

TURING

图灵数学 · 统计学丛书 30

WILEY



北美精算师
考试指定参考书

Loss Models
From Data to Decisions
损失模型
从数据到决策
(第2版)

[美] Stuart A. Klugman

[加] Harry H. Panjer 著

[加] Gordon E. Willmot

吴岚 译



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

TURING

图灵数学·统计学丛书 30



北美精算师
考试指定参考书

Loss Models From Decisions

损失模型 从数据到决策

(第2版)

[美] Stuart A. Klugman

[加] Harry H. Panjer 著

[加] Gordon E. Willmot

吴岚 译

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

损失模型: 从数据到决策: 第2版/ (美) 克卢格曼
(Klugman, S. A.), (加) 潘耶(Panjer, H. H.), (加)
威尔莫特(Willmot, G. E.) 著; 吴岚译. —北京: 人民邮
电出版社, 2009. 1

(图灵数学·统计学丛书)

书名原文: Loss Models: From Data to Decisions

ISBN 978-7-115-19043-7/O1

I. 损… II. ①克… ②潘… ③威… ④吴… III. 精算学

IV. F224.0

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 165558 号

内 容 提 要

本书全面讨论了精算损失模型和精算建模方法, 共分 5 个部分. 第 2 部分至第 5 部分是全书的核心, 汇总了精算模型和精算建模方法 2 个体系的内容. 第 2 部分除介绍一般损失模型常用的概率分布外, 还介绍了保险精算中最基本的索赔频率模型、索赔额模型以及总损失模型, 并在此基础上讨论了破产理论模型. 随后 3 个部分的核心主题是精算建模方法, 从经验建模方法到参数化(统计)建模, 直至最后第 5 部分的模型修正方法和随机模拟方法.

本书是北美精算考试当前考试体系课程 MLC 和 C 的指定参考书, 是从事金融和精算工作的专业人士很有价值的参考书, 也可作为高等学校金融和精算方向相关课程的参考教材.

图灵数学·统计学丛书

损失模型: 从数据到决策 (第 2 版)

-
- ◆ 著 [美] Stuart A. Klugman [加] Harry H. Panjer
[加] Gordon E. Willmot
译 吴 岚
责任编辑 明永玲
执行编辑 边晓娜
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址: <http://www.ptpress.com.cn>
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 700×1000 1/16
印张: 36
字数: 744 千字 2009 年 1 月第 1 版
印数: 1-3 000 册 2009 年 1 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2007-5302 号

ISBN 978-7-115-19043-7/O1

定价: 89.00 元

读者服务热线: (010)88593802 印装质量热线: (010) 67129223

反盗版热线: (010) 67171154

译者简介

吴岚 北京大学数学科学学院金融数学系副教授, 中国精算学会会员, 北京大学博士(数理统计专业)毕业.

1990 年至今在北京大学数学科学学院任教, 主要讲授课程:《风险理论》、《金融统计方法》. 1997 年开始从事金融数学与精算学的教学和科研工作, 参加国家自然科学基金、国家科技部 973 项目等相关的研究工作, 并参与保险行业偿付能力监管标准方面的技术工作以及中国精算协会的精算教育方面的工作.

主要研究方向为金融风险管理与精算学. 具体的研究领域: 投资连结的寿险产品的定价和风险管理、保险公司资产负债管理技术、商业银行信用风险模型、金融机构监管的风险资本模型等.

译者序

精算学是植根于保险实践的一门学科. 它以数学、统计学的相关理论和方法为基础, 以解决保险实践中的定量化问题为研究目的. 20 世纪 80 年代之前, 精算学在西方主要涉及保险产品定价和准备金评估技术两个方面. 这方面工作的重要理论基础相对比较简单, 概括地说就是概率论中的大数定律. 有了这个基础, 只要达到了一定的承保规模, 很多风险都是可以忽略的. 也就是说, 很多问题都可以在确定性空间下解决. 与此同时, 欧洲大陆一些从事概率论理论研究的学者则从随机过程应用的角度研究保险经营的整体风险模型问题, 集中的表现是所谓的破产理论 (ruin theory). 这方面的理论研究更像是科学家在实验室里模拟现实社会, 是一种经过对实际保险业务经营进行简化、抽象后的分析, 所给出的解决方案至多是对现实决策的一种辅助的支持, 大多时候并不被业界采用.

