

本书得到教育部“使用信息技术工具改造课程”项目资助

Applied Financial Engineering

Based on MATLAB



基于MATLAB的 金融工程方法及应用

主编 吴卫星 潘慧峰 李 平 杜冬云

主审 邹亚生

中国金融出版社

Applied Financial Engineering Based on MATLAB

Applied Financial Engineering Based on MATLAB

ISBN 978-7-5049-6164-8



定价：39.00元

基于 MATLAB 的金融工程 方法及应用

主 编 吴卫星 潘慧峰
李 平 杜冬云
主 审 邹亚生



中国金融出版社

责任编辑：罗邦敏 郝凤英

责任校对：张志文

责任印制：丁淮宾

图书在版编目 (CIP) 数据

基于 MATLAB 的金融工程方法及应用 (Jiyu MATLAB de Jinrong Gongcheng Fangfa ji Yingyong) / 吴卫星等主编. —北京：中国金融出版社，2012. 12

ISBN 978 - 7 - 5049 - 6164 - 8

I. ①基… II. ①吴…②潘…③李…④杜… III. ①金融工程—计算机辅助计算—软件包, MATLAB IV. ①F830. 49 - 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 228431 号

出版 **中国金融出版社**

发行

社址 北京市丰台区益泽路 2 号

市场开发部 (010) 63266347, 63805472, 63439533 (传真)

网上书店 <http://www.chinafph.com>

(010) 63286832, 63365686 (传真)

读者服务部 (010) 66070833, 62568380

邮编 100071

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 19.25

字数 307 千

版次 2012 年 12 月第 1 版

印次 2012 年 12 月第 1 次印刷

定价 39.00 元

ISBN 978 - 7 - 5049 - 6164 - 8/F. 5724

如出现印装错误本社负责调换 联系电话(010)63263947

行进在山花烂漫的河流

(代序)

江南四月的珞珈山，真是要多美有多美！从我的住宿之处到上课的地方，一路走着，仿佛行进在一条山花烂漫的河流。首先是梅园的梅花，接下来是西山坡上的早樱花，再接下来的是樱园的日本樱花，再接下来是山南的一片晚樱花……

就在珞珈山上山花烂漫的时候，我接到了校友郭敏女士从对外经济贸易大学打来的电话，她告诉我，吴卫星教授和他的团队写了一本金融工程的教材，希望我能写个序言。我毫不犹豫就答应了。

随后我收到了吴卫星教授的电子邮件，看到了厚厚一本的《基于MATLAB的金融工程方法及应用》书稿。翻阅着这部书稿，回想着金融工程学科这些年的发展路途，也仿佛置身一条山花烂漫的河流。

从二〇〇二年到今天，十个年头已经过去了。我们的金融工程学科走过了一条艰难曲折而又迅速发展的道路。我们走过的这条道路，盛开着一片又一片耀眼的山花。

我们的学科，编写出了金融工程、金融经济学、投资学、固定收入证券、公司金融等核心课程的教材，接着又编写出了数理金融、金融市场计量经济学等课程的教材；我们不仅有了教材，而且迅速地开设了这些课程和其他相关的配套课程；我们不仅有本科课程，而且很快就有了硕士课程和博士课程。

而今天，当我们行进在金融工程学科建设与发展的这条春光大道上的时候，我们又迎来了吴卫星教授及其团队培育的又一片灿烂山花，即这本别开生面的教材。

翻开这部教材，我们首先看到的是金融工程应用所需要的基础知识。即使你没有了解过金融工程这方面的相关知识也没有关系，这部书会告



诉你，什么是金融衍生产品，什么是资产定价，什么是无套利分析方法，等等。于是，让你慢慢地登堂入室，并且渐入佳境。

接下来，该书会向你耐心地讲解金融工程中的核心内容即期权定价部分。该书不仅向你介绍离散条件下的二叉树模型和连续时间下的布莱克—舒尔斯公式，而且还向你讲授奇异期权定价、蒙特卡罗模拟、Copula函数应用等内容。

