

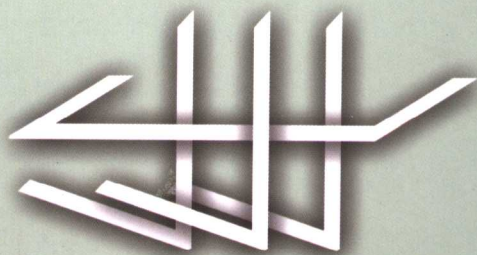
# BAOXIAN JINGSUAN

21世纪高等学校金融学系列教材



# 保险精算

》》》  
(第二版)



主编 李秀芳 曾庆五



中国金融出版社  
CHINA FINANCIAL PUBLISHING HOUSE

21 世纪高等学校金融学系列教材

# 保 险 精 算

(第二版)

主 编 李秀芳 曾庆五  
副主编 陈迪红



中国金融出版社

责任编辑：彭元勋

责任校对：潘洁

责任印制：丁淮宾

### 图书在版编目 (CIP) 数据

保险精算/李秀芳, 曾庆五主编. —2 版. —北京: 中国金融出版社, 2005.1  
(21 世纪高等学校金融学系列教材. 保险学子系列)

ISBN 7 - 5049 - 3583 - 2

I. 保…

II. ①李…②曾…

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 (2004) 第 120796 号

出版

发行

**中国金融出版社**

社址 北京市广安门外小红庙南里 3 号

市场开发部 (010) 63286832 (010) 63287107 (传真)

网上书店 <http://www.chinafph.com> (010) 63365686

读者服务部 (010) 66070833 (010) 82672183

邮编 100055

经销 新华书店

印刷 保利达印务有限公司

尺寸 169 毫米 × 239 毫米

印张 22.5

字数 448 千

版次 1998 年 8 月第 1 版 2005 年 1 月第 2 版

印次 2005 年 1 月第 1 次印刷

印数 1—5000

定价 28.50 元

如出现印装错误本社负责调换



保险学子系列

# 前 言

本教材是在普通高等学校金融类“九五”规划重点教材《保险精算》的基础上修订而成，可供高等学校保险专业教学和保险公司员工培训及自学之用。

精算学 1988 年引进中国。改革开放二十多年来，我国保险事业，特别是寿险事业得到飞速发展，精算理论与精算实务作为保险业发展的基础也得到了深入发展，许多高等院校纷纷开设精算学课程，培养精算专业人才。本教材第一版 1998 年作为我国第一本精算学统编教材出版，对规范、促进高等学校精算学教育起到了积极的作用。现在，这本教材修订再版，结合我国近年来精算实务，增加“中国寿险精算实务标准及示例”一章，更增加本教材的实用价值。

本教材系统地介绍了精算学的基础知识、基本技能和基本方法。寿险精算与非寿险精算有很大的区别，为了能让读者较全面地学习精算知识，本教材分为两篇，第一篇是寿险精算，第二篇是非寿险精算。在编写过程中，将寿险精算作为主要内容，对非寿险精算只作简单介绍。本教材在吸收国内外一些精算教材的基础上编写而成，并结合我国的精算实践力图有所突破，特别是全书所有例题和习题都是根据我国第一张经验生命表计算而得，从而使本教材内容更充实、更具实践意义。

本教材由李秀芳、曾庆五担任主编，陈迪红担任副主编，全书由李秀芳总纂定稿。

编写分工：曾庆五编写第一章；湖南大学张琳和南开大学孙佳美合作编写第二章和第三章；南开大学孙佳美编写第四章和第五章；南开大学李秀芳编写第六章和第九章；南开大学刘占国编写第七章；南开大学李静、施岚编写第八章；湖南大学陈迪红编写第十章和第十一章。

