气象巨灾风险证券化研究

——苏皖地区洪涝巨灾债券定价设计

范 雪　曹 杰(博士生导师)

(南京信息工程大学经济管理学院　南京　210044)

【摘要】本文首先利用现金流贴现模型对多时期下巨灾债券的定价问题进行研究,分析了再保险公司的分保成本及再保险费率问题;然后运用SPSS构建苏皖地区1981~2012年洪涝灾害的损失分布模型,结合资本资产定价模型来完成洪涝巨灾债券的初步定价设计,为我国成功发行洪涝债券提供理论支持。

【关键词】洪涝灾害　巨灾风险证券化　巨灾债券　债券定价

一、引言

长久以来我国形成了一种典型的"灾害管理模式",政府下拨灾民救助专项资金,保险公司根据受灾情况进行小额索赔,政府为绝对主导,承受巨大的财政压力。然而,随着气象巨灾风险的不断增加,气象巨灾造成的损失日益严重,越来越多的保险市场开始将目光转向实力雄厚的资本市场,来转嫁气象巨灾风险,缓解资金不足。为此气象巨灾风险证券化油然而生,这一理论最早产生于美国,它使保险市场的运行更加安全有效。

国内外学者在气象巨灾风险证券化方面进行了一系列研究。Patrice Poncet指出安德鲁飓风、北岭地震以及再保险市场的不足共同激发了巨灾风险证券化的产生。Cummins研究表明分散风险的最优组合是:再保险合同承担小额损失,巨灾风险连结债券承担大额损失,证实了巨灾债券的发行是可行的。Shaun S. Wang提出了两因素巨灾债券定价模型,"两因素"是指模型既考虑了概率变换,又做了参数不确定性调整。

朱军勇、迟晓英(2005)对巨灾债券进行了详细介绍,得出巨灾债券具有成本低、无违约风险、偿付能力高、市场效率高等优点。黄斌(2003)通过对现金流的现值进行计算分析了巨灾债券的优点和可行性。徐爱荣(2005)假定研究的巨灾风险为二元结构,且利率稳定,提出了一种较简单的巨灾债券定价模型。施建祥、乌云玲(2000)利用非寿险精算技术分析我国台风损失分布,在此基础上对台风巨灾债券进行定价研究。

二、巨灾债券运作机理

气象巨灾债券的基本结构包括四个要素:①从原保险公司处购买保单的客户;②发行保单的原保险公司;③从事再保险业务并对外发行巨灾债券的再保险公司(SPV);④购买巨灾债券的投资者。

如图1所示,在巨灾债券运作过程中,投保人与原保险公司签订保险合同,原保险人与SPV签订再保险合同,SPV与投资者签订气象巨灾债券交易合同,每个箭头表示相应合同的现金流向。若在保险期限内巨灾发生,当原保险公司对投保人进行赔款时,SPV未必需要向原保险公司支付赔偿。只有当原保险业务的损失金额累积到一定程度,原保险公司的资本难以承受时,才会得到SPV的赔偿。对于投资者而言,对SPV进行投资来买入巨灾债券,在巨灾未发生的情况下投资者将按期得到本金和高额利息。若巨灾发生,投资者将损失全部或部分的本金和所有利息。与此同时,SPV将所有的融资以短期投资的方式进行再投资,来增强巨灾风险的承保能力并能及时向投资者还本付息。

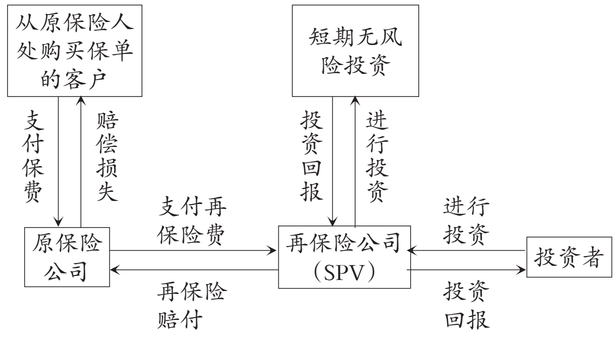

图1　气象巨灾债券的运行机制图

从上图可以看出,作为特殊目的机构的SPV发挥了资本市场与保险市场的桥梁作用,将资本市场与保险市场紧密地联系在一起。相对而言,巨灾债券作为传统再保险的替代品或补充品,具有传统再保险所不具备的优势,如降低了毁约风险和道德风险,交易成本较低等。

