

人民币汇率变动的非对称性和非线性

——基于美元指数的非对称影响及 STR 模型的分析（附录）

外审评议与作者回复

感谢审稿专家的宝贵建议！

本文已按照审稿意见对全文进行了系统修订，相关修改与说明如下。

1.优化货币替代因子设定，可以补充其不同汇率改革阶段的时变特征，或引入制度变量拓展理论模型。

感谢审稿人的建设性建议！针对“优化货币替代因子设定”的相关建议，我们进行了系统讨论与检验。

在本文的理论模型中，货币替代因子主要用于刻画开放经济条件下，居民和市场主体在资产配置与支付结算中存在对外币（尤其是美元）的使用倾向，从而对人民币汇率长期均衡关系产生结构性影响。该设定旨在说明外部货币环境变化通过资产选择与资金流动渠道影响人民币汇率的理论机制，而非直接刻画具体的汇率制度安排或政策工具。因此，在本文既定的理论框架下，货币替代因子的设定难以直接与具体汇率制度因素相融合。

在实证方面，本文已通过多种方式对汇改制度相关因素进行了检验和补充。根据审稿建议 7，本文在 ARDL 基准模型及其扩展模型中引入了 2005 年和 2015 年汇改虚拟变量，但相关变量在长期关系中的显著性和解释力均较为有限。进一步地，本文通过 ESTR 模型得到了人民币汇率的机制转换函数，并就机制转换与人民币汇率制度演进之间的关系进行了更为深入的分析，发现机制切换频率随时间呈上升趋势，与人民币汇率市场化改革持续推进的过程具有一致性，从而在实证层面补充了制度演进对人民币汇率传导机制影响的相关论述。

基于上述理论设定与实证结果，本文认为现有模型中对货币替代因子的处理方式已经比较全面，进一步在模型中引入时变货币替代或额外制度变量可能增加模型复杂度并削弱整体结构的清晰性。因此，本文未对理论模型作进一步扩展。再次感谢审稿人的宝贵建议！

2.文献综述可以补充近年来机器学习、非线性面板模型等新兴方法的相关研究，对比不同方法对汇率非线性特征的刻画差异。

本文已在文献综述部分补充汇率非线性研究的相关进展，修改后的正文如下。

丁剑平和谌卫学（2010）采用门限自回归模型，证实部分亚洲货币的汇率序列存在显著非线性行为，线性模型可能难以充分描述汇率的动态调整过程。Burns & Moosa（2015）在误差修正框架中引入非线性项，发现非线性设定提升了汇率模型拟合与预测能力。陆晓琴等（2020）基于深度门控循环单元（GRU）神经网络，对多种汇率货币模型的非线性协整关系进行检验，结果表明汇率与宏观经济基本面之间存在稳定的非线性协整关系，传统线性方法难以充分刻画其内在结构。相比之下，本文采用指数型平滑转换回归（ESTR）方法刻画人民币对美元汇率的非线性特征，有利于识别不同机制状态下汇率对基本面变量冲击的差异化响应。实证研究发现，人民币对美元汇率的非线性特征符合时变转换模型（STR）的特征，且非线性部分显著提升了模型的解释力和预测力。

新增参考文献：

- [1] Burns K, Moosa I A. Enhancing the forecasting power of exchange rate models by introducing nonlinearity: does it work? [J]. Economic Modelling, 2015, 50: 27-39.

- [2] 丁剑平,湛卫学.汇率非线性因素在部分亚洲货币汇率中的特征——检验购买力平价论的新方法[J].财经研究,2010,36(2):4-14.
- [3] 陆晓琴,冯玲,丁剑平.汇率货币模型的非线性协整关系检验——基于深度 GRU 神经网络[J].中国管理科学,2020,28(5):1-13.

3.可以补充中美利差变量选取依据，或增加同期限利率的稳健性检验。

本文利差变量用于反映两国短期货币需求冲击对人民币汇率的影响。考虑到样本期较长、数据口径一致性及数据可得性等因素，本文选取中国同业拆借利率与美国联邦基金利率反映两国基准利率水平，并以其差值构造中美利差指标。

上述变量设定在相关研究中较为常见。既有文献在研究中中美利差或美国货币政策冲击时，亦常采用同业拆借利率与联邦基金利率作为两国基准利率水平的代表性指标（例如，郭栋，2019；黄禹喆 等，2022）。

本文已在正文中补充说明，并引证相关文献。

新增参考文献：

- [1] 郭栋.美国国债利率对中国债市宏观基本面冲击及两国利率联动时变效应研究——基于 GVAR 和 TVP-VAR 模型的实证分析[J].国际金融研究,2019(4):55-65.
- [2] 黄禹喆,丁志国,张宇晴,等.美国货币政策转向对中国经济的冲击效应与政策应对[J].国际金融研究,2022(11):54-63.

4.针对残差正态性检验未通过的问题，可以说明对实证结果的潜在影响及处理方法。

本文已在模型的诊断检验部分新增脚注，对残差正态性检验未通过的问题进行了补充说明。具体而言，表 6 显示，本文采用的 ARDL 模型通过了除残差正态性检验外的所有相关诊断检验，包括拉格朗日乘数检验（无自相关）、RESET 检验（函数形式合理性）、残差异方差检验（无异方差），模型设定整体较为稳健。残差正态性检验未完全通过，表明残差分布可能偏离正态，对基于正态假设的统计推断精确性可能产生一定影响，但不改变参数估计方向及主要结论。

鉴于宏观金融变量通常具有偏态和厚尾特征，残差分布偏离正态在相关实证研究中较为常见。本研究中，尽管正态性检验未完全通过，但模型在其他关键诊断检验和稳定性检验中表现良好，进一步表明模型设定总体是可靠的。

5.可以补充分析非对称影响的形成机制（如央行干预、市场预期等）。

本文已在非对称 ARDL 模型（表 15）模型估计后方新增段落，补充了对汇率非对称性形成机制的分析，具体内容如下。

美元指数对人民币汇率的非对称影响可能与外汇市场预期变化和政策调节方式密切相关。当美元指数走强、人民币面临贬值压力时，在有管理浮动的汇率制度框架下，相关部门可能通过预期引导、逆周期调节等方式对汇率波动加以调控，缓解短期内的人民币贬值压力，从而削弱了美元指数上升对人民币贬值的传导效应。而当美元指数走弱时，美元资产吸引力下降，跨境资金流动更易向人民币资产倾斜，从而放大了美元指数下降对人民币升值的影响。由此，人民币汇率对美元指数冲击表现出“升值反应较为灵敏、贬值反应相对平缓”的非对称特征。

