

洪水保险的理论分析与研究

王本德, 于义彬

(大连理工大学土木水利学院, 辽宁 大连 116023)

摘要: 简述了目前一些国家的洪水保险的现状, 综合应用了经济学、保险学、系统工程等理论和知识, 对洪水保险问题进行了深入分析和研究, 揭示了洪水保险的内在性质和规律, 建立了洪水保险的效用模型。结合我国的国情, 对我国实施洪水保险提出了建议。

关键词: 洪水保险; 风险; 市场保险; 自我保险; 自我保护; 理论研究

中图分类号: TV122; F840.64 文献标识码: A 文章编号: 1001-6791(2004)01-0117-06

洪水灾害是一种对人类危害极大的自然灾害。洪水保险作为洪水灾害风险管理手段中一种重要的非工程措施日渐受到重视^[1~3]。目前欧美一些发达国家已相继实施洪水保险, 其中美国是世界上以立法形式将洪水保险列为洪水风险管理手段中较早的国家, 德国的自然灾害保险体系已经历了150余年, 英国的洪水风险研究中心建立于1970年, 其他一些国家也从不同程度上实施洪水保险。尽管如此, 洪水保险的现状并不乐观。比如, 1997年4月, 美国北达科他州发生了历史上最严重的洪水, 5万居民中90%以上遭到洪灾的袭击, 但是他们中的大多数并没有买洪水保险^[4]。2002年8月欧洲发生的特大洪水灾害席卷了大半个欧洲, 造成巨大的损失。德国联合保险学会表示, 德国只有9%的家庭财产保险中包含了洪水保险。这意味着, 其他91%的德国家庭将无法得到洪灾保险金。在我国, 目前的洪水保险体系尚处于初始阶段, 很不完善。因此把洪水保险独立出来, 分析洪水保险的相关理论, 是亟待解决的问题, 它直接影响实施洪水保险的可行性。

国内外的学者对洪水保险作了一些研究^[5~7], 但是大都集中在常规的洪水保险费率的制定、洪灾的风险分析以及一些定性的分析等方面。Burdy^[8]经统计, 20世纪的后半期, 在美国约有88%的县经历过一次较大的洪水灾害。Browne等^[9]认为, 为了减少或弥补洪灾带来的家庭财产的损失, 其中最方便的途径莫过于参加洪水保险^[9]。但Baumann^[10]研究发现, 人们对花费在洪水保险上的投资很不感兴趣, 视其为不良投资。Kunreuther和White指出, 在美国, 洪水保险代理人对洪水保险态度冷淡, 原因是需绘制洪水风险图, 而佣金却不高^[11,12], Montz^[13]则认为政府推行洪水保险简直就是“政府的白日梦”。由此可看出洪水保险理论的研究观点并不一致, 但是洪水保险的必要性可谓已形成共识。

本文综合应用了经济学、保险学、系统工程等理论和知识, 从一个更基础的角度出发, 基于国外学者的研究^[14~16], 揭示了洪水保险的内涵和规律, 建立了洪水保险的效用模型, 结合洪水保险, 分析了三者与洪水灾害的关系。结合我国的国情提出了洪水保险的若干建议。

1 洪水保险效用模型

1.1 市场保险、自我保险和自我保护

在发达国家和一些发展中国家, 人们可自由选择居住地, 建造什么样的房屋, 是否去参加保险。因此对一种特定的洪水灾害而言, 如何去调节个人、国家以及市场之间的关系就显得尤为重要^[17]。从经济学的角度讲,

收稿日期: 2002-11-23; 修订日期: 2003-01-20

作者简介: 王本德(1938-), 男, 辽宁大连人, 大连理工大学土木水利学院教授, 博士生导师, 主要从事水资源规划、洪水调度等研究。E-mail: wangbd@mail.dlptt.in.cn

