

## 基于条件乐观期望利润的供应链 优化与协调模型

于春云<sup>1</sup>, 关志民<sup>2</sup>, 赵希男<sup>2</sup>

(1. 东北大学秦皇岛分校, 河北 秦皇岛 066004; 2. 东北大学 工商管理学院, 辽宁 沈阳 110819)

**摘 要:** 针对供应链合作中, 合作伙伴的抗风险能力及风险偏好对供应链优化与协调的影响, 提出了反映供应链及合作者的抗风险能力及决策者对风险偏爱程度的条件乐观期望利润的概念, 并引入具有较强抗风险能力的实力型供应链优化与协调问题的研究. 建立了随机需求下实力型供应链的条件乐观期望利润模型、基于条件乐观期望利润的最优订购量模型及协调供应链的最优收入共享契约模型, 并对模型进行了分析, 揭示了供应商和零售商的抗风险能力对供应链协调、最优订购量、最优批发价格及供应链合作的稳定性的影响.

**关键词:** 条件乐观期望利润; 实力型供应链; 供应链优化与协调; 最优订购量模型; 收入共享契约模型

**中图分类号:** C 274 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-3026(2013)01-0143-06

### Supply Chain Optimization and Coordination Model Based on Conditional Optimistic Expected Profit

YU Chun-yun<sup>1</sup>, GUAN Zhi-min<sup>2</sup>, ZHAO Xi-nan<sup>2</sup>

(1. Northeastern University at Qinhuangdao, Qinhuangdao 066004, China; 2. School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110819, China. Corresponding author: YU Chun-yun, E-mail: yuchunyun@yahoo.com.cn)

**Abstract:** In view of the effects of anti-risk ability of cooperative enterprises and decision makers' risk preferences on supply chain optimization and coordination, a concept named conditional optimistic expected profit was proposed and a power supply chain optimization and coordination mechanism with comparatively strong anti-risk abilities was introduced for further studies. First, under random demands, the conditional optimistic expected profit model of power supply chain and the optimal ordering quantity model as well as the revenue-sharing contract model based on conditional optimistic expected profit were constructed. Then, the models were analyzed with an aim to revealing the impact of suppliers' and retailers' anti-risk capability on supply chain coordination, the optimal ordering quantity and wholesale price, and the stability of supply chain cooperation.

**Key words:** conditional optimistic expected profit (CEP); power supply chain; supply chain optimization and coordination; optimal ordering quantity model; revenue-sharing contract model

市场环境的不确定性,使企业的经营活动和经营成果具有了风险性,一般地,追求较高的利润水平,就要承担较大的风险,要规避风险,就要降低期望利润水平.在供应链合作中,合作伙伴的抗风险能力及风险偏好,不仅影响自身的利润水平,

而且影响供应链及其他合作伙伴的利润水平,所以,在供应链优化协调中,必须研究供应链合作企业的抗风险能力以及决策者的风险偏好对利润的影响.

然而,在供应链优化与协调模型的大量研究

收稿日期: 2012-03-29

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70972100).

作者简介: 于春云(1962-),女,河北秦皇岛人,东北大学副教授,博士;关志民(1957-),男,辽宁开原人,东北大学教授,博士生导师;赵希男(1960-),男,上海人,东北大学教授,博士生导师.

中,多数都假定供应链成员的风险是中性的,即将利润的期望值作为决策目标.近年来,供应链及合作企业的抗风险能力以及对待风险的态度受到有关学者的关注.相关研究<sup>[1-5]</sup>都假定供应链成员一方是风险中性的,另一方是风险厌恶的,一般采用均值-方差方法和条件风险值方法.而对具有较强抗风险能力的实力型供应链的优化与协调的研究甚少,实力型供应链是指供应链合作者的抗风险能力较强,在供应链决策中,决策者为了追求更高的利润,与风险中性决策者相比,偏向于选择风险水平较高的决策方案.

