

中国股票市场多标度幂律特征和临界现象

陈 收, 杨宏林, 李双飞

(湖南大学工商管理学院, 湖南 长沙 410082)

摘 要: 本文对上海证券交易所综合股价指数(SSEC)收益率多标度条件下的分布特征和临界现象的研究发现, 收益率分布的中心部分服从 Lévy 分布, 尾部近似对称分布, 依幂律衰减, 负尾的衰减略高于正尾, 整体衰减远超出 Lévy 律 $0 < \alpha < 2$ 的范围, 也高于成熟市场 $\alpha \approx 3$ 的水平。此外, 上证综指收益率在多标度条件下还表现出临界现象, 在标度 $\Delta t > 4\text{days}$ 时渐进收敛于正态分布, 成熟市场 $\Delta t \approx 4\text{days}$ 的临界值对中国市场具有普适性。

关键词: 多标度; 幂律特征; 临界现象; 股票市场

中图分类号: F830 **文献标识码:** A

1 引言

研究资本市场收益率的分布特征仍然是金融领域中最具挑战性的问题之一^[1,2]。传统的研究通常在单一标度框架下进行, 近年来物理学家将物理领域中的多标度(属于金融物理学这一交叉学科中的一个重要概念)引入到金融经济学科的分析中, 发现了大量不同于以往研究结论的, 却又十分有意义的结果^[3-8]。

这些研究结果显示资本市场收益率, 尤其尾部的分布不同于正态分布, 呈现出衰减指数 $\alpha \approx 3$ 的负幂律特征, 远超出 Lévy 律 $0 < \alpha < 2$ 的范围, 并且在美国、德国、澳大利亚和日本等成熟市场中均表现出普适性(universality)^[3-10]。但也有进一步的研究得出了一些不同于以上的结论, Mantegna 和 Stanley(1995)发现 S&P500 指数的中心部分与 Lévy 分布非常接近, 分布的尾部比 Lévy 分布“瘦”, 比正态分布“胖”, 近似于指数分布, 即服从截断 Lévy 分布^[11]; 对印度和香港市场的研究也发现收益率尾部以指数形式衰减^[12,13]。此外, 在对金融市场多标度条件下的经验研究还发现收益率在某一标度条件下表现出临界现象, 在时间标度 $\Delta t > 4\text{days}$ 时 S&P500 指数收益率渐进收敛于正态分布^[5,14],

Lux(1999)运用随机多代理模型模拟金融市场的动力学特征时也发现了收益率的临界现象^[15]。

中国资本市场多标度条件下具有怎样的分布特征, 是否也会表现出临界现象? 成熟市场所具有的 $\alpha \approx 3$ 的负幂律衰减特征以及 $\Delta t \approx 4\text{days}$ 的临界现象在中国资本市场是否也具有普适性? 准确回答这些问题, 需要正确地认识中国资本市场的收益率在多标度条件下的分布特征, 而这一方面的研究对于度量和控制金融风险, 拓展多标度条件下非线性特征资产的风险管理理论^[16,17], 保持金融市场的持续、稳定和健康发展具有重要意义。近年来国内外学者将多时间标度概念引入到资本市场收益率分布特征的研究当中, 文献[11, 19]通过对中心部分的 Lévy 特征研究收益率的整体分布特征; 文献[3-6, 8, 18]通过在双对数(log-log)坐标中对概率密度(PDF)和累积分布(CDF)的幂回归拟合来分析收益率衰减特征, 在与 Gaussian、Lévy 分布衰减特征对比的基础上得出收益率多时间标度条件下的分布特征, 但这一方法不能对具有指数衰减的分布特征作出明确区分。针对收益率的临界现象, 文献[5, 14, 15]运用概率密度和自相似参量来研究收益率渐进收敛于 Gaussian 分布的临界时间。

基于以上认识, 本文在区分正、负尾基础上(对下偏风险的度量具有重要价值), 通过分析收益率分布中心部分的峰值与标度的函数关系估计 Lévy 特征参数值, 在 log-log 坐标中运用幂回归拟合方法, 研究参数值的全局泛化(generalize)特征, 并且通过对半对数(linear-log)坐标中收益率的线性特征的

收稿日期: 2006-12-27; 修订日期: 2008-05-04

基金项目: 国家社会科学基金资助项目(05BJY010, 07BJY001)

作者简介: 陈收(1956-), 男(汉族), 广东龙川人, 湖南大学工商管理学院教授, 博士, 博士研究生导师, 研究方向: 投资决策与风险管理。

分析来对指数衰减特征作出判别。此外,通过计算多标度条件下收益率的累积分布和各阶矩来研究收益率渐进收敛的临界时间标度。本文以上证综指 5-min 和 1-day 间隔的两个数据集作为研究的基准(benchmark),在 3 个数量级标度范围研究中国股票市场收益率的分布特征和临界现象。

2 收益率多标度条件下的幂律特征

考虑到数据的代表性和可比较性,本文选取上证综指两个基本的数据集作为研究对象:(1)2003 年 1 月 2 日至 2006 年 6 月 1 日 5-min 间隔的收盘指数,共计 39360 个数据点;(2)1996 年 1 月 2 日至 2006 年 6 月 1 日 1-day 间隔的收盘指数,共计 2512 个数据点。原始数据来源于天软数据库(Tinysoft)。

