

世纪保险精算系列教材

精算师考试用书

中国人民大学风险管理与精算中心主编

非寿险精算学

(第二版)

孟生旺 刘乐平 编著

 中国人民大学出版社

 世纪保险精算系列教材

精算师考试用书

中国人民大学风险管理与精算中心主编

非寿险精算学

(第二版)

孟生旺 刘乐平 编著

中国人民大学出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

非寿险精算学/孟生旺, 刘乐平编著. 2 版
北京: 中国人民大学出版社, 2010
21 世纪保险精算系列教材
精算师考试用书
ISBN 978-7-300-13086-6

- I. 非…
- II. ①孟…②刘乐平
- 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 (2010) 第 231334 号

21 世纪保险精算系列教材
精算师考试用书
中国人民大学风险管理与精算中心主编
非寿险精算学(第二版)
孟生旺 刘乐平 编著
Feishouxian Jingsuanxue

| | | | |
|------|--|---------------------|-------------------|
| 出版发行 | 中国人民大学出版社 | 邮政编码 | 100080 |
| 社 址 | 北京中关村大街 31 号 | | |
| 电 话 | 010-62511242 (总编室) | 010-62511398 (质管部) | |
| | 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 | 版 次 | 2007 年 8 月第 1 版 |
| 印 刷 | 北京七色印务有限公司 | | 2011 年 1 月第 2 版 |
| 规 格 | 170 mm×228 mm 16 开本 | 印 次 | 2011 年 1 月第 1 次印刷 |
| 印 张 | 23.25 插页 1 | 印 定 | 36.00 元 |
| 字 数 | 381 000 | | |

版权所有 侵权必究 印装差错 负责调换

总 序

自 1775 年英国公平人寿最早将运用数学工具为产品定价的专门人员命名为精算师以来，精算师职业在国际上已有 200 多年的发展历史。这一职业最早在人寿和养老金业务中发挥作用，之后逐步向非寿险、社会保障等领域扩展。20 世纪以后，精算师的职业进一步延伸到银行、投资、公司财务、金融工程等领域。精算师职业领域的扩展与精算职业组织的发展和精算教育水平的提高密切相关。1848 年后欧美一些国家陆续成立的精算师协会以及国际精算师协会，为提高全球精算教育标准做出了贡献。例如，国际精算师协会早在 1998 年就公布了初级精算教育标准，要求 2005 年后加入国际精算师协会的成员在精算教育标准上符合国际教育标准。2007 年，国际精算师协会再次公布了重新修订的初级精算教育标准及教育大纲。国际上著名的精算师职业组织，包括北美寿险精算师协会、北美非寿险精算师协会、英国精算师协会等，也从 2000 年后陆续对其精算教育标准和精算师考试体系进行改革，强调精算学与统计学、金融学、投资学、会计学、经济学等学科的融合，强调精算学科培养复合型风险管理人才的目标。

我国精算教育和精算师职业发展起步较晚，1992 年后才陆续引入北美寿险精算师考试、英国精算师考试、日本精算师考试、北美非寿险精算师考试等，2000 年后，中国精算师考试体系逐步建立起来。目前，中国精算师考试的考点已增加到 15 个。2006 年 12 月，民政部批准中国精算师协会正式筹备成立。中国精算师协会的成立，必将进一步推动中国精算教育和精算师职业的发展，也迫切要求对当前的精算教育体系和精算师考试体系进行必要的改革，以尽快向国际精算师协会发布的精算教育标准看齐。

