

基于 CVaR 的地震巨灾保险基金规模测算

田 玲 吴亚玲 沈祥成*

摘要: 本文以 1996—2011 年中国地震巨灾损失数据为样本,以对数正态分布拟合地震巨灾损失分布,运用 VaR 估计地震巨灾再保险最优自留比例,并运用蒙特卡罗模拟一定置信度下的地震巨灾损失的条件在险价值(CVaR),以 CVaR 为风险度量指标进行地震巨灾基金规模的测算。本文实证结果表明,在其他条件相同的情况下,基于 CVaR 测算的地震基金规模要高于基于 VaR 测算的地震巨灾基金规模,且 CVaR 对超大规模的地震损失更敏感。建议在设置巨灾基金规模时,以 VaR 与 CVaR 作为风险度量指标进行风险分层。

关键词: 巨灾保险基金规模;CVaR;VaR;蒙特卡罗模拟

一、引言

2014 年 8 月“保险新国十条”明确提出要研究建立巨灾保险基金、巨灾再保险等制度,逐步形成财政支持下的多层次巨灾风险分散机制。在实践上,我国已经率先在云南进行房屋地震保险的试点,建立了省级地震巨灾基金,力图以此为契机,推动中国地震巨灾基金体系的建立,由此可见,决策当局对于建立和完善中国地震巨灾保险基金的决心。但是,一方面,由于地震巨灾风险相对于常态巨灾的特殊性,不仅不符合保险分散风险的大数法则,而且由于地震巨灾风险的同质性,对于参与地震巨灾保险的保险公司来说,容易形成风险累积;另一方面,由于中国整体上巨灾风险防范意识淡薄,资本市场发展缓慢,受巨灾风险分散技术的限制,再保险在中国分散巨灾风险的作用十分有限,造成中国地震巨灾再保险供给缺口严重。从美国、日本等国家的国际经验来看,建立地震巨灾基金风险管理体系是完善巨灾风险融资,实现巨灾风险分层,促进巨灾保险供给的重要渠道,而确定地震巨灾保险基金规模是建立地震巨灾基金管理体系首当其冲的问题。为此,本文在借鉴国内外相关领域的研究成果的基础上,以条件在险价值(CVaR)为风险度量指标进行中国地震巨灾保险基金规模模拟。

二、模型构建

(一) 模型假设

1. 地震巨灾基金在巨灾风险管理体系中的定位

*田玲,武汉大学经济与管理学院保险与精算系,邮政编码:430072,电子信箱:ltian@whu.edu.cn;吴亚玲,湖北省农业科学院农业技术经济研究所,邮政编码:430064,电子信箱:wuyaling918@sohu.com;沈祥成,湖北省农业科学院农业技术经济研究所,邮政编码:430064。

本文为国家社科基金重大招标项目“我国巨灾保险制度安排与实施路径研究”(批准号:11&ZD053)的阶段性成果,作者感谢匿名审稿人的建设性修改建议,当然文责自负。

巨灾基金在巨灾风险管理中的定位很大程度上由政府参与巨灾基金管理的方式、承担巨灾损失规模等因素决定。本文将巨灾保险基金定位于再保险性质。

2. 再保险方式为比例再保险

虽然国内外学者运用 VaR、CTE 等风险度量指标测算超额损失再保险(XOL)最优自留额(Lewis and Murdock, 1999; Culter and Zeckhauser, 1999; 田玲、姚鹏, 2013), 比例再保险可以使损失由投保人和巨灾保险机构共同分摊, 从而激发投保人加强巨灾风险管理的意识。因而, 本文设计再保险赔偿方式为绝对免赔方式基础上的比例再保险, 运用 VaR 测算不同保险覆盖率下的巨灾再保险最优自留比例, 进而测算地震巨灾基金规模。

