

# 利率期限结构与宏观经济因素的动态相依性

## ——基于VAR模型的经验研究

刘金全,王勇,张鹤

(吉林大学数量经济研究中心,吉林长春130012)

**摘要:**利率期限结构的变化受到各种宏观经济冲击的影响,宏观经济冲击通过利率期限结构的变化影响到资产收益曲线。文章通过估计和检验结构VAR模型,发现货币冲击、供给冲击和价格冲击都对短期利率产生了持续显著的影响,而对长期利率则没有显著作用效果。宏观经济冲击只对收益曲线的截距参数具有显著影响,而对收益曲线的斜率参数和曲率参数的影响微弱。

**关键词:**利率期限结构;宏观经济冲击;VAR模型

**中图分类号:**F832 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-9952(2007)05-0126-09

### 一、引言

在金融研究中,利率期限结构的估计是资产定价、金融产品设计、保值和风险管理的基准,所以它一直是研究者讨论的热点问题。国外一些学者,例如Merton(1973)、Vasicek(1977)、Cox、Ingersoll和Ross(1985)、Stanton(1997)等提出了多种线性和非线性的利率期限结构模型,这些模型对揭示利率期限结构的动态特征具有重要意义。但是,这些模型主要从微观角度和结构角度出发研究利率期限结构的特征,而对于一些来自政策或者宏观因素的扰动所产生的作用则没有给出具体的经验分析。

近年来,许多国内学者也开始广泛关注我国的利率期限结构,并考虑和检验了一些因素对利率期限结构的影响,并获得了一些重要的经验结论。例如李和金等(2003)利用非参数的利率期限结构模型研究上海证券交易所国债回购利率,发现短期利率扩散过程的漂移函数和扩散函数都是非线性的,短期利率的概率分布不服从参数模型所假设的分布;洪永森和林海(2006)利用各

收稿日期:2007-03-14

基金项目:国家自然科学基金项目(70471016)、国家社会科学基金项目(05BJL019)和教育部分人文社会科学重点研究基地2005年度重大项目(05JJD790078)

作者简介:刘金全(1964—),男,黑龙江密山人,吉林大学数量经济研究中心教授,博士生导师;

王勇(1973—),男,吉林长春人,吉林大学数量经济学专业博士生;

张鹤(1980—),男,吉林长春人,吉林大学数量经济学专业博士生。

种短期利率模型(其中包括单因子扩散模型、GARCH 模型、Markov 区制转移模型以及跳跃—扩散模型)对上海证券交易所 7 天国债回购利率进行了实证分析和检验,发现非线性漂移对减少模型的设定误差大都是不可忽略的,但是它在减少模型误差、改善模型表现中所起的作用远远小于线性漂移;马晓兰、潘冠中(2006)在几个著名利率期限结构的基础上,提出了一个新的一般模型,发现它能反映出中国货币市场利率存在着显著的非线性的均值回复效应,也能反映出其波动性对利率水平非常敏感。刘金全、郑挺国(2006)通过利率期限结构中引入 Markov 区制转移过程,在具有状态相依的 CKLS 模型中描述了利率期限结构的非线性性质。同样,这些研究也没有注重描述和检验一些重要宏观经济因素对利率期限结构的影响。

显然,一些重要的宏观经济变量对金融市场运行和利率期限结构变化产生了重要影响,利率期限结构的变化如果受到经济周期波动的影响,则意味着宏观经济因素,例如经济政策、供给需求的波动等对利率期限结构产生了作用。为此,我们在含有利率期限结构的 VAR 模型中引入宏观经济变量,进而判断货币政策冲击和供给冲击等因素对利率期限结构的影响,这样就可以判断出利率期限结构的一些典型特征,以此作为了解和分析金融市场和经济周期波动的经验证据。

