

文章编号: 1672 - 3813 (2008) 02 - 0062 - 10

# 多种市场形态下人工股市特征性事实分析

于同奎

(西南大学 a 计算机与信息科学学院; b 商务智能和数据管理实验室, 重庆 400715)



**摘要:** 研究不同市场形态下股票市场的特征性事实对理解股市运行有指导意义。构建了一个具有基础均衡、泡沫均衡、周期和混沌 4 种市场形态的多主体股市模型, 并对其各种形态进行了计算机仿真实验, 然后对仿真收益率序列统计分析。研究表明: 4 种市场形态均存在尖峰肥尾、波动聚集和长期记忆特性, 其中以基础均衡状态最为明显, 周期和混沌次之, 泡沫均衡最弱。

**关键词:** 人工股市; 特征性事实; 基于主体的计算经济学

中图分类号: F830. 91; F224. 12; N94

文献标识码: A

## Stylized Facts of an Artificial Stock Market in Many Market States

YU Tong-kui

(a College of Computer and Information Technology;

b B I and Data Management Laboratory, Southwest University, Chongqing 400715, China)

**Abstract:** Research of stylized facts of stock market in different market states has guiding meanings on understanding of stock market operation. We construct a multi-agent model of stock market with four kinds of states: fundamental equilibrium, bubble equilibrium, period and chaos in previous work. Computer simulations are performed for four states respectively, statistical analysis on the return series shows: markets of all states present leptokurtosis, volatility clustering and long memory; fundamental equilibrium market has strongest, followed by period and chaos market, and bubble equilibrium market has weakest stylized facts.

**Key words:** artificial stock market; stylized facts; agent-based computational economics

### 1 引言

股票市场会呈现出各种各样的市场形态:有效市场和理性预期理论认为股市处于基础价值均衡,即价格在基础价值附近小幅波动<sup>[1]</sup>;但现实股市中总发现价格对基础价值的持续偏离,很多学者发现了市场存在理性泡沫的证据<sup>[2-5]</sup>,如中国股市 2001 年到 2005 年持续低迷也被认为低估了股市内在价值;也有人发现股市价格呈周期循环<sup>[6-8]</sup>;近年来很多学者验证股票市场的混沌现象<sup>[9-10]</sup>。

股票市场中有许多特征性事实,如收益率波动聚集、尖峰肥尾和长期记忆等, Pagan 对此提供了一个较为权威的综述<sup>[11]</sup>。国内外众多学者验证股票市场的特征性事实的普遍存在<sup>[12-17]</sup>。

收稿日期: 2007 - 11 - 30

基金项目:西南大学青年科技基金 (SWUQ2006022)

作者简介:于同奎 (1981 - ), 山东日照人, 讲师, 硕士, 主要研究方向为复杂经济系统、证券市场。

作者在前期工作中通过对 Lux 和 Marchesi 模型<sup>[18]</sup>进行改进,提出了一个多主体股市模型。对该系统的分析表明:受交易者价格追踪、模仿感染和策略转移倾向等因素影响,该模型呈现出基础均衡、泡沫均衡、周期和混沌 4 种市场形态<sup>[19-20]</sup>。我们还在 SWARM 平台下对该模型的一组参数进行了基于多主体的计算机仿真实验,对实验结果统计分析发现收益率序列呈现尖峰肥尾、波动聚集和长期记忆特性<sup>[21]</sup>。

在此基础上,如下问题涌现出来:是否每种市场形态都存在股市特征性事实,不同市场形态下股市特征性事实有何差异,不同股市形态对股市特征性事实有何影响?

利用基于主体的计算经济学 (Agent-Based Computational Economics, ACE) 方法构建人工股市模型是研究这类问题的主要方法。ACE 将经济系统看作复杂适应系统,采用基于主体 (亦称智能体) 的方法“自底向上”地对个体投资者微观的相互作用导致市场宏观特性的涌现过程进行建模,并利用计算机进行仿真,以从根源上探究金融市场的复杂动力学原理<sup>[22]</sup>。

人工股市 (Artificial Stock Market, ASM) 是 ACE 方法的一个典型应用。人工股市是模拟股市运行的计算机程序,在这个计算机虚拟市场中,若干人工智能程序观察它们所在的数字世界中股市环境的信息,并且根据这些信息做出市场决策。所有交易者的决策又构成了新的整体市场环境,构成了一个自我封闭的计算系统。通过研究 ASM,可以更好地理解现实世界的行为。从圣塔菲研究所的 Arthur<sup>[23]</sup>等在 1990 年首先建立人工股票市场之后,人工股市的研究取得了蓬勃的发展<sup>[24-26]</sup>。

本文根据前期研究的多主体股市模型<sup>[19-20]</sup>,构建了一个人工股市系统,研究不同股市形态下股市尖峰肥尾、波动聚集和长期记忆等特征性事实。研究思路为:首先根据数理模型为 4 种市场形态分别找出一组典型的参数设置;然后利用该参数进行基于多主体的人工股市仿真;最后将仿真结果进行统计分析,比较各种市场形态下特征性事实的异同。

## 2 多主体股市模型

市场中有  $N$  个交易主体对同一支股票进行交易,股票基础价值保持为  $p_t$  不变。交易主体采用基础分析或噪音交易两种策略,在某一时点上,基础分析者数目为  $n_t$ ,噪音交易者数目为  $n_c$ ;噪音交易者根据所持市场观点分为乐观派和悲观派,数目分别为  $n_+$  和  $n_-$ 。

