

普通高等教育“十二五”应用型规划教材

金融系列



保险精算原理与实务

(第二版)



主编 王晓军 孟生旺

 中国人民大学出版社

普通高等教育“十二五”应用型规划教材·金融系列

保险精算原理与实务

(第二版)

主编 王晓军 孟生旺

中国人民大学出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

保险精算原理与实务/王晓军, 孟生旺主编. 2 版.
北京: 中国人民大学出版社, 2010
普通高等教育“十二五”应用型规划教材·金融系列
ISBN 978-7-300-12834-4

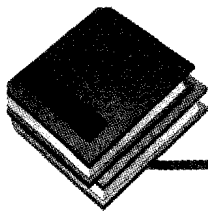
- I. 保…
II. ①王…②孟…
III. 保险-精算学-高等学校-教材
IV. F840.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 200814 号

普通高等教育“十二五”应用型规划教材·金融系列
保险精算原理与实务 (第二版)
主编 王晓军 孟生旺
Baoxian Jingsuan Yuanli yu Shiwu

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	北京七色印务有限公司	版 次	2007 年 7 月第 1 版
规 格	170 mm×228 mm 16 开本		2010 年 11 月第 2 版
印 张	24	印 次	2010 年 11 月第 1 次印刷
字 数	437 000	定 价	29.00 元

版权所有 侵权必究 印装差错 负责调换



出版说明

随着金融成为现代经济运行的核心，社会对金融教育和人才培养提出了更深的要求：分层培养人才。既要着力于培养研究型人才，又要培养大批应用型人才，这已是共识。许多非研究型院校师生反映，市场上现有的金融学教材大多重理论轻实践，重国际化轻中国化。根据这些院校的特点和培养目标，他们认为在教材内容上不仅要包含本领域的基本理论问题，让学生对于基本概念、基本原理有完整的掌握，同时还包含本领域的基本实践问题，让学生掌握一定的实务操作方法，以应对未来工作的挑战。本着这一要求，由李小牧教授和李嘉珊教授牵头，中国人民大学出版社组织中国人民大学、西安交通大学、北京第二外国语学院、北京外国语大学、首都经贸大学、对外经济贸易大学、北京工商大学等若干所学校以及国家外汇管理局、保险公司、证券公司、商业银行等的专家，设计和推出了这套“普通高等教育‘十二五’应用型规划教材·金融系列”。该套教材突出了以下三点：

第一，所列课程完全根据教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容与课程体系改革规划”编写。

第二，根据应用型人才培养目标，教材强化了各项业务的操作规程和实践做

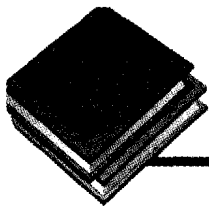
法，通过对案例的分析和点评让学生对实务操作有一个真切的体验。

第三，压缩教材的篇幅，学习资料、练习题等相关内容学生可以通过网络获取，减轻学生负担。

这里说明的是，出于对应用型人才培养探索的要求，出版社并没有提出过分严格的要求，只是在教材的定位、篇幅、编写体例上提出了一些原则性建议，具体编写工作则实行主编负责制，由各位主编和作者全权处理各教材的编写工作，并对各自的内容负责。

教材的出版凝结了所有参编专家、教授的辛劳和智慧，在此一并表示感谢。真诚地期待广大教师、学生和其他读者的批评和意见。

中国人民大学出版社



第二版前言

精算学是一门交叉性和实践性都很强的学科。精算学之所以是一门交叉性学科，主要体现为保险学、数学和统计学等学科在精算学的理论和应用研究中都具有十分重要的作用；而精算学的实践性主要体现在其本身就是一门应用性学科，离开了实际部门的应用，精算学也就失去了存在的实际价值。毫无疑问，精算学的应用主要集中在保险领域，但不可否认的是，精算学在不断吸收其他领域研究成果的同时，也对其他领域的研究发挥着越来越重要的影响，精算学与金融、投资和风险管理等领域的关系日益密切。

