

利率期限结构模型在 金融市场的应用

湖南教育出版社

谢赤 邓艺颖

By
XIE Chi, DENG Yiyang

利率期限结构研究

Term Structure Models of Interest Rate and Its
Applications in Financial Market





利率期限结构研究

Term Structure Models of Interest Rate and Its
Applications in Financial Market

利率期限结构模型在金融 市场的应用

谢 赤 邓艺颖

By
XIE Chi,
DENG Yiyang

湖南教育出版社

摘 要

近年来,伴随着人民币利率市场化的深入以及多层次资本市场的逐步建立,利率期限结构模型的研究日益成为现代金融领域,尤其是固定收益证券领域的热门研究课题,将利率期限结构模型应用到利率动态行为描述、债券定价和风险管理等三个方面,无疑对各类投资者、政策制定者和监管者而言具有较大的现实意义。

本书首先对利率期限结构展开理论研究,沿着利率期限结构研究的发展脉络,介绍了传统的利率期限结构理论与现代利率期限结构模型,对涉及的主要理论与模型加以了比较与分析。

接着本书将利率动态模型应用要利率行为描述中,从利率的非线性因素入手,实证研究了利率的跳跃扩散效应、结构转换效应、冲击响应效应、随机波动效应,证实了人民币利率动态行为变化也存在以上这些效应;在此基础上,进一步研究了包含两因素的高斯仿射模型、包含跳跃过程的仿射随机波动模型、包含结构转换的利率动态模型,实证研究显示:在单因素模型中,CKLS模型相对于CIR等其它单因素模型能较好的描述金融市场短期利率的变化。在多因素模型中,随机波动模型比ARCH模型能更好的描述短期利率变化的尖峰厚尾和波动群聚特征。随机漂移模型虽然从理论的角度更具有一般性,但实证的结果则并不显著。从单制度模型来讲,可以发现加入GARCH效应后的利率模型是最优的,因为利率的变化存在着明显的波动群集性,但加入制度转换后再进行比较,本书发现似乎更简单的制度转换模型要优于制度转换的GARCH类模型,这说明在中国金融市场上利率变化的波动可能很大一部分是由制度转换所引起的,这表明政策消息的变化是引起利率发生变化的主要因素,而不是被数学上的随机过程所左右。

其次,本书将利率期限结构模型应用到债券定价的研究中。研究表明,基于信用利差期限结构的公司债券定价模型能够比较好的反映公司债券的实际价格,信用风险能够用市场上观测到的信用价差来体现。这对构建符合中国金融市场实际情况的信用利差期限结构提供了帮助,同时也对资产支持证券等信用衍生产品的定价提供了借鉴。

最后,本书研究了利率动态模型在利率风险管理方面的应用,研究发现中国债券市场收益率变化的解释因素较少仅存在两个因素:平行漂移因素和斜度因素;中国债券市场上斜度因素的相对重要性要大于发达国家债券市场,这在很大程度上归因于中国债券市场的结构不稳定。在静态免疫模型和专献模型的基础上,本书将利率风险管理模型拓展到了随机框架,提出一个混合免疫模型来进行动态随机利率风险管理。通过在静态和动态随机框架下比较投资组合收益最大化和免疫风险最小化的优化结果,本书发现在随机现金流变异假设下投资组合免疫风险的最小化的优化过程能够较好的实现组合收益与免疫风险管理目标。

综观全文,无论在理论上还是在实证分析和应用研究部分,都作出了一定创新。同时,本书的研究结果对投资者和货币当局都具有一定的实际指导作用。

Abstract

In recent years, with the development of the capital market, the research on the dynamics of the interest rate is becoming a hot studying field, especial on the fixed income securities. The applications of the dynamics of the interest rate to the description of the interest rate behavior, bond pricing and interest rate risk management are significant to the investors, the policy makes and supervisors.

Firstly, the author analyzes the traditional term structure models of interest rate and reviews the latest development in this field. The author analyzes and compares many exiting term structure models of interest rate, for example, CKLS models, ARCH models, stochastic volatility model, stochastic drift, mean-reversion and level effect of interest rate. As a result, the author finds that CKLS model is the optimal one of the various single-factor models, which describes the behavior of interest rate in financial market more effectively than other single-factor models. Among the multi-factor models, the stochastic volatility model effectively catches the leptokurtosis and volatility clustering characters of the behavior of short-term interest rate relative to ARCH model. Though theoretically the stochastic drift model is a more generalized model, in reality it cannot effectively describe the behavior of short-term interest rate. In the book, the authors find that the more easier regime switch models are superior to the GARCH regime switch models, this shows that the volatility of the interest rate are caused by the policy information.