再接下来，就有了固定收入证券的分析。从基础知识，一直讲到定价方法，讲到利率期限结构，等等。

最后便有了投资组合优化及其风险管理部分。这里的有关章节介绍了投资组合优化、在险价值模型、Copula 和蒙特卡罗模拟的风险计算。

即使仅从金融工程的基本内容来看，这部教材也值得金融工程的求学者用心一读，更何况这部书还有一个重要的特色，那就是信息技术在金融工程上的应用。这部书中的几乎每一个章节，在讲述了金融工程的基本原理和方法之后，便讲解这些原理和方法如何运用计算机编程中的Matlab 来实现。

因此，当我们金融工程学科建设者和学习者的脚步走到这里的时候，我们欣喜地看到，金融学、数学和信息技术，在这里实现了较为理想的融合和交叉。

我们用这样的教材去培养我们的金融工程人才，可想而知，这些学生一定会具有更多的解决实际问题的能力。这样的专业人才，一定会更多地受到经济社会和金融实业界的欢迎。

写到这里时，我想起了我们的老朋友吴军教授。当年吴军教授为对外经济贸易大学金融学院金融工程专业的建设和发展四处奔波的情形，又一次浮现在我的眼前。我在想象着，当吴军教授看着这些年轻人已经成长起来了，他们不仅建设起了自己学校的这一特色学科，而且写出这么好的教材来为中国高校的金融工程学科建设作出卓越贡献时，他的心情该会多么地畅快和兴奋啊！我还在想，当这部书稿问世的那一天，他一定会拉着郭敏女士，拉着丁志杰、邹亚生，拉着吴卫星这一帮年轻人，喝上几杯浓酒的。那一天，也希望能多有几位金融学界的老朋友们，为他喝彩，为他助兴。

我还在想，那一天，大家应该乘着兴致，高唱一首歌曲。这首歌曲应是《我们走在大路上》。我们的这条路，是中国的金融工程学科建设和发展之路。这条路上开满鲜花，就像眼前的珞珈山，构成了一条山花烂漫的河流……

叶永刚

二〇一二年四月十一日

于武昌珞珈山

目 录

1 引言	1
1.1 金融理论的发展	2
1.2 金融工程技术的发展以及信息技术的影响	3
1.3 信息技术与金融工程教学的改革	4
1.4 本书的背景和安排	5
【参考文献】	7
2 金融衍生产品介绍	8
【知识点】	8
2.1 远期	9
2.2 期货	12
2.3 互换	14
2.4 期权	16
2.5 本章小结	26
【练习题】	26
【参考文献】	26
3 资产定价基本概念	28
【知识点】	28
3.1 资产定价方法的一般表述	29
3.2 套利与资产定价	31
3.3 风险中性概率与资产定价	34
3.4 本章小结	36
【练习题】	37

【参考文献】	37
4 简单期权的离散模型定价	38
【知识点】	38
4.1 单时期二叉树模型	39
4.2 两时期二叉树定价模型	43
4.3 多时期二叉树定价模型	47
4.4 美式看涨期权的二叉树定价模型	50
4.5 有红利支付的欧式看涨期权	52
4.6 本章小结	56
【练习题】	56
【参考文献】	56
【附注】	57
5 简单期权的连续时间模型定价	62
【知识点】	62
5.1 布莱克—斯科尔斯 (B-S) 公式的提出与发展	62
5.2 股票价格的变化过程	63
5.3 伊藤引理	69
5.4 B-S 公式的假设和推导过程	70
5.5 本章小结	75
【练习题】	75
【参考文献】	76
【附注】	76
6 复杂期权定价	83
【知识点】	83
6.1 常见的奇异期权	83
6.2 障碍期权	89
6.3 亚式期权	96
6.4 本章小结	99

