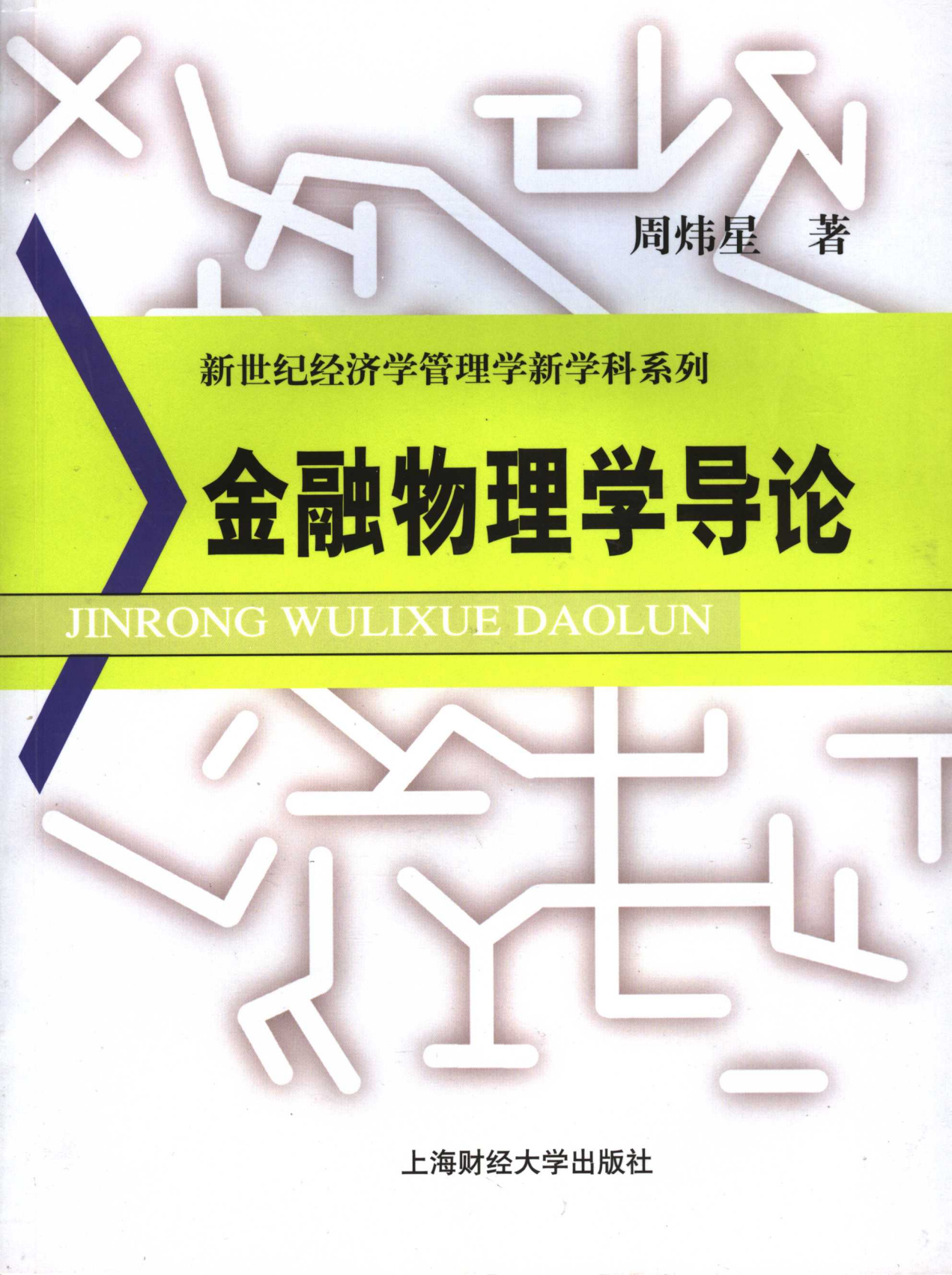




周炜星 著

新世纪经济学管理学新学科系列

金融物理学导论

JINRONG WULIXUE DAOLUN

上海财经大学出版社

清华大学出版社

清华大学出版社

金融物理学导论

清华大学出版社

清华大学出版社

新世纪经济学管理学新学科系列
国家自然科学基金项目(70501011)

