

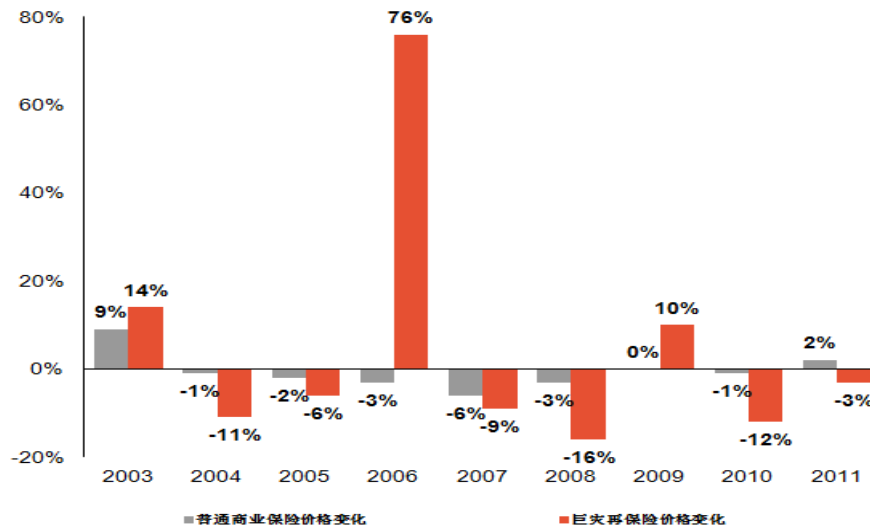
巨灾再保险定价：市场实务与学术研究¹

Joseph Qiu, Ming Li, Qin Wang, Bo Wang²

摘要：巨灾再保险是保险公司对冲极端风险和资本管理的重要工具，但是其定价过程与其他保险产品有很大的不同。这是因为巨灾风险的不确定性更大，承保巨灾业务大量的资金需求，以及巨灾风险定价的不统一、不规范等等。本文侧重于阐述巨灾再保险定价的市场和学术方法，对（再）保险人更好的理解巨灾再保险定价，提高承保和资本运用的效率有很大帮助。

关键词：巨灾再保险，巨灾模型，市场方法，学术方法

巨灾再保险是保险公司用来对冲巨灾风险和进行资本管理的重要工具。虽然巨灾再保险与其他保险产品的性质并无根本性差异，但其价格的波动却要远远超过普通的保险产品(图 1)。很多因素导致了这种特殊的市场现象，其中包括巨灾风险特有的不确定性特征，承保巨灾业务大量的资金需求，以及巨灾风险定价的不统一、不规范等等。因此，对巨灾再保险定价有一个全面而准确的认识是很有必要的。保险公司和再保险公司都会受益于此，并借此提高承保和资金运用的效率。本文旨在阐述巨灾再保险定价的市场实务与学术研究，以弥补这方面文献的不足。



数据来源: Towers Watson

图 1. 普通商业保险与巨灾再保险年度费率变化对比

¹ 本文的中文翻译由清华大学经管学院博士研究生王茂琪完成，特此致谢。

² 作者简介: Joseph Qiu (邱硕), FRM, Towers Watson 总经理助理, 地址: 1500 Market Street, Philadelphia, PA 19102, 电话: +1 215 246 1767, 邮件: joseph.qiu@towerswatson.com Towers Watson。本文所有作者都来自 Towers Watson

与普通的保险产品和传统的精算定价不同，巨灾再保险的定价主要依赖于对风险标的本身的分析，而非损失的历史数据。一方面，历史上只有非常有限的巨灾数据可以用来分析，数据的缺乏大大降低了经验分析的可靠性和实用性。另一方面，巨灾风险本身也一直在不停地变化和发展（例如由于全球变暖导致的极端气候以及基地组织可能策划的新式恐怖袭击），这进一步降低了历史数据的预测能力。基于这些原因，市场上使用的方法通常是对风险标的进行量化分析，并由此计算出巨灾再保险保费。在此过程中，损失的历史数据最多只能用来对基本面保费进行细微调整。

