

金融(超)高频数据建模与分析

基于中国期权、期货市场的实证研究

王俊博 许桐桐 李光路 王苏生 著

清华大学出版社

北 京

内容简介

本书从金融衍生品市场微观结构的基础实证研究出发,利用市场数据实证的结论探究金融衍生品市场的特征与运行的客观规律,以期对市场投资者的投资决策进行指导,提升投资者的风险管理能力;针对金融衍生品市场的特征,制定行之有效的监管措施,进而为我国未来金融衍生品市场的健康有序发展提供帮助。

本书学术性专业性较强,对研究中国衍生品市场发展的专业人员具有较高的参考价值。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。举报:010-62782989, beiqinquan@tup.tsinghua.edu.cn

图书在版编目(CIP)数据

金融(超)高频数据建模与分析:基于中国期权、期货市场的实证研究/王俊博等著. —北京:清华大学出版社, 2021.6

ISBN 978-7-302-58034-8

I. ①金… II. ①王… III. ①股票交易—研究—中国 IV. ①F832.51

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2021)第 078601 号

责任编辑:高 岫 高晓晴

封面设计:周晓亮

版式设计:孔祥峰

责任校对:成凤进

责任印制:丛怀宇

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:三河市东方印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:170mm×240mm 印 张:17 字 数:353 千字

版 次:2021 年 8 月第 1 版 印 次:2021 年 8 月第 1 次印刷

定 价:98.00 元

产品编号:086198-01

本书获得南方科技大学深圳市
人文社科重点研究基地项目支持

前言

(超)高频数据在金融领域的应用,不仅改变了市场原有的交易方式,还对金融资产的定价及市场的微观结构产生了深远的影响。高频交易所带来的流动性增强、异常波动增多等新特征,要求投资者、监管机构和研究人员及时适应市场变化,一方面要提高对风险的管控能力,进一步优化资产配置,另一方面也要加强对市场运行规律的研究。因此,对当前我国衍生品高频特征的研究就显得十分有意义。

与西方发达国家相比,我国金融市场起步较晚。20 世纪 90 年代,金融衍生品市场在金融市场化改革背景下应运而生,衍生品市场从无到有,经历了从商品期货到金融期货的发展过程。目前,我国金融衍生品市场中期货、期权及 ETF 期权等衍生产品日益丰富,无论是市场深度还是广度都有了较大的提升,其中以上证 50 期权和沪深 300 期货交易最为活跃。产品的丰富必然带来交易的多样化,市场的微观结构特征也必然受到冲击。因此,本书从实证的角度,在价格发现和波动率建模两个方面总结、归纳市场高频特征与规律。

对价格发现的研究由来已久。价格发现的功能主要是指在新信息的作用下,多个市场价格通过动态调整,重新形成均衡价格的过程。价格发现是期货市场的一个重要的经济功能,也是期货市场存在和发展的基础功能。

本书分上篇和下篇。上篇以上证 50 期权为研究对象,研究期权产品的价格发现功能,检验期权期货的市场功能,探究价格发现功能的时变性和日内效应,揭示影响价格发现功能的主要因素。

在下篇中,我们专注于沪深 300 股指期货日内高频波动率的研究,这是由于沪深 300 股指期货流动性强,吸引了众多高频交易投资者参与其中。高频交易离不开风险管理,而日内高频波动率是风险管理的核心指标。在波动率的各种估计方法中,以 ARCH/GARCH 类模型最为成熟,应用也最为广泛。但高频分析必然会伴随市场噪声干扰,如何平衡噪声干扰和市场信息的影响,则需要优化抽样频率并评估预测,然后对不同模型的预测效果做评价。日内高频波动率具有哪些特征?如何估计?如何建模?哪种抽样间隔最优?这是下篇内容所要回答的主要问题。这类研究的现实意义十分明显:运用波动率的变化规律可以管控风险,优化投资组合,甚至有助于制定适当的监管措施。

从本书结构看,前 6 章为上篇,介绍了本书所涉及的基础理论,主要讨论价格

发现的功能，内容包括多时间角度分析、市场微观结构和宏观经济信息对价格发现功能的影响等。后 5 章为下篇，主要讨论波动率建模分析预测，内容包括 ARMA/GARCH 类的各种模型建模研究和波动率预测及其精度评价，最后对金融衍生品的发展趋势进行讨论，并给出一些建议。

本书是关于对中国金融衍生品市场的实证研究，通过高频数据建模与分析的方法讨论价格发现和波动率的一些特征，试图总结归纳其市场运行规律。一方面，希望可以帮助读者理解价格发现的功能，揭示风险和投资管理；另一方面，希望能够为监管机构的日常监管工作和政策制定做出贡献。

本书是作者进行多年研究与积累的成果，谨代表作者的观点，与作者所在单位无关。另外，因水平有限，书稿难免有疏漏，请各位读者予以指正，不胜感激。

编 者
2021.6

目 录

上 篇 价格发现与市场微观结构

第 1 章 绪论	3
1.1 我国金融衍生品市场发展的特点	4
1.2 研究问题的提出	8
1.2.1 金融衍生产品的价格发现	8
1.2.2 股指期货的波动率	8
1.3 研究目的与意义	9
1.3.1 研究目的	9
1.3.2 研究意义	10
1.4 研究思路与方法	13
1.4.1 研究思路	13
1.4.2 研究方法	15
1.4.3 结构安排	15
第 2 章 定义和研究理论基础	17
2.1 高频数据和超高频数据	18
2.2 价格发现功能定义	18
2.2.1 价格发现功能	18
2.2.2 价格发现贡献度	19
2.3 价格发现理论依据	19
2.3.1 金融市场微观结构理论	19
2.3.2 定价理论	20
2.3.3 协整理论	21
2.3.4 投资者情绪理论	21
2.4 价格发现相关假说	22
2.4.1 有效市场假说	22
2.4.2 交易成本假说	22
2.4.3 交易杠杆假说	22

