

利率期限结构

的

最优估计及其应用

陈晖 谢赤

By
CHEN Hui, XIE Chi

湖南教育出版社



利率期限结构研究

The Research on the Optimal Estimation of the Term
Structure of Interest Rate and Its Application



利率期限结构研究

The Research on the Optimal Estimation of the
Term Structure of Interest Rate and Its Application

利率期限结构的最优估计 及其应用

陈 晖 谢 赤

By
CHEN Hui,
XIE Chi

湖南教育出版社

摘 要

利率期限结构,又称为收益率曲线,是指在某个时点上不同期限的零息债券到期收益率所组成的一条曲线。它是资产定价、金融产品设计、保值和风险管理、套利以及投机的基准。正是由于利率期限结构的基准作用,对它的研究一直是金融工程领域一个非常基本的问题。随着近年来中国金融市场创新不断深入,各种金融衍生利率工具的不断推出,加快对利率期限结构的研究更加具有现实意义。

本文首先对利率期限结构的研究现状加以评述,从利率期限结构的形成假设和检验、静态估计、动态模型这3个方面对相关理论和模型加以详细介绍和分析。接着本文从利率期限结构最优静态估计的角度来加以展开,针对发达国家债券市场流动性与发展中国家债券市场流动性存在的巨大差异,提出了一个适合于非流动性市场下收益率曲线的估计框架并从国债投资者的角度确定了利率期限结构最优静态估计的原则和评价指标。在实证研究部分,利用上海证券交易所的国债数据,从5个方面比较分析了7种期限结构的静态估计方法,发现指数样条法是该市场的最优估计方法,无论在样本内还是样本外,指数样条法的解释和预测能力是最强的,这种方法具有定价精确性、估计稳定性和强壮性、预测的准确性。然后,本文围绕利率期限结构的最优动态模型加以展开,针对短期利率的动态行为特征,提出了一个包含GARCH-Jump-Level过程的利率动态模型群,对最优利率动态模型的含义进行了定义并确定了评价标准。同时以上交所R091国债回购市场为实证对象对提出的利率动态模型群加以实证研究,从样本内解释、样本外预测、似然比检验和无条件概率密度图4个方面加以比较,发现GARCH-Jump模型是该市场的最优利率动态模型。对上交所R091回购利率波动进行描述,不但需要考

虑 GARCH 过程,也需要考虑跳跃过程,与发达国家利率市场不同,利率波动的水平效应在上交所回购市场并不显著,跳跃不仅是利率均值回复的来源之一,也是利率波动的来源之一。最后是利率期限结构最优估计的应用研究,利用前面两章的研究结果,本文对期限溢酬、利率波动的周内效应、期限结构中隐含的货币政策信息进行了分析。其中在期限溢酬部分,提出了一个利用即期利率数据,采用 Kalman 滤波来估计期限溢酬的模型,实证研究发现上交所国债利率市场期限溢酬是时变的,期限越短期限溢酬的时变特征越明显。在利率波动的周内效应方面,利用 GARCH-Jump 模型分析了利率波动的周内效应,证实了回购利率市场同样存在利率波动的周内效应,国家行政政策及其他一些法规制度在出台时间上的日历特征是造成利率波动出现周一效应和周五效应的最主要原因。在利率期限结构中隐含的货币政策信息方面,本文从利率期限结构反映货币政策态势、预测未来 GDP 和通货膨胀变动三方面论述其在货币政策中的作用,提出将长短期利差纳入监控指标之内,为货币政策制定提供参考。

综观全书,本书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,本文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

Term structure of interest rate, which is also called the yield curve, plots a set of yield to maturity of the zero-coupon bonds with different maturities. It is the benchmark for asset pricing, financial product design, hedging, risk management, arbitrage and speculation. Therefore, the research on term structure is always a basic research in finance field. With the development of the financial market and the introduction of different financial derivatives, it is very urgent and significant to speed up the research on the term structure.

In this dissertation, firstly the author reviews the literatures on term structure; analyzes the related theories and models from three perspectives, i. e. the term structure formation hypotheses and the tests, the static estimation of the yield curve and the dynamic models of the term structure. Then the author continues the research from the angle of the optimal static estimation of the term structure. Because there exist great liquid differences between the market of the developed countries and developing countries, the author puts forward a framework which is appropriate to the estimation of the yield curve in the illiquid market. After this, the author defines the optimal estimation indexes from the perspective of the government bonds investors. In the empirical part, the research compares seven different methods to the estimation of the term structure from five angles by making use of the bonds' prices data in the Shanghai Stock Exchange(SSE) market. After the comparison, the research finds that the exponential spline method is the

