



异质交易行为对市场价格发现能力的动态影响

张一^{1,2}, 刘志东², 张永超³, 李喆¹

1 东北大学秦皇岛分校 经济学院, 河北 秦皇岛 066004

2 中央财经大学 管理科学与工程学院, 北京 100081

3 东北大学秦皇岛分校 数学与统计学院, 河北 秦皇岛 066004

摘要:近年来,很多中国公司在多个证券交易所发行和交易其股票,形成了交叉上市公司这一特殊的公司群体。交叉上市公司股票因同股不同价等现象引起研究者的关注,对市场价格发现能力的研究更是其中的热点。

从交易者具有异质性的微观视角,考虑统计套利和动量交易两种策略对交叉上市股票的价格影响过程。假设交易者以追求收益最大化为目的在两种策略之间自由转换,并构建具有选择转换机制的异质交易者动态定价模型,进而结合永久-暂时模型直观计算因子份额贡献度,并动态观测不同市场的价格发现能力。以中国A股与H股交叉上市公司股票为样本,选择1分钟高频时间序列数据进行实证研究。

研究表明,统计套利交易者和动量交易者在两地市场广泛存在,且其交易行为可以在很大程度上解释股票价格的形成机理,A股市场的交易者多是依据市场历史表现的动量交易者,H股市场中基于股价价差的统计套利交易者更为普遍;引入选择转换机制后,异质交易者定价模型的解释能力加强,市场运行的动力学特征得到更好的刻画,A股市场交易者具有更强的转换强度;对于大多数交叉上市的股票,A股市场比H股市场具有更强的价格发现能力;价格发现具有明显的日内效应,A股市场在每个交易日的结束阶段价格发现能力明显上升。

已有研究中,异质交易者定价模型较多地应用于资产定价以及对金融时间序列数据统计特征的解释,对市场价格发现的研究也一直缺乏从交易者行为的微观层面进行分析。因此,研究结果一方面拓展了异质交易者定价模型的应用范围,另一方面为动态刻画市场演化过程、揭示市场的价格发现能力提供了新的研究视角和方法。

关键词:异质交易行为;价格发现能力;转换机制;统计套利;高频交易

中图分类号:F830.91 **文献标识码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1672-0334.2021.03.012

文章编号:1672-0334(2021)03-0148-15

收稿日期:2018-10-19 **修返日期:**2019-07-08

基金项目:国家自然科学基金(71503035);中国博士后科学基金(2017M621042);中央高校基本科研业务费专项资金(N2123021);教育部人文社会科学研究项目(20YJC630220)

作者简介:张一,管理学博士,东北大学秦皇岛分校经济学院讲师、中央财经大学管理科学与工程学院博士后,研究方向为金融传染等,代表性学术成果为“异质交易行为主体下的金融传染机制及效应研究”,发表在2017年第9期《中国管理科学》,E-mail:zhangyi@neuq.edu.cn

刘志东,管理学博士,中央财经大学管理科学与工程学院教授,研究方向为金融风险管理等,代表性学术成果为“Lévy过程驱动非高斯OU随机波动率下的期权定价”,发表在2019年第1期《管理科学学报》,E-mail:liu_phd@163.com

张永超,理学博士,东北大学秦皇岛分校数学与统计学院讲师,研究方向为金融工程等,代表性学术成果为“Entry-exit decisions with underlying processes following geometric Lévy processes”,发表在2017年第1期《Journal of Optimization Theory and Applications》,E-mail:zhangyongchao@neuq.edu.cn

李喆,管理学博士,东北大学秦皇岛分校经济学院讲师,研究方向为金融风险管理等,代表性学术成果为“Non-linear interdependence of the Chinese stock markets”,发表在2012年第3期《Quantitative Finance》,E-mail:lizhe@neuq.edu.cn

引言

在全球金融一体化程度不断加深、资本市场不断开放的背景下,企业选择在多个证券市场上市的行为越来越普遍,从而产生了交叉上市公司这一较为特殊的公司群体。中国也有不少优质公司积极赴境外上市,其中香港市场成为首选之地。香港具有地理位置临近、文化背景相似的优势,吸引了很多内地公司前往上市,这既拓展了企业的融资渠道,也对资本市场的繁荣起到促进作用。截止到2017年,中国已有102家企业实现A股与H股交叉上市,主要分布在金融业、采掘业、制造业和交通运输业。

交叉上市行为引起学术界的普遍关注,关于不同市场价格差别的研究更是其中的热点问题。虽然是基于同一公司的基本面信息,但很多时候A股与H股股价出现持续和明显的背离,且很难用市场分割的相关理论进行充分的解释,给市场管理者和参与者带来困扰。价格发现是资本市场最主要的功能,如何测量并比较不同市场的价格发现能力对于管理者准确把握市场动态并制定相应的政策具有重要的管理启示,同时也为公司和投资者的行为决策提供有益的借鉴。

1 相关研究评述

根据有效市场假说,股价应该反映市场上的所有信息并迅速调整至其真实价值^[1]。因此可以推断,由于对应同样的公司基本面,交叉上市公司的股票价格应满足“一价定律”。然而现实的情况却并非如此,市场之间的溢价或折价现象经常发生,为此很多学者基于不同理论进行解释^[2-3]。尽管存在观点上的差异,但存在一点共识,即价格发现是资本市场最重要的功能之一,离开了价格发现,就无法对资源进行有效的配置。

在理论研究上,将交叉上市公司股票价差的形成机理以及市场具有不同价格发现能力归因于流动性需求、卖空限制、市场透明度和指令流限制等。^① FRIJNS et al.^[4]考虑流动性对市场活跃程度的影响,认为越高的流动性代表交易者的内在约束越低,价格蕴含的市场信息就越丰富,因此,流动性代表市场尽快形成有效价格的能力; BROGAARD et al.^[5]实证检验流动性与市场噪声之间的负相关关系,发现流动性越高的市场价格发现能力越强,越能体现资产的真实价值;李斌等^[6]研究中国股票市场价格发现与流动性之间的关系,发现市场的价格发现能力在流动性较差时变弱。^② 研究者们普遍认为卖空限制是影响市场价格发现的另一个重要因素。BOEHMER et al.^[7]发现当卖空限制时,股票价格更易于受乐观情绪的影响,从而导致实际价格高于理论均衡价格; FRIJNS et al.^[8]分析澳大利亚和新西兰交叉上市公司的股票价格发现问题,发现卖空成本高的股票有相对更高的估值; LOCKWOOD et al.^[9]证实卖空约束严重影响市场对负面信息的处理,进而导致真实信息的缺失。^③对价格发现能力影响因素的另一个解释

是市场透明度,较高的市场透明度能使交易者更好地提取市场有效信息,促进市场价格发现能力的提升。PLOTT et al.^[10]通过实验金融的方法设定了若干不同市场环境并观测透明度效应,结果表明相对于不透明市场,半透明和全透明市场处理信息效率更高,价格可以迅速调整至均衡状态; LAUERMANN et al.^[11]对连续竞价、集合竞价和透明竞价等不同交易制度进行比较,发现市场透明度越高,知情交易者交易成本越高。但也有一些学者对此观点持反对态度,认为市场透明度的提升导致更多噪声交易者的加入,损害市场的效率。HU et al.^[12]把上市公司新增信息披露数量作为市场透明度的代理变量进行实证分析,发现当信息披露增加到一定数量后反而降低价格发现能力; COMERTON-FORDE et al.^[13]研究美国市场的暗池交易状况,结果无法证明暗池交易降低市场价格发现功能,轻微程度的暗池交易反而提升市场效率;张肖飞等^[14]以上海证券交易所开盘竞价由封闭式转为开放式为背景,分析股票市场透明度对价格发现的影响,发现市场透明度提高后,市场流动性降低,阻碍了价格发现。以上研究表明市场透明度与价格发现功能之间的关系仍然是一个颇具争论的议题。^④指令流限制的影响, BRANDT et al.^[15]研究发现,由于做市商会以不对称价差应对订单里不平衡问题,因此,超额的买卖盘导致买卖双方报价调整了更多信息并更迅速收敛于均衡价格,因此订单流的变化会影响价格发现能力。类似的观点也被 PASCUAL et al.^[16]的研究证实。王春峰等^[17]以上证分笔交易数据为对象进行研究,发现订单流不平衡是买卖报价对价格发现能力差异的显著影响因素之一。

对于价格发现的测量研究出现两条平行发展的分支,分别为指标测量法和结构模型测量法。指标测量法最早可追溯至20世纪90年代,具有代表性的是 HASBROUCK^[18]提出的信息份额指标和 FIGUEROLA-FERRETTI et al.^[19]提出的因子份额指标。信息份额指标和因子份额指标都是基于误差修正模型进行分析,但信息份额指标侧重于发掘市场的新信息对共同因子方差的贡献比例,以此测量价格发现能力,而因子份额指标则利用每个市场对共同因子的贡献定量分析价格发现能力。在实际研究中,学者经常交替使用这两种方法并比较其实际应用效果。FRIJNS et al.^[20]采用因子份额指标对美国-加拿大交叉上市公司进行实证研究,采用系统矩估计方法控制价格发现的持久性和与其决定因素之间的内生性,发现较低的相对价差和更高的相对交易活动增加了交易所对价格发现的贡献; OZTURK et al.^[21]采用信息份额模型,在状态空间中通过采用极大似然法估计具有时变参数的结构模型,发现宏观经济政策发布后,在不同的时间段显著影响价格发现能力。其他类似的研究还包括 BOLLEN et al.^[22]和 GILBERT et al.^[23],这些学者都对不同市场的价格发现能力进行比较,得出不一致的结论。不少学者也对中国金融市场的价格