作 者  
2004 年 11 月

# 21 世纪高等学校金融学系列教材 编审委员会

## 顾问:

黄 达 中国人民大学 教授 博士生导师

## 主任委员:

李守荣 中国金融出版社 编审

刘锡良 西南财经大学 教授 博士生导师

## 副主任委员: (按姓氏笔画排序)

吴晓求 中国人民大学 教授 博士生导师

宋逢明 清华大学 教授 博士生导师

张 杰 中国人民大学 教授 博士生导师

张亦春 厦门大学 教授 博士生导师

周战地(女) 中国金融出版社 副编审

## 委员: (按姓氏笔画排序)

王振山 东北财经大学 教授

王爱俭(女) 天津财经大学 教授 博士生导师

史建平 中央财经大学 教授 博士生导师

刘 亚 对外经济贸易大学 教授

朱新蓉(女) 中南财经政法大学 教授 博士生导师

李志辉 南开大学 教授 博士生导师

汪祖杰 南京审计学院 教授

陈伟忠 同济大学 教授 博士生导师

姚长辉 北京大学 教授

胡炳志 武汉大学 教授

胡涵钧 复旦大学 教授

赵锡军 中国人民大学 教授 博士生导师

高正平 天津财经大学 教授

崔满红 山西财经大学 教授 博士生导师

彭元勋 中国金融出版社 副编审

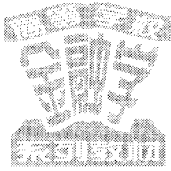
彭建刚 湖南大学 教授 博士生导师

潘英丽(女) 华东师范大学 教授 博士生导师

戴国强 上海财经大学 教授 博士生导师

## 主编简介

李秀芳，女，1966年出生。南开大学经济学院副院长，南开大学风险管理与精算研究中心主任，风险管理与保险学系教授，博士生导师。具有中国精算师资格（FSAC）和北美精算协会（SOA）准精算师资格（ASA）。现任中国精算工作委员会主任（2004—2005年度）；中国保险学会理事。长期从事保险、精算理论与实务的教学和研究工作，主讲课程主要包括《人身保险》、《利息理论》、《精算数学》、《生命表构造》、《风险理论》、《寿险精算实务》、《资产负债管理》等。主要科研成果包括：专著、主编、译著及参编著作30余本，独自撰写200万字左右；发表学术论文20余篇；主持国家项目2项、国际合作项目5项、省部及横向课题10余项。



保险学子系列

# 目 录

## 第一篇 寿险精算

3	<b>第一章 生命表</b>
3	第一节 寿命分布
8	第二节 生命表
9	一、生命表与随机生存群体
17	二、确定生存群体
18	第三节 各年龄内的寿命分布
18	一、线性插值（年龄内均匀分布假设）
19	二、几何插值（年龄内常数死力假设）
20	三、调和插值（Balducci 假设）
22	第四节 生命表的类型
23	一、国民生命表与经验生命表
23	二、选择—终极表
26	第五节 生命表的构造
26	一、计算死亡率
27	二、修匀死亡率曲线
29	三、附加安全幅度
29	四、设置极限年龄
32	<b>第二章 趸缴纯保费</b>
32	第一节 死亡即付的寿险
32	一、精算现值的概念

33	二、 $n$ 年定期保险的趸缴纯保费
34	三、终身寿险的趸缴纯保费
36	四、延期寿险的趸缴纯保费
38	五、生存保险与两全保险的趸缴纯保费
40	第二节 死亡年末给付的寿险
40	一、定期寿险的趸缴纯保费
41	二、终身寿险的趸缴纯保费
42	三、两全保险的趸缴纯保费
42	四、延期寿险的趸缴纯保费
44	第三节 死亡即付寿险与死亡年末给付寿险的趸缴纯保 费的关系
45	第四节 递增型寿险与递减型寿险
45	一、递增型寿险
47	二、递减型寿险
49	三、两类趸缴纯保费的换算
49	第五节 递推公式
49	一、离散型终身寿险趸缴纯保费的递推公式
50	二、连续型终身寿险模型的微分方程式
51	第六节 利用换算函数计算趸缴纯保费
57	<b>第三章 年金精算现值</b>
57	第一节 生存年金的观念和种类
57	一、生存年金的观念
57	二、生存年金的种类
58	三、生存年金精算现值的观念
59	第二节 连续给付型年金
59	一、连续给付型年金的精算现值
61	二、年金精算现值与寿险趸缴纯保费之间的关系
64	三、年金的精算累积值
65	第三节 离散型年金
65	一、期初付年金及其精算现值
66	二、期初付年金的精算现值与寿险趸缴纯保费之间的 关系
67	三、期末付年金的精算现值