2.4.4	交易限制假说	23
2.5	波动率的定义和分类	23
2.5.1	波动率的定义	23
2.5.2	波动率的分类	25
2.6	波动率理论依据	26
2.7	波动率模型与参数设定	27
2.7.1	自回归条件异方差模型及其估计	28
2.7.2	广义自回归条件异方差模型与估计	30
2.8	最优抽样频率与波动率预测评估	31
2.8.1	最优抽样频率	31
2.8.2	波动率预测评估	33
2.9	本章小结	34
第3章	价格发现功能的研究	35
3.1	研究现状	36
3.1.1	价格的领先滞后关系	36
3.1.2	价格发现贡献度	39
3.1.3	现状分析	42
3.2	价格发现过程的机理分析	43
3.2.1	期权价格发现功能的机理分析	43
3.2.2	期货价格发现功能的机理分析	45
3.3	价格发现领先滞后关系的实证研究	45
3.3.1	研究设计	45
3.3.2	实证检验结果与分析	47
3.4	价格发现的贡献度的实证研究	55
3.4.1	研究设计	55
3.4.2	实证检验结果与分析	66
3.5	研究结果讨论	74
3.6	本章小结	76
第4章	价格发现功能的多时间角度分析	77
4.1	研究现状	78
4.1.1	价格发现贡献度的变化	78
4.1.2	价格发现功能的日内效应	79
4.1.3	现状分析	80
4.2	暴涨暴跌行情的价格发现的实证研究	80
4.2.1	研究设计	80
4.2.2	因果关系检验	81
4.2.3	广义脉冲响应分析	82

4.2.4 Johansen 协整检验	83
4.2.5 向量误差修正模型	84
4.3 价格发现贡献度的时变分析的实证研究	88
4.3.1 研究设计	88
4.3.2 每日价格发现贡献度的变化分析	88
4.3.3 期权每日价格发现贡献度的变化分析	92
4.3.4 期货每日价格发现贡献度的变化分析	95
4.4 价格发现的日内效应的实证研究	98
4.4.1 研究设计	98
4.4.2 期权价格发现的日内效应	99
4.4.3 期货价格发现的日内效应	100
4.5 研究结果讨论	102
4.6 本章小结	103
第 5 章 市场微观结构对价格发现功能的影响	105
5.1 研究现状	106
5.1.1 市场质量对价格发现的影响	106
5.1.2 投资者对价格发现的影响	108
5.1.3 交易制度对价格发现的影响	108
5.1.4 现状分析	109
5.2 市场微观结构对价格发现的作用机理	110
5.2.1 市场质量对价格发现的影响机理分析	110
5.2.2 投资者对价格发现的影响机理分析	111
5.2.3 交易制度对价格发现的影响机理分析	112
5.3 市场质量对价格发现的影响的实证研究	113
5.3.1 研究假设	113
5.3.2 研究设计	114
5.3.3 市场质量对期权价格发现的影响分析	115
5.3.4 市场质量对期货价格发现的影响分析	118
5.4 投资者对价格发现的影响的实证研究	120
5.4.1 研究假设	120
5.4.2 研究设计	121
5.4.3 投资者对期权价格发现的影响分析	122
5.4.4 投资者对期货价格发现的影响分析	124
5.5 交易制度对价格发现的影响的实证研究	126
5.5.1 研究假设	126
5.5.2 研究设计	127
5.5.3 交易制度对期权价格发现的影响分析	128
5.5.4 交易制度对期货价格发现的影响分析	130

5.6 研究结果讨论	133
5.7 本章小结	134
第6章 宏观经济信息对价格发现功能的影响	137
6.1 研究现状	138
6.2 影响机理分析	138
6.3 研究假设	139
6.4 研究设计	140
6.4.1 样本选择与数据来源	140
6.4.2 变量定义	140
6.4.3 模型构建与说明	141
6.5 宏观经济信息对期权价格发现的影响分析	142
6.5.1 宏观经济信息发布对期权价格发现的影响	142
6.5.2 不同时段 of 宏观经济信息发布对期权价格发现的影响	144
6.5.3 不同类型的宏观经济信息发布对期权价格发现的影响	146
6.5.4 宏观经济信息指标对期权价格发现的影响	148
6.6 宏观经济信息对期货价格发现的影响分析	151
6.6.1 宏观经济信息发布对期货价格发现的影响	151
6.6.2 不同时段 of 宏观经济信息发布对期货价格发现的影响	153
6.6.3 不同类型的宏观经济信息发布对期货价格发现的影响	154
6.6.4 宏观经济信息指标对期货价格发现的影响	157
6.7 研究结果讨论	159
6.8 本章小结	160

下 篇

高频波动率建模与预测

第7章 波动率日内统计性描述与 ARMA 模型检验和预测	163
7.1 研究现状	164
7.1.1 波动率模型研究综述	164
7.1.2 波动率预测研究	167
7.1.3 国内外研究评述	169
7.2 日内高频数据统计性描述	170
7.2.1 数据选择	170
7.2.2 高频数据预处理和数据统计性描述	170
7.2.3 时间序列数据平稳性检验	175
7.3 ARMA模型和预测	176
7.3.1 ARMA 模型介绍	176
7.3.2 ARMA 模型识别、估计和预测	176

7.4 实证检验与分析	177
7.5 收益率预测	184
7.6 研究结果与讨论	185
7.7 本章小结	186
第8章 基于 ARMA-GARCH-SN 模型的日内波动率研究与预测	187
8.1 模型与研究方法	188
8.2 实证检验结果与分析	192
8.3 波动率预测	200
8.4 研究结果与讨论	203
8.5 本章小结	204
第9章 基于最优抽样频率 Realized-GARCH 模型的日内高频波动率预测	205
9.1 模型与实证检验	207
9.1.1 模型设定	207
9.1.2 实证检验	209
9.2 股指期货日内1分钟波动率预测与评价	217
9.2.1 日内波动率滚动预测	217
9.2.2 波动率预测评价	218
9.3 研究结果讨论	218
9.4 本章小结	219
第10章 不同的 GARCH 类模型波动率预测评价	221
10.1 波动率预测评价框架	223
10.1.1 基于一般损失函数的点预测评价	223
10.1.2 波动率预测评价框架	224
10.1.3 一些常用的波动率预测评价指标	224
10.2 GARCH类模型预测精度评价	225
10.2.1 日内真实波动率的无偏估计量	225
10.2.2 eGARCH 模型介绍	226
10.2.3 实证检验	227
10.2.4 波动率预测精度评价	228
10.3 研究结果讨论	229
10.4 本章小结	230
第11章 金融衍生品发展趋势的思考	231
11.1 未来金融市场发展将呈现的几个特征	232
11.2 金融衍生产品市场监管的发展趋势	233
11.3 我国金融衍生产品市场的几点思考	235
参考文献	243

