

# 汇率预测与 外汇干预研究

谢赤 等著



科学出版社

013028241

F830.7  
06

# 汇率预测与外汇干预研究

谢 赤 等 著



科学出版社

北京



北航

C1634781

F830.7

06

139880910

## 内 容 简 介

本书广泛地探讨了跨学科的组合预测模型和前沿的非线性分析范式在汇率预测与外汇干预研究中的应用,深入解析了如何选择科学的方法准确描述汇率行为,提高汇率预测的精度与合理性,帮助度量与控制外汇市场风险,并据此合理利用外汇干预手段对市场进行调节。本书的研究工作有助于提高对外汇市场进行监督和管理的准确性、科学性和有效性,对加强风险管理、提高金融监管有效性、提高宏观调控水平、保持经济平稳较快发展具有重要意义。

本书适合高等院校金融、经济、管理等学科的研究生,以及外汇市场参与者与管理者阅读参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

汇率预测与外汇干预研究/谢赤等著. —北京:科学出版社,2013.3  
ISBN 978-7-03-036950-5

I. ①汇… II. ①谢… III. ①汇率-经济预测-研究 ②汇率-行政干预-研究 IV. ①F830.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第043338号

责任编辑:唐 薇/ 责任校对:林青梅  
责任印制:徐晓晨/ 封面设计:迷底书装

**科学出版社** 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

**北京通州皇家印刷厂** 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2013年3月第 一 版 开本:720×1000 B5

2013年3月第一次印刷 印张:26

字数:510 000

定价:90.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

## 前 言

由美国次贷危机引发的全球性“金融海啸”正逐渐平息，但世界经济复苏基础仍然薄弱，国际金融危机的影响依旧存在，随之而来的可能是世界政治、经济、金融格局的剧烈变革，以及国际货币体系的结构重组。进入2012年，国际上由欧元区债务危机引发的货币危机所造成的影响仍在不断演化和蔓延；G20财长和央行行长会议发表公报指出，当前世界经济继续保持温和复苏态势，但国际金融市场持续动荡、石油价格高位波动、主要货币汇率异动增多。这些都再次提醒人们，在后危机时代，一方面，应继续关注汇率的合理水平，发挥外汇市场在稳定和有效抑制全球金融危机蔓延中的积极作用；另一方面，应着重重建合理的外汇市场运作机制，实施更为有效的外汇市场干预手段，并加强国际合作。

自1973年布雷顿森林体系瓦解以来，世界各国纷纷转向浮动汇率制度，企图借助市场力量对汇率水平进行调节。在市场机制的作用下，一国汇率的变化开始越来越多地受到各种宏观微观因素的影响，并表现出频度和幅度波动都越来越大的特征。不确定的汇率变化使得各国的货币政策和外汇管理面临严峻挑战，由此将引发货币危机甚至破坏性更大的金融危机。然而迄今为止，使汇率由市场决定的“清洁浮动”机制还不存在，为了保持外汇市场的稳定，防范金融危机，外汇干预就成为各国中央银行影响和管理汇率的主要手段。

为此，深入探讨如何选择科学的方法准确描述汇率行为，提高汇率预测的精度与合理性，帮助度量与控制外汇市场风险，并据此合理利用外汇干预手段对市场进行调节，将有助于提高对外汇市场进行监督和管理的准确性、科学性和有效性，对加强风险管理、提高金融监管有效性、提高宏观调控水平、保持经济平稳较快发展具有重要意义。本书正是就这一问题展开的深入研究，主要内容包括以下几方面。

(1) 追踪学术界对汇率复杂系统的认识规律，并据此分析汇率行为研究思维范式由线性向非线性的转变过程。在此基础上，一方面，归纳汇率系统的非线性特征；另一方面，有针对性地总结非线性特征的检验方法，为应用数理方法科学描述汇率的复杂行为提供基础。

(2) 回顾汇率预测的基本理论与技术方法。一方面，沿着从商品市场均衡、资产市场均衡、预期分析，到新开放宏观经济学、市场微观结构理论及混沌理论的思路，分析汇率决定理论的发展和演变；另一方面，从技术分析的角度，总结

汇率预测方法从 ARMA 模型这种线性的、参数的方法向以神经网络、支持向量机、时频分析等为代表的非线性、非参数方法的转变过程。接下来,我们具体地将空间聚类技术、时频分析技术、GARCH 模型与神经网络技术结合起来,并将小波变换技术、光顺样条滤波技术、独立分量分析方法与支持向量机技术结合起来,分别提出了一系列具有不同程度创新性的汇率组合预测模型,提高了对汇率行为复杂性的描述能力与对汇率行为变化的预测能力。

