

基于跳跃滤波和时变参数估计的中国股市微观结构研究

刘志东¹, 黄雨婷², 刘雯宇¹

(1. 中央财经大学 管理科学与工程学院, 北京 100081; 2. 新加坡国立大学 环境与设计学院, 新加坡 117566)

摘 要 为了更为有效地探究微观市场结构对股票价格的影响, 本文在状态空间模型框架下, 同时将交易方向、带方向的交易量、交易间隔、微观噪声以及跳跃因素引入状态方程和观测方程中, 建立全面的市场微观结构模型, 以反映各变量对交易价格序列产生的暂时性和永久性影响。然后, 在采用基于粒子滤波的非参数离群点检测方法检测跳跃并对跳跃进行滤波的基础上, 运用贝叶斯最小二乘方法对微观结构模型系数、波动率以及状态变量进行实时更新和估计, 在此基础上分析跳跃日度分布、日内分布、个股跳跃和共同跳跃特征, 并同时判断不同交易方向、交易量的订单对价格产生的影响。最后选取 2015 年股灾期间、沪市股票的逐笔数据作为研究样本进行实证研究。实证结果显示: 我国股票高频时间序列跳跃和共同跳跃均存在日内季节性, 且跳跃频率和大小与市场信息密切相关; 买卖订单对交易价格及股票价值的影响并不是完全对称的, 交易价格对于微观结构的敏感度、微观结构噪声也随市场波动而发生变化, 熊市中都相对更高; 考虑跳跃滤波并对参数进行实时估计可以提高价格对于交易的敏感度, 能更好地捕捉市场微观结构在价格发现中的作用。

关键词 市场微观结构; 价格影响; 跳跃检验; 粒子滤波

Microstructure analysis for Chinese stock market based on jump filtering and dynamic parameters estimation

LIU Zhidong¹, HUANG Yuting², LIU Wenyu¹

(1. School of Management Science and Engineering, Central University of Finance and Economics, Beijing 100081, China;

2. School of Design and Environment, National University of Singapore, Singapore 117566, Singapore)

Abstract In order to effectively detect the impact of microstructure on stock prices, this paper develops a general microstructure model based on state space model. It simultaneously introduces size, direction of trades, trading intervals, microstructure noise and jumps into state equation and observation equation, thus reflecting the permanent and transitory impact these variables have on the stock price series. Then, non-parametric outliers' detection method based on particle filters is applied for detecting jumps. In the process of filtering jumps, we can also obtain real-time estimation and updates for the microstructure parameters, volatility and state variables by using Bayesian OLS. The combination of these methods make it possible to analyze intra-day seasonality, daily pattern of jumps & cojumps and simultaneously judge how trade directions and trade volume could influence prices as time goes by. Lastly, we utilize the tick-by-tick high-frequency data for Chinese stock market in 2015 turbulent period to implement empirical analysis. Results demonstrate that the jumps hidden in high-frequency stock price series show both intra-day and daily seasonality. Also the frequency and size of jumps are closely linked to the exogenous macroeconomic

收稿日期: 2015-05-05

作者简介: 刘志东 (1973-), 男, 汉, 内蒙古赤峰人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向: 金融工程与金融计量, E-mail: liu_phd@163.com; 黄雨婷 (1991-), 女, 汉, 重庆涪陵人, 博士研究生, 研究方向: 金融经济学, E-mail: huangyuting0@gmail.com; 刘雯宇 (1987-), 男, 汉, 辽宁黑山人, 博士, 研究方向: 金融工程与金融计量, E-mail: liuwenyu_0416@163.com.

基金项目: 国家自然科学基金 (71271223, 70971145); 教育部新世纪优秀人才支持计划 (NCET-13-1054)

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (71271223, 70971145); Program for New Century Excellent Talents in University of Ministry of Education of China (NCET-13-1054)

中文引用格式: 刘志东, 黄雨婷, 刘雯宇. 基于跳跃滤波和时变参数估计的中国股市微观结构研究 [J]. 系统工程理论与实践, 2017, 37(6): 1393-1419.

英文引用格式: Liu Z D, Huang Y T, Liu W Y. Microstructure analysis for Chinese stock market based on jump filtering and dynamic parameters estimation[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2017, 37(6): 1393-1419.

information. Buy and sell orders have an asymmetric impact on stock prices and fundamental values. The sensitivity of prices to microstructure variables and noise vary depending on the market conditions, among which is larger in good market circumstances. Therefore, this new model and method can efficiently increase the price sensitivity to transactions, thus better grasping the function of stock market microstructure in price discovery process.

Keywords microstructure; price impact; jump detection; particle filter

1 引言

随着高频数据的获取方式和处理手段日臻完善,以研究金融市场交易价格发现机制,订单形成规则,交易结算机制,信息披露机制等为主要内容的市场微观结构理论逐渐发展成为金融学领域重要分支,该理论为研究金融资产价格提供新的思路和方法. Glosten 等^[1]通过探究证券市场价格对均衡价格即基本价值的偏离程度来挖掘驱动价格波动的主要因素,认为价值层面主要受到交易者信念改变的影响,包括新生成的公共信息以及订单流的变化两个来源. 在 Glosten 等^[1], Kyle^[2]的经典微观市场结构模型里,交易价格相对于基本面价值的偏离主要是由于非对称信息引起. Roll^[3], Amihud 等^[4]认为交易价格相对于价值的偏离主要体现在订单流的瞬时效应,即对提供流动性以及订单处理过程中存货成本的一种补偿.

Brennan 等^[5], Madhavan 等^[6]首先采用交易层面数据对 Glosten 等^[1], Kyle^[2]经典微观市场结构模型进行参数估计. 后来一些研究人员对这些微观市场结构模型进行扩展. Sadka 等^[7]把交易规模引入到微观市场结构模型中,作为影响订单流变化的因素. 在 Diamond 等^[8], Easley 等^[9]模型基础上, Dufour 等^[10]通过把交易时间间隔引入到微观市场结构模型中,作为影响基本面价值波动的主要因素,进一步确认交易层面分析的重要性. Rydberg 等^[11], Bos^[12]也采用分笔数据估计微观市场结构模型.

然而,尽管在交易层面上探究价格的形成机制至关重要,但这些研究很少同时考虑微观噪声和跳跃因素对金融市场微观结构模型估计的影响. 相比于低频数据,基于高频金融时间序列统计特性的市场微观结构研究存在诸多问题. 由于市场不完全有效导致观测价格偏离有效价格产生的微观结构噪声会影响波动率估计结果的准确性. 与此同时,金融资产价格的大幅瞬时波动,即所谓的跳跃现象,也成为影响价格波动率和微观市场结构模型参数估计的一个重要因素. 因此,综合考虑市场微观结构各种交易因素、微观噪声因素和跳跃因素,从市场微观结构层面全面地分析证券交易价格形成的内在机理,对金融市场微观结构理论研究及实证研究都有重要理论和实践价值.

在统计和计量文献中,通常把微观结构噪声视为“黑箱”,采用统计方法剔除微观结构噪声因素对波动率估计和跳跃检验的影响. Andersen 等^[13-14], Ait-Sahalia 等^[15], Zhang^[16], Owens 等^[17], Hansen 等^[18], Barndorff-Nielsen 等^[19]从已实现波动率有偏估计中剔除微观结构噪声因素的影响,进而研究如何提高波动率估计的有效性和降低波动率估计的误差. Bandorff-Nielsen 等^[20-21], Jiang 等^[22], Ait-Sahalia 等^[23], Corsi 等^[24]基于资产价格服从半鞅过程的理论,运用多幂变差理论计算积分方差,通过测算积分方差与可实现方差的差值分离出跳跃成分,进而建立相应的统计量检测跳跃存在性. 由于跳跃的存在一定程度上使得“资产价格遵循连续随机游走”的相关假设不再成立,并且跳跃和微观噪声同时影响着金融资产价格波动率,难以对微观噪声和跳跃进行有效辨识和区分,因此同时考虑跳跃和微观噪声的文献较少. Fan 等^[25]提出当同时存在跳跃和微观噪声时,若价格时间序列满足 Hölder 连续条件假设,便可以通过线性小波理论对跳跃进行识别并剔除,最终采用双尺度来完成对波动率的估计. Podolskij 等^[26]则先运用预平均方法 (pre-average) 对时间序列进行降噪处理,进而依据传统的双幂次变差 (Bi-variation) 理论剔除跳跃. 国内学者李胜歌等^[27], 陈国进等^[28], 杨科等^[29], 唐勇等^[30], 欧丽莎等^[31], 马丹等^[32], 唐勇等^[33], 刘志东等^[34]也运用日内数据对我国股票价格序列中的噪声或者跳跃进行相关研究,但大多基于非参数统计方法,通过设定最佳的抽样频率来消除或减少微观结构噪声对跳跃检验和波动率的估计的影响,很少基于超高频数据或逐笔交易数据,以微观市场结构模型为背景探讨噪声、跳跃的剔除,进而更为准确地研究微观结构变量对价格的影响.

到目前为止,关于如何设定最佳的抽样频率来消除噪声和跳跃问题仍没有形成一致的意见. Ait-Sahalia 等^[15]认为采用所有高频数据模拟微观噪声可能是最好的选择. Christensen 等^[35]最新基于超高频数据或

逐笔交易数据发现, 以往通过设定最佳的抽样频率来消除或减少微观结构噪声的非参数跳跃检验方法可能忽略掉微观结构噪声隐含的重要信息, 过高地估计了金融高频时间序列中跳跃发生概率, 而检测到跳跃有可能是由于市场摩擦引起的微观结构噪声。

鉴于此, 为了弥补以往研究文献的不足, 本文以状态空间模型为基础, 同时将交易方向、带方向的交易量、交易间隔、微观噪声以及跳跃因素引入状态方程和观测方程中, 将跳跃检验和参数估计相结合, 建立全面的市场微观结构模型。首先, 该模型同时考虑并分离跳跃和噪声因素, 可以对跳跃、噪声进行实时滤波, 并估计微观市场结构模型参数; 其次, 将跳跃进行分类, 更全面地分析跳跃日内特征, 有助于更为精确地探究信息与跳跃的关系提供新的方法; 再次, 通过将各交易因素加入微观结构模型中, 能够估计订单流信息对交易价格产生的暂时影响和永久影响, 从而为探究微观市场结构中各影响因素在价格形成机制中的作用提供新信息。

2015 年中期, 中国股市经历了前所未有的过山车式波动, 上半年经历中长期牛市, 于 6 月 12 日, 达到至高点 5178 后垂直跳水, 两次暴跌至 2859, 上证综指下跌超过 45%, 跌速创造史上之最。随即, 政府紧急救市, 6 月 28 日紧急实施“双降”, 又于 7 月 4 日暂停 IPO 发行, 21 家证券公司并宣布不低于 2100 亿出资入市, 但收效甚微, 7 月 27 日上证综指大跌 8.48%, 超过 1800 只股票跌停, 创八年来最高纪录, 8 月 26 日也一度跌至 2850.71 点, 因此本文选取股灾前后 3 个月的逐笔交易数据进行研究, 一方面可以通过跳跃检测探究股市对于宏观政策的敏感度, 另一方面可以同时涵盖牛市、熊市之中价格, 对于市场微观结构系数的走势进行时变分析, 试图从微观结构研究的起点, 即价格形成机制的角度来讨论市场此前出现大幅波动的原因及影响, 并对救市政策做初步的探讨。

2 市场微观结构模型

Sadka^[7] 提出运用状态空间模型可以更好地模拟高频股价围绕价值波动的过程, Jondeau 等^[36] 在该状态空间模型的基础上引入交易信息。状态空间模型包括两部分, 状态方程和量测方程, 状态方程反映出某时刻在输入变量的作用下的状态转移, 量测方程则反映某时刻下输出变量与输入变量及状态变量的关系。在价格形成机制中, 状态方程可以反映股票价值随时间的变化, 量测方程则用来价格和价值的偏离。因此, 本文在已有文献基础上, 建立并估计一个全面的市场微观结构模型, 其中模型微观结构变量的系数具有时变特性, 随交易信息的引入而进行实时更新, 并同时考虑大幅度的永久性跳跃和暂时性跳跃对价格的影响。另外, 跳跃检验方法上, 采用 Maiz 等^[37] 提出的离群点检测方法, 该方法能同时对价格永久性成分和暂时性成分中的跳跃进行检测。状态变量以及波动率的估计上则采用粒子滤波 (particle filter, PF) 的方法, 即利用已获知的观测价格和估计参数去估计不可观测的内在价值序列、波动率和模型系数。与 Kalman 滤波相比, 粒子滤波可用于估计含有服从非高斯分布的新息变量的非线性模型; 与 MCMC 相比, 粒子滤波可进行序贯估计, 因此能在进行跳跃检验之后, 对参数和波动率进行实时更新。

由于本文选取的样本频率为逐笔数据, 令 t_k 为特定交易区间下的第 k 笔交易的发生时间, $\tau_k = t_k - t_{k-1}$ 代表第 k 笔和第 $k-1$ 笔交易之间的时间间隔。在一个有效的市场中, 股票的基本价值 m_k 随着市场参与者对股票信念的改变而发生变化。Madhavan 等^[38] 认为该种信念的变化与订单流的信息以及净订单流不平衡量有关。股票实际的交易价格 y_k 与基本价值 m_k 的差值则主要反映订单流的瞬时效应, 本模型假设此差值不仅可以体现出订单流信息、净订单流不平衡因素, 也同时包含订单的处理成本, 即影响价格形成的最终驱动因素主要由两个变量体现, 一个是交易方向 D_k , 买方发起的报价即为 +1, 卖方为 -1。同时为了分析买、卖订单的不对称性, 引入哑变量 D_k^+ (D_k^-), 如果在 t_k 时刻的交易是买方 (卖方) 发起的则取值 1, 否则为 0, 那么 $D_k = D_k^+ - D_k^-$ 。另外一个影响价格变动的变量则为带方向的交易量大小 (Brennan 等^[5], Hasbrouck^[39], Foster 等^[40]), 用以反映交易过程中所隐含的可变信息。设定交易量变量 $V_k = \log N_k$, 其 N_k 代表在第 k 笔交易中的交易股数, 那么带方向的交易量则表示为 $DV_k = D_k \times V_k$ 。同时, 依据 Easley 等^[9], Dufour 等^[10], Parlour^[41] 研究, 设定两笔之间的时间间隔也影响股票基本价值, 即将交易间隔变量引入模型的状态方程中。因此, 沿用 Jondeau 等^[36] 的模型, 反映股价形成过程的状态空间模型为:

$$y_k = m_k + \bar{\phi}_k D_k + \bar{\lambda}_k DV_k + \varepsilon_{y,k} \quad (1)$$

$$m_k = m_{k-1} + \mu_k \tau_k + \phi_k (D_k - E_{k-1}(D_k)) + \lambda_k (DV_k - E_{k-1}(DV_k)) + \varepsilon_{m,k} \quad (2)$$

由于将利用每一笔交易数据信息对参数进行实时更新, 因此将模型中的每个系数赋予交易笔数的指数 k . 其中 $\varepsilon_{y,k}$ 和 $\varepsilon_{m,k}$ 分别代表误差项. 量测方程 (1) 中的系数 $\bar{\phi}_k, \bar{\lambda}_k$ 分别反映交易方向以及净订单流不平衡对价格产生的暂时影响. 状态方程 (2) 中, μ_k 反映交易间隔对价格水平的影响, ϕ_k 反映交易方向新息变量带来的持久影响, λ_k 反映净订单流不平衡新息带来的持久影响. 因此, 与 Sadka^[7], Jondeau 等^[36] 的研究思路类似, 该模型可以有效地区分由订单流引起的固定效应 (由 $\bar{\phi}_k$ 和 ϕ_k 来衡量) 和可变效应 (由 $\bar{\lambda}_k$ 和 λ_k 来衡量), 各笔交易属性对价格产生的影响则由这些效应综合地体现出来. 方程 (1), (2) 中残差项的设定如下:

$$\varepsilon_{y,k} = \sigma_{y,k} z_{y,k} + J_{y,k} \quad (3)$$

$$\varepsilon_{m,k} = \sigma_{m,k} z_{m,k} + J_{m,k} \quad (4)$$

其中 $J_{y,k}, J_{m,k}$ 分别代表暂时性跳跃和永久性跳跃, 暂时跳只反映短暂性的流动性缺失或者流动性过剩所引起的价格在短期内的大幅上下震荡, 不会造成长久影响, 而永久跳主要反映公司或者宏观经济新闻的发布对价格产生的影响, 通常会在发布之时引起价格的巨大变动. $z_{y,k}, z_{m,k}$ 代表新息项, 其中 $\text{Var}[z_{y,k}] = \text{Var}[z_{m,k}] = 1$, $\sigma_{y,k}, \sigma_{m,k}$ 代表连续冲击带来的时变方差. 可采用回归预测方程估计状态方程中订单方向以及订单大小的新息变量. 方程 (1) 和 (2) 反映买卖对称形式下的模型, 更为一般化的模型则分别考虑两方发起的交易对基本价值和交易价格的影响. 因此, 反映价格走势的状态空间模型最终形式为:

$$y_k = m_k + \bar{\phi}_k^+ D_k^+ + \bar{\phi}_k^- D_k^- + \bar{\lambda}_k^+ DV_k^+ + \bar{\lambda}_k^- DV_k^- + \sigma_{y,k} z_{y,k} + J_{y,k} \quad (5)$$

$$m_k = m_{k-1} + \mu_k \tau_k + \phi_k^+ \varepsilon_{D,k}^+ + \phi_k^- \varepsilon_{D,k}^- + \lambda_k^+ \varepsilon_{V,k}^+ + \lambda_k^- \varepsilon_{V,k}^- + \sigma_{m,k} z_{m,k} + J_{m,k} \quad (6)$$

3 模型状态变量和参数的估计方法

为简化表达式, 将方程 (5), (6) 改写成如下形式:

$$y_k = m_k + Z_{1,k} \beta_{y,k} + \sigma_{y,k} z_{y,k} + J_{y,k} \quad (7)$$

$$m_k = m_{k-1} + Z_{2,k} \beta_{m,k} + \sigma_{m,k} z_{m,k} + J_{m,k} \quad (8)$$

其中 $Z_{1,k} = [D_k^+, D_k^-, DV_k^+, DV_k^-]$, $Z_{2,k} = [\tau_k, \varepsilon_{D,k}^+, \varepsilon_{D,k}^-, \varepsilon_{V,k}^+, \varepsilon_{V,k}^-]$. 当 y_k 已知时, 模型中参数 $\beta_{y,k}, \beta_{m,k}$ 的估计可直接采用贝叶斯线性最小二乘 (Bayesian OLS) 方法进行实时估计, 以下主要探讨状态变量、波动率的估计问题, 即阐述粒子滤波算法的具体实施过程.