(二) CVaR 方法说明

VaR、CVaR 是目前国内外最为流行的两种风险度量指标, VaR 方法度量金融资产或证券组合在未来给定时期内一定置信水平下预期的最大可能损失, CVaR 是指超过 VaR 的损失期望值, 即最大可能损失的平均值(Urgasev, 1999)^①。CVaR 相对于 VaR 方法的优势在于 CVaR 指标满足一致性风险度量要求(Artzner et al., 1999)。关于巨灾保险基金规模的测算方法, 国外代表性研究成果有: Doherty (1980) 以大数法则为基础构建承保能力模型, 通过破产概率、保险人的经营所产生的准备金等指标来测算保险人的承保能力。Borch (1986) 最早建立了再保险市场最优化风险分摊模型, 提出当每个再保险人持有一个与市场占有率相等的风险份额时, 再保险市场风险配置才能达到帕累托最佳风险交换, 保险市场所有保险人的效用达到最大化。Kremer (1994) 提出了基于最大可能损失(Probable Maximum Loss, PML)的巨灾保险基金规模测算方法。Artzner 等(1999)提出了一致性风险度量函数的概念, 并以齐次性、平移不变性、次可加性、单调性来描述一致性风险度量函数的性质。Panjer (2001)指出由于 PML 不满足次可加性的性质, 因此 PML 并不属于一致性风险度量函数, 提出以条件最大可能损失代替 PML 测量巨灾基金规模。Cummins 等(2002)以最大化赔付支出和最小化赔付不足为目标进行模型推演, 构建反应函数测算巨灾保险基金规模。国内对于巨灾保险基金的研究刚刚起步, 而且现有文献主要侧重于巨灾保险基金运行机制、管理模式等制度层面的探讨, 针对巨灾保险基金规模进行实证研究的文献尚不多见, 其中代表性的有: 田玲和姚鹏(2013)将风险估计与风险优化结合起来, 采用 CTE 方法估算保险人的超额再保险(XOL)最优自留额, 不考虑赔偿上限, 运用 VaR 方法对我国的地震巨灾基金规模进行测算。为此, 本文借鉴 Cummins 等(2002)的模型构建思路, 在假定保险市场最大化赔付支出和最小化保险人赔付不足条件下, 以 VaR 作为再保险市场优化风险配置指标进行地震巨灾基金规模的测算。在技术方法上, 相对于田玲和姚鹏(2013)来说, 本文创新点在于本文以条件在险价值(CVaR)为风险度量指标测算地震基金规模。

本文将地震巨灾基金规模定义为一定风险容忍度下, 监管机构认为维持巨灾保险市场稳健运行的地震巨灾基金承担的巨灾损失赔偿的最小规模, 以 CVaR 为风险度量指标测算的地震巨灾保险基金规模。本文运用 CVaR 方法测算地震巨灾基金规模思路如下:

1. 刘娟和李永(2009)在无套利利率期限模型的基础上引入转移概率参数, 利用非寿险精算技术, 建立中国地震巨灾债券短期利率的动态模型对中国地震巨灾债券进行定价时, 利

^①CVaR is the expected loss exceeding β -Value-at-Risk, i.e., it is the mean value of the worst $(1-\beta) \times 100\%$ losses.

用包括对数正态分布在内的 12 种常见损失分布对所选样本进行拟合,拟合结果表明,对数正态分布对中国地震巨灾损失额度拟合效果最好。因此,本文借鉴刘娟和李永(2009)的研究结论,以对数正态分布拟合中国地震巨灾损失分布,进而进行 χ^2 检验。

2.定义 VaR。假设 X 为随机变量地震巨灾损失,为一个非负的随机变量,且 $\ln X$ 服从参数为 μ 和 σ 的正态分布 $N(\mu, \sigma^2)$, 设 $f(x)$ 为地震巨灾损失的概率密度函数,则有:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(\ln x - \mu)^2 / (2\sigma^2)} \quad (1)$$

而且, $\frac{\ln x - \mu}{\sigma}$ 服从标准正态分布 $N(0, 1)$ 。

假设 Y 为巨灾保险公司承担的责任风险,为一个非负的随机变量,并假设保险公司以比例再保险形式承保地震巨灾风险,那么,巨灾保险公司承担的责任风险 Y 与地震巨灾损失 X 之间存在以下函数关系:

$$Y = \begin{cases} 0, & X \leq d \\ h(X-d), & d < X \leq u \\ h(u-d), & X > u \end{cases} \quad (2)$$

(2)式中: d 表示免赔额, u 表示赔偿上限, h 表示保险覆盖率^①。

巨灾保险公司承担的责任风险的分布函数为 $F_Y(y) = P_r(Y \leq y)$, 生存函数为 $S_Y(y) = P_r(Y > y) = 1 - F_Y(y)$, 则在置信区间为 $1-\alpha$ ($0 < \alpha < 1$) 下,依据 VaR 的经济学含义,可将 VaR 定义为:

$$VaR_Y(\alpha) = \inf\{y: P_r\{Y > y\} \leq \alpha\} = \inf\{y: P_r\{Y \leq y\} \geq 1-\alpha\} \quad (3)$$