所谓收入共享契约也就是供应商给零售商以一个较低的批发价格,并且获得一部分零售商的销售收入的协议. Mortimer<sup>[6]</sup>对收入共享契约在影碟租赁业的应用进行了研究,发现收入共享契约可以提高供应链的整体利润. Gerchak 等<sup>[7]</sup>则发现收入共享契约可以协调影碟租赁业中产品的购买量和库存时间之间的矛盾.此外, Cachon 等<sup>[8]</sup>系统研究了用批发价格和共享系数两个参数描述的收入共享契约,指出收入共享契约能够协调固定零售价格和零售商制定价格两种情况下的供应链渠道. Giannoccaro 等<sup>[9]</sup>研究了具有固定零售价格的三级供应链的收入共享契约,发现恰当的契约参数可提高供应链成员的收益和供应链运作效率.

上述收入共享契约都假定供应链成员的风险是中性的,没有考虑不同供应链及成员的实际抗风险能力及决策者对待风险的态度方面的差异.本文提出了条件乐观期望利润的概念,并引入到实力型供应链优化与协调问题研究中.

## 1 问题描述与符号说明

考虑由一个实力型供应商和一个实力型零售商构成的单周期强强合作供应链.销售季节开始前,供应商向零售商提供收入共享契约  $T(q, \Phi, w^*)$ ,零售商按照一定的风险偏爱水平下的条件乐观期望利润最大原则确定最优订购量  $q^*$ .假定:①信息是完全的,即供应商和零售商都知道自己及对方的成本结构、利润函数及需求分布;②供应商和零售商都是理性的,即按照各自确定的风险偏爱水平下的条件乐观期望利润最大进行决策.

有关符号说明如下:

零售商 R 销售的产品为单周期产品,市场需求量  $x$  为随机变量,密度函数为  $f(x)$ ,市场需求

量  $x$  的期望值为  $E[x]$ .零售商 R 的产品的边际单位成本为  $c_1$ ,无缺货损失,零售价格为  $p$ ,零售商收入共享比例为  $\Phi(0 < \Phi < 1)$ .供应商产品单位成本为  $c$ ,产品批发价格为  $w > c$ ,期末单位剩余产品的残值为  $g < c$ ,供应商收入共享比例为  $1 - \Phi$ .零售商 R 的风险偏爱水平为  $\beta_1$ ,供应商 M 的风险偏爱水平为  $\beta_2$ ,实现供应链系统完美协调的收入共享契约为  $T(q, \Phi, w^*)$ .

## 2 条件乐观期望利润模型

### 2.1 条件乐观期望利润

**定义** 在正常市场条件下和一定的风险偏爱水平  $\beta$  下,设  $\pi(x, q)$  是利润函数,  $q$  是决策变量,  $x$  是随机需求,  $f(x)$  是  $x$  的密度函数,  $F(\pi(x, q))$  是  $\pi(x, q)$  概率分布函数,令

$$EP_{\beta}\pi(x, q) = \max\{\pi(x, q) \mid F(\pi(x, q)) < \beta\}, \quad (1)$$

则条件乐观期望利润定义为

$$CEP_{\beta}\pi(q) = E[\pi(x, q) \mid \pi(x, q) \geq EP_{\beta}\pi(x, q)] = (1 - \beta)^{-1} \int_{\pi(x, q) \geq EP_{\beta}\pi(x, q)} \pi(x, q) f(x) dx. \quad (2)$$

风险偏爱水平  $\beta$  越大,条件乐观期望利润 CEP 越大,决策者承担的风险越大;风险偏爱水平  $\beta$  越小, CEP 越小,决策者承担的风险越小;  $\beta = 0$  时, CEP 等于利润期望值,风险为中性.

$$E[\pi(x, q)] = \int_{-\infty}^{+\infty} \pi(x, q) f(x) dx = \int_{\pi(x, q) \geq EP_{\beta}\pi(x, q)} \pi(x, q) f(x) dx + \int_{\pi(x, q) < EP_{\beta}\pi(x, q)} \pi(x, q) f(x) dx = (1 - \beta) CEP_{\beta}\pi(x, q) + \beta \left[ \frac{1}{\beta} \int_{\pi(x, q) < EP_{\beta}\pi(x, q)} \pi(x, q) f(x) dx \right].$$

根据文献[10],

$$\frac{1}{\beta} \int_{\pi(x, q) < EP_{\beta}\pi(x, q)} \pi(x, q) f(x) dx = \max_{\alpha \in \mathbb{R}} \{\alpha - (1 - \beta)^{-1} E[\alpha - \pi(x, q)]^+\}.$$

其中:  $[\alpha - \pi(x, q)]^+ = \max\{0, \alpha - \pi(x, q)\}$ ;  $E[\alpha - \pi(x, q)]^+$  是  $[\alpha - \pi(x, q)]^+$  的期望值.

