

# 基于GARCH模型对人民币汇率波动的实证研究

翟爱梅

(中山大学国际商学院, 广东 广州 510275)

**摘 要:** 本文建立了人民币汇率波动的GARCH族模型, 实证检验了汇率制度改革以来人民币汇率波动的特征。结果显示, 2005年7月21日至今, 人民币的汇率收益具有显著的左厚尾特征; 汇率的波动并不服从正态分布, 具有集聚性; 并且人民币的波动具有记忆性, 随时间变化不会衰减; 通过TGARCH模型的实证结果显示, 人民币的汇率波动存在一定的杠杆效应, 人民币汇率还不具备浮动汇率的特征。根据分析, 本文认为杠杆效应的存在源自于汇率升值的单向预期, 给出以下建议: 通过有节奏的汇率市场化改革, 以及改善国际收支双顺差, 减少对升值的单向预期; 央行对汇率的波动适当控制; 培育人民币汇率衍生市场, 增加进出口贸易企业规避汇率风险的金融产品; 增加对附加值高的出口企业非汇率贸易政策支持。

**关键词:** 人民币汇率; GARCH模型; 非对称效应

**中图分类号:** F222.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-292X(2010)02-0020-04

## 一、引言

自2005年7月21日起, 我国开始实行以市场供求为基础、参考一篮子货币进行调节、有管理的浮动汇率制度, 汇率市场化程度明显增强, 波动更具弹性。汇率是开放经济运行中居于核心地位的变量之一, 各种宏观经济变量及微观因素都会通过各种途径引起它的变动, 而它的变动又会对其他的经济变量带来重要的影响。我们国家的经济增长是贸易依赖性增长, 汇率的波动会对我国的国际贸易产生重大的影响, 从而影响经济发展水平。另外, 汇率会对国外的投资与资本流动产生重要影响, 而投资是经济增长的一部分, 资本的流动甚至会引发金融危机。因此, 对于汇率波动的研究具有重要的意义, 对于汇率的预测能使国际贸易有效地回避汇率风险。本文通过对人民币汇率波动特征进行研究, 以期对汇率的预测有所帮助。

随着Engle(1982)开创性地提出了条件异方差自回归方程(ARCH)概念, Bollerslev(1986)对其进行了直接扩展形成广义条件异方差自回归(GARCH)模型。之后众多学者开始对金融领域里的时间序列存在条件异方差进行检验, 大多较好地描述了金融资产价格波动的特征, 如波动的丛聚性和分布的“尖峰厚尾”等。在随后的研究中, 学者们根据金融时间序列的特征, 又进一步提出了ARCH-M(Engle et al., 1987), EGARCH(Nelson, 1991), Threshold ARCH (TARCH Zakoian, 1990), Power ARCH (PARCH Higgins and Bear, 1992), 多元 GARCH (Multivariable GARCH Engle and Kroner, 1995)等模型。有名的当属关于非对称效应的EGARCH和TGARCH模型, 验证了“负面消息”对价

格的波动比“正面消息”影响大, 股票市场上被称为“杠杆效应”。国外在应用GARCH在汇率市场上也有很多研究, Aguilar, Nydahl使用GARCH模型来对汇率的波动性进行建模, Brooks和Simon按照一定的标准选用特定的GARCH模型来预测美元汇率的收益波动情况, 等等。台湾学者邱建良等通过对亚洲外汇市场行为的研究, 得出汇市上亦存在不对称效应, 表现在贬值带来的影响超过升值带来的影响, 另外McKenzie对汇市不对称效应存在的原因进行了解释。

国内对于GARCH模型的应用仍主要集中在对证券市场关于股票价格的实证研究上。由于我国长期实施的是事实上的固定汇率制度, 汇率的研究集中在均衡汇率的决定以及汇率变动对经济的影响效果上, 而关于汇率波动特征的研究还很少。本文力图应用ARCH族实证分析汇率的波动特征, 主要应用GARCH模型进行相应的实证检验, 然后利用EGARCH和TGARCH模型验证负面效应大于正面冲击的非对称效应的存在。