发现能力进行研究,其中既包括对股票市场期货和现货价格发现能力的比较研究^[24-26],也包括对商品市场的研究^[27],结果大多证实了在价格发现上期货市场对于现货市场具有明显的引导作用。

利用结构模型研究金融市场的微观运行机制并测量价格发现能力也越来越得到普遍应用。结构模型构建通过将资产价格分解为反映完全信息的有效价格和反映交易机制摩擦的价格误差,并从交易者行为、信息不对称和微观结构噪声等因素对价格误差进行解释。CHOU et al.^[28]以韩国股市为对象进行研究,从信息不平衡的角度分析个人投资决策行为的形成过程,发现个人投资者由于获取和处理信息的能力有限,导致市场信息的不对称性进一步加强,在短期加剧了股票的买卖价差;UMUTLU et al.^[29]研究个人投资活动对预期收益和波动的影响,发现无论是个人投资者还是机构投资者均受到市场信息不对称的影响,并导致价差的扩大,但个人投资者受影响程度更为明显;COULTON et al.^[30]通过构建市场微观结构模型,研究投资者情绪对价格发现能力的影响方式,发现过度乐观和过度悲观都会导致股票价格偏离其真实价值,尤其是对个人投资者的影响更为严重,从而导致市场价格发现能力的丧失。

通过以上梳理可以发现,无论是基于技术分析的指标测量还是基于模型的市场微观结构分析,都对价格发现这一问题作出了大量富有成效的研究,但也存在一定的局限性。价格形成是价格发现的基础,而资产价格形成过程则是由大量具有不同的利益取向、操作策略和行为偏好的交易者汇聚在一起相互作用形成的结果。只有对交易者的交易行为进行有效的刻画,并分析其对价格的动态影响,才能更深刻地理解价格发现能力的实现过程。作为行为金融学的代表性理论成果,异质交易者定价模型在解释资产价格形成和波动方面取得了良好的效果并得到广泛的应用。该理论由BROCK et al.^[31]提出,通过分析基础交易者和技术交易者的交易行为及相互影响对价格形成过程进行研究。此后,异质交易者定价行为理论被大量应用于资产定价^[32-34]、金融序列统计分布特征^[35-36]和波动率溢出^[37]等研究中。近年来,异质交易理论的应用范围不断扩展,尤其是在解释资产价格的协同运动和金融传染问题上取得了较好的效果^[38-39]。其中有代表性的研究如XIONG et al.^[40]考察异质交易策略对股票与债券价格协同运动的影响机理;张一等^[41]考虑市场中的交易者具有不同的交易策略和交易期限,构建开放金融环境下异质交易者的资产定价模型,对美国次贷危机期间的金融传染问题进行研究。由于交叉上市股票对应同样的公司基本面,其价格的形成及跨市场的协同运动同样可以在异质交易者定价行为理论框架中寻求合理的解释和测量,利用异质交易者定价行为理论解释交叉上市股票价格形成机制并进一步分析其价格发现问题具有较强的可行性。

2 模型方法

2.1 统计套利交易策略

对于在A股与H股交叉上市的公司股票,由于其反映的是同样标的资产的价格,理论上应趋于一致。但现实中由于交易制度和税制不同、开放程度不同以及流动性需求差异等原因,A股与H股股价并不完全一致,而是长期存在溢(折)价。很多研究也表明A股与H股之间存在长期较为稳定的协整关系,而一旦这种均衡关系被打破,将促使更多采用统计套利交易策略,从而对价格产生显著影响^[42-43]。

与无风险套利不同,统计套利是一种基于计量经济学和统计学而设计的套利交易策略,是一种风险套利。统计套利通过观察行情的历史数据寻找证券价差的变化规律,进而通过构建模型刻画并预测其未来走势以获取套利利润。HOGAN et al.^[44]最早给出统计套利的定义,认为统计套利必须满足自融资的初始投资成本为0、经无风险利率折现后具有正的预期收益、可以通过资产组合的调整使长期发生亏损的概率为0等前提假设。统计套利在方法上主要分为两类:一类是利用证券的收益序列建模,通过计算日收益率对均衡关系的背离发现其价格变化规律;另一类是利用证券间的协整关系建模,也称为协整策略。代表性的工作如ALEXANDER et al.^[45]实证研究发现,基于协整的统计套利效果显著优于其他跟踪误差方差方法,套利机会增多且风险可控,证明基于协整模型的套利策略具有时效性和高效率等优点;赵胜民等^[46]以A股市场开展融资融券业务的股票和指数基金的数据为样本,分析融资融券标的股票价格与指数基金价格之间收敛关系的动态变化,进而研究统计套利的风险收益关系,结果表明统计套利在中国市场具有一定的可操作性,融资融券标的扩容同时增加了统计套利的风险和收益。除了双重资产之间可以进行统计套利操作外,多重资产间的统计套利策略也受到研究者的关注。STUBINGER et al.^[47]设计基于vine-copula的多元统计套利策略,并将其应用于标普500指数投资过程,证实其无论在收益获取还是风险控制上都有明显的优越性;王良等^[48]采用无套利区间分析方法建立指数基金组合的期指套利模型,研究发现中国期指市场存在明显的正向套利机会。

ELLIOTT et al.^[49]进一步提出基于统计套利的配对交易方法,并受到追求量化交易的投资者的青睐。配对交易通过反向交易历史股价走势相近的股票获取收益。RUDY et al.^[50]采用标普100指数成分股与指数基金进行配对交易,并以布林线作为买卖点依据,表明这种交易策略比直接购买股票得到更高的长期收益;LIU et al.^[51]基于双均值回归设计日内交易策略,以石油行业股票为对象进行研究,认为商品价格是相关商品市场高峰时期商品生产公司股价的主要驱动力;LAW et al.^[52]认为协整关系实际上是一个强弱问题,因而在配对交易中,根据协整关系的强弱进行交易比单纯依据信号判断是否可以进行交易效果

更理想。针对不同市场交叉上市的这一特殊的股票群体,由于其股价走势存在内在的均衡关系,配对交易策略尤为适用。国外一些学者以在美国与加拿大交叉上市的股票为样本进行配对交易研究,取得较好的效果^[53-54]。随着中国的股票交易机制不断完善以及A股与H股之间交流程度不断加深,利用A股与H股之间价差进行统计套利的交易策略开始受到研究者的关注。宋顺林等^[55]分析并检验交易者行为对交叉上市股票价差的影响,结果表明投资者情绪是影响A股与H股溢价的主导因素,并在此基础上提出有效的交易策略;LI et al.^[56]考察A股与H股市场交叉上市公司股价之间的长期均衡关系,并从短期不均衡价格路径出发,提出一种简单的自筹资金交易策略,发现A股与H股之间存在协整和纠错机制,当对系统风险进行调整时,平均超额回报率约为17.6%;闫红蕾等^[57]以沪港通开通为背景,通过采用基于价差极值服从广义帕累托分布的VaR模型确定无套利区间的上下界,并设计了提高市场一体化的套利交易策略,该策略能够获得显著的正收益。

以上分析表明,由于A股与H股交叉上市股票之间存在内在的长期均衡关系,从而为交易者的统计套利,尤其是协整套利提供了机会。交易者的套利交易策略也影响两地交叉上市股票价格的形成过程以及不同市场的价格发现功能。因此,如果从交易者行为的微观视角对两地市场的价格形成等问题做出合理解释,必须考虑统计套利策略的影响。

2.2 构建异质交易者定价模型

与传统的金融学理论不同,行为金融学考虑到交易者普遍具有有限理性和异质预期的心理行为特征,并在此基础上建立异质交易者定价模型,成为行为金融学的代表性理论之一。CHIARELLA et al.^[58]的研究进一步表明交易者的交易策略选择和切换在“分钟”的时间尺度上依然有效,从而证明模型在高频时间序列上的适用性。动量交易策略是交易者的主要交易策略之一,该类型交易者认为股票的历史价格可以预测未来,即具有自回归特征。此外,根据上文分析,统计套利型交易者也在A股与H股交叉上市股票价格的形成过程中起主要作用,故本研究主要考虑这两类交易者并存时对价格的影响。假设市场中的交易者均是以追求自身利润最大化为目的在两种策略之间进行选择和切换,大量这类异质交易者汇聚起来并相互作用,形成资产的最终价格。

考虑在两个市场交叉上市的一只股票, p_t 为 (2×1) 阶向量,表示 t 时刻在两个市场的价格。基于同一公司的基本面信息,两个市场价格理论上应趋于一致。但如果两个市场价格出现较为明显的背离,根据统计套利理论,该价差会被套利者利用且套利者的交易行为会使价格再次趋于同步。从实际看,同一公司股票在不同市场上的价格背离是一种常态,很多学者尝试从基础风险、统计套利成本和噪声交易者行为等角度进行解释^[59-61]。由于本研究针对的是同一公司基本面,因此不包含基础风险因素,故

主要从统计套利成本和噪声交易者行为角度解释价格背离现象。统计套利成本主要取决于资产的流动性,可用价差测量;噪声交易者的影响由动量交易者的交易行为解释,而动量交易者仅关注其所处的市场表现,其交易行为可能进一步放大价格的背离程度,并导致套利者的损失增加。由此可知,统计套利交易策略的表现取决于两市股票的买卖差价和误差修正速度。

对于统计套利交易者,其交易策略取决于两个市场的股票价差,因此对下一时刻的预期价格的形成过程为

$$E_t^{S_i} [p_{i,t+1}] = p_{i,t} + \alpha_{i,t} \beta' p_t \quad i=1,2 \quad (1)$$