因此

$$CEP_{\beta}\pi(q) = (1 - \beta)^{-1} \{E[\pi(x, q)] - \beta \max_{\alpha \in \mathbb{R}} \{\alpha - \beta^{-1} E[\alpha - \pi(x, q)]^+\}\}. \quad (3)$$

### 2.2 供应链及合作者的条件乐观期望利润模型

令  $(t)^+ = \max\{0, t\}$ , 则  $\min\{q, x\} = q - (q - x)^+$ . 在收入共享契约  $T(q, \Phi, w^*)$  下,零售商和供应商的利润函数分别为

$$\pi_R(x, q) = \Phi p \min\{q, x\} + \Phi g(q - \min\{q, x\}) - (w + c_1)q = (\Phi p - w - c_1)q - \Phi(p - g)(q - x)^+, \quad (4)$$

$$\pi_M(x, q) = (1 - \Phi)p \min\{q, x\} + (1 - \Phi)g(q - \min\{q, x\}) + (w - c)q = [(1 - \Phi)p + w - c]q - (1 - \Phi)(p - g)(q - x)^+. \quad (5)$$

供应链的利润函数为

$$\pi(x, q) = \pi_R(q) + \pi_M(q) = (p - c - c_1)q - (p - g)(q - x)^+. \quad (6)$$

将式(4),式(5)分别代入式(2),得到零售商和供应商的条件乐观期望利润模型分别为

$$CEP_{\beta_1} \pi_R(q) = \begin{cases} (\Phi p - w - c_1)q, & q < F^{-1}(\beta_1); \\ (\Phi p - w - c_1)q - (1 - \beta_1)^{-1} \Phi(p - g) \left\{ \int_{F^{-1}(\beta_1)}^q F(x) dx - \beta_1 [q - F^{-1}(\beta_1)] \right\}, & q \geq F^{-1}(\beta_1). \end{cases} \quad (7)$$

$$CEP_{\beta_2} \pi_M(q) = \begin{cases} [(1 - \Phi)p + w - c]q, & q < F^{-1}(\beta_2); \\ [(1 - \Phi)p + w - c]q - (1 - \beta_2)^{-1} (1 - \Phi)(p - g) \left\{ \int_{F^{-1}(\beta_2)}^q F(x) dx - \beta_2 [q - F^{-1}(\beta_2)] \right\}, & q \geq F^{-1}(\beta_2). \end{cases} \quad (8)$$

供应链的条件乐观期望利润为  $CEP_{\beta} \pi(q) = CEP_{\beta_1} \pi_R(q) + CEP_{\beta_2} \pi_M(q)$ , 即

当  $\beta_1 \geq \beta_2$  时,  $F^{-1}(\beta_1) \geq F^{-1}(\beta_2)$ , 则

$$CEP_{\beta} \pi(q) = \begin{cases} (p - c - c_1)q, & q \leq F^{-1}(\beta_2); \\ (p - c - c_1)q - (1 - \beta_2)^{-1} (1 - \Phi)(p - g) \left\{ \int_{F^{-1}(\beta_2)}^q F(x) dx - \beta_2 [q - F^{-1}(\beta_2)] \right\}, & F^{-1}(\beta_2) < q \leq F^{-1}(\beta_1); \\ (p - c - c_1)q - (1 - \beta_1)^{-1} \Phi(p - g) \left\{ \int_{F^{-1}(\beta_1)}^q F(x) dx - \beta_1 [q - F^{-1}(\beta_1)] \right\} - (1 - \beta_2)^{-1} (1 - \Phi)(p - g) \left\{ \int_{F^{-1}(\beta_2)}^q F(x) dx - \beta_2 [q - F^{-1}(\beta_2)] \right\}, & q > F^{-1}(\beta_1). \end{cases} \quad (9)$$

