基于返回策略与风险分担的供应链协调分析①

汪贤裕, 肖玉明
(四川大学工商管理学院, 成都 610064)

摘要: 基于返回策略分析供应链协调与风险分担问题. 该模型含有两种常见的返回政策: 比例回购和折价回购. 研究结果表明返回策略可以协调供应链. 供应链协调时供应链风险在供应商和销售商之间的分担情况由回购折价参数和回购比例参数决定, 并且风险分担情况符合一般的收益和风险之间的权衡关系, 即获得的收益越高, 承担的风险就越大. 供应商的最优回购契约是: 供应商允许销售商对剩余订货全部按批发价退货, 供应商采用边际成本加成定价的方式来确定批发价, 加成比例由市场需求的满足率决定; 在最优情形下, 节点企业分担的风险之比等于两企业在供应链最优订货量处的边际成本之比.

关键词: 供应链; 协调; Stackelberg博弈; 返回政策; 风险
中图分类号: F27　　文献标识码: A　　文章编号: 1007-9807(2009)03-0065-06

0 引 言

在供应链管理中, 常见的情况是供应商和销售商之间通过契约建立供应链联盟, 供应商和销售商构成一个 Stackelberg博弈. 供应商是主, 销售商是从, 供应商想通过合理的契约来实现自己的最大利益, 而销售商在接受契约后通过自己的努力实现自己收益的最大化. 两者的方式是不一致的. 例如在报童问题中, 供应商按照符合自己利益的某种规定给销售商提供报刊, 而报童则在接受这些规定后, 通过努力去销售报刊以使自己收入最大.

由于供应链是由不同的企业组成的特定联盟形式, 因而供应链中分散式决策模式比集中式决策模式更为常见[1]. 从而如何协调供应链的运作一直是供应链研究的一个核心问题. 供应链节点企业之间的契约是构建供应链的纽带, 而需求市场的不确定性又是导致不协调的主要因素. 因而从不确定市场需求出发通过供应链契约的研究以实现供应链协调构成了供应链研究的一个重要内容. 在供应链管理中, 供应商和销售商组成的二级供应链的单周期的行为是最基本的供应链结构, 报童问题就是其典型问题. 研究这种基本结构下的契约及协调, 构成了供应链管理研究的基本元素. 返回策略是研究这种契约和协调的一个重要工具.

Pasternack在文献 [2]中最先从报童问题中提出了使用返回策略的契约来协调供应商和销售商的行为, 自此以后许多学者应用返回策略研究了供应链的协调问题. Cachon在文献 [3]中研究了供应商在单一批发价下, 使用返回政策可以使销售商的订货量达到实现供应链协调所需要的数量. Cachon在文献 [4]中进一步分析了含有返回政策的三种不同契约对供应商和销售商所产生的不同的风险. 于辉等人在文献 [2]和 [3]的基础上进一步研究了在突发事件下利用返回策略对供应链的协调问题[5].

在供应链分散式决策模型中, 供应商想通过契约实现自己收益的最大化这一信息是公开的, 销售商也清楚这一点. 销售商要使自己的收益更

① 收稿日期: 2006-09-11; 修订日期: 2008-10-09.
基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (70571055).
作者简介: 汪贤裕 (1947—), 男, 江苏苏州人, 教授, 博士生导师. Email: wangxianyu@openmba.com

大, 除了在契约的规定上争取对自己有利的条款外, 更重要的是通过自己的努力实现自己收益的最大. 而供应商对此也是知道的. 因而具有返回策略的契约自然与对销售商努力的激励联系在一起. Larivece在文献 [6] 和 [7] 中都以报童模型为基础研究返回政策与激励之间的关系. Krishnan 在文献 [8], 张菊亮与陈剑在文献 [9] 中也都基于报童问题讨论了供应链中的激励问题, 但模型的结构是不一样的. 如文献 [8] 中, 销售商的努力为 ρ, 市场需求为一随机变量 ξ, 销售商努力下的市场需求为 $\rho\xi(\rho = 1)$, 通过这种方式将 $\rho\xi$ 嵌入到模型中; 而文献 [5] 是在契约规定销售商的利润占整个供应链利润的比例为 λ 的情况下, 契约如何激励销售商努力去实现自己可行的份额 λ. 关于供应链契约的更多综述分析可参考文献 [10～ 13].