## 二、结构向量自回归模型(VAR 模型)及经济变量描述

为了描述和检验资产收益曲线的移动和它与经济周期中宏观经济变量的协动关系,我们需要归纳包含在收益曲线形状中的一些特征信息。按照 Evans 和 Marshall (1998)的方法,我们对收益率曲线进行二次逼近,对每个时期利率基于常数、成熟期、成熟期平方等进行回归,这样就可以获得收益曲线的截距、斜率和曲率的参数估计。

设  $R_{j,t}$  表示  $t$  时期第  $j$  种债券的收益率,期限长度为  $T$ ,则收益率曲线为:

$$R_{j,t} = \alpha_t + \beta_t T_j + \gamma_t T_j^2 + \epsilon_{jt} \quad (1)$$

其中,常数项  $\alpha_t$  表示收益率序列的初始水平,为没有时间成长性条件下该资产的收益能力;时间变量的回归系数  $\beta_t$  表示该资产随着时间变化获得的收益能力;时间二次项系数  $\gamma_t$  表示该资产收益率曲线的曲率,为该资产收益率上升、平滑和下降转折点出现的时间区域,也即该资产收益率上升的持续能力。对上述回归方程进行估计,我们可以得到不同时点上收益曲线截距、斜率和曲率的估计序列  $\{\hat{\alpha}_t\}$ 、 $\{\hat{\beta}_t\}$  和  $\{\hat{\gamma}_t\}$ ,这些序列都可以作为收益曲线和利率期限结构的特征,并考虑宏观经济因素对这些特征的影响。由于我们进行的回归估计仅仅涉及到给定时点的数据,因此我们获得的这些参数也是具有时间变化性质的。这些收益率曲线的特征参数也可以构成时间序列,并作为状态变量引入到 VAR 模型中。

我们在 VAR 模型中分析一些宏观经济冲击因素如何影响收益率曲线的特征参数,以此判断利率期限结构与宏观经济状态之间的相互关系。为此,我们选择一些代表性的宏观经济变量,例如选择工业产出的对数变量  $IP_t$  表示实际经济行为,选择广义货币供给的对数变量  $CPI_t$  表示名义经济行为,将这些变量作为选择消费品价格指数的对数变量表示价格变化行为,我们将在 VAR 模型中考虑这些变量的冲击对利率期限结构特征的影响。

我们可以构建下面的结构 VAR 模型:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ B & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_t \\ R_{t,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A(L) & 0(L) \\ C(L) & D(L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{t-1} \\ R_{t-1,t} \end{bmatrix} + \Sigma \begin{bmatrix} \epsilon_{R,t} \\ \epsilon_{Y,t} \end{bmatrix} \quad (2)$$

其中,随机向量  $Y_t = (MA_t, \alpha_t, \beta_t, \gamma_t)'$ ,  $MA_t$  分别表示工业产出、货币供给或价格水平,每次只选择其中一个变量进入 VAR 模型,以此表示实际经济或名义经济的运行状态。 $A(L)$  表示滞后算子多项式,  $0(L)$  是所有元素都为零的行向量。 $C(L)$  是算子多项式构成的列向量,  $D(L)$  是标量形式的算子多项式。 $R_{t,t}$  表示具有特定期限结构的利率变量,每次选择一种利率变量进入 VAR 模型。随机误差过程  $(\epsilon_{Y,t}, \epsilon_{R,t})'$  是独立同分布的结构冲击,假设其方差矩阵为单位矩阵,  $\Sigma$  是对角矩阵,表示不同随机误差之间不相关。

为了估计上述结构 VAR 模型,我们需要给定该模型的识别性条件,因此我们假设所有宏观经济变量和收益率曲线的结构参数相对于利率期限结构而言是“块外生”的,因此我们可以从中获得利率期限结构变量相对于宏观经济变量的冲击反应过程,进而获得利率期限结构与宏观经济条件之间的相依性的经验证据。模型估计和检验过程可以参见 Hamilton (1989)。