巨灾再保险的定价方法大致可归为三类：

- 基于巨灾模型的市场方法
- 基于非模型因素的市场方法
- 基于金融和精算理论的学术方法

表 1 是对各类方法的总结：

表 1 主要的巨灾再保险定价方法

基于巨灾模型的市场方法	期望损失，标准差（或者其他衡量不确定性的参数），期望损失占再保险上限的比例，再保险激发概率，情景分析，地域集中度，数据质量，横向比较，多模型分析等。
基于非模型因素的市场方法	地域分布，模型所无法覆盖的风险，分保者的损失经历，再保险合同关系，（再）保险市场周期，再保险公司的承保偏好等。
基于金融和精算理论的学术方法	期权定价理论，套利定价理论，效用优化理论等

在这些定价方法当中，巨灾模型方法的客观性最强，从而最大程度地减少了市场参与者主观因素的影响。但是巨灾模型也存在固有的“模型风险”，我们可以把这种风险理解成为模型可以在多大程度上准确地量化和描述现实世界（例如模型计算出的损失分布的精确度等）。如果模型定价在市场中占据主导地位，不难想象市场价格的浮动空间就会大大缩小，因为保险公司和再保险公司基本会得到非常类似的模型结果。相反，如果非模型因素占据了统治地位，模型风险会有所减小，价格的浮动空间会随之增大，与此同时，价格的形成也在更大程度上受到市场参与者主观判断的影响（比如每个人对未来一年内飓风登陆的可能性会有不同判断）。一个理想的定价方法既可以降低模型风险，又能限制个人主观因素的影响。然而，在市场的现实当中，我们必须对两者作出权衡取舍。

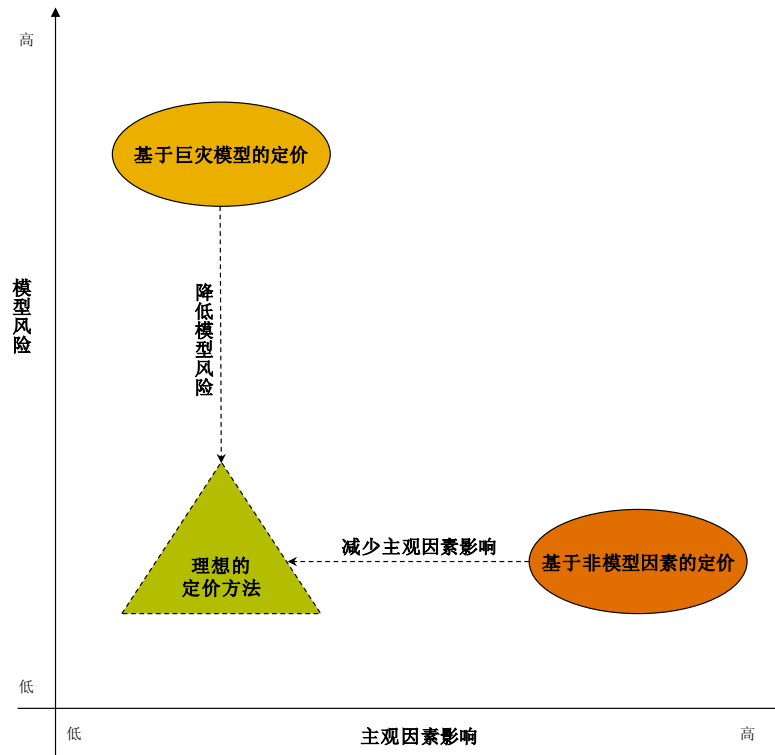


图 2 模型定价与非模型定价

定价方法

基于巨灾模型的市场方法

在目前市场中普遍使用的巨灾模型（例如 RMS，AIR，EQE）被开发之前，保险公司和再保险公司通常使用巨灾费率表来计算保费。这种巨灾费率表起源于伦敦的劳合社，使用者可以查到承保标的价值和期望巨灾损失之间的对应关系。显然，这种对应关系应该因险种和地域而变。虽然巨灾费率表沿用了很多年，但是由于巨灾风险的复杂多变性，简单的查表法实在难以反映出全面的风险信息。因此，在二十世纪八十年代末，现代商用巨灾模型应市场需求而生，为分析和定价提供了更为科学的视角。现代商用巨灾模型基于气象学、工程学、力学、风险管理与保险等多学科的基础研究，借助了计算机革命所带来的巨大优势，并通过真实的巨灾事件对模型进行检验和改进。这些模型可以计算每一个保单可能遭受损失的统计分布，并基于此推导出整个保险公司所有保单加总的风险分布。就其计算的逻辑性和严密性而言，这些模型要大大优于简单的巨灾费率表。图 3 给出了现代商用巨灾模型的基本框架以及其计算风险分布的逻辑关系。