中国人民大学统计学院是国内较早开展风险管理与精算教育的大学学院之一。1992 年就开始招收风险管理与精算专业方向的硕士研究生，1993 年开始招收该方向的本科生，1996 年招收了该专业方向的第一批博士研究生。2004 年，经教育部批准备案，统计学院设立了独立的风险管理与精算学硕士学位点和博士学位点，标志着在风险管理与精算人才培养上，形成了学士、硕士、博士多层次、专业化的人才培养教育体系。其专业课程设置完全与国际接轨，涵盖了北美、英国和中国精算师初级课程考试的基本内容，教学大纲紧跟国际精算师协会公布的精算教育指南，同时根据学科发展的国际趋势，每年重新修订课程和教学大纲。在研究方面，设立了中国人民大学风险管理与精算中心。多年来，在寿险风险管理与精算、非寿险特别是汽车保险风险管理与精算、养老金、社会保障等领域取得了很多有影响的成果，进一步促进了风险管理与精算教育的发展。为适应我国精算教育改革与发展的需要，并与国际精算师协会的精算教育标准接轨，中国人民大学风险管理与精算中心精心组织编写了一套精算学系列教材，分两个阶段完成。第一阶段涵盖精算师考试初级课程的全部专业课内容，包括《金融数学》、《风险理论》、《寿险精算学》、《非寿险精算学》、《精算中常用的统计模型》5 本教材和配套的学习辅导书，共 10 本。第二阶段涵盖精算师考试高级课程的全部内容，分寿险、非寿险、养老金、健康保险、社会保障、投资等不同系列。这套教材一方面可以满足各高校精算专业的教学需求，另一方面也可以作为参加各类精算师资格考试学员的学习参考资料，同时，也可以作为对精算学科有兴趣的同仁了解和学习精算的参考书。

这套教材的特点，一是在内容上涵盖了北美寿险、北美非寿险、英国、中国精算师考试最新的内容，同时紧跟国际精算师协会提出的精算教育标准，涵盖了国际精算教育大纲的基本内容；二是为了便于读者自学和教师讲授，我们为每本教材编写了学习辅导书，辅导本中包括学习要点、教材习题解答和一部分补充练习题及其解答等；三是在写法上，力求把精算学的数理理论与实务结合起来，注意精算学背后的实践意义，努力从实际意义上解释各种数学关系。

本套教材凝结了中国人民大学风险管理与精算中心全体教师的心血，特别是王晓军、孟生旺、黄向阳、王燕、肖争艳、肖雨谷等老师，他们为本套教材的编写付出了极大的艰辛，统计学院部分硕士研究生和本科生对辅导书中的习题解答和答案进行了验证，感谢他们为本套教材做出的贡献，同时也感谢中国人民大学出版社的编辑们为本套教材的出版付出的辛勤劳动。

袁卫

前 言

非寿险包含除人寿保险外的其他所有保险业务，如财产保险、责任保险、短期健康保险和意外伤害保险等。非寿险精算是应用统计学和数学等工具，研究非寿险的费率厘定和准备金评估等问题的一门交叉性学科。本书主要介绍非寿险费率厘定和准备金评估中的基本原理和常用方法。

北美非寿险精算师协会（Casualty Actuarial Society, CAS）将于 2011 年开始实施新的考试大纲。新大纲对费率厘定和准备金评估的内容进行了重新整合，其中课程 5（exam 5）包含了费率厘定和准备金评估的基础内容，课程 7（exam 7）包含了准备金评估的高级内容，课程 8（exam 8）包含了费率厘定的高级内容。为了适应 CAS 的这种改革，我们对《非寿险精算学》（孟生旺、刘乐平编著，中国人民大学出版社，2007）进行了较大幅度的修改，删除了精算模型和一些属于高级课程的内容，并强调非寿险精算基本方法的介绍和应用，包括数据的收集、整理、基本假设和特殊问题的处理等。

本书略去了相关精算模型的详细介绍和理论证明，因此，阅读本书的读者最好掌握了精算模型的基础知识。此外，作为一门应用性很强的课程，建议读者应用有关软件重复本书的某些计算过程，这有助于对非寿险精算基本原理和基本方法的理解和应用。本书的所有计算都可以应用 Excel 实现，尤其是在准备金评估方法的学习中，Excel 电子表格或许是最好的学习工具。在此有必要说明的一点是，本书的数值计算都是在获得所有最终结果后统一进行的四舍五入处理，因此，如果用—个中间计算结果来验证后面的结果，可能会出现—定偏差。

在本书编写过程中，我们主要参考了 CAS 课程 5 的两本指定教材，即 Werner 和 Modlin (2010) 编写的《定价基础》(Basic Ratemaking) 和 Friedland (2009) 编写的《估计未付赔款的基本方法》(Estimating Unpaid Claims Using Basic Techniques)，以及其他一些相关教学材料。与 CAS 课程 5 的考试大纲相对应，本书分为上下两篇：上篇是费率厘定，包括第 1~11 章；下篇是准备金评估，包括第 12~22 章。