其中, i 为交易者所处市场, $i=1$ 时为A股市场, $i=2$ 时为H股市场; S_i 为 i 市场中的统计套利交易者行为; $p_{i,t}$ 为 i 市场的当前价格; $E_t^{S_i} [p_{i,t+1}]$ 为统计套利交易者($t+1$)时刻的预期价格; $\alpha_{i,t}$ 的绝对值为统计套利交易者的预期误差纠正速度; β' 为同步向量, $\beta' = (1, -1)$ 。

对于动量交易者,其相信市场具有自回归特征,因此会根据市场的历史表现预测未来并形成预测函数,其预期价格的形成过程为

$$E_t^{C_i} [p_{i,t+1}] = p_{i,t} + \sum_j \Gamma_j \Delta p_{t-j} \quad (2)$$

其中, j 为滞后期数, $j=0,1,\dots,J$, J 为总期数; C_i 为 i 市场中的动量交易者行为; Γ_j 为 2×2 阶自回归系数矩阵,

$$\Gamma_j = \begin{pmatrix} \gamma_1^{C_1} & \gamma_2^{C_1} \\ \gamma_1^{C_2} & \gamma_2^{C_2} \end{pmatrix}, \gamma_1^{C_1} \text{ 为 A 股动量交易者对本地市场}$$

的自回归系数, $\gamma_2^{C_1}$ 为A股动量交易者对H股市场的自回归系数, $\gamma_1^{C_2}$ 为H股动量交易者对A股市场的自回归系数, $\gamma_2^{C_2}$ 为H股动量交易者对本地市场的自回归系数; Δ 为一阶差分算子; Δp_{t-j} 为 $(t-j)$ 时刻两市价差。

两种交易策略的相对优劣可由预测误差 $\Omega_t^{k_i}$ 测量。对于 i 市场中的第 k 类交易者, $\Omega_t^{k_i}$ 可以定义为

$$\Omega_t^{k_i} = \sum_{l=0}^L |E_{t-l}^{k_i} [p_{i,t-l}] - p_{i,t-l}|^n \quad (3)$$

其中, $\Omega_t^{k_i}$ 为预测误差,值越小其对应的交易策略越占优; k 为交易者类型, $k=S$ 为统计套利交易者, $k=C$ 为动量交易者; l 为滞后期数; L 为总期数; n 为样本容量, n 越大,预测误差的累积效应越明显,此时交易者的相对损失就越大。交易者会评估两种交易策略的相对表现并择优选择,设定交易者依据的交易策略切换过程为

$$w_t^{S_i} = \{1 + \exp[\lambda_i (\Omega_{t-1}^{S_i} - \Omega_{t-1}^{C_i})]\}^{-1} \\ w_t^{C_i} = 1 - w_t^{S_i} \quad (4)$$

其中, $w_t^{S_i}$ 为 i 市场价格形成过程中的统计套利交易者影响权重, $w_t^{C_i}$ 为 i 市场价格形成过程中的动量交易者影响权重, λ_i 为选择强度参数。当 $\lambda_i = 0$ 时,交易者保持原交易策略不变,此时 $w_t^{k_i} = \frac{1}{2} \forall k_i$;当 $\lambda_i \rightarrow \infty$ 时,交

易者对不同策略的相对表现极端敏感,此时市场中的交易者全部趋同并选择相对最优的交易策略;当 $0 < \lambda_i < \infty$ 时属于一般情形,此时交易者表现出对原交易策略一定的黏性,同时会适时转换策略。

市场价格的条件期望是个人期望的加权平均值,因此有

$$E_t[p_{i,t+1}] = \sum_k w_i^{k_i} E_t^k[p_{i,t+1}] \quad (5)$$

由(1)式、(2)式和(5)式可得

$$E_t[p_{i,t+1}] = w_i^{S_i}(p_{i,t} + \alpha_i \beta' p_t) + w_i^{C_i}(p_{i,t} + \sum_j \Gamma_j \Delta p_{t-j}) = p_{i,t} + w_i^{S_i} \alpha_i \beta' p_t + w_i^{C_i} \sum_j \Gamma_j \Delta p_{t-j} \quad (6)$$

(6)式可简化为

$$E_t[\Delta p_{i,t+1}] = w_i^{S_i} \alpha_i \beta' p_t + w_i^{C_i} \sum_j \Gamma_j \Delta p_{t-j} \quad (7)$$

其中, $E_t[\Delta p_{i,t+1}]$ 为 i 市场 $(t+1)$ 时刻的价差。假设交易者对资产的需求和其预期收益一一对应,则可将(7)式改写为已实现收益率形式,即

$$\Delta p_t = d_i + w_i^{S_i} \alpha_{i,t} \beta' p_t + \sum_j \Gamma_{j,t} \Delta p_{t-j} + \varepsilon_t \quad (8)$$

其中, Δp_t 为 t 时刻两市价差, d_i 为截距项; ε_t 为误差项,假设 ε_t 具有时变方差的多元正态分布, $\varepsilon_t \sim N(0, \Omega_t)$ 。 $w_i^{S_i} \alpha_{i,t}$ 测量统计套利交易者行为对 t 时刻两市价差的动态影响效应, $\Gamma_{j,t} \Delta p_{t-j} = w_i^{C_i} \Gamma_j \Delta p_{t-j}$ 。

2.3 价格发现能力的测量方法

市场价格发现能力的测量方法主要包括因子份额模型和信息份额模型,前者主要基于对价格波动趋势的分解,后者则侧重于分析市场新出现信息对价格影响的途径,进而作为市场价格发现能力的判断依据。从计算便捷的角度出发并考虑前文所构建模型的适用性,本研究选择因子份额模型作为价格发现能力的测量方法,将价格 p_t 表示为

$$p_t = \Sigma_1 f_t + \Sigma_2 z_t \quad (9)$$

其中, Σ_1 和 Σ_2 为载荷矩阵, f_t 为影响价格的永久因子, z_t 为影响价格的暂时因子。(8)式构建的异质定价模型实际上是具有向量误差修正模型的一般形式,因此为因子份额模型的应用提供了直接的便利。利用因子份额法测量 i 市场的价格发现能力,即

$$GG_1 = \frac{\theta_{2,t}}{|\theta_{1,t}| + \theta_{2,t}} \quad GG_2 = 1 - GG_1 \quad (10)$$

其中, GG_i 为因子份额贡献度,值越小意味着对永久因子的贡献也越小,价格发现能力越低; $\theta_{i,t} = w_i^{S_i} \alpha_{i,t}$ 。(10)式表明因子份额贡献度由 $\theta_{i,t}$ 决定,即因子份额贡献度受统计套利交易者价格的权重和统计套利交易者的预期误差纠正速度共同影响。

3 数据选择

本研究以中国内地和香港交叉上市的公司股票1分钟高频数据为对象进行实证研究,样本区间为2017年1月4日至2018年6月30日。剔除以下情况的上市公司数据:①在该时间段内发生停牌的股票;②

日内交易频率低于400次的股票;③数据发生缺失的股票。筛选后,共41家样本公司纳入研究范围。A股数据来自Resset数据库,H股数据来自香港联合证券交易所。由于香港股市和内地股市在交易日内的开盘和收盘时间不同,故数据区间选择两个市场共同交易时间,即每日10:00-11:30和14:30-15:00。根据已有研究经验,将每个交易日开盘后5分钟和收盘前5分钟的数据过滤掉,以避免价格过度波动给研究结果造成的影响。因此,实际选择的数据区间为每日10:05-11:30和14:30-14:55。

实证模型要求数据在时间尺度上匹配,但两地市场发生的交易行为不可能完全同步,因此需要尽量找到共同的交易时间。为避免市场微观噪声对结果可能产生的干扰,以市场在该时间区间内所有成交价格的平均值作为交易执行价格。如果1分钟内没有发生交易,则采用传统的固定时间间隔方法近似确定执行价格。人民币兑港币的汇率也按上述方法同步处理。

表1给出样本横截面数据的描述性统计分析结果

表1 样本数据的描述性统计分析结果
Table 1 Descriptive Statistic Analysis
Results for Sample Data

	最小值	25%分位	50%分位	75%分位	最大值
$100 \cdot \Delta \ln p_1$					
均值	0.0001	0.0001	0.00003	0.0002	0.0001
中值	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
标准差	0.002	0.002	0.003	0.004	0.085
最小值	-4.052	-0.135	-0.062	-0.041	-0.015
最大值	0.017	0.032	0.054	0.105	4.325
$100 \cdot \Delta \ln p_2$					
均值	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002
中值	0.0001	0.0001	0.0003	0.0003	0.0003
标准差	0.003	0.003	0.005	0.005	0.098
最小值	-3.845	-0.047	-0.054	-0.045	0.028
最大值	0.025	0.035	0.058	0.078	3.478
$100 \cdot (p_2 - p_1)$					
均值	-1.741	0.0005	0.002	0.014	1.210
中值	-1.714	0.001	0.007	0.012	1.235
标准差	0.025	0.051	0.062	0.074	1.410
最小值	-5.145	-0.200	-0.121	-0.112	1.041
最大值	-1.541	0.125	0.159	0.215	1.925

注: $\Delta \ln p_1$ 为A股对数价格变化, $\Delta \ln p_2$ 为H股对数价格变化, $p_2 - p_1$ 为H股与A股股票价差的分布特征。

果,分别对筛选出的41家上市公司A股、H股和H股与A股股票价差1分钟高频时间序列对数数据的统计学特征进行分析。H股与A股股票价差的统计分析表明,在低分位上H股相对于A股具有明显的折价,而在高分位上H股相对于A股具有明显的溢价,表明H股在样本区间内的表现整体上比A股波动范围更大。

4 单样本分析

首先,选取在A股与H股市场交叉上市的代表性股票中国石化作为对象进行实证分析,对模型的有效性和价格发现能力进行初步检验。由于在高频时间尺度上样本序列存在非连续性,采用全信息极大似然估计法按(8)式对每一天内数据进行实证分析,对结果取平均值,以此作为模型的初始参数设置。