金融物理学导论

周炜星 著

 上海财经大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

金融物理学导论/周炜星著. —上海:上海财经大学出版社,2007.6
(新世纪经济学管理学新学科系列)

ISBN 978-7-81098-886-5/F·832

I. 金… II. 周… III. 物理学-应用-金融学 IV. F830

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 027996 号

□ 责任编辑 张惠俊

□ 封面设计 周卫民

JINRONG WULIXUE DAOLUN

金融物理学导论

周炜星 著

上海财经大学出版社出版发行
(上海市武东路 321 号乙 邮编 200434)

网 址: <http://www.sufep.com>

电子邮箱: webmaster@sufep.com

全国新华书店经销

上海第二教育学院印刷厂印刷

上海叶大装订厂装订

2007 年 6 月第 1 版 2007 年 6 月第 1 次印刷

787mm×960mm 1/16 18.25 印张 337 千字

印数:0 001—3 000 定价:32.00 元

序

This informative introductory book is written by Dr. Zhou, who started the experience in econophysics when this field was just born, working with Didier Sornette's group, one of the main econophysics groups in the world. Dr. Zhou contributed important papers on the interesting question whether housing market data in the U. S. show evidence for a bubble, predictability of financial crashes and systematically analyzing financial fluctuations. In fact in the bestseller of Didier Sornette entitled *Why Stock Markets Crash*, there are many ideas that Sornette credited to collaboration with Dr. Zhou. The new ideas surveyed in this book are important because main stream Economics tried but did not adequately incorporates finance. As Per Bak said, mainstream economics is about equilibrium and the best example of equilibrium is a glass of water at rest; nothing happens. Instead, real markets fluctuate wildly, are far from equilibrium, and are not described at all by the traditional methods of econometrics, which always assume stationary processes at some point or another. It's not so much that the standard economic theory is wrong, as it is irrelevant. In his perceptive book *The Alchemy of Finance*, George Soros said, "...the fact that I can get by without even knowing the current theory speaks for itself..."

However, whereas many famous traders can get by with theory, the financial markets have undergone tremendous changes, more and more sophisticated trading instruments are introduced, profit pockets are harder and harder to be found, and the frequency of trading (hence data) is higher and higher. All this new trend calls for a renewed look at theoretical issues raised in the real markets, and a book that is clearly formulated with thorough analysis and ready to be compared to real markets, is badly needed. In this vacuum steps in Dr. Zhou's new book, he chooses to first publish in Chinese market, as I believe there would be many translations into other languages, including English. This important volume also coincides with the growing importance of China's own financial markets, such like Shanghai and Shenzhen. I believe after its publication the international readership would clamor for this book's translation.

This book is based on many interesting recent papers and covers a wide range of topics of current interest. Included are random dynamical systems like fractional Brownian motion, an example of self-affine scaling with strong increment autocorrelations, and the related method of R/S analysis, a method that was designed to detect strong correlations in random time series. The Weierstrass function is given as a mathematical example of a series scaling with Hurst exponent H . The $f(\alpha)$ formalism of Halsey *et al* is discussed rather thoroughly. This formalism describes deterministic nonlinear dynamical systems on multifractal Cantor sets, the so-called 'strange attractors'. The log-periodic model of stock bubbles, upon which Zhou is a main player, is thoroughly discussed. Zhou then moves on to agent based trading models, beginning with the Bak-Pacuski-

Shubik model, from which fat tails are derived from the behavior of noise traders. The discussion ends with a nice presentation of the minority Game, which has been thoroughly solved by the Fribourg Group and collaborators from the standpoint of statistical physics. All in all, this is a nice introductory book that takes on to research frontiers in several fields in finance, and is highly recommended to the reader.

Dr. Zhou is a new kind of scientist, who can combine expertise from many different fields to put the insight into this book. I believe we can expect much important work from his hands in the future.

