Management Science and Engineering 管理科学与工程, 2016, 5(2), 76-84
Published Online June 2016 in Hans. http://www.hanspub.org/journal/mse
http://dx.doi.org/10.12677/mse.2016.52009

Hans汉斯

Research on Markdown Money Contract Optimization and Coordination of Supply Chain Based on the Profit-CVaR

Pengfei Liu[1,2], Mengjie Xie[1]

[1]School of Transportation, Changsha University of Science & Technology, Changsha Hunan
[2]Key Laboratory of Highway Engineering, Ministry of Education, Changsha University of Science & Technology, Changsha Hunan
Email: pengfei71@163.com, 376493006@qq.com

Received: May 29th, 2016; accepted: Jun. 14th, 2016; published: Jun. 21st, 2016

Abstract

This paper studied the coordination of a two-echelon supply chain with a risk-neutral supplier and a risk-averse retailer. The risk aversion of the retailer was measured by profit-CVaR. We construct the markdown money contract coordination model of supply chain under stochastic demand. At a certain range, the optimal ordering quantity is reduced along with the increase of risk aversion factor and weight of CVaR; and markdown money is increased with the increase of risk aversion factor and weight of CVaR. Markdown money contract can perfectly coordinate supply chain. And we verify the conclusions through a numerical example.

Keywords

Supply Chain Coordination, Profit-CVaR, Markdown Money

基于利润-CVaR的供应链价格补贴契约优化与协调研究

刘鹏飞[1,2]，谢梦洁[1]

[1]长沙理工大学交通运输工程学院，湖南 长沙

文章引用：刘鹏飞，谢梦洁．基于利润-CVaR 的供应链价格补贴契约优化与协调研究[J]．管理科学与工程，2016，5(2): 76-84. http://dx.doi.org/10.12677/mse.2016.52009

[2]长沙理工大学公路工程省部共建教育部重点实验室，湖南 长沙
Email: pengfei71@163.com, 376493006@qq.com

收稿日期：2016年5月29日；录用日期：2016年6月14日；发布日期：2016年6月21日

摘 要

本文研究风险中性供应商和风险厌恶零售商组成的二级供应链协调问题。运用利润-CVaR度量零售商风险厌恶，建立随机需求下供应链价格补贴协调模型。在一定范围内，最优订购量随风险厌恶因子和CVaR权重的增加而减少，价格补贴随CVaR权重和风险厌恶因子的增加而增加，价格补贴契约能完美协调供应链并通过数值算例进行验证。

关键词

供应链协调，利润-CVaR，价格补贴

1. 引言

供应链中不同利益主体的节点企业存在“双边际效应”，如何设计有效的协调策略成为供应链管理的中心问题。价格补贴契约是通过对未出售的单位商品提供合理的经济补偿来协调供应链系统[1]。侯雅莉等[2]研究了新产品三阶层供应链的价格补贴契约，Wang 等[3]研究了易逝品供应链的价格补贴契约，郑克俊等[4]分析了易逝品供应链的回购与价格补贴联合契约，赵正佳等[5]讨论了短生命周期产品供应链的批发价与价格补贴联合契约，文献[2]-[5]均是讨论风险中性供应链的协调问题。现实供应链中面临诸多风险，风险干扰可能达到其行业基准 33%~40%的利润损失，因而不同程度地表现出风险厌恶态度。供应链决策者的风险态度常运用前景理论(Prospect Theory) [6]、均值方差(Mean Variance Tradeoff) [7]、风险价值 VaR (Value at Risk) [8]、条件风险价值 CVaR (Conditional Value at Risk) [9]等刻画供应链中的风险。运用前景理论研究了损失规避型零售商[10]、损失规避型供应商[11]、损失规避型零售商和损失规避型供应商[12]易逝品供应链的价格补贴契约；运用 CVaR 讨论了风险规避零售商供应链的价格补贴策略[13]，认为在一定的实施条件下，价格补贴机制均可改善供应链双方利润与供应链效率。CVaR 是一致性的风险度量工具，但忽略利润高于某个给定水平的利润平均值，只关注利润低于该水平的情况，显得过于保守。利润-CVaR 既考虑风险又兼顾期望利润。Gotoh 等[14]、Chen 等[15]以期望利润与 CVaR 的加权平均研究给定外部环境下的订货决策，未考虑风险厌恶对其他决策者的影响；柳键等[16]以利润-CVaR 准则研究风险厌恶零售商的订货策略及风险中性供应商的定价策略，未考虑协调策略。现实供应链中决策者往往选择基于期望利润和风险值的综合度量，本文拟运用利润-CVaR 准则研究风险厌恶零售商供应链的价格补贴协调策略，既反映决策者追求高利润的愿望，又反映其对潜在风险的控制。

