

巨灾保险费率精算模型及其应用研究

石 兴

(中银保险有限公司, 北京 100140)

摘 要:由于巨灾风险及其保险具有特殊性,风险可保性“经典定义”和大数法则不适用于巨灾保险及其费率精算。基于巨灾保险概念,在对巨灾事件离散模型、经济损失模型和保险损失模型研究的基础上建立了巨灾保险费率精算模型。以福建巨灾保险区划内住宅所面临的巨灾台风为例,利用实证数据资料对该模型及其矩阵化的应用方法进行了验证,结果表明该巨灾保险费率精算模型通用性强,易操作,结果较为可靠。

关键词:巨灾风险;巨灾保险;费率精算模型;福建巨灾台风保险

中图分类号:F840.69 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-8750(2011)02-0017-09 **收稿日期:**2010-09-25

作者简介:石兴(1964—),男,上海人,中银保险有限公司副总裁,高级经济师,中国海事仲裁委员会仲裁员,英国皇家特许保险学会会员(FCII),博士,主要研究方向为保险产品设计、自然灾害保险。

一、引言

巨灾保险分为两大类,一类是政策性巨灾保险,一类是商业性巨灾保险(主要是为企事业单位所面临巨灾风险提供保障)。本文的研究对象是政策性巨灾保险,以下简称“巨灾保险”。

巨灾保险是指依据巨灾保险法规和制度,在确定的巨灾保险区划范围内,建立巨灾风险新型共保体,以某一专项/综合(主要是专项)自然灾害保险条款为基础,以触发约定标准的巨灾风险为保险赔偿的启动标志,对特定的保险标的(关系到国计民生的标的或行业,如民用住宅、公共基础设施和农业,乃至包括人的生命)实施的强制巨灾保险^[1]。

国内外绝大多数商业保险产品的保险责任范围都包含巨灾风险在内的所有自然灾害风险,少数保险产品将地震等巨灾风险除外,投保人如需投保,保险当事方在协商一致后可以通过批单形式予以加保。但每当巨灾发生,极其巨大的生命和家庭财产以及较多社会财产损失都得不到保险赔偿。世界商业性和政策性巨灾保险赔偿率之和较低这一事实说明了商业性巨灾保险所发挥的作用不大,政策性巨灾保险在世界社会经济发展中

甚至严重缺失^[2]。

巨灾保险市场失灵最为重要的原因是没有将其按照经济政策性保险的归属,列为政策性重点扶持保险项目,没有制定巨灾保险法规和制度。其次是巨灾风险与可保性风险“经典定义”^①及其特征是不吻合的。巨灾风险指因自然规律作用和变异引起的,造成大范围、大面积、大量风险单位在同一时间或时段内重大经济损失或大量人员伤亡,受灾地区一般自身无法解决、需要跨地区乃至国际援助的未来不利情景。巨灾风险的特征有:风险暴露单位之间并不独立,呈现高度的正相关性,个体损失风险并不服从一定的指数分布;不符合“大数法则”及其基本要求,即不具有损失发生的概率较小、损失具有确定的概率分布和损失不能同时发生等特征。所以现行的保险精算原理不适合于巨灾保险费率精算,巨灾风险尤其是地震巨灾风险等还因此被认为是不可保风险。2010

^①风险可保性“经典定义”是指保险人能够运用保险精算原理和大数法则,将那些具有同类风险的众多单位或个人集合在一起,以合理计算分担金的形式,由保险人筹措建立保险基金,实现对少数成员因该风险事故所致经济损失的补偿行为和保险人必要的盈利之目的,这样的风险才能为保险人所接受,是可保的风险。这一定义的基础是“大数法则”。

年,石兴提出的风险可保性“现代定义”^①解决了巨灾风险可保性的理论问题,但没有解决巨灾保险费率精算这一实际问题。为此,本文专题研究巨灾保险的费率精算模型及其应用方法,并加以验证。

二、巨灾保险费率的构成

(一) 基本费率

基本费率又称纯风险基准费率,目前世界上没有统一的标准,都是根据本国的实际情况而定。美国将百年一遇的洪水作为基准洪水,将这一基准洪水造成洪水淹没区的损失所测算的保险费率作为基本费率。一些国家或地区以某种自然灾害所造成的年度国内生产总值损失(灾损率)为基本费率的主要依据。笔者认为根据巨灾保险概念,在确定的巨灾保险区划内,将某类保险对象在单一巨灾风险影响下,依近两三年的历史数据统计所得的平均易损度^②作为该巨灾风险的基本费率较为合适。

(二) 梯度费率

梯度费率反映的是巨灾保险区划内不同地域所面临某类巨灾风险的平均强度。巨灾保险区划内梯度费率所对应的地域称为风险梯度,如何划分风险梯度是需要认真思考的。风险梯度的划分要合理和恰当,既要正确反映风险差别,又要有利于承保工作效率的提高。