当  $\beta_1 < \beta_2$  时,  $F^{-1}(\beta_1) < F^{-1}(\beta_2)$ , 则

$$CEP_{\beta} \pi(q) = \begin{cases} (p - c - c_1)q, & q \leq F^{-1}(\beta_1); \\ (p - c - c_1)q - (1 - \beta_1)^{-1} \Phi(p - g) \left\{ \int_{F^{-1}(\beta_1)}^q F(x) dx - \beta_1 [q - F^{-1}(\beta_1)] \right\}, & F^{-1}(\beta_1) < q \leq F^{-1}(\beta_2); \\ (p - c - c_1)q - (1 - \beta_1)^{-1} \Phi(p - g) \left\{ \int_{F^{-1}(\beta_1)}^q F(x) dx - \beta_1 [q - F^{-1}(\beta_1)] \right\} - (1 - \beta_2)^{-1} (1 - \Phi)(p - g) \left\{ \int_{F^{-1}(\beta_2)}^q F(x) dx - \beta_2 [q - F^{-1}(\beta_2)] \right\}, & q > F^{-1}(\beta_2). \end{cases} \quad (10)$$

### 3 基于条件乐观期望利润最优的订购量模型

#### 3.1 零售商基于条件乐观期望利润最优的订购量模型

为了求得使零售商条件乐观期望利润最大的订货量  $q^*$ , 求式(7)的一阶导数和二阶导数, 使条件乐观期望利润最大的订货量  $q^*$  应满足:

$$(\Phi p - w - c_1) - (1 - \beta_1)^{-1} \Phi(p - g) [F(q^*) - \beta_1] = 0, (1 - \beta_1)^{-1} \Phi(p - g) f(q^*) > 0,$$

即

$$q^* = F^{-1} \left[ (1 - \beta_1) \frac{\Phi p - w - c_1}{\Phi(p - g)} + \beta_1 \right] \geq F^{-1}(\beta_1). \quad (11)$$

#### 3.2 供应链基于条件乐观期望利润最优的订购量模型

为了求得使供应链的条件乐观期望利润最大的最优订购量  $Q^*$ , 作如下讨论.

1) 当  $\beta_1 \geq \beta_2$  时,  $F^{-1}(\beta_1) \geq F^{-1}(\beta_2)$ , 求式(9)的一阶导数得

$$\frac{dCEP_{\beta}\pi(q)}{dq} = \begin{cases} p-c-c_1, q \leq F^{-1}(\beta_2); \\ (p-c-c_1) - (1-\beta_2)^{-1}(1-\Phi)(p-g)[F(q)-\beta_2], F^{-1}(\beta_2) < q \leq F^{-1}(\beta_1); \\ (p-c-c_1) - (p-g)\{(1-\beta_1)^{-1}\Phi[F(q)-\beta_1] + (1-\beta_2)^{-1}(1-\Phi)[F(q)-\beta_2]\}, \\ q > F^{-1}(\beta_1). \end{cases}$$

令  $A = 1 - (1-\beta_1) \frac{(1-\Phi)(p-g)}{(1-\Phi)(p-g) - (p-c-c_1)}$ , 当  $0 \leq \beta_2 < A$ , 且  $\Phi < 1 - \frac{p-c-c_1}{p-g}$  时, 由  $(p-c-c_1) - (1-\beta_2)^{-1}(1-\Phi)(p-g)[F(Q^*)-\beta_2] = 0$ , 求得  $Q^* = F^{-1}\left[(1-\beta_2) \frac{p-c-c_1}{(1-\Phi)(p-g)} + \beta_2\right] \leq F^{-1}(\beta_1)$ ; 当  $A \leq \beta_2 \leq \beta_1$ , 且  $\Phi < 1 - \frac{p-c-c_1}{p-g}$ , 或  $0 \leq \beta_2 \leq \beta_1$ , 且  $\Phi \geq 1 - \frac{p-c-c_1}{p-g}$  时, 由  $(p-c-c_1) - (p-g)\{(1-\beta_1)^{-1}\Phi[F(Q^*)-\beta_1] + (1-\beta_2)^{-1}(1-\Phi)[F(Q^*)-\beta_2]\} = 0$ , 求得  $Q^* = F^{-1}\left[(1-\beta) \frac{p-c-c_1}{p-g} + \beta\right] \geq F^{-1}(\beta_1)$ , 其中,  $\beta = 1 - \frac{1}{(1-\beta_1)^{-1}\Phi + (1-\beta_2)^{-1}(1-\Phi)}$ .

