

马树建, 芦宁, 张丽丽. 非常规突发极端洪水灾害风险应急金融服务供应链构建与优化[J]. 灾害学, 2014, 29(3): 52 - 56. Ma Shujian, Lu Ning, Zhang Lili. Construction and Optimization in Emergency Financial Service Supply Chain for Extreme Flood Disaster Risk[J]. Journal of Catastrophology, 2014, 29(3): 52 - 56. ]

## 非常规突发极端洪水灾害风险应急金融服务 供应链构建与优化<sup>\*</sup>

马树建<sup>1,2,3</sup>, 芦宁<sup>1</sup>, 张丽丽<sup>2</sup>

(1. 南京工业大学 经济与管理学院, 江苏 南京 210009; 2. 南京工业大学 理学院, 江苏 南京 210009;  
3. 温莎大学 工业与制造系统工程系, 加拿大 温莎 N9B 3P4)

**摘 要:** 非常规突发极端洪水灾害的频繁发生已经严重影响我国社会经济的可持续发展。该文提出政府主导下的经营性政府、保险市场和公众合作的我国极端洪水灾害风险管理模式, 从服务供应链的角度, 提出非常规突发极端洪水灾害风险应急金融保险服务供应链的基本结构, 建立经营性政府主导下的 Stackelberg 博弈协调优化模型及其数值仿真, 有效地解决非常规突发极端洪水灾害风险应急金融服务的协调与优化问题。

**关键词:** 非常规; 极端洪水灾害; 灾害风险; 供应链; 协调与优化

**中图分类号:** C934; X4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000 - 811X(2014)03 - 0052 - 05

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2014.03.011

全球气候变化, 非常规突发自然灾害事件发生频繁, 尤其是极端洪水灾害。由此带来的损失已经严重影响了社会经济的可持续发展。随着全球气候变化加剧, 极端天气事件增多, 洪水灾害的破坏力和造成的经济损失也越来越大。根据国家防汛抗旱总指挥部于2010年发布的《2009中国水旱灾害公报》<sup>[1]</sup>对我国近20年洪涝干旱灾害的统计, 我国洪涝灾害年均经济损失超过1 000亿元, 约占全国GDP的1%~3%; 农作物年均因旱受灾面积约26 000 km<sup>2</sup>, 年均因旱饮水困难人口约2 900万人; 2009年我国洪涝灾害直接经济总损失845.96亿元, 干旱灾害直接经济总损失1 206.59亿元。在中国, 非常规突发极端洪水灾害的发生处于上升趋势, 而且损失较为严重, 如图1所示。

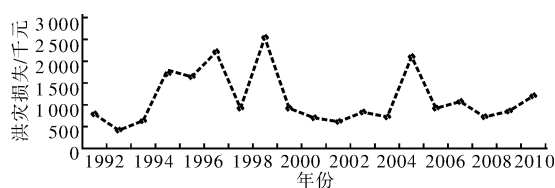


图1 中国1991-2010年洪水损失图

如何面对全球气候变化下的洪水灾害, 尤其是带来巨大损失的极端洪水灾害, 这是一个关系到我国社会经济可持续发展的重大问题, 也是一个迫切要去研究和解决的问题。从我国多年防汛抗旱的经验来看, 应对极端洪水灾害仅仅依靠提高工程设施标准来避免是远远不够的, 而应由过去单纯重视工程措施转向工程措施与非工程措施相结合的策略<sup>[2-3]</sup>。国家防汛抗旱总指挥部提出了“两个转变”的工作新思路, 即“坚持防汛抗旱并举, 实现由控制洪水向洪水管理转变, 由单一抗旱向全面抗旱转变, 为我国经济社会全面、协调、可持续发展提供保障”。因此, 结合我国国情, 实施综合减灾战略, 加强我国极端洪水灾害风险防范和决策管理体系建设, 对我国和谐社会的建设具有重要意义。

### 1 非常规突发极端洪水灾害风险金融服务供应链的构建

极端洪水灾害风险管理不是哪一个部门或单位的事情, 必须全社会行动起来, 实现减灾行为

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2014-02-21 修回日期: 2014-04-03

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目(41101509); 国家自然科学基金面上项目(71071075); 教育部人文社会科学研究青年基金(12YJC630290); 江苏省高校自然科学基金项目(09KJB570002)