第一步: 算法的初始化

- 1) 初始状态变量的分布表示为 $m_0^{(i)} \sim N(\mu_0, c_0)$, 从中模拟抽样形成 $i = 1, 2, \dots, M$, 共计 M 个粒子.
- 2) 初始波动率过程服从如下分布, 抽样形成 $i = 1, 2, \dots, M$, 共计 M 个粒子:

$$\sigma_y^{2(i)} \sim IG\left(\frac{n_0}{2}, \frac{n_0}{2} \sigma_{y_0}^2\right) \quad (9)$$

$$\sigma_m^{2(i)} \sim IG\left(\frac{v_0}{2}, \frac{v_0}{2} \sigma_{m_0}^2\right) \quad (10)$$

第二步: 跳跃检验 (Bootstrap 滤波)

如果在第 k 笔交易存在跳跃, 那么所有利用交易价格 y_k 计算出的统计量都是有偏的, 所以拟不利用交易价格的真实值 y_k 建立一个关于 y_k 的预测分布, 而是首先检验跳跃的存在性.

- 1) 通过对大量粒子的方差做平均, 计算观测方程和状态方程的方差: $\bar{\sigma}_{y,k}^2$ 和 $\bar{\sigma}_{m,k}^2$.
- 2) 通过 $\tilde{m}_k^{(i)} = \tilde{m}_{k-1}^{(i)} + Z_{2,k} \beta_{m,k} + \bar{\sigma}_{m,k} z_{m,k}^{(i)}$ 使得粒子 $\tilde{m}_{k-1}^{(i)}$ 演变成 $\tilde{m}_k^{(i)}$ (Bootstrap 滤波的第 2 步).
- 3) 从候选粒子 $\tilde{m}_k^{(i)}$ 中重新抽样出粒子 $m_k^{(i)}$, 其中抽样概率和权重呈比例 $w_k^{(i)} \propto p(y_k | \tilde{m}_k^{(i)}, Z_{1,k}, Z_{2,k})$ (Bootstrap 滤波的第 3 步).

- 4) 运用如下方程模拟 $y_k^{(i)}$, 建立 y_k 的预测密度, 即:

$$y_k^{(i)} = Z_{1,k} \beta_{y,k} + m_k^{(i)} + \bar{\sigma}_{y,k} z_{y,k}^{(i)} \quad (11)$$

并计算其 0.5% 以及 99.5% 的分位数值, 分别表示为 $q_k^{0.5\%}$ 和 $q_k^{99.5\%}$, 进而用于检验在第 k 笔交易是否发生跳跃.

5) 为了区分永久跳和暂时跳, 做出如下假设: 暂时跳只持续一笔交易, 永久跳至少持续两笔交易. 因此, 在第 k 笔交易实施之后, 依据如下准则判断第 k 笔交易是暂时跳还是永久跳 (本文选取的检测区间为 0.5%): 如果 $q_k^{0.5\%} < y_k < q_k^{99.5\%}$, 那么 y_k 不是跳, 直接进入算法的第三步; 如果 $y_k < q_k^{0.5\%}$ 以及 $y_{k+1} > q_k^{0.5\%}$ 或者 $y_k > q_k^{99.5\%}$ 以及 $y_{k+1} < q_k^{99.5\%}$, 那么 y_k 是暂时跳, 则不改变基本价值 m_k 并维持相同的预测分布, 直接进入第 $k+1$ 笔交易的估计; 如果 $y_k < q_k^{0.5\%}$ 以及 $y_{k+1} < q_k^{0.5\%}$ 或者 $y_k > q_k^{99.5\%}$ 以及 $y_{k+1} > q_k^{99.5\%}$, 那么 y_k 是永久跳, 则先改变基本价值, 再回到算法中第 k 笔交易的第二步对预测分布进行更新, 之后再进入第 $k+1$ 笔交易.

第三步: 参数估计 (辅助粒子滤波, axillary particle filter)

如果第 k 笔交易不是跳, 那么可以直接利用价格 y_k 进行参数估计; 如果交易 k 是暂时跳, 那么则忽略价格 y_k ; 如果交易 k 是永久跳, 基本价值按本期交易价格进行更新. 下面则探究如何对第 k 笔交易的微观结构系数、波动率以及状态变量进行更新.

1) 在 Bayesian OLS 背景下, 每个参数 $\beta_{y,k}$ 和 $\beta_{m,k}$ 须进行实时逐笔更新, 本文也考虑到改变每个交易日下的初始值, 因此估计过程中将分开讨论第一天以及随后若干天模型参数的设定情况.

对于第一天, 初始化超参数 $b_{y0} = b_{m0} = 0$, $B_{y0} = I_{n_1}$, $B_{m0} = I_{n_2}$, 其中 n_1, n_2 别代表 Z_1, Z_2 中的变量个数, 当价格 y_k 已知时, 两个参数按照如下过程进行更新, 令:

$$b_0 = [b'_{y0}, b'_{m0}] \quad (12)$$

$$B = \begin{bmatrix} B_{y0} & 0 \\ 0 & B_{m0} \end{bmatrix} \quad (13)$$

对于 $k = 2, 3, \dots, N_d$,

$$Z_{2:k} = \begin{bmatrix} Z_{1,2} - Z_{1,1} & Z_{2,2} \\ Z_{1,3} - Z_{1,2} & Z_{2,3} \\ \vdots & \vdots \\ Z_{1,k} - Z_{1,k-1} & Z_{2,k} \end{bmatrix} \quad (14)$$

$$\Delta Y_{2:k} = \begin{bmatrix} y_2 - y_1 \\ y_3 - y_2 \\ \vdots \\ y_k - y_{k-1} \end{bmatrix} \quad (15)$$

于是 Bayesian 估计方程如下:

$$\begin{aligned} \hat{\beta}_k &= [\hat{\beta}'_{y,k}, \hat{\beta}'_{m,k}] = [B^{-1} + Z'_{2:k}Z_{2:k}]^{-1}[B^{-1}b_0 + Z'_{2:k}\Delta Y_{2:k}] \\ &= [S_{Z'Z;k-1} + Z'_{k:k}Z_{k:k}]^{-1}[S_{Z'Y;k-1} + Z'_{k:k}\Delta Y_{k:k}] \end{aligned} \quad (16)$$

其中 $S_{Z'Z;k-1} \equiv B^{-1} + Z'_{2:k-1}Z_{2:k-1}$, $S_{Z'Y;k-1} \equiv B^{-1}b_0 + Z'_{2:k-1}\Delta Y_{2:k-1}$ 是系数估计量 β_k 的充足统计量, $\hat{\beta}_{N_d}$ 为每个交易日的最后一笔交易的系数估计值, N_d 代表在第 d 天交易的笔数.

在随后的每个交易日里, 重新初始化超参数 $b_0 = \hat{\beta}_{N_d}$, 即每天交易开始时的参数先验值是前一天收盘时的系数. 此外, 设定 $B = (\frac{n_0}{N_d}S_{Z'Z;tN_d})^{-1}$, 于是就可以按照式 (16) 对参数进行更新.

2) 以第 k 个交易的参数以及第 $k-1$ 个交易的状态变量为条件, 对价格过程进行模拟, 即:

$$y_k^{(i)} = Z_{1,k}\beta_{y,k} + Z_{2,k}\beta_{m,k} + m_{k-1}^{(i)} + \sigma_{y,k}^{(i)}z_{y,k} + \sigma_{m,k}^{(i)}z_{m,k} \quad (17)$$

因此, 能够通过以 $y_k^{(i)}$ 的均值 $Z_{1,k}\beta_{y,k} + Z_{2,k}\beta_{m,k} + m_{k-1}^{(i)}$ 和方差 $\sigma_{y,k}^{(i)}z_{y,k} + \sigma_{m,k}^{(i)}z_{m,k}$ 为条件估计 $y_k^{(i)}$ 发生的可能性, 每个粒子发生的可能性表示为 $l^{(i)}$.

3) 通过利用权重 $w^{(i)} = l^{(i)} / \sum_1^M l^{(i)}$, 从充足统计量以及系数中进行重抽样, 进而得到 $\tilde{\sigma}_{y,k}^{(i)}$, $\tilde{\sigma}_{m,k}^{(i)}$, $\tilde{m}_{k-1}^{(i)}$.

4) 运用如下类似于 Kalman 滤波的过程使得基本价值从 $\tilde{m}_{k-1}^{(i)}$ 演变成 $m_k^{(i)}$, 即:

$$m_k^{(i)} = \mu^{(i)} + \sqrt{V^{(i)}}z_{m,k}^{(i)} \quad (18)$$

其中每个粒子的精准程度表示为:

$$1/V^{(i)} = 1/\tilde{\sigma}_{y,k}^{2(i)} + 1/\tilde{\sigma}_{m,k}^{2(i)} \quad (19)$$

对均值的最好预测值为:

$$\mu^{(i)} = V^{(i)} \left(\frac{y_k - Z_{1,k} \beta_{y,k}}{\tilde{\sigma}_{y,k}^2} + \frac{\tilde{m}_{k-1}^{(i)}}{\tilde{\sigma}_{m,k}^2} \right) \quad (20)$$

其中 $z_{m,k}^{(i)}$ 为从高斯分布中抽样得到的粒子.

5) 针对所有粒子, 对残差平方和的充足统计量进行实时更新, 即:

$$n_k = n_{k-1} + 1 \quad (21)$$

$$SSR_{y,k}^{(i)} = SSR_{y,k-1}^{(i)} + (y_k - m_k^{(i)} - Z_{1,k} \beta_{y,k})^2 \quad (22)$$

$$v_k = v_{k-1} + 1 \quad (23)$$

$$SSR_{m,k}^{(i)} = SSR_{m,k-1}^{(i)} + (m_k - m_{k-1}^{(i)} - Z_{2,k} \beta_{m,k})^2 \quad (24)$$

6) 形成新息变量以及观测变量误差方差的新一轮粒子:

$$\sigma_{y,k}^{2(i)} \sim IG \left(\frac{n_k}{2}, \frac{1}{2} SSR_{y,k}^{(i)} \right) \quad (25)$$

$$\sigma_{m,k}^{2(i)} \sim IG \left(\frac{v_k}{2}, \frac{1}{2} SSR_{m,k}^{(i)} \right) \quad (26)$$

最后一步完成后, 即利用下一个观测值 y_{k+1} 进行新一轮跳跃检验和参数估计.

4 实证分析

4.1 样本选择与基本信息统计

我国证券市场属于指令驱动市场, 其中流动性是由指令簿中的指令提供, 而不是像报价驱动市场中有专门提供流动性的做市商, 主机按照“价格优先, 时间优先”的原则自动撮合成交. 上海证券交易所交易时间为每周一至周五, 上午为前市, 9:15 至 9:25 为集合竞价时间, 9:30 至 11:30 为连续竞价时间. 下午为后市, 13:00 至 15:00 为连续竞价时间, 周六、周日和上证所公告的休市日市场休市.

本文的样本数据来自于大富翁行情软件中的个股逐笔交易数据, 包括交易价格、交易方向和交易数量的信息. 选取上证 180 指数中的 30 只成分股, 2015 年 5 月至 2015 年 7 月中国股灾期间共计 64 个交易日的数据. 由于个股流动性的大小显著影响价格的敏感性, 因此, 本文按照 Amihud 流动性指标将上证 180 成分股分成 30 个区间, 从中选取涵盖 9 个行业的样本, 进而确保样本的多样性和代表性, 以更好地用于分析订单方向、交易间隔、订单大小等因素对价格产生的影响. 同时, 对于交易信息, 只选取连续竞价交易时间段的数据, 即上午 9:30–11:30, 下午 13:00–15:00, 并剔除开盘价, 因为开盘价通常由集合竞价产生. 交易方向沿用报价比较法 (Lee-Ready 法), 即比较成交价格 and 买卖报价中点的相对大小, 进而判断交易方向.

表 1 主要提供 30 只样本股的基本信息以及可能影响流动性水平的变量. 按照通过日度数据计算的 Amihud 流动性指标, 将样本股分为三类, 流动性较好、流动性一般以及流动性较差. 不难看出, 流动性较好的公司通常有着较高的市场价值 (平均市值达到 17800 万元) 和更多的交易笔数, 其中金融企业占据很大比例, 流动性最好的一类股票样本中有 7 只隶属金融行业. 同时, 每笔交易涉及的交易量与流动性水平存在正相关关系, 流动性较好的一类股票每笔交易量大多大于 6500 股, 而流动性较差的一类则存在更大可能接近甚至小于 6000 股. 平均交易间隔指标则随流动性的增加而变短, 每笔交易金额的分布则未发现明显趋势.

表 2 对个股逐笔交易价格及收益率进行基本统计分析, 不难发现, 流动性好的企业通常呈现出较小的波动率水平, 价格波动率普遍小于 3, 而对于流动性较差的企业, 波动率甚至可以达到 14. 并且, 如果在波动率计算中考虑交易时点因素, 即测算单位时间收益率的波动率水平, 会发现波动率数值有明显的减小, 特别是对于流动性较差的公司, 一定程度验证了交易间隔在价格发现过程中的重要性, 为模型中添加交易间隔变量影响因素提供了依据. 对于价格和收益率的分布走势可以看出, 无论是日内价格还是收益率均呈现出高度的非正态性, 尽管偏度并不甚一致, 如: 中国银行、南京银行的价格序列呈现出右偏属性, 而中国远洋、西南证券则为左偏分布. 此外, 峰度水平, 尤其是收益率的峰度水平值极大, 一定程度说明金融时间序列的厚尾属性, 即极端值在收益率序列的波动中占据很大的比例.

表 1 样本股基本信息及流动性水平

股票名称	所属行业	市场价 值/百万	交易总 天数/天	总交易笔 数/百万	平均每笔交 易量/千股	平均每笔交 易金额/千元	平均交易 间隔/秒	Amihud 非 流动性指标
中国银行	金融	937.907	64	20.405	7.127	35.255	0.045	0.0037
民生银行	金融	268.626	64	9.468	7.029	71.484	0.097	0.0041
浦发银行	金融	224.886	57	10.644	6.861	117.313	0.154	0.0048
招商证券	金融	102.690	58	3.714	6.459	189.443	0.225	0.0120
南京银行	金融	50.383	59	3.176	6.592	124.526	0.265	0.0151
中国电建	工业	32.439	64	13.021	6.426	90.333	0.071	0.0167
太平洋	金融	30.047	64	6.873	6.656	91.653	0.134	0.0174
中国远洋	工业	77.273	63	9.459	6.455	81.660	0.096	0.0230
西南证券	金融	40.157	64	2.553	6.555	147.676	0.360	0.0246
南山铝业	材料	21.420	63	3.662	6.877	75.134	0.248	0.0291
华夏幸福	金融	78.394	59	2.628	6.136	177.516	0.322	0.0293
上海电力	公共事业	43.159	64	5.529	6.067	157.386	0.167	0.0312
长城汽车	非必须消费品	66.285	49	1.671	5.735	253.542	0.422	0.0315
同方股份	信息技术	39.272	64	4.749	6.469	148.500	0.193	0.0319
中煤能源	能源	72.941	64	6.070	6.589	64.736	0.152	0.0339
上海医药	健康	39.305	64	2.471	6.286	162.120	0.373	0.0376
亚盛集团	材料	15.225	64	4.896	6.698	72.766	0.188	0.0385
梅花生物	必须消费品	30.896	64	5.190	6.608	72.991	0.177	0.0412
广汇能源	能源	42.711	51	4.326	6.765	71.084	0.170	0.0419
中航动力	工业	73.172	64	2.677	5.894	340.682	0.343	0.0421
万华化学	材料	44.479	64	1.364	6.382	155.333	0.675	0.0433
白云山	健康	30.779	64	1.499	6.067	228.871	0.613	0.0444
宇通客车	工业	36.851	64	2.073	6.094	138.573	0.444	0.0463
洪都航空	工业	20.610	64	1.981	6.077	226.786	0.463	0.0549
招商轮船	工业	35.407	64	6.717	6.589	62.269	0.137	0.0820
世茂股份	金融	19.729	64	0.930	6.340	100.532	0.989	0.1264
新湖中宝	金融	36.587	61	3.312	6.861	56.968	0.264	0.1567
北京城建	工业	20.263	61	1.808	6.464	141.231	0.477	0.1572
江苏有线	非必须消费品	15.325	64	5.742	5.787	234.641	0.144	2.3026
中国核电	材料	40.894	37	12.682	6.371	75.059	0.037	7.5874

表 2 样本股描述性统计分析

股票名称	平均交 易价格 /元	交易价 格波动 率	交易 价格 偏度	交易 价格 峰度	收益 率波 动率	单位时间 收益率波 动率	收益率 偏度	收益率 峰度	零价格变 化的比例 /%	买方发起 交易比例 /%	卖方发起 交易比例 /%
中国银行	4.951	0.362	0.402	2.473	0.935	0.935	-1.607	497.007	81.853	48.189	51.810
民生银行	10.168	0.582	-0.260	2.077	0.678	0.676	-3.833	768.062	81.023	49.566	50.434
浦发银行	17.102	0.805	-0.287	3.129	0.538	0.535	-4.161	1106.682	77.152	48.743	51.257
招商证券	29.364	4.388	-0.325	1.665	0.579	0.571	-133.503	86143.270	71.461	48.949	51.051
南京银行	18.903	1.823	0.455	2.302	0.632	0.622	2.247	879.274	71.844	49.216	50.783
中国电建	14.093	2.698	-0.603	2.167	0.532	0.531	-0.224	298.821	80.034	47.638	52.362
太平洋	13.777	2.347	-0.562	1.959	0.515	0.512	0.608	476.060	78.549	49.046	50.954
中国远洋	12.667	2.117	-0.900	2.681	0.631	0.629	0.333	275.211	79.138	48.956	51.044
西南证券	22.545	3.182	-0.412	1.653	0.608	0.587	2.282	378.698	71.243	49.078	50.922
南山铝业	10.942	1.897	-0.448	1.852	0.604	0.591	3.553	898.859	78.939	48.332	51.669
华夏幸福	28.937	2.496	-0.032	3.001	0.669	0.654	-1.447	609.010	70.288	48.495	51.505
上海电力	26.017	5.456	-0.308	1.793	0.658	0.655	-1.041	550.112	74.426	49.156	50.844
长城汽车	44.268	6.062	-0.694	1.965	0.714	0.706	-0.753	786.412	68.605	46.148	53.852
同方股份	23.042	5.148	0.296	2.167	0.643	0.637	1.916	462.777	74.228	49.138	50.862

表 2(续)

