

央行行为、人民币汇率与波动性特征

——基于高频数据的证据

杨璐 陈梦龙

(中南财经政法大学, 湖北 武汉 430073)

摘要: 本文以“8.11 汇改”之后的人民币外汇市场 1 分钟高频数据为样本, 运用加入 realized variance 和 realized kernel 的 realized GARCH 模型分析 CNY 和 CNH 市场波动特征, 同时分析央行行为对 CNH 市场的影响。通过对“收盘价-收盘价”、“开盘价-收盘价”、“开盘价-开盘价”、“收盘价-开盘价”收益率波动性的分析, 本文发现即使 CNH 与 CNY 收盘价相似, 但是 CNH 市场的波动幅度远比 CNY 市场的波动幅度大。此外, CNY 市场表现出比 CNH 市场更强的信息不对称性, 由于央行隐性行为过多导致其市场有效性欠佳。最后, 本文通过分析央行公开市场操作对汇率市场的影响并发现央行出台较低金额和较短期限的逆回购政策可对汇率市场产生较大影响, “8.11 汇改”之后的央行行为仍然对离岸汇率市场产生着作用。

关键词: 央行行为; 人民币汇率在岸市场; 人民币汇率离岸市场

JEL 分类号: C32; F31; G18

Central bank's behavior, RMB exchange rate and volatility:

Evidence from the High Frequency Data

YANG Lu CHEN Menglong

(Zhongnan University of Economics and Law)

Abstract: In this paper, we analyze the volatility characteristics of CNY and CNH markets using the realized GARCH model with realized variance and realized kernel with the 1 minute high-frequency data after "8.11 reforms". Moreover, we consider the impact of central bank's behavior on the RMB market. Based on the realized volatility of "open-close", "open-close", "open-open", "close-open", we find that even though the similarity of closed price for both CNY and CNH, the CNH market fluctuates more than the CNY market. Further, the CNY market show greater information asymmetry than CNH market due to the intervene of central bank which also causes the ineffectiveness. Finally, we find that the central bank's policies have a great impact on the exchange rate market, especially for the low amount and short term reverse repurchase. The central bank still plays a role in the offshore exchange rate market after the "8.11 reforms".

Key words: Central bank's behavior, RMB on-shore market, RMB off-shore market

一、引言

2010年7月，香港离岸（可交割）人民币外汇市场（以下简称CNH市场）初步形成，作为非管制的人民币汇率市场，其汇率价格基本反映了市场内的供求关系和境外投资者对人民币汇率预期的判断。而最早形成于1994年汇率并轨之后的境内银行间外汇市场（以下简称CNY市场）则体现了中国央行对人民币汇率波动的干预。央行通过多种行为影响CNY市场的汇率。本文将央行行为划分为两种：一种是央行显性行为，即使用央行公开市场操作（逆回购政策）来进行衡量；另一种是央行隐性行为，即不可直接观测的市场行为。央行通常不能直接影响CNH市场，但可以先通过显性和隐性两种行为影响CNY市场的汇率，从而释放出信号，影响CNH市场投资者的预期，从而达到间接影响CNH市场的效果。因为CNH市场的投资者在观察到央行的信号之后，通过交易行为将这些信息反映在CNH市场汇率价格之中。所以本文通过分析汇率市场的波动特征和细分央行行为并进行分析，可以深入理解人民币汇率定价机制以及央行的显性和隐性行为是如何影响人民币汇率定价的。

由于CNY市场和CNH市场的定价机制的不同，两市场的波动性差异较大。例如在2013年1月至4月和2013年8月至2014年3月这两段人民币汇率升值时间段，CNH市场汇率升值幅度皆大于CNY市场的升值幅度，汇差持续为负，而在2015年8月11日人民币汇率中间价改革之后，CNH市场的贬值程度也大于CNY市场的贬值程度。这次汇改，主要是调整人民币汇率中间价报价机制，即在每日CNY市场开盘前，外汇市场做市商在向中国外汇交易中心提供中间价报价时，“参考上日银行间外汇市场收盘汇率”，并综合考虑外汇市场供求情况以及国际主要货币的汇率变化。汇率中间价在此次汇改之前一直由央行掌控，并不能完全体现市场的供求信息^①。因而人民币汇率中间价与市场预期长期存在不同程度的偏离。如在人民币持续升值期，人民币汇率中间价与CNY之间的价差保持稳定，但当人民币汇率存在贬值压力时，人民币汇率中间价与CNY之间的价差就会拉大。这种偏离挑战了人民币汇率中间价的市场基准地位^②。而汇改之后的新机制明确做市商报价来源，缩减央行操控中间价的空间，减少在岸人民币与离岸人民币汇率之间的差距，把确定中间价的主导权交给市

^① 2015年8月11日人民币汇率中间价改革之前，CNY市场的汇率价格是在央行每日发布的汇率中间价的上下百分之一的幅度波动，而在2012年4月10日之前，该波动幅度为千分之五。

^② 中国多年来一直努力争取加入SDR货币篮子。IMF的规定是需要用市场化的人民币汇率为SDR中的人民币计价，但IMF认为央行公布的人民币中间价汇率同真正市场化的汇率相差过大，不适合作为定价汇率。

场，从而提高整个汇率形成机制的市场化程度，保持人民币实际有效汇率的相对稳定。

央行在“811 汇改”初期一度放弃了中间价管理，而让人民币汇率中间价直接等于前一日收盘价，这实际上意味着人民币汇率已经实现了自由浮动。然而，8.11 人民币汇改之后人民币兑美元汇率在短期内的大幅贬值，使得央行不得不调整中间价定价模式。从 2016 年 1 月起，中国央行开始实施新的人民币汇率中间价定价模式。当做市商向中国外汇交易中心报价时，其中间价报价需要同时参考两个目标。第一个目标是前一日收盘价，第二个目标是为了维持人民币兑篮子货币汇率在过去 24 小时保持不变所需要的人民币兑美元变动幅度。央行赋予了这两个目标各自 50% 的权重。而中国人民银行如何通过市场来调节人民币在岸汇率与人民币离岸汇率之间的价差，以及中国人民银行的 market 行为如何影响到人民币汇率市场，这是人民币汇改后的一年多以来，我们一直想要关注的问题。特别是在中国推动人民币国际化的过程中，对内不断加快金融改革的步伐，深入推进利率市场化和资本账户自由兑换，推动和实施金融机构破产条件和存款保险制度，为人民币国际化创造良好的内部环境；对外则主要是不断扩大人民币跨境使用和流动，推动和建立人民币离岸金融市场以及将人民币纳入特别提款权的货币篮子，为人民币成为国际结算、交易和储备货币奠定基础。

因此，分析央行行为对人民币汇率市场的影响，可以为市场提供更为有用的人民币汇率形成机制。如前所述，本文对央行行为进行两方面的划分：第一种是央行隐性行为，即不可观测的市场操作，本文通过高频数据以及 Realized GARCH 模型来探究其对人民币汇率市场的影响，第二种是央行显性行为，本文用央行的公开市场操作（逆回购政策）来衡量，并对央行的公开市场操作从期限和金额两个维度进行细化，从而更加全面地分析了其对人民币汇率市场的影响。通过分析央行隐性行为与显性行为对人民币汇率市场的影响，能够更加准确深入地达到分析人民币汇率定价机制的目的。

二、文献综述

相较于 CNY、CNH 两汇率市场之间波动的差异，国内外研究者更加关心人民币汇率市场定价权^③的问题。现有的文献多数是基于 2015 年 8 月 11 日人民币汇率中间价改革之前的汇率市场进行的分析，考虑到自“8.11 汇改”以来人民币汇率市场发生的新情况的文献较少。伍戈和裴诚（2012）运用 AR-GARCH 模型等定量方法检验离岸与在岸汇率市场的联动关系，结果表明 CNY 市场对 CNH 市场的价格有引导作用，CNY 市场仍然具备人民币汇率定价的主动性。对于高频数据分析汇率市场的研究，杨小玄和刘立新（2016）对比人民币对美元汇

