

燕汝贞 高伟 / 著

基于市场微观结构理论 的算法交易策略研究

Study on the Algorithmic Trading Strategy Based
on the Market Microstructure Theory



科学出版社

国家自然科学基金青年科学基金项目(71501018)

基于市场微观结构理论的 算法交易策略研究

燕汝贞 高 伟 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书首先介绍算法交易的基本概念、起源以及优势特色,并对证券市场微观结构的相关概念与理论进行阐述;其次,介绍算法交易策略的交易成本构成情况,研究各种交易成本的度量方法,并深入分析市场冲击成本的度量方法和影响因素;最后,针对投资者具体证券市场环境,构建相应的算法交易策略模型,给出最优的算法交易策略。相关研究成果,一方面为快速兴起的算法交易提供了新的理论基础,丰富和发展了现有算法交易的相关理论和方法;另一方面也为监管层的日常监管提供了重要参考依据,进而可促进我国证券市场的健康持续发展。

本书可供经济学、管理学等相关学科的高等院校师生,从事量化投资和算法交易的专业人员、证券市场监管者以及对算法交易和量化投资感兴趣的读者等人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

基于市场微观结构理论的算法交易策略研究 / 燕汝贞, 高伟著.
—北京: 科学出版社, 2017.3
ISBN 978-7-03-051890-3

I. ①基… II. ①燕…②高… III. ①数理经济学-应用-金融学-研究 IV. ①F830

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 036872 号

责任编辑: 张 展 莫永国 / 责任校对: 谢 慧
封面设计: 墨创文化 / 责任印制: 余少力

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码: 100717
<http://www.sciencep.com>

成都锦瑞印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017年3月第一版 开本: 787×1092 1/16

2017年3月第一次印刷 印张: 9

字数: 220千字

定价: 51.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

随着 2010 年国内股指期货的推出,中国资本市场迎来了新的发展潮流,国内各种金融衍生品不断涌现。目前,国内的公募基金、保险基金等机构主要还是利用交易员以人工方式进行下单交易。然而,机构投资者需要进行大额交易时,交易员往往无法及时做出恰当反应,从而可能会增加对证券市场上的冲击,减少投资者的投资收益。因此,为了减少交易成本,机构投资者迫切需要一种有效的交易方式。算法交易正是在这一背景下应运而生的。

算法交易是一种订单执行策略,是借助计算机高速运算速度,依据交易前确定好的目标和约束条件,借助特定数学模型,通过计算机程序来自动决定订单的提交时间、订单规模、委托价格以及订单类型的交易方法。目前,在国外利用算法交易完成的交易量已经超过总交易量的 70%,而国内还只是刚刚开始。尤其是早期的中国期货市场,许多投资者都是采用人工下单的方法。面对每天数百订单的交易,对交易员的体力和精力是一个巨大的考验,并且人工下单往往由于操作失误带来意外的损失,这也使得算法交易将会成为未来交易领域的一个主流发展方向。

本书的第一部分介绍了算法交易和证券市场微观结构的相关概念和理论。其中,第一章主要介绍算法交易的概念、产生的背景、常见的算法交易策略以及优势等;第二章主要分析算法交易的研究现状;第三章和第四章主要介绍证券市场微观结构概念、基本内容、国内外主要的证券交易市场以及证券市场微观结构和交易成本的相关理论。

本书的第二部分侧重于介绍交易成本的度量与分析。投资者能否获得预期投资收益不但要凭借其所构建具有优势的投资组合,还要依靠有效的成本控制技术。一个具有某种优势的投资组合,如果其交易成本过高,那么此投资组合的实际收益将明显低于预期收益,甚至可能出现亏损。理解交易成本,特别是市场冲击的构成和主要影响因素,对于投资者减少交易成本、提高投资收益具有十分重要的现实意义。本书的第五章、第六章、第七章分别从市场流动性等多个角度对市场冲击的度量方法和影响因素进行研究。

本书最后一部分主要是对算法交易策略进行分析。其中,第八章介绍投资者在交易过程中可能面临的各种隐性交易成本,并结合特定市场环境,研究市场冲击、机会成本、择时风险、价格升量等隐性成本对投资者算法交易策略的影响,并在最小化交易成本目标下给出相应的最优交易策略。第九章针对新常态下的我国证券市场上出现了一些新问题,借助执行短缺理论,分析了投资者的最优交易策略问题。

本书得到国家自然科学基金青年科学基金项目(71501018)、国家自然科学基金面上项目(71171025)、国家自科基金青年基金项目(71301019)、国家社会科学基金项目

(12BGL024)、四川省教育厅重点课题(13ZA0140)、四川省科技计划软科学项目(2017ZR0204)、四川农业大学学科建设双支计划、成都理工大学中青年骨干教师培养计划等项目支持,特此表示感谢。

