状态下通常退货补偿率低于完全信息下的退货补偿率, 信息的隐蔽有利于生产商, 但销售商却要求高成本生产商付出比完全信息下更高的退货补偿率, 这反映了销售商期望与低成本生产商合作的意愿. 当生产商竞争存在时, 明显改善销售商的决策地位, 只要有两个生产商竞争时, 退货补偿率不仅明显高于不完全信息的单一系统的退货补偿率, 也高于完全信息的单一系统的退货补偿率, 因此竞争对销售商价格决策地位的影响大于信息状态对其决策地位的影响.

6　结　　论

在生产商竞争的供应链系统中, 销售商和生产商是主从的决策主体. 生产商竞争的供应链系统与完全信息的单一系统, 决策变量与决策信息参数的关系表达形式相似. 但竞争条件下, 系统最优订购量与生产成本先验概率相关. 退货补偿率与批发价格的相关性受到生产成本先验概率, 竞争供应商数量和期望销售量的影响, 通常不再呈线性关系. 竞争下最优订购量是系统的次优解, 竞争有利于提高销售商的价格决策地位, 消除信息隐蔽的影响, 改善销售商在系统中的利润分配.

本文建立的生产商竞争的供应链系统退货决策模型和进行的数值仿真分析为电子商务环境下多对一供应链结构决策问题研究提供了基础, 电子商务环境下多生产商和多销售商的供应链系统退货决策问题则有待进一步研究.

参考文献(References)

[1] Pasternack B. Optimal Pricing and Returns Policies for Perishable Commodities[J]. *Marketing Science*, 1985, 4(2): 166-176.

[2] Cachon G P. *Supply Chain Contract* (*Supply Chain Management: Design, Coordination and Operation*) [M]. Amsterdam: Elsevier, 2003: 229-351.

[3] Emmons H, Gilbert S. Returns Policies in Pricing and Inventory Decisions for Catalogue Goods [J]. *Management Science*, 1998, 44(2): 276-283.

[4] 何勇, 杨德礼, 张醒洲. 需求与价格具有相关性下的退货政策模型研究 [J]. *系统工程*, 2004, 22(9): 27-31.
(He Y, Yang D L, Zhang X Z. Modeling for Return Policy with Price-dependent Demand [J]. *Systems Engineering*, 2004, 22(9): 27-31.)

[5] Tsan-Ming Choi, Duan Li, Houmin Yan. Optimal Returns Policy for Supply Chain with E-marketplace [J]. *Int J Production Economics*, 2004, 88(2): 205-227.

[6] Padmanabhan V, Png I P L. Manufacturer's Returns Policy and Retail Competition [J]. *Marketing Science*, 1997, 16(1): 81-94.

[7] 索寒生, 金以慧. 非对称信息下供需链中供应商的回购决策分析[J]. *控制与决策*, 2004, 19(3): 335-338.
(Suo H S, Jin Y H. Supplier's Optimal Buy Back Decision under Asymmetric Information in a Two-stage Supply Chain[J]. *Control and Decision*, 2004, 19(3): 335-338.)

[8] David Wu S. *Supply Chain Intermediation a Bargaining Theoretic Framework* (*Handbook of Quantitative Supply Chain Analysis Modeling in the E-business Era*) [M]. Amsterdam: Kluwer, 2004: 67-115.

[9] Dasgupta S, Spulber D F. Managing Procurement Auctions[J]. *Information Economics and Policy*, 1989, 4(1): 5-29.

[10] Mcafee R P, Mcmillan J. Auctions and Bidding[J]. *J of Economic Literature*, 1987, 25(2): 699-738.

[11] Herbert A David, Nagaraja H N. *Order Statistics* [M]. NJ: Wiley, 2003: 1-488.