(3) 阐述外汇干预的基本概念、分类和外汇干预的目的,并对不同汇率制度下的外汇干预特点进行归纳。综合总结国际上有代表性的发达国家与新兴市场国家的外汇干预经验与启示,包括决策与执行机构、干预资金来源、操作流程,以及它们长期以来的外汇干预实践。此外,总结外汇干预的基本理论与研究方法,共同为研究外汇干预行为提供充实的理论依据。在此基础上,首先,具体地提出了非线性 FTR 模型、IV-GARCH 模型,弥补了当前中央银行外汇干预反应函数模型存在的不足,提高了外汇干预行为描述的准确性,并提出应用数据挖掘技术获取中央银行外汇干预的行为规律。其次,深入分析冲销干预的资产组合渠道有效性和信号渠道有效性,提出冲销干预的预期渠道效应显著存在,但当冲销干预政策被充分预期时,官方冲销干预不能有效扭转期货市场产生的投机压力。此外,具体提出了基于混沌控制和关键要素的两种验证外汇干预策略有效性的实证方法,较好地拓展了对外汇干预行为有效性研究的思路和方法。

(4) 总结并探讨人民币汇率形成机制的特点,以及在现有汇率形成机制下中国外汇干预的实践与特点,并对中国外汇干预现状、存在的问题、面临的国际国内形势,以及未来发展趋势进行了总结,最后对中国外汇干预策略有效性的提升提出了政策建议。

本书的第一作者于 2007 年主持了国家社会科学基金重点项目“人民币汇率行为描述与汇率政策研究”(项目批准号:07AJL005)。该课题研究注重理论与实际的结合,具有较高的学术价值,弥补了国内相关领域研究的不足。第一,提出了汇率行为描述的基本架构,并全面分析了汇率行为的非线性特征和各类非参数、非线性方法在汇率时间序列研究中的应用,为更加科学地应用数理方法描述汇率的复杂行为提供了基础。第二,构建了结合多种非参数、非线性数理方法与汇率决定理论的汇率预测组合模型,为不同时间尺度和特征模态下的汇率行为描述提供了新思路,极大地提高了人民币汇率预测的精度;首次尝试构建了黏性价格汇率目标区模型和三制度 DTGARCH 汇率模型,对人民币汇率制度进行了定量分析。第三,基于数据挖掘技术对中央银行外汇干预行为规则进行提取,引入期货市场投机净头寸并对预期干预渠道的有效性进行验证,提出自适应混沌控制方法,为有效外汇干预策略的制定提供新的理论支持。

同时,该课题研究也在多个方面体现出较好的应用价值。通过应用该课题的

相关研究成果：①在宏观经济政策调整方面，便于货币当局更准确地描述和预测汇率的走势和波动，为汇率政策调整提供科学的依据和支持；②在外汇资产管理方面，便于中央银行更加充分地把握本币与主要储备货币之间的变动，以便有针对性地、灵活地调整外汇储备构成，做好外汇风险防范工作，进而达到储备资产保值增值的目的；③在国际贸易决策方面，便于相关企业提高自身的外汇风险防范和应对能力，通过选择合适的交易币种和时机，来减少汇率风险，提高额外收益；④在外汇干预政策制定与实施方面，便于中央银行制定更加有效的外汇干预策略，提高外汇干预行为的有效性，规避外汇市场风险。

自该课题立项以来，取得了较为突出的学术成果，并产生了较好的社会影响力。目前，课题组成员共计发表论文 39 篇，其中已有 16 篇高质量的阶段性研究成果被 SCI、EI 收录，2 篇被《统计与精算》（人大复印报刊资料）转载，其余多篇在《金融研究》《系统工程理论与实践》《中国管理科学》《管理科学学报》等国内权威期刊发表。相关研究引入了新的研究思路，采用了新颖的计量经济学方法与数学模型，在技术层面极大地推动了汇率行为描述与汇率政策研究，有效提高了汇率预测的准确性与外汇干预策略的科学性。截至目前，项目负责人及主要成员多次受邀参加国际学术会议，在会议上宣讲论文或作主题发言，部分成果已为国内外相关领域的研究提供了重要的参考和借鉴，并得到普遍重视和好评。

本书对该课题的主要研究成果进行了系统的阐述，并构建了具有较强内在逻辑性的理论体系与研究框架，集中体现了汇率行为预测与外汇干预研究的最新动向，在方法创新与实证研究方面都有重大突破。