本书可供经济学、管理学等相关学科的高等院校师生,从事量化投资和算法交易的专业人员、证券市场监管者以及对算法交易和量化投资感兴趣的读者阅读参考。

高伟主要撰写本书的第三章,共计5万字。燕汝贞撰写其他章节以及全书统稿。由于作者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请各位读者批评指正。

目 录

第一章 算法交易概述	1
1.1 算法交易的概念	1
1.2 算法交易产生的背景	3
1.3 常见的算法交易策略	7
1.3.1 算法交易策略	7
1.3.2 算法交易的发展历程	8
1.3.3 常见的算法交易策略	8
1.4 算法交易的优势	13
第二章 算法交易的研究现状	14
2.1 隐性交易成本的研究	14
2.2 算法交易策略的研究	15
第三章 证券市场微观结构和交易成本概述	18
3.1 证券市场微观结构概念	18
3.2 证券市场微观结构的基本内容	18
3.2.1 价格形成机制	18
3.2.2 价格形成机制的特殊情形	19
3.2.3 订单形式	21
3.2.4 交易离散构件	22
3.2.5 交易信息披露	23
3.2.6 价格稳定机制	23
3.2.7 日内回转交易制度	25
3.2.8 交易支付机制	25
3.3 我国的证券交易与证券交易市场	26
3.3.1 上海证券交易所	26
3.3.2 深圳证券交易所	31
3.3.3 香港证券交易所	32
3.3.4 台湾证券交易所	34
3.4 国外主要证券交易市场的交易机制	34
3.4.1 纽约—泛欧证券交易所	34
3.4.2 纳斯达克证券市场	36

3.4.3	东京证券交易所	38
3.4.4	多伦多证券交易所	39
3.4.5	法兰克福证券交易所	42
3.4.6	澳大利亚证券交易所	43
3.4.7	新加坡证券交易所	44
3.4.8	纽约证券交易所	47
3.4.9	伦敦证券交易所	48
3.4.10	芝加哥期货交易所	52
3.5	交易成本概念与度量	54
3.5.1	隐性交易成本	55
3.5.2	显性交易成本	61
第四章	证券市场微观结构理论	63
4.1	证券市场微观结构理论的起源	63
4.2	证券市场微观结构理论的发展	64
4.2.1	第一阶段: 20 世纪 70 年代以前	64
4.2.2	第二阶段: 20 世纪 70 年代到 80 年代中期	65
4.2.3	第三阶段: 20 世纪 80 年代中期到 90 年代	65
4.2.4	第四阶段: 20 世纪 90 年代至今	66
4.3	价格发现模型	66
4.3.1	存货模型	66
4.3.2	信息模型	67
4.4	证券市场微观结构理论的主要研究内容	68
4.4.1	德姆塞茨交易成本理论的研究	68
4.4.2	买卖差价问题的研究	69
4.4.3	关于证券价格波动性问题的研究	70
4.4.4	关于证券收益的序列相关方式的研究	71
4.4.5	关于信息对交易量和价格的影响的研究	71
4.4.6	有关金融市场微观结构理论的实证研究	72
第五章	基于 VWAP 的市场冲击度量与影响因素研究	73
5.1	VWAP 的理论依据与市场冲击的度量	73
5.2	市场冲击成本实证研究	74
5.2.1	研究假设	74
5.2.2	变量设计	75
5.2.3	样本数据	76
5.2.4	实证结果与分析	76
第六章	基于股票有限流动性的市场冲击研究	79
6.1	股票有限流动性的定义	79

6.2 市场冲击成本实证研究	81
6.2.1 研究假设	81
6.2.2 变量设计	82
6.2.3 样本数据	83
6.2.4 实证结果与分析	83
第七章 证券市场流动性视角下的市场冲击研究	90
7.1 市场冲击与股票价格变动	91
7.2 实证研究设计	92
7.2.1 研究假说	92
7.2.2 样本选取	93
7.2.3 相关变量	93
7.3 实证结果与分析	94
7.3.1 描述性统计	94
7.3.2 回归分析与结果	97
第八章 基于隐性交易成本的算法交易策略设计	100
8.1 受市场冲击和机会成本共同影响的交易模型	100
8.1.1 模型描述	100
8.1.2 每个交易时期的订单成交概率都相等	102
8.1.3 所有交易时期订单的成交概率不一致	103
8.1.4 数值示例	104
8.2 受市场冲击、机会成本与择时风险等因素影响的算法交易策略	111
8.2.1 模型描述	111
8.2.2 风险中性投资者可预期未来成交量	112
8.2.3 数值示例	113
第九章 总结	120
9.1 研究结论	120
9.2 相关启示	122
参考文献	124
附录：光大证券“乌龙指”事件	133