### 2.1 市场结构和行为

#### 2.1.1 噪音交易者在乐观派和悲观派之间的跳转概率

定义  $x = \frac{n_+ - n_-}{n_c}$  ( $x \in [-1, 1]$ ) 为市场信心指数。一个悲观噪音交易者转变为乐观噪音交易者 (或相反) 的概率  $\gamma_{-+}$  (或  $\gamma_{+-}$ ) 表示为

$$\begin{aligned} \gamma_{-+} &= v_1 \exp(U_1) \\ \gamma_{+-} &= v_2 \exp(U_2) \end{aligned}, \quad U_1 = \alpha_1 x + \alpha_2 \dot{p} / v_1 \tag{1}$$

其中,  $v_1$  为交易者重新评估和改变选择其市场观点的频率,  $\alpha_1$  和  $\alpha_2$  分别为羊群效应和价格追踪两个市场观点影响因素的权重,定义为交易者模仿感染倾向和价格追踪倾向。 $\dot{p} = dp/dt$  为价格对时间的导数。

#### 2.1.2 交易者在噪音和基础分析市场策略之间的跳转

噪音交易者获得的单位投资超额利润率为  $|(r + dp/dt) / p - R|$ , 其中  $r$  为名义股利,  $R$  为社会平均投资回报率。基础分析交易者超额利润均为  $s |(p - p_t) / p|$ ,  $s$  为折现率 ( $0 < s < 1$ )。交易主体市场策略转变的概率为

$$\begin{aligned}
 \begin{cases} \dot{x}_+ = v_2 \exp(U_{2,1}) \\ \dot{x}_- = v_2 \exp(-U_{2,1}) \end{cases}, U_{2,1} &= \begin{cases} \frac{r + \frac{1}{v_2} \dot{p}}{p} - R - S \left| \frac{p_t - p}{p} \right| \\ \text{乐观派技术分析交易者利润} & \text{基础分析交易者利润} \end{cases} \\
 \begin{cases} \dot{x}_- = v_2 \exp(U_{2,2}) \\ \dot{x}_+ = v_2 \exp(-U_{2,2}) \end{cases}, U_{2,2} &= \begin{cases} R - \frac{r + \frac{1}{v_2} \dot{p}}{p} - S \left| \frac{p_t - p}{p} \right| \\ \text{悲观派技术分析交易者利润} & \text{基础分析交易者利润} \end{cases}
 \end{aligned} \tag{2}$$

其中,  $v_2$  为交易主体策略跳转频率,  $\beta_3$  为利润差异对策略转移的影响强度, 定义为交易者策略转移倾向。

### 2.1.3 进入-退出机制

假设市场中的交易主体以概率  $a$  退出市场, 同时又有相同数目的新交易者进入市场。新进交易者中采用基础分析策略者所占比例为  $b$ , 受市场整体气氛影响噪音交易者的市场观点 (悲观派和乐观派) 分布与原市场一致。

### 2.1.4 价格形成机制

噪音交易者的超额需求为  $ED_c = (n_+ - n_-) t_c$ ,  $t_c$  为单位时间平均交易量。基础分析交易者超额需求  $ED_f = n_f (p_t - p)$ ,  $T_f$  为价格偏离的影响强度。做市商根据市场上的超额需求对市场价格以  $T_c$  的反应强度调整市场价格  $\dot{p} = (ED_c + ED_f) T_c$ 。

## 2.2 市场演化动力系统

定义  $y = n_f / N$  为市场理性指数,  $x, y, p$  就构成了一个股市动力系统:

$$\begin{cases} \dot{x} = 2v_1(1-a)(1-y)[\tanh(U_1) - x] \cosh(U_1) + v_2(1-a)(1-x^2)[\sinh(U_{2,1}) - \sinh(U_{2,2})] \\ \dot{y} = -v_2(1-a)y(1-y)[(1+x)\sinh(U_{2,1}) + (1-x)\sinh(U_{2,2})] - a(1-b)y + ab(1-y) \\ \dot{p} = [x(1-y)T_c + y(p_t - p)T_f] \end{cases} \tag{3}$$

其中,

$$\begin{aligned}
 U_1 &= \frac{-x + 2\dot{p}}{v_1} \\
 U_{2,1} &= \beta_3 \left( \frac{r + \frac{\dot{p}}{v_2}}{p} - R - S \left| \frac{p_t - p}{p} \right| \right) \\
 U_{2,2} &= \beta_3 \left( R - \frac{r + \frac{\dot{p}}{v_2}}{p} - S \left| \frac{p_t - p}{p} \right| \right)
 \end{aligned}$$

该系统是对股市模型中各变量均值变化发展的一阶近似<sup>[19-20]</sup>。

## 3 人工股市特征性事实分析

对动力系统 (式 3) 进行定性分析和数值实验, 发现在不同参数设置下市场呈现基础均衡、泡沫均衡、周期和混沌 4 种市场形态。在大量数值实验基础上, 分别为 4 种市场形态选定一组典型的参数设置:  $\beta_1 = 0.25, \beta_2 = 0.15, \beta_3 = 0.8, v_1 = 0.5, v_2 = 0.75, p_t = 10, a = 0.01, b = 0.05, T_c = 0.5, R = 0.1, T_c = 5, T_f = 5$  时, 市场处在基础价值均衡 ( $x^* = 0, y^* = 0.05, p^* = 10$ );  $\beta_1 = 1.5, \beta_2 = 0.25, \beta_3 = 1.5$  时 (其他参数与基础价值均衡相同), 市场呈泡沫均衡状态, 系统存在两个稳定均衡点 ( $x^* = 0.854 2, y^* = 0.788 1, p^* = 10.229 7$ ) 和 ( $x^* = -0.854 0, y^* = 0.792 3, p^* = 9.776 1$ );  $\beta_1 = 0.95, \beta_2 = 0.15, \beta_3 = 1.5$  时, 市场呈稳定周期形态;  $\beta_1 = 1.02, \beta_2 = 0.25, \beta_3 = 1.5$  时, 市场呈现混沌形态。<sup>[19-20]</sup>

