

# 高频交易的技术特征、发展趋势及挑战

蓝海平

(国信证券博士后工作站, 广东 深圳 518001)

**摘要：**高频交易作为电子化交易的最新方式，其高盈利性与高争议性的特点引发了业界与学术界的广泛关注和探讨。本文考察了海外市场高频交易的风险、利弊、技术要素以及策略特征，着重分析高频交易对市场效率、市场波动的影响，梳理了低延迟技术、硬件与软件等高频交易关键技术特征，并结合我国证券市场的现状和发展趋势探讨了高频交易在我国应用的机会和挑战。我们认为高频交易本质上是先进信息技术在证券交易模式上的创新，是交易技术发展与市场自然竞争的结果。高频交易在我国市场的发展应遵从制度建设和技术创新主导的特征。

**关键词：**高频交易；算法交易；低延迟性技术；做市商交易

**Abstract:** As the latest development of electronic trading, HFT has attracted a lot efforts both from industry and academy on analysis its technical features and destruction properties due to its high profitability and highly controversial. We examined HFT's pros and cons, technical elements and major strategies from overseas markets experience with focus on its impact on market efficiency and volatility. Moreover, we studied the characteristics of the key elements of HFT including low-latency technology, hardware and software. Combining the status and trends of Chinese securities markets, then we discussed opportunities and challenges of HFT's application. We believe that HFT is essentially an advanced information technology for securities trading, which is the natural evolution of the transaction techniques and competitions. The development of HFT in our securities markets will be led by system construction and technological innovations.

**Keywords:** high-frequency trading, algorithmic trading, low latency technology, market-making trading

**作者简介：**蓝海平，国信证券股份有限公司博士后，研究方向：数量化投资。

**中图分类号：**F830.91 **文献标识码：**A

上世纪计算机、无线通信和互联网技术的发展和革新，深刻改变了人们沟通、交互的方式，同样革新了证券交易的方式，使证券交易由传统的经纪人竞价、交割与清算发展成为全电子化的竞价、撮合方式。电子化交易使得证券市场中越来越多的交易通过一些复杂的程序部署得以实现。借助于先进计算机、独特算法和快速的程序设计，美国诸多新兴的交易所和交易商如BATS、Getco等得以发展壮大。典型地，美国第三大交易所BATS(Better Alternative Trading Systems)于2005年8月成立，依靠技术优势，经过七年多的发展，已经拥有美国市场10.8%的股票交易份额和2.1%的股票期权交易份额，仅次于纽约证券交易所(NYSE)和纳斯达克(NASDAQ)交易所。BATS的壮大根植于电子化交易的发展，正如它所宣称的一样：“我们

从本质上来说是一个科技公司”。正是大量先进信息技术如超级计算机、高速网络的应用，使得BATS在“微秒必争”的交易世界中取得了先机。先进的电子化交易方式推动着越来越多的交易者选择在BATS这类交易所进行，依据波士顿咨询公司2011年的一份研究，这类新型交易所完成的证券交易量逐年增加，在2011年已占美国市场证券总交易量的38%。<sup>1</sup>可见，对于市场运营者，现代信息技术的应用已然成为其市场竞争力的关键因素，影响着交易的每一环节；对于投资者，越来越多的交易分析、交易决策有赖于信息技术的发展。

电子化交易的发展极大地提高了证券市场的活跃度与深度，影响并改变着市场的微观结构。美国证券交易委员会(SEC)统计显示，美国市场日均交易量从2005年的21亿

股增至2009年的近百亿股。<sup>2</sup>随着证券市场结构的变化,以复杂算法为核心的算法交易(Algorithmic Trading)与高频交易(High-Frequency Trading)开始在中崛起,一大批新兴交易商如Getco、骑士资本(Knight Capital)等得以发展壮大,Renaissance Tech等数量化对冲基金则成为华尔街新的传奇。黑箱式的交易方式使得算法交易、高频交易等充满着神秘感而难以一窥真容,同时其高盈利性又促使人们极力探究可能的交易模式、策略和应用场景等。特别是2010年5年美国证券市场发生的闪电崩盘(Flash Crash)更是激发了公众、学术界与业界对高频交易的广泛探讨,SEC联合美国商品期货交易委员会(CFTC)对此专门成立调查小组考察其与证券市场结构的可能关联,美国国会则为此举行了一系列听证会以期揭露可能的监管失误等。<sup>3</sup>2012年BATS、骑士资本接连出现技术失误扰乱市场以及2013年4月美联社Twitter帐号风波,则进一步呈现出电子化交易市场的复杂性与脆弱性,加剧了公众对交易市场尤其是高频交易的担忧与疑惑。