三、定价的精算分析——现金流贴现模型

关于巨灾债券的定价国内外学者主要采用均衡定价模型、无套利定价模型、实证模型和现金流贴现模型。然而无论是均衡定价模型还是无套利定价模型，都采用了公平定价的方法，从而都无法解释目前市场上巨灾债券溢价过高的现象。

依据本金保障方式，可以将巨灾债券分为三类：利息和部分本金存在风险、利息和全部本金存在风险，只有利息存在风险。下面利用现金流量贴现模型对多时期下再保险公司的现金流进行建模研究，分析三种情况下巨灾债券的定价机制以及确定再保险公司深入资本市场后的分保成本与再保险费率问题。为了便于研究，我们假设巨灾风险为二元结构，即只考虑巨灾发生跟不发生两种状态，其发生概率q，并假设市场利率是无风险利率，其年利率固定为r_0。假定巨灾债券发行面值为F_c，巨灾债券的年付息率为r_c，期末付息。

（一）利息和部分本金存在风险

假定在n(n>=3)时期内，若先前界定的巨灾事件未发生，则债券投资人将分别在每个时期末收到当期的利息，并在第n个时期末收回全部的本金。若无论在哪个时期，界定的巨灾事件发生，则债券投资人将损失全部的利息，但在第n个时期末仍可以获得部分本金。假设本金损失率为k(0<k<1)。

若在第一期内巨灾未发生，则投资人在第一期期末获得的期望收益为：$ER_1=F_c\cdot r_c(1-q)$。

将第一期的期望收益贴现：

$$P_{c1}=\frac{ER_1}{1+r_0}$$

若在第n−1期内巨灾仍未发生，则投资人在第n−1期末获得的期望收益仍为：$ER_{n-1}=F_c\cdot r_c(1-q)$。

将第n−1期的期望收益贴现到n时期期初：

$$P_{c(n-1)}=\frac{ER_{n-1}}{(1+r_0)^{n-1}}$$

在第n期内无论巨灾是否发生，投资人将在第n期末获得的期望收益为：$ER_n=F_c\cdot(1+r_c)(1-q)+F_c\cdot(1-k)q$。

将第n期的期望收益贴现到n时期期初：

$$P_{c(n)}=\frac{ER_n}{(1+r_0)^n}$$

则该巨灾债券的定价公式为：$P_c=\sum P_{c(i)}$

$$=\frac{F_c\cdot r_c(1-q)}{r_0}-\frac{F_c\cdot r_c(1-q)}{r_0\cdot(1+r_0)^n}+\frac{F_c(1-q)+F_c(1-k)q}{(1+r_0)^n}$$

同时，再保险公司再购入面额为F_t的传统债券，收益率为r_t，在每一期期末获得当期利息，在第n期期末收回全部本金，且满足$F_c+n\cdot F_c r_c=F_t+n\cdot F_t r_t\ (r_t<r_c)$。

同理，该传统债券的预期收益现值为：

$$P_t=\sum P_{t(i)}=\frac{F_t\cdot r_t}{r_0}-\frac{F_t\cdot r_t}{r_0\cdot(1+r_0)^n}+\frac{F_t}{(1+r_0)^n}$$