2. 模型描述

考虑一个风险厌恶零售商从一个风险中性供应商处以批发价格 w 购买某单位商品，然后以零售价格 p 销售到随机需求市场上。设市场随机需求 X 的密度函数 $f(x)$，分布函数为 $F(x)$、且单调、可微，以单位商品处理价 s 处理所有剩余商品。假定除了供应商批发价 w 的决策和零售商订货量 q 的决策以外，其余信息都是共同知识。供应商与零售商之间进行 Stackelberg 博弈，供应商是博弈的先动者，先选择批

发价 w，零售商是博弈的后动者，然后再确定订货量 q。当零售商订货量为 q，其利润为

$$\begin{aligned}\pi(q,X)&=-wq+p\min\{X,q\}+s(q-X)^{+}\\&=(s-w)q+(p-s)X-(p-s)(X-q)^{+}\end{aligned} \tag{1}$$

其中 $z^{+}=\max\{z,0\}$。

设供应商的单位产品成本为 c，其利润为

$$L(w,q)=(w-c)q. \tag{2}$$

根据实际问题的意义，假设 $s<c<w<p$。

设 β 为零售商的风险厌恶因子，风险度量运用 CVaR，在给定的条件和置信水平 β 下，利润低于某个给定 VaR 水平的平均值，即

$$CVaR_{\beta}\pi(q,X)=\max_{v}\left\{v-\frac{1}{1-\beta}E\left[v-\pi(q,X)\right]^{+}\right\} \tag{3}$$

其中 v 为以 VaR 为风险度量的决策者期望最大化 $VaR_{\beta}\pi(q,X)$，

$$VaR_{\beta}\pi(q,X)=\max\left\{v\,\middle|\,P(\pi(q,X)\geq v)\geq\beta\right\}。$$

CVaR 忽略利润高于某个给定水平的利润平均值，只关注利润低于该水平的情况，显得过于保守。既考虑零售商的风险又兼顾期望利润，设期望利润的权重为 λ（$0\leq\lambda\leq1$），零售商的最大化利润-CVaR 为

$$\lambda E\left[\pi(q,X)\right]+(1-\lambda)CVaR_{\beta}\pi(q,X) \tag{4}$$

3. 模型构建与优化

当零售商考虑接受制造商提供的价格补贴策略，m 为由制造商向零售商支付的销售季节末未售出产品的单位价格补贴。然后仍以 s 的处理价进行处理，根据实际意义，设 $s+m<w$，则零售商期望利润为

$$\begin{aligned}\pi(q,X,m)&=-wq+p\min\{X,q\}+(s+m)(q-X)^{+}\\&=(p-w)q-(p-s-m)(q-X)^{+}\end{aligned} \tag{5}$$

