

金融市场

随机波动的联动性及预警机制研究 ——基于马尔科夫链蒙特卡洛抽样方法

Research on Multivariate Stochastic Volatility
and Early-warning System
in Financial Markets

—Based on Markov Chain Monte Carlo Methods

邱冬阳 苏理云 / 著

中国财经出版传媒集团



经济科学出版社
Economic Science Press

金融市场

随机波动的联动性及预警机制研究 ——基于马尔科夫链蒙特卡洛抽样方法

Research on Multivariate Stochastic Volatility
and Early-warning System
in Financial Markets
——Based on Markov Chain Monte Carlo Methods

邱冬阳 苏理云 / 著

中国财经出版传媒集团



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

金融市场随机波动的联动性及预警机制研究：基于马尔科夫链蒙特卡洛抽样方法 / 邱冬阳，苏理云著．

—北京：经济科学出版社，2017. 10

ISBN 978 - 7 - 5141 - 8579 - 9

I. ①金… II. ①邱…②苏… III. ①金融市场 - 经济波动 - 研究 IV. ①F830.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 262141 号

责任编辑：杜 鹏

责任校对：隗立娜

版式设计：齐 杰

责任印制：邱 天

金融市场随机波动的联动性及预警机制研究

——基于马尔科夫链蒙特卡洛抽样方法

邱冬阳 苏理云/著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址：北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编：100142

总编辑部电话：010 - 88191217 发行部电话：010 - 88191522

网址：www. esp. com. cn

电子邮件：esp@ esp. com. cn

天猫网店：经济科学出版社旗舰店

网址：http://jjkxcbs. tmall. com

北京季蜂印刷有限公司印装

710 × 1000 16 开 16.5 印张 200000 字

2018 年 1 月第 1 版 2018 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 8579 - 9 定价：68.00 元

(图书出现印装问题，本社负责调换。电话：010 - 88191510)

(版权所有 侵权必究 举报电话：010 - 88191586)

电子邮箱：dbts@ esp. com. cn)



前言

在经济一体化的背景下,金融市场之间的联系日益密切,从金融产品的价格涨跌到金融市场的整体波动,都存在相互传递、相互联动的现象。通过数理金融的方法找出金融市场波动性的特征及规律一直以来是金融学界研究的主题,并产生了分析波动性的 GARCH 等理论模型,以及用于实际期权产品定价的 Black-Scholes 公式。与此同时,金融市场的深化和金融创新工具的不断涌现对其随机波动性、波动联动性的研究提出新的挑战,本书以此为研究主题展开。

本书从金融市场中的随机波动性特征入手,梳理了解释金融市场随机波动的随机游走假说、有效市场理论、协同市场假说、分形与混沌市场理论、行为金融理论等主要金融理论。每个理论都从某个角度解释了金融市场随机波动的某些现象和部分特征,并建立起了基于理论假设的随机波动数理模型。本书归纳了研究金融市场随机波动主要数理模型及其模型的演化脉络:从 ARMA 到 GARCH,再到随机波动(SV)模型。重点分析了 SV 模型的数学原理、假设条件、模型特征、一元与二元模型、估计方法、预测预警等,在此基础上详细介绍了实现 SV 模型估计、预测、预警的专门方法——马尔科夫链抽样方法(MCMC)的基本思想、Gibbs 抽样原理以及用于 MCMC 方法的算法软件 WinBUGS 的实现路径。

理论分析后,作者搜集了我国上海证券交易所综合股票价格指数(上证综指)、深圳证券交易所成分股票价格指数(深证成指)以及美国道琼斯 30 种工业股票价格指数(道琼斯指数)、香港恒生股票价格指数(恒生指数)、人民币兑美元即期汇率从 2005 年 7 月 25 日到 2012 年 12 月 31 日的每日交易数据,按照一元 SV 模型在正态、t 分布假设条件,应用 MCMC 方法逐一进行了波动性水平、持续性、扰动性等参数的实证估计。在此基础上,拓展到二元随机波动(MSV)模型就上证综指、深证成指、道琼斯指数、恒生指数相互

