

DOI:10.15918/j.jbitss1009-3370.2018.3352

# 中国债券市场流动性度量方法的比较

王超, 高扬, 刘超

(北京工业大学 经济与管理学院, 北京 100124)

**摘要:** 债券市场作为非集中化场外交易市场,如何准确地度量其流动性是金融市场微观结构领域中的关键问题。基于2008—2014年中国公司债券市场的高频逐笔交易数据,计算了4种交易成本和一种价格响应指标作为高频流动性基准指标,拓展了Corwin和Schultz的High-Low估计方法,综合考虑更多的矩条件,进一步提出了新的基于价格极值的有效价差估计,通过比较多种低频流动性指标与高频基准指标间的估计误差和相关系数,研究不同的低频流动性指标对中国债券市场的适用性。实证结果表明,对于低频交易成本指标,FHT估计总是具有最小的估计误差和最强的相关性,拓展的基于价格极值的High-Low估计和Roll估计次之;对于低频价格响应指标,Amihud指标的相关性最强。不同流动性实证研究对流动性低频指标的要求侧重不同;交易策略和资产配置以及市场有效性等相关研究侧重于低频流动性指标的估计精度;资产定价等相关问题侧重于流动性指标的相关性强弱。实证研究中可以根据对中国债券市场研究问题的侧重点不同,选择恰当的流动性度量指标。

**关键词:** 公司债; 流动性度量; 买卖价差; 估计误差

中图分类号: F830.91

文献标识码: A

文章编号: 1009-3370(2018)01-0070-11

## 一、文献综述

流动性是市场微观结构理论中最核心的概念,其对公司财务、资产定价和市场有效性等方面的研究都十分重要,如何准确地度量流动性是金融市场微观结构领域中的关键问题。流动性是一个多维度的概念,包括市场的宽度(width)、深度(depth)和弹性(resiliency)等3个维度的内容<sup>[1]</sup>。在研究和应用中往往只着眼于度量流动性某一维度的指标,现有的研究主要集中在交易成本和价格响应指标两方面。如果高频的交易数据便于获取,可以利用高频逐笔交易数据计算交易成本或价格响应指标;当无法获取高频数据时,需要基于低频观测数据对流动性进行估计。由于衡量流动性的低频指标较多,如何评价这些低频指标的流动性度量效果是一个非常重要的问题。尽管大部分实际研究着重考虑低频流动性度量指标与高频基准流动性指标之间的相关性强弱,但实际上,交易成本等流动性度量指标与真实交易成本间的估计精确度也十分重要。例如,交易策略和资产配置以及市场有效性等问题侧重于交易成本指标的估计精度,而资产定价等相关问题则侧重于流动性指标的相关性强弱。因此,根据对中国债券市场问题研究的不同侧重点,选择恰当的流动性度量指标,是学术界和实务界一直关注的问题。

买卖价差(bid-ask spread)是衡量交易成本的重要组成部分,通过计算买卖价差刻画交易成本是常用的流动性度量方法。有效价差(effective spread)作为买卖价差的一种,衡量订单的实际执行成本,是指订单的成交价格与订单到达时市场的均衡价格之间的差值。有效价差实际上是由成交价格与均衡价格之间的差距决定的,而均衡价格无法直接观测到,因此需要根据观测到的价格信息对有效价差进行估计。基于低频数据估计有效价差的研究较多,最经典的方法来自Roll(1984)<sup>[2][129]</sup>提出的协方差估计,Hasbrouck(2004,2009)<sup>[3][310-312]</sup><sup>[4][448]</sup>采用基于Gibbs抽样的贝叶斯估计方法对Roll的协方差估计进行了改进,Holden(2009)<sup>[5]</sup>则在Roll模型的基础上考虑了存在不交易的可能性及影响,根据价格聚类和序列相关等思想给出

收稿日期: 2017-02-22

**基金项目:** 国家自然科学基金青年项目资助“新常态下基于进化算法的金融产业结构多目标优化研究”(61603010);国家自然科学基金青年项目资助“基于投资者交互作用的股市异常波动形成机理研究”(61603011);国家自然科学基金资助项目“多目标条件下中国金融监管系统优化与风险管理研究”(61773029);北京市社会科学基金研究基地资助项目“新常态下北京现代制造业高精尖化的金融支持研究”(16JDGLC005);2017年博士后国际交流计划派出项目资助(20170016)

**作者简介:** 王超(1986—),男,副教授,E-mail:cwang@bjut.edu.cn;高扬(1988—),女,副教授,通讯作者,E-mail:gaoyang@bjut.edu.cn;刘超(1969—),男,教授,博士生导师,E-mail:liuchao@bjut.edu.cn

了几种新的价差估计方法。Corwin 和 Schultz(2012)<sup>[67]25</sup> 进一步根据日度的最高价和最低价提出了 High-Low 方法,高扬和王明进(2014)<sup>[7]</sup>从统计推断的角度出发,研究 Roll 估计及 High-Low 估计的偏差和均方误差等问题,通过直接比较其渐近行为,在理论上证明了 High-Low 估计优于 Roll 估计。此外,基于 High-Low 方法,高扬和王明进(2014)<sup>[8]</sup>又提出了基于价格极值的拓展的有效价差的极大似然估计,交易成本的度量效果得到了进一步提高。Fong 等(2014)<sup>[9]7-8</sup> 基于资产的日收益率数据并且假设买卖双方发起的交易成本是对称的,得到了交易成本的 FHT(Fong-Holden-Trzcinka)估计。Chung 和 Zhang(2014)<sup>[10]</sup>基于 CRSP 数据库每个交易日的最后一笔买卖报价给出了低频有效价差的一种近似估计方法。除了交易成本以外,价格响应(price impact)也是常见的刻画流动性的方式。价格响应是指相对于一定数额的交易指令预期的价格改变量,在实证研究中可以通过对一定时间内价格改变量与所对应的交易量拟合回归模型得到,例如 Amihud 和 Zeros 零收益率比率指标等<sup>[11]34[12]</sup>。Goyenko(2009)<sup>[13]153-154</sup>、Fong(2014)<sup>[9]13-17</sup> 基于美国股票市场的数据对上述各种低频流动性度量方法进行了整理和比较,探讨了这些低频指标对于美国股票市场的适用性。Marshall(2012)<sup>[14]</sup>、Karnaukh(2015)<sup>[15]</sup>分别对商品期货市场和外汇市场进行了类似的研究。然而与股票、期货等市场相比,衡量债券市场的流动性是很困难的,由于债券交易不是在交易所集中进行的,因此基于日内报价数据的有效价差或买卖价差并不能直接运用于债券市场。对于债券市场,学者们一般根据交易数据设计自己的流动性度量方法,或者直接运用股票市场中的流动性测度。然而,由于债券市场的非集中化场外交易市场(Over the Counter,OTC)与股票市场的交易所集中市场不同,基于股票市场的低频流动性测度能否运用于债券市场值得进一步探索和研究。Bao(2011)<sup>[16]</sup>、Friewald(2012,2014)<sup>[17-18]</sup>研究了美国债券市场的部分流动性指标,Schestag(2016)<sup>[19]1170-1172</sup> 首次全面系统地探究了低频流动性度量指标对于美国公司债券市场的适用性,认为 High-Low 估计是最适用于美国公司债券市场的低频流动性指标。