供应商期望利润为

$$L(w,q,m)=(w-c)q-m(q-X)^{+} \tag{6}$$

对于风险厌恶的零售商，其目标是最大化利润-CVaR：

$$\lambda E\left[\pi(q,X,m)\right]+(1-\lambda)CVaR_{\beta}\pi(q,X,m) \tag{7}$$

对于风险中性的供应商，其目标是最大化期望利润：

$$EL(w,q,m)=(w-c)q-mE(q-X)^{+} \tag{8}$$

定理 1 零售商在利润-CVaR 目标下的最佳订货量为：

1) 若 $\lambda>\dfrac{w-s-m}{\beta(p-s-m)}$，则

$$q_m^{*}=F^{-1}\left(1-\frac{w-s-m}{\lambda(p-s-m)}\right) \tag{9}$$

2) 若 $\lambda \le \dfrac{w-s-m}{\beta(p-s-m)}$，则

$$q_m^* = F^{-1}\left(\frac{(1-\beta)(p-w)}{(1-\lambda\beta)(p-s-m)}\right) \tag{10}$$

证明：由于

$$\begin{aligned}
&\max_q \left\{\lambda E\left[\pi(q,X,m)\right]+(1-\lambda)CVaR_\beta \pi(q,X,m)\right\} \\
&= \max_q \left\{\lambda E\left[\pi(q,X,m)\right]+(1-\lambda)\max_v \left\{v-\frac{1}{1-\beta}E\left[v-\pi(q,X,m)\right]^+\right\}\right\} \\
&= \max_{q,v} \left\{\lambda E\left[\pi(q,X,m)\right]+(1-\lambda)\left\{v-\frac{1}{1-\beta}E\left[v-\pi(q,X,m)\right]^+\right\}\right\}
\end{aligned}$$

令 $G(q,v)=\lambda E\left[\pi(q,X,m)\right]+(1-\lambda)\left\{v-\frac{1}{1-\beta}E\left[v-\pi(q,X,m)\right]^+\right\}$，则对每个固定的 q，有

$$\begin{aligned}
\frac{\partial G(q,v)}{\partial v} &= (1-\lambda)\left\{1-\frac{1}{1-\beta}E\left[1_{v>\pi(q,X,m)}\right]\right\} \\
&= (1-\lambda)\left\{1-\frac{1}{1-\beta}\left[\int_0^q 1_{v>(p-s-m)x+(s+m-w)q} f(x)\mathrm{d}x+\int_q^{+\infty} 1_{v>(p-w)q} f(x)\mathrm{d}x\right]\right\} \\
&= \begin{cases} (1-\lambda)\left\{1-\frac{1}{1-\beta}\left[\int_0^{\frac{v+(w-s-m)q}{p-s-m}} f(x)\mathrm{d}x\right]\right\}, v\le (p-w)q \\ (1-\lambda)\left\{-\frac{\beta}{1-\beta}\right\}, v>(p-w)q \end{cases}
\end{aligned}$$

于是在 $(p-w)q$ 处有，

$$\left.\frac{\partial^- G(q,v)}{\partial v}\right|_{v=(p-w)q} = (1-\lambda)\left\{1-\frac{1}{1-\beta}\left[\int_0^q f(x)\mathrm{d}x\right]\right\}$$

$$\left.\frac{\partial^+ G(q,v)}{\partial v}\right|_{v=(p-w)q} = (1-\lambda)\left\{-\frac{\beta}{1-\beta}\right\} \le 0$$

1) 若 $\left.\dfrac{\partial^- G(q,v)}{\partial v}\right|_{v=(p-w)q} < 0$，

则 $G(q,v)$ 的最大值点 v^* 满足 $v^* < (p-w)q$ 和 $1-\dfrac{1}{1-\beta}\left[\int_0^{\frac{v^*+(w-s-m)q}{p-s-m}} f(x)\mathrm{d}x\right]=0$

这时

$$G(q,v^*)=\lambda E\left[\pi(q,X,m)\right]+(1-\lambda)\left\{v^*-\frac{1}{1-\beta}\left[\int_0^{\frac{v^*+(w-s-m)q}{p-s-m}}\left(v^*+(w-s-m)q-(p-s-m)x\right)f(x)\mathrm{d}x\right]\right\}$$