指数序列记为 $S(t), t=1, 2, \dots, n$, 时间标度 Δt 条件下的对数收益率序列定义为:

$$G_{\Delta t} = \ln S(t + \Delta t) - \ln S(t)$$
 (1)

其中 $G_{\Delta t}$ 表示标度为 Δt 的对数收益率。

定性地把握上证综指收益率在不同标度 Δt 条件下的行为特征,可以通过刻画不同标度条件下收益率的概率密度 $P(G)$ 来给予初步的了解。图 1 为在 5-min 数据集中 $\Delta t=1, 2, \dots, 32$ 时步的 10 个收益率序列的概率密度函数图。数据点由 $\Delta t=1$ 时步的 39360 个降至 $\Delta t=32$ 时步的 1230 个。由图 1 可以发现,不同标度条件下收益率的概率密度近似对称,尾部超出正态分布,呈现明显的尖峰胖尾形态。更进一步地把握收益率的特征,则需要度量分布的特征参数值。在常规方法存在困难的情况下,可以从收益率分布的中心部分着手,运用 Mantegna 等(1995)和 Wang(2001)提出的方法^[11,19],通过分析分布中心部分的峰值 $P(G=0)$ 与标度 Δt 的关系来估计收益率中心部分的特征参数值,然后将所获得的特征参数值泛化(generalize)至尾部区域,检验该特征参数值能否描述整个分布的特征。

2.1 收益率的中心分布

假定分布的中心部分能够用式(2)的 Lévy 稳定对称分布来刻画,通过峰值 $P(G=0)$ 与标度 Δt 的关系,运用推导出的式(3)可以计算出中心部分的衰减指数。

$$P_{\alpha}(G, \Delta t) = (1/\pi) \int_0^{\infty} \exp(-\gamma \Delta t |q|^{\alpha}) \cos(qG) dq$$
 (2)

其中, α 为特征衰减指数, γ 为分散系数, $\exp(-\gamma \Delta t |q|^{\alpha})$ 为 Lévy 稳定对称分布的特征函数。收益

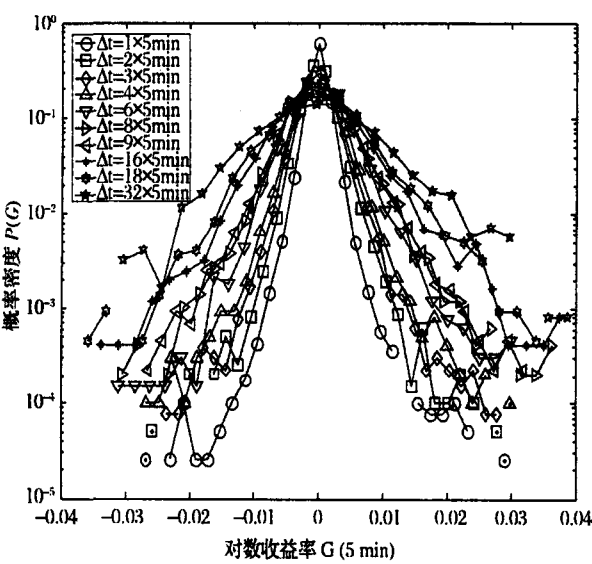


图 1 上证综指 5-min 数据集 G 在不同标度 Δt 条件下的概率密度

率 $G=0$ 的概率密度表示为:
$$P(G=0) = P_{\alpha}(0, \Delta t) = \Gamma(1/\alpha) / (\pi \alpha (\gamma \Delta t)^{1/\alpha})$$
 (3)
 Γ 表示 Gamma 函数。

图 2(a)为 $P(G=0)$ 关于不同时间标度 Δt 条件下的 log-log 图。可以发现,图 2(a)中的点能够用斜率分别等于 -0.6535 ($\Delta t=1, 2, 3$ 时步)和 -0.2620 ($\Delta t=4, 6, \dots, 32$ 时步)的两条直线很好地拟合(与美国市场^[11]和香港市场^[19]表现出的单一斜率显著不同),表明在 $\Delta t=32$ 时步范围内(考虑到样本容量,选择 $\Delta t=32$ 为最大时步),收益率中心部分服从两种不同速率的衰减,具有明显不同于正态分布的特征。将图 2(a)中拟合得到的两个斜率 -0.6535 和 -0.2620 分别带入式(3),得到 $\Delta t=1, 2, 3$ 时步范围的衰减指数 $\alpha \approx 1.5822$, 以及 $\Delta t=4, 6, \dots, 32$ 时步范围的衰减指数 $\alpha \approx 1.8018$, 两类衰减指数均落在 Lévy 律 $0 < \alpha < 2$ 范围内,表明上证综指收益率中心部分服从 Lévy 分布。中国股票市场在不同时间标度上的这一分段特征明显区别于 S&P500 指数 1-min 到 1000-min 标度范围内由单一斜率计算获得的 $\alpha \approx 1.40$ 的衰减指数^[11], 恒生指数 1-min 到 128-min 标度范围内由单一斜率计算获得的 $\alpha \approx 1.619$ 的衰减指数^[19]。同时,上述结果也与文献[18]对上证综指和深圳成指在 1-min 到 60min 标度范围内分别由单一斜率计算获得的 $\alpha \approx 1.26$ 和 $\alpha \approx 1.74$ 的衰减指数有相当的差别,这一明显差别产生的原因可能在于文献[18]所涵盖的标度范围不够宽泛所致(本文计算的斜率在 4×5 min 处开始出现“转折”,当标度范围较小时,由于回归误差的存在,线性拟合难以对“转折”给予区分)。