进入 20 世纪 80 年代, 随着整体经济和金融环境的变化, 保险业也发生了巨大的变化, 最为突出的是除了承保风险外, 保险经营中其他风险的特质越来越复杂, 同时越来越需要一些基于整体层面的定量分析理论和技术方法.

自改革开放以来, 我国的保险业迅速发展, 作为保险业核心的精算技术也经历了从无到有的过程. 而且我国的宏观经济环境和金融环境的快速变革, 带来了保险产品和经营模式的瞬间多样化和持续不断的变化, 这些背景对中国精算职业和精算教育的影响都是巨大的. 对保险业务中的各种损失建立科学量化的模型是精算工作的基础, 随着现代概率统计学科的发展, 这方面的理论和方法也有很大的进展, 特别是统计建模技术更是随着计算机和各种计算方法的更新而不断进步.

本书也适应了上述潮流, 只用 $1/3$ 的篇幅 (第 2 章到第 8 章) 介绍常见的精算模型, 除一般损失模型常用的概率分布外, 还有保险精算中最基本的索赔频率和索赔额模型以及总损失模型, 并在此基础上讨论了破产理论模型. 然后用近 $2/3$ 的篇幅介绍精算建模方法. 这里涉及基本的数理统计方法、各种参数模型的估计、模型选择技术, 并且进一步给出了统计建模中更高层面的方法和技术, 也就是如何对已有的估计和模型进行调整和修正的问题. 这包括传统的插值、平滑等模型修匀方法和具有精算自身特点的信度理论和方法. 最后一章介绍随机模拟方法及其在精算建模中的应用.

本书的三位作者都享誉国际精算界. Harry H. Panjer 是国际著名的精算教授, 曾任北美精算师协会 (Society of Actuaries) 主席 (2002—2003). 他不仅在风险理论的理论研究上很有造诣, 而且在精算教育和精算职业发展方面也做了很多有价值的工作. 特别值得一提的是, Panjer 教授对中国的精算教育也非常热心, 他曾是北美精算协会为支持我国精算教育而参与南开精算硕士班教学的教授之一. 我有幸多次与 Panjer 教授进行过交流, 感觉他是一位具有很深的理论研究功底和很好的实务

感觉的学术领军式人物. Stuart A. Klugman 教授是经典教材《损失分布》([59]) 的主要作者. 他在保险损失建模方面做了大量的研究工作, 积累了丰富的经验, 他对本书的主要贡献是建模部分. Gordon E. Willmot 是加拿大滑铁卢大学 (University of Waterloo) 统计精算系的教授, 他在风险理论模型方面有很深的造诣, 也是经典教材《保险风险模型》([106]) 的作者之一. 他长期从事风险模型方面的理论研究, 在复合分布的算法、破产模型的计算等方面做出很好的成绩. 他在本书中的主要工作是精算模型部分, 特别是总损失模型和破产模型, 同时他还对信度理论有一定的研究, 北美精算考试关于信度理论的材料就出自 Willmot 教授之手.

本书在精算教材历史上第一次将精算技术中的数学模型 (以概率论、数值计算) 与数据建模 (统计建模) 有机地结合起来. 依译者之拙见, 本书有以下几个方面的特点: (1) 将保险精算概率模型和统计建模的所有内容有机地综合在一起; (2) 大量的实证案例分析, 非常有助于学生理解如何将精算理论与保险实务中的实践结合; (3) 文笔简洁, 定义和概念的叙述非常清楚明确.