股票名称	平均交易价格 /元	交易价格波动率	交易价格偏度	交易价格峰度	收益率波动率	单位时间收益率波动率	收益率偏度	收益率峰度	零价格变化的比例 /%	买方发起交易比例 /%	卖方发起交易比例 /%
中煤能源	9.849	1.715	0.201	1.741	0.745	0.738	-0.424	1263.327	78.932	49.436	50.564
上海医药	25.823	4.174	-0.614	1.966	0.588	0.563	-125.238	60844.300	72.428	48.041	51.959
亚盛集团	10.874	2.385	-0.421	1.848	0.674	0.666	1.099	472.668	78.776	49.508	50.492
梅花生物	11.057	2.031	-0.126	2.559	0.694	0.688	-0.444	756.560	78.414	48.510	51.490
广汇能源	10.526	1.481	0.056	1.896	0.679	0.673	2.711	829.287	78.120	48.027	51.973
中航动力	58.003	11.288	-0.618	3.261	0.866	0.852	-2.851	831.348	66.537	50.371	49.629
万华化学	24.333	3.005	-0.120	1.810	0.842	0.782	-0.780	494.999	69.081	48.414	51.586
白云山	37.771	5.464	0.072	2.054	0.749	0.706	-2.151	886.289	65.908	49.290	50.710
宇通客车	22.780	3.671	1.303	4.031	0.782	0.756	0.392	1039.535	70.821	47.921	52.079
洪都航空	37.402	8.353	-0.251	1.996	0.833	0.806	-3.649	2479.781	66.462	50.400	49.600
招商轮船	9.450	1.225	-0.060	2.625	0.785	0.782	-1.472	1080.033	79.932	49.474	50.526
世茂股份	15.909	4.263	0.633	2.246	1.051	0.968	-1.814	617.591	69.842	47.438	52.562
新潮中宝	8.308	1.518	-0.765	2.421	0.777	0.757	-1.174	269.923	79.354	48.819	51.181
北京城建	21.866	3.065	-0.329	2.329	0.659	0.632	-0.821	642.393	71.830	49.616	50.384
江苏有线	40.983	14.135	0.115	1.721	0.857	0.856	0.759	409.645	72.325	47.265	52.735
中国核电	11.780	1.392	-0.212	2.834	0.778	0.777	-0.155	40.346	81.788	48.717	51.283

4.2 订单流新息变量的估计

股票基本价值变化由订单流中的非预期因素引起, 为了估计状态方程中订单方向以及订单大小的新息变量, 根据 Brennan 等 [5], Sadka[7], Jondeau 等 [36], Hasbrouck[39], Foster 等 [40] 的研究, 首先建立回归方程进行预测, 其中以带方向订单流大小、价格变化、交易方向、交易间隔变量及滞后变量为自变量, 当期带方向的订单流大小为因变量, 模型设置为 (本文选取滞后期为 10 期):

$$DV_k = E_{k-1}(DV_k) + \varepsilon_{V,k} = a_0 + \sum_{j=1}^J a_{1j} DV_{k-j} + \sum_{j=1}^J a_{2j} \Delta y_{k-j} + \sum_{j=1}^J a_{3j} D_{k-j} + \sum_{j=1}^J a_{4j} \tau_{k-j} + \varepsilon_{V,k} \quad (27)$$

其中残差项 $\varepsilon_{V,k}$ 代表带方向交易量中隐含的意外信息. 订单流的条件期望主要从上述交易量模型中推导出来, 以带方向交易量的期望值 $E_{k-1}(DV_k)$ 为条件, 下一笔交易为买方发起的概率可以表示为 $\Pr[D_k = +1 | E_{k-1}(DV_k)] = \Pr[E_{k-1}(DV_k) > -\varepsilon_{V,k}]$, 那么买方发起订单的条件概率为 $1 - F[-E_{k-1}(DV_k)/\sigma_V^2]$, 其中 σ_V^2 为 $\varepsilon_{V,k}$ 的方差, F 为带方向交易量中意外信息的累积密度函数, 假设分布是对称的, 那么 $E_{k-1}(D_k) = 1 - 2F[-E_{k-1}(DV_k)/\sigma_V^2]$, 因此订单流方向变量的意外信息为 $\varepsilon_{D,k} = D_k - E_{k-1}(D_k)$.

表 3 为预测回归结果, 为降低表格的占用空间, 将变量 10 期之后滞后项系数累计加和值列入表格中. 带方向交易量变量的滞后项有较好的持续性, 即若本期存在大 (少) 量正 (负) 向交易, 下期存在大 (少) 额正 (负) 向交易的概率很大, 但各个股票的影响系数有一定的差异. 收益率序列则未得到一致方向的估计结果, 进一步说明过去的收益率水平和未来的交易状态之间并不存在稳定关系, 股票市场并非完全理性. 除了同方股份 (600100) 和宇通客车 (600066) 存在较小的负向系数, 其他 28 只样本股交易方向系数均为正, 说明交易中均存在一定驱逐效应, 当期的买方交易会来带来下一期更多的买方交易或者更少的卖方交易, 反之亦然. 对于交易间隔变量, 平均而言, 相对较大的交易间隔通常伴随着趋向于卖方的意愿, 可能由于交易的不确定性增加, 投资者出于风险控制, 更趋向于追求高质量的投资, 进而卖出风险程度较高的股票.

4.3 跳跃的检验与实证结果

借鉴 Maiz 等研究思路, 跳跃检验方法采用粒子滤波背景下的非参数离群点检测方法, 该方法可在对跳跃进行检验、识别的同时估计时变微观结构参数, 并且能有效地区分永久跳和暂时跳. 永久跳通常反映公司或者宏观经济冲击造成的根本性改变, 表现为股价轨迹的持续性改变, 而暂时性跳跃则归因于暂时性的流动性短缺, 进而表现为序列中某一时点的交易价格偏离正常趋势, 基于此分类思想建立跳跃检验策略. 由于本文进行实时跳跃检验, 检测出的跳跃分布和检验假设的设定有关, 因此, 有可能存在整体性地高估或者低估

表 3 带方向交易量的预测性回归结果

股票代码	股票名称	常数项	带方向交易量	收益率	交易方向	交易间隔
		a_0	$\sum_{j=1}^{10} a_{1j}$	$\sum_{j=1}^{10} a_{2j}$	$\sum_{j=1}^{10} a_{3j}$	$\sum_{j=1}^{10} a_{4j}$
601988	中国银行	-0.291	0.424	0.178	3.183	-0.646
600016	民生银行	-1.171	3.754	0.317	0.520	-0.328
600000	浦发银行	-1.073	2.658	0.459	0.386	-0.140
600999	招商证券	-0.198	0.426	0.064	2.269	-0.158
601009	南京银行	-0.386	0.411	0.135	2.349	-0.092
601669	中国电建	0.197	0.393	-0.079	2.853	-0.268
601099	太平洋	0.059	0.421	-0.024	2.634	-0.076
601919	中国远洋	0.265	0.396	-0.102	2.841	-0.139
600369	西南证券	-0.043	0.450	0.009	1.906	-0.045
600219	南山铝业	-0.330	0.353	0.133	3.069	-0.079
600340	华夏幸福	-0.928	0.480	0.276	1.703	-0.097
600021	上海电力	0.386	0.446	-0.116	2.209	-0.144
601633	长城汽车	-0.023	0.487	-0.031	1.352	0.066
600100	同方股份	0.341	2.453	0.439	-0.107	-0.082
601898	中煤能源	0.017	0.394	0.003	2.881	-0.109
601607	上海医药	0.177	0.453	-0.063	2.001	-0.062
600108	亚盛集团	0.089	0.405	-0.040	2.764	-0.091
600873	梅花生物	-0.103	0.425	0.039	2.559	-0.100
600256	广汇能源	-0.207	0.406	0.082	2.710	-0.146
600893	中航动力	0.793	0.487	-0.187	1.745	-0.057
600309	万华化学	-0.724	0.374	0.229	2.255	-0.061
600332	白云山	0.362	0.389	-0.099	2.017	-0.059
600066	宇通客车	0.237	1.476	0.500	-0.089	-0.003
600316	洪都航空	0.400	0.449	-0.098	1.791	-0.040
601872	招商轮船	0.282	0.406	-0.123	2.831	-0.072
600823	世茂股份	-0.833	0.483	0.288	1.424	-0.050
600208	新潮中宝	-0.197	2.765	0.420	0.086	-0.059
600266	北京城建	-0.331	0.444	0.112	1.928	-0.040
600959	江苏有线	0.027	0.580	-0.021	1.314	-0.072
601985	中国核电	0.789	0.451	-0.325	2.769	-0.066

跳跃数量的情况,但不影响探究跳跃时间序列或横截面层面的波动.此外,相对于以往的非参数跳跃检验,本方法可以有效地测出跳跃发生的时点、方向、大小及类型,进而可更为直接准确地探究个股间的共同跳跃,同时,逐笔数据的引入使得跳跃检测不再受制于高频数据频率的选择上,是以往非参数跳跃检验所不能实现的.

运用粒子滤波(本文选取 Bootstrap 滤波)下的离群点检测方法,本文对 2015 年 5 月-7 月的中国股灾期间逐笔交易数据中的跳跃进行研究,以下分别从跳跃的日度分布、日内分布、个股跳跃特征以及共同跳跃四个角度进行分析.

4.3.1 日度跳跃分析

表 4 呈现出 64 个交易日 30 只样本股的每日跳跃信息,即对每个交易日内,30 只样本股的交易笔数和跳跃次数求和,以整体上反映样本的交易状况.跳跃总数上来看,除了 6 月 1 日,出现异常性的大量跳跃,另外仍有 6 天发生的跳跃总数超过 20000 次,分别是 5 月 26 日,5 月 29 日,6 月 29 日,7 月 6 日,7 月 13 日以及 7 月 28 日,同时这些交易日也伴随着大幅增加的交易笔数.此外,由图 1 不难发现,交易笔数的增加普遍领先于跳跃次数的增加,如 5 月 22 日交易笔数陡增至前一交易日的 1.5 倍,并且在随后的若干个交易日持续保持着股市高热度,但直至 5 月 26 日市场才出现巨幅跳跃增加,增至 25 日的八倍左右,并且跳跃数量波动周期往往短于交易量的周期,但跳跃变化的幅度更大,跳跃数量分布的尖峰厚尾现象极其明显.

为避免交易数量的变动影响对跳跃的统计分析,表 4 第二栏呈现出跳跃发生频率的日度分布,即每发生一笔交易所可能产生的跳跃数量,总体而言,跳跃发生频率处在 0.1%~0.3% 之间.随着 6 月 12 日股市达到

表 4 跳跃的日度分布统计

交易日期	交易笔数	跳跃发生总数/天 (每天总跳跃数)					跳跃发生频率/天 (每天发生跳跃数量/交易笔数)				
		跳跃总数	暂时性负跳	暂时性正跳	永久性负跳	永久性正跳	跳跃总数/%	暂时性负跳/%	暂时性正跳/%	永久性负跳/%	永久性正跳/%
05/04	2349464	2341	419	341	855	726	0.10	0.02	0.01	0.03	0.04
05/05	2559800	3377	525	523	1240	1089	0.13	0.02	0.02	0.04	0.05
05/06	2179933	3559	564	587	1336	1072	0.16	0.03	0.03	0.05	0.06
05/07	1609807	2463	373	403	917	770	0.15	0.02	0.03	0.05	0.06
05/08	1486951	1404	241	205	527	431	0.09	0.02	0.01	0.03	0.04
05/11	1832316	2230	327	350	805	748	0.12	0.02	0.02	0.04	0.04
05/12	1986845	1871	334	277	668	592	0.09	0.02	0.01	0.03	0.03
05/13	2023103	3457	495	554	1296	1112	0.17	0.02	0.03	0.05	0.06
05/14	1656927	2299	347	410	833	709	0.14	0.02	0.02	0.04	0.05
05/15	1657585	5060	589	580	2305	1586	0.31	0.04	0.03	0.10	0.14
05/18	1624459	3478	453	514	1411	1100	0.21	0.03	0.03	0.07	0.09
05/19	1776819	3092	480	440	1142	1030	0.17	0.03	0.02	0.06	0.06
05/20	1898405	3777	566	578	1388	1245	0.20	0.03	0.03	0.07	0.07
05/21	1663593	9513	719	730	3474	4590	0.57	0.04	0.04	0.28	0.21
05/22	2566138	2891	447	471	1074	899	0.11	0.02	0.02	0.04	0.04
05/25	2688635	3543	513	562	1276	1192	0.13	0.02	0.02	0.04	0.05
05/26	2773632	26559	994	1119	19075	5371	0.96	0.04	0.04	0.19	0.69
05/27	2486133	6096	895	730	2148	2323	0.25	0.04	0.03	0.09	0.09
05/28	3175616	8734	1296	1224	3224	2990	0.28	0.04	0.04	0.09	0.10
05/29	2570553	22975	2896	3218	9426	7435	0.89	0.11	0.13	0.29	0.37
06/01	2386798	127916	4575	4162	73539	45640	5.36	0.19	0.17	1.91	3.08
06/02	2506096	7371	896	1079	2914	2482	0.29	0.04	0.04	0.10	0.12
06/03	2431998	7465	1143	1060	2788	2474	0.31	0.05	0.04	0.10	0.11
06/04	2989555	15750	2026	2453	6160	5111	0.53	0.07	0.08	0.17	0.21
06/05	2883446	8329	1283	1205	3064	2777	0.29	0.04	0.04	0.10	0.11
06/08	3353537	5430	889	856	1836	1849	0.16	0.03	0.03	0.06	0.05
06/09	2982398	5547	940	867	1963	1777	0.19	0.03	0.03	0.06	0.07
06/10	2460278	6980	988	951	2692	2349	0.28	0.04	0.04	0.10	0.11
06/11	2359193	3597	555	580	1283	1179	0.15	0.02	0.02	0.05	0.05
06/12	2652506	3934	674	612	1434	1214	0.15	0.03	0.02	0.05	0.05
06/15	2783882	5286	796	807	1950	1733	0.19	0.03	0.03	0.06	0.07
06/16	2445891	9461	1208	1326	3758	3169	0.39	0.05	0.05	0.13	0.15
06/17	2580028	5676	874	913	2079	1810	0.22	0.03	0.04	0.07	0.08
06/18	2480058	4919	664	836	1781	1638	0.20	0.03	0.03	0.07	0.07
06/19	2086801	7994	1097	1155	2976	2766	0.38	0.05	0.06	0.13	0.14
06/23	2058082	7723	1110	1158	2917	2538	0.38	0.05	0.06	0.12	0.14
06/24	2191340	3231	508	584	1097	1042	0.15	0.02	0.03	0.05	0.05
06/25	2484936	4871	768	723	1709	1671	0.20	0.03	0.03	0.07	0.07
06/26	3287220	19082	2820	2748	6713	6801	0.58	0.09	0.08	0.21	0.20
06/29	3767619	21353	3082	2770	8188	7313	0.57	0.08	0.07	0.19	0.22
06/30	3546894	15850	2475	2164	6018	5193	0.45	0.07	0.06	0.15	0.17
07/01	3376068	10986	1620	1700	4145	3521	0.33	0.05	0.05	0.10	0.12
07/02	2639566	13336	2049	2023	4730	4534	0.51	0.08	0.08	0.17	0.18
07/03	2272596	13715	1700	1738	5370	4907	0.60	0.07	0.08	0.22	0.24
07/06	3108279	29122	3100	2455	11836	11731	0.94	0.10	0.08	0.38	0.38
07/07	2971472	7269	975	1099	2642	2553	0.24	0.03	0.04	0.09	0.09
07/08	2217252	13198	1589	1771	5435	4403	0.60	0.07	0.08	0.20	0.25
07/09	3495392	17965	1668	2071	8537	5689	0.51	0.05	0.06	0.16	0.24

表 4(续)

交易日期	交易笔数	跳跃发生总数/天 (每天总跳跃数)					跳跃发生频率/天 (每天发生跳跃数量/交易笔数)				
		跳跃总数	暂时性负跳	暂时性正跳	永久性负跳	永久性正跳	跳跃总数/%	暂时性负跳/%	暂时性正跳/%	永久性负跳/%	永久性正跳/%
07/10	3239582	6036	894	914	2310	1918	0.19	0.03	0.03	0.06	0.07
07/13	3247849	33769	1769	1455	17888	12657	1.04	0.05	0.04	0.39	0.55
07/14	3570438	7677	976	938	2712	3051	0.22	0.03	0.03	0.09	0.08
07/15	2889023	14335	1323	1297	6481	5234	0.50	0.05	0.04	0.18	0.22
07/16	2326447	11922	1152	1365	5598	3807	0.51	0.05	0.06	0.16	0.24
07/17	2285460	2273	398	329	798	748	0.10	0.02	0.01	0.03	0.03
07/20	2576904	4835	730	846	1708	1551	0.19	0.03	0.03	0.06	0.07
07/21	2520299	11401	928	958	5816	3699	0.45	0.04	0.04	0.15	0.23
07/22	2540374	4598	710	671	1699	1518	0.18	0.03	0.03	0.06	0.07
07/23	2685441	5701	741	687	2409	1864	0.21	0.03	0.03	0.07	0.09
07/24	3031383	4582	680	672	1547	1683	0.15	0.02	0.02	0.06	0.05
07/27	2797872	8633	1088	1272	3251	3022	0.31	0.04	0.05	0.11	0.12
07/28	2469002	25635	2402	2426	10937	9870	1.04	0.10	0.10	0.40	0.44
07/29	1956305	3808	545	616	1366	1281	0.19	0.03	0.03	0.07	0.07
07/30	2184385	5267	822	691	1886	1868	0.24	0.04	0.03	0.09	0.09
07/31	1600099	3516	505	508	1228	1275	0.22	0.03	0.03	0.08	0.08