之间的波动联动性进行实证分析,尤其是分析人民币兑美元汇率与上证综指、深证成指之间的波动联动性。基于 MSV 模型的实证拟合效果满意,尝试对四个指数进行了外推预测,并应用二元 MSV 模型及估计特征,就道琼斯指数、恒生指数的波动性影响我国上证综指进行预警机制的探索。

综合理论与实证分析,本书研究得到的主要结论是:第一,从单一股票市场的随机波动性看,我国的上证综指、深证成指的随机波动属于一类,美股道琼斯指数与港股恒生指数的随机波动更相似,属于另外一类。第二,从股票市场之间的随机波动联动性看,四个指数的随机波动之间存在联动性,上证综指与深证成指之间的波动联动性强于道琼斯指数、恒生指数与上证综指、深证成指之间的波动联动性。第三,从外汇与股票市场之间的随机波动联动性看,以人民币兑美元汇率为代表的人民币汇率市场与以上证综指、深证成指为代表的中国股票市场之间波动不存在显著联动性,这与人民币兑美元的升值贬值是我国股票市场涨跌的主要因素之一的普遍观点不同。第四,从随机波动的预测看,通过对 MCMC 改进,能够实现波动性预测,且预测结果可靠,但精度不够,对指导实际操作有一定距离。第五,从股票市场随机波动预警机制看,可以通过 MSV 模型来建立道琼斯指数、恒生指数对上证综指的随机波动预警机制,也能起到预警效果。第六,股票市场随机波动的实证分析方法中,MCMC 方法是实现 SV 模型估计、模拟、预测、预警的可行方法。

基于研究结论,结合我国股票市场的实际,作者提出熨平中国股票市场波动及联动性的对策建议。一是通过降低虚拟经济与实体经济间的阈值、加强宏观经济预调微调及预期来理顺实体经济与股票市场的良性互动关系。二是通过增加做空机制、t+0、高频量化交易等来健全我国股票市场微观机制。三是改革 IPO 为注册制以及规范再融资、并购、退市制度等,从而优化上市公司进、调、出的机制。四是通过壮大机构投资者、加强投资者教育等来培育理性投资者。五是在股票市场信息披露、国际化等方面进一步发挥政府的作用。

作者

2017 年 12 月

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 问题的提出	1
1.2 研究对象	3
1.3 研究思路	4
1.4 可能的创新点	6
第 2 章 国内外研究现状述评	8
2.1 理论研究现状	8
2.2 MSV 建模综述	10
2.3 MSV 的 MCMC 估计方法	11
2.4 应用研究综述	12
2.5 国内研究现状	13
第 3 章 金融市场波动性解析	15
3.1 波动性的界定	15
3.2 波动性的类型	21
3.3 波动性的特征	22
3.4 金融市场波动的相关理论	24
3.5 估计波动性的常用模型	32
3.6 波动的联动性	36
第 4 章 随机波动模型	38
4.1 一元随机波动模型	38

4.2	多元随机波动模型 (MSV)	40
4.3	随机波动模型的统计特性	41
4.4	扩展随机波动模型	48
4.5	随机波动模型研究的展望	52
第5章	随机波动模型的估计及预测	54
5.1	随机波动模型估计方法	54
5.2	马尔科夫链蒙特卡罗 (MCMC) 方法	62
5.3	基于 MCMC 和 Kalman 滤波的波动性预测	68
5.4	MCMC 应用软件——WinBUGS	71
第6章	基于 MCMC 的股票市场随机波动实证分析	75
6.1	金融市场随机波动联动性实证设计	75
6.2	股票市场随机变动的描述统计	80
6.3	基于正态分布 MCMC 的股票市场随机波动分析	90
6.4	基于 t 分布 MCMC 的股票市场随机变动分析	105
6.5	SV 模型实证比较分析	118
第7章	基于 MCMC 的股票市场随机波动联动性实证分析	122
7.1	随机波动联动性描述统计	122
7.2	股价指数之间波动性的 Granger 因果检验	125
7.3	基于 MCMC 的股市随机波动联动性实证设计	128
7.4	沪深股市间随机波动联动性实证结果分析	132
7.5	中外股市间随机波动联动性实证结果及分析	140
7.6	研究结论	151
第8章	基于 MCMC 的外汇与股票市场随机波动联动性实证分析	156
8.1	样本选择与描述统计	156
8.2	人民币兑美元汇率一元 SV 实证分析	160
8.3	人民币兑美元汇率与股市随机波动联动性实证分析	165
8.4	实证结论	178