目前对于中国金融市场流动性度量效果的比较研究还比较少,而且主要集中在股票市场,例如 Ahn 等(2012)<sup>[20]</sup>比较了包括中国市场在内的全球 21 个新兴股票市场的低频流动性指标的度量效果,但是他们选择的时间区间太短,并不具有代表性。张峥等(2013)<sup>[21]</sup>针对 1999—2009 年的中国股票市场数据进行了不同低频流动性指标的度量效果的比较,给出了 Amihud 是最适用于中国市场的低频流动性指标的结论。然而对于中国债券市场流动性的研究非常少,巴曙松和姚飞(2013)<sup>[22]</sup>采用换手率和流动性比率对交易所债券市场的流动性进行了测度,闵晓平等(2011)<sup>[23]</sup>运用交易天数、交易量等流动性指标对公司债市场的流动性进行了测算,但是很少有文献对债券市场流动性指标的度量效果进行比较研究。此外,在已有的研究中,比较不同低频指标度量效果大多是通过比较低频流动性指标与高频基准指标之间的相关系数,相关系数越高说明低频流动性指标的度量效果越好,较少有学者从低频流动性指标的估计精度的角度比较其度量效果。常用的低频流动性指标(如 Amihud 和 Zeros 等指标)仅能度量流动性的强弱,而不能给出交易成本或者价差的具体数值;而有些指标,如 Roll 的协方差估计、Hasbrouck 的 Gibbs Roll 估计、High-Low 估计和 FHT 估计等,除了可以通过它们的大小变化得到流动性强弱变化的规律,还可以准确得到当前的交易成本或者买卖价差的具体数值。由于市场微观结构中关于流动性的研究中,通常不仅需要得到流动性强弱的动态变化规律,还需要了解交易成本或者买卖价差的具体数值,因此能够获得一些衡量具体交易成本或价差结果的指标就显得尤为重要。所以本文着眼于以低频指标与高频指标之间的估计误差为衡量标准,结合常用的低频指标与高频指标间的相关系数强弱评价准则,研究中国公司债券市场低频流动性指标的适用性问题。

本文基于中国公司债券市场 2008—2014 年的高频交易数据,首先计算了 4 种交易成本和一种价格响应度量方法,并将其作为高频基准指标。然后根据日度数据计算了包括 Roll 估计、High-Low 系列估计、Gibbs Roll 估计、FHT 估计等交易成本低频月度估计以及 Amihud、拓展 Amihud 指标、Zeros 等月度价格响应度量方法。通过比较低频流动性指标与高频基准指标之间的相关性和估计误差,探索了这些低频流动性指标对于中国公司债券市场的适用性问题。实证结果表明,首先从各低频交易成本指标的估计精度角度来看,FHT 指标的估计误差最小,本文提出的拓展 High-Low 估计 HL5 和 Roll 估计的误差大小次之,说明 FHT 估计在精度上是最接近高频指标的度量方法;其次,通过比较各个指标的相关性强弱发现,对于交易成本而言,FHT 估计的相关性最强,HL5 与 Roll 估计次之,而对于价格响应指标,无论选取何种高频基准指标,Amihud 指标的度量效果均最优。因此,根据研究问题的侧重点不同,实际运用时可以有偏向性地选择适合的流动性度量指标。

相比于以往的研究,本文的贡献主要在于以下两点:一是采用了中国公司债券市场的高频交易数据,拓

展了 Corwin 和 Schultz 的 High-Low 估计方法, 综合考虑更多的矩条件进一步提出了新的基于价格极值的有效价差估计, 结合新提出的 FHT 估计等交易成本估计方法, 首次全面系统地比较了中国债券市场中多种低频流动性指标的度量效果, 并且实证结果发现新提出的 High-low 估计以及 FHT 估计等能够很好地度量中国公司债券市场的流动性; 二是结合估计精度和相关性强弱两种评价标准, 从不同的角度给出了中国债券市场低频流动性度量的比较结果, 为侧重点不同的流动性实证研究中如何选择恰当的流动性度量指标提供了理论指导和实证依据。

## 二、流动性度量方法

介绍债券市场日内高频和日间低频的流动性度量指标。基于日内高频交易数据计算的 4 种交易成本指标, 分别为四分位间距(TC\_IQR)、买卖交易差(TC\_AvgBidAsk)、Roll 日内交易成本(TC\_Roll)以及 Schultz 测度(TC\_Schultz), 以及一种价格响应度量指标(PI\_lamda); 基于日间低频交易数据计算了 4 类交易成本指标, 分别为 Roll 估计、Gibbs Roll 估计、High-Low 系列估计和 FHT 估计, 以及 3 类价格响应度量指标: Amihud 非流动性价格响应度量、拓展的 Amihud 度量指标和零收益率度量指标 Zeros。其中交易成本指标均为相对交易成本, 所有的流动性度量指标均作 Winsorize 处理。

### (一) 高频交易成本

#### 1. 四分位间距

Han 和 Zhou(2007)<sup>[24]</sup>以及 Pu(2009)<sup>[25]</sup>采用交易价格的四分位间距作为交易成本的估计, 即

$$TC\_IQR = \frac{P_t^{75th} - P_t^{25th}}{\bar{P}_t} \quad (1)$$

其中,  $P_t^{75th}$  和  $P_t^{25th}$  分别为第  $t$  天日内交易价格的上四分位数和下四分位数;  $\bar{P}_t$  为第  $t$  天的平均交易价格, 在至少发生 3 笔交易的交易日里计算 TC\_IQR, 并计算其月度均值。

#### 2. 买卖交易差

Hong 和 Warga(2000)<sup>[26]</sup>以及 Chakravarty 和 Sarkar(2003)<sup>[27]</sup>根据每个交易日买方发起的交易平均价格与卖方发起的交易平均价格之差衡量交易成本, 即

$$TC\_AvgBidAsk = \frac{\overline{P_t^{Buy}} - \overline{P_t^{Sell}}}{0.5 \times (\overline{P_t^{Buy}} + \overline{P_t^{Sell}})} \quad (2)$$

其中,  $\overline{P_t^{Buy}}$  ( $\overline{P_t^{Sell}}$ ) 为第  $t$  个交易日所有买(卖)方发起的交易价格的平均值。在至少发生一笔买(卖)交易的交易日里计算 TC\_AvgBidAsk, 并计算其月度均值。

#### 3. Roll 日内交易成本

Dick-Nielsen 等(2012)<sup>[28]</sup>基于 Roll(1984)<sup>[21][29]</sup>的协方差估计拓展了有效价差的日内形式

$$TC\_Roll = \begin{cases} 2 \times \sqrt{-Cov(r_i, r_{i-1})} & Cov(r_i, r_{i-1}) < 0 \\ 0 & Cov(r_i, r_{i-1}) \geq 0 \end{cases} \quad (3)$$

其中,  $r_i = \ln P_i - \ln P_{i-1}$  为第  $i$  笔交易的收益率。

#### 4. Schultz 测度

Schultz(2001)<sup>[29]</sup>通过估计回归方程(4)中交易方向指示变量的系数度量了公司债券市场的交易成本

$$\Delta_i = \alpha_0 + \alpha_1 D_i^{Buy} + \varepsilon_i \quad (4)$$

其中, 对于每笔交易  $i$ ,  $D_i^{Buy}$  为交易方向指示变量;  $D_i^{Buy} = 1$  表示买方发起的交易;  $D_i^{Buy} = 0$  表示卖方发起的交易;  $\Delta_i$  为交易价格与买价之差。Schestag 等(2016)<sup>[19][21]</sup>考虑相对交易成本, 将方程(4)拓展为

$$\Delta_i^{rel} = \alpha_0^{rel} + \alpha_1^{rel} D_i + \varepsilon_i \quad (5)$$