风险梯度的划分有两种办法,一是在确定的巨灾保险区划内,以行政区域建立风险梯度区域;另一种办法是以地理标志界限来建立风险梯度区域,如河流、山脉、人口线等等。笔者认为第一种方法较易推广。根据我国的实际情况,笔者建议巨灾保险区划应按照省级行政区域来设定,而风险梯度应按照地级市或县级地区来划分。

(三) 安全费率

巨灾保险费率与保险标的抗灾能力、区域防灾工程规划等是密切相关的。为了确保费率的充足性,我们必须要用十防九空的思维来考虑巨灾保险费率,才能确保巨灾保险的安全运营,因此在计算巨灾保险费率时,需要考虑一定的安全系数。这是有别于商业保险费率精算的。

(四) 调整系数

1. 经营成本和相关税收附加系数

由于巨灾保险具有准公共产品属性,所以在

巨灾保险费率中,资本的逐利性要少被考虑甚至不被考虑。例如,日本的地震保险费率就没有考虑承保人的盈利问题,这反映了地震保险的公益本质。

巨灾保险主要经营成本是管理费用、代办费用、公估费用等。至于税收附加系数则根据巨灾保险法规和制度的税收优惠政策而确定。

2. 折扣系数

保险人对被保险人给予一定的折扣系数的情況有以下四种:一是为了鼓励防灾防损,保险人设计具有诱导性的防灾防损差别费率;二是如果有新的防灾防损设施投入使用,在新的保险年度厘定费率时就要对折扣系数加以调整;三是国家关于建筑规范、抗灾级别的提高而设置的折扣系数;四是有的国家还设有建筑年限折扣系数等。总折扣系数一般在10%以内浮动。

巨灾保险不能因不发生巨灾事件而有盈余,也不能因相关方的质疑而降低费率或分红,盈余应该一律转入巨灾保险基金,以备巨灾年份之用。

三、巨灾保险费率精算应考虑的因素

(一) 历史数据的局限性

巨灾风险具有周期不确定性、发生频率的不规律性、趋势模糊性和损失永远是下一个最大等特点。保险公司必须充分认识历史数据的时效性,必须根据最近数据、研究成果以及巨灾风险及其损失的趋势预测,不断修正模型估计,才能使巨灾保险费率的精算更切合实际。

(二) 巨灾风险波动的安全性

巨灾有时呈现祸不单行的局面,没有规律可循,而且风险暴露数量和价值又在时时提高,所以巨灾损失较难预测。在厘定巨灾保险费率时,有必要考虑巨灾波动性的安全系数。

(三) 单一事件最大可能损失

目前一些风险管理咨询公司已经开始考虑

^①风险可保性的“现代定义”是指具有以下特征的风险就是可保的风险:一是符合法律法规的,二是与风险转移相关的保险方案为保险主要当事方所接受的,保险交易发生并成功实现风险由被保险人转移至保险人,并使各方从风险转移中获得效用改进。显然,这一定义包含了风险可保性“经典定义”。这一定义的基础是决策论。

^②保险对象巨灾风险易损度指标是指在确定的巨灾保险区划不同地域内,以确定的时间段(通常最近两年或以上)每年所累计的每次巨灾事件所造成的指定保险标的的损失金额与该地域内该类保险标的价值累计之比,从而可以计算出在确定的时间段内不同地域易损度平均值。

“出现超过一般概率的事件”(OEP)的观点,OEP类似于“可能的最大损失(MPL)”,主要预测一个时段内,如每100年内,可能发生的、超过历史记录的特大数额损失的可能性^[3]。巨灾保险应对的是大面积大范围群体损坏的风险,故不能按照保险原理来划分危险单位和估算每一危险单位最大损失。但在巨灾保险区划内,对单一事件最大可能损失范围和金额的估计是需要认真考虑的。

(四) 社会经济发展趋势

我国城市化步伐正在加快,物质财富不断增长和人口不断聚集,一些地区的发展可以用日新月异来形容。所以巨灾保险费率精算必须要考虑当地的经济水平。及时了解和更新这些数据对保险人确定巨灾保险费率是至关重要的。

(五) 纯风险费率因素

纯风险费率必须真正反映保险标的所面临的风险大小,才能体现巨灾保险费率公平的原则,避免良币遭逐现象。需要注意的是一些国家对巨灾保险采用财政补贴、税收优惠等措施,直接补贴或减免被保险人所支付的保费,导致名义费率降低、费率不能真正反映保险标的所面临的风险大小,这对开展巨灾保险是十分不利的^[4]。政府和监管部门在制定相关政策时要尊重保险经营规律,既要建立纯风险费率体系,又要采用相关优惠措施,鼓励社会购买巨灾保险。