本书的读者定位是保险学和金融学专业（而非纯粹的精算学专业）的本科生，所以我们在编写过程中遵循了这样一条原则：精简数学推导和证明，力求应用数据、图表和文字等比较直观的方法介绍精算学的理论和方法。由于精算学的交叉性和实践性，本书在内容安排上体现了下述几个特点：

第一，强调精算学理论和方法的直观解释，尽量回避了一些比较复杂的数学推导和公式证明，这便于读者抓住精算学的本质问题。

第二，在内容安排上强调系统性和逻辑性。精算学通常被区分为寿险精算和非寿险精算两部分，因此本书的内容也是按寿险精算和非寿险精算分别编写的。



在寿险精算部分，从利息理论开始，循序渐进地介绍了生命表、精算现值、总保费和准备金评估等精算概念和技术，最后还简要介绍了联合保险的精算问题。在非寿险部分，从损失模型开始，逐步介绍了分类费率、经验费率、准备金评估和再保险等问题。这种安排既体现了精算学的内在逻辑关系，也涵盖了精算学的基本内容。

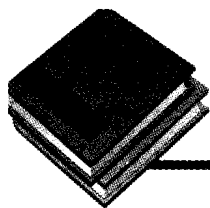
第三，由于精算学的实践性特点，本书使用了许多假设的数据案例来说明问题。有些数据案例比较简单，无须使用专门的软件，而有些数据案例则需要一定的软件来处理。不过，本书的所有计算都可以用 Excel 来完成。因此，如果读者需要应用本书的精算模型和方法，只要熟悉 Excel 即可。

值得注意的是，书中大部分例题是用计算机在 Excel 中一次完成的。由于中间计算过程保留小数位数的关系，可能会使逐步代入的计算结果与书中计算结果有一定偏差。

由于保险精算这门课程的体系结构相对比较固定，因此，在第二版修订时，我们保留了第一版的构架体系，但对第一版中的错误或遗漏进行了改正和补充。

本书第一章到第九章由王晓军负责编写，第十章到第十五章由孟生旺负责编写。在本书编写过程中，中国人民大学出版社付出了辛勤劳动，我们在此谨表感谢。

本书作者虽然尽了很大努力，但为保险学和金融专业的本科生编写一本保险精算学教材还是初次尝试，况且水平有限，因此不当之处难免，欢迎读者批评指正。



目 录

第一章 总论	(1)
第一节 保险精算学的基本原理.....	(1)
第二节 精算师职业.....	(5)
第三节 本书的内容和基本结构.....	(9)
第一部分 寿险精算	
第二章 利息理论	(13)
第一节 利息基本理论	(13)
第二节 年金	(26)
第三节 债务偿还	(34)
第四节 债券价值	(45)
第三章 生命表	(58)
第一节 生命表基本函数	(58)
第二节 生存分布	(63)
第三节 非整数年龄存活函数的估计	(69)

第四节	几个死亡时间的解析分布	(73)
第五节	生命表的编制	(75)
第四章	多减因表	(81)
第一节	多减因表基本函数	(82)
第二节	减因力和中心减率	(83)
第三节	联合单减因表	(87)
第五章	人寿保险	(93)
第一节	传统人寿保险产品	(93)
第二节	死亡年年末赔付的寿险精算现值	(97)
第三节	死亡时赔付的寿险精算现值	(106)
第四节	递推公式	(111)
第六章	生存年金	(116)
第一节	生存年金产品	(116)
第二节	纯生存保险	(118)
第三节	年付一次生存年金的精算现值	(119)
第四节	连续生存年金	(128)
第五节	生存年金与寿险的关系	(131)
第六节	年付多次生存年金的精算现值	(133)
第七节	变额生存年金	(136)
第八节	生存年金的递推公式	(140)
第七章	保险费	(144)
第一节	总保费与净保费	(145)
第二节	均衡净保费	(148)
第三节	总保费	(160)
第八章	责任准备金	(167)
第一节	准备金的意义和种类	(168)
第二节	均衡净保费责任准备金	(170)
第三节	责任准备金的递推公式	(184)
第四节	会计年度末责任准备金	(188)
第五节	修正的净保费责任准备金	(191)
第九章	联合保险	(198)
第一节	联合状态	(198)
第二节	联合状态下的精算现值	(203)

