

关于巨灾债券的定价模型的研究

杨大楷 杨晔

(上海财经大学公共经济与管理学院 上海 200433)

内容摘要：巨灾债券的定价是巨灾债券的核心技术及难题。本文从两个方面来分析巨灾债券的定价：首先从规范学的角度来分析巨灾债券的定价，以金融衍生品的无套利定价方法确定巨灾债券的价格，即“巨灾债券价格应该为多少”；其次，从实证学角度分析巨灾债券的定价，以利用精算学中的 Wang 变换和双因素变换模型为定价方法，分析巨灾债券的价格，即“巨灾债券价格是多少”，通过对实际巨灾债券的价格实证分析得到：双因素模型能更好的拟合实际价差，对单一事件单期限的巨灾债券，运用双因素模型得到较高的拟合优度。

关键词：巨灾债券 无套利定价 Wang 变换定价 双因素模型

1. 引言

5.12 汶川大地震是我国建国以来强度和破坏程度最大的地震，给灾区的社会经济和生态环境造成了严重的破坏。随着中央部署下的各项灾后重建工作的顺利开展，金融作为经济的核心，灾后的金融创新有着重要的理论与现实意义。

巨灾债券是伴随着全球巨灾事件的频发而产生的一种新型的金融工具。它克服了传统巨灾再保险的缺陷，缓解了再保险机构的压力，将巨灾风险在保险人、被保险人和其他风险偏好者这一更广阔的范围内加以转移和分摊，从而有效地提高了保险业的承保能力和抵御风险的能力。巨灾债券自 1997 年由汉诺威再保险公司首次发行以来，已成为发展最快的金融产品之一。目前，全球共发行了超过 98 种债券，筹集资金突破了 100 亿美元。作为一种新的金融工具，巨灾债券的定价问题成为巨灾债券能否顺利发行的核心问题。本文从规范学的视角和实证学的视角引入模型来分析巨灾债券的定价问题，希望对巨灾债券的发行有一定的指导意义。

2. 基于金融衍生品定价方法的巨灾债券定价模型

巨灾债券是一种用来分担某种灾难性风险而具有违约性的债券。由于巨灾债券与违约债

券类似，因而巨灾债券的定价模型和方法可以借鉴目前比较成熟的违约债券类似，因而巨灾债券的定价模型和方法可以借鉴目前比较成熟的违约债券的定价模型。在无套利定价理论下，证券在时间内的价格等于到期损益在唯一等值鞅测度下的期望折现值。期限为 $[0, T]$ 且期满时产生不确定现金流 C_T 的巨灾债券，在时间 t 内，可获得的信息为 $\tilde{S}_t$ 为条件的定价公式为：

$$V_t = E_t^Q \left[\exp(-\int_0^T r_s ds) V_T \middle| \tilde{S}_t \right] \quad (1)$$

在 $t=0$ 时刻，价格为：

$$V_0 = E^Q \left[-\exp(-\int_0^T r_s ds) V_T \right] \quad (2)$$

假设无风险利率为常数 r ，这样问题就简化为：

$$V_0 = e^{-rT} E^Q [V_T] \quad (3)$$

2.1 巨灾发生时间服从指数分布的债券定价。巨灾风险过程决定了支付结构的变化，如果在时间 T 之前巨灾发生，投资者没有支付；反之投资者在时间 T 获得全部支付 F 。巨灾发生时间为随即变量 X ，假定它服从强度为 λ 的指数分布，即：

$$\Pr(X < x) = \begin{cases} 0 & x < 0 \\ 1 - e^{-\lambda x} & x \geq 0 \end{cases} \quad (4)$$

式(4)中 $\Pr(X < x)$ 是在时间 x 之前发生的巨灾概率，到期损益为： $V_T = F1_{\{x > T\}}$ ，

根据式(3)，巨灾债券的价格为：

$$V_0 = e^{-rT} E^Q [V_T] = e^{-rT} E^Q [F1_{\{X > T\}}] = e^{-rT} F E^Q (1_{\{X > T\}}) = e^{-rT - \lambda T} F \quad (5)$$

参数赋值： $T=1$ ， $r=2\%$ ， $\lambda = 0.01$ ， $F=100$ ，巨灾债券价格 $V_0 = 97.04$ 。

2.2 损失比率为触发机制的债券定价。支付结构以一种常用的行业损失比率(LR)为触发机制，假设LR遵循对数正态分布。当LR少于触发水平 K ，投资者获得全部本金偿还；当LR大于或等于 K ，投资者损失一半本金偿付。到期损益可表示为： $V_0 = F - 0.5F1_{\{LR \geq K\}}$ ，巨灾债券价格为：

$$\begin{aligned} V_0 &= e^{-rT} E^Q [V_T] = e^{-rT} E[F - 0.5F1_{\{LR \geq K\}}] = e^{-rT} F[1 - 0.5\Pr(LR > K)] \\ &= e^{-rT} F[1 - 0.5(1 - \Pr(LR \leq K))] = e^{-rT} F[0.5 + 0.5\Pr(LR \leq K)] \\ &= 0.5e^{-rT} F[1 + \Phi(z_k)] \end{aligned} \quad (6)$$

式 (6) 中 $\Phi(u) = \int_{-\infty}^u \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2} dt$ 表示标准正态分布累积分布函数 (CDF), $\Phi(z_k)$ 指