6.可以解读 ESTR 模型中美元指数阈值的经济含义，结合历史走势说明对应的市场情境；分析“人民币汇率多数时间段处于低机制状态”的制度与市场原因。

本文补充了 ESTR 模型中美元指数阈值的定义及含义，并在图 3 后文新增了美元指数影响下，人民币汇率机制切换与我国汇率制度演进的相关论述。研究发现，机制转换频率随时间呈上升趋势，这一特征与人民币汇率市场化程度不断提高的制度演进过程保持一致。随着汇率市场化改革不断深入，人民币汇率非线性特征增强，汇率运行的自主性和独立性提高。具体内容概括如下。

从经济含义上看，ESTR 模型中的门槛值刻画了美元指数作用机制发生变化的临界水平。当美元指数低于门槛值时，人民币汇率相对于美元指数依据低机制状态（ $G=0$ ）下的线性模型；当美元指数高于门槛值时，人民币汇率变动相对于美元指数依据高机制状态（ $G=1$ ）下的线性模型。人民币汇率机制转换情况具体如图 3 美元指数转移函数所示。

2005 年 7 月汇改之前，转移函数长期维持在高机制状态，机制转换频率低，说明该阶段人民币汇率运行受制度安排的约束较强，汇率水平调整空间有限，对外部冲击的吸收能力相对较弱。

2005 年汇改之后，人民币汇率引入市场化定价机制，人民币对美元汇率的波动幅度明显上升，机制转换频率随之增加，汇率对外部冲击的反应逐渐呈现出更为显著的非线性特征。2015 年 8 月汇改后，人民币汇率定价机制进一步向市场化方向推进。随着 2016 年以后参考一篮子货币、逆周期调节因子等制度安排逐步完善，人民币汇率的双向波动特征显著增强，高低机制之间的转换更加频繁，同时转移函数在高机制状态下的波动幅度加大，人民币汇率非线性特征进一步增强。

总体而言，图 3 所刻画的美联储转移函数及其机制转换特征，与人民币汇率形成机制持续完善的制度演进过程保持一致。随着人民币汇率市场化改革的不断推进，人民币汇率的弹性逐渐增强，机制转换变得更加频繁。人民币汇率越来越能够反映市场供求关系和国际经济环境的变化，汇率运行的自主性和独立性不断增强。

7. 可以按 2005 汇改、2015 汇改等节点划分样本区间，补充阶段实证分析。

基于正文第五部分“实证结果与分析”，本文在原有 ARDL 模型框架下，引入了 2005 年 7 月与 2015 年 8 月两个汇改时间点的虚拟变量，用以考察汇改前后人民币汇率长期协整关系是否发生结构性变化。加入虚拟变量后，对正文表 5 至表 8 的 ARDL 基准模型，及表 10 至表 16 的非对称模型进行了实证回归，除虚拟变量外其余设定均与原文保持一致。

实证发现，引入汇改虚拟变量后，各模型的核心结论并未发生实质性变化。且相关虚拟变量的估计结果总体显著水平较低，经济解释力偏弱。因此，本文未在正文中单独展开阶段实证分析，相关结果在此作出补充说明。

以原表 5 至表 8 的 ARDL 模型为例，引入汇改虚拟变量后的 ARDL 模型表达式如下：

$$\begin{aligned} \Delta \ln S_t = & \lambda_0 + \sum_{j=1}^{n_1} \phi_j \Delta \ln S_{t-j} + \sum_{j=1}^{n_2} \varphi_j \ln R_{t-j} + \sum_{j=1}^{n_3} \rho_j \Delta \left(\ln \frac{M_{t-j}}{M_{t-j}^*} \right) \\ & + \sum_{j=1}^{n_4} \kappa_j \Delta \left(\ln \frac{Y_{t-j}}{Y_{t-j}^*} \right) + \sum_{j=1}^{n_5} \chi_j \Delta (i_{t-j} - i_{t-j}^*) + \sum_{j=1}^{n_6} \theta_j \Delta Vol_{t-j} \\ & + \sum_{j=1}^{n_7} \eta_j \Delta \ln MB_{t-j} + \sum_{j=1}^{n_8} \delta_j \Delta \ln USI_{t-j} + \sum_{j=1}^{n_9} \gamma_j \Delta \ln NEER_{t-j} \\ & + \lambda_1 \ln S_{t-1} + \lambda_2 \ln R_{t-1} + \lambda_3 \left(\ln \frac{M_{t-1}}{M_{t-1}^*} \right) + \lambda_4 \left(\ln \frac{Y_{t-1}}{Y_{t-1}^*} \right) + \lambda_5 (i_{t-1} - i_{t-1}^*) \\ & + \lambda_6 Vol_{t-1} + \lambda_7 \ln MB_{t-1} + \lambda_8 \ln USI_{t-1} + \lambda_9 \ln NEER_{t-1} \\ & + \lambda_{10} d2005 + \lambda_{11} d2015 + \varepsilon_t \end{aligned}$$

采用与正文相同的方法及设定，得到 ARDL(2, 4, 0, 4, 2, 3, 2, 0, 2)模型的长期系数

如下：

引入汇改虚拟变量后的 ARDL(2, 4, 0, 4, 2, 3, 2, 0, 2)模型的长期系数

变量	长期系数	t 值	P 值	变量	长期系数	t 值	P 值
$\ln Y/Y^*$	-0.0565	-1.2438	0.2147	$\ln M/M^*$	0.1319***	2.9377	0.0036
$\ln USI$	0.2140***	4.4092	0.0000	$\ln MB$	-0.0709	-1.6031	0.1102
$(i-i^*)$	0.0021*	1.6663	0.0969	$\ln NEER$	-0.3318***	-4.2377	0.0000
$\ln R$	0.4474***	8.5842	0.0000	Vol	0.3819***	2.8252	0.0051
d2005	-0.0066	-0.6647	0.5069	d2015	0.0238**	2.5652	0.0109
C	2.0917***	5.1125	0.0000				

