


教育部推荐教材

金融学研究生核心教材系列

保险精算学

主编 王晓军 孟生旺



 中国人民大学出版社

教育部推荐教材

金融学研究生核心教材系列

保险精算学

…………… 主编 王晓军 孟生旺

 中国人民大学出版社



图书在版编目 (CIP) 数据

保险精算学/王晓军, 孟生旺主编.
北京: 中国人民大学出版社, 2006
教育部推荐教材
金融学研究生核心教材系列
ISBN 7-300-07203-8

I. 保…
II. ①王…②孟…
III. 保险-精算学-研究生-教材
IV. F840.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 025270 号

教育部推荐教材
金融学研究生核心教材系列

保险精算学

主编 王晓军 孟生旺

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)

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

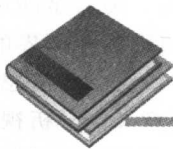
印 刷 河北涿州星河印刷有限公司

开 本 787×1000 毫米 1/16 版 次 2006 年 4 月第 1 版

印 张 22.75 插页 1 印 次 2006 年 4 月第 1 次印刷

字 数 439 000 定 价 39.00 元

版权所有 侵权必究 印装差错 负责调换



总序

亚里士多德曾经将人类的知识分做三大类：纯粹理性、实践理性和技艺。而金融学却将这三类知识完美地融合在一起，体现了它的独特魅力，也激发了一代又一代学者的研究兴趣。金融业的发展壮大，金融学者的艰难求索，推动了金融学科的发展。曾几何时，金融学只是经济学中一个无足轻重的分支；今天，金融学与经济学相互融合，你中有我，我中有你，并且在很大程度上金融学在改写着经济学。诺贝尔经济学奖多次颁发给在金融研究中有突出贡献的经济学家便是金融学科日益壮大的明证。

20世纪30年代之前，受落后的经济发展水平和简单的金融活动的制约，当时的经济学家将货币看做覆盖在实物经济上的一层“面纱”，对经济并不产生实际影响。货币政策的任务也仅是控制货币数量，稳定物价水平，维持货币的购买力。30年代大萧条之后问世的凯恩斯《就业、利息与货币通论》成为金融学发展史上一个重要的里程碑，它推进了经济学家对于货币的地位和作用的认识。当时金融理论的视角虽然由宏观和微观两个角度构成，但是宏观层次的研究明显要重于微观层面的研究。宏观金融理论主要围绕货币职能、货币供求机制以及货币政策等问题展开。微观金融理论则局限于商业银行领域，对其他金融机构极少涉及。在研究方法上，当时的金融理论采用的是古典经济学一般均衡的分析方法，侧重于纯理论性的描述，极少运用数学和统计学的分析工具。





20世纪六七十年代，货币经济进一步发展到金融经济。随着金融市场化、自由化的兴起和技术进步的加快，金融活动突破了原有的机构和国界的藩篱，金融创新层出不穷。沧海桑田式的巨大变迁，不仅冲击着传统的经济思想，而且，从根本上使人们重新认识了金融之于现代经济的重要意义，分析视角也日趋创新。追随着哈里·马科维茨的创见，金融学家在资本市场运行机制、资产定价与公司财务方面进行了深入的探索，奠定了金融经济时代的思想基础。与传统金融理论相比，现代金融学研究更加务实与深入，研究对象更偏重微观层次。由于金融活动前所未有的复杂性，金融理论的研究手段更为先进，借助了现代信息技术，并广泛运用数学和模型分析方法以及定量分析方法。金融学由描述性逐步走向了分析性科学。