以这 4 组参数分别进行 30 次仿真实验, 得到 4 种市场形态下的价格变化的时间序列。图 1 为典型的仿

真结果<sup>[21]</sup>。

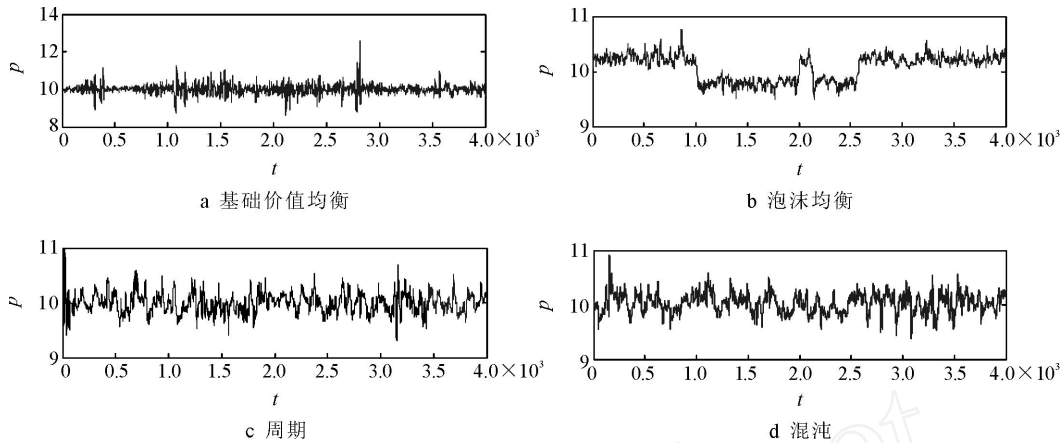


图 1 4类市场形态的典型仿真结果价格序列

对 30 次仿真结果进行统计分析,比较各种市场形态下特征性事实的异同。本文以对数收益率  $r_t = \ln p_t - \ln p_{t-1}$  作为分析对象,这是因为价格虽然是表征股市运动最基本的特征变量,但它是一个绝对量,呈现出较强的不稳定性。

### 3.1 对数收益率尖峰肥尾特性分析

计算基本的统计量:均值  $\bar{r} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i$ , 方差  $S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2$ , 偏度  $s = \frac{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^3}{S^3}$ , 峰度  $k = \frac{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^4}{S^4}$ 。偏度是收益率的三阶矩,它表示分布偏斜的性质,其符号表示偏斜的方向,正值表示正偏,负值表示负偏,绝对值表示偏斜的程度。峰度是收益率的四阶矩,用来测定收益率分布的峰尾特性,以正态分布的峰度为基准,正态分布的峰度为 3,当峰度大于 3 时,表示该分布比正态分布厚尾,小于 3,则比正态分布薄尾。

对 4 种市场形态各 30 次仿真结果计算 4 个统计量,绘制箱线图如图 2。表 1 给出每个市场形态典型的 4 次实验结果。

仿真收益率均值在小数点 4 位之内均为 0,说明股市从长期而言趋于均衡,箱线图看出 4 种市场形态下均值分布基本一致。

4 种市场形态下的仿真收益率标准差则存在明显差异,基础价值均衡标准差最大,周期和混沌市场次之,而泡沫均衡下方差最小。通过对股市模型的分析,解释如下:在基础价值均衡下,虽然市场价格围绕基础价值波动,但存在价格趋向价值的力量(基础分析)和价格远离价值的力量(价格追踪、模仿学习)的此消彼长,使得价格波动较大;而泡沫均衡虽然均衡价格不等于基础价值,但价格趋向价值的力量和远离价值的力量势均力敌,使得价格波动较小。

仿真收益率的偏度在 4 种形态下的取值和分布无明显差异。

仿真结果的收益率序列的峰度都大于 3,说明收益率具有尖峰肥尾态。将 4 种形态的典型收益率序列分为若干段,统计落在每一段中的频数,画柱状图如图 3,与相同均值方差的正态分布(中间实线)相比,4 种形态都具有尖峰肥尾的特性。从表 1 的峰度值和图 2 的峰度箱线图都可以看出,基础价值均衡具有最明显

