

# 基于 GIS 的建筑物地震保险损失评估研究<sup>1</sup>

吕红山 赵凤新 胡聿贤

(中国地震局地球物理研究所, 北京 100081)

**摘要** 本项研究在 GIS 技术的支持下, 从地震灾害成灾机理出发, 建立了地震保险纯保费的计算方法, 开发研制了用于建筑物财产保险地震灾害损失评估的计算机信息系统。应用此信息系统, 计算比较了不同地区建筑地震损失期望的差异, 分析了不同免赔额和限额的设置对保险公司赔付的影响。

**关键词:** 地震保险 费率 地理信息系统

## 引言

地震会造成巨大的经济损失和大量人员伤亡, 如何有效降低地震灾害损失是我国面临的严峻公共安全社会问题。地震保险是减少地震灾害损失的一项重要减灾措施, 保险费率的厘定是地震保险中的重要问题。本文将对确定地震保险费率的关键技术展开研究, 并应用地理信息系统 (GIS) 技术开发了建筑物财产保险地震灾害损失评估的计算机信息系统。

## 1 地震保险费率计算方法

地震保险费率的组成可用下式表示:

$$\text{地震保险费率} = \text{期望损失率} + \text{波动损失率} + \text{营业费用} + \text{利润率}$$

其中期望损失率和波动损失率 (风险附加) 两部分仅与地震损失有关, 是由地震造成的赔款成本, 一般称为纯保费。在本文研究中主要讨论与计算期望损失率相关的问题, 这里的期望损失率用年平均损失率表示。

刘如山等 (2006)、陶正如和陶夏新 (2004)、鄂亲敏等 (2004) 对我国保险费率计算开展了研究。在上述分析计算中, 直接引用了工程地震风险评估结果, 以场点遭遇地震动强度 (烈度或地震动参数) 的年发生概率作为计算建筑损失期望的地震动输入。考虑到以下因素: ①按照概率地震危险性分析的技术路线, 场点遭遇地震动强度的年发生概率是对场点有影响的潜在震源的总体贡献, 不是一次地震事件的影响; ②地震灾害是有空间相关性的, 而概率地震危险性分析中不同场点间是相互独立的; ③地震动强度指标是多维的, 有烈度、反应谱、加速度、速度和位移等参数, 这些参数也是有一定相关性的, 而概率地震危险性分析中对不

1 中国地震局地球物理研究所论著号 06AC2023

[收稿日期] 2006-05-26

[作者简介] 吕红山, 男, 生于 1968 年。博士, 中国地震局地球物理研究所副研究员。主要从事城市减灾和工程地震研究。

E-mail: lhs361@yahoo.com.cn

同地震动参数指标的分析是相互独立的；④大震远震和小震近震可以产生同一烈度，但大震远震和小震近震对不同建筑类型造成的损失是不同的，而烈度的年发生概率是大震远震和小震近震的总体贡献。本文将工程地震风险评估与结构易损性分析紧密结合，采用如下方法计算建筑物地震保险年平均损失率。

### 1.1 计算地震事件的发生概率

根据地震危险性概率分析方法，地震发生在潜在震源区内，对潜在震源区内网格化可以得到一系列微面元，在这些微面元上可以发生不同震级的地震。考虑对建筑有影响的所有地震，形成一个地震事件集  $Z = \{Z_i | i = 1, 2, \dots, k\}$ ，设共有  $k$  个地震可对建筑造成损失，其中某一地震事件  $Z_i$  系指在微面元中心点 (lat, lon) 上发生  $M$  档震级地震，其年平均发生率可以表示为（胡聿贤，1999）：

$$v_i = v(M_0) \frac{v(M - \frac{1}{2} \Delta M) - v(M + \frac{1}{2} \Delta M)}{v(M_0) - v(M_u)} \cdot f_{iM} \cdot \frac{\Delta S}{A}$$

其中  $\Delta S$  为微面元的面积； $A$  为潜在震源区的面积； $M_0$  为起算震级，一般取为 4 级； $v(M_0)$  为震级  $M_0$  以上地震的年平均发生率； $v(M)$  为  $M$  震级以上地震的年平均发生率； $f_{iM}$  为空间分布函数； $M_u$  为潜在震源区的震级上限； $\Delta M$  为震级间隔，取为 0.2。

