

以防泡沫为目标的汇率管理模型

孙国峰 刘 畅*

摘要 在有管理的浮动汇率制度下中央银行如何管理汇率一直是一个难题。本文基于外汇市场异质性预期，提出了以“防泡沫”为目标、结合央行直接干预和外汇市场宏观审慎政策的央行汇率管理模型——“防泡沫的双工具模型”。通过宏观冲击随机游走的模拟，我们证明了相较于传统的外汇干预模型，防泡沫的双工具模型在防范泡沫风险和降低干预成本方面都显著更优，而且结果稳健，是有管理的浮动汇率制度下央行管理汇率的最佳方法。

关键词 异质性预期，外汇干预，宏观审慎政策

DOI: 10.13821/j.cnki.ceq.2019.02.09

一、引 言

外汇市场和其他金融市场有所不同，具有明显的异质性预期特征，即外汇市场上有两类参与者：均值回归的基本面交易者和不参考基本面的投机性交易者，而投机性交易者的参与是导致外汇市场过度波动的重要原因。比如，2014年美联储宣布退出量化宽松货币政策时，全球外汇市场都对这一信息做出了反应。从基本面的角度看，美联储退出量化宽松货币政策意味着美元相对于其他货币走强，其他货币相对于美元应当贬值。然而，外汇市场异质性预期的程度决定了该外汇市场在面对冲击时是否表现出剧烈波动的特质。市场成熟度较高的发达经济体货币如欧元、英镑和瑞士法郎等虽然均相对于美元贬值，但其贬值幅度基本与其基本面汇率的贬值幅度相一致，并没有出现巨大的汇率泡沫。然而，市场成熟度较低、市场中避险衍生品较少且信息不对称严重，同时又较为开放的新兴经济体在美联储退出量化宽松货币政策和加息后，经历了剧烈的外汇市场波动。巴西雷亚尔和南非兰特均在其后一年内急剧贬值，其贬值程度远高于基本面汇率水平应有的贬值程度，更多的是由于市场恐慌情绪蔓延，追涨杀跌的投机性交易者主导市场导致的巨大汇率贬值泡沫。

* 孙国峰，中国银行金融研究所；刘畅，西南财经大学中国金融研究中心。通信作者及地址：孙国峰，中国银行金融研究所，100033；电话：(010) 66194270；E-mail：sguofeng@pbc.gov.cn。作者感谢国家社会科学基金研究专项(18VFH005)的资助。本文仅代表作者个人观点，不代表所供职机构观点。感谢匿名审稿人的修改意见，当然文责自负。

在实践中，货币当局对汇率的管理可能是为了实现某一具体的汇率目标，但从有管理的浮动汇率制度出发，央行对汇率的管理应当不是关注某一具体的汇率水平，而应当是防止汇率的过度波动，即出现泡沫。然而，传统的干预策略，如逆风干预、目标区间干预等，存在着许多弊病。逆风干预是简单的反市场趋势干预，但是并非所有的市场趋势都会产生泡沫，因此频繁操作不利于市场机制发挥作用。目标区间干预的优点是只有在泡沫超过一定程度时才进行市场反向操作，降低了干预频率。但类似于逆风干预，其干预量仅取决于汇率上期变化程度而不考虑泡沫严重程度。因此，传统干预手段的一个潜在风险在于可能出现干预不足的情况，这会导致泡沫倾向不能及时得到抑制而进一步扩大，这不仅会带来可能的市场风险，更意味着如果要使用央行干预手段使得市场恢复理智，需要更大的成本，央行干预防范泡沫风险的效果不稳健。此外，不论是逆风干预，还是目标区间干预，都存在即使央行不干预，市场继续运行下去也不会出现泡沫的情形。从防泡沫的角度看，这种情况下的央行干预是不必要的。因此，由于存在非必要的干预和不及时的干预，逆风干预以及目标区间干预的干预成本并不是最小的。

既然汇率管理的目的不是为了维持某一汇率水平，而是为了防止出现泡沫，那么就应当针对可能出现泡沫的外汇市场进行管理。如果中央银行只在有可能产生泡沫的情况下对汇率进行管理，并且对于任何潜在泡沫都能及时防范，就会使得干预成本最小化。这种使得干预成本最小化且结果稳健的汇率管理模型就是最优的汇率管理模型。为此，本文提出了防泡沫的央行直接干预方法，将央行干预目标聚焦到外汇市场风险的防控上，仅在外汇市场泡沫已经达到一定程度且预期将进一步扩大时进行干预，而且干预量为期望外汇市场泡沫不继续扩大所需要的最小干预量，以此保证央行仅在有必要时进行干预，且一次性达到干预目标，从而稳定有效地防范泡沫。

为了减少外汇市场投机性泡沫出现的频率及降低其严重程度，本文在央行防泡沫直接干预的基础上进一步引入了针对外汇市场的宏观审慎政策。对投机性交易者的借贷进行一定程度的约束，以有效降低投机性交易者在外汇市场的参与规模，限制投机性泡沫的出现和扩大，进而减少央行为防范投机性泡沫膨胀和破灭而进入市场进行直接干预的频率与干预成本。

结合防泡沫直接干预和针对外汇市场的宏观审慎政策，央行能够以最小成本达到维持外汇市场理性、防范外汇泡沫的管理目的。在本文中，我们将该模型命名为“防泡沫的双工具模型”。相较于传统的外汇市场管理模式，防泡沫的双工具模型在降低干预成本和维持市场理性方面都更优。对于外汇市场存在明显异质性预期而且采取有管理的浮动汇率体制的经济体而言，该外汇管理模型具有理论与实践的双重意义。

本文余下部分安排如下：第二部分梳理国内外相关研究成果；第三部分构建了基于异质性预期的防泡沫的双工具模型；第四部分通过对所构建模型

进行数据模拟，我们证实了相较于传统的逆风干预与目标区间干预，本文提出的防泡沫的双工具模型在降低干预成本与有效防范外汇市场泡沫上均更优；第五部分总结全文。

二、文献综述

(一) 外汇市场的异质性预期研究

20世纪90年代开始，研究者们对基于有效市场假设的汇率理论模型失效原因展开讨论。他们认为，以往的汇率理论模型之所以不能很好地解释汇率波动的厚尾性以及脱离基本面等异常现象是因为没有将外汇市场交易者预期的异质性纳入考虑。Frankel and Froot (1986, 1990) 发现，外汇市场交易者的汇率预期具有非理性特征，外汇市场上存在着适应性预期的投机性交易者和均值回归预期的基本面交易者。基于金融机构发布的汇率预期调查数据，许多学者 (Macdonald and Marsh, 1996; Menkhoff *et al.*, 2009; de Jong *et al.*, 2010; Jongen *et al.*, 2012) 同样证实了汇率预期的显著异质性，他们发现包含异质性预期的汇率模型的预测能力显著优于 Meese and Rogoff (1983) 提出的随机游走模型。而针对人民币市场，李晓峰等 (2011) 采用金融机构的调查数据实证分析发现，在人民币市场中，基本面交易者占比大约在13%—32%，而投机性交易者占比大约在75%。李晓峰和陈华 (2012) 同样发现2005年汇改后中国外汇市场存在明显的异质性，技术分析者在市场中占据了主导地位。

外汇市场交易者的异质性预期主要来源于两种效应：其一是外汇交易者对同一信息集合的不同解读，即预期的异质效应；其二为由于存在信息不对称，不同交易者拥有不同信息集，即预期的个体效应。Ito (1990) 使用日元兑美元的机构汇率预期数据实证检验发现，市场参与者的预期异质性是由显著的“个体效应”导致的，且个体效应具有“一厢情愿的期望”特征：出口商预期日元贬值而进口商预期日元升值。Macdonald and Marsh (1996) 利用国际调查数据库证实外汇预测者的异质性预期来源于对广泛可用信息的个体差异性解读，即预期的差异来源于预期的异质效应。Bénassy-Quéré *et al.* (2003) 同样证实了异质效应的存在。Dreger and Stadtman (2008) 的实证研究提供了关于预期异质性来源的解释，他们认为对基本面的期望差异会导致对汇率动态的不同预期。

近年来，以 De Grauwe 为代表的学者基于交易者有限理性假设，将行为金融的研究方法引入汇率决定模型，在汇率决定理论上进行了拓展和突破。De Grauwe and Grimaldi (2005, 2006) 将市场交易者分为两种类型，并通过该异质性预期汇率模型，证明了汇率大部分时间与其基本面相背离，呈现出

混沌的运动状态。他们的模拟结果与真实汇率表现有相同的特征。Manzan and Westerhoff (2007) 在描述投机性交易者的预期时，加入了汇率偏离基本面汇率的程度并使用主要货币兑美元的月度数据进行实证检验。他们发现，短期汇率具有不可预测性，但就长期而言，该模型的预测数据与实际情况相吻合。为了更好地拟合实际数据，特别是外汇远期溢价的数据，许多学者 (Ellen *et al.*, 2013; Spronk *et al.*, 2013) 在异质性预期模型中加入了携带交易者。也有许多学者就异质性预期外汇模型的设定细节做了进一步探索。Bauer *et al.* (2009) 对异质性预期在浮动和目标区间这两种不同的汇率制度下的运作模式进行了探讨。De Grauwe and Markiewicz (2013) 则就外汇市场参与者的转换机制进行了深入研究，他们重点比较了统计回归和盈利转向这两种学习机制，并试图比较哪种学习机制在描述汇率动态时更优。

(二) 央行外汇干预

外汇干预是指货币当局为了影响汇率而在外汇市场上进行的外汇资产买卖行为。从宏观平衡来看外汇干预的必要性问题，常用的分析框架是不可能三角理论。传统的不可能三角理论认为完全自由浮动的汇率制度可以赋予货币政策完全的独立性，因此一国如果选择完全的货币政策独立性，就不需要对汇率进行管理。孙国峰 (2010) 提出了“二元悖论”，认为不可能三角形的三点中最重要的是资本管制与货币政策这两点，而自由的资本流动与独立的货币政策不可兼得，因此实质上应当是“不可能的两点”，所以只能通过资本管制实现独立的货币政策。如果资本自由流动或者近似于自由流动的话，实现独立货币政策的难度就会加大。Rey (2013) 进一步论述了传统的“不可能三角”理论可能并不成立，实际情况很有可能是“二元悖论”，即汇率制度从“不可能三角”中消失，货币当局只能在“资本自由流动”和“独立的货币政策”间二选一。孙国峰 (2015) 论证了完全浮动的汇率不能保证完全独立的货币政策。“二元悖论”突出了资本流动，但该理论过于忽视汇率在调节国内外资金供求方面发挥的重要作用，使得独立货币政策的实现完全依赖于对资本流动的管理。为了解决这一缺陷，孙国峰和李文喆 (2017) 提出了“不等边不可能三角形”理论，通过对汇率的部分管理和对资本流动的宏观审慎政策，央行才可以拥有独立的货币政策。“不等边不可能三角”理论从宏观平衡角度论证了央行外汇干预的必要性。

