

衍生品定价中的风险与 风险溢价

著

刘杨树

期权和标的资产之间具有明显的非线性关系，而且这种非线性关系还随着时间的变化而不断变化，因此，期权的定价和风险管理在学术界长期以来一直是金融学者们研究的高难度课题之一。本书以模型复杂性所带来的模型风险为切入点，研究了模型风险的度量、在极端情况下的跳跃风险以及跳跃风险等几个议题。



The
Young Economists
Book Series

◀.....

青年经济学者文库

课题名称：论公司债市场上政府隐性担保的宏微观影响
项目号：71401144

衍生品定价中的风险与 风险溢价

著

刘杨树



厦门大学出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位

图书在版编目(CIP)数据

衍生品定价中的风险与风险溢酬/刘杨树著. —厦门:厦门大学出版社, 2016. 4

(青年经济学者文库)

ISBN 978-7-5615-5972-7

I. ①衍… II. ①刘… III. ①衍生金融工具-期权定价-风险分析 IV. ①F830.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 054987 号

出 版 人 蒋东明
责任编辑 吴兴友 潘 瑛
装帧设计 李夏凌
责任印制 吴晓平

出版发行 厦门大学出版社
社 址 厦门市软件园二期望海路 39 号
邮政编码 361008
总 编 办 0592-2182177 0592-2181253(传真)
营销中心 0592-2184458 0592-2181365
网 址 <http://www.xmupress.com>
邮 箱 xmupress@126.com
印 刷 厦门市万美兴印刷设计有限公司

开本 720mm×970mm 1/16
印张 10.5
插页 1
字数 210 千字
版次 2016 年 4 月第 1 版
印次 2016 年 4 月第 1 次印刷
定价 39.00 元

本书如有印装质量问题请直接寄承印厂调换



厦门大学出版社
微信二维码



厦门大学出版社
微博二维码

前言

期权和标的资产之间具有明显的非线性关系,而且这种非线性关系还随着时间的变化而不断变化,因此,长期以来期权的定价和风险管理在学术界一直是金融学者们研究的高难度课题之一。1973年,在期权领域的标志性研究——“Black-Scholes-Merton”模型(BSM模型)的发表被华尔街称为金融学历史上的第二次革命。与大多数其他重量级研究相比,BSM模型能够被称为“革命”不仅取决于其理论高度,更重要的原因在于它和华尔街的第一次革命——“资产选择理论”一样成为金融市场上的交易员在实际操作中不可或缺的工具。学术价值和实际应用商业价值的高度统一也为BSM模型赢得了1997年的诺贝尔经济学奖。自从1973年该模型发表之后,学术界开始出现大量各式各样的期权定价模型,这些模型屡屡突破常人的逻辑思维一步步将期权定价带向更加数理、更加复杂的领域。到了21世纪初,学者们已经将各种各样的统计方法、物理模型、工程算法等学科的方法带入了期权定价模型中,与此同时,市场上的衍生品也越来越复杂。

20世纪90年代之后期权市场上期权的业务日益繁荣,在学术界关于期

权的研究不断深入之时,复杂模型带来的隐患却逐渐暴露出来。事实上,在一些金融危机中,也不乏衍生品和复杂模型的身影,比如,1998年的LTCM事件和2008年的次贷危机。于是,学者们开始思考模型的复杂性所带来的风险。从理论上说,越复杂的模型所涉及的参数也越多,那么模型的估计也就越不稳定,当发生极端情况时可能出现的不确定性就越大。因此,本书以模型复杂性所带来的模型风险为切入点,研究了模型风险的度量、在极端情况下的跳跃风险以及跳跃风险等几个议题。

本书的部分内容来自本人博士论文以及后续修改,在写作过程中本书得到了厦门大学金融系郑振龙教授、陈蓉教授的悉心指导和鼓励。本书的出版得到厦大出版社的大力支持,在此表示衷心感谢。此外,本书得到了国家自然科学基金(71401144)的资助。由于作者水平有限,成书匆忙,因此,文中难免有疏漏之处,欢迎读者多提宝贵意见。