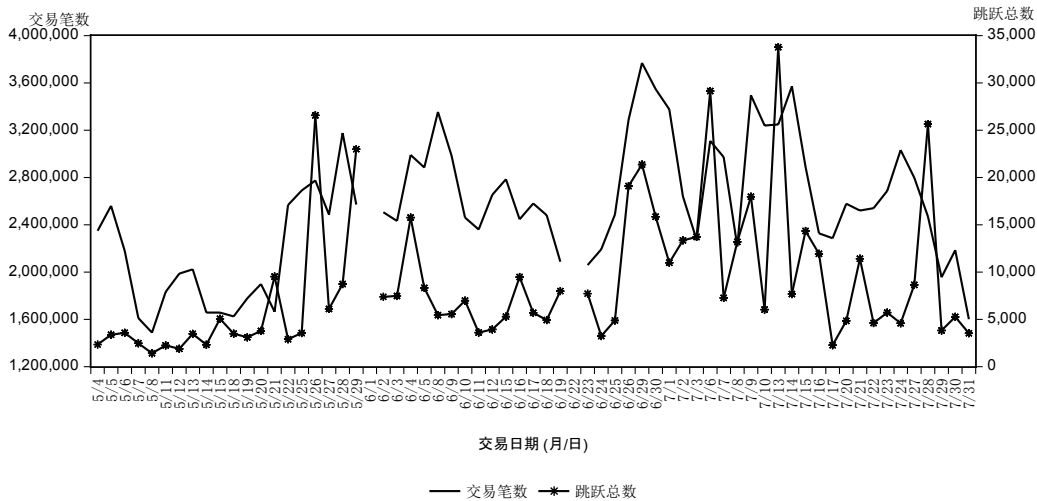


图 1 日度交易量及跳跃发生数走势图

最高点之后持续走低, 跳跃发生的概率也普遍增高, 在一定程度说明牛市转熊市过程中, 中国股市的投资者在面对更多的不确定性时, 内心恐慌, 更易发生非理性交易, 进而产生更多的极端值交易. 同时, 在 6 月 12 日之后, 相比于永久性跳跃, 暂时性跳跃发生的次数明显较少, 说明这时股市更容易受到外部宏观信息、公司层面信息及政策层面信息的影响. 为进一步探究市场对外部冲击的反映, 图 2 呈现出 2015 年 5 月 – 7 月期间, 64 个交易日跳跃发生的频率图, 可以看出 7 月份跳跃发生的概率明显增大, 进一步说明即便熊市、牛市都存在跳跃, 但股票下行期间存在更多的金融恐慌, 进而会反映出股市中强烈不稳定的波动. 此外, 不难发现, 大幅跳跃的增加通常与重大消息或重大事件的发布紧密相关, 一定程度可归因于市场的不确定性增加, 如: 6 月 28 日, 央行降息 0.25 个百分点并定向降准, 股市第二天行情高开低走, 上证下跌 3%. 6 月 29 日, 证金罕见盘中答问, 有关两融和场外配资、养老金投资办法征求意见. 证监会星夜发文, 称回调过快不利于股市平稳发展. 股市第二天行情低开高走, 上证大涨 5.5%. 6 月 30 日, 基金业协会倡议不要盲目踩踏, 证券业协会就场外配资情况答问, 强制平仓影响小. 股市第二天行情高开低走, 上证下跌 5.2%. 7 月 1 日, 中金所称 QFII 与 RQFII 做空 A 股不实, 证监会进一步拓宽券商融资渠道, 两融允许展期担保物违约可不强平, 沪深交易所调降交易结算费用三成, 股市第二天行情高开低走, 上证下跌 3.5%. 7 月 2 日, 证监会对涉嫌市场操纵行为进

行专项核查, 李克强强调培育公开透明长期稳定健康发展的资本市场, 股市第二天行情高开低走, 上证下跌 5.8%。7 月 3 日, 四大蓝筹 ETF 四天遭净申购 395 亿, 汇金出手护盘已获确认。证监会称将相应减少 IPO 发行家数和筹资金额, QFII 额度将从 800 亿美元增加到 1500 亿美元。证监会将严打造谣谣行为已集中部署三起案件。股市第二天行情低开高走, 上证上涨 2.4%。7 月 4 日 21 家券商联合公告, 至少出资 1200 亿购蓝筹 ETF, 25 家基金会议纪要, 高管积极申购偏股型基金, 等等。

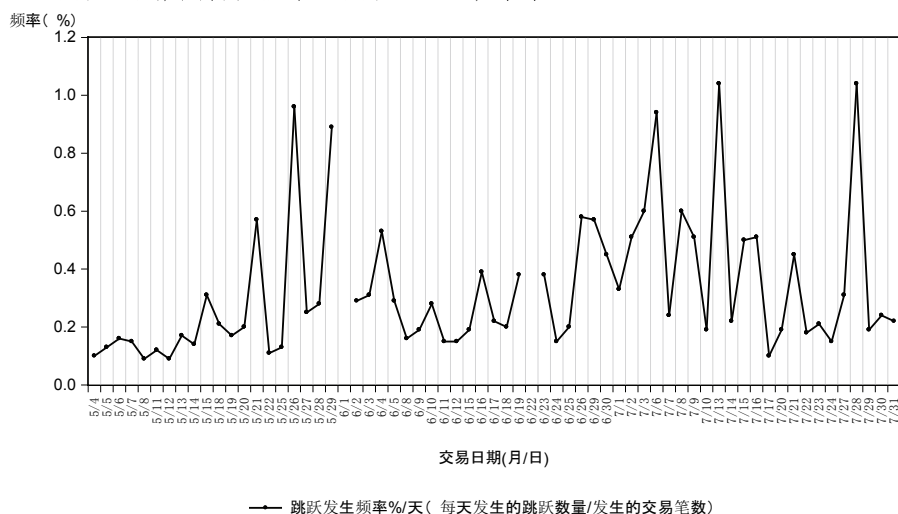


图 2 日度跳跃发生频率分布图

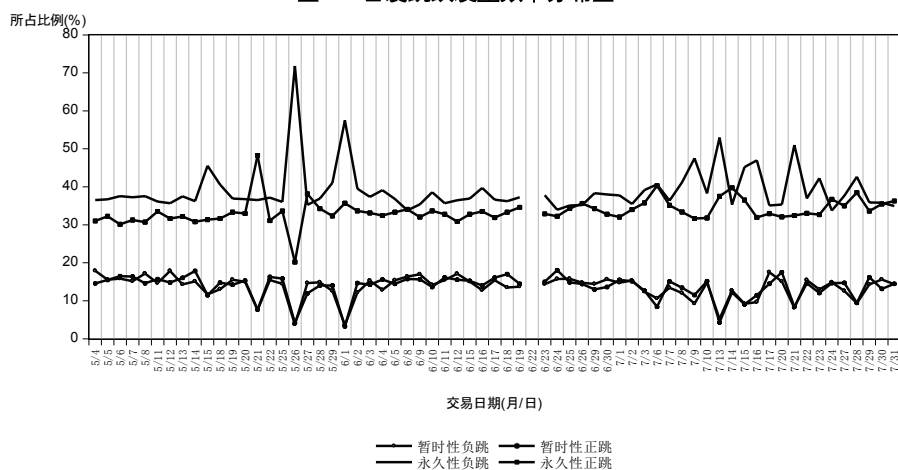


图 3 日度各类型跳跃分布图

为了进一步探究各类型跳跃随时间变动的分布走势, 从图 3 中不难发现, 总体而言四类跳跃的分布相对平稳, 永久性跳跃占据主导地位, 约占总跳跃的 70%, 暂时性跳跃 30% 左右, 但正向和负向跳跃并不存在明显的不对称性, 无论是永久性还是暂时性跳。由于本文利用逐笔交易数据, 永久性跳跃处主导地位, 说明我国股市交易“羊群效应”非常明显, 当发生外部冲击时, 交易者倾向于一致性地驱逐信息, 进而导致引起极端价格的交易往往大于或等于连续的两笔, 而非暂时性流动性缺失所引起的某一笔极端交易, 从而产生更多的永久性跳跃。

除了跳跃发生频率, 跳跃程度也是影响市场波动的另一重要指标, 表 5 对跳跃大小进行统计分析, 每个交易日跳跃的大小值为 30 只样本股发生的所有跳跃大小的平均值, 但是股灾前后跳跃大小分布并不存在显著区别, 可能归因于沪市 180 指数样本股均为市值较大、流动性较好的股票, 因此价格对于异常交易的吸收性较好, 敏感度较低。另一方面也说明, 跳跃大小往往更依赖于外部信息冲击的大小, 与市场状况之间的关系并不甚明显。

4.3.2 日内跳跃分析

对日度股价跳跃分析发现, 跳跃的数量与外界冲击及市场不确定性有强烈的关系, 但跳跃的大小并不存

表 5 日度跳跃大小统计分析

交易日期	暂时性负跳	暂时性正跳	永久性负跳	永久性正跳	交易日期	暂时性负跳	暂时性正跳	永久性负跳	永久性正跳	交易日期	暂时性负跳	暂时性正跳	永久性负跳	永久性正跳
05/04	-0.120	0.106	-0.120	0.121	06/01	-0.114	0.105	-0.032	0.038	07/01	-0.086	0.091	-0.089	0.078
05/05	-0.113	0.092	-0.107	0.111	06/02	-0.115	0.140	-0.128	0.099	07/02	-0.092	0.089	-0.094	0.101
05/06	-0.084	0.082	-0.083	0.091	06/03	-0.093	0.091	-0.086	0.088	07/03	-0.093	0.100	-0.082	0.078
05/07	-0.077	0.075	-0.082	0.078	06/04	-0.094	0.097	-0.100	0.087	07/06	-0.098	0.089	-0.051	0.065
05/08	-0.072	0.083	-0.089	0.102	06/05	-0.090	0.084	-0.090	0.085	07/07	-0.081	0.086	-0.088	0.081
05/11	-0.068	0.073	-0.074	0.075	06/08	-0.079	0.082	-0.085	0.088	07/08	-0.073	0.073	-0.089	0.057
05/12	-0.068	0.068	-0.078	0.073	06/09	-0.086	0.076	-0.082	0.085	07/09	-0.074	0.076	-0.069	0.041
05/13	-0.078	0.076	-0.081	0.085	06/10	-0.069	0.066	-0.061	0.061	07/10	-0.065	0.065	-0.064	0.071
05/14	-0.067	0.067	-0.078	0.079	06/11	-0.078	0.076	-0.082	0.083	07/13	-0.089	0.091	-0.035	0.031
05/15	-0.080	0.082	-0.078	0.056	06/12	-0.077	0.072	-0.075	0.081	07/14	-0.070	0.061	-0.046	0.064
05/18	-0.078	0.077	-0.084	0.074	06/15	-0.082	0.083	-0.081	0.085	07/15	-0.084	0.080	-0.044	0.046
05/19	-0.078	0.078	-0.079	0.083	06/16	-0.075	0.072	-0.070	0.064	07/16	-0.090	0.098	-0.083	0.053
05/20	-0.085	0.076	-0.079	0.076	06/17	-0.083	0.083	-0.089	0.090	07/17	-0.085	0.084	-0.089	0.092
05/21	-0.071	0.070	-0.023	0.044	06/18	-0.085	0.086	-0.089	0.092	07/20	-0.093	0.098	-0.097	0.098
05/22	-0.076	0.077	-0.087	0.097	06/19	-0.079	0.080	-0.074	0.079	07/21	-0.070	0.082	-0.051	0.035
05/25	-0.079	0.077	-0.083	0.091	06/23	-0.089	0.090	-0.089	0.084	07/22	-0.075	0.074	-0.074	0.070
05/26	-0.086	0.082	-0.045	0.014	06/24	-0.092	0.095	-0.102	0.100	07/23	-0.104	0.091	-0.092	0.077
05/27	-0.094	0.087	-0.069	0.093	06/25	-0.072	0.073	-0.065	0.078	07/24	-0.078	0.085	-0.077	0.079
05/28	-0.125	0.093	-0.109	0.109	06/26	-0.087	0.077	-0.075	0.082	07/27	-0.084	0.084	-0.084	0.074
05/29	-0.181	0.169	-0.188	0.163	06/29	-0.092	0.088	-0.081	0.088	07/28	-0.087	0.098	-0.065	0.041
					06/30	-0.086	0.084	-0.089	0.086	07/29	-0.100	0.101	-0.107	0.111
										07/30	-0.101	0.099	-0.089	0.095
										07/31	-0.096	0.084	-0.100	0.109

在相应波动. 由于存在大量隔夜消息以及开盘前五分钟的集合竞价制度, 上午甚至下午开盘时段的股价跳跃特征应表现不甚一致, 进而反映出股价所包含的不同信息, 因此本部分将对跳跃数量以及跳跃大小的日内波动特征进行分析. 表 6 统计了 30 只样本股票在 64 个交易日中每分钟发生的跳跃平均数, 显而易见, 开盘第一分钟发生的跳跃远远超过随后的任意时刻, 并且开盘第一个小时即 9:30 至 10:30 以及下午开盘的第一分钟 13:00 发生的跳跃也多于其他时刻. 具体而言, 前市开盘第一分钟 9:30 发生跳跃的平均数高达 4874 次, 随后逐时递减, 直至 10:03 每分钟平均跳跃数量首次低于 100, 之后各交易时点发生的跳跃数量平均每分钟 30 次, 可能由于隔夜信息的发布增加了市场不确定性, 进而加剧了开盘时点极端值的增加.

此外, 为进一步分析跳跃特征, 将跳跃进行分类, 分别探讨四类跳跃的日内分布, 如图 4 所示. 各类型跳跃占比情况与日度跳跃分布几乎一致, 永久性跳跃占绝大多数, 暂时性跳跃则相对较小, 而正向负向跳跃比例不存在非对称性. 图 5 则呈现出四种类型的跳跃大小日内分布情况, 总体上看, 各类型跳跃大小不存在明显差别, 但是上午更容易发生较大幅度的暂时性跳跃, 无论是暂时性正跳还是负跳, 上午跳跃的绝对值超过 0.15 的次数大于 5 次, 相对而言下午则只发生 2 次大幅度暂时性正跳, 而暂时性负跳则均较小, 即相对而言, 上午盘中不稳定因素可能更多, 进而产生较多的短暂性流动性缺失.

4.3.3 个股跳跃分析

为验证跳跃在个股层面的异质性, 本部分主要探究 30 只样本股发生的跳跃总数、跳跃频率、大小以及各类型跳跃的横截面分布. 从表 7 中可以看出, 无论是发生跳跃的数量还是频率, 与流动性排名都不存在明显的关系, 但是从图 6 中不难发现, 跳跃发生的概率与个股交易笔数存在很明显的负向关系, 一个序列的上升通常伴随着另一个序列的下降, 呈现出交叉移动的态势, 但是相对而言, 跳跃变动的幅度更大. 此研究在一定程度上说明, 一方面跳跃的发生和流动性水平并不存在稳定的负向关系, 也可能受制于流动性指标的选取, 相反宏观经济、股市政策以及公司本身的新增信息与跳跃发生关系更大, 另一方面大量的交易本身可以一定程度可弥补流动性不足所造成的极端交易, 进而减少跳跃的发生. 此外, 图 7 汇总了各个股票各类型跳跃的大小分布, 尽管由于计算的限制, 本文只选取 30 只样本, 但不难发现整体上, 随着流动性的减弱, 跳跃幅度呈

递增趋势, 因此虽然流动性和跳跃发生频率之间的关系不慎明确, 但是流动性高的股票可以更好地吸收极端订单, 进而显著降低跳跃带来的极端风险程度.

表 6 日内跳跃统计分析

时间	平均 跳跃 数量	时间	平均 跳跃 数量	时间	平均 跳跃 数量	时间	平均 跳跃 数量	时间	平均 跳跃 数量	时间	平均 跳跃 数量	时间	平均 跳跃 数量	时间	平均 跳跃 数量
09:30	4874.4	10:00	190.3	10:30	34.7	11:00	37.1	13:00	298.1	13:30	19.2	14:00	19.1	14:30	26.8
09:31	1692.5	10:01	285.4	10:31	30.7	11:01	36.8	13:01	57.3	13:31	18.2	14:01	17.9	14:31	18.7
09:32	975.4	10:02	131.4	10:32	31.8	11:02	24.7	13:02	46.9	13:32	21.9	14:02	17.5	14:32	16.8
09:33	666.2	10:03	98.2	10:33	38.1	11:03	29.7	13:03	53.1	13:33	22.9	14:03	16.0	14:33	25.2
09:34	604.1	10:04	96.7	10:34	38.8	11:04	39.5	13:04	40.5	13:34	23.4	14:04	17.4	14:34	25.5
09:35	653.7	10:05	72.2	10:35	39.5	11:05	35.1	13:05	33.9	13:35	26.8	14:05	17.9	14:35	27.2
09:36	511.4	10:06	62.2	10:36	31.5	11:06	32.4	13:06	42.1	13:36	24.5	14:06	20.1	14:36	26.2
09:37	427.5	10:07	61.9	10:37	28.8	11:07	39.0	13:07	44.3	13:37	21.7	14:07	20.8	14:37	27.4
09:38	367.6	10:08	65.9	10:38	31.5	11:08	35.4	13:08	33.2	13:38	23.0	14:08	15.1	14:38	31.5
09:39	300.3	10:09	82.6	10:39	29.1	11:09	38.4	13:09	31.5	13:39	18.6	14:09	16.1	14:39	30.1
09:40	281.7	10:10	57.3	10:40	31.2	11:10	30.8	13:10	28.6	13:40	18.8	14:10	18.1	14:40	29.0
09:41	241.9	10:11	53.7	10:41	26.1	11:11	37.6	13:11	25.7	13:41	18.6	14:11	13.7	14:41	33.2
09:42	222.4	10:12	51.4	10:42	26.3	11:12	33.5	13:12	27.3	13:42	16.5	14:12	22.6	14:42	31.6
09:43	183.4	10:13	51.3	10:43	27.1	11:13	46.9	13:13	29.2	13:43	24.6	14:13	15.3	14:43	25.1
09:44	187.9	10:14	49.6	10:44	28.9	11:14	46.1	13:14	18.1	13:44	23.5	14:14	13.5	14:44	31.9
09:45	203.2	10:15	53.4	10:45	31.8	11:15	35.7	13:15	25.6	13:45	17.7	14:15	20.4	14:45	33.6
09:46	223.4	10:16	51.6	10:46	32.0	11:16	24.7	13:16	21.3	13:46	24.7	14:16	17.4	14:46	33.7
09:47	201.3	10:17	45.4	10:47	43.8	11:17	22.7	13:17	20.2	13:47	25.9	14:17	20.1	14:47	30.6
09:48	237.4	10:18	40.4	10:48	39.0	11:18	26.1	13:18	17.6	13:48	20.2	14:18	29.6	14:48	39.0
09:49	212.9	10:19	43.9	10:49	30.9	11:19	29.6	13:19	17.8	13:49	23.5	14:19	28.2	14:49	43.1
09:50	289.2	10:20	46.9	10:50	28.8	11:20	26.9	13:20	20.6	13:50	27.3	14:20	78.3	14:50	34.9
09:51	243.6	10:21	49.0	10:51	24.6	11:21	29.9	13:21	17.1	13:51	20.7	14:21	36.1	14:51	39.5
09:52	260.6	10:22	74.5	10:52	30.5	11:22	24.5	13:22	17.0	13:52	17.9	14:22	35.4	14:52	65.0
09:53	193.0	10:23	39.5	10:53	24.4	11:23	26.1	13:23	23.3	13:53	23.3	14:23	48.0	14:53	47.1
09:54	140.6	10:24	53.7	10:54	24.3	11:24	24.1	13:24	15.5	13:54	17.2	14:24	41.8	14:54	44.6
09:55	115.3	10:25	38.4	10:55	24.9	11:25	23.6	13:25	16.0	13:55	19.4	14:25	42.1	14:55	45.0
09:56	134.0	10:26	34.8	10:56	35.5	11:26	31.5	13:26	14.2	13:56	20.5	14:26	49.2	14:56	31.5
09:57	141.3	10:27	43.8	10:57	28.1	11:27	34.1	13:27	18.0	13:57	15.8	14:27	67.4	14:57	30.1
09:58	108.6	10:28	36.6	10:58	28.5	11:28	35.1	13:28	18.5	13:58	17.1	14:28	32.9	14:58	27.6
09:59	106.4	10:29	41.6	10:59	30.6	11:29	31.1	13:29	13.4	13:59	14.5	14:29	29.8	14:59	27.6

