

# 国外高频交易的发展现状及其对我国的启示

郭朋

(上海期货交易所博士后, 上海 200122)

**摘要:** 证券市场上的高频交易模式大体上分为四类: 订单拆分策略、做市交易策略、量化交易策略和其他策略。研究发现: (1) 高频交易降低了买卖价差, 提高了市场流动性, 而并没有增加市场波动率, 甚至反而可能降低了市场波动率; (2) 没有发现高频交易者存在系统性抢单行为 (并不排除有特定高频交易者存在此类行为); (3) 学术研究认为高频交易有导致市场风险的可能性, 但是事件调查大多认为高频交易不是引发市场风险的罪魁祸首。本文认为, 对高频交易的监管应该注重抓住重点区别对待, 以维护公平、透明、高效的市场秩序。

**关键词:** 高频交易; 做市交易;; 监管

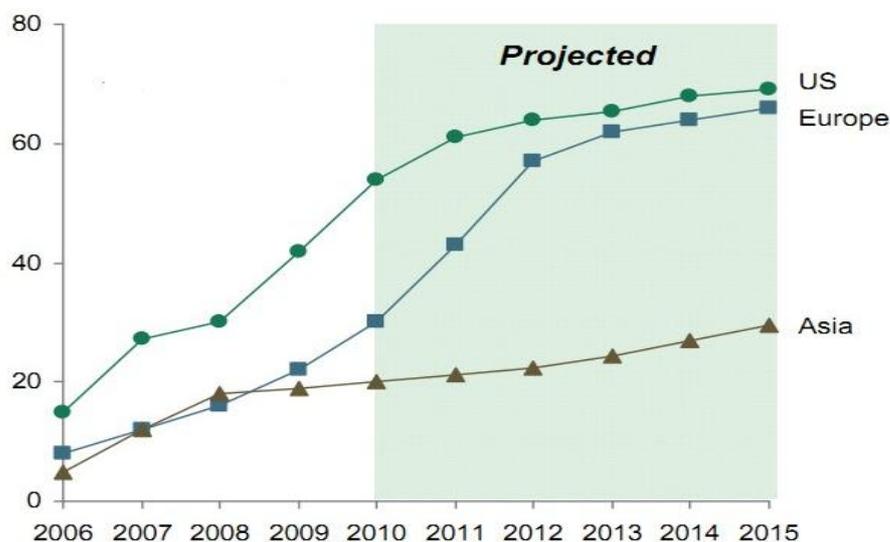
**Abstract:** HFT patterns on the stock market can be roughly divided into four categories: Order splitting, market-making, quantitative trading and other strategies. Researches on its impact on the market found that:(1) high-frequency trading reduces bid-ask spreads, increase market liquidity, and did not add to or even reduce the market volatility; (2) HFT traders did not front run other traders systematically; (3) Academic studies suggest that high-frequency trading may add to market risk, but most incident investigation denied such a reckoning. This article suggests that different measures should be applied according to the nature of different strategies and their impact on the market.

**Keywords:** HFT; principal trading; supervision

**作者简介:** 郭朋, 复旦大学管理学院博士, 上海期货交易所博士后

**中图分类号:** F830.91 **文献检索码:** A

近几年来, 高频交易 (high frequency trading) 在全球金融市场得到了迅速发展。由于数据来源和统计口径问题, 对高频交易的市场规模有不同估计, 但这些数据都显示了其迅速发展的趋势。2009 年, 美国证监会的资料表明, 美国证券市场上高频交易的日均交易量占总日均交易量的 50% 以上。TABB Group 公布的数据则显示, 美国股票市场高频交易量所占份额已经从 2005 年的 21% 上升到 2009 年的 61%, 其中 47% 是做市交易和套利交易。2009 年第四季度芝加哥商业交易所 (CME) 的收益报告显示, 有 43% 的期货市场交易属于高频交易。据 EBS (electronic broking system) 统计, 外汇市场上根据币种的不同, 高频交易占比在 60%-80% 之间。波士顿咨询公司 (BCG) 预测欧洲和美国高频交易比例都将达到 60% 以上, 而亚洲也将超过 20% (见图 1)。



