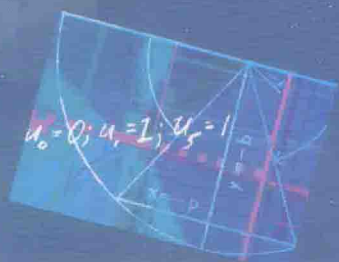


中国动态 Nelson-Siegel 利率期限结构模型研究

A RESEARCH ON DYNAMIC
NELSON-SIEGEL MODEL OF
CHINESE INTEREST TERM
STRUCTURE

朱波 文兴易 著



Southwestern University of Finance & Economics Press
西南财经大学出版社

中国动态 Nelson-Siegel 利率期限结构模型研究

A RESEARCH ON DYNAMIC
NELSON-SIEGEL MODEL OF
CHINESE INTEREST TERM
STRUCTURE

朱波 文兴易 著



Southwestern University of Finance & Economics Press

西南财经大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国动态 Nelson - Siegel 利率期限结构模型研究/朱波,文兴易著. —成都:西南财经大学出版社,2014. 7
ISBN 978 - 7 - 5504 - 1506 - 5

I. ①中… II. ①朱…②文… III. ①国债—利率—结构模型—研究—中国 IV. ①F812. 5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 165923 号

中国动态 Nelson - Siegel 利率期限结构模型研究

Zhongguo Dongtai Nelson - Siegel Lili Qixian Jiegou Moxing Yanjiu

朱 波 文兴易 著

责任编辑:李霞湘

封面设计:穆志坚

责任印制:封俊川

出版发行	西南财经大学出版社(四川省成都市光华村街 55 号)
网 址	http://www.bookcj.com
电子邮件	bookcj@foxmail.com
邮政编码	610074
电 话	028 - 87353785 87352368
照 排	四川胜翔数码印务设计有限公司
印 刷	郫县犀浦印刷厂
成品尺寸	170mm × 240mm
印 张	11
字 数	160 千字
版 次	2014 年 7 月第 1 版
印 次	2014 年 7 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978 - 7 - 5504 - 1506 - 5
定 价	55.00 元

1. 版权所有,翻印必究。

2. 如有印刷、装订等差错,可向本社营销部调换。

本书获教育部人文社会科学研究青年基金项目
“基于 NSS 期限结构的宏观金融模型及货币政策含义
研究”（NO. 09YJC790217）资助。

本书获国家自然科学基金青年项目
“宏观审慎管理时代金融体系系统性风险
研究”（NO. 71103146）资助。

前 言

中国国债发行和流通市场近几年来得到了飞速发展。截至 2013 年 12 月月底，记账式国债存量已经达到 7.8 万亿元的规模，银行间国债市场成交额 55 143 亿元，上海证券交易所国债市场成交额 436 亿元，深交所国债市场成交额 4 亿元。因此，对我国国债利率期限结构问题进行深入研究具有较为重要的理论意义和现实意义。

利率期限结构是利率和期限之间的函数关系，某个时点不同期限的利率就形成了一条曲线。它是金融资产定价、金融产品设计、套期保值、风险管理、套利与投机等活动的基础，不仅为各种债券定价提供了基准，也是衍生产品定价的基础，因此对利率期限结构的有效估计是一个基础而又十分重要的问题。此外，利率期限结构在经济和金融的理论与实践均起到非常重要的作用，一直受到货币政策制定者、金融经济学家和金融实践者的高度关注。

近年来，在动态利率期限结构模型的基础上，一些学者开始使用宏观经济信息来构建利率期限结构模型，宏观金融模型得到飞速发展。简约型宏观金融模型仅仅在仿射期限结构模型的基础上在状态变量或潜因子向量中增加宏观经济变量，结构化宏观金融模型则对两者之间的交互影响和宏观经济结构进行了考虑，部分文献还对利率期限结构动态演变