Secondly, we apply the dynamics to the pricing of the bond. The results show that the pricing method based on the term structure of credit spreads can better reflect the actual price of corporate bonds. Credit risk can also be reflected by the credit spreads that observed in the market. And construction conforms to the real situation in the financial market with the help of building the term structure of credit spreads, and also on the asset-backed securities, such as credit derivatives pricing references. Based on the positive results of the study, this book analysis of the shortcomings of the existing pricing model, then proposed the problems that the corporate bond pricing model need to be development and improvement in the future. And further points that need to be solved problems of the development of China's capital market that can impact on corporate bonds pricing.

Lastly, we study the risk management of the interest rate. The results show that the changes of the earnings of the bonds can be described by two factors, i. e. the drift factor and slope factor and the slope factor is more important in comparison to the developed countries. After the study of the immune model, the book extends the risk management model to a stochastic frame and proposed a mixed immune model and find that this model can realize the management purpose.

In all, this book makes some innovations not only in the theoretical analysis, but also in the empirical tests and application part. The findings will have some practical usefulness to the investors and monetary authority.

目 录



插图索引

附表索引

第1章 绪 论

1

1.1 选题意义与研究背景

1

1.2 研究内容

3

1.3 常用概念及其关系

4

第2章 利率期限结构及其模型的理论研究

6

2.1 利率期限结构及其理论脉络

6

2.2 传统利率期限结构理论

7

2.2.1 无偏预期理论

7

2.2.2 流动性偏好理论

8

2.2.3 市场分割理论

9

2.2.4 优先置产理论

9

2.3 现代利率期限结构模型比较分析

10

2.3.1 单因素 CKLS 模型系

11

2.3.2 多因素模型

15

2.3.3 仿射期限结构模型

19

2.3.4 高斯仿射期限结构模型

23

第3章 基于期限结构模型的利率行为描述

25

3.1 利率动态过程中的非线性因素及其实证

25

3.1.1 跳跃扩散效应

25

3.1.2	结构转换效应	27
3.1.3	冲击响应效应	29
3.1.4	随机波动效应	30
3.1.5	利率动态过程的实现方法	32
3.1.6	实证结果与分析	35
3.2	描述利率行为的二因素高斯仿射模型及其实证	50
3.2.1	二因素模型的估计方法——Kalman 滤波法	51
3.2.2	数据选取	53
3.2.3	估计结果及其分析	53
3.2.4	二因素高斯仿射利率期限结构模型的应用研究	57
3.3	包含 Jump 过程的仿射 SV 模型及其实证	64
3.3.1	Jump 过程的计量	64
3.3.2	几何布朗运动	67
3.3.3	基于几何布朗运动的 Jump 扩散模型的提出	67
3.3.4	基于 CKLS 和仿射 SV 的 Jump 仿射扩散模型的构建	68
3.3.5	包含 Jump 过程的仿射 SV 模型的参数估计方法	71
3.3.6	数据选取与研究方法	73
3.3.7	模型估计与结果分析	77
3.3.8	包含 Jump 过程的仿射 SV 模型的应用	82
3.4	描述利率行为的包含制度转换的模型及其实证	90
3.4.1	制度转换的涵义	91
3.4.2	中国金融市场同业拆借利率变动特点分析	94
3.4.3	加入制度转换的短期利率模型构建	96
3.4.4	制度转换扩散模型的构建	98
3.4.5	制度转换 GARCH 模型的探讨	99
3.4.6	关于制度转换模型漂移项的探讨	103
3.4.7	制度转换模型的解析特性	104

3.4.8	制度转换利率期限结构模型的估计	106
3.4.9	数据的选取	114
3.4.10	单制度与制度转换利率期限结构模型的比较	114
第4章 基于利率期限结构模型的公司债券定价		128
4.1	债券定价的基本原理	128
4.2	公司债券的信用风险	129
4.2.1	公司债券的信用评级	129
4.2.2	债券级别与违约风险	131
4.2.3	债券级别与风险收益	135
4.3	公司债券风险的度量	136
4.3.1	信用风险	136
4.3.2	利率风险	137
4.3.3	流动性风险	137
4.3	引入信用风险的公司债券定价模型的构建	138
4.3.1	信用风险和利率风险的关系	138
4.3.2	信用风险定价模型研究	141
4.3.3	改进型简约模型的构建	150
4.4	公司债券定价的实证研究	156
4.4.1	研究对象分析	156
4.4.2	研究基础与研究方法设计	161
4.4.3	数据来源及说明	165
4.4.4	参数估计结果及分析	168
第5章 基于期限结构模型的利率风险管理		174
5.1	债券市场利率风险因素分析	174
5.1.1	数据来源	175
5.1.2	因素分析方法	177
5.2	动态随机利率风险管理模型	179

