



经济学·管理学博士论著

中国银行间市场利率 动态行为研究

The Dynamic
Behavior of Chinese Interbank Market Interest Rate

□ 潘冠中/著



经济科学出版社
Economic Science Press



经济学·管理学博士论著

中国银行间市场利率 动态行为研究

The Dynamic
Behavior of Chinese Interbank Market Interest Rate

□ 潘冠中/著



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

中国银行间市场利率动态行为研究 / 潘冠中著. —北京:
经济科学出版社, 2009. 9

(经济学·管理学博士论著)

ISBN 978 - 7 - 5058 - 8553 - 0

I. 中… II. 潘… III. 商业银行 - 利息率 - 研究 - 中国
IV. F832.33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 153793 号

责任编辑: 杨 梅

责任校对: 王肖楠 韩 宇

版式设计: 代小卫

技术编辑: 董永亨

中国银行间市场利率动态行为研究

潘冠中 著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

总编室电话: 88191217 发行部电话: 88191540

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp@ esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

北京市京津彩印有限公司印装

880 × 1230 32 开 4.75 印张 130000 字

2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5058 - 8553 - 0 定价: 12.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

(版权所有 翻印必究)

摘要

本书由八章组成。

第1章以时间为序，介绍了利率模型的发展和计量方法之应用对利率模型的推动作用。最后总结了近年来中国学者将利率模型应用于中国货币市场利率的一些实证研究。

第2章介绍了估计扩散利率模型的几种方法。首先简要介绍了GMM和SMM，然后重点介绍了可直接使用MLE的利率模型和近似MLE的利率模型。

第3章介绍了中国货币市场包括银行间同业拆借市场、银行间债券市场、商业票据市场等子市场。拆借交易采取信用拆借模式，债券交易分为现券交易与回购交易两部分，这两个市场均实行自主报价、格式化询价、确认成交的交易方式。为了对中国货币市场有一个全面而清晰的认识，本章从市场成员、交易量和交易品种三个角度对其作了总结。

第4章证明了单因子利率模型参数估计数据选择的相关性原则，并提出另一原则：选择交易最频繁、成交量最大的利率品种。依据这两个原则，R007是瞬时利率 r_t 的最佳近似替代，在使用中国货币市场利率估计单因子利率模型的参数时，应该选择R007作为估计数据。

第5章选择中国货币市场银行间市场7天拆借利率作为瞬时利率 r_t 的近似替代,采用极大似然估计方法估计了CKLS模型的参数,并使用似然比检验比较了不同的利率模型。实证结果表明,中国货币市场利率具有明显的均值回复效应,这和国外文献中得到美英两国利率的特点都不相同。对此我们的一个解释是,中国利率均值回复效应显著是中国人民银行对央行基准利率的调整没有美联储和英国中央银行对基准利率的调整频繁所致。

第6章论证了双曲模型是描述中国货币市场利率动态变化的最佳单因子利率模型。双曲模型的边际密度和非参数估计得到的边际密度函数拟合较好,其表现远远优于几个常见的利率模型(CIR、CKLS和AG模型);与较一般的埃特—萨哈利尔模型相比差别很小,但参数形式得到简化,似然比检验也支持这一点。双曲模型在刻画利率的均值回复特征方面还克服了AG模型的不足。

第7章在实证分析的基础上总结了银行间市场利差的特征,引人注目的是利差为正的交易日占整个样本数的22.9%,并且正利差往往发生在高利率时期。在一个简单的市场需求模型的基础上,本章论证了,在拆借需求的天花板效应的影响下,新股发行和节假日效应引发的货币市场需求增加是形成这一特征的主要原因。本章还提出了一个简单估计银行间市场信用风险溢价的方法,估计出的信用风险溢价为0.32%。

第8章研究了我国银行间市场利率,拆借利率(ibo007)和回购利率(r007)的跳跃性质。实证结果显示,r007和ibo007都具有明显的跳跃,但回购利率r007的跳跃要比拆借利率ibo007更为显著;利率的跳跃幅度平均为零。引起利率产生跳跃的因素主要有节假日因素、新股发行申购、法定存款准备金率的调整三种,其中前两种因素起主导作用。本章另一新结论是ibo007的回复速度要快于r007的回复速度。