过程中蕴含的货币政策和财政政策信息进行了深度剖析。

尽管如此,动态期限结构模型和宏观金融模型的现有研究对各国中央银行的实践重视程度不够。由于 Nelson-Siegel 模型及其 Svensson 扩展形式采用指数多项式函数来估计利率期限结构,利率曲线处处多阶可导,满足光滑性,模型参数具有较强的经济含义,模型拟合结果比较符合利率期限结构的预期理论,许多国家中央银行在实践中采用 NS 模型或 NSS 模型。因此,结合各国央行的实践,基于 Nelson-Siegel 期限结构来构建动态利率期限结构模型和宏观金融模型,考察动态因子的货币政策和财政政策含义,具有重要的理论意义和现实意义。本书试图对此进行探索。

全书共分为七章。第一章是导言,介绍本书的目的、结构安排和主要创新点。第二章是文献综述,对该领域的文献进行全面系统的梳理和总结。第三章基于我国国债交易每日数据,就几种常见形式的静态收益率曲线,比较 Nelson-Siegel 模型、Nelson-Siegel-Svensson 模型、息票剥离方法和平滑样条方法在收益率曲线拟合方面的差异。第四章使用我国国债交易的月度数据对 Diebold-Li 动态 Nelson-Siegel 利率期限结构模型进行实证分析。第五章使用迭代局部多项式方法来替代 Diebold-Li 动态 Nelson-Siegel 利率期限结构模型中的息票剥离环节,构建基于迭代局部多项式逼近方法的动态 Nelson-Siegel 利率期限结构模型,考察其实践性能。第六章对动态 Nelson-Siegel 利率期限结构模型动态因子的含义进行考察,分别考察三个动态因子与收益率曲线期限特征和形状特征之间的联系。最后,在第七章里,我们讨论动态 Nelson-Siegel 利率期限结构模型动态因子与宏观经济变量之间的联系,构建简约型宏观金融模型,对基于 Nelson-Siegel 期限结构的宏观金融模型与动态模型进行实证比较。

由于时间、精力、样本数据等诸多方面的原因，本书还有很多不完善的地方。基于结构化宏观金融模型框架，整合无套利动态 Nelson-Siegel 期限结构模型的建模方法，充分考虑宏观经济结构与利率期限结构之间的动态交互关系，发展适合我国国债市场的动态 Nelson-Siegel 期限结构模型，挖掘其动态因子所蕴含信息的含义，是进一步的研究方向。

感谢西南财经大学出版社张岚和李霞湘编辑为本书出版所做出的辛勤工作！

朱波 文兴易

2014 年 5 月

目 录

1 导言 / 1

- 1.1 本书的主要目的 / 1
- 1.2 本书的结构安排 / 5
- 1.3 本书的主要创新点 / 8

2 文献综述 / 10

- 2.1 传统利率期限结构理论 / 11
- 2.2 利率期限结构的静态估计方法 / 15
- 2.3 利率期限结构的动态模型 / 23
- 2.4 宏观金融模型 / 33

3 Nelson-Siegel-Svensson 期限结构模型 / 41

- 3.1 Nelson-Siegel 期限结构模型 / 42
- 3.2 Nelson-Siegel 模型的参数估计 / 45
- 3.3 Nelson-Siegel 模型的参数含义 / 46
- 3.4 Nelson-Siegel-Svensson 模型 / 49
- 3.5 各国央行利率期限结构估计实践 / 50
- 3.6 不同形状收益率曲线拟合效果比较 / 52
- 3.7 实证分析 / 64

