

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

孟生旺 刘乐平 编著

 中国人民大学出版社

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

孟生旺 刘乐平 编著

中国人民大学出版社

非寿险精算学/孟生旺, 刘乐平编著.

北京: 中国人民大学出版社, 2007

(21 世纪保险精算系列教材)

精算师考试用书

ISBN 978-7-300-08284-4

I. 非…

II. ①孟…②刘…

III. 保险-精算学-自学参考资料

IV. F840.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 097304 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

孟生旺 刘乐平 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)

010-62511398 (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

印 刷 北京雅艺彩印有限公司

规 格 170 mm×228 mm 16 开本

版 次 2007 年 8 月第 1 版

印 张 22

印 次 2007 年 8 月第 1 次印刷

字 数 398 000

定 价 29.00 元

版权所有 侵权必究 印装差错 负责调换

总 序

从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、健康保险、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之一。1992年统计学院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,并体现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,我们为第一部每本教材编写了学习辅导用书,辅导书中包括学习要点、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,注意精算数学背后的实践意义,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用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书的出版付出的辛勤劳动。

袁卫

前 言

非寿险精算学是应用统计学和数学等工具，研究非寿险经营过程中的费率厘定和准备金评估等数量关系的一门交叉性学科。非寿险包括除人寿保险之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。

与寿险精算相比，非寿险精算虽然起步较晚，但发展很快，内容相当丰富，因此，要编写一本非寿险精算的教材，在内容选取和安排上面临很大挑战。此外，考虑到本书既要满足精算专业在校本科生的教学要求，又要满足有关精算师资格考试的需要，这使得本书的编写难度更大。在讨论编写提纲时，我们经过多次反复才最终确定了本书的基本框架。

从总体上看，非寿险精算的基本内容应该包括费率厘定和准备金评估两大部分，但考虑到再保险的定价和准备金评估具有自己的特点，因此，本书把再保险作为一个独立的部分进行处理，这就使得本书由费率厘定、准备金评估和再保险三大部分组成，共分为 12 章，其中第 1 章为导论，介绍了非寿险、非寿险精算和非寿险精算师的基本概念；第 2~9 章介绍了非寿险费率厘定的基本方法及其应用；第 10~11 章介绍了非寿险准备金评估的常用方法及其应用；第 12 章介绍了再保险的基本概念以及再保险定价和准备金评估的基本方法。

在本书的编写过程中，我们参阅了大量文献，其中包括 CAS 精算师资格考试的资料，英国和澳大利亚精算师资格考试的资料，以及国内出版的部分非寿险精算教材，目的是希望使本书尽可能在不同程度上满足多层次的需求，如保险精算专业的本科教学，中国精算师资格考试，SOA 和 CAS 的资格考试等。当然，

用一本书满足不同层次的需求只能是一种奢望,不可能完全实现,因此,读者可以根据自身的需要选择其中的部分章节进行学习。譬如,作为本科生非寿险精算的教材或寿险精算师资格考试的参考资料,可以根据实际情况,略去分类费率厘定中的广义线性模型,准备金评估中的随机模型等内容。作为非寿险精算师资格考试的参考资料,本书可以为高级课程的学习奠定基础。当然,参加非寿险精算师高级课程的资格考试,还需要在此基础上阅读 CAS 等考试机构指定的其他学习材料。

非寿险精算是统计学和数学在非寿险中的应用,因此,阅读本书的读者应具有保险学、统计学和高等数学的基本知识。此外,作为一门应用性极强的学科,要求读者应用有关软件重复某些基本计算,这有助于对非寿险精算基本原理的理解和应用。本书的绝大部分计算都可以应用 Excel 实现,尤其是在准备金评估方法的学习中,最好的学习工具就是 Excel 电子表格。在费率厘定部分,Excel 或 MATLAB 可以解决大部分的计算问题,但广义线性模型在费率厘定中的应用,要求读者掌握 SAS 或 S-PLUS 等软件的应用。

本书凝结了许多人的劳动成果,其中第 1~9 章和第 12 章由孟生旺负责撰写;第 10~11 章由刘乐平负责撰写,孟生旺对个别内容进行了修改;肖争艳参与了第 12 章的初稿写作;姚睿和陶茜参与了第 8~9 章的初稿写作。中国人民大学统计学院风险管理与精算专业的硕士研究生林俊、赵立戎、钟楨和叶芳阅读和校对了所有书稿,使本书的质量进一步提高。此外,在本书的编写过程中,秦强女士承担了大量枯燥的校对和录入工作。没有他们的参与和奉献,本书不可能顺利完成,在此向他们表示诚挚的谢意。