作 者

2015年10月于厦门

目 录

第 1 章 导论	1
1.1 研究主题与研究意义	1
1.2 研究内容与研究方法	4
1.2.1 模型风险的新定义和研究新视角	4
1.2.2 主要研究内容和逻辑框架	6
1.2.3 研究方法与相关技术	9
1.3 本书的主要创新与贡献	10
第 2 章 文献述评	12
2.1 传统扩散过程下的期权定价与复制	13
2.1.1 Black-Scholes-Merton 模型	13
2.1.2 Heston 模型	14
2.2 模型不确定性、模型风险及评述	17
2.2.1 模型风险与模型不确定性的来源	18
2.2.2 模型不确定性与期权定价	20

2.2.3 不确定框架下的研究方法在衍生品研究上的缺陷	22
2.2.4 模型风险的相关研究	25
2.2.5 模型风险的度量	28
2.3 跳跃风险与跳跃风险溢价	29
2.3.1 跳跃扩散模型	30
2.3.2 跳跃的非参数检测	37
2.3.3 跳跃风险溢价的相关研究	43
第3章 模型风险、复制误差与跳跃风险:理论分析	46
3.1 复制误差:模型风险的新研究视角	50
3.2 模型设定偏误与复制误差	52
3.3 随机参数与复制误差	55
3.3.1 近似模型下参数的随机性与时变性	55
3.3.2 参数的连续重新校准	57
3.3.3 参数复制策略	58
3.3.4 模型风险对参数复制策略复制误差的影响	62
3.4 跳跃风险与复制误差	65
3.5 模型风险、复制误差与跳跃风险:一个总结	72
第4章 数值模拟	75
4.1 数值模拟:优点与基本原理	76
4.2 模型设定	77
4.3 模拟技术与研究思路	82
4.3.1 模型参数的设置	82
4.3.2 被复制期权与模拟中已存在期权的相关说明	83
4.3.3 待检验的假说	84
4.4 数值模拟结果与分析	85

4.4.1 不同近似模型的 Delta 复制误差与参数复制误差比较	85
4.4.2 参数复制策略对不同复制工具的敏感度分析	93
4.4.3 现实测度对复制误差的影响	95
4.4.4 状态变量的波动对复制误差的影响	97
4.4.5 不同模型与复制策略复制误差的路径	100
4.5 模拟结果的总结	103
第 5 章 跳跃风险与跳跃风险溢酬:基于美国股指期权市场的研究	104
5.1 实证设计	105
5.1.1 实证数据与样本筛选	106
5.1.2 实证模型设定	108
5.1.3 因变量的构造与描述统计	110
5.1.4 跳跃风险因子的构造与描述统计	112
5.1.5 波动率风险因子的构造与描述统计	117
5.1.6 模型设定偏误因子的构造与描述统计	117
5.1.7 信息传递效率因子的构造与描述统计	118
5.1.8 期权剩余期限和在值程度	119
5.2 实证结果	120
5.3 本章结论	122
第 6 章 跳跃风险与跳跃风险溢酬:基于中国 A 股市场	124
6.1 风险溢酬的估计:期权方法与标的资产方法的一致性	126
6.2 中国 A 股市场:跳跃风险的侦测与度量	131
6.2.1 跳跃的侦测	131
6.2.2 跳跃风险的度量	133
6.2.3 跳跃风险与样本内股票收益率	134
6.3 中国 A 股市场:跳跃风险因子与跳跃风险溢酬的深入检验	138

6.3.1 构建跳跃风险因子	138
6.3.2 单因子跳跃风险溢价	139
6.3.3 多因子模型:构建控制变量	142
6.3.4 多因子模型:跳跃风险溢价	144
6.4 跳跃风险溢价的时变性与可预测性	148
6.5 中国 A 股市场的跳跃风险与跳跃风险溢价:一个结论	150
第 7 章 研究结论与后续展望	152
7.1 主要研究与结论	152
7.2 研究的不足与后续研究展望	154
参考文献	156

1

导 论

1.1 研究主题与研究意义

众所周知,在金融衍生品的定价和风险管理中,定价模型起着至关重要的作用。金融学家 Robert Merton 和 Myron Scholes 正是凭借着他们在 20 世纪 70 年代提出的股票欧式期权定价模型获得了 1997 年的诺贝尔经济学奖。然而,如果所使用的模型与真实情形相去甚远,会给衍生品的定价、风险管理乃至整个金融市场带来怎样的风险?这是一个研究者和市场参与者永远无法完全回避,却又总是试图忽视的问题——模型风险^①。而这正是本书的研究主题。