这种多时期情况下，再保险公司的分保成本为：

$$P_0=P_t-P_c\ \text{且}\ F_t=\frac{1+n\cdot r_c}{1+n\cdot r_t}\cdot F_c$$

相当于再保险公司购买了一份n年期的再保险合同，保额为：

$$Q=F_t+nF_t r_t-F_c(1-k)$$

分n期来计算每一期的再保险费率：

$$\Phi_1=\frac{P_0}{n\cdot Q_1}=\frac{P_0}{n\cdot F_t r_t}\cdot 100\%$$

…

$$\Phi_{n-1}=\frac{P_0}{n\cdot Q_{n-1}}=\frac{P_0}{n\cdot F_t r_t}\cdot 100\%$$

$$\Phi_n=\frac{P_0}{n\cdot Q_n}=\frac{P_0}{n\cdot\left[F_t\cdot(1+r_t)-F_c(1-k)\right]}\cdot 100\%$$

（二）利息和全部本金存在风险

这种情况即为k=1时的临界情况。参照利息与部分本金存在风险的模型，此时巨灾债券的定价公式为：

$$P_c=\frac{F_c\cdot r_c(1-q)}{r_0}-\frac{F_c\cdot r_c(1-q)}{r_0\cdot(1+r_0)^n}+\frac{F_c(1-q)}{(1+r_0)^n}$$

再保险公司的分保成本为：$P_0=P_t-P_c$

$$=\frac{F_t\cdot r_t}{r_0}-\frac{F_t\cdot r_t}{r_0\cdot(1+r_0)^n}+\frac{F_t}{(1+r_0)^n}-\frac{F_c\cdot r_c(1-q)}{r_0}+\frac{F_c\cdot r_c(1-q)}{r_0\cdot(1+r_0)^n}-\frac{F_c(1-q)}{(1+r_0)^n}$$

再保险费率为：

$$\Phi_1=\frac{P_0}{n\cdot Q_1}=\frac{P_0}{n\cdot F_t r_t}\cdot 100\%$$

…

$$\Phi_{n-1}=\frac{P_0}{n\cdot Q_{n-1}}=\frac{P_0}{n\cdot F_t r_t}\cdot 100\%$$

$$\Phi_n=\frac{P_0}{n\cdot Q_n}=\frac{P_0}{n\cdot F_t\cdot(1+r_t)}\cdot 100\%$$

（三）只有利息存在风险

这种情况即为k=0时的临界情况。参照利息与部分本金存在风险的模型，此时巨灾债券的定价公式为：

$$P_c=\frac{F_c\cdot r_c(1-q)}{r_0}-\frac{F_c\cdot r_c(1-q)}{r_0\cdot(1+r_0)^n}+\frac{F_c(1-q)+F_c q}{(1+r_0)^n}$$

再保险公司的分保成本为：$P_0=P_t-P_c$

$$=\frac{F_t\cdot r_t}{r_0}-\frac{F_t\cdot r_t}{r_0\cdot(1+r_0)^n}+\frac{F_t}{(1+r_0)^n}-\frac{F_c\cdot r_c(1-q)}{r_0}+\frac{F_c\cdot r_c(1-q)}{r_0\cdot(1+r_0)^n}-\frac{F_c(1-q)+F_c q}{(1+r_0)^n}$$

再保险费率为：

$$\Phi_1=\frac{P_0}{n\cdot Q_1}=\frac{P_0}{n\cdot F_t r_t}\cdot 100\%$$

…

$$\Phi_{n-1}=\frac{P_0}{n\cdot Q_{n-1}}=\frac{P_0}{n\cdot F_t r_t}\cdot 100\%$$

$$\Phi_n=\frac{P_0}{n\cdot Q_n}=\frac{P_0}{n\cdot\left[F_t\cdot(1+r_t)-F_c\right]}\cdot 100\%$$

表 1　　多时期下再保险公司的现金流分析

投资行为＼风险状态	第1期 ……		…… 第n-1期		第n期		债券现值
	巨灾不发生(1-q)	巨灾发生(q)	巨灾不发生(1-q)	巨灾发生(q)	巨灾不发生(1-q)	巨灾发生(q)	
发行巨灾债券	$-F_c r_c$	0	$-F_c r_c$	0	$-F_c(1+r_c)$	$-F_c(1-k)$	P_c
买入传统债券	$F_t r_t$	$F_t r_t$	$F_t r_t$	$F_t r_t$	$F_t(1+r_t)$	$F_t(1+r_t)$	P_t
两债券匹配	$F_t r_t-F_c r_c$	Q_1	$F_t r_t-F_c r_c$	Q_{n-1}	$F_t(1+r_t)-F_c(1+r_c)$	Q_n	P_0

