

# 基于日内效应的沪深300股指期货套利的分析<sup>①</sup>

赵秀娟<sup>1</sup>, 魏卓<sup>2</sup>, 汪寿阳<sup>3</sup>

(1. 北京邮电大学经济管理学院, 北京 100876; 2. 中国科学院大学管理学院, 北京 100190;  
中国科学院数学与系统科学研究院, 北京 100190)

**摘要:** 基于1min的高频数据首次对沪深300股指期货日内特征进行分析,发现其日内绝对收益率的“LM”型特征,日内成交量的“WV”型特征,持仓量的“倒U”型特征,价差的“LM”型特征,以及错误定价率的“早上高、下午低”的日内均值回复特征,并通过向量自回归模型的方差分解和脉冲响应函数分析了五个指标的动态关联性.随后,根据沪深300股指期货错误定价率出现的“上午高、下午低”的日内特征,设计了相应的套利策略.样本内和样本外的套利收益数据表明,基于沪深300股指期货日内特征的套利策略是有效的.全文最后根据实证结果提出了相应的投资建议.

**关键词:** 沪深300股指期货; 高频数据; 日内效应; 套利; 向量自回归

**中图分类号:** F830 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2015)01-0073-14

## 0 引言

我国首支金融期货——沪深300股指期货在中国金融期货交易所上市后,交易量很快就跃居第一,成为最活跃的期货品种之一.利用股指期货进行套利交易不仅有利于股指期货功能的发挥,而且使得现货市场和期货市场保持一种稳定的均衡关系.基于股指期货的期现套利,是指利用现货指数来计算期货的合理价格,当期货合约的实际交易价格偏离其合理价格时,期货被错误定价,此时套利机会出现.然而由于交易成本等摩擦因素的存在,当股指期货的合理价格处于一个区间内时,套利利润实际上是无法实现的.这个区间被称为无套利区间,只有当实际的期货交易价格超出该区间的上界或下界时,进行正向套利(做空期货,做多现货)或反向套利(做多期货,做空现货),并在其回复至无套利区间内时平仓,才能获得无风险利润.

在现代金融的研究中,越来越多的学者开始使用高频数据.特别是针对套利的研究,人们普遍认为只有使用高频数据才能更好地刻画实时的套利机会.由于其以小时或分钟为频率,能够涵盖较为丰富的日内特征,因此基于高频数据的研究被认为能反映出金融市场对于信息的迅速反应.日内效应就是指某些表征金融市场特征的变量在一天内或者更高的频率内表现出的规律性特征.同“小公司效应”等一样,“日内效应”也是金融市场微观结构中出现的一种现象.在欧美等成熟市场,日内效应已经得到了一些证明.股票市场、期货市场、利率市场和外汇市场都展现了一系列的日内效应,如股票市场的“U”型特征.通过分析股指期货的日内特征,可以研究一些基于日内特征的套利策略.因此判断我国的沪深300股指期货是否具有日内效应,将是设计套利策略的前提条件.

对一些成熟的资本市场,如对美国、中国香港

<sup>①</sup> 收稿日期: 2012-05-04; 修订日期: 2012-10-27.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71173023); 北京高等学校青年英才计划项目; 新世纪优秀人才支持计划资助项目(NCET-11-0599).

作者简介: 赵秀娟(1980—),女,河北邢台人,博士,教授,博士生导师. Email: zhaoxiujuan@gmail.com

的高频数据的实证研究已经发现了一些比较典型的日内效应. Andersen 和 Bollerslev<sup>[1]</sup>、Andersen 等<sup>[2]</sup>和 Hasbrouck<sup>[3]</sup>研究了股票市场的日内特征,均发现股票市场的交易量和波动率呈现了开盘和收盘时高、中间低的“U”型日内季节性特征. Ding 和 Lau<sup>[4]</sup>,以及 Rahman 等<sup>[5]</sup>对个股进行了日内特征的实证研究,结果表明不光交易量,买卖价差和交易频率都有日内效应. Jain 和 John<sup>[6]</sup>、Mcinnish 和 Wood<sup>[7]</sup>对纽约市场的股票收益率的波动性进行了日内分析,结果发现波动率、交易频率、买卖价差以及交易量都出现了开盘和收盘较大,中间时段较小的“U”型模式. Engle 和 Russell<sup>[8-9]</sup>对交易持续时间的日内模式有一定探索,得出久期的日内特征呈现类似的“倒 U”型. Charlie<sup>[10]</sup>发现伦敦股票市场上成交量、买卖价差以及波动率的日内特征. Andersen 等<sup>[11]</sup>对日本东京证券市场的日内效应进行了分析,发现该市场的日内特征呈现出与美国市场所不同的“W”型,其原因可能是午间休市这种不同的交易制度造成的.

国内有关日内效应的研究则集中于股票市场 and 商品期货市场,特别是对流动性和波动率进行了估计. 刘力等<sup>[12]</sup>采样了我国沪深 A 股市场的 5min 交易数据,实证研究了日内价格和成交量的变化. 刘勤和顾岚<sup>[13]</sup>也发现了我国股票市场的日内交易的成交量呈现“W”型特征,并且对周内的日度数据进一步分析后发现周效应特征也极为明显. 屈文洲和吴世农<sup>[14]</sup>对我国股票市场的成交量、买卖价差进行了日内特征分析,发现与国外市场相似的是成交量同样呈“倒 U”型,但是买卖价差的“L”型日内模式则与纽约股票交易所的“U”型有明显不同. 杨之曙和李子奈<sup>[15]</sup>利用 5min 交易数据对上海铜期货市场的日内特征进行实证分析,发现绝对收益率的波动性呈“L”型特征,交易笔数和成交量呈“U”型特征. 房振明和王春峰<sup>[16]</sup>依据 FFF 模型对沪市的“U”型模式建立了日内汇报特征模型. 曹迎春等<sup>[17]</sup>分析了我国股票市场流动性的日内特征,综合考虑股票交易时间、交易数量以及价格的波动率等因素后,提出日内流动性可以用单位时间内价格波动一单位所能吸收的交易量来度量. 李广川等<sup>[18]</sup>通过构造“成交积极性”变量,提出了一种在连续竞价指令驱动市场中估计信息交易概率的新方法,并基于此研究了

信息交易概率和资产收益波动、报价价差、成交持续期关系的股市日内效应. 刘向丽等<sup>[19]</sup>基于 1min 数据实证分析了我国六个商品期货品种的收益率和成交量日内特征,发现了我国商品期货日内绝对收益率及成交量的“L”型特征.

有关我国沪深 300 股指期货日内效应的研究则相对较少. 孙艳等<sup>[20]</sup>发现沪深 300 股指期货绝对收益率的日内效应呈现“W”型,价格持续期的日内效应并非呈现单一的形态,而是呈“U”型、“L”型、“W”型和“倒 U”型四种形状. 但该研究的样本期较短,并不具有代表性和普遍性. 魏宇<sup>[21]</sup>用高频数据实证了已实现波动率模型对沪深 300 股指期货波动率的刻画和预测能力较高,但并未从日内效应的角度对其进行探讨.

本文首次分析了沪深 300 股指期货的成交量、持仓量、收益率、1min 最高价最低价的价差以及错误定价率的日内特征,选取样本期长度为半年,具有一定代表性;并通过向量自回归模型的方差分解和脉冲响应函数进行了五个指标的动态关联性分析;随后根据沪深 300 股指期货错误定价率出现“上午高、下午低”的日内特征,设计了相应的套利策略.