作者简介: 马树建(1977-), 男, 江苏东海人, 博士, 副教授, 主要从事保险金融与服务供应链管理研究。

E-mail: shujianma@njtech.edu.cn

的社会化。目前,我国各级政府开展的各项工作只是建立在临时、应急的层面上,而要提高抗灾工作效率,克服短期行为,必须扭转这种局面,建立长效的极端洪水灾害应急管理机制。作者提出了建立政府主导下的我国洪水灾害风险管理模式<sup>[4]</sup>。结合我国国情,极端洪水灾害风险管理要由过去以行政手段为主,向多主体合作方向发展,引入政府、市场、公众多方风险分担的运行机制和管理模式,充分发挥各方主体的积极性,建立和完善我国相应的灾害风险管理体系,提高灾害风险管理水平。针对极端洪水灾害风险,政府主导下的经营性政府、保险市场和公众合作的我国极端洪水灾害风险管理模式显得更为合理和有效<sup>[5-9]</sup>。这里,政府处于主导地位,政府设立具有经营和运行能力的经营性政府有效的参与,保险市场和公众属于参与者或者是合作者,三者之间形成了政府主导,经营性政府、保险市场和公众相互竞争、相互合作的合理可行的运行模式。如图2所示。

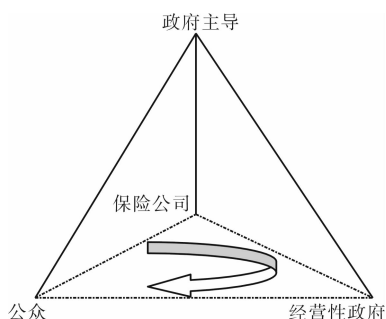


图2 政府主导下的我国极端洪水灾害风险管理模式

上述三者之间的有效合作主要是要解决政府主导下的极端洪水灾害风险管理模式中的保险市场对政府和公众所需的保险产品的供给效率,保险公司的稳定性经营和公众的灾后恢复力等协调和优化问题。本文设法从服务供应链的视角研究三者之间的协调和优化问题,保险公司、经营性政府和公众依次形成了服务供应链中的服务提供商、服务集成商和顾客,其产品是特定的保险产品。在这里,我们定义此服务供应链为非常规突发极端洪水灾害风险应急金融服务供应链,其基本结构如图3所示。

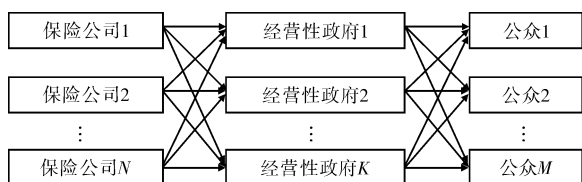


图3 非常规突发极端洪水灾害风险应急金融服务供应链结构

## 2 非常规突发极端洪水灾害风险应急金融服务供应链协调优化模型

为了研究的方便,这里只考虑有一个保险公司,一个经营性政府和一位顾客的非常规突发极端洪水灾害风险应急金融服务供应链的简单结构,如图4所示。非常规突发极端洪水灾害风险应急金融服务供应链的目标是要在一定的管理水平和技术水平下,实现经营性政府和保险公司最优的服务输出,而顾客得到适合的灾后恢复力。假设保险公司、经营性政府和公众之间的合作竞争需满足以下规则<sup>[10-14]</sup>。



图4 非常规突发极端洪水灾害风险应急金融服务供应链的简单结构

(1)经营性政府制定相关非常规突发极端洪水灾害风险应急金融服务供应链的政策和法规,处于主导地位;

(2)根据经营性政府制定的政策和法规,对于极端洪水灾害风险保险,保险公司有最高利润上限的限制和低于最大的破产概率的保证;

(3)为了体现经营性政府的社会职责,经营性政府和公众须按照一定的比例承担保险公司既定的保费;