## 二、理论模型介绍

### 1. ARCH模型

ARCH模型的主要思想为扰动项 $\varepsilon_t$ 的条件方差依赖于它的前期值的大小, 通过对序列的均值和方差同时建模。设 $y_t$ 为因变量,  $x_t$ 为解释变量, 在 $t$ 时刻可获得的信息集为 $\Omega_{t-1}$ 的条件下, 误差项 $\varepsilon_t$ 以0为期望值,  $h_t$ 为条件方差的正态分布。以ARCH(p)为例, 均值方程为:

$$y_t = X_t \beta + \varepsilon_t \quad (1)$$

随机干扰项的平方 $\varepsilon_t^2$ 服从AR(p)过程, 可用下面方程表示:

收稿日期: 2009-10-12

基金项目: 广东高校优秀青年创新人才培养计划项目; 中山大学2008年度人文社会科学青年研究基金项目。

作者简介: 翟爱梅(1979-), 女, 山东郓城人, 博士, 主要从事数量经济研究。

$$\varepsilon_t = \sqrt{h_t} \cdot v_t \quad (2)$$

$$h_t = a_0 + \sum_{i=1}^p a_i \varepsilon_{t-i}^2 \quad (3)$$

其中,  $v_t$  独立分布,  $E(v_t)=0$ ,  $D(v_t)=1$ ;  $a_0>0$ ,  $a_i \geq 0$  ( $i=1, 2, \dots, q$ ), 且  $a_0+a_1+\dots+a_q<1$ , 则称误差项  $\varepsilon_t$  服从  $q$  阶的 ARCH 过程, 记作  $\varepsilon_t \sim \text{ARCH}(q)$  过程。ARCH( $q$ ) 模型表明过去的波动对市场未来的波动有着正向而减缓的影响, 因此波动会持续, 从而模拟了市场波动的集群性现象。

## 2. GARCH模型

为了更好地描述波动的持续性, 方程(3)中往往加入较多的滞后阶数, ARCH模型应用存在局限性, GARCH模型通过考虑在条件方差方程里加入条件方差的滞后项就得到了ARCH模型的拓展, 也就是将(3)式换为:

$$h_t = a_0 + \sum_{i=1}^q a_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j h_{t-j} \quad (4)$$

则称序列服从 GARCH( $p, q$ ) 过程。式(4)中,  $h_t$  可以理解为过去所有残差的正加权平均, 这与波动的集聚效应相符合, 即: 大的变化倾向于有更大的变化, 小的变化倾向于有更小的变化。

## 3. TGARCH模型

对金融资产的价格研究发现, 价格下跌和上涨的幅度相同时, 往往收益率的下降伴随着剧烈的波动, 为解释这一现象, Zakoian(1990)提出了TARCH(Threshold ARCH)模型来分析金融资产的这种特征, 它具有如下形式的条件方差:

$$h_t = a_0 + \sum_{i=1}^q a_i \varepsilon_{t-i}^2 + \varphi \varepsilon_{t-1}^2 d_{t-1} + \sum_{j=1}^p \beta_j h_{t-j} \quad (5)$$

其中  $d_t$  为虚拟变量, 当  $\varepsilon_t > 0$  时,  $d_t$  为 0, 否则为 1。因此汇率升值冲击时( $\varepsilon_t < 0$ )和贬值时( $\varepsilon_t > 0$ )对条件方差的作用效果不同。上涨时  $\varphi \varepsilon_{t-1}^2 d_{t-1} = 0$ , 其影响系数  $\sum_{i=1}^q a_i$  代表, 下跌时为  $\sum_{i=1}^q a_i + \varphi$ 。若  $\varphi \neq 0$ , 则说明信息是非对称的。而  $\varphi > 0$  时, 认为存在杠杆效应。

## 三、样本数据及特征

本文通过选取2005年7月21日至2009年4月7日区间中每个交易日的人民币/美元汇率中间价的日高频数据, 共871个观测值。数据来自CCER色诺芬数据库, 缺省数据来自中国人民银行网站(www.pbc.gov.cn)。本文采用STATA及EXCEL2007作为数据分析软件。