就是寻求整个社会经济的最优化。Ehrlich^[16]把降低或避免灾害损失的行为分为三种类型,即市场保险、自我保险和自我保护。而对于洪水灾害而言,可如此定义:①降低洪水灾害的发生的可能性或概率——自我保护;②减少洪水灾害可能带来的损失——自我保险;③分担洪水灾害可能的损失——市场保险。

就国家或政府而言,可通过建造水库、河堤等防洪建筑物,在一定程度上避免洪水灾害的发生,但是另一方面,越大的水利工程,就越是一个巨大的隐患。就个人而言,不居住在洪水可能威胁的区域内可能是唯一最安全的措施,当然,也可通过进行自我保险或者市场保险去降低或分担洪水灾害的损失。借用火灾的例子来进一步说明这三个概念的涵义。为避免雷电造成的火灾发生,一个家庭如用投保的形式去弥补或分担由于雷电引起火灾而造成的损失,就为市场保险;如采用安装灭火器或者把家中的易燃易爆物品拿走,这样当火灾发生的时候,就会减少可能的损失,这种方式就为自我保险;如果用避雷针来避免火灾的发生,就称为自我保护。

1.2 建立模型

假定洪水的市场保险的价格为 y , 受很多因素的影响, 取变量向量为 z , 投保的交易费为 c , 显然交易费 c 是市场保额 MI 以及灾害损失的概率 a 的函数, 如果一个投保者的自我保护的资产值为 SP , 则保险公司从卖出 MI 所得的利润为

$$R = r(z)MI - a(SP)MI - c(a(SP), MI) \quad (1)$$

在完全竞争的市场条件下的平衡点, 保险公司的利润为 0, 因此可以得到保费的价格为

$$r(z) = a(SP) + c(a(SP), MI)/MI \quad (2)$$

当保险的价格确定时, 从社会效益的最大化角度出发, 建立被保险者的期望效用为

$$V = a(SP)U\{Y(X) - L(X, SI) - pSI - qSP + MI - [a(SP) + c]MI\} + [1 - a(SP)]U\{Y(X) - pSI - qSP - [a(SP) + c]MI\} \quad (3)$$

式中 函数 $U(g)$ 为效用函数; X 为洪水被保险人的参与投保的资产; $Y(X)$ 为洪水风险的输出量, 即参与保险的资产值; p 为自我保险资产值为 SI 的价格; q 为自我保护资产值为 SP 的价格。这里有两种可能, 洪水发生或者不发生。如果不发生, 其概率为 $[1 - a(SP)]$, 这时候, 被保险人的产出小于投入, 即花费在自我保险 pSI , 自我保护 qSP , 市场保险 $[a(SP) + c]MI$ 的总额。这时候的效用值为式(3)右边的第二部分。反之, 如果洪水发生了, 其概率为 $a(SP)$, 这时, 除了以上的花费外, 被保险人将遭受损失, 并同时得到保险费, 这时的期望效用为式(3)右边的第一部分。

下面分别对上式依次就 X , SI , MI , 以及 SP 进行求导数(假定该问题有唯一的极大值), 得

$$[a(SP)\dot{U}_1(C) + (1 - a(SP))\dot{U}_2(C)]\dot{Y}(X) = a(SP)\dot{U}_1(C)L_1 \quad (4)$$

$$[a(SP)\dot{U}_1(C) + (1 - a(SP))\dot{U}_2(C)]p = -a(SP)\dot{U}_1(C)L_1 \quad (5)$$

$$[a(SP)\dot{U}_1(C) + (1 - a(SP))\dot{U}_2(C)][a(SP) + c] = a(SP)\dot{U}_1(C) \quad (6)$$

$$[a(SP)\dot{U}_1(C) + (1 - a(SP))\dot{U}_2(C)][a'(SP)MI + q] = a'(SP)[U_1(C) - U_2(C)] \quad (7)$$

式中 L_1 和 L_2 分别为 L 就参数 X 及 SI 所求的导数; $U_1(C)$ 和 $U_2(C)$ 分别为洪水发生和不发生的效用值; $\dot{U}_1(C)$ 和 $\dot{U}_2(C)$ 分别为 $U_1(C)$ 和 $U_2(C)$ 的导数。