Source: TABB Group; BCG analysis

图1 美国、欧洲和亚洲的证券市场高频交易比例 (%)

从国外经验看，高频交易的快速发展主要得益于以下几个因素：（1）电子交易平台的不断完善和信息技术的发展；（2）市场结构的不断完善和交易品种日趋多样化；（3）计算机自动交易理念和技术的发展。在中国，随着金融市场的不断创新和发展，这些条件都已逐步具备。特别是2010年4月股指期货上市使中国股票市场具备了完善的套利机制，高频交易在中国也将面临一个快速发展的阶段。

高频交易的快速发展给我们留下了深入研究的空间，比如，高频交易是如何运作的？它是否会带来市场风险？它将如何影响市场效率？它是否会损害其他投资者的利益？这都是监管方在制定政策的过程中需要迫切了解的问题。

## 高频交易的主要模式

目前针对高频交易尚无被广泛接受的权威定义。一般认为高频交易主要有如下几个特征：（1）报撤单速度快，甚至在一秒内完成所有操作；（2）持仓时间短，极少持有隔夜仓；（3）对系统的延时要求较高。不同的监管机构在定义时对这些特征各有偏重<sup>1</sup>。高频交易虽具有“高频”的共同特征，但是其交易机制则千差万别，由此导致其对市场的影响也会不同。因此需要对它们分别进行研究。根据现有文献，高频交易大体可以分为以下四类。

### 1. 订单拆分策略

机构投资者的大笔交易往往造成价格急剧变化，从而增加交易成本。订单拆分策略为了解决这个问题，使用多种算法把大订单分割成若干个小订单，从而减小大订单对市场的影响并降低执行成本。这类算法可以分为三代。第一代主要考虑如何减小对市场的影响，以TWAP（time weighted average price）、VWAP（volume weighted average price）和POV（percent of volume）(Johnson,2010)<sup>[17]</sup>为代表。其中，TWAP将大订单在规定的时间内按照一定的交易频率分割成小订单，VWAP按照交易量的历史分布分割订单，POV则将小订单以固定比例混入订单流以降低对市场的影响。但是，这种有规律的订单分割方式容易被其他交易者发觉并跟风，从而提高交易成本。第二代拆分策略则加入了一些反侦测的技术手段。例如冰山策略（iceberg）采取了随机分割的方法，最低影响（minimal impact）策略则

是利用备选交易系统<sup>2</sup>作为主要的交易通道，而只把小部分交易放在公开的交易系统中完成，以避免交易意图的泄露。第三代拆分策略认为，如果片面地强调订单分割和避免被侦测，就存在无法按时完成交易计划的风险，这样反而会导致交易成本的上升，因此强调利用交易量较大的交易时间完成仓位计划。例如，执行差额策略（implementation shortfall）提出应该尽量在交易量较大的早间交易时间集中完成仓位计划。此外，为了使执行差额策略可以适应快速变化的市场条件，Kissell, Freyre-Sanders and Carrie(2005)<sup>[19]</sup>则提出了适应性差额策略（adaptive shortfall），以根据当前价格的变动情况决定如何执行仓位计划。此外，由于收盘价对于投资结算等具有重要影响，还有经纪商提出了 MC（market close）策略，在全天交易时间的后半部分完成交易指令。目前国内对此类策略的研究和应用都还很少。但是随着做市商制度的引进和机构投资者的发展壮大，大笔买入卖出的需求也会随之变大，可以预见对大笔交易的订单拆分需求也会越来越大。