为检验获得的衰减指数能否刻画出多标度条件下整个分布的特征(尤其是尾部分布特征),可以使用式(4)和式(5)对收益率进行标度转换,通过考察重标(rescale)后的收益率 G_t 的概率密度 log-log 图的拟合状况来给予判断。

$$G_t = G/(\Delta t)^{1/\alpha} \tag{4}$$

$$P_t(G_t) = (\Delta t)^{1/\alpha} P_t(G, \Delta t) \tag{5}$$

图 2(b)和(c)分别为 $\Delta t=1,2,3$ 时步和 $\Delta t=4,6, \dots, 32$ 时步条件下,运用衰减指数 $\alpha=1.5822$ 和

$\alpha=1.8018$ 转换后的收益率 G_t 的 log-log 概率密度分布图。与图 1 比较,转换后的概率密度 $P(G_t)$ 发生了明显的“坍塌”(collapse)。同时,由图 2(b)和(c)还可以发现,基于上述两类衰减指数,运用最大似然估计模拟构建的 Lévy 稳定序列能够很好地拟合分布的中心部分,但与概率密度 $P(G_t)$ 的尾部发生了大的偏离,说明多标度条件下分布的中心部分服从 Lévy 分布,所获得的特征衰减指数不能够刻画出尾部分布的特征(尾部不服从 Lévy 分布)。

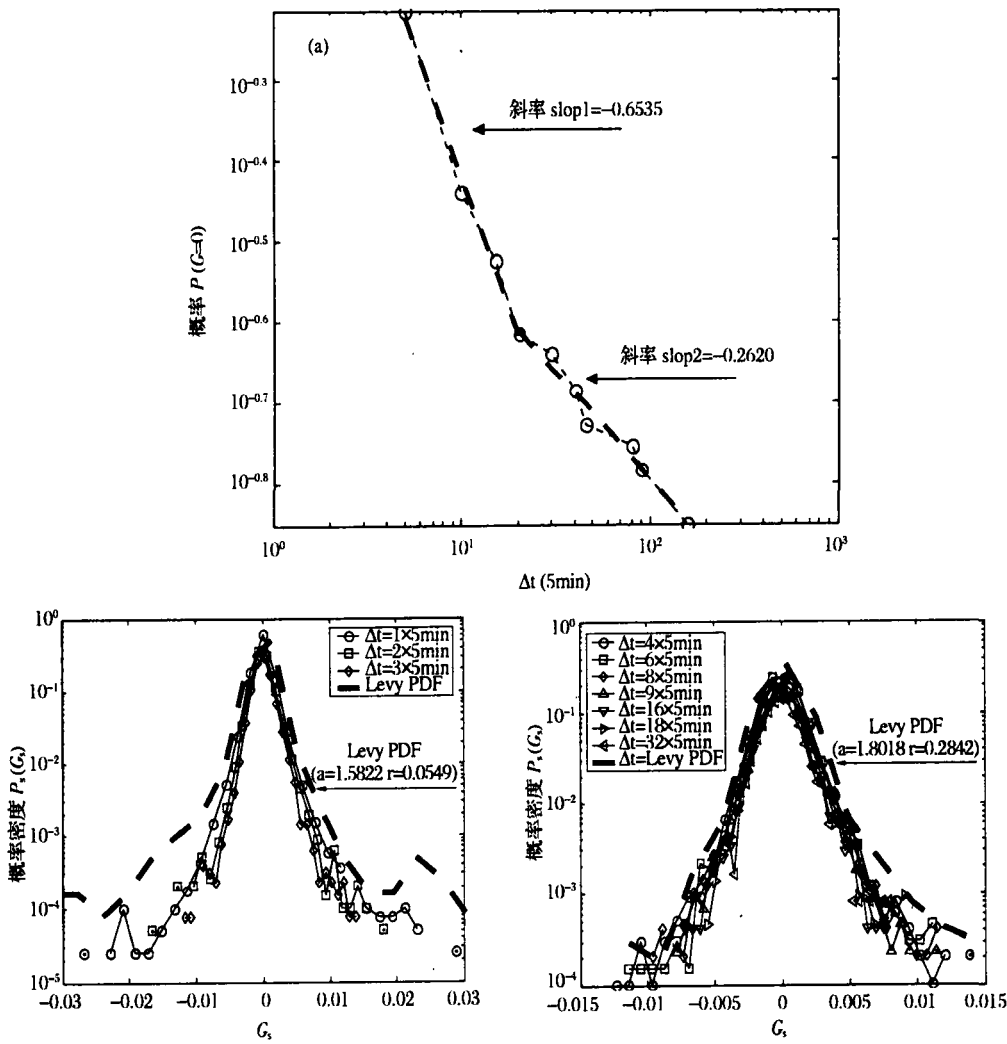


图 2 上证综指 5-min 数据集重标收益率 G_t 的概率密度

2.2 收益率的尾部分布

通过以上分析,发现收益率中心部分服从 Lévy 分布(衰减指数分别为 $\alpha=1.5822$ 和 $\alpha=1.8018$),建立在特征衰减指数上的 Lévy 分布不能够泛化至分布的尾部。因此,需要对收益率尾部分布给予进一步的分析。在以上分析中,发现收益率尾部可能隐含了不同于 Lévy 分布的幂律衰减特征,因为运用衰减指数转换后,概率密度 $P(G_t)$ 的尾部也发生了明显的“坍塌”。