随着国际金融市场的发展,模型风险越来越成为一个无法回避和不能忽视的问题。在现实市场中,金融资产收益率不仅经常呈现出短暂记忆性、尖峰厚尾、跳跃、长期周期性等一系列与几何布朗运动相悖的特征,人们还常常发现有很多其他未考虑到的风险源可能对资产价格产生影响,而且这些风险源

^① 在模型风险中,影响最大也最复杂的是跳跃风险,因此本书在提出模型风险研究的新视角和新方法之后,专门针对跳跃风险和跳跃风险溢价进行了深入研究。

的影响往往还是时变的,比如波动率风险、相关性风险等等。这些都可能对衍生品的定价、风险管理甚至整个国际金融市场的平稳运行产生严重的影响。从大处说,从 LTCM 事件^①到次贷危机^②,近年来国际金融市场上的金融危机常常与模型风险有所关联;从小处看,国际市场上的金融机构几乎天天都要使用模型为出售的衍生品定价,并基于模型实施风险对冲,其交易盈亏和风险暴露均对模型风险高度敏感。

然而,在学术研究和实际市场操作中,人们却常常试图忽视模型风险。之所以如此,是因为这一问题过于复杂。当模型本身已经足够麻烦时,如果再考虑模型风险,似乎令人难以招架。更重要的是,金融是对未来的投资,人类即使能用计量方法估计出尽可能拟合历史数据的模型,也永远无法预知未来资产价格所服从的真实随机过程和适用的真实定价模型。这正是为什么在国际金融界所使用的衍生品定价和分析系统中,迄今为止仍以 Black-Scholes-Merton 模型(Black and Scholes (1973)^[1], Merton (1974)^[2])为主(以下简称 BSM 模型)。

但并非没有研究者试图在模型风险的领域展开探索。最常见和最悠久的一个发展方向是,不断根据历史数据中发现的市场特征对已有模型加以改进。随机波动率模型(Heston (1993)^[3])、局部波动率模型(Dupire (1994)^[4])、随机波动率跳跃模型(Bates (1996)^[5])等就是这个发展方向上的杰出成果。但这个研究方向迫切需要解决一个问题:如何度量这些模型的模型风险,并从中筛选出最接近真实状况的模型?因此,另一个研究方向开始发展起来:研究者们利用各种统计工具去估计不同模型和真实模型的差异,以此来判断模型的可靠性(如 Bakshi, Cao and Chen (1997)^[6])。然而,这个研究方向有其无

① LTCM 事件的导火线是所使用的模型中未考虑国家信用风险因素。

② 一般认为,在次贷危机之前,在国际金融界所使用的 CDS 定价模型中,相关系数设定不合理,对次贷危机具有推波助澜的不良影响。

法克服的内在缺陷:首先,由于无法得知未来世界里的真实模型,这种估计本身可能就是不可靠的;其次,那些基于似然值和残差平方和等指标得到的结论尽管在样本内具有统计意义,但却往往不具有经济意义,无法与金融机构衍生品交易账户的盈亏一一对应,从而不具有可操作性。

正是立足于这样的研究现状和市场现实,本书对衍生品模型风险这一高度复杂的问题进行了新的探索,试图找到一个更好的研究切入点,使其既能在理论上与已有的研究和成果相承接,又能与金融机构的衍生品实际操作相联系,从而在模型风险研究领域有所创新和突破。同时,由于在模型风险中最重要也最复杂的风险是跳跃风险,且人们对跳跃风险的研究至今未取得很大的进展,因此在提出模型风险研究的新视角和新方法之后,本书专门针对跳跃风险和跳跃风险溢酬进行了深入的研究。