## 2. 做市交易策略

国际金融市场普遍实行做市商制度。与竞价交易制度不同，做市商制度是借助做市商（由大的银行机构来担任）的中介作用实现买卖双方的交易，做市商从证券的买卖差价中获取收益，并为市场提供流动性。近年来，一种被称为“被动做市策略”（passive market making）的高频交易模式逐渐发展起来。这种策略产生于美国特殊的交易机制。在美国，所有的证券交易所和 ECN 目前都为那些创造流动性的券商提供一定的交易费用回扣以争取更多的交易订单。当这些交易者使用双向挂单等待成交时，便为市场提供了流动性，使得其他有原生交易需求的交易者能以更低的成本完成交易，相应的也提高了交易所的竞争力。因此各电子化交易所对这类流动性提供者提供返还回扣，鼓励其通过报单参与交易。在这种情况下，很多小机构甚至个人投资者也可以为市场提供流动性，并在众多电子化交易所中担当起了实质性的做市商的责任。

做市商在交易过程中也会面临各种风险，一方面，资产价格的几何布朗运动属性造成了存货风险；另一方面，买卖指令的泊松分布又造成了交易风险 Avellaneda and Stoikov(2008)<sup>[11]</sup>。这种风险对传统的做市商影响更大，因为它们普遍具有巨大的资金量和交易量，也对市场有着更大的影响。它们主要采用两种方法来规避这种风险。一种方法是通过完善定价机制，将风险融入资产价格从而转移风险。学术界发展了一系列模型解决这一定价问题，例如存货模型 Garman(1976)<sup>[8]</sup>和信息模型(Glosten and Milgrom,1985)<sup>[9]</sup>等等。另一方法是风险对冲。以 Delta 中性策略（delta neutral strategies）(Hull,2009)<sup>[16]</sup>最为典型。Delta 被定义为该衍生证券的价格变化对其标的资产价格变化的比率，Delta 为零的状态被称为 Delta 中性。如果进行高频对冲，Delta 中性策略就成为一种高频交易模式。它必须在标的资产价格刚开始下降时将其出售，在其刚开始上涨时将其购入，因此它在本质上是一种趋势交易方法。从国外经验看，做市交易是高频交易策略的主流。我国目前已经在国债、利率掉期等若干市场引入做市商制度，如果在更多市场实施该制度，高频交易还会有进一步发展。

## 3. 量化交易策略

订单拆分策略与做市交易策略更多是作为一种金融服务存在，而量化交易策略强调使用定量分析进行投资决策。量化交易策略种类非常繁多，有的针对单一资产，有的则针对投资组合。

针对单一资产的分析方法包括事件套利（event arbitrage）、盘口交易（ticker tape trading）和技术分析（technical trading）等。事件套利是指针对某特定事件的发生（如重

组、拆分、兼并、收购等等)预先判定其对市场影响,进而利用市场的短期新闻效应进行交易。盘口交易是指根据订单流、交易量等信息进行交易的策略。有研究认为,价格序列(Grundy and McNichols,1989)<sup>[10]</sup>和交易量(Blume,Easley and O'Hara,1994)<sup>[12]</sup>中包含了尚未公布的信息,通过对其进行分析,就可以根据这些信息进行交易。技术分析利用历史价格的走势和图形预测价格波动。Park and Irwin(2004)<sup>[22]</sup>总结了检验不同市场上技术分析有效性的共 92 篇文献,发现新兴股票市场、期货以及外汇市场是最适合技术分析的市场。Lukac,Brorsen and Irwin(1990)<sup>[20]</sup>认为所有技术分析手段中趋势追随型交易策略最为有效。Murphy(1986)<sup>[21]</sup>指出,实现趋势追随的主要方法是移动均线法和通道突破法。