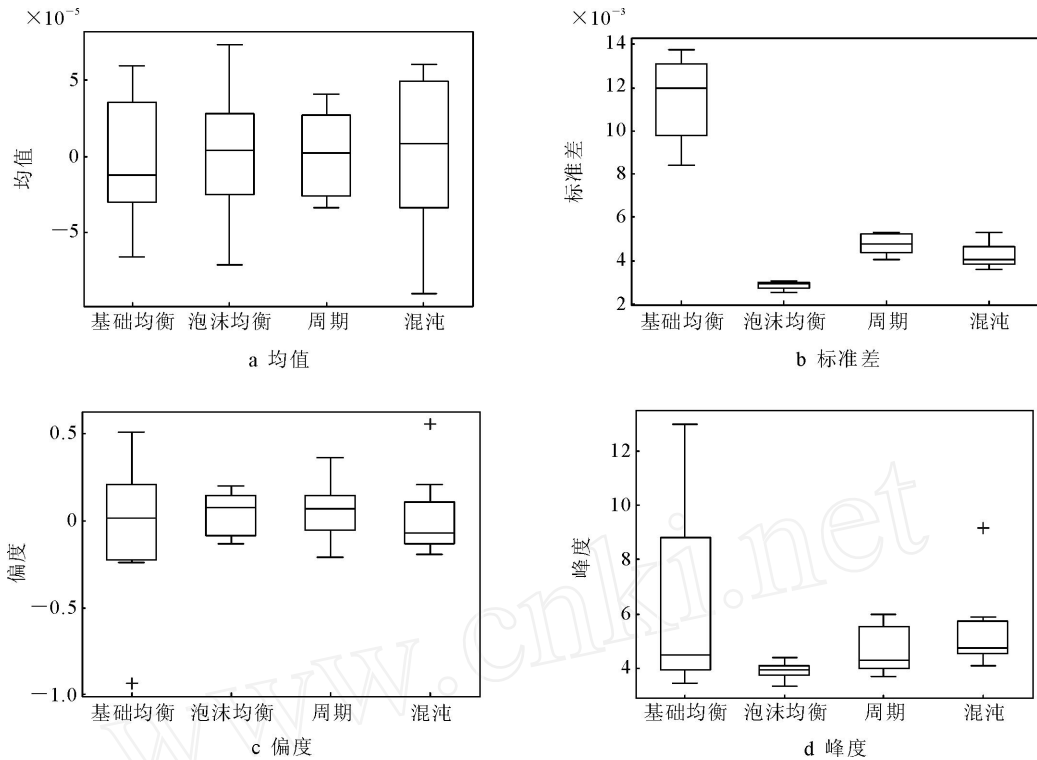


图 2 4类市场形态 30次仿真收益率序列基本统计量 (均值、标准差、偏度、峰度)箱线图

的尖峰肥尾特性,周期和混沌次之,泡沫均衡较弱。这与对图 3 的直观观察一致。其原因也是由于基础价值均衡形态下价格趋向价值的力量和远离价值的力量此消彼长,存在远离价值的力量的突然爆发导致大的股价波动,而泡沫均衡形态下价格趋向价值的力量和远离价值的力量势均力敌,价格的剧烈变化较少。

### 3.2 对数收益率波动聚集特性分析

波动聚集是股票市场常见的特征性事实,指的是价格波动以成群的方式出现,大波动紧跟着大的波动,小波动紧挨着小的波动<sup>[12]</sup>。图 4 是收益率序列和正态分布比较,4 种市场形态均呈现出不同程度的波动聚集现象。

表 1 对数收益率的基本统计量

市场形态		均值	标准差	偏度	峰度
基础均衡	实验 1	0.000 0	0.009 2	0.073 8	7.465 7
	实验 2	0.000 0	0.012 8	0.170 0	4.077 0
	实验 3	0.000 0	0.008 3	-0.148 9	6.279 3
	实验 4	0.000 0	0.013 3	-0.177 2	4.015 4
泡沫均衡	实验 1	0.000 0	0.003 0	-0.050 2	3.893 8
	实验 2	0.000 0	0.003 0	-0.083 2	3.699 2
	实验 3	0.000 0	0.002 7	0.129 5	4.061 2
	实验 4	0.000 0	0.002 7	0.131 3	3.568 0
周期	实验 1	0.000 0	0.005 1	0.277 2	6.005 0
	实验 2	0.000 0	0.004 9	-0.204 2	3.890 9
	实验 3	0.000 0	0.004 1	0.028 9	4.012 5
	实验 4	0.000 0	0.004 9	0.109 4	5.898 4
混沌	实验 1	0.000 0	0.004 3	0.517 9	6.646 3
	实验 2	0.000 0	0.004 1	0.158 8	4.809 4
	实验 3	0.000 0	0.004 0	0.036 7	5.348 8
	实验 4	0.000 0	0.004 9	-0.270 1	4.566 6