Yi-Cheng Zhang
March 31, 2007

前言

金融物理学是一门在 20 世纪 90 年代中期发展起来的、以统计物理和理论物理的方法和工具研究金融市场的新兴交叉学科,其主要的研究方向包括:金融系统的统计规律,特别是其中涌现的具有普适性的标度律;证券的相关性、极端事件、金融风险管理和投资组合;宏观市场的建模和预测;微观市场动力学模型,包括伊辛模型、少数者博弈模型等。在理解金融市场行为和实际运作方面,金融物理学是传统金融理论和方法的有力补充,与行为金融学有着十分紧密的联系。在金融物理学的框架里,市场参与者并非完全理性的经济人,金融市场也非有效市场,金融市场作为一个复杂系统,通过其参与者的局部相互作用,自组织地涌现出大量的宏观规律和市场行为。

在国际上,金融物理学已经形成一个专业,相关的研究取得了极大的进展和大量的成果,在《自然》、《科学》等国际顶尖学术刊物上发表了大量学术论文,引起了主流经济学界的关注。在国内,也有不少学者(特别是物理学家)进行金融物理学研究,然而就我国的总体研究成果和影响力而言,还远落后于国际水平。鉴于我国经济和金融体系的特殊性,我国的金融物理学家应该更多地关注国内的金融市场和实际金融问题,研究和发现我国金融市场中带有普遍性的问题,并提供切实可行的建议。这有助于形成我国金融物理学家的研究特色,并为我国的经济发展和社会主义建设服务。

由于海量数据的记录和计算机技术的飞速发展,越来越多

的物理学家进入到经济和金融研究的领域,并得到了传统经济学家的欢迎。然而,金融物理学家对现有的金融理论缺乏足够的认识,从而会重复发现一些经验规律,或者提出一些过度简化并缺乏经济学内涵的模型,为经济学家所诟病。因此,物理学家在研究金融问题时,不但要充分发挥自身在运用物理学和数学方面的理论及方法优势,还应当尽可能地了解金融系统的实际情况,了解经济学家所关心的金融问题,听取经济学家和金融学家的意见,并与之紧密合作,这对金融物理学的发展大有裨益。本书的出发点是科研导向的,涉及很多有争议的问题,这些问题往往是进一步研究的起点。笔者也不时发表自己的看法,并作出评论,读者无需认同书中所论述的观点、方法或理论,完全可以用自己的观点来认识 and 解释。从这个意义上来说,本书可为刚刚接触金融物理学这一交叉学科的研究生和科研人员作有效的指引,也可供金融物理学家参考。另一方面,由于笔者水平所限,本书无意对金融物理学进行包罗万象的介绍,对一些十分重要的问题只能忍痛割爱,如随机矩阵理论、财富分布、企业生长模型等。本书若能抛砖引玉,对促进我国金融物理学的发展有所裨益,笔者的目的也就达到了。

在此,首先要感谢成都地震局的洪时中先生。十年前,洪先生到杭州开会,曾专程来沪给我讲解分形理论知识,教授科学研究的方法,令我受益匪浅。要特别感谢我的博士后导师索内特教授,他是笔者的良师益友,本书涉及的诸多内容是在他的指导下完成的,我们彼此之间的合作十分愉快,使我获益良多。我还要特别感谢华东理工大学商学院院长石良平教授,没有他的督促和鞭策,本书是无法完成的。感谢上海财经大学出版社主编曹均伟教授、编辑周河先生、本书责任编辑张惠俊先生,他们仔细审阅了原稿,并提出了大量的修改意见。感谢国际著名物理学家、金融物理学家瑞士弗里堡大学教授、中国人民大学长江讲座教授张翼成先生为本书作序。我的父亲周鸣先生为本书题写了书名。

在本书的写作和修改过程中,我的研究生蒋志强、顾高峰、牟国华、郭梁、倪晓晖等人提出了不少有益建议,为本书增色不少;其中,蒋志强帮助修改了部分参考文献的格式,倪晓晖完成了翻译外国学者姓名的大部分工作。当然,书中的错误都归于笔者本人。竭诚欢迎读者来信指教。来信请寄 wxzhou@ecust.edu.cn,笔者将在下次修订时一并致谢。