optimal. The exponential spline method not only has the explaining ability concerning to the in-sample data, but also has the forecast ability concerning the out-of-sample data. The stability and robustness of it is very high. Then, the author focuses on the research of the optimal dynamic model of the term structure. At the basis of the analysis of the dynamic behavior of the short rate, the paper puts forward a nested model including the GARCH, Jump and level process. The evaluation indexes are also defined. In the empirical part, the R091 interest rate market of the SSE is used as empirical object. The research compares the nested model from the perspectives of the in-sample ability to explain, the out-of-sample ability to forecast, the test of the likelihood ratio and the graphs of the unconditional probability. After the comparison, the author finds that the GARCH-Jump model is the optimal dynamic model of the term structure. In order to describe the dynamic behavior of the R091, the GARCH process and the jump process must be considered at the same time. However, on the contrary with the interest rate behavior of the market of the developed countries, the level effect is not significant in the repurchasing market of SSE. Jump is not only the source of the mean-reversion of the interest rate, but also the source of the volatility of the interest rate. At last, the application part is presented. By making use of the conclusions from the foregoing two parts, the research analyzes the term premium, the day of the week effect of the interest rate volatility and the implied information of the term structure in the monetary policy. In the term premium part, the author puts forward a new model to estimate the unobservable term premium based on the Kalman filter, after the empirical analysis, the research finds that the term premium is time-varying. The shorter the term of the term premium, the much more obvious the characteristic of the time-varying of the term premium is. As to the day of the week effect of the interest rate volatility, by making use of the GARCH-Jump model the author

finds that this effect also exists in the repurchasing market. The seasonal characteristic of the enacting time of the policies and rules of law is the main reason of this effect. In the implied information of the term structure, the research expatiates on the usefulness of the reflection of the monetary policy stance, the prediction of the future GDP and inflation and put forward that the spread between the long and short interest rates should be added in the monitoring indicators systems of the monetary policy.

In all, this dissertation 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 选题背景与意义	1
1.2 研究动机	3
1.3 研究的创新之处	4
1.4 研究的技术路线和结构安排	5
第 2 章 利率期限结构的基本理论与模型	7
2.1 利率期限结构相关概念的界定	7
2.1.1 常用记号的定义	8
2.1.2 有关利率概念的界定	9
2.2 期限结构形成理论和检验	13
2.2.1 期限结构预期理论	14
2.2.2 市场分隔理论	18
2.2.3 流动性偏好理论	19
2.2.4 期限结构形成理论的检验	20
2.3 利率期限结构的静态估计	23
2.3.1 息票剥离法	26
2.3.2 直接回归法	27
2.4 利率期限结构的动态分析	27
2.4.1 利率动态模型分析的一般框架	28
2.4.2 单要素利率模型	33

2.4.3 单要素利率模型的扩展	42
2.5 中国利率期限结构研究现状评述	48
2.6 本章小节	51
第3章 利率期限结构的最优静态估计	52
3.1 不同市场下期限结构静态估计的框架	52
3.1.1 流动性市场下期限结构静态估计的框架	53
3.1.2 非流动性市场下期限结构静态估计的框架	55
3.2 7种利率期限结构的静态估计方法	57
3.2.1 三次多项式样条法	58
3.2.2 指数样条法	60
3.2.3 B样条下的3种方法	60
3.2.4 N-S法及 Svensson 扩展	61
3.2.5 7种曲线拟合方法的理论比较	62
3.3 利率期限结构最优静态估计原则和评价标准	63
3.4 上交所利率期限结构的静态估计和比较	64
3.4.1 数据来源和样本特征	65
3.4.2 样本内比较	66
3.4.3 样本外比较	72
3.4.4 收益率曲线和远期利率曲线的比较	76
3.4.5 稳定性比较	82
3.4.6 比较分析的结论	82
3.5 近3年上交所收益率曲线分析	83
3.6 本章小结	85
第4章 利率期限结构的最优动态模型	87
4.1 利率期限结构动态模型群的构建与分析	88
4.1.1 利率的动态行为特征	88
4.1.2 各种效应的探测	92

4.1.3	包含 GARCH-Jump-Level 过程的 利率动态模型群的构建	102
4.1.4	利率动态模型群的参数估计方法	108
4.2	利率期限结构最优动态模型的含义和 评价标准	112
4.3	上交所利率动态模型群的估计和比较	113
4.3.1	数据构成与统计结果	113
4.3.2	利率动态模型群的估计和解释	116
4.3.3	利率动态模型群的样本内比较	121
4.3.4	利率动态模型群的样本外比较	123
4.3.5	利率动态模型群的似然比检验	125
4.3.6	利率动态模型群的无条件概率密 度图比较	126
4.3.7	比较分析的结论	129
4.4	本章小结	129
第 5 章	利率期限结构最优估计的应用研究	131
5.1	期限溢酬	132
5.1.1	回归方法检验预期理论的缺陷	132
5.1.2	基于 Kalman 滤波的期限溢酬估计 模型	136
5.1.3	期限溢酬估计模型在上交所市场 的实证研究	138
5.2	利率波动的周内效应	144
5.2.1	周内效应的含义和研究进展	144
5.2.2	最优动态模型的扩展	146
5.2.3	数据说明和周内效应的初步探测	147
5.2.4	模型的估计和解释	150
5.3	利率期限结构中隐含的货币政策信息	153