其中,  $\Delta_i^{rel}$  为交易价格与买卖报价中值之间的相对距离;  $D_i = 1$  表示买方发起的交易,  $D_i = -1$  表示卖方发起的交易。月度的买卖价差估计可以通过对一个月所有交易的观测按照式(5)进行回归得到, 因此 TC\_Schultz =

$2\alpha_1^{\text{rel}}$ 。

## (二) 高频价格响应

Hasbrouck(2004)<sup>[3]311</sup>通过估计方程(6)中的参数 $\lambda$ 给出了股票市场价格响应的高频度量。其中 $r_t$ 为股票的5分钟收益率, $Q_t$ 为带有交易方向的5分钟交易量。

$$r_t = \lambda \times \text{sign}(Q_t) \sqrt{|Q_t|} + \varepsilon_t \quad (6)$$

由于债券市场中小额交易的交易成本远大于大额交易,因此Schestag等(2016)<sup>[19]213</sup>引入了带有交易方向的截距项,改进了式(6),如方程(7)所示。此外,由于债券交易并非每个5分钟内都发生,因此在方程(7)中并未考虑5分钟的收益率,而是以两笔相邻交易的收益率作为 $r_t$

$$r_t = \alpha \times D_t + \lambda \times D_t \sqrt{|Q_t|} + \varepsilon_t \quad (7)$$

则价格响应度量  $\text{PI\_Lambda} = \lambda$ 。

## (三) 低频交易成本

### 1. Roll 估计

Roll(1984)<sup>[2]1129</sup>提出了有效价差的协方差估计,其采用的价格模型为

$$\begin{cases} P_t^o = p_t + \frac{s}{2} Q_t \\ P_t = P_{t-1} + u_t \end{cases} \quad (8)$$

其中, $P_t^o$ 为第 $t$ 天最后一笔交易的对数观测价格(即第 $t$ 天的收盘价); $p_t$ 为第 $t$ 天债券的对数真实价格; $u_t$ 为第 $t$ 天的均值为0、方差为 $\sigma^2$ 的公共信息冲击,且假定 $u_t$ 序列不相关; $s$ 为有效价差; $Q_t$ 为交易方向指示变量, $Q_t=1$ 表示买方发起的交易, $Q_t=-1$ 表示卖方发起的交易。Roll进一步假设 $Q_t$ 取1或-1的概率相等, $Q_t$ 序列是独立的,即每次交易的方向没有关联,并且与 $u_t$ 相互独立。

由Roll的模型易得

$$\Delta P_t^o = \frac{s}{2} \Delta Q_t + u_t \quad (9)$$

再据假设  $\text{Cov}(u_t, u_{t-j})=0(j \neq 0)$  及  $\text{Cov}(u_t, \Delta Q_{t-j})=0(j \neq 0)$  可得有效价差满足

$$s = 2 \sqrt{-\text{Cov}(\Delta P_t^o, \Delta P_{t-1}^o)} \quad (10)$$

利用上述关系,显然可以利用观测价格差分序列的样本自协方差函数来估计有效价差

$$\hat{S}_{\text{Roll}} = \begin{cases} 2 \sqrt{-\hat{\text{Cov}}(\Delta P_t^o, \Delta P_{t-1}^o)} & \hat{\text{Cov}} < 0 \\ 0 & \hat{\text{Cov}} \geq 0 \end{cases} \quad (11)$$

上述估计通常被称为有效价差的协方差估计,记为Roll估计。

### 2. Gibbs Roll 估计

由于Roll估计中的协方差有时为正值,得出的估计值可能存在问题,Hasbrouck(2004, 2009)<sup>[3]310-312[4]1448</sup>对Roll模型中的参数 $s$ 、 $\sigma^2$ 给出了基于Gibbs抽样的贝叶斯估计方法。Gibbs Roll的方法提高了Roll模型利用低频交易数据估计买卖价差的准确性,但是一定程度上增大了计算的负担。

### 3. High-Low 估计

Corwin和Schultz(2012)<sup>[9]725</sup>利用日内最高价和最低价所形成的价格极值提出了一种新的估计有效价差的方法。他们所考虑的模型仍然是式(8),主要的思路基于两个基本的认知:一是最高价通常是由买方发起的交易形成的,而最低价则一般是由卖方发起的交易形成的;二是一个时段里的价格极值所包含的波动率成分与时段的长度成正比,而相应的买卖价差部分则与时段的长度无关。

记第 $t$ 天里 $R_t^o$ 和 $R_t$ 分别表示观测价格的极值和真实价格的极值,价格极值即为当天所有交易的最高价与最低价之差,由第一个假设可以得到价格极值的二阶矩满足

$$\beta_2^{\Delta} = E[R_t^o] = k_2 \sigma^2 + 2k_1 \sigma + s^2 \quad (12)$$

其中, $k_1 = \sqrt{8/\pi} \approx 1.5958$ ,  $k_2 = 4 \ln 2 \approx 2.7726$ 为两个常数。

类似地,对连续两天的价格极值  $R_{t,t+1}^0$  重复上述分析过程并注意到  $E[R_{t,t+1}] = \sqrt{2}\sigma$  以及  $E[R_{t,t+1}^2] = 2\sigma^2$ , 得到

$$\gamma_2 \triangleq E[R_{t,t+1}^{02}] = k_2 2\sigma^2 + 2\sqrt{2} k_1 \sigma + s^2 \quad (13)$$

由式(12)和式(13), 可以通过迭代算法解出  $s$  和  $\sigma$  并将其表示为二阶矩  $\beta$  和  $\gamma$  的函数。Corwin 和 Schultz(2012)<sup>[6]724</sup> 注意到  $k_2 \approx k_1^2$ , 建议可以忽略两者之间的差异, 从而得出  $s$  和  $\sigma$  的显式解。那么, 利用观测价格极值的样本矩来取代式(12)和式(13)中的总体矩  $\beta_2$  及  $\gamma_2$ , 即可得到相应的买卖价差与波动率的估计

$$\hat{s}_{HL} = \frac{\sqrt{2\hat{\beta}_2} - \sqrt{\hat{\gamma}_2}}{\sqrt{2} - 1} \quad \hat{\sigma}_{HL} = \frac{\sqrt{\hat{\gamma}_2} - \sqrt{\hat{\beta}_2}}{(\sqrt{2} - 1)k_1} \quad (14)$$

其中

$$\hat{\beta}_2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n R_t^{02} \quad \hat{\gamma}_2 = \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^{n-1} R_{t,t+1}^{02} \quad (15)$$