### 三、利率变量的数据描述与 VAR 模型估计

根据上述含有利率期限结构和宏观经济因素的结构 VAR 模型,可以进行利率期限结构、收益曲线特征和宏观经济条件之间的相关性分析与检验。

1. 数据描述和基本性质。本文选取我国银行间同业拆借市场 1 天、7 天、30 天、60 天、90 天和 120 天的 6 组月度加权平均利率数据,样本区间为 1996 年 1 月至 2006 年 3 月,样本个数为 123 个观察值。所有数据来自中经网 (<http://db.cei.gov.cn>) 宏观经济数据库,缺失值采用插值法进行补充。

图 1 给出了我国银行间同业拆借利率的时间序列图。从该图可以看出,我国银行间同业拆借利率在样本区间内呈逐步下降趋势,均从 1996 年初的 12% 左右下降到目前的 1.8% 左右;随着到期日时间变长,利率波动性变大,平滑度逐渐变弱。图 2 进一步给出了这些利率序列的一阶差分序列图。从图 2 还可以看出随着亚洲金融风暴发生之后,银行间同业拆借利率波动变大,特别是 1997 年 7 月到 2000 年初这段时间内的波动性最大。

在估计利率期限结构模型之前,我们先对所有序列进行平稳性分析,即单

位根检验,采取一般常用的 ADF 单位根检验方法。6 个序列的单位根检验结果由表 1 给出,粗体表示在 5%水平下拒绝存在单位根原假设。对于利率水平,我们发现在不含截距项和趋势项时,所有利率序列不存在单位根,而在含截距项或趋势项时,除 30d 期限利率外,所有其他期限利率都存在单位根。对于利率差分序列,我们发现所有期限利率均不存在单位根,即利差序列是平稳的。

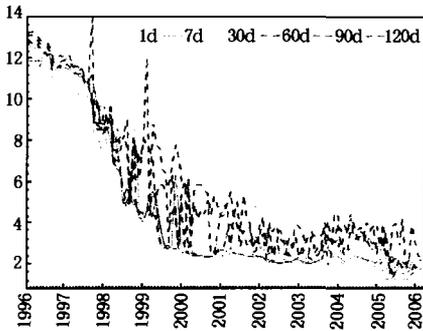


图 1 银行间同业拆借利率序列

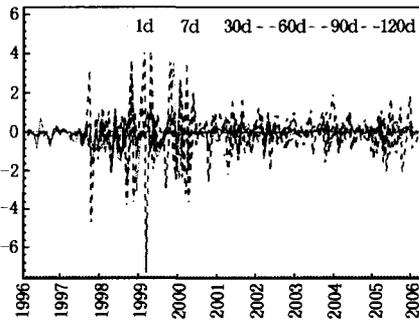


图 2 不同期限的利率差分序列

表 1 单位根检验

利率期限	利率序列			利差序列		
	ADF	ADF <sub>c</sub>	ADF <sub>t</sub>	ADF	ADF <sub>c</sub>	ADF <sub>t</sub>
1d	<b>-3.5027</b>	-2.3188	-1.1298	<b>-10.6259</b>	<b>-11.16123</b>	<b>-8.5133</b>
7d	<b>-4.0831</b>	-2.7604	-1.0850	<b>-6.5386</b>	<b>-12.2545</b>	<b>-12.9651</b>
30d	<b>-4.0646</b>	<b>-2.8809</b>	-1.2855	<b>-8.2354</b>	<b>-8.9322</b>	<b>-9.5155</b>
60d	<b>-2.6247</b>	-2.1296	-1.9162	<b>-18.2244</b>	<b>-18.4426</b>	<b>-8.7620</b>
90d	<b>-2.7494</b>	-2.0322	-1.9385	<b>-13.7582</b>	<b>-14.0583</b>	<b>-14.1528</b>
120d	<b>-2.5845</b>	-1.9093	-2.6189	<b>-17.7325</b>	<b>-17.8961</b>	<b>-9.7304</b>
5%临界值	-1.943	-2.877	-3.434	-1.943	-2.877	-3.434