与正文表 7 相比，在引入汇改虚拟变量后，各主要解释变量的长期系数符号与显著性水平均与原文一致，表明人民币汇率的长期决定机制整体较为稳定。两个汇改虚拟变量对模型的影响总体较小，其中 2005 年汇改虚拟变量（d2005）不显著，2015 年汇改虚拟变量（d2015）在 5%显著性水平下为正，说明 2015 年汇改之后人民币汇率相较此前阶段存在一定贬值趋势，但其估计系数较小，对模型的解释力有限。

进一步地，本文以 2008 年国际金融危机为结构性冲击节点引入相应虚拟变量进行对比检验。结果显示，虚拟变量 d2008 长期系数为 0.0210，在 1%的显著性水平下显著为正。d2008 与 d2015 的长期系数数值接近，且 d2008 显著性水平高于 d2015，表明人民币汇率长期走势中的结构性变化更多与重大外部冲击和宏观环境变化有关，而并非由汇改时点所主导。因此，从理论机制出发，将 2005 年或 2015 年汇改作为长期结构分界点的合理性相对不足。

总体而言，汇改时间虚拟变量在长期协整模型和误差修正模型中的解释力较低。本文使用的 ARDL 及其非对称扩展模型更适用于刻画相关宏观经济基本变量与人民币汇率之间的协整长期关系。基于上述结果，本文在正文中未对实证框架作进一步调整。感谢审稿人提出的建设性建议！

8.图 3 横轴标注复杂，可以补充样本时间节点。

本文对图 3 的时间标注方式进行了调整。在保持样本区间与月度数据不变的前提下，将横轴时间标注由月度调整为年度标注，方便图表阅读；同时在图中标注了两次汇率制度改革的关键时间节点，并在图 3 后文结合相关制度背景进行了对应分析，与针对建议 6 所作的修改补充保持一致。

9.应强化政策建议针对性，结合实证结论提出差异化调控建议。

基于 ARDL 模型和 ESTR 模型实证结果，对政策建议部分进行了补充与细化。围绕人民币汇率协整关系及美元指数影响的非对称、非线性特征，对原有政策建议进行了补充和完善，强化了实证结论与政策建议之间的对应关系，提高了建议的针对性。修改后的建议如下。

第一，持续推进汇率市场化改革，增强人民币汇率变动弹性。由于人民币汇率对外部冲击存在显著的非线性与机制转换特征，因此需要进一步提升汇率市场化水平，增强人民币汇率的自我调节能力，在复杂多变的外部环境下，更好地吸收外部冲击，避免人民币汇率出现过度波动。同时，加快推进人民币国际化进程，提高人民币汇率运行的自主性和灵活性。

第二，强化汇率政策的前瞻性和引导性。由于美元指数对人民币汇率存在显著的非对称性影响，美元指数上升对人民币汇率贬值的影响较小，而美元指数下降对人民币汇率升值的影响较大。政策制定应根据外部环境变化实施差异化调控：当美元指数处于下行阶段时，应更加关注出口部门与市场顺周期行为带来的短期波动风险，灵活运用逆周期调节工具与宏观审慎政策框架，缓解人民币升值压力；当美元指数处于上行阶段时，需要合理引导市场预期，保持人民币币值基本稳定，维护外汇市场平稳运行。

第三，加强货币政策协调。人民币汇率波动与国内经济基本面密切相关，货币供给、利率水平等宏观经济变量对人民币汇率具有显著影响。因此，应当加强各部门协同合作，提升货币政策与财政政策的协调性，兼顾内外均衡，稳定宏观预期，增强经济基本面对汇率运行的支撑作用，维持人民币汇率和宏观经济环境的整体稳定。

第四，加强短期市场因素的监测和宏观调控。由于人民币汇率存在与美元指数相关的非线性波动特征，不同机制状态下美元指数对人民币汇率的影响强度存在明显差异，外部冲击在不同市场情境下的传导效应不同，因此需要强化对关键外部变量变化的监测与预警机制，加强外汇市场监控，及时应对资本流动和市场预期变化，避免引起人民币汇率的过度波动，提升政策应对的及时性与针对性。

10.摘要可以进一步优化，例如补充美元指数非对称影响的具体幅度、ESTR 模型拟合优度提升数值等

本文已在摘要中补充报告美元指数非对称影响的具体定量结果及 ESTR 模型拟合优度的变化情况，中英文摘要相关表述修改如下。

进一步研究发现美元指数对人民币汇率的影响存在非对称性：美元指数累计上升 1%将引起人民币汇率贬值 0.2295%，而美元指数累计下降 1%将引起人民币汇率升值 0.2604%。此外，研究证实人民币汇率变动存在非线性特征，以美元指数作为转换变量的指数型平滑转换（ESTR）模型将模型的拟合优度从 79.55%提高至 81.25%。

Further analysis reveals asymmetry in the impact of the USI: A 1% cumulative increase in the USI leads to a 0.2295% depreciation of the RMB–USD exchange rate, while a 1% cumulative decrease leads to a 0.2604% appreciation. Additionally, the study identifies nonlinear dynamics in RMB-USD exchange rate movements. The Exponential Smooth Transition Regression (ESTR) model, with the US Dollar Index as the transition variable, improves the model fit from 79.55% to 81.25%.