Corwin 和 Schultz(2012)<sup>[6]723-724</sup> 利用了价格极值的两个二阶矩条件式(12)和式(13)构造了式(14)中的矩估计, 二阶矩条件既包含了有效价差的成分, 也包含了波动率的相关信息。而如果只从有效价差的角度出发, 直观地得到基于价格极值的两个一阶矩条件为

$$\beta_1 \triangleq E[R_t^0] = k_1 \sigma + s \quad (16)$$

$$\gamma_1 \triangleq E[R_{t,t+1}^0] = \sqrt{2} k_1 \sigma + s \quad (17)$$

基于这4个矩条件, 除了 Corwin 和 Schultz(2012)<sup>[6]725</sup> 的估计外, 还可以得到其余5个基于价格极值的简单矩估计

$$\hat{s}_1 = \frac{\sqrt{2\hat{\beta}_1} - \sqrt{\hat{\gamma}_1}}{\sqrt{2} - 1} \quad (18)$$

$$\hat{s}_2 = \hat{\beta}_1 - \frac{k_1}{\sqrt{k_2 - k_1^2}} \sqrt{\hat{\beta}_2 - \hat{\beta}_1^2} \quad (19)$$

$$\hat{s}_3 = \hat{\gamma}_1 - \frac{k_1}{\sqrt{k_2 - k_1^2}} \sqrt{\hat{\gamma}_2 - \hat{\gamma}_1^2} \quad (20)$$

$$\hat{s}_4 = \frac{(2k_2 - \sqrt{2} k_1^2) \hat{\beta}_1 - k_1 \sqrt{2(k_1^2 - k_2) \hat{\beta}_1 + [2k_2 + (1 - 2\sqrt{2}) k_1^2] \hat{\gamma}_2}}{2k_2 + (1 - 2\sqrt{2}) k_1^2} \quad (21)$$

$$\hat{s}_5 = \frac{(k_2 - \sqrt{2} k_1^2) \hat{\gamma}_1 + \sqrt{2} k_1 \sqrt{(k_1^2 - k_2) \hat{\gamma}_1^2 + [k_2 + (2 - \sqrt{2}) k_1^2] \hat{\beta}_1}}{k_2 + (2 - 2\sqrt{2}) k_1^2} \quad (22)$$

式(14)、式(18)~式(22)中的6种 High-Low 估计分别记为 HL、HL1~HL5。在实际的具体样本数据下, 如果基于式(14)、式(18)~式(22)得到的 HL、HL1~HL5 估计值为负数, 则将此次 High-Low 估计记为0。

#### 4.FHT 估计

Fong 等(2014)<sup>[9]7-8</sup> 通过对收益率和交易成本进行两方面的假设: (1) 真实收益率  $R_{jt}^*$  服从均值为0方差为  $\sigma_i^2$  的正态分布; (2) 交易成本  $s_j$  对称, 得到了一种新的交易成本的估计, 即 FHT 估计

$$\text{FHT} = 2\sigma_j \Phi^{-1}\left(\frac{1 + \text{Zeros}}{2}\right) \quad (23)$$

其中, Zeros 度量给出了实际中观测到的零收益率发生的频率, 即

$$\text{Zeros} = \frac{N_0}{N_T} \quad (24)$$

其中,  $N_0$  为某一时段内收益率为0的天数;  $N_T$  为某一时段内交易的天数。

### (四) 低频价格响应

#### 1. Amihud 指标

在价格响应(Price impact)指标中,Amihud(2002)<sup>[1]34</sup>提出的 Amihud 指标应用最为广泛。它通过计算日收益率与个股日交易金额的比值衡量非流动性

$$\text{Amihud} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \frac{|r_t|}{Q_t} \quad (25)$$

其中, $N$ 为一个月内交易的天数; $r_t$ 为收益率; $Q_t$ 为第 $t$ 天的交易量。

## 2. 拓展的 Amihud 指标

Goyenko 等(2009)<sup>[13]60</sup>拓展了 Amihud 非流动性价格响应度量指标,以交易成本的估计值与平均日度交易量的比值作为价格响应的度量,即

$$\text{Amihud\_extend} = \frac{\text{TCP}}{\bar{Q}} \quad (26)$$

其中,TCP 分别采用低频价差估计方法 Roll、Gibbs、HL、HL1~HL5 以及 FHT; $\bar{Q}$ 为一个月内的平均日度交易量。

## 3. Zeros 度量

Lesmond 等(1999)<sup>[30]</sup>根据零收益率出现的频率提出了一种更为简单的度量流动性的方法。这种估计方法的基础是:流动性越差的股票越容易出现交易量为零的交易日,从而在某一时段内具有更高的零收益率比率,即式(24)定义的 Zeros。

# 三、实证结果

## (一) 数据选取

本文使用的债券高频交易数据均来自锐思高频数据库,选取了上交所和深交所发行的共 944 只公司债券,由于公司债券市场在 2008 年之前的交易尚不活跃,本文选取的时间区间为 2008 年 1 月—2014 年 12 月。对于每只公司债券,高频数据的每条记录包括交易的时间、成交价格、成交量、交易方向等信息。对每只债券,根据高频数据计算其日收盘价、日最高价、日最低价、日成交量、日成交金额、日收益率,按照本文第一部分中低频交易成本和价格响应的估计方法,计算高频的流动性度量指标。由基于高频数据得到的日度数据,计算各低频指标的月度流动性估计,包括 Roll 估计、Gibbs Roll 估计、High-Low 系列估计(HL、HL1~HL5)、FHT 估计、Amihud 及拓展的 Amihud 指标(AMRoll、AMGibbs、AMHL、AMHL1~AMHL5、AMFHT)、Zeros 等,共 20 036 个月度观测值。为了比较高频流动性指标衡量流动性的效果是否一致,分别计算了 5 种高频度量方法的相关性分析结果,包括基于公司债券高频流动性基准指标的面板数据、时间序列以及横截面数据的相关性分析结果。结果表明 4 种高频交易成本基准指标 TC\_IQR、TC\_AvgBidAsk、TC\_Roll、TC\_Schultz 之间均具有显著的正向相关性,而且相关系数均较高,PI\_lamda 作为度量价格响应的高频基准指标,与其余 4 种交易成本度量指标也具有显著的正向相关性,因此可以将 TC\_IQR、TC\_AvgBidAsk、TC\_Roll、TC\_Schultz 以及 PI\_lamda 作为本文衡量低频流动性指标度量效果的基准指标。

本文以 TC\_IQR、TC\_AvgBidAsk、TC\_Roll、TC\_Schultz 和 PI\_lamda 5 种高频流动性指标为基准,通过计算各低频指标与基准指标的相关系数和估计误差两种方式评价低频指标的适用性。Goyenko 等(2009)<sup>[13]55</sup>指出,通常研究资产定价等问题时关心的是选取的交易成本指标与基准交易成本间的相关性大小,而非估计的精确度;而侧重于交易成本估计精度(例如均方误差和平均绝对误差等)的研究,大多是与市场有效性检验或公司财务等问题相关。

## (二) 相关性分析

本节比较了低频流动性度量与 TC\_IQR、TC\_AvgBidAsk、TC\_Roll、TC\_Schultz 和 PI\_lamda 5 种高频基准流动性指标之间的相关性,分别基于面板数据、时间序列数据和横截面数据计算了低频与高频流动性指标间的相关系数,如表 1~表 3 所示。

分析表 1~表 3 的结果可知,总体来看,对于交易成本指标,无论是从面板数据还是从时间序列或横截面数据角度考察低频流动性指标与 5 种高频基准指标之间的相关性,FHT 估计的相关性均最强,HL5 与 Roll 估计次之,三者之间的差距较小,而 HL 估计的效果位于 HL5 和 Roll 估计之后,并且 Gibbs Roll 估计与各高频基准指标之间的相关系数也不高,这一点与 Schestag 等(2016)<sup>[10]1172</sup>关于美国公司债券市场的研究结果存在区别。为了更直观地展示 FHT 估计、HL5 估计和 Roll 估计三者与高频交易成本基准指标之间的变化

