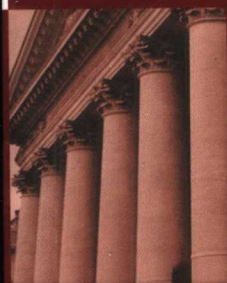


现代资本市场研究丛书

# 利率期限结构与 固定收益证券定价

TERM STRUCTURE AND PRICING OF FIXED INCOME SECURITIES

李和金 胡文伟 肖林 程鹏 李湛 著



 中国金融出版社

现代资本市场研究丛书

# 利率期限结构与 固定收益证券定价

李和金 胡文伟 肖林 程鹏 李湛 著



中国金融出版社

责任编辑：古炳鸿 李淑清

责任校对：刘 明

责任印制：尹小平

## 图书在版编目 (CIP) 数据

利率期限结构与固定收益证券定价/李和金等著. —北京：  
中国金融出版社, 2005. 2

(现代资本市场研究丛书)

ISBN 7-5049-3519-0

I. 利… II. 李… III. 证券投资—研究 IV. F830.91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 100145 号

出版  
发行

**中国金融出版社**

社址 北京市广安门外小红庙南里 3 号

市场开发部 (010) 63286832 (010) 63287107 (传真)

网上书店 <http://www.chinafph.com> (010) 63365686

读者服务部 (010) 66070833 (010) 82672183

邮编 100055

经销 新华书店

印刷 北京金星印务有限公司

尺寸 148 毫米×210 毫米

印张 10.625

字数 316 千

版次 2005 年 2 月第 1 版

印次 2005 年 2 月第 1 次印刷

印数 1—3500

定价 25.00 元

如出现印装错误本社负责调换

## 序 一

利率是金融市场资本的“价格”。和商品市场一样，若“价格”不是市场来决定，可以说整个金融市场就不能称之为“市场化”。所以，主流经济学家主张在发展中国家实行利率市场化，其中最著名的是罗纳德·麦金农和爱德华·肖的金融深化理论。根据金融深化理论，发展中国家制度的基本特征是“金融抑制”，而利率管制以及与之相联系的信贷控制又是造成发展中国家经济货币化程度低、金融不发达的根本原因。

虽然金融深化理论以落后国家和发展中国家的经济与金融分析为起点，但其所揭示的“金融抑制”现象及其形成原因，却具有普遍意义，得到世界上许多国家的重视与支持。美国、日本及欧洲一些国家金融领域的创新活动都是从放松利率管制开始的。美国从颁布《1980 年银行法》开始放开利率管制，到 1986 年基本完成利率自由化改革，取消了存款利率和商业贷款利率限制，如今美国联邦储备委员会仅保留对联邦基金利率的控制权。发展中国家与地区从 20 世纪 70 年代末和 80 年代初也开始利率自由化改革，到 20 世纪 90 年代中期，拉美国家和亚洲大部分国家或地区已经放松了利率管制，利率水平基本由资金市场供求关系状况决定。

1996 年以来，中国的利率市场化改革稳步推进。改革的目标是确定以中央银行利率为基准，以货币市场利率为中介，由市场供求决定金融机构存贷款利率水平的市场利率体

系。经过几年的努力，受管制的利率已经由 114 种降为 30 几种，利率管理制度改革的目标逐步实现。目前，中国银行间同业拆借利率、债券回购利率已经完全由市场决定。在银行间债券市场上，国债、政策性金融债券和商业银行次级债券已经实现市场化方式发行，由市场供求决定的收益率曲线正在逐步形成。2004 年，利率市场化改革进一步加快。1 月 1 日起，商业银行、城市信用社贷款利率浮动区间上限扩大到基准利率的 1.7 倍，农村信用社贷款利率浮动区间上限扩大到基准利率的 2 倍；3 月 25 日起，中央银行再贷款利率和再贴现利率开始实行浮动利率；10 月 29 日起，对商业银行贷款利率实行下限管理，放开浮动的上限，城乡信用社贷款利率上浮幅度扩大到基准利率的 2.3 倍，对金融机构存款利率实行上限管理。当然，完全实现利率市场化还需要一个较长的过程，需要从理论上和操作方案上进行更深入的研究。

对利率问题的研究成果很多，不过，随着利率市场化改革的推进，人们的研究也逐步从论证如何进行改革，转向对利率市场化前提下金融机构如何进行风险管理。本书的作者以利率期限结构为研究对象，进行了理论研究和实证分析，对我国利率研究做出了有益的贡献。综观全书，有以下一些特点：

