

INSURANCE

 世纪保险系列教材

总主编/张洪涛

非寿险精算

Non-Life Actuarial Mathematics

主编/王静龙 汤 鸣 韩天雄

 中国人民大学出版社

21 世纪保险系列教材

总主编 张洪涛

非寿险精算

主编 王静龙 汤 鸣 韩天雄

中国人民大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

非寿险精算/王静龙等主编.
北京:中国人民大学出版社,2004
(21世纪保险系列教材)

ISBN 7-300-05441-2/F·1705

- I. 非…
- II. 王…
- 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(2004)第 027675 号

21 世纪保险系列教材

总主编 张洪涛

非寿险精算

主编 王静龙 汤 鸣 韩天雄

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)

网 址 <http://www.crup.com.cn>
<http://www.ttrnet.com>(人大教研网)

经 销 新华书店

印 刷 北京东君印刷有限公司

开 本 787×965 毫米 1/16 **版 次** 2004 年 6 月第 1 版

印 张 17.5 **印 次** 2004 年 6 月第 1 次印刷

字 数 313 000 **定 价** 20.00 元

版权所有 侵权必究 印装差错 负责调换

21 世纪保险系列教材

编审委员会

(按姓氏笔划排列)

学术指导

- 马明哲 中国平安保险股份有限公司董事长
- 王国良 中国太平洋保险(集团)股份有限公司董事长
- 王宪章 中国保险行业协会会长, 中国人寿保险集团公司总经理, 中国人寿保险股份有限公司董事长、总经理, 高级经济师
- 王梓木 华泰财产保险股份有限公司董事长兼 CEO, 中国人民大学客座教授
- 邓鸿勋 国务院发展研究中心原副主任(正部级, 研究员)
- 丛树海 上海财经大学副校长, 教授, 博士生导师
- 冯晓增 中国保险监督管理委员会副主席
- 安体富 中国人民大学财政金融学院教授, 博士生导师
- 乔林 中国人民保险公司副总经理, 中国保险学会副会长, 中国人民大学客座教授
- 刘锡良 西南财经大学校长助理, 教授, 博士生导师
- 吴小平 中国保险监督管理委员会副主席, 中国人民大学客座教授
- 陈东升 泰康人寿保险股份有限公司董事长兼 CEO
- 陈共 中国人民大学财政金融学院教授, 博士生导师
- 李克穆 中国保险监督管理委员会副主席, 研究员
- 何界生 中国保险学会会长, 中国金融学会副会长
- 周升业 中国人民大学财政金融学院教授, 博士生导师
- 林用三 中国劳动社会保障部副部长
- 彼得·米勒 美国注册非寿险协会(IIA/AICPCU)会长
- 唐运祥 中国人保控股公司总经理, 中国人民财产保险股份有限公司董事长, 高级经济师
- 黄达 中国人民大学前校长, 中国金融学会名誉会长, 教授, 博士生导师
- 潘履孚 中国保险学会副会长, 高级经济师, 中国人民大学客座教授