谢 赤

2012 年 3 月

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 汇率系统的动态复杂性与汇率预测方法</b> .....	1
1.1 汇率时间序列的非线性特征与检验方法 .....	1
1.2 汇率预测的基本分析与技术分析 .....	10
1.3 汇率预测的非线性非参数方法 .....	25
1.4 汇率预测效果的评价 .....	42
<b>第 2 章 基于空间聚类 and 神经网络的汇率预测</b> .....	44
2.1 基于聚类的神经网络模型及其预测研究现状 .....	44
2.2 汇率预测与时间序列聚类分析技术 .....	46
2.3 空间聚类与神经网络组合的汇率预测 .....	54
2.4 汇率时间序列的 UKW 聚类分析 .....	55
2.5 基于汇率聚类簇的反馈神经网络预测 .....	72
2.6 基于 UKW 聚类与反馈神经网络的汇率预测结论 .....	87
<b>第 3 章 基于时频分析和神经网络的汇率预测</b> .....	89
3.1 Elman 反馈神经网络模型 .....	89
3.2 基于 Hilbert-Huang 变换的汇率时间序列时频分析 .....	90
3.3 基于反馈神经网络的汇率预测 .....	99
3.4 基于 Hilbert-Huang 变换和 Elman 网络的汇率预测结论 .....	109
<b>第 4 章 基于 GARCH 模型 and 神经网络的汇率预测</b> .....	110
4.1 研究基础与分析框架的提出 .....	110
4.2 GARCH-GRNN 组合预测模型参数选择 .....	123
4.3 基于 GARCH-GRNN 模型的汇率预测实证研究 .....	132
4.4 本章小结 .....	145
<b>第 5 章 基于小波变换 and 支持向量机的汇率预测</b> .....	147
5.1 支持向量回归组合预测模型构建 .....	147
5.2 小波母函数及分解尺度的选择 .....	148
5.3 汇率序列滞后阶的识别和确定 .....	153
5.4 支持向量机的回归模型的参数选取 .....	154
5.5 基于支持向量组合模型的汇率预测 .....	162

5.6	本章小结	169
<b>第6章</b>	<b>基于光顺样条滤波和支持向量机的汇率预测</b>	<b>170</b>
6.1	相关研究基础与理论分析	170
6.2	基于SS滤波与RBF模型的预测方法设计	189
6.3	基于SS滤波与RBF模型的人民币汇率预测	197
6.4	本章小结	208
<b>第7章</b>	<b>基于独立分量分析与支持向量机的汇率预测</b>	<b>209</b>
7.1	非线性非参数汇率行为预测方法及其研究动态	209
7.2	样本选取与组合预测模型构建	211
7.3	预测效果的比较分析	215
7.4	本章小结	219
<b>第8章</b>	<b>外汇干预机制与国际外汇干预实践</b>	<b>220</b>
8.1	外汇干预基本概念	220
8.2	汇率制度与外汇干预	227
8.3	国际外汇干预机制与实践经验	231
<b>第9章</b>	<b>外汇干预基本理论与研究方法</b>	<b>244</b>
9.1	外汇干预的理论依据	244
9.2	汇率决定基础上的外汇干预理论	247
9.3	中央银行外汇干预行为描述方法	252
9.4	外汇干预有效性研究方法	262
<b>第10章</b>	<b>中央银行外汇干预行为描述及实证</b>	<b>271</b>
10.1	中央银行外汇干预反应函数非线性FTR模型的提出	271
10.2	外汇干预反应函数非线性FTR模型的实证	275
10.3	中央银行外汇干预行为规则的获取方法	284
10.4	外汇干预行为规则获取的实证	290
<b>第11章</b>	<b>基于IV-GARCH模型的汇率干预有效性研究</b>	<b>295</b>
11.1	汇率管理干预行为及其有效性的研究动态	295
11.2	样本选取与模型构建	300
11.3	实证结果及分析	303
11.4	本章小结	310
<b>第12章</b>	<b>外汇干预传递渠道的有效性研究</b>	<b>312</b>
12.1	外汇干预传递的资产组合渠道实证方法	312
12.2	资产组合渠道有效性实证研究	314
12.3	外汇干预传递的预期渠道实证方法	320
12.4	预期渠道有效性实证研究	329



---

<b>第 13 章 外汇干预策略影响汇率的有效性研究</b> .....	338
13.1 基于混沌控制的外汇干预有效性研究方法 .....	338
13.2 外汇干预自适应混沌控制策略的有效性仿真 .....	344
13.3 外汇干预策略影响汇率的有效性实证设计 .....	347
13.4 外汇干预策略影响汇率的有效性实证结果与分析 .....	356
<b>第 14 章 中国外汇干预的实践与展望</b> .....	365
14.1 人民币汇率形成机制 .....	365
14.2 中国外汇干预的历程与研究状况 .....	368
14.3 中国外汇干预现状分析与未来展望 .....	371
14.4 中国外汇干预的对策分析 .....	376
<b>参考文献</b> .....	381
<b>后记</b> .....	404

# 第 1 章 汇率系统的动态复杂性与汇率预测方法\*

2007年,美国次贷危机突然爆发并迅速席卷欧洲,然后蔓延到东亚和拉丁美洲等新兴市场国家,引发全球性“金融海啸”,造成全球金融市场剧烈动荡。随之而来的是爆发于2009年12月的欧债危机,这对全球经济的复苏来说无异于雪上加霜。进入2012年,欧债危机悬而未决并有不断演化和蔓延的趋势,国际金融市场持续动荡,石油价格频繁波动,汇率价格异常变化。以上经济异象再次提醒人们,在全球经济复苏的后危机时代,一方面,各国应制定合理的均衡汇率水平,发挥外汇市场在稳定金融市场及抑制金融危机蔓延中的有效作用;另一方面,各国应制定合理的外汇市场运行机制,实施更有效的外汇市场干预措施,并加强国际间的合作。为此,深入探讨如何选择科学的方法准确描述汇率行为,提高汇率预测的精确度与合理性,进而科学度量与控制外汇市场风险,并据此合理利用外汇干预手段对市场进行调节,将有助于提高对外汇市场监督和管理的有效性,对加强风险管理、提高宏观调控水平、保持经济平稳较快发展具有重要意义。