学者也从微观角度对央行外汇干预的有效性进行分析。Dominguez and Frankel (1993) 通过资产组合渠道理论模型分析，发现央行通过在外汇市场上进行买卖操作可以改变国内外资产的相对稀缺性，而相对稀缺性的调整会改变国内外资产的相对价格，并进一步起到调整汇率水平的作用，因此央行冲销式外汇干预在一定程度上可以对汇率产生影响。基于异质性预期假设，学者们对央行干预的有效性进行了实证检验。Reitz (2005) 认为央行的外汇

干预会向存在异质性预期的外汇市场中的交易者释放信号，使得交易者在基本面交易策略和投机性交易策略之间切换，从而达到影响汇率的作用。Beine *et al.* (2009) 在噪音交易者的模型中加入了央行的逆风干预，发现当逆风干预强度增加时，汇率偏离基本面汇率波动的幅度下降。Mataoug *et al.* (2011) 使用 1983—2008 年间的澳元汇率数据得出了类似结论，他们认为央行的冲销式外汇干预对于市场是有效的。当市场上投机性交易者占优时，央行的干预能有效地帮助市场恢复理性。

就国内研究而言，李晓峰和魏英辉（2009）探讨了在异质性预期下央行偶发性干预、逆风干预与目标区间干预的有效性。他们认为未来央行干预应遵循一定的干预规则，并逐渐放开波动区间。李晓峰和陈华（2010）发现，2006 年 7 月起人民币汇率变动幅度放大的两年间，央行干预强度减弱增加了投机性交易者保持原来特征的概率和其相对于基本面交易者的占比。司登奎等（2016）使用指令流模型对央行外汇干预的效应进行研究，发现汇率预期与央行外汇干预对人民币即期汇率具有显著的短期和长期非对称影响。无论在长期还是短期内，人民币即期汇率均更易受升值预期影响。央行的正向外汇干预在遏制人民币升值方面具有一定效果，但负向外汇干预不仅不会遏制人民币贬值，反而会助推人民币进一步贬值。

（三）文献小结与研究目的

总的来说，通过实证检验，国内外学者均证实异质性预期是外汇市场的重要特征之一。异质性预期对于汇率波动的厚尾现象、波动聚集以及汇率不断偏离基本面汇率均有着很好的解释能力，而央行的外汇干预对于防范外汇风险、促进市场理性有着重要的意义。然而，已有文献大多停留在对外汇市场非理性的描述和对外汇干预必要性的论证上，并没有针对异质性预期的外汇市场提出行之有效的外汇管理模式。因此，基于汇率市场异质性预期假说，本文提出了以防泡沫为目标的汇率管理模型，意图以最小化的成本防范由投机性交易者带来的外汇市场投机泡沫。

三、基于异质性预期的防泡沫的双工具模型

在本部分中，我们将构建基于异质性预期的防泡沫的双工具模型。本部分由前后两部分组成。前部分包括前三小节，主要介绍了异质性预期的汇率模型和传统的外汇干预手段。具体来说，第一节讨论外汇市场投资人的最优资产组合，第二节引入外汇市场的异质性预期，第三节讨论传统的央行外汇干预方式。基于外汇市场的异质性预期，我们在本部分中的第四—第六小节构建了防泡沫的双工具模型，其中第四节构建了针对存在异质性预期的外汇市场进行的防泡沫直接干预模型，第五节在异质性预期的外汇市场中引入了

宏观审慎监管，而在第六节中，则将央行的防泡沫直接干预与宏观审慎监管结合，构建了异质性预期市场的防泡沫的双工具模型。

(一) 最优资产组合

在最优资产组合模型构建中，本文以 De Grauwe and Grimaldi (2006) 的模型作为基本框架，我们对外汇市场的交易者进行如下设置。 i 型交易者在 $t+1$ 时刻的效用由其期望财富与其期望财富的条件方差共同决定：

$$U(W_{t+1}^i) = E_t^i(W_{t+1}^i) - \frac{1}{2}\mu V_t^i(W_{t+1}^i), \quad (1)$$

其中， $E_t^i(\cdot)$ 是 i 型交易者在 t 时刻的期望。 W_{t+1}^i 是 i 型交易者在 $t+1$ 时刻拥有的总财富。 μ 为风险厌恶系数。 $V_t^i(W_{t+1}^i)$ 是 i 型交易者在 $t+1$ 时拥有的总财富 W_{t+1}^i 的条件方差。投资国内资产的收益和国外资产的收益之和构成了 i 型交易者在时间 $t+1$ 时拥有的总财富：

$$W_{t+1}^i = (1 + r_t^*) s_{t+1} d_{i,t}^* + (1 + r_t) d_{i,t}, \quad (2)$$

其中， r_t 是 t 时刻起的本币资产回报率。 r_t^* 是 t 时刻起的外币资产回报率。 s_{t+1} 是 $t+1$ 时刻的汇率。 $d_{i,t}^*$ 是 i 型交易者在 t 时刻持有的外国资产份数。 $d_{i,t}$ 是 i 型交易者在 t 时刻持有的本国资产份数。其中， $d_{i,t} = W_t^i - s_t d_{i,t}^*$ 。

将 W_{t+1}^i 的计算公式 (2) 带入效用函数中，最大化效用函数可得：

$$d_{i,t}^* = \frac{(1 + r_t^*) E_t^i(s_{t+1}) - (1 + r_t) s_t}{\mu \sigma_{i,t}^2}, \quad (3)$$

其中， $\sigma_{i,t}^2 = (1 + r_t^*)^2 V_t^i(s_{t+1})$ 。由式 (3) 可以看出， i 型交易者在时刻 t 对下期汇率的预测 $E_t^i(s_{t+1})$ 以及条件方差 $\sigma_{i,t}^2$ 共同决定了 i 型交易者在时刻 t 的最优外国资产持有量 $d_{i,t}^*$ 。

因此，我们可以加和得出时刻 t 的外国资产的总需求 D_t^* ：

$$D_t^* = \sum_i^n n_{i,t} d_{i,t}^*, \quad (4)$$

其中， $n_{i,t}$ 为 i 型交易者数量。市场均衡时，供需相等：

$$D_t^* = X_t = X_{e,t} + \Delta X_t, \quad (5)$$

其中， X_t 为 t 时刻的外汇总供给。外汇总供给有两个渠道， $X_{e,t}$ 表示由经常账户净差额决定的外汇净供给，而 ΔX_t 表示央行的外汇买卖数量。将 $d_{i,t}^*$ 的表达式带入市场均衡等式可求得：

$$s_t = \frac{(1 + r_t^*)}{(1 + r_t)} \frac{1}{\sum_i^n n_{i,t} \frac{1}{\sigma_{i,t}^2}} \left[\sum_i^n n_{i,t} \frac{E_t^i(s_{t+1})}{\sigma_{i,t}^2} - \frac{\mu}{(1 + r_t^*)} (X_{e,t} + \Delta X_t) \right]. \quad (6)$$

沿用李晓峰和魏英辉（2009）的方式，对汇率形成机制加入随机扰动，可得汇率为

$$s_t = \frac{(1+r_t^*)}{(1+r_t)} \frac{1}{\sum_i^n n_{i,t} \frac{1}{\sigma_{i,t}^2}} \left[\sum_i^N n_{i,t} \frac{E_i^i(s_{t+1})}{\sigma_{i,t}^2} - \frac{\mu}{(1+r_t^*)} \times (X_{c,t} + \Delta X_t) \right] + v_t, \quad v_t \sim N(0, \sigma_v^2), \quad (7)$$

其中， v_t 为外汇市场的随机扰动项。

（二）异质性预期

假设市场上存在两类不同的交易者：均值回归的基本面交易者和不参考基本面的投机性交易者。

基本面交易者以基本面信息为准绳，认为汇率有均值回归的特点，因此对未来汇率变动的预期取决于实际汇率偏离基本面汇率水平的程度。 $E_i^f(s_{t+1})$ 是基本面交易者在 t 时刻对于下期汇率 s_{t+1} 的期望，其计算方式如下：

$$E_i^f(s_{t+1}) = s_{t-1} - \varphi^f(s_{t-1} - f_{t-1}), \quad 0 < \varphi^f < 1, \quad (8)$$

其中， f_{t-1} 为 $t-1$ 时刻的基本面汇率。式（8）中，系数 φ^f 为基本面汇率对汇率预期影响的权重。 φ^f 越大，未来汇率与当期汇率的关联越小，与基本面汇率的关联越大，汇率均值回归的速度越快。此外，式（8）包含了一个重要假设前提，即当基本面交易者在 t 期预测 $t+1$ 期汇率时，其已知信息为 $t-1$ 期的汇率及基本面汇率。由上小节可得， s_t 由 t 期关于下期汇率的预期 $E_i^i(s_{t+1})$ 和外汇总供给共同决定。因此，所有交易者对于 $t+1$ 期的预测都先于 t 期汇率形成。

我们的汇率决定模型是基于外汇市场投资者资产配置最优化行为建立的。沿用前人的研究方法（李晓峰和陈华，2012；Spronk et al., 2013），我们使用无抛补利率平价理论来求解基本面汇率：

$$f_{t-1} = \frac{(1+r_{t-1})}{(1+r_{t-1}^*)} f_{t-2} + \varepsilon_{t-1}, \quad \varepsilon_{t-1} \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2), \quad (9)$$