针对投资组合的交易策略包括套利交易(arbitrage)和配对交易(pairs trading)等。套利交易通过捕捉标的物完全相同的两种金融资产的差价获取利润。美国市场金融产品品种较多,针对同一标的物可能同时有期权期货等多种金融产品;同时,每种资产又可以同时在几个交易所挂牌交易。这样的市场生态为套利交易提供了较大的生存空间。配对交易也称收敛交易(convergence trading),它假设相关联的标的物的价格具有相关性(例如两家不同的石油公司的股票),因此在一种资产价格上涨而另一种下跌时,就可以做多下跌的资产,而卖空上涨的资产。由配对交易发展而来的统计套利(statistical arbitrage)与配对交易的不同之处在于,统计套利判断资产的相关性并不依据基本面或其市场特征,而且它所关注的往往是包括上百个资产的资产组合之间统计上的相关性(Pole,2007)<sup>[23]</sup>。

#### 4. 其他策略

除了上述正常的交易策略,还有一些高频交易策略可以使交易者获取信息优势而损害交易的公平性,甚至操纵价格走势,主要包括结构性(structural)策略和方向性(directional)策略(SEC,2010)<sup>[24]</sup>。结构性策略是指交易者利用不公平的交易制度获利。例如,某些交易者可能利用托管服务(co-location)先于其他交易者获取价格和订单数据,并据此下单而获利。方向性策略主要包括指令占先(order anticipation)策略和趋势引发(momentum ignition)策略。指令占先策略在某些文献中又被称为“掠夺性算法交易”。它是指通过技术手段<sup>3</sup>识别潜在大买(卖)方并抢先发出指令,待其大笔交易引发价格上升(下降)后平仓获利(Harris,2003)<sup>[12]</sup>。趋势引发策略是指事先建立头寸,然后诱骗其他交易者进行交易引发价格快速变动,进而从中牟利。其具体操作方法主要包括:通过大量挂单诱导其他交易者跟风;通过大笔成交触发市场中存在的止损指令;等等。在进行交易操纵的同时,还可能伴随着发布虚假信息等行为。

## 高频交易对市场的影响

由于高频交易的市场影响力逐渐变大,各国监管当局普遍对其可能造成的影响非常关注。美国证券交易委员会(SEC)专门对此发布了“Concept Release on Equity Market Structure”,就所关注的若干问题征询意见。其中所涉及的问题主要包括三方面:(1)高频交易对市场效率影响如何;(2)高频交易者是否有害于市场公平性并侵害其他交易者的利益;(3)高频交易是否会增加市场的系统性风险。

目前研究高频交易对市场影响的文献<sup>4</sup>也主要集中于以上三个方面。对于前两个问题的结论较为一致,大多认为高频交易降低了买卖价差,提高了市场流动性,而并没有增加市场波动率,甚至反而可能降低了市场波动率。市场公平性方面,没有发现高频交易者存在

系统性抢单行为（并不排除有特定高频交易者存在此类行为）。Foucault, Kadan and Kandel(2009)<sup>[7]</sup>分别讨论了流动性提供者（被动挂单交易者）和流动性消耗者（机构投资者）在不同市场状态下基于成本收益考虑的博弈过程，发现流动性提供者反应速度的提高会降低买卖价差。Gsell(2008)<sup>[11]</sup>假设高频交易采取做市交易策略，通过构建人工金融市场模型进行模拟，发现高频交易降低了市场波动率。Brogaard(2010)<sup>[3]</sup>使用 OLS 方法分析了 26 个被 NASDAQ 认定为从事高频交易的自营商在 120 只股票上的订单和交易数据，发现高频交易者倾向于采用价格翻转策略而不存在系统性的抢单行为；高频交易提高了市场有效性，同时可能降低了市场波动率。Hasbrouck and Saar(2010)<sup>[13]</sup>使用二阶段最小二乘法（2SLS）分析了 NASDAQ 市场上的订单流数据，分别研究高频交易在不同波动率水平下行为模式及其对市场的影响，结果显示高频交易提高了市场流动性。Hendershott and Riordan(2009)<sup>[15]</sup>利用 VAR 和 VMA（vector moving average）模型研究了由德意志证交所的 Xetra 自动交易平台（automated trading program）提供的 DAX30 种股票的交易记录，发现高频交易总体上提高了价格有效性和市场流动性，但是它会在流动性充足时提供流动性，在流动性匮乏时反而消耗流动性；此外，没有证据证明高频交易增加了市场波动性。由于纽约证交所（NYSE）不提供相应的订单流和交易数据，Hendershott, Jones and Menkveld(2011)<sup>[14]</sup>采用该市场上的电子通信量（包括订单的上报、撤销和成交）作为高频交易流动性供给的代理变量，发现高频交易提高了标的物的市场流动性和订单的信息效率，并且降低了市场买卖价差。Chaboud, Chiquoine and Hjalmarsson et al.(2009)<sup>[4]</sup>使用 VAR 方法分析电子经纪系统<sup>5</sup>提供的外汇市场交易数据，发现市场的波动主要是由非算法交易者造成的，高频交易可能降低了市场波动率；总体上，大多数研究认为高频交易改善了市场运行效率，提高了市场流动性，并可能降低市场波动率。芝加哥商品交易所（CME）在向美国商品期货交易委员会(CFTC)提交的报告中也持相同观点(Durkin,2010)<sup>[6]</sup>。

