

寿险精算

——原理、方法与实务

高 滨 编著

寿险精算

——原理、方法与实务

高 滨 编著



 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

寿险精算：原理、方法与实务/高滨编著. —北京：北京理工大学出版社，2012. 3

ISBN 978 - 7 - 5640 - 5584 - 4

I. ①寿… II. ①高… III. ①人寿保险 - 计算方法 IV. ①F840. 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 020010 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中华美凯印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 19.25

责任编辑 / 施胜娟

字 数 / 359 千字

申玉琴

版 次 / 2012 年 3 月第 1 版 2012 年 3 月第 1 次印刷

责任校对 / 周瑞红

定 价 / 36.00 元

责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题，本社负责调换



前言

寿险精算是数学、人口学、金融学、经济学等一系列相关学科在寿险业务定量分析中的综合应用，是寿险公司盈利性与稳健性的重要技术保障。根据其知识脉络，本书由浅到深地将寿险精算的基本原理、方法及相关实务集结在以下五篇当中：

第一篇“预备知识”（第一章到第二章）介绍人寿保险的主要类型、生存分布与生命表（当然，学习寿险精算前，具备其他一些预备知识也是必要的，比如微积分、概率论和利息理论等。这里假定读者之前已经完成了相关的课程）；

第二篇“保费计算”（第三章到第六章）介绍如何在一定假设基础上，根据平衡原理计算寿险保单的保费；

第三篇“责任准备金与现金价值”（第七章到第九章）介绍寿险保单的责任准备金评估与现金价值计算的基本原理和方法；

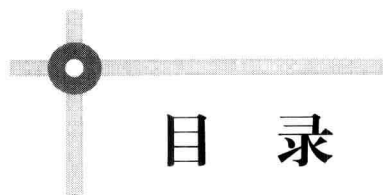
第四篇“扩展与提高”（第十章到第十三章）介绍多元生命函数、多元风险模型及其在养老金计划中的应用，以及几类特殊保险产品的精算方法；

第五篇“财务规划与评估”（第十四章到第十七章）介绍如何规划与评估寿险保单的财务状况和财务影响。

为了帮助读者高效而系统地掌握上述内容，本书竭尽笔者所能地追求以最符合认知规律的方式引入与组织相关知识；力图做到逻辑清晰、层次分明、文字精练、推导简洁；格外重视语言的一致性（对相关性较高的各知识点，尽量采用相同或类似的语言加以描述）与示例的统一性（尽可能围绕同一份保单演示关键知识点的应用）。希望笔者的上述诸般努力能带给读者富于收获而平顺愉快的阅读体验。

高洪忠、路朝军、闫鹏对本书进行了认真的审阅，提出了宝贵的建议。在此，向他们表示衷心的感谢。

高 滨



目 录

第一篇 预备知识

第一章 人寿保险的主要类型	3
第一节 引言	3
第二节 传统人寿保险	3
第三节 分红保险	6
第四节 万能保险	7
第五节 投资连结保险	11
习题	13
第二章 生存分布与生命表	14
第一节 引言	14
第二节 新生儿的生存分布	14
第三节 (x) 的生存分布	16
第四节 生命表	20
第五节 关于分数年龄的假设	25
第六节 选择终极生命表	28
习题	29

第二篇 保费计算

第三章 人寿保险的趸缴净保费	35
第一节 引言	35
第二节 离散型死亡保险	38
第三节 连续型死亡保险	44
第四节 连续型死亡保险的数值计算	48
第五节 生存保险与两全保险	51
第六节 换算函数	54
第七节 递推公式	58
习题	62
第四章 生存年金的精算现值	64
第一节 引言	64

第二节	按年给付的离散型生存年金	64
第三节	年给付 m 次的离散型生存年金	69
第四节	递推公式	72
第五节	连续型生存年金	73
第六节	换算函数	77
第七节	完全期末年金与比例期初年金	82
习题		83
第五章	均衡净保费	86
第一节	引言	86
第二节	完全离散型寿险的均衡年度净保费	87
第三节	完全连续型寿险的均衡年度净保费	89
第四节	年缴费 m 次的均衡年度净保费	91
第五节	比例净保费	92
第六节	用换算函数表示的均衡年度净保费公式	94
第七节	累积受益	95
习题		97
第六章	毛保费	99
第一节	引言	99
第二节	定价假设	99
第三节	毛保费的计算	103
习题		107