第一，选题有特色。对利率的研究，我国学者大多从宏观金融的角度，分析利率与经济增长、货币政策和宏观调控的关系，从微观金融角度，研究利率期限结构及其对金融产品定价影响的学术著作还不多见，作者在利率期限结构研究方向上做了一些有益的探索，丰富了我国利率研究的成果。

第二，从理论研究、实证研究、应用研究和政策研究等多角度、多方位出发，对利率期限结构做了比较系统、深入

的研究，有助于读者全面了解利率期限结构理论及其对金融产品特别是债券定价的影响。当前，金融工程技术已经为我国一些金融机构比如基金管理公司所采用，一些基金管理公司已经设立了金融工程部，在固定收益证券研究方面开始采用国外的利率期限结构模型，本书作者提出的非参数利率期限结构模型可以作为参考模型，为基金管理公司等金融机构借鉴和采用。

第三，对金融产品的创新和有关金融政策的制定具有实际参考价值。作者设计的石油债券，将债券的息票利率与石油期货价格挂钩，能够有效地转移和分散石油价格波动这种商品系统风险，对我国石油企业发行债券和繁荣企业债券市场无疑具有实际参考意义；作者设计的反向浮动利率债券有助于商业银行控制和管理利率风险；作者提出的一些政策建议比如放宽企业债券发行条件、推出石油期货交易等，对有关政策的制定具有一定的借鉴作用。

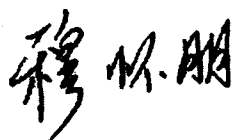
总之，这是一本有独创性，逻辑结构严谨，有较高水准的理论与实证分析有机结合的优秀著作。作者提出的理论方法对我国债券市场的繁荣和金融产品的创新具有较为重要的参考价值。

我和本书的作者之一李湛博士是在香港相识的，当时我在中央政府驻香港联络办公室经济部主管研究工作，同中资企业的研究工作人员有较密切的合作。李湛博士对我的工作帮助很大，他对香港问题的深刻了解，在金融知识方面的造诣，在组织研究方面的出色才干，在中资企业的研究人员中非常突出。本书的另外几位作者分别来自于金融理论界和实务界。李和金博士现工作于著名的大成律师事务所，从事金融法律事务，处于金融实务工作的第一线；胡文伟博士是香

港大福证券集团中国研究中心主任，是证券研究专业人士；肖林博士是上海市人民政府政策研究室副主任，是金融政策研究专家；程鹏博士在企业界从事资本营运，具有较丰富的资本运作经验。这几位专家的通力合作，使这本书具有较高的理论价值和实践价值。通过阅读这本书，相信读者一定会从金融理论上、实务上和政策上得到许多有益的启示。相信这本书的出版，也能在推动利率理论研究方面起到积极作用。

是为序。

中国人民银行金融市场司司长

A handwritten signature in black ink, reading '穆怀鹏' (Mu Huifeng), written in a cursive style.

二〇〇四年十二月

## 序 二

债券市场是资本市场的重要组成部分，资本市场发展比较完善的欧美国家，无不拥有一个发达的债券市场。亚洲国家和地区，除日本以外，往往偏重于股权融资，债券市场比较薄弱。但是，经历亚洲金融危机后，多数亚洲国家或地区也都把发展债券市场作为当务之急，纷纷制定措施，期望建立一个强大的债券市场，以提高资本市场的抗风险能力。

中国资本市场经过十多年的快速发展，取得了重大成绩，特别是股票市场，为国民经济做出了很大的贡献。另一方面，相对于股票市场，中国债券市场的发展还处于启动阶段。2004年1月31日国务院发布《关于推进资本市场改革开放和稳定发展的若干意见》，明确指出，“积极稳妥发展债券市场。在严格控制风险的基础上，鼓励符合条件的企业通过发行公司债券筹集资金，改变债券融资发展相对滞后的状况，丰富债券市场品种，促进资本市场协调发展。制定和完善公司债券发行、交易、信息披露、信用评级等规章制度，建立健全资产抵押、信用担保等偿债保障机制。逐步建立集中监管、统一互联的债券市场”。可以预言，中国债券市场将进入一个快速发展阶段。

利率在债券市场的发展过程中起到什么样的作用，债券产品的定价规律如何，债券产品如何进行金融创新，这些都是当前中国债券市场发展急待解决的问题之一。本书几位作者敏锐地觉察到中国债券市场发展中存在的一些问题，对债券产品定价的核心因素，即利率期限结构进行了系统的研