LR=K 时 z_k 值的 CDF, $z_k = (\ln(K) - u) / \sigma$, u 和 σ 是 $\ln(LR)$ 的均值和标准差。

参数赋值: $T=1$, $r=2\%$, $F=100$, $K=20\%$, $u=2.0$, $\sigma=0.74$, $z_k=1.35$, 采用 Matlab6.5 应用软件计算出 $\Phi(z_k) = 91.08\%$ 。巨灾债券的价格为 $V_0 = 93.65$ 。

2.3 触发指数服从几何布朗运动的债券定价。设某种零息债券形式的巨灾债券, 面值为 F , 期限为 T 。巨灾风险过程为 $(I_t)_{0 \leq t \leq T}$ 。这里为了使用 Black-Scholes 公式并获得巨灾债券价格, $(I_t)_{0 \leq t \leq T}$, 即 $dI_t / I_t = u dt + \sigma dW_t$, u 和 σ 分别漂移和波动参数, $(W_t)_{0 \leq t \leq T}$ 是一种标准布朗运动。巨灾债券的损益取决于指数到期价值 I_T 和敲定价格 K 之间的关系:

$I_T < K$, 证券投资者获得全部本金和利息 F ; $I_T \geq K$, 投资者丧失全部本金和利息 F , 即: $V_T = F1_{\{I_T < K\}}$ (7)

巨灾债券在时间 t 的价格为:

$$\begin{aligned} V_t &= E_t^Q [e^{-r(T-t)} F 1_{\{I_T < K\}}] \\ &= e^{-r(T-t)} F E^Q (1_{\{I_T < K\}}) = e^{-r(T-t)} F (\Pr^Q (I_T < K)) \\ &= e^{-r(T-t)} F (1 - \Pr^Q (I_T \geq K)) = e^{-r(T-t)} F (1 - \Phi(d_2)) \end{aligned} \quad (8)$$

其中, $d_2 = (\ln(I_0 / K) + (r - \sigma^2 / 2)(T - t)) / \sigma \sqrt{T - t}$

当 $t=0$ 时的价格为:

$$V_0 = e^{-rT} F (1 - \Phi(d_2))$$

$$d_2 = (\ln(I_0 / K) + (r - \sigma^2 / 2)T) / \sigma \sqrt{T}$$

参数赋值: $F=100$, $K=100$, $I_0=50$, $r=0.03$, $\sigma=0.5$, $T=1$ 。采用 Matlab6.5 应用软件计算得, 巨灾债券价格为 $V_0 = 91.4665$ 。

2.4 标准债券加看涨期权差价的定价。巨灾债券一般包括两种随机性来源: 巨灾债券过程和利率风险过程, 由于两种风险过程是相互独立得, 可以将巨灾风险过程变成一种期权, 而将利率风险过程结构化作为一种标准债券。所以巨灾债券分解为标准债券和期权两个组成部分。标准债券的价格可以根据债券的票息、期限、当前市场收益等特点, 用利率随机性模型

估算出来；期权价格则与巨灾发生的概率和损失大小预计利率随机性等联系在一起，可以采用期权定价模型求出具体的价格。分别对应式（1）和式（2）用数学公式表示为：

$$\begin{aligned} V_t &= E^Q[\exp(-\int_t^T r_s ds)(F - C_T)|\mathfrak{F}_t] \\ &= E^Q[\exp(-\int_t^T r_s ds)F] - E_t^Q[\exp(-\int_0^T r_s ds)C_T] \\ &= e^{-r(T-t)}F - e^{-r(T-t)}E_t^Q[C_T] \end{aligned} \quad (9)$$

当 $t=0$ 时，价格为：

$$\begin{aligned} V_0 &= E^Q[\exp(-\int_0^T r_s ds)F] - E^Q[\exp(-\int_0^T r_s ds)C_T] \\ &= e^{-rT}F - e^{-rT}E^Q[C_T] \end{aligned} \quad (10)$$

其中 r 表示无风险利率， F 表示标准债券的到期损益， C_T 为巨灾债券的到期损益，所以巨灾债券定价简化为求解 C_T 的期望折现价值。

进一步看，巨灾风险过程可以结构化为不同的二期期权（binary option）^①。由于到期损益 $C_T = F1_{\{I_T \geq K\}}$ ，代入式（10），则有二值期权损益 $C_T = 0.5F1_{\{LR \geq K\}}$ ；

$$V_0 = 0.5e^{-rT}F[1 + \Phi(z_k)] \quad ; \quad V_t = e^{-r(T-t)}F(1 - \Phi(d_2)) \quad 。 \quad 其 \quad 中 \quad , \quad d_2 = (\ln(I_0 / K) + (r - \sigma^2 / 2)(T - t)) / \sigma\sqrt{T - t}。$$

在 $t=0$ 时，价格为： $V_0 = e^{-rT}F(1 - \Phi(d_2))$ ； $d_2 = (\ln(I_0 / K) + (r - \sigma^2 / 2)T) / \sigma\sqrt{T}$ 。