68	四、年金的精算累积值
70	第四节 每年给付数次的年金
72	第五节 利用换算函数计算年金精算现值
78	<b>第四章 分期纯保费与毛保费</b>
78	第一节 全连续型寿险的纯保费
78	一、精算等价原理与年缴纯保费的计算
80	二、各种寿险的年缴纯保费
85	第二节 全离散型寿险的纯保费
85	一、用精算等价原理确定年缴纯保费
86	二、各种寿险的年缴纯保费
91	三、半连续型寿险的纯保费
91	四、利用换算函数计算年缴纯保费
93	第三节 每年缴纳数次的纯保费
96	第四节 毛保费费率的厘定
96	一、厘定毛保费的基本原则
96	二、费用的分类
99	三、保单费用与保单费
106	<b>第五章 责任准备金</b>
107	第一节 全连续型寿险的责任准备金
107	一、准备金的未来法公式
109	二、其他类型的公式
112	第二节 全离散型寿险的责任准备金
112	一、准备金的未来法公式
114	二、其他类型的公式
117	三、一般情形的准备金
118	第三节 半连续型寿险和非按年缴费情形的责任准备金
122	第四节 责任准备金的递推公式
124	第五节 修正准备金方法
133	<b>第六章 保单现金价值与红利</b>
133	第一节 保单现金价值
133	一、保单现金价值的概念

135	二、保单现金价值的计算
139	第二节 保单选择权
139	一、缴清保险
141	二、展期保险
143	三、自动垫缴保费
143	第三节 盈余分析
143	一、盈余及其来源
146	二、资产份额
148	三、盈余分析
159	第四节 保单红利
159	一、保单红利的计算
162	二、保单红利分配与选择权
166	<b>第七章 团体寿险与养老金精算</b>
166	第一节 团体寿险的种类
167	第二节 团体寿险的保费
167	一、纯费率的计算
171	二、毛保费的计算
172	三、月缴保费的计算
172	第三节 团体寿险的准备金
172	一、未赚取保费准备金的计算
173	二、长期团体寿险准备金
173	三、保险转换权准备金的计算
174	四、意外风险准备金
174	第四节 养老金的基本概念
174	一、养老金计划
175	二、各种风险因素
176	三、年薪增长函数
176	四、各种形式的捐纳金及其精算现值
178	第五节 年老退休给付
178	一、各种类型的养老金年收入函数
182	二、养老金的精算现值
183	第六节 残废退休给付与解约给付
183	一、残废退休的年收入函数及养老金精算现值

184	二、解约人的养老金精算现值以及捐纳金的退还
185	附录
191	<b>第八章 中国寿险业精算实务标准及示例</b>
191	第一节 有关保费计算的精算规定及示例
191	一、关于保费计算的精算规定
193	二、示例
194	第二节 有关保单年度末保单价值准备金和保单现金价值的精算规定及示例
194	一、保单年度末保单价值准备金
194	二、年度末保单最低现金价值
195	三、示例
197	第三节 关于法定责任准备金的精算规定及示例
197	一、法定未到期责任准备金的计算基础
198	二、法定未到期责任准备金的计算方法
199	三、法定未决赔款准备金
199	四、示例
201	第四节 产品精算说明书示例
<b>第二篇</b>	
<b>非寿险精算</b>	
209	<b>第九章 风险保费</b>
209	第一节 基本概念
209	一、非寿险精算的概念
209	二、赔款频率和赔款额度的分布
217	三、总体损失成本
224	四、赔款波动模型
226	五、免赔额与超赔损失分保
227	第二节 风险保费的计算方法
228	一、实效原理
230	二、破产理论原理
232	三、理论原理
234	四、毛保费

237	<b>第十章 经验费率</b>
237	第一节 经验费率与经验估费法
238	第二节 贝叶斯方法
238	一、贝叶斯定理
240	二、贝叶斯方法对赔款频率的校正
243	第三节 可信性理论
244	一、完全可信性
245	二、部分可信性
247	三、两种可信性处理的比较
248	第四节 无赔款优待制度
249	一、结构
251	二、转移概率矩阵
254	三、性能
260	<b>第十一章 未决赔款准备金</b>
260	第一节 准备金的基本概念
262	第二节 流量三角形
263	第三节 链梯估算法
263	一、基本的链梯估算法
267	二、改进的链梯估算法
273	三、链梯方法与统计数据的吻合性比较
273	第四节 平均赔付额法
274	一、基本的 PPCI 方法
274	二、考虑通货膨胀及贴现率的 PPCI 方法
280	三、PPCF 方法
280	第五节 分离估算法
282	一、直接未来支付法
286	二、比率法和总支付额法
288	第六节 已发生但未报告赔款准备金的估计
288	一、平均法
291	二、保费和损失结合法
295	<b>附录</b>
295	一、正态分布表