随着我国多层次资本市场建设的深入与金融创新的推进,以及股指期货、国债期货等衍生品的成功运行,高频交易、算法交易等电子化交易策略也在我国市场得到运用,2013年8月16日光大证券程序化交易系统的失控更是让国内投资者亲身经历到交易技术创新与失误所带来的震撼。为此,本文拟研究高频交易的主要技术特征和要素,分析其对证券市场的影响,探讨在中国当前证券市场条件下高频交易在技术上、监管上面临的挑战。

## 高频交易的概念及其利弊

虽然对高频交易已有广泛的探讨,但无论投资者、交易商还是监管层对其仍没有清晰、一致的定义。通常认为高频交易是一种交易频繁、持仓短暂、头寸不过夜的投资策略,但如何准确描述其特性则一直是争论的要冲(Aldridge, 2010)<sup>[1]</sup>。比如,部分学者将高频交易定义为持仓时间在10毫秒到10秒之间的交易策略;而SEC则采取了一个不那么准确的定义,认为高频交易是一种日间产生较大交易量的策略。<sup>4</sup>本文认为,高频交易是通过高速计算能力、高速通讯网络,尽可能地利用瞬时数据如分笔数据(Tick Data)以及其他先进信息技术等识别、捕捉市场中“细微”价格偏离以获利的交易方式。高频交易过程即排除人为干扰,通过计

算机读取市场各类数据,自动、实时地完成各种交易指令。

### 一、高频交易与算法交易

与高频交易类似,算法交易、程序化交易同样极大地倚重于复杂算法设计、程序开发、硬件技术,在实际分析中常与高频交易混为一谈。为此,需要澄清高频交易与算法交易之间的联系与差异。

算法交易的定义同样存在较大的不一致性。Prix等(2007)<sup>[14]</sup>将算法交易对应为“通过算法控制的计算机化交易”;Chaboud等(2011)<sup>[5]</sup>则认为算法交易借助于计算机与交易平台的连接,通过计算机高频率地读取、分析市场各类数据,完全依靠内置算法实现交易指令的执行。这表明算法交易与高频交易、程序化交易等有较大的重叠,因而有人也认为高频交易是算法交易的特殊情形。

Gomber and Haferkorn(2012)<sup>[7]</sup>认为算法交易更多地是通过算法与程序的设计降低大单交易对市场的影响,其显著的一个特点是持仓时间可为几天或更长的周期;而高频交易是一种通过快速下单、撤单等复杂算法设计获利的交易方法,一般地,高频交易以高流动性资产为交易标的,通过自有资金进行快速的头寸买卖。而交易商TABB指出,一些高频交易策略对交易速度并无特别的要求,因此也没有部署近邻(Co-location/Proximity)服务的必要。<sup>5</sup>

### 二、高频交易的利弊与风险

自2010年5月6号美国股市发生闪电崩盘以来,对高频交易利弊的考察迅速增多,而2012年BATS、骑士资本等引发的市场混乱更进一步加深了公众对高频交易的疑惑、责难。然而,与公众反应迥然不同的是,有关学术研究则表明高频交易在价格发现、市场效率等方面具有良好的正面效益。同时,SEC对2010年5月闪电崩盘的调查也表明,高频交易并不是触发闪电崩盘的因素,仅起到了放大的作用,而正是高频交易者的参与促使市场在短时间大幅反弹。<sup>6</sup>

#### 1. 高频交易的弊端

高频交易涉及硬件、软件与网络通信等多个基础构件的部署,因而其最直接的风险即来自于硬件损坏、软件错误(漏洞/Bugs)、通信中断和黑客攻击等的影响,通常将此类风险统称为操作风险或数码风险(Cyber Risk)。Sornnette and Von der Becke(2011)<sup>[16]</sup>首次定量分析了数码风险的特征,发现其服从一个尾部指数为0.7的幂律分布,即意味着数码风险未来出现的次数将越来越频繁,