## 1.1 汇率时间序列的非线性特征与检验方法

汇率作为一国重要的宏观经济变量,不仅影响一国宏观经济的运行和微观经济层次上的资源配置,而且还是维系全球经济发展的一条重要纽带。20世纪70年代,浮动汇率制合法化导致汇率行为变动异常,其非线性特征更加明显。不确定的汇率变化使得各国的货币政策和外汇管理受到严重干扰,有的甚至完全失效,并因此引发货币危机,严重的还演变为破坏力更大的金融危机。产生这些金融危机的原因除了由浮动汇率制度导致的汇率异常行为外,还有重要的一点就是理论界和货币当局对新形势下汇率行为的表现和特征规律缺乏足够的认识,从而导致相应的货币、外汇管理政策失调。

鉴于汇率问题的重要性,早期的学者多采用传统的金融市场分析方法,从各自的角度对汇率水平的决定和其行为的描述进行了大量研究工作。该类方法是建立在线性范式基础之上的均衡分析体系,认为金融系统是趋于均衡的,如果没有外部的或者外生的影响,系统将处于休止状态。当系统受到扰动时,外生的因素会使其偏离均衡,系统对于扰动的反应是以线性方式对外界的作用起反应,试图回归均衡,并且相对于每一个作用系统都将产生一个与之成比例的反作用。只要规律准

---

\* 执笔人:谢赤,孙柏,韩峰

确、初始状态被精确测定,随后的状态就可以完全被确定下来。

但随着研究的深入,学者们发现大量金融时间序列均具有不同程度的非线性关系,汇率系统更是表现出很强的动态复杂性。要判断汇率中长期的趋势和确定汇率水平并非难事,困难的是在短期内汇率水平在各种不可知因素的影响下会发生不可预期的变动,而正是这种变化加大了汇率预测的难度,也同时增加了作为一国经济内生变量的汇率给其实体经济和货币经济带来的不确定的影响和风险。

20世纪70年代以后,随着金融理论、各种计量统计技术的深入发展,以及计算机技术的不断进步,大量非线性方法与模型被应用到刻画金融时间序列的分布上来。许多学者开始采用非线性的方法来研究汇率行为,使汇率预测研究产生了一个全新的理论基础和研究范式。但是,在合理有效地采用非线性范式对汇率行为及汇率时间序列进行建模预测之前,我们首先应该考虑这样两个问题:产生观测时间序列的汇率系统是否是非线性的?它具有怎样的非线性特征?因为汇率时间序列本身所具有的特征决定了我们应该采取怎样的处理方法。由复杂性理论可知,时间序列不仅包含了系统变量过去所有的信息,而且还包含了参与系统演化的所有变量的大量信息。因此,分析汇率时间序列的演变规律,是掌握其行为特征的重要手段。只有这样才能构造出科学合理的时间序列模型,应用一定的数理规则,从而对其未来的变化趋势进行预测。

### 1.1.1 汇率系统的非线性特征

非线性是相对于线性而言的,是对线性的否定,线性是非线性的特例。线性的界定一般是从相互关联的两个角度来进行的:其一,叠加原理成立;其二,物理变量间的函数关系是直线,变量间的变化率是恒量。这意味着函数的斜率在其定义域内处处存在且相等,变量间的比例关系在变量的整个定义域内是对称的。非线性不满足叠加原理,线性关系是互不相干的独立关系,而非线性则是相互作用,正是这种相互作用,使得整体不再简单地等于部分之和,而可能出现不同于“线性叠加”的“增益”或“亏损”。换句话说,在用于描述一个系统的一套确定的物理变量中,一个变量最初的变化所造成的此变量或其他变量的相应变化是不成比例的。

传统的汇率决定理论认为,理性的投资人具有同质的预期,汇价将以线性方式对外界的作用起反应,且相对于每一个作用都将产生一个与之成比例的反作用。然而,基于线性研究范式的传统汇率决定模型无法解释现实中的很多“异象”,各种实证研究结果相互矛盾,线性研究范式受到空前的挑战。

随着近年来关于非线性动力系统的数学方法与统计分析技术的迅速发展,非线性理论在自然科学和社会科学领域取得巨大成功,人们开始将目光转向非线性分析工具,将外汇市场视为一个复杂的非线性动力系统,试图通过分析经济变量的非线性动力学特征来研究汇率变量复杂的行为,以揭示其随机现象背后更加复杂