注: ADF 表示不含截距和趋势项, ADF<sub>c</sub> 表示只含截距, ADF<sub>t</sub> 表示含截距和趋势项。

类似地,我们也对工业产出对数序列、货币供给对数序列和消费者价格指数对数序列等进行了单位根检验,发现这些指数均服从 1 阶单整过程,因此可以和上述不同期限结构的利率变量一起纳入 VAR 模型中进行估计和检验。

2. 收益曲线估计及曲线几何特征。本文选取我国银行间同业拆借市场 1 天、7 天、30 天、60 天、90 天和 120 天的 6 组月度加权平均利率数。图 3 至图 5 给出了这些收益曲线的特征估计轨迹。从图 3 可以看出,初始收益率参数出现了快速下滑并开始平缓的趋势,而收益率曲线的斜率和曲率参数则体现出不规则震荡的现象,这意味着收益率曲线的斜率和曲率与利率的期限结构没有显著关联。

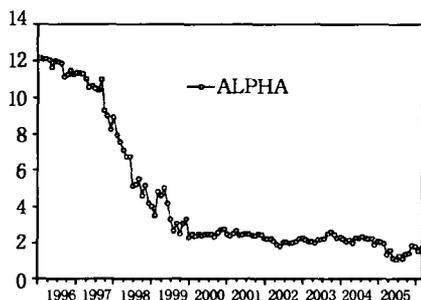


图3 收益曲线截距参数的时间序列轨迹

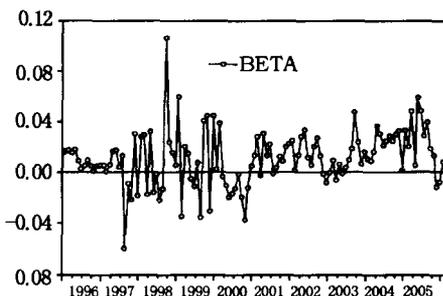


图4 收益曲线斜率参数的时间序列轨迹

我们选取滞后6阶(半年期限)对上述结构VAR模型进行估计,并获得了宏观经济变量对货币冲击和实际产出冲击的冲击反应曲线,贝叶斯蒙特卡罗方法用于计算95%的置信区间,冲击反应函数和置信区间都是利用与非随机稳态偏离百分比度量。为了简化和对比,仅给出了1天和120天期限的利率和收益曲线截距参数相对于货币冲击、供给冲击和价格冲击的反应情形。图6至图11给出了冲击反应曲线的动态路径。

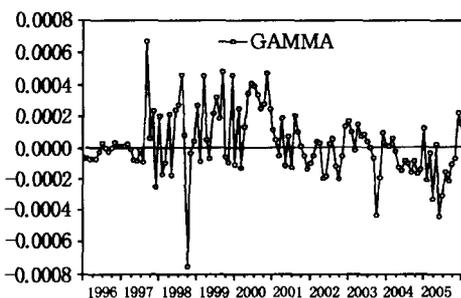


图5 收益曲线曲率参数的时间序列轨迹

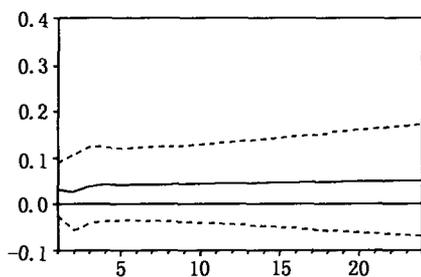


图6(1) 1d收益曲线截距参数相对于货币冲击的反应曲线

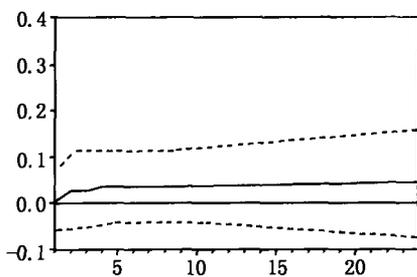


图6(2) 1d利率相对于货币冲击的反应曲线

从图6(2)、图7(2)和图8(2)中可以看出,一个标准差的扩张货币冲击、供给冲击和价格冲击也导致了1天拆借利率的显著变化。其中货币冲击和价格冲击发生后,1天拆借利率马上出现了正向反应,货币供给扩张和通货膨胀都导致了1天拆借利率的持续上升;有所差异的是,1天拆借利率对供给冲击的反应具有大约半年以上的滞后,然后才逐渐呈现出一定的正向反应,随着实际产出的提高,1天拆借利率开始出现了持续上升。