上述文献说明在市场需求是随机变化的情况下, 返回政策和激励方法是进行供应链协调的重要手段. 但这些文献对这两个手段的研究都有一些值得深入探讨的情况. 如文献 [2, 3] 的模型中均没有考虑销售商的销售成本, 因而, 所得的结论似乎也不那么令人信服, 并且在市场需求不确定的情况下, 往往还需分析供应链的风险及其分担问题, 而这两篇文献均未涉及.

1　基本假设

假设该产品的市场价格 p 不变,

本文研究一个二级供应链的协调问题. 该供应链由一个供应商和一个销售商组成, 围绕单一产品运作一个周期. 销售商面临的需求是随机的.

为了建立模型和讨论问题的方便, 作如下假设:

1) 供应链围绕单一产品运作一个周期, 并且只包含一个供应商和一个销售商;

2) 产品的市场价格 p 不变, 市场需求 (用 $\tilde{\theta}$ 表示) 的分布函数为 $F(x)$ $(0 = x < + 8)$, 并且 $F(x)$ 是连续、可微的, 密度函数为 $f(x)$;

3) 供应商和销售商的成本函数分别为 $c_1 = c_1(q)$, 其中 q 为供应商生产的产品数量; $c_2 = c_2(q)$, 其中 q 为销售商的订货量, 并且边际成本都是递增的;

4) 供应商和销售商都是风险中性的;

5) 供应链实行分散式决策. 其决策顺序是供应商以单一批发价 ω 给销售商提供产品; 对期末未卖出的产品, 供应商允许销售商退货, 退货价格为 $a\omega(0 = a = 1)$, a 是退货政策的折价参数, 退货数量为订货量的 β 倍 $(0 = \beta = 1)$, α 和 β 是供应商对契约中返回政策的调整参数, 均由供应商确定. 销售商在知道以上信息后, 决定自己的订货量 q 并向市场销售产品;

6) 销售商未销售出的产品对供应商和销售商的价值均为 0;

7) 不考虑缺货损失;

8) 以上信息对供应商和销售商是共同知识.

假设 (5) 隐含了销售商的销售成本由订货量 q 决定, 而不是由销售量来决定. 这种假设是合理的, 因为当销售商订货量 q 确定后, 他会努力实现自己的销售目标 q.

2　模型建立

用 $\tilde{\pi}_S$ 表示供应商的利润, 在以上假定下, 有

$$\tilde{\pi}_S = \begin{cases} \omega q - c_1(q) & q - \tilde{\theta} \leqslant 0 \\ \omega q - c_1(q) - \alpha\omega(q - \tilde{\theta}) & 0 < q - \tilde{\theta} \leqslant \beta q \\ \omega q - c_1(q) - \alpha\omega\beta q & \beta q < q - \tilde{\theta} \leqslant q \end{cases} \tag{1}$$

令

$$\tilde{\mu} = \begin{cases} 0 & q \leqslant \tilde{\theta} \\ \alpha\omega(q - \tilde{\theta}) & (1 - \beta)q \leqslant \tilde{\theta} < q \\ \alpha\omega\beta q & 0 \leqslant \tilde{\theta} < (1 - \beta)q \end{cases} \tag{2}$$

则有

$$\tilde{\pi}_S = \omega q - c_1(q) - \tilde{\mu} \tag{3}$$

设销售商的利润为 $\tilde{\pi}_R$, 有

$$\tilde{\pi}_R = \begin{cases} (p - \omega)q - c_2(q) & q - \tilde{\theta} \leqslant 0 \\ (p - \omega)q - c_2(q) + (\alpha\omega - p)(q - \tilde{\theta}) & 0 < q - \tilde{\theta} \leqslant \beta q \\ (p - \omega)q - c_2(q) + \alpha\omega\beta q - p(q - \tilde{\theta}) & \beta q < q - \tilde{\theta} \leqslant q \end{cases} \tag{4}$$

令

$$\tilde{\lambda}=\begin{cases}0 & q\leqslant\tilde{\theta}\\(\alpha\omega-p)(q-\tilde{\theta}) & (1-\beta)q\leqslant\tilde{\theta}<q\\\alpha\omega\beta q-p(q-\tilde{\theta}) & 0\leqslant\tilde{\theta}<(1-\beta)q\end{cases}\tag{5}$$

则有

$$\tilde{\pi}_R=(p-\omega)q-c_2(q)+\tilde{\lambda}\tag{6}$$

其中前两项为销售商订购产品数量 q时的期望收入, 最后一项为随机损失(易知 $E(\tilde{\lambda})\leqslant 0$).