周炜星

2006年初夏于上海

目 录

序/1

前言/1

第一章 金融市场/1

第一节 金融市场简介/1

一、金融市场的功能与分类/1

二、中国股市/2

第二节 有效市场假说和市场异象/3

一、市场有效性的三种形式/3

二、一月效应/6

三、月度效应/7

四、周末效应/7

五、周五兼十三号效应/8

六、节日效应/8

七、日内效应/9

八、小公司效应/9

九、均值回复/10

第三节 金融物理学/11

一、金融物理学的定义/11

二、研究内容/11

三、程式化规律/12

第二章 价格波动的概率分布/14

第一节 概率论基础/14

第二节 布朗运动模型/16

一、随机游走/16

二、巴舍利耶模型/17

第三节 列维平稳分布/19

一、帕雷托定律/19

二、列维平稳定律/19

三、平稳帕雷托市场/21

四、参数估计/22

五、截尾列维飞行模型/24

第四节 变方差混合正态模型/25

一、从属正态模型/25

二、有限方差从属模型/26

三、学生氏分布模型/27

四、概率分布的演化/27

第五节 幂律尾分布/29

一、收益率的负三次方定律/29

二、波动率的分布/31

三、其他变量的尾分布/32

四、无标度区/32

第六节 拉伸指数分布模型/33

一、分阶排序法/33

二、拉伸指数分布/34

第三章 长期记忆性和时间相关性/36

第一节 分数布朗运动和自相似随机过程/36

一、数学基础/36

二、模拟分数布朗运动的算法/39

第二节 霍斯特分析/41

一、传统的霍斯特分析/41

二、算法/42

- 三、连续函数的霍斯特分析/44
- 四、非等间距时间序列/44
- 五、罗闻全的修正霍斯特分析/45
- 六、周期性和对数周期性/48
- 第三节 降趋脉动分析/50
 - 一、基本算法/50
 - 二、趋势的影响/51
 - 三、统计显著性的自举检验/55
- 第四节 小波变换/56
 - 一、连续小波变换/56
 - 二、正交小波变换/58
 - 三、(双)正交小波变换法/58
 - 四、小波变换模数最大法/59
- 第五节 实证研究/60
 - 一、收益率具有记忆性吗? /60
 - 二、波动率的长期记忆性/61
 - 三、市场系综变量的记忆性/62
- 第六节 两个时间序列的互相关:热最优路径法/63
 - 一、互相关函数/63
 - 二、距离矩阵/65
 - 三、零温度时的最优路径/67
 - 四、有限温度时的最优路径/68
 - 五、实例:美联储的调息与股市反泡沫/71

第四章 金融市场的多重分形特性/73

- 第一节 确定性离散多重分形/73
 - 一、多重分形的基本原理/73
 - 二、配分函数和多尺度多重分形/75
 - 三、多尺度多重分形的几何特性/76
 - 四、特殊情况的讨论/81
 - 五、可精确求解的多尺度多重分形/81
- 第二节 随机性离散多重分形/82
 - 一、统计自相似测度的构造/82

- 二、随机离散多重分形理论/84
- 三、多重分形函数的渐近行为/85
- 四、几个数学例子/87
- 五、负维数/89

第三节 连续多重分形/91

- 一、基本公式/91
- 二、幂函数分布/92
- 三、三角型函数分布/94
- 四、指数函数分布/96

第四节 多重分形随机游走/97

- 一、多重分形随机游走模型/97
- 二、多重分形特性/98
- 三、相关函数/99
- 四、分数多重分形随机游走模型/99

第五节 多重分形算法/99

- 一、一个统一格式/99
- 二、直接计算法/100
- 三、小波变换模数最大法/101
- 四、多重分形降趋分析法/102
- 五、乘子法/103

第六节 金融时间序列中的多重分形/105

第五章 金融泡沫和反泡沫的建模和预测/106

第一节 离散标度不变性和对数周期性/106

- 一、维数、标度不变性和特征尺度/106
- 二、分形的离散标度不变性/107
- 三、多重分形测度的离散标度不变性/108
- 四、联立多重分形测度的离散标度不变性/110
- 五、复指数/111