## 1 数据与方法

由于交易成本的存在,只有当期货实际价格超出无套利区间时才存在套利机会. 根据持有成本理论<sup>[22]</sup>,在考虑了交易成本后,得到的股指期货无套利区间为

$$F_u = (F_{TT} + S_t(C_{st} + C_{st})) (1 + r)^{(T-t)} + C_{ft}(1 + r)^{(T-t)} + C_{ft} / (1 - C_{fs}(1 + r)^{(T-t)} - C_{ft} - C_{st} - C_{ss})$$

$$F_d = (F_{TT} - S_t(C_{st} + C_{st})) (1 + r)^{(T-t)} - C_{ft}(1 + r)^{(T-t)} - C_{ft} / (1 - C_{fs}(1 + r)^{(T-t)} + C_{fs} + C_{st} + C_{st})$$

其中  $F_u$  和  $F_d$  分别为无套利区间的上、下边界,  $F_{TT}$  为  $T$  时刻的理论期货价格,  $F_t$  和  $S_t$  分别为  $t$  时刻的期货和现货价格,  $C_{st}$  为现货交易佣金,  $C_{ft}$  为期货交易手续费,  $C_{st}$  和  $C_{ss}$  为买入现货和卖出现货的冲击成本,  $C_{ft}$  和  $C_{fs}$  为买入期货和卖出期货的冲击成本,  $r$  为无风险利率.

一旦股指期货的价格超过无套利区间的上边界或下边界,股指期货就被错误定价,用错误定价率来衡量(mispricing ratio, MR) 其大小,则有

$$MR = \begin{cases} \frac{F_t - F_u}{F_u} (F_t > F_u) \\ 0 & (F_d < F_t < F_u) \\ \frac{F_t - F_d}{F_d} (F_t < F_d) \end{cases}$$

日内效应的样本数据应该选取较长的一个时间段才能对效应有所体现. 因此,本文选取 2010 年 8 月 23 日到 2011 年 2 月 18 日的主力连续合约的 1min 数据. 时间段选取 9:15 - 11:30, 13:00 - 15:15 的沪深 300 股指期货的交易时间. 考察的因素包括收益率、成交量、持仓量、错误定价率以及每分钟最高价与最低价的价差. 需要说明的是,由于 9:15 至 9:29 股票市场还在集合竞价,沪深 300 股指期货在这 15min 内并没有一个现货指数对其指导定价. 因此,本文选用股票市场在这 15min 集合竞价的价格作为持有成本模型的现货价格来计算错误定价率.

把样本期每天同一个分钟时刻的数据取平均,得到每分钟的平均值. 由于每个 1min 时间点取值的偏差程度较小,所以对每个点的数据做平均,既有代表性,又较为合理. 再剔除隔夜的交易数据,即当天 9:15 分和 15:15 分的开盘第一笔数据以及当天的最后一笔数据,共得沪深 300 股指

期货的数据 31 289 条.

取同时期 1 年期定期存款利率为无风险利率  $r$ ; 取 ETF 交易佣金费率为现货交易成本  $C_{st}$  为 0.3%; 沪深 300 股指期货的手续费为每笔 30 元, 价格乘数为每点 300 元, 所以期货的交易成本  $C_{ft}$  为  $30 / (300 \times F_t)$ . 由于股指期货主力合约交易量大、流动性好, 所以近似认为交易期货和现货的冲击成本为 0.

## 2 日内效应实证分析

### 2.1 无套利区间与错误定价率

计算沪深 300 股指期货在数据选取区间内的无套利区间以及错误定价率,如图 1 所示. 可以看出,在发生错误定价的绝大部分时间里,股指期货都超出无套利区间的上边界,因此错误定价率大多为正. 在样本期间内,股指期货超过无套利区间上边界的时间约有 36.2%,而超过下边界的时间只有 0.2%. 这说明沪深 300 股指期货存在较多的正向套利机会,而负向套利机会较少. 这与 McMillan 等<sup>[23]</sup> 研究发现土耳其 ISE30 股指期货只出现了正向套利的机会是相似的. 造成这一现象的原因很可能是因为国内金融市场的融资融券业务还处于开始阶段,尚无沪深 300 指数的现货可供做空. 投资品种的缺乏与交易机制的限制,使得套利机会出现的方向并不对称.

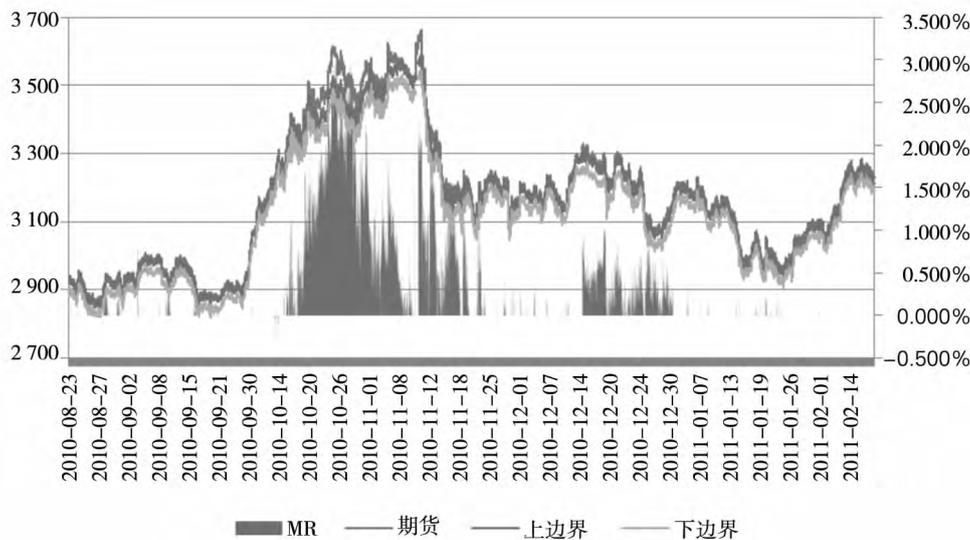


图 1 沪深 300 股指期货的无套利区间与错误定价率

Fig. 1 The no-arbitrage area and mispricing rare of CSI 300 stock index futures

## 2.2 沪深300股指期货日内效应分析

定义收益率  $R$  为沪深300股指期货价格自然对数一阶差分的100倍,如式(1)所示.

$$R = 100 \times [\ln(P_t) - \ln(P_{t-1})] \quad (1)$$

沪深300股指期货收益率、成交量、持仓量、1min最高价与最低价的价差以及错误定价率的日内特征如图2所示.收益率均值基本在0的上下随机波动,没有明显的周期模式和日内特征.为了看到价格序列的波动特征,需要考察绝对收益率序列.沪深300股指期货的日内绝对收益完全呈现“LM”型特征.集合竞价之后开盘的10min内价格剧烈波动,随后波动幅度迅速降低.在中午停盘前价格波动逐步增大,收盘前达到除开盘时间外的最大值;下午13:00开盘时,价格波动较中午停盘前明显减小,随后逐渐加大并在14:00达到最大后逐渐回落;在15:00股票现货收盘时,股指期货绝对收益达到最低点;在收盘前15min里,绝对收益率较最低点有所反弹.这与我国商品期货市场的日内特征呈现的“L”型、以及股票市场呈现的“U”型有着明显区别.商品期货市场开盘时价格波动剧烈,但波动幅度逐渐降低,可能是由于隔夜外盘价格带来的套利压力、机构投资者利用私人信息和集合竞价制度来影响价格而引发的短期变化;股票市场开盘时价格波动剧烈且逐渐波动幅度降低,而在临近收盘时股票市场价格又开始大幅上升,这种现象的产生则与金融市场的微观结构和隔夜信息的消化、吸收和释放有直接的关系.

