

LILÜ MOXING
YU
YINGYONGYANJIU

利率模型 与应用研究

商 勇◎著

 郑州大学出版社

LILÜ MOXING
YU
YINGYONGYANJIU

利率模型

与应用研究

商 勇◎著

图书在版编目(CIP)数据

利率模型与应用研究/商勇著. —郑州:郑州
大学出版社,2011. 6

ISBN 978-7-5645-0186-0

I. ①利… II. ①商… III. ①利息率—经济模型
IV. ①F830. 48

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 242435 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:王 锋

全国新华书店经销

河南省诚和印制有限公司印制

开本:710 mm×1 010 mm

印张:9.25

字数:168 千字

版次:2011 年 6 月第 1 版

邮政编码:450052

发行部电话:0371-66966070

1/16

印次:2011 年 6 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-5645-0186-0

定价:18.00 元

本书如有印装质量问题,由本社负责调换

前 言

利率及其动态机制可以说是现代金融理论中最为复杂的部分。在美国等发达国家,利率模型的研究一直是金融学领域的重点和热点。1996年以来,我国的利率市场化改革稳步推进。目前利率市场化水平已经大大提高,除了银行存贷款利率外,其他商业性利率均已放开。当然,完全实现利率市场化还需要一个较长的过程,需要从理论上和实践上进行更深入的研究。因而对利率模型(或利率期限结构模型)的探讨从理论上和应用上都具有现实意义。

在当前金融市场上,利率的品种十分丰富,因而我们不可能在这里把各种利率都包括进来。本书主要是结合我国国债市场来分析它的收益率动态特征的。首先我们对利率期限结构进行静态分析,并构造了我国即期收益率曲线并对不同时期的曲线进行比较分析。然后结合我国回购市场实际建立一个利率模型的分析框架,在这一框架下探讨各种常见模型的优劣,同时利用主成分分析来说明我国利率的影响因素,并结合已有模型对利率风险进行测度和管理,最后针对分析中存在的问题提出一些政策建议。

本书内容安排如下:第一章是引言部分,介绍本书的研究背景和意义。第二章主要介绍利率模型的理论基础并对这些理论进行比较和评述。当前利率期限结构理论包括与其理论、流动性偏好理论、市场分割理论和期限偏好理论,这些理论从不同侧面对收益率曲线形状进行解释。利率本质上是跨期的资源配置问题,因而进一步从经济学角度探讨均衡利率与代表性投资者的总消费、总产出之间的关系。对国内外已有研究成果进行综述方面,主要是对流行的CKLS模型进行介绍,包括理论模型和各种计量研究。

第三章里主要是对常见利率模型进行归纳,并提出了我国的利

率模型。在这里首先对常见单因子利率模型的性质进行探讨,并对这些模型进行评述。然后按照模型内在发展依次介绍了多因子利率模型、校正模型、HJM 模型和市场模型。最后在 CKLS 框架下提出了我国的利率模型。

第四、五两章是结合我国国债市场实际进行实证分析。在实证分析中,首先我们利用多种统计检验方法从不同角度分析了国债回购利率的基本特征。其次对利率期限结构进行静态分析,利用 NS 方法和 NSS 方法构造我国国债即期收益率曲线,并对不同时期的曲线进行动态比较。然后在 CKLS 模型的分析框架下探讨这些常见模型我国的实用性,并对我们提出的利率模型进行分析,实证结果表明这一模型能够较好地刻画我国国债回购利率的动态特征。同时利用主成分分析来说明我国利率波动的影响因素。最后我们结合已有模型对利率风险进行测度和管理,包括利用 GARCH 模型对利率波动率的预报和利用 LMM 模型对 caps 进行模拟定价等。在第六章我们进行总结,并指出了进一步的研究方向。

在过去几十年里,新的利率模型层出不穷,而且,研究的工具和考虑因素日趋复杂,理论假设也日趋接近现实。试图把这些比较成熟的模型应用到我国还不完善的金融市场中本身就是一个大胆的尝试。本书通过对当前流行的利率模型的分析,并结合我国国债市场的实际对我国国债回购市场利率进行建模,分析了我国国债回购利率的动态特征,同时利用利率模型来刻画我国国债回购利率风险。国内许多学者在这方面已经做出了先驱性的研究,本书是在这些学者研究基础之所做的一次有益尝试。并在以下几个方面进行了一些改进和创新:

1. 在现有框架下建立了我国一个具体的利率模型。在当前利率模型的实证研究中,最有影响的莫过于 CKLS 模型了,这一模型给出了一个单因子利率模型的一般框架,在这一框架下包括了许多常见利率模型。迄今为止国内外学者在对利率模型进行比较时都是基于这一模型框架之下。本书同样利用这一框架对我国国债回购利率进行分析,通过不同方法对模型进行估计,并分析了我国国债回购利率

的统计特征和模型在我国的适用性。同时建立了一个我国国债回购利率的模型,实证结果表明这一模型能够较好地刻画我国国债回购利率的动态特征。

2. 利率模型与 GARCH 模型相结合刻画利率风险。利率模型的一个应用就是如何准确刻画利率风险,而利率风险通常是以方差或标准差来衡量。本书把具体利率模型和 GARCH 模型结合起来并对未来利率波动率进行预报,能够更好地刻画利率波动率的变化。

3. 结合 LMM 模型给出了一般的定价思路。市场模型是利率模型的一个新的发展方向,利用市场模型给衍生品定价为实际交易者们所喜爱,本书结合蒙特卡洛模拟给出了一个定价的一般思路,并给出了一个简单模拟的例子加以说明。

4. 对已有利率模型进行一个比较全面的梳理。在利率模型的比较分析中,按照模型发展的内在联系进行整理归纳。从单因子模型到多因子模型,从仿射模型到一般模型,从均衡模型到无套利模型,从即期利率模型到远期利率模型,在连续时间框架下给出了一个清晰的知识脉络。

Abstract

Interest rate is one of the most important price variables in financial market. Interest rates and their dynamics provide probably the most computationally difficult part of the modern financial theory. In USA and other developed countries, the research of interest rate models always is the focus and key point in financial field.

China's market-oriented reform on interest rate is proceeding steadily since 1996. As a result, with the exception of loan and deposit rates, all other commercial interest rates have been opened. Of course, it takes us a lot of time to realize the market-oriented reform. We must make a thorough study both in theory and practice, so the study on interest rate models or term structure models of interest rate is very important.

Chapter 2 is focused on comparing or evaluation of theory of interest rate models. The popular theory of term structure of interest rate include the expectation theory, liquidity preference theory, market segmentation theory and preferred habitat theory, which explicate the shape of yield curve from different ways. In fact interest rate is a resource allocation, which means alternative consumption preference in current or future. The author investigates the relation along equilibrium interest rate and aggregate consumption and production in settings with a representative agent. At the same time, the author evaluates the popular CKLS model from theory and empirical test and implementation, based on the existing research result.

In chapter 3 the author sums up the main interest rate models, and give a new Chinese interest rate model based on those models. At first,

the author discusses the character of one-factor diffusion interest rate models and makes a clear comparison in those models. Then; the author introduces the other models such as multi-factor diffusion models, calibration models, HJM model and market models with the inherent relations, At last the author creates a new interest rate model based on CKLS models.

Chapter 4 and 5 are the empirical analysis on Chinese bonds market. First author analyzes the properties of repo rate of Chinese bond with different statistic test methods. Secondly the author makes a spot yield curve with the NS and NSS methods, and compares the curves at different time. Then, the author explores the implement of popular models in CKLS models frame, estimates and analyzes the new model, which can make a clear description of dynamic character of Chinese bond market. At the same time, the author explains the influence factors of interest rate volatility. Lastly, the author analyzes and estimates the risk of interest rate with the Vasicek and CIR models, and makes some useful conclusion and points out the further research direction.

In the last more than ten years, many new models went to our eyes. The methods became more complex and the hypothesis was more and more close to the reality. In this book, I try to apply these models into Chinese financial market – especially to the bond market, basing on the other scholars research. The main innovation is as follows:

1. I proposed a new interest rate model of China Bond market during the frame of CKLS models, and estimated the parameter of the model with different methods, the result showed the model could describe the dynamic character of China interest rate.

2. I put forward to a new model to the interest rate risk. By combining the interest rate model with GARCH model, we can depict the interest rate risk and make forecast the fluctuation of interest rate.

3. I give a general idea for asset pricing with the LMM. LMM is a

new model to price the asset, especial for the financial derivation, such as caps and floors. In this book, I make a simulation by Monte–Carlo method and show the idea to asset pricing.

4. According to the development of interest rate models, I introduce the main models from the affine models to non–affine models, form simple one factor interest rate models to multi factors models.