考虑不存在转换机制的情况下,即以 $\lambda=0$ 的模型静态估计结果作为初始条件,进而对引入转化机制的模型进行动态评估,观测市场的动态演化过程。

4.1 模型参数估计结果

在具体运用模型进行计算前对单位根情况、数据序列平稳性和双重价格序列间的协整关系进行检验。中国石化(A股)和中国石化(H股)价格序列的ADF检验结果分别为-1.271和-1.201,因此拒绝序列不含单位根的原假设。ADF检验结果还表明,序列均为一阶单整平稳序列。Johansen迹统计量检验结果在1%水平上显著,表明双重序列之间存在协整关系。

根据赤池信息准则(AIC)和施瓦茨信息准则(SIC)选择最优滞后期,并对(8)式进行估计,确定最优滞后期数为1期。

表2给出样本股票模型估计结果。由表2可知,对模型静态估计的结果($\lambda=0$)表明,协整向量接近于(1, -1)',从而证实存在协整关系。对于中国石化(A股), α_1 的估计结果为-0.211且在1%水平上显著,表明存在依照两地市场差价进行统计套利策略的统计套利交易者。 $\gamma_1^{c_1}$ 和 $\gamma_2^{c_1}$ 的估计结果显著,说明市场中存在相当数量的动量交易者,其交易策略依据两地市场股价历史走势决定。特别地, $\gamma_1^{c_1}$ 小于0而 $\gamma_2^{c_1}$ 大于0,表明中国石化(A股)市场的动量交易者是中国石化(A股)股价的负反馈交易者,是中国石化(H股)股价的正反馈交易者,且更多的是参考该股A股市场的股价表现。

对于中国石化(H股), α_2 大于0且在1%水平上显著,表明对中国石化(H股)市场而言,同样存在相当比例的统计套利交易者。 $\gamma_1^{c_2}$ 估计结果不显著,表明中国石化(A股)的历史走势对中国石化(H股)的动量交易者并未产生明显的影响。 $\gamma_2^{c_2}$ 大于0且在1%水平上显著,说明动量交易者主要以本地市场的历史表现作为交易策略的制定依据且为正反馈交易者。

无条件Gonzalo-Granger因子份额贡献度的平均结果表明中国石化(A股)明显大于中国石化(H股),分别为0.785和0.215,意味着对于中国石化,A股市

表2 对中国石化的估计结果

Table 2 Estimation Results for China Petrochemical Corporation

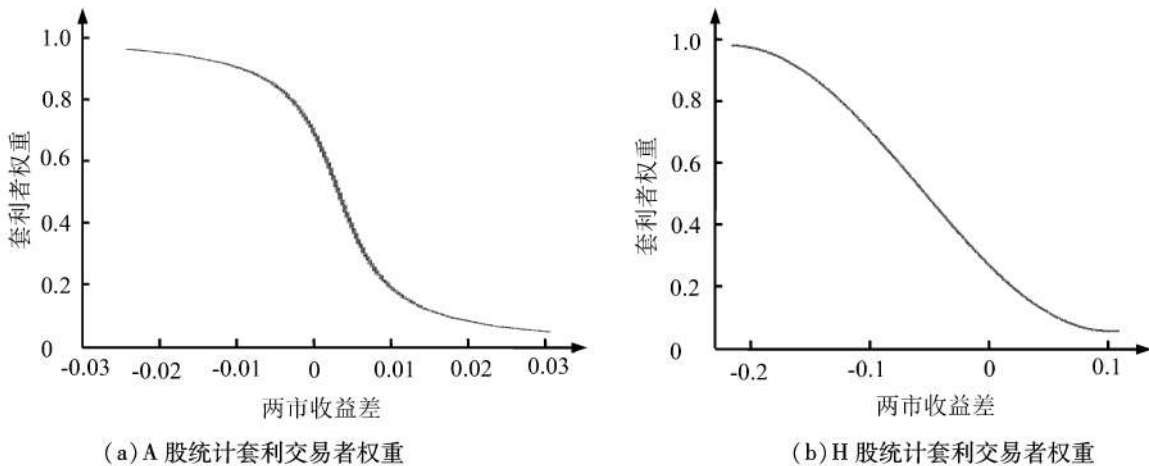
	静态模型 ($\lambda = 0$)	动态模型 ($\lambda \neq 0$)	
<i>LLik</i>	422.254	422.845	
<i>LLR</i>		158.214*** (17.620)	
β	0.995*** (0.00001)	0.995*** (0.00002)	
A股	α_1	-0.211*** (0.005)	
	$\gamma_1^{c_1}$	-0.231*** (0.018)	
	$\gamma_2^{c_1}$	0.365** (0.031)	
	λ_1		412.321*** (222.321)
	d_1	-6.521E-5*** (0.0001)	-7.451E-6*** (0.0001)
	H股	α_2	0.523*** (0.026)
$\gamma_1^{c_2}$		-0.013 (0.201)	
$\gamma_2^{c_2}$		0.654*** (0.013)	
λ_2			112.302*** (29.324)
d_2		2.101E-5*** (3.201E-5)	7.331E-6*** (2.131E-6)
因子份额		GG_1	0.785
	GG_2	0.215	

注: *LLik*为模型的对数自然值统计检验结果, *LLR*为模型的似然率统计检验结果;***为在1%水平上显著,**为在5%水平上显著,*为在10%水平上显著,下同。

场的价格发现能力明显强于H股市场。

以静态估计结果为初始条件,引入转换机制对模型进行动态估计,结果见表2的第4列。*LLR*的结果为158.214且在1%水平上显著,说明在引入转换机制后模型的解释能力显著提升,交易者行为得到更好的刻画,同时更有效地揭示了股价的动力学特征。

对于A股和H股, λ 的估计结果皆为正且均在1%水平上显著,表明两个市场的交易者均有较大的倾向选择上一期表现较为占优的交易策略,且中国石化(A股)的选择强度要更高一些。导致这种现象的原因可在一定程度上由 α 和 γ 的估计结果得到解释,



(a) A股统计套利交易者权重

(b) H股统计套利交易者权重

图1 统计套利交易者权重随收益差变化过程

Figure 1 Statistical Arbitrage Trader Weight Changing Process with Return Difference

中国石化(H股)的 α 和 γ 估计值整体而言比中国石化(A股)更大且更显著,说明H股的两重交易策略相对于A股均可以得到相对更高的收益,因此对交易策略的选择相对比较稳定。

动态模型的其他参数估计结果和静态模型结果比较接近,唯一有所区别的是,在动态模型中 γ_i^{C2} 的估计结果由不显著变得显著,表明中国石化(H股)交易者在制定交易策略时也会在一定程度上考虑A股的股价走势。

为了更清晰地展示交易者权重的变化过程,图1给出统计套利交易者权重随A股与H股价格收益差的变化过程。由图1可知,相对于H股,A股市场的统计套利交易者权重随收益差的增加而急剧变化,说明A股市场的统计套利交易者行为更为活跃,其交易行为对市场变化的调整速度更迅速。

图2给出统计套利交易者权重随时间演变的过程,可以看出,A股市场确实经历着较为强烈的策略切换过程。

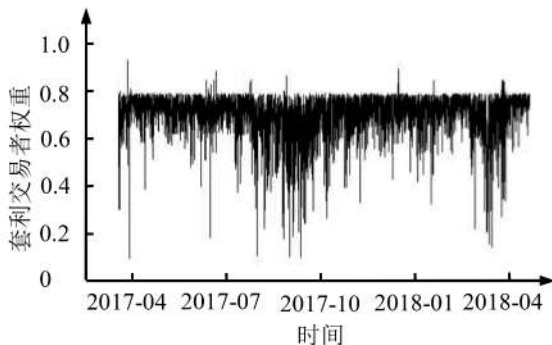


图2 A股市场统计套利交易者权重随时间演变过程

Figure 2 Time-varying Process of Statistical Arbitrage Trader Weight for the A-share Market

4.2 价格发现的动态过程

图3给出整个样本区间内中国石化(A股)的因子份额变化过程,可以看出其值一直在0~1之间,且

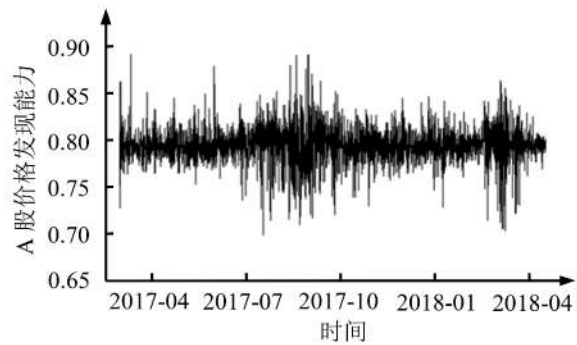


图3 A股市场价格发现能力的时变贡献度

Figure 3 Time-varying of Contribution to Price Discovery Capacity for the A-share Market

保持较高的水平,进一步证明对中国石化股票而言,A股市场对其价格发现能力起主导作用。价格发现能力的日内效应是另一个值得关注的问题,很多学者都在研究中指出股票市场的价格发现能力具有较为明显的日内效应,即在交易的不同时间段内,尤其是开盘和收盘阶段,价格发现能力出现急增或急降的现象^[62-63]。