设供应链的总利润为 $\tilde{\pi}$, 则

$$\tilde{\pi}=\tilde{\pi}_S+\tilde{\pi}_R=\begin{cases}pq-c_1(q)-c_2(q) & q\leqslant\tilde{\theta}\\pq-c_1(q)-c_2(q)-p(q-\tilde{\theta}) & 0\leqslant\tilde{\theta}<q\end{cases}\tag{7}$$

在上述假定下, 为了是供应链达到协调状态, 供应商选择 ω, α, β值, 使得在供应链协调的条件下 $\tilde{\pi}_S$的期望值最大, 销售商选择 q使 $\tilde{\pi}_R$的期望值最大. 由式(7)知, 供应链的整体收益只由销售商的订货量 q决定.

3　模型求解与协调分析

由 $\tilde{\theta}$的分布函数容易求得上述各随机变量的期望值

$$E(\tilde{\mu})=\alpha\omega\int_{(1-\beta)q}^{q}F(x)\mathrm{d}x\tag{8}$$

$$E(\tilde{\lambda})=\alpha\omega\int_{(1-\beta)q}^{q}F(x)\mathrm{d}x-p\int_0^q F(x)\mathrm{d}x\tag{9}$$

显然 $E(\tilde{\lambda})\leqslant 0$ 由式(8)、(9)有

$$E(-\tilde{\mu})+E(\tilde{\lambda})=-p\int_0^q F(x)\mathrm{d}x\tag{10}$$

则

$$E(\tilde{\pi}_S)=\omega q-c_1(q)-\alpha\omega\int_{(1-\beta)q}^{q}F(x)\mathrm{d}x\tag{11}$$

$$E(\tilde{\pi}_R)=pq-[\omega q+c_2(q)]-[p\int_0^q F(x)\mathrm{d}x-\alpha\omega\int_{(1-\beta)q}^{q}F(x)\mathrm{d}x]\tag{12}$$

$$E(\tilde{\pi})=[pq-c_1(q)-c_2(q)]-p\int_0^q F(x)\mathrm{d}x\tag{13}$$

从式(11)、(12)可知, 供应商和销售商的期望利润都是由三部分组成: 第 1部分是订货量为 q时的销售收入, 第 2部分是生产、销售和订货成本, 第 3部分则是由需求的不确定造成的期望风险损失. 由式(13)可知整个供应链的风险损失只取决于订货量, 与返回政策无关. 这个结论与文献[3]是一致的.

由 Stackelberg博弈的逆向归纳法, 先求销售商的订货量.

通过简单计算可得命题 1.

命题 1　销售商的期望收益 $E(\tilde{\pi}_R)$是 q的凹函数.

由命题 1, 令 $\dfrac{\mathrm{d}E(\tilde{\pi}_R)}{\mathrm{d}q}=0$, 可解得销售商的最优订货量 $q^*(\omega,\alpha,\beta)$满足下式.

$$c_2'(q^*)=p-\omega-(p-\alpha\omega)F(q^*)-(1-\beta)\alpha\omega F[(1-\beta)q^*]\tag{14}$$

令式(14)右边为 $h(q)=p-\omega-(p-\alpha\omega)F(q)-(1-\beta)\alpha\omega F[(1-\beta)q]$

则 $h'(q)=-(p-\alpha\omega)f(q)-(1-\beta)^2\alpha\omega f\times[(1-\beta)q]<0$

由于式(14)左边是单调增加的, 而右边 $h(q)$是单调减少的, 则式(14)存在唯一解 q^*(如图 1所示).

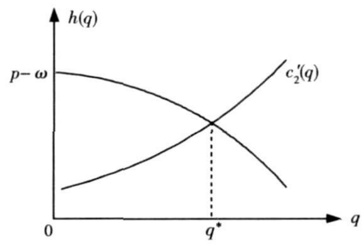

图 1　销售商订货量的确定

Fig 1 Determincotion of retailer's order quanlity

命题 2　由式(14)得到的 q^* 有

$$\frac{\partial q^*}{\partial\omega}<0,\ \frac{\partial q^*}{\partial\alpha}>0,\ \frac{\partial q^*}{\partial\beta}>0\tag{15}$$

其中

$$\frac{\partial q^*}{\partial\omega}=\frac{-(1-\alpha F(q^*))-(1-\beta)\alpha F[(1-\beta)q^*]}{c_2''(q^*)+(p-\alpha\omega)f(q^*)+(1-\beta)^2\alpha\omega f[(1-\beta)q^*]}\tag{16}$$

命题 2的证明可由简单的数学推导得出.