第 9 章 中国股票市场波动联动性预警分析	180
9.1 SV 预测及预警原理	180
9.2 一元 SV 模型波动率预测	184
9.3 一元 SV 模型波动率短期预测	193
9.4 MSV 模型波动率预测	198
9.5 基于联动随机波动模型的预警机制设计	205
9.6 基于联动随机波动模型的预警测定	207
9.7 结论与展望	212
第 10 章 防范中国股票市场过度波动的对策建议	214
10.1 理顺实体经济与股票市场的良性互动关系	214
10.2 健全我国股票市场微观机制	216
10.3 优化上市公司进、调、出的机制	221
10.4 培育理性投资者	224
10.5 进一步发挥政府的作用	227
第 11 章 结论及研究展望	232
11.1 研究结论	232
11.2 研究展望	235
附录	237
附录 1 SV - N 模型估计的 WinBUGS 程序	237
附录 2 SV - t 模型估计的 WinBUGS 程序	238
附录 3 MSV - N 模型估计的 WinBUGS 程序	239
附录 4 MSV - t 模型估计的 WinBUGS 程序	241
附录 5 部分原始数据	243
参考文献	244
后 记	254

第 1 章

绪 论

1.1 问题的提出

金融市场中金融产品价格走势的随机性带来收益率的波动一直是金融领域的核心问题，对金融市场随机波动性的研究是分析资本资产价格形成的微观机理、金融风险识别与防控、金融衍生品研发与定价、投资组合的基础。从 1997 年的东南亚金融危机、2008 年美国的次贷金融危机演化为全球性金融危机、2010 年爆发并持续至今的欧洲主权债务危机可以看出，在当前世界经济一体化、全球金融活动频繁的背景下，金融市场本身，不同区域、不同品种的金融市场上金融产品价格波动即收益率的波动之间存在内在的必然的联系。这客观上要求对金融市场的随机波动、随机波动在金融市场间的传导进行科学研究，为防范和化解金融风险提供理论支持。

金融研究学者对此展开大量的研究，随着金融市场尤其是金融衍生品市场发展带来的收益率波动性的演变，金融投资理论从经典的马科维茨 (H. M. Markowitz) 的均值一方差分析资产组合理论、夏普 (William Sharpe) 的资本资产定价模型 (CAPM)，莫顿 (Merton) 的连续跨期投资模型 (ICAPM)，发展到布莱克—斯科尔斯 (Black-Scholes) 提出的以随机波动为核心期权定价公式、赫尔—怀特 (Hull-White) 期权定价理论。基于金融产品收益率波动的实际和金融波动理论的发展，研究者把数学分析方法不断被引入金融学中，建立了模拟收益率波动性的大量数学模型。其中，主流的是以计量经济方法的时间序列分析建立的金融资产收益率波动性模型，主要经历了自回归

(AR)、随机游走(RW)、自回归移动平均(ARMA)、自回归整合移动平均模型(ARIMA)、恩格尔(Engle)1982年提出的自回归条件异方差(ARCH)、波勒斯列夫(Bollerslev)1986年提出的广义ARCH即GARCH模型,现在最活跃的是泰勒(Taylor)1986年提出的随机波动模型(Stochastic Volatility, SV)^①。非计量经济方法对金融资产波动率的模型包括非参数估计模型、小波变换模型、基于人工神经网络的模型等,当然,这不在本书研究的范畴。