式(4)表示洪灾的破坏程度在所增加的受保资产值的期望边际效用等于洪灾损失的期望边际效用时趋于稳定; 式(5)表示自我保险的期望边际效用应等于洪灾损失减少的期望边际效用; 式(6)表示当损失发生时, 保险支出的期望边际效用等于偿还额的期望边际效用; 式(7)表示自我保护的期望边际效益等于期望边际成本, 式(7)中, 因为自我保护降低了市场保险的单位价格, 所以自我保护的边际价格为 $a'(SP)MI + q$ 。

从经济学上讲, 当保险是绝对公平时, 交易费 $c = 0$ 。令 $c = 0$, 可以重新得到以上 4 个等式。

$$\dot{Y}(X) = a(SP)L_1 \quad (8)$$

$$p = -a(SP)L_2 \quad (9)$$

$$\dot{U}_1(C) = \dot{U}_2(C) \quad (10)$$

$$a'(SP)MI + q = 0 \quad (11)$$

显然, 当时风险回避者将按照式(10)投保, 自我保护的投入将以最小化自我保护价格 q 为标准, 即式(11); 洪水灾害的程度使得边际产出等于边际期望损失, 即式(8); 式(9)则表示自我保险的价格等于洪水损失的期望边际减少量。

通过以上的分析可看出, 如果市场是完全市场的, 洪泛区由市场自行实现最优化的配置, 而不需要政府划分洪泛区, 即灾害的增减与政府是否划分洪泛区无关。然而, 现实的情况很复杂, 由于人口-资源的矛盾, 没有政府调节是不可能的, 而以上的结论可为投保者和政府提供决策的理论支持。

1.3 自我保护与洪灾损失

可以构造这种情况, 使得自我保护增加, 而使洪灾减少, 当然相反的情形也是非常有可能的。为说明自我保护与洪灾损失之间的关系, 考虑这样的情况: SP 的增加, 使洪灾损失的概率也增加。参考文献[18]建立以下函数, 假定投保人是风险中立的, 不考虑自我保险, 建立如下目标函数:

$$V = Y(X) - a(SP)L(X) \quad (12)$$

投保人将选择满足如下式的 X

$$Y'(X) - a(SP)L'(X) = 0 \quad (13)$$

就上式以 X 对 SP 求导, 得

$$\frac{dX}{dSP} = \frac{a'(SP)L'(X)}{Y''(X) - a(SP)L''(X)} \quad (14)$$

式中 因 $a'(SP) < 0$, 且 $L'(X) > 0$, 因此式(14)是正的。因此, 当 SP 增加时, 洪灾的损失也增加。

由于 $E(L) = a(SP)L(X)$, 从而有

$$\frac{dE(L)}{dSP} = a'(SP) \left[L(X) + \frac{a(SP)L'(X)^2}{Y''(X) - a(SP)L''(X)} \right] \quad (15)$$

令 $Y(X) = X$, $L(X) = X^B$, 则有

$$\frac{dE(L)}{dSP} = \frac{a'(SP)X^B}{(B-1)} \quad (16)$$

显然, $a'(SP) < 0$, 如果 $(B-1) > 0$, 当 SP 增加时, 期望损失必将增加。

同时, 如果令 $Y(X) = X$, $L(X) = A e^{BX}$, 利用上式可以发现, 当 SP 增加时, 洪灾的损失没有变化。

通过以上分析, 可得到以下结论: 对于自我保护的增加, 洪灾损失由于损失函数的不同而可能增加或减少, 也可不变。

1.4 自我保险与洪灾损失

假定投保人属风险厌恶型, 取可能洪灾损失总额为 1, 投入费用 P 对可能洪灾损失中的 $\alpha (0 \leq \alpha \leq 1)$ 部分进行自我保险, 为了方便说明问题, 应用 Yaari 的二重理论^[19], 资产值是线性的, 而洪灾发生的概率指标取为非线性的, 不考虑自我保护, 建立如下目标函数

$$V = f(\alpha)[Y(x) - (1-\alpha)L(x) - m(x) - P] + (1-f(\alpha))[Y(X) - m(x) - P] \quad (17)$$