^③对于人民币定价权，可通过判断某市场是否对另一市场具有价格引导效应来界定。若 CNY 市场完全受 CNH 变动趋势引导，则说明境内外汇市场不具备人民币定价权；反之亦然。

率高频数据和低频数据对未来不同期限波动率的预测能力,结果显示,使用5分钟高频数据建模能够显著提高短期波动率预测精度,而无法显著提高长期波动率的预测效果。关于央行政策对汇率市场的影响方面的文献,王芳和甘静芸(2016)采用门限误差修正模型分析人民币在岸和离岸市场,结果发现若中央银行以维持外汇市场“均衡区制”作为汇率政策目标,推动“偏离区制”向“均衡区制”回归,引导市场预期,可以使市场自我调节机制更好地发挥作用; Funke, M., Shu, C. (2015)认为,允许跨境资本流动,可以使得人民币离岸与在岸市场的汇差减小。

本文在既有研究基础上,从以下几个角度进行分析:第一,使用CNY市场和CNH市场一分钟高频数据进行分析。传统日频数据考虑的只是“收盘价-收盘价”收益率和波动率,所使用的只是一天之中一个固定时间的数据,而包含了大量交易和波动信息的每日交易数据则被忽略,因而央行的隐性行为对汇率市场的影响无法在日频数据中得到反映。此外,市场在接近收盘价时,可能会出现为了提高或降低收盘价格而突然出现频繁交易,这也会干扰到经济分析的准确性。使用高频数据,可以较为精确地捕捉整个交易时间段内的波动情况,进而分析央行行为对汇率市场的影响。

第二,本文研究央行隐性行为对人民币汇率市场的影响。对CNY市场来说,央行隐性行为的时间与CNY市场交易时间基本一致,即“开盘价-收盘价”的日间数据^④。但对于CNH市场来说,每日的交易时间为24小时。其中,“开盘价-收盘价”数据时间段即所谓“日间数据”,这也正好对应着央行隐性操作的时间段;“收盘价-开盘价”数据时间段对应的是“夜间数据”,这个时间段对应的则是央行停止操作的时间段^⑤。本文分别对比CNH市场日间数据与夜间数据的波动性,从而分析央行隐性行为是否会对日间波动和夜间波动产生影响?若有影响,从分析结果来看,二者是否有所区别?

第三,本文同时也研究了央行显性行为逆回购政策对人民币汇率市场的影响,并使用基于CNH市场1分钟高频数据计算得到的已实现波动率来表示人民币汇率市场的波动。通过把逆回购政策分别按照期限和金额进行细化,从而区分了逆回购政策的不同的期限维度以及数量维度,进而从期限和数量两个维度上来判断央行显性行为逆回购政策是否仍对CNH市场产生影响。

三、CNY市场和CNH市场波动模型建模过程及实证检验

^④ 2016年1月1日之前,CNY市场每日开盘时间为上午9点30,每日收盘时间为下午16点30,从2016年1月1日之后每日收盘时间延长至每日24点整。但按照中国国家外汇局的规定,仍以16点30分作为CNY市场的收盘时间。本文收盘时间同样如此。

^⑤ 本文中所使用的CNH市场开盘时间对应的是上午9点30分,收盘价时间为每日的下午16点30分。

（一）变量和数据

本文研究的是 CNH 市场和 CNY 市场 2015 年 8 月 11 日至 2016 年 12 月 31 日的 1 分钟高频数据。除去节假日和数据缺失的交易日，共获得在岸市场 292 天的数据，离岸市场 243 天的数据。在岸汇率市场收益率使用了“收盘价-收盘价”、“开盘价-收盘价”、“开盘价-开盘价”三种收益率的方式进行计算。离岸汇率市场收益率使用了“收盘价-开盘价”、“开盘价-收盘价”、“开盘价-开盘价”三种收益率的方式进行计算。所有数据皆来自 wind 金融数据库。其中，通过对在岸汇率市场收益率的“收盘价-收盘价”与离岸汇率市场收益率的“收盘价-开盘价”的对比可以反映出隔夜波动性的情况；通过对在岸汇率市场收益率的“开盘价-收盘价”与离岸汇率市场收益率的“开盘价-收盘价”的对比可以反映出日间波动性的两个市场的差别；通过对在岸汇率市场收益率的“开盘价-开盘价”与离岸汇率市场收益率的“开盘价-开盘价”的对比可以反映出全样本波动性的两个市场的差别。

（二）波动模型的构建和估计方法

由 Engle (1982) 和 Bollerslev (1986) 分别提出的 ARCH 模型和 GARCH 模型，以及其他 GARCH 族模型如 EGARCH 模型、GJR 模型等，可描述波动集聚，尖峰厚尾等现象^⑥。

最简单的 GARCH (p,q) 模型设定如下：

$$r_t = \sqrt{h_t} z_t \quad (1)$$

$$h_t = \omega + \sum_{i=1}^p \alpha_i r_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j h_{t-j} \quad (2)$$

其中， $z_t \sim N(0,1)$ ， r_t 为去除均值后的第 t 日的收益率。 h_t 为第 t 日的波动率， z_t 为第 t 日的收益率误差。

尽管 GARCH 模型拥有许多优点，但缺点也十分明显。GARCH 模型对正向和负向的冲击拥有相同的反应，这显然是与实际的金融市场中的现象不符合。另外，GARCH 模型在对方差方程建模时，为了使得方差非负，需要作出额外的约束，这就会提高模型估计中的难度。为了解决这些问题，Nelson (1991) 提出 EGARCH 模型来解决这些问题。

EGARCH 模型形式如下：

$$r_t = \sqrt{h_t} z_t \quad (3)$$

^⑥ 在金融理论文献中，对资产收益的波动率进行估计和预测的模型主要有四类：第一类为通过对历史收益率的简单移动平均、指数平滑等方法来估计波动率的 HISVOL 模型；第二类为 ARCH 或 GARCH 模型以及在这些模型基础上进行的各种形式的扩展模型；第三类为随机波动率模型；最后一类是基于 Black-Scholes 期权定价模型，通过期权价格推算出标的资产波动率的所谓隐含波动率方法。其中最具有代表性的当属第二类 GARCH 族模型。

$$\log h_t = \omega + \sum_{i=1}^p \beta_i \log h_{t-i} + \sum_{j=1}^q \alpha_j \left[\theta z_{t-j} + \gamma \left(|z_{t-j}| - E|z_{t-j}| \right) \right] \quad (4)$$

EGARCH 模型中的条件方差采取了指数形式，因此保证了模型的非负性。同时在模型中，区分了收益率的方向，从而将正向的冲击和负向的冲击区分开来。

GARCH 族模型尽管拥有众多优点，但所使用的多为日频数据、周频数据甚至月频数据，这种低频数据会损失大量的日内市场信息，从而造成估计结果的偏差。随着近年来高频数据的获得越发容易，基于高频数据的各种非参数已实现测度（realized measures）在波动率研究中越发占据重要位置。一种比较常用的为 Anderson 等（2001）提出的已实现波动率（realized variance, RV），计算公式如下：

$$RV_t = \sum_{i=1}^n r_{i,t}^2 \quad (5)$$

其中， $r_{i,t}$ 为收益率， n 为进行 RV 计算过程中所使用的数据的数量^⑦。

另外一类的方法为 Barndorff-Nielsen 等（2009）的已实现核估计（realized kernel, RK）。在存在微观噪音的情况下，高频收益率之间会存在相关性，传统已实现波动率（realized variance）的计算方法忽略了这种相关性，从而会导致偏误。而已实现核估计将这些因素考虑进来，削弱了市场微观噪音对于波动率的影响。本文使用的已实现核波动率估计的计算方式如下：

$$RK = \sum_{j=1}^m \sum_{h=-H}^H K\left(\frac{h}{H}\right) |r_{i,j} r_{i,j-h}| \quad (6)$$