(4)经营性政府和保险公司保证在公众缴纳一定的保费后,公众具有一定的灾后恢复力。

模型变量假设: $\beta$ 为经营性政府和公众之间保费的分担因子, $\beta \in (0,1)$ ;  $R$ 为经营性政府预测公众的保险需求量, $R \sim g(R)$ ;  $R_1$ 为经营性政府向保险公司的保险预定量; $d$ 为保险公司向经营性政府提供的有效保险供给量; $\alpha$ 为保险公司的能力调节系数, $\alpha \in [0,1]$ , $a \sim f(\alpha)$ ;  $C$ 为保险公司的最大可调配能力; $\Delta$ 为保险公司为经营性保险公司制定的额外的保障能力; $p^l$ 为保险公司提供给经营性政府保单的价格; $p^c$ 为经营性政府提供给公众的保单价格; $k$ 为保险公司提供的保单数量不能满足经营性政府需求时,保险公司承担的单位惩罚成本; $\omega$ 为当公众的需求大于保险公司的供给量时,经营性政府承担的单位惩罚成本; $g$ 为保险公司保单的单位回收成本; $t$ 为保险公司保单的单位持有成本; $h$ 为保险公司保单的单位运行成本; $IC$ 为保险公司的利润; $\tilde{IC}$ 为保险公司被政府限制的最大利润额; $E[IC]$ 为保险公司的期望利润额; $OG$ 为经营性政府的成

本; $\widehat{OG}$  为经营性政府的最大财政预算; $E[OG]$  为经营性政府的期望成本。

根据公众的保险需求量  $R$ , 经营性政府的订购量  $R_1$ , 保险公司的保险提供能力取决于  $\alpha C, \Delta, R_1$ , 即  $d = \min\{\alpha C + \Delta, R_1\}$ , 即  $d = \min\{\alpha C + \Delta, R_1\}$ , 同时假设保险公司保单的价格是  $d$  的线性函数, 即:

$$p^I = p^I(d) = ad + b = \begin{cases} aR_1 + b, & \alpha C + \Delta > R_1, \\ a(\alpha C + \Delta) + b, & \alpha C + \Delta \leq R_1, \end{cases} \quad a < 0, b > 0. \quad (1)$$

引入记号:  $V(R_1, \Delta) \triangleq \frac{R_1 - \Delta}{C}, U(\Delta) \triangleq \frac{R - \Delta}{C}$ , 得:

$$p^I = p^I(d) = ad + b = \begin{cases} aR_1 + b, & \alpha C + \Delta > R_1 \\ a(\alpha C + \Delta) + b, & \alpha C + \Delta \leq R_1 \end{cases} = \begin{cases} aR_1 + b, & \alpha > V(R_1, C) \\ a(\alpha C + \Delta) + b, & \alpha \leq V(R_1, C) \end{cases} \quad (2)$$

在非常规突发极端洪水灾害风险应急金融服务供应链中, 经营性政府的目标是当保险公司的额定的保障能力  $\Delta$  给定时, 通过选择最优的保险预定量  $R_1$  最小化其成本函数; 保险公司的目标是当经营性政府的保险预定量  $R_1$  给定时, 通过选择最优的  $\Delta$  最大化其利润函数。由于经营性政府处于主导地位, 这里可以考虑利用 Stackelberg 博弈模型。当经营性政府和保险公司达到有效合作时, 公众的灾后恢复力就能够得到有效的保证。所以, 在下面的模型中, 我们没有将公众的灾后恢复力作为目标函数。

保险公司的利润函数是:

$$IC = (p^I - h) \cdot \min\{\alpha C + \Delta, R_1\} - g \cdot \min\{\alpha C + \Delta - R, R_1 - R\} - t \cdot [\alpha C + \Delta - R_1]^+ - k \cdot [R_1 - (\alpha C + \Delta)]^+ \quad (3)$$

$$E[IC] = \int_0^{V(R_1, \Delta)} [\alpha(\alpha C + \Delta) + b - h] \cdot (\alpha C + \Delta) f(\alpha) d\alpha + \int_{V(R_1, \Delta)}^1 (aR_1 + b - h) \cdot R_1 f(\alpha) d\alpha - g \cdot \int_0^{R_1} \int_{V(R_1, \Delta)}^1 (\alpha C + \Delta - R) f(\alpha) g(R) d\alpha dR - g \cdot \int_0^{R_1} \int_0^{V(R_1, \Delta)} (R_1 - R) f(\alpha) g(R) d\alpha dR - t \cdot \int_{V(R_1, \Delta)}^1 (\alpha C + \Delta - R_1) f(\alpha) d\alpha - k \cdot \int_0^{V(R_1, \Delta)} (R_1 - (\alpha C + \Delta)) f(\alpha) d\alpha \quad (4)$$