本书凝结了许多人的劳动成果，其中上篇主要由孟生旺负责编写，参与资料整理工作的有宋丽、吴妮娜、刘寅嵩、李健、房文晶和秦强等；下篇主要由刘乐平负责编写，参与资料整理工作的有王莹、刘旭、吴洁、马雪娇、郝杨和刘骏豪等。本书获得了中国人民大学统计学院本科专业教材建设项目的资助，在此一并致谢。

我们虽然尽了最大努力编写此书，但不尽如人意之处在所难免，还望读者不吝赐教。联系方式：mengshw@sina.com。

孟生旺

目 录

上篇 费率厘定

| | |
|------------------------------|----|
| 第 1 章 费率厘定的基本概念 | 3 |
| 1.1 风险基础和风险单位 | 3 |
| 1.2 赔款和费用 | 6 |
| 1.3 保费及其构成 | 8 |
| 1.4 赔付率和其他比率 | 10 |
| 1.5 精算费率和市场价格 | 12 |
| 1.6 费率手册 | 14 |
| 第 2 章 数据汇总 | 16 |
| 2.1 数据的类型 | 16 |
| 2.2 数据的汇总方法 | 21 |
| 2.3 风险单位数与保费数据的汇总 | 23 |
| 2.4 赔款和费用数据的汇总 | 27 |
| 第 3 章 赔款数据的调整 | 31 |
| 3.1 异常损失和巨灾损失的处理 | 31 |
| 3.2 保障范围与补偿水平的调整 | 35 |
| 3.3 最终赔款的预测 | 39 |

| | | |
|-------------|----------------------------|------------|
| 3.4 | 赔款的趋势调整 | 41 |
| 第4章 | 保费数据的调整 | 45 |
| 4.1 | 保费的水平调整 | 45 |
| 4.2 | 保费的趋势调整 | 48 |
| 第5章 | 费用分摊和总平均费率的厘定 | 58 |
| 5.1 | 传统的费用分摊方法 | 58 |
| 5.2 | 对传统方法的改进 | 62 |
| 5.3 | 总平均费率的厘定 | 68 |
| 第6章 | 分类风险的费率厘定 | 72 |
| 6.1 | 风险分类 | 73 |
| 6.2 | 单项分析法 | 78 |
| 6.3 | 迭代法 | 88 |
| 第7章 | 个体风险的费率厘定 | 99 |
| 7.1 | 经验费率 | 99 |
| 7.2 | 表定费率和综合费率 | 136 |
| 7.3 | 奖惩系统 | 139 |
| 7.4 | 追溯费率 | 147 |
| 第8章 | 特定保单条款下的费率厘定 | 151 |
| 8.1 | 免赔额保单 | 151 |
| 8.2 | 限额保单 | 161 |
| 8.3 | 共同保险保单 | 181 |
| 第9章 | 资产份额模型的应用 | 198 |
| 9.1 | 资产份额模型的构成要素 | 198 |
| 9.2 | 资产份额模型的应用 | 202 |
| 第10章 | 费率厘定中的特殊议题 | 218 |
| 10.1 | 基准费率的调整 | 218 |
| 10.2 | 费率约束的处理 | 223 |
| 10.3 | 点数计价系统 | 225 |
| 第11章 | 索赔报案制保单的费率厘定 | 228 |
| 11.1 | 基本概念 | 228 |
| 11.2 | 索赔报案制保单的特点 | 231 |
| 11.3 | 索赔报案制保单的费率厘定 | 235 |

