

中国精算师资格考试用书

风险理论

主编 吴 岚 王 燕



中国财政经济出版社

中国精算师资格考试用书

- ◆ 利息理论 主编 刘占国
- ◆ 寿险精算数学 主编 卢仿先 张琳
- ◆ 生命表基础 主编 李晓林 孙佳美
- ◆ 风险理论 主编 吴岚 王燕
- ◆ 寿险精算实务 主编 李秀芳

责任编辑 / 张军

封面设计 / 颜黎

ISBN 7-5005-9384-8



9 787500 593843 >

ISBN 7-5005-9384-8 / F·8141 定价: 28.00元



中国精算师资格考试用书

风 险 理 论

修订版主编 吴岚 王燕
原书主编 谢志刚
审 稿 郑苏晋 杨静平

中国财政经济出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

风险理论/吴岚, 王燕主编. —北京:中国财政经济出版社, 2006.11

中国精算师资格考试用书

ISBN 7-5005-9384-8

I. 风… II. ①吴…②王… III. 保险学-风险论-资格考核-自学参考资料 IV. F840

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 113630 号

中国财政经济出版社出版

URL: <http://www.cfeph.cn>

E-mail: cfeph@cfeph.cn

(版权所有 翻印必究)

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮政编码: 100036

发行处电话: 88190406 财经书店电话: 64033436

北京财经印刷厂印刷 各地新华书店经销

787×1092 毫米 16 开 11.5 印张 257 000 字

2006 年 11 月第 1 版 2006 年 11 月北京第 1 次印刷

印数: 1—5 060 定价: 28.00 元

ISBN 7-5005-9384-8/F·8141

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

中国精算师资格考试用书 编审委员会

主任：吴小平

副主任：魏迎宁

委员：李达安 谭伟民 张振堂 丁昶 李秀芳

吴 岚 李冰清

总 序

1997年，由中国人民银行保险司牵头，开始筹划中国精算师资格考试体系的构建与考试教材的编写。当时中国寿险市场刚开始发展，市场只销售普通型产品，精算制度建设刚刚起步，在设计考试体系和考试内容时主要参考了北美、英国的资格考试体系。经过两年多的努力，2000年，中国精算师资格考试用书《利息理论》、《寿险精算数学》、《生命表的构造理论》、《风险理论与非寿险精算》和《寿险精算实务》陆续出版。1999年，中国保险监督管理委员会组织了我国首批精算师资格认证考试，其中有43名具有精算理论和实务背景的考生通过考试，获得了中国精算师资格。2000年12月，中国保监会组织了基于中国精算师资格考试体系的首次考试，中国精算师职业建设开始进入一个新的历史时期。

自2000年至今的6年中，中国精算师资格考试取得了长足的发展。到目前为止，已经设立了中国准精算师层次的全部9门考试和中国精算师层次的6门考试，在全国建立了15个考试中心，有13人通过考试获得中国精算师资格（共有56名中国精算师），269人通过考试获得中国准精算师资格。在中国精算师职业发展的同时，中国的精算实践也取得了快速发展，以1999年发布《人身保险精算规定》为开端，在寿险业的共同努力下，中国保监会逐步建立了包括精算规定、精算责任人制度、精算报告、内含价值报告、生命表在内的较为完整的精算制度体系。这其中，在中国从事精算工作的精算人员起到了非常重要的作用。

随着中国保险业的发展以及精算师工作领域的不断扩展，参加中国精算师资格考试的人数不断增加，而第一版的考试用书在使用过程中逐渐发现了一些问题。因此，2005年开始启动修订计划。本次修订的教材包括《利息理论》、《寿险精算数学》、《风险理论》（将原书的风险理论部分独立出来）、《生命表基础》（原书名《生命表的构造理论》）和《寿险精算实务》。考试用书修订的宗旨是在不进行大的调整的基础上，对原考试用书进行完善，包括结构、内容、语句等，目的是给考生提供更为规范的考试用书。与此同时，中国保监会、中国保险行业协会精算工作委员会开始启动“中国精算师资格考试体系”研究课题，对考试体系、结构、内容进行深入研究，以中国精算理论与

实践为核心，结合国际精算理论与实践的发展，构建更为科学、全面的资格体系，这将是一项长期的系统工程。随着精算师工作领域的不断扩大，在精算师资格体系的建设过程中逐步突出精算在不同领域的应用，使精算师职业不断壮大。