的演化规律,并取得了一定的成果。本节将从汇率序列的基本统计特征入手,以非线性理论为基础,讨论和描述汇率系统各类典型的非线性特征。

### 1. 汇率时间序列的非正态性

传统的金融市场分析方法是建立在以理性投资人、有效市场假说与随机游动为假设前提的线性范式基础之上的。其最大的特点是,若金融市场能够同时满足有效市场假说和理性投资人的假定,那么金融资产的收益率相互独立,遵循随机游动,其概率分布近似于正态分布或对数正态分布,且存在均值和方差。

然而,Mandelbrot(1963)通过研究发现股票价格收益率的分布是“尖峰厚尾”的,并不服从正态分布,这就使得传统的假设被推翻。其后,Bera(1992)等学者通过对汇率收益序列的实证研究,证明了汇率收益序列所具有的特征与Mandelbrot的结论一致,即汇率收益序列具有“尖峰厚尾”的非正态性。

汇率收益序列分布的“尖峰厚尾”,是指与正态分布概率密度相比,收益变动的无条件概率密度取均值附近的概率大于正态分布取均值附近的概率,而其尾部的概率也大于正态分布的尾部概率。这一特性表明,汇率的波动过程并不完全服从正态分布。与正态分布相比,波动过程中大量的值发生在均值附近,同时,一些正态分布认为较少发生的事件则会以相对比较高的概率出现在汇率波动过程中。汇率收益序列分布“尖峰厚尾”现象的产生,是由于信息偶尔会以成堆的方式出现,而不是以平滑连续的方式出现。市场对成堆的信息再发生反应,从而会导致收益率的分布呈现出“尖峰厚尾”的特征,即大幅度偏离均值的异常值明显多于正态分布或者对数正态分布。

### 2. 汇率时间序列的非线性依赖性

长期以来,以理性投资人和有效市场假说为基础框架的经典金融市场理论对汇率变量的解释主要是基于简单的线性研究范式,假设其服从正态分布或对数正态分布,其波动遵循简单的随机游走过程。但是,汇率收益序列的“尖峰厚尾”性推翻了传统汇率分析模型的假设,而且随着非线性动力系统理论的发展及统计工具的进步,借助于先进的计算机技术,越来越多的实证研究表明,汇率时间序列存在非线性依赖性,即时间序列在超前或滞后任意阶数上的自相关系数均不为零,且拒绝独立同分布的假设。

非线性依赖结构存在性的证明使得对汇率时间序列非线性特征的具体表现的研究更有意义。特别是1973年布雷顿森林体系解体后,汇率的波动幅度空前加大,变动异常频繁,非线性特征表现越发明显。其后,越来越多的学者对汇率时间序列的非线性特征进行了研究。

Hsieh(1988)的研究表明,汇率系统具有复杂的非线性动力系统的特征,它既受确定性、规律性支配,同时又表现出某种随机现象,即汇率具有时变性、随机性和模糊性的特点。Brock等(1991)研究指出,汇率时间序列存在非线性依赖性,但其

研究结果并不支持混沌的解释。Marcelo(2000)检验了英镑、德国马克、日元和瑞士法郎兑美元4种汇率序列的周数据和月数据,BDS检验结果与白噪声一致,支持非线性动力系统存在的假设,但并没有对非线性序列是否存在混沌作进一步的检验。Aydin和Erkal(1996)使用拓扑分析方法,发现德国马克、英镑和日元兑美元的日汇率时间序列存在非线性依赖特征,且发现了混沌存在的证据。Chen和Yeh(2001)检验了由噪声交易者 and 基本因素分析者构成的人工金融市场的非线性结构。结果发现,分形维估计结果并不收敛,BDS检验和Kaplan检验结果显示非线性依赖性不稳定,GARCH(1,1)模型的拟合效果较好。Schwartz和Yousefi(2003)研究了9种汇率时间序列长达20年的复杂行为和动力学特征。结果表明,在5%的置信水平下,所有序列的参数组合( $m=2\sim 12, \epsilon=0.6\sim 2.0\sigma$ )均拒绝独立同分布(iid)的原假设。标准化残差的BDS检验结果是模糊的,大约有50%的统计结果拒绝了iid的原假设。

目前,学术界关于汇率时间序列存在非线性依赖特征的解释主要包括两种:一种解释是将汇率变量视为其历史数据的非线性随机函数,可借助ARCH族模型进行解释;另一种解释则认为汇率时间序列的非线性依赖性可能是由确定性的混沌过程产生的,因此可以借助物理学中的混沌理论对其进行描述(Bask,2007)。