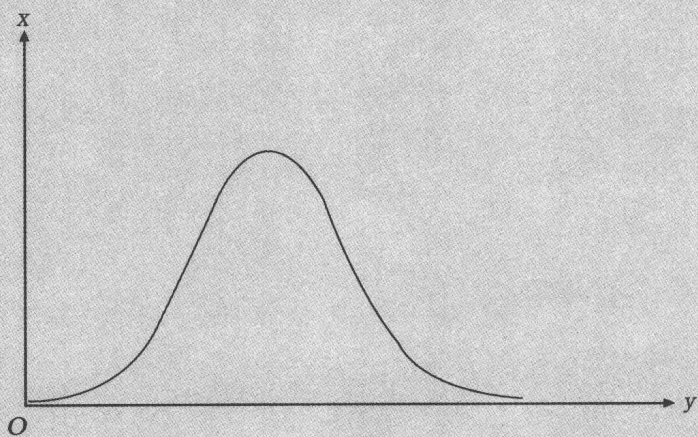
下篇 准备金评估

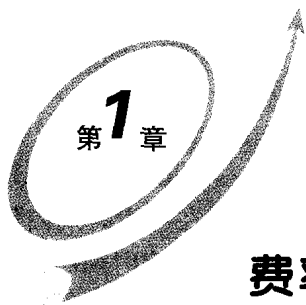
| | | |
|--------|--|-----|
| 第 12 章 | 非寿险准备金评估的基本概念 | 243 |
| 12.1 | 非寿险准备金概述 | 243 |
| 12.2 | 未到期责任准备金评估 | 247 |
| 第 13 章 | 理赔过程与流量三角形 | 251 |
| 13.1 | 理赔过程概述 | 251 |
| 13.2 | 流量三角形 | 255 |
| 第 14 章 | 链梯法 | 266 |
| 14.1 | 链梯法 | 267 |
| 14.2 | 考虑通货膨胀影响的链梯法 | 273 |
| 第 15 章 | 期望赔付法 | 279 |
| 15.1 | 期望赔付法的基本原理和关键假设 | 279 |
| 15.2 | 期望赔付法的计算实例 | 280 |
| 第 16 章 | Bornhuetter-Ferguson 法 | 285 |
| 16.1 | Bornhuetter-Ferguson 法的基本原理和关键假设 | 286 |
| 16.2 | Bornhuetter-Ferguson 法的计算实例 | 287 |
| 第 17 章 | Cape Cod 法 | 291 |
| 17.1 | Cape Cod 法的基本原理和关键假设 | 291 |
| 17.2 | Cape Cod 法的计算实例 | 293 |
| 第 18 章 | 案均赔款法 | 302 |
| 18.1 | 案均赔款法 | 303 |
| 18.2 | 考虑通货膨胀的已报案案均赔款法 | 313 |
| 第 19 章 | 准备金进展法 | 322 |
| 19.1 | 准备金进展法的基本原理和关键假设 | 322 |
| 19.2 | 准备金进展法的方法与步骤 | 323 |
| 第 20 章 | Berquist-Sherman 法 | 328 |
| 20.1 | Berquist-Sherman 法的基本原理和关键假设 | 328 |
| 20.2 | Berquist-Sherman 法的计算实例 | 330 |
| 第 21 章 | 理赔费用准备金评估 | 341 |
| 21.1 | 直接理赔费用准备金的评估 | 341 |
| 21.2 | 间接理赔费用准备金的评估 | 345 |

| | |
|-------------------------|-----|
| 第 22 章 准备金评估的特殊议题 | 348 |
| 22.1 尾部因子估计 | 348 |
| 22.2 特殊赔案处理 | 351 |
| 22.3 评估结果检验 | 357 |
| 参考文献 | 360 |

上篇

费率厘定





费率厘定的基本概念

在非寿险的费率厘定中，有一些十分重要的基本概念，如风险基础、赔款、费用、保费和赔付率等。它们构成了非寿险定价的基本元素。为了便于理解和应用非寿险定价的基本方法和基本原理，本章首先对这些基本概念进行解释。

1.1 风险基础和风险单位

当保单持有人将其潜在损失转移给保险人时，保险人需要收取保险费。保险费应该与保单持有人的潜在损失成比例。而度量潜在损失大小的一个基本工具就是风险基础（exposure base），它近似量化了风险的大小。因此，风险基础也就是保费基础（premium base），它的大小决定着保费的高低。