其中， ε_{t-1} 是来自经济基本面的冲击。

投机性交易者对未来汇率的预期 $E_i^e(s_{t+1})$ 取决于上期汇率 s_{t-1} 相对于再之前一期汇率 s_{t-2} 的变动。他们认为汇率的走势会延续到下一期，且预期系数与泡沫程度有关。因此，他们的汇率预期为：

$$E_i^e(s_{t+1}) = s_{t-1} + \varphi^{e*} |B_{t-1}| (s_{t-1} - s_{t-2}), \quad \varphi^{e*} > 0, \quad (10)$$

$$B_{t-1} = s_{t-1} - f_{t-1}, \quad (11)$$

其中, B_{t-1} 为 $t-1$ 时刻的外汇泡沫程度, 其定义如式 (11) 所示。

定义 $w_{f,t}$ 和 $w_{c,t}$ 分别为基本面交易者和投机性交易者的市场占比, 其中 $w_{i,t} = n_{i,t} / \sum_i^n n_{i,t}$, $w_{f,t}$ 和 $w_{c,t}$ 满足 $0 < w_{f,t} < 1$ 和 $w_{c,t} + w_{f,t} = 1$ 。 $w_{f,t}$ 和 $w_{c,t}$ 与泡沫状态紧密相关。当泡沫处于膨胀状态时, 持续的单向汇率变动使得基本面交易者不能获利, 导致其对市场不再具有信心而暂时转变为投机性交易者。当泡沫处于破灭状态时, 外汇汇率逼近基本面汇率水平, 基本面交易者获利, 更多的投机性交易者暂时地转变为基本面交易者。我们使用由 Brock and Hommes (1997) 提出的切换机制来实现这个想法。这种机制将投机性交易者和基本面交易者的占比 $w_{c,t}$ 和 $w_{f,t}$ 定义为外汇交易规则相对盈利能力的函数, 即:

$$w_{c,t} = \frac{e^{\gamma\pi'_{c,t}}}{e^{\gamma\pi'_{c,t}} + e^{\gamma\pi'_{f,t}}}, \quad (12)$$

$$w_{f,t} = \frac{e^{\gamma\pi'_{f,t}}}{e^{\gamma\pi'_{c,t}} + e^{\gamma\pi'_{f,t}}}, \quad (13)$$

$$\pi'_{c,t} = \pi_{c,t} - \mu \sigma_{c,t}^2, \quad (14)$$

$$\pi'_{f,t} = \pi_{f,t} - \mu \sigma_{f,t}^2, \quad (15)$$

其中, $\pi'_{c,t}$ 和 $\pi'_{f,t}$ 为使用投机性交易策略和使用基本面交易策略的 t 期调整后收益, γ 是决定转向更有利可图规则的惯性度量。

没有调整的利润 $\pi_{i,t}$ 定义为 t 时刻已知的投资 1 单位外币资产在上期的经济收益:

$$\begin{aligned} \pi_{i,t} &= [s_{t-1}(1+r_{t-2}^*) - s_{t-2}(1+r_{t-2})] \operatorname{sgn} [(1+r_{t-2}^*) E_{t-2}^i(s_{t-1}) - (1+r_{t-2}) s_{t-2}], \\ \operatorname{sgn}(x) &= \begin{cases} 1, & \text{for } x > 0 \\ 0, & \text{for } x = 0, i = c, f, \\ -1, & \text{for } x < 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (16)$$

其中, 转换为本币计价的收益为 $s_{t-1}(1+r_{t-2}^*)$, 而若是没有购买外币资产, 投资本币资产的机会成本为 $s_{t-2}(1+r_{t-2})$ 。

关于波动率 $\sigma_{i,t}^2$, 其计算方式如式 (17) 所示:

$$\sigma_{i,t}^2 = \sum_{k=1}^{\infty} \rho (1-\rho)^{k-1} [E_{t-k-1}^i(s_{t-k}) - s_{t-k}]^2, \quad 0 < \rho < 1, \quad (17)$$

其中, $\rho(1-\rho)^k$ 是 $t-k$ 期估计偏差的权重, ρ 是估计偏差的记忆参数。因此, 对于投机性交易者而言, 其波动率为:

$$\sigma_{c,t}^2 = (1-\rho) \sigma_{c,t-1}^2 + \rho [E_{t-2}^c(s_{t-1}) - s_{t-1}]^2. \quad (18)$$

对于基本面交易者而言，他们除了考虑预期与实际值之间的方差，也将汇率偏离基本面的程度纳入考量。因为基本面交易者认为，汇率偏离基本面越远，汇率越倾向于回归。因此，对于基本面交易者而言，其波动率为：

$$\sigma_{f,t}^2 = \sum_{k=1}^{\infty} \rho (1-\rho)^{k-1} \frac{[E_{t-k}^f(s_{t-k}) - s_{t-k}]^2}{1 + (s_{t-k} - f_{t-k})^2}, \quad 0 < \rho < 1. \quad (19)$$

类似的，我们可以将汇率波动率改写为：

$$\sigma_{f,t}^2 = (1-\rho) \sigma_{f,t-1}^2 + \rho \frac{[E_{t-1}^f(s_{t-1}) - s_{t-1}]^2}{1 + (s_{t-1} - f_{t-1})^2}. \quad (20)$$

(三) 逆风干预模型与目标区间干预模型

我们沿用前人的方法（李晓峰和魏英辉，2009；Beine *et al.*，2009），设定央行的逆风外汇干预方式表达如下：

$$\Delta X_t = \alpha \Delta s_{t-1}, \quad \alpha > 0, \quad (21)$$

其中， α 是央行干预强度系数。

我们进一步假设央行的逆风干预不随时发生，仅在外汇偏离幅度超过一定程度 M 时进行（李晓峰和魏英辉，2009），即央行采用目标区间的外汇干预方式。具体的，目标区间的外汇干预方式可以表达如下：

$$\Delta X_t = \begin{cases} \alpha \Delta s_{t-1}, & |s_{t-1} - f_{t-1}| > M \\ 0, & |s_{t-1} - f_{t-1}| \leqslant M \end{cases}, \quad \alpha > 0. \quad (22)$$

(四) 防泡沫的央行直接干预模型

为了防范可能出现并扩大的投机性泡沫，央行需要在适当的时机进行干预，然而传统的外汇干预方式存在许多不足。逆风干预需要频繁干预，不符合市场化的汇率形成机制这一基本制度。目标区间干预进行了一些优化，仅在汇率波动偏离基本面率达到一定程度时进行，但是其干预程度仅与上期的汇率走势变化程度相关，而并不参考汇率泡沫的严重程度，因此目标区间干预可能存在时而干预过度，时而干预不足的情况，其防范投机性泡沫的效果并不稳定。因此，本文针对市场何时需要央行干预，央行需要给市场注入或者吸收多大的外汇流动性才可以最有效地防范外汇投机泡沫的问题，提出了防泡沫的央行直接干预模型。

寻找汇率自由波动而央行必须出面干预的时机，此时， $\Delta X_t = 0$ 。设定 $X_{c,t} = 0$ 简化模型， $E(B_t)$ 为没有央行干预时，市场总体对于汇率泡沫的预期。

当外汇市场泡沫已经达到一定程度 ($|B_{t-1}| > M$) 且无央行干预的泡沫预期将进一步扩大时 ($|E(B_t)| > |B_{t-1}|$), 央行需要进行防泡沫的外汇干预。

具体的, 当 $B_{t-1} > 0$ 时, 若 $|B_{t-1}| > M$ 且 $E(B_t) > B_{t-1}$, 则泡沫已经超过一定规模, 且当汇率自由浮动时期望的下期泡沫将大于本期, 市场汇率将自发性地不断偏离基本面汇率使得市场风险加剧。因此, 央行应及时入市调控, 使得汇率回到能够自主调节的范围内。反之, 期望的下期泡沫小于本期, 市场汇率仍然呈现出均值回归特质, 无须央行参与。

当 $B_{t-1} < 0$ 时, 若 $|B_{t-1}| > M$ 且 $E(B_t) < B_{t-1}$, 则泡沫已经超过一定规模, 且当汇率自由浮动时市场预期的泡沫亦将不断扩大。为了促使汇率回到均值回归的区域, 央行应进行外汇干预。

在确认了需要干预的时机后, 再对央行干预方式和干预程度进行讨论。

防泡沫干预的干预量为使得泡沫预期绝对值不大于当期泡沫绝对值的最小央行干预量。

具体的, 当 $B_{t-1} > 0$, $|B_{t-1}| > M$ 且 $E(B_t) > B_{t-1}$ 时, 央行进行外汇干预 $\Delta X_t \neq 0$ 。干预的目标是使得干预后的当期泡沫期望值小于等于上期的泡沫实现值:

$$E(B_t)^* = E(s_t)^* - E(f_t) \leqslant B_{t-1} = s_{t-1} - f_{t-1}, \quad (23)$$

其中, $E(B_t)^*$ 是存在央行干预时, 市场总体对于汇率泡沫的预期。 $E(s_t)^*$ 是存在央行干预时, 市场总体对于汇率水平的预期。

带入汇率的期望以及基本面汇率的期望可得:

$$\begin{aligned} \frac{(1+r_t^*)}{(1+r_t)} \frac{1}{\sum_i^n \frac{1}{\sigma_{i,t}^2}} \left(\sum_i^N n_{i,t} \frac{E_t^i(s_{t+1})}{\sigma_{i,t}^2} - \frac{\mu}{(1+r_t^*)} \Delta X_t \right) - \frac{(1+r_t)}{(1+r_t^*)} f_{t-1} \\ \leqslant s_{t-1} - f_{t-1}. \end{aligned} \quad (24)$$

化简可得央行的最小干预量为:

$$\begin{aligned} \Delta X_t \geqslant R_t^* (\theta_{c,t} \varphi^{c*} |B_{t-1}| (s_{t-1} - s_{t-2}) - \theta_{f,t} \varphi^f B_{t-1}) + \\ (r_t^* - r_t) (\theta_{c,t} + \theta_{f,t}) A_t > 0, \end{aligned} \quad (25)$$

其中, $\theta_{c,t} = \frac{n_{c,t}}{\mu \sigma_{c,t}^2}$, $\theta_{f,t} = \frac{n_{f,t}}{\mu \sigma_{f,t}^2}$, $A_t = \frac{(1+r_t)}{(1+r_t^*)} f_{t-1} + s_{t-1}$, $R_t^* = (1+r_t^*)$ 。

当 $B_{t-1} < 0$, $|B_{t-1}| > M$ 且 $E(B_t) < B_{t-1}$ 时, 央行进行外汇干预 $\Delta X_t \neq 0$ 。干预目的是使得干预后的本期泡沫期望较上期泡沫程度有所降低:

$$E(B_t)^* = E(s_t)^* - E(f_t) \geqslant B_{t-1} = s_{t-1} - f_{t-1}. \quad (26)$$