本次修订得到了瑞士再保险公司和中国平安人寿保险股份有限公司的支持，在此表示感谢。

我们希望更多的有志之士投身于中国精算事业，也希望中国精算师职业的专业品质不断提高，为中国保险业、金融业以及中国社会保障的发展贡献力量。

中国精算师资格考试用书编审委员会

2006年7月

前 言

风险是保险的基础，应该说从保险诞生的那一刻起，人们就开始有意识地对客观世界的某些风险进行有效的控制，也就自觉不自觉地开始对风险进行分析和研究。但是，真正意义上的系统和有效的对风险进行定量的研究还是有了概率统计学科之后的事情。概率统计是以不确定性或随机性为研究对象的学科。保险风险理论以概率统计为研究工具对保险经营中的损失风险和经营风险进行定量的刻画、建立模型和研究模型的性质，并为现实的保险经营中进行有效的风险分析和控制提供技术支持。

本书是对中国精算师资格考试用书《风险理论与非寿险精算》（谢志刚、韩天雄编著，南开大学出版社 2000 年版）的第一部分“损失分布”和第二部分“风险理论”共计 8 章的修订，也是为了中国精算师资格考试课程：“05 风险理论”提供的指定教材。本书修订的基本原则是：忠于原著，在理解原著基本思想的前提下，尽量使得结构通顺流畅、语言表达简练清晰；对于原著中不够明确或有误之处，进行了适当的修改和删节。

本书对原书的修订之处为：对 § 1.1 和 § 1.2 的许多段落进行了删节和修改，并将 § 1.2 和 § 1.3 合并为一节；将原书的 § 2.2 和 § 2.3 合并为“损失分布分析的概率基础”一节，对原书 § 2.4 中的实例中有误的部分进行了修订，将原书中第二章的习题 9（复合模型的问题）移至第五章，将原书中放在第二章附录位置的“常用概率分布及其性质”挪至全书的附录，这样将方便其他章节使用这些分布；对第三章、第四章只是进行简单的勘误修订，内容上没有很大变化；对原书第五章的改动不是很大，只是将原书第六章的例 6.5.3 和例 6.5.4 放到了第五章的最后，充实了第五章关于正态分布近似计算部分的例题；对于原书第六章的主要改动是将原来的推论 6.4.1 改为定理 6.4.3，这是著名的 Panjer 递推公式，是复合泊松模型非常重要的结论，而原书以一种特殊的方式给出，显得分量不够；对于原书的第七章重新明确了一些重要概念的定义，并完善了一些主要定理的证明；对原书第八章的改动较大，首先删除了原书中内容超出精算考试范围的关于效用理论研究中有关争议部分的讨论，也就是原书的 § 8.7 和 § 8.8，然后对原书的前面六节进行适当的合并和调整，内容本身没有太多的改变，主要是使得结构更加合理清晰和叙述更加流畅。

在本书的修订过程中，许多在高等学校从事精算教育的老师积极参与了相关的工作。中国人民大学统计学院的王燕老师最初负责了原书中第二章、第三章、第五章和第六章的基础性修订工作。中央财经大学保险系的郑苏晋老师为全书进行了认真细致的审阅，并提出许多非常宝贵的建议，在此，对她的辛勤工作表示深深的谢意。北京大学数学科学学院的杨静平老师也为本书进行了认真的评审，特别是对风险理论部分几章的审阅为保证本书的出版质量提供了有力的支持。在此期间，中国人民大学统计学院的肖争艳老师也提供了一些参考意见，北京大学数学科学学院的研究生池义春、王惠娟和伍方方同学为本书的部分习题进行了验证。

本书所做的修订由作者负责，若对原书的修改之处出现了错误，责任当由修订者承担。欢迎参加中国精算师资格考试的考生和所有读者对本书的不当之处提出意见和建议。

目 录

第一章 风险理论与保险精算	(1)
§ 1.1 风险的概念	(1)
§ 1.2 风险理论与保险精算	(4)
§ 1.3 本书的主要内容	(8)

第一部分 损失分布

第二章 损失分布	(11)
§ 2.1 引言	(11)
§ 2.2 损失分布分析的 概率基础	(13)
§ 2.3 拟合损失分布	(16)
第三章 损失分布的贝叶斯方法	(28)
§ 3.1 引言	(28)
§ 3.2 先验概率	(30)
§ 3.3 后验概率	(33)
§ 3.4 贝叶斯估计	(35)
§ 3.5 主观概率	(36)
第四章 随机模拟	(40)
§ 4.1 引言	(40)
§ 4.2 均匀分布随机数与伪随机数	(41)
§ 4.3 一般分布的随机数	(45)
§ 4.4 模拟应用实例	(56)
§ 4.5 模拟样本的容量	(59)
附: $[0, 1]$ 上均匀分布的随机数表	(61)