等式(3)表明,在未来某特定时期内,保险公司承担地震巨灾损失超过 VaR 的可能性为 α ,或者说在未来某个确定的时期内,地震巨灾损失以 $1-\alpha$ 的概率不超过 VaR。

3.计算再保险公司最优自留比例。对于比例再保险,在以 VaR 风险度量指标时,对于给定置信水平 $1-\alpha$ ($0 < \alpha < 1$),可通过等式(4)的最优准则来确定最优自留比例 β^* 。

$$VaR_r(\beta^*, \alpha) = \min_{0 < \beta < 1} \{VaR_r(\beta, \alpha)\} \quad (4)$$

4.定义 CVaR。将 CVaR 定义在置信区间为 $1-\alpha$ 下,损失大于某个给定的 VaR 值条件下的期望损失,从右尾角度来定义 CVaR 有:

$$CVaR_\alpha(x) = \frac{\int_{VaR}^{\infty} xf(x) dx}{\alpha} \quad (5)$$

等式(5)衡量了置信区间在 $1-\alpha$ 下,发生损失超过 VaR 时的平均损失。

三、数据来源与参数估计

(一)数据来源及特征分析

本文选取 1996-2011 年中国地震损失数据作为研究样本(详见附录附表 1^②),如图 1 所

①本文 $d=1\ 000$ 万, $h=30\%$, 不设赔偿上限。

②1996-2000 年数据依据中国地震局监测预报司公布的数据整理,资料来源:中国地震局监测预报司, 2001:《中国大陆地震灾害损失评估汇编:1996-2000》,地震出版社;2001-2011 年数据依据中国地震信息网 (<http://www.csi.ac.cn>) 数据整理。

示。

地震发生次数

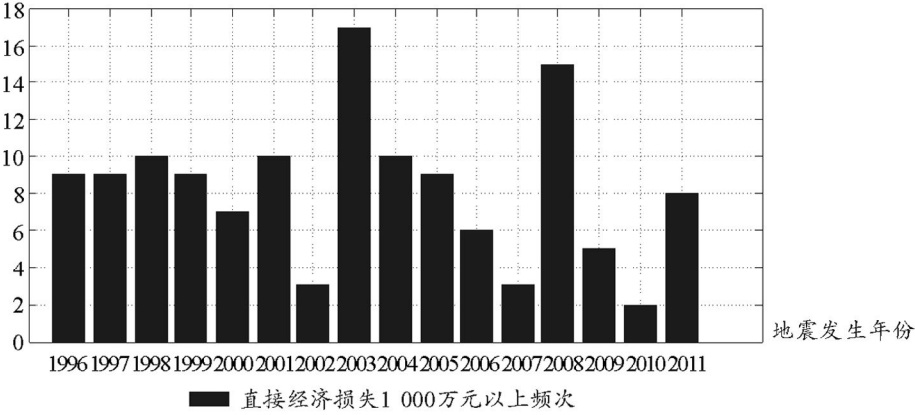


图 1 1996-2011 年中国地震损失数据

为更清楚地获取样本数据的特征,先对样本损失数据进行对数处理,令 $\log_loss = \ln(loss_data)$,经对数变换后的累计分布如图 2 所示。

累计分布率

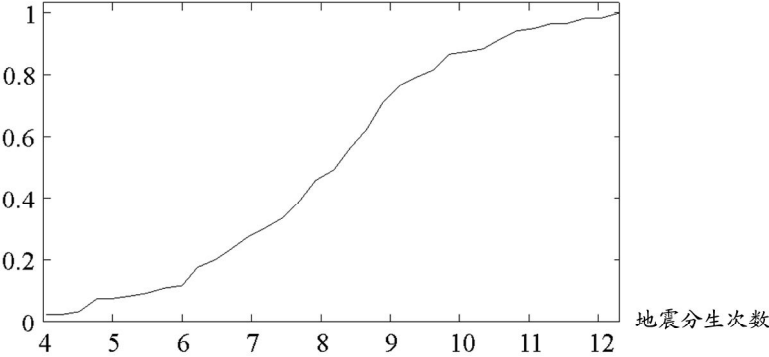


图 2 对数变换的地震巨灾损失的累计分布图

由图 2 可见,经过对数变换后密度函数比较理想,因此下文的分析均立足于对数变换后的数据。

(二) 地震巨灾损失分布估计

假设 X 为随机变量地震巨灾损失,分布密度为 $f(x)$,由于对数正态分布尾部趋于零的速度较慢,符合地震巨灾损失厚尾的特征,根据刘娟和李永(2009)的实证结果,中国地震巨灾损失次数服从泊松分布,损失额度服从对数正态分布。因此本文选取对数正态分布对地震巨灾损失分布进行拟合。