根据“标准债券加二值期权”的巨灾债券类型，在支付结构中加入最少保证支付 L ，则巨灾债券损益呈现三种状态： $I_T \leq K$ ，债券投资者获得 F 支付； $K < I_T < K + (F - L)$ 支付为 $F - (I_T - K)$ ； $I_T \geq K + (F - L)$ ，投资者获得 L 支付。实际上，该债券是三种标准成分的一种组合：零息债券的多头；敲定价格为 K 的巨灾看涨期权空头；敲定价格 $K + F - L$ 的巨灾看涨期权多头。因而巨灾债券损益可以看成是标准债券与看涨期权价差空头的结合，即：

$$\begin{aligned} V_T &= F - \max(I_T - K, 0) + \max(I_T - (K + F - L), 0) \\ V_t &= E_t^Q[e^{-r(T-t)}(F - \max(I_T - K, 0) + \max(I_T - (K + F - L), 0))] \\ &= e^{-r(T-t)}F - e^{-r(T-t)}E^Q[\max(I_T - K, 0)] + e^{-r(T-t)}E^Q[\max(I_T - (K + F - L), 0)] \\ &= e^{-r(T-t)}F[1 - \Phi(d'_2)] - I_t[\Phi(d_1) - \Phi(d'_1)] + Ke^{-r(T-t)}[\Phi(d_2) - \Phi(d'_2)] + Le^{-r(T-t)}\Phi(d'_2) \end{aligned} \quad (11)$$

^① 也称为路径依赖数字期权或者违约条件二值期权。

$$d_1 = (\ln(I_0 / K) + (r + \sigma^2 / 2)T) / \sigma\sqrt{T}, \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

$$d'_1 = (\ln(I_0 / K + F - L) + (r + \sigma^2 / 2)(T)) / \sigma\sqrt{T}, \quad d'_2 = d'_1 - \sigma\sqrt{T}$$

参数赋值：F=100，K=100，L=50， $I_0 = 50$ ， $r=0.03$ ， $\sigma = 0.50$ ， $T=1$ 。采用

Matlab6.5 应用软件计算得，巨灾债券价格 $V_0 = 95.8024$ 。

根据上述四种巨灾债券定价模型，显见 $V_0 \leq e^{-rT} F$ 。这具有经济学涵义：一是由于巨灾债券中含有巨灾风险，巨灾债券价格应该小于标准债券价格；二是采用标准债券中嵌入巨灾期权的方法，巨灾债券价格与整体计算方法一致；三是运用 Black-Scholes 期权定价模型来实现对巨灾债券的定价，模型虽然简单，但是方法和理念却是直接明了。

3. 基于精算学定价方法的巨灾债券定价

定价风险证券的共同原则是：价格应该等于期望损失加风险附加。在保险领域中，最常见的风险附加公式是“期望损失加标准差的一部分”，即标准差保费原则。Krep（1998）首先建立了巨灾债券实证模型，其中标准差附加部分是包括利率在内的许多变量的一种函数。

3.1 LFC定价模型。受Kreps模型的“模型加附加”的启发，Lane（2000）认为，附加部分应该考虑分布的形式且损失频率和幅度是一种比较标准差更合理的测度系列。他应用 Cobb-Douglas函数作为针对巨灾债券的期望超额收益的一种实证基准，提出了将EER（期望超额收益）和PFL（首次损失概率）所定义的频率和CEL（条件期望损失）所确定的幅度联系在一起的LFC（Lane Financial）巨灾债券定价模型，即：

$$P = EL + EER = EL + \gamma * (PFL)^\alpha (CEL)^\beta \quad (12)$$

其中，EL为期望损失； γ 、 α 和 β 是从数据中估计出的参数。LFC定价模型对于比较巨灾债券的过去价格和确定未来价格具有一定的启示意义。但很多学者据此构建的线性方程模型，都未获得理想的实证效果^②。

3.2 Wang 变换定价模型。比较不同资产类别的风险调整绩效需要一种适用于所有风险类型的基准。若使用夏普比率来衡量巨灾债券的相对价值，夏普比率只适用于收益服从正态分布的资产。由于巨灾债券的收益是偏倚的且跳跃的，并且绝大部分概率时间都集中在 0 损失处，而重大负收益的概率较小。Wang（1995）提出的比例因素变换（proportional hazards，

^② 引用田玲、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》，第 59 卷，第二期，P168。

PH) 模型, 是将夏普比率测度从正态分布资产推广到更具普遍意义的偏倚分布资产的一种广义形式。即:

$$S^*(x) = \Phi(\Phi^{-1}(S(x)) + \lambda) \quad (13)$$

式 (13) 中, $\Phi(u) = \int_{-\infty}^u \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2} dt$ 是标准正态累积分布函数 (CDF); $S(x)$ 是损失变量 x 的生存函数 (Survival Functions)^③; λ 是风险附加, $\lambda = 1 - 1/\rho$ (ρ 为风险厌恶水平)。这种概率变换方法 (即 Wang 变换) 使用一种确定性等价物和一种非期望效用框架以确定对保险风险收取的价格。

Wang 变换扩大了不利结果的概率密度, 同时缩小了有利结果概率密度, 它结合了一定的风险调整或风险附加。但是, Wang 变换没有考虑参数不确定性的问题, 应用的效果也因此收到局限, 所以有必要进行适当的技术调整。