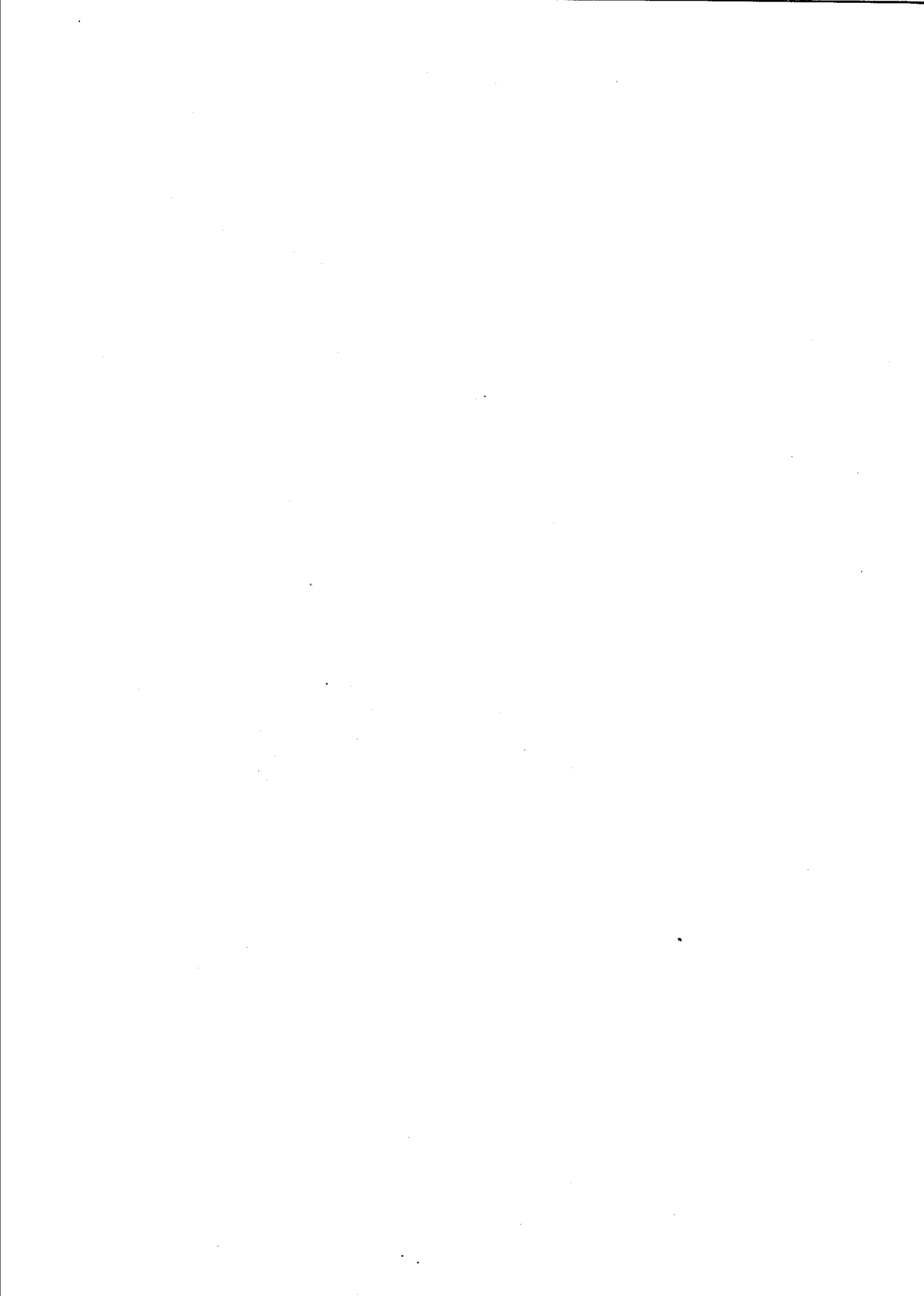
296	二、中国人寿保险业经验生命表 (1990—1993) (男)
300	中国人寿保险业经验生命表 (1990—1993) (女)
304	中国人寿保险业经验生命表 (1990—1993) (男 女混合)
308	三、美国经验生命表 (1980CSO) (男)
312	美国经验生命表 (1980CSO) (女)
316	四、中国人寿保险业经验生命表 (1990—1993) 基数 表 (男女混合)
320	五、中国人寿保险业经验生命表 (1990—1993) 换算 表 (男女混合)
324	六、中国保监会关于精算的有关规定
332	<b>思考题答案</b>

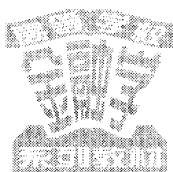


21 世纪高等学校金融学系列教材

# 第一篇

# 寿险精算





保险学子系列

# 第一章

## 生命表

1693年,哈雷彗星的发现者哈雷发表了世界上第一张生命表,这一年被认为是精算学的开始,由此可见生命表在精算中的重要性。事实上,在人寿保险中,从保险费率的厘定、责任准备金的提取、保单现金价值的计算到保单红利的分配都必须考虑一个重要的因素——死亡率。也就是说,所有这些计算都是建立在生命表基础之上的。因此,本书自然从生命表开始讲述。