总主编

张洪涛 中国人民大学保险学系主任，国发资本市场研究中心主任，研究员，教授，博士生导师

副总主编

李东昇 中国保险行业协会高级会计师，财政部保险会计准则专家咨询小组成员

孟昭亿 中国保险监督管理委员会国际部主任

编委

丁小燕 中国保险监督管理委员会北京办事处副主任

孔涇源 国家体改委、国务院体改办宏观体制司司长

邓昭雨 中国人保控股公司副总经理，中国人民财产保险股份有限公司监事会主事

王绪瑾 北京工商大学保险系主任、保险研究中心主任，教授

王静龙 华东师范大学统计系教授，博士生导师

艾逊磷 西南财经大学保险学院院长，教授，博士生导师

刘东红 中国保险行业协会精算工作委员会常务秘书

庄作瑾 中国人寿保险公司总经理助理，高级会计师

汤 鸣 华泰财产保险股份有限公司，高级精算顾问

许崇正 安徽大学经济学院院长兼金融系主任，教授，博士生导师，教育部经济学科教学指导委员会委员

刘曼红 中国人民大学财政金融学院教授，博士生导师，中国人民大学风险投资发展研究中心主任

任淮秀 中国人民大学财政金融学院投资经济系主任，教授

许谨良 上海财经大学保险系主任，教授，博士生导师

邹安玉 中国人民保险公司人力资源部教育培训处副处长，高级经济师

李秀芳 南开大学风险管理与保险学系副主任，副教授，中国精算师

张 杰 中国人民大学教授，博士生导师

陈雨露 中国人民大学财政金融学院院长，中国财政金融政策研究中心主任，教授，博士生导师

陈 栋 国发资本市场研究中心咨询研究员
 张美玲 国发资本市场研究中心咨询研究员
 李 健 中国保险监督管理委员会办公厅
 宋逢明 清华大学经管学院国际贸易与金融系主任，教授，博士生导师
 李继熊 中央财经大学保险学系名誉主任，教授
 谷晓燕 中国保险行业协会寿险办公室主任
 郑飞虎 国发资本市场研究中心咨询研究员
 郑功成 中国人民大学劳动人事学院教授，博士生导师，中国社会保险学会副会长
 房永斌 中国保险监督管理委员会办公厅
 侯文若 中国人民大学劳动人事学院教授，博士生导师
 俞自由 上海财经大学金融保险研究所所长，香港岭南大学保险专业主任，教授，博士生导师
 姜吉庆 中国保险学会秘书处处长
 徐文虎 上海复旦大学保险系主任，保险研究所所长，教授
 郭左践 中国保险监督管理委员会财产保险监管部副主任
 郭庆旺 中国人民大学财政金融学院副院长，教授，博士生导师
 钱 晟 中国人民大学财政金融学院副院长，教授，博士生导师
 徐 徐 国发资本市场研究中心咨询研究员
 庾国柱 首都经贸大学金融保险系副主任，博士生导师
 黄跃灵 中国保险行业协会产险办公室主任
 傅安平 北京保监办副主任，高级经济师，中国精算师
 彭国利 中国人民保险公司办公室
 韩 笑 国发资本市场研究中心咨询研究员
 潘英丽 华东师范大学金融系主任，教授，博士生导师

总 序

编委会主任 吴宝吴

吴宝吴

改革开放以来，中国保险业走上了高速发展的快车道，无论是保险市场规模还是保险市场主体，都获得了前所未有的发展，保险监管体系与法律体系初步建立并趋于完善。随着社会主义市场经济的深入，特别是加入世界贸易组织后，我国经济对外开放的进一步扩大以及经济全球化进程的加快，中国保险业发展前景更为广阔、挑战更为严峻。如何在总结和借鉴国内外保险业发展经验和教训的基础上，对中国保险业的发展、保险业风险防范机制的建立和完善、保险业对外开放、加强和改进保险监管、充分发挥行业组织自律作用和加快培养保险人才等方面的问题进行深入研究和探讨，为中国保险业的发展提供正确的理论指导，就成为保险监管部门、保险理论界与实务界的重要课题。

为了适应这种形势，中国人民大学保险学系主任、博士生导师张洪涛教授主持并组织了一批保险理论界和实务界的中青年学者进行了深入研究，并在老一辈金融经济学家和保险业界资深人士的群策群力下，编著了《21世纪保险系列教材》。该系列教材以《保险学》为核心，包括《财产保险》、《人身保险》、《社会保险》、《寿险精算》、《非寿险精算》、

《农业保险》、《保险财务会计》、《保险核保理赔》、《保险法规监管》、《保险公司管理》、《保险营销管理》、《保险资金管理》、《保险信息管理》、《社会保险案例分析》、《财产保险案例分析》、《人身保险案例分析》、《责任保险案例分析》等 18 本教材，从而形成了较为完整的保险学体系。

一般而言，只有成熟的经济形态，才有成熟的经济理论。在社会主义市场经济体制初步建立、保险业飞速发展并需要逐步总结完善的时候，编写一套保险系列理论丛书，是一项探索性的工作。这种探索是对保险业感性认识去粗取精、去伪存真、由此及彼、由表及里的加工整理过程，这个过程可以加深人们对保险业改革与实践的认识，加强人们对保险业运行规律的把握，但它不可能穷尽人们对保险工作的认识。该系列教材紧密结合国内外经济金融理论研究的最新成果与中国保险业改革与发展的实际情况，全面阐述了保险基本理论和基础知识。因此，我愿意把它介绍给所有热爱和关心保险业的同志们，请大家在学习、工作和交流中进一步研究探讨，使这套教材能够不断丰富完善。我相信《21 世纪保险系列教材》的推出，能够为保险专业的学科建设与教学改革、为中国保险业人才的培养起到应有的作用，为中国保险业的发展尽到一份力量。