假设其分布函数为 $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}}$,其理论分布函数为 $C(x, \theta)$,经验分布函数为 $C_n(x)$,其中 θ 为需要估计的参数。由理论分布函数和经验分布函数构造距离函数:

$$L(\theta) = \sum_{i=1}^n [C(x_i; \theta) - C_n(x_i)]^2 \quad (6)$$

利用最小二乘估计求解使 $L(\theta)$ 最小的 $\hat{\theta}$ 值。依据 2006–2011 年地震损失数据,先取对数再进行正态分布拟合结果为 $\mu=8.1537, \sigma=1.8311$, 拟合效果如图 3 所示。

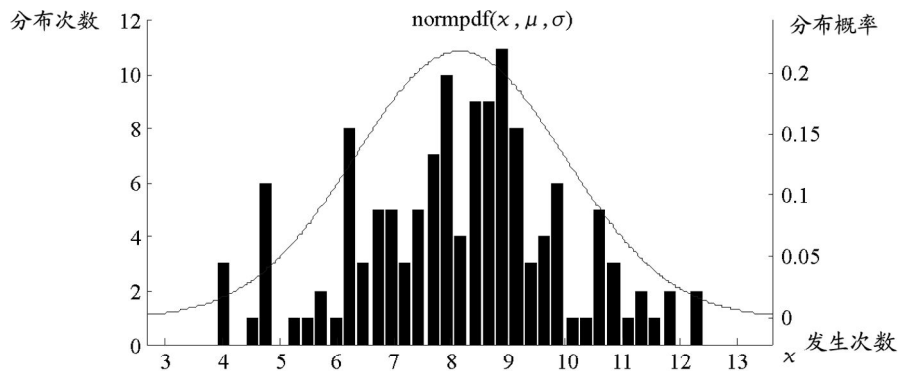


图 3 拟合效果比较图

因此,我国地震巨灾损失服从 $\mu=8.1537, \sigma=1.8311$ 的对数正态分布,估计结果为:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \times 1.8311} e^{-\frac{(x-8.1537)^2}{2 \times 1.8311^2}} & x > 0 \\ 0 & x \leq 0 \end{cases} \quad (7)$$

(三) 计算比例再保险的最优自留比例

假设 Y 为巨灾保险公司承担的责任风险,设保险公司的自留风险额为 Y_I ,再保险公司承担的风险为 Y_R ,则:

$$Y_I = \beta Y \quad (0 < \beta < 1) \quad (8)$$

而且:

$$Y_R = (1 - \beta) Y \quad (9)$$

假设巨灾再保险公司按方差原理进行定价, ρ 表示附加保费因子, $\delta(\beta)$ 表示再保费,则:

$$\delta(\beta) = E(Y_R) + \rho \text{Var}(Y_R) \quad (10)$$

保险公司总费用为 T , 则:

$$T = Y_I + \delta(\beta) \quad (11)$$

依据等式(4),有:

$$\text{VaR}_T(\beta^*, \alpha) = \min_{0 < \beta < 1} \{ \text{VaR}_T(\beta, \alpha) \} \quad (12)$$

所得到的最优自留比例 β^* 保证了对于给定置信水平 $1-\alpha$, 总费用 T 的 VaR 值最小, 其中把 $\text{VaR}_T(\beta^*, \alpha)$ 称作最佳 VaR 值。

定理 1^①: 当采用比例再保险的策略时, 若方程(13):

$$S_X^{-1}(\alpha) + \frac{d\delta(\beta)}{d\beta} = 0 \quad (13)$$

关于 β 在 $(0, 1)$ 内有解, 且最小值点 β^* 在内部, 其中 $S_X(\alpha)$ 表示生成函数, $S_X^{-1}(\alpha)$ 表示生成函数的反函数, 则有:

①参见袁丽丽, 2009:《比例再保险在 VaR 和 CTE 下的最优自留比例》, 大连理工大学硕士学位论文。定理 1 的证明过程参考该文, 本文直接用到定理 1 的结论计算。

(1) VaR 风险度量下其最优自留比例存在且为 β^* ;