3.3 双因素变换模型。针对 Wang 变换模型的局限性, 双因素模型对其进行了适当的改进。在 Wang 变换模型中假定了资产的收益是服从标准正态分布的, 但在现实中很多资产的收益并非正态分布, 而是出现一定的“厚尾”特征。因此双因素模型用学生 t -分布代替了标准正态分布。学生 t -分布具有厚尾、无尖峰的特征, 这意味着出现巨额损失的概率要比正态分布的预测结果更高^④。用学生 t -分布代替 Wang 式中的标准正态分布, 则有:

$$F^*(x) = Q(\Phi^{-1}(F(x)) - \lambda)。$$

$$\text{或者按照 } F(x) = 1 - S(x) \text{ 等价于: } S^*(x) = Q(\Phi(S(x)) + \lambda) \quad (14)$$

式 (14) 中, Q 是一种自由度为 k 的学生 t -分布, 其密度概率函数为:

$$f(t, k) = \frac{\Gamma((k+1)/2)}{\sqrt{\pi k} \Gamma(k/2)} \cdot \left[1 + \frac{t^2}{k}\right]^{-(k+1)/2}, -\infty < t < \infty \quad (15)$$

式 (15) 作为 Wang 变换和学生 t 分布的结合, 不仅针对二阶矩, 而且对高阶矩和参数不确定性提供了风险保费调整, 由此称为双因素模型。

4. 实证研究: Wang 变换模型和双因素模型的比较

要比较 Wang 变换和双因素模型的效果, 具体方法如下: 首先直接使用 Wang 变换进行估计, 然后运用双因素模型 (即学生 t -分布调整的 Wang 变换) 来计算, 最后对两种方法的效果或者精度进行比较。

^③ 在保险中, 也称为损失超额曲线 (Loss Exceedance Curve)、生存曲线或尾部曲线。

^④ 学生 t 分布调整可以表现扭曲投资者理性行为的两种截然相反的力量: 害怕和贪婪, 即投资者害怕重大意外收益, 结果导致尾部概率经常被扩大, 且干扰大小在两端尾部也增加了。

4.1 Wang变换模型与双因素模型的比较。为了对上述两种模型的效果进行比较，我们将采用SPSS应用软件，采用非线性回归的方法，分别拟合Wang变换和双因素模型到1999-2003年间全部巨灾债券98组样本数据（数据来自guycarp提供的全球巨灾债券报告（2005）），进而比较两种模型的拟合优度^⑤。表1显示，根据判定系数 R^2 ，Wang变换的拟合优度明显低于双因素模型，所以选择双因素模型进行拟合更符合现实情况。但同时双因素模型的拟合优度仅为0.6477（<0.8），拟合本身并非优良，所以必须对样本数据进行筛选或者剔除。具体思路为：首先比较多年期限与单一年限；其次比较单一事件与单一年限内的单一事件。

表1 1999-2003年全部巨灾债券的非线性回归拟合结果

	拟合优度 R^2	λ	自由度 k
Wang 变换	0.1989	0.556	--
双因素模型	0.6477	0.101	3

4.2 多年期限与单一年限的比较。运用双因素模型评价全部单一事件和单一年限内的单一事件的拟合优度，并比较拟合结构，数据分别采用2002年27组数据样本和2003年27组数据样本。表2显示，双因素模型对于单一年限的拟合优度有明显的改观。但是，随着价差回调至一种适当水平，未来年度之间价差将趋于平稳，从而时间期限对拟合优度的影响有所减弱，因而我们可以运用双因素模型来评估跨时间期限的巨灾债券价差。相反，随着证券化市场规模的扩大以及证券化标的风险内容的增多，不同风险事件对拟合优度的影响应该逐渐增大。因此，通过对单一事件与单一年限中的单一事件来分析不同的风险事件对模型拟合度的影响。

表2 2002-2003年全部巨灾债券的非线性回归拟合结果

	拟合优度 R^2	λ	自由度 k
2002 年巨灾债券	0.7370	0.506	9
2003 年巨灾债券	0.9562	0.574	15
全部巨灾债券	0.6477	0.101	3

4.3 单一事件与单一年限内单一事件的比较。运用双因素模型评价全部单一事件和单一年限内的单一事件的拟合优度，并比较两者的结果。以地震巨灾债券为例，采用1999-2003

^⑤ 囿于篇幅所限，具体的样本数据，包括债券发行额、EL、PEL、PE、实际差价和模型差价，均作为附表，可来函索取。下同。

年所有的 18 组数据与 2003 年所有的 8 组地震数据作为样本，进行非线性拟合。表 3 显示，多年期限单一事件巨灾债券的拟合优度稍差（仅为 0.5412），不及单一期限中单一事件的拟合优度。因此，双因素模型对单一期限中单一事件的巨灾债券定价效果最好，但却不宜用于评估多年期限单一事件的巨灾债券。

表 3 1999-2003 年全部地震债券的非线性回归拟合结果

	拟合优度 R^2	λ	自由度 k
2003 年地震类巨灾债券	0.7183	0.120	4
全部地震类巨灾债券	0.5412	0.316	5

综合上述,由于单因素模型没有考虑到参数的不确定性,采用双因素模型具有更好的精度,能更好地拟合实际价差。同时,双因素模型对单年限的巨灾债券评价的拟合优度要高于多年限的巨灾债券的拟合优度;单一事件单一期限的巨灾债券也能获得较高的拟合优度,但不宜评价跨年度的单一事件的巨灾债券价差。