中国保险监督管理委员会主席

吴定富

2002 年 11 月

前 言

随着中国社会主义市场经济体制的逐步完善，人们对商业保险、尤其是对非寿险的需求日益增加，从而使非寿险精算越来越重要。新的《中华人民共和国保险法》第 121 条规定：“保险公司必须聘用经保险监督管理机构认可的精算专业人员，建立精算制度。”第 92 条规定：“同一保险人不得同时兼营财产保险业务和人身保险业务。”这些条款确立了中国非寿险精算师的法律地位。

财产保险的发展进程就是适应社会经济的发展并满足其对危险保障需求的过程，经济发展导致人们对非寿险保险的需求增加。自改革开放以来，中国经济持续发展与成长，这使得企业的资产与家庭的财产亦不断地增加，因此他们对财产保险的需求亦大大增加。除此之外，在经济的持续发展下，企业与个人所面对的责任危险也与日俱增，这使得他们对责任保险的需求亦随之增加。保险先决定收入后产生成本的特性，使得保险费率的决定需要特别的专业知识与技术。费率过高会对市场竞争力产生不利影响，过低则会对清偿能力造成伤害。而在非寿险中，除了汽车保险与住宅火灾保险外，往往都因为危险单位较少，无法利用大数定律来降低不确定的特性。这使得在非寿险的发展中，精算将扮演重要

的角色。

《非寿险精算》以财产保险为基础，尽可能地吸收了国内外最新的研究成果，体系完整，结构严谨，内容翔实，是集财险精算基础理论、基本技能和实务为一体的专业教材。全书共计9章，每章均附有总结、关键词及思考题等，并附有相关参考数据。其中第1章为绪论，分别介绍保险精算学、精算师、寿险与非寿险的差异以及非寿险精算师的职责；第2章及第3章为非寿险精算的基本概率与统计的基础知识；第4章至第8章分别针对非寿险精算师主要职责的相关精算技术依序加以进一步的说明；第4章谈费率厘定；第5章谈与费率调整相关的信度理论；第6章谈准备金的评估与提存；第7章谈再保险；第8章谈投资；最后，第9章是谈如何评估保险公司所承受风险的风险理论。

本书由王静龙、汤鸣和韩天雄三位同志共同主编，编写大纲、内容要求及执笔分工由我们三人共同讨论。汤鸣关于精算实务的精辟见解对本书各个章节的编写都有帮助，特别是他关于非寿险公司为什么需要精算师、精算在非寿险公司的作用和提供的服务、精算师应具备的能力以及非寿险公司精算数据库建设的论述，使本书大为增色。最后，王静龙、汤鸣、韩天雄对全书做了统一审阅修改并定稿。

本书的具体分工如下：

韩天雄：第1、7、8章

夏荣良：第2、3、6章

吴贤毅：第4章

王静龙：第5章

汪荣明：第9章

如果读者已经对概率统计有所了解，在学习时就可以略去第2章与第3章两章。第1章是绪论，第4章、第5章、第6章、第7章是非寿险精算的经典内容。如果时间允许，建议读者学习第8章。如果读者概率统计基础较好，建议学习第9章，它的内容比较前沿。精算学具有高度的系统性、科学性和实用性，并且精算学涉及统计学、数学、保险学、金融学、会计学等诸多学科。愿本书能够让读者体会到精算学的博大精深、交叉和实务性。如果因我们水平有限，使得读者少有这方面的体会，恳请大家谅解，不吝赐教。

在中国，精算教育备受关注只是近一二十年的事。“路漫漫其修远兮，吾将上下而求索”，我们希望不久之后就能够根据读者的意见进行修订，再版此书。

衷心感谢张洪涛教授自始至终对本书编写的关心和指导。她审定了本书的编写大纲。我们曾与张教授有过几次谈话，她的独到见解使我们受益匪浅。

本书在写作过程中，得到了中国人民大学保险系、国发资本市场研究中心和

中国人民大学出版社的大力支持，在此深表感谢。

编者

2004年1月

作者联系方式：

王静龙

电话：(021) 62232636

电子信箱：jlwang@stat.ecnu.edu.cn

目 录

第 1 章 绪 论	(1)
§ 1.1 寿险与非寿险	(1)
§ 1.2 保险精算学	(3)
§ 1.3 精算师	(4)
§ 1.4 非寿险精算师的职责	(6)
第 2 章 损失分布	(14)
§ 2.1 研究损失分布的数学工具	(15)
§ 2.2 损失的理论分布	(22)
§ 2.3 赔款总量的分布	(29)
第 3 章 统计推断	(36)
§ 3.1 损失分布的拟合	(36)
§ 3.2 贝叶斯统计方法	(46)
§ 3.3 随机模拟方法	(51)
第 4 章 费率厘定	(66)
§ 4.1 基本术语	(66)