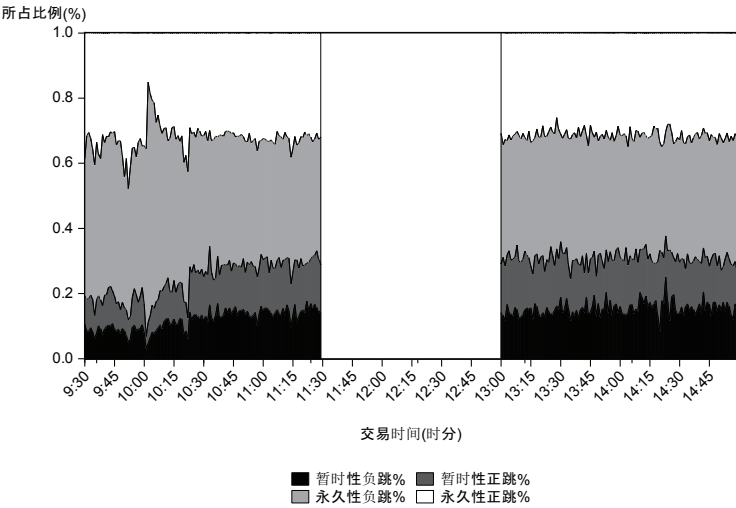


图 4 各类别跳跃日内分布

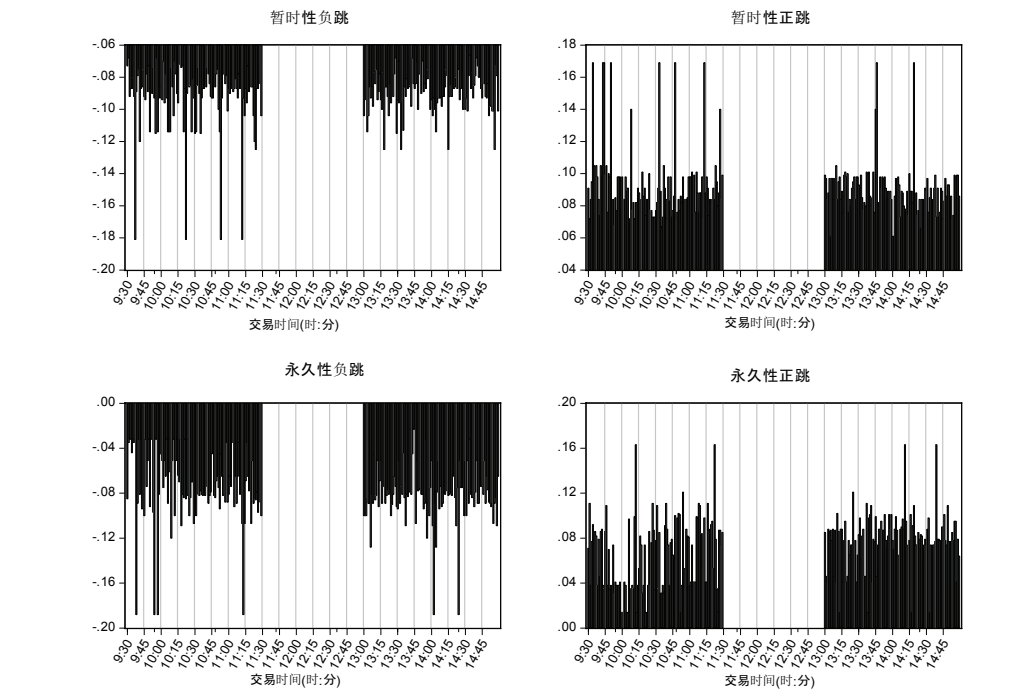


图 5 各类型跳跃大小日内分布

表 7 个股跳跃统计分析

股票名称	交易笔数	跳跃数量 (每只股票)		跳跃发生的频率 (跳跃总数 / 个股交易总数)				
		跳跃总数	跳跃平均数	跳跃总数 %	暂时性负跳 %	暂时性正跳 %	永久性负跳 %	永久性正跳 %
中国银行	12700000	3441	53.77	22.28	3.37	2.87	7.38	8.65
民生银行	6069691	10829	169.20	14.12	2.30	2.28	5.01	4.53
浦发银行	1670639	26598	466.63	193.48	9.36	11.75	102.18	70.19
招商证券	2470620	22345	385.26	46.51	6.33	7.18	17.24	15.75
南京银行	2627726	12206	206.88	73.07	9.99	9.85	27.65	25.58
中国电建	9458732	16288	254.50	23.32	2.58	2.57	8.84	9.33
太平洋	3713756	7243	113.17	60.17	9.25	9.45	21.81	19.66
中国远洋	6872872	22054	350.06	10.54	1.55	1.65	4.01	3.34
西南证券	1980510	12995	203.05	115.29	15.31	15.71	44.63	39.64
南山铝业	1364418	2675	42.46	79.24	11.23	10.19	29.81	28.00
华夏幸福	4325914	19200	325.42	14.26	2.16	2.10	5.55	4.44
上海电力	5742321	46931	733.30	327.41	17.47	17.62	183.78	108.55
长城汽车	2072518	32324	659.67	52.62	8.00	7.67	18.85	18.10
同方股份	13000000	33201	518.77	12.51	1.70	1.73	4.79	4.28
中煤能源	5189931	8570	133.91	14.88	2.03	2.05	5.48	5.33
上海医药	3661546	11490	179.53	7.31	1.04	1.20	2.75	2.32
亚盛集团	929851	5144	80.38	43.52	5.72	7.25	16.28	14.27
梅花生物	1499199	7724	120.69	102.78	13.02	13.09	41.88	34.79
广汇能源	2553485	6168	120.94	50.89	5.94	5.92	24.25	14.78
中航动力	3175606	63457	991.52	38.44	6.05	5.99	14.51	11.88
万华化学	5529201	10811	168.92	84.88	9.58	10.00	35.18	30.12
白云山	4748809	15409	240.77	69.91	8.27	8.38	27.15	26.12
宇通客车	9467585	10905	170.39	11.44	1.74	1.48	4.45	3.77
洪都航空	1807882	22834	356.78	47.81	5.84	6.53	18.71	16.74
招商轮船	2677302	14118	220.59	237.02	25.11	25.86	107.09	78.96
世茂股份	10600000	4047	63.23	24.99	3.92	3.62	9.14	8.32
新湖中宝	3312368	2146	35.18	6.48	0.95	0.99	2.43	2.11
北京城建	4896057	8644	141.70	10.51	1.71	1.57	3.94	3.28
江苏有线	6717003	188012	2937.69	21.02	2.26	2.37	8.45	7.94
中国核电	20400000	28254	763.62	1.69	0.29	0.21	0.60	0.59

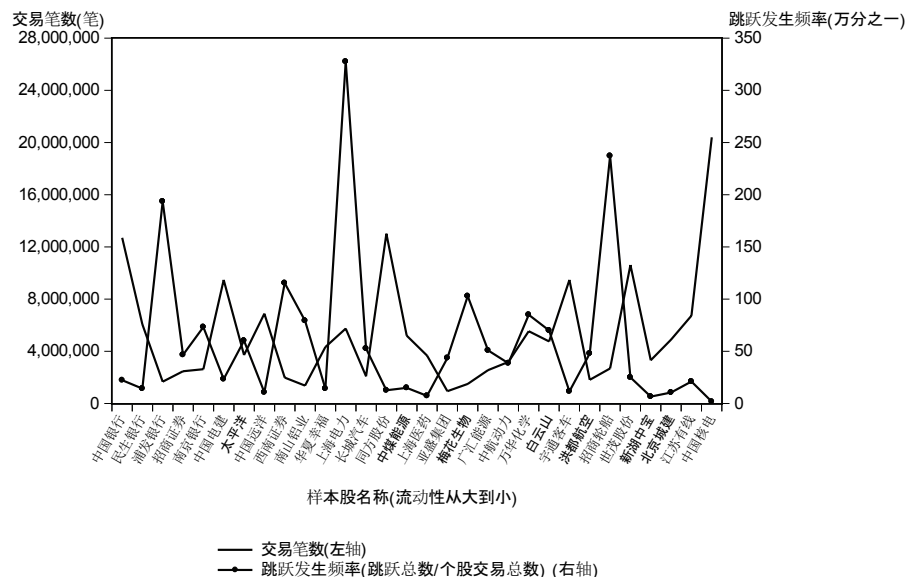


图 6 个股交易笔数及跳跃发生频率关系图

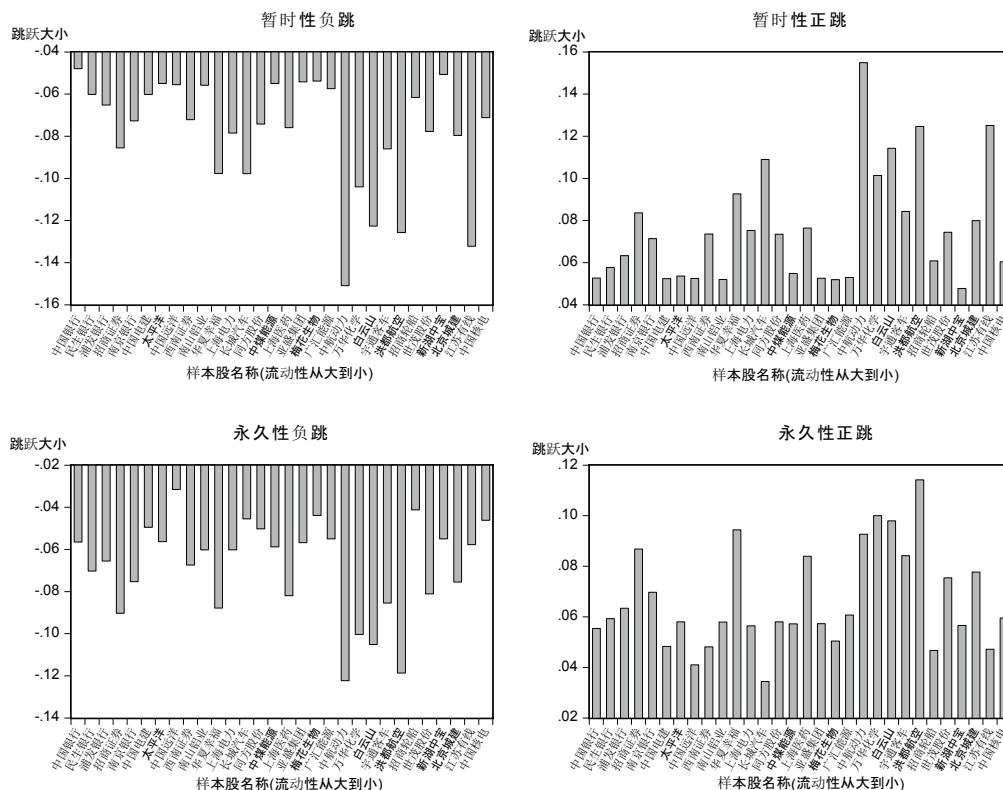


图 7 个股跳跃各类型跳跃大小分布

4.3.4 共同跳跃分析

除了从时间序列以及横截面层面对单个时点或者单个股票的跳跃行为进行分析,本文也创新性地对股灾期间的共同跳跃进行探讨。沿用 Lahaye 等^[42], Gilder 等^[43]的共同跳跃检验标准,如果在某一分钟内有大于等于两只的股票发生跳跃,那么此时刻即存在共同跳跃。而对于各类型共同跳,则定义为如果两只股票同时于某秒发生某一种类型的跳跃,那么则定义为该种类型的共同跳跃。尽管只有 30 只样本股,但是股灾期间负向跳跃的溢出效应往往更强,进而趋向于产生更多的负向共同跳跃,因此对共同跳跃进行分析将带来许多额外的信息。从图 8 可以看出,共同跳跃与跳跃分布存在明显不同,在 2015 年 5 月 29 日,6 月 29 日以及 7 月 28 日分别呈现出最高点。表 8 对每天发生的共同跳跃及各类型的共同跳跃次数进行统计,共同跳跃总数上,只有 6 月 29 日和 7 月 28 日超过 8000 次,而前者表现出较多的永久性正向跳跃,后者则相反。回顾

2015 年股市行情, 6 月 28 日央行首先提出了“双降”, 进而出现了第二天的猛烈上涨但紧跟着震荡下跌, 直至 7 月 27 日, 上证综指以 3725.56 点报收, 较前一交易日跌 8.48%; 深证成指收于 12493.05 点, 较前一交易日跌 7.59%, 创 2007 以来的最大单日跌幅。同时, 图 9 为日度共同跳跃所平均涉及的股票个数, 与图 8 不同的是, 随着央行 6 月 28 日“双降”的实施, 中国股市价格下跌得到暂时的缓和, 但是并没有出现大量的共同跳跃个数, 但 7 月 27 日, 股市的大幅跌落则涉及次日大面积股票股价的极度下跌, 占据样本股的 20%, 因此, 进一步验证股市价格对外部信息反应的不对称性和股票间普遍存在的负向溢出效应。

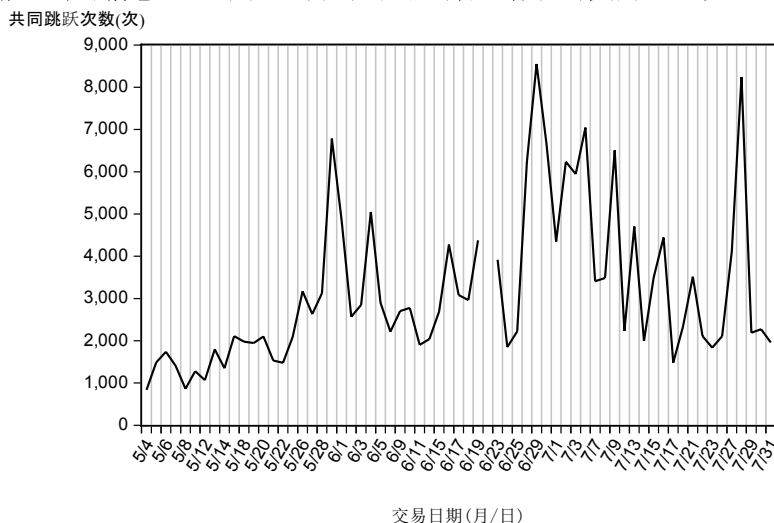


图 8 日度共同跳跃统计

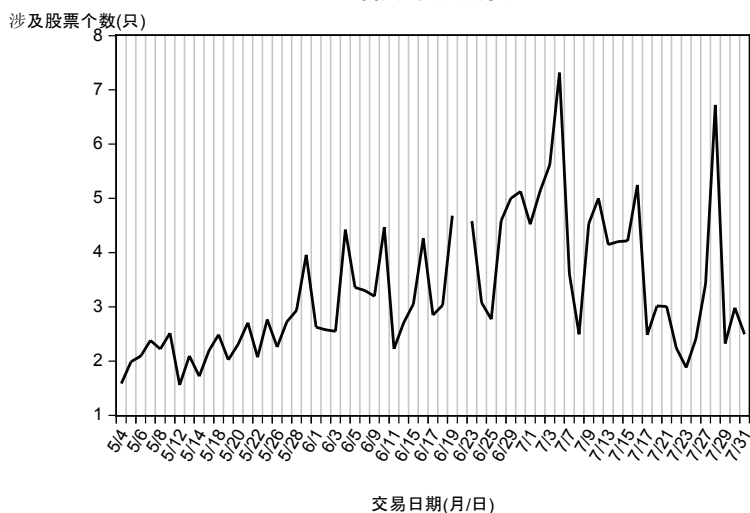


图 9 日度共同跳跃涉及的股票个数

此外, 表 9 也对日内共同跳跃分布进行统计分析, 遵循同样的共同跳跃定义, 将每段时间内共同跳跃总数进行相加, 形成 15 分钟内的跳跃共同跳跃次数, 并将该时间段每分钟共同跳跃涉及的股票个数做平均, 得出相应的该 15 分钟内的共跳所涉及的股票个数, 如表格第二栏所示。平均而言, 除每日开盘时 1.5 小时内, 每 15 分钟发生的共同跳跃次数为 3000–5000 次, 其中永久性跳跃共跳次数和暂时性共同跳跃次数与之前跳跃统计分析类似, 前者占 70%。此外, 正向共同跳跃反而略高于负向跳跃, 一定程度说明本文研究样本区间内, 即股市动荡期间, 我国股民相对更为谨慎, 日内反而对正向外部信息的追逐占更为主导地位。而对于共同跳跃涉及的股票个数的趋势上来看, 总体上存在两个高潮, 分别位于前市和后市的开盘 15 分钟内, 则反映出在此时间段内, 外部信息发生的概率较大, 进而引起股市较大的震荡。从图 10 可以进一步看出, 日度共同跳跃次数于全天交易中存在明显的“L 型”, 而涉及的股票个数则分别在上午和下午呈现出“U”型, 通过高频数据的分析进一步说明, 尽管开盘时间段存在远远高于其他时间段的共同跳跃次数, 但是投资者对信息的捕捉速度并不一致, 共同跳跃的发生具有一定的分散性。

表 8 日内共同跳跃次数统计

交易日期	跳跃总数	暂时性负跳	暂时性正跳	永久性负跳	永久性正跳	交易日期	跳跃总数	暂时性负跳	暂时性正跳	永久性负跳	永久性正跳	交易日期	跳跃总数	暂时性负跳	暂时性正跳	永久性负跳	永久性正跳
05/04	838	238	230	394	466	06/01	4863	1750	1868	3436	3869	07/01	4350	1024	1184	2245	2347
05/05	1487	362	404	739	861	06/02	2570	639	693	1328	1428	07/02	6236	1515	1531	3095	3347
05/06	1740	419	436	741	964	06/03	2849	748	800	1387	1598	07/03	5945	1325	1297	3041	3321
05/07	1407	307	308	609	701	06/04	5050	1325	1582	2749	2964	07/06	7047	1822	1736	3656	4756
05/08	862	187	182	354	435	06/05	2897	849	798	1573	1627	07/07	3410	732	818	1779	1788
05/11	1281	277	308	613	623	06/08	2217	614	613	1167	1132	07/08	3483	865	1083	2146	2124
05/12	1065	261	230	486	532	06/09	2700	715	722	1299	1452	07/09	6506	1287	1612	3423	3601
05/13	1795	376	434	848	964	06/10	2777	669	712	1378	1563	07/10	2233	561	657	1137	1320
05/14	1348	283	350	570	657	06/11	1902	421	510	898	990	07/13	4703	969	965	2907	3199
05/15	2108	454	481	1040	1058	06/12	2041	522	499	892	1083	07/14	1997	529	580	1016	1134
05/18	1979	390	444	855	1022	06/15	2688	669	673	1274	1461	07/15	3499	839	971	1714	2129
05/19	1945	414	387	858	986	06/16	4275	939	1041	2080	2428	07/16	4441	910	1052	2355	2334
05/20	2099	469	487	924	1101	06/17	3081	682	725	1390	1551	07/17	1484	323	295	648	710
05/21	1529	353	406	648	873	06/18	2961	565	716	1342	1479	07/20	2332	547	605	1124	1225
05/22	1479	343	371	675	811	06/19	4375	918	966	2066	2295	07/21	3513	696	764	1864	2171
05/25	2093	448	450	915	1040	06/23	3917	918	898	1917	2054	07/22	2108	546	525	1008	1102
05/26	3171	506	579	974	2389	06/24	1851	404	473	861	910	07/23	1834	442	445	958	1062
05/27	2630	642	605	1296	1484	06/25	2219	556	552	1069	1246	07/24	2106	495	521	1024	1069
05/28	3128	756	862	1530	1832	06/26	6233	1361	1506	3142	3402	07/27	4117	876	999	2138	2199
05/29	6783	1767	1876	3575	3748	06/29	8551	2082	2074	4440	4994	07/28	8242	1873	1812	4802	4519
						06/30	6663	1749	1589	3350	3747	07/29	2187	470	505	1020	1117
												07/30	2275	592	530	1111	1245
												07/31	1961	404	412	924	956