人民币汇率自2005年7月21日进行了浮动方向改革, 人民币汇率不再盯住美元的固定汇率, 而开始了每天允许一定幅度的浮动, 如图1所示。在人民币升值的压力下, 人民币开始了升值的趋势, 而且直到2008年中期金融危机爆发前升值的幅度

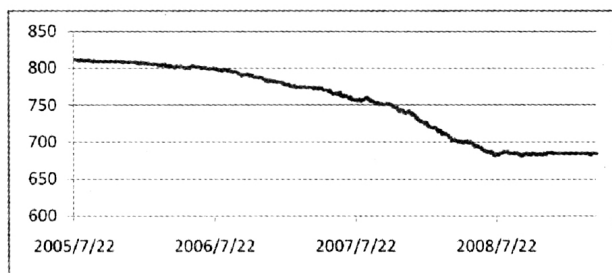


图1 2005年7月21日-2009年4月7日人民币汇率变化图

越来越大, 经济危机的爆发减缓了人民币升值的步伐, 甚至有微小的贬值, 直观来看人民币呈现出波动幅度大小存在不同的区间: 汇改至2006年中期人民币波动幅度较小; 2006年中期至2008年中期人民币波动幅度较大, 升值速度加快; 自2008年中期金融危机以来人民币波动幅度较小。汇率波动表现出了一定的积聚性。

本文为了进行实证分析, 将人民币汇率序列进行相应的处理, 使其变成比较平稳的收益性序列, 具体变化公式如下:

$$r_t = \log(e_t) - \log(e_{t-1}) \quad (6)$$

其中,  $r_t$  就是所得到的日汇率收益序列,  $e_t$  为  $t$  期的美元对人民币的汇率值。绘制  $r_t$  的序列图(图2)及直方图(图3)。

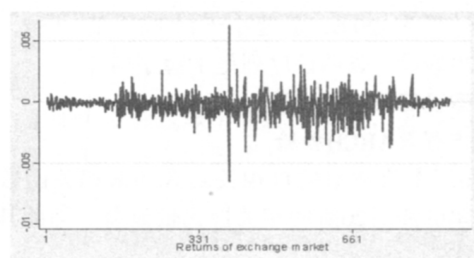


图2  $r_t$  的序列图

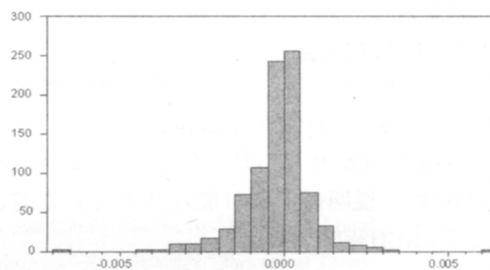


图3  $r_t$  的直方图

图4和图5进一步绘制了人民币汇率收益的核密度函数图和Q-Q Normal图。结合直方图, 可以看出相对于正态分布,  $r_t$  的分布具有明显的“尖峰厚尾”的特征。

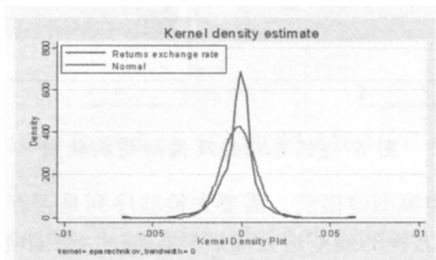


图4  $r_t$  的核密度函数图

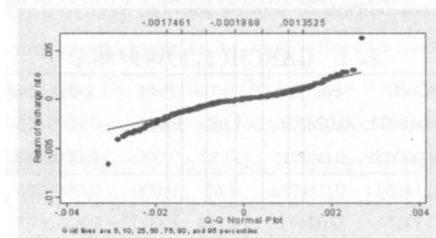


图5  $r_t$  的Q-Q Normal图

图2表示汇率的日收益率，日收益率的波动表现出时变形、突发性和集聚性特征，统计得到其均值为-0.000197，偏度为-0.463772，峰度为9.110992。均值和偏度为负说明样本分布呈左偏态，左偏主要是由于人民币一直面临升值的压力，表现在人民币汇率自改革以来就是走下降的路线，现在已到达6.83附近。而峰度明显高于正态分布的峰度3，因此再次证明具有明显的“尖峰厚尾”现象。Jarque-Bera值为1384.916，显著拒绝正态分布的假设。