### 1.2 计算建筑损失

用衰减关系  $Y(M, R_i)$  计算在某个微面元内中心点 (lat, lon) 发生  $M$  档震级地震时的地震影响场， $R_i$  为建筑与震中 (lat, lon) 的距离，确定建筑所遭受的地震动强度  $Y_i$ 。根据地震动结合建筑结构易损性分析，计算建筑的破坏程度：

$$Y_i = Y(M, R_i)$$

$$P_{il} = \{P[D_l | Y_i] | l = 1, 2, 3, 4, 5\}$$

上式表示建筑在遭受地震动强度为  $Y_i(D_l)$  时发生毁坏、严重破坏、中等破坏、轻微破坏和完好等不同等级破坏程度的概率。

根据破坏用下式计算建筑损失（尹之潜，1996）：

$$L_i = \left( \sum_l P_{il} \theta_l \right) Q_S$$

其中  $\theta_l$  是建筑发生毁坏、严重破坏、中等破坏、轻微破坏和完好等不同等级破坏程度时的损失比； $Q_S$  为建筑的价值。这样就得到了一个独立的地震事件对建筑造成的损失。

### 1.3 计算建筑物地震保险年平均损失率

考虑地震事件集  $Z = \{Z_i | i = 1, 2, \dots, k\}$  中所有地震事件对建筑造成的损失，用下式计算建筑物地震保险年平均损失率（期望损失率），即为本文研究的地震保险费率：

$$E(L) = \sum_{i=1}^k L_i v_i$$

上述的分析仅仅考虑了建筑本身的损失，不代表保险业中的赔付额，赔付是保险公司按承保合同规定和保险责任所支付的实际费用。在此仅对最基本的简单保单结构进行分析，地震保险保单由图 1 所示的几个部分构成（左惠强，1998）。其中免赔额是由投保人承担的小额度损失；限额是指保险公司只负责一定限度内的保险责任，而不是全部。免赔额与限额都对

费率有一定影响。

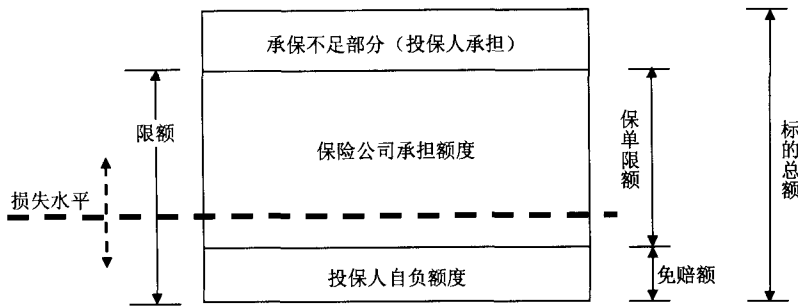


图 1 简单的保单结构

Fig. 1 A simple certificate of insurance's composition

考虑有一定免赔额时，每个独立的地震事件中地震保险损失为：

$$L_i = \max \left\{ 0, \left( \sum_j P_{j,i} \theta_j \right) Q_s - \text{Des} \right\}$$

其中 Des 对应建筑财产保单的损失免赔额。其他计算地震年损失期望和方差的方式不变。

当考虑有一定限额时，每个独立的地震事件中地震保险损失率为：

$$L_i = \min \left\{ \text{lims}, \left( \sum_j P_{j,i} \theta_j \right) Q_s \right\}$$

其中 lims 对应建筑财产保单的损失限额。

当同时考虑有免赔额和限额时，每个独立的地震事件中地震保险损失率为：

$$L_i = \max \left\{ 0, \min \left[ \sum_j (P_{j,i} \theta_j) Q_s - \text{Des}, \text{lims} \right] \right\}$$

## 2 建筑物财产保险地震灾害损失评估信息系统

在此选用 ESRI 公司的 ArcGIS 软件进行二次开发，基于前述地震保险费率计算方法研制了建筑物财产保险地震灾害损失评估的计算机信息系统。

在系统中设计与地震保险灾害损失分析有关的专题数据库，包括潜在震源区信息、衰减关系信息、建筑易损性信息、基本保单结构信息。衰减关系可由用户定义具体衰减关系参数。目前在系统中集成了全国潜在震源区数据、部分建筑易损性数据，潜在震源区数据及建筑易损性可由用户编辑更新。

系统中应用 GIS 技术提供的空间叠加分析和缓冲区分析功能计算地震动空间影响场，并确定建筑所遭受的地震动强度。应用 GRID 模块功能对潜在震源区进行网格化。

使用本系统计算地震保险费率，用户只需设定建筑所在地点，选定建筑易损性和地震保单信息，系统就会自动完成相关计算。

同时本系统还可以进行地震保险费率空间分布的计算分析，即可以生成建筑地震保险费率区划图。

### 3 算例

根据上述计算方法,利用本文研制开发的地震保险分析系统,先选取一栋建筑物,令其位于不同地区,计算保险费率,对比研究不同地区结果的差异。例如:取一8层钢混建筑物,抗震设防烈度为Ⅷ度,用于办公,假设在两个不同地区北京(A点)和大理(B点)。根据《中国地震动参数区划图(2001)》(国家质量技术监督局,2001)北京(A点)和大理(B点)的设计地震加速度值都为0.2g,但是根据我们的计算,对于同一个建筑,位于A点的地震年平均损失率大约是B点的四分之一。分析造成此种情况的原因是,区划图仅仅是一个概率水平的地震危险性分析结果,而建筑物地震保险年损失率计算需要考虑不同概率水平地震的总效果,这说明地震动参数区划图中的分区并不能与地震保险的费率分区完全划等号。