趋势,图1展示了低频交易成本估计与TC\_IQR、TC\_AvgBidAsk、TC\_Roll、TC\_Schultz 4种高频交易成本基准指标的时间序列变化图。由于HL5为基于HL估计的改进价差估计方法,而且Schestag等(2016)<sup>[19][170]</sup>的研究结果表明HL估计为度量美国公司债券市场的最优估计,因此图1中还加入了HL估计进行比较。

由图1可以看出,FHT估计、HL5估计和Roll估计低频交易成本估计与TC\_IQR、TC\_AvgBidAsk、TC\_Roll、TC\_Schultz 4种高频交易成本基准指标之间随时间的变化趋势总体上是一致的,三者可以作为度量流动性的低频交易成本指标。

对于价格响应指标,Amihud指标的度量效果最优,其次是Amihud拓展指标中的AMFHT、AMHL5和AMRoll,三者与5种高频基准指标之间的相关性较为接近,值得注意的是,尽管Zeros指标与TC\_AvgBidAsk、TC\_Schultz高频基准指标间相关系数较高,但是其与TC\_IQR以及TC\_Roll之间的相关系数为负值,Zeros对于中国公司债券市场流动性的度量效果并不稳健。

对表2进行更为细致的分析可知,从时间序列角度来看,对于TC\_IQR和TC\_Roll指标,Roll估计的相关性最强,FHT估计次之,排在第三位的为HL5估计;对于TC\_AvgBidAsk和TC\_Schultz指标,FHT、HL5和Roll估计三者的排序为:FHT>HL5>Roll;对于PI\_lamda价格响应指标,HL5估计的相关性最强,FHT、Roll估计次之。而对于价格响应指标,Amihud指标的度量效果总是最优。

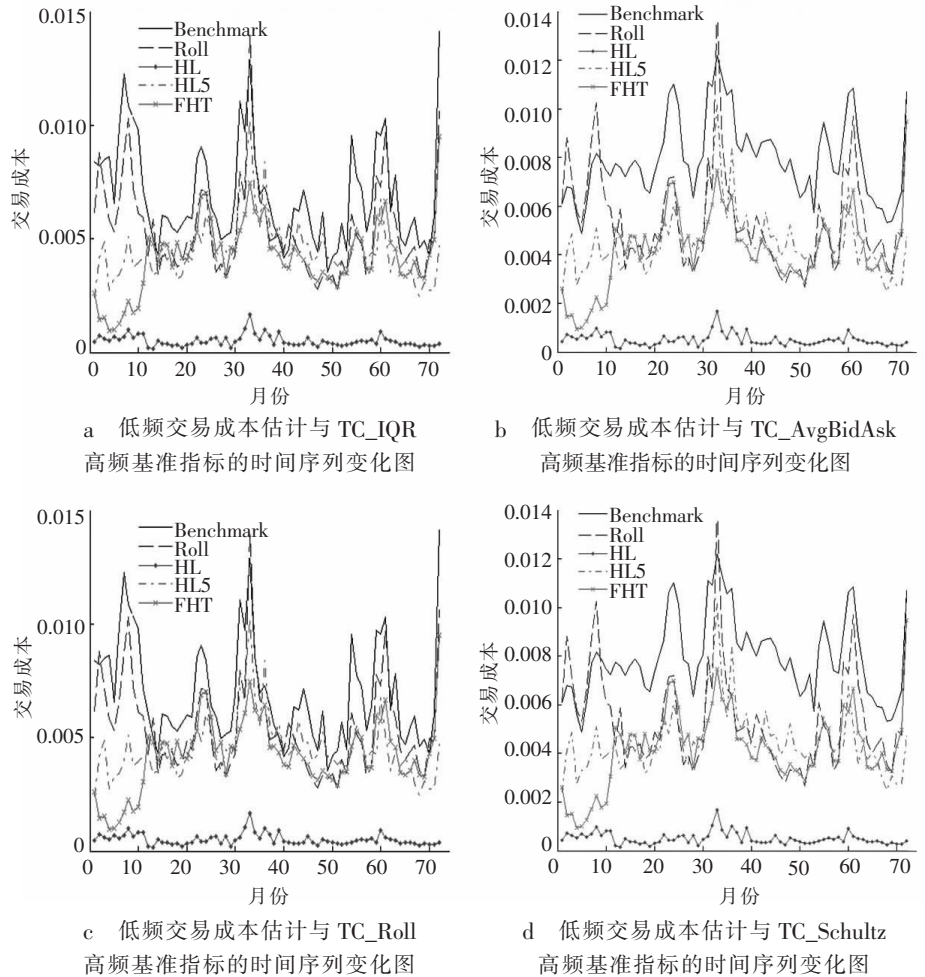


图1 低频交易成本估计与4种高频交易成本基准指标时序图

相关系数	Roll	Gibbs Roll	HL	HL1	HL2	HL3	HL4	HL5	FHT
TC_IQR	0.307 4	0.075 3	0.211 7	0.083 7	0.011 8	0.089 1	0.054 2	0.330 3	0.323 3
	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	0.091 9	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1
TC_AvgBidAsk	0.171 8	0.225 1	0.072 5	0.014 4	-0.012 8	0.019 6	0.012 3	0.189 5	0.576 7
	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	0.040 0	0.067 7	0.005 2	0.081 3	<0.000 1	<0.000 1
TC_Roll	0.368 4	0.066 8	0.049 2	-0.011 0	-0.008 0	0.030 0	0.005 3	0.297 3	0.356 6
	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	0.118 5	0.257 6	<0.000 1	0.450 1	<0.000 1	<0.000 1
TC_Schultz	0.276 5	0.037 9	0.174 7	0.056 4	-0.010 4	0.033 8	0.024 6	0.433 8	0.577 2
	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	0.137 1	<0.000 1	0.000 5	<0.000 1	<.000 1
PI_lamda	0.070 1	0.022 4	0.041 9	0.005 7	-0.001 5	0.009 9	0.002 1	0.099 9	0.170 3
	<0.000 1	0.001 4	<0.000 1	0.417 8	0.826 9	0.158 8	0.762 4	<0.000 1	<0.000 1

表1 面板数据相关性分析比较(续)