### 3. 汇率波动序列的聚集性和非对称性

汇率波动序列的聚集性是指汇率波动往往表现出在较大幅度波动后紧接着较大幅度的波动,较小幅度波动后紧接着较小幅度的波动,即大幅波动聚集在某一段时间,而小幅波动则聚集在另一段时间的现象。在传统的金融理论中,汇率收益率序列假设服从正态分布,且汇率波动被定义为随时间变化而独立、同分布的常量。随着金融理论的深入发展,不少学者如Mandelbrot(1963)等进行了大量的研究后发现:一方面,许多金融资产收益率序列的经验分布与独立正态分布有着显著不同,多表现出明显的“尖峰厚尾”且偏度不为零的无条件分布特征;另一方面,序列方差即波动具有一定的自相关性,存在波动的聚集现象。Bera(1992)在实证研究中证明了汇率收益序列所具有的特征与Mandelbrot的结论一致。

汇率波动的非对称性是指汇率波动在不对称的市场中对好消息和坏消息的冲击有不同程度的反应,它允许波动率对市场下跌的反应比对市场上升的反应更加迅速,通常称之为“杠杆效应”。

汇率波动的非对称性被重视和研究,是在一些学者,如Frankel和Froot(1990)及Lyons(1995;2001)等分别将外汇市场参与者的异质预期、市场信息和市场交易系统等市场微观因素引入对汇率决定的分析之后。Ito(1990)通过直接测度的方法对外汇市场预期进行了研究,并指出交易者预期的异质性是造成汇率波动非对称的原因。Vitale(2000)从信息不对称条件和噪声交易的角度出发,指出交易者预期的异质性是造成汇率波动非对称的原因。Lyons(2001)研究后进一步指

出,汇率波动的直接原因主要不在于宏观层面,而在于掌握不同信息或是对信息的理解不一样的外汇交易者在特定的交易体系下的相互博弈。

汇率波动聚集性和非对称性也意味着传统线性研究范式的局限性,汇率波动的不确定性实际根源于汇率系统本身的内在随机性,是由系统内部非线性机制导致的必然结果,而不仅仅依赖于外部随机事件的冲击。

#### 4. 汇率时间序列的长记忆性

汇率时间序列的长记忆性是指序列中相距较远的时间间隔具有显著的自相关性,即历史事件的影响会持续影响着未来。长记忆性可以在时间域和频率域上给出定义:在时间域上,长记忆表现为自相关系数呈双曲率缓慢衰减;在频率域上,自相关系数是以频谱形式给出的。

McLeod 和 Hipel(1978)给出了长记忆性的定义:假设时间序列  $\{x_t\}$  具有自相关函数  $\rho_j$  ( $j$  为滞后阶数),如果  $|\rho_j|$  满足条件

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{j=-n}^n |\rho_j| = \infty \quad (1.1)$$

则称  $\{x_t\}$  为长记忆时间序列,  $n$  为观察次数。

Brockwell 等(1991)给出了长记忆性在时间域上的另一种定义:如果平稳时间序列  $\{x_t\}$  的自相关函数  $\rho_j$  依负幂指数率(双曲率)随滞后阶数  $j$  的增大而缓慢下降,即

$$\rho_j \sim Cj^{2d-1}, \quad j \rightarrow \infty \quad (1.2)$$

则称  $\{x_t\}$  为长记忆时间序列。式中,  $C$  为常数,  $\sim$  表示收敛速度相同,  $d$  被称为长记忆参数。

对比两种定义,当式中  $d$  的取值范围不同时,两者对长记忆的定义不同。后一种定义的形式更为具体,有利于分析工作,因而得到较广泛的应用。

长记忆性意味着随机游走模型和有效市场假说的失效。大量研究表明,汇率收益和条件波动呈现长记忆性,最早是 Bollerslev(1987)发现汇率收益率波动性呈现出缓慢的自相关衰减。其后, Baillie 和 Bollerslev(1991)、Brock 等(1991)和 Dacorogna 等(1993)的研究都表明汇率市场具有长记忆性。

### 1.1.2 汇率时间序列非线性检验方法

一个系统表现出的非线性特征可以通过其时间序列的非线性指标和一定的检验方法来刻画。这些非线性检验指标和方法为衡量系统非线性程度提供了一种客观、定量的描述事物复杂度的手段,其在时间序列分析中有着不可替代的地位,并与定性理论一同成为非线性动力学研究的重要方面。

#### 1. 正态性分布检验

在传统的统计检验方法中,用来检验金融时间序列正态性的方法很多,常用的

方法是 Jarque-Bera 检验,简称 JB 检验。它运用了正态分布随机变量的性质,即整个分布的头两个矩的特征——均值和方差,分布的标准化第 3 矩和第 4 矩分别是它的偏度(skewness)和峰度(kurtosis)。