沪深300股指期货日内绝对收益率在开盘时出现的“LM”型特征的原因与商品期货相似,可能是由于隔夜外盘价格带来的股指期货的高开或低开、一些利用非公开信息以及集合竞价制度进行的套利交易影响了股指期货价格的短期变化.因此,隔夜信息的吸收和消化以及信息不对称使得股指期货在开盘后3min内价格剧烈波动.而随后,由于其他投资者的加入,信息立刻释放,所有投资者都开始调整其买卖价格,价格的波动也回归正常.

沪深300股指期货的成交量日内特征呈现“WV”型,与绝对收益率的“LM”型有一定相似.

在开盘后10min内成交量非常大,随后迅速降低,直到开盘后25min成交量逐步稳定,并在中午停盘前缓慢升高;下午的成交量在开盘后逐渐增加,至14:30左右,成交量从高点开始回落,而在尾盘最后5min左右又急剧上升.由于我国股指期货市场刚上市不久,而且采用T+0的交易制度和保证金交易机制,这给投机者带来绝佳机会.因此,在开盘后10min收益率巨幅波动的情况下,许多投资者利用未公开信息获取利润;随后成交量骤减,并随着交易时间开始慢慢放大;同样在收盘前15min,此时的现货交易已经结束,一些套利者可以根据现货收盘时的数据来指导其进行套利交易,或者金融市场出现新的信息,投资者在股指期货市场对新信息进行反馈,调整头寸.因此,早盘和尾盘成交量都较大.

持仓量是市场上所有投资者总的“未平仓合约”数量,呈现“倒U”型日内特征.开盘时,持仓量较低,在中间时段,随着交易的进行,市场的持仓逐渐增多,此时多空双方投资者都在开仓交易,随着上午的收盘,持仓也有所减少;下午开盘与上午类似,持仓量开始增加,到14:00左右到达最大之后持仓量开始减少,15:00现货收盘之后,持仓量下降的速度更快,说明股指期货的投资者大多都不愿意持仓过夜,赶在收盘前,结束手中持有的头寸,“落袋为安”.因此,沪深300股指期货的持仓量呈现两端低、中间高的形态.

沪深300股指期货的1min内最高价与最低价的价差呈现的日内特征与绝对收益率相似,也是“LM”型,不过“M”型的波动较前两者要小很多.开盘的前10min,价差的波动较大,由于隔夜信息的扰动给了投资者不同的信息,从而在开盘时投资者给出了差别较大的委托价格.随后,价差逐步平稳,在上午收盘时明显降低;下午开盘价差也逐步加大,说明投资者的交易进入博弈阶段,在现货收盘时,价差显著降低,也说明成交量和持仓量越来越小,参与交易的投资者越来越少,价差也越来越小.收盘前5min,价差较最低点有所上升,也说明此时的投资者确实发现了一些信息,从而进场进行了交易.

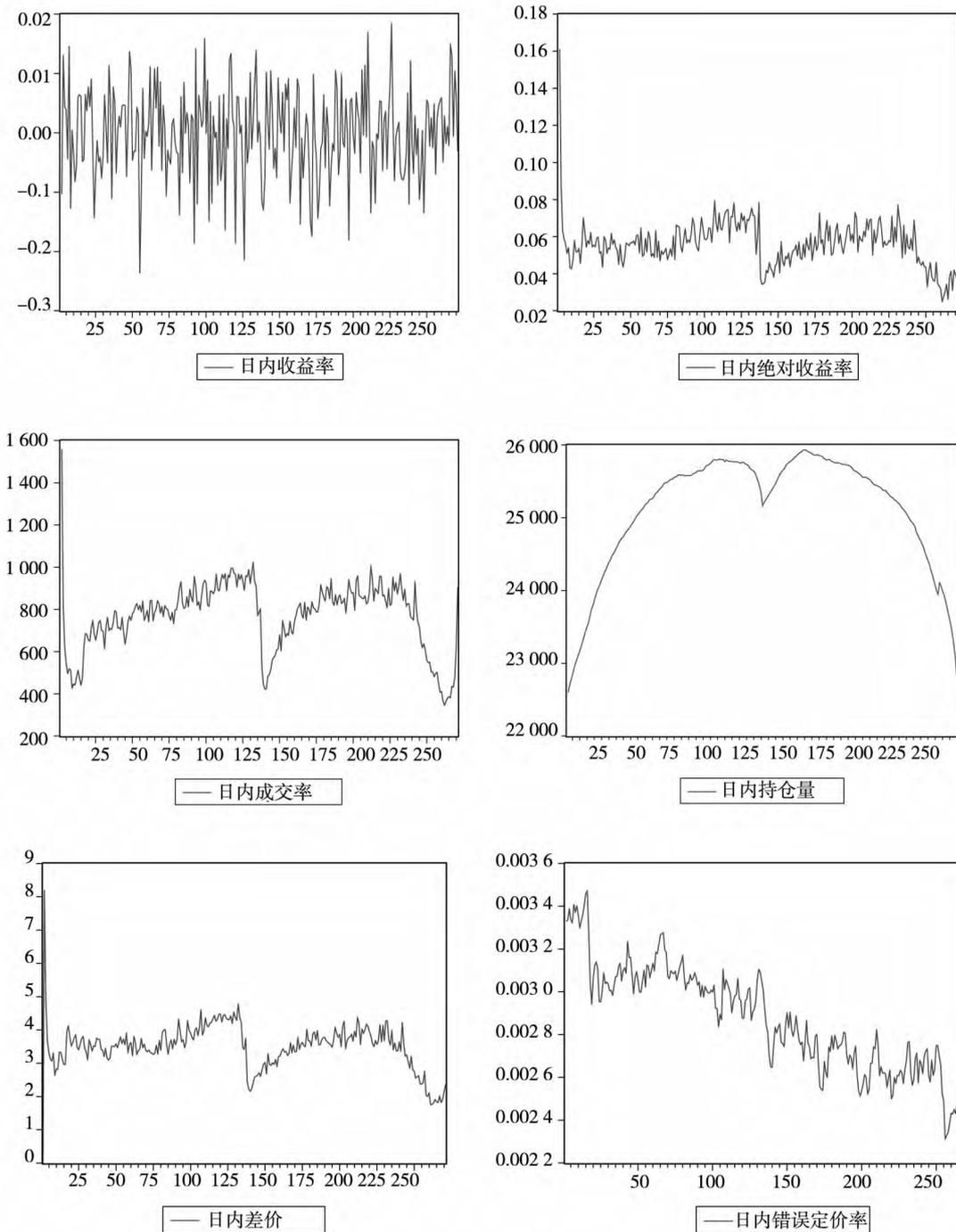


图 2 沪深 300 股指期货持仓量的日内特征

Fig. 2 Intraday characteristics of CSI 300 stock index futures holdings

基于持有成本理论得到错误定价率呈现“早上高、下午低”的日内特征,开盘后的错误定价率维持在最高点 0.003 4 左右约 15min,随后震荡下降;在 15:00 现货收盘时,股指期货的错误定价率达到最小值 0.002 3 后,反弹至 0.002 7 附近,日内

呈现的波动性较大.从数值来看,日内错误定价率呈现的是一种均值回归的效应.在开盘阶段,错误定价率较大的原因可能是由于隔夜信息的影响.由于在 9:15 到 9:30 现货市场还处于集合竞价阶段,没有一个完整的现货指数来指导股指期货的

定价;并且现货相对于股指期货对信息的反应较滞后,所以使得股指期货在开盘时偏离其理论值较大,随后逐渐恢复到接近理论值.在接近收盘阶段,由于15:00股票市场收盘,对于股指期货市场交易的最后15min,只有现货指数收盘价对其指导定价,而且一旦15:00之后有新的信息,投资者只能通过股指期货市场来消化.所以在现货市场收盘后,错误定价会有所反弹.因此对于套利者而言,可以利用错误定价率“早上高、下午低”的日内均值回复效应进行交易.