参考文献:

- (1) Christofides, S. Pricing of Catastrophe Linked Securities[EB] Astin Bulletin, 2004
- (2) Geneva Association. Insurance and the State of the Art in the Cat Bond Pricing[C]. Working Paper Series, No 278, 2004.11
- (3) Lane, M.N. Rationale and Results with the LFC Cat Bond Pricing Model[C]. Geneva Association. Insurance and the State of the Art in Cat Bond Pricing. Working Paper Series, No 278, 2004
- (4) Wang, S.S. Cat Bond Pricing Using Probability Transforms[C]. Geneva Association. Insurance and the State of the Art in the Cat Bond Pricing. Working Paper Series, No 278, 2004
- (5) Geneva Association. Insurance and the State of the Art in the Cat Bond Pricing[C]. Working Paper Series, No 278, 2004.11
- (6) 田玲, 向飞. 基于风险定价框架的巨灾债券定价模型的比较研究[J], 武汉大学学报, 2006, 3
- (7) 缪淼. 巨灾风险证券化实证研究[J], 集团经济研究, 2006, 7

- (8) 杨凯. 我国发展巨灾债券所面临的供需不足分析及建议[J], 商业研究, 2006, 2
- (9) 魏敏杰, 田玲. 巨灾债券风险化及在中国保险市场的运用[J], 科技进步与对策, 2003, 8
- (10) 施方, 俞自由. 巨灾保险的资本市场选择[J], 中国保险, 2003, 4
- (11) 韩天雄, 陈建华: 《巨灾风险证券化产品的定价问题》, 《保险研究》, 2003, 5

The Research on Catastrophe Bonds Pricing Model

Yang Dakai YangYe

(Institute of Publics Economics & Administration, Shanghai University of Finance & Economics, Shanghai 200433, China)

Abstract: The pricing of CAT bonds is the core technique and problem in the current market. This paper does the pricing analysis based on financial derivative instruments method and actuarial science method as well. The first method shows the result on what the price should be. The other method shows the results on what the price being using Wang-Transform model and double factors model. And the results show that the double factors model has a better prediction on the pricing of CAT bonds.

Key Words: Catastrophe Bonds, Arbitrage-free pricing model, Wang-Transform model, double factors model

作者简介:

杨大楷 (1949~), 男, 重庆人, 上海财经大学投资学博士生导师
研究方向: 投资经济、投融资理论与政策

附表 1

1999-2003 年全部巨灾债券

交易名称 SPV	日期	金 额 (百 万 美 元)	期 望 损 失 EL (%)	首 次 损 失 概 率 (%)	耗 尽 概 率 PE (%)	实 际 价 差 (%)	模 型 价 差 (%)	Wang 变换价 差 (%)
Mosaic 2A	Mar-99	24.3	0.42	1.15	0.42	4.08	4.26	1.88
Mosaic 2B	Mar-99	20	2.84	5.25	1.15	8.36	8.45	8.86
Halyard Re	Apr-99	17	0.63	0.84	0.45	4.56	4.82	2.62
Domestic Re	Apr-99	80	0.50	0.58	0.44	3.74	4.48	2.17
Concentric Re	May-99	100	0.42	0.64		3.14	4.25	1.88
Jono Re	Jun-99	80	0.45	0.60	0.33	4.26	4.34	1.99
Residential Re	Jun-99	200	0.44	0.78	0.26	3.71	4.31	1.95
Kelvin 1 st Event	Oct-99	21.6	4.45	12.1	0.05	10.97	1.04	12.61
Kelvin 2 nd Event	Oct-99	23	0.30	1.56	0.07	4.82	3.86	1.42
Gold Eagle A	Oct-99	50	0.17	0.17	0.17	2.99	3.32	0.88
Gold Eagle B	Oct-99	126.8	0.63	0.78	0.49	5.48	4.82	2.62
Namazu Re	Nov-99	100	0.75	1.00	0.32	4.56	5.1	3.03
Atlas Re A	Mar-00	70	0.11	0.19	0.05	2.74	2.98	0.61
Atlas Re B	Mar-00	30	0.23	0.29	0.19	3.75	3.59	1.14
Atlas Re C	Mar-00	100	3.24	5.47	1.87	14.19	8.96	9.83
Seimic Ltd	Mar-00	145.5	0.73	1.13	0.47	4.56	5.06	2.96
Mar2000-Mar-2001								
Alpha Wind FRN	May-00	52.5	0.63	0.99	0.38	4.62	4.82	2.62
Alpha Wind Prefs	May-00	37.5	1.46	2.08	0.99	7.10	6.45	5.21
Residential Re	May-00	200	0.54	0.95	0.31	4.16	4.59	2.31
NeHi	Jun-00	41.5	0.70	0.87	0.56	4.16	4.99	2.86
MedRe Class A	Nov-00	41	0.22	0.28	0.17	2.64	3.55	1.09
MedRe Class B	Nov-00	88	1.16	1.47	0.93	5.93	5.93	4.32
PRIME Hurricane	Nov-00	159	1.27	1.46	1.08	6.59	6.13	4.65
PRIME EQEW	Nov-00	129	1.33	1.69	1.07	7.60	6.23	4.83
Western Capital	Feb-01	97	0.55	0.82	0.34	5.17	4.62	2.35
Halyard Re	Mar-01	17	0.22	0.84	0.04	5.58	3.55	1.09
Gold Eagle 2001	Mar-01	116.4	0.75	1.18		5.58	5.1	3.03
SR Wind CIA-1	May-01	58.2	0.68	1.07	0.44	5.83	4.94	2.79
SR Wind C1A-2	May-01	58.2	0.76	1.13	0.53	5.32	5.12	3.06
NeHi	Jul-00	8.5	0.93	1.00	0.87	4.56	5.49	3.61
Gold Eagle 2001	May-01	3.6	1.18	1.18	1.18	7.1	5.97	4.38
SR Wind C1B-1	May-01	1.8	1.07	1.07	1.07	7.10	5.76	4.05
SR Wind C1B-2	May-01	1.8	1.13	1.13	1.13	6.56	5.87	4.23
Mar 2001-Mar2002								
Atlas Re II Class A	Dec-01	50	0.05	0.07	0.03	2.41	2.49	0.31
Atlas Re II Class B	Dec-01	100	0.9	1.33	0.53	6.84	5.42	3.51
Redwood Capital I	Dec-01	160	0.53	0.72	0.34	5.58	4.57	2.27

