



经济管理学术文库·金融类

基于子空间耦合的金融复杂系统 建模与风险控制研究

Interdependent Network Models and Risk
Management in Complex Financial Systems

钟立新 徐文娟/著



经济管理出版社
ECONOMY & MANAGEMENT PUBLISHING HOUSE

本书为作者主持的国家自然科学基金项目“基于子空间耦合的金融复杂系统建模与风险控制研究（71371165）”的主要研究成果



经济管理学术文库·金融类

基于子空间耦合的金融复杂系统 建模与风险控制研究

Interdependent Network Models and Risk
Management in Complex Financial Systems

钟立新 徐文娟/著



经济管理出版社
ECONOMY & MANAGEMENT PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

基于子空间耦合的金融复杂系统建模与风险控制研究/钟立新, 徐文娟著. —北京: 经济管理出版社, 2018. 12

ISBN 978 - 7 - 5096 - 5547 - 4

I. ①基… II. ①钟… ②徐… III. ①金融—数据模型—研究 ②金融—风险管理—研究 IV. ①F830

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 313984 号

组稿编辑: 张巧梅

责任编辑: 张巧梅

责任印制: 司东翔

责任校对: 董杉珊

出版发行: 经济管理出版社

(北京市海淀区北蜂窝 8 号中雅大厦 A 座 11 层 100038)

网 址: www.E-mp.com.cn

电 话: (010) 51915602

印 刷: 北京玺诚印务有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 720mm × 1000mm/16

印 张: 23

字 数: 426 千字

版 次: 2018 年 12 月第 1 版 2018 年 12 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 5096 - 5547 - 4

定 价: 88.00 元

· 版权所有 翻印必究 ·

凡购本社图书, 如有印装错误, 由本社读者服务部负责调换。

联系地址: 北京阜外月坛北小街 2 号

电话: (010) 68022974 邮编: 100836

前 言

金融系统是一个包含着多个子系统的复杂系统。这种复杂性既体现在金融系统内部各子系统之间以及各要素之间复杂的相互作用关系，同时也体现在金融系统与其他社会经济系统之间复杂的相互作用关系。一国的国民经济甚至是世界经济就在这样一种复杂的相互作用关系中螺旋式上升，动荡和平稳交替中前行的。

近年来，针对复杂性问题的研究出现了许多新的理论、模型和方法。包括复杂系统理论、演化经济学理论、行为金融理论、混沌理论、分形理论、标度理论、复杂网络模型、交叉关联模型、风险传播模型、博弈模型、文本分析方法、计算实验方法、大数据分析方法等。这些源于社会科学和自然科学等多个领域的交叉学科创新为我们研究金融复杂性问题提供了有益的工具。

本书尝试借鉴复杂性问题的研究方法，从金融复杂系统中的各个子系统内部相互作用关系和不同子系统之间的相互作用关系的研究出发，通过经验数据的分析、理论建模、计算实验等，探究金融复杂系统的时空运动规律，发现金融复杂系统中的风险传播特征，找出有效的金融复杂系统管理方法和金融危机防控策略。

全书分为四大部分共十四章。第一部分为基础篇，分为两章；第二部分为实证篇，分为六章；第三部分为模型篇，分为四章；第四部分为拓展篇，分为两章。各章的具体内容如下：

第一章是金融复杂系统研究概述。包括金融系统的复杂性及研究的意义，金融复杂系统国内外研究现状及其述评，基于子空间耦合的金融复杂系统研究主要内容等。

第二章介绍了本书中所用到的金融复杂系统研究的主要模型。包括复杂网络模型、基于智能型个体演化模型、意见传播模型、风险传播模型、公共品博弈模



型等。

第三章结合复杂网络模型实证研究了国际利率市场的波动关联性。包括国际利率市场波动关联研究的意义，利率波动关联网络模型的构建与结构分析，利率波动空间集聚效应的分析，利率波动关联与经济发展关联之间的联系等。

第四章结合复杂网络模型实证研究了国际汇率市场的波动关联性。包括汇率波动研究的意义，汇率波动关联网络模型构建与结构分析，汇率波动关联网络中的重要性节点特征分析，汇率波动与国际贸易之间的联系等。

第五章结合复杂网络模型和交叉关联方法实证研究了股票市场的波动关联。包括中美股票市场价格和交易量波动交叉关联，股市波动率跳跃关联网络模型及其拓扑结构分析，股市波动率跳跃关联网络社团结构及其信号特征分析等。