因此总的看来,由于隔夜信息的扰动以及非对称信息,沪深300股指期货开盘时的价格波动、成交量以及每分钟的最高价最低价的价差偏大,此时的错误定价率由于没有现货指数做指导,所以也维持在一个较高的水平.这种日内现象,既不同于我国商品期货市场的“L”型,也不同于股票市场的“U”型,而是兼具这两种市场的特征.

表1 各指标之间是否存在Granger因果关系的检验结果

Table 1 Results of Granger causality test between all the indicators

原假设	P 值	原假设	P 值
ABSR 不是 MR(-1) 的 Granger 原因	0.970 9	MR(-1) 不是 ABSR 的 Granger 原因	0.087 7*
BASIS 不是 MR(-1) 的 Granger 原因	0.081 3*	MR(-1) 不是 BASIS 的 Granger 原因	0.489 8
VOLUME 不是 MR(-1) 的 Granger 原因	0.069 1*	MR(-1) 不是 VOLUME 的 Granger 原因	0.943 1
POSITION(-2) 不是 MR(-1) 的 Granger 原因	0.867 4	MR(-1) 不是 POSITION(-2) 的 Granger 原因	0.013 1**
VOLUME 不是 ABSR 的 Granger 原因	0.532 7	ABSR 不是 VOLUME 的 Granger 原因	0.605 5
VOLUME 不是 BASIS 的 Granger 原因	0.000 9**	BASIS 不是 VOLUME 的 Granger 原因	0.007 4**
VOLUME 不是 POSITION(-2) 的 Granger 原因	0.035 6**	POSITION(-2) 不是 VOLUME 的 Granger 原因	0.009 7**
ABSR 不是 POSITION(-2) 的 Granger 原因	0.298 5	POSITION(-2) 不是 ABSR 的 Granger 原因	0.363 1
BASIS 不是 POSITION(-2) 的 Granger 原因	0.029 2**	POSITION(-2) 不是 BASIS 的 Granger 原因	0.030 1**
BASIS 不是 ABSR 的 Granger 原因	0.606 3	ABSR 不是 BASIS 的 Granger 原因	0.502 1

注:括号中是其显著性检验的P值,\*表示在90%的置信水平下显著,\*\*表示置信水平为95%.

五个指标之间的Granger因果检验结果如表1所示.错误定价率方面,绝对收益率不是错误定价率的Granger原因,而错误定价率是绝对收益率的Granger原因.这是因为由于错误定价率的均值回复效应,所以发生错误定价后股指期货价格会发生一定变化,出现相对较大的绝对收益率.价差是错误定价的Granger原因,而错误定价不是价差的Granger原因.价差反映了投资者对于信息的不确定性,当价差越大时,市场可能充满更多的不确定性,因此出现错误定价可能性越高.又或者投资者较少,发出的指令较少、产生的价差越

### 2.3 向量自回归模型分析

在分析了指标的日内效应之后,这一节分析收益率(R)、成交量(Volume)、价差(Basis)以及持仓量(Position)和错误定价率(MR)的动态关联性.首先,从定性的角度通过Granger因果检验对其因果关系进行分析,再从定量的角度运用向量自回归模型的方差分解和脉冲响应的方法来分析其因果关系是正面还是负面,以及各指标的相互影响程度.

在剔除收益率、成交量、价差以及持仓量和错误定价率的日内趋势后,对这五个指标进行平稳性检验,发现持仓量和错误定价率的序列不平稳,取多阶差分再次进行平稳性检验后,持仓量的二阶差分 and 错误定价率的一阶差分平稳.因此对收益率、成交量、价差以及持仓量的二阶差分 and 错误定价率的一阶差分进行Granger因果检验.

小较少的成交量不能使股指期货出现合理的价格,从而出现错误定价.成交量是错误定价的Granger原因,错误定价率不是成交量的Granger原因,成交量越小时,可能没有足够的交易使得股指期货收敛于现货,从而出现错误定价.错误定价率是持仓量的Granger原因,相反则不成立,当出现错误定价时,可能吸引套利者进场交易,因此持仓量可能加大.

成交量方面,与收益率不存在互相的Granger因果关系.不同于股票市场上导致成交量与收益率正相关的单方面做多机制,期货市场是双向交

易,多头与空头均可以在股指期货市场实现,所以股指期货在上涨或下降时的成交量是对称的,因此二者也就不存在因果关系.成交量与价差互为对方的 Granger 原因.价差越大时,投资者发出的指令差别越大.同时会因为信息来调整指令直至成交,从而放大成交量;相反,当成交量越大时,参与交易的投资者越多,发出的指令也就越多,价差就越大.成交量与持仓量存在互相的 Granger 因果关系,这是因为本文使用的是持仓量的差分.这与成交量是高度相关的,持仓的变动就是由成交量所引起的.

持仓量与收益率不存在互相的 Granger 因果关系,价差与收益率也不存在互相的因果关系,也是由于股指期货的多空双向交易机制所造成的.

方差分解能够给出对向量自回归模型中的内生变量,以及产生影响的每个随机扰动的相对重要性的信息.随着滞后期延长,新信息对内生变量的影响从剧烈到平稳,方差分解方法能够从时间角度定量地分析内生变量的影响关系.所以对沪深 300 股指期货的这五个指标的 VAR 模型进行方差分解,结果如表 2 所示.

表 2 沪深 300 股指期货 VAR 模型方差分解表

Table 2 Variance decomposition based on VAR model for CSI 300 stock index futures

	阶数	MR1	VOLUME	POSITION2	ABSR	BASIS
MR1	1	100	0	0	0	0
	5	97.935	1.392 813	0.217 259	0.044 811	0.410 12
	10	97.729 37	1.400 912	0.234 28	0.045 805	0.589 634
	20	97.575 79	1.421 302	0.245 66	0.046 232	0.711 015
	30	97.543 69	1.434 465	0.246 899	0.046 325	0.728 625
	50	97.535 63	1.441 306	0.246 958	0.046 337	0.729 768
VOLUME	1	0.806 316	99.193 68	0	0	0
	5	2.889 896	93.968 59	1.688 653	0.034 365	1.418 493
	10	3.419 608	88.093 4	2.616 276	0.025 764	5.844 957
	20	3.506 817	76.792 21	4.114 223	0.023 021	15.563 73
	30	3.385 94	70.463 36	4.807 22	0.030 282	21.313 2
	50	3.274 421	67.229 25	5.096 709	0.038 109	24.361 51
POSITION2	1	0.222 319	5.440 364	94.337 32	0	0
	5	2.537 057	5.490 876	86.920 89	1.195 567	3.855 607
	10	2.533 05	5.659 928	86.678 46	1.194 617	3.933 946
	20	2.533 56	5.820 735	86.510 46	1.192 657	3.942 586
	30	2.534 584	5.863 71	86.462 24	1.191 974	3.947 493
	50	2.534 743	5.871 907	86.436 23	1.191 589	3.965 53
ABSR	1	3.233 152	0.071 682	0.000 922	96.694 24	0
	5	4.012 863	0.618 062	1.003 635	93.845 25	0.520 186
	10	4.019 382	0.816 836	1.007 893	93.581 48	0.574 411
	20	4.018 63	0.981 163	1.007 434	93.414 06	0.578 718
	30	4.018 728	1.021 093	1.010 401	93.356 55	0.593 226
	50	4.018 204	1.028 341	1.013 774	93.322 79	0.616 891
BASIS	1	1.232 568	65.033 12	1.558 13	0.138 044	32.038 13
	5	1.694 352	74.650 69	1.059 547	0.183 409	22.412
	10	2.126 761	79.899 73	0.783 736	0.174 403	17.015 37
	20	2.541 238	81.234 12	1.157 034	0.148 297	14.919 31
	30	2.626 286	78.667 27	1.669 164	0.138 672	16.898 6
	50	2.601 499	75.987 55	2.039 373	0.137 849	19.233 73