上 篇

价格发现与市场微观结构





第1章

绪论

在当前我国经济转型升级、金融深化改革的背景下，发展金融衍生品市场是构建我国多层次资本市场的迫切要求，也是服务实体经济的重要方式。中国经济步入新常态，需要质量变革、效率变革、动力变革，这客观上需要有与之相匹配的、能满足不同层次和不同规模的实体经济需求，以及充满生机活力的多层次资本市场。因此，加强制度供给，释放金融衍生品市场潜能，补齐多层次资本市场短板，是服务实体经济、推动中国经济高质量发展的必然要求。我国势必要对现有的金融衍生品市场进行强化，为中小企业提供更多的融资渠道，进一步培育、扩大、夯实经济增长动能。

1.1 我国金融衍生品市场发展的特点

综观 2010—2015 年衍生品市场的发展，有如下 4 个特点。

1. 股指期货成为中流砥柱

股指期货作为金融市场中成熟度高、诞生时间久的衍生品，已被公认是回避股市风险最为有效的风险管理工具之一，股指期货已经成为各成熟资本市场必然推出的投资品种，为市场众多投资者广泛用来进行资产配置、风险管理等，其中具有代表性的股指期货投资品种主要有标准普尔指数(S&P500)期货、伦敦金融时报指数(FTSE100)期货、日经股票平均指数(Nikkei 225)期货等。2010 年，沪深 300 股指期货上市，完善了中国证券市场的做空机制，为资本市场投资者提供了一个规避市场系统风险的可能，改变了长久以来中国股票市场只有做多才能盈利的局面，是完善资本市场的重要举措。2010—2015 年的股指期货成交额如图 1-1 所示。

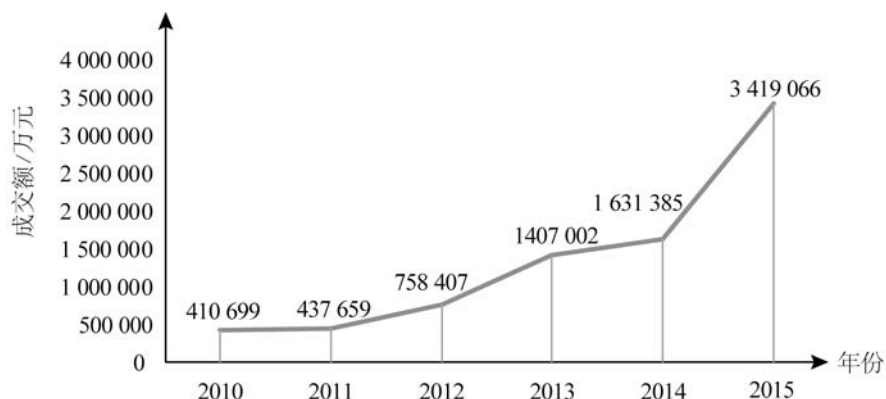


图 1-1 2010—2015 年股指期货成交额

股指期货的交易标的一般为一揽子股票价格指数，交易双方根据事先约定好的

价格在未来某一特定时间进行交割，其具有价格发现、风险规避，以及资产配置等功能。股指期货一经推出，即受到市场的追捧。在最初的 4 年时间里，股指期货成交额逐年增长，市场流动性不断增强，投资者结构也不断优化。

2. 我国金融市场进入期权时代

自沪深 300 股指期货推出以来，我国金融衍生品市场获得了快速发展，市场功能日益发挥作用，但仍处于起步阶段，远落后于国外成熟市场。为健全我国资本市场，国务院于 2014 年 5 月 8 日印发了《国务院关于进一步促进资本市场健康发展的若干意见》，指出要逐步丰富股指期货、股指期权和股票期权品种。2014 年 12 月 5 日，证监会公布《股票期权交易试点管理办法(征求意见稿)》，同日上交所也发布配套的《上海证券交易所股票期权试点交易规则(征求意见稿)》以及《上海证券交易所、中国证券登记结算有限责任公司股票期权试点风险控制管理办法(征求意见稿)》，股票期权的推出被提上日程。2015 年 2 月 9 日，经证监会批准，上海证券交易所正式上市交易上证 50 ETF 期权(合约细则见表 1-1)，该期权的上市交易标志着我国进入了一个多元化投资和风险管理的新时代。

表 1-1 上证 50 ETF 期权合约细则

要素	内容
合约标的	上证 50 交易型开放式指数证券投资基金(50 ETF)
合约类型	认购期权和认沽期权
合约单位	10 000 份
最小报价单位	0.000 1 元
到期月份	当月、下月及随后两个季月
行权方式	到期日行权(欧式)
交割方式	现金交割
到期日	到期月份的第四个星期三(遇法定节假日顺延)
行权日	同到期日，行权指令提交时间为 9:15—9:25，9:30—11:30，13:00—15:30
交易时间	上午 9:15—9:25，9:30—11:30(9:15—9:25 为开盘集合竞价时间) 下午 13:00—15:00(14:57—15:00 为收盘集合竞价时间)

数据来源：上海证券交易所。上证 50ETF 期权合约基本条款[EB/OL]. [2017-12-29].

http://www.sse.com.cn/assortment/options/contract/c/c_20151016_3999892.shtml.