第六章结合复杂网络模型和传染病模型实证研究了上市公司交叉持股关联及风险传播。包括上市公司交叉持股关联网络模型构建，上市公司交叉持股关联网络结构分析，交叉持股企业之间的风险传播模拟等。

第七章结合复杂网络模型和风险传播模型实证研究了银行间资产负债表关联网络模型及其稳定性。包括银行间资产负债表关联网络模型构建及其拓扑特性分析，银行间同业拆借关联网络稳定性分析，影子银行间同业拆借关联网络稳定性分析，银行和影子银行耦合系统的稳定性分析等。

第八章结合文本分析方法和链路分析方法实证研究了 P2P 网络借贷平台信息披露特征及其风险。包括 P2P 网络借贷平台发展及其风险特征分析，P2P 网络借贷平台信息披露特征及其对投资者行为影响，基于链接因子的 P2P 网络借贷平台风险评估等。

第九章结合智能型个体演化模型研究了金融市场价格波动模型及其演化机制。包括单一市场下投资者认知偏差对价格波动的影响，多个市场下投资者认知偏差对金融市场价格波动的影响，动量交易者对金融市场价格波动的影响等。

第十章结合多层网络模型和意见传播模型研究了复杂网络中的意见传播机制。包括群体压力衰减效应及其对意见传播的影响，群体压力的累积效应及其对意见传播的影响，个体间倾向性连接对意见传播的影响等。

第十一章结合多层网络模型和传染病模型研究了复杂网络中的风险传播机制。包括基于传染病模型的风险传播问题研究现状，风险规避中的时间滞后效应及其对网络结构的影响，人口流动的范围效应及其对风险传播的影响等。

第十二章结合多层网络模型和公共品博弈模型研究了复杂网络中的合作演化机制。包括基于个人能力和项目收益门槛效应的投资者合作演化模型，惩罚机制

对 N 人铲雪堆模型中合作演化的影响，人口流动对公共品博弈模型中合作演化的影响等。

第十三章结合供应链分析方法和博弈仿真模拟研究了供应链金融系统中风险识别和管理问题。包括供应链金融模式及其风险特征分析，基于分层控制的供应链金融风险管理，基于核心企业选择的供应链金融风险管理等。

第十四章对金融复杂系统研究前沿和未来研究方向作了展望。包括线上线下高度联通社会中的金融服务优化模式，互联网环境下多源大数据融合与金融风险管理，基于投资者行为心理的金融市场演化和资产定价等。

作者

2018 年 6 月于杭州

目 录

基 础 篇

第一章 金融复杂系统研究概述	3
第一节 金融系统的复杂性及研究的意义	3
第二节 金融复杂系统国内外研究现状及其述评	6
第三节 金融复杂系统研究主要方向	8
第二章 金融复杂系统研究模型基础	11
第一节 复杂网络模型	11
第二节 基于智能型个体演化模型	15
第三节 意见传播模型	16
第四节 风险传播模型	18
第五节 公共品博弈模型	19

实 证 篇

第三章 利率波动关联网模型及其集聚效应分析	23
第一节 利率波动关联网拓扑结构及其时间演化特征分析	23
第二节 利率波动关联网的空间集聚效应分析	30
第三节 利率波动关联与地理空间及经济空间的相关性	33



第四章 汇率波动关联网络模型及其节点重要性分析	37
第一节 汇率波动关联网络拓扑结构及其时间演化特征分析	37
第二节 汇率波动关联网络重要性节点识别及其信号效应分析	45
第三节 汇率波动关联网络演化与全球经济及贸易指数关联分析	53
第五章 股票市场波动关联及其网络结构分析	57
第一节 中美股票市场价格变化和交易量波动交叉关联比较分析	57
第二节 股市波动率跳跃关联网络模型及其拓扑结构分析	69
第三节 股市波动率跳跃关联网络社团结构及其信号特征分析	79
第六章 上市公司交叉持股关联网络模型及风险传播分析	85
第一节 上市公司交叉持股动因及交叉持股关系类型	85
第二节 上市公司交叉持股关联网络模型及其拓扑特性	87
第三节 上市公司交叉持股关联网络中的风险传播分析	95
第七章 银行间资产负债表关联网络模型及其稳定性分析	105
第一节 银行间资产负债表关联网络模型及其拓扑特性分析	105
第二节 银行间同业拆借关联网络稳定性	110
第三节 影子银行间同业拆借关联网络稳定性	121
第四节 银行和影子银行耦合系统的稳定性	131
第八章 P2P 网络借贷平台信息披露特征及其风险分析	143
第一节 P2P 网络借贷平台发展及其风险特征	143
第二节 P2P 网络借贷平台信息披露特征及其对投资者行为影响	147
第三节 基于链接因子的 P2P 网络借贷平台风险评估	152