**人民币汇率变动的非对称性和非线性
——基于美元指数的非对称影响及 STR 模型的分析**

（附录 1）

表 1 主要变量的描述性统计

变量名	变量含义	均值	中位数	最大值	最小值	标准差	斜度	峰度
S_t	人民币对美元汇率（元/美元）	7.13	6.85	8.28	6.10	0.77	0.45	1.70

M_t	中国的货币供给 M2(十亿元)	109584.10	88960.40	305016.20	11989.79	86478.63	0.64	2.20
M_t^*	美国的货币供给 M2(十亿美元)	11138.64	9897.30	21862.50	4665.80	5185.16	0.74	2.38
Y_t	中国的月度 GDP (百万元)	4776387.00	4361818.00	10906139.00	780562.00	3197879.00	0.41	1.86
Y_t^*	美国的月度 GDP (百万美元)	1421613.00	1348113.00	2410652.00	828305.80	409771.20	0.61	2.56
i_t	中国的利率 (%)	2.16	2.09	6.43	0.81	0.66	1.21	8.73
i_t^*	美国的利率 (%)	1.87	1.16	6.55	0.05	2.00	0.89	2.40
Vol_t	人民币对美元汇率的月度标准差	19.93	17.82	62.64	10.13	8.13	2.02	9.30
MB_t	中国基础货币(十亿元)	19502.90	22464.18	38903.69	3150.82	11760.24	-0.13	1.38
P_t	中国的物价水平	105.85	108.05	133.58	79.26	17.89	-0.01	1.60
P_t^*	美国的物价水平	104.55	105.07	144.08	77.18	16.80	0.44	2.61
USI_t	美元指数	92.35	92.52	119.10	72.10	11.34	0.36	2.36
$NEER_t$	人民币名义有效汇率	91.25	90.76	112.31	71.78	11.45	0.02	1.61
obs	观察值	295	295	295	295	295	295	295

表 2 单位根检验结果

ADF 单位根检验				PP 检验			
序列	检验形式	统计量	P 值	检验形式	统计量	P 值	检验结论
$\ln S_t$	(c,0,1)	-1.5780	0.4926	(c,0,8)	-1.5140	0.5253	不平稳
$\Delta \ln S_t$	(0,0,0)	-10.1058	0.0000	(0,0,4)	-10.0129	0.0000	平稳
$\ln R_t$	(c,0,1)	-1.1064	0.7141	(c,0,6)	-1.0406	0.7293	不平稳
$\Delta \ln R_t$	(0,0,0)	-10.8510	0.0000	(0,0,3)	-10.8320	0.0000	平稳
$\ln \frac{M_t}{M_t^*}$	(c,t,1)	-0.3201	0.9898	(c,t,10)	-0.5061	0.9829	不平稳
$\Delta \ln \frac{M_t}{M_t^*}$	(c,0,2)	-7.1260	0.0000	(c,0,9)	-13.6968	0.0000	平稳
$\ln \frac{Y_t}{Y_t^*}$	(c,t,3)	-0.0074	0.9960	(c,t,35)	0.0446	0.9966	不平稳
$\Delta \ln \frac{Y_t}{Y_t^*}$	(c,0,2)	-13.1778	0.0000	(c,0,18)	-16.1607	0.0000	平稳
$i_t - i_t^*$	(c,0,0)	-1.6929	0.4339	(c,0,8)	-1.797846	0.3813	不平稳
$\Delta(i_t - i_t^*)$	(0,0,0)	-18.7599	0.0000	(0,0,7)	-18.6938	0.0000	平稳
Vol_t	(c,0,3)	-3.9969	0.0016	(c,0,12)	-12.4632	0.0000	平稳
ΔVol_t	(0,0,4)	-12.8020	0.0000	(0,0,55)	-88.5831	0.0001	平稳
$\ln MB_t$	(c,t,1)	0.5739	0.9995	(c,t,10)	0.1937	0.9979	不平稳
$\Delta \ln MB_t$	(c,0,5)	-3.8627	0.0026	(c,0,12)	-21.6054	0.0000	平稳
$\ln USI_t$	(c,0,1)	-1.8110	0.3748	(c,0,7)	-1.6859	0.4374	不平稳
$\Delta \ln USI_t$	(0,0,0)	-12.3318	0.0000	(0,0,2)	-12.3003	0.0000	平稳
$\ln NEER_t$	(c,0,1)	-1.1200	0.7087	(c,0,7)	-1.0660	0.7298	不平稳
$\Delta \ln NEER_t$	(0,0,0)	-11.7902	0.0000	(0,0,3)	-11.6612	0.0000	平稳

注：(c, t, m)表示单位根检验方程中是否含有常数项、趋势项和滞后阶数（或 Newey-West 带宽）。ADF 检验的最优滞后阶数根据 AIC 信息准则选择，PP 单位根检验的带宽根据 NW Bartlett Kernel 选择，下同。

表 3 ARDL 协整检验

变量	系数	t 值	P 值	变量	系数	t 值	P 值
$\Delta \ln S(-1)$	0.3235***	5.1415	0.0000	$\Delta \ln USI(-3)$	0.0012	0.0409	0.9674
$\Delta \ln S(-2)$	-0.0502	-0.7666	0.4441	$\Delta \ln USI(-4)$	0.0229	0.8164	0.4151
$\Delta \ln S(-3)$	-0.1243*	-1.9003	0.0586	$\Delta \ln NEER$	-0.4481***	-11.9489	0.0000
$\Delta \ln S(-4)$	-0.0086	-0.1372	0.8910	$\Delta \ln NEER(-1)$	0.1363***	2.8484	0.0048
$\Delta \ln Y/Y^*$	-0.076***	-4.8632	0.0000	$\Delta \ln NEER(-2)$	-0.0682	-1.3969	0.1637
$\Delta \ln Y/Y^*(-1)$	-0.0198	-1.1876	0.2362	$\Delta \ln NEER(-3)$	-0.0243	-0.5164	0.6060
$\Delta \ln Y/Y^*(-2)$	-0.0159	-1.0210	0.3083	$\Delta \ln NEER(-4)$	-0.0166	-0.3571	0.7214