(六) 季节性因素

有些巨灾风险具有明显的季节性特征,但其费率不能按照短期费率来考虑,否则容易产生逆向选择,这与一般性保险产品的精算是不同的。

(七) 保险责任范围与保障程度

巨灾保险费率的精算要考虑巨灾保险项目所采用条款及其保障程度,一是保险责任是否涵盖次生灾害风险、灾害链风险^[5],是否承保类似风险,如何适用时间条款^[6]等。二是巨灾保险赔偿的范围,即保障程度。三是保险人的赔偿限制,包括免赔额的大小、共保比例、年度赔偿责任限制等。显然保险费率与它们中的一些因素成正比,与一些因素成反比。

(八) 准公共产品因素

巨灾保险是经济政策性保险,具有一定的公共产品性质,是准公共产品,是俱乐部产品^{[1]90},所以政府必须制定巨灾保险法规和制度,实施相关优惠政策以充分体现这一因素。

笔者认为,保险人一般从以下四个方面考虑其自身所面临的巨灾风险程度来给出保险方案和费率报价:一是特定区域,即巨灾保险区域大小及其区域内参与巨灾保险的数量;二是易损性,被保险标的和利益的损失与巨灾事故的相关程度,巨灾事故发生的强度和频率;三是被保险价值,即所承担的风险暴露数量、价值分布等巨灾责任及其分配,单一事故(非危险单位)最大可能损失;四是保险条件,包括条款、免赔额、赔偿限额,以及共保或再保的风险分散方案等。

四、巨灾保险费率精算模型

巨灾保险的费率精算不能按照传统的精算原理来计算,必须依据巨灾保险的概念和相关定义,建立合适的精算模型,才能厘定为被保险人和保险人所共同接受的合理的巨灾保险费率。

建立巨灾保险费率精算模型,我们需要分步进行,先从研究单个保险标的面临单一巨灾风险所引致的保险期望损失简单模型开始,然后再推广建立巨灾保险费率精算的一般通用模型。

(一) 巨灾保险期望损失简单模型

1. 发生巨灾事件

某一地区(比如1平方公里)一定时间(比如1年)内是否发生某种巨灾事件主要取决于自然灾害规律的作用和周边地区自然环境,其一次损失程度的大小主要取决于自然灾害类型及其风险强度和发生该自然灾害事件所在地区的建筑物分布和社会经济状况。在一定时间内,一个地域内的自然环境及其建筑物分布具有一定的稳定性,因此,我们可用一个地区的位置来代表它们,设为 L 。在实践中,可以用邮编来表示地区的划分,也可以用经纬度来划分地区,具有详细电子地图的城市甚至可以做到按照建筑物名称来划分地域。为了直观起见,我们不妨假设这里使用的 L 就是建筑物名称。

我们已经假设在一个地域内的自然环境及其建筑物分布具有一定的稳定性,所以在一定时间内,影响位置 L 的建筑物由自然灾害所致总损失的因素主要有两个,即巨灾事件每次损失的大小和巨灾事件发生的次数。为了方便起见,我们不妨假设二者都是相互独立的。

地点 L 发生某一程度的巨灾事件具有一定的随机性,为了研究巨灾事件对该地点造成的社会损

失,我们选取与该巨灾事件导致的经济损失程度具有良好相关性的物理特性的组合,即描叙巨灾事件强度的变量的组合,记作 X_L ,则 X_L 是一个随机变量族,设 X_L 的取值空间为 Ω_L 。如果把一次巨灾风险所带来的衍生灾害(比如说地震的余震)也算在同一的话,我们可以近似假设每次灾害的 X_L 是独立分布的。根据自然灾害发生的机制,结合地点 L 及周围的自然环境特性,参考历史数据和经验,我们可以设定 X_L 的概率密度函数为 $F_L(X_L)$ 。

同样,地点 L 在时间 t (以年为单位)内发生该巨灾事件的次数也是随机过程,为简单起见,不妨假设为泊松过程 $N_L(t)$,设该泊松过程的强度为 λ_L ,则

$$E(N_L(t)) = \lambda_L \times t \quad (1)$$

$$E(N_L(1)) = \lambda_L \quad (2)$$

公式(2)的含义是指在保险期间通常为一年时间的情况下,在地点 L 所面临某一巨灾风险可能发生的期望次数为 λ_L 。

2. 产生经济损失

巨灾事件发生时,影响经济损失程度的因素较多,归纳起来有四大类:该巨灾事件的物理性质,主要是其强度信息 X_L ;风险暴露单位数量价值及其分布 M_L ;建筑物的抗灾能力,即建筑物抗灾级别和结构特性 R_L ;社会减灾能力 Q_L 。显然前两者与经济损失是正向关系,后两者与经济损失呈反向关系。