金融实践的革命，金融学研究的推进，成为推动金融学科发展的沃土。尤其在我国这样一个经济体制转轨的国家，近几十年间，金融无论在实践还是在理论上的发展都是日新月异，一日千里。结果是，金融学在整个学科体系中的独立地位日渐凸现，研究体系和基本框架日益完善，有力地指导着现实的经济运行。改革开放之前，金融学科的理论基础是马克思主义经典作家关于货币、信用和银行在社会主义社会中的地位和作用的有关论述，学科发展模式则是以当时的苏联为范本。这一时期，该领域研究的重点集中在货币、信用和银行等问题上。由于当时实行的是高度集中的计划经济体制，金融业在经济中的作用受到了极大的抑制，金融学科发展缓慢。随着经济制度的转轨，中国的金融实践得到了发展，同时，以市场经济为背景的西方金融理论思想被引入，涌现出一批旨在描述和解释中国金融实践的理论成果。金融学作为新兴学科在高等教育学科体系中确立了相对独立的地位，金融学科发展呈现出繁荣景象。20世纪80年代开始，随着改革开放的深入，我国金融业发展的市场化、科技化和全球化的趋势日益明显，对金融人才的质量和结构提出了更高的要求。为此，金融教育需要先行一步，通过相应的改革设计，努力培养出大批既掌握本国金融运行特点和规律，又通晓金融国际运作的高级人才。目前，金融学术界和教育界人士就学科发展定位、学科边界、课程体系设计等诸多方面还存在着争论，但总体而言，要适应我国金融实践的发展，金融学科的研究对象应当向金融市场和微观主体倾斜，更加体现其应用性；研究方法也应当更多地使用数理分析工具，更加体现其科学性。

金融研究生核心教材系列是“211工程金融政策与金融管理”项目的标志性成果之一。该项目根据教育部“进一步凝练学科方向，使学科的结构更加优化，定位更加准确，重点更加突出，特色更加鲜明”的指示精神，目标是要巩固和加强中国人民大学在宏观金融学领域的优势地位，并以此为基础，发展以金融风险管理的微观金融学，特别是努力探索微观金融与宏观金融的内在联系机理，然后在一个合理逻辑的基础上，推动中国金融教学领域的改



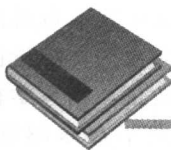


革。本套教材系列包括的 13 部教材：《货币经济学》、《金融经济学》、《数理金融学》、《计量金融学》、《制度金融学》、《公司财务学》、《证券投资学》、《国际金融》、《投资银行学》、《银行经济学》、《金融工程学》、《保险经济学》、《保险精算学》，就是基于上述思想，在充分消化、吸收国际一流同类教材精华的基础上，立足于中国国情，强调金融学一般原理与本土案例的结合。值得一提的是，本套教材吸收了中国人民大学成功的教学改革实践——“中美金融教学实验项目”的许多成果。这一中外合作办学项目于 2002 年开始实施，旨在培养融会贯通中西、既掌握现代金融理论、又有实际应用能力的高层次人才。项目的生源是中国人民大学相关专业本科三年级开始本硕连读的优秀学生（2005 年开始通过全国大学生金融夏令营的方式选拔）；授课教师既有美国麻省理工学院、耶鲁大学、哥伦比亚大学和明尼苏达州立大学的经济或金融学教授，又有接受过国外金融学教育的国内优秀教师。课程安排的原则是学术与应用并重，思想与方法并重，中外教材并重，授课语言依从效果。四年来，该项目培养的人才已经开始得到社会和学界的认可。“中美金融教学实验项目”的有益成果为本套教材提供了教育实践基础。

鉴于金融是当前市场经济中最为活跃的一分子，金融学是一个正在发展的开放性新兴学科，因而学科边界和内涵都处于一个不断更新、变化的动态环境之中。金融理论研究和金融学科建设的争论远远没有尘埃落定的一天。现在，本套教材即将面世，唯愿能够为生机无限的金融学科贡献一份绵薄之力！

最后，特别感谢国务院学位办领导和教育部社政司领导的支持与指导。在 2002 年 7 月举办的“全国金融学科研究生专业建设研讨会”中，该套教材被定为推荐教材。





前 言



王晓军:中南财经大学经济学硕士;中国人民大学法学博士。现任中国人民大学统计学院教授、博士生导师,统计学院副院长、风险管理与精算中心主任,教育部重点研究基地应用统计科学研究中心副主任。主要代表作有:《保险精算学》;《中国养老金制度及其精算评价》;《社会保障精算原理》;《寿险精算学》。主要研究方向为:寿险精算、养老金、社会保险。



孟生旺:经济学博士,中国人民大学统计学院教授。主要研究方向为风险管理、保险与精算。主要代表作有《保险定价:经验估费系统研究》;《实用非寿险精算学》;《利息理论及其应用》。

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,主要体现在保险学、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的研究成果的同时，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。

本书的读者定位是金融学专业（而非纯粹的精算学专业）的硕士研究生，所以本书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，从精算学的角度对寿险产品和非寿险产品进行了简要介绍，其目的是为了便于在后面各章对精算学的理论和方法进行探讨。当然，对保险产品比较熟悉的读者就无需阅读这部分内容了。