四、洪涝灾害损失分布

对于运用非寿险精算的原理来研究洪涝灾害损失的分布问题，通常考虑的关键是灾害损失的尾部分布情况，可以通过经验剩余期望函数来反映。

1. *数据选取*。本文选取1981～2012年苏皖地区洪涝灾害直接经济损失数据作为样本随机变量。首先利用SPSS对变量进行描述性统计(单位:亿元)。

表 2　　1981~2012年苏皖地区洪涝灾害直接经济损失

年份	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
损失	134.5	53.2	58.1	120.9	26.9	48.9	41.4	20.5	45.2	30.3	484
年份	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
损失	23.7	62.6	5.3	101.3	168.3	72.0	157.2	179.2	82.3	17.4	37.3
年份	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
损失	417	15.3	171.8	87.4	173.6	70.5	37.7	114.1	83.5	77.4	

表 3　　苏皖洪涝灾害直接经济损失描述性统计变量

	N	极小值	极大值	均值	方差	偏度		峰度	
	统计量	统计量	统计量	统计量	统计量	统计量	标准误	统计量	标准误
经济损失	32	5.3	484	100.587 5	11 127.948	2.483	0.414	6.85	0.809
有效样本	32								

可以看出，该样本的数据具有单峰的特点：偏度为2.483，通常认为偏度大于1则为高度正偏斜；峰度为6.850，分布较陡峭，集中程度很高，尾部偏长。

2. *趋势判断*。首先对一组损失数据做出其经验剩余函数的散点图，并初步判断该图近似服从哪种分布。对于一组损失分布数据，设X为损失分布的随机变量，其取值为$x_1,x_2,x_3,x_4,\cdots,x_n$，其密度函数为f(x)，当$x_i$互不相等时，将其按升序排列得$x_1<x_2<x_3<x_4<,\cdots,<x_n$，则经验剩余期望函数为：

$$E_n[X;\ x_i]=\frac{x_{i+1}+x_{i+2}+\cdots+x_n}{n-i}-x_i$$

$$则E_n[X;\ x_1]=\frac{x_2+x_3+\cdots+x_n}{n-1}-x_1$$

$$E_n[X;\ x_{n-1}]=x_n-x_{n-1}$$

将样本数据按升序排列代入公式$E_n[X;\ x_i]$，以纵轴表示洪灾损失的经验剩余期望函数值，横轴表示洪灾损失次数，利用SPSS得出经验剩余期望函数值E_n的散点图：

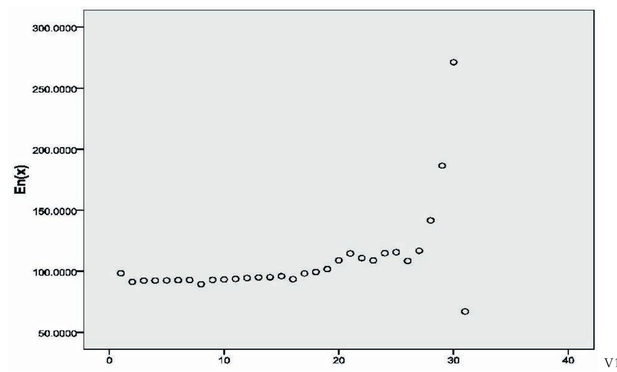

图 2　经验剩余期望函数值散点图

从上图看出，去除几个特殊点，随着损失额的不断增大，经验剩余函数趋向于以正的斜率增长，同时整体变化趋势又相对缓和。因此可以排除向下递减的韦伯分布，经过比较几种分布图形，大体符合Pareto分布的特征，因此可以暂选用Pareto分布作为损失分布。