根据历史数据和经验,我们可以采用模型来预测某一灾害发生时的损失。对于地点 L ,我们假设单次巨灾事件所造成的经济损失(不妨用 y_L 表示)为:

$$y_L = G(X_L, R_L, M_L, Q_L) \quad (3)$$

3. 产生保险损失

当地点 L 的经济损失确定后,保险人的损失主要受以下因素的影响:保险责任范围、保险金额中被保险人自保比例、免赔额等保险条件(赔偿责任限制一般不与共保比例合用)。为了简单起见,我们用 I_L 来表示地点 L 的保险相关情况。

设 z_L 表示地点 L 发生一次巨灾事件所造成保险人的损失,根据 y_L 和 I_L ,我们可以做如下假设:

$$z_L = H(y_L, I_L) = H(G(X_L, R_L, M_L, Q_L), I_L) \quad (4)$$

则地点 L 面临单次巨灾事件时,保险人的期望损失为

$$E(z_L) = \int_{\Omega_L} H(G(X_L, R_L, M_L, Q_L), I_L) \times F_L(X_L) dX_L \quad (5)$$

设 $v_L(t)$ 表示地点 L 在时间 t 内由单一巨灾事件所造成保险人的总损失,则

$$v_L(t) = \sum_{k=1}^{N_L(t)} z_L \quad (6)$$

这里的 k 是指巨灾事件发生的次数, $k=1, 2, \dots, N_L(t)$ 。

同理,地点 L 在时间 t 内由单一巨灾事件造成保险人的总期望损失为

$$E(v_L(t)) = E(N_L(t)) \times E(z_L) = \lambda_L \times t \times \int_{\Omega_L} H(G(X_L, R_L, M_L, Q_L), I_L) \times F_L(X_L) dX_L \quad (7)$$

由此可得地点 L 在一年内由该巨灾风险造成保险人的总期望损失为

$$AAL = E(v_L(1)) = \lambda_L \times \int_{\Omega_L} H(G(X_L, R_L, M_L, Q_L), I_L) \times F_L(X_L) dX_L \quad (8)$$

(二) 巨灾保险期望损失一般模型

笔者根据巨灾保险期望损失简单模型推广建立巨灾保险期望损失的一般模型,其实质就是将单个地点的保险标的在一定时间内面临的单一巨灾风险所造成的保险期望损失,推广到在一个确定的整个保险区划内,符合条件的所有保险标的,在确定的时间内(通常是1年)所面临可能的多次巨灾风险而引致保险期望损失。所以一般模型主要是简单模型在空间上的拓展,由单一地点扩大到整个保险区划内很多地点,从而推导很多同类保险标的在确定的时间内面临单一巨灾风险可能的多次冲击(也有可能零次)所造成的保险期望总损失模型。

设 i 表示第 i 个地点, $i=1, 2, 3, \dots$; 设 L_i 表示第 i 个地点。

同理,我们用随机变量族 X_i 表示在地点 L_i 发生一次巨灾事件而导致经济损失程度具有良好相关性的物理特性组合,即描叙巨灾事件强度的变量组合。 X_i 的取值空间为 Ω_i , 概率密度函数为 $F_i(X_i)$ 。

设地点 L_i 在时间 t (以年为单位)内发生巨灾的次数为随机过程,不妨假设为泊松过程 $N_i(t)$, 设该泊松过程的强度为 λ_i , 则同理可以得出

$$E(N_i(t)) = \lambda_i \times t \quad (9)$$

$$E(N_i(1)) = \lambda \quad (10)$$

公式(9)表示的是在一年内在地点 L_i 发生巨灾的期望次数为 λ_i 。

根据巨灾保险期望损失简单模型,我们同理假设 R_i, M_i, Q_i, I_i 分别表示地点 L_i 的建筑物抗灾能力、经济价值分布、社会减灾能力和保险条件等相关信息。

设 Z_i 表示地点 L_i 发生一次灾害强度为 X_i 的自然巨灾事件时保险人的损失(政策性巨灾保险通常只有唯一保险人,即巨灾风险共保体),根据公式(4)可设

$$Z_i = H(G(X_i, R_i, M_i, Q_i), I_i) \quad (11)$$

设 $Z(t)$ 表示保险人在时间 t 内,巨灾保险区内很多地点的同类保险标的,在整个保险区内面临巨灾风险(0 至 n 次)所造成的保险损失,则

$$Z(t) = \sum_i \sum_{k=1}^{N_i(t)} Z_i = \sum_i \sum_{k=1}^{N_i(t)} H(G(X_i, R_i, M_i, Q_i), I_i) \quad (12)$$