目 录

第一章 引 言	(1)
第一节 研究背景	(1)
第二节 内容安排	(2)
第三节 研究方法	(3)
第四节 主要创新	(4)
第二章 利率模型理论基础	(6)
第一节 基本概念	(6)
第二节 利率理论概述	(8)
第三节 利率模型的理论基础	(14)
第四节 资产定价的一般方法	(19)
第五节 利率期限结构的经济学分析	(23)
第六节 利率期限结构外文文献综述	(30)
第七节 国内利率模型研究现状	(33)
第三章 常见利率模型及其评价	(36)
第一节 单因子扩散模型	(36)
第二节 多因子扩散模型	(47)
第三节 校正模型	(54)
第四节 HJM 模型	(57)
第五节 利率模型的新发展——市场模型	(59)
第六节 我国利率模型的构建	(63)
第四章 我国利率模型的实证分析	(67)
第一节 我国国债市场概述	(67)
第二节 我国利率基本特征与统计检验	(70)
第三节 我国利率期限结构的静态估计	(78)
第四节 我国利率模型的动态估计	(87)
第五节 国债回购利率的主成分分析	(96)

第五章 利率模型应用研究	(102)
第一节 利率风险	(102)
第二节 利率模型与风险管理	(105)
第三节 利率波动率预测	(113)
第四节 利率模型与市场模型定价	(120)
第六章 结论和进一步研究方向	(124)
参考文献	(126)
后 记	(133)

第一章 引言

第一节 研究背景

利率是金融市场最重要的价格变量之一,利率及其动态机制可以说是现代金融理论中最为复杂的部分。由于利率在市场经济中的基准作用,所以对利率模型的研究一直是金融领域一个十分基础的问题。在美国等发达国家,利率模型的研究一直是金融学领域的重点和热点。在我国目前的现实背景下,利率模型研究具有很强的理论和现实意义。

自1996年我国利率市场化进程正式启动以来,经过近10年的发展,利率市场化改革稳步推进,并取得了很大的进展。1996年6月1日人民银行放开了银行间同业拆借利率,1997年6月放开银行间债券回购利率。1998年8月,国家开发银行在银行间债券市场首次进行了市场化发债,1999年10月,国债发行也开始采用市场招标形式,从而实现了银行间市场利率、国债和政策性金融债发行利率的市场化。与此同时人民银行连续三次扩大金融机构贷款利率浮动幅度。2004年1月1日,人民银行再次扩大金融机构贷款利率浮动区间。实行下限管理。进一步扩大商业银行自主定价权,提高贷款利率市场化程度。在扩大金融机构人民币贷款利率浮动区间的同时,推出放开人民币各项贷款的计、结息方式和5年期以上贷款利率的上限等其他配套措施。并进行大额长期存款利率市场化尝试。在利率市场化改革的进程中,中国人民银行累计放开、归并或取消的本、外币利率管理种类为119种,目前,人民银行尚管理的本外币利率种类有29种^①。今后,随着金融机构改革和利率市场化的稳步推进,央行将不断扩大金融机构的利率定价自主权,完善利率管理,并通过中央银行的间接调控,引导利率进一步发挥优化金融资源配置和调控宏观经济运行的作用。这些改革措施的不断推出使得我国利率市场化不断加深,有力地推动了我国金融市场的完善和经济发展。同时由于市场化而带来的利率风险也不断加强。正

^① 艾洪德等(2004):利率市场化进程中金融机构利率风险管理研究[M],东北财经大学出版社。以及《2005年中国债券市场年度分析报告》<http://www.chinamoney.com>

是在利率市场化这一个大背景下,利率的重要性日趋突出,对利率进行研究不仅必要也成了一种必然。

近年来我国股市发展极为低迷,人们对国债的需求大大加强了。发行市场上,在2005年度,财政部共计发行记账式国债15期,合计发行量共5002.8亿元,比2004年度增加20.94%。与2004年度相比,2005年度市场机构对于国债品种的追捧程度空前高涨。根据统计,2005年度前14只国债的超额认购倍数平均为2.412(而2004年度超额认购倍数平均为2.013倍),追加发行量平均为33.41亿元(2004年度该数据为19.75亿元)^①。2005年我国债券市场走出了强势上升的行情。中国债券总指数从年初的101.615点上升到年末的112.915点,上升了11.3点,涨幅达11.12%。银行间债券总指数从年初的104.173点上升到年末的113.496点,上升了9.32点,涨幅为8.95%。交易所国债指数从年初的97.739点上升到年末的111.899点,上升了14.53点,涨幅达14.87%^②。国债市场的火爆从另一个方面说明了对国债收益率和风险的研究同样值得我们关注。正是这些现实原因才导致了本文的研究动机。