因此

$$\frac{\mathrm{d}G\left(q,v^*\right)}{\mathrm{d}q}=\frac{\partial G\left(q,v^*\right)}{\partial q}+\frac{\partial G\left(q,v^*\right)}{\partial v^*}\cdot\frac{\mathrm{d}v^*}{\mathrm{d}q}$$

$$=\lambda\left\{s+m-w+\left(p-s-m\right)E\left[1_{X>q}\right]\right\}+\left(1-\lambda\right)\left\{\left(1-\beta\right)^{-1}\left(s+m-w\right)\int_0^{\frac{v^*+(w-s-m)q}{p-s-m}}f\left(x\right)\mathrm{d}x\right\}+0$$

$$=\lambda\left(s+m-w\right)+\lambda(p-s-m)\int_q^{+\infty}f\left(x\right)\mathrm{d}x+\left(1-\lambda\right)\left(s+m-w\right)$$

于是最大值点 q_m^* 满足：$\int_q^{+\infty}f\left(x\right)\mathrm{d}x=\frac{w-s-m}{\lambda\left(p-s-m\right)}$，即

$$q_m^*=F^{-1}\left(1-\frac{w-s-m}{\lambda\left(p-s-m\right)}\right)$$

其中 $\lambda>\frac{w-s-m}{\beta\left(p-s-m\right)}$ 保证前提条件 $\left.\frac{\partial^- G\left(q,v\right)}{\partial v}\right|_{v=(p-w)q}<0$ 成立。

2) 若 $\left.\frac{\partial^- G\left(q,v\right)}{\partial v}\right|_{v=(p-w)q}\geq 0$，则 $v^*=\left(p-w\right)q$。

这时，

$$G\left(q,v^*\right)=\lambda E\left[\pi\left(q,X,m\right)\right]+\left(1-\lambda\right)\left\{\left(p-w\right)q-\frac{1}{1-\beta}\left[\int_0^q\left(\left(p-s-m\right)q-\left(p-s-m\right)x\right)f\left(x\right)\mathrm{d}x\right]\right\}$$

于是

$$\frac{\mathrm{d}G\left(q,v^*\right)}{\mathrm{d}q}=\lambda\left\{s+m-w+\left(p-s-m\right)E\left[1_{X>q}\right]\right\}$$
$$+\left(1-\lambda\right)\left\{\left(p-w\right)-\left(1-\beta\right)^{-1}\left(p-s-m\right)\int_0^q f\left(x\right)\mathrm{d}x\right\}$$
$$=\lambda\left(s+m-w\right)-\lambda\left(s+m-p\right)\int_q^{+\infty}f\left(x\right)\mathrm{d}x$$
$$+\left(1-\lambda\right)\left(p-w\right)-\left(1-\lambda\right)\left(1-\beta\right)^{-1}\left(p-s-m\right)\int_0^q f\left(x\right)\mathrm{d}x$$

因此最大值点 q_m^* 满足：$\int_0^q f\left(x\right)\mathrm{d}x=\frac{\left(1-\beta\right)\left(p-w\right)}{\left(1-\lambda\beta\right)\left(p-s-m\right)}$，即

$$q_m^*=F^{-1}\left(\frac{\left(1-\beta\right)\left(p-w\right)}{\left(1-\lambda\beta\right)\left(p-s-m\right)}\right)$$

其中 $\lambda\leq\frac{w-s-m}{\beta\left(p-s-m\right)}$ 保证前提条件 $\left.\frac{\partial^- G\left(q,v\right)}{\partial v}\right|_{v=(p-w)q}\geq 0$ 成立。

推论 1 给定风险厌恶因子 β 和价格补贴 m，风险厌恶零售商的最优订货量随期望利润权重 λ 的增加而增加，表明当风险厌恶零售商对利润更加关注时，其最优订货量会相应地增加。

推论 2 给定期望利润权重 λ 和价格补贴 m，当 $\beta>\frac{w-s-m}{\lambda\left(p-s-m\right)}$ 时，风险厌恶零售商的最优订货量与风险厌恶因子 β 无关；当 $\beta\leq\frac{w-s-m}{\lambda\left(p-s-m\right)}$ 时，随风险厌恶零售商 β 的增加，其最优订货量反而减少。