带入汇率的期望以及基本面汇率的期望可得:

$$\begin{aligned} & \frac{(1+r_t^*)}{(1+r_t)} \frac{1}{\sum_i^n n_{i,t} \frac{1}{\sigma_{i,t}^2}} \left[\sum_i^n n_{i,t} \frac{E_t^i(s_{t+1})}{\sigma_{i,t}^2} - \frac{\mu}{(1+r_t^*)} \Delta X_t \right] - \frac{(1+r_t)}{(1+r_t^*)} f_{t-1} \\ & \geq s_{t-1} - f_{t-1}. \end{aligned} \quad (27)$$

所以化简可得央行的干预量为：

$$\begin{aligned} \Delta X_t & \leq R_t^* [\theta_{c,t} \varphi^{c*} |B_{t-1}| (s_{t-1} - s_{t-2}) - \theta_{f,t} \varphi^f B_{t-1}] \\ & + (r_t^* - r_t) (\theta_{c,t} + \theta_{f,t}) A_t < 0. \end{aligned} \quad (28)$$

(五) 外汇市场的宏观审慎政策

在没有宏观审慎政策的情况下，我们假设交易者没有信贷约束。也就是说，无论其上期累计的资产有多少，交易者都可以不受其资产规模限制地购买理论最优量的外汇资产和本币资产。考虑到非理性交易者借钱炒汇是造成外汇市场泡沫膨胀和风险加剧的重要原因，因此通过宏观审慎政策对投机性交易者的借贷进行一定限制可以防范外汇市场的投机性泡沫。我们延用Korinek and Sandri (2016) 的方式，对交易者的借款总额进行一定程度的限制。对投机性交易者，设置其本币计量的借款总量不超过 t 期资产的 β 倍：

$$\text{当 } d_{c,t}^* < 0 \text{ 时, } -s_t d_{c,t}^* \leq \beta W_t^c = \beta [(1+r_{t-1}^*) s_t d_{c,t-1}^* + (1+r_{t-1}) d_{c,t-1}], \quad (29)$$

$$\text{当 } d_{c,t} < 0 \text{ 时, } -d_{c,t} \leq \beta W_t^c = \beta [(1+r_{t-1}^*) s_t d_{c,t-1}^* + (1+r_{t-1}) d_{c,t-1}]. \quad (30)$$

由于存在针对投机性交易者的宏观审慎政策，投机性交易者的最优外汇持有量为根据有约束的最大化目标函数求得的最优解：

$$\begin{aligned} \text{Max } U(W_{t+1}^i) & = E_t^i(W_{t+1}^i) - \frac{1}{2} \mu V_t^i(W_{t+1}^i), \\ \text{s. t. } 0 & \leq \beta [(1+r_{t-1}^*) s_t d_{c,t-1}^* + (1+r_{t-1}) d_{c,t-1}] + d_{c,t}, \lambda_{c,t} \\ 0 & \leq \beta [(1+r_{t-1}^*) s_t d_{c,t-1}^* + (1+r_{t-1}) d_{c,t-1}] + s_t d_{c,t}^*, \lambda_{c,t}^*, \end{aligned} \quad (31)$$

其中， $\tilde{d}_{c,t}^*$ 为没有宏观审慎杠杆率限制时，投机性投资者在 t 期的最优外币资产持有量。当 $-\tilde{d}_{c,t}^* > \beta \left[(1+r_{t-1}^*) d_{c,t-1}^* + \frac{1}{s_t} (1+r_{t-1}) d_{c,t-1} \right]$ 时，杠杆约束对外币借款起作用， $\lambda_{c,t}^* \neq 0$ 。所以投机性交易者外汇需求为：

$$d_{c,t}^* = -\beta \left[(1+r_{t-1}^*) d_{c,t-1}^* + \frac{1}{s_t} (1+r_{t-1}) d_{c,t-1} \right]. \quad (32)$$

市场均衡时，供需相等。代入 $d_{c,t}^*$ 和 $d_{f,t}^*$ 并化简，可求得 s_t 为：

$$\begin{aligned} s_t = & \left[\frac{\Omega_t}{2\theta_{f,t}R_t} - \frac{n_{c,t}R_{t-1}^*}{2\theta_{f,t}R_t}\beta d_{c,t-1}^* \right] \\ & + \frac{1}{2\theta_{f,t}R_t} \sqrt{[\Omega_t - \beta R_{t-1}^* n_{c,t} d_{c,t-1}^*]^2 - \beta} + v_t, \quad (33) \end{aligned}$$

其中, $R_t^* = 1 + r_t^*$, $R_t = 1 + r_t$, $C_t = 4\theta_{f,t}R_tR_{t-1}n_{c,t}d_{c,t-1}$, $\Omega_t = \theta_{f,t}R_t^* \times E_t^f(s_{t+1}) - (X_{c,t} + \Delta X_t)$ 。

为了使得 s_t 存在, 需保证根号内式子大于等于 0。在实际计算模拟过程中, 该条件均得到满足。为了防止 s_t 出现负值, 我们仅取根号前为加号的解。

当 $-\beta[(1+r_{t-1}^*)d_{c,t-1}^* + \frac{1}{s_t}(1+r_{t-1})d_{c,t-1}] \leq \tilde{d}_{c,t}^* \leq (\beta+1)[(1+r_{t-1}^*)d_{c,t-1}^* + \frac{1}{s_t}(1+r_{t-1})d_{c,t-1}]$ 时, 约束不起作用, $\lambda_{c,t} = \lambda_{c,t}^* = 0$ 。因此, 汇率与没有宏观审慎政策时的汇率相同。

$\tilde{d}_{c,t}$ 为没有宏观审慎杠杆率限制时, 投机性投资者在 t 期的最优本币资产持有量。当 $-\tilde{d}_{c,t} > \beta[(1+r_{t-1}^*)s_t d_{c,t-1}^* + (1+r_{t-1})d_{c,t-1}]$ 时, 杠杆约束对本币借贷起作用, $\lambda_{c,t} \neq 0$ 。此时, 投机性交易者借本币的需要受到限制:

$$-d_{c,t} = \beta[(1+r_{t-1}^*)s_t d_{c,t-1}^* + (1+r_{t-1})d_{c,t-1}]. \quad (34)$$

又因为本币资产等于总资产减去外币资产, 因此可得投机性交易者当期的外汇资产为:

$$d_{c,t}^* = (\beta+1)[(1+r_{t-1}^*)d_{c,t-1}^* + \frac{1}{s_t}(1+r_{t-1})d_{c,t-1}]. \quad (35)$$

根据外汇市场的供需平衡, 代入两种交易者的最优外汇资产持有量, 可求得:

$$\begin{aligned} s_t = & \left[\frac{\Omega_t}{2\theta_{f,t}R_t} + \frac{n_{c,t}R_{t-1}^*(\beta+1)}{2\theta_{f,t}R_t}d_{c,t-1}^* \right] + \frac{1}{2\theta_{f,t}R_t} \\ & \times \sqrt{[\Omega_t + (\beta+1)R_{t-1}^*n_{c,t}d_{c,t-1}^*]^2 + C_t(\beta+1)} + v_t. \quad (36) \end{aligned}$$

其中, 我们仅保留根号前为加号的 s_t 解, 以保证其为正数。

(六) 防泡沫的双工具模型

这一汇率管理模型是以防泡沫为目标, 将宏观审慎政策和防泡沫的央行直接干预相结合而形成的, 以下称“防泡沫的双工具模型”。我们同样使用 $X_{c,t}=0$ 简化后的模型研究实施宏观审慎政策后, 央行需要进行外汇干预的时机和程度。

当宏观审慎政策对投机性交易者的外币借贷起到约束作用时，央行是否干预需要根据泡沫变化程度来确定。

当 $B_{t-1} > 0$ 时，干预信号为 $|B_{t-1}| > M$ 且 $E(B_t) > B_{t-1}$ 。在投机性交易者最优外币借贷量超过持有资产的杠杆约束时，这种情况不会发生。

当 $B_{t-1} < 0$ 时，干预信号为 $|B_{t-1}| > M$ 且 $E(B_t) < B_{t-1}$ 。若央行不及时进行外汇干预，则泡沫会进一步扩大。干预目标为 $E(B_t)^* \geq B_{t-1}$ ，所以央行的外汇干预为：

$$\begin{aligned}\Delta X_t \leq -\beta n_{c,t} \left[\frac{R_{t-1} d_{c,t-1}}{A_t - f_{t-1}} + R_{t-1}^* d_{c,t-1}^* \right] \\ + \theta_{f,t} (r_t^* - r_t) A_t - \theta_{f,t} R_t^* \varphi^f B_{t-1} < 0.\end{aligned}\quad (37)$$

对于宏观审慎政策没有起约束作用的情况而言，汇率以及央行干预时机和没有宏观审慎政策的情况一致。

而当宏观审慎政策对投机交易者的本币资产借贷起到约束作用时，央行同样根据汇率市场的泡沫变化趋势来决定是否进行外汇干预。

当 $B_{t-1} > 0$ 时，若 $|B_{t-1}| > M$ 且 $E(B_t) > B_{t-1}$ 需要央行干预。此时，央行的外汇市场干预目标为 $E(B_t)^* \leq B_{t-1}$ ，所以：

$$\begin{aligned}\Delta X_t \geq n_{c,t} (\beta + 1) \left(\frac{R_{t-1} d_{c,t-1}}{A_t - f_{t-1}} + R_{t-1}^* d_{c,t-1}^* \right) \\ + \theta_{f,t} (r_t^* - r_t) A_t - \theta_{f,t} R_t^* \varphi^f B_{t-1} > 0.\end{aligned}\quad (38)$$

当 $B_{t-1} < 0$ 时，在 $|B_{t-1}| > M$ 且 $E(B_t) < B_{t-1}$ 时进行干预。但当投机性交易者的最优本币借贷量超过了宏观审慎政策限制的总量时，这样的情况亦不会发生，因此不作讨论。

四、模拟结果比较

为了更加清晰地展示防泡沫的双工具模型在降低外汇干预成本与防范外汇市场泡沫上的效果，本部分基于外汇异质性预期，通过宏观冲击随机游走的方式模拟了无央行干预、传统的逆风干预、目标区间干预以及防泡沫的双工具模型下的汇率和基本面汇率的走势以及央行干预情况。