由于是新思路和新方法,本书的研究还不够成熟和全面。但从学术意义上来说,本书的研究是在资产定价的主流理论框架下发展起来的,又与现有的研究成果相承接,相信本书的研究思路和结论应能为现有的衍生品定价与复制的模型风险、跳跃风险乃至更为一般的资产定价理论研究提供一定的有益补充和启发;而从实践意义上来说,本书是将模型风险研究与金融机构的衍生品实际操作账户盈亏相联系的著作,书中基于理论推导所提出的数值模拟和实证研究方法均可被市场参与者用于现实需要,具有可操作性;而对中国市场而言,在期权市场发展刚起步的大背景下,以往的经验表明,在国外市场上发展起来的定价模型在中国市场上很可能出现“水土不服”的现象。换言之,中国衍生品市场出现模型风险的可能性很大,而模型风险的影响必然不小,因此模型风险的研究对中国金融市场乃至经济发展的现实意义不言而喻。

1.2 研究内容与研究方法

1.2.1 模型风险的新定义和研究新视角

本书的研究和创新源于对衍生品“模型风险”的新定义和新视角。在介绍本书的研究内容、逻辑框架和研究方法之前,必须先对这一定义及其缘由加以解释。

在本书中,一个模型的“模型风险”被定义为运用该模型对衍生品进行复制带来的“复制误差”,而该“复制误差”进一步被定义为“运用该模型计算得到的衍生品初始定价与复制成本之间的差异”。

从直觉上说,要估计模型风险的大小,就是将我们所使用的模型和真实模型进行比较。但在真实模型未知时,这一比较是无法进行的。因此,我们不得不寻找更具有可行性和经济意义的新定义和新视角。上述“模型风险”与“复制误差”的定义正是来源于衍生品市场的市场生态。在金融衍生品中,期权类衍生品(包括普通期权、奇异期权和相应构造出来的结构型产品等)^①的产生和发展对国际金融市场和经济带来了革命性的影响,因此被称为“期权革命”。但也正是期权类衍生品对模型依赖最大,相应的模型风险也最大。期权类衍生品的最大特征是其回报的不对称性:期权买方损失有限,收益空间很大;期权卖方则收益有限,损失空间很大。因此从本质上说,如果没有做市商制度或是专业的金融机构出售期权,市场上买期权的力量会远远大于卖期权的数量,

^① 在国际金融市场上,人们有时甚至不把远期、期货和互换等线性的衍生产品纳入衍生品的范畴,谈及衍生品时,常常仅指非线性的期权类产品。本书中的“衍生品”其实主要是指期权类产品。

期权市场就会失衡并出现问题^①。而这些做市商和专业金融机构对净衍生品空头的做法是：基于一个定价模型制定出衍生品价格，并以此为基准加上一点利润空间出售衍生品，然后通过复制进行风险对冲，最终获取售价与复制成本之差作为利润。而本书中所定义的复制误差正是“衍生品初始定价与复制成本之差”，可以直接与现实中金融机构的衍生品交易账户盈亏相对应^②。

那么，如此定义的“复制误差”可以用于刻画“模型风险”吗？答案是肯定的，其基本逻辑是：如果这些做市商和专业金融机构使用的是真实模型，由于真实模型完全精确地刻画了资产价格的随机过程，根据真实模型进行复制，初始定价必定等于复制成本，复制误差就会为0；但由于无法得到真实模型，这些做市商和专业金融机构只能根据历史数据和经验采用近似的模型进行定价和复制。由于近似模型不完全符合资产价格的现实过程，运用近似模型在现实中进行复制，必然导致复制成本与初始定价之间出现差异，即复制误差。由于我们在意的是比较不同近似模型之间的相对模型风险，而非各个近似模型的绝对模型风险，因此复制误差的大小和稳健性可以用于评估不同模型风险的相对大小。

总之，本书中的“模型风险”可以解释为：一个模型能在多大程度上通过复制来证明其定价的合理性。通俗地说，即这个模型能否“自圆其说”。一个能够通过复制完全“自圆其说”的衍生品定价模型，就是真实模型，反之则为近似模型。“自圆其说”的程度越低，模型准确性越低。因此，判断模型好坏的一个办法就是检验多个时间段内不同近似模型的累积复制误差的性质。

① 尽管权证与期权并不完全相同，但2007年前后中国权证市场上出现的非理性投机行为很大程度上正是源于整个市场买卖生态的失衡。

② 衍生品的初始售价通常包含模型定价和利润空间等成分，因此金融机构的衍生品交易账户盈亏不是和复制误差绝对对应的，因为其中还包含利润空间等成分。但金融机构显然是知道自己的模型初始定价的，因而可以从交易账户盈亏中计算出复制误差。