对于随机变量是否服从幂律分布特征 $P(X > x) \sim x^{-\alpha}$ 的分析,可以通过对其概率密度(PDF)和

累积分布(CDF)的 log-log 图的幂回归拟合来进行判断^[3-6,8]。变更标度 Δt 则可以获得不同标度条件下随机变量幂律分布的分析结果。为了比较分析在不同时间标度 Δt 条件下收益率的行为特征以及对正、负尾做出区分,使用式(6)的标准化对数收益率 g 来给予度量。

$$g_{\Delta t} = \frac{G_{\Delta t} - \langle G_{\Delta t} \rangle_T}{\sigma_{\Delta t}} \tag{6}$$

其中 $g_{\Delta t}$ 表示标度为 Δt 的标准化对数收益率, $\langle G_{\Delta t} \rangle_T$ 表示在整个时间长度 T 上 $G_{\Delta t}$ 的均值, $\sigma_{\Delta t}$ 表示标度为 Δt 时 $G_{\Delta t}$ 序列的标准差。采用上述

幂回归的方法,在最小二乘原则下对 5-min 数据集 $\Delta t=1$ 时步的标准化对数收益率 g 的概率密度

以及累积分布的特征进行分析。图 3 给出了经验分析结果。

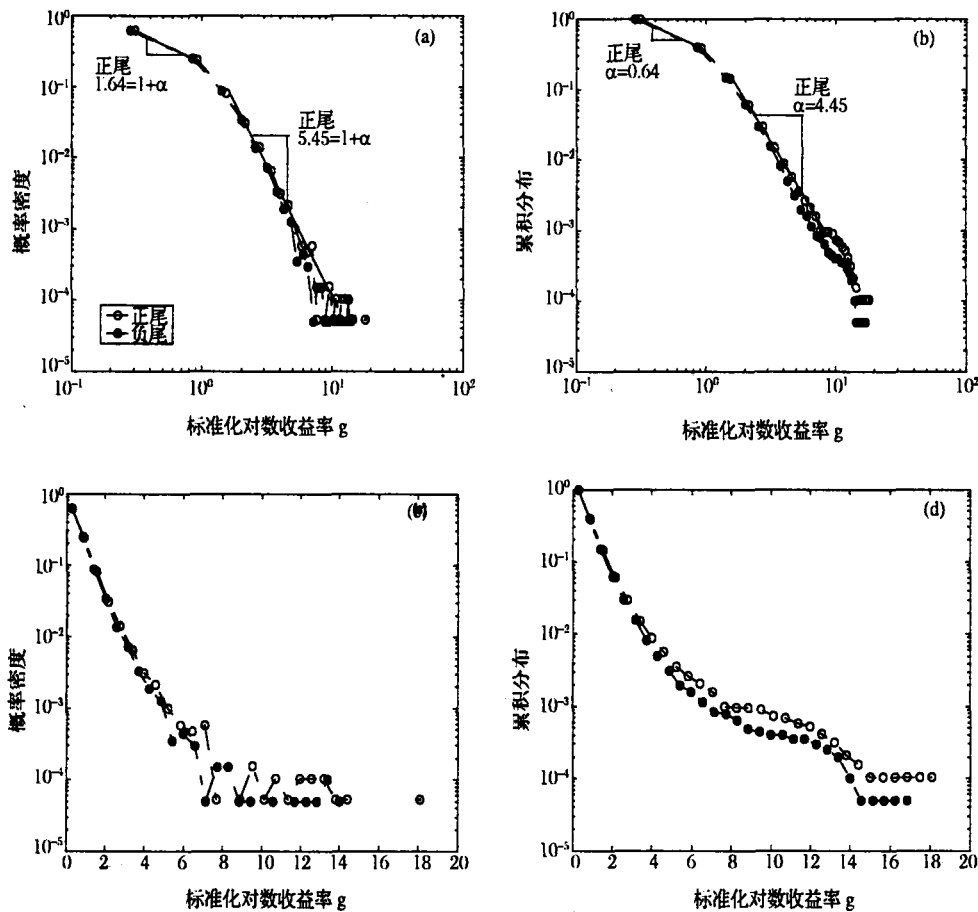


图 3 证综指 5-min 数据集 g 在 $\Delta t=1$ 时步的概率密度和累积分布

图 3(a)和(b)分别为上证综指 5-min 数据集 g 的 log-log 坐标的概率密度和累积分布图,图 3(c)和(d)分别为 linear-log 坐标的概率密度和累积分布图。将代表负尾的 $g<0$ 的序列取绝对值,与正尾在同一图中对比说明。图 3(a)到(d)均显示正、负尾基本重合,表明上证综指在 5min 标度近似对称分布。使用幂回归依最小二乘原则分别对图 3(a)和(b)的正、负尾进行拟合,得到正尾在 $2<g<10$ 的衰减指数 $\alpha\approx 4.45$,在 $g<2$ 处 $\alpha\approx 1.54$,负尾在 $2<g<10$ 的衰减指数 $\alpha\approx 4.67$,在 $g<2$ 处 $\alpha\approx 1.69$,说明在 $\Delta t=1$ 时步上证综指尾部渐进服从 $g(\Delta t)\sim$