统计量偏度是指分布相对于它的均值不对称的程度,其表达式为

$$S = (1/N) \sum x_i^3 / s^3 \quad (1.3)$$

标准正态分布的偏度值为 0,如果  $S > 0$ ,说明序列分布右偏,右尾较长; $S < 0$ ,说明序列分布左偏,左尾较长。

峰度是用于度量变量概率分布的尾端粗壮程度的统计量,其表达式为

$$K = (1/N) \sum x_i^4 / s^4 \quad (1.4)$$

标准正态分布的峰度值为 3。如果  $K > 3$ ,说明分布呈尖峰状; $K < 3$ ,说明分布呈矮峰状。

Jarque-Bera 统计检验量的表达式为

$$JB = (N/6) [s^2 + (k-3)^2/4] \sim \chi^2(2) \quad (1.5)$$

在正态性假设下,JB 统计量渐近地服从自由度为 2 的  $\chi^2$  分布。

因此,可以通过 JB 统计量检验  $\{r_t\}$  是否服从正态分布来考查金融序列的正态分布性质。其中,原假设为  $H_0$ :该时间序列服从正态分布。如果 JB 统计量的值大于该  $\chi^2$  分布的临界值,则拒绝服从正态分布的原假设。

此外,汇率收益序列的“尖峰厚尾”性使得学者们重新考虑汇率收益序列的分布特性。正态分布显然无法准确地刻画汇率收益序列的“尖峰厚尾”特征。目前,对汇率收益分布的假设有两种处理方式:一种是认为汇率收益分布应服从具有不稳定方差的稳态 Paretian 分布;另一种是使用混合分布对已有数据进行分布模型的估计,如混合正态分布、分形分布等。

## 2. 相关性检验与 BDS 统计检验方法

为检验金融时间序列是否存在非线性依赖性,可以从判断样本序列的自相关性和是否拒绝 iid 假设入手。

序列的自相关性可通过计算样本序列的自相关系数(auto correlation figure, ACF)与偏自相关系数(partial auto correlation figure, PACF)指标来进行检验。但常用的一阶相关性检验方法是 Box 和 Pierce 给出的 Q 检验量,Ljung 和 Box 对 Q 统计量作了修正,减少了真实临界值和渐近分布临界值的距离。Ljung-Box 修正统计量为

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^m \rho^2(k) / (n-k) \quad (1.6)$$

式中, $n$  为样本数; $m$  为滞后阶数; $\rho^2(k)$  为样本  $k$  阶相关系数。

在使用 Q 统计量进行相关性检验时,零假设  $H_0$  为:残差序列  $\{\epsilon_t\}$  是白噪声过

程,即不存在自相关。当零假设成立时,统计量  $Q$  渐进服从  $\chi^2(m)$  分布。值得指出的是,需要选择适当的滞后阶数  $m$ ,如果  $m$  选择太小,会忽略数据的相关性,如果  $m$  选择太大,又会影响检验的显著性,并且  $Q$  检验只能反映样本的线性相关特性。

自相关性检验的结果如果拒绝了严格的随机游走模型认为时间序列是不相关的假设,则有必要进行进一步的独立性检验,判断汇率时间序列是否存在非线性结构。常用的方法是采用 BDS 检验来检验时间序列是否具有独立同分布。

BDS 统计量是由 Brock 等(1996)基于 Grassberger 和 Procaccia(1984)的相关积分的概念,提出的一种单变量统计检验方法,该方法不仅能检验时间序列是否高阶相关,还能探测序列非线性相关结构。BDS 统计量常常被用于检验样本量大且噪声较小的数据,特别是在处理序列不相关但却不独立的样本时呈现出良好的检验效果(Lyons, 1995)。除了一些病态的情形,BDS 检验能够探测到大多数非线性。

BDS 检验方法假定时间序列  $X_{i,T} = (x_{i,T}, x_{i,T-1}, \dots, x_{i,1})$ , 定义相关积分

$$C(m, \epsilon, T) = \frac{1}{(T-m+1)(T-m)} \sum_{a=1}^{T-m+1} \sum_{b=1}^{T-m+1} \theta(\epsilon - \|X_a - X_b\|), \quad a \neq b \quad (1.7)$$

式中,  $\theta(x)$  为 Heaviside 函数,当  $\epsilon - \|X_i - X_j\| > 0$  时,  $\theta(x) = 1$ , 否则  $\theta(x) = 0$ 。

定义统计量  $W(m, \epsilon, T)$  如下:

$$W(m, \epsilon, T) = (T-m+1)^{1/2} \frac{C(m, \epsilon, T) - C(1, \epsilon, T)^m}{\hat{\sigma}(m, \epsilon, T)} \quad (1.8)$$

式中,  $\hat{\sigma}(m, \epsilon, T)$  为  $C(m, \epsilon, T) - C(1, \epsilon, T)^m$  的标准差,估计方程为

$$\hat{\sigma}(m, \epsilon, T) = 4 \left[ k^m + 2 \sum_{r=1}^{m-1} k^{m-r} c^{2j} + (m-1)^2 c^{2m} - m^2 k c^{2m-2} \right] \quad (1.9)$$