3. *参数估计*。在损失模型经过初选以后，需对所选模型进行参数估计及检验，以确定初选模型的可靠性。若经济损失x服从帕累托分布，即x～Pareto(a,r)，用f(x)表示x的密度函数，F(x)表示x的分布函数，则有：

$$f(x)=ar^a x^{-a-1}\ ,x>r>0;$$

$$F(x)=1-\frac{r^a}{(r+x)^a}\ ,x>r>0$$

其中r为经济损失观测值的下限，a为帕累托参数。

同时，x的理论剩余期望函数为：

$$E_n(x)=\frac{r+x}{a-1}$$

在此可以利用SPSS进行非线性最小二乘法迭代运算来确定模型分布函数的参数，先确定迭代的初始参数，再根据目标函数利用SPSS进行接下来的参数估计。根据矩估计法可以先得到Pareto分布初始参数的估计值：

$$r=\frac{\bar{x}\times m}{s^2-\bar{x}^2}=\frac{100.588\times(11\,127.95+100.588^2)}{11\,127.95-100.588^2}=2\,115.688$$

$$a=\frac{2s^2}{s^2-\bar{x}^2}=\frac{2\times 11\,127.95}{11\,127.95-100.588^2}=22.033$$

其中m为二阶原点矩，S^2为样本方差，把以上的矩估计值作为初始值输入SPSS做非线性最小二乘法迭代估计，23次迭代以后，达到收敛。

表4　非线性最小二乘法迭代历史

迭代数[a]	残差平方和	参数	
		r	a
0.1	1 748.203	2 115.688	22.033
1.1	1 471.678	2 115.684	22.394
2.1	1 352.133	2 115.215	22.802
3.1	1 350.737	2 114.876	22.845
4.1	1 350.648	2 114.559	22.846
5.1	1 350.152	2 112.137	22.838
6.1	1 349.117	2 106.123	22.798
7.1	1 346.141	2 087.196	22.645
8.1	1 338.590	2 036.695	22.196
9.1	1 318.388	1 897.815	20.898
10.1	1 268.383	1 537.113	17.418
11.1	1 182.809	1 054.630	12.639
12.1	1 123.683	883.022	10.902
13.1	1 041.275	711.670	9.150
14.1	966.116	588.635	7.878
15.1	862.260	380.957	5.696
16.1	556.235	414.517	5.957
17.1	470.146	377.439	5.500
18.1	408.659	455.468	6.261
19.1	407.785	457.023	6.267
20.1	407.761	458.342	6.280
21.1	407.758	459.005	6.286
22.1	407.758	459.040	6.287
23.1	407.758	459.041	6.287

a. 主迭代数在小数左侧显示，次迭代数在小数右侧显示
b. 在23迭代之后停止运行，已找到最优解

表5　非线性最小二乘法参数估计结果

参数	估计	标准误	95% 置信区间	
			下限	上限
r	459.041	53.882	347.833	570.248
a	6.287	0.538	5.176	7.397

4. 拟合检验。由输出结果可得，调整后的R^2为0.801，将“r=459.041、a=6.287”代入公式 $E_n(x)=\frac{r+x}{a-1}$，得出x的理论剩余期望函数值$E_n'(x)$，将其与经验期望函数值$E_n(x)$进行比较，发现拟合效果较好。因此可以得出我国苏皖地区洪涝灾害服从这样的损失分布：