真实的风险是很复杂的，且处于不断变化之中。譬如，在汽车第三者责任保险中，如果汽车经常处于停驶状态，其第三者责任风险几乎为零，但如果行驶在人口稠密的繁华街道上，其第三者责任风险会明显上升。尽管如此，为了计算保费，我们必须选择一个近似度量风险大小的基础，即风险基础。选择风险基础是非寿险定价的一个基本环节。譬如，在汽车第三者责任保险中，保险人通常使用的风险基础是车年数，即根据车年数的大小收取保险费。如果一个车年的保费是1 000元，那么两个车年的保费就是2 000元。每一个车年称作一个风险单位（exposure unit）。可见，风险单位是度量风险基础的基本单位，因此在很多情况

下, 风险基础也称作风险单位数 (number of exposures)。

最常用的风险单位数统计量有承保风险单位数 (written exposures)、到期风险单位数 (earned exposures)、未到期风险单位数 (unearned exposures) 和有效风险单位数 (in-force exposures)。承保风险单位数是指在一定时期内保险人已经签订了保险合同的风险单位数。到期风险单位数是指在一定时期内保险人已经提供了相应的保险保障的风险单位数。未到期风险单位数是指在承保的风险单位数中, 截止到某个时点, 保险公司尚未提供保险保障的风险单位数。有效风险单位数是指在某一时点上保险人正在承担保险责任的风险单位数。需要注意的是, 承保风险单位数、到期风险单位数和未到期风险单位数都是时期指标, 而有效风险单位数则是一个时点指标。

为了更直观地说明这四个统计量, 表 1—1 给出了 4 份保险期限均为 12 个月的汽车保险单以及它们相应的各种风险单位数统计量。

表 1—1 风险单位数统计量的比较

| 生效日期 | 承保风险单位数 | | 到期风险单位数 | | 未到期风险单位数 | | 有效风险单位数 |
|-----------------|---------|--------|---------|--------|----------|--------|----------------|
| | 2002 年 | 2003 年 | 2002 年 | 2003 年 | 2002 年 | 2003 年 | 2003 年 1 月 1 日 |
| 2002 年 1 月 1 日 | 1.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0 | 0 | 0.00 |
| 2002 年 4 月 1 日 | 1.00 | 0.00 | 0.75 | 0.25 | 0.25 | 0 | 1.00 |
| 2002 年 7 月 1 日 | 1.00 | 0.00 | 0.50 | 0.50 | 0.5 | 0 | 1.00 |
| 2002 年 10 月 1 日 | 1.00 | 0.00 | 0.25 | 0.75 | 0.75 | 0 | 1.00 |
| 合计 | 4.00 | 0.00 | 2.50 | 1.50 | 1.5 | 0 | 3.00 |

从理论上讲, 一个好的风险基础应该满足下列三个条件:

- (1) 风险基础应该是对潜在损失的准确度量, 这样才能确保费率厘定结果的准确性。
- (2) 风险基础应该便于保险人实际使用和核实, 否则无法用于费率厘定。
- (3) 风险基础应该不易受到人为操纵。

风险基础并不是真实的风险, 只是真实风险的一种近似。真实风险通常是未知的, 因为它经常处于变化之中, 而且受许多因素的影响。譬如, 当汽车停在车库时, 汽车碰撞风险为零, 而当一个醉汉驾驶汽车时, 碰撞风险将会很高。可见, 汽车碰撞保险的风险基础 (车年数) 仅仅反映了风险的平均情况, 而不能反映实际风险的各种变化。