(2) T 的最佳 VaR 值如式 (14):

$$VaR_T(\beta)=\beta^* S_X^{-1}(\alpha)+\delta(\beta^*) \tag{14}$$

由于我国地震巨灾损失服从 $\mu=8.1537, \sigma=1.8311$ 的对数正态分布,其概率密度函数如式 (15):

$$f(x)=\begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\times 1.8311}e^{-\frac{(\ln x-8.1537)^2}{2\times 1.8311^2}}, & x>0 \\ 0, & x\leq 0 \end{cases} \tag{15}$$

其均值为 $EX=18586$,标准差为 $DX=97619$ 。

分布函数如式 (16):

$$F(x)=\begin{cases} 0.5+0.5\text{erf}(\frac{\ln x-\mu}{\sqrt{2}\sigma}), & x>0 \\ 0, & x<0 \end{cases} \tag{16}$$

生存函数如式 (17):

$$S(x)=\begin{cases} 0.5-0.5\text{erf}(\frac{\ln x-\mu}{\sqrt{2}\sigma}), & x>0 \\ 1, & x<0 \end{cases} \tag{17}$$

可求得:

$$S_X^{-1}(\alpha)=S_X^{-1}(0.1)=36328 \tag{18}$$

由定理 1 可得式 (19):

$$\beta=1-\frac{S_X^{-1}(\alpha)-EX}{2\rho DX} \tag{19}$$

依据 2006-2011 年中国地震损失数据,依据 $VaR(\alpha)$ 计算巨灾再保险最优自留比例与附加保费因子的关系如表 1 和图 4 所示。

表 1 保费因子变化时最优自留额 (置信度 $\alpha=10\%$)

保费附加因子 ρ	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
最优自留额 β^*	0.0914	0.5457	0.6971	0.7729	0.8183	0.8486	0.8702	0.8864	0.8990	0.9091

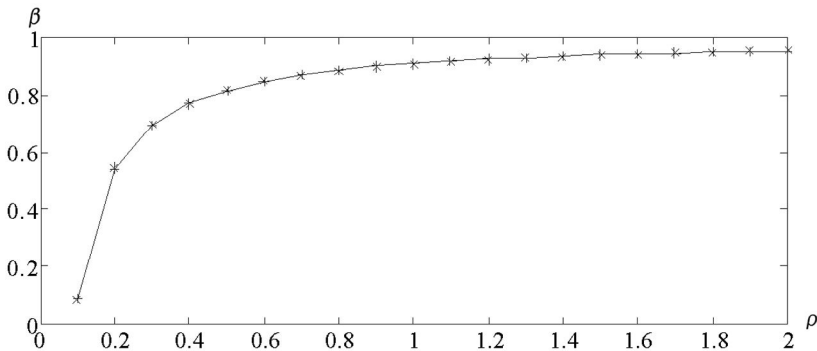


图 4 最优再保险自留比例

(四)地震巨灾基金规模模拟

地震损失采用对数正态分布模型,当 $d=1\ 000$ 万, $h=30\%$, 通过蒙特卡洛模拟法产生 50 万个数据,结果如下:

1. 当 $\alpha=10\%$ 时, VaR 和 CVaR 值的差别如图 5 所示。

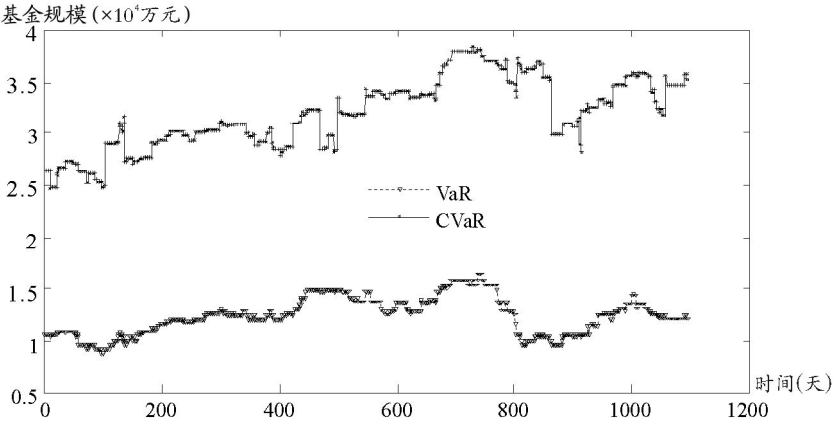


图 5 $\alpha=10\%$ 时 CVaR 和 VaR 值

由图 5 可知,以 VaR 测算的巨灾保险基金规模日平均额在 1.5 亿元左右,而以 CVaR 测算的日平均额在 2.8 亿元左右,基于 CVaR 方法测算的地震巨灾基金规模要普遍高于基于 VaR 方法测算的地震巨灾基金规模。这一结论与 CVaR 是超过 VaR 的最大可能损失的期望相吻合,也说明了在风险容忍度相同的情况下,以 CVaR 指标测算的地震巨灾基金规模相对于 VaR 指标安全性更高。另外,代表 CVaR 的曲线相对于代表 VaR 的曲线来说,波幅更大,说明 CVaR 指标对超大规模的地震巨灾损失更为敏感。