4	动态 Nelson-Siegel 期限结构模型 /	68
4.1	两步估计法动态 Nelson-Siegel 期限结构模型 /	69
4.2	基于状态空间的动态 Nelson-Siegel 模型 /	72
4.3	实证分析 /	75
5	基于迭代局部多项式逼近的动态 Nelson-Siegel 模型 /	96
5.1	局部多形式回归模型 /	97
5.2	基于迭代局部多项式的动态 NS 模型 /	100
5.3	样本内拟合 /	102
5.4	样本外预测 /	109
6	动态 Nelson-Siegel 模型因子含义研究 /	114
6.1	动态因子与期限特征之间的关系 /	115
6.2	动态因子与形状特征之间的关系 /	124
7	动态 Nelson-Siegel 模型与宏观经济 /	133
7.1	宏观经济变动对收益率曲线的影响 /	134
7.2	宏观金融模型分析 /	146
	参考文献 /	152

1 导言

1.1 本书的主要目的

利率期限结构是利率和期限之间的函数关系，某个时点不同期限的利率就形成了一条曲线。因为零息债券的到期收益率与该时期内的利率相同，所以利率期限结构也可以表述为某个时点的零息债券收益率曲线。它在经济和金融的理论与实践均起到非常重要的作用，一直受到货币政策制定者、金融经济学家和金融实践者的高度关注。利率期限结构是金融资产定价、金融产品设计、套期保值、风险管理、套利与投机等活动的基础。它不仅为各种债券定价提供了基准，也是衍生产品定价的基础，因此对利率期限结构的有效估计是一个基础而又十分重要的金融工程问题。随着我国债券市场的深入发展、金融创新不断深入、金融产品不断丰富完善和利率市场化进程逐步推进，对利率期限结构及相关问题进行深入研究的重要性日益凸显。

中国国债市场在改革开放以后开始起步，国债发行和流通市场近几年来得到了飞速发展，截至 2013 年 12 月月底，记账式国债存量已经达

到 7.8 万亿元的规模。我国国债发行品种主要有记账式国债和储蓄国债两种，储蓄国债是面向个人投资者销售的国债品种，机构不能参与，而记账式国债允许机构投资者参与投资，也是目前发行量最大的国债品种。2013 年我国记账式国债共发行 52 期，发行量达到 1.34 万亿元。我国国债流动市场包括交易所市场和银行间市场，前者包括上海证券交易所和深圳证券交易所，后者由国债批发市场和国债柜台零售市场组成。国债交易方式主要要包括现券交易、回购交易和远期交易等。2013 年，银行间国债市场成交额 55 143 亿元，上海证券交易所国债市场成交额 436 亿元，深交所国债市场成交额 4 亿元，市场成交主要集中在银行间市场。^① 因此，对我国国债利率期限结构问题进行深入研究具有较为重要的理论意义和现实意义。

传统利率期限结构理论主要研究收益率曲线的形状及形成原因，是利率期限结构理论中较为重要的一个部分，主要包括纯粹预期理论、流动性升水理论、市场分割理论和优先偏好理论等。传统在这里是一个相对概念，具有“早期”的含义。市场预期理论认为预期是决定未来利率水平的唯一因素，当前利率期限结构是对未来利率变化的一种预期。市场分割理论则认为期限不同的债券市场之间是完全分离和独立的，每一种债券的利率水平在各自的市场上由该种债券的供给和需求决定，不受其他期限债券的影响。流动性偏好理论认为投资者持有长期债券的风险大于持有短期债券的风险，如果不向长期债券持有者进行补偿，则投资者将偏好于短期债券，这样可以降低风险和增加流动性。优先偏好理论认为不同类别的投资者具有优先偏好习惯，这使投资者一般会在自身偏好的期限市场进行交易。尽管这些理论和模型提出的时间相对较早，

^① 数据来源于《中国统计年鉴》。

但至今仍是部分实证文献的考察重点。

刻画某个时点收益率曲线的形状是利率期限结构研究的首要问题,已有众多学者使用多种方法来对静态利率期限结构进行估计,常用的方法有样条函数方法、息票剥离方法和 Nelson-Siegel 方法等。不同方法有着不同的优势和劣势。样条函数方法主要包括多项式样条模型、指数样条模型、B 样条模型和平滑样条模型等类型,主要区别是用不同的样条函数对贴现函数进行建模。息票剥离方法很好地解决了基于付息国债来估计零息债券收益率的问题,很多国家中央银行收益率曲线拟合实践常用的方法则是 Nelson-Siegel 方法或 Nelson-Siegel-Svensson 方法。