从表2可以看到,当错误定价的一阶差分作为被解释变量时,自身的滞后阶数解释了90%到98%的残差扰动;成交量解释了2%的残差扰动;价差、持仓量和绝对收益率解释力度很小,不到1%。当成交量作为被解释变量时,其本身的滞后阶数、价差、持仓量和错误定价率有一定的解释力度,分别解释了70%到95%、5%到25%、5%和3%左右的残差扰动;绝对收益率对成交量的影响较弱,解释程度在1%以下。持仓量作为解释变量时,除绝对收益率只解释了1%左右的残差扰动外,其余变量均有一定的解释力度。其中,自身的滞后阶数解释了绝大部分残差扰动,约占85%到90%;错误定价率、成交量和价差的解释程度都在3%到6%。当绝对收益率作为解释变量时,只有自身的滞后阶数跟错误定价率有一定的解释力度,分别占到65%和35%左右;而成交量、持仓量和价差的解释程度不到1%。当价差作为被解释变量时,成交量占据了大部分的解释残差扰动,占到了65%到80%;其次是本身的滞后阶数解释了15%到30%的残差扰动;持仓量和错误定价率的解释力度约为2%;绝对收益率影响较弱,不到1%。

总的来看,在对新信息冲击有反馈的同时,错误定价率、成交量、持仓量、绝对收益率和价差五个变量的解释能力稳定在15、25、5、10和15期左右,随后信息对变量的影响逐渐消失。这与之前分析这五个变量的日内效应、开盘后逐步稳定的时间相符。

脉冲响应函数描述的是向量自回归模型中的某个内生变量的冲击对其余内生变量造成的影响。通过时间序列模型分析指标间的互相影响,脉冲响应函数考虑了扰动项影响如何传导至各指标。对这五个指标进行脉冲响应的结果如图4所示。

错误定价率对一个标准差信息的冲击会立即产生很强烈的反应,随后迅速减小,第2期达到0左右,第3期有所反弹,并且是负向影响,从滞后第4期开始衰减为0;错误定价率对价差的标准差信息冲击在第2期有一定的负向影响,随后在第3

期衰减为0;来自成交量的影响在第2期为负向,第3期转为正向,随后长时间的衰退至第10期到0;对绝对收益率、持仓量的影响比较微小,基本在0附近波动。

成交量对一个标准差信息的冲击会立即产生很强烈的正向反应,随后开始逐渐减小,到第20期衰减一半左右,衰减的持续时间较长,到50期衰减到0附近。来自价差的影响在前20期为正向,随后变成负向影响至第70期左右衰减为0。来自错误定价率和持仓量的影响在第一期有所加大,随后缓慢减弱,至第40期衰减到0,前者为正向影响,后者为负向影响。而来自绝对收益率的影响较小,即期几乎没有反应,随后也在0附近,表明绝对收益率对成交量几乎没有影响。

持仓量对一个标准差信息的到达会立即产生较大的反应,持仓量立刻上升,随后减小,在第5期左右就衰退到0。错误定价率、成交量、价差和绝对收益率的影响较为相似,即期或者第2期的影响较大,随后影响的方向反转,继而在第5或6期其影响衰退为0。

同样,绝对收益率对本身的标准差信息的到达会立即产生较大的正向影响,随即产生较大的价格波动,随后翻转成较弱的负向影响,并立即减弱,在第4期就衰退到0。错误定价率对即期的绝对收益率存在一定的负向影响,随即转成稍微小的正向影响,同是在第4期衰退至0。而来自价差、成交量和持仓量的影响较弱,即期反应较弱,随后也都在0附近波动,所以绝对收益率来自这三者的影响较小。

1min的最高价与最低价的价差,对本身的标准差信息的到达会立即产生较大的正向影响,到第2期衰减三分之一,第3期与第2期较少变化,从第3期开始衰减,到第25期左右衰减至0。来自成交量和持仓量的影响正好反向,前者是正向影响,后者是负向影响,且都从第4期开始影响逐步放大,至第15期开始衰减,衰减过程持续较长时间,超过50期。来自错误定价率和绝对收益率的影响较小,前者的正向影响从第3期开始衰退,且衰退时间较长,到第30期基本影响消失,后者的

负向影响在第 2 期就减小到 0 附近,因此,错误定价率和绝对收益率对价差的影响较小.

总的来看,脉冲响应的分析与之前的 Granger 因果检验中五个变量的影响是基本相符的.沪深 300 股指期货的信息传播方式与连续信息到达的假设相符,这与 Easley 和刘向丽等的研究是一致

的.市场信息逐步向外部环境传播和扩散,成交量和投资者对信息的判断对错误定价率有持续影响.成交量的前一期和后一期产生相反的影响.前一期成交量越小,出现错误定价率的机会越高.随后投资者发现套利机会,又出现较大的成交量,驱使股指期货收敛于理论值,错误定价消失.