目 录

Contents



第 1 章 利率模型的发展及计量方法之应用 / 1

- 1.1 引言 / 1
- 1.2 经典的单因子利率模型 / 2
- 1.3 计量方法应用于利率模型的估计和检验 / 4
- 1.4 多因子模型与跳跃模型 / 12
- 1.5 我国学者的研究 / 15



第 2 章 扩散利率模型的极大似然估计 / 17

- 2.1 扩散模型参数估计方法 / 17
 - 2.1.1 广义矩方法 / 19
 - 2.1.2 模拟矩方法 / 20
- 2.2 可直接使用 MLE 的利率模型 / 21
 - 2.2.1 默顿模型 / 22
 - 2.2.2 GBM 模型 / 23
 - 2.2.3 瓦西塞克模型 / 24
 - 2.2.4 CIR 模型 / 28

- 2.2.5 AG 模型 / 28
- 2.3 近似 MLE 的利率模型 / 30
 - 2.3.1 埃特—萨哈利尔的埃米特展开法 / 31
 - 2.3.2 CKLS 模型 / 34
 - 2.3.3 埃特—萨哈利尔模型 / 36
 - 2.3.4 双曲模型 / 36



第3章 中国货币市场与货币市场利率 / 37

- 3.1 中国货币市场的发展 / 37
 - 3.1.1 银行间市场成员 / 37
 - 3.1.2 银行间市场交易量变动 / 39
 - 3.1.3 银行拆借和债券回购交易品种 / 40
- 3.2 中国货币市场利率 / 44
- 3.3 货币市场利率与央行货币政策 / 48
 - 3.3.1 货币市场利率与央行目标利率调整 / 48
 - 3.3.2 存款准备金政策与货币市场利率 / 50
 - 3.3.3 公开市场操作与货币市场利率 / 54
- 3.4 小结 / 59



第4章 单因子利率期限结构模型参数估计的数据选择 / 60

- 4.1 导言 / 60
- 4.2 单因子利率模型参数估计的数据选择原则 / 62
- 4.3 中国货币市场及银行间市场利率 / 65
- 4.4 选择最佳替代利率 / 66
- 4.5 小结和评论 / 70



第5章 基于 CKLS 模型的中国货币市场利率的实证分析 / 71

- 5.1 引言 / 71
- 5.2 利率期限结构的单因子模型 / 73
- 5.3 CKLS 模型的极大似然估计方法 / 75
- 5.4 数据描述 / 79
- 5.5 估计检验结果 / 80
- 5.6 中国利率均值回复效应显著的解释 / 82
- 5.7 结论 / 84



第6章 应该用哪一个模型来描述中国货币市场利率的动态变化? / 85

- 6.1 引言 / 85
- 6.2 埃特—萨哈利尔的极大似然估计 / 88
- 6.3 中国货币市场利率与利率模型参数估计的数据选择 / 89
- 6.4 估计 CIR 和 CKLS 模型以确定扩散项 / 91
- 6.5 埃特—萨哈利尔模型的极大似然估计 / 94
- 6.6 描述中国货币市场利率的最佳模型 / 96
- 6.7 结论 / 99



第7章 拆借需求的天花板效应与正利差 / 101

- 7.1 引言 / 101
- 7.2 数据描述 / 103
- 7.3 利差分析 / 105
- 7.4 货币市场利率的决定 / 107

7.5 拆借需求的天花板效应与正利差 / 110

7.6 估计信用风险溢价 / 113



第8章 中国银行间市场利率的跳跃及其影响因素分析 / 117

8.1 引言 / 117

8.2 数据描述 / 120

8.3 银行间市场利率的跳跃性质及其影响因素的初步分析 / 121

8.4 达斯跳跃扩散模型及其参数的极大似然估计 / 127

8.5 参数估计结果及有关假设检验 / 129

8.6 结论 / 131

参考文献 / 133

致谢 / 138

第 1 章

利率模型的发展及计量方法之应用

利率模型的发展和完善与计量经济学方法的发展密不可分。本章以时间为序，介绍了利率模型的发展和计量方法之应用对利率模型的推动作用。本章介绍的重点是单因子扩散利率模型，多因子模型和带跳跃的利率模型也有涉及。对于计量方法，本章主要介绍了极大似然估计、广义矩估计和非参数方法对利率模型的应用。本章还总结了近年来对中国货币市场利率的研究。