第一章 算法交易概述

1.1 算法交易的概念

现代投资组合理论为投资者如何合理、有效地构建投资组合提供了重要的理论依据。投资者通过均值方差模型的启发,利用分散投资的方式,根据自身风险偏好有效地权衡投资组合的收益和风险。投资者在短时间内大量买入或卖出证券会对证券价格造成较大的冲击,导致投资者很难在交易前预期的价格上完成交易。因此,机构投资者会专门雇佣交易员负责交易,并尽可能地减少交易过程中产生的交易成本,以期获得有利的成交价格。在一定程度上,算法交易(algorithmic trading)替代了交易员在这一方面的工作。采用算法交易后,交易员不用再紧盯着交易平台,时刻准备进行手工执行,计算机会自动帮助交易员选择交易时间、订单大小、成交价格等指标,并在市场满足条件时自动进行操作。

目前,学术界和业界对算法交易的定义还没有形成统一的认识。Domowitz、Yegerman(2006)认为算法交易是为达到某一特定目标,利用计算机程序自动执行订单的交易方法。Hendershott、Mouiton(2011)认为算法交易是利用计算机程序和算法自动提交订单,并对所提交的订单进行后续管理的交易方法。刘遛(2012)认为对算法交易的理解可以从两个方面来分析。从广义上看,算法交易是利用计算机程序自动制定交易决策、提交订单,并在整个交易过程中有效管理订单的一种交易技术,其包含了投资组合选择、交易策略制定与执行等;从狭义上看,算法交易是一种订单执行策略,是借助计算机的高速运算速度,利用特定数学模型,并依据交易前确定好的目标和约束条件,制定订单提交策略,以便完成预定数量的证券交易。

一般而言,算法交易是利用计算机程序和算法,根据一定规则自动决定订单的提交时间、订单规模、委托价格以及订单类型的交易方法。本书所研究的算法交易主要是指狭义上的算法交易,分析的重点是针对投资者已构建投资组合的执行问题,也就是在整个投资过程中的订单执行部分,如图 1-1 所示。

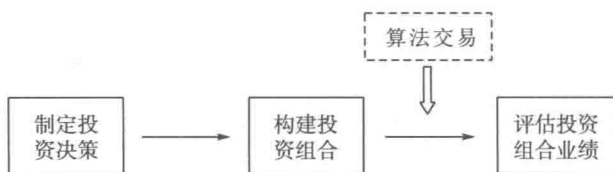
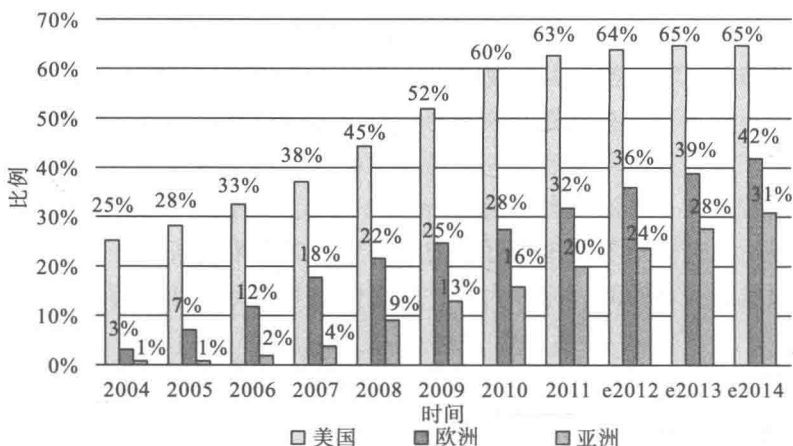


图 1-1 投资过程

算法交易自 20 世纪 70 年代末出现于金融市场上以来, 受到了众多机构投资者的青睐。在证券市场上, 由算法交易所完成交易量的比重也在逐年增加。现在许多机构投资者都将算法交易作为促进自身发展的重要源泉。

根据美国 Aite Group 的统计数据 displays: 在 2006 年欧洲和美国股票市场上, 由自动交易系统或算法交易完成的交易量大约占市场总交易量的 1/3; 在 2011 年的美国证券市场上采用算法交易完成的交易量已占美国证券市场上的总交易量的 63%, 而在欧洲市场上这一占比也已经达到 32%; 相对而言, 亚洲市场发展则略显滞后, 在 2011 年亚洲市场上的总交易量中大约有 20% 是采用算法交易完成; 预计在 2014 年的美国、欧洲以及亚洲证券市场上, 采用算法交易完成的交易量将会分别占到其市场总交易量的 65%、42%、31%(Leslie, 2012), 如图 1-2 所示。