这里的 k 是指巨灾事件发生的次数, $k = 1, 2, \dots, N_i(t)$ 。

可以推理,保险人在一年时间内,在确定的保险区内,很多保险标的所面临的单类多次巨灾风险所造成的保险期望损失,记为 AAL ,根据公式(10)和(12)可得

$$AAL = E(Z(1)) = \sum_i (E(N_i(1)) \times E(z_i)) = \sum_i (\lambda_i \times \int_{\Omega_i} H(G(X_i, R_i, M_i, Q_i), I_i) \times F_i(X_i) dX_i) \quad (13)$$

(三) 巨灾保险费率精算模型

巨灾保险的费率精算除了需要考虑一般保险产品定价的因素外,还要考虑结合巨灾保险的概念、特点和费率体系等特殊因素。巨灾保险是按照单一巨灾风险分开定价的。巨灾保险费率精算一般通用模型建立过程如下。

1. 确定费率调整因子

建立巨灾保险费率精算模型需要设置如下调整因子:首先是运营成本附加因子,设巨灾保险保险人的运营管理成本(包括管理费用、佣金、税费等)比率为 θ_1 ;其次是安全性附加因子,设为 θ_2 ,该因子是为巨灾风险所造成的损失波动性与增长趋势而考虑的安全性附加;第三是折扣因子,根据前述巨灾保险费率折扣系数所考虑的因子,设为 θ_3 。

2. 确定保险金额

在给定的巨灾保险区划内,我们根据民政部(厅或局)、公安局(派出所)、邮政编码、投保单等相关数据资料,可以轻而易举地统计得到在整个保险区划内各个保险标的保险金额的合计,假设为 S_i 。

3. 构建巨灾保险费率精算模型

根据巨灾保险期望损失的一般模型和上述调整因子,结合公式(13),可得巨灾保险费率的一般通用精算模型。

$$P = \frac{AAL}{\left(\sum_i S_i \times t_i\right) \times (1 + \theta_3) \times (1 - \theta_1 - \theta_2)} \times \sum_i (\lambda_i \times \int_{\Omega_i} H(G(X_i, R_i, M_i, Q_i), I_i) \times F_i(X_i) dX_i) = \frac{AAL}{\left(\sum_i S_i \times t_i\right) \times (1 + \theta_3) \times (1 - \theta_1 - \theta_2)} \quad (14)$$

这一公式计算结果就是巨灾保险基准费率。

4. 巨灾保险梯度费率计算

在巨灾保险基本费率的基础上,设巨灾保险在地点 L_i 内的梯度费率为 P_i ,巨灾保险在地点 L_i 的梯度费率系数为 t_i ,则

$$P_i = P \times t_i \quad (15)$$

根据巨灾保险准公共产品的属性,为了均衡巨灾保险区划内不同地域梯度费率之间的差异,有可能需要对巨灾保险梯度费率进行必要的调整,形成实际执行的巨灾保险梯度标准费率。

五、福建巨灾台风住宅保险费率精算案例

2009年6月,笔者收集了福建省民政厅2007年和2008年两年台风住宅损失的相关数据资料,并利用曾在福建工作两年所积累的经验,进行巨灾保险费率精算模型的实例验证。

住宅抗灾能力主要体现在建筑物的结构性能方面,以抗灾能力的强度排列依次分为钢结构、钢混、砖混、砖木和木结构。在福建省,地级城市市区住宅主要是砖混结构和钢混结构,城镇和农村地区95%以上住宅是砖混结构,两种结构有类似之处,为简化说明,本文以砖混结构代替所有住宅(福建省民政厅所提供的资料也没有细分住宅结构),以下将单体砖混结构住宅简称“住宅”。基于福建省绝大部分住宅在地级市和农村地区,经验估计每套住房的平均价格30万元。假设被保险人分担巨灾风险的自保比例为20%,即保险人

承担每套单体住宅 80% 的经济损失。每栋住宅都是足额办理承保手续的。根据巨灾保险费率精算模型,我们提出该模型的矩阵化方法来说明巨灾保险费率精算案例应用,具体步骤如下。

(一) 巨灾风险等级标准定义域

根据 17 级风力等级表(参见“国家标准 GB/T 19201-2006”)^[7],假设 9 级(建筑物有小损,烟囱顶部及平屋摇动,风速为 20.8 米至 24.4 米)及其以上台风为巨灾台风,巨灾台风设为 5 个等级。

基于触发机制的巨灾保险的概念,我们可对容易造成巨灾事件的巨灾风险设定相应的标准等级,这里暂且设五个级别,建立定义域如下:

$$W = \{W_1, W_2, W_3, W_4, W_5\} = \{1 \text{ 级}, 2 \text{ 级}, 3 \text{ 级}, 4 \text{ 级}, 5 \text{ 级}\} \quad (16)$$