5.2.1 利率风险管理静态模型	179
5.2.2 利率风险管理随机模型	183
5.3 利率风险免疫的债券组合管理	187
5.3.1 静态利率风险免疫模型	189
5.3.2 动态随机利率风险免疫模型	190
5.3.3 实证结果分析	191
结论	194
参考文献	199

插图索引



图 3.1	CN7DRP 的走势	36
图 3.2	对数 CN7DRP 差分的走势图	36
图 3.3	14 天国债回购利率走势图	40
图 3.5	状态变量的动态变化 (样本期:1997.05—2004.05)	54
图 3.6	模型下各期限利率与观测利率的比较 (样本期为 1998.01—2004.5)	55
图 3.7	收益率曲线	58
图 3.8	货币政策传导机制图	58
图 3.9	利率水平时间序列	74
图 3.10	利率水平一阶差分序列	75
图 3.11	短期利率 SNP 密度与同均值方差的正 态分布密度的比较	80
图 3.12	最优模型的样本内拟合能力	87
图 3.13	最优模型的样本外预测能力	88
图 3.14	银行间 7 天同业拆借利率时间序列图	95
图 3.15	银行间 7 天同业拆借利率一阶差分图	95
图 3.16	路径依赖 GARCH 模型条件方差	102
图 3.17	非路径依赖 GARCH 模型条件方差	102
图 3.18	短期利率过程位于制度 1(高利率高波 动)的概率的时间序列图	123

图 4.1	央票与公司债券收益率走势图	167
图 4.2	实际价格与理论价格拟合图	169
图 5.1	不同期限国债收益率(2001.8.20—2002.7.31)	176

附表索引



表 2.1	不同单因素模型的参数限制	12
表 2.2	ARCH 族模型与 SV 模型的比较结果	18
表 2.3	随机漂移模型与均值回复特性的比较结果	19
表 3.1	CN7DRP 基本统计情况	37
表 3.2	CN7DR、对数 CN7DRP 差分和对数 CN7DRP 差分平方的一阶自回归分析	38
表 3.3	模型估计结果	38
表 3.4	数据基本统计情况	39
表 3.5	基本利率期限结构模型的参数估计	40
表 3.6	结构转换利率期限结构模型的参数估计	43
表 3.7	银行间债券市场回购债券交易的统计特征	44
表 3.8	GARCH-M 模型和 TAR-GARCH-M 模 型的估计结果	46
表 3.9	银行间债券回购利率与货币供给总量 变化的动态冲击敏感测试	47
表 3.10	随机波动利率期限结构模型的参数估计	49
表 3.11	二因素仿射模型的参数估计结果	53
表 3.12	中国货币市场 7 天期银行同业拆借利率 基本情况	74
表 3.13	r_t 序列的 ADF 检验结果	76
表 3.14	$r_{t+1} - r_t$ 序列的 ADF 检验结果	76
表 3.15	SNP 条件密度的选取过程	79

表 3.16	SNP 条件密度下的各个参数的估计值	80
表 3.17	EMM 法估计结果	82
表 3.19	不同模型下的矩值与样本矩值比较结果	83
表 3.18	不同模型在 EMM 方法下的参数估计结果	84
表 3.20	各矩条件的偏离统计量指标值	85
表 3.21	定义指标	86
表 3.22	样本内各模型的指标比较	86
表 3.23	样本外各模型的指标比较	87
表 3.24	统计结果	94
表 3.25	单制度与制度转换 Vasicek 模型的估计结果	115
表 3.26	单制度与制度转换 CIR 模型的估计结果	116
表 3.27	单制度与制度转换 GARCH(1,1)模型的估计结果	117
表 3.28	单制度与制度转换 GARCH(1,1)-X(1)模型的估计结果	118
表 3.29	其他制度转换扩散模型的估计结果	121
表 3.30	其他制度转换扩散模型的统计结果	122
表 3.31	单制度与制度转换 Dothan 模型的估计结果	122
表 4.1	信用等级与违约率间的统计关系	132
表 4.2	1971—1990 年债券累积违约率(%)	132
表 4.3	1971—1993 年不同级别公司债券违约情况	133
表 4.4	穆迪公司公布的债务收益情况表	136
表 4.5	两类模型建模理论之间的比较	148
表 4.6	企业各种融资方式对比	158
表 4.7	所选债券基本情况表(面值均为 100 元)	166
表 4.8	有关收益率的统计分析	167
表 4.9	参数估计值	168
表 4.10	实际价格与理论价格的统计分析	169
表 5.1	中国债券市场收益率的基本统计情况	176