注: e 表示预测值。

图 1-2 算法交易发展变化图

随着经济全球化的高速发展, 资本市场日益繁荣, 出现了许多规模巨大的养老基金、对冲基金等机构投资者。由于受到证券流动性有限的影响, 机构投资者在短时间内大量买入或卖出证券会产生较高交易成本^①。为了减少这种交易成本, 投资者迫切需要一种低廉高效的交易方法; 同时, 计算机技术、通信技术的不断进步促使了交易市场电子化的快速发展。算法交易正是产生于这一背景下, 算法交易利用计算机程序制定具体的交易策略, 决定投资者的交易时间、交易价格和交易数量。

与国外的研究相比, 我国对于算法交易的研究起步较晚, 对算法交易的相关研究还比较少, 但随着计算机和通信技术的快速发展, 我国证券市场已初步具备实施算法交易的硬件条件, 而且量化思想也开始为普通投资者所接受。目前, 国内的一些证券公司也已经逐步认同算法交易, 并对算法交易开展了一定的研究, 甚至有些公司已经推出了一

^① 此处的交易成本主要是指市场冲击等交易成本。市场冲击是由投资者订单的执行而对股票价格造成的影响, 这种影响一般是由于短时间内市场流动性不足, 或由于订单所传递的信息造成。显然, 投资者的订单越大, 其传递的信息越多, 对市场上短时间内流动性的需求也就越大, 此时也越容易对股票价格造成较大的影响, 交易成本也就越大。

些算法交易的相关产品，如深圳国泰安信息技术有限公司推出了“国泰安算法交易系统”、上海海通证券推出了“海通彩虹算法交易平台”，同时光大证券、中银国际、招商证券等公司也都在积极研究和开发各自的算法交易系统。但是大多数证券公司对算法交易的研究和使用还仅限于介绍和引进，目前所提出的算法交易策略也是最简单的几种交易策略，如交易量加权平均价格交易策略、时间加权平均价格交易策略等。在 2013 年，光大证券量化交易平台出现的“乌龙指”事件(参见附录 1)，也表明我国证券公司对算法交易的研究还有待进一步提高。因此，结合我国证券市场特点，对算法交易开展相应研究具有十分重要的实际意义。

1.2 算法交易产生的背景

在金融市场广泛地应用信息技术之前，证券交易所都采用人工喊价制度。这种方式目前在纽约证券交易所、香港期货交易所等老牌交易所还能见到。这种交易活动在指定的交易大厅进行，代客买卖的交易商公开叫喊、以特定价格进行特定数量的交易。在这种制度下，交易商以口头和手势表达交易信息，且各交易所都有各自的手势规定。这种情况下，成交的选择是随机的，成交机会的取得要依靠交易商的积极争取；而通过计算机自动交易是指在整个交易过程中依靠计算机自动交易系统来辅助或执行买卖竞价，一般称之为“自动交易”。

金融市场的交易信息化始于 20 世纪 70 年代早期，其标志是纽约证券交易所引入订单转送和成交回报系统以及开盘自动报告服务系统。

各证券交易所基于种种因素的考虑，所采用的交易系统各不相同，自动化的程度也有所差异。全球各交易所(含期货交易所)的交易系统按价格发现机制的自动化程度，分为以下由低到高的七个层级。

(1)第一级，系统成交价由另一相关主要市场决定，没有独立的价格发现功能，称为被动的定价系统。如太平洋交易所 MAX-OTC 系统，在此系统中的证券价格完全由全国性交易所的市场价格决定。在做市商市场中，有的系统的价格由做市商提供的最佳买卖报价交易，也完全缺乏自动价格发现机能。

(2)第二级，系统价格参考另外一些市场来决定，即价格可从主要市场获取，但有额外价格改进程序。较典型的是美国中西部证券交易所的 MAX 系统，其参考数个市场的行情，从中得到统一的最优买卖报价来执行委托单。

(3)第三级，系统中存在部分议价功能。如巴黎交易所 CAC 系统对巨额委托有议价功能，一般对外公开委托数量，但很少公开委托价格，以便吸引对方议价，一旦价格达成协议，该巨额委托即予以电脑撮合。

(4)第四级，屏幕选择定价成交。如法兰克福交易所的 IBIS 系统及辛辛那提交易所的 NSTS 系统，具有“hit a bid”或“take an offer”功能。对显示屏上的委托价格，交易者仅按一个键即可参与交易。如果申报价等于当时显示的最佳价格，在经过一次竞价后，无论是否全部或部分未成交，未成交部分马上被取消；如果多个投资者按下该键，

则以时间优先原则撮合。这种委托并不会储存于系统中，属于立即成交或取消委托。这种交易不是在汇总的基础上，而是在一对一的基础上完成的。

(5)第五级，自动连续的双边竞价成交。一般交易所都采用这种系统，买卖价连续报出，一旦指令吻合就进行交易。交易系统一般根据价格、时间、数量、订单类型、交易者分类设计等优先顺序。