$$F(x)=1-\frac{r^a}{(r+x)^a}\quad r=459.041,a=6.287$$

表6　经验期望函数值与理论剩余期望函数值对比

En(x)	En′(x)	En(x)	En′(x)
98.361 290 32	87.826 933 99	93.531 25	100.159 069 4
91.306 666 67	89.718 365 8	98.166 666 67	100.442 784 2
92.282 758 62	90.115 566 48	99.392 857 14	101.464 157 4
92.367 857 14	90.701 910 35	101.761 538 5	102.390 959
92.470 370 37	91.307 168 53	108.941 666 7	102.617 930 8
92.703 846 15	91.912 426 71	114.590 909 1	103.355 589 2
92.876	92.555 513 52	110.76	105.984 679 4
89.454 166 67	93.879 515 79	108.844 444 4	108.405 712 1
92.926 086 96	93.955 173 07	114.8	109.691 885 8
93.281 818 18	94.655 002 84	115.657 142 9	112.264 233
93.742 857 14	95.373 746 93	108.45	116.557 783 2
94.545	96.073 576 7	116.82	118.657 272 6
94.994 736 84	96.886 892 38	141.65	119.319 273 7
95.1	97.813 693 97	186.466 666 7	119.659 731 4
95.929 411 76	98.664 838 28	271.3	120.718 933 2
		67	165.697 181 8

五、洪涝债券定价研究

（一）债券收益率的确定

根据资本资产定价模型（CAPM）来确定不同情况下巨灾债券的收益率：$E(r_i)=r_0+\beta_i[E(r_m)-r_0]$，其中，$E(r_i)$表示金融资产的期望收益率，$r_0$表示无风险收益率，$\beta_i$表示该金融资产的贝塔系数，$E(r_m)$表示市场组合的期望收益率。假定洪涝灾害发生概率为q，洪涝巨灾债券发行面值为F_c，巨灾债券的年付息率为r_c，年末付息。依据本金保障方式，巨灾债券分为三类：利息和部分本金存在风险、利息和全部本金存在风险，只有利息存在风险。

根据我国苏皖地区洪灾损失分布：$F(x)=1-\frac{r^a}{(r+x)^a}$，r=459.041，a=6.287，得出了历年洪灾损失发生的概率：

表7　苏皖地区洪灾损失发生概率

损失	概率	损失	概率	损失	概率
5.3	0.930 4	48.9	0.529 2	114.1	0.247 7
15.3	0.813 7	53.2	0.501 9	120.9	0.230 0
17.4	0.791 4	58.1	0.472 7	134.5	0.198 8
20.5	0.759 8	62.6	0.447 7	157.2	0.157 0
23.7	0.728 7	70.5	0.407 3	168.3	0.140 3
26.9	0.699 1	72	0.400 1	171.8	0.135 5
30.3	0.669 1	77.4	0.375 5	173.6	0.133 1
37.3	0.611 9	82.3	0.354 6	179.2	0.125 9
37.7	0.608 8	83.5	0.349 7	417	0.017 2
41.4	0.581 1	87.4	0.334 3	484	0.010 8
45.2	0.554 1	101.3	0.285 5		

随机选取(101.3,0.285 5)、(173.6,0.133 1)、(484,0.010 8)分别作为利息和部分本金存在风险(假定风险率k=70%)、利息和全部本金存在风险、只有利息存在风险的触发点,则不同类型的洪涝巨灾债券票面利率r_c分别为:

(1)当利息和70%本金存在风险时,一旦洪涝灾害发生,收益率为-70%。

由 $E(r_i)=r_0+\beta_i\left[E(r_m)-r_0\right]=r_c(1-q)-70\%q$ 得:

$$r_c=\frac{r_0+\beta_i\left[E(r_m)-r_0\right]+70\%q}{1-q}=\frac{r_0+\beta_i\left[E(r_m)-r_0\right]+0.199\,9}{0.714\,5}$$

(2)当利息和全部本金存在风险时,一旦洪涝灾害发生,收益率为-100%。

由 $E(r_i)=r_0+\beta_i\left[E(r_m)-r_0\right]=r_c(1-q)-100\%q$ 得:

$$r_c=\frac{r_0+\beta_i\left[E(r_m)-r_0\right]+q}{1-q}=\frac{r_0+\beta_i\left[E(r_m)-r_0\right]+0.133\,1}{0.866\,9}$$

(3)当只有利息存在风险时,一旦洪涝灾害发生,收益率为0。

由 $E(r_i)=r_0+\beta_i\left[E(r_m)-r_0\right]=r_c(1-q)$ 得:

$$r_c=\frac{r_0+\beta_i\left[E(r_m)-r_0\right]}{1-q}=\frac{r_0+\beta_i\left[E(r_m)-r_0\right]}{0.989\,2}$$