【参考文献】	99
【附注】	99
7 基于蒙特卡洛模拟方法的期权定价	101
【知识点】	101
7.1 蒙特卡洛模拟的基本原理	102
7.2 估计欧式期权的定价区间	105
7.3 估计亚式期权的定价区间	109
7.4 蒙特卡洛模拟的优缺点	110
7.5 提高模拟效率的方法	111
7.6 蒙特卡洛模拟在复杂衍生产品定价中的应用	114
7.7 本章小结	118
【练习题】	118
【参考文献】	119
【附注】	120
8 基于 Copula 的彩虹期权定价	127
【知识点】	127
8.1 Copula 理论简介	128
8.2 两色彩虹期权定价模型	133
8.3 边缘分布的非参数核密度估计	138
8.4 数值计算	139
8.5 本章小结	144
【练习题】	144
【参考文献】	145
9 固定收益证券的定价	147
【知识点】	147
9.1 计息方法	147
9.2 固定收益证券定价理论	150
9.3 债券收益率	159

9.4	债券的久期和凸性	166
9.5	本章小结	172
	【练习题】	173
	【参考文献】	174
10	传统利率期限结构理论	175
	【知识点】	175
10.1	传统利率期限结构理论	175
10.2	构建到期收益率曲线模型	178
10.3	利用 MATLAB 构建到期收益率曲线	182
10.4	本章小结	193
	【练习题】	193
	【参考文献】	194
11	现代利率期限结构模型	195
	【知识点】	195
11.1	现代利率期限结构理论——均衡模型	196
11.2	现代利率期限结构理论——无套利模型	204
11.3	本章小结	209
	【练习题】	210
	【参考文献】	210
12	投资组合优化	211
	【知识点】	211
12.1	矩阵求导的有关知识	212
12.2	投资组合优化的四种形式	215
12.3	给定预期收益最小化风险的投资组合优化问题	216
12.4	给定风险最大化预期收益的投资组合优化问题	217
12.5	不考虑预期收益最小化风险的投资组合优化问题	218
12.6	不考虑风险最大化预期收益的投资组合优化问题	218
12.7	允许卖空时的投资组合优化问题	219

12.8 不允许卖空时的投资组合优化问题	222
12.9 指数基金的投资组合优化	226
12.10 本章小结	228
【练习题】	228
【参考文献】	229
【附注】	229
 13 在险价值模型及其基本计算方法	234
【知识点】	234
13.1 VaR 模型简介	235
13.2 基于 Delta - Normal 的 VaR 估计	237
13.3 基于历史模拟法的 VaR 估计	241
13.4 时变 VaR 估计	246
13.5 边际 VaR、增量 VaR、成分 VaR	247
13.6 本章小结	249
【练习题】	250
【参考文献】	251
【附注】	251
 14 在险价值模型进阶：基于 Copula 和蒙特卡洛方法	258
【知识点】	258
14.1 组合风险度量和管理	259
14.2 风险测度	260
14.3 计算组合 VaR 的传统蒙特卡洛模拟法	263
14.4 基于 Copula 的蒙特卡洛模拟法	266
14.5 算例及比较分析	270
14.6 本章小结	276
【练习题】	276
【参考文献】	277

附录 MATLAB 编程基础	279
A. 1 变量 (variables)	279
A. 2 向量 (vectors) 和矩阵 (matrices)	280
A. 3 基本数学运算 (math operations)	283
A. 4 函数 (functions)	284
A. 5 插值	286
A. 6 符号计算	288
A. 7 M 文件和 MATLAB 编程	291
A. 8 注意事项	294
【参考文献】	296