(6)第六级，集中竞价成交。如台湾的 FASTS 系统和吉隆坡交易所的 SCORE 系统。委托要累积一段时间，然后所有交易在某一时刻以同一价格成交，如同分盘交易。

(7)第七级，有定价模型的自动连续的双边竞价。当交易系统要计算些与基础现货资产价格相关的衍生品价格时，会使用此系统，一般在有期货期权交易的交易所中使用，如全球期货交易系统——GLOBEX。

目前在全球范围内，北美市场的电子系统多属第一级，一般从 NYSE 和 NASDAQ 引入价格进行交易，本身没有定价功能；亚洲市场双边竞价系统占绝对的主导地位，沪深股市采用第五级；而欧洲市场在更新系统时也更多地采用第五级，新近建立的系统也较多实行双边竞价，可以说自动连续双边竞价的交易系统是交易系统自动化发展的大趋势。

程序交易(program trading)源于 1975 年美国出现的“股票组合转让与交易”，即专业投资经理和经纪商可以直接通过计算机与证券交易所连接，以实现股票组合的一次性买卖交易。纽约证券交易所(NYSE)将程序交易定义为：包含买进和卖出超过 15 只股票，总市值超过 100 万美元的组合交易策略。程序交易主要是大型投资机构的交易工具，用于同时买进或卖出整个股票组合。程序交易的对象通常是纽约证交所的股票和其对应的芝加哥商品交易所的期权，以及芝加哥商品交易所的标准普尔 500 指数期货合约。程序交易完全基于股票组合价格和其他目标(如指数期货)的价格差异进行交易，而不涉及任何公司基本面信息和宏观经济信息。在实际操作中，这意味着所有的程序交易都是在计算机的辅助下完成的。进入 20 世纪 80 年代，程序交易已经被广泛应用于股票与期货的跨市场指数套利交易中。

算法交易的快速发展受到众多因素的影响，主要包括改变买方卖方之前关系的发展，交易需求的日益复杂等。买卖双方交易员之间不断变化的关系是算法交易发展的一个重要因素。随着算法交易被更广泛地接受，越来越多的交易员开始使用算法交易，并且在使用过程中买方也会要求增加与经纪商的联系，以便可以降低交易成本。如果经纪商不改善他们在订单操作上所使用的算法模型，买方交易员将会对他们失去兴趣。这进一步加剧了经纪商之间的竞争，并重新定义了买卖双方合作关系发展和维持的基础。在过去，经纪商获取利润的关键是保持住客户资源，也就是维持长期忠实的客户关系；而现在，这已经不再被认为是市场上竞争的主要立足点。少数大型经纪商领导着算法交易的发展成为趋势。在 2004 年，提供交易算法服务的经纪商还只是少数。现在，许多公司的交易平台上已经有很多可以选择的交易算法。随着越来越多的公司进入这个领域，算法交易市场的竞争会变得越来越激烈，更多的策略被开发出来，买方对算法交易的应用会不断增长，高端业务将变得越来越有挑战性。

由于买方不断地采取更有针对性的交易操作方式，下单的方式和方向将会根据买方需求所制定的速度和流动性进行改变。算法交易模型让交易员更好地根据自己的目标执行交易。随着算法变得越来越复杂，越来越多地被应用，买方交易员正在逐渐开始更多地研究自动交易策略。为了满足买方对未来算法交易的潜在和实际需求，经纪商需要看到客户对定制化的需求，包括算法交易对市场条件变化做出正确反应的能力。

在金融市场上，不同的机构投资者根据自身不同的交易需求会开发出不同的算法。算法交易主要的功能包括订单智能路由和订单分割策略两个方面。

当机构投资者要进行一个大订单的交易时，会在短时间内改变市场上供需双方的平衡。这时，市场会产生两种情况：①交易价格向不利的方向移动，也就是买单的价格升高，或者是卖单的价格下降，进而提升了交易成本。这也被称为市场冲击成本；②交易对手方发现大订单后，会期待更有利的价格，从而减缓交易的速度，导致机会成本的出现。