第二，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，而不至于对某些细枝末节问题纠缠不清。不过，这里所说的细枝末节仅仅是就本书的主要读者群而言的，并非意味着这些证明或推导的价值不高，事实上恰恰相反，因为正是它们在推动着精算学理论和方法的不断发展。

第三，在内容安排上兼顾了系统性和前沿性。本书假设读者掌握了初步的精算学知识，具有一定的高等数学和统计学基础，因此在内容安排上，基本上按照精算学的逻辑顺序进行，同时考虑到精算学的最新发展，也增加了精算学的一些前沿研究成果，如金融理论在保险产品定价中的应用等。

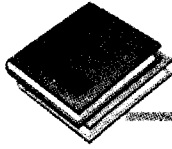
第四，由于精算学的实践性特点，本书使用了许多假设的数据案例说明问题。事实上，应用恰当的软件处理保险数据是精算师的一项重要工作。本书中有些数据案例比较简单，无需专门的软件，而有些数据案例则需要一定的软件来处理。本书大多数的计算用 Excel 或 MATLAB 都能完成，但关于广义线性模型的应用还得使用 SAS 等统计软件。限于篇幅，本书没有给出每个案例的计算程序，因此，如果读者需要应用本书的精算模型和方法，必须熟悉有关的计算软件。

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，其中第 1 章到第 5 章以及第 7 章由王晓军负责编写，第 6 章由黄向阳负责编写，第 8 章到第 13 章由孟生旺负责编写。中国人民大学统计学院硕士生张楚和付倩参与了第 5 章初稿的写作，感谢他们为本书做出的贡献。同时感谢中国人民大学出版社为本书的出版付出的辛勤劳动。

本书作者虽然尽了很大努力，但为金融专业的硕士研究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。

作者





目 录

导论	1
1.1 精算科学及其应用领域	1
1.2 保险精算学的基本思想	3
1.3 精算管理控制系统	5
1.4 本书的内容和基本结构	7
结语	8
思考题	8
阅读材料	8
第2章 寿险产品	9
2.1 传统个人寿险和年金产品	9
2.2 投资类保险产品	15
2.3 附加保险	19
2.4 团体保险	19
结语	21
思考题	21
阅读材料	21





第3章	寿险产品定价	23
3.1	寿险产品定价的精算控制循环	24
3.2	定价假设	27
3.3	传统的定价方法	33
3.4	资产份额定价法	36
3.5	折现现金流法	43
	结语	46
	思考题	46
	阅读材料	48
第4章	准备金评估	49
4.1	准备金的意义和种类	49
4.2	准备金评估会计准则	51
4.3	净保费给付准备金	54
4.4	准备金评估	59
4.5	准备金对定价的影响	64
	结语	65
	思考题	65
	阅读材料	66
第5章	资本需求	67
5.1	引言	67
5.2	风险分析	68
5.3	资本需求	71
5.4	偿付能力	75
	结语	84
	思考题	85
	阅读材料	85
第6章	利润核算	86
6.1	建立一个模型寿险公司	87
6.2	寿险公司的利润计算	93
6.3	利源分析	97
6.4	两个比较深入的问题	99





结语	103
思考题	103
阅读材料	104
7.4 养老金计划精算估计	105
7.1 养老金计划成本与债务的估计	105
7.2 给付分配精算成本法	117
7.3 成本分配精算成本法	120
结语	128
思考题	129
阅读材料	129
8.1 非寿险与非寿险精算	131
8.1 引言	131
8.2 财产保险	131
8.3 责任保险	135
8.4 短期健康保险和意外伤害保险	139
8.5 非寿险精算	142
结语	145
思考题	145
阅读材料	145
9.1 风险分类和度量	147
9.1 分类变量的选择	148
9.2 风险度量	153
9.3 常用损失分布	158
结语	168
思考题	169
阅读材料	169
10.1 非寿险费率厘定	171
10.1 费率厘定的基本原理	171
10.2 个体风险的费率	193
10.3 分类费率	204