$\Delta t^{-\alpha}$ 的负幂律衰减特征,中心部分则落在 Lévy 律 ($0<\alpha<2$) 的范围内。在 linear-log 坐标图 3(c)和(d)中,正、负尾的 PDF 和 CDF 表现出非线性特征,说明上证综指尾部不服从 $g(\Delta t)\sim e^{-\beta(\Delta t)}$ 的指数衰减(与文献[11-13]服从指数衰减的结论不同),从另一个角度佐证了 5min 标度的上证综指服从幂律分布的特征。

• 对多标度条件下的 g (尤其是尾部分布)是否仍然保持类似的幂律衰减特征的问题,通过分析 1-day 数据集不同标度 Δt 条件下累积分布的特征来给予回答。

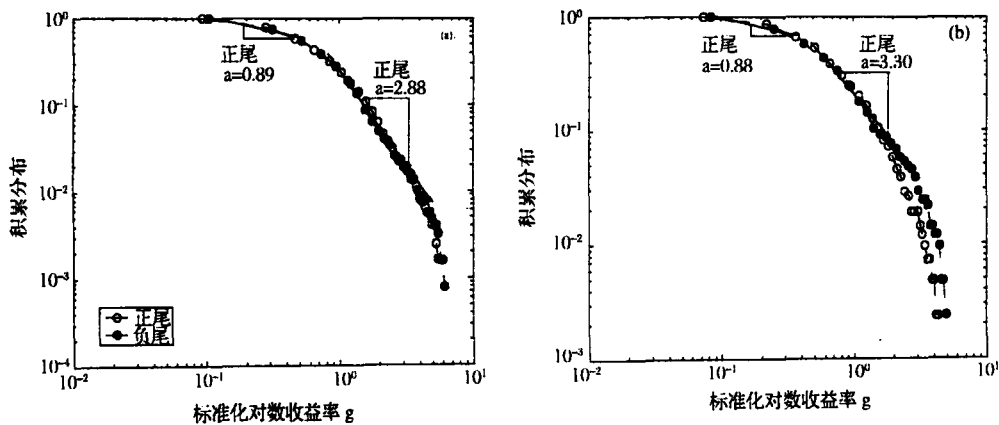


图 4 证综指 1-day 数据集 g 在 $\Delta t=1,3$ 时步的累积分布

图 4(a)和(b)分别为上证综指在 1-day 数据集中 $\Delta t=1,3$ 时步的累积分布图。从图 4(a)和(b)中仍然可以发现,正、负尾表现出近似对称分布,并且保持程度几乎相同的衰减。在 $\Delta t=1$ 时步条件下,正尾在 $0.8 < g < 7$ 的衰减指数 $\alpha \approx 2.88$,负尾 $\alpha \approx 3.14$;在 $\Delta t=3$ 时步条件下,正尾在 $0.8 < g < 7$ 的衰减指数 $\alpha \approx 3.30$,负尾 $\alpha \approx 3.53$;中心部分仍然落在 Lévy 律的范围内。与 5-min 数据集中 $\Delta t=1$ 时步条件相比较,衰

减指数开始明显下降,表明较长间隔的收益率的波动开始减弱。为了更为详尽地刻画收益率的分布特征,对 5-min 数据集分别取 1,10,10,100 共 11 个标度(时间间隔从 5-min 到 500-min),对 1-day 数据集分别取 1,1,10 共 10 个标度(时间间隔从 1-day 到 10-day),来估计正、负尾的衰减指数。通过对样本标度的估计来推断收益率整体的衰减特征。幂回归拟合的正、负尾衰减指数的结果见表 1。

表 1 证综指多标度条件下 g 的累积分布幂回归估计的正、负尾衰减指数

数据集	时步 Δt	尾部		数据集	时步 Δt	尾部	
		正尾	负尾			正尾	负尾
5-min 数据集	1	4.45	4.67	1-day 数据集	1	2.88	3.14
	10	3.64	3.77		2	3.31	3.62
	20	3.76	5.64		3	3.30	3.53
	30	4.44	5.09		4	3.46	4.21
	40	4.29	4.57		5	3.16	3.64
	50	2.78	2.95		6	3.07	3.68
	60	3.48	3.33		7	3.07	4.13
	70	4.45	4.04		8	3.21	3.93
	80	4.22	3.57		9	3.11	3.91
	90	4.00	3.50		10	3.34	4.07
	100	4.14	3.51				

从表 1 给出的多标度条件下由 g 的累积分布所估计出的正、负尾的衰减指数来看,可以发现相同标度下正、负尾的衰减程度相差较小(隐含尾部对称分布的特征),负尾的衰减整体略高于正尾。要获得更进一步的结论,需在此基础上计算样本标度正、负尾衰减指数的置信区间和均值,取得上证综指泛化的衰减指数。进行区间估计需要了解样本数据所服从的分布。针对正、负尾衰减指数的小样本条件,运用 Liffefors 检验确定样本数据的分布。在置信度 0.95 条件下 Liffefors 检验接受正、负尾衰减指数均符合正态分布($lillietest=0$)的原假设。因此,可以根据正态条件估计出正、负尾衰减指数的置信区间和均值:

(1)在置信度 0.95 条件下正、负尾衰减指数的置信区间 $[T_1, T_2]$:

正尾衰减的置信区间 $[T_{1p}, T_{2p}] = (3.35, 3.85)$;

负尾衰减的置信区间 $[T_{1n}, T_{2n}] = (3.64, 4.22)$;