针对这种情况，机构投资者通常的做法是将大的交易订单进行分割，利用较小的订单，择机逐步提交到证券市场中，从而达到减少交易成本和发现流动性的目的。

此外，订单分割策略还有利于隐藏交易的目的和意图。当一些投资者发现投资机会时，例如利好或利空消息、被低估或高估的股票等，必然会通过交易操作的方式来实现利润。但是，如果投资者交易数额很大的话，就会很容易被市场上的其他参与者发现，进而识别其交易动机。这时，其他投资者就会发现并跟进，导致其盈利的幅度和可能性降低。因此投资者对于交易的隐蔽性很重视，不愿意向市场透漏交易信息。这种情况下订单分割策略就可以在一定程度上满足投资者的交易需要。例如，有一种交易策略被称为“冰山模型”，这个策略的目的就是通过订单分割的方式限制每一时段交易的最大数量，这样可以隐藏或部分隐藏交易的动机。策略的名字——“冰山模型”形象地表达了其操作方式和目的，就像冰山一样，露出水面的永远只是一小部分，绝大部分都是淹没在水面以下。

由于美国的金融市场上存在着很多的交易所与交易市场，因此同一只股票在这些市场上可能会同时存在着不同的价格和流动性条件。订单智能路由系统的目的就是持续监视不同市场上的交易环境，试图获得最好的买卖报价和流动性。智能路由系统可以减少交易成本和买卖价差，更好地利用流动性，减少市场冲击。

借助于电脑飞速的计算速度，算法交易正在风靡全球金融市场。在美国算法交易已成为基金业界的主流，全美 79% 的投资经理在建立投资组合时至少使用一次算法交易。到 2009 年，这一比例上升到 90%。算法交易在欧洲投资界也被大量使用。英国是欧洲地区使用算法交易比例最高的国家，有 50% 的基金经理使用算法交易进行投资管理，预计 2009 年英国基金业使用算法交易者的比例已达到 77%。

亚洲地区采用算法交易的主要市场是东京证券交易所、香港证券交易所和新加坡证券交易所。印度市场最近也在迎头赶上。2008 年 8 月 4 日，雷曼兄弟公司通过印度全国证券交易所提供的直接下单功能(DMA)执行了印度市场的第一笔算法交易委托。与欧美市场相比，亚洲市场的股票价差更大，流动性更差，更难成交，因此算法交易的价值也

更为突出。但由于算法交易需要搭配先进的信息平台及完善的应用程序设计,并且对交易网络和信息传输的速度有较高要求,因此亚洲地区在算法交易技术上的竞争不如欧美市场那么激烈。

算法交易可以将大额委托化整为零,从而导致市场总成交笔数增加,同时每笔委托数量大大降低,这增加了交易系统的容量和成本。算法交易的上述特点改变了交易所的信息管理模式。如果市场参与者传送大量没有市场价值的信息时,将会减缓交易系统功能,影响到其他的市场参与者,并增加交易系统容量和成本。为了鼓励市场参与者适当地进行交易及报价信息传送,对系统资源的使用能有一个负责任的态度,许多交易所都对交易信息的传送施加了一些限制性规定。

近年来,算法交易的发展迅速,也引发了监管机构和投资者的一些担忧,其中焦点是高频交易中的闪电指令交易。高频交易是指投资者利用比较聪明的算法,借助强大高速的计算机,寻求和利用市场的变动机会获利。“闪电订单”是在 DirectEdge、BATS 等交易市场上仅显示时间不超过 500 微秒的订单,这些订单所包含的有价值的信息只有那些拥有高速计算机的客户才能获得。具体而言,根据美国相关规定,交易所在接到订单后,可以有一秒的时间公开显示订单,一些交易所利用这一秒的间隔,在 500 微秒内首先向一些大客户(高频交易者)显示这些订单然后再公开这些信息;而交易所大客户在这 500 微秒内利用高速计算机处理,试探出市场动向,快人一步地获得最有利的买卖价格。支持闪电交易的证券业人士认为,这类交易能增加市场效率。但时任美国证券交易委员会主席夏皮罗表示,闪电指令交易可能导致出现“两级市场”,破坏市场的公平性和透明性,美国证券交易委员会正试图平衡长线和短线投资者的利益。

在美国,闪电交易引发了大量的政策和法律争论。按照美国全国市场系统规则和另类交易系统规则,当一个交易中心接收到股票订单后,如果该交易中心没有相应价格报单,无法迅速成交,那么该订单必须迅速流转到其他交易所,因此争论主要集中在了闪电交易是否违背该项原则。

支持闪电交易的学者和专家指出,从法律条文上很难找到闪电交易违背了上述原则的证据,只要求非交易所交易中心交易的某一股票达到该股票的日均交易量 5%或以上时,才有必要将该笔订单提交至 NMS(美国全国市场系统)。如果该股票交易量低于 5%,该笔订单的闪电交易行为就不违反此项规定。美国全国证券市场系统规则要求不能成交的订单,必须传送到其他市场,但其中也包含了豁免性规定,比如若订单能够在交易中心内部系统迅速成交,并且有助于提高价格发现效率,那么该订单就不必传送到公开报价系统。由于闪电交易订单能够迅速被执行,因此并不违背该条约。支持者特别强调了订单执行的迅速性,闪电交易订单被截留和闪现的时间通常只有 0.5 秒。反对者则针锋相对地指出,闪电交易在事实上导致了双重市场的产生,由于只有部分投资者有权接触闪电订单的信息,因此它违背了美国两项交易法规所要求的订单信息公平性原则。例如,由于一些交易商可以比一般投资者提前看到这些闪电订单,就可以选择未来成交,也可以选择不做任何反应,但他们可能利用这些提前获知的订单信息来判断该股票在短时间内的走势,并进行交易获利。同时,由于交易中心暂时锁定买卖订单,从而使得该订单

