

打开量化投资的黑匣子，洞悉机构投资者的秘诀

HZ BOOKS
华章经管

WILEY

高频交易

(美) 艾琳·奥尔德里奇 (Irene Aldridge) 著

谈效俊 杨燕 王仰琪 等译

南华期货研究所

HIGH-FREQUENCY TRADING

A PRACTICAL GUIDE TO ALGORITHMIC STRATEGIES
AND TRADING SYSTEMS



机械工业出版社
China Machine Press

金融知识堂

高频交易

(美) 艾琳·奥尔德里奇 (Irene Aldridge) 著

谈效俊 杨燕 王仰琪 等译

南华期货研究所

HIGH-FREQUENCY TRADING

A PRACTICAL GUIDE TO ALGORITHMIC STRATEGIES
AND TRADING SYSTEMS



机械工业出版社
China Machine Press

Irene Aldridge. High-Frequency Trading: A Practical Guide to Algorithmic Strategies and Trading Systems.

Copyright © 2010 by John Wiley & Sons, Inc.

This translation published under license. Simplified Chinese translation copyright © 2011 by China Machine Press.

No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or any information storage and retrieval system, without permission, in writing, from the publisher.

All rights reserved.

本书中文简体字版由 John Wiley & Sons 公司授权机械工业出版社在全球独家出版发行。未经出版者书面许可，不得以任何方式抄袭、复制或节录本书中的任何部分。

本书封底贴有 John Wiley & Sons 公司防伪标签，无标签者不得销售。

封底无防伪标均为盗版

版权所有，侵权必究

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

本书版权登记号：图字：01-2010-5392

图书在版编目（CIP）数据

高频交易 / (美) 奥尔德里奇 (Aldridge, I.) 著；谈效俊等译. —北京：机械工业出版社，2011.5

(金融知识堂)

书名原文：High-Frequency Trading: A Practical Guide to Algorithmic Strategies and Trading Systems

ISBN 978-7-111-34324-0

I. 高… II. ①奥… ②谈… III. 计算机应用 - 证券交易 - 研究 IV. F830.91-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 076380 号

机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：李梦薇 白春玲 版式设计：刘永青

北京市荣盛彩色印刷有限公司印刷

2011 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

170mm × 242mm · 19.25 印张

标准书号：ISBN 978-7-111-34324-0

定价：42.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

客服热线：(010) 88379210；88361066

购书热线：(010) 68326294；88379649；68995259

投稿热线：(010) 88379007

读者信箱：hzjg@hzbook.com

推荐序

High-Frequency Trading

高频交易是交易方式的革命。传统的交易模式分为基本面模式和技术模式，而高频交易无法简单地归为其中任何一类。或许在部分高频交易技术中，也可以看到基本面模式或者技术模式的影子，但是这已经不是传统的基本面或者技术方式了。

如果说传统的交易技术关注的是水面之上的波涛汹涌，那么高频交易关注的则是水面之下的丝丝涟漪。高频交易所利用的交易机会可能不为交易员所觉察，或者容易被交易员所忽视，但正是市场中这些看似微不足道的交易机会构成了高频交易的核心。正如有一句话所说的，高频交易并不试图去发现那些 100 元的大钞，而是不断地拾起随处可见的 1 元钱。积土成山，风雨兴焉，这就是高频交易盈利的秘诀所在。

高频交易是科技进步的结晶，如果没有高速计算机和高速网络，高频交易便无从谈起。高频交易还是人类对市场结构更加深入人研究的结果，人们开始定量地理解买卖双方的委托单流以及市场信息对价格运动的影响，并由此派生出了多种交易策略。在高频交易手段的竞争中，交易方式本身也促进了行业的进步，进一步深化了人们对市场的理解。

中国的金融市场在不断发展，市场参与者也逐渐成熟，在国内部分条件合适的金融市场中，高频交易是一种客观存在。但是对于普通投资者而言，要想系统地了解高频交易却不是一件很容易的事。深入介绍高频交易的资料往往伴随着复杂的数学公式，而全面涵盖高频交易的文字材料并不多见。为促进中国高频交易以及市场微观结构研究的发展，我们决定将这本介绍高频交易的书籍译成中文。如果这本书能为我国的市场参与者提供一定的帮助，我们将感到十分的荣幸。

南华期货研究所的众多研究员参与了这本书的翻译工作。其中第1~4章的译者为姜帆、谈效俊，第5章的译者为张静静、谈效俊，第6章、第9章的译者为胡浩、谈效俊，第7~8章的译者为何炜、李晓萍、谈效俊，第10~12章的译者为王仰琪，第13~16章的译者为杨燕，第17章的译者为王珏，第18、19章的译者为谈效俊，全书由谈效俊负责统筹审核。由于时间仓促，并且译者水平有限，书中出现不当甚至错误之处在所难免，在此恳请各位读者不吝批评指正。