学术研究大多认为，高频交易会对价格形成机制产生不利影响并导致市场风险。Hendershott and Riordan(2009)<sup>[15]</sup>认为算法交易在价格发现方面的影响大于人工交易。Chaboud, Chiquoine and Hjalmarsson et al.(2009)<sup>[4]</sup>发现算法交易策略相关性较高，因此存在由于策略同质性引发市场价格风险的可能性。Cvitanic and Kirilenko(2010)<sup>[5]</sup>构建了一个支持限价订单的多期市场模型，并在限定低频交易者交易行为的情况下，在市场上加入高频交易者以研究其对市场价格形成机制的影响。他们认为高频交易者会在没有新的信息集的情况下改变平均交易价格。Zhang(2010)<sup>[26]</sup>使用双重差分模型分析 CRSP 和 Thomson Reuters 数据库提供的股票交易数据，发现在控制公司基本面变动等造成股价波动的其他外部影响之后，高频交易与股价波动呈正相关关系，这种正相关关系对市值较大、机构投资者持有较多的股票尤其明显，且随着市场不确定性的增加而增加；高频交易会导致股价过度反应，从而扰乱资产价格对公司基本面的反映。但也有一些研究则认为高频交易对价格影响不大，或改善了市场价格发现机制。例如，Brogaard(2010)<sup>[3]</sup>认为高频交易对价格发现机制带来了实质性的提高，大部分高频交易使得价格有着均值回归的特性，因此可以起到稳定价格的作用；高频交易者的撤单在大部分情况下都迅速被其他交易者所填补，因此对市场影响有限。此外，事件调查大多认为高频交易不是引发市场风险的罪魁祸首。Kirilenko, Kyle and Samadi et al.(2010)<sup>[18]</sup>针对 2010 年 5 月 6 日美股市场的瞬间暴跌（The Flash Crash），比较了股灾当天及前三天共四个交易日内高频交易与非高频交易的交易量，发现高频交易者的持仓总数很少超过 3000 个合约，而当天的暴跌则由 75000 个合约的卖出指令引发，高频交易的影响不足以导致当日的市场暴跌。这否认了之前认为美股暴跌千点

是由高频交易造成的说法。

## 几点启示

近年来，美国相继出台了一系列措施以完善对高频交易的监管（见表 1）。由于中美两国市场结构和交易制度上的差异，这些高频交易模式在中国并不存在。但是仍然可以看出 SEC 对高频交易的监管思路，可以为我国制定相关措施提供一些借鉴。

首先，对高频交易的监管要致力于维护公平、透明、高效的市场秩序。市场的公平性首先应该着眼于起点的公平性。例如闪电指令（flash orders）能使市场中的特定参与者在大多数交易者看到公开报价之前看到相应的订单信息(SEC,2009)<sup>[25]</sup>。托管服务（co-location）允许特定交易者使用交易所开放的高速交易通道或在物理距离上接近交易所的服务器，从而在下单时具有更高的成交速度。这无疑损害了其他交易者的平等交易权，所以这几种交易都已经被禁止。