本书对“模型风险”的定义实际上是受 Rebonato (2003)^[7]启发而来的。Rebonato (2003)^[7]总结了学术界和业界对模型风险的两种定义:一是在当前的信息条件下,用近似模型对衍生品定价所产生的初始定价误差;二是近似模型所对应的复制成本变化与衍生品市场价格变化之间的差异,一些研究者也称之为“复制误差”。

Rebonato (2003)^[7]对模型风险第一种定义的缺陷在于,在真实模型未知的情形下,初始定价误差实际上是无法得到的;第二种定义虽然也从复制的角度考察模型风险,但与本书的“复制误差”定义是不同的,主要体现在:

Rebonato (2003)^[7]对模型风险的第二种定义侧重的是用哪种模型复制,对现实拟合程度更高,是模型与现实的比较,在研究时必须已经有真实的衍生品价格,通过不断拟合来研究模型风险,适合于不断挖掘近似模型的拟合潜力,对当前衍生品已经高度发达的欧美市场较为有效;而本书中定义的“复制误差”侧重的却是模型复制对模型定价的自我解释能力,考虑的是什么模型在市场多变的情况下,能够处变不惊,得到最为稳健的结果,可以通过模拟来考察不同模型的差异,因此本书的研究结果可以适用于当前不存在的衍生品,因而更适合研究奇异期权、结构性产品以及像中国这样期权刚刚开始发展的市场。此外,本书中定义的“复制误差”可以直接与现实中金融机构的衍生品交易账户盈亏相对应,对现实交易更具指导意义和可操作性。

1.2.2 主要研究内容和逻辑框架

基于前述“模型风险”与“复制误差”的定义,本书分别从理论、数值模拟和实证研究的角度对衍生品的模型风险问题进行了研究。

在第2章文献综述之后,本书的第3章从理论上奠定了全书研究的基础。在这一章中,本书首先论证了将“模型风险”定义为“复制误差”的合理性和优点,然后分别从模型设定偏误、模型参数的随机性和模型未涵盖风险源的影响

这三个方面详细考察了模型风险对金融机构衍生品交易账户盈亏(即复制误差)的可能影响。这一章的重要特点是:在资产定价的经典理论框架下,首次将市场上广泛使用的 Delta 复制策略、参数复制策略以及重要的跳跃风险、波动率风险等均纳入了模型风险的分析和考察,得到了一系列或具有现实可行性,或可以进行数值模拟,或可以进行实证研究的结论,为后文的进一步研究奠定了重要的理论基础。

基于第3章的理论推导,第4章提出了六个研究假说,并进行了相应的数值模拟研究。这一章的主要功能有二:第一,用数值模拟证实第3章得到的结论。具体而言,考察和比较了不同近似模型在不同复制策略下的复制误差和模型风险,也考察了各种因素(如跳跃风险的存在和变化等)对复制误差和模型风险可能产生的影响。第二,为模型风险和复制误差的数值模拟研究提供研究方法和研究示例。

由于在前几章的研究中发现,如果标的资产价格存在跳跃但却在模型中被遗漏,将会造成严重的模型风险,也就是说,跳跃风险可能是导致模型风险的最重要因素之一,因此本书的第5章和第6章分别针对美国期权市场和中国股票市场的跳跃风险和跳跃风险溢酬问题进行了实证研究。鉴于美国已有发达的期权市场,第5章的研究承袭前几章的研究思路,用 Delta 对冲组合^①研究了美国股指期货期权中隐含的跳跃风险和跳跃风险溢酬问题,考察美国股票市场上是否存在跳跃风险问题。而针对中国还没有期权市场的现状,第6章独辟蹊径,首先在随机贴现因子和资产定价经典理论的框架下,证明了从衍生品市场上估计得到的跳跃风险溢酬和用 Fama-MacBeth 两步法^②从标的资产市场上估计得到的跳跃风险溢酬在理论上的等价性;即,仅利用标的资产市场的价格信息,我们同样可以考察模型风险的重要来源——跳跃风险。在此基