(二)债券价格的确定

结合前文巨灾债券定价的精算分析,假定发行的洪涝巨灾债券面值为F_c=100,无风险收益率r_0=5%,金融资产的贝塔系数β_i=0.5,市场组合的期望收益率$E(r_m)$=15%,以多时期的现金流模型为例(n=3),三种情况下洪涝巨灾债券的价格分别为:

(1)当利息和70%本金存在风险时,巨灾债券年利率为r_c=0.42,q=0.285 5。

$$P_c=\sum P_{c(i)}=\frac{F_c\cdot r_c(1-q)}{r_0}-\frac{F_c\cdot r_c(1-q)}{r_0(1+r_0)^n}+\frac{F_c(1-q)+F_c(1-k)q}{(1+r_0)^n}=150.83$$

(2)当利息和全部本金存在风险时,巨灾债券年利率为r_c=0.27,q=0.133 1。

$$P_c=\sum P_{c(i)}=\frac{F_c\cdot r_c(1-q)}{r_0}-\frac{F_c\cdot r_c(1-q)}{r_0(1+r_0)^n}+\frac{F_c(1-q)}{(1+r_0)^n}=138.62$$

(3)当只有利息存在风险时,巨灾债券年利率为r_c=0.1,q=0.010 8。

$$P_c=\sum P_{c(i)}=\frac{F_c\cdot r_c(1-q)}{r_0}-\frac{F_c\cdot r_c(1-q)}{r_0(1+r_0)^n}+\frac{F_c(1-q)+F_cq}{(1+r_0)^n}=113.32$$

六、结论

1. 本文将单时期和两时期的现金流贴现模型进行扩展,得出了全部本金存在风险、部分本金存在风险、只有利息存在风险三种情况下多时期的现金流模型,并分析了不同情况下再保险公司分保成本与再保险费率问题,使其能广泛应用于洪涝巨灾债券的设计与发行。

2. 苏皖地区1981~2012年洪涝灾害的直接经济损失近似服从帕累托分布,损失分布模型为:$F(x)=1-\frac{r^a}{(r+x)^a}$ r=459.041,a=6.287。结合资本资产定价模型确定了不同情况下洪涝巨灾债券的收益率与债券价格,初步完成了苏皖地区洪涝巨灾债券的定价设计。

3. 虽然洪涝灾害风险证券化方式转移灾害风险具有传统救灾模式无法比拟的优势,但是这并不意味着传统救灾模式将被灾害风险证券化完全取代,固有的传统救灾模式具备完善的法律制度保障,而灾害风险证券化仍处于发展的初级阶段,还需要一个不断发展与完善的过程。我国应积极借鉴国际经验,同时发挥两者的作用,相互促进,相互补充,根据实际情况及时转变策略,才能共同形成防范气象巨灾风险的完善体系。

【注】本文系国家公益性行业基金专项"气象灾害风险保险指标体系应用"(项目编号:GYHY201106019)的研究成果。

主要参考文献

1. 田心如,姜爱军,高苹等.江苏省典型年梅雨洪涝灾害对比分析.自然灾害学报,2005;14

2. 魏巧琴.保险企业风险管理.上海:上海财经大学出版社,2002

3. Patrice Poncet,Victor E.. Vaugirard,The Pricing of Insurance- Linked Securities Under Interest Rate Uncertainty. The Journal of Risk Finance,2005;3

4. 朱军勇,迟晓英.巨灾债券:基于比较优势和运行原理的分析.保险研究,2005;9

5. Orice Williams Brown. National Flood Insurance Program: Continued Actions Needed to Address Financial and Operational Issues. Government Accountability Office,2010;9

6. 田玲,向飞.基于风险定价框架的巨灾债券定价模型比较研究.武汉大学学报,2006;2

7. 徐爱荣.再保险精算问题研究.上海:复旦大学出版社,2005