其影响或破坏性也将会变得越来越大。特别是,随着高频交易业务的不断增加,新技术的不断采用,交易系统势将愈发复杂,使得操作风险必将更频繁地出现。事实上,近期诸多市场的异常即源于操作风险,如前述BATS与骑士资本的交易失误,以及光大证券“8.16事件”。

高频交易对市场更深刻的影响在于其进一步强化了金融系统的非线性特征,导致市场结构发生本质性的改变。随着市场发展和高频交易的广泛应用,将有多种可能的机制影响市场的系统风险,如交易量反馈、指数反馈等。这些循环的强度受到市场多个因素的影响,如金融机构的资本金水平、杠杆率以及市场参与者的差异程度等。例如,市场参与者不够多元化,其交投行为将容易表现出较强的一致性,使得反馈放大的强度更为明显。

Zhang(2010)<sup>[17]</sup>分析了高频交易对股市波动的长期作用,比较了不同时期的市场情况,认为其提高了股市的长期波动性;Martinez and Rosu(2013)<sup>[12]</sup>的研究表明高频交易对短期波动性的影响同样明显。Boehmer等(2013)<sup>[3]</sup>对全球39个交易所数据进行了分析,认为算法交易与高频交易系统性地增强了市场的短期波动。Dichev等(2011)<sup>[6]</sup>认为高频交易大幅增加的交易量使得市场波动性随之增强。

在价格发现方面,Zhang等(2010)<sup>[17]</sup>的分析表明,若市场存在较多高频交易者,则基本面消息将对股价产生过度的响应,干扰市场的价格发现过程。Grillet-Aubert(2010)<sup>[8]</sup>指出,高频交易商可以在10微秒内撤销交易指令,使得指令的撤销率极高。Kervel(2012)<sup>[11]</sup>对伦敦证券交易所和Chi-X的分析也进一步确认Grillet-Aubert的结果,发现指令提交数与指令成交数的比率分别为31:1和51:1。

一些更细节、微妙的研究则表明,高频交易使得市场价格动力学特性具有新的特征。Smith(2010)<sup>[15]</sup>利用Hurst参数分析交易数据,发现大约自2005年高频交易大范围应用以来,股价的Hurst参数有显著的提升,股价在较短时间尺度内表现出较强的长记忆性特征。Chaboud等(2013)<sup>[5]</sup>与Brogaard(2010)<sup>[4]</sup>的研究表明,相对于基本面策略,高频交易在策略上具有更高的关联性。金融瞭望台(Finance Watch, 2012)认为跨市场间的高频套利交易会加剧市场间的传染效应。这一系列研究意味着高频交易的崛起可能导致市场系统风险的增加。

## 2. 高频交易的益处

高频交易商相信极短的持仓时间使得高频交易较之传

统交易模式具有更好的风险保护。而且,由于对消息的极快吸收、反应和较小的隔夜头寸,能够在突发和重要事件出现时有效地降低风险。较低的风险使得高频交易商能够寻找更多盈利的机会,这也是业界对高频交易持正面观点的主要考量。Brogaard(2010)<sup>[4]</sup>估计高频交易年均利润可达28亿美元,TABB研究数据认为2009年高频交易的净利润高达72亿美元。<sup>7</sup>具体地,如Renaissance Tech等对冲基金的业绩,真实地表明高频交易能够带来超乎一般的回报。

业界认为高频交易不仅带来了高利润,而且能够更好地处理风险、更有效地提升多个市场间的流动性。同时,利润最大化使得市场能够更有效率地运行,使得市场有更低的波动性、更高的流动性、更好的交易透明性以及更分散、多样的市场影响。Aldridge(2010)<sup>[1]</sup>认为高频交易在提升市场效率、增加流动性、稳定市场以及信息技术创新等方面有着积极、正面的作用。Martinez and Rosu(2013)<sup>[12]</sup>认为高频交易者的增加促使市场变得更有效率和稳定。