其中， $K(\cdot)$ 为核函数， H 为核函数的带宽。

如何将已实现测度和传统波动模型结合起来？在随机波动模型中，Takahashi 等（2009）提出了一个回报率和已实现测度的联合模型；而 Engle（2002）提出的 GARCH-X 模型的做法是，直接将已实现测度作为外生变量加入到方差方程式中，作为外生变量。然而，将已实现测度作为外生变量，并不能解释已实现测度的本身变动^⑧。

Realized GARCH 的做法是将 GARCH-X 模型的条件波动率 h 和实现测度 X 用一个测量

^⑦ 本文中所使用的数据为汇率市场一分钟数据，由于 wind 数据库提供的每日汇率数据并不完整，每日计算所使用的 n 有所变动。

^⑧ 为了改进这一点，Engle 和 Gallo（2006）提出 MEM 模型（详述 MEM）；Shephard 和 Sheppard（2010）提出 HEAVY 模型（详述 HEAVY）。但这两个模型都依赖于至少两个以上的隐变量（Latent Variables）；而 Realized GARCH 只用一个隐变量就可以实现收益率的波动率和已实现测度的联合建模。

方程连接，从而将模型封闭起来，并在其中植入一个杠杆函数来描述信息冲击曲线。

本文使用的 Realized GARCH (p,q) 模型设定如下：

$$r_t = \sqrt{h_t} z_t \quad (7)$$

$$\log h_t = \omega + \sum_{i=1}^p \beta \log h_{t-i} + \sum_{j=1}^q \gamma_j \log x_{t-j} \quad (8)$$

$$\log x_t = \xi + \varphi \log h_t + \tau(z_t) + u_t \quad (9)$$

在这里， $z_t \sim I.I.D(0,1)$ ， $u_t \sim I.I.D(0, \sigma_u^2)$ ， r_t 均值为零， h_t 代表条件方差， x_t 代表已实现测度，可以为任何能测度波动率的统计量。

(1) 式和 (2) 式构成了 GARCH-X 模型，(3) 式将隐含波动率 h_t 和已实现测度 x_t 联系起来。因为 x_t 为 h_t 的测度，所以 (3) 式称之为测度方程。测度方程使用了杠杆函数 $\tau(z_t)$ 来连接 r_t 和 x_t 。 $\tau(z_t)$ 为杠杆函数， $\tau(z_t) = \eta_1 z_t + \eta_2 (z_t^2 - 1)$ 。该式满足当 $E[z_t] = 0$ 和 $Var[z_t] = 1$ 时， $E[\tau(z_t)] = 0$ 。其中， η_1 和 η_2 分别反映了波动率对于正向收益率冲击和负向的收益率冲击的不同反应。所以能够捕捉价格冲击对波动的非对称效应。信息冲击曲线定义为

$$v(z) = E(\log h_t | z_{t-1} = z) - E(\log h_t) \quad (10)$$

Realized GARCH 模型是用伪极大似然法来进行估计的

$$l(r, x; \theta) = -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^n \left[\log h_t + \frac{r_t^2}{h_t} + \log(\sigma_u^2) + \frac{u_t^2}{\sigma_u^2} \right] \quad (11)$$

传统的 GARCH 模型因为没有将已实现测度纳入模型之中，所以无法将 Realized GARCH 与传统的 GARCH 模型进行联合对数似然值进行比较。然而，我们可以推出 Realized GARCH 模型的偏似然值，然后与 GARCH 模型进行比较。回报率和已实现测度的联合条件密度为：

$$f(r_t, x_t | F_{t-1}) = f(r_t | F_{t-1}) f(x_t | r_t, F_{t-1}) \quad (12)$$

对数形式为：

$$\log f(r_t, x_t | F_{t-1}) = \log f(r_t | F_{t-1}) + \log f(x_t | r_t, F_{t-1}) \quad (13)$$

在高斯正态分布的假设条件下， z_t 和 u_t 的联合对数似然函数可写成

$$l(r, x; \theta) = -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^n \left[\log(2\pi) + \log h_t + \frac{r_t^2}{h_t} \right] - \frac{1}{2} \sum_{t=1}^n \left[\log(2\pi) + \log(\sigma_u^2) + \frac{u_t^2}{\sigma_u^2} \right] \quad (14)$$

模型的偏似然函数可写成

$$l(r; \theta) = -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^n \left[\log(2\pi) + \log h_t + \frac{r_t^2}{h_t} \right] \quad (15)$$

(三) 央行隐性行为对人民币汇率市场影响的实证检验

表 1 为 CNY 与 CNH 市场的已实现波动率和已实现核的描述性统计量，图 1 至图 6 分别绘制了 CNY 与 CNH 市场的收益率、已实现波动率、已实现核。通过观察可知：第一，从图 1 和图 4 可以看出，日收益率数据均表现出明显的波动集聚现象，说明对该收益率的波动率建模适宜采用 GARCH 族模型；第二，从表 1 中可以发现，CNY 市场的已实现波动率、已实现核的均值水平基本都低于 CNH 市场的均值水平，说明 CNH 市场的波动较大，这一点在图 1 至图 6 之间的对比也能够看出。可能的原因是，与受管制的 CNY 市场不同，CNH 市场波动没有交易限制，且受到央行政策干预较少；第三，从表 1 中可知，CNH 市场的 rv-co 的均值为 2.635，rv-oc 为 4.560，发现对于 CNH 市场来说，相对于日间波动，人民币汇率隔夜波动较小，原因可能是日间波动受到央行隐性行为的影响，从而波动较大，而隔夜波动则由于央行隐性行为停止，所以相对来说较小。这一点通过分别对比表 1 中的 rk-co 和 rk-oc 或者直接对比图 5、图 6 也能得出相似的结论；第四，通过对比 CNH 市场的 rv-oc 和 CNY 市场的 rv-oc 可知，CNH 市场的日间波动要强于 CNY 市场的日间波动，说明 CNH 市场能够反应央行隐性行为对人民币汇率定价的影响，也说明了 CNY 市场仍然被央行所主导；第五，从表 1 中的均值能够看出 rk 的波动相较于 rv 要小，原因为 rk 是去除市场噪音的指标，能更准确地反映市场真实的波动。直观地比较图 2 和图 3、图 5 和图 6 也可以直接看出。

表 1 CNY 与 CNH 的已实现波动率和已实现核的描述性统计量

	CNY					
	rv-oc	rv-oc	rk-oc	rv-co	rk-co	rv-oo
均值	1.869	4.560	4.708	2.635	2.395	6.448

最大值	107.730	286.610	273.910	69.461	53.414	93.000
最小值	0.008	0.126	0.153	0.043	0.079	0.000
中位数	0.594	1.888	1.915	0.779	1.113	3.044
方差	69.823	352.757	332.415	48.813	26.762	116.092
CNH						
	rk-oo	rk-oc	rv-cc	rk-cc	rv-oo	rk-oo
均值	5.859	2.796	4.713	3.716	4.936	2.888
最大值	69.800	414.190	304.570	152.500	335.000	155.980
最小值	0.153	0.005	0.008	0.010	0.005	0.010
中位数	2.999	0.573	1.420	1.447	1.552	1.255
方差	72.840	592.143	496.229	151.388	411.725	117.182