本书适用于以下几个方面: (1) 作为高等院校精算专业课程“损失模型”和“风险理论”的主要参考书; (2) 作为参加北美精算考试课程 MLC 和 C 的中文参考书, 这将有助于考生理解英文原著, 提高复习的效率; (3) 作为参加中国精算师资格考试课程 05 和 08 的参考书; (4) 为业界精算实践的损失经验分析工作提供一个辅助工具, 特别是本书的第五部分在这方面非常有价值.

无论是从篇幅还是从内容来说, 本书都是一本经典著作. 因此, 为了尊重原书的价值和品质, 我们对本书的翻译工作进行了精心的组织. 首先是北京大学金融数学系 2002 级一批优秀的本科生和硕士生同学帮助我完成第一稿的基础性翻译工作, 然后在他们之间进行交换审阅, 再由我本人总校一遍, 最后又请金融数学系的研究生张松、马晓静、陈琴、方圆、王璐璐和李欣进行第二审, 最终由我全篇通审. 参与翻译工作的学生还有: 陈肖安、周清、叶明、张志强、郑江平、李冬来、崔庸非、朱楠、方家聪和李凌飞.

正是由于他们的辛勤工作, 才使得我在全书总校工作中做得很顺利. 在此向所有参加本书翻译工作的学生表示感谢! 另外, 在本书翻译进入最后阶段时, 我有幸参加了国家科技部 973 项目《金融风险控制中的定量分析与计算》(编号 2007CB814900), 作为课题《银行与保险业中的风险模型与数据分析》(编号 2007CB814905) 的课题负责人, 因此本书的翻译工作也得到该项目的一定资助, 在此表示感谢. 同时, 我也希望本书的翻译工作能对该课题的开展起到很好的推动作用.

当然, 对于这样一本精算技术的专业著作, 我们的理解难免有不足之处, 译文中不妥之处恳请读者指出.

译者

2008 年 7 月于北京大学

前 言

在本书第 1 版的前言中, 我们这样解释了写作本教材的目的.

本教材是围绕如下的一个基本原则进行组织的: 精算科学的主要内容是构造和分析数学模型, 这些模型刻画了资金流入和流出保险系统的过程. 而对整体系统的全面分析超出了任一本教科书的范围, 所以我们将主要关注损失过程, 也就是说因保险赔付而产生的现金流出.

我们并不要求读者已经具有很好的保险系统的知识背景. 本书中的保险术语在首次出现时都会给出其定义. 实际上, 本教材的大部分内容可以脱离开保险这个背景而重新组合在一起. 同时, 本书又是一本统计应用的教材. 我们尽可能使本书的例子集中于保险背景, 用保险行业的语言和资料组织我们的材料, 并着力避免涉及那些精算实践中很少使用的统计方法.

特别地, 本教材在 1998 年的第 1 版达到了以下 3 个目的.

(1) 对 1984 年出版的由 Robert Hogg 和 Stuart Klugman 所著的《损失分布》[59] 中的分布拟合的内容进行了更新.

(2) 对 1992 年出版的由 Harry Panjer 和 Gordon Willmot 所著的《保险风险模型》[106] 中离散分布和聚合风险模型计算的内容进行了更新.

(3) 将北美精算协会的强化讨论班 152(应用风险理论) 中 3 个作者的材料进行了综合整理.

本书第 1 版出版后不久, 北美产险精算师协会 (Casualty Actuarial Society) 和北美精算师协会就修改了其考试大纲, 将本书第 1 版列为考试参考书. 令人高兴的是, 本书第 1 版被选为新课程体系课程 3 和课程 4 的主要参考材料. 遗憾的是, 本书的主要素材被两门课程分割了, 而其分割方式并不符合本书最初的组织安排. 于是我们有充分的理由来修订第 1 版. 此外, 还有其他的考虑.