第二部分 保险风险模型

第五章 短期个体风险模型	(65)
§ 5.1 引言	(65)
§ 5.2 个体保单的理赔分布	(66)
§ 5.3 独立和分布的卷积	(69)
§ 5.4 矩母函数方法计算理赔分布	(72)
§ 5.5 正态分布近似总理赔模型	(76)
第六章 短期聚合风险模型	(84)
§ 6.1 引言	(84)
§ 6.2 理赔次数和理赔额的分布	(85)
§ 6.3 理赔总量模型	(88)
§ 6.4 复合泊松模型	(91)
§ 6.5 聚合理赔量的近似模型	(100)
第七章 长期聚合风险模型与破产理论	(108)
§ 7.1 盈余过程与破产概率	(108)
§ 7.2 总理赔过程	(112)
§ 7.3 破产概率	(115)
§ 7.4 破产概率与调节系数	(121)
§ 7.5 离散模型	(125)
§ 7.6 破产理论的应用	(128)
第八章 效用理论与保险决策	(138)
§ 8.1 引言	(138)
§ 8.2 期望效用原理	(140)
§ 8.3 风险态度	(142)
§ 8.4 保费设计原则	(145)
§ 8.5 最优保险	(149)
附 录	
附录一 常用概率分布及其性质	(156)

附录二 部分习题解答	(165
参考文献	(168)



第一章



风险理论与保险精算

本章主要内容：本章是全书的引言，将简要介绍风险理论的一些基本概念和主要内容。包括风险的基本概念、风险理论与保险精算的关系。最后一节对全书的内容进行了简单的说明。

本章主要词汇：风险 不确定性

§ 1.1 风险的概念

人们习惯用“风险”这个词来表达可能发生的不利事件和各种灾害。如果认可了我们所生活的自然环境和社会环境是一个充满了风险的世界，那么风险已经或多或少地成为现代生活中无法回避的内容之一，人们甚至在愈来愈频繁地使用着风险这个词。但由于所面临的具体问题不同，每个人对风险这个概念的理解和描述也各不相同，例如，一个社会心理学家可能用“追求风险刺激”来解释某种少年违法行为。这时，他对风险的理解与证券分析人员在讨论股票投资时用到的风险概念是有很大差异的。在保险学中，风险通常被定义为“潜在损失的可能性”或“不确定后果之间的差异程度”等等。而在投资分析中，由于损失与盈利总是互相呼应的，风险又常被分为纯粹风险(或者称系统风险)和投机风险两种。从风险的属性来说，有人主张风险应该是客观存在的，因而应该被客观地度量，也有人强调风险是一个因人而异的主观概念。此外，还可以对风险附加各种特殊含义以适应其不同领域中的应用，如社会风险、政治风险和自然风险等等。总之，要对风险这个概念给出一个明确的、能够被普遍接受的定义是非常困难的，有时几乎是不可能的。

无论现实中人们对风险的理解是如何的千差万别，人们至少都会接受风险是无法“预知”或“未来先知”的，想想也是，假如人类真能具备预知未来的能力，能够对以后将发生的事情知道得一清二楚，人们的生活将会是什么样子？还会有体育比赛吗？股票市场还会存在吗？当然人们很希望能够预知未来，但是不幸中的万幸，人类幸好不能预知未来，这既为我们带来了烦恼，同时也带来了乐趣和活动的空间。我们把人们不能预知和无法控制的自然状态(比如明天“下雨”或“不下雨”)称为不确定状态或者“不确定的事件”。这样一来，“风险”便与自然状态的“不确定性”(Uncertainty)这一概念联系在一起了。既然是一种不确定的事件，那么在描述这些事件时除了要对事件本身进行刻画还要对事件发生的可能性进行考虑，因此，各种不确定的事件以及其发生的不确定性(或者称可能性)结合在一起便构成了风险的两个主要方面。

决策理论从另外的角度来看待风险，它始终把风险和与之相关的当事人(决策者)及其所面临的某个决策问题联系在一起，比如，某地某厂是否发生火灾只对与该厂有利益关系的人来说是风险，对本书的作者来说则不一定是风险。虽然在传统决策论里，风险和不确定性曾被严格地区分为是否可以客观地获得关于某些自然状态的概率，但本文所采用的观点认为自然状态的不确定性是导致风险的客观和外部原因，导致风险的主观或内在原因是人们(自觉或不自觉)的行为活动。自然状态的不确定性与人的行为相结合蕴涵着某种后果。这些不确定性的后果有好有坏，对每个人的影响也可能不一样。人们基于对自然状态不确定性的判断和基于对潜在后果的价值判断来选择或调节自己的行为，追求理想的后果和回避不利的后果。因此，风险是相对于面临着某种不确定状态的某个人或某些人而言的。风险与三个因素直接有关：自然状态的不确定性、人的主观行为以及两者结合所蕴涵的潜在后果。在讨论风险以及对它进行度量时，可以从不同的角度特别地强调某个因素。最常见的有以下三种情况：