模 型 篇

第九章 金融市场价格波动模型及其演化机制分析	175
第一节 单一市场下投资者认知偏差对价格波动的影响	175
第二节 多个市场下投资者认知偏差对金融市场价格波动的影响	189

第三节 动量交易者对金融市场价格波动的影响	198
第十章 意见传播模型及其演化机制分析	212
第一节 群体压力衰减效应及其对意见传播的影响	212
第二节 群体压力的累积效应及其对意见传播的影响	225
第三节 个体间倾向性连接对意见传播的影响	235
第十一章 风险传播模型及其演化机制分析	248
第一节 基于传染病模型的风险传播问题研究现状	248
第二节 风险规避中的时间滞后效应及其对网络结构的影响	251
第三节 人口流动的范围效应及其对风险传播的影响	260
第十二章 基于公共品博弈模型的投资者合作演化机制分析	271
第一节 基于个人能力和项目收益门槛效应的投资者合作演化模型	271
第二节 惩罚机制对 N 人铲雪堆模型中合作演化的影响	284
第三节 人口流动对公共品博弈模型中合作演化的影响	293

拓 展 篇

第十三章 供应链金融风险管理及其博弈仿真	309
第一节 供应链金融模式及其风险特征分析	309
第二节 基于分层控制的供应链金融风险管理	312
第三节 基于核心企业选择的供应链金融风险管理	331
第十四章 金融复杂系统研究进展和未来展望	350
第一节 线上线下高度联通社会中的金融服务优化模式	350
第二节 互联网环境下多源大数据融合与金融风险管理	352
第三节 基于投资者行为心理的金融市场演化和资产定价	354
参考文献	356
后 记	358

基 础 篇

第一章 金融复杂系统研究概述

金融系统的复杂性主要体现在系统的自组织、非线性、混沌、涌现等特征。金融复杂性问题的研究可以分为以下三方面：一是通过对历史数据的计量分析发现金融系统的复杂性现象和统计规律；二是通过金融市场建模探究金融系统的演化机制；三是通过经验数据分析和数理建模结合考察金融系统的改善方法。本章首先介绍了金融系统的复杂性特征及其研究的意义，其次介绍了金融复杂系统国内外研究现状，最后介绍了金融复杂系统研究的主要方向。

第一节 金融系统的复杂性及研究的意义

所谓复杂系统是相对于简单系统而言的。在一个简单系统中，个体间的相互作用关系可以用牛顿力学去解析。如物体的运动满足牛顿第一、第二定律，物体间的碰撞满足动量定理等。而在一个复杂系统中，组成系统的个体具有一定的智能性。一个个具有自适应性的个体相互作用构成了复杂系统的子系统，一个个子系统相互耦合构成了一个完整的复杂性系统。我们可以给出复杂系统的一个描述性定义：复杂系统是一个由智能型个体组成，缺乏中央控制，具有自组织、非线性、混沌、涌现等特征的多层次耦合系统。

金融系统是一个复杂系统，这主要体现在以下两方面：一是金融系统中相关变量运动特征的复杂性。如股票价格的运动、市场利率的变化、期货交易量的波动等。这些变量的运动体现出了非线性、混沌、涌现等典型的复杂系统特征。二是金融系统中各子系统间相互作用关系的复杂性。金融系统的子系统有银行、证券公司、保险公司、新金融机构等。这些子系统之间通过复杂的相互作用关系构