经营性政府的成本函数为:

$$OG = (1 - \beta) \cdot p^I \cdot d + \omega \cdot [R - d]^+ - g[d - R]^+ - k[R_1 - d]^+ = (1 - \beta) \cdot p^I \cdot \min\{\alpha C + \Delta, R_1\} + \omega \cdot [R - \min\{\alpha C + \Delta, R_1\}]^+ - g[\min\{\alpha C + \Delta, R_1\} - R]^+ - k[R_1 - \min\{\alpha C + \Delta, R_1\}]^+ \quad (5)$$

$$E[OG] = (1 - \beta) \cdot \int_0^{V(R_1, \Delta)} (a(\alpha C + \Delta) + b) \cdot (\alpha C + \Delta) f(\alpha) d\alpha + (1 - \beta) \cdot (aR_1 + b) \cdot \int_{V(R_1, \Delta)}^1 R_1 f(\alpha) d\alpha + \omega \cdot \int_0^\infty \int_0^{\min\{u(\Delta), V(R_1, \Delta)\}} (R - (\alpha C + \Delta)) f(\alpha) g(R) d\alpha dR + \omega \cdot \int_{R_1}^\infty \int_{V(R_1, \Delta)}^1 (R - R_1) f(\alpha) g(R) d\alpha dR - g \cdot$$

$$\int_0^{R_1} \int_{V(R_1, \Delta)}^1 (R_1 - R) f(\alpha) g(R) d\alpha dR - g \cdot \int_0^{R_1} \int_{u(\Delta)}^{V(R_1, \Delta)} (\alpha C + \Delta - R) f(\alpha) g(R) d\alpha dR - k \cdot \int_{u(\Delta)}^{V(R_1, \Delta)} (R_1 - (\alpha C + \Delta)) f(\alpha) d\alpha \quad (6)$$

此应急金融服务供应链的目标是在保险公司的期望利润不大于政府限制的最大利润和经营性政府的成本不高于一定预算的前提下, 最小化经营性政府的成本, 再最大化保险公司的利润。这是一个典型的 Stackelberg 主从博弈模型。其模型如下:

$$\begin{cases} \min\{E[OG]\} \\ \max\{E[IC]\} \\ E[IC] \leq \bar{IC} \\ OG \leq \bar{OG} \end{cases} \quad (7)$$

### 3 数值仿真

对于上述模型, 可以先考虑在限制条件(2) 下考虑(1) 的最优化问题。限制条件(3) 和(4) 可以在得到(1) 和(2) 的结果后再进行重新筛选, 这样可以减少仿真难度。所以在下面的仿真中, 可以先不予考虑。

假设研究区域为极端洪水灾害易发区, 政府已经制定了一系列极端洪水保险的政策和策略, 根据研究区域的社会经济发展状况和人民生活水平、公众对极端洪水保险的认可度和需求度以及参与保险公司的经营状况和制定的保险险种, 给定下列参数值表 1。

表 1 参数值

变量	$a$	$b$	$t$	$g$	$C$	$\beta$	$R_1$	$h$	$\alpha \sim f(\alpha)$	$R \sim g(R)$
设定值	-0.5	80	15	10	50	0.3	100	20	$U(0, 1)$	$U(80, 120)$