第二节 内容安排

在当前金融市场上,利率的品种十分丰富,因而我们不可能在这里把各种利率都包括进来。本书主要是结合我国国债市场来分析它的收益率动态特征的。首先我们对利率期限结构进行静态分析,并构造了我国即期收益率曲线并对不同时期的曲线进行比较分析。然后结合我国回购市场实际建立一个利率模型的分析框架,在这一框架下探讨各种常见模型的优劣,同时利用主成分分析来说明我国利率的影响因素。同时我们结合已有模型对利率风险进行测度和管理,最后进行总结并指出进一步研究方向。

从本书结构来看,共有六章。具体内容安排如下:

第一章是引言。主要介绍本研究的背景和意义,概述了本书的主要内容、方法和创新。

第二章是利率模型的理论基础。第一节主要介绍相关概念,包括各种利

① 中国银行全球金融市场部:2005年中国债券市场回顾与2006年度展望, <http://www.chinamoney.com>

② 中央国债登记结算公司信息部:2005年中国债券市场年度分析报告, <http://www.chinamoney.com>

率,如零息债券、即期收益率等,它们是本书中的基础;第二节是对利率期限结构理论的评述。利率期限结构理论包括预期理论、流动偏好理论、市场分割理论和期限偏好理论,这些理论从不同角度对收益率曲线的形状进行解释;第三节是从经济学角度探讨均衡利率与代表性投资者(消费者或生产者)的总消费、总产出之间的关系,同时引入一些具体利率模型;第四节是对国外已有研究成果进行综述,包括理论模型和计量研究;第五节是对国内已有研究成果进行综述。

第三章是常见利率模型及其评价。主要是梳理已有的常见模型的内在知识联系,从单因子模型到多因子模型、从即期模型到远期模型、从均衡模型到无套利模型等。在这里首先对常见单因子利率模型的性质进行探讨,并对这些模型进行评述。然后按照模型内在发展依次介绍了多因子利率模型、校正模型、HJM 模型和市场模型。最后在 CKLS 框架下提出了我国的利率模型。

第四章是对我国利率模型的实证分析。在这一章我们首先简要回顾了我国国债市场的发展情况,并对我国国债回购市场回购利率的基本特征进行描述,同时利用多种统计方法进行检验。然后利用 NS 和 NSS 方法构造出我国国债及其收益率曲线,从纵向和横向两个方面对我国收益率曲线的形状进行比较。同时对我国利率模型进行实证研究,并同已有成果进行比较。最后我们对影响利率变动的因素进行分析,得出一系列有益结论。

第五章是利率模型的应用研究。首先我们介绍利率风险的概念、成因以及利率波动对债券价格的影响,其次我们描述利率风险的度量与利率模型的联系,最后我们从两个方面对利率模型进行分析:一是结合 GARCH 模型来预测未来利率波动率;二是利用简单模拟来给 caps 定价。

第六章是结论部分。小结全书内容,同时针对书中不足指出进一步研究方向。

第三节 研究方法

在研究方法上,本书力求理论与实践相结合,实证分析与规范分析相配套,借鉴与创新并行。在具体分析上,以定量分析为主,并结合我国实际情况对利率模型进行一个相对全面的描述。

利率模型是在西方成熟的市场经济背景下发展并得到检验的理论模型。要将这种理论模型应用到中国既不成熟也不规范的市场经济中,必须始终从中国实际出发,从我国债券市场的实际背景着手,有针对性地构造相应的理论模

型框架。本文始终坚持理论与实际相结合的原则,实证分析结果表明利率模型在中国的应用极为重要,不仅仅是针对债券市场回购利率而言。同时利用利率模型进行风险管理也大大加强了投资机构的风险防范意识。

实证分析和规范分析是现代经济理论研究中广泛使用的研究方法。只有规范分析,则经济理论再完善,没有得到实际的验证,依然缺乏说服力;只有实证分析又容易导致理论的不足甚至违背经济理论而单纯为实证而实证。只有二者的结合才能对一个问题进行深入透彻的分析,了解它的来龙去脉。本书首先立足于规范分析,对利率模型的理论基础进行详细分析,然后通过大量实证模拟,研究分析了我国目前的利率结构和动态特征,以及模型的具体应用。通过实证分析和规范分析的结果,可以看出我国国债市场的不足以及利率市场化改革的方向。

鉴于利率模型的实际发展背景,利用这些模型来分析我国债券市场的实际。首先应该借鉴国外成熟的理论研究体系和研究方法,在借鉴这些先进的理论和方法基础上,力求对某些理论或方法提出一点创新和改进。由于利率本身的复杂性,利率模型涉及的知识十分丰富,对研究者而言无论是经济理论还是金融知识或者数学基础,都具有较大的挑战性,本书力求梳理利率模型的内在发展联系,并结合定量分析来分析我国实际情况。