表 9 日内共同跳跃统计

时间 段	每 15 分钟发生共同跳跃的次数					平均每次共同跳跃涉及的股票个数				
	跳跃 总数	暂时 性负 跳	暂时 性正 跳	永久 性负 跳	永久 性正 跳	跳跃 总数	暂时 性负 跳	暂时 性正 跳	永久 性负 跳	永久 性正 跳
09Q3	101996	23240	24509	53372	58255	5.269	6.058	5.711	5.651	5.685
09Q4	25718	5286	5602	11446	12440	1.847	1.840	1.840	1.877	1.853
10Q1	7398	2006	2071	3868	4363	2.665	2.758	2.755	2.745	2.696
10Q2	5981	1535	1671	3033	3470	2.260	2.321	2.287	2.300	2.301
10Q3	5507	1378	1449	2777	3179	2.284	2.457	2.317	2.287	2.329
10Q4	5442	1396	1430	2740	3150	2.347	2.575	2.464	2.418	2.448
11Q1	6311	1627	1726	3230	3694	2.847	3.219	3.139	2.966	2.944
11Q2	5974	1466	1506	2922	3377	2.535	2.865	2.719	2.614	2.642
13Q1	7179	2013	2392	3868	4343	4.610	5.774	5.935	5.372	5.096
13Q2	4212	940	1049	1917	2314	2.263	2.450	2.408	2.392	2.322
13Q3	4497	1044	1125	2132	2510	2.507	2.728	2.549	2.655	2.604
13Q4	4242	1033	1048	1928	2376	2.140	2.294	2.135	2.214	2.196
14Q1	3822	915	947	1754	2056	2.052	2.192	2.054	2.157	2.125
14Q2	4570	1185	1290	2274	2635	2.396	2.535	2.560	2.519	2.459
14Q3	4844	1291	1292	2446	2884	2.422	2.521	2.663	2.508	2.504
14Q4	5763	1634	1632	3110	3549	3.040	3.419	3.337	3.160	3.188

4.4 微观结构变量实证分析

4.4.1 模型参数估计

滤去原始时间序列的跳跃成分之后, 便可对模型微观结构变量的系数以及波动率进行实时估计. 以往研究通常不考虑滤去跳跃, 运用常规的 Kalman 滤波对模型进行常参数估计, 一方面不能有效地滤去跳跃这种

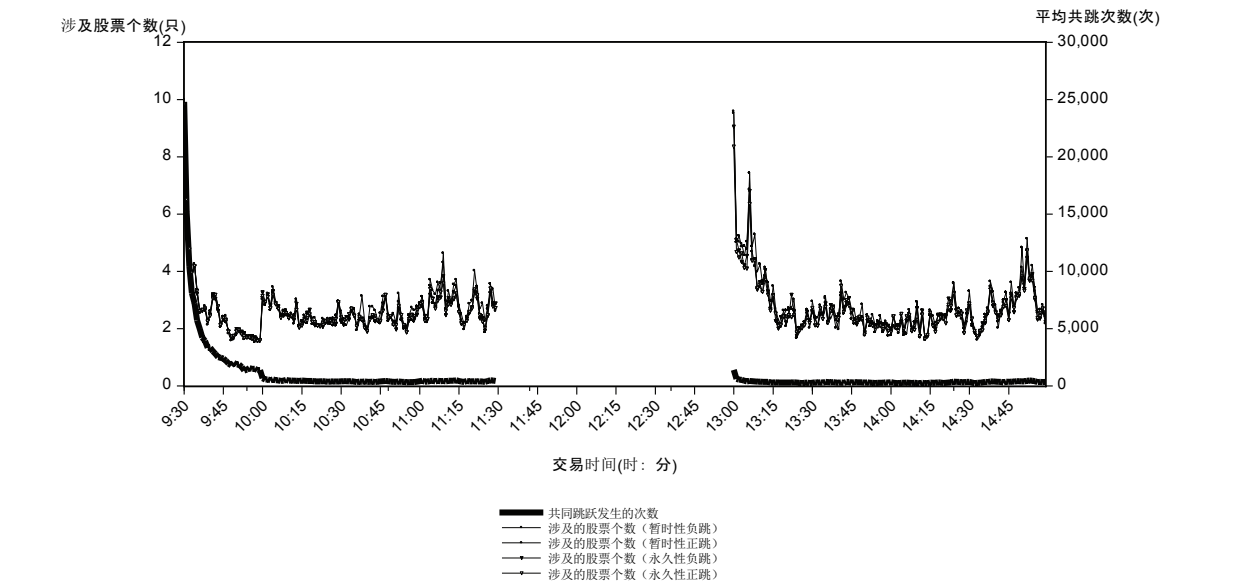


图 10 共同跳跃日内分布图

表 10 滤去跳跃成分且对参数进行实时更新的微观结构模型估计结果 (粒子滤波方法下)

股票名称	买方交易 ($\bar{\phi}^+$)	卖方交易 ($\bar{\phi}^-$)	买方交易量 ($\bar{\lambda}^+$)	卖方交易量 ($\bar{\lambda}^-$)	交易间隔 (μ)	买方新息变量 (ϕ^+)	卖方新息变量 (ϕ^-)	买方交易新息变量 (λ^+)	卖方交易新息变量 (λ^-)	状态方程噪声 (σ_m)	观测方程噪声 (σ_y)	信噪比 (σ_m/σ_y)
中国银行	0.4923	-0.4923	0.0033	-0.0050	0.0005	0.0011	0.0097	0.0097	0.0002	0.0069	0.0048	1.4220
民生银行	0.4710	-0.4710	0.0144	-0.0070	0.0155	-0.0032	0.0188	0.0041	0.0108	0.0077	0.0052	1.4754
浦发银行	0.4953	-0.4953	0.0217	-0.0124	0.0198	0.0060	0.0326	0.0148	0.0148	0.0086	0.0056	1.5330
招商证券	0.6728	-0.6728	0.0355	-0.0321	0.0246	-0.0015	0.1150	0.1203	0.0255	0.0117	0.0069	1.6957
南京银行	0.6086	-0.6086	0.0258	-0.0293	0.0106	0.0139	0.1011	0.1131	0.0128	0.0104	0.0064	1.6156
中国电建	0.5700	-0.5700	0.0107	-0.0143	0.0085	0.0142	0.0324	0.0346	0.0084	0.0081	0.0054	1.4952
太平洋	0.5027	-0.5027	0.0091	-0.0122	0.0053	0.0076	0.0362	0.0421	0.0060	0.0078	0.0053	1.4892
中国远洋	0.5667	-0.5667	0.0096	-0.0169	0.0097	0.0121	0.0322	0.0434	0.0119	0.0081	0.0053	1.5101
西南证券	0.6045	-0.6045	0.0215	-0.0252	0.0090	0.0086	0.1131	0.1366	0.0111	0.0103	0.0063	1.6273
南山铝业	0.4568	-0.4568	0.0099	-0.0127	0.0014	0.0101	0.0435	0.0459	0.0020	0.0076	0.0052	1.4755
华夏幸福	0.8378	-0.8378	0.0423	-0.0415	0.0204	0.0266	0.1813	0.1874	0.0187	0.0150	0.0087	1.7344
上海电力	0.9014	-0.9014	0.0053	-0.0267	0.0428	0.0176	0.0228	0.0631	0.0515	0.0114	0.0066	1.7398
长城汽车	1.0533	-1.0533	0.0459	-0.0740	0.0356	0.0592	0.2382	0.3947	0.0078	0.0155	0.0090	1.7247
同方股份	0.7746	-0.7746	0.0240	-0.0439	0.0127	0.0113	0.1065	0.1416	0.0191	0.0110	0.0065	1.6895
中煤能源	0.5320	-0.5320	0.0137	-0.0173	0.0047	0.0150	0.0440	0.0543	0.0072	0.0083	0.0055	1.5050
上海医药	0.6478	-0.6478	0.0118	-0.0216	0.0225	0.0207	0.0860	0.1202	0.0300	0.0113	0.0068	1.6563
亚盛集团	0.5051	-0.5051	0.0108	-0.0156	0.0035	0.0087	0.0456	0.0562	0.0052	0.0079	0.0053	1.4982
梅花生物	0.5150	-0.5150	0.0126	-0.0175	0.0033	0.0066	0.0466	0.0551	0.0050	0.0080	0.0054	1.4924
广汇能源	0.5048	-0.5048	0.0161	-0.0144	0.0023	0.0005	0.0558	0.0497	0.0002	0.0077	0.0052	1.4920
中航动力	2.0191	-2.0191	0.0728	-0.1466	0.0042	0.0520	0.4329	0.6156	0.0493	0.0253	0.0112	2.3912
万华化学	0.7489	-0.7489	0.0425	-0.0235	0.0106	0.0128	0.2565	0.2275	0.0056	0.0138	0.0080	1.7309
白云山	1.0044	-1.0044	0.0480	-0.0523	0.0097	0.0067	0.3289	0.3518	0.0111	0.0192	0.0109	1.8087
宇通客车	0.6283	-0.6283	0.0297	-0.0084	0.0311	-0.0065	0.1303	0.0833	0.0221	0.0114	0.0068	1.6655
洪都航空	1.1581	-1.1581	0.0504	-0.0600	0.0246	0.0424	0.3162	0.3627	0.0303	0.0187	0.0100	1.8833
招商轮船	0.5649	-0.5649	0.0071	-0.0149	0.0045	0.0043	0.0298	0.0474	0.0083	0.0080	0.0054	1.4890
世茂股份	0.6232	-0.6232	0.0124	-0.0114	0.0208	0.0112	0.1382	0.1242	0.0178	0.0113	0.0068	1.6621
新潮中宝	0.4674	-0.4674	0.0096	-0.0121	0.0004	0.0064	0.0436	0.0451	0.0008	0.0076	0.0052	1.4675
北京城建	0.6296	-0.6296	0.0221	-0.0306	0.0075	0.0195	0.1441	0.1722	0.0113	0.0115	0.0068	1.6805
江苏有线	2.0792	-2.0792	0.0098	-0.1172	0.0779	0.0177	0.0969	0.2158	0.0875	0.0183	0.0082	2.1074
中国核电	0.7439	-0.7439	0.0108	-0.0221	0.0175	0.0183	0.0480	0.0253	0.0102	0.0090	0.0058	1.5422

极端波动对交易价格序列产生的影响, 另一方面不能刻画出微观结构参数的实时走势. 因此, 本文考虑参数随时间变化以及跳跃滤波因素, 运用贝叶斯方法对模型进行实时逐笔估计, 以进一步讨论交易对价格水平的动态影响模式.

表 10 呈现出 30 只样本股各微观结构变量时变系数的平均值, 买方交易、卖方交易、买方交易量和卖方交易量为观测函数中的微观结构变量系数, 而交易间隔、买方新息变量、卖方新息变量、买方交易量新息变量以及卖方交易量新息变量则为状态方程系数. 当为买(卖)方发起的交易时, 买(卖)方交易变量为 1, 反之为 0, 因此, 和实际交易一致, 买方发起交易增多, 价格上涨, 反之下跌. 对于交易量变量得出同样的结果, 但是不同的是, 交易方向变量存在很稳定的对称性, 交易量变量系数结果却并不甚一致, 存在明显的异质性, 依赖于该股票每笔交易量的大小分布以及价格对于交易量的敏感度, 整体而言, 流动性水平越低的公司, 价格对交易量变量的敏感度越高. 状态方程中, 尽管交易间隔变量系数并不完全一致, 但从大部分结果可以看出, 每笔交易的平均间隔增加, 股票价值呈现出上升的态势. 对于四个新息变量, 反映出交易中存在的未预期到的成分, 也几乎都与股票价值呈现出正相关关系, 即若价格变量和交易量变量的未预期成分为正, 则代表存在未预期到的买方交易倾向, 进而伴随着下一期股票价值的上升. 其中, 针对买卖双方系数的关系, 交易方向新息变量系数并不存在明显一致趋势, 但买方交易量信息变量系数则明显高于相应的卖方系数, 4.4.2 节将进一步探究交易方向对价格的影响. 此外, 通过比较观测方程和状态方程噪声, 发现前者稳定地小于后者, 说明对于价值层面的不确定性信息往往会带来更多的微观结构噪声.

为了进一步探究不同市场状态下微观结构变量对于价格的影响, 随后, 本文以 2015/05–2015/07 内的上证综指最高点(06/12)及最低点(07/09)为界限, 将样本分为三个子区间, 进而探讨牛市、熊市以及平稳调整期中样本股对微观结构变量的反应. 通过对比表 11~13 中观测方程系数, 可以发现, 牛市中即 06 月 12 日之前, 交易方向和交易量系数的绝对值都最小, 即交易信息对于价格的影响最小, 而对于随后的熊市中则反之, 震荡调整期的系数绝对值水平居中. 此外, 状态方程中则不能发现随市场行情而变化的一致规律. 另外, 对于噪声成分, 也发现类似规律. 无论是状态方程还是观测方程, 牛市中噪声因素都最小, 其次是平稳期, 熊市中则存在较大的噪声交易.

表 11 滤去跳跃成分且对参数进行实时更新的微观结构模型估计结果 (2016/05/04–2016/06/11)

股票名称	买方交易 ($\bar{\phi}^+$)	卖方交易 ($\bar{\phi}^-$)	买方交易量 ($\bar{\lambda}^+$)	卖方交易量 ($\bar{\lambda}^-$)	交易间隔 (μ)	买方新息变量 (ϕ^+)	卖方新息变量 (ϕ^-)	买方交易新息变量 (λ^+)	卖方交易新息变量 (λ^-)	状态方程噪声 (σ_m)	观测方程噪声 (σ_y)	信噪比 (σ_m/σ_y)
中国银行	0.4903	-0.4903	0.0007	0.0018	0.0004	0.0003	0.0034	0.0036	0.0005	0.6742	0.4774	1.4504
民生银行	0.4347	-0.4347	0.0092	0.0061	0.0092	-0.0021	0.0097	0.0052	0.0081	0.7380	0.5091	1.4770
浦发银行	0.4435	-0.4435	0.0095	0.0076	0.0128	0.0003	0.0091	0.0053	0.0121	0.7652	0.5185	1.6678
招商证券	0.6189	-0.6189	0.0266	0.0243	0.0307	-0.0024	0.0613	0.0737	0.0320	1.0857	0.6514	1.5655
南京银行	0.5166	-0.5166	0.0141	0.0152	0.0164	0.0007	0.0651	0.0614	0.0163	0.9034	0.5777	1.5030
中国电建	0.5914	-0.5914	0.0087	0.0140	0.0112	0.0154	0.0231	0.0305	0.0117	0.8003	0.5280	1.4759
太平洋	0.4759	-0.4759	0.0067	0.0093	0.0069	0.0042	0.0204	0.0271	0.0082	0.7699	0.5219	1.4981
中国远洋	0.5535	-0.5535	0.0060	0.0150	0.0130	0.0115	0.0147	0.0301	0.0154	0.8023	0.5357	1.5945
西南证券	0.5562	-0.5562	0.0091	0.0110	0.0169	-0.0004	0.0560	0.0723	0.0202	0.9693	0.6067	1.4635
南山铝业	0.4476	-0.4476	0.0063	0.0093	0.0038	0.0064	0.0262	0.0293	0.0042	0.7389	0.5056	1.6425
华夏幸福	0.6914	-0.6914	0.0258	0.0242	0.0245	0.0293	0.1057	0.1196	0.0242	1.3880	0.8501	1.7886
上海电力	0.9865	-0.9865	0.0014	0.0280	0.0545	0.0227	0.0006	0.0553	0.0661	1.2177	0.6842	1.7176
长城汽车	0.7294	-0.7294	0.0034	0.0001	0.0562	0.0286	0.0608	0.0820	0.0562	1.3182	0.7634	1.7194
同方股份	0.8031	-0.8031	0.0189	0.0332	0.0242	0.0021	0.0882	0.1247	0.0310	1.1397	0.6617	1.4683
中煤能源	0.4812	-0.4812	0.0081	0.0115	0.0059	0.0075	0.0275	0.0303	0.0065	0.7810	0.5324	1.6148
上海医药	0.6021	-0.6021	0.0009	0.0128	0.0289	0.0248	0.0319	0.0691	0.0372	1.0570	0.6586	1.4872
亚盛集团	0.4974	-0.4974	0.0074	0.0123	0.0059	0.0089	0.0305	0.0417	0.0077	0.7729	0.5206	1.4707
梅花生物	0.4710	-0.4710	0.0060	0.0087	0.0066	0.0096	0.0233	0.0283	0.0078	0.7550	0.5146	1.4772
广汇能源	0.5120	-0.5120	0.0122	0.0139	-0.0008	-0.0039	0.0539	0.0443	-0.0049	0.7402	0.5010	2.2963
中航动力	1.5302	-1.5302	0.0392	0.0643	0.0742	0.0302	0.3454	0.4490	0.0897	2.4454	1.0812	1.6441

表 11(续)