2. 当 $\alpha=10\%$ 时, $d=1\ 000$ 万元, $u=100\ 000$ 万元,置信度 $\alpha=10\%$, 保费附加因子分别为 $\rho=20\%、30\%、\cdots、100\%$ 时,所对应的每天的 CVaR 如表 2 和图 6 所示。表 2 和图 6 说明,在置信度相同的情况下,保费附加因子越高,地震巨灾基金规模越高。

表 2 保费因子变化时 CVaR 基金规模

ρ	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
CVaR(万元)	28 269	32 298	33 642	34 313	34 716	34 985	35 177	35 321	35 433	35 522

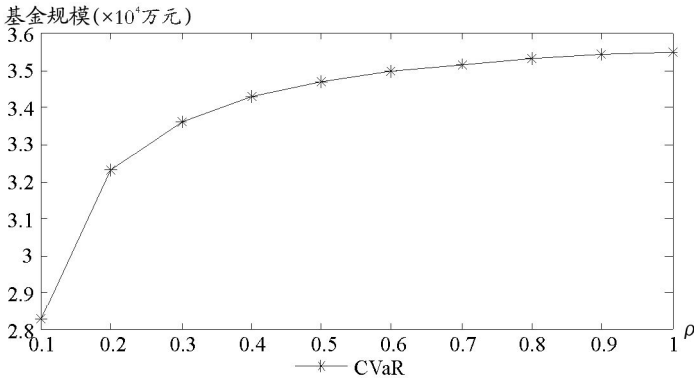


图 6 保费附加因子对 CVaR 的影响

3.当 $\alpha=10\%$ $\rho=20\%$ 时,巨灾保险覆盖率 h 分别为 30%、60% 和 100% 时所对应的 CVaR 规模如图 7 所示。由图 7 可知,巨灾保险覆盖率越高,巨灾基金规模越大。

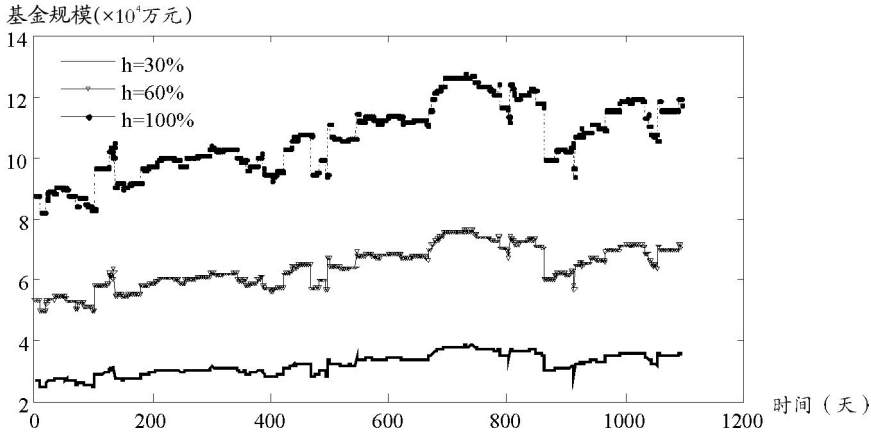


图 7 巨灾保险覆盖率对 CVaR 的影响

四、模型结论

1.在置信度相同的情况下,基于 CVaR 风险度量指标测算的地震巨灾基金规模要高于基于 VaR 风险指标测算的地震巨灾基金规模,而且相对来说,CVaR 对超大规模地震巨灾损失敏感。因此,建议在设置巨灾基金规模时,不妨同时采用 VaR 与 CVaR 作为风险度量指标进行风险分层管理,以 VaR 作为应对常规地震损失的巨灾基金规模的度量指标,以 CVaR 作为应对超大损失的巨灾基金规模的度量指标。