$\Delta \ln Y/Y^*(-3)$	-0.0452***	-2.7490	0.0064	$\Delta \ln R$	0.3483***	11.8235	0.0000
$\Delta \ln Y/Y^*(-4)$	0.0171	1.0459	0.2967	$\Delta \ln R(-1)$	-0.0951**	-2.4822	0.0138
$\Delta(i-i^*)$	0.0006	1.2555	0.2105	$\Delta \ln R(-2)$	0.0249	0.7056	0.4812
$\Delta(i-i^*)(-1)$	-0.0001	-0.2182	0.8275	$\Delta \ln R(-3)$	0.0397	1.0864	0.2784
$\Delta(i-i^*)(-2)$	0.0006	1.4325	0.1533	$\Delta \ln R(-4)$	0.0188	0.5201	0.6035
$\Delta(i-i^*)(-3)$	-0.0001	-0.2493	0.8034	ΔVol	0.0535***	3.8666	0.0001
$\Delta(i-i^*)(-4)$	-0.0004	-0.8207	0.4127	$\Delta Vol(-1)$	-0.0157	-0.6437	0.5204
$\Delta \ln M/M^*$	-0.0157	-0.6772	0.4990	$\Delta Vol(-2)$	-0.0341	-1.5584	0.1205
$\Delta \ln M/M^*(-1)$	-0.0471*	-1.9271	0.0552	$\Delta Vol(-3)$	-0.0119	-0.6374	0.5245
$\Delta \ln M/M^*(-2)$	-0.0596**	-2.3315	0.0206	$\Delta Vol(-4)$	-0.0002	-0.0167	0.9867
$\Delta \ln M/M^*(-3)$	0.0065	0.2612	0.7942	$\ln S(-1)$	-0.0797***	-3.7500	0.0002
$\Delta \ln M/M^*(-4)$	-0.0162	-0.6595	0.5102	$\ln Y/Y^*(-1)$	-0.0083	-1.5928	0.1125
$\Delta \ln MB$	-0.0088	-0.7672	0.4437	$\ln M/M^*(-1)$	0.0193***	2.9829	0.0032
$\Delta \ln MB(-1)$	-0.0159	-1.1766	0.2406	$\ln MB(-1)$	-0.0109*	-1.8395	0.0671
$\Delta \ln MB(-2)$	-0.0048	-0.3595	0.7196	$\ln USI(-1)$	0.0139	1.5867	0.1139
$\Delta \ln MB(-3)$	0.0004	0.0308	0.9755	$\ln NEER(-1)$	-0.0157	-1.1424	0.2544
$\Delta \ln MB(-4)$	0.0181	1.6457	0.1012	$(i-i^*)(-1)$	0.0003*	1.7815	0.0761
$\Delta \ln USI$	0.2777***	12.8719	0.0000	$\ln R(-1)$	0.0367***	3.3787	0.0009
$\Delta \ln USI(-1)$	-0.0916***	-3.2318	0.0014	$Vol(-1)$	0.0923***	3.4126	0.0008
$\Delta \ln USI(-2)$	0.0503*	1.7162	0.0874	C	0.1672**	2.4060	0.0169
拟合优度	0.8811	调整的R ²	0.8544	F 统计量	33.0070		0.0000

注：***、**、*分别表示在 1%、5%、10%的显著性水平下结果显著，下同。

表 4 边界协整检验结果

自由度	F 统计量	显著性水平
(9,236)	2.7026***	0.005

注：***、**、*分别表示在 1%、5%、10%的显著性水平下拒绝零假设，下同。

表 5 ARDL(2, 4, 0, 4, 2, 3, 3, 1, 2)模型

变量	系数	t 值	P 值	变量	系数	t 值	P 值
$\ln S(-1)$	1.1874***	20.7965	0.0000	$\ln MB(-2)$	0.0172	1.6495	0.1003
$\ln S(-2)$	-0.2833***	-5.1721	0.0000	$\ln M/M^*$	-0.0350	-1.6408	0.1020
$\ln Y/Y^*$	-0.0694***	-4.6938	0.0000	$\ln M/M^*(-1)$	0.0173	0.5466	0.5851
$\ln Y/Y^*(-1)$	0.0310	1.5797	0.1154	$\ln M/M^*(-2)$	-0.0153	-0.4778	0.6332
$\ln Y/Y^*(-2)$	0.0253	1.3974	0.1635	$\ln M/M^*(-3)$	0.0505**	2.2798	0.0234
$\ln Y/Y^*(-3)$	-0.0225	-1.2307	0.2196	$\ln NEER$	-0.4504***	-13.3311	0.0000
$\ln Y/Y^*(-4)$	0.0324**	2.5029	0.0129	$\ln NEER(-1)$	0.5625***	9.6067	0.0000
$(i-i^*)$	0.0003**	2.2940	0.0226	$\ln NEER(-2)$	-0.1787***	-3.2605	0.0013
$\ln USI$	0.2801***	14.4307	0.0000	$\ln NEER(-3)$	0.0376	1.3543	0.1768
$\ln USI(-1)$	-0.3504***	-10.1532	0.0000	Vol	0.0556***	4.3610	0.0000
$\ln USI(-2)$	0.1268***	3.8753	0.0001	$Vol(-1)$	0.0246*	1.8268	0.0689
$\ln USI(-3)$	-0.0521**	-2.3823	0.0179	$\ln R$	0.3424***	12.8054	0.0000
$\ln USI(-4)$	0.0183*	1.7192	0.0868	$\ln R(-1)$	-0.3634***	-7.9356	0.0000
$\ln MB$	-0.0084	-0.8046	0.4218	$\ln R(-2)$	0.0622*	1.9415	0.0533
$\ln MB(-1)$	-0.021*	-1.7857	0.0753	C	0.2211***	3.6524	0.0003
拟合优度	0.9993	调整的 R^2	0.9992	F 统计量	12641.63		0.000

表 6 ARDL(2, 4, 0, 4, 2, 3, 3, 1, 2)模型的误差诊断模型的诊断检验

检验类型	统计量值	P 值	F 统计量	P 值
自相关检验	CHSQ(12)= 15.2472	0.228	F(12,249)=1.1473	0.322
RESET 检验	CHSQ(1)= 2.1920	0.139	F(1,260)=1.9734	0.161
残差的正态性检验	CHSQ(2)= 6.0744	0.048		
异方差	CHSQ(1)= 0.2351	0.628	F(1,289)=0.23369	0.629

表 7 ARDL(2, 4, 0, 4, 2, 3, 3, 1, 2)模型的长期系数

变量	长期系数	t 值	P 值	变量	长期系数	t 值	P 值
$\ln Y/Y^*$	-0.0329	-0.6350	0.5260	$\ln M/M^*$	0.1828***	3.4276	0.0007
$\ln USI$	0.2376***	3.9787	0.0001	$\ln MB$	-0.1268***	-2.6275	0.0091
$(i-i^*)$	0.0035**	2.3941	0.0174	$\ln NEER$	-0.3029***	-2.9491	0.0035
$\ln R$	0.4293***	7.5596	0.0000	Vol	0.8359***	4.1446	0.0000
C	2.3063***	5.2621	0.0000				