Redwood Capital II	Mar-02	194	0.22	0.307	0.143	3.04	3.55	1.09
Residential Re2001	may-01	150	0.68	1.12	0.41	5.06	4.94	2.79
St. Agatha Re	Apr-02	33	1.14	1.55	0.87	6.84	5.89	4.26
Trinom Class A-1	Jun-01	60	1.11	2.42	0.39	8.11	5.84	4.17
Trinom Class A-2	Jun-01	97	0.67	1.01	0.43	4.06	4.92	2.76
Trinom Class A-2	Jun-01	97	0.67	1.01	0.43	16.22	4.92	2.76
Redwood Capital	Dec-01	5	0.72	0.72	0.72	7.10	5.03	2.93
Trinom	Jun-01	4.9	3.11	3.11	3.11	10.14	8.8	9.52
Trinom	Jun-01	4.9	3.11	3.11	3.11	18.25	8.8	9.52
Fujiyama	May-02	67.9	0.67	0.88	0.42	4.06	4.92	2.76
Pioneer A	Jun-02	85	1.28	1.59	0.97	6.08	6.14	4.68
Pioneer A	Dec-02	8.5	1.28	1.59	0.97	5.32	6.14	4.68
Pioneer A	Mar-03	6.5	1.28	1.59	0.97	5.58	6.14	4.68
Pioneer B	Jun-02	50	1.27	1.59	1.05	5.07	6.13	4.65
Pioneer B	Sep-02	5	1.27	1.59	1.05	5.32	6.13	4.65
Pioneer B	Dec-02	21	1.27	1.59	1.05	5.32	6.13	4.65
Pioneer B	Mar-03	8	1.27	1.59	1.05	4.82	6.13	4.65
Pioneer C	Jun-02	30	1.28	1.59	0.98	6.08	6.14	4.68
Pioneer C	Sep-02	20.5	1.28	1.59	0.98	6.08	6.14	4.68
Pioneer C	Dec-02	15.7	1.28	1.59	0.98	6.08	6.14	4.68
Pioneer C	Mar-03	6.5	1.28	1.59	0.98	6.08	6.14	4.68
Pioneer D	Jun-02	40	0.22	0.27	0.186	1.77	3.55	1.09
Pioneer D	Sep-02	1.8	0.22	0.27	0.186	1.77	3.55	1.09
Pioneer D	Dec-02	25.5	0.22	0.27	0.186	1.77	3.55	1.09
Pioneer D	Mar-03	5.5	0.22	0.27	0.186	1.77	3.55	1.09
Pioneer E	Jun-02	25	1.29	1.59	1.01	4.31	6.16	4.71
Pioneer E	Dec-02	30.6	1.29	1.59	1.01	4.82	6.16	4.71
Pioneer E	Mar-03	8	1.29	1.59	1.01	4.82	6.16	4.71
Pioneer F	Jun-02	25	1.31	1.60	1.02	7.60	6.2	4.77
Pioneer F	Dec-02	3	1.31	1.60	1.02	7.60	6.2	4.77
Pioneer F	Mar-03	8.1	1.31	1.60	1.02	7.60	6.2	4.77
Residential Re2002	May-02	125	0.67	1.12	0.4	4.97	4.92	2.76
St.Agatha Re	Apr-02	33	1.14	1.55	0.87	6.84	5.89	4.26
Studio Re Ltd	Dec-02	150	0.65	1.38	0.22	5.17	4.87	2.69
StudioReLtd.Shares	Dec-02	25	1.71	2.13	1.38	8.11	6.86	5.91
Fujiyama(Equity)	May-02	2.1	2.06	2.06	2.06	7.10	7.38	6.86
Arbor I Ltd	Jun-03	95	4.86	5.97	3.86	15.72	10.86	13.5
	Sep-03	60	4.86	5.97	3.86	15.73	10.86	13.5
	Dec-03	8.9	4.86	5.97	3.86	15.21	10.86	13.5
	Mar-04	21	4.86	5.97	3.86	14.19	10.86	13.5
Arbor II Ltd	Jul-03	26.5	0.01	0.012	0.004	1.01	1.82	0.08
Formosa	Aug-03	100	0.73	0.81	0.66	4.11	5.06	2.96
Oak Capital Ltd	Jul-03	23.6	1.27	1.59	1.05	4.82	6.13	4.65