3. 金融衍生品日益丰富

上证 50ETF 期权上市后不久，中国金融期货交易所于 2015 年 4 月 16 日上市交易了上证 50 和中证 500 股指期货，是我国继沪深 300 股指期货之后的第二批股指期货。期权和期货的陆续推出，进一步丰富了我国金融衍生产品市场，不仅为投资者

提供了多种投资方式，也为实现期现联动发展、提升现货市场运行效率、提高资源配置效率、进一步提升服务实体经济能力提供了有力支撑。当前，我国场内金融衍生品市场已经包含权益类的股指期货和股票期权、利率类的利率期货和商品类的商品期货，如表 1-2 所示。

表 1-2 我国场内金融衍生品市场概况

衍生品分类		产品名称	标的资产
权益类	股指期货	沪深 300 股指期货	沪深 300 指数
		上证 50 股指期货	上证 50 指数
		中证 500 股指期货	中证 500 指数
	股票期权	上证 50 ETF 期权	上证 50 ETF
利率类	利率期货	5 年期和 10 年期国债期货	面值为 100 万人民币，票面利率为 3%的中期和长期国债
商品类	商品期货	农产品：小麦、豆粕、豆油、玉米、棉花、棕榈油…… 有色金属：铝、锌、铜、镍、锡、钛合金…… 贵金属：黄金、白银 黑色金属：螺纹钢、线材、热轧卷板…… 化工：甲醇、玻璃、橡胶、聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯…… 能源：燃油、沥青、焦炭、动力煤、焦煤……	

其中，权益类衍生品的概况如图 1-2 所示。

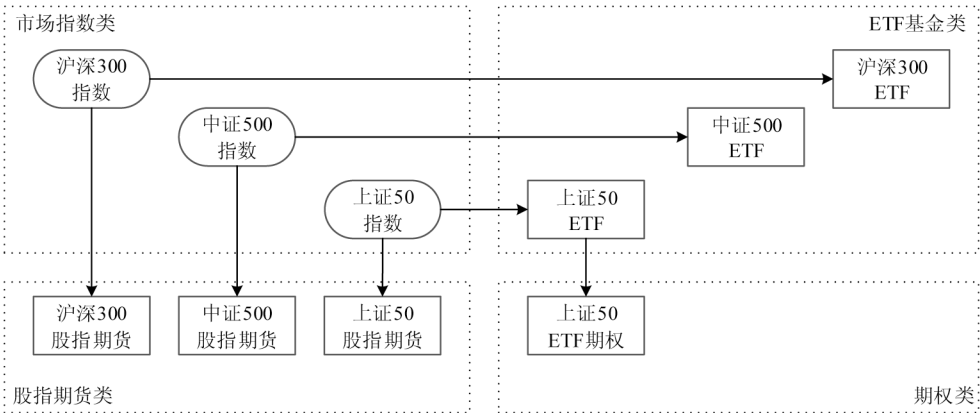


图 1-2 权益类衍生品概况

2017 年 4 月 1 日，国内首例商品期权品种——豆粕期权在大连商品交易所上市，这是国内期权市场继 2015 年上证 50ETF 期权上市后的又一重大突破，标志着我国金融衍生品市场进入了新时代。紧随其后，2017 年 4 月 19 日白糖期权也在郑州商品交易所上市。

2019 年是我国金融衍生品市场大发展的一年，一系列新产品陆续实现上市交易。2019 年 9 月 25 日，不锈钢期货在上海期货交易所上市交易；12 月 9 日，铁矿石期货期权在大连商品交易所上市交易，成为首个“一全两通”品种；12 月 20 日，黄金期权在上海期货交易所上市交易，成为我国首个贵金属类期权产品；12 月 23 日，沪深 300 股指期货期权合约在中国金融期货交易所上市交易，成为境内首只股指期货期权产品。

4. 股灾期间成为众矢之的

在 2015 年 5 月至 6 月的短短两个月时间，中国股市经历了疯狂飙涨，也经历了流动性濒临枯竭的断崖式下跌。此时，上证 50 ETF 期权推出后不足 3 个月、上证 50 股指期货和中证 500 股指期货推出后不足 1 个月。在股市危局中，有人将矛头指向了金融衍生品市场，认为衍生品的做空机制和价格发现功能诱导了本次股市的暴跌。虽然部分业内人士为衍生品鸣不平“倘若没有期货或期权的避险功能，股市或许会直线下降”，但是难抵群起的口诛笔伐，衍生品推出的合理性和衍生品的市场功能饱受质疑。为了维护股市的健康平稳运行，中金所和上交所相继采取提高手续费、提高保证金和单日开仓交易量限制等措施来限制期货等衍生品的交易活动，如表 1-3 所示。在 2015 年 9 月 7 日实施严格的限制措施之后，股指期货市场的流动性受到重创，基本名存实亡。

表 1-3 股灾期间股指期货和 ETF 期权政策措施

发布日期	政策文件	内容简介
2015.7.31	关于调整股指期货手续费标准的通知	交易手续费标准调整为成交金额的万分之零点二三
2015.8.25	中金所实施股指期货系列措施，抑制市场过度投机	非套期保值持仓的交易保证金，由合约价值的 10%逐步提高到 20%；单日开仓交易量超过 600 手的认定为“日内开仓交易量较大”的异常交易行为；手续费标准调整为成交金额的万分之一点一五
2015.8.28	中金所进一步抑制股指期货市场过度投机	单日开仓交易量超过 100 手的认定为“日内开仓交易量较大”的异常交易行为；非套期保值持仓交易保证金调整为合约价值的 30%
2015.9.2	中金所进一步加大市场管控，严格限制市场过度投机	单日开仓交易量超过 10 手的构成“日内开仓交易量较大”的异常交易行为；非套期保值持仓交易保证金标准提高至 40%；手续费标准提高至万分之二十三
2015.9.7	关于加强上证 50 ETF 期权持仓限额管理有关事项的通知	将单日买入开仓限额调整为单日开仓限额，对投资者单日买入开仓与卖出开仓实施合并限额管理