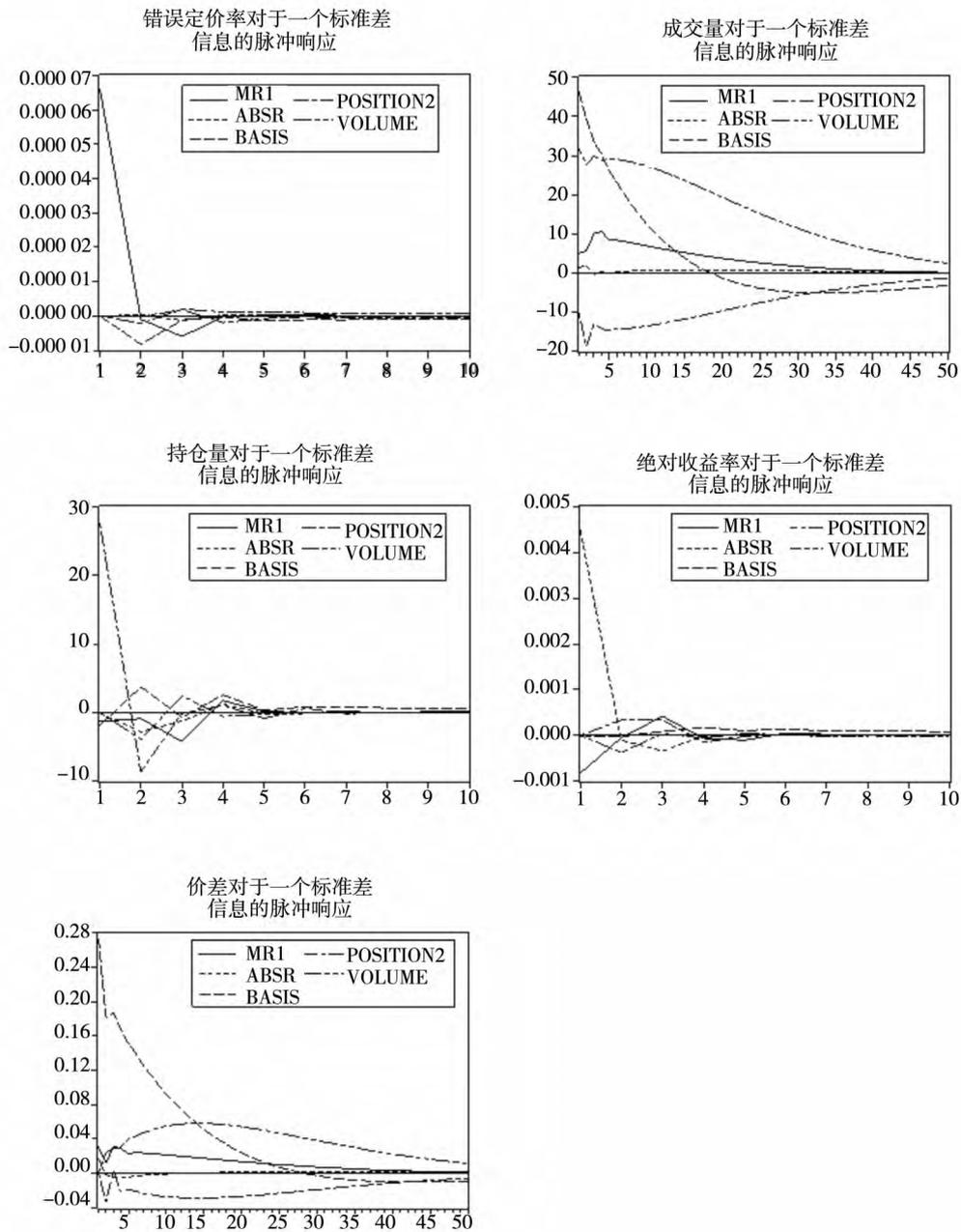


图 3 沪深 300 股指期货向量自回归模型的脉冲响应

Fig.3 The impulse response based VAR model of CSI 300 stock index futures

### 3 基于日内均值回复效应的套利分析

基于沪深300股指期货的日内效应,特别是错误定价率出现的日内“早高晚低”的均值回复效应,可以设计相应的套利策略来获得利润。但是需要指出的是,目前,我国的现货交易并不是“T+0”,而是“T+1”制度,因此现货的买卖并不能在当天完成,所以本节从理论上,假定股票现货市场的交易是“T+0”制度,且市场上存在沪深300ETF,用现货指数代替。

#### 3.1 日内套利策略

可以基于沪深300股指期货错误定价率出现“上午高、下午低”的日内效应进行套利操作。上午较高的错误定价率意味着在上午,特别是开盘后半小时的时间段内,沪深300股指期货与其根据持有成本模型计算的理论价格有较大的偏差,到下午15:00股票现货市场收盘的时间,错误定价率最低,股指期货与理论值的偏差在一天之内最低。因此,在日内出现的错误定价率最大与最小的差值,是投资者可以进行套利交易获得利润的空间。

由于沪深300股指期货在9:15开盘,此时股票市场还在集合竞价,无法得知具体的点数,因此选择在现货市场和股指期货都正式交易的9:30进场进行套利,做空沪深300股指期货,做多现货沪深300ETF。在下午15:00,现货市场已经结束交易,而沪深300股指期货还将继续交易15min,因此选择14:59作为平仓手中头寸的时刻,卖出沪深300ETF,同时平仓沪深300股指期货。

选取得到沪深300股指期货日内效应的时间段:2010年8月23日到2011年2月18日的主力合约1min数据作为样本内数据;从2011年2月19日到2011年8月19日主力连续合约的1min数据作为样本外数据。

该套利策略的收益分析将基于以下假设:

1) 现货使用的沪深300ETF,手续费为目前ETF的交易佣金0.3%,且流动性较好,冲击成本

为0;

2) 沪深300股指期货的手续费为0.1%<sup>②</sup>,冲击成本为0。

#### 3.2 套利收益分析

根据以上数据,以及9:30分进场(做空沪深300股指期货,做多沪深300ETF)、14:59平仓(平仓沪深300股指期货,卖出沪深300ETF)的正向套利策略,计算了样本期内的沪深300股指期货与沪深300ETF现货的日内套利收益率。样本期271天内,套利的总收益率达10.96%,平均日收益率为0.094%,中位数为0.08%,最大的日收益率为0.78%,最小值为0.4%,标准差为0.002。

具体的套利每日收益率如图5所示,可以看到,收益率最高的一天发生在2010年11月22日,最低的一天发生在2011年1月19日。正的日内收益率,有6次在0.4%以上,其他大部分在0.2%以内。而负向收益率只有5次低于了-0.2%。如果我国现货市场允许做空ETF,那么通过反向的日内套利也能获得一定的收益。

由此可见,在样本期内的日内套利策略是成功的,平均日收益率为0.094%,年化收益率为23.5%,远远高于银行一年期定期存款的3.5%无风险收益;样本内总收益率为10.96%,同样远高于半年1.75%的无风险收益。

由于该沪深300股指期货错误定价率的日内效应是通过样本内数据得到的,因此,需要分析基于日内特征的套利策略在样本外数据上是否有效。样本外期间的沪深300股指期货与沪深300指数走势图如图6所示。相较于图1所示的样本指数走势,二者的波幅都聚集在3000至3500点之间。但样本内波动略大,且较大的波动率发生在前半段;样本外期间则在后半段波动较大。

计算得到样本外期间的271天内沪深300股指期货与现货沪深300ETF的日内套利收益率。套利的总收益率达7.84%,平均日收益率为0.062%,中位数为0.06%,最大的日收益率为0.52%,最小值为0.31%,标准差为0.0013。由此

<sup>②</sup> 我们不考虑300元/点的乘数,就采用点数,所以30元/笔的手续费近似为0.1%的手续费。

可见,在样本期外的日内套利策略同样是成功的,平均日收益率为 0.06%,年化收益率为 15.5%,样本内总收益率为 7.84%,尽管低于样本内的收益,但是仍然远高于无风险收益。

具体的套利每日收益率如图 7 所示,可以看到,收益率最高的一天发生在 2011 年 8 月 19 日,

最低的一天发生在 2011 年 4 月 28 日. 正的日内收益率,有 2 次在 0.4% 以上,17 次在 0.2% 以上,0.2% 以内的正收益率占 93%,而负向收益率只有 2 次低于 -0.2%. 同样,如果我国现货市场允许做空 ETF,那么,在反向的日内套利获得的收益也低于正向套利。

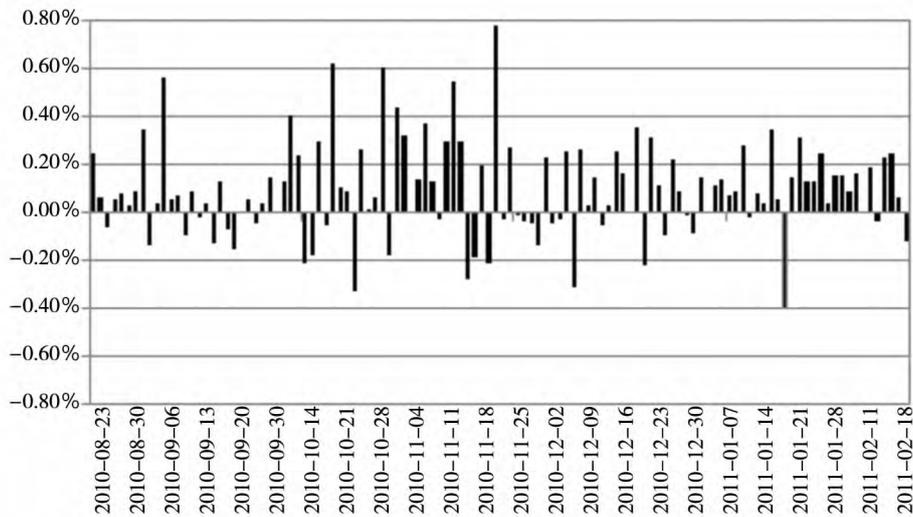


图 4 样本内沪深 300 股指期货日内套利每日收益率

Fig. 4 Intra-sample daily yield of intraday arbitrage of CSI 300 stock index futures

