

世纪统计学系列教材

肖争艳
高洪忠 编著

非寿险精算



中国人民大学出版社

21 世纪统计学系列教材

非寿险精算

肖争艳 高洪忠 编著

中国人民大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

非寿险精算/肖争艳, 高洪忠编著.

北京: 中国人民大学出版社, 2006

(21 世纪统计学系列教材)

ISBN 7-300-07422-7

I. 非…

II. ①肖…②高…

III. 保险-精算学-高等学校-教材

IV. F840.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 068179 号

21 世纪统计学系列教材

非寿险精算

肖争艳 高洪忠 编著

出版发行 中国人民大学出版社

社 址 北京中关村大街 31 号

邮政编码 100080

电 话 010-62511242 (总编室)

010-62511239 (出版部)

010-82501766 (邮购部)

010-62514148 (门市部)

010-62515195 (发行公司)

010-62515275 (盗版举报)

网 址 <http://www.crup.com.cn>

<http://www.ttrnet.com>(人大教研网)

经 销 新华书店

印 刷 北京东方圣雅印刷有限公司

规 格 170×228mm 16 开本

版 次 2006 年 7 月第 1 版

印 张 17

印 次 2006 年 7 月第 1 次印刷

字 数 305 000

定 价 22.00 元

版权所有 侵权必究 印装差错 负责调换

《21 世纪统计学系列教材》编委会

编委会主任 易丹辉

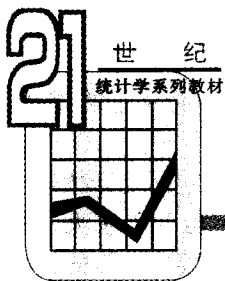
编委会委员 (按姓氏笔画排序)

尹德光 冯士雍 张尧庭

陈希孺 吴喜之 赵彦云

柯惠新 袁 卫 倪加勋

顾 岚 袁寿庄 耿 直



总 序

改革开放以来，高等统计教育有了很大的发展。随着课程设置的不断调整，有不少教材出版，同时也翻译引进了一些国外优秀教材。作为培养我国统计专门人才的摇篮，中国人民大学统计学系自 1952 年创建以来，走过了风风雨雨，一直坚持着理论与应用相结合的办学方向，培养能够理论联系实际、解决实际问题的高层次人才。随着新知识和网络时代的到来，我们在教学科研的实践中，深切地感受到，无论是自然科学领域、社会科学领域的研究，还是国家宏观管理和企业生产经营管理，甚至人们的日常生活，信息需求量日益增多，信息处理技术更加复杂，作为信息技术支柱的统计方法，越来越广泛地应用于各个领域。

面对新的形势，我们一直在思索，课程设置、教材选择、教学方式等怎样才能使学生适应社会经济发展的客观需要。在反复酝酿、不断尝试的基础上，我们决定与统计学界的同仁，共同编写、出版一套面向 21 世纪的统计学系列教材。

这套系列教材聘请了中国科学院院士、中国科技大学陈希孺教授，上海财经大学数量经济研究院张尧庭教授，中国科学院数学与系统科学研究所冯士雍研究员等作为编委。他们长期任中国人民大学的兼职教授，一直关心、支持着统计学系的学科建设和应用统计的发展。中国人民大学应用统计科学研究中心 2000 年已成为国家级研究基地，这些专家是首批专职或兼职研究人员。这一开放性研究

基地的运作，将有利于提升我国应用统计科学研究的水平，也必将进一步促进高等统计教育的发展。

这套教材是我们奉献给新世纪的，希望它能促进应用统计教育水平的提高。这套教材力求体现以下特点：

第一，在教材选择上，主要面向经济类统计学专业。选材既包括统计教材也包括风险管理与精算方面的教材。尽管名为统计学系列教材，但并不求大、求全，而是力求精选。对于目前已有的内容较为成熟、适合教学需要、公认的较好的教材，并未列入本次出版计划。

第二，每部教材的内容和写作，注意广泛吸收国内外优秀教材的成果。教材力求简明易懂、内容系统和实用，注重对统计方法思想的阐述，并结合大量实际数据和实例说明统计方法的特点及应用条件。

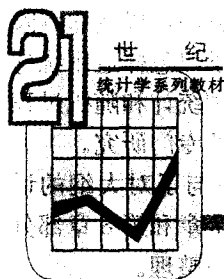
第三，强调与计算机的结合。为着力提高学生运用统计方法分析解决问题的能力，教材所涉及的统计计算，要求运用目前已有的统计软件。根据教材内容，选择使用 SAS, SPSS, TSP, STATISTICA, EViews, MINITAB, Excel 等。