	Mar-04	24	1.27	1.59	1.05	3.80	6.13	4.65
Palm Capital Ltd	Jul-03	22.4	1.28	1.59	0.97	5.83	6.14	4.68
	Dec-03	19.0	1.28	1.59	0.97	5.07	6.14	4.68
Phoenix Quake Ltd	Jun-03	192.5	0.22	0.24	0.20	2.48	3.55	1.09
Phoenix Quake Ltd	Jun-03	192.5	0.22	0.24	0.20	2.48	3.55	1.09
Phoenix Quake Ltd	Jun-03	85.0	0.49	0.55	0.45	3.55	4.46	2.13
Pioneer 2000Ltd A	Jun-03	9.8	1.28	1.59	0.97	6.08	6.14	4.68
Pioneer 2000Ltd B	Jun-03	12.3	1.27	1.59	1.05	5.07	6.13	4.65
Pioneer 2000Ltd C	Jun-03	7.3	1.28	1.59	0.98	5.83	6.14	4.68
Pioneer 2000Ltd D	Jun-03	2.60	0.22	0.27	1.86	1.77	3.55	1.09
	Dec-03	51.0	0.22	0.27		1.52	3.55	1.09
Pylon Ltd	Dec-03	147.0	0.02	0.04		1.52	2.06	0.14
	Dec-03	85.5	0.54	1.23		3.95	4.59	2.31
Redwood III	Dec-03	150.0	0.52	0.71		3.90	4.54	2.24
Redwood IV	Dec-03	200.0	0.22	0.30		2.33	3.55	1.09
Residential Re 2003	May-03	160.0	0.48	1.10	0.28	5.02	4.43	2.10
Sakura Ltd	Jul-03	14.7	1.29	1.59	1.01	4.50	6.16	4.71
Sequoia Capital Ltd	Jul-03	22.5	1.28	1.59	0.98	5.75	6.14	0.468
	Mar-04	11.5	1.28	1.59	0.98	5.75	6.14	0.468
Vita Capital Ltd	Dec-03	150	0.65	1.38	0.22	5.10	4.87	2.69

资料来源: guycarp 全球巨灾债券报告 (2001—2005)。

附表 2 **2002—2003 年全部巨灾债券**

SPV	日期	发行额	EL	PEL	PE	实际价差 (%)	模型价差 (%)
Fujiyama	2-May-02	67.9	0.67	0.88	0.42	4.06	4.04
Pioneer A	2-Jun-02	85	1.28	1.59	0.97	6.08	5.92
Pioneer A	2-Dec-02	8.5	1.28	1.59	0.97	5.32	5.92
Pioneer A	3-Mar-02	6.5	1.28	1.59	0.97	5.58	5.92
Pioneer B	2-Jun-02	50	1.27	1.59	1.05	5.07	5.89
Pioneer B	2-Sep-02	5	1.27	1.59	1.05	5.32	5.89
Pioneer B	2-Dec-02	21	1.27	1.59	1.05	5.32	5.89
Pioneer B	3-Mar-02	8	1.27	1.59	1.05	4.82	5.89
Pioneer C	2-Jun-02	30	1.28	1.59	0.98	6.08	5.89
Pioneer C	2-Sep-02	20.5	1.28	1.59	0.98	6.08	5.92
Pioneer C	2-Dec-02	15.7	1.28	1.59	0.98	6.08	5.92
Pioneer C	3-Mar-02	6.5	1.28	1.59	0.98	6.08	5.92
Pioneer D	2-Jun-02	40	0.22	0.27	0.186	1.77	2.19
Pioneer D	2-Sep-02	1.8	0.22	0.27	0.186	1.77	2.19
Pioneer D	2-Dec-02	25.5	0.22	0.27	0.186	1.77	2.19
Pioneer D	3-Mar-02	5.5	0.22	0.27	0.186	1.77	2.19