2) 当  $\beta_1 < \beta_2$  时,  $F^{-1}(\beta_1) < F^{-1}(\beta_2)$ , 求式(10)的一阶导数得

$$\frac{dCEP_{\beta}\pi(q)}{dq} = \begin{cases} p-c-c_1, q \leq F^{-1}(\beta_1); \\ (p-c-c_1) - (1-\beta_1)^{-1}\Phi(p-g)[F(q)-\beta_1], F^{-1}(\beta_1) < q \leq F^{-1}(\beta_2); \\ (p-c-c_1) - (p-g)\{(1-\beta_1)^{-1}\Phi[F(q)-\beta_1] + (1-\beta_2)^{-1}(1-\Phi)[F(q)-\beta_2]\}, \\ q > F^{-1}(\beta_2). \end{cases}$$

令  $B = 1 - (1-\beta_1) \frac{\Phi(p-g) - (p-c-c_1)}{\Phi(p-g)}$ , 当  $\beta_1 < \beta_2 \leq B$ , 且  $\Phi > \frac{p-c-c_1}{p-g}$ , 或  $\beta_1 < \beta_2 \leq 1$ ,  $\Phi \leq \frac{p-c-c_1}{p-g}$  时, 由  $(p-c-c_1) - (p-g)\{(1-\beta_1)^{-1}\Phi[F(Q^*)-\beta_1] + (1-\beta_2)^{-1}(1-\Phi)[F(Q^*)-\beta_2]\} = 0$ , 求得  $Q^* = F^{-1}\left[(1-\beta) \frac{p-c-c_1}{p-g} + \beta\right] > F^{-1}(\beta_2)$ ; 当  $B < \beta_2 \leq 1$ , 且  $\Phi > \frac{p-c-c_1}{p-g}$  时, 由  $(p-c-c_1) - (1-\beta_1)^{-1}\Phi(p-g)[F(Q^*)-\beta_1] = 0$ , 求得  $Q^* = F^{-1}\left[(1-\beta_1) \frac{p-c-c_1}{\Phi(p-g)} + \beta_1\right] < F^{-1}(\beta_2)$ .

综上, 使供应链的条件乐观期望利润最大的最优订购量  $Q^*$  为

$$\text{当 } 0 \leq \beta_2 < A, \text{ 且 } \Phi < 1 - \frac{p-c-c_1}{p-g} \text{ 时, } Q^* = F^{-1}\left[(1-\beta_2) \frac{p-c-c_1}{(1-\Phi)(p-g)} + \beta_2\right]; \quad (12)$$

$$\text{当 } \varphi_1(\beta_1) \leq \beta_2 \leq \varphi_2(\beta_1) \text{ 时, } Q^* = F^{-1}\left[(1-\beta) \frac{p-c-c_1}{p-g} + \beta\right]; \quad (13)$$

$$\text{当 } B < \beta_2 \leq 1, \text{ 且 } \Phi > \frac{p-c-c_1}{p-g} \text{ 时, } Q^* = F^{-1}\left[(1-\beta_1) \frac{p-c-c_1}{\Phi(p-g)} + \beta_1\right]. \quad (14)$$

其中:  $\beta = 1 - \frac{1}{(1-\beta_1)^{-1}\Phi + (1-\beta_2)^{-1}(1-\Phi)}$ ;  $\varphi_1(\beta_1) = \begin{cases} A, \Phi < 1 - \frac{p-c-c_1}{p-g}; \\ 0, \Phi > 1 - \frac{p-c-c_1}{p-g}; \end{cases}$   $\varphi_2(\beta_1) = \begin{cases} B, \Phi > \frac{p-c-c_1}{p-g}; \\ 1, \Phi < \frac{p-c-c_1}{p-g}. \end{cases}$

入共享契约参数  $w^*$ , 此时收入共享契约无法协调供应链.