表 1 福建省巨灾台风保险区划内住宅破坏程度矩阵表

台风等级 \ 破坏程度	代码	基本完好	轻微破坏	中等破坏	严重破坏	完全破坏	合计
9 级	1	99.8%	0.12%	0.08%	0%	0%	100%
10 级	2	99.617%	0.342%	0.0355%	0.0053%	0%	100%
11 级	3	99.5331%	0.3964%	0.0468%	0.0218%	0.0019%	100%
12 级	4	99.3975%	0.5277%	0.0559%	0.0134%	0.0055%	100%
12 级以上	5	97.1069%	1.8442%	0.8475%	0.1522%	0.0492%	100%

资料来源:笔者根据福建省民政厅数据整理。

2. 经济损失程度矩阵表

根据历史经验数据估测,我们对损失程度作如下对应假设,见表 2。

表 2 福建省巨灾台风保险区划内住宅经济损失程度表

破坏程度	基本完好	轻微破坏	中等破坏	严重破坏	完全破坏
经济损失程度	0%	25%	55%	85%	95%

注:残值按照总价值的 5% 计算扣除。

3. 保险损失程度矩阵表

设被保险人参与自保比例 η 为 20%,即对任何一个保险事故,保险人最高赔偿为 80%。被保险人可得保险损失程度见表 3(表 2 数据分别与 η 之积)。

表 3 福建省巨灾台风保险区划内住宅保险损失程度表

破坏程度	基本完好	轻微破坏	中等破坏	严重破坏	完全破坏
保险损失程度	0%	20%	44%	68%	76%

4. 保险期望损失程度矩阵表

将表 1 与表 3 对应乘积,可以得到福建省 1 次 9 级以上不同台风级别对住宅的保险期望损失程度见表 4。

5. 福建省巨灾台风强度

根据 2001 年至 2008 年的《热带气旋年鉴》^[8],我们对最近几年影响福建省的 9 级及其以上台风进行统计分析,可得福建台风巨灾保险区划内 9 级以上台风的出现强度和频率分布情况,如表 5 和表 6。

表 4 福建省巨灾台风保险区划内住宅保险期望损失程度矩阵表

台风等级 \ 破坏程度	代码	基本完好	轻微破坏	中等破坏	严重破坏	完全破坏	合计(D_i)
9 级	1	0%	0.0240%	0.0352%	0%	0%	0.0592%
10 级	2	0%	0.0684%	0.01562%	0.0036%	0%	0.0876%
11 级	3	0%	0.07928%	0.02059%	0.0148%	0.0014%	0.1161%
12 级	4	0%	0.1055%	0.0246%	0.0091%	0.0042%	0.1434%
12 级以上	5	0%	0.3688%	0.3729%	0.1035%	0.03739%	0.8826%

资料来源:笔者根据福建省民政厅数据整理。

表5 福建省9级以上台风不同等级发生概率的分布情况

台风等级 W_i	9	10	11	12	12级以上	合计
发生概率 E_i	30.00%	35.00%	25.00%	9.00%	1.00%	100.00%

资料来源:笔者根据上海台风研究所《热带气旋年鉴 2001—2008》数据整理。

表6 福建省一年内出现9级以上台风次数的概率分布情况

年度次数(n)	0	1	2	3	4	5	6	7次以上	合计
概率 $N(n)$	0%	7%	35%	39%	2%	6%	1%	0%	100%
期望损失次数 G_n	0.00	0.07	0.70	1.17	0.48	0.30	0.06	0	2.78

资料来源:笔者根据上海台风研究所《热带气旋年鉴 2001—2008》数据整理。

6. 单次巨灾台风影响范围假设

根据台风的结构、能量和热带气旋风场的“三圈”结构,每个台风基本呈椭圆形形状。一般说来,从台风中心(风眼)至云墙(眼壁)的半径有60公里至100公里不等,假设取中间值为80公里。虽然台风影响的范围方圆直径约为1000公里左右,但根据历史数据,在这个椭圆形半径为80公里的环带内,暴风和暴雨强度最大,对地面财产和人员造成大面积、大范围、大量保险标的重大损失和伤亡可能性最高,其他地方是影响较小的^[7]。假设台风在福建中部登陆,由东南向西北移动(在福建境内,台风路径一般是这样的),横穿整个福建省,且以台风中心所作的四个象限内都遭遇大风暴雨,那么我们可以将其近似看作一个宽160公里,长480公里(福建东西最大间距约480公里)的长方形。则一次9级以上台风,在上述移动路径下,对福建最为完整的、且最大范围的破坏性台风灾害所致的受灾面积为7.68万平方公里,约占福建省陆地面积12.4万平方公里的61.93%(由于考虑的是巨灾台风对住宅的影响,故只考虑陆地面积)。