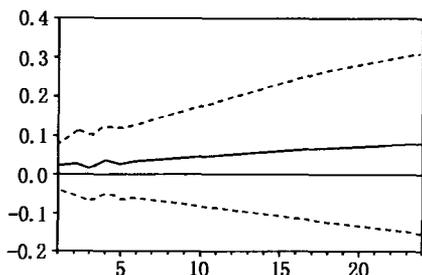


图 7(1) 1d 收益曲线截距参数相对于供给冲击的反应曲线

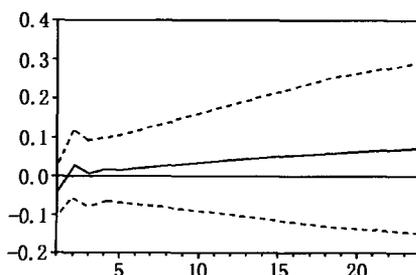


图 7(2) 1d 利率相对于供给冲击的反应曲线

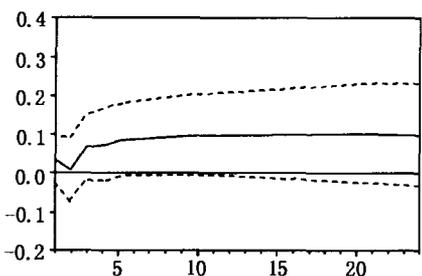


图 8(1) 1d 收益曲线截距参数相对于价格冲击的反应曲线

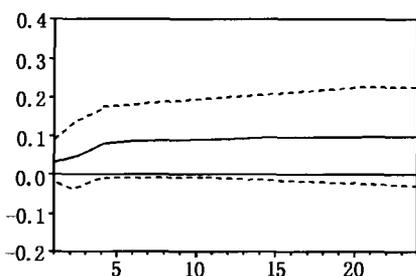


图 8(2) 1d 利率相对于价格冲击的反应曲线

为了考虑更长期限结构的情形,我们对 120 天贴现利率对宏观经济冲击的动态反应进行了分析。图 9(1)、图 10(1)和图 11(1)分别给出了一个标准差的扩张货币冲击、供给冲击和价格冲击对收益率曲线截距参数的正向反应过程。从这些图中可以看出,在 VAR 模型中,无论贴现利率的期限结构如何,它们对收益率曲线的截距参数的动态影响是基本类似的,正向宏观经济冲击的出现,均导致了收益曲线向上移动,截距参数出现缓慢持续的增加,从而形成该参数变化过程中的趋势成分。由于收益曲线描述了利率与期限结构之间的关系,因此选择利率的期限结构自然应该具有对宏观经济冲击反应的一致性,这些经验证据与收益曲线的性质是相符的。

与 1 天贴现利率的短期结构相比,具有更长期限结构的 120 天贴现利率对宏观经济冲击的反应则明显减弱。从图 9(2)、图 10(2)和图 11(2)可以看出,120 天贴现利率对货币冲击、供给冲击和价格冲击的反应比较微弱,并且没有显著的持续性。这种经验证据也与利率期限结构的属性相符,短期结构利率具有调整的灵活性,长期结构利率具有调整的稳健性。宏观经济冲击的出现,首先对短期结构的利率产生了显著影响,但如果冲击只是暂时的,那么利率预期将没有改变,因此这些冲击对长期结构的利率就没有显著影响。