第三节	特殊死亡分布律下的计算	(207)
第四节	条件联合状态	(209)

第二部分 非寿险精算

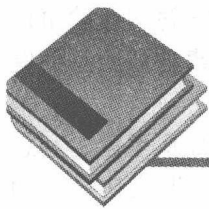
第十章	损失模型	(217)
第一节	风险与保险	(218)
第二节	损失模型的基本概念	(220)
第三节	损失次数模型	(224)
第四节	损失金额模型	(227)
第五节	累积损失模型	(230)
第十一章	费率厘定的基本原理	(238)
第一节	引言	(239)
第二节	纯保费	(240)
第三节	毛保费	(244)
第四节	数据调整	(247)
第十二章	分类费率	(257)
第一节	分类变量	(258)
第二节	单项分析法	(264)
第三节	边际总和法	(275)
第十三章	经验费率	(280)
第一节	信度模型	(281)
第二节	奖惩系统	(300)
第十四章	非寿险准备金评估	(311)
第一节	引言	(312)
第二节	未到期责任准备金	(313)
第三节	未决赔款准备金	(315)
第四节	理赔费用准备金	(332)
第十五章	再保险	(340)
第一节	再保险概述	(341)
第二节	再保险定价	(342)
第三节	再保险准备金评估	(354)
附录		(362)

附表 1 中国人寿保险业经验生命表 (1990—1993)



	(男女混合)	(362)
附表 2	中国人寿保险业经验生命表 (1990—1993) 基数表 (男女混合)	(365)
附表 3	中国人寿保险业经验生命表 (1990—1993) 精算现值表 (男女混合)	(369)
参考文献	(372)





第一章

总论

精算科学是以概率论和数理统计为基础的应用性学科,在开始学习具体内容前,了解保险精算学的基本原理和精算师的职业发展,有助于从整体上把握保险精算学的基本思想和精算的实际运用,有助于加深对精算公式和模型实际意义的理解。

◎学习目标◎

- 了解精算科学的基本原理和主要内容
- 了解精算管理控制系统的基本思想
- 了解精算师职业及其发展

第一节 保险精算学的基本原理

一、精算科学的发展及其应用

精算科学是以概率论与数理统计为基础的,与经济学、金融学及保险理论相



结合的应用与交叉性的学科。在保险和社会保障领域，精算科学通过对风险事件及其损失的预先评价，实现科学的风险管理，为保险和社会保障事业的财务稳健发展提供基本保障。

精算科学是为适应寿险业发展的需要而产生和发展起来的，而概率论、利息理论和生命表技术的发展为精算科学的发展奠定了理论基础。17 世纪初发表的复利理论研究结果，为研究保险和养老金资产投资奠定了基础。1657 年，荷兰数学家克里斯琴·哈根斯（Christian Huygens）发表了关于概率计算的文章，奠定了精算科学的概率基础。1662 年，格兰特（Graunt）运用英国的死亡数据研究了一组人的死亡和生存规律，奠定了生命表的基础。1691 年和 1693 年，威特（Johann de Wit）和哈利（Edmund Halley）分别在新西兰和英国发表了用生命表分析年金问题的文章，开创了精算科学在实际中的运用。

精算科学从最初应用于人寿和年金保险中对人口死亡率的估计，逐步扩展到在非寿险、养老金、社会保障中的运用。在保险领域，精算学主要研究人寿、健康、财产、意外伤害、退休等事故的出险规律、损失的分布规律、保费的厘定、保险产品的设计、准备金的提取、盈余的分配、基金的投资、资产负债管理、偿付能力管理等，以促使保险公司经营的稳健发展。在社会保障事业中，精算科学研究退休、医疗、失业、工伤、生育等保障的成本与债务分配方案以及基金投资方案等，为社会保障事业的经济安全性和财务稳定性提供定量分析依据。