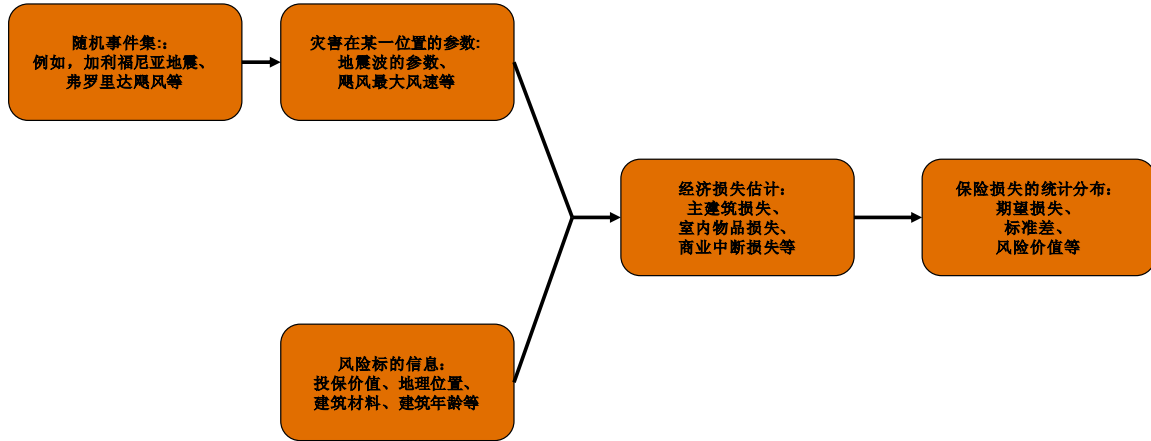


图 3 商业巨灾模型的基本框架

尽管巨灾模型可以计算可能损失的统计分布，但是如何使用这些统计分析结果来计算再保险保费仍然是一个需要解决的问题。不同的市场参与者会使用非常迥异的定价方法，因此有必要对这些定价方法进行深入的阐述和研究，从而帮助市场的价格形成机制化解分歧和提高效率。以超额损失巨灾再保险为例，这种产品有时又被称作分层再保险或者非比例再保险，它会赔偿从自留额到某一给定上限之间的损失，这样就把总损失以分层的方式切割开来，分保给不同的再保险公司。给这种产品定价，我们通常首先考虑的是每一层的期望损失。当然，对于期望损失的计算要考虑到所有可能的灾害因素（例如飓风，地震，冰雹，以及其他巨灾）。通常情况下，我们需要对每一种灾害独立建模，再把计算出的期望损失加总。有了期望损失，并不意味着再保险公司会以此作为最终的再保险价格。鉴于巨灾风险极大的不确定性，再保险公司往往需要储备可观的资金来承保巨灾产品，而这些资金一定会要超出期望损失，这也是市场对巨灾不确定性的一种理性反应。由于巨灾的不确定性可以部分地由标准差来衡量，因此我们有了以下的定价公式：

$$\text{分层保费} = \text{该层期望损失} + \text{风险附加因子} \times \text{标准差}$$

在上述公式中，期望损失和标准差可以通过巨灾模型计算得到，但风险附加因子是一个更大程度上由非模型因素决定的变量，其大小取决于主观的风险感知，再保险公司的资本充足率，以及（再）保险市场的周期等等。在此公式的基础之上，再保险公司还会将一些其他参数附加入保费当中，比如模型所不涵盖的但可能发生的损失，承保和理赔费用，期望收益等等。百慕大货币监管局（编者注：百慕大在 2005 年卡特里娜飓风后逐渐成为世界主要的再保险市场之一）的统计显示，81%注册在百慕大的（再）保险公司会对巨灾模型所计算的结果加以调整，从而得到附加保费。

虽然以上的讨论为巨灾再保险定价提供了一个基本的框架，但在实务操作当中，还有很多的模型输出结果可以影响到再保险保费。首先，我们需要计算每层的期望损失占该层损失上限的百分比，通常被称作“Loss on Line”。这个比率反映了该层的总体风险水平，较高的比率意味着更高的再保险价格。其次，每一层被激发的概率也可以通过巨灾模型或者随机模拟的方法得到，此概率