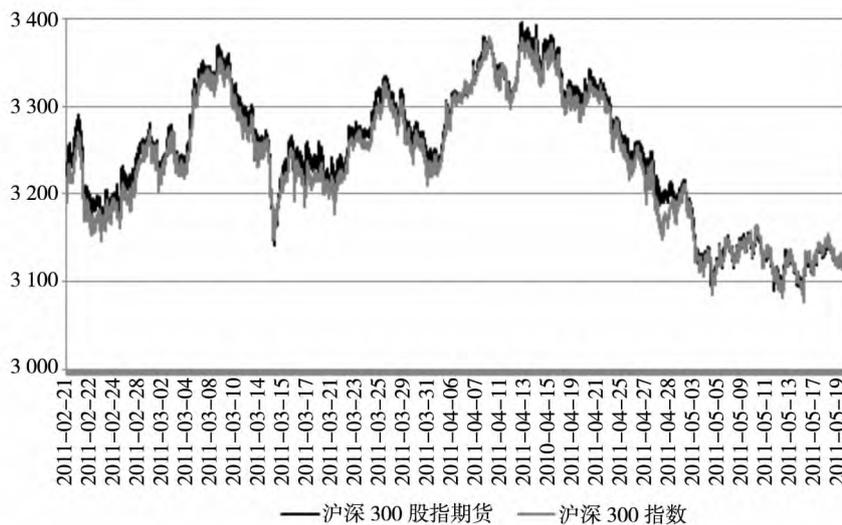


图 5 样本外沪深 300 股指期货与现货走势

Fig. 5 Out-of-sample movement of CSI 300 stock index futures and spot

与样本内的收益率相比,在样本前半段的 135 天内负的收益比较多,在样本外后半段的 135 天负的收益比较多,这与样本内外前后半段指数的波动性大小是相符的. 也就是说,当

指数波动比较大时,投资者做正向套利可能会产生较大的风险;相反,如果在指数的走势较为平稳时正向套利,则能够获得较稳定的收益。

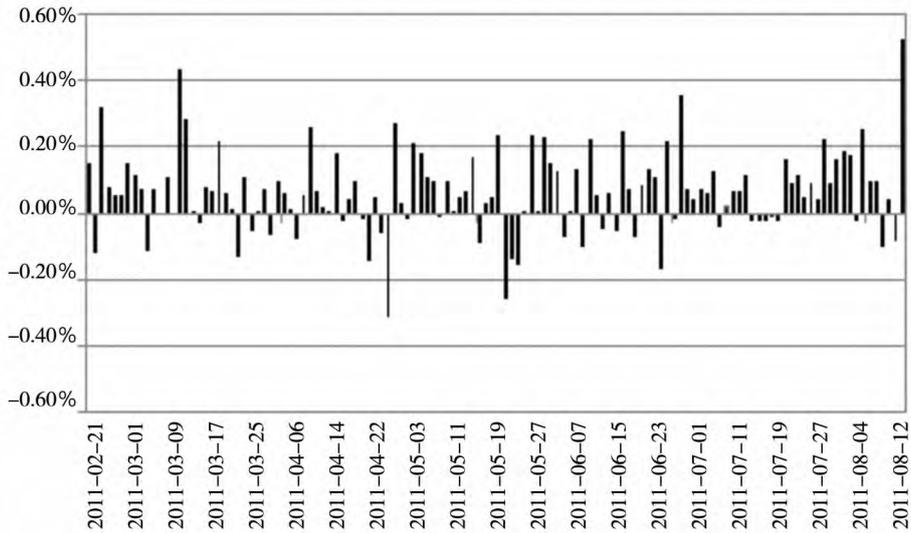


图6 样本内沪深300股指期货日内套利每日收益率

Fig.6 Intra-sample daily yield of intraday arbitrage of CSI 300 stock index futures

### 4 结束语

本文对沪深300股指期货的收益率(绝对收益率)、成交量、持仓量、1min最高价最低价的价差以及错误定价率的日内特征进行了分析,并通过Granger因果检验和向量自回归模型的方差分解方法和脉冲响应函数对这五个指标进行了动态关联性分析;随后基于错误定价率“上午高下午低”的日内均值回复特征,设计了相应的日内套利策略,并利用该策略对样本内数据和样本外数据分别进行了实证分析.研究发现:

(1) 沪深300股指期货日内绝对收益率的“LM”型特征,成交量日内特征呈现“WV”型,持仓量呈现“倒U”型,价差是“LM”型,错误定价率是“早上高、下午低”型的日内均值回复特征.这种日内特征兼具了我国商品期货市场的“L”型以及股票市场的“U”型特征.出现的原因可能是沪深300股指期货受到隔夜信息的扰动、某些投资者得到内幕消息进行交易的信息不对称以及比股票市场更早接收到信息而进行消化所导致的.

(2) 错误定价率与其余四个指标的动态关联性方面,绝对收益率不是错误定价率的Granger原因,而错误定价率是绝对收益率的Granger原因.由于错误定价率的均值回复效应,所以发生错

误定价后股指期货价格会发生一定变化,出现相对较大的绝对收益率.价差是错误定价的Granger原因,而错误定价不是价差的Granger原因,出现错误定价的可能性越高,又或者投资者越少,发出的指令越少,产生的价差越小.较少的成交量不能使股指期货出现合理的价格,从而出现错误定价.成交量是错误定价的Granger原因,错误定价率不是成交量的Granger原因,成交量越小时,可能没有足够的交易使得股指期货收敛于现货,从而出现错误定价.错误定价率是持仓量的Granger原因,相反则不成立.当出现错误定价时,可能吸引套利者进场交易,因此持仓量可能加大.

(3) 当错误定价率作为被解释变量时,自身的滞后阶数解释了占到绝对主力的残差扰动;成交量作为被解释变量时,其本身滞后阶数、价差、持仓量和错误定价率有一定的解释力度;持仓量作为解释变量时,自身的滞后阶数解释了占绝大多数残差扰动;当绝对收益率作为解释变量时,自身的滞后阶数跟错误定价率有的解释力度分别占65%和35%;当价差作为被解释变量时,成交量的残差扰动占到65%到80%.错误定价率、成交量、持仓量、绝对收益率和价差五个变量的滞后解释分别稳定在15、25、5、10和15期,随后信息对变量的影响逐渐消失.

(4) 与我国商品期货市场的研究结果相似,

沪深 300 股指期货市场的信息逐步向外部环境传播和扩散,成交量和投资者对信息的判断对错误定价率有持续性的影响。成交量的前一期和后一期产生相反的影响,前一期成交量越小,出现错误定价率的机会越高,随后投资者发现套利机会,又出现较大的成交量,驱使股指期货收敛于理论值,直至错误定价消失。

(5) 假设现货市场存在沪深 300ETF,且能够进行日内交易,即现货市场是“T + 0”交易机制,基于沪深 300 股指期货错误定价率的“上午高下午低”的日内均值回复特征,可以设计在现货开盘的 9:30 开仓交易并在现货收盘前的 14:59 平仓手中的期货和现货头寸的策略,能够获得的套利收益率远高于无风险收益率。