我们使用 R 语言编程，对汇率波动进行 1 000 个交易日的模拟。图像展示的均为一次模拟结果。在稳健性检验中，我们重复了 40 次随机模拟并用表格展示了每次模拟中的最大外汇泡沫以及央行干预成本，以确保结论的稳健性。参数设置详见附录，参数值设定参考了 De Grauwe and Grimaldi (2006) 以及李晓峰和魏英辉 (2009) 的模拟参数。

(一) 无央行干预

图 1 展示的是无央行干预的模拟情况。图 1 (a) 是模拟期间汇率与基本面汇率的走势。图 1 (b) 是存在异质性预期的外汇市场在无央行干预时的泡沫变化走势。如图所示，在较长时间内汇率均围绕基本面汇率做较小的波动，市场具有一定的自我调节能力。但是，在 300 天和 480 天附近，外汇市场出现了较大的泡沫。因此，存在异质性预期的外汇市场需要一定的管理，央行的适当干预对于维持市场理性与防范外汇泡沫风险有着重要作用。

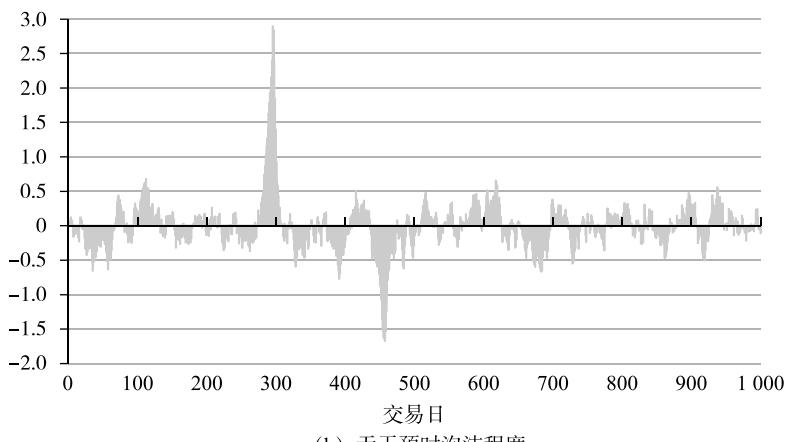
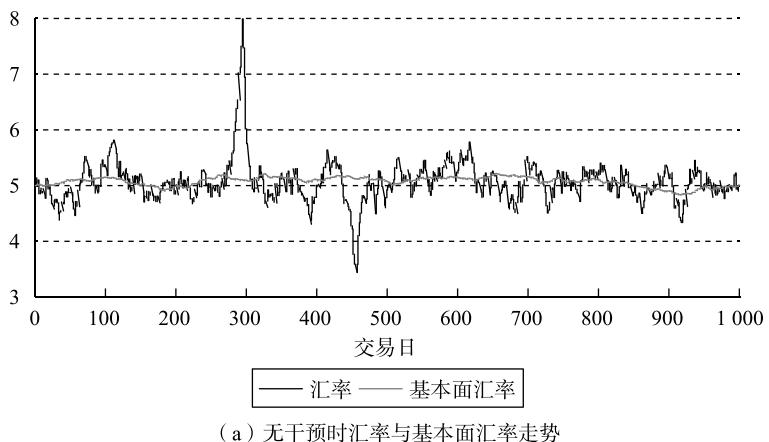


图 1 无央行干预情况

(二) 逆风干预与目标区间干预

按照理论部分所述的干预规则，我们对外汇市场进行了强度为 2 的逆风干预，结果如图 2 (a) — 图 2 (c) 所示。我们也对外汇市场进行了目标区间 M 为 0.5，强度为 2 的目标区间干预，模拟结果如图 2 (d) — 图 2 (f) 所示。

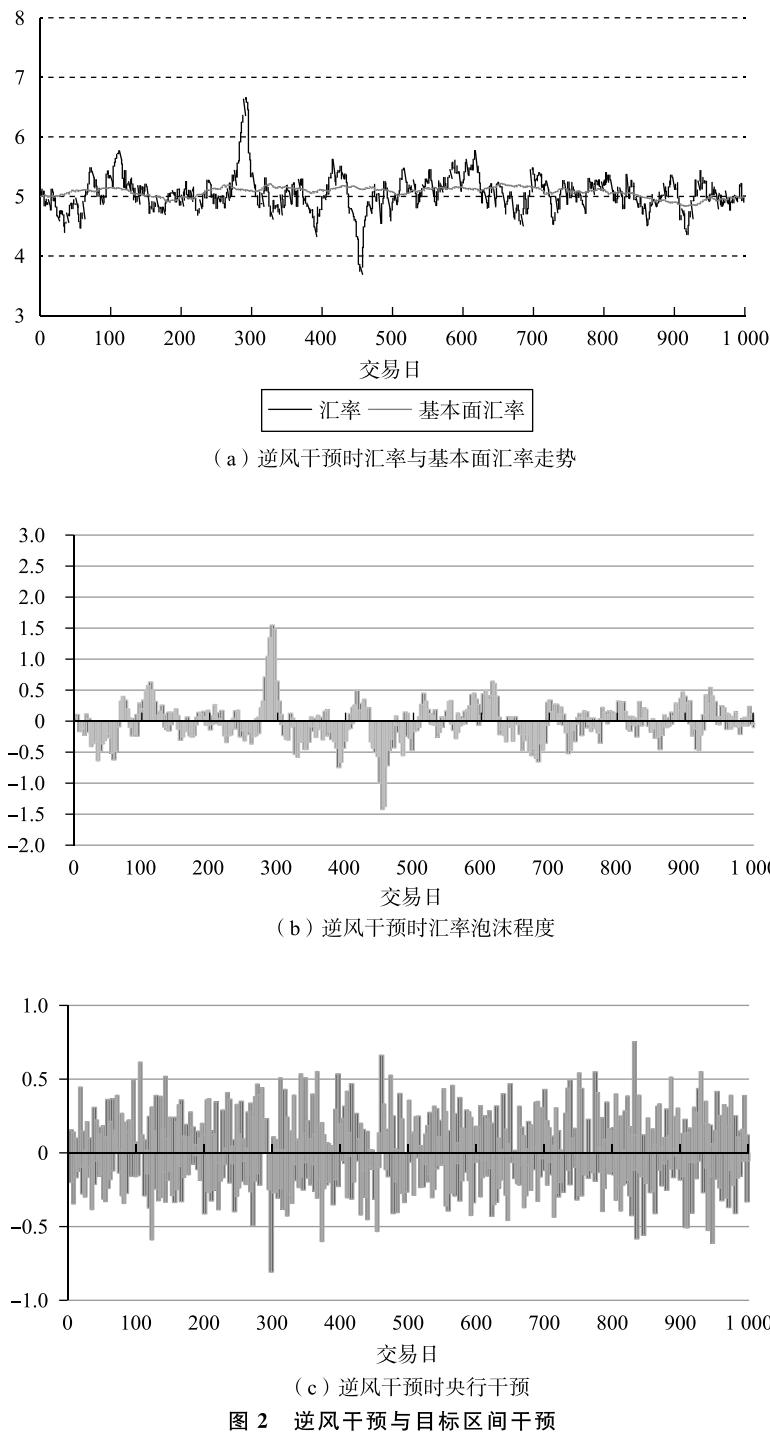
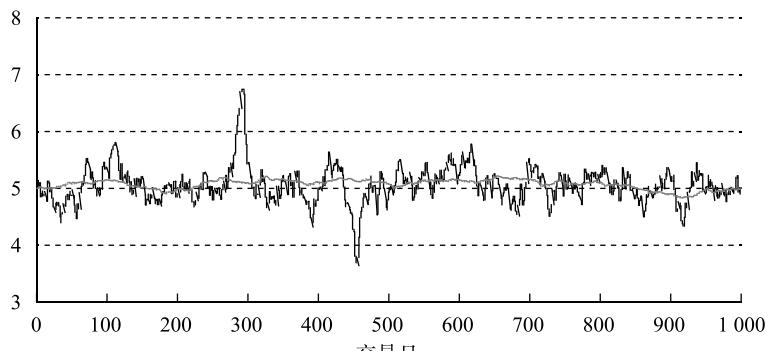
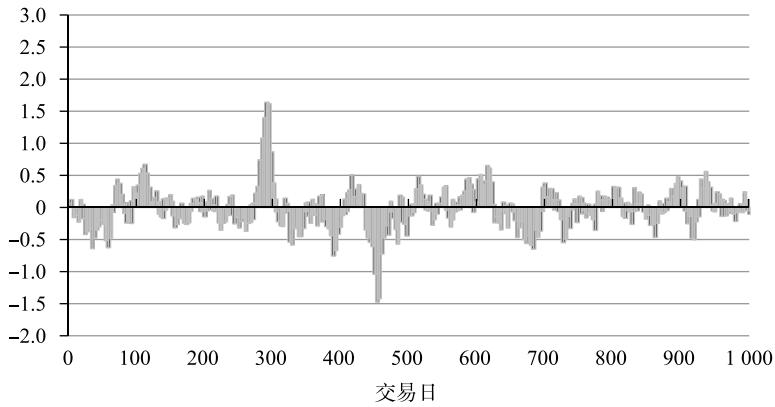


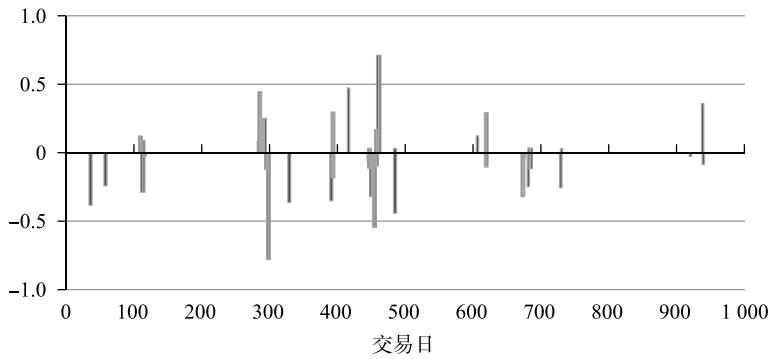
图2 逆风干预与目标区间干预



(d) 目标区间干预时汇率与基本面汇率走势



(e) 目标区间干预时汇率泡沫程度



(f) 目标区间干预时央行干预

图 2 逆风干预与目标区间干预 (续)