1. 从当事人(决策者)的角度出发讨论潜在后果及其所对应的不确定性，而且往往是关心不利的潜在后果。这时候的风险概念与保险学中的风险相吻合，承保人要评估某一工程项目的风险大小，首先需要分辨清楚究竟可能出现哪些不利的潜在后果？它们相对于当事人的严重程度如何？以及发生这些不利后果的可能性究竟有多大？参见图 1-1。

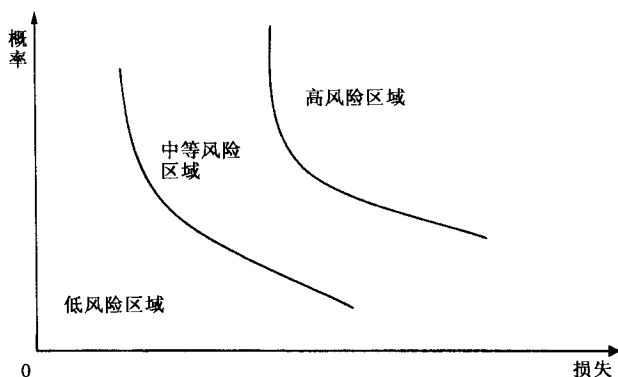


图 1-1 风险的基本结构

图 1-1 直观地描绘了风险的基本结构，即风险由不利后果的严重程度及其对应的概率所构成。图中的横轴表示不利后果相对于当事人的严重程度，即损失大小；纵轴表示其对应的概率，象限区域中的点刻画了风险的分布情况，损失程度大而且发生的概率也大则属高风险，反之则属低风险。

实际生活中人们谈论风险时，往往可能仅强调这两方面中的某一方面。当对潜在后果或对其影响程度不清楚时，可能强调前者，就好比说要做某件事很“冒险”但又说不清楚究竟冒的是什么“险”。而当对潜在后果有更明确认识(如人们谈及“患肺癌”、“患肝癌”或“飞机失事”的风险)时，或者如保险公司在考虑其实际资产与实际负债的差额是否超过“破产”临界点时，强调的则是这种潜在后果的发生概率。这时候的风险概念与概率概念是同一个意思，可以相互替换。

2. 从某个决策问题出发，讨论一个决策者面对某种风险的反应或态度，常称之为风险态度(risk attitude)，或者比较一群人各自的风险态度之间的差异程度。因为不同的人对于同一潜在后果会有不同的反应，其承受能力不同，价值判断也不同，有人属于“冒险型”，有人属于“保守型”。决策者对风险的反应和态度直接影响其决策行为。从保险学的角度说，了解保险消费者的风险态度无疑是保险人设计保险产品和确定产品价格的重要依据。因此，度量和比较决策者对风险的态度是风险研究的重要组成部分。

3. 参照某个决策者的问题和目标来讨论每项备选方案的风险大小。例如，保险公司在研究其投资组合策略时，各种组合的风险大小是决定该组合优劣的关键指标之一；又如，要考虑两个或多个承保项目时，也需要评估这些备选项目各自的风险大小。因此，如何度量策略风险的大小以及研究这些度量对决策分析的影响一直是投资分析和决策学的核心内容。参见图 1-2。

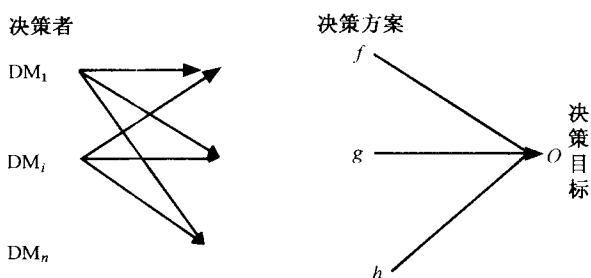


图 1-2 风险度量问题结构

图 1-2 是一个决策问题的示意图，可以作为 2. 和 3. 两种情况下的参照说明，有 n 个决策者 DM_1, DM_2, \dots, DM_n ，为了达到某个决策目标 O 而提出一系列备选方案 f, g, \dots, h ，要在其中选择一个最优或最满意的方案。在这个问题框架下，情况 3. 考虑的是相对于某个或某些确定的决策者而言比较每项方案的风险大小，而情况 2. 则是相对于某项或某些方案的潜在后果来考虑某个决策者的风险态度或者比较决策者之间风险态度的差别。