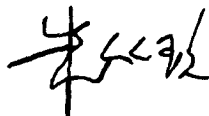


究，并对我国资本市场上现有的可转换债券，以及未来可能推出的石油债券和反向浮动利率债券进行了定价研究，同时提出了一些政策建议，并得出了一些有意义的结论。通过阅读本书，读者可以比较全面地了解利率期限结构理论及其在债券定价过程中的作用。

本书的研究成果对中国债券市场的未来发展，对推进上海国际金融中心建设将会有积极的意义。

当前，中国债券市场正面临着大好发展机遇，我国的国债发行规模会在一段时间内维持较高的水平，社会融资方式从银行贷款的绝对领导地位到逐步加大股票、债券的直接融资比例，地方政府市政建设的融资需求，以及资产证券化等金融创新必然要求一个强大的债券市场支持。中国债券市场的发展空间十分广阔。

上海证券交易所总经理



二〇〇四年十二月

## 摘 要

我国正在稳步推进利率市场化改革，目前利率市场化水平已经大大提高，除银行存贷款利率外，其他商业性利率均已经放开，特别是中长期国债利率通过公开招标产生，提供了市场化的、独立的、仅以时间偏好为标准的利率，为金融产品的推出和交易提供了明确的价格指导信号。随着利率市场化改革的深化，作为无风险利率的国债利率将成为金融市场的基准利率，由不同到期期限的国债收益率组成的利率期限结构，将对金融产品包括股票、债券及其衍生证券的定价产生重大影响。同时我国将大力发展债券市场，包括国债和企业债券将得到迅速发展，各种隐含含有某种期权特性的混合债券产品将会层出不穷，利率期限结构在混合债券的设计与定价中将起着重大的作用。

基于这些背景，本书以利率期限结构为主要研究对象，从理论研究到实证研究，再到应用研究和政策研究等多方面，对利率期限结构进行了系统的分析。本书的主要工作和结论如下：

本书在现有的利率期限结构理论的基础上，利用随机过程原理和非参数的核函数估计方法，建立了一种基于扩散跳跃过程的非参数利率期限结构模型。这种非参数模型克服了传统的参数化模型事先对利率的概率分布和参数形式进行某种假设的缺点，依靠数据来说话，同时考虑了市场上一些突发因素对利率随机过程的跳跃影响。

本书以上海证券交易所的国债回购利率数据为样本，对建立的非参数利率期限结构模型进行了实证检验，并与参数化利率期限结构模型的典型代表 Vasicek 模型和 CIR 模型进行了比较，实证研究结果发现，与参数化模型相比，非参数化模型能更准确地描述我国国债利率期限结构状况。

作为所建立的非参数利率期限结构模型的应用，本书分别对石油债券、可转换债券和反向浮动利率债券三种混合债券进行了定价研

究。这三种混合债券都是现实中具有代表性而其定价尚需完善的金融产品。

本书设计了期货关联的石油债券和期权关联的石油债券，与传统的固定利率和浮动利率债券不同，这两种石油混合债券的利息支付与石油期货价格挂钩，分别表现出期货和看涨期权的收益特点。对利率与油价的相关性进行了检验，检验结果发现相关系数较小，利率与油价的波动经常出现不一致的情况，这为石油混合债券的设计提供了现实依据。分别对这两种石油债券设置了石油期货价格的上限、下限和双限，利用建立的非参数利率期限结构模型对其进行了定价研究，并与常数利率下的定价结果进行了比较。研究结果认为，石油公司发行这两种混合债券能够实现石油价格波动风险的分散与转移，克服传统的固定利率和浮动利率债券不能规避石油价格波动风险的缺点；非参数模型的定价结果与常数利率下的定价结果不同，显示这两种混合债券具有一定的利率风险；设置石油期货价格的上限、下限和双限，能够对发行人或投资者进行一定程度的保护；期权关联石油债券的风险低于期货关联石油债券的风险。

本书对随机利率下的可转换债券进行了定价研究。以上海证券交易所交易的机场转债为例，分别利用所建立的非参数模型和传统研究中所采用的 Black - Scholes 模型对机场转债的转换权、赎回权和回售权进行了定价和比较；研究结果认为，非参数利率期限结构模型的可转债定价方法优于 Black - Scholes 模型的定价方法。本书还对机场转债的一些设计条款进行了改进，设计了一种浮动利率的可转换债券，并利用非参数模型对其进行了定价；研究结果显示，在当前利率较低的情况下，发行浮动利率的可转换债券有利于保护投资者的利益。