图4给出中国石化(A股)市场日内价格发现能力

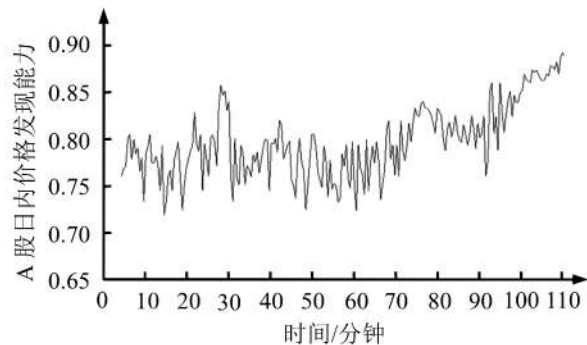


图4 目标证券的日内价格发现能力

Figure 4 Intraday Price Discovery Capacity of the Target Stock

的变化过程。由图4可知,中国石化(A股)市场的价格发现能力在每个交易日的后半阶段,尤其是接近收盘时出现明显的上升。表明在这期间中国石化(A股)市场的信息处理能力较强,表现出明显的日内效应特征。

5 全样本分析

本研究对筛选出的41只股票进行全样本分析,并通过选择不同的滞后期数对模型的稳定性进行检验,然后对价格发现能力进行动态评估。

5.1 模型估计结果和价格发现能力

在模型估计前,对每只股票仍需进行单位根检验和协整检验。为了从更为严苛的角度对模型的实际应用效果进行检验,仅保留包含1个协整向量的数据进行实证研究。将没有通过单位根检验和协整检验的数据排除,得到41只符合要求的股票。

表3给出模型的静态分析结果。由 β 的估计结果可知,样本序列之间存在较强的协整关系。对于A股市场,41只股票中有38只的 α_1 的估计结果为负,且在10%水平上显著,说明统计套利交易者广泛存在。30只股票的 γ_1^{c1} 估计结果小于0,且在10%水平上显著,说明存在动量交易者,且其对价格的预期是A股过去走势的负反馈交易者;也有3只股票的动量交易者正反馈交易者。另外,有19只股票的 γ_2^{c2} 估计结果大于0,且在10%水平上显著,表明这些股票的动量交易者会参照其在H股的表现,且为正反馈交易者。

α_2 与预期结果相同,在大多数情况下大于0且显著,有个别情况 α_2 小于0,但非常接近于0。 γ_2^{c2} 在大多数情况下为正且显著,表明H股中的动量交易者

本地市场的正反馈交易者。此外, α_1 的绝对值均明显小于 α_2 的绝对值,在一定程度上解释了不同市场的价格发现能力。只有3只股票的 γ_1^{c2} 估计结果显著,表明香港市场的动量交易者在制定交易策略时并没有过多参考A股的过往表现。

价格发现能力的计算结果与前文中单样本分析的结果类似,A股市场的因子份额贡献度明显大于H股市场,表明在绝大多数情况下A股市场主导了股票的价格发现能力。该结论也与其他研究者的结论相符合,如聂思玥等^[64]和陈学胜等^[65]的研究,尽管基于不同的角度分析,但他们也认为A股市场的价值发现能力更强。

以上对静态模型的分析结果再次证实异质交易行为对两地市场价格产生实际影响,且A股与H股的价格动力学特征具有明显的差别。下面引入转换机制,进一步分析交易者的交易策略可以自由切换时对市场的动态影响过程。

表4给出全部41只股票样本的分析结果。由LLR的估计结果可知,在引入交易转换机制后可以更好地解释股价变动的动力学行为,模型的拟合优度得到进一步提升。然而 λ 的检验结果并不是全部显著,41只样本股票中有26只的 λ_1 和 λ_2 估计结果显著,说明虽然引入转化机制可以提升股价变动的解释能力,但不少交易者的选择过程并非那么强烈,其对原交易策略还是具有相当的黏性。

因子份额贡献度的计算结果进一步证实,对于A股与H股交叉上市的股票,A股市场在绝大多数情况下主导股票的价格发现能力,表现为A股市场的因子份额贡献度显著大于H股市场的因子份额贡献度。

表3 静态模型估计结果

Table 3 Estimation Results for Static Models

		显著水平						分布情况				
		10%正	10%负	5%正	5%负	1%正	1%负	最小值	25%分位	50%分位	75%分位	最大值
协整情况	β	41	0	41	0	41	0	0.984	1	1	1	1.049
A股市场	α_1	0	38	0	31	0	3	-0.198	-0.125	-0.197	-0.003	0.019
	γ_1^{c1}	3	30	0	19	0	2	-0.514	-0.254	-0.051	-0.006	0.221
	γ_2^{c1}	19	1	8	0	5	0	-0.222	0.105	0.256	0.365	0.562
	d_1	0	31	0	19	0	3	0.0002	0.0001	0.0001	0.0003	0.0002
	α_2	35	0	28	0	3	0	-0.004	0.205	0.354	0.498	0.689
H股市场	γ_1^{c2}	3	0	0	0	0	0	0.002	0.087	0.121	0.154	0.235
	γ_2^{c2}	36	1	29	0	5	0	-0.214	0.102	0.235	0.485	0.785
	d_2	39	1	20	0	6	0	0.0002	0.0003	0.0002	0.0001	0.0001
	GG_1							0.505	0.684	0.789	0.825	1
因子份额	GG_2						0.0003	0.014	0.214	0.321	0.414	

表4 全样本数据动态分析结果
Table 4 Dynamic Analysis Results for Full Sample Data

股票	模型动态分析结果					因子份额贡献度	
	λ_1	λ_2	α_1	α_2	LLR	GG_1	GG_2
洛阳玻璃	326.331*** (201.321)	183.750*** (121.251)	-0.192** (0.006)	0.551** (0.003)	312.867*** (16.842)	0.745	0.255
京城股份	285.545** (199.652)	163.357** (98.521)	-0.183** (0.007)	0.612*** (0.001)	452.223*** (22.622)	0.801	0.199
创业环保	254.541** (231.351)	147.855** (70.214)	-0.102* (0.006)	0.185* (0.056)	198.112*** (17.591)	0.795	0.205
南京熊猫	199.654 (255.632)	120.411 (59.541)	-0.122* (0.031)	0.098 (0.936)	984.654*** (19.841)	0.625	0.375
上海电气	201.634 (199.844)	121.401 (32.321)	-0.196** (0.008)	0.608** (0.013)	568.841*** (33.581)	0.559	0.441
大连港	233.681** (256.354)	137.425** (21.541)	-0.002 (0.857)	0.013 (1.212)	289.845*** (27.612)	0.698	0.302
中国中冶	303.654*** (200.965)	172.411*** (30.213)	-0.132* (0.008)	0.238 (1.054)	1 011.587*** (20.144)	0.758	0.242
东方电气	442.654*** (265.654)	241.911*** (19.554)	-0.178** (0.009)	0.633** (0.023)	422.845*** (21.392)	0.836	0.164
中国交建	404.651*** (222.354)	222.910*** (31.684)	-0.201** (0.011)	0.514** (0.012)	398.285*** (19.512)	0.804	0.196
江西铜业	389.515*** (250.654)	215.342*** (25.698)	-0.112** (0.021)	0.802*** (0.002)	654.112*** (15.981)	0.721	0.279
大唐发电	299.845*** (189.654)	170.507*** (23.514)	-0.201** (0.008)	0.792** (0.036)	752.208*** (22.231)	0.698	0.302
北辰实业	111.526 (51.365)	76.347 (9.845)	-0.162** (0.008)	0.687** (0.056)	821.212*** (15.921)	0.587	0.413
中海油服	168.655 (85.652)	104.912 (12.354)	-0.184** (0.008)	0.655** (0.212)	921.222*** (13.981)	0.684	0.316
四川成渝	333.545*** (199.654)	187.357*** (25.632)	-0.212** (0.009)	0.785** (0.031)	321.215*** (25.981)	0.705	0.295
华能国际	352.654*** (205.935)	196.911*** (68.341)	-0.312*** (0.001)	0.710** (0.019)	385.521*** (27.643)	0.715	0.285
中国石油	308.541** (203.429)	174.855** (32.584)	-0.003 (0.987)	0.003* (0.847)	371.051*** (37.852)	0.786	0.214
中联重科	286.654** (212.408)	163.911 (21.654)	-0.179** (0.008)	0.698** (0.098)	122.235*** (29.852)	0.821	0.179
中集集团	265.845** (168.545)	153.507** (21.215)	-0.178** (0.009)	0.598** (0.006)	282.303*** (20.842)	0.754	0.246
南方航空	211.635 (152.357)	126.402 (18.545)	-0.272*** (0.001)	0.812** (0.009)	315.226*** (31.642)	0.698	0.302
中兴通讯	398.874*** (211.543)	220.021*** (21.023)	-0.232** (0.004)	0.595** (0.025)	198.625*** (33.681)	0.721	0.279