在本书的编写过程中,我们曾力求完美,但结果表明这仅仅是一种幻想。我们虽然付出了很多努力,但仍有不尽如人意之处。对于书中存在的不当之处,恳请读者不吝赐教。

孟生旺

目 录

第 1 章 非寿险与非寿险精算	1
1.1 非寿险简介	1
1.1.1 财产保险	1
1.1.2 责任保险	5
1.1.3 短期健康和意外伤害保险	9
1.2 非寿险精算	12
小结	14
习题	14
第 2 章 损失模型	15
2.1 基本概念	15
2.1.1 随机变量	15
2.1.2 随机变量的数字特征	16
2.1.3 母函数和矩母函数	18
2.1.4 条件均值和条件方差	19
2.2 损失次数模型	19
2.2.1 $(a, b, 0)$ 分布类	20
2.2.2 $(a, b, 1)$ 分布类	22
2.2.3 复合分布	25
2.2.4 混合分布	26

2.3	损失金额模型	28
2.3.1	指数分布	28
2.3.2	对数正态分布	28
2.3.3	伽玛分布	29
2.3.4	帕累托分布	30
2.3.5	威布尔分布	30
2.3.6	广义帕累托分布	31
2.3.7	新分布的生成	31
2.4	累积损失模型	33
2.4.1	卷积计算	34
2.4.2	近似计算	36
2.4.3	递推计算	38
2.4.4	随机模拟	40
	小结	42
	习题	43
第3章	费率厘定的基本原理	46
3.1	基本概念	46
3.1.1	风险单位	46
3.1.2	索赔频率	48
3.1.3	索赔强度	48
3.1.4	保险费率	49
3.1.5	赔付率	49
3.2	纯保费	50
3.2.1	有限期望函数	50
3.2.2	免赔额	51
3.2.3	赔偿限额	57
3.2.4	共同保险	58
3.3	毛保费	61
3.3.1	纯保费法	61
3.3.2	赔付率法	62
3.3.3	纯保费法与赔付率法的比较	66
3.4	数据调整	66
3.4.1	等水平已赚保费	67

3.4.2	最终赔款	69
3.4.3	趋势调整	72
小结	75
习题	76
第4章	分类费率	79
4.1	基本概念	79
4.2	单项分析法	80
4.2.1	单项分析法的概念	80
4.2.2	单项分析法的应用	82
4.3	最小偏差法	90
4.3.1	边际总和法	91
4.3.2	最小 χ^2 法	93
4.3.3	最小二乘法	95
4.3.4	极大似然法	96
4.4	广义线性模型	98
4.4.1	古典线性回归模型	98
4.4.2	广义线性模型简介	100
4.4.3	典型的广义线性模型	104
4.5	点数计价系统	107
小结	109
习题	110
第5章	经验费率	116
5.1	古典信度模型	117
5.1.1	索赔频率的完全可信度	117
5.1.2	索赔强度的完全可信度	119
5.1.3	纯保费的完全可信度	120
5.1.4	部分可信度	122
5.2	Bühlmann 信度模型	124
5.3	Bühlmann-Straub 信度模型	127
5.4	信度模型的理论推导	131
5.4.1	正则方程组	131
5.4.2	Bühlmann 信度模型	133
5.4.3	Bühlmann-Straub 信度模型	135

5.5	信度模型的参数估计	137
5.5.1	Bühlmann 模型的参数估计	137
5.5.2	Bühlmann-Straub 模型的参数估计	139
5.5.3	平衡调整	142
	小结	143
	习题	144
第 6 章	奖惩系统	149
6.1	基本概念	149
6.2	奖惩系统评析	151
6.2.1	稳态概率分布	151
6.2.2	平均奖惩系数	154
6.2.3	奖惩系统的弹性	155
6.3	最优奖惩系统	156
	小结	159
	习题	160
第 7 章	附加保费	162
7.1	保费原理	162
7.1.1	保费原理的类型	162
7.1.2	保费原理的性质	163
7.1.3	保费原理的应用	165
7.2	金融定价模型	168
7.2.1	内部收益率模型	169
7.2.2	折现现金流模型	171
	小结	172
	习题	173
第 8 章	资产份额模型	174
8.1	引言	174
8.2	资产份额模型的构成要素	175
8.2.1	保费	175
8.2.2	赔款	176
8.2.3	费用	177
8.2.4	续保率	178
8.2.5	折现因子	178