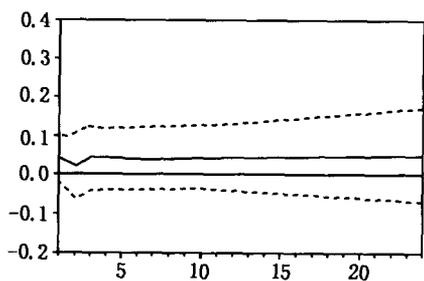


图 9(1) 120d 收益曲线截距参数相对于货币冲击的反应曲线

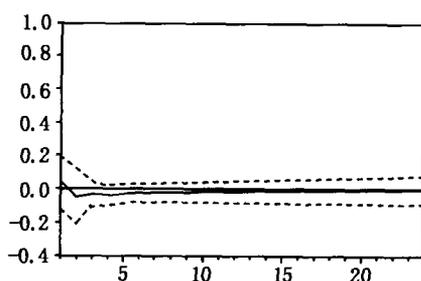


图 9(2) 120d 利率相对于货币冲击的反应曲线

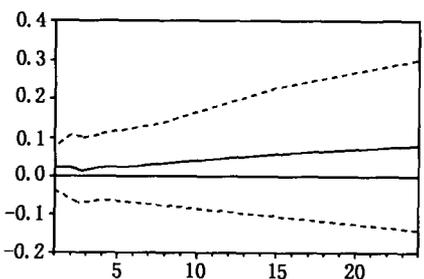


图 10(1) 120d 收益曲线截距参数相对于供给冲击的反应曲线

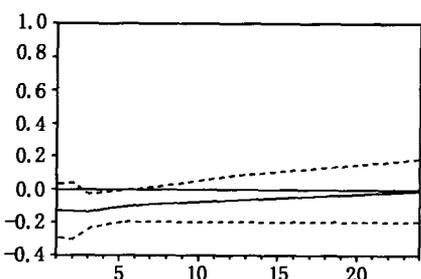


图 10(2) 120d 利率相对于供给冲击的反应曲线

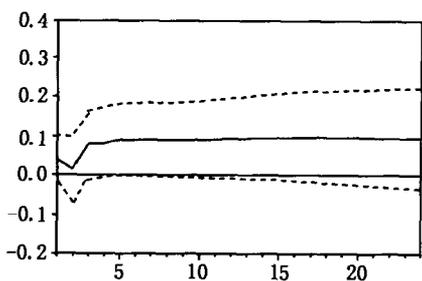


图 11(1) 120d 收益曲线截距参数相对于价格冲击的反应曲线

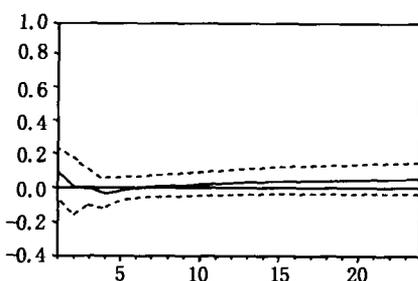


图 11(2) 120d 利率相对于价格冲击的反应曲线

#### 四、利率期限结构与宏观经济冲击相互关系检验的主要结论

通过在结构 VAR 模型中引入宏观经济变量、收益曲线特征和利率期限结构,我们描述和检验了收益曲线特征和利率期限结构相对于货币冲击、供给冲击和价格冲击的动态反应过程,获得了一些主要经验结论:(1)选取不同期限结构的银行同业拆借利率作为利率指标,在 VAR 模型的冲击反应分析中发现,无论是正向的货币冲击、供给冲击,还是价格冲击,都对短期拆借利率产生了显著持续的正向影响。无论是暂时的货币供给提高、产出扩张,还是暂时

的价格水平膨胀,都会在短期内导致短期拆借利率的上升,这说明短期拆借利率作为货币市场工具有对宏观经济条件变化反应的灵敏性和有效性。(2)选择1天同业拆借利率和120天同业拆借利率作为短期和长期期限结构的利率指标,在检验过程中发现,宏观经济冲击对不同期限结构的利率变量具有不同的冲击作用效果。货币冲击、供给冲击和价格冲击对1天拆借利率都具有显著和持续影响,而对120天拆借利率则没有体现出显著和持续的影响,这意味着随着利率期限结构的延长,利率对暂时宏观经济冲击的反应表现出一定程度的稳健性。(3)利用不同期限结构的利率变量,估计出了收益曲线。在VAR模型中,我们还描述和检验了宏观经济冲击对收益曲线特征的动态影响。检验发现,宏观经济冲击只对收益曲线的截距参数产生了显著和持续影响,而对收益曲线的斜率参数和曲率参数没有影响,这说明宏观经济冲击只影响到利率期限结构变化中的趋势成分,而对利率期限结构的波动性没有显著影响。于是,宏观经济政策还无法实施有效的利率风险管理,还需要采取其他金融工具对利率的时变波动性进行有效的调控和干预。