由图 2 (a), 图 2 (d) 与图 1 (a) 的对比我们可以看出, 相较于完全无干预, 逆风干预和目标区间干预可以在一定程度上减小汇率的偏离程度。但是, 如图 2 (c) 和图 2 (f) 所示, 逆风干预和目标区间干预需要央行的频繁介入。在强度为 2 的干预下, 逆风干预的干预成本绝对值总和为 170.26, 而目

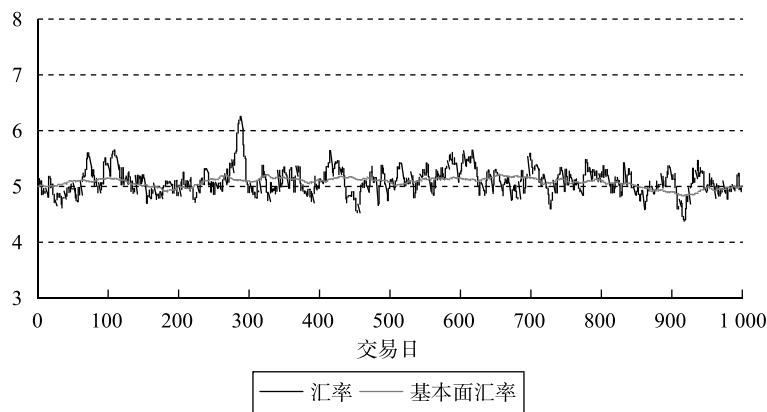
标区间干预的成本绝对值总和为 14.93。比较逆风干预与目标区间干预可以看出，由于目标区间干预仅在外汇波动超过一定程度时进行，其干预成本较低，而干预效果类似于逆风干预。因此，就这两种方法而言，目标区间干预是更优选择。

(三) 防泡沫的双工具模型

在图 3 中，我们展示了防泡沫的双工具模型对于外汇泡沫的防范效果及其干预成本。其中，针对投机性交易者的借贷杠杆约束为 20%。图 3 (a) 是模拟期间汇率与基本面汇率走势。图 3 (b) 是模拟区间的泡沫变化走势。图 3 (c) 展示了在模拟区间内央行的干预。图 3 (d) 展示了在宏观审慎政策作用下，投机性交易者的借贷需求被约束的频率。其中，数字 1 代表宏观审慎政策对外币借贷起到约束作用，2 代表宏观审慎约束条件没有发挥作用，而 3 代表宏观审慎政策对本币借贷起到了约束作用。

如图 3 (b) 所示，使用防泡沫的双工具模型进行汇率管理时，外汇市场的投机泡沫得到有效控制。在模拟时间段内，外汇市场的波动始终在一定范围内，没有出现巨大的泡沫。

如图 3 (c) 所示，在模拟区间内，使用防泡沫的双工具模型，央行干预频率大幅下降。在模拟时间段内，央行的直接干预的成本绝对值总额降至 10.29，而目标区间干预与逆风干预的同模拟区间干预成本绝对值总额分别为 14.93 和 170.26。使用防泡沫的双工具模型出现的最大汇率泡沫为 1.15，而使用逆风干预和目标区间干预时出现的最大泡沫分别为 1.55 和 1.64。因此，宏观审慎防泡沫外汇干预模型在防范泡沫效果以及降低央行干预成本方面均表现更优，也更加稳健。由图 3 (d) 可知，在模拟过程中，由于存在宏观审慎政策，投机性交易者的借贷需求受到了约束。



(a) 防泡沫的双工具模型下汇率与基本面汇率走势

图 3 防泡沫的双工具模型

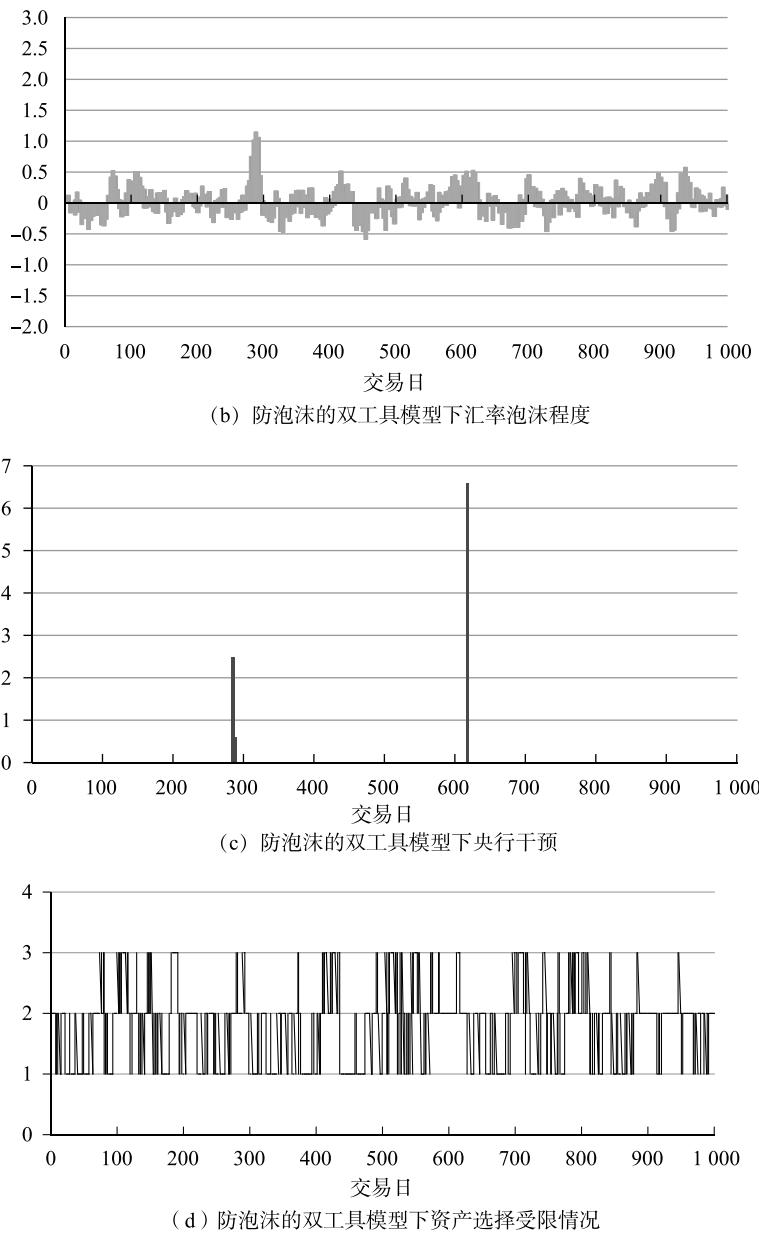


图 3 防泡沫的双工具模型 (续)

图中展示的为一次模拟结果。为了保证结论的稳健性，我们共进行了 40 次模拟，并对比在逆风干预、目标区间干预和防泡沫的双工具模型下，央行的干预成本与模拟期间出现的最大泡沫。表 1 展示了在不同的干预方式下出现的最大泡沫，而表 2 展示了在对应的模拟中需要央行干预的成本。因为成本存在正负相抵的情况，我们对每次干预成本均取绝对值再进一步加总。

综合分析表 1 和表 2，我们发现，使用防泡沫的双工具模型能够以最小成

本稳健地降低外汇市场出现投机性泡沫的风险。对于外汇市场有较强投机氛围的经济体而言，这是一种成本低而风险小的外汇管理模式。

表1 不同干预方式下泡沫程度对比

泡沫 程度	无干预	逆风干预			目标区间干预			防泡沫的双工具模型		
		$\alpha = 0.5$	$\alpha = 1$	$\alpha = 2$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 1$	$\alpha = 2$	10%	15%	20%
模拟 1	-1.716	-1.679	-1.645	-1.584	-1.683	-1.652	-1.595	-0.997	-1.057	-1.133
模拟 2	1.949	1.758	1.612	1.410	1.782	1.652	1.462	-1.076	-1.131	-1.169
模拟 3	0.928	0.920	0.913	0.897	0.921	0.913	0.899	0.596	0.602	0.594
模拟 4	1.828	1.699	1.611	1.477	1.705	1.619	1.491	0.784	0.810	0.822
模拟 5	2.510	2.172	1.923	1.595	2.172	1.923	1.595	0.752	0.751	-0.815
模拟 6	-2.749	-2.548	-2.378	-2.122	-2.570	-2.416	-2.182	-0.719	-0.727	-0.795
模拟 7	-0.777	-0.774	-0.771	-0.764	-0.776	-0.776	-0.774	0.677	0.675	0.667
模拟 8	-1.921	-1.876	-1.836	-1.764	-1.876	-1.836	-1.761	1.106	1.120	1.108
模拟 9	-2.099	-1.867	-6.823	-1.742	-1.881	-7.730	-1.835	-0.768	-0.764	-0.765
模拟 10	1.806	1.772	1.740	1.692	1.772	1.744	1.681	0.626	0.625	0.597
模拟 11	-1.751	-1.739	-1.652	-1.516	-1.744	-1.658	-1.520	0.634	0.632	-0.644
模拟 12	1.830	1.647	1.527	1.343	1.651	1.526	1.331	1.324	1.319	1.326
模拟 13	-1.701	-1.613	-1.541	-1.426	-1.623	-1.557	-1.453	-0.606	-0.616	-0.615
模拟 14	5.657	3.198	2.060	1.592	3.432	2.357	1.637	0.864	0.859	0.812
模拟 15	1.046	1.023	1.002	0.964	1.033	1.021	0.999	1.000	0.994	0.988
模拟 16	2.079	1.879	1.738	1.516	1.886	1.746	1.518	1.055	1.008	0.991
模拟 17	1.667	1.622	1.570	1.481	1.631	1.598	1.540	0.739	-0.740	-0.762
模拟 18	-1.771	-1.723	-1.682	-1.630	-1.740	-1.712	-1.681	0.731	0.773	0.730
模拟 19	-3.440	-3.006	-9.628	-5.383	-3.125	-2.923	-10.203	0.793	0.810	0.811
模拟 20	-1.829	-1.716	-1.625	-1.476	-1.720	-1.631	-1.486	-1.256	0.688	0.688
模拟 21	-0.918	-0.900	-0.883	-0.852	-0.904	-0.890	-0.866	0.601	0.593	0.603
模拟 22	-1.802	-1.629	-1.514	-1.360	-1.638	-1.522	-1.433	0.829	0.826	0.797
模拟 23	-1.772	-1.612	-1.481	-1.291	-1.611	-1.479	-1.288	0.718	0.747	0.760
模拟 24	-1.798	-1.716	-1.802	-1.697	-1.726	-1.820	-1.725	0.941	0.940	0.938
模拟 25	-1.925	-1.903	-1.792	-1.708	-1.918	-1.820	-1.762	0.602	-0.603	-0.618
模拟 26	3.025	2.704	2.433	1.903	2.705	2.435	1.910	0.652	0.655	0.657
模拟 27	0.987	0.943	0.924	0.905	0.984	0.980	0.973	0.576	0.572	0.576
模拟 28	-3.228	-1.790	-1.674	-1.525	-1.780	-1.659	-1.536	0.780	0.850	0.863
模拟 29	-3.228	-1.790	-1.674	-1.525	-1.780	-1.659	-1.536	0.780	0.850	0.863
模拟 30	-2.066	-1.842	-1.722	-1.601	-1.840	-1.724	-1.616	0.796	0.789	0.784
模拟 31	-1.976	-1.793	-1.659	-1.464	-1.816	-1.695	-1.513	0.568	0.935	0.895