推论 3 给定 β,λ，最优订货量随 m 的增加而增加。

推论 4　当 $\lambda=0, m=0$ 时，$q_m^*=F^{-1}\left(\frac{(1-\beta)(p-w)}{p-s}\right)$。这时完全成为最优化 $CVaR$ 问题；当 $\lambda=1, m=0$ 时，$q_m^*=F^{-1}\left(1-\frac{w-s}{p-s}\right)$。这时退化为最经典的报童问题。

4. 模型的协调

当供应商和零售商组成的供应链服从集中决策模式，以获取最大期望利润为目标。供应链的整体期望利润为：

$$ET(q)=(s-c)q+(p-s)EX-(p-s)E(X-q)^+ \tag{11}$$

集中决策模式下的最佳订货量 q_c^* 为

$$q_c^*=F^{-1}\left(\frac{p-c}{p-s}\right) \tag{12}$$

所谓供应链协调是指整个供应链能收获到像集中决策模式下供应链的利润，选择合理的价格补贴 m 与批发价 w，使零售商最优订货量达到 q_c^*，供应链的最大期望利润，即为了实现供应链的协调，则必有 $q_m^*=q_c^*$。

定理 2　供应商选择恰当的价格补贴策略，可以实现供应链的协调。

当 $\beta\le\frac{c-s}{p-s}$ 时，则

$$m^*=\frac{(p-s)\left[(1-\lambda\beta)(p-c)-(1-\beta)(p-w)\right]}{(1-\lambda\beta)(p-c)} \tag{13}$$

当 $\beta>\frac{c-s}{p-s}$ 时，则

$$m^*=\frac{(p-s)\left[\lambda(c-s)-(w-s)\right]}{\lambda(c-s)-(p-s)} \tag{14}$$

证明：1) 当 $\lambda>\frac{w-s-m}{\beta(p-s-m)}$ 时，即 $m>\frac{w-\lambda\beta p-(1-\lambda\beta)s}{1-\lambda\beta}$ 时，

根据 $q_m^*=q_c^*$，有 $1-\frac{w-s-m}{\lambda(p-s-m)}=\frac{p-c}{p-s}$，即 $m=\frac{(p-s)\left[\lambda(c-s)-(w-s)\right]}{\lambda(c-s)-(p-s)}$

将 m 代入上述条件，即

$\frac{(p-s)\left[\lambda(c-s)-(w-s)\right]}{\lambda(c-s)-(p-s)}>\frac{w-\lambda\beta p-(1-\lambda\beta)s}{1-\lambda\beta}$ 等价于 $\beta>\frac{c-s}{p-s}$。

因此当 $\beta>\frac{c-s}{p-s}$ 时，最优价格补贴为：

$$m^*=\frac{(p-s)\left[\lambda(c-s)-(w-s)\right]}{\lambda(c-s)-(p-s)}$$

2) 当 $\lambda\le\frac{w-s-m}{\beta(p-s-m)}$ 时，即 $m\le\frac{w-\lambda\beta p-(1-\lambda\beta)s}{1-\lambda\beta}$ 时，

同理，有当 $\beta \le \frac{c-s}{p-s}$ 时，最优价格补贴为：

$$m^* = \frac{(p-s)\left[(1-\lambda\beta)(p-c)-(1-\beta)(p-w)\right]}{(1-\lambda\beta)(p-c)}$$

推论 5 当 $\beta \le \frac{c-s}{p-s}$ 时，零售商风险厌恶因子越高，零售商所得的价格补贴越高。当 $\beta > \frac{c-s}{p-s}$ 时，即零售商风险厌恶因子达到一定程度，价格补贴将不受风险因子的影响。零售商的期望利润权重 λ 越小时，零售商所得的价格补贴越高。