2.在其他条件相同的情况下,随着巨灾再保险覆盖率的提高,巨灾基金规模上升。在其他条件相同的情况下,随着保费附加因子的提高,巨灾基金规模呈上升趋势。因此,第一,巨灾保险基金运作初期规模较小,建议设置较高的免赔额或免赔比例,将地震巨灾基金定位于较大规模的巨灾损失,有利于地震巨灾基金的可持续性,随着基金规模的扩大,可逐步降低免赔标准,从而提高地震巨灾基金的保障程度。第二,当巨灾保险基金面临破产压力时,巨灾基金管理方可通过适度调整保费附加因子,提高保险市场分散巨灾风险的积极性,缓解巨灾保险基金的压力。第三,积极发展巨灾债券、巨灾期权等资本市场风险工具,为发生大规模地震巨灾损失时,提供补充地震巨灾保险基金的融资渠道,同时提高巨灾保险基金的投资收益。

3.本文以 1996–2011 年中国地震巨灾损失数据为样本,以 VaR 与 CVaR 作为风险度量指标所得的地震巨灾基金规模,由于受所选样本数据时间和地理分布的限制,虽然不影响本文对方法的探讨,但在一定程度上会影响全国地震巨灾保险基金规模实证结果的准确性。因此,在实践中,不妨先以各省地震损失数据为样本建立省级地震巨灾保险基金,为建立全国地震巨灾保险基金提供决策依据,从而提高地震巨灾基金规模的准确性。

附录:

附表 1 1996-2011 年地震发生次数及损失(万元)

次数	1996 年	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年
1	314.07	38 211.6	84 187.9	2 225	2 651.84	18 822	3 034	3 120
2	271.24	1 560	2 211.2	1 122.6	106 621	5 575	873.62	50
3	250 000	5 304	5 486.75	1 636.8	10 374	123.25	800.76	139 792
4	5 162	9 019.48	474.4	627.1	467.1	50 490	7 020.17	7 324
5	3 411	46 826.48	1 749.84	50.8	324.1	14 934	3 045.85	1 302
6	38 738	7 354.2	976.3	3 067.92	5 680	3 660	*	7 720
7	150 000	6 387.8	927.3	476.3	7 198.23	3 581	*	179
8	2 990	7 071.5	1 16.8	5 822	7 870	1 930	*	561
9	2 182	2 680	5 217.71	458	541.93	117	*	59 190
10	126	794.04	12 937.85	114.14	5 060	3 770	*	80 649
11	3 080	*	732.51	14 503.24	*	41 050	*	4 342
12	3 998.5	*	9 098	7 657	*	*	*	2 187
13	*	*	45 314	1 233	*	*	*	847
14	*	*	4 511	8 488.8	*	*	*	7 636
15	*	*	10 210	355	*	*	*	41 560
16	*	*	*	*	*	*	*	50 140
17	*	*	*	*	*	*	*	4 078
18	*	*	*	*	*	*	*	8 792
19	*	*	*	*	*	*	*	19 190
20	*	*	*	*	*	*	*	55
21	*	*	*	*	*	*	*	9 300
22	*	*	*	*	*	*	*	18 026
总计	460 272.81	125 209.1	184 163.66	47 379.7	146 788.2	148 449.4	14 774.4	466 041
次数	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
1	1 462	653	11 060	189 860	2 006	2 181.75	8 000	16 135
2	20 272	5 280	449	1 001.73	19 479.9	4 635.94	35 440	9 225.17
3	2 060.329	15 757.43	11 068	11 060.33	6 480	9 068.36	*	27 840
4	1 535	1 034.2	518	*	158.02	4612.03	*	6502.81
5	1 622.17	4 187.4	7 335	*	3 933.05	23 368.05	*	14 990
6	33 226	2 744.68	980	*	8 584.41	*	*	18 322.19
7	83.38	16 998	4 254	*	1 322.64	*	*	67 800
8	6 600.189	9 220	23 900	*	84 510 000	*	*	4 859
9	2 308.2	644.7	20 270	*	3 217.49	*	*	*
10	21 720	2 532	126	*	130 800	*	*	*
11	4 070	203 759.39	*	*	446 187	*	*	*
12	*	*	*	*	3 644.18	*	*	*
13	*	*	*	*	6 728.4	*	*	*
14	*	*	*	*	41 137	*	*	*
15	*	*	*	*	26 611.32	*	*	*
16	*	*	*	*	445.1	*	*	*
17	*	*	*	*	17 960	*	*	*
总计	94 959.27	262 810.8	79 960	201 922.06	85 228 695	43 866.13	43 440	165 674.17