第三篇 责任准备金与现金价值

第七章	净保费责任准备金	111
第一节	引言	111
第二节	完全离散型寿险的净保费责任准备金	112
第三节	完全连续型寿险的净保费责任准备金	118
第四节	其他几类寿险的净保费责任准备金	123
第五节	递推公式	127
第六节	分数期责任准备金	129
第七节	亏损按年度分摊	131
第八节	用换算函数表示的责任准备金公式	134
习题		136
第八章	修正责任准备金与毛保费责任准备金	138
第一节	引言	138
第二节	财务规划初步	139

第三节	修正责任准备金	144
第四节	一年定期修正制	148
第五节	美国保险监督官评估标准	150
第六节	ZLM 修正制	153
第七节	毛保费责任准备金	155
习题		159
第九章	现金价值与退保选择权	161
第一节	引言	161
第二节	NAIC 关于最低现金价值的规定	162
第三节	中国保监会关于最低现金价值的规定	165
第四节	退保选择权	167
习题		169
第四篇 扩展与提高		
第十章	多元生命函数	173
第一节	引言	173
第二节	联合生存状态	173
第三节	最后生存状态	174
第四节	期望值、方差与协方差	177
第五节	人寿保险与生存年金	178
第六节	在 Gompertz 假设与 Makeham 假设下的求值	182
第七节	在死亡均匀分布假设下的求值	183
第八节	顺位问题	185
习题		188
第十一章	多元风险模型	190
第一节	引言	190
第二节	终止时刻与终止原因的概率分布	190
第三节	多元风险模型下的存续群体	194
第四节	多元风险模型的伴随单风险模型	196
第五节	多元风险模型的构造	199
第六节	多元风险模型下的趸缴净保费	203
习题		206
第十二章	养老金计划的精算方法	209
第一节	引言	209
第二节	一般公式	209
第三节	未来捐纳金的精算现值	211

第四节	适龄退休受益及其精算现值	213
第五节	残疾退休受益及其精算现值	216
第六节	离职受益及其精算现值	218
	习题	219
第十三章	特殊保险产品	221
第一节	引言	221
第二节	含有确定给付成分的年金	221
第三节	家庭收入保险	223
第四节	退休收入保险	224
第五节	变额保险	225
第六节	可变计划保险	228
	习题	230

第五篇 财务规划与评估

第十四章	资产份额与财务规划	233
第一节	引言	233
第二节	资产份额的规划原理	234
第三节	分红原理	235
第四节	基于一份保单的财务规划	240
第五节	基于大量同类保单的财务规划	246
第六节	资产份额定价法	247
	习题	248
第十五章	准备金评估 I	249
第一节	引言	249
第二节	准备金评估的目的和类型	249
第三节	准备金的评估方法	252
第四节	准备金的评估假设	255
第五节	准备金评估的实务应用	257
	习题	261
第十六章	准备金评估 II	262
第一节	引言	262
第二节	万能寿险的准备金评估	262
第三节	变额寿险的准备金评估	266
第四节	延期年金的 $CARVM$ 准备金	271
	习题	276

第十七章	所需资本与可分配盈余	278
第一节	引言	278
第二节	所需资本计算的基本原理	278
第三节	美国的偿付能力监管制度	281
第四节	我国的偿付能力监管制度	283
第五节	可分配盈余的规划	285
习题		290
习题答案		291
参考文献		298

第一篇 预备知识



第一章

人寿保险的主要类型

第一节 引言

以被保险人的寿命和身体为保险标的的保险，称为人身保险。人身保险主要提供以下四类保障：

- (1) 死亡（如定期寿险、终身寿险等）；
- (2) 生存（如生存保险、年金类保险等）；
- (3) 失能（如伤残保险、长期护理保险等）；
- (4) 伤害或疾病（如健康保险、意外伤害保险、医疗费用保险等）。