可以说，精算学就是对风险的评价和制定经济安全方案的方法体系。风险就是不确定性，包括事件是否发生，何时、何地、产生何种结果的不确定性。风险发生可能带来收益，也可能带来损失。由于人们通常更关心风险造成的损失，因此风险常被定义为未来发生损失的不确定性。在社会经济各个领域和人们的日常生活中，风险无处不有、无时不在。比如，在社会经济生活中，人们可能由于早逝给家庭造成损失；由于疾病付不起医疗费而丧失治疗机会，给身体和生命带来损失；由于失业影响正常生活；由于老年没有依靠使老年生活难以维持等。人们也可能由于灾害和意外事故使财产遭受损失，由于人们的过失或侵权行为造成他人的财产毁损或人身伤亡等。保险经营的对象正是风险，通过保险使风险造成的损失转移到保险人，由面临相同或类似风险的众多投保者共同分担损失，从而减缓和避免风险造成的损失。

精算学之所以成为保险经营的科学基础，正是因为保险经营的对象是风险。在工商企业管理中，需要根据不变资本和可变资本的价格核算产品的生产成本，实际的生产成本发生在销售之前。保险经营的成本与一般产品生产成本发生的时间不同，保险是通过投保人购买保险公司发行的保单这种特殊产品实现风险转移

的。保单价格由它承担风险的强度和风险损失大小决定，而投保人的风险和损失大小只有在风险和损失实际发生后才能确定，因此发生在保单销售之后。为应付未来成本收取的保险费，与未来实际发生的现实成本存在时间差，这就需要运用精算学方法预先估计保险成本并对保险成本依缴费时期长短进行分摊，确定保险费率。具体说来，首先根据过去保险统计资料，运用统计学方法研究保险事故的出险规律，如人寿保险中的死亡率，医疗保险中的各种病因发病率和分病因死亡率，财产和灾害保险中保险事故的发生率、索赔次数的分布规律等；其次，研究保险事故发生造成损失的分布规律，如财产保险每次损失数额的分布规律；最后，在此基础上估计保险公司承担风险的期望值，在估入保险公司的经营费用后，计算保险产品的预计总成本。保险公司在收取保费后开始履行保险义务，其未完成的赔付责任构成了保险公司对投保人的负债，为这一负债需要提取的准备资金就是保险公司的责任准备金，根据风险和损失科学地计算保险公司的责任准备金对保险公司的正常营运无疑具有重要意义。当保险公司承担的风险增大时会给保险公司的经营带来困境，这需要通过再保险实现风险的转移。在再保险中确定合理的分出量和自留量也是保险精算的重要内容。此外，保险基金需要投资营运以增强保险实力，投资风险分析、投资项目选择、收益率计算、投资效益评价等都需要运用精算学的方法。

社会福利事业的建立和发展，需要运用精算学方法对退休、疾病、失业、工伤、生育等风险进行评价，并根据社会、经济、人口的发展状况，科学地评估在各种风险下社会保障的成本和债务，研究合理的债务分摊方法，从而为建立有效的社会保障制度提供数量分析依据。例如在养老保险中，需要运用精算学方法估计出在承诺的退休金水平下的养老总成本，并选择最合理有效的成本分摊方法，确定基金模式和缴费模式。在养老保险改革中，需要运用精算方法评估制度改革的成本，评估制度改革对政府、企业、个人产生的影响，评估满足一定待遇水平需要的经济投入，或者一定的经济资源能够提供的待遇水平，评估不同改革方案可能的长期财务影响等。

二、保险精算学的基本原理

精算学是对未来不确定事件可能产生的财务结果进行预先评估的方法体系，包括对未来不确定事件（即风险）发生规律的认识、对风险带来损失的评价、对损失分摊方案的分析等。保险精算学具体研究保险领域的风险分析、产品设计和定价、负债评估、资产与负债管理、偿付能力评价、盈利能力分析等问题。精算