股票名称	买方交易 ($\bar{\phi}^+$)	卖方交易 ($\bar{\phi}^-$)	买方交易量 ($\bar{\lambda}^+$)	卖方交易量 ($\bar{\lambda}^-$)	交易间隔 (μ)	买方新息变量 (ϕ^+)	卖方新息变量 (ϕ^-)	买方交易新息变量 (λ^+)	卖方交易新息变量 (λ^-)	状态方程噪声 (σ_m)	观测方程噪声 (σ_y)	信噪比 (σ_m/σ_y)
万华化学	0.6043	-0.6043	0.0128	0.0098	0.0271	0.0156	0.1163	0.1311	0.0288	1.2494	0.7619	1.7474
白云山	0.9421	-0.9421	0.0249	0.0284	0.0297	-0.0166	0.1859	0.2231	0.0403	1.6786	0.9620	1.5949
宇通客车	0.5758	-0.5758	0.0085	0.0037	0.0289	-0.0033	0.0657	0.0590	0.0283	1.0916	0.6851	1.8445
洪都航空	1.0524	-1.0524	0.0378	0.0287	0.0532	0.0186	0.2484	0.2813	0.0550	1.9735	1.0793	1.4585
招商轮船	0.4920	-0.4920	0.0026	0.0059	0.0063	-0.0067	0.0138	0.0174	0.0072	0.7593	0.5201	1.6699
世茂股份	0.6101	-0.6101	0.0019	0.0100	0.0252	0.0066	0.1273	0.1268	0.0262	1.1441	0.6849	1.4552
新潮中宝	0.4579	-0.4579	0.0061	0.0085	0.0026	0.0046	0.0276	0.0298	0.0032	0.7440	0.5119	1.6145
北京城建	0.5262	-0.5262	0.0106	0.0185	0.0159	0.0133	0.0618	0.0902	0.0212	1.0695	0.6616	2.5064
江苏有线	3.2800	-3.2800	0.0170	0.2245	0.1032	0.0023	0.1868	0.3805	0.1144	2.4590	0.9371	1.2954
中国核电	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	-0.0003	0.0000	1.1472	0.8992	0.0000

注: 由于该子样本区间内中国核电只有一天存在有效交易, 因此对该区间内该样本的参数估计不具有代表性。

表 12 滤去跳跃成分且对参数进行实时更新的微观结构模型估计结果 (2016/06/12-2016/07/08)

股票名称	买方交易 ($\bar{\phi}^+$)	卖方交易 ($\bar{\phi}^-$)	买方交易量 ($\bar{\lambda}^+$)	卖方交易量 ($\bar{\lambda}^-$)	交易间隔 (μ)	买方新息变量 (ϕ^+)	卖方新息变量 (ϕ^-)	买方交易新息变量 (λ^+)	卖方交易新息变量 (λ^-)	状态方程噪声 (σ_m)	观测方程噪声 (σ_y)	信噪比 (σ_m/σ_y)
中国银行	0.4973	-0.4973	0.0048	0.0064	0.0013	0.0016	0.0131	0.0120	0.0002	0.6974	0.4884	1.4289
民生银行	0.5204	-0.5204	0.0181	0.0084	0.0230	-0.0097	0.0268	0.0037	0.0142	0.8113	0.5363	1.5037
浦发银行	0.6040	-0.6040	0.0339	0.0205	0.0301	0.0069	0.0578	0.0320	0.0214	1.0059	0.6175	1.6222
招商证券	0.7561	-0.7561	0.0463	0.0417	0.0208	-0.0116	0.1363	0.1824	0.0302	1.3000	0.7397	1.7589
南京银行	0.7257	-0.7257	0.0331	0.0401	0.0096	0.0164	0.1219	0.1530	0.0159	1.2116	0.7194	1.6890
中国电建	0.5203	-0.5203	0.0119	0.0139	0.0085	0.0100	0.0323	0.0310	0.0084	0.8132	0.5490	1.4832
太平洋	0.5452	-0.5452	0.0141	0.0178	0.0053	0.0095	0.0667	0.0693	0.0045	0.8338	0.5478	1.5232
中国远洋	0.6077	-0.6077	0.0122	0.0171	0.0119	0.0172	0.0502	0.0522	0.0114	0.8288	0.5410	1.5342
西南证券	0.6398	-0.6398	0.0330	0.0397	0.0002	0.0107	0.1639	0.1998	0.0056	1.1682	0.6861	1.6957
南山铝业	0.4681	-0.4681	0.0180	0.0167	-0.0002	0.0074	0.0772	0.0710	-0.0010	0.8065	0.5379	1.4997
华夏幸福	1.0345	-1.0345	0.0593	0.0602	0.0200	0.0134	0.2672	0.2579	0.0134	1.5487	0.8338	1.8598
上海电力	0.8650	-0.8650	0.0106	0.0282	0.0274	0.0019	0.0543	0.0838	0.0350	1.0309	0.6082	1.6978
长城汽车	0.6353	-0.6353	0.0052	-0.0003	0.0456	0.0007	0.0605	0.1085	0.0540	1.2273	0.7352	1.6716
同方股份	0.7420	-0.7420	0.0349	0.0427	0.0095	-0.0032	0.1505	0.1799	0.0168	1.1569	0.6720	1.7265
中煤能源	0.5966	-0.5966	0.0162	0.0231	0.0052	0.0180	0.0525	0.0751	0.0109	0.8803	0.5715	1.5426
上海医药	0.7294	-0.7294	0.0202	0.0427	0.0077	0.0086	0.1569	0.2221	0.0213	1.3093	0.7699	1.6987
亚盛集团	0.5212	-0.5212	0.0155	0.0171	0.0016	0.0094	0.0757	0.0881	0.0047	0.8446	0.5535	1.5294
梅花生物	0.5774	-0.5774	0.0214	0.0285	-0.0003	-0.0021	0.0807	0.0920	0.0022	0.8950	0.5828	1.5342
广汇能源	0.5072	-0.5072	0.0218	0.0170	0.0045	-0.0006	0.0637	0.0610	0.0039	0.8185	0.5403	1.5149
中航动力	2.1693	-2.1693	0.1107	0.1705	-0.0198	0.0103	0.6136	0.7950	0.0119	2.8018	1.2662	2.4539
万华化学	0.9494	-0.9494	0.0888	0.0414	-0.0008	-0.0092	0.4793	0.3678	-0.0236	1.6632	0.8902	1.8779
白云山	1.0792	-1.0792	0.0960	0.0934	-0.0265	0.0396	0.5548	0.5867	-0.0376	2.5857	1.5338	1.7628
宇通客车	0.7045	-0.7045	0.0507	0.0116	0.0292	-0.0078	0.1913	0.1369	0.0177	1.2474	0.7129	1.7324
洪都航空	1.4063	-1.4063	0.0644	0.0840	0.0005	0.0275	0.4917	0.5257	-0.0014	1.8430	0.9031	2.0267
招商轮船	0.6930	-0.6930	0.0146	0.0249	0.0014	0.0177	0.0586	0.0897	0.0083	0.8893	0.5789	1.5343
世茂股份	0.6460	-0.6460	0.0202	0.0131	0.0176	-0.0005	0.1566	0.1356	0.0151	1.1459	0.6834	1.6869
新潮中宝	0.4912	-0.4912	0.0142	0.0175	-0.0014	0.0090	0.0638	0.0686	-0.0002	0.8027	0.5383	1.4931
北京城建	0.8198	-0.8198	0.0350	0.0407	-0.0021	0.0299	0.2418	0.2924	0.0054	1.3076	0.7352	1.7773
江苏有线	0.9118	-0.9118	-0.0018	0.0115	0.0578	0.0209	-0.0053	0.0424	0.0679	1.1872	0.6823	1.7458
中国核电	0.9381	-0.9381	0.0177	0.0302	0.0261	0.0198	0.0943	0.0217	0.0052	1.0497	0.6366	1.6066

表 13 滤去跳跃成分且对参数进行实时更新的微观结构模型估计结果 (2016/07/09–2016/07/31)

股票名称	买方交易 ($\bar{\phi}^+$)	卖方交易 ($\bar{\phi}^-$)	买方交易量 ($\bar{\lambda}^+$)	卖方交易量 ($\bar{\lambda}^-$)	交易间隔 (μ)	买方新息变量 (ϕ^+)	卖方新息变量 (ϕ^-)	买方交易新息变量 (λ^+)	卖方交易新息变量 (λ^-)	状态方程噪声 (σ_m)	观测方程噪声 (σ_y)	信噪比 (σ_m/σ_y)
中国银行	0.4896	-0.4896	0.0047	0.0072	-0.0002	0.0015	0.0137	0.0144	0.0001	0.6913	0.4859	1.4242
民生银行	0.4573	-0.4573	0.0173	0.0063	0.0147	0.0050	0.0218	0.0024	0.0101	0.7667	0.5205	1.4742
浦发银行	0.4410	-0.4410	0.0278	0.0096	0.0183	0.0149	0.0413	0.0082	0.0107	0.8518	0.5623	1.5119
招商证券	0.6737	-0.6737	0.0404	0.0355	0.0170	0.0129	0.1964	0.1332	0.0060	1.1843	0.7074	1.6711
南京银行	0.5460	-0.5460	0.0298	0.0302	0.0047	0.0286	0.1172	0.1169	0.0028	0.9492	0.6072	1.5636
中国电建	0.5536	-0.5536	0.0165	0.0157	-0.0009	0.0147	0.0655	0.0526	-0.0033	0.8227	0.5532	1.4820
太平洋	0.5183	-0.5183	0.0093	0.0130	0.0019	0.0126	0.0398	0.0469	0.0028	0.7621	0.5137	1.4843
中国远洋	0.5505	-0.5505	0.0154	0.0211	-0.0015	0.0074	0.0540	0.0661	0.0036	0.7955	0.5248	1.5100
西南证券	0.6751	-0.6751	0.0362	0.0398	0.0016	0.0255	0.1827	0.2068	-0.0030	1.0237	0.6312	1.6238
南山铝业	0.4657	-0.4657	0.0095	0.0159	-0.0017	0.0207	0.0465	0.0561	0.0005	0.7670	0.5197	1.4776
华夏幸福	0.8068	-0.8068	0.0512	0.0470	0.0143	0.0391	0.1969	0.1987	0.0145	1.6519	0.9867	1.7155
上海电力	0.7383	-0.7383	0.0089	0.0222	0.0321	0.0223	0.0425	0.0578	0.0340	1.0595	0.6369	1.6696
长城汽车	1.6600	-1.6600	0.1204	0.2033	-0.1950	0.1211	0.5528	0.9406	-0.0772	1.9714	1.1572	1.7413
同方股份	0.7681	-0.7681	0.0243	0.0574	0.0018	0.0275	0.1046	0.1394	0.0061	1.0379	0.6356	1.6367
中煤能源	0.4996	-0.4996	0.0185	0.0159	0.0021	0.0205	0.0570	0.0555	0.0012	0.8330	0.5556	1.4972
上海医药	0.6645	-0.6645	0.0305	0.0181	0.0254	0.0254	0.1395	0.1237	0.0220	1.0848	0.6349	1.7129
亚盛集团	0.5107	-0.5107	0.0130	0.0198	0.0007	0.0082	0.0494	0.0568	0.0013	0.7876	0.5279	1.4922
梅花生物	0.5058	-0.5058	0.0135	0.0177	0.0027	0.0140	0.0438	0.0500	0.0033	0.7744	0.5244	1.4791
广汇能源	0.4923	-0.4923	0.0119	0.0109	0.0027	0.0077	0.0454	0.0380	0.0009	0.7391	0.5021	1.4742
中航动力	2.2528	-2.2528	0.0704	0.1966	-0.0347	0.0800	0.3738	0.6118	0.0429	2.2340	0.9788	2.4316
万华化学	0.7969	-0.7969	0.0465	0.0295	-0.0057	0.0299	0.2711	0.2514	-0.0045	1.3203	0.7621	1.7314
白云山	1.0749	-1.0749	0.0471	0.0592	0.0064	0.0233	0.4086	0.3764	-0.0012	1.6717	0.8348	2.0455
宇通客车	0.6325	-0.6325	0.0446	0.0138	0.0375	-0.0108	0.1786	0.0656	0.0155	1.0901	0.6349	1.7142
洪都航空	1.1290	-1.1290	0.0602	0.0851	0.0007	0.0847	0.2961	0.3594	0.0150	1.7063	0.9310	1.8489
招商轮船	0.5191	-0.5191	0.0044	0.0154	0.0057	0.0035	0.0183	0.0387	0.0099	0.7597	0.5149	1.4783
世茂股份	0.6188	-0.6188	0.0173	0.0109	0.0190	0.0311	0.1330	0.1095	0.0098	1.0741	0.6625	1.6232
新潮中宝	0.4551	-0.4551	0.0123	0.0138	-0.0033	0.0075	0.0583	0.0503	-0.0055	0.7362	0.5047	1.4610
北京城建	0.6216	-0.6216	0.0339	0.0461	-0.0002	0.0213	0.2110	0.2043	-0.0061	1.1029	0.6468	1.7037
江苏有线	0.9821	-0.9821	0.0069	0.0225	0.0499	0.0436	0.0292	0.0771	0.0559	1.2880	0.7425	1.7176
中国核电	0.5925	-0.5925	0.0055	0.0158	0.0108	0.0166	0.0115	0.0284	0.0141	0.7876	0.5260	1.4915

同时, 为了更为清楚地探究各微观结构变量参数的日度和日内走势, 本文选取两只样本股, 流动性较好的中国银行和较差的洪都航空, 图 11 和图 12 分别呈现出其 9 个微观结构参数和噪声成分的日度和日内走势图, 其中日度系数为每个交易日内逐笔系数的平均, 日内系数则为 64 个交易日在该分钟内的系数平均. 从图 11 和图 12 都可以看出, 中国银行中各个系数走势相对平缓, 整体围绕着某一均值上下浮动, 波动率较小, 而洪都航空中则存在巨大震动, 进一步验证流动性较好的公司可以更好地吸收订单信息, 因此对交易变量的敏感度较低. 同时, 从图 11 可以明显发现, 微观结构系数和噪声也是随着市场状态、信息发布而发生显著波动的, 特别是于 7 月 10 号左右存在明显震荡. 图 12 中可以看出, 微观结构系数不仅与股市环境存在紧密联系, 在每个交易日内, 也呈现出显著地时变趋势, 前市开盘时段的系数绝对值水平明显高于其他任何时段. 因此, 进一步验证运用逐笔交易高频数据对微观结构模型进行实时估计至关重要, 可以更为有效地捕捉到市场信息, 是传统 Kalman 滤波所不能实现的.

4.4.2 微观结构变量对称性分析

从微观结构参数的估计结果中不难看出, 买卖订单对交易价格水平以及股票基本价值的影响并不是完全对称的, 为进一步明确该非对称性影响, 本文利用计算出的时变市场微观结构参数, 针对买、卖订单分别计算价格永久影响以及价格暂时影响指标, 具体表示为:

$$PPI^+ = \phi^+ + \lambda^+ \varepsilon_{V,k}^+, \quad PPI^- = -\phi^- + \lambda^- \varepsilon_{V,k}^- \tag{28}$$

$$TPI^+ = \bar{\phi}^+ + \bar{\lambda}^+ DV_{V,k}^+, \quad TPI^- = -\bar{\phi}^- + \bar{\lambda}^- DV_{V,k}^- \tag{29}$$

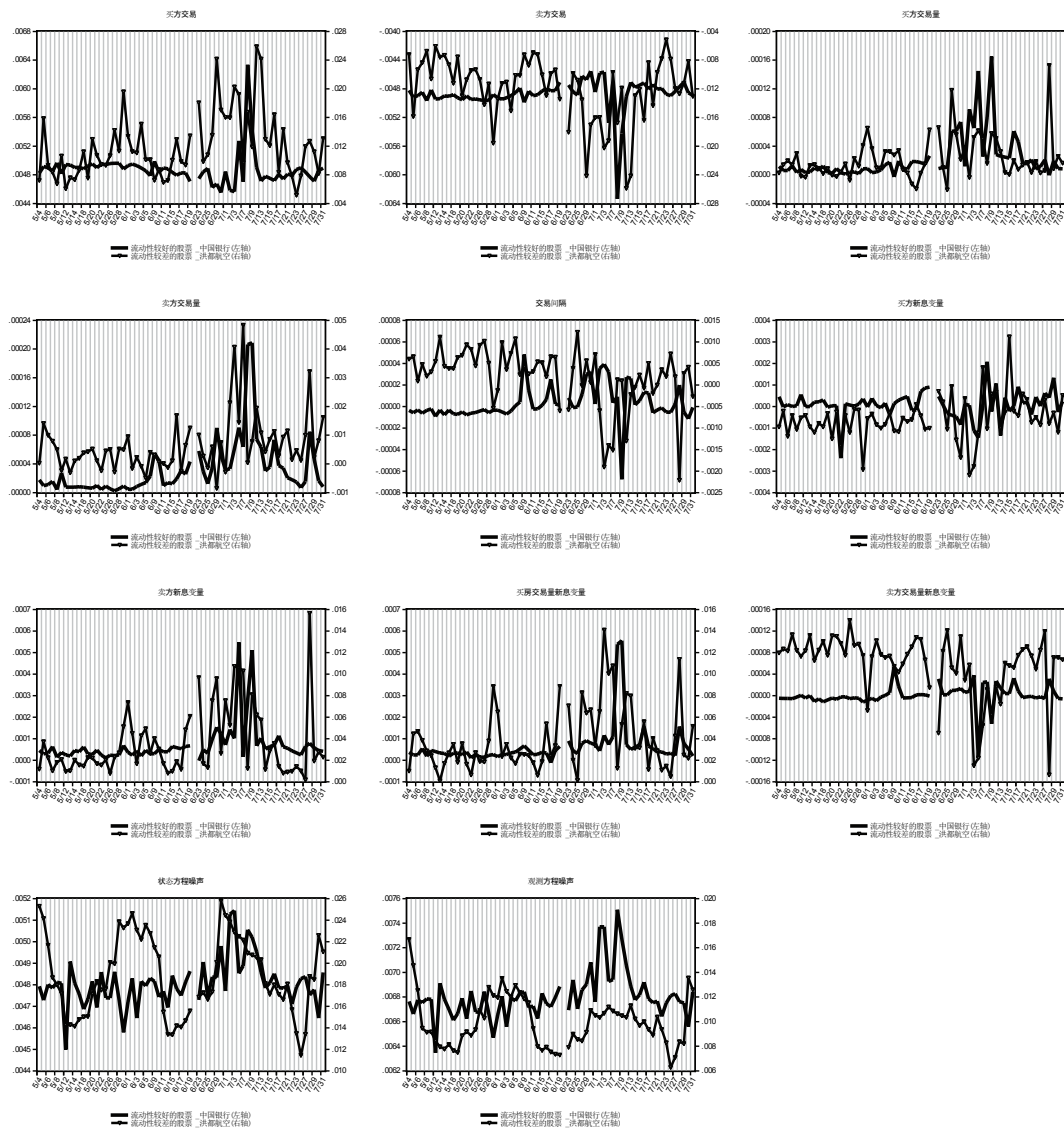
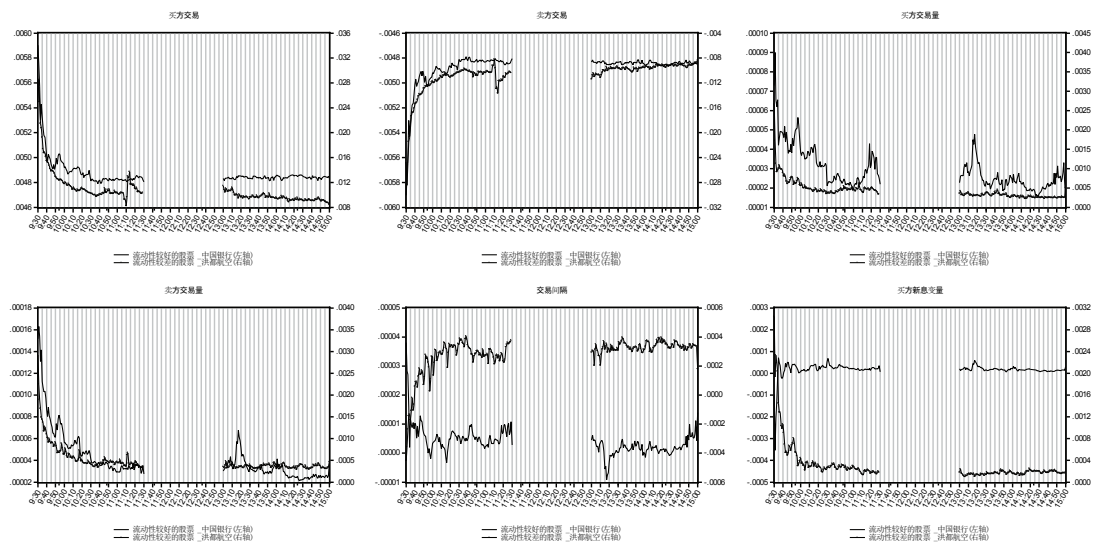