① 我们将在第3章中作详细介绍。

② 我们将在第6章中作详细介绍。

基础上,第6章详细地考察了中国A股市场的跳跃风险和跳跃风险溢价问题。这样,全书实际上从三个角度——数值模拟、基于期权数据Delta复制的研究角度,基于标的资产数据的系统性风险研究角度,较为全面而深入地考察了跳跃风险问题。图1.1为全书逻辑框架图。

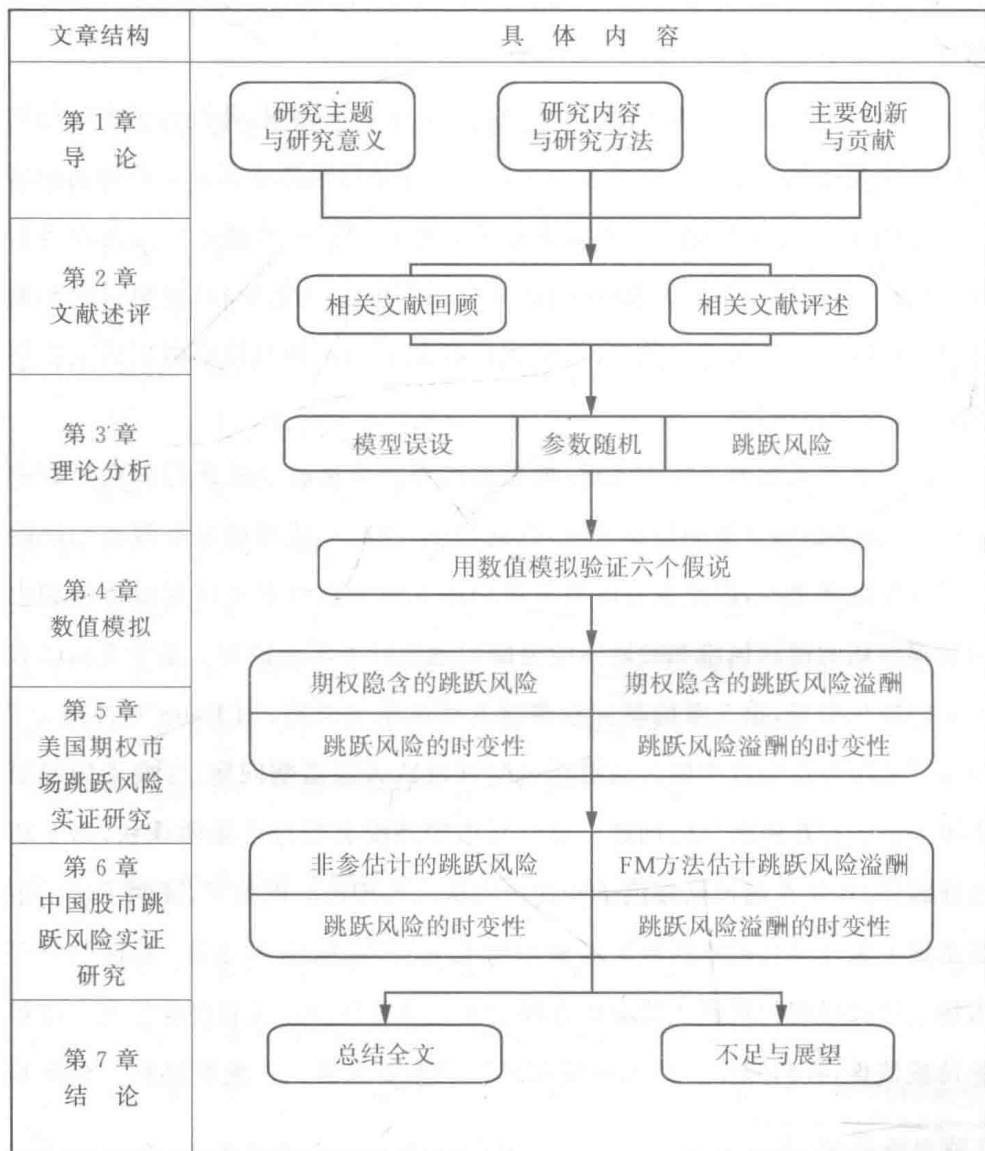


图 1.1 全文逻辑框架图