(1) 第 1 版假设读者很熟悉数理统计的内容, 这也是写作本书时精算考试的内容, 但是随后被逐渐淡化. 一些关于数理统计的背景材料在本版的第 9 章给出.

(2) 长期以来, 精算考试都包括生存模型的内容, 这个模型是用于确定身故、失效或伤残时间的概率模型, 它与确定索赔量或索赔数的一般概率模型并没有本质的差异. 因此, 本版将这些内容整合在一起, 更强调建立实证性模型. 第 10 章和第 11 章将研究这部分内容.

(3) 最近几年的精算考试大纲所去掉的内容中, 下面两项内容是应该再加上的, 至少应该将其主要部分保留. 一项内容是修匀方法, 是数值观测序列进行平滑和插值处理的方法. 第 15 章将讨论这部分内容. 另一项内容是对初步的估计公式的调整, 例如在生命表数据的研究中要处理海量的数据时就需要这种调整. 11.4 节将讨

论这部分内容.

(4) 第 1 版扼要地论述了随机模拟的内容, 第 17 章将对这部分内容进行一定的扩充.

对于一些继续保留的内容, 除了重新安排模型本身和建模方法外, 最本质的改变是重写了破产理论部分 (第 7 章和第 8 章), 并且对有限波动信度公式给出了更好的解释 (第 16 章).

同时, 我们努力将所有素材整合在一个具有逻辑关系的单独精算模型的构造过程中, 并同时保持各部分的相对独立性, 因此, 本书划分为 5 个部分.

自从本书第 1 版出版以来, 人类的计算能力在不断提高. 第 1 版提供了计算最大似然估计和总损失的 DOS 程序, 这些程序仍然可在 Wiley 出版社的网站上获取: ftp://ftp.wiley.com/public/scitextmed/loss_models/.

此外, 例子和习题中使用的数据也放在相应的文件中. 但是, 读者很可能会采用 Microsoft Excel[®] ① 之类的制表程序进行计算. 在本书的很多地方我们将给出 Excel[®] 的指令或命令, 这并不意味着作者对该软件有任何的偏好和支持, 我们只是在借用这个工具软件进行说明.

和第 1 版一样, 本版的许多习题取自北美产险精算师协会和北美精算师协会精算考试试题, 但是用本书的记号和术语重新表示, 并去掉了 5 个选择答案. 这类习题用 (*) 标示. 当然, 这些问题并不对这个考试今后的题目有任何的代表意义.

S. A. Klugman H. H. Panjer G. E. Willmot

美国爱荷华州得梅因市

加拿大安大略省滑铁卢市

① Microsoft[®] 和 Excel[®] 表示微软公司在美国或其他国家的注册商标或商标.

致 谢

Stuart Klugman:

虽然编写本版不像第 1 版那样是一个令人感到筋疲力尽的任务,但是仍然有许多工作要做并且也是在很多人的帮助下才完成了本版的修订工作. 有很多人对改进第 1 版提供了修正和改进的建议,尤其是 Elias Shiu 和 Don Minassian 全面地指出了本书的不足之处. Clive Keatinge 也在正式出版前提出了许多修改意见. 当北美精算协会决定需要修订第 1 版以适应其作为两门考试课程的参考资料时,在 Clive Keatinge 的领导下成立了一个委员会. 这个委员会制定的计划体现在本书的第 2 章至第 5 章和第 9 章至第 13 章. 我们也在这些章节依赖于这个委员会的专业性工作增加了一些内容以使其更全面.

特别要感谢我的合作者及时完成了相应部分的工作.

在修改这个致谢时,正值我的妻子 Marie 在长期与多种疾病斗争中不幸去世后不久. 不管是在她健康时还是生病期间,她都一直在鼓舞我,也在鼓舞所有认识她的人们. 最后的初稿能够按时交付出版社,不仅因为我对这项工作的热爱,更多的是受她的影响,因为遵守承诺和按约定行事是她的价值观.