当  $\varphi_1(\beta_1) \leq \beta_2 \leq \varphi_2(\beta_1)$  时, 由式(11), 式(13)知, 使  $Q^* = q^*$  的收入共享契约参数

$$w^* = \Phi p - c_1 - \frac{\Phi(p-c-c_1) - \Phi(1-\Phi)(1-\gamma)(p-g)}{\Phi + \gamma(1-\Phi)}. \quad (15)$$

其中,  $\gamma = (1-\beta_1)/(1-\beta_2)$ . 由  $w^* > 0$  解得

$$\beta_2 < 1 - \frac{1-\Phi}{\Phi} \frac{c_1 - \Phi g}{c - (1-\Phi)g} (1-\beta_1).$$

## 4 基于条件乐观期望利润最优的收入共享契约模型

### 4.1 基于条件乐观期望利润的收入共享契约模型

为了求得使供应链完美协调的收入共享契约参数  $w^*$ , 作如下讨论.

当  $0 < \beta_2 \leq A$ , 且  $\Phi < 1 - (p-c-c_1)/(p-g)$  时, 由式(11), 式(12)知不存在使  $Q^* = q^*$  的收

令  $\varphi_3(\beta_1) = \min \{ 1 - \frac{1-\Phi}{\Phi} \frac{c_1 - \Phi g}{c - (1-\Phi)g} (1 - \beta_1), \varphi_2(\beta_1) \}$ , 当  $\varphi_1(\beta_1) \leq \beta_2 \leq \varphi_3(\beta_1)$  时,  $w^* > 0$ ; 当  $1 - (1 - \beta_1) \frac{\Phi(p-g) - (p-c-c_1)}{\Phi(p-g)} < \beta_2 < 1$  且  $\Phi > \frac{p-c-c_1}{p-g}$  时, 由式(11), 式(14)知, 使  $Q^* = q^*$  的收入共享契约参数

$$w^* = c - (1 - \Phi)p. \quad (16)$$

由  $w^* > 0$  解得  $\Phi > (p-c)/p$ .

#### 4.2 零售商和供应商的风险承受力对供应链的优化与协调的影响

当  $\beta_1 = \beta_2 = 0$  时, 零售商和供应商的风险都是中性的, 这时基于条件乐观期望利润最大的最优订购量等于基于利润期望值最大的最优订购量  $q_0^*$ ; 基于条件乐观期望利润最大的收入共享价格与基于利润期望值最大的批发价格  $w_0^*$  相同.

1) 当  $\varphi_1(\beta_1) \leq \beta_2 \leq \varphi_3(\beta_1)$  时, 收入共享契约可以协调供应链. 由式(13), 式(15)知:  $q^* > q_0^*$ , 且  $\beta_1$  越大, 即零售商抗风险能力越强, 决策者偏爱风险程度越高, 供应链基于条件乐观期望利润的最优订购量  $q^*$  越大, 协调供应链的批发价格  $w^*$  越高;  $\beta_2$  越大, 即供应商抗风险能力越强, 决策者偏爱风险程度越高, 供应链基于条件乐观期望利润的最优订购量  $q^*$  越大, 协调供应链的批

发价格  $w^*$  越低.

2) 当  $B < \beta_2 < 1$ , 且  $\Phi > \max \{ (p-c-c_1)/(p-g), (p-c)/p \}$  时, 由式(14), 式(16)知:  $q^* > q_0^*$ , 且  $\beta_1$  越大,  $q^*$  越大, 而与  $\beta_2$  无关, 批发价格  $w^*$  与  $\beta_1, \beta_2$  无关.

3) 当  $0 < \beta_2 \leq \varphi_1(\beta_1)$  时, 收入共享契约不能完美协调供应链.

4)  $|\beta_1 - \beta_2|$  越小, 即零售商与供应商的风险偏爱水平越接近, 供应链的合作越稳定.

### 5 实例分析

考虑由一个供应商和一个零售商组成的强强合作供应链. 已知  $c_1 = 20$  元,  $p = 360$  元, 零售商收入共享比例  $\Phi = 0.4$ ,  $c = 150$  元,  $w = 250$  元,  $g = 50$  元, 缺货无损失. 市场需求为随机变量, 服从均匀分布, 最高需求量为 1 000 件, 最低需求量为 500 件.