相关系数	Amihud	AMRoll	AMGibbs	AMHL	AMHL1	AMHL2	AMHL3	AMHL4	AMHL5	AMFHT	Zeros
TC_IQR	0.153 1 <0.000 1	0.023 5 0.000 9	0.024 2 0.000 6	0.015 7 0.026 5	-0.004 1 0.562 1	-0.000 4 0.951 3	0.053 7 <0.000 1	0.060 5 <0.000 1	0.012 4 0.079 5	0.035 0 <0.000 1	-0.305 0 <0.000 1
TC_Avg-BidAsk	0.375 5 <0.000 1	0.163 1 <0.000 1	0.075 0 <0.000 1	0.074 5 <0.000 1	0.049 6 <0.000 1	-0.008 7 0.217 7	0.011 4 0.107 3	0.010 0 0.155 7	0.105 0 <0.000 1	0.169 1 <0.000 1	0.661 0 <0.000 1
TC_Roll	0.486 0 <0.000 1	0.064 7 <0.000 1	-0.021 7 0.002 1	0.008 7 0.220 7	-0.010 2 0.148 1	-0.002 8 0.693 0	0.019 6 0.005 6	0.020 5 0.003 7	0.003 7 0.603 8	0.043 2 <0.000 1	-0.045 4 <0.000 1
TC_Schultz	0.429 2 <0.000 1	0.187 1 <0.000 1	0.036 5 <0.000 1	0.104 4 <0.000 1	0.051 6 <0.000 1	-0.007 0 0.318 8	0.016 6 0.018 6	0.019 3 0.006 2	0.176 9 <0.000 1	0.180 3 <0.000 1	0.391 5 <0.000 1
PI_lamda	0.195 9 <0.000 1	0.376 5 <0.000 1	0.155 6 <0.000 1	0.195 9 <0.000 1	0.097 6 <0.000 1	-0.000 9 0.904 3	0.021 1 0.002 8	0.012 9 0.068 5	0.453 9 <0.000 1	0.342 5 <0.000 1	0.117 8 <0.000 1

从横截面角度对表3进行分析可知,对于TC\_Roll指标,Roll估计的相关性最强,FHT估计次之,排在第三位的为HL5估计;对于TC\_IQR、TC\_AvgBidAsk和TC\_Schultz指标,FHT估计的相关系数最强,HL5和Roll估计次之,二者之间差距很小;对于PI\_lamda价格响应指标,FHT、HL5和Roll估计三者的排序为:HL5>FHT>Roll。对于价格响应指标,与上述分析结果一致,Amihud指标的度量效果总是最优。

表2 时间序列数据相关性分析比较

相关系数	Roll	Gibbs Roll	HL	HL1	HL2	HL3	HL4	HL5	FHT
TC_IQR	0.898 7 <0.000 1	0.158 4 0.150 1	0.383 6 0.000 3	0.071 0 0.521 1	0.074 1 0.503 0	0.234 3 0.032 0	0.112 7 0.307 3	0.360 5 <0.000 1	0.737 2 <0.000 1
TC_AvgBidAsk	0.126 2 0.252 6	0.149 2 0.175 5	0.031 4 0.776 7	-0.232 7 0.033 1	-0.107 3 0.331 5	-0.073 0 0.509 3	-0.209 3 0.056 0	0.498 7 <0.000 1	0.866 6 <0.000 1
TC_Roll	0.767 6 <0.000 1	0.175 7 0.110 0	0.245 2 0.024 6	0.057 9 0.600 9	0.000 8 0.994 6	0.257 2 0.018 2	0.173 4 0.114 7	0.318 6 0.003 1	0.331 5 0.001 1
TC_Schultz	0.478 7 <0.000 1	0.086 7 0.433 1	0.256 8 0.018 4	-0.208 2 0.057 4	-0.133 4 0.226 4	0.087 4 0.429 3	-0.196 6 0.073 1	0.706 0 <0.000 1	0.742 0 <0.000 1
PI_lamda	0.276 1 0.011 0	0.008 4 0.939 3	0.284 4 0.008 7	-0.146 3 0.184 1	-0.048 1 0.664 0	0.114 8 0.298 6	-0.134 6 0.222 4	0.477 4 <0.000 1	0.423 3 0.000 7

相关系数	Amihud	AMRoll	AMGibbs	AMHL	AMHL1	AMHL2	AMHL3	AMHL4	AMHL5	AMFHT	Zeros
TC_IQR	0.497 8 <0.000 1	0.101 7 0.357 1	0.274 0 0.011 7	-0.082 2 0.457 1	-0.032 7 0.767 5	-0.086 0 0.436 6	0.203 3 0.063 6	0.113 8 0.302 6	0.164 5 0.134 9	0.208 1 0.057 5	-0.683 0 <0.000 1
TC_Avg-BidAsk	0.679 6 <0.000 1	0.451 1 <0.000 1	0.251 7 0.020 9	0.111 8 0.311 2	0.205 9 0.060 2	-0.003 1 0.977 8	0.022 0 0.842 7	0.007 1 0.948 8	0.254 2 0.019 6	0.481 1 <0.000 1	0.630 7 <0.000 1
TC_Roll	0.655 2 <0.000 1	0.137 4 0.212 7	-0.217 3 0.047 1	-0.057 8 0.601 3	0.030 7 0.781 9	-0.096 8 0.381 0	0.190 7 0.082 4	0.190 5 0.082 6	0.154 0 0.025 5	0.110 8 0.032 2	-0.431 3 <0.000 1
TC_Schultz	0.762 0 <0.000 1	0.513 5 <0.000 1	0.172 2 0.117 2	0.078 3 0.479 3	0.114 1 0.301 6	-0.047 4 0.668 8	0.168 4 0.125 8	0.099 6 0.367 2	0.299 6 0.005 6	0.473 0 <0.000 1	0.276 0 0.011 1
PI_lamda	0.409 0 0.000 1	0.507 3 <0.000 1	0.083 7 0.448 9	0.160 8 0.143 9	-0.015 3 0.890 4	-0.072 2 0.513 9	0.107 1 0.332 1	0.143 7 0.192 3	0.592 5 <0.000 1	0.374 4 0.000 4	0.143 0 0.194 4

表3 横截面数据相关性分析比较

相关系数	Roll	Gibbs Roll	HL	HL1	HL2	HL3	HL4	HL5	FHT
TC_IQR	0.346 0 <0.000 1	0.220 8 <0.000 1	0.298 8 <0.000 1	0.202 4 <0.000 1	0.017 0 0.600 2	0.183 8 <0.000 1	0.166 7 <0.000 1	0.281 9 <0.000 1	0.347 1 <0.000 1
TC_AvgBidAsk	0.252 7 <0.000 1	0.328 5 <0.000 1	0.114 8 0.000 4	0.087 0 0.007 3	-0.054 5 0.093 3	0.093 6 0.003 9	0.094 4 0.003 6	0.261 2 <0.000 1	0.695 4 <0.000 1
TC_Roll	0.475 6 <0.000 1	0.073 8 0.023 1	0.052 3 0.107 8	-0.009 5 0.771 0	-0.031 9 0.326 9	0.010 7 0.743 3	0.002 0 0.950 3	0.186 1 <0.000 1	0.356 1 <0.000 1
TC_Schultz	0.443 5 <0.000 1	0.155 4 <0.000 1	0.255 8 <0.000 1	0.168 5 <0.000 1	-0.043 1 0.185 0	0.151 6 <0.000 1	0.149 9 <0.000 1	0.468 1 <0.000 1	0.718 6 <0.000 1
PI_lamda	0.060 8 0.061 3	0.070 1 0.030 8	0.150 0 <0.000 1	0.015 0 0.644 8	-0.010 6 0.743 6	0.007 9 0.807 7	0.007 0 0.829 5	0.251 4 <0.000 1	0.212 3 <0.000 1



表3 横截面数据相关性分析比较(续)