(续表)

泡沫 程度	无干预	逆风干预			目标区间干预			防泡沫的双工具模型		
		$\alpha = 0.5$	$\alpha = 1$	$\alpha = 2$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 1$	$\alpha = 2$	10%	15%	20%
模拟 32	-1.924	-1.841	-1.773	-1.768	-1.904	-1.830	-1.797	1.258	1.268	1.176
模拟 33	-2.325	-2.154	-2.017	-1.833	-2.179	-2.066	-1.900	0.537	0.601	0.586
模拟 34	-1.807	-1.744	-1.688	-1.592	-1.750	-1.699	-1.610	0.649	0.653	0.649
模拟 35	-1.888	-1.608	-1.417	-1.223	-1.626	-1.444	-1.248	-0.709	-0.731	-0.771
模拟 36	-0.957	-0.944	-0.932	-0.911	-0.955	-0.952	-0.947	-0.633	-0.633	-0.633
模拟 37	4.922	3.118	2.354	1.603	3.271	2.518	1.665	0.628	1.179	1.168
模拟 38	2.444	2.047	1.921	1.763	2.055	1.934	1.780	0.790	0.748	0.741
模拟 39	-0.913	-0.896	-0.882	-0.857	-0.900	-0.887	-0.865	0.668	0.646	0.635
模拟 40	2.896	2.174	1.823	1.549	2.290	1.970	1.641	1.156	1.150	1.147

表 2 不同干预方式成本对比

成本 对比	逆风干预			目标区间干预			防泡沫的双工具模型		
	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 1$	$\alpha = 2$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 1$	$\alpha = 2$	10%	15%	20%
模拟 1	41.95	83.84	167.80	3.18	6.28	12.39	15.67	16.15	18.56
模拟 2	41.86	83.44	166.66	4.21	7.82	14.85	14.38	14.42	14.29
模拟 3	39.16	78.31	156.70	1.44	2.88	5.73	6.03	5.98	6.03
模拟 4	41.61	82.93	165.08	4.33	8.39	15.68	2.35	2.51	0.54
模拟 5	43.39	86.42	172.33	5.66	10.58	19.68	11.89	13.67	19.25
模拟 6	42.55	84.77	168.69	5.71	11.08	20.71	0.00	0.06	3.64
模拟 7	40.63	81.33	163.03	2.50	5.03	10.17	1.35	1.34	1.30
模拟 8	41.77	83.40	166.44	5.48	10.79	20.64	5.15	5.11	5.10
模拟 9	42.28	93.25	167.46	5.11	21.62	19.40	0.00	0.00	0.00
模拟 10	42.85	85.59	170.82	3.11	6.18	12.07	2.56	0.21	2.60
模拟 11	39.79	79.48	158.94	3.17	6.23	11.55	0.13	0.13	0.13
模拟 12	41.73	83.31	166.59	5.64	10.90	20.64	20.13	22.14	20.07
模拟 13	41.49	82.81	165.47	3.36	6.57	11.72	0.00	0.00	0.00
模拟 14	43.15	84.07	167.16	5.01	7.89	11.89	0.10	0.06	0.00
模拟 15	40.91	81.77	163.87	3.27	6.18	12.29	5.24	5.20	5.17
模拟 16	40.46	80.67	160.73	4.93	9.54	17.44	3.46	0.50	0.43
模拟 17	40.04	79.97	159.39	4.59	8.82	16.72	19.23	13.78	18.66
模拟 18	41.76	83.42	166.70	4.93	9.64	18.54	8.48	4.06	3.72
模拟 19	43.05	98.20	179.58	4.94	9.35	47.17	7.59	6.32	6.20
模拟 20	41.07	81.94	163.24	3.78	7.34	14.14	0.00	0.00	0.00
模拟 21	39.80	79.54	159.10	1.90	3.79	7.53	0.00	0.00	0.00

(续表)

成本 对比	逆风干预			目标区间干预			防泡沫的双工具模型		
	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 1$	$\alpha = 2$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 1$	$\alpha = 2$	10%	15%	20%
模拟 22	41.99	83.81	167.16	4.28	8.38	16.28	0.11	0.11	0.10
模拟 23	40.78	81.31	162.19	4.13	8.01	15.01	16.90	16.45	16.40
模拟 24	41.05	82.22	163.98	3.73	7.64	14.86	2.74	2.94	3.06
模拟 25	40.99	81.87	163.75	4.48	8.72	16.99	0.00	0.00	0.00
模拟 26	42.94	85.28	168.35	7.21	13.70	24.44	0.00	0.00	0.00
模拟 27	41.53	83.20	166.76	3.28	6.01	12.06	0.00	0.00	0.00
模拟 28	41.88	83.96	167.78	4.29	8.33	15.16	0.00	0.00	0.05
模拟 29	41.88	83.96	167.78	4.29	8.33	15.16	0.00	0.00	0.05
模拟 30	41.49	82.82	165.20	4.00	7.70	14.66	13.22	13.17	13.42
模拟 31	41.06	81.76	162.72	5.39	10.41	19.50	0.00	7.66	7.35
模拟 32	40.90	81.60	162.91	4.66	9.08	17.48	7.16	7.17	4.85
模拟 33	42.78	85.24	169.96	4.42	8.24	15.46	0.00	0.01	0.00
模拟 34	41.25	82.31	164.20	3.72	7.15	13.97	2.86	2.85	2.81
模拟 35	41.43	82.61	164.91	3.30	6.34	12.33	0.00	0.00	0.00
模拟 36	41.11	82.14	164.16	2.06	4.12	8.26	0.00	0.00	0.00
模拟 37	42.41	83.13	164.20	5.92	10.71	17.45	2.60	7.45	7.41
模拟 38	41.24	82.22	163.65	3.52	6.76	12.67	1.06	0.75	0.72
模拟 39	39.46	78.74	157.62	3.60	7.19	13.66	0.00	4.87	4.96
模拟 40	43.14	85.60	170.26	4.67	8.52	14.93	10.29	9.71	10.14

五、结 论

对于市场成熟度不高、交易者普遍存在异质性预期的外汇市场而言，央行的适当干预对于维持市场稳定不可或缺。然而，传统的外汇干预方式并不能有效满足防范汇率泡沫的要求。目标区间干预以及逆风干预仅仅考虑上期汇率走势，而不参考整个泡沫程度。因此，当外汇市场泡沫在短期内产生较大变化时，可能存在干预不足而泡沫幅度进一步扩大的现象。为解决有管理浮动汇率制度下央行有效的外汇干预方式问题，本文提出了以防泡沫为目标的汇率管理模型，将央行管理汇率的重点放到防范投机泡沫上。在防泡沫的目标下，央行管理汇率有两种方式——直接干预和宏观审慎政策。

在防泡沫的目标下，央行的直接干预仅在投机性泡沫已经超过一定范畴且预期继续膨胀时从反泡沫的方向进行，其干预量为使得投机性泡沫的期望

值不再进一步扩大的最小干预量。央行的直接干预阻止了投机性交易者从单向的汇率走势中进一步获利，迫使他们从投机性交易者转变为基本面交易者，即转变交易方向为趋向基本面汇率。而当汇率走势重新变为回归基本面汇率的方向时，央行就不再进行干预，让市场自我调节机制充分发挥作用。这种以防泡沫为目标的针对性干预方式对于防范投机泡沫有稳定的效果，同时还可以发挥汇率调节市场供求的作用。

在防泡沫的目标下，央行还可以实施宏观审慎政策以控制外汇市场的杠杆率。由于非理性交易者借钱炒汇是造成外汇市场泡沫膨胀和风险加剧的重要原因，因此，本文创新性地在外汇市场中引入宏观审慎政策。央行对投机性交易者的借贷进行一定限制可以有效防止外汇市场的投机性泡沫，并进而减少央行的干预成本。宏观审慎政策约束了投机性交易者在外汇市场中的参与规模，使得市场上的投机性资本占比不会过大，而投机性资本影响的泡沫性外汇涨跌幅度有限，又进一步减少了对于更多投机性交易者的吸引。

基于防泡沫目标下央行两类工具的分析，本文提出央行在防泡沫目标下综合运用直接干预和宏观审慎政策两类工具能够以最小的成本保证外汇市场既由市场决定汇率的基本走势，又无较大的泡沫风险，本文将这一模型称为“防泡沫的双工具模型”。央行有直接干预和宏观审慎政策两类工具，这两类工具抑制外汇市场泡沫的作用机制不同，其中，宏观审慎政策可以有效阻止泡沫的产生，直接干预可以有效防止已经出现的泡沫进一步扩大。对于外汇市场有较强投机氛围、采取有管理浮动汇率制度的经济体而言，防泡沫的双工具模型是一种成本低而风险小的汇率管理模式。本研究的政策含义在于：

一是关于央行干预的时机。汇率超调是央行干预的必要条件，但不是充分条件。在汇率趋近但没有越过基本面汇率时，央行不需要干预。当汇率越过基本面汇率，即汇率出现超调时，央行也不需要立即干预，应当让市场力量发挥作用，汇率可能会自己回到基本面汇率。只有当汇率超调，且汇率预期发散速度快于即期汇率发散速度时，央行才需要干预。