感谢中国人民大学出版社的同志们，他们怀着发展我国应用统计科学的热情和提高统计教育水平的愿望，经过反复论证，使这套教材得以出版。感谢参与教材编写的同行专家、统计学系的教师。愿大家的辛勤劳动能够结出丰硕的果实。我们期待着与统计学界的同仁，共同创造应用统计辉煌的明天。

易丹辉

2000年8月

于中国人民大学



前 言

保险精算学是使用数学和统计学技巧对未来可能发生的不确定性进行估计，并用这些估计来分析和解决保险经营中的基本问题的一门学科。精算学起源于寿险的保费计算，它的发展与寿险有着深厚的渊源关系。随着科学技术的发展，精算技术已经逐渐在非寿险的各个领域得到广泛应用。20世纪40年代后，适合非寿险的风险理论开始建立，使非寿险的精算技术和理论突飞猛进地发展，到20世纪70年代，已经有了长足的进步，并发展成为一门独立的分支科学，我们称之为非寿险精算学。

非寿险精算学的发展远远迟于传统的精算学，这多半是因为非寿险问题的数量分析和模型更为困难。例如，非寿险的保单持有人可能蒙受数种损失，非寿险的赔付额是一个随机变量；在非寿险领域中的统计问题和参数估计是复杂的；非寿险是纯粹的风险保险，受各种不同的随机因素的影响，它的投资收益难以与寿险相比。这样使非寿险精算学既属于精算学的范畴，但又不同于传统的精算学。

非寿险精算学虽然是新发展起来的学科，但它已在保险业的发展中发挥着日益重要的作用。我国在这方面的起步较晚，而我国保险业的发展亟须加强非寿险精算学的应用和研究。我国目前关于非寿险精算方面的书籍还很少。本书的目的是提供一本较全面地介绍非寿险精算学的基础教材。作为基础教材，本书将介绍

非寿险精算学所需要的基本概率统计、风险理论的基本原理和方法，以及非寿险精算实务的基本内容。本书既适合具有中等统计学知识的读者学习怎样运用统计学知识处理和研究保险业务中的问题，还为已经掌握了较多数理统计和随机过程知识的读者提供了较深的内容，以便更好地从事非寿险精算学的专门研究。

在本书的写作的过程中，易丹辉老师、肖争艳和高洪忠参与了对大纲的讨论，高洪忠参与本书第6章初稿的撰写，黄立虎参与了本书第7章和第8章部分初稿的撰写，肖争艳撰写了本书其余部分。全书由肖争艳统稿与整理。

本书得以完成，首先感谢易丹辉、王晓军、孟生旺、王燕等许多同仁的鼓励、支持和帮助。然后感谢中国人民大学统计学院，使编者有机会在教学实践中完成本书的写作和修改。最后还要感谢中国人民大学出版社为本书的出版和编辑陈永凤为本书的校对所付出的辛勤劳动。此外本书得到国家自然科学基金（项目批准号：70403020）的资助，在此致以诚挚的谢意。

由于编者水平所限，书中的缺点错误在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2006年3月

出教材学术精品 育人文社科英才
中国人民大学出版社读者信息反馈表

尊敬的读者：

感谢您购买和使用中国人民大学出版社的图书，我们希望通过这张小小的反馈卡来获得您更多的建议和意见，以改进我们的工作，加强我们双方的沟通和联系。我们期待着能为更多的读者提供更多的好书。