续表4

股票	模型动态分析结果					因子份额贡献度	
	λ_1	λ_2	α_1	α_2	LLR	GG_1	GG_2
中国人寿	350.526** (213.687)	195.847** (19.985)	-0.122* (0.045)	0.354* (0.687)	542.221*** (21.842)	0.598	0.402
海通证券	349.854** (254.958)	195.511** (21.963)	-0.187** (0.006)	0.785** (0.032)	416.514*** (40.411)	0.698	0.302
广汽集团	322.841** (287.524)	182.005** (19.847)	-0.195** (0.008)	0.647** (0.031)	422.845*** (37.851)	0.725	0.275
中国石化	412.321*** (222.321)	112.232*** (29.321)	-0.181*** (0.004)	0.611*** (0.029)	342.165*** (19.850)	0.815	0.185
中国铝业	329.541** (222.123)	185.355** (31.251)	-0.187** (0.008)	0.587** (0.126)	202.832*** (14.871)	0.824	0.176
上海石化	222.365 (213.545)	131.767 (20.215)	-0.172* (0.005)	0.125* (0.998)	122.365*** (22.851)	0.814	0.186
紫金矿业	215.698 (209.879)	128.433 (19.254)	0.015 (0.106)	0.233 (3.212)	498.221*** (36.982)	0.758	0.242
光大银行	202.654 (200.754)	121.911 (9.158)	-0.211** (0.008)	0.812** (0.123)	401.233*** (27.841)	0.736	0.264
中国太保	199.542 (69.452)	120.355 (10.514)	-0.195* (0.025)	0.036 (0.989)	422.845*** (21.871)	0.712	0.288
民生银行	401.584*** (211.254)	221.376*** (25.645)	-0.257** (0.007)	0.799** (0.212)	221.841*** (33.581)	0.584	0.416
中国中铁	365.521** (231.587)	203.345** (18.546)	-0.322** (0.002)	0.598** (0.168)	541.205*** (39.871)	0.698	0.302
中国神华	298.545** (235.128)	169.857** (11.215)	-0.182** (0.007)	0.624** (0.015)	603.135*** (15.842)	0.784	0.216
中国国航	402.514*** (284.545)	221.841*** (15.698)	-0.211** (0.007)	0.448** (0.002)	741.700*** (38.842)	0.812	0.188
上海医药	295.545** (274.128)	168.357** (20.634)	-0.192** (0.007)	0.789** (0.003)	268.165*** (35.841)	0.835	0.165
建设银行	312.212 (249.584)	176.690 (18.985)	-0.193** (0.007)	0.698** (0.002)	322.111*** (17.310)	0.698	0.302
复星医药	284.245** (245.238)	162.707** (14.978)	-0.222** (0.005)	0.775** (0.002)	349.333*** (18.311)	0.854	0.146
青岛啤酒	250.541 (198.546)	145.855 (21.251)	-0.206** (0.009)	0.698** (0.003)	312.587*** (22.111)	0.824	0.176
中国平安	206.654 (178.254)	123.911 (11.541)	-0.221** (0.012)	0.765** (0.003)	254.897*** (23.841)	0.574	0.426
海螺水泥	301.215** (199.548)	171.192** (12.845)	-0.268** (0.025)	0.789** (0.021)	284.874*** (29.872)	0.654	0.346
鞍钢股份	263.874 (170.212)	152.521 (18.514)	-0.182** (0.014)	0.812** (0.006)	514.874*** (21.983)	0.741	0.259
万科A	255.458 (185.654)	148.313 (19.654)	-0.254** (0.015)	0.712** (0.005)	504.874*** (23.874)	0.505	0.495

表5 稳定性检验结果
Table 5 Stability Test Results

	显著水平			分布情况				
	10%	5%	1%	最小值	25%分位	50%分位	75%分位	最大值
不同交易策略转化滞后期数								
$LLR(L=5)$	41	41	41	98.212	204.522	254.252	294.251	442.231
$LLR(L=10)$	41	41	41	41.353	165.251	185.242	200.212	301.322
$LLR(L=30)$	41	41	41	11.514	129.351	199.541	223.353	358.453
不同动量交易者滞后期数								
$LLR(J=5)$	41	41	41	621.362	1 132.512	2 584.583	4 021.524	5 563.523
$LLR(J=10)$	41	41	41	698.523	1 236.253	2 684.584	4 213.253	5 869.542
$LLR(J=30)$	41	41	41	814.241	1 425.254	2 958.252	4 532.572	6 254.211

5.2 稳定性检验

在前文实证研究中选择的交易策略转化滞后期数 L 和动量交易者滞后期数 J 均为一阶。为了检验模型的稳定性,考察当滞后期数为其他数值时对结果的影响,选择 L 和 J 分别取值为5、10和30,观察结果是否依然显著。

表5给出不同 L 和 J 下模型的 LLR 统计量结果。由表5可知, LLR 统计量在所有情况下均高度显著,但似然比率随着 L 的增加而减小,表明模型对 L 有较强的稳定性,也表明交易者在进行策略切换时会更多考虑近期的表现。 J 取值不同时模型结果同样均高度显著,但 LLR 统计量随着 J 的增加而增加,表明动量交易者在形成预期价格时的参考周期更长。

5.3 脉冲响应分析

通过脉冲响应分析不同变量受到外生冲击时对其他变量的影响方式,进一步验证模型的动态解释能力。选择市场价差 $|CE|$ 、A股市场的因子份额贡献度 GG_1 、A股市场的统计套利交易者权重 w_1^{arb} 和H股市场的统计套利交易者权重 w_2^{arb} 4个变量。

表6给出冲击变量对响应变量的长期累积影响效果。当 $|CE|$ 受到冲击时,41只样本股票中的30只 GG_1 响应为负,且有33只股票的 w_1^{arb} 响应为正。表明当两市股票价差变大后,A股市场的统计套利交易者数量增加,并使价差向相反方向变化,同时A股市场的价值发现能力下降。 $|CE|$ 对于 w_2^{arb} 的影响方式则不够明显,有19只股票响应为正,11只为负,另有11只为中性。

当 GG_1 为冲击项时,有32只股票的 $|CE|$ 响应为正, w_1^{arb} 和 w_2^{arb} 分别有29只和36只股票的响应为负。以上结果表明,当A股市场的信息处理能力变强时,A股市场走势更加独立于H股市场,从而扩大价差,并进一步使套利交易者的获利空间变小,从而导致

表6 脉冲响应分析结果

Table 6 Impulse Response Analysis Results

冲击项	响应项	正向影响	中性影响	负向影响
$ CE $	$ CE $	32	9	0
$ CE $	GG_1	5	6	30
$ CE $	w_1^{arb}	33	4	4
$ CE $	w_2^{arb}	19	11	11
GG_1	$ CE $	32	8	1
GG_1	GG_1	23	11	7
GG_1	w_1^{arb}	3	9	29
GG_1	w_2^{arb}	4	1	36
w_1^{arb}	$ CE $	5	2	34
w_1^{arb}	GG_1	25	10	6
w_1^{arb}	w_1^{arb}	30	6	5
w_1^{arb}	w_2^{arb}	31	9	1
w_2^{arb}	$ CE $	29	4	8
w_2^{arb}	GG_1	23	9	9
w_2^{arb}	w_1^{arb}	3	10	28
w_2^{arb}	w_2^{arb}	2	7	32

统计套利策略被交易者抛弃。

在大多数情况下,A股市场统计套利交易者权重冲击导致两市价差减少,并使两市统计套利交易者

所占比例增加;而H股统计套利交易者权重冲击的影响结果则相反,会导致价差扩大并使套利交易者比例减少。综合来看,A股市场套利交易行为的增加会引起H股市场套利交易者的增加,并使两市价差变小,因此A股市场交易者掌握了更多的信息,并在价格发现过程中起主导作用,H股市场交易者的行为对A股市场交易者的影响则不明显。

6 结论

从交易者具有异质性的微观视角,结合交叉上市公司股票的实际交易特点,本研究考虑统计套利交易者和动量交易者对交叉上市公司股票价格的影响途径和方式,构建两类异质交易者并存时的股票定价模型。进一步考虑当交易者可以在不同交易策略之间切换选择的条件下,将模型拓展为具有动态时变权重系数的向量误差修正模型的一般形式。采用因子份额模型作为价格发现的定量分析手段,结合构建的异质交易者定价模型动态刻画不同市场的价格发现功能演变过程。以A股与H股交叉上市公司股票高频交易数据为对象进行实证研究,得出的主要结果如下。

(1)包含有统计套利交易者和动量交易者的异质交易者定价模型能够较好地解释交叉上市公司股票价格的形成机理,尤其在引入选择转换机制后可以进一步提升模型的解释能力。相对而言,A股市场中基于两市价差的统计套利交易者所占比重更大,H股则主要由本地市场的正反馈交易者占据主导地位。

(2)本研究构建的异质交易者定价模型具有向量误差修正模型的一般形式,可以通过结合因子份额模型测量不同市场的价格发现能力,并且系数具有时变性,可以动态地刻画市场的价格发现能力,其中统计套利交易者的权重是影响价格发现的主要因素。实证结果表明,大多数情况下,A股市场的价格发现能力更强,价格发现能力具有明显的日内效应,A股市场在接近收盘的时间段价格发现能力显著提升。

(3)当选择不同的滞后期数和动量交易者趋势滞后期数时,模型保持很好的稳定性。通过脉冲响应分析当不同变量受到外生冲击时对其他变量的影响,结果表明A股市场统计套利交易行为的增加引起H股市场统计套利交易者的增加,并使两市价差变小。因此,A股市场交易者掌握了更多的信息,并在价格发现过程中起主导作用,H股市场交易者的行为对A股市场交易者的影响则不明显。

本研究尝试将异质交易者定价理论应用于交叉上市公司股票价格发现问题的研究中,取得了较好的效果。一方面拓展了异质交易理论的应用,另一方面为价格发现这一问题的研究提供了新角度。在测量价格发现能力时除经典的因子份额分析法和信息份额法外,目前已有更为先进的评价方法被开发并应用于实际研究中。因此,未来研究可以进一步创新

和完善对价格发现能力的定量刻画,使其能够更好地与异质交易理论相结合,为金融市场的微观结构领域研究做出新的拓展。

参考文献:

- [1] MALKIEL B G. Reflections on the efficient market hypothesis: 30 years later. *The Financial Review*, 2005, 40(1): 1-9.
- [2] BEKAERT G, HOEROVA M. The VIX, the variance premium and stock market volatility. *Journal of Econometrics*, 2014, 183: 181-192.
- [3] RAK R, DROZDZ S, KWAPIEN J K. Detrended cross-correlations between returns, volatility, trading activity, and volume traded for the stock market companies. *Europhysics Letters*, 2015, 112(4): 48001-1-48001-6.
- [4] FRIJNS B, INDRIAWAN I, TOURANI-RAD A. Macroeconomic news announcements and price discovery: evidence from Canadian-U.S. cross-listed firms. *Journal of Empirical Finance*, 2015, 32: 35-48.
- [5] BROGAARD J, HENDERSHOTT T, RIORDAN R. High-frequency trading and price discovery. *The Review of Financial Studies*, 2014, 27(8): 2267-2306.
- [6] 李斌,汪寿阳. 价格发现速度与流动性. *系统管理学报*, 2012, 21(6): 765-770.
LI Bin, WANG Shouyang. The speed of price discovery and liquidity. *Journal of System & Management*, 2012, 21(6): 765-770.
- [7] BOEHMER E, WU J (JULIE). Short selling and the price discovery process. *The Review of Financial Studies*, 2013, 26(2): 287-322.
- [8] FRIJNS B, GILBERT A, TOURANI-RAD A. The dynamics of price discovery for cross-listed shares: evidence from Australia and New Zealand. *Journal of Banking & Finance*, 2010, 34(3): 498-508.
- [9] LOCKWOOD J, LOCKWOOD L, LAU S T. Price discovery of internationally cross-listed stocks during the 2008 financial crisis. *The Journal of Financial Research*, 2018, 41(3): 351-381.
- [10] PLOTT C R, POGORELSKIY K. Call market experiments: efficiency and price discovery through multiple calls and emergent Newton adjustments. *American Economic Journal: Microeconomics*, 2017, 9(4): 1-41.
- [11] LAUERMANN S, MERZYN W, VIRÁG G. Learning and price discovery in a search market. *The Review of Economic Studies*, 2018, 85(2): 1159-1192.
- [12] HU G X, PAN J, WANG J. Early peek advantage? Efficient price discovery with tiered information disclosure. *Journal of Financial Economics*, 2017, 126(2): 399-421.
- [13] COMERTON-FORDE C, PUTNINŠ T J. Dark trading and price discovery. *Journal of Financial Economics*, 2015, 118(1): 70-92.
- [14] 张肖飞,李焰. 股票市场透明度对价格发现效率的影响:基于开盘竞价方式转变的事件研究. *系统工程理论与实践*, 2013, 33(5): 1089-1097.
ZHANG Xiaofei, LI Yan. Impact of stock market transparency on price discovery efficiency: an event study on the change of open call auction. *Systems Engineering - Theory & Prac-*

- tice, 2013, 33(5):1089-1097.
- [15] BRANDT M W, KAVAJECZ K A, UNDERWOOD S E. Price discovery in the treasury futures market. *The Journal of Futures Markets*, 2007, 27(11):1021-1051.
- [16] PASCUAL R, PASCUAL-FUSTER B. The relative contribution of ask and bid quotes to price discovery. *Journal of Financial Markets*, 2014, 20:129-150.
- [17] 王春峰, 马丹, 房振明, 等. 中国股票市场买卖报价对价格发现的贡献差异研究. *管理评论*, 2018, 30(6):3-12.
WANG Chunfeng, MA Dan, FANG Zhenming, et al. Research on the relative contribution of ask and bid quotes to price discovery in Chinese stock market. *Management Review*, 2018, 30(6):3-12.
- [18] HASBROUCK J. Intraday price formation in U. S. equity index markets. *The Journal of Finance*, 2003, 58(6):2375-2400.
- [19] FIGUEROLA-FERRETTI I, GONZALO J. Modelling and measuring price discovery in commodity markets. *Journal of Econometrics*, 2010, 158(1):95-107.
- [20] FRIJNS B, GILBERT A, LEHNERT T, et al. Uncertainty avoidance, risk tolerance and corporate takeover decisions. *Journal of Banking & Finance*, 2013, 37(7):2457-2471.
- [21] OZTURK S R, VAN DER WEL M, VAN DIJK D. Intraday price discovery in fragmented markets. *Journal of Financial Markets*, 2017, 32:28-48.
- [22] BOLLEN N P B, O'NEILL M J, WHALEY R E. Tail wags dog: intraday price discovery in VIX markets. *The Journal of Futures Markets*, 2017, 37(5):431-451.
- [23] GILBERT T, SCOTTI C, STRASSER G, et al. Is the intrinsic value of a macroeconomic news announcement related to its asset price impact?. *Journal of Monetary Economics*, 2017, 92:78-95.
- [24] 陈莹, 武志伟, 王杨. 沪深300指数衍生证券的多市场交易与价格发现. *管理科学学报*, 2014, 17(12):75-84.
CHEN Ying, WU Zhiwei, WANG Yang. Multi-market trading of HS300 index derivatives and price discovery of stock market index. *Journal of Management Sciences in China*, 2014, 17(12):75-84.
- [25] 陶利斌, 潘婉彬, 黄筠哲. 沪深300股指期货价格发现能力的变化及其决定因素. *金融研究*, 2014(4):128-142.
TAO Libin, PAN Wanbin, HUANG Junzhe. The determinants of price discovery in CSI300 stock index futures. *Journal of Financial Research*, 2014(4):128-142.
- [26] 谢晓闻, 方意, 越胜民. 中国期货市场价格发现功能研究. *系统工程学报*, 2016, 31(3):364-372.
XIE Xiaowen, FANG Yi, YUE Shengmin. Study of the price discovery function in China's future market. *Journal of Systems Engineering*, 2016, 31(3):364-372.
- [27] 田洪志, 姚峰, 罗浩, 等. 中国原油价格争取成为国际基准指标的进程研判. *中国软科学*, 2020(12):11-21.
TIAN Hongzhi, YAO Feng, LUO Hao, et al. Study and judge the process of China's oil price striving to become the international benchmark index. *Chinese Soft Science*, 2020(12):11-21.
- [28] CHOU R K, CHUNG S L, HSIAO Y J, et al. The impact of liquidity on option prices. *The Journal of Futures Markets*, 2011, 31(12):1116-1141.
- [29] UMUTLU M, SHACKLETON M B. Stock-return volatility and daily equity trading by investor groups in Korea. *Pacific-Basin Finance Journal*, 2015, 34:43-70.
- [30] COULTON J J, DINH T, JACKSON A B. The impact of sentiment on price discovery. *Accounting & Finance*, 2016, 56(3):669-694.
- [31] BROCK W A, HOMMES C H. Heterogeneous beliefs and routes to chaos in a simple asset pricing model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 1998, 22(8/9):1235-1274.
- [32] 史金艳, 赵江山, 张茂军. 基于投资者异质信念的均衡资产定价模型研究. *管理科学*, 2009, 22(6):95-100.
SHI Jinyan, ZHAO Jiangshan, ZHANG Maojun. The equilibrium asset pricing model based on investors' heterogeneous beliefs. *Journal of Management Science*, 2009, 22(6):95-100.
- [33] 李璐, 宣慧玉, 高宝俊, 等. 交易者异质性与资产价格长期记忆研究. *管理科学*, 2007, 20(6):70-80.
LI Lu, XUAN Huiyu, GAO Baojun, et al. Trader heterogeneity and long memory in asset prices. *Journal of Management Science*, 2007, 20(6):70-80.
- [34] 史永, 李思昊. 关联交易、机构投资者异质性与股价崩盘风险研究. *中国软科学*, 2018(4):123-131.
SHI Yong, LI Sihao. Research on related-party transaction, institutional investors' heterogeneity and stock price crash risk. *China Soft Science*, 2018(4):123-131.
- [35] 刘燕, 朱宏泉. 个体与机构投资者, 谁左右A股股价变化? 基于投资者异质信念的视角. *中国管理科学*, 2018, 26(4):120-130.
LIU Yan, ZHU Hongquan. Individual investor or institutional investor, who dominates asset pricing in Chinese A-share stock market from a perspective of investors' heterogeneous beliefs?. *Chinese Journal of Management Science*, 2018, 26(4):120-130.
- [36] CHRISTENSEN B J, NIELSEN M Ø, ZHU J. Long memory in stock market volatility and the volatility-in-mean effect: the FIEGARCH-M Model. *Journal of Empirical Finance*, 2010, 17(3):460-470.
- [37] GABAIX X, GOPIKRISHNAN P, PLEUROU V, et al. A theory of power law distributions in financial market fluctuations. *Nature*, 2003, 423(6937):267-270.
- [38] DE JONG E, VERSCHOOR W F C, ZWINKELS R C J. Heterogeneity of agents and exchange rate dynamics: evidence from the EMS. *Journal of International Money and Finance*, 2010, 29(8):1652-1669.
- [39] 何诚颖, 刘林, 徐向阳, 等. 外汇市场干预、汇率变动与股票价格波动: 基于投资者异质性的理论模型与实证研究. *经济研究*, 2013, 30(10):29-42.
HE Chengying, LIU Lin, XU Xiangyang, et al. Foreign exchange market intervention, exchange rate movements and stock price volatility: theoretical model and empirical study based on investor heterogeneity. *Economic Research Journal*, 2013, 30(10):29-42.
- [40] XIONG W, YAN H J. Heterogeneous expectations and bond markets. *The Review of Financial Studies*, 2010, 23(4):