§ 4.2	费率厘定过程	(74)
§ 4.3	最终损失的预测及其趋势分析	(80)
§ 4.4	费用分析	(88)
§ 4.5	利润与安全附加	(89)
§ 4.6	费率分类	(91)
第 5 章	信度理论	(99)
§ 5.1	有限扰动信度理论	(99)
§ 5.2	风险的异质性	(102)
§ 5.3	Buhlmann 方法	(112)
§ 5.4	Buhlmann-Straub 信度模型	(120)
§ 5.5	无赔款折扣优惠系统	(123)
第 6 章	准备金	(135)
§ 6.1	概述	(135)
§ 6.2	流量三角形	(138)
§ 6.3	链梯法	(140)
§ 6.4	分离法	(146)
§ 6.5	平均每案赔款支付额法	(153)
§ 6.6	准备金进展法	(163)
§ 6.7	IBNR 准备金的估计方法	(169)
第 7 章	再保险	(178)
§ 7.1	概述	(178)
§ 7.2	再保险分类	(181)
§ 7.3	再保险费率厘定	(187)
§ 7.4	自留额	(193)
第 8 章	投资	(199)
§ 8.1	引言	(199)
§ 8.2	投资工具	(200)
§ 8.3	投资策略	(214)
§ 8.4	财务报表分析	(222)
§ 8.5	考虑投资收入的费率定价模型	(225)
第 9 章	风险理论	(231)
§ 9.1	短期个别风险模型	(232)
§ 9.2	短期聚合风险模型	(240)
§ 9.3	长期聚合风险模型	(249)

绪 论

§ 1.1 寿险与非寿险

在日常生活中,人们频繁地使用着风险这个词。但是由于各人所面临的具体问题不同,各人对风险这个概念的理解和描述也各不相同。迄今为止,即使在学术界也没有形成关于风险的统一定义。我们称预期结果的不确定性为风险,损失的不确定性为危险,这里的结果必须用货币来衡量其价值。在一定条件下,在特定的期间内,某一事件的实际结果与预期结果的差异就是风险,实际结果是一个随机变量 X ,预期结果是它的数学期望 $E(X)$,所以风险 $(X - E(X))$ 也是一个随机变量。因此,以随机变量为研究对象的概率论和数理统计就成为研究风险的数理工具。从上述定义可知,风险具有客观性。通过寻找风险的概率分布、数学期望和标准差等多种手段,我们就能对其进行客观的度量。同时,我们也可以看到风险具有主观性。人类社会历史的一个辉煌篇章,就是人类与危险抗争的历史。危险无处不在、无时不在。人们在生活中

面临着各种各样的危险，其中包括飓风、地震、洪水、泥石流等自然危险；包括战争、恐怖活动、偷盗抢劫、暴力等社会危险；也包括汇率的变动、物价的波动、股票的涨跌等各种经济风险。从保险的角度看，人们面临着生、老、病、死、伤、残等人身危险；财产损毁和灭失等财产危险；由于疏忽或过失造成第三者人身伤亡或财产损失，依法应承担经济赔偿的责任危险；不履行合同的信用危险等，危险及其处理已经成为我们现代生活中不可或缺的内容。若没有人类的活动，就不会有预期的结果，也就不存在风险。比如，宇宙深处的核爆炸对我们来说不是风险。风险的主观性还体现在各人对风险的偏好不同，他们的预期结果也不尽相同。因此，描述决策者对风险态度的效用理论也成为我们研究风险的工具之一。

根据风险所产生的结果，我们将风险分为随机风险和纯粹风险。随机风险所产生的后果有三种：盈利、亏损和无盈亏。随机风险的产生途径很多，如炒股、商业投资、赌博、开发新技术等。纯粹风险所产生的后果有两种：损失、不损失。传统保险保障的风险只能是纯粹风险。除了这个条件以外，可保风险还需要满足下列要求：首先是损失的非一般性，风险损失太小无承保意义；其次是非巨灾性，风险损失不能超过保险人的承受能力；再次是随机性，对必然的或蓄意造成的损失不承担保险责任；最后是可统计性，风险损失的可能性和严重性可以测算，以便正确地厘定费率。