无法迅速进入国家公开报价系统，短时间内形成一个自我锁定的内部市场，因此违反了相关规定。

美国证券交易委员会在 2009 年 9 月 17 日一致投票提议禁止“闪电交易”，以打击部分市场参与者拥有的不公平信息优势。

1.3 常见的算法交易策略

1.3.1 算法交易策略

算法交易策略可以分为被动型算法交易、主动型算法交易以及综合型算法交易。

(1) 被动型算法交易，又称为结构型算法交易。这类交易算法主要利用历史数据估计交易模型的关键参数，按照一个既定的交易方法或策略进行交易，并不会根据证券市场的具体运行情况积极主动地调整交易的时间、数量以及订单类型等因素，这类策略的核心是减少滑价。所谓的滑价是指目标价与实际成交价之间的差额。滑价的多少也在一定程度上反映了交易策略的优劣。例如，某一个投资者的算法交易策略需要购买某种股票 100 万股，被动型算法交易策略，将根据证券市场当前的交易量情况进行分析，确定在未来一段时间内的交易量分布，以便可以在市场流动性比较好的时候向证券市场提交较大的委托单，在证券市场流动性比较差的时候向证券市场上提交订单规模比较小的委托单，这样使得市场冲击成本尽可能的低。目前，从整个证券市场上来看，被动型算法交易是最为成熟的，使用也是最为广泛的。

(2) 主动型算法交易策略，也称为机会型算法交易。这种交易策略是根据市场具体状况做出适时的决策，判断是否交易，交易的数量和价格等。这种交易订单是根据证券市场的具体情况及时下达的，但是由于证券市场环境的复杂性和瞬息万变，投资者的订单有可能无法完成全部交易。主动型算法交易，一方面是努力减少滑价；另一方面则重点关注价格的趋势预测，比如如果交易员认为证券的价格在向有利于本人方向变化时，那么交易员一般就会推迟此订单的执行，反之如果交易员认为证券价格在向不利于本人方向变化时，则应该加速进行交易，促使交易可以在一个较短的时间内迅速完成交易。当市场价格存在较强的均值回复现象时，那么交易员也要抓住每一次有利于自己的变化。

主动型算法交易是否能够取得成功，取决于交易员对市场的判断是否准确。这种判断一般又分为趋势判断和反向判断两大类。如果某个采用算法交易的交易员认为某一股票未来会有一次明显的趋势波动行情，那么显然该交易员所采用的交易程序将会主动发起攻击，追踪该趋势的价格进行主动买入卖出的交易行为。这个趋势有多头趋势和空头趋势两种，反向判断则认为股票价格在未来一段时间内会出现反向运行。

(3) 综合型算法交易是主动型算法交易和被动型算法交易的结合，既包含了既定的交易目标，并且具体在实施过程中也会对这一交易进行一定的主观判断。综合型算法交易策略比较常见的方式是，先把总的订单拆分开若干个订单，并分布到不同的时间段内，具体每一个时间段内应该如何操作，则再由主动型算法决定。通过这两者的结合，综合

型算法交易策略可以达到更好的一种交易效果，这是单独的主动型交易策略或被动型交易策略所无法达到的。例如，主动型交易算法认为，在未来 30 分钟某股票将出现一波上涨的趋势行情，则具体的交易是在当前价格上卖一价格附近，提交委托单等待趋势的回调。

1.3.2 算法交易的发展历程

近年来，算法交易的发展历程可以分为以下两个阶段。第一阶段的算法交易已经被广泛使用，这类算法假设市场成交量是比较平稳的，并且是在交易之前进行准确预测的；第二阶段的算法使用的是金融理论模型和计量方法确定订单提交策略。

在第一阶段中又有两类代表性算法。第一代算法是使用历史交易记录对现状的交易进行指导，已经在实际交易中被广泛使用，这一阶段的算法主要是基于市场流量是平滑的且可测的假设。比如，交易量加权平均价格(volume weight average price, VWAP)，交易时间加权平均价格(time weighted average price, TWAP)，目标交易量(target volume)等。第二代主要是使用金融理论模型和计量方法来确定最优的执行路径，代表性的主要有执行差额(implementation shortfall)算法，包括到达价格(arrival price)、开盘价(at open)、收盘价(at close)和隐藏(hidden)等。