南华期货有限公司总经理 罗旭峰

2011年1月8日

目 录

High-Frequency Trading

推荐序

第 1 章	简介	1
第 2 章	高频交易的发展	7
	金融市场与技术革新	7
	交易方法的演变	13
第 3 章	高频交易综览	20
	和传统交易的比较	21
	市场参与者	23
	运作模型	25
	经济效益	30
	高频交易系统的资金	32
	结论	33
第 4 章	适合高频交易的金融市场	34
	金融市场及其对高频交易的适用性	36
	结论	44

第 5 章 高频交易策略表现评估	45
收益的基本特征	45
有可比性的比率	47
绩效归因	53
策略评估中的其他考虑因素	54
结论	56
第 6 章 指令、交易者及其在高频交易中的应用	57
指令类型	57
指令分布	67
结论	69
第 7 章 不同频率下的市场无效和获利机会	70
高频下的价格波动的可预测性	72
结论	83
第 8 章 寻找高频交易机会	84
收益率的统计特征	84
线性计量经济学模型	90
协整	94
波动率建模	95
非线性模型	100
结论	105
第 9 章 处理分笔数据	106
分笔数据的属性	107
分笔数据的数量和质量	108
买卖价差	109
买卖价格反弹	111
对分笔数据的到达进行建模	112

	用传统计量经济学方法处理分笔数据	114
	结论	116
第 10 章	市场微观结构下的交易——存货模型	117
	存货交易策略概述	118
	指令、交易者和流动性	120
	有利可图的做市	124
	有方向的流动性供应	130
	结论	132
第 11 章	市场微观结构下的交易——信息模型	133
	度量信息不对称性	134
	信息交易模型	136
	结论	151
第 12 章	事件套利	152
	开发事件套利交易策略	152
	什么构成了一次事件	153
	预测方法	155
	可用于交易的新闻	159
	宏观经济新闻	161
	事件套利的应用	162
	结论	171
第 13 章	高频统计套利	172
	数学基础	173
	统计套利的实际应用	175
	结论	186
第 14 章	创建和管理高频策略投资组合	187
	投资组合优化的解析基础	188

有效的投资组合管理实践	196
结论	201
第 15 章 交易模型的回顾测试	202
评估点位预测	203
评估方向预测	205
结论	213
第 16 章 实施高频交易系统	214
模型开发的生命周期	215
系统实施	217
测试交易系统	227
结论	230
第 17 章 风险管理	231
确定风险管理目标	231
风险度量	233
风险管理	246
结论	251
第 18 章 高频交易的执行和监控	252
执行高频交易系统	253
高频交易执行的监控	259
结论	260
第 19 章 交易后的盈利分析	261
交易后成本分析	262
交易后表现分析	272
结论	278
参考文献	279

第 1 章

High-Frequency Trading

简 介

高频交易如风暴般席卷了华尔街，究其原因，无非是其巨大的盈利能力而已。根据《Alpha》杂志的报道，2008 年收益最高的基金经理是来自文艺复兴技术公司（Renaissance Technologies Corp.）的吉姆·西蒙斯（Jim Simons），他长期以来一直是高频交易的支持者。仅在 2008 年一年，西蒙斯博士就获得了 25 亿美元的利润。虽然在撰写这本书的时候，还没有哪个机构完全地跟踪过各个高频交易基金的表现，但坊间传言，2008 年大部分的高频交易基金经理都取得了正的收益，而据《纽约时报》的报道，70% 的低频交易者在 2008 年都是赔钱的。这个行业指数式的增长也印证了高频交易的巨大盈利能力。根据 Aite 集团 2009 年 2 月的报告，目前交易所中 60% 的交易量都来自于高频交易。专业高频交易人才炙手可热，并且薪酬也是登峰造极。甚至在 2008 年金融危机最惨烈的几个月中，仍有 50% 的金融行业招聘的职位是与高频交易技术人员有关的（Aldridge, 2008）。尽管市场对这一领域的信息有巨大需求，但能帮助投资者理解和运用高频交易系统的出版物却少之又少。

什么是高频交易，它的魅力何在呢？相较于低频交易而言，高频交易的主要创新之处在于其在电脑驱动之下，对变化的市场迅速做出反应，并且实现资金的快速周转。高频交易的特征是交易次数更多，而每笔交易的平均盈利较小。很多传统的资金管理人持有交易头寸长达数周乃至数月，每笔交易