人寿保险是以被保险人在一定时期内死亡或生存为给付条件的,因此,被保险人能活多久是保险人所关心的问题。但是,一个人的寿命是无法事先确定的,这个问题只能从概率或统计上来阐述。从概率上反映寿命的分布,从统计上说明死亡的规律是本章的关键所在。读者还将从本章了解到构造生命表的基本过程和各种不同用途的生命表。

### 第一节 寿命分布

如果你相信算命先生能够准确预测一个人的寿命有多长,那么,你会肯定人寿保险公司需要的不是精算师,而是算命先生。但事实并非如此,没人能说出某个被保险人能活多久。然而,寿险公司的承保对象是数以万计的,在如此众多的人数中,必定存在着某种程度的统计规律性。精算就是要从概率或统计上来解决这个问题。

一个人的寿命是从出生到死亡的时间长度,由于是无法事先确定的,在概率上称之为随机变量,记为 $X$ 。这里 $X$ 为连续型随机变量。

我们虽然不能确定一个人的寿命有多长,但了解有关寿命的某些情况可能是很有用的,这些情况可以表示为 $X$ 的函数。例如,一个新生儿活过60岁的概率, $x$ 岁的人在一年内死亡的概率,人的平均寿命等等。这些概率可以用数学符号表示如下:

$$Pr(X > 60)$$



#### 4 第一篇 寿险精算

$$\Pr(x < X \leq x+1 | X > x)$$

平均寿命则可用  $X$  的数学期望  $E(X)$  表示。

要求这些概率和数学期望,关键在于了解  $X$  的分布。现将  $X$  的分布函数记为  $F(x)$ ,即:

$$F(x) = \Pr(X \leq x), \quad x \geq 0 \quad (1.1.1)$$

这是 0 岁的人在  $x$  岁之前死亡的概率。我们总假定  $F(0) = 0$ 。 $X$  的概率密度函数记为  $f(x)$ ,即:

$$f(x) = F'(x), \quad x \geq 0$$

这样,上述概率和数学期望可分别表示为:

$$\Pr(X > 60) = 1 - \Pr(X \leq 60) = 1 - F(60)$$

$$\begin{aligned} \Pr(x < X \leq x+1 | X > x) &= \frac{\Pr(x < X \leq x+1 \cap X > x)}{\Pr(X > x)} \\ &= \frac{\Pr(X \leq x+1) - \Pr(X \leq x)}{1 - \Pr(X \leq x)} \\ &= \frac{F(x+1) - F(x)}{1 - F(x)} \end{aligned}$$

$$E(X) = \int_0^{\infty} xf(x)dx$$

在精算学中,我们常用另一个函数来描述寿命的分布,这个函数定义为:

$$s(x) = \Pr(X > x), \quad x \geq 0 \quad (1.1.2)$$

称为生存函数(Survival Function),表示 0 岁的人活过  $x$  岁的概率。显然,生存函数与分布函数有如下关系:

$$s(x) = 1 - F(x), \quad x \geq 0$$

上述概率亦可用生存函数来表示:

$$\Pr(X > 60) = s(60)$$

$$\begin{aligned} \Pr(x < X \leq x+1 | X > x) &= \frac{F(x+1) - F(x)}{1 - F(x)} \\ &= \frac{s(x) - s(x+1)}{s(x)} \end{aligned}$$

因为我们假定  $F(0) = 0$ ,所以  $s(0) = 1$ ,这意味着只对那些出生时是活着的婴儿进行统计。

因为要购买保险的被保险人往往是已经活到  $x$  岁的人,与其说寿险公司关心一个人的寿命  $X$  的分布,不如说更关心年龄为  $x$  岁的人剩余寿命  $X - x$  的分布。我们用  $(x)$  表示一个  $x$  岁的人,  $T(x) = X - x$  表示这个人的剩余寿命,简称为余命(Future Lifetime),在不致引起混淆的情况下也简记为  $T$ 。

在考虑  $x$  岁的人的余命  $T$  时,我们已经知道这个人活到了  $x$  岁,即已知  $X > x$ 。那么,  $T$  的分布就是已知  $X > x$  时  $X$  的条件分布,有关  $T$  的概率就是已知  $X > x$