利率期限结构、收益曲线特征和宏观经济冲击之间存在着相互作用和影响关系,我们所获得的经验证据为选择利率风险管理工具和判断宏观经济调控对市场利率影响提供了参照依据。但是,我们所获得的经验证据只是些“零散事实”,尚需要对多种利率数据和收益曲线特征进行更为宽泛的描述和检验,以便增加这些经验发现的稳健性,进而获得重要的“典型化事实”。

#### 参考文献:

- [1]洪永森,林海. 中国市场利率动态研究——基于短期国债回购利率的实证分析[J]. 经济学季刊,2006,(1):511~532.
- [2]李和金,郑兴山,李湛. 非参数利率期限结构模型的实证检验[J]. 上海交通大学学报,2003,(4):607~609.
- [3]刘金全,郑挺国. 利率期限结构的马尔可夫区制转移模型与实证分析[J]. 经济研究,2006,(11):82~91.
- [4]马晓兰,潘冠中. 单因子利率期限结构模型的广义矩估计及对中国货币市场的实证检验[J]. 数量经济技术经济研究,2006,(1):107~116.
- [5]Cox J C, Ingersoll J, Ross S A. A theory of the term structure of interest rates[J]. *Econometrica*,1985,53(2):385~407.
- [6]Hamilton J D. *Time series analysis*[M]. Princeton: Princeton University Press,1994.
- [7]Merton R C. The theory of rational option pricing[J]. *Bell Journal of Economics*,1973,4(1):141~183.
- [8]Stanton R. A nonparametric model of term structure dynamics and the market price of interest rate risk[J]. *Journal of Finance*,1997,52(5):1973~2002.

(下转第143页)

## Empirical Research on Dynamic Transmission between the Price of Convertible Bond and That of Its Underlying Stock

——Based on Co-integration and Non-symmetric ECM Model

WU Qian

(School of Economics, Shanghai University of Finance & Economics, Shanghai 200433, China)

**Abstract:** By using the method of co-integration and Asymmetric Error Correction Model, this article makes an empirical research on the dynamical transmission relation between convertible bond and its underlying stock. We find that there is long-run equilibrium co-integration relation between convertible bond and its underlying stock, and the underlying stock leads ahead in price, and some of the convertible bonds have asymmetric transmission with their underlying stocks. While some other convertible bonds have no co-integration with underlying stocks. The article explores the deep reasons for these different phenomena.

**Key words:** convertible bonds; co-integration; Error correction model (ECM); Asymmetric Error correction model (责任编辑 喜 变)

(上接第 133 页)

## Dynamic Dependence of Term Structure of Interest Rates and Macroeconomic Factors: Empirical Studies Based on VAR Models

LIU Jin-quan, WANG Yong, ZHANG He

(Quantitative Research Center of Economics, Jilin University, Jilin 130021, China)

**Abstract:** The term structure of interest rates has been influenced by macroeconomic shocks. Macroeconomic shocks also have affected the yield curve through the term structure of interest rates. By estimating and testing the structural VAR model, we find that the monetary shock, supply shock and price shock have significant and persistent effects on the short term interest rates, but have no significant effects on long term interest rates. At the same time, macroeconomic shocks have a more persistent effect on the level of the yield curve, but have little effect on the slope and curvature of the yield curve.

**Key words:** term structure of interest rates; macroeconomic shocks; VAR models (责任编辑 喜 变)