2 高频交易

的盈利为数个百分点。相比之下，高频交易的资金管理人每天都交易多次，平均每笔交易的盈利不到一个百分点，并且他们基本上不持有隔夜头寸。隔夜持仓对于投资者和投资组合经理都十分重要，这是因为以下3个方面的原因。

(1) 随着资本市场的全球化，大多数的交易行为都可以延长至24小时，并且，以市场现有的波动率来看，隔夜持仓是具有很高风险的。高频交易策略则规避了这种隔夜风险。

(2) 高频交易策略允许账户持仓完全透明，这消除了锁定资金的必要性。

(3) 持仓过夜的头寸除了保证金之外的部分需要按照所谓的隔夜利率(overnight carry rate)来支付利息。隔夜利息通常比LIBOR略高。随着LIBOR波动的增加以及可能到来的通货膨胀，隔夜持仓成本会变得越来越高，以至于会使得很多资金管理人感到无利可图。高频交易策略能够避免隔夜持仓成本，这在信贷收紧或者利率高企的时候，能给投资者节省下可观的成本。

高频交易还有其他的一些优势。高频交易策略与传统的长期买入并持有策略几乎不存在什么关联，因此，对于长期投资组合来说，高频交易策略是一种很好的分散投资的工具。由于高频交易策略的统计学性质，高频交易策略需要的评估时期也相对较短，我们在本书后续的章节中将深入讨论这个问题。如果说对于一个以月度为周期的交易策略，需要6个月到2年的观察期来评估这个策略的可信程度的话，那么对很多高频交易策略而言，只需不到一个月的时间就可以对策略的表现下一个统计学上的结论了。

除了上面所列举的优势之外，高频交易还能节约操作成本，并且给社会带来很多好处。从运营的角度来看，高频交易的全自动交易方式能够节约人力成本，并且减少因人造的犹豫或者情绪而造成的失误。

高频交易给社会带来的最大好处体现在以下几点：

- 提高市场效率
- 增加流动性

- 促进计算机技术创新
- 稳定市场体系

高频交易策略发现并消除市场暂时出现的无效率之处，并促进市场价格更快地反映市场信息。很多高频交易策略给市场提供了显著的流动性，使市场运行更加平稳，并且让每个投资者都降低了摩擦成本（frictional costs）。高频交易者促进计算机技术的革新，推动找到解决网络通信瓶颈的新办法。他们还刺激计算机处理器的创新，以提高计算和数字通信的速度。最后，高频交易还能纠正市场错误定价，从而稳定市场体系。

在2009年3月的FXWeek会议上，Oanda公司的首席执行官Richard Olsen提出了一个恰当的比喻。Olsen博士说，如果将金融市场比做人的身体，那么高频交易就是在人体内一天循环多次的血液。它能帮助冲洗毒素、愈合伤口，并且调节体温。相比之下，低频交易由于反应过慢，可以视为有碍于系统稳定的因素。即使是一个简单的去公园散步的决定也会给身体带来风险，比如感染疾病、失足或者摔倒等。高频交易能对这种情况进行快速反应，就像一个人重新站稳一样，高频交易使市场受到冲击后能重新稳定下来。

在外汇、股票、期货以及衍生品市场上都有很多成功的高频交易策略。高频交易本身的属性使其能应用于任何有足够流动性的金融工具之上（“有足够流动性的金融工具”是指在一个交易日中的任何时刻都有足够买家和卖家的金融资产）。

高频交易策略可以全天候地执行。电子外汇市场一周交易5天，一天交易24小时。美国股票现在可以“超出常规交易时间”进行交易，每个工作日从东部标准时间早上4点开始直到午夜。对于一些期货和期权，同样存在24小时交易。

许多高频交易的公司设于纽约、康奈迪克、伦敦、新加坡和芝加哥。很多设在芝加哥的公司利用其毗邻芝加哥商业交易所的优势来进行期货、期权和商品的高频交易。位于纽约和康奈迪克的公司交易范围较广，其中交易最多的是美国股票。欧洲的时区使得伦敦人在交易货币上很有优势，而新加坡

4 高频交易

公司则主要专注于亚洲市场。尽管高频交易策略可以在一天的任何时候应用于世界上的任何一个角落，实际上不同地方聚集的公司或者人才往往倾向于交易某一类的金融资产。

全球最大的知名高频交易公司包括 Millennium, DE Shaw, Worldquant 和 Renaissance Technologies 等。大多数高频交易公司是对冲基金或者是一些不为其他市场参与者所知的专属投资工具。一些主要银行的自营席位也涉足高频交易产品，但其一旦发展壮大，就逐渐演变成了类似于对冲基金的运作模式。