东南亚金融危机,美国的次贷金融危机演化为全球性金融危机,欧洲主权债务危机的发生、发展和最终化解,不仅仅影响其所在的区域,而是对包括中国在内的其他国家和地区的经济金融运行,具体到银行、证券、保险等金融机构以及实体经济,产生了实实在在的影响,这种不同区域、不同类型的金融市场之间内在的必然联系就是金融市场随机波动的联动性。而中国作为新兴经济体,金融工具不够丰富,投资者不够成熟,金融产品定价机制不够健全,金融市场随机波动更频繁,受到成熟金融市场的影响和冲击更大。探寻中国金融市场随机波动联动性的作用机理,厘清中国金融市场受到欧美成熟金融市场随机波动的影响,以及如何采取有效的规避中国金融波动、化解金融风险尤其是外部经济体带来的波动和风险的政策措施,是一个有意义和不得不研究课题,也是一个摆在中国金融理论界和实务界面前必须面对的现实课题。

本书以此现实课题为主展开研究,从金融市场随机波动的理论、模型、方法、估计、政策等全面展开,尝试突破。

理论上,以数理金融中的金融市场资产价格随机波动理论为主,并把当前金融波动性理论从单一金融市场分析拓展到金融市场之间的分析,从单个国家和地区拓展到国家之间的分析。

模型上,在GARCH族模型基础上,重点从金融市场随机波动的一元SV模型拓展到联立或者称为多元的SV模型,而联立SV模型的设定、识别、估计、检验等计量方法有待进一步探索。

方法上,由于SV模型的形态不可知,估计的方法,一是用近似的或者模拟的方法构造模型似然函数和无条件矩;二是通过贝叶斯原理的参数后验分布

^① 随机波动有广义和狭义之分,在时间序列估算条件方差中含有随机成分的都列入广义的范畴,所以ARCH/GARCH可以看成是广义随机模型。更为常用的是把ARCH/GARCH与SV对应,即狭义的SV模型。为了描述方便,如没有特别指出,本书中随机波动是狭义的,而缩写的SV表示狭义的随机波动模型。

来实现,目前主要是马尔科夫链蒙特卡洛方法(Markov Chain Monte Carlo, MCMC)(Jacquier et. al., 1994),本书中采取MCMC方法,重点是一元SV模型拓展到联立SV模型后的方法多元化、变结构问题、有效估计的简化等。

实证上,从一元SV拓展到联立SV模型后,实证的难度增加,主要是来自不同国家的金融市场的数据如何通过MCMC来有效实现估计,选取股票市场为例的实证结果的经济意义。

政策上,根据中国股票市场受到海外市场的影响和冲击的实际现象,结合随机波动理论、SV模型、MCMC实证结果,提出建立防范和化解海外股票市场波动对我国股票市场影响的对策措施,并以此进行一般分析。

本书就是基于此,展开基于马尔科夫链抽样方法(MCMC)的金融市场随机波动的联动性及预警机制研究。

1.2 研究对象

一般地,金融市场有黄金市场、资本市场与货币市场,以及国际金融市场、国内金融市场,基于本书的研究目的,首先,选择中国国内金融市场为主,辅以对应的国际金融市场;其次,选择何种金融市场,考虑到我国金融市场的发展历史、活跃程度、交易规模、呈现特征,以及金融市场中投资者的参与程度、对社会经济的影响等,综合选定中国股票市场作为具体研究对象。而我国的外汇市场、黄金市场、货币市场、债券市场、基金市场、期货市场、衍生品市场不作为主要研究对象,只是解读MCMC估计结果、分析波动的联动性背后的经济原因及对策建议等作为参照。