将有关参数值代入模型, 几种不同风险水平组合下供应链合作情况见表 1; 在表 2 中求得了几种不同决策方案承担的风险水平、利润波动范围及条件乐观期望利润情况. 表中结果揭示了零售商和供应商的风险偏爱程度对供应链的最优订购量、收入共享契约、利润及供应链协调的影响.

表 1 几种不同风险水平组合下供应链合作情况

Table 1 Supply chain cooperation with combinations of different levels of risk preference

条件	$(\beta_1, \beta_2)$	$\beta$	$q^*$	$W^*$	$CEP_{\beta_1} \pi_R(q)$	$CEP_{\beta_2} \pi_M(q)$	$CEP_{\beta} \pi(q)$	$S$	$S_R$	$S_M$
风险中性	(0,0)	0	806	48.00	49 645	74 468	124 113	120	48	72
$\beta_1$ 一定	(0.1,0.2)	0.16	838	44.65	55 066	79 556	134 622	120	44.65	75.35
	(0.1,0.3)	0.23	851	40.98	58 171	80 301	138 472	120	40.98	79.02
$\beta_2$ 一定	(0.2,0.1)	0.14	834	51.43	52 037	81 267	133 304	120	51.43	68.57
	(0.3,0.1)	0.19	844	55.38	51 244	84 584	135 830	120	55.38	64.62
$\beta_1 = \beta_2$	(0.1,0.1)	0.1	826	48.00	52 281	78 421	130 702	120	48	72
	(0.2,0.2)	0.2	845	48.00	54 916	82 374	137 290	120	48	72
	(0.3,0.3)	0.3	865	48.00	57 552	86 327	143 879	120	48	72

注:  $S_R, S_M$  分别为期末每件未售出产品零售商和供应商分别承担的成本损失;  $S$  为期末每件未售出产品给供应链造成的成本损失,  $S = S_R + S_M$ .

表 2 不同决策方案  $T(q^*, \Phi, w^*)$  承担的风险水平、利润波动范围及 CEP 比较

Table 2 Levels of risk, profit range and CEP of different revenue-sharing contract  $T(q^*, \Phi, w^*)$

$T(q^*, \Phi, w^*)$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta$	零售商利润波动范围及 CEP			供应商利润波动范围及 CEP			供应链利润波动范围及 CEP		
				min	max	CEP	min	max	CEP	min	max	CEP
(806, 0.4, 48.00)	0	0	0	23 312	61 256	49 645	34 968	91 884	74 468	58 280	153 140	124 113
(832, 0.4, 41.74)	0	0.2	0.13	27 272	68 440	54 773	27 888	89 640	77 125	55 160	158 080	131 898
(824, 0.4, 54.55)	0.2	0	0.09	17 051	57 227	49 453	39 069	99 333	79 804	56 120	156 560	129 257
(896, 0.4, 42.86)	0.4	0.5	0.46	23 597	72 701	64 765	23 883	97 539	89 606	47 480	170 240	154 371
(892, 0.4, 53.33)	0.5	0.4	0.44	14 430	63 038	58 034	33 530	106 442	95 018	47 960	169 480	153 052

## 6 结 论

本文提出了能反映利润与风险相互关系的条件乐观期望利润的概念,并利用其研究了强强合作供应链的优化与协调问题.建立了随机需求下强强合作供应链的条件乐观期望利润模型、基于条件乐观期望利润最大的订购量模型及协调供应链的最优收入共享契约模型.分析了零售商和供应商的抗风险能力及决策者的风险偏爱程度对供应链的优化与协调的影响.

### 参考文献:

- [1] Gan X H, Sethi S P, Yan H M. Channel coordination with a risk-neutral supplier and a downside-risk-averse retailer [J]. *Production and Operations Management*, 2005, 14(1): 80-89.
- [2] Agrawal V, Seshadri S. Impact of uncertainty and risk aversion on price and order quantity in the newsvendor problem[J]. *Manufacturing Service Operation Management*, 2000, 2(4): 410-413.