第二节 对数周期性幂律模型/113

- 一、简单的幂律/113
- 二、一阶模型/114
- 三、维尔斯特拉斯族模型/116

四、朗道族模型/119

五、对数周期性产生的机理/122

第三节 模型拟合/122

一、线性约束/122

二、禁忌搜索/123

三、三阶朗道模型的拟合/125

四、拟合的其他技巧和注意事项/126

第四节 对数周期性的检测及其统计显著性/127

一、尚克变换/127

二、对数周期性成分/129

三、 (H, q) 分析/130

四、洛姆变换/133

五、最可几频率/137

第五节 金融泡沫/138

一、历史上的金融泡沫和崩盘/138

二、经济大萧条:美国股市 1929 年崩盘前的泡沫/138

三、黑色星期一:美国股市 1987 年崩盘前的泡沫/139

四、英国房地产/140

第六节 金融反泡沫/144

一、简短的综述/144

二、日经指数:1990~2002 年/145

三、标准普尔 500 指数:2000~2003 年/146

四、全球性股市反泡沫:2000~2003 年/149

五、上证指数:2001~2004 年/150

第六章 市场微观模型/154

第一节 基本面交易者和噪声交易者博弈/154

一、巴克-保楚斯基-苏必克模型/154

二、卢克斯-马切西模型/156

第二节 逾渗模型/159

一、孔特-布绍模型/159

二、埃吉卢斯-齐默尔曼模型/160

三、解析解/161

四、EZ 模型的推广/165

第三节 自旋模型/169

一、物理背景/169

二、约翰森-勒杜瓦-索内特模型/171

三、博恩霍尔德模型/176

四、随机场伊辛模型/177

第四节 少数者博弈模型/178

一、酒吧问题/178

二、少数者博弈模型/180

三、巨正则少数者博弈模型/183

四、\$ 博弈模型/185

第七章 复杂系统灾变动力学/188

第一节 引言/188

第二节 灾变动力学的一般理论/189

一、内生冲击和外生冲击/189

二、对冲击的短期响应/191

三、对冲击的长期响应/192

四、记忆核的分类/193

第三节 图书销售动力学/193

第四节 金融市场对冲击的响应/196

一、记忆核函数/196

二、对外生冲击的线性响应/197

三、对内生冲击的响应/198

参考文献/201

中英文对照/266

插图目录

- 1.1 恒生指数的杠杆效应/13
- 2.1 对称约化平稳列维分布概率密度函数 $f(x)$ /21
- 2.2 成交量和方差的相关性/26
- 2.3 不同时间尺度 Δt 下的收益率具有不同的概率密度/28
- 2.4 $\ln(F_4/3)$ 与 Δt 之间的幂律标度关系/29
- 2.5 指数分布的推广形式/34
- 3.1 分数高斯噪声的自相关函数 $C(s)$ 及其幂律衰减/38
- 3.2 分数高斯噪声的功率谱密度函数 $S(f)$ /39
- 3.3 用小波变换法合成的分数布朗运动时间序列及其相应的分数高斯噪声时间序列/41
- 3.4 一个 AR(1) 过程的 R/S 分析/45
- 3.5 统计量 V 的概率密度函数 $f(V)$ 、累积概率分布 $F(V)$ 和互补概率分布 $C(V)$ /47
- 3.6 周期性时间序列的 R/S 分析和周期性的检测/49
- 3.7 对数周期性时间序列的 R/S 分析和对数周期性的检测/50
- 3.8 一阶、二阶和三阶高斯小波/57
- 3.9 不同方法的 MSE 比较/60
- 3.10 中国股市系综变量及其长期记忆性/63
- 3.11 由模型(3.111)和(3.112)所定义的时间序列 X 和 Y 之间的互相关函数 $C_{XY}(\tau)$ /65
- 3.12 对模型(3.111)和(3.112)的局域互相关分析/65
- 3.13 两个随机时间序列之间由式(3.113)确定的距离矩阵 $E_{X,Y}$ 的图形表述/66