本书对反向浮动利率债券进行了定价研究。通过对反向浮动利率债券的分解和组合，设计了附加利率上限、利率下限和利率双限的反向浮动利率债券，并利用非参数模型对其进行了定价研究，同时指出了我国发行反向浮动利率债券的重要性。

本书还对我国建立金融市场的基准国债利率期限结构进行了政策研究，提出了一些具体的政策建议。

此外,本书还就债券市场金融创新、信用风险变化过程建模、债券评级等专业领域的基本理论、制度、国内外比较以及实务操作框架等进行了研究探讨。

**本书的主要创新有:**

1. 建立了一种基于扩散跳跃过程的非参数利率期限结构模型。这种非参数模型不必对利率的概率分布进行事先假设,也不必假设模型的参数形式,克服了传统的参数化模型对利率的概率分布和参数形式进行假设的缺陷;同时考虑短期利率的随机过程为扩散跳跃过程,克服了传统模型假设短期利率仅服从扩散过程而忽视市场上出现的跳跃过程的缺点。

2. 利用国债回购利率数据对建立的非参数利率期限结构模型进行了实证检验,检验结果表明非参数模型优于传统的参数化模型。

3. 设计了期货关联的石油债券和期权关联的石油债券,其支付的利息与石油期货价格相联系,能够有效地分散和转移石油价格的波动风险;并利用所建立的非参数模型对其进行了定价研究。

4. 利用所建立的非参数模型对可转换债券进行了定价研究,并与传统的 Black - Scholes 模型的定价方法进行了比较,比较结果显示本方法优于 Black - Scholes 模型的定价方法;针对我国可转债设计条款的一些缺陷,设计了浮动利率的可转换债券,并利用非参数模型对其进行了定价。

5. 用所建立的非参数模型对反向浮动利率债券进行了定价研究。

随着我国利率市场化进程的深化,利率对金融产品的定价作用越来越显著,本书建立的利率期限结构模型克服了传统模型的缺陷,对金融产品的设计与定价具有重大的指导性;本书设计的石油债券能够为石油公司有效地规避石油价格的波动风险;本书为我国资本市场上兴起的可转换债券提供了一种新的定价方法;本书设计的反向浮动利率债券能够被金融机构用来管理利率风险和进行套期保值。

## Abstract

China's market - oriented reform on interest rate is proceeding steadily. As a result, with the exception of loan and deposit rates, all other commercial interest rates have been opened; especially rates of medium and long term treasury bonds, which provide the market - oriented, independent and timely standardised rate as an accurate price indexing signal for promoting and trading of financial products. With the reform go further, interest rate of treasury bonds which carries no risks will become the benchmark rate for the finance market. The term structure of treasury bonds yielding with different maturity dates will cast a great influence on the pricing of financial products such as equities, bonds and the derivatives securities. Meanwhile, the bond market will go through thorough development, treasury bonds and corporate bonds are about to boom and new mixed bond products with implied option characteristics are arising vigorously. Therefore, interest rate term structure will influence on the design and pricing of various mixed bonds greatly.

Out of such backgrounds, interest rate term structure has been chosen in this book as the main research object, which has been systematically analysed in theories, by cases, from practical aspects and on policies factors. The main findings and conclusions of this book are the followings:

In this book, on basis of existing theory on interest rate term structure, a nonparametric rate term structure model is set up utilising the theory of stochastic and nonparametric kernel function estimation method. Such nonparametric function hurdles the weakness of traditional parametric model, which presumes the probability distribution of interest rates and the form of parameters; such function is grounded on data and has taken into

consideration the jumping effect of certain market outbreaks, which affect the randomisation of interest rates.

Treasury bonds repurchasing interest rates by Shanghai Security Exchange are sampled as source data in this book. Empirical test has been conducted with the established nonparametric interest rate term structure. By comparison with the typical parametric interest rate term structure, i. e. Vasicek model and the CIR model, it is found that setting errors exist in the parametric model. The author believes that the nonparametric model established in this book can describe China's treasury bonds interest rates term structure in a more accurate way than the traditional parametric models.

The pricing of oil bonds, convertible bonds and reversed floaters is researched in this book utilising the established nonparametric model of interest rate term structure; these bonds currently are the typical financial products which need further improvement in their pricing.