1.1

引言

单因子利率模型一般用以下随机微分方程表示：

$$dr_t = \mu(r_t; \Theta) dt + \sigma(r_t; \Theta) dW_t \quad (1.1)$$

其中， r_t 表示瞬时利率（期限趋近于零时的即期利率）； $\mu(r_t; \Theta)$ 称为漂移项，表示瞬时利率 r_t 的瞬时均值； $\sigma^2(r_t; \Theta)$ 称为扩散项，表示 r_t 的瞬时方差， $\sigma(r_t; \Theta)$ 称为波动率函数； Θ 为参数集。

绝大部分情况下，满足 (1.1) 式的利率过程是一扩散过程，即路径连续的马尔可夫过程。

单因子利率模型的发展，实际上就是人们对漂移函数 $\mu(r_t;$

Θ) 和扩散函数 $\sigma^2(r_t; \Theta)$ 的认识过程。本章即以这一线索展开。另一值得注意的重点是利率模型的进一步完善和计量经济学方法的发展密不可分。一种新的计量方法的出现,并将其应用于利率模型,往往使我们对利率的动态变化有着更清晰的认识。在实证研究的基础上来重新建立利率模型,使模型更精确地描述利率及利率期限结构的运动变化,我们能够改进对利率衍生产品的定价和利率风险管理。

本章以下的展开主要以时间为顺序。这一安排可以让我们清晰地把握利率模型发展的脉络。以下详细回顾了单因子扩散利率模型的发展。对于多因子模型和带跳跃的利率模型,也作了简单的介绍。本章最后还总结了近年来我国学者运用这些计量方法对中国货币市场利率的研究。

→ 1.2

经典的单因子利率模型

现代连续时间方法在金融经济学的应用要追溯到默顿(Merton, 1969)的开创性工作。在这篇文章中,默顿研究的是不确定性条件下的跨期消费和资产组合选择问题。连续时间模型因其理论上的优美和经济含义明确而迅速应用于金融经济学的各个领域,并取得了巨大成功。有关连续时间模型在金融经济学中的应用请参阅桑德森(2000)和达菲(1996)。

对金融变量建立连续时间模型并对金融衍生产品(尤其是期权)定价的突破性进展是由布莱克和肖斯(1973)作出的。他们假设股票价格服从几何布朗运动(GBM):

$$\frac{dS_t}{S_t} = \mu dt + \sigma dW_t \quad (1.2)$$

其中 S_t 表示股票价格, μ 和 σ 为常数。由 (1.2) 式可以写出股票

欧式期权的价格公式，它的显著特点是与股票的期望收益率 μ 无关。几乎同时，默顿（1973）也建立了同一模型。因此这一模型被称为布莱克-肖斯-默顿模型，也叫对数正态或GBM模型。主要是由于这一贡献，1997年的诺贝尔经济学奖授予了肖斯和默顿，布莱克因为早年去世而未能获奖。

人们也试图建立连续时间模型以描述另一重要金融变量利率的动态变化。这一方面最早的尝试来自于默顿（1973）。受到布莱克-肖斯-默顿模型的启发，默顿为导出折现债券价格的公式，假设利率过程是一带漂移项的布朗运动，即

$$dr_t = \mu dt + \sigma dW_t$$

其中， μ 和 σ 为常数，分别表示瞬时均值和瞬时标准差。这一模型比较简单。在这一模型中，利率为负的概率大于零。

人们很早就观察到股票价格有一个长期增长的趋势。而利率则不相同，它具有均值回复的特征。默顿模型中未能体现利率的均值回复特征。最早把利率的均值回复特征引入利率模型的是瓦西塞克（1977）。他提出另一模型，假设瞬时利率的动态变化服从下一随机微分方程：