表7 福建省巨灾台风保险区划内住宅年度保险期望损失率

序号	台风等级	9	10	11	12	12级以上	合计
(1)	发生概率 E_i	30.00%	35.00%	25.00%	9.00%	1.00%	100%
(2)	保险期望损失程度 D_i	0.0592%	0.0876%	0.1161%	0.1434%	0.8826%	
(3)	影响区域 ρ	30.00%	30.00%	30.00%	30.00%	30.00%	
(4)	期望次数 G	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	
(5)	保险期望损失率 U_i	0.0148%	0.0256%	0.0242%	0.0108%	0.0074%	0.0827%

资料来源:笔者整理。

(四) 确定巨灾台风保险费率

要确定福建省巨灾台风保险费率,我们需要明确各地住宅的保额、费率调整因子和实际风险

就福建住宅台风巨灾保险区划来说,一个巨灾台风也不可能对福建整个保险区划都有破坏性影响,其影响范围和程度主要由生成时间(是否与大潮汛、月盈月亏碰头)、登陆地点、台风强度、发展过程、行进路线、移动速度、影响时间等因素来决定。如2008年的海鸥台风虽然达到10级,在福建霞浦县长春镇登陆,但仅仅掠过福建的北部(非常临近浙江的南部地区),随后就移向东海,影响路径和事件十分短暂,所以该台风对福建的影响范围是很微小的。

每一个台风都有其特性,差异可能很大,但只要一个完整的台风,其影响区域一般不受台风等级的影响。基于以上分析,我们凭经验假设每次9级及以上台风对福建住宅台风巨灾保险区划的平均影响范围取中间值,设为30%。

$$\rho = 30\% \quad (18)$$

7. 福建省台风保险区划内9级以上台风年度住宅保险期望损失率

根据表4、5、6提供的的数据资料,我们对福建省巨灾台风保险区划内住宅年度保险期望损失率进行测算,如表7所示。

梯度系数,并需要对梯度纯风险费率进行调整。

1. 保额统计

根据福建省各地级市公安局提供的各地户

数,住宅保额统计见表 8。

表 8 福建巨灾台风保险区划内各地区住宅保额统计表

地区	户数(万户)	单价(万元)	价值(亿元)
福州	195	30.00	5850.00
厦门	47	30.00	1410.00
宁德	94	30.00	2820.00
莆田	89	30.00	2670.00
泉州	177	30.00	5310.00
漳州	128	30.00	3840.00
龙岩	82	30.00	2460.00
三明	75	30.00	2250.00
南平	87	30.00	2610.00
合计	974	30.00	29220.00

资料来源:笔者根据福建省各地级市政府和公安局网站资料整理。

2. 费率调整因子的假定

根据前面的相关论述,具体费率调整因子如表 9 所示。

表 9 福建巨灾台风单体住宅保险费率调整因子表

调整因子名称	运营成本附加因子	安全性附加因子	费率折扣因子
调整比值	20.0%	10.0%	-5.0%

资料来源:笔者整理。

3. 实际风险梯度系数

根据笔者所收集的 2007 年和 2008 年的巨灾台风住宅损失相关数据资料,平均计算各地级市巨灾台风住宅易损度如表 10。

表 10 福建巨灾台风保险区划内住宅易损度表^[1]

地级市	易损度
南平	0.007024
三明	0.004702
宁德	0.002323
龙岩	0.000770
泉州	0.000413
莆田	0.000285
福州	0.000262
漳州	0.000149
厦门	0.000056

假设福建省巨灾台风住宅易损度最低的福州和厦门地区为 1,在对福建省地级市合理归并后,按照易损度的数值,简单算术平均推算出各风险梯度的实际梯度费率系数,如表 11。

表 11 福建巨灾台风保险区划内住宅实际风险梯度系数

风险梯度	所属范围	实际梯度系数 t_j	保额小计 S_j (单位:亿元)
1	福州、厦门	1	7260
2	泉州、漳州、莆田	1.7736	11820
3	龙岩、宁德	9.7233	5280
4	南平、三明	36.8742	4860
合计			29220

资料来源:笔者整理。

4. 福建巨灾台风住宅保险费率的测算

(1) 基准费率的计算

根据公式(14)、表 7、表 9 和表 11,可以得到巨灾台风住宅保险的基准费率(即风险梯度 T_1 ,参照系数为 1 的地区住宅台风巨灾保险费率),具体计算过程如下:

$$P = \frac{AAL}{\left(\sum_j S_j \times t_j\right) \times (1 + \theta_3) (1 - \theta_1 - \theta_2)}$$

$$= \frac{(7260 + 11820 + 5280 + 4860) \times 0.0827\%}{(7260 \times 1 + 11820 \times 1.7736 + 5280 \times 9.7233 + 4860 \times 36.8742) \times (1 - 5\%) \times (1 - 20\% - 10\%)}$$

$$= 0.014\%。$$

福建巨灾台风保险区划内住宅保险的基本费率为 0.014%。

(2) 梯度费率的计算

根据梯度费率定义公式(15)可知,福建巨灾台风保险区划内住宅保险纯风险梯度费率测算如表 12。

(3) 梯度标准费率的计算

根据以上测算,南平和三明地区一套价值为 30 万保额的单体住宅将缴纳 1548.6 元保费

(300000 × 0.5162%),而在福州、厦门地区一套 30 万住宅的保费为 42 元。对比说明两者差距是很大的。巨灾保险的准公共产品性质决定了巨灾保险费率的确定必须要考虑被保险人的价格承受能力,也要考虑保险人能够建立足够的赔付基金。为此,有必要对梯度纯风险费率进行调整。