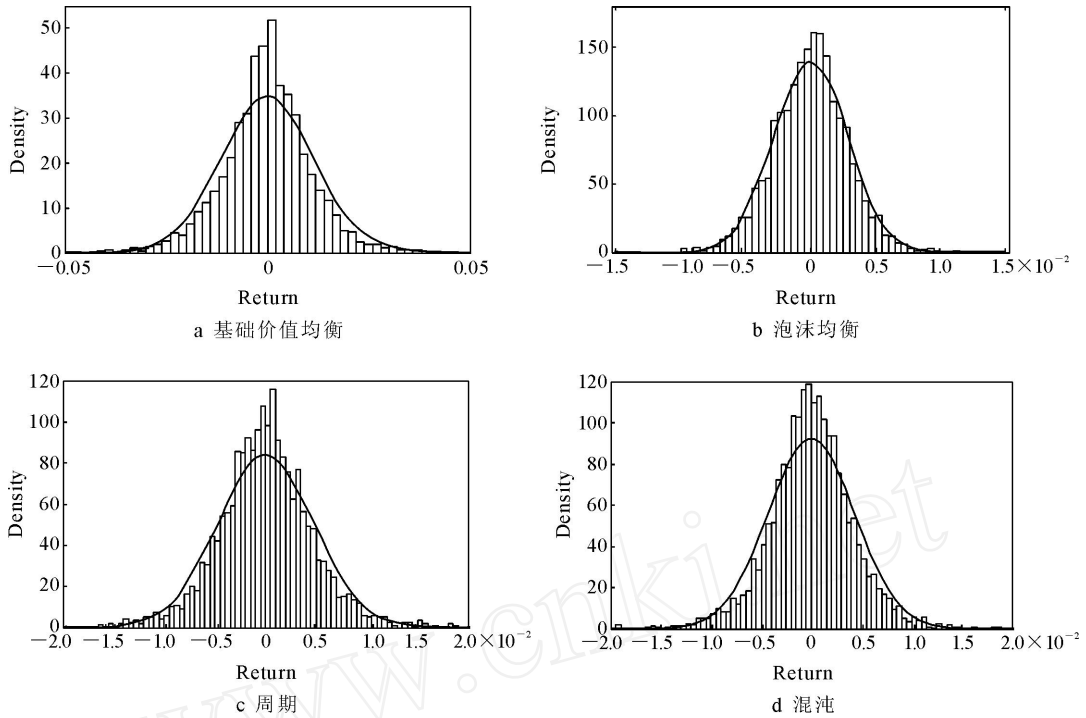


图 3 4类市场形态典型仿真结果对数收益率分布柱状图

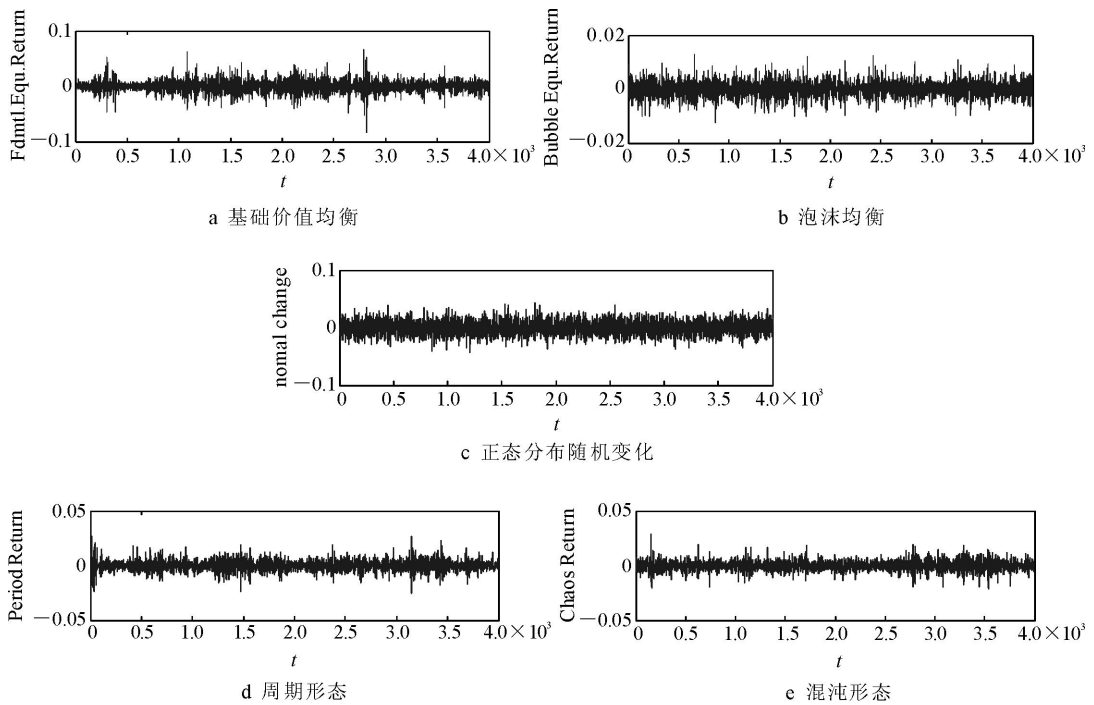


图 4 4类市场形态收益率和正态分布变化时间序列比较

对于波动聚集性现象, Engle 首先提出了 ARCH 模型 (Autoregressive Conditional Heteroscedasticity Model) 来描述, 它解决了对时间变化的方差进行建模的难题<sup>[27]</sup>。本文应用 Matlab 提供的 ARCH 分析工具, 分析仿真收益率序列收益率波动聚集现象。Matlab 中 ARCH 检验的命令为 archtest, 其零假设  $H_0$  为收益率序列不

存在 ARCH 效应。输入  $[H, pValue, ARCHstat, CriticaValue] = archtest[r_{mean}(r), [1\ 3\ 5\ 10], 0.05]$ 。命令参数中  $r$  为收益率序列,  $r_{mean}(r)$  为  $r$  对均值的偏差;  $[1\ 3\ 5\ 10]$  为 ARCH 检验的滞后期; 0.05 为检验要求的显著性水平。返回值  $H$  是一个布尔型值, 0 为接受型零假设, 1 为拒绝型零假设;  $pValue$  为拒绝零假设的显著性水平;  $ARCHstat$  为在对应滞后期的 ARCH 检验统计量;  $CriticaValue$  为对应 ARCH 统计量的  $\chi^2$  分布临界值。

对 4 种市场形态各 30 次仿真结果进行 1 滞后期 ARCH 效应检验, 对  $ARCHstat$  统计量绘制箱线图 (如图 5), 其统计临界值都是 3.841 5。表 2 给出了典型收益率序列的 1, 3, 5, 10 期滞后期的 ARCH 效应检验结果。

4 种市场形态检验结果都拒绝零假设, 说明收益率序列都具有 ARCH 效应, 呈现波动聚集特性。比较 4 种市场形态 ARCH 统计量, 波动聚集现象显著程度由强到弱依次为基础价值均衡、周期和混沌、泡沫均衡, 这与对图 4 直观观察的结果一致。

### 3.3 对数收益率长期记忆特性分析

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。Mandelbrot 最早提出长期记忆效应概念和考察资产收益中持久性统计依赖问题<sup>[28]</sup>。长期记忆特性通常用重标极差分析法 (Rescaled Range Analysis, R/S) 来检测。R/S 分析方法是 Hurst 在研究水文学时首先提出来的<sup>[29]</sup>, 而后 R/S 分析被广泛应用于对金融时间序列长程相关的分析之中。其基本思路是对于时间序列  $\{x_t\}$ , 令  $R(T) = \max_{0 \leq j \leq T} \left\{ \sum_{j=1}^T X_j - E[X] \right\}$ , 其中  $T$  为子区间的长度,  $R(T)$  为  $T$  期间上的极差, 这里  $R(T)$  随  $T$  的增大而增大。为比较不同类型的时间序列, Hurst 用观测