请您填写下表后，寄回或传真回复我们，对您的支持我们不胜感激！

1. 您是从何种途径得知本书的：

书店 网上 报刊杂志 朋友推荐

2. 您为什么决定购买本书：

工作需要 学习参考 对本书主题感兴趣

随便翻翻

3. 您对本书内容的评价是：

很好 好 一般 差 很差

4. 您在阅读本书的过程中有没有发现明显的专业及编校错误，如果有，它们是：_____

5. 您对哪些专业的图书信息比较感兴趣：_____

6. 如果方便，请提供您的个人信息，以便于我们和您联系（您的个人资料我们将严格保密）：

您供职的单位：_____

您教授的课程（教师填写）：_____

您的通信地址：_____

您的电子邮箱：_____

请联系我们：

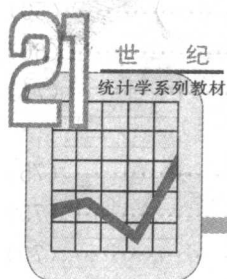
电话：82501868 转 551 或 541 62514162

传真：62514775

E-mail: rdcbsjg@crup.com.cn

通讯地址：北京市海淀区中关村大街 31 号 100080

中国人民大学出版社工商管理出版事业部

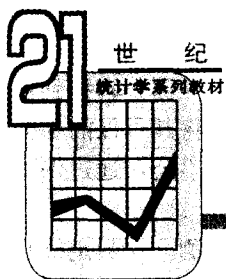


目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 什么是保险	(1)
1.2 什么是非寿险	(2)
1.3 非寿险精算学	(4)
1.4 非寿险精算师	(5)
1.5 本书的内容和基本结构	(8)
第2章 理赔额与理赔次数模型	(10)
2.1 引言.....	(10)
2.2 理赔额的分布.....	(11)
2.3 理赔次数分布.....	(21)
2.4 模型选择和拟合.....	(29)
练习题	(36)
第3章 总理赔额模型	(39)
3.1 引言.....	(39)
3.2 个体风险模型.....	(40)

3.3	集体风险模型	(50)
3.4	总理赔额分布的数值计算方法	(66)
	练习题	(71)
第4章	费率厘定	(75)
4.1	引言	(75)
4.2	保费的构成	(79)
4.3	整体费率厘定	(91)
4.4	级别费率厘定	(100)
	练习题	(118)
第5章	经验费率厘定	(122)
5.1	引言	(122)
5.2	有限波动信度	(123)
5.3	贝叶斯方法在经验费率厘定中的应用	(131)
5.4	一致最精确信度	(140)
5.5	NCD 系统	(152)
	练习题	(159)
第6章	损失准备金的计提	(162)
6.1	引言	(162)
6.2	与损失准备金有关的定义	(165)
6.3	已发生已报告未决赔款准备金计提方法	(167)
6.4	已发生未报告未决赔款准备金计提方法	(170)
6.5	理赔费用准备金的计提	(193)
	练习题	(199)
第7章	再保险	(202)
7.1	引言	(202)
7.2	再保险的分类	(204)
7.3	自留额的确定	(212)
7.4	最优的再保险形式	(219)
7.5	再保险定价	(224)

练习题	(232)
第 8 章 随机模拟方法在非寿险中的应用	(234)
8.1 均匀分布随机数的产生	(235)
8.2 伪随机数的检验	(236)
8.3 常用概率分布的抽样方法	(239)
8.4 模拟实例	(251)
练习题	(254)
参考文献	(256)



第 1 章

绪 论

1.1 什么是保险

人类诞生以来，自然界和社会上偶然发生的自然灾害和意外事故经常威胁着人类的生活，人们一直生活在充满风险的自然环境和社会环境中。例如，在阴天的早晨，人们会面临下雨的风险；房屋的主人面临着房屋失火引起的潜在经济损失的不确定性；汽车驾驶员面临车祸带来的经济损失的不确定性以及对第三者的

人身和财产损害的不确定性。

为了消除和减少风险，人们采用了各种各样的方法，如回避风险、控制风险的发生、承受风险和转移风险等等。最早的合作社和互助会就是一个转移风险的例子。例如，在某个地区的农场主可能会达成协议，如果某个农场主的谷仓遭到火灾，社区的互助会将帮助重建；如果某个家庭的主要收入者死亡，社区将轮流周济该家庭的遗属。在这种情况下，每个人的经济风险由社区所有成员共同分担。

现代社会的保险系统就是在这种互助合作的基础上建立和发展起来的。众多面临某种风险的人自愿共同筹建保险基金，以保险费的形式向保险人缴纳，当保

险事故发生时，由保险人负责付一定的金额给出险的被保险人或指定收益人。因此，通过购买保险，被保险人将风险转移给了保险人。如果保险人承担的风险超出了它的能力，保险人也可以通过购买再保险将其承保的风险的一部分转移到再保险人。当风险十分巨大，例如航运保险，一些再保险人可能又将其承保的部分保险转移到其他再保险公司，从而最终使得最初的风险由许多保险公司通过保险和再保险形成的保险系统予以承担。

保险公司通过保险的基础——大数定律，对损失进行事先预测。大数定律是指随机现象在每次独立观察中出现的偶然性将在大量观察中呈现必然的规律性。具体地说，假设保险公司向 n 个人卖出了 n 张保单，假定保单持有人发生损失的事件是相互独立的，而且具有相同的风险水平。记保单持有人的期望损失为 μ_{ph} ，方差为 σ_{ph}^2 ，如果保险公司选择了 n 个同样独立的保单持有人，则平均每张保单损失的期望为 μ_{ph} ，方差为 σ_{ph}^2/n 。当 $n \rightarrow \infty$ 时，方差将趋于 0。因此，如果被保险人的风险是相互独立的，那么样本量越大，平均索赔额的方差越小，风险也越小。大数定律说明，虽然对个人而言，损失事件的发生是随机的、不可测的，但是对社会总体而言，却是必然的、确定的。通过保险机制，个体可以将其风险转移给被保险人，而保险人承担的总风险是可以进行管理的。