10.4 信度理论	216
结语	233
思考题	234
阅读材料	235

非寿险准备金评估 238

11.1 引言	238
11.2 逐案估计法	240
11.3 链梯法	241
11.4 案均赔款法	249
11.5 准备金进展法	263
11.6 B—F 法	268
11.7 理赔费用准备金	276
11.8 准备金评估结果的检验与监控	280
结语	282
思考题	283
阅读材料	284

资本与利润 286

12.1 保费原理	286
12.2 偿付能力边际	292
12.3 利润附加模型	298
结语	302
思考题	303
阅读材料	303

再保险 305

13.1 引言	305
13.2 再保险的类型	307
13.3 最优再保险	313
13.4 再保险定价	317
13.5 共保	327
结语	327
思考题	328
阅读材料	329





.....	331
附表 1 中国人寿保险业经验生命表 (1990—1993 年) (混合表)	331
附表 2 中国人寿保险业经验生命表 (1990—1993 年) 基数表 (男女混合)	335
附表 3 中国人寿保险业经验生命表 (1990—1993 年) 精算现值表 (男女混合)	338
附表 4 全国市镇从业人口生命表 (1989—1990 年) (男女混合)	342
附表 5 服务表示例	345
参考文献	347





第 1 章

导 论

1.1

精算科学及其应用领域

精算科学是以概率论和数理统计为基础的，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。它广泛应用于社会经济各个领域中对风险的评价，以及相应经济安全方案的制定。

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，最初应用于人寿保险中对人口死亡率的估计，以后逐步在财产、灾害、责任保险的营运和社会保障事业的建立中发挥重要的作用。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、基金的投资等，以保持保险公司经营的财务稳定性。在社会保障事业中，它主要研究退休、医疗、失业、工伤、生育等保障方面成本与债务的分配方案，以及社会保障基金的投资方案等，保持社会保障事业的经济安全性和稳定性。目前，精算学已成为现代保险业、社会保障事业和投资业的科学基础。第二次世界大战以后，其应用范围进一步扩大到社会、人口、经济、军事等各个领域中对风险的评价。

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





是一种不确定性，当未来存在不确定性时就有风险。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。风险的发生可能造成损失，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，由于失业影响正常生活，由于年老没有依靠使老年人生活难以维持。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人共同分担损失，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。在工商企业的管理中，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。具体地，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；在此基础上估计保险公司承担风险的期望值，即保险趸缴净保费，在估入保险公司营业费用后，计算保单的预计总成本。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。保险公司为保证其偿付能力，必须预留足够的准备金。根据未来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、生育等风险进行评估，并根据社会、经济、人口的发展状况，科学地计算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。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。我国目前正在进行养老保险制度的改革，





从过去现收现付式的下一代人养活上一代人的模式过渡到社会统筹与个人账户相结合的部分基金积累模式。在养老保险模式过渡中，需要运用精算学方法，根据退休状况和过去承诺的退休金水平科学估计过渡成本，估计过渡时期的精算债务以及债务的分摊；根据人口经济状况估计退休金水平和相应的缴费水平，为确定合理的养老保险方案提供依据。



保险精算学的基本思想

保险精算学研究对保险经营的风险分析、产品设计、产品定价、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，为保险业的健康发展提供基本保障。保险的功能并不是消除未来的意外不幸事件，而是为因意外不幸事件所造成的经济损失提供一定补偿。由于事先人们并不知道未来的不幸意外事件是否会发生，一旦发生又会造成多大损失，但却可以通过保险实现风险的转移，运用精算技术对意外事件的发生概率及其后果进行预测，实现风险管理。

下面以一个1年期定期寿险为例说明保险的基本运作。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。假定保险人签发了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，比如都是100 000元，被保险人的投保年龄相同，比如都是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，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。和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。

保险人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纯保费（net premium）或者给付保费（benefit premium）。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 0 时刻应该向每个投保人收多少保费？

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 0 时刻出售 10 000 张保单，则纯保费收入总额为 $430 \times 10\,000 = 4\,300\,000$ （元）。如果实际死亡概率完全与预期的死亡概率相等，这时，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（adverse deviation）是实际营业过程的经验数据和预先的假设发生了偏差，且这种偏差会给保险人带来损失。由此可以看到，保险人所面临的风险并非是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（预计死亡人数），而是随机变量的不利偏差。

从单个投保人来看，他用当前的一个小额确定型支出，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，是合乎情理的，1 年以后，所有的不确定性都消失了，投保人可以分为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。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 0 时刻交给保险人总额为 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