对供应商,由式(11),利用边际成本等于边际收益的思想,令

$$\frac{\mathrm{d}E(\tilde{\pi}_S)}{\mathrm{d}\omega}=0 \tag{17}$$

将式(14)和(16)再代入式(17),理论上可求得 $\omega^*(\alpha,\beta)$,进一步还可得到 $q^*(\alpha,\omega,\beta)$.

对供应链的收益,由式(13),有

$$\frac{\mathrm{d}E(\tilde{\pi})}{\mathrm{d}q}=p-c_1'(q)-c_2'(q)-pF(q)$$

$$\frac{\mathrm{d}^2E(\tilde{\pi})}{\mathrm{d}q^2}=-c_1''(q)-c_2''(q)-pf(q)<0$$

则 $E(\tilde{\pi})$ 是 q 的凹函数.令 $\frac{\mathrm{d}E(\tilde{\pi})}{\mathrm{d}q}=0$,得供应链的最优订货量 $\bar{q}$ 满足下式

$$p[1-F(q)]=c_1'(q)+c_2'(q) \tag{18}$$

由式(18)就可以确定供应链协调时的订货量.

将由式(18)确定的 $\bar{q}$ 代入式(14),可得供应链协调时契约参数应满足的条件.

式(14)是销售商利润最大化的条件,而供应商也是必须考虑自己的利润最大化的.因此,为了使供应链协调同时又能使供应商自己的利润达到最大,供应商确定的返回政策的契约参数的值应是如下规划问题的最优解.

$$\begin{aligned}\max_{\omega,\alpha,\beta}E(\tilde{\pi}_S)&=\omega\bar{q}-c_1(\bar{q})-\alpha\omega\int_{(1-\beta)\bar{q}}^{\bar{q}}F(x)\,\mathrm{d}x\\ \text{s.t.}\quad c_2'(\bar{q})&=p-\omega-(p-\alpha\omega)F(\bar{q})-\\ &\quad(1-\beta)\alpha\omega F((1-\beta)\bar{q})\\ &\quad 0\leqslant\alpha\leqslant 1\\ &\quad 0\leqslant\beta\leqslant 1\end{aligned} \tag{19}$$

式(19)等价于

$$\begin{aligned}\max_{\alpha,\beta}E(\tilde{\pi}_S)&=\frac{p(1-F(\bar{q}))-c_2'(\bar{q})}{1-\alpha F(\bar{q})+(1-\beta)F((1-\beta)\bar{q})}\times\\ &\quad\left(\bar{q}-\alpha\int_{(1-\beta)\bar{q}}^{\bar{q}}F(x)\,\mathrm{d}x\right)-c_1(\bar{q})\\ \text{s.t.}\quad &0\leqslant\alpha\leqslant 1\\ &0\leqslant\beta\leqslant 1\end{aligned} \tag{20}$$

由式(20)可直接看出,$E(\tilde{\pi}_S)$ 是随 β 递增的,另外可以证明 $\partial E(\tilde{\pi}_S)/\partial\alpha>0$.因此,当 $\alpha=1$,$\beta=1$ 时,供应商的利润达到最大,由式(14)、(18)可得 $\omega=p-\frac{c_2'(\bar{q})}{1-F(\bar{q})}=\frac{c_1'(\bar{q})}{1-F(\bar{q})}$,这样,就得到了供应商所确定的最优契约参数的值.

$$\alpha=1,\quad\beta=1,\quad\omega=\frac{c_1'(\bar{q})}{1-F(\bar{q})} \tag{21}$$

式(21)说明为了使供应链协调,同时又能使自己的利润最大化,供应商应允许销售商将未卖出的订货以批发价全部退货.