5.3.1 利率期限结构反映货币政策态势	154
5.3.2 利率期限结构预测未来 GDP	157
5.3.3 利率期限结构预测未来通货膨胀	160
5.4 本章小节	163
结论	165
参考文献	168

插图索引



图 1.1	研究技术路线图	5
图 3.1	2003 年 1 月 15 日 7 种方法下的收益率曲线和远期利率曲线图	78
图 3.2	2003 年 6 月 16 日 7 种方法下的收益率曲线和远期利率曲线图	78
图 3.3	2004 年 1 月 15 日 7 种方法下的收益率曲线和远期利率曲线图	79
图 3.4	2004 年 6 月 15 日 7 种方法下的收益率曲线和远期利率曲线图	79
图 3.5	2005 年 1 月 14 日 7 种方法下的收益率曲线和远期利率曲线图	80
图 3.6	2005 年 6 月 15 日 7 种方法下的收益率曲线和远期利率曲线图	80
图 3.7	2006 年 1 月 16 日 7 种方法下的收益率曲线和远期利率曲线图	81
图 3.8	近 3 年来上交所国债收益率曲线走势图	84
图 4.1	1954 年至 2006 年间期限为 3 个月的美 国财政部债券利率走势图	90
图 4.2	1954 年至 2006 年间期限为 3 个月的美 国财政部债券利率一阶差分图	90

图 4.3	利率变动的无条件概率密度与正态概率密度的比较图	91
图 4.4	利率水平及其一阶差分时间序列图	94
图 4.5	利率数据及拟合数据对比图	99
图 4.6	残差及 ± 2 倍条件标准方差图	100
图 4.7	预测效果比较图	101
图 4.8	上交所 R091 回购利率近 6 年来走势图	115
图 4.9	上交所 R091 回购利率的一阶差分图	115
图 4.10	上交所 R091 回购利率变化的无条件概率密度与正态密度的比较图	116
图 4.11	5%显著性水平下 GARCH-Jump 模型预测出的置信区间图	123
图 4.12	3 个基本模型的无条件概率密度图	127
图 4.13	引入跳跃过程后 3 个模型的无条件概率密度图	127
图 4.14	引入水平效应前后 3 个模型的无条件概率密度图	128
图 5.1	上交所即期利率的时间序列图	141
图 5.2	不同期限利率之间期限溢酬时间序列图	143
图 5.3	星期一的利率波动图	148
图 5.4	星期二的利率波动图	149
图 5.5	星期三的利率波动图	149
图 5.6	星期四的利率波动图	149
图 5.7	星期五的利率波动图	150
图 5.8	上交所 2004 年 10 月 28 日和 11 月 1 日的国债收益率曲线	157
图 5.9	季度 GDP 增长率与长短期利差对比分析图	159
图 5.10	通货膨胀率与长短期利差对比分析图	162

附表索引



表 2.1	CKLS 嵌套模型包含的子模型	41
表 3.1	2003 年 6 月 16 日上交所 19 只债券的 流动性指标表	55
表 3.2	2004 年 6 月 15 日上交所 24 只债券的 流动性指标表	55
表 3.3	2005 年 9 月 23 日上交所 30 只债券的 流动性指标表	56
表 3.4	样本内比较和样本外比较的评价指标	64
表 3.5	近 3 年来上交所国债市场债券类型分 布和期限分布	65
表 3.6	样本内 7 种方法的 MSE 指标值	66
表 3.7	样本内 7 种方法的 MAE 指标值	69
表 3.8	样本外 7 种方法的 MSE 指标值	72
表 3.9	样本外 7 种方法的 MAE 指标值	74
表 4.1	处于各年的数据个数表	93
表 4.2	利率水平及其一阶差分的统计结果	93
表 4.3	利率水平及其一阶差分的自相关及 偏相关系数表	95
表 4.4	ARMA(1,1)的参数估计结果	95
表 4.5	ARMA(1,1)和 GARCH(1,1)的参数估 计结果	97
表 4.6	加入了水平效应的模型参数估计	98