从逻辑上讲,以中国股票市场作为金融市场的代表,缩小了研究对象的范围。但从我国实际看,在当前及以后相当长的一段时间,股票市场是我国经济运行的“晴雨表”,是我国企业直接融资的主渠道,也是金融市场中各种利益的交汇点,现有海量的以GARCH模型为主的中国股票波动性研究就说明了其重要性,因此,有必要采用反映随机波动的SV模型等进一步深入研究。同时,从实际的市场波动性来看,中国股票市场与其他金融市场相比,本身呈现出的高波动性,比如人们常说的“高价格波幅、高换手率、高个人参与率”,是中国金融市场随机波动的典型代表。因此,先选择中国股票市场的随机波动作为对象,研究得出令人信服的股票市场随机波动特征和规律,就可拓展到对

其市场的深入研究。次之,在研究了随机波动后,要进一步剖析不同国家和地区金融市场随机波动的联动性,应该尽可能保证不同市场的内在一致性,由于我国社会的经济、金融制度与西方成熟市场经济国家有一定差异,货币市场、人民币外汇市场等与西方国家存在质的差异,相对而言,中外股票市场的差异较小,因此,选择股票市场作为研究对象。再者,中国上海、深圳股票市场中的股价指数波动客观上受到美国股票市场、欧洲股票市场以及周边的日本、中国香港地区股价指数波动的影响,广大投资者存在不同市场波动联动的预期,因此,有必要全面研究中国股票市场的波动性的预警机制。

综合来看,选择股票市场代表中国金融市场上价格随机波动的特征及其受到国际金融市场对其的联动性影响是符合客观实际的。当然,在本书研究基础上可以逐步拓展到外汇市场、期货市场、金融衍生品市场的随机波动研究,这也是作者后续进一步研究的方向。

1.3 研究思路

本书遵循问题导向、理论演绎与实证分析相统一、预警机制与对策建议相结合的研究思路来展开,研究框架如图 1-1 所示。

为了寻找有效规避中国金融波动、化解金融风险尤其是外部经济体带来的波动和风险应该采取的政策措施,必须探寻中国金融市场随机波动联动性的作用机理,厘清中国金融市场受到欧美成熟金融市场随机波动的影响,在这一问题的导向下,笔者首先梳理了关于 SV 的理论、模型、估计和包括预测预警在内的应用研究的现状,尤其是对体现研究主题的联立 SV 模型、MCMC 估计方法的国外研究进行了简单的评述。其次,对金融市场的波动性、波动性的特征、收益率的随机波动性的数学建模以及 SV 模型估计方法的演变过程和最新发展进行了理论阐述。再次,根据确定的研究对象,选取中国沪深股票市场以及美国、中国香港股票市场、人民币兑美元汇率市场的多种组合数据进行了基于 MCMC 的随机波动、随机波动联动性的实证分析,基于理论框架和实证分析结论,尝试进行了简单的股票价格指数预测分析,并建立了超波动的预警机制。最后,从经济、金融的运行周期和相互影响,具体股票市场交易机制和投资者培养与培育以及政府监管等角度,提出熨平股票市场、金融市场波动性及其相互影响的联动性的政策建议。