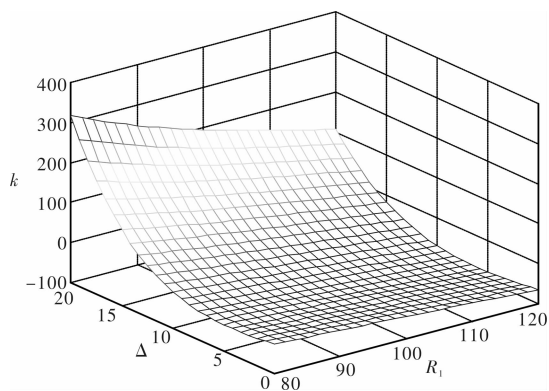
根据上述模型的讨论, 这里数值仿真的目标是考虑以下 2 个问题。

(1) Stackelberg 主从博弈中, 经营性政府向保险公司的订购量  $R_1$  与  $k, \Delta$  的关系。

$$\begin{aligned} \frac{\partial E[IC]}{\partial \Delta} &= \frac{(R_1 - \Delta)^2}{100} + \frac{6}{5}(R_1 - \Delta) - \frac{1}{50}\Delta(\Delta - R_1 + 60) + \\ &\frac{2R_1\Delta - 3\Delta^2}{50} - \frac{3}{25}(R_1 - \Delta) - \frac{1}{50}R_1(60 - 0.5R_1) - \frac{1}{4} \cdot \\ &\frac{2R_1 - 2R_1^2 - 2\Delta R_1 - R_1^3 + R_1^2\Delta}{5000} + \frac{1}{20000}R_1^2(R_1 - \Delta) + 0 + \frac{1}{50} \\ &k(R_1 - \Delta) - \frac{1}{50}(R_1 - \Delta) = -\frac{(R_1 - \Delta)^2}{100} + \frac{27}{25}(R_1 - \Delta) - \frac{1}{50} \\ &\Delta(\Delta - R_1 + 60) + \frac{2R_1\Delta - 3\Delta^2}{50} - \frac{1}{50}R_1(60 - 0.5R_1) - \frac{1}{4} \cdot \\ &\frac{2R_1 - 2R_1^2 - 2\Delta R_1 - R_1^3 + R_1^2\Delta}{5000} + \frac{1}{20000}R_1^2(R_1 - \Delta) - \frac{1}{50} \\ &(1 - k)(R_1 - \Delta), \end{aligned} \quad (8)$$

令  $\frac{\partial E[IC]}{\partial \Delta} = 0$ , 通过 Matlab 仿真, 得到图 5。

结论 1 当经营性政府向保险公司的预定量

图5  $R_1, \Delta, k$  之间的关系图( $k = k(\Delta, R_1)$ )

$R_1$  固定时,随着保险公司提供的保单数量不能满足经营性政府需求,保险公司承担的单位惩罚成本  $k$  的增加,保险公司为经营性保险公司制定的额定的保障能力  $\Delta$  也在增加。

**结论 2** 当保险公司的额定保障能力  $\Delta$  超过数值 10 单位后,保险公司承担的单位惩罚成本  $k$  会变得很大,即,当保险公司能力完全能承担经营性政府保险需求时,保险公司必须要接受预定,这也就促成了保险公司和经营性政府之间的合作契约。

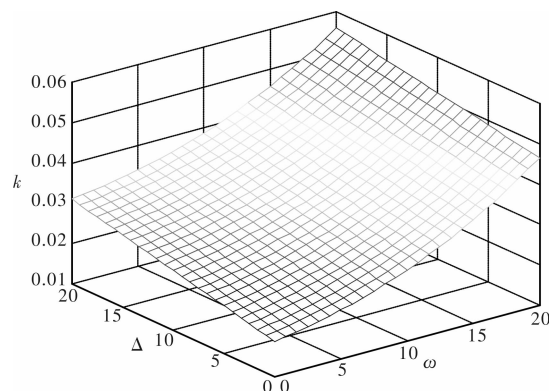
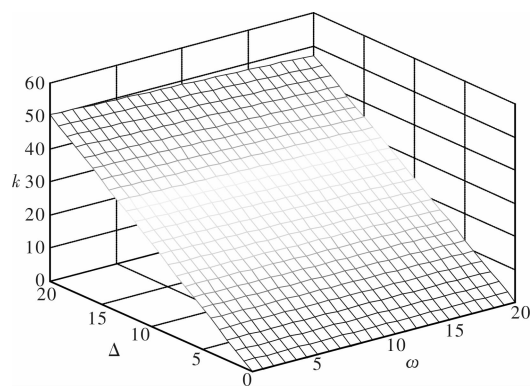
(2) Stackelberg 主从博弈中,保险公司对经营性政府的额定保障能力  $\Delta$  与当公众的需求大于保险公司的供给量时,经营性政府承担的单位惩罚成本  $\omega$  和当保险公司提供的保单数量不能满足经营性政府需求时,保险公司承担的单位惩罚成本  $k$  的关系。