注:其中“*”表示地震未发生。

资料来源:中国地震局监测预报司,2001:《中国大陆地震灾害损失评估汇编:1996-2000》,地震出版社;中国地震局信息网(<http://www.csi.ac.cn>)。

参考文献:

1.黄多文,2014:《我国巨灾保险基金规模研究——基于偿付能力困境的视角》,上海师范大学硕士学位论文。
2.黄金波,2014:《基于 CVaR 核估计量的风险管理》,《管理科学学报》第 3 期。

- 3.刘娟,李永,2009:《中国地震巨灾损失分布与巨灾债券定价研究》,《财贸研究》第6期。
- 4.田玲,彭菁翌,2013:《承保能力最大化条件下我国巨灾基金规模测算》,《保险研究》第11期。
- 5.田玲,姚鹏,2013:《我国巨灾保险基金规模研究——以地震风险为例》,《保险研究》第4期。
- 6.袁丽丽,2009:《比例再保险在 VaR 和 CTE 下的最优自留比例》,大连理工大学硕士学位论文。
- 7.郑琳琳,2008:《VaR-CTE 风险度量下比例再保险最优自留比例》,大连理工大学硕士学位论文。
- 8.Artzner, P., F. Delbaen, and J. M. Eber. 1999. "Coherent Measures of Risk." *Mathematical Finance* 9 (3): 203–228.
- 9.Borch, Karl H. 1986. "Risk Theory and Serendipity." *Mathematics and Economics* 5 (2): 103–112.
- 10.Cummins, J. David, Neil Doherty, and L. Anita. 2002. "Can Insurers Pay for the Big One Measuring the Capacity of an Insurance Market to Respond to Catastrophic Losses." *Journal of Banking and Finance* 5: 557–583.
- 11.Cutler, D. M, and R. J. Zeckhauser. 1999. *Reinsurance for Catastrophes and Cataclysms*. Chicago: University of Chicago Press.
- 12.Doherty, Neil A. 1980. "A Portfolio Theory of Insurance Capacity." *Journal of Risk and Insurance* 3: 405–420.
- 13.Kremer, E. 1994. "More on the Probable Maximum Loss." *Blatter Der DGVFM* 21 (3): 319–326.
- 14.Lewis, C., and K. C. Murdock. 1999. *Alternative Means of Redistributing Catastrophic Risk in a National Risk Management System*, 51–92. Chicago: University of Chicago Press.
- 15.Panjer, H. H. 2001. "The Aggregate Claims Distribution and Stop-loss Reinsurance." *Transactions of the Society of Actuaries* 32 (4): 523–545.
- 16.Rockafellar, R. T., and S. Uryasev. 2000. "Optimization of Conditional Value-at-Risk." *The Journal of Risk* 2 (3): 21–41.
- 17.Rockafellar, R. T., and S. Uryasev. 2002. "Conditional Value-at-Risk for General Loss Distributions." *Journal of Banking and Finance* 26 (7): 1443–1471.
- 18.Uryasev, Stanislav, and Pavlo Krokmal. 2002. "Portfolio Optimization with Conditional Value-at-Risk and Objective and Constraints." *The Journal of Risk* 4 (2): 124–129.

Calculation of Fund Size of Earthquake Catastrophe Insurance Based on CVaR

Tian Ling¹, Wu Yaling² and Shen Xiangcheng²

(1: Economics and Management School of Wuhan University; 2: Institute of Agricultural Economic Technology, Hubei Academy of Agricultural Sciences)

Abstract: Selecting the data of Chinese earthquake catastrophe losses in 1996–2011 as a sample, this paper uses logarithm normal distribution to fit the earthquake catastrophe loss distribution and uses VaR to estimate the optimal retention ratio of earthquake catastrophe reinsurance. Monte Carlo method is used to simulate the conditional value at risk (CVaR) of the earthquake catastrophe losses under a certain confidence level and CVaR is used as a risk measurement index to calculate the fund size of earthquake catastrophe. The empirical results show that, under the case that other conditions are the same, the earthquake catastrophe fund size measured by CVaR is higher than that measured by VaR and CVaR is more sensitive to the losses of large scale earthquakes. It is recommended that we can use VaR and CVaR as the risk measurement indexes to classify risk when setting the catastrophe fund size.

Keywords: Fund Size of Catastrophe Insurance, CVaR, VaR, Monte Carlo Simulation

JEL Classification: N2

(责任编辑:彭爽)