在第二阶段中的代表性算法是第三代算法，这类算法主要是从单只股票扩展到多只股票组合，同时搜寻隐藏流动性的方法，会将心理学和博弈论的方法应用到股票交易中。比如眼镜蛇(cobra)、游击战(guerrilla)、埋伏(ambush)、匕首(dagger)和夜鹰(nightawk)等，注重多种不同资产之间相互影响的平台建立。

1.3.3 常见的算法交易策略

在证券市场上，投资者根据自身的交易需要会设计出不同的算法交易策略。经过近几十年的快速发展，在证券市场上现在已经出现了许多有效的交易算法，如交易量加权平均价格算法、时间加权平均价格算法、交易量固定百分比算法等。本章将介绍几种常见的算法交易策略。

(1) 交易量加权平均价格交易策略(VWAP)。交易量加权平均价格交易策略(VWAP)交易策略是将大额订单拆分为多个中小规模的子订单，并根据市场环境的变化择机逐次提交，以使其成交价尽可能接近市场交易量加权平均价格的一种交易策略(Madhavan, 2002)。此交易策略可以有效地减少短时间内大额订单对证券价格的冲击，是实业界较为常用的一种算法交易策略。根据 The Trade 公司的相关统计，2005 年美国证券市场上采用算法交易执行的交易量中，约有 50% 都是利用 VWAP 交易策略完成的。其中，直接利用 VWAP 交易策略完成交易的约占 27%，还有 23% 左右的交易量是利用特别定制的 VWAP 交易策略完成。

近年来，各种算法交易策略层出不穷，原本占主流的 VWAP 算法交易策略很快衰落，在 2004 年 VWAP 的使用比例还高达 61%，但是仅几年之后，这一比例就只有不到 30%，目前更是下降到了 10% 左右，而执行价差等策略的使用量也只有 10% 左右。虽然

VWAP 算法交易策略的使用已经越来越少，但是 VWAP 算法交易策略已经逐渐作为一个基准来衡量其他交易策略的优劣。因此，无论是在学术界还是在实业界，VWAP 算法交易策略依然还是一种非常重要的算法交易策略。

VWAP 交易策略的目的是利用合适的订单提交策略，最小化投资者的交易成本。由于投资者并不知道未来交易日当天市场的总交易量情况，因此投资者需要根据最近一段时间(通常是一个月)内交易数据来预测交易日当天市场预期成交量，并将整个交易时期划分为多个交易时间段，并根据每个时间段内市场交易量占总交易量的比值确定此时段内应该提交的订单规模。因此，VWAP 交易策略的制定一般也可以分为两个步骤：①将交易日划分为多个时间段，预测每一时间段内市场交易量占整个交易日内市场交易量的比例；②按照这一比例将总订单拆分为多个子订单，并在每一交易时段初始时分别进行提交。

在没有其他额外信息，且对股票价格趋势没有任何预测的情况下，VWAP 交易策略是最优的算法交易策略，其订单的执行价格等于一段时间内的市场成交量加权平均价格。假设投资者将在未来 m 个交易时期内，利用某一交易策略 $x = (x_1, x_2, \dots, x_m)'$ 交易总量为 S 的证券。投资者的目标就是使得订单的平均成交价格等于交易量加权平均价格。投资者在整个交易时期内的订单平均成交价格为

$$\text{Cost} = \sum_{t=1}^m x_t p_t \quad (1-1)$$

其中， p_t 表示在 t 时期订单的成交价格。

在整个交易时期内的交易量加权平均价格可以表示为

$$\text{VWAP} = \frac{\sum_{t=1}^m v_t p_t}{\sum_{t=1}^m v_t} = \sum_{t=1}^m \alpha_t p_t \quad (1-2)$$

其中， v_t 表示在 t 时期内的成交量， α_t 表示在 t 时期内市场的成交量占整个交易时期内市场总成交量的比值。

采用这一交易策略投资者的目标就是使得订单的平均成交价格等于交易量加权平均价格，因此可以用如下数学模型表示：

$$\min \eta = (\text{VWAP} - \text{Cost})^2 \quad (1-3)$$

由一阶条件可知：

$$\frac{d\eta}{dx} = 2(x - \alpha)^T p^2 = 0 \quad (1-4)$$

求解上式可得

$$x = \alpha \quad (1-5)$$

其中， α 是一个 $m \times 1$ 维的列向量。

由于该问题的二阶条件大于零，即

$$d^2 \eta / dx^2 > 0 \quad (1-6)$$

因此，VWAP 交易策略就是投资者的最优交易策略。