注：所有数据数量级为 10^6

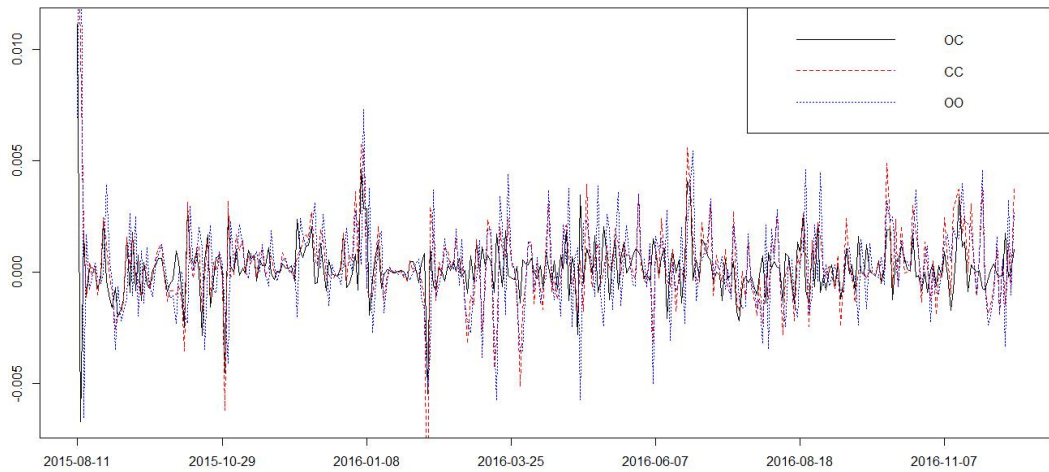


图1 CNY 市场“开盘价-收盘价”、“收盘价-收盘价”、“开盘价-开盘价”收益率^⑨

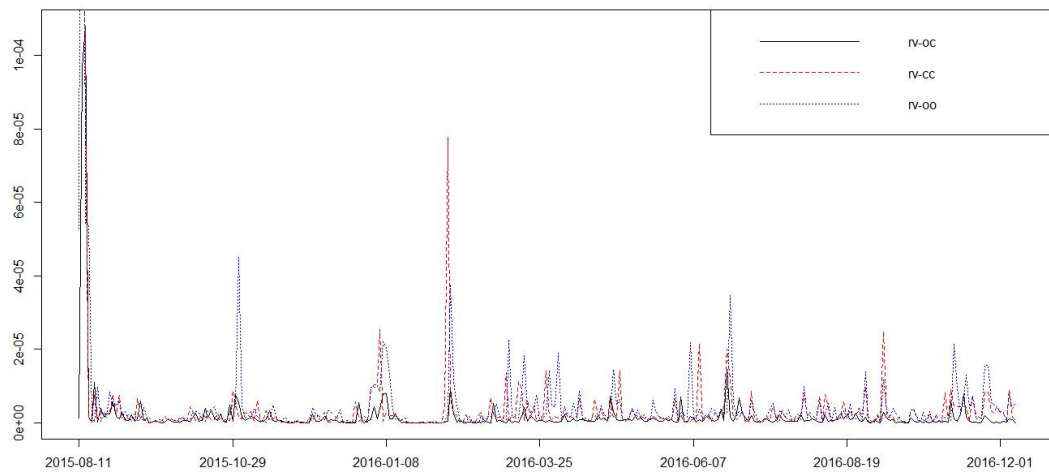


图2 CNY 市场“开盘价-收盘价”、“收盘价-收盘价”、“开盘价-开盘价”已实现波动率^⑩

^⑨ OC 代表“开盘价-收盘价”（open-to-closed），CC 代表“收盘价-收盘价”（closed-to-closed），OO 代表“开盘价-开盘价”（open-to-open），CO 代表“收盘价-开盘价”（closed-to-open）

^⑩ rv-oc 代表“开盘价-收盘价”的已实现波动率，rv-cc 代表“收盘价-收盘价”的已实现波动率，其他以此类推。

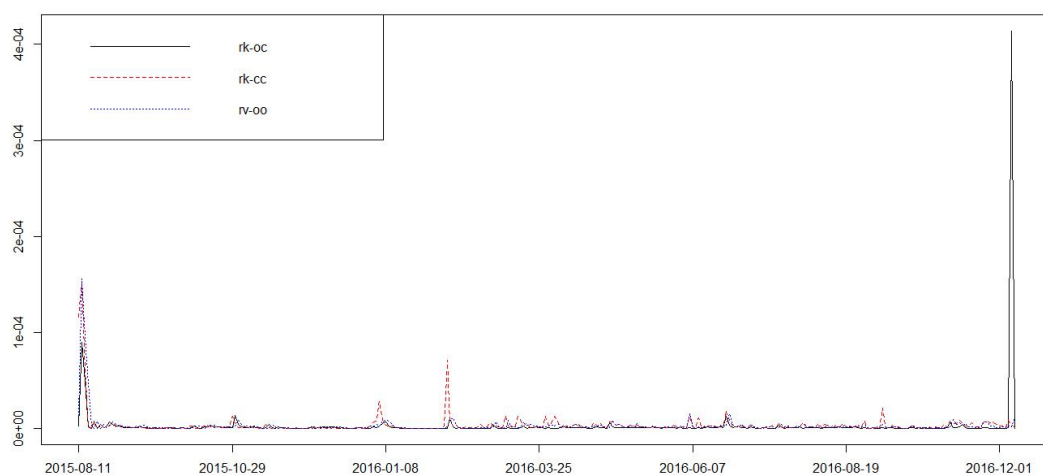


图3 CNY 市场“开盘价-收盘价”、“收盘价-收盘价”、“开盘价-开盘价”已实现核^①

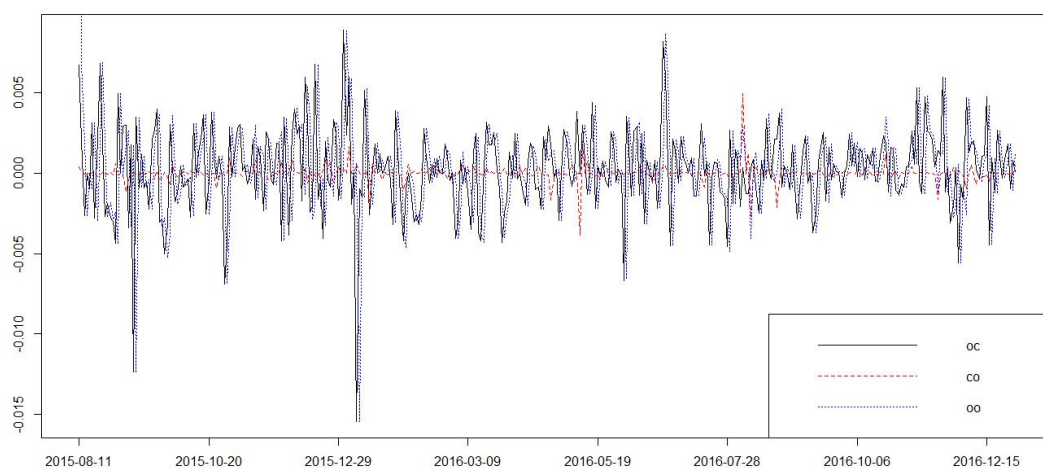
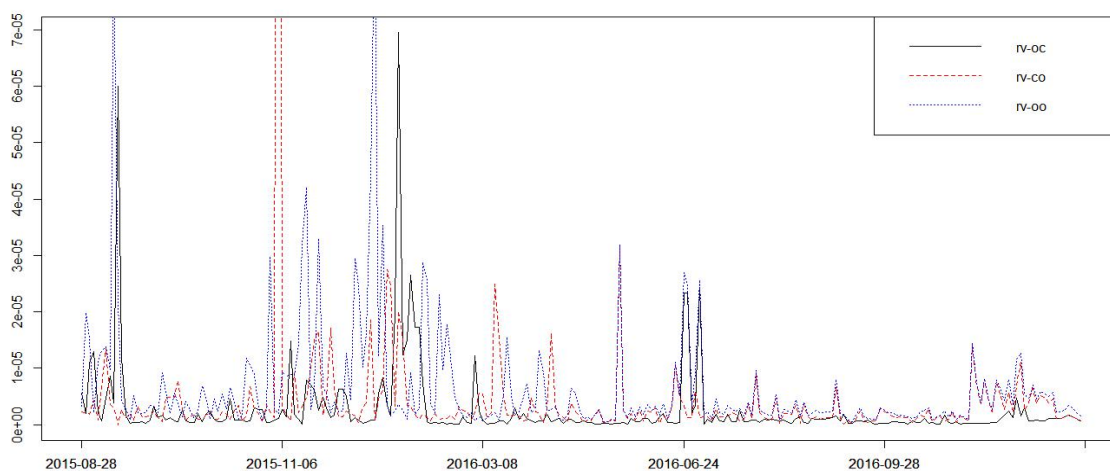