- [3] Chen F, Xu M H, Zhang G. A risk-averse newsvendor model under the CVaR criterion[J]. *Operations Research*, 2009, 57(4): 1040-1044.
- [4] Yang L, Xu M H, Yu G, et al. Supply chain coordination with CVaR criterion[J]. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 2009, 26(1): 135-160.
- [5] Buzacott J, Yan H M, Zhang H Q. Risk analysis of commitment-option contracts with forecast updates[J]. *IIE Transactions*, 2011, 43: 415-431.
- [6] Mortimer J H. The effects of revenue-sharing contracts on welfare in vertically separated markets: evidence from the video rental industry[R]. Cambridge: Harvard University, 2000.
- [7] Gerchak Y, Cho R, Ray S. Coordination and dynamic shelf-space management of video movie rentals[R]. Waterloo: University of Waterloo, 2001.
- [8] Cachon G P, Lariviere M A. Supply chain coordination with revenue-sharing contracts: strengths and limitations [J]. *Management Science*, 2005, 51(1): 30-44.
- [9] Giannoccaro I, Pontrandolfo P. Supply chain coordination by revenue sharing contracts [J]. *International Journal of Production Economics*, 2004, 89(1): 131-139.
- [10] Rockafellar R T, Uryasev S. Optimization of conditional value-at-risk[J]. *Journal of Risk*, 2000, 2: 21-42.

(上接第 142 页)

## 4 结 论

1) 针对地表密集的建筑群,沈阳地铁中街站在施工过程中成功实施了以既有建筑物安全风险评估、施工过程数值模拟预测、施工过程风险控制及监控量测为主的地铁施工安全管理流程.

2) 采用洞桩法施工的中街站主体结构施工结束后,距开挖外边缘仅 4.0 m 的玫瑰大酒店沉降量为 19.3 mm;说明洞桩法施工工艺及采取的地层注浆、预应力锚索、超前支护等有利加固措施具有显著的控制地层移动的效果.

### 参考文献:

- [1] Casagrande A. The role of 'calculated risk' in earthwork and foundation engineering [J]. *Journal of Soil Mechanical Devision, ASCE*, 1965, 91(4): 1-40.
- [2] Burland J B. Measurement of ground displacement around deep excavation [C]//Symposiums on Field Instrument in Geotechnical Engineering. London: Halsted Press, 1974: 70-84.
- [3] You K, Park Y, Lee J S. Risk analysis for determination of a tunnel support pattern [J]. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 2005, 20(5): 479-486.
- [4] 边亦海. 基于风险分析的软土地区深基坑支护方案选择[D]. 上海: 同济大学, 2006.

(Bian Yi-hai. Design of support scheme in soft soil zone based on the risk analysis[D]. Shanghai: Tongji University, 2006.)

- [5] Minott C H. The probabilistic estimation of construction performance in hard rock tunnels [R]. Washington D C: National Science Foundation, Research Applied to National Needs(RANN) Program, 1974.
- [6] Einstein H H. Tunnelling in difficult ground-swelling behavior and identification of swelling rocks [J]. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 1996, 27(3): 113-124.
- [7] Einstein H H. Risk and risk analysis in rock engineering[J]. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 1996, 11(2): 141-155.
- [8] 房倩, 张顶立, 侯永兵, 等. 浅埋暗挖地铁车站的安全风险控制技术[J]. *北京交通大学学报*, 2010, 34(4): 16-21. (Fang Qian, Zhang Ding-li, Hou Yong-bing, et al. Safety risk control technology of urban subway with shallow tunnel construction method [J]. *Journal of Beijing Jiaotong University*, 2010, 34(4): 16-21.)
- [9] Fang Q, Zhang D L, Wong L N Y. Environmental risk management for a cross interchange subway station construction in China [J]. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 2011, 26(6): 750-763.
- [10] 王晶, 谭跃虎, 王鹏飞, 等. 地铁隧道施工过程中风险分析与控制[J]. *解放军理工大学学报*, 2009, 10(4): 379-383. (Wang Jing, Tan Yue-hu, Wang Peng-fei, et al. Risk assessment on subway tunnel engineering during construction process[J]. *Journal of PLA University of Science and Technology*, 2009, 10(4): 379-383.)