$$\frac{\partial E[OG]}{\partial R_1} = \frac{7}{500} \left( -\frac{R_1 - \Delta}{2} - 0.5\Delta + 80 \right) R_1 + \frac{7}{10} (R_1 + 80) \left( 1 - \frac{R_1 - \Delta}{50} - \frac{7}{500} (0.5R_1^2 + 80R_1) \right) - \frac{1}{2000} \omega \left( \frac{(120 - R_1)^2}{2} - \frac{(80 - R_1)^2}{2} \right) - \frac{1}{80} \omega \left( 1 - \frac{R_1 - \Delta}{50} \right) (120 - R_1)^2 + \frac{1}{8} \left( 1 - \frac{R_1 - \Delta}{50} \right) R_1^2 + \frac{1}{200} \frac{\Delta - R_1}{2} R_1^2 + \frac{1}{12} R_1^2 + \frac{R_1(R_1 - \Delta)^2}{400} + \frac{1}{1200} R_1^3 - k \left[ \frac{1}{100} (-80R_1 + 8000) - \frac{4(R_1 - \Delta)}{5} - 80(R_1 - \Delta) \right], (R_1 < R \leq 120)。(9)$$

$$\frac{\partial E[OG]}{\partial R_1} = \frac{7}{500} \left( -\frac{R_1 - \Delta}{2} - 0.5\Delta + 80 \right) R_1 + \frac{7}{10} (R_1 + 80) \left( 1 - \frac{R_1 - \Delta}{50} \right) - \frac{7}{500} (0.5R_1^2 + 80R_1) - \frac{1}{12000} \omega \left[ (R_1 - \Delta)^3 - (80 - \Delta)^3 \right] + \frac{1}{8} \left( 1 - \frac{R_1 - \Delta}{50} \right) R_1^2 + \frac{1}{200} \frac{\Delta - R_1}{2} R_1^2 + \frac{1}{12} R_1^2 + \frac{R_1(R_1 - \Delta)^2}{400} + \frac{1}{1200} R_1^3 - k \left[ \frac{1}{100} (-80R_1 + 8000) - \frac{4(R_1 - \Delta)}{5} - 80(R_1 - \Delta) \right], (80 < R \leq R_1)。(10)$$

令  $\frac{\partial E[OG]}{\partial R_1} = 0$  通过 Matlab 仿真,得到图 6、图 7。

由图 6,图 7 可以看出,不论  $80 < R \leq R_1$ , 还是  $R_1 < R \leq 120$  时,当保险公司对经营性政府的额定保障能力  $\Delta$  固定时,经营性政府承担的单位惩罚成

图6  $\omega, k, \Delta$  之间的关系图( $k = k(\Delta, \omega)$ ) ( $R_1 < R \leq 120$ )图7  $\omega, k, \Delta$  之间的关系图( $k = k(\Delta, \omega)$ ) ( $80 < R \leq R_1$ )

本  $\omega$  随着保险公司承担的单位惩罚成本  $k$  的增加而增加;而当经营性政府承担的单位惩罚成本  $\omega$  固定不变时,保险公司对经营性政府的额定保障能力  $\Delta$  随着保险公司承担的单位惩罚成本  $k$  的增加而增加;当保险公司对经营性政府的额定保障能力  $\Delta$  和经营性政府承担的单位惩罚成本  $\omega$  达到最大时,保险公司承担的单位惩罚成本  $k$  也达到最大值。

但是从图 7 还可以看出,当经营性政府对保险公司的预定量相对较小时,保险公司承担的单位惩罚成本  $k$  会变得较大,也就是说,在上述两种情形下,当保险公司的额定保障能力  $\Delta$  和经营性政府承担的单位惩罚成本  $\omega$  保持一样,保险公司应该容易接受经营性政府  $R$  较小的预定量,如果不能接受,则会受到较大的单位惩罚成本;反之,当经营性政府  $R$  较大的预定量,由于保险公司的额定的保障能力的限制,不能完全承担经营性政府的预定量,处于理性考虑,经营性政府不会对保险公司给予较高的惩罚。这也就解决了保险公司和经营性政府和合作契约方面的供需协调问题。