图4 CNH 市场“开盘价-收盘价”、“收盘价-开盘价”、“开盘价-开盘价”收益率



^① rk-oc 代表“开盘价-收盘价”已实现核，rk-cc 代表“收盘价-收盘价”已实现核，其他以此类推。

图 5 CNH 市场“开盘价-收盘价”、“收盘价-开盘价”、“开盘价-开盘价”已实现波动率

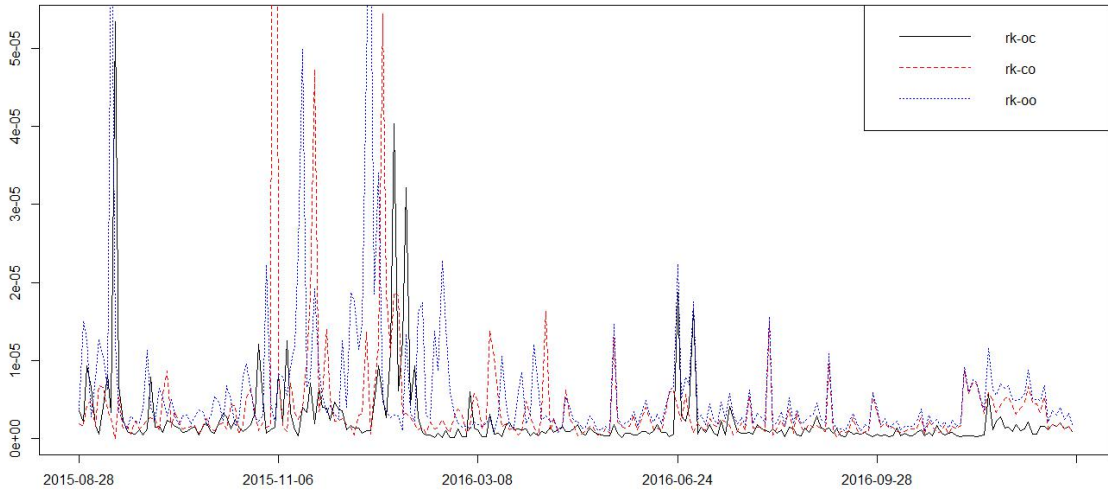


图 6 CNH 市场“开盘价-收盘价”、“收盘价-开盘价”、“开盘价-开盘价”已实现核

表 2 CNY 市场 Realized GARCH 实证结果^⑩

	OC-N	OC-ST	CC-N	CC-ST	OO-N	OO-ST
ω	-0.098 (0.524)	0.303 (0.569)	2.247*** (0.773)	1.609 (1.009)	2.974*** (0.293)	3.309*** (0.421)
β	0.199** (0.095)	0.356*** (0.091)	0.000 (0.075)	0.005 (0.107)	0.135** (0.068)	0.147** (0.075)
γ	0.344*** (0.071)	0.324*** (0.074)	0.630*** (0.089)	0.581*** (0.123)	0.629*** (0.040)	0.654*** (0.047)
η_1	-0.159*** (0.059)	-0.085 (0.057)	-0.144* (0.083)	-0.081 (0.085)	-0.136** (0.056)	-0.120* (0.064)
η_2	0.107*** (0.015)	0.094*** (0.014)	0.127*** (0.019)	0.114*** (0.021)	0.199*** (0.027)	0.216*** (0.052)
<i>Skew</i>		1.048*** (0.066)		1.032*** (0.089)		0.893*** (0.060)
$l(r, x)$	-280.364	-205.275	-209.533	-161.673	-387.755	-359.054

^⑩ 分别比较加入 realized kernel 和 realized variance 的 Realized GARCH 模型的各滞后阶的似然值和 AIC、SBIC 值的实证结果，加入 realized kernel 的 Realized GARCH (1,1) 为拟合最优的模型，稳健性检验也得出相同的结论。为节省篇幅，表 1 与表 2 只列出各组数据的 Realized GARCH (1,1) 的数据。如需要其他滞后阶及稳健性检验结果，可向笔者索取。

AIC	1.975	1.481	2.825	2.243	2.466	2.306
SBIC	1.974	1.479	2.820	2.233	2.465	2.303

注：（1）括号中为标准差。（2）***表示在 1%的置信水平上显著，**表示在 5%的置信水平上显著，*表示在 10%的置信水平上显著。

表 3 CNH 市场 Realized GARCH 实证结果

	OC-N	OC-ST	CO-N	CO-ST	OO-N	OO-ST
ω	0.565 (0.443)	-0.091 (0.527)	0.354 (0.811)	0.543 (0.914)	4.777*** (1.258)	4.688*** (1.269)
β	0.444*** (0.090)	0.475*** (0.106)	0.000 (0.216)	0.000 (0.217)	0.030 (0.143)	0.000 (0.217)
γ	0.251*** (0.058)	0.167** (0.070)	0.381*** (0.115)	0.401*** (0.127)	1.000*** (0.181)	1.000*** (0.189)
η_1	-0.105** (0.054)	-0.070 (0.056)	-0.108* (0.061)	-0.120 (0.081)	-0.020 (0.073)	-0.008 (0.074)
η_2	0.143*** (0.033)	0.154*** (0.036)	0.258*** (0.049)	0.267*** (0.063)	0.050 (0.064)	0.052 (0.064)
<i>Skew</i>		1.003*** (0.077)		0.802*** (0.104)		1.046*** (0.257)
$l(r, x)$	-278.966	-266.948	-140.916	-138.301	-140.885	-140.345
AIC	2.296	2.224	2.421	2.428	2.382	2.422
SBIC	2.294	2.220	2.414	2.413	2.375	2.408

注：（1）括号中为标准差。（2）***表示在 1%的置信水平上显著，**表示在 5%的置信水平上显著，*表示在 10%的置信水平上显著。

表 1 和表 2 分别为 CNY 市场和、CNH 市场各组数据的分析结果，有几点值得注意：第一、比较同一组数据的似然函数值，残差服从有偏学生 t 分布的似然值要大于服从正态分布的似然值。这说明模型中加入有偏学生 t 分布，提高了模型的拟合。可以看到偏度 *Skew* 的

值为正数且皆为显著，同样证明了这一观点。第二、 γ 值显示已实现测度对波动的影响，由 CNH 市场的“开盘价-开盘价”数据来看，已实现测度对于波动的影响十分大，可见相比于其他数据，“开盘价-开盘价”数据对于信息冲击的反应更为敏感。

图 7 与图 8 分别为 CNY 市场收盘价-收盘价和 CNH 市场开盘价-开盘价数据的信息影响曲线^⑬，看信息影响曲线可知，CNY 市场收盘价-收盘价和 CNH 市场开盘价-开盘价的收益率波动性当中存在着不同程度的非对称性，即负的价格冲击对波动的影响大于正的价格冲击的影响。与 CNY 市场相比较，CNH 市场受正向冲击和反向冲击的影响要更大，即对于冲击反应更为敏感，说明相较于 CNH 市场，CNY 市场受到的管制更多，从而波动对于信息的反应不够敏感。由于这种信息影响曲线的不对称程度取决于汇率市场的信息不对称程度，越是信息不对称的市场，市场的透明度越低，该市场的效率也就越低。所以相较于 CNH 市场，CNY 市场的市场透明度较低，效率也较低。