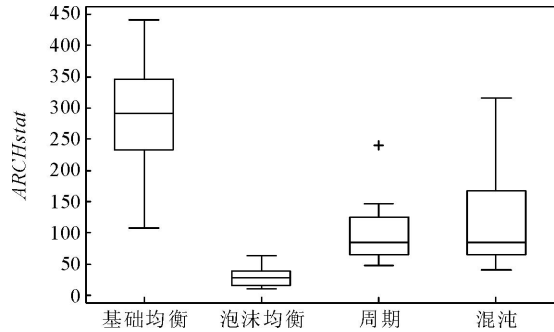


图 5 1 滞后期 ARCH 效应检验 ARCHstat 箱线图

表 2 典型收益率序列 ARCH 效应检验结果

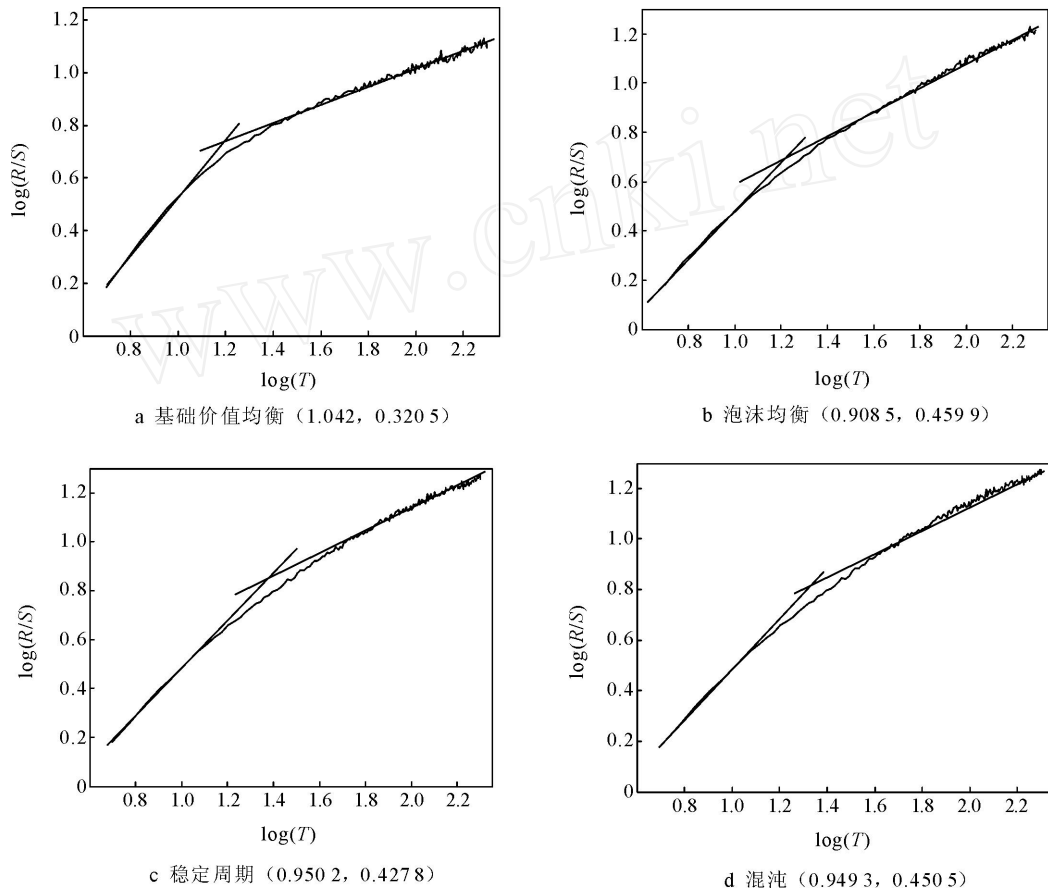
	滞后期	H	pValue	ARCHstat	CriticaValue
基础价值 均衡	1	1	0	326.871 2	3.841 5
	3	1	0	339.185 0	7.814 7
	5	1	0	376.992 1	11.070 5
	10	1	0	399.732 1	18.307 0
泡沫均衡	1	1	0	39.881 6	3.841 5
	3	1	0	52.579 3	7.814 7
	5	1	0	58.360 3	11.070 5
	10	1	0	59.784 9	18.307 0
周期	1	1	0	239.884 4	3.841 5
	3	1	0	249.305 0	7.814 7
	5	1	0	280.532 5	11.070 5
	10	1	0	300.898 0	18.307 0
混沌	1	1	0	316.363 1	3.841 5
	3	1	0	330.419 8	7.814 7
	5	1	0	349.931 5	11.070 5
	10	1	0	350.024 2	18.307 0

值的标准差去除极差  $R(T)$  得到  $\frac{R(T)}{S(T)} = (T)^H$ 。  $S(T)$  为  $T$  期间上的标准差,  $H$  为常数,  $H$  为 Hurst 指数, 且  $0 < H < 1$ 。Hurst 指数有 3 种不同类型: 当  $H = 0.5$  时, 原序列是标准随机游走的, 现在不会影响将来, 不存在长期的统计相关; 当  $0 < H < 0.5$  时, 原序列具有反持久性, 序列是均值回复的, 过去的增量与未来的增量负相关; 当  $0.5 < H < 1$  时, 原序列具有持久性, 过去的增量与未来的增量是正相关的。持久性的水平可以通过  $H$  值来度量。Hurst 指数偏离 0.5 越远, 表明股票价格变动的相关性越大;  $H$  越趋近于 0.5, 表明股票价格变动的相关性越小, 市场有效性越强。

而传统的 R/S 分析对短期相关性缺乏稳健性, 因为用 R/S 方法分析序列的长期记忆性过程中, 短期持续性的存在会影响 R/S 分析效果。Lo 提出了修正的 R/S 分析方法, 通过滞后阶数为  $q$  的自回归  $AR(q)$  模

型对短期持续性进行消解<sup>[30]</sup>。这需要首先确定滞后阶数  $q$ , 采用 Lo 所提出的数据依赖法确定最优  $q$  值<sup>[30]</sup>。