表 8 ARDL(2, 4, 0, 4, 2, 3, 3, 1, 2)模型的误差修正模型

回归变量	系数	标准差	t 值	P 值
$\Delta \ln S(-1)$	0.2833***	0.0548	5.1721	0.0000
$\Delta \ln Y/Y^*$	-0.0694***	0.0148	-4.6938	0.0000
$\Delta \ln Y/Y^*(-1)$	-0.0253	0.0181	-1.3974	0.1635
$\Delta \ln Y/Y^*(-2)$	0.0225	0.0183	1.2307	0.2196
$\Delta \ln Y/Y^*(-3)$	-0.0324**	0.0129	-2.5029	0.0129
$\Delta(i-i^*)$	0.0003**	0.0001	2.294	0.0226
$\Delta \ln USI$	0.2801***	0.0194	14.4307	0.0000
$\Delta \ln USI(-1)$	-0.1268***	0.0327	-3.8753	0.0001
$\Delta \ln USI(-2)$	0.0521**	0.0219	2.3823	0.0179
$\Delta \ln USI(-3)$	-0.0183*	0.0107	-1.7192	0.0868
$\Delta \ln MB$	-0.0084	0.0105	-0.8046	0.4218
$\Delta \ln MB(-1)$	-0.0172	0.0104	-1.6495	0.1003
$\Delta \ln M/M^*$	-0.0350	0.0213	-1.6408	0.1020
$\Delta \ln M/M^*(-1)$	0.0153	0.0321	0.4778	0.6332
$\Delta \ln M/M^*(-2)$	-0.0505**	0.0222	-2.2798	0.0234
$\Delta \ln NEER$	-0.4504***	0.0338	-13.331	0.0000
$\Delta \ln NEER(-1)$	0.1787***	0.0548	3.2605	0.0013
$\Delta \ln NEER(-2)$	-0.0376	0.0278	-1.3543	0.1768
ΔVol	0.0556***	0.0127	4.361	0.0000
$\Delta \ln R$	0.3424***	0.0267	12.8054	0.0000
$\Delta \ln R(-1)$	-0.0622*	0.0320	-1.9415	0.0533
$ecm(-1)$	-0.0959***	0.0171	-5.6148	0.0000
拟合优度	0.9058	调整的R ²	0.8967	

$$ecm = \ln S - 0.4293 \ln R - 0.1828 \ln \frac{M}{M^*} + 0.0329 \ln \frac{Y}{Y^*} - 0.0035(i - i^*) - 0.8359 Vol \\ + 0.1268 \ln MB - 0.2376 \ln USI + 0.3029 \ln NEER - 2.306267$$

表 9 Logit 模型估计结果

变量	系数	Z 统计量	概率	变量	系数	Z 统计量	概率
C	-98.984***	-3.5375	0.0004	$\ln M/M^*$	4.7415	1.5401	0.1235
$\ln Y/Y^*$	-10.1054***	-3.3073	0.0009	$\ln NEER$	7.6102***	3.2705	0.0011
$(i-i^*)$	0.3056***	3.0033	0.0027	$\ln R$	13.8619***	4.2502	0.0000
$\Delta \ln USI$	35.1666***	4.3376	0.0000	Vol	15.7829*	1.6762	0.0937
$\ln MB$	3.8577	1.2186	0.2230	拟合优度	0.1556	LR统计量	61.2281

表 10 单位根检验结果

ADF 单位根检验				PP 检验			
序列	检验形式	ADF 检验值	概率	检验形式	PP 检验值	概率	结论
$UUSI$	(c,0,1)	-1.004446	0.7524	(c,0,8)	-0.887550	0.7914	不平稳
$\Delta UUSI$	(0,0,0)	-12.84609	0.0000	(0,0,7)	-13.20571	0.0000	平稳
$DUSI$	(c,0,2)	-2.769809	0.0639	(c,0,1)	-2.705137	0.0743	不平稳
$\Delta DUSI$	(0,0,0)	-13.77206	0.0000	(0,0,3)	-13.66183	0.0000	平稳