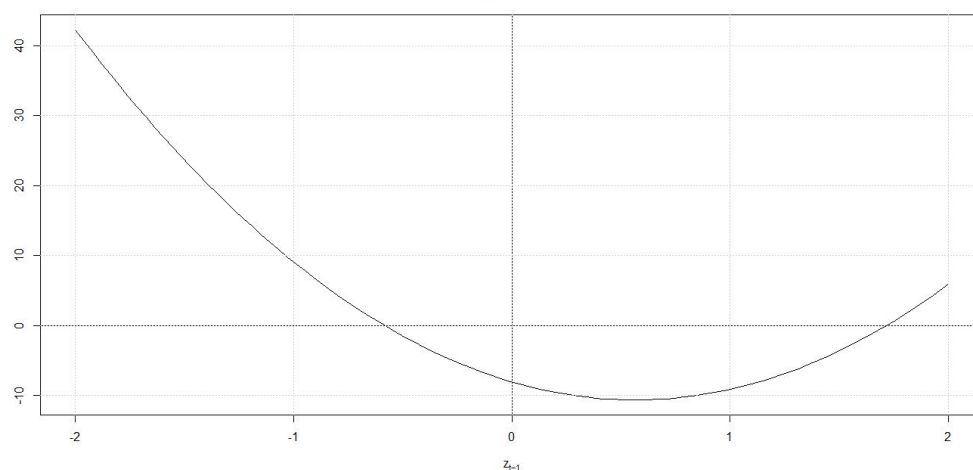


图 7 CNY 市场收盘价-收盘价的 Realized GARCH 信息影响曲线

^⑬ 本文选取的是分别覆盖了 CNY 市场和 CNH 市场的所有交易时间段数据的两条信息影响曲线。其他时间段的信息影响曲线与之相差不大，故不列出。有兴趣的读者可向笔者索要。

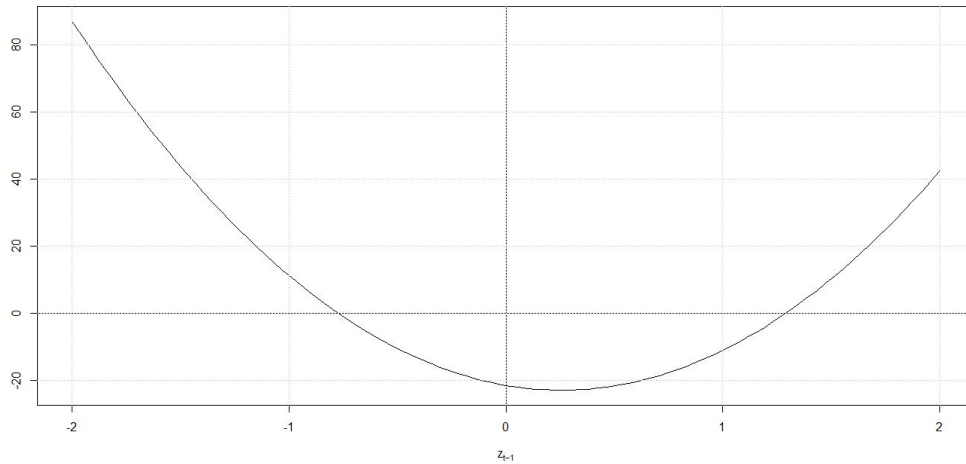


图8 CNH 市场开盘价-开盘价 Realized GARCH 信息影响曲线

四、央行显性行为对 CNH 市场影响的实证检验

(一) 变量和数据

由于央行隐性行为对 CNH 市场影响有限, 本文通过公开市场业务操作来分析央行显性行为对 CNH 市场的影响。本文统计了自 2015 年 8 月 11 日开始, 至 2016 年 12 月 31 日的公开市场业务, 其中这段时期的公开市场业务均为逆回购, 逆回购是指央行向一级交易商购买有价证券, 并约定在未来特定日期将有价证券卖给一级交易商的交易行为。逆回购为央行向市场上投放流动性的操作, 逆回购到期则为央行从市场收回流动性的操作。逆回购的目的主要是央行向市场释放流动性。在本文所选取的时间区间内, 中国人民银行发布的每日逆回购的额度从 100 亿到 4400 亿不等, 逆回购共有 7 天、14 天、28 天三种期限, 每交易日推出一到三种期限的逆回购^⑭。

本文使用虚拟变量的方法来处理逆回购政策对离岸汇率市场波动的影响。用 $D_{t,i} (i = 200, 400, 600, \dots, 2000)$ 表示逆回购的额度, 分别大于等于 200, 400, 600, ……., 2000 (单位: 亿) 的逆回购, $D_{t,i} (i = 200, 400, 600, \dots, 2000)$ 取 1, 小于 200, 400, 600, ……., 2000 (单位: 亿) 的, 取 0。

用 $D_{t,j} (j = 7, 14, 28)$ 表示三种逆回购期限的虚拟变量, 若某日只推出 7 日期限的逆回购, 则 $D_{t,7}$ 为 1, 若没有推出, 则取 0; 同理, 若某日单独推出 14 日或 28 日期限的逆回购, 则 $D_{t,14}$ 或 $D_{t,28}$ 取 1, 否则取 0; 若某日同时推出这三种期限的逆回购或推出其中的两种,

^⑭ 逆回购相关数据由中国人民银行货币政策司官方网站 <http://www.pbc.gov.cn/> 收集得到。

则按照此种的金額占該日總金額的百分比為虛擬變量賦值。

(二) 檢驗逆回購對離岸匯率市場影響的模型的構建

分析中國人民銀行的公開市場操作對於離岸市場的影響，本文綜合考慮多種對離岸市場產生影響的因素。考慮逆回購金額的虛擬變量和逆回購期限的虛擬變量對離岸市場已實現核的影響^⑤：

$$RK_t = c + \omega_1 D_{t,i} + \omega_2 D_{t,j} + \omega_3 D_{t,i} D_{t,j} + \varepsilon_t \quad (i = 200, 400, 600, \dots, 2000; j = 7, 14, 28) \quad (16)$$

RK_t 代表人民幣離岸匯率 CNH 市場已實現核， $D_{t,i}$ ($i = 200, 400, 600, \dots, 2000$) 表示額度分別大於等於 200,400, 600, …, 2000 (單位：億) 的央行逆回購政策的虛擬變量， $D_{t,j}$ ($j = 7, 14, 28$) 表示期限為 7 天、14 天、28 天的央行逆回購政策的虛擬變量， $D_{t,i} D_{t,j}$ ($i = 200, 400, 600, \dots, 2000; j = 7, 14, 28$) 為二者的交互項， ε_t 為殘差項。 ω 的絕對值的相對大小說明逆回購對 CNH 市場波動性的影響。考慮到 CNH 市場前一期的波動是否會對 CNH 市場当期波動產生較大影響，以至於改變本文的實證結果，本文在 (16) 式的基礎上加入已實現波動滯後一階項，從而對原方程進行穩定性檢驗：

$$RV_t = c + \alpha RV_{t-1} + \omega_1 D_{t,i} + \omega_2 D_{t,j} + \omega_3 D_{t,i} D_{t,j} + \varepsilon_t \quad (i = 200, 400, 600, \dots, 2000; j = 7, 14, 28) \quad (17)$$