Harry Panjer:

修订或出版图书决不是一件好玩的事情. 但是,在本版的修订过程中,我们确实在增加大量新材料的过程中,感受到了很多乐趣. 每个作者在本书的新材料中各有贡献. 我有幸编写了样条插值和平滑这一章的初稿,它为传统的精算修匀问题提供了一种现代的处理. 我非常感谢 Stuart Klugman 和 Drake 大学的学生们,他们全面检查了这些材料并发现了一些错误 (因此避免了我在将来可能的尴尬).

Stuart Klugman 是本项目有远见的、精神上和实践中的领导. 我也感谢 Gordon Willmot, 他在加拿大滑铁卢大学领导了一支进行证明推导工作的团队. 本版如果还有错误,相对第 1 版来说一定是微不足道的. 他们确实做了很多工作. 最后,感谢我的妻子 Joanne Coyle,她容忍了我将很多周末和夜晚消磨在办公室中. 我们的儿子 Lucas D. 和 Lucas R., 见证了本书第 1 版的写作过程,而现在他们已经长大并离开了家. 只有当有人告诉他们本书的致谢中提到他们时,他们才会知道出版第 2 版的事情.

Gordon Willmot:

本版的写作过程经历了相当多不断重新组织和更新的工作. 这些工作反映了本书在对一些内容进行组合时的创新性. 我们尝试提供一种一体化的方法来利用数据建立模型,并进而利用这些模型来进行定价或其他应用. 严格说来,最终的成文不容置疑地得到了无数人的帮助,人数太多以至无法历数. 但是,还是需要特别感

谢以下各位对本书第 2 版的无价帮助: Catherine Donnelly, Steve Drekić, Mary Lou Dufton, Jessica Ling-Wai Lam 和 Claire Xiao-Dan Yang.

我还要对合作者们表示诚挚的谢意, 特别是 Stuart Klugman 对本项目的先锋作用, 带领我们沿着正确的路线前进, 并在处理各种情况 (特别是很困难的情况) 时是他表现出了近乎无穷的耐心. 我也要再次对我的妻子 Deborah 以及女儿 Rachel, Lauren 和 Kristen 表示感谢, 有了她们内在和外在的牺牲才使得我能够有时间和精力来完成这项工作.

S.A.K., H.H.P., G.E.W.

目 录

第一部分 引言	
第 1 章 建模	3
1.1 模型化方法	3
1.1.1 建模流程	3
1.1.2 建模方法的优势	4
1.2 本书的结构	5
第二部分 精算模型	
第 2 章 随机变量	9
2.1 引言	9
2.2 重要函数和 4 个模型	10
习题	18
第 3 章 分布函数的数字特征	19
3.1 矩	19
习题	25
3.2 分位数	25
习题	26
3.3 生成函数与随机变量和	27
习题	28
第 4 章 分布函数的分类与构造	29
4.1 引言	29
4.2 参数的作用	29
4.2.1 参数分布和尺度分布	30
4.2.2 参数分布族	31
4.2.3 有限混合分布	32
4.2.4 数据依赖型分布	33
习题	35
4.3 厚尾情形	36
4.3.1 矩的存在性	36
4.3.2 极限比	37
4.3.3 损失率和平均剩余生命函数	38
习题	41
4.4 构造新的分布	42
4.4.1 引言	42
4.4.2 倍数变换	42
4.4.3 幂变换	43
4.4.4 指数变换	44
4.4.5 混合	45
4.4.6 含瑕点的风险率模型	48
4.4.7 分段	49
习题	50
4.5 常用分布及其相互关系	53
4.5.1 引言	53
4.5.2 两参数分布族	53
4.5.3 分布的极限	54
习题	55
4.6 离散分布	56
4.6.1 引言	56
4.6.2 Poisson 分布	56
4.6.3 负二项分布	59
4.6.4 二项分布	61
4.6.5 $(a, b, 0)$ 分布类	62
4.6.6 分布在零点的截断和修正	64
4.6.7 频率的复合模型	69
4.6.8 复合 Poisson 分布族的性质	74
4.6.9 混合频率模型	79
4.6.10 混合 Poisson	81
4.6.11 频率计算中风险暴露的作用	85
4.6.12 离散分布总结	86
习题	86
第 5 章 保险责任调整后的索赔频率和索赔量	90
5.1 引言	90
5.2 免赔	90
习题	94