1.2 研究问题的提出

1.2.1 金融衍生产品的价格发现

金融衍生产品设计的初衷是规避现货市场的风险，促进整体市场的价格发现，提升资源配置效率，加快实体经济的转型升级。虽然沪深 300 股指期货推出以后，市场功能得到初步发挥，在信息传递中的地位逐渐增强，在价格发现过程中的作用逐渐超过了现货市场，但是发展尚不成熟：虽然初步具备了避险功能，但是效率明显低于成熟市场的股指期货；虽然在平抑现货市场波动和提高市场信息传递效率等方面发挥了积极作用，减少了现货市场的大幅跳跃风险，却增加了现货市场的小幅跳跃强度。

价格发现功能是金融衍生品最基本的市场功能，是衍生品市场存在和发展的基础。上证 50 ETF 期权和上证 50 股指期货的推出时间较晚，市场功能的发挥状况尚不明确。

由于我国金融衍生品市场发展的不成熟，在 2015 年股灾期间，金融衍生品首当其冲。金融衍生品是否诱导并加速了股市的暴跌？在股市暴跌过程中的价格发现功能是否有效发挥？这些问题需要通过系统的分析予以证实。

1.2.2 股指期货的波动率

如果说 2014 年以前的股指期货市场可以用运行平稳来形容的话，那么 2015 年的股指期货则表现出大起大落，备受市场争议：成交量不断攀高，最高日成交额突破 3 万亿，持仓量居高不下，甚至个别股指期货合约出现涨停板，这些是在国外成熟股指期货市场从来没有出现过的事情。股指期货在证券市场中的作用受到广泛的质疑，中国金融期货交易所也在市场的压力下，对股指期货制定了非常严格的交易措施，致使股指期货成交量大幅缩水，市场流动性枯竭。

股指期货诞生于 1982 年，在国外市场已经运行了三十余年，相对而言，我国推出沪深 300 股指期货仅有 11 年的时间，真正在市场发挥作用的时间也不是很长，距离发展成为成熟的投资品种还有较长的路要走，要科学评价股指期货是助长了还是降低了股票市场的波动，这是一个复杂的、系统的工程，涉及股指期货的方方面面。要想了解股指期货的作用，应从股指期货实际运行的规律特点入手。股指期货的交易方式与股票交易不同，双向交易、保证金制度、T+0 的交易方式、逐日盯市制度等都是以前股票交易所没有的特征。与境外股指期货多数投资者为机构投资者不同，国内股指期货投资者绝大多数还是散户，投机的氛围更浓、交易更活跃，存在大量的日内高频交易，这可以从日成交量变化和持仓量变化看出。股票市场以散户居多，

而期货投资要求投资者具有更高的专业性，因此吸引很多机构投资者参与其中。国内已有不少关于股指期货长期交易特征的研究，因此本书专注于股指期货高频日内交易波动率的研究，希望通过股指期货日内交易特征的研究进一步揭示股指期货的交易规律，达到以微知著的目的。

波动率是金融衍生品最重要的属性之一，是金融衍生品定价、风险衡量、风险管理及交易策略制定的重要依据。而技术的不断革新，越来越容易获取金融市场更高频率的研究数据。高频数据包含了更为丰富的市场信息，而在低频数据中，必然要牺牲一部分市场信息。传统金融理论通常假设金融市场是一个理想的市场，不存在交易成本，忽略市场摩擦，金融资产的观测价格即为资产的真实价格，已实现波动率与金融资产的真实波动率之间没有误差。市场有效性是一个非常强的假设条件，绝大多数的金融市场因为存在着诸如市场摩擦、信息不对称、交易冲击、隔夜信息冲击等因素，使得观测价格与资产真实价格之间有了误差，难以满足有效市场的强假设条件，我们一般把这两者之间的误差称作市场噪声，并且随着研究样本的抽样频率越高，观测价格与真实价格之间的误差也就越高，市场噪声也就越大，金融资产日内收益率也就会产生越高的自相关性，这样已实现波动率与资产真实波动率也会产生差别，二者之间不再是无偏估计。因此，研究人员一方面希望获得更多的市场信息，另一方面希望减少市场噪声的影响，以便对未来做出更为精确的预测。

总之，股指期货一直是国内市场关注的热点，同时，我国发展多层次资本市场体系也不能长久地缺少风险管理工具——股指期货。因此，针对股指期货流动性特别强、日内交易异常活跃的特征，本书拟利用股指期货日内高频数据研究股指期货日内波动率，并根据最优抽样频率来对沪深 300 股指期货日内波动率进行预测。

1.3 研究目的与意义

1.3.1 研究目的

1. 检验金融衍生品市场的价格发现功能

综合运用金融市场微观结构理论、定价理论、投资者情绪理论和协整理论等，采用最新的分析方法和实证模型，从市场间的领先滞后关系和价格发现贡献度两个方面分析期权、股指期货、ETF 和指数 4 个市场之间的价格发现功能，检验期权和股指期货的市场功能是否有效发挥。

(1) 探究价格发现功能的时变性和日内效应。首先，在研究衍生品市场价格发现功能的基础上，针对暴涨暴跌行情的价格发现功能进行分析，探究金融衍生品在特殊行情中的作用。其次，通过分析价格发现贡献度每日变化情况，探究价格发现

功能的时变性规律。最后,分析日内价格发现的特征,探究价格发现功能的日内效应。

(2) 揭示影响价格发现功能的主要因素。结合金融市场微观结构理论、行为金融理论和相关的市场交易假说,从市场微观结构方面入手,考察市场活跃程度、交易成本、波动性和市场深度对价格发现功能的影响,在此基础上考察市场参与者的行为和情绪特征对价格发现功能的作用,再探索保证金、手续费、持仓额度等交易制度的调整对价格发现功能的影响,最后验证宏观经济信息对价格发现功能的影响,通过多角度分析找出影响价格发现功能的主要因素。

2. 对金融衍生品的波动率进行预测

回顾以往波动率研究的现状,构建波动率研究的模型框架,并研究股指期货日内高频数据描述性统计特征。综述以往关于波动率的研究现状,有助于我们紧随研究前沿。另外,研究数据预处理是非常重要的工作,它将直接影响后面建模与分析的准确性。