式中 为了方便计算, 取 $P = (a+c)MI = \alpha(1+\lambda)aL(x)$; $m(x)$ 为对资产 x 进行自我保险的花费; λ 为交易费和保险公司利润的分配系数。

为求得一个最佳的保险额度, 主要取决于下面等式的符号

$$\frac{\partial V}{\partial \alpha} = L(x)[f(\alpha) - (1+\lambda)a] \quad (18)$$

由于 $L(x) > 0$, 则式(18)的符号就取决于 $[f(\alpha) - (1+\lambda)a]$ 。如果 $1+\lambda < f(\alpha)/a$, 那么全额投保 ($\alpha = 1$) 是最优的, $1+\lambda > f(\alpha)/a$, 那么不投保 ($\alpha = 0$) 是最优的。

对于自我保险, 通过求解下式可以得到最优的参加保险量:

$$\frac{\partial V}{\partial \alpha} = -L'(x)f(\alpha) - m'(x) + \alpha L'(x)[f(\alpha) - (1+\lambda)a] = 0 \quad (19)$$

式(19)可取得极大值, 因为

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = -L''(x)[f(a)(1-\alpha) - (1+\lambda)a] - m''(x) < 0 \quad (20)$$

考虑到市场保险需求的不连续性, 从上式可得

如 $1+\lambda < f(a)/a$, 取 $\alpha=1$, 则有 $(1+\lambda)a = -\frac{m'(x)}{L'(x)}$, 取其解为 $\hat{x}_0$, 说明对于较小的 λ , $\hat{x}_0$ 的取值取决于 λ ; 如果 $1+\lambda > f(a)/a$, $\alpha=0$, 则有 $f(a) = -\frac{m'(x)}{L'(x)}$, 取其解为 $\hat{x}_1$, 当 λ 足够大时, 最优值 $\hat{x}_1$ 与 λ 值无关。

1.5 部分投保与洪灾损失

如果洪水可能威胁的区域有居民居住, 通常有以下两种原因^[20]: ①居住在那里的人们在发生破坏性洪水之前, 没有注意到洪水的威胁, 缺乏受灾的经历; ②在洪水可能淹没区的人们等待政府的赔偿。由于洪水的特殊性, 造成破坏性的洪水可能是 100 年一遇, 或者更长, 只是凭借经验是很难预见的。在洪水刚刚过后, 人们会很自觉的买保险, 但随着时间的推移, 如果不发生较大的洪水, 人们就会渐渐的淡忘它。同时, 经常的媒体报道使得居住在划为洪水区的居民有资格得到救济和低息贷款, 因此那里的人们就很少会买保险。

如果 $(1-D)$ 是没有参加保险而受政府资助的那部分损失, D 为投保的那部分损失。那么式(3)中的 $L(X, SI)$ 就变为 $D(L(X, SI) - MI)$ 。如果保险公司比被保险人个体更了解洪水的发生频率以及可能的灾害程度, 消费个体就应该投保。因为只有这样, 才能得到最优的分配方式。但是如果保险从保险精算的角度, 不是公平的, 那么全额保险就不是最优的选择。但是如果调整保费政策, 最优的方案还是可以得到的。

假定最优的方案是让消费者的投保额大于某一损失额 L_0 。令 (X^*, SI^*, MI^*, SP^*) 为式(4)的解, 令 L_0 满足 $L_0 = L(X^*, MI^*) - MI^*$ 对该损失的税金为

$$T_0 = (1-D)L_0 \quad (21)$$

为此, 当消费个体被要求损失 $(L - L_0)$ 投保, 显然有 $MI \geq L - L_0$, 建立目标函数, 那么式(3)变为

$$\begin{aligned} \max \{ & a(SP) U\{Y(X) - D(L(X, SI) - MI) - pSI - T_0 - [a(SP) + c]MI\} + \\ & [1 - a(SP)] U\{Y(X) - pSI - [a(SP) + c]MI\} \} \end{aligned} \quad (22)$$