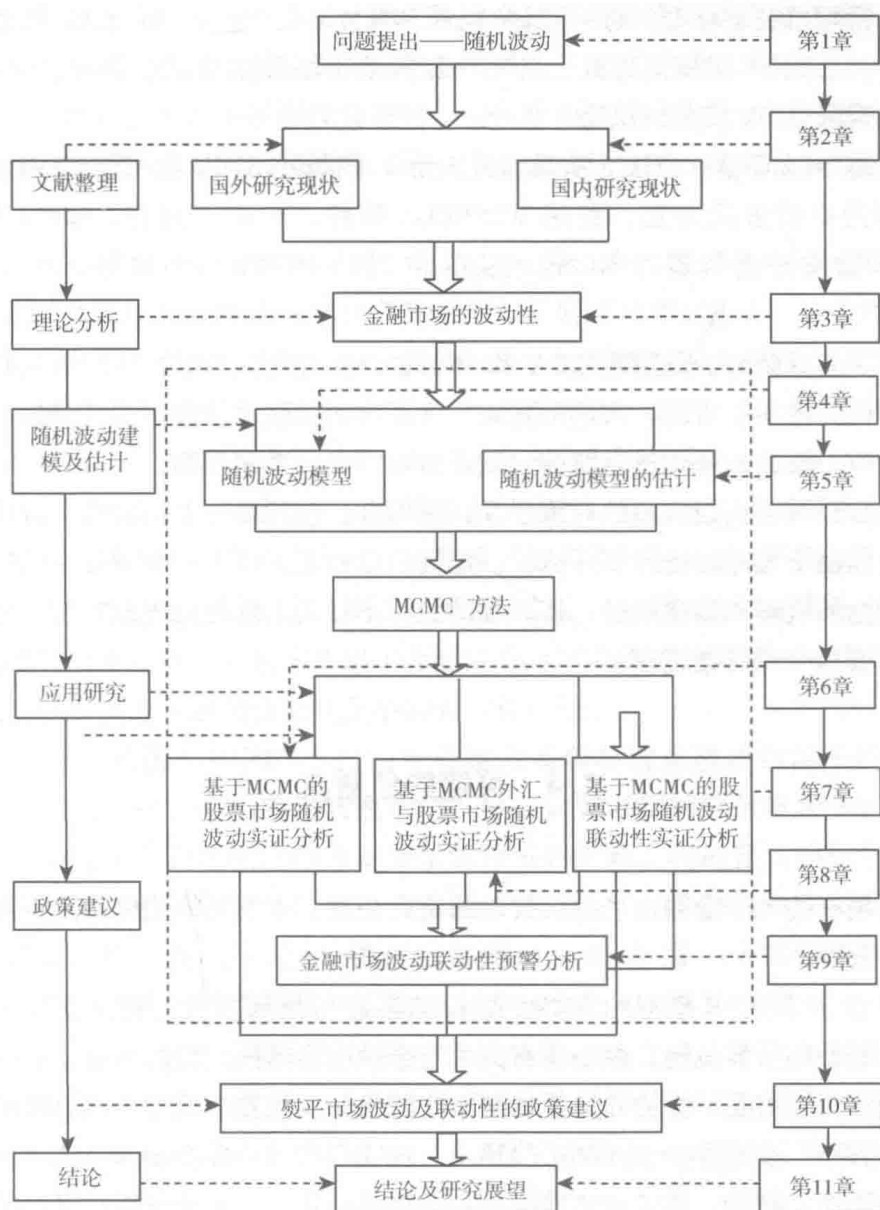


图 1-1 本书的研究框架图

本书研究内容根据研究思路展开，主要包括五大部分。

一是金融波动性理论分析。主要从国际国内金融市场资产收益率波动的实际出发，比如著名的“蝴蝶效应”，引申出随机波动的相关理论。并从波动性发展变化的历史轨迹中探索 SV 提出的科学思想，以把握 SV、MSV 在整个金融学中的地位，探索 SV 与数理、计量领域的交替、重叠和特性。

二是随机波动模型。将一元 SV 拓展到联立 SV, 包括: 联立 SV 模型的理论推导; 二元 SV 的固定形式; 针对沪深股票市场数据及正态分布、t 分布假设来实现联立 SV 模型的识别、估计。

三是 MCMC 估计方法。从数理方法角度来推论 MCMC 在 MSV 应用中的高阶问题的有效解决方法, 利用 WINBUGS 软件、Wishart 过程、Gibbs 抽样、Kalman 滤波来高效实现 MCMC 方法, 并对比 MCMC 与矩法等方法的刻画能力。

四是实证研究。应用联立 SV 和 MCMC 方法对我国沪深股票之间及其与美国、中国香港股票市场、人民币兑美元外汇市场的联动性进行实证分析; 据此对波动性、波动的联动进行超前一期或多期的点、区间预测。

五是以预警机制为主的对策建议。在拟合、预测基础上结合经济理论、我国转轨体制下金融市场的实际特征, 挖掘出以股票为代表的金融市场随机波动的联动性的机理和传播路径; 针对我国股票市场的实际提出规范管理、风险化解等预警信号和对策建议。