1

引言

自 20 世纪 80 年代末以来，金融工程取得了惊人的进展。顾名思义，金融工程即采用工程的方法来解决金融的问题。既然是采用工程的方法，那么我们不得不思考采用什么样的工程方法来解决金融问题。我们首先看看一些权威人士对金融工程的定义。美国金融界既是学者又是业界翘楚的约翰·芬尼迪（John Finnerty，1988）曾经给出这样的定义：“金融工程包括创新型金融工具与金融手段的设计、开发与实施，以及对金融中的问题给予创造性的解决。”既然谈到创新型金融工具和金融手段的设计、开发和实施，自然不能脱离金融市场。金融市场很重要的特征是可交易性和交易的便捷性。通常，提到金融市场都会涉及金融产品的风险和收益。金融产品的流动性属性越来越得到金融学术界和实业界的重视。流动性是指金融产品交易便捷的程度，金融市场必须提供流动性，否则金融市场很难达到有效配置资源的目标。具有一定流动性的金融市场必然需要来自于现代科技发展的一个重要分支——信息技术的支持，这就使得金融工程对信息技术的依赖不可避免，我们前面谈到的工程方法自然很大一部分就是信息技术的方法。Seese、Schlottmann 和 Weinhardt（2008）认为金融和信息技术均是现代世界发展过程中最为重要的推动力量，且都在飞速发展，信息技术在金融中的应用要求从业人员具备信息技术和金融两个领域的专业知识和技能。随着经济尤其是金融市场的发展，金融工程作为一门新兴学科获得了迅猛发展，金融工程涉及的学科门类越来越多，数学和信息技术两者的融合在金融工程发展过程中占据了重要的地位。

1.1 金融理论的发展

金融在国民经济中的重要地位人所共知，金融理论的发展成就也获得了公认。金融理论的发端应该是马柯维茨的现代投资组合理论，而马柯维茨的贡献不仅仅在于帮助金融界找到了一种分散化投资组合的方法，而且把来源于现代数学的定量方法带入了金融学研究领域。金融理论不再是一些难以说清的“拇指法则”，而是依靠逻辑严密的数学推导对金融问题进行推演和解决。马柯维茨将投资问题中风险和收益的权衡用数学期望和方差来进行量化分析，得到了一系列影响整个金融学的结果。在马柯维茨研究的基础上，夏普和林特纳提出了著名的资本资产定价模型，结论认为资产的期望收益主要决定于该资产的系统性风险，并详细描述了系统性风险的定义以及证券市场线和资本市场线等后来学界耳熟能详的名词。后来罗斯给出了套利定价模型，他们的无套利分析和公司金融中莫迪利安尼和米勒提出的著名MM定理的分析比较类似。无套利分析是金融学中最重要的分析范式，让金融学研究有了独特的生命力。布莱克、斯克尔斯和莫顿的期权定价公式同样得益于无套利分析。这一段时间的金融学界星光璀璨，其中很多人后来成为了诺贝尔经济学奖获得者，获得了广泛的认可。

金融工程技术是现代金融理论与现代金融实践发展相结合的结果，金融工程技术基于现代金融理论对金融现象进行分析，同时探索如何利用已有的金融产品进行投资组合，并根据金融市场的发展以及投资者的目标进行金融创新，并对金融产品的收益、风险、流动性等特征进行刻画，研究其规律，同时进行合理预测。金融工程技术随着国民经济的发展，逐渐成为金融学最重要的分支之一，成为学界和业界共同关注的关键领域。金融工程一词是美国经济学家约翰·芬尼迪于1988年首次提出的。他认为金融工程包括新型金融工具与产品的设计、开发和应用，并为金融问题提出创造性的解决方法。他将金融工程的研究范围分为三个方面：一是证券创新，包括新型金融工具的研究与开发，特别包括为适应客户金融目标的变化而开发新的金融产品等。这部分内容相当广泛，包括新型的银行账户、新型共同基金以及期货、期权和可转换债券等都属此列。二是创新型金融手段的设计，包括削减交易成本的方法，研究

和发展风险管理技术以及增强整个金融市场的稳定性和有效性的措施等。三是为解决某些金融问题提出完备的方法，包括公司融资结构的创造、企业兼并收购方案的设计、资产证券化的实施等。

1.2 金融工程技术的发展以及信息技术的影响

金融工程技术大致涉及金融产品创新、资产定价、投资组合和风险管理等几个方面的内容，这几个方面是相辅相成的。

尽管金融市场在境内外都已经获得了很快的发展，但随着经济的发展和投资者结构的变化，对新的金融产品甚至金融市场的需求不断出现，金融创新不仅对社会福利和对个人投资有极为重要的意义，对市场完备性和增加金融市场的效率也有非常关键的作用。金融创新也是金融机构为了生存所必须具有的重要能力。现在各种新的金融产品层出不穷，尤其是衍生产品的发展日益占据了金融市场的重要位置。