通过 Matlab 编程进行修正 R/S 分析。首先计算的子区间长度  $T$  从 5 到 200 对应的  $R/S$  值, 并做  $\log(R/S) - \log(T)$  图。图 6 为 4 种市场形态各给出一次典型仿真结果的  $\log(R/S) - \log(T)$  图。其中基础价值均衡在  $\log(T)$  即  $T < 16$  时收益率序列保持记忆性, 最小二乘法线性回归得 Hurst 指数为 1.042; 当  $\log(T) > 1.2$  时, 计算的 Hurst 指数为 0.320 5, 收益率序列具备反持久性, 呈现出“均值回复”的特性。泡沫均衡、稳定周期和混沌市场形态的记忆周期较长, 大约为 25 个单位时间。泡沫均衡记忆周期内 Hurst 指数为 0.908 5, 记忆强度比基础价值均衡较弱; 记忆周期后的 Hurst 指数为 0.459 9, “均值回复”的特性比基础价值均衡也较弱。稳定周期和混沌形态的分析结果差别不大, 记忆周期内 Hurst 指数约为 0.95, 在记忆周期过后 Hurst 指数约为 0.44。



括号内数字为记忆周期前后的 Hurst 指数

图 6 典型仿真结果收益率 R/S 分析

对 4 种市场形态各 30 组实验结果进行 R/S 分析, 计算其记忆周期内和记忆周期后的 Hurst 指数以及记忆周期, 绘制箱线图如图 7 所示。可以看出: 4 种市场形态的收益率序列 Hurst 指数均大于 0.5, 存在长期记忆特性; 其中基础价值均衡记忆周期明显短于其他 3 种市场形态; 在记忆周期内 Hurst 指数最高, 说明其具有最强的记忆特性; 记忆周期后 Hurst 指数最小, 说明其具有最强的均值回复特性。



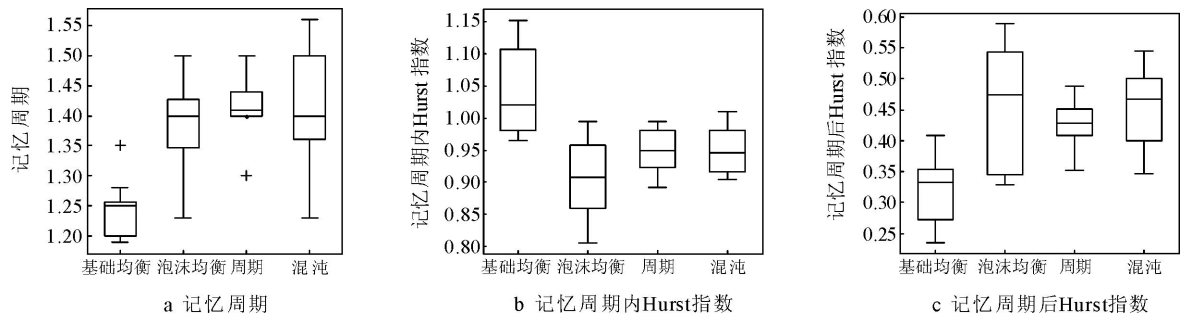


图 7 4类市场形态 30次仿真结果 R/S分析统计量箱线图

#### 4 结论和总结

本文对 4 种市场形态下的人工股市收益率序列进行统计分析,得到如下结论: 1) 4 类市场形态的收益率序列都存在明显的波动聚集、尖峰肥尾和长期记忆等特征性事实。通过对人工股市深入考察,可以直观解释为:是交易行为的随机性和众多交易主体中基础分析、价格追踪、学习模仿等力量的相互制衡使股市涌现出这些普适性特征; 2) 基础价值均衡下标准差最大,周期和混沌市场收益率的方差次之,而泡沫均衡下方差最小。基础价值均衡具有最明显的尖峰肥尾特性,泡沫均衡的尖峰肥尾特性最弱; 3) 4 种市场形态下波动聚集强度由强到弱依次为基础价值均衡、周期和混沌、泡沫均衡; 4) 基础均衡市场形态具有更强的记忆性,基础均衡的记忆周期短于周期和混沌,基础均衡失去记忆后呈现出均值回复,其他形态下失去记忆后均值回复特性较弱。分析其原因为:基础价值均衡形态下价格趋向价值的力量和远离价值的力量此消彼长,存在远离价值的力量的突然爆发导致大的股价波动,而泡沫均衡形态下价格趋向价值的力量和远离价值的力量势均力敌,价格的剧烈变化较少。

本研究在研究方法上的意义为实践了一种多主体计算机仿真和理论分析相结合的复杂经济系统研究方法。计算机仿真可以产生类似现实股市的现象,但无法解释内在机制;数理分析逻辑严密但无法再现股市细节。本研究通过数理分析发现股市具有 4 种市场形态,并找出典型的参数设置;依此参数进行多主体计算机仿真,比较各种市场形态下特征性事实。研究过程充分利用了二者的优点,实现了两种研究方法的互补。

随机性和市场交互产生股市特征性事实的结论只是对人工股市直观观察的结果,数学模型由于对仿真模型做了一阶近似没能对这些现象做出理论解释。而仿真实验和理论分析相对照的方法可以帮助寻找新的思路,例如可以设计一个足够简化而仍能产生特征性事实的股市模型,在此简化模型中专门研究股市特征性事实的产生原因。这是以后进一步研究的内容。