(1) 利用 GARCH 模型对日内高频股指期货数据建立条件异方差模型,并对日内波动率进行预测。假设在没有市场摩擦的前提下,利用股指期货最高抽样频率建立日内 GARCH 模型,解释日内波动特征、波动聚集效应与长记忆性。通过模型预测日内高频波动率,利用滚动回归预测方法,比较预测波动率与真实波动率的误差。

(2) 通过构建 realGARCH 模型,寻找使得模型的预测精度最高的最优抽样频率。进一步放开理性市场的假设,在市场存在摩擦的假设前提下,利用渐进与误差理论,以统计误差最小为目标建立最优抽样频率的 GARCH 模型,寻找使得波动率预测精度最高的抽样频率。

(3) 利用不同的损失函数评价不同 GARCH 模型在相同抽样频率中的预测精度,以及评价相同模型在不同抽样频率下的预测精度。在抽样频率一定的条件下,找出最优的波动率预测模型,或在固定模型的条件下,找出使得模型预测精度最高的抽样频率。

1.3.2 研究意义

1. 丰富和发展价格发现功能的理论和方法研究

本书在沿用定性分析方法的基础上,引入了广义信息共享模型来定量地分析多个市场的价格发现功能,克服了传统信息贡献模型在面对弱协整关系时的应用局限,并将价格发现模型进行了公式推导和维数扩展。因此,在模型的应用范围和适用性方面进行了有益的拓展。

金融波动率研究是金融市场微观结构理论研究的重中之重,一般的波动率研究的数据频率大多为:交易日、日历日、星期、月份或者季度,甚至有些还用到了年

度数据，在过去的波动率研究中，抽样频率一般作为常数项，即样本选择固定的抽样间隔。一方面，本书的研究专注于更高抽样频率的波动率研究，研究的抽样样本频率最高可达到毫秒级，这在以往的研究中未曾出现。另一方面，本书把抽样频率作为变量，置于波动率预测模型中，这是抽样频率作为变量在股指期货中的一个应用，在沪深 300 股指期货日内高频波动率的研究上还是首次。

股指期货微观结构理论研究是金融微观市场研究理论的重要组成部分，股指期货日内市场结构的研究有助于发现股指期货日内价格形成的机制。本书对股指期货日内微观结构的研究，不仅是对市场微观结构的补充，还丰富了市场微观结构的内容。

2. 理解价格发现功能

(1) 理解价格发现功能的机制原理。研究金融衍生品市场间的领先滞后关系和价格发现贡献度，有助于了解不同市场对新信息的处理效率，以及新信息融入市场的比率，加深对价格发现功能的理解。

(2) 了解价格发现功能的变化特征。从日周期研究金融衍生品价格发现贡献度的时变性，有助于理解价格发现功能的日变化特征；从日内交易时段角度研究价格发现贡献度的日内效应，有助于理解价格发现功能的日内变化特征。

(3) 了解价格发现功能的主要影响因素。通过对价格发现功能影响因素的研究，有助于了解市场微观结构变量在市场价格发现过程中的作用、投资者的情绪和行为对市场价格发现功能的影响，交易制度在市场价格发现过程中的作用，以及宏观经济信息发布和宏观经济指标对不同市场价格发现的影响。

(4) 验证金融衍生品市场功能的发挥情况。上证 50 ETF 期权和上证 50 股指期货的推出时间较晚，市场功能的发挥状况尚不明确。因此，本研究有助于验证期权和期货的市场功能发挥情况。

(5) 了解金融衍生品在股市暴跌中的作用。重点分析暴涨暴跌行情，并与总样本进行对比，分析在 2015 年股灾期间金融衍生品的价格发现功能的发挥情况，检验金融衍生品在价格引导方面的主要角色，并衡量期货和期权价格发现贡献度的比例，从而判断金融衍生品市场是否诱导并加速了股市的暴跌。

3. 帮助投资者规避风险并选择合适的投资方式

通过衍生品与现货市场价格发现功能的对比，可以确认市场价格的领先指标，有助于投资者把握市场价格动态，制定相应的期现套期保值投资策略。同时，在暴涨暴跌行情中，投资者也可以密切关注具有价格领先优势市场的变动情况，及时规避现货或衍生品市场的交易风险。

杠杆交易是股指期货区别股票交易最大的特征之一，由于其具有杠杆性，因此需要通过研究股指期货的运行规律来控制其交易风险，防止因股指期货时时盯市制

度而导致的爆仓风险，从而引起巨大的损失。国内市场股指期货区别于股票的另外一个重要特征是 T+0 的交易机制。为了避免隔夜风险的影响，股指期货市场涌现一大批日内交易者，在某些时段日内成交量要远远高于隔日的交易量。因此，如果研究股指期货日内波动率的特征，指导日内短线投资者制定合理的投资策略，那么控制日内风险就变得十分有意义。在风险控制方面，日内波动率指标一般有向均值回归的特性，其震动范围一般在其两倍标准差的通道中，一旦日内波动率突破其两倍标准差的上下限，波动率就会有较大的向均值靠拢的意愿，这也意味着当前的标的的波动风险较高，投资者应注意防范风险。在交易策略指导方面，在股指期货日内交易中，当期货行情发生变化时，对应的日内波动率也会发生相应的变化。市场冲击会引起标的的价格、成交量、持仓量及波动率等发生变化，其中，波动率对市场冲击的敏感度最高。在一段持续的、方向明确的价格趋势中，其波动率一般在均值附近窄幅震动，一旦原有行情发生变化，日内波动率将会最先做出反应，由于冲击造成的新的波动率大小程度一般与原波动率的强弱程度相反。因此，运用波动率的变化规律，配合股指期货相关的技术指标，会对股指期货日内高频交易具有较强的指导意义，能够使投资者对未来行情走势做出正确的判断。