整体衰减的置信区间 $[T_{1T}, T_{2T}] = (3.57, 3.95)$ 。

(2)正、负尾衰减指数的均值:

$$\alpha = \begin{cases} 3.61(\text{正尾}) \\ 3.93(\text{负尾}) \end{cases}$$

从样本标度的信息估计出的正、负尾衰减指数的置信区间和均值,可以发现上证综指尾部分从幂律衰减,负尾的衰减 $\alpha \approx 3.93$ 略高于正尾 $\alpha \approx 3.61$,衰减程度接近,尾部呈现对称分布的特征(这一结果明显不同于文献[20]依据沪深个股研究得出的正、负尾非对称分布的结论,同时也显著高于成熟市场衰减指数 $\alpha \approx 3$ 的负幂律衰减特征^[3-10]。此外,这一结果也明显高于文献[18]由上证综指计算得到的 1-min 和 60-min 标度条件下的 $\alpha \approx 2.31$ 和 $\alpha \approx 2.71$ 的结果,两者误差的最大来源可能在于对 log-log 坐标中回归数据点范围的选定);整体衰减($3.57 < \alpha < 3.95$,置信度 0.95)远超出 Lévy 律 $0 < \alpha < 2$ 的范围,同时也高于成熟市场 $\alpha \approx 3$ 的水平。说明中国股票交易所服从的负幂律衰减不同于成熟市场的特征,成熟市 $\alpha \approx 3$ 的幂律律(power-law rule)对于中国资本市场不具普适性,中国资本市场波动相对成熟市场更为剧烈,其市场行为还未达到成熟市场的标准。

3 收益率多标度条件下的临界现象

对标准化对数收益率 g 的幂律衰减指数的分析中发现,在 1-day 数据集中, $\Delta t=4$ 时步时,正、负尾的衰减指数上升到极大值,在随后的 $\Delta t > 4$ days 标度条