将式(18)变形,可得

$$p=\frac{c_1'(\bar{q})}{1-F(\bar{q})}+\frac{c_2'(\bar{q})}{1-F(\bar{q})} \tag{22}$$

由式(22)可看出,产品的市场价格可分解为两部分,第1部分就是 ω,第2部分 $\frac{c_2'(\bar{q})}{1-F(\bar{q})}$ 由销售商获得.将这两部分再作一简单变形,可得

$$\omega=c_1'(\bar{q})\left(1+\frac{F(\bar{q})}{1-F(\bar{q})}\right)$$

$$\frac{c_2'(\bar{q})}{1-F(\bar{q})}=c_2'(\bar{q})\left(1+\frac{F(\bar{q})}{1-F(\bar{q})}\right) \tag{23}$$

式(23)可以理解为供应商是采用边际成本加成定价的方式来确定批发价,销售商在批发价的基础上再用边际成本加成定价的方式来确定自己获取的(单位产品)收益.其加成比例都是 $\frac{F(\bar{q})}{1-F(\bar{q})}$,由市场需求的满足率 $F(\bar{q})$ 决定.

4　供应链协调时的风险分担

由式(11)、(12)、(13)可知,在供应链协调时,由于市场需求的不确定性导致供应链利润的期望风险损失为 $p\int_0^{\bar{q}}F(x)\,\mathrm{d}x$,其中由供应商分担的部分为 $\alpha\omega\int_{(1-\beta)\bar{q}}^{\bar{q}}F(x)\,\mathrm{d}x$,由销售商分担的部分为 $p\int_0^{\bar{q}}F(x)\,\mathrm{d}x-\alpha\omega\int_{(1-\beta)\bar{q}}^{\bar{q}}F(x)\,\mathrm{d}x$.分别用 r_S 和 r_R 表示供应商和销售商分担的风险,有

$$r_S=\alpha\omega\int_{(1-\beta)\bar{q}}^{\bar{q}}F(x)\,\mathrm{d}x \tag{24}$$

$$r_R=p\int_0^{\bar{q}}F(x)\,\mathrm{d}x-\alpha\omega\int_{(1-\beta)\bar{q}}^{\bar{q}}F(x)\,\mathrm{d}x \tag{25}$$

因此在总风险一定的情况下,供应链风险在供应商和销售商之间的分担情况由批发价 ω,返回政策调整参数 α,β 确定.

由式(24)可看出,批发价越高,供应商分担

的风险越大; 返回政策调整参数 α, β越大, 供应商分担的风险也越大. 由式 (25) 可看出, 销售商的风险分担与这三个契约参数之间均是反向变化的关系. 供应链的这种风险分担情况与直观解释是一致的, 符合一般的收益和风险之间的权衡关系, 即获得的收益越高, 承担的风险就越大. 因此, 供应商在确定契约参数的值时, 需要对收益与风险进行权衡.

在最优契约参数下, 供应商和销售商的期望利润分别为 $E(\tilde{\pi}_S) = \dfrac{c_1'(\bar{q})(\bar{q} - \int_0^{\bar{q}} F(x)\,dx)}{1 - F(\bar{q})} - c_1(\bar{q})$, $E(\tilde{\pi}_R) = \dfrac{c_2'(\bar{q})\bar{q}}{1 - F(\bar{q})} - c_2'(\bar{q}) - p\int_0^{\bar{q}} F(x)\,dx$. 供应商分担的风险 $r_S = \dfrac{c_1'(\bar{q})}{1 - F(\bar{q})}\int_0^{\bar{q}} F(x)\,dx$, 销售商分担的风险 $r_R = (p - \omega)\int_0^{\bar{q}} F(x)\,dx = \dfrac{c_2'(\bar{q})}{1 - F(\bar{q})}\int_0^{\bar{q}} F(x)\,dx$. 这里虽然销售商可以按批发价将未卖出的订货全部退货, 但其分担的风险并不为 0.

$$\frac{r_S}{r_R} = \frac{c_1'(\bar{q})}{c_2'(\bar{q})} \tag{26}$$

由式 (26) 可知, 在最优契约下供应商和销售商分担的风险之比等于它们在 $\bar{q}$ 处的边际成本之比.

5　结束语

本文从报童问题出发, 建立了一个单周期的只含一个供应商和一个销售商的供应链管理模型. 该模型包含了返回政策的两个常用的策略: 价格折扣和退货数量. 模型分析表明在该契约能够实现供应链的协调. 由于缺货损失是一种线性关系, 加上对缺货损失的分析会增加模型的复杂性, 因此本文未考虑缺货损失因素.

本文模型对信息的要求是很强的, 在信息不对称的情况下的分析将另文进行.

本文是在供应商和销售商均是风险中性的条件下分析供应链的协调与风险分担问题, 在双方或者一方是风险厌恶的条件下的分析可能要复杂得多. 对此我们也将另文讨论.