定理 3 供应链协调时，供应商获得的利润是批发价 w 的线性递增函数，利润分配则取决于供应商与零售商各自的讨价还价能力。

1) 当 $\beta > \frac{c-s}{p-s}$ 时，由 $m^* = \frac{(p-s)\left[\lambda(c-s)-(w-s)\right]}{\lambda(c-s)-(p-s)}$，可得

$$\begin{aligned}\frac{\partial EL\left(w,q_c^*,m^*\right)}{\partial w} &= q_c^* - \frac{1}{p-s-\lambda(c-s)}E\left(q_c^*-X\right)^+ \\ &= q_c^* - \frac{1}{p-s-\lambda(c-s)}\int_0^{q_c^*}F(x)\mathrm{d}x \\ &> q_c^*\left[1-\frac{1}{p-s-\lambda(c-s)}F\left(q_c^*\right)\right] > 0\end{aligned}$$

2) 当 $\beta \le \frac{c-s}{p-s}$ 时，由 $m^* = \frac{(p-s)\left[(1-\lambda\beta)(p-c)-(1-\beta)(p-w)\right]}{(1-\lambda\beta)(p-c)}$，可得

$$\begin{aligned}\frac{\partial EL\left(w,q_c^*,m^*\right)}{\partial w} &= q_c^* - \frac{(1-\beta)}{(1-\lambda\beta)(p-c)}E\left(q_c^*-X\right)^+ \\ &= q_c^* - \frac{(1-\beta)}{(1-\lambda\beta)(p-c)}\int_0^{q_c^*}F(x)\mathrm{d}x \\ &> q_c^*\left[1-\frac{(1-\beta)}{(1-\lambda\beta)(p-c)}F\left(q_c^*\right)\right] > 0\end{aligned}$$

5. 数值分析

设 $X \sim N\left(1000,200^2\right)$，$p=6$，$s=2$，$c=3$，集中决策模式下供应链最佳订货量 $q_c^*=1134.9$，供应链整体期望利润为 2745.8。考虑不同的风险厌恶因子 β 和权重 λ 下，零售商的最优订购量及供应链协调时的最优补贴价格与供应商的期望利润。

从表 1 可看出，当零售商存在风险厌恶时，其最优订货量随 CVaR 权重和风险厌恶因子的不断增加而减少，当风险厌恶因子增大到一定程度时，最优订货量趋于不变。零售商所得的价格补贴，随 CVaR 权重和风险厌恶因子的增加而增加，当风险厌恶因子达到一定程度后，价格补贴趋于不变。供应商的期望利润在风险厌恶因子和期望利润权重不变时随批发价的增加而增加。

6. 结论

本文运用利润-CVaR 构建风险厌恶零售商供应链的价格补贴协调模型。结论表明：

Table 1. Retail's optimal ordering quantity as well as optimal markdown money and supplier's expected profit in supply chain coordination

表 1. 零售商最优订购量及供应链协调时的最优补贴价格与供应商的期望利润

(λ,β)	q_m^* ($w=4.5$)		m^*		$EL(w,q_c^*,m^*)$	
	$m=1$	$m=1.5$	$w_1=4.5$	$w_2=5$	$w_1=4.5$	$w_2=5$
(0.2,0.1)	979.2	1025.8	2.1633	2.7755	1345.96	1812.55
(0.4,0.1)	984.2	1031.6	2.125	2.75	1352.27	1816.75
(0.6,0.1)	988.4	1037.6	2.0851	2.7234	1358.84	1821.14
(0.4,0.2)	967	1011.1	2.2609	2.8406	1329.88	1801.83
(0.4,0.3)	948.4	988.2	2.3333	2.8889	1317.95	1793.87
(0.4,0.4)	926.6	964	2.3333	2.8889	1317.95	1793.87
(0.8,0.7)	936.2	1000.01	2.125	2.75	1352.27	1816.75
(0.8,0.8)	936.2	1000.01	2.125	2.75	1352.27	1816.75