从另外一个侧面反映出该层的风险水平。较高的概率意味着分保者会有更大的可能性得到再保险赔付，同时也就更难获得低水平的再保险保费，因为再保险公司自身也要控制风险，对于承保这种高激发概率的再保险会尤为谨慎。第三，情景分析法经常被用来弥补随机建模的不足。随机建模通常使用数以万计的巨灾事件来计算可能损失的统计分布，不仅计算量大，而且结果复杂，难以被管理层消化理解。情景分析法专注于几个代表性巨灾事件所导致的损失结果，因而简单易懂，操作性更强。伦敦劳合社就公开发布一些代表性的巨灾情景事件（例如佛罗里达飓风和加利福尼亚地震等），并用此来评估其下属辛迪加（Syndicates）的风险管理能力和资本充足率。因此，情景分析法所得出的结果会直接影响到劳合社的定价结果。第四，风险标的地域集中度也是影响巨灾再保险价格的重要因素之一，因为较高的地域集中度意味着同一巨灾事件可能会影响到更多的风险标的，也就是我们常说的风险分散效果的弱化。这项指标也可以通过巨灾模型计算得出，同时会在一定程度上影响再保险价格。推广而言，风险标的的地域分布和所面临的灾害种类也在一定程度上影响再保险价格，资产组合优化理论以及风险分散化理论是其背后的理论基础，这一点我们会在后文里详细阐述。

数据质量在这里值得特别强调，因为它体现了目前再保险市场发展的一个趋势。不难理解，输入巨灾模型的数据质量直接决定了其输出结果的准确性。再保险公司很难相信和使用低质量的数据，在此情况下，比较稳健的做法是宁可收取相对较高的保费。从分保者的角度而言，如果没能提供充分而精确的数据来建模，巨灾模型通常会使用默认的参数结构，在此情况下，分保者就失去了利用自身的数据来影响再保险价格的机会。另外，在计算再保险价格的过程中，风险标的总价值和保险公司真正承担的那一部分风险上限也经常被混淆。无疑，对保险公司真实风险的准确计算可以在很大程度上影响再保险价格。

其他的基于模型的分析方法还包括同质分保者之间的横向比较，也就是说对类似的分保者和类似的可能损失分布应该收取类似的再保险保费。同时，很多再保险公司有自己的巨灾模型，也有的同时使用多个巨灾模型定价来减少模型风险。这里值得一提的是在 2011 年 RMS 发布其新的 11.0 版北美飓风模型之后，同时使用多个模型已经成为新的行业趋势，这种趋势自然而然对巨灾再保险定价有着深入的影响。

基于非模型因素的市场方法

巨灾建模是再保险定价流程中的重要环节，但问题是，任何模型都无法准确地估计巨灾损失。换句话讲，应用模型本身所带来的风险无法避免，仅仅依赖巨灾模型来计算再保险保费也是难以被市场接受的。举例而言，2011 年 2 月 RMS 发布了其 11.0 版北美飓风模型，这个版本的模型大大增加了几乎所有保险公司和再保险公司的损失估计。照常理，这应该导致巨灾再保险保费显著提升，但我们观察到事实并非如此，保费的增长幅度远远小于模型损失的增长幅度。这种现象背后的原因是市场中还有很多其他因素左右着价格的形成，而且有些时候这些因素的影响是显著的。这

些因素包括风险的地域分布、模型所不覆盖的损失、分保者的损失经历、再保险合作关系、（再）保险市场周期和再保险公司的承保偏好等等。

以风险的地域分布为例，假设我们两份再保险合同，一份承保的是美国飓风，另一份承保的是墨西哥地震。再假设两者可能损失的统计分布完全相同，那么这是不是意味着再保险价格也会一模一样呢？答案是否定的。因为绝大多数再保险公司已经承保了一定量的美国飓风风险，更多的美国飓风风险意味着更高的相关性、更低的风险分散效应、以及更高的再保险保费。与此同时，墨西哥地震在再保险公司现有的保单组合当中的权重应该远远小于美国飓风，很多再保险公司愿意以更低的价格承保墨西哥地震风险以在全球范围内达到风险分散。