1.2 什么是非寿险

普通保险可保的风险通常可以分为三类：财产损失风险、责任损失风险、人身损失与人员损失风险。财产损失风险导致的损失包括由于交通事故、盗窃、火灾或自然灾害所造成的汽车、房屋及其附属物等物品的损失，还包括财产损失导致的间接损失，如酒店失火导致的酒店收入减少的损失。责任损失是指个人或企业造成他人人身伤害或财产损失时，所应承担的经济赔偿责任。例如，酒店失火带来的责任损失，包括给客人、雇员以及其他在火灾中遭受损伤的人们的医疗费、康复费与精神损失费，对客人财产损失的赔偿和对遗属的给付等。有些责任索赔可能会导致法律诉讼，即使有时诉讼成功，被告仍可能要为自己辩护而需要支付一笔费用。人身损失风险是由于死亡、伤残或失业而给个人或家庭带来的一切损失风险，包括财产与责任风险。例如，某家庭中主要收入者死亡、伤残或失业，那么家庭收入将锐减。人员损失风险是由于企业的关键雇员的死亡、伤残、退休或辞职而给企业带来的经济损失的可能性。例如，企业的主管经理、产品开发人员存在上述情况，由于得不到替代，企业很可能发生经济损失。

与此相联系，保险也分为三种类型，即财产保险、责任保险和人身保险。本书所指的非寿险就是指除人身保险之外的财产保险和责任保险。财产保险承保的是个人或企业财产的意外损失。财产保险主要有以下几类：

- (1) 火灾保险及附加保险；
- (2) 营业收入保险；
- (3) 犯罪保险；
- (4) 机动车辆保险；
- (5) 远洋与内陆运输保险。

具体来说，火灾保险及附加保险通常对存放或坐落于固定地点区域内的建筑物或个人财产的损失进行赔付。附加保险是承保由附加在火灾保险之后的原因（如暴风、冰雹、烟熏、爆炸或恶意破坏）引起的损失。常见的火灾及附加保险有住宅保险、商业财产保险。营业收入保险承保的是企业在受灾（如火灾）后的净收入损失或额外的费用支出。例如，某商场遭受了火灾，在建筑和设备修复之前，商场不得不停止营业，从而会发生净收入损失和开支必要的费用，营业收入保险将承保这部分净收入和额外费用。犯罪保险承保的是被保险人由于遭受入室行窃、抢劫、偷窃及雇员不诚实的行为而导致的财产损失。机动车辆保险承保的是被保险人的自有机动车辆遭受的损失或损害，有时也承保被保险人租用或借用车辆的损失。机动车辆险常常和汽车责任险列在同一张保险单上。远洋运输保险承保船只及其货物的火灾损失、闪电损失、海上危险损失。内陆运输保险承保各种财产，如可移动的财产、国内运输中的货物及运输中使用的财产。

责任保险承保的是非故意过失人所造成的他人人身伤害或财产损失。责任保险有时也称为“第三者保险”，因为责任损失涉及三方：被保险人、保险公司和第三方。第三方是指由于被保险人而导致财产损害或人身伤害的受害方。如果被保险人要对第三方的伤害负法律责任，保险公司将对第三方进行赔偿。责任保险主要有以下几类：

- (1) 汽车责任保险；
- (2) 商业普通责任保险；
- (3) 个人责任保险；
- (4) 职业责任保险。

具体来说，汽车责任保险是被保险人对由车祸引起的他人的身体伤害或财产损失而负法律责任的保险。商业普通责任保险承保企业营业场所、经营过程、产品或已完成工作中的责任损失风险。例如，因路滑而在酒店中摔倒的消费者的医疗费用，因工人的不正确安装而导致热水器漏电，致使被保险受到人身伤害损

失。个人责任保险为个人和家庭提供责任保障，承保对他人造成人身伤害或财产损害而应负的法律責任。被保險人的責任在大多數情況下是由被保險人的疏忽引起的。例如，被保險人在打高爾夫球時，擊中行人的頭部。職業責任保險承保各種專業人員因工作上的疏忽或過失而造成他人人身傷害或財產傷害，依法應承擔的經濟賠償責任。醫療事故責任險是最常見的職業責任保險。