感谢重庆大学数理学院王宗筓副教授对论文的指点及同事何俊辉的有益讨论。

#### 参考文献:

- [1] Fama E F. Efficient capital markets: a review of theory and empirical work[J]. The Journal of Finance, 1970, 25 (2): 383 - 420
- [2] Lee B S. Permanent, temporary and non-fundamental components of stock prices[J]. Journal of Financial and Quantitative Analysis 1998, 33: 1 - 32
- [3] Samo L, Taylor M P. An empirical investigation of asset price bubbles in Latin American emerging financial markets[J]. Applied Financial Economics 2003, 13 (9): 635 - 643
- [4] Brooks C, Katsaris A. Rational speculative bubbles: an empirical investigation of the London Stock Exchange[J]. Bulletin of Economic Research 2003, 55 (4), 319 - 346
- [5] Zhong M, Darrat A F, Anderson D C. Do US stock prices deviate from their fundamental values? some new evidence[J]. Journal of Banking & Finance 2003, 27 (4): 673 - 697.
- [6] Gonzalez L, Powell J G, Shi J, et al. Two centuries of bull and bear market cycles[J]. International Review of Economics and Finance 2003, 12 (3): 281 - 297

- Finance 2005, 14(4): 469 - 486
- [7] Pagan A R, Sossounov K A. A simple framework for analysing bull and bear markets[J]. Journal of Applied Econometrics 2003, 18(1): 23 - 46
- [8] Wu Y, John G P, Jing S, et al Chinese stock market cyclical regimes: 1991 - 2006[J]. Economics Letters, 2007, 97(3): 235 - 239
- [9] Michael D M. Chaotic behavior in national stock market indices: new evidence from the close returns test[J]. Global Finance Journal, 2001, 12(1): 35 - 53
- [10] 王卫宁, 汪秉宏, 史晓平. 股票价格波动的混沌行为分析 [J]. 数量经济技术经济研究, 2004(4): 141 - 147.  
Wang Weining, Wang Binghong, Shi Xiaoping An analysis of chaotic behavior in volatility of financial price[J]. Quantitative & Technical Economics, 2004(4): 141 - 147.
- [11] Cont R. Empirical properties of asset returns, stylized facts and statistical issues[J]. Quantitative Finance 2001, 1(2): 223 - 236
- [12] Mandelbrot B. The variation of certain speculative prices[J]. Journal of Business, 1963, 36(4): 394 - 419
- [13] Gu G F, Zhou W X. Statistical properties of daily ensemble variables in the Chinese stock markets[J]. Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications 2007, 383(2): 497 - 506
- [14] 朱国庆, 张维, 程博. 关于上海股市收益厚尾性的实证研究 [J]. 系统工程理论与实践, 2001(4): 70 - 73.  
Zhu Guoqing, Zhang Wei, Cheng Bo An empirical detection to the fat-tail distribution of the returns in Shanghai securities exchanges[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2001(4): 70 - 73.
- [15] Bollerslev T, Chou R Y, Kroner K F. ARCH modeling in finance[J]. Journal of Econometrics 1992, 52(1 - 2): 5 - 59
- [16] 丁华. 股价指数波动中的 ARCH 现象. 数量经济技术经济研究. 1999(9): 22 - 25.  
Ding Hua ARCH effect in the volatility of stock index[J]. Quantitative & Technical Economics, 1999(9): 22 - 25.
- [17] Pilar G C. Empirical evidence of long-range correlations in stock returns[J]. Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications 2000, 287(3 - 4): 396 - 404
- [18] Lux T, Marchesi M. Scaling and criticality in a stochastic multi-agent model of a financial market[J]. Nature, 1999, 397(11): 498 - 500
- [19] 于同奎. 基于主体的股市模型及其复杂动力行为 [J]. 复杂系统与复杂性科学, 2007, 4(3): 43 - 51.  
Yu Tongkui Agent-based modeling of stock market and its complex dynamics[J]. Complex Systems and Complexity Science, 2007, 4(3): 42 - 51.
- [20] 于同奎. 基于主体的股市模型及其复杂动力行为研究——模拟实验和理论分析 [D]. 重庆: 重庆大学经济与工商管理学院, 2005: 33 - 50.  
Yu Tongkui Study on agent-based modeling of stock market and its complex dynamics: computer simulation and mathematical analysis[D]. Chongqing: College of Economics and Business Administration, 2005: 33 - 50
- [21] 于同奎, 曹国华. 基于 SWARM 的模拟股市及其特征性事实 [J]. 重庆大学学报 (自然科学版), 2007, 30(11): 152 - 156.  
Yu Tongkui, Cao Guohua SWARM based artificial stock market and the characteristic facts[J]. Journal of Chongqing University (Natural Science Edition), 2007, 30(11): 152 - 156
- [22] Tesfatsion L. Agent-based computational economics: growing economies from the bottom up[J]. Artificial Life, 2002, 8(1): 55 - 82
- [23] Arthur W B, Holland J H, LeBaron B, et al Asset pricing under endogenous expectations in an artificial stock market[DB/OL]. [2007 - 10 - 05]. <http://www.econ.iqstate.edu/tesfats/ahlp96.pdf>
- [24] Levy M, Levy H, Solomon S. A microscopic model of the stock market[J]. Economics Letters 1994, 45: 103 - 111
- [25] Youssefir M, Huberman B A. Clustered volatility in multiagent dynamics[J]. Journal of Economic Behavior and Organization 1997, 32(1): 101 - 118
- [26] Lux T, Marchesi M. Volatility clustering in financial markets: a microsimulation of interacting agents[J]. International Journal of Theoretical and Applied Finance 2000, 3(4): 675 - 702
- [27] Engle R F. Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation[J]. Econometrica, 1982, 50(4): 987 - 1007.
- [28] Mandelbrot B B. When can price be arbitrated efficiently? a limit to the validity of the random walk and martingale models[J]. Review of Economics and Statistics, 1971, 53(3): 225 - 236
- [29] Hurst H E. The long-term storage capacity of reservoirs[J]. Transactions of the American Society of Civil Engineer, 1951, 116: 770 - 799
- [30] Lo A W. Long term memory in stock market prices[J]. Econometrica, 1991, 59(5): 1279 - 1313