对收益率曲线进行建模,除了关注某个时点的收益率曲线形状外,还要考察其动态演变规律。这就是动态利率期限结构理论,常用的模型框架是无套利仿射期限结构模型。一般均衡模型是使用频率较高的动态期限结构模型,包括 Vasicek 模型、CIR 模型和 CKLS 模型等单因素模型及 Fong-Vasicek 模型和 Longstaff-Schwartz 模型等多因素模型。无套利模型则基于无套利定价原理,常见的形式有 Ho-Lee 模型、Hull-White 模型和 HJM 模型。近年来基于 Nelson-Siegel-Svensson 期限结构的动态模型成为一个重要的研究方向。

近年来,一些学者开始使用宏观经济信息来构建利率期限结构模型,由此带动了宏观金融模型的飞速发展。宏观金融模型对利率期限结构因子的经济含义进行了深入分析,对期限结构潜因子与宏观经济变量之间的交互作用机制进行了深入讨论。新近的宏观金融模型大多建立在无套利仿射期限结构模型的基础上,同时使用潜因子信息和宏观经济变量信息来对利率期限结构进行解释,包括简约型宏观金融模型和结构化宏观金融模型两种类型,前者仅仅是在仿射期限结构模型的基础上在状态变量或潜因子向量中增加宏观经济变量,后者则对两者之间的交互影

响和宏观经济结构进行了考虑。此外,挖掘利率期限结构动态演变过程中蕴含的货币政策和财政政策信息也是近期研究的一个重要方向。

尽管如此,利率期限结构的国内外研究依然存在如下不足:

(1) 现有的动态期限结构模型和宏观金融模型对各国中央银行的实践重视程度不够。由于 Nelson-Siegel 模型及其 Svensson 扩展形式采用指数多项式函数来估计利率期限结构,利率曲线处处多阶可导,满足光滑性,模型参数具有较强的经济含义,模型拟合结果比较符合利率期限结构的预期理论,因此许多国家中央银行在实践中选择使用 NS 模型或 NSS 模型。根据国际清算银行(BIS)2005 年 10 月的技术文档,中央银行在估算利率期限结构时,多数采用 NS 或 NSS 模型,只有日本单独采用平滑样条(SS)模型,美国同时采用 SS 和 NSS 模型。尽管如此,NS 模型和 NSS 模型却不满足无套利条件,基于 NS 或 NSS 期限结构的动态利率期限结构模型和宏观金融模型有待深入研究。因此,结合各国央行的实践,基于 NS 或 NSS 期限结构来深入研究动态利率期限结构模型和宏观金融模型,考察其货币政策和财政政策含义,具有重要的理论意义和现实意义。

(2) 具体政策应用有待深入研究。利率期限结构宏观金融模型的最新趋势是对宏观经济变量与期限结构因子之间的同时相关性和反馈机制进行深入研究,尽管这一领域在近几年得到了飞速发展,但这些模型与具体的政策应用之间还有很长的距离。利率期限结构宏观金融模型在“结构稳定性”和“具有时变性的通货膨胀不确定性”方面存在重大挑战。

(3) 国内对宏观金融模型及其蕴含的货币政策和财政政策信息的研究有待加强。国内学者目前的注意力主要集中在利率期限结构的拟合上,很少有人关注相关的宏观经济结构,因此有必要深入考察我国利率

期限结构和宏观经济结构的结合问题，尽可能使用宏观金融模型所蕴含的重要信息来制定货币政策和财政政策，观察货币政策和财政政策措施的实施效果，了解市场参与者对经济变量的预期，判断通胀缺口和产出缺口的变化趋势，优化下一步的货币政策和财政政策措施，从而提高货币政策和财政政策的有效性。