评估需要借助精算模型，也就是包含各种精算假设的数学模型，这些假设是对未来风险发生规律的预测，精算人员往往依据过去的经验及对假设因素发生、发展规律的研究给出假设。

这里以一个1年期定期寿险为例说明保险精算的基本原理。1年期定期寿险的基本规定包括从保单生效之日起，如果被保险人在1年之内去世，则保险人向保单的受益人给付保单规定的保险金。否则，合同在1年后自动失效。假定保险公司签发了10 000份条件相同的保单，这些保单构成了一个封闭型保单组。所谓条件相同，在这里指保险金额相等，比如都等于100 000元，被保险人的投保年龄相同，比如都等于50岁，保费采取一次交清方式，也就是趸缴保费方式，而死亡给付假设在保单年度末进行。保单组是一个抽象概念，可以理解为除保单当事人以外，所有其他条件都一样的保单构成的一个整体。从保单组来理解保险业务和相应的精算模型比较容易。

投保和承保是一种金融交易行为，这里要用到三个分析金融交易的基本方法：第一，要从买卖双方的成本和收益来分析整个交易；第二，把交易过程抽象为交换现金流；第三，在一定意义下可以认为买卖双方在进行等价交换。保险业务的特别之处在于，在保险交易的过程中，购买相同保险的投保人构成了一个利益共同体，对买方的分析要从个别投保人和整个保单组两个角度来进行。

为了描述的方便，我们把保单生效日定为时间起点，即时刻0，单位时间长度为1年。从保险人的角度来看，在0时刻要制定一个价格，即保费。与一般企业的定价相似，保险人所制定的价格中包含给付成本和费用以及部分利润，但是保险人面临的不确定性往往高于一般的企业。在时刻1，保险人所收到的保费中有很大一部分返还给若干出险的保单。对于投保人来说，在时刻0，需要向保险人缴付保费。在时刻1，少数出险保单会得到相应的索赔，赔付额往往是所交保费的若干倍。而没有出险的保单，则得不到任何赔付，在时刻0缴付的保费用于对其他出险保单的赔付和补偿保险公司必要的费用支出等。

保险公司在销售保单之前必须厘定保费，保费中有一部分要返还给出险保单的受益人，这部分保费可以称为净保费或者给付保费。假定在1年之内的死亡概率为0.004 3，不考虑保费的投资收益和保险人的费用，所有死亡给付在年末支付。那么，保险人在时刻0应该向每个投保人收多少保费呢？

计算保费需要遵守收支对等原则，对保额为100 000元的保单，在0.004 3的死亡概率下，每个人的期望损失为 $100\,000 \times 0.004\,3 = 430$ 元。也就是说，在不考虑保险公司的费用、投资收益、利润的情况下，每个投保人需要缴付的保费为430元，如果保险公司在时刻0出售了10 000张保单，则净保费收入总额为

$430 \times 10\ 000 = 4\ 300\ 000$ 元。如果实际死亡概率完全与预期的死亡概率相等，那么在一年内死亡的人数为 $10\ 000 \times 0.004\ 3 = 43$ 人，100 000 元保额的总赔付为 $100\ 000 \times 43 = 4\ 300\ 000$ 元，正好与所收取的保费相等。但实际上，保险人的给付支出是一个随机变量，它取决于该年内保单组产生的实际死亡人数，如果在 10 000 张保单中实际死亡人数超过了预计的 43 人，则保险人预收的保费不能补偿给付支出，这种情况称为对保险人的不利偏差，在死亡率风险上会产生一个损失；反之，如果保险人预收的纯保费超过了给付支出，保险人由此可以获得承保利润。不利偏差是实际营业过程的经验数据和预先的假设发生了偏差，并且这种偏差会给保险人带来损失。由此可见，保险人所面临的风险并非保单组带来的死亡索赔，而是发生的索赔数超过了保险人的预期，用概率论语言来描述，保险人的风险不是随机变量的期望（即预计的死亡人数），而是随机变量的不利偏差。

从单个投保人来说，他用当前的一个小额确定性支出，即 430 元的净保费，换来一个对未来的高额不确定的保障，即 100 000 元的保额。430 元净保费等于获得给付的可能性乘以给付的金额，这是合乎情理的。1 年以后，所有的不确定性都消失了，投保人可以分成发生索赔和没有发生索赔两类：对于没有发生索赔的保单来说，保单所有人所交的保费没有任何返还；对于发生索赔的保单来说，虽然被保险人去世是不幸的，但是受益人毕竟可以获得一定的经济支持。也就是说，在保单所有人之间发生了转移支付，这种转移支付功能是由保险人来完成的。