资产定价和投资组合是金融学的核心内容。投资组合是金融业首先要面对的问题，尽管马柯维茨的现代投资组合理论的框架非常吸引人，但是在金融实践中的投资组合远比这些经典成果所假设的框架更为复杂，不管是风险的度量还是投资约束都会对整个投资组合优化问题造成巨大影响，如何合理优化投资组合是当前金融学界依然在探索和发展的话题。投资组合的基础之一就是要对资产进行定价。对金融资产进行定价通常运用两种定价策略，一种是绝对定价法，一种是相对定价法。就金融工程所涉及的主要问题来说，利用相对定价法居多。金融产品越来越复杂，导致很多问题得不到解析解，于是数值算法也成为重要的研究工具。

现代风险管理对国家、企业和个人三个层次都有非常重要的意义。风险管理有定性的一面，这一方面需要对国家、企业和个人三个层次有深入的了解，对各个层次的金融目标有深入的分析。但是随着金融问题的复杂程度逐渐加深，原有的一些原则性的风险管理手段渐渐显露出不足，定量的风险管理方法迅速成为了现代风险管理的核心手段。定量风险管理也在飞速进步，主要的研究方法由原来的方差—协方差方法发展到包括在险价值在内的新的度量方法。斯克尔斯（2000）称金融危机已经使得金融机构基于投资组合理论去寻找风险的动态度量。在险价值（VaR）作为投资组合理论的产物，被用来作为短期风险的逐日度量。当

然，斯克尔斯（2000）也进一步提到，压力测设和集中性方法体系可能在面对金融危机时更为重要。当前的定量风险管理领域的研究者和从业人员需要具备数理金融、统计、金融计量、精算数学、数值分析等多方面的基础知识和技能，而且所涉及的知识面会越来越宽广。

20 世纪 90 年代以来，信息技术快速发展并向金融领域渗透。信息产业与金融产业的融合为金融市场的数据计算、信息处理和交易结算提供了极大便利：降低了交易成本、提高了价格形成的速度和精确度、缩短了金融工具的开发时间、提高了金融工程的效率。微观经济主体不同的内在需要要求相应的金融产品，而依据客户需要来开发金融产品恰恰是金融工程的优势。信息技术是一种使能器，它在金融实践的各个环节被广泛采用，包括金融信息的产生、收集、交换、存储、传输、显示、识别、提取、控制、加工和利用等各个技术环节。结合金融工程具体来讲，这些信息技术往往通过软件的形式表现出来，具体包括金融市场行情软件、金融市场交易软件、金融市场基础设施软件、金融决策支持软件、金融风险管理软件等。提供这些信息数据产品的公司有国内的万得、新华等公司和国际上的 Bloomberg、Reuters、Markit、FactSet 等。提供金融软件的公司有 Reuters、Algorithmics、Sungard、Summit、Murex、NumeriX 和 Fincad 等。

1.3 信息技术与金融工程教学的改革

本书是在教育部“使用信息技术工具改造课程”课题资助下进行课程改革的阶段性成果。我们认为金融工程教学应从实践教学的高度看信息技术在金融工程中的应用。Polanyi（1966）把知识分成显性知识和缄默知识。其关于缄默知识的研究主要基于成功者之所以成功往往取决于那些很难科学定义的缄默知识。这些知识往往在潜意识里被理解或者应用，难以通过文字表达和传递，经常需要直接的活动经历才能够获取。目前，将实践教学作为提高高等教育质量的突破口之一，已经成为学界的共识。

在教学中要做到理论联系实际，最重要的是要针对资本市场的发展和主流金融岗位的主流技能，学习在实际中能够应用的最基本金融原理和解决问题的基本思路和意识，其次才是金融知识。在现实金融世界中，