5.3 损失缩减率以及通货膨胀对普通免赔的影响	95	习题	153
5.4 保单限额	97	6.10 不同方法的比较	153
习题	99	6.11 个体风险模型	155
5.5 分保、免赔和限额	99	6.11.1 参数的近似	155
习题	101	6.11.2 总分布的精确计算	157
5.6 免赔对索赔频率的影响	102	6.11.3 复合 Poisson 近似	164
习题	105	习题	166
第 6 章 总损失模型	107	第 7 章 离散时间破产模型	170
6.1 引言	107	7.1 引言	170
习题	109	7.2 保险过程模型	170
6.2 模型选择	109	7.2.1 过程	170
习题	110	7.2.2 保险模型	172
6.3 总索赔的复合模型	110	7.2.3 破产	173
习题	117	7.3 离散时间有限破产概率	175
6.4 解析结果	122	7.3.1 离散时间过程	175
习题	124	7.3.2 计算破产概率	176
6.5 计算总索赔额的分布	126	习题	181
6.6 递归方法	128	第 8 章 连续时间破产模型	182
6.6.1 在复合索赔频率模型中的应用	129	8.1 引言	182
6.6.2 溢出问题	132	8.1.1 Poisson 过程	182
6.6.3 数值稳定性	133	8.1.2 连续时间的相关问题	183
6.6.4 连续的损失分布	133	8.2 调节系数和 Lundberg 不等式	184
6.6.5 构造算数分布	134	8.2.1 调节系数	184
习题	137	8.2.2 Lundberg 不等式	188
6.7 个体保单的更改对总赔付额的影响	140	习题	190
习题	143	8.3 微积分方程	191
6.8 近似分布的计算	143	习题	196
6.8.1 算术分布	143	8.4 最大总损失	196
6.8.2 经验分布	145	习题	199
6.8.3 分段线性累积分布函数	146	8.5 Cramér 渐近破产公式和 Tijms 近似	200
习题	148	习题	206
6.9 反演方法	148	8.6 布朗运动风险过程	207
6.9.1 快速傅里叶变换	149	8.7 布朗运动和破产概率	210
6.9.2 直接数值反演	152	第三部分 经验模型的构造	
		第 9 章 数理统计基础	219
		9.1 引言	219
		9.2 点估计	219