8.3 资产份额模型的应用	179
8.3.1 业务扩展模型	179
8.3.2 分类费率模型	183
8.3.3 竞争策略模型	186
8.3.4 保险周期模型	191
小结	193
习题	194
第9章 费率厘定实务	197
9.1 分类费率的应用	197
9.1.1 分类变量的选择	197
9.1.2 风险分类与其他定价因素的关系	201
9.1.3 风险分布不均匀的处理	202
9.1.4 分类费率实例	204
9.2 经验费率的应用	205
9.2.1 损失经验和风险基础的选择	206
9.2.2 信度因子的估计	210
9.2.3 信度补项的确定	210
9.2.4 异常损失的处理	213
9.2.5 模型比较	214
9.2.6 表定费率和追溯费率	214
9.2.7 经验费率方案的设计	218
小结	219
习题	220
第10章 准备金评估方法	222
10.1 非寿险准备金概述	222
10.1.1 非寿险准备金的概念	222
10.1.2 非寿险准备金的分类	223
10.2 未到期责任准备金评估	226
10.2.1 比例法	226
10.2.2 风险分布法	227
10.3 未决赔款准备金评估: 链梯法	229
10.3.1 流量三角形	230
10.3.2 链梯法	233

10.3.3	链梯法的一般讨论	237
10.4	未决赔款准备金评估: 案均赔款法	239
10.4.1	已报案案均赔款法	240
10.4.2	已结案案均赔款法	244
10.5	未决赔款准备金评估: 准备金进展法	250
10.5.1	准备金进展法的基本原理	250
10.5.2	准备金进展法的方法与步骤	251
10.6	未决赔款准备金评估: B-F 法	255
10.6.1	B-F 法的基本原理	256
10.6.2	B-F 法的计算实例	257
10.7	未决赔款准备金评估: 随机模型	259
10.8	理赔费用准备金评估	265
10.8.1	直接理赔费用准备金的估计方法	265
10.8.2	间接理赔费用准备金的估计方法	268
	小结	270
	习题	271
第 11 章	准备金评估实务	277
11.1	通货膨胀调整	277
11.1.1	考虑通货膨胀的链梯法	278
11.1.2	考虑通货膨胀的已报案案均赔款法	283
11.2	尾部因子估计	290
11.3	特殊赔案处理	294
11.3.1	大赔案与零赔案的处理	294
11.3.2	周期性变化的处理	296
11.4	评估结果检验	299
	小结	301
	习题	302
第 12 章	再保险	304
12.1	再保险概述	304
12.2	最优自留额	306
12.3	最优再保险	309
12.4	共保	311
12.5	再保险定价	312

12.5.1 再保险期望赔款	312
12.5.2 再保险费	316
12.6 再保险准备金评估	324
12.6.1 再保险准备金评估的特点	324
12.6.2 再保险准备金评估方法	325
小结	328
习题	329
参考文献	332

第1章

非寿险与非寿险精算

1.1 非寿险简介

非寿险是与寿险相对而言的，是指寿险以外的其他保险业务，主要包括财产保险、责任保险、短期健康保险和意外伤害保险等。财产保险保障的对象是物质财产及其有关的利益；责任保险保障的对象是被保险人的损害赔偿责任；而短期健康保险和意外伤害保险保障的对象是人的生命和身体。

1.1.1 财产保险

财产保险是以财产及其相关利益为保险标的，当保险事故发生导致被保险财产遭受损失时，由保险人以金钱或实物对被保险人进行补偿的一种保险，主要包括火灾保险、运输保险和工程保险等。

1. 火灾保险

火灾保险以存放在固定场所并处于相对静止状态的财产为保险标的，由保险人负责赔偿被保险财产遭受保险事故所造成的经济损失。

火灾保险的保险标的是存放于固定场所并处于相对静止状态下的各种财产物资，动态条件下的财产物资不能作为火灾保险的保险标的。在火灾保险中，被保险财产的地址不能随意变动，如果被保险人确实需要变动被保险财产的存放地

点，必须征得保险人的同意。

火灾保险承保的保险责任通常包括：火灾及相关危险，各种自然灾害，有关意外事故，以及施救费用等。

火灾保险的费率受到很多因素的影响，如建筑结构及建筑等级，占用性质，承保风险的种类，地理位置，被保险人的防灾设备和措施等。

火灾保险的保险金额通常根据投保标的的分项确定。譬如，企业财产火灾保险的保险金额要区分固定资产和流动资产分别确定，而固定资产的保险金额还需要进一步根据其类别分别确定。尽管一张保单只有一个保险金额，但在赔偿时需要分项计算赔偿金额，并受到实际损失和保险金额的约束。

2. 运输保险

运输保险承保各种交通运输工具及其所承运的货物在保险期间因各种灾害事故造成的意外损失。运输保险包括运输工具保险和运输货物保险，其中运输工具保险又可分为汽车保险、船舶保险和航空保险等。