$$dr_t = \kappa(\theta - r_t)dt + \sigma dW_t \quad (1.3)$$

其中， $\kappa (>0)$ ， μ 和 σ 为常数。 θ 表示 r_t 的长期水平，它是一临界值：当 $r_t = \theta$ 时，漂移项为零；当 $r_t > \theta$ 时， $\theta - r_t < 0$ ，漂移项为负，这样 r_t 有向下运动的趋势；当 $r_t < \theta$ 时， $\theta - r_t > 0$ ，漂移项为正，这样 r_t 有上升的趋势；从而瞬时利率围绕长期均值 θ 上下波动，体现了均值回复的特征。并且在这一模型中，漂移项是 r_t 的线性函数。 κ 表示均值回复速率， κ 越大，则 r_t 在偏离其长期水平 θ 后回复的速度越快，因为其漂移项的绝对值 $|\kappa(\theta - r_t)|$ 越大。

尽管这一模型有了很大的进步，但还是有一个明显的缺陷。利率为负的概率仍然大于零。另一个可以存疑的问题是波动率恒为常

数,不会随 r_t 的变化而变化。不过,罗杰斯(1995)指出,若适当选取参数,利率为负的概率非常小,可以忽略不计。从瓦西塞克模型可以导出债券、债券期权等利率衍生产品的定价公式,它们都是瞬时利率的函数。因此,尽管瓦西塞克模型存在一些不足,但其后它的应用也非常广泛。

CIR(1985)通过对经济中的生产过程、投资者偏好等作出一系列假设(如生产服从平方根过程、效用函数为对数形式等),导出了一般均衡条件下瞬时利率应该服从的方程:

$$dr_t = \kappa(\theta - r_t)dt + \sigma\sqrt{r_t}dW_t \quad (1.4)$$

其中, $\kappa (>0)$, μ 和 σ 为常数,并满足关系式 $2\kappa\theta \geq \sigma^2$ 。 κ , θ 的解释与(1.3)式相同。由于以上随机微分方程的波动率函数含有状态变量 r_t 的平方根,所以也称 $\{r_t, t \geq 0\}$ 服从平方根过程。CIR 模型同样体现了利率均值回复的特征。并且在这一模型中,瞬时利率不小于零,瞬时利率的波动率不再是常数,它为 r_t 的增函数,当瞬时利率高时,波动率也大。CIR(1985)也导出了转移概率密度函数、债券和债券期权价格的解析公式。

和默顿模型、瓦西塞克模型一样,CIR 模型同属于纯理论模型,即它们都是基于一些简单的经济假设条件建立或推导出来的,而没有实证研究的支撑。建模者的主观假设完全决定了模型的形式。不过较之瓦西塞克模型,CIR 模型又有了很大的进步,它能体现利率的三个明显特征:均值回复、非负和水平效应。因此,CIR 模型成为其后研究的热点。

1.3

计量方法应用于利率模型的估计和检验

随着计量经济学和计算机技术的飞速发展,通过实证研究来检验和比较不同的利率模型,从而更为精确地描述利率的动态变化,

建立更为合理的利率模型成为可能。

对参数利率模型的检验和比较往往是从参数估计开始的。最经典的参数估计方法当属极大似然估计 (MLE)。MLE 的思想极为简单和直观, 即最可能产生估计数据的参数值就是估计值。通过 MLE 方法还可以比较不同的模型以选择一个最佳模型。但是 MLE 方法的应用有一个前提条件, 即要知道随机变量的联合概率密度函数。对于扩散过程来说, 这一条件可以简化为转移概率密度函数。