构造 Lagrange 函数, 得

$$\begin{aligned} V = & a(SP) U\{Y(X) - D(L(X, SI) - MI) - pSI - T_0 - [a(SP) + c]MI\} + \\ & [1 - a(SP)] U\{Y(X) - pSI - [a(SP) + c]MI\} + \lambda [MI - L(X, SI) + L_0] \end{aligned} \quad (23)$$

其中, λ 是 Lagrange 因子, 分别对 X, SI, MI 求导数, 得到

$$[a(SP) U'_1(C) + [1 - a(SP)] U'_2(C)] Y'(X) - a(SP) U'_1(C) DL_1 - \lambda_1 \leq 0 \quad (24)$$

$$- [a(SP) U'_1(C) + (1 - a(SP)) U'_2(C)] p - a(SP) U'_1(C) DL_2 - \lambda_2 \leq 0 \quad (25)$$

$$- [a(SP) U'_1(C) + [1 - a(SP)] U'_2(C)] [a(SP) + c] - a(SP) U'_1(C) D + \lambda \leq 0 \quad (26)$$

令 $SP = SP^*, (X^*, SI^*, MI^*)$ 满足式(4)~式(7), T_0 和 L_0 满足式(24)~式(26)和式(22), 如果 $X = X^*, SI = SI^*$, 则有

$$L(X^*, SI^*) - L_0 = L^* - L^* + MI^* = MI^* \quad (27)$$

由 T_0 和 L_0 的定义, 可知

$$T_0 = (1-D)L_0 = (1-D)(L^* - MI^*) \quad (28)$$

把 T_0 的值代入式(24)~式(26), 令 $\lambda = a(1-D) U'_1(C)$, 因为 $(X^*, SI^*, MI^* > 0)$, 式(24)~式(26)取等号。当 SP 取最优值时, 式(22)和式(3)在同一点达到最大值, 也就说明此保险方式为最优的。

综上所述, 当被保险人需要承担大于 L_0 的损失额时, 他们需要选择最佳的 X 和 SI 。政府对遭受洪灾损失的居民征收一笔税收 T_0 , 是为了减少政府对承保地区的损失。

2 结 论

(1) 市场保险、自我保护和自我保险,都对洪灾损失有着不同程度的影响。管理洪水灾害的风险是非常困难的,涉及政府和可能受灾居民的相互利益,通常就需政府和人民同时对灾害负责,从社会福利最大化的角度对损失函数进行分析研究,以求一个较优的协调解决方案。

(2) 如果政府和可能淹没区人民对洪水的知识比较了解,能对洪水风险进行有效的预测,这样就可以减少很多损失。洪水的发生通常是随机的,其规律很难把握,而洪水保险则是对解决洪灾危害的一个相对理想的措施和手段。

(3) 开展洪水保险是很必要的,也是很复杂的,但是其规律是可以把握的,本文利用经济学、保险学等理论和方法,从社会和被保险个人出发,根据洪水保险的实际情况,分析了洪水保险的内在规律和性质,提出了洪水保险的经济学理论和模型,决策个人和社会可以根据实际情况,确定自身的保险份额,从而对广泛开展洪水保险和洪水的风险管理提供了理论支持和依据,具有很大的理论和应用价值。

3 建 议

(1) 根据地区的实际情况,可以考虑建立专门的洪水保险机构,全面负责洪水保险业务。考虑到洪灾的特殊性,根据各可能洪灾地区的差别,同时成立地方或全国洪水再保险公司,不仅可以保证经营的稳定性,而且可节省巨额的救灾费用。

(2) 国家、个人和相应的保险机构将要成为洪水灾害共同的承担者。国家应对洪灾作出一定的补助,个人以保险的形式集资,保险机构对洪灾负责。

(3) 也许银行是最佳的潜在的投保者,它们信息丰富、及时,也更有效率。而从经济学上的社会福利的概念上讲,政府强制划分淹没区(包括对生态、移民等),会有很大的困难,也会降低社会福利。因此,可把一些权利和义务分给银行。