二是关于央行干预的方式。比较好的干预方式是保持汇率稳定，即不让汇率继续朝原有方向运行，投机者不再盈利后会转为投资者，从而让市场力量自己发挥作用推动汇率返回基本面汇率。干预数量取决于预期发散速度与即期汇率变化速度之差。当汇率转向后，央行就不再继续干预。当再次出现汇率超调且汇率预期发散速度快于即期汇率发散速度时，央行才需要再次干预。

三是关于宏观审慎政策和央行直接干预的相互配合。宏观审慎政策控制外汇市场杠杆水平，可以减少泡沫发生频率和严重程度，配合以防泡沫为目标的央行直接干预，可以降低干预成本。

参 考 文 献

- [1] Bauer, C., P. De Grauwe, and S. Reitz, “Exchange Rate Dynamics in a Target Zone—A Heterogeneous Expectations Approach”, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2009, 33 (2), 329-344.
- [2] Beine, M., P. De Grauwe, and M. Grimaldi, “The Impact of FX Central Bank Intervention in a Noise Trading Framework”, *Journal of Banking & Finance*, 2009, 33 (7), 1187-1195.
- [3] Bénassy-Quéré, A., S. Larribeau, and R. Macdonald, “Models of Exchange Rate Expectations: How Much Heterogeneity?”, *Journal of International Financial Markets, Institutions & Money*, 2003, 13 (2), 113-136.
- [4] Brock, W. A., and C. H. Hommes, “A Rational Route to Randomness”, *Econometrica*, 1997, 65 (5), 1059-1095.
- [5] De Grauwe, P., and A. Markiewicz, “Learning to Forecast the Exchange Rate: Two Competing Approaches”, *Journal of International Money and Finance*, 2013, 32 (5), 42-76.
- [6] De Grauwe, P., and M. Grimaldi, “Exchange Rate Puzzles: A Tale of Switching Attractors”, *European Economic Review*, 2006, 50 (1), 1-33.
- [7] De Grauwe, P., and M. Grimaldi, “Heterogeneity of Agents, Transactions Costs and the Exchange Rate”, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2005, 29 (4), 691-719.
- [8] de Jong, E., W. F. C. Verschoor, and R. C. J. Zwinkels, “Heterogeneity of Agents and Exchange Rate Dynamics: Evidence from the EMS”, *Journal of International Money and Finance*, 2010, 29 (8), 1652-1669.
- [9] Dominguez, K. M., and J. A. Frankel, “Does Foreign-Exchange Intervention Matter? The Portfolio Effect”, *American Economic Review*, 1993, 83 (5), 1356-1369.
- [10] Dreger, C., and G. Stadtmann, “What Drives Heterogeneity in Foreign Exchange Rate Expectations: Insights from a New Survey”, *International Journal of Finance & Economics*, 2008, 13 (4), 360-367.
- [11] Ellen, S. T., W. F. C. Verschoor, and R. C. J. Zwinkels, “Dynamic Expectation Formation in the Foreign Exchange Market”, *Journal of International Money and Finance*, 2013, 37 (4), 75-97.
- [12] Frankel, J. A., and K. A. Froot, “Chartists, Fundamentalists, and Trading in the Foreign Exchange Market”, *American Economic Review*, 1990, 80 (2), 181-185.
- [13] Frankel, J. A., and K. A. Froot, “The Dollar as an Irrational Speculative Bubble: A Tale of Fundamentalists”, NBER Working Papers, 1986.
- [14] Ito, T., “Foreign Exchange Rate Expectations: Micro Survey Data”, *American Economic Review*, 1990, 80 (3), 434-449.
- [15] Jongen, R., W. F. C. Verschoor, C. C. P. Wolff, and R. C. J. Zwinkels, “Explaining Dispersion in Foreign Exchange Expectations: A Heterogeneous Agent Approach”, *Journal of Economic Dy-*

- namics and Control*, 2012, 36 (5), 719-735.
- [16] Korinek A., and D. Sandri, "Capital Controls or Macroprudential Regulation?", *Journal of International Economics*, 2016, 99 (218), 27-42.
- [17] 李晓峰、陈华, "行为金融视角下的人民币汇率决定模型研究",《管理科学学报》, 2012 年第 8 期, 第 72—83 页。
- [18] 李晓峰、陈华, "交易者预期异质性、央行干预效力与人民币汇率变动——汇改后人民币汇率的形成机理研究",《金融研究》, 2010 年第 8 期, 第 49—67 页。
- [19] 李晓峰、钱利珍、黎琦嘉, "人民币汇率预期特征研究——基于调查数据的实证分析",《国际金融研究》, 2011 年第 12 期, 第 47—58 页。
- [20] 李晓峰、魏英辉, "基于行为金融理论的中央银行外汇干预策略研究",《南开经济研究》, 2009 年第 1 期, 第 3—21 页。
- [21] Maatoug, A. B., I. Fatnassi, and A. Omri, "Sterilised Interventions within a Heterogeneous Expectation Exchange Rate Model: Evidence from the Reserve Bank of Australia", *The Australian Economic Review*, 2011, 44 (3), 258-268.
- [22] Macdonald, R., and I. W. Marsh, "Currency Forecasters Are Heterogeneous: Confirmation and Consequences", *Journal of International Money & Finance*, 1996, 15 (5), 665-685.
- [23] Manzan, S., and F. H. Westerhoff, "Heterogeneous Expectations, Exchange Rate Dynamics and Predictability", *Journal of Economic Behavior & Organization*, 2007, 64 (1), 111-128.
- [24] Meese, R. A., and K. Rogoff, "Empirical Exchange Rate Models of the Seventies: Do They Fit Out of Sample?", *Journal of International Economics*, 1983, 14 (1), 3-24.
- [25] Menkhoff, L., R. R. Rebitzky, and M. Schröder, "Heterogeneity in Exchange Rate Expectations: Evidence on the Chartist-Fundamentalist Approach", *Journal of Economic Behavior & Organization*, 2009, 70 (1-2), 241-252.
- [26] Reitz, S., "Central Bank Intervention and Heterogeneous Exchange Rate Expectations: Evidence from the Daily DEM/US-Dollar Exchange Rate", *Open Economies Review*, 2005, 16 (1), 33-50.
- [27] Rey, H., "Dilemma Not Trilemma: The Global Financial Cycle and Monetary Policy Independence", Proceedings-Economic Policy Symposium-Jackson Hole, 2013.
- [28] 司登奎、江春、李小林, "基于汇率预期与央行外汇干预的汇率动态决定: 理论分析与经验研究",《统计研究》, 2016 年第 9 期, 第 13—21 页。
- [29] Spronk, R., W. F. C. Verschoor, and R. C. J. Zwinkels, "Carry Trade and Foreign Exchange Rate Puzzles", *European Economic Review*, 2013, 60 (60), 17-31.
- [30] 孙国峰, "关于不可能三角理论的思考",中国金融 40 人论坛“双周圆桌”第 20 期“人民币汇率改革路径选择”,北京, 2010 年 1 月 24 日。
- [31] 孙国峰、孙碧波, "人民币均衡汇率测算: 基于 DSGE 模型的实证研究",《金融研究》2013 年第 8 期, 第 70—83 页。
- [32] Sun, G., *Reforms in China's Monetary Policy: A Frontbencher's Perspective*, New York: Palgrave Macmillan, 2015.
- [33] 孙国峰、尹航、柴航, "全局最优视角下的货币政策国际协调",《金融研究》2017 年第 3 期, 第 54—71 页。
- [34] 孙国峰、李文喆, "货币政策、汇率和资本流动——从‘等边三角形’到‘不等边三角形’",《中国人民银行工作论文》2017 年第 3 号。

附录

附表1列出了模型中各参数以及各参数含义、取值范围、对模型进行模拟的实际取值。

附表1 参数设置

参数	定义	取值范围	实际取值
φ^f	基本面交易者预期汇率调整到基本面汇率的速度	$[0, 1]$	0.2
$\varphi^r *$	投机性交易者根据过去汇率和泡沫程度外推未来汇率程度	$[0, +\infty]$	0.8
α	干预强度系数	$[0, +\infty]$	2
M	目标区间，汇率偏离基本面汇率超过该值就加以干预	$[0, +\infty]$	0.5
γ	两种策略转向敏感度	$[0, +\infty]$	5
μ	风险厌恶系数	$[0, +\infty]$	1
ρ	记忆参数	$[0, 1]$	0.5
r_t^*	外币资产的收益率	$[0, +\infty]$	0
r_t	本币资产的收益率	$[0, +\infty]$	0
$\sigma_{f, 1}, \sigma_{c, 1}$	基本面交易者与投机性交易者初始波动率标准差	$[0, +\infty]$	0.1
f_1	基本面汇率初始值	$[-\infty, +\infty]$	5
σ_ϵ	基本面汇率白噪音标准差	$[0, +\infty]$	0.01
s_1	汇率初始值	$[-\infty, +\infty]$	5
σ_s	汇率白噪音标准差	$[0, +\infty]$	0.1
β	宏观审慎政策的投机交易者可借款占总资产比重	$[0, +\infty]$	20%
$d_{f, 1}^*$	基本面交易者期初持有的外国资产	$[0, +\infty]$	1
$d_{c, 1}^*$	投机性交易者期初持有的外国资产	$[0, +\infty]$	1
$d_{f, 1}$	基本面交易者期初持有的本国资产	$[0, +\infty]$	5
$d_{c, 1}$	投机性交易者期初持有的本国资产	$[0, +\infty]$	5
$\sum_i^n n_{i, t}$	市场参与者总数	$[0, +\infty]$	标准化为1

Anti-Bubble Foreign Exchange Rate Management Model

GUOFENG SUN*

(*The People's Bank of China*)

CHANG LIU

(*Southwestern University of Finance and Economics*)

Abstract Foreign exchange rate management under managed floating exchange rate regime is always a difficult problem. Based on the heterogeneous expectations, we develop an anti-bubble dual tool foreign exchange management model in the foreign exchange market. This model combines the central bank foreign exchange intervention with the macro-prudential policy against speculators. Through stochastic simulations, we verify that compared to the traditional foreign exchange intervention models, anti-bubble dual tool intervention model is significantly better for preventing the bubble risks and reducing the intervention costs and is the optimal choice for the central bank in markets with speculators.

Key Words heterogeneous expectations, foreign exchange intervention, macro-prudential policy

JEL Classification F31, E58, F37

* Corresponding Author: Guofeng Sun, Research Institute of The People's Bank of China, Beijing, 100033, China; Tel: 86-10-66194270; E-mail: sguofeng@pbc.gov.cn.