对收益率进行Augmented Dickey-Fuller (ADF检验)，假定收益率在0上下波动，因此计算其ADF统计量时假定回归方程中不含常数项和时间趋势项。根据SIC准则选取滞后阶数，计算得到的ADF统计量为-29.6，显著小于1%临界值-2.57，故拒绝存在单位根的零假设，表明该序列是平稳序列。

#### 四、模型设定及实证检验

##### 1. 均值方程及ARCH检验

通过图6汇率收益率的自相关函数和偏相关函数，我们发现，日收益率的滞后20阶的相关性比较显著。因此其均值方程采用如下公式：

$$r_t = c + a_1 r_{t-20} + \varepsilon_t \quad (7)$$

OLS回归结果为：

$$r_t = -0.00019 + 0.05172 r_{t-20} \quad (0.000) \quad (0.1317) \quad (\text{括号内为P值})$$

$$F = 2.2767 \quad \text{Prob} > F = 0.1317 \quad R\text{-squared} = 0.0015$$

方程的OLS拟合的效果并不是很好，通过观察残差图可以看出波动成群现象，说明误差项可能存在条件异方差，初步验证得出可以应用ARCH族模型检验。

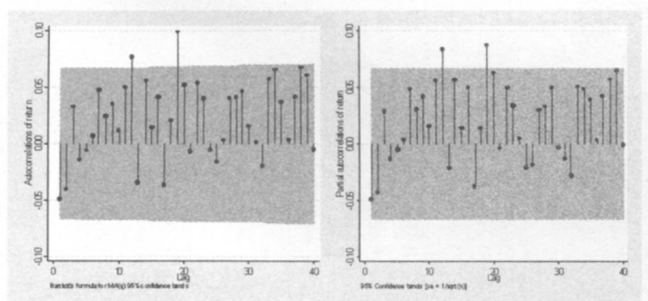


图 6  $r_t$  的自相关及偏相关函数图

ARCH类模型建模前，需要先检验序列是否存在条件异方差。对回归方程的残差进行滞后1-20期的ARCH-LM检验，均得到F统计量的P值为0.0000，因此拒绝原假设，即存在显著的ARCH效应，可以进行基于ARCH基础上的相关实证检验。

表 1 GARCH(1,1)回归结果

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
$r_{t-20}$	0.048022	0.028556	1.68	0.093	-0.0079458	0.1039896
_cons	-0.000059	0.000015	-3.82	0.000	-0.0000888	-0.0000285
ARCH(1)	0.148511	0.031932	4.65	0.000	0.0859255	0.2110958
GARCH(1)	0.87156	0.021712	40.14	0.000	0.8290065	0.9141154
_cons	2.10e-09	1.61e-09	1.31	0.192	-1.05e-09	5.24e-09

Distribution: t Log likelihood = 4938.039 Wald chi2(1) = 2.83 Prob>chi2 = 0.93

##### 2. GARCH(1,1)模型及检验

根据上文的ARCH检验，本文建立GARCH(1,1)模型，即均值方程为(7)式，条件方差方程为：

$$h_t = w + \alpha \cdot \varepsilon_{t-1}^2 + \beta h_{t-1} \quad (8)$$

对其参数估计的结果如表1所示。

回归结果可以表示为：

$$r_t = -0.0000587 + 0.0480219 r_{t-20} + \varepsilon_t$$

$$h_t = 2.10e-9 + 0.1485106 \cdot \varepsilon_{t-1}^2 + 0.871561 h_{t-1}$$

由数据可知参数估计系数是显著的，说明GARCH(1,1)模型能够较好的拟合数据，汇率的波动具有集聚性。方差方程中的 $\alpha$ 反映冲击对波动的影响， $\beta$ 反映了系统的长期记忆性， $\alpha + \beta$ 反映波动的持续性。结果中 $\alpha$ 大于零反映外部冲击会加剧汇率的波动，同时 $\beta$ 小于1，表示汇率波动具有一定的记忆性，即汇率波动具有一定的持续性。但是 $\alpha + \beta$ 大于1，没有满足参数的约束条件，表明在过去的波动和外界的冲击下，汇率会出现一定大幅度波动，需要有较长时间的调整。人民币汇率自汇改以来，波动幅度逐渐变大，而且大幅度的波动一直持续2年之久，而自金融危机爆发之后汇率波动幅度收窄，直到近期人民币升值压力加大，汇率仍与危机发生前水平持平。