- 1433-1466.
- [41] 张一, 刘志东. 异质交易行为主体下的金融传染机制及效应研究. *中国管理科学*, 2017, 25(9): 37-45.
ZHANG Yi, LIU Zhidong. Research on effect and mechanism of financial contagion with heterogeneous traders. *Chinese Journal of Management Science*, 2017, 25(9): 37-45.
- [42] CAI C X, MCGUINNESS P B, ZHANG Q. The pricing dynamics of cross-listed securities: the case of Chinese A- and H-shares. *Journal of Banking & Finance*, 2011, 35(8): 2123-2136.
- [43] FAN Q L, WANG T. The impact of Shanghai-Hong Kong stock connect policy on A-H share price premium. *Finance Research Letters*, 2017, 21: 222-227.
- [44] HOGAN S, JARROW R, TEO M, et al. Testing market efficiency using statistical arbitrage with applications to momentum and value strategies. *Journal of Financial Economics*, 2004, 73(3): 525-565.
- [45] ALEXANDER C, DIMITRIU A. Indexing and statistical arbitrage. *The Journal of Portfolio Management*, 2005, 31(2): 50-63.
- [46] 赵胜民, 闫红蕾. A股市场统计套利风险实证分析. *管理科学*, 2015, 28(5): 93-105.
ZHAO Shengmin, YAN Honglei. Empirical study on the risk of statistical arbitrage in A-share market. *Journal of Management Science*, 2015, 28(5): 93-105.
- [47] STUBINGER J, MANGOLD B, KRAUSS C. Statistical arbitrage with vine copulas. *Quantitative Finance*, 2018, 18(11): 1831-1849.
- [48] 王良, 秦隆皓, 刘潇, 等. 高频数据条件下基于ETF基金的股指期货套利研究. *中国管理科学*, 2018, 26(5): 9-20.
WANG Liang, QIN Longhao, LIU Xiao, et al. A study on stock index futures arbitrage by ETF with high-frequency data. *Chinese Journal of Management Science*, 2018, 26(5): 9-20.
- [49] ELLIOTT R J, VAN DER HOEK J, MALCOLM W P. Pairs trading. *Quantitative Finance*, 2005, 5(3): 271-276.
- [50] RUDY J, DUNIS C, LAWS J. Profitable pair trading: a comparison using the S&P 100 constituent stocks and the 100 most liquid ETFs. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 2017, 7(4): 650-662.
- [51] LIU B, CHANG L B, GEMAN H. Intraday pairs trading strategies on high frequency data: the case of oil companies. *Quantitative Finance*, 2017, 17(1): 87-100.
- [52] LAW K F, LI W K, YU P L H. A single-stage approach for cointegration-based pairs trading. *Finance Research Letters*, 2018, 26: 177-184.
- [53] EUN C S, SABHERWAL S. Cross-border listings and price discovery: evidence from U.S.-listed Canadian stocks. *The Journal of Finance*, 2003, 58(2): 549-575.
- [54] FRIJNS B, GILBERT A, TOURANI-RAD A. The determinants of price discovery: evidence from US-Canadian cross-listed shares. *Journal of Banking & Finance*, 2015, 59: 457-468.
- [55] 宋顺林, 易阳, 谭劲松. AH股溢价合理吗: 市场情绪、个股投机性与AH股溢价. *南开管理评论*, 2015, 18(2): 92-102.
SONG Shunlin, YI Yang, TAN Jinsong. Is AH share premium justified? Market sentiment, speculative stocks and AH shares premium. *Nankai Business Review*, 2015, 18(2): 92-102.
- [56] LI M L, CHUI C M, LI C Q. Is pairs trading profitable on China AH-share markets?. *Applied Economics Letters*, 2014, 21(16): 1116-1121.
- [57] 闫红蕾, 赵胜民. 沪港通能否促进A股与香港股票市场一体化. *中国管理科学*, 2016, 24(11): 1-10.
YAN Honglei, ZHAO Shengmin. Does Shanghai-Hong Kong stock connect promote integration between Hong Kong and Mainland China's stock market?. *Chinese Journal of Management Science*, 2016, 24(11): 1-10.
- [58] CHIARELLA C, IORI G, PERELLÓ J. The impact of heterogeneous trading rules on the limit order book and order flows. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2009, 33(3): 525-537.
- [59] MENKVELD A J. High frequency trading and the new market makers. *Journal of Financial Markets*, 2013, 16(4): 712-740.
- [60] BROGAARD J, HENDERSHOTT T, RIORDAN R, et al. High frequency trading and the 2008 shortsale ban. *Journal of Financial Economics*, 2017, 124(1): 22-42.
- [61] BIANCONI M, TAN L. Cross-listing premium in the US and the UK destination. *International Review of Economics & Finance*, 2010, 19(2): 244-259.
- [62] MARTINEZ V, TSE Y. Intraday price discovery analysis in the foreign exchange market of an emerging economy: Mexico. *Research in International Business and Finance*, 2018, 45: 271-284.
- [63] FASSAS A P, SIRIOPOULOS C. Intraday price discovery and volatility spillovers in an emerging market. *International Review of Economics & Finance*, 2019, 59: 333-346.
- [64] 聂思玥, 李梦花, 刘维奇. 价格发现能力的变化及其解释: 来自AH交叉上市股票的证据. *数理统计与管理*, 2018, 37(3): 554-570.
NIE Siyue, LI Menghua, LIU Weiqi. Variation of price discovery and its explanations: evidence from AH cross-listed stocks. *Journal of Applied Statistics and Management*, 2018, 37(3): 554-570.
- [65] 陈学胜, 覃家琦. 交叉上市股票价格发现能力差异及交易信息含量测度. *中国管理科学*, 2013, 21(2): 9-16.
CHEN Xuesheng, QIN Jiaqi. Different of price discovery abilities among listed stocks and the measurement of the trade-related information. *Chinese Journal of Management Science*, 2013, 21(2): 9-16.

Dynamic Impact of Heterogeneous Trading Behavior on Market Price Discovery Capacity

ZHANG Yi^{1,2}, LIU Zhidong², ZHANG Yongchao³, LI Zhe¹

1 School of Economics, Northeastern University at Qinhuangdao, Qinhuangdao 066004, China

2 School of Management Science and Engineering, Central University of Finance and Economics, Beijing 100081, China

3 School of Mathematics and Statistics, Northeastern University at Qinhuangdao, Qinhuangdao 066004, China

Abstract: In recent years, a large number of Chinese companies are actively expanding overseas financing channels. Many of them are listed overseas, and have formed a special group of cross-listed companies. The phenomenon that the stocks of cross-listed companies have the same underlying assets, but different prices of the same shares has aroused a lot of researchers' attention, especially for the comparing of price discovery of different markets.

From the microscopic perspective of heterogeneity of traders, this study considers the influence of statistical arbitrage traders and momentum traders on the price of cross-listed stocks. Furthermore, it is assumed that the trader is free to switch between the two strategies for the purpose of maximizing returns, and a dynamic pricing model of heterogeneous traders with selective switching mechanism is constructed. Furthermore, the contribution rate of component share that can be directly calculated by combining the permanent-temporary model and the price discovery capability of different markets can be dynamically observed.

Taking the A-share and H-share cross-listed companies in China as samples, we choose 1-minute high-frequency time series data for empirical study. The results show that statistical arbitrage traders and momentum traders exist widely in the two markets and their trading behavior can explain the formation mechanism of stock prices to a great extent. Among them, the transaction in A-share market are mainly momentum traders based on the historical performance of the market, while the statistical arbitrage traders based on the price discrepancy are more common in the H-share market; the explanatory power of the heterogeneous trader pricing model is further strengthened after introducing the switching mechanism, the dynamic characteristics of the market operation are better described, and the traders in the A-share market have the same characteristics. For most cross-listed stocks, A-share market has a stronger price discovery ability than H-share market. Price discovery has a significant intraday effect, and A-share market has a significant increase in price discovery during the later hours of the trading day.

In the past, heterogeneous agent pricing model has been widely used in asset pricing and the interpretation of descriptive statistics of financial time, meanwhile the research on market price discovery has been lacking in the micro-level analysis of trader behavior. Therefore, on the one hand, our work expands the application scope of heterogeneous transaction pricing model, on the other hand, it provides a new research perspective and method for dynamic characterization of market evolution process and reveals the market price discovery ability.

Keywords: heterogeneous trading behavior; price discovery capacity; switching mechanism; statistical arbitrage; high frequency trading

Received Date: October 19th, 2018 **Accepted Date:** July 8th, 2019

Funded Project: Supported by the National Natural Science Foundation of China (71503035), the China Postdoctoral Science Foundation (2017M621042), the Fundamental Research Funds for the Chinese Central Universities (N2123021), and the Humanity and Social Sciences Research of Ministry of Education of China (20YJC630220)

Biography: ZHANG Yi, doctor in management, is a lecturer in the School of Economics at Northeastern University at Qinhuangdao and is a research fellow at post-doctoral working station in the School of Management Science and Engineering at Central University of Finance and Economics. His research interest focuses on financial contagion. His representative paper titled "Research on effect and mechanism of financial contagion with heterogeneous traders" was published in the *Chinese Journal of Management Science* (Issue 9, 2017). E-mail: zhangyi@neuq.edu.cn

LIU Zhidong, doctor in management, is a professor in the School of Management Science and Engineering at Central University of Finance and Economics. His research interest focuses on financial risk management. His representative paper titled "Option pricing in non-Gaussian Ornstein-Uhlenbeck stochastic volatility processes driven by the Lévy process" was published in the *Journal of Management Sciences in China* (Issue 1, 2019). E-mail: liu_phd@163.com

ZHANG Yongchao, doctor in science, is a lecturer in the School of Mathematics and Statistics at Northeastern University at Qinhuangdao. His research interest focuses on financial engineering. His representative paper titled "Entry-exit decisions with underlying processes following geometric Lévy processes" was published in the *Journal of Optimization Theory and Applications* (Issue 1, 2017). E-mail: zhangyongchao@neuq.edu.cn

LI Zhe, doctor in management, is a lecturer in the School of Economics at Northeastern University at Qinhuangdao. Her research interest focuses on financial risk management. Her representative paper titled "Nonlinear interdependence of the Chinese stock markets" was published in the *Quantitative Finance* (Issue 3, 2012). E-mail: lizhe@neuq.edu.cn

□