件下,尾部衰减指数逐步下降。这是否暗示中国资本市场也存在着渐进收敛的临界现象。为此,选取不同

标度 Δt 的 g 来进行分析。图 5 为上证综指 g 在不同标度 Δt 条件下的累积分布渐进图。

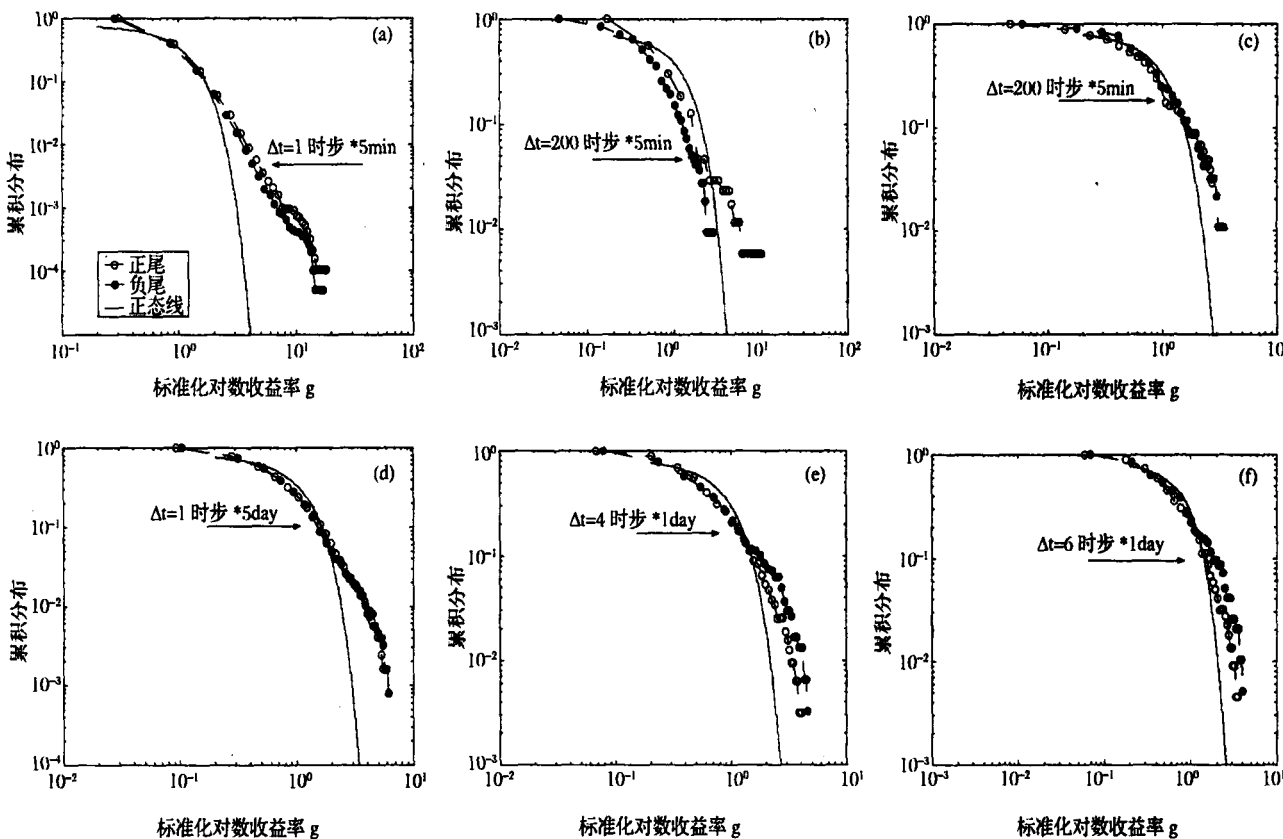


图 5 上证综指 g 在不同标度 Δt 条件下的累积分布渐进图

图 5(a)到(c)是上证综指数 5-min 数据集中 g 的累积分布渐进图,分别刻画出了 $\Delta t=1, 100, 200$ 时步条件下 g 相对于正态分布(与 g 同均值和方差,在图中以实线表示)的渐进状态。在 $\Delta t=1$ 和 100(图 5(a)和(b)中, $\Delta t=100$ 相当于 2days 标度)时步条件, g 与正态分布存在明显差别,还未表现出渐进收敛于正态的特征,在 $\Delta t=200$ (相当于 4days 标度)时步条件, g 的累积分布与正态线逐渐重合,表现出明显收敛于正态的特征。为验证这一收敛特征,再使用 1-day 数据集 $\Delta t=1, 4, 6$ 时步来进行试验(图 5(d)到(f)),在 $\Delta t=1$ 时步条件下(图 5(d)), g 的累积分布相对于正态线出现较大偏离,未表现出渐进收敛于正态线的特

征,其尾部尤为明显,但当增加到 $\Delta t=4$ 时步的条件时(图 5(e)), g 的累积分布开始显著收敛于正态分布,在 $\Delta t=6$ 时步时,仍然保持这一渐进特征。上证综指所表现出的在 $\Delta t(4\text{days})$ 渐进收敛的临界特征,与成熟市场的统计分析结果相符合^[5],说明成熟市场的收敛于正态的临界时间可能针对不同类型市场具有普适性特征。为更详尽地说明资本市场的这一临界现象,对各阶矩和累积的渐进特征给予刻画是一个好的选择^[4,5,8],因为在各阶矩和累积已知的条件下,可以完整地表述出随机变量的分布特征。图 6(a)和(b)为从矩的角度来分析上证综指临界特征的矩渐进图。

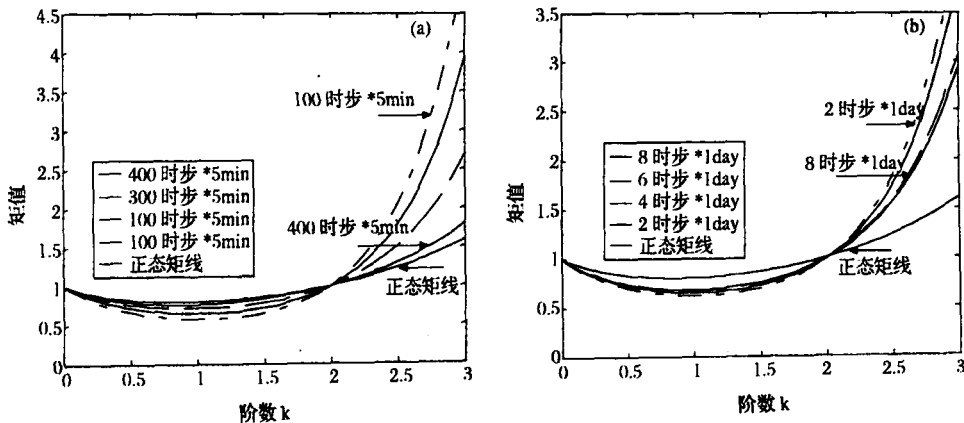


图 6 上证综指 $|g|$ 在 5-min 和 1-day 数据集不同标度 Δt 条件下矩渐进图

图 6(a)和(b)分别为上证综指在 5-min 和 1-day 数据集中 $|g|$ 在不同标度 Δt 条件下相对于正态矩的矩渐进图,图 6(a)和(b)中正态分布的均值和方差分别等于 5-min 和 1-day 序列 $|g|$ 的均值和方差。图 6(a)显示随 Δt 所选取的时步的增加($\Delta t=100$; 100;400 时步),矩渐进收敛于正态分布的各阶矩,其中 $\Delta t=400$ 时步(为 2000min 间隔,相当于 8days 标度)的矩几乎与正态矩重合。图 6(b)也同样显示随 Δt 所选取的时步的增加,矩渐进收敛于正态矩的特征,只是所表现的收敛速度慢于 5-min 数据集的速度,这可能与两个数据集样本容量不同有关。

资本市场所表现出的这一现象与流体力学中层流和紊流间的临界现象有着惊人的相似性(复杂系统间的相似性),将物理学中有关层流和紊流的研究成果借鉴和转化到资本市场,对于深刻揭示资本市场的本质特征以及进行有效的风险管理有着重要意义。目前国外学者已经注意并展开了对这一领域的研究^[7, 21]。

4 结语

本文选取上证综指 5-min 和 1-day 间隔的两个收盘指数数据集作为研究的参照(benchmark),对上证综指收益率多标度条件下的行为特征进行了研究。研究发现,收益率的中心部分服从衰减指数 $\alpha=1.5822$ 和 $\alpha=1.8018$ 的 Lévy 分布;尾部近似对称分布,依幂律衰减,负尾的衰减 $\alpha \approx 3.93$ 略高于正尾 $\alpha \approx 3.61$,整体衰减以 0.95 的置信度介于 $3.57 < \alpha < 3.95$ 的区间,远超出 Lévy 律 $0 < \alpha < 2$ 的范围,同时也高于成熟市场 $\alpha \approx 3$ 的水平。此外,上证综指收益率在多标度条件下表现出临界现象,在标度 $\Delta t > 4\text{days}$ 渐进收敛于正态分布,成熟市场 $\Delta t \approx 4\text{days}$ 的渐进收敛临界值对中国市场具有普适性。上证综指多标度条件下所表现的幂律特征和临界现象,有助于深刻了解中国资本市场收益率的分布特征和行为规律,对于度量、预测和控制资本市场的极端波动,提供科学的风险管理决策无疑具有很大的帮助。