将(9)式的残差标准化为 $z_t = \varepsilon_t / \sqrt{h_t}$ ，统计 $z_t$ 的Ljung-Box统计量为 $Q(10) = 2.93(0.9830)$ ， $Q(20) = 11.489(0.9326)$ ； $z_t^2$  Ljung-Box统计量为 $Q(10) = 1.6365(0.9984)$ ， $Q(20) = 2.7008(1.000)$ ，括号内为p值。这表明标准化残差没有显著的序列相关性，因此均值方程和方差方程还是比较合理的，此模型有一定的解释价值。

##### 3. 非对称效应的检验

为了检验杠杆效应的存在，本文采取TARCH(1,1)模型进行检验，均值方程为(7)式，条件方差方程为：

$$h_t = w + \alpha \cdot \varepsilon_{t-1}^2 + \varphi \varepsilon_{t-1}^2 d_{t-1} + \beta \cdot h_{t-1} \quad (9)$$

回归的结果见下表：

表 2 TARCH(1,1)模型回归结果

	Coef.	Std. Err.	z	P> z
$r_{t-20}$	0.13150	0.022292	1.39	0.164
_cons	-7.20E-05	1.82E-05	-4.03	0.000
Variance Equation				
ARCH(1)	0.000591	0.011582	0.051	0.9593
TARCH(1)	0.091242	0.018100	5.041	0.0000
GARCH(1)	0.949659	0.004132	229.83	0.000
_cons	1.43E-09	5.60E-10	2.56	0.0104

Distribution: t Log likelihood = 4874.816 Wald chi2(1) = 1.94 P = 0.1635

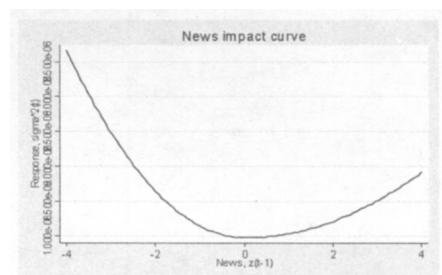


图 7 人民币汇率波动信息冲击曲线



分析上述结果我们发现  $\varphi$  项为正, 并且在1%水平下显著, 即存在明显的杠杆效应, 符合我们的理解, 即人民币的升值( $\varepsilon_t < 0$ )带来的冲击大于贬值带来的冲击。通过图7的信息冲击曲线也可以看出, 负面的冲击(人民币升值)对人民币汇率波动影响较大。

## 五、结论

### 1. 人民币汇率波动的集群性特征, 波动具有持续性

虽然人民币还没有完全市场化, 但是通过GARCH及相关模型的检验得出了收益率序列同样具有显著的“尖峰厚尾”的特点, 尤其是左厚尾的特点, 还有具有波动的集群性的特征。上面两个检验都得出 $\alpha + \beta$ 大于1, 说明我国持续面临的人民币升值压力, 波动会一直持续下去。表现在人民币汇率自汇改以来是处于升值的轨道过程中。从人民币的收益率序列看到波动的幅度越来越大。金融危机发生之后我国减缓了汇率升值的步伐, 波动也出现持续性地小幅震荡。作者认为除非我国解决了贸易顺差的问题, 人民币重新进入升值渠道, 才会有持续性更大幅度的升值。