如前述,高频交易对交易量具有重要的影响。瑞信(Credit Suisse)的研究表明高频交易使得美国市场日成交量增加了两倍,约贡献50~70%交易量。虽然高交易量可能给市场带来高波动性,但更多观点认为高交易量即意味着较快的价格发现能力和更高的流动性,使市场具有更好的运行质量,在价差、深度等维度上对市场流动性均有正面影响。

在价差方面,一个重要的证据是近10年以来价差已经逐渐收窄。Menkveld(2013)<sup>[13]</sup>发现欧洲Chi-X的报价价差收窄了50%,Hasbrouck and Saar(2013)<sup>[9]</sup>的分析表明在NASDAQ中低延迟自动成交的报价订单与价差收窄强相关。价差收窄意味着市场交易成本的下降,同时也降低了类似指派做市商等的盈利能力,使其更难从价差中赚钱,因此对多数投资者来说这一变化降低了市场一些“猎食性”策略操纵的空间。

在市场深度方面,Angel and McCabe(2013)<sup>[2]</sup>认为过去十年间高频交易有效提升了美国的市场深度。瑞信(Credit Suisse)也发现报价单大小自2004年得以大幅提高。而当市场条件不太恶劣时,高频交易商亦对市场提供必要的流动性,如当今最大的高频交易商之一Getco即是NYSE的指定做市商。

与流动性相似,市场的价格发现能力同样受到高频交易的影响。一般认为,高频做市交易的增加有利于提升市场价格发现能力。Brogaard(2010)<sup>[4]</sup>以及Hendershott and



Riordan<sup>[10]</sup>的研究表明高频交易总体上有助于市场的价格发现，Hendershott and Riordan<sup>[10]</sup>揭示出高频交易在永久性价格变化方向和临时性定价错误反方向上提升市场效率。

高频交易对市场波动性的影响是分歧的重点。一些研究高频交易对流动性的提升能在一定程度上抑制市场波动性。Brogaard(2010)<sup>[4]</sup>发现高频交易与NASDAQ和BATS较低的日内波动有关，Chaboud等(2013)<sup>[5]</sup>认为没有任何迹象表明近年来外汇市场波动性有较大的提升。Hasbrouck and Saar(2013)<sup>[9]</sup>研究发现市场波动性的降低与低延迟的自动化交易有较强的关联。同时，Brogaard(2010)<sup>[4]</sup>表明2008年的卖空禁令限制了高频交易的参与，使得日内波动性显著提升。这意味着对高频交易的限制有可能对市场质量产生逆向、负面的结果。需要强调的是，这些研究是考察正常情况下高频交易对市场的影响。针对2010年5月的闪电崩盘，SEC主席Mary L. Shaprio质疑高频交易能否在极端的市場情況下恰當地運營。<sup>8</sup>

## 高频交易的技术特征与主要策略

### 一、高频交易的技术特征

技术进步推动了算法交易、高频交易在欧美市场的崛起，其中几个因素起到了主导作用：首先，美国市场2001年开始采用10进制报价使得每笔交易单变小，增强了市场的交投活跃度；其次，授权电子交易场所与传统交易场所竞争，降低交易费用，据估算，20世纪90年代在NYSE与NASDAQ成交的证券数占总交易量的80%，而今则有60~70%的交易分散发生在50个电子交易场所中；第三，衍生品以及ETFs品种的增加使得市场交易量大幅增长。Angel等<sup>[2]</sup>分析表明美国市场日均交易量由2003年30亿股增至2009年近100亿股。

同时，高性能计算系统、新式交易技术、低延迟的信息中间件以及信息源处理器(Feed Handler)等降低了交易指令的执行时间。汤森路透统计，小市价单成交时间在2001年9月约为5~25秒，而在2009年8月同类单降为大约2.5秒。信息技术的发展极大提升了交易速度，市场的指令信息处理能力由1995年的日均数百万条增至2009年的日均数亿条。同期，每秒可处理的指令数亦由20条提高至十万多条，信息延迟也由1秒降至毫秒量级，网络数据分发的速度从每秒64 Kb提高到每秒10~100 Mb。依据信息技术的发展趋势，市场指令信息将达日均数十亿条，每秒指令可处