汽车保险具体包括车身损失保险和第三者责任保险。车身损失保险承保汽车车身的损失，而汽车第三者责任保险承保被保险人在汽车使用过程中对第三者造成的财产损失和人身伤亡且依法应负的赔偿责任。汽车第三者责任保险在许多国家都属于强制保险，在我国也不例外。汽车保险在财产保险公司具有举足轻重的地位，因为汽车保险的保费收入往往占到财产保险公司保费收入的一半以上。影响汽车保险费率的因素很多，大体可以分为两大类，即所谓的从人因素和从车因素。从人因素是指影响汽车保险费率的驾驶员特征，如驾驶员的年龄、性别、婚姻状况、职业、驾龄等；从车因素是指影响汽车保险费率的汽车本身的特征，如车型、排气量、座位数、使用性质、行驶区域、年行驶里程数等。在汽车保险实务中，保险公司使用的费率因子往往各具特色，并无统一模式。汽车车损险的保险金额可以根据汽车的实际价值、重置价值或保险双方约定的价值确定，而汽车第三者责任保险通常需要确定赔偿限额。此外，在汽车保险中，大多数保险公司会使用无赔款优待条款或奖罚系统，即根据被保险人的索赔经验不断调整其续期保费。

船舶保险以各类船舶及其附属设备为保险标的。船舶保险的保险责任包括碰撞责任和非碰撞责任。碰撞责任是指保险标的与其他物体碰撞并造成对方损失且依法应由被保险人赔偿的责任。非碰撞责任包括船舶本身损失的赔偿责任、共同海损分摊费用和海难中的救助费用等。船舶保险的保险金额通常采取实际价值、重置价值或保险双方商定的价值确定。船舶保险费率通常采用分类费率，既保险人首先根据船舶航行水域风险的大小将其划分为平流、半急流、急流三大类，再

根据具体船舶的风险因素，比如船舶的种类和结构、船舶的新旧程度、船舶的吨位、船舶的使用性质以及以往损失记录等，制定出分类费率。

航空保险以飞机及其有关利益、法律责任为保险标的，具体包括飞机机身险、第三者责任险和旅客责任险等，其中机身险是最主要的航空保险业务。航空保险的特点是价值高、风险大，因此保险公司往往采取共保或分保的方式控制风险。航空保险的另一个特点是风险主要集中在飞机起飞和着陆阶段，而且绝大部分事故是由于飞行员的错误判断所导致的。因此，飞行员的素质和业务水平直接影响到航空保险费率的厘定。此外，飞机的设计、制造和维护情况，自然环境和人为环境，航空任务的难度等，也是保险人厘定航空保险费率的依据。

运输货物保险以运输中的各种货物为保险标的。货物在运输过程中遭受自然灾害和意外事故的损失总是难以避免的，而根据各国有关运输法律、法规的规定，承运人仅对因为自己的过错所造成的损失负责，而对于不可抗力造成的货物损失不负赔偿责任。因此，对于货物的所有者而言，投保货物运输保险是十分必要的。

运输货物保险的保险责任主要包括：（1）因火灾、爆炸和相关自然灾害所导致的货物损失；（2）因运输工具发生意外事故导致的货物损失；（3）货物在装卸过程中的意外损失；（4）共同海损和必要的施救费用等。但某些原因所导致的损失往往被排除在保险人的责任范围之外，如：战争或军事行动造成的货物损失，货物本身的缺陷所导致的损失，被保险人的故意行为所造成的损失。

为了避免价格变动的影响，运输货物保险通常采用定值保险方式，保险金额是保险人承担赔偿责任的最高价值。影响运输货物保险费率的的主要因素有运输工具、运输路径、运输方式、所经区域和货物本身的性质与风险等。

3. 工程保险

工程保险是以各种工程项目为保险标的的一种综合性财产保险，承保工程项目在工程期间甚至工程结束后一定时期的一切意外损失和损害赔偿赔偿责任。工程保险主要包括建筑工程保险、安装工程保险和科技工程保险三大类。

建筑工程保险以各类建筑工程为保险标的，以工程建筑过程中由于保险事故发生而导致的被保险人的物质财产损失和第三者责任损失为保险责任。建筑工程保险的承保项目主要包括：建筑施工合同中规定的建筑工程；建筑用的机器设备；工地上原有的财物；建筑工程项目中需要机器设备或其他设施安装的安装工程；依法应负的第三者损害赔偿赔偿责任。对于错误设计、原材料缺陷、保险标的自然磨损和消耗、各种违约后果等引起的损失、费用或责任，保险人不予负责。