成了一个完整的世界性金融市场或金融体系。

在开放经济下,随着国际经济交往的日益频繁,国家与国家之间,虚拟经济与实体经济之间的联动效应不断增强。经济全球化在促进劳动生产率的同时,也使各类风险的积累和全球化扩散变得更为容易。2008年下半年,随着美国第四大投资银行雷曼兄弟的倒闭,一场由次贷危机引发的金融海啸开始席卷全球。一时间,不仅代表着虚拟经济主体的外汇市场、股票市场和初级产品市场出现了剧烈的价格波动,而且导致了包括日本、美国、欧盟以及一些新兴市场国家在内的全球实体经济的严重衰退。虽然由于各个国家的救市政策,这场金融海啸最终没有演变成更为严重的全球性经济崩溃,但其后各国经济所表现出的“后金融危机时代特征”,使我们看到了这场危机所造成的严重后遗症。这场由个别国家的次贷危机所引发的全球性经济衰退表明,人们对金融系统复杂性的了解不足正逐步转化成包括金融业在内的世界各国经济的巨大风险和不确定性。因此,明晰金融市场及其他关联市场的运行特征,了解不同市场间存在的时空联动关系,总结跨市场风险传播规律和风险控制方法,既是中国经济深度融入全球经济一体化过程中的一项长期而艰巨的任务,也是当前市场风险管理和经济决策领域一项迫切需要研究的重大课题。

总结起来有以下几方面原因,需要我们十分重视金融复杂系统中各子系统内部和各子系统之间相互作用关系,重视金融系统内部和金融系统与其他社会经济系统之间的风险传播问题。

从实践需求方面来看,第一,市场间的相互作用结构和耦合关系是影响金融风险传播的重要因素。金融系统是一个复杂关联系统。这种关联性一是表现在金融系统内部的关联,二是表现在与其他经济子系统之间的关联。不同时期这种关联性会有变化。如果我们以某种形式的网络结构来表示这种关联,那么金融系统中的关联问题可以转化为同一网络的时间演化问题和不同网络的相互耦合问题。构建金融复杂系统中各经济子空间的耦合网络模型可以显性化这些相互作用关系,对深入理解金融风险的演化机制及预防和控制风险具有重要意义。第二,在我国融入全球经济一体化的进程中,在资本市场和商品交易市场进行了一系列与全球性资本流通和国际贸易接轨的基础性和制度性改革。股票“全流通”改革的基本完成,汇率市场化机制的不断完善,国内外贸易规则的进一步统一。研究改革前后代表虚拟经济发展的金融市场和代表实体经济发展的进出口贸易市场的关联结构变化和抗风险能力的变化,对正确评价改革绩效,进一步完善中国的市场监管制度,提高监管效率,维护经济系统稳定具有重要意义。第三,虽然已有



一些学者十分关注虚拟经济与实体经济之间的相互关联效应,并取得了一系列基础性成果,但是至今关于金融复杂系统关联性问题研究工作主要集中于对同一市场关联网络结构特征的研究和不同市场波动量统计性质关联性的研究。已有研究尚未将波动量和结构量统一起来研究经济子系统之间的全方位耦合关系,以考察金融风险的产生和扩散机制,提出有效的金融风险控制方法。因此,亟待我们在这方面进行系统、全面的研究。

从理论发展角度来看。近年来,随着复杂网络理论研究方面的一些突破性进展,网络建模方法越来越多地被应用于金融复杂系统理论研究中。其中有关金融复杂系统时空关联性建模和金融风险传播的模型化描述问题是金融复杂系统理论研究中的重大课题,引起了包括经济学家和交叉学科研究领域的科学家在内的广泛关注。2008年以来,A. G. Haldane、F. Schweitzer等分别在Nature和Science上撰文指出,可结合自然科学的研究方法来寻求金融复杂系统问题研究上的突破。其中研究多粒子相互作用的博弈模型、研究时空关联结构的网络模型等被看作是未来探索金融市场微观和宏观运动规律的重要理论工具。然而,正因为金融复杂系统理论研究的许多模型和方法是借鉴于其他学科,它的进一步发展也正面临着一些瓶颈性问题。

第一,从波动量的统计性质出发研究金融复杂系统关联性问题,主要侧重的是两个波动量之间的时间关联。这种比较虽然能够较为清晰地反映出两个市场相同量或相同市场两个不同量之间的关系,但对组成市场的多个变量之间的协同效应无法表达,导致我们对多变量或多系统之间的相互作用关系理解不足。

第二,最近的研究尝试从网络结构的角度对市场中的相互作用关系进行建模,不仅实现了同一市场中多个变量之间协同效应的显性化描述,而且初步总结了不同市场间相互作用的某些结构特征。单一网络模型虽然能够较为清晰地反映单一市场多个量或多个市场单一量之间的协同效应,但对多市场多变量相互作用的综合效应无法表达,导致我们对复杂金融系统中风险的跨空间传播机理理解不足。