人寿保险简称寿险，是人身保险中的一类，其定义有广义和狭义两种：广义的寿险是指人身保险中，提供上述（1）、（2）类保障的保险（这种区分并非绝对，比如，寿险保单也可能附有失能条款）；狭义的寿险则是指广义的寿险中，除年金类保险之外的保险。

广义的寿险还可按其产品特征分为两类：传统寿险和新型寿险。前者的主要特征是：其受益金额和保费的缴纳（缴费的时间和金额）在保单生效时即予以锁定，不随保单的实际经验变动，且保单持有人（即按保单约定，缴纳保费并享有保单利益的人）不得随意变更。后者主要包括分红保险、万能保险和投资连结保险等三类，其主要特征是：或者其受益金额根据或参考保单的实际经验调整，或者在保费缴纳、保障水平等方面，给予保单持有人一定的选择权（即保单持有人有权在一定条件下自行决定缴费的时间和金额，或有权在一定范围内调整保障水平）。

第二节 传统人寿保险

一、死亡保险

死亡保险即提供死亡保障的保险。根据保险期间不同，死亡保险可分为定期寿险和终身寿险两类。

1. 定期寿险

定期寿险在一定的保险期间内（如 1 年、5 年、10 年等）提供死亡保障，如

果被保险人在保险期间内死亡，给付死亡受益金。定期寿险在保险期满时不提供生存给付。定期寿险可以不设现金价值（即定期寿险的现金价值可以为 0）。现金价值是指当保单持有人在保险期满之前解约（退保）时，保险人（即保险公司）退还给保单持有人的解约金。定期寿险具有以下特点：

（1）几乎没有储蓄性。

（2）结构性的价格低廉。与含有储蓄成分的寿险产品相比，定期寿险的保费较低，更适于低收入、资金有限以及对死亡保障需求较高的人群。

（3）价格竞争激烈。定期寿险结构简单，消费者可以很方便地在不同保险公司的定期产品间进行价格比较。这造成定期寿险的投保具有较高的价格敏感性，价格竞争较为激烈。

（4）佣金率较低。保险人支付给保险代理人的销售定期寿险的代理佣金率（佣金占保费的比例）通常相对较低。

（5）退保率较高。由于定期寿险的价格敏感性较高、可替代产品较多、退保惩罚微小，其退保率高于其他寿险产品（在早期保单年度尤其如此）。

2. 终身寿险

终身寿险提供从保单生效日开始，直至终身的死亡保障。从保障内容和期限来看，终身寿险可以看作保险期间为“终身”的定期寿险，但终身寿险保单必须提供现金价值。终身寿险具有以下特点：

（1）长期性。保险期间为“终身”。

（2）具有一定的储蓄性。

（3）经常采用分红产品的形式。对保险人而言，由于终身寿险的长期性，利率变动对保单盈亏的影响较大（即投资风险较高）。如采用分红产品的形式，则可由保单持有人分担部分的投资风险。

（4）终身寿险的保费缴纳方式有三种：趸缴（保费在保单生效时一次性缴清）、终身分期缴费（保费在被保险人的一生中分期缴纳，如按年、按季度或按月缴费）、在规定期限内分期缴费（保费在保单规定的期限内，如 20 年内，分期缴纳）。

二、生存保险

生存保险即提供生存保障的保险，以被保险人在保险期满时仍然生存为受益金给付条件。生存保险具有以下特点：

（1）极强的储蓄性。

（2）投保目的通常是为了满足被保险人在一定时期之后的特定需要，如教育、婚嫁或养老等。

对于保单持有人来说，生存保险的风险较大：一旦被保险人在保险期间内死亡，将丧失所有已缴保费。因此，生存保险在实务中非常罕见。

三、两全保险

两全保险即提供死亡和生存两类保障的保险：如果被保险人在保险期间内死亡，给付死亡受益金；如果被保险人在保险期满时仍然生存，给付生存受益金。

两全保险具有以下特点：

（1）两全保险是定期寿险和生存保险的结合。

（2）储蓄性较强。一般来说，两全保险的保费中，用于定期死亡保障的部分（风险保费）相对较少，绝大部分保费（储蓄保费）逐年积累，用于提供生存给付。

四、年金保险

年金保险在被保险人生存期间内，或在约定的期间内，按期（如按年、按季度或按月）向被保险人给付受益金。如果年金保险以被保险人的生存为给付条件，称为生存年金；如果在约定的期间内，无论被保险人生存与否，均提供年金给付，称为确定年金。年金保险具有以下特点：