相关系数	Amihud	AMRoll	AMGibbs	AMHL	AMHL1	AMHL2	AMHL3	AMHL4	AMHL5	AMFHT	Zeros
TC_IQR	0.054 7	0.060 7	-0.022 8	-0.039 4	-0.027 1	-0.011 6	0.145 9	0.166 8	0.030 3	0.082 3	-0.445 1
	0.093 1	0.062 4	0.485 0	0.226 8	0.405 2	0.722 5	<0.000 1	<0.000 1	0.351 7	0.011 4	<0.000 1
TC_Avg-BidAsk	0.488 3	0.318 3	0.163 4	0.128 3	0.143 5	-0.011 2	0.117 7	0.104 7	0.244 0	0.329 6	0.717 7
	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	0.731 1	0.000 3	0.001 3	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1
TC_Roll	0.531 3	0.107 9	-0.031 6	0.029 6	-0.038 7	-0.010 2	0.074 9	0.004 9	0.041 4	0.077 7	0.021 7
	<0.000 1	0.000 9	0.332 6	0.363 3	0.235 5	0.754 1	0.021 3	0.881 2	0.204 3	0.017 0	0.505 0
TC_Schultz	0.502 3	0.317 6	0.116 8	0.122 0	0.097 8	-0.004 8	0.161 9	0.167 8	0.248 9	0.322 8	0.473 8
	<0.000 1	<0.000 1	0.000 3	0.000 2	0.002 6	0.882 7	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1
PI_lamda	0.447 3	0.507 6	0.371 5	0.660 1	0.103 5	-0.001 7	0.029 0	0.018 1	0.801 9	0.637 1	0.168 2
	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	0.001 5	0.958 5	0.374 2	0.579 4	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1

### (三)估计误差

本节采用偏差(BIAS)、均方根误差(RMSE)和平均绝对误差(MAE)作为衡量估计误差大小的标准,分别定义为

$$\begin{aligned}
 \text{BIAS} &= \frac{1}{NT} \sum_{j=1}^N \sum_{t=1}^T (\hat{S}_{jt} - S_{jt}) \\
 \text{RMSE} &= \left( \frac{1}{NT} \sum_{j=1}^N \sum_{t=1}^T (\hat{S}_{jt} - S_{jt})^2 \right)^{1/2} \\
 \text{MAE} &= \frac{1}{NT} \sum_{j=1}^N \sum_{t=1}^T |\hat{S}_{jt} - S_{jt}|
 \end{aligned} \quad (27)$$

其中,  $\hat{S}_{jt}$  为第  $j$  支债券第  $t$  月的低频流动性指标;  $S_{jt}$  为对应的高频基准交易成本;  $N$  为所有债券的数目;  $T$  为月数。由于 Amihud 指标、Zeros 和拓展的 Amihud 指标不能直接和高频指标的数值进行误差计算,因此在这一部分不考虑 Amihud、Zeros 和拓展的 Amihud 指标流动性低频指标。表 4 给出了低频交易成本度量指标与 4 种高频交易成本基准指标 TC\_IQR、TC\_AvgBidAsk、TC\_Roll 以及 TC\_Schultz 之间的估计误差结果。

表4 估计误差比较

变量	TC_IQR			TC_AvgBidAsk			TC_Roll			TC_Schultz		
	BIAS	RMSE	MAE	BIAS	RMSE	MAE	BIAS	RMSE	MAE	BIAS	RMSE	MAE
Roll	-0.003 3	0.009 4	0.004 3	0.004 9	0.012 8	0.008 0	0.001 0	0.008 8	0.004 6	0.001 9	0.010 4	0.005 6
Gibbs Roll	-0.003 3	0.009 0	0.004 5	0.007 9	0.013 1	0.009 2	0.001 1	0.008 3	0.005 0	0.005 8	0.010 5	0.006 0
HL	0.001 4	0.002 8	0.001 7	0.009 6	0.013 3	0.009 7	0.005 4	0.007 9	0.005 6	0.006 6	0.010 0	0.006 7
HL1	0.001 8	0.002 7	0.001 8	0.010 0	0.013 5	0.010 0	0.005 7	0.008 1	0.005 7	0.006 9	0.010 3	0.006 9
HL2	0.001 8	0.002 7	0.001 8	0.010 0	0.013 6	0.010 0	0.005 8	0.008 1	0.005 8	0.006 9	0.010 4	0.006 9
HL3	0.001 8	0.002 7	0.001 8	0.010 0	0.013 6	0.010 0	0.005 7	0.008 1	0.005 7	0.006 9	0.010 3	0.006 9
HL4	0.001 8	0.002 7	0.001 8	0.010 0	0.013 6	0.010 0	0.005 7	0.008 1	0.005 8	0.006 9	0.010 4	0.006 9
HL5	-0.002 5	0.008 6	0.004 0	0.005 7	0.012 7	0.008 5	0.001 5	0.010 0	0.006 0	0.002 7	0.009 2	0.005 4
FHT	-0.001 9	0.007 0	0.003 6	0.006 0	0.009 5	0.006 5	0.001 1	0.007 2	0.004 6	0.003 2	0.007 4	0.004 3

分析表 4 结果可知, 比较与 TC\_IQR、TC\_AvgBidAsk、TC\_Roll、TC\_Schultz 4 种交易成本指标之间的估计误差结果, 平均看来, 估计误差最优的为 FHT 估计, HL5 和 Roll 估计的误差位于二者之后, 这与上一节中相关性大小比较的结果是一致的; 此外, 与 Roll 估计相比, Gibbs Roll 估计尽管加重了计算负担, 但其估计的精度并无显著提高; HL 估计尽管在 Schestag 等 (2016)<sup>[9][170]</sup> 的研究结果中为度量美国公司债券市场的最优估计, 但是新提出的基于价格极值的 HL5 的估计精度和相关性强弱均显著优于 HL 估计。

## 四、结论

债券市场作为非集中化场外交易市场, 如何准确地度量其流动性对于公司财务、资产定价和市场有效性等方面的研究都十分重要。由于通常对流动性的度量不仅需要得到其强弱的动态变化规律, 大多时候还需要了解交易成本或者买卖价差的具体数值, 因此如何准确地获得衡量具体交易成本或价差结果的流动性

指标就显得较为重要。所以本文以 TC\_IQR、TC\_AvgBidAsk、TC\_Roll、TC\_Schultz 和 PI\_lamda 5 种高频流动性指标为基准,采用中国公司债券市场 2008—2014 年的数据,比较了常用的衡量交易成本和价格响应等低频流动性指标对中国债券市场流动性的度量效果。本文通过比较各低频指标与高频基准指标间的相关系数,结合低频交易成本指标与高频交易成本基准指标间的估计精度,研究中国公司债券市场低频流动性指标的适用性问题,得出结论如下。

1.通过比较各个指标的 BIAS、MAE 和 RMSE 可知,平均看来,FHT 指标的估计误差最小,HL5 和 Roll 估计次之;说明 FHT 估计在精度上是最接近高频指标的度量方法。

2.通过比较各个指标的相关性强弱发现,对于交易成本而言,FHT 估计的相关性最强,HL5 与 Roll 估计次之,而 Corwin 和 Schultz(2012)<sup>[6]725</sup> 提出的 HL 估计的效果位于 HL5 和 Roll 估计之后,并且 Gibbs Roll 估计与各高频基准指标之间的相关系数也不高,这一点与 Schestag 等(2016)<sup>[19]1170</sup> 的结果并不一致;而对于价格响应指标,无论选取何种高频基准指标,Amihud 指标的度量效果最优,其次是 Amihud 拓展指标中的 AMFHT、AMHL5 和 AMRoll,三者与 5 种高频基准指标之间的相关性强弱较为接近。