其次，在监管过程中注重抓住重点区别对待，以达到趋利避害的效果。例如通过对巨量交易者（high volume trader）分配识别代码，避免他们凭借自身的资金优势操纵市场就体现了这种精神。此外，虽然高频交易都有报撤单速度快、持仓时间短、系统延时敏感的特征，但它实际上包含众多不同的交易策略：机构投资者可以用它降低交易成本，做市商可以用它提供市场流动性并实现风险管理，投资者可以用它进行量化投资决策分析，也有少数高频交易策略会被用来扰乱市场秩序。因此美国的监管当局非常注意将扰乱市场秩序的策略和正常的策略区别对待，强调通过技术手段识别出有害策略并进行监管，而尽量避免伤及正常的交易行为，从而在监管中达到趋利避害的效果。

最后，注意避免出现系统性风险。禁止无审核通路（naked access）就体现了 SEC 对系统性风险的关注。正常情况下，只有具备交易所会员资格的经纪商和做市商才能直接在订单簿（order book）上交易。无审核通路又称为无过滤（unfiltered）通路，是指经纪商向交易者提供参与身份认证（participant identifier）以使其可以直接入市交易。SEC 主席 Mary Schapiro 认为如果无审核通路发布的指令错误，将会增加经纪商或其他市场参与者的市场暴露风险。因此在 2010 年初正式提出禁止无审核通路。

表 1 近年来美国出台的与高频交易有关的监管措施(纪婧,2010)

美国与高频交易相关的一系列监管措施	
2009 年 9 月 17 日	SEC 提案禁止闪电指令
2009 年 10 月 29 日	参议院银行委员会就高频交易召开听证会
2010 年 1 月 13 日	SEC 提案禁止无审核通路
2010 年 1 月 13 日	SEC 征询意见，以便形成最终的高频交易等监管规则
2010 年 4 月 14 日	SEC 提案对巨量交易者分配识别代码
2010 年 5 月 20 日	CFTC 重新成立技术顾问委员会，以就高频交易监管给出建议
2010 年 6 月 11 日	CFTC 发布对托管服务的监管提案

随着我国金融市场的不断创新和发展，高频交易发展所需的外部环境已逐步成熟。特别是 2010 年 4 月股指期货上市使中国股票市场具备了完善的套利机制，高频交易在中国将

进入一个快速发展的阶段。由于国内外市场在交易机制等方面的不同，高频交易在国内市场的表现形式必然也有所不同。这就要求我们从中国的特殊市场条件出发，维护公平、透明、高效的市场秩序，并控制系统性风险，从而在监管中做到有的放矢、趋利避害，充分发挥虚拟经济对实体经济保驾护航的作用。

#### 注释

- 1 由于目前通过订单流数据识别算法交易存在技术问题，而以上三个特征非人力所能为，因此有时也被作为算法交易的识别指标。这也造成一部分文献中算法交易与高频交易定义的混用。
- 2 备选交易系统 (Alternative Trading System, ATS) 是指由监管当局批准的，非交易所控制的交易通道。它本身并不支持任何资产的挂牌买卖，而只是提供备选的交易通道，以提供额外的流动性，并保证交易的隐秘性。ATS 大体上可以分为两类，匹配系统 (matching systems) 和交叉网络 (crossing networks)。它通常是由自营企业建立的，甚至有可能由交易所建立。例如，伦敦证券交易所 (London Stock Exchange) 正在计划筹建一个名叫 Baikal 的 ATS。
- 3 这些技术手段包括：利用模式识别技术分析公共信息和向不同的交易中心发出试探性指令等等。
- 4 下文所列的部分研究虽然讨论的是算法交易，但由于其所分析的交易者行为模式与高频交易者相同，因此一并列入讨论。
- 5 EBS (electronic broking system)，该公司已于 2006 年被 ICAP 集团收购。