尽管股指期货在发达资本市场中是比较成熟的风险管理工具，但股指期货在国内资本市场的运行时间短，缺乏市场行情考验，其设计的运行规则与国外并不完全一致，反而具有中国证券市场交易的部分特征，如涨跌停板等。因此，对股指期日内波动规律的研究有助于监管层更深入地了解股指期货的运行特征，制定并实施适当的监管措施，从而有效发挥股指期货的市场功能。一方面，由于高杠杆性，其交易的收益与风险将同等放大，对于需要匹配高风险、流动性强的资产组合，这是非常好的投资标的。另一方面，股指期货出现以前，中国股票市场是一个典型的做多市场，之后才有了融资融券和股指期货，市场上有了做空的机制。相对于融资融券，股指期货作为做空工具具有成本低、流动性好等明显特征。另外，对股指期货波动率的研究有助于投资者提高对市场风险的认识能力与管理能力，合理平衡资产组合的风险度，合理控制资产风险。

4. 帮助监管当局进行衍生品市场的监管和发展

上证 50 ETF 期权作为我国首个场内交易期权，其运行状况及市场功能的发挥情况将会为后来推出的指数期权或个股期权的监管提供重要参考；上证 50 股指期货是我国推出的第二批股指期货，其运行效果和市场功能的发挥也值得关注。

波动率指数(简称 VIX 指数)是用来衡量市场波动程度的指标，最早是由芝加哥期货交易于 1993 年编制的，其反映的是投资者对期货市场未来波动的预期，其编制基础为 S&P100 指数。未来波动率越大，其波动率指数就越大，反之亦然。在之后的 2003 年，美国资本市场还推出了更具有代表性的以 S&P100 指数为基础编制的波动率指数。波动率指数逐渐被市场所接受，并发展成多种以不同标的为基础编制的

波动率指数。在波动率指数的基础上，之后还发展出多种波动率指数为标的的期货产品，用来管理资产的波动风险等，进一步丰富了市场对波动风险管理的工具。

金融市场波动直接影响政策制定者的行为，是金融风险管理的核心问题。波动率尤其是高频波动率的研究有助于发现并区分不同投资者的交易行为，了解投资者风险喜好，揭示市场风险，为监管制定相应的监管措施。

股指期货投资策略的开发，是一个长期的系统的过程，对投资标的特征的掌握程度将直接决定着投资策略的成败。波动率是股指期货最重要的特征，了解股指期货的波动率特征可以根据股指期货波动率的波动规律来构建相应的套利策略。一般来说，股指期货高频收益率有波动率聚集效应。根据以往的交易经验，股指期货的跨期套利和期现套利在市场中出现套利机会一般都在市场剧烈波动的过程中，如果能够有效地对股指期货日内波动率做出相应的预测，则有助于把握股指期货套利的机会。不仅如此，股指期货波动率的预测对交易而言，还有更为直接的作用，那就是期权的交易。我国推出的上证 50 期权，其交易的核心就是标的资产的波动率。除此之外，波动率的预测还有助于投资策略的风险管理，设定合适的止损指标，控制整个交易策略的风险，可以说波动率的预测对股指期货交易策略，特别是高频交易策略的开发至关重要。

1.4 研究思路与方法

1.4.1 研究思路

1. 价格发现

(1) 将上证 50 衍生品市场作为研究主体。从国内指数及衍生品市场的发展现状来看，目前拥有股指期货和 ETF 的指数包括沪深 300 指数、上证 50 指数和中证 500 指数，拥有期权的指数只有上证 50 指数。上证 50 指数在很大程度上能反映我国大盘股的行情走势，上证 50 股指期货的标的为上证 50 指数，上证 50 ETF 期权的标的为跟踪上证 50 指数。因此，基于上证 50 指数的现货及衍生品市场为研究我国期权、期货、ETF 和指数等多市场品种间的相互关系提供了可能。

(2) 以市场间的价格发现功能分析为主线。价格发现功能贯穿本书始末，从定性研究市场价格间的领先滞后关系，到定量分析市场的价格发现贡献度，再到研究价格发现的时变性和日内效应，最后到市场质量、投资者、交易制度和宏观经济信息等方面对期权和期货市场价格发现的影响研究，本书始终围绕价格发现功能这一主线展开。

(3) 以市场价格间的领先滞后关系研究为起点。在价格发现功能的相关研究中，

通常从定性和定量两个方面进行分析。定性分析是从信息处理的效率角度分析市场价格间的领先滞后关系，定量分析是从信息融入比例的角度分析市场对于价格发现的贡献比例，定量分析的模型以定性分析的方法为基础。

(4) 以价格发现贡献度的研究为主导。在定性分析市场间领先滞后关系的基础上，采用广义信息贡献模型定量分析市场的价格发现贡献度。通过计算每日的价格发现贡献度，来对比不同区间的日内价格发现功能的变化；分析不同时段的价格发现贡献度的特点，探究价格发现的日内效应；将期权和期货的价格发现贡献度作为因变量，来分析不同因素对价格发现能力的影响。

(5) 将价格发现的影响因素研究作为侧重点。市场的价格受多方面的影响，不同的因素对不同市场的价格发现功能的影响程度不同。以往的研究主要检验市场的价格发现功能是否发挥作用，而缺少对发挥状况与多种因素的相互关系的探讨。事实上，无论是从市场微观层面，还是从宏观经济层面，或者从市场机制层面，都可能引起市场价格发现能力的改变。

2. 波动率

(1) 波动率研究的理论分析与框架。本书首先对波动率的定义与分类做出界定，结合以往学者的研究，在此基础上对离散型波动率建模的理论和常用模型进行梳理，深入研究模型的假设条件与适用条件，介绍最优抽样模型与预测评价模型，为之后波动率的研究提供理论基础。

(2) 股指期货日内高频统计特征。针对沪深 300 股指期货日内样本特征，选择合适的研究区间作为研究对象，并对预处理后的样本做统计性描述，发现研究样本的分布特征，为后续 GARCH 模型的选择提供依据。

(3) ARMA 模型与 GARCH 模型建模与预测研究。通过对高频数据特征的分析，检验数据稳定性后，利用自相关与偏自相关检验、ARCH-LM 检验等检验结果，对高频数据建立日内 ARMA 模型和 GARCH 模型，在验证模型稳定性的前提下，利用建立的模型对股指期货日内波动率进行预测。