概括起来，在第一种情况下的风险研究是传统的风险分析，是任何大公司的风险管理部门所从事的主要工作。在保险公司里，对承保风险、尤其是对赔付风险的研究恰好属于

这类问题。本书的大部分内容将围绕这个问题讨论。这部分内容也即是通常说的损失分布和风险理论。第二种情况下的风险研究是从经济学的角度研究决策者的风险态度，包括其对决策行为的影响，这是保险学中更为基本的问题。简单地说，保险运营中的几个关键问题如产品定价、准备金提留、再保险安排等都只有在考虑了这个因素后才能做出合理的决策。本书第八章将针对这一问题展开，在概率评估的基础上通过引入效用函数来处理这个问题。第三种情况下的风险研究实际上是对前面两种情况的综合，是决策分析尤其是金融和投资决策分析中的主要内容。

§ 1.2 风险理论与保险精算

1.2.1 保险经营的主要风险

保险业是经营风险的特殊金融服务行业。保险公司经过评估保险标的风险的大小，以收取合理的保费为条件，一旦保险标的发生损失，公司即按照保险合同规定的保险责任赔付被保险人的损失。从财务上看，保险公司的资金流动可分为收入和支出(或资产与负债)两部分，如表 1-1 所示，收入部分主要包括保费收入、投资收入、分保佣金、新投入资本等等，支出部分主要包括赔付、营运费用、再保险费、红利支付、税、退保和其他杂费。

表 1-1 保险公司财务收支的基本结构

收入	支出
保费收入	赔付
投资收入	营运费用
分保和再保险佣金	再保险费
新投入资本	红利、税、退保
其他收入	其他杂费

更为详细的财务状况可由公司的资产负债表或损益表反映，表 1-2 是我国当前的保险会计标准所要求的资产负债表示例。

表 1-2 保险公司资产负债表示例

资产	年初数	期末数	负债及所有者权益	年初数	期末数
流动资产：			流动负债：		
现金			短期借款		
银行存款			拆入资金		
短期投资			应付手续费		
拆出资金			应付佣金		
保户质押贷款			应付分保账款		
应收利息			预收保费		
应收保费			预收分保赔款		



续表

资产	年初数	期末数	负债及所有者权益	年初数	期末数
应收分保账款			存入分保准备金		
应收款项小计			存入保证金		
减：坏账准备			应付工资		
应收款项净额			应付福利费		
预付赔款			应付保户利差		
存出分保准备金			应付利润		
存出保证金			应交税金		
其他应收款			其他应付款		
材料物品			预提费用		
低值易耗品			未决赔款准备金		
待摊费用			未到期责任准备金		
待处理流动资产净损失			一年内到期的长期负债		
其他流动资产			其他流动负债		
流动资产合计			流动负债合计		
长期投资：			长期负债：		
长期债券投资			保户储金		
固定资产：			长期责任准备金		
固定资产原值			寿险责任准备金		
减：累计折旧			长期健康险责任准备金		
固定资产净值			保险保障基金		
在建工程			长期借款		
固定资产清理			长期应付款		
待处理固定资产净损失			住房周转金		
固定资产合计			其他长期负债		
无形资产及其他资产：			长期负债合计		
无形资产			负债合计		
长期待摊费用			所有者权益：		
存出资本保证金			实收资本		
抵债物资			资本公积		
其他长期资产			盈余公积		
无形及其他资产合计			总准备金		
资产总计			未分配利润		
			所有者权益合计		
			负债及所有者权益总计		

从影响公司财务状况的不确定因素来看，保险公司通常面临着以下一系列相互交织的不确定因素。

1. 保费：保费设计依赖于对未来赔付、运营成本、投资损益等主要因素的估计和预测，对这些不确定因素的预测都是建立在一定的假设之上的。

2. 准备金：无论从公司自身经营的需要还是从监管规定来说，都要求对各种保险业务提留准备金，而提留准备金的计算也涉及到对未来赔付、运营成本、及投资损益等主要因素的估计和预测。而且，有时准备金的提留还与通货膨胀相关联。

3. 赔付：对未来赔付的恰当评估同样依赖于众多的因素，由于缺乏历史记录、险种业务的变化、投保人的逆选择、巨灾事故、通货膨胀等经济因素影响，还有监管政策变化的影响等等。

4. 营运成本：通货膨胀、法律纠纷、扩大业务规模、管理水平不高等因素会使得对营运成本的估计远低于实际的营运成本。

5. 佣金：佣金是预算在“附加保费”里的，但为了扩大市场规模以及迫于竞争压