#### 参考文献：

- [1] Avellaneda, M., S. Stoikov. *High-frequency trading in a limit order book*[J]. Quantitative Finance, 2008, 8 (3) : 217-224
- [2] Blume, L., D. Easley, M. O'Hara. *Market statistics and technical analysis: The role of volume*[J]. Journal of Finance, 1994: 153-181
- [3] Brogaard, J. *High frequency trading and its impact on market quality*[J]. Northwestern University Kellogg School of Management Working Paper, 2010
- [4] Chaboud, A., B. Chiquoine, E. Hjalmarsson et al. *Rise of the machines: Algorithmic trading in the foreign exchange market*[J]. Board of Governors of the Federal Reserve System, mimeo, 2009
- [5] Cvitanic, J., A. A. Kirilenko. *High frequency traders and asset prices*[J]. Cal. Tech. Working Paper, 2010
- [6] Durkin, Bryan. *The impact of algorithm and high frequency trading on CME group inc. markets*[M], 2010
- [7] Foucault, T., O. Kadan, E. Kandel. *Liquidity Cycles and Make/Take Fees in Electronic Markets*[J], 2009
- [8] Garman, M. B. *Market microstructure*[J]. Journal of Financial Economics, 1976, 3 (3) : 257-275
- [9] Glosten, L. R., P. R. Milgrom. *Bid, ask and transaction prices in a specialist market with heterogeneously informed traders*[J]. Journal of financial economics, 1985, 14 (1) : 71-100
- [10] Grundy, B. D., M. McNichols. *Trade and the revelation of information through prices and direct disclosure*[J]. Review of Financial Studies, 1989, 2 (4) : 495
- [11] Gsell, M. *Assessing the Impact of Algorithmic Trading on Markets: A Simulation Approach*[J], 2008
- [12] Harris, L. *Trading and exchanges: Market microstructure for practitioners*[M]: Oxford University Press, USA, 2003
- [13] Hasbrouck, J., G. Saar. *Low-latency trading*[J]. Manuscript, Cornell University, 2010
- [14] Hendershott, T., C. M. Jones, A. J. Menkveld. *Does algorithmic trading improve liquidity?*[J]. The Journal of Finance, 2011, 66 (1) : 1-33
- [15] Hendershott, T., R. Riordan. *Algorithmic trading and information*[J]. Manuscript, University

- 
- of California, Berkeley, 2009
- [16] Hull, J. *Options, futures and other derivatives*[M]: Pearson Prentice Hall, 2009
  - [17] Johnson, B. *Algorithmic Trading & DMA: An introduction to direct access trading strategies*[M]: 4Myeloma Press, 2010
  - [18] Kirilenko, A., A. Kyle, M. Samadiet al. *The flash crash: The impact of high frequency trading on an electronic market*[J]. Manuscript, U of Maryland, 2010
  - [19] Kissell, R., A. Freyre-Sanders, C. Carrie. *the future of Algorithmic trading*[M], 2005
  - [20] Lukac, L. P., B. W. Brorsen, S. H. Irwin. *A comparison of twelve technical trading systems*[M]: Traders Press, 1990
  - [21] Murphy, J. J. *Technical analysis of the futures markets*[M]: New York Inst. of Finance, 1986
  - [22] Park, C. H., S. H. Irwin. *The profitability of technical analysis: a review*[J]. Urbana, 2004, 51: 61801
  - [23] Pole, A. *Statistical arbitrage: algorithmic trading insights and techniques*[M]: Wiley, 2007
  - [24] SEC. *Concept Release on Equity Market Structure*[M], 2010
  - [25] SEC. *Speech by SEC Chairman:Statement Before the SEC Open Meeting — Flash Orders*[M], 2009
  - [26] Zhang, F. *The effect of high-frequency trading on stock volatility and price discovery*[J]. SSRN eLibrary, 2010