表 4.7	GARCH-Jump-Level 模型群所包含的子模型	108
表 4.8	定义指标表	113
表 4.9	利率水平及其一阶差分的统计结果	114
表 4.10	GARCH-Jump-Level 模型群样本内数据 的估计结果	117
表 4.11	样本内利率水平指标和利率波动指标的计算 结果	121
表 4.12	样本外利率水平指标和利率波动指标的计算 结果	124
表 4.13	模型的似然比检验	125
表 5.1	各期限利率水平统计结果及单位根检验	141
表 5.2	不同期限之间期限溢价模型参数估计表	142
表 5.3	不同期限之间期限溢价的统计检验	142
表 5.4	一周内不同交易日的利率波动统计表	148
表 5.5	周内效应模型参数估计表	150
表 5.6	近年来中国人民银行出台的较重要的政策	151

第1章 绪论

1.1 研究背景与意义

近年来,中国利率市场化改革稳步推进,从1996年开始,先后放开了银行间拆借市场利率、债券市场利率和银行间市场国债和政策性金融债的发行利率;放开了境内外币贷款和大额外币存款利率;试办人民币长期大额协议存款;逐步扩大人民币贷款利率的浮动区间。尤其是2004年,中国人民银行决定从10月29日起上调金融机构存贷款基准利率并放宽人民币贷款利率浮动区间和允许人民币存款利率下浮,此次利率调整无疑是中国利率市场化进程中的最重要一步。

在现阶段,中国的存贷款利率还不是一个完全市场化的利率,存贷款利率仍由中国人民银行规定,调整与变动也并非可以完全自主。它受到开放的程度、汇率制度选择、传导机制和利益平衡等多方面的制约,并长时间保持不变。一直以来,中国人民银行规定的金融机构1年期定期存款利率被定为市场基准利率,基准利率的市场化特征几乎丧失殆尽。众所周知,基准利率是金融市场的重要指标,是全社会利率水平的晴雨表。基准利率必须具备较高的市场化程度,而固定不变的基准利率与快速发展的金融市场形成的矛盾,已经成为影响市场发展的重要因素。整个市场迫切需要一个基准利率来为金融产品的精确定价、利率风险的防范、国家货币政策的制定等提供科学依据。正是在这一现实条件下,加强对利率期限结构的研究就显得相当必要。在中国目前的现实背景下,加强对利率期限结构的研究具有以下意义:

(1)为中国的资产定价提供一个坚实的理论依据。近年来,为加快推动金融市场建设,金融创新工具不断推出,如:1998年9月南宁化工

股份有限公司在上海证券交易所上市发行了第一只可转换债券,继而拉开了中国金融创新的序幕;2002年6月,国家开发银行又在全国银行间债券市场发行了第一只含有欧式看涨期权(可提前赎回)的债券,而后含有欧式看跌期权(可提前回售)的债券也接踵而至;2005年12月15日,中国建设银行在全国银行间债券市场发行了国内首只住房抵押贷款支持证券(mortgage-backed security)——“建元2005-1个人住房抵押贷款支持证券”。如何对这些利率衍生产品进行精确定价依赖于对市场利率动态模型的正确估计,这正是利率期限结构研究的核心问题之一。

(2)促进中国资本市场的发展。一个完善的市场应当是一个定价合理,不存在套利机会的市场。通过利率期限结构的准确估计,可以为政府提供有关市场价格是否合理的信息,减少市场套利,促进市场的完善。

(3)为中国利率市场化进程提供基准利率支持。在利率市场化改革的进程中,如何确定基准的市场利率是一项重要的基础工作。中国国债市场的利率期限结构因为其本身的众多特点,可以成为这种基准利率的一个十分重要的参考。

(4)金融产品设计。在对利率期限结构进行有效估计并对相应产品进行准确定价的基础上,通过分解和组合现有的资产形成新的能够满足投资者需要的资产并能够进行合理定价。

(5)保值和风险管理。利率风险是投资者面临的一个重要风险,通过对利率期限结构的动态估计,就可以对未来利率变动作一个有效的预测,从而为投资者的保值和风险管理提供有用的信息。

(6)套利。通过对利率期限结构的分析,可以发现市场上资产定价可能存在的不合理性,并利用这种不合理性进行套利,获取无风险收益。

(7)为货币政策的指定提供科学依据。利率期限结构中可能隐含着其他宏观经济信息,在目前中国人民银行无法找到比货币供应量更好的中间目标和货币供应量可控性、可测性和与实体经济的相关性日益降低的双重矛盾下,中央可以考虑将利率期限结构的形状变化和长短期利差指标纳入其监控之中,为货币政策的指定提供科学依据。

因此,无论从理论角度还是实际应用角度,都需要对利率期限结构模型进行深入的研究。具体而言,本研究选题主要来源于:国家社会科