现有的商用巨灾模型主要是为了发达保险市场和巨灾多发地区研制的，通常这些地区的保险行业都有过一定规模的巨灾损失，同时也有一定数量的巨灾理赔数据供研究人员来开发模型。因此，巨灾模型并不覆盖全球的每一个国家和地区，也无法把所有可能的灾害都包含其中。例如，如果风险标的是一座位于沙特阿拉伯的商业大厦，那么现有的巨灾模型就无法对其进行风险建模。这种情况下，为了得到一个准确的价格，再保险公司需要人为地在模型之外把这座大厦可能的损失添加进去，这也就是我们之前所提到的模型所无法覆盖的风险。

从理论上讲，巨灾模型所计算出来的是一个长期均衡价格，应该作为再保险定价的主要指导依据。但这并不意味着在短期内市场价格不会偏离长期均衡。比如说分保者的损失经历，尤其是近年来的损失经历，会在很大程度上影响再保险价格。如果再保险公司在前一年根据合同进行了再保险理赔，那么自然而然，他们会在下一年续约时要求更多的再保险保费。这并不仅仅是一个市场现象，而是有其背后的理论支持，包括风险甄别以及再保险公司资本金的萎缩等。同时不难理解，再保险合作关系、（再）保险市场周期、再保险公司的承保偏好等等也都会影响定价。这些因素的共同特点是：

- 它们都不基于巨灾模型的计算结果
- 它们对价格的影响程度取决于主观判断且难以量化
- 它们通常是在后期的价格谈判阶段发挥作用，而非前期的数据和模型交流阶段

基于金融和精算理论的学术方法

学术界也积极参与到巨灾再保险的定价研究中来，并采用了金融和精算理论等方法，具体包括期权定价理论，套利定价理论以及效用优化理论等。但是，鉴于数据的缺乏和一些脱离实际的假设，这些理论还很难在实务操作当中被具体应用。

一些学者认为，超额损失巨灾再保险本质上是一个期权，而巨灾损失可以被看作为证券价格。基于此，期权定价理论便可以被用来计算巨灾再保险保费。但问题是，没有任何统计分布或者随机过程可以比较好的拟合巨灾损失，这阻碍了期权定价理论在实际当中的应用。第二种学术方法基于套利定价理论。如果一个市场组合与某一巨灾再保险合同有着相同的未来现金流，那么理论上讲，

巨灾再保险保费就应该和这个市场组合的价格一致，否则就会产生无风险的套利机会。然而与证券市场不同的是，再保险市场上并无法找到那么多和巨灾风险相关、交易活跃且价格透明的产品，这使得套利定价仍然停留在理论层面上。最后，效用优化理论假设市场上的买方和卖方会通过谈判得到一个均衡价格，这个价格会在约束条件下最大化双方的期望效用。（编者注：效用在经济学中被用来衡量了一个人的总体幸福程度，影响它的因素不仅仅是货币资产，还包括个人偏好等。）这可能是最为贴近实际的理论方法。但是，没有哪个效用函数能够将所有的定价因素都考虑进去，更何况这些影响价格的因素有些是可以量化的，有些是不能量化的。

艺术与技术的结合

作为保险公司使用的一个重要财务管理工具，巨灾再保险的定价方式十分复杂。其复杂性体现在很多模型因素和非模型因素都会影响到保费水平，而且有时候一些因素的影响是难以量化的。所以说巨灾再保险定价是艺术与技术的结合并不为过。现代商用巨灾模型极大地提高了市场参与者对于巨灾风险的认知程度，也为我们分析巨灾风险提供了有力工具。然而，模型本身的不确定性和模型风险都不可避免，这也就给非模型因素留下了发挥作用的空间，同时也导致了历史上巨灾再保险价格的巨大波动。使用不同的方法给巨灾再保险定价会得到迥异的结果，这也意味着我们需要采取更多的、更深层次的研究和分析，从而把握市场机会和进行有效定价。

Catastrophe Reinsurance Pricing: Science, Art or Both?

Joseph Qiu, Ming Li, Qin Wang, Bo Wang

Abstract: Catastrophe reinsurance is an important tool for insurance companies to hedge extreme risk and manage capital, but its price varies much more than general insurance. Reasons for this market phenomenon include the great uncertainty associated with catastrophe risk, the capital-intensive nature of catastrophe business and the relatively low level of agreement on catastrophe risk pricing. This article clarifies both market- and academic-pricing techniques, which contributes a better understanding of catastrophe reinsurance pricing, and helps (re)insurers to manage underwriting and deploy capital more efficiently.

Keywords: Catastrophe Reinsurance, Catastrophe Model, Market Approach, Academic Approach