### 2. 汇率的波动存在杠杆效应

TARCH模型得出人民币升值会带来更大波动的结论, 主要是由于人民币升值带来持续的升值预期, 因此升值会导致更大的浮动, 另外我国存在严重的外汇市场干预及汇率的波动有浮动幅度的限制, 使得人民币汇率波动杠杆效应较小。当人民币进行贬值, 由于政治压力、顺差压力, 使得汇率得贬值时幅度往往较小。金融危机的发生, 使人民币在08年下半年有段时间出现贬值, 但幅度较小, 没有导致更多的贬值预期, 因此贬值没有带来人民币更大幅度的波动, 更多的是保持了人民币汇率的稳定以减缓金融危机对经济的影响。

### 3. 政策建议

本文得结论与曹红辉, 王琛(2008)的对境外人民币无本金交割远期汇率(CNYNDF)研究结论类似, 远期汇率反映了人民币汇率的市场价值市场, 他们发现市场对人民币升值和贬值存在不同程度的反应, 存在着升值带来更大浮动的杠杆效应。再根据国外关于浮动的汇率杠杆效应的研究得出的结论, 本文预

计人民币汇率市场化将同样会产生明显的杠杆效应, 因此升值会带来更大波动, 加之波动的持续性, 会造成更大幅度的升值。本文的政策建议包括:

第一, 人民币国际化进程中, 汇率市场化是趋势, 国际收支双顺差的存在是人民币升值预期的根源, 因此应鼓励进口设备和高端技术, 加强我国资本“走出去”战略, 以减少人民币汇率升值的稳定预期, 从而缓和杠杆效应对升值的影响。

第二, 汇率变动的市场化进程中, 央行应控制汇率变动的节奏。由于人民币汇率波动的集群性特征, 汇率过度的波动, 出口企业面临的汇率风险将会增加, 相关的订单成本将会上升, 尤其是大幅度的汇率升值, 对身陷金融危机的出口企业将会造成极大的打击, 出口规模减少, 不利于中国乃至世界经济的复苏。

第三, 加强汇率衍生市场的建设。汇率的市场化, 必然导致汇率风险加大, 为规避市场风险, 汇率衍生品市场的建立是有必要的。企业可以通过该市场规避风险, 更多的金融产品有利于缓解过多的流动资金对股市和房市投机冲击, 对于我国金融市场的完善也具有推动作用。

第四, 汇率波动程度的提高, 应根据产业调整的策略对不同的行业加强在出口退税等其他贸易政策的支持, 减轻过快升值对企业的影响, 增加对附加值较高的行业的支持。

## 【参考文献】

- [1] [美]Torben G. A. ,Tim Bollerslev ,Francis X. D. ,Paul Labys. The Distribution of Realized Exchange Rate Volatility[J]. Journal of American Statistical Association. 2001 ,96(453):42-55.
- [2] [美]Javiera Aguilar Stefan Nydahl. Central bank intervention and exchange rates: the case of Sweden[J]. Journal of International Financial Markets , Institutions and Money. 2000 ,10(3):303-322.
- [3] 占超 潘宣辰. 基于GARCH模型的认购权证与认沽权证波动率比较研究[J]. 技术经济与管理研究 ,2008(3) :92-95.
- [4] [美]Michael McKenzie. The economics of exchange rate volatility asymmetry[J]. International Journal of finance and economics.2002(7):247-260.

## The Empirical Research of RMB Exchange Rate Volatility Based on GARCH Model

ZHAI Ai-mei

(International Business School, Sun Yat-Sen University, Guangzhou Guangdong 510275, China)

**Abstract:** This paper establishes the model of GARCH to test the characteristics of the daily data on RMB exchange rate return. The result shows left biased fat tail and clustering in return of RMB since July 21th of 2005, that is to say not submit to normal distribution. And the volatility memory would be last for long time. The TGARCH results show that to some extent there is leverage effect to exchange rate, so RMB does not have the characteristics of the floating exchange rate. According to the analysis, the leverage effect comes from expectations for further RMB appreciation, so I give the suggestions: reform the exchange-rate system step-by-step and decrease balance of payment surplus to reduce one-way expectations of RMB exchange rate; proper controls of exchange rate fluctuation; set up the exchange derivatives markets to increase financial products for trade companies to avoid exchange risk; government supports the high valued-added companies with other trade policies.

**Key words:** RMB exchange rate; GARCH model; leverage effect