#### 参 考 文 献:

- [1] Andersen T, Bollerslev T. Intraday periodicity and volatility persistence in financial markets [J]. *Journal of Empirical Finance*, 1997, 4: 115 - 158.
- [2] Andersen T, Bollerslev T, Diebold F, et al. The distribution of realized change rate volatility [J]. *Journal of the American Statistical Association*, 2001, 96: 42 - 55.
- [3] Hasbrouck J. Trading fast and slow: Security market events in real time [R]. Stern School of Business, 1999.
- [4] Ding K, Lau T. An analysis of transactions data for the stock exchange of Singapore: Pattern, absolute price change, trade size and number of transactions [J]. *Journal of Business Finance and Accounting*, 2001, 28: 151 - 174.
- [5] Rahman S, Lee F, Aug P. Intraday return volatility process: Evidence from NASDAQ stocks [J]. *Review of Quantitative Finance and Accounting*, 2002, 19: 155 - 180.
- [6] Jain P, John G. The dependence between hourly prices and trading value [J]. *Journal of Finance*, 1988, 23: 269 - 283.
- [7] Meinish T, Wood R. A transaction data analysis of the variability of common stock during 1980 - 1984 [J]. *Journal of Banking and Finance*, 1990, 14: 99 - 112.
- [8] Engle F, Russell J R. Forecasting the frequency of changes in quoted foreign exchange prices with the autoregressive conditional duration model [J]. *Journal of Empirical Finance*, 1997, 4: 187 - 212.
- [9] Engle R F, Russell J R. Autoregressive conditional duration: A new model for irregularly spaced transaction data [J]. *Econometrica*, 1998, 5: 1127 - 1162.
- [10] Charles Sutcliffe. *Stock Index Futures* [M]. International Thomson Publishing Services, 1998, London.
- [11] Andersen T, Bollerslev T, Cai J. Intraday and interday volatility in the Japanese stock market [J]. *Journal of International Markets*, 2000, 10: 107 - 130.
- [12] 刘力, 刘春旭, 李维刚. 沪深股市 A 股日内价格与交易量变动模式的实证研究 [J]. *经济科学*, 2000, 1: 52 - 65.  
Liu Li, Liu Chunxu, Li Weigang. Empirical study on price and volume change pattern of SCI A shares [J]. *Economic Science*, 2000, 1: 52 - 65. (in Chinese)
- [13] 刘勤, 顾岚. 股票日内交易数据特征和波幅的分析 [J]. *统计研究*, 2001, 4: 36 - 42.  
Liu Qin, Gu Lan. Analysis on intraday transaction characteristics and volatility of stock market [J]. *Statistical Research*, 2001, 4: 36 - 42. (in Chinese)
- [14] 屈文洲, 吴世农. 中国股票市场微观结构的特征分析 [J]. *经济研究*, 2002, 1: 56 - 63.  
Qu Wenzhou, Wu Shinong. Analysis on microstructure of Chinese stock market [J]. *Economic Research*, 2002, 1: 56 - 63. (in Chinese)
- [15] 杨之曙, 李子奈. 上海股市日内流动性——深度变化实证研究 [J]. *金融研究*, 2003, 6: 25 - 37.  
Yang Zhishu, Li Zina. The intraday liquidity of Shanghai stock market: Empirical study on downward changes [J]. *Finance research*, 2003, 6: 25 - 37. (in Chinese)
- [16] 房振明, 王春峰. 上海股票市场市场收益日内效应的研究 [J]. *北京理工大学学报*, 2004, 6: 38 - 41.  
Fang Zhenming, Wang Chunfeng. Research on the intraday effect of the return of Shanghai stock market [J]. *Journal of Beijing Institute of Technology*, 2004, 6: 38 - 41. (in Chinese)
- [17] 曹迎春, 刘善存, 邱苑华. 证券市场日内流动性的综合度量、特征与信息含量 [J]. *系统工程*, 2007, 3: 1 - 9.  
Cao Yingchun, Liu Shancun, Qiu Wanhua. Comprehensive measurements, characteristics and information content of intraday liquidity in securities market [J]. *Journal of System Engineering*, 2007, 3: 1 - 9. (in Chinese)

- [18]李广川,刘善存,邱宛华. 连续指令驱动市场的信息交易概率: 一种新的方法[J]. 管理科学学报, 2010, 13(10): 8-20.  
Li Guangchuan, Liu Shancun, Qiu Wanhua. The probability of continuous information transactions in order-driven market [J]. Journal of Management Sciences in China, 2010, 13(10): 8-20. (in Chinese)
- [19]刘向丽,程刚,成思危,等. 中国期货市场日内效应分析[J]. 系统工程理论与实践, 2008, 8: 63-80.  
Liu Xiangli, Cheng Gang, Cheng Siwei, et al. Intraday effect analysis on Chinese futures market [J]. System Engineering: Theory and Practice, 2008, 8: 63-80. (in Chinese)
- [20]孙艳,何建敏,周伟. 基于UHF-EGARCH模型的股指期货市场实证研究[J]. 系统科学, 2011, 24(6): 113-120.  
Sun Yan, He Jianmin, Zhou Wei. Empirical research of stock index futures market based on UHF-EGARCH model [J]. Systems Science, 2011, 24(6): 113-120. (in Chinese)
- [21]魏宇. 沪深300股指期货的波动率预测模型研究[J]. 管理科学学报, 2010, 13(2): 66-76.  
Wei Yu. Forecast model research on SCI 300 stock index futures volatility [J]. Journal of Management Sciences in China, 2010, 13(2): 66-76. (in Chinese)
- [22]Cornell B, French K. The pricing of stock index futures [J]. Journal of Future Markets, 1983, 3: 1-14.
- [23]McMillan D, Ülkü N. Persistent mispricing in a recently opened emerging index futures market: Arbitrageurs invited [J]. Journal of Futures Markets, 2009, 29(3): 218-243.
- [24]马雁. 我国银行业发展与区域经济增长的非线性关系探究——基于面板平滑转换模型的分析[J]. 现代财经(天津财经大学学报), 2013, 8: 63-77.  
Ma Yan. A discussion on the nonlinear relationship between banking development and regional economic growth in China: An analysis based on PSTR model [J]. Modern Finance and Economics (Journal of Tianjin University of Finance and Economics), 2013, 8: 63-77. (in Chinese)
- [25]张维,武自强,张永杰,等. 基于复杂金融视角的计算试验金融: 进展与展望[J]. 管理科学学报, 2013, 6: 85-94.  
Zhang Wei, Wu Ziqiang, Zhang Yongjie, et al. Agent-based computational finance on complex financial system perspective: Progress and prospects [J]. Journal of Management Sciences in China, 2013, 6: 85-94. (in Chinese)
- [26]汪寿阳,张维,杨晓光,等. 与时俱进的金融系统工程(专辑序言) [J]. 管理科学学报, 2014, 3: 1.  
Wang Shouyang, Zhang Wei, Yang Xiaoguang, et al. Progressing finance system engineering [J]. Journal of Management Sciences in China, 2014, 3: 1. (in Chinese)

## Study on CSI300 index futures' arbitrage based on intraday effect

ZHAO Xiu-juan<sup>1</sup>, WEI Zhuo<sup>2</sup>, WANG Shou-yang<sup>3</sup>

1. School of Economics and Management, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China;
2. School of Management, Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;
3. Academy of Mathematics and Systems Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

**Abstract:** Based on 1 minute high-frequency data, this paper analyzed intraday effect of CSI300 index futures for the first time and found “LM” pattern of absolute yields, “WV” pattern of volume, “inverted U” pattern of position, “LM” pattern of basis between highest and lowest price within 1 minute, and “high in the morning, low in the afternoon” pattern of mispricing ratio. Then, dynamic correlation of these five indicators was analyzed by vector auto regression model of variance decomposition and impulse response function. In addition, we designed arbitrage strategy based on mispricing ratio's intraday effect, and intrasample and outsample result shows the intraday arbitrage strategy is effective. Finally, we made investment recommendations based on result.

**Key words:** CSI300 index futures; high frequency data; intraday effect; arbitrage; VAR