1.4 可能的创新点

与现有的关于金融市场随机波动的研究相比, 本书可能的创新点主要有以下三个方面。

1. 尝试了对 SV 模型的 MCMC 模拟结果进行预测分析, 建立防范和化解波动联动性的预警机制。综观现有的关于金融市场随机波动的研究, 其重点要么从数学角度出发, 去推导证明如何建立随机波动的数学模型, 以及模型对应的估计方法, 实现估计的算法, ARCH、GARCH、SV 模型及极大似然估计、广义矩估计、MCMC 估计就是这类研究的结果; 要么从实证分析角度出发, 去研究不同金融市场的随机波动的实际情况, 比如股票、期货、外汇、债券、期权、黄金、衍生品市场的随机波动及呈现的特征。本书在此基础上, 对 SV 模型的 MCMC 拟合结果进行长期、短期数据相结合的各种预测分析, 建立预警机制, 这样的做法虽然只限于中国的股票市场, 技术上也有待多方面完善, 预警效果也不够理想, 但是一种有益的、全新的尝试。这做尝试的对象虽然是中国股票市场, 但其对金融市场随机波动研究在学术意义上的探索是一般性的, 超越某个具体金融市场本身, 有一定的方向指引作用, 同时又是本书研究应用

价值的主要体现。这样的尝试有助于拓宽金融市场随机波动研究结果的应用领域和应用层面；有助于引导后续的金融市场收益率波动研究走向实际，让高深的数理金融转化为指导实际投资理财、防范金融风险的操作；有助于同行对随机波动的预警问题展开后续研究，进一步改进估计方法，提高预警效果，拓展到其他金融市场。

2. 实现了以中国转轨经济条件下高速发展、有监管的金融市场随机波动为全新对象的研究。不论是规范研究或是实证研究乃至方法论，金融市场波动性研究的选题对中国而言是一个较新的领域，如笔者对国内研究现状所述，对于波动的联动性研究的联立SV不多，应用MCMC研究MSV就更少，而从ARCH、GARCH、SV到多元GARCH、多元SV是研究深化的必然路径，这是课题新颖性所在。而现实中，从欧美国家的成熟、自由股票市场随机波动转移到中国转轨经济条件下高速发展、有监管的股票市场随机波动的研究，其对象是全新的。反过来，检验了随机波动的理论假设、估计方法、政策效应在中国股票市场的普适性，同时演化出了全新的具有研究价值的问题——提高不同国家或地区股票市场波动联动性预警的有效性问题的。

3. 开展了基于MCMC方法的对股票市场随机波动联动性的不同分布假设下的实证分析。本书遵循问题导向，旨在研究以我国股票市场为代表的金融市场如何防范和化解外部波动带来的冲击和影响，问题背后的科学基础就是股票市场随机波动联动性发生的机制，本书从SV模型的角度实现了随机波动的联动性，即从一元SV模型拓展到二元SV模型。从笔者掌握的文献看，国内学者的随机波动研究主要集中在一元的GARCH族模型、SV模型，较少有从二元SV模型开展实证研究。虽然从数学上看，一元拓展到二元的思路是相同的，但是二元及以上的多元随机波动模型由于参数多、数据的分布各异，其参数的降阶、估计方法、实证的有效性、数据要求等都没有现成的实证范式，需要笔者去逐项实验，通过MCMC方法，最终完全实现我国沪深股票市场与美国、中国香港股票市场的基于正态分布、t分布假设下实证分析，得出不同股票市场之间客观存在波动联动性的结论。这进一步说明了波动联动性实证的价值所在，为后续开展债券、期货等金融市场波动联动性的研究起到示范作用。