理能力将进一步提升至数百万条，而信息延迟亦将降至微秒量级，数据传输速度则将达到Gb每秒。

高频交易具有几个关键技术特征：

#### 1. 低延迟性技术

在欧美市场，人们对毫秒级的交易已经习以为常，而现今交易与信息技术的发展更是推动市场以微秒级运营。如此，提高交易、下单执行等通信速度对于市场参与者尤其是高频交易者就至关重要。一个重要发展即采用近邻等方法缩短交易主机与交易所之间的空间距离，通过高速或专有通讯网络/网卡降低通信延迟。

#### 2. 专用性硬件

通过交易主机近邻部署后，有两种主要技术手段可以进一步提升交易的优势：一是更先进的计算机硬件系统，二是更具优势的数据分析算法。

硬件上，新式的刀片(Blade)服务器被大规模地部署为高频交易主机。刀片服务器通过精简的空间设计与整合，能够大幅度地缩小主机空间，单机即能够安置64个CPU核心，使得一个典型的数据中心能够部署上万个CPU核心。这极大地降低了算法主机代管的成本，提高了近邻部署算法主机的经济性。同时，随着云计算技术的日臻成熟，大型廉价计算能力的获取将变得越来越容易，云计算服务亦可能应用于高频交易领域。

而专用芯片的发展进一步提升了通用性芯片的计算能力，特别是图形处理器(GPU)以及现场可编程门阵列(FPGAs)等专用芯片在高频交易领域得到重视。GPU具有多个芯片核心和极强的运算能力，现阶段单个GPU具有500个核。通过优化程序，即可方便地利用GPU实现大规模运算。而FPGAs芯片省却了传统计算机中内存与CPU之间指令通信，直接实现算法与芯片之间联系，具有极好的运算和执行优势。2011年3月，基于FPGA，德意志银行发布了一套市场接入系统，将市场指令执行延迟降低至1.25微秒。

#### 3. 先进算法、软件的部署与应用

在算法设计上，敏捷是首要考量，敏捷的设计对降低交易延迟有重要影响。诸如人工神经网络、支持向量机等新颖算法得到广泛的应用。

为了快速、实时地分析和处理海量数据，在算法设计上需要借助于一些先进、有效的方法。比如，Hadoop工具即能够有效地利用多台(上万台)服务器对海量数据进行分割处

理。研究表明,通过Hadoop工具能够有效地完成对Pb量级的金融数据处理。同时,分析计算的方法也逐渐由传统的解析统计过渡至非参统计。新式工具和方法使得高频交易的算法系统不再单一地依靠于价格、交易量等数值信息,进一步地结合语义分析、挖掘等构建更为“智能”的程序系统。

综上所述,高频交易涵盖了信息、通信技术发展和创新的诸方面,而交易与算法系统每一环节上的创新都能够给交易者带来盈利的优势。因此,高频交易很大程度上反映了交易商/投资者在技术上的积累与优势。而激烈的市场竞争必然使得交易商、投资者对交易速度的追求无止境,犹如一场新式的“军备竞赛”,极大地推进交易所、交易商在交易通道、平台等信息系统的建设。

## 二、高频交易的主要策略

高频交易策略牵涉较为广泛,一些常见策略也非高频交易所特有,一般认为是传统交易策略与先进信息技术的结合。因此,高频交易属于策略应用的一种方法而非一种单纯的交易策略。参考Gomber and Haferkorn(2013)<sup>[7]</sup>的分析,我们将高频交易的主要策略分为三大类:流动性提供即做市商交易,统计套利(Statistical Arbitrage),盘口交易(Trading the Tape)(如图1所示)。

流动性提供是高频交易最为广泛的策略。海外市场中,像注册做市商、指定做市商有责任和义务向市场提供流动性。通常,做市商可以从两方面获利:一是赚取买卖价差,二是交易回扣,即交易所或交易商为了活跃市场以及提高市场流动性在交易者达到一定交易量时降低交易费用或费用返还。

统计套利也是高频交易常用的策略。证券市场的套利机会稍瞬即逝,存在时间通常以“秒”计量。通过计算机即时地分析数据,选择交易策略,完成交易指令下达和执行具有先天的优势,是套利策略应用的自然选