表 11 ARDL 协整检验

变量	系数	t 值	P 值	变量	系数	t 值	P 值
$\Delta \ln S(-1)$	0.3270***	4.9250	0.0000	$\Delta DUSI(-1)$	-0.0934***	-2.7163	0.0071
$\Delta \ln S(-2)$	-0.0493	-0.7393	0.4605	$\Delta DUSI(-2)$	0.0347	0.9939	0.3213
$\Delta \ln S(-3)$	-0.1336**	-1.9788	0.0490	$\Delta DUSI(-3)$	0.0186	0.5417	0.5885
$\Delta \ln S(-4)$	-0.0011	-0.0166	0.9868	$\Delta DUSI(-4)$	0.0137	0.3998	0.6897
$\Delta \ln Y/Y^*$	-0.0766***	-4.8100	0.0000	$\Delta UUSI$	0.2775***	9.8563	0.0000
$\Delta \ln Y/Y^*(-1)$	-0.0182	-0.9310	0.3528	$\Delta UUSI(-1)$	-0.0927***	-2.7357	0.0067
$\Delta \ln Y/Y^*(-2)$	-0.0166	-0.9638	0.3362	$\Delta UUSI(-2)$	0.0665*	1.9299	0.0548
$\Delta \ln Y/Y^*(-3)$	-0.0475***	-2.6406	0.0088	$\Delta UUSI(-3)$	-0.0109	-0.3266	0.7442
$\Delta \ln Y/Y^*(-4)$	0.0201	1.1476	0.2523	$\Delta UUSI(-4)$	0.0278	0.8313	0.4066
$\Delta \ln M/M^*$	-0.0144	-0.5976	0.5507	$\Delta \ln R$	0.3537***	11.1972	0.0000
$\Delta \ln M/M^*(-1)$	-0.051**	-1.9971	0.0470	$\Delta \ln R(-1)$	-0.1026**	-2.5700	0.0108
$\Delta \ln M/M^*(-2)$	-0.0564**	-2.1030	0.0366	$\Delta \ln R(-2)$	0.0263	0.7294	0.4665
$\Delta \ln M/M^*(-3)$	0.0030	0.1166	0.9072	$\Delta \ln R(-3)$	0.0411	1.0907	0.2765
$\Delta \ln M/M^*(-4)$	-0.0140	-0.5540	0.5801	$\Delta \ln R(-4)$	0.0184	0.4978	0.6191
$\Delta \ln MB$	-0.0094	-0.8065	0.4208	ΔVol	0.0534***	3.7709	0.0002
$\Delta \ln MB(-1)$	-0.0165	-1.1945	0.2335	$\Delta Vol(-1)$	-0.0149	-0.6012	0.5483
$\Delta \ln MB(-2)$	-0.0052	-0.3838	0.7015	$\Delta Vol(-2)$	-0.0357	-1.6042	0.1100
$\Delta \ln MB(-3)$	0.0005	0.0401	0.9680	$\Delta Vol(-3)$	-0.0113	-0.5959	0.5518
$\Delta \ln MB(-4)$	0.0180	1.5982	0.1114	$\Delta Vol(-4)$	-0.0022	-0.1537	0.8780
$\Delta(i-i^*)$	0.0005	1.1196	0.2640	$\ln S(-1)$	-0.0785***	-3.2703	0.0012
$\Delta(i-i^*)(-1)$	-0.0001	-0.2694	0.7878	$\ln Y/Y^*(-1)$	-0.0073	-0.7393	0.4605
$\Delta(i-i^*)(-2)$	0.0006	1.3564	0.1763	$\ln M/M^*(-1)$	0.0191***	2.8885	0.0042
$\Delta(i-i^*)(-3)$	-0.0001	-0.2798	0.7799	$\ln MB(-1)$	-0.0105*	-1.6704	0.0962
$\Delta(i-i^*)(-4)$	-0.0003	-0.7508	0.4535	$(i-i^*)(-1)$	0.0003*	1.7169	0.0873
$\Delta \ln NEER$	-0.4475***	-11.7699	0.0000	$\ln NEER(-1)$	-0.0145	-0.8939	0.3723
$\Delta \ln NEER(-1)$	0.1392***	2.8347	0.0050	$UUSI(-1)$	0.0128	1.1206	0.2636
$\Delta \ln NEER(-2)$	-0.0710	-1.4236	0.1559	$DUSI(-1)$	0.0140	1.5502	0.1225
$\Delta \ln NEER(-3)$	-0.0261	-0.5444	0.5867	$\ln R(-1)$	0.0375***	3.1778	0.0017
$\Delta \ln NEER(-4)$	-0.0130	-0.2749	0.7837	$Vol(-1)$	0.0933***	3.3515	0.0009
$\Delta DUSI$	0.2771***	9.5366	0.0000	C	0.2182*	1.7017	0.0902
拟合优度	0.8820	调整的R ²	0.8518	F 统计量	29.14344		0.0000

表 12 边限协整检验结果

自由度	F 统计量	显著性水平
(10,230)	2.3750**	0.011

表 13 ARDL(2, 4, 3, 0, 2, 2, 0, 2, 2, 1)模型

变量	系数	T 值	P 值	变量	系数	T 值	P 值
$\ln S(-1)$	1.1783***	20.5906	0.0000	$UUSI(-2)$	0.0782**	2.5313	0.0119
$\ln S(-2)$	-0.2689***	-4.7621	0.0000	$DUSI$	0.2741***	10.9093	0.0000
$\ln Y/Y^*$	-0.069***	-4.6816	0.0000	$DUSI(-1)$	-0.3375***	-8.3562	0.0000
$\ln Y/Y^*(-1)$	0.0279	1.4154	0.1581	$DUSI(-2)$	0.087***	2.8574	0.0046
$\ln Y/Y^*(-2)$	0.0257	1.4074	0.1605	$(i-i^*)$	0.0004**	2.4749	0.0140
$\ln Y/Y^*(-3)$	-0.0173	-0.9387	0.3488	$\ln NEER$	-0.4467***	-13.2245	0.0000
$\ln Y/Y^*(-4)$	0.0317**	2.2987	0.0223	$\ln NEER(-1)$	0.5504***	9.4211	0.0000
$\ln M/M^*$	-0.0313	-1.4628	0.1447	$\ln NEER(-2)$	-0.1298***	-3.0244	0.0027
$\ln M/M^*(-1)$	0.0107	0.3337	0.7389	$\ln R$	0.3415***	12.1295	0.0000
$\ln M/M^*(-2)$	-0.0123	-0.3811	0.7035	$\ln R(-1)$	-0.3441***	-7.5559	0.0000
$\ln M/M^*(-3)$	0.0522**	2.3254	0.0208	$\ln R(-2)$	0.0447	1.3786	0.1692
$\ln MB$	-0.0123**	-2.4581	0.0146	Vol	0.0546***	4.1996	0.0000
$UUSI$	0.2839***	10.7188	0.0000	$Vol(-1)$	0.0236*	1.7750	0.0770
$UUSI(-1)$	-0.3413***	-7.8718	0.0000	C	0.2981***	2.6593	0.0083
拟合优度	0.9993	调整的 R^2	0.999189	F 统计量	13229.88		0.0000

表 14 ARDL(2, 4, 0, 4, 2, 3, 3, 1, 2)模型的误差诊断模型的诊断检验

检验类型	统计量值	伴随概率	F 统计量值	伴随概率
自相关检验	CHSQ(12)= 16.6518	0.163	F(12,251)=1.2696	0.237
RESET 检验	CHSQ(1)= 1.6268	0.202	F(1,262)= 1.4729	0.226
残差的正态性检验	CHSQ(2)= 7.5883	0.023		
异方差	CHSQ(1)= 0.38568	0.535	F(1,289)= 0.38354	0.536

注：***、**、*分别表示在 1%、5%、10%的显著性水平下拒绝零假设。

表 15 ARDL(2, 4, 3, 0, 2, 2, 0, 2, 2, 1) 模型的长期系数

变量	长期系数	t 值	P 值	变量	长期系数	t 值	P 值
$\ln Y/Y^*$	-0.0122	-0.1321	0.8950	$(i-i^*)$	0.004***	2.6294	0.0091
$\ln M/M^*$	0.2123***	3.5167	0.0005	$\ln NEER$	-0.2876**	-2.4072	0.0168
$\ln MB$	-0.1352***	-2.7701	0.0060	$\ln R$	0.4639***	4.8044	0.0000
$UUSI$	0.2295***	2.9975	0.0030	Vol	0.8634***	3.6847	0.0003
$DUSI$	0.2604***	3.5193	0.0005	C	3.2896***	4.5158	0.0000