(三) 實證檢驗和結果分析

表 4 中國人民銀行逆回購對 CNH 市場影響的實證結果

	D200	D400	D600	D800	D1000	D1200	D1400	D1600	D1800	D2000
第一部分：7 天										
c	3.052*** (0.626)	3.033*** (0.624)	2.968*** (0.609)	2.912*** (0.606)	2.789*** (0.601)	2.731*** (0.597)	2.672*** (0.592)	2.603*** (0.586)	2.588*** (0.580)	2.502*** (0.574)
ω_1	-3.348** (1.406)	-3.445** (1.419)	-4.123*** (1.522)	-4.214*** (1.601)	-3.119* (1.830)	-3.352* (1.933)	-3.712 (2.258)	-3.412 (2.741)	-2.118 (3.096)	-2.144 (3.922)
ω_2	-0.811 (1.523)	-1.179 (1.021)	-1.386 (0.867)	-1.073 (0.814)	-0.278 (0.787)	-0.386 (0.775)	-0.337 (0.758)	-0.226 (0.751)	-0.102 (0.747)	-0.085 (0.745)
ω_3	3.674* (2.101)	4.361** (1.815)	5.895*** (1.900)	5.938*** (2.029)	3.059 (2.378)	3.885 (2.571)	4.609 (3.185)	3.991 (3.967)	1.062 (4.477)	1.162 (5.469)

^⑤ 對已實現波動率做出同樣的估計得到的檢驗結果與已實現核相似，故不列出。有興趣的讀者可向筆者索要。

第二部分：14 天									
c	2.631*** (0.497)	2.313*** (0.438)	2.369*** (0.405)	2.744*** (0.386)	2.647*** (0.374)	2.628*** (0.362)	2.661*** (0.357)	2.743*** (0.354)	2.709*** (0.350)
ω_1	0.012 (0.684)	0.839 (0.699)	0.922 (0.751)	-0.481 (0.840)	-0.071 (0.923)	0.094 (1.124)	-0.251 (1.327)	-1.532 (1.425)	-1.475 (1.657)
ω_2	-6.767 (10.753)	-1.803 (3.683)	-2.454 (3.395)	-3.232 (2.559)	-3.446 (2.411)	-3.386 (2.176)	-3.406* (1.973)	-3.390* (1.919)	-3.492* (1.823)
ω_3	3.245 (10.914)	-3.261 (4.254)	-2.786 (4.080)	0.261 (3.747)	-0.114 (3.803)	-0.647 (4.261)	0.026 (5.155)	2.912 (5.445)	2.827 (6.583)
第三部分：28 天									
c		2.301*** (0.436)	2.370*** (0.404)	2.725*** (0.384)	2.610*** (0.371)	2.590*** (0.359)	2.602*** (0.352)	2.660*** (0.348)	2.632*** (0.344)
ω_1		0.613 (0.679)	0.583 (0.718)	-0.697 (0.779)	-0.291 (0.859)	-0.235 (0.988)	-0.426 (1.137)	-1.357 (1.247)	-1.362 (1.443)
ω_2		-7.362 (14.318)	-6.909 (8.589)	-9.663 (8.142)	-8.930 (7.063)	-9.367 (6.825)	-9.501 (6.496)	-7.069 (5.406)	-7.223 (4.665)
ω_3		-1.040 (14.980)	-1.589 (9.845)	5.663 (9.575)	3.797 (8.918)	4.345 (8.975)	5.430 (9.081)	5.426 (9.044)	5.713 (9.771)

注：（1）括号中为标准差。（2）***表示在 1%的置信水平上显著，**表示在 5%的置信水平上显著，*表示在 10%的置信水平上显著。（3）所有数据数量级为 10^{-6}

表 5 加入已实现波动的滞后一阶项后的检验结果

	D200	D400	D600	D800	D1000	D1200	D1400	D1600	D1800	D2000
第一部分：7 天										
c	2.000*** (0.679)	1.983*** (0.676)	1.945*** (0.657)	1.906*** (0.652)	1.791*** (0.644)	1.737*** (0.640)	1.689*** (0.633)	1.633*** (0.624)	1.621*** (0.617)	1.544** (0.609)
α	0.229*** (0.062)	0.229*** (0.062)	0.232*** (0.061)	0.231*** (0.061)	0.236*** (0.061)	0.238*** (0.061)	0.239*** (0.061)	0.242*** (0.061)	0.245*** (0.061)	0.247*** (0.061)
ω_1	-2.367* (1.402)	-2.467* (1.415)	-3.181** (1.509)	-3.259** (1.586)	-2.188 (1.804)	-2.384 (1.904)	-2.652 (2.221)	-2.288 (2.688)	-0.861 (3.033)	-0.677 (3.835)

ω_2	-0.301 (1.499)	-0.562 (1.015)	-0.797 (0.864)	-0.465 (0.814)	0.300 (0.786)	0.201 (0.774)	0.243 (0.757)	0.344 (0.749)	0.472 (0.744)	0.487 (0.741)
ω_3	2.811 (2.070)	3.385* (1.796)	4.957*** (1.874)	4.918** (2.003)	2.092 (2.337)	2.831 (2.524)	3.378 (3.125)	2.614 (3.884)	-0.578 (4.381)	-0.817 (5.347)
第二部分：14 天										
c		1.779*** (0.534)	1.527*** (0.470)	1.660*** (0.434)	2.085*** (0.417)	2.000*** (0.404)	1.999*** (0.391)	2.040*** (0.386)	2.131*** (0.382)	2.100*** (0.378)
α		0.235*** (0.061)	0.242*** (0.060)	0.238*** (0.060)	0.228*** (0.061)	0.230*** (0.060)	0.230*** (0.060)	0.229*** (0.060)	0.229*** (0.060)	0.230*** (0.060)
ω_1		0.436 (0.678)	1.192* (0.687)	1.180 (0.735)	-0.233 (0.824)	0.139 (0.904)	0.242 (1.099)	-0.141 (1.297)	-1.498 (1.392)	-1.528 (1.619)
ω_2		-4.579 (10.514)	-0.792 (3.597)	-1.451 (3.320)	-2.393 (2.512)	-2.612 (2.366)	-2.619 (2.136)	-2.631 (1.939)	-2.600 (1.886)	-2.696 (1.793)
ω_3		1.465 (10.666)	-3.869 (4.147)	-3.339 (3.981)	-0.196 (3.665)	-0.486 (3.717)	-0.802 (4.163)	-0.050 (5.037)	2.985 (5.320)	3.202 (6.432)
第三部分：28 天										
c			1.520*** (0.467)	1.660*** (0.433)	2.068 (0.414)	1.966*** (0.400)	1.962*** (0.387)	1.987*** (0.379)	2.054*** (0.374)	2.030*** (0.371)
α			0.244*** (0.060)	0.240*** (0.060)	0.230*** (0.060)	0.232*** (0.060)	0.232*** (0.060)	0.231*** (0.060)	0.232*** (0.060)	0.233*** (0.060)
ω_1			0.975 (0.668)	0.863 (0.704)	-0.431 (0.765)	-0.054 (0.840)	-0.030 (0.967)	-0.275 (1.112)	-1.232 (1.218)	-1.325 (1.409)
ω_2			-4.524 (13.960)	-4.715 (8.389)	-7.367 (7.980)	-6.796 (6.919)	-7.195 (6.688)	-7.239 (6.369)	-5.134 (5.303)	-5.438 (4.579)
ω_3			-3.164 (14.597)	-3.003 (9.603)	3.975 (9.367)	2.322 (8.717)	2.866 (8.773)	4.073 (8.875)	4.469 (8.835)	5.104 (9.540)

注：（1）括号中为标准差。（2）***表示在 1%的置信水平上显著，**表示在 5%的置信水平上显著，*表示在 10%的置信水平上显著。（3）所有数据数量级为 10^{-6}

表 3 中，纵向比较三个部分，由 ω_2 可以看出，期限为 7 天逆回购的对 CNH 的影响较为显著，皆为负值，而期限为 14 天和 28 天的逆回购政策对 CNH 市场的影响则皆不显著；横