目前，高频交易中有 4 类最为流行的策略：自动提供流动性（automated liquidity provision）、市场微观结构交易（market microstructure trading）、事件交易（event trading），和偏差套利（deviations arbitrage）。表 1-1 总结了每种交易策略的主要性质。

表 1-1 高频交易策略分类

策略	描述	典型持仓时间
自动提供流动性	利用量化算法优化做市（market-making）头寸的报价和执行	小于 1 分钟
市场微观结构交易	通过对观测到的报价进行逆向工程解析，从而获得买卖双方下单流的相关信息	小于 10 分钟
事件交易	利用宏观事件进行的短期交易	小于 1 小时
偏差套利	对价格均衡的偏差进行统计套利：例如三角交易、基差交易等	小于 1 天

开发高频交易策略给大多数基金经理带来了一系列前所未有的挑战。第一个挑战是要处理大量的日内数据。与传统的投资分析中所使用的日间数据不同，高频交易的日内数据更加浩繁，并且数据点之间的时间间隔不等，这需要在处理之时引入新的工具和方法。一般而言，大多数审慎的基金经理会在投入使用一种交易策略之前，要求对其进行至少两年的回顾测试（back testing）。对很多人而言，处理两年或两年以上的日内数据就已经是很大的挑战了，而可信赖的交易系统通常需要 4 年或更长时间的数据来对其潜在缺陷进行全面的检查。

第二个挑战是交易信号的精确性。如果交易信号发生了位移，盈利可能很快就会变成亏损，一个交易信号必须足够精准，才能在瞬间触发交易。

执行的速度是第三个挑战。传统的电话下单方式在高频环境下是行不通的。要使交易达到所需的速度和精度，唯一可靠的方法就是计算机自动产生下单指令并自动执行。编写高频交易计算机系统需要在软件开发方面具有高超的技艺。运行中出现错误所带来的成本相当高，因此，为了保证系统在预先设定的风险范围内运行，对交易的人工监测仍然是不可或缺的。人工监测具有这种决断性。然而，对交易的介入也只能限于这一个决定：系统的表现是否仍然处于预定范围之内，如果不是，现在是不是应该拔下插头。

从运行的角度来讲，由于计算机驱动的交易决策具有高速度和低透明度的特点，它要求计算机指令执行具有一定程度的可靠性。这种可靠性可能会受到很多因素的考验，比如网络病毒以及其他可能使系统陷入瘫痪的计算机安全挑战等。

最后，仅仅是为了能够留在高频交易这个游戏之中，就需要不断地对设备进行维护和升级，以跟上信息科技“军备竞赛”的步伐。银行和其他金融机构都为开发世界上最快的电脑系统和最强大的执行引擎准备了大量预算。

总而言之，高频交易是一个有难度、但能够在不同市场环境下带来稳定盈利的交易策略。成功实施高频交易需要在金融学、计算机科学的理论和实务方面都具有扎实的功底。尽管过去的业绩不是未来回报的保证，但是如果一个高频基金经理扣除交易成本后能够获得良好的收益，那么基于其收益的投资管理指标也会向投资者很好地展示该资金管理人的管理能力。

这是第一本从“怎么办”的角度讲述如何建立高频系统的著作。本书对高频交易的讨论深度足够帮助读者处理手边的问题。同时，书中还把艰深的数学问题留在了原始文献之中，读者可以通过贯穿全书的参考文献来找到它们。

以下的专业人员会发现本书对他们有所帮助：

- 想要了解高频交易的投资机构或经纪自营商的高级管理人员
- 想要更好地理解高频交易的运作、收益以及风险的机构投资者，比如

养老基金、基金的基金等

- 想要找到全面综述当代高频交易研究成果及其应用的书籍的量化分析师
- 高频交易系统的 IT 支持人员
- 对高频交易有兴趣的学术界或商科学生
- 寻找交易新途径的个人投资者
- 高频交易员、风控人员和政府监管人员

本书共分为 5 部分。第一部分描述了高频交易系统的历史和商业背景。第二部分回顾了常见的高频策略的统计学和计量经济学基础。第三部分阐述了建立高频交易策略模型的细节。第四部分描述了建立高质量高频交易系统所需的步骤。第五部分，也就是最后一部分讲述了运行、监测和评估高频交易系统的相关问题。