第三,国内外对不同网络相互耦合问题的理论研究已获得一定进展,在耦合网络的建构方法和耦合网络的稳固性判定方面已有了一些好的工作。但这些研究目前主要集中于信息传播和控制领域,在金融工程研究领域尚未见相关的理论模型。这一方面可能由于金融工程领域的网络化建模研究刚刚起步,尚未发展到耦合网络的研究阶段。另一方面可能由于金融工程交叉学科研究领域的专家都较为关注其原学科领域认为重要的一些问题,对如何从交叉学科视角多方位观察和分



析这些问题缺乏经验和理论直觉。

目前,模型化金融复杂系统中的各类相互作用关系,对金融风险进行定量化描述,正成为金融复杂系统理论发展的趋势。而依据现有的金融市场和进出口贸易市场数据,构建虚拟经济和实体经济之间的跨空间耦合网络模型和风险传播模型,正是推动金融复杂系统理论发展的一个重要方面。

第二节 金融复杂系统国内外研究现状及其述评

国内外对于金融复杂系统的研究,主要侧重于对金融市场中各类历史数据的统计性质的分析,金融市场运动及演化特征的分析,以及通过各类建模探究金融市场运动机制和风险传播机制等。

有关金融市场中各类波动的统计性质研究主要包括以下三方面的内容:一是金融市场中各类经验数据的统计分布形式。1963年,Mandelbrot通过对棉花价格的统计分析发现,价格发生大起伏的概率远远超过高斯分布的预言。1995年,Mantegna和Stanley通过对S&P500指数高频数据的统计分析,发现了收益率的尖峰胖尾特征。有关金融市场中各类经验数据的统计分布形式的研究发现为金融市场价格模型的构造提供了经验数据的支持。二是金融市场中各类经验数据的时间标度特征。对于不同的时间标度 Δt ,如果经验数据具有相同的统计规律,那么说明市场演化存在标度不变性。金融指数和价格变化中的标度不变性反映的是金融市场中的自相似性和自相关性。Wang等研究了股票市场记忆性和标度行为,发现股票市场多标度行为来源于价格波动率的非线性相关。Yamasaki等研究了金融市场极端事件出现的时间间隔特征,发现金融市场波动的长程关联性。Elder等研究了能源期货的价格演化特征,发现能源期货价格的长时记忆性。金融市场的时间标度特征对我们理解和解释金融波动的不连续性,以及市场的暴涨、暴跌,甚至崩盘具有重要意义。三是金融市场中的杠杆效应和反杠杆效应。股市波动的杠杆效应反映在股票价格在下跌时更容易出现剧烈波动。Black、Christie和Bouchaud等研究发现,西方金融市场中普遍存在杠杆效应。而Zheng等研究发现,与西方金融市场不同,中国股票市场存在明显的反杠杆效应,即股票价格在上升时更容易出现剧烈波动。金融市场中的杠杆效应和反杠杆效应的发现对市场运行趋势和投资者行为的预测具有重要价值。