第 2 章

国内外研究现状述评

波动性是金融市场中的基本特征，金融研究者一直以来就对波动率展开系列研究，随机游走理论、协同市场假说、分形与混沌市场理论都是围绕如何有效解释波动性而提出来的金融理论，如何刻画波动率而出现的模型，从自相关 (AR)、自相关移动平均 (ARMA)、ARCH、GARCH 逐步发展到现在的主流模型——随机波动即 SV 模型，而且 SV 模型从一元拓展到多元。本章就对基于 SV 模型的国内外波动性研究现状作一个梳理。

2.1 理论研究现状

2008 年全球金融危机昭示了金融市场价格波动的严重后果，学术界很早就已展开了波动性的相关研究。波动性，即不确定性，是现代金融理论研究的核心。金融资产价格的不确定性可以用资产收益的方差（波动）来衡量，不同资产收益率的波动性及相互影响可以用对应的协方差来度量。同时，研究前辈们早在 20 世纪 60 年代就认识到这种方差和协方差是时变的，并不断将数学方法引入到波动性分析中去，金融货币经济的应用研究者到 20 世纪 90 年代初开始对一阶矩与二阶矩的时变特性进行建模。描述时变方差的模型一般有两类，即自回归条件异方差 (ARCH) 模型和随机波动 (SV) 模型。

2.1.1 ARCH 族模型

ARCH 模型是为了解决回归分析的异方差问题而逐步发展起来的，由恩格

尔教授 (Engle) 于 1982 年研究英国通货膨胀指数时最先提出的。ARCH 模型对波动性现象描述准确,有良好的统计特征,进而容易实现参数有效估计,因此,ARCH 模型提出后,被广泛地用于资本资产定价、动态套利、期限结构、期权定价等随机波动的金融领域,也用于金融数据分析与挖掘等,同时,产生了各种应用成果,恩格尔教授因此获得 2003 年诺贝尔经济学奖,至今这一领域仍是金融计量学的研究热点。此后,ARCH 模型又被扩展为 GARCH 和 MARCH, GARCH 又被拓展到 EGARCH 和 FIGARCH 等多种变化形式。ARCH、GARCH 族模型已为同行熟知,当前中外研究前沿是随机波动 (Stochastic Volatility, SV)。

2.1.2 SV 模型

实际的金融资产价格动态变化不可知或可知但不可测时,采用 ARCH 模型的思路就难以实现对波动性的估计,采用回归形式来分析标准差、协方差和条件方差就没有实际意义。通过学者们多年的研究,提出了解决“不可知,或可知但不可测时”问题的两个思路:一方面是力图采用改进或新的算法来描述标准差(离中趋势),如斯蒂芬 (Stephen, 1997) 提出均值的替代方法,格兰杰等 (Ding, Granger and Engle, 1993) 则论证了可以采用绝对收益来衡量离中趋势;另一方面是在衡量波动率方法上寻求新的路径,在前期和当期扰动项可知但不可测的条件下,尝试采用随机过程的数理分析方法衡量波动性,SV 方法应运而生,SV 模型逐步得到发展。

SV 模型是泰勒 (Taylor, 1986) 首次提出的。在 SV 模型中,虽然金融资产价格波动是动态变化的,是不可知,或可知但不可测,但对不可知的波动性被假定为如 ARMA 的线性随机过程。SV 模型的线性随机过程的假定决定其与 ARCH 模型不同,估计 SV 模型的精确似然函数具体形式很难得到,使用传统的极大似然方法不能对其进行估计,所以 SV 模型很长一段时间内难以在实际中得到应用。虽然如此,SV 模型是 Ornstein-Uhlenbeck 过程的离散近似,而后者在金融衍生品定价、利率动力学等方面被广泛地使用着,比如在布莱克—斯科尔斯期权定价公式中,假定波动是和时间无关的常量,但这种假定并不合理,因此,很多学者讨论了随机波动下的期权定价问题,结果发现,在 SV 模型下得到的期权价格比 B-S 公式下的期权价格更近于实际。谢普哈德 (Shephard, 2004) 比较了 SV 与 ARCH、GARCH 的研究文献后指出,不论是条件或