本文实际上没有专门分析销售商的努力对供应链协调及风险分担的影响, 而只是笼统的假设了一个销售商的成本函数, 但销售商的努力情况以及这种努力所付出的成本与相应的收益的权衡对供应链的协调是有影响的. 这时可假设产品的需求分布函数为 $F(x \mid e)$ (其中 $e \geqslant 1$ 表示努力水平), 并且 $F(x \mid e)$ 是随 e 递减的, 即需求是随销售商的努力递增的. 在这种情况下分析供应链协调及风险分担问题是有意义的.

参 考 文 献:

[1] Vagstad S. Centralized vs decentralized procurement Does dispersed information call for decentralized decision-making? [J]. International Journal of Industrial Organization, 2000, 18(6): 949—963.

[2] Pasternack B A. Optimal pricing and returns policies for perishable commodities[J]. Markrting Science, 1985, 4(2): 166—176.

[3] Cachon G P. Quantitative Models for Supply Chain Management[C]. London: Klumer Academic Publishers, 1999. 111—146.

[4] Cachon G P. The allocation of inventory risk in a supply chain: Push, pull, and advance-purchase discount contracts[J]. Management Science, 2004, 50(1): 48—63.

[5] 于　辉, 陈　剑, 于　刚. 回购契约下供应链对突发事件的协调应对[J]. 系统工程理论与实践, 2005, 25(8): 38—43.
Yu Hui, Chen Jian, Yu Gang. Supply chain coordination under disruptions with buy back contract[J]. System Engineering—Theory & Practice, 2005, 25(8): 38—43. (in Chinese)

[6] Lariviere M F. Selling to the newsvendor: An analysis of price-only contracts[J]. Manufacturing Service Operational Management, 2001, 3(4): 293—305.

[7] Lariviece M A. Quantitative Models for Supply Chain Management[C]. London: Klumer Academic Publishers, 1999. 233—

268.

[8] Krishnan H, Kapuscinski R, Butz D A. Coordinating contracts for decentralized supply chains with retailer promotional effort [J]. Management Science, 2004, 50(1): 48—63.

[9]张菊亮, 陈 剑. 销售商的努力影响需求变动的供应链契约[J]. 中国管理科学, 2004, 12(4): 50—56

Zhang Ju-liang, Chen Jian. A coordinating contract of supply chain with sale-effort dependent demand[J]. Chinese Journal of Management Science, 2004, 12(4): 50—56. (in Chinese)

[10] Cachon G P. Supply Chain Coordination with Contracts[R]. Working Paper, University of Pennsylvania, Philadelphia, 2003.

[11] Tsay A A, Nahmias S, Agrawal N. Quantitative Models for Supply Chain Management[C]. London: Kluwer Academic Publishers, 1999. 299—336

[12]王迎军. 顾客需求驱动的供应链契约问题综述[J]. 管理科学学报, 2005, 8(2): 68—76.

Wang Ying-jun. Overview of supply chain contract problems driven by customer demand[J]. Journal of Management Sciences in China, 2005, 8(2): 68—76. (in Chinese)

[13]杨德礼, 郭 琼, 何 勇, 等. 供应链契约研究进展[J]. 管理学报, 2006, 3(1): 117—125.

Yang De-li, Guo Qiong, He Yong, *et al*. Review of supply chain contracts[J]. Chinese Journal of Management, 2006, 3(1): 117—125. (in Chinese)

Research on supply chain coordination and risk sharing based on buy back policy

WANG Xian-yu, XIAO Yu-ming

Business School, Sichuan University, Chengdu 610064, China

Abstract: In supply chain decision, the decentralized decision is used more than the centralized one, and a Stackelberg game is played between the supplier and the retailer, in which the supplier is often the leader, while the retailer is the follower. In this paper, we consider that the supplier maximizes his own profit by designing an advisable contract, while the retailer increases his profit by increasing his sales volume with effort. This paper establishes a one-stage supply chain model based on buy back polices, in which the newsvendor problem is studied. The model includes two types of buy back polices: proportion and rebate buy back, and the retailer's sales effort is embedded in the model in order to give the retailer an incentive to sell. On the basis of the above, the paper analyses the mean income and the mean risk loss of the supplier, the retailer and the whole supply chain, respectively and gives the sufficient and necessary condition for the coordination of the supply chain.

Key words: supply chain; coordination; Stackelberg game; buy back policy; risk