In this book, future related oil bonds and option related oil bonds have been designed. Different from traditional fixed interest rate bonds and floating interest rate bonds, the interest of such bonds synchronise with the price of oil futures and show the characteristics of proceeds on futures and options to be expected to rise. Investigation on the correlation between interest rate and oil price shows that the correlation coefficient is relatively small and inconsistency exists, which presents the realistic evidence for the design of mixed oil bonds. Cap, floor and collar of the two oil bonds are set up. Research on pricing is conducted using the established nonparametric interest rate term structure and comparison is made between pricing generated as such and the price generated with the parametric interest rate. The research shows such two kinds of mixed bonds issued by the oil company are capable of dispersing and transferring the fluctuation risks of oil price, hence overcome the inability of traditional fixed interest rate and floating rate bonds' to hedge oil pricing fluctuation. The price generated with non-

parametric model is different from the one with parametric model, which shows interest rates risks exist in these two mixed bonds. With the establishment of cap, floor and collar, floaters and investors are protected moderately. There are more risks associated with future related oil bonds than with the option related oil bonds.

Pricing research of convertible bonds under stochastic interest rate is conducted in this book. Using the airport convertible bond in Shanghai Security Exchange as sample data, the converting option, the repurchasing option and the resell option are priced using nonparametric model and the traditional Black – Scholes model and comparison of pricing is made thereafter. Improvements on the terms of the airport convertible bonds are made; a convertible bond with floating rate is thereby designed and priced with nonparametric model. Research shows, under low interest rate, issuing convertible bonds with floating rate can better protect investors' interests.

Research on reversed floaters' pricing is conducted. Reversed floaters with cap, floor and collar interest rate are designed by decomposing and recomposing of reversed floaters, pricing of such floaters are researched thereby utilising nonparametric model and the importance of issuing such reversed floaters in China is indicated at the same time.

Policy issues on establishing interest rate term structure of benchmark treasury bonds in China's finance market are scrutinised and proposals are made thereafter.

The book also covers fundamental theories, rules and regulations, comparison between domestic – international markets and the practical operative framework in bond markets' finance innovation, credit risk changing procedure modeling and bond grading and professional fields as such.

**The main innovations of the book are:**

Establishing a nonparametric interest rate term structure model based on diffusive jumping procedure. A nonparametric model as such does not presume the possibility distribution of interest rates or the form of the

model's parameters, hence overcome traditional parametric model's lacuna of presuming the possibility distribution of interest rates and form of the parameters. Such model also taken into consideration of the fact that short term interest rate's randomisation is diffusive jumping, hence overcome traditional model's weakness in presuming short term interest rate only diffuse and neglecting its jumping procedure in the market.

Empirical tests conducted with treasury bonds repurchasing interest rate data have shown that nonparametric model is superior to traditional parametric model.

Future related and option related oil bonds have been designed, payment interest rate is coordinated with oil future price and it can effectively disperse and transfer the fluctuation risks of oil's price. Pricing of such bonds are analysed using the established nonparametric model.

Pricing research of convertible bonds is conducted utilising the established nonparametric model, comparison shows pricing method as such is superior to pricing method of the Black - Scholes model. Aimed at weakness in the designing clauses of convertible bonds, a convertible bond with floating interest rate is thereby designed and priced with nonparametric model.

Pricing research of reversed floaters is conducted using nonparametric model.

With China's interest rates reform goes deepen into market - oriented, interest rate will cost more and more influence on the pricing of finance products. The interest rate term structure model established in this book hurdles traditional models' weakness and can be a good guidance in the designing and pricing of financial products. The oil bonds designed in this book can help the oil companies to hedge fluctuation risks of oil price. A new pricing method is provided in this book for the rising convertible bonds in China's capital market. The reversed floaters designed in this book can be used by the financial institutions in risks management.



# 目 录

序一.....	1
序二.....	1
摘要.....	1
1. 利率期限结构理论导论 .....	1
1.1 引言 .....	1
1.2 利率期限结构的定义 .....	3
1.3 利率期限结构与固定收益证券定价的关系 .....	4
1.4 国内外利率期限结构理论的研究现状 .....	5
1.5 本书的主要内容.....	26
2 非参数利率期限结构模型的建模研究.....	28
2.1 引言.....	28
2.2 各种利率期限结构模型的缺陷分析.....	28
2.3 非参数统计方法介绍.....	31
2.4 非参数利率期限结构模型的建立.....	36
3 非参数利率期限结构模型的实证检验.....	46
3.1 引言.....	46
3.2 样本的选择.....	46
3.3 模型假设的检验.....	54
3.4 非参数模型和参数模型的估计.....	64
3.5 非参数模型和参数模型估计结果的比较.....	68
4 石油债券的设计与定价研究.....	73
4.1 引言.....	73