（1）极强的储蓄性。

（2）保单持有人在开始领取年金前，须缴清所有保费。

（3）类型（形式）的多样性。年金保险可按以下方式分类：

① 按给付的期间分为定期年金、终身年金和最低保证年金。

定期年金在一定期间内提供生存年金给付；终身年金则终身提供生存年金给付。最低保证年金分为两类：一类在一定期间内提供确定年金给付，之后则提供生存年金给付；另一类当年金的实际给付总额低于某最低金额时，返还差额部分（比如，当年金的实际给付总额尚未达到已缴保费时被保险人死亡，返还已缴保费与实际给付总额的差额）；前者称为确定给付年金，后者称为返还年金。

② 按保费缴纳的方式分为趸缴年金和分期缴费年金。

趸缴年金规定保费在保单生效时一次性缴清，然后从约定的日期（给付开始日）起，提供年金给付；分期缴费年金规定保费在给付开始日之前分期缴纳，然后从给付开始日起，提供年金给付。

③ 按年金给付开始日分为即期年金和延期年金。

即期年金在保单生效日（趸缴保费之后）立即开始年金给付；延期年金则在保单生效后并且经过一定时期后或被保险人到达一定年龄后，开始年金给付。

④ 按被保险人数的不同分为个人年金、联合年金、最后生存者年金。

个人年金以单个被保险人的生存为给付条件；联合年金以所有被保险人（两个或两个以上）的生存为给付条件；最后生存者年金以所有被保险人（两个或两个以上）尚未全部死亡为给付条件。

⑤ 按年金给付是否随实际投资经验变动分为定额年金和变额年金。

当然，变额年金是一种新型保险产品，其年金给付根据实际投资收益率调整，

这已经不属于“传统寿险”的范畴了。

第三节 分红保险

一、分红保险的定义

分红保险是保险人将实际经验优于预定假设所产生的额外盈余，按一定比例分配给保单持有人的人寿保险。

所谓预定假设是指：对影响保单收支的各种不确定量的预先估计值（如预定利率、预定死亡率等）。所谓实际经验是指：上述不确定量的事后经验值（比如，在某保单年度末观察到的该年度的实际利率、实际死亡率等）。

分红保险所提供的保障类型与传统寿险产品基本一致。比如，分红的终身寿险、分红的两全保险或分红的年金保险等。由于定期寿险期限较短，投资成分较少，通常没有分红产品。

二、红利分配的基本要素

红利分配应考虑到以下因素：

1. 利源

利源即额外盈余的来源，主要包括以下内容：

- （1）利差益：实际投资收益率高于利率假设带来的额外盈余；
- （2）死差益：实际死亡率不同于死亡率假设带来的额外盈余；
- （3）费差益：实际费用低于费用假设带来的额外盈余；
- （4）退保差益：实际退保率不同于退保率假设带来的额外盈余。

分红保单可以根据以上四类利源分红，但实务中通常只根据前三类利源分红（三差分红），或只根据前两类利源分红（二差分红）。

2. 红利占额外盈余的比例

为保障保单持有人的权益，保险监管部门通常对分红保单的红利占其额外盈余的比例的下限做出规定。比如，我国保监会颁布的《个人分红保险精算规定》中规定：保险公司每一会计年度向保单持有人实际分配盈余的比例不低于当年全部可分配盈余的 70%。

3. 红利分配的方式

红利分配一般有以下两种方式：

- （1）现金红利：以派发现金的方式分红。
- （2）增额红利：以红利购买剩余保险期间内的缴清保险（保费一次缴清的保险），即以提高未来保障水平（保额）的方式分红。

4. 红利分配的公平性

红利分配的公平性体现在两个方面：保单持有人与保险人之间的公平性和各保单持有人之间的公平性。前者主要通过分红账户独立核算、保单红利占额外盈余的比例不低于法定下限得到保障；后者则主要通过按盈余贡献法分配保单红利得到保障。所谓盈余贡献法是指：特定保单的红利分配额应正比于该保单对额外盈余的贡献额。