参考文献:

- [1] 朱元铎. 基于风险分析的防洪研究[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2001, 29(4): 1-8.
- [2] 王 栋, 朱元铎. 风险分析在水系统中的应用研究进展及其展望[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2002, 30(2): 71-77.
- [3] 周光武, 史培军. 洪水风险管理研究进展与中国洪水风险管理模式初步探讨[J]. 自然灾害学报, 1999, 8(4): 62-72.
- [4] Ronald P, Greta M L. Flood Insurance: A Survey of Grand Forks, North Dakota, Homeowners[J]. Applied Behavioral Science Review, 1999, 7(2): 171-180.
- [5] 傅 湘, 纪昌明. 洪水保险的若干问题探讨[J]. 武汉水利电力大学学报, 2000, 33(1): 100-103.
- [6] 华家鹏, 李国芳, 朱元铎, 等. 洪水保险研究[J]. 水科学进展, 1997, 8(3): 226-232.
- [7] Mark J B, Robert E H. The Demand for Flood Insurance: Empirical Evidence[J]. Journal of Risk and Uncertainty, 2000, 20(3): 291-306.
- [8] Burby R J. Flood insurance and floodplain management: the US experience[J]. Environmental Hazards, 2001, 3(3): 111-122.
- [9] Blanchard Boehm R D, Berry K A, Showalter P S. Should flood insurance be mandatory? Insights in the wake of the 1997 New Year's Day flood in Reno Sparks, Nevada[J]. Applied Geography, 2001(21): 199-221.
- [10] Baumann D D, Sims J H. Flood insurance: some determinants of adoption[J]. Economic Geography, 1978, 54(3): 189-196.
- [11] Kunreuther H C, White G F. Flood hazard delineation: the one percent standard[J]. Water Resources Update, 1994(95): 31-35.
- [12] Kunreuther H C. Mitigating disaster losses through insurance[J]. Journal of Risk and Uncertainty, 1996(12): 171-187.
- [13] Montz B E. The effects and effectiveness of flood insurance requirements: agent perspectives[J]. The Environmental Professional, 1983(5): 116-123.
- [14] Kangoh L. Risk Aversion and Self Insurance and Protection[J]. Journal of Risk and Uncertainty, 1998(17): 139-150.
- [15] Courbage C. Switzerland. Self Insurance, Self Protection and Market Insurance within the Dual Theory of Choice[J]. The Geneva Papers on Risk and Insurance Theory, 2001(26): 43-56.

- [16] Ehrlich I, Becker G. Market insurance, self insurance and self protection[J]. Journal of Political Economy, 1972(40) : 623– 648.
- [17] Dennis E, Lester B L. The role of insurance in managing natural hazard risks: private versus social decisions[J]. Risk Analysis, 1988, 8 (3): 421– 433.
- [18] Michael R P. A theory of risk, return and solvency[J]. Insurance: Mathematics and Economics, 1995(17) : 101– 118.
- [19] Yaari M E. The Dual Theory of Choice under Risk[J]. Econometrics, 1987(55): 95– 115.
- [20] Epple D, Lave L B. The role of insurance in managing natural hazard risks: private versus social decisions[J]. Risk Analysis, 1988, 8(3): 421– 433.

Theoretical analysis and study of flood insurance

WANG Ben-de, YU Yi-bin

(School of Civil Engineering and Water Conservancy, Dalian University of Technology, Dalian 116023, China)

Abstract: This paper introduces the present state of flood insurance in some countries, and applies the economics, the insurance theory, the system engineering to the analysis and study of flood insurance, which reveals the inherent property and law of flood insurance, and establishes the utility model of flood insurance. Some advices are proposed to implement flood insurance thoroughly according to our situation.

Key words: flood insurance; risk; market insurance; self insurance; self protection; theory research