对利率模型的实证研究正是从应用 MLE 方法开始的。马斯和罗森 (1983) 假设利率过程可以用一个比较一般的扩散方程来表示^①:

$$dr_t = (Ar_t^{\beta-1} + Br_t) dt + \sigma r_t^{\beta/2} dW_t \quad (1.5)$$

其中, A, B, β, σ 为常数。(1.5) 式通过变换后可以转化成类似于 CIR 模型的平方根过程, 因此可以写出解析形式的转移概率密度函数。分别令 $\beta=0, 1, 2$, 他们用 MLE 方法估计了模型的参数。注意 $\beta=1$ 时, (1.5) 式为 CIR 模型; $\beta=2$ 时为对数正态模型。他们采用的估计数据有两组: 期限分别为 1 个月和 1 周的美国国债收益率月频数据。由这两组数据得出的结论基本相同: 不能拒绝漂移项参数 (A 和 B) 等于零; 扩散项中的参数值显著; 利率变化和利率水平正相关, 即利率具有水平效应; 通过比较似然函数值, 对数正态模型 ($\beta=2$) 是三个模型中的最佳模型。

马斯和罗森的结论实际上拒绝了 CIR 模型。遗憾的是, 他们未能找出使似然函数最大的 β 值。实际上, 当 β 值未定时, 转移密度函数没有解析形式, 就不能直接采用 MLE 方法了。

由于金融市场上期限趋近于零的利率 r_t 是观察不到的, 马斯和罗森 (1983) 用短期利率 (1 个月和 1 周) 数据近似替代了 r_t 来检验以 r_t 为唯一状态变量的单因子利率模型。这种方法称之为

① Marsh and Rosenfeld (1983) 中用 R 来表示瞬时利率 r_t 。

利率模型检验的直接法。由某些单因子利率模型可以导出利率衍生产品（主要是债券和债券期权）的价格公式，它是瞬时利率 r_t 和期限的函数，并且依赖于利率模型中的参数值，如瓦西塞克、CIR 模型。因此可以将债券和债券期权价格的面板数据结合它们必须满足的公式逆推得到未知参数的估计值。这种方法不需要直接应用 r_t 的数据，因此称为间接法。间接法的应用有布朗和弟韦格（1986）和皮尔逊和孙（1994），他们检验了 CIR 模型。间接法的优点在于没有近似替代 r_t 产生的误差。但是间接法的应用有很大的限制，只能检验存在利率衍生产品价格解析公式的模型。对于不满足这一条件的模型则不适用，而一般的利率模型是不能导出利率衍生产品的价格公式的，只能通过数值或模拟方法得到它们的价格。间接法还要求金融市场上交易的利率衍生产品种类齐全，期限结构完善，市场流动性强，价格形式机制合理。直接法成为其后大多数研究者采用的方式。

由于汉森（1982）提出的广义矩方法（GMM），使得研究者可以放松 MLE 中必须知道联合概率密度函数的假设，只要知道了足够多的矩条件（不少于未知参数的个数），也可以进行统计模型的参数估计和假设检验。GMM 很快就被应用到参数利率模型领域。为检验不同的参数模型对波动率的描述是否正确，陈，卡由里，龙士达夫和桑德斯（1992）研究了一个更一般的模型，很多其他的单因子利率模型都可以纳入这一模型的框架之下：

$$dr_t = (\alpha + \beta r_t) dt + \sigma r_t^\gamma dW_t \quad (1.6)$$

其中， α , β , σ , γ 为常数。在 $\beta = 0$, $\gamma = 0$ 时，这一模型即为默顿模型； $\gamma = 0$ 时，为 Vasicek 模型； $\gamma = 0.5$ 时，又为 CIR 模型。 $\beta \neq 0$ 时，(1.6) 式可以改写成我们熟悉的形式：

$$dr_t = -\beta(-\alpha/\beta - r_t) dt + \sigma r_t^\gamma dW_t$$

则 $-\beta$ 表示均值回复速率， $-\alpha/\beta$ 是利率的长期均值水平。

CKLS 首先用欧拉近似的方法将方程 (1.6) 式离散化，得到

四个矩条件,再使用广义矩方法(GMM)进行参数估计,使用的数据是美国1964年6月至1989年12月一个月到期国债收益率月度数据。CKLS的主要结论是:漂移项参数 β 值不显著,这说明利率的均值回复特征不明显,利率近似是一个随机游走过程; $\gamma = 1.5$,并显著大于零。CKLS拒绝了所有 $\gamma < 1$ 的模型,包括Vasicek、CIR模型。