本书的写作主要有以下三个目的：第一，系统全面地梳理利率期限结构的最新理论和实证研究成果。第二，对 Nelson-Siegel 和 Nelson-Siegel-Svensson 期限结构模型进行深度解析，基于我国国债市场数据比较分析其在收益率曲线拟合方面的性能。基于迭代局部多项式逼近等方法构建动态版本的 NS 期限结构模型，实证考察对我国国债市场较为适用的动态 NS 模型。第三，结合宏观经济变量信息和各国中央银行利率期限结构的估计实践，构建基于动态 NS 期限结构的宏观金融模型，实证考察其在拟合数据方面的优势，分析其隐含的货币政策和财政政策含义，为我国货币政策和财政政策的制定提供相关建议。

1.2 本书的结构安排

全书共分七章。其中第一章是导言，第二章是文献综述，第三到七章是论文的主体部分。本书主体部分的框架结构如图 1-1 所示。各章的具体内容如下。



图 1-1 本书的研究框架

第二章是文献综述。这一章对利率期限结构的理论、模型和估计方法等进行系统的梳理和总结，为后续研究奠定基础。利率期限结构的理论和模型主要包括“传统”利率期限结构理论、静态估计方法、动态期限结构理论和宏观金融模型等。这一章先对纯粹预期理论、流动性升水理论、市场分割理论和优先偏好理论等“传统”利率期限结构理论进行分析，尽管这些理论和模型提出时间较早，但至今仍有较多文献进行实证分析。然后，我们对静态利率期限结构的估计方法进行总结，常见估计方法主要有样条函数方法、息票剥离方法和 Nelson-Siegel 方法，

而样条方法又有多项式样条方法、指数样条方法、B样条方法和平滑样条方法等类型，不同方法拟合收益率曲线的效果也不一样。第三节阐述动态利率期限结构理论，在仿射期限结构模型的基础上，我们对几个经典的均衡模型和无套利模型及其相关文献进行了总结。这一章最后一节对近年来发展较为迅速的利率期限结构宏观金融模型进行分析，宏观金融模型将宏观经济结构与微观金融结构之间的作用机制联系起来，使用收益率曲线因子信息和宏观经济变量信息来对利率期限结构进行建模。

第三章是 Nelson-Siegel 和 Nelson-Siegel-Svensson 利率期限结构静态模型及其实践应用。这一章先基于二阶线性微分方程的解来推导 Nelson-Siegel 期限结构模型，然后阐述 Nelson-Siegel 期限结构模型的估计方法和各个参数的经济含义，在此基础上导出 Nelson-Siegel-Svensson 期限结构模型的具体形式。在对各个国家中央银行静态利率期限结构的估计方法进行总结的基础上，先使用我国国债市场数据对几种特殊形状收益率曲线进行拟合，对比分析息票剥离方法、平滑样条方法、NS 方法和 NSS 方法的拟合效果，最后使用 2010 年上证证券交易所国债交易的每日数据对这几种收益率曲线拟合方法进行更为全面的对比分析，综合考察 Nelson-Siegel 和 Nelson-Siegel-Svensson 的拟合性能。

第四章是动态 Nelson-Siegel 利率期限结构模型及其实证分析。这一章先对 Diebold-Li 两步估计法动态 Nelson-Siegel 模型进行分析，阐述估计的具体流程，然后分析具有仿射期限结构的动态 Nelson-Siegel 模型，最后使用 2004—2013 年期间上海证券交易所月度国债交易数据进行实证分析。

第五章是基于局部迭代多项式逼近的动态 Nelson-Siegel 利率期限结构模型。Diebold-Li 两步估计法动态 Nelson-Siegel 模型的基础是息票剥离方法，这种方法的实践效果并不理想，而局部迭代多项式逼近方法