第四节 主要创新

在美国等西方发达国家里,利率模型的研究一直是金融学领域的重点和热点。在过去几十年里新的模型层出不穷,而且,研究的工具和考虑因素日趋复杂,理论假设也日趋接近现实。试图把这些比较成熟的模型应用到我国还不完善的金融市场中本身就是一个大胆的尝试。本文通过对当前流行的利率模型进行分析,并结合我国国债市场的实际,对我国国债回购市场利率构建模型,分析我国国债回购利率的动态特征,同时利用利率模型来刻画我国国债回购利率风险。国内许多学者在这方面已经做出了先驱性的研究,本书是在这些学者研究基础之上所做的一次有益尝试。并在以下几个方面进行了一些改进和创新。

一、在现有框架下提出了我国一个具体的利率模型

在当前利率模型的实证研究中,大多数都是基于CKLS模型。这一模型给出了一个单因子利率模型的一般框架,在这一框架下包括了许多常见利率模型。迄今为止,国内外学者在对利率模型进行比较时,都是基于这一模型框架之下。本书同样利用这一框架对我国国债回购利率进行分析,通过不同方法对

模型进行估计,并分析了我国国债回购利率的统计特征和模型在我国的适用性。同时结合我国国债市场实际,构建了一个理论模型。这一模型既考虑了利率波动的非线性(CKLS 模型中假定漂移部分是线性的),又注意到了利率波动的聚集性。实证结果表明,这一模型能够较好地刻画我国国债回购利率的动态特征。

二、比较了 NS 方法和 NSS 方法在构造我国收益率曲线上的优劣

收益率曲线在分析利率动态特征、资产定价和风险管理上十分重要。我国现有收益率曲线大多是到期收益率曲线,而即期收益率才能够更好反应利率特征,因此构造即期收益率曲线更为合理。本文在国外已有研究基础上,尝试利用 NS 方法和 NSS 方法,构造出我国国债即期收益率曲线,并对不同时期的收益率曲线进行比较。我们的分析结果表明,在当前,由于我国利率期限结构相对比较简单,无需利用 NSS 方法来构造收益率曲线,NS 方法就可以得到十分理想的结果。

三、利率模型与 GARCH 模型相结合刻画利率风险

通过对利率模型的深入分析,能够更好地认识利率的变化规律,进而可以对利率风险进行管理和对利率产品进行定价。为了更好地进行利率风险管理,在这里我们将不对利率水平进行预报,而是探讨未来利率的波动情况。本文把具体利率模型和 GARCH 模型结合起来并对未来利率波动率进行预报,能够更好地刻画利率波动率的变化。

第二章 利率模型理论基础

由于利率本身的复杂性,在对利率模型进行分析时我们首先要对一些相关理论进行介绍。其内容安排如下:第一节主要介绍相关概念,包括各种利率,如零息债、即期收益率等,他们在本书中反复用到;第二节是对利率期限结构理论的综述,这些理论从不同角度对收益率曲线的形状进行解释;第三节是从经济学角度探讨均衡利率与代表性投资者(消费者或生产者)的总消费、总产出之间的关系,同时引入一些具体利率模型;第四节介绍了资产定价的一般方法;第五节是对国外已有研究成果进行综述,包括理论模型和计量研究;第六节是对国内已有研究成果进行综述。

第一节 基本概念

这一节我们主要介绍一些常用概念。

零息债券或贴现债券,是指在到期前没有任何利息支付的债券,一般折价发行,在到期日支付面值。为简单起见,我们忽略税收和交易成本,定义 $B(t, T)$ 为在未来时间 T 到期的零息债券在时间 t 的价格($T \geq t$),即仅在未来时间 T 支付1单位货币(美元、人民币等)的债券价格,除此之外没有任何现金的支付。显然我们马上可以得到 $B(T, T) = 1$ ^①。

到期收益率^②,定义为使得零息债券在时间 T 的价格为1的收益率,即

$$B(t, T) e^{(T-t)R(t, T)} = 1$$

从而有:

$$R(t, T) = -\frac{\ln B(t, T)}{T-t} \quad (2.1)$$

对于固定时间 t ,当 T 变化时,曲线 $R(t, T)$ 的形状定义为利率的期限结构(即描述在其他条件不变时收益率与到期期限之间的关系),也称收益率曲线。这里我们只考虑零息债券,一般的,人们把债券看成是标的资产为利率的或有

① 也称折现因子或折现函数。

② 为数学表述的方便,这里我们只给出连续复利形式,同样也可以给出离散形式。