式中,参数  $k$  的计算公式为

$$k(T, \epsilon) = \frac{6}{(T-m+1)(T-m)(T-m-1)} \sum_{a=1}^{T-m-1} \sum_{b=a+1}^{T-m} \sum_{c=b+1}^{T-m+1} \left[ \theta(\epsilon - \|X_a - X_b\|) \theta(\epsilon - \|X_b - X_c\|) + \theta(\epsilon - \|X_a - X_c\|) \right. \\ \left. + \theta(\epsilon - \|X_c - X_b\|) + \theta(\epsilon - \|X_b - X_a\|) \theta(\epsilon - \|X_a - X_c\|) \right] \quad (1.10)$$

BDS 检验的原假设  $H_0$  为:数据的生成服从独立同分布过程;备择假设不确定。在白噪声假设条件下,统计量  $W(m, \epsilon, T) \sim N(0, 1)$ ;若  $T/m \geq 200$ ,可以使用标准正态分布的百分比值作为判定的标准;若  $T/m < 200$ ,则考虑以 Brock 列表的临界值作为判定标准。

### 3. ARCH 效应检验方法

尽管金融经济学家们很早就知道汇率时间序列具有的波动聚集效应,但却一直没有建立能够反映这种特点的时间序列模型。一直到了 20 世纪 80 年代,Engle



提出了自回归条件异方差模型(ARCH 模型),用于刻画波动的时变性。ARCH 模型被认为最集中地反映了方差变化的特点,较好地解释了汇率时间序列中存在的波动聚类现象,因而被广泛应用于汇率数据的时间序列分析。

要判断汇率时间序列是否具有波动聚集效应,可以通过检验该时间序列是否存在波动异方差性(ARCH 效应)来完成。通常所用的 ARCH 效应检验方法有 Wald 检验、LM 检验和 LR 检验。Judge 等(1988)证明,这些统计量具有相同的渐进分布,但是它们在小样本下的分布将会不同。在相同的假设检验下,采用 LM 统计量的“拒真”概率是最小的。在 LM 检验框架下,对于时间序列 $\{\epsilon_t\}$ 的异方差检验如下。

假设  $H_0$ : 同方差;  $H_1$ :  $\{\epsilon_t\} \sim \text{ARCH}(q)$ 。

构造检验统计量  $LM = nR^2$ , 其中,  $R^2$  为以下回归方程的拟合优度:

$$\epsilon_t^2 = \alpha_0 + \sum_{j=1}^q \alpha_j \epsilon_{t-j}^2 \quad (1.11)$$

在零假设下  $LM \sim \chi^2(q)$ , 给定显著性水平  $\alpha$  和自由度  $q$ , 如果  $LM > \chi_\alpha^2(q)$ , 则拒绝  $H_0$ , 认为序列存在 ARCH 效应; 如果  $LM < \chi_\alpha^2(q)$ , 则不能拒绝  $H_0$ , 说明序列不存在 ARCH 效应。

#### 4. 非对称性检验方法

为检验汇率波动的非对称性, 学者们通常在通过 ARCH 效应检验的基础上, 对汇率序列进行 GARCH 和 TGARCH 模型估计, 验证汇率市场在信息不对称条件下, 对“好消息”和“坏消息”是否有不同程度的波动反应。

广义 ARCH 模型(GARCH)是 Bollerslev(1986)和 Taylor(1986)提出的, 其条件方差函数在 ARCH 模型中引入了  $\sigma^2$  的滞后项

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha_1 \epsilon_{t-1}^2 + \cdots + \alpha_q \epsilon_{t-q}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \cdots + \beta_p \sigma_{t-p}^2 \quad (1.12)$$

记为 GARCH( $p, q$ )。这里,  $p$  为 GARCH 项的阶数;  $q$  为 ARCH 项的阶数。条件方差  $\sigma_t^2$  是以前一期的信息为基础的预测方差, 均值方程的滞后随机误差平方  $\epsilon_{t-1}^2$  (ARCH 项)用来度量前期得到的波动性的信息,  $\sigma_{t-1}^2$  为滞后条件方差, 即 GARCH 项。实际上, 该过程可视为 ARCH( $\infty$ )过程。

与 ARCH 模型相比, GARCH 模型考虑了时间序列的独立性, 具有更灵活的滞后结构。由于在 GARCH( $p, q$ )模型中, 条件方差的上升和下降带来的不对称反应在方程中没有反映, 所以 Glosten 等(1993)引入门限(threshold)的概念, 提出了 TGARCH 模型。该模型将条件方差指定为

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i \epsilon_{t-i}^2 + \gamma \epsilon_{t-1}^2 d_{t-1} + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (1.13)$$

在这个模型中, 由于引入了  $d_t$ , 好消息( $\epsilon_t > 0$ )和坏消息( $\epsilon_t < 0$ )对条件方差有不同的影响: 好消息有一个对  $\alpha$  的冲击; 坏消息有一个对  $\alpha + \gamma$  的冲击。如果  $\gamma > 0$ , 即表明存在杠杆效应; 如果  $\gamma \neq 0$ , 则信息是非对称的。因为 TGARCH 允许方差对