从整个保单组的角度来看，由大数定律几乎可以确定，这个保单组中在 1 年之内会有若干保单的被保险人去世从而获得死亡给付。所以，保单组在时刻 0 交给保险人总额为 4 300 000 元的保费，可以预期的是，大部分保费都会返还给发生保险事故的保单。考虑到保险人运营成本、可能的退保等，实际收取的保费（即毛保费或营业保费）会高于净保费。同时，保险公司收取保费后，必须为保单承诺的未来赔付责任和其他可能的风险建立预先储备，这就是保险公司必须提留的准备金。准备金与公司承担的风险相对应，是公司承担的风险净值的衡量。在保险经营过程中，还需要对公司的偿付能力、盈利能力进行评估，对公司的利润进行分析和分配，这些过程都需要运用精算平衡和风险测量的方法进行。

第二节 精算师职业

一、精算师及其工作领域

精算师被称为金融、保险、投资和风险管理的工程师，他们通过对风险和损



失的预先评价，对风险事件做出预先的财务安排，保证风险经营的财务稳健性。

1775年，英国公平人寿将运用数学工具为产品定价的专门人员命名为精算师，此后，精算师开始在英国人寿险和养老金业务中涌现。1848年，世界上第一个精算师协会——英格兰精算师协会在伦敦成立。伴随欧洲和北美保险业的发展，精算师职业得到迅速的成长和发展。1895年，由比利时、法国、德国、英国、美国5国发起的首届国际精算师大会在布鲁塞尔召开，同时成立了国际精算师协会。国际精算师协会每4年召开一次全球性精算师大会，为推动精算师向不同领域的职业扩展发挥了重要的作用。

最初，精算师只限于在寿险和养老金业务中发挥作用，他们运用数学工具，并结合利息理论和生命表技术，为保险公司的产品定价提供依据。19世纪中后期，精算师的职业领域开始向非寿险、健康保险、社会保障等扩展，其职业角色的重要特征是对各种未来发展方案建立数学模型，预测未来财务状况，并提供中立的专业意见。进入20世纪中后期，精算师的职业领域进一步延伸到银行、投资、公司财务、金融工程等领域。伴随精算师职业领域的不断拓宽，精算师的角色也从单纯的价格和准备金计算提升到对产品和制度的设计以及对风险相关领域业务流程的管理和控制上，从而在更高的层次上拓展了精算科学的应用领域，提升了精算师的职业地位。按2001年的统计，英国精算师就职于保险公司的比例占40%，就职于与风险评估相关的咨询公司的比例为45%，就职于其他金融机构的比例为7%。按精算师的工作领域分，从事寿险精算的精算师占33%，从事养老金精算的精算师占38%，从事非寿险精算的精算师占8%，从事其他金融机构精算工作的占9%。

在保险公司，精算师主要就职于产品开发部、精算部、财务部等部门，其工作职责主要有经验数据分析、新产品设计和保费定价、负债评估、利润分析等。经验数据分析是对已生效保单的出险、费用、退保等各种状态变化趋势的分析研究，通过收集大量的业务统计数据和财务数据，根据一定的主题对这些数据表现出来的规律性进行分析，比如分析退保率的变化、费用率、分险种索赔情况、代理人的工作能力变化等。新产品设计和保费定价是精算师的主要工作职责之一，保险公司需要适应市场变化和消费者需求，不断推出新产品。新产品设计是跨部门的工作，精算部的分工是根据产品设计特征，完成产品各个参数的计算，检验该产品的盈利能力。负债评估是精算师最传统的工作，无论是否有新产品推出，都需要测算产品应计提的准备金数额和公司的负债水平，并研究公司的资产偿付负债的能力。精算师也需要配合财务部门完成财务报表，提交利源分析报告，并对公司的盈利能力进行分析，对公司的利润分配方案提出意见。要完成上述工作