图 11 股票微观结构系数日度平均时变系数 (中国银行/洪都航空为例)



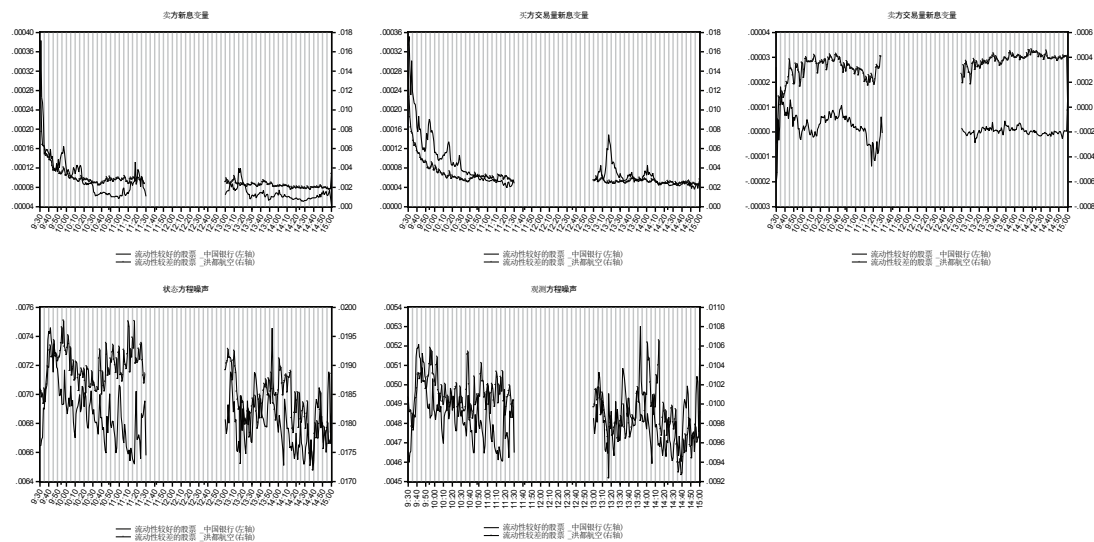


图 12 股票微观结构系数日内平均时变系数（中国银行/洪都航空为例）

表 14 买、卖发起交易对价格产生的影响

股票名称	买方发起交易			卖方发起交易		
	总影响	永久性影响	暂时性影响	总影响	永久性影响	暂时性影响
中国银行	0.522	0.018	0.504	−0.519	−0.010	−0.509
民生银行	0.526	0.005	0.522	−0.533	−0.038	−0.495
浦发银行	0.606	0.034	0.572	−0.598	−0.060	−0.537
招商证券	1.029	0.243	0.787	−0.941	−0.165	−0.776
南京银行	0.938	0.246	0.692	−0.832	−0.127	−0.705
中国电建	0.677	0.074	0.602	−0.663	−0.046	−0.617
太平洋	0.621	0.088	0.533	−0.591	−0.047	−0.544
中国远洋	0.684	0.087	0.597	−0.672	−0.052	−0.620
西南证券	0.974	0.300	0.674	−0.813	−0.136	−0.677
南山铝业	0.591	0.102	0.489	−0.550	−0.047	−0.502
华夏幸福	1.358	0.393	0.965	−1.183	−0.217	−0.966
上海电力	1.045	0.128	0.917	−1.092	−0.111	−0.981
长城汽车	1.975	0.802	1.173	−1.539	−0.253	−1.286
同方股份	1.123	0.270	0.853	−1.056	−0.141	−0.915
中煤能源	0.687	0.112	0.575	−0.645	−0.056	−0.589
上海医药	0.943	0.257	0.686	−0.858	−0.142	−0.716
亚盛集团	0.654	0.114	0.540	−0.611	−0.055	−0.556
梅花生物	0.666	0.111	0.555	−0.629	−0.056	−0.573
广汇能源	0.657	0.099	0.558	−0.610	−0.056	−0.554
中航动力	3.395	1.165	2.230	−2.953	−0.519	−2.434
万华化学	1.367	0.489	0.878	−1.091	−0.268	−0.822
白云山	1.881	0.732	1.149	−1.506	−0.348	−1.158
宇通客车	0.882	0.168	0.714	−0.827	−0.174	−0.653
洪都航空	2.053	0.744	1.308	−1.710	−0.374	−1.337
招商轮船	0.676	0.089	0.588	−0.658	−0.044	−0.614
世茂股份	0.947	0.287	0.661	−0.836	−0.176	−0.661
新潮中宝	0.594	0.095	0.499	−0.556	−0.045	−0.511
北京城建	1.074	0.375	0.699	−0.895	−0.167	−0.728
江苏有线	2.490	0.386	2.104	−2.590	−0.240	−2.350
中国核电	0.834	0.056	0.778	−0.873	−0.061	−0.812

这里 PPI 反映永久影响, TPI 反映暂时影响. 实证结果如表 14 所示, 总体上, 买方发起交易对价格水平产生的影响更大, 一定程度反映出我国股票市场中买方对投资者心理及投资行为的影响更大, 进而体现到价格

层面上.而且,无论买方还是卖方发起的交易中,永久性、暂时性影响也并不对称,暂时性影响显著大于永久性影响,部分系数甚至为后者的十倍.结合各类型跳跃分布的特征,即便永久性跳跃占据更大的比例,但是总体上暂时性跳跃对股票收益率序列波动率产生的极端影响更为强烈.进一步说明短期流动性的缺失是造成跳跃,进而投资组合损失的主要因素,而宏观经济冲击、公司公告冲击造成的永久性跳跃影响则相对弱很多.

5 结束语

本文主要通过股票价格围绕基本价值波动的基本原理,运用一般化市场微观结构模型,其中假定交易价格和基本价值的差值由交易方向和交易大小决定,而基本价值由交易方向新息、带方向交易量新息以及交易间隔决定.由于交易价格同时受到微观结构噪声以及暂时性跳跃、永久性跳跃的影响,本文首先运用粒子滤波下的离群点检测方法,检测股票高频时间序列中的暂时性和永久性跳跃成分,随后结合贝叶斯线性最小二乘(Bayesian OLS, BOLS)以及辅助粒子滤波(axillary particle filter, APF)方法对市场微观结构模型系数、状态变量以及波动率进行估计,进而克服以往非参数的跳跃检验方法的不足,实现在微观噪声结构下对跳跃进行实时检测与滤波的同时,实时更新微观市场结构参数,探讨微观结构变量对价格形成过程的影响.

论文的实证部分按流动性分布选取中国沪市180指数的30只样本股,利用64个交易日的逐笔数据进行分析.实证研究分为跳跃检验和微观结构参数两部分,结果显示,日度跳跃发生频率与外部经济冲击存在明显的一一对应关系,但与个股Amihud流动性水平并不存在稳定的相关关系,却与交易笔数呈反向波动走势.日内跳跃则存在明显的“L”型,开盘前3分钟平均跳跃总数占据全天总跳跃数量的三成以上.无论从日度还是日内模式观察,暂时性跳跃和永久性跳跃分别占据30%和70%的比例,正向负向跳则不存在非对称性效应.另外,通过横向对比分析各样本股跳跃分布以及跳跃大小,尽管跳跃数量上和流动性水平之前不存在明显关系,跳跃大小则随着流动性水平的增加而下降.共同跳跃的检验也发现一些与个别跳跃并不甚一样的结果,通过日度共同跳跃分析,发现负向冲击及溢出对通常会产生更多的共同跳跃,而日内则同样发现“L”型共同跳跃次数分布,以及双“U”型涉及的股票个数走势.

微观结构参数估计方面,通过对滤去跳跃并对系数进行实时估计,发现观测方程中无论交易方向还是交易量变量,买方交易对价格产生正向影响,卖方则反之,但交易方向存在对称性,交易量变量则不然.状态方程中,所有变量系数均为正,即说明存在非预期到的买方交易可以一定程度推动股票价值序列的增加.同时,通过呈现系数实时走势,不难发现进行实时估计的必要性.非对称性分析则更为明确的发现,我国股票市场买方对市场的影响力更大,并且暂时性跳跃对股价的影响程度远远高于永久性跳跃.并且,微观结构变量对于价格的影响程度也与市场行情密切相关,熊市中的敏感度较高,熊市微观结构噪声部分也明显高于其他样本区间.

本文弥补了以往文献的不足,相对于单纯地考虑跳跃或者微观结构噪声对波动率估计产生的影响,本文同时将交易方向、带方向交易量、交易间隔、微观噪声以及跳跃因素引入状态方程和观测方程中,利用逐笔交易数据建立全面的市场微观结构模型,可以更准确地探究我国股票高频跳跃特征、跳跃和信息的关系,实现实时滤去跳跃和噪声进而发现各交易变量对交易价格序列的作用机制,发现引起交易价格波动的主要原因,不仅有利于提高证券市场监管效率、信息透明度、完善市场机制,同时也为跳跃的检验提供了新的思路和方法,可以克服传统非参数跳跃检验方法的不足.

参考文献

- [1] Glosten L R, Milgrom P R. Bid, ask and transaction prices in a specialist market with heterogeneously informed traders[J]. Journal of Financial Economics, 1985, 14(1): 71-100.
- [2] Kyle A S. Continuous auctions and insider trading[J]. Econometrica: Journal of the Econometric Society, 1985, 53(6): 1315-1335.
- [3] Roll R. A simple implicit measure of the effective bid-ask spread in an efficient market[J]. The Journal of Finance, 1984, 39(4): 1127-1139.
- [4] Amihud Y, Mendelson H. Asset pricing and the bid-ask spread[J]. Journal of Financial Economics, 1986, 17(2): 223-249.

- [5] Brennan M J, Subrahmanyam A. Market microstructure and asset pricing: On the compensation for illiquidity in stock returns[J]. *Journal of Financial Economics*, 1996, 41(3): 441–464.
- [6] Madhavan A, Richardson M, Roomans M. Why do security prices change: A transaction-level analysis of NYSE stocks[J]. *Review of Financial Studies*, 1997, 10(4): 1035–1064.
- [7] Sadka R. Momentum and post-earnings-announcement drift anomalies: The role of liquidity risk[J]. *Journal of Financial Economics*, 2006, 80(2): 309–349.
- [8] Diamond D W, Verrecchia R E. Constraints on short-selling and asset price adjustment to private information[J]. *Journal of Financial Economics*, 1987, 18(2): 277–311.
- [9] Easley D, O'Hara M. Time and the process of security price adjustment[J]. *The Journal of Finance*, 1992, 47(2): 577–605.
- [10] Dufour A, Engle R F. Time and the price impact of a trade[J]. *The Journal of Finance*, 2000, 55(6): 2467–2498.
- [11] Rydberg T H, Shephard N. Dynamics of trade-by-trade price movements: Decomposition and models[J]. *Journal of Financial Econometrics*, 2003, 1(1): 2–25.
- [12] Bos C S. Model-based estimation of high frequency jump diffusions with microstructure noise and stochastic volatility[R]. Tinbergen Institute Discussion Paper, 2008.
- [13] Andersen T G, Bollerslev T, Diebold F X, et al. Exchange rate returns standardized by realized volatility are (nearly) Gaussian[J]. *Multinational Finance Journal*, 2000: 159–179.
- [14] Andersen T G, Bollerslev T, Diebold F X, et al. Modeling and forecasting realized volatility[J]. *Econometrica*, 2003, 71(2): 579–625.
- [15] Aït-Sahalia Y, Mykland P A, Zhang L. How often to sample a continuous-time process in the presence of market microstructure noise[J]. *Review of Financial Studies*, 2005, 18(2): 351–416.
- [16] Zhang L. Efficient estimation of stochastic volatility using noisy observations: A multi-scale approach[J]. *Bernoulli*, 2006, 12(6): 1019–1043.
- [17] Owens J P, Steigerwald D G. Noise reduced realized volatility: A Kalman filter approach[J]. *Advances in Econometrics*, 2006, 20: 211–227.
- [18] Hansen P R, Large J, Lunde A. Moving average-based estimators of integrated variance[J]. *Econometric Reviews*, 2008, 27(1–3): 79–111.
- [19] Barndorff-Nielsen O E, Hansen P R, Lunde A, et al. Subsampling realised kernels[J]. *Journal of Econometrics*, 2011, 160(1): 204–219.
- [20] Barndorff-Nielsen O E, Shephard N. Power and bipower variation with stochastic volatility and jumps[J]. *Journal of Financial Econometrics*, 2004, 2(1): 1–37.
- [21] Barndorff-Nielsen O E, Shephard N. Econometrics of testing for jumps in financial economics using bipower-variation[J]. *Journal of Financial Econometrics*, 2006, 4(1): 1–30.
- [22] Jiang G J, Oomen R C A. Testing for jumps when asset prices are observed with noise: A “swap variance” approach[J]. *Journal of Econometrics*, 2008, 144(2): 352–370.
- [23] Aït-Sahalia Y, Jacod J. Testing for jumps in a discretely observed process[J]. *The Annals of Statistics*, 2009, 37(1): 184–222.
- [24] Corsi F, Pirino D, Reno R. Threshold bipower variation and the impact of jumps on volatility forecasting[J]. *Journal of Econometrics*, 2010, 159(2): 276–288.
- [25] Fan J, Wang Y. Multi-scale jump and volatility analysis for high-frequency financial data[J]. *Journal of the American Statistical Association*, 2007, 102(480): 1349–1362.
- [26] Podolskij M, Vetter M. Estimation of volatility functionals in the simultaneous presence of microstructure noise and jumps[J]. *Bernoulli*, 2009, 15(3): 634–658.
- [27] 李胜歌, 张世英. 金融高频数据的偏差校正 “已实现” 双幂次变差 [J]. *系统工程学报*, 2008, 2(4): 392–397.
Li S G, Zhang S Y. Bias corrected bipower variation based on high-frequency financial data[J]. *Journal of Systems Engineering*, 2008, 23(4): 392–397.
- [28] 陈国进, 王占海. 我国股票市场连续性波动与跳跃性波动实证研究 [J]. *系统工程理论与实践*, 2010, 30(9): 1554–1561.
Chen G J, Wang Z H. Continuous volatility and jump volatility in China's stock market[J]. *Systems Engineering — Theory & Practice*, 2010, 30(9): 1554–1561.
- [29] 杨科, 陈浪南. 中国股市高频波动率跳跃的特征分析 [J]. *系统工程学报*, 2012, 27(4): 492–497.
Yang K, Chen L N. Jump dynamics of high-frequency volatility in Chinese stock markets[J]. *Journal of Systems Engineering*, 2012, 27(4): 492–497.
- [30] 唐勇, 张伯新. 基于高频数据的中国股市跳跃特征实证分析 [J]. *中国管理科学*, 2013, 21(5): 29–39.
Tang Y, Zhang B X. The empirical analysis of jumps characteristics of China's stock market based on high frequency data[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2013, 21(5): 29–39.
- [31] 欧丽莎, 袁琛, 李汉东. 中国股票价格跳跃实证研究 [J]. *管理科学学报*, 2011, 14(9): 60–66.
Ou L S, Yuan C, Li H D. Empirical research on jumps in stock price in Chinese stock markets[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2011, 14(9): 60–66.

- [32] 马丹, 尹优平. 噪声, 跳跃与高频价格波动: 基于门限预平均实现波动的分析 [J]. 金融研究, 2012(4): 124–139.
Ma D, Yin Y P. Noise, jump and high frequency price volatility: Based on the analysis of threshold pre-averaging realized volatility[J]. Chinese Journal of Finance, 2012(4): 124–139.
- [33] 唐勇, 寇贵明. 股票市场微观结构噪声, 跳跃, 流动性关系分析 [J]. 中国管理科学, 2012, 20(2): 11–19.
Tang Y, Kou G M. Analysis on the relationship among microstructure noise, jump and liquidity in stock market[J]. Chinese Journal of Management Science, 2012, 20(2): 11–19.
- [34] 刘志东, 严冠. 基于半鞅过程的中国股市随机波动、跳跃和微观结构噪声统计特征研究 [J]. 中国管理科学, 2016, 24(5): 18–30.
Liu Z D, Yan G. Analysis of the finer statistical characteristics of China stock market based on demimartingales process[J]. Chinese Journal of Management Science, 2016, 24(5): 18–30.
- [35] Christensen K, Oomen R C A, Podolskij M. Factor friction: Jumps at ultra high frequency[J]. Journal of Financial Economics, 2014, 114(3): 576–599.
- [36] Jondeau E, Lahaye J, Rockinger M. Estimating the price impact of trades in a high-frequency microstructure model with jumps[J/OL]. Journal of Banking and Finance, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbankfin.2015.09.005>.
- [37] Maiz C S, Miguez J, Djuric P M. Particle filtering in the presence of outliers[C]// IEEE/SP 15th Workshop on Statistical Signal Processing, IEEE, 2009: 33–36.
- [38] Madhavan A, Smidt S. A Bayesian model of intraday specialist pricing[J]. Journal of Financial Economics, 1991, 30(1): 99–134.
- [39] Hasbrouck J. The summary informativeness of stock trades: An econometric analysis[J]. Review of Financial Studies, 1991, 4(3): 571–595.
- [40] Foster F D, Viswanathan S. Variations in trading volume, return volatility and trading costs: Evidence on recent price formation models[J]. The Journal of Finance, 1993, 48(1): 187–211.
- [41] Parlour C A. Price dynamics in limit order markets[J]. Review of Financial Studies, 1998, 11(4): 789–816.
- [42] Lahaye J, Laurent S, Neely C J. Jumps, cojumps and macro announcements[J]. Journal of Applied Econometrics, 2011, 26(6): 893–921.
- [43] Gilder D, Shackleton M B, Taylor S J. Cojumps in stock prices: Empirical evidence[J]. Journal of Banking and Finance, 2014, 40: 443–459.