表 16 ARDL(2, 4, 3, 0, 2, 2, 0, 2, 2, 1)模型的误差修正模型

回归变量	系数	t 值	P 值
$\Delta \ln S(-1)$	0.2689***	5.1233	0.0000
$\Delta \ln Y/Y^*$	-0.0690***	-5.1083	0.0000
$\Delta \ln Y/Y^*(-1)$	-0.0400***	-3.1696	0.0017
$\Delta \ln Y/Y^*(-2)$	-0.0144	-1.1804	0.2389
$\Delta \ln Y/Y^*(-3)$	-0.0317**	-2.5817	0.0104
$\Delta \ln M/M^*$	-0.0313	-1.6086	0.1089
$\Delta \ln M/M^*(-1)$	-0.0399*	-1.9284	0.0549
$\Delta \ln M/M^*(-2)$	-0.0522**	-2.5490	0.0114
$\Delta(i - i^*)$	0.0004**	2.4749	0.0140
$\Delta \ln MB$	-0.0123**	-2.4581	0.0150
$\Delta UUSI$	0.2839***	11.7450	0.0000
$\Delta UUSI(-1)$	-0.0782***	-2.6887	0.0076
$\Delta DUSI$	0.2741***	12.1397	0.0000
$\Delta DUSI(-1)$	-0.0870***	-3.2189	0.0014
$\Delta \ln NEER$	-0.4467***	-14.0747	0.0000
$\Delta \ln NEER(-1)$	0.1298***	3.2435	0.0013
$\Delta \ln R$	0.3415***	13.8334	0.0000
$\Delta \ln R(-1)$	-0.0447	-1.4833	0.1392
ΔVol	0.0546***	4.8766	0.0000
$ecm(-1)$	-0.0906***	-7.2544	0.0000
拟合优度	0.8651	调整的R ²	0.8567

$$ecm = \ln S - 0.4639 \ln R - 0.2123 \ln \frac{M}{M^*} + 0.0122 \ln \frac{Y}{Y^*} - 0.0040(i - i^*) - 0.8634 Vol \\ + 0.1352 \ln MB - 0.2295 UUSI - 0.2604 DUSI + 10.2876 \ln NEER - 3.2896$$

表 17 Logit 模型估计结果

变量	系数	Z 统计量	概率	变量	系数	Z 统计量	概率
C	-99.0314***	-3.5176	0.0004	$\ln MB$	3.8643	1.2093	0.2266
$\ln Y/Y^*$	-10.1074***	-3.3050	0.0009	$\ln M/M^*$	4.7336	1.5166	0.1294
$(i-i^*)$	0.3056***	3.0031	0.0027	$\ln NEER$	7.6089***	3.2680	0.0011
$\Delta UUSI$	34.9872**	2.4535	0.0141	$\ln R$	13.8665***	4.2328	0.0000
$\Delta DUSI$	35.3756**	2.2258	0.0260	Vol	15.7867*	1.6758	0.0938
拟合优度	0.1556			LR 统计量	61.2284		

表 18 不同假设的 F 统计量

转换变量	H_0	H_0^2	H_0^3	模型选择
$\ln USI$	2.0252(0.0040)	1.7954 (0.0782)	0.4925(0.8611)	$ESTR$

表 19 模型的线性估计

变量	系数	t 值	P 值	变量	长期系数	t 值	P 值
$\Delta \ln Y/Y^*$	-0.0641***	-4.4291	0.0000	$\Delta(i-i^*)$	0.0004	0.8775	0.3809
$\Delta \ln M/M^*$	-0.0085	-0.3947	0.6934	$\Delta \ln NEER$	-0.4995***	-14.3919	0.0000
$\Delta \ln MB$	0.0001	0.0092	0.9927	$\Delta \ln R$	0.3291***	12.0040	0.0000
$\Delta \ln USI$	0.3066***	14.8342	0.0000	C	0.0005*	1.6888	0.0923
ΔVol	0.0044	0.3871	0.6990				
拟合优度	0.8011	调整的 R^2	0.7955	F 统计量	143.5024		0.0000

表 20 非线性最小二乘估计的结果

变量		系数	标准差	t 值	P 值
线性部分	C	0.0386**	0.0185	2.0914	0.0374
	$\Delta \ln Y/Y^*$	-0.3483**	0.1595	-2.1832	0.0299
	$\Delta \ln M/M^*$	0.3324	0.2325	1.4299	0.1539
	$\Delta \ln USI$	5.5605*	2.8960	1.9200	0.0559
	$\Delta \ln MB$	-0.1061	0.0879	-1.2063	0.2287
	$\Delta(i-i^*)$	-0.002	0.0036	-0.5724	0.5675
	$\Delta \ln NEER$	0.2221	0.3354	0.6621	0.5085
	$\Delta \ln R$	0.0387	0.0524	0.7400	0.4599
	ΔVol	1.1339***	0.3716	3.0518	0.0025
非线性部分	C	-0.0383**	0.0185	-2.0765	0.0388
	$\Delta \ln Y/Y^*$	0.2936*	0.1602	1.8326	0.0679
	$\Delta \ln M/M^*$	-0.3379	0.2347	-1.4395	0.1511
	$\Delta \ln USI$	-5.2440*	2.8973	-1.8099	0.0714
	$\Delta \ln MB$	0.1147	0.0895	1.2817	0.2010
	$\Delta(i-i^*)$	0.0022	0.0036	0.6156	0.5387
	$\Delta \ln NEER$	-0.7369**	0.3394	-2.1709	0.0308
	$\Delta \ln R$	-0.0406	0.0557	-0.7286	0.4669
	ΔVol	-0.8243**	0.3742	-2.2032	0.0284
	λ	336387.3***	111562.3	3.0152	0.0028
	c	-0.0063***	0.0002	-26.3627	0.0000
模型检验		拟合优度	0.8246	调整的 R^2	0.8125
		F 统计量	67.8066	P 值	0.0000