可保风险分为寿险和非寿险两大类。寿险是以人的生命为标的，以生和死作为保险事件。非寿险包括了除寿险以外的所有可保风险，如财产险、责任险、信用险以及人身险中的健康险和意外伤害险。寿险和非寿险业务之间，在保险标的、保险金额的确定、保险期限、保险合同的性质、风险的性质和保险费率的厘定等方面，都有着根本的区别。这些根本的区别也造成了寿险精算与非寿险精算的重大差异。如寿险精算所处理的危险，因危险单位多而使得损失频率较为稳定；因保险标的为人的生命，所以寿险采用定额给付的方式来解决人命无价、无法估计损失的问题。因此，寿险精算在处理损失频率与损失额度上都远较非寿险精算为单纯。相反地，非寿险精算所处理的危险，常因危险单位少而使得损失频率较不稳定；而且因保险标的在保险事故发生后可以估计，所以必须处理损失额度的估算。因此，非寿险精算在处理损失频率与损失额度上都远较寿险精算复杂。

§ 1.2 保险精算学

保险精算学是一门运用数学、统计学和保险学的理论和方法，对保险经营中的计算问题做定量分析，以保证保险经营的稳定性和安全性的学科。它解决的问题包括人口死亡率（生存率）的测定、生命表的编制、保险条款的设计、费率的厘定、准备金的计提、盈余的分配、险种创新、投资等。

保险精算学包括寿险精算学和非寿险精算学。

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。在寿险精算历史上特别值得一提的人物是哈雷和道德森。英国数学家、天文学家埃德蒙·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。这部生命表揭示了死亡率随年龄变化的规律，为其后寿险精算的诞生奠定了科学基础。

英国数学家詹姆斯·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生命表的计算思想，他揭示了保险费与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。经过两百多年的发展，寿险精算学已经相当的成熟和完备。

进入20世纪以后，非寿险领域的精算问题日益增多。在第二次世界大战以后，非寿险精算的理论日趋完善。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，究其原因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。我们通过寿险和非寿险的比较来说明这个问题。

首先，风险性质和经营稳定性不同。寿险的保险标的是人的生命，以生和死作为保险事件。人的生存率和死亡率以生命表为依据，生命表以大数定律为基础，并且寿险的保险金额比较均衡，所以风险的测定和保险经营相对稳定。但是在非寿险领域中，保险标的五花八门，非寿险以各种自然灾害和意外事故作为保险事故，事故发生的实际损失分解为其发生的损失频率（风险损失可能性）和损失额（风险损失严重性），但由于影响这两个变量的随机因素较多，因而很不容易预测。例如通货膨胀对损失额有影响，但不会影响损失频率。严禁酒后驾车的

法律，可减少车辆险的损失频率，但不会影响损失额。由于各个风险单位的保险金额相差悬殊，因而在保险经营上必须保持较多的现金，而且保险公司为了防止风险的过分集中，往往会采用再保险的方式予以分散风险。非寿险风险的测定和保险经营的不稳定，导致对其精算也比较困难。

其次，费率的厘定方法不同。寿险的保险费是以预定死亡（生存）率、预定利率和预定费用率为基础计算的。这三个预定率在一定时期里比较稳定，所以保费计算比较准确，预期的给付波动较小。非寿险的保险费是以过去长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十分复杂、多变，而且未来的风险损失因素未必能用过去的损失资料来揭示，所以实际和预期赔付差异的波动性较大。非寿险的费率往往是根据当年的损失率来修正来年的费率，非寿险的费率是经常需要变动的。

再次，巨额损失可能性不同。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，例如汽车追尾事件，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。

最后，保险期限和合同数量不同。寿险的保险期限较长，少则5年、10年，多则几十年甚至终身。寿险合同的数量较多，它比较符合大数定律的条件，所以保险费收入、保险给付比较稳定。而非寿险多属短期业务，通常在1年或1年之内。非寿险合同的数量较少，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，所以非寿险业务的财务稳定性比较差，精算研究困难很大。

综上所述，非寿险精算问题的数量分析比较困难，所以它运用的数学理论和方法比较多。这门学科正在发展之中，它与时俱进。可以预见，科学上的新发现、新成果都可能成为解决非寿险精算问题的武器。

§ 1.3 精算师

精算师是通过权威机构认可的精算师、准精算师资格考试，获得相应专业资格的、从事精算学研究与应用的专门人才。在发达国家中，精算师一直位居最佳职业之列。以美国职业评级历书为据，该书从1988年到2002年共出版过6卷，它对美国的250类职业进行了评定和排名，其中有两卷（1988年、1995年）精