表 5.2	不同期限债券的到期收益率变化的 Pearson 相关系数	177
表 5.3	不同期限收益率变化解释因素的权重	178
表 5.4	上海证券交易所挂牌交易的样本债券	192
表 5.5	利率风险免疫的债券投资组合管理	193

第1章 绪论

1.1 选题意义与研究背景

利率作为金融市场上最重要最基础的经济变量之一,历来就是金融学研究的重点。尤其是短期利率(short rates),它直接影响着各种固定收益(fixed income)证券及其衍生产品的定价和风险。因此,短期利率行为对金融产品的定价、金融风险的管理乃至整个国民经济的发展都有着极其深远的影响。另外,短期利率在货币政策传导中也处于主要地位。Duguay 将货币政策传导机制描述为货币政策当局通过影响短期利率和汇率的行为,从而最终影响到总需求和通货膨胀率^[1]。

国外在利率方面的研究因其金融市场发展较早且比较完善而已经发展到了相当高的水平。学者们相继提出了许多利率期限结构理论和模型来解释利率的行为。传统理论主要有预期理论、市场分割理论和流动性偏好理论。期限结构模型研究方面,在经过 Merton, Vasicek 以及 CIR 对利率期限结构模型进行了开拓性研究后, Ho-Lee, HJM, Hull-White, Jamshidian 考虑了参数可能随着时间变化(time-inhomogeneous)的期限结构模型^[2-7]。

Constantinides, Duffie-Kan, Longstaff-Schwartz 等又进行了一系列的研究和推广,形成了多要素期限结构模型^[8-10]。同时由 4 位学者提出的 CKLS 模型^[11],将期限结构模型的研究带入了新的阶段,Stanton, Manus 和 Watt, Ait-Sahalia, Chapaman 和 Person, Dai 和 Singleton 还利用美国国库券收益率数据和加拿大同业拆借市场利率数据对主要的单因素和多要素模型进行了实证比较^[12-16]。目前,国外金融市场上的债券等金融衍生产品市场已发展了 3 200 多种衍生产品,其发展水平可见一

斑。

在国内,尽管改革开放以来金融市场发展极为迅速,但有关利率行为的研究却相当落后。主要集中在探讨利率市场化、债券市场的建设等宏观问题上,并且大多都是从定性角度分析,缺乏从定量上分析利率行为以及相关应用研究。特别是,在如何利用数学、统计学和计量经济学等相关知识构建金融模型,深度描绘利率行为,并利用中国金融市场数据进行模型估计;如何将模型结果应用于金融衍生产品定价与金融风险管理等,国内的研究却相当少,主要有吴恒煜、陈金贤、谢赤、吴雄伟、邓艺颖、范龙振等的研究。其中,吴恒煜和陈金贤分析总结了国内外利率期限结构的研究现状;谢赤、吴雄伟和邓艺颖不但将不同的单因素模型在中国货币市场作了实证比较,还从均衡的角度构建了单因素利率模型的统一框架;范龙振等则利用 SNP-EMM 法对中国上海证券交易所国债交易表现出的短期利率进行了实证分析,分析了多种不同的利率模型能否描述短期利率的变化^[17-25]。

1996 年,全国统一银行间同业拆借市场开始联网运行,标志着中国同业拆借利率市场的形成;1998 年 9 月国家又放开了政策性金融债券市场化发行利率;1998 年和 1999 年央行两次扩大贷款利率浮动幅度;2000 年 9 月银行又进行了外汇利率管理体制的改革,放开了外汇贷款的利率;2002 年初,在全国 8 个县农村信用社进行了利率市场化试点改革,贷款利率浮动幅度由 50% 扩大到 100%,存款利率最高可上浮 50%;2002 年 9 月,农村信用社利率浮动试点范围进一步扩大;2004 年 1 月,央行第 3 次扩大金融机构贷款利率浮动区间并下调超额准备金存款利率。随着国内银行间同业拆借市场和银行间债券市场为代表的利率市场的不断完善,中国金融市场利率形成机制已初步实现市场化。因此,加强对中国金融市场利率行为的相关研究就显得尤为重要。

近年来,中国的改革开放已进入到不断深化阶段,加之加入 WTO,中国金融市场将进一步按照国际惯例的要求进行改革和发展,这就必然要求对中国的利率动态过程进行描述并具体运用于利率产品的定价及其相关的风险管理。然而,照搬国外学者的已有的利率动态模型显然是不可取的,这需要研究者在分析国际最新的理论模型和实证方法的基础