参考文献:

- [1] Pasquini M. and Serva M. Clustering of volatility as a multiscale phenomenon [J]. Eur. Phys. J. B, 2000, 16: 195—201.
- [2] Baviera R., Pasquini M., Serva M., Vergni D. and Vulpian. Forecast in foreign exchange markets [J]. Eur. Phys. J. B, 2001, 20: 473—479.
- [3] Gabaix X., Gopikrishnan P., Plerou V. and Stanley H. E. A theory of power-law distributions in financial market fluctuations [J]. Nature, 2003, 423: 267—270.
- [4] Gopikrishnan P., Meyer M., Amaral L. A. N., and Stanley H. E. Inverse cubic law for the distribution of stock price variations [J]. Eur. Phys. J. B, 1998, 3: 139—140.
- [5] Gopikrishnan P., Plerou V., Amaral L. N., Meyer M. and Stanley H. E. Scaling of the distribution of fluctuations of financial market indices [J]. Physical Review E, 1999, 60(5): 5305—5316.
- [6] Gopikrishnan P., Plerou V., Amaral L. N., Meyer M., Gabaix X. and Stanley H. E. Scaling and correlation in financial time series [J]. Physica A, 2000, 287: 362—373.
- [7] Ghoshghaie S., Breymann W., Peinke J., Talkner P., and Dodge Y. Turbulent cascades in foreign exchange markets [J]. Nature, 1996, 381: 767—770.
- [8] Liu Y., Gopikrishnan P., Cizeau P., Meyer M., Peng C. K. and Stanley H. E. Statistical properties of the volatility of price fluctuations [J]. Physical Review E, 1999, 60(2): 1390—1400.
- [9] Lux T. The stable Paretian hypothesis and the frequency of large returns: an examination of major German stocks [J]. Applied Financial Economics, 1996, 6: 463—472.
- [10] Storer R. and Gunner S. M. Statistical properties of the Australian "all ordinaries" index [J]. Int. J. Mod. Phys., 2002, 3: 893—897.
- [11] Mantegna R. N. and Stanley H. E. Scaling behavior in the dynamics of an economic index [J]. Nature, 1995, 376: 46—49.
- [12] Matia K., Pal M., Salunkay H. and Stanley H. E. Scale-dependent price fluctuations for the India stock market [J]. Europhysics Lett., 2004, 66(6): 909—914.
- [13] Huang Z. F. The first 20 min in the Hong Kong stock market [J]. Physica A, 2000, 287: 405—411.
- [14] Plerou V., Gopikrishnan P., Gabaix X. and Stanley H. E. Quantifying stock-price response to demand fluctuations [J]. Phys. Rev. E, 2002, 66: 1—4.
- [15] Lux T. and Marchesi M. Scaling and criticality in a stochastic multi-agent model of a financial market [J]. Nature, 1999, 397: 498—500.
- [16] 魏宇, 黄登仕. 基于多标度分形理论的金融风险测度指标研究[J]. 管理科学学报, 2005, 8(4): 50—59.
- [17] 魏宇, 黄登仕. 金融市场多标度分形现象及与风险管理的关系[J]. 管理科学学报, 2003, 6(1): 87—90.
- [18] 都国雄, 宁宜熙. 我国股市收益率概率分布的统计特征

分析[J]. 中国管理科学, 2007, 15(5): 16–22.

2005, 353: 425–432.

[19] Wang B. H. and Hui P. M.. The distribution and scaling of fluctuation for Hang Seng index in Hong Kong stock market [J]. Eur. Phys. J. B, 2001, 20: 573–579.

[21] Muzy J. F., Delour J. and Bacry E.. Modeling fluctuations of financial time series: from cascade process to stochastic volatility model [J]. Eur. Phys. J. B, 2000, 17: 537–548.

[20] Yan C., Zhang J. W., Zhang Y. and Tang Y. N.. Power-law properties of Chinese stock market [J]. Physic A,

Multiscale Power-Law Properties and Criticality of Chinese Stock Market

CHEN Shou, YANG Hong-lin, LI Shuang-fei

(School of Business Administration, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: Motivated by the goal of discovering more accurate characteristics of Chinese stock market, this paper investigates the power-law properties and criticality of the Shanghai Stock Exchange Compound Index (SSECI) with two benchmarks of 5-min and 1-day database. We find that the center profile of returns distribution is well described by the Lévy regime and, more important, that the approximately symmetric tails of distribution are characterized by another power-law regime with an exponent well out of the Lévy range $0<\alpha<2$ and also beyond the exponent $\alpha\approx 3$ of fully developed markets. Moreover, we also show that returns appear to exhibit the criticality. When timescale $\Delta t>4$ days, the distribution exhibits the slow convergence to normal Gaussian behavior. The phenomena support that the critical timescale $\Delta t\approx 4$ days of fully developed markets is universal for Chinese stock market.

Key words: multiscale; power-law property; criticality; stock market