向来看，在第一部分即期限为 7 天的逆回购中，金额低于 1200 的逆回购政策对 CNH 市场的影响显著，而高于此值的逆回购则不显著。

由此可知，央行的公开市场操作行为对离岸汇率市场的影响并非是随着金额的增大而影响越大。央行市场行为的意义在于通过信号渠道改变市场经济主体的预期从而影响其行为。如果央行的市场干预操作使汇率市场参与者相信人民币汇率将会出现变化，那么这种干预确实会对汇率市场产生影响。现有的多数文献都支持这一观点。M Mussa (1981) 指出，冲销干预会通过影响预期的信号渠道对经济主体产生显著影响；徐建炜，徐奇渊 (2011) 认为在央行的干预信誉较高的前提下，外汇市场干预所产生的短期效应，大多是通过信号渠道发挥作用。也有文献存在与此相反的观点，Dominguez, K. M. (1998) 认为对汇率市场波动产生影响的央行政策干预不一定是公开的，相反，多数有效的政策干预是秘密进行的，越是模糊的 (ambiguous) 汇率干预政策，越会引起汇率市场的波动。表 4 为在公式 (16) 的基础上加入已实现波动的滞后一阶项，即 (17) 式。目的是为了检验公式 (16) 所得结论是否稳健。最后表 4 所得结果与表 3 结果基本相同，说明本文的结论不随着加入已实现波动的滞后一阶项而改变。

五、结论与政策建议

本文运用高频数据和 Realized GARCH 模型分析央行的隐性市场行为对汇率市场夜间波动的影响，通过从数量和期限两个维度细化央行行为公开市场操作 (逆回购政策) 来分析央行显性行为对汇率市场日间波动的影响。实证结论如下：

第一、在本文所选取数据的时间段，即 2015 年 8 月 11 日至 2016 年 12 月 31 日，CNH 市场的波动幅度比 CNY 市场更大。由于 CNH 市场受管制较少，对于冲击的反应也较为强烈，说明 CNH 市场能更为准确地反映市场信息。本文确认了人民币汇率市场的波动主要来源于在岸人民币汇率市场交易时间段的波动。而市场交易时间段的波动在本文中为日间波动性，从图中可以看出 CNH 的日间波动性要强于 CNY 的日间波动性，说明 CNH 市场能够反映央行隐性行为对人民币汇率定价的影响，也说明 CNY 市场仍然被中国人民银行主导，同时也说明了在“8.11 汇改”之后，CNY 市场仍然受到较多的管制；第二、央行的 7 天逆回购对 CNH 市场有较为显著的影响，而 14 天和 28 天期限的逆回购政策对 CNH 市场的影响并不显著；金额低于 1200 万的每日逆回购对 CNH 市场有较为明显的影响，而高于这个值的逆回购政策对 CNH 市场的影响并不明显。考虑到前一期的已实现波动有可能会对当期的已实现波动产生较大影响，以至于改变本文的实证结论，我们在模型中加入已实现波动的滞后

一阶项，最后得出的结论没有发生变化，证明该结果具有很好的稳健性。央行出台较低金额和较短期限的逆回购政策可对汇率市场产生较大影响，“8.11 汇改”之后的央行政策仍然对离岸汇率市场产生着作用。这也意味着央行公开市场操作的金额大小并非与央行行为对汇率市场的影响有着正向的相关关系，也说明宣告效应远远强于实际效应。央行的外汇市场干预确实会对离岸人民币汇率市场产生影响，这种影响多数是通过从信号渠道产生的从而影响汇率市场参与者的预期。

本文的研究及其结论对我国汇率机制的改革具有重要的政策参考作用。“8.11”汇改的目的是为了增强人民币兑美元汇率中间价的市场化程度和基准性，同时提高货币政策的透明度，在实证基础之上的政策建议如下：

第一、不断加快金融改革的步伐，深入推进利率市场化和资本账户自由兑换，继续推进汇率中间价改革，将人民币汇率的波动更多由市场决定而并非是由央行继续管控，不断扩大人民币跨境使用和流动，加强市场对人民币汇率定价的相关措施，那么在岸和离岸汇率的波动之间的差异和汇率价差将会继续缩小；第二、“8.11 汇改”确立了“收盘价+一篮子货币”中间价定价机制，试图引导人民币兑美元缓慢贬值。但这样的机制并没有实现稳定人民币汇率的目的。从 2015 年 8 月 11 日至 2016 年底，人民币贬值已超过 12%。仅 2016 年，人民币贬值超过 7%，而美元指数仅升值 4%。而在这样的环境下，央行应该合理引导人民币汇率预期，积极向市场释放信号，减少对人民币贬值的预期，保持人民币即期汇率的稳定。通过适当的信号传递影响人民币汇率预期。更重要的是，央行应该沿着“8.11 汇改”的思路继续前行，让市场供求起到更加重要的作用，逐渐加深人民币汇率市场化的程度，促进人民币汇率的均衡。

参考文献

- [1]王芳、甘静芸、钱宗鑫和何青，2016，《央行如何实现汇率政策目标——基于在岸-离岸人民币汇率联动的研究》，《金融研究》第 4 期 34-49 页。
- [2]王天一和黄卓，2012，《基于高频数据的波动率建模及应用研究评述》，《经济学动态》第 3 期 141-146 页。
- [3]王天一和黄卓，2012，《高频数据波动率建模：基于厚尾分布的 Realized GARCH 模型》，《数量经济技术经济研究》第 5 期 149-161 页。
- [4]伍戈和裴诚，2012，《境内外人民币汇率价格关系的定量研究》，《金融研究》第 9 期 62-73 页。
- [5]徐建炜、徐奇渊和黄薇，2011，《央行的官方干预能够影响实际汇率吗？》，《管理世界》第 2 期 5-15 页。
- [6]杨小玄和刘立新，2016，《人民币汇率波动率预测模型的比较研究》，《财贸研究》第 3 期 80-90 页。
- [7]余永定和肖立晟，2016，《论人民币汇率形成机制改革的推进方向》，《国际金融研究》第 11 期 3-13 页。

页。

- [8]Andersen T. G., T. Bollerslev, F. X. Diebold and P. Labys, 2001, “The Distribution of Realized Exchange Rate Volatility, ”*Journal of the American Statistical Association*, 96(453), pp.42-55.
- [9]Bollerslev T.,1986,“Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity, ”*Journal of econometrics* , 31(3), pp.307-327.
- [10]Cheung Y. W. and D. Rime, 2014, “The Offshore Renminbi Exchange Rate:Microstructure and Links to the Onshore Market, ”*Journal of International Money and Finance*, 49, pp.170-189.
- [11]Dominguez K. M., 1998, “Central Bank Intervention and Exchange Rate Volatility, ”*Journal of International Money and Finance*, 17(1), 161-190.
- [12]Engle R. F., 1982, “Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation, ”*Econometrica*, 50 (4) , pp.987-1007.
- [13]Mussa M., 1981, *The Role of Official Intervention*.Published by New York: Group of Thirty.
- [14]Nelson D. B., 1991, “Conditional heteroskedasticity in asset returns: A new approach, ”*Econometrica, Journal of the Econometric Society*, pp.347-370.
- [15]Funke M., C. Shu, X. Cheng and S. Eraslan, 2015, “Assessing the CNH–CNY Pricing Differential: Role of Fundamentals, Contagion and Policy, ”*Journal of International Money and Finance*, 59, pp.245-262.
- [16]Hansen P. R., Z. Huang and H. H. Shek, 2012, “Realized Garch: A Joint Model for Returns and Realized Measures of Volatility, ”*Journal of Applied Econometrics*, 27(6), pp. 877-906.
- [17]Tian S. and S. Hamori, 2015, “Modeling Interest Rate Volatility: A Realized GARCH Approach, ”*Journal of Banking & Finance*, 61, pp.158-171.
- [18]Takahashi M., Y. Omori and T. Watanabe, 2009, “Estimating Stochastic Volatility Models Using Daily Returns and Realized Volatility Simultaneously, ”*Computational Statistics & Data Analysis*, 53(6), pp.2404-2426.