3.Gyoenko 等(2009)<sup>[13]155</sup> 指出,以相关性作评价标准时大多研究以资产定价等相关问题为目标;而侧重价差估计精度的研究,例如偏差或者均方误差等,大多是与市场有效性检验和公司财务等问题相关。因此,根据研究问题的侧重点不同,实际运用时可以有偏向性的选择适合的流动性度量指标。

本文的研究结果是对已有的流动性度量研究的补充和完善,尤其是对中国公司债券市场的流动性研究方面,提供了衡量流动性指标的新的标准和思路。本文首次较为全面系统地比较了中国公司债券市场中各种低频流动性指标的度量效果,并且实证结果发现新提出的 High-low 估计以及 FHT 估计等能够很好地度量中国公司债券市场的流动性,本文结果对进一步讨论中国债券市场流动性的影响因素以及应用等问题奠定了基础。

#### 参考文献:

- [1] KYLE A S. Continuous auctions and insider trading[J]. *Econometrica*, 1985, 53(6): 1315-1335.
- [2] ROLL R. A simple implicit measure of the effective bid - ask spread in an efficient market[J]. *Journal of Finance*, 1984, 39(4): 1127-1139.
- [3] HASBROUCK J. Liquidity in the futures pits: inferring market dynamics from incomplete data[J]. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 2004, 39(2): 305-326.
- [4] HASBROUCK J. Trading costs and returns for US equities: estimating effective costs from daily data[J]. *Journal of Finance*, 2009, 64(3): 1445-1477.
- [5] HOLDEN C. New low-frequency liquidity measures[J]. *Journal of Financial Markets*, 2009, 12: 778-813.
- [6] CORWIN S, SCHULTZ P. A simple way to estimate bid - ask spreads from daily high and low prices[J]. *Journal of Finance*, 2012, 67(2): 719-760.
- [7] 高扬, 王明进. 两种买卖价差估计渐进性质比较[J]. *金融学季刊*, 2014, 8(1): 34-56.
- [8] 高扬, 王明进. 有效价差的极大似然估计[J]. *数量经济技术经济研究*, 2014(5): 133-150.
- [9] FONG K Y L, HOLDEN C W, TRZCINKA C. What are the best liquidity proxies for global research? [R]. Sydney: University of New South Wales, 2014.
- [10] CHUNG K H, ZHANG H. A simple approximation of intraday spreads using daily data[J]. *Journal of Financial Markets*, 2014, 17: 94-120.
- [11] AMIHU D Y. Illiquidity and stock returns: cross-section and time-series effects[J]. *Journal of Financial Markets*, 2002, 5: 31-56.
- [12] KHAN W A, BAKER H K. Unlisted trading privileges, liquidity, and stock returns[J]. *Journal of Financial Research*, 1993, 16(3): 221-236.
- [13] GOYENKO R Y, HOLDEN C W, TRZCINKA C A. Do liquidity measures measure liquidity? [J]. *Journal of Financial Economics*, 2009, 92: 153-181.
- [14] MARSHALL B R, NGUYEN N H, VISALTANACHOTI N. Commodity liquidity measurement and transaction costs[J]. *Review of Financial Studies*, 2012, 25(2): 599-638.
- [15] KARNAUKH N, RANALDO A, SÖDERLIND P. Understanding FX liquidity[J]. *Review of Financial Studies*, 2015, 28(11): 3073-3108.

- [16] BAO J, PAN J, WANG J. The illiquidity of corporate bonds[J]. *The Journal of Finance*, 2011, 66(3): 911–946.
- [17] FRIEWALD N, JANKOWITSCH R, SUBRAHMANYAM M G. Illiquidity or credit deterioration: a study of liquidity in the US corporate bond market during financial crises[J]. *Journal of Financial Economics*, 2012, 105(1): 18–36.
- [18] FRIEWALD N, JANKOWITSCH R, SUBRAHMANYAM M G. Transparency and liquidity in the structured product market[R]. Bergen, Norway: Norwegian School of Economics, 2014.
- [19] SCHESTAG R, SCHUSTER P, UHRIG-HOMBURG M. Measuring liquidity in bond markets[J]. *Review of Financial Studies*, 2016, 29(5): 1170–1219.
- [20] AHN H J, CAI J, YANG C W. Which liquidity proxy measures liquidity best in emerging markets? [C]. KFA & TFA Joint Conference in Finance. Seoul, Korea, 2012.
- [21] 张峥, 李怡宗, 张玉龙, 刘翔. 中国股市流动性间接指标的检验—基于买卖价差的实证分析[J]. *经济学季刊*, 2013, 13(1): 235–262.
- [22] 巴曙松, 姚飞. 中国债券市场流动性水平测度[J]. *统计研究*, 2013, 30(12): 95–99.
- [23] 闵晓平, 桂荷发, 严武. 基于主成分分析的公司债券市场流动性衡量研究[J]. *证券市场导报*, 2011(7): 70–77.
- [24] HAN S, ZHOU H. Nondefault bond spread and market trading liquidity[R]. Technical report, Washington DC: Federal Reserve Board, 2007.
- [25] PU X. Liquidity commonality across the bond and CDS markets[J]. *The Journal of Fixed Income*, 2009, 19(1): 26–39.
- [26] HONG G, WARGA A. An empirical study of bond market transactions[J]. *Financial Analysts Journal*, 2000, 56(2): 32–46.
- [27] CHAKRAVARTY S, SARKAR A. Trading costs in three US bond markets[J]. *The Journal of Fixed Income*, 2003, 13(1): 39–48.
- [28] DICK-NIELSEN J, FELDHÜTTER P, LANDO D. Corporate bond liquidity before and after the onset of the subprime crisis[J]. *Journal of Financial Economics*, 2012, 103(3): 471–492.
- [29] SCHULTZ P. Corporate bond trading costs: a peek behind the curtain[J]. *The Journal of Finance*, 2001, 56(2): 677–698.
- [30] LESMOND D A, OGDEN J P, TRZCINKA C A. A new estimate of transaction costs [J]. *Review of Financial Studies*, 1999, 12(5): 1113–1141.

## A Comparison of Liquidity Measures on Chinese Bond Market

WANG Chao, GAO Yang, LIU Chao

(College of Economics and Management, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

**Abstract:** For the bond market, an over the counter market, how to measure the liquidity of bond market accurately is a crucial problem in market microstructure. Adopting intraday data from 2008 to 2014 on China's corporate bond market, expanding the High-Low estimation method proposed by Corwin and Schultz, estimates of new and widely employed low-frequency liquidity measures were made in the literature against liquidity benchmarks including four trading costs and one price impact measures, and the applicability of different liquidity measures on China's bond market was explored. The empirical results reveal that among the trading cost measures, the FHT estimator enjoys the lowest estimation error and highest correlation with benchmarks, and the extended High-Low estimator and Roll estimator take the second place, while Amihud liquidity ratio measure owns the highest correlation through all price impact measures. Since the related issues such as asset pricing focus on correlation performance of the low frequency liquidity measures, and liquidity estimation precision is mostly associated with market effectiveness test and corporate finance, the appropriate liquidity measures should be adopted due to different research emphasis of the bond market's empirical studies.

**Key words:** corporate bond; liquidity measure; bid-ask spread; estimation error

[责任编辑: 宋宏]