9.2.1 引言	219	12.3 方差和区间估计	291
9.2.2 估计量的评估	220	习题	296
习题	225	12.4 贝叶斯估计	298
9.3 区间估计	226	12.4.1 定义和贝叶斯定理	298
习题	228	12.4.2 推断和预测	301
9.4 假设检验	228	12.4.3 共轭先验分布和线性指 数族	306
习题	231	12.4.4 计算问题	310
第 10 章 基于完整数据的统计估 计	232	习题	312
10.1 引言	232	12.5 离散分布的估计	316
10.2 完整个体数据的经验分布	236	12.5.1 Poisson 分布	316
习题	239	12.5.2 负二项分布	319
10.3 分组数据的经验分布	240	12.5.3 二项分布	321
习题	243	12.5.4 $(a, b, 1)$ 分布族	323
第 11 章 基于修正数据的统计估 计	245	12.5.5 复合模型	327
11.1 点估计	245	12.5.6 最大似然估计风险暴露 水平的作用	329
习题	251	习题	330
11.2 均值、方差以及置信区间的 估计	252	12.6 二元模型	331
习题	260	12.6.1 引言	331
11.3 核密度模型	262	12.6.2 耦合函数	332
习题	266	习题	334
11.4 大数据集合的近似计算	266	12.7 协变量模型	334
11.4.1 引言	266	12.7.1 引言	334
11.4.2 Kaplan-Meier 近似	267	12.7.2 比例风险模型	335
11.4.3 多元衰减表	268	12.7.3 广义线性和加速失效 模型	340
习题	270	习题	343
第四部分 参数化统计方法		第 13 章 模型选择	345
第 12 章 参数估计	275	13.1 引言	345
12.1 矩方法和分位点匹配	275	13.2 数据和模型的表示	346
习题	278	13.3 密度函数与分布函数的图像 比较	346
12.2 最大似然估计	280	习题	351
12.2.1 引言	280	13.4 假设检验	351
12.2.2 完全的个体数据	282	13.4.1 Kolmogorov-Smirnov 检验	351
12.2.3 完全的分组数据	283		
12.2.4 截断或删除数据	283		
习题	287		

13.4.2	Anderson-Darling 检验	353	习题	402
13.4.3	卡方 (χ^2) 拟合优度 检验	355	15.3	三次样条插值
13.4.4	似然比检验	358		习题
	习题	360	15.4	样条近似函数
13.5	模型选择	361		习题
13.5.1	引言	361	15.5	样条的外推
13.5.2	主观判断法	362		习题
13.5.3	评分法	363	15.6	平滑样条
	习题	369		习题
第 14 章	实例	374	第 16 章	信度理论
14.1	引言	374	16.1	引言
14.2	死亡时间	374	16.2	统计学概念
14.2.1	数据	374	16.2.1	条件分布
14.2.2	基本计算	375	16.2.2	条件期望
	习题	377	16.2.3	非参数型无偏估计量
14.3	从事故发生到报告的时间	377		习题
14.3.1	问题和数据	377	16.3	有限波动信度理论
14.3.2	分析	378	16.3.1	完全信度
14.4	赔付额	379	16.3.2	部分信度
14.4.1	数据	379	16.3.3	关于有限波动信度方法 的一些问题
14.4.2	第一个模型	380	16.3.4	备注
14.4.3	第二个模型	382		习题
14.5	总损失实例 I	383	16.4	最大精度信度理论
14.6	总损失实例 II	386	16.4.1	引言
14.6.1	单个保单的分布	387	16.4.2	贝叶斯方法
14.6.2	100 个保单-超额损 失保单组	388	16.4.3	信度保费
14.6.3	100 个保单-总损失 止损处理	388	16.4.4	Bühlmann 模型
14.6.4	数值卷积计算	390	16.4.5	Bühlmann-Straub 模型
	综合习题	391	16.4.6	精确信度
第五部分	统计估计的调整及随机模拟		16.4.7	线性保费, 贝叶斯保费 和无信度之间的比较
第 15 章	插值与平滑	397	16.4.8	备注
15.1	引言	397		习题
15.2	多项式插值与平滑	398	16.5	经验贝叶斯参数估计
			16.5.1	非参数估计
			16.5.2	半参数估计

16.5.3 参数估计	495	习题	513
16.5.4 备注	499	附录 A 连续分布函数	515
习题	499	附录 B 离散分布	528
第 17 章 随机模拟	502	附录 C 损失频率和损失程度的关系	535
17.1 随机模拟的基础知识	502	附录 D 递归公式	537
习题	507	附录 E 损失程度分布的离散化方法	538
17.2 精算建模中的随机模拟实例	508	附录 F 数值优化和方程组求解	541
17.2.1 总体损失计算	508	参考文献	548
17.2.2 无独立性或同分布假设的例子	508	索引	556
17.2.3 两个例子的模拟分析	509		
17.2.4 统计分析	511		

第一部分 引言