有关金融市场演化和风险传播的数理建模研究主要包括以下三方面的内容：

一是金融市场运动模型。金融市场的运动特征类似于物理系统的多粒子相互作用体系的运动，它们的区别在于金融系统中的个体具有主观意识。Feng 等借助元胞自动机模型模拟研究金融市场的价格形成机制，发现金融市场的“ARCH 效应”源自市场参与者对市场信息的技术分析。Yeung、Zhong 等借助少数者博弈模型模拟研究影响股市价格波动的因素，发现投资者的信息依赖和风险厌恶等特征直接影响到价格波动特征的变化。应尚军等借助元胞自动机模型研究了股价指数序列的动力学特征，发现股票市场中存在的混沌现象。李昊等借助少数者博弈模型，研究了学习机制、学习结构及持续期策略等对金融市场价格、收益率等产生的影响。二是金融市场风险传播模型。金融市场风险传播既与风险特征有关，也与被感染个体的免疫特性有关。Garas 等借助传染病模型（SIR）模拟研究国家间风险传播过程，发现全球性经济危机的发生既可源于 GDP 高的国家，也可源于 GDP 低的国家。危机是否能快速扩散的决定因素是危机发生国所处世界经济网络的节点位置。Haldane 等借助生态系统中的食物链模型模拟研究银行间的危机传染过程，发现同质性银行系统对单个银行更有利，异质性银行系统对整个系统稳定性更有利。Gai 等用网络模型模拟金融系统个体崩溃对整个系统的影响，发现金融系统呈现出某种脆弱性。即使危机的传染概率很小，但一旦问题出现，其传播范围会很广。三是金融市场关联模型。对于宏观相互作用，常可用交叉关联模型进行展示。Plerou 等借助随机矩阵理论构建出美国最大的 1000 家公司股票价格变化的交叉关联模型，通过该模型可以反映出公司间相互作用关系的强弱。Podobnik、Horvatic 等提出的去趋势交叉关联法常被用来分析具有周期性特征的非稳态时间序列，通过该模型可以清晰反映出股市、汇市等不同市场间的关联特征。对同一市场中波动关联性的研究方面，李广子、张金清、郭梁等分别对股票名称与股票价格、股市规模与股价波动、股市交易量与交易价格等方面的关联性进行了实证研究，发现两两之间存在正向或负向联动效应。何兴强、陈永伟等分别对股市的周期性特征、记忆效应、杠杆效应等进行了实证研究，发现股市间的周期协同性、长期记忆性和杠杆反杠杆等效应。对不同市场间波动关联性和风险传播效应的研究方面，范奎、李红权、丁志国、董大勇等分别对不同国家间股市的互动关系进行了实证研究，发现了股市间信息溢出的变异效应和波动结构的差异性特征。邓桑、罗松、熊正德、舒家先等分别对中国股市与汇市间的互动关系进行了实证研究，发现两者间存在的时间关联特征和非对称性影响。李广众、潘红宇、刘庆富、吴吉林等分别对汇率波动与进出口贸易、市场间风险传递



等效应进行了实证研究,发现不同国家之间、虚拟经济与实体经济之间的风险相依性。

有关金融复杂系统的关系网络及其模型构建研究主要包括以下两方面的内容:一是基于相关性特征的金融市场网络模型。金融市场中各类经验数据的关联性特征常可用相关系数来描述。Mantegna 以相关系数为基础构建出反映股票间关系的最小生成树模型,其层次结构隐含着相关的经济信息。Qiu 等以交叉关联系数的静、动态临界值为基础,构建出中西方股市的交叉关联网络模型,从网络拓扑特性分析中发现其中的长程关联特征。Song 等构建的市场指数关联网络模型反映出地区经济发展和危机事件扩散的全球化特征。马源源、黄玮强、卞曰璐等分别对股权关联网络的社团结构和稳定性等进行了研究,发现股市网络结构的无标度特征和鲁棒性特征。段文奇、刘宝全、孙晓蕾、陈卫东等分别对国际贸易网络和石油价格网络等的拓扑性质进行了分析,发现网络结构的动态演化特征。二是基于空间位置差异的金融市场网络模型。Boss 等以银行为节点,银行间借贷关系为连边构建的银行间网络显示出社团结构特征。De Masi 等以银行和公司为节点,以借贷关系为连边构建的银企关系网络反映出公司规模对借贷关系的影响。De Benedictis 等、Barigozzi 等和 Fagiolo 等分别以国家为节点,以贸易流为连边构建的国际贸易网络模型能有效反映国际间贸易关系的动态演化特征。

从国内外有关金融复杂系统研究中可以看出,在以下一些方面尚值得进一步探讨。一是现有对市场间波动关联性分析主要在于时间上的关联,缺乏结构关联比较。因此,无法通过不同方法进行相互印证,表明这种关联性分析方法的有效性。二是市场演化的数理模型主要还是侧重于自组织行为,对空间结构的影响未加引入,对投资者的心理和行为因素变量引入有待深化。三是对不同的市场网络构建方法缺乏深入比较,使现有网络模型都较分散,缺乏统一的定量比较模式。四是对市场间联动和风险传播的综合效应分析不够系统和全面。如何将众多的影响因素系统地筛选出来,并对其重要程度加以测度,这是研究市场间联动和风险跨空间传播的难点,也是金融复杂系统风险传播研究的发展方向。

第三节 金融复杂系统研究主要方向

近年来,人们发现耦合网络模型可用来描述与现实更为接近的复杂相互作用