保费不仅与风险基础有关, 而且与费率因子有关。风险基础与期望损失 (纯保费) 是一致的、连续的乘法关系, 而费率因子与期望损失是离散的、非线性的

关系。譬如，在汽车保险中，车年数是风险基础，而车龄是费率因子，因此，10个车年的纯保费是1个车年的10倍；而5年车龄的纯保费可能仅仅是1年车龄的1.1倍。

在许多险种中，影响被保险人潜在损失的因素很多，但并非所有的影响因素都可以在费率厘定中得到应用，其中主要的原因是：

(1) 某些影响因素难以确定，过于主观，或波动很大。譬如，在汽车保险的费率厘定中不会使用驾驶员的性格因素，尽管容易发怒的人更容易引起交通事故。

(2) 不被社会所接受，如种族和宗教，即使损失数据可以证明它们与索赔频率有关，保险公司也不会使用这类变量厘定保险费率。

在影响期望损失的所有可以使用和量化的因素中，与期望损失最具一致性关系的因素可以确定为风险基础，而其他因素则可以作为费率因子使用。

在不同的保险业务中，影响期望损失的因素千差万别。譬如，在财产保险中，建筑物的内部结构、使用情况、所处地点、外部风险状况、保护措施、保险金额等都会影响期望损失；在汽车责任保险中，驾驶人的年龄、性别、婚姻状况、驾驶记录、车辆用途、行驶里程、停放地点、汽车重量、投保车辆数、历史索赔经验等都是影响期望损失的重要因素；在车损险中，汽车的车型、出厂日期、车龄、行驶区域、免赔额、历史索赔经验都是主要的风险因素；在公众责任保险中，影响期望损失的因素有地区、行业、保险金额、营业面积、工资额或销售额等。

可见，在各种保险业务中，影响期望损失的因素很多，但只有一个可以作为风险基础使用。下面是一些主要保险业务常用的风险基础。

(1) 在财产保险中，玻璃破碎保险通常使用面积作为风险基础，而对于其他保险，通常使用保险金额作为风险基础。

(2) 在房主保险(homeowners insurance)中，财产保险部分通常使用保险金额作为风险基础，而责任保险部分通常使用房屋个数作为风险基础。

(3) 在海上保险中，通常使用保险金额作为风险基础。

(4) 在航空保险中，机身保险通常使用保险金额作为风险基础，而责任保险通常使用元公里(货运)或人公里(客运)作为风险基础。

(5) 在盗窃保险中，通常使用保险金额作为风险基础。

(6) 在机器设备保险中，通常使用机器设备的台数作为风险基础。

(7) 在信用保险中，通常使用债务额作为风险基础。

(8) 在忠诚保险中，通常使用人数作为风险基础。

(9) 在保证保险中，通常使用合同金额作为风险基础。

(10) 在汽车保险中，通常使用车年数作为风险基础，但也有人建议使用耗油量或年行驶里程数作为风险基础。事实上，国外某些保险公司在汽车保险中使用的风险基础就是年行驶里程数。

(11) 在劳工补偿保险中，通常使用工资额或工时作为风险基础。

(12) 在医疗责任保险中，医院责任保险通常使用被占用的病床数或门诊人数作为风险基础，而医生责任保险通常使用医生年（每个医生工作一年）作为风险基础。

(13) 在普通责任保险中，通常使用的风险基础有营业额、工资额或营业面积等。

(14) 在再保险中，临时再保险（*facultative reinsurance*）的风险基础与原保险的风险基础相同；而在合同再保险（*treaty reinsurance*）中，通常使用原保险费作为风险基础。

1.2 赔款和费用

赔款是指根据保险合同的约定应当由保险公司支付给索赔人的款项，包括已付赔款和未决赔款两部分。已付赔款是指已经支付给索赔人的款项，而未决赔款是保险公司预期需要支付给索赔人的款项。未决赔款包括个案准备金（*case reserve*）、已发生未完全报案赔款准备金（*incurred but not enough reported, IBNER*）和已发生未报案赔款准备金（*incurred but not reported, IBNR*）。个案准备金是保险公司根据已经报案的事故而估计在未来将要支付的赔款。已付赔款与个案准备金之和也称作已报案赔款（*reported loss*）或已发生赔款（*incurred loss*），即

$$\text{已报案赔款} = \text{已付赔款} + \text{个案准备金}$$

已发生未完全报案赔款是指考虑到个案准备金可能存在不足而对个案准备金进行的调整。如果在已报案赔款的基础上增加已发生未完全报案赔款准备金和已发生未报案赔款准备金，就得到了最终赔款（*ultimate loss*），即

$$\text{最终赔款} = \text{已报案赔款} + \text{IBNER} + \text{IBNR}$$

最终赔款是指保险公司向索赔人最终需要支付的赔款。

索赔频率（*claim frequency*）是指在一定时期（通常为一年）内，每个风险单位的索赔次数，通常用索赔总次数和风险单位数之比进行估计。譬如，一个汽