上述算例计算的是地震灾害造成的建筑本身的损失,并不代表保险公司的损失,在这里对简化的保单结构(含有免赔额和限额的保单)进行分析,比较当设定不同的免赔额和限额时保险公司赔付的变化影响。仍以前面分析过的8层钢混结构作为分析标的,设建筑位于前面确定的A点,免赔额设定为0%、2%、5%、7%、10%、15%、20%,而限额设定为60%、70%、80%、90%,计算结果如图2所示。从计算结果分析,限额对保险公司赔付影响不大,当限额从90%减到60%时,保险公司赔付率仅减低10%;而对免赔额的影响则较大,当免赔额从2%增加到15%时,保险公司赔付率会减少35%—40%。地震是小概率事件,会导致严重损失的地震就更少,也就是损失率较大(大于60%)的事件发生概率小,因此限额对赔付的影响小。而建筑损失率在20%以下的事件比重很大,免赔额的变化会引起保险公司损失的较大变化。免赔额低投保的客户相对较多,保险公司保费收入就多,但保险公司会承担较大风险;免赔额高投保的客户减少,保险公司保费收入就会减少,但保险公司承担的风险也会减少。因此,保险公司在设定费率时,如何取得风险与效益的平衡,免赔额的设定就成为一个需要仔细考虑的因素。

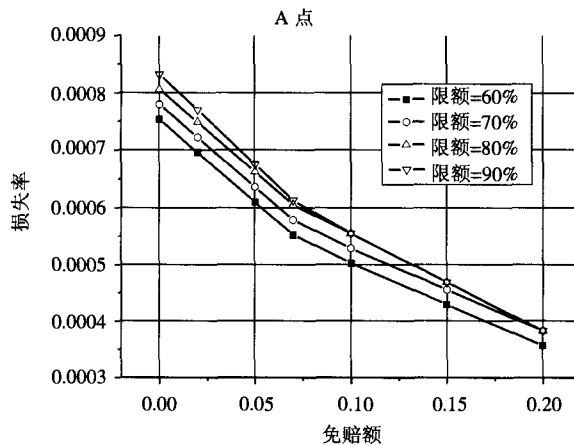


图2 免赔额及限额对保险公司赔付的影响

Fig. 2 Effect of deduction and limit on compensation from insurance company

### 4 结语

本文给出了建筑物地震保险纯费率的计算方法,应用GIS技术研制开发了相应的计算机

信息系统。通过实例计算对比研究发现, 对于地震区划图中具有相同设防水准的不同地区, 同类建筑物的地震损失期望是不同的, 这说明不能将地震区划图作为建筑物地震保险费率分区的唯一依据; 免赔额对保险公司赔付的影响要大于限额, 这说明在具体地震保险险种的设计中应重点考虑免赔额的设定。本文工作对地震风险分析技术作了探索, 还有很多问题需要进一步研究。

## 参考文献

- 国家质量技术监督局, 2001. 中华人民共和国国家标准 GB18306-2001《中国地震动参数区划图》. 北京: 中国标准出版社.
- 胡聿贤主编, 1999. 地震安全性评价技术教程. 北京: 地震出版社.
- 刘如山, 王自法, 朱敏, 2006. 地震保险中经济损失和赔付问题研究. 地震学报, **28** (2): 197—205.
- 陶正如, 陶夏新, 2004. 基于工程地震风险评估的地震保险费率厘定. 自然灾害学报, **13** (2): 112—118.
- 邬亲敏, 冯启民, 莫善军, 2004. 建筑物地震损失风险与保险费用的确定方法. 地震工程与工程振动, **24** (1): 180—185.
- 尹之潜, 1996. 地震灾害及损失预测方法. 北京: 地震出版社.
- 左惠强, 1998. 地震保险损失预测方法. 中国地震局地球物理研究所博士后研究工作报告.

# Research on Building Earthquake Insurance Lost Estimation Using GIS

Lu Hongshan, Zhao Fengxin and Hu Yuxian

(Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing 100081, China)

**Abstract** Based on the actual condition of insurance company, we investigate earthquake disaster-bearing mechanism, and bring forward a method to calculate earthquake disaster insurance premium. Then a GIS-based system is developed to estimate earthquake insurance premium for different zones and analyze insurance company earthquake loss for different deduction and limit.

**Key words:** Earthquake insurance; Premium; GIS