择。与低频套利策略类似,高频套利策略借助于先进信息技术发掘细微、短暂的套利机会以获利,其中主要策略有两类:(1)市场中性套利,即套利者在持有某一资产同时卖空相关资产以对冲市场风险;(2)跨市场套利,即利用不同市场定价效率上的差异而获利。

盘口交易策略大体可以分为两类,一是流动性搜寻,即通过盘口数据分析、发掘价格、流动性的规律;二则是价格操纵,即通过误导性交易报价操纵价格的波动变化。

## 高频交易在我国应用的机遇与挑战

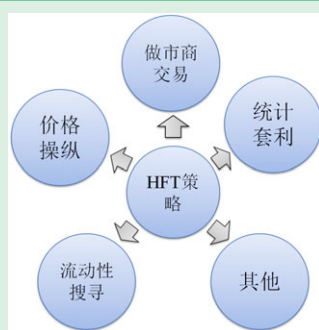
随着我国金融创新战略与多层次资本市场建设的推进,股指期货、ETF、国债期货等衍生工具的丰富,如何规范、监管高频交易在我国证券市场的应用日渐收到重视,尤其是如何规避光大证券“8.16事件”的覆辙更是引发了业界广泛的探讨。

### 一、高频交易的机会

沪深300股指期货自2010年4月推出以来,受到投资者的青睐,交投也日渐活跃。除了其所具备的做空功能外,日内允许频繁开仓、换仓、平仓也是其受到套保、套利、投机资金关注的主要因素。2011年以来沪深两市成交量一路下滑,而沪深300股指期货的持仓量与交易量却一路攀高。依据期货业协会(FIA)数据,按交易或清算量统计,2012年大连商品交易所、上海期货交易所、郑州商品交易所和中国金融期货交易所分别位列全球第11、13、14与24位,并呈高速发展的态势,交易合约年增长率分别达119.0%、18.5%、-14.6%和108.4%。随着市场参与者增加,金融与商品期货市场已逐步具备了一定的市场深度和流动性。

同时,期货市场具有较好的程序化交易的传统,近期上海期货交易所综合交易平台的推出也为高频交易的发展铺平了道路。虽然在股指期货3年多的运营过程中出现过交易所为抑制投机、平抑波动而限制开仓/平仓次数,以及设置较高的保证金与佣金水平,但是市场发展总体仍朝着有利于高频交易的方向进行。随着金融创新的推进,多种金融工具的推出将会推动期货市场协同发展,将使得期货市场具备更好的市场流动性和深度。同时,期货资产管理业务(CTA)的推出,也为期货业务创新打开空间,促进有关高频交易产品的开发设计。因此,高频交易将首先在期货市场得到发展。事实上,国内一些期货交易所如上海

图1 高频交易的主要策略



期货交易所等的交易系统具有很强的冗余承载能力,即具备了一定的高频交易负载能力,而且当前国内多家期货公司已经开展了主机托管等诸多近邻交易技术的部署,并有相当的交易者开始针对期货部署、实施高频交易策略。

高频交易第二个发展机遇来自于做市商制度的建立与完善。做市商的核心即向市场提供流动性,保持和引导市场交投热度。有一大类金融衍生品如ETF、分级基金、期权等可能引入做市商为市场提供流动性。根据境外市场的发展经验,国内做市商有可能一开始即采用电子化报价机器实现自动化做市报价。如前所述,做市交易是海外高频交易主要的交易策略之一。因此,无论是从交易回扣还是赚取价差的角度来看,做市商制度都将激励做市商尽可能地提高交易次数,以高频的交易方式最大化利润。

## 二、高频交易的挑战

现阶段,沪深两市在高频交易应用和监管上均存在诸多挑战:首先,T+1的交易制度限制了日内频繁的股票换手,同时也使得沪深两市的流动性不足以支撑高频交易的交投活动;其次,沪深两市的交易费用较高,虽然印花税已经降低至单向千分之一,但是加上交易佣金,每笔交易成本可达千