陈,卡由里,龙士达夫和桑德斯(1992)中的欧拉离散产生的误差较大。汉森和欣克曼(1995)利用马尔可夫过程的瞬时生成算子构造了两类精确的矩条件,从而将GMM对随机微分方程的参数估计发挥到极致。这种方法不仅可以应用于单因子模型,还可以于多因子模型;不仅可以应用于扩散过程,还可以于带跳跃的过程。

埃特-萨哈利尔(1996a)在设定漂移项参数形式的前提下,使用非参数方法对利率过程进行了估计,发现扩散项具有很强的非线性。因为漂移项是参数形式的,没有采用非参数估计的方法,所以这一方法也称为半非参数估计。当然,研究者一直没有放弃对MLE应用于利率模型的追求。诺曼(1997)使用了一种更好的方法来估计CKLS模型。他首先也是将(1.6)式离散化,不过他的离散方法更为精确,然后再利用MLE进行参数估计和假设检验。诺曼(1997)同时估计了英国利率过程和陈、卡由里、龙士达夫和桑德斯(1992)中的美国利率过程。诺曼得出的结论是:英国利率的 β 值和英国一样,都不显著,从而均值回复效应也不明显,但值 γ 和美国有显著差别, $\gamma = 0.2898$,大大低于美国利率的值;在5%显著水平上,只能拒绝Merton模型,而不能拒绝Vasicek模型和CIR模型。

至此,研究者对单因子利率模型的讨论大多集中在扩散项,对扩散项的认识形成了比较一致的看法:扩散项是非线性的;对于美国利率来说,波动率函数 $\sigma(r_t; \Theta) = \sigma r_t^{1.5}$ 是比较精确的近似。而一般假设漂移项为 r_t 的线性函数,即 $\mu(r_t; \Theta) = \kappa(\theta - r_t)$ 。根据

统计检验的结果来看,均值回复系数 κ 不显著,这说明人们对漂移项的认识还比较含糊。后来,对 κ 值不显著出现了三种解释:漂移项应为非线性(安和高,1999)、利率具有跳跃性质(达斯,2002)和中央银行调整目标利率带来的冲击(舒伯格,2001)。以下将逐步作详细介绍。

对漂移项和扩散项的全面认识来自于埃特—萨哈利尔(1996b)。这得益于一种强大的计量方法——非参数估计的引入。

参数模型有先入为主的缺点,研究者假设漂移项和扩散项具有一定的参数形式总不能令人完全信服。它们实际上具有假设的参数形式吗?参数模型自身显然不能给出答案。为了克服这一缺点,更加真实地考察利率的运动变化,埃特—萨哈利尔(1996a,1996b)率先使用非参数估计方法对利率过程进行了研究。埃特—萨哈利尔(1996b)使用非参数方法估计了短期利率的边际密度函数,发现利率运动的漂移项与扩散项都呈现非线性的特征,通过统计检验,他拒绝了所有漂移项为线性的参数模型,包括上面的三个模型。他提出了一个新的更为复杂的模型能较好地拟合数据的特征,从而不能被假设检验所拒绝:

$$dr_t = \left(\frac{\alpha - 1}{r_t} + \alpha_0 + \alpha_1 r_t + \alpha_2 r_t^2 \right) dt + \sqrt{\beta_0 + \beta_1 r_t + \beta_2 r_t^2} dW_t \quad (1.7)$$

其中, $\alpha_{-1}, \alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ 为常数。

我们可以看到,这一模型把以上所有的参数模型都纳入自己的范围之内,是迄今为止最一般化的参数模型。斯坦通(1997)和姜(1998)扩展了Ait-Sahalia的非参数方法,利用观察数据同时估计了利率过程的漂移项和扩散项,进一步证实了Ait-Sahalia的结论。非参数方法克服了参数模型中参数形式可能与现实不符的缺点,漂移项和扩散项可以不受任何参数形式的限制而估计出来,另一优点是这一方法避免了参数模型估计中近似离散化所可能产生的误差。