5. 红利特别储备

为避免各年度实际经验的较大波动造成各年度分红的较大波动，保险公司应对分红保险账户提取红利特别储备，用以平滑未来的分红水平，即在分红账户经营状况较好的年度，保留部分额外盈余，用以维持较差年景下的分红水平。分红特别储备改变了盈余分配的时间，应考虑到对不同期间内的保单持有人的公平性问题。

三、分红保险的特点

分红保险具有以下特点：

1. 保单持有人享受部分的经营成果，同时承担部分的经营风险

红利的大小取决于保单的实际经验：实际经验较好，红利较高；反之较低，甚至为 0。即分红保单的保单持有人在一定程度上与保险人分享收益、共担风险。

2. 定价的精算假设比较保守

相对于同类型传统保单而言，分红保单的定价假设（在保单定价过程中，对影响保单收支的各种不确定量的预先估计值，如定价利率、定价死亡率等）通常较为保守，即分红保单的保费通常高于同类型传统保单的保费。

3. 保险给付中通常含有红利

分红保单在被保险人死亡、保单满期或退保时，除了给付保单规定的死亡受益金、生存受益金或现金价值外，保单持有人通常还将获得未领取的红利的积累值（红利及其利息）。

第四节 万能保险

一、万能保险的定义

万能保险通常是指具有以下特点的人寿保险：

1. 缴费灵活

对于可变保费的万能保险（相对于固定保费的万能保险），保单持有人在保费缴纳上（缴费的时间和金额）有较大的选择权：在支付最低初期保费后，只要保单的账户价值尚足够支付死亡分摊和其他费用，即可选择在任意时间支付任意金额的保费。这里的账户价值是指由保单产生的、用于支持保险给付的保险基金。

2. 保障水平可调整

万能保险的保障水平根据其账户价值调整；另外，在一定范围内，保单持有人也可自主选择提高或者降低保障水平。

3. 结算利率按期调整，且设有最低保证利率

所谓结算利率是指账户价值的积累利率。万能保险的结算利率是保险人参考万能账户各期的实际投资收益率制定的，且不得低于最低保证利率（即保单规定的结算利率的下限）。

二、账户设置

保险公司应当为万能保险设立万能账户。万能账户可以是单独账户，也可以是保险公司普通账户的一部分；万能账户应当能够提供资产价值、账户价值和投资收益率等方面的信息，满足保险公司进行账户管理与结算的要求。

三、账户价值的积累

万能保险的账户价值大致按如下过程积累：

第 1 期的期初账户价值 = 第 1 期保费 - 第 1 期死亡分摊 - 第 1 期其他费用

第 1 期的期末账户价值 = 第 1 期的期初账户价值 $\times (1 + \text{第 1 期结算利率})$

第 2 期的期初账户价值 = 第 1 期的期末账户价值 + 第 2 期保费 -

第 2 期死亡分摊 - 第 2 期其他费用

第 2 期的期末账户价值 = 第 2 期的期初账户价值 $\times (1 + \text{第 2 期结算利率})$

以此类推……直到保单到期。

在上述过程中，某期的死亡分摊，又称为该期的净保险成本，等于该期的净风险保额乘以被保险人在该期内的死亡率。这里的净风险保额（又称风险净额）是保单的死亡风险暴露（即真正承受死亡风险的额度），是死亡给付超出生存者权益（账户价值）的部分，等于死亡受益金减去账户价值。

在保险期间内，如果被保险人死亡，给付死亡受益金；如果保单持有人退保，给付现金价值（等于账户价值扣除退保费用）。如果不考虑二级保证（详见第十六章第二节），则：当账户价值小于或等于 0 时（即当账户价值不足以支付当期的死亡分摊和其他费用，且保单持有人未及时续缴保费），保单失效；当保单到期时，保单持有人获得到期日的账户价值。

四、死亡给付的方式

万能保险的死亡给付主要有以下三种方式：

1. 方式 A

在该方式下，死亡给付等于初始保额和账户价值的较大者。在早期保单年度内，账户价值一般较小，死亡给付通常等于初始保额；如果账户价值不断随保单年度上