分之二。在这些成本的约束下,将难有盈利稳定的高频策略;第三,高频交易策略中涉及诸多交易指令下达、撤销的过程,比如试探价格走势而发出大量不执行的报价被视为违规行为,一直是监管查处的重点;第四,高频交易在短时间内发出大量报价,将极大地增加交易商、交易所通信、交易系统的负载。在缺少系统与带宽冗余负载测试的前提下,大多数交易商以及沪深交易所的交易系统很可能无法承担高频交易带来的冲击;最后,当前业界对高频交易并没有一个清晰、明确的政策和监管规划,如何借鉴海外高频交易的教训与经验,发展适合中国市场的交易制度与监管手段是交易商、监管者需要共同解决的问题。

2013年3月,德国通过了一项专门针对高频交易的监管法案,对高频交易的技术规范、监管与准入约束进行了详细的梳理和分析,明确了监管当局、交易所的职责,并通过牌照管制的方法界定了高频交易参与者在交易系统、交易算法等方面的规范标准。这一法案首次框定了高频交易的规范,通过技术与税费等手段分类监管不同的高频交易行为,这对于我国证券市场的建设与金融创新的推进具有重要的借鉴和启发意义。

## 注释

1. 参阅Boston Consulting Group: U.S. Securities and Exchange Commission Organizational Study and Reform, 2011.
2. 参阅SEC: Speech by SEC Chairman:Statement Before the SEC Open Meeting - Flash Orders, 2009.
3. 同上.
4. 同上.
5. 参阅TABB Group: US Equity High Frequency Trading: Strategies, Sizing and Market Structure, 2009.
6. 同附注2.
7. 同附注5.
8. 同附注2.

## 参考文献:

- [1] Aldridge, I.. High-Frequency Trading: A Practical Guide to Algorithmic Strategies and Trading Systems[M]. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2010.
- [2] Angel, J., McCabe, D.. Fairness in Financial Markets: the Case of High Frequency Trading[J]. Journal of Business Ethics, 2013, 112: 585 - 595.
- [3] Boehmer, E., Fong, K.Y.L., Wu, J.. International Evidence on Algorithmic Trading[C]. AFA 2013 San Diego Meetings Paper.
- [4] Brogaard, J.A.. High Frequency Trading and Its Impact on Market Quality[R]. University Kellogg School of Management Working Paper, 2010.
- [5] Chaboud, A., B. Chiquoine, E. Hjalmarsson, C. Vega. Rise of the Machines: Algorithmic Trading in the Foreign Exchange Market[J]. Journal of Finance, Forthcoming, 2013.
- [6] Dichev, I.D., Huang, K., Zhou, D.. The Dark Side of Trading[R]. Emory Law and Economics Research Paper, 2011.
- [7] Gomber, P., Martin Haferkorn. High-Frequency Trading[J]. Business & Information Systems Engineering, 2013, 5: 97 - 99.
- [8] Grillet - Aubert, L.. Equity Trading: A Review of the Economic Literature for the Use of Market Regulators[R]. AMF, mimeo, 2010.
- [9] Hasbrouck, J., Saar, G... Low-latency Trading[J]. Journal of Financial Markets, 2013, 16: 646 - 679.
- [10] Hendershott, T., Riordan, R.. High Frequency Trading and Price Discovery[J], Working Paper, U.C Berkeley, 2011.
- [11] Kervel, V.V.. Liquidity: What You See is What You Get?[R]. Available at SSRN 2021988, 2012.
- [12] Martinez, V.H., Rosu, I.. High Frequency Traders, News and Volatility[R]. Research Paper, 2013.
- [13] Menkveld, A.J.. High-Frequency Trading and the New - Market Makers[J]. Journal of Financial Markets, 2013, 16: 712 - 740.
- [14] Prix, J., O. Loistl, M. Huetl. Algorithmic Trading Patterns in Xetra Orders[J]. The European Journal of Finance, 2007, 13: 717 - 739.
- [15] Smith, R.D.. Is High-Frequency Trading Inducing Changes in Market Microstructure and Dynamics[R]. arXiv preprint arXiv:1006.5490, 2010.
- [16] Sornette, D., Von der Becke, S.. Crashes and High Frequency Trading[R]. Swiss Finance Institute Research Paper No. 11 - 63, 2011.
- [17] Zhang, F.. High-Frequency Trading, Stock Volatility, and Price Discovery[R]. Working Paper, Yale University, 2010.