Pioneer E	2-Jun-02	25	1.29	1.59	1.01	4.31	5.95
Pioneer E	2-Dec-02	30.6	1.29	1.59	1.01	4.82	5.95
Pioneer E	3-Mar-02	8	1.29	1.59	1.01	4.82	5.95
Pioneer F	2-Jun-02	25	1.31	1.6	1.02	7.6	6
Pioneer F	2-Dec-02	3	1.31	1.6	1.02	7.6	6
Pioneer F	3-Mar-02	8.1	1.31	1.6	1.02	7.6	6
Residential Re2002	2-May-02	125	0.67	1.12	0.4	4.97	4.04
St.Agatha Re	2-Apr-02	33	1.14	1.55	0.87	6.84	5.52
Studio Re Ltd	2-Dec-02	150	0.65	1.38	0.22	5.17	3.97
StudioReLtd.Shares	2-Dec-02	25	1.71	2.13	1.38	8.11	7.07
Fujiyama(Equity)	2-May-02	2.1	2.06	2.06	2.06	7.1	7.95
Arbor I Ltd	3-Jun	95	4.86	5.97	3.86	15.72	14.75
	3-Sep	60	4.86	5.97	3.86	15.73	14.75
	3-Dec	8.9	4.86	5.97	3.86	15.21	14.75
	4-Mar	21	4.86	5.97	3.86	14.19	14.75
Arbor II Ltd	3-Jul	26.5	0.01	0.012	0.004	1.01	0.33
Formosa	3-Aug	100	0.73	0.81	0.66	4.11	4.07
Oak Capital Ltd	3-Jul	23.6	1.27	1.59	1.05	4.82	5.87
	4-Mar	24	1.27	1.59	1.05	3.8	5.87
Palm Capital Ltd	3-Jul	22.4	1.28	1.59	0.97	5.83	5.9
	3-Dec	19	1.28	1.59	0.97	5.07	5.9
Phoenix Quake Ltd	3-Jun	192.5	0.22	0.24	0.2	2.48	1.9
Phoenix Quake Ltd	3-Jun	192.5	0.22	0.24	0.2	2.48	1.9
Phoenix Quake Ltd	3-Jun	85	0.49	0.55	0.45	3.55	3.14
Pioneer 2000Ltd A	3-Jun	9.8	1.28	1.59	0.97	6.08	5.9
Pioneer 2000Ltd B	3-Jun	12.3	1.27	1.59	1.05	5.07	5.87
Pioneer 2000Ltd C	3-Jun	7.3	1.28	1.59	0.98	5.83	5.9
Pioneer 2000Ltd D	3-Jun	2.6	0.22	0.27	1.86	1.77	1.9
	3-Dec	51	0.22	0.27		1.52	1.9
Pylon Ltd	3-Dec	147	0.02	0.04		1.52	0.48
	3-Dec	85.5	0.54	1.23		3.95	3.34
Redwood III	3-Dec	150	0.52	0.71		3.9	3.26
Redwood IV	3-Dec	200	0.22	0.3		2.33	1.9
Residential Re Ltd	3-May	160	0.48	1.1	0.28	5.02	3.1
Sakura Ltd	3-Jul	14.7	1.29	1.59	1.01	4.5	5.93
Sequoia Capital Ltd	3-Jul	22.5	1.28	1.59	0.98	5.75	5.9
	4-Mar	11.5	1.28	1.59	0.98	5.75	5.9
Vita Capital Ltd	3-Dec	150	0.65	1.38	0.22	5.1	3.77

资料来源：同附表 1。

附表 3

1999—2003 年所有地震债券

SPV	日期	发行量	EL	PEL	PE	实际价 差	模型价 差
Redwood IV	3-Dec	200	0.22	0.3		2.33	2.62
Redwood III	3-Dec	150	0.52	0.71		3.9	3.73
Formosa	3-Aug	100	0.73	0.81	0.66	4.11	4.34
Sequoia Capital Ltd	3-Jul	22.5	1.28	1.59	0.98	5.75	5.67
Sakura Ltd	3-Jul	14.7	1.29	1.59	1.01	4.5	5.7
Phoenix Quake Ltd	3-Jun	192.5	0.22	0.24	0.2	2.48	2.62
Pioneer C	3-Mar	6.5	1.28	1.59	0.98	6.08	5.67
Pioneer D	3-Mar	5.5	0.22	0.27	0.186	1.77	2.62
Pioneer E	3-Mar	8	1.29	1.59	1.01	4.82	5.7
Studio Re Ltd	2-Dec	150	0.65	1.38	0.22	5.17	4.12
Fujiyama	2-May	67.9	0.67	0.88	0.42	4.06	4.18
St.Agatha Re	2-Apr	33	1.14	1.55	0.87	6.84	5.36
Redwood Capital I	1-Dec	160	0.53	0.72	0.34	5.58	2.62
Redwood Capital II	2-Mar	194	0.22	0.307	0.143	3.04	3.76
Western Capital	1-Feb	97	0.55	0.82	0.34	5.17	3.82
Namazu Re	Nov-99	100	0.75	1	0.32	4.56	4.4
Concentric Re	May-99	100	0.42	0.64		3.14	3.37
Domestic Re	Apr-99	80	0.5	0.58	0.44	3.74	3.67

资料来源：同附表 1。

附表 4

2003 年地震巨灾债券

SPV	日期	发行额	EL	PEL	PE	实际价 差	模型价 差
Redwood IV	3-Dec	200	0.22	0.3		2.33	2.63
Redwood III	3-Dec	150	0.52	0.71		3.9	3.55
Formosa	3-Aug	100	0.73	0.81	0.66	4.11	4.05
Sequoia Capital	3-Jul	22.5	1.28	1.59	0.98	5.75	5.11
Sakura Ltd	3-Jul	14.7	1.29	1.59	1.01	4.5	5.13
Phoenix Quake	3-Jun	192.5	0.22	0.24	0.2	2.48	2.63
Pioneer C	3-Mar	6.5	1.28	1.59	0.98	6.08	3.48
Pioneer D	3-Mar	5.5	0.22	0.27	0.186	1.77	2.63
Pioneer E	3-Mar	8	1.29	1.59	1.01	4.82	5.4

资料来源：同附表 1。