这本书包括很多量化交易策略，并且还给出了首次提出这些交易策略的相关参考文献。本书讨论的交易策略反映了高频交易的不同侧面。第 10 章介绍了最高频的交易策略，其持仓时间在 1 分钟以下。第 11 章研究了一类市场微观结构模型高频交易策略，其典型持仓时间很少超过 10 分钟。第 12 章详细讲述了捕获特殊事件发生时（比如公布经济数据）的超常收益的交易策略，这种策略叫做“事件套利”，其最优持仓时间通常为 30 分钟到一个小时。第 13 章描述了另外一类统称为“统计套利”的高频交易策略，其持仓时间不超过一个交易日。第 14 章介绍了建立多策略投资组合的一些最新科学见解。

这里提供的策略都基于已出版的学术研究成果，并且专业人士可以很容易地加以利用。不过值得注意的是，一个公开的交易策略很快就会失效，这是因为众多人蜂拥而至使用这个策略进行交易，从而消除了该策略的盈利空间。因此，最好的交易策略往往是高度机密的，我们从公开出版物中难以觅其踪影，这本书当然也不例外。这本书的主要目的是展现已有的学术研究是怎样抓住市场的无效率之处的，并且我们想借此激发读者自己的创造性，从而开发出新的有利可图的交易策略。

高频交易的发展

计算机技术的发展加快了交易指令的传输和执行过程，并缩短了投资所需的持仓时间。当我们对大规模的历史数据进行量化的市场行为模拟时，一种叫做“高频交易”的投资方法应运而生了。

本章通过回顾交易历史的演变来解释技术突破是如何影响金融市场并促进高频交易出现的。

金融市场与技术革新

很多因素会影响到金融市场的运作，技术革新的影响无疑最为深刻和久远。当引入一种新的金融产品时，例如 1999 年的欧元/美元，会对市场运行形成大规模的一次性冲击，而技术进步对市场的改变则是微妙而持久的。数年以来，科技改善了信息的传播方式，提高了金融分析的质量，加快了市场参与者之间的沟通速度。这些改变使得市场变得更加透明，并且减少了市场的无效率，技术进步还为投资者打开了全新类型的套利交易之门。

多年以前，证券市场完全以人工模式运行。为了得到一个金融产品的报价，客户需要和销售代表（sales representative）直接碰面，或者通过信件取得联系；在电话通信方式产生后，则是通过电报或者电话取得联系。之后销售人员要走到交易代表（trading representative）那里，或者向交易代表喊话，要求获得客户所关心的证券的报价，交易人员则报出从其他经纪商或者交易

所那里所获取的市场价格。当客户下达指令时，以上的过程会再重复一遍。

这个过程耗费时间、容易出错且开销庞大，其费用最终还是由投资者承担。大部分错误主要来自以下两方面。

(1) 由于交易所成交和客户获得报价之间存在较大的时间差，市场可能在这个时间段内发生大幅波动。

(2) 在人与人之间的多次交流中，人们可能会因为听错报价而把错误的信息传递下去。

这样的信息传递过程容易出错并且费用高昂，这个沟通链条上的每个人都需要获得相应的报酬，并且市场参与者承担了发生错误时所产生的损失。

直到 20 世纪 80 年代，才产生了第一个电子交易系统，这项新生事物很快就被视为一个革命性的进展。这个系统收集各个经纪商和交易所的数据，并同时把信息发送给众多的市场参与者，系统使得通过信誉审核的参与者相互之间可以以系统所显示的最优价格成交，并且系统还会生成可靠的信息和交易记录。根据雷恩韦伯（2007）的记载，纽约证券交易所（NYSE）引入的订单转送及成交回报系统（DOT）是第一个电子执行系统。由于只有场内特定经纪商们可以使用这一系统，因此，这个系统的引入只给纽约证券交易所的内部运作带来了便利。1983 年推出的纳斯达克计算机协助交易系统只对做市商开放，1984 年，细盘撮合系统（small-order execution system）也随之推出。

尽管基于计算机的交易所和交易网络自 20 世纪 80 年代中期就已出现，但系统化交易（systematic trading）直到 20 世纪 90 年代才开始受到关注。据歌德哈特和 O' Hara（1997）介绍，交易模式系统化的推迟主要是由于使用计算机的成本昂贵及当时交易所电子指令的通量过低造成的。举个例子，纳斯达克自 1985 年引入电子执行系统，系统只接受每次买卖小于 1 000 股的小额交易指令。其他的交易所，比如美国证券交易所（AMEX）和纽约证券交易所发展出一种电子和交易大厅相结合的复合市场，它们并没有完全的利用电子交易所具有的能力。

当金融机构接纳新技术之后，它们对新技术的应用往往会增加其对自动