建立最优抽样频率的 realGARCH 模型，并对日内波动率进行预测，最后根据损失函数，对不同抽样频率的预测波动率进行评价。在以上研究的基础上，借助已实现波动率理论，根据损失函数最小的目标，得到最优抽样频率，并根据最优抽样频率的 GARCH 模型对日内波动率进行预测，最后比较不同抽样频率的波动率预测精度。

1.4.2 研究方法

1. 价格发现

(1) 文献研究法。梳理有关价格发现功能及价格发现功能的影响因素的相关文献,理解并掌握国内外关于价格发现领先滞后关系、价格发现贡献度衡量方法和价格发现影响因素的最新研究成果,为本书的研究奠定坚实的基础。书中通过多种渠道获取国内外相关文献,定期在 google 学术、百度学术等搜索平台获取最新文章。

(2) 理论与研究相结合的方法。首先,研究价格发现的领先滞后关系,需要用到期权定价理论、期货定价理论和协整理论等,并采用平稳性检验、ADF 检验、格兰杰因果检验、广义脉冲响应函数、Johansen 协整检验和 VEC 模型等计量经济学分析方法;其次,研究价格发现功能的影响因素,需要用到金融市场微观结构和行为金融等理论,以及交易成本、交易杠杆和交易限制等假说,并采用相关性分析、多元回归分析和稳健性检验等分析方法。

(3) 比较分析法。首先,在研究价格发现贡献度时,分别采用 GIS 模型、IS 模型和 PT 模型进行对比分析;其次,将暴涨暴跌行情的价格发现功能同总样本的价格发现功能进行比较研究;再次,从多个周期研究价格发现功能的时变性;最后,对不同区间和不同类型的价格发现的影响因素进行比较分析。

2 波动率

采用理论分析、GARCH 类模型建模与实证研究相结合的方法来研究股指期货日内波动率。区别于一般的统计回归模型,GARCH 类模型是一个专门针对金融数据量身定做的回归模型。GARCH 类模型对误差的方差进行了进一步的建模。因此,其特别适用于金融时间序列样本的波动性分析和预测。模型中一般都有两个方程:均值方程和条件异方差方程。其中,条件异方差方程主要用来刻画时间序列方差的变化特征。为了刻画高频数据的尖峰厚尾、波动率聚集、非对称性,以及杠杆效应等,GARCH 类模型又延展出各类不同的模型,来刻画金融资产运行的实际特征。因此,GARCH 类模型非常广泛地应用于各类金融资产的波动率建模与预测中。

1.4.3 结构安排

本书的结构安排如下。

第1章 绪论。介绍我国金融衍生品的发展特点、提出金融衍生品市场的研究问题,研究目的和意义,研究内容、思路和方法,以及本书的结构安排。

第2章 定义和研究理论基础。通过了解价格发现功能、市场之间的领先滞后关系和价格发现贡献度的内涵,界定价格发现的研究范围;对价格发现的相关金融市场微观结构理论、期权与期货定价理论、行为金融理论和协整理论进行阐述;介

绍与价格发现功能相关的交易成本、交易杠杆和交易限制等假说；介绍波动率定义分类和理论依据、波动率模型与参数设定，以及最优抽样频率与波动率预测评估。

第3章 价格发现功能的研究。介绍研究现状；分析价格发现机理；通过格兰杰因果检验、协整检验、脉冲响应模型和 VEC 模型的差分项判断领先滞后期；分别采用二维的 GIS 模型、IS 模型和 PT 模型，衡量期权、股指期货、ETF 和指数市场两两之间的价格发现贡献度，并分别采用四维 GIS 模型、IS 模型和 PT 模型，衡量以上 4 个市场的价格发现贡献度。

第4章 价格发现功能的多时间角度分析。首先，针对暴涨暴跌的特殊行情进行市场价格间领先滞后关系的研究；其次，从价格发现贡献度的日变化分析价格发现功能的时变性，并分别讨论期权价格发现功能的时变性和期货相对其标的的价格发现功能的时变性；最后，研究期权价格发现贡献度和期货价格发现贡献度的日内效应。

第5章 市场微观结构对价格发现功能的影响。首先，研究市场质量对期权和期货价格发现功能的影响，从市场相对活跃程度、交易成本、波动性和市场深度 4 个方面进行回归分析；其次，分析投资者情绪和行为对期权和期货价格发现功能的影响，从中国市场波动指数、封闭式基金折价率、市场换手率和投机性 4 个方面进行实证检验；再次，研究交易制度对期权和期货价格发现功能的影响，从保证金比例、手续费、持仓额度、指数熔断和交易时间同步等方面进行对比分析。

第6章 宏观经济信息对价格发现功能的影响。其内容包括：回顾研究现状，并做出相关的评述；分析价格发现影响机理；分析宏观经济信息对期权和期货价格发现功能的影响，从宏观经济信息发布和宏观经济信息指标两个主要方面进行实证检验。

第7章 波动率日内统计性描述与 ARMA 模型检验和预测。对高频数据特征进行统计性描述，研究股指期货日内高频数据特征，初步对日内波动率做出预测。

第8章 基于 ARMA-GARCH-SN 模型的日内波动率研究与预测。根据日内高频数据特征，建立偏正态分布的 GARCH 模型并预测。

第9章 基于最优抽样频率 Realized-GARCH 模型的日内高频波动率预测。为了提高预测精度，选择对收益率序列建立最优抽样的 realGARCH 模型。它最大的优点是已实现波动率和 GARCH 模型有机结合在一起，通过这个模型可以实现使用金融资产高频数据来预测其低频波动率。

第10章 不同的 GARCH 类模型波动率预测评价。利用损失函数和 H-Z 回归函数对 ARMA-GARCH、realGARCH，以及 eGARCH 三个模型的预测精度进行评价。

第11章 金融衍生品发展趋势的思考。对当前市场的发展趋势提出几点思考。