因此,巨灾保险费率精算需要重新选定梯度系数。根据公式(15)和(14)重新计算,调整后的梯度标准费率也是对外公布的承保费率。如表 13 所示。

表 12 福建巨灾台风保险区划内住宅保险梯度费率测算表

风险梯度	所属范围	实际梯度系数	梯度费率
1	福州、厦门	1	0.014%
2	泉州、漳州、莆田	1.7736	0.0248%
3	龙岩、宁德	9.7233	0.1361%
4	南平、三明	36.8742	0.5162%

资料来源：笔者整理。

表 12 与表 13 对比可知，风险梯度对应的费率差距由原先的 36.87 倍，缩小至 6 倍。保费支

表 13 福建巨灾台风保险区划内住宅保险梯度标准费率测算表

风险梯度	所属范围	实际梯度系数	选定梯度系数	调整后梯度标准费率
1	福州、厦门	1	1	0.0519%
2	泉州、漳州、莆田	1.7736	1.5	0.0779%
3	龙岩、宁德	9.7233	3	0.1557%
4	南平、三明	36.8742	6	0.3114%

资料来源：笔者整理。

六、结论

本文首次提出了基于离散关系的、矩阵化的巨灾保险费率精算模型之应用方法，这是有别于其他专家学者之研究成果的，具有创新性、实践性、通用性和可操作性。本文利用所收集的数据，使用时间系列不长的灾情数据资料和保险资料就实现了对福建省台风巨灾保险费率的精算，得到了有效的案例验证。

参考文献：

- [1] 石兴. 自然灾害风险可保性理论及其应用研究[D]. 北京师范大学, 2010: 96 - 101.
- [2] Swiss R. Natural catastrophes and man - made disasters in 2006[J/OL]. Sigma, 2007(2) [2010 - 10 - 01]. <http://www.swissre.com/sigma/>.
- [3] Ronald T, Perrin K T. An introduction to catastrophe

出得到了有效均衡。标准梯度费率就是巨灾保险实际承保费率。

对龙岩、宁德、南平和三明等台风高风险地区，政府可根据物价指数、消费水平和人均收入因素，对被强制要求购买住宅台风保险的被保险人，通过财政补贴、所得税退税或营业税减免等措施，进一步提高消费者的购买能力，降低被保险人购买巨灾保险所实际支付的保费^[9-10]。如何优惠，主要由巨灾保险法规和制度决定，在此不需赘述。

models and catastrophe issues[J]. The Journal of Risk and Insurance, 2005, 2: 37 - 43.

- [4] Freedom P K. Government natural catastrophe insurance programs[R]. Conference on Natural Catastrophe Insurance Programs, 2003: 22 - 23.
- [5] 高庆华, 马宗晋, 张业成. 自然灾害评估[M]. 北京: 气象出版社, 2007.
- [6] 石兴, 黄崇福. 自然灾害风险可保性研究[J]. 应用基础与工程科学学报, 2008(3): 17 - 19.
- [7] 陈瑞闪. 台风[M]. 北京: 福建科学出版社, 2003.
- [8] 上海台风研究所. 热带气旋年鉴[M]. 北京: 气象出版社, 2001 - 2008.
- [9] 施红. 美国农业保险财政补贴机制研究回顾[J]. 保险研究, 2008(4): 13 - 15.
- [10] 吉玉荣. 浅议地震保险制度[J]. 南京审计学院学报, 2008(3): 21 - 25.

(责任编辑: 杨凤春)

Study on the Actuary Model of Catastrophe Insurance and Its Application

SHI Xing

Abstract: According to the notion of catastrophe insurance, the model of catastrophe insurance expected loss is established based on the scattered model of catastrophe events and models of economic loss and insurance loss, therefore the actuary of catastrophe insurance is modeled successfully. The actuary model of catastrophe insurance and its matrix application are effectively verified by the use of the information in the case of the real estates damaged by the specified typhoon in Fujian province. The conclusion shows that the actuary model of catastrophe insurance and its matrix application are universal, operable and reliable.

Key words: catastrophe risk; catastrophe insurance; tariff actuary model; catastrophe insurance against typhoon in Fujian province