1.3 非寿险精算学

虽然由于大数定律的存在，保险公司的平均风险达到了最小，但在保险运营中，仍然存在各种不确定性。保险经营的基本问题是收取保费和赔付损失，这些问题都面临极大的不确定性。例如，费率厘定中，保费的制定需要对未来的赔付、运营成本、投资收益等主要因素进行估计和预测，而这些因素都受到通货膨胀、利率变化、法律纠纷等经济、社会、法律方面的影响，具有极大的不确定性。

保险精算学就是使用数学和统计学技巧对未来可能发生的不确定性进行估计，这些估计用来分析和解决保险经营中的基本问题：如何确定合理的保费？如何对保险人进行风险分级？如何提留充足的准备金？如何确定自留风险和安排再保险？如何对保险资金进行投资？

保险精算学最早起源于寿险业务的保费计算，即寿险精算学。英国数学家、天文学家哈雷（Edmund Halley）在1693年利用德国某城市的死亡记录，统计出按不同年龄和性别分类的死亡率和生存率，编制出历史上第一部完整生命表。后来，英国数学家道德森（James Dodson）于1755年在前人成果的基础上，提出了编制更为精确的生命表的计算思想，他揭示了保险费和投保人的年龄和预期寿命的关系，并且首先创立了“均衡保费法”理论，进而意识到寿险要设立准备金。这些想法都被1762年创立的伦敦公平人寿保险公司所采纳。道德森的新观点和新思想可以认为是寿险精算学的雏形。经过200多年的发展，寿险精算学已经相当成熟和完备。

进入20世纪后，精算学在非寿险领域的应用日益增多，逐渐出现了专门研究非寿险的精算学，即非寿险精算学。到了20世纪70年代非寿险精算学已发展成为一个独立的分支学科，但是非寿险精算学在计算技术上的成熟性和科学理论上的完备性仍落后于寿险精算学，这是因为非寿险精算涉及的随机因素更多，计算误差更大，定量分析更困难。相比较而言，非寿险精算具有如下特点：

1. 非寿险业务极不稳定, 导致非寿险精算中存在很大的随机性。在大多数财产与意外险中, 不仅存在索赔个数的频率问题, 还需要了解索赔金额的大小, 因为索赔金额也是不确定的。即使我们知道一件赔案发生了, 赔付支出的大小还是不确定的。例如, 一次大火可能只烧毁一个建筑物, 也可能造成相邻的许多居民房遭受火灾。另外, 非寿险多属短期业务, 通常在1年或1年之内。合同的数量少, 例如卫星保险, 合同的数量仅为个位数。这个特点和大数定律的条件相差甚远, 这种情况使得非寿险业务极不稳定, 从而对其进行精算研究也比较困难。

2. 保费计算和准备金估计偏差较大。非寿险的保险费是以过去长时期的保险损失统计资料为依据的。构成非寿险保险损失的因素复杂、多变, 并且未来的风险损失因素未必是能用过去的损失资料来揭示的, 所以实际和预期的赔付差异的波动性大。非寿险的费率往往根据当年的损失率修正来年的费率, 是经常需要变动的。未决赔款准备金的估计在很大程度上依赖于精算师的主观判断。许多因素都可能导致准备金估计过高或过低, 与实际结果出现偏差, 因此, 在准备金计提的报告中, 非寿险精算师通常需要使用两种以上的准备金计提方法来估计准备金, 并说明精算方法和模型所采用的重要假设及原因。

3. 巨灾损失相对较多。寿险通常不可能出现大量被保险人同时发生保险给付的情况。战争和地震可能是它的例外, 这些事故会引起被保险人的大量死亡, 但在保险条款中这些灾害事故通常列为除外责任。在非寿险领域, 许多被保险人同时发生保险事故的现象比较多, 如汽车追尾事件, 几十辆汽车发生车损, 并且引起人身伤亡和责任损失, 并不鲜见。巨灾损失相对较多。为了防止巨灾风险的发生, 导致保险人破产, 往往采用再保险的方式分散风险。

1.4 非寿险精算师

精算师是通过权威机构认可的准精算师、精算师资格考试, 获得相应专业资格的从事精算学研究与应用的专业人才。精算师的职责主要有三个方面: (1) 按规定真实和准确地向保险监管部门提供精算报告, 包括经营状况、财务状况、准备金的提取、费率的厘定、产品开发和和其他相关事项; (2) 保证客户的利益, 使保险费率和保险责任公平合理; (3) 负责保险公司内控系统中的几个核心问题, 即合理地厘定费率, 适当地计提准备金, 正确地确定自留风险和安排再保险。精算师的任务是保证公司资产和负债的平衡, 即保持公司良好的偿付能力, 对政府、公司和客户负责。