1) 零售商的最优订购量随价格补贴的增加而增加，随 CVaR 权重和一定范围内的风险厌恶因子的增加而减少，风险厌恶因子超过一定程度时，将不再影响订购量的大小。

2) 供应商选择恰当的价格补贴契约可完美协调供应链。

3) 供应商提供的价格补贴随 CVaR 权重和一定范围内的风险厌恶因子的增加而增加。风险厌恶因子超过一定程度时，将不再影响价格补贴的大小。

本文仅考虑零售商是风险厌恶的，且是单一零售商和单一供应商的情形。考虑供应商也为风险厌恶，且是多个零售商与多个供应商的情形，将是下一步研究的问题。

基金项目

教育部人文社会科学研究规划基金(13YJA630055)；长沙理工大学公路工程省部共建教育部重点实验室开放基金资金项目(kfj120104)；湖南省现代企业管理研究中心开放基金(13QGB1)。

参考文献 (References)

[1] Cachon, G.P. (2003) Supply Chain Coordination with Contracts. North-Holland, Amsterdam, 229-339. http://dx.doi.org/10.1016/s0927-0507(03)11006-7

[2] 侯雅莉，周德群．价格补贴契约对三阶层供应链的协调[J]．系统工程, 2006, 24(4): 25-30.

[3] Wang, C.X. and Webster, S. (2009) Markdown Money Contracts for Perishable Goods with Clearance Pricing. *European Journal of Operational Research*, **196**, 1113-1122. http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2008.04.024

[4] 郑克俊．考虑回购和价格补贴契约的易逝品供应链协调机制[J]．工业工程, 2010, 13(1): 15-20.

[5] 赵正佳，谢巧华．供应链批发价与价格补贴的联合契约[J]．管理工程学报, 2008, 22(4): 163-167.

[6] Daniel, K. and Amos, T. (1979) Prospect Theory: An Analysis of Decisions under Risk. *Econometric*, **47**, 263-292. http://dx.doi.org/10.2307/1914185

[7] Choi, T.M., Li, D. and Yan, H. (2008) Mean-Variance Analysis of a Single Supplier and Retailer Supply Chain under a Returns Policy. *European Journal of Operational Research*, **184**, 356-376. http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2006.10.051

[8] Jacobson, T. and Roszbach, K. (2003) Bank Lending Policy, Credit Scoring and Value-at-Risk. *Journal of Banking & Finance*, **27**, 615-633. http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4266(01)00254-0

[9] Wu, J., Yue, W. and Yamamoto, Y. (2006) Risk Analysis of a Pay to Delay Capacity Reservation Contract. *Optimization Methods and Software*, **21**, 635-651. http://dx.doi.org/10.1080/10556780600723310

[10] 刘珩，潘景铭，唐小我．基于损失厌恶型零售商的易逝品供应链价格补贴契约研究[J]．控制与决策, 2010, 25 (8): 1149-1154.

[11] 孙多青，张欢，马晓英，等. 基于 LA 型供应商的易逝品供应链价格补贴契约[J]. 控制工程, 2012, 19(2): 360-364.

[12] 刘珩，潘景铭，唐小我. 基于损失厌恶型参与者的易逝品供应链价格补贴契约研究[J]. 管理工程学报，2011，25 (3): 24-30.

[13] 吴安波，李刚，孙林岩，等. 基于 CVaR 风险测度标准的价格补贴策略下的协调研究[J]. 运筹与管理，2013，22 (2): 44-46.

[14] Gotoh, J.Y. and Seshadri, S. (2005) Hedging Inventory Risk through Market Instruments. *Manufacturing & Service Operations Management*, **7**, 103-120. http://dx.doi.org/10.1287/msom.1040.0061

[15] Chen, Y., Xu, M. and Zhang, G. (2009) Risk-Averse Newsvendor Model under the CVaR. *Operations Research*, **57**, 1040-1044. http://dx.doi.org/10.1287/opre.1080.0603

[16] 柳键，罗春林. 利润-CVaR 准则下的二级供应链定价与订货策略研究[J]. 控制与决策, 2010, 25(1): 130-133.