**结论 3** 当保险公司对经营性政府的额定保障能力固定时,经营性政府承担的单位惩罚成本随着保险公司承担的单位惩罚成本的增加而增加;

**结论 4** 经营性政府承担的单位惩罚成本固定不变时,保险公司对经营性政府的额定保障能力随

着保险公司承担的单位惩罚成本的增加而增加;

**结论 5** 当保险公司对经营性政府的额定保障能力和经营性政府承担的单位惩罚成本达到最大时,保险公司承担的单位惩罚成本也达到最大值。

## 参考文献:

- [1] 中华人民共和国水利部. 2009 中国水旱灾害公报[R]. 2009.
- [2] 程晓陶. 新时期大规模的治水活动迫切需要科学理论的指导——二论有中国特色的洪水风险管理[J]. 水利发展研究, 2002(10): 42-45.
- [3] 程晓陶. 风险分担, 利益共享, 双向调控, 把握适度——三论有中国特色的洪水风险管理[J]. 水利发展研究, 2003, (3): 33-36.
- [4] 胡新辉, 王慧敏, 马树建. 我国城市洪水风险新模式: 政府、市场、公众合作[J]. 华东经济管理, 2009(9): 121-125.
- [5] 马树建, 王慧敏. 基于巨灾模型的巨灾保险组合研究[J]. 数学的实践与认识, 2009(3): 220-225.
- [6] Colin Green, Edmund Penning-Rowsell. Flood Insurance and Government: "Parasitic" and "Symbiotic" Relations[J]. The Geneva Papers on Risk and Insurance, 2004, 29(3): 518-539.
- [7] Loughlin J C. A flood insurance model for sharing the costs of flood protection [J]. Water Resources Research, 1971, 12(1): 236-244.
- [8] Schakke J C, Fiering M B. Simulation of a national flood insurance fund[J]. Water Resources Research, 1967, 3(4): 913-929.
- [9] 马树建, 张丽丽. 基于破产理论的我国极端洪水保险风险组合随机优化模型[J]. 数学的实践与认识, 2013(5): 6-12.
- [10] Dong Weimin, shah Hareesh, Wong Felix. A rational approach of pricing catastrophe insurance[J]. Journal of Risk and Uncertainty, 1996(12): 201-218.
- [11] Hélène cossette, Thierry Duchesne, Étienne Marceau. Modeling catastrophes and their impact on insurance portfolios[J]. North American Actuarial Journal 2004, Volume 7, Number 4.
- [12] Yuri M Ermoliev, Tatiana Y Ermolieva, Gordon J MacDonald, et al. A system approach to management of catastrophe risks[J]. European Journal of Operational Research, 2000(122): 452-460.
- [13] George Zanjani. Pricing and capital allocation in catastrophe insurance[J]. Journal of Financial Economics, 2002(65): 283-305.
- [14] 马树建, 王晓谦. 重尾分布情形下一类破产概率的研究[J]. 南京工业大学学报: 自然科学版, 2007, 29(1): 97-99.
- [15] Nina Paklinn. Flood insurance [M]. OECD, 2003, 10: 212-235.
- [16] David R God schalk, Richard Norton, Craig Richardsn David Salvesen. Avoiding coastal hazard areas: best state mitigation practice[J]. Environmental Geosciences, 2003, 7(1): 13-23.

## Construction and Optimization in Emergency Financial Service Supply Chain for Extreme Flood Disaster Risk

Ma Shujian<sup>1, 2, 3</sup>, Lu Ning<sup>1</sup> and Zhang Lili<sup>2</sup>

(1. School of Economics & Management, Nanjing Tech University, Nanjing 210009, China;  
2. School of Sciences, Nanjing Tech University, Nanjing 210009, China; 3. Department of Industrial and Manufacturing System Engineering, University of Windsor, Windsor N9B 3P4, Canada)

**Abstract:** The frequent occurrence of unconventional extreme flood has affected seriously the sustainable development of social economics. It is put forward that the cooperation management mode of extreme flood disaster risk among the operating government, the insurance company and the public in which the government is in predominant. And from the point of service supply chain, the fundamental structure of emergency financial service supply chain for unconventional extreme flood disaster risk is introduced. Establishing the Stackelberg game model is a good way in solving the coordination and optimization problems in this supply chain in which